

出國報告（出國類別：研習）

水產尖端技術研習與學術交流—
赴美國進行氣候變遷對海洋漁業影響之
研究及技術交流

服務機關：行政院農業委員會水產試驗所企劃資訊組

姓名職稱：曾振德 副研究員

派赴國家：美國

出國期間：102年11月10日至11月25日

報告日期：103年2月17日

摘要

本計畫係由行政院農業委員會102 年度農業科技人才培育施政項目經費補助，於102年11月10至11月25日赴美國NOAA/NMFS太平洋島嶼漁業科學中心（PIFSC）進行研習，由該中心Dr. Jeffrey Polovina及其研究團隊成員，指導學習如何利用中西太平洋海域之多重衛星影像（包含海面水溫、海洋水色及海面高度等）及臺灣大型鰹鮪圍網漁業之漁獲統計資料，探究海洋環境因子之時空變化及其對魚群移動分布之影響。初步研習成果包含：1.已完成處理分析近10年中西太平洋海域之多重衛星影像及臺灣大型鰹鮪圍網漁業漁獲統計資料，並分別轉換成ArcGIS數值圖層。2.初步分析結果顯示，東經170度以西的臺灣大型鰹鮪圍網作業群，其黃鰹鮪平均單位努力漁獲量每網次6.15公噸，略低於東經170度以東作業群的每網次7.34公噸，顯示黃鰹鮪於不同季節在中西太平洋海域有東、西向移動分布的現象。3.赴美研習期間，已利用不同泛加成模型，完成臺灣大型鰹鮪圍網漁獲資料與海洋環境因子之相關性分析。4.已學習如何利用該科學中心之CoastWatch LAS衛星影像伺服器系統，取得海面水溫、海洋水色及海面高度等多重衛星資料及其處理分析技術。5.已與該科學中心生態系及海洋學部門Dr. Jeffrey Polovina及其研究團隊，雙方取得學術研究及交流之共識，建立未來持續合作的機會與管道。

關鍵詞：氣候變遷、鰹鮪圍網漁業、太平洋島嶼漁業科學中心、衛星遙測影像、地理資訊系統

目次

| | |
|-------------------------------------|----|
| 摘要----- | 1 |
| 目次----- | 2 |
| 一、目的----- | 3 |
| 二、行程表----- | 5 |
| 三、研習機構－NOAA太平洋島嶼漁業科學中心概況----- | 6 |
| 四、研習過程－專題研究成果----- | 7 |
| (一) 中西太平洋海域之漁海況資料蒐集與其GIS數值圖層建置----- | 7 |
| (二) 臺灣遠洋大型鰹鮪圍網漁獲統計資料處理分析----- | 7 |
| (三) 中西太平洋海域之多重衛星影像海洋環境因子分析----- | 8 |
| (四) 氣候變遷對鰹鮪魚群分布影響研究－漁海況相關性分析----- | 10 |
| 五、NOAA/CoastWatch LAS衛星影像資料庫系統----- | 13 |
| 六、心得與建議----- | 15 |
| 七、附錄－研習資料分析結果與參訪照片----- | 17 |

一、目的

中西太平洋海域 (western and central Pacific ocean) 是全球最溫暖也是最貧瘠的地區，具有的高海面水溫 (sea surface temperature) 及低海洋水色濃度 (亦即chlorophyll-*a* concentration) 等海水特性及其時空變化，不僅已被證實與氣候變遷及聖嬰-反聖嬰 (El Niño-La Niña) 現象有關，且會影響許多高度洄游魚類 (highly migratory species) 之棲息分佈，特別是具高經濟價值的鰹鮪魚類。全球海域每年的鮪魚產量有約70%是來自中西太平洋海域。事實上，中西太平洋海域的暖池區 (warm pool) 也是臺灣遠洋大型鰹鮪圍網漁業 (tuna purse-seine fishery) 的主要作業漁場，因此對於中西太平洋海域之海洋環境時空變動特性及其受全球暖化 (global warming) 與氣候變遷 (climate change) 之影響，有必要作更深入的瞭解與探討。

近年來，衛星遙測 (satellite remote sensing) 技術已成為取得全球海域海面水溫、海洋水色及許多重要海洋環境參數的重要利器，長期累積具高品質的海況數值資料，可提供海洋漁業相關研究。因此，近年來很多海洋學者已利用衛星遙測影像資料，進行全球海域各項漁海況相關研究。Ware及Thomson (2005) 利用SeaWiFS衛星海洋水色資料，也發現美國沿岸海域的漁產量與chlorophyll-*a*濃度呈現高度正相關，而這些海域經常具有較高的基礎生產力，聚集高密度的浮游動物，形成魚類棲息洄游的重要海域，驗證了海洋生態學中「由下而上」控制的營養階層關連性。由於衛星遙測技術日益成熟，可提供近即時且廣景覽要之多重衛星遙測海況參數影像，配合地理資訊系統 (geographic information system) 優異之空間圖層套疊及地理統計分析功能，已被廣泛應用於許多大洋魚類熱點分布海域及其魚群移動之相關研究。

Polovina和Howell (2005) 利用衛星遙測獲取北太平洋海域之重要海況參數，以經驗正交函數解析衛星海面高度時序列資料之第一主成分，探討其時空分佈特徵型態，作為生態系統指標。同時利用海洋水色資料之時序列變化，探究北太平洋東部沿岸海域之基礎生產力變化，建立以海洋水色Chl-*a*濃度為主之生態系統指標。Zainuddin等 (2006) 則利用多重衛星遙測影像及其衍生之產品，包含利用海面高度資料推估獲得

之渦流動能及利用海面水溫水色資料估算獲得之基礎生產力等，解析北太平洋海域長旗鮪之熱點分佈海域，結果顯示長旗鮪最常被漁獲海域之平均水溫值為 20°C ，其對應之海洋水色chlorophyll-*a*濃度為 $0.3\text{mg}/\text{m}^3$ ，利用單位努力漁獲量與海面水溫水色頻度分佈圖關係，建立兩者間之相關式，最後推估出長旗鮪漁獲環境機率分佈圖，以環境機率分佈最高值海域，作為長旗鮪主要熱點分佈位置，顯示利用多重衛星影像，確實可建立高度洄游魚類棲息分佈之良好指標。

爰此，本研習計畫蒐集多重衛星影像（包含海面水溫、海洋水色及海面高度等）及中西太平洋海域臺灣大型鰹鮪圍網漁業之漁獲統計資料，赴美國NOAA（National Oceanic and Atmospheric Administration）/NMFS（National Marine Fisheries Service）所屬之太平洋島嶼漁業科學中心（Pacific Islands Fisheries Science Center, PIFSC），研習如何利用泛加成模型（generalized additive model, GAM）探討氣候變遷對海洋環境因子時空變化與高度洄游魚類魚群分布之影響，並探究其漁海況相關性，以作為未來進行漁業資源管理評估與開發利用之重要基礎資訊。

二、行程表

赴美國 NOAA 太平洋島嶼漁業科學中心研習行程表

| 日期 | 地點 | 研習內容 |
|----------|---------------------------------|--|
| 11/10 | 臺北→美國夏威夷 | 去程（搭乘中華航空 CI0002 直飛班次） |
| 11/11 | NOAA/PIFSC 太平洋島嶼漁業科學中心 | 進駐 NOAA 訪問學者研究室，參訪 PIFSC 各研究室及環境設施，拜會 Dr. Jeffrey Polovina 與其團隊成員討論研習行程與內容 |
| 11/12-13 | NOAA/PIFSC 太平洋島嶼漁業科學中心 | Dr. Jeffrey Polovina 及 Dr. Lucas Moxey 指導如何由 NOAA/CoastWatch LAS 衛星資料系統，擷取海洋環境研究資料 |
| 11/14-15 | NOAA/PIFSC 太平洋島嶼漁業科學中心 | 研習如何處理分析多重衛星影像資料，包含海面水溫、海洋水色及海面高度等海洋環境因子 |
| 11/16-17 | East-West Center (Lincoln Hall) | 撰寫修改泛加成模型程式，研習如何處理分析臺灣大型鰹鮪圍網漁況資料 |
| 11/18-19 | NOAA/PIFSC 太平洋島嶼漁業科學中心 | Dr. Jeffrey Polovina 及 Dr. Melanie Abecassis 指導如何利用泛加成模型，建構多重衛星影像與鰹鮪圍網之漁海況相關性 |
| 11/20-22 | NOAA/PIFSC 太平洋島嶼漁業科學中心 | 研習如何利用泛加成模型，建構多重衛星影像與鰹鮪圍網之漁海況相關性 |
| 11/23 | NOAA/PIFSC 太平洋島嶼漁業科學中心 | Dr. Jeffrey Polovina 指導如何利用衛星影像，探究氣候變遷海洋環境變化對魚群分布之影響 |
| 11/24-25 | 美國夏威夷→臺北 | 回程（搭乘中華航空 CI0017 經東京班次） |

三、研習機構—NOAA 太平洋島嶼漁業科學中心概況

本次赴美研習機關為NOAA太平洋島嶼漁業科學中心，其隸屬於美國國家海洋和大氣總署之國家海洋漁業局，該中心位於夏威夷檀香山（Honolulu, Hawaii），鄰近夏威夷大學，主要執行各項科學研究計畫與管理措施，負責其周邊海域海洋生物資源的保育與管理工作，該中心共有五個研究部門，包含生態系及海洋學部門（Ecosystems and Oceanography Division）、珊瑚礁生態系部門（Coral Reef Ecosystem Division）、生態系及海洋學部門（Ecosystems and Oceanography Division）、漁業研究與監測部門（Fisheries Research and Monitoring Division）、保護種類部門（Protected Species Division）及社會經濟部門（Socioeconomics Research Division）。

太平洋島嶼漁業科學中心的生態系及海洋學部門，主要執行中北太平洋海域海洋生態環境結構與其時空動態變化之相關研究計畫，包含氣候變遷及全球暖化對海洋漁業之影響研究等。該科學中心研究人員蒐集及處理分析各項海洋環境資料，如多重衛星遙測影像、船測水文觀測資料、衛星標識放流資料及大氣觀測資料等，藉以解析許多大洋性洄遊魚類之移動分布特性，如鮪魚、旗魚、鯊魚、翻車魚及海龜等。

其中，本次研習的行程及內容係由該中心生態系及海洋學部門主任Dr. Jeffrey Polovina親自安排與指導。Dr. Jeffrey Polovina是國際著名的海洋學者，主要研究專長包含海洋與氣候生態系分析、生態系模型建構、海洋衛星遙測影像處理分析及漁海況相關研究等。Dr. Jeffrey Polovina及其研究團隊，每年均有相當多的科學研究成果刊登於具高品質的論文期刊，累積已達150篇以上，其中最新發表的論文是2013年刊載於著名的PLOS ONE期刊，有關漁撈作業對亞熱帶環流大洋生態系統中魚類大小變化影響研究。

本次研習特別選定赴太平洋島嶼漁業科學中心的生態系及海洋學部門，期能在Dr. Jeffrey Polovina及其研究團隊成員之技術指導下，針對中西太平洋海域臺灣大型鯉鮪圍網漁業，進行海洋環境因子對魚群移動分布之影響研究。

四、研習過程－專題研究成果

(一) 中西太平洋海域之漁海況資料蒐集與其 GIS 數值圖層建置

赴美國NOAA/NMFS太平洋島嶼漁業科學中心研習前，已蒐集及處理分析1998-2007年中西太平洋海域（圖1）臺灣遠洋大型鰹鮪圍網漁業之漁獲統計資料（圖2），利用ArcGIS地理資訊系統，進行漁海況資料之整合套疊與空間統計分析，並完成建置漁況圖層基礎資料庫。

此外，赴美國NOAA/NMFS太平洋島嶼漁業科學中心研習前，亦已蒐集及處理分析1998-2007年中西太平洋海域之多重衛星影像資料（海洋環境因子），包含NOAA/AVHRR衛星海面水溫、OrbView-2/SeaWiFS衛星海洋水色與JASON-1、TOPEX、ERS-2、ENVISAT及GFO衛星海面高度影像等（圖3）。本研究並利用ArcGIS地理資訊系統，進行整合套疊與空間統計分析，藉以探討不同海洋環境因子對魚群移動分之影響。

(二) 臺灣遠洋大型鰹鮪圍網漁獲統計資料處理分析

本次赴美國太平洋島嶼漁業科學中心研習前，已先蒐集獲得1998-2007年臺灣遠洋大型鰹鮪圍網作業漁獲統計資料，合計共11,512筆，包含作業月份、作業位置（經度及緯度）與每網次（set）主要漁獲魚種正鰹（skipjack tuna）、黃鰹鮪（yellowfin tuna）及大目鮪（bigeye tuna）之漁獲量（公噸），並計算其單位努力漁獲量（公噸/每網次），俾利與其相對應由衛星遙測觀測獲得的海洋環境因子，進行漁海況相關性研究分析。

本次研習由NOAA太平洋島嶼漁業科學中心生態系及海洋學部門主任Dr. Jeffrey Polovina親自指導，於聽取筆者簡報後，建議先將1998-2007年臺灣大型鰹鮪圍網資料，區分成冬（1-6月份）、夏（7-12月份）兩季，並利用ArcGIS地理資訊系統進行空間統計分析，繪製出正鰹、黃鰹鮪及大目鮪的漁獲空間分布型態。此外，考量中西太平洋海域水文分布特性及大型鰹鮪圍網作業方式，Dr.

