

# 黑潮入侵對台灣北部海域中層洄游性魚群分布衝擊之初步研究

廖學耕·李嘉林\*·黃土宗

行政院農業委員會水產試驗所 海洋漁業組

## 摘要

臺灣東北部海域為我國之主要鯖鱈漁場，春季圍網船集中於黑潮鋒面附近作業。但 2003 年春，黑潮鋒面明顯南移，作業的大型圍網船仍然集結於鋒面邊緣，扒網漁船則於鋒面南方作業，2003 年漁獲體長頻度較往年分散。經由 CTD 探測資料顯示，2002 年 7 月底之冷渦位於 25°18' N、122°18' E，其中心之葉綠素 a 含量高，可高達 14.0 µg/L，經由計量漁探所測得之魚群密度亦顯示在冷渦邊緣具有較高之魚群密度。作業的圍網船集中於冷渦邊緣。2003 年 7 月冷渦位於 25°40' N、122°40' E 附近，冷渦中心之葉綠素 a 含量亦高於邊緣水域，船隻集中於冷渦邊緣作業。1999 年 2 月 8~11 日，於 25°20' N、120°31' E 測站利用 CTD 所測得的資料發現，水溫小於 17 °C，鹽度小於 33 ppt 之江浙冷水覆蓋於溫度大於 20 °C，鹽度大於 34 ppt 之臺灣暖水上方，經由計量魚探計測結果顯示，魚群棲息於下方之臺灣暖流內。

關鍵詞：台灣北部海域、魚群密度、黑潮鋒面、冷渦。

## 前言

台灣北部海域在黑潮內側的東海陸棚邊緣明顯存在著湧昇流區，其上層水強烈垂直混合，已成為提供鯖鱈魚類的產卵和繁殖場所 (Uda, 1977)。台灣北部海域是由海洋鋒面及地形湧昇所形成之漁場，且鋒面的強弱影響該區鯖鱈之漁獲量 (許, 1998)。

台灣海峽之黑潮支流係沿著福建、浙江近海岸向北流動，稱為台灣暖流，於 28°N 以後，部分轉向東或東南併入東海陸棚水，此部份稱為台灣暖流後續體 (郭, 1985)。台灣暖流的來源過去有四種不同說法，目前則認為：夏季時，上層台灣暖流水主要源自台灣海峽，下層水則來自台灣東北方黑潮之次表層水；冬季時，台灣暖流水基本上來自東北方的黑潮表層水及次表層水 (潘等, 1987a, 1987b)。整個東海海流狀況受風成流和地轉流強烈相對峙所影響。整體而言，黑潮在台灣東北方海區，無論冬季或夏季均出現入侵陸棚且產

生湧昇流現象，尤其在冬季入侵陸棚之幅度更大，可達 100 m 等深線處 (郭, 1985)。台灣海峽黑潮支流於冬季東北季風強盛之際，黃海、江浙沿岸水往南流動時，越過彰雲外海之隆脊後，即無力北上 (詹, 2002)。這些複雜之地形湧昇流及鋒面構造，為造成台灣北部鯖鱈良好漁場之主因。東海南部之魚群 (主要為鯖鱈)，如何在此複雜之海洋環境下群聚洄游，乃為本研究的重點。

## 材料與方法

溫度、鹽度與葉綠素 a 為海洋生物的重要環境因子，對於海洋魚類的洄游、分布、繁殖與生長均有重要的影響，如何有效掌握海洋的溫、鹽度的地理分布與年變化之規率性，對於瞭解海洋魚類的棲息位置與其群聚之密度，具有指標意義。

### 一、海上試驗

本研究於 1999 年及 2002 ~ 2003 年間，運用水試一號試驗船於 25° ~ 28° N, 120.5° ~ 124° E 間海域，共計進行 4 個航次之水文斷面結構及計量魚探調查。1999 年 2 月調查 25°20' N 及 25°40' N

\*通訊作者 / 基隆市和一路 199 號; TEL: (02) 2462-2101; FAX: (02) 2463-3110; e-mail: clee@mail.ifrin.gov.tw

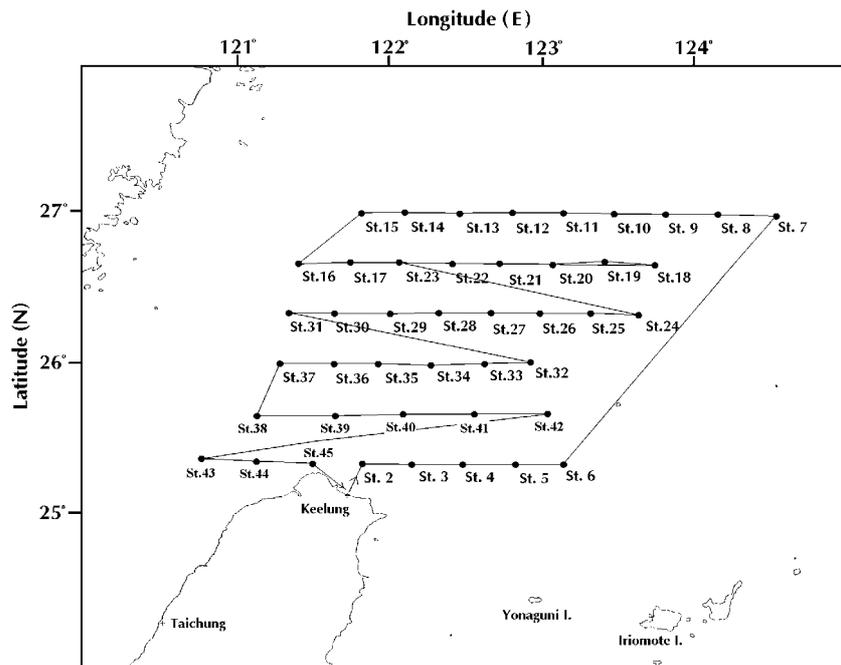


Fig. 1 CTD observation stations and cruise transects of this study.

