

海水溫度與海軍作戰

著者/毛正氣

海軍官校正期77年班
美國紐約州立大學石溪分校海洋環境科學碩士

美國海軍參謀學院56期

美國紐約州立大學石溪分校海洋暨大氣科學博士

艦艇經歷驅逐艦飛彈官、反潛官、飛彈長，巡防艦兵器長、兩棲艦隊一、二級艦副艦長、國防大學海軍指揮參謀學院教官、海軍司令部計畫處計研組上校副組長

現任大氣海洋局上校副局長

- 一、水下偵蒐裝備的效能受海洋環境影響甚巨，舉凡海底地形、地貌、地質、海水鹽溫、海流、重力、磁力等情資均須特別詳盡與精確，方能有效發揮其效能；其中海洋溫度結構對本軍各式海下作戰，特別是水下作戰，有著決定性的影響。
- 二、海水物理特性中，溫度最難預測，也最為重要。一九九六年臺海飛彈危機時，美軍派遣航母戰鬥群至臺灣附近海域巡弋。但當美航艦抵達後卻發現對此地水文所知有限，無法有效支援作戰。事件過後，美方開始構建「臺灣海域近岸水文資料庫」，以備不時之需。其實說穿了，美軍就是要台灣周邊的海水溫度參數。
- 三、海水溫度對海軍水下作戰的重要性，眾所皆知，但想要精準預報水下溫度剖面，卻十分不易，也唯有能精準預報水下溫鹽剖面資料，這些數值方法也才有意義，也才能精準預測目標與投射武器。我海軍大氣海洋局將發展海水溫度預報技術，其目的無非是支持其海軍在戰術運用上，善用地利之便，趨吉避凶，發揮武器裝備應有的效能。

壹、前言

書籍與經驗讓我輩海軍軍官瞭解到「對海洋作戰的環境瞭解愈透徹，對作戰愈有幫助」。正如一般人所瞭解的「海洋作戰環境資料」，其海水物理特性(尤其是聲學特性)環繞著太多環境因子(environmental parameters)，難以頓時掌握。其因子包括海洋周邊環境之海底地形與底質、海水水文現況、海面海象狀況及空中天候、氣象與氣流等變化、地球物理中之海底磁力與重力資料、海水化學循環及生態的分佈等等。然而這些海洋資料肇因千變萬化、錯綜複雜，相互間

又有關聯且多有脈絡可循，致使研究分析起來，格外不易。

水下作戰(反潛與水雷作戰)以聲納偵測裝備為主，其因在海洋中，光和無線電波衰減得非常快，只能傳遞非常短的距離，因此，對海洋表面以下的深測，聲音是最有效的選擇。聲音是一種壓力波，它在海洋中傳播的速度隨著溫度、鹽度、和深度的增加而增加，尤其在海面以下的一、二百公尺中又以溫度最為重要。然而，海水溫鹽特性結構與其隨時間之變化而有所不同，以台灣的複雜的地理位置與水文特性而

言，決定音傳路徑的重要因素是海水溫鹽結構與海底地形與底質，台灣大學陳琪芳教授等五位在一系列台灣周邊海域聲學研究中，¹已證明這兩項參數在台灣周邊海域的重要性。

由於水下偵蒐裝備的效能受海洋環境影響甚巨，舉凡海底地形、地貌、地質、海水鹽溫、海流、重力、磁力等情資均須特別詳盡與精確，方能有效發揮其效能。其中海洋溫度結構對本軍各式海下作戰，特別是反潛作戰，有著決定性的影響，因為聲納裝備在海水中是否能充分發揮其性能，取決於聲音在海水中的行徑方式，這與海水密度分佈有關（水中聲學部份，請參閱毛正氣著之台灣周邊海域與反潛作戰）²；而影響海水密度的主要因素在不同的深度（壓力）為溫度與鹽度，除了在河川出海口或有大量淡水交換的地方外，在一般開放海域因日照變化、季節性氣候變化造成的海水溫度變化較鹽度為大，因此海水溫度對海水密度的分佈有著決定性的影響，加上台灣四周海域海底地形複雜，位於太平洋海盆、菲律賓海槽、南中國海、台灣海峽（亞洲大陸棚）沖繩海槽與琉球島弧匯集之處，此一獨特的地理位置，使得台灣四周海域的海洋溫度結構在空間及時間上的變化都非常的大，因此如何詳實掌握台灣四周海域的海洋溫度結構，實為我海軍在經營大氣及海洋戰場環境中，刻不容緩的工作。

