

全新世早期微孔珊瑚骨骼穩定碳氧同位素組成與 Sr/Ca 比值
反映之臺灣西南部古環境

Early Holocene Paleoenvironment of SW Taiwan Inferred from
Oxygen-Carbon Stable Isotopes and Sr/Ca ratios of Coral
Porites Skeleton

碩士畢業論文

Master Thesis

林重燁

Chung-Yeh Lin

國立臺灣師範大學

National Taiwan Normal University

地球科學系

Department of Earth Sciences

中華民國一百零八年八月

August, 2019

學科領域：地質學

Subject: Geology

摘要

全新世早期微孔珊瑚骨骼穩定碳氧同位素組成與 Sr/Ca 比值

反映之臺灣西南部古環境

林重燁 國立臺灣師範大學 地球科學研究所

指導教授：米泓生 博士

共同指導教授：王士偉 博士

本研究分析採自臺灣西南部阿公店珊瑚礁岩芯(長約 2.4 公尺;U-Th 定年 $8986 \pm 28 \sim 7870 \pm 29$ yr BP) 中微孔珊瑚 (*Porites*; 成分為霏石) 生長較為連續之部分, 進行穩定碳氧同位素以及 Sr/Ca 比值成分分析, 以重建全新世早期臺灣西南部地區之古環境。

珊瑚標本以 X 射線照相以確定主要生長軸方向; 之後沿生長軸以電鑽微取樣 (間距 1mm), 進行穩定碳氧同位素以及 Sr/Ca 比值之分析。標本氧同位素數值範圍介於 $-3.36\text{‰} \sim -6.64\text{‰}$ (V-PDB), 平均值為 $-5.18\text{‰} \pm 0.72\text{‰}$ (1σ ; N=1634)。根據穩定氧同位素數值變化可觀察到 106 個震盪, 其震幅約 $0.5 \sim 1\text{‰}$ 。而 Sr/Ca 比值分析以每 1cm 為間距取樣, 共分析 169 個標本, 為追求數據的完整性, 本研究額外挑選 2 點以每 1mm 為間距多做取樣 (N=18), 也以氧同位素震盪之峰值部分去做 Sr/Ca 比值分析 (N=50) 以了解季節之最高及最低溫度, 其數值介於 $8.27\text{mmol/mol} \sim 9.79\text{mmol/mol}$ 之間, 平均值為 $9.09\text{mmol/mol} \pm 0.39\text{mmol/mol}$ (1σ ; N=237), 發現主要共可分為九個區段。而碳同位素數值範圍為 $0.79 \sim -4.75\text{‰}$, 平均值為 $-1.40\text{‰} \pm 0.82\text{‰}$ (1σ ; N=1634), 與氧同位素並無明顯的相關性。

年代由老至年輕，若根據微孔珊瑚之 Sr/Ca 比值溫度轉換公式，其溫度的震盪可分為九個階段：第一段（8700 yr BP），平均溫為 32.3°C（N=8）；第二段（8640 yr BP），平均溫為 22.3°C（N=22）；第三段（8595 yr BP），平均溫 25°C（N=30）；第四段（8525 yr BP），平均溫為 21.3（N=40）；第五段（8400 yr BP），平均溫為 24.4°C（N=19）；第六段（8350 yr BP），平均溫為 20.9°C（N=58）；第七段（8220 yr BP），平均溫為 30°C（N=20）；第八段（8200 yr BP），平均溫 21.4°C（N=17）；第九段（8090 yr BP），平均溫為 29.6°C（N=23）。將所得溫度代入 Shen（1996）之海溫與海水氧同位素轉換公式，便可推得該時期之海水氧同位素數值範圍介於-2.0‰~2.0‰，夏季與冬季平均值分別為-0.3（N=71）及 0.4‰（N=44），比現今臺灣西南部實測之冬、夏海水氧同位素數值大。而若假設當時海水氧同位素值為 0.5‰，則整體海水氧同位素反映出全新世早期臺灣西南部沿海地區當時夏季季風較現今強，降水量較現今為多的現象。

本研究之碳同位素與氧同位素數值並無明顯的相關性，但整體來看碳同位素數值自 8700 yr BP 至 8090 yr BP 有逐漸變大的趨勢，或許顯示出當時日照量逐漸變強，使珊瑚之光合作用更旺盛的現象。而整體珊瑚碳同位素的低值逐漸變大，振幅則逐漸變小，可能表示冬季日照量有增加的趨勢。

關鍵字：微孔珊瑚、穩定碳氧同位素、古環境、鋇/鈣比值、全新世早期

ABSTRACT

Early Holocene Paleoenvironment of SW Taiwan Inferred from Oxygen-Carbon Stable Isotopes and Sr/Ca ratios of Coral *Porites* Skeleton

Chung-Yeh Lin

Department of Earth Sciences, National Taiwan Normal University

Advisor: Dr. Horng-Sheng Mii

Co-advisor: Dr. Shih-Wei Wang

For reconstructing paleoenvironment of southwestern Taiwan during Early Holocene, this study analyzed stable carbon and oxygen isotopes and Sr/Ca ratios of coral *Porites* reef core (2.4m long; U-Th dated 8986 ± 28 to 7870 ± 29 yr BP) collected in Agongdian area, southwestern Taiwan.

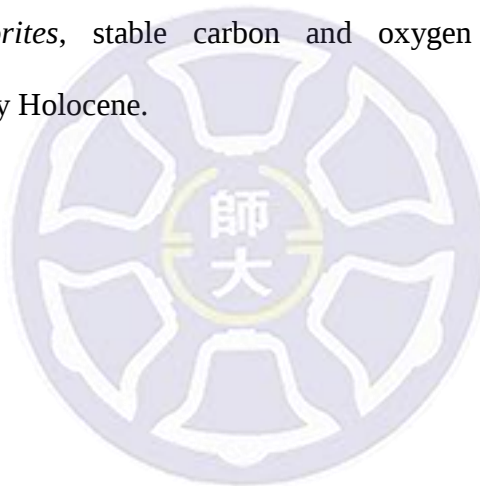
After making sample clean and affirming that the sample was mainly composed of aragonite, X-Ray method was applied to determine the main growth direction of coral. Coral carbonate powder was micro-sampled along the main growth direction for stable isotope and Sr/Ca ratio analyses. For stable carbon and oxygen isotope analysis, the distance between adjacent sample points is one mm. $\delta^{18}\text{O}$ values of coral *Porites* range from -3.4‰ to -6.6‰ (V-PDB) with an average $\delta^{18}\text{O}$ value of $-5.2 \pm 0.7\text{‰}$ (1σ ; N=1634). Based on the fluctuation of $\delta^{18}\text{O}$ values, One hundred and six oscillations with amplitudes between 0.5 and 1.0‰ were observed. For Sr/Ca ratio analysis, sample powder was picked every 1cm and a total of 169 sample points was collected. Extra 50-

sample points between two peaks of $\delta^{18}\text{O}$ values are picked up to analyze Sr/Ca ratio with the purpose of finding out the maximum and minimum temperature. Sr/Ca ratios are between 8.3mmol/mol and 9.8mmol/mol and the mean Sr/Ca ratio is approximate 9.1 ± 0.4 mmol/mol (1σ ; N=237). Nine stages of temperature can be divided based on Sr/Ca records. $\delta^{13}\text{C}$ values of coral skeletons are from -4.9‰ to 0.8‰ and the average $\delta^{13}\text{C}$ value is about -1.4 ± 0.8 ‰ (1σ ; N=1634). There is no significant correlation between $\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{18}\text{O}$ values.

In ascending order, temperature fluctuation can be divided into nine stages by temperature inferred from Sr/Ca ratio of coral *Porites*. The mean temperature in the first stage (8700 yr BP) was approximately 32.3°C (N=8) and followed by the average temperature of 22.3°C (N=22) in the second stage (8640 yr BP). It increased to 25°C (N=30) in the third stage (8595 yr BP), then declined around 4°C (N=40) in the fourth stage (8525 yr BP), and was followed by the increase to 24.4°C (N=19) in the fifth stage (8400 yr BP). The mean temperature in the sixth stage (8350 yr BP) and seventh stage (8220 yr BP) was approximately 21°C (N=58) and 30°C (N=20), respectively. It decreased to 21°C (N=17) in the eighth stage (8200 yr BP), then raised again to 30°C (N=23) in the final stage (8090 yr BP). After that, calculated temperature is substituted into SST- $\delta^{18}\text{O}_{\text{seawater}}$ transformation formula (Shen et al., 1996). The results show that calculated $\delta^{18}\text{O}_{\text{seawater}}$ values range from -2.0‰ to 2.0‰. The mean $\delta^{18}\text{O}_{\text{seawater}}$ values of summer and winter are -0.3‰ (N=71) and 0.4‰ (N=44) respectively. In comparison with measured modern SW Taiwan $\delta^{18}\text{O}_{\text{seawater}}$, the calculated $\delta^{18}\text{O}$ values of early Holocene seawater is greater than those of present. However, assuming that the mean $\delta^{18}\text{O}_{\text{seawater}}$ values was 0.5‰ in early Holocene, a strengthened summer monsoon and the high precipitation in Southwestern Taiwan during Early Holocene is inferred.

In this study, there is no significant correlation between stable carbon and oxygen isotopes, and the consistency is quite different in different periods of time. However, in general, stable carbon isotope values increased gradually from 8700 to 8090 yr BP, indicating that sunlight was getting stronger and stronger during the time period studied. Moreover, the increasing of the lowest $\delta^{13}\text{C}$ values and the decreasing of amplitude between the lowest and highest $\delta^{13}\text{C}$ values during the period of time may indicate that the photosynthesis activities of symbiotic algae of coral was more and more stronger in corresponding to strengthening of sunlight in the winter.

Keywords: Coral *Porites*, stable carbon and oxygen isotopes, Sr/Ca ratio, paleoenvironment, Early Holocene.



目錄

	頁碼
中文摘要.....	I
英文摘要.....	III
目錄.....	VI
圖目.....	VIII
表目.....	XII
第一章、緒論.....	1
1.1 前言.....	1
1.2 全新世早期之古環境研究.....	4
1.3 造礁珊瑚之同位素與微量元素分析.....	8
1.3.1 珊瑚骨骼 $\delta^{18}\text{O}$ 之環境應用.....	10
1.3.2 珊瑚骨骼 Sr/Ca 比之環境應用.....	11
1.3.3 珊瑚骨骼 $\delta^{13}\text{C}$ 之環境應用.....	13
1.4 研究目的.....	13
第二章、研究地點、材料與研究方法.....	14
2.1 研究地點與材料.....	14
2.2 研究方法.....	17
2.2.1 前處理.....	17
2.2.2 U-Th 定年分析.....	17
2.2.3 穩定碳氧同位素分析.....	17
2.2.5 Sr/Ca 比值分析.....	18
第三章、結果與討論.....	20
3.1 X-Ray 分析結果.....	20
3.2 拉曼光譜儀分析結果.....	20

3.3 U-Th 定年分析結果.....	21
3.4 U-Th 定年與珊瑚生長紋變化.....	23
3.5 氧同位素與 Sr/Ca 比值分析結果.....	25
3.6 珊瑚 Sr/Ca 比值估算出之海水溫度.....	27
3.6.1 臺灣西南地區 8700~8090 yr BP 之表層海水溫度變化.....	29
3.7 海水氧同位素之估算.....	36
3.7.1 臺灣西南地區 8700~8090 yr BP 之海水氧同位素變化.....	39
3.8 珊瑚骨骼氧同位素估算之海水溫度.....	46
3.8.1 陸源沉積物影響之 Sr/Ca 比值.....	48
3.9 臺灣西南地區 8700~8090 yr BP 之碳同位素變化.....	51
第四章、結論.....	53
參考文獻資料.....	54
附錄一、AGD-2 岩芯分析區間之 <i>Porites</i> 珊瑚 $\delta^{18}\text{O}$ 、 $\delta^{13}\text{C}$ 、Sr/Ca、Sr/Ca 換算之 海溫、海水估算之氧同位素。.....	71
附錄二、AGD-2 岩芯 <i>Porites</i> 珊瑚之 U-Th 定年結果.....	114

圖目

圖	頁碼
圖 1.1 全球珊瑚分布圖，主要分布於南北緯 30°之間 (NOAA Ocean Service Education)。	2
圖 1.2 世紀級 (century-scale) 的珊瑚記錄位置。(NOAA National Centers for Environmental Information)	2
圖 1.3 中國全新世氣溫階段劃分及其與北大西洋冷事件對比。a.集成序列累積氣溫距平 (Hou <i>et al.</i> , 2011); b.集成序列：藍色粗線-3 點平滑序列，黑色線-原始序列 (Hou <i>et al.</i> , 2011); c. Ge 序列 (Ge <i>et al.</i> , 2003); d.北大西洋冷事件 (Bond <i>et al.</i> , 2001); 綠色為冷事件，橘色為暖事件。	5
圖 1.4 珊瑚的構造。(取自 Veron, 1993)	9
圖 2.1 臺灣西南部 8000~6000 yr BP 海岸線變遷與古地理變動 (Yang, 2016)。紅色星號為岩芯點位。	15
圖 2.2 本研究之材料：微孔珊瑚，頂底為鈾釷定年結果，年代介於 8986±28 ~7870±29 yr BP。	15
圖 2.3 (A) 研究區域及岩心點位圖。紅色星號為岩芯點位，黃色圓點為中央氣象局彌陀浮標海溫資訊。(B) 研究區域地質圖 (中央地質調查所)。	16
圖 2.4 實驗方法及流程圖。	19

圖 3.1 研究標本拉曼光譜儀分析結果與霏石及方解石結果比較。證明本研究之 *Porites* 珊瑚無受到成岩作用影響。..... 20

圖 3.2 標本分析資料圖及 X 光結果。紅框為 U-Th 定年點 (N=6)，橘點為拉曼光譜儀分析點 (N=5)，黃色線為取樣路徑，紅色點為取樣點 (以 1cm 為間距作圖)。..... 22

圖 3.3 南海 *Porites lutea*、*Porites lobata* X 光骨骼照片 (Sun et al., 2008)，與本研究 X 光珊瑚骨骼片段生長紋比較圖，黃線及紅線為採樣路徑。(A)：南海鐘形微孔珊瑚骨骼 (*Porites lutea*)。(B) 南海團塊微孔珊瑚 (*Porites lobata*)。(C) 南海團塊微孔珊瑚 (*Porites lobata*)。(D) 本研究之珊瑚骨骼片段。..... 24

圖 3.4 標本之 X-Ray 相片、氧同位素 (藍線) (N=1634)、碳同位素 (綠線) (N=1634)、Sr/Ca 比值 (紅線) (N=237)。紅色圓點為 U-Th 定年點，黃色箭頭為取樣及生長方向，灰色線為間隙。標本骨骼氧同位素震盪週期上所標記之數字表年分。中間粉藍及粉色框為依照 Sr/Ca 比值作分段討論區域，共分為九段。..... 26

圖 3.5 根據本研究 Sr/Ca 比值代入不同海水表面溫度轉換公式之海水表面溫度範圍，粉色框為珊瑚適宜生長之海水溫度範圍 (18~30°C)。..... 27

圖 3.6 由鋇鈣比值溫度方程式 (de Villiers *et al.*, 1994), 所推算之海水表面溫度與珊瑚骨骼氧同位素之比較圖。粉色、淺藍框為根據 Sr/Ca 換算海溫之分段區域, 共分為九段, 紅色圓點為實際 U-Th 定年點, 橘色圓點為利用內插法所推得之年代, 藍色斜線框為彌陀浮標現代海溫數值範圍。..... 30

圖 3.7 臺灣西南部之表層海水溫度 8700~8090 yr BP 與現今海水溫度分布圖。菱形為夏季均溫, 圓形為年均溫, 三角形為冬季均溫。..... 33

圖 3.8 東亞及西赤道太平洋地區古海水表面溫度與現今同地區海水表面溫度隨年代分布圖。紅色代表夏季, 藍色代表冬季, 綠色為全年平均值。所有地區古海水表面溫度資料皆為 *Porites* 珊瑚 Sr/Ca 比值所推算。..... 35

圖 3.9 利用鋇鈣比值換算之海溫經轉換方程式 (Shen, 1996) 所得出海水氧同位素數值。粉色、淺藍框為分段討論區域, 藍斜框為臺南七股養殖場現今海水氧同位素範圍 (張世安, 2019), 黑色虛線為利用西南太平洋深海岩芯之浮游性有孔蟲推估當時海水氧同位素 (Stott, 2004), 紅色圓點為實際 U-TH 定年點, 橘點為利用內插法所得之年代。..... 38

圖 3.10 Ninno and Emery (1961)、Nitani (1972) 對臺灣海峽夏季與冬季的研究觀點。..... 40

圖 3.11 臺灣西南部地區四季雨量與海水鹽度對照表。雨量資訊來自中央氣象局阿公店測站 (2014~2018), 地區海水鹽度來自科技部海洋學門資料庫測站 (1985~2019)。..... 41

圖 3.12 臺灣西南部之表層海水溫度 8700~8090 yr BP 與現今海水溫度分布圖。 菱形為夏季平均海水氧同位素，圓形為年平均海水氧同位素，三角形為冬季平均 海水氧同位素，綠色虛線為推估當時海水氧同位素 0.54‰。.....	43
圖 3.13 海水氧同位素與 Sr/Ca 比值隨年際間的變化趨勢，紅色線為海水表面溫 度，綠色線為海水氧同位素，黑色虛線為 8500 yr BP 之海水氧同位素（0.54‰）， 海水氧同位素於黑色虛線之上則降水強，反之則蒸發旺盛。.....	45
圖 3.14 由珊瑚氧同位素溫度方程式（Shen, 1996），所推算之海水表面溫度，海 水氧同位素以 0.54‰（Stott, 2004）代入。藍色斜線框為彌陀浮標現代海溫數值 範圍。.....	47
圖 3.15 珊瑚氧同位素溫度方程式與 Sr/Ca 比值溫度方程式換算出海水表面溫度 之對比圖。藍色斜線框為彌陀浮標現代海溫數值範圍。.....	47
圖 3.16 利用 Shen（1996）之珊瑚氧同位素溫度方程式及 de Villiers（1994）之珊 瑚 Sr/Ca 比值溫度方程式所估算之 Sr/Ca 比值與 ICP-OES 儀器測得之 Sr/Ca 比值 數據比較圖。.....	50
圖 3.17 珊瑚標本碳同位素隨年際間的變化。.....	51

表目

表	頁碼
表 1.1 長尺度珊瑚記錄之位置與描述 (World Data Center for Paleoclimatology)。	
.....	3
表 1.2 珊瑚骨骼指標與環境因子的相關性 (取自 Dunbar <i>et al.</i> , 1992; ◎表相關性極高; ○表相關性高)。	
.....	9
表 3.1 不同地點之 Sr/Ca 比值與 SST 轉換方程式 (1~11 改自余采倫, 2007)。	
.....	28
表 3.2 Sr/Ca 比值換算海水表面溫度之分段討論數據。	30
表 3.3 估算之海水氧同位素之分段討論數據。	42

第一章、緒論

1.1 前言

近年來溫室效應與聖嬰現象影響人類生活的幅度日漸廣大，全球變遷議題因而受到廣泛的重視，現代人對此已視為相當重要的研究課題，人們關心的不再只是近幾天的氣象變化，對於長期的氣候變動，也越來越多人討論，而欲了解未來氣候變動的趨勢最可行的辦法之一，就是研究過去氣候的循環規律。過去是通往未來的一把鑰匙，研究全球氣候變遷的學者亦希望藉由古氣候資料分析來建立氣候模擬，再依此模擬預測未來的氣候變化趨勢。因整個地球系統受到不同的因子影響，造成全球氣候的變化，會影響人類的生活環境及生活方式，了解臺灣的古氣候對生存於臺灣的我們來說，或許可得知在全球氣候變遷的情況下對臺灣會有什麼影響。

可記錄氣候資訊的自然材料甚多，陸地上有樹木年輪、洞穴石灰岩、黃土、湖泊沉積物、冰芯等；海洋中則有海洋沉積物中的有孔蟲、鐵錳氧化物、珊瑚、貝類等，而珊瑚在解析度上可達到以月、週為單位；在空間上，可廣布至全世界的熱帶大洋（圖1.1），而在各熱帶大洋也有許多長尺度珊瑚重建古氣候的紀錄（圖1.2；表1.1），故珊瑚是研究古氣候與古環境的重要地質材料（Beck *et al.*, 1997; Corregge *et al.*, 2000; Gagan *et al.*, 1998; McCulloch *et al.*, 2003）。這些氣候記錄代用指標各有其獨特的紀錄特性及運用的局限性，然而地球有百分之七十為海洋，在絕大部分的氣候模式中，海水表面溫度（SST, Sea Surface Temperature）是一個非常重要的參數，因其間接或直接影響了其他的氣候因子變化，如濕度、大氣之水氣含量、大氣反射率、氣溫、雲層覆蓋量及海洋和大氣環流的模式等，其中熱帶與亞熱帶地區的高溫海水提供了大量的水氣及熱量，因此更易造成劇烈的大氣對流，影響大氣能量的重新分配，故其海水表面溫度的變化，更對全球氣候變遷有著重大的影響（Cole, 2003）。

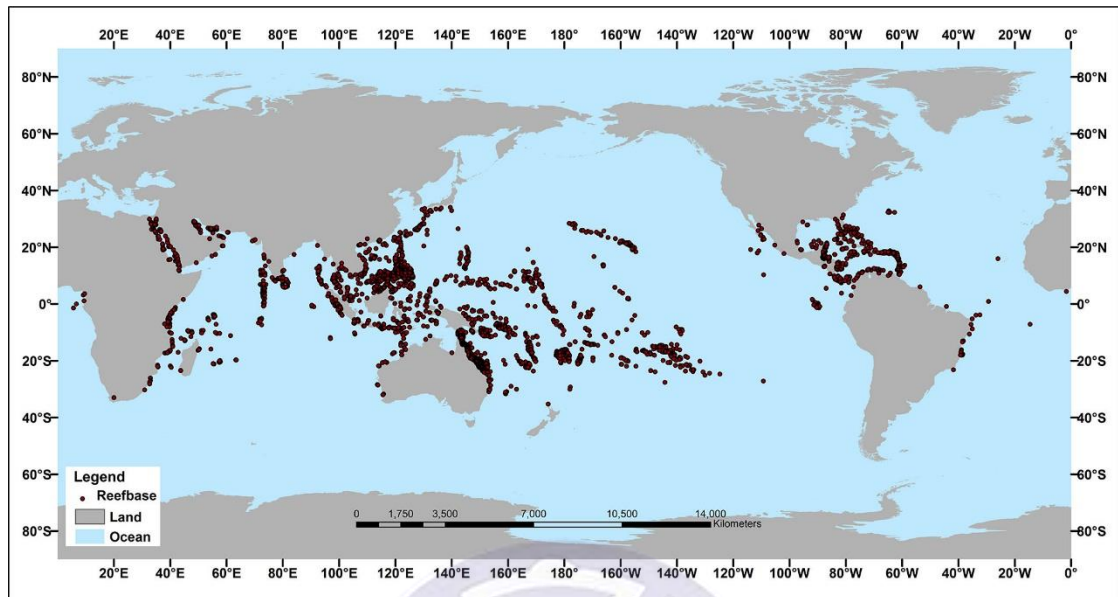


圖 1.1 全球珊瑚礁分布圖，主要分布於南北緯 30°之間（NOAA, Ocean Service Education）。

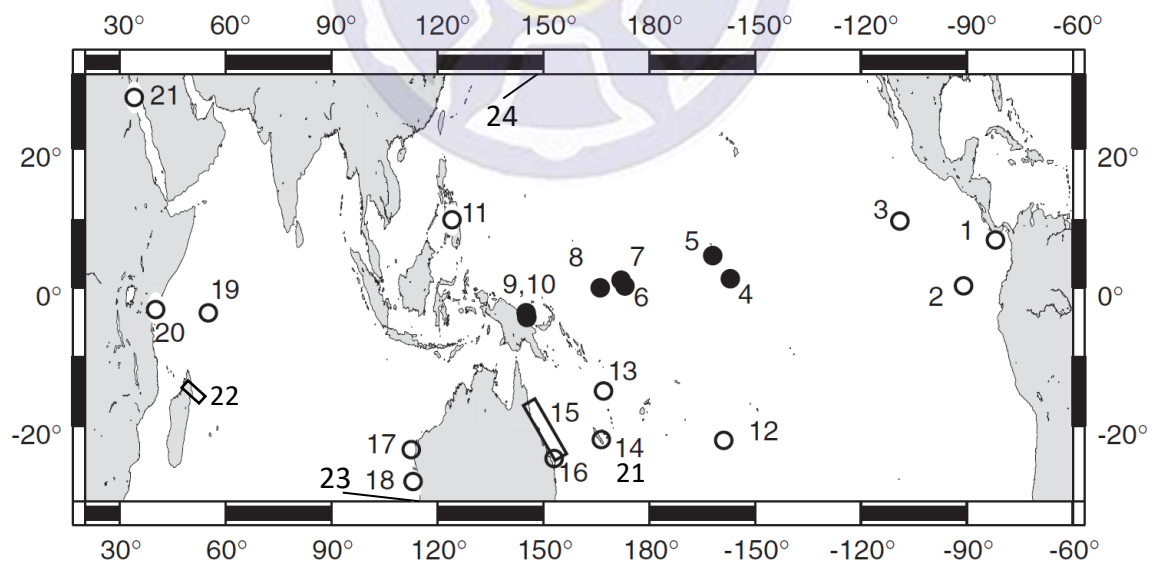


圖 1.2 世紀級（century-scale）的珊瑚記錄位置（NOAA, National Centers for Environmental Information）。

表 1.1 長時間尺度珊瑚記錄之位置與描述。

(取自 World Data Center for Paleoclimatology)

Region	Site	Location	Reference	No. of years	Samples/ year	Range
Tropical Pacific	1.Gulf of Chiriqui, Panama	7°N,82°W	Linslet <i>et al.</i> , 1994	276	10	1708-1984
	2.Urvina Bay, Galapagos. Ecuador	0°,91°W	Dunbar <i>et al.</i> , 1994	347	1	1607-1953
	3.Clipperton Atoll, French Polynesia	10°N,109°W	Linsley <i>et al.</i> , 2002a	100	12	1894-1994
	4.Kiritimati Atoll,Kiribati	2°N,157°W	Evans <i>et al.</i> , 1999	56	12	1938-1994
	5.Palmyra Atoll,USA	5°N,162°W	Cobb <i>et al.</i> , 2001	112	12	1886-1998
	6.Maiana Atoll,Kiribati	1°N,173°E	Urbam <i>et al.</i> , 2000	155	12	1840-1995
	7.Tarawa Atoll,Kiribati	1°N,172°E	Cole <i>et al.</i> , 1993	96	12	1894-1990
	8.Nauru	0°,166°E	Guiderson & Schrag, 1999	98	4	1897-1994
	9.Laing Island,Papua New Guinea	4°S,145°E	Tudhop <i>et al.</i> , 2001	109	4	1884-1993
	10.Madang Lagoon,Papua New Guinea	5°S,145°E	Tudhope <i>et al.</i> , 2001	112	4	1880-1993
	11.Cebu,Philippines	10°N,124°E	Pätzold, 1986	117	1	1864-1980
	24.Jirisan National Park,Korea	35°N,127°E	Seo <i>et al.</i> , 2019	152	1	1864-2015
South Pacific	12.Rarotonga,Cook Islands	21°S,159°W	Linsley <i>et al.</i> , 2000b	270	12	1727-1997
	13.Espiritu Santo,Vanuatu	15°S,167°E	Quinn <i>et al.</i> , 1996	172	4	1806-1980
	14.New Caledonia	22°S,166°E	Quinn <i>et al.</i> , 1998	335	4	1658-1993
	15.Great Barrier Reef,Australia	15-22°S, 145-153°E	Lough and Barners, 1997	237	1	1746-1982
	16.Abraham Reef,GBR,Australia	22°S,153°E	Druffel and Griffin, 1999	349	1	1638-1986
	21.Amédée Island, New Caledonia	22°S,166°E	Kristine <i>et al.</i> , 2012	351	12	1649-1999
Eastern Indian	17.Ningaloo Reef,Australia	22°S,114°E	Kühnert <i>et al.</i> , 2000	116	6	1879-1994
	18.Houtman Abrolhos,Australia	28°S,113°E	Kühnert <i>et al.</i> , 1999	199	6	1795-1994
	23.Houtman Abrolhos,Australia	28~32°S, 113~115°E	Grove <i>et al.</i> , 2013	301	12	1708-2008
Western Indian	19.Mahe,Seychelles	5°S,56°E	Charles <i>et al.</i> , 1997	148	12	1847-1995
	20.Malindi Reef,Kenya	3°S,40°E	Cole <i>et al.</i> , 2000	194	1	1801-1994
	22.Antongil Bay,Masagascar	15°S,50°E	Grove <i>et al.</i> , 2003	301	12	1708-2008
Red Sea	21.Ras Umm Sid,Egypt	28°N,34°E	Felis <i>et al.</i> , 2000	244	6	1751-1996

1.2 全新世早期之古環境研究

全新世，在國際地層年代被定義為距今 11700 年到現在，近年來，根據高分辨率的格陵蘭冰芯氧同位素紀錄，將新仙女木事件（Younger Dryas）結束氣候迅速變暖的年齡作為全新世的開始。從冰期週期的尺度來看，全新世為時間最近的一個間冰期，有學者認為其氣候複雜並根據北半球的冰川進退劃分了全新世以來的 4 個冰期（Denton & Karlen, 1973），並認為全新世氣候比孢粉以及海洋沉積物所記錄的變化複雜，且這些變化似乎遵循著千年尺度的變化模式。但相反的，後來的一些證據更多傾向於全新世氣候相對穩定，少有證據表明全新世期間經歷過冰期發生的千年尺度氣候突然變化，根據格陵蘭冰芯氧同位素顯示，除了 12000 年前新仙女木事件和 8200 年前後發生的降溫事件外，全新世時期的氣候基本上沒有多大的變化（Broecker, 1994；deMenocal, 2001）。

全新世早期（11500~8800 yr BP）屬於波動升溫期，氣溫總體特徵較現在略低，波動大。在新仙女木事件結束後，氣溫迅速上升，約由氣溫距現今平均值（15°C）的-3°C 上升至 11300 yr BP 的-0.5°C，約在 10300 yr BP 時又回升至現代水平，此後氣溫則維持與現今相符，但波動頻繁，期間也發生許多冷暖事件，有 11000 yr BP、9800 yr BP、9200 yr BP、8900 yr BP、8200 yr BP 等冷事件；暖事件則主要發生在 8600 yr BP 前後（Hou *et al.*, 2011；圖 1.3）。

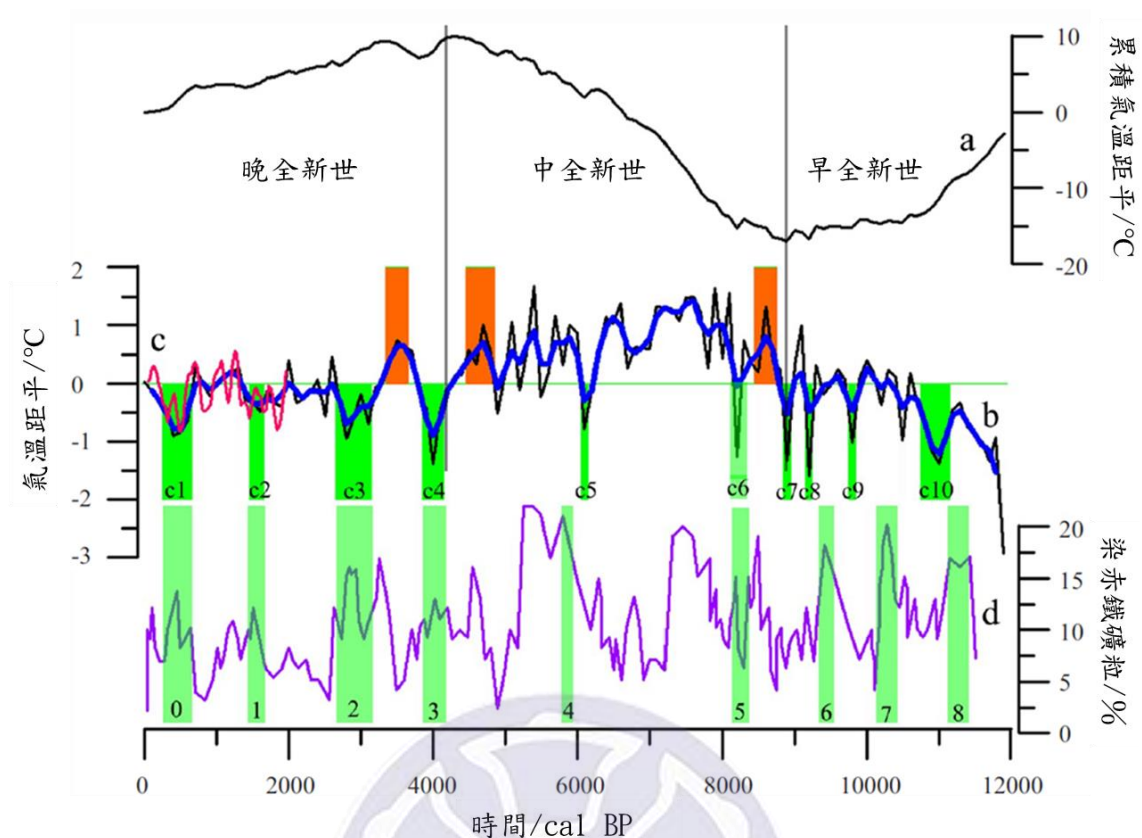


圖 1.3 中國全新世氣溫階段劃分及其與北大西洋冷事件對比。a.集成序列累積氣溫距平 (Hou *et al.*, 2011)； b.集成序列：藍色粗線-3 點平滑序列，黑色線-原始序列 (Hou *et al.*, 2011)； c. Ge 序列 (Ge *et al.*, 2003)； d.北大西洋冷事件 (Bond *et al.*, 2001)； 綠色為冷事件，橘色為暖事件。

經由米蘭科維奇循環的軌道效應週期 (Milankovitch, 1941)，導致自末次冰盛期 (Last Glacial Maximum；26500~20000 yr BP) 以來，北半球的日照量逐漸增加，在 15000~6000 yr BP 之間，因當時北半球的夏季時地球位於近日點位置，且地軸與黃道面之交角較現今大 1° ，導致北半球夏季日照量增加而冬季日照量減少 (Kutzbach *et al.*, 1984； Renssen *et al.*, 2012)，而在 9000~8000 yr BP 之間北半球太陽輻射夏季增強 8%，冬季減少了 8% (COHMAP, 1988； Berger & Loutre, 1991)。而全新世早期 (9000~7800 yr BP) 的北半球中高緯度氣候因受到小冰期的影響，使得全新世大暖期晚了 1000~2000 年，氣候模擬顯示出約 8200 yr BP 開始夏季日照量增加，使得

七月溫度逐漸升溫，至 8050~7550 yr BP 到達了最大值，之後便一路降溫至工業革命前，期間溫差達到了 2°C (Renssen *et al.*, 2012)。

全新世早期南海的浮游性有孔蟲氧同位素之差值(溫躍層水種-表層水種)較全新世中晚期大，反映出全新世早期東亞夏季季風增強與降雨量增加所導致表層水層化，而熱帶西太平洋全新世中晚期的氧同位素差值較全新世早期大，詹明達(2009)假設西太平洋的間熱帶輻合帶的平均位置可能有逐漸向南遷移的趨勢，導致熱帶西太平洋暖池南緣之降雨逐漸增加，表層水層化亦逐漸增強；相對的，南海的表層層化則逐漸減弱。而西南太平洋之 MD81 深海岩芯利用浮游性有孔蟲海溫、鹽度、海水氧同位素之重建結果顯示出海水表面溫度自一萬年以來下降了 0.5°C (29.5~28.9°C)，鹽度則下降了 1.5 psu，氧同位素數值也下降了 0.5~0.6‰ (Stott *et al.*, 2004)。

中國東南方的董哥洞石筍之氧同位素，自全新世以來也呈現逐漸變重的趨勢，反映全新世早期夏季季風強，降雨量多，氣候較為溫暖潮濕的特徵，但夏季季風強度隨著時間越靠近現代而遞減，雨量也隨之減少(Dykoski *et al.*, 2005)。而浮游性有孔蟲換算之 SST 自全新世早期也有逐漸升溫之趨勢，至 6000 yr BP 逐漸穩定達至與現代海溫相當 (Wang *et al.*, 1999)。在熱帶大西洋 Cariaco 海盆沉積物中主要反映陸源物質受降雨沖刷至海洋的鈦含量，自全新世以來，Cariaco 海盆沉積物的鈦含量逐漸減少，顯示出陸源沖積物輸送減少，反映降雨量逐漸降低的現象 (Haug, 2001)。

位於以色列中北部的 Soreq Cave 洞穴沉積物氧同位素紀錄也指出自末次冰盛期氧同位素數值大幅度的變小，期間經過新仙女木事件後，自約 8000 yr BP 開始逐漸變大，顯示出全新世早期夏季季風盛於現代 (Bar-Matthews *et al.*, 1999)。位於中國北方的安涸里淖湖，其湖泊岩芯 (AGL-2010) 顯示出自 11000 yr BP 沉積量逐年增加至出現 8200 年降溫事件氣候變乾冷其溫度有下降後又逐漸升高至約 6000 yr BP 才逐漸下降，岩芯記錄也指出 TOC (%) 自 11000 yr BP 達至最高值至 7000 yr BP 才逐

漸下降 (Li & Liu, 2018)。其北半球日照量 (65°N) 也呈現相同的趨勢 (Berger & Loutre, 1991)，中國東北方蓮花洞石筍氧同位素紀錄 (Dong *et al.*, 2015)、中國西北方山寶洞石筍氧同位素紀錄 (Dong *et al.*, 2010)、中國貴州北方石高洞石筍氧同位素紀錄 (Jiang *et al.*, 2012)、中國和尚洞石筍氧同位素紀錄 (Hu *et al.*, 2008)、中國青海湖花粉紀錄 (Chen *et al.*, 2016)，皆反映了全新世早期氣候較中晚期還要潮濕。

Huang 等人 (1997) 利用南中國海 (South China Sea) 深海岩心之浮游、底棲性有孔蟲之動物源性傳遞函數 (faunal-derived transfer function) 以及現代模擬技術 (Modern Analog Technique) 推論出全新世夏季溫度為在穩定的 28.8°C，接近於現代值，但冬季溫度卻有持續上升的情況，有機 $U^{k_{37}}$ 換算之 SST 反映出自全新世早期冬季溫度逐漸升高，與末次冰盛期差了 1~3°C，顯示出東北季風的增強。而臺灣頭社盆地花粉資料反映出 8000 yr BP 至 7800 yr BP 屬於較冷乾的氣候，孢子百分比也在 8000 yr BP 至 7200 yr BP 降至低值 (Liew *et al.*, 2006)，孢子屬蕨類植物，適宜潮濕溫暖環境，百分比降低則表示氣候轉為冷乾的特徵。

珊瑚 (*Porites*) Sr/Ca 比值紀錄顯示全新世早期南灣地區的 8100 yr BP SST 冬季溫度為 19~20°C，夏季溫度為 28~29°C，研究指出夏天比現代暖 1°C；冬天比現代冷 2°C，冬夏兩季溫差為 7~9°C，現代則為 6°C，其解釋為日照量的不同，而年平均 SST 則比現今低了 0.3°C，若只考慮到珊瑚生長速率則顯示出 8000 yr BP 之夏季比現代長，換算之海水氧同位素也指示出夏季降雨較強 (Shen *et al.*, 1996)，而位於西南太平洋的休恩半島珊瑚 (*Porites*) 則顯示出全新世早期 (8920 yr BP；7370 yr BP) SST 比現代 *Porites* 換算之 SST 溫度還要低 2~3°C (McCullich *et al.*, 1996)。

