

2005 年春夏季台灣東北部海域湧升冷渦與鯖鯊分布之初步研究

李嘉林^{1*} · 王友慈¹ · 吳世宏¹ · 康偉福¹ · 曾振德²

¹ 行政院農業委員會水產試驗所 海洋漁業組

² 行政院農業委員會水產試驗所 企劃資訊組

摘 要

2005 年 3 ~ 7 月間，利用溫深鹽儀 (CTD) 計測台灣東北部海域 (24.5° N ~ 27.0° N, 121.0° E ~ 123.5° E) 36 個測站的水文基礎資料，並配合魚探機同步收錄魚群影像資料，期間共計進行四航次的調查研究。經由各月別水平及垂直的溫鹽分布圖顯示，當黑潮流經台灣東北部海域時，由於受到東海大陸棚海底陡升之影響，形成地形性湧升冷渦。該冷渦終年持續存在，強度則隨位置與深度而略有不同。經由溫深鹽儀測得海洋表水溫之分布圖，可發現除了 3 月份的航次，因冷渦沉潛於水深 40 ~ 60 m 處，不易由海水表層觀測到中心位置外，其於各航次均可由表水溫分布狀態辨認其位置。經由本研究調查結果推測，距該冷渦中心 10 ~ 20 哩，水深介於 100 ~ 200 m 處，似乎為鯖鯊魚群出沒之海域。

關鍵詞：湧升冷渦、鯖鯊魚群、豐度指數、臺灣東北部海域

前 言

台灣東北部海域為我國主要的鯖鯊漁場，海底地形包括陸棚、陸緣及陸坡等，結構複雜 (George *et al.*, 2000; Tseng *et al.*, 2000)。同時，區域內的氣候變化莫測，如冬季時東北季風盛行，大陸沿岸流經台灣東北部，甚至穿越三貂角到達蘇澳、花蓮一帶水域；春夏之交，鋒面滯留而在局部地區降下大量雨水；夏秋兩季又常受颱風侵襲等影響，使得漁場環境的變化更趨複雜 (林與郭, 1993)。黑潮 (Kuroshio current) 為台灣東部海域最主要的洋流，終年由南向北流動。當到達台灣東北部海域時，由於受到東海大陸棚外緣陡升的影響，使得黑潮順著棉花峽谷偏西北轉向，並隨著地形逐漸爬升，形成所謂的地形性湧升 (Topographically induced upwelling)。該地形性的湧升現象在台灣東北部海域終年存在 (Liu *et al.*, 1992a,b)，黑潮低溫高鹽之次表層水 (Kuroshio subsurface water) 因此被帶至淺水層，使得基礎生產力大為提昇 (Fan, 1980; Liu *et al.*, 1989; Wong *et al.*, 1989; Su *et al.*,

1990; Tang and Yang, 1993; Tang *et al.*, 1999; Chen, 2000)，而使該海域成為鯖鯊良好漁場。

鯖鯊為海洋表中層高度洄游性魚類，其漁場分布與海洋環境的變動具有密切關係 (許, 1998; 廖等, 2004)。如何有效研判鯖鯊魚群的位置及洄游路徑，以掌握其洄游蹤跡，乃現階段刻不容緩的課題。有關鯖鯊漁業之漁獲動態及魚類生理生態之研究已有多篇報告 (丁, 1963; 張與李, 1969; 曾, 1970; 張與王, 1970; 曾, 1984, 1988)；近年來，更有利用衛星系統測得海洋表面水溫來比對鯖鯊漁場的位置，而進一步發現地形性湧升冷渦 (Cold eddy) 與鯖鯊漁獲量有密切關連 (曾等, 2003; 廖等, 2004)。有鑑於此，本研究乃利用試驗船實地調查所獲得之溫鹽度水平分布狀態，配合各水層之海況水文基礎資料與魚探同步測得之鯖鯊魚群影像，來探討冷渦位置與鯖鯊魚群分布之關係。

材料與方法

本研究係利用行政院農業委員會水產試驗所海建號試驗船 (120 噸級，主機馬力：800PS)，於 2005 年 3 ~ 7 月間，前往台灣東北部海域所規

*通訊作者 / 基隆市和一路 199 號, TEL: (02) 2462-2101; FAX: (02)2463-3110; E-mail: cllee@mail.tfrin.gov.tw