海水物理特性中，溫度最難預測，也最為重要。一九九六年臺海飛彈危機時，美軍為維持海峽兩岸的和平及維持亞太地區區域政局的穩定，派遣航母戰鬥群至臺灣附近海域巡弋。但當美航艦抵達後卻發現對此地水文所知有限，無法有效支援作戰。事件過後，美方開始構建「臺灣海域近岸水文資料庫」，以備不時之需³。其實說穿了，美軍就是要台灣周邊的水下音傳路徑資料，而決定台灣周邊海域水下音傳路徑的主

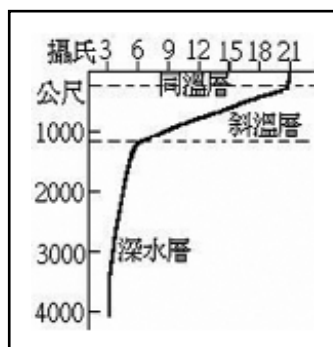
要參數，就是海水溫度。

中共自民國七十三年已全面對臺灣海峽進行全盤性之海洋環境與臺灣本島氣候調查，解嚴後又不斷運用其情報漁船對我海域實施窺探與近岸海域偵蒐，近年來更積極進行「臺灣環島全年水文資料與氣象之蒐集與研究」以及第一、第二島鏈水文環境的調查⁴。中共已於2004出版「台灣周邊海域密度躍層分析」；⁵又於2006年出版「南海以及台灣周邊海域在1900～2004年間的海洋調查資料」，以 $0.5^{\circ} \times 0.5^{\circ}$ 網格進行計算統計分析層次深度，⁶其對台灣有進犯的心思，昭然若揭。

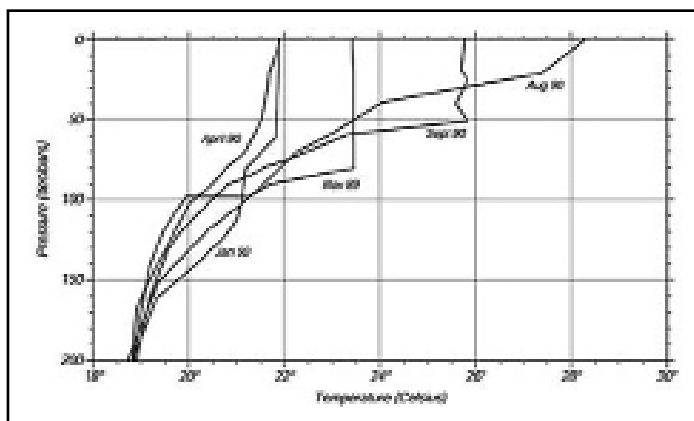
本文將有系統的介紹海水溫度（層次深度）與海軍作戰的關係，其中並未涉及資料機敏性。第二節將介紹海水的溫度剖面，包括混合層、斜溫層以及深水層，以及影響層次深度的因素。其次介紹台灣周邊海域海水環境與台灣周邊海域海水溫度分析，讓讀者清楚了解到我自身海水溫度現況。另闢專欄介紹美軍在預報海水溫度上的努力，及我方大氣海洋局現階段的作法與精進空間。最後將介紹台灣周邊海域層次深度的月平均值，期能給海軍軍官們一個基本水文概念，希我海軍軍官能了解環境的優勢，佔地利之便，確保主導戰場的能力、武器裝備充份發揮以及戰場人員安全。