Jeffrey Polovina也建議將冬、夏兩季的漁獲統計圖層資料，套疊於其對應的衛星海面高度資料推演之表層海流（surface current vectors）分布狀況，初步判定臺灣大型鰹鮪圍網作業空間分布模式，是否有因季節不同有東、西向移動作業特性，且初步探討東、西向作業模式是否與中西太平洋海域之表層海流季節分布型態有關。

中西太平洋海域臺灣遠洋大型鰹鮪圍網漁業漁獲組成中，正鰹是最主要的漁獲對象魚種。圖4顯示1998-2007年間正鰹漁獲於冬季時期（1-6月）主要漁獲漁場位於東經180度以西海域，亦即國際換日線（international date line）以西海域，並以赤道海域之南北緯10度內為主要作業位置，此區域亦是著名的暖池區（warm pool）海域。再者，夏季時期（7-12月）部分大型鰹鮪圍網漁船有往東偏移作業現象，最東邊的作業漁場分布，可擴及西經150度附近海域。

圖5為1998-2007年臺灣大型鰹鮪圍網漁業中，黃鰹鮪漁獲的時空分布情形，圖中顯示冬季時期（1-6月）黃鰹鮪的主要漁獲位置分布於暖池的周邊海域，特別是暖池區的東側及南側海域，其單位努力漁獲量CPUE明顯較高。此外，夏季時期（7-12月）黃鰹鮪漁獲分布海域較平均分布於暖池區，同時也有類似正鰹漁獲分布（圖4），於夏季時期往東偏移的作業現象。再者，臺灣大型鰹鮪圍網漁獲中，大目鮪的漁獲比例最低，其冬季時期（1-6月）主要漁獲分布也以暖池區東側海域為主（圖6），但夏季時期，大目鮪的漁獲分布海域稍微擴大，有往南緯及往東海域偏移作業的情形。此外，臺灣大型鰹鮪圍網漁業的月別漁獲中心分布如圖7，顯示冬季時期作業重心較為集中於偏西海域，夏季時期則有往東偏移作業的現象。

（三）中西太平洋海域之多重衛星影像海洋環境因子分析

中西太平洋海域臺灣大型鰹鮪圍網作業海域之多重衛星影像（包含海面水溫、海洋水色及海面高度距平值等）分析結果如圖8。初步分析結果顯示，鰹鮪

圍網漁獲分布海域之月平均海面水溫介於28.1至30.3°C，平均海面水溫是29.4°C，年平均最低海面水溫值出現於1998年，隨後海面水溫逐年上升至2007年的29.8°C。其次，鯉鮪圍網漁獲海域之月平均海洋水色(Chlorophyll-*a*)濃度介於0.05至0.18 mg/m³，年平均海洋水色濃度最低值為0.08 mg/m³，發生於2002年，年平均最高濃度值0.13 mg/m³則出現於1998年，同時也發現2002至2005年間之海洋水色濃度偏低，介於0.08至0.09 mg/m³。再者，鯉鮪圍網漁獲海域之月平均海面高度距平值介於-6.3至15.1 cm，平均海面高度距平值為2.7 cm，最低值-2.0 cm出現於1998年，隨後海面高度逐年上升，於2006至2007年達到最高值。

另外，本次赴美國NOAA太平洋島嶼漁業科學中心研習時，Dr. Jeffrey Polovina起初即假設中西太平洋海域的海面高度及表面流速流向的冬、夏季變化，可能是大型鯉鮪圍網作業海域變動之重要影響因子。故Dr. Jeffrey Polovina建議先探討中西太平洋海域冬、夏季節之海面高度變化，初步解析1998-2007年間冬季(1-6月)及夏季(7-12月)之平均海面高度分布如圖9所示。結果顯示，冬季時期暖池區赤道以南海域的西向表層海流流速比夏季時期較強，然而東經180度以東海域，亦即國際換日線以東海域赤道以北海域，夏季時期的表層海流流速比冬季時期強。

因此，研習期間嘗試將臺灣大型鯉鮪圍網漁獲資料，利用ArcGIS地理資訊系統套疊於冬、夏季時期的海面高度及表面流速流向數值圖層資料，如圖10-12所示。初步分析結果，顯示夏季時期(7-12月)正鯉漁獲分布有向東側海域偏移分布現象，此時海面高度下降，表面流速增快。事實上，由Argo浮標現場實測的水文資料分析結果，亦顯示冬季時期暖池區的混合層(mixed layer depth, MLD)深度較深，夏季時期較淺，然而赤道中太平洋海域，即國際換日線以東海域，也有類似暖池區的混合層變化現象，亦即冬季時期的混合層深度明顯較深，夏季時期混合層深度變淺(圖13)。此外，若由中西太平洋赤道海域不同水深的水溫剖面圖分布結果，顯示冬季時期暖池區水溫高於28°C的水團，大約分布於水

深100米以淺，且其最東邊界大約分布於西經170度，然而夏季時期，暖池區的水團有往東邊海域偏移現象，水溫28°C以上水團有往東推移至接近西經160度的情形（圖14）。整體而言，本次研習初步發現中西太平洋海域暖池區的溫暖海水於冬季時期轉換至夏季時期時，會有往東擴展的現象，而且當溫暖海水往東偏移時，臺灣遠洋大型鰹鮪圍網的作業漁場也有往東側海域推移的情形。

（四）氣候變遷對鰹鮪魚群分布影響研究－漁海況相關性分析

本次赴美研習內容亦包含探討氣候變遷影響中西太平洋海域海洋環境因子變化及其臺灣大型鰹鮪圍網漁業漁獲分布之可能影響。因此，研習期間嘗試利用泛加成模型（generalized additive model, GAM），建構中西太平洋海域臺灣大型鰹鮪圍網漁獲分布與海洋環境因子之關連模式，藉以瞭解鰹鮪魚群漁獲時空分布特性及其受海洋環境變化之相關性，進而探討氣候變遷對鰹鮪魚群移動分布之可能影響。

本次研習有關 GAM 模型之建構，係由 Dr. Jeffrey Polovina 及其研究團隊成員 Dr. Melanie Abecassis 技術指導，並協助檢視及校訂 GAM 模型之 R 程式語言，並藉由每次 GAM 模型 R 程式執行結果，指導並與筆者共同討論及建議後續之模型修正方向，經過多次的程式修正及結果分析後，最後完成 GAM 模型如下：

$$\begin{aligned} \text{Ln}(\text{CPUE}_{\text{skj, yft, bet}} + \text{constant}) \sim & a + s(\text{Year}) + s(\text{Month}) + s(\text{Latitude}) + s(\text{Longitude}) + \\ & s(\text{SST}) + s(\text{Chl-}a) + s(\text{SSHA}) + s(\text{U-component}) + \\ & s(\text{V-component}) + s(\text{Velocity}) + e \end{aligned}$$

$\text{CPUE}_{\text{skj, yft, bet}}$ 分別表示正鰹（skj）、黃鰭鮪（yft）及大目鮪（bet）之單位努力漁獲量，U-及 V-component 分別代表東（正值）西（負值）向及南（負值）北（正值）向之流速（cm/sec）。圖 15 是正鰹漁獲之 GAM 模型分析結果，初步顯

示 2006-2007 年正鰹單位努力漁獲量有較佳情形，主要漁獲分布於東經 140 至 180 度，南北緯 5 度之間，至於正鰹單位努力漁獲量與衛星觀測獲得的海洋環境因子之相關性，初步發現正鰹單位努力漁獲量主要分布於 29 至 30°C，水色濃度主要分布於 0-0.2mg/m³，海面高度距平值分布於正負 10cm 之間。圖 16 是黃鰭鮪漁獲之 GAM 模型分析結果，初步顯示無明顯年間或月別變化，主要漁獲空間分布位於東經 140 至 180 度，南北緯 5 度之間，大致與正鰹漁獲類似，至於黃鰭鮪漁獲分布之海面水溫則介於 28 至 30°C，水色濃度主要分布於 0-0.2mg/m³，海面高度距平值分布也是介於正負 10cm 之間。圖 17 是大目鮪漁獲之 GAM 模型分析結果，初步顯示無明顯年間或月別變化，主要漁獲空間分布位於東經 140 至 180 度，南北緯 5 度之間，大致與正鰹及黃鰭鮪漁獲類似，至於大目鮪漁獲分布之海面水溫則介於 28 至 30°C，水色濃度主要分布於 0-0.2mg/m³，海面高度距平值則介於正負 5cm 之間。

另外，Dr. Jeffrey Polovina也建議將臺灣大型鰹鮪圍網漁業之漁獲分布，嘗試分成東、西兩群的作業模式，探討東、西不同作業群其單位努力漁獲量與海洋環境因子之間的關連性。因此，本次研習時亦以臺灣大型鰹鮪圍網漁業中之黃鰭鮪作為研究對象魚種（圖18），並以東經170度為東、西兩個作業群的分界線，利用GAM模型分別探討黃鰭鮪單位努力漁獲量與衛星影像推演之海洋環境因子的相關性，初步建構之GAM模型如下：

$$\begin{aligned} \text{Ln}(\text{CPUE}_{\text{yft}} + \text{constant}) \sim & a + s(\text{Year}) + s(\text{Month}) + s(\text{Latitude}) + s(\text{Longitude}) + \\ & s(\text{SST}) + s(\text{Chl-}a) + s(\text{SSHA}) + s(\text{U-component}) + \\ & s(\text{V-component}) + s(\text{Velocity}) + e \end{aligned}$$

圖19是黃鰭鮪漁獲分布於東經170度以東海域之GAM模型分析結果，初步顯示2000及2007年黃鰭鮪單位努力漁獲量明顯較高，但無明顯月別變化。其次，黃

鰹鮪主要漁獲分布於南北緯5度之間，但東西經度向變化較大。再者，黃鰹鮪之主要漁獲海面水溫介於29.0至29.5°C之間，水色濃度介於0.1至0.15 mg/m³之間，至於海面高度距平值介於0-5cm之間。此外，圖20是黃鰹鮪漁獲分布於東經170度以西海域之GAM模型分析結果，初步顯示黃鰹鮪CPUE無明顯的年間及月別變化。其次，黃鰹鮪主要漁獲分布於南北緯5度之間，及東經150-170度之間。再者，黃鰹鮪之主要漁獲海面水溫介於29.0至30.0°C之間，水色濃度主要分布於0.05-0.15mg/m³之間，至於海面高度距平值介於正負5cm之間。

