
國際海洋古全球變遷研究 (IMAGES)

2005 年航次介紹

柯惠親

國立台灣師範大學 地球科學系

IMAGES 計畫簡介

IMAGES (International Marine Past Global Change Study) (國際海洋古全球變遷研究) 為國際古全球變遷研究 PAGES (Past Global Change Studies) 的子計畫之一，於 2005 年六月執行 PECTEN (Past Equatorial Climate: Tracking El Niño) 航次，在西太平洋採取海洋岩芯，IMAGES 主要目標在於研究海洋沉積物以了解氣候變遷的機制與結果，為達此目標必須取得高解析度且可反映海底表層或底部物理化學性質變化的沉積物紀錄，提供充分的資料給氣候系統模擬，其主題可以分為以下三點 (IMAGES, 2003)：

- (一) 表層及深層海水性質的變化與全球熱量傳輸及氣候演變的關係；
- (二) 在古大氣中二氧化碳濃度變化在時間序列上與海洋環流、化學、及生物活動的交互作用機制；
- (三) 陸地氣候與海洋表層及深層水性質變化的關連性。

本航次主要的目標為獲取所羅門群島鄰近海域 (Solomon Islands and Seas)、安騰 - 爪哇海底高原 (Ontong-Java Plateau)、巴布亞新幾內亞 (Papua New

Guinea) Fly 與 Sepik 河口等鄰近海域的高沈積速率長岩芯。本航次由 Luc Beaufort (CEREGE, France)、André Droxler (Rice Univ., USA)、與陳明德教授 (NTOU, Taiwan) 率領來自法國、台灣、日本、德國、美國的科學家參與。台灣共有來自國立台灣海洋大學、台北市市立師範學院、中央研究院、國立台灣大學、國立台灣師範大學、國立彰化師範大學的 19 位師生及研究助理參與此航次的研究工作。

航次簡述

PECTEN 航次原預定於 6/12 日自印尼 Bitung 港出發，於 7/10 日抵達澳洲達爾文港，幸而 PECTEN 航次的前一階段 POLO 航次於 5/31 日完成台灣西南海域天然氣水合物的計畫於高雄港停泊，因此台灣參與計劃的人員於 6/1 日於高雄港上船，提前參與 POLO 航次的後半階段，並於 6/2 日清晨出港。

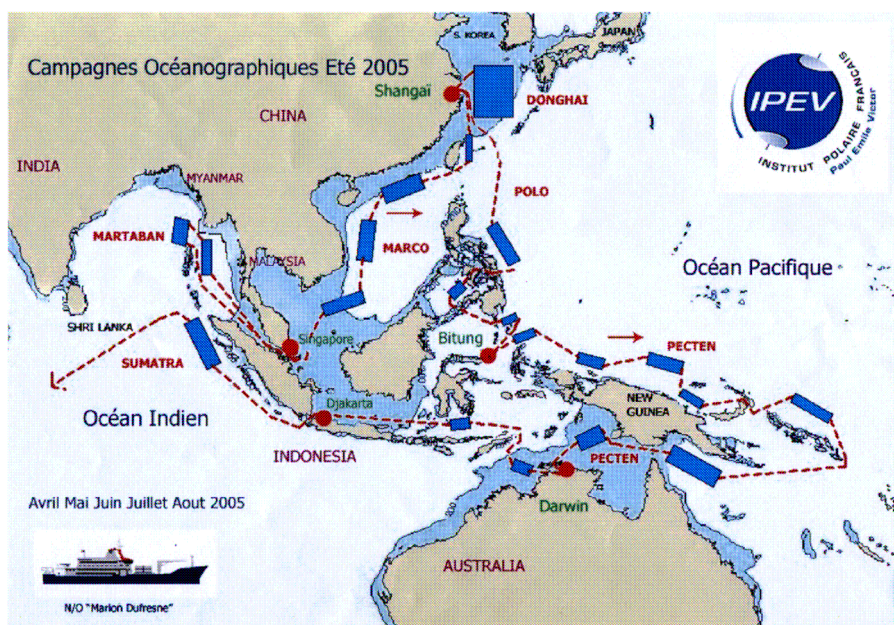
POLO 後半航次主要計劃鑽取菲律賓及印尼東方海域的岩芯，但因船方未取得菲律賓以及印尼 200 哩經濟海域的工作許可權，而使此部份航次取消鑽取岩芯，僅利用多頻道測掃聲納 (multibeam) 調查適