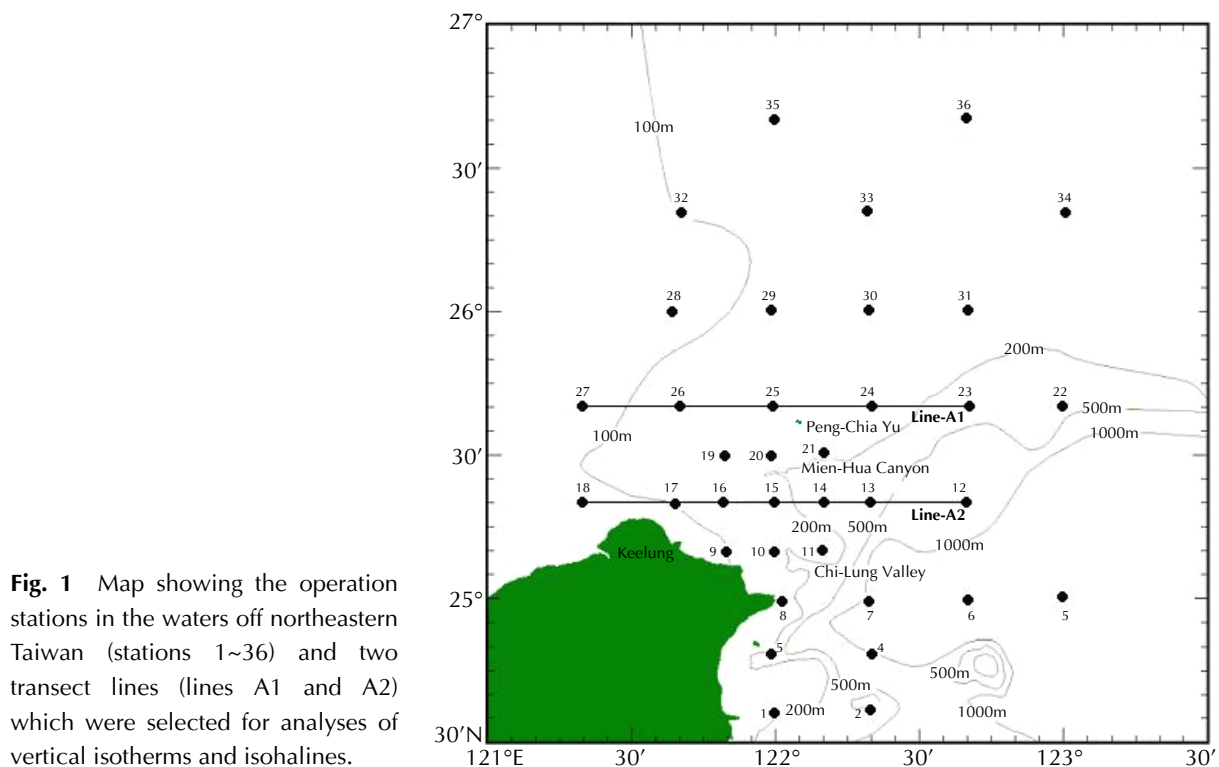


Fig. 1 Map showing the operation stations in the waters off northeastern Taiwan (stations 1~36) and two transect lines (lines A1 and A2) which were selected for analyses of vertical isotherms and isohalines.

Table 1 Lists of cruise number, date, survey areas and operation items in this study

Cruise number	Date	Survey areas		Items
		Lat.	Long.	
1	25 ~ 28 March	24°40' N ~ 26°00' N	121°20' E ~ 123°00' E	CTD and Bongo net
2	15 ~ 19 April	24°40' N ~ 26°40' N	121°20' E ~ 123°00' E	CTD and Bongo net
3	24 ~ 28 June	24°40' N ~ 26°40' N	121°20' E ~ 123°00' E	CTD and Bongo net
4	13 ~ 17 July	24°40' N ~ 26°40' N	121°20' E ~ 123°00' E	CTD and Bongo net

劃的 36 個測站 (Fig. 1) 進行調查，共計蒐集四航次 138 測站 (Table 1) 的水文及魚探基礎資料。

一、水文資料的擷取及處理

每一測站均投放溫深鹽儀 (CTD, SBE-19, Seabird Electronic Co.)，投放深度達 500 m 深，量測各水層之溫鹽度值。溫度計測以每 1°C 整數度，鹽度則以小數點以下一位，即每 0.1 psu 為單位，來分別描繪調查海域的垂直及水平之溫鹽分布圖。

二、魚探資料處理

於測站與測站間，利用魚探訊號數位化系統 (Echo Listener)，將連續發送之音波信號攔截、處理及儲存。當試驗船探測到魚群影像時 (如 Fig. 2 所示)，隨即停船進行手釣作業，以確認是否為鯖鱈魚類。利用魚探訊號後處理軟體 EchoView，分別計算鯖鱈魚群影像的水平距離 (W) 與垂直縱深 (D)，並以衛星定位系統 (GPS) 確認鯖鱈魚群之位置。利用 Lee *et al.* (1996) 及 Jeng *et al.* (1992) 所使用之公式 $V = (\pi / 4) \times W^2 \times D$ ，來計算魚探影

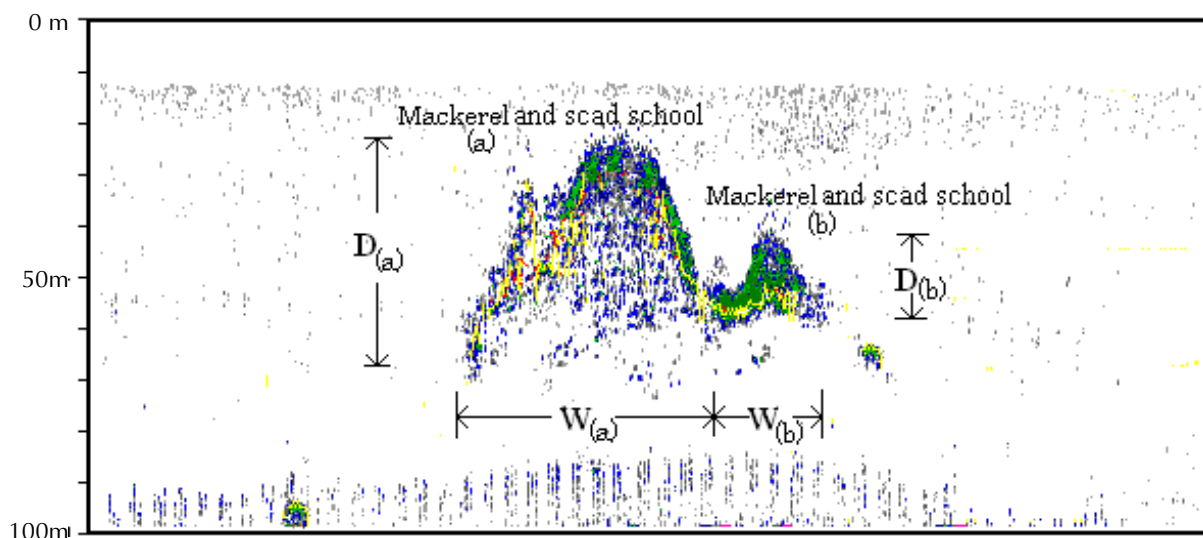


Fig. 2 Example of the estimation the fish abundances of mackerel and scad schools recorded by an echo sounder in this study.