再者，亦利用經驗累積分布函數（empirical cumulative distribution function, ECDF）分析方法，探究臺灣大型鰹鮪圍網漁獲統計資料及衛星影像海洋環境因子之相關性，藉以決定鰹鮪魚群漁獲分布對應之海洋環境因子分布範圍（圖21）。本研究初步利用衛星海面水溫、海洋水色及海面高度距平值資料與其對應的鰹鮪圍網黃鰹鮪漁獲統計資料，以經驗累積分布函數分析方法，找出黃鰹鮪可能棲息海域之海洋環境因子變化。初步結果顯示，黃鰹鮪可能棲息海域之海面水溫介於28.6至30.2°C之間，海洋水色濃度介於0.06至0.16 mg/m³之間，另外海面高度距平值則介於-2至10.0cm之間，利用這些黃鰹鮪分布與海洋環境因子之相關性，即可利用ArcGIS空間分析模組建構黃鰹鮪可能棲息海域分析模式（圖22），最後解析出黃鰹鮪之可能棲息海域如圖23，此項資訊可作為臺灣大型鰹鮪圍網漁船作業時，藉以判斷可能的漁場分布，亦可提供未來黃鰹鮪漁業資源管理之重要基礎資訊。

五、NOAA/CoastWatch LAS衛星影像資料庫系統

本次赴美研習之NOAA/NMFS太平洋島嶼漁業科學中心，其生態系統與海洋部門（Ecosystem and oceanography division, EOD）也負責管理維護各種不同衛星影像資料，亦即CoastWatch LAS(Live Access Server)資料庫伺服器系統(圖24)。Dr. Jeffrey Polovina是本項衛星影像資料庫的主要負責人，筆者研習期間他也特別引見其研究團隊成員，也是這個資料庫維護研究人員Dr. Lucas Moxey與我認識，本次筆者研習期間所需要的衛星海面高度影像資料，即從CoastWatch LAS伺服器下載取得。

目前NOAA/CoastWatch LAS衛星資料庫存放多種不同衛星遙測影像資料，包含月別及週別NOAA繞極軌道衛星AVHRR Pathfinder v4.1、v5.0及v5.1等不同版本及GOES地球同步軌道衛星等海面水溫資料。此外，CoastWatch LAS資料庫也收集月別及週別等不同時間尺度的MODIS及SeaWiFS衛星海洋水色資料。再者，CoastWatch LAS資料庫也收集了海面風的相關資料及最新的Aquarium衛星海面鹽度分布資料等。

NOAA/NMFS太平洋島嶼漁業科學中心的CoastWatch LAS衛星資料庫網站（<http://oceanwatch.pifsc.noaa.gov/las/servlets/dataset>），提供經由網際網路的線上資料查詢、展示及數值資料下載等功能，可提供的衛星數值資料格式包含影像檔、netcdf、ASCII及ArcGIS grid等不同格式，方便研究人員取得合適的衛星影像資料格式，進行各項科學研究利用及加值應用分析。

本次研習期間也由Dr. Lucas Moxey指導各種衛星影像資料之處理分析技術及相關注意事項，包含Aqua及Terra衛星MODIS海面水溫資料、海面高度及海面流速及各種不同衛星資料的climatology模式資料等。

此外，圖25至30為本次赴美研習期間，NOAA/NMFS太平洋島嶼漁業科學中心提供之訪問學者研究室及進駐後辦理之資訊安全線上課程，以及與本次研習指導之生態系統及海洋部門主任Dr. Jeffrey Polovina及其研究團隊成員合影，並藉此機會順道拜會現任北太平洋鮭旗魚類科學委員會（International Scientific Committee, ISC）

主席Dr. Gerard DiNardo。另外，赴美研習期間也參加了第二屆PIFSC/JIMAR（Joint Institute for Marine and Atmospheric Research）研討會，本次會議主題正是氣候變遷，會中多名海洋學者提出最新的研究成果，其中Dr. Jeffrey Polovina也發表了他最新出版於PLOS ONE期刊之研究成果。

六、心得與建議

臺灣遠洋大型鯉魷圍網漁業是我國重要的遠洋漁業之一，每年漁獲量約20萬公噸，產值最高可達新台幣80餘億元。爰此，對於中西太平洋海域之海洋環境時空變動特性及其受全球暖化與氣候變遷之影響，實有必要持續進行作更深入的分析瞭解與探討研究，確保臺灣大型鯉魷圍網漁業得以永續發展。本次研習雖已初步達成計畫預期目標，赴美國NOAA/NMFS太平洋島嶼漁業科學中心研習期間，由Dr. Jeffrey Polovina及其團隊研究人員的技術指導與協助，已初步完成中西太平洋海域臺灣大型鯉魷圍網漁業之漁海況相關性分析，未來將持續保持雙方合作的機會與管道。

美國NOAA/NMFS太平洋島嶼漁業科學中心擁有很完備之衛星影像資料庫系統，亦即NOAA/CoastWatch LAS衛星影像系統，並由專業技術人員全職負責資料維護與處理，該科學中心研究人員可依年度計畫需求，提出不同時間及空間尺度之衛星資料申請後，即由該專業技術人員協助由NOAA/CoastWatch LAS衛星影像資料庫中擷取資料，並進行資料初級處理分析，然後提供研究人員經由檔案伺服器或電子郵件等傳輸方式下載取得。目前臺灣從事海洋漁業的研究人員，若有衛星影像需求，除了資料取得管道不易獲得外，亦經常需由研究人員進行衛星影像初級處理分析，導致研究過程花費過多時間及經費成本於衛星資料取得。故建議臺灣氣象及海洋科學相關政府機構及學術研究單位，應儘速整合建置一套符合學術研究及各項應用需求之共用型衛星影像資料庫系統，並由專業技術人員專職負責維護與管理，俾利提供研究人員可以快速且便利取得不同的衛星影像資料，以促進衛星遙測影像於臺灣各種海洋漁業之研究分析及相關應用。

本次研習亦感受到NOAA/NMFS太平洋島嶼漁業科學中心各研究部門間，跨領域團隊合作之良好研發模式，其負責海洋環境生態研究的部門，可以將研發獲得之海洋生態分析模型，結合漁業資源及海洋生物研究部門之不同專長研究人員，執行跨領域整合研究計畫，獲得多項重要研究成果，並共同發表論文於許多具影響

力的科學期刊，同時將學術理論結果實際提供給漁政部門，進行漁業資源管理與保育措施之重要決策依據。這種跨領域整合研究，確實值得臺灣各政府機關及學術研究單位深思及學習之處。

再者，目前臺灣從事衛星遙測影像應用於海洋漁業相關研究分析之研究人員不多，臺灣應加速推動衛星影像處理分析及應用研究人才培育計畫。再者，衛星影像應用於海洋漁業之相關研究計畫經費亦有明顯不足或有逐年短缺之現象，對於衛星影像資料接收及處理分析系統建置與維護之預算經費若無法持續挹注，往往導致衛星影像資料無法取得，進而影響或暫停相關計畫之執行與推動。事實上，由我國「政府研究資訊系統」(GRB)的科技計畫資料庫，搜尋歷年來農業科技研究計畫中，屬於海洋漁業領域且標題包含”衛星遙測”等關鍵字之科技計畫仍不多。然而，近年來由於海洋環境自然變遷及人為高度開發影響，台灣沿近海漁業資源已逐漸枯竭，加上進入 WTO 後接踵而至之國際漁業競爭壓力，我國海洋漁業之傳統作業模式及漁撈技術觀念，均亟待有效率的改變與轉型。因此，如何因應及掌握新科技資訊對漁業產業之衝擊及變革，積極發展知識經濟型漁業產業，整合衛星遙測(satellite remote sensing, RS)、地理資訊系統(geographic information system, GIS)與全球定位系統(global positioning system, GPS)等 3S 最新科技技術，輔助及增進漁撈作業效率，降低漁船作業生產成本，將成為提升我國漁業產業競爭力之重要發展課題及採行措施。