合在未來採取岩芯的位置。

法國研究船 Marion Dufresne 依計畫抵達印尼 Sepik 河口處鑽探 PECTEN 航次的第一根岩芯。接下來計畫於安騰 - 爪哇海底高原不同水深切面鑽取系列岩芯，預備作校準碳酸鹽溶解效應對各種古海洋代用指標所產生的偏差之用，但由於此處的表層沉積物顆粒粗大，雖然富含孔蟲，但地層仍過硬不適合施放長岩芯，推測可能由於底流快速，造成細顆粒被帶走的篩積作用(winning)造成。通過所羅門群島後在所羅門群島南邊的高地試打了一根箱型岩芯，卻因沉積物過於堅硬而造成箱型岩芯的鐵盒斷裂，因此未來若要採取安騰 - 爪哇海底高原低沉積速率岩芯，應選擇靠近赤道地區進行較為適合。此後航次的領隊們 (Co-Chiefs) 決定前往 Woodlark 盆地不同水深鑽取一系列岩

芯。接著至新幾內亞 Moresby 港口外接駁澳洲所舉辦海上大學研習的師生後，繼續前往新幾內亞灣內工作，此處由於已具備有完整的地球物理調查，以及試採多重岩芯(multi core)，所以選擇之站位多能採到良好的長岩芯。最後在離開新幾內亞灣之前，於 Fly 河河口取得另外一支高解析度的岩芯，此處由於距離河口不遠，因此除一般常見的大洋鈣質化石可供分析外，亦適合分析陸源沉積物組成的古氣候代用指標，可研究海陸氣候的連繫性與交互作用。

最後欲轉往印尼 Irian Jaya 的 Arafura 海盆繼續工作時，因印尼官方突然不允許台灣研究人員前往其海域工作，因此台灣全體師生臨時變更行程提前於 7/2 日在澳洲 Gove 港下船，結束這段航程。



圖一 IMAGES 2005 年航次全程路線概圖(陳明德等, 2005)

瑪希昂·杜馮號 Marion Dufresne 研究船簡介

法國政府於南印度洋，接近南極附近，擁有四處屬地，法國國家海洋研究中心並在南極大陸設有研究站，從事「極區研究」(Polar Research)。為解決對這些屬地及研究站的運補，並開發南極獨特的觀光資源，鼓勵法國人民前往南極旅遊，因此建造了「瑪希昂·杜馮號」(封面圖)。

「瑪希昂·杜馮號」係一艘兼具觀光、運補與海洋研究多功能之船舶。外觀恰似郵輪，全長 120.5 公尺，寬 20.6 公尺，1995 年建造完成。該船的最上層建築為豪華舒適的客艙區，約可提供六百名旅客住宿。海洋研究實驗室位於「主甲板」附近，採集海底沈積物的機具裝備則設置於船尾及船側甲板，其中設計於船測的機具與我國研究船多設置於船尾甲板上有很大不同，此一技術可利用船身長度的提供長岩芯之鑽取。船上施放岩芯所採用的纜繩特別使用與海水密度相當的人造纖維，避免纜繩在海中的重量影響施放及定位，大大提高了起重機的安全及起重能力。「瑪希昂·杜馮號」可從事海洋物理、生化、地質方面的研究，其配備的海洋研究儀器包括：鹽溫深儀、海底多頻道測掃聲納、動態船位系統等先進裝備。

「瑪希昂·杜馮號」船員可分為三個階層，第一階層為管理與航行技術人員(均由法國人擔任)，第二階層為客艙服務人員(由歐洲國家的人員擔任)，第三階層為甲板工人(多為自非洲馬達加斯加島的原住

