

中華民國第 62 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國中組 地球科學科

佳作

030501

纏蝕鯨豚—— 露脊鼠海豚在馬祖的擱淺研究

學校名稱：連江縣立中正國民中學

作者：	指導老師：
國一 陳禹如	陳泓元
國一 陳柏源	陳治傑
國一 陳柔穎	

關鍵詞：露脊鼠海豚、擱淺、馬祖海漂垃圾

摘要

本研究主要利用資料分析，了解影響露脊鼠海豚擱淺的原因；並且使用動態模擬實驗，了解露脊鼠海豚在海上被動漂移的路線和擱淺的分布情形。

研究結果顯示,1.在人為活動中，海漂垃圾堆積與鯨豚擱淺具有最大的相關性，但是不具有因果關係。從露脊鼠海豚的死因研究推論，漁業混獲與遭受撞擊(船擊)才是致命的因素。2.牛角澳有穩定的擱淺數量且包含幼體，可能與靠近露脊鼠海豚棲息、育幼活動場域有關。

壹、研究動機

一、露脊鼠海豚在馬祖擱淺

2021年11月9日(星期二)，學校安排了海洋保育署的老師，告訴我們馬祖鯨豚的故事。在這日之前，我們就有聽說過，馬祖有露脊鼠海豚擱淺的事件，再經由海洋保育署老師的解說之後，我們瞭解了在馬祖最常出現的是露脊鼠海豚，看起來黑黑的，有圓圓的頭，和圓圓的身體，十分可愛，因為沒有背鰭，在水面換氣的時候只會露出背脊，所以被稱為「露脊鼠」海豚，正因如此在陸地上比較難觀察的到；而且在馬祖附近分布的族群數量不少，因為每一年將近有20隻鼠海豚在馬祖海域擱淺，數量非常驚人！

老師也強調：馬祖出現的露脊鼠海豚，在國際科學家的研究分類下，瀕危等級屬於「易危」和「瀕危」，所以我們需要好好的愛護自然環境，友善的對待海洋，不亂丟垃圾，讓鼠海豚可以有更好的生存環境。

課程結束之後，我們對於生活周遭有關鯨豚的報導更加的關心，有的時候在網路上看到馬祖沿岸有鯨豚擱淺的消息時，也會覺得難過，再想到老師曾經說過，一年有20隻的鯨豚在馬祖海域擱淺，而且還包含了可能會滅絕又很神祕的露脊鼠

海豚。於是，我們開始思考，是不是可以為鯨豚做一些事，讓牠們可以在馬祖安心的生活。



圖 1-1 海洋保育署來學校演講

資料來源：自行拍攝

二、研究題材與課本教材的相關性

我們找老師討論這個問題，希望能成為科展的題目，老師協助我們確定問題，建議我們先瞭解鯨豚擱淺的原因，並且引導我們思考的方向，老師也帶領我們在教科書中尋找相關的章節，有一些是國二和國三的課程，老師提醒我們，相關的概念在國小的時候也有學過，於是我們也找了國小的教科書，帶回家認真閱讀，一起討論。

與我們的研究題材相關的課程單元有：

- (一) 五下 自然 單元二 動物的生活
- (二) 六上 自然 單元一 天氣的變化
- (三) 六下 自然 單元三 生物與環境
- (四) 七上 地理 第三課 台灣的地形
- (五) 七下 自然 第五單元 人類與環境
- (六) 八上 數學 第五章 統計資料處理
- (七) 九上 自然 第五單元 水與陸地

貳、研究目的

- 一、 在馬祖人為活動的因素中，是否與露脊鼠海豚擱淺密切相關。
 - (一) 海漂垃圾
 - (二) 非法抽砂
 - (三) 海上油汙
 - (四) 機場噪音
 - (五) 主要港口
 - (六) 漁業養殖與捕撈

- 二、 模擬牛角澳口露脊鼠海豚擱淺與海漂垃圾的分布情形
 - (一) 探討為甚麼牛角澳的擱淺事件最頻繁?

參、研究設備及器材

一、電腦

二、軟體：Microsoft Excel、Microsoft Word、Google Earth

三、自製模型



圖 3-1 自製模型

資料來源：自行拍攝

肆、研究方法與過程

一、研究方法流程圖

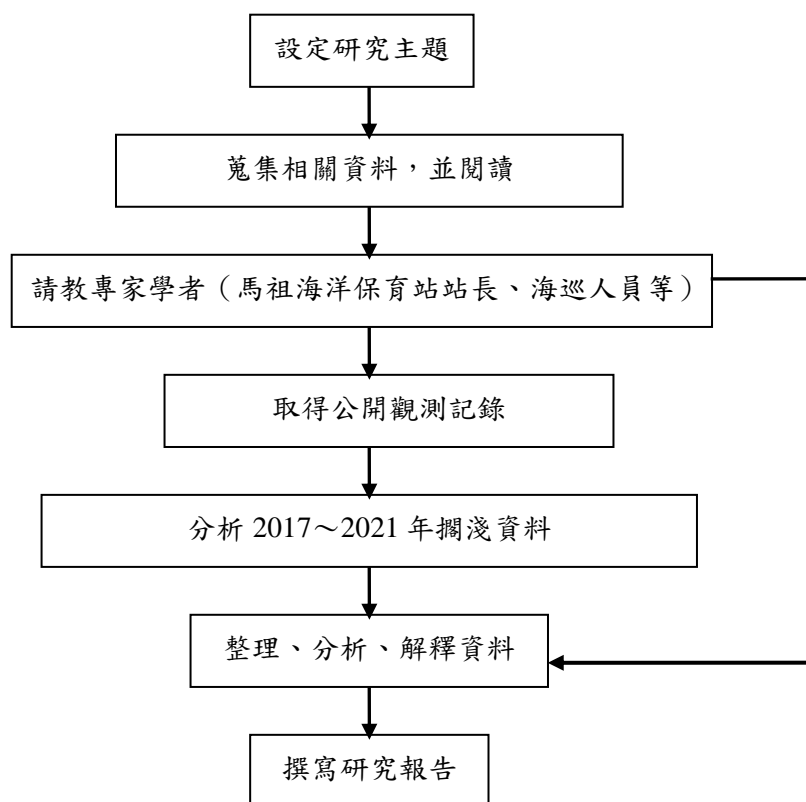


圖 4-1 研究流程圖

資料來源：自行繪製

二、文獻回顧與資料蒐集

老師提供了我們縣誌的資料以及連江縣地形學習手冊，後來在網路上尋找資料之後還是有很多的疑問，於是老師帶我們前往馬祖海洋保育站，訪問站長以及保育員，他們親切地為我們解說，還提供了書籍資料與網路資料，讓我們參考。以下是文獻的整理：



圖 4-2 前往馬祖海洋保育站訪問
資料來源：自行拍攝

(一) 露脊鼠海豚的生態

鼠海豚科(Phocoenidae)是體型較小的齒鯨，但分布範圍差異很大，全世界現生共有三屬七種，出現在馬祖海域的是露脊鼠海豚屬(*Neophocaena*)中的兩種：寬脊露脊鼠海豚(*N. phocaenoides*)與窄脊露脊鼠海豚(*N. asiacorientalis*) (邵廣昭等，2020)。

1. 外觀型態：露脊鼠海豚與一般海豚不同，體型嬌小，沒有長長的吻部、頭部渾圓、背部無背鰭，但是中脊皮膚上有很多顆粒狀的突起。腹部有性腺，可以判斷性別。

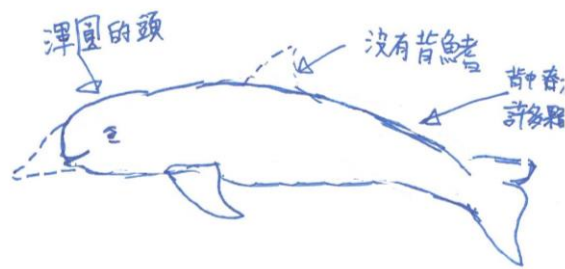


圖 4-3 露脊鼠海豚外觀
資料來源：自行繪製

2. 寬脊露脊鼠海豚(*N. phocaenoides*)

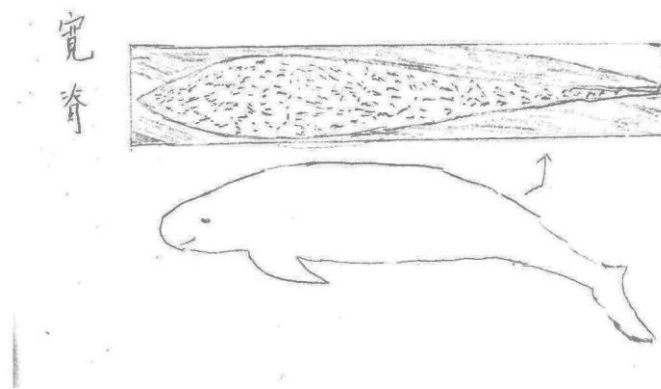


圖 4-4 寬脊露脊鼠海豚背脊較寬顆粒多 資料來源：自行繪製

3. 窄脊露脊鼠海豚(*N. asiaeorientalis*)