1.3 造礁珊瑚之同位素與微量元素分析

珊瑚是指能分泌碳酸鈣質骨骼或骨針的刺胞動物 (Cnidaria)，身體呈輻射對稱，由外而內分別由外皮層 (ectodermis)、中膠層 (mesoglea) 及胃皮層 (gastrodermis) 組成 (圖 1.4)。1933 年地質學家馬廷英即發現古生代珊瑚的年生長率與海水溫度有關 (Ma, 1933, 1934)，並說明各地質時代的珊瑚在赤道地區年層變化不明顯，而在緯度較高的亞熱帶，因季節變化明顯，珊瑚就有明顯的年層變化。利用年層的明顯與不明顯即可推出古赤道位置，其證明了各地質時代的赤道是移動的，因而詳細說明了古大陸位置與它們漂移的蹤跡，直接證明了魏格納的大陸飄說 (Ma, 1943)。

目前全世界約有六千餘種珊瑚 (Barnes, R.D., 1987; Lalli & Parsons, 1995)，在眾多的珊瑚種類中，地質學家所感興趣的為石珊瑚目 (Scleractinia)，因石珊瑚具有建造外骨骼的能力，這些碳酸鈣質骨骼，蘊藏了豐富的環境資訊。

廣泛分布於熱帶及亞熱帶淺海中的珊瑚，其骨骼在生長堆積的過程中同時記錄了當時周圍海水的化學成分，會跟生存海水中的物理環境與化學環境相關 (表 1.2)，且造礁珊瑚生存年代長、生長連續，因此利用造礁珊瑚進行古環境研究的發展已廣泛被應用 (Weber & Woodhead, 1970, 1972; Weber, 1973; McConnaughey, 1989ab; Druffel *et al.*, 1989; Beck *et al.*, 1992)。其中塊狀群體珊瑚如微孔珊瑚 (*Porites*) 因其質地緻密，抗水流能力強，耐沉積物覆蓋且具有明顯的生長輪可供定年，是最常用來研究環境變遷的工具 (Felis & Pätzold, 2004)。

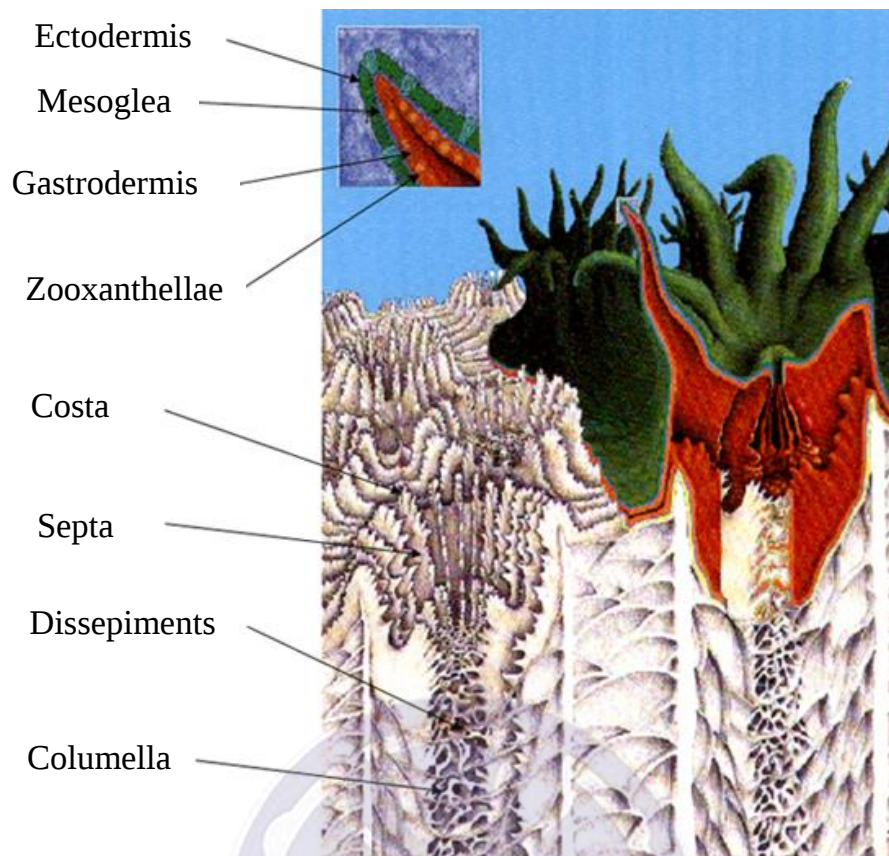


圖 1.4 珊瑚的構造 (取自 Veron, 1993)。

表 1.2 珊瑚骨骼指標與環境因子的相關性。

(取自 Dunbar *et al.*, 1992；◎ 表相關性極高；○ 表相關性高)

指標	環境因子				
	海表溫度	鹽度	營養鹽	逕流	日照量
$\delta^{18}\text{O}$	◎	○		○	
$\delta^{13}\text{C}$, $\Delta^{14}\text{C}$			○		○
Sr/Ca	◎				
Ba/Ca	○		◎	○	
Cd/Ca	○		◎		
Mn/Ca			○		
紫外線螢光 (UV Fluorescence)				○	
生長速率	○		○	○	○

1.3.1 珊瑚骨骼 $\delta^{18}\text{O}$ 之環境應用

在達到同位素平衡的條件下，生物生成的碳酸鈣殼體之氧同位素($\delta^{18}\text{O}$)成分可反映出其生長環境周遭的海水溫度及水體氧同位素數值的效應，且很早就被利用來當水體溫度的代用指標 (Epstein *et al.*, 1953)，海水溫度每升高 1°C ，軟體動物殼體（腹足綱、雙殼綱等） $\delta^{18}\text{O}$ 數值每少 0.22‰ 。珊瑚得到的範圍值則為 $0.18\sim 0.26\text{‰}/1^{\circ}\text{C}$ (Epstein *et al.*, 1953)，然而因其骨骼中的 $\delta^{18}\text{O}$ 值還會較明顯受到其生理效應的影響，使之比預期海水平衡值低 ($2\text{-}5\text{‰}$) (Land *et al.*, 1975； McConnaughey, 1989a)，但若在採樣時沿著珊瑚的最大生長軸進行取樣，這種偏低的效應對於同一種屬的珊瑚而言近於定值 (Weber & Woodhead, 1972)。因此利用沿著珊瑚最大生長軸方向採樣的 $\delta^{18}\text{O}$ 值紀錄，可以追蹤珊瑚生長環境周圍的海水溫度狀況，且解析度是可以達到以月甚至週為單位的高解析度 (Fairbanks & Dodge, 1979； Dunbar & Wellington, 1981； Pätzold, 1984； McConnaughey 1989a； Shen *et al.*, 1996)。

在知道珊瑚生長水體氧同位素數值的條件下，珊瑚骨骼的 $\delta^{18}\text{O}$ 數值可以反映生活之水體溫度 (Epstein *et al.*, 1953； Fair & Matthews, 1979； Dunbar & Wellington, 1981)，因此眾多的研究都利用珊瑚骨骼 $\delta^{18}\text{O}$ 數值，以 ^{18}O -SST 的轉換方程式，重建其生長地區的海水溫度 (Gagan *et al.*, 1994, 1998； Shen *et al.*, 1996； Suzuki *et al.*, 1999； Kiyama *et al.*, 2000)。一般來說，熱帶海洋區域因其年溫差極小，其骨骼中氧同位素值之變化主要反映此區域的水文變化，如蒸發、降雨、或河水的注入，可能會造成海水氧同位素值的顯著變化。利用此特性，在某些具有相當穩定的水文或是具有詳細溫度記錄的地區，珊瑚骨骼的氧同位素值可用來監控水文的狀況 (Cole *et al.*, 1990； McCulloch *et al.*, 1994； Gagan *et al.*, 1998)。

1.3.2 珊瑚骨骼 Sr/Ca 比之環境應用

海水中有許多種類的二價陽離子，如鈣、鎂、鋇和鋇等，這些離子也會進入珊瑚骨骼中成為主要、次要或微量元素，而珊瑚骨骼的 Sr/Ca 比值被廣泛的認為是良好的水體溫度計，其骨骼之 Sr/Ca 比值和其生成當時的水溫，呈線性反比例的關係（Weber, 1973； Smith *et al.*, 1979； Quinn & Sampson, 2002; Fallon *et al.*, 2003; Corrège, 2006）。但因 Sr/Ca 比值對溫度的敏感性太小（0.8%/°C）（Schrag, 1999），小於早期的技術所能達到的分析精確度，故未受到重視。直到 1992 年 Beck 等人使用了熱離子源質譜法（TIMS, Thermal ionization mass spectrometry）來改善 Sr/Ca 比值法的分析技術，提升分析精確度達 $\pm 0.03\%$ （ 2σ ），相對應的溫度解析度可達 $\pm 0.05^\circ\text{C}$ （Beck *et al.*, 1992）。但因 TIMS 測量涉及了過於耗時的樣品製備以及分析程序，1999 年 Schrag 等人便使用電感耦合電漿體原子發射光譜法（ICP-AES, Inductively coupled plasma atomic emission spectroscopy），使每天可超過 180 次的分析，精確度優於 $\pm 0.2\%$ （ 2σ ），溫度解析度為 $\pm 0.3^\circ\text{C}$ ，也同時使得此方法再度被重視，並開始迅速發展廣為採用在古海洋研究上（Guilderson *et al.*, 1994； McCulloch *et al.*, 1994； McCulloch *et al.*, 1999； Shen *et al.*, 1996； Alibert & McCulloch, 1997； Schrag, 1999； Gagan *et al.*, 2000）。此外 Sr/Ca 比值亦可以利用來作為追蹤水團的代用指標，尤其是在有湧升流的地區，由於深層水體與表層水體的 Sr/Ca 比值差異較大，故可利用 Sr/Ca 比值重建水團混合的狀況（Shen *et al.*, 2005b）。

即使珊瑚 Sr/Ca 比溫度計被視為最可靠的古溫度記錄器之一，但在應用之前，仍必需有些基本假設（鍾全雄等人，2008）：

1. 因鋇及鈣在海洋中的滯留期為百萬年以上（Broecker & Peng, 1982），在所重建的時間範圍，海水 Sr/Ca 比值是恆定的。
2. 古代珊瑚生理作用與現代相同。

3. 不同區域的海水 Sr/Ca 比相同。

4. 不同珊瑚個體所得出鋇、鈣溫度計相同。

de Villier 等人 (1994) 發現不同屬珊瑚需要個別建立其溫度計方程式；而在不同區域之海水，其 Sr/Ca 比值也有些微差別，最好是用珊瑚骨骼與其生活海水間之 Sr/Ca 比值之分配係數— $D [Sr/Ca]$ 來取代濃度比值 (Shen *et al.*, 1996)。

因此，利用珊瑚 Sr/Ca 比做為水體的溫度計時，仍需多加考慮其他影響的因素，包括選定適合的種屬、選定利用該種屬以及同地區或類似地區所推得之 Sr/Ca-SST 轉換方程式、海水之鋇鈣比值變化、觀察地區水文狀況等，才能得到較為準確的水體溫度。海水本身的 Sr/Ca 比值變化，一般假設過去的十萬年內海水本身 Sr/Ca 比值變化相當穩定 (Broecker *et al.*, 1982; Beck *et al.*, 1992)，然而 Stoll 等人 (1998) 建立之模式，及沈川洲等人於底棲性有孔蟲的分析結果顯示 (Shen *et al.*, 1999)，海水本身之 Sr/Ca 比值在海平面迅速變化時期會隨著海水面的升降而變化 (1~3‰)，雖其造成影響之幅度的正確性仍值得商議，但進行以珊瑚化石研究古環境時，仍需考慮此因素之影響。

目前所建立之珊瑚 Sr/Ca 比值溫度計方程式所用主要為團塊微孔珊瑚 (*Portia lobata*; Beck *et al.*, 1992; de Villiers *et al.*, 1994; Shen *et al.*, 1996)，然而亦有使用鐘形微孔珊瑚 (*Porites lutea*; Shen *et al.*, 1996)，但因珊瑚化石的表面保存不易，所採集之標本僅能分辨其為微孔珊瑚，無法分辨為鐘形 (*P. lutea*) 或團塊 (*P. lobata*)，所幸此溫度計種間差異並不大 (Shen *et al.*, 1996)。

1.3.3 珊瑚骨骼 $\delta^{13}\text{C}$ 之環境應用

影響珊瑚骨骼碳同位素變化的環境因子相當複雜且繁多，在環境信號方面通常很難被解釋，因其涉及了同位素分異作用，以及一些生物的生理效應等。主要影響珊瑚骨骼碳同位素數值的環境因子包含了：（1）海水同位素的組成（Nozaki *et al.*, 1978）；（2）珊瑚骨骼的幾何形狀以及生長速率（例如：珊瑚頂與其側面的關係）（Land *et al.*, 1975；McConnaughey, 1989）；（3）珊瑚內共生藻的光合作用（Weber, 1974；Goreau, 1977；Fairbanks & Dodge, 1979；Swart, 1983；McConnaughey, 1989）；（4）呼吸作用以及珊瑚食性的影響（Grottoli & Wellington, 1999；Grottoli, 2002）。一般而言，珊瑚骨骼碳同位素最常被用來當作其共生藻的光合作用強弱指標，因其在行光合作用時會先將較輕的碳同位素數值來進行光合作用，使之在形成碳酸鈣骨骼時，只能使用較重的碳同位素來進行合成，而會影響珊瑚光合作用強弱的環境因素則包含日照量的多寡、水中供應共生藻營養鹽的濃度以及海水的溫度等，而日照量的影響又包含了雲層的覆蓋量，太陽輻射強弱等影響。也由於樣本在分析時難以排除其他眾多的影響因子，亦無法進行定量的分析，故珊瑚骨骼碳同位素目前對現生標本的討論與應用較多（Sun *et al.*, 2008），在古環境的重建上仍未有太大的進展。

1.4 研究目的

全新世為自末次冰盛期以來逐漸開始升溫的時期，期間經歷了不少冷暖事件，而全新世早期於臺灣的珊瑚記錄甚少，屬百年以上的珊瑚記錄在全世界更是不多，本研究希望藉由此百年紀錄的珊瑚標本，結合高解析度的分析珊瑚骨骼形成時所記錄之碳氧同位素以及 Sr/Ca 成份，重建全新世早期臺灣西南部之海溫與水文變化，了解本研究區域的環境變遷，以及提供未來進行環境變遷研究，臺灣全新世早期珊瑚記錄之參考資料。

第二章、研究地點、材料與研究方法

2.1 研究地點與材料

本研究區域地層為高雄石灰岩（陳秉範，1949），其包含更新世地層之上的石灰岩體，包括壽山、半屏山、大崗山、小崗山與鳳山丘陵等地。石灰岩以生物碎屑為主，少部分為原地生長礁體。生物碎屑以珊瑚、貝殼與藻類為主，其沉積於古亭坑層、崎頂層之上，故可能受到些泥岩的沖積影響（陳文山等，2016）。古亭坑層為極厚層的泥岩，局部夾有薄層且側向延伸性差的薄砂岩，並形成廣大的惡地地形，孫習之（Sun, 1965）將其分為三段：古亭坑層段、雞南山段及石尖段，分布於臺南左鎮至高雄燕巢之間。岩性以塊狀泥岩為主，亦夾有沙泥岩互層及砂岩層，由於泥岩岩質鬆軟，雨季時表面逕流會在泥岩上沖刷成許多沖蝕溝。

林朝榮於 1963 年將此區全新世晚期下部之沉積物命名為阿公店層和阿公店珊瑚礁，並表示：「地層發育於小崗山南端附近之阿公店溪河床上和其右岸，並指出此地層沉積於海水清澄之岩石質海中，因海進沿阿公店溪侵入陸地，當時之海底出露頭嵙山期之小崗山珊瑚石灰岩，所以阿公店珊瑚礁非整合覆蓋於小崗山珊瑚礁石灰岩之上」。而在 8000 yr BP 臺灣西南部屬於海進時期，臺南、高雄地區才得以有珊瑚礁生長，直至約 6000 yr BP 才開始逐漸海退，使臺灣西南部地區平原逐漸擴大至今（圖 2.1；Chen *et al.*, 2005; Yang, 2016）。

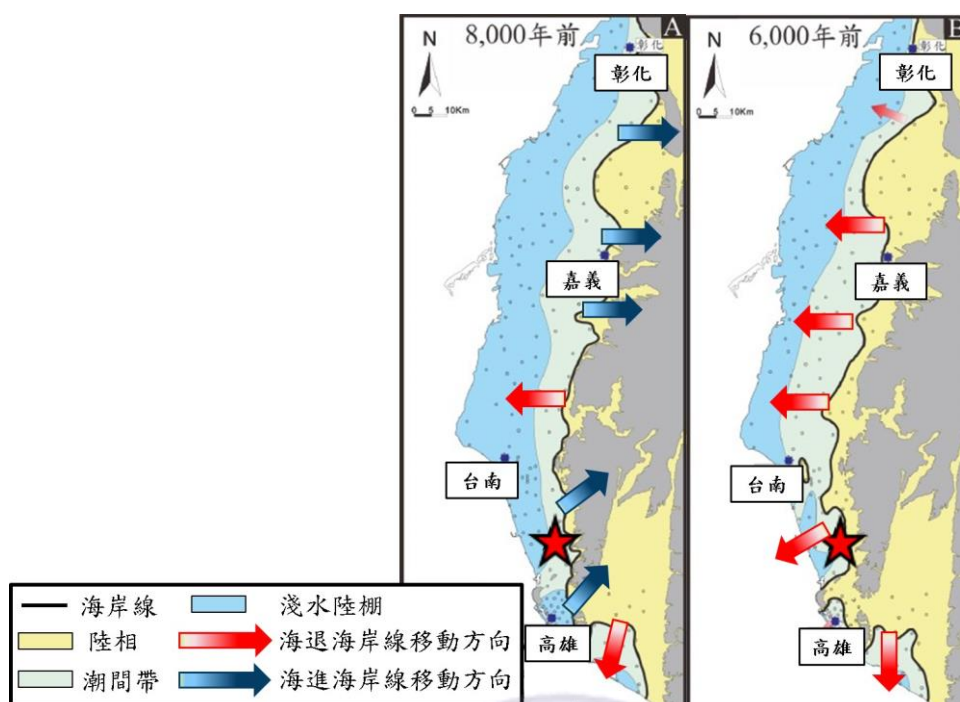


圖 2.1 臺灣西南部 8000~6000 yr BP 海岸線變遷與古地理變動 (Yang, 2016)。紅色星號為岩芯點位。

本研究材料由國立自然科學博物館王士偉博士提供，為其採自臺灣西南部阿公店珊瑚礁岩芯（編號：AGD-2）（圖 2.2；2.3）（長約 2.4 公尺；8986 $\pm$ 28 ~ 7870 $\pm$ 29 yr BP）中微孔珊瑚（*Porites*）生長較為連續之部分，進行穩定碳氧同位素以及 Sr/Ca 比值成分分析，以重建全新世早期臺灣西南部地區之古環境。

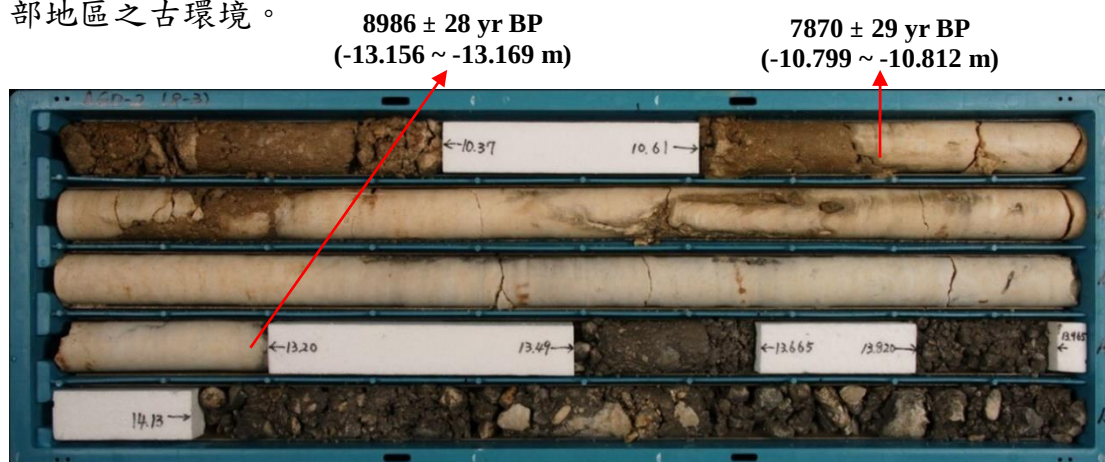


圖 2.2 本研究之材料：微孔珊瑚，頂底為鈾鈷定年結果，年代介於 8986 $\pm$ 2 ~ 7870 $\pm$ 29 yr BP。

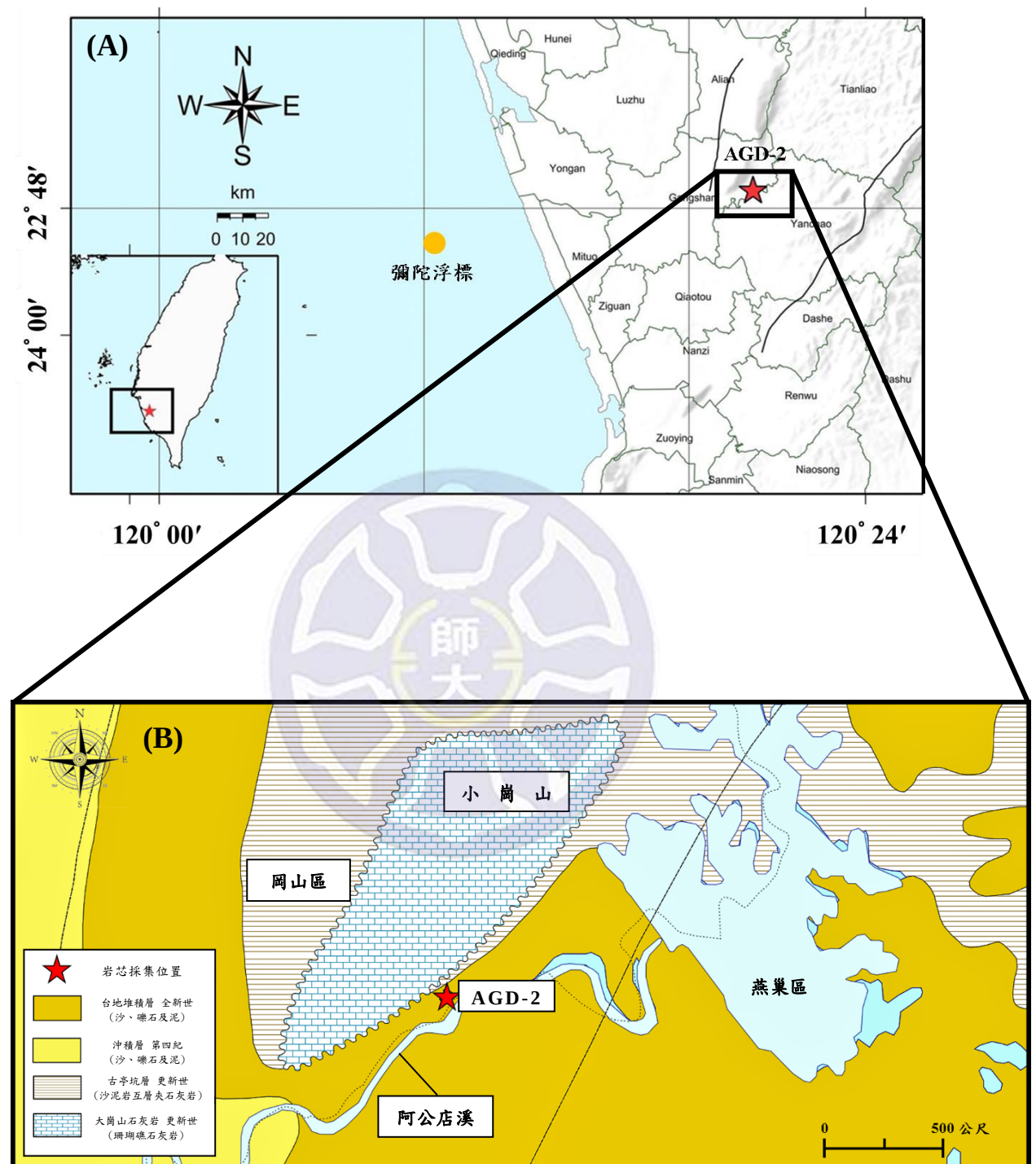


圖 2.3 (A) 研究區域及岩芯點位圖。紅色星號為岩芯點位，黃色圓點為中央氣象局彌陀浮標海溫資訊。(B) 研究區域地質圖 (中央地質調查所)。

2.2 研究方法

2.2.1 前處理

- (1) 將岩芯中挑選之保存良好的微孔珊瑚切下，將其切片為厚度約為 1 公分，總長度約為 2.4 公尺。
- (2) 利用洗牙機將其表面雜質去除乾淨並自然風乾。
- (3) 清洗過後之樣本以拉曼光譜儀 (Raman spectrometer) 分析其礦物組成。
- (4) 將珊瑚標本進行 X-ray 照相，以辨認其生長紋與主要生長軸的位置及方向，以利進行連續取樣分析 (圖 2.4)。

2.2.2 U-Th 定年分析

以手持式小鋸片取出約 0.5 克樣本，送至臺灣大學地質科學系高精度質譜儀實驗室以 MC-ICP-MS (Multiple-collector Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry) (型號: Neptune) 進行 U-Th 定年分析 (圖 2.4)。

2.2.3 穩定碳氧同位素分析

清洗且風乾之標本，以電鑽沿生長軸方向每 1mm 等間距進行連續取樣。其所得之碳酸鈣粉末，置於同位素分析之反應瓶中，放入 Gilson 自動分析儀，於 90°C 與 100% 之磷酸 (H_3PO_4) 反應，其所產生之 CO_2 以 Micromass IsoPrime IRMS 進行穩定碳氧同位素分析。本研究採用國際標準試樣 NBS-19 ($\delta^{13}\text{C}=1.95\text{‰}$, $\delta^{18}\text{O}=-2.20\text{‰}$) 將同位素數據校正至國際 V-PDB 標準，碳氧同位素的精密度分別為 0.03‰ 與 0.06‰ (1σ ; $N=1054$) (圖 2.4)。

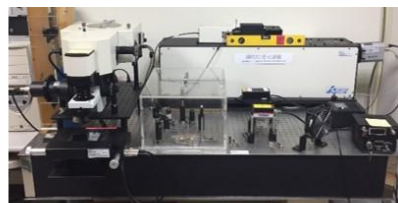
2.2.4 Sr/Ca 比值分析

將標本以電鑽沿生長軸方向每 1cm 等間距進行連續取樣，再挑選幾個氧同位素數值之震盪峰值點分析。其所得之碳酸鈣粉末置於分析試管中並加入 5%硝酸溶解，經感應耦合電漿發射光譜儀 ICP-OES (inductively couple plasma optical emission spectrometry) 之霧化器霧化後形成霧狀細粒藉由載流霧體(氫氣)送入電漿焰炬，再經由高頻無線電波感應耦合電漿的加熱，使霧狀樣品受熱而起一系列的去溶劑、分解、原子化/離子化及激發等反應。由待測元素受激發的原子或離子所放射出之光譜線，經光柵分光產生各特定波長的發射譜線，並由光電元件 CID (Charge-injection Detector) 偵測，即可對各元素進行定性及定量分析 (圖 2.4)。





利用 X-ray 照片辨認其生長方向。



以拉曼光譜儀，確定標本為鑽石。
(國立臺灣博物館)



取0.5g樣本利用MC-ICP-MS
(Neptune)進行U-Th定年分析。
(國立臺灣大學，地質科學系)



利用電鑽以每1mm為間距，沿
樣本生長方向連續取樣。



利用 Micromass Isoprime
IRMS 進行穩定碳氧同位
素分析。
(國立臺灣師範大學，地球
科學系)



利用 ICP-OES 進行微量元素分析。
(國立臺灣師範大學，地球科學系)

圖 2.4 實驗方法及流程圖。

第三章、結果與討論

3.1 X-Ray 分析結果

AGD-2 岩芯中的珊瑚切片以表面光及 X 光拍攝，再依其骨骼生長路徑做取樣，其中頂底（-10.8 m~-11.0 m；-13.0 m~-13.2 m）生長路徑不明顯，故不做分析（圖 3.2）。

3.2 拉曼光譜儀分析結果

AGD-2 岩芯中，*Porites* 珊瑚以非破壞性經拉曼光譜儀分析其礦物組成，其骨骼組成礦物為霏石（N=5），表示標本保存良好且沒有受到成岩作用再結晶影響，故其定年分析、微量元素分析、穩定同位素分析結果均可反映其標本生長時期之環境訊號，可以用來進行古環境之重建（圖 3.1）。

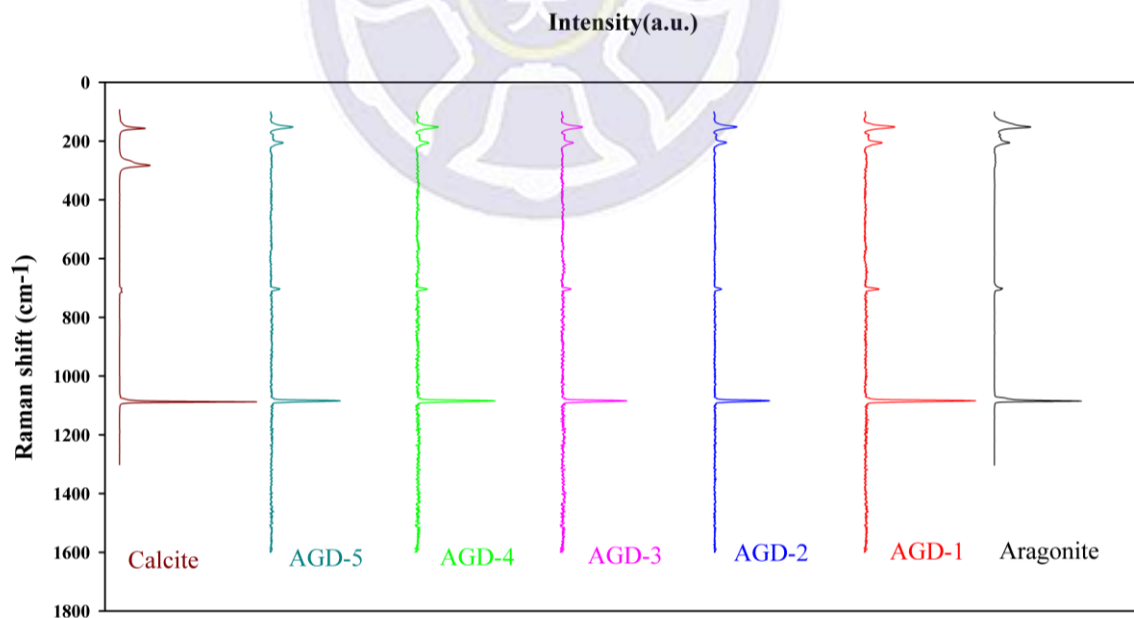


圖 3.1 研究標本拉曼光譜儀分析結果與霏石及方解石結果比較。

證明本研究之 *Porites* 珊瑚無受到成岩作用影響。

3.3 U-Th 定年分析結果

本研究 U-Th 定年共計有 6 個點，珊瑚頂底發育年代為 8986 ± 28 yr BP~ 7870 ± 29 yr BP，假設珊瑚生長連續不間斷，其總發育年代持續約 1100 年，而期間 4 次定年結果分別為 8709 ± 34 yr BP、 8342 ± 71 yr BP、 8156 ± 36 yr BP 及 8305 ± 410 yr BP（因接近泥質部分，樣品過髒不易清洗造成誤差值大）。而因頭尾珊瑚生長骨骼在 X 光下顯示不清楚，本研究則採取中間兩段區域進行微量元素以及穩定同位素分析（AGD-2；-13.00m~-11.00m），其生長時間為 8709 ± 34 yr BP~ 8305 ± 410 yr BP（ 8156 ± 36 yr BP）（圖 3.2）。



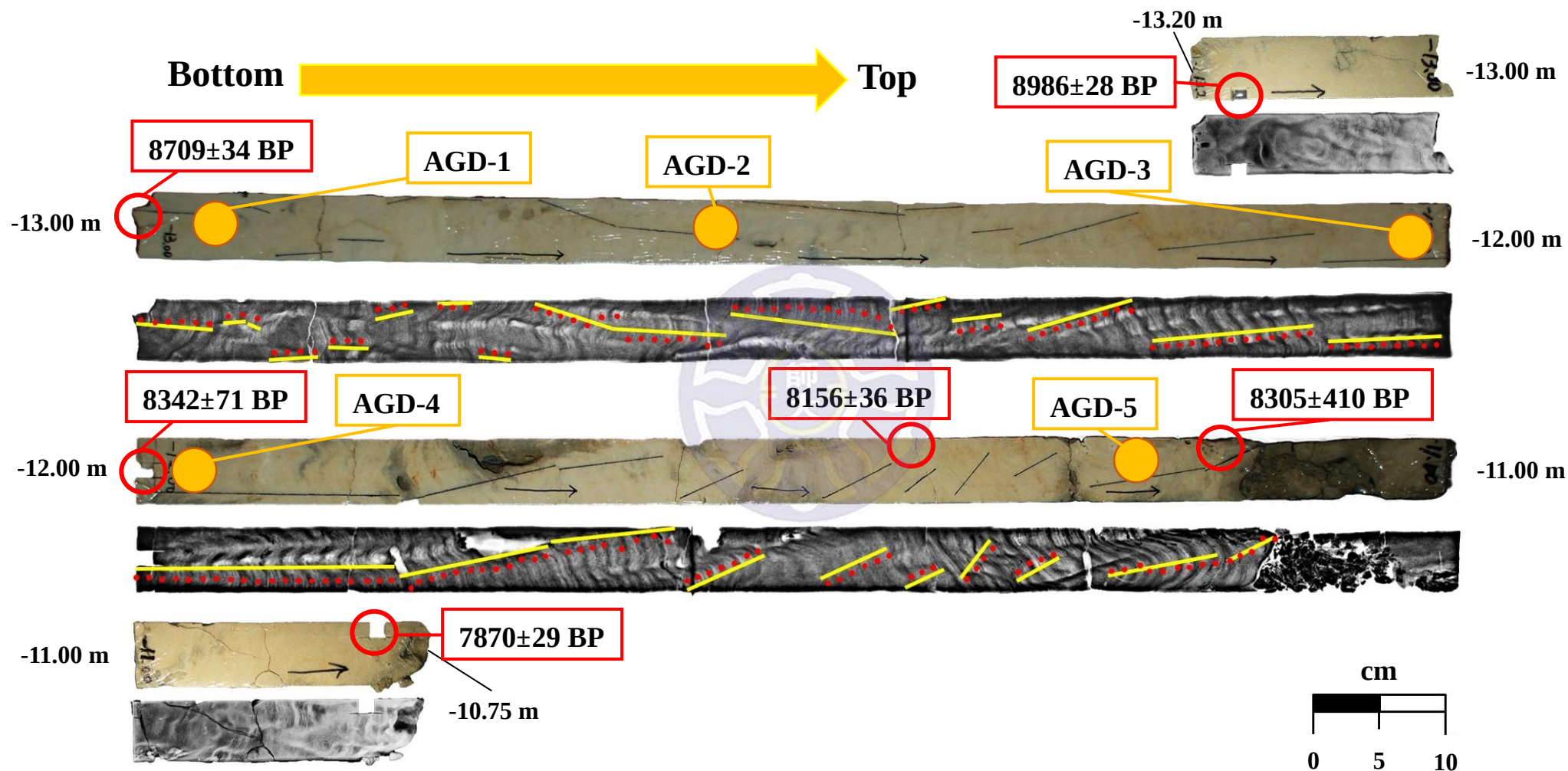


圖 3.2 標本分析資料圖及 X 光結果。紅框為 U-Th 定年點 (N=6)，橘點為拉曼光譜儀分析點 (N=5)，黃色線為取樣路徑，紅色點為取樣點 (以 1cm 為間距作圖)。

3.4 U-Th 定年與珊瑚生長紋變化

珊瑚的環境因素會影響珊瑚生長的速度，其中一個最重要的因素是陽光，在陽光充足的環境下，其鈣化速度可以是陰天的兩倍（Barnes, R.S.K. & Hughes, 1999），本研究珊瑚平均年生長率為 1.46 cm，最大值為 2.3 cm，與南灣現生微孔珊瑚年生長率差不多（Shen, 1996），而根據氧同位素震盪週期來看，可發現其位於高溫的點位皆比冬天還要來的多，冬天整體呈現為 V 字型的峰波，表示於冬天時珊瑚生長速度較慢，或是停止生長。而從珊瑚骨骼之 X 光照片判斷，此珊瑚有明顯的明暗交界，但也有少部分其生長紋並不明顯，若以深色細紋當作年與年間的交界，據此判斷此珊瑚標本共有約 112 年的紀錄，而薄高密度的暗紋主要於夏末形成（Hudson *et al.*, 1976；Dodge *et al.*, 1992），但也有南海鐘形微孔珊瑚研究指出其高密度的暗紋在春季出現，低密度的在冬季出現，且高密度之暗紋較低密度生長紋厚（Sun *et al.*, 2008），而本研究屬高密度之暗紋較低密度生長紋還要薄，且珊瑚骨骼紋路與 Sun 等人研究之團塊微孔珊瑚骨骼紋路較相似，而其團塊微孔珊瑚骨骼在季節上的變化較鐘形微孔珊瑚不明顯（圖 3.3）。

以 X 光判定珊瑚骨骼年齡（112 年）與鈾釷定年（550 年）方式有出入，因此珊瑚標本自岩芯鑽取，而珊瑚在生長過程中可能會有停止生長、長歪、斷裂亦或白化死亡等情形而造成骨骼紀錄的缺失，且骨骼也並非剛好取至最大生長軸而有此誤差發生。