斷面;2002年7月及9月調查 25°20' N、26°00' N、26°20' N、26°40' N 及 27°00' N 斷面;2002年11月調查 25°20' N、25°40' N 及 26°00' N 斷面;2003年7月調查 25°20' N、25°40' N、26°00' N、26°20' N、26°40' N 及 27°00' N 斷面 (Fig. 1), 同時, 蒐集 HRPT 衛星表水溫資料。調查使用之儀器計有溫鹽儀 (CTD) 與結附其上的螢光儀、EK500 (SIMRAD) 計量魚探等。

## 二、資料分析

EK500 計量魚探機係利用頻率 38 KHz 所測得之信號, 再利用 SIMRAD 公司所發展之 EP500 軟體來進行分析, 以瞭解每一 Ping 所測得不同 TS 值的魚體數目; 同時, 計算 TS 值介於 -36 ~ -51 dB 之每一 Ping 容積單體魚平均魚體數目作為魚群密度指標。頻率 38 KHz 之功率轉換器在水深 100 m 處之每一 Ping 函蓋容積約為 9,600 m<sup>3</sup>。由於侷限於調查測站的不足, 因此, 使用克立格分析法 (Kriging estimation method) 來推估全海區之魚群密度, 再利用 Surfer Ver. 7.0 軟體繪製 2-D 等密度線。

溫度、鹽度與葉綠素 a 係使用 SBE-19 CTD 溫鹽儀及結附之螢光儀測得。

船舶作業位置的取得係來自標本船資料與台灣地區漁業電台對該漁業之船舶出海船位紀錄。

## 結 果

### 一、海況及水團分布特性

經分析 2002 與 2003 年 7 月份航次之水文調查資料, 發現在 25°20' N 及 25°40' N 的斷面處, 黑潮有強烈入侵陸棚之現象, 且黑潮次表層水在 122° ~ 123° E 處, 具有明顯的湧昇現象, 表水溫 26.8 °C 之黑潮次表層水衝至水面 (Fig. 2), 該湧昇處之水溫遠低於附近之水溫 (Figs. 3, 4), 其中心處之葉綠素 a 之濃度則特別高, 分別可高達 3.0 µg/L 及 14.0 µg/L (Figs. 5, 6)。

### 二、TS 之分布特性

2003 年七月航次 EK500 所測得各不同 TS 值範圍 (-48 ~ -21 dB) 之魚體數目如 Table 1 所示。從其中選取 TS 值由 -36 ~ -51 dB 魚體總數目除以 Pings 數作為魚群密度, 2003 及 2002 年 7 月等之魚群密度及作業船位置如 Figs. 7, 8 所示。

### 三、魚群分布、密度、作業船位置與海況變動關係

夏季 (7 月) 高密度魚群位在冷水渦邊緣且在葉綠素 a 濃度含量較高之邊緣處。經由計量魚探所測

Table 1 Fish TS distribution on July 11-17, 2003

Zone time	Latitude (N)	Longitude (E)	Ping	-51 -48	-48 -45	-45 -42	-42 -39	-39 -36	-36 -33	-33 -30	-30 -27	-27dB -24dB
7110908	26.002	122.960	2130	113	253	227	88	30	36	15	3	0
7110927	26.029	122.999	286	11	22	24	12	4	2	1	1	0
7110931	26.036	123.007	2401	164	309	202	46	18	5	0	0	0
7110953	26.067	123.055	2401	202	347	300	238	75	12	2	0	0
7111015	26.098	123.104	2401	133	303	336	121	14	2	1	0	0
7111037	26.126	123.149	2400	186	307	207	29	2	1	1	0	0
7111101	26.156	123.196	2400	245	370	161	29	5	0	0	0	0
7111129	26.195	123.257	1855	232	259	69	4	0	0	0	0	0
7111147	26.218	123.295	658	61	22	1	0	0	0	0	0	0
7111154	26.227	123.309	2183	346	277	49	4	0	0	0	0	0
7111214	26.254	123.351	2184	245	278	85	29	6	1	0	0	0
7111234	26.279	123.392	2184	289	219	52	12	3	0	0	0	0
7111254	26.305	123.436	2185	238	200	64	16	6	1	0	0	0
7111314	26.331	123.477	2185	320	417	187	28	0	0	0	0	0
7111334	26.357	123.517	2184	222	449	369	118	19	14	4	1	1
7111354	26.384	123.559	2183	320	568	413	150	17	0	0	0	0
7111413	26.410	123.599	2184	173	291	196	65	4	2	2	0	0
7111433	26.436	123.640	2184	137	218	93	19	0	0	0	0	0
7111453	26.465	123.682	2185	191	302	114	16	0	0	0	0	0
7111513	26.492	123.723	2185	232	383	255	91	13	1	0	0	0
7111533	26.518	123.763	2185	238	433	362	140	39	3	0	0	0
7111552	26.544	123.801	2183	273	447	316	131	21	2	0	0	0
7111612	26.571	123.840	2184	172	142	47	11	3	0	0	0	0
7111632	26.597	123.878	2184	103	104	34	4	0	0	0	0	0
7111652	26.622	123.917	2185	122	141	39	6	0	0	0	0	0
7111712	26.647	123.954	2185	66	71	28	1	0	0	0	0	0
7111731	26.671	123.990	2185	121	107	41	18	2	0	0	0	0
7111751	26.696	124.027	2184	159	99	16	2	0	0	0	0	0
7111811	26.721	124.066	2183	96	211	116	30	3	0	0	0	0
7111850	26.770	124.139	2184	63	74	64	31	6	1	1	0	0
7111910	26.795	124.177	2185	141	200	83	35	1	0	0	0	0
7111930	26.823	124.214	2185	182	162	66	26	3	0	0	0	0
7112010	26.887	124.315	2183	114	120	58	15	10	0	0	0	0
7112029	26.913	124.356	2184	185	171	47	18	20	8	3	0	0