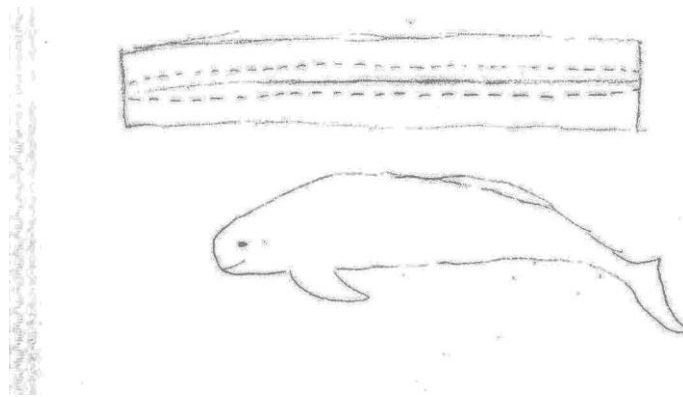


圖 4-5 窄脊露脊鼠海豚背脊較窄顆粒少 資料來源：自行繪製

4. 特有亞種長江窄脊露脊鼠海豚(*N. a. asiaeorientalis*)屬於極度瀕危物種，棲息於淡水。
5. 分布範圍：寬脊露脊鼠海豚分布於馬祖以南至赤道附近；窄脊露脊鼠海豚分布於馬祖以北至日本韓國一帶，在馬祖海域有兩種露脊鼠海豚的資料，是最好的觀測地點。特有亞種僅分布於長江內。



圖 4-6 露脊鼠海豚的分佈範圍 資料來源：野麻雀工作室

6. 主要食物：以當地優勢魚類(黃魚、鱸魚)與頭足類(小卷、軟絲等)為主。
7. 棲息特性：喜好棲息於 50 公尺以內的淺海域。由於牠們行為較為隱密又無背鰭，海上觀察須在相當風平浪靜的情形，才偶爾能見到牠們的身影，且牠們多半會躲避船隻，故難以接近觀察。
8. 隱憂：因為環境汙染、棲地破壞、船隻撞擊、漁網纏繞、噪音汙染、食物短缺等等威脅，台灣海域近年來露脊鼠海豚擱淺數量大增，是最常見的擱淺物種。

(野麻雀工作室，無年代)

(二) 鯨豚擱淺的原因

海洋動物擱淺通常是指動物因某些原因受困於淺灘或岸邊，無法自行返回大海，其中又以鯨魚及海豚最多。其擱淺的原因主要可分為自然及人為因素。

1. 自然因素

- (1) 迷航：鯨豚因捕食進入不熟悉的海域而迷航。
- (2) 生病、受傷：因生病或感染等等原因導致體力下降，被海浪推往岸邊、或是聽覺器官受到感染，回聲定位系統失效迷航。
- (3) 領航錯誤：鯨豚等動物有追隨領航者的習性、如果領航者受傷或生病，有可能會導致整個群體集體擱淺。

2. 人為因素

- (1) 漁業活動干擾：補漁收網時將正在補食魚群的鯨豚收進網裡、或是魚網纏繞

到鯨豚。

- (2) 海洋廢棄物影響：誤食海洋垃圾，而消化系統受傷導致擱淺及死亡。
- (3) 船隻撞擊：鯨豚浮出水面換氣進行呼吸時遭船隻撞擊。
- (4) 聲納干擾：鯨豚仰賴回音定位的能力、對於聲音特別敏感。船隻航行的噪音、或是人工聲納系統，都會干擾鯨豚的導航系統。為了躲避噪音或是受到驚嚇，鯨豚會離開熟悉海域，導致鯨豚迷航而擱淺。
- (5) 其他：雖然歸納出部分擱淺原因，但很多狀況是交互影響，或是無法查出確切擱淺原因的也不在少數。

資料來源：遠雄海洋公園網頁

3. 馬祖海域威脅鯨豚生態的人為因素

馬祖海域有一些人為因素對鯨生態造成威脅，這些人為因素為：

(1) 漁業

本縣海域對鯨豚類最明顯的威脅為漁業活動，多數蒐集到的鯨豚屍體為誤觸漁網所致。對鯨豚造成傷害的漁法多為：刺網漁業(三層網、單層網、流刺網)與定置網漁業(袋網)。

(2) 海岸開發與工程計畫

由於鯨類對水下聲音相當敏感，工程所造成的噪音常造成鯨豚耳部偌大的生理傷害，一旦聽覺受損，鯨豚的生存即受到嚴重威脅，因此建議若進行這種傷害性的噪音工程時，在附近水域製造泡泡幕簾讓水下噪音較為緩和。而另一種填海造地工程也常導致沙灘的破壞與消失，使鯨豚及其他海洋生物喪失生存棲地。

(3) 海洋汙染

海洋上的垃圾不僅有礙觀光發展，也容易造成鯨豚誤食導致死亡，馬祖海域多數的垃圾來自於中國大陸，雖然經常清除，但垃圾源源不絕導致損害持續存在，鯨豚常誤食難以消化或無法消化的食物而死亡。

此外，馬祖海域水質受到閩江河水的影響甚大，因閩江一帶(如福州市)有相當

多的工廠，加上住家與工廠廢水幾乎未經過處理即排入海洋，水質汙染也對鯨豚的生態環境帶來威脅。(福建省連江縣政府，2014)

(三) 馬祖周圍海域的自然環境

1. 位置與範圍

馬祖列島介於東經 119 度 51 分至 120 度 31 分，北緯 25 度 55 分至 26 度 44 分之間，東距基隆 114 哩，西與福建閩江口連江口僅一水之隔，最近處僅約 10 公里。

2. 氣候

雨季集中在 4 至 9 月的梅雨季及颱風季，10 月至隔年 3 月間，東北季風強烈吹襲，風速最大；3 月至 5 月間，開始吹南風形成多雲霧的天氣。

3. 洋流

夏季受西南季風吹送，引來南海水團沿台灣海峽北上；冬季受東北季風吹送，引來中國沿岸流沿台灣海峽南下，這兩股洋流因季風和方向的影響，牽動表層洋流移動；另一股為黑潮，是高溫高鹽的海洋深層流，以每秒一公尺的速度前進，進入東海陸棚邊緣時，帶來湧升流形成深淺海物質交換，造就了重要的漁場，但大致而言，黑潮對馬祖海域影響極為有限。

4. 潮汐

馬祖海域一天有兩次漲退潮，在閩江口漲潮前，潮流流向向西，退潮後，潮流流向向東，整體而言馬祖海域與閩江口漲退潮流向一致。

5. 海底地形

西側海域面對大陸黃歧灣，水深 20 公尺；東側面對大洋，水深約 30 公尺，其中南竿與北竿以馬祖海峽相隔，水深約為 30-50 公尺。

6. 海水能見度

受閩江、連江、羅源江影響，挾帶大量泥沙及汙染物注入海洋，能見度略低。當春季時分，大陸河川水位暴漲，大量的樹枝垃圾雜物等沖刷入海，將汙染物散布於海面，甚至堆積於馬祖各島的沙灘。

7. 海水溫度

冬季時水溫 11 度至 13 度(攝氏)左右；夏天時約在 23 度至 25 度(攝氏)之間。

8. 水中溶氧(DO)

夏季含氧量低，冬季含氧量高，約在 5.9-8.26mg/cm³ 之間，由於海底不深，對流作用強，因此表層溶氧與底層溶氧相當接近。

9. 鹽度

鹽度受閩江流量影響頗大，一般情況鹽度約為 30-40 ‰，與台灣海域差距不大，但若逢閩江氾濫時期，根據紀錄可降至 10 ‰左右，鹽度變化較一般大洋劇烈。

10. 波浪

冬季風速強勁(平均風力 7 級、陣風 10 級)，夏秋之際，常有颱風行經，平均風速可達 25-35m/sec，浪高 3.5 公尺左右。

(王花佛等，2012)

(四) 馬祖周圍海域的人為活動

依照海洋保育署紀錄的人為影響活動以及近年來影響馬祖海域的人為活動分別列出如下：

1. 海漂垃圾

除了季風會使海洋廢棄物漂至更遠，潮汐也是一個移動海洋廢棄物關鍵因素。(林宗偉，2019)。根據上列研究，在金廈海域，潮汐變化顯示與海流一致。季風為影響海洋廢棄物是否上岸與上岸位置的重要因素，其上岸位置通常位於迎風面的海岸；無風場(通常為 9 月)的影響下，大部分的漂流物呈現往復運動。上岸機率不大；東北季風(每年 10 月至隔年 4 月)期間，不論是大潮或是小潮，漂流浮子皆往西南方向移動，上岸位置為金門東岸，以及小金門的東北岸；西南季風(每年 5 月至 8 月)期間，不論大小潮漂流浮子接往東北方向移動，上岸位置為金門西南海岸以及小金門南側。