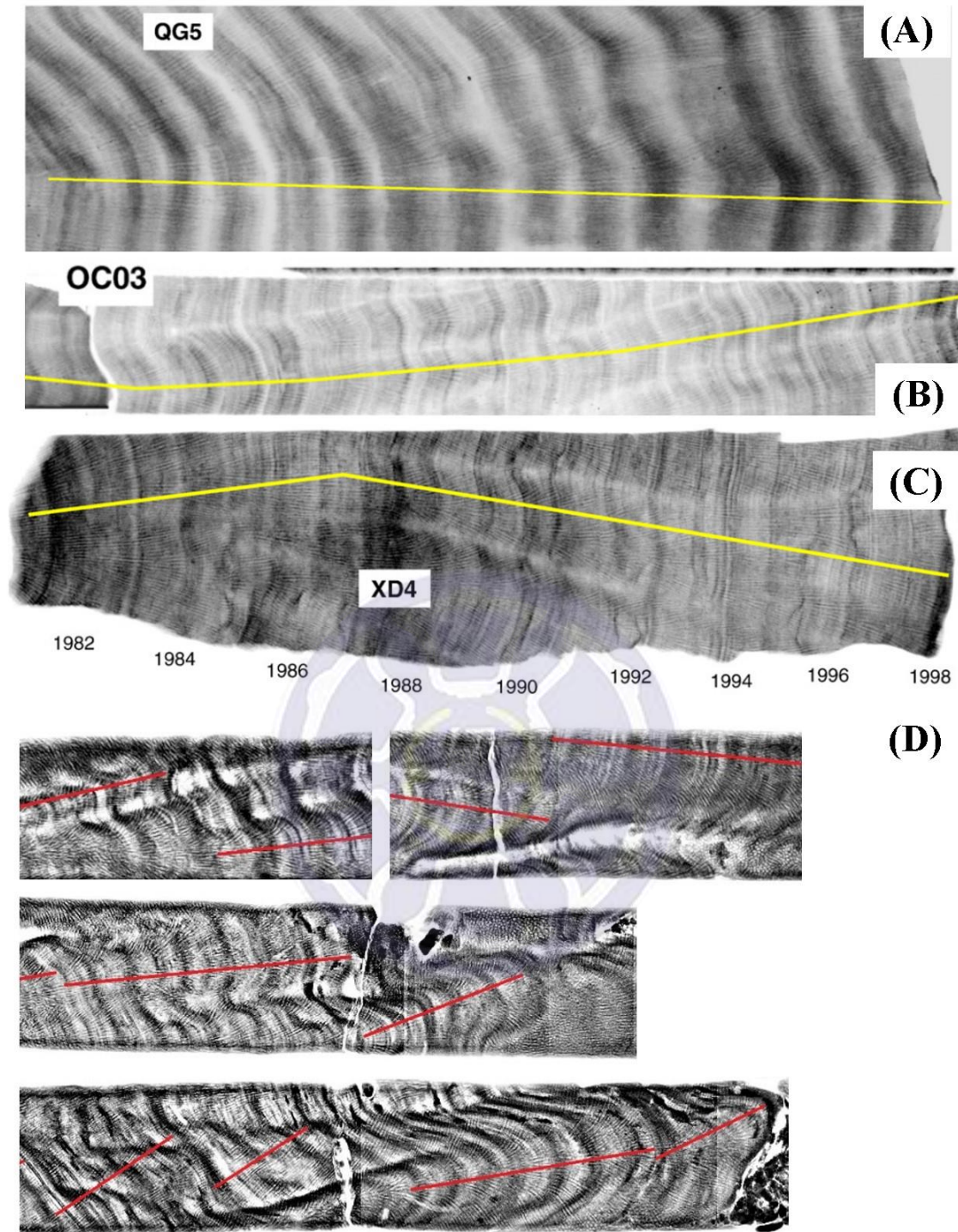


圖 3.3 南海 *Porites lutea*、*Porites lobata* X 光骨骼照片 (Sun *et al.*, 2008)，與本研究 X 光珊瑚骨骼片段生長紋比較圖，黃線及紅線為採樣路徑。
 (A)：南海鐘形微孔珊瑚骨骼 (*Porites lutea*)。(B) 南海團塊微孔珊瑚 (*Porites lobata*)。(C) 南海團塊微孔珊瑚 (*Porites lobata*)。(D) 本研究之珊瑚骨骼片段。

3.5 氧同位素與 Sr/Ca 比值分析結果

本研究珊瑚標本穩定氧同位素以每 1mm 為間距取樣，共分析 1634 個樣本，其數值介於-3.36‰~-6.64‰，平均值為-5.18‰±0.72‰（1 σ ；N=1634）（圖 3.4），而採樣區間可辨別之季節性的震盪周期約有 106 個，表示本次分析結果至少為 106 年之記錄，且可發現震盪峰低的部分（氧同位素高）紀錄點較高峰（氧同位素低）的點位還要來的少，形成 V 型波峰，表示在溫度低的時期珊瑚生長可能較為緩慢。氧同位素平均最高值與平均最低值分別為-3.87‰（N=106）和-6.01‰（N=106）。106 年的週期震盪中，標本年生長率介於 0.5cm/yr~2.3cm/yr，年平均生長率為 1.46±0.36cm（1 σ ），而因岩芯底部年代較老之珊瑚骨骼生長路徑在前半段 X 光下顯示較短且不連續，故可發現其氧同位素震盪週期在有間隙的影響下則不明顯。

影響珊瑚骨骼 Sr/Ca 變化的因素主要為生長周圍之水溫變化及海水本身的鎂鈣比值，其也可視為表層海水溫度變化的一次函數。本研究 Sr/Ca 比值先以每 1cm 為間距取樣，共分析 169 個標本，再額外挑選 2 區間以每 1mm 為間距多做取樣（N=18），也以氧同位素震盪之峰值部分去做 Sr/Ca 比值分析（N=50）以了解季節之最高及最低溫度，其數值介於 8.27mmol/mol~9.79mmol/mol 之間，平均值為 9.09mmol/mol±0.39mmol/mol（1 σ ；N=237）（圖 3.4），Sr/Ca 數值平均最高值與平均最低值分別為 9.70mmol/mol 和 8.42mmol/mol，根據 Sr/Ca 比值的特性，本珊瑚岩芯主要可分為九個區段。

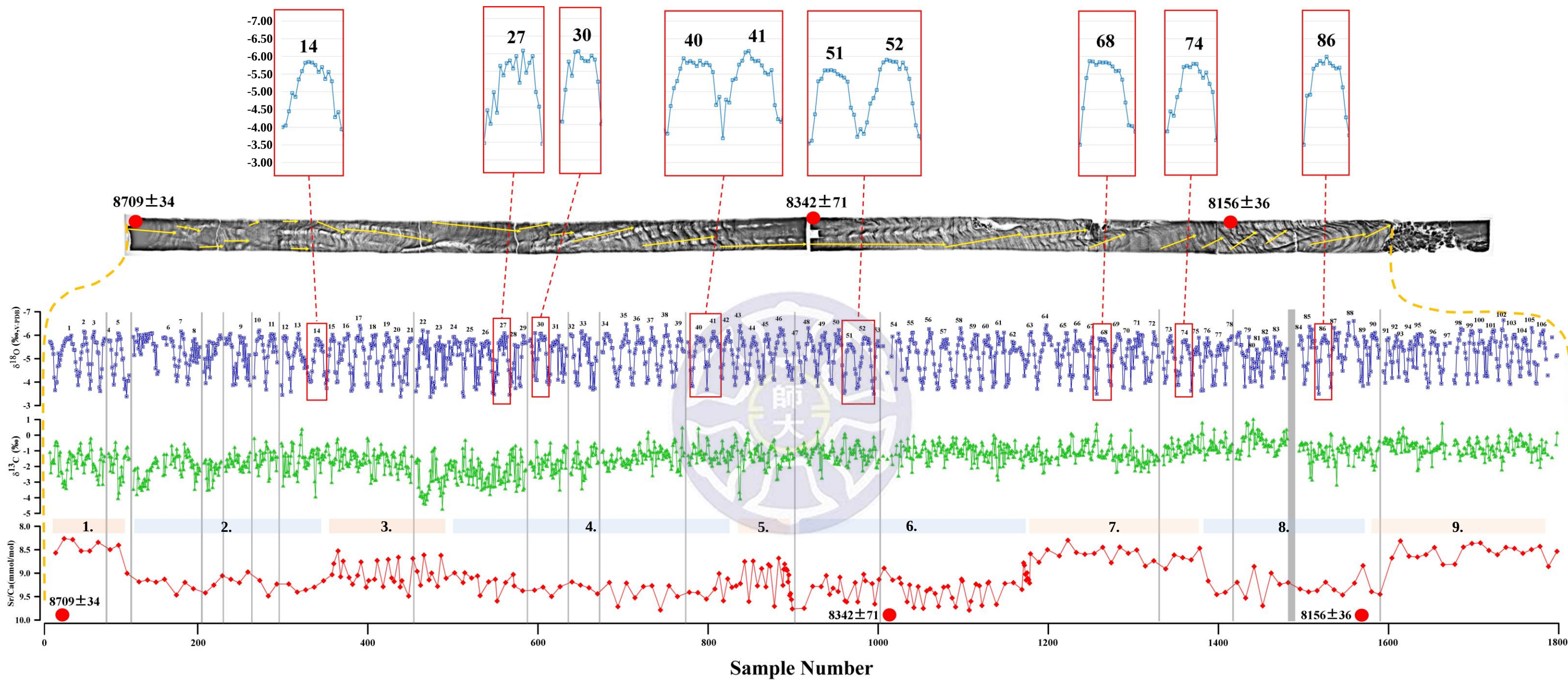


圖 3.4 標本之 X-Ray 相片、氧同位素（藍線）（N=1634）、碳同位素（綠線）（N=1634）、Sr/Ca 比值（紅線）（N=237）。紅色圓點為 U-Th 定年點，黃色箭頭為取樣及生長方向，灰色線為間隙。標本骨骼氧同位素震盪週期上所標記之數字表年分。中間粉藍及粉色框為依照 Sr/Ca 比值震盪作分段討論區域，共分為九段。上方紅框為因顯示夏季有較多的紀錄，推測當時夏季有較長特徵之震盪週期。

3.6 珊瑚 Sr/Ca 比值估算出之海水溫度

珊瑚骨骼內的 Sr/Ca 比值與海水表面溫度 (SST) 有明顯的相關性，而在各地區不同種珊瑚有著不同的 Sr/Ca-SST 轉換方程式 (表 3.1)。本研究將數據代入數種方程式驗算後，發現所轉換之海溫皆有不符合於珊瑚適宜生長範圍之溫度 (18~30°C)，為求海水溫度之準確及合理性，本研究採用較多數符合珊瑚適宜生長溫度範圍的 de Villiers (1994) 於夏威夷 *Porites lobata* 珊瑚建立之溫度方程式 (圖 3.5；橘線)，其公式如下：

$$\text{Sr/Ca (mmol/mol)} = 10.956 - 0.07952 \times \text{SST (}^{\circ}\text{C)}$$

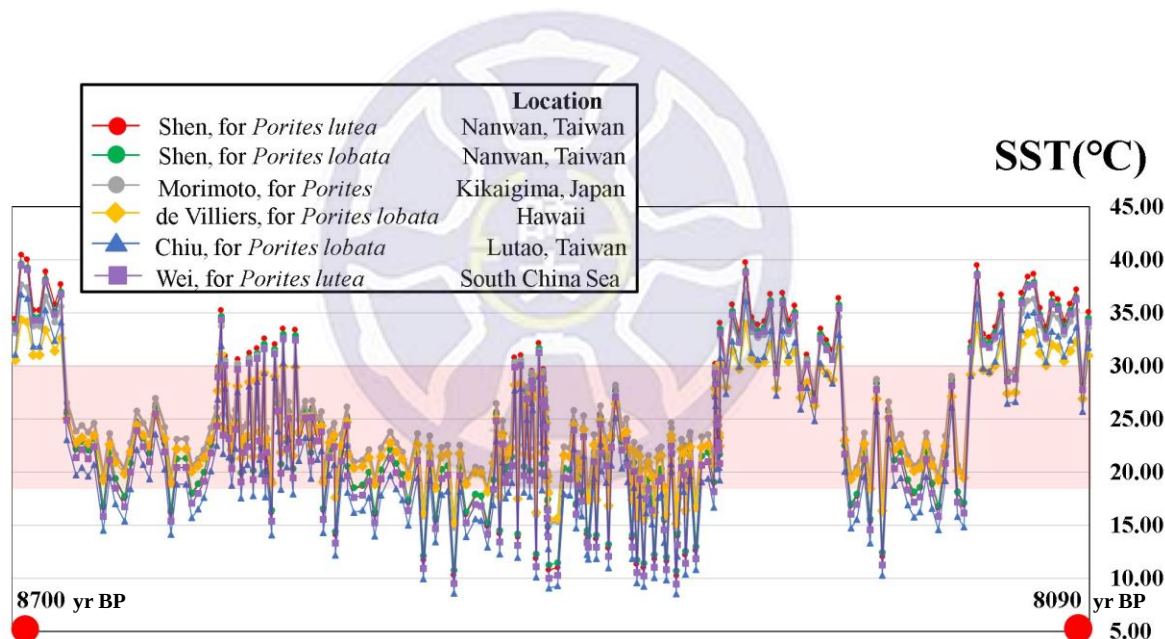


圖 3.5 根據本研究 Sr/Ca 比值代入不同海水表面溫度轉換公式之海水表面溫度範圍，粉色框為珊瑚適宜生長之海水溫度範圍 (18~30°C)。

經公式換算可得最高溫為 34.3°C，最低溫為 15.2°C，平均溫度 23.9°C，平均夏季與冬季的溫度為 27.3°C 和 21.9°C，平均年溫差為 5.4°C。本研究收集了研究區域內現今 2014~2018 (2015 有缺失) 年間中央氣象局彌陀浮標之逐日海溫資料，其 4 年平均冬、夏季海溫分別為 24.1 與 30.5°C，溫差為 6.4°C (圖 3.6)。

表 3.1 不同地點之 Sr/Ca 比值與 SST 轉換方程式。

(1~11 取自余采倫, 2007)

不同地點 $Sr/Ca = a * SST + b$				
	Ref.	a	b	Location
1	de Villers <i>et al.</i> , 1994	10.956	-0.07952	Hawaii
2	Shen <i>et al.</i> , 1996	10.286	-0.0514	Taiwan
3	Mitsuguchi <i>et al.</i> , 1996	10.5	-0.0608	Ryukyu, Japan
4	Alibert & McCulloch, 1997	10.48	-0.0615	GBR, Australia
5	Gagan <i>et al.</i> , 1998	10.73	-0.0638	Java & Australia
6	Wei <i>et al.</i> , 2000	10.6	-0.0504	South China Sea
7	Quinn & Sampson, 2002	10.073	-0.052	Amédée, New Caledonia
8	Felis <i>et al.</i> , 2004	10.783	-0.0597	Eilat, Red Sea
9	Zinke <i>et al.</i> , 2004	10.348	-0.05	Madagascar
10	Chiu, 1999	10.429	-0.0542	Lutao, Taiwan
11	Bo, 2004	10.254	-0.0456	Lutao, Taiwan
12	Morimoto <i>et al.</i> , 2007	10.77	-0.0665	Kikaigima, Japan

3.6.1 臺灣西南地區 8700~8090 yr BP 之表層海水溫度變化

由本研究結果顯示，臺灣西南部地區（8700~8050 yr BP）之平均表層海水溫度為 25.2°C，夏季平均溫為 27.3°C，冬季平均溫為 21.9°C。而根據現代沿海彌陀浮標顯示（2014~2018），此研究區域海域平均海溫為 27°C，季節性溫差為 6.4°C（24.1~30.5°C），相較於現今中央氣象局海象測報中心彌陀浮標實測之平均海溫 27.0°C，本研究之平均海溫約低了 1.8°C，夏季平均海溫比現今低了 3.2°C，冬季平均海溫則比現今低了 2.2°C，整體顯示為一個降溫的趨勢。而南灣珊瑚化石（8100 yr BP）則顯示夏季比現今暖 1°C，冬季比現代冷 2°C（Shen, 1996），其冬季結果與本研究類似，但夏季本研究卻顯示為比現代海溫還要低的現象，推測可能為地區性及緯度的差異所造成。

本研究將其海水表面溫度分為 9 個段落來做討論，以定年結果利用內插法來判定其年代分別為第一段（8700 yr BP）、第二段（8640 yr BP）、第三段（8595 yr BP）、第四段（8525 yr BP）、第五段（8400 yr BP）、第六段（8350 yr BP）、第七段（8220 yr BP）、第八段（8200 yr BP）及第九段（8090 yr BP），其整體趨勢主要為夏季有高低溫震盪的特徵。因 Sr/Ca 比值解析度沒氧同位素記錄高，故本研究以氧同位素之峰值所對照之 Sr/Ca 比值當作其海水表面溫度之冬、夏季溫度的指標，並根據氧同位素記錄震盪週期判斷其生長年數（圖 3.6）。

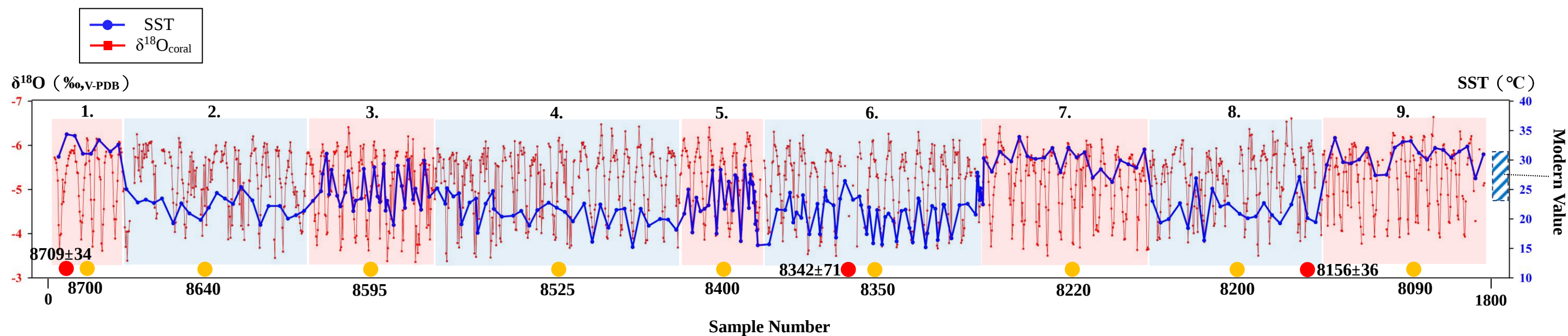


圖 3.6 由鋇鈣比值溫度方程式 (de Villiers *et al.*, 1994)，所推算之海水表面溫度與珊瑚骨骼氧同位素之比較圖。粉色、淺藍框為根據 Sr/Ca 換算海溫之分段區域，共分為九段，紅色圓點為實際 U-Th 定年點，橘色圓點為利用內插法所推得之年代，藍色斜線框為彌陀浮標現代海溫數值範圍。

表 3.2 Sr/Ca 比值換算海水表面溫度之分段討論數據。

段落	1	2	3	4	5	6	7	8	9	現代
年代(yr BP)	8700	8640	8595	8525	8400	8350	8220	8200	8090	0
夏季平均溫(°C)	32.7 (N=3)	23.4 (N=5)	29.3 (N=8)	22.4 (N=17)	27.9 (N=4)	23.1 (N=12)	31.6 (N=8)	22.6 (N=7)	32.6 (N=7)	30.5
冬季平均溫(°C)	30.9 (N=3)	19.1 (N=2)	21.9 (N=7)	18.6 (N=10)	17.6 (N=3)	16.4 (N=11)	27.4 (N=3)	17.8 (N=2)	27.3 (N=3)	24.1
平均溫(°C)	32.3	22.2	25.0	21.3	24.4	20.9	30.0	21.4	29.6	27.3
年溫差(°C)	1.8	4.3	7.4	3.9	10.3	6.7	4.2	4.8	5.3	6.4
生長週期(yr)	5	9	9	19	4	16	13	14	17	

第一段 (8700 yr BP), 平均溫為 32.3°C (N=8), 夏季均溫為 32.7°C (N=3), 冬季均溫為 30.9°C (N=3), 年溫差為 1.8°C, 根據氧同位素震盪週期可識別為 5 年的生長週期, 此階段冬、夏季平均溫皆在 30°C 以上且年溫差小, 但生長年數較短, 可能有接續著更早之前的古氣候特徵; 第二段 (8640 yr BP), 平均溫為 22.3°C (N=22), 夏季均溫為 23.4°C (N=5), 冬季均溫為 19.1°C (N=2), 年溫差為 4.3°C, 生長週期 9 年, 此段冬、夏季均溫整體降了約 10°C, 年溫差也升高, 生長年數較前段還要長; 第三段 (8595 yr BP), 平均溫 25°C (N=30), 夏季均溫 29.3°C (N=8), 冬季均溫 21.9°C (N=7), 年溫差 7.4°C, 生長週期 9 年, 此段為冬、夏季皆有升溫階段, 夏季平均升溫了 5.9°C, 冬季升溫了 1.8°C, 年溫差也較高, 其生長年數則和前段相同; 第四段 (8525 yr BP), 平均溫為 21.3 (N=40), 夏季均溫 22.4°C (N=17), 冬季均溫 18.6°C (N=10), 年溫差 3.9°C, 生長週期 19 年, 此段因生長週期較長, 故紀錄了較多的冬、夏季數量, 整體屬於一個降溫的階段, 夏季降了 6.9°C, 冬季降了 3.4°C; 第五段 (8400 yr BP), 平均溫為 24.4°C (N=19), 夏季均溫為 27.9°C (N=4), 冬季均溫為 17.6°C (N=3), 生長週期 4 年, 年溫差則來到最大的 10°C, 此區段屬於一個升溫的階段, 其年溫差來到了最大值; 第六段 (8350 yr BP), 平均溫為 20.9°C (N=58), 夏季均溫為 23.1°C (N=12), 冬季均溫為 16.4 (N=11), 年溫差為 6.7°C, 生長週期為 16 年, 此段屬降溫階段年均溫與冬季季溫最低的時期; 第七段 (8220 yr BP), 平均溫為 30°C (N=20), 夏季均溫為 31.6°C (N=8), 冬季均溫為 27.4°C (N=3), 年溫差為 4.2°C, 生長週期為 13 年, 這段屬升溫期, 夏季平均升溫了 8°C, 冬季升溫了 11°C; 第八段 (8200 yr BP), 平均溫 21.4°C (N=17), 夏季均溫 22.6°C (N=7), 冬季均溫為 17.8 (N=2), 年溫差為 4.8°C, 生長年代為 14 年, 此階段屬降溫期; 第九段 (8090 yr BP), 平均溫為 29.6°C (N=23), 夏季均溫為 32.6°C (N=7), 冬季均溫為 27.3°C (N=3), 年溫差為 5.3°C, 生長週期為 17 年, 此段屬於升溫期 (表 3.2)。

總體而言，此 106 個生長週期共可分成 4 個大尺度的震盪週期(圖 3.7)，而其中第一段 (8700 yr BP) 及第五段 (8400 yr BP)，其年溫差為最小值的 1.8°C 以及最大值 10.3°C ，原因可能為紀錄的生長週期較短(5 年及 4 年)，可供參考的海溫數據較少，導致有此溫差的出現。

本研究 8700~8090 yr BP 顯示在臺灣西南部全新世早期海溫顯示其波動頻繁，年溫差變化若扣除生長週期較短的部分，則範圍為 $3.9\sim 7.4^{\circ}\text{C}$ ，推測因軌道誘導改變，在 8000~9000 yr BP 太陽輻射北半球夏季增強了 8%，冬季則減少了 8%，當時北半球日照量差異較現今大，而有比現今溫差 (6.4°C) 還要高的特徵出現 (COHMAP, 1988; Berger & Loutre, 1991)，而 8.2 千年降溫事件在本研究則無明顯的記錄。



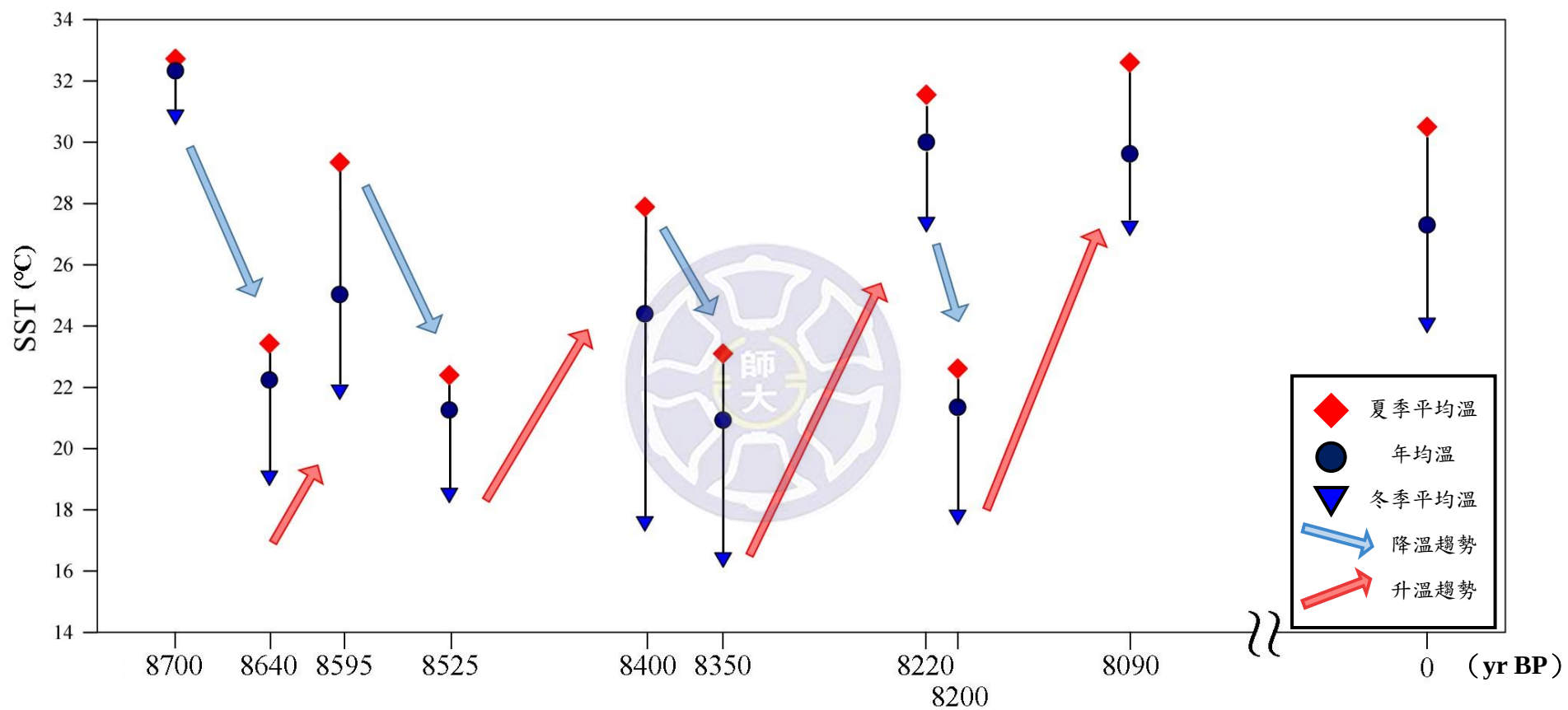


圖 3.7 臺灣西南部之表層海水溫度 8700~8090 yr BP 與現今海水溫度分布圖。菱形為夏季均溫，圓形為年均溫，三角形為冬季均溫。

氣候模擬指出至 8200 yr BP 開始夏季日照量增加，使七月溫度逐漸升溫，至 8050~7550 yr BP 到達了最大值（Renssen *et al.*, 2012），北非自 9000 yr BP 以來，其氣候模擬降雨量、模擬植被覆蓋量、JJA（June-July-August）於北緯 20°的日照量、薩哈拉的沉積物岩芯風積塵埃紀錄，皆也顯示出軌道影響導致當時夏季日照量比現今強，至 5500 yr BP 才有大幅度的下降至現今趨勢（Claussen *et al.*, 1999；deMenocal *et al.*, 2000），而位於南半球赤道西太平洋的休恩半島（Huon Peninsula），其 8900 yr BP 及 7400 yr BP 的微孔珊瑚紀錄，年平均溫分別為 24.2 與 22.9°C，顯示比現今還要低 2~3°C，雖北半球夏季日照量增加，但對赤道太平洋地區則有遲緩影響的跡象。

若根據氧同位素震盪週期推估夏季珊瑚生長時間，有幾個震盪年顯示夏季有較多的記錄，推測當時的夏季有較長的特徵，分別為第 14、27、30、40、41、51、52、68、74、86 年（圖 3.4），與 8100 yr BP 南灣微孔珊瑚利用生長速率推得結果相符（Shen, 1996）。

環顧整個東亞及西赤道太平洋地區全新世早期至今（圖 3.8），9000~8000 yr BP 在此高解析度下顯示其波動頻繁，整體比現今海溫還要低，但也有幾個比現今還要高溫的時期，冬季屬較低溫與其他時期相比溫度範圍廣，直至 7000~6000 yr BP 才顯得較穩定。

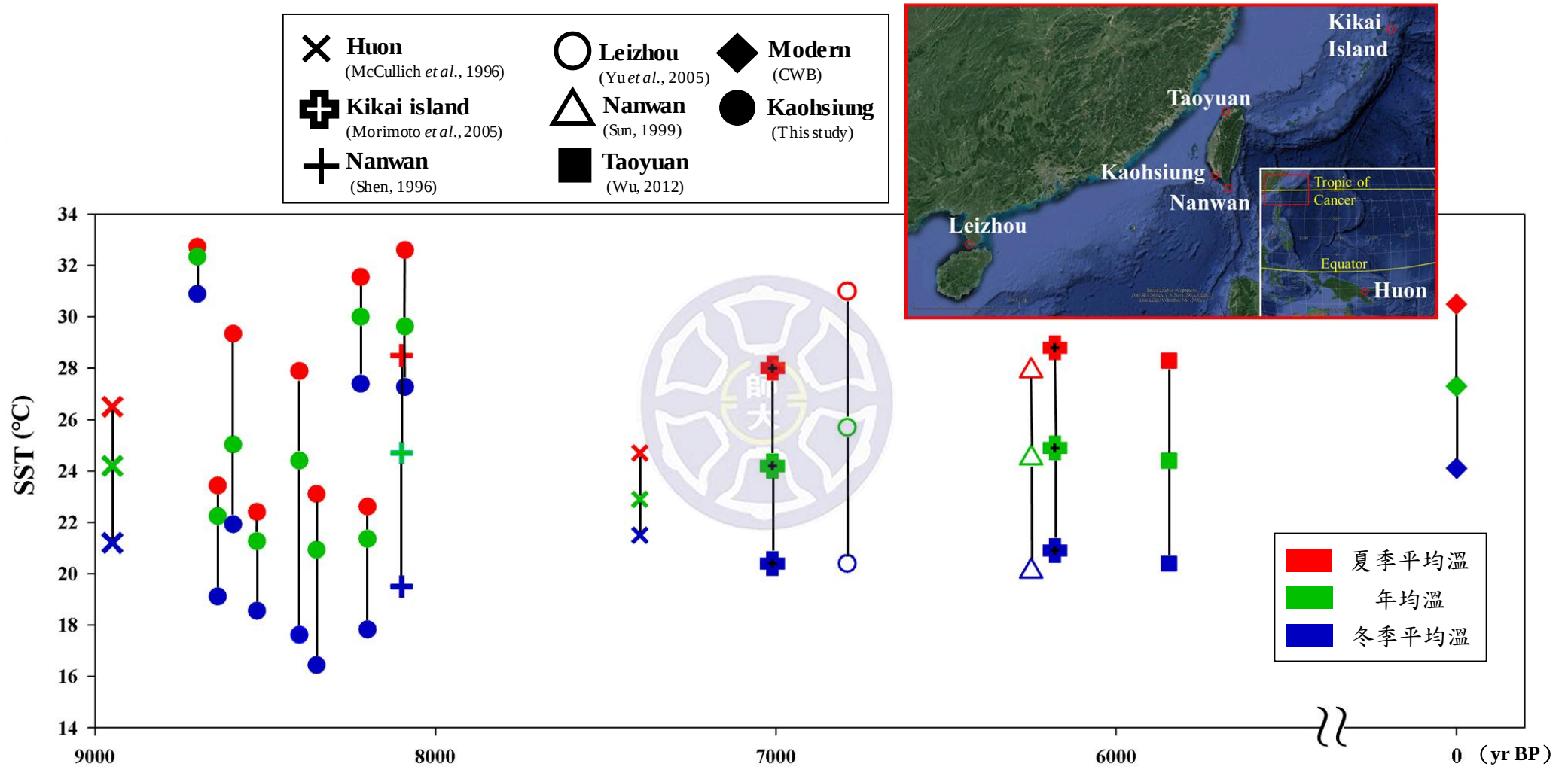


圖 3.8 東亞及西赤道太平洋地區古海水表面溫度與現今同地區海水表面溫度隨年代分布圖。紅色代表夏季，藍色代表冬季，綠色為全年平均值。所有地區古海水表面溫度資料皆為 *Porites* 珊瑚 Sr/Ca 比值所推算。

3.7 海水氧同位素之估算

影響珊瑚骨骼氧同位素變化的因素主要有：1.珊瑚本身的生理效應；2.海水本身氧同位素的變化；3.珊瑚骨骼堆積時，其周圍海水之溫度變化。以生理效應來說，不同種屬之珊瑚，其生理效應所造成之氧同位素不平衡的效應不同，但對同一種屬來說，其效應固定（Weber *et al.*, 1972），故由氧同位素討論古環境變化時，此效應可忽略不計。

海水氧同位素變化本身則包含了幾個要素：海水蒸發、冰層消長、降雨或河水的注入等。而當冰帽消退時，因其融冰水之氧同位素變輕，故會造成全球海水之氧同位素會有變輕的趨勢。降雨、河水注入皆有此相同反應，然而若蒸發作用旺盛，因同位素分異作用影響，會使海水氧同位素呈現變重的趨勢（Hoefs, 2015）。全球氣候至末次冰盛期（LGM, Last Glacial Maximum）以來逐漸回暖，北半球的冰帽逐漸消退，至約七千年前形成與現今相同之情況（Blunier *et al.*, 1995），而在九千年前至八千年前全球海水位約比現今低了 20 公尺（Rohde, 2005），推測若現今海水氧同位素為 0‰，則當時海水氧同位素則可能為 0.2‰（Bard *et al.*, 1990）。

珊瑚碳酸鈣骨骼之氧同位素可成為重建古環境的重要指標（Dunbar *et al.*, 1981； McCulloch *et al.*, 1994； Gagan *et al.*, 1994； Morimoto *et al.*, 2002），而珊瑚碳酸鈣骨骼中 SST（Sea Surface Temperature）與氧同位素數值和其生活的海水氧同位素有著相關性（Gagan *et al.*, 1998； Shen, 1996）。本研究使用南灣現生微孔珊瑚所建立之轉換方程式（Shen, 1996），其轉換方程式如下：

$$\delta^{18}\text{O}_{\text{water}} = 0.409 + 0.1886 \times \text{SST } (^{\circ}\text{C}) + \delta^{18}\text{O}_{\text{coral}}$$

其中， $\delta^{18}\text{O}_{\text{coral}}$ 為珊瑚碳酸鈣骨骼中所測得之氧同位素數值， $\delta^{18}\text{O}_{\text{water}}$ 為珊

瑚生長環境之水體氧同位素數值，SST 則為 Sr/Ca 比值換算之海水表面溫度。此方程式建立之區域與本研究之地理位置較相近，且使用相同的珊瑚種屬，故本研究使用此方程式來推算古海水氧同位素數值。

本研究換算之海水氧同位素數值為-1.97~1.98‰(圖 3.9)，夏季與冬季平均值分別為-0.3 及 0.42‰，與現今臺南七股養殖場採集之海水氧同位素當作現代數據做為比較(張世安，2019)，共計有兩個點位，其水標本採集年代為 2017 年 10 月~2019 年 1 月，扣除 2018 年 8 月因受颱風降雨影響的數值後，其夏季(6 月、7 月、8 月)平均值為-0.80‰，冬季(11 月、12 月、1 月)則為 0.23‰。與本研究珊瑚推得之海水氧同位素相比，珊瑚所得之地區海水氧同位素(冬季：0.42 ‰；夏季：-0.30‰)冬夏季皆較現今大約 0.5 至 0.2‰。



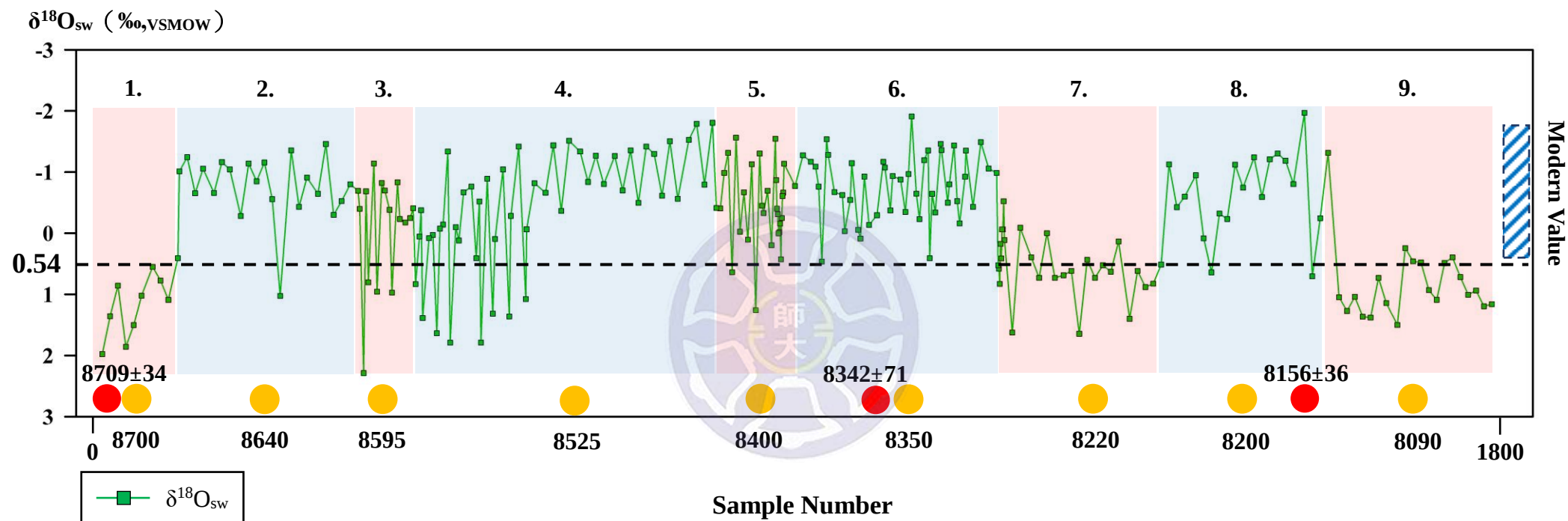


圖 3.9 利用鋁鈣比值換算之海溫經轉換方程式 (Shen, 1996) 所得出海水氧同位素數值。粉色、淺藍框為分段討論區域，藍斜框為臺南七股養殖場現今海水氧同位素範圍 (張世安, 2019)，黑色虛線為利用西南太平洋深海岩芯之浮游性有孔蟲推估當時海水氧同位素 (Stott, 2004)，紅色圓點為實際 U-Th 定年點，橘點為利用內插法所得之年代。

3.7.1 臺灣西南地區 8700~8090 yr BP 之海水氧同位素變化

本研究所得之 8700~8090 yr BP 臺灣西南部地區海水氧同位素數值平均值為-0.25‰，冬季平均值為 0.42‰，夏季平均值為-0.30‰，與臺南七股實測之海水氧同位素冬夏平均值 0.23 與-0.80‰（圖 3.9）相比，都較現今實測值大。海水氧同位素可能受冰川體積與海水鹽度變化的影響（Epstein *et al.*, 1953; Shackleton, 1974），且冰川體積變化會影響全球海水面變化，而在 8000 yr BP 全球海水面比現今還要低 20 公尺，表示說當時海水氧同位素要比現今的 0‰還要輕，可判定當時海水氧同位素為 0.2‰（Bard *et al.*, 1990）。但因地區性的影響可能每個地區的全球海水氧同位素數值會有所差異，故本研究以西太平洋 MD81 深海岩芯利用浮游性有孔蟲測得之海水氧同位素當作當時全球海水氧同位素數值（Stott, 2004），其年代為 8875 yr BP~7875 yr BP，得知平均海水氧同位素數值為 0.54‰。