民)。各階層之間均能各司其職，而在最辛苦的鑽管佈放與回收現場，則可見到大副等高級船員帶頭領導，不畏油污及艱難。

工作內容

在佈放鑽管前，必須先使用「底質剖面儀」(bottom profiler)對海床進行探測分析。確定鑽取的位置後，再利用「動態定位系統」(dynamic positioning system)將船位精準地固定在站位上。駕駛台的人員確定船位無誤後，由甲板人員執行鑽管佈放與回收作業。由於這項作業耗費體力，機具都非常巨大，且具有危險性。通常由大副負責現場指揮及裝備操控。工作人員及所有於甲板上人員必須依安全規定穿著，並佩戴安全盔、護目鏡、工作手套。

一、岩芯鑽取

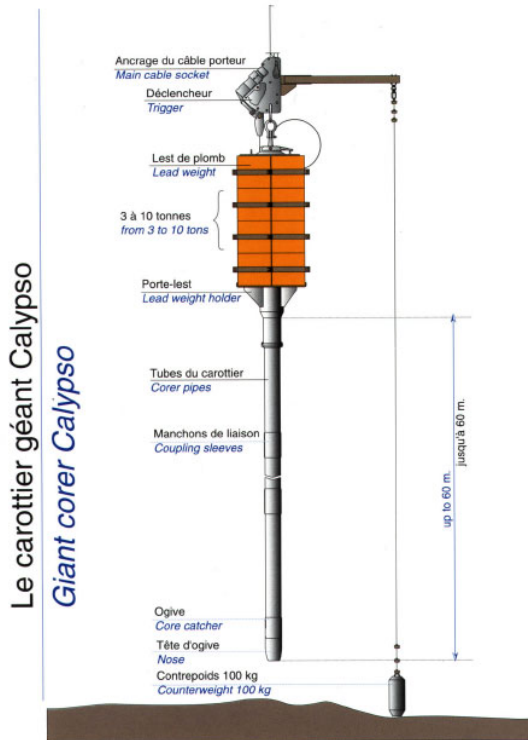
本航次所施放的取芯設備主要有三種：

1. Calypso Piston Cores 活塞式岩芯：

船工事先將直徑約二十公分白色襯管裝入直徑約三十公分的鋼管中，再將鋼管施放至所需深度，之後便利用重錘將鋼管壓入海底沉積物中，蓋上活塞抽取沉積物，隨著海底沈積物的軟硬，鋼管內的襯管可獲得厚度不一的沈積物標本(圖二)。

不同於一般研究船利用船後甲板工作，「瑪希昂·杜馮號」利用船側甲板進行岩芯管的施放，因此最長可取得 75 公尺的岩芯，目前「瑪希昂·杜馮號」號所創下的世界最長活塞式岩芯為在越南海域所取

得長達 60 公尺的岩芯。不過 Calypso 所採得岩芯的缺點為在抽取沉積物同時會造成岩芯頂部拉張、造成古地磁傾角 (Declination) 與沉積速率估量誤差。



圖二 Calypso 活塞式岩芯系統(PICASSO Cruise Report, 2003)

2.Gravity Cores 重力式岩芯：

在尚未確定沉積物表面性質時，一般會先利用約 8 公尺左右的重力式岩芯測試，重力式岩芯與活塞式岩芯類似但較短(封底圖 A)，也因此造成岩芯頂部拉張的情形較小，可提供未受攪動的沉積物標本來校正活塞式岩芯頂部的誤差。

3.Calypso Square Cores, CASQ 巨型箱型岩芯：

巨型箱型岩芯(封底圖 B)其實即為箱

型岩芯的一種，不過其截面積為 25*25 平方公分，長度可達 12 公尺，解決長管活塞岩芯沉積物頂部約 10 公尺受活塞牽引而有拉張的問題。巨型箱型岩芯標本可提供不受擾動的古地磁傾角變化，並能提供較正確的沉積速率估算資料。在同一站位施放 Calypso 與 CASQ 可以校正 Calypso 岩芯頂部的誤差。並且因為截面積較大，亦可以清楚觀察沉積構造。