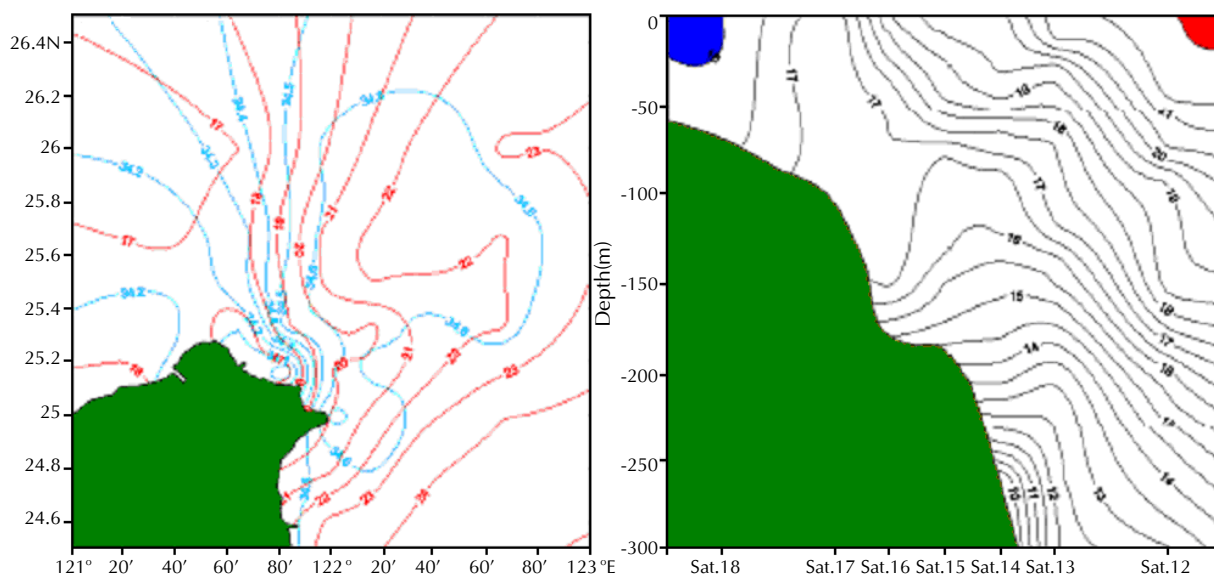


Fig. 3 Maps on the left side indicate the China Coast Water Current with its sea surface temperature (SST) of 17~22 °C across the waters of northern Taiwan. Those on the right side show the upwelling located at depths of 40~60 m under the China Coast Water Current with its SST of < 17 °C in March 2005.

像所代表的魚群大小 (V, m^3)。將 V 值中之最大者 (V_{max}) 當作分母，把求得的每一個 V 值除以最大值，以求得魚群的相對豐度指數 (Relative indices of fishing abundance)。

結果與討論

一、溫鹽度之水平分布

2005 年 3 月 25 ~ 28 日，前往臺灣東北部海域調查，經由溫深鹽儀探測結果發現，水溫介於 17 ~ 21°C 之間，大陸沿岸流強勁，流經台灣北部海域甚至到達 122.6° E 以東 (Fig. 3)。經由 25°40' N、121°40' E ~ 122°40' E，水深 300 m 以淺之觀測線垂直水溫斷面圖，發現湧升冷渦正好位在大陸沿岸流下方水深 60 m 處。