年際間的海水鹽度改變有可能是因為地區水團的不同，或是蒸發降雨效應的改變所造成。Ninno 與 Emery（1961）、Nitani（1972）將臺灣海峽裡的海流區分為夏、冬兩個類型，夏季主要為東北向的海流，來源分別為高溫高鹽的黑潮支流（Kuroshio Branch Water, KBW）以及高溫、鹽度較黑潮水低的南海表層水（South China Sea Water, SCSW）。冬季時海峽東側仍為由南往北的黑潮支流，西側則是低溫低鹽的南向大陸沿岸水（圖 3.10）。根據科技部海洋學門資料庫（Ocean Data Bank）（紀錄時間：1985~2019 年）針對本研究區域（120.25°E, 22°N）現今的四季表層海水鹽度變化測量，本地區春、夏、秋、冬的海水鹽度分別為 34.2、33.7、34.0 及 34.4 ppt（圖 3.11），而鄰近的中央氣象局阿公店測站（與岩芯距離約 2km）的年雨量紀錄（2014~2018），年平均降雨量為 2070 mm/yr，主要降雨季節為 5 月至 9 月的梅雨季以及颱風。11 月至 3 月則降雨量低。此地區近 5 年冬

季平均降雨量為 14.3mm，夏季平均降雨量為 462.2mm，為臺灣典型的冬乾夏雨季風氣候。

本研究區域根據中央氣象局阿公店測站之雨量，其春、夏、秋、冬四季降雨量分別為 230.4、1126.5、307.1 及 39.3 mm（圖 3.11），經過比對可發現本地區在季節性的海水鹽度變化上，與降雨量有直接的相關性，雨量最大的夏季所測之海水鹽度最小，而雨量最少的冬季所測得之海水鹽度則最大，故推斷當時海水氧同位素若比 0.54‰ 還要低則降水旺盛，反之則蒸發強、鹽度高（圖 3.12），而在熱帶太平洋，海水氧同位素與鹽度之間為每 1 psu 為 0.2~0.3‰ 的氧同位素變化（Fairbanks *et al.*, 1997；Morimoto *et al.*, 2002；Cole, unpublished data）。

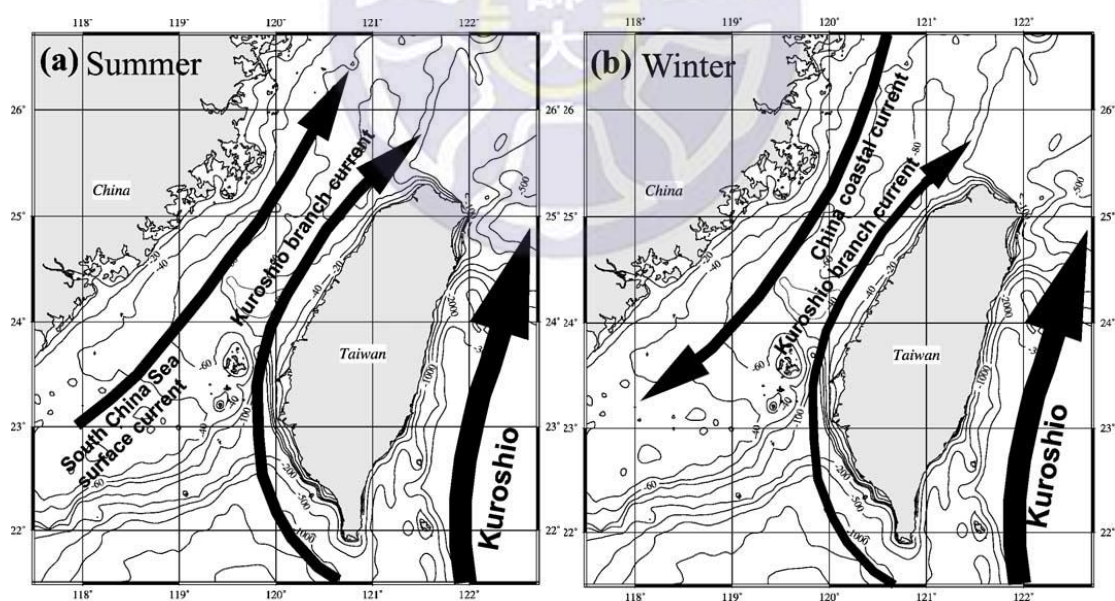


圖3.10 Ninno and Emery（1961）、Nitani（1972）對臺灣海峽夏季與冬季的研究觀點。

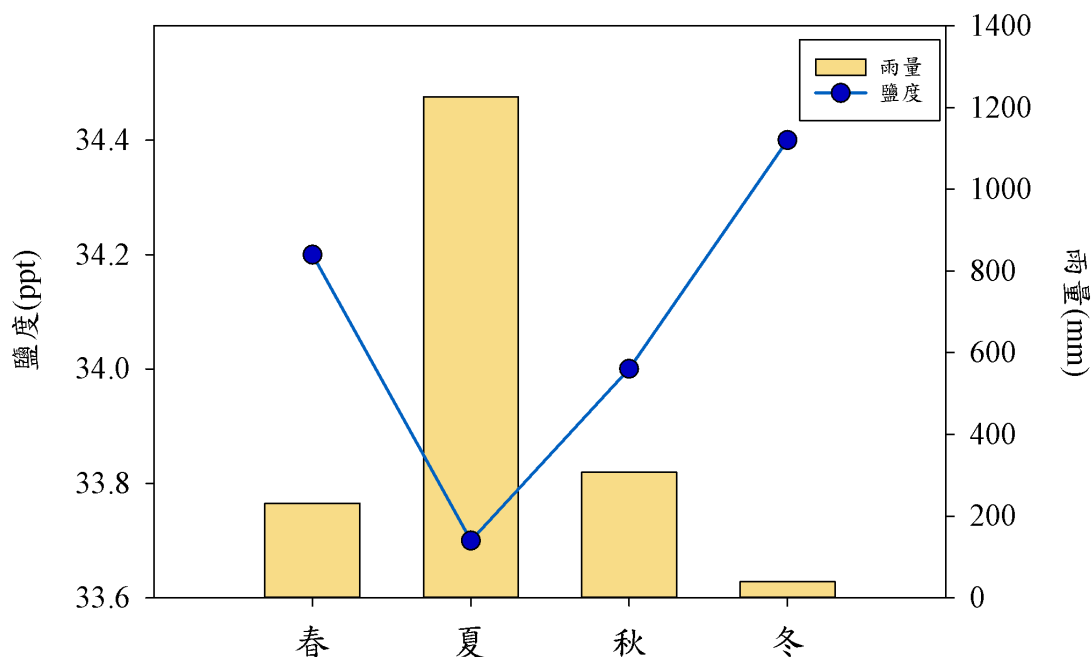


圖3.11 臺灣西南部地區四季雨量與海水鹽度對照表。雨量資訊來自中央氣象局阿公店測站(2014~2018)，地區海水鹽度來自科技部海洋學門資

本研究一樣按照 SST 的分段將海水氧同位素分為九個段落來做討論(圖 3.9)，第一段(8700 yr BP)，冬、夏平均氧同位素數值為 1.78 與 0.73‰，冬季氧同位素為 9 段內最高；第二段(8640 yr BP)，冬、夏平均氧同位素數值為 0.55 與 -1.12‰，顯示冬、夏皆有降低的趨勢，表示其季風皆增強；第三段(8595 yr BP)，冬、夏平均氧同位素數值為 0.57 與 0.15‰，其夏季季風變弱；第四段(8525 yr BP)，冬、夏氧同位素數值為 -0.34 與 -1.27‰，其夏季及冬季季風增強；第五段(8400 yr BP)，冬、夏平均氧同位素數值為 -0.54 與 -0.19‰，與前一段差不多特徵；第六段(8350 yr BP)，冬、夏平均海水氧同位素數值為 -0.34 與 -1.24‰，此段夏季季風又增強；第七段(8220 yr BP)，冬、夏平均海水氧同位素數值為 1.17 與 0.38‰，此段夏季季風又為減弱；第八段(8200 yr BP)，冬、夏平均海水氧同位素數值

為-0.38 與-0.82，夏季季風增強；第九段（8090 yr BP），冬、夏平均海水氧同位素數值為 1.28 與 0.65‰，屬於夏季季風減弱階段（表 3.3）。

表 3.3 估算之海水氧同位素之分段討論數據。

段落	1	2	3	4	5	6	7	8	9	現代
年代(yr BP)	8700	8640	8595	8525	8400	8350	8220	8200	8090	0
夏季平均海水氧同位素(‰)	0.73 (N=3)	-1.12 (N=5)	0.15 (N=8)	-1.27 (N=17)	-0.19 (N=4)	-1.24 (N=12)	0.38 (N=8)	-0.82 (N=7)	0.65 (N=7)	-0.80
冬季平均海水氧同位素(‰)	1.78 (N=3)	0.55 (N=2)	0.57 (N=7)	-0.34 (N=10)	-0.54 (N=3)	-0.34 (N=11)	1.17 (N=3)	-0.38 (N=2)	1.28 (N=3)	0.23
平均海水氧同位素(‰)	1.24	-0.64	0.05	-0.69	-0.39	-0.61	0.66	-0.77	0.77	-0.03
振幅(‰)	1.24	0.01	0.03	0.88	1.08	0.88	0.63	0.92	0.74	0.03
生長週期(yr)	5	9	9	19	4	16	13	14	17	

整體而言，除了第五段之外，可發現夏季海水氧同位素數值都要比冬季還要來的輕，且整體都比當時估算之海水氧同位素還要小，顯示為夏季季風強，使之當時降水較旺盛，且持續了很長的一段時間。南灣珊瑚化石（8100 yr BP）也指出在早全新世夏季有強季風（Shen, 1996），中國東南方的董哥洞石灰岩洞穴沉積物氧同位素顯示出早全新世其氧同位素數值皆屬於低值，除在 8200~8100 yr BP 遇到冷事件氧同位素有變重之外皆顯示為低值的狀態，爾後一路才升高至今，顯示早全新世夏季季風強度比現今還要來的強，北緯 25°日照量也比現在還要高（Dykoski *et al.*, 2005；Wang *et al.*, 2005）。而本研究冬夏季海水氧同位素其平均震幅為 0.42 與 0.91‰，與臺南七股實測之冬夏平均振幅 0.22 與 0.80‰相比，可發現 8700~8090 yr BP 冬、夏季季風皆比現今還要強。

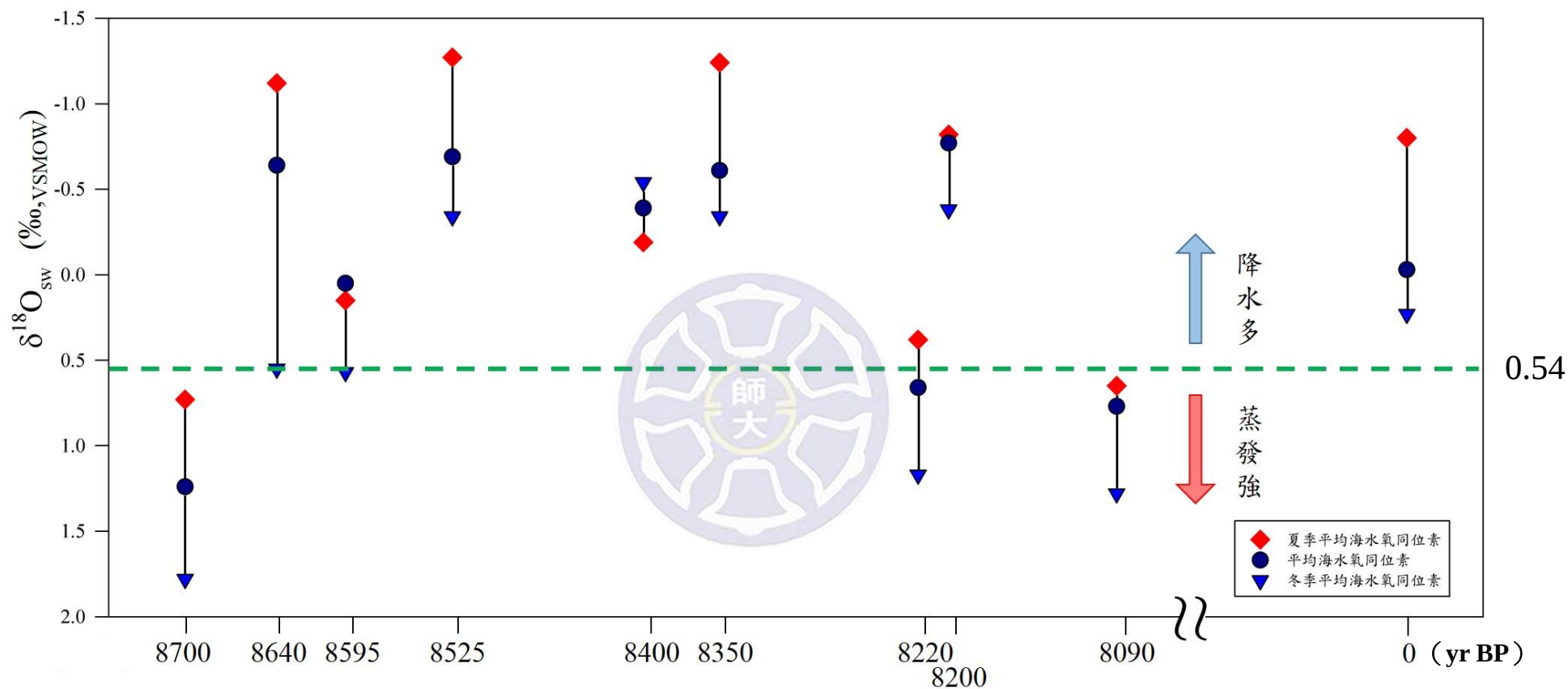


圖 3.12 臺灣西南部之表層海水溫度 8700~8090 yr BP 與現今海水溫度分布圖。菱形為夏季平均海水氧同位素，圓形為年平均海水氧同位素，三角形為冬季平均海水氧同位素，綠色虛線為推估當時海水氧同位素 0.54‰。

海水氧同位素與海溫呈現相反的峰值震盪趨勢，即海溫高峰值則海水氧同位素為低峰值，表示夏季降水量增加則也使氧同位素變低，反之則變高，而以整體大趨勢來看可發現海水氧同位素與海溫呈現相同的走向，海溫越高則海水氧同位素越高，海溫越低則海水氧同位素越低，而此研究區域絕大部分則顯示其夏季季風強的狀態，海水氧同位素普遍低於 0.54‰（圖 3.13）。



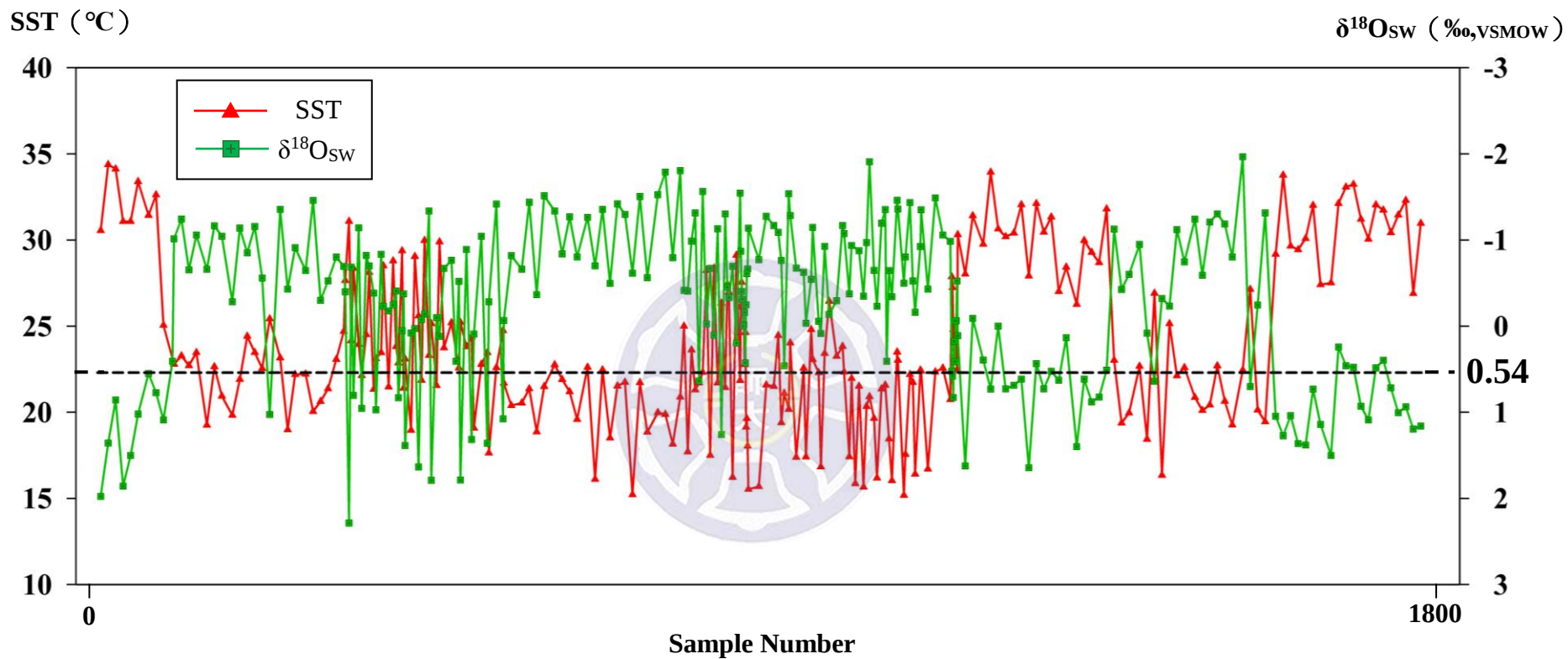


圖 3.13 海水氧同位素與 Sr/Ca 比值換算之海水表面溫度隨年際間的變化趨勢，紅色線為海水表面溫度，綠色線為海水氧同位素，黑色虛線為 8500 yr BP 之海水氧同位素（0.54‰），海水氧同位素於黑色虛線之上則降水強，反之則蒸發旺盛。

3.8 珊瑚骨骼氧同位素估算之海水溫度

在水文相對穩定之區域，由珊瑚骨骼分析所得之氧同位素數值可反映表層海水溫度的變化，故若假設此標本生長時，海水本身之氧同位素並無變化，則可回推當時的海水古溫度，我們一樣使用 Shen (1996) 於南灣利用微孔珊瑚所建立之氧同位素溫度計，其轉換方程式如下：

$$\delta^{18}\text{O}_{\text{water}} = 0.409 + 0.1886 \times \text{SST } (^{\circ}\text{C}) + \delta^{18}\text{O}_{\text{coral}}$$

其中 $\delta^{18}\text{O}_{\text{water}}$ 利用 Stott (2004) 以西太平洋浮游性有孔蟲測得之海水氧同位素數值當作當時全球海水氧同位素平均值 (8875 yr BP~7875 yr BP)，其數值為 0.54‰。所得之海水表面溫度如圖 3.14，其溫度範圍介於 18.5~35.9°C，平均海水溫度為 28.2°C。由結果來看，所回推之溫度與 Sr/Ca 比值換算之海水表面溫度有所差異 (圖 3.15)，可見此珊瑚骨骼之氧同位素比值並非只受溫度的影響，尚有海水本身的變化，如蒸發、降雨等影響。

SST- $\delta^{18}\text{O}$ ($^{\circ}\text{C}$)

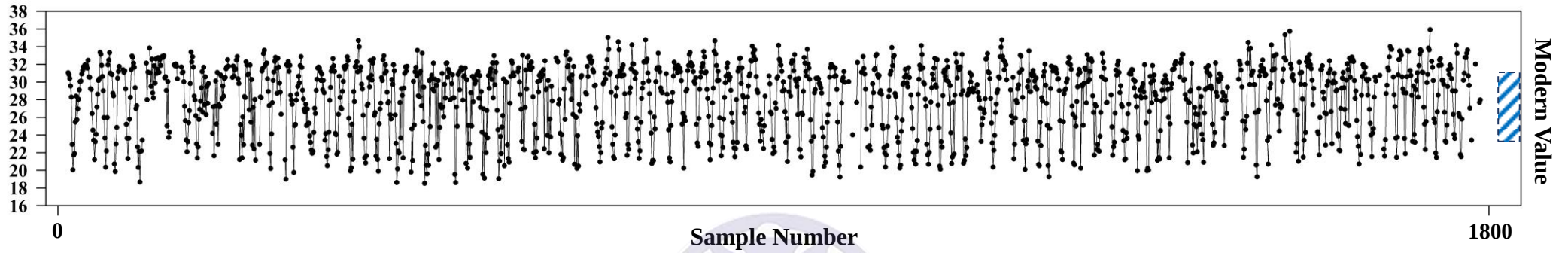


圖 3.14 由珊瑚氧同位素溫度方程式 (Shen, 1996)，所推算之海水表面溫度，海水氧同位素以 0.54‰ (Stott, 2004) 代入。藍色斜線框為彌陀浮標現代海溫數值範圍。

SST ($^{\circ}\text{C}$)

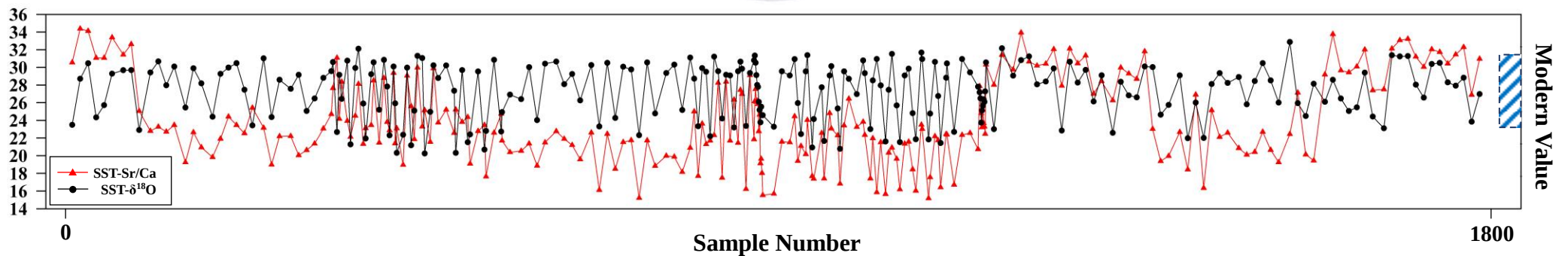


圖 3.15 珊瑚氧同位素溫度方程式 (Shen, 1996) 與 Sr/Ca 比值溫度方程式 (de Villiers *et al.*, 1994) 換算出海水表面溫度之對比圖。藍色斜線框為彌陀浮標現代海溫數值範圍。

3.8.1 陸源沉積物影響之 Sr/Ca 比值

臺灣獨特的地質背景為全世界地殼抬升率與侵蝕率最高的地區之一，雖地表面積僅占全球 0.024%，過去四十年來平均向海洋每年提供 384 Mt 河流沉積物，約佔全球 1.9% (Dadson *et al.*, 2003)。研究指出臺灣區域物理與化學侵蝕速率皆遠高於世界其他地區，且物理侵蝕速率自上新世以來便持續上升，目前是世界上最高物理侵蝕率的國家 (Li, 1976；中央山脈地區 1300 mg/cm²yr；亞洲大陸 30 mg/cm²yr；黃河流域 290 mg/cm²yr；阿爾卑斯山脈 115 mg/cm²yr)。

Dadson 等人 (2003) 提出對臺灣地表侵蝕速率、河川流量變化及其與地震的相關性研究，結果顯示在三十年、全新世及百萬年等時間尺度下，臺灣地區在中央山脈東側與西部褶皺逆衝帶 (Western Foothills fold-thrust belt) 皆有高侵蝕率，且侵蝕速率逐漸增加。由於地震和颱風提供大量沉積物來源，儘管地表地形起伏平緩，卻具有極高侵蝕率。

海洋鋁主要來源有：1.地表逕流輸入； 2.地下水輸入； 3.海洋地殼—海水交互作用通量，包括中洋脊高溫熱液區作用及洋脊兩側和海洋地殼區低溫水岩反映； 4.洋底沉積物在結晶或以孔隙水而釋放 (Palmer & Edmond, 1989； Edmond, 1992； Basu *et al.*, 2001)。相對於海水成份而言，陸源物質具有極高的鋁含量，故大量沉積物加入必將改變海水的鋁同位素組成，相對的陸源沉積物的增加也可能代表著當時降雨較旺盛，導致其地表逕流增強以及有著高侵蝕率。

本研究以 de Villiers 建立之團塊微孔珊瑚溫度方程式 (de Villiers *et al.*, 1994) 推算 Sr/Ca 比值。其公式如下：

$$\text{Sr/Ca (mmol/mol)} = 10.956 - 0.07952 \times \text{SST (}^{\circ}\text{C)}$$

其中 SST 以 Shen (1996) 之珊瑚氧同位素溫度方程式所估算之海溫代入 (圖 3.15)，所得之 Sr/Ca 比值與本研究利用 ICP-OES 儀器測得之 Sr/Ca 相比較 (圖 3.16)，由結果來看，實際測得之 Sr/Ca 比值數值普遍比估算之 Sr/Ca 比值數值還要高，顯示陸源沉積物大量輸入至海洋，導致鋇元素濃度的增加的可能性，代表當時降雨可能較旺盛。

由於本研究區域其地質背景於古亭坑層附近 (圖 2.2)，大量的泥岩層可能會因風化侵蝕作用導致大量陸源沉積物沖刷至沿岸，使當時珊瑚生存環境變得惡劣，而因微孔珊瑚 (*Porites*) 其質地緻密、抗水流能力強且耐沉積物覆蓋 (Felix & Pätzold, 2004)，才得以在此惡劣的環境之下生存，這也能解釋出為何此 2.4 公尺的岩芯，所採集到的珊瑚皆為微孔珊瑚而無其他種屬的珊瑚。

Sr/Ca (mmol/mol)

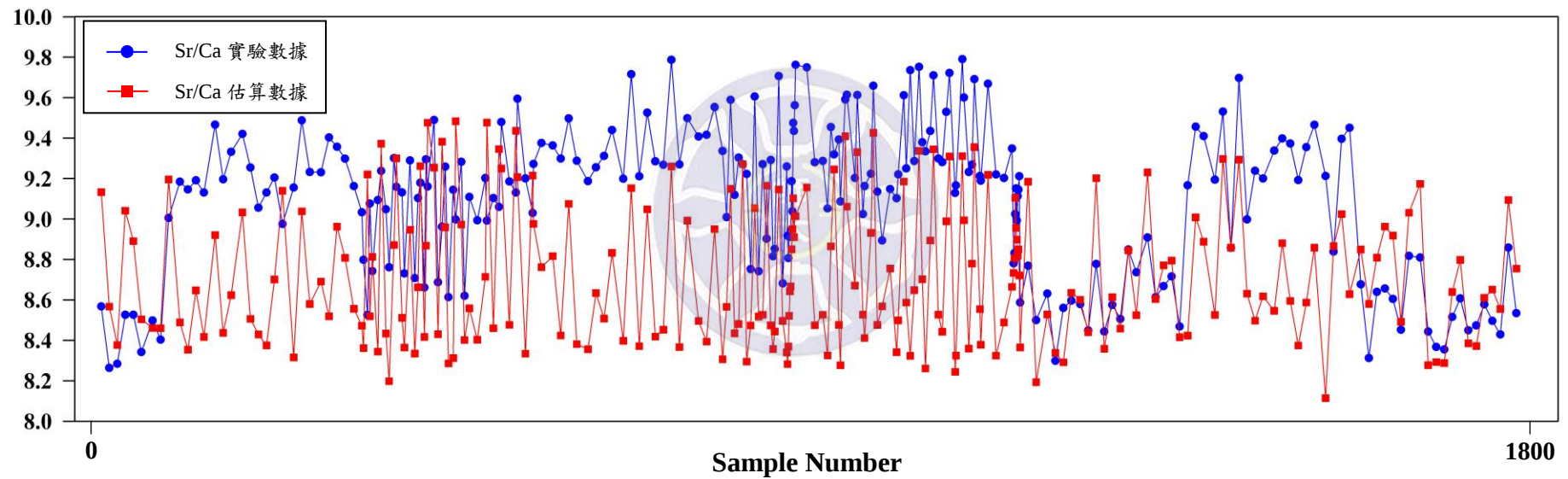


圖 3.16 利用 Shen (1996) 之珊瑚氧同位素溫度方程式及 de Villiers (1994) 之珊瑚 Sr/Ca 比值溫度方程式所估算之 Sr/Ca 比值與 ICP-OES 儀器測得之 Sr/Ca 比值數據比較圖。

3.9 臺灣西南地區 8700~8090 yr BP 之碳同位素變化

本研究之碳同位素範圍為 $0.79\text{‰} \sim -4.75\text{‰}$ ，平均值為 $-1.40\text{‰} \pm 0.82\text{‰}$ (1σ ; $N=1634$) (圖 3.17)。Sun 等人 (2008) 認為主要影響珊瑚 $\delta^{13}\text{C}$ 的因素為珊瑚共生藻的光合作用強度， $\delta^{13}\text{C}$ 越大，表示光合作用越強，反之亦然。而影響珊瑚光合作用的環境因素包含了日照量的多寡、水中供應共生藻營養鹽的濃度以及海水的溫度等，Sun 等人 (2008) 研究發現 $\delta^{13}\text{C}$ 數值在年內出現極大值的時間在春季，極低值則為在晚秋、冬季，其對應的氧同位素數值並不完全吻合， $\delta^{13}\text{C}$ 極大值比相對於氧同位素之極小值還要早出現，而 $\delta^{13}\text{C}$ 極小值相對於氧同位素之極大值則均出現於冬季，且也與日照量有正相關， $\delta^{13}\text{C}$ 越大則日照量越大。因影響珊瑚碳同位素因子很多，故根據 Sun 等人 (2008) 的研究，假設 $\delta^{13}\text{C}$ 主要影響因子為光合作用，探討其與日照量的關係。

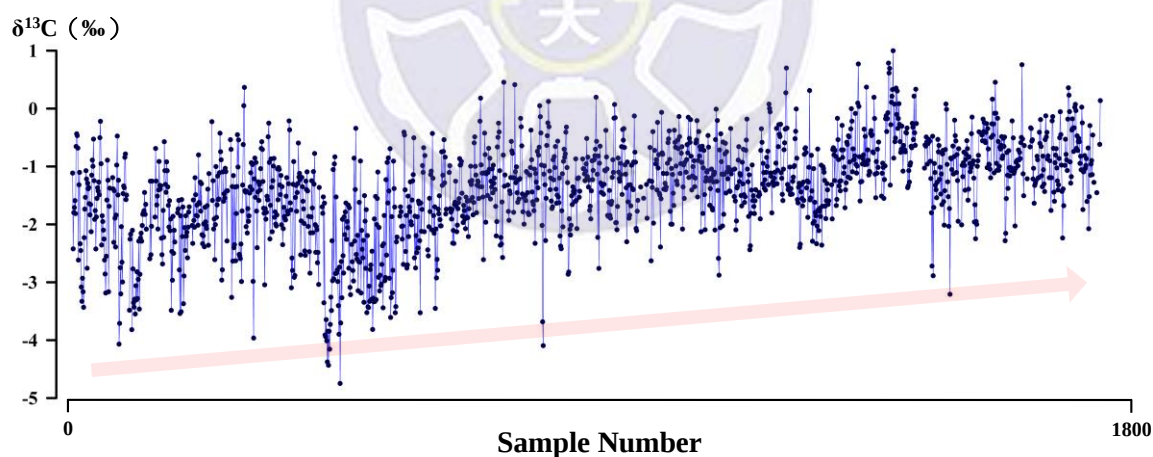


圖 3.17 珊瑚標本碳同位素隨年際間的變化。

本研究之碳同位素數值，相較於氧同位素有明顯的震盪週期，在碳同位素則沒有此特徵，年際間與氧同位素並無明顯的相關性變化，有時與氧同位素呈現正相關，有時則呈現負相關，有時更是毫無相關性，但若觀察整體的趨勢，可發現其 $\delta^{13}\text{C}$ 數值自 8700~8090 yr BP 有逐漸變重的現象(圖 3.17)，週期振幅也有逐漸變小的趨勢。 $\delta^{13}\text{C}$ 值越重則表示其光合作用越

強，相對的也表示其日照量有增強的現象，而影響整體 $\delta^{13}\text{C}$ 數值變重的原因為極小值逐漸變大，極大值從 8700~8090 變化並不大，可能表示當時在夏季時珊瑚之光合作用以達到飽和，極小值逐漸變大則表示冬季日照量逐漸增強，使珊瑚之共生藻因有溫暖環境而更為活躍，造成光合作用較旺盛。



第四章、結論

臺灣西南部地區於全新世早期時，其表層海水溫度整體較現今低，但若分區段來看可發現其海溫波動頻繁，共可分為九個區域且可看出共有四個大尺度的震盪。而年溫差範圍有比現今還要大的部分，推測因當時北半球太陽輻射增強，導致其日照量較現今差異大而使溫差較高，而 8200 yr BP 至 8090 yr BP 整體為升溫的趨勢，夏季溫度升高，與氣候模擬研究資料相符合。

估算之海水氧同位素數值與現今海水氧同位素數值相比，都較現今實測值大，整體趨勢除了早期 8700 yr BP 與後期 8220 yr BP 及 8090 yr BP 區段屬海水氧同位素數值較高，其他絕大部分皆屬於氧同位素數值偏低的情形，顯示出當時可能夏季季風強，導致其降水旺盛，而與現今海水氧同位素之振幅相比，其冬、夏季振幅皆較現今大，顯示出 8700~8090 yr BP 的冬夏季季風可能較現今強。

因本研究地質背景於古亭坑層附近，其大量的泥岩層導致當時沿岸珊瑚的生存環境惡劣，使 2.4 公尺長的珊瑚岩芯只有生存能力較強的微孔珊瑚種屬，並無其他種屬珊瑚的出現。其高 Sr/Ca 比值可能反映出因當時降雨旺盛，使沖積侵蝕作用加強而導致。

本研究碳同位素數值自 8700 yr BP 至 8090 yr BP 有逐漸變大的趨勢，若 *Porites* 骨骼之 $\delta^{13}\text{C}$ 數值主要受共生藻的光合作用影響，本研究結果顯示出當時日照量逐漸變強，使珊瑚之光合作用更旺盛。而整體珊瑚碳同位素的低值逐漸變大，振幅則逐漸變小，表示冬季日照量有增加的趨勢，而夏季珊瑚之光合作用已達到飽和故其數值無明顯的增加。

參考文獻資料

沈川洲（1996） 高精度鋁鈣比值分析及其在環境上的應用。國立清華大學化學研究所博士論文，共157頁。

余采倫（2007） 珊瑚骨骼中鋁鈣比值的地球化學與環境意義。國立成功大學地球科學研究所碩士論文，共46頁。

詹明達（2009） 南海和熱帶西太平洋之全新世氣候變遷：多種有孔蟲穩定同位素證據（MD972146 & MD052928）。國立臺灣海洋大學應用地球科學研究所碩士論文，共45頁。

鍾全雄、游鎮烽、樊同雲（2008） 利用人工養殖珊瑚評估珊瑚骨骼化學組成作為古環境代用指標之應用。國立臺灣博物館學刊61-2期，第63-88頁。

陳文山（2016） 臺灣地質概論。臺北市：中華民國地質學會，共204頁。

陳秉範（1949） 臺灣高雄臺南間匿伏構造之鑽探談。臺灣老油田之新看法，79-87頁。

張世安、米泓生、李匡悌、李孟陽、王士偉（2019） 台灣南部現生牡蠣殼體與水體之穩定同位素記錄。臺灣地球科學聯合學術研討會（2019），第120頁。

林朝榮（1963）阿公店層和阿公店珊瑚礁的命名。國家長期發展科學委員會年報，第61頁。

科技部海洋學門資料庫（Ocean Data Bank of the Ministry of Science and Technology, Republic of China）（1985~2019）：<http://www/odb.ntu.edu.tw>

Alibert, C., and McCulloch, M.T., 1997, Strontium/calcium ratios in modern *Porites* coral From the Great Barrier Reef as a proxy for sea surface temperature: Calibration of the thermometer and monitoring of ENSO: *Paleoceanography*, v. 12, no. 3, p. 345–363.

Bar-Matthews, M., Ayalon, A., Kaufman, A. and Wasserburg, G.J., 1999, The eastern Mediterranean paleoclimate as a reflection of regional events, Soreq Cave, Israel: *Earth and Planetary Science Letters*, v. 166, p. 85–95.

Barnes, R.D., 1987, *Invertebrate Zoology*; Fifth Edition. Fort Worth, TX: Harcourt Brace Jovanovich College Publishers., 893 P.

Bard, E., 1988, Correction of accelerator mass spectrometry ^{14}C ages measured in planktonic foraminifera: Paleoceanographic implications, *Paleoceanography*, v. 3, p. 635-645.

Bard, E., Hamelin, B., Fairbanks, R.G., and Zindler A., 1990, Comparison between radiocarbon and uranium series ages on glacial age Barbados corals: *Nature*, v. 345, p. 405–409 .

- Bard, E, Arnold, M, Hamelin, B, Tisnerat-Laborde, N, Cabioch, G., 1998, Radiocarbon calibration by means of mass spectrometric $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ and ^{14}C ages of corals: an updated database including samples from Barbados, Mururoa and Tahiti: Radiocarbon, v.40, no.3, p. 1085–92.
- Barnes, R.S.K. and R.N. Hughes, 1999, An Introduction to Marine Ecology, third edition. Oxford, UK: Blackwell Science Ltd, p. 117-141.
- Beck, J.W., Edwards, R.L., Ito, E., Taylor, F.W., Recy, J., Rougerie, F., Joannot, P., and Henin, C., 1992, Sea-surface temperature from coral skeletal strontium/calcium ratios: Science, v. 257, p. 644–646.
- Beck, J.W., Recy, J., Taylor, F., Edwards, R.L., and Cabioch, G., 1997, Abrupt changes in early Holocene tropical sea surface temperature derived from coral records: Nature, v. 385, p. 705–707.
- Berger, A., & Loutre, M. F. , 1991, Insolation values for the climate of the last 10 million years: Quaternary Science Reviews, v. 10, no. 4, p. 297–317.
- Blunier, T. , Chappellaz, J., Schwander, J., Stauffer, B. and Raynaud, D., 1995, Variations in atmospheric methane concentration during the Holocene epoch: Nature, v. 374, p. 46–49.
- Bond G, Kromer B, Beer J, 2001, Persistent solar influence on north atlantic climate change during Holocene: Science, v. 294 ,no. 13, p. 2130-2135.

- Broecker, W.S., and Peng, T.H., 1982, Tracers in the Sea,
Lamont-Doherty Geological Observatory, Columbia University,
New York.
- Broecker, W. S., 1994, Massive iceberg discharges as triggers for global
climate change: *Nature*, v. 732, p. 663–666.
- Chen, W.-S., Sung, S.-H., Wu, C.-C., Hsu, H.-D., Yang, H.-C., 2005, Shoreline
changes in the coastal plain of Taiwan since Last Glacial Epoch: *Journal
of Archaeology and Anthropology* (National Taiwan University), v.26,
p.40-55.
- Chen, F. H., D. Wu, J. Chen, A. Zhou, J. Yu, J. Shen, S. Wang, and X. Huang ,
2016, Holocene moisture and east Asian summer monsoon evolution in
the northeastern Tibetan plateau recorded by Lake Qinghai and its
environs: A review of conflicting proxies, *Quaternary Science Reviews*,
v. 154, p. 111–129.
- Claussen, M., Kubatzki, C., Brovkin, V. and Ganopolski, A., 1999, Simulation
of an abrupt change in Saharan vegetation in the mid-Holocene:
Geophysical Research Letters, v. 0, no. 0, p. 1–4.
- COHMAP (Cooperative Holocene Mapping Project) Project Members ,1988
Climatic changes of the last 18000 years: Observations and Model
Simulations: *Science* ,v. 24, p. 1043–1052.