二、工作分配

上船的科學家及學生們，除了航次的領隊負責決策岩芯施放地點之外，其餘人員全數分為三個工作時段，0 - 4 時、4 - 8 時、和 8 - 12 時，分配到 0 - 4 時的小組就是在凌晨零點到四點和下午零點到四點工作，其餘兩組類推。每一組工作人員則依照其興趣與專長再細分為三小組，Core Handling、MST、Core Description，其詳細工作內容細說如下：

1.Core Handling：

(1) Calypso Piston Cores：

當岩芯自海中拉起並處理好彎曲部份後，平放至船側甲板，負責此時段的人員會協助船工將白色襯管自鋼管中拉出，並利用小型三腳支架支撐以利後續工作(封底圖 C)。接著在襯管上以電鑽鑽孔，此時若沉積物中含有較多氣體，則可見到沉積物、水、或氣體從孔洞中竄出。再利用紙巾及乾布將襯管表面泥沙及水擦拭乾淨，不過由於原本位於深海中的沉積物溫度會較氣溫低許多，因此擦拭過後仍會有

許多水氣重新凝結上襯管，因此需要隨時準備乾紙巾以利工作。接著將襯管上已事先畫記好的 reference line 調整至上方，reference line 對後續古地磁的研究甚為重要，把捲尺沿 reference line 從襯管頭拉至尾端，從岩芯頂(core top)開始每 1.5 公尺畫記為一個段落並標記每一段落的頭(top)、尾(bottom)，在每一段落上標示岩芯及段落的編號，並將靠近船身的一側標為 A(Archive)，遠離船身側標為 W(Working)。再利用旋轉切刀將每個段落切下並在頭尾蓋上已事先打洞的藍色圓形蓋子，然後抬至工作區進行後續處理。

送至工作區的段落先在其藍色圓形蓋子上標示段落編號、頭尾長度及存檔(A)或工作(W)之 A、W 標記後封上膠帶並貼上標尺，送至切割台將其依 reference line 將襯管對剖成兩半，再以釣魚線所製成的線鋸連同沉積物對半剖成兩半，此時需注意到沉積物許多可能的狀況，如遇到幾呈液態狀的沉積物、或沉積物有中空的部份、或富含甲烷或硫化氫氣體的沉積物、或由大塊珊瑚礁組成的沉積物(封底圖 D)等，此時可請每時段的 leader 指示應做何處理，要特別注意避免破壞擾動沉積物，以免造成未來研究的誤差。

最後將剖半的 Archive 利用保鮮膜、膠帶、塑膠套等包裝完整後，放進寫好編號的方形盒子中，待累積到一定數量之後便運送到冷凍櫃中保存(封底圖 E)，作為永久保存之用。另一半 Working 則將其表面刮平後，準備送進 MST 進行下一步驟。

(2) Gravity Cores：處理方式與 Calypso Piston Cores 相似，為差別在標示上多加了 G 字樣，俾與 Calypso Piston Cores 區別。

(3) Calypso Square Cores：

將箱型岩芯打開後將其表面刮平，並且在箱子上附上捲尺，利用數位相機拍照紀錄(封底圖 F)後，以事先準備好三種寬度，標示好岩芯編號、頭尾長度的 U-channel 採樣器壓進岩芯中。每一段落的三種 U-channels 分別編號成 a、b、c...，長度皆為 1.5 公尺的 U-channels。接著將採集的 U-channels 外邊所附著的泥沙清理乾淨後，僅留一份送進 MST，其他部分則包裝並標示清楚後，裝入寫好編號的方形盒子中，送到冷凍櫃中保存。

2.MST (Multi Sensor Track)