2005 年 4 月 15 ~ 18 日調查期間，各水層之溫

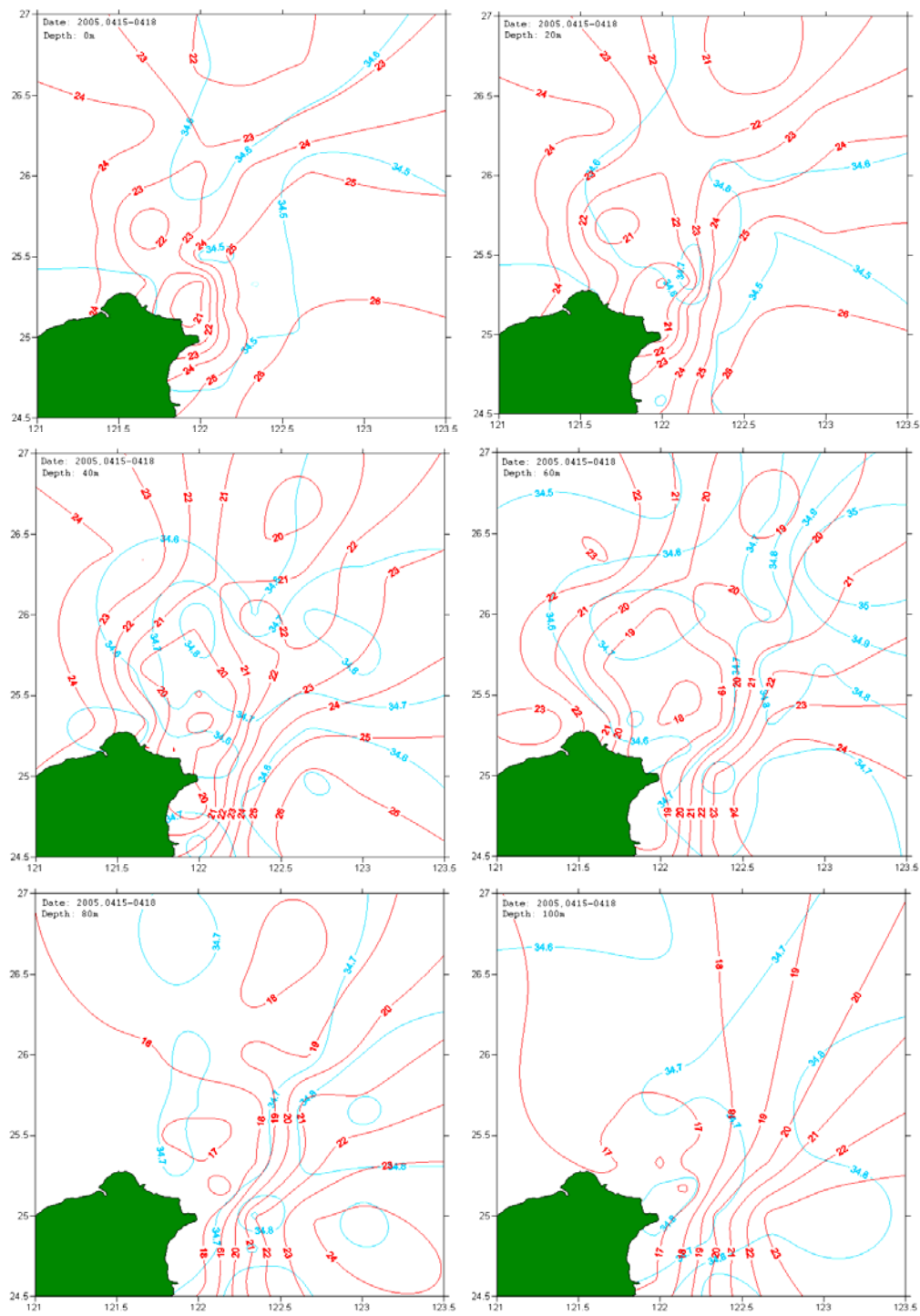


Fig. 4 Horizontal distributions of isotherms ($^{\circ}\text{C}$) and isohalines (psu) at depths of 0, 20, 40, 60, 80, and 100 m, respectively, during 15~18 April 2005.

鹽水平分布圖如 Fig. 4 所示。於 $25.0^{\circ}\text{N} \sim 26.0^{\circ}\text{N}$ 、 $121.5^{\circ}\text{E} \sim 122.0^{\circ}\text{E}$ 一帶水域，此時期大陸沿岸流逐漸減弱甚至消失，該水域表水層湧升冷渦湧現，特別在 40 m 及 60 m 處之水層最為明顯。其中，在各水層湧升區東側，出現溫度梯度變化

較為強烈之鋒面結構，此種特性之水團，曾等 (2003) 及廖等 (2004) 稱之為黑潮鋒面，並指出台灣東北部海域之表層水文結構具有三種不同的分布型態，其中黑潮鋒面及冷渦兩者同時存在之型態，在每年夏季時期最容易發生於水深 0 ~ 100 m

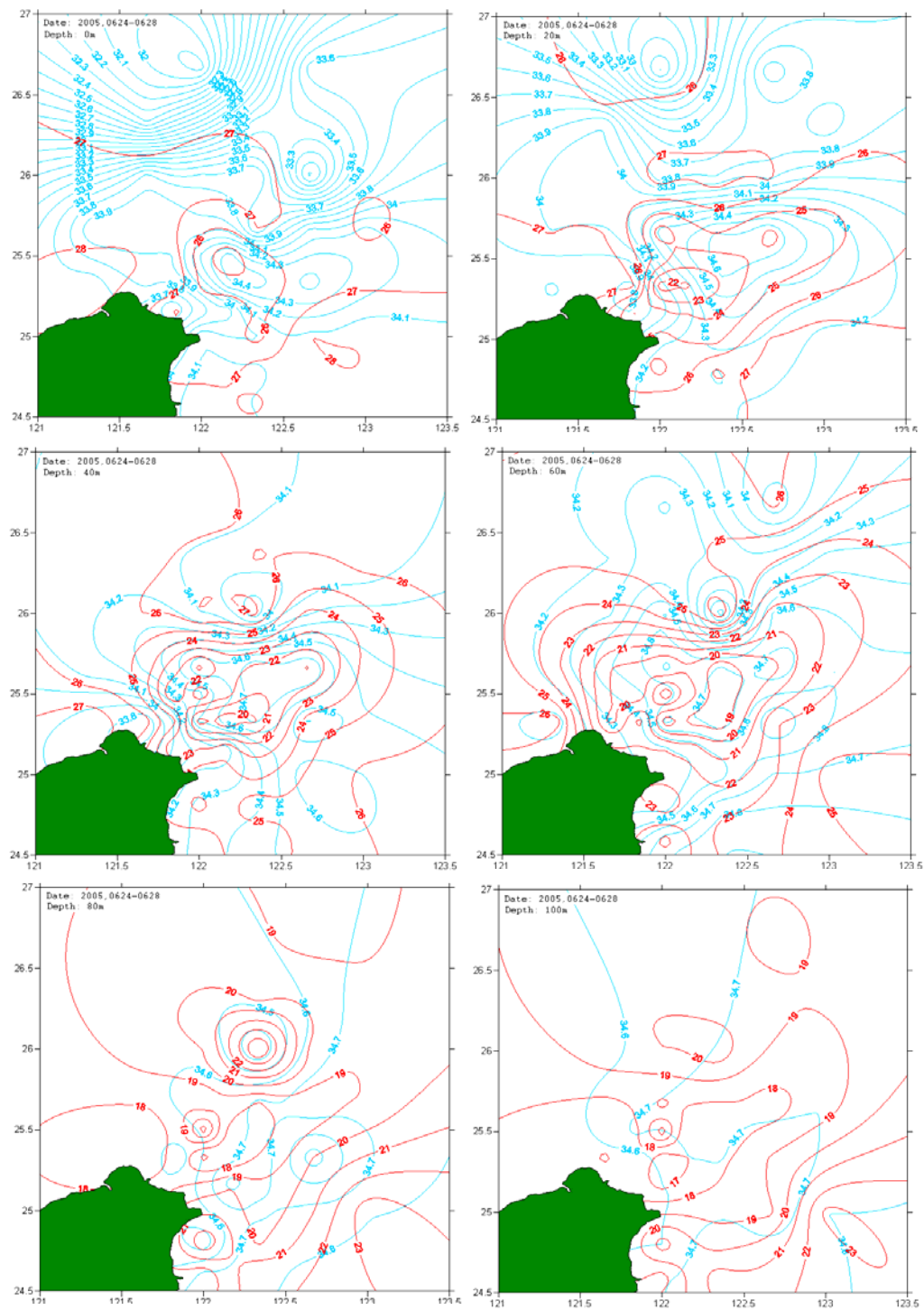


Fig. 5 Horizontal distributions of isotherms ($^{\circ}\text{C}$) and isohalines (psu) at depths of 0, 20, 40, 60, 80, and 100 m, respectively, during 24~28 June 2005.