七、附錄－研習資料分析結果與參訪照片

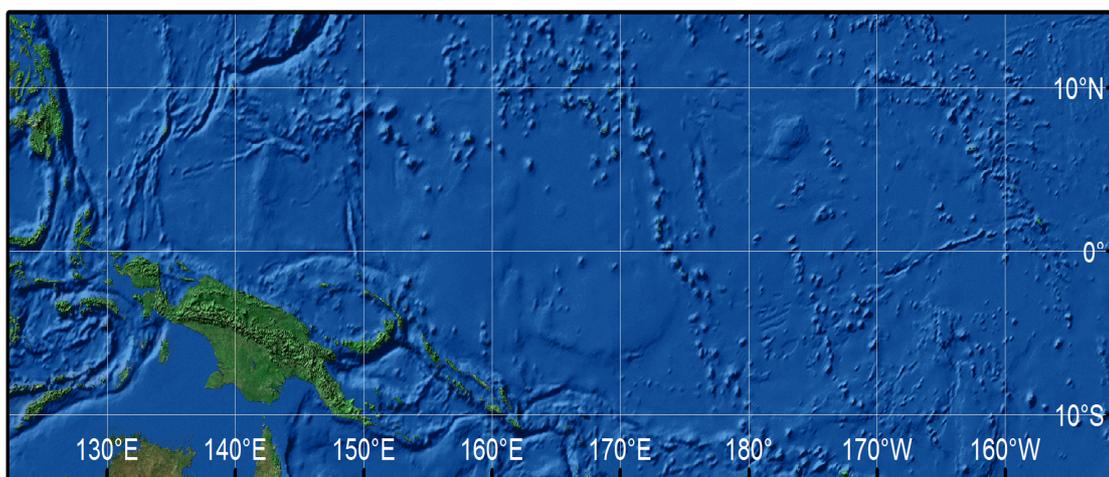


圖1、本研究之中西太平洋臺灣大型鯷鮪圍網作業海域。



圖2、本研究處理分析1998-2007年中西太平洋臺灣大型鯷鮪圍網漁業之漁獲統計資料，包含正鯷、黃鰭鮪及大目鮪等。

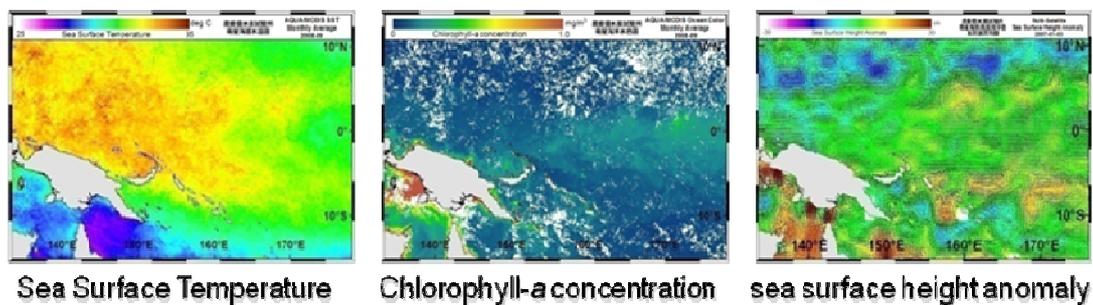


圖3、本研究處理分析1998-2007年衛星海面水溫（左）、海洋水色（中）及海面高度距平值（右）等資料。

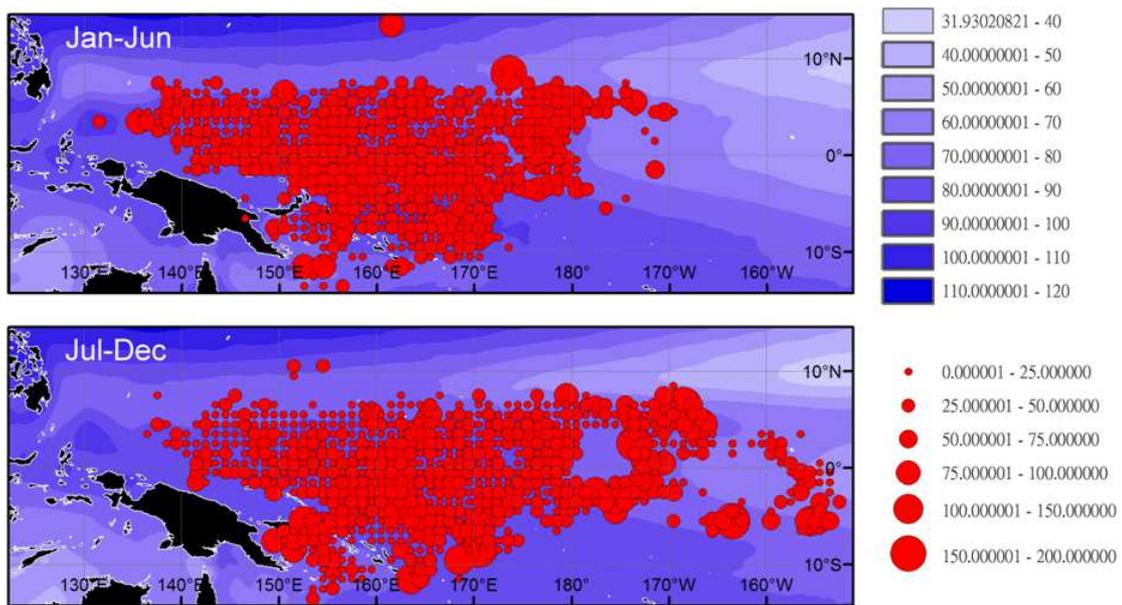


圖4、1998-2007年冬季（1-6月）及季（7-12月）臺灣大型鯉鮪圍網漁業正鯉單位努力漁獲量（公噸/網次）與衛星海面高度（公分）空間分布。

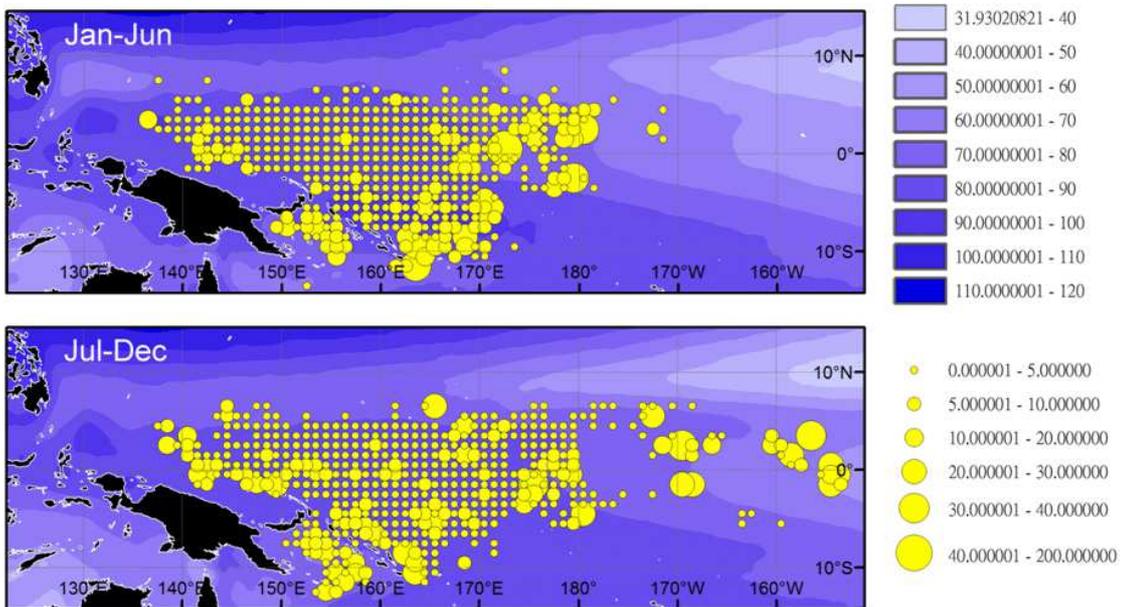


圖5、1998-2007年冬季（1-6月）及夏季（7-12月）臺灣大型鯉鮪圍網漁業黃鰭鮪單位努力漁獲量（公噸/網次）與衛星海面高度（公分）空間分布。

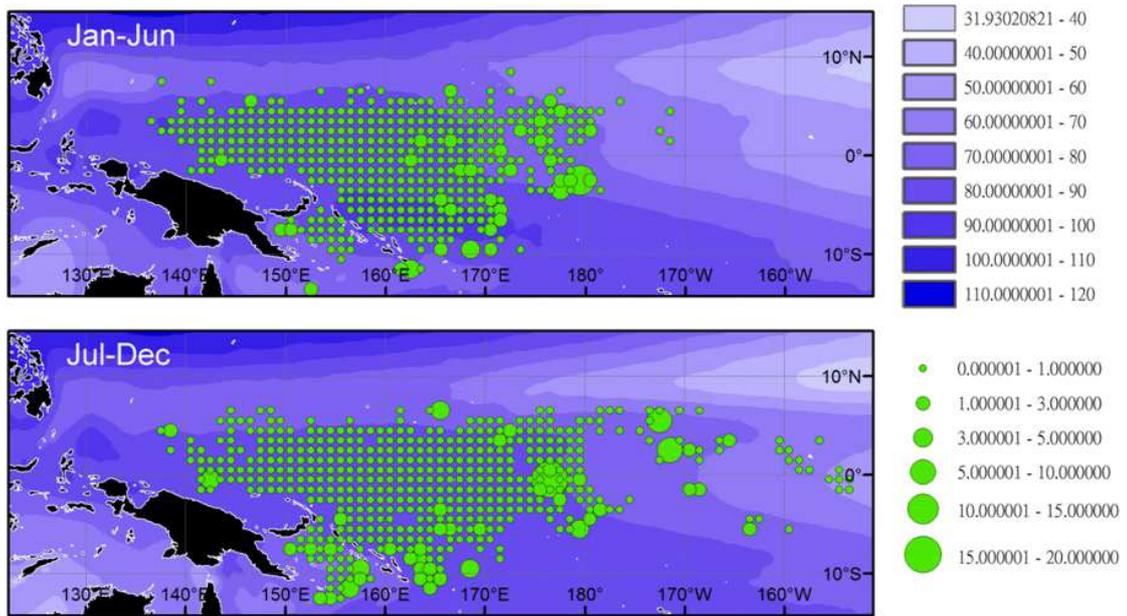


圖6、1998-2007年冬季（1-6月）及夏季（7-12月）臺灣大型鯉鮪圍網漁業大目鮪單位努力漁獲量（公噸/網次）與衛星海面高度（公分）空間分布。

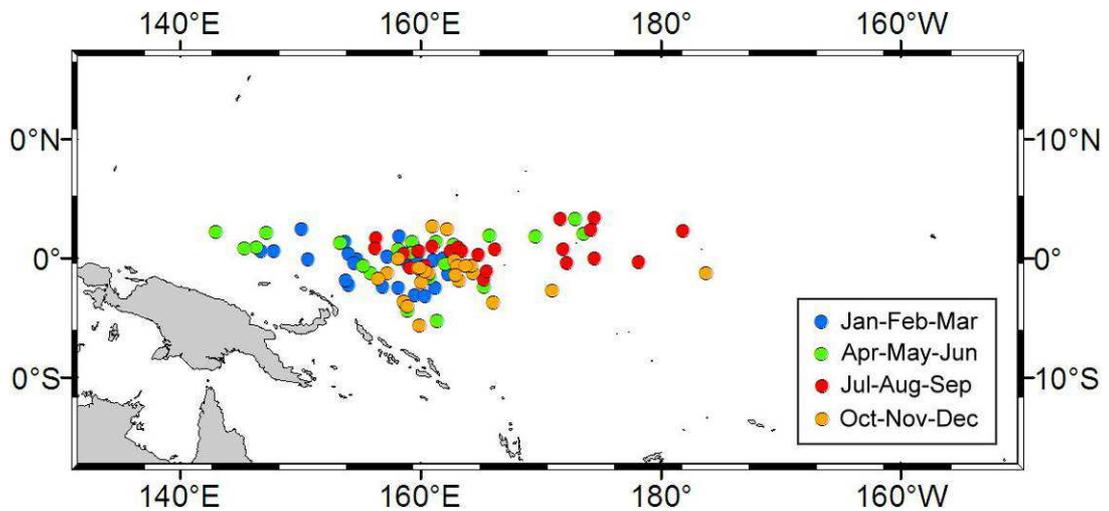