貳、海水的溫度剖面

海水溫度雖然部分來自海底地層活動所產生的熱量，但主要來源仍為空氣與海水交界面的熱交換。太陽輻射能經大氣反射、散射與吸收後，到達海面之輻射量平均約每分鐘0.221卡／平方公分，若大氣中含煙塵或有雲層，輻射量則降低。海水的溫度介於 -2°C 至 35°C 之間，其水平方向之變化雖較小，但在垂直方



圖一 海水垂直結構



圖二 海水垂直結構季節性變化。(資料來源: Introduction to Physical Oceanography, John A. Knauss)

向變化卻較為顯著。一般在高緯度區域的溫度變化大都呈等溫結構，變化較小，亞熱帶區域的層次變化較為明顯，赤道區的變化最大。⁷典型的海水溫度在垂直方向的變化大致上可分為三個層次：等溫層 (Isothermal)、斜溫層 (Thermocline)、深海低溫層 (Deep Permanent Thermocline)，如附圖一所示。

海水溫度之分布結構，除地理位置外，與季節及當日陽光之加熱及海面擾動有密切之關連。冬季時，海水隔熱效用降低，且風浪較大，海洋表層之溫度得以混合，使恆溫表層溫度向下延伸。春季時，海洋表層溫度上升，若海面平靜或僅有輕微風浪，溫度將保持穩定之分布狀態(等溫層)；當海面有波浪運動時，海面下數公尺深之海水逐漸混合形成等溫層，使太陽輻射熱不再繼續往下傳導，故等溫層與下方海水之間形成一溫度梯度驟增之交界(斜溫層)。因此春夏之際，當海面受風吹而產生浪時，可觀測到逐漸加深之表面等溫層，其下方變溫面之溫差亦加大；秋冬之初，海水表層隔熱作用逐漸降低，海面波浪增大，表層溫度逐漸下降，最後達冬季等溫狀態。深海水溫因不受表面風及氣溫影響，得以保持其原有之低冷溫度狀態，故形成「深海低溫層」。混合層一般位於海平面到25~200公尺的深度，因受到陽光照射，加上洋流及各種波浪的混合作用而形成(附圖二)。