Cole, J.E., 2003, Holocene coral records : Windows on tropical climate variability: In Anson M.,Rick B.,John B.,Frank O.,Global change in the Holocene, London,UK : Hodder Education, p. 168–184.

Cole, J.E. and Fairbanks, R.G., 1990, The Southern Oscillation recorded in the $\delta^{18}\text{O}$ of coral from Tarawa Atoll: *Paleoceanography*, v. 5, p. 669–683.

Correge, T., Delcroix, T., Recy, J., Beck, W., Cabioch, G., Le Cornec, F., 2000, Evidence for stronger El Nino-Southern Oscillation (ENSO) events in a mid-Holocene massive coral: *Paleoceanography*, v. 15, no. 4, p. 465–470.

Corrège, T., 2006, Sea surface temperature and salinity reconstruction from coral geochemical tracers: *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, v. 232, no. 2-4, p. 408–428.

DeMenocal, P., Ortiz, J., Guilderson, T., Adkins, J., Sarnthein, M., Baker, L., Yarusinsky, M., 2000, Abrupt onset and termination of the Africa Humid Period: rapid climate responses to gradual insolation forcing, *Quaternary Science Reviews*, v.19, p. 347–361.

DeMenocal P., 2001, Cultural responses to climate change during the last late Holocene: *Science*, v. 292, p. 667~673.

Denton G H. Karlen W., 1973, Holocene climatic variations: Their pattern and cause: *Quaternary Research*, v.3, p. 155–205.

- de Villiers, S., Shen, G.T., and Nelson, B.K., 1994, The Sr/Ca-temperature relationship in coralline aragonite : Influence of variability in (Sr/Ca) seawater and skeletal growth parameters: *Geochim. Cosmochim. Acta*, v. 58, p. 197–208.
- Dodge, R.E., A.M. Szmant, R. Garcia, P.K. Swart, A Forester and J.J. Leder, 1992, Skeletal structural basis of density banding in the reef coral *Montastraea annularis*: *Proc. Seventh Int, Coral Reef Symp*, Guam, p. 186–195
- Dong, J.G., Wang, Y.J., Cheng, H., Hardt, B., Edwards, R.L., Kong, X.G., Wu, J.Y., Chen, S.T., Liu, D.B., Jiang, X.Y., Zhao, K., 2010, A high-resolution stalagmite record of the Holocene East Asian Monsoon from Mount Shennongjia, central China: *Holocene*, v. 20, p. 257–264.
- Dong, J., Shen, C.-C., Kong, X., Wang, H.-C., and Jiang, X., 2015, Reconciliation of hydroclimate sequences from the Chinese Loess Plateau and low-latitude East Asian Summer Monsoon regions over the past 14,500 years: *Palaeogeogr. Palaeoclimatol.*, v. 435, p.127–135.
- Druffel, E.R.M., Dunbar, R.B., Wellington, G.M., and Minnis, S.A., 1989, Reefbuilding corals and identification of ENSO warming episodes: *Oceanography Series*, v. 52, p. 233–254.
- Dunbar, R.B. and Wellington, G.M., 1981, Stable isotopes in a branching coral monitor seasonal temperature variation: *Nature*, v. 293, p. 453–455.

- Dunbar, R.B. and Cole, J.E., 1992, Coral records of ocean-atmosphere variability: Report from the workshop on *coral paleoclimate reconstruction*, p. 1–37.
- Dykoski, C.A., 2005, A High-resolution, absolute-dated Holocene and deglacial Asian monsoon record from Dongge Cave, China: *Earth and Planetary Science Letters*, v. 233, p. 71–86.
- Epstein, S., Buchsbaum, R., Lowenstam, H.A., and Urey, H.C., 1953, Revised carbonate-water isotopic temperature scale: *Bull. Geol. Soc. Amer.*, v. 64, p. 1315–1326.
- Fairbanks, R.G. and Dodge, R.E., 1979, Annual periodicity of the $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ and $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ ratios in the coral *Montastrea annularis*: *Geochim. Cosmochim. Acta*, v. 43, no. 7, p. 1–10
- Fairbanks, R.G., Evans, M.N., Rubenstone, J.L., Mortlock, R.A., Broad, K., Moore, M.D., and Charles, C.D., 1997, Evaluating climate indices and their geochemical proxies measured in corals: *Coral Reefs*, v. 16, p. 93–100.
- Fallon, S.J., McCulloch, M. T., and Alibert, C., 2003, Examining water temperature proxies in *Porites* corals from the Great Barrier Reef: a cross-shelf comparison: *Coral Reefs*, v. 22, p. 389–404.

Felis, T., Pätzold, J., 2004, Increased seasonality in Middle East temperatures during the last interglacial period: *Nature*, v. 429, no. 6988, p. 164–168.

Gagan. M.K., Chivas, A.R., and Isdale, P.J., 1994, High-resolution isotopic records from coral using ocean temperature and mass spawning chronometers: *Earth and Planetary Science Letters*, v. 121, p. 549–558.

Gagan, M.K., Ayliffe, L.K., Hopley, D., Cali, J.A., Mortimer, G.E., Chappell, J., McCulloch, M.T., Head, M.J., 1998, Temperature and surface-ocean water balance of the mid-Holocene tropical Western Pacific: *Science*, v. 279, no. 5353, p. 1014–1018.

Gagan. M.K., Ayliffe, L.K., Hopley, D., Cali, J.A., Mortimer, G.E., Chappell, J., McCulloch, M.T., and Head, M.J., 1998, Temperature and surface-ocean water balance of the mid-Holocene tropical western Pacific: *Science*, v. 279, p. 1014–1018.

Ge Q S, Zheng J Y, Fang X Q., 2003, Temperature changes of winter-half-year in eastern China during the past 2000 years: *The Holocene*, v. 13, no. 6, p. 933-940.

Goreau, T.J., 1977, Carbon metabolism in calcifying and photosynthetic organisms: Theoretical models based on stable isotope data. In *Proceedings, Third International Coral Reef Symposium*. University of Miami, p. 395-401 .

- Grottoli, A.G. and Wellington, G.M., 1999, Effect of light and zooplankton on skeletal delta 13C values in the eastern Pacific corals *Pavona clavus* and *Pavona gigantea*: Coral Reefs, v. 18, p. 29–41.
- Grottoli, A.G., 2002, Effect of light and brine shrimp on skeletal delta 13C in the Hawaiian coral *Porites compressa*: A tank experiment: Geochimica et Cosmochimica Acta, v. 66, p. 1955–1967.
- Guilderson, T.P., Fairbanks, R.G., and Rudbenstone, J.L., 1994, Tropical extension rate and stable isotopic ($^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ and $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$) composition in response to several environmental variables in the Caribbean reef coral *Siderastrea sidereal*: Marine Ecology Progress Series, v. 166, p. 109–118.
- Haug, G.H., Hughen, K.A., Sigman, D.M., Peterson, L.C. and Röhl, U., 2001, Southward migration of the intertropical convergence zone through the Holocene: Science, v. 293, p. 1304–1308.
- Hoefs, J., 2003, Stable Isotope Geochemistry (7 th ed.), Springer.
- Hou G., Fang X., 2011, Characteristics of Holocene Temperature Change in China: Progress in Geography, v. 30, no. 9, p. 1075–1080.
- Huang, C.Y., 1997, Surface ocean and monsoon climate variability in the South China Sea since the last glaciation: Marine Micropaleontology, v. 32, p. 71–94.

- Hudson, J.H., E.A. Shinn, R.B. Halley, and B.H. Lidz, 1976,
Sclerochronology— a tool for interpreting past environments: *Geology*, v.
4, p. 361–364.
- Jiang, X.Y., He, Y.Q., Shen, C.-C., Kong, X.G., Li, Z.Z., Chang, Y.-W., 2012,
Stalagmite inferred Holocene precipitation in northern Guizhou Province,
China, and asynchronous termination of the Climatic Optimum in the
Asian monsoon territory: *Chin. Sci. Bull*, v. 57, p. 795–801.
- Kiyama. O., Yamada, T., Nakamori, T., and Iryu, Y., 2000, Early Holocene
coral $\delta^{18}\text{O}$ -based sea surface temperature (in Japanese with English
abstract): *Quaternary Research*, v. 39, p. 69–80.
- Kutzbach, J. E. & Guetter, P. J. in *Milankovitch and Climate*, part 2 (eds
Berger, A. L. *et al.*) 801–820 (Reidel, Dordrecht, 1984) .
- Lalli, C.M. and T.R. Parsons, 1995, *Biological Oceanography: An Introduction*.
Oxford, UK: Butterworth-Heinemann Ltd. p. 220-233.
- Land, L.S., Lang, J.C., and Barners, D.J., 1975, Extension rate : A primary
control on the isotopic composition of West Indian (Jamaican)
scleractinian reef coral skeletons: *Marine Biology*, v. 33, p. 221–233.

Liew, P.M., Lee, C.Y., and Kou, C.M., 2006, Holocene thermal optical and climate variability of East Asian monsoon inferred from forest reconstruction of a subalpine pollen sequence, Taiwan: Earth and Planetary Science Letters, v. 250, p. 596–605.

Ma, T. Y., 1933, On the seasonal changes of growth in some Palaeozoic corals: Imp. Acad., Tokyo, Proc., v. 9, p. 407-409.

Ma, T. Y., 1934, On the seasonal change of growth in a reef coral, *Favia speciosa* (Dana), and the water-temperature of the Japanese seas during the latest geological times: Imp. Acad., Tokyo, Proc., v. 10, p. 353–356.

Ma, T. Y. , 1943, The climate and the relative positions of Eurasia and North America during the Ordovician periods determined by the growth rate of corals, Research on the Past Climate and Continental Drift: Imp. Acad., Tokyo, Proc., v. 1.

Ma, T. Y., 1943, The climate and relative position of continents during the Silurian period as determined by the growth rate of corals: Imp. Acad., Tokyo, Proc., v. 2.

Ma, T. Y., 1943, The climate and relative position of continents during the Devonian: Imp. Acad., Tokyo, Proc., v. 3.

McConnaughey, T., 1989a ^{13}C and ^{18}O isotopic disequilibrium in biological carbonates: I. Patterns: Geochim. Cosmochim. Acta, v. 53, p. 151–162.

McConnaughey, T., 1989b, ^{13}C and ^{18}O isotopic disequilibrium in biological carbonates: II. In vitro simulation of kinetic isotope effects: *Geochim Cosmochim. Acta*, v. 53, p. 163–171.

McCulloch, M., Gagan, M.K., Mortimer, G.E., Chivas, A.R., and Isdale, P.J., 1994, A high-resolution Sr/Ca and $\delta^{18}\text{O}$ coral record from the Great Barrier Reef, Australia, and the 1982-1983 El Nino: *Geochim. Cosmochim. Acta*, v. 58, p. 2747–2754.

McCulloch, M., Mortimer, G., Esat, T., Xianhua, L., Pillans, B., Chappel, J., 1996, High resolution windows into early Holocene climate: Sr/Ca coral records from the Huon Peninsula, *Earth and Planetary Science Letters*, v. 138, p. 169–178.

McCulloch M., Fallon S., Wyndham T., Hendy E., Lough J., and Barnes D., 2003, Coral record of increased sediment flux to the inner Great Barrier Reef since European settlement: *Nature*, v. 421, p. 727–730.

M. Milankovitch, 1941, *Kanon der Erdbestrahlungen und seine Anwendung auf das Eiszeiten Problem*: Roy Serbian Acad. Spec. Pub., v. 133.

Morimoto, M., Abe, O., Kayanne, H., Kurita, N., Matsumoto, E., and Yoshida, N., 2002, Salinity record for the 1997-98 El Nino from Western Pacific corals: *Geophys. Res. Lett.*, v. 29, no. 11, p. 15401–1544.

- Morimoto, M., Kayanne, H., Abe, O., and McCulloch, M.T., 2007, Intensified mid-Holocene Asian monsoon record in corals from Kikai Island, subtropical northwestern Pacific: *Quaternary Research*, v. 67, p. 204–214.
- Ninno, H., and Emery, K.O., 1961, Sediments of shallow portion of East China Sea and South China: *Geol. Soc. Amer. Bull.*, v. 72, p. 731–762.
- Nitani, H., 1972, Beginning of the Kuroshio: In *Kuroshio, Its Physical Aspects*, ed. By H. Stommel and K. Yoshida, Univ. Tokyo Press, Tokyo, p.129-163,
- Nozaki, Y., D.M. Rye, K.K. Turekian, and R.E. Dodge., 1978, A 200 year record of carbon-13 and carbon-14 variations in a Bermuda coral: *Geophys. Res. Lett.*, v. 5, p. 825-828 .
- Pätzold, J., 1984, Growth rhythms recorded in stable isotopes and density bands in the reef coral *Porites lobata* (Cebu, Philippines): *Coral Reefs*, v. 3, p. 87-90.
- Quinn, T. M., and D. E. Sampson, 2002, A multiproxy approach to reconstructing sea surface conditions using coral skeleton geochemistry: *Paleoceanography*, v. 17, no. 4, p. 1062.
- Renssen, H., Seppä, H., Crosta, X., Goosse, H., & Roche, D. M., 2012, Global characterization of the Holocene Thermal Maximum: *Quaternary Science Reviews*, v. 48, p. 7–19.

- Schrag, D.P., 1999, Rapid analysis of high-precision Sr/Ca ratios in corals and other marine carbonates: *Paleoceanography*, v. 14, no. 2, p. 97–102.
- Shackleton, N.J., 1974, Attainment of isotopic equilibrium between ocean water and the benthonic foraminifera genus *Uvigerina*: isotopic changes in the ocean during the lastglacial, *Colloque CNRS No. 219*, Centre National de la Recherche Scientifique, Paris, p. 203–210.
- Shen, C.C., Lee, T., Chen, C.Y., Wang, C.H., Dai, C.F., and Li, L.A., 1996, The calibration of $\delta[\text{Sr/Ca}]$ versus sea surface temperature relationship for *Porites* coral: *Geochim. Cosmochim. Acta*, v. 60, no. 20, p. 3849–3858.
- Shen, C. C., Emerson, S. R., Lee, T., Chiu, C. H., and Hastings, W.D., 1999, A high precision benthic foraminiferal Sr/Ca record over the past 35000 years: *Annual Meeting, Geol. Soc. China*, p. 219–221.
- Shen, C.C., Liu, K.K., Lee, M.Y., Lee, T., Wang, C.H. and Lee, H.J., 2005b, A novel method for tracing coastal water masses using Sr/Ca ratios and salinity in Nanwan Bay, southern Taiwan: *Estuarine, Coastal and Shelf Sci.*, v. 65, p. 135–142.
- Smith, S.V., Buddemeier, R.W., Redalje, R.C., and Houk, J.E., 1979, Strontium-calcium thermometry in coral skeletons: *Science*, v. 204, p. 404–407.

- Stoll, H.M. and Schrag, D.P., 1998, Effects of Quaternary sea level cycles on strontium in seawater: *Geochim. Cosmochim. Acta*, v. 62, p. 1107–1118.
- Stott, L., Cannariato, K., Thunell, R., Haug, G.H., Koutavas, A., and Lund, S., 2004, Decline of surface temperature and salinity in the western tropical Pacific Ocean in the Holocene epoch: *Nature*, v. 431, p. 56–59.
- Suzuki, A., Yukino, I., and Kawahata, H., 1999, Temperature-skeletal $\delta^{18}\text{O}$ relationship of *Porites australiensis* from Ishigaki Island, the Ryukyus, Japan: *Geochemical Journal*, v. 33, p. 419–428.
- Sun, S.C. (1965) Geology and petroleum potentialities of the Chingshui-Yuanlin area, Taiwan: *Petrol. Geol. Taiwan*, 4, 161-173.
- Sun, H.T., 1999, Coral-based Reconstruction of the Climate for Southern Taiwan during Holocene Maximum, Master thesis, National Taiwan University, Taipei, 55 pages.
- Sun, Y., 2005, Last deglaciation in the Okinawa Trough: Subtropical northwest Pacific link to Northern Hemisphere and tropical climate: *Paleoceanography*, v. 20, PA4005.

- Sun, D., Su, R., McConnaughey, T.A., and Bloemendal, J., 2008, Variability of skeletal growth and $\delta^{13}\text{C}$ in massive corals from the South China Sea: Effects of photosynthesis, respiration and human activities: *Chemical Geology*, v. 225, p. 414–425.
- Swart, P.K., 1983, Carbon and oxygen isotope fractionation in scleractinian corals: A review. *Earth-Sci. Rev.*, v. 19, p. 51-80 .
- Veron, J. E. N., 1993, *Corals of Australia and the Indo-Pacific* / J.E.N. Veron. Honolulu : University of Hawaii Press.
- Wang, L., Sarnthein, M., Erlenkeuser, H., 1999, Holocene variations in Asian monsoon moisture: a bidecadal sediment record from the South China Sea: *Geophysical Research Letters*, v. 26, p. 2889–2892.
- Wang, Y.J., Cheng, H., Edwards, R.L., He, Y.Q., Kong, X.G., An, Z.S., Wu, J.Y., Kelly, M.J., Dykoski, C.A., Li, X.D., 2005, The Holocene Asian monsoon: links to solar changes and North Atlantic climate: *Science*, v. 308, p. 854–857.
- Weber, J.N., and Woodhead, P.M.J., 1972, Temperature dependence of oxygen-18 concentration in reef coral carbonates: *Geophys. Res.*, v.77, p. 463–473.
- Weber, J.N., 1973, Incorporation of strontium into reef coral skeletal carbonate: *Geochim. Cosmochim. Acta*, v. 37, p. 2173–2190.

- Weber, J.N., 1974, C-13/C-12 ratios as natural tracers elucidating calcification processes in reef-building and non-reef-building corals: In Proceedings of the Second International Coral Reef Symposium 2. Great Barrier Reef Commission, p. 289-298 .
- Wu, C.W., 2012, Mid-Holocene paleoclimate of NW Taiwan inferred from $\delta^{18}\text{O}$, $\delta^{13}\text{C}$ and Sr/Ca ratio of coral *Porites* Skeleton, Master thesis, National Taiwan Normal University, Taipei, 75 pages.
- Yang, Y.-J., 2016, Environmental evolution of the western coastal plain in Taiwan since the Last Glacial Maximum periods, Master thesis, National Taiwan University, Taipei, 173 pages.
- Yu, K.F., Chen, T.G. Huang, D.C., Zhao, H.T., Zhong, J.L., and Liu, D.S., 2001, The high-resolution climate record in the $\delta^{18}\text{O}$ of *Porites lutea* from the Nansha Island of China: Chinese Science Bulletin, v. 46, no. 24, p. 2097–2102.

附錄一、AGD-2 岩芯分析區間之 *Porites* 珊瑚 $\delta^{18}\text{O}$ 、 $\delta^{13}\text{C}$ 、Sr/Ca、Sr/Ca 換算之海溫、海估算之水氧同位素。Sr/Ca 比值溫度方程式： $\text{Sr/Ca (mmol/mol)} = 10.956 - 0.07952 \times \text{SST (}^{\circ}\text{C)}$ (de Villers *et al.*, 1994)；海水氧同位素轉換方程式： $\delta^{18}\text{O}_{\text{water}} = 0.409 + 0.1886 \times \text{SST (}^{\circ}\text{C)} + \delta^{18}\text{O}_{\text{coral}}$ (Shen, 1996)。

Sample No.	Depth (mm)	Sample name	$\delta^{18}\text{O}_{\text{PDB}}$ (‰)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	Sr/Ca (mmol/mol)	SST Sr/Ca (°C)	$\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW(water)}}$ (‰)
1	1683	AGD1213-92-5	-5.14	0.14	—	—	—
2	1682	AGD1213-92-4	-5.09	-0.62	8.53	30.97	1.16
3	1681	AGD1213-92-3	—	—	—	—	—
4	1680	AGD1213-92-2	—	—	—	—	—
5	1679	AGD1213-92-1	—	—	—	—	—
6	1678	AGD1213-92	—	—	—	—	—
7	1677	AGD1213-91-9	-5.91	-1.45	—	—	—
8	1676	AGD1213-91-8	—	—	—	—	—
9	1675	AGD1213-91-7	—	—	—	—	—
10	1674	AGD1213-91-6	—	—	—	—	—
11	1673	AGD1213-91-5	—	—	—	—	—
12	1672	AGD1213-91-4	-4.29	-1.28	8.86	26.89	1.20
13	1671	AGD1213-91-3	-4.97	-0.46	—	—	—
14	1670	AGD1213-91-2	-5.45	-1.14	—	—	—
15	1669	AGD1213-91-1	-5.66	-0.90	—	—	—
16	1668	AGD1213-91	-6.21	-0.96	—	—	—
17	1667	AGD1213-90-9	-6.14	-1.15	—	—	—
18	1666	AGD1213-90-8	-6.05	-0.30	—	—	—
19	1665	AGD1213-90-7	-6.05	-1.52	—	—	—
20	1664	AGD1213-90-6	-5.71	-2.08	—	—	—
21	1663	AGD1213-90-5	-5.56	-0.68	8.43	32.30	0.94
22	1662	AGD1213-90-4	-4.73	-1.61	—	—	—
23	1661	AGD1213-90-3	-3.93	-0.87	—	—	—
24	1660	AGD1213-90-2	-3.98	-0.98	—	—	—
25	1659	AGD1213-90-1	-4.79	-1.04	—	—	—
26	1658	AGD1213-90	-4.85	-0.81	—	—	—
27	1657	AGD1213-89-9	-6.14	-1.09	—	—	—
28	1656	AGD1213-89-8	-6.31	-1.75	—	—	—
29	1655	AGD1213-89-7	-5.34	-0.25	8.50	31.45	1.01
30	1654	AGD1213-89-6	-4.32	0.02	—	—	—
31	1653	AGD1213-89-5	-4.41	-1.06	—	—	—
32	1652	AGD1213-89-4	-4.84	-0.82	—	—	—
33	1651	AGD1213-89-3	-5.34	-0.95	—	—	—
34	1650	AGD1213-89-2	-5.60	-0.57	—	—	—

Sample No.	Depth (mm)	Sample name	$\delta^{18}\text{O}_{\text{PDB}}$ (‰)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	Sr/Ca (mmol/mol)	SST Sr/Ca (°C)	$\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW(water)}}$ (‰)
35	1649	AGD1213-89-1	-5.82	-0.52	—	—	—
36	1648	AGD1213-89	-5.89	-0.57	—	—	—
37	1647	AGD1213-88-9	-5.69	-0.72	—	—	—
38	1646	AGD1213-88-8	-5.79	-0.47	—	—	—
39	1645	AGD1213-88-7	-5.43	-0.69	8.58	30.43	0.72
40	1644	AGD1213-88-6	-4.61	-0.04	—	—	—
41	1643	AGD1213-88-5	-4.24	0.07	—	—	—
42	1642	AGD1213-88-4	-4.27	0.02	—	—	—
43	1641	AGD1213-88-3	-4.88	-0.33	—	—	—
44	1640	AGD1213-88-2	-5.48	-0.74	—	—	—
45	1639	AGD1213-88-1	-5.57	-0.34	—	—	—
46	1638	AGD1213-88	-5.56	-0.18	—	—	—
47	1637	AGD1213-87-9	-5.89	-0.37	—	—	—
48	1636	AGD1213-87-8	-6.02	-1.18	—	—	—
49	1635	AGD1213-87-7	-6.00	-1.29	8.47	31.74	0.40
50	1634	AGD1213-87-6	-5.88	-0.92	—	—	—
51	1633	AGD1213-87-5	-5.25	-0.05	—	—	—
52	1632	AGD1213-87-4	-4.89	0.23	—	—	—
53	1631	AGD1213-87-3	-3.92	0.36	—	—	—
54	1630	AGD1213-87-2	-4.01	-0.18	—	—	—
55	1629	AGD1213-87-1	-4.66	-1.07	—	—	—
56	1628	AGD1213-87	-4.74	-0.89	—	—	—
57	1627	AGD1213-86-9	-5.56	-0.79	—	—	—
58	1626	AGD1213-86-8	-5.84	-0.53	—	—	—
59	1625	AGD1213-86-7	-5.97	-0.98	8.45	32.04	0.48
60	1624	AGD1213-86-6	-6.64	-1.68	—	—	—
61	1623	AGD1213-86-5	-6.21	-1.39	—	—	—
62	1622	AGD1213-86-4	-6.25	-2.24	—	—	—
63	1621	AGD1213-86-3	-5.69	-1.43	—	—	—
64	1620	AGD1213-86-2	-5.51	-0.98	—	—	—
65	1619	AGD1213-86-1	-4.68	-0.45	—	—	—
66	1618	AGD1213-86	-4.09	-0.06	—	—	—
67	1617	AGD1213-85-9	-4.63	-0.50	—	—	—
68	1616	AGD1213-85-8	-4.99	-0.86	8.61	30.05	1.09
69	1615	AGD1213-85-7	-5.73	-1.32	—	—	—
70	1614	AGD1213-85-6	-5.74	-1.41	—	—	—
71	1613	AGD1213-85-5	-6.19	-1.25	—	—	—
72	1612	AGD1213-85-4	-6.21	-1.03	—	—	—
73	1611	AGD1213-85-3	-6.12	-0.69	—	—	—

Sample No.	Depth (mm)	Sample name	$\delta^{18}\text{O}_{\text{PDB}}$ (‰)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	Sr/Ca (mmol/mol)	SST Sr/Ca (°C)	$\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW(water)}}$ (‰)
74	1610	AGD1213-85-2	-5.88	-0.80	—	—	—
75	1609	AGD1213-85-1	-5.20	-0.94	—	—	—
76	1608	AGD1213-85	-5.72	-1.60	—	—	—
77	1607	AGD1213-84-9	-5.55	-1.44	—	—	—
78	1606	AGD1213-84-8	-5.36	-0.69	8.52	31.20	0.93
79	1605	AGD1213-84-7	-4.24	-0.14	—	—	—
80	1604	AGD1213-84-6	-4.41	-0.21	—	—	—
81	1603	AGD1213-84-5	-5.44	-1.20	—	—	—
82	1602	AGD1213-84-4	-4.26	-1.76	—	—	—
83	1601	AGD1213-84-3	-5.24	-1.19	—	—	—
84	1600	AGD1213-84-2	-5.66	-0.90	—	—	—
85	1599	AGD1213-84-1	-5.77	-1.20	—	—	—
86	1598	AGD1213-84	-6.17	-0.82	—	—	—
87	1597	AGD1213-83-9	-6.20	-0.87	8.35	33.23	0.48
88	1596	AGD1213-83-8	-5.64	-0.41	—	—	—
89	1595	AGD1213-83-7	-5.29	-0.49	—	—	—
90	1594	AGD1213-83-6	-4.00	-0.13	—	—	—
91	1593	AGD1213-83-5	-4.32	-0.54	—	—	—
92	1592	AGD1213-83-4	-5.30	-1.43	—	—	—
93	1591	AGD1213-83-3	-5.38	-1.30	—	—	—
94	1590	AGD1213-83-1	-5.64	-1.06	—	—	—
95	1589	AGD1213-83	-6.09	-0.82	—	—	—
96	1588	AGD1213-82-9	-6.16	-1.35	—	—	—
97	1587	AGD1213-82-8	-6.19	-1.16	8.37	33.07	0.46
98	1586	AGD1213-82-7	-6.00	-0.66	—	—	—
99	1585	AGD1213-82-6	-5.68	-0.19	—	—	—
100	1584	AGD1213-82-5	-4.35	-0.60	—	—	—
101	1583	AGD1213-82-4	-3.92	-0.41	—	—	—
102	1582	AGD1213-82-3	-4.33	-1.19	—	—	—
103	1581	AGD1213-82-2	-5.00	-1.20	—	—	—
104	1580	AGD1213-82-1	-5.25	-0.88	—	—	—
105	1579	AGD1213-82	-5.63	-0.82	—	—	—
106	1578	AGD1213-81-9	-6.22	-1.25	8.44	32.12	0.24
107	1577	AGD1213-81-8	-6.23	-1.29	—	—	—
108	1576	AGD1213-81-7	-6.28	-1.33	—	—	—
109	1575	AGD1213-81-6	-6.06	-1.64	—	—	—
110	1574	AGD1213-81-5	-5.78	-1.03	—	—	—
111	1573	AGD1213-81-4	-5.83	-1.22	—	—	—
112	1572	AGD1213-81-3	-5.46	-0.54	—	—	—

Sample No.	Depth (mm)	Sample name	$\delta^{18}\text{O}_{\text{PDB}}$ (‰)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	Sr/Ca (mmol/mol)	SST Sr/Ca (°C)	$\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW(water)}}$ (‰)
113	1571	AGD1213-81-2	-5.28	-0.56	—	—	—
114	1570	AGD1213-81-1	-4.30	-0.35	—	—	—
115	1569	AGD1213-81	-3.95	-0.33	—	—	—
116	1568	AGD1213-80-9	-4.10	-0.66	8.81	27.51	1.50
117	1567	AGD1213-80-8	-5.67	-1.21	—	—	—
118	1566	AGD1213-80-7	-5.55	-0.64	—	—	—
119	1565	AGD1213-80-6	-5.63	-1.51	—	—	—
120	1559	AGD1213-80	-5.20	-1.13	—	—	—
121	1558	AGD1213-79-9	-4.53	-0.53	—	—	—
122	1557	AGD1213-79-8	-4.44	0.76	8.82	27.41	1.14
123	1556	AGD1213-79-7	-3.93	-0.50	—	—	—
124	1555	AGD1213-79-6	-4.39	-0.59	—	—	—
125	1554	AGD1213-79-5	-4.64	-0.86	—	—	—
126	1553	AGD1213-79-4	-4.94	-0.76	—	—	—
127	1552	AGD1213-79-3	-5.58	-0.89	—	—	—
128	1551	AGD1213-79-2	-5.25	-0.72	—	—	—
129	1550	AGD1213-79-1	-5.56	-0.99	—	—	—
130	1549	AGD1213-79	-5.58	-0.89	—	—	—
131	1548	AGD1213-78-9	-5.84	-0.90	—	—	—
132	1547	AGD1213-78-8	-5.71	-0.93	8.45	32.01	0.73
133	1546	AGD1213-78-7	-5.84	-1.03	—	—	—
134	1545	AGD1213-78-6	-5.90	-2.03	—	—	—
135	1544	AGD1213-78-5	-5.64	-1.09	—	—	—
136	1543	AGD1213-78-4	-5.24	-1.12	—	—	—
137	1542	AGD1213-78-3	-3.98	-0.51	—	—	—
138	1541	AGD1213-78-2	-3.78	-0.21	—	—	—
139	1540	AGD1213-78-1	-4.16	-1.03	—	—	—
140	1539	AGD1213-78	-4.36	-1.07	—	—	—
141	1538	AGD1213-77-9	-4.70	-1.02	8.60	30.08	1.38
142	1537	AGD1213-77-8	-5.34	-1.17	—	—	—
143	1536	AGD1213-77-7	-5.17	-1.02	—	—	—
144	1535	AGD1213-77-6	-5.56	-0.73	—	—	—
145	1534	AGD1213-77-5	-5.96	-1.38	—	—	—
146	1533	AGD1213-77-4	-6.00	-1.15	—	—	—
147	1532	AGD1213-77-3	-6.06	-0.76	—	—	—
148	1531	AGD1213-77-2	-5.97	-1.56	—	—	—
149	1530	AGD1213-77-1	-5.63	-2.16	—	—	—
150	1529	AGD1213-77	-6.03	-2.28	—	—	—
151	1528	AGD1213-76-9	-4.60	-0.49	8.66	29.44	1.36

Sample No.	Depth (mm)	Sample name	$\delta^{18}\text{O}_{\text{PDB}}$ (‰)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	Sr/Ca (mmol/mol)	SST Sr/Ca (°C)	$\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW(water)}}$ (‰)
152	1527	AGD1213-76-8	-5.79	-0.65	—	—	—
153	1526	AGD1213-76-7	-5.91	-0.52	—	—	—
154	1525	AGD1213-76-6	-5.57	-0.82	—	—	—
155	1524	AGD1213-76-5	-4.64	-0.86	—	—	—
156	1523	AGD1213-76-4	-4.94	-0.49	—	—	—
157	1522	AGD1213-76-3	-5.40	-0.64	—	—	—
158	1521	AGD1213-76-2	-5.73	-0.70	—	—	—
159	1520	AGD1213-76-1	-5.61	-0.67	—	—	—
160	1519	AGD1213-76	-5.39	-1.00	—	—	—
161	1518	AGD1213-75-9	-4.96	-1.07	8.64	29.65	1.04
162	1517	AGD1213-75-8	-4.06	-0.57	—	—	—
163	1516	AGD1213-75-7	-4.07	-0.17	—	—	—
164	1515	AGD1213-75-6	-4.37	-1.07	—	—	—
165	1514	AGD1213-75-5	-4.42	-0.95	—	—	—
166	1513	AGD1213-75-4	-5.35	-0.08	—	—	—
167	1512	AGD1213-75-3	-5.34	0.45	—	—	—
168	1511	AGD1213-75-2	-5.51	-0.08	—	—	—
169	1510	AGD1213-75-1	-5.71	-1.11	—	—	—
170	1509	AGD1213-75	-5.54	-0.27	—	—	—
171	1508	AGD1213-74-9	-5.51	-0.46	8.31	33.77	1.27
172	1507	AGD1213-74-8	-4.21	0.16	—	—	—
173	1506	AGD1213-74-7	-4.89	-0.26	—	—	—
174	1505	AGD1213-74-6	-5.80	-0.50	—	—	—
175	1504	AGD1213-74-5	-5.98	-1.20	—	—	—
176	1503	AGD1213-74-4	-5.72	-1.05	—	—	—
177	1502	AGD1213-74-3	-5.54	-0.97	—	—	—
178	1501	AGD1213-74-2	-5.45	-0.96	—	—	—
179	1500	AGD1213-74-1	-4.85	-0.70	—	—	—
180	1499	AGD1213-74	-4.18	-0.35	—	—	—
181	1498	AGD1213-73-5	-4.87	-1.02	8.68	29.18	1.05
182	1497	AGD1213-73-4	-5.17	-0.26	—	—	—
183	1496	AGD1213-73-3	-5.31	-0.41	—	—	—
184	1495	AGD1213-73-2	-5.87	-0.59	—	—	—
185	1494	AGD1213-73-1	-5.79	-0.56	—	—	—
186	1493	AGD1213-73	-5.79	-0.24	—	—	—
187	1492	AGD1213-72-9	-4.77	-0.40	—	—	—
188	1491	AGD1213-72-8	-3.97	-0.18	—	—	—
189	1490	AGD1213-72-7	-4.42	-0.56	—	—	—
190	1489	AGD1213-72-6	-4.47	-0.46	—	—	—

Sample No.	Depth (mm)	Sample name	$\delta^{18}\text{O}_{\text{PDB}}$ (‰)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	Sr/Ca (mmol/mol)	SST Sr/Ca (°C)	$\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW(water)}}$ (‰)
191	1488	AGD1213-72-5	-5.39	-0.40	9.45	19.44	-1.31
192	1487	AGD1213-72-4	-5.04	-0.81	—	—	—
193	1486	AGD1213-72-3	-5.56	-0.90	—	—	—
194	1485	AGD1213-72-2	-5.81	-1.00	—	—	—
195	1484	AGD1213-72-1	-5.89	-2.00	—	—	—
196	1483	AGD1213-72	-6.11	-1.95	—	—	—
197	1482	AGD1213-71-9	-5.98	-2.25	—	—	—
198	1481	AGD1213-71-8	-5.87	-1.66	—	—	—
199	1480	AGD1213-71-7	-6.05	-1.96	—	—	—
200	1479	AGD1213-71-6	-5.96	-1.20	—	—	—
201	1478	AGD1213-71-5	-4.45	-0.90	9.40	20.13	-0.25
202	1477	AGD1213-71-4	-5.47	-0.96	—	—	—
203	1476	AGD1213-71-3	-4.28	-0.15	—	—	—
204	1475	AGD1213-71-2	-3.92	-0.43	—	—	—
205	1474	AGD1213-71-1	-5.17	-1.02	—	—	—
206	1473	AGD1213-71	-5.73	-1.09	—	—	—
207	1472	AGD1213-70-9	-5.48	-0.95	—	—	—
208	1471	AGD1213-70-8	-5.71	-0.84	—	—	—
209	1470	AGD1213-70-7	-5.95	-1.39	—	—	—
210	1469	AGD1213-70-6	-3.83	-1.58	—	—	—
211	1468	AGD1213-70-5	-4.83	-0.69	8.84	27.14	0.70
212	1467	AGD1213-70-4	-4.21	-0.56	—	—	—
213	1466	AGD1213-70-3	-4.03	-0.79	—	—	—
214	1465	AGD1213-70-2	-4.93	-0.88	—	—	—
215	1464	AGD1213-70-1	-4.92	-1.41	—	—	—
216	1463	AGD1213-70	-5.56	-0.98	—	—	—
217	1462	AGD1213-69-9	-5.68	-0.75	—	—	—
218	1461	AGD1213-69-8	-5.63	-0.94	—	—	—
219	1460	AGD1213-69-7	-5.82	-1.18	—	—	—
220	1459	AGD1213-69-6	-5.91	-0.98	—	—	—
221	1458	AGD1213-69-5	-6.61	-2.01	9.21	22.44	-1.97
222	1457	AGD1213-69-4	-5.99	-0.69	—	—	—
223	1456	AGD1213-69-3	-6.54	-1.95	—	—	—
224	1455	AGD1213-69-2	-6.04	-1.24	—	—	—
225	1454	AGD1213-69-1	-5.80	-0.80	—	—	—
226	1453	AGD1213-69	-5.55	-1.11	—	—	—
227	1452	AGD1213-68-9	-5.01	-0.56	—	—	—
228	1451	AGD1213-68-8	-4.98	-0.47	—	—	—
229	1450	AGD1213-68-7	-5.06	-0.20	—	—	—

Sample No.	Depth (mm)	Sample name	$\delta^{18}\text{O}_{\text{PDB}}$ (‰)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	Sr/Ca (mmol/mol)	SST Sr/Ca (°C)	$\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW(water)}}$ (‰)
230	1449	AGD1213-68-6	-4.48	-0.83	—	—	—
231	1448	AGD1213-68-5	-4.84	-1.13	9.47	19.26	-0.80
232	1447	AGD1213-68-4	-5.16	-0.65	—	—	—
233	1446	AGD1213-68-3	-6.11	-1.06	—	—	—
234	1445	AGD1213-68-2	-5.03	-0.87	—	—	—
235	1444	AGD1213-68-1	-5.80	-0.86	—	—	—
236	1443	AGD1213-68	-6.08	-3.21	—	—	—
237	1442	AGD1213-67-9	-5.80	-1.73	—	—	—
238	1441	AGD1213-67-8	-5.78	-2.03	—	—	—
239	1440	AGD1213-67-7	-6.32	-1.52	—	—	—
240	1439	AGD1213-67-6	-5.49	-1.27	9.36	20.65	-1.19
241	1438	AGD1213-67-5	-5.40	-0.97	—	—	—
242	1437	AGD1213-67-4	-4.36	-0.01	—	—	—
243	1436	AGD1213-67-3	-3.77	0.08	—	—	—
244	1435	AGD1213-67-2	-4.28	-0.71	—	—	—
245	1434	AGD1213-67-1	-5.13	-1.42	—	—	—
246	1433	AGD1213-67	-5.68	-2.01	—	—	—
247	1432	AGD1213-66-9	-5.66	-1.61	—	—	—
248	1431	AGD1213-66-8	-5.73	-0.72	—	—	—
249	1430	AGD1213-66-7	-5.81	-0.79	—	—	—
250	1429	AGD1213-66-6	-5.99	-1.66	9.19	22.70	-1.30
251	1428	AGD1213-66-5	-5.79	-1.13	—	—	—
252	1427	AGD1213-66-4	-5.87	-1.48	—	—	—
253	1426	AGD1213-66-3	-5.76	-1.01	—	—	—
254	1425	AGD1213-66-2	-5.65	-1.22	—	—	—
255	1424	AGD1213-66-1	-4.92	-0.64	—	—	—
256	1423	AGD1213-66	-4.89	-0.75	—	—	—
257	1422	AGD1213-65-9	-3.50	-0.53	—	—	—
258	1421	AGD1213-65-8	-3.75	-1.27	—	—	—
259	1420	AGD1213-65-7	-4.87	-1.54	—	—	—
260	1419	AGD1213-65-6	-5.47	-1.40	9.37	20.42	-1.21
261	1418	AGD1213-65-5	-5.47	-1.32	—	—	—
262	1417	AGD1213-65-4	-5.76	-1.11	—	—	—
263	1416	AGD1213-65-3	-5.72	-0.95	—	—	—
264	1415	AGD1213-65-2	-5.68	-1.71	—	—	—
265	1414	AGD1213-65-1	-6.24	-2.89	—	—	—
266	1413	AGD1213-65	-5.47	-0.48	—	—	—
267	1412	AGD1213-64-9	-6.22	-2.72	—	—	—
268	1411	AGD1213-64-8	-6.37	-1.80	—	—	—

