

# 新石器時代早期台灣西南海岸古代水體環境意涵與採貝生業模式

李匡悌<sup>1</sup>、米泓生<sup>2</sup>、林怡美<sup>2</sup>

1 中央研究院歷史語言研究所；2. 國立台灣師範大學地球科學系

## 一、前言

近半世紀來的考古學研究，除了努力建立古代人類文化傳承的架構之外，同時也累積了有關人類與環境互動所遺留下相當豐富的證據。這些證據一方面能提供說明人類文化演化的軌跡；另一方面，也能在自然和社會環境變遷過程中，提供當時社群如何選擇和規劃獲取食物資源的因應策略。地球科學研究如同動物學、植物學、地理學和地質學等的專業，在考古學研究進行詮釋和說明社會與自然生態環境變遷的內容和過程上，扮演了舉足輕重的角色。

有關考古文化的認識和理解，考古學研究一直將史前人類聚落和生業活動的模式視為探索的重要對象和目的。無疑的，這兩者更是理解史前人類如何適應自然環境和社會文化環境的關鍵。換句話說，復原當時的生態環境，以及釐清史前聚落如何在不同的季節，運用和開發周邊環境資源的內容，即是說明和解釋史前聚落和生業型態最重要的依據。研究上，比較不容易掌握的是，如何有效地確認遺址性質與內涵，以及自然資源的季節性使用和開發。本研究的目的是以考古貝類遺留，藉由碳和氧同位素的分析，討論南關里遺址古代棲居聚落如何利用貝類做為食物資源的策略；其次，比較台灣西南部海岸地區古代貝類所生長的水體環境與現行水體環境之間的差異，來說明水體環境變遷的意涵。

## 二、理論與研究

貝類殼體具有記錄生長環境與生命史的特性；二枚貝類是最早被拿來分析其同位素組成的鈣質殼體。貝類殼體的氧同位素數值，與其當時生活於其中的水體氧同位素數值及溫度相關；碳同位素數值，與水體中溶解無機碳(Dissolved Inorganic Carbon; DIC)的碳同位素相關，且該無機碳與大氣中二氧化碳、有機物的分解、沉積岩中碳酸鹽類的溶解、光合作用、碳酸鹽類的沉澱作用相關，因此可以利用保存良好的貝類殼體碳、氧同位素數值來推測古環境變化。單一貝類殼體具有顯著的生長紋變化，可完整紀錄生長期間環境訊號，其研究可提供高解析度環境隨著個體發生時的年際變化(例如 Jones, 1985; Romanek et al., 1987; Andreasson et al., 1999)。利用生長紋寬度變化與溫度、營養鹽的關係，可以重建貝類在生長期間，年際間的溫度、水文及營養鹽供應變化(Schöne et al., 2004)。

其次，根據生物性碳酸鈣殼體所建立的氧同位素溫度方程式(Hays and Grossman, 1991; Hudson and Anderson, 1989)被廣泛的應用於溫度的重建研究。Krantz (1987)研究現生貝類 *Spisula solidissima*、*Placopecten magellanicus* 及化石殼體中氧同位素記錄，認為現生貝類殼體內氧同位素年際變化的振幅可以指示生長時的水深度。水深度愈接近海表面，海水溫度變化大，造成氧同位素振幅愈大；水深度愈深，水溫變化愈小，氧同位素振幅亦愈小。進而從相似種屬(*Spisula* sp.)的化石所呈現的氧同位素數值振幅大小及平均值的訊號，推論晚更新世的溫度變化及冰川體積；在春、秋兩季節有較輕的碳同位素數值，則被用來解釋季節性浮游植物大量生成的高生產力環境。沉積物中的孔隙水及氧化的有機物，造成碳同位素在內棲類及表棲類貝殼具有顯著的差異。在個體成熟後，由於新陳代謝的變緩，使得碳同位素有變輕的趨勢。

貝類動物可生長於各種鹽度的水域，故除了海水的環境資料，貝類殼體也可用來提供淡水及河、海交接處之水域環境資訊，進一步解析海陸的交換作用。Mook (1971)研究指出，不同

流域的淡水水體，具有不同的碳、氧同位素數值，注入同一海域混合，產生不同斜率的混合線，這些混合線的交點可以代表所注入的同一海域的碳、氧同位素數值。Kirby 等人(1998)利用測量牡蠣韌帶部位同位素變化可與環境變化對應。韌帶表面具有凹凸變化，凸起部位表示夏季快速生長時期，凹陷部位則表示冬季生長速率較慢。牡蠣的生殖行為，不會影響到殼體的分泌生成。由氧同位素及韌帶表面停止生長的特徵，可得知牡蠣在水溫高於 27 °C 的環境中，會停止生長；由化石紀錄可得知在低於水溫 10 °C 的環境，牡蠣亦會停止生長。碳同位素的訊號，紀錄到一年中出現兩次極小值，發生在春季的極小值，可能是新陳代謝作用增大所致，也可能是生殖作用所造成的結果；夏末的極大值，可能是藻華作用吸收較輕的碳同位素所引起。Elliot 等人(2003)指出在北美東岸海岸地區所採集的貝類標本，可以翔實地紀錄當地水體溫度及鹽度隨著緯度變化。換言之，可以利用殼體紀錄，重建出不同緯度的環境訊號。

根據目前現有的研究成果顯示，我們亦可利用在遺址發掘出土的貝殼殼體，透過氧同位素值分布紀錄所顯示的溫度變化，研究考古遺址人類採集貝類食用的行為活動，探討早期人類對於採集貝類活動安排與季節變化的關聯性；是因日常食物生產不足；亦或因貝類肉質鮮美，時機適當之取食季節(Andrus and Crowe, 2000)。此外，遺址出土之貝類殼體亦能重建當時水體溫度的環境變化；例如，Carré 等人(2005)利用分析祕魯南部發掘之考古遺址的貝類碳氧同位素研究，指出九千年至七千九百年間，南美洲發生聖嬰現象較現今頻繁，相對於在四千八百年前聖嬰現象較不顯著。Jones 等人(2005)亦利用佛羅里達四處不同遺址出土的貝類遺留，分析獲得的氧同位素紀錄推估，此地區在中全新世暖期，夏、秋兩季的平均水溫高於現今 3.5 °C，且季節溫差大。

歐美等地區已利用遺址出土之貝類生態遺留，進行年際間變化的古環境紀錄重建，相較之下，東南亞及西太平洋地區則較缺乏相關的研究，目前我國相關研究有如：汪中和與蔡佩珊(1993)分析台北圓山貝塚之貝殼殼體碳氧同位素，該論文著重於滅絕貝類生態之重建；李匡悌(2005a, b、2006)已分析台灣地區考古遺址貝類殼體碳氧同位素，探討史前人類採集貝類資源的經濟策略以及古環境的變遷。林怡美、米泓生和李匡悌(2007)利用現生貝類標本的研究，碳氧同位素可顯示出東亞季風區，造成的夏季大量降雨紀錄，進而應用於遺址出土的貝類殼體紀錄中，顯示出四千年台灣南部環境溫度高於現今且有較現今更顯著的夏季降雨。

### 三、標本及研究方法

台南科學園區南關里遺址發掘出土之貝類，包含大坌坑文化第一層(約 4300 年前)及大坌坑文化第二層(約 4700 年前)，首先所有標本根據中央研究院「台灣貝類資料庫」進行種屬鑑定工作。鑑定之後，共計揀選了 45 枚標本進行碳氧同位素分析。分析樣本貝類包含望遠鏡海蜷、斑海蜷、刻紋海蜷和粗紋蜚螺四種單殼螺類；血蚶、台灣歪簾蛤、歪簾蛤、皺滿月蛤和紅樹蜆五種二枚貝類(圖版一、圖版二)。

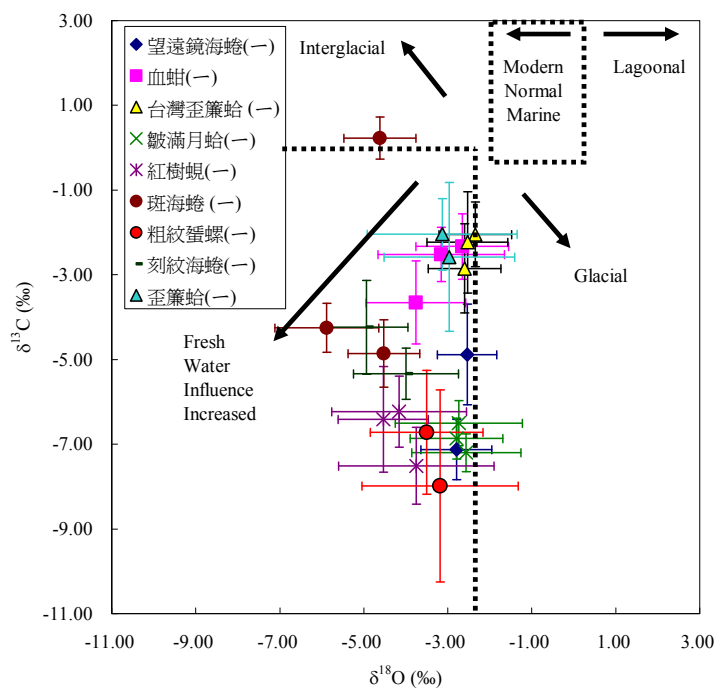
所有進行同位素分析之貝類先需清洗乾淨，之後浸泡於 3% 的過氧化氫溶液中 24 小時，以去除有機物質，之後已去離子水清洗三次，並置於室溫風乾，風乾後使用不鏽鋼電鑽，沿殼體生長方向，自殼緣往殼頂方向，每 5mm 等距離鑽取碳酸碳粉末樣品，置於反應瓶中，於師大穩定同位素實驗室進行分析。使用 Gilson 自動前處理系統，在 90°C 下與 100% 磷酸反應，產生的 CO<sub>2</sub> 以 Micromass IsoPrime 質譜儀進行碳氧同位素分析。實驗過程穿插國際標準試樣 CO-1(<sup>13</sup>C=2.5±0.1‰，<sup>18</sup>O=-2.4±0.1‰)、CO-8(<sup>13</sup>C=-5.8±0.1‰，<sup>18</sup>O=-22.7±0.1‰)、NBS-19(<sup>13</sup>C=1.95‰，<sup>18</sup>O=-2.20‰)，以及實驗室標準式樣 MAB(<sup>13</sup>C=-6.88‰，<sup>18</sup>O=3.40‰)做為實驗數

值校正之依據，根據 NBS-19 的分析結果，本研究碳氧同位素精確值分別優於 0.05‰及 0.08‰(N=109)。

#### 四、研究結果與討論

本研究分析南關里遺址第一文化層 9 種貝類，計 23 枚貝類標本，289 個穩定碳氧同位素分析樣本；第二文化層 9 種貝類，計 22 枚貝類標本，313 個穩定碳氧同位素分析樣本(詳見圖版一、二，附錄一、二)，共產生 602 個數據。

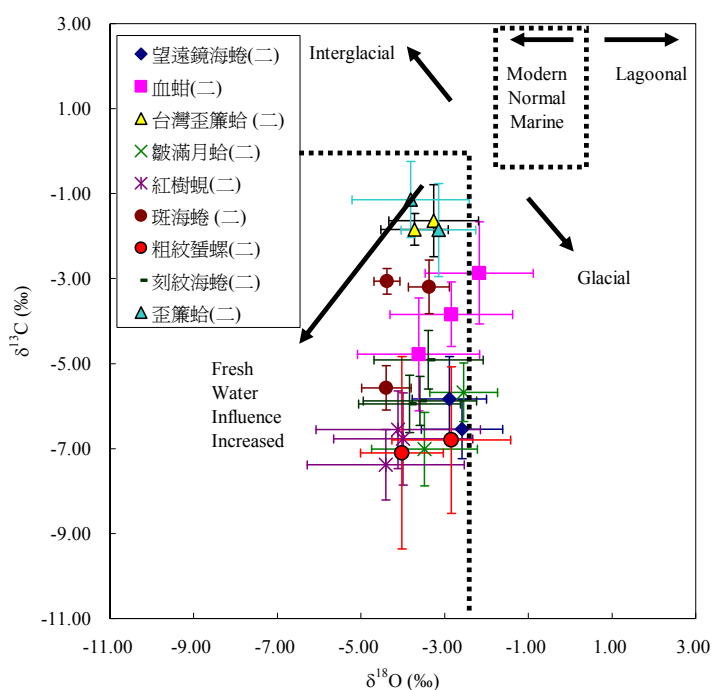
第一文化層標本的碳氧同位素分析結果：二枚望遠鏡海蜷碳同位素數值為  $-7.12 \pm 0.71\text{‰}$  ( $\bar{x} \pm 1\sigma$ , n=45) 及  $-4.88 \pm 1.19\text{‰}$  (n=43)，氧同位素數值  $-2.79 \pm 0.84\text{‰}$  及  $-2.54 \pm 0.71\text{‰}$ ；三枚斑海蜷碳同位素數值為  $-4.86 \pm 0.80\text{‰}$  (n=15)、 $0.23 \pm 0.49\text{‰}$  (n=16) 及  $-4.25 \pm 0.58\text{‰}$  (n=17)，氧同位素數值  $-4.52 \pm 0.86\text{‰}$ 、 $-4.62 \pm 0.86\text{‰}$  及  $-5.88 \pm 1.24\text{‰}$ ；二枚刻紋海蜷碳同位素數值為  $-5.34 \pm 0.60\text{‰}$  (n=15) 及  $-4.24 \pm 1.11\text{‰}$  (n=12)，氧同位素數值  $-3.99 \pm 1.25\text{‰}$  及  $-4.93 \pm 0.99\text{‰}$ ；二枚粗紋蜆螺碳同位素數值為  $-7.98 \pm 2.27\text{‰}$  (n=10) 及  $-6.72 \pm 1.46\text{‰}$  (n=8)，氧同位素數值為  $-3.19 \pm 1.86\text{‰}$  及  $-3.50 \pm 1.34\text{‰}$ ；三枚血蚶碳同位素數值為  $-2.52 \pm 0.64\text{‰}$  (n=7)、 $-3.65 \pm 0.98\text{‰}$  (n=7) 及  $-2.33 \pm 0.77\text{‰}$  (n=6)，氧同位素數值  $-3.16 \pm 1.50\text{‰}$ 、 $-3.76 \pm 1.18\text{‰}$  及  $-2.65 \pm 1.10\text{‰}$ ；三枚台灣歪簾蛤碳同位素數值為  $-2.85 \pm 1.05\text{‰}$  (n=6)、 $-2.05 \pm 0.76\text{‰}$  (n=5) 及  $-2.23 \pm 1.20\text{‰}$  (n=4)，氧同位素數值  $-2.60 \pm 0.87\text{‰}$ 、 $-2.35 \pm 0.87\text{‰}$  及  $-2.53 \pm 0.96\text{‰}$ ；二枚歪簾蛤碳同位素數值為  $-2.04 \pm 0.84\text{‰}$  (n=5) 及  $-2.58 \pm 1.76\text{‰}$  (n=5)，氧同位素數值  $-3.13 \pm 1.79\text{‰}$  及  $-2.96 \pm 1.55\text{‰}$ ；三枚皺滿月蛤碳同位素數值為  $-6.87 \pm 0.48\text{‰}$  (n=14)、 $-6.50 \pm 0.54\text{‰}$  (n=12) 及  $-7.20 \pm 0.45\text{‰}$  (n=7)，氧同位素數值  $-2.79 \pm 1.11\text{‰}$ 、 $-2.74 \pm 1.51\text{‰}$  及  $-2.56 \pm 1.30\text{‰}$ ；三枚紅樹蜆碳同位素數值為  $-6.23 \pm 0.84\text{‰}$  (n=13)、 $-7.51 \pm 0.91\text{‰}$  (n=9) 及  $-6.42 \pm 1.25\text{‰}$  (n=8)，氧同位素數值  $-4.16 \pm 1.60\text{‰}$ 、 $-3.75 \pm 1.85\text{‰}$  及  $-4.53 \pm 1.07\text{‰}$ 。(圖一、附錄一)