\*Fish densities were derived from fish numbers with TS values of between -36 and -51 dB over the ping numbers

得冷水渦中心之魚群密度反而低 (Fig. 7)。2002 年 9 月，圍網船則於魚群高密度區作業 (Fig. 8)。由冷水渦中心鹽度亦高的情況而言，顯示其入侵水是由黑潮次表層水湧昇而來。另外，分析本所於 2001 ~ 2003 年所接收之海面水溫衛星圖及標本船之作業資料，發現台灣北部之海象氣候可區分成三類：第一類為 3 ~ 5 月之黑潮鋒面 (東海陸棚水

與黑潮水過渡區) 之強盛期，標本船集結於黑潮鋒面附近及其右側 (Fig. 9)。經比對近幾年之衛星資料，未發現過去黑潮鋒面之南偏如 2003 年 4 月者；第二類為 6 ~ 9 月之夏季冷水渦盤據型；第三類為 10 ~ 12 月黑潮大量入侵東海，其南部底層為黑潮次表層水，由於鹽溫鋒呈水平分布，而形成一天然屏障 (Figs. 10 ~ 12)。

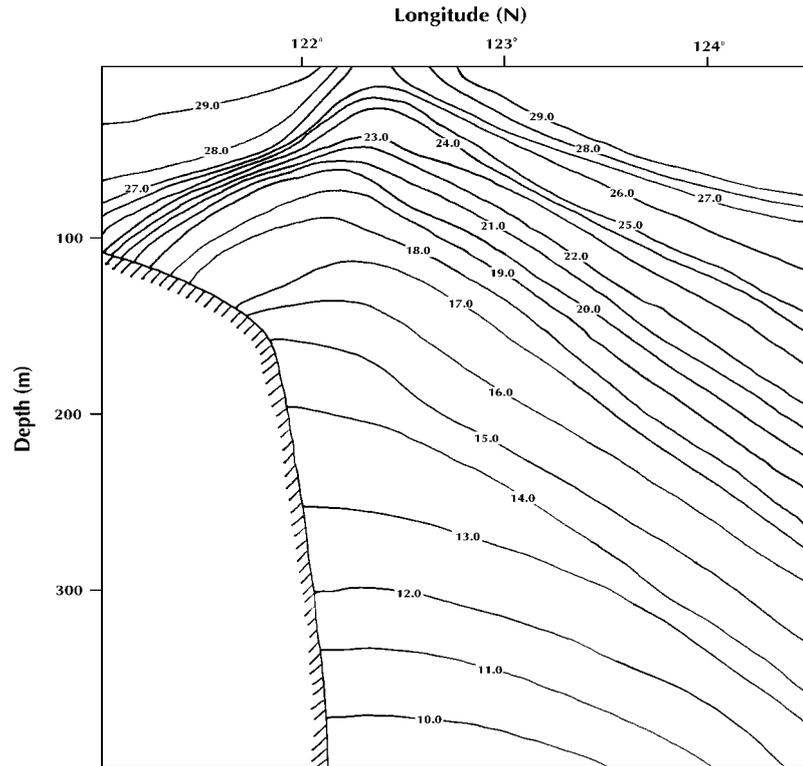


Fig. 2 Diagram showing the vertical thermal structure along the section of longitude 121°00' ~ 124°30' E at latitude 25°20' N during 29 July ~ 5 August 2002.

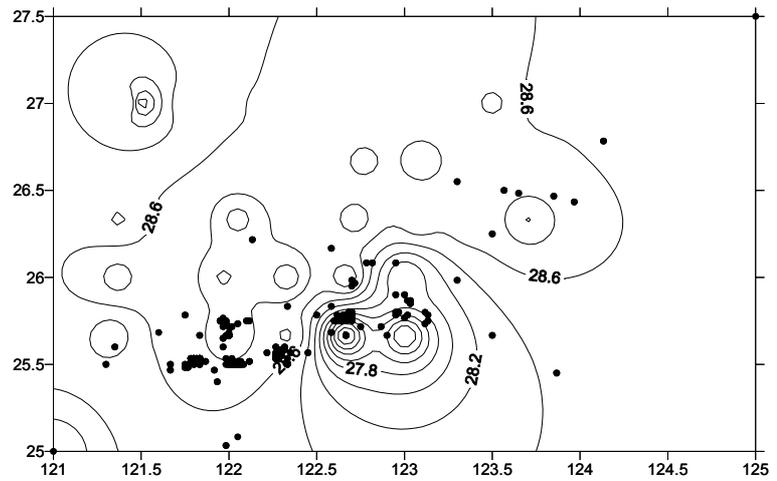


Fig. 3 Contour map of SST and the positions of purse seine fishery operations during 11 ~ 17 July 2003.

