

公開
 密件、不公開

執行機構(計畫)識別碼：140102F600

行政院農業委員會 95 年度科技計畫研究

報告

資訊庫編號：952803

計畫名稱：應用台灣鮪延繩釣漁業漁獲統計資料估計

大西洋黑皮旗魚與紅肉旗魚之資源量指標

Abundance estimates of marlins using Taiwanese

longline fishery catch statistics in the Atlantic Ocean

計畫編號：95 農科-14.1.2-漁-F1 (7)

全程計畫期間：95 年 1 月 1 日至 95 年 12 月 31 日

本年計畫期間：95 年 1 月 1 日至 95 年 12 月 31 日

計畫主持人：葉裕民

執行機關：南華大學通識教學中心

目錄

中文摘要	iii
英文摘要	iv
一、 前言	1
(一)、 大西洋黑皮旗魚與紅肉旗魚資源	1
(二)、 文獻回顧	1
(三)、 國際配額管理的影響效應	8
二、 材料方法	9
(一)、 商業性鮪延繩釣漁獲統計資料	9
(二)、 一般性模式分析 (General linear model)	9
(三)、 Delta-lognormal Model	10
三、 結果與結論	12
(一)、 GLM	12
(二)、 Delta-lognormal Model	13
四、 討論與建議	17
參考文獻	19
附錄	22
附錄	22
附表	22
附圖	36

中文摘要

大西洋黑皮旗魚與紅肉旗魚是臺灣大西洋鯖延繩釣漁業的混獲魚種。然而臺灣大西洋鯖延繩釣漁業仍是大西洋黑皮旗魚與紅肉旗魚資源主要的漁獲國，因此本研究應用臺灣鯖延繩釣漁業漁獲統計資料估計大西洋黑皮旗魚與紅肉旗魚之資源量指標以作為瞭解這些資源動態的參考。考慮我國漁獲統計資料混獲大西洋黑皮旗魚與紅肉旗魚的紀錄，其非零漁獲的比例有限，僅約二、三成。因此標準化模式採用除了最普遍的泛線性模式外，同時亦應用適於處理混獲魚種資料型態的Delta-lognormal 模式，將資料分析分成兩階段處理，第一部份先估計非零漁獲的比例，第二部分估計非零漁獲之單位努力漁獲量，再根據此二部分之分析結果估計每年資源量的指標。以統計分析的角度審視此二模式的表現，仍以傳統的泛線性模式所估算結果的精確度較高，因資料不平衡的特性對於Delta - lognormal 模式的影響較大，以北大西洋紅肉旗魚為例，部分年度因資料不足，無法進行整體估算。然而，兩種模式分析的結果皆顯示作業季節對於單位努力漁獲量的影響都不甚顯著，此結果與漁業現況吻合，顯示我國的鯖延繩釣漁業並不會依著旗魚的漁季或迴游路徑進行標的漁獲作業。泛線性模式與Delta - lognormal 模式估計之大西洋黑皮旗魚的標準化單位努力漁獲量年變動趨勢皆顯示自1996年後資源量持續下降，北大西洋的部分是自1993、1994年就開始往下降，而南大西洋的部分是到近三、四年才開始往下降。泛線性模式與Delta - lognormal 模式估計之大西洋、北大西洋以及南大西洋部分紅肉旗魚的標準化單位努力漁獲量年變動趨勢皆顯示自1994年左右以後資源量都呈現持續往下降的現象。

英文摘要

CPUEs of Atlantic white marlin (*Tetrapturus albidus*) and blue marlin (*Makaira nigricans*) caught by Taiwanese longline fishery for 1968-2004 were standardized using a General Linear Model (GLM) and Delta lognormal model. The GLM model and Delta lognormal model with Year, Fishing season, Area, and Target species main factors, and with fishing season and area interaction for the period from 1968 to-2004 were carried out for the two hypotheses on the stock structure, one total Atlantic stock and separate north and south Atlantic stocks. Standardized CPUEs of white marlin show a decreasing tendency from 1974 to 1977, maintain in a stable level from 1977 to 1990, reach at the lowest level in 1991, and then increase to the highest level in 1994 and decrease from 1994 onwards. Standardized CPUEs of blue marlin show a decreasing tendency from 1968 to 1987, which then increase to the level of the early 1970s and then decreasing again from 2001 onwards.

一、前言

(一)、 大西洋黑皮旗魚與紅肉旗魚資源

大西洋黑皮旗魚與白皮旗魚的資源狀態一直是國際漁業組織ICCAT關注的事項。而我國在大西洋鮪延繩釣漁業作業時，會混獲到此二種魚種。因為我國漁業實力強大，所以雖然此二種魚種非我漁業的目標魚種，但是混獲量實不容忽視。基於混獲魚種的特徵，此旗魚類的資源評估工作遇到最大的困境是漁獲統計資料的不足與不確定性。因此為了使得預計於2006年進行的大西洋黑皮旗魚與白皮旗魚資源評估工作順利進行以及提高評估結果的切適性，ICCAT要求各相關漁業國對於各國所提出的漁獲統計資料進行徹底的檢視與改進。本研究擬針對我國漁獲統計資料從總漁獲量、努力量、漁獲量、漁獲體長、生物與生態資訊、數理棲地模式模擬研究等方面進行初步資料檢視，並進行單位努力漁獲量之標準化工作以作為資源量變化趨勢之參考依據。

目前為瞭解此二種資源的動態，許多研究利用衛星標籤，主要目的是藉以瞭解旗魚的棲地範圍、存活率等生態的議題，當然提供了相當重要的資訊以增進CPUE標準化的適切性。後續的各資源評估模式也多有發展。關於漁業漁獲資料的部分，各遠洋延繩釣漁業黑皮旗魚與紅肉旗魚釣獲率的估計與更新持續進行。關於生物生態的方面的瞭解也有顯著的進步，許多的相關研究包括了大型遠洋生物垂直接地利用研究、魚種垂直分佈的研究、拋棄量的存活率研究、黑皮旗魚與紅肉旗魚之年齡與成長模式研究。關於海況環境、漁業與生物的影響如海洋環境對於資源量變動的影響以及漁具漁法所造成的漁獲壓力的研究也是目前研究的方向。

(二)、 文獻回顧

大西洋黑皮旗魚與紅肉旗魚的相關研究的成果報告大部分都有收錄至ICCAT的紅皮書內，以下將最新關於利用大西洋黑皮旗魚與紅肉旗魚的漁業概況以及相關資源解析、成長、繁殖、迴游等的研究報告作一回顧：

SCRS/2005/36(Serafy et al., 2005)

1960 年至 2000 年日本遠洋延繩釣漁業大西洋黑皮旗魚與紅肉旗魚混獲

自 1950 年末，多國延繩釣漁業及遍布大西洋提供了鮪類與劍旗魚的需求。此二種魚類為延繩釣的混獲魚種，延繩釣漁業一直是此二種魚種之成年魚死亡率的主要原因，而此二種魚種目前已過度利用，尤其是近二十年。此篇報告即探討 1960 年至 2000 年日本遠洋延繩釣漁業大西洋黑皮旗魚與紅肉旗魚混獲的狀況。綜合檢視分析此漁業漁獲努力量的時空分佈、標的魚種的漁獲量、旗魚混獲量、旗魚名目單位漁獲努力量以及旗魚混獲量與標的漁獲量的比例。目的是希望能揭露是否旗魚混獲量是否會因 1980 年至 1987 年此漁業的目標魚種的轉移（從分佈在表層的魚種轉至分佈在較深層的大目鮪）而有所改變。所有檢驗的變數的最大值都發生在 1960 年代，並於 1960 年代後半期開始下降。自 1970 年代後，漁獲努力量的平均水準、標的魚種漁獲量以及黑皮旗魚的卸魚量都顯著的增加，此時黑皮旗魚的單位漁獲努力量與黑皮旗魚混獲量與標的漁獲量的比例都處於平穩的狀態。同時，紅肉旗魚的卸魚量及其單位漁獲努力量和紅肉旗魚的單位漁獲努力量與紅肉旗魚混獲量與標的漁獲量的比例都下滑。此結果顯示目標魚種的轉移可能是紅肉旗魚混獲量下降的原因，然而黑皮旗魚則不屬於此種情況。在南美洲的東北海域以及大西洋的東部較寬廣的海域相對增加的黑皮旗魚混獲量與標的漁獲量的比例是關心的重點，以及漁業資料所顯示紅肉旗魚的單位漁獲努力量持續下滑的現象也是關心的重點。

Scrs/2005/31(Diaz and Ortiz, 2005a)

西北大西洋以及墨西哥灣美國遠洋延繩釣漁業黑皮旗魚與紅肉旗魚釣獲率更新

此篇報告是有關 1986 年至 2004 年西北大西洋以及墨西哥灣美國遠洋延繩釣漁業黑皮旗魚與紅肉旗魚資源量指標變動情形。每千鈎體重的指標的估計是根據商業性漁業活動透過漁獲日誌填報系統所獲得的資料以及 1992 年觀察員計畫所蒐集到的資料。標準化分析的程序所利用的資訊包括年、作業漁區、漁具特徵（如主繩長度、作業鈎數等）以及作業特徵（如餌料種類、標的魚種等）。標準化資源量指標是利用 Delta 對數常態假設下泛線性混合模式的方法估計。

Scrs/2005/30(Diaz and Ortiz, 2005b)

1973年至2004年西北大西洋以及墨西哥灣美國休閒競賽漁業黑皮旗魚與紅肉旗魚 釣獲率更新

此篇報告是有關 1973 年至 2004 年西北大西洋以及墨西哥灣美國休閒競賽漁業黑皮旗魚與紅肉旗魚資源量指標變動情形。每一百個小時釣獲旗魚體重與尾數的指標的估計是根據休閒競賽主辦單位所提送的漁獲努力量資料以及美國國家海洋漁業觀察員執行休閒旗魚調查計畫所獲取的資料。標準化分析的程序所利用的資訊包括年、漁區以及季節。標準化資源量指標是利用 Delta 對數常態假設下泛線性混合模式的方法估計。

SCRS/2005/37(Luo et al., 2005)

大型遠洋生物垂直棲地利用研究：一量化架構與數值方法分析衛星標誌放流資料

此研究發展出一套量化架構與數值方法以解析大型遠洋生物垂直棲地利用特性以及估計特種漁具對於此生物的捕獲機率。描述如何根據黑皮旗魚電子標誌放流回收資料和在延繩釣漁船裝置溫深記錄儀實驗以建構“垂直棲地殼層”。所建構之垂直棲地殼層整合了標誌魚隻溫深的喜好，有助於瞭解生物行為的比較研究以及將個體、魚種或漁具分佈的空間相互重疊的部分具體描述。電腦模擬實驗結果證明此數值分析方法對於藉由所蒐集的資料轉換分析所得知的生物垂直棲地的使用是可信賴的。這個方法能有效的瞭解延繩釣漁業對於標的魚種與非標的魚種的影響以及進而指出如何變更漁具型態與作業方式以降低混獲的發生。

SCRS/2005/42(Saito and Yokawa, 2005)

2002年與2003年年間利用由商業及研究延繩釣漁船標誌放流 (Pop-up) 大西洋黑皮旗魚以進行此魚種垂直分佈的研究

現階段 ICCAT 還是以來自於商業性延繩釣漁業的單位漁獲努力量資料標誌放流作為資源量指標以進行大西洋黑皮旗魚的資源評估。過去幾年很多研究藉由 Pop-up 標誌放流實驗以專注在此魚類的垂直棲地之研究。在這兩年日本在商業性延繩釣作業（觀察員）與研究船的航次上亦進行了標誌實驗。此篇報告呈現了八隻標誌之黑皮旗魚垂直分佈的模式。結果顯示所有的標誌魚絕大部分的時間都分佈在非常淺層的水域，當混合層水層的底層分佈低時，黑皮旗魚也會下潛的比

較低。結論是基本上混合層水深的深度能用來描述黑皮旗魚垂直分佈的模式，同時魚隻的大小似乎都擁有同樣的垂直分佈的模式。

這個研究在技術面有較多的討論，因為標誌裝置標誌裝置相關硬體與軟體技術的改良速度非常快，早期（如 2002 年）有某種誤差與限制，所以資料整合處理時要特別注意資料讀取解讀的問題。

SCRS/2002/29(Rice et al., 2005)

2003 年在 Windward Passage 進行之延繩釣作業試驗---探究在不同深度鈎子所停留的時間

於 2003 年在 Windward Passage 進行的延繩釣作業試驗，紀錄在不同深度鈎子所停留的時間。這個實驗是使用時間深度記錄器，沿著主繩固定間隔放置記錄器。每次作業大約放置 43 個時間深度記錄器，放置在每一筐第十三鈎處。如此的設計對每一筐鈎具而言，最低點約有 7-9% 的涵蓋率。且對於每次作業，都會額外放置一記錄器於某一預定的筐子中最淺層的鈎子處。這實驗記錄個十次作業情形，平均每此作業的距離約 46.9 ± 2.8 公尺。十三種魚種在這次實驗被捕獲。主要的標的魚種包括了劍旗魚(佔總漁獲的 46%)

與鮪魚(佔總漁獲的 24%)。其他旗魚為主要混獲魚種(佔總漁獲的 15%)，其他大部分的混獲魚種則屬於鯊魚(佔總漁獲的 7%)。結果顯示同一次作業放置的記錄器在不同深度的時間都無法用來預測其他記錄器在不同深度的時間，更無法預測他次作業上鈎魚的捕獲深度。

SCRS/2005/34(Horodysky et al., 2005)

在西部北太平洋由商業與休閒漁業漁具進行衛星標誌放流紅肉旗魚的回收資料推論其棲地利用與垂直深度的移動

這是有關於棲地與衛星標誌放流的研究，研究紅肉旗魚的垂直下潛遷徙的行為。為了改善旗魚資源評估的品質，許多研究都利用棲地模式以納入生物行為與海況因子進行標準化單位漁獲努力量的程序，以期能將漁業作業深度隨者時間的變化對於資源利用的影響考慮進去。也就是試圖提供 habitat model 考慮 catchability 的問題。此篇研究報告就是呈現在美國東部海域、北部加勒比海以及委內瑞拉於

2002-2004 年對 47 隻紅肉旗魚在商業性與休閒性漁業進行五或十天高解析標誌放流實驗所回收的棲地利用相關資料。經由標誌裝置傳送之衛星資料顯示紅肉旗魚幾乎一半的時間都待在較溫暖的表水層（十公尺以淺）。結果顯示紅肉旗魚經常出現為期約四十分鐘短期的垂直移動行為，發生在表層與平均深度約 51 公尺之間。其垂直下潛遷徙的行為又可分成兩種型態，一種是所謂的 V 型模式，此一模式紅肉旗魚會在較短的時間完成，約二十四分鐘；而另一種是所謂的 U 型模式，此一模式紅肉旗魚則會花費較長的時間，約八十分鐘，並且會在一固定的深度待比較久的時間。基於這種垂直下潛的行為具有經常性、一致性的模式，所以推測紅肉旗魚會花一定比例的攝食努力下潛至較深層的水域進行，或許這就可解釋有些遠洋延繩釣漁業有頗高的紅肉旗魚捕獲率。

SCRS/2005/35(Goodyear et al., 2005)

利用黑皮旗魚標誌放流實驗研究其溫度深度棲地利用概況以進行模擬遠洋延繩釣單位努力漁獲量

分析黑皮旗魚標誌放流經由 Argos 傳送系統回收的資料以及回收標誌裝置所獲得之高解析資料以解析其深度分佈與暴露在延繩釣作業釣獲鉤子之間的相關情形。本研究的標誌魚大部分時間都分佈在五公尺以淺的水層，但週期性的會下潛至溫躍層或之下，猜測是為了搜尋食物。實際黑皮旗魚分佈的深度變化很大，因為溫躍層的分佈會隨著季節與海域改變的。此研究主要是為遠洋延繩釣單位努力漁獲量的模擬提供黑皮旗魚分佈深度與海況因子的關連性設定。此篇報告結果顯示這些關係變動很大，但為了保留隨機特性，建議未來的模擬研究應隨機從觀測之頻率分佈抽樣模擬魚隻與作業鉤的交互情形。

SCRS/2004/43(Yokawa and Saito, 2005)

2002 年日本在大西洋熱帶漁區利用研究延繩釣漁船放置深度、溫度與時間記錄器進行大西洋黑皮旗魚與紅肉旗魚單位努力漁獲量之垂直分佈的模式

此篇報告乃初步分析 2002 年日本在大西洋熱帶漁區利用研究延繩釣漁船放置深度、溫度與時間記錄器進行大西洋黑皮旗魚與紅肉旗魚單位努力漁獲量之垂直分佈的實驗結果。這組實驗共作業 27 次，共釣獲了 37 尾黑皮旗魚與 46 尾紅肉旗

魚。初步分析的結果顯示幾乎全部的漁獲皆是於日落（約四點半至六點半之間）之前上鉤，最大釣獲率是發生在早上八點至十點左右以及中午十二點至下午三點左右。CPUE 的垂直分佈隨著五十公尺以深或水溫零度以下漸減，高 CPUE 發生的深度大部分皆為淺鉤作業所涵蓋，而深鉤作業只有少部分的努力量對於捕獲此二種旗魚為有效努力量。此結果和利用衛星標誌放流實驗與胃內含物研究所發現的結果一致，也就是說此二種魚類主要棲息的水層為淺層水域。此篇報告建議若採用棲息模式進行 CPUE 標準化工作時，應考慮 CPUE 之垂直分佈模式，並將溫躍層(thermocline)的深度、作業漁區、魚體大小納入考量以求得較適之資源量指標。

SCRS/2005/26(Arocha and Ortiz, 2005)

1991 年至 2004 年委內瑞拉小型漁業之紅肉旗魚與黑皮旗魚釣獲率

利用泛線性模式標準化 1991 年至 2004 年委內瑞拉小型漁業之紅肉旗魚與黑皮旗魚釣獲率。資料是捕獲魚隻處理過的重量以及港口採樣蒐集的資料，計算出每次作業所捕獲魚隻的重量進行標準化。此篇報告的分析變數包括了年以及季節。

SCRS/2005/033(Kerstetter and Graves, 2005)

西部北大西洋商業遠洋延繩釣野放之紅肉旗魚存活研究

在尋常性商業遠洋延繩釣作業下，為估計野放之混獲紅肉旗魚存活率，將混獲到的魚隻安置衛星標誌裝置追蹤五至四十三天以獲取相關資訊。有百分之七十二左右的標誌裝置在預定時間前就已經進行資料傳送動作了，其中包括一個裝了馬上就脫落的案例，此資料就沒有出現在後續的分析。分析結果顯示存活率約為 60.0%（若將未回收資料視為死亡記錄）至 89.5%（若未將未回報資料引入分析）。此結果顯示紅肉旗魚能在延繩釣漁具所造成的外傷下存活，因此建議各國與國際漁業管理組織應紀錄野放紅肉旗魚的數量以期避免高估大西洋紅肉旗魚資源的死亡率。

SCRS/2005/039(Prince et al., 2005)

多明尼加共和國沿近海域紅肉旗魚與黑皮旗魚的遷徙與產卵行為

針對紅肉旗魚，於 2003 年四月至五月在宏都拉斯西南附近海域進行衛星標誌放流

作業以及幼魚採樣作業。目標有二：一是利用標誌放流實驗所獲得的資料研究其水平與垂直的遷徙行為，二是經由幼魚採樣，調查魚隻是否進行繁殖行為。由休閒漁船拖行作業捕獲了八隻紅肉旗魚與一隻黑皮旗魚；除了一隻受傷的雌性紅肉旗魚外，其餘接裝置了標誌。七隻標誌裝置在為期 28 至 40 天內，每隔一分鐘就傳送關於水深、溫度與光照強度的資料。從野放位置至標誌傳送資料點的距離為約 32-268 海哩，也就說紅肉旗魚平均每天移動約 3.4 海哩。整體來說，不論是紅肉旗魚或是黑皮旗魚每天平均的移動距離，相較於其他研究結果而言，似乎有被侷限的現象。卵巢分析結果顯示此群魚要不是最近才產過卵，就是即將要產卵。二十三次的拖曳作業所蒐集到的十八隻幼魚中，有八隻是紅肉旗魚、四隻是黑皮旗魚，六隻無法辨識至種。推測黑皮旗魚與紅肉旗魚會因產卵行為而限制其移動範圍，因此如果此一假設為真實，那麼可以利用此一特性，進行漁業管理，也就是說當產卵季節，只要有限的產卵場進行禁魚管理即可獲得頗大的效益。

SCRS/2005/044(Drew et al., 2005)

黑皮旗魚與紅肉旗魚之年齡與成長模式研究

ICCA 近幾年針對紅肉旗魚與黑皮旗魚進行的資源評估結果顯示此資源有過漁的現象且此現象仍繼續延續。然而有效的管理措施因此結果的不確定性而無法制定實施。其中主要不確定性的來源之一就是對於資源的生活史知識的掌握有限。若是缺乏成長率、死亡率、漁獲之年齡組成等資訊，則資源評估可用的模式就會被限制在簡單的生產模式，且相關的生物資訊只得利用其他類似魚種的資料替代使用。成長與年齡模式可提供相關生物資訊以使資源評估的結果較為可信賴。蒐集商業漁船在大西洋兩側以及巴拿馬附近海域之捕獲魚隻之鰭脊椎、體長、性別以及體重等資料以進行年齡與成長模式研究。