圖一、南關里遺址第一文化層貝類殼體碳氧同位素分佈圖，現今環境解釋取自彭宗仁等人(1990)。

第二文化層標本的碳氧同位素分析結果：二枚望遠鏡海蜷碳同位素數值為  $-6.54 \pm 0.69\text{‰}$  (n=39) 及  $-5.83 \pm 0.99\text{‰}$  (n=42)，氧同位素數值  $-2.59 \pm 0.97\text{‰}$  及  $-2.89 \pm 0.89\text{‰}$ ；三枚斑海蜷碳

同位素數值為 $-3.19\pm 0.63$ ( $n=19$ )、 $-5.57\pm 0.52$ ( $n=13$ )及 $-3.06\pm 0.30$ ( $n=13$ )，氧同位素數值 $-3.38\pm 0.49\%$ 、 $-4.39\pm 0.59\%$ 及 $-4.38\pm 0.31$ ；三枚刻紋海蜷碳同位素數值為 $-5.87\pm 0.58\%$ ( $n=27$ )、 $-4.91\pm 0.69$ ( $n=23$ )及 $-5.95\pm 0.67\%$ ( $n=21$ )，氧同位素數值 $-3.60\pm 1.36\%$ 、 $-3.39\pm 1.31$ 及 $-3.84\pm 1.22$ ；二枚粗紋蜆螺碳同位素數值為 $-6.80\pm 1.73\%$ ( $n=12$ )及 $-7.10\pm 2.27\%$ ( $n=9$ )，氧同位素數值為 $-2.84\pm 1.42\%$ 及 $-4.02\pm 0.99\%$ ；三枚血蚶碳同位素數值為 $-2.87\pm 1.20\%$ ( $n=6$ )、 $-4.78\pm 1.33\%$ ( $n=6$ )及 $-3.84\pm 0.76\%$ ( $n=6$ )，氧同位素數值 $-2.17\pm 1.29\%$ 、 $-3.62\pm 1.46\%$ 及 $-2.84\pm 1.47$ ；二枚台灣歪簾蛤碳同位素數值為 $-1.84\pm 0.37\%$ ( $n=6$ )及 $-1.64\pm 0.85\%$ ( $n=6$ )，氧同位素數值 $-3.72\pm 0.81\%$ 及 $-3.26\pm 1.07$ ；二枚歪簾蛤碳同位素數值為 $-1.85\pm 1.09\%$ ( $n=7$ )及 $-1.14\pm 0.89\%$ ( $n=7$ )，氧同位素數值 $-3.15\pm 0.89\%$ 及 $-3.81\pm 1.40$ ；二枚皺滿月蛤碳同位素數值為 $-7.01\pm 0.86\%$ ( $n=9$ )及 $-5.68\pm 0.69\%$ ( $n=8$ )，氧同位素數值 $-3.48\pm 1.26\%$ 及 $-2.55\pm 0.81\%$ ；三枚紅樹蜆碳同位素數值為 $-6.77\pm 1.09\%$ ( $n=14$ )、 $-7.38\pm 0.83\%$ ( $n=10$ )及 $-6.56\pm 0.92\%$ ( $n=10$ )，氧同位素數值 $-3.99\pm 1.66\%$ 、 $-4.40\pm 1.88\%$ 及 $-4.11\pm 1.96\%$ 。(圖二、附錄二)



圖二、南關里遺址第二文化層貝類殼體碳氧同位素分佈圖，現今環境解釋取自彭宗仁等人(1990)。

彭宗仁等人(1990)利用現生標本的分析，不同水體環境具有不同的碳、氧同位素訊號而有所區分，本研究多數標本碳、氧同位素數值的分佈，落於受淡水影響之水體環境，與多數貝類種屬棲息於紅樹林或潮間帶的環境相符合。

由於貝類殼體氧同位素受到水體氧同位素及生活的水溫所控制。台灣西南部氣候型態為夏季多雨，冬季較乾旱。夏季降水較多時，因天水之 $^{18}\text{O}$ 較小( $-9.5\%$ ~- $6.2\%$ ，陳佩芬等人，1990)，使水體氧同位素數值變小，進而使生成殼體的氧同位素數值變小，且夏季的高溫亦使得殼體氧同位素數值變小的趨勢；反之，冬季時的少雨與低溫會使得生成殼體具有較重的氧同位素組成。故將氧同位素對應殼緣距離繪圖，可見氧同位素隨生長季節變化，殼緣所記錄之季節，可推斷為貝類被採收死亡而停止生長的季節。表一、圖三至圖十一為南關里遺址第一文化層貝類殼體判斷採收季節及氧同位素隨殼體生長變化情形。從殼緣的紀錄判斷採收季節，23個標本中，6個採收於春季，7個採收於夏季，8個採收於秋季，冬季採收數量最少僅2個(表一)。

表一、南關里遺址第一文化層貝類採收季節統計表

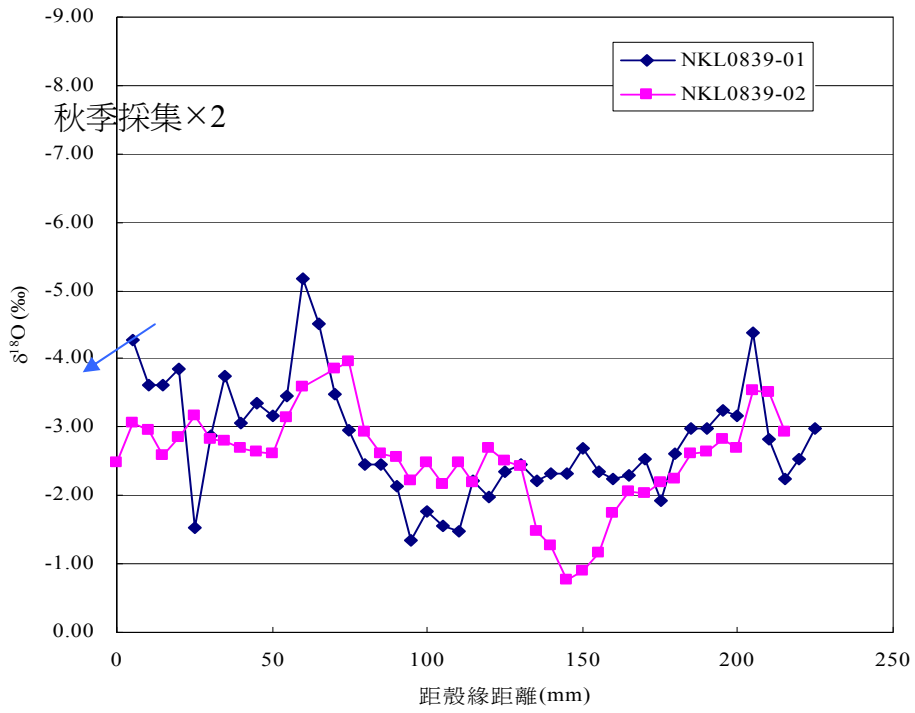
貝類種屬	個數	採收季節				
		春	夏	秋	冬	無法判斷
望遠鏡海蜷	2			2		
斑海蜷	3	2		1		
刻紋海蜷	3		3			
粗紋蜆螺	2		1	1		
血蚶	3	2		1		
台灣歪簾蛤	3		3			
歪簾蛤	2				2	
皺滿月蛤	3	2	1			
紅樹蜆	3		1	2		
小計	23	6	7	8	2	

圖十二至圖二十南關里遺址第二文化層貝類殼體氧同位素隨殼體生長變化圖，從殼緣的紀錄判斷採收季節，22 個標本中，6 個採收於春季，6 個採收於夏季，4 個採收於秋季，4 個採收於冬季，顯示四季都有貝類的採集活動進行 (表二)。

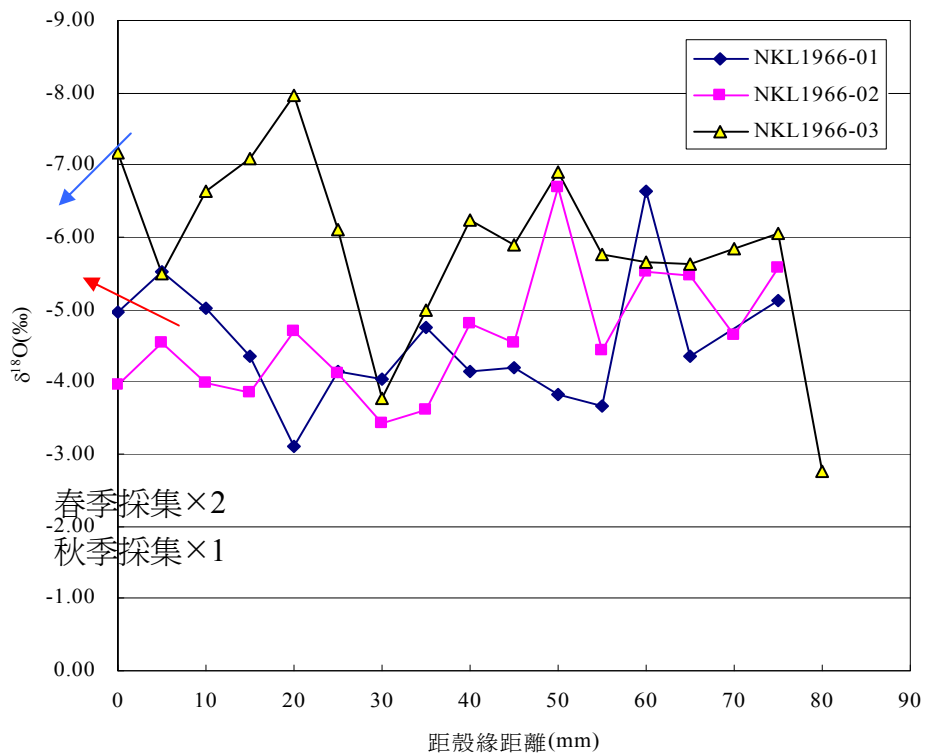
兩文化層間採收之貝類季節相比較，部分種屬採收季節明顯有改變，如台灣歪簾蛤 4700 年前於冬季採收，到 4300 年前則轉變成夏季採收，望遠鏡海蜷由夏季轉變為秋季採收，這些採收貝類的行為改變，值得進一步探討。

表二、南關里遺址第二文化層貝類採收季節統計表

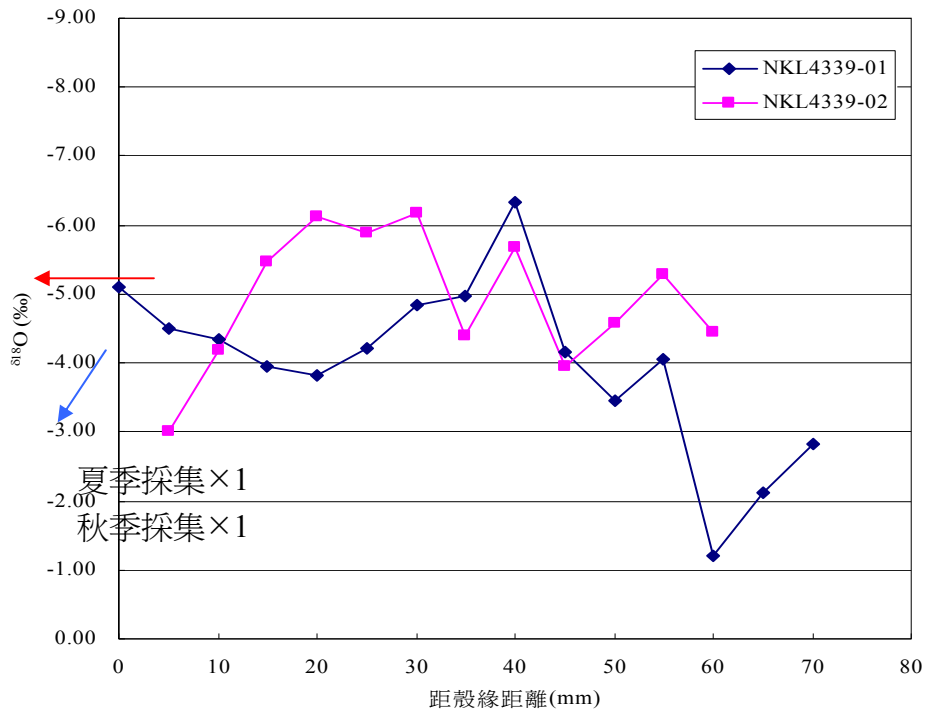
貝類種屬	個數	採收季節				
		春	夏	秋	冬	無法判斷
望遠鏡海蜷	2		2			
斑海蜷	3		2	1		
刻紋海蜷	2		1	1		
粗紋蜆螺	2			1		1
血蚶	3			1	2	
台灣歪簾蛤	2				2	
歪簾蛤	2	1	1			
皺滿月蛤	2	2				
紅樹蜆	3	3				
小計	22	6	6	4	4	1