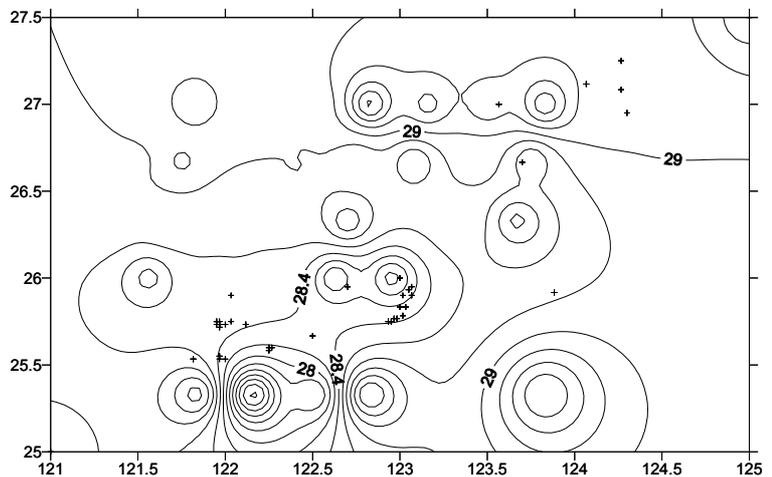


Fig. 4 Contour map of SST and the positions of purse seine fishery operations during 29 July ~ 5 August 2002.

Fig. 5 Contour map of chlorophyll a ( $\mu\text{g/L}$ ) and positions of purse seine fishery operations during 11 ~ 17 July 2003.

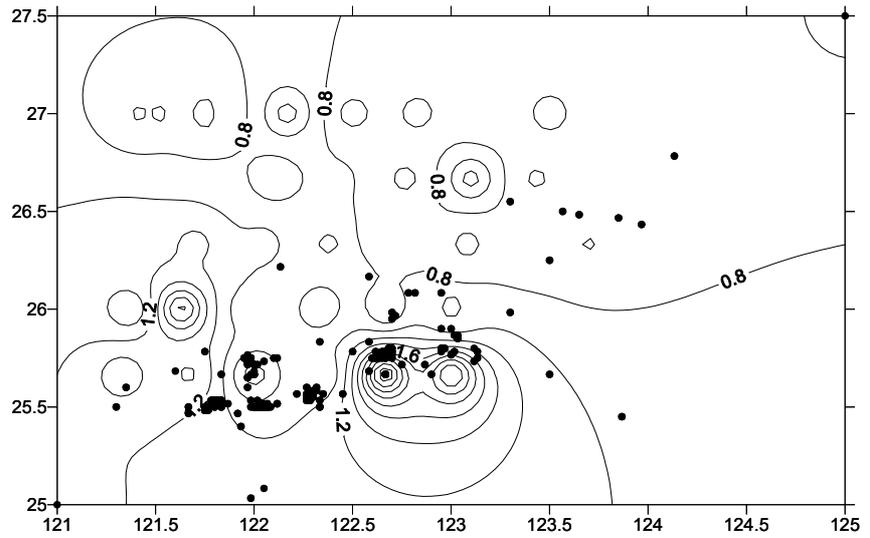


Fig. 6 Contour map of chlorophyll a ( $\mu\text{g/L}$ ) and positions of purse seine fishery operations during 29 July ~ 5 August 2002.

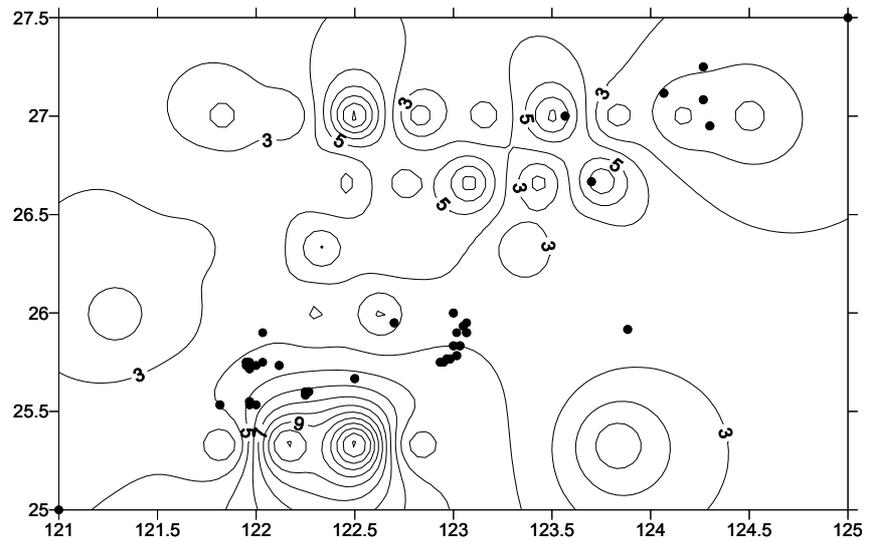
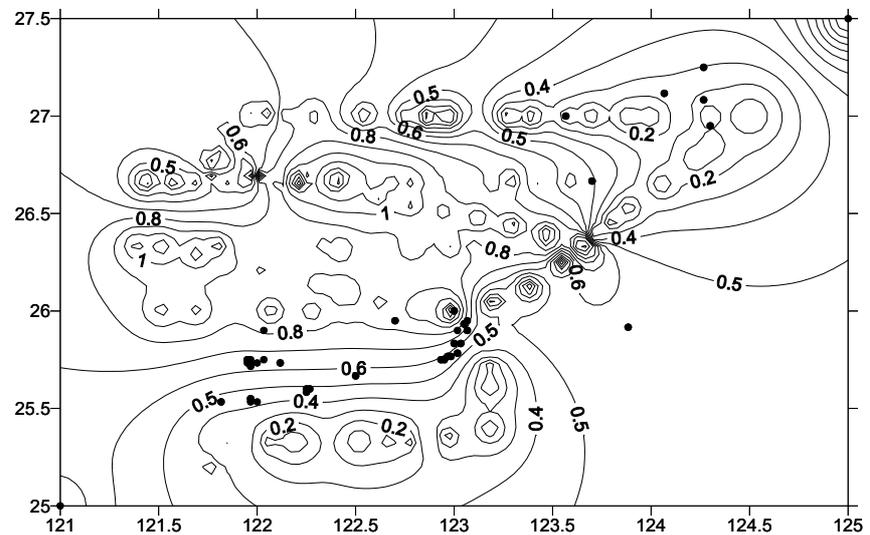