圖7、中西太平洋海域臺灣大型鯉鮪圍網月別漁獲中心分布。

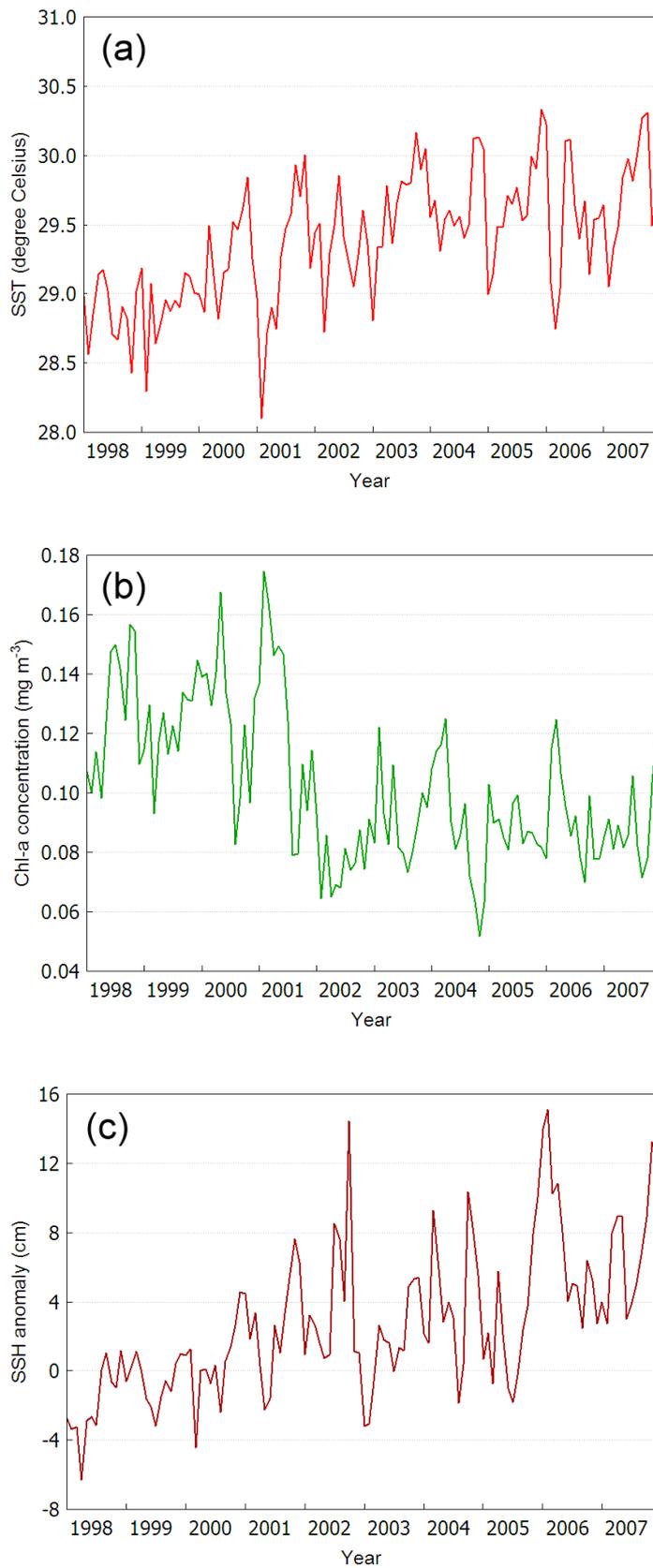


圖8、1998-2007年中西太平洋海域之衛星海面水溫 (a)、海洋水色 (b) 及海面高度距平值 (c) 之月別變化。

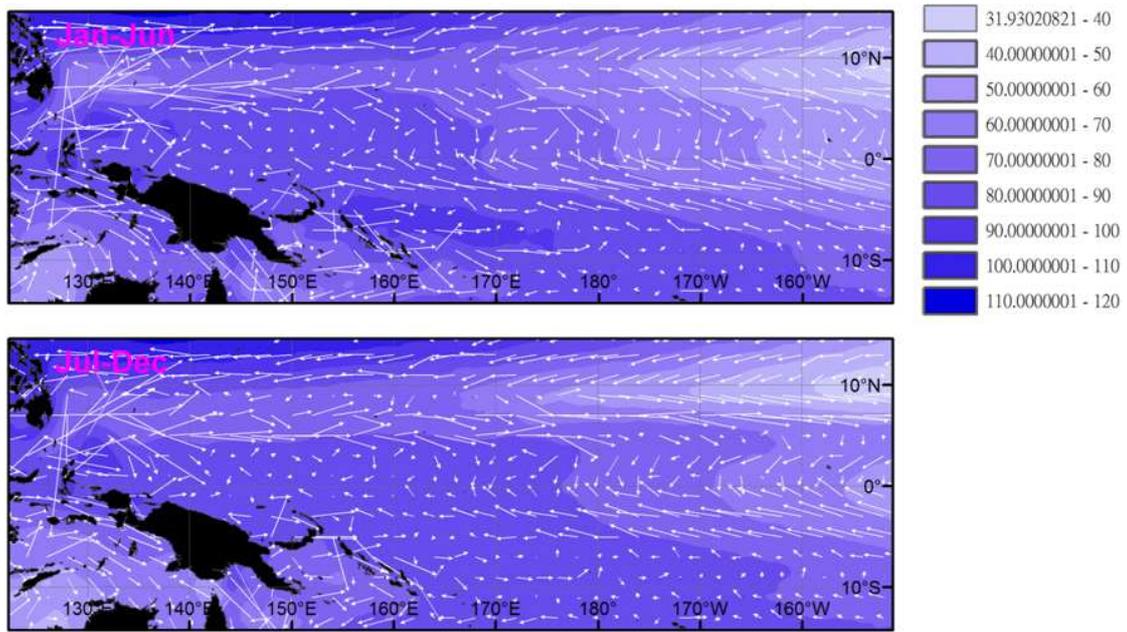


圖9、1998-2007年冬季（1-6月）及夏季（7-12月）中西太平洋海域之衛星海面高度（公分）與海面流速流向空間分布。

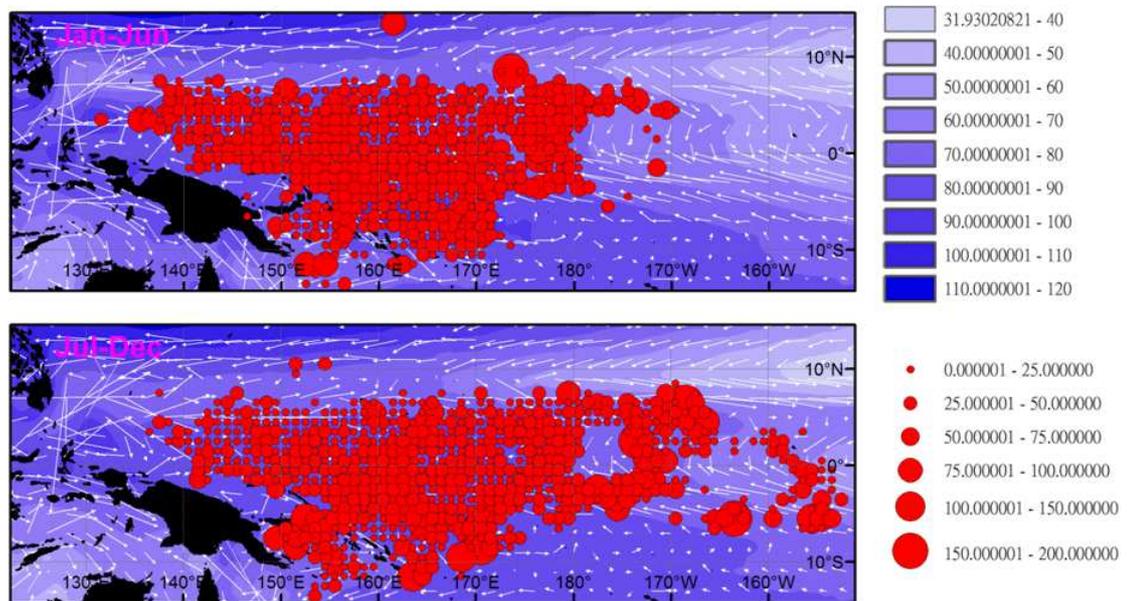


圖10、1998-2007年冬季（1-6月）及夏季（7-12月）臺灣大型鰹鮪圍網漁業正鰹單位努力漁獲量（公噸/網次）、衛星海面高度（公分）及海面流速流向空間分布。

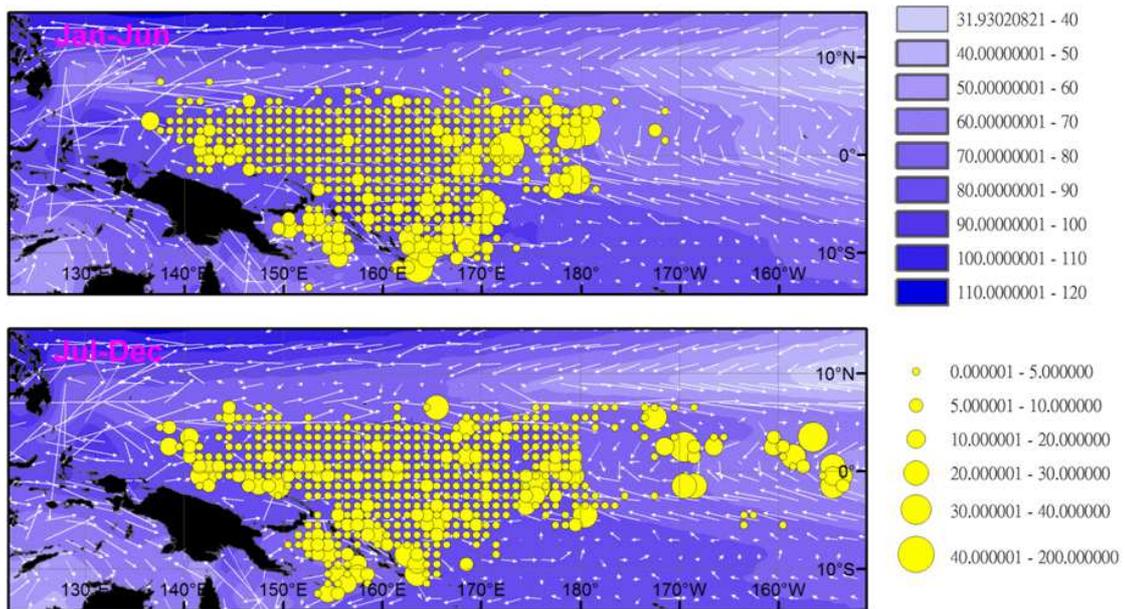


圖11、1998-2007年冬季（1-6月）及夏季（7-12月）臺灣大型鯉鮪圍網漁業黃鰭鮪單位努力漁獲量（公噸/網次）、衛星海面高度（公分）及海面流速流向空間分布。

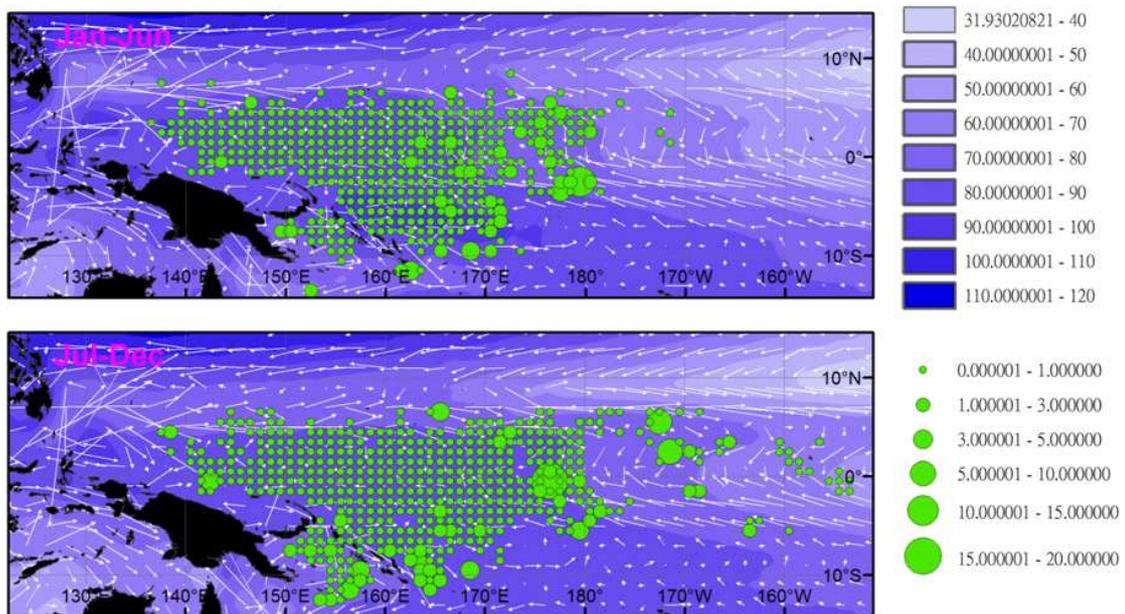


圖12、1998-2007年冬季（1-6月）及夏季（7-12月）臺灣大型鯉鮪圍網漁業大目鮪單位努力漁獲量（公噸/網次）、衛星海面高度（公分）及海面流速流向空間分布。