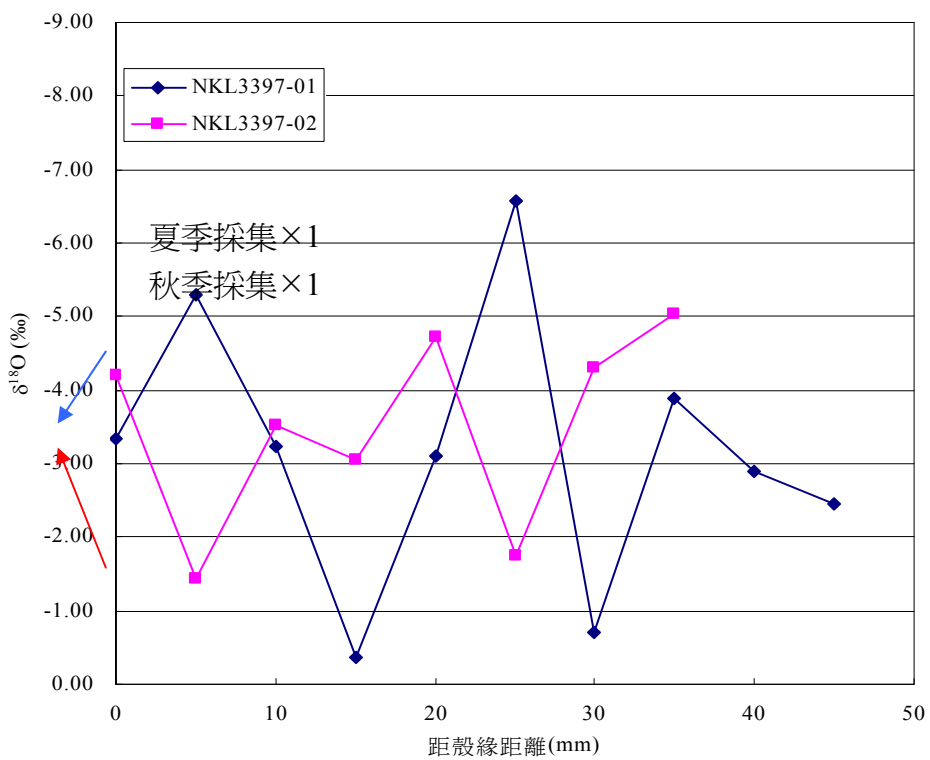
圖三、第一文化層望遠鏡海蜷氧同位素隨殼體生長變化圖，箭頭表示同位素變化趨勢。



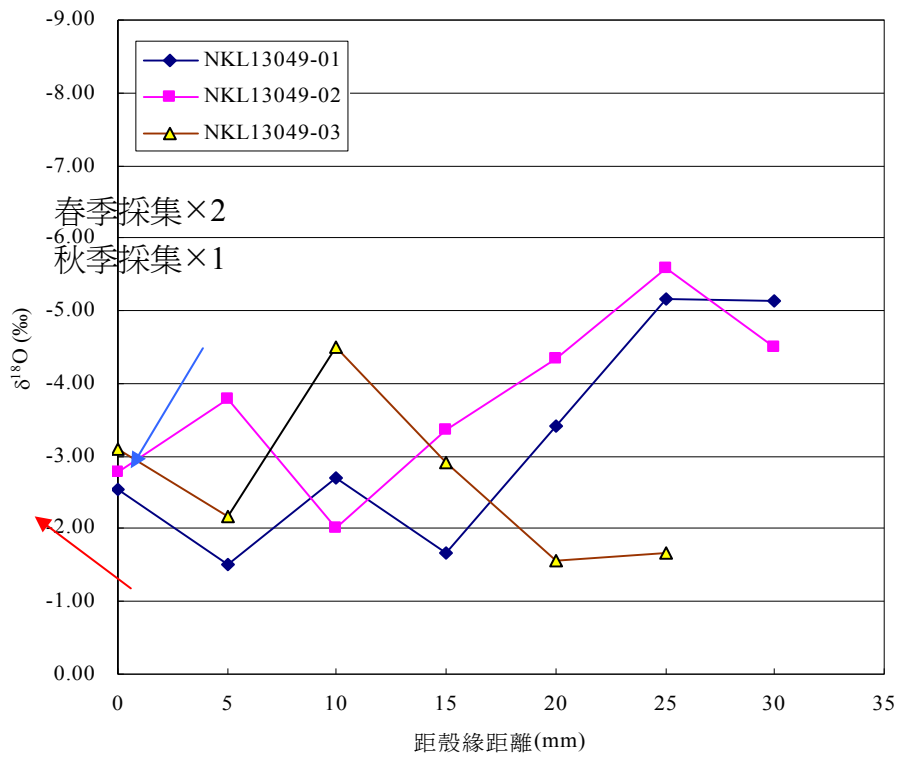
圖四、第一文化層斑海蜷氧同位素隨殼體生長變化圖，箭頭表示同位素變化趨勢。



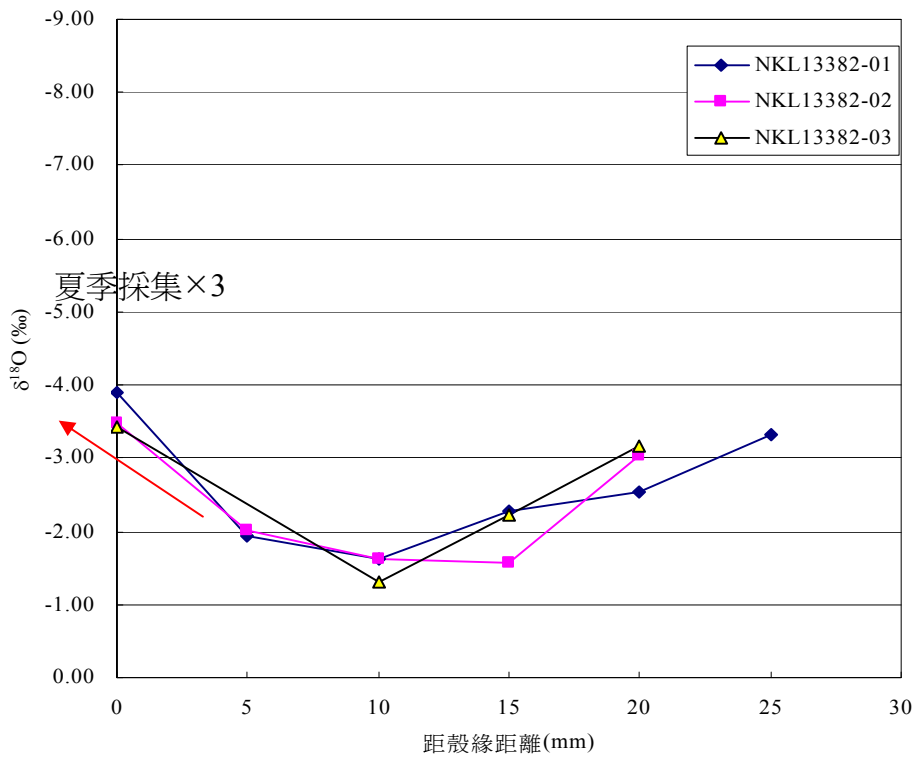
圖五、第一文化層刻紋海蜆氧同位素隨殼體生長變化圖，箭頭表示同位素變化趨勢。



圖六、第一文化層粗紋蜆螺氧同位素隨殼體生長變化圖，箭頭表示同位素變化趨勢。

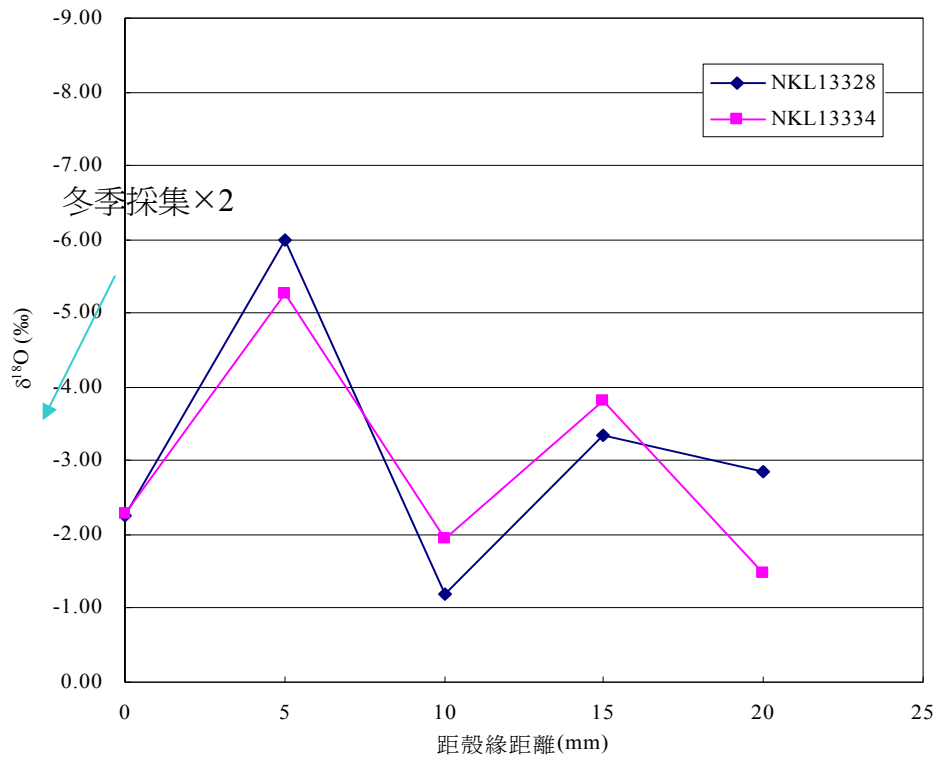


圖七、第一文化層血蚶氧同位素隨殼體生長變化圖，箭頭表示同位素變化趨勢。

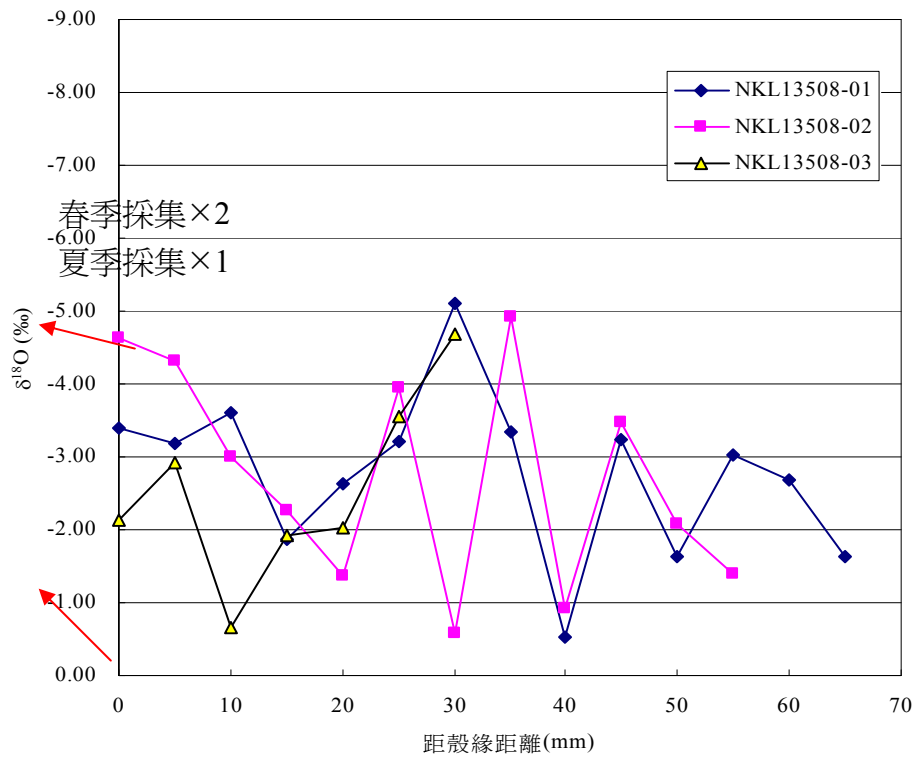


圖八、第一文化層台灣歪簾蛤氧同位素隨殼體生長變化圖，箭頭表示同位素變化趨勢。

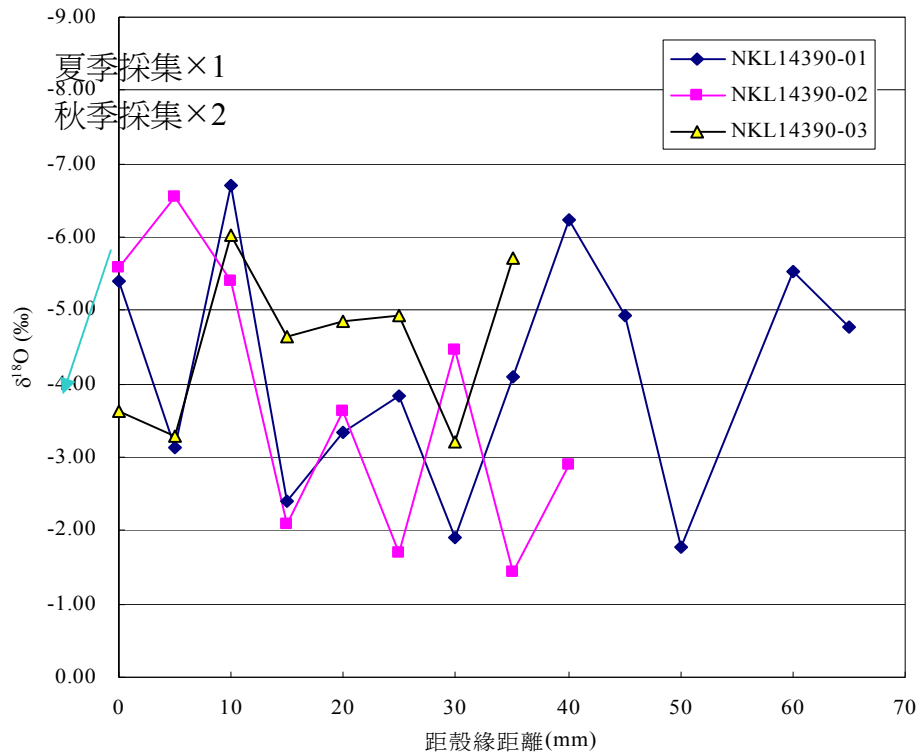




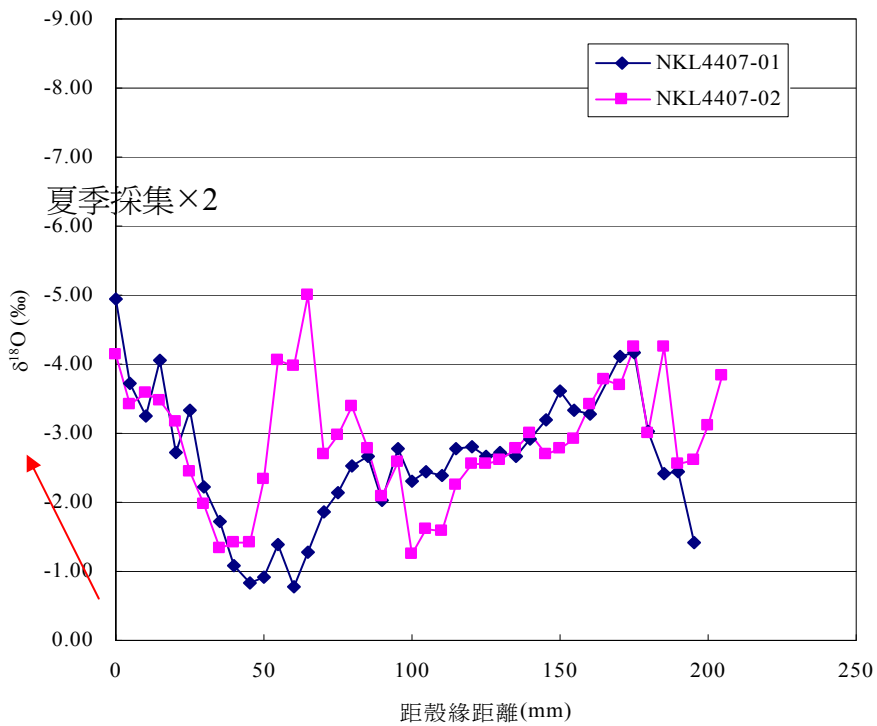
圖九、第一文化層歪簾蛤氧同位素隨殼體生長變化圖，箭頭表示同位素變化趨勢。



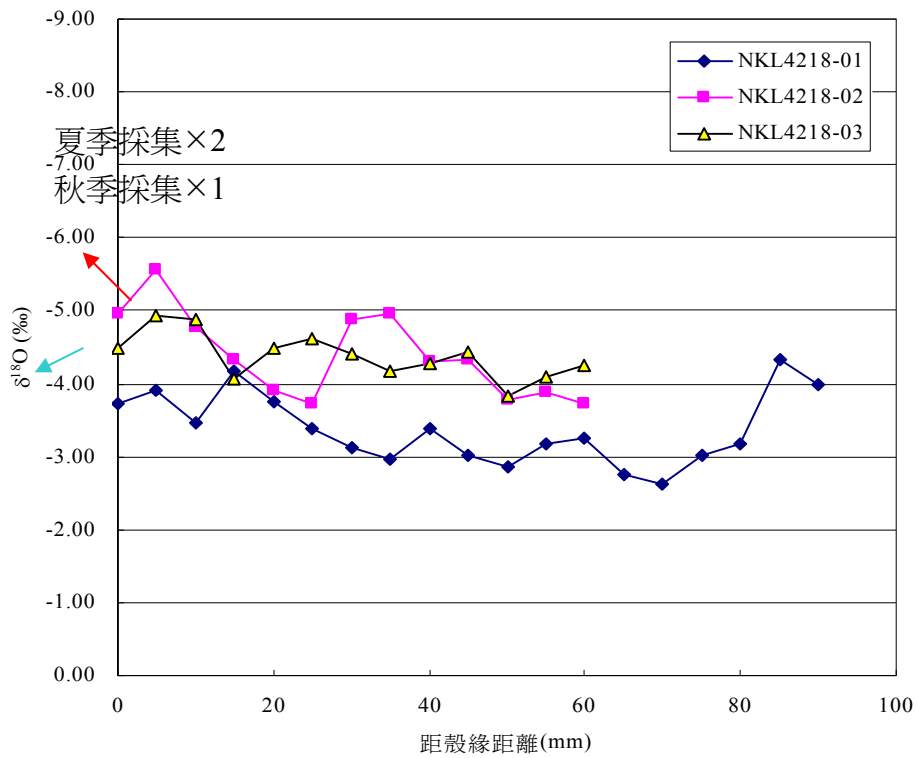
圖十、第一文化層皺滿月蛤氧同位素隨殼體生長變化圖，箭頭表示同位素變化趨勢。



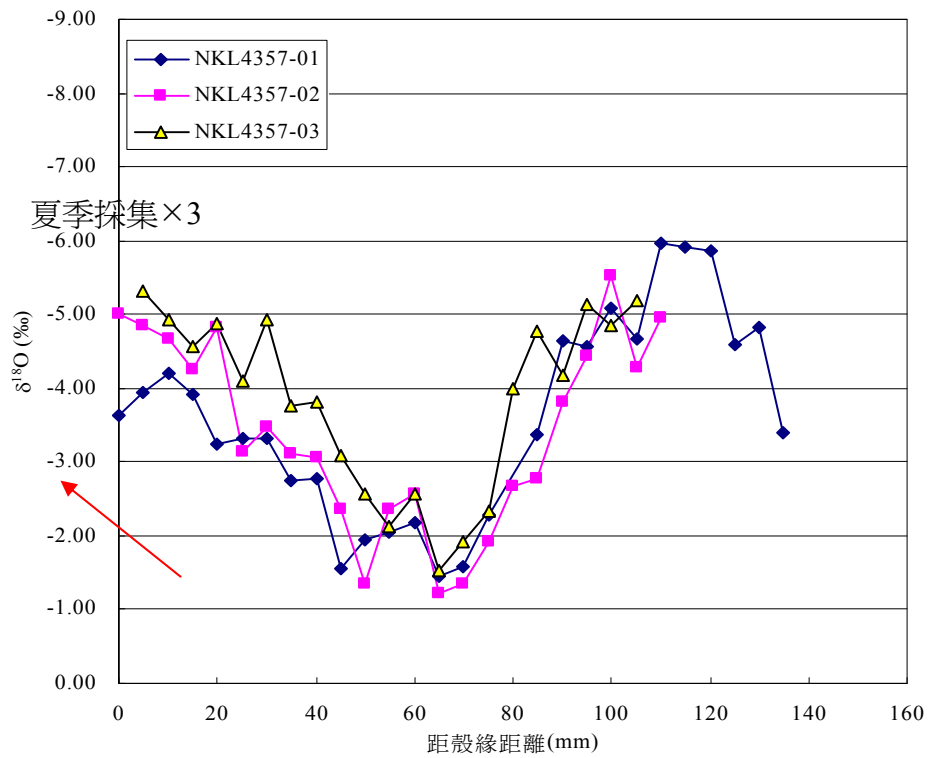
圖十一、第一文化層紅樹蜆氧同位素隨殼體生長變化圖，箭頭表示同位素變化趨勢。



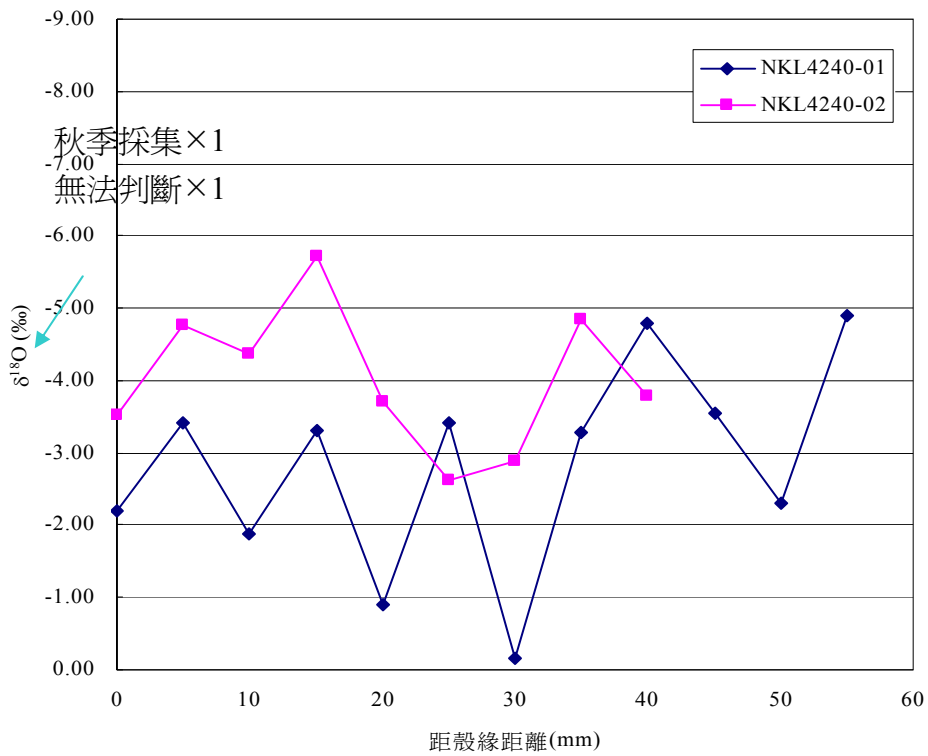
圖十二、第二文化層望遠鏡海蜆氧同位素隨殼體生長變化圖，箭頭表示同位素變化趨勢。



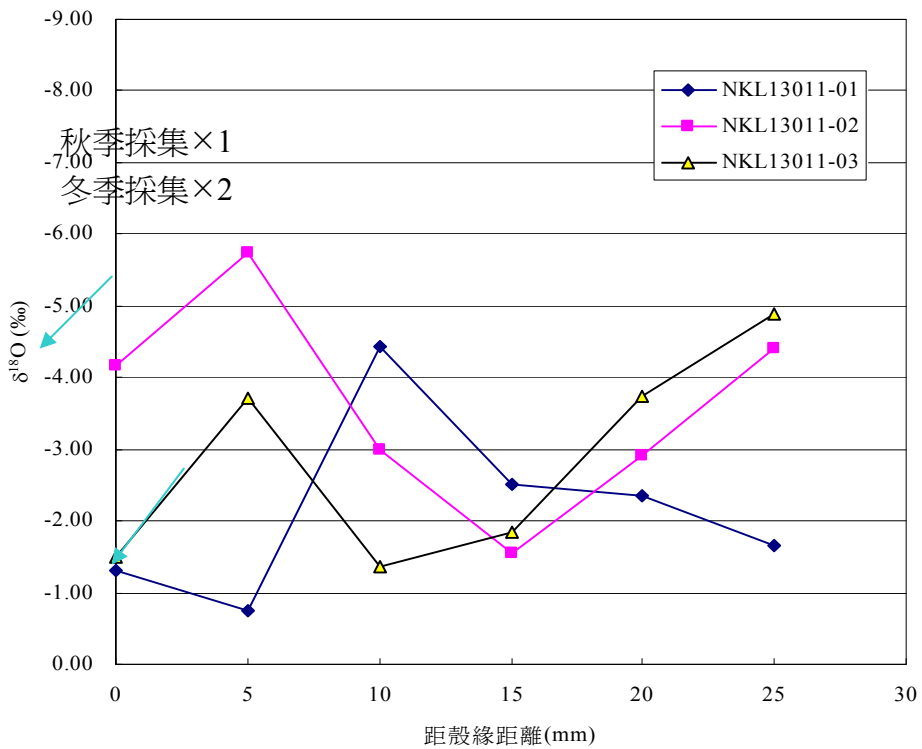
圖十三、第二文化層斑海蜆氧同位素隨殼體生長變化圖，箭頭表示同位素變化趨勢。