雖然馬祖沒有相關研究，但是依照潮汐的特性與季風風向，馬祖的情形與金

門非常相似。

2. 非法抽砂

近年來大陸抽沙船盜採沙石情況嚴重，造成海底電纜斷裂，破壞海底生態，國土流失等等，我們透過馬祖海巡隊取得近五年盜採沙石的經緯度座標以及抽砂量，利用 GoogleEarth 繪製成地圖進行分析。



圖 4-7 大陸抽沙船包圍馬祖

資料來源：中央社

3. 海上油污

在海上的飄散的廢油，會導致海洋生態破壞，鯨豚上浮換氣時，吸入揮發後的石油，將導致呼吸器官的病變，肺炎、氣道炎症和延遲性肺水腫都與吸入性暴露有關（About 鯨豚，2020）。馬祖海域時有發生漁船傾倒廢油事件，我們取用自海洋保育署網站統整資料，下載後進行分析。

4. 機場噪音

南北竿機場每日起降班機 18 班次，機場營運時間自清晨 7 點開始至 18 點結束，機場起降噪音可達 120 分貝以上。

5. 主要港口(開發與工程)

以各島主要商港為分析地區，了解港口活動或工程是否與鯨豚擱淺有相關。

6. 漁業養殖與捕撈

定置漁網與刺網會造成海豚誤觸纏繞窒息而死，或是混獲成為死因之一。

三、資料整理與分析

(一) 鯨豚擱淺資料

整理海洋保育署網站，2017年1月1日至2021年12月31日，共五年，鯨豚擱淺資料，製作成表格如下：(原始資料如附件一)

1. 鯨豚擱淺數量為 68 隻。

表 4-1 擱淺海豚品種整理

品種	擱淺數	百分比
露脊鼠海豚	66	97%
印太瓶鼻海豚	2	3%

2. 各年度各月份擱淺數量

表 4-2 各年度各月份擱淺數量

西元/年	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	年度擱淺數	品種
2017	1	0	1	1	0	1	1	0	1	2	1	0	9	露脊鼠
2018	0	0	1	2	2	2	1	0	0	0	1	5	14	露脊鼠
2019	1	1	2	3	0	0	1	0	2	3	4	0	17	印太瓶鼻 露脊鼠
2020	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0	2	2	8	露脊鼠
2021	2	0	0	9	1	0	0	1	2	1	4	0	20	印太瓶鼻 露脊鼠
各月份小計	5	1	5	15	4	3	3	1	6	6	12	7	總擱淺數 68	露脊鼠

3. 依照月份的擱淺數量，主要集中於 9 月至隔年的 5 月，4 月最多。

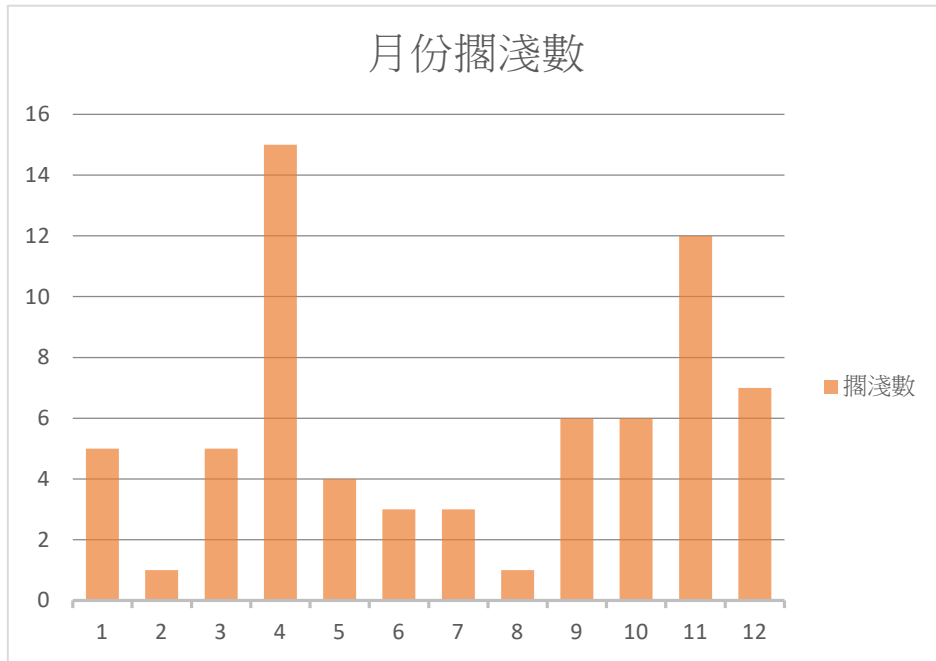


圖 4-4 整理以月份分類的擱淺紀錄

資料來源：自行繪製

4. 南側澳口與北側澳口的擱淺數比較，主要集中於北側。

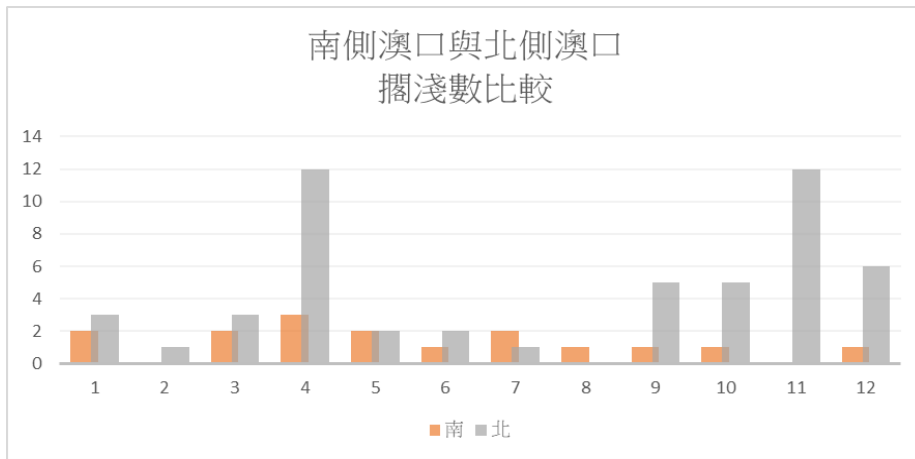


圖 4-5 南岸澳口與北岸澳口的擱淺數比較

資料來源：自行繪製

5. 各島嶼的擱淺數量比較

其中以南竿牛角沙灘最多為 13 隻；莒光福正沙灘 10 隻，排名第二。

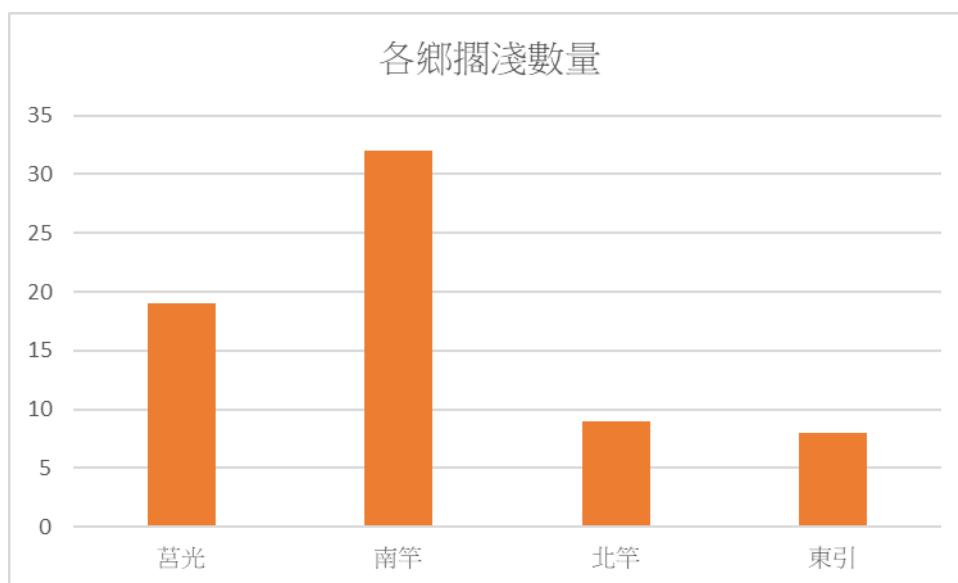


圖 4-6 整理各鄉擱淺數比較(由南往北)