間之各水層。本航次之調查結果之型態就是屬於兩者同時存在者。

2005 年 6 月 24~28 日調查期間，各水層之溫鹽水平分布圖如 Fig. 5 所示，表水層鹽度變化劇烈，某些地區之表水層鹽度水平分布稍為偏低。

另外，在 25.5°N 、 122°E 附近，經由溫度或鹽度的分布狀態判斷，顯示湧升冷渦存在於各水層間，其中，又以水深 40~60 m 處的水層最為明顯。

2005 年 7 月 13~16 日調查期間，各水層之溫鹽水平分布圖如 Fig. 6 所示。本航次近海水表層

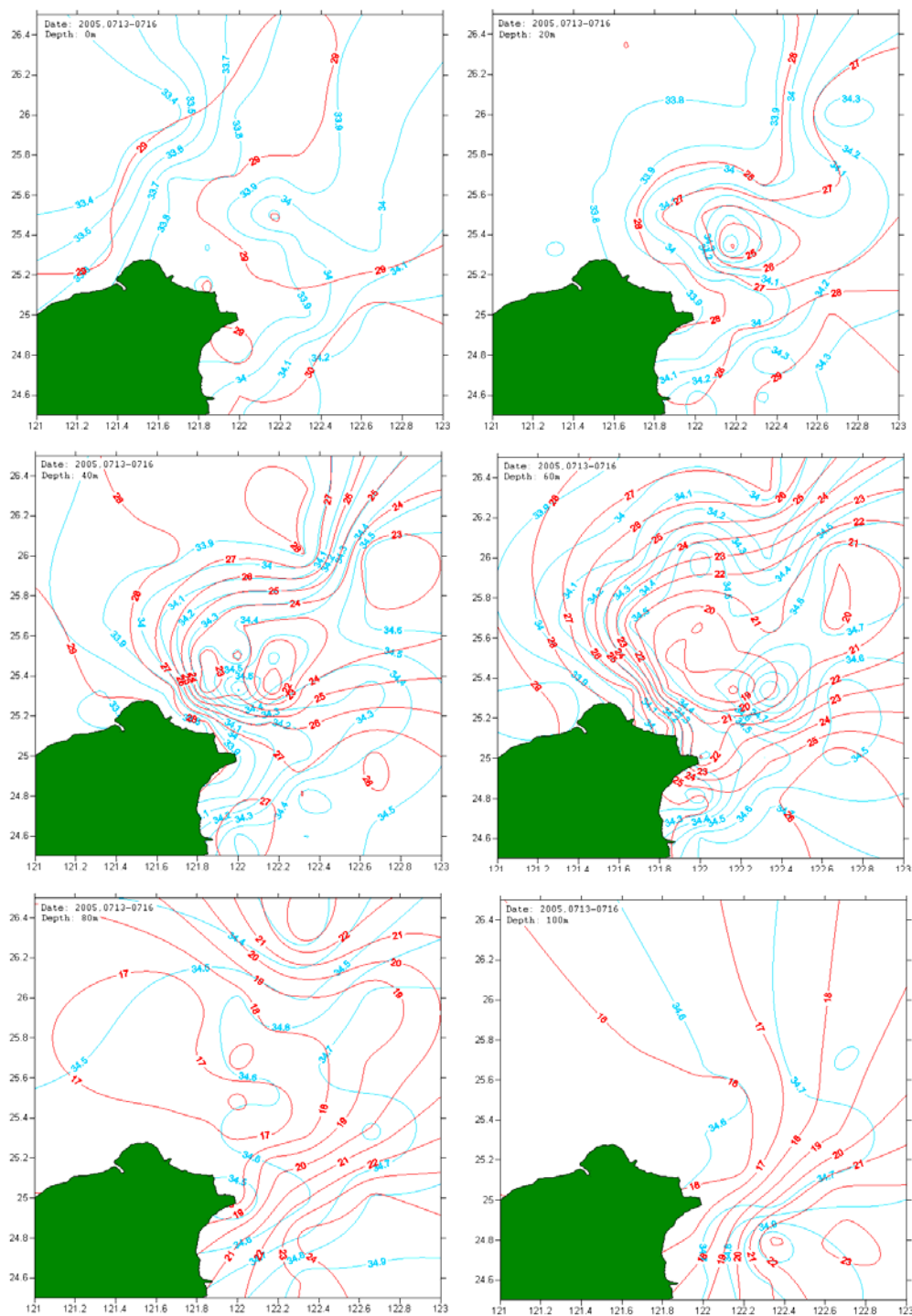


Fig. 6 Horizontal distributions of isotherms ($^{\circ}\text{C}$) and isohalines (psu) at depths of 0, 20, 40, 60, 80, and 100 m during 13~16 July 2005.