在船上備有一間 MST 實驗室，內附一部由英國 GEOTEK 公司生產之「多重感應元岩芯紀錄器」(Multi-Sensor Core Logger, 簡稱“MSCL”)(封底圖 G)，其設計原理乃將多個感測器或探頭 (sensors) 裝設於電子載台上，利用電腦程式控制載台移動岩芯，使其經過感測器，量測過程全部自動化，同時量取多組數據，其位移間隔可精確至 1mm，在船上則使用 1cm 的間隔連續測量。而其所附的感測器及探頭包括：

(1) 溫度感測器：

利用白金電阻溫度計插入岩芯量測溫度，量測目的是為了將 P 波速度修正回原來海床條件。P 波速度受溫度影響，溫度愈高時，波速愈快，所以實驗室的測量

值要比實際海床下的聲速稍為增高。

(2) γ 射線密度 (GD) 感測器:

利用銻 137 (^{137}Cs)作為 γ 射源，測量 γ 射線穿過岩芯後之減少量。可以求得岩芯中沉積物之總體密度(bulk density)與孔隙率。此輻射源為銻 137 (^{137}Cs)，固定於厚重的鉛屏蔽中，因此在使用時須小心避免接觸輻射源。

(3) P 波速度感測器：

P 波速度感測器包含超音波發射器與超音波接收器二部份，主要量測 P 波通過岩芯所需時間，由岩芯直徑與行經時間相除，即是 P 波速度。量測時下方為固定的超音波接收器，上方為可利用馬達調整高度之超音波發射器，量測時下降至岩芯表面，每量完一次就暫時升高，待岩芯移至下一測點後再下降進行量測，如此雖較耗時，但可獲得較高解析度之數據。當岩芯品質不佳或置放過久流失水份，導致岩芯與接收器未能緊密貼合時，間隙中空氣多，P 波經過空氣時因衰減過大，而得不到訊號，因此可以在測量時在岩芯表面(已覆蓋保鮮膜)滴入數滴水，以利所取得 P 波訊號。

(4) 磁感率探頭：

船上磁感率感測器探頭為單點磁感探頭 (MS2E, Point)，適用於半片岩芯，因操作上更為接近待測物表面，所以解析度較高。無論何種磁感探頭均須遠離金屬，或帶有磁性之物體。操作人員身上也不可有金屬物品(如手錶、原子筆等) 靠近感測器，以免干擾測值，必要時在每根岩芯測

完後應將探頭重新歸零。

(5) 線條數位掃描機：

掃描機利用細線狀的感測器，可依 1mm 間隔彩色掃描岩芯表面，記錄 RGB(紅綠藍)三色測值。此數據可提供探討沉積物之組成成份、氧化還原狀態等記錄。

3. Core Description 岩芯描述：

(1) Color reflectance 岩芯反射色：

將分析完 MST 的岩芯表面刮平後，利用升降梯將岩芯送至高一層樓的實驗室，或可視岩芯處理的速度先將僅做完數位攝影的段落送至實驗室進行反射色的測定。光譜反射率的變化可反映某些特定沉積物的組成，如碳酸鹽或有機蛋白石含量組成等，且此為非破壞性方法具有快速、成本低且不損耗寶貴岩芯樣本之優點。使用 Minolta spectrophotometer 2002 分光光度計(封底圖 H)，所量測波長範圍為 400nm-700nm，以每 10nm 的波長間隔輸出一筆反射色資料，來測量沉積物表面之反射色的五個參數，L* (明度)，a* (紅/綠特徵)，b* (黃/藍特徵)，C* (色度/飽和度)，以及 h (色調)。

(2) 岩芯描述

做完反射色的測量之後，則再度將岩芯表面刮平以利於進行岩芯描述，岩芯描述主要為進行岩性、顆粒大小、化石特徵、沉積相、火山灰及簡單的生物地層描述與建立，必要時可做抹片置於顯微鏡底下觀察，再利用約定俗成的圖示繪製成圖檔，製成沉積柱狀圖，儲存於電腦中。

