



# 康氏馬加鰆季節性洄游分布初探

鄭力綺<sup>1</sup>、何珈欣<sup>1</sup>、羅允信<sup>2</sup>、翁進興<sup>1</sup>、蕭仁傑<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 水產試驗所沿近海漁業生物研究中心、<sup>2</sup> 農業部漁業署、<sup>3</sup> 國立臺灣大學海洋研究所

## 前言

康氏馬加鰆 (*Scomberomorus commerson*) 俗稱土魠魚，為高經濟價值的洄游性魚類，廣泛分布於印度洋、西太平洋、紅海及南非等水深 100 m 以淺的淺海海域。在臺灣地區，該魚種主要以曳繩釣、延繩釣、流刺網、定置網等漁法捕獲，漁場主要分布於臺灣海峽，該區捕獲量約佔總漁獲量的 70% (Weng et al., 2021)。對照年齡—體長對照表，捕獲個體以 1—2 歲為主。隨著近年來全球暖化、棲地環境改變及高度漁獲壓力等影響下，康氏馬加鰆年產量自 2002 年的 6,600 公噸大幅度下降至 2022 年的 578 公噸，對其資源量監測及年間洄游分布等研究日益重要。

耳石係位在硬骨魚類內耳系統、具代謝惰性的碳酸鈣組織，於胚胎時期即形成，隨著個體成長向外沉積，呈時序性的明、暗帶分布，碳酸鈣結晶經沉積後不易因再吸收或其他生理因素而改變 (Campana and Neilson, 1985)，因此可根據耳石微細結構的元素組成時序變化，重建魚類的生活史特性或其所經歷的環境特性，如系群判別、洄游路徑、棲地利用情形等 (Volk et al., 2000; Tzeng and Tasi, 1994; Elsdon and Gillanders, 2003, Volk et al., 2000)。此外，耳石中的氧穩定同位素 ( $\delta^{18}\text{O}$ ) 受環境水的  $\delta^{18}\text{O}$  組成、鹽度與溫度等影響 (Thorrold et al., 1997; Campana, 1999) , Hanson 等 (2010)

以東北大西洋的環境溫度及海水  $\delta^{18}\text{O}$  值推算耳石輪紋對應之  $\delta^{18}\text{O}$  估計值 (以  $\delta^{18}\text{O}_{\text{estimator}}$  表示)，再與耳石  $\delta^{18}\text{O}$  實測值比對，推估大西洋鮭魚的時空間分布。羅 (2018) 則以海水溫、鹽度推算耳石微細結構對應之時間區間內的  $\delta^{18}\text{O}_{\text{estimator}}$ ，再與耳石  $\delta^{18}\text{O}$  實測值作比較，推估不同時間下康氏馬加鰆在臺灣海域的洄游分布。爰此，本計畫擬參考羅 (2018) 分析方式，以耳石  $\delta^{18}\text{O}$  值對照環境水的溫、鹽度時序列變化，作為康氏馬加鰆在臺灣周邊海域的季節性分布估計，探討該魚種生活史初期環境特性，以利該魚種漁業資源年間變動分析參考。

## 材料與方法

### 一、標本採集與耳石製備

本研究針對 2021 年 1、6 月及 2023 年 1 月於澎湖縣及高雄市梓官海域採集之 5 尾康氏馬加鰆進行體長 (cm)、體重 (kg) 測量，自魚體頭部移除頭蓋骨及腦組織後取出成對矢狀石 (以下簡稱耳石)，以 5% 雙氧水及去離子水潤洗、去除上方附著物後，置於微量離心管內，於 45°C 烘箱烘乾 24 小時。烘乾的耳石以腹面朝下、放入包埋板中，注入調配好的環氧樹脂及硬化劑 (15:2) 進行二次包埋。待包埋塊樹脂完全硬化後，標識耳石核心面、以慢速切割機切下厚度約 350—400  $\mu\text{m}$  的橫切面薄片 (transverse section)，分別作後續日輪判讀與  $\delta^{18}\text{O}$  分析使



用。

日輪判讀之耳石切片依序研磨、拋光至核心、日輪清晰，置於顯微鏡下方觀察、拍攝，供後續日輪計數使用。 $\delta^{18}\text{O}$  分析者則置於包埋板中進行第三次包埋，包埋塊硬化後以慢速切割機裁切至最適尺寸，再以研磨機研磨至耳石面裸露，並以熱熔膠固定於載玻片上方，作後續元素分析進樣的粉末刮取使用。

## 二、耳石氧穩定同位素分析

製備完成的耳石樣本置於電腦自動化控制微量刮取器 (micromill, ESI) 圓盤上， $x$ 、 $y$ 、 $z$  座標軸及點位經校正後，對照耳石日輪分布劃設取樣主路徑，再內插數條取樣線，以提高分析的解析度。考量微量刮取器取樣及質譜儀分析限制，每條取樣線刮取的耳石粉末體積應大於  $0.017\text{ mm}^3$ 。耳石邊緣外側刮設取樣溝槽，以利樣本粉末匯集、收取。