SCRS/2005/040(Nestor, 2005)

象牙海岸湧昇流對於沿岸水域黑皮旗魚資源量的影響

如同幾內亞灣，黑皮旗魚是象牙海岸附近水域常發現的旗魚之一種。獨木舟漁業利用寬網作業捕獲黑皮旗魚，每天在阿鼻尚港口卸魚。沿岸湧昇流常會使得出現在此區域的族群量減少，雖然若此時捕獲到的魚都比較大。

SCRS/2005/27(Ortiz, 2005)

利用模擬的遠洋延繩釣漁業在大西洋捕獲旗魚的漁獲努力量資料評估 CPUE 標準化模式

目前 ICCAT 工作小組與統計小組所提的建議中，皆主張應該同時用棲地模式與泛線性模式來進行 CPUE 標準化的程序以利對照比對。不僅應該將漁季、漁區、漁具特性納入分析外，也應將深度、溫度、混溫層深度一併考慮。此篇研究報告即是利用模擬的遠洋延繩釣漁業在大西洋捕獲旗魚的漁獲努力量資料評估這類 CPUE 標準化模式的適當性，以對用標準化 CPUE 當作資源量指標的誤差與不確定程度作一評估研究。

SCRS/2005/32(Goodyear, 2005)

模擬日本延繩釣捕獲紅肉旗魚與黑皮旗魚單位努力漁獲量

ICCAT 評估方法工作小組建議對日本延繩釣漁業單位努力漁獲量時間序列在假設知道真實的資源量的情形下進行評估 CPUE 標準化方法的有效性。此篇報告即是為達到此任務所進行的研究，發展了此一電腦模擬模式。這個模式整合了生物的分佈以及延繩釣鉤在不同深度的分佈時間以期能預期每次作業最多六種魚類的漁獲量。每種魚種可考慮最多四類不同特性（考慮性別以及年齡）的小群體的時空分佈。魚類棲地可一月份、經度、緯度以及深度來分層考慮。經緯度別的相對資源量為輸入的資料，且根據混溫層的溫度變化等溫度因子模擬相對資源量的分佈。不同年度、月份、漁區以及經緯度的溫深數據資料也是輸入資料。根據 1965 年至 1995 年日本延繩釣漁業在大西洋的投入努力量，模擬不同漁具在不同年、月份、經緯度的努力量空間分佈。建構一模擬不同假設下的資源及漁業壓力環境下，建構單位努力漁獲量時間序列的演變。

(三)、 國際配額管理的影響效應

自從國際漁業管理組織 ICCAT 對於大西洋黑皮旗魚與紅肉旗魚進行配額管制後，其管理成效的評估是目前關心的議題，因此 2006 年即再次進行大西洋黑皮旗

魚與紅肉旗魚的評估工作，目前雖已獲得初步的結果，但是仍尚有許多重要的不確定因素待未來排除。ICCAT建議各重要漁業國仍應審慎對於各國漁業的總漁獲量、努力量、漁獲量、漁獲體長、生物與生態資訊、數理棲地模式模擬研究等方面進行資料檢視，並分別為未來漁業管理方向的擬定進行努力。因此本報告嘗試對於我國資料進行細部檢視後採取適當處理，並利用兩種模式進行標準化單位努力漁獲量的估計，試圖對於我國漁業對於大西洋黑皮旗魚與紅肉旗魚的利用有更深入的掌握。

二、材料方法

(一)、 商業性鮪延繩釣漁獲統計資料

本研究的資料是由對外漁協提供之1981年至2004年臺灣大西洋鮪延繩釣漁船之漁獲日誌資料，以及1968年至2004年臺灣大西洋鮪延繩釣漁業Task II 資料，也就是經過月別累計以及依總漁獲量放大處理過的漁獲資料。

(二)、 一般性模式分析 (General linear model)

針對1968年至2004年臺灣鮪延繩釣漁業資料，採用一般性模式(General Linear Model, GLM)校正大西洋大目鮪單位努力漁獲量。考慮的因子有年效應、漁季效應、漁區效應(漁區定義於圖四)以及標的魚種指標效應(傳統式及深層式)。模式如下：

$$\ln(\text{CPUE} + \text{constant}) = \mu + \text{Year}_i + \text{Season}_j + \text{Area}_k + \text{Type}_l + \text{Interaction} + \varepsilon_{ijkl}$$

式中CPUE代表單位努力漁獲量；constant 代表10%的平均名目CPUE； μ 代表平均值； Year_i 代表i年之年效應； Season_j 代表j季之季效應； Area_k 代表k漁區之漁區效應； Type_l 代表l標的魚種效應；Interaction 代表交互作用效應以及 ε_{ijkl} 服從常態分佈 $N(0, \sigma^2)$ 。針對標的魚種效應的因子，採用的給定方式如下：第一層級為大目鮪漁獲比例小於0.374，第二層級為大目鮪漁獲比例大於0.374，小於0.634，第三層級為大目鮪漁獲比例大於0.634，小於0.8以及第四層級為大目鮪漁獲比例大於0.8。

(三)、 Delta-lognormal Model

不論是海洋生物調查資料或是混獲漁獲統計資料，漁獲量資料的統計分佈有一典型的特徵是漁獲量為零的資料佔據的比例非常高，也就是說許多樣本點沒有漁獲量。在此情況下，若是應用傳統統計方法，也就是利用樣本平均數作為生物量的估計量時，往往這樣的統計量是沒有效率的(inefficient)，也就是說此統計量的變異數都較大，對於生物量的掌握較不明確。為了克服這樣的問題，許多相關的研究就傾向將零與非零的漁獲量分別處理分析各自所隱含的資訊，Delta distribution 就是分別描述調查資料或漁獲資料中，零與非零的漁獲量的統計分佈，而生物量則以非零漁獲量所佔之比例與非零漁獲量之平均漁獲之乘積作為估計。Delta distribution 常常被利用來處理分析資料中零所佔的比例與一般統計分佈高出許多的情形，例如應用在估計具高度群聚性浮游生物之生物量。

此類模式分析資料時通常分為兩個部分，第一個部分先估計非零漁獲所佔的比例值，第二個部分則估計非零漁獲資料之平均漁獲量。以本研究而言，以一單位時間與空間而言，假設單位努力漁獲量 catch-per-unit-effort (CPUE)與生物量成比例，則第一個部分先估計非零 CPUE 在全部資料中所佔的比例值，第二個部分則估計非零 CPUE 之平均值。也就是將 CPUE 資料視作為二項分佈，可能的 CPUE 值僅只零與非零兩種，而發生非零事件的機率即第一部份的比例值，而非零事件發生時，CPUE 的平均值即在第二部分估計，根據二項分佈的統計理論，則 CPUE 的期望值即為所有可能值與發生機率之乘積的和，也就是資源量指標的估計可由第一部份的比例值與第二部分的平均值的乘積而得。

每年的資源量指標(D)為

$$D = dP$$

其中 d 為非零 CPUE 之標準化單位努力漁獲量(standardized CPUE)，而 P 為非零 CPUE 在全部資料中所佔的標準化比例值。這兩部分標準化值的估計是應用泛線性混合模式 (Generalized Linear Mixed Model, GLMM) 進行估計。因為考慮年度(資源量)、作業漁季、作業漁區、主要漁獲組成(標的魚種)對於 CPUE 高低變化所造成的效應，所以應用 GLM 分析各個主效應的影響，進而估計各年度資源量指標 (standardized CPUE) 反映出的年度資源量的變化。

將 1981 年至 2004 年的漁獲統計資料以單位時空(月、五度方格)進行累計，

進行下列模式套適，

$$\ln(d) = X\beta + Z\alpha + \varepsilon$$

式中， d 為所有累計後 CPUE 資料向量， X 主效應矩陣， β 為主效應對應之參數， Z 矩陣為各主效應交互作用項矩陣， α 為各主效應交互作用項對應之參數向量，以及 ε 為服從期望值為零，變異數為 σ^2 的常態分佈誤差項向量。

針對每一筆資料，假設

$$\ln(d_k) = f(\beta, \alpha, X_k) + \varepsilon_k$$

考慮每一個主效應與交互作用項對於影響 CPUE 的顯著性，以決定何者應納入模式進行 CPUE 標準化中。

另亦將 1981 年至 2004 年的漁獲統計資料以單位時空（月、五度方格）進行累計，計算出 P ，進行下列模式套適，

$$\ln(P) = f(\tau, \gamma, X_k) + \xi_k$$

式中， P 為非零漁獲量之比例資料向量， X 主效應矩陣， τ 為主效應對應之參數， γ 為各主效應交互作用項對應之參數向量，以及 ξ 為服從期望值為零，變異數為 δ^2 的常態分佈誤差項向量。

每年資源量指標的估計即取二模式中的年效應估計值相乘而得。

三、結果與結論

黑皮旗魚與紅肉旗魚資源族群之系群結構有兩種不同的假設，也就是有些證據顯示整個大西洋的黑皮旗魚為同一個系群以及整個大西洋的紅肉旗魚為同一個系群，另一種假設則是認為北大西洋與南大西洋的黑皮旗魚與紅肉旗魚為不同的系群。因此本研究分別在兩個不同的假設下進行黑皮旗魚與紅肉旗魚資源量指標的分析。北大西洋與南大西洋的切分是依據北緯5度線。圖一是臺灣鮪延繩釣作業紅肉旗魚漁獲的歷年紀錄。可看出1987年後大部分的漁獲是來自南大西洋。1991、1992、以及1997年有較其他年高出許多的漁獲量。圖二是臺灣鮪延繩釣作業黑皮旗魚漁獲的歷年紀錄。可看出1995年前南、北大西洋的漁獲分佈類似，但1997年之後大部分的漁獲是來自南大西洋。1991、1992、以及1997年有較其他年高出許多的漁獲量。

圖三顯示自1987年後臺灣鮪延繩釣漁業較集中在南大西洋作業且持續地成長，而北大西洋在1990-2004年代的努力量之投注維持在一穩定的階段。

(一)、 GLM

泛線性模式考慮的主效應為年、作業漁區、作業季節與標的魚種，交互作用效應為作業漁區與標的魚種。針對大西洋、北大西洋與南大西洋黑皮旗魚的模式套適所對應之各效應的變異數分析表顯示於表二。以大西洋為例，模式可以解釋的變異程度為38%。針對大西洋、北大西洋與南大西洋紅肉旗魚的模式套適所對應之各效應的變異數分析表顯示於表一。以大西洋為例，模式可以解釋的變異程度為26%。

經由泛線性模式估計出的黑皮旗魚標準化單位努力漁獲量年變動趨勢顯示在圖十。大西洋、北大西洋與南大西洋黑皮旗魚的變化頗類似，大致上從1968年下滑至1978年，1980年代維持平穩，後在1994年達到最高峰，之後則持續下滑。經由泛線性模式估計出的紅肉旗魚標準化單位努力漁獲量年變動趨勢顯示在圖九。大西洋以及北大西洋的紅肉旗魚在1968年至1996年間呈現大幅變動趨勢，而南大西洋的紅肉旗魚自1968年開始持續下滑至1977年，之後到1989年維持著平穩的趨勢，然後呈現波動的趨勢到1994年。

(二)、 Delta-lognormal Model

根據臺灣鮪延繩釣漁業 1981 年至 2004 年的漁獲作業日誌資料的紀錄，平均約 23% 的作業比例記錄釣獲一尾以上的黑皮旗魚，約 22% 的作業比例記錄釣獲一尾以上的紅肉旗魚。非零漁獲的作業比例年間的差異頗為顯著（圖十四上），作業比例記錄釣獲一尾以上的黑皮旗魚分佈從 1996 年最高值 0.39 到 1986 年最低值 0.1，而作業比例記錄釣獲一尾以上的白皮旗魚分佈則從 1989 年最高值 0.51 到 2004 年最低值 0.08。至於 1981 年至 2004 年間，黑皮旗魚年間名目單位努力漁獲量的變化（圖十四中），除了 1985、1986 以及 1987 年特別高（最高值為每千鈎 12 公斤）之外，其餘年度則在每千鈎 2 公斤至每千鈎 7 公斤的範圍內。紅肉旗魚年間名目單位努力漁獲量的變化，除了 1989、2003 以及 2004 年特別高與特別低（最高值為每千鈎 12 公斤以及最低值為每千鈎 0.6 公斤）之外，其餘年度則在每千鈎 1 公斤至每千鈎 8 公斤的範圍內。

利用此模式進行單位努力漁獲量標準化的程序是將資料進行了階段分析，第一階段是進行各年非零漁獲比例的估計，並假設資料（有捕獲、無捕獲）的機率分配是呈現二項分佈，因此需確認實際資料是否符合此假設前提，圖十二左顯示大西洋、北大西洋以及南大西洋黑皮旗魚的非零漁獲比例之機率分佈與二項分佈假設符合。圖十二右則顯示大西洋、北大西洋以及南大西洋紅肉旗魚的非零漁獲比例之機率分佈與二項分佈假設符合。

第二階段是根據非零漁獲的紀錄估計每年單位努力漁獲量的標準化值。原始漁獲作業資料經由材料與方法章節所述之程序進行累計與轉換後，將此資料繪製頻度分析圖以檢視是否符合模式的假設。圖十左顯示以大西洋、北大西洋以及南大西洋分別進行黑皮旗魚的模式分析時，單位努力漁獲量（kg per 1000 hooks）經累計轉換後(log_e-transformed)的頻度分析圖，經 Kolmogorove-Smirnov 常態分佈假設檢定後確認單位努力漁獲量經累計轉換後符合常態分佈。圖十右顯示以大西洋、北大西洋以及南大西洋分別進行紅肉旗魚的模式分析時，單位努力漁獲量（kg per 1000 hooks）經累計轉換後(log_e-transformed)的頻度分析圖，經 Kolmogorove - Smirnov 常態分佈假設檢定後亦確認單位努力漁獲量經累計轉換後符合常態分佈。

模式中考慮的主要效應與交互作用效應的選取是根據每個解釋變數所能解釋的變異程度與其統計顯著性加以判斷。此模式套適的資料共計六套（大西洋、北

大西洋、南大西洋黑皮旗魚以及大西洋、北大西洋、南大西洋紅肉旗魚)，每組資料需進行兩個模式套適：一為估計每年非零漁獲比例的模式，二為估計每年非零漁獲之標準化單位努力漁獲量的模式。各模式中解釋變數的選取考量為增加一解釋變數後，模式所能解釋的變異增加幅度佔總解釋變異的百分比，表中 p 值若小於 0.05 則表示增加此一解釋變數可使模式套適更成功且達統計顯著水準，則納入模式進行分析。表二內三個子表分別是大西洋、北大西洋以及南大西洋黑皮旗魚變異分析表，表一內三個子表則分別是大西洋、北大西洋以及南大西洋紅肉旗魚變異分析表。經由各解釋變數之解釋變異程度分析後，若年與其他主要效應之交互作用效應判斷應納入模式時，皆以隨機效應的方式進行模式估計。以此處理方式的優點是分析估計之年度效應仍可作為單位努力漁獲量的指標，同時又考慮了年度與其他主要效應之交互作用效應。至於此隨機效應的統計顯著性則根據 likelihood ratio test、AIC、BIC 等統計量值進行判斷，若不顯著或因資料的不平衡性無法進行估計，則隨機效應不納入最後模式分析。表五至表七顯示大西洋、北大西洋以及南大西洋黑皮旗魚最適選取模式的主要效應、交互作用效應與隨機效應，表八至表十則顯示大西洋、北大西洋以及南大西洋紅肉旗魚最適選取模式的主要效應、交互作用效應與隨機效應。

各組資料進行模式套適後，進行相關之殘差分析以確認模式之選取之適當性。圖十一左顯示大西洋、北大西洋以及南大西洋黑皮旗魚最適模式套適的殘差分佈符合常態分佈的假設，以及圖十三左顯示各年度的殘差分佈。圖十一右顯示大西洋、北大西洋以及南大西洋紅肉旗魚最適模式套適的殘差分佈符合常態分佈的假設，以及圖十三右顯示各年度的殘差分佈。大致看來與假設前提無明顯的不符合，但是圖十三仍有跡象顯示近十年的殘差變異較大。

根據模式選取所依據的變異分析得知（表五至表十），各組資料解釋變數解釋總變異之 5% 強之重要效應分別是：

大西洋黑皮旗魚

估計非零漁獲比例模式：年度效應、作業漁區效應、標的魚種效應

估計非零漁獲之單位努力漁獲量模式：年度效應、作業漁區效應、標的魚種效應、作業漁區與標的魚種交互作用效應、年度與作業漁區交互作用效應、年度與作業季節交互作用效應

北大西洋黑皮旗魚

估計非零漁獲比例模式：年度效應、作業漁區效應

估計非零漁獲之單位努力漁獲量模式：年度效應、作業漁區效應、標的魚種
效應、年度與作業漁區交互作用效應、年度與作業季節交互作用效應、
年度與標的魚種交互作用效應

南大西洋黑皮旗魚

估計非零漁獲比例模式：年度效應、作業漁區效應

估計非零漁獲之單位努力漁獲量模式：年度效應、作業漁區效應、標的魚種
效應、作業漁區與作業季節交互作用效應、年度與作業漁區交互作用效
應、年度與作業季節交互作用效應

大西洋紅肉旗魚

估計非零漁獲比例模式：年度效應、作業漁區效應、標的魚種效應

估計非零漁獲之單位努力漁獲量模式：年度效應、作業漁區效應、標的魚種
效應、作業漁區與作業季節交互作用效應、年度與作業漁區交互作用效
應、年度與作業季節交互作用效應、年度與標的魚種交互作用效應

北大西洋紅肉旗魚

估計非零漁獲比例模式：年度效應、作業漁區效應、標的魚種效應

估計非零漁獲之單位努力漁獲量模式：年度效應、作業漁區效應、標的魚種
效應、作業漁區與標的魚種交互作用效應、年度與作業漁區交互作用效
應、年度與作業季節交互作用效應

南大西洋紅肉旗魚

估計非零漁獲比例模式：年度效應、作業漁區效應、標的魚種效應、作業漁
區與標的魚種交互作用效應、年度與作業漁區交互作用效應

估計非零漁獲之單位努力漁獲量模式：年度效應、作業漁區效應、標的魚種
效應、作業漁區與作業季節交互作用效應、年度與作業漁區交互作用效
應、年度與作業季節交互作用效應、年度與標的魚種交互作用效應

經由此模式估計所得之 1981 年至 2004 年大西洋、北大西洋以及南大西洋黑
皮旗魚與紅肉旗魚標準化單位努力漁獲量歷年變動趨勢以及相對應之 95%信賴區
間繪製於圖十四與圖十五。每年標準化單位努力漁獲量之統計估計值之變異數是

應用 Delta-method (Lo et al., 1992) 的方式進行估計。圖二十一顯示六組資料每年非零漁獲比例以及非零漁獲標準化單位努力漁獲量估計值的變異係數，整體看來，1992 年以前無論是每年非零漁獲比例獲釋非零漁獲標準化單位努力漁獲量估計值，黑皮旗魚與紅肉旗魚的估計值都較 1992 年後來得不精確。雖然黑皮旗魚與紅肉旗魚的每年非零漁獲比例估計值所得精確度相差不大，但是 1992 年前北大西洋黑皮旗魚估計值特別不精確。至於就每年非零漁獲標準化單位努力漁獲量估計值而言，黑皮旗魚的估計值就明顯的較紅肉旗魚精確許多。

由 GLM 與 Delta-lognormal Model 估計之大西洋黑皮旗魚的標準化單位努力漁獲量年變動趨勢皆顯示自 1996 年後資源量持續下降（圖二十三），北大西洋的部分是自 1993、1994 年就開始往下降，而南大西洋的部分是到近三、四年才開始往下降。由 GLM 與 Delta-lognormal Model 估計之大西洋、北大西洋以及南大西洋部分紅肉旗魚的標準化單位努力漁獲量年變動趨勢皆顯示自 1994 年左右以後資源量都呈現持續往下降的現象（圖二十四）。自 1987 年後，臺灣鮪延繩釣漁業在南大西洋的標的魚種是長鰭鮪，所以紅肉旗魚的混獲也因此自此開始大幅增加。

四、討論與建議

臺灣大西洋鮪延繩釣漁業並非以黑皮旗魚與紅肉旗魚為標的魚種，因此相關的漁獲記錄的蒐集有其先天的障礙，因此需考慮 ICCAT 的建議以改善我國漁業相關資訊的蒐集，以下為幾點建議可供未來漁業管理及研究的方向參考：

