

# 99 年度「墾丁國家公園龍坑海域底棲 群聚與阿瑪斯號殘骸的生態監測」

墾丁國家公園管理處委託辦理調查報告

中華民國九十九年十二月

(本報告內容及建議，純屬研究小組意見，不代表本機關意見)

# 99 年度「墾丁國家公園龍坑海域底棲 群聚與阿瑪斯號殘骸的生態監測」

受委託者：國立海洋生物博物館

研究主持人：樊同雲 研究員

研究助理：陳耀弘、梁偉樂、詹珮熏、劉弼仁、魏杰

## 墾丁國家公園管理處委託辦理調查報告

中華民國九十九年十二月

(本報告內容及建議，純屬研究小組意見，不代表本機關意見)

目次

表次	III
圖次	V
摘要	XI
第一章 緒論	1
第二章 龍坑海域實地調查與結果	5
第一節 計畫目的與方法	5
第二節 結果	8
第三章 討論與建議	13
第一節 討論	13
第二節 建議	16
附錄一 服務企劃書評審會議紀錄	41
附錄二 期中簡報審查會議紀錄	45
附錄三 期末簡報審查會議紀錄	49
參考書目	53

墾丁國家公園龍坑海域底棲群聚與  
阿瑪斯號殘骸的生態監測

表次

表 1 阿瑪斯號殘骸名稱與分佈的經緯度座標 · · · · · 19

表 2 阿瑪斯號殘骸的名稱與變動變動比較 · · · · · 20

墾丁國家公園龍坑海域底棲群聚與  
阿瑪斯號殘骸的生態監測

圖次

圖 1 龍坑位置圖	21
圖 2 龍坑海域調查地區與阿瑪斯號殘骸分布圖	22
圖 3 龍坑阿瑪斯號殘骸分佈示意圖	23
圖 4 龍坑近岸與阿瑪斯號殘骸調查航行軌跡圖	24
圖 5 4 號艙蓋倒躺在瀉湖區	25
圖 6 4 號艙蓋倒躺在瀉湖區	25
圖 7 4 號艙蓋的鐵板	25
圖 8 4 號艙蓋的鐵板	25
圖 9 4 號艙蓋的一角嵌在珊瑚礁岩之間	25
圖 10 4 號艙蓋的一角嵌在珊瑚礁岩之間	25
圖 11 4 號艙蓋內堆積一些石灰岩塊與沉積物	26
圖 12 4 號艙蓋內堆積一些石灰岩塊與沉積物	26
圖 13 5 號艙蓋殘骸	26
圖 14 5 號艙蓋殘骸	26
圖 15 5 號艙蓋殘骸表面有許多大型藻附著生長	26

圖 16	5 號艙蓋殘骸表面有許多大型藻附著生長	26
圖 17	5 號艙蓋殘骸移動刮損礁岩表面	27
圖 18	5 號艙蓋附近刮損的礁岩表面	27
圖 19	船頭區所遺留的殘骸	27
圖 20	船頭區所遺留的殘骸	27
圖 21	船頭區所遺留的殘骸	27
圖 22	船頭區所遺留的殘骸	27
圖 23	船尾區的大型殘骸	28
圖 24	船尾區的大型殘骸	28
圖 25	船尾區的殘骸	28
圖 26	船尾區的殘骸	28
圖 27	船尾區的殘骸	28
圖 28	船尾區的殘骸	28
圖 29	船尾區的殘骸與其表面附著生長的珊瑚	29
圖 30	船尾區的殘骸	29
圖 31	船尾區的殘骸	29
圖 32	船尾區的殘骸	29
圖 33	船尾區的殘骸	29



圖 34	船尾區的殘骸	29
圖 35	船尾區的殘骸	30
圖 36	船尾區的殘骸	30
圖 37	船身區大型殘骸	30
圖 38	船身區大型殘骸	30
圖 39	船身區大型殘骸與其表面附著生長的珊瑚	30
圖 40	船身區大型殘骸與其表面附著生長的珊瑚	30
圖 41	阿瑪斯號船身區的引擎殘骸	31
圖 42	阿瑪斯號船身區的引擎殘骸	31
圖 43	龍坑外海海底的階梯狀岩石海床	31
圖 44	著生在 4 號艙蓋的珊瑚	31
圖 45	著生在 5 號艙蓋的珊瑚	31
圖 46	著生在 5 號艙蓋的珊瑚	31
圖 47	著生在船板殘骸的珊瑚	32
圖 48	著生在船板殘骸的珊瑚	32
圖 49	著生在船板殘骸的珊瑚	32
圖 50	著生在船板殘骸的珊瑚	32
圖 51	著生在船板殘骸的珊瑚	32
圖 52	著生在船板殘骸的珊瑚	32

- 圖 53 銹蝕的阿瑪斯號船板殘骸 . . . . . 33
- 圖 54 銹蝕的阿瑪斯號船板殘骸 . . . . . 33
- 圖 55 以鐵礦砂為棲地的蝦虎魚和槍蝦 . . . . . 33
- 圖 56 以鐵礦砂為棲地的蝦蛄 . . . . . 33
- 圖 57 阿瑪斯號船板殘骸附近廢棄的船錨 . . . . . 33
- 圖 58 阿瑪斯號船板殘骸附近廢棄的魚線 . . . . . 33
- 圖 59 2004 年至 2010 年，鄰近 2 號艙蓋破壞區天然珊瑚礁底  
棲生物群聚與基質的類別與覆蓋率(平均值±標準偏  
差) . . . . . 34
- 圖 60 2010 年鄰近 2 號艙蓋破壞區天然珊瑚礁，珊瑚中不同  
群體生長形態類別，和藻類中不同組成類別的覆蓋率  
(平均值±標準偏差) . . . . . 35
- 圖 61 阿瑪斯號殘骸，包括引擎區(阿瑪斯號殘骸)、大型船  
板區(阿瑪斯號殘骸)和船尾區(阿瑪斯號船尾殘骸)，以  
及天然海床基質，包括海床區(大型船板區附近岩石海  
床)和船身區(船尾殘骸附近岩石海床)的底棲生物群聚  
與基質的類別與覆蓋率(平均值±標準偏差) . . . 36
- 圖 62 阿瑪斯號殘骸，包括引擎區(阿瑪斯號殘骸)、大型船板  
區(阿瑪斯號殘骸)和船尾區(阿瑪斯號船尾殘骸)，以及  
天然海床基質，包括海床區(大型船板區附近岩石海床)

和船身區(船尾殘骸附近岩石海床)的珊瑚中，不同群體生長形態類別的覆蓋率(平均值±標準偏差) . . . 37

- 圖 63 阿瑪斯號殘骸，包括引擎區(阿瑪斯號殘骸)、大型船板區(阿瑪斯號殘骸)和船尾區(阿瑪斯號船尾殘骸)，以及天然海床基質，包括海床區(大型船板區附近岩石海床)和船身區(船尾殘骸附近岩石海床)的底棲藻類中，不同類別組成的覆蓋率(平均值±標準偏差) . . . 38

圖 64 2008 至 2010 年龍坑水溫連續變化圖 . . . . . 39

墾丁國家公園龍坑海域底棲群聚與  
阿瑪斯號殘骸的生態監測

## 摘要

關鍵詞：墾丁國家公園、龍坑、阿瑪斯號貨輪、船隻殘骸、群聚監測

### 一、研究緣起

本計畫進行99年度龍坑海域底棲群聚與阿瑪斯號殘骸的生態監測，以瞭解底棲群聚結構現況，以及確切掌握阿瑪斯號殘骸的分布、數量與移動變化，提供作為經營管理的重要基礎資料。

### 二、研究方法及過程

在台灣南部墾丁國家公園龍坑生態保護區，阿瑪斯號貨輪殘骸分布區海域，利用全球定位系統、浮球標記、潛水橫截線照相的方式進行調查。

### 三、重要發現

調查結果顯示，近岸珊瑚礁的船艙蓋仍在原地，較大風浪時可能會造成其在原地晃動，殘骸表面大多有許多藻類覆蓋生長，也有一些小珊瑚群體著生。位於較深岩石海床的殘骸大部份仍可發現，船身、船尾與船頭的主要殘骸也皆可發現，而並未明顯位移。不過，一些殘骸呈現破損與表面銹蝕現象，而船尾許多殘骸表面著生藻類與珊瑚而與海底階梯狀海床岩石外貌相似。在近岸區鄰近2號艙蓋破壞區的天然珊瑚礁群聚於2004至2010年間持續維持穩定，硬珊瑚平均覆蓋率介於22.4至29.2%，軟珊瑚介於4.2至7.7%，總珊瑚平均覆蓋率介於26.6至35.0%。阿瑪斯號殘骸，包括引擎區、大型船板區和船尾區，以及天然海床基質，包括大型船板區附近海床區和船尾殘骸附近岩石海床的硬珊瑚平均覆蓋率方面，在阿瑪斯號殘骸的範圍介於3.2至6.7%，與殘骸附近岩石海床的範圍介於4.2至7.0%相近。調查結果顯示，2009年對台灣沿海一些珊瑚礁造成重大影響的莫拉克颱風，

## 墾丁國家公園龍坑海域底棲群聚與 阿瑪斯號殘骸的生態監測

似乎並未對龍坑珊瑚礁與阿瑪斯號殘骸造成明顯影響。但是面對未來氣候變遷可能有更多強烈颱風影響，因此後續發展仍具有不確定性。

### 四、主要建議事項

立即可行之建議－龍坑海域底棲群聚與阿瑪斯號殘骸的持續調查監測

主辦機關：墾丁國家公園管理處

由於阿瑪斯號船隻殘骸仍棄置在近岸珊瑚礁和海底岩石海床區，可能因颱風或強勁風浪造成破損和移動，而對海域生態和珊瑚礁資源造成不利影響，以及因船隻銹蝕鐵銹溶於海水中引起生態改變，因此建議定期進行龍坑海域底棲群聚與阿瑪斯號殘骸的持續調查監測。

## ABSTRACT

Keywords: Lungken, Amorgos, shipwreck, ecological monitoring

The benthic community and shipwreck of grounded cargo Amorgos were surveyed at Lungken in Kenting National Park, southern Taiwan using SCUBA diving and phototranssect surveys. The majority of main shipwrecks were found and remained at sites located by global position system in 2008. However, some pieces of shipwrecks were broken and corroded compared to previous conditions. The structure of benthic community at coral reefs near shore, close to the area damaged by hatch cover number 2, was stable between 2004 and 2010. The mean cover of the hard coral and soft coral was ranged 22.4-29.2 and 4.2-7.7%, respectively. The mean cover of the hard coral was similar between shipwrecks near Engine, hull, and stern (3.2-6.7%) and the natural hard seabed (4.2-7.0%). The typhoon Morakot in 2009 likely does not cause apparent damage at Lungken. Although the benthic community and shipwrecks seem to be stable, there is uncertainty for the impact of global climate change, especially the more strong typhoons, in the future.

墾丁國家公園龍坑海域底棲群聚與  
阿瑪斯號殘骸的生態監測



## 第一章 緒 論

珊瑚礁兼具高生物多樣性、豐富生物量、以及高生產力等特性，並在孕育高物種多樣性、維持生態平衡、建造陸地、提供食物和藥物、做為觀光遊憩資源、以及提供教育和研究之用等具有很高的價值，而成為最重要且受國際關注的海洋生態系之一(Done et al 1996, Birkenland 1997)。然而，由於人為和自然因素，如過度捕捉藻食性魚類、水質優養化、沉積物、氣候暖化、二氧化碳濃度升高、白化事件、疾病大發生、棘冠海星大發生等，已使得世界上的珊瑚礁長期急劇衰敗和改變 (Knowlton 2001, Roberts et al 2002, Hughes et al 2003, Pandolfi et al 2003)。由於珊瑚礁對人類和生態平衡的重要，並且淺海棲地是影響珊瑚礁生物多樣性最主要的因素(Bellwood & Hughes 2001)，但是卻正在快速消失，此外，各珊瑚礁生物種類的地理分布範圍較侷限而易滅絕(Roberts et al 2002)，這些因素使得珊瑚礁成為需要整合各國的努力，優先保育的生態系之一(West & Salm 2003, Schuttenberg et al 2006)。

近數十年來，珊瑚礁的健康受各種天然和人為因素影響而衰退的報導愈益增加。天然的因素包括颱風、白化、掠食、疾病爆發等；而在人為的干擾方面，直接的衝擊包括船隻擱淺、破壞性漁法和污染等。在船隻擱淺的調查研究方面，主要針對受破壞區結構破壞的永久性，以及生物群聚的復原與人為重建復育等方面 (Curtis 1985, Smith 1985, Hudson & Diaz 1988, Jaap 1999, Hudson & Goodwin 2001, Precht et al 2001, Rogers & Garrison 2001)。近年來，廢棄在珊瑚礁船隻的調查、監測與設法清除也逐漸受到重視(Helton & Zelo 2003)。

船隻在珊瑚礁觸礁擱淺的事件在一些地區皆有報導，例如動力輪船 Wellwood 於 1984 年 8 月 4 日在美國的佛羅里達 Molasses 礁區擱淺，造成 1282 平方公尺礁區內，70 至 100% 的珊瑚損失，其中 644 平方公尺的礁體結構受船隻重壓而破碎(Curtis 1985, Gittings et al 1988, Hudson & Diaz 1988, Precht et al 2001)；貨輪 Mari Boeing 於 1978 年 12 月在百慕達北邊礁區擱淺，造成約 0.44

## 墾丁國家公園龍坑海域底棲群聚與 阿瑪斯號殘骸的生態監測

平方公里礁區受損，礁體被磨平和產生大量碎石(Smith 1985)；動力輪船 Fortuna Reefer 於 1997 年 7 月 24 日在波多黎各 Mona 島擱淺 8 天後被拖離，造成約 300 公尺長 30 公尺寬範圍的礁區受損(Bruckner & Bruckner 2001)；貨輪 Florida 於 1976 年 6 月 8 日在澳洲大堡礁 Myrmidson 礁區擱淺，沉沒在水深 2 至 4 公尺處，造成淺水域槽溝的結構傷害，以及 700 噸火山石船貨的外洩，並且可能與此海域出現大型藻群聚有關(Hatcher 1984)；貨輪 Bunga Teratai Satu 於 2000 年 11 月 2 日在大堡礁 Sudbury 礁區擱淺，經處理後船隻浮起脫離礁區，船貨與燃油皆未外洩，但造成礁體結構受損，產生大量碎石，沉積物中含有抗附著生物塗料、銅和鋅等，並且散佈至離擱淺處達 250 公尺(Anonymous 2002)；以及貨輪 Safir 於 1989 年 9 月 12 日在以色列的 Ras Nasrani 礁區擱淺與洩漏磷酸鹽，造成約 500 平方公尺礁區底棲生物幾乎被完全清除(Hawkins et al 1991)等。

船隻觸礁事件對珊瑚礁造成不利影響的原因，包括：船身的撞擊使珊瑚礁斷裂與破碎(Hudson & Diaz 1988, Hawkins et al 1991, Bruckner & Bruckner 2001)，船身受風浪作用不斷磨損珊瑚等固著性生物與礁體(Curtis 1985)。一些對船隻觸礁的研究結果發現，船身對礁體的撞擊與磨損會造成生物群聚的嚴重損害，甚至完全破壞(Edgara & Barrett 2000, Bruckner & Bruckner 2001)。