資料來源：自行繪製

(二) 蒐集馬祖周圍海域的人為活動紀錄

1. 海漂垃圾

海漂垃圾多為中國大陸飄至馬祖各島澳口堆積，各島嶼沙灘均有分布。海洋保育署網站有提供各島澳口的淨灘紀錄，於是我們下載利用分析搜集資料製表，如附件二。

2. 非法抽砂

以海巡署近兩年扣押案例分析。

表 4-3 取締違法越界大陸抽砂船成效

時間	行政區	地點	抽砂量	船名
2019/1/7	莒光鄉	北緯 25 度 57.965 分 東經 119 度 52.683 分	500 立方公尺	鴻達 51
2019/5/22	莒光鄉	北緯 25 度 56.815 分 東經 119 度 53.816 分	2000 噸	海盛 655
2019/10/23	莒光鄉	北緯 25 度 55.448 分 東經 119 度 54.980 分	2000 噸	龍興 1399
2019/10/27	莒光鄉	北緯 25 度 55.400 分	600 噸	振大 968

		東經 119 度 55.364 分		
2020/10/3	南竿鄉	北緯 26 度 06.126 分 東經 119 度 55.980 分	1,800 公噸	國良 919
2020/7/16	南竿鄉	北緯 26 度 08.208 分 東經 119 度 53.053 分	1,400 立方公尺	海潤 8858

3. 海上油污

表 4-4 馬祖海域油污污染事件分布

發生時間	地點	事件等級	通報機關
2017/2/5 05:10	坤坵	1	地方政府連江縣政府環境資源局
2017/7/25 16:00	福澳	1	地方政府連江縣政府環境資源局
2017/8/25 09:00	外海	1	地方政府連江縣政府環境資源局
2017/10/6 08:00	復興	1	地方政府連江縣政府環境資源局
2018/2/7 12:00	福澳	1	地方政府連江縣政府環境資源局
2018/4/3 22:22	福澳	1	地方政府連江縣政府環境資源局
2018/4/12 22:47	珠螺	1	地方政府連江縣政府環境資源局
2018/6/21 09:40	青帆	1	地方政府連江縣政府環境資源局
2018/9/25 17:52	復興	1	地方政府連江縣政府環境資源局
2018/10/20 16:00	外海	1	地方政府連江縣政府環境資源局
2018/11/28 05:30	仁愛	1	地方政府連江縣政府環境資源局
2019/3/10 16:00	珠螺	1	地方政府連江縣政府環境資源局
2019/4/28 08:00	福澳	1	地方政府連江縣政府環境資源局
2020/1/7 13:15	福澳	1	地方政府連江縣政府環境資源局
2020/1/23 13:40	福澳	1	地方政府連江縣政府環境資源局
2020/2/13 12:10	福澳	1	地方政府連江縣政府環境資源局
2020/4/7 00:00	福澳	1	地方政府連江縣政府環境資源局

2020/12/10 08:37	四維	1	地方政府連江縣政府環境資源局
2021/3/23 14:40	猛澳	1	地方政府連江縣政府環境資源局

4. 機場噪音

設定南北竿機場點位及中國長樂機場位置後，利用 GoogleEarth 繪製影響半徑，進行分析。

5. 主要港口

以海洋保育署網站下載之資料後，分析在各島嶼主要商港的鯨豚擱淺情形。

6. 漁業養殖與捕撈

以連江縣產業發展處公告的養殖漁業區域圖進行分析。

伍、研究結果與討論

一、 在馬祖人為活動的因素，是否與露脊鼠海豚擱淺密切相關。

(一) 海漂垃圾

利用散佈圖的方式，分析鼠海豚擱淺與海洋廢棄物之間的關聯性。以鼠海豚擱淺地點為主，去蒐集該地點的淨灘數量，做為分析。

在分析時發現，部分地區有擱淺數但是垃圾數量卻是 0，例如東莒福正沙灘，近五年擱淺數為 10 隻鼠海豚，卻無垃圾。經過了解之後發現，東莒福正沙灘是當地居民固定的淨灘區域，平時就有在淨灘，但是資料沒有上傳至海洋保育署網站，為了避免數值有誤，便將沒有淨灘資料的地區刪除，配對以後得到以下的資料。

表 5-1 淨灘垃圾數量與鼠豚擱淺數量

地 點	四維沙灘	馬港沙灘	芹壁	東引中柱島	西莒青帆港	東引東湧水庫	福澳	清水	僑仔	塘後道沙灘	珠螺	牛角沙灘
鯨豚擱淺數	1	1	1	2	3	4	2	3	1	3	5	13
垃圾數量(個)	102	133	221	266	331	723	1186	1430	1529	2513	4474	10371

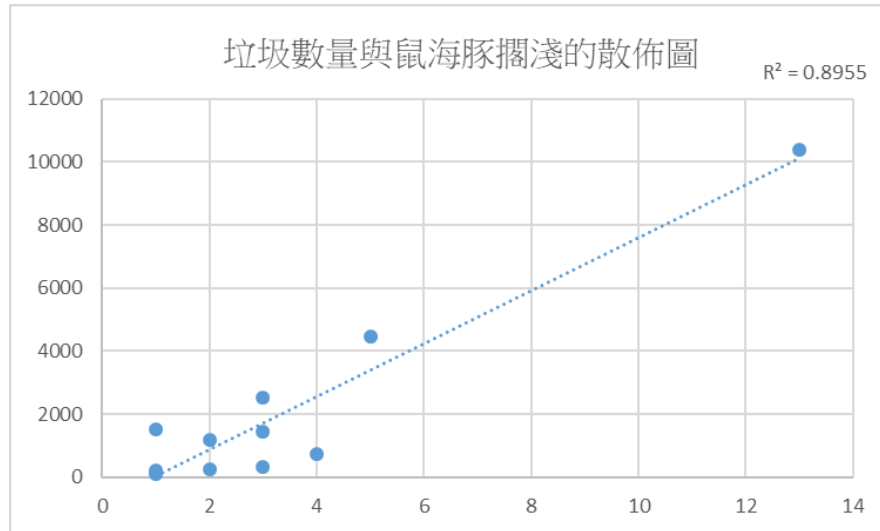


圖 5-1 淨灘垃圾數量與鼠海豚擱淺的散佈圖

資料來源：自行繪製

散佈圖分析的 R^2 大於 0.8，代表兩者有正相關性，即代表海灘上垃圾數量越多，鯨豚擱淺的數量也多。

(二) 非法抽砂

以 googleEarth 地圖比較，非法抽砂與鼠海豚擱淺應該沒有直接相關。

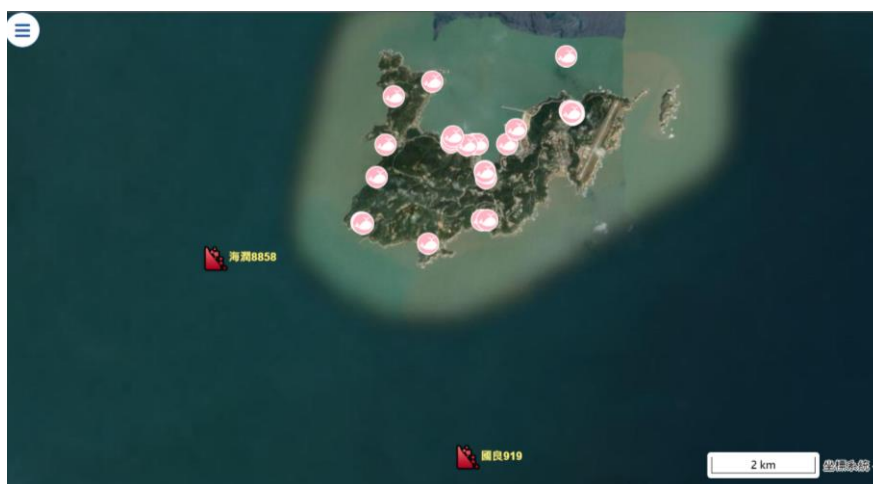


圖 5-2 非法抽砂與鼠海豚擱淺的位置圖(南竿)

資料來源：自行繪製



圖 5-3 非法抽沙與鼠海豚擱淺的位置圖(莒光)