造成這個等溫、等鹽的表面層的原理很簡單，就是海水的表面被攪動一混合了；攪動的主要動力是風和日光的照射，但海流、雲的結構、降雨情形等也都

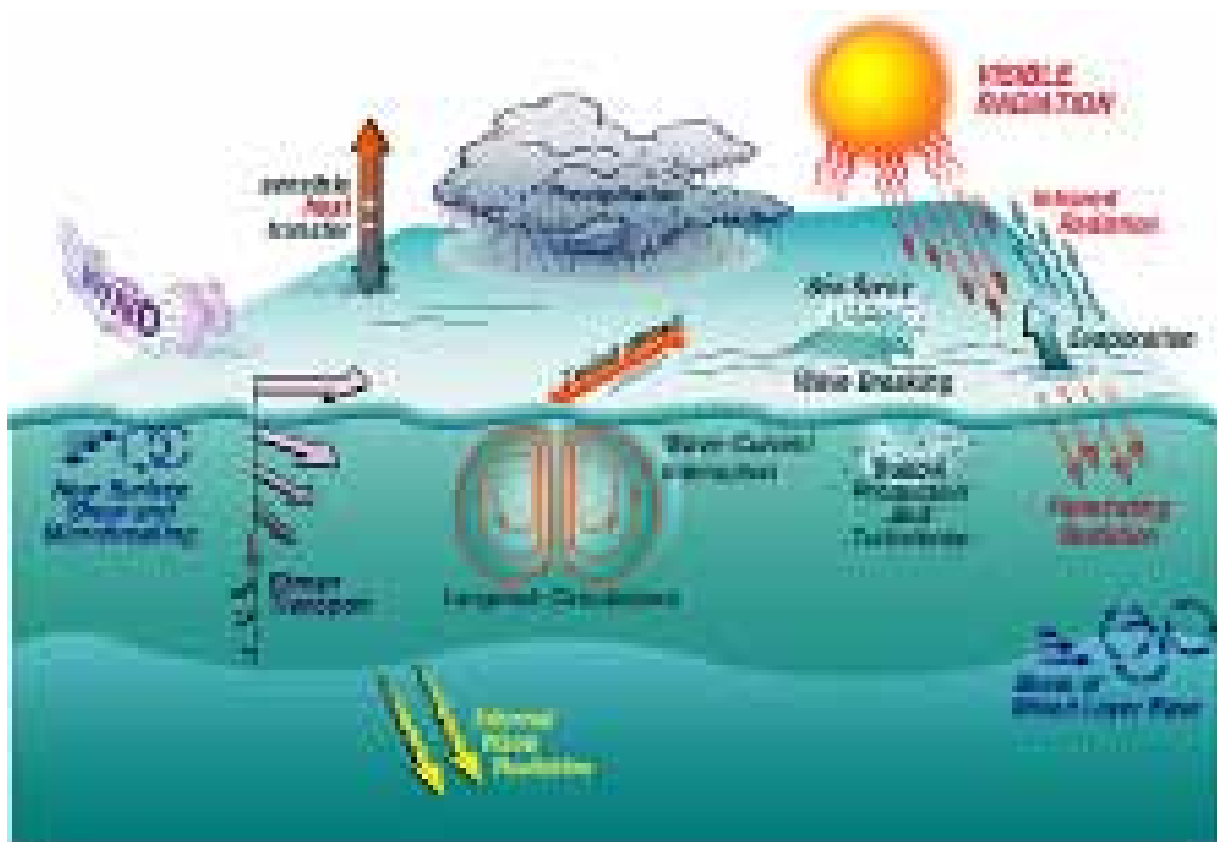
會對混合能夠到達的深度產生影響(圖三)。在海水與空氣的交界面，會因為風的吹動而發生擾動動能 (Turbulent Kinetic Energy, TKE)，這些TKE在向傳遞時，會使海水攪和，將熱往下搬運並消耗這些擾動動能；因此，表面層能夠到達的混合深度，就會隨著風力愈大而愈深，但也隨著日光照射對海水表面的增溫愈強而愈淺。⁸

依前述的混合過程為基礎，以台灣周邊海域為例，加以說明。由於海水熱量收支達到平衡的時間不在太陽直射地球最北和最南的夏至日或冬至日，所以海水溫度最高的時期不在6月而在8月，最低溫度時期不在12月而在2月。這種海水溫度變化滯後於天文季節變化的現象，使秋季的海水溫度比春季的為高，令溫度高於攝氏26~27度的海域範圍在秋季遠比春季為廣(圖四)。季節上的變化則是夏季大預測夏季之MLD小於數十公尺，而冬季可能大於100公尺。⁹

事實上，層次深度除了有季節的變化外，還有每日的變化，一般說來，夜晚較深，白天較淺，而每一個小時都可能因為風、雲、降雨等天候因素產生立即的變化。這也是為什麼本軍要求反潛操演時應至少每小時採一次BT剖面圖，平日應於00、06、12、18等4個時間採四次BT的剖面圖的道理。

參、台灣周邊海域海水環境

臺灣是太平洋板塊、歐亞大陸板塊與菲律賓板塊等三大板塊擠壓所造成的；同時亦形成臺灣周邊海域四



圖三 影響層次深度的因素（取自OCEAN MIXED LAYER DEPTH CLIMATOLOGY
<http://www.locean-ips1.upmc.fr/~cdblod/mlld.html>）