希臘籍，3萬5千噸級的貨輪阿瑪斯號，於2001年1月14日在墾丁國家公園龍坑生態保護區東北方，離岸約1公里處觸礁擱淺，船上載有6萬噸鐵沙和2百噸燃油。阿瑪斯號對龍坑海域海底生態所造成的最大傷害來自於其船身觸礁、覆蓋礁體，以及受颱風影響，碎裂的船身鐵片經海浪作用破壞海底，磨損珊瑚及其他礁體表面的附著生物(方等 2001，2002，Chiau 2005，樊 2005，2008，陳 2006)。而到目前，阿瑪斯號貨輪的破碎大型船身與殘骸仍滯留龍坑海域，可能由颱風所引起的風浪逐漸推動接近淺水域的珊瑚礁，而產生破壞珊瑚礁、阻礙航道、甚至衝上陸地等影響。除了阿瑪斯號之外，於2009年恆春半島海域共有4艘船隻擱淺事件，包括 蓮花颱風襲台期間造成斯里蘭卡籍貨輪可倫坡皇后號(ColomboQueen)

擱淺於佳洛水海域，以及莫拉克颱風襲台期間共有3 艘船隻擱淺，分別是馬紹爾籍油輪「WO-BUDMO」號擱淺於後灣；巴拿馬籍拖船「VOGO 2」號，擱淺於屏東縣車城鄉海口村外海；與柬埔寨籍工作船「VOGO NO1」號擱淺於枋山鄉枋山溪出海口北岸(何等2009，戴2009)。

過去關於龍坑海域生態的調查研究很有限。Jones等人(1972)調查發現在龍坑有珊瑚裙礁的初步發展且珊瑚群聚常見。Randall與Cheng (1977)報導恆春半島珊瑚裙礁的發展位於海口至龍坑之間。石等(1989)研究包括龍坑的鵝鸞鼻石灰岩，認為50萬年前海進，當海水徐徐上升時，珊瑚礁由低處的龍坑沿斜面向上生長，一直持續到現今高300公尺的森林公園。此外，龍坑海蝕溝內所露出的剖面顯示至少有二次急劇的地震性隆起海退。宋(2001)進行龍坑及其週遭地區海域海床之地形地貌，以及阿瑪斯號貨輪之殘骸及其大件物品的形貌及散落位置調查。趙(2007)調查監測龍坑海域在阿瑪斯號貨輪擱淺事件後，海岸潮間帶的無脊椎動物。何等(2009)與戴(2009)進行墾丁國家公園海域，包括龍坑的珊瑚礁研究與調查。

本計畫的目的在於進行 99 年度龍坑海域底棲群聚與阿瑪斯號殘骸的生態監測，以瞭解底棲群聚結構現況，以及確切掌握阿瑪斯號殘骸的分布、數量與移動變化，提供作為經營管理的重要基礎資料。

墾丁國家公園龍坑海域底棲群聚與  
阿瑪斯號殘骸的生態監測

## 第二章 龍坑海域實地調查與結果

### 第一節 計畫目的與方法

#### 一、本計畫的目的

希臘籍 3 萬 5 千噸貨輪阿瑪斯號於民國 90 年 1 月 14 日，在墾丁國家公園龍坑生態保護區東北方，離岸約 1 公里處觸礁擱淺，造成鐵沙和燃油外漏。阿瑪斯號貨輪對龍坑海域所造成的最大傷害來自於其船身觸礁、覆蓋礁體，以及受到颱風破壞，碎裂的船身鐵片經海浪作用，磨損珊瑚及其他礁體表面的附著生物。至今阿瑪斯號貨輪的大量大型船身碎片與殘骸仍滯留龍坑海域海底，其對當地海域生態的影響並不明瞭，有必要進行監測評估。此外，阿瑪斯號殘骸可能經由颱風所引起的強勁風浪推移，逐漸朝向淺水域的珊瑚礁區接近，而造成破壞珊瑚礁、阻礙航道、甚至衝上陸地等影響。

本年度計畫的目的在於進行 99 年度龍坑海域底棲群聚與阿瑪斯號殘骸的生態監測，以瞭解底棲群聚結構現況，以及確切掌握阿瑪斯號殘骸的分布、數量與移動變化，提供作為經營管理的重要基礎資料。

預期目標：

- (一) 調查龍坑海域底棲群聚現況，並建立長期監測的地點與方法。在龍坑海域近岸珊瑚礁區與離岸岩石海床區，利用橫截線照相的方法，調查底棲群聚現況，並提出未來長期生態監測的適當地點與方法。
- (二) 調查阿瑪斯號殘骸的分布、數量與大小：量化調查阿瑪斯號殘骸的分布與數量，記錄其全球定位系統 GPS 座標，建立分布圖，並量化估計主要大型殘骸的大小和殘骸集中分布區位置。
- (三) 比較阿瑪斯號殘骸表面與鄰近天然海底基質表面的珊瑚群聚。利用橫截線

## 墾丁國家公園龍坑海域底棲群聚與 阿瑪斯號殘骸的生態監測

照相的方法，比較阿瑪斯號殘骸表面與鄰近天然海底基質表面的珊瑚群聚結構，評估阿瑪斯號殘骸對當地珊瑚群聚發展的影響。

(四) 評估阿瑪斯號殘骸是否移動與可能移動的方向和路徑。調查所得阿瑪斯號殘骸的分布現況與過去結果比較，評估阿瑪斯號殘骸是否移動，可能移動的方向和路徑，以及對沿岸底棲群聚生態與船隻航行安全的潛在影響。

### 二、材料與方法

本計畫在台灣南部墾丁國家公園龍坑生態保護區(圖 1)，阿瑪斯號貨輪殘骸分布區海域(圖 2、3)，利用全球定位系統、浮球標記、潛水錄影照相的方式進行調查。

(一) 調查龍坑海域底棲群聚現況，並與過去調查資料比較分析是否產生明顯改變。在龍坑海域近岸珊瑚礁區與離岸岩石海床區，利用潛水觀察與橫截線的方法，調查底棲群聚現況，並與過去調查資料比較分析是否產生改變。

在龍坑海域近岸珊瑚礁區與離岸岩石海床區建立永久生態監測站，設立珊瑚礁底棲群聚監測的永久固定樣區與監測底棲群聚。監測調查珊瑚覆蓋率的方法是在各調查地點適當水深，設立不銹鋼標記樁，標記 3 條 30 公尺橫截線，然後利用水下數位相機(Olympus C-5050)和 35×35 公分的照相框架，照相記錄每條測線的底棲生物與基質，所拍攝的每個 35×35 公分樣框，使用 CPCe (Coral Point Count With Excel extensions) (Kohler & Gill 2006)軟體，每個樣框記錄 50 個隨機樣點其下的底棲生物和基質，計數各樣框內底棲生物和基質的樣點數和計算其覆蓋率(Tkachenko et al 2007)。底棲生物和基質分為硬珊瑚、軟珊瑚、柳珊瑚、海葵、大型藻、毛叢狀海藻、基質與其它等大類(English et al 1994)，並分析各生長形，如分枝形、桌形、柱形、表覆形、團塊形、板葉或葉片形、以及游離生活型等硬珊瑚的覆蓋率比較。各底棲生物類別的定義如下，大型藻主要為組織較多、形態直立、體型較大型海藻。毛叢狀海藻(turf algae)主要為絲狀，體型較小。覆蓋率

數據資料皆以平均值±標準偏差表示。此外，記錄所承受的人為污染和破壞，如泥沙沉積物、捕魚和釣魚所廢棄的漁網和魚線、纜繩、船錨、垃圾所導致的物理性破壞和珊瑚白化與疾病等。

(二) 調查阿瑪斯號殘骸的分布、數量與大小：量化調查阿瑪斯號殘骸的分布與數量，記錄其全球定位系統 GPS 座標，建立分布圖，並量化估計主要大型殘骸的大小和殘骸集中分布區位置。

利用全球定位系統、設立監測固定參考點標記、潛水錄影照相，調查監測阿瑪斯號貨輪殘骸的分布與移動變化(表 1)，將測量記錄殘骸所在經緯度、深度、大小、與監測固定參考點距離、覆蓋區為珊瑚礁或珊瑚群聚，是否有珊瑚白化和群體分枝被硬物削斷現象，以及其對珊瑚礁所造成的損害，如礁體斷裂，或是否擱淺於水深 10 公尺內而影響航道等。

(三) 比較阿瑪斯號殘骸表面與鄰近天然海底基質表面的珊瑚群聚。利用橫截線照相的方法，比較阿瑪斯號殘骸表面與鄰近天然海底基質表面的珊瑚群聚結構，評估阿瑪斯號殘骸對當地珊瑚群聚發展的影響。

在阿瑪斯號殘骸表面與鄰近天然海底基質表面的珊瑚群聚，設立位置標記，隨機選擇 5 條 10 公尺橫截線，然後利用水下數位相機(Olympus C-5050)和 35 乘 35 公分的照相框架，照相記錄每條測線的底棲生物與基質，其餘分析方法與之前底棲群聚調查方法相同。

(四) 評估阿瑪斯號殘骸是否移動與可能移動的方向和路徑。調查所得阿瑪斯號殘骸的分布現況與過去結果比較，評估阿瑪斯號殘骸是否移動，可能移動的方向和路徑，以及對沿岸底棲群聚生態與船隻航行安全的潛在影響。

利用全球定位系統、設立監測固定參考點標記、潛水錄影照相，輔以水下推進器的方式，調查監測阿瑪斯號貨輪殘骸的分布與移動變化，將測量記錄殘骸所在經緯度、深度、大小、與監測固定參考點距離、覆蓋區為珊瑚礁或珊瑚群聚，是否有珊瑚白化和群體分枝被硬物削斷現象，以及其對珊瑚礁所造成的損害，如

礁體斷裂，或是否擱淺於水深 5 公尺內而影響航道等。所得結果將與樊(2005，2008)的資料進行比較，以評估阿瑪斯號殘骸是否移動，以及可能移動的方向和路徑。

## 第二節 結果

### 一、調查地點

龍坑的陸地為隆起珊瑚礁；近岸為初步發展的裙狀珊瑚礁，具有礁脊與槽溝地形，在水深約 10 至 20 公尺以下為沙地，部份區域有一些小型石灰岩塊聚集，然後則是岩石海床，並且許多地區呈現階梯狀現象或是平坦地形，有時有大型岩塊矗立，一些區域有許多小型岩塊聚集。

調查地點如圖 2 和 3 所示，包括近岸區的 5 號艙蓋(B)、4 號艙蓋(C)、於 2001 年在近岸區 2 號艙蓋所造成的破壞區(D)、船頭區(E)、船尾區(F)、引擎(G)、鐵礦砂區(H)、錨(I)和其他殘骸等。殘骸分布區主要地點的經緯度資料如表 1 所示。本年度在潛水調查時同時以全球定位系統紀錄船隻航行與潛水調查時的軌跡，以利阿瑪斯號殘骸與生態監測的定位與搜尋(圖 4)。

### 二、4 號艙蓋

4 號艙蓋在 2008 年與 2010 年的調查照片比較如圖 5 至 12 所示。在 2005 年調查龍坑北段近岸區的潟湖時發現 4 號艙蓋，其結構完整，長 15 公尺，寬 7.5 公尺，在水深 7 公尺，卡在高起且其表面有活珊瑚生長的珊瑚礁體間，艙蓋平躺而翻倒，內部堆積一些沙和礁石，並有部份破損，較不易移動。艙蓋表面有許多大型藻類，包括松藻和乳節藻覆蓋生長。艙蓋位置的底質是石灰質礁石，珊瑚覆蓋低於 5%。鄰近有許多小型石灰岩塊聚集，其表面大型藻類繁生。2008 年呈現艙蓋仍非常完整的平躺在底質上，有二端卡在礁岩下，但四角的礁壁則有磨蝕出的直角礁面痕跡。雖然目前的形狀尚很完整，但艙蓋中間的結構已有崩解的情況，底部呈中空的情形。2010 年情況類似 2008 年但鏽蝕較多，測量艙蓋長 15.2



公尺，寬 7.2 公尺(表 2)。

### 三、5 號艙蓋

5 號艙蓋在 2008 年與 2010 年的調查照片比較如圖 13 至 18 所示。在 2005 年調查龍坑北段時發現 5 號艙蓋，其斷成 3 大部份，最大的長 15 公尺寬 3.5 公尺，第二大的長 7 公尺寬 3.5 公尺，小片的長 6 公尺寬 2 公尺，其他尚有少數碎片，3 大塊殘骸都成直立或斜立，卡在水道兩側的礁體之間，水深 4 至 7 公尺。殘骸的大部份表面被許多紅色大型藻和鈣化藻覆蓋生長，只有零星珊瑚小群體(直徑<5 公分)，如花環肉質軟珊瑚出現，殘骸可能不穩定而容易在較強海流情況下晃動。2008 年調查顯示殘骸主要還是分 3 大部份，成直立或斜立卡在水道兩側的礁體之間，並沒有明顯移動，但仍可觀察到碎片在其週邊造成的磨損情形(艙蓋磨蝕出的直角礁面痕跡)；其他尚有少數碎片散落周邊。3 大塊殘骸主要受到沉積物和毛叢狀海藻覆蓋，有些表面則被紅色鈣化藻覆蓋生長。珊瑚群體都很小(直徑<5 公分)，且零星分布，無法發展成較大的群體。2010 年調查發現殘骸分為 4 大部份，成直立或斜立卡在水道兩側的礁體之間，並沒有明顯移動，最大的長 15 公尺寬 1.5 公尺，第二大的長 7 公尺寬 2.2 公尺，另有兩小片分別為長 4.4 公尺寬 3 公尺，和長 4 公尺寬 3 公尺(表 2)。

### 四、船頭區

船頭區殘骸在 2008 年與 2010 年的調查照片比較如圖 19 至 22 所示。2005 年在固結石塊礁區邊緣有長度約 2 公尺的殘骸，旁邊有數個小殘骸碎片和約 10 餘公尺長的粗索。2008 年仍可發現長度約 2 公尺的殘骸，以及數個小殘骸碎片和約 10 餘公尺長的粗索。2010 年類似 2008 年的狀況(表 2)。

### 五、船尾區

船尾區殘骸在 2008 年與 2010 年的調查照片比較如圖 23 至 36 所示。2005 年此區域包含具有大型殘骸區塊和小型殘骸密集聚集，一些破碎的石塊，石塊和階梯狀岩石海床。殘骸覆蓋影響區長約 170 公尺，寬約 23 公尺，深度 7 至 11 公尺。發現有松藻繁盛大量覆蓋生長在殘骸與岩塊表面的情形，而在一些殘骸與岩

## 墾丁國家公園龍坑海域底棲群聚與 阿瑪斯號殘骸的生態監測

塊交界則松藻並未出現，顯示可能因殘骸晃動而使松藻無法覆蓋生長，繁生的松藻也與珊瑚競爭生長空間。也發現殘骸區有許多碎岩塊。殘骸表面有一些珊瑚附著生長，以鹿角珊瑚科、軸孔珊瑚科和菊珊瑚科的種類為主，其他尚有花環肉質軟珊瑚、棘穗軟珊瑚等，石珊瑚的群體大多低矮，並常有較大面積的基座延伸生長，一些軸孔珊瑚和鹿角珊瑚群體的直徑已有 10 公分以上。在颱風季節過後一些殘骸與岩塊交界表面無松藻覆蓋生長的情形仍可見，許多 1 公尺以上大小的殘骸已移動，可看到新的生鏽斑痕和附著生物被磨蝕清除的區域，一些大型殘骸也移動，估計至少二片(16 乘 5 公尺和 17 乘 8 公尺)的大殘骸明顯不在原來位置，與之前比較約 20 至 25% 的殘骸區有變動。殘骸尚不影響航道。