之水溫均超過 29°C ，但是卻沒有明顯的高鹽度現象。因此，藉由表水層之溫鹽分布圖來研判湧升冷渦的位置較為困難。然而，在 $25.2^{\circ}\text{N} \sim 25.6^{\circ}\text{N}$ 、 $121.8^{\circ}\text{E} \sim 122.2^{\circ}\text{E}$ 間，水深 20, 40 及 60 m 等之次表層水域的湧升現象十分明顯，尤其在 40 及 60 m

的水層更為顯著。Tseng *et al.* (2000) 指出，台灣東北部水域於夏季期間，由 NOAA/AVHRR 衛星遙測系統所接收之海面水溫 (SST) 影像，無法有效的研判湧升冷渦區之位置，此一情況與本航次經由溫深鹽儀所獲得之資料的分析結果頗為一致。

二、等溫鹽度線之垂直分布

位於 25°40' N (Line A1) 及 25°20' N (Line A2) 之兩條水平測線之溫鹽垂直縱面分布圖如 Fig. 7 所示，兩者均顯示水深 100 m 以淺的溫鹽結構變化較為複雜，等溫線與等鹽度線均呈上突現象，亦即湧升現象明顯，其範圍大多位於 121.5° E ~ 122.5° E 間，但其出現之位置隨季節略有變動。這種由黑潮所形成之地形性湧升冷渦，過去 KEEP 計畫之一系列研究結果，已確定終年存在，且具低溫、高鹽、低氧、高磷、高硅及高氮等特性，不僅含高營養鹽，其周邊亦可能形成類似潮境鋒面，吸引魚群集結形成漁場。

三、鯖鯊魚群相對豐度分布之特性

Figure 8 左側三圖分別為 4、6 及 7 月利用魚探機所獲得之鯖鯊魚群相對豐度指數分布與海底地形之關係。圖中超過 90% 之鯖鯊魚群均出現在水深介於 100 ~ 200 m 間的陸棚水域，並以 122° E 垂直範圍為主要集中區。曾 (1984) 及林與郭 (1992) 分析我國鯖鯊大型圍網船之漁獲資料結果，認為澎佳嶼附近 200 m 等深線以淺處，為鯖鯊主要漁場。本研究利用作業時之海況資料與所蒐集之鯖鯊魚群影像加以比較，亦獲得相同之結果。Figure 8 右側三圖為鯖鯊魚群相對豐度分布與水深 40 m 之溫度水平分布關係，其中陰影部分為各航次湧升冷渦的中心位置。由圖顯示，相對較高豐度之鯖鯊魚群，出現在距冷渦位置 10 ~ 20 哩之範圍內。Liao et al. (1997) 及廖等 (2004) 分別利用 EK-500 計量魚探系統於在台灣東北部海域進

行調查研究時指出，在湧升冷渦所出現之魚群訊號的體積散亂反射強度值 (Sv) 較小，其結果表示魚群出現在冷渦處之機率相對較低，而主要分布在冷渦周邊水域。此一論點與本研究採用魚群影像方式來解析漁獲所得之結果頗為吻合。總之，鯖鯊雖然為台灣東北部海域表中層高度洄游性魚類，然其洄游棲息場所可能會受到海洋環境影響而改變，但其規律性仍然有跡可循。

結 論

台灣東北部海域之漁場環境結構複雜，過去 KEEP 計畫曾進行一系列的研究，其結論與本研究推論鯖鯊漁場之形成機制頗為一致，表示湧升冷渦的確為判定鯖鯊漁場位置的重要參考指標。因此，若能長期利用試驗船前往台灣東北部海域進行溫深鹽儀之觀測，同時，調查解析水深 40 ~ 60 m 間之次表層溫鹽分布狀態，將可更為正確的判定湧升冷渦的位置，進而將鯖鯊漁場與漁海況速報模式相互連結，並於於第一時間將此重要指標提供漁民參考。

謝 辭

本研究報告承蒙本所蘇所長偉成的鼓勵與支持，李組長定安提供寶貴意見，海建號試驗船王船長瑞霖及全體船員的鼎力相助，暨行政院農業委員會計畫經費 (94 農科-14.1.1-水-A1) 贊助，及其他未具名之審查者給予重要的指正，方得以順利完成，在此一併敬致謝忱。