1. 和業者合作，進行衛星標籤研究，主要目的是藉以瞭解我國漁業所混獲到之旗魚的棲地範圍、存活率等生態的議題，當然提供了相當重要的資訊以增進 CPUE 標準化的適切性。建議利用短期的衛星標誌放流實驗獲取資料以估計野放的生物之存活率，亦應在高捕獲率及缺乏資料來源的漁區進行衛星標誌放流實驗以進一步瞭解生物的棲息習性。
2. 關於總漁獲量，因卸魚量的資料是不包括拋棄的漁獲，應特別留意是否有其他管道蒐集拋棄量（生與死），並提供合理之估計方法以利統計。受到漁業管理規範影響的漁業國，應提供實際捕獲量中，活魚與死魚的比例，以供估計殘存率。同時應記錄發生時間、漁區與作業鉤之型態（如圓形鉤等）。
3. 建議可以觀察員計畫所獲知之資訊為一參考依據。目前巴西有進行 2004-2005 拋棄量的估計。
4. 建議未來應利用觀察員計畫的資料以彌補或核對作業報表的資料。
5. 因為漁業管理配額的實施，卸魚量會比真正漁獲量來得少，建議各國在提報 Task I 或進行 CPUE 標準化之前，應已將卸魚量放大至漁獲量水準。
6. 應對於模擬研究投入進一步的努力，使得所模擬的環境儘可能接近真實環境，如此有利用提供一平台以檢視各標準化延繩釣 CPUE 程序之適用性及穩定性。為達到此一改進目標，需要更多的資訊的提供及細部的模擬模式的修改，努力方向應朝：
 - i. 考慮漁具與生物垂直分佈的變化；
 - ii. 於模擬模式中考慮魚被捕獲所發生的時間與位置（上鉤的深度及為每匡第幾鉤）；
 - iii. 考慮魚餌於作業進行開始及結束的位置移動的變化；

- iv. 考慮洋流的影響以及延繩釣鉤子的平均深度；
 - v. 考慮日本漁船於 1960 年至 1970 年的這段時期，作業漁具的詳細規格；
 - vi. 應考慮其他重要延繩釣船隊的作業努力量的資料。
7. 延繩釣漁業應於高捕獲區投入努力瞭解其作業漁具的特性，如利用溫度深度測量儀（TDR）紀錄下鉤深度與鉤子所在處的溫度、或用時間記錄器紀錄鉤子在不同深度所停留的時間。

參考文獻

- Arocha, F., and M. Ortiz. 2005. Standardized catch rates for blue marlin (*Makaira nigricans*) and white marlin (*Tetrapturus albidus*) from the venezulan pelagic lonline fishery off the carribbean sea and the western central atlantic: period 1991-2004. ICCAT SCRS.
- Diaz, G.A., and M. Ortiz. 2005a. Updated white marlin(*Tetrapturus albidus*) and blue marlin(*Makaira nigricans*) catch rates from the U.S. pelagic longline fishery in the northwest Atlantic and Gulf of Mexico. ICCAT SCRS, Doc. SCRS/2005/31.
- Diaz, G.A., and M. Ortiz. 2005b. Updated white marlin(*Tetrapturus albidus*) and blue marlin(*Makaira nigricans*) catch rates from the US recreational tournament fishery in the Northwest Atlantic and the US Gulf of Mexico 1973-2004. ICCAT SCRS, Doc. SCRS/2005/30.
- Drew, K., D. Die, and F. Arocha. 2005. Current efforts to develop an age and growth model of blue marlin (*Makaira nigricans*) and white marlin (*Tetrapturus albidus*). ICCAT SCRS, Doc. SCRS/2005/44.
- Goodyear, C.P. 2005. Simulated Japanese Longline CPUE for Blue and White Marlin. ICCAT SCRS, Doc. SCRS/2005/32.
- Goodyear, C.P., J. Luo, E.D. Prince, and J.E. Serafy. 2005. Temperature-depth habitat utilization of blue marlin monitored with Psat tags in the context of simulation modeling of pelagic longline CPUE. ICCAT SCRS, Doc. SCRS/2005/35.
- Horodysky, A.Z., D.W. Kerstetter, R.J. Latour, and J.E. Graves. 2005. Habitat utilization and vertical moveements of white marlin (*Tetrapturus albidus*) released from commercial and recreational fishing gears in the western North Atlantic Ocean: inferences from short-duration pop-up archival satellite tags(PSATs). ICCAT SCRS, Doc. SCRS/2005/34.
- Kerstetter, D.W., and J.E. Graves. 2005. Survival of white marlin(*Tetrapturus albidus*) released from commercial pelagic longline gear in the western north atlantic.

- ICCAT SCRS, Doc. SCRS/2005/33.
- Lo, N.C.H., L.D. Jacobson, and J.L. Squire. 1992. Indices of relative abundance from fish spotter data based on delta-lognormal models. *Canadian journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 49:2515-2526.
- Luo, J., E.D. Prince, C.P. Goodyear, B.E. Luckhurst, and J.E. Serafy. 2005. Vertical habitat utilization by large pelagic animals: A quantitative framework and numerical method for use with pop-up satellite tag data. ICCAT SCRS, Doc. SCRS/2005/37.
- Nestor, N.G.Y. 2005. Influence DE L'UPWELLING SUR L'ABONDANCE DES marlines blues (MAKAIRA NIGRICANS) DANS LES EAUX MARINES COTIERES DE COTE D'IVOIRE. ICCAT SCRS, Doc. SCRS/2005/40.
- Ortiz, M. 2005. Evaluating CPUE standardization model with simulated catch and effort data from pelagic longline fisheries of Atlantic billfishes. ICCAT SCRS.
- Prince, E.D., R.K. Cowen, E.S. Orbesen, S.A. Luthy, J.K. Llopiz, D.E. Richardson, and J.E. Serafy. 2005. Movements and spawning of white marlin (*Tetrapturus albidus*) and blue marlin (*Makaira Nigricans*) off Punta Cana, Dominican republic. ICCAT SCRS, Doc. SCRS/2005/39.
- Rice, P.H., C.P. Goodyear, E.D. Prince, J.E. Serafy, and D. Snodgrass. 2005. Hook time at depths for experimental longline sets in the windward passage in 2003. ICCAT SCRS, Doc. SCRS/2005/29.
- Saito, H., and K. Yokawa. 2005. Use of pop-up tags to estimate vertical distribution of atlantic blue marlin (*Makaira nigricans*) released from the commercial and research longline ruse during 2002 and 2003. ICCAT SCRS, Doc. SCRS/2005/42.
- Serafy, J.E., G.A. Diza, E.D. Prince, E.S. Orbesen, and C.M. Legault. 2005. Atlantic blue marlin, *Makaira nigricans*, and white marlin, *Tetrapterus albidus*, bycatch of the Japanese pelagic longline fishery, 1960-2000. ICCAT SCRS, Doc. SCRS/2005/36.
- Yokawa, K., and H. Saito. 2005. Vertical distribution pattern of CPUE for blue marlin

and white marlin estimated with data of the time, depth and temperature recorders collected through a longline research cruise of Shoyo-maru in 2002 in the tropical Atlantic. ICCAT SCRS, Doc. SCRS/2005/43.

附錄

附表

Table 1. ANOVA results for the GLM procedure for adjusted catch per unit effort for white marlin in the Atlantic, 1968-2004

(1) Total Atlantic					
Sources	DF	Sum of Square	Mean Square	F value	Pr>F
Model	98	2302.2408	23.4923	15.17	<.0001
Year	36	685.3686	19.0380	12.29	<.0001
Bi-Month	5	18.6349	3.7270	2.41	0.0345
Area	9	762.7997	84.7555	54.74	<.0001
Target	3	111.7889	37.2630	24.06	<.0001
Bi-Month*Area	45	399.1066	8.8690	5.73	<.0001
Error	4222	6537.5802	1.5485		
Corrected Total	4320	8839.8210			
<hr/>					
		R ²	C.V.(%)	Root MSE	
		0.2604	-47.17	1.2444	
<hr/>					
(2) North Atlantic					
Sources	DF	Sum of Square	Mean Square	F value	Pr>F
Model	68	1183.0060	17.3971	10.54	<.0001
Year	36	556.8574	15.4683	9.37	<.0001
Bi-Month	5	69.6196	13.9239	8.44	<.0001
Area	4	259.3262	64.8315	39.28	<.0001
Target	3	25.7719	8.5906	5.20	0.0014
Bi-Month*Area	20	75.8085	3.7904	2.3	0.0009
Error	1832	3024.0812	1.6507		
Corrected Total	1900	4207.0872			
<hr/>					
		R ²	C.V.(%)	Root MSE	
		0.2812	-46.60	1.2848	
<hr/>					
(3) South Atlantic					
Sources	DF	Sum of Square	Mean Square	F value	Pr>F
Model	68	1351.1198	19.8694	13.94	<.0001
Year	36	325.2102	9.0336	6.34	<.0001
Bi-Month	5	117.4616	23.4923	16.48	<.0001
Area	4	463.8292	115.9573	81.35	<.0001
Target	3	114.9687	38.3229	26.88	<.0001
Bi-Month*Area	20	158.8550	7.9427	5.57	<.0001
Error	2351	3351.2639	1.4255		
Corrected Total	2419	4702.3837			
<hr/>					
		R ²	C.V.(%)	Root MSE	
		0.2873	-45.09	1.1939	

Table 2. ANOVA results for the GLM procedure for adjusted catch per unit effort for blue marlin in the Atlantic, 1968-2004

(1) Total Atlantic					
Sources	DF	Sum of Square	Mean Square	F value	Pr>F
Model	98	4182.3519	42.677	26.35	<.0001
Year	36	1115.2188	30.9783	19.12	<.0001
Bi-Month	5	55.1583	11.0317	6.81	<.0001
Area	9	979.2149	108.8017	67.17	<.0001
Target	3	256.1244	85.3748	52.71	<.0001
Bi-Month*Area	45	483.9987	10.7555	6.64	<.0001
Error	4222	6838.4437	1.6197		
Corrected Total	4320	11020.7956			
<hr/>					
		R ²	C.V.(%)	Root MSE	
		0.3795	-41.13	1.2727	
<hr/>					
(2) North Atlantic					
Sources	DF	Sum of Square	Mean Square	F value	Pr>F
Model	68	1729.3863	25.4322	16.49	<.0001
Year	36	621.0051	17.2501	11.18	<.0001
Bi-Month	5	71.9279	14.3856	9.32	<.0001
Area	4	294.9537	73.7384	47.80	<.0001
Target	3	135.4132	45.1377	29.26	<.0001
Bi-Month*Area	20	90.1321	4.5066	2.92	<.0001
Error	1832	2826.2184	1.5427		
Corrected Total	1900	4555.6047			
<hr/>					
		R ²	C.V.(%)	Root MSE	
		0.3795	-40.6912	1.2421	
<hr/>					
(3) South Atlantic					
Sources	DF	Sum of Square	Mean Square	F value	Pr>F
Model	68	2558.6696	37.6275	23.98	<.0001
Year	36	618.5820	17.1828	10.95	<.0001
Bi-Month	5	177.0874	35.4175	22.57	<.0001
Area	4	639.6248	159.9062	101.89	<.0001
Target	3	105.4959	35.1653	22.41	<.0001
Bi-Month*Area	20	173.4618	8.6731	5.53	<.0001
Error	2351	3689.6805	1.5694		
Corrected Total	2419	6248.3500			
<hr/>					
		R ²	C.V.(%)	Root MSE	
		0.4095	-40.55	1.2528	

Table 3 Standardized CPUE series by GLM (fish per thousand hooks) for blue marlin from Taiwanese longline fishery in the Entire Atlantic, North Atlantic and South Atlantic

Year	Atlantic	Lower 95% CI	Upper 95% CI	North Atlantic	Lower 95% CI	Upper 95% CI	South Atlantic	Lower 95% CI	Upper 95% CI
1968	0.2214	0.1699	0.2875	0.2703	0.1809	0.4012	0.1963	0.1398	0.2744
1969	0.1810	0.1455	0.2245	0.1722	0.1218	0.2416	0.1964	0.1499	0.2564
1970	0.0909	0.0725	0.1134	0.0922	0.0653	0.1285	0.0949	0.0708	0.1262
1971	0.0806	0.0629	0.1027	0.0623	0.0420	0.0901	0.1054	0.0769	0.1433
1972	0.0627	0.0468	0.0831	0.0688	0.0435	0.1057	0.0630	0.0435	0.0898
1973	0.0514	0.0363	0.0714	0.0536	0.0317	0.0867	0.0517	0.0326	0.0797
1974	0.0437	0.0317	0.0592	0.0458	0.0288	0.0700	0.0437	0.0279	0.0661
1975	0.0392	0.0282	0.0534	0.0320	0.0186	0.0513	0.0504	0.0332	0.0746
1976	0.0275	0.0186	0.0390	0.0257	0.0145	0.0416	0.0343	0.0199	0.0557
1977	0.0231	0.0157	0.0325	0.0229	0.0128	0.0372	0.0257	0.0152	0.0408
1978	0.0180	0.0114	0.0265	0.0139	0.0055	0.0262	0.0242	0.0143	0.0383
1979	0.0243	0.0149	0.0375	0.0261	0.0121	0.0483	0.0235	0.0119	0.0415
1980	0.0450	0.0307	0.0643	0.0873	0.0514	0.1436	0.0265	0.0150	0.0437
1981	0.0382	0.0266	0.0533	0.0624	0.0371	0.1009	0.0276	0.0167	0.0431
1982	0.0314	0.0216	0.0441	0.0356	0.0205	0.0577	0.0300	0.0180	0.0471
1983	0.0309	0.0207	0.0445	0.0496	0.0300	0.0783	0.0176	0.0084	0.0315
1984	0.0266	0.0180	0.0378	0.0271	0.0148	0.0451	0.0292	0.0173	0.0463
1985	0.0279	0.0183	0.0407	0.0296	0.0162	0.0494	0.0285	0.0153	0.0489
1986	0.0226	0.0146	0.0333	0.0270	0.0149	0.0448	0.0200	0.0099	0.0353
1987	0.0245	0.0159	0.0360	0.0230	0.0112	0.0408	0.0282	0.0161	0.0462
1988	0.0357	0.0215	0.0561	0.0483	0.0223	0.0940	0.0295	0.0149	0.0530
1989	0.0375	0.0234	0.0575	0.0243	0.0075	0.0557	0.0453	0.0269	0.0732
1990	0.0692	0.0517	0.0917	0.1455	0.0926	0.2253	0.0462	0.0317	0.0658
1991	0.0212	0.0154	0.0282	0.0180	0.0103	0.0284	0.0270	0.0185	0.0380
1992	0.0353	0.0259	0.0471	0.0381	0.0222	0.0614	0.0356	0.0247	0.0501
1993	0.0514	0.0374	0.0695	0.1535	0.0954	0.2431	0.0285	0.0184	0.0423
1994	0.0967	0.0758	0.1227	0.1398	0.0966	0.2003	0.0773	0.0564	0.1049
1995	0.0689	0.0531	0.0886	0.0731	0.0461	0.1127	0.0717	0.0529	0.0963
1996	0.0538	0.0426	0.0673	0.0635	0.0429	0.0919	0.0523	0.0397	0.0683
1997	0.0637	0.0505	0.0797	0.0483	0.0319	0.0708	0.0800	0.0610	0.1043
1998	0.0350	0.0263	0.0456	0.0287	0.0175	0.0442	0.0440	0.0313	0.0607
1999	0.0265	0.0200	0.0344	0.0222	0.0137	0.0334	0.0337	0.0239	0.0463
2000	0.0340	0.0265	0.0431	0.0312	0.0206	0.0453	0.0394	0.0290	0.0525
2001	0.0517	0.0398	0.0665	0.0443	0.0291	0.0650	0.0639	0.0459	0.0878
2002	0.0369	0.0287	0.0468	0.0368	0.0241	0.0541	0.0401	0.0297	0.0534

2003	0.0191	0.0135	0.0262	0.0152	0.0080	0.0250	0.0262	0.0171	0.0383
2004	0.0078	0.0039	0.0127	0.0061	0.0000	0.0155	0.0101	0.0052	0.0167

Table 4 Standardized CPUE series by GLM (fish per thousand hooks) for white marlin from Taiwanese longline fishery in the Entire Atlantic, North Atlantic and South Atlantic

Year	Atlantic	Lower 95% CI	Upper 95% CI	North Atlantic	Lower 95% CI	Upper 95% CI	South Atlantic	Lower 95% CI	Upper 95% CI
1968	0.0871	0.0631	0.1179	0.0789	0.0461	0.1276	0.0934	0.0625	0.1354
1969	0.0956	0.0740	0.1220	0.1045	0.0689	0.1540	0.0915	0.0666	0.1234
1970	0.0608	0.0458	0.0791	0.0653	0.0421	0.0969	0.0606	0.0419	0.0845
1971	0.0771	0.0579	0.1009	0.1119	0.0743	0.1642	0.0557	0.0368	0.0805
1972	0.0730	0.0524	0.0993	0.0992	0.0602	0.1569	0.0605	0.0387	0.0899
1973	0.0651	0.0439	0.0932	0.0761	0.0423	0.1277	0.0602	0.0349	0.0963
1974	0.0898	0.0651	0.1215	0.1269	0.0817	0.1918	0.0654	0.0400	0.1010
1975	0.0677	0.0478	0.0932	0.0929	0.0569	0.1454	0.0541	0.0326	0.0839
1976	0.0254	0.0142	0.0400	0.0202	0.0072	0.0388	0.0401	0.0199	0.0698
1977	0.0155	0.0071	0.0263	0.0126	0.0022	0.0273	0.0227	0.0093	0.0415
1978	0.0176	0.0082	0.0297	0.0166	0.0038	0.0360	0.0214	0.0086	0.0393
1979	0.0246	0.0116	0.0423	0.0309	0.0109	0.0632	0.0202	0.0053	0.0428
1980	0.0381	0.0225	0.0591	0.0849	0.0452	0.1482	0.0177	0.0049	0.0364
1981	0.0401	0.0252	0.0595	0.0950	0.0541	0.1580	0.0190	0.0069	0.0359
1982	0.0416	0.0267	0.0610	0.0752	0.0434	0.1225	0.0232	0.0096	0.0425
1983	0.0525	0.0340	0.0769	0.0921	0.0547	0.1478	0.0275	0.0107	0.0524
1984	0.0310	0.0185	0.0472	0.0339	0.0158	0.0606	0.0352	0.0178	0.0601
1985	0.0275	0.0149	0.0443	0.0405	0.0198	0.0715	0.0193	0.0049	0.0411
1986	0.0426	0.0267	0.0636	0.0784	0.0461	0.1262	0.0189	0.0048	0.0400
1987	0.0506	0.0325	0.0746	0.0803	0.0448	0.1348	0.0360	0.0175	0.0629
1988	0.0360	0.0180	0.0618	0.0099	-0.0041	0.0352	0.0672	0.0342	0.1190
1989	0.0420	0.0231	0.0688	0.0157	-0.0022	0.0498	0.0570	0.0308	0.0958
1990	0.0398	0.0261	0.0572	0.0410	0.0193	0.0743	0.0395	0.0237	0.0607
1991	0.0104	0.0044	0.0177	0.0002	-0.0057	0.0082	0.0261	0.0149	0.0404
1992	0.0338	0.0223	0.0483	0.0434	0.0220	0.0751	0.0292	0.0169	0.0453
1993	0.0800	0.0570	0.1097	0.1925	0.1151	0.3137	0.0488	0.0303	0.0737
1994	0.1402	0.1088	0.1791	0.1519	0.1010	0.2240	0.1382	0.1008	0.1870
1995	0.0986	0.0747	0.1284	0.1107	0.0674	0.1750	0.0986	0.0714	0.1337
1996	0.0889	0.0698	0.1121	0.0880	0.0571	0.1311	0.0943	0.0710	0.1232
1997	0.0580	0.0438	0.0752	0.0612	0.0379	0.0935	0.0589	0.0420	0.0801
1998	0.0443	0.0316	0.0599	0.0404	0.0227	0.0651	0.0513	0.0342	0.0736
1999	0.0458	0.0338	0.0603	0.0502	0.0317	0.0750	0.0457	0.0306	0.0650
2000	0.0609	0.0469	0.0778	0.0567	0.0368	0.0835	0.0678	0.0492	0.0912
2001	0.0256	0.0164	0.0369	0.0318	0.0169	0.0525	0.0242	0.0129	0.0389
2002	0.0256	0.0173	0.0357	0.0184	0.0075	0.0332	0.0342	0.0224	0.0489
2003	0.0137	0.0066	0.0223	0.0138	0.0040	0.0273	0.0164	0.0066	0.0293
2004	0.0109	0.0037	0.0202	0.0027	-0.0059	0.0161	0.0182	0.0080	0.0317

Table 5 Deviance analysis table of explanatory variables for the model formulations for blue marlin catch rates (kg per thousand hooks) from Taiwanese longline fishery in the Entire Atlantic

Model structure	Delta-binomial probability of a non-zero catch of positive sets				Delta-lognormal positive sets					
	d.f.	Res Dev	Δ dev	% of tot dev exp	p-value	d.f.	Res Dev	Δ dev	% of tot dev exp	p-value
Year	1	17073				1	17359			
Year · Loc	23	14398	2675	21.41	<0.0001	23	16360	999	22.39	<0.0001
Year · Loc · Bimon	9	6300	8098	64.81	<0.0001	9	15577	783	17.55	<0.0001
Year · Loc · Bimon · Rbetrnk	5	5812	488	3.91	<0.0001	5	15337	40	0.90	<0.0001
Year · Loc · Bimon · Rbetrnk · Loc	3	4930	882	7.06	<0.0001	3	14329	1208	27.08	<0.0001
Year · Loc · Bimon · Rbetrnk · Loc · Rbetrnk	14	4578	352	2.82	<0.0001	22	14029	300	6.72	<0.0001
Year · Loc · Bimon · Rbetrnk · Loc · Rbetrnk · Loc						161	13394	955	20.96	<0.0001
Year · Loc · Bimon · Rbetrnk · Loc · Rbetrnk · Loc · Bimon						115	13102	292	6.55	<0.0001
Year · Loc · Bimon · Rbetrnk · Loc · Rbetrnk · Loc · Bimon · Year						55	12898	204	4.57	<0.0001