2008 年調查發現此區主要大型殘骸仍滯留在原地，並且形狀也相似；許多藻類覆蓋生長在殘骸與岩塊表面。殘骸表面有一些珊瑚附著生長，以鹿角珊瑚科、軸孔珊瑚科和菊珊瑚科的種類為主，以及花環肉質軟珊瑚、棘穗軟珊瑚等，石珊瑚的群體大多低矮，並常有較大面積的基座延伸生長，一些軸孔珊瑚和鹿角珊瑚群體的直徑有 10 公分以上。值得注意的是，許多殘骸呈現破損與表面嚴重鏽蝕現象，殘骸表面常見許多生鏽斑痕，較小型殘骸的分佈有逐漸分散的現象，並且一些殘骸有越過 2 至 3 階海底階梯狀海床岩石而略向岸邊移動。

2010 年的狀況類似 2008 年，但殘骸表面覆蓋生長許多松藻而生鏽斑痕較少，因此外貌類似當地海床基質(表 2)。

### 六、船身區

船身區殘骸在 2008 年與 2010 年的調查照片比較如圖 37 至 42 所示。2005 年調查結果，殘骸區面積估計為 36,485 平方公尺，鐵礦砂區面積估計為 18,215 平方公尺，深度為 15 至 23 公尺。大部份殘骸表面只有零星小珊瑚出現，但少數區域有較多珊瑚的加入量，以鹿角珊瑚科、軸孔珊瑚科和菊珊瑚科的種類為主，其他尚有棘穗軟珊瑚、微孔珊瑚、花環肉質軟珊瑚、葉形軟珊瑚、羽珊瑚等，石珊瑚群體大多低矮並常有較大面積的基座延伸生長。在颱風季節過後，船身發現

一片長約 10 公尺的殘骸滑動，在其底下的殘骸表面留下約 6 公尺清楚且新形成的銹蝕刮痕。一些區域有許多小型殘骸聚集的現象，也發現銅製螺旋槳葉的破碎殘骸。船身前方為錨鏈，其表面有一些珊瑚著生，主要是鹿角珊瑚；沿著錨鏈至其末端為錨，位於水深約 13 公尺處，其表面有一些珊瑚著生，主要是鹿角珊瑚。船身殘骸南方為引擎。殘骸情況尚不影響航道。鐵礦砂分布沉積厚度有的區域可能達 10 公分以上，鐵礦砂分布區的岩塊上有少數珊瑚，如花環肉質軟珊瑚、鹿角珊瑚的小群體生長。

2008 年調查結果，殘骸區與鐵礦砂區深度為 15 至 23 公尺。大部份殘骸表面只有零星小珊瑚出現，少數區域有較多珊瑚的加入量，以鹿角珊瑚科、軸孔珊瑚科和菊珊瑚科的種類為主，其他尚有棘穗軟珊瑚、微孔珊瑚、花環肉質軟珊瑚、葉形軟珊瑚、羽珊瑚等，石珊瑚群體大多低矮並常有較大面積的基座延伸生長。一些區域有許多小型殘骸聚集的現象。船身前方為錨鏈，其表面有一些珊瑚著生，主要是鹿角珊瑚；沿著錨鏈至其末端為錨，位於水深約 13 公尺處，其表面有一些珊瑚著生，主要是鹿角珊瑚。值得注意的是，與之前比較，大型殘骸呈現較破碎情形，不如之前較大型和較完整，許多殘骸呈現破損與表面嚴重銹蝕現象，殘骸表面常見許多生銹斑痕。船身殘骸南方為引擎。殘骸情況尚不影響航道。鐵礦砂分布區的岩塊上有少數珊瑚，如花環肉質軟珊瑚、鹿角珊瑚的小群體生長。

2010 年調查的狀況類似 2008 年，但已有一些珊瑚逐漸成長，體型直徑可達 20 餘公分(表 2)。

整體而言，龍坑海域的阿瑪斯號殘骸尚維持穩定。此外，潛水調查人員也觀察海底階梯狀岩石對殘骸移動的可能影響(圖 43)，同時留意著生在各區殘骸表面的各種珊瑚(圖 44 至 52)；少部份殘骸呈現輕微銹蝕狀況(圖 52、53)，可能與受強勁海流晃動殘骸使彼此表面刮磨有關。礦砂分布的區域有一些生物如蝦虎魚和槍蝦以及蝦蛄棲息(圖 54、55)，顯示可能沒有毒害生物的影響。而船身殘骸附近有時可發現廢棄的船錨(圖 56)和廢棄魚線纏繞在珊瑚群體表面(圖 57)，這些現象可反映有捕魚活動在此海域進行。

## 墾丁國家公園龍坑海域底棲群聚與 阿瑪斯號殘骸的生態監測

### 七、天然珊瑚礁底棲群聚

在近岸區鄰近 2 號艙蓋破壞區的自然珊瑚礁群聚，水深 4 至 6 公尺的區域，平行於海岸線，沿著等深線，監測底棲群聚結構的 3 條各長約 30 公尺的橫截線。此區的珊瑚礁底棲群聚於 2004 至 2010 年間持續維持穩定，硬珊瑚平均覆蓋率介於 22.4 至 29.2%，軟珊瑚介於 4.2 至 7.7%，總珊瑚平均覆蓋率介於 26.6 至 35.0% (圖 59)。在 2010 年的調查中，珊瑚生長形態與種類的平均覆蓋率以表覆形珊瑚占最多(11.8%，圖 60)，其次分別是藍珊瑚(6.2%)、分枝形珊瑚(2.5%)與團塊形珊瑚(1.5%)。藻類的平均覆蓋率則以毛叢狀海藻為主(68.3%，圖 60)，而珊瑚藻與大型海藻都很少。

### 八、比較阿瑪斯號殘骸表面與鄰近天然海底基質表面的珊瑚群聚

阿瑪斯號殘骸，包括引擎區(阿瑪斯號殘骸)、大型船板區(阿瑪斯號殘骸)和船尾區(阿瑪斯號船尾殘骸)，以及天然海床基質，包括海床區(大型船板區附近岩石海床)和船身區(船尾殘骸附近岩石海床)各 5 條 10m 測線的調查結果顯示，硬珊瑚平均覆蓋率在阿瑪斯號殘骸的範圍介於 3.2 至 6.7% (圖 61)，與殘骸附近岩石海床的範圍介於 4.2 至 7.0% 相近；軟珊瑚數量皆低於 1%，而以藻類最多(90.0 至 95.0%)。珊瑚生長形態以表覆形珊瑚為主(1.3 至 6.1%)，其次為分枝形珊瑚(0.6 至 1.8%) (圖 62)。大部份的殘骸主要覆蓋以毛叢狀海藻為主的大型藻類(>80%，圖 63)，珊瑚藻與大型海藻的覆蓋率非常低。

### 九、水溫

在近岸區水深 6 公尺利用自計式溫度計(Onset Computer)每 30 分鐘監測記錄一次的結果顯示，水溫呈現明顯季節性變動(圖 64)，冬天水溫較低，夏天水溫較高，但在 5 至 10 月明顯受到東北季風和颱風過境的影響水溫急劇變動。水溫的劇烈變動與溫度較低是限制龍坑海域珊瑚礁發育的主要因子之一。

## 第三章 討論與建議

### 第一節 討論

本年度(2010)的調查結果顯示大部份阿瑪斯號的殘骸並沒有明顯的位移情形，殘骸大都還留在岩石海床區，與 2005 和 2008 年的調查結果相比較，這些殘骸呈現尚穩定的狀態。不過，許多殘骸呈現破損與部份表面銹蝕現象，並且分布較分散，以及船尾少數殘骸有越過 1 至 2 階海底階梯狀海床岩石而略向岸邊移動。由於此區常有強勁的海流，再加上颱風造成強勁海流所產生搬移作用的影響，未來仍有可能將殘骸沿著海底逐漸越過石階，以西北方的方向向岸邊移動，因此這些殘骸值得日後追蹤觀察。

龍坑近岸珊瑚礁區的 4 和 5 號艙蓋緊鄰珊瑚數量較多的區域，此區珊瑚的平均覆蓋率約在 30%；但此區的珊瑚的生長環境較嚴苛，其水溫較低、常受強勁風浪影響，並且近年來龍坑海域的海水常常較混濁，這些因素都對珊瑚的生長與珊瑚礁的發展造成很大的限制。而這些殘骸也都有可能再對近岸的珊瑚礁產生破壞，一旦破壞，即可能造成長久性的傷害。至於其他殘骸雖位在水深 10 公尺以下較深的地方，近年似乎並未造成較大距離位移的現象，但有逐漸破碎與分散的情形，未來仍有機會受到颱風的影響而移向陸地，長期而言殘骸可能仍不穩定，因此建議定期進行監測，依據監測結果評估後續利用固定或移除殘骸方式的可行性。但受限於龍坑海域的海況較不易預測掌握，移除殘骸所需的設備、技術以及風險較高與費用高昂等狀況。目前建議應定期持續進行監測，瞭解這些殘骸的最新狀況與週邊底棲環境的情形。近年來，廢棄在珊瑚礁船隻的調查、監測與設法清除也逐漸受到人們重視值得參考學習(Helton and Zelo, 2003)。

部份阿瑪斯號的殘骸，如引擎區附近與船身的殘骸都有許多珊瑚固著生長，提供作為珊瑚著苗的基質。在一些船隻擱淺事件的調查發現，遺留的船身殘

## 墾丁國家公園龍坑海域底棲群聚與 阿瑪斯號殘骸的生態監測

骸其表面有較多的珊瑚新添量，例如 Riegl (2001) 發現紅海 Camel-Nabq 2 船身殘骸的珊瑚覆蓋幾乎高出被破壞礁區的 4 倍，且在其他船隻擱淺事件亦相似。此現象在龍坑阿瑪斯號殘骸也有相似情形，但珊瑚的加入量在殘骸的不同區域有很大的變化，原因可能是在被破壞礁區有許多不穩定的碎石造成干擾，而大型殘骸則提供穩定基質，並且高起的船身殘骸可能使得其表面的珊瑚較不受沉積物漂砂和碎石滾動的影響。不過，Rogers 和 Garrison (2001) 報導在美國 Virgin 島被船錨破壞區，雖然有較高的珊瑚新添量密度，珊瑚覆蓋率卻在 10 年中並未明顯增加，反映新加入群體的存活率和生長不佳；原因可能是被破壞區表面平坦，使珊瑚加入量易受不穩定的碎石和漂砂磨蝕而傷亡。龍坑殘骸上的珊瑚加入量的群體體型小、覆蓋度低，反映新添量的存活與生長受到抑制，可能受到海流、濁度等的影響。

趙(2007)報導龍坑海域在阿瑪斯號貨輪擱淺事件後，海岸潮間帶的無脊椎動物已恢復到相當程度。另外，在龍坑淺水域監測 2 號艙蓋破壞區 1 乘 1 平方公尺固定樣區的結果顯示，在較不受漂沙限制而珊瑚自然復原較佳的區域珊瑚群體的數目，由 2002 年的 0 株持續穩定增加至 2008 年的 60 株與 2010 年的 48 與 56 株，而珊瑚覆蓋率由 2002 年的 0% 持續穩定增加至 2008 年的 20.5 至 21.7% 與 2010 年的 25.1 至 28.3% (Liu and Fan, 2007；劉與樊，未發表資料)；以及利用固定於礁岩表面的著苗瓷磚研究珊瑚新添量的結果顯示，珊瑚新添量的平均值在 2007 年 4 至 9 月為每平方公尺 75 株，在 2007 年 9 月至 2008 年 4 月為每平方公尺 157 株，換算為一年每平方公尺 232 株 (Jheng and Fan, 2008)，顯示龍坑海域珊瑚的自然新添量與恢復力較高。珊瑚加入量在影響族群與群聚的補充與變動，維持珊瑚礁的健康，以及受干擾影響損害礁區的復原等方面，都扮演重要作用並具有地區性差異。例如 Hughes et al (1999) 比較澳洲大堡礁珊瑚的成體群聚與加入量的關係，發現具有相似豐富度的群聚間，其變動與轉換卻有很大的不同。而一些研究顯示，加入量是影響珊瑚覆蓋率的主要因素 (Coles and Brown 2007)。研究結果也

顯示，地區性的加入量和地區性產生幼生被保留在親代礁區，可能常發生在許多具有浮游幼生期的海洋生物(Strathmann et al 2002)。因此，珊瑚加入量對珊瑚礁的保育與管理非常重要，常被列為優先研究的項目。世界各地，包括法屬波里尼西亞、關島、大堡礁、澳洲東南部、日本西南部、紅海、加勒比海等，珊瑚加入量的變化很大，其中以在澳洲大堡礁中區的加入量最高，每年每平方公尺可達4590株。此外，珊瑚加入量的種類，一般以鹿角珊瑚科、軸孔珊瑚科、微孔珊瑚科和菊珊瑚科的種類為主，並具有季節差異。另外，加入量受研究方法、珊瑚附著板的材料與固定方式、深度、藻食性動物數量、珊瑚生活史策略等的影響(Glassom et al 2004, Nozawa et al 2006, Adjeroud et al 2007)。

阿瑪斯號殘骸表面附著生長許多藻類，部份殘骸區也出現魚群。有調查發現船隻殘骸附近藻食魚類的數目和生物量較高，並認為與當地有銹蝕的鋼鐵廢棄物和毛叢狀海藻與藍綠藻較多有關(Schroeder et al 2008)。另外，中太平洋 Palmyra 環礁未受人為開發活動影響，仍保持較原始狀況；一艘捕漁船於 1991 年觸礁擱淺，2004 年其週邊底棲群聚以珊瑚為主，僅有非常少的擬珊瑚海葵(*Rhodactis howesii*)，但至 2007 年擬珊瑚海葵已擴張，覆蓋生長於 2100 乘 700 公尺的廣大區域並成為優勢種，此群聚結構相變可能與一些物質，如溶解性的鐵由船隻溶解有關(Work et al 2008)。雖然至今並未在阿瑪斯號殘骸附近發現擬珊瑚海葵大量出現現象，但由於在南灣的小灣和後壁湖都有擬珊瑚海葵在一些地點密集覆蓋生長成為優勢種的情形，因此值得日後密切留意(Tkachenko et al 2007)。

船隻觸礁擱淺尚須注意漏油污染的發生。船隻觸礁漏油和其他漏油事件在一些珊瑚礁區，如紅海(Loya and Rinkevich, 1980)、巴拿馬(Jackson et al., 1989) 和阿拉伯灣(Vogt, 1995)等地區都曾經發生過。有些地區，如阿拉伯灣的研究結果顯示，1991 年的油污染在 1992 至 1994 年調查時，並未發現對珊瑚礁造成明顯不良後果，可能與其影響僅有部份區域有關(Vogt, 1995)；有些地區的珊瑚礁，如紅海因長期承受漏油污染(Loya and Rinkevich, 1980)，和巴拿馬遭受大量原油污染(Jackson et al., 1989)，則明顯受油污染傷害，其現象包括油污染可能造成珊

## 墾丁國家公園龍坑海域底棲群聚與 阿瑪斯號殘骸的生態監測

瑚廣泛死亡，使得珊瑚覆蓋面積減少(Jackson et al., 1989)；或使得珊瑚不健康，表現出白化、組織緊縮或潰爛、分泌黏液等受環境緊迫的症狀(Jackson et al., 1989)；或是影響珊瑚生殖能力，造成生殖腺變小、生殖力降低(Guzman and Holst, 1993)等。