Sample No.	Depth (mm)	Sample name	$\delta^{18}\text{O}_{\text{PDB}}$ (‰)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	Sr/Ca (mmol/mol)	SST Sr/Ca (°C)	$\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW(water)}}$ (‰)
269	1410	AGD1213-64-7	-5.93	-1.21	—	—	—
270	1409	AGD1213-64-6	-4.79	-0.91	9.40	20.10	-0.59
271	1408	AGD1213-64-5	-4.51	-0.56	—	—	—
272	1407	AGD1213-64-4	-4.68	-0.58	—	—	—
273	1406	AGD1213-64-3	-4.09	-0.53	—	—	—
274	1405	AGD1213-64-2	-3.92	-0.61	—	—	—
275	1404	AGD1213-64-1	-4.69	-0.96	—	—	—
276	1403	AGD1213-64	-5.42	-0.58	—	—	—
277	1402	AGD1213-63-9	-5.78	-0.49	—	—	—
278	1401	AGD1213-63-8	-5.90	-0.65	—	—	—
279	1400	AGD1213-63-7	-5.97	-0.63	—	—	—
280	1399	AGD1213-63-6	-5.59	-1.03	9.34	20.86	-1.24
281	1398	AGD1213-63-5	-5.42	-0.26	9.20	22.59	-0.74
282	1397.5	AGD1213-63-4-5	-4.86	0.33	—	—	—
283	1397	AGD1213-63-4	-5.12	-0.64	—	—	—
284	1396	AGD1213-63-3	-5.23	-0.42	—	—	—
285	1395	AGD1213-63-2	-4.17	0.21	—	—	—
286	1394	AGD1213-63-1	-4.75	-0.54	—	—	—
287	1393	AGD1213-63	-5.30	-0.32	—	—	—
288	1392	AGD1213-62-9	-5.13	-0.26	—	—	—
289	1391	AGD1213-62-8	-5.63	-0.68	—	—	—
290	1390	AGD1213-62-7	-5.58	-0.65	—	—	—
291	1389	AGD1213-62-6	-5.70	-0.94	9.24	22.12	-1.12
292	1388	AGD1213-62-5	-5.54	-0.98	—	—	—
293	1387	AGD1213-62-4	-5.58	-1.27	—	—	—
294	1386	AGD1213-62-3	-5.22	-1.07	—	—	—
295	1385	AGD1213-62-2	-5.31	-1.34	—	—	—
296	1384	AGD1213-62-1	-5.93	-1.37	—	—	—
297	1383	AGD1213-62	-4.45	-0.34	—	—	—
298	1382	AGD1213-61-9	-4.23	-0.42	—	—	—
299	1381	AGD1213-61-8	-4.18	-0.41	—	—	—
300	1380	AGD1213-61-7	-4.62	-0.75	—	—	—
301	1379	AGD1213-61-6	-5.38	-0.71	9.00	25.14	-0.23
302	1378	AGD1213-61-5	-5.44	-0.74	—	—	—
303	1377	AGD1213-61-4	-5.67	-0.64	—	—	—
304	1376	AGD1213-61-3	-5.71	-1.08	—	—	—
305	1375	AGD1213-61-2	-5.87	-0.69	—	—	—
306	1374	AGD1213-61-1	-5.40	-0.30	—	—	—
307	1373	AGD1213-61	-5.74	-0.70	—	—	—

Sample No.	Depth (mm)	Sample name	$\delta^{18}\text{O}_{\text{PDB}}$ (‰)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	Sr/Ca (mmol/mol)	SST Sr/Ca (°C)	$\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW(water)}}$ (‰)
308	1372	AGD1213-60-9	-5.83	-0.76	—	—	—
309	1371	AGD1213-60-8	-5.37	-0.57	—	—	—
310	1370	AGD1213-60-7	-4.86	-0.27	—	—	—
311	1369	AGD1213-60-6	-3.81	0.08	9.70	16.34	-0.32
312	1368	AGD1213-60-5	-4.29	-0.17	—	—	—
313	1367	AGD1213-60-4	-4.41	-0.34	—	—	—
314	1366	AGD1213-60-3	-5.22	0.30	—	—	—
315	1365	AGD1213-60-2	-5.00	-0.10	—	—	—
316	1364	AGD1213-60-1	-4.62	0.35	—	—	—
317	1363	AGD1213-60	-5.39	-0.51	—	—	—
318	1362	AGD1213-59-9	-4.83	-0.57	—	—	—
319	1361	AGD1213-59-8	-4.04	0.08	—	—	—
320	1360	AGD1213-59-7	-4.57	-0.86	—	—	—
321	1359	AGD1213-59-6	-4.84	1.00	8.86	26.91	0.64
322	1358	AGD1213-59-5	-4.98	0.33	—	—	—
323	1357	AGD1213-59-4	-4.62	0.21	—	—	—
324	1356	AGD1213-59-3	-4.01	0.11	—	—	—
325	1355	AGD1213-59-2	-4.18	-0.28	—	—	—
326	1354	AGD1213-59-1	-5.92	-1.32	—	—	—
327	1353	AGD1213-59	-5.35	0.69	—	—	—
328	1352	AGD1213-58-9	-5.32	0.61	—	—	—
329	1351	AGD1213-58-8	-5.09	0.79	—	—	—
330	1350	AGD1213-58-7	-5.10	-0.07	—	—	—
331	1349	AGD1213-58-6	-3.80	-0.18	9.53	18.44	0.08
332	1348	AGD1213-58-5	-4.67	-0.40	—	—	—
333	1347	AGD1213-58-4	-5.16	-0.12	—	—	—
334	1346	AGD1213-58-3	-5.26	-0.18	—	—	—
335	1345	AGD1213-58-2	-5.58	-0.99	—	—	—
336	1344	AGD1213-58-1	-5.56	-1.23	—	—	—
337	1343	AGD1213-58	-6.11	-1.55	—	—	—
338	1342	AGD1213-57-9	-6.12	-1.02	—	—	—
339	1341	AGD1213-57-8	-6.01	-0.94	—	—	—
340	1340	AGD1213-57-7	-5.93	-1.12	—	—	—
341	1339	AGD1213-57-6	-5.63	-1.51	9.19	22.67	-0.95
342	1338	AGD1213-57-5	-5.96	-0.58	—	—	—
343	1337	AGD1213-57-4	-5.90	-1.02	—	—	—
344	1336	AGD1213-57-3	-5.81	-0.70	—	—	—
345	1335	AGD1213-57-2	-5.80	-1.12	—	—	—
346	1334	AGD1213-57-1	-5.79	-0.92	—	—	—

Sample No.	Depth (mm)	Sample name	$\delta^{18}\text{O}_{\text{PDB}}$ (‰)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	Sr/Ca (mmol/mol)	SST Sr/Ca (°C)	$\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW(water)}}$ (‰)
347	1333	AGD1213-57	-5.49	-1.54	—	—	—
348	1332	AGD1213-56-9	-5.39	-1.13	—	—	—
349	1331	AGD1213-56-8	-4.63	-0.17	—	—	—
350	1330	AGD1213-56-7	-3.91	0.19	—	—	—
351	1329	AGD1213-56-6	-4.77	-0.76	9.41	19.96	-0.60
352	1328	AGD1213-56-5	-5.36	-0.75	—	—	—
353	1327	AGD1213-56-4	-5.51	-0.46	—	—	—
354	1326	AGD1213-56-3	-5.57	-0.47	—	—	—
355	1325	AGD1213-56-2	-5.67	-0.38	—	—	—
356	1324	AGD1213-56-1	-5.17	-0.43	—	—	—
357	1323	AGD1213-56	-5.55	-1.10	—	—	—
358	1322	AGD1213-55-9	-5.52	-1.09	—	—	—
359	1321	AGD1213-55-8	-5.36	-1.15	—	—	—
360	1320	AGD1213-55-7	-5.12	-0.90	—	—	—
361	1319	AGD1213-55-6	-4.49	-0.71	9.46	19.38	-0.43
362	1318	AGD1213-55-5	-3.88	-0.96	—	—	—
363	1317	AGD1213-55-4	-3.91	0.37	—	—	—
364	1316	AGD1213-55-3	-4.26	-0.94	—	—	—
365	1315	AGD1213-55-2	-3.85	-0.48	—	—	—
366	1314	AGD1213-55-1	-5.14	-0.97	—	—	—
367	1313	AGD1213-55	-5.24	-0.36	—	—	—
368	1312	AGD1213-54-9	-5.30	-0.80	—	—	—
369	1311	AGD1213-54-8	-5.68	-0.87	—	—	—
370	1310	AGD1213-54-7	-5.56	-0.96	—	—	—
371	1309	AGD1213-54-6	-5.88	-1.26	9.17	23.02	-1.13
372	1308	AGD1213-54-5	-5.08	-1.26	—	—	—
373	1307	AGD1213-54-4	-5.51	-1.27	—	—	—
374	1306	AGD1213-54-3	-5.65	-1.60	—	—	—
375	1305	AGD1213-54-2	-4.89	-0.83	—	—	—
376	1304	AGD1213-54-1	-3.65	0.04	—	—	—
377	1303	AGD1213-54	-3.68	0.77	—	—	—
378	1302	AGD1213-53-9	-3.63	0.09	—	—	—
379	1301	AGD1213-53-8	-4.65	-0.99	—	—	—
380	1300	AGD1213-53-7	-5.20	-1.12	—	—	—
381	1299	AGD1213-53-6	-5.90	-0.97	8.47	31.80	0.51
382	1298	AGD1213-53-5	-5.31	-0.08	—	—	—
383	1297	AGD1213-53-4	-5.49	-0.82	—	—	—
384	1296	AGD1213-53-3	-5.42	-0.88	—	—	—
385	1295	AGD1213-53-2	-5.18	-0.88	—	—	—

Sample No.	Depth (mm)	Sample name	$\delta^{18}\text{O}_{\text{PDB}}$ (‰)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	Sr/Ca (mmol/mol)	SST Sr/Ca (°C)	$\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW(water)}}$ (‰)
386	1294	AGD1213-53-1	-5.21	-0.70	—	—	—
387	1293	AGD1213-53	-5.35	-1.09	—	—	—
388	1292	AGD1213-52-9	-4.31	-0.22	—	—	—
389	1291	AGD1213-52-8	-4.38	0.00	—	—	—
390	1290	AGD1213-52-7	-3.63	-0.35	—	—	—
391	1289	AGD1213-52-6	-5.00	-1.20	8.72	28.69	0.82
392	1288	AGD1213-52-5	-5.22	-0.92	—	—	—
393	1287	AGD1213-52-4	-5.55	-0.49	—	—	—
394	1286	AGD1213-52-3	-5.40	-0.47	—	—	—
395	1285	AGD1213-52-2	-5.57	-1.18	—	—	—
396	1284	AGD1213-52-1	-5.79	-0.62	—	—	—
397	1283	AGD1213-52	-5.79	-0.58	—	—	—
398	1282	AGD1213-51-9	-5.69	-1.28	—	—	—
399	1281	AGD1213-51-8	-5.74	-1.41	—	—	—
400	1280	AGD1213-51-7	-5.70	-1.71	—	—	—
401	1279	AGD1213-51-6	-5.05	-1.01	8.67	29.29	0.88
402	1278	AGD1213-51-5	-4.85	-1.12	—	—	—
403	1277	AGD1213-51-4	-4.32	-0.71	—	—	—
404	1276	AGD1213-51-3	-4.44	-0.85	—	—	—
405	1275	AGD1213-51-2	-3.88	-0.29	—	—	—
406	1274	AGD1213-51-1	-3.87	-0.71	—	—	—
407	1273	AGD1213-51	-4.28	-1.25	—	—	—
408	1272	AGD1213-50-9	-4.49	-1.42	—	—	—
409	1271	AGD1213-50-8	-5.00	-1.26	—	—	—
410	1270	AGD1213-50-7	-5.04	-1.34	—	—	—
411	1269	AGD1213-50-6	-5.45	-0.88	8.61	29.97	0.62
412	1268	AGD1213-50-5	-5.30	-0.54	—	—	—
413	1267	AGD1213-50-4	-5.73	-0.17	—	—	—
414	1266	AGD1213-50-3	-5.97	-1.57	—	—	—
415	1265	AGD1213-50-2	-5.90	-1.68	—	—	—
416	1264	AGD1213-50-1	-5.67	-0.82	—	—	—
417	1263	AGD1213-50	-5.78	-0.72	—	—	—
418	1262	AGD1213-49-9	-4.86	-1.24	—	—	—
419	1261	AGD1213-49-8	-4.24	-0.80	—	—	—
420	1260	AGD1213-49-7	-4.14	-0.68	—	—	—
421	1259	AGD1213-49-6	-3.96	-0.71	8.91	26.26	1.40
422	1258	AGD1213-49-5	-4.57	-1.91	—	—	—
423	1257	AGD1213-49-4	-5.25	-1.32	—	—	—
424	1256	AGD1213-49-3	-5.09	-1.59	—	—	—

Sample No.	Depth (mm)	Sample name	$\delta^{18}\text{O}_{\text{PDB}}$ (‰)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	Sr/Ca (mmol/mol)	SST Sr/Ca (°C)	$\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW(water)}}$ (‰)
425	1255	AGD1213-49-2	-5.08	-1.66	—	—	—
426	1254	AGD1213-49-1	-5.58	-1.40	—	—	—
427	1253	AGD1213-49	-5.58	-1.30	—	—	—
428	1252	AGD1213-48-9	-5.82	-1.59	—	—	—
429	1251	AGD1213-48-8	-5.95	-1.90	—	—	—
430	1250	AGD1213-48-7	-6.13	-1.69	—	—	—
431	1249	AGD1213-48-6	-5.64	-1.24	8.74	28.43	0.13
432	1248	AGD1213-48-5	-4.88	-1.10	—	—	—
433	1247	AGD1213-48-4	-4.37	-1.04	—	—	—
434	1246	AGD1213-48-3	-4.05	-1.00	—	—	—
435	1245	AGD1213-48-2	-4.06	-1.69	—	—	—
436	1244	AGD1213-48-1	-4.19	-2.36	—	—	—
437	1243	AGD1213-48	-4.09	-0.98	—	—	—
438	1242	AGD1213-47-9	-5.01	-1.86	—	—	—
439	1241	AGD1213-47-8	-5.05	-1.72	—	—	—
440	1240	AGD1213-47-7	-3.97	-1.77	—	—	—
441	1239	AGD1213-47-6	-4.88	-2.11	8.85	27.01	0.63
442	1238	AGD1213-47-5	-5.23	-1.75	—	—	—
443	1237	AGD1213-47-4	-5.96	-0.70	—	—	—
444	1236	AGD1213-47-3	-6.02	-2.03	—	—	—
445	1235	AGD1213-47-2	-5.75	-2.34	—	—	—
446	1234	AGD1213-47-1	-5.58	-1.85	—	—	—
447	1233	AGD1213-47	-6.01	-1.80	—	—	—
448	1232	AGD1213-46-9	-5.53	-1.62	—	—	—
449	1231	AGD1213-46-8	-6.11	-1.95	—	—	—
450	1230	AGD1213-46-7	-5.08	-1.04	—	—	—
451	1229	AGD1213-46-6	-5.80	-1.98	8.51	31.33	0.52
452	1228	AGD1213-46-5	-5.83	-2.29	—	—	—
453	1227	AGD1213-46-4	-5.50	-1.42	—	—	—
454	1226	AGD1213-46-3	-4.60	-0.81	—	—	—
455	1225	AGD1213-46-2	-5.44	-1.54	—	—	—
456	1224	AGD1213-46-1	-5.46	-1.58	—	—	—
457	1223	AGD1213-46	-3.69	0.31	—	—	—
458	1222	AGD1213-45-9	-5.73	-1.01	—	—	—
459	1221	AGD1213-45-8	-5.80	-1.27	—	—	—
460	1220	AGD1213-45-7	-5.69	-1.88	—	—	—
461	1219	AGD1213-45-6	-5.42	-1.25	8.58	30.45	0.73
462	1218	AGD1213-45-5	-5.11	-1.37	—	—	—
463	1217	AGD1213-45-4	-4.59	-0.76	—	—	—

Sample No.	Depth (mm)	Sample name	$\delta^{18}\text{O}_{\text{PDB}}$ (‰)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	Sr/Ca (mmol/mol)	SST Sr/Ca (°C)	$\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW(water)}}$ (‰)
464	1216	AGD1213-45-3	-4.77	-0.68	—	—	—
465	1215	AGD1213-45-2	-3.76	-0.69	—	—	—
466	1214	AGD1213-45-1	-3.79	-0.79	—	—	—
467	1213	AGD1213-45	-4.84	-1.59	—	—	—
468	1212	AGD1213-44-9	-5.01	-1.27	—	—	—
469	1211	AGD1213-44-8	-5.80	-1.68	—	—	—
470	1210	AGD1213-44-7	-5.89	-1.55	—	—	—
471	1209	AGD1213-44-6	-6.03	-1.31	8.44	32.12	0.44
472	1208	AGD1213-44-5	-6.05	-1.44	—	—	—
473	1207	AGD1213-44-4	-5.93	-2.34	—	—	—
474	1206	AGD1213-44-3	-5.59	-2.40	—	—	—
475	1205	AGD1213-44-2	-5.52	-1.29	—	—	—
476	1204	AGD1213-44-1	-5.38	-1.36	—	—	—
477	1203	AGD1213-44	-5.36	-1.63	—	—	—
478	1202	AGD1213-43-9	-5.27	-1.57	—	—	—
479	1201	AGD1213-43-8	-4.68	-0.86	—	—	—
480	1200	AGD1213-43-7	-3.87	-0.01	—	—	—
481	1199	AGD1213-43-6	-4.03	-0.39	8.78	27.91	1.64
482	1198	AGD1213-43-5	-4.05	-0.52	—	—	—
483	1197	AGD1213-43-4	-4.70	-0.99	—	—	—
484	1196	AGD1213-43-3	-5.34	-1.00	—	—	—
485	1195	AGD1213-43-2	-5.60	-1.18	—	—	—
486	1194	AGD1213-43-1	-5.59	-1.26	—	—	—
487	1193	AGD1213-43	-5.72	-1.48	—	—	—
488	1192	AGD1213-42-9	-5.80	-1.48	—	—	—
489	1191	AGD1213-42-8	-5.83	-1.38	—	—	—
490	1190	AGD1213-42-7	-5.83	-1.48	—	—	—
491	1189	AGD1213-42-6	-5.84	-1.01	8.45	32.05	0.62
492	1188	AGD1213-42-5	-5.76	-1.42	—	—	—
493	1187	AGD1213-42-4	-5.85	-1.36	—	—	—
494	1186	AGD1213-42-3	-5.86	-1.40	—	—	—
495	1185	AGD1213-42-2	-5.39	-1.31	—	—	—
496	1184	AGD1213-42-1	-4.53	-0.34	—	—	—
497	1183	AGD1213-42	-3.50	0.70	—	—	—
498	1182	AGD1213-41-9	-3.74	0.27	—	—	—
499	1181	AGD1213-41-8	-4.60	-0.36	—	—	—
500	1180	AGD1213-41-7	-5.07	-0.59	—	—	—
501	1179	AGD1213-41-6	-5.46	-0.71	8.58	30.40	0.69
502	1178	AGD1213-41-5	-5.91	-1.05	—	—	—

Sample No.	Depth (mm)	Sample name	$\delta^{18}\text{O}_{\text{PDB}}$ (‰)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	Sr/Ca (mmol/mol)	SST Sr/Ca (°C)	$\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW(water)}}$ (‰)
503	1177	AGD1213-41-4	-5.75	-1.59	—	—	—
504	1176	AGD1213-41-3	-5.65	-1.48	—	—	—
505	1175	AGD1213-41-2	-5.12	-1.20	—	—	—
506	1174	AGD1213-41-1	-5.19	-1.11	—	—	—
507	1173	AGD1213-41	-4.17	-0.27	—	—	—
508	1172	AGD1213-40-9	-4.67	-0.48	—	—	—
509	1171	AGD1213-40-8	-3.74	-0.44	—	—	—
510	1170	AGD1213-40-7	-3.77	-0.28	—	—	—
511	1169	AGD1213-40-6	-4.27	-0.66	—	—	—
512	1168	AGD1213-40-5	-5.37	-1.07	8.60	30.19	0.73
513	1167	AGD1213-40-4	-5.61	-1.30	—	—	—
514	1166	AGD1213-40-3	-5.42	-0.34	—	—	—
515	1165	AGD1213-40-2	-5.55	-0.94	—	—	—
516	1164	AGD1213-40-1	-5.68	-1.30	—	—	—
517	1163	AGD1213-40	-5.77	-1.10	—	—	—
518	1162	AGD1213-39-9	-5.66	-1.20	—	—	—
519	1161	AGD1213-39-8	-5.70	-1.33	—	—	—
520	1160	AGD1213-39-7	-5.32	-1.26	—	—	—
521	1159	AGD1213-39-6	-5.32	-1.28	—	—	—
522	1158	AGD1213-39-5	-6.19	-1.80	8.56	30.64	0.00
523	1157	AGD1213-39-4	-5.55	-1.17	—	—	—
524	1156	AGD1213-39-3	-5.42	-1.11	—	—	—
525	1155	AGD1213-39-2	-4.30	-0.06	—	—	—
526	1154	AGD1213-39-1	-4.21	0.00	—	—	—
527	1153	AGD1213-39	-3.66	0.08	—	—	—
528	1152	AGD1213-38-9	-4.70	-1.32	—	—	—
529	1151	AGD1213-38-8	-4.28	-0.74	—	—	—
530	1150	AGD1213-38-7	-5.20	-1.00	—	—	—
531	1149	AGD1213-38-6	-5.79	-0.85	—	—	—
532	1148	AGD1213-38-5	-6.08	-1.10	8.30	33.94	0.73
533	1147	AGD1213-38-4	-6.10	-1.41	—	—	—
534	1146	AGD1213-38-3	-5.73	-1.23	—	—	—
535	1145	AGD1213-38-2	-5.46	-1.38	—	—	—
536	1144	AGD1213-38-1	-5.38	-1.11	—	—	—
537	1143	AGD1213-38	-5.08	-0.95	—	—	—
538	1142	AGD1213-37-9	-5.13	-1.30	—	—	—
539	1141	AGD1213-37-8	-4.75	-0.58	—	—	—
540	1140	AGD1213-37-7	-4.20	-0.35	—	—	—
541	1139	AGD1213-37-6	-3.88	-0.72	—	—	—

Sample No.	Depth (mm)	Sample name	$\delta^{18}\text{O}_{\text{PDB}}$ (‰)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	Sr/Ca (mmol/mol)	SST Sr/Ca (°C)	$\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW(water)}}$ (‰)
542	1138	AGD1213-37-5	-5.63	-1.91	8.63	29.75	0.39
543	1137	AGD1213-37-4	-4.66	-1.49	—	—	—
544	1136	AGD1213-37-3	-4.80	-1.45	—	—	—
545	1135	AGD1213-37-2	-5.36	-1.51	—	—	—
546	1134	AGD1213-37-1	-5.57	-1.40	—	—	—
547	1133	AGD1213-37	-5.89	-1.59	—	—	—
548	1132	AGD1213-36-9	-5.95	-1.81	—	—	—
549	1131	AGD1213-36-8	-5.79	-1.69	—	—	—
550	1130	AGD1213-36-7	-5.99	-1.51	—	—	—
551	1129	AGD1213-36-6	-6.07	-1.59	—	—	—
552	1128	AGD1213-36-5	-6.42	-0.98	8.50	31.41	-0.09
553	1127	AGD1213-36-4	-6.27	-1.41	—	—	—
554	1126	AGD1213-36-3	-6.07	-1.81	—	—	—
555	1125	AGD1213-36-2	-5.61	-2.37	—	—	—
556	1124	AGD1213-36-1	-5.64	-2.44	—	—	—
557	1123	AGD1213-36	-5.36	-1.15	—	—	—
558	1122	AGD1213-35-9	-5.30	-1.86	—	—	—
559	1121	AGD1213-35-8	-5.05	-1.27	—	—	—
560	1120	AGD1213-35-7	-4.87	-1.05	—	—	—
561	1119	AGD1213-35-6	-4.39	-0.18	—	—	—
562	1118	AGD1213-35-5	-4.07	-0.54	8.77	28.02	1.62
563	1117	AGD1213-35-4	-3.71	-0.72	—	—	—
564	1116	AGD1213-35-3	-4.23	-1.52	—	—	—
565	1115	AGD1213-35-2	-4.65	-1.62	—	—	—
566	1114	AGD1213-35-1	-5.18	-1.49	—	—	—
567	1113	AGD1213-35	-5.60	-0.70	—	—	—
568	1112	AGD1213-34-9	-5.72	-1.30	—	—	—
569	1111	AGD1213-34-8	-5.74	-0.93	—	—	—
570	1110	AGD1213-34-7	-6.13	-1.68	—	—	—
571	1109	AGD1213-34-6	-6.03	-1.50	—	—	—
572	1108	AGD1213-34-5	-6.01	-1.15	8.59	30.31	0.11
573	1107	AGD1213-34-4	-5.17	-1.12	9.21	22.46	-0.52
574	1106	AGD1213-34-3	-4.86	-1.26	9.14	23.29	-0.06
575	1105	AGD1213-34-2	-4.94	-0.66	9.11	23.69	-0.06
576	1104	AGD1213-34-1	-4.75	-0.89	8.99	25.20	0.41
577	1103	AGD1213-34	-4.61	-1.34	9.15	23.22	0.18
578	1102	AGD1213-33-9	-4.26	-1.37	9.02	24.81	0.83
579	1101	AGD1213-33-8	-4.97	-1.94	8.83	27.24	0.58
580	1100	AGD1213-33-7	-5.14	-2.10	8.78	27.87	0.52

Sample No.	Depth (mm)	Sample name	$\delta^{18}\text{O}_{\text{PDB}}$ (‰)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	Sr/Ca (mmol/mol)	SST Sr/Ca (°C)	$\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW(water)}}$ (‰)
581	1099	AGD1213-33-6	-5.20	-1.60	—	—	—
582	1098	AGD1213-33-5	-5.30	-1.04	9.35	20.73	-0.98
583	1097	AGD1213-33-4	-5.47	-1.52	—	—	—
584	1096	AGD1213-33-3			—	—	—
585	1095	AGD1213-33-2			—	—	—
586	1094	AGD1213-33-1			—	—	—
587	1093	AGD1213-33	-5.39	-1.06	—	—	—
588	1092	AGD1213-32-9	-5.31	-1.13	—	—	—
589	1091	AGD1213-32-8	-5.39	-0.35	—	—	—
590	1090	AGD1213-32-7	-5.68	-1.43	—	—	—
591	1089	AGD1213-32-6	-5.53	-1.42	—	—	—
592	1088	AGD1213-32-5	-5.72	-1.04	9.20	22.56	-1.06
593	1087	AGD1213-32-4	-5.37	-1.02	—	—	—
594	1086	AGD1213-32-3	-5.29	-1.21	—	—	—
595	1085	AGD1213-32-2	-5.24	-1.09	—	—	—
596	1084	AGD1213-32-1	-4.12	-0.75	—	—	—
597	1083	AGD1213-32	-3.96	-1.46	—	—	—
598	1082	AGD1213-31-9	-4.31	-0.60	—	—	—
599	1081	AGD1213-31-8	-3.85	-0.78	—	—	—
600	1080	AGD1213-31-7	-3.79	-1.13	—	—	—
601	1079	AGD1213-31-6	-5.34	-1.83	—	—	—
602	1078	AGD1213-31-5	-6.11	-0.58	9.22	22.34	-1.49
603	1077	AGD1213-31-4	-5.26	-2.03	—	—	—
604	1076	AGD1213-31-3	-5.85	-1.13	—	—	—
605	1075	AGD1213-31-2	-5.80	-0.92	—	—	—
606	1074	AGD1213-31-1	-5.79	-0.44	—	—	—
607	1073	AGD1213-31	-5.84	-2.06	—	—	—
608	1072	AGD1213-30-9	-5.61	-0.72	—	—	—
609	1071	AGD1213-30-8	-5.95	-2.88	—	—	—
610	1070	AGD1213-30-7	-6.12	-2.59	—	—	—
611	1069	AGD1213-30-6	-5.25	-1.42	—	—	—
612	1068	AGD1213-30-5	-3.99	-0.21	9.67	16.70	-0.43
613	1067	AGD1213-30-4	-5.09	-1.26	—	—	—
614	1066	AGD1213-30-3	-3.93	-0.01	—	—	—
615	1065	AGD1213-30-2	-3.79	-0.54	—	—	—
616	1064	AGD1213-30-1	-4.44	-2.10	—	—	—
617	1063	AGD1213-30	-5.45	-1.10	—	—	—
618	1062	AGD1213-29-9	-5.06	-1.14	—	—	—
619	1061	AGD1213-29-8	-5.53	-1.27	—	—	—

Sample No.	Depth (mm)	Sample name	$\delta^{18}\text{O}_{\text{PDB}}$ (‰)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	Sr/Ca (mmol/mol)	SST Sr/Ca (°C)	$\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW(water)}}$ (‰)
620	1060	AGD1213-29-7	-5.85	-1.75	—	—	—
621	1059	AGD1213-29-6	-5.98	-1.72	9.19	22.39	-1.35
622	1058	AGD1213-29-5	-5.57	-1.05	9.21	22.44	-0.92
623	1057	AGD1213-29-4	-5.65	-1.20	—	—	—
624	1056	AGD1213-29-3	-5.79	-1.38	—	—	—
625	1055	AGD1213-29-2	-5.73	-1.67	—	—	—
626	1054	AGD1213-29-1	-5.24	-1.25	—	—	—
627	1053	AGD1213-29	-4.14	-0.67	—	—	—
628	1052	AGD1213-28-9	-4.25	-0.47	—	—	—
629	1051	AGD1213-28-8	-3.67	-1.08	9.69	16.41	-0.16
630	1050	AGD1213-28-7	-3.73	-1.10	—	—	—
631	1049	AGD1213-28-6	-4.55	-1.19	—	—	—
632	1048	AGD1213-28-5	-5.03	-1.25	9.27	21.73	-0.52
633	1047	AGD1213-28-4	-6.00	-2.09	—	—	—
634	1046	AGD1213-28-3	-5.42	-1.49	—	—	—
635	1045	AGD1213-28-2	-5.46	-0.72	—	—	—
636	1044	AGD1213-28-1	-6.03	-1.03	9.23	22.19	-1.43
637	1043	AGD1213-28	-5.83	-1.81	—	—	—
638	1042	AGD1213-27-9	-5.58	-0.65	—	—	—
639	1041	AGD1213-27-8	-5.70	-0.93	—	—	—
640	1040	AGD1213-27-7	-5.40	-2.13	—	—	—
641	1039	AGD1213-27-6	-5.10	-0.71	—	—	—
642	1038	AGD1213-27-5	-4.52	-0.66	9.60	17.56	-0.80
643	1037	AGD1213-27-4	-4.02	-0.82	—	—	—
644	1036	AGD1213-27-3	-3.77	-0.40	9.79	15.18	-0.50
645	1035	AGD1213-27-2	-3.97	-0.90	—	—	—
646	1034	AGD1213-27-1	-4.20	-1.53	—	—	—
647	1033	AGD1213-27	-5.01	-0.21	—	—	—
648	1032	AGD1213-26-9	-5.16	-0.54	—	—	—
649	1031	AGD1213-26-8	-5.48	-0.60	—	—	—
650	1030	AGD1213-26-7	-5.51	-1.20	—	—	—
651	1029	AGD1213-26-6	-5.83	-1.35	—	—	—
652	1028	AGD1213-26-5	-6.11	-0.90	9.17	23.02	-1.36
653	1027	AGD1213-26-4	-6.30	-1.18	9.13	23.49	-1.46
654	1026	AGD1213-26-3	-5.80	-1.00	—	—	—
655	1025	AGD1213-26-2	-5.88	-1.16	—	—	—
656	1024	AGD1213-26-1	-5.58	-1.41	—	—	—
657	1023	AGD1213-26	-5.26	-0.82	—	—	—
658	1022	AGD1213-25-9	-4.28	-0.19	—	—	—

Sample No.	Depth (mm)	Sample name	$\delta^{18}\text{O}_{\text{PDB}}$ (‰)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	Sr/Ca (mmol/mol)	SST Sr/Ca (°C)	$\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW(water)}}$ (‰)
659	1021	AGD1213-25-8	-4.05	-0.58	—	—	—
660	1020	AGD1213-25-7	-3.77	-0.52	9.72	16.03	-0.34
661	1019	AGD1213-25-6	-4.05	-1.19	—	—	—
662	1018	AGD1213-25-5	-3.86	-0.15	—	—	—
663	1017	AGD1213-25-4	-4.03	-0.77	—	—	—
664	1016	AGD1213-25-3	-4.53	-0.62	9.53	18.45	-0.64
665	1015	AGD1213-25-2	-4.98	-0.88	—	—	—
666	1014	AGD1213-25-1	-5.25	-1.10	—	—	—
667	1013	AGD1213-25	—	—	—	—	—
668	1012	AGD1213-24-9	-5.62	-0.93	—	—	—
669	1011	AGD1213-24-8	-5.83	-1.55	9.28	21.58	-1.35
670	1010	AGD1213-24-7	-5.42	-0.97	—	—	—
671	1009	AGD1213-24-6	-5.51	-1.35	—	—	—
672	1008	AGD1213-24-5	-5.67	-2.08	—	—	—
673	1007	AGD1213-24-4	-5.80	-0.66	—	—	—
674	1006	AGD1213-24-3	-5.63	-0.77	9.30	21.35	-1.19
675	1005	AGD1213-24-2	-5.51	-0.95	—	—	—
676	1004	AGD1213-24-1	-5.48	-1.12	—	—	—
677	1003	AGD1213-24	-4.71	-0.49	—	—	—
678	1002	AGD1213-23-9	-4.48	-0.14	—	—	—
679	1001	AGD1213-23-8	-3.75	-0.69	—	—	—
680	1000	AGD1213-23-7	-3.69	-0.54	9.71	16.18	-0.23
681	999	AGD1213-23-6	-3.95	-1.31	—	—	—
682	998	AGD1213-23-5	-4.24	-1.25	—	—	—
683	997	AGD1213-23-4	-4.35	-0.99	—	—	—
684	996	AGD1213-23-3	-4.76	-0.67	9.44	19.64	-0.65
685	995	AGD1213-23-2	-5.22	-0.58	—	—	—
686	994	AGD1213-23-1	-5.28	-0.38	—	—	—
687	993	AGD1213-23	-6.09	-1.67	—	—	—
688	992	AGD1213-22-9	-6.06	-1.46	—	—	—
689	991	AGD1213-22-8	-5.88	-1.14	—	—	—
690	990	AGD1213-22-7	-6.26	-2.00	9.33	20.91	-1.91
691	989	AGD1213-22-6	-5.76	-1.03	—	—	—
692	988	AGD1213-22-5	-5.69	-2.00	—	—	—
693	987	AGD1213-22-4	-5.35	-1.77	—	—	—
694	986	AGD1213-22-3	-5.21	-0.88	9.38	20.34	-0.97
695	985	AGD1213-22-2	-4.57	-0.39	—	—	—
696	984	AGD1213-22-1	-4.17	-0.52	—	—	—
697	983	AGD1213-22	-3.97	-0.59	—	—	—

Sample No.	Depth (mm)	Sample name	$\delta^{18}\text{O}_{\text{PDB}}$ (‰)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	Sr/Ca (mmol/mol)	SST Sr/Ca (°C)	$\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW(water)}}$ (‰)
698	982	AGD1213-21-9	-3.71	-0.95	9.75	15.66	-0.35
699	981	AGD1213-21-8	-4.01	-1.12	—	—	—
700	980	AGD1213-21-7	-4.12	-1.36	—	—	—
701	979	AGD1213-21-6	-4.53	-1.40	—	—	—
702	978	AGD1213-21-5	-4.60	-1.29	—	—	—
703	977	AGD1213-21-4	-5.26	-1.39	—	—	—
704	976	AGD1213-21-3	-5.34	-1.39	9.29	21.51	-0.88
705	975	AGD1213-21-2	-5.29	-1.12	—	—	—
706	974	AGD1213-21-1	-5.67	-0.79	—	—	—
707	973	AGD1213-21	-5.63	-0.76	—	—	—
708	972	AGD1213-20-9	-5.68	-0.07	—	—	—
709	971	AGD1213-20-8	-6.11	-1.56	9.74	15.86	-2.71
710	970	AGD1213-20-7	-6.09	-2.39	—	—	—
711	969	AGD1213-20-6	-5.81	-1.50	—	—	—
712	968	AGD1213-20-5	-5.79	-1.47	—	—	—
713	967	AGD1213-20-4	-5.30	-0.80	—	—	—
714	966	AGD1213-20-3	-5.49	-1.03	9.25	21.97	-0.94
715	965	AGD1213-20-2	-4.61	-0.24	—	—	—
716	964	AGD1213-20-1	-4.99	-1.41	—	—	—
717	963	AGD1213-20	-4.07	-0.88	9.61	17.42	-0.37
718	962	AGD1213-19-9	-4.17	-0.96	—	—	—
719	961	AGD1213-19-8	—	—	—	—	—
720	960	AGD1213-19-7	-4.13	-0.72	—	—	—
721	959	AGD1213-19-6	—	—	—	—	—
722	958	AGD1213-19-5	-4.52	-1.98	—	—	—
723	957	AGD1213-19-4	-5.37	-0.40	—	—	—
724	956	AGD1213-19-3	-5.70	-1.36	9.22	22.34	-1.07
725	955	AGD1213-19-2	-5.82	-1.26	—	—	—
726	954	AGD1213-19-1	-6.07	-2.63	9.10	23.82	-1.17
727	953	AGD1213-19	—	—	—	—	—
728	952	AGD1213-18-9	-5.74	-0.67	—	—	—
729	951	AGD1213-18-8	-3.71	-1.25	—	—	—
730	950	AGD1213-18-7	—	—	—	—	—
731	949	AGD1213-18-6	—	—	—	—	—
732	948	AGD1213-18-5	—	—	—	—	—
733	947	AGD1213-18-4	-5.94	-1.89	—	—	—
734	946	AGD1213-18-3	-5.09	-1.31	9.15	23.25	-0.29
735	945	AGD1213-18-2	—	—	—	—	—
736	944	AGD1213-18-1	—	—	—	—	—