Table 6 Deviance analysis table of explanatory variables for the model formulations for blue marlin catch rates (kg per thousand hooks) from Taiwanese longline fishery in the North Atlantic

Model structure	Delta-binomial probability of a non-zero catch of positive sets				Delta-lognormal positive sets					
	d.f.	Res Dev	Δ dev	% of tot dev exp	p-value	d.f.	Res Dev	Δ dev	% of tot dev exp	p-value
I		4392				5431				
Year	20	3749	643	19.10	<0.0001	23	4806	625	30.41	<0.0001
Year Loc	4	1714	2035	60.44	<0.0001	4	4425	381	18.54	<0.0001
Year Loc Bimon	5	1617	97	2.88	<0.0001	5	4353	72	3.50	<0.0001
Year Loc Bimon Rbetrank	2	1307	310	9.21	<0.0001	3	3981	372	18.10	<0.0001
Year Loc Bimon Rbetrank Bimon/Rbetrank	6	1025	282	8.38	<0.0001	7	3957	24	1.17	<0.0001
Year Loc Bimon Rbetrank Year·Loc						62	3771	210	10.22	<0.0001
Year Loc Bimon Rbetrank Year·Loc Year·Bimon						102	3577	194	9.44	<0.0001
Year Loc Bimon Rbetrank Year·Loc Year·Bimon Year·Rbetrank						45	3376	201	9.78	<0.0001

Table 7 Deviance analysis table of explanatory variables for the model formulations for blue marlin catch rates (kg per thousand hooks) from Taiwanese longline fishery in the South Atlantic

Model structure	Delta-binomial probability of a non-zero catch of positive sets				Delta-lognormal positive sets			
	d.f.	Res. Dev.	Δ dev	% of tot dev exp p -value	d.f.	Res. Dev.	Δ dev	% of tot dev exp p -value
1		13067			11994			
Year	23	10274	2776 <0.0001	23.88 <0.0001	23	11322	672	23.88 <0.0001
Year·Loc	4	4232	60.04 <0.0001	14.57 <0.0001	4	10912	410	14.57 <0.0001
Year·Loc·Bimon	5	3750	4.79 <0.0001	2.95 <0.0001	5	10829	83	2.95 <0.0001
Year·Loc·Bimon·Rhetrank	2	3317	4.30 <0.0001	26.01 <0.0001	3	10097	732	26.01 <0.0001
Year·Loc·Bimon·Rhetrank·Loc·Rhetrank	4	3004	3.11 <0.0001	9.63 <0.0001	12	9826	271	9.63 <0.0001
Year·Loc·Bimon·Rhetrank·Loc·Bimon								
Year·Loc·Bimon·Rhetrank·Loc·Bimon·Year·Loc					76	9546	280	9.95 <0.0001
Year·Loc·Bimon·Rhetrank·Loc·Bimon·Year·Loc·Year·Bimon					115	9300	246	8.74 <0.0001
Year·Loc·Bimon·Rhetrank·Loc·Bimon·Year·Loc·Year·Bimon·Year·Rhetrank					54	9180	120	4.26 <0.0001

Table 8 Deviance analysis table of explanatory variables for the model formulations for white marlin catch rates (kg per thousand hooks) from Taiwanese longline fishery in the Entire Atlantic

Model structure	Delta-binomial probability of a non-zero catch of positive sets			Model structure			Delta-lognormal positive sets				
	d.f.	Res Dev	Δ dev	% of tot dev exp	p-value	Year	d.f.	Res Dev	Δ dev	% of tot dev exp	p-value
Year	23	12601	1466	15.31 <0.0001		Year	23	16741	996	19.92 <0.0001	
Year·Loc	9	6326	6275	65.51 <0.0001		Year·Loc	9	15527	1214	24.28 <0.0001	
Year·Loc·Bimon	5	6004	322	3.36 <0.0001		Year·Loc·Bimon	5	15411	116	2.32 <0.0001	
Year·Loc·Bimon·Rbetrnk	2	5123	881	9.20 <0.0001		Year·Loc·Bimon·Rbetrnk	3	15115	296	5.92 <0.0001	
Year·Loc·Bimon·Rbetrnk·Loc·Rbetrnk	8	4489	634	6.62 <0.0001		Year·Loc·Bimon·Rbetrnk·Loc·Rbetrnk	45	14583	532	10.64 <0.0001	
						Year·Loc·Bimon·Rbetrnk·Loc·Bimon·Year·Loc	164	13481	1102	22.04 <0.0001	
						Year·Loc·Bimon·Rbetrnk·Loc·Bimon·Year·Loc·Year·Bimon	115	12988	493	9.86 <0.0001	
						Year·Loc·Bimon·Rbetrnk·Loc·Bimon·Year·Loc·Year·Bimon·Year·Bimon	52	12736	252	5.04 <0.0001	

Table 9 Deviance analysis table of explanatory variables for the model formulations for white marlin catch rates (kg per thousand hooks) from Taiwanese longline fishery in the North Atlantic

Model structure	Delta-binomial probability of a non-zero catch of positive sets				Delta-lognormal positive sets				
	d.f.	Res Dev	Δ dev	% of tot dev exp	p -value	d.f.	Res Dev	Δ dev	% of tot dev exp
1	3537					6185			
Year	20	2773	764	30.27	<0.0001	22	5727	458	19.72
Year·Loc	4	1330	1443	57.17	<0.0001	4	4890	837	36.05
Year·Loc·Bimon	5	1240	90	3.57	<0.0001	5	4790	100	4.31
Year·Loc·Bimon·Rbetrnk	2	1117	123	4.87	<0.0001	3	4565	225	9.69
Year·Loc·Bimon·Rbetrnk·Bimon·Rbetrnk	6	1013	104	4.12	<0.0001	20	4445	120	5.17
Year·Loc·Bimon·Rbetrnk·Year·Loc						67	4168	397	17.10
Year·Loc·Bimon·Rbetrnk·Year·Loc·Year·Bimon						95	3937	231	9.95
Year·Loc·Bimon·Rbetrnk·Year·Loc·Year·Bimon·Year·Rbetrnk						41	3863	74	3.19

Table 10 Deviance analysis table of explanatory variables for the model formulations for white marlin catch rates (kg per thousand hooks) from Taiwanese longline fishery in the South Atlantic

Model structure	Delta-binomial probability of a non-zero catch of positive sets				Model structure	Delta-lognormal positive sets					
	d.f.	Res Dev	Δ dev	% of tot dev exp		p-value	d.f.	Res Dev	Δ dev	% of tot dev exp	p-value
1		10522			1		11541				
Year	23	9183	1339	17.24 <0.0001	Year	23	10540	1001	32.50 <0.0001		
Year·Loc	4	4705	4478	57.64 <0.0001	Year·Loc	4	10268	272	8.83 <0.0001		
Year·Loc·Bimon	5	4317	388	4.99 <0.0001	Year·Loc·Bimon	5	10165	103	3.34 <0.0001		
Year·Loc·Bimon·Rbetrunk	2	3270	1047	13.48 <0.0001	Year·Loc·Bimon·Rbetrunk	3	9989	176	5.71 <0.0001		
Year·Loc·Bimon·Rbetrunk·Loc·Rbetrunk	16	2753	517	6.65 <0.0001	Year·Loc·Bimon·Rbetrunk·Loc·Bimon	20	9691	298	9.68 <0.0001		
Year·Loc·Bimon·Rbetrunk·Year·Loc	53	1412	1341	17.26 <0.0001	Year·Loc·Bimon·Rbetrunk·Loc·Bimon·Year·Loc	75	9242	747	24.25 <0.0001		
					Year·Loc·Bimon·Rbetrunk·Loc·Bimon·Year·Loc·Year·Bimon	114	8786	456	14.81 <0.0001		
					Year·Loc·Bimon·Rbetrunk·Loc·Bimon·Year·Loc·Year·Bimon·Year·Rbetrunk	51	8461	325	10.55 <0.0001		

Table 11 Analyses of alternative Delta-lognormal mixed model formulations for blue marlin catch rates from the Taiwanese longline fishery in the Entire Atlantic, North Atlantic and South Atlantic

	-2*REN log likelihood	Akaike's information criterion	Schwartz's Bayesian criterion	Likelihood ratio test	p value
Entire Atlantic					
Probability of a non-zero catch					
Year Loc Bimon Rhetrank Bimon · Rhetrank	1698	1700	1704		
Positive sets					
Year Loc Rhetrank Loc*Rhetrank	46731	46733	46741		
Year Loc Rhetrank Loc*Rhetrank Year*Loc	46331	46335	46342	399.8	<0.0001
North Atlantic					
Probability of a non-zero catch					
Year Loc Bimon Rhetrank	624	629	629		
Positive sets					
Year Loc Bimon Rhetrank Loc · Rhetrank	13062	13064	13070		
Year Loc Bimon Rhetrank Loc · Rhetrank Year*Loc	12965	12969	12974	96.46	<0.0001
Year Loc Bimon Rhetrank Loc · Rhetrank Year*Loc Year*Bimon	12917	12923	12930	145.4	<0.0001
Year Loc Bimon Rhetrank Loc · Rhetrank Year*Loc Year*Bimon Year*Rhetrank	12746	12754	12764	315.56	<0.0001
South Atlantic					
Probability of a non-zero catch					
Year Loc Bimon Rhetrank	968	970	974		
Positive sets					
Year Loc Bimon Rhetrank Loc · Rhetrank	33445	33447	33454		
Year Loc Bimon Rhetrank Loc · Rhetrank Year*Loc	33273	33277	33282	171.85	<0.0001
Year Loc Bimon Rhetrank Loc · Rhetrank Year*Loc Year*Bimon	33188	33193	33202	256.77	<0.0001
Year Loc Bimon Rhetrank Loc · Rhetrank Year*Loc Year*Bimon Year*Rhetrank	33121	33129	33139	323.9	<0.0001

Table 12 Analyses of alternative Delta-lognormal mixed model formulations for white marlin catch rates form the Taiwanese longline fishery in the Entire Atlantic, North Atlantic and South Atlantic

	-2 REML log likelihood	Akaike's information criterion	Schwartz's Bayesian criterion	Likelihood ratio test p value
Entire Atlantic				
Probability of a non-zero catch				
Year Loc Bimon Rbetrnk	1615	1677	1682	
Positive sets				
Year Loc Bimon Rbetrnk Loc·Bimon	40657	40659	40667	<0.0001
Year Loc Bimon Rbetrnk Loc·Bimon Year*Bimon	40014	40018	40025	<0.0001
Year Loc Bimon Rbetrnk Loc·Bimon Year*Loc Year*Bimon	39801	39807	39816	<0.0001
Year Loc Bimon Rbetrnk Loc·Bimon Year*Loc Year*Bimon Year*Rbetrnk	39626	39634	39647	<0.0001
North Atlantic				
Probability of a non-zero catch				
Year Loc Bimon Rbetrnk	556	558	561	
Positive sets				
Year Loc Bimon Rbetrnk Loc·Bimon	12694	12696	12703	<0.0001
Year Loc Bimon Rbetrnk Loc·Bimon Year*Loc	12578	12582	12526	<0.0001
Year Loc Bimon Rbetrnk Loc·Bimon Year*Loc Year*Bimon	12526	12532	12540	<0.0001
Year Loc Bimon Rbetrnk Loc·Bimon Year*Loc Year*Bimon Year*Rbetrnk	12508	12516	12526	<0.0001
South Atlantic				
Probability of a non-zero catch				
Year Loc Bimon Rbetrnk	1063	1065	1069	
Year Loc Bimon Rbetrnk Year*Loc	961	965	970	1
Positive sets				
Year Loc Bimon Rbetrnk Loc·Bimon	27589	27591	27599	<0.0001
Year Loc Bimon Rbetrnk Loc·Bimon Year*Loc	27338	27342	27347	<0.0001
Year Loc Bimon Rbetrnk Loc·Bimon Year*Loc Year*Bimon	27143	27149	27157	<0.0001
Year Loc Bimon Rbetrnk Loc·Bimon Year*Loc Year*Bimon Year*Rbetrnk	26879	26887	26898	<0.0001

Table 13 Standardized CPUE series by Delta lognormal model (kg per thousand hooks) for blue marlin from Taiwanese longline fishery in the Entire Atlantic, North Atlantic and South Atlantic

Year	Entire Atlantic			North Atlantic			South Atlantic		
	CPUE	Lower 95% CI	Upper CI	95% CPUE	Lower 95% CI	Upper CI	95% CPUE	Lower 95% CI	Upper CI
1981	6.276	4.389	8.163	9.025	6.366	11.684	3.795	0.912	6.678
1982	4.199	2.742	5.656	6.762	4.261	9.263	2.303	0.394	4.213
1983	4.256	2.539	5.974	6.951	3.798	10.104	1.983	0.039	3.926
1984	4.815	3.100	6.531	5.076	2.891	7.262	4.079	0.542	7.616
1985	3.270	2.017	4.523	3.990	2.221	5.759	2.245	0.253	4.236
1986	3.905	2.457	5.354	4.482	2.569	6.394	2.671	0.157	5.185
1987	4.646	2.732	6.560	3.600	0.917	6.283	4.395	0.704	8.087
1988	8.686	4.965	12.407				5.031	0.552	9.511
1989	8.032	5.132	10.931				6.366	1.442	11.291
1990	6.036	3.595	8.477	11.900	4.864	18.935	3.507	0.599	6.416
1991	7.059	4.210	9.908				5.579	1.552	9.605
1992	6.079	1.957	10.202	7.155	-0.043	14.352	4.942	-0.523	10.406
1993	6.625	4.354	8.897	13.521	9.859	17.183	5.391	2.357	8.426
1994	5.940	4.384	7.496	4.573	2.332	6.813	7.893	4.603	11.183
1995	6.981	4.870	9.091	9.032	5.643	12.422	6.150	2.533	9.766
1996	7.144	5.327	8.962	5.673	3.007	8.339	7.860	4.681	11.038
1997	6.439	4.626	8.252	7.418	3.366	11.469	6.805	3.690	9.921
1998	5.115	3.476	6.755	7.514	3.766	11.263	5.808	2.842	8.773
1999	2.859	1.896	3.822	2.300	1.119	3.481	4.454	1.989	6.918
2000	3.159	2.038	4.281	2.290	0.934	3.647	4.466	1.797	7.134
2001	3.508	2.395	4.621	3.296	1.628	4.964	4.837	2.367	7.307
2002	4.582	3.302	5.862	3.472	1.787	5.157	5.504	3.142	7.865
2003	2.690	1.686	3.694	3.002	1.213	4.792	2.524	0.803	4.246
2004	2.228	0.926	3.530	3.742	0.190	7.294	1.925	0.247	3.603

Table 14 Standardized CPUE series by Delta lognormal model (kg per thousand hooks) for white marlin from Taiwanese longline fishery in the Entire Atlantic, North Atlantic and South Atlantic

Year	Entire Atlantic			North Atlantic			South Atlantic		
	CPUE	Lower 95% CI	Upper CI	95% CPUE	Lower 95% CI	Upper CI	95% CPUE	Lower 95% CI	Upper CI
1981	2.233	1.382	3.083	9.239	6.976	11.503	1.241	0.564	1.918
1982	1.104	0.631	1.576	2.486	1.399	3.574	1.110	0.488	1.732
1983	1.489	0.822	2.155	3.452	2.187	4.718	1.173	0.410	1.936
1984	0.877	0.439	1.315	1.964	1.011	2.917	1.074	0.359	1.788
1985	0.904	0.475	1.333	2.170	1.277	3.063	0.793	0.283	1.303
1986	2.018	1.198	2.839	4.391	3.030	5.753	1.539	0.611	2.467
1987	2.953	1.715	4.191	5.021	3.245	6.796	3.054	1.360	4.748
1988	4.640	2.518	6.762				3.922	1.731	6.112
1989	5.651	3.479	7.823				4.976	2.596	7.356
1990	1.845	0.868	2.821	1.535	-0.404	3.474	1.746	0.633	2.859
1991	2.806	0.937	4.676				2.172	0.491	3.854
1992	2.856	0.786	4.926				3.036	0.617	5.455
1993	3.481	1.798	5.165	11.320	7.984	14.656	1.839	0.667	3.010
1994	4.687	3.349	6.026	7.265	5.843	8.687	4.158	2.413	5.904
1995	5.827	4.148	7.506	11.483	7.838	15.128	4.037	2.451	5.623
1996	3.708	2.538	4.879	5.985	2.925	9.045	3.003	1.794	4.211
1997	4.658	3.221	6.096	3.881	1.627	6.136	3.941	2.365	5.516
1998	2.876	1.735	4.016	4.688	2.541	6.834	2.175	1.021	3.329
1999	1.714	1.096	2.332	2.472	1.483	3.460	1.676	0.854	2.498
2000	1.167	0.696	1.639	1.848	0.993	2.703	1.023	0.466	1.581
2001	1.523	0.899	2.146	2.052	0.950	3.154	1.569	0.744	2.394
2002	1.941	1.193	2.689	1.133	0.339	1.928	1.925	0.979	2.872
2003	1.006	0.519	1.492	1.170	0.380	1.961	0.956	0.377	1.535
2004	0.689	0.048	1.330				0.726	-0.018	1.471

附圖

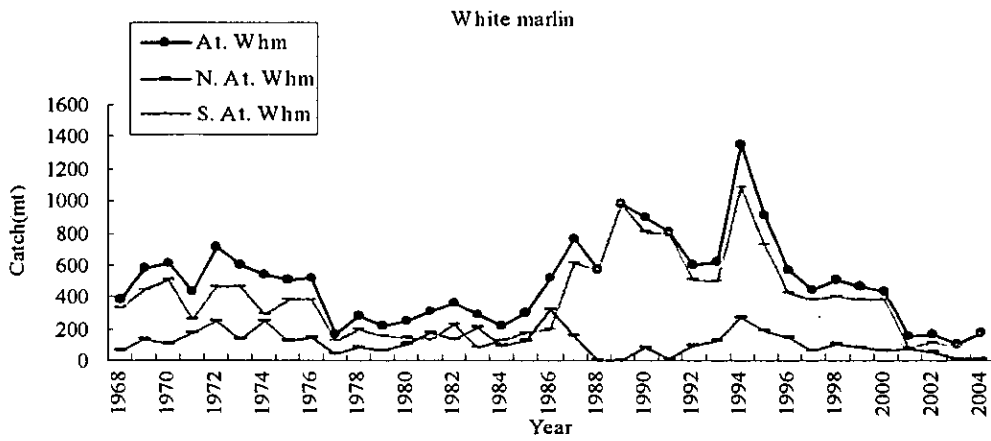


Figure 1. Total catches for white marlin in the total, north, and south Atlantic by Taiwanese longline fishery.

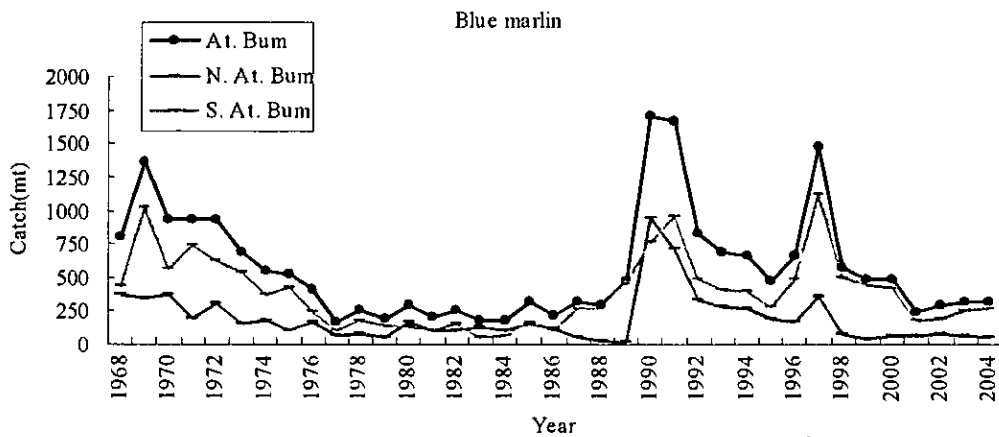


Figure 2. Total catches for blue marlin in the total, north, and south Atlantic by Taiwanese longline fishery.