Fig. 7 Contour map of fish density (individuals/ping) and positions of purse seine fishery operations during 29 July ~ 5 August 2002.



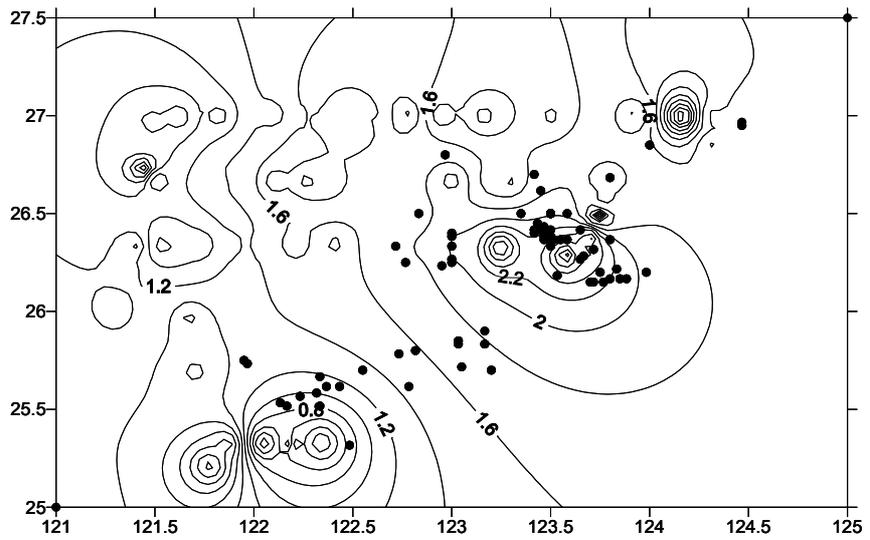


Fig. 8 Contour map of fish density (individuals/ping) and the positions of purse seine fishery operations during 10 - 16 September 2002.

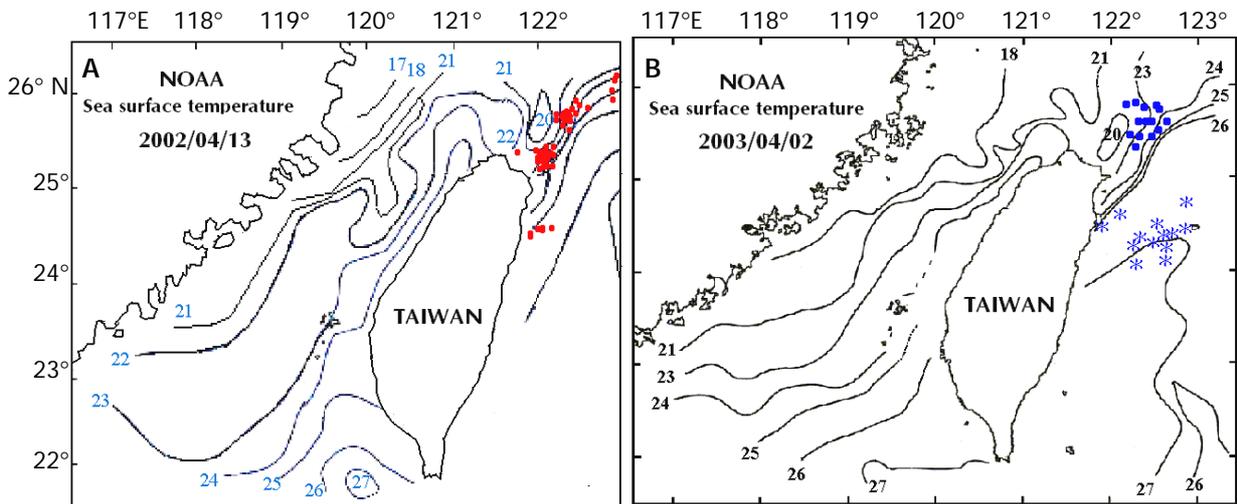


Fig. 9 (A) Commercial purse seine fishery operations near the Kuroshio Current front; (B) Map showing the SST and the locations of the sampled fishing boats on 2 April 2003. ● Purse seine; \* Danish seine.