Sample No.	Depth (mm)	Sample name	$\delta^{18}\text{O}_{\text{PDB}}$ (‰)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	Sr/Ca (mmol/mol)	SST Sr/Ca (°C)	$\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW(water)}}$ (‰)
737	943	AGD1213-18			—	—	—
738	942	AGD1213-17-9			—	—	—
739	941	AGD1213-17-8	-4.40	-1.55	—	—	—
740	940	AGD1213-17-7			—	—	—
741	939	AGD1213-17-6			—	—	—
742	938	AGD1213-17-5			—	—	—
743	937	AGD1213-17-4			—	—	—
744	936	AGD1213-17-3	-5.53	-1.36	8.89	26.45	-0.14
745	935	AGD1213-17-2	-5.52	-1.59	—	—	—
746	934	AGD1213-17-1	-5.75	-1.77	9.14	23.41	-0.93
747	933	AGD1213-17	-5.62	-2.11	—	—	—
748	932	AGD1213-16-9	-5.56	-2.07	—	—	—
749	931	AGD1213-16-8	-5.08	-0.93	—	—	—
750	930	AGD1213-16-7	-4.15	-0.75	—	—	—
751	929	AGD1213-16-6	-3.50	-0.13	9.66	16.83	0.09
752	928	AGD1213-16-5	-3.74	-0.92	—	—	—
753	927	AGD1213-16-4	-4.05	-1.40	—	—	—
754	926	AGD1213-16-3	-4.67	-1.38	9.22	22.30	-0.06
755	925	AGD1213-16-2	-5.37	-0.97	—	—	—
756	924	AGD1213-16-1	-5.66	-0.98	—	—	—
757	923	AGD1213-16	-5.83	-1.68	—	—	—
758	922	AGD1213-15-9	-5.64	-1.32	—	—	—
759	921	AGD1213-15-8	-5.85	-1.84	—	—	—
760	920	AGD1213-15-7	-5.85	-1.90	—	—	—
761	919	AGD1213-15-6	-5.88	-1.32	—	—	—
762	918	AGD1213-15-5	-5.90	-1.61	9.16	23.07	-1.14
763	917	AGD1213-15-4	-5.83	-0.92	—	—	—
764	916	AGD1213-15-3	-5.63	-2.30	9.02	24.81	-0.54
765	915	AGD1213-15-2	-5.05	-1.37	—	—	—
766	914	AGD1213-15-1	-4.82	-1.13	—	—	—
767	913	AGD1213-15	-4.67	-0.97	—	—	—
768	912	AGD1213-14-9	-4.14	-0.67	—	—	—
769	911	AGD1213-14-8	-3.81	-0.35	—	—	—
770	910	AGD1213-14-7	-3.94	-0.55	—	—	—
771	909	AGD1213-14-6	-3.73	-0.36	9.61	17.41	-0.03
772	908	AGD1213-14-5	-4.35	-1.48	—	—	—
773	907	AGD1213-14-4	-4.55	-0.66	—	—	—
774	906	AGD1213-14-3	-5.29	-1.14	9.20	22.56	-0.62
775	905	AGD1213-14-2	-5.40	-0.95	—	—	—

Sample No.	Depth (mm)	Sample name	$\delta^{18}\text{O}_{\text{PDB}}$ (‰)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	Sr/Ca (mmol/mol)	SST Sr/Ca (°C)	$\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW(water)}}$ (‰)
776	904	AGD1213-14-1	-5.46	-1.26	—	—	—
777	903	AGD1213-14	-5.50	-1.21	—	—	—
778	902	AGD1213-13-9	-5.59	-1.10	—	—	—
779	901	AGD1213-13-8	-5.61	-0.86	—	—	—
780	900	AGD1213-13-7	-5.60	-1.69	—	—	—
781	899	AGD1213-13-6	-5.61	-2.09	—	—	—
782	898	AGD1213-13-5	-5.37	-1.97	—	—	—
783	897	AGD1213-13-4	-5.30	-1.97	—	—	—
784	896	AGD1213-13-3	-4.36	-0.16	9.61	17.39	-0.67
785	895	AGD1213-13-2	-3.62	0.07	—	—	—
786	894	AGD1213-13-1	-3.54	-0.17	9.59	17.69	—
787	893	AGD1213-13	-4.26	-1.10	—	—	—
788	892	AGD1213-12-9	-4.72	-0.89	—	—	—
789	891	AGD1213-12-8	-5.58	-1.19	—	—	—
790	890	AGD1213-12-7	-5.82	-1.60	—	—	—
791	889	AGD1213-12-6	-5.91	-1.65	—	—	—
792	888	AGD1213-12-5	-6.22	-1.89	9.09	24.03	-1.28
793	887	AGD1213-12-4	-5.65	-1.85	—	—	—
794	886	AGD1213-12-3	-5.75	-1.41	9.39	20.17	-1.54
795	885	AGD1213-12-2	-5.93	-1.62	—	—	—
796	884	AGD1213-12-1	-6.05	-1.86	—	—	—
797	883	AGD1213-12	-5.33	-1.85	—	—	—
798	882	AGD1213-11-9	-4.83	-1.04	—	—	—
799	881	AGD1213-11-8	-4.86	-0.84	—	—	—
800	880	AGD1213-11-7	-3.93	-0.38	9.32	21.10	0.46
801	879	AGD1213-11-6	-4.08	-1.08	—	—	—
802	878	AGD1213-11-5	-4.09	-1.07	—	—	—
803	877	AGD1213-11-4	-5.60	-1.31	—	—	—
804	876	AGD1213-11-3	-4.83	-1.48	9.45	19.40	-0.76
805	875	AGD1213-11-2	-5.43	-1.47	—	—	—
806	874	AGD1213-11-1	-5.54	-1.33	—	—	—
807	873	AGD1213-11	-5.59	-1.31	—	—	—
808	872.5	AGD1213-10-10	-6.11	-1.45	9.05	24.45	-1.09
809	872	AGD1213-10-9	-5.77	-1.29	—	—	—
810	871	AGD1213-10-8	-5.98	-0.65	—	—	—
811	870	AGD1213-10-7	-5.98	-0.94	—	—	—
812	869	AGD1213-10-6	-5.93	-2.76	—	—	—
813	868	AGD1213-10-5	-5.23	-0.82	—	—	—
814	867	AGD1213-10-4	-5.63	-2.23	9.29	21.50	-1.17

Sample No.	Depth (mm)	Sample name	$\delta^{18}\text{O}_{\text{PDB}}$ (‰)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	Sr/Ca (mmol/mol)	SST Sr/Ca (°C)	$\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW(water)}}$ (‰)
815	866	AGD1213-10-3	-5.32	-1.13	—	—	—
816	865	AGD1213-10-2	-4.36	-0.57	—	—	—
817	864	AGD1213-10-1	-3.83	0.20	—	—	—
818	863	AGD1213-10	-4.74	-0.70	—	—	—
819	862	AGD1213-9-9	-4.24	-0.81	—	—	—
820	861	AGD1213-9-8	-4.89	-0.88	—	—	—
821	860	AGD1213-9-7	-5.35	-0.89	—	—	—
822	859	AGD1213-9-6	-5.53	-1.07	—	—	—
823	858	AGD1213-9-5	-5.33	-1.23	—	—	—
824	857	AGD1213-9-4	-5.76	-0.90	9.28	21.59	-1.27
825	856	AGD1213-9-3	-5.89	-1.42	—	—	—
826	855	AGD1213-9-2	-5.97	-1.91	—	—	—
827	854	AGD1213-9-1	-6.01	-1.69	—	—	—
828	853	AGD1213-9	-6.31	-1.76	—	—	—
829	852	AGD1213-8-9	-5.64	-1.23	—	—	—
830	851	AGD1213-8-8	-5.61	-1.36	—	—	—
831	850	AGD1213-8-7	-4.96	-0.84	—	—	—
832	849	AGD1213-8-6	-5.08	-1.17	—	—	—
833	848	AGD1213-8-5	-4.04	-0.52	—	—	—
834	847	AGD1213-8-4	-4.14	-0.96	9.75	15.69	-0.77
835	846	AGD1213-8-3	-4.00	-1.08	—	—	—
836	845	AGD1213-8-2	-4.30	-1.25	—	—	—
837	844	AGD1213-8-1	-4.85	-1.13	—	—	—
838	843	AGD1213-8	-4.88	-1.04	—	—	—
839	842	AGD1213-7-9	-5.49	-1.04	—	—	—
840	841	AGD1213-7-8	-5.65	-0.87	—	—	—
841	840	AGD1213-7-7	-5.22	-1.43	—	—	—
842	839	AGD1213-7-6	-4.59	-1.53	—	—	—
843	838	AGD1213-7-5	-4.11	-1.20	—	—	—
844	837	AGD1213-7-4	-4.48	-1.21	9.76	15.53	-1.14
845	836	AGD1213-7-3	-4.48	-1.21	9.56	18.04	-0.66
846	835	AGD1213-7-2	-4.72	-2.07	9.44	19.64	-0.61
847	834	AGD1213-7-1	-4.27	-1.59	9.47	19.14	-0.25
848	833	AGD1213-7	-4.63	-0.87	9.04	24.64	0.43
849	832	AGD1213-6-9	-4.86	-1.60	9.19	22.77	-0.16
850	831	AGD1213-6-8	-5.30	-1.42	8.94	25.85	-0.02
851	830	AGD1213-6-7	-5.36	-1.46	8.91	26.23	0.00
852	829	AGD1213-6-6	-5.64	-1.43	8.92	26.10	-0.31
853	828	AGD1213-6-5	-6.00	-1.35	8.81	27.54	-0.40

Sample No.	Depth (mm)	Sample name	$\delta^{18}\text{O}_{\text{PDB}}$ (‰)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	Sr/Ca (mmol/mol)	SST Sr/Ca (°C)	$\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW(water)}}$ (‰)
854	827	AGD1213-6-4	-6.21	-1.66	8.92	26.16	-0.87
855	826	AGD1213-6-3	-6.07	-1.51	9.26	21.85	-1.54
856	825	AGD1213-6-2	-6.14	-2.02	—	—	—
857	824	AGD1213-6-1	-6.29	-2.18	—	—	—
858	823	AGD1213-6	-5.97	-2.08	—	—	—
859	822	AGD1213-5-9	-5.98	-1.91	—	—	—
860	821	AGD1213-5-8	-5.70	-2.82	8.68	29.12	0.20
861	820	AGD1213-5-7	-5.65	-2.86	—	—	—
862	819	AGD1213-5-6	-5.44	-1.28	—	—	—
863	818	AGD1213-5-5	-5.21	-1.02	—	—	—
864	817	AGD1213-5-4	-4.10	-0.32	—	—	—
865	816	AGD1213-5-3	-4.16	-0.41	9.71	16.22	-0.69
866	815	AGD1213-5-2	-4.99	-0.78	—	—	—
867	814	AGD1213-5-1	-4.86	-0.84	—	—	—
868	813	AGD1213-5	-5.20	-0.70	—	—	—
869	812	AGD1213-4-9	-5.24	-0.91	—	—	—
870	811	AGD1213-4-8	-5.83	-2.04	8.85	26.98	-0.33
871	810	AGD1213-4-7	-5.50	-1.13	—	—	—
872	809	AGD1213-4-6	-6.03	-1.77	8.82	27.43	-0.45
873	808	AGD1213-4-5	-6.03	-2.42	—	—	—
874	807	AGD1213-4-4	-5.83	-2.38	—	—	—
875	806	AGD1213-4-3	-5.76	-2.20	9.29	21.44	-1.30
876	805	AGD1213-4-2	-4.24	-1.20	—	—	—
877	804	AGD1213-4-1	-5.15	-1.63	—	—	—
878	803	AGD1213-4	-4.10	-1.53	—	—	—
879	802	AGD1213-3-9	-3.93	-0.56	—	—	—
880	801	AGD1213-3-8	-4.12	-1.50	8.90	26.34	1.26
881	800	AGD1213-3-7	-4.24	-1.64	—	—	—
882	799	AGD1213-3-6	-4.67	-1.39	—	—	—
883	798	AGD1213-3-5	-4.86	-0.66	—	—	—
884	797	AGD1213-3-4	-5.35	-1.02	—	—	—
885	796	AGD1213-3-3	-5.63	-0.83	9.27	21.70	-1.13
886	795	AGD1213-3-2	-5.57	-1.23	—	—	—
887	794	AGD1213-3-1	-5.70	-0.88	—	—	—
888	793	AGD1213-3	-5.93	-1.70	—	—	—
889	792	AGD1213-2-9	-5.84	-1.73	—	—	—
890	791	AGD1213-2-8	-5.65	-1.60	8.74	28.37	0.11
891	790	AGD1213-2-7	-5.51	-1.20	—	—	—
892	789	AGD1213-2-6	-5.19	-1.40	—	—	—

Sample No.	Depth (mm)	Sample name	$\delta^{18}\text{O}_{\text{PDB}}$ (‰)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	Sr/Ca (mmol/mol)	SST Sr/Ca (°C)	$\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW(water)}}$ (‰)
893	788	AGD1213-2-5	-4.73	-1.08	—	—	—
894	787	AGD1213-2-4	-4.13	-0.31	—	—	—
895	786	AGD1213-2-3	-4.38	0.12	9.61	17.50	-0.67
896	785	AGD1213-2-2	-3.95	-0.25	—	—	—
897	784	AGD1213-2-1	-4.40	-0.47	—	—	—
898	783	AGD1213-2	-4.76	-0.64	—	—	—
899	782	AGD1213-1-9	-5.56	-1.55	—	—	—
900	781	AGD1213-1-8	-5.76	-2.28	8.75	28.23	-0.02
901	780	AGD1213-1-7	-5.55	-1.32	—	—	—
902	779	AGD1213-1-6	-5.88	-0.99	—	—	—
903	778	AGD1213-1-5	-6.12	-1.13	—	—	—
904	777	AGD1213-1-4	-6.40	-4.10	—	—	—
905	776	AGD1213-1-3	-6.18	-3.68	9.22	22.32	-1.56
906	775	AGD1213-1-2	-5.40	-2.02	—	—	—
907	774	AGD1213-1-1	-5.08	-0.98	—	—	—
908	773	AGD1213-1	-4.60	-0.42	—	—	—
909	772	AGD1213-0-9	-4.19	-0.14	—	—	—
910	771	AGD1213-0-8	-3.86	0.05	9.27	21.70	0.64
911	770	AGD1213-0-7	-4.22	-0.67	—	—	—
912	769	AGD1213-0-6	-4.79	-0.81	—	—	—
913	768	AGD1213-0-5	-5.18	-1.37	—	—	—
914	767	AGD1213-0-4	-5.37	-0.74	—	—	—
915	766	AGD1213-0-3	-5.74	-1.58	9.30	21.30	-1.31
916	765	AGD1213-0-2	-5.72	-1.27	—	—	—
917	764	AGD1213-0-1	-6.06	-1.12	—	—	—
918	763	AGD1112-78	-6.18	-2.33	—	—	—
919	762	AGD1112-77-9	-5.92	-1.05	—	—	—
920	761	AGD1112-77-8	-5.85	-1.76	9.12	23.62	-0.99
921	760	AGD1112-77-7	-5.74	-1.66	—	—	—
922	759	AGD1112-77-6	-5.63	-1.61	—	—	—
923	758	AGD1112-77-5	-5.37	-1.44	—	—	—
924	757	AGD1112-77-4	-4.75	-0.88	—	—	—
925	756	AGD1112-77-3	-4.15	-0.37	9.59	17.71	-0.41
926	755	AGD1112-77-2	-4.23	-1.02	—	—	—
927	754	AGD1112-77-1	-4.62	-1.15	—	—	—
928	753	AGD1112-77	-5.62	-1.83	—	—	—
929	752	AGD1112-76-9	-5.49	-1.83	—	—	—
930	751	AGD1112-76-8	-5.54	-1.80	9.01	25.00	-0.41
931	750	AGD1112-76-7	-5.75	-1.45	—	—	—

Sample No.	Depth (mm)	Sample name	$\delta^{18}\text{O}_{\text{PDB}}$ (‰)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	Sr/Ca (mmol/mol)	SST Sr/Ca (°C)	$\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW(water)}}$ (‰)
932	749	AGD1112-76-6	-5.88	-1.10	—	—	—
933	748	AGD1112-76-5	-5.86	-1.09	—	—	—
934	747	AGD1112-76-4	-5.94	-1.59	—	—	—
935	746	AGD1112-76-3	-6.15	-1.50	9.34	20.89	-1.81
936	745	AGD1112-76-2	-6.11	-1.56	—	—	—
937	744	AGD1112-76-1	-5.88	-2.00	—	—	—
938	743	AGD1112-76	-5.77	-1.54	—	—	—
939	742	AGD1112-75-9	-5.37	-1.78	—	—	—
940	741	AGD1112-75-8	-5.33	-1.48	—	—	—
941	740	AGD1112-75-7	-4.70	-0.64	—	—	—
942	739	AGD1112-75-6	-4.78	-0.32	—	—	—
943	738	AGD1112-75-5	-3.69	-0.17	—	—	—
944	737	AGD1112-75-4	-4.86	-1.21	—	—	—
945	736	AGD1112-75-3	-4.63	-1.22	9.55	18.15	-0.79
946	735	AGD1112-75-2	-5.55	-1.57	—	—	—
947	734	AGD1112-75-1	-5.75	-1.23	—	—	—
948	733	AGD1112-75	-5.82	-1.62	—	—	—
949	732	AGD1112-74-9	-5.76	-1.45	—	—	—
950	731	AGD1112-74-8	-5.88	-1.01	—	—	—
951	730	AGD1112-74-7	-5.73	-1.28	—	—	—
952	729	AGD1112-74-6	-5.82	-1.09	—	—	—
953	728	AGD1112-74-5	-5.86	0.41	—	—	—
954	727	AGD1112-74-4	-5.82	-1.20	—	—	—
955	726	AGD1112-74-3	-5.95	-1.79	9.42	19.88	-1.79
956	725	AGD1112-74-2	-5.65	-1.20	—	—	—
957	724	AGD1112-74-1	-5.30	-0.77	—	—	—
958	723	AGD1112-74	-5.10	-0.73	—	—	—
959	722	AGD1112-73-9	-4.60	-0.57	—	—	—
960	721	AGD1112-73-8	-3.82	-1.19	—	—	—
961	720	AGD1112-73-7	-3.90	-1.47	—	—	—
962	719	AGD1112-73-6	-4.50	-1.42	—	—	—
963	718	AGD1112-73-5	-5.09	-1.93	—	—	—
964	717	AGD1112-73-4	-5.27	-1.78	—	—	—
965	716	AGD1112-73-3	-5.70	-1.32	9.41	19.99	-1.53
966	715	AGD1112-73-2	-5.30	-1.15	—	—	—
967	714	AGD1112-73-1	-5.33	-1.34	—	—	—
968	713	AGD1112-73	-5.40	0.45	—	—	—
969	712	AGD1112-72-9	-5.75	-0.80	—	—	—
970	711	AGD1112-72-8	-5.84	-2.57	—	—	—

Sample No.	Depth (mm)	Sample name	$\delta^{18}\text{O}_{\text{PDB}}$ (‰)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	Sr/Ca (mmol/mol)	SST Sr/Ca (°C)	$\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW(water)}}$ (‰)
971	710	AGD1112-72-7	-6.14	-1.62	—	—	—
972	709	AGD1112-72-6	-5.83	-2.34	—	—	—
973	708	AGD1112-72-5	-5.80	-2.23	—	—	—
974	707	AGD1112-72-4	-5.53	-2.36	—	—	—
975	706	AGD1112-72-3	-4.53	-1.07	9.50	18.85	-0.56
976	705	AGD1112-72-2	-4.78	-0.41	—	—	—
977	704	AGD1112-72-1	-3.85	-0.25	—	—	—
978	703	AGD1112-72	-3.85	-0.50	—	—	—
979	702	AGD1112-71-9	-3.79	-0.66	—	—	—
980	701	AGD1112-71-8	-4.44	-1.95	—	—	—
981	700	AGD1112-71-7	-4.87	-2.20	—	—	—
982	699	AGD1112-71-6	-5.27	-1.69	—	—	—
983	698	AGD1112-71-5	-5.55	-1.40	—	—	—
984	697	AGD1112-71-4	-5.72	-1.20	—	—	—
985	696	AGD1112-71-3	-6.01	-1.29	9.27	21.72	-1.50
986	695	AGD1112-71-2	-5.96	-0.98	—	—	—
987	694	AGD1112-71-1	-6.42	-1.46	—	—	—
988	693	AGD1112-71	-5.97	-1.04	—	—	—
989	692	AGD1112-70-9	-5.95	-1.36	—	—	—
990	691	AGD1112-70-8	-5.51	-1.26	—	—	—
991	690	AGD1112-70-7	-5.39	-1.56	—	—	—
992	689	AGD1112-70-6	-5.17	-0.86	—	—	—
993	688	AGD1112-70-5	-4.67	-1.05	—	—	—
994	687	AGD1112-70-4	-4.06	-0.69	—	—	—
995	686	AGD1112-70-3	-3.89	-1.10	9.79	15.22	-0.61
996	685	AGD1112-70-2	-4.25	-1.50	—	—	—
997	684	AGD1112-70-1	-4.52	-1.10	—	—	—
998	683	AGD1112-70	-4.75	-1.13	—	—	—
999	682	AGD1112-69-9	-5.72	-1.96	—	—	—
1000	681	AGD1112-69-8	-5.59	-0.80	—	—	—
1001	680.5	AGD1112-69-7-5	-5.74	-0.43	—	—	—
1002	680	AGD1112-69-7	-5.91	-1.11	—	—	—
1003	679	AGD1112-69-6	-5.91	-2.61	—	—	—
1004	678	AGD1112-69-5	-6.32	-1.53	—	—	—
1005	677	AGD1112-69-4	-5.81	-1.12	9.27	21.74	-1.30
1006	676.5	AGD1112-69-3-5	-5.40	-1.35	—	—	—
1007	676	AGD1112-69-3	-5.30	-0.97	—	—	—
1008	675	AGD1112-69-2	-4.09	0.18	—	—	—
1009	674	AGD1112-69-1	-4.19	-0.22	—	—	—

Sample No.	Depth (mm)	Sample name	$\delta^{18}\text{O}_{\text{PDB}}$ (‰)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	Sr/Ca (mmol/mol)	SST Sr/Ca (°C)	$\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW(water)}}$ (‰)
1010	673	AGD1112-69	-3.96	-1.35	—	—	—
1011	672	AGD1112-68-9	-4.85	-1.55	—	—	—
1012	671	AGD1112-68-8	-4.77	-1.27	—	—	—
1013	670	AGD1112-68-7	-5.27	-1.25	—	—	—
1014	669	AGD1112-68-6	-5.68	-1.32	—	—	—
1015	668	AGD1112-68-5	-5.89	-1.80	9.29	21.53	-1.42
1016	667	AGD1112-68-4	-5.83	-1.15	—	—	—
1017	666	AGD1112-68-3	-5.65	-1.00	—	—	—
1018	665	AGD1112-68-2	-5.77	-0.49	—	—	—
1019	664	AGD1112-68-1	-5.73	-0.59	—	—	—
1020	663	AGD1112-68	-6.21	-1.62	—	—	—
1021	662	AGD1112-67-9	-6.38	-1.84	—	—	—
1022	661	AGD1112-67-8	-5.65	-1.54	—	—	—
1023	660	AGD1112-67-7	-5.40	-1.24	—	—	—
1024	659	AGD1112-67-6	-5.23	-1.31	—	—	—
1025	658	AGD1112-67-5	-4.40	-1.00	9.53	18.51	-0.50
1026	657	AGD1112-67-4	-3.89	-1.26	—	—	—
1027	656	AGD1112-67-3	-3.93	-1.59	—	—	—
1028	655	AGD1112-67-2	-4.20	-1.73	—	—	—
1029	654	AGD1112-67-1	-4.57	-2.21	—	—	—
1030	653	AGD1112-67	-5.31	-1.89	—	—	—
1031	652	AGD1112-66-9	-5.72	-1.60	—	—	—
1032	651	AGD1112-66-8	-5.69	-1.88	—	—	—
1033	650	AGD1112-66-7	-6.22	-1.53	—	—	—
1034	649	AGD1112-66-6	-6.48	-2.08	—	—	—
1035	648	AGD1112-66-5	-6.00	-1.91	9.21	22.46	-1.35
1036	647	AGD1112-66-4	-5.83	-1.76	—	—	—
1037	646	AGD1112-66-3	-5.59	-1.67	—	—	—
1038	645	AGD1112-66-2	-5.71	-1.97	—	—	—
1039	644	AGD1112-66-1	-5.53	-1.86	—	—	—
1040	643	AGD1112-66	-5.49	-1.46	—	—	—
1041	642	AGD1112-65-9	-4.65	-0.91	—	—	—
1042	641	AGD1112-65-8	-4.55	-0.97	—	—	—
1043	640	AGD1112-65-7	-4.02	-0.98	—	—	—
1044	639	AGD1112-65-6	-3.82	-0.87	—	—	—
1045	638	AGD1112-65-5	-4.15	-1.56	9.72	16.11	-0.70
1046	637	AGD1112-65-4	-4.37	-1.62	—	—	—
1047	636	AGD1112-65-3	-4.46	-1.73	—	—	—
1048	635	AGD1112-65-2	-4.64	-2.02	—	—	—

Sample No.	Depth (mm)	Sample name	$\delta^{18}\text{O}_{\text{PDB}}$ (‰)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	Sr/Ca (mmol/mol)	SST Sr/Ca (°C)	$\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW(water)}}$ (‰)
1049	634	AGD1112-65-1	-4.97	-2.13	—	—	—
1050	633	AGD1112-65	-5.46	-1.68	—	—	—
1051	632	AGD1112-64-9	-5.45	-1.26	—	—	—
1052	631	AGD1112-64-8	-5.74	-1.62	—	—	—
1053	630	AGD1112-64-7	-5.79	-1.66	—	—	—
1054	629	AGD1112-64-6	-5.97	-2.33	—	—	—
1055	628	AGD1112-64-5	-5.94	-2.11	9.20	22.61	-1.26
1056	627	AGD1112-64-4	-6.07	-2.33	—	—	—
1057	626	AGD1112-64-3	-6.01	-1.74	—	—	—
1058	625	AGD1112-64-2	-6.06	-1.91	—	—	—
1059	624	AGD1112-64-1	-5.64	-1.79	—	—	—
1060	623	AGD1112-64	-5.86	-1.73	—	—	—
1061	622	AGD1112-63-9	-5.26	-0.99	—	—	—
1062	621	AGD1112-63-8	-5.30	-1.11	—	—	—
1063	620	AGD1112-63-7	-5.66	-1.74	—	—	—
1064	619	AGD1112-63-6	-5.63	-1.82	—	—	—
1065	618	AGD1112-63-5	-4.91	-0.84	9.44	19.58	-0.80
1066	617	AGD1112-63-4	-5.05	-1.28	—	—	—
1067	616	AGD1112-63-3	-3.73	-0.54	—	—	—
1068	615	AGD1112-63-2	-4.38	-0.74	—	—	—
1069	614	AGD1112-63-1	-3.68	-1.15	—	—	—
1070	613	AGD1112-63	-4.77	-1.33	—	—	—
1071	612	AGD1112-62-9	-4.79	-0.75	—	—	—
1072	611	AGD1112-62-8	-3.77	-2.03	—	—	—
1073	610	AGD1112-62-7	-5.86	-2.03	—	—	—
1074	609	AGD1112-62-6	-4.84	-1.92	—	—	—
1075	608	AGD1112-62-5	-5.68	-1.51	9.31	21.19	-1.27
1076	607	AGD1112-62-4	-5.16	-1.82	—	—	—
1077	606	AGD1112-62-3	-5.55	-1.74	—	—	—
1078	605	AGD1112-62-2	-6.01	-2.79	—	—	—
1079	604	AGD1112-62-1	-5.61	-2.61	—	—	—
1080	603	AGD1112-62	-5.87	-2.93	—	—	—
1081	602	AGD1112-61-9	-5.85	-2.08	—	—	—
1082	601	AGD1112-61-8	-6.17	-3.45	—	—	—
1083	600	AGD1112-61-7	-6.11	-1.70	—	—	—
1084	599	AGD1112-61-6	-4.73	-2.15	—	—	—
1085	598	AGD1112-61-5	-5.38	-1.85	9.26	21.90	-0.84
1086	597	AGD1112-61-4	-3.91	-1.20	—	—	—
1087	596	AGD1112-61-3	-3.86	-0.43	—	—	—

Sample No.	Depth (mm)	Sample name	$\delta^{18}\text{O}_{\text{PDB}}$ (‰)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	Sr/Ca (mmol/mol)	SST Sr/Ca (°C)	$\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW(water)}}$ (‰)
1088	595	AGD1112-61-2	-4.40	-2.10	—	—	—
1089	594	AGD1112-61-1	-3.98	-1.08	—	—	—
1090	593	AGD1112-61	-4.43	-1.14	—	—	—
1091	592	AGD1112-60-9	-5.15	-1.78	—	—	—
1092	591	AGD1112-60-8	-5.05	-1.55	—	—	—
1093	590	AGD1112-60-7	-5.96	-2.04	—	—	—
1094	589	AGD1112-60-6	-5.98	-2.55	—	—	—
1095	588	AGD1112-60-5	-6.04	-2.44	9.19	22.76	-1.34
1096	587	AGD1112-60-4	-5.12	-0.81	—	—	—
1097	586	AGD1112-60-3	-5.44	-2.13	—	—	—
1098	585	AGD1112-60-2	-4.35	-0.68	—	—	—
1099	584	AGD1112-60-1	-4.73	-1.10	—	—	—
1100	583	AGD1112-60	-4.01	-0.99	—	—	—
1101	582	AGD1112-59-9	-5.56	-1.74	—	—	—
1102	581	AGD1112-59-8	-4.39	-2.12	—	—	—
1103	580	AGD1112-59-7	-5.39	-1.63	—	—	—
1104	579	AGD1112-59-6	-5.36	-3.53	—	—	—
1105	578	AGD1112-59-5	-5.98	-2.28	9.29	21.49	-1.51
1106	577	AGD1112-59-4	-4.10	-1.64	—	—	—
1107	576	AGD1112-59-3	-5.79	-1.60	—	—	—
1108	575	AGD1112-59-2	-5.68	-2.41	—	—	—
1109	574	AGD1112-59-1	-5.64	-1.87	—	—	—
1110	573	AGD1112-59	-5.73	-2.49	—	—	—
1111	572	AGD1112-58-9	-5.56	-2.20	—	—	—
1112	571	AGD1112-58-8	-5.67	-2.75	—	—	—
1113	570	AGD1112-58-7	-5.31	-1.86	—	—	—
1114	569	AGD1112-58-6	-5.53	-2.58	—	—	—
1115	568	AGD1112-58-5	-4.33	-0.51	9.50	18.86	-0.36
1116	567	AGD1112-58-4	-4.04	-1.14	—	—	—
1117	566	AGD1112-58-3	-3.91	-1.25	—	—	—
1118	565	AGD1112-58-2	-4.62	-1.58	—	—	—
1119	564	AGD1112-58-1	-4.02	-2.01	—	—	—
1120	563	AGD1112-58	-5.21	-1.95	—	—	—
1121	562	AGD1112-57-9	-5.84	-1.27	—	—	—
1122	561	AGD1112-57-8	-5.95	-1.78	—	—	—
1123	560	AGD1112-57-7	-5.79	-1.70	—	—	—
1124	559	AGD1112-57-6	-5.80	-2.21	—	—	—
1125	558	AGD1112-57-5	-5.88	-1.51	9.30	21.36	-1.44
1126	557	AGD1112-57-4	-6.07	-2.70	—	—	—

Sample No.	Depth (mm)	Sample name	$\delta^{18}\text{O}_{\text{PDB}}$ (‰)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	Sr/Ca (mmol/mol)	SST Sr/Ca (°C)	$\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW(water)}}$ (‰)
1127	556	AGD1112-57-3	-6.05	-2.76	—	—	—
1128	555	AGD1112-57-2	-5.38	-1.85	—	—	—
1129	554	AGD1112-57-1	-5.78	-2.47	—	—	—
1130	553	AGD1112-57	-4.98	-1.40	—	—	—
1131	552	AGD1112-56-9	-4.08	-0.46	—	—	—
1132	551	AGD1112-56-8	-4.09	-0.41	—	—	—
1133	550	AGD1112-56-7	-6.10	-2.69	—	—	—
1134	549	AGD1112-56-6	-4.26	-2.03	—	—	—
1135	548	AGD1112-56-5	-4.94	-2.26	9.36	20.54	-0.66
1136	547	AGD1112-56-4	-5.26	-2.04	—	—	—
1137	546	AGD1112-56-3	-5.53	-1.78	—	—	—
1138	545	AGD1112-56-2	-5.83	-1.70	—	—	—
1139	544	AGD1112-56-1	-5.75	-1.86	—	—	—
1140	543	AGD1112-56	-5.66	-2.22	—	—	—
1141	542	AGD1112-55-9	-5.72	-2.30	—	—	—
1142	541	AGD1112-55-8	-5.93	-3.42	—	—	—
1143	540	AGD1112-55-7	-5.98	-3.53	—	—	—
1144	539	AGD1112-55-6	-5.65	-1.70	—	—	—
1145	538	AGD1112-55-5	-5.07	-1.38	9.38	20.39	-0.82
1146	537	AGD1112-55-4	-3.82	-0.91	—	—	—
1147	536	AGD1112-55-3	-3.89	-2.79	—	—	—
1148	535	AGD1112-55-2	-4.19	-3.18	—	—	—
1149	534	AGD1112-55-1	-5.52	-1.87	—	—	—
1150	533	AGD1112-55	-5.53	-3.27	—	—	—
1151	532	AGD1112-54-9	-5.54	-3.61	—	—	—
1152	531	AGD1112-54-8	-3.74	-0.69	—	—	—
1153	530	AGD1112-54-7	-5.59	-2.93	—	—	—
1154	529	AGD1112-54-6	-4.81	-1.42	—	—	—
1155	528.5	AGD1112-54-5-5	-4.57	-0.85	9.27	21.69	-0.06
1156	528	AGD1112-54-5	-4.00	-1.63	9.03	24.74	1.08
1157	527	AGD1112-54-4	-4.36	-0.93	—	—	—
1158	526	AGD1112-54-3	-3.84	-2.53	—	—	—
1159	525	AGD1112-54-2	-3.46	-1.23	—	—	—
1160	524	AGD1112-54-1	-4.51	-2.92	—	—	—
1161	523	AGD1112-54	-4.92	-2.97	—	—	—
1162	522	AGD1112-53-9	-5.94	-1.85	—	—	—
1163	521	AGD1112-53-8	-5.75	-2.34	—	—	—
1164	520	AGD1112-53-7	-5.47	-3.44	—	—	—
1165	519	AGD1112-53-6	-6.09	-2.37	9.20	22.59	-1.42

Sample No.	Depth (mm)	Sample name	$\delta^{18}\text{O}_{\text{PDB}}$ (‰)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	Sr/Ca (mmol/mol)	SST Sr/Ca (°C)	$\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW(water)}}$ (‰)
1166	518	AGD1112-53-5	-5.19	-2.69	—	—	—
1167	517	AGD1112-53-4	-5.93	-3.03	—	—	—
1168	516	AGD1112-53-3	-5.58	-3.06	—	—	—
1169	515	AGD1112-53-2	-5.81	-2.88	—	—	—
1170	514	AGD1112-53-1	-5.73	-3.15	—	—	—
1171	513	AGD1112-53	-5.39	-2.05	—	—	—
1172	512	AGD1112-52-9	-5.66	-2.91	—	—	—
1173	511	AGD1112-52-8	-4.33	-1.10	—	—	—
1174	510	AGD1112-52-7	-4.92	-1.55	—	—	—
1175	509	AGD1112-52-6	-4.02	-2.00	9.59	17.63	-0.28
1176	508	AGD1112-52-5	-4.40	-3.30	—	—	—
1177	507	AGD1112-52-4	-3.47	-1.52	9.13	23.47	1.36
1178	506	AGD1112-52-3	-4.95	-3.33	—	—	—
1179	505	AGD1112-52-2	-3.55	-1.91	—	—	—
1180	504	AGD1112-52-1	-4.46	-3.34	—	—	—
1181	503	AGD1112-52	-5.32	-3.27	—	—	—
1182	502	AGD1112-51-9	-4.99	-3.82	—	—	—
1183	501	AGD1112-51-8	-5.66	-2.47	—	—	—
1184	500	AGD1112-51-7	-5.18	-3.30	—	—	—
1185	499	AGD1112-51-6	-5.75	-2.70	9.19	22.78	-1.04
1186	498	AGD1112-51-5	-5.71	-2.78	—	—	—
1187	497	AGD1112-51-4	-5.68	-3.33	—	—	—
1188	496	AGD1112-51-3	-5.55	-3.07	—	—	—
1189	495	AGD1112-51-2	-5.49	-3.44	—	—	—
1190	494	AGD1112-51-1	-5.60	-3.42	—	—	—
1191	493	AGD1112-51	-5.10	-2.19	—	—	—
1192	492	AGD1112-50-9	-5.64	-3.53	—	—	—
1193	491	AGD1112-50-8	-4.59	-1.75	—	—	—
1194	490	AGD1112-50-7	-5.30	-2.76	—	—	—
1195	489	AGD1112-50-6	-3.92	-1.95	9.48	19.09	0.09
1196	488	AGD1112-50-5	-4.21	-1.50	—	—	—
1197	487	AGD1112-50-4	-4.60	-3.35	—	—	—
1198	486	AGD1112-50-3	-3.69	-2.28	9.06	24.36	1.32
1199	485	AGD1112-50-2	-5.57	-2.58	—	—	—
1200	484	AGD1112-50-1	-3.79	-2.43	—	—	—
1201	483	AGD1112-50	-5.83	-2.11	—	—	—
1202	482	AGD1112-49-9	-5.66	-3.19	—	—	—
1203	481	AGD1112-49-8	-5.64	-0.91	—	—	—
1204	480	AGD1112-49-7	-5.14	-2.65	—	—	—