微量刮取器沿著取樣線刮取耳石粉末後，置於玻璃樣品瓶底部，並以封口蠟膜 (parafilm, PM-992) 封口、編號，待後續進樣分析。每條取樣線刮取的粉末體積、深度與位置應記錄，以利後續估計耳石  $\delta^{18}\text{O}$  分析值相對應的時間範圍。盛裝耳石粉末的樣本瓶依序置於自動進樣系統 (Kiel Carbonate Device IV, Thermo Electron Corporation)，儀器內部溫度維持在  $70^\circ\text{C}$ ，自動將磷酸注入樣品瓶內與耳石粉末反應，透過反覆升、降溫去除反應過程中產生的水分子與其他氣體，最後將產出的二二氧化碳進樣至質譜儀 (Finnigan MAT 253, Thermo Electron Corporation) 進行  $\delta^{18}\text{O}$  分析。每 6 個樣本應穿插放置 1 個國際標準品 NBS19 (International Atomic Energy Agency,

Vieena)，以校正樣本分析數值。樣本的  $\delta^{18}\text{O}$  值以下列公式計算：

$$\delta^{18}\text{O} = (\text{R}_{\text{sample}} - \text{R}_{\text{standard}}) / \text{R}_{\text{standard}} \times 1000 (\text{‰})$$

$\text{R}_{\text{sample}}$  為樣本  $\delta^{18}\text{O}$  與  $\delta^{16}\text{O}$  比值， $\text{R}_{\text{standard}}$  為標準品 NBS19 的  $\delta^{18}\text{O}$  與  $\delta^{16}\text{O}$  比值。NBS19 的  $\delta^{18}\text{O}$  值為  $-2.2\text{‰}$ ，重複測定之精度約  $0.08 - 0.09\text{‰}$ 。根據取樣位置對照耳石日輪分布，確定分析之時間區段後，繪製耳石核心至邊緣  $\delta^{18}\text{O}$  值時序列變化趨勢圖，作為後續推估該魚種季節性分布變化之基準。

## 三、季節性分布估計

本研究以環境參數 (溫度、鹽度) 推估之耳石  $\delta^{18}\text{O}_{\text{estimator}}$  與耳石  $\delta^{18}\text{O}$  分析值比對，進行康氏馬加鰭時序列的分布估計。根據 Weng 等 (2021) 該魚種主要棲息於  $100\text{ m}$  以淺的表水層，因此，對照耳石日輪分布相對應的分析時間範圍，自 HYCOM 環境資料庫下載臺灣周邊海域 (北緯  $20 - 35$  度、東經  $115 - 130$  度) 相對應時段內每日水深  $0 - 100\text{ m}$  間的平均溫、鹽度 (水深  $< 100\text{ m}$  之區域，以該點位海表層至最深深度的環境值分析)，參考 Kitagawa 等 (2013)、羅 (2018) 套適以下公式推算每日點位的海水  $\delta^{18}\text{O}$  值 (式 a) 及該水文環境下該魚種的  $\delta^{18}\text{O}_{\text{estimator}}$  (式 b)：

$$(a) \delta^{18}\text{O}_{\text{seawater}} (\text{VSMOW}) = 0.385 \text{S} (\text{‰}) - 13.05 \\ (\text{R} = 0.87) ;$$

$$(b) \delta^{18}\text{O}_{\text{estimator}} (\text{VPDB}) = \delta^{18}\text{O}_{\text{seawater}} (\text{VSMOW}) \\ - 0.27T (\text{°C}) + 5.19 (r^2 = 0.81) ;$$

(a) 式中  $\text{S}$  為該環境點位的鹽度 ( $\text{‰}$ )， $T$  為海水溫度 ( $^\circ\text{C}$ )， $\delta^{18}\text{O}_{\text{seawater}}$  以 Vienna Standard Mean Ocean Water (VSMOW) 參考值表示；(b) 式  $\delta^{18}\text{O}_{\text{estimator}}$  以 Vienna Pee Dee

Belemnite (VPDB) 參考值表示 (Kitagawa et al., 2013; 羅, 2018)。

考量該魚種為高度游泳能力的洄游性魚類，受取樣及分析儀器限制，每一耳石取樣線分布涵蓋數日至數周不等，因此耳石  $\delta^{18}\text{O}$  分析值將呈現相對應的時間區間內、隨著空間分布改變下的  $\delta^{18}\text{O}$  平均值，而每日的耳石  $\delta^{18}\text{O}$  值應在該分析值特定範圍內上、下波動。為有效呈現該魚種分布範圍，參考羅 (2018) 採用等值線頻度分布 (probability of occurrence) 比較耳石  $\delta^{18}\text{O}$  分析值及  $\delta^{18}\text{O}$  estimator，作後續分布估計推算。首先將臺灣周邊海域以長、寬各 20 km 之方形網格劃分，以等值線形式繪製在分析期間每個網格的  $\delta^{18}\text{O}$  estimator 與  $\delta^{18}\text{O}$  分析值重疊分布的機率，作為等值線頻度分布圖，該方法將呈現洄游分布機率大於 0 的區域。