除了油污之外，船隻觸礁事件對珊瑚礁造成不利影響的原因，還包括：船身表面抗附著生物的塗漆剝落，沉積在礁石縫隙和砂石中造成毒性污染(Haynes et al., 2002; Negri et al., 2002)；一些研究結果發現，抗附著生物的塗漆與油污和分解油污用的清潔劑一樣，都具有阻礙珊瑚配子和胚胎正常發育(Rinkevich and Loya, 1979; Guzman and Holst, 1993)，受精作用(Negri and Heyward, 2000)以及抑制幼生附著的不良影響(Epstein et al., 2000; Negri et al., 2002)。

至目前結果顯示，龍坑海域近岸珊瑚礁的阿瑪斯號殘骸的船艙蓋仍在原地，殘骸表面大多有許多藻類覆蓋生長，也有一些小珊瑚群體著生；位於較深岩石海床的殘骸大部份仍可發現，船身、船尾與船頭的主要殘骸也皆可發現，而並未明顯位移；並且近岸珊瑚礁的珊瑚覆蓋率約在 30 至 50%，同時自 2003 年開始監測至今大致呈現穩定狀態(樊 2005, 2008, 何等 2009, 戴 2009)。尤其是在經歷 2009 年對台灣沿海一些珊瑚礁造成重大影響的莫拉克颱風事件後，莫拉克颱風似乎並未對龍坑珊瑚礁與阿瑪斯號殘骸造成明顯影響，也相似地在南灣海域西側的後壁湖至貓鼻頭海域並未造成明顯影響，顯示這些海域可能受到地形屏障而躲過莫拉克颱風的衝擊。

## 第二節 建議

立即可行之建議－龍坑海域底棲群聚與阿瑪斯號殘骸的持續調查監測

主辦機關：墾丁國家公園管理處

由於阿瑪斯號船隻殘骸仍棄置在近岸珊瑚礁和海底岩石海床區，可能因颱風或強勁風浪造成破損和移動，而對海域生態和珊瑚礁資源造成不利影響，以及因



船隻銹蝕鐵銹溶於海水中引起生態改變，因此建議定期進行龍坑海域底棲群聚與阿瑪斯號殘骸的持續調查監測。

#### 中長期性建議—規劃船隻觸礁擱淺處理流程與損害評估方法

主辦機關：交通部

船隻觸礁擱淺後，應儘快進行空中錄影和照相，以確切掌握擱淺船隻狀況，規劃船隻移除作業和損害調查；利用拖船在潮位較高、卸除船貨和擱淺船隻停俾的較佳情況下，將其拖離礁區，以防止後續損害，然後立即進行損害調查，步驟包括以浮球和全球定位系統(GPS)標記範圍，再將區域以格網方式劃分，在受損害區以水下錄影或照相等快速記錄影像器材進行資料收集、測量與書面記錄(Curtis, 1985; Smith, 1985; Hudson and Diaz, 1988; Hudson and Goodwin, 2001)。由於珊瑚礁生物附著生長快，因此若未盡快調查，將因生物附著生長而難以辨認被破壞的證據與跡象(Hudson and Goodwin, 2001)。

#### 中長期性建議—阿瑪斯號殘骸的固定或移除

主辦機關：交通部

協辦單位：墾丁國家公園管理處

由於目前殘骸區所在的水深 20 公尺內仍可能會受到颱風的影響，且受氣候變遷影響強烈颱風可能增多，長期而言殘骸仍為不穩定，而有被移動至岸邊的風險，因此建議固定或移除。不過，由於龍坑海域的海況較不易預測掌握，移除殘骸所需的設備、技術與費用高昂，因此移除的規劃與執行也須特別謹慎，衡量可能造成的二次傷害與長期利益的平衡。

#### 中長期性建議—收集彙整分析過去台灣沿海船隻觸礁擱淺事故原因與處置

## 墾丁國家公園龍坑海域底棲群聚與 阿瑪斯號殘骸的生態監測

主辦機關：交通部

台灣位於主要國際航行運輸路線途中，因此遭遇船隻觸礁擱淺意外事故發生的風險較高，建議應將過去事故資料收集彙整，分析研擬預防措施與緊急應變流程與編組，並且定期演練，以有效降低意外事故所造成的損害。

### 誌謝

本調查由墾丁國家公園管理處提供經費，萬里號潛水船船長陳瑞民先生協助調查作業，謹此誌謝。

表 1、阿瑪斯號殘骸名稱與分佈的經緯度座標

標號	殘骸名稱	東經	北緯
A	獨立礁	120°52.130	21°56.146
B	5 號艙蓋	120°51.724	21°54.920
C	4 號艙蓋	120°51.716	21°54.656
D	2 號艙蓋破壞區	120°51.676	21°54.465
E	船首	120°51.718	21°55.572
F	船身殘骸	120°52.242	21°55.514
	船身殘骸	120°52.273	21°55.544
	船身殘骸	120°52.331	21°55.473
	船身殘骸	120°52.359	21°55.427
	船身殘骸	120°52.428	21°55.460
	船身殘骸	120°52.430	21°55.444
	船身左側礮砂邊緣	120°52.450	21°55.371
	船身左側殘骸邊緣	120°52.465	21°55.332
	G	引擎	120°52.475
錨鏈&船板連結處		120°52.494	21°55.443
H	船身右側殘骸邊緣	120°52.530	21°55.321
I	錨	120°52.557	21°55.407

(資料來源：本研究)

表 2、阿瑪斯號殘骸的名稱與變動比較

---

---

殘骸名稱	2010 年
4 號艙蓋	類似 2008 年但銹蝕較多。
5 號艙蓋	殘骸由 2008 年的 3 大塊分為 4 大塊。
船首	類似 2008 年的狀況。
船尾區	狀況類似 2008 年，但生銹斑痕較少。
船身區	狀況類似 2008 年，但有珊瑚逐漸成長，體型較大。
礦砂	類似 2008 年的狀況。
引擎	類似 2008 年的狀況。
錨鏈	類似 2008 年的狀況。
錨	類似 2008 年的狀況。

---

---

(資料來源：本研究)

圖 1、龍坑位置圖  
(資料來源：本研究)

墾丁國家公園龍坑海域底棲群聚與  
阿瑪斯號殘骸的生態監測

**圖 2、龍坑海域調查地區與阿瑪斯號殘骸分布圖**

圖中顯示 10 與 20 公尺等深線。A：龍坑外海露出海面的獨立礁，B：5 號艙蓋，C：4 號艙蓋，D：2 號艙蓋破壞區，E：船頭，F：船尾，G：引擎，H：船身右側殘骸邊緣，I：錨

(資料來源：本研究)

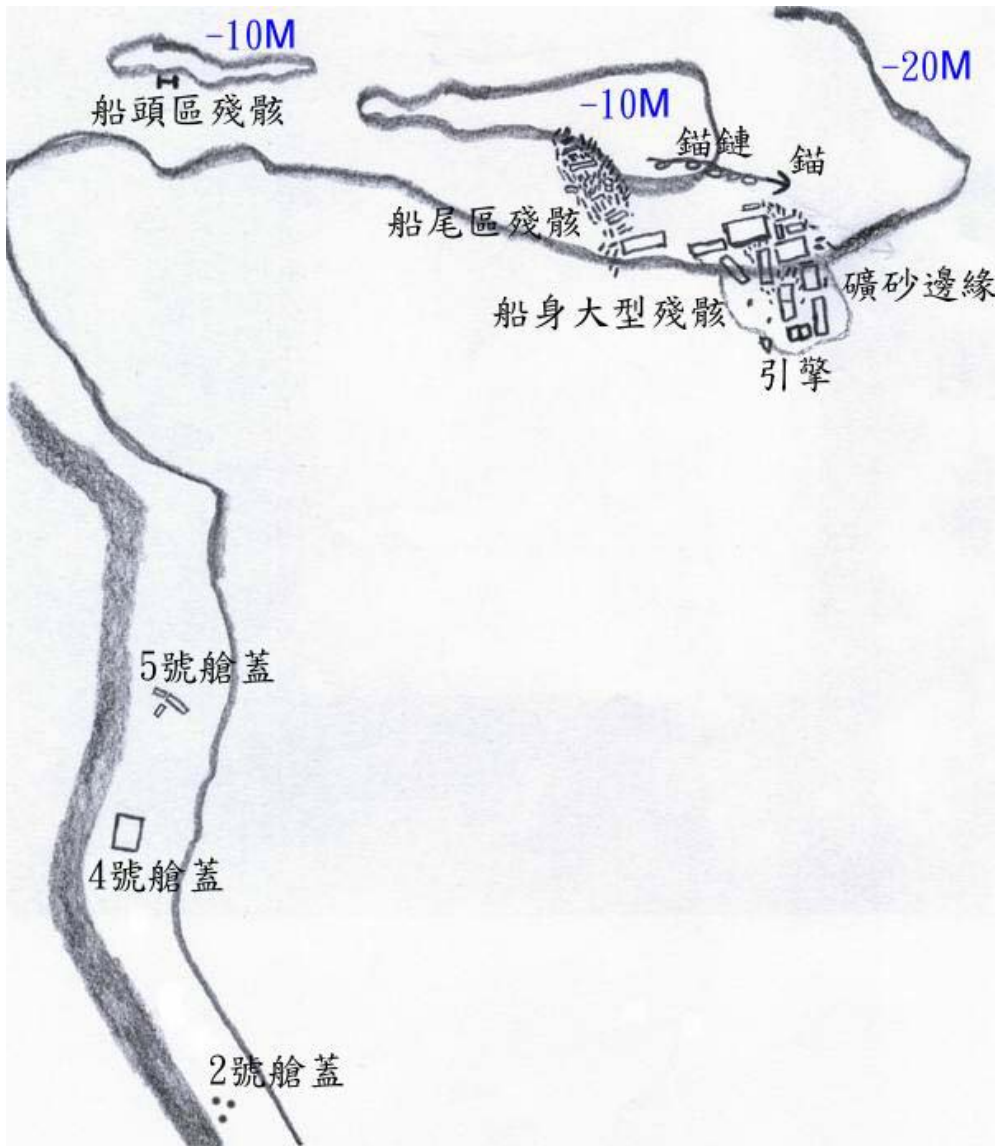


圖 3、龍坑阿瑪斯號殘骸分佈示意圖  
(資料來源：本研究)

墾丁國家公園龍坑海域底棲群聚與  
阿瑪斯號殘骸的生態監測

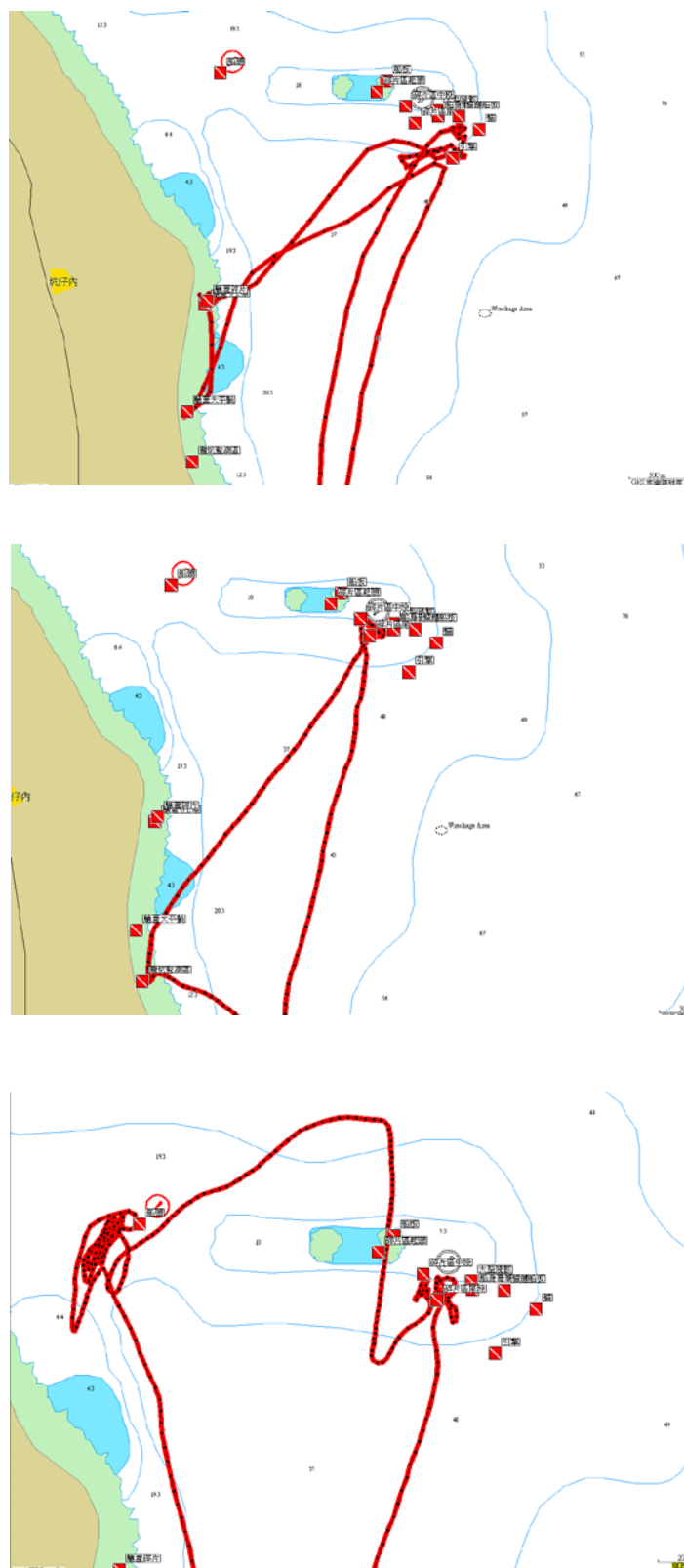


圖 4、龍坑近岸與阿瑪斯號殘骸調查航行軌跡圖  
(資料來源：本研究)





圖 5、4 號艙蓋倒躺在瀉湖區  
(20080610 近岸區)  
(資料來源：本研究)



圖 6、4 號艙蓋倒躺在瀉湖區  
(20100521 近岸區)  
(資料來源：本研究)



圖 7、4 號艙蓋的鐵板 (20080610  
近岸區)  
(資料來源：本研究)

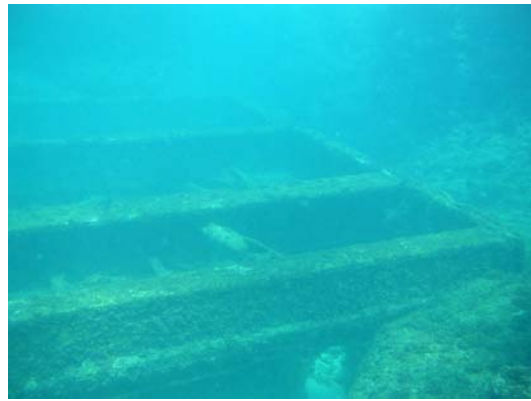


圖 8、4 號艙蓋的鐵板 (20100521  
近岸區)  
(資料來源：本研究)



圖 9、4 號艙蓋的一角嵌在珊瑚礁  
岩之間 (20080610 近岸區)  
(資料來源：本研究)