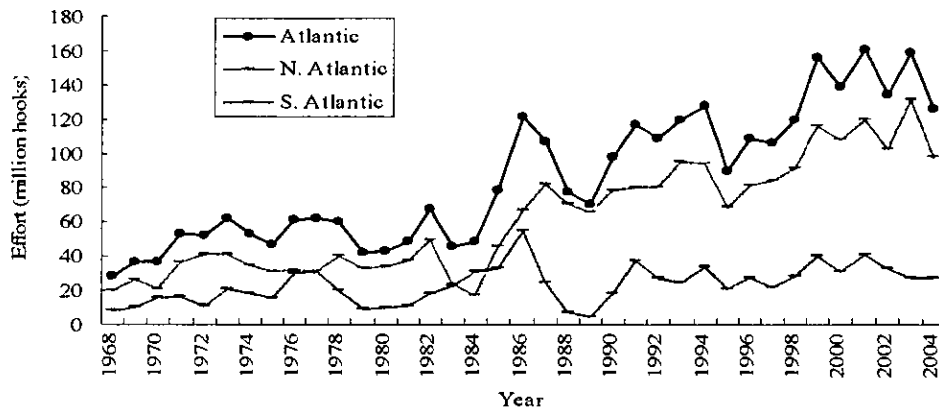


Figure 3. Effort trend based on Task II data.

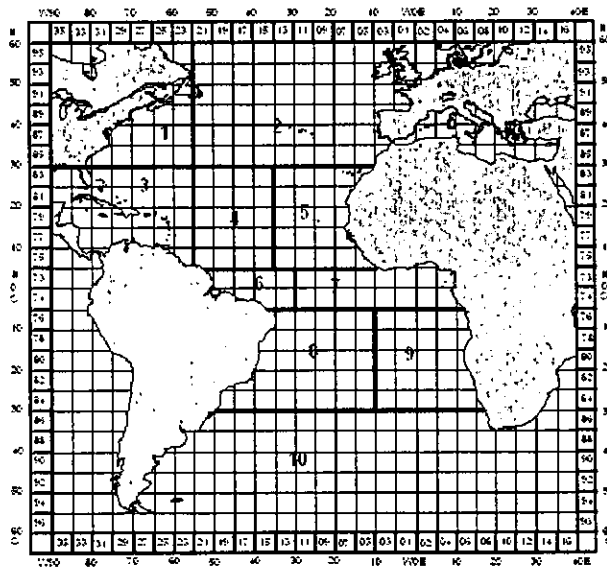


Figure 4. Area division used for general linear model analysis on the standardization of catch per unit effort of white marlin and blue marlin by Taiwanese longline fishery in the Atlantic.

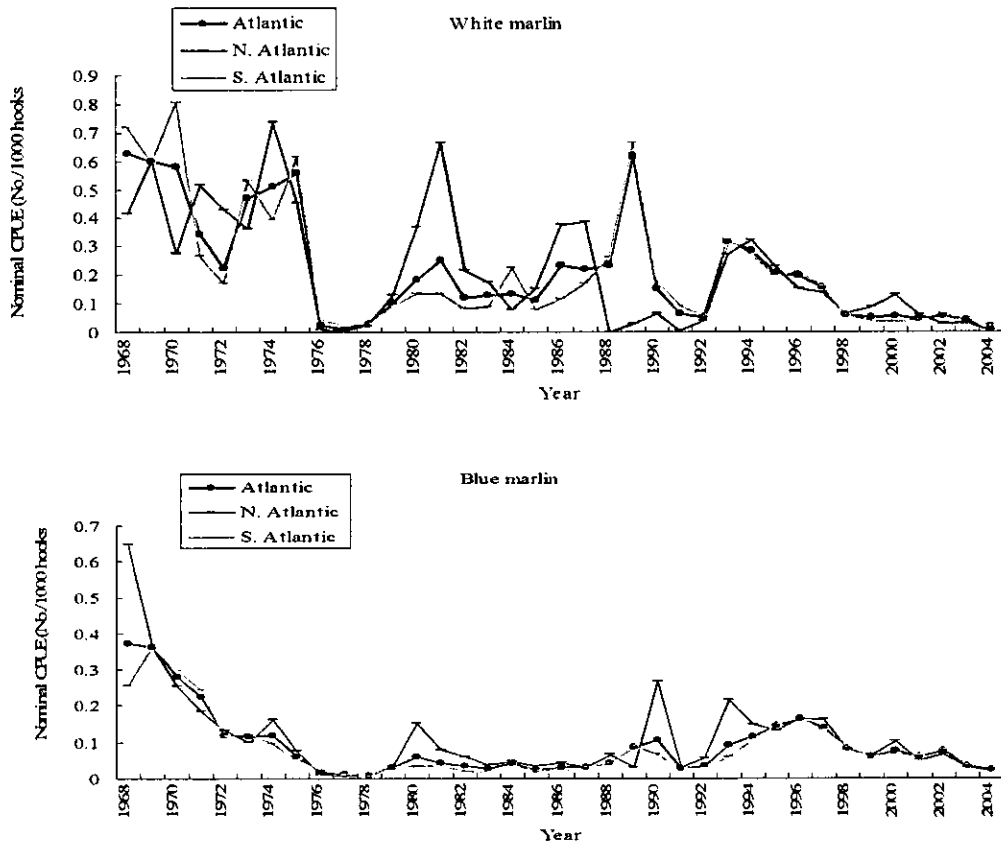


Figure 5. Nominal CPUE of white marlin and blue marlin in the total, north, and south Atlantic by Taiwanese longline fishery.

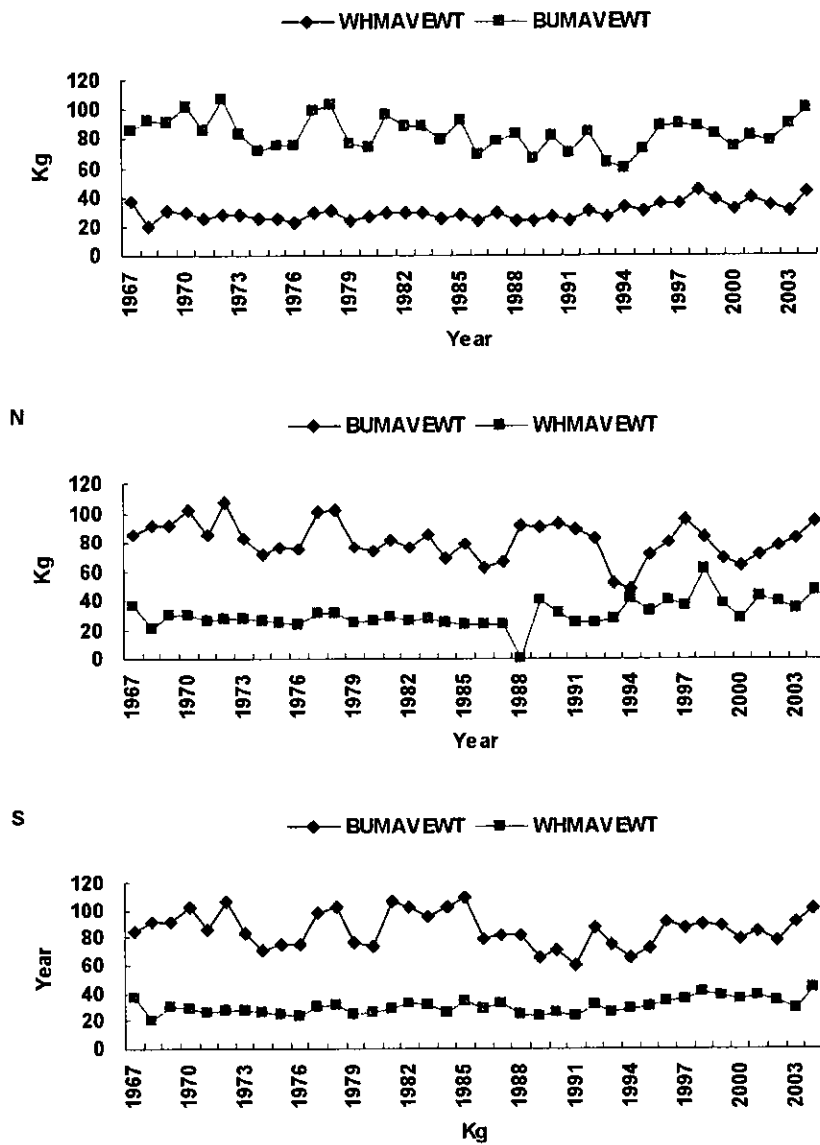


Figure 8. The historical trend of average weight for blue marlin and white marlin caught by Taiwanese longline fishery from 1967 to 2004 in the Entire Atlantic, North Atlantic and South Atlantic

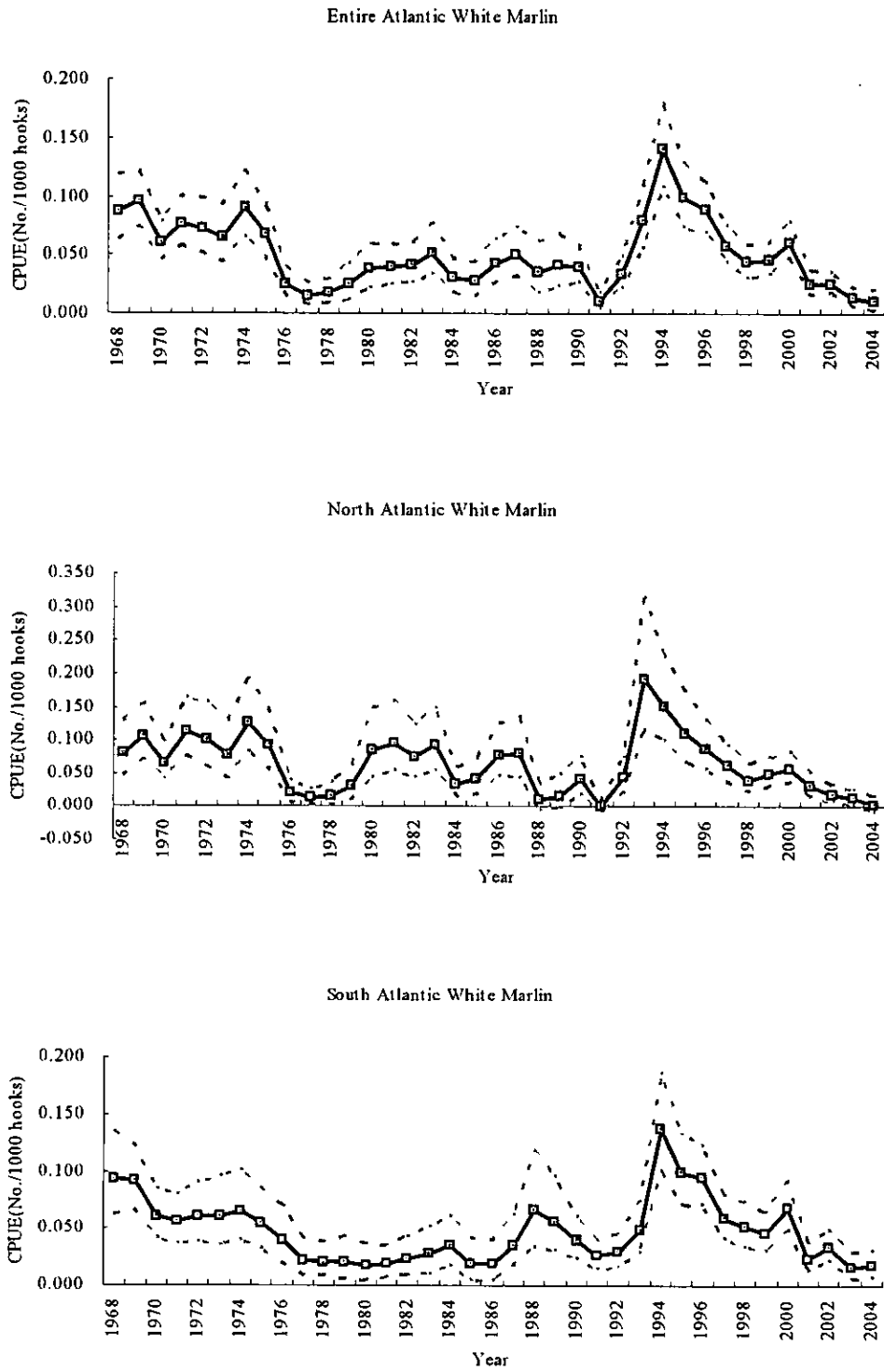


Figure 9. Standardized CPUE of white marlin with estimated 95% confidence intervals in the entire, north, and south Atlantic for Taiwanese longline fishery.

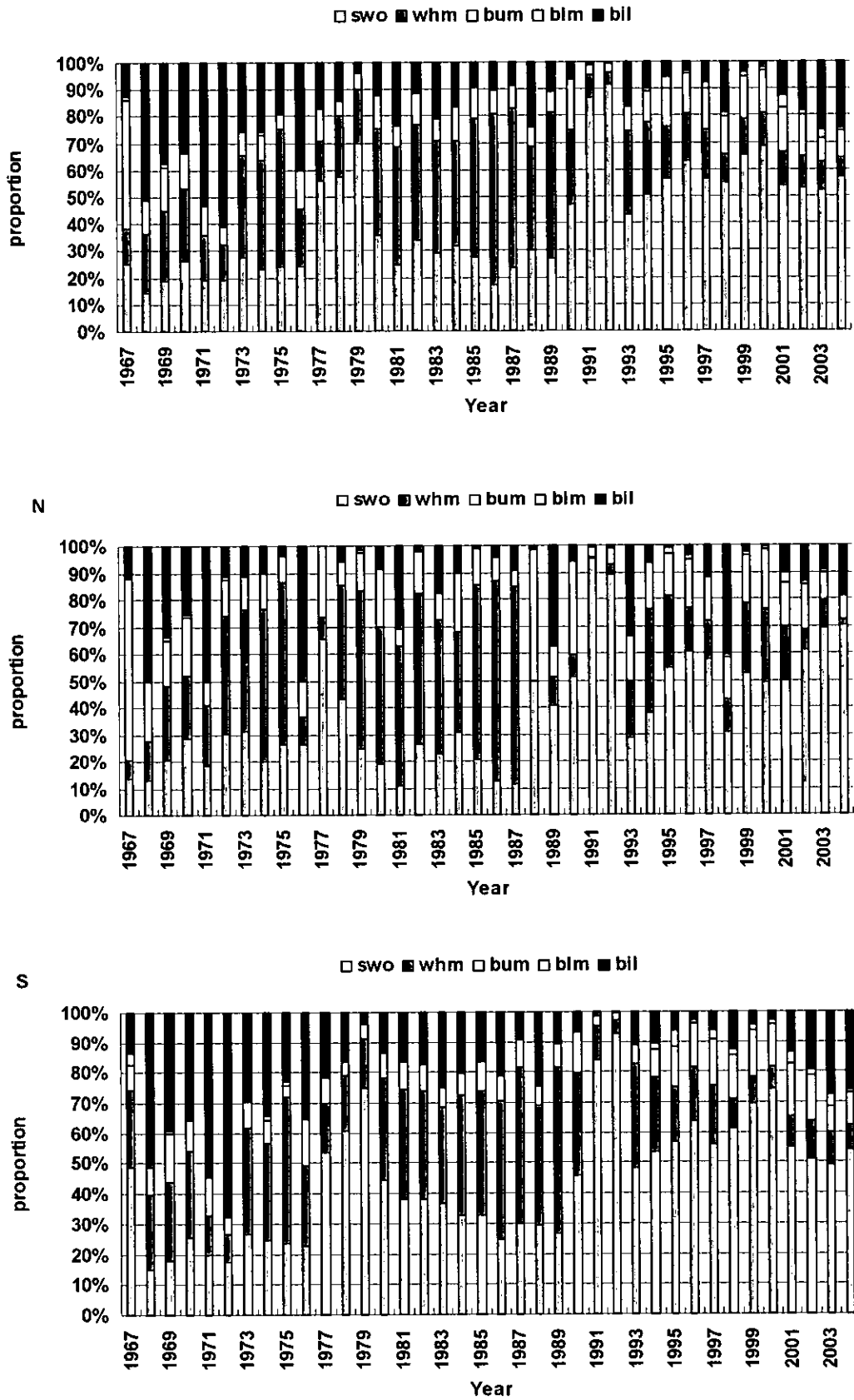


Figure 6. The billfish species catch composition from Taiwanese longline fishery from 1967 to 2004 in the Entire Atlantic, North Atlantic and South Atlantic

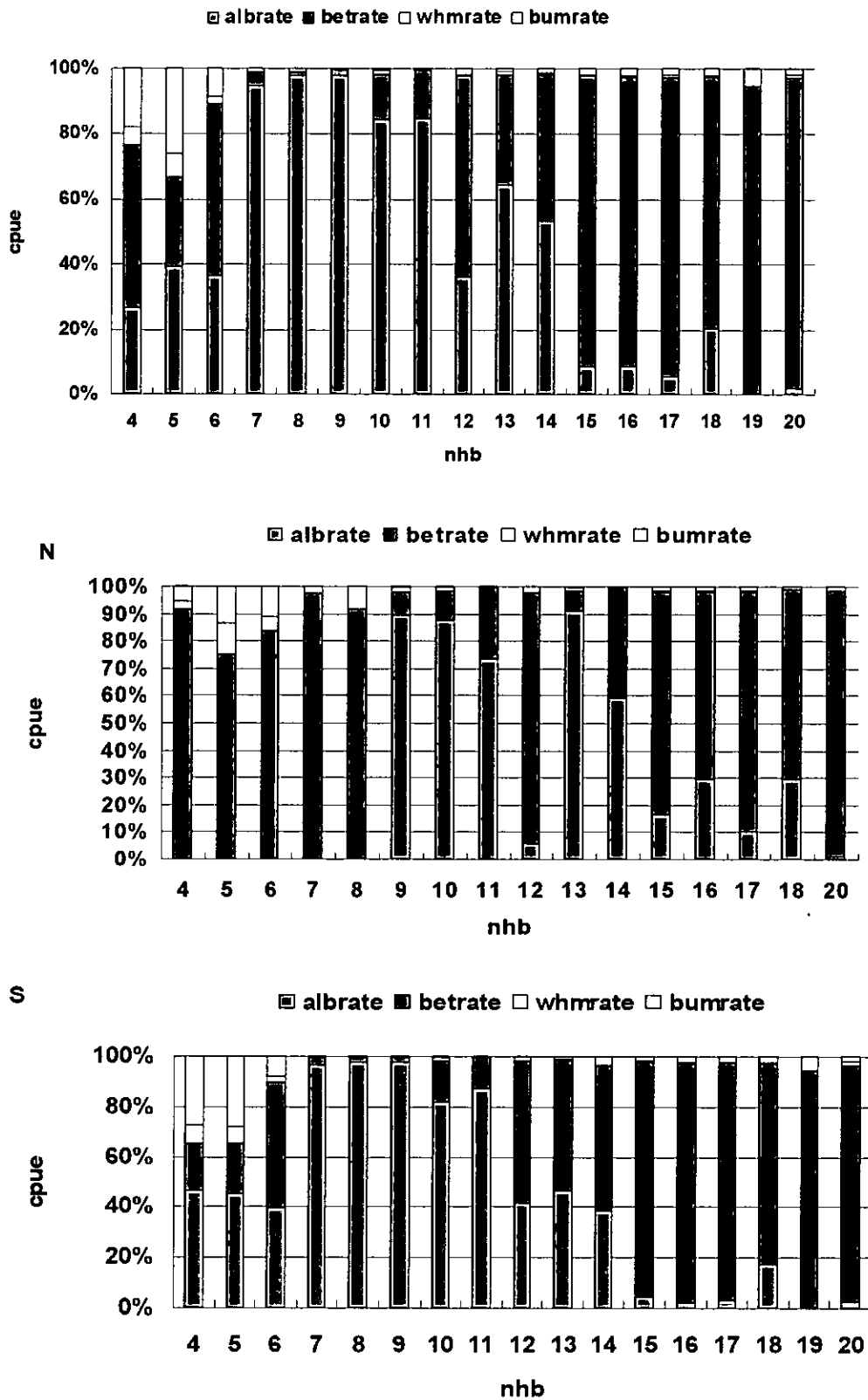


Figure 7. Catch compositions of albacore, bigeye, blue marlin and white marlin by different numbers of hooks per floats from Taiwanese longline fishery from 1967 to 2004 in the Entire Atlantic, North Atlantic and South Atlantic

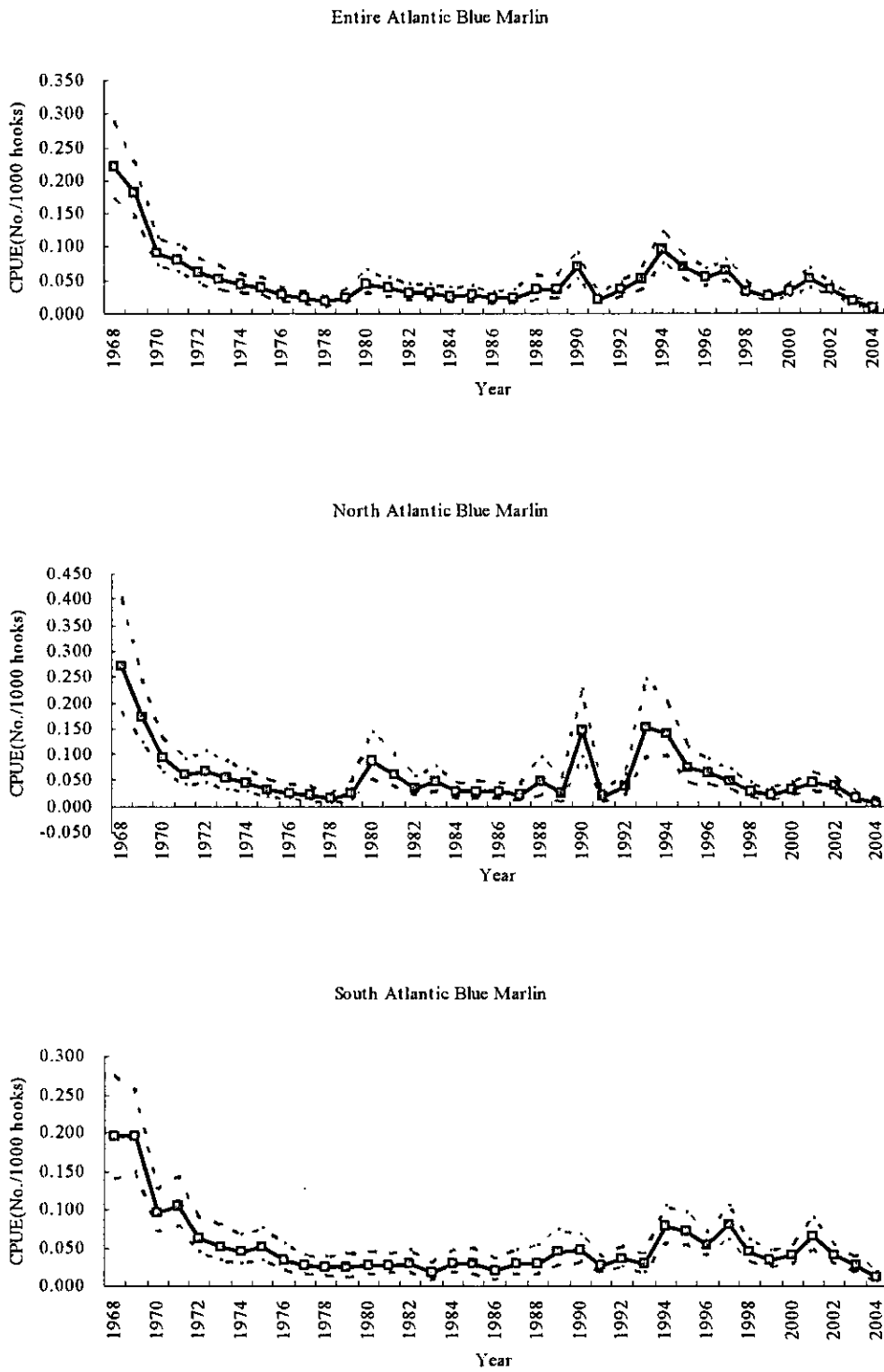


Figure 10. Standardized CPUE of blue marlin with estimated 95% confidence intervals in the entire, north, and south Atlantic for Taiwanese longline fishery.