期相符。

依據耳石核心至邊緣的  $\delta^{18}\text{O}$  分析值分布，編號 1 在春末至夏季間 (5 – 8 月)  $\delta^{18}\text{O}$  值約  $-2\text{\textperthousand}$ ，秋季 (8 月下旬至 11 月中旬) 先微幅下降至最低值 ( $-2.2\text{\textperthousand}$ ) 後上升 ( $-1.73$  –  $1.83\text{\textperthousand}$ )，於冬季 (11 月下旬至翌年 1 月) 則增加至最高值 ( $-1.63\text{\textperthousand}$ ) (圖 1A)。編號 2、4 有相似的季節性變動，於春末、夏季 (5 – 8 月) 出現最低值 ( $-3.34$  –  $-3.16\text{\textperthousand}$ )，秋季 (9 – 11 月) 增加至  $-2.35$  –  $-2.19\text{\textperthousand}$ ，冬季 (12 月至翌年 1 月) 時編號 2 達最高值 ( $-1.51\text{\textperthousand}$ )，編號 4 則微幅下降至  $-2.37\text{\textperthousand}$  (圖 1B、D)。編號 3 與編號 1 前期 (春末、夏季) 相似，5 – 8 月  $\delta^{18}\text{O}$  值介於  $-2.32$  –  $-2.10\text{\textperthousand}$ ，然於秋末、冬初 (10 月下旬至 12 月上旬) 微幅下降至  $-2.41\text{\textperthousand}$ ，於冬季則上升至最高值 ( $-1.42\text{\textperthousand}$ ) (圖 1C)。

由於耳石年輪輪距會隨著體長增長速度下降而縮窄，加上微量取樣器、質譜儀分析限制等，單一取樣線恐涵蓋數月不等，致第 1 年輪後的  $\delta^{18}\text{O}$  分析值解析度大幅度下降。因此，年齡 9<sup>+</sup> yr 的編號 5 樣本僅針對耳石核心至第 1 年輪間的分析值作季節性分布探討。該區間  $\delta^{18}\text{O}$  值自春末 (5 月) 的  $-2.62\text{\textperthousand}$  下降至夏初 (5 月下旬至 6 月) 的  $-3.03\text{\textperthousand}$ ，為最低值。於夏季中旬 (6 月下旬至 7 月) 的  $-2.94\text{\textperthousand}$  增加至 9 月的  $-2.37\text{\textperthousand}$ ，

## 結果

### 一、耳石氧穩定同位素時序變化

本研究 5 尾康氏馬加鰭樣本體長、體重及捕獲日期如表 1。經耳石日 (年) 輪判讀，除樣本編號 5 年齡為 9<sup>+</sup> yr 外，其餘 4 尾個體均未滿 1 yr (226 – 249 days)，孵化時間經推估約為 5 月 (表 1)，與 Weng 等 (2020) 觀察之生殖高峰

表 1 康氏馬加鰭編號 1-5 之體長 (cm)、體重 (kg)、捕獲日期、年 (日) 齡及孵化日期

編 號	捕獲日期 (年/月/日)	性 別	尾叉長 (cm)	體 重 (kg)	年(日)齡 (days/yr)	孵化日期 (年/月/日)
1	2023/1/10	雄	63.1	1.98	249 days	2022/5/7
2	2023/1/10	雌	77.1	3.4	226 days	2022/5/30
3	2021/1/19	雌	70.1	2.98	239 days	2020/5/26
4	2023/1/10	雄	62	1.76	241 days	2022/5/15
5	2021/6/17	雌	150	19.1	9 <sup>+</sup> yr	2012/5/10