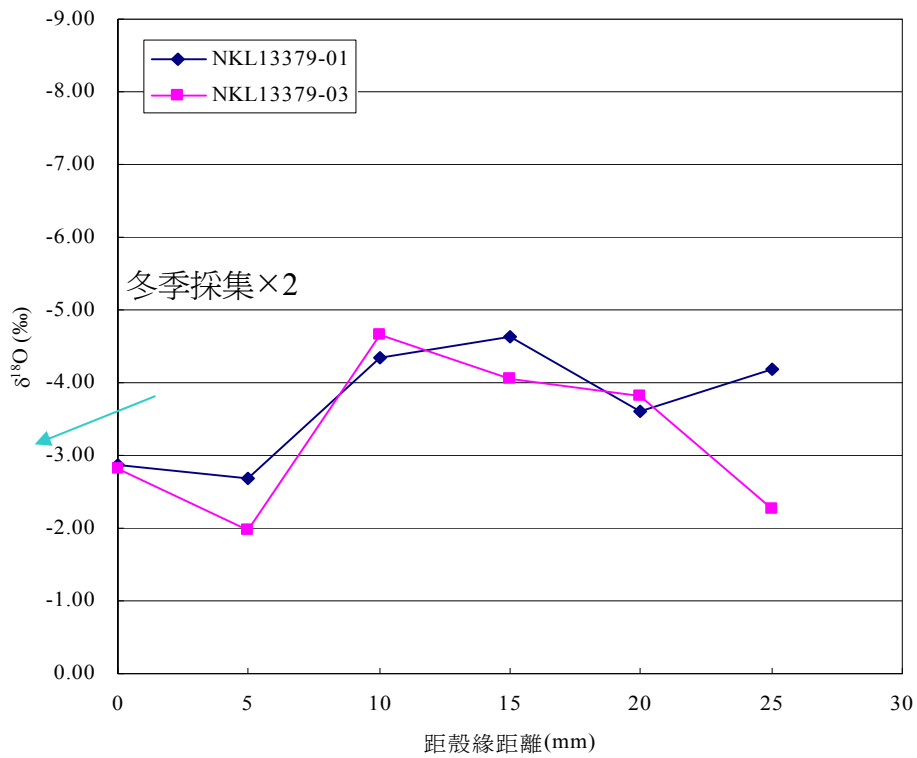
圖十四、第二文化層刻紋海蜆氧同位素隨殼體生長變化圖，箭頭表示同位素變化趨勢。



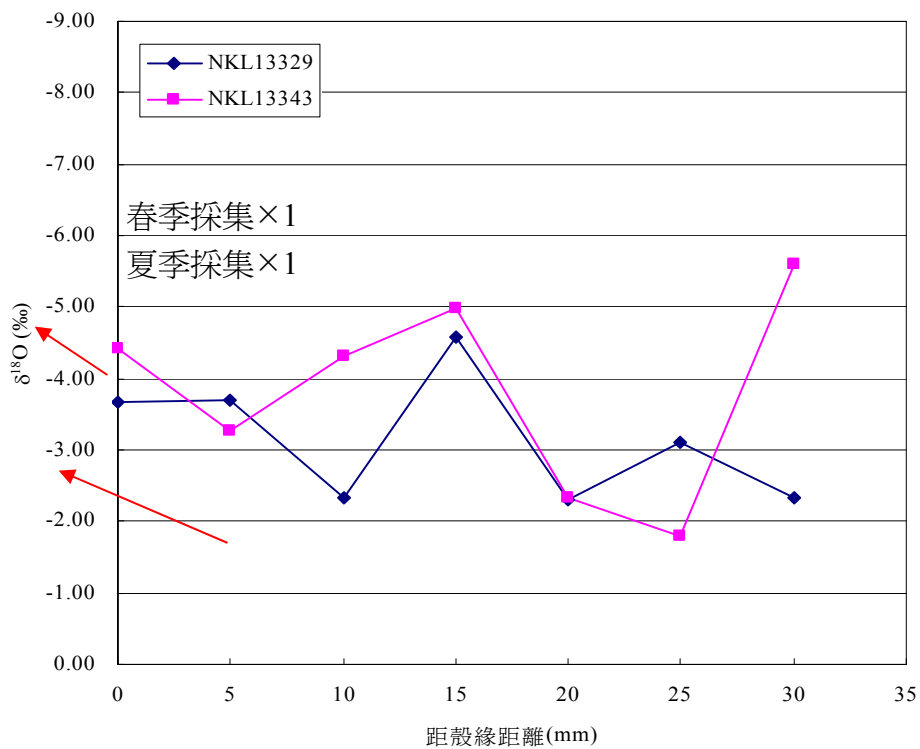
圖十五、第二文化層粗紋蜚螺氧同位素隨殼體生長變化圖，箭頭表示同位素變化趨勢。



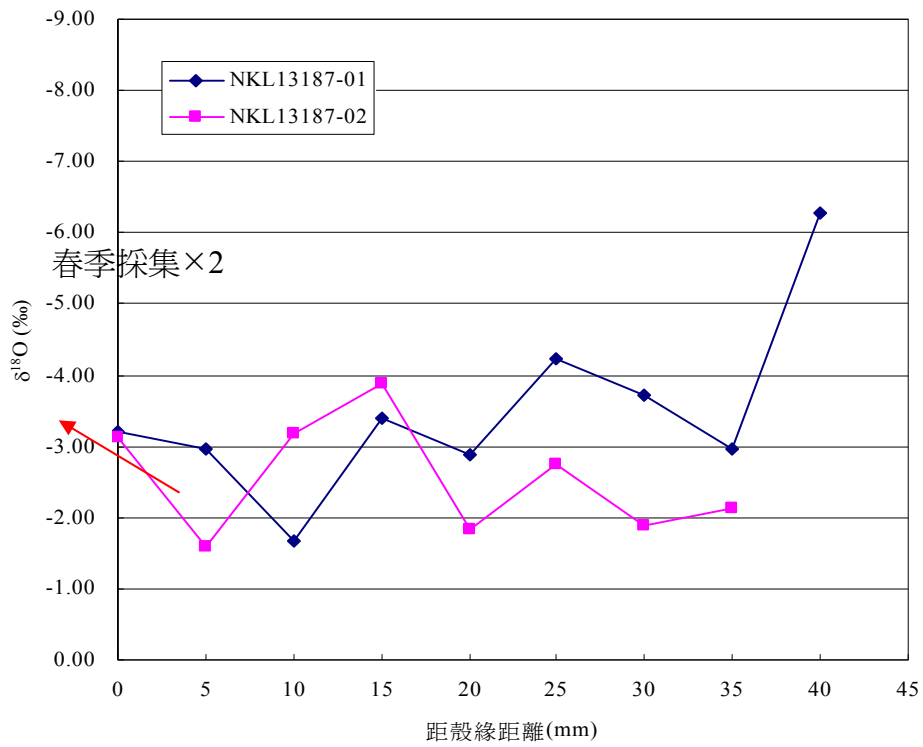
圖十六、第二文化層血蚶氧同位素隨殼體生長變化圖，箭頭表示同位素變化趨勢。



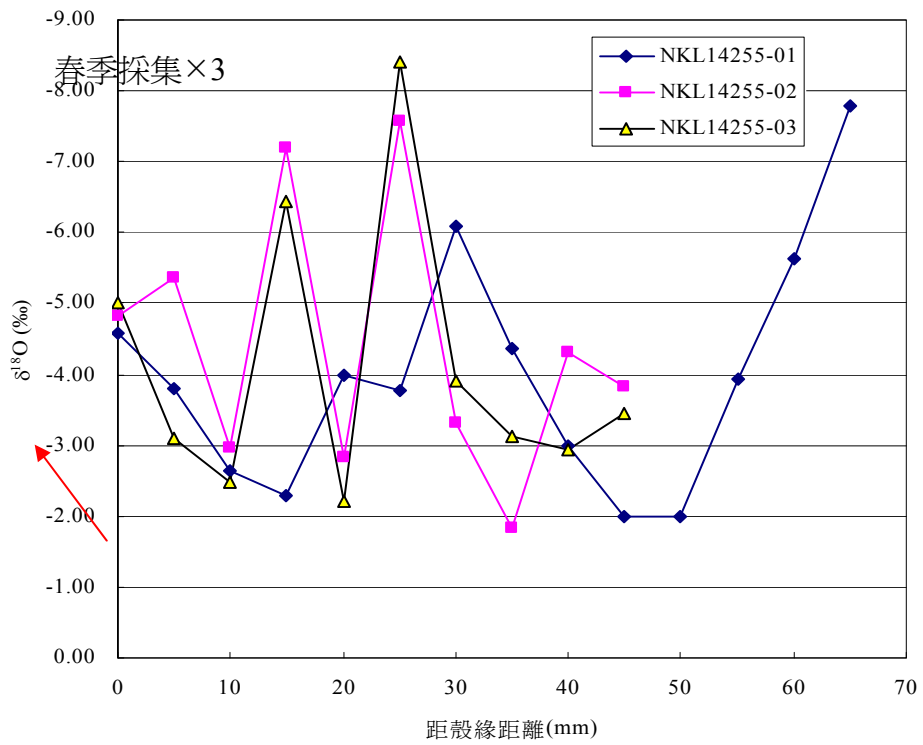
圖十七、第二文化層台灣歪簾蛤氧同位素隨殼體生長變化圖，箭頭表示同位素變化趨勢。



圖十八、第二文化層歪簾蛤氧同位素隨殼體生長變化圖，箭頭表示同位素變化趨勢。



圖十九、第二文化層皺滿月蛤氧同位素隨殼體生長變化圖，箭頭表示同位素變化趨勢。



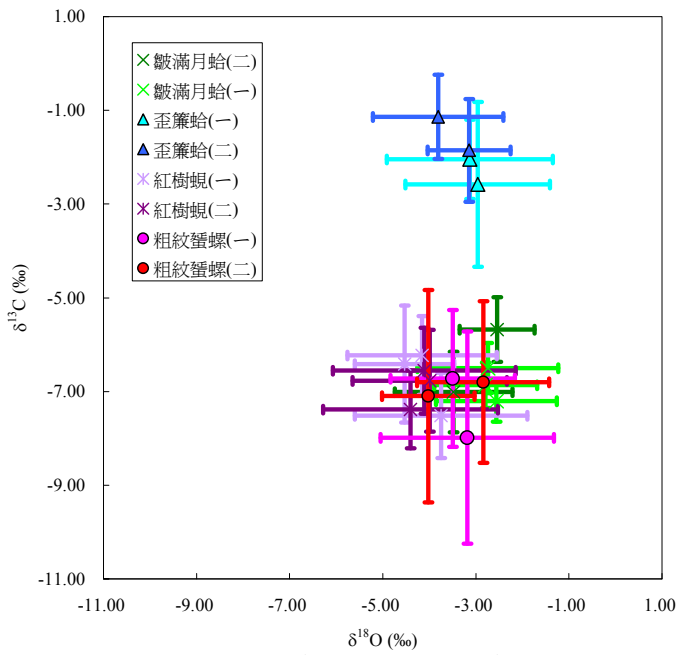
圖二十、第二文化層紅樹蜆氧同位素隨殼體生長變化圖，箭頭表示同位素變化趨勢。

從碳氧同位素的分佈，可見粗紋蜚螺、歪簾蛤、皺滿月蛤以及紅樹蜆四種種屬在兩文化層的碳氧同位素分佈沒有明顯變化(圖二十一)，顯示棲息環境無太大改變；然而，望遠鏡海蜷、斑海蜷、刻紋海蜷、血蚶、台灣歪簾蛤碳氧同位素分佈有顯著差異的存在(圖二十二)，但是非相同的變化趨勢，如血蚶僅在碳同位素有顯著變重( $\Delta \delta^{13}\text{C}=0.97\text{‰}$ ,  $P=0.008$ ) (圖二十三)；台灣歪簾蛤則是在氧同位素顯著變重( $\Delta \delta^{18}\text{O}=0.99\text{‰}$ ,  $P=0.004$ ) (圖二十四)；刻紋海蜷碳同位素顯著變重( $\Delta \delta^{13}\text{C}=0.73\text{‰}$ ,  $P=0.0008$ ) (圖二十五)，同時氧同位素顯著變輕( $\Delta \delta^{18}\text{O}=-0.81\text{‰}$ ,  $P=0.003$ )，顯示不同種屬的棲息環境受到不同因子改變，碳同位素的變重，可能意味水體環境的基礎生產力增加導致水體碳同位素的變重，亦或是河水帶來較輕碳同位素的量減少；氧同位素的變化，可能各種貝類個別棲息地受具有較小氧同位素數值的淡水影響程度的改變，值得分別進一步研究。

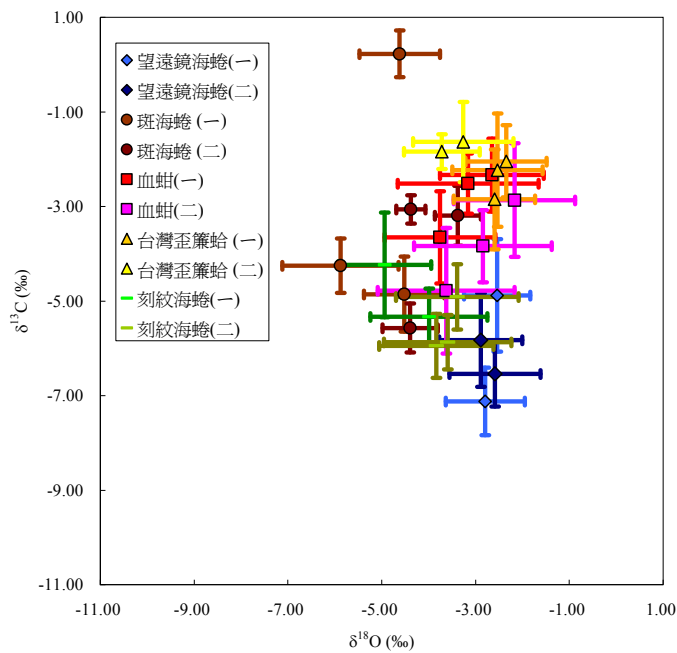
由於台灣西南沿海，冬季水體受淡水注入影響最小，故可以利用貝類的冬季氧同位素記錄代入霰石碳酸鈣氧同位素溫度方程式大致估算冬季水體溫度記錄： $T(^{\circ}\text{C}) = 19.7 - 4.34$   
( $^{18}\text{O}_{\text{aragonite}} - ^{18}\text{O}_{\text{w,SMOW}}$ ) (Hudson and Anderson, 1989)

T 表示霰石殼體生成時周圍水體的溫度， $^{18}\text{O}_{\text{aragonite}}$  表示霰石殼體中氧同位素數值(相對於標準試樣 V-PDB)， $^{18}\text{O}_{\text{w,SMOW}}$  表示霰石殼體生成時周圍水體的氧同位素(相對於標準試樣 V-SMOW)。

各標本計算之冬季溫度記錄如表三、表四所示。第一文化層所記錄之冬季溫度記錄多數分佈於之間(圖二十六)，第二文化層所記錄之冬季溫度記錄集中於  $26\sim 30^{\circ}\text{C}$  間(圖二十七)，明顯高於近年來(2000~2006 年)台南地區冬季(十二月~二月)平均海水溫度  $22\sim 25^{\circ}\text{C}$  (海洋資料庫)，顯示於中全新世暖期台灣西南部冬季溫度與全球有同樣的升溫現象。從 4700 年前至 4300 年前，冬季溫度有下降的趨勢，與中全新世暖期結束有相同趨勢。部份標本所顯示之冬季溫度有異常高的現象，可能表示所棲息環境在冬季時，仍然有受到淡水注入的影響，所造成的水體氧同位素的改變不可忽略。