圖 10、4 號艙蓋的一角嵌在珊瑚  
礁岩之間 (20100521 近岸區)  
(資料來源：本研究)



圖 11、4 號艙蓋內堆積一些石灰  
岩塊與沉積物 (20080610 近岸  
區)

(資料來源：本研究)

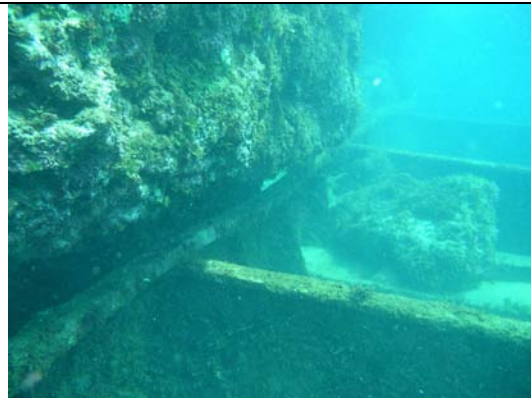


圖 12、4 號艙蓋內堆積一些石灰  
岩塊與沉積物 (20100521 近岸  
區)

(資料來源：本研究)



圖 13、5 號艙蓋殘骸 (20080610  
近岸區)

(資料來源：本研究)



圖 14、5 號艙蓋殘骸 (20100521  
近岸區)

(資料來源：本研究)



圖 15、5 號艙蓋殘骸表面有許多  
大型藻附著生長 (20080610 近岸  
區)

(資料來源：本研究)



圖 16、5 號艙蓋殘骸表面有許多  
大型藻附著生長 (20100521 近岸  
區)

(資料來源：本研究)





圖 17、5 號艙蓋殘骸移動刮損礁岩表面 (20080610 近岸區)  
(資料來源：本研究)



圖 18、5 號艙蓋附近刮損的礁岩表面(20100521 近岸區)  
(資料來源：本研究)



圖 19、船頭區所遺留的殘骸  
(20081006 船頭)  
(資料來源：本研究)



圖 20、船頭區所遺留的殘骸  
(20100720 船頭)  
(資料來源：本研究)



圖 21、船頭區所遺留的殘骸  
(20081006 船頭)  
(資料來源：本研究)



圖 22、船頭區所遺留的殘骸  
(20100720 船頭)  
(資料來源：本研究)



圖 23、船尾區的大型殘骸  
(20081006 船尾)  
(資料來源：本研究)



圖 24、船尾區的大型殘骸  
(20100719 船尾)  
(資料來源：本研究)



圖 25、船尾區的殘骸 (20081006  
船尾)  
(資料來源：本研究)



圖 26、船尾區的殘骸 (20100719  
船尾)  
(資料來源：本研究)



圖 27、船尾區的殘骸 (20081006  
船尾)  
(資料來源：本研究)



圖 28、船尾區的殘骸 (20100720  
船尾)  
(資料來源：本研究)





圖 29、船尾區的殘骸與其表面附著生長的珊瑚 (20081006 船尾)  
(資料來源：本研究)

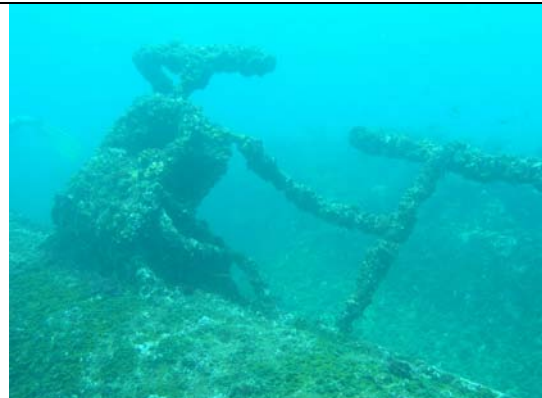


圖 30、船尾區的殘骸 (20100719 船尾)  
(資料來源：本研究)



圖 31、船尾區的殘骸 (20081006 船尾)  
(資料來源：本研究)



圖 32、船尾區的殘骸 (20100719 船尾)  
(資料來源：本研究)



圖 33、船尾區的殘骸(20081006 船尾)  
(資料來源：本研究)



圖 34、船尾區的殘骸 (20100720 船尾)  
(資料來源：本研究)



圖 35、船尾區的殘骸 (20081006 船尾)  
(資料來源：本研究)



圖 36、船尾區的殘骸 (20100719 船尾)  
(資料來源：本研究)



圖 37、船身區大型殘骸 (20081006 船身)  
(資料來源：本研究)



圖 38、船身區大型殘骸 (20100521 船身)  
(資料來源：本研究)



圖 39、船身區大型殘骸與其表面附著生長的珊瑚 (20081006 船身)  
(資料來源：本研究)



圖 40、船身區大型殘骸與其表面附著生長的珊瑚 (20100521 船身)  
(資料來源：本研究)





圖 41、阿瑪斯號船身區的引擎殘骸  
(20080612 船身)  
(資料來源：本研究)



圖 42、阿瑪斯號船身區的引擎殘骸  
(20100521 船身)  
(資料來源：本研究)



圖 43、龍坑外海海底的階梯狀岩石  
海床  
(資料來源：本研究)

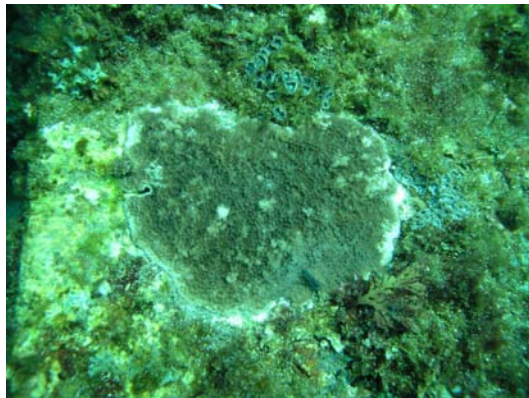


圖 44、著生在 4 號艙蓋的珊瑚  
(資料來源：本研究)



圖 45、著生在 5 號艙蓋的珊瑚  
(資料來源：本研究)

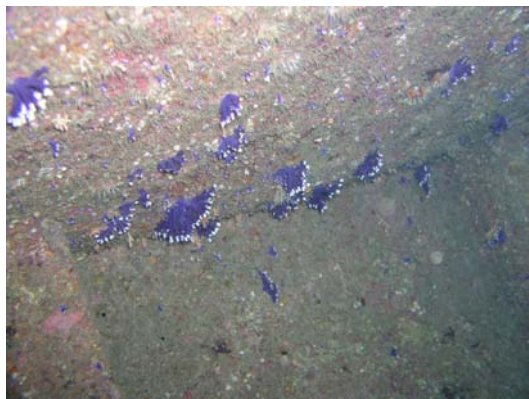


圖 46、著生在 5 號艙蓋的珊瑚  
(資料來源：本研究)



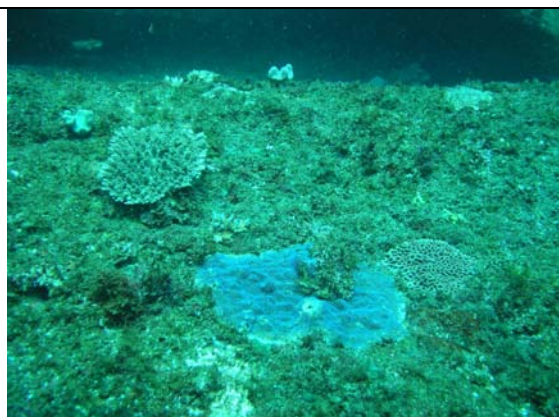


圖 47、著生在船板殘骸的珊瑚  
(資料來源：本研究)

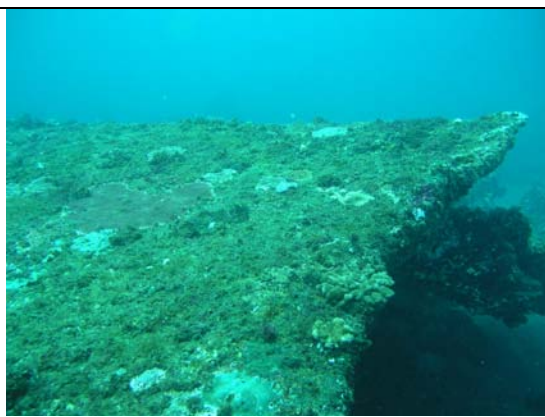


圖 48、著生在船板殘骸的珊瑚  
(資料來源：本研究)



圖 49、著生在船板殘骸的珊瑚  
(資料來源：本研究)



圖 50、著生在船板殘骸的珊瑚  
(資料來源：本研究)



圖 51、著生在船板殘骸的珊瑚  
(資料來源：本研究)



圖 52、著生在船板殘骸的珊瑚  
(資料來源：本研究)





圖 53、鏽蝕的阿瑪斯號船板殘骸  
(資料來源：本研究)

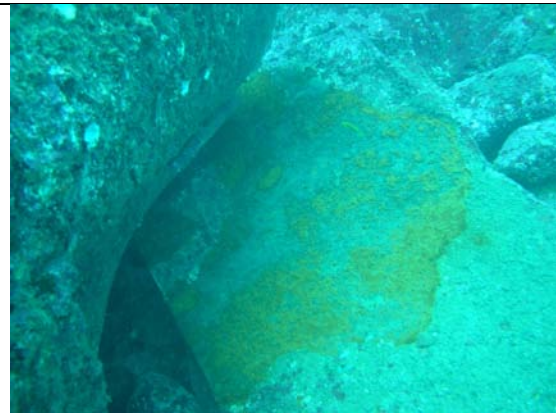


圖 54、鏽蝕的阿瑪斯號船板殘骸  
(資料來源：本研究)



圖 55、以鐵礦砂為棲地的蝦虎魚和  
槍蝦  
(資料來源：本研究)

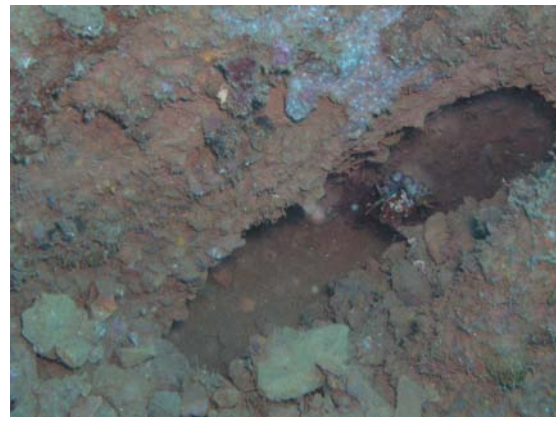


圖 56、以鐵礦砂為棲地的蝦蛄  
(資料來源：本研究)



圖 57、阿瑪斯號船板殘骸附近廢棄  
的船錨  
(資料來源：本研究)



圖 58、阿瑪斯號船板殘骸附近廢  
棄的魚線  
(資料來源：本研究)

墾丁國家公園龍坑海域底棲群聚與  
阿瑪斯號殘骸的生態監測

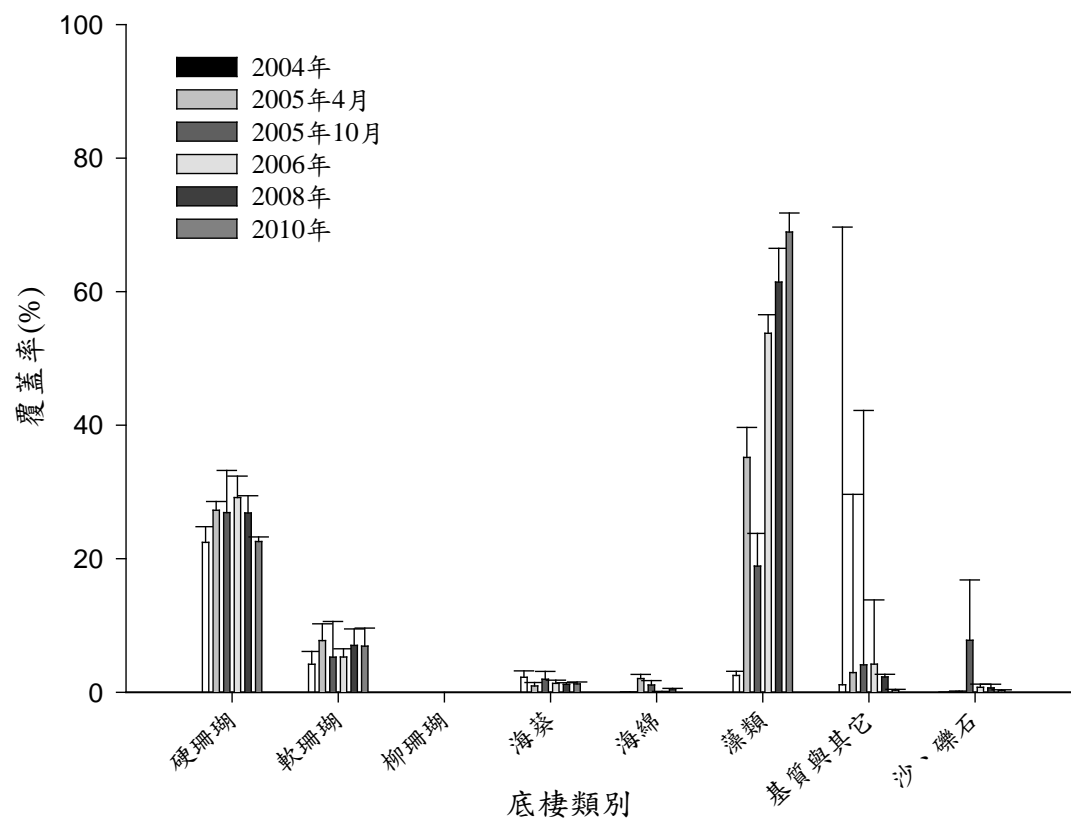


圖 59、2004 年至 2010 年，鄰近 2 號艙蓋破壞區天然珊瑚礁底棲生物  
群聚與基質的類別與其覆蓋率(平均值±標準偏差)  
(資料來源：本研究)