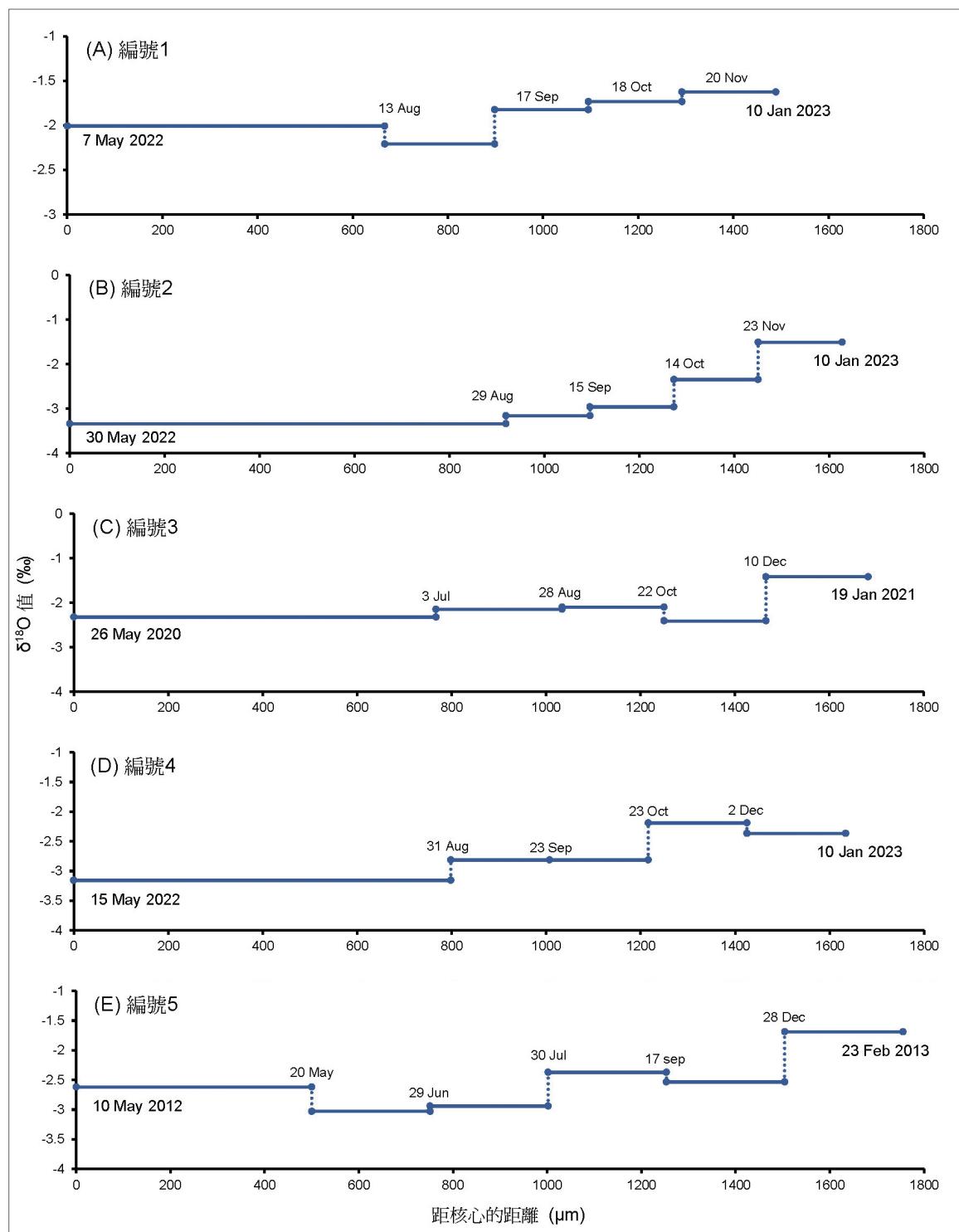


圖 1 康氏馬加鰭編號 1-5 耳石  $\delta^{18}\text{O}$  分析值時序變化。趨勢線轉折點上方之日期為依據耳石日輪輪數推算之相對應時間



隨後又微幅下降至秋末、冬初 (9 月下旬至 12 月上旬) 的  $-2.53\text{\textperthousand}$ 。冬季 (12 月下旬至翌年 2 月) 則大幅度增加至  $-1.69\text{\textperthousand}$ ，為最高值 (圖 1E)。

綜上觀察，5 尾樣本的耳石  $\delta^{18}\text{O}$  分析值呈明顯的季節性變化，春、夏季約介於  $-2 - -3.4\text{\textperthousand}$  間，秋季則不低於  $-3\text{\textperthousand}$ 。除編號 4 冬季稍低於秋末分析值外，其餘個體在冬季均達最高值。由此顯示，在冬季時棲息水溫有明顯下降的趨勢。

## 二、季節性分布估計

依據本研究康氏馬加鰆樣本耳石  $\delta^{18}\text{O}$  分析值及微細結構相對應的時間區間，依序以環境參數推算  $\delta^{18}\text{O}_{\text{estimator}}$ ，進一步分析等值線頻度分布估計。

編號 1 在春末至夏季 (5 – 8 月) 主要分布於中國沿岸、臺灣西部沿海、臺灣海峽至臺灣淺灘等區域，以澎湖周邊海域有較高的頻度分布 ( $\geq 20\%$ )。8 月下旬至 9 月中旬等值線頻度  $> 10\%$  的區域擴張至整個臺灣海峽、臺灣西部沿海、中國沿岸及沖繩海槽邊緣等地，同以澎湖周邊海域有最高的頻度分布，約  $50 - 70\%$ 。9 月中下旬至 10 月中旬等值線頻度  $> 10\%$  面積縮減，自中國沿海經臺灣海峽北部，沿著臺灣西部海域向臺灣淺灘往南延伸至南海陸棚北側分布，以臺灣西南沿海、澎湖海域及臺灣淺灘的分布機率最高 ( $50 - 80\%$ )。秋末至冬初 (10 月中旬至 11 月下旬) 分布面積明顯下降，主要分布於臺灣西南沿海、臺灣淺灘及南海陸棚北部等區域，以臺灣西南海域頻度分布最高 ( $10 - 40\%$ )。冬季 (11 月下旬至翌年 1 月) 分布範圍最小，主要集中於臺灣西南沿海、臺灣淺灘及南海陸棚北側等

海域，捕獲位置與頻度分布  $10\%$  範圍重疊 (圖 2A)。

編號 2 在春末至夏季 (5 – 8 月) 主要分布於中國沿岸，在臺灣南部海域僅點狀零星分布。秋季 (9 – 10 月) 分布範圍增加，除中國沿岸外，臺灣西部向北至沖繩海槽邊緣、向南經臺灣海峽南部至南海陸棚延伸亦有帶狀分布 (10%)。秋末 (10 月中旬至 11 月下旬) 分布範圍與 9 – 10 月上旬相似，面積明顯縮減。冬季 (11 月下旬至翌年 1 月) 於沖繩海槽邊緣兩側、臺灣西南部海域、臺灣淺灘至南海陸棚間均有分布，其中，以西南沿海頻度分布最高 ( $10 - 40\%$ )。捕獲位置與  $10\%$  等值線頻度分布範圍重疊 (圖 2B)。