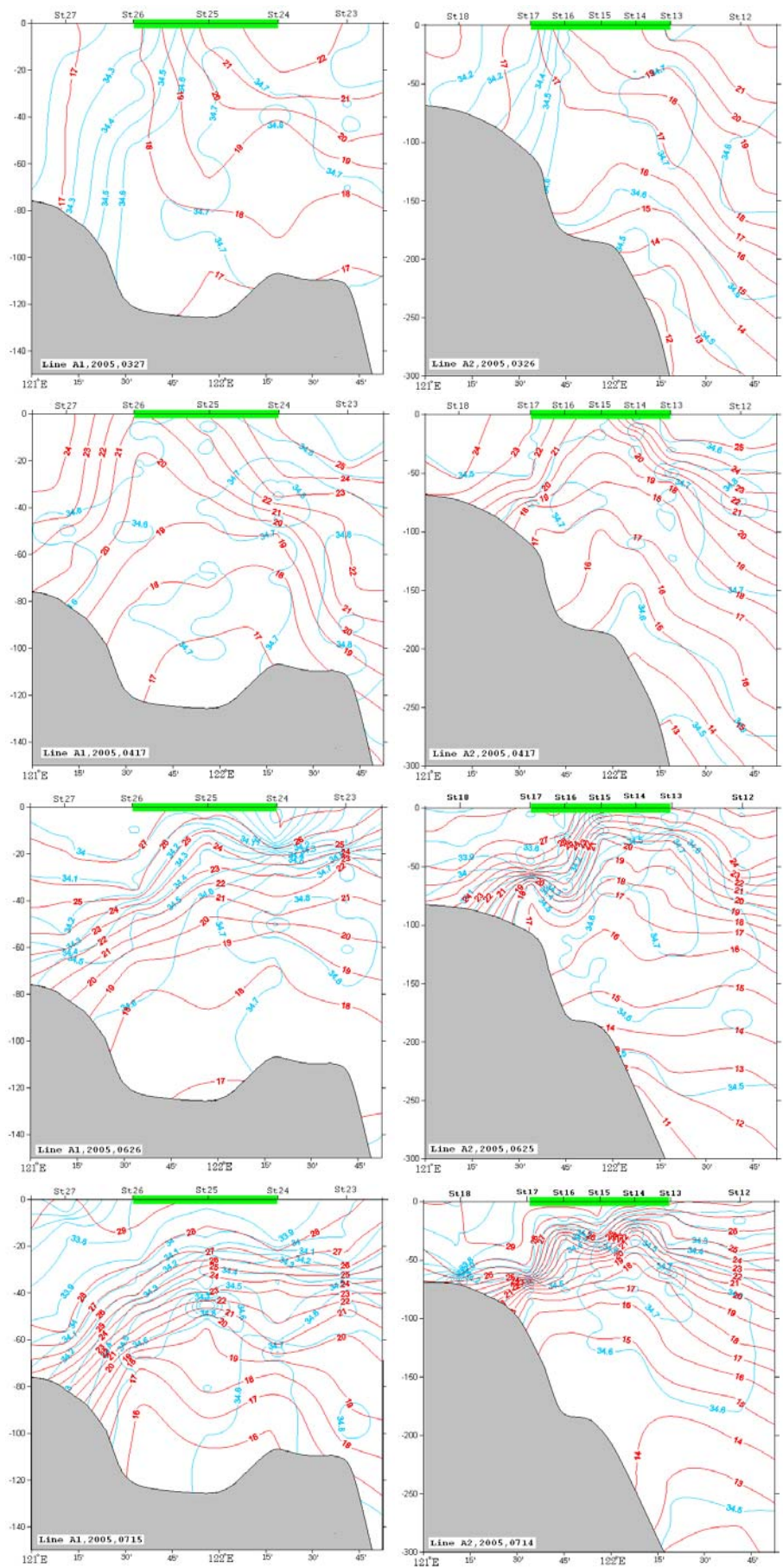


Fig. 7 Isotherms and isohalines along the transects of line A1 (map on left side) and line A2 (map on right side) for four cruises in 2005. The dark grey line area indicates the location of upwelling.

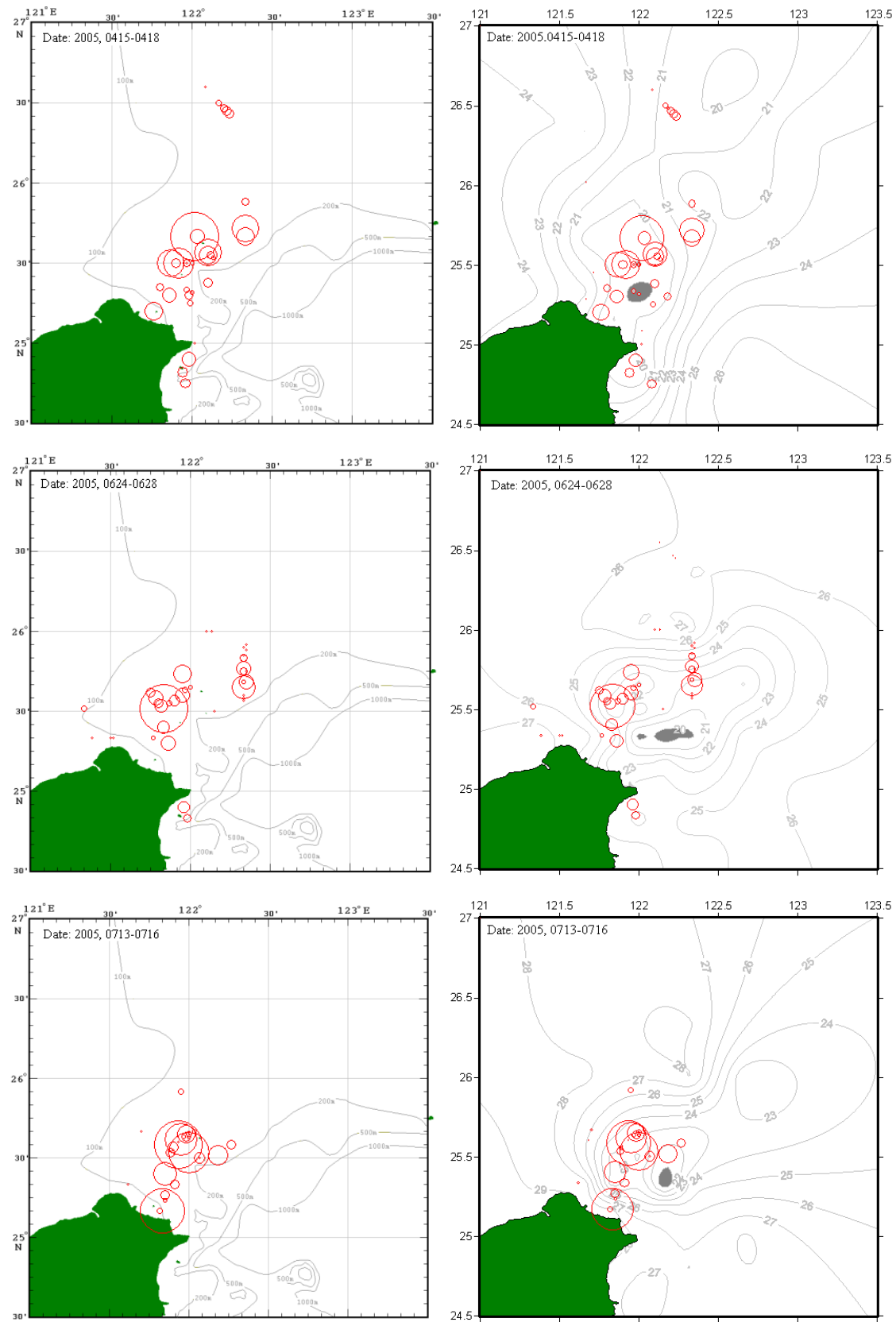


Fig. 8 Relative abundance index of mackerel and scad schools related to the topography (map on left side) and to the distribution of isotherms at a depth of 40 m (map on right side) in April, June, and July 2005, respectively. The shaded area indicates the location of the cold eddy.