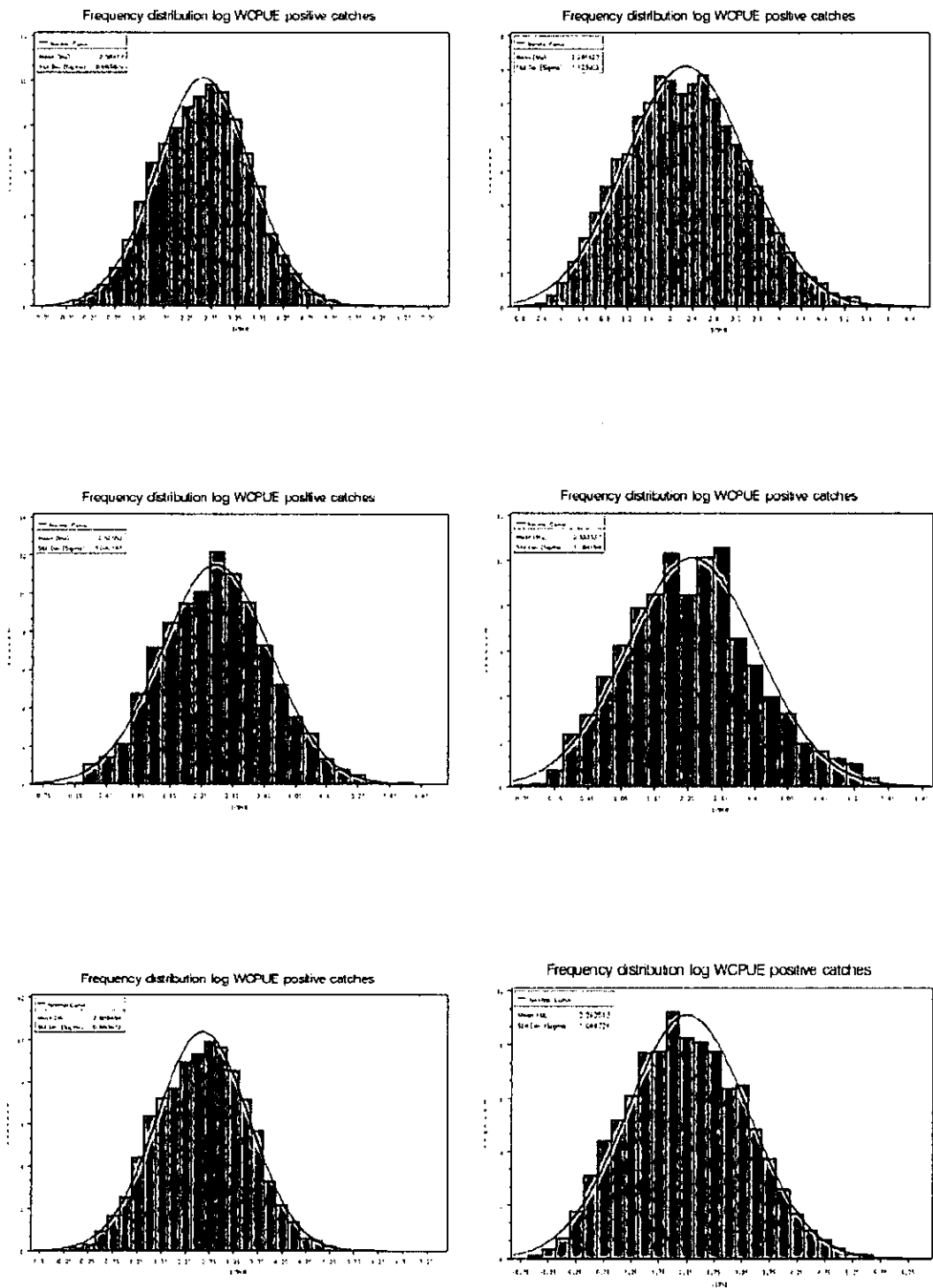


Figure 11. Frequency distribution of log value of positive CPUE (kg/1000 hooks).

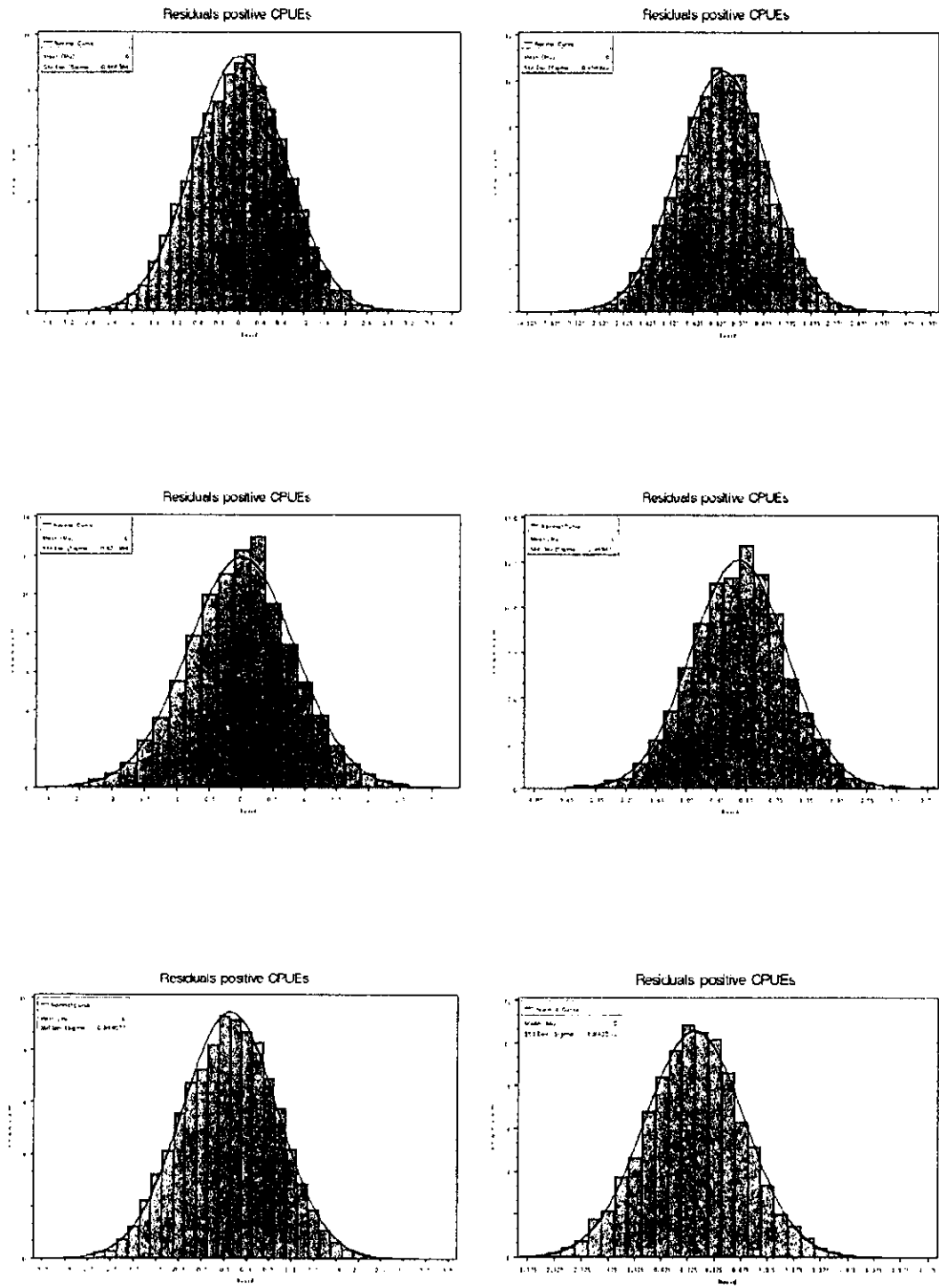


Figure 12. Residual plots for the Delta lognormal model.

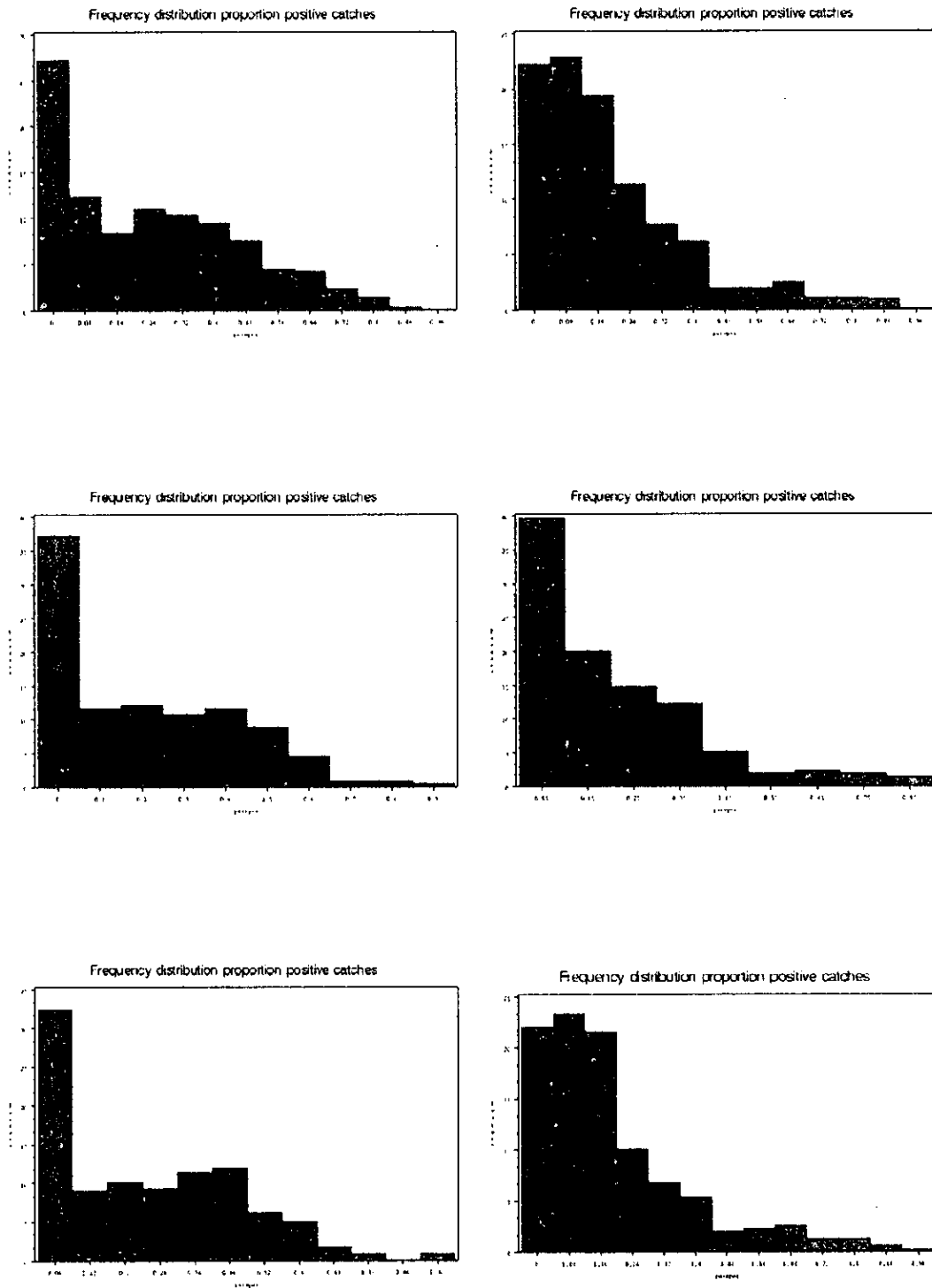


Figure 13. Frequency distribution of the proportions of positive catch rates.

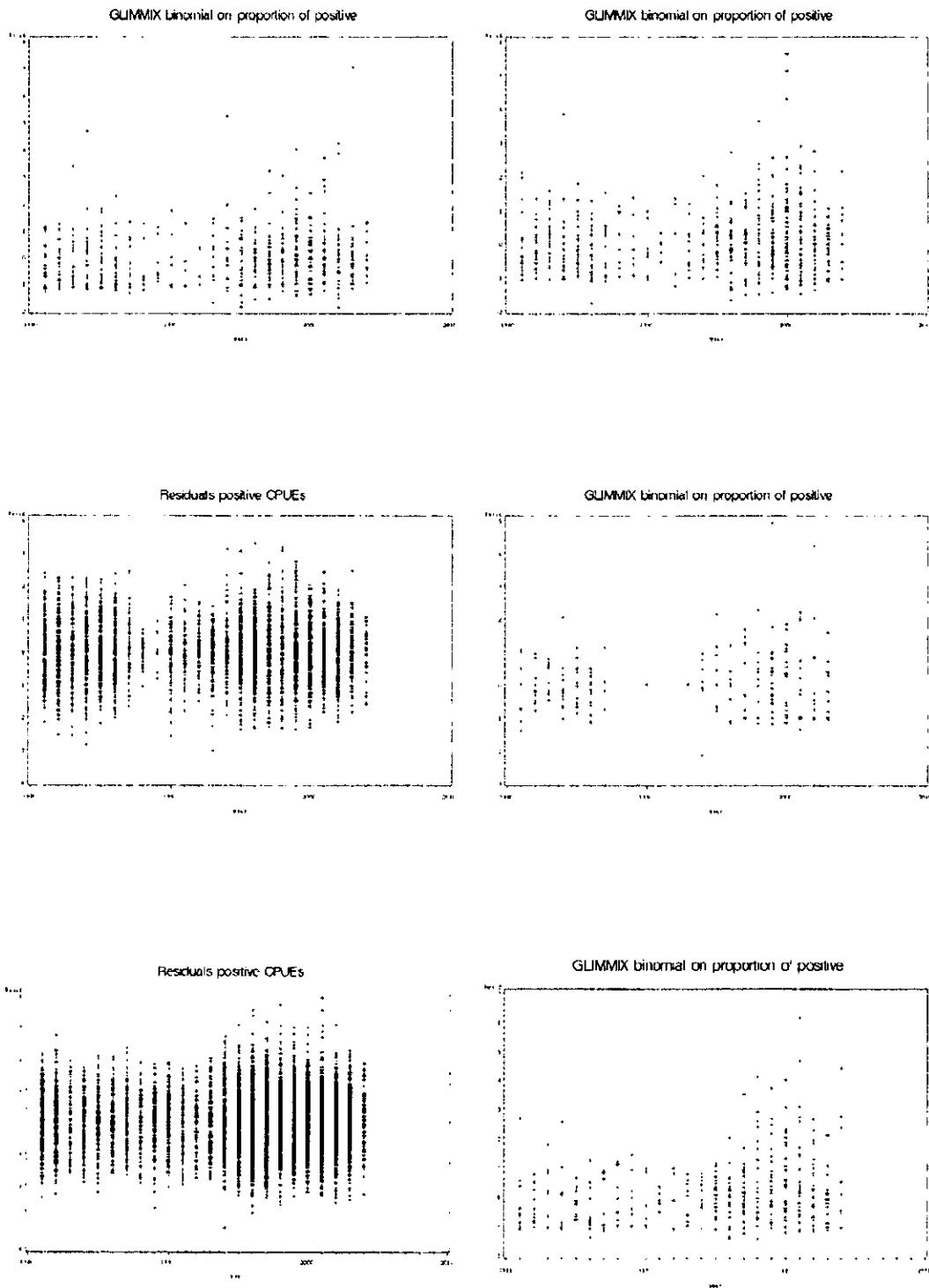


Figure 14. Residual plots versus CPUE for the Delta lognormal model.

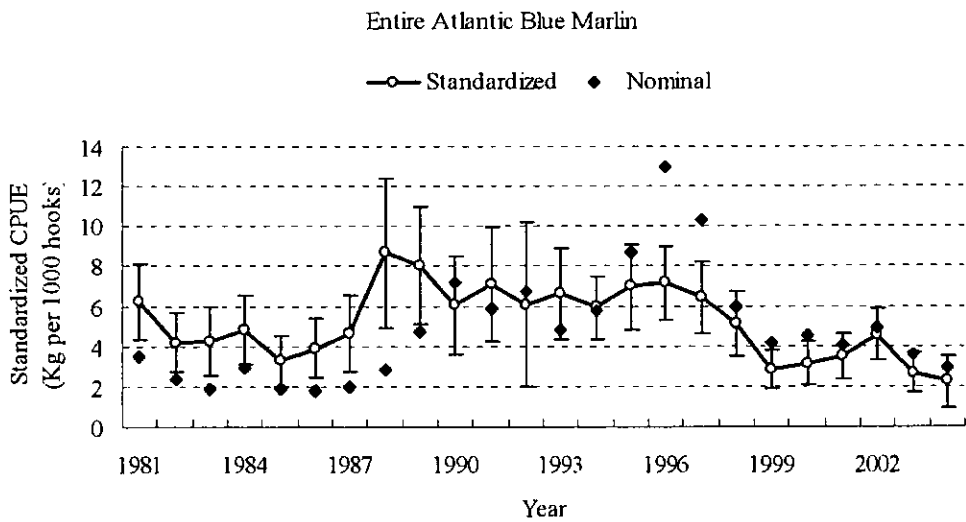
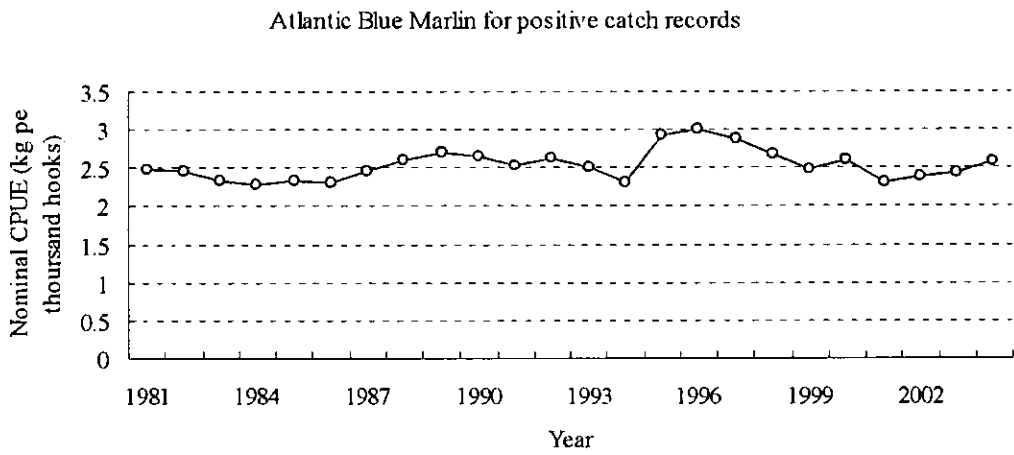
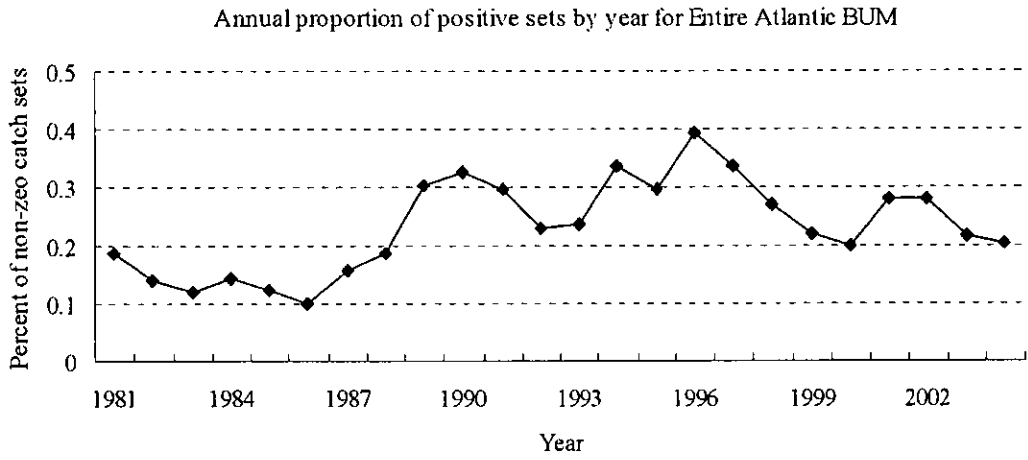


Figure 15. Estimated proportion of positive catches, standardized CPUE for positive catch sets, and nominal and standardized catch rate for blue marlin from Taiwan longline fishery, 1981-2004 in the Entire Atlantic. Bars represent 95% confidence intervals for the standardized catch rates.