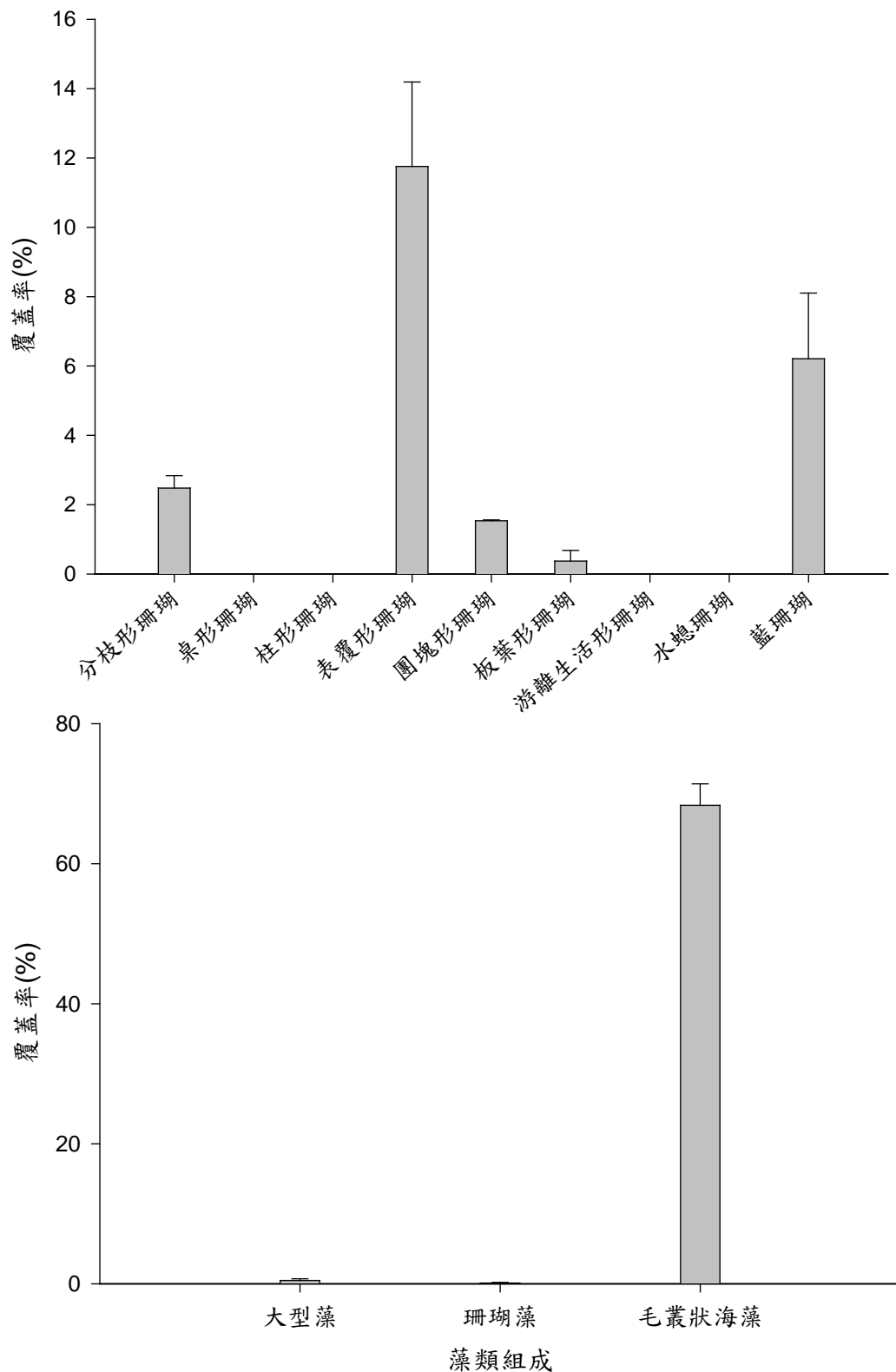


圖 60、2010 年鄰近 2 號艙蓋破壞區天然珊瑚礁，珊瑚中不同群體生長形態類別，和藻類中不同組成類別的覆蓋率(平均值±標準偏差)  
(資料來源：本研究)

墾丁國家公園龍坑海域底棲群聚與  
阿瑪斯號殘骸的生態監測

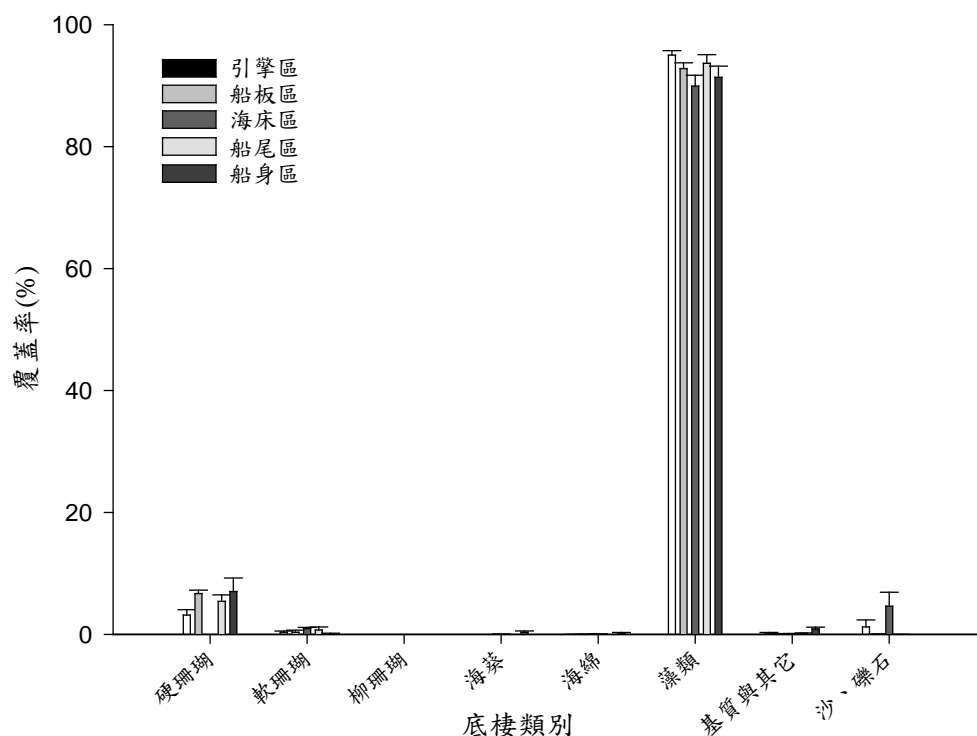


圖 61、阿瑪斯號殘骸，包括引擎區(阿瑪斯號殘骸)、大型船板區(阿瑪斯號殘骸)和船尾區(阿瑪斯號船尾殘骸)，以及天然海床基質，包括海床區(大型船板區附近岩石海床)和船身區(船尾殘骸附近岩石海床)的底棲生物群聚與基質的類別與其覆蓋率(平均值±標準偏差)(資料來源：本研究)

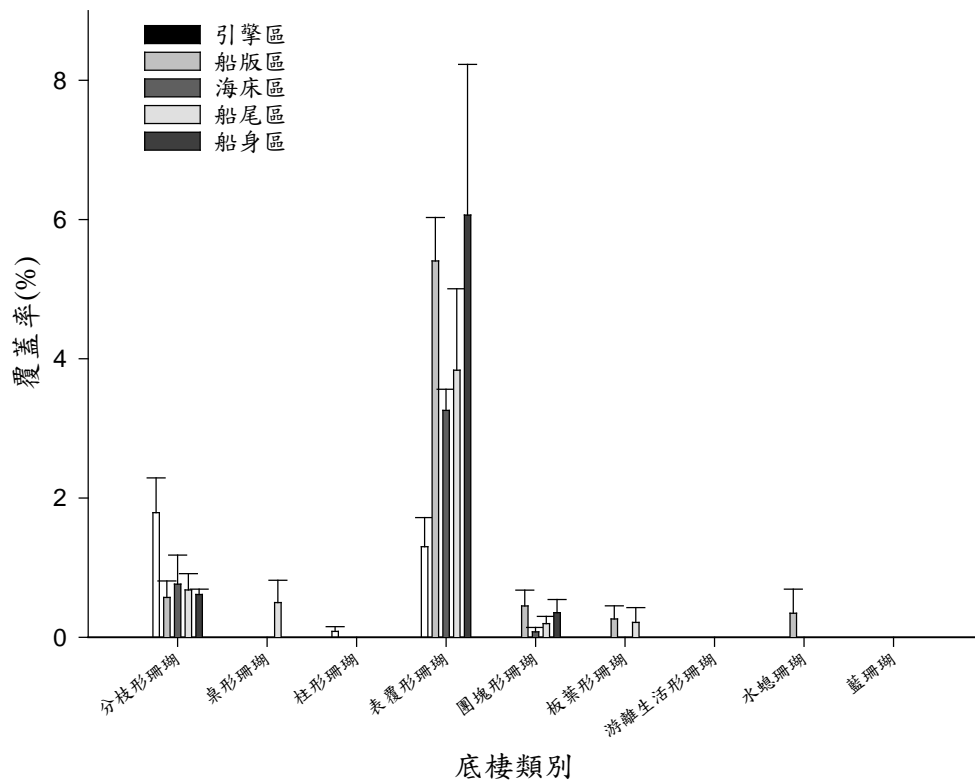


圖 62、阿瑪斯號殘骸，包括引擎區(阿瑪斯號殘骸)、大型船板區(阿瑪斯號殘骸)和船尾區(阿瑪斯號船尾殘骸)，以及天然海床基質，包括海床區(大型船板區附近岩石海床)和船身區(船尾殘骸附近岩石海床)的珊瑚中，不同群體生長形態類別的覆蓋率(平均值±標準偏差)(資料來源：本研究)

墾丁國家公園龍坑海域底棲群聚與  
阿瑪斯號殘骸的生態監測

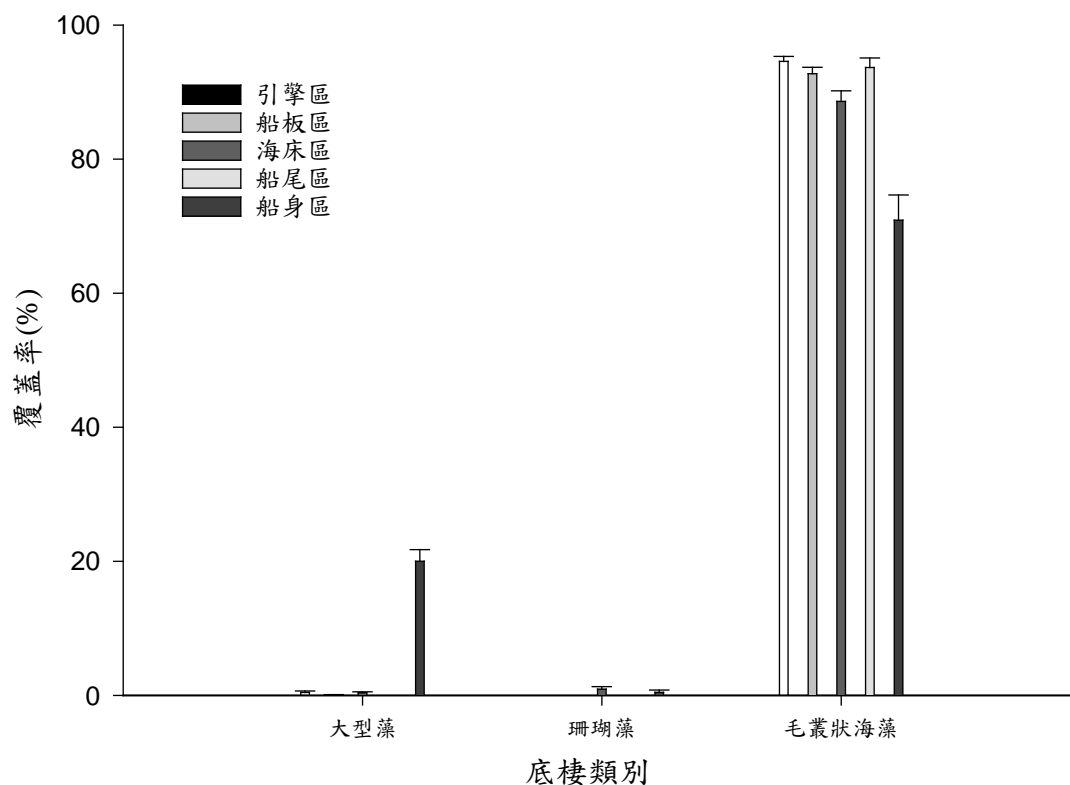


圖 63、阿瑪斯號殘骸，包括引擎區(阿瑪斯號殘骸)、大型船板區(阿瑪斯號殘骸)和船尾區(阿瑪斯號船尾殘骸)，以及天然海床基質，包括海床區(大型船板區附近岩石海床)和船身區(船尾殘骸附近岩石海床)的底棲藻類中，不同類別組成的覆蓋率(平均值±標準偏差)  
(資料來源：本研究)

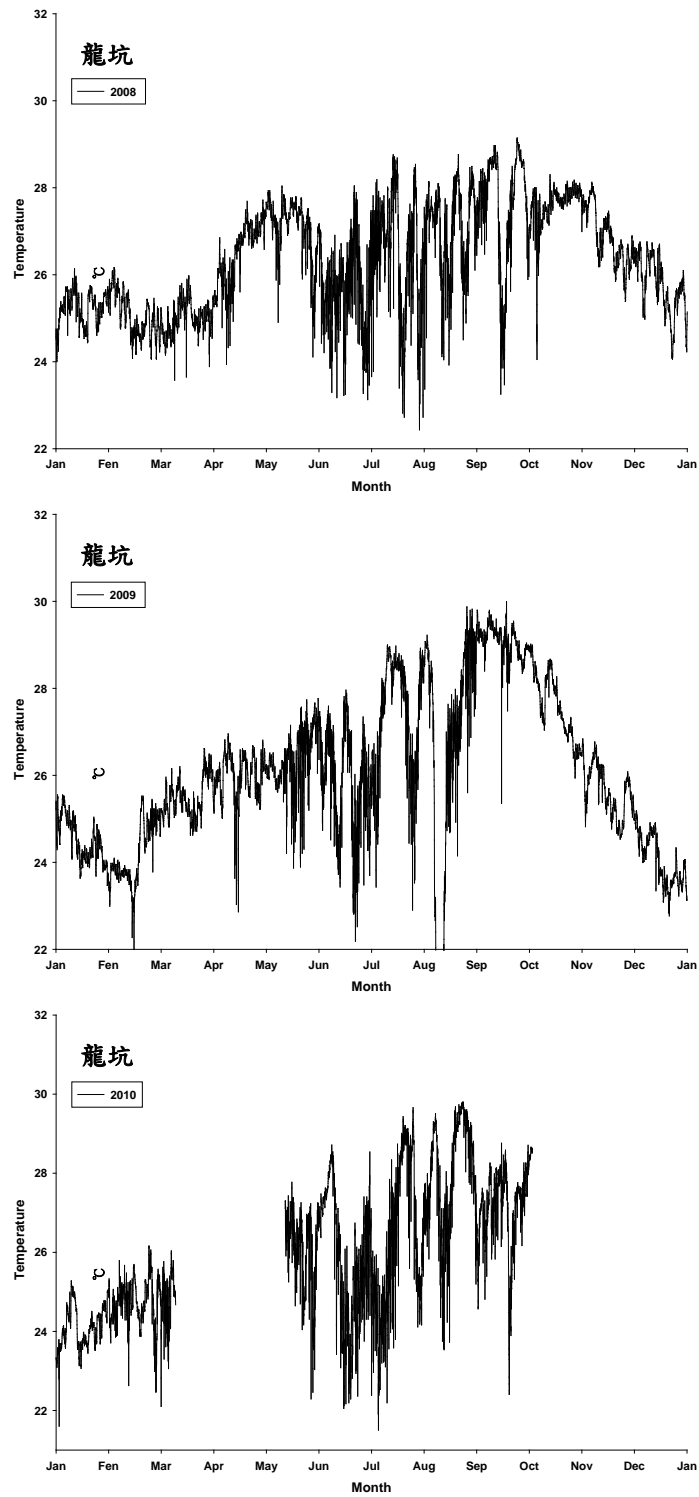


圖 64、2008 至 2010 年龍坑水溫連續變化圖  
(資料來源：本研究)

墾丁國家公園龍坑海域底棲群聚與  
阿瑪斯號殘骸的生態監測



## 附錄一 服務企劃書評審會議紀錄

99 年度「墾丁國家公園龍坑海域底棲群聚與阿瑪斯號殘骸的生態監測」

### 服務企劃書評審會議紀錄

壹、開會時間：中華民國 99 年 2 月 9 日上午 1030 記錄：陳信宏

貳、開會地點：墾丁國家公園管理處行政中心大型會議室

參、主持(召集)人：林委員青 (李委員登志代)