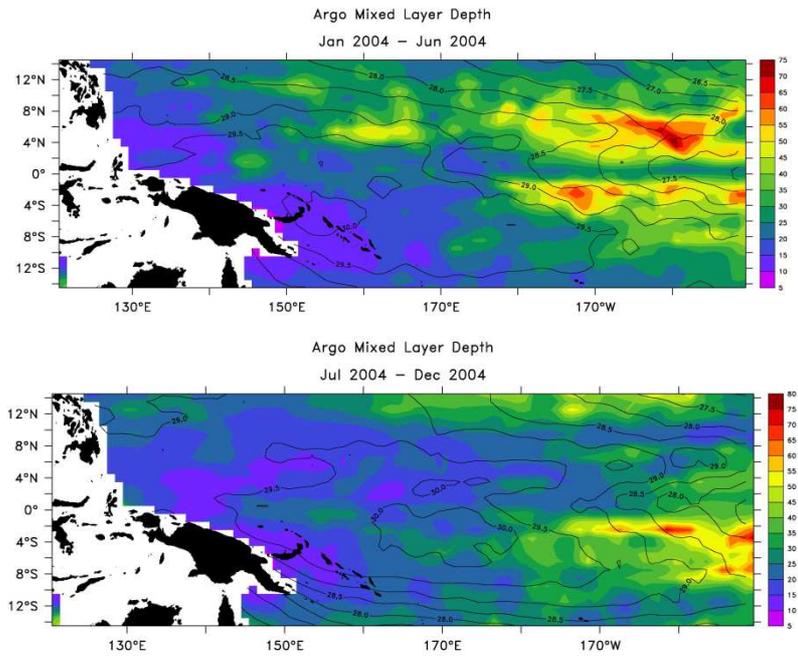


圖13、2004年冬季（1-6月）及夏季（7-12月）時期中西太平洋海域Argo浮標觀測獲得之混合層深度分布圖。

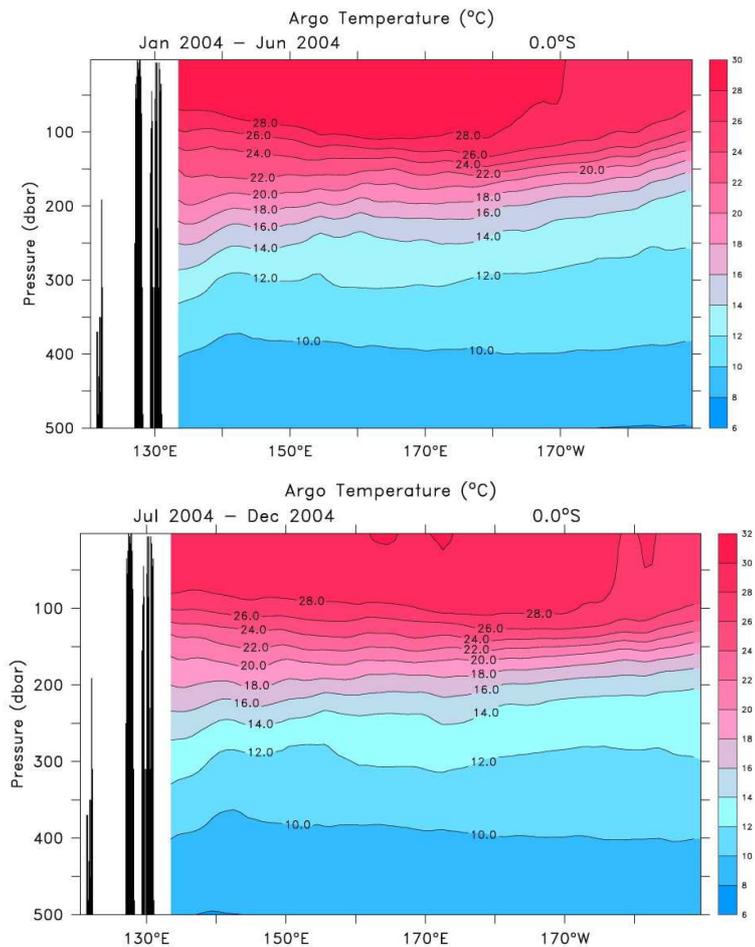


圖14、2004年冬季（1-6月）及夏季（7-12月）時期中西太平洋海域Argo浮標觀測獲得之赤道海域500米水深以淺的水溫分布圖。

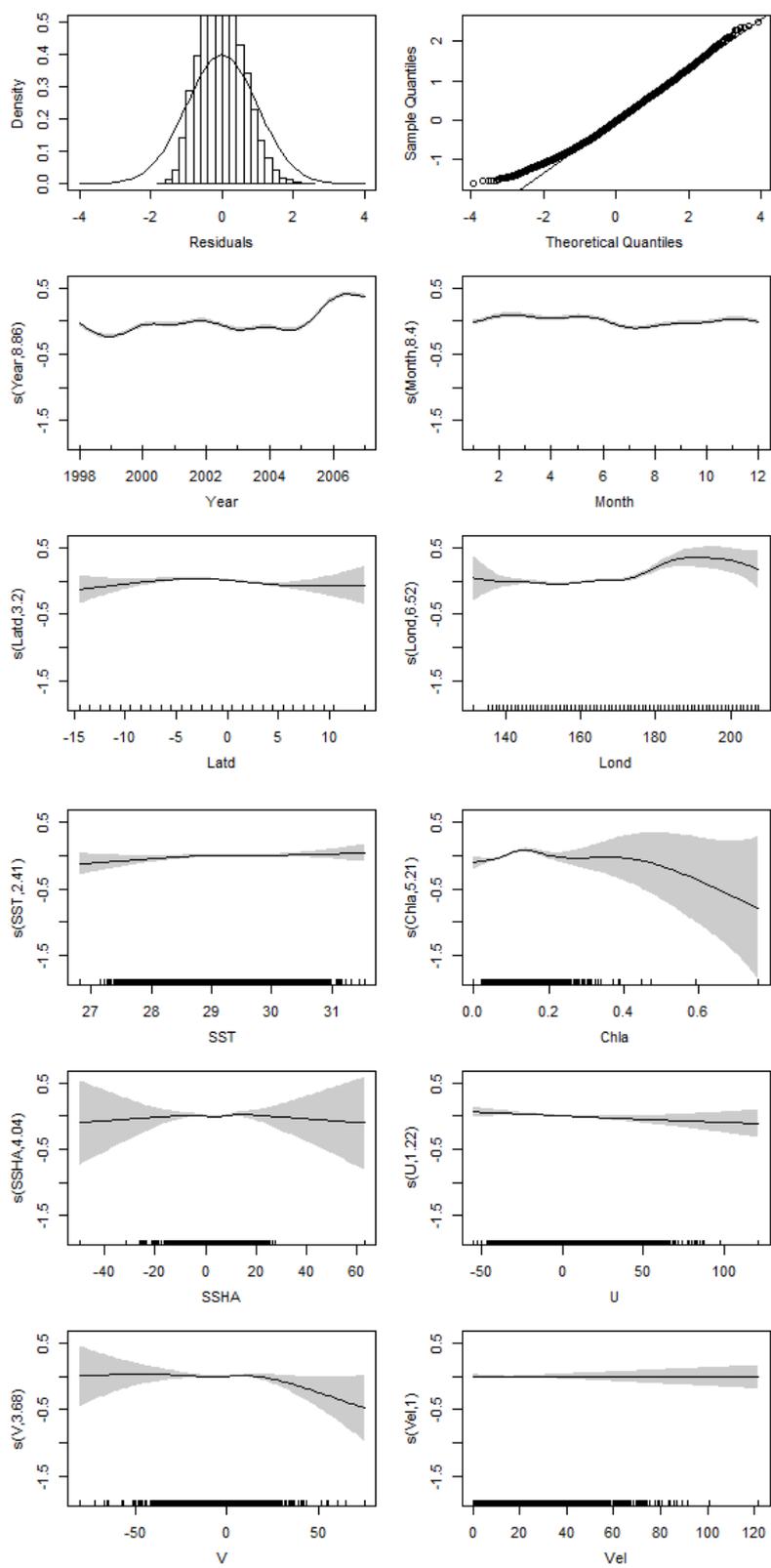


圖15、1998-2007年臺灣大型鯉鮪圍網漁業正鯉漁獲之GAM分析結果。

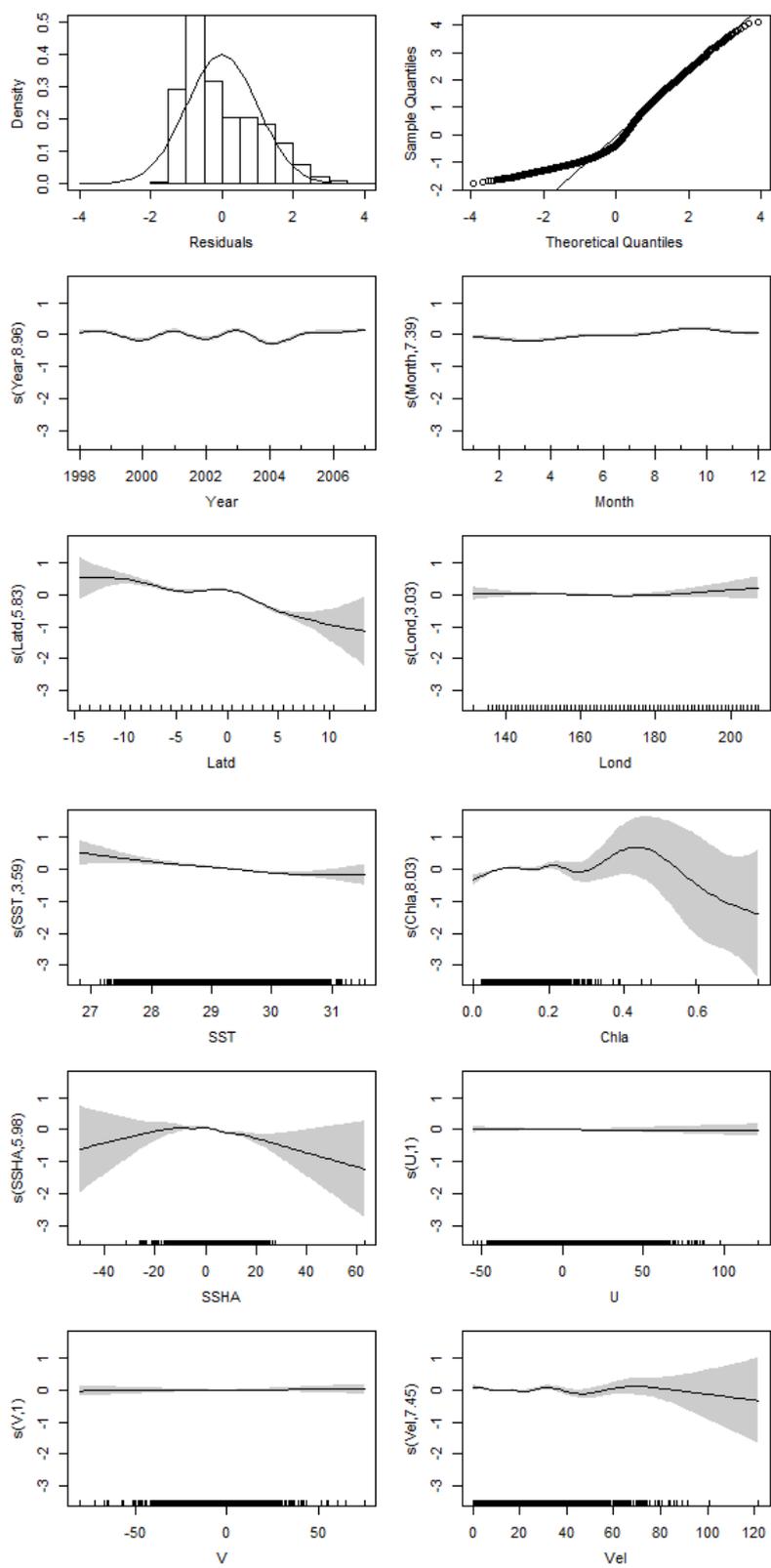


圖16、1998-2007年臺灣大型鯉鮪圍網漁業黃鰭鮪漁獲之GAM分析結果。

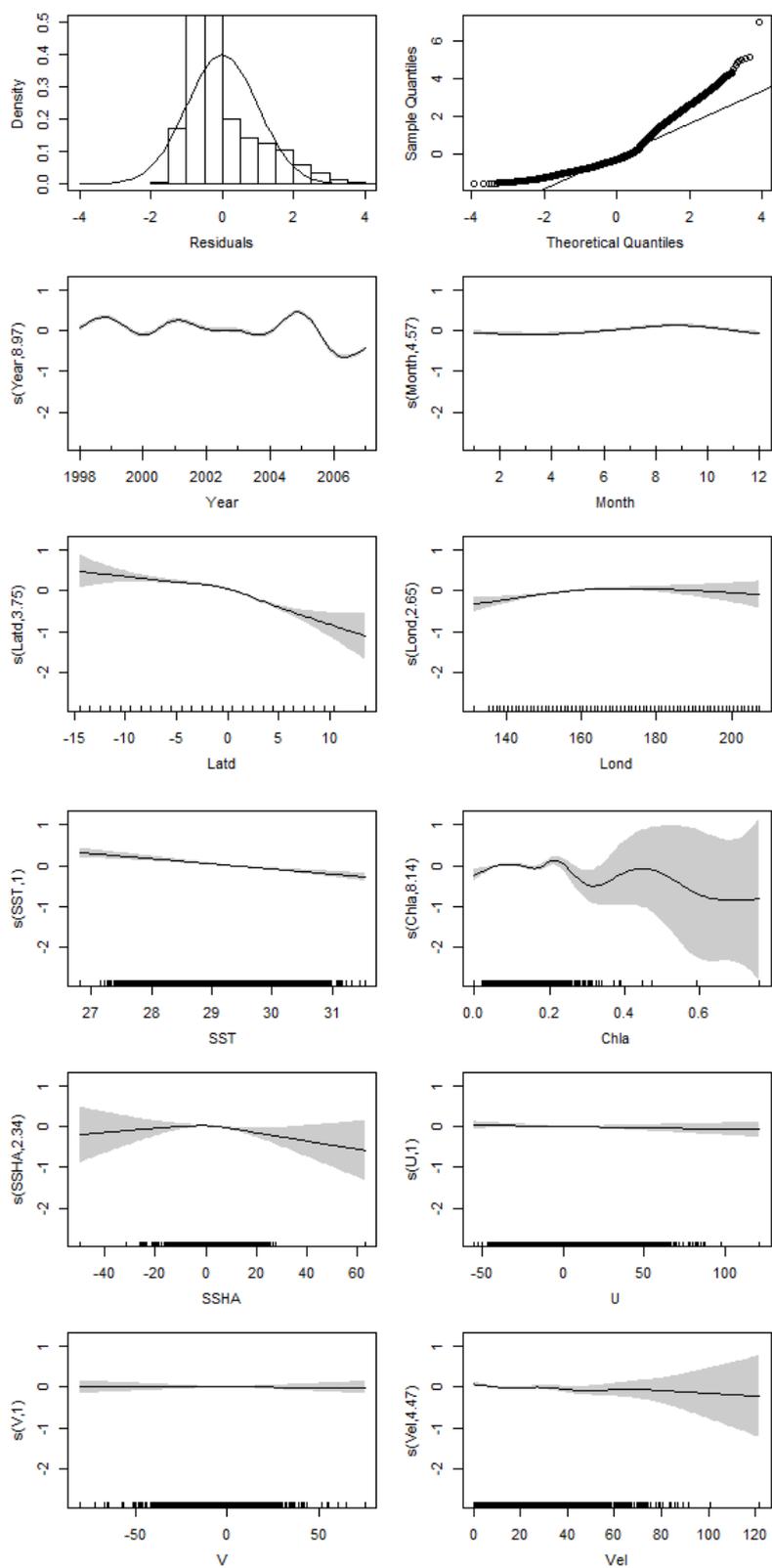


圖17、1998-2007年臺灣大型鯉鮪圍網漁業大目鮪漁獲之GAM分析結果。

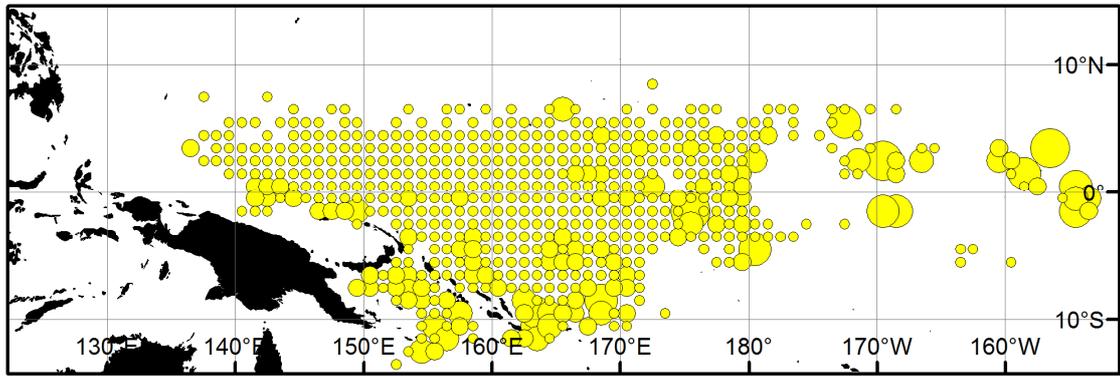


圖18、1998-2007年臺灣大型鯉鮪圍網漁業黃鰭鮪單位努力漁獲量（公噸/網次）空間分布。

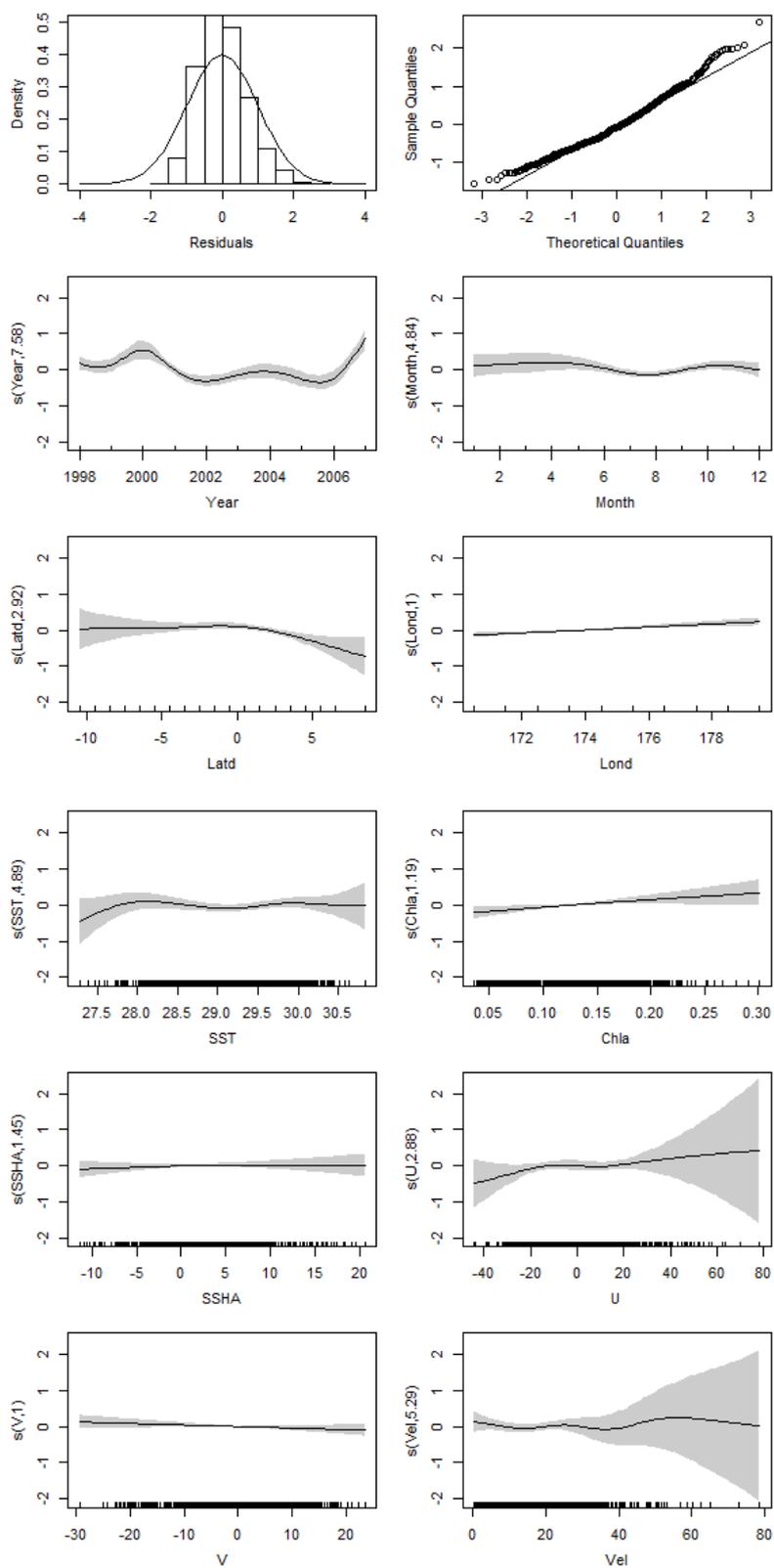


圖19、1998-2007年臺灣大型鯉鮪圍網黃鰭鮪漁獲分布於東經170度以東之GAM分析結果。

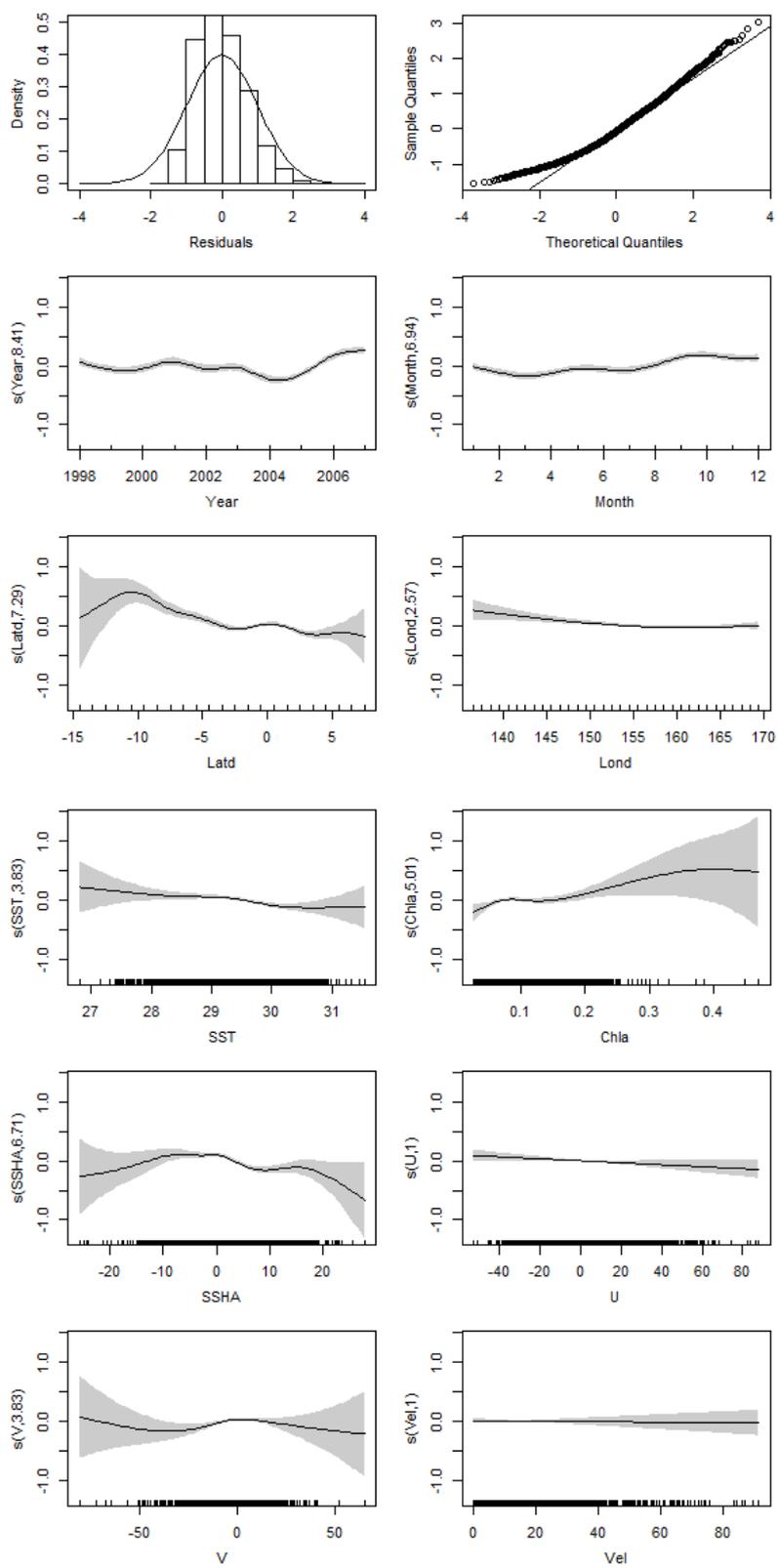


圖20、1998-2007年臺灣大型鯉鮪圍網黃鰭鮪漁獲分布於東經170度以西之GAM分析結果。

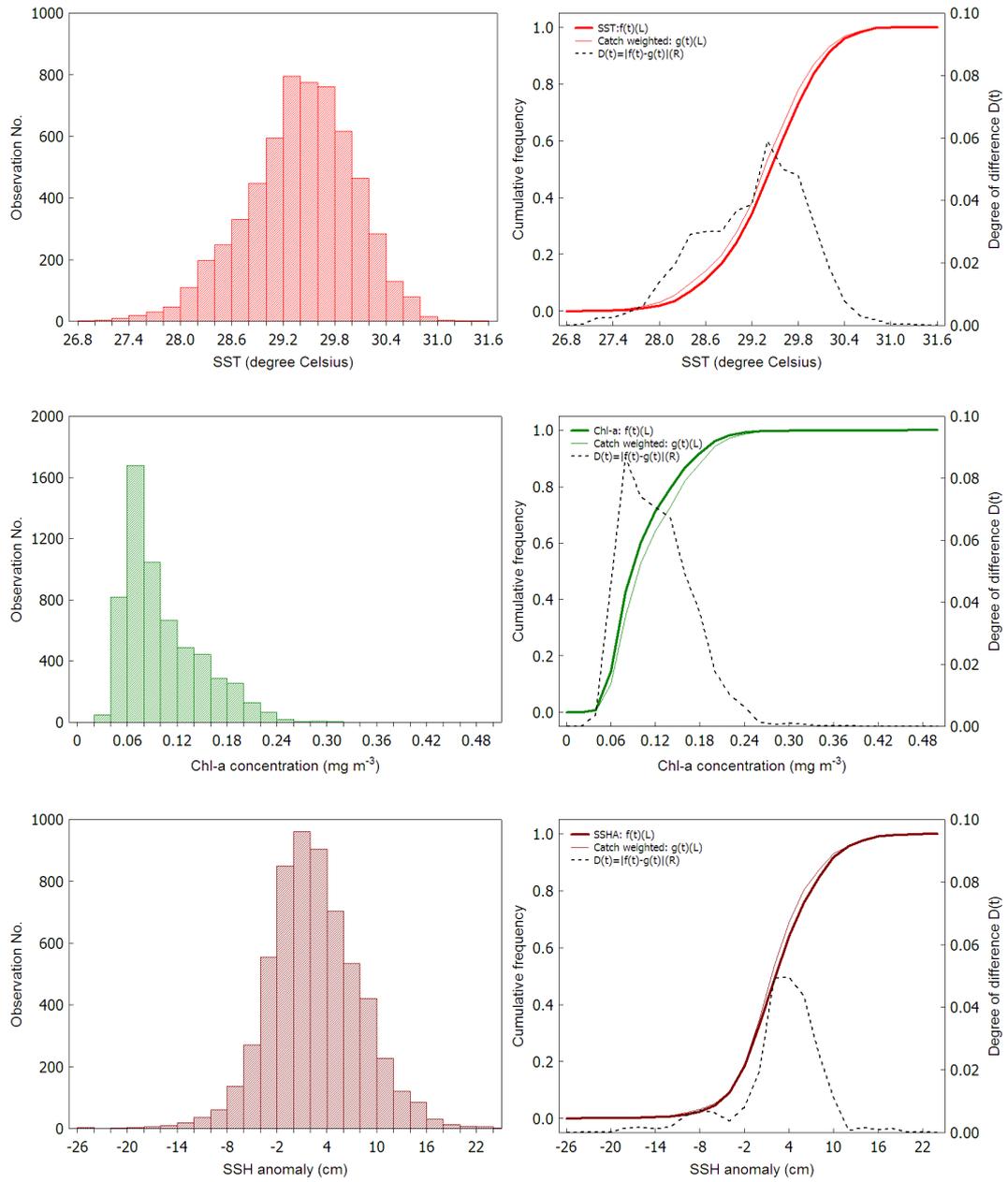


圖21、利用經驗累積分布函數解析黃鰭鮪漁獲位置之海面水溫、水色濃度及海面高度距平值之主要分布範圍。

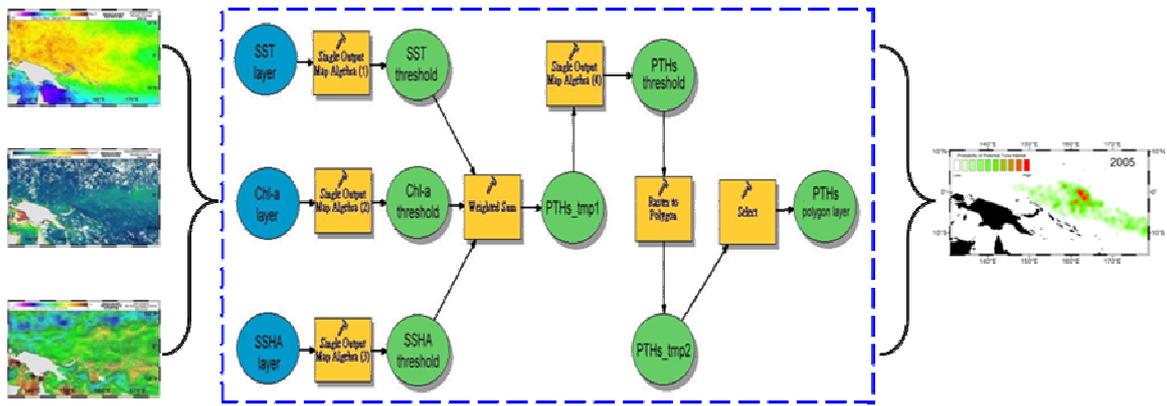