大不同的海底地質與地勢；臺灣海峽、臺灣東北角、臺灣西南海域以及東岸深海底等四種（圖五）。東岸水深深達4000公尺以上，西岸卻是平均僅80公尺的台灣海峽。四種地形的海水與海流驅動力完全不同；分別是南、北向的日、月潮在臺灣海峽臺中外海匯合，造成臺中港嚴重淤沙且潮差過大；流經水深四千公尺的東岸黑潮主流在澎佳嶼外海轉向，離心力促使西太平洋深層冷海水上湧，造成廣大魚場。臺灣西南海域是黑潮分流處；東北角是黑潮與大陸沿岸流（非親潮）海水交換處。臺灣位於大陸性冷氣團與太平洋暖氣團交匯處，氣候陰晴不定，加上夏季東南季風與冬季東北季風均影響海象與水流，水文狀況十分複雜。¹⁰ 詳細台灣周邊海域地形與海流，請參閱其他著作。^{11 12}

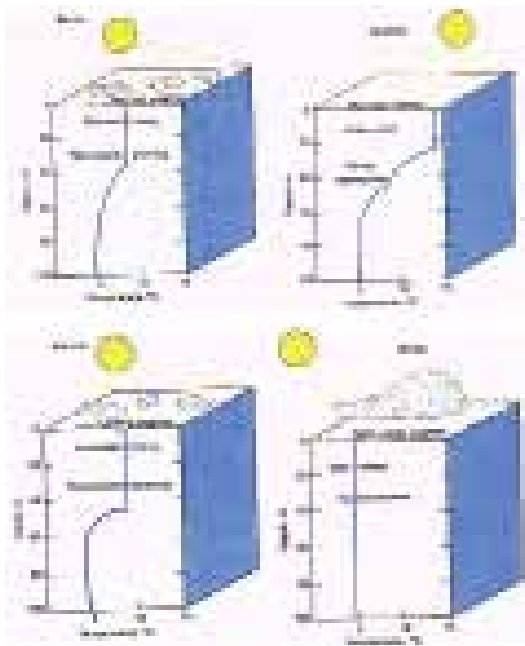
黑潮是影響台灣周邊海域海洋環境的一股強勢暖流，由低緯度挾帶大量高溫、高鹽之海水進入台灣海域，經與其他水團接觸後，不均勻之鹽、溫分佈突顯其強烈之斜溫層特性。台灣與大陸間海域屬大陸性冷

水團，在與黑潮暖水相接處形成強烈鋒面，為不穩定區域。

除了水團特性之影響外，台灣周邊海域海水鹽溫之垂直分佈受到日照、氣象等因素影響，有不同週期之變化，一般而言，當陽光強烈時，海面水溫高，海水密度較小，如果當時海面的風弱，則密度小的海水浮在表面，無法與下層海水混合，形成強烈的表面斜溫層；反之當陽光較弱，表面海水冷而密度大，增加下沉的趨勢，再加上海面風力強，強力攪拌上層海水，致使上層海水垂直混合後形成一較深之混合層。

肆、台灣周邊海域海水溫度分析

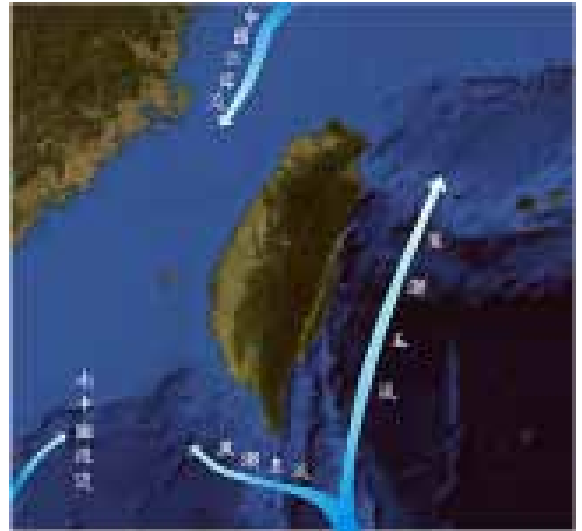
海洋熱結構的變化是漸近的，主要是受氣象變化的影響。海水表面溫度(Sea Surface Temperature, SST)的分佈主要受制於三個因素：洋流、季節效應及緯度，在洋流主流內的溫度受洋流本質特性的因素較季節性及緯度因素為大。季節性及緯度的因素包括下