參考文獻

- 丁雲源 (1963) 基隆之花腹鯖漁獲量與水溫之關係. 中國水產, 121: 10-14.
- 林雅民, 郭慶老 (1993) 台灣東北部海域鯖鱈漁場及其與海況、氣象因素間的關係. 水產研究, 1(1): 1-9.
- 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研究所碩士論文, 88 pp.
- 曾文陽 (1970) 春季台灣東北部鯖漁場動物性浮游生物的組成與分布. 中國水產, 206: 2-7.
- 曾萬年 (1984) 鯖鱈漁業的回顧與展望. 中國水產, 375: 35-52.
- 曾萬年 (1988) 台灣近海鯖鱈漁場之形成與潮境漁場理論. 中國水產, 429: 3-9.
- 張崑雄, 李信徹 (1969) 鯖魚資源生物調查—I. 台灣花腹鯖之食性. 中國水產, 204: 3-8。
- 張崑雄, 王泰山 (1970) 鯖魚資源研究初步報告—II. 台灣花腹鯖之產卵習性. 中國水產, 209: 3-8.
- 曾振德, 林志遠, 陳世欽 (2003) 台灣東北部表層水文時空動態之研究. 水產研究, 11(1&2): 19-28.
- 廖學耕, 李嘉林, 黃士宗 (2004) 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. 水產研究, 12(1): 1-10.
- Chen, Y. L. (2000) Comparisons of primary productivity and phytoplankton size structure in the marginal regions of southern East China Sea. *Cont. Shelf Res.*, 20: 437-458.
- Fan, K. L. (1980) On upwelling off northeastern shore of Taiwan. *Acta Oceanogr. Taiwan*, 11: 105-117.
- George, T. F., S. Y. Chao, Y. H. Li and F. K. Saih (2000) The Kuroshio edge exchange processes (KEEP) study - an introduction to hypothesis and highlights. *Cont. Shelf Res.*, 20: 335-347.
- Jeng, C. W., K. T. Lee and C. H. Liao (1992) The use of stationary hydroacoustic transducer to study diel and seasonal influences on the distribution of fish school in water adjacent to the cooling water intake of Nuclear Power Plant III. *J. Fish. Soc. Taiwan*, 19(4): 289-298.
- Lee, M. A., S. C. Chou, K. T. Lee and P. C. Lee (1996) Distribution of fish larvae in relation to pycnocline in the coastal waters of Tan-Shui, Taiwan. *J. Fish. Soc. Taiwan*, 23(3): 195-206.
- Liao, C. H., K. T. Lee, M. A. Lee and H. J. Lu (1997) Oceanographic conditions and surface layer biomass distribution characteristics in the waters of Northeastern Taiwan. *J. Fish. Soc. Taiwan*, 24(4): 283-297.
- Liu, K. K., S. C. Pai and C. T. Liu (1989) Temperature-nutrient relationships in the Kuroshio and adjacent waters near Taiwan. *Acta Oceanogr. Taiwan*, 21: 1-17.
- Liu, K. K., G. C. Gong, C. Z. Shyu, S. C. Pai, C. L. Wei and S. Y. Chao (1992a) Response of Kuroshio upwelling to the onset of the northeast monsoon in the sea north of Taiwan: observations and a numerical simulation. *J. Geophys. Res.*, 97: 12511-12526.
- Liu, K. K., G. C. Gong, S. Lin, C. Y. Yang, C. L. Wei, S. C. Pai and C. K. Wu (1992b) The year-round upwelling at the shelf break near the northern tip of Taiwan as evidenced by chemical hydrography. *Terrestrial, Atmospheric, and Oceanic Science*, 3: 243-276.
- Su, J. L., B. X. Guan and J. Z. Jiang (1990) The Kuroshio. Part I. Physical features. *Oceanogr. Mar. Biol. Annu. Rev.*, 28: 11-71.
- Tang, T. Y. and Y. C. Yang (1993) Low frequency current variability on the shelf break northeast of Taiwan. *J. Oceanogr.*, 49: 193-210.
- Tang, T. Y., Y. Hsieh, Y. J. Yang and J. C. Ma (1999) Continental slope flow northeast of Taiwan. *J. Phys. Oceanogr.*, 29: 1353-1362.
- Tseng, C. T., C. Y. Lin, S. C. Chen and C. Z. Shyu. (2000) Temporal and spatial variations of sea surface temperature in the East China Sea. *Cont. Shelf Res.*, 20: 373-387.
- Wong, G. T. F., S. C. Pai. and C. T. Chen. (1989) Chemical hydrography across the East China Sea-Kuroshio frontal region northeast of Taiwan. *Acta Oceanogr. Taiwan*, 23: 1-18.

Preliminary Study on the Existence of a Cold Eddy Related to the Distributions of Mackerel and Scad in the Waters off Northeastern Taiwan During Spring and Summer 2005

Chia-Lin Lee^{1*}, Yu-Tzu Wang¹, Sew-Horng Wu¹ and Chen-Te Tseng²

¹Marine Fisheries Division, Fisheries Research Institute

² Planning and Information Division, Fisheries Research Institute

ABSTRACT

To determine the characteristics of upwelling, located at 24.5°~27°N and 121°~123.5°E, and its effect on the distribution of mackerel (give scientific name) and scad (scientific name), 138 survey stations from four cruises in March, April, June, and July 2005 were sampled in the waters off northeastern Taiwan. Depth, seawater temperature, and salinity were collected by (CTD). Based on the data analyzed, the upwelling of a cold eddy was found to exist on all four cruises. The strongest cold eddy existed at depth of 40~60 m in the waters off northeastern Taiwan. The best habitat area for mackerel and scad was evaluated at depths of 100~200 m at 16-32 km from the center of the cold eddy position. The location of the cold eddy can be used as a reference when searching for mackerel and scad schools.

Key words: upwelling cold eddy, mackerel and scad school, abundance index, waters off northeastern Taiwan

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