圖22、利用ArcGIS空間圖層套疊功能，整合衛星海面水溫、海洋水色及海面高度等資料，發展鯉鮪圍網漁業之可能魚群棲息海域分析模式。

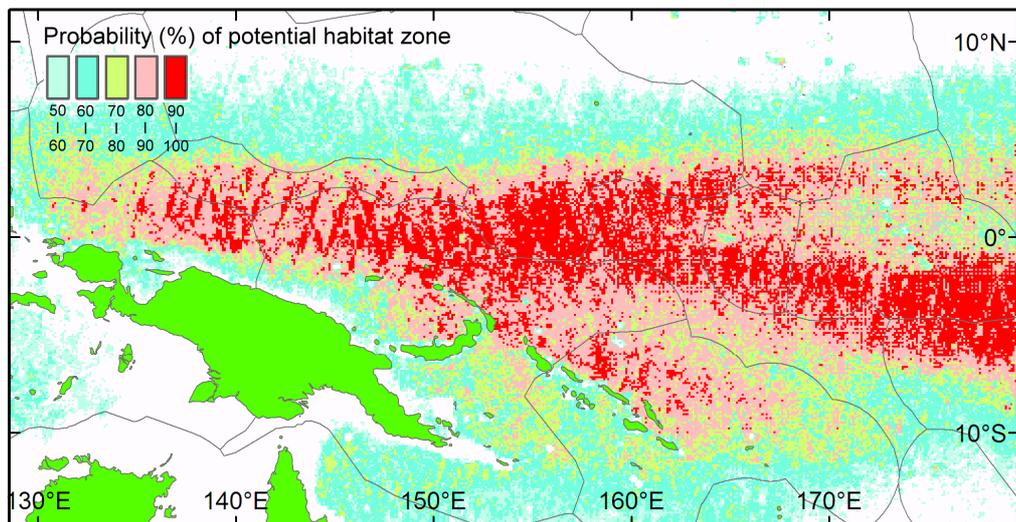


圖23、利用衛星影像建立之臺灣大型鯉鮪圍網黃鰭鮪之可能魚群棲息海域模式分析結果。

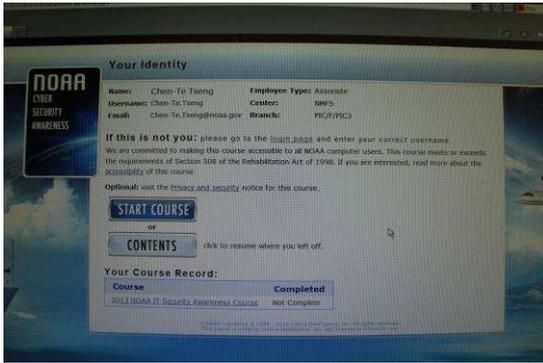


圖25、進駐使用NOAA/NMFS PIFSC科學中心研究室設施，需先通過資訊安全線上課程。

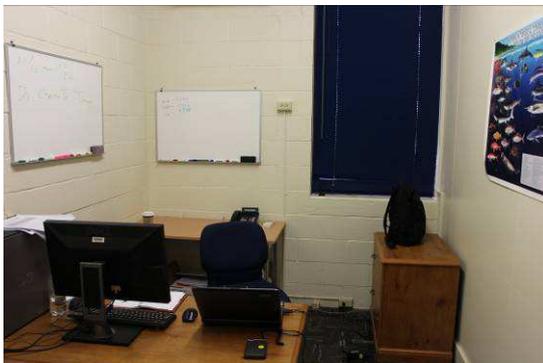


圖26、赴美NOAA/NMFS PIFSC研習期間進駐之訪問學者研究室。

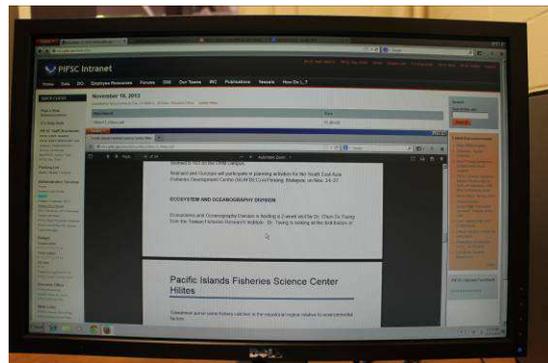


圖27、赴美研習之NOAA/NMFS PIFSC科學中心及本次研習也列入該中心紀事。

Second JIMAR/PIFSC Symposium : Climate and Change
November 19th, 2013
 Koi Room, Imin Center
 East-West Center
 1777 East-West Road
 Honolulu HI



8:20 **Welcome** – Jeff Hare and Mark Merrifield

1st Session: Climate and Change - Koi Room

8:30 **Camilo Mora, UH Department of Geography**
"The projected timing of climate departure from recent variability"

8:50 **Kevin Hamilton, UH Department of Meteorology and IPRC**