編號 3 於春末至夏季中旬 (5 月下旬至 7 月上旬)，在中國沿海、澎湖周邊海域有較高的頻度分布 ( $> 10\%$ )，於臺灣西部沿海向北至沖繩海槽邊緣、向南至臺灣淺灘、南海陸棚北側等海域亦有  $10\%$  等值線頻度分布。夏季中下旬 (7 – 8 月) 分布面積大幅度增加， $> 10\%$  等值線頻度分布範圍自中國沿岸向南擴張至整個臺灣海峽，以澎湖海域有較高的分布機率 ( $> 60\%$ )。夏末至秋季中旬 (8 月下旬至 10 月下旬) 與 7 – 8 月分布相似， $> 10\%$  等值線頻度分布範圍向東偏移，自臺灣海峽北側經臺灣西部近海、向臺灣淺灘延伸。秋末至冬季 (10 月下旬至翌年 1 月) 分布面積大幅度下降，於臺灣西部沿海、沖繩海槽邊緣、臺灣淺灘等區域呈帶狀分布。捕獲位置與  $10\%$  等值線頻度分布重疊 (圖 2C)。

編號 4 在春末至夏末 (5 月下旬至 8 月下旬) 主要分布於中國沿海，夏末至秋季 (8 月下旬至 10 月下旬) 在中國沿海的分布機率逐月減少，臺灣西部沿海向北至沖繩海槽邊緣，向南經澎湖水道至臺灣淺灘及南海陸棚北側等海域則呈帶狀分

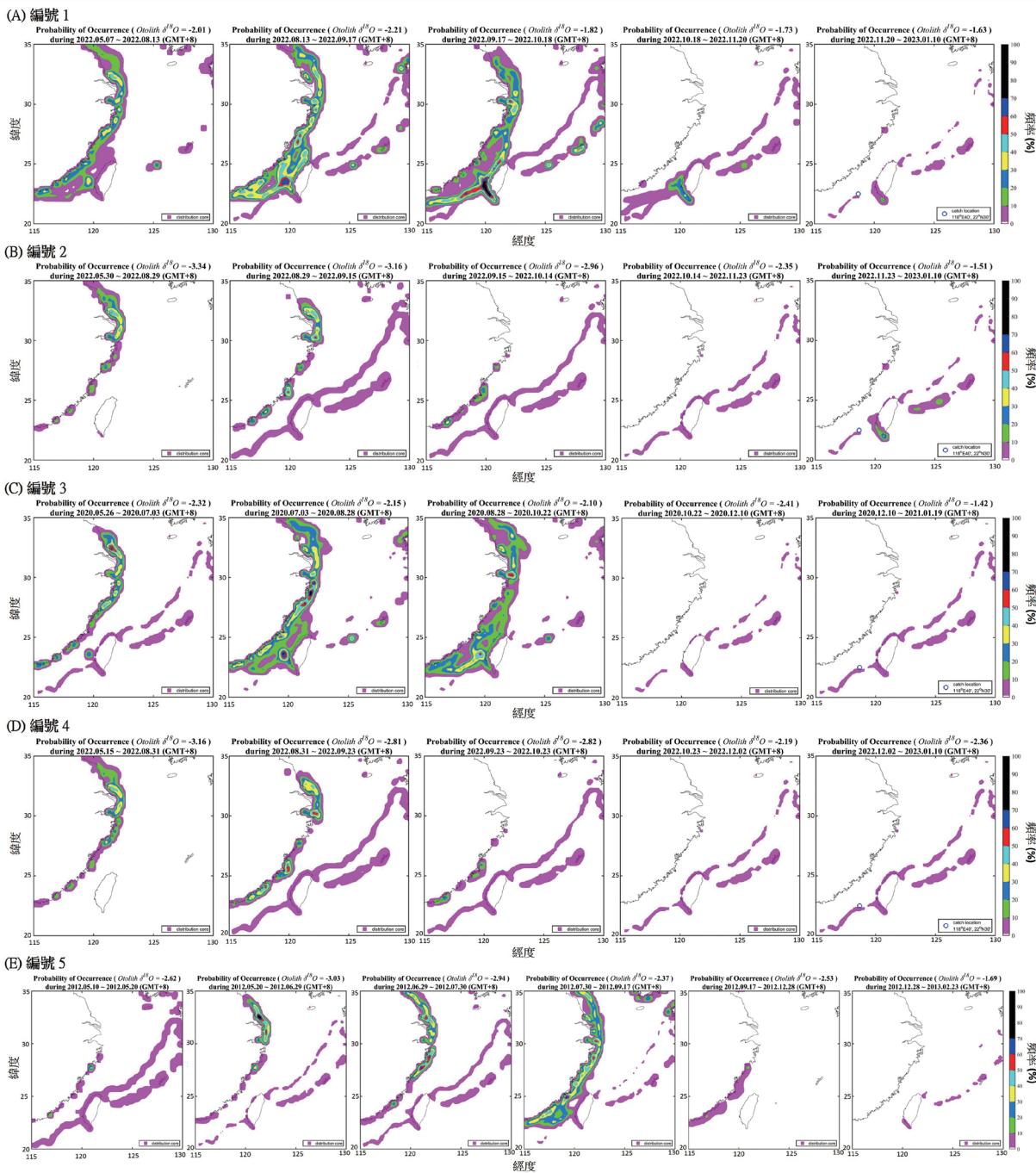


圖 2 康氏馬加鰭編號 1-5 (A-E) 以等值線頻度分析法推估之季節性分布範圍

布。秋末至冬季 (10 月下旬至翌年 1 月) 僅於沖繩海槽邊緣、臺灣西部沿海、臺灣淺灘及南海陸棚等海域呈帶狀分布。捕獲位置與 10% 等值線頻度分布重疊 (圖 2D)。