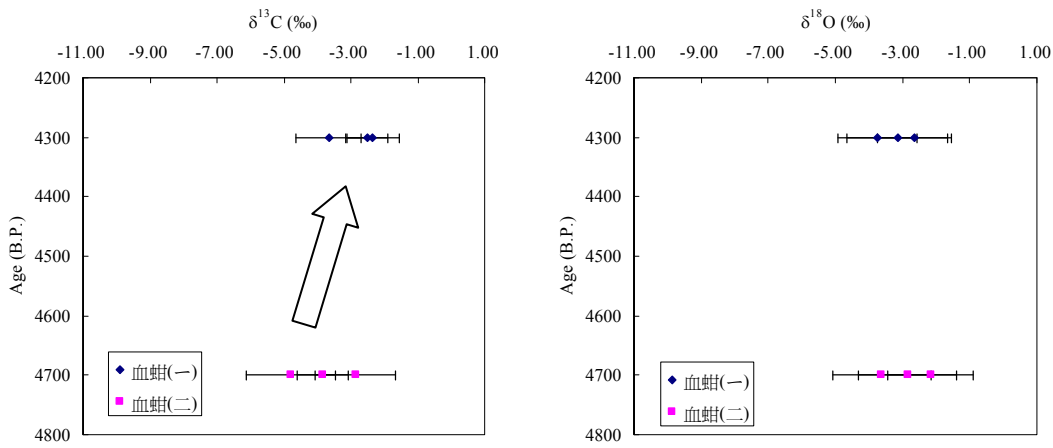


圖二十一、南關里遺址第一文化層與第二文化層粗紋蜆螺、歪簾蛤、皺滿月蛤以及紅樹蜆碳氧同位素分佈圖。

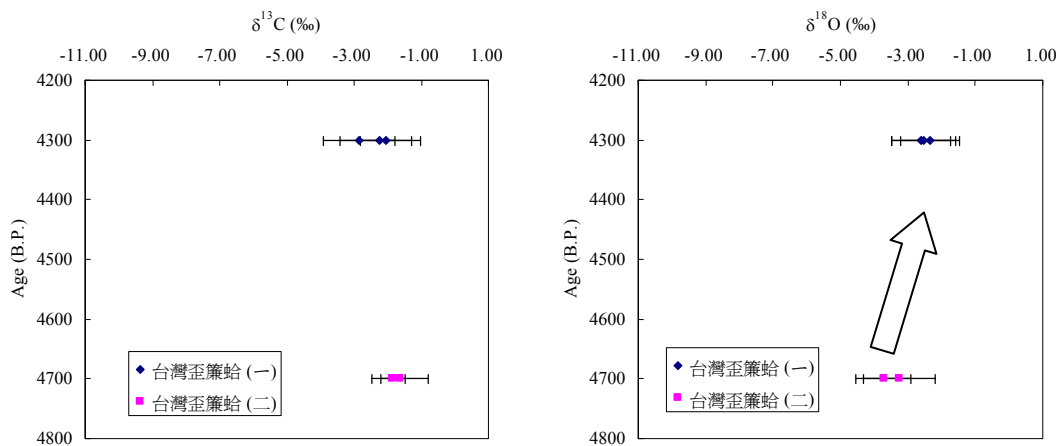


圖二十二、南關里遺址第一文化層與第二文化層望遠鏡海蜆、斑海蜆、刻紋海蜆、血蚶及台灣歪簾蛤碳氧同位素分佈圖。

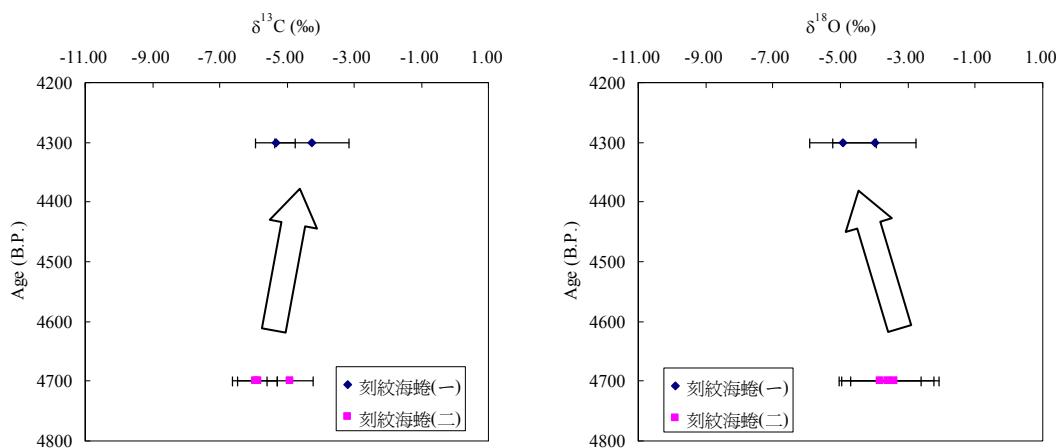




圖二十三、南關里遺址第一文化層與第二文化層血蚶碳氧同位素隨時間變化圖，箭頭代表兩文化層同位素記錄有顯著差異。



圖二十四、南關里遺址第一文化層與第二文化層台灣歪廉蛤碳氧同位素隨時間變化圖，箭頭代表兩文化層同位素記錄有顯著差異。



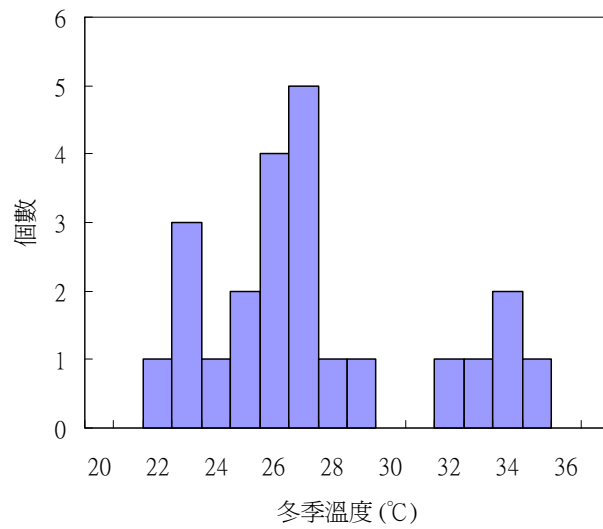
圖二十五、南關里遺址第一文化層與第二文化層刻紋海蜷碳氧同位素隨時間變化圖，箭頭代表兩文化層同位素記錄有顯著差異。

表三、南關里遺址第一文化層利用氧同位素計算之冬季溫度記錄

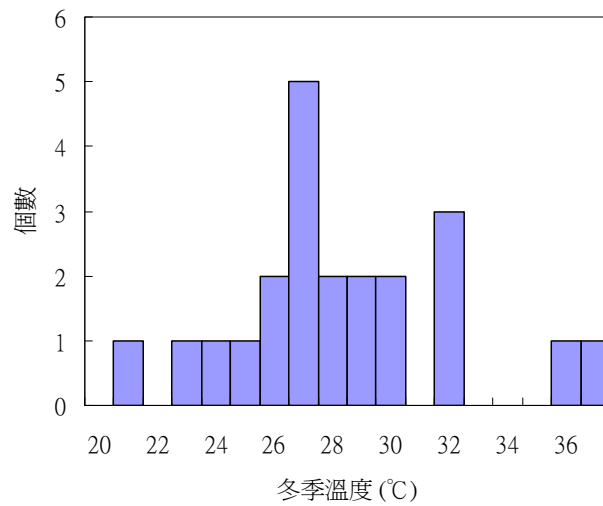
標本名稱	估算之冬季溫度(°C)	標本名稱	估算之冬季溫度(°C)
望遠鏡海蜆	25.52	台灣歪簾蛤	26.70
望遠鏡海蜆	23.03	台灣歪簾蛤	26.52
斑海蜆	33.24	台灣歪簾蛤	25.40
斑海蜆	34.52	歪簾蛤	24.92
斑海蜆	31.71	歪簾蛤	26.12
刻紋海蜆	24.90	皺滿月蛤	22.01
刻紋海蜆	32.79	皺滿月蛤	22.17
粗紋蜆螺	21.33	皺滿月蛤	22.54
粗紋蜆螺	25.95	紅樹蜆	27.35
血蚌	26.23	紅樹蜆	25.93
血蚌	28.40	紅樹蜆	33.61
血蚌	26.43		

表四、南關里遺址第二文化層利用氧同位素計算之冬季溫度記錄

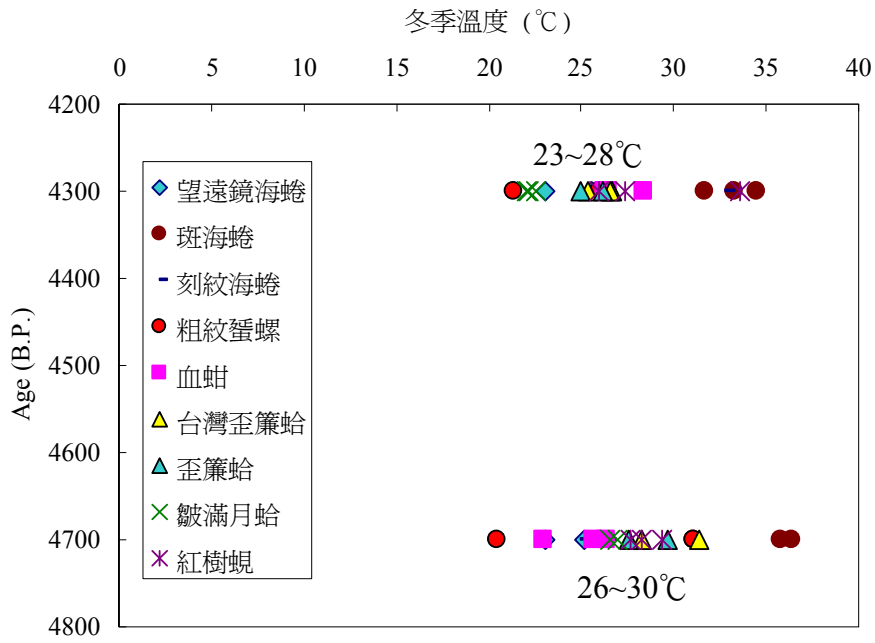
標本名稱	估算之冬季溫度(°C)	標本名稱	估算之冬季溫度(°C)
望遠鏡海蜆	23.09	血蚌	26.41
望遠鏡海蜆	25.16	血蚌	25.66
斑海蜆	31.11	台灣歪簾蛤	31.37
斑海蜆	35.81	台灣歪簾蛤	28.29
斑海蜆	36.38	歪簾蛤	29.66
刻紋海蜆	26.02	歪簾蛤	27.53
刻紋海蜆	24.99	皺滿月蛤	26.96
刻紋海蜆	26.36	皺滿月蛤	26.60
粗紋蜆螺	20.42	紅樹蜆	28.30
粗紋蜆螺	31.06	紅樹蜆	27.63
血蚌	22.92	紅樹蜆	29.33



圖二十六、南關里遺址第一文化層利用氧同位素估算之冬季溫度記錄分佈圖



圖二十七、南關里遺址第二文化層利用氧同位素估算之冬季溫度記錄分佈圖



圖二十八、南關里遺址第一文化層與第二文化層冬季溫季隨時間變化圖

附錄一、南關里遺址第一文化層貝類標本碳氧同位素分析統計表

SampleNo	Dist(mm)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	$\delta^{18}\text{O}$ (‰)	SampleNo	Dist(mm)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	$\delta^{18}\text{O}$ (‰)
NKL0839-01	5	-7.70	-4.28	NKL0839-02	0	-4.33	-2.48
望遠鏡海蜷	10	-7.27	-3.62	望遠鏡海蜷	5	-4.18	-3.06
	15	-7.54	-3.62		10	-5.22	-2.96
	20	-7.26	-3.84		15	-5.26	-2.59
	25	-6.78	-1.54		20	-4.67	-2.86
	30	-7.23	-2.87		25	-4.82	-3.16
	35	-7.70	-3.75		30	-4.92	-2.84
	40	-7.35	-3.05		35	-4.42	-2.79
	45	-6.85	-3.34		40	-4.64	-2.70
	50	-7.20	-3.18		45	-4.99	-2.65
	55	-7.13	-3.46		50	-5.03	-2.61
	60	-7.20	-5.16		55	-5.02	-3.14
	65	-7.92	-4.52		60	-5.82	-3.59
	70	-7.60	-3.49		70	-6.69	-3.86
	75	-7.71	-2.97		75	-7.15	-3.97
	80	-7.60	-2.46		80	-6.39	-2.94
	85	-8.11	-2.46		85	-6.08	-2.61
	90	-8.23	-2.14		90	-5.58	-2.57
	95	-7.86	-1.34		95	-5.26	-2.23
	100	-7.09	-1.78		100	-6.00	-2.47
	105	-7.08	-1.55		105	-6.92	-2.17
	110	-6.32	-1.48		110	-6.95	-2.48
	115	-7.62	-2.22		115	-5.61	-2.19
	120	-8.06	-1.98		120	-5.37	-2.69
	125	-6.43	-2.35		125	-6.27	-2.50
	130	-7.16	-2.45		130	-6.25	-2.43
	135	-6.64	-2.21		135	-4.96	-1.48
	140	-6.75	-2.33		140	-5.23	-1.28
	145	-6.58	-2.32		145	-4.66	-0.77
	150	-6.76	-2.68		150	-4.27	-0.89
	155	-6.48	-2.35		155	-3.97	-1.15
	160	-6.50	-2.24		160	-4.70	-1.73
	165	-6.82	-2.28		165	-3.84	-2.06
	170	-5.56	-2.54		170	-3.23	-2.04
	175	-6.44	-1.93		175	-2.51	-2.18
	180	-6.01	-2.61		180	-2.34	-2.25
	185	-6.47	-3.00		185	-3.20	-2.61
	190	-5.95	-3.00		190	-2.86	-2.64
	195	-6.01	-3.24		195	-3.05	-2.83
	200	-6.51	-3.17		200	-3.65	-2.69
	205	-7.34	-4.38		205	-5.17	-3.53
	210	-7.29	-2.83		210	-4.27	-3.50
	215	-6.92	-2.24		215	-4.18	-2.94
	220	-8.49	-2.54				
	225	-8.99	-2.99				
Max		-5.56	-1.34	Max		-2.34	-0.77
Min		-8.99	-5.16	Min		-7.15	-3.97
Range		3.43	3.82	Range		4.81	3.20
Average		-7.12	-2.79	Average		-4.88	-2.54

附錄一(續)

SampleNo	Dist(mm)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	$\delta^{18}\text{O}$ (‰)	SampleNo	Dist(mm)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	$\delta^{18}\text{O}$ (‰)	SampleNo	Dist(mm)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	$\delta^{18}\text{O}$ (‰)
NKL1966-01	0	-6.53	-4.97	NKL1966-02	0	0.47	-3.97	NKL1966-03	0	-5.19	-7.17
斑海蜆	5	-5.37	-5.51	斑海蜆	5	1.12	-4.53	斑海蜆	5	-4.88	-5.50
	10	-5.34	-5.01		10	0.20	-3.97		10	-3.91	-6.64
	15	-5.06	-4.36		15	0.58	-3.86		15	-4.24	-7.09
	20	-4.52	-3.12		20	-0.23	-4.71		20	-4.43	-7.96
	25	-6.20	-4.13		25	-0.31	-4.12		25	-3.98	-6.11
	30	-5.26	-4.04		30	-0.41	-3.41		30	-3.73	-3.77
	35	-4.48	-4.75		35	0.02	-3.62		35	-4.39	-5.00
	40	-4.47	-4.13		40	-0.11	-4.81		40	-4.24	-6.23
	45	-3.80	-4.20		45	-0.08	-4.55		45	-3.84	-5.91
	50	-3.85	-3.82		50	-0.12	-6.70		50	-3.53	-6.90
	55	-4.67	-3.66		55	0.78	-4.42		55	-3.24	-5.77
	60	-4.28	-6.65		60	1.11	-5.52		60	-3.55	-5.64
	65	-4.05	-4.36		65	0.51	-5.47		65	-4.59	-5.63
	75	-4.97	-5.12		70	-0.25	-4.65		70	-4.72	-5.84
					75	0.36	-5.57		75	-5.11	-6.04
									80	-4.76	-2.77
Max		-3.80	-3.12	Max		1.12	-3.41	Max		-3.24	-2.77
Min		-6.53	-6.65	Min		-0.41	-6.70	Min		-5.19	-7.96
Range		2.73	3.53	Range		1.53	3.29	Range		1.95	5.19
Average		-4.86	-4.52	Average		0.23	-4.62	Average		-4.25	-5.88