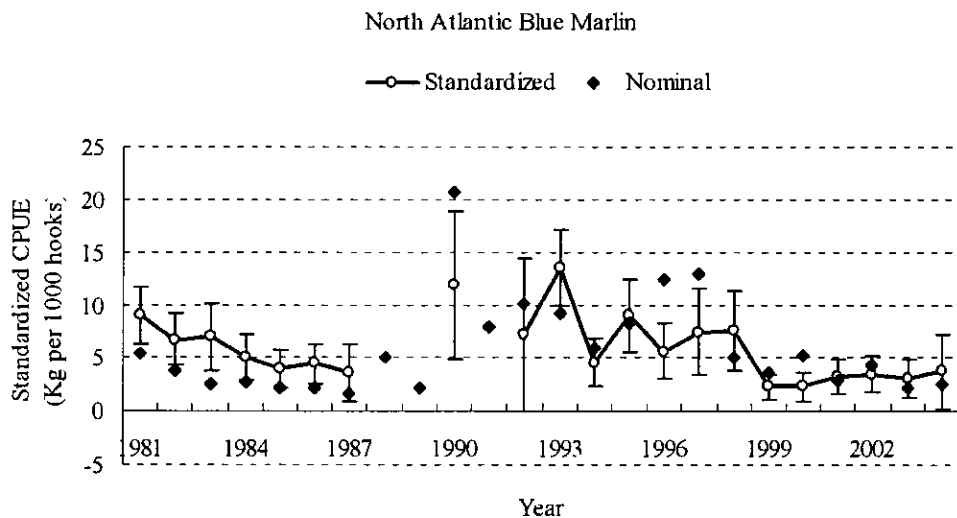
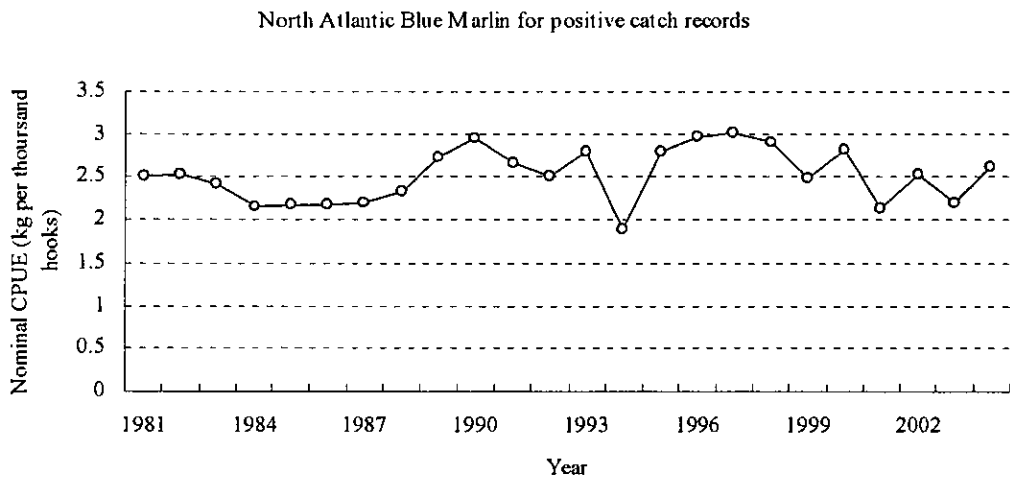
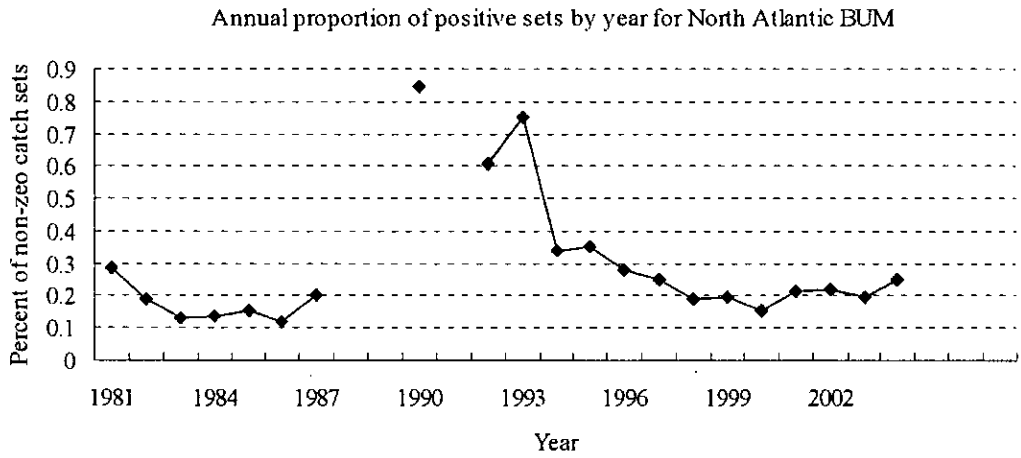


Figure 16. Estimated proportion of positive catches, standardized CPUE for positive catch sets, and nominal and standardized catch rate for blue marlin from Taiwan longline fishery, 1981-2004 in the North Atlantic. Bars represent 95% confidence intervals for the standardized catch rates.

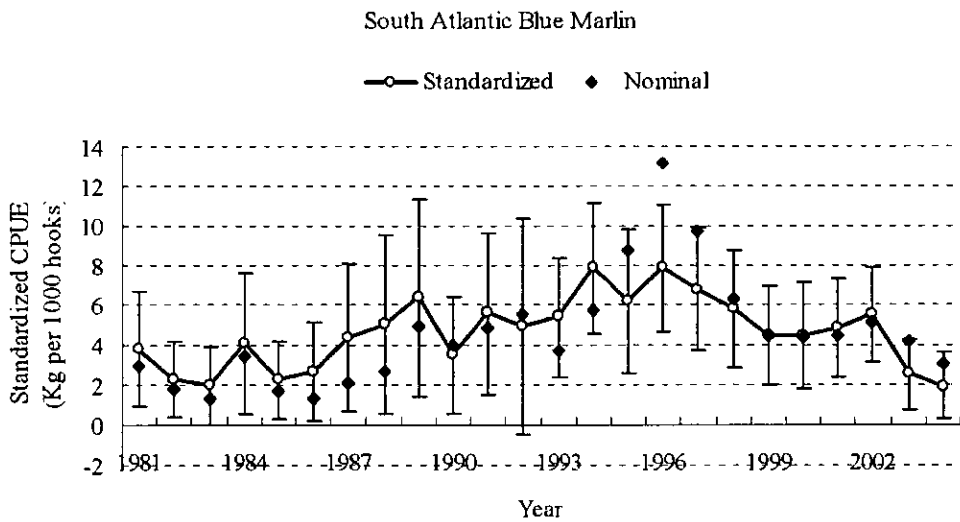
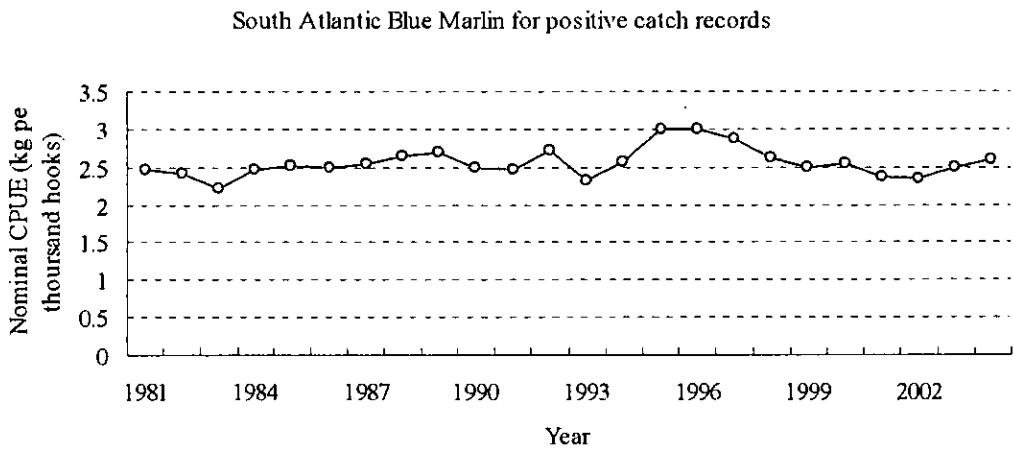
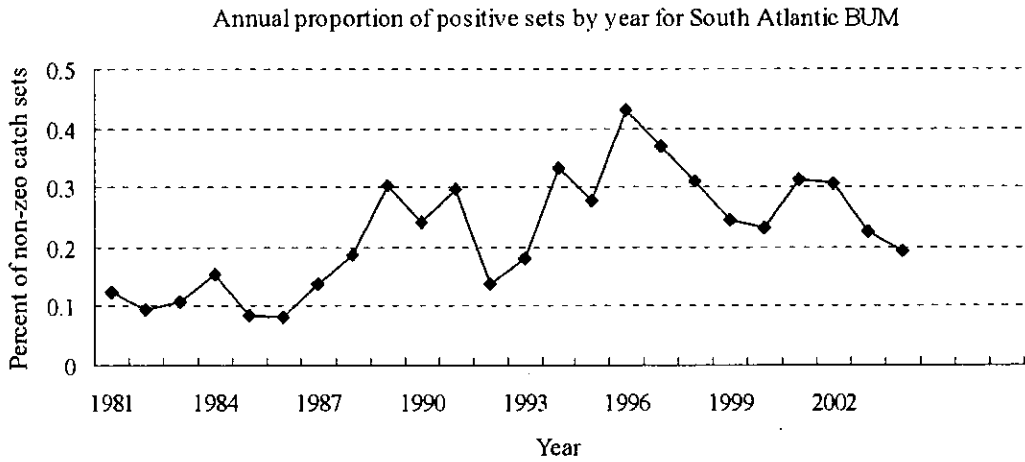


Figure 17. Estimated proportion of positive catches, standardized CPUE for positive catch sets, and nominal and standardized catch rate for blue marlin from Taiwan longline fishery, 1981-2004 in the South Atlantic. Bars represent 95% confidence intervals for the standardized catch rates.

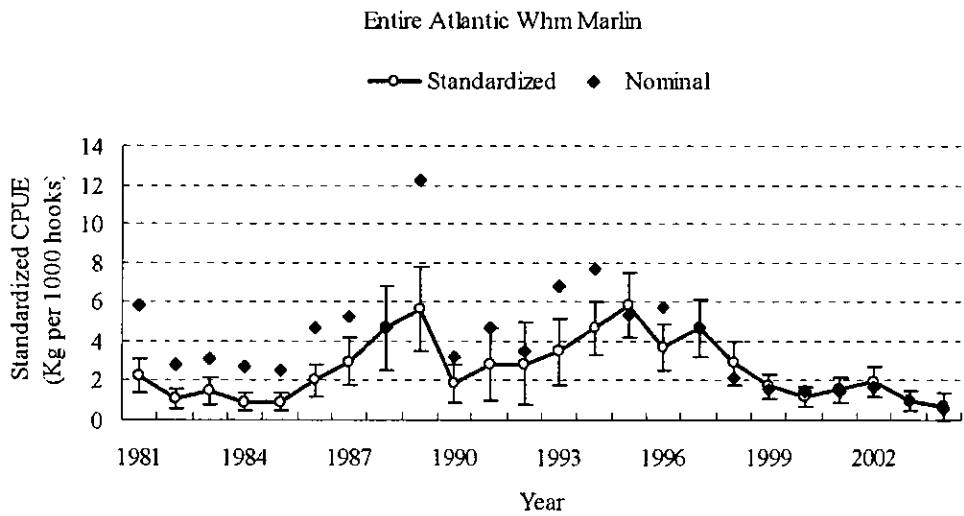
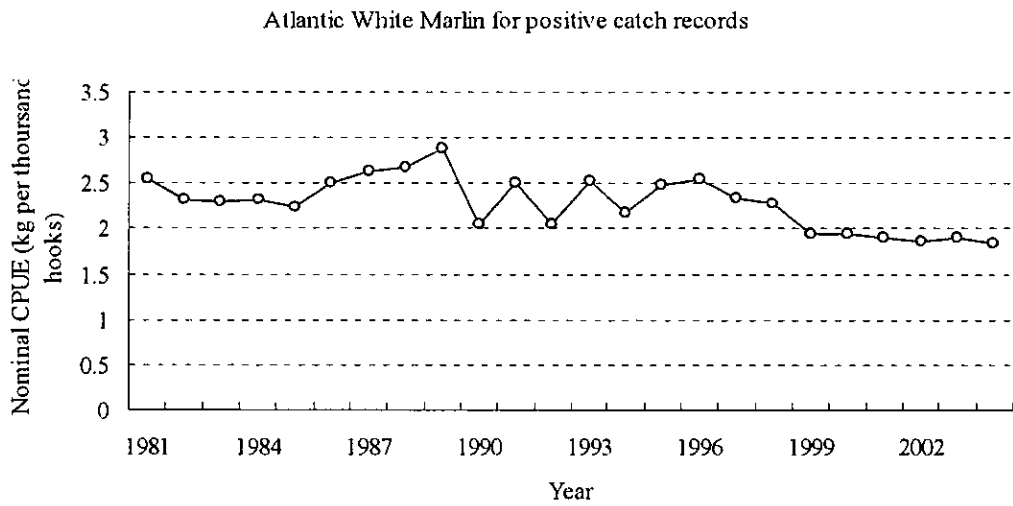
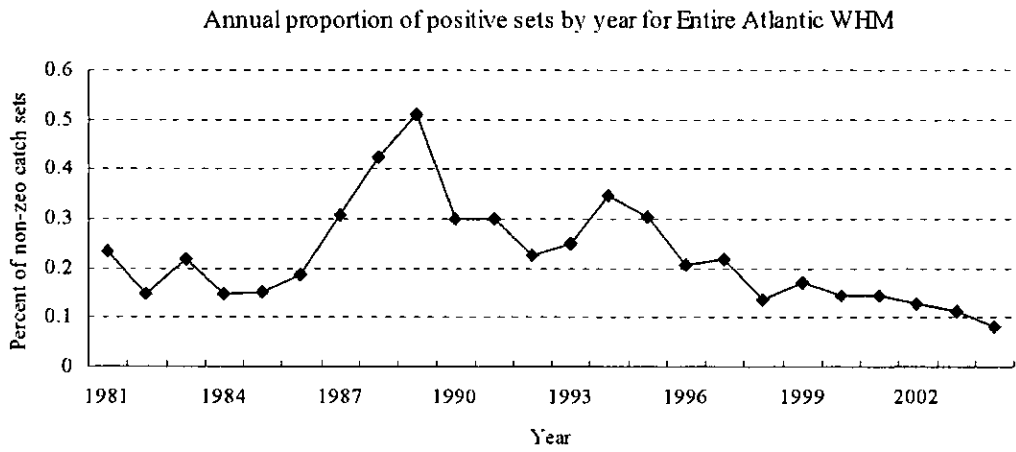


Figure 18. Estimated proportion of positive catches, standardized CPUE for positive catch sets, and nominal and standardized catch rate for white marlin from Taiwan longline fishery, 1981-2004 in the Entire Atlantic. Bars represent 95% confidence intervals for the standardized catch rates.

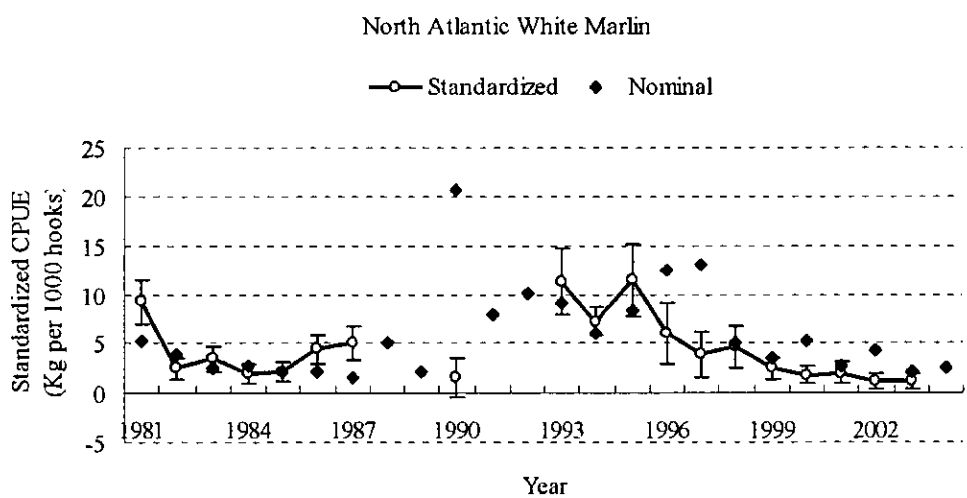
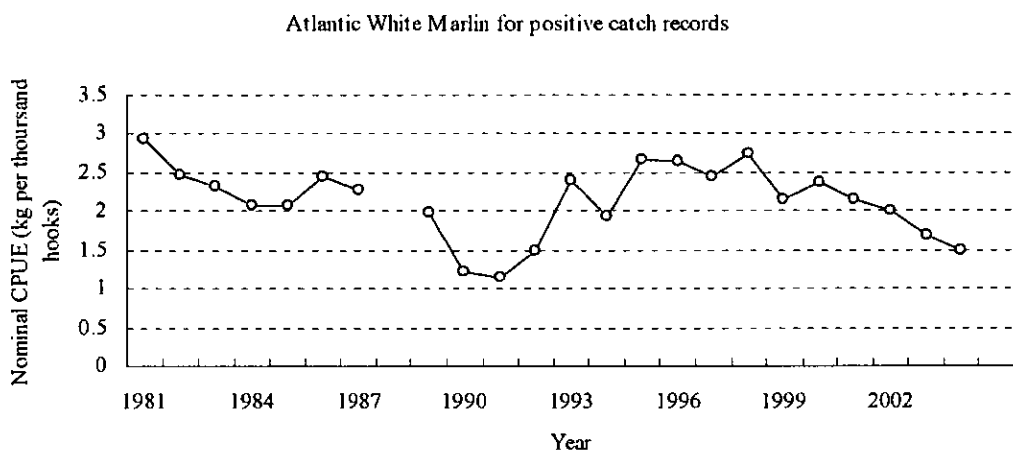
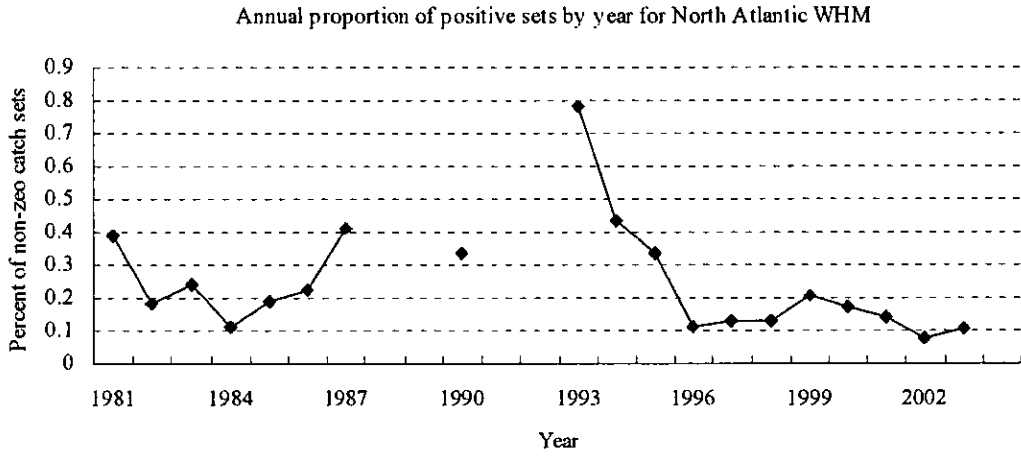


Figure 19. Estimated proportion of positive catches, standardized CPUE for positive catch sets, and nominal and standardized catch rate for white marlin from Taiwan longline fishery, 1981-2004 in the North Atlantic. Bars represent 95% confidence intervals for the standardized catch rates.