編號 5 生活史初期 (第 1 年輪形成前) 的季

節性分布，5 月上中旬於臺灣西部沿海向北至沖繩海槽邊緣、向南至臺灣淺灘及南海北側等海域呈連續帶狀分布；於中國沿海則零星分布。5 月下旬至 6 月間分布範圍與 5 月中上旬相似，然 10% 等值線頻度分布面積明顯縮減。7 月在中國



沿海、沖繩海槽邊緣、臺灣西部沿海、臺灣淺灘及南海北側等區域的分布面積增加，頻度分布 > 10% 之區域以中國沿海為主。8 月至 9 月中旬分布面積最大，出現頻度最高，分布帶自中國沿海經臺灣海峽中線、臺灣西部沿海向臺灣淺灘、南海陸棚等區域擴張，以中國沿海、臺灣淺灘及南海陸棚北緣有較高的頻度出現 (30 – 70%)。秋末至冬初 (9 月中旬至 12 月下旬) 分布面積開始縮減，於中國沿海呈帶狀分布，至冬季中下旬 (12 月下旬至翌年 2 月) 僅於臺灣西南沿海及沖繩海槽邊緣兩側有零星分布，推測有向南越冬洄游的情形 (圖 2E)。

進一步與海洋環境資料比對，2012 年 5 月至 2013 年 2 月 (圖 3A)、2022 年 5 月至 2023 年 1 月 (圖 3B) 在水深 100 m 以淺、平均水溫 23 – 30°C 之等溫線，於春末主要分布於中國、臺灣西部沿海及臺灣海峽中南部，夏季擴張至整個臺灣海峽，秋季 25 – 28°C 等溫線開始沿著臺灣西南沿岸經澎湖水道、臺灣淺灘向南海陸棚北側延伸，冬季僅臺灣西南沿海、臺灣淺灘、南海陸棚有分布，與本研究 5 尾樣本季節間分布估計結果 (圖 2) 及相對應的等溫線分布範圍 (表 2、圖 4) 高度重疊。

耳石  $\delta^{18}\text{O}$  分析值係隨著魚體洄游環境、時

表 2 康氏馬加鰭編號 1-5 於臺灣周邊海域各出現頻度級距間相對應之平均水溫範圍

編號	分 析 起訖 時 間	最高出現頻 度 (%)	各出現頻度級距相對應的等溫線範圍 (°C)							
			10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	> 80%
1	2022/5/7-2022/8/13	40	22-28	23-28	25-28	25-28	-	-	-	-
	2022/8/13-2022/9/17	70	23-30	25-30	25-30	25-30	27-30	27-29	27-29	-
	2022/9/17-2022/10/18	80	23-28	24-28	24-28	24-28	24-28	25-28	25-28	25-28
	2022/10/18-2022/11/20	40	23-26	24-26	24-26	24-26	-	-	-	-
	2022/11/20-2023/1/10	20	23-26	25-26	-	-	-	-	-	-
2	2022/5/30-2022/8/29	50	24-29	25-29	27-29	27-29	27-29	-	-	-
	2022/8/29-2022/9/15	60	23-30	25-28	25-28	25-28	25-28	25-28	-	-
	2022/9/15-2022/10/14	30	23-28	25-28	25-28	-	-	-	-	-
	2022/10/14-2022/11/23	10	24-27	-	-	-	-	-	-	-
	2022/11/23-2023/1/10	40	23-27	24-27	24-27	25-27	-	-	-	-
3	2020/5/26-2020/7/3	70	23-28	23-27	23-27	24-27	24-27	24-27	24-27	-
	2020/7/3-2020/8/28	80	24-30	24-30	25-29	25-29	26-29	27-29	27-29	27-29
	2020/8/28-2020/10/22	60	25-29	25-29	25-29	25-28	26-28	27-28	-	-
	2020/10/22-2020/12/10	10	23-27	-	-	-	-	-	-	-
	2020/12/10-2021/1/19	10	23-25	-	-	-	-	-	-	-
4	2022/5/15-2022/8/31	50	24-29	25-29	25-29	25-27	25-27	-	-	-
	2022/8/31-2022/9/23	60	24-28	25-29	25-29	25-27	25-27	25-27	-	-
	2022/9/23-2022/10/23	30	24-27	24-27	25-27	-	-	-	-	-
	2022/10/23-2022/12/2	10	23-25	-	-	-	-	-	-	-
	2022/12/2-2023/1/10	10	23-25	-	-	-	-	-	-	-
5	2012/5/10-2012/5/20	40	23-26	23-25	23-25	23-25	-	-	-	-
	2012/5/20-2012/6/29	70	23-27	23-27	23-27	23-24	23-24	23-24	23-24	-
	2012/6/29-2012/7/30	70	24-30	24-30	25-30	25-30	27-30	27-30	27-30	-
	2012/7/30-2012/9/17	70	25-30	25-30	25-29	25-29	26-29	26-29	26-29	-
	2012/9/17-2012/12/28	20	23-25	23-25	-	-	-	-	-	-
	2012/12/28-2013/2/23	10	23-25	-	-	-	-	-	-	-