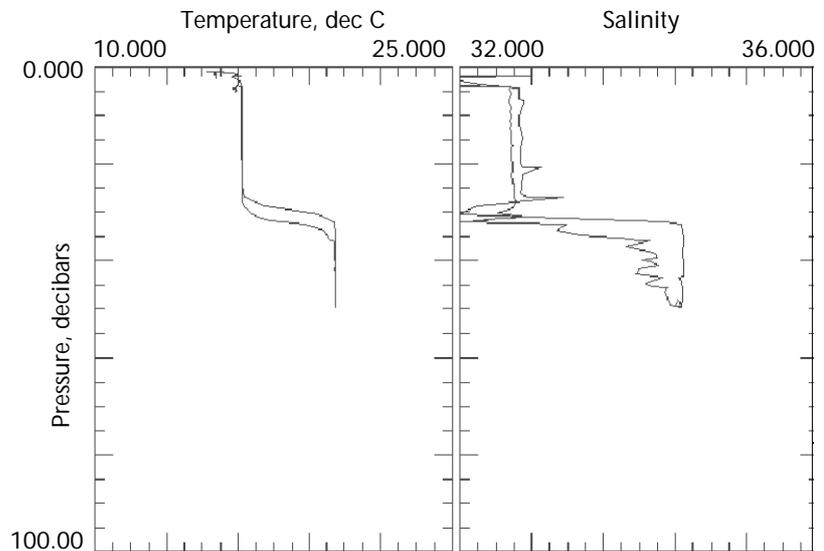


Fig. 10 CTD profile showing the warm water under the continental shelf cold water at 120°31' E, 25°20' N on 9 February 1999.

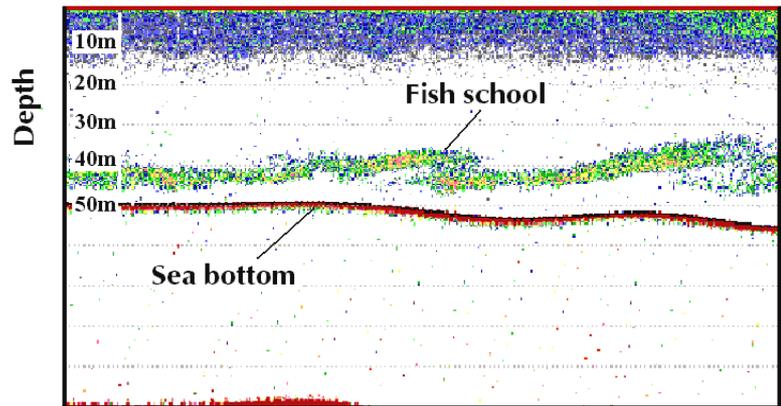


Fig. 11 Echogram showing the fish school found using the EK-500 echo sounder under the continental shelf cold water mass at 120°31' E, 25°20' N on 9 February 1999.

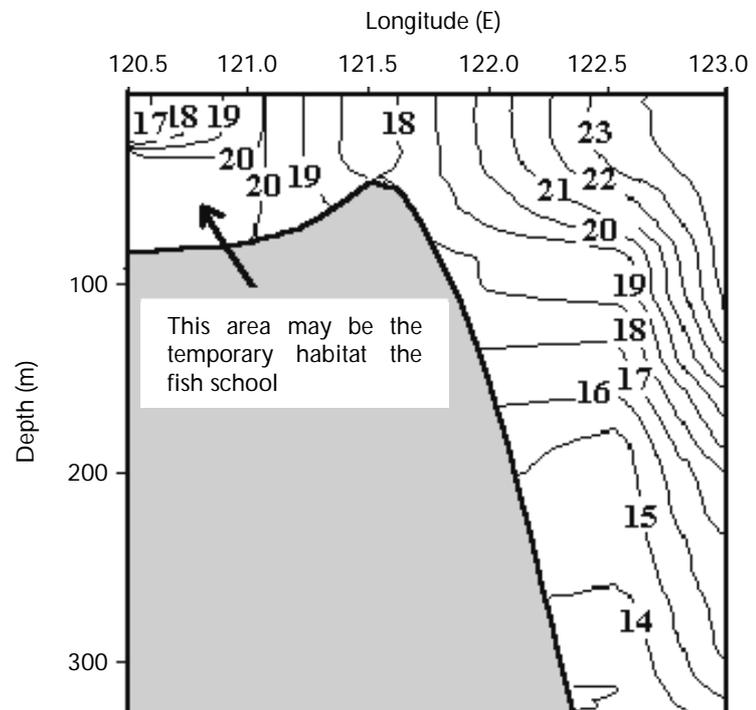


Fig. 12 Profile showing the isothermal line distribution along the section of 120°50' ~ 123°00' E, 25°20' N on 8 ~ 10 February 1999.