資料來源：自行繪製

(三) 海上油汙

利用散佈圖的方式，分析鼠海豚擱淺與海洋油汙之間的關聯性。因為兩者都是海洋委員會列管事件，所以資料齊全。從散佈圖中看不出相關性。

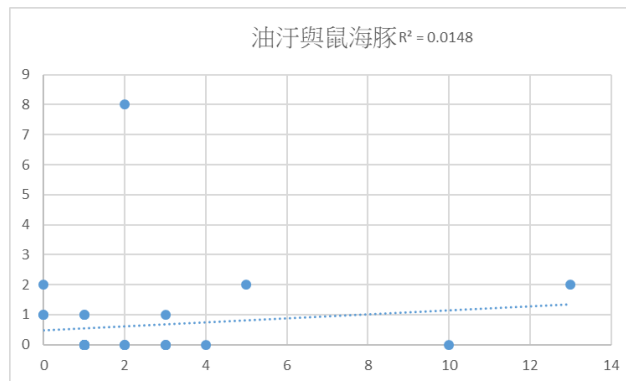


圖 5-4 海上油汙與鼠海豚擱淺的散佈圖

資料來源：自行繪製

(四) 機場噪音

以鄰近的三座機場為圓心，每 3 公里劃設同心圓，來判斷機場噪音是否與鯨豚擱淺有關。



圖 5-5 南竿機場噪音與鼠海豚擱淺的影響

資料來源：自行繪製

以南竿機場為圓心，3KM 以內共有 13 隻擱淺，6KM 以內有 13 隻擱淺，9KM 以內有 6 隻擱淺。



圖 5-6 南竿機場噪音與鼠海豚擱淺的影響

資料來源：自行繪製

以北竿機場為圓心，3KM 以內共有 3 隻擱淺，6KM 以內有 5 隻擱淺，9KM 以內有 1 隻擱淺。



圖 5-7 長樂機場噪音與鼠海豚擱淺的影響

資料來源：自行繪製

以長樂機場為圓心時，無法取得擱淺資料。

無機場的莒光與東引島，擱淺數量為 27 隻，與機場距離的遠近對於擱淺數量沒有明顯的差異，判斷機場噪音無法直接造成鯨豚擱淺。

(五) 主要港口

主要商港與鯨豚擱淺數量如下，並無直接相關，甚至有的商港完全沒有鯨豚擱淺的紀錄，推測是因為船隻往來頻繁，鼠海豚生性害羞不喜歡熱鬧的水道。

表 5-2 各島嶼主要商港鯨豚擱淺數量

主要港口	南竿福澳	北竿白沙	西莒青帆	東莒猛澳	東引中柱	其他
鯨豚擱淺數量	2	0	3	0	0	63

(六) 漁業養殖與捕撈

養殖漁業的劃定範圍於各島的西南側海域，緊鄰岸邊，推測是為了避免冬季強勁的東北季風吹拂。養殖時使用垂下式養殖法，種類以貝類為主，以前述的資料發現，鼠海豚擱淺的位置以各島北側澳口為主，且貝類並非鼠海豚喜愛的食物，馬祖的養殖貝類產業與鼠海豚的擱淺原因應該沒有太多的相關性。

在捕撈漁業時容易造成鼠海豚的混獲，於海洋保育署 110 年擱淺報告(2021)中可以發現，當年度全台鯨豚擱淺死因，排除過於腐敗的個體後，主要的擱淺死因可分為 3 項：分別為可能為「**漁業混獲致死(31.9%)**」、「**因疾病導致死亡(8%)**」與「**疑**

似撞擊死亡(3.6%)」。其中「人為活動(混獲與撞擊)可能導致的擱淺超過 35%」。

馬祖政府目前已有限制漁民不能在燕鷗保育區內使用刺網，但是除了燕鷗保育區之外都可以使用，也因為漁民使用刺網的範圍太大，我們在本次的研究中，無法利用資料分析的方法，來判斷刺網與鼠海豚擱淺的相關性。

(七) 小結

根據以上的資料分析，可以確定的是「海漂垃圾」與鼠海豚擱淺的數據，具有正相關性，也就是說有鼠海豚擱淺的地方就會有海漂垃圾，有大量海漂垃圾的地方，也有很高的機率將發現鼠海豚的擱淺。

這是否就代表了，海漂垃圾造成鼠海豚擱淺呢？透過海洋保育署(2021)全國報告可以知道，在解剖研究中沒有鼠海豚誤食海洋垃圾的紀錄，也沒有鼠海豚活體擱淺的紀錄，而且擱淺的鼠海豚有超過 7 成(31/43)，已過於腐敗無法判斷死因，我們可以合理的推測，鼠海豚在擱淺之前就死亡的可能性極高。

二、 模擬牛角澳口露脊鼠海豚擱淺與海漂垃圾的分布情形

我們透過資料分析發現，南竿的牛角澳口每年都會有鼠海豚擱淺的紀錄，去年(2021)更是高達五起的擱淺事件，更令我們難過的是其中包含了兩隻體長不足一米的幼體。在海漂垃圾的部分，牛角澳口也是堆積垃圾數量最多的區域。

透過前述的研究我們知道，海漂垃圾不會直接造成鼠海豚的擱淺，在海洋委員會的研究，可以發現主要原因還是以「混獲」或是「撞擊」為主。

表 5-3 露脊鼠海豚可能擱淺原因判斷(資料來源：海洋委員會)

擱淺原因	判斷依據
可能為混獲而擱淺	1.體表具有網痕、繩索或網具
	2.胃內有大量未消化完的食物可判斷近期有進食的情況
	3.吻部或上下顎有骨折
	4.胸鰭、背鰭與尾鰭有被外力切除等
	5.體壁有平滑且大於 10 公分以上之切口
可能為撞擊而擱淺	1.經斷層掃描發現有骨骼斷裂、易位或脫位
	2.經解剖後發現肌肉有異常大面積鬱血

於是我們希望透過模擬海漂垃圾堆積與鼠海豚擱淺分析，來推測鼠海豚可能遭受混獲或是撞擊的時間與分佈區域，也許能夠提早發現受傷或受困的鼠海豚，避免發生擱淺的悲劇。

(一) 模型製作

我們透過老師取得馬祖牛角澳口的地形資料，並且拜託學校自造中心的老師，教我們製作等高線圖模型，利用等高線圖模型進行擱淺的模擬。



圖 5-8 我們利用學校的自造中心完成了 1:1000 的牛角澳口模型

(二) 牛角澳口的擱淺分析

1. 季節上的周期性

透過資料我們發現在牛角澳口的擱淺紀錄與淨灘紀錄中，具有季節上的周期性。

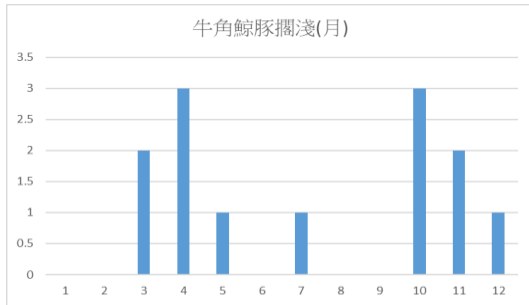


圖 5-9 在牛角澳的擱淺情形

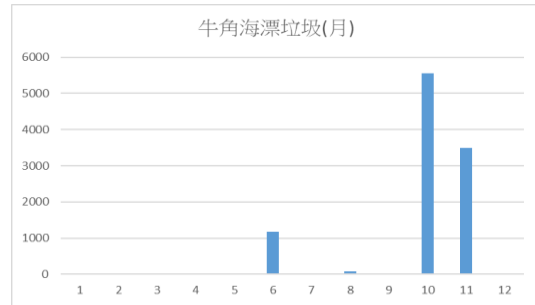


圖 5-10 在牛角澳的海漂垃圾

因為牛角澳缺乏春季的淨灘紀錄，所以在資料中看不到春季的海漂垃圾，但我們還是可以從上圖發現，10 月到 12 月的資料有高度的重疊，可以判斷在季節上從秋季和春季，是主要的擱淺季節。

2. 發育階段間的分析

除了季節性的分布之外，在擱淺資料上我們還看見，明顯的個體大小差異，在訪談專家之後，專家建議我們以體長 137 公分作為分界線，小於 137 公分為幼體，大於則為成熟體。