圖四濱海區域，季節氣候影響層次深度（資料來源：<http://www.locean-ips1.upmc.fr/~cdblod/m1d.html>）

列作用：海水水平混合（Convective Mixing）、海水機械性混合（Mechanical Mixing）表面增溫、降雨、蒸發及冰的分佈。不同深度有不同的溫度分佈。

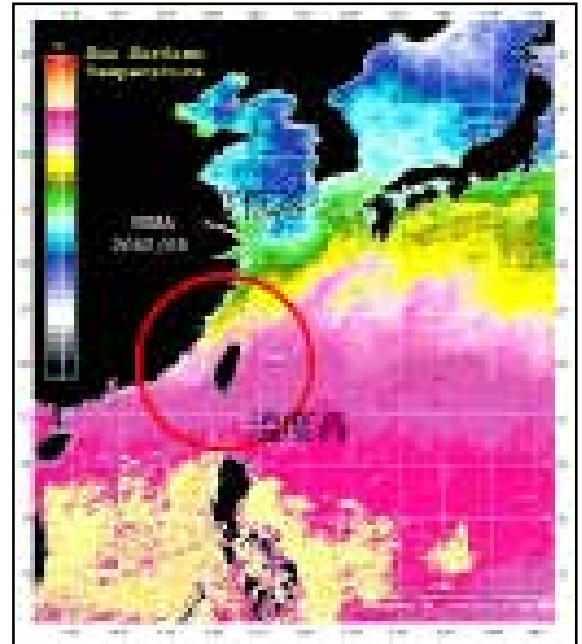
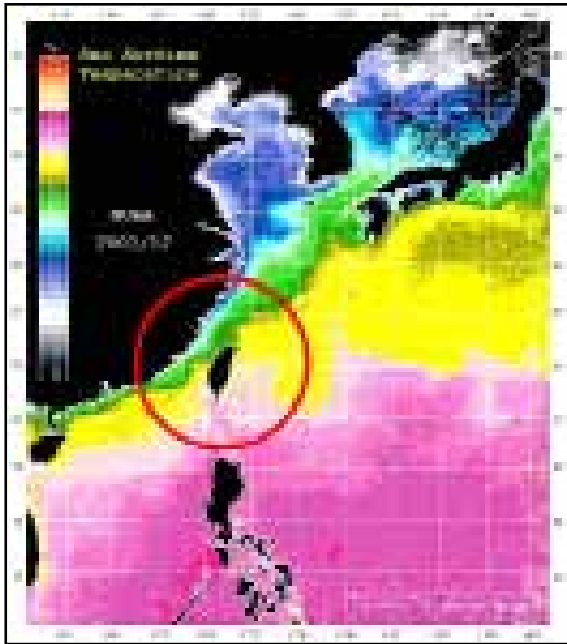
衛星觀測之台灣周邊海域海水表面溫度（圖六）顯示：台灣四周海域冬季典型海水分布情形，源自大陸沿岸之低溫低鹽海水，沿大陸海岸向南流，冬季時受東北季風影響會擴展至台灣西岸，與高溫、高鹽之黑潮支流相遇，在台海南端形成一海洋鋒面。水團是具有相類似的溫度及鹽度（斜溫層以上部份）水聚集在一起而形成的。水團的形成常與地點有關。當水團移往另一新地點後，仍會保留原有的特性。水團斜溫層（Thermohaline）結構的變化與季節、緯度及洋流有絕對的關連。如果在沒有混合作用發生的情形下，水團的斜溫層特性會與其發源處有所差異。當表層下之溫度在水下固定深度之內，通常為200公尺，分佈均勻時，水團範圍內之海水會具有相同的斜溫層特性。台灣東北角海域（澎佳嶼附近海域）便存在兩個不同