## 討 論

黑潮入侵後，在臺灣東北部 200 m 等深線處可觀測到一西南流，此西南流可能是入侵黑潮次表層水所形成反時針冷水渦之西側流，冷水渦中心處之葉綠素 a 值含量高，中心邊緣有魚類群聚；黑潮在台灣東北部與東海陸棚水形成鋒面以及在東海入侵形成冷水渦，皆為漁場形成之主因。黑潮次表層水入侵東海被認為係陸棚地形阻擋，在陸棚邊緣形成一個很強的湧昇流中心 (Chern *et*

*al.*, 1990)，由此湧昇流的產生，促使部份近岸黑潮次表層水入侵大陸棚底層。另外，Figs. 7 & 8 亦顯示，自 9 月起，TS 值大於 -51 dB 之魚密度又較 7 月份來得多，2003 年亦有相同情形，而且多集中在釣魚台列島附近水域，推測其可能原因為，北上索餌之新年級群開始回南加入或中國大陸於 6 月 16 日至 9 月 16 日進行拖網休漁及日本國海上保安廳加強護漁之故，其他部份水域之魚群密度亦較 7 月份來得高。至於 7 月之魚群密度低的真正原因，尚須未來長期觀察研究。

由衛星資料來看，台灣東北部黑潮鋒面之位置隨著年別及季節常有變動或消失現象，推測其左右及上下之移動可能與黑潮之流軸變動有關。衛星資料顯示，黑潮鋒面秋冬季較偏北，夏春季較偏南，此與孫 (1987) 指出一般黑潮流軸秋冬季較偏北，夏春季較偏南相吻合。2003 年 3 月及 4 月初，由衛星資料顯示，東海陸棚冷水強勁往東南侵入，黑潮鋒面南偏到龜山島附近 (Fig. 9B)，造成龜山島以南成為花腹鯖及真鱈之良好漁場。過去，春季黑潮鋒面常北移到釣魚台列島附近，日本國海上保安廳加強護漁，往往造成我國漁民作業上的困難。

黑潮鋒面之東西向移動，可能受台灣海峽水北上、東海陸棚水之移動及台灣北部黑潮次表層水之入侵強弱而定，因此，台灣暖流之強弱及黑潮入侵之程度，亦間接影響魚群之棲息位置。另外，由於三維之 GCM 模式 (Chern and Wang, 1992) 顯示，台灣海峽向北之海流強勁時，台灣東北部黑潮主流 (軸) 隨地形轉向東北，流往日本海域，而位於海峽內之向北海流被東北季風阻斷時，台灣東北部之部分黑潮水入侵東海。由於黑潮鋒面之位置的變動受到相當多因素所左右，未來有必要準確預測或探測其位置，以作為漁場預測之基礎。

利用杜卜勒潮流計 CI-30 進行黑潮鋒面西側之斷面調查時，經常發現於陸棚邊緣處有往西南之海流出現。而 KEEP 計畫調查期間，亦常觀測到黑潮回流 (莊, 1993)。此黑潮回流似乎且與黑潮鋒面平行介於黑潮水與陸棚水間。另外，Tang *et al.* (2000) 則認為，黑潮左支撞擊到 25°40' N 之陸棚邊緣時，由於受到阻擋，因此，沿著等深線向西北偏斜，漸偏西，再偏西南，而形成所謂的黑潮回流，這些黑潮次表層水所形成之冷水渦稱為唐氏渦，該冷水渦具有湧昇之特性。

2002 年與 2003 年 7 月間，探勘臺灣東北部海域時，曾調查出冷水渦的確實位置 (Figs. 3, 4)，冷水渦中心處水溫約 27 °C，葉綠素 a 之濃度高達 14.0 µg/L，但冷水渦中心卻無魚群，魚群係散布在冷水渦附近。由本所之衛星表水溫照片顯示，冷水渦之生命週期 (life span) 大部份約 1~2 週左右。而科氏力、斜壓恢復力、黏性消吞等均使其強度減弱 (Pedlosky, 1979)。這個發散性之渦旋也可將沿著台灣北部海岸的海流往外海 (黑潮) 傳

送，而成為陸棚區物質輸出之管道 (劉, 2002)。由於湧昇流的作用，使得東北部外海成為一個高營養鹽的區域，形成鯖鱈魚類之良好漁場。

臺灣東北部之冷水渦是由於地形與黑潮入侵兩者所造成，若將其看成行星渦，其旋轉減弱時間  $\tau$  (spin down time)：

$$\tau = D / \sqrt{2Kv f} \quad (\text{余等, 1996})$$

式中 D：水深以 100 m 計，Kv：湍流係數。

以  $1 \text{ cm}^2 \cdot \text{S}^{-1}$  計，f：科氏力參數  $10^{-4} \text{S}^{-1}$ ， $\tau$  估計為 11.5 天。但經由 HRPT 觀測結果，臺灣東北部之冷渦生命期有長達三個月者，此與計算結果不符，推測其長生命期可能係由風場來維持，其詳細情形有待進一步研究。

## 結 論

Figure 9B 顯示，2003 年 4 月 3 日黑潮鋒面移到龜山島下方，此為數十年來僅見，導致該年蘇澳地區之圍網及扒網漁業於一出蘇澳港外即有魚可捕，不用再到東沙島圍捕鯖鱈。此與 2002 年之結果對照，顯示臺灣東北部於春季為鋒面型 (黑潮鋒面) 漁場，漁船大多集結於鋒面附近或右下方。又，本年夏季在 25°20' N 斷面處，亦可觀測到黑潮次表層水有入侵陸棚的情形，由於地形之影響造成湧昇的現象，形成冷渦，其湧昇處之葉綠素 a 特別高於週邊地區 (Figs. 5, 6)，漁船大多集中於冷渦邊緣作業。經由上述與 2002 年之結果顯示，臺灣北部在夏、秋兩季常有冷渦型漁場出現，魚群則群聚於該冷渦邊緣。