SampleNo	Dist(mm)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	$\delta^{18}\text{O}$ (‰)	SampleNo	Dist(mm)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	$\delta^{18}\text{O}$ (‰)
NKL4339-01	0	-6.01	-5.09	NKL4339-02	5	-4.42	-3.02
刻紋海蜆	5	-5.55	-4.51	刻紋海蜆	10	-4.38	-4.20
	10	-5.19	-4.35		15	-4.76	-5.47
	15	-4.94	-3.96		20	-4.26	-6.13
	20	-4.99	-3.82		25	-5.16	-5.89
	25	-4.74	-4.21		30	-5.49	-6.18
	30	-4.82	-4.83		35	-1.77	-4.39
	35	-5.67	-4.98		40	-2.95	-5.68
	40	-6.91	-6.32		45	-4.09	-3.95
	45	-5.84	-4.17		50	-5.86	-4.58
	50	-5.63	-3.46		55	-3.75	-5.28
	55	-5.10	-4.06		60	-3.98	-4.46
	60	-4.62	-1.20				
	65	-5.01	-2.11				
	70	-5.05	-2.84				
Max		-4.62	-1.20	Max		-1.77	-3.02
Min		-6.91	-6.32	Min		-5.86	-6.18
Range		2.29	5.12	Range		4.08	3.17
Average		-5.34	-3.99	Average		-4.24	-4.93

附錄一(續)

SampleNo	Dist(mm)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	$\delta^{18}\text{O}$ (‰)	SampleNo	Dist(mm)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	$\delta^{18}\text{O}$ (‰)
NKL3397-01	0	-10.00	-3.33	NKL3397-02	0	-9.23	-4.19
粗紋蜆螺	5	-11.41	-5.31	粗紋蜆螺	5	-5.47	-1.44
	10	-10.07	-3.24		10	-6.92	-3.51
	15	-8.11	-0.38		15	-7.54	-3.04
	20	-7.07	-3.10		20	-7.86	-4.73
	25	-7.97	-6.56		25	-5.13	-1.75
	30	-6.02	-0.70		30	-6.47	-4.31
	35	-9.44	-3.87		35	-5.15	-5.04
	40	-4.90	-2.89				
	45	-4.86	-2.46				
Max		-4.86	-0.38	Max		-5.13	-1.44
Min		-11.41	-6.56	Min		-9.23	-5.04
Range		6.55	6.19	Range		4.10	3.60
Average		-7.98	-3.19	Average		-6.72	-3.50

SampleNo	Dist(mm)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	$\delta^{18}\text{O}$ (‰)	SampleNo	Dist(mm)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	$\delta^{18}\text{O}$ (‰)	SampleNo	Dist(mm)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	$\delta^{18}\text{O}$ (‰)
NKL13049-01	0	-1.59	-2.53	NKL13049-02	0	-1.99	-2.77	NKL13049-03	0	-1.38	-3.11
血蚶	5	-2.60	-1.50	血蚶	5	-3.04	-3.78	血蚶	5	-2.48	-2.18
	10	-3.21	-2.70		10	-3.56	-2.01		10	-3.60	-4.50
	15	-1.66	-1.67		15	-3.76	-3.36		15	-2.65	-2.91
	20	-2.89	-3.42		20	-4.03	-4.33		20	-1.79	-1.55
	25	-2.74	-5.16		25	-5.17	-5.58		25	-2.11	-1.66
	30	-2.94	-5.14		30	-4.02	-4.49				
Max		-1.59	-1.50	Max		-1.99	-2.01	Max		-1.38	-1.55
Min		-3.21	-5.16	Min		-5.17	-5.58	Min		-3.60	-4.50
Range		1.62	3.65	Range		3.18	3.57	Range		2.22	2.95
Average		-2.52	-3.16	Average		-3.65	-3.76	Average		-2.33	-2.65

SampleNo	Dist(mm)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	$\delta^{18}\text{O}$ (‰)	SampleNo	Dist(mm)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	$\delta^{18}\text{O}$ (‰)	SampleNo	Dist(mm)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	$\delta^{18}\text{O}$ (‰)
NKL13382-01	0	-3.22	-3.90	NKL13382-02	0	-2.12	-3.49	NKL13382-03	0	-1.30	-3.43
台灣歪簾蛤	5	-0.93	-1.94	台灣歪簾蛤	5	-1.88	-2.02	台灣歪簾蛤	10	-1.33	-1.31
	10	-2.39	-1.61		10	-1.26	-1.63		15	-2.47	-2.22
	15	-3.81	-2.26		15	-1.68	-1.57		20	-3.83	-3.16
	20	-3.22	-2.53		20	-3.29	-3.03				
	25	-3.54	-3.33								
Max		-0.93	-1.61	Max		-1.26	-1.57	Max		-1.30	-1.31
Min		-3.81	-3.90	Min		-3.29	-3.49	Min		-3.83	-3.43
Range		2.88	2.29	Range		2.03	1.92	Range		2.53	2.12
Average		-2.85	-2.60	Average		-2.05	-2.35	Average		-2.23	-2.53

附錄一(續)

SampleNo	Dist(mm)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	$\delta^{18}\text{O}$ (‰)	SampleNo	Dist(mm)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	$\delta^{18}\text{O}$ (‰)
NKL13328	0	-1.74	-2.26	NKL13334	0	-0.70	-2.30
歪簾蛤	5	-2.48	-5.99	歪簾蛤	5	-2.26	-5.26
	10	-1.11	-1.20		10	-2.68	-1.96
	15	-3.27	-3.36		15	-5.44	-3.81
	20	-1.62	-2.86		20	-1.81	-1.48
Max		-1.11	-1.20	Max		-0.70	-1.48
Min		-3.27	-5.99	Min		-5.44	-5.26
Range		2.17	4.78	Range		4.73	3.78
Average		-2.04	-3.13	Average		-2.58	-2.96

SampleNo	Dist(mm)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	$\delta^{18}\text{O}$ (‰)	SampleNo	Dist(mm)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	$\delta^{18}\text{O}$ (‰)	SampleNo	Dist(mm)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	$\delta^{18}\text{O}$ (‰)
NKL13508-01	0	-6.80	-3.39	NKL13508-02	0	-6.71	-4.63	NKL13508-03	0	-7.43	-2.14
皺滿月蛤	5	-6.19	-3.18	皺滿月蛤	5	-5.82	-4.30	皺滿月蛤	5	-6.45	-2.93
	10	-7.31	-3.61		10	-7.07	-3.00		10	-7.58	-0.66
	15	-6.86	-1.86		15	-7.46	-2.25		15	-7.04	-1.93
	20	-6.56	-2.63		20	-5.79	-1.38		20	-6.96	-2.02
	25	-6.75	-3.22		25	-6.80	-3.94		25	-7.15	-3.56
	30	-7.40	-5.10		30	-6.19	-0.57		30	-7.79	-4.69
	35	-6.88	-3.35		35	-7.09	-4.92				
	40	-6.36	-0.53		40	-6.28	-0.91				
	45	-7.27	-3.24		45	-6.52	-3.48				
	50	-7.87	-1.63		50	-5.95	-2.08				
	55	-6.24	-3.03		55	-6.35	-1.41				
	60	-6.55	-2.70								
	65	-7.12	-1.63								
Max		-6.19	-0.53	Max		-5.79	-0.57	Max		-6.45	-0.66
Min		-7.87	-5.10	Min		-7.46	-4.92	Min		-7.79	-4.69
Range		1.68	4.56	Range		1.67	4.35	Range		1.34	4.04
Average		-6.87	-2.79	Average		-6.50	-2.74	Average		-7.20	-2.56

SampleNo	Dist(mm)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	$\delta^{18}\text{O}$ (‰)	SampleNo	Dist(mm)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	$\delta^{18}\text{O}$ (‰)	SampleNo	Dist(mm)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	$\delta^{18}\text{O}$ (‰)
NKL14390-01	0	-6.45	-5.40	NKL14390-02	0	-7.65	-5.58	NKL14390-03	0	-4.52	-3.62
紅樹蜆	5	-5.34	-3.13	紅樹蜆	5	-7.95	-6.54	紅樹蜆	5	-4.98	-3.29
	10	-7.52	-6.70		10	-7.76	-5.41		10	-6.21	-6.03
	15	-5.28	-2.40		15	-6.51	-2.08		15	-5.81	-4.64
	20	-7.08	-3.34		20	-8.12	-3.64		20	-6.91	-4.86
	25	-6.05	-3.84		25	-7.13	-1.70		25	-7.41	-4.92
	30	-5.66	-1.92		30	-8.36	-4.45		30	-7.70	-3.20
	35	-6.61	-4.10		35	-5.71	-1.44		35	-7.80	-5.71
	40	-7.43	-6.22		40	-8.42	-2.91				
	45	-6.50	-4.94								
	50	-4.96	-1.76								
	60	-5.50	-5.54								
	65	-6.60	-4.78								
Max		-4.96	-1.76	Max		-5.71	-1.44	Max		-4.52	-3.20
Min		-7.52	-6.70	Min		-8.42	-6.54	Min		-7.80	-6.03
Range		2.56	4.94	Range		2.71	5.10	Range		3.28	2.83
Average		-6.23	-4.16	Average		-7.51	-3.75	Average		-6.42	-4.53



附錄二、南關里遺址第二文化層貝類標本碳氧同位素分析統計表

SampleNo	Dist(mm)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	$\delta^{18}\text{O}$ (‰)	SampleNo	Dist(mm)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	$\delta^{18}\text{O}$ (‰)
NKL4407-01	0	-7.84	-4.95	NKL4407-02	0	-6.23	-4.14
望遠鏡海蜷	5	-6.93	-3.72	望遠鏡海蜷	5	-5.56	-3.41
	10	-6.25	-3.25		10	-6.01	-3.59
	15	-6.66	-4.05		15	-5.41	-3.48
	20	-6.55	-2.72		20	-5.03	-3.17
	25	-6.10	-3.33		25	-4.63	-2.45
	30	-5.84	-2.23		30	-4.45	-1.97
	35	-5.57	-1.72		35	-4.58	-1.34
	40	-6.05	-1.08		40	-4.43	-1.42
	45	-6.03	-0.84		45	-4.68	-1.41
	50	-6.11	-0.90		50	-5.18	-2.35
	55	-5.79	-1.38		55	-5.54	-4.06
	60	-6.28	-0.78		60	-5.39	-3.98
	65	-6.23	-1.29		65	-5.35	-5.00
	70	-6.03	-1.85		70	-4.57	-2.69
	75	-5.95	-2.14		75	-4.89	-2.98
	80	-5.39	-2.54		80	-6.67	-3.39
	85	-5.76	-2.68		85	-5.94	-2.79
	90	-6.49	-2.02		90	-4.48	-2.07
	95	-6.47	-2.76		95	-4.35	-2.57
	100	-6.44	-2.29		100	-4.51	-1.26
	105	-6.84	-2.44		105	-4.77	-1.61
	110	-6.71	-2.39		110	-5.04	-1.58
	115	-6.46	-2.78		115	-6.15	-2.26
	120	-6.48	-2.79		120	-6.33	-2.55
	125	-6.77	-2.68		125	-6.44	-2.57
	130	-6.92	-2.72		130	-6.49	-2.61
	135	-6.79	-2.68		135	-6.00	-2.77
	140	-6.71	-2.91		140	-5.86	-3.00
	145	-8.14	-3.19		145	-5.86	-2.70
	150	-7.94	-3.61		150	-6.39	-2.77
	155	-6.88	-3.33		155	-6.99	-2.92
	160	-6.07	-3.27		160	-6.84	-3.41
	170	-7.59	-4.12		165	-7.29	-3.79
	175	-7.23	-4.15		170	-7.47	-3.70
	180	-7.00	-3.04		175	-7.86	-4.25
	185	-7.64	-2.42		180	-6.48	-2.99
	190	-7.14	-2.45		185	-6.96	-4.24
	195	-5.14	-1.42		190	-6.91	-2.56
					195	-7.06	-2.62
					200	-7.03	-3.12
					205	-6.70	-3.84
Max		-5.14	-0.78	Max		-4.35	-1.26
Min		-8.14	-4.95	Min		-7.86	-5.00
Range		3.00	4.17	Range		3.51	3.74
Average		-6.54	-2.59	Average		-5.83	-2.89

附錄二(續)

SampleNo	Dist(mm)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	$\delta^{18}\text{O}$ (‰)	SampleNo	Dist(mm)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	$\delta^{18}\text{O}$ (‰)	SampleNo	Dist(mm)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	$\delta^{18}\text{O}$ (‰)
NKL4218-01	0	-2.82	-3.74	NKL4218-02	0	-4.77	-4.97	NKL4218-03	0	-3.39	-4.48
斑海蜆	5	-3.90	-3.92	斑海蜆	5	-4.86	-5.57	斑海蜆	5	-3.31	-4.92
	10	-3.67	-3.47		10	-5.27	-4.78		10	-3.30	-4.88
	15	-2.86	-4.17		15	-5.08	-4.33		15	-3.06	-4.07
	20	-2.65	-3.77		20	-5.08	-3.90		20	-2.78	-4.50
	25	-2.84	-3.37		25	-5.31	-3.71		25	-2.93	-4.62
	30	-2.98	-3.14		30	-5.90	-4.88		30	-2.59	-4.42
	35	-3.06	-2.96		35	-6.02	-4.95		35	-2.71	-4.17
	40	-2.68	-3.39		40	-5.95	-4.30		40	-3.28	-4.27
	45	-2.47	-3.02		45	-6.08	-4.34		45	-3.23	-4.43
	50	-2.64	-2.87		50	-6.08	-3.77		50	-2.75	-3.84
	55	-3.10	-3.17		55	-6.21	-3.90		55	-2.95	-4.09
	60	-3.42	-3.26		60	-5.81	-3.73		60	-3.54	-4.25
	65	-3.42	-2.77								
	70	-3.63	-2.63								
	75	-3.84	-3.02								
	80	-4.01	-3.17								
	85	-4.62	-4.34								
	90	-2.09	-3.99								
Max		-2.09	-2.63	Max		-4.77	-3.71	Max		-2.59	-3.84
Min		-4.62	-4.34	Min		-6.21	-5.57	Min		-3.54	-4.92
Range		2.54	1.71	Range		1.45	1.85	Range		0.95	1.08
Average		-3.19	-3.38	Average		-5.57	-4.39	Average		-3.06	-4.38