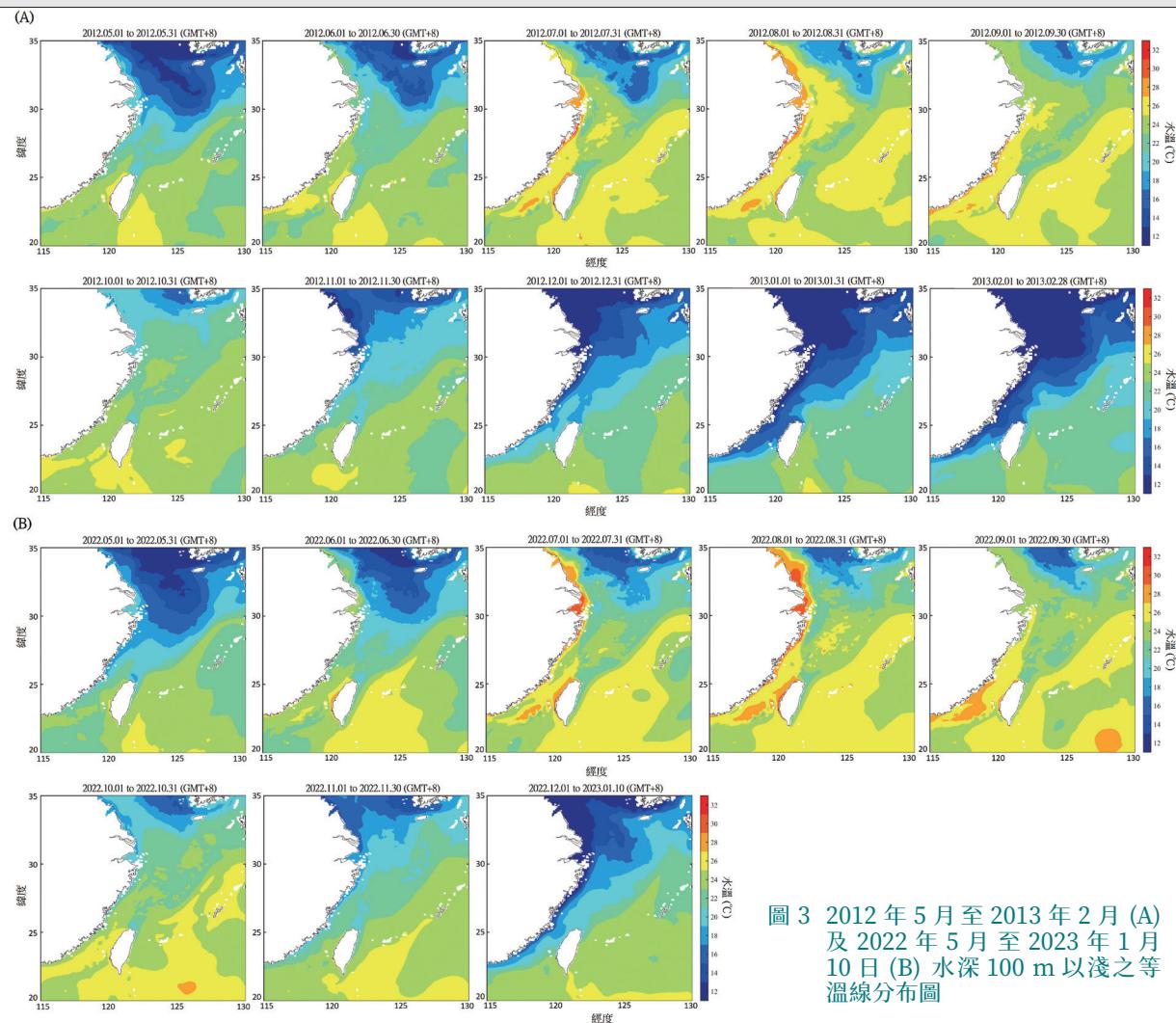


圖 3 2012 年 5 月至 2013 年 2 月 (A) 及 2022 年 5 月至 2023 年 1 月 10 日 (B) 水深 100 m 以淺之等溫線分布圖

間推移改變的平均值，分析區間涵蓋數日至數月不等。等值線頻度分析法同時涵蓋時、空間變異等分析要素，因此當樣本的耳石  $\delta^{18}\text{O}$  分析值在以環境參數推估的  $\delta^{18}\text{O}_{\text{estimator}}$  變化範圍內，該魚隻的洄游足跡即會出現於等值線頻度分布圖中，隨著  $\delta^{18}\text{O}$  分析時間越長，等值線頻度分布估計的面積就越大，各時區間的洄游分布亦具較佳的連續性與判讀力，卻可能導致樣本在短時間內的分布趨勢（如洄游動向）難以解讀，因此該估計法適用於長時間、高度洄游性的物種上。

另，本研究  $\delta^{18}\text{O}_{\text{estimator}}$  推算法係參考 Kitagawa 等 (2013) 應用於太平洋黑鮕 (*Thunnus orientalis*) 的耳石  $\delta^{18}\text{O}$  值計算公式，