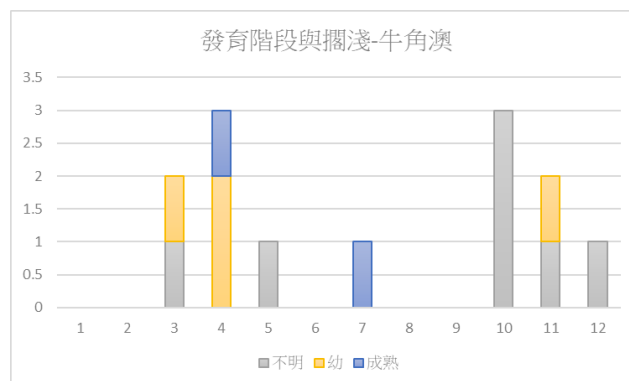


圖 5-11 發育階段與擱淺分析—牛角澳

以牛角澳的擱淺資料可以看出，總擱淺數為 13 隻，幼體 4 隻，成熟體 2 隻，因個體過於腐爛無法判斷 7 隻。幼體數量佔全部 30.7%。

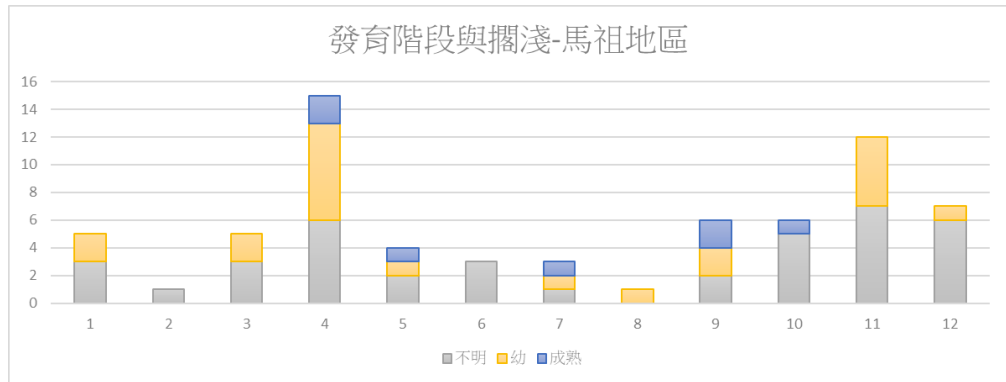


圖 5-12 發育階段與擱淺分析－馬祖

以全馬祖的資料統計，總擱淺數為 68 隻，幼體 22 隻，成熟體 7 隻，因個體過於腐爛無法判斷 39 隻，幼體數量佔全部 32.3%。

以季節來分析，幼體的擱淺比例，牛角澳在春季為 0.5(3/6)、夏季 0(0/1)、秋季 0.2(1/5)、冬季 0(0/1)；全馬祖的幼體擱淺比例為，春季 0.42(10/24)、夏季 0.29(2/7)、秋季 0.29(7/24)、冬季 0.23(3/13)。從上述資料可以看出馬祖的擱淺個體中以幼體為多數，其中春季比例最高。

3. 風向的影響

擱淺的季節與季風的風向有高度的相關性。在參考文獻的研究中可以得知，海漂垃圾是否上岸與取決於季風(林宗傑，2019)，而每日的漲退潮只會讓漂流物進行週期運動。

從縣誌當中取得的風向統計表可以判斷，牛角地區從 9 月到隔年的 5 月，主要盛行風向為東北風以及北北東風，位於北岸的牛角澳而言，風向正是造成擱淺的重要原因。

表 5-4 各月份盛行風向(資料來源：連江縣誌)

表 4-4 連江縣歷年每月盛行風向統計表

(民國 41-101 年)

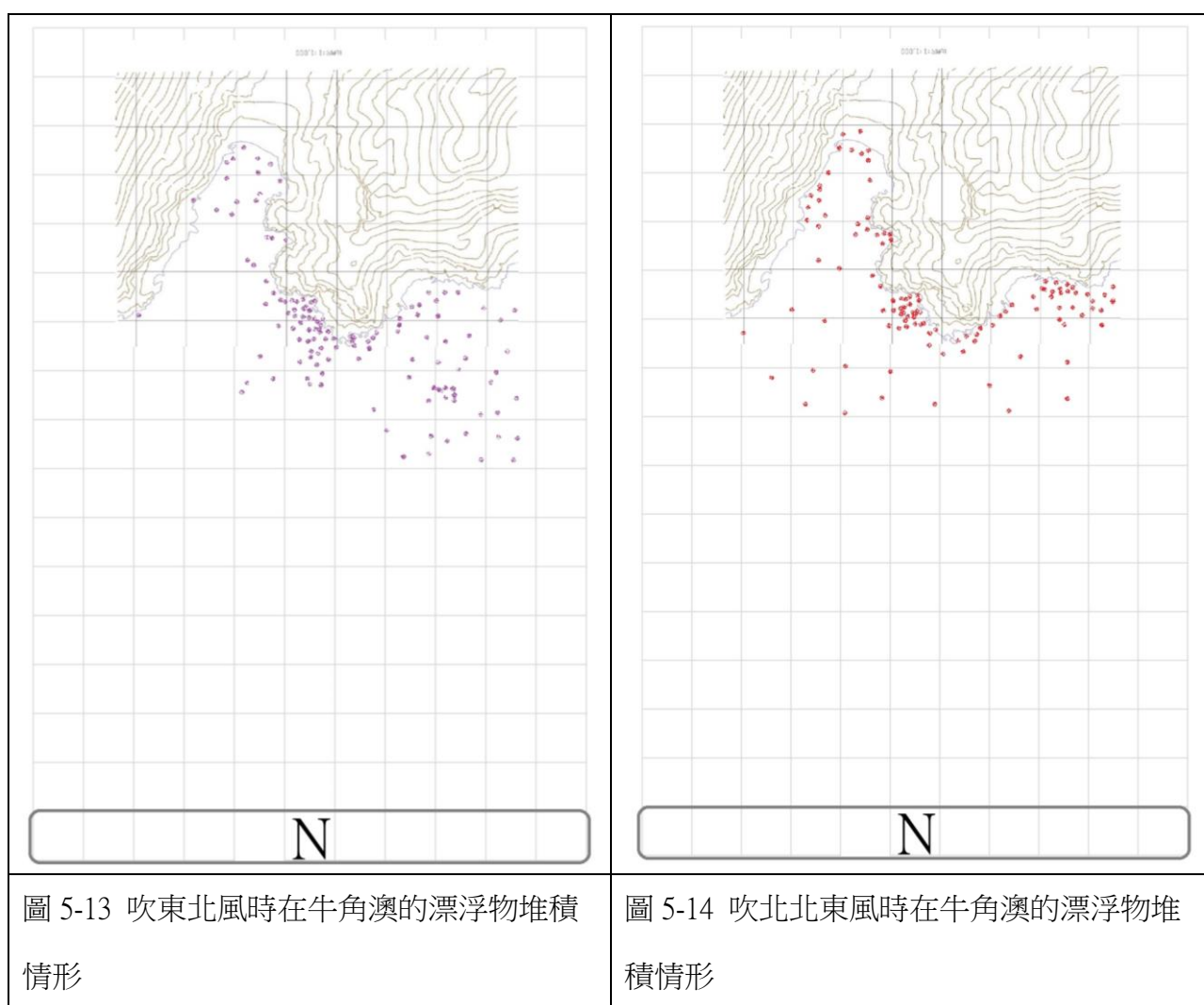
月份	一	二	三	四	五	六	七	八	九	十	十一	十二
風向	東北 北北東	東北 北北東	東北 北	東北 北北東	東北 北	西南 南南西	南南西 南	南 東北	東北 北北東	東北 北北東	東北 北北東	東北 北北東

資料來源：根據表 4-5 統計所得

(三) 擱淺模擬

我們利用牛角澳模型，以及用切碎的珍珠板（直徑 1mm）當作漂浮物，來進行海漂模擬分析，因為潮汐的影響較小，所以我們只用風向來進行模擬。實驗結果繪圖如下：

1. 模擬吹東北風時，將漂浮物放置於澳口外一公里(方框處)，觀察漂浮物堆積情形，並且記錄如圖 5-13。
2. 模擬吹北北東風時，將漂浮物放置於澳口外一公里(方框處)，觀察漂浮物堆積情形，並且記錄如圖 5-14。



(四) 小結

在擱淺的模擬中，當盛行風吹北北東風時，澳口內的漂浮物較多。不管是東北風還是北北東風，漂浮物堆積的最大量處，都是西邊的突出海岸，進入澳口內的漂浮物，相對較少；在實地觀察到的情形中，則是澳口內的漂浮物多於澳口外。根據實驗的結果推測：

1. 澳口內的堆積物，是由風力帶動至澳口周圍，再由潮汐作用推進至澳口內堆積或擱淺。
2. 於澳口外的堆積物，會隨著潮汐作用，帶離突出的海岸，或是被送進澳口內。
3. 距離澳口一公里外的漂浮物，短時間內不易被澳口捕獲，堆積於澳口內。
4. 反向追蹤推測，在北竿島南側海域內的漂浮物，較易堆積於牛角澳。

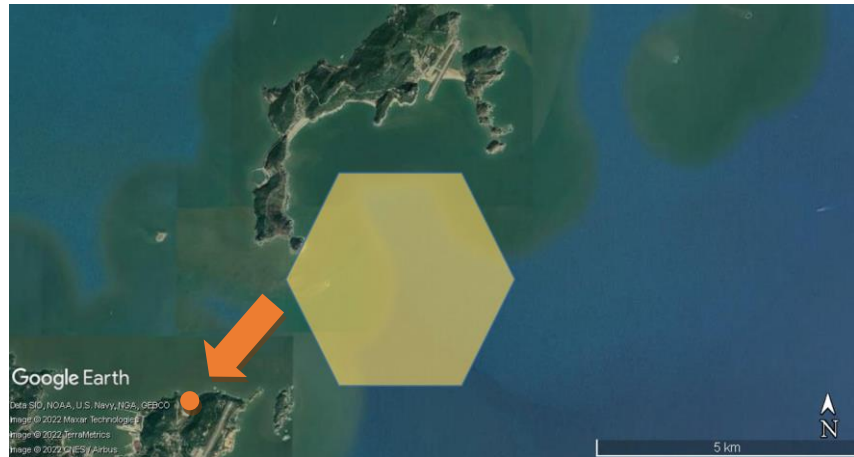


圖 5-15 牛角澳漂浮物擱淺前可能的分佈海域

5. 在全馬祖面北灣澳中，牛角澳擱淺數量(13 隻)最多，其中發現幼體擱淺的數量(4 隻)也最多。牛角澳周圍海域，有可能為露脊鼠海豚的季節棲息地或是育幼的場所，春季有可能為露脊鼠海豚的繁殖期。