SampleNo	Dist(mm)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	$\delta^{18}\text{O}$ (‰)	SampleNo	Dist(mm)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	$\delta^{18}\text{O}$ (‰)	SampleNo	Dist(mm)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	$\delta^{18}\text{O}$ (‰)
NKL4357-01	0	-6.84	-3.64	NKL4357-02	0	-5.02	-5.01	NKL4357-03	5	-5.51	-5.32
刻紋海蜆	5	-6.25	-3.94	刻紋海蜆	5	-4.87	-4.85	刻紋海蜆	10	-5.38	-4.92
	10	-6.62	-4.20		10	-5.34	-4.68		15	-5.83	-4.56
	15	-5.74	-3.93		15	-6.62	-4.26		20	-6.04	-4.87
	20	-5.87	-3.24		20	-5.11	-4.82		25	-6.85	-4.11
	25	-5.88	-3.33		25	-5.33	-3.13		30	-6.73	-4.93
	30	-5.70	-3.32		30	-4.86	-3.48		35	-6.55	-3.75
	35	-5.98	-2.74		35	-4.95	-3.12		40	-6.41	-3.81
	40	-5.54	-2.78		40	-5.50	-3.05		45	-6.62	-3.08
	45	-5.04	-1.57		45	-4.77	-2.36		50	-6.96	-2.58
	50	-5.28	-1.95		50	-4.24	-1.36		55	-5.74	-2.13
	55	-5.95	-2.06		55	-3.74	-2.37		60	-5.99	-2.58
	60	-5.18	-2.19		60	-4.84	-2.57		65	-5.13	-1.54
	65	-4.40	-1.46		65	-3.79	-1.22		70	-4.89	-1.93
	70	-5.11	-1.59		70	-3.72	-1.34		75	-5.24	-2.34
	75	-5.12	-2.28		75	-3.93	-1.92		80	-6.34	-4.00
	85	-6.27	-3.36		80	-4.95	-2.68		85	-6.41	-4.78
	90	-6.17	-4.63		85	-4.57	-2.77		90	-5.26	-4.18
	95	-5.85	-4.56		90	-5.52	-3.81		95	-6.70	-5.14
	100	-5.97	-5.08		95	-5.29	-4.43		100	-5.41	-4.86
	105	-6.52	-4.67		100	-5.15	-5.54		105	-4.93	-5.18
	110	-6.26	-5.96		105	-5.46	-4.27				
	115	-6.38	-5.92		110	-5.40	-4.96				
	120	-6.46	-5.86								
	125	-6.22	-4.59								
	130	-6.44	-4.84								
	135	-5.56	-3.39								
Max		-4.40	-1.46	Max		-3.72	-1.22	Max		-4.89	-1.54
Min		-6.84	-5.96	Min		-6.62	-5.54	Min		-6.96	-5.32
Range		2.43	4.50	Range		2.90	4.32	Range		2.07	3.79
Average		-5.87	-3.60	Average		-4.91	-3.39	Average		-5.95	-3.84

附錄二(續)

SampleNo	Dist(mm)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	$\delta^{18}\text{O}$ (‰)	SampleNo	Dist(mm)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	$\delta^{18}\text{O}$ (‰)
NKL4240-01	0	-8.19	-2.21	NKL4240-02	0	-10.49	-3.53
粗紋蜆螺	5	-9.45	-3.41	粗紋蜆螺	5	-9.25	-4.77
	10	-4.73	-1.87		10	-9.34	-4.36
	15	-8.05	-3.31		15	-7.08	-5.71
	20	-6.02	-0.91		20	-6.64	-3.72
	25	-9.10	-3.42		25	-6.70	-2.62
	30	-6.63	-0.17		30	-6.14	-2.88
	35	-8.18	-3.28		35	-4.84	-4.84
	40	-6.20	-4.79		40	-3.41	-3.79
	45	-5.17	-3.54				
	50	-5.17	-2.30				
	55	-4.69	-4.90				
Max		-4.69	-0.17	Max		-3.41	-2.62
Min		-9.45	-4.90	Min		-10.49	-5.71
Range		4.76	4.74	Range		7.08	3.09
Average		-6.80	-2.84	Average		-7.10	-4.02

SampleNo	Dist(mm)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	$\delta^{18}\text{O}$ (‰)	SampleNo	Dist(mm)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	$\delta^{18}\text{O}$ (‰)	SampleNo	Dist(mm)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	$\delta^{18}\text{O}$ (‰)
NKL13011-0	0	-2.77	-1.31	NKL13011-02	0	-5.60	-4.16	NKL13011-03	0	-3.24	-1.49
血蚶	5	-3.21	-0.74	血蚶	5	-6.04	-5.74	血蚶	5	-4.19	-3.72
	10	-4.74	-4.43		10	-4.08	-3.00		10	-2.97	-1.37
	15	-3.11	-2.52		15	-2.44	-1.55		15	-3.33	-1.85
	20	-2.27	-2.35		20	-4.99	-2.91		20	-4.88	-3.73
	25	-1.09	-1.66		25	-5.52	-4.40		25	-4.41	-4.90
Max		-1.09	-0.74	Max		-2.44	-1.55	Max		-2.97	-1.37
Min		-4.74	-4.43	Min		-6.04	-5.74	Min		-4.88	-4.90
Range		3.65	3.69	Range		3.60	4.20	Range		1.91	3.52
Average		-2.87	-2.17	Average		-4.78	-3.62	Average		-3.84	-2.84

SampleNo	Dist(mm)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	$\delta^{18}\text{O}$ (‰)	SampleNo	Dist(mm)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	$\delta^{18}\text{O}$ (‰)	SampleNo	Dist(mm)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	$\delta^{18}\text{O}$ (‰)
NKL13379-0	0	-1.64	-2.86	NKL13379-02	0	-1.70	-2.80	NKL13379-03	0	-1.70	-2.80
台灣歪簾蛤	5	-2.00	-2.69	台灣歪簾蛤	5	-0.88	-1.98	台灣歪簾蛤	5	-0.88	-1.98
	10	-2.13	-4.34		10	-2.48	-4.66		10	-2.48	-4.66
	15	-2.34	-4.63		15	-2.63	-4.04		15	-2.63	-4.04
	20	-1.49	-3.61		20	-1.64	-3.82		20	-1.64	-3.82
	25	-1.44	-4.19		25	-0.48	-2.27		25	-0.48	-2.27
Max		-1.44	-2.69					Max		-0.48	-1.98
Min		-2.34	-4.63					Min		-2.63	-4.66
Range		0.90	1.94					Range		2.15	2.68
Average		-1.84	-3.72					Average		-1.64	-3.26

附錄二(續)

SampleNo	Dist(mm)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	$\delta^{18}\text{O}$ (‰)	SampleNo	Dist(mm)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	$\delta^{18}\text{O}$ (‰)
NKL13329	0	-1.03	-3.68	NKL13343	0	-0.68	-4.41
歪簾蛤	5	-1.38	-3.71	歪簾蛤	5	-0.69	-3.26
	10	-0.53	-2.32		10	-1.30	-4.30
	15	-2.01	-4.59		15	-1.75	-4.99
	20	-2.28	-2.29		20	-0.21	-2.32
	25	-3.94	-3.11		25	-0.54	-1.81
	30	-1.81	-2.33		30	-2.80	-5.60
Max		-0.53	-2.29	Max		-0.21	-1.81
Min		-3.94	-4.59	Min		-2.80	-5.60
Range		3.40	2.30	Range		2.59	3.79
Average		-1.85	-3.15	Average		-1.14	-3.81

SampleNo	Dist(mm)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	$\delta^{18}\text{O}$ (‰)	SampleNo	Dist(mm)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	$\delta^{18}\text{O}$ (‰)
NKL13187-0	0	-5.33	-3.21	NKL13187-02	0	-4.73	-3.12
皺滿月蛤	5	-6.77	-2.96	皺滿月蛤	5	-5.02	-1.59
	10	-7.64	-1.67		10	-5.48	-3.18
	15	-6.97	-3.38		15	-6.09	-3.88
	20	-7.36	-2.89		20	-5.27	-1.83
	25	-7.91	-4.24		25	-5.69	-2.74
	30	-7.02	-3.73		30	-6.69	-1.89
	35	-6.12	-2.97		35	-6.45	-2.14
	40	-7.99	-6.29				
Max		-5.33	-1.67	Max		-4.73	-1.59
Min		-7.99	-6.29	Min		-6.69	-3.88
Range		2.66	4.61	Range		1.95	2.29
Average		-7.01	-3.48	Average		-5.68	-2.55

SampleNo	Dist(mm)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	$\delta^{18}\text{O}$ (‰)	SampleNo	Dist(mm)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	$\delta^{18}\text{O}$ (‰)	SampleNo	Dist(mm)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	$\delta^{18}\text{O}$ (‰)
NKL14255-0	0	-6.88	-4.57	NKL14255-02	0	-8.38	-4.82	NKL14255-03	0	-6.51	-5.02
紅樹蜆	5	-6.60	-3.81	紅樹蜆	5	-7.51	-5.37	紅樹蜆	5	-7.49	-3.10
	10	-5.38	-2.65		10	-7.80	-2.98		10	-6.06	-2.49
	15	-5.24	-2.30		15	-8.68	-7.20		15	-7.89	-6.45
	20	-6.14	-3.98		20	-6.67	-2.83		20	-5.27	-2.22
	25	-7.69	-3.78		25	-7.34	-7.58		25	-7.44	-8.40
	30	-8.51	-6.10		30	-6.54	-3.30		30	-7.26	-3.92
	35	-7.39	-4.37		35	-5.95	-1.83		35	-6.24	-3.12
	40	-6.18	-2.99		40	-7.52	-4.31		40	-6.00	-2.94
	45	-5.74	-1.98		45	-7.44	-3.82		45	-5.41	-3.45
	50	-5.71	-2.00								
	55	-7.22	-3.95								
	60	-7.68	-5.62								
	65	-8.45	-7.80								
Max		-5.24	-1.98	Max		-5.95	-1.83	Max		-5.27	-2.22
Min		-8.51	-7.80	Min		-8.68	-7.58	Min		-7.89	-8.40
Range		3.27	5.82	Range		2.73	5.75	Range		2.62	6.18
Average		-6.77	-3.99	Average		-7.38	-4.40	Average		-6.56	-4.11

## 參考書目

李匡悌

- 2005a <論墾丁史前聚落遺址的貝類採集及其古代水體環境的意義>，南島學報，第一卷，47-63 頁。
- 2005b <來自遠古海洋牧場的遺留：澎湖地區出土的史前貝類>，《第四屆澎湖研究學術研討會論文集》，頁 87-116。
- 2006 <從碳氧同位素分析論古代台灣貝類採集與古環境的含意>，《新世紀的考古學－文化、區位、生態的多元互動》，P.107-162，北京：紫禁城出版社。

陳佩芬、汪中和、何麗如

- 1990 <台灣的氫氧同位素天水線>，地質，10 卷，1 期，21-28 頁

彭宗仁、汪中和、陳鎮東

- 1990 <苗栗白沙屯過港貝化石層內軟體動物化石之嘆氧同位素研究>，經濟部中央地質調查所特刊，第四號，307-322 頁

Andreasson, F.P., Schmitz, B. and Jonsson, E.,

- 1999 Surface-water seasonality from stable isotope profiles of *Littorina littorea* shells: Implications for paleoenvironmental re-constructions of coastal areas: *Palaios*, v. 14, p. 273-281.

Andrus, C. F. T. and Crowe, D. E.,

- 2000 Geochemical Analysis of *Crassostrea virginica* as a Method to Determine Season of Capture: *Journal of Archaeological Science*, v. 27, p. 33-42.

Carré, M., Bentaleb, I., Fontugne, M. and Lavallée, D.,

- 2005 Strong El Niño events during the early Holocene: stable isotope evidence from Peruvian sea shells: *The Holocene*, v. 15, p.42-47.

Elliot, M., deMenocal, P. B., Linsley, B. K. and Howland, S. S.,

- 2003 Environmental controls on the stable isotopic composition of *Mercenaria mercenaria*: Potential application to paleoenvironmental studies: *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, v. 4, 1056, doi:10.1029/2002GC000425.

Hays, P. D. and Grossman, E. L.,

- 1991 Oxygen isotope in meteoric calcite cements as indicators of continental climate: *Geology*, v. 19, p. 441-444.

Hudson, J. D. and Anderson, T. F.,

- 1989 Ocean temperature and isotopic compositions through time: *Transactions of the Royal Society of Edinburgh: Earth Science*, v. 80, p. 183-192.

Jones, D. S.,

- 1985 Growth increments and geochemical variations in the molluscan shell: *Mollusks; Studies in Geology*, v. 13, p. 72-87.

Jones, D. S., Quitmyer, I. R. and Andrus, C. F. T.,

- 2005 Oxygen isotopic evidence for greater seasonality in Holocene shells of *Donax variabilis* from Florida: *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, v. 228 p. 96-108.

Kirby, M. X., Soniat, T. M. and Spero, H. J.,

- 1998 Stable isotope sclerochronology of Pleistocene and recent oyster shells (*Crassostrea virginica*): *Palaios*, v. 13, p. 560–569.
- Krantz, D. E., Williams, D. F. and Jones, D. S.,  
1987 Ecological and Paleoenvironmental Information Using Stable Isotope Profiles from Living and Fossil Molluscs: *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, v. 58, p. 249-266.
- Lin, Y., Mii, H. and Li, K.,  
2006 Oxygen Isotope Evidence for Higher Summer Temperature in *Tridacna maxima* Shells from Southern Taiwan, 4,000 B.P.: *Eos Trans. AGU*, 87(52), Fall Meet. Suppl., Abstract PP43A-1211
- Mook, W. G.,  
1971 Paleotemperatures and chlorinities from stable carbon and oxygen isotopes in shell carbonate: *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, v. 9, p.245-263.
- Romanek, C. S., Jones, D. S., Williams, D. F., Krantz, D. E. and Radtke, R.,  
1987 Stable isotopic investigation of physiological and environmental changes recorded in shell carbonate from the giant clam *Tridacna maxima*: *Marine Biology*, v. 94, p. 385-393.
- Wang, C.H. and Tsai, P.S.,  
1993 The stable isotopic records of *Corbicula subsulcata* from the Yuanshan Shell Mound: paleo-environmental and paleo-ecological implications: *Proceedings of the Geological Society of China*, v. 36, p. 25-34.

網路資訊

台灣貝類資料庫網頁(<http://shell.sinica.edu.tw/>)

海洋資料庫(<http://140.112.65.17/odbs/>)