肆、審查委員：

中央研究院 詹委員榮桂

國立台灣師範大學 陳委員仲吉

國立台灣海洋大學 何委員平合

墾丁國家公園管理處 林委員青 (請假)

墾丁國家公園管理處 李委員登志

墾丁國家公園管理處 徐委員茂敬 (請假)

墾丁國家公園管理處 曾委員添丁 (請假)

墾丁國家公園管理處 蔡委員豐富

伍、出席單位及人員：

服務廠商： 樊同雲

本處出席人員： 馬協群、陳信宏

墾丁國家公園龍坑海域底棲群聚與  
阿瑪斯號殘骸的生態監測

99 年度「墾丁國家公園龍坑海域底棲群聚與阿瑪斯號殘骸的生態監測」

服務企劃書評審會議紀錄

壹、開會時間：中華民國 99 年 2 月 9 日上午 1030 記錄：陳信宏

貳、開會地點：墾丁國家公園管理處行政中心大型會議室

參、主持(召集)人：林委員青 李登志

肆、審查委員：

中央研究院	詹委員榮桂	詹榮桂
國立台灣師範大學	陳委員仲吉	陳仲吉
國立台灣海洋大學	何委員平合	何平合
墾丁國家公園管理處	林委員青	請假
墾丁國家公園管理處	李委員登志	李登志
墾丁國家公園管理處	徐委員茂敬	請假
墾丁國家公園管理處	曾委員添丁	請假
墾丁國家公園管理處	蔡委員豐富	蔡豐富

伍、出席單位及人員：

服務廠商： 樊同雲

本處出席人員： 馬協志 陳信宏

陸、主席致詞：略。

柒、業務報告：

- 一、 本案已於 99 年 2 月 9 日上午 1100 完成資格審查，計有 1 家廠商(國立海洋生物博物館)合格。
- 二、 本案審查委員會外聘 3 員、內聘 5 員，共計 8 員。全員出席本會議之外聘 3 員、內聘 2 員，共計 5 員，出席委員人數已逾委員總數之 1/2，又符合外聘委員出席人數至少 2 人，並達委員總數 1/3 以上之規定。

捌、廠商報告：略。

玖、討論與建議：

陳委員仲吉

1. 請說明如何評估阿瑪斯號殘骸可能移動方向和路徑。
2. 應評估大殘骸可能產生之位移可能性，若有是否建議移除；若不移除其可能造成之傷害為何？
3. 有關新殘骸之群聚變化應是值得深入研究和探討之議題。

樊同雲（計畫主持人）回應：

1. 本調查已掌握當地海流流動狀況，在海面部分的船艙蓋，其大致因東北季風已被推移至岸邊，而海面下部分殘骸因颱風影響與當地地形呈西北走向分布。另有提及有關航行安全部分，是因為有一位置海底地形較淺且殘骸均往此移動。本計畫是以海底潛水觀察及 GPS 定位分析，作為判斷附近殘骸移動之分布。
2. 目前殘骸移動是趨近於穩定狀況，若有危害且移動至現生珊瑚礁的分布區域內，本研究團隊會立即提出移除建議。

何委員平合：

阿瑪斯號殘骸屬於非固定性的影響因子，除了監測位移會對生物造成的影響之外，本計畫亦應列出評估殘骸位移對航道的影響。這一項目的具體作法，例如：殘骸位移達到多少範圍？或位移到何種水深？就該發出危險航道的警訊，建議執行單位進一步說明。

樊同雲（計畫主持人）回應：

## 墾丁國家公園龍坑海域底棲群聚與 阿瑪斯號殘骸的生態監測

主要會影響航行安全的位置均在較淺之海域(約水深在 10 公尺之淺)，就目前狀況殘骸之分布尚未有影響之虞。另在監測調查過程，會與同行之漁船進行調查，因此在計畫執行中會紀錄附近漁船所航行之路線，若因殘骸移動進而影響航行安全之發生，將會立即提出警告。

詹委員榮桂：

對於殘骸是否需要打撈之問題，未來建議提擬因應對策。

樊同雲(計畫主持人)回應：

殘骸打撈的部分，若在監測殘骸中已明顯移動至淺區，此有可能危害近岸珊瑚礁之破壞或影響船隻航行安全，調查團隊立即會提出相關建議之因應對策。

蔡委員豐富：

1. 二次大戰時，亞歷山桑納號沉沒於夏威夷珍珠港已達數十年，其殘骸能保持至今；相對地，墾丁阿瑪斯號的殘骸在未來能存在多久。
2. 依老師在報告中描述殘骸均是往岸上移動，是否有往深海移動之可能。

樊同雲(計畫主持人)回應：

1. 亞歷山桑納號位在穩定的珍珠港內，無颱風影響，加上在種種的保護，其保存狀況也別於阿瑪斯號。然在西太平洋的墾丁，面對全球變遷的過程時則是首當其衝，故龍坑環境是比珍珠港還得複雜。
2. 一般海流是不會影響殘骸的移動，在龍坑海域主要影響還是颱風所造成的變動均多。

拾、主席總結：本案經全體出席委員評審成績平均為 84.6 分，已符合招標文件所訂標準(出席委員平均評分在 80(含)分以上)，且經全體出席委員同意，評定國立海洋生物博物館為合格廠商，於簽經本處處長或其授權人核定後，即取得議價資格。

拾壹、散會：同日 1200。

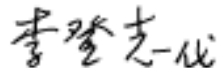
## 附錄二 期中簡報審查會議紀錄

99 年度「墾丁國家公園龍坑海域底棲群聚與阿瑪斯號殘骸的生態監測」

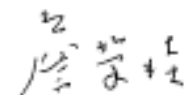
### 期中簡報審查會議紀錄

壹、開會時間：中華民國 99 年 7 月 27 日下午 1400 記錄：陳信宏


貳、開會地點：墾丁國家公園管理處行政中心大型會議室

參、主持(召集)人：林委員青 

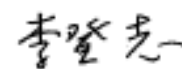
肆、審查委員：

中央研究院 詹委員榮桂 

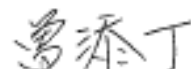
國立台灣師範大學 陳委員仲吉 (請假)


國立台灣海洋大學 何委員平合 

墾丁國家公園管理處 林委員青 請假

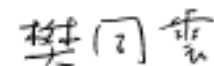
墾丁國家公園管理處 李委員登志 


墾丁國家公園管理處 徐委員茂敬

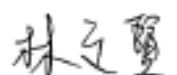
墾丁國家公園管理處 曾委員添丁 

墾丁國家公園管理處 蔡委員豐富 

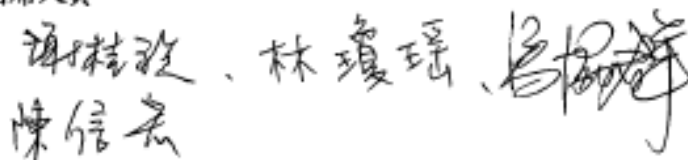
伍、出席單位及人員：

國立海洋生物博物館 

墾丁警察隊 

恆春鎮公所 

本處出席人員



## 墾丁國家公園龍坑海域底棲群聚與 阿瑪斯號殘骸的生態監測

陸、主席致詞：略。

柒、業務報告：略。

捌、廠商報告：略。

玖、討論與建議：

詹委員榮桂：

1. 以莫拉克颱風對墾丁海域海底石珊瑚群聚所造成的傷害程度相比較，此一颱風對阿瑪斯號殘骸所造成的影響較為輕微，此顯示這些大型殘骸經過將近 10 年其分布已相當穩定。而至於四處飄移的現象，此一特性在風險的評估上應加以列入。
2. 五號艙蓋附近發現多一塊殘骸，其原因是由颱風或鏽蝕所產生。

樊同雲（計畫主持人）答覆：

推測是由颱風造成原船艙蓋破碎而產生，其未被颱風帶走是因為當地海底環境地形凹凸，因此卡住在其中且不易移動。

何委員平合：

根據調查結果，其殘骸呈現破損與表面嚴重鏽蝕現象，如固定或移除牽涉設備技術及經費因素而暫時無處理，是否評估每年殘骸鏽蝕程度，並估計自然狀況下這些殘骸要費時多少年才會有可能消失。

樊同雲（計畫主持人）答覆：

鏽蝕現象其實是很慢，加上海洋生物很容易附著在殘骸表面，因而隔離與海水的接觸。其鏽蝕原因可能是因風浪較大讓當地一些石塊或其他物體磨擦殘骸，並將生物刮下來或本身結構不穩定產生暴露的地方，而這些部位就容易產生鏽蝕。若以估計其鏽蝕速度，殘骸表面與有鏽斑部位則不到千分之一，所以時間估計上超過百年以上。報告中指出鏽蝕嚴重的部位，均是破損較為嚴重或生物附著剝落的地方，才会有鏽蝕面積較為嚴重的情況。

曾委員添丁：

1. 本案已執行間年性的調查，是否依據過去對監測的殘骸進行編號與資料建立，並評估可移除的建議，提供相關海事工程人員作業。
2. 請老師再評估，在報告建議事項中相關主辦單位與協辦單位的權責。

樊同雲（計畫主持人）答覆：

1. 目前殘骸對當地環境呈現穩定狀況，除非出現殘骸未被固定且受浪拍打的部份，則將建議進行移除或固定。
2. 期末報告會建立完整各殘骸的編號以及其歷年分布變動的表格。

蔡委員豐富

1. 請問老師龍坑海域發生阿瑪斯號油污污染事件之前，該環境生態原有珊瑚的覆蓋率為何？
2. 附近有很多石塊容易受風浪滾動，而直接影響珊瑚正常的成長，是否建議處理。

樊同雲（計畫主持人）答覆：

1. 本計畫調查珊瑚覆蓋率約 30%。當地珊瑚因受龍坑地理環境環境和天候影響，珊瑚的成長會與當地生態達到一定程度的平衡。
2. 是否清除石塊的問題。因為這些石塊是附近溪流或當地所原有的，此不建議刻意處理。

馬課長協群：

1. 在阿瑪斯號殘骸之監測調查計畫中，建立殘骸歷年的分布情形與變動位置是有其必要的。此外，調查結果是否進行移除或處理，管理處可依據老師的建議再做評估。
2. 對於其他未受到破壞的區域，不知其珊瑚覆蓋率為何？可整合事件發生後至今的資料，作為評估龍坑海域在復原上所需要的時間。

樊同雲（計畫主持人）答覆：

調查結果其覆蓋率可預估約 30%。另有部分區域有較高或較低的覆蓋率，是依據不同的監測方式與地點所產生的誤差。在事件發生後至今，本計畫所調查的結果應該很接近原有的環境，故此其復原時間可推約 10 年。

林約聘瓊瑤：

1. 請問老師是如何推估第 5 號艙蓋分裂多出一塊殘骸。
2. 鐵礦砂的監測部分為何未呈現於報告中，其影響環境如何？

樊同雲（計畫主持人）答覆：

1. 測量大型殘骸是以計算其最長與最寬的部分，並繪製成大約的示意圖。因此，調查中發現與之前未曾紀錄的殘骸，並推測是由附近 5 號艙蓋所分裂出來。
2. 計畫亦有進行對鐵砂的監測，其現況已成膠結在一起並成穩定狀況。

墾丁國家公園龍坑海域底棲群聚與  
阿瑪斯號殘骸的生態監測

陳委員仲吉（書面意見）：

1. 有關殘骸歷年移動宜標示，並於建議中說明是否應該移除，或者其已穩定只需進行後續監測。
2. 相關殘骸可能移動方向與路徑為計畫目標之一，但未於報告中提及說明，宜補充。
3. 天然珊瑚礁底棲群聚已調查，應分析完成並補充於期中報告，以符合計畫執行進度。
4. 同樣的，比較阿瑪斯號殘骸表面與鄰近天然海底基質表面的珊瑚群聚，其相關分析結果應補充於期中報告，以符合計畫執行進度。

樊同雲（計畫主持人）答覆：

1. 殘骸歷年移動方向說明於調查結果中，將在圖中標示以利瞭解。殘骸應該移除或者其已穩定只需進行後續監測的結果，將在建議中清楚說明。
2. 殘骸移動方向與路徑說明於調查結果中，將再詳細說明。
3. 天然珊瑚礁底棲群聚已調查並正在分析資料中，預期進度將於 10 月完成。期中報告簡述初步觀察結果，將於期末報告完整呈現。
4. 阿瑪斯號殘骸表面與鄰近天然海底基質表面的珊瑚群聚已調查並正在分析資料中，預期進度將於 10 月完成。期中報告簡述初步觀察結果，將於期末報告完整呈現。

拾、主席總結：本案經全體出席委員評審合格。

拾壹、散會：同日 1600。



### 附錄三 期末簡報審查會議紀錄

99 年度「墾丁國家公園龍坑海域底棲群聚與阿瑪斯號殘骸的生態監測」

#### 期末簡報審查會議紀錄

壹、開會時間：中華民國 99 年 11 月 11 日上午 1000 記錄：陳信宏

貳、開會地點：墾丁國家公園管理處行政中心大型會議室

參、主持(召集)人：林委員青 <林欽旭代>

肆、審查委員：

- 中央研究院 詹委員榮桂 詹榮桂
- 國立台灣師範大學 陳委員仲吉 陳仲吉
- 國立台灣海洋大學 何委員平合 請假
- 墾丁國家公園管理處 林委員青 <出差>
- 墾丁國家公園管理處 李委員登志 <專事勤務今出>
- 墾丁國家公園管理處 徐委員茂敬 <請假>
- 墾丁國家公園管理處 曾委員添丁 <請假>
- 墾丁國家公園管理處 蔡委員豐富 <專事勤務今出>

伍、出席單位及人員：

國立海洋生物博物館 樊同雲

墾丁警察隊

六三岸巡大隊

恆春鎮公所 林文賢

本處出席人員

陳世慶 張志強、吳俊章、蔡仁榮 陳信宏  
 林文敏

墾丁國家公園龍坑海域底棲群聚與  
阿瑪斯號殘骸的生態監測

陸、主席致詞：略。

柒、業務報告：本案受委託單位符合契約規定，於期限內提送期末報告書 20 份，  
並出席本案期末簡報。

捌、廠商報告：略。

玖、討論與建議：

詹委員榮桂：

1. 報告書的格式請統一，特別在圖次的最後一段及參考資料的部分。
2. 圖 60 至圖 63 的標題不明，請修正。
3. 今年是否除了藻類變化較大之外，其餘底棲生物則無較大變化。

樊同雲（計畫主持人）答覆：

1. 感謝指正，本計畫於成果報告中將修正以上缺失。
2. 藻類會呈現較大的變化與本計畫調查月份有相關聯，在監測對象主要則以珊瑚為主。

陳委員仲吉：

1. 有關計畫目標中，龍坑海域底棲群聚現況與過去調查資料之分析比較，建議應以「表」的方式呈現，以利比較其他艙蓋的變動與否，並說明原因。（目前 2 號艙蓋已有比較圖）。
2. 計畫目標中（四）：評估阿瑪斯號殘骸是否移動與可能移動的方向和路徑部份，因其為計畫目標之一，建議應將相關評估在成果中說明以符合計畫目標。
3. 有關報告結果中的「水溫」資料應詳加說明，並應說明陳述其結果在本計畫之應用與目的為何。
4. 有關殘骸的固定或移除之建議，應依據所得資料與其殘骸之大小和對底棲生態破壞之可能情形，做較為實際與可能之建議。