陸、結論與建議

一、結論

- (一) 在馬祖的人為活動中，海漂垃圾堆積與鯨豚擱淺具有最大的相關性，但

是不具有因果關係·從露脊鼠海豚的死因研究推論，漁業混獲與遭受撞擊(船擊)才是致命的因素·

(二) 牛角澳有穩定擱淺數量且含幼體，可能與靠近鼠海豚棲息、育幼場域有關·

二、建議

(一) 生態調查與海洋保育

2017年至2021年鼠海豚擱淺68隻，與2003年至2009年資料，56隻鼠海豚擱淺，其中有8隻為幼豚(姚秋如，2013)，相比有明顯的上升·從過去與現在的紀錄皆顯示，馬祖海域有穩定的鼠海豚擱淺數量，也能說明馬祖海域有穩定的鼠海豚族群棲息，我們可以積極地進行生態調查，了解鼠海豚的習性與生活區域，了解在不同季節時鼠海豚會有甚麼樣的活動方式，也許露脊鼠海豚能夠成為下一個藍眼淚，讓世界看見馬祖·全世界只有馬祖，能夠同時到觀測到兩種鼠海豚，我們身為國中生雖然能力有限，透過這次的研究，日後我們可以努力的方向分為以下三點

- 1.未來我們可以辦理活動，讓大人與小孩都能夠關心露脊鼠海豚，更進一步關心海洋保育的現況·
- 2.我們可以建議政府設置鯨豚保護區，學習燕鷗保護區的作法，在保護區內**禁止使用刺網**，降低混獲與船擊的機率·
- 3.海洋無國界，在鯨豚的問題上還是必須要與大陸一起合作，減少海洋廢棄物，共同管理違法抽沙，禁止違法捕(炸)魚等等……

(二) 海岸工程的環境評估

最近南北竿大橋的議題非常熱門，老師在上課時也曾提起，做了這個研究之後發現，原來我們的海洋裡有這麼豐富的生態資源，而且南北竿大橋的位置又剛

好從牛角澳旁邊出發，興建在南北竿水道上，希望政府在建設的時候，能夠做好生態環境評估，讓露脊鼠海豚能夠安心快樂的生活。

柒、參考資料

一、書籍與研究論文

邵廣昭、余欣怡、姚秋如、蘇淮、呂翊維、莊守正、黃世彬(2020)。台灣百種海洋生物。海洋委員會海洋保育署

野麻雀工作室。閩江口的黑姑娘辨識與調查手冊。國立自然科學博物館生物組
王花倂、林明聖、許民陽、董德輝。馬祖列島地質與地形學習手冊。連江縣政府
福建省連江縣政府。(2014)。連江縣誌第二冊 地理志 社會志 觀光志。國家
圖書館臺灣記憶系統， 取自 <https://tm.ncl.edu.tw/>

林宗儔，2019。金廈海域海洋廢棄物處置現況及其政策之研究。國立中山大學海洋事務研究所碩士論文。

海洋保育署（2021）。110 年度全國鯨豚擱淺救援處理計畫-結案報告。高雄市：海洋委員會海洋保育署。

姚秋如、顧芳祺、張沔、王志庭、郭偉望、周蓮香、Yao, Chiou-ju、Ku, Fang-chi、Chang, Mein、Wang, Chih-ting、Kuo, Wei-wan、Chou, Lien-siang (民 102)，露脊鼠海豚在馬祖列島近岸水域之擱淺、誤捕與陸上觀察目擊紀錄所呈現的時間分布特性，台灣生物多樣性研究，頁 33-48。

二、網路資料

遠雄海洋公園網頁。取自：

<https://www.farglory-oceanpark.com.tw/education-detail/2BbyN11nX7msdpiD>

About 鯨豚(2020)。空汙、漏油、重金屬污染—我們需要乾淨空氣，鯨豚更需要！。

2021年03月01日。取自：

<https://wuo-wuo.com/report/122-comment/about-ocean/1108-aboutdophine-2001>

【評語】 030501

本研究資料彙整及數據分析詳盡，能知道海漂垃圾堆積與鯨豚擱淺具有最大的相關性，但不具有因果關係，是思考過後的客觀結論。模擬實驗部分推測鯨豚擱淺的理由(例如：風和洋流)可再說明清楚。

作品簡報

國中組 地球科學科

纏蝕鯨豚—— 露脊鼠海豚在馬祖的擱淺研究

前言：研究問題²

Q1在馬祖的人為活動，是否會導致露脊鼠海豚擱淺？

- (一) 海漂垃圾
- (二) 非法抽砂
- (三) 海上油污
- (四) 機場噪音
- (五) 港口活動
- (六) 漁業養殖與捕撈

Q2探討為甚麼牛角澳的擱淺事件最頻繁？

- (一) 模擬牛角澳口露脊鼠海豚擱淺與海漂垃圾的分布情形

文獻探討

露脊鼠海豚的生態

1. 主要食物：頭足類(小卷、軟絲等)與優勢魚類(黃魚、鱸魚)。
2. 棲息特性：喜好棲息於50公尺以內的淺海域。
3. 生存威脅：環境汙染、棲地破壞、船隻撞擊、漁網纏繞、噪音汙染、食物短缺

研究過程1-露脊鼠海豚擱淺數據整理

(一) 資料來源：自iOcean網站取得2017~2021年，共5年期間，馬祖地區鯨豚擱淺的數據。

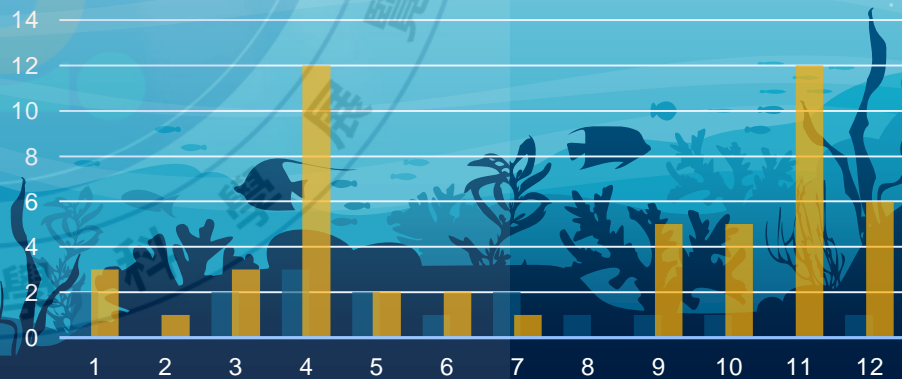
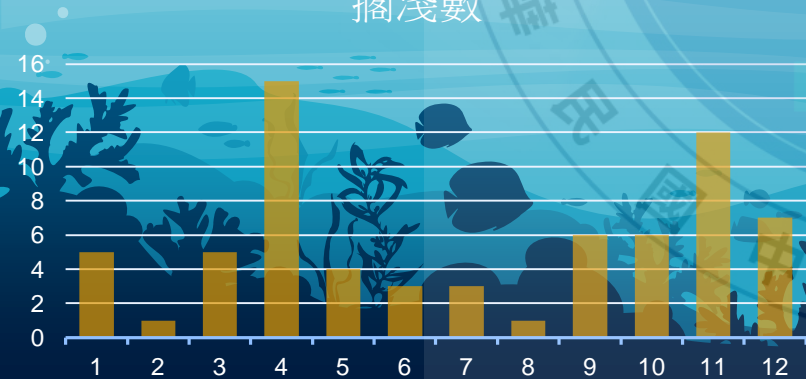
(二) 數據處理：將上述資料用Excel，整理、計算定義時間區間內的擱淺資料

1.擱淺個數 2.擱淺位置 3.擱淺時間

4.體型大小 5.擱淺狀態(腐敗或人為痕跡)