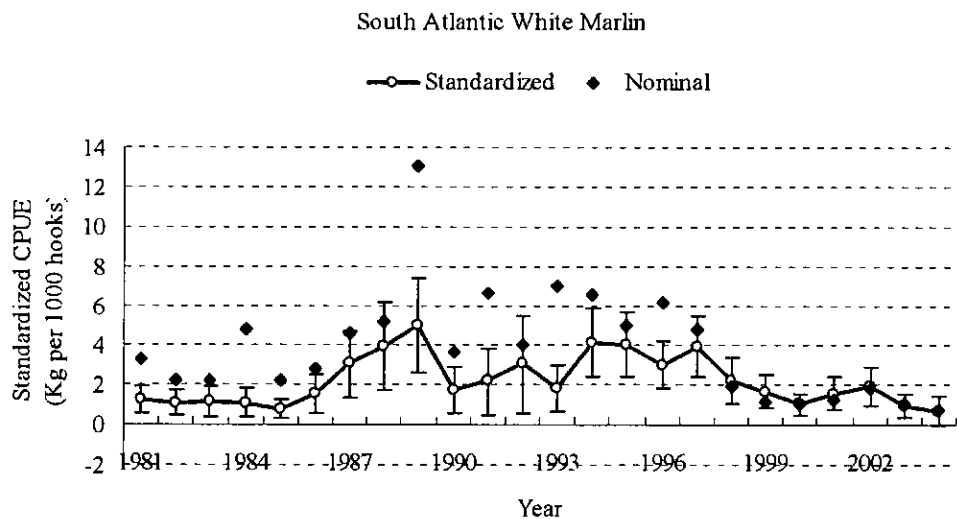
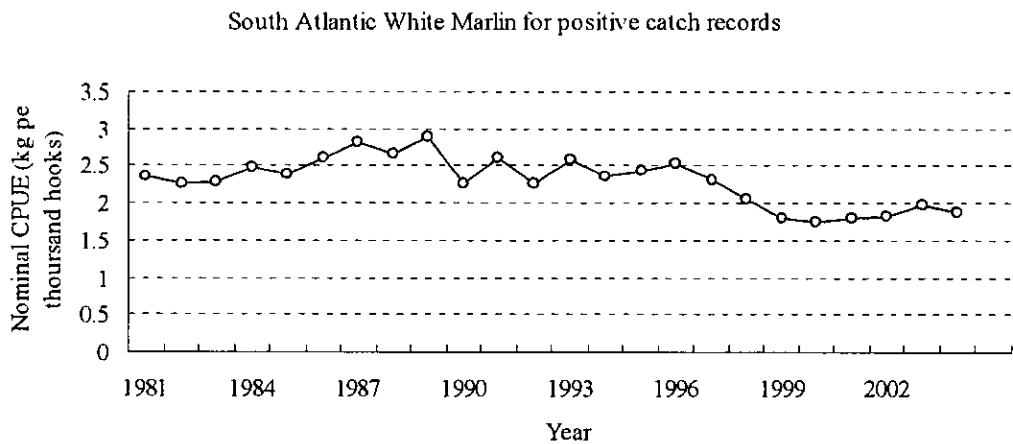
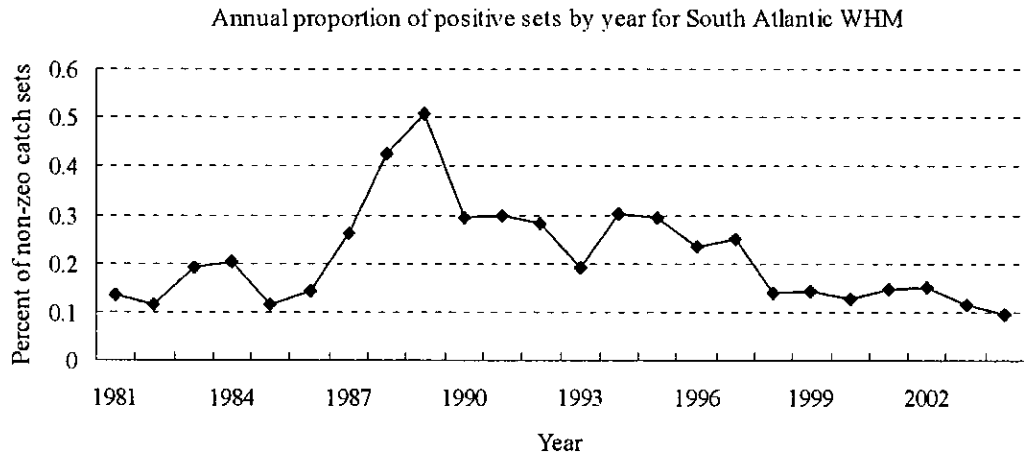


Figure 20. Estimated proportion of positive catches, standardized CPUE for positive catch sets, and nominal and standardized catch rate for white marlin from Taiwan longline fishery, 1981-2004 in the South Atlantic. Bars represent 95% confidence intervals for the standardized catch rates.

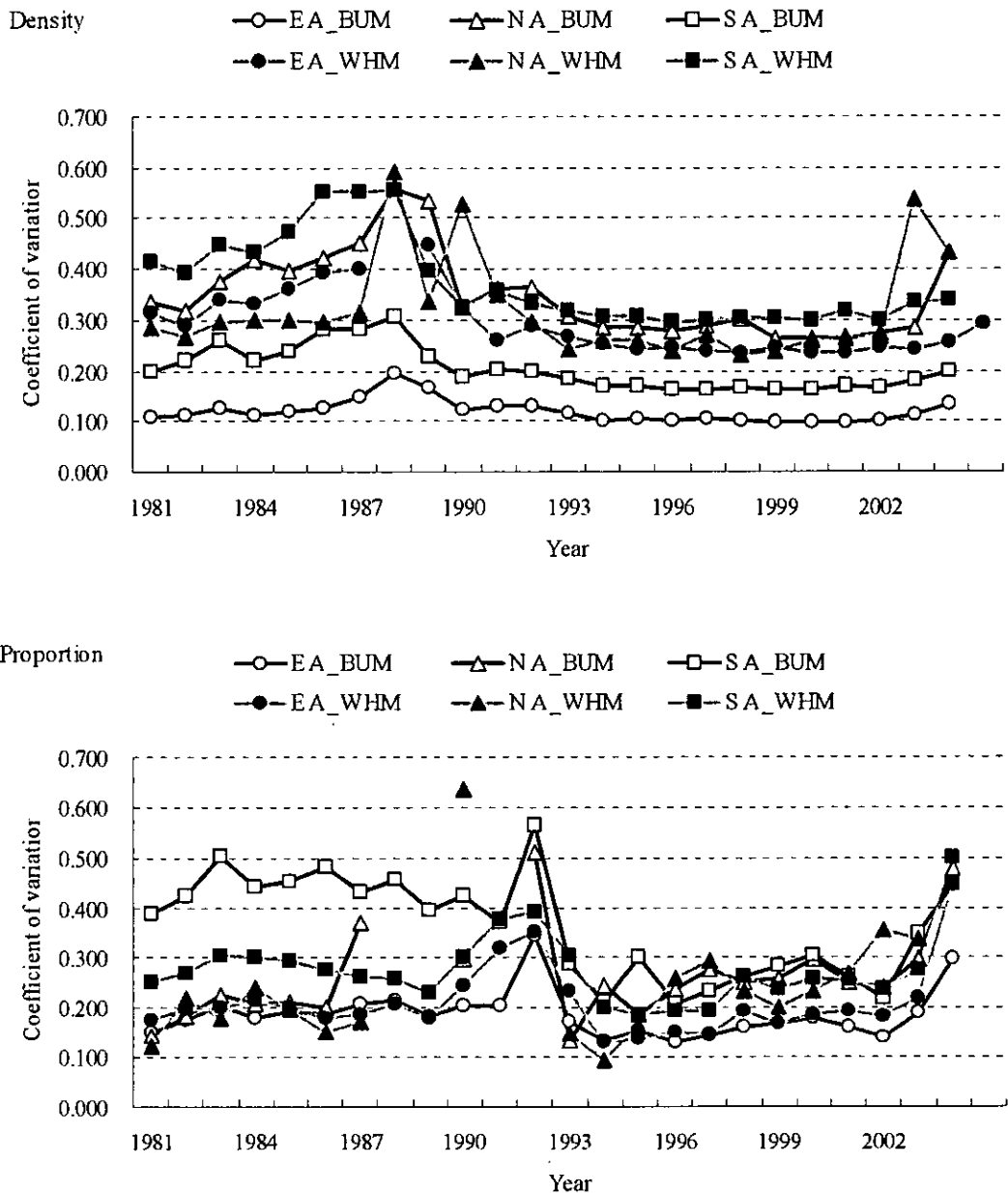


Figure 21. Coefficients of variation for estimates of the proportions of positive catch and positive catch rates for blue marlin and white marlin from Taiwan longline fishery, 1981-2004 in the Entire Atlantic, North Atlantic and South Atlantic.

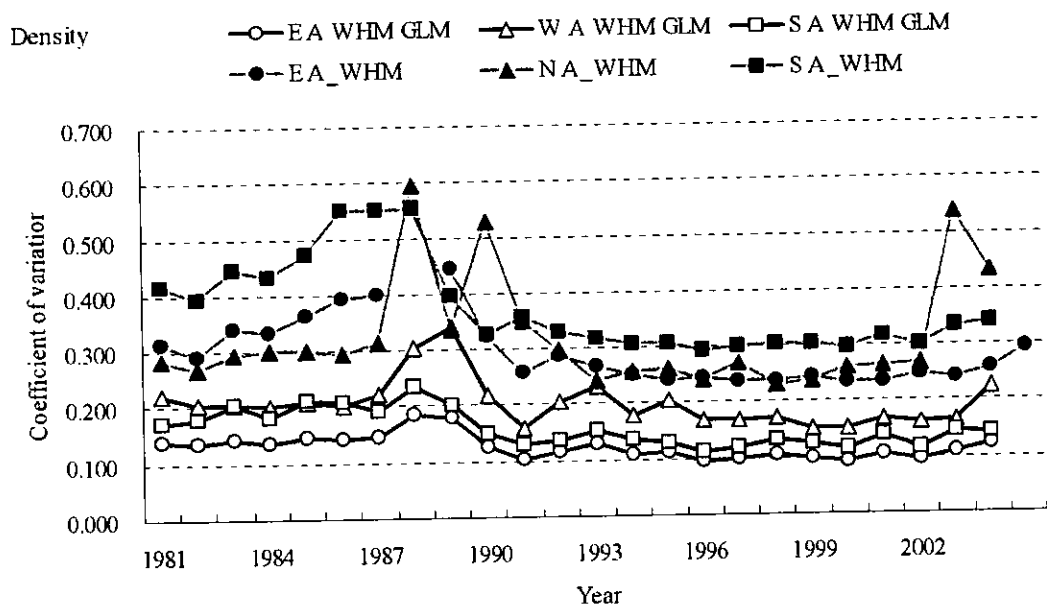
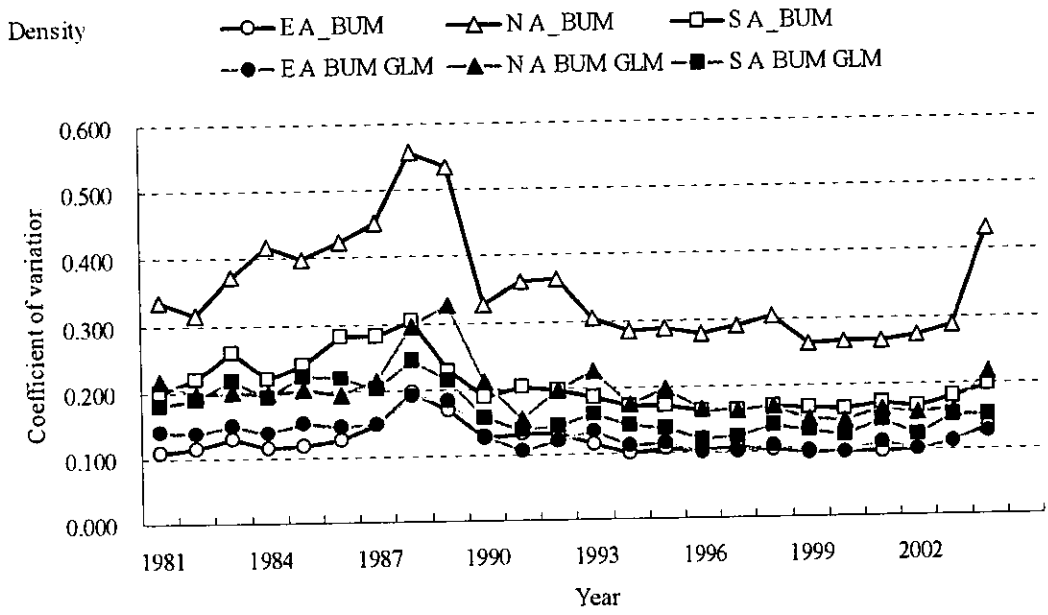


Figure 22. Coefficients of variation for estimates of positive catch rates by the Delta lognormal and GLM for blue marlin and white marlin from Taiwan longline fishery, 1981-2004 in the Entire Atlantic, North Atlantic and South Atlantic.

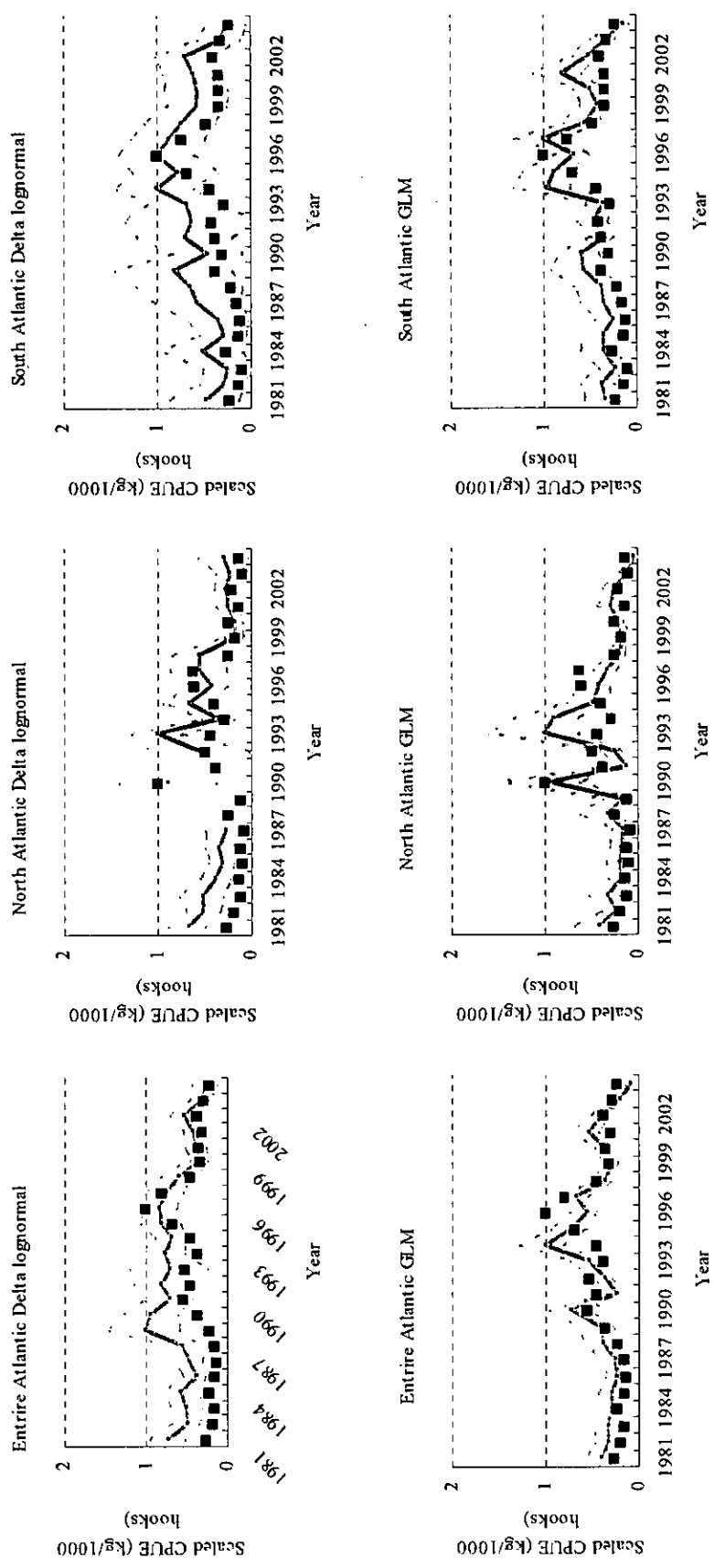


Figure 23. Scaled nominal and standardized CPUE series with estimated 95% confidence intervals for blue marlin. Results are shown for two models performed in this study.

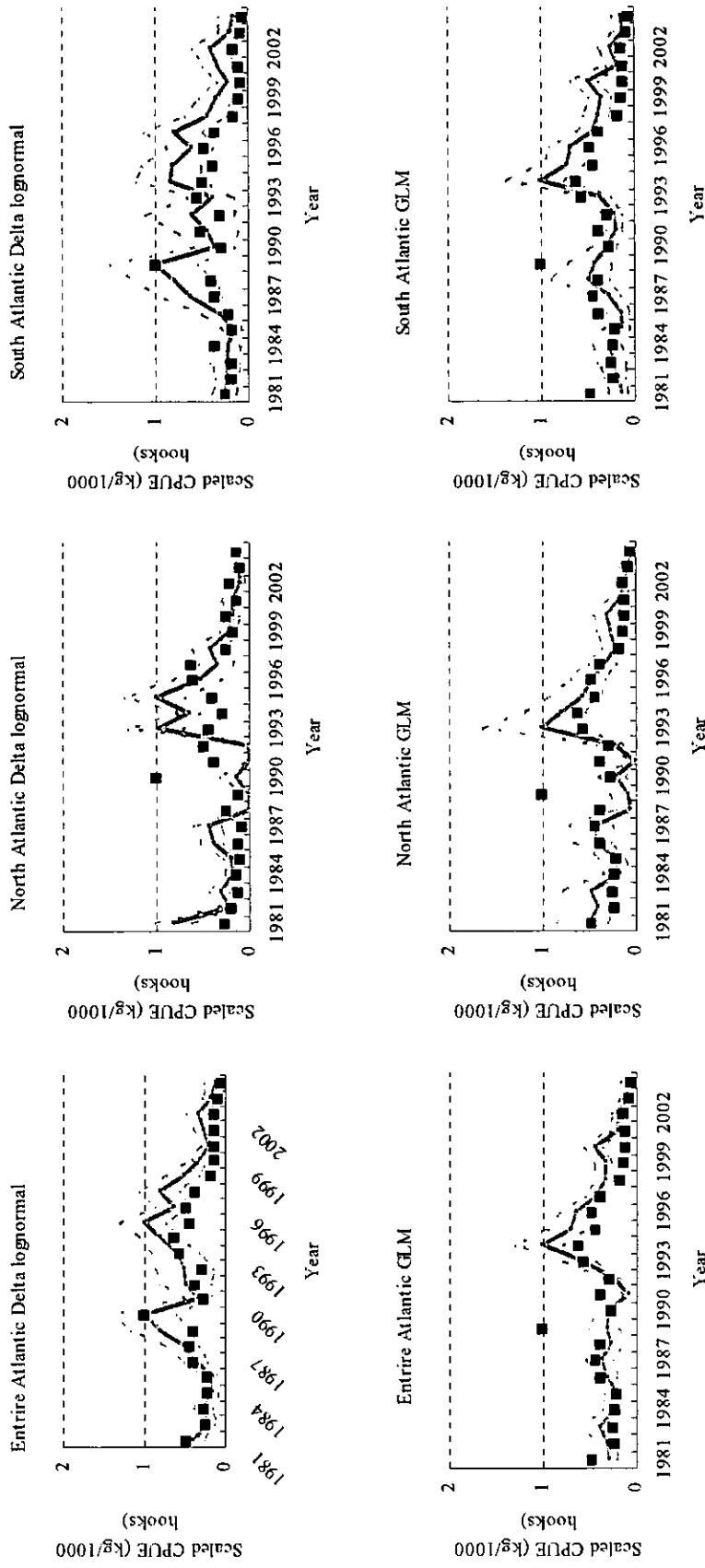


Figure 24. Scaled nominal and standardized CPUE series with estimated 95% confidence intervals for white marlin. Results are shown for two models performed in this study.