不同魚種可能因耳石碳酸鈣或元素沉積路徑不同而有所差異，致  $\delta^{18}\text{O}_{\text{estimator}}$  與實測值有落差，進而影響分布估計的準確率。此外，耳石的  $\delta^{18}\text{O}$  值與溫度呈反比、與鹽度呈正比，因此在溫、鹽度較低的海域（如中國河江口下游處）易出現雜訊，影響判讀。爾後衛星標識魚體的洄游環境參數，可套適於分布估計中校正，以利該魚種季節間系群分布估計，作後續漁業資源評估與管理參考。

## 結語

本研究以 5 尾康氏馬加鰆耳石  $\delta^{18}\text{O}$  分析值

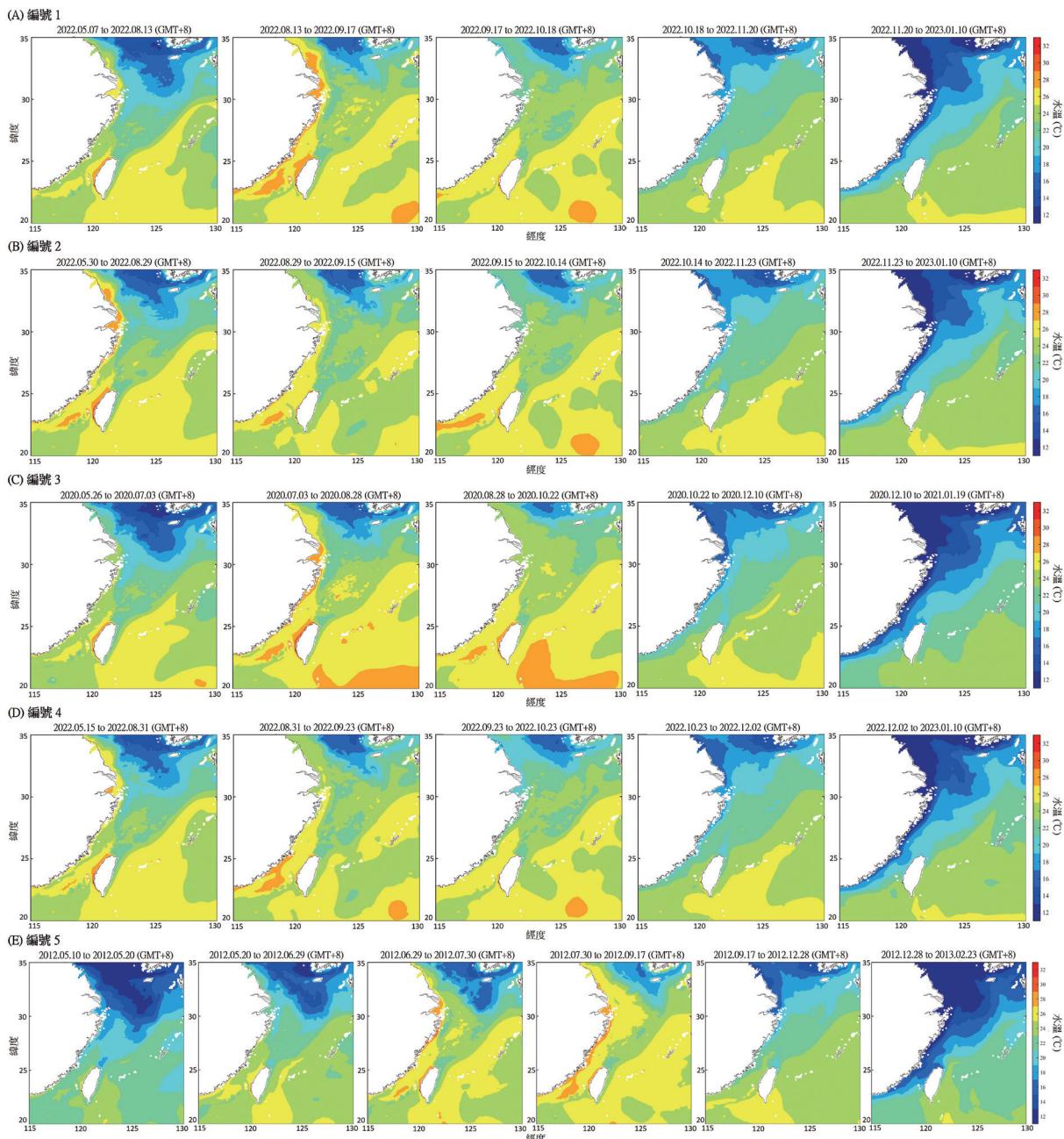


圖 4 康氏馬加鰆編號 1-5 (A-E) 各分析期間水深 100 m 以淺之等溫線分布圖

及以環境參數推算的  $\delta^{18}\text{O}$  estimator 比對，作等值線頻度分布分析，探討該魚種季節間的洄游分布。研究結果顯示，該魚種分布範圍與水深 100 m 以淺、平均水溫 23 – 30°C 之等溫線範圍高度重疊。春季分布於中國、臺灣西部沿海、臺灣淺灘或南海陸棚北側海域；夏季擴張至臺灣海峽

及臺灣西部沿海；秋季分布範圍縮減，自臺灣海峽中線經臺灣西南沿海、澎湖水道向南延伸至臺灣淺灘、南海陸棚等區域；冬季則於臺灣西南沿海、臺灣淺灘、南海陸棚零星分布，有向低緯度越冬洄游情形，呈明顯的季節性分布。該研究結果可供後續系群分布、漁場時空間變異參考。