南側與北側澳口比較

擱淺數



研究過程2-人為活動數據整理

一、海漂垃圾

(一) 資料來源：自iOcean網站取得2017~2021年，共5年期間，馬祖地區清除海漂垃圾的數據。

(二) 數據處理：將上述資料用Excel，整理、計算定義時間區間內的海廢資料1.海廢個數2.堆積位置 3.堆積時間

(三) 分析方法：以散布圖分析。

二、非法抽砂

(一) 資料來源：自海巡署查詢，非法抽砂扣押案件。

(二) 數據處理：利用Google地球製作抽砂地點。

(三) 分析方法：利用地圖分析。

研究過程2-人為活動數據整理

三、海上油汙

- (一) 數據處理：自環資局查詢近年，發生油汙地點及時間。
- (二) 分析方法：以散布圖分析。

四、機場噪音

- (一) 數據處理：利用Google地球，製作機場影響範圍圖。

五、主要港口活動

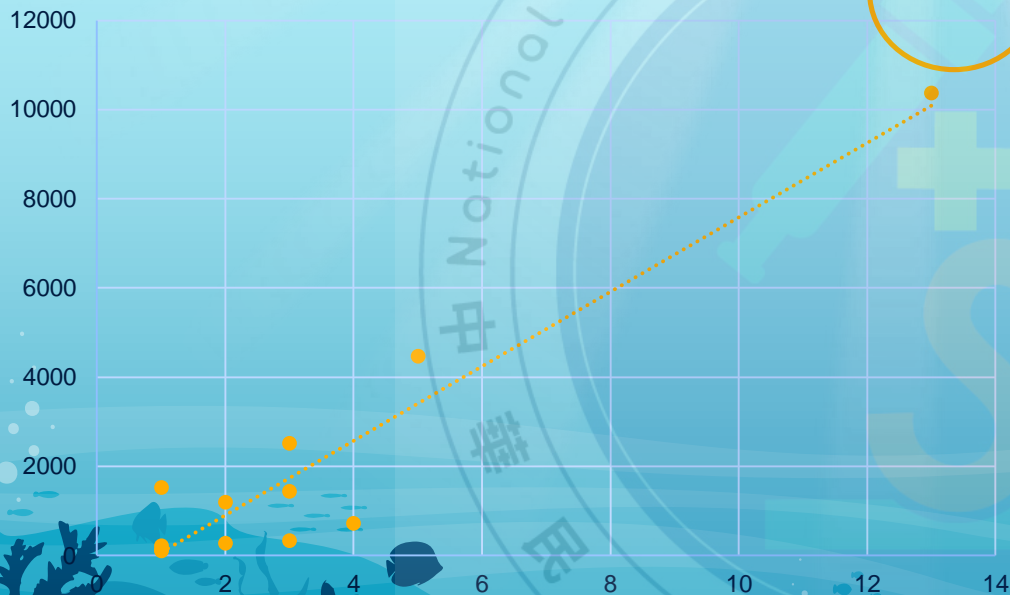
- (一) 數據處理：以各鄉主要港口，整理發生油汙地點及時間。

六、漁業養殖與捕撈

- (一) 數據處理：利用產發處公告養殖漁業區域圖，進行分析。

結果與討論 1 - 擱淺與人為活動

海漂垃圾與鼠海豚擱淺的散佈圖



分析結果

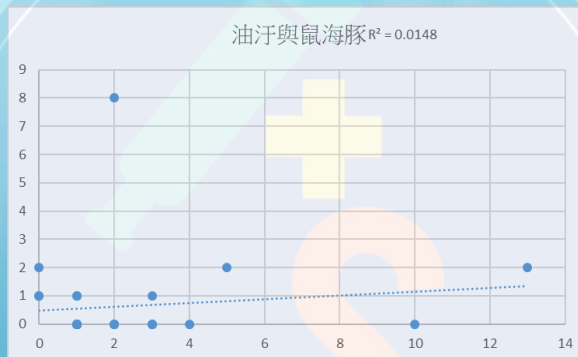
海漂垃圾散佈圖分析的R(2)大於0.8，代表兩者正相關。

也就是說有鼠海豚擱淺的地方就會有海漂垃圾，有大量海漂垃圾的地方，也有很高的機率將發現鼠海豚的擱淺。

但是海洋保育署解剖研究中，沒有鼠海豚誤食垃圾的紀錄，也沒有鼠海豚活體擱淺的紀錄，我們推測，鼠海豚在擱淺之前就已死亡。

結果與討論 1 - 擱淺與人為活動

根據我們分析的結果，其餘的人為活動，都與擱淺無相關。



主要港口	南竿福澳	北竿白沙	西莒青帆	東莒猛澳	東引中柱	其他
擱淺數量	2	0	3	0	0	63

養殖漁業

範圍西南側海域；垂下式養殖法；養殖貝類，判斷與海豚的擱淺原因沒有相關性。

捕撈漁業

資料不足，無法判斷。

研究過程3-牛角澳的擱淺分析

我們發現牛角澳的擱淺數量具有週期性，並且具有個體差異。

1

分析結果:

我們可以從上圖發現，擱淺與垃圾有週期性，**秋季**和**春季**，是主要的擱淺季節。

牛角鯨豚擱淺(月)



牛角海漂垃圾(月)



發育階段與擱淺-牛角澳



2

分析結果:

我們可以從下圖發現，馬祖的擱淺個體中以幼體為多數，其中**春季(42%)**比例最高。

發育階段與擱淺-馬祖地區



研究過程4-牛角澳的擱淺模擬



一、製作模型

在自造中心老師的協助下，利用雷切機以及白膠，完成1:1000的等高線模型。

二、風向分析

在連江縣縣誌中取得盛行風向的資料

表 4-4 連江縣歷年每月盛行風向統計表 (民國 41-101 年)

月份	一	二	三	四	五	六	七	八	九	十	十一	十二
風向	東北 北北東	東北 北北東	東北 北	東北 北北東	東北 北	西南 南南西	南南西 南	南 東北	東北 北北東	東北 北北東	東北 北北東	東北 北北東

三、擱淺模擬

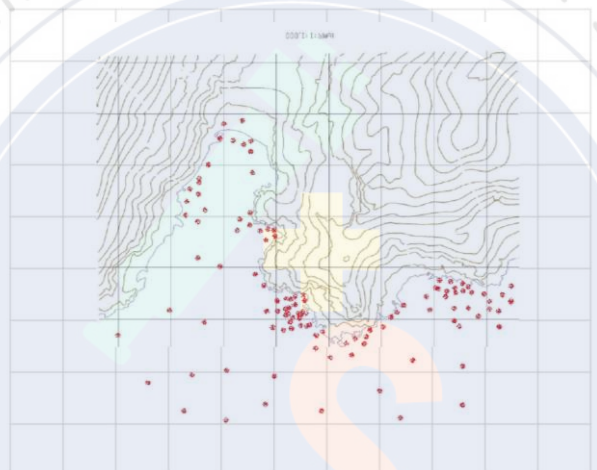
我們利用牛角澳模型，以及切碎的珍珠板（直徑1mm）當作漂浮物，依照不同距離及風向，來進行海漂模擬分析，因為潮汐的影響較小，所以我們只用風向來進行模擬。

研究過程4-牛角澳的擱淺模擬



模擬吹**東北**風時在
牛角澳的漂浮物堆
積情形

N



模擬吹**北北東**風時
在牛角澳的漂浮物
堆積情形

N

1. 擱淺模擬中，當盛行風吹**北北東**風時，澳口內的漂浮物較多。
2. 西邊的突出海岸堆積了大量的漂浮物，澳口內相對較少；在實地觀察到的情形中，則是澳口內的漂浮物多於澳口外，推測是因為沒有考慮潮汐的關係。

結果與討論 2 - 牛角澳的擱淺事件

- 一、風力將堆積物帶至澳口周圍，再由潮汐作用推進澳口內。
- 二、西側突出海岸的堆積物，會被潮汐作用帶離海岸，或是被送進澳口內。
- 三、1 公里以外的漂浮物，不易堆積於澳口內。
- 四、反向推測，在北竿島南側海域內的漂浮物，容易堆積於牛角澳。
- 五、馬祖面北灣澳中，牛角澳擱淺數量(13隻)最多，其中發現幼體擱淺的數量(4隻)也最多。牛角澳周圍海域，有可能為露脊鼠海豚的季節棲息地或是育幼的場所，春季有可能為露脊鼠海豚的繁殖期。



結論與建議

一、結論

- 在馬祖的人為活動中，海漂垃圾與鯨豚擱淺最具相關性，但是沒有因果關係。從露脊鼠海豚的死因研究推論，漁業混獲與遭受撞擊才是致命的因素
- 牛角澳頻繁發生擱淺且含幼體，與靠近鼠海豚棲息、育幼場域有關

二、建議

透過這次的研究，日後我們可以努力的方向分為以下三點

- 辦理活動，關心海洋保育，也影響家長與同學。
- 建議政府設立鯨豚保護區，在保護區內禁止使用刺網，降低混獲與船擊。
- 海洋無國界，在鯨豚的問題上還是必須要與大陸一起合作，減少海洋廢棄物，共同管理違法抽沙，禁止違法捕（炸）魚等等.....