Sample No.	Depth (mm)	Sample name	$\delta^{18}\text{O}_{\text{PDB}}$ (‰)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	Sr/Ca (mmol/mol)	SST Sr/Ca (°C)	$\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW(water)}}$ (‰)
1205	479	AGD1112-49-6	-5.79	-1.62	9.10	23.81	-0.89
1206	478	AGD1112-49-5	-5.83	-2.65	—	—	—
1207	477	AGD1112-49-4	-5.78	-3.15	—	—	—
1208	476	AGD1112-49-3	-5.36	-2.19	—	—	—
1209	475	AGD1112-49-2	-5.72	-2.60	—	—	—
1210	474	AGD1112-49-1	-5.69	-2.52	—	—	—
1211	473	AGD1112-49	-4.58	-0.34	—	—	—
1212	472	AGD1112-48-9	-4.99	-1.40	—	—	—
1213	471	AGD1112-48-8	-3.38	-2.29	8.99	25.22	1.79
1214	470	AGD1112-48-7	-3.55	-0.86	—	—	—
1215	469	AGD1112-48-6	-5.19	-2.98	9.20	22.57	-0.52
1216	468	AGD1112-48-5	-5.19	-2.80	—	—	—
1217	467	AGD1112-48-4	-5.68	-2.65	—	—	—
1218	466	AGD1112-48-3	-5.49	-2.35	—	—	—
1219	465	AGD1112-48-2	—	—	—	—	—
1220	464	AGD1112-48-1	-5.14	-3.22	—	—	—
1221	463	AGD1112-48	-5.73	-3.09	—	—	—
1222	462	AGD1112-47-9	-5.79	-1.72	—	—	—
1223	461	AGD1112-47-8	-5.63	-2.76	—	—	—
1224	460	AGD1112-47-7	-5.93	-1.67	—	—	—
1225	459	AGD1112-47-6	-5.93	-2.06	8.99	25.20	-0.76
1226	458	AGD1112-47-5	-5.18	-1.95	—	—	—
1227	457	AGD1112-47-4	-5.48	-2.26	—	—	—
1228	456	AGD1112-47-3	-4.78	-1.63	—	—	—
1229	455	AGD1112-47-2	-4.99	-1.79	—	—	—
1230	454	AGD1112-47-1	-5.71	-2.18	—	—	—
1231	453	AGD1112-47	-4.98	-1.87	—	—	—
1232	452	AGD1112-46-9	-5.03	-2.84	—	—	—
1233	451	AGD1112-46-8	-4.56	-2.54	—	—	—
1234	450	AGD1112-46-7	-3.87	-1.91	—	—	—
1235	449	AGD1112-46-6	-5.56	-3.27	9.11	23.74	-0.67
1236	448	AGD1112-46-5	-4.19	-2.64	—	—	—
1237	447	AGD1112-46-4	-5.45	-3.70	—	—	—
1238	446	AGD1112-46-3	-4.13	-4.75	—	—	—
1239	445	AGD1112-46-2	-5.59	-2.74	—	—	—
1240	444	AGD1112-46-1	-5.33	-3.90	—	—	—
1241	443	AGD1112-46	-5.93	-3.41	8.62	29.89	0.12
1242	442	AGD1112-45-9	-5.37	-2.99	—	—	—
1243	441	AGD1112-45-8	-5.67	-2.79	—	—	—

Sample No.	Depth (mm)	Sample name	$\delta^{18}\text{O}_{\text{PDB}}$ (‰)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	Sr/Ca (mmol/mol)	SST Sr/Ca (°C)	$\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW(water)}}$ (‰)
1244	440	AGD1112-45-7	-5.59	-2.84	—	—	—
1245	439	AGD1112-45-6	-4.57	-1.53	9.28	21.56	-0.10
1246	438	AGD1112-45-5	-5.56	-2.85	—	—	—
1247	437	AGD1112-45-4	-3.75	-0.83	—	—	—
1248	436	AGD1112-45-3	-3.99	-0.96	—	—	—
1249	435	AGD1112-45-2	-3.56	-2.94	—	—	—
1250	434	AGD1112-45-1	-3.75	-1.05	—	—	—
1251	433	AGD1112-45	-4.17	-2.97	—	—	—
1252	432	AGD1112-44-9	-3.36	-2.28	9.00	25.14	1.79
1253	431	AGD1112-44-8	-5.42	-3.49	—	—	—
1254	430	AGD1112-44-7	-4.68	-3.26	—	—	—
1255	429	AGD1112-44-6	-6.14	-3.73	9.14	23.30	-1.34
1256	428	AGD1112-44-5	-5.02	-4.16	—	—	—
1257	427	AGD1112-44-4	-5.76	-3.85	—	—	—
1258	426	AGD1112-44-3	-5.21	-4.43	—	—	—
1259	425	AGD1112-44-2	-5.71	-3.85	—	—	—
1260	424	AGD1112-44-1	-5.23	-4.38	—	—	—
1261	423	AGD1112-44	-6.20	-4.01	8.61	29.97	-0.14
1262	422	AGD1112-43-9	-5.66	-3.65	—	—	—
1263	421	AGD1112-43-8	-5.84	-3.94	—	—	—
1264	420	AGD1112-43-7	-5.75	-3.91	—	—	—
1265	419	AGD1112-43-6	-4.61	-1.63	9.26	21.86	-0.08
1266	418	AGD1112-43-5	-5.54	-3.36	—	—	—
1267	417	AGD1112-43-4	-3.85	-1.53	—	—	—
1268	416	AGD1112-43-3	-4.53	-1.81	—	—	—
1269	415	AGD1112-43-2	-3.60	-1.70	8.96	25.59	1.64
1270	414	AGD1112-43-1	-5.86	-1.36	8.69	29.05	0.03
1271	413	AGD1112-43	-5.76	-3.04	—	—	—
1272	412	AGD1112-42-9	-5.85	-2.49	—	—	—
1273	411	AGD1112-42-8	-5.71	-2.66	—	—	—
1274	410	AGD1112-42-7	-5.40	-2.09	—	—	—
1275	409	AGD1112-42-6	-3.91	-2.04	9.49	18.96	0.08
1276	408	AGD1112-42-5	-5.24	-2.48	—	—	—
1277	407	AGD1112-42-4	-5.38	-2.01	—	—	—
1278	406	AGD1112-42-3	-4.33	-0.78	—	—	—
1279	405	AGD1112-42-2	-5.09	-1.31	—	—	—
1280	404	AGD1112-42-1	-4.01	-1.09	—	—	—
1281	403	AGD1112-42	-4.05	-2.15	—	—	—
1282	402	AGD1112-41-9	-3.67	-1.72	—	—	—

Sample No.	Depth (mm)	Sample name	$\delta^{18}\text{O}_{\text{PDB}}$ (‰)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	Sr/Ca (mmol/mol)	SST Sr/Ca (°C)	$\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW(water)}}$ (‰)
1283	401	AGD1112-41-8	-3.38	-1.25	9.16	23.10	1.39
1284	400	AGD1112-41-7	-4.22	-1.87	—	—	—
1285	399	AGD1112-41-6	-4.82	-2.15	9.30	21.40	-0.38
1286	398	AGD1112-41-5	-5.77	-2.84	—	—	—
1287	397	AGD1112-41-4	-5.89	-2.47	8.66	29.37	0.06
1288	396	AGD1112-41-3	-5.48	-1.86	—	—	—
1289	395	AGD1112-41-2	-5.58	-2.04	—	—	—
1290	394	AGD1112-41-1	-4.74	-1.42	—	—	—
1291	393	AGD1112-41	-4.83	-1.09	—	—	—
1292	392	AGD1112-40-9	-3.89	-1.40	9.18	22.86	0.83
1293	391	AGD1112-40-8	-5.10	-1.25	—	—	—
1294	390	AGD1112-40-7	-5.08	-2.54	—	—	—
1295	389	AGD1112-40-6	-5.31	-2.46	9.10	23.81	-0.41
1296	388	AGD1112-40-5	-5.75	-1.99	—	—	—
1297	387	AGD1112-40-4	-5.89	-1.73	—	—	—
1298	386	AGD1112-40-3	-5.71	-1.60	—	—	—
1299	385	AGD1112-40-2	-6.09	-1.35	8.71	28.79	-0.25
1300	384	AGD1112-40-1	-6.00	-1.19	—	—	—
1301	383	AGD1112-40	-5.56	-1.94	—	—	—
1302	382	AGD1112-39-9	-5.62	-2.53	—	—	—
1303	381	AGD1112-39-8	-5.07	-1.23	—	—	—
1304	380	AGD1112-39-7	-4.95	-1.12	—	—	—
1305	379	AGD1112-39-6	-4.64	-1.18	9.29	21.47	-0.18
1306	378	AGD1112-39-5	-3.62	-0.60	—	—	—
1307	377	AGD1112-39-4	-3.87	-1.30	—	—	—
1308	376	AGD1112-39-3	-4.30	-1.45	—	—	—
1309	375	AGD1112-39-2	-3.94	-1.77	—	—	—
1310	374	AGD1112-39-1	-4.87	-1.33	—	—	—
1311	373	AGD1112-39	-4.81	-1.54	—	—	—
1312	372	AGD1112-38-9	-6.02	-2.88	8.73	28.50	-0.23
1313	371	AGD1112-38-8	-5.93	-2.92	—	—	—
1314	370	AGD1112-38-7	-5.57	-0.92	—	—	—
1315	369	AGD1112-38-6	-5.67	-1.31	9.13	23.46	-0.83
1316	368	AGD1112-38-5	-5.98	-2.80	—	—	—
1317	367	AGD1112-38-4	-5.42	-2.58	—	—	—
1318	366	AGD1112-38-3	-5.62	-3.10	—	—	—
1319	365	AGD1112-38-2	-5.06	-1.75	—	—	—
1320	364	AGD1112-38-1	-5.03	-1.63	—	—	—
1321	363	AGD1112-38	-3.95	-0.37	—	—	—

Sample No.	Depth (mm)	Sample name	$\delta^{18}\text{O}_{\text{PDB}}$ (‰)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	Sr/Ca (mmol/mol)	SST Sr/Ca (°C)	$\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW(water)}}$ (‰)
1322	362	AGD1112-37-9	-3.80	-0.21	9.16	23.11	0.97
1323	361	AGD1112-37-8	-3.91	-1.30	—	—	—
1324	360	AGD1112-37-7	-4.33	-1.82	—	—	—
1325	359	AGD1112-37-6	-4.81	-1.77	9.30	21.33	-0.38
1326	358	AGD1112-37-5	-5.38	-1.19	—	—	—
1327	357	AGD1112-37-4	-5.48	-1.51	—	—	—
1328	356	AGD1112-37-3	-5.85	-1.92	—	—	—
1329	355	AGD1112-37-2	-5.77	-1.90	—	—	—
1330	354	AGD1112-37-1	-6.28	-1.86	—	—	—
1331	353	AGD1112-37	-6.41	-1.71	8.76	28.12	-0.70
1332	352	AGD1112-36-9	-5.74	-2.07	—	—	—
1333	351	AGD1112-36-8	-5.96	-2.35	—	—	—
1334	350	AGD1112-36-7	-5.87	-1.35	—	—	—
1335	349	AGD1112-36-6	-5.85	-2.01	9.05	24.51	-0.82
1336	348	AGD1112-36-5	-5.11	-1.16	—	—	—
1337	347	AGD1112-36-4	-5.32	-1.49	—	—	—
1338	346	AGD1112-36-3	-3.88	-1.32	—	—	—
1339	345	AGD1112-36-2	-4.62	-1.05	—	—	—
1340	344	AGD1112-36-1	-3.70	-1.02	—	—	—
1341	343	AGD1112-36	-3.63	-1.58	9.24	22.13	0.96
1342	342	AGD1112-35-9	-4.39	-1.04	—	—	—
1343	341	AGD1112-35-8	-4.75	-1.84	—	—	—
1344	340	AGD1112-35-7	-5.98	-2.03	—	—	—
1345	339	AGD1112-35-6	-6.06	-2.00	9.09	23.94	-1.14
1346	338	AGD1112-35-5	-5.88	-1.78	—	—	—
1347	337	AGD1112-35-4	-5.84	-1.88	—	—	—
1348	336	AGD1112-35-3	-5.80	-0.86	—	—	—
1349	335	AGD1112-35-2	-5.86	-0.99	—	—	—
1350	334	AGD1112-35-1	-5.54	-1.25	—	—	—
1351	333	AGD1112-35	-5.33	-2.13	—	—	—
1352	332	AGD1112-34-9	-4.95	-1.36	8.74	28.35	0.80
1353	331	AGD1112-34-8	-4.97	-0.87	—	—	—
1354	330	AGD1112-34-7	-5.20	-1.67	—	—	—
1355	329	AGD1112-34-6	-5.65	-2.25	9.08	24.15	-0.68
1356	328	AGD1112-34-5	-4.84	-0.93	—	—	—
1357	327	AGD1112-34-4	-4.03	-0.25	—	—	—
1358	326	AGD1112-34-3	-3.99	-0.49	8.53	31.08	2.29
1359	325	AGD1112-34-2	-4.40	-1.58	—	—	—
1360	324	AGD1112-34-1	-4.43	-1.52	—	—	—

Sample No.	Depth (mm)	Sample name	$\delta^{18}\text{O}_{\text{PDB}}$ (‰)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	Sr/Ca (mmol/mol)	SST Sr/Ca (°C)	$\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW(water)}}$ (‰)
1361	323	AGD1112-34	-5.75	-1.79	—	—	—
1362	322	AGD1112-33-9	-5.87	-1.91	—	—	—
1363	321	AGD1112-33-8	-6.02	-1.73	8.80	27.65	-0.40
1364	320	AGD1112-33-7	-5.84	-3.05	—	—	—
1365	319	AGD1112-33-6	-5.76	-1.81	9.03	24.70	-0.69
1366	318	AGD1112-33-5	-5.41	-1.72	—	—	—
1367	317	AGD1112-33-4	-5.13	-1.26	—	—	—
1368	316	AGD1112-33-3	-4.46	-0.71	—	—	—
1369	315	AGD1112-33-2	-4.08	-0.57	—	—	—
1370	314	AGD1112-33-1	-3.74	-0.69	—	—	—
1371	313	AGD1112-33	-3.94	-1.04	—	—	—
1372	312	AGD1112-32-9	-4.43	-1.41	—	—	—
1373	311	AGD1112-32-8	-4.29	-1.32	—	—	—
1374	310	AGD1112-32-7	-5.30	-1.59	—	—	—
1375	309	AGD1112-32-6	-5.56	-1.27	9.16	23.07	-0.80
1376	308	AGD1112-32-5	-5.36	-1.44	—	—	—
1377	307	AGD1112-32-4	-5.70	-2.40	—	—	—
1378	306	AGD1112-32-3	-5.56	-1.77	—	—	—
1379	305	AGD1112-32-2	-5.75	-0.93	—	—	—
1380	304	AGD1112-32-1	-5.83	-1.53	—	—	—
1381	303	AGD1112-32	-5.84	-0.86	—	—	—
1382	293	AGD1112-31	-5.82	-1.22	—	—	—
1383	292	AGD1112-30-9	-5.58	-3.96	—	—	—
1384	291	AGD1112-30-8	-5.35	-2.99	—	—	—
1385	290	AGD1112-30-7	-4.85	-0.97	—	—	—
1386	289	AGD1112-30-6	-4.96	-1.40	9.30	21.36	-0.53
1387	288	AGD1112-30-5	-4.45	-0.94	—	—	—
1388	287	AGD1112-30-4	-4.05	-1.11	—	—	—
1389	286	AGD1112-30-3	-4.00	-1.35	—	—	—
1390	285	AGD1112-30-2	-4.07	-1.46	—	—	—
1391	284	AGD1112-30-1	-4.24	-1.85	—	—	—
1392	283	AGD1112-30	-4.38	-1.95	—	—	—
1393	282	AGD1112-29-9	-4.64	-1.73	—	—	—
1394	281	AGD1112-29-8	-4.64	-2.15	—	—	—
1395	280	AGD1112-29-7	-4.95	-1.43	—	—	—
1396	279	AGD1112-29-6	-4.60	-2.04	9.36	20.63	-0.30
1397	278	AGD1112-29-5	-5.05	-1.44	—	—	—
1398	277	AGD1112-29-4	-4.89	-1.42	—	—	—
1399	276	AGD1112-29-3	-4.94	0.37	—	—	—

Sample No.	Depth (mm)	Sample name	$\delta^{18}\text{O}_{\text{PDB}}$ (‰)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	Sr/Ca (mmol/mol)	SST Sr/Ca (°C)	$\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW(water)}}$ (‰)
1400	275	AGD1112-29-2	-5.16	0.05	—	—	—
1401	274	AGD1112-29-1	-5.35	-0.62	—	—	—
1402	273	AGD1112-29	-5.84	-1.32	—	—	—
1403	272	AGD1112-28-9	-6.07	-1.77	—	—	—
1404	271	AGD1112-28-8	-5.88	-2.99	—	—	—
1405	270	AGD1112-28-7	-5.51	-2.34	—	—	—
1406	269	AGD1112-28-6	-5.65	-2.59	9.40	20.05	-1.46
1407	268	AGD1112-28-5	-5.43	-2.55	—	—	—
1408	267	AGD1112-28-4	-5.27	-2.52	—	—	—
1409	266	AGD1112-28-3	-5.14	-0.54	—	—	—
1410	265	AGD1112-28-2	-4.62	-1.01	—	—	—
1411	264	AGD1112-28-1	-4.60	-0.45	—	—	—
1412	263	AGD1112-28	-3.59	-1.35	—	—	—
1413	262	AGD1112-27-9	-4.13	-1.81	—	—	—
1414	261	AGD1112-27-8	-5.05	-2.63	—	—	—
1415	260	AGD1112-27-7	-5.14	-1.36	—	—	—
1416	259	AGD1112-27-6	-5.24	-2.35	9.23	22.21	-0.64
1417	258	AGD1112-27-5	-5.88	-2.40	—	—	—
1418	257	AGD1112-27-4	-5.75	-1.16	—	—	—
1419	256	AGD1112-27-3	-5.96	-2.63	—	—	—
1420	255	AGD1112-27-2	-5.87	-1.35	—	—	—
1421	254	AGD1112-27-1	-5.90	-3.26	—	—	—
1422	253	AGD1112-27	-3.45	-0.71	—	—	—
1423	252	AGD1112-26-9	-3.87	-0.54	—	—	—
1424	251	AGD1112-26-8	-4.84	-1.42	—	—	—
1425	250	AGD1112-26-7	-5.31	-2.29	—	—	—
1426	249	AGD1112-26-6	-5.51	-1.42	9.23	22.19	-0.91
1427	248	AGD1112-26-5	-5.84	-1.09	—	—	—
1428	247	AGD1112-26-4	-6.03	-1.03	—	—	—
1429	246	AGD1112-26-3	-5.28	-1.55	—	—	—
1430	244	AGD1112-26-1	-5.83	-1.47	—	—	—
1431	243	AGD1112-26	-6.05	-1.60	—	—	—
1432	242	AGD1112-25-9	-5.97	-1.09	—	—	—
1433	241	AGD1112-25-8	-5.74	-2.79	—	—	—
1434	240	AGD1112-25-7	-5.56	-2.96	—	—	—
1435	239	AGD1112-25-6	-5.08	-0.89	—	—	—
1436	238	AGD1112-25-5	-4.42	-0.75	9.49	18.98	-0.43
1437	237	AGD1112-25-4	-3.68	-0.43	—	—	—
1438	236	AGD1112-25-3	-4.00	-1.11	—	—	—

Sample No.	Depth (mm)	Sample name	$\delta^{18}\text{O}_{\text{PDB}}$ (‰)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	Sr/Ca (mmol/mol)	SST Sr/Ca (°C)	$\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW(water)}}$ (‰)
1439	235	AGD1112-25-2	-5.02	-1.56	—	—	—
1440	234	AGD1112-25-1	-5.32	-1.57	—	—	—
1441	233	AGD1112-25	-5.59	-1.17	—	—	—
1442	232	AGD1112-24-9	-5.93	-1.66	—	—	—
1443	231	AGD1112-24-8	-5.91	-1.88	—	—	—
1444	230	AGD1112-24-7	-5.88	-1.00	—	—	—
1445	229	AGD1112-24-6	-6.20	-2.01	—	—	—
1446	228	AGD1112-24-5	-6.13	-2.61	9.16	23.16	-1.36
1447	227	AGD1112-24-4	-5.82	-1.91	—	—	—
1448	226	AGD1112-24-3	-5.76	-2.08	—	—	—
1449	225	AGD1112-24-2	-5.19	-1.25	—	—	—
1450	224	AGD1112-24-1	-5.21	-1.59	—	—	—
1451	223	AGD1112-24	-4.19	-0.23	—	—	—
1452	222	AGD1112-23-9	-3.86	-1.12	—	—	—
1453	221	AGD1112-23-8	-5.15	-2.36	—	—	—
1454	220	AGD1112-23-7	-4.10	-1.39	—	—	—
1455	219	AGD1112-23-6	-4.99	-1.68	—	—	—
1456	218	AGD1112-23-5	-4.18	-2.07	8.98	25.42	1.03
1457	217	AGD1112-23-4	-5.58	-2.02	—	—	—
1458	216	AGD1112-23-3	-4.67	-1.96	—	—	—
1459	215	AGD1112-23-2	-5.89	-1.71	—	—	—
1460	214	AGD1112-23-1	-4.93	-2.39	—	—	—
1461	213	AGD1112-23	-5.70	-1.99	—	—	—
1462	212	AGD1112-22-9	-5.68	-2.20	—	—	—
1463	211	AGD1112-22-8	-5.89	-2.33	—	—	—
1464	210	AGD1112-22-7	-5.96	-2.18	—	—	—
1465	209	AGD1112-22-6	-5.19	-1.30	—	—	—
1466	208	AGD1112-22-5	-5.22	-1.77	9.20	22.54	-0.56
1467	207	AGD1112-22-4	-4.19	-1.27	—	—	—
1468	206	AGD1112-22-3	-4.78	-1.64	—	—	—
1469	205	AGD1112-22-2	-3.91	-1.62	—	—	—
1470	204	AGD1112-22-1	-4.39	-0.80	—	—	—
1471	203	AGD1112-22	-4.62	-2.02	—	—	—
1472	202	AGD1112-21-9	-3.87	-1.86	—	—	—
1473	201	AGD1112-21-8	-5.49	-1.67	—	—	—
1474	200	AGD1112-21-7	-5.60	-1.85	—	—	—
1475	199	AGD1112-21-6	-6.07	-1.49	—	—	—
1476	198	AGD1112-21-5	-5.99	-1.20	9.13	23.47	-1.16
1477	197	AGD1112-21-4	-5.81	-2.05	—	—	—

Sample No.	Depth (mm)	Sample name	$\delta^{18}\text{O}_{\text{PDB}}$ (‰)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	Sr/Ca (mmol/mol)	SST Sr/Ca (°C)	$\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW(water)}}$ (‰)
1478	196	AGD1112-21-3	-5.78	-1.93	—	—	—
1479	195	AGD1112-21-2	-5.65	-1.58	—	—	—
1480	194	AGD1112-21-1	-5.87	-2.33	—	—	—
1481	193	AGD1112-21	-5.62	-2.02	—	—	—
1482	192	AGD1112-20-9	-5.86	-1.70	9.06	24.41	-0.85
1483	191	AGD1112-20-8	-6.00	-1.79	—	—	—
1484	190	AGD1112-20-7	-5.85	-2.05	—	—	—
1485	189	AGD1112-20-6	-5.81	-2.58	—	—	—
1486	188	AGD1112-20-5	-5.62	-2.14	—	—	—
1487	187	AGD1112-20-4	-5.60	-2.21	—	—	—
1488	186	AGD1112-20-3	-5.22	-1.85	—	—	—
1489	185	AGD1112-20-2	-5.44	-2.45	—	—	—
1490	184	AGD1112-20-1	-5.17	-2.06	—	—	—
1491	183	AGD1112-20	-5.66	-2.89	—	—	—
1492	182	AGD1112-19-9	-5.68	-3.37	9.25	21.91	-1.14
1493	181	AGD1112-19-8	-5.00	-1.70	—	—	—
1494	180	AGD1112-19-7	-5.04	-2.21	—	—	—
1495	179	AGD1112-19-6	-4.20	-1.57	—	—	—
1496	178	AGD1112-19-5	-5.73	-3.51	—	—	—
1497	177	AGD1112-19-4	-4.63	-1.85	—	—	—
1498	176	AGD1112-19-3	-5.55	-3.54	—	—	—
1499	175	AGD1112-19-2	-5.01	-2.79	—	—	—
1500	174	AGD1112-19-1	-3.95	-1.59	—	—	—
1501	173	AGD1112-19	-5.00	-1.73	—	—	—
1502	172	AGD1112-18-9	-4.43	-1.80	9.42	19.83	-0.28
1503	171	AGD1112-18-8	-5.49	-2.31	—	—	—
1504	170	AGD1112-18-7	-5.07	-2.10	—	—	—
1505	169	AGD1112-18-6	-5.43	-2.50	—	—	—
1506	168	AGD1112-18-5	-4.83	-1.86	—	—	—
1507	167	AGD1112-18-4	-5.64	-2.97	—	—	—
1508	166	AGD1112-18-3	-5.04	-2.47	—	—	—
1509	165	AGD1112-18-2	-5.84	-3.49	—	—	—
1510	164	AGD1112-18-1	-4.88	-1.91	—	—	—
1511	163	AGD1112-18	-5.75	-2.11	—	—	—
1512	162	AGD1112-17-9	-5.40	-1.59	9.33	20.94	-1.04
1513	161	AGD1112-17-8	-5.12	-2.05	—	—	—
1514	160	AGD1112-17-7	-4.94	-1.67	—	—	—
1515	159	AGD1112-17-6	-4.73	-1.35	—	—	—
1516	158	AGD1112-17-5	-4.14	-1.07	—	—	—

Sample No.	Depth (mm)	Sample name	$\delta^{18}\text{O}_{\text{PDB}}$ (‰)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	Sr/Ca (mmol/mol)	SST Sr/Ca (°C)	$\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW(water)}}$ (‰)
1517	157	AGD1112-17-4	-3.90	-0.92	—	—	—
1518	156	AGD1112-17-3	-4.21	-1.45	—	—	—
1519	155	AGD1112-17-2	-4.80	-1.31	—	—	—
1520	154	AGD1112-17-1	-5.14	-1.07	—	—	—
1521	153	AGD1112-17	-5.22	-0.57	—	—	—
1522	152	AGD1112-16-9	-5.84	-2.22	9.20	22.65	-1.16
1523	151	AGD1112-16-8	-6.06	-1.76	—	—	—
1524	150	AGD1112-16-7	-5.96	-2.68	—	—	—
1525	149	AGD1112-16-5	-6.16	-2.52	—	—	—
1526	148	AGD1112-16-4	-5.49	-2.24	—	—	—
1527	147	AGD1112-16-3	-4.91	-1.33	—	—	—
1528	146	AGD1112-16-2	-4.66	-1.39	—	—	—
1529	145	AGD1112-16-1	-4.25	-1.33	—	—	—
1530	144	AGD1112-16	-4.04	-0.92	—	—	—
1531	143	AGD1112-15-9	-4.29	-1.41	—	—	—
1532	142	AGD1112-15-8	-4.70	-2.08	9.47	19.25	-0.66
1533	141	AGD1112-15-7	-5.01	-1.51	—	—	—
1534	140	AGD1112-15-6	-5.53	-1.67	—	—	—
1535	139	AGD1112-15-5	-5.74	-1.25	—	—	—
1536	138	AGD1112-15-4	-5.72	-0.69	—	—	—
1537	137	AGD1112-15-3	-5.85	-1.87	—	—	—
1538	136	AGD1112-15-2	-5.59	-1.25	—	—	—
1539	135	AGD1112-15-1	-5.86	-2.03	—	—	—
1540	134	AGD1112-15	-5.91	-2.52	—	—	—
1541	133	AGD1112-14-9	-5.87	-1.25	—	—	—
1542	132	AGD1112-14-8	-5.89	-2.59	9.13	23.47	-1.06
1543	131	AGD1112-14-7	-4.46	-2.08	—	—	—
1544	130	AGD1112-14-6	-4.34	-1.66	—	—	—
1545	129	AGD1112-14-5	-5.54	-1.83	—	—	—
1546	128	AGD1112-14	-4.59	-1.45	—	—	—
1547	127	AGD1112-13-9	-5.35	-1.77	9.19	22.71	-0.65
1548	126	AGD1112-13-8	-5.64	-1.80	—	—	—
1549	125	AGD1112-13-7	-5.62	-1.83	—	—	—
1550	124	AGD1112-13-6	-6.09	-2.02	—	—	—
1551	123	AGD1112-13-5	-6.05	-2.29	—	—	—
1552	122	AGD1112-13-4	-6.07	-2.15	—	—	—
1553	121	AGD1112-13-3	-6.05	-2.24	—	—	—
1554	120	AGD1112-13-2	-5.88	-2.86	—	—	—
1555	119	AGD1112-13-1	-6.01	-3.46	—	—	—

Sample No.	Depth (mm)	Sample name	$\delta^{18}\text{O}_{\text{PDB}}$ (‰)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	Sr/Ca (mmol/mol)	SST Sr/Ca (°C)	$\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW(water)}}$ (‰)
1556	118	AGD1112-13	-5.73	-2.29	—	—	—
1557	116	AGD1112-12-8	-6.04	-2.95	9.15	23.28	-1.24
1558	115	AGD1112-12-7	-5.80	-3.28	—	—	—
1559	114	AGD1112-12-6	-5.71	-2.82	—	—	—
1560	113	AGD1112-12-5	-6.02	-3.31	—	—	—
1561	112	AGD1112-12-4	-5.50	-3.06	—	—	—
1562	111	AGD1112-12-3	-5.87	-3.55	—	—	—
1563	110	AGD1112-12-2	-5.19	-3.29	—	—	—
1564	109	AGD1112-12-1	-5.29	-3.43	—	—	—
1565	108	AGD1112-12	-6.01	-3.35	—	—	—
1566	107	AGD1112-11-9	-5.43	-2.77	—	—	—
1567	106	AGD1112-11-8	-5.72	-2.10	9.18	22.79	-1.01
1568	105	AGD1112-11-7	-6.25	-3.82	—	—	—
1569	104	AGD1112-11-6	-5.74	-2.17	—	—	—
1570	103	AGD1112-11-5	-5.15	-2.26	—	—	—
1571	102	AGD1112-11-4	-5.93	-3.48	—	—	—
1572	101	AGD1112-11-3	-4.29	-1.50	—	—	—
1573	100	AGD1112-11-2	-4.06	-1.57	—	—	—
1574	99	AGD1112-11-1	-4.05	-0.78	—	—	—
1575	98	AGD1112-11	-3.39	-0.84	—	—	—
1576	97	AGD1112-10-9	-4.04	-1.37	9.01	25.05	1.09
1577	96	AGD1112-10-7	-3.70	-1.34	—	—	—
1578	95	AGD1112-10-6	-4.14	-1.47	—	—	—
1579	94	AGD1112-10-5	-5.02	-3.00	—	—	—
1580	93	AGD1112-10-4	-4.96	-2.65	—	—	—
1581	92	AGD1112-10-3	-5.40	-2.04	—	—	—
1582	91	AGD1112-10-2	-5.84	-3.20	—	—	—
1583	90	AGD1112-10-1	-5.93	-2.75	—	—	—
1584	89	AGD1112-10	-6.05	-3.71	—	—	—
1585	88	AGD1112-9-9	-6.08	-4.07	—	—	—
1586	87	AGD1112-9-8	-5.79	-1.24	8.40	32.62	0.77
1587	86	AGD1112-9-7	-5.20	-1.49	—	—	—
1588	85	AGD1112-9-6	-4.73	-0.48	—	—	—
1589	84	AGD1112-9-5	-4.33	-0.98	—	—	—
1590	83	AGD1112-9-4	-3.89	-1.84	—	—	—
1591	82	AGD1112-9-3	-4.33	-2.39	—	—	—
1592	81	AGD1112-9-2	-4.62	-1.89	—	—	—
1593	80	AGD1112-9-1	-5.38	-1.42	—	—	—

Sample No.	Depth (mm)	Sample name	$\delta^{18}\text{O}_{\text{PDB}}$ (‰)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	Sr/Ca (mmol/mol)	SST Sr/Ca (°C)	$\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW(water)}}$ (‰)
1594	79	AGD1112-9	-5.77	-2.31	—	—	—
1595	78	AGD1112-8-9	-5.73	-1.39	—	—	—
1596	77	AGD1112-8-8	-5.79	-1.19	8.50	31.43	0.55
1597	76	AGD1112-8-7	-5.86	-1.38	—	—	—
1598	75	AGD1112-8-6	-5.75	-1.69	—	—	—
1599	74	AGD1112-8-5	-5.61	-3.17	—	—	—
1600	73	AGD1112-8-4	-4.56	-1.24	—	—	—
1601	72	AGD1112-8-3	-4.21	-0.89	—	—	—
1602	71	AGD1112-8-2	-3.61	-1.58	—	—	—
1603	69	AGD1112-8	-3.78	-2.55	—	—	—
1604	68	AGD1112-7-9	-5.23	-3.19	—	—	—
1605	67	AGD1112-7-8	-5.28	-2.86	—	—	—
1606	66	AGD1112-7-7	-5.69	-2.62	8.34	33.39	1.02
1607	65	AGD1112-7-6	-5.69	-2.25	—	—	—
1608	64	AGD1112-7-5	-5.72	-2.10	—	—	—
1609	63	AGD1112-7-4	-6.15	-1.95	—	—	—
1610	62	AGD1112-7-3	-5.99	-1.85	—	—	—
1611	61	AGD1112-7-2	-5.89	-2.36	—	—	—
1612	60	AGD1112-7-1	-4.77	-0.95	—	—	—
1613	59	AGD1112-7	-4.05	-0.22	—	—	—
1614	58	AGD1112-6-9	-3.71	-0.50	—	—	—
1615	57	AGD1112-6-8	-4.33	-1.49	—	—	—
1616	56	AGD1112-6-7	-4.77	-1.27	8.53	31.07	1.50
1617	55	AGD1112-6-6	-5.34	-1.42	—	—	—
1618	54	AGD1112-6-5	-5.64	-1.37	—	—	—
1619	53	AGD1112-6-4	-5.88	-1.55	—	—	—
1620	52	AGD1112-6-3	-6.12	-1.87	—	—	—
1621	51	AGD1112-6-2	-6.16	-2.43	—	—	—
1622	50	AGD1112-6-1	-5.59	-1.76	—	—	—
1623	49	AGD1112-6	-5.56	-1.91	—	—	—
1624	48	AGD1112-5-9	-5.27	-1.25	—	—	—
1625	47	AGD1112-5-8	-4.99	-0.53	—	—	—
1626	46	AGD1112-5-7	-4.41	-1.00	8.53	31.07	1.86
1627	45	AGD1112-5-6	-4.25	-0.89	—	—	—
1628	44	AGD1112-5-5	-3.87	-1.15	—	—	—
1629	43	AGD1112-5-4	-4.28	-2.13	—	—	—
1630	42	AGD1112-5-3	-4.50	-1.66	—	—	—
1631	41	AGD1112-5-2	-4.85	-1.84	—	—	—

Sample No.	Depth (mm)	Sample name	$\delta^{18}\text{O}_{\text{PDB}}$ (‰)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	Sr/Ca (mmol/mol)	SST Sr/Ca (°C)	$\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW(water)}}$ (‰)
1632	40	AGD1112-5-1	-5.37	-1.64	—	—	—
1633	39	AGD1112-5	-5.38	-1.37	—	—	—
1634	38	AGD1112-4-9	-5.63	-1.39	—	—	—
1635	37	AGD1112-4-8	-5.63	-1.29	—	—	—
1636	36	AGD1112-4-6	-5.99	-2.76	8.28	34.12	0.86
1637	35	AGD1112-4-5	-5.82	-1.22	—	—	—
1638	34	AGD1112-4-4	-5.88	-1.07	—	—	—
1639	33	AGD1112-4-3	-5.88	-1.53	—	—	—
1640	32	AGD1112-4-2	-5.89	-1.74	—	—	—
1641	30	AGD1112-4	-5.83	-2.23	—	—	—
1642	29	AGD1112-3-9	-5.85	-3.43	—	—	—
1643	28	AGD1112-3-8	-5.77	-3.17	—	—	—
1644	27	AGD1112-3-7	-5.70	-2.93	—	—	—
1645	26	AGD1112-3-6	-5.54	-3.33	—	—	—
1646	25	AGD1112-3-5	-5.54	-3.08	8.26	34.38	1.36
1647	24	AGD1112-3-4	-5.36	-2.45	—	—	—
1648	23	AGD1112-3-3	-5.16	-2.34	—	—	—
1649	22	AGD1112-3-2	-4.95	-1.10	—	—	—
1650	20	AGD1112-3	-4.72	-1.32	—	—	—
1651	19	AGD1112-2-9	-5.22	-2.62	—	—	—
1652	18	AGD1112-2-8	-4.67	-0.68	—	—	—
1653	17	AGD1112-2-7	-4.00	-0.47	—	—	—
1654	16	AGD1112-2-6	-3.97	-0.44	—	—	—
1655	15	AGD1112-2-5	-3.65	-0.66	—	—	—
1656	14	AGD1112-2-4	-4.19	-1.81	8.57	30.55	1.98
1657	13	AGD1112-2-3	-5.20	-1.59	—	—	—
1658	12	AGD1112-2-2	-5.44	-1.71	—	—	—
1659	11	AGD1112-2-1	-5.60	-1.80	—	—	—
1660	10	AGD1112-2	-5.68	-2.42	—	—	—
1661	0	AGD1112-1	-5.73	-1.12	—	—	—

附錄二、AGD-2岩芯*Porites*珊瑚之U-Th定年結果

Sample	Weight	^{238}U	^{232}Th	$\delta^{234}\text{U}$	$[\text{}^{230}\text{Th}/\text{}^{238}\text{U}]$	$^{230}\text{Th}/\text{}^{232}\text{Th}$	Age (yr ago)	Age (yr ago)	Age (yr BP)	$\delta^{234}\text{U}_{\text{initial}}$
ID	g	10^{-6}g/g^a	10^{-9}g/g	measured ^a	activity ^c	atomic ($\times 10^{-6}$)	uncorrected	corrected ^{c,d}	relative to 1950 AD	corrected ^b
AGD1112-11	0.106	2.9263 ± 0.0034	93.85 ± 0.90	143.7 ± 1.8	0.0919 ± 0.0017	47.23 ± 0.96	$9,116 \pm 172$	$8,374 \pm 410$	$8,305 \pm 410$	147.1 ± 1.8
AGD-1111	0.12	3.4331 ± 0.0027	4.5621 ± 0.0089	145.9 ± 1.4	0.08367 ± 0.00030	1038.2 ± 4.2	$8,255 \pm 33$	$8,224 \pm 36$	$8,156 \pm 36$	149.4 ± 1.5
AGD1112-12	0.113	2.7262 ± 0.0041	6.830 ± 0.026	143.8 ± 2.1	0.08559 ± 0.00061	563.3 ± 4.5	$8,468 \pm 65$	$8,410 \pm 71$	$8,342 \pm 71$	147.3 ± 2.1
AGD1213-13	0.127	2.5842 ± 0.0042	0.1278 ± 0.0037	144.8 ± 2.2	0.08869 ± 0.00028	29579 ± 854	$8,779 \pm 34$	$8,778 \pm 34$	$8,709 \pm 34$	148.4 ± 2.3

Analytical errors are 2σ of the mean.

^a $[\text{}^{238}\text{U}] = [\text{}^{235}\text{U}] \times 137.77$ ($\pm 0.11\%$) (Hiess et al., 2012); $\delta^{234}\text{U} = ([\text{}^{234}\text{U}/\text{}^{238}\text{U}]_{\text{activity}} - 1) \times 1000$.

^b $\delta^{234}\text{U}_{\text{initial}}$ corrected was calculated based on ^{230}Th age (T), i.e., $\delta^{234}\text{U}_{\text{initial}} = \delta^{234}\text{U}_{\text{measured}} \times e^{\lambda_{234} \times T}$, and T is corrected age.

^c $[\text{}^{230}\text{Th}/\text{}^{238}\text{U}]_{\text{activity}} = 1 - e^{-\lambda_{230}T} + (\delta^{234}\text{U}_{\text{measured}}/1000) [\lambda_{230}/(\lambda_{230} - \lambda_{234})] (1 - e^{-(\lambda_{230} - \lambda_{234})T})$, where T is the age.

Decay constants are $9.1705 \times 10^{-6} \text{ yr}^{-1}$ for ^{230}Th , $2.8221 \times 10^{-6} \text{ yr}^{-1}$ for ^{234}U (Cheng et al., 2013), and $1.55125 \times 10^{-10} \text{ yr}^{-1}$ for ^{238}U (Jaffey et al., 1971).

^dAge corrections, **relative to chemistry date on August 30th, 2018**, were calculated using an estimated atomic $^{230}\text{Th}/\text{}^{232}\text{Th}$ ratio of $4 (\pm 2) \times 10^{-6}$ (Shen et al., 2008).