"Regional climate projections for Hawaii"

9:10 **Jamie Gove, JIMAR PIFSC Coral Reef Ecosystem Division**
"Environmental drivers for Pacific coral reef ecosystems"

9:30 **Mark Merrifield, JIMAR and UH Department of Oceanography**
"Global and regional sea-level rise projections from the IPCC AR5"

9:50 – 10:20 **Coffee Break & Discussion - Wailana Room**

2nd Session: Effects of Changing Oceans on Coral Reefs - Koi Room

10:20 **Joanie Kleypas, National Center for Atmospheric Research**
"A Regional Ocean Model System for the Coral Triangle to study coral bleaching and connectivity"



圖28、赴美研習期間參加PIFSC與JIMAR有關氣候變遷之研討會。



圖29、赴美研習期間主要學習及拜會之NOAA/NMFS PIFSC研究人員，包含Dr. Jeffrey Polovina及Dr. Gerard DiNardo.

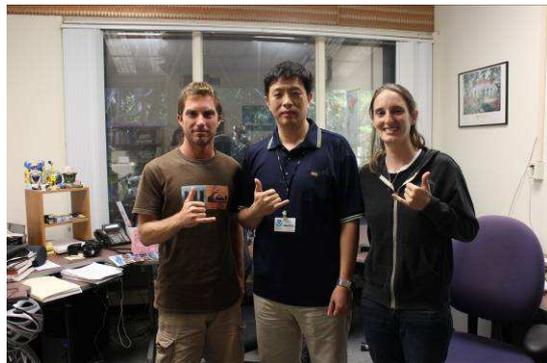


圖30、赴美研習期間參與討論之NOAA/NMFS PIFSC研究人員，包含Dr. George Balazs, Dr. Melanie Abecassis及Dr. Lucas Moxey.