最後將做完測量的 Working 部分再送至 core handling 的工作台進行包裝後送進冷藏庫冷藏，等待抵達港口後再運送至岩芯所屬單位保存及進一步研究。

各站位及岩芯簡介

在初期規劃中本航次台灣 IMAGES 團隊提出位於菲律賓東南 (Mindanao)、印尼 (Halmahera)、所羅門群島、安騰 - 爪哇海底高原、萬那杜島 (Vanatu) 等鄰近海域採取位置，但在航次進行期間，因萬那杜島距離太遠，法國船未能取得菲律賓與印尼經濟海域的作業許可，故在本航

次實際重點改放在所羅門群島周遭海域、安騰 - 爪哇海底高原、與巴布亞新幾內亞 Sepik、Fly 河口等鄰近海域。

1. Sepik River (以下標示緯度皆為南緯；經度皆為東經)：

Sepik River 為巴布亞新幾內亞的主要河川之一，由巴布亞新幾內亞北方入海，由於大量的陸源沉積物的輸入造成此處高沈積速率，依據初步得資料來看沉積速率可以到達 19-11cm/ky，可提供赤道地區高解析度的氣候變化。岩性主要以 silty-clay 為主，間雜有火山灰層出現，亦可提供分析研究。

Core ID	Depth(m)	Latitude	Longitude	Length(m)	Type	Age
MD05-2919C	1865	2°.51.64	144°32.83	4.24	CASQ	---
MD05-2920	1849	2° 51.48	144°32.04	36.67	Calypso	MIS7-9

2. Solomon Island and Sea :

所羅門群島附近海域位於西太平洋暖池中心，年均溫約維持在 29°C，屬於熱帶海洋氣候，珊瑚礁發育其中，反映了西太平洋暖池氣候變化。所羅門海由群島所

圍繞，原先預計此處碳酸鹽類沈積應保持良好且具有高沈積速率，但卻可從試打的岩芯中發現此處可能由於底流強烈，而無法如預期獲得良好的研究材料。

Core ID	Depth(m)	Latitude	Longitude	Length(m)	Type	Age
MD05-2921C	2015	4°50.51	154°45.87	0.60	CASQ	---

3. Ontong-Java Plateau :

安騰 - 爪哇海底高原為一遠離陸地效應的火成岩高原，形成於中生代末期，由 ODP130 航次的相關研究可知此處沈積緩慢且連續，並保存豐富的鈣質微體化石，因此預計在此處採取一系列不同水深

剖面的岩芯，作為校準碳酸鹽溶解效應對古海洋代用指標所產生的偏差，但同樣由於此處海底的強烈篩積作用，造成此處沈積物主要由粗顆粒的鈣質有孔蟲組成，且由於沉積物堅硬，所獲得岩芯僅約 3 公尺。

Core ID	Depth(m)	Latitude	Longitude	Length(m)	Type	Age
MD05-2922C	1453	4°59.28	156°08.80	2.85	CASQ	---

4. Woodlark Basin :

Woodlark Basin 位於西赤道太平洋暖池南緣，由其沉積物紀錄可以反映出西太平洋暖池的移動情形，進而瞭解全球氣候

之影響，因此在此處施放一系列不同水深剖面的岩芯，並將其與 ODP180 航次的岩芯比較，可作為校準碳酸鹽溶解效應對古海洋代用指標所產生的偏差。

Core ID	Depth(m)	Latitude	Longitude	Length(m)	Type	Age
MD05-2923G	675	8°58.44	151°35.38	6.11	Gravity	MIS3-4?
MD05-2924	675	8°58.43	151°35.31	27.98	Calypso	MIS7-9?
MD05-2925	1661	9°20.60	151°27.54	28.43	Calypso	MIS19-20?
MD05-2926G	1666	9°20.67	151°27.61	6.26	Gravity	MIS12

5. Fly River :

Fly River 為巴布亞新幾內亞最大河川，流域幾乎遍佈全國，全長超過 1000 公里，由巴布亞新幾內亞南方入海，由於大量的陸源沉積物的輸入造成此處高沈積速率，沉積速率約 7cm/ky，可提供赤道地