圖五 臺灣海底地形與周邊海流現況。（資料來源：國家海洋科學中心）。

性質的水團，堆積在基隆外海之大陸沿岸流及黑潮潮水），在雲林彰化外海凸起之高海床（雲彰隆起），南北各存在一個水團（南流沿岸流及北流黑潮支流）。

根據台灣海洋學者研究結果顯示，影響台灣海峽海區的海水溫度化變化的因子以太陽輻射為主，其強度最高值一般出現在8月，最低值出現在2至3月間。全海區表層最高水溫值在29.0℃左右，最低值則差異較大。深、底層水溫極值出現時間則受地理環境影響而比較不規則，台灣週邊海域在夏季時，上層海水因為高溫度、高鹽度的特性，形成強烈的季節性減溫層，更由於太陽輻射的日變化在夏季非常顯著，約在午後，表層海水受太陽直射增溫3℃，而夜間則因熱輻散，海面逐漸冷卻；若水面無風、浪或流的混合作用，則混合層次甚淺甚至沒有層次，水面艦的聲納音束點快速下彎，致使聲納偵測距離大減；換句話說，潛水艦可藉潛航於此層次之下接敵而不虞被偵測到。

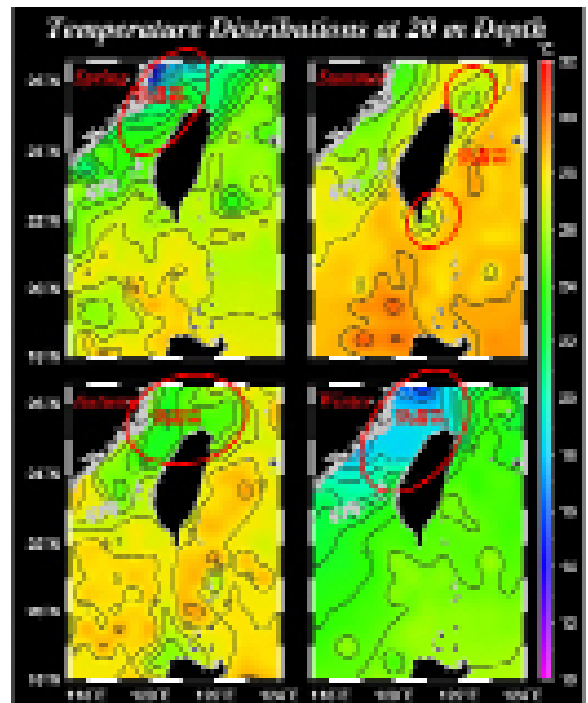


圖六 衛星觀測之台灣周邊海域海水表面溫度圖，右圖為春夏季五月；左圖為冬季十二月。台灣周邊海域之海水表面溫度，春夏季與冬季有明顯差異。（資料來源：國家海洋科學中心）。