臺灣北部之冬季，尤其是東北季風盛行時，122° E 以西之部份，位於陸棚上之臺灣暖流水沉潛於江浙沿岸冷水，臺灣暖流水 (其溫度大於 20 °C，鹽度大於 34.0 ppt) 之上層則為江浙沿岸冷水，可觀測到魚群集結於冷水之下方 (Fig. 11)。由於蘇澳地區之大型圍網船機體老舊，作業時經常故障，導致無法正常出海作業，建請有關單位准其汰舊換新，或准其改以扒網作業。

## 謝 辭

本研究承蒙本所所長蘇偉成博士的督促與支

持，國立臺灣海洋大學李教授國添提供寶貴意見，本組簡代理組長春潭博士的協助，暨農委會計畫經費 (92 農科-9.1.1 水 A (6)) 的支持，得以順利完成，在此一併敬致謝忱。

## 參考文獻

- 余志豪, 楊大升 (1996) 地球物理流體動力學. 氣象出版社, 146-254.
- 孫湘平 (1987) 東海黑潮表層流路 (途徑) 的初步分析. 黑潮調查研究論文集, 海洋出版社, 北京, 345 pp.
- 許金漢 (1998) 聲光遙測監測本省東北部鯖鱈圍網漁海況變動之初步研究. 國立台灣海洋大學漁業科學研究所 碩士論文, 88 pp.
- 郭炳炎 (1985) 夏季東海南部海水流動的若干問題. 海洋學報, 7(2): 144-153.
- 詹森 (2002) 全方位探索台灣海峽—二十一世紀海洋台灣. 國家海洋科學研究中心, 台北, 33-37.
- 莊文思 (1993) KEEP 區域整合性流場調查研究. The 4th KEEP DWOCE Conference 論文摘要集, 23-25.
- 劉康克 (2002) 認識臺灣附近的海洋環境—二十一世紀海洋臺灣. 國家海洋科學研究中心, 8-16.
- 潘玉球, 蘇紀蘭, 徐瑞蓉 (1987a) 1984 年 6-7 月台灣暖流附近的的水文狀況. 黑潮調查研究論文集, 海洋出版社, 北京, 118-132.
- 潘玉球, 蘇紀蘭, 徐瑞蓉 (1987b) 1984 年 12 月-1985 年 1 月台灣暖流附近的的水文狀況. 黑潮調查研究論文集, 海洋出版社, 北京, 149-162.
- Chern, C. S. and J. Wang (1990) On the Kuroshio branch current north of Taiwan. ACTA Oceanogr. Taiwan, 25: 55-64.
- Chern, C. S. and J. Wang (1992) On the seasonal variation of the Kuroshio intrusion onto the East China Sea. Acta Oceanogr. Taiwan, 29: 1-17.
- Pedlosky, J. (1979) Geophysical fluid mechanics. Springer., 28-38.
- Tang, T. Y., J. H. Tai and Y. J. Yang (2000) The flow pattern north of Taiwan and the migration of the Kuroshio. Continental Shelf Research, Pergamon Press, 20: 349-371,
- Uda, M. (1977) Fishery oceanographic studies of frontal eddies and transport associated with the Kuroshio system including the subtropical countercurrent. The Kuroshio – A Symposium on the Japan Current (J. C. Marr ed.), 593-603.

## A Study on the Occurrence of Pelagic Fish School Affected by Intrusion of the Kuroshio Current in Northern Waters of Taiwan

Shyue-Geng Liao, Chia-Lin Lee\* and Shih-Tsung Hwang

Marine Fisheries Division, Fisheries Research Institute

### Abstract

The main purpose of this study was to understand and estimate the gathering areas of pelagic fish schools in northeastern waters of Taiwan. The purse seine fishery operates near the area of the Kuroshio Current front during the spring. In this study, we found that the Kuroshio Current front obviously moved southward in 2003, and most of the purse seiners were found operating along the outer edge of the current, while the Danish seiners were operating in the southward area of the Kuroshio Current front. The body length frequency distribution of the catch was larger than those of the last few years. Based on the CTD collected data in this study, we found that a cold eddy was located at 25°18' N, 122°18' E in July 2002, and its concentration of chlorophyll a was high at up to 14.0 µg/L. Based on values of fish intensity using an echo sounder, we also proved that a high density of pelagic fish schools gathered around the edge of the Current front. In July 2003, the cold eddy was located near 25°40' N, 122°40' E, and the concentration of chlorophyll a in the center of the cold eddy was higher than that of the outer layer. During 8 ~ 11 February 1999, the CTD data collected at 25°20' N, 120°3' E showed that Mainland China coastal cold water with a seawater temperature of less than 17 °C and salinity of less than 33.0 ppt covered the Current which had a seawater temperature of greater than 20 °C and a salinity of greater than 34.0 ppt. We found that the fish schools seemed to inhabit an area of the Taiwan warm water current. In the winter, a strong current of Mainland China coastal cold water running southward along with the northeast monsoon was found at locations west of 122° E.

**Key words:** Northern waters of Taiwan, fish density, Kuroshio current front, cold eddy.

---

\*Correspondence: Marine Fisheries Division, Fisheries Research Institute, 199 Hou-lh Road, Keelung 202, Taiwan.  
TEL: (02) 2462-2101; FAX: (02) 2463-3110; E-mail: cllee@mail.tfrin.gov.tw