區高解析度的氣候變化。岩性以 clay 為主，富含有機質，岩芯下部顯示可能有泥質的濁流層沉積。與 Sepik River 站位一樣可以同時研究海洋與陸源沉積物的古氣候狀況與交互作用，屬於台法共同合作。

Core ID	Depth(m)	Latitude	Longitude	Length(m)	Type	Age
MD05-2927G	2254	11°17.25	148°51.54	7.11	Gravity	MIS6
MD05-2928	2166	11°17.26	148°51.60	26.10	Calypso	MIS10

後記

今年(2005)異於往常的降雪讓農、漁民遭受高達上億元的「寒害」損失，氣候變遷可能帶給人們的威脅不亞於不定時發生的地震與海嘯，也使得科學家更加致力於研究氣候。此次台灣國際海洋古全球變遷研究團隊，遠赴西太平洋暖池的核心新幾內亞海域，採取了一系列的沉積物岩芯，這些岩芯提供了台灣 IMAGES 研究團

隊無比珍貴的研究材料。

由於沉積物組成的改變，可能反映出各種環境因素的變化，在古海洋研究中，結合使用多種古氣候代用指標，即可以抽絲剝繭的方式，解析出具有氣候變化意義的各種估測值，如海水表面溫度、鹽度、生物生產力，或是以推估的方式估測陸地降雨量、風化侵蝕速度、植被型態等，這些新的研究發展將有助提供西太平洋長期

氣候變化型式的豐富資訊，必然帶給我們更多的線索，重建全球古氣候環境，進而破解如聖嬰－南方振盪、溫室效應與颱風的發生等熱門議題，將會對人類文明做出重要貢獻。

此次台灣團隊除集結各校的專業人員，同時提供相關研究的學生上船研習與實作。各式儀器的詳細解說以及實際接觸操作、岩芯標本的採集與處理，更能讓學生了解期刊上各式數據的產生過程並提高

研究興趣，是為理論與實作的完美呈現。

參考文獻

- 陳明德、李孟陽、洪崇勝、李德貴、余英芬、王瑋龍、宋聖榮、米泓生、魏國彥 (2005)：國際海洋古全球變遷研究 (IMAGES) 2005 年航次參加報告，未發表
- Carlo Laj, Shipboard Scientific Party, MD132/IMAGES-XI PICASSO Cruise Report (2004). IPEV International Marine Past Global Change Study.(2003). Status. Jan. 9, 2003, from <http://www.images-pages.org>.

附錄、台灣 IMAGES 計畫 2005 年登船研究人員名單

	姓名	職稱	服務單位
1	陳明德	教授	國立台灣海洋大學應用地球科學研究所
2	李德貴	研究員	中央研究院地球科學研究所
3	余英芬	教授	國立台灣師範大學地球科學系
4	洪崇勝	副研究員	中央研究院地球科學研究所
5	王瑋龍	副教授	國立彰化師範大學生物學學系
6	李孟陽	助理教授	台北市市立師範學院自然科學教育學系
7	尤柏森	博士班研究生	國立台灣海洋大學應用地球科學研究所
8	蕭良堅	博士班研究生	國立台灣海洋大學應用地球科學研究所
9	古月萍	博士班研究生	國立台灣大學地質科學系
10	劉亞君	博士班研究生	國立台灣大學地質科學系
11	羅立	碩士班研究生	國立台灣大學地質科學系
12	柯惠親	碩士班研究生	國立台灣師範大學地球科學系
13	許殷偉	碩士班研究生	國立台灣師範大學地球科學系
14	廖中靖	碩士班研究生	國立彰化師範大學生物學學系
15	周祐民	研究助理	中央研究院地球科學研究所
16	卓嘉真	研究助理	國立台灣海洋大學應用地球科學研究所
17	廖佳汝	研究助理	國立台灣海洋大學應用地球科學研究所
18	呂亞馨	研究助理	國立台灣海洋大學應用地球科學研究所
19	陳致維	研究助理	中央研究院地球科學研究所