樊同雲（計畫主持人）答覆：

1. 本調查樣區部份位置因海流很強，在 2 號艙蓋附近環境有較穩定的資料收集並可作為比較，其他則較難作出年間的比較。當初選擇 2 號艙蓋作為樣區，是因為該區域的礁岩有受到艙蓋明顯的破壞，而後其珊瑚礁復原狀況良好。故此，將其設定為監測的樣區，並加上各年間的資料進行分析其變化。
2. 計畫完整報告中，會在總結部分詳細說明本計畫的結論。
3. 目前當地殘骸呈現穩定狀況，尚不需進行大型的工程來移除。除非當地環境有劇烈的變動，才需要進行相關應變措施的考量。

恆春鎮公所林文賢先生：

1. 報告中，第 7 頁指出：「炸魚..」。目前是否有確實的相關證據。
2. 第 11 頁有部分字體是否在列印上有缺損，請老師修正。

樊同雲（計畫主持人）答覆：

1. 有關炸魚部分目前並無發現，在報告裡會作修正。
2. 感謝指正。

蔡技士乙榮：

1. 感謝老師多年來對管理處的支持與協助。
2. 報告書的標準格式以及內政部有新增加之撰寫格式，請老師再作最後的修正。

林秘書欽旭：礦砂歷經多年的變動是否有減少或相關資料可作為現況的說明。

樊同雲（計畫主持人）答覆：2005 年曾針對船體附近進行估計當時的礦砂量。因礦砂的分布較廣，難以精算出現今的數量，因此並未進一步調查。

林秘書欽旭：感謝樊老師今天的簡報，有關審查老師和同仁的建議事項，請老師在最後報告中修正。

拾、主席總結：本案經全體出席委員審查合格通過。

拾壹、散會：同日 1100。

墾丁國家公園龍坑海域底棲群聚與  
阿瑪斯號殘骸的生態監測

## 參考書目

- 方力行、李展榮、樊同雲、何平合。2001。阿瑪斯號貨輪重油污染事件調查 — 墾丁國家公園珊瑚（礁）及大型底棲動物損害評估，內政部營建署墾丁國家公園管理處，保育研究報告第 109 號，共 29 頁。
- 方力行、孟培傑、郭漢鎧、張文炳、呂明毅、陳義雄、樊同雲、何平合、李展榮、林秀美、陳正平、周偉融。2002。阿瑪斯號貨輪擱淺地區生態資源監測與復舊計畫，內政部營建署墾丁國家公園管理處，保育研究報告第 118 號，共 187 頁。
- 石再添、蔡文彩、許民陽、目崎茂和、木庭元晴。1989。墾丁國家公園地區的珊瑚礁定年及地形研究，內政部營建署墾丁國家公園管理處，保育研究報告第 57 號，共 58 頁。
- 何平合、陳昭倫、孟培傑、陳正平、邱郁文、林幸助、張揚祺。2009。墾丁國家公園海域長期生態研究計畫-人為活動對海域生態所造成之衝擊研究(九)，內政部營建署墾丁國家公園管理處委託研究報告。276頁。
- 宋國士。2001。阿瑪斯號貨輪重油污染事件調查 — 墾丁國家公園龍坑及其周遭地區海域海床之地形地貌調查。內政部營建署墾丁國家公園管理處，保育研究報告第 114 號。
- 陳正平。2006。墾丁國家公園龍坑海域生態保護區生態復育情形調查。內政部營建署墾丁國家公園管理處委託調查報告。40 頁。
- 趙世民。2007。龍坑海岸潮間帶無脊椎動物多樣性之調查及監測研究。內政部營建署墾丁國家公園管理處。
- 樊同雲。2005。龍坑生態保護區海域阿瑪斯號貨輪殘骸及對珊瑚礁損害的監測。內政部營建署墾丁國家公園管理處委託調查報告。97 頁。
- 樊同雲。2008。墾丁國家公園龍坑海域底棲群聚與阿瑪斯號殘骸的生態監測。內政部營建署墾丁國家公園管理處委託調查報告。61 頁。
- 戴昌鳳。2009。墾丁國家公園海域珊瑚礁總體檢。內政部營建署墾丁國家公園管理處委託辦理計畫報告。83頁。
- Adjeroud, M., L. Penin and A. Carroll. 2007. Spatio-temporal heterogeneity in coral recruitment around Moorea, French Polynesia: Implications for population maintenance. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 341:204-218.
- Anonymous. 2002. Great Barrier Reef Marine Park Authority. Response to the grounding of MV Bunga Teratai Satu on Sudbury reef. [http://www.gbrmpa.gov.au/corp\\_site/management/eim/sudbury/](http://www.gbrmpa.gov.au/corp_site/management/eim/sudbury/)
- Bellwood, D. R. and T. P. Hughes. 2001. Regional-scale assembly rules and biodiversity of coral reefs. *Science* 292:1532-1534.
- Birkeland, C. 1997. Introduction. p. 1-12, Chap. 1, In: Birkeland, C., (ed.), *Life and death of coral reefs*. Chapman & Hall.

- Bruckner, A. W. and R. J. Bruckner. 2001. Condition of restored *Acropora palmate* fragments off Mona Island, Puerto Rico, 2 years after the Fortuna Reefer ship grounding. *Coral Reefs* 20: 235-243.
- Chiau, W. Y. 2005. Changes in the marine pollution management system in response to the *Amorgos* oil spill in Taiwan. *Mar. Pollut. Bull.* 51:1041-1047.
- Coles, S. L. and E. K. Brown. 2007. Twenty-five years of change in coral coverage on a hurricane impacted reef in Hawaii: the importance of recruitment. *Coral Reefs* 26:705-717.
- Curtis, C. 1985. Investigating reef recovery following a freighter grounding in the Key Largo National Marine Sanctuary, Florida Keys, USA. *Proc. 5th Int. Coral Reef Cong., Tahiti* 6: 471-476.
- Done, T. J., J. C. Ogden, W. J. Wiebe, B. R. Rosen. 1996. Biodiversity and ecosystem function of coral reefs. In Mooney, H. A., J. H. Cushman, E. Medina, O. E. Sala, E. D. Schulze. (eds) *Functional roles of biodiversity: A global perspective*. John Wiley & Sons Ltd.
- Edgara, G. J. and N. S. Barrett. 2000. Impact of the Iron Baron oil spill on subtidal reef assemblages in Tasmania. *Mar. Poll. Bull.* 40: 36-49.
- Engilsh, S., C. Wilkinson. and V. Baker. 1994. *Survey manual for tropical marine resources*. Australian Institute of Marine Science, Townsville, Australia.
- Epstein, N., R. P. M. Bak, B. Rinkevich. 2000. Toxicity of third generation dispersants and dispersed Egyptian crude oil on Red Sea coral larvae. *Mar. Poll. Bull.* 40: 497-503.
- Gittings, S. R., T. J. Bright, A. Choi and R. R. Barnett. 1988. The recovery process in a mechanically damaged coral reef community: recruitment and growth. *Proc. 6th Int. Coral Reef Symp., Townsville* 2: 225-230.
- Glassom, D., D. Zakai and N. E. Chadwick-Furman. 2004. Coral recruitment: a spatio-temporal analysis along the coastline of Eilat, northern Red Sea. *Mar. Biol.* 144:641-651.
- Guzman, H. M. and I. Holst. 1993. Effects of chronic oil-sediment pollution on the reproduction of the Caribbean reef coral *Siderastrea sidereal*. *Mar. Poll. Bull.* 26: 276-282.
- Hatcher, B. 1984. A maritime accident provides evidence for alternative stable states in benthic communities on coral reefs. *Coral Reefs* 3: 199-204.
- Hawkins, J. P., C. M. Roberts and T. Adamson. 1991. Effects of a phosphate ship grounding on a Red Sea coral reef. *Mar. Poll. Bull.* 22: 538-542.
- Haynes, D, C. Christie and P. Marshall. 2002. Antifoulant concentrations at the site of the Bunga Teratai Satu grounding, November 2000, Great Barrier Reef, Australia. *Mar. Poll. Bull.* 44: 968-972.

- Helton, D. and I. Zelo. 2003. Grounded and abandoned vessel in coral reef ecosystems. <http://response.restoration.noaa.gov/dac/vessels/documents>.
- Hudson, J. H. and R. Diaz. 1988. Damage survey and restoration of M/V Wellwood grounding site, Molasses Reef, Key Kargo National Marine Sanctuary, Florida. Proc. 6th Int. Coral Reef Symp., Australia 2: 231-236.
- Hudson, J. H. and W. B. Goodwin. 2001. Assessment of vessel grounding injury to coral reef and seagrass habitats in the Florida Keys National marine Sanctuary, Florida: Protocol and methods. Bull. Mar. Sci. 69: 509-516.
- Hughes, T. P., A. H. Baird, E. A. Dinsdale, N. A. Moltschaniwskyj, M. S. Pratchett, J. E. Tanner and B. L. Willis. 1999. Patterns of recruitment and abundance of corals along the Great Barrier Reef. Nature 397:59-63.
- Hughes, T. P., A. H. Baird, D. R. Bellwood, M. Card, S. R. Connolly, C. Folke, R. Grosberg, O. Hoegh-Guldberg, J. B. C. Jackson, J. Kleypas, J. M. Lough, P. Marshall, M. Nystrom, S. R. Palumbi, J. M. Pandolfi, B. Rosen and J. Roughgarden. 2003. Climate change, human impacts, and the resilience of coral reefs. Science 301:929-933.
- Jackson, J. B. C., J. D. Cubit, B. D. Keller, V. Batista, K. Burns, H. M. Caffey, R. L. Caldwell, S. D. Garrity, C. D. Getter, C. Gonzalez, H. M. Guzman, K. W. Kaufmann, A. H. Knap, S. C. Levings, M. J. Marshall, R. Steger, R. C. Thompson and E. Weil. 1989. Ecological effects of a major oil spill on Panamanian coastal marine communities. Science 243: 37-44.
- Jaap, W. C. 1999. Coral reef restoration. Ecol. Eng. 15: 345-364.
- Jheng Y. T and T. Y. Fan. 2008. Coral recruitment around southern Taiwan. 11 International coral reef symposium, Fort Lauderdale, USA. (Abstract)
- Jones, R. S., Randall, R. H., Cheng Y. M., Kani H. T. and Mak S. M. 1972. A marine biological survey of southern Taiwan with emphasis on corals and fishes. Special Pub. No. 1, Inst. Of Oceanogr., Nat. Taiwan Univ., 93p.
- Knowlton, N. 2001. The future of coral reefs. Proc Natl Acad Sci 98:5419-5425.
- Kohler, K. E. and S. M. Gill. 2006. Coral point count with Excel extension (CPCe): a visual basic program for determination of coral and substrate coverage using random point count methodology. Computer Geoscience 32: 1259-1269.
- Liu P. J. and T. Y. Fan. 2007. Recovery of coral community in a Nature Reserve of southern Taiwan, six years after ship grounding of bulk carrier Amorgos. Western society of naturalists annual meeting, Ventura, California, USA. (Abstract)
- Loya, Y. and B. Rinkevich. 1980. Effects of oil pollution on coral reef communities. Mar. Ecol. Prog. Ser. 3: 167-180.
- Negri, A. P. and A. J. Heyward. 2000. Inhibition of fertilization and larval metamorphosis of the coral *Acropora millepora* (Ehrenberg, 1834) by petroleum

- products. Mar. Poll. Bull. 41: 420-427.
- Negri, A. P., L. D. Smith, N. S. Webster, A. J. Heyward. 2002. Understanding ship-grounding impacts on a coral reef: potential effects of anti-foulant paint contamination on coral recruitment. Mar. Poll. Bull. 44: 111-117.
- Nozawa, Y., M. Tokeshi and S. Nojima. 2006. Reproduction and recruitment of scleractinian corals in a high-latitude coral community, Amakusa, southwestern Japan. Mar. Biol. 149:1047-1058.
- Pandolfi, J. M., R. H. Bradbury, E. Sala, T. P. Hughes, K. A. Bjorndal, R. G. Cooke, D. McArdle, L. McClenachan, M. J. H. Newman, G. Paredes, R. R. Warner and J. B. C. Jackson. 2003. Global trajectories of the long-term decline of coral reef ecosystems. Science 301:955-958.
- Precht, W. F., R. B. Aronson and D. W. Swanson. 2001. Improving scientific decision-making in the restoration of ship-grounding sites on coral reefs. Bull. Mar. Sci. 69: 1001-1012.
- Randall, R. H. and Y. M. Cheng. 1977. Recent corals of Taiwan. Part 1. Description of reefs and coral environments. Acta Geologica Taiwanica 19:79-102.
- Riegl, B. 2001. Degradation of reef structure, coral and fish communities in the Red Sea by ship groundings and dynamite fisheries. Bull. Mar. Sci. 69:595-611.
- Rinkevich, B. and Y. Loya. 1979. Laboratory experiments on the effects of crude oil on the Red Sea coral *Stylophora pistillata*. Mar. Poll. Bull. 10: 328-330.
- Roberts, C. M., C. J. McClean, J. E. N. Veron, J. P. Hawkins, G. R. Allen, D. E. McAllister, C. G. Mittermeier, F. W. Schueler, M. Spalding, F. Wells, C. Vynne and T. B. Werner. 2002. Marine biodiversity hotspots and conservation priorities for tropical reefs. Science 295:1280-1284.
- Rogers C. S. and V. H. Garrison. 2001. Ten years after the crime: Lasting effects of damage from a cruise ship anchor on a coral reef in St. John, U.S. Virgin Islands. Bull. Mar. Sci. 69: 793-803.
- Schroeder, R. E., A. L. Green, E. E. deMartini and J. C. Kenyon. 2008. Long-term effects of a ship grounding on coral reef assemblages at Rose Atoll, American Samoa. Bull. Mar. Sci. 82:345-364.
- Schuttenberg, H., et al. 2006. Building resilience into coral reef management: key findings and recommendations. Summary prepared for the conference proceedings of the International Tropical Marine Ecosystem Management Symposium 2006, Cozumel, Mexico; see Supporting Online Material at [www.sciencemag.org/cgi/content/full/318/5847/42b/DC1](http://www.sciencemag.org/cgi/content/full/318/5847/42b/DC1).
- Smith, S. R. 1985. Reef damage and recovery after ship grounding on Bermuda. Proc. 5th Int. Coral Reef Cong., Tahiti 6: 497-502.
- Strathmann, R. R., T. P. Hughes, A. M. Kuris, K. C. Lindeman, S. G. Morgan, J. M.



- Pandolfi and R. R. Warner. 2002. Evolution of local recruitment and its consequences for marine populations. *Bull. Mar. Sci.* 70:377-396.
- Tkachenko K. S., B. J. Wu, L. S. Fang and T. Y. Fan. 2007. Dynamics of a coral reef community after mass mortality of branching *Acropora* corals and an outbreak of anemones. *Coral Reefs* 151: 185-194.
- Vogt, H. P. 1995. Coral reefs in Saudi Arabia: 3.5 years after the Gulf War oil spill. *Coral Reefs* 14: 271-273.
- West, J. M. and R. V. Salm. 2003. Resistance and resilience to coral bleaching: Implications for coral reef conservation and management. *Conser. Biol.* 17:956-967.
- Work, T. M., G. S. Aeby and J. E. Maragos. 2008. Phase shift from a coral to a corallimorph-dominated reef associated with a shipwreck on Palmyra atoll. *PLoS ONE* 3(8):e2989. doi:10.1371/journal.pome.0002989