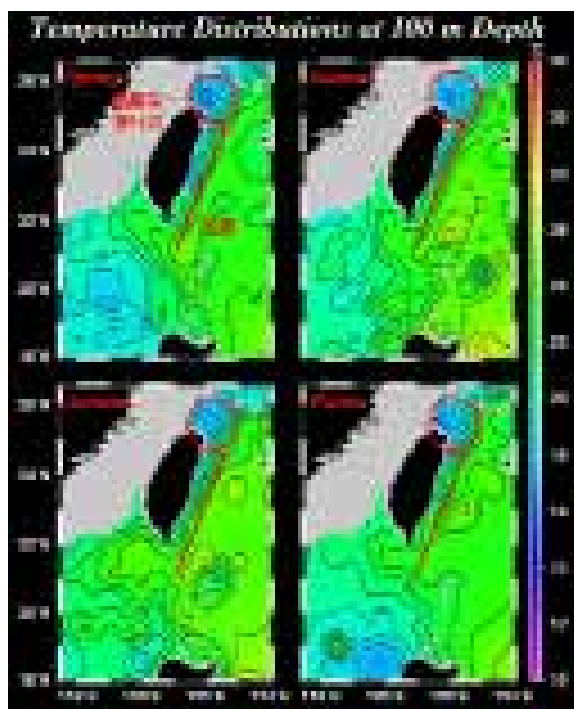
相反的，如果海水表層經過風、浪或水流的作用使層次混合，形成良好的表面導管，則除非潛艦能潛至更深處，否則便難逃過聲納的偵測範圍。

圖七至圖九不同深度的海水溫度可以說明台灣周邊海域的海水溫度變化的最重要的因素是太陽輻射（表面溫度與黑潮無關，與季節有關證明太陽輻射是最重要的因素）；而海底水溫四季變化不大，且似與海流（黑潮）有關。黑潮水文基本特性為高溫、高鹽，其流經台灣本島南部時，因地形因素將黑潮原一分為二。黑潮在轉向處（澎佳嶼周邊海域）造成兩水團（堆積在基隆外海之大陸沿岸流及黑潮潮水）大幅度海水交換並促使台灣東岸深層冷海水向上湧出¹³。

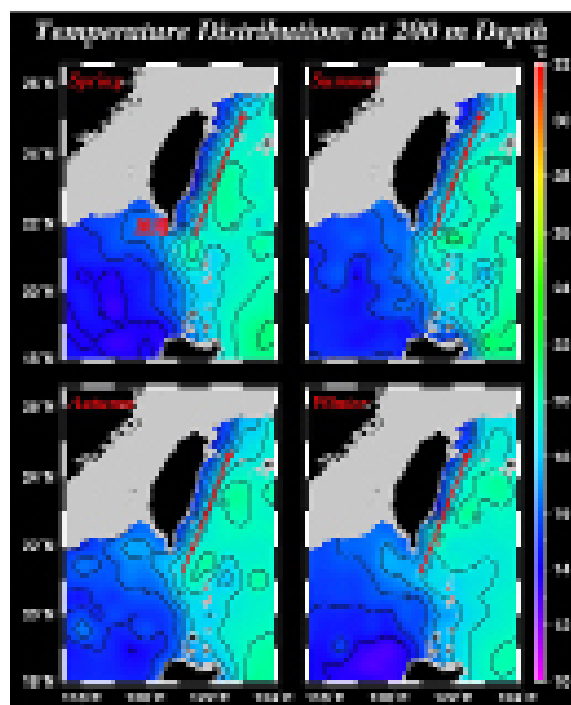
圖七是台灣周邊海域水深20公尺時，四季溫度平均圖。海峽的表面水溫明顯低於台灣東岸的黑潮潮水，而台灣海峽的低溫來自河水。圖八（水深100公尺時）及圖九（水深200公尺時）可以說明台灣東岸的黑潮是



圖七 台灣周邊海域水深20公尺時，四季溫度平均圖。紅圈表示低溫區域，此現象顯示有大量河水（河水水溫較低）流入海水中。（資料來源：國家海洋科學中心）。



圖八 台灣周邊海域水深100公尺時，四季溫度平均圖。紅圈表示低溫區域，此現象顯示有深層冷海水向上湧出；箭頭表示黑潮主流。（資料來源：國家海洋科學中心）。



圖九 台灣周邊海域水深200公尺時，四季溫度平均圖。紅色箭頭表示黑潮主流。（資料來源：國家海洋科學中心）。

主要控制海水溫度機制¹⁴。圖九顯示有深層冷海水向上湧出，影響當地水團特性。

伍、台灣周邊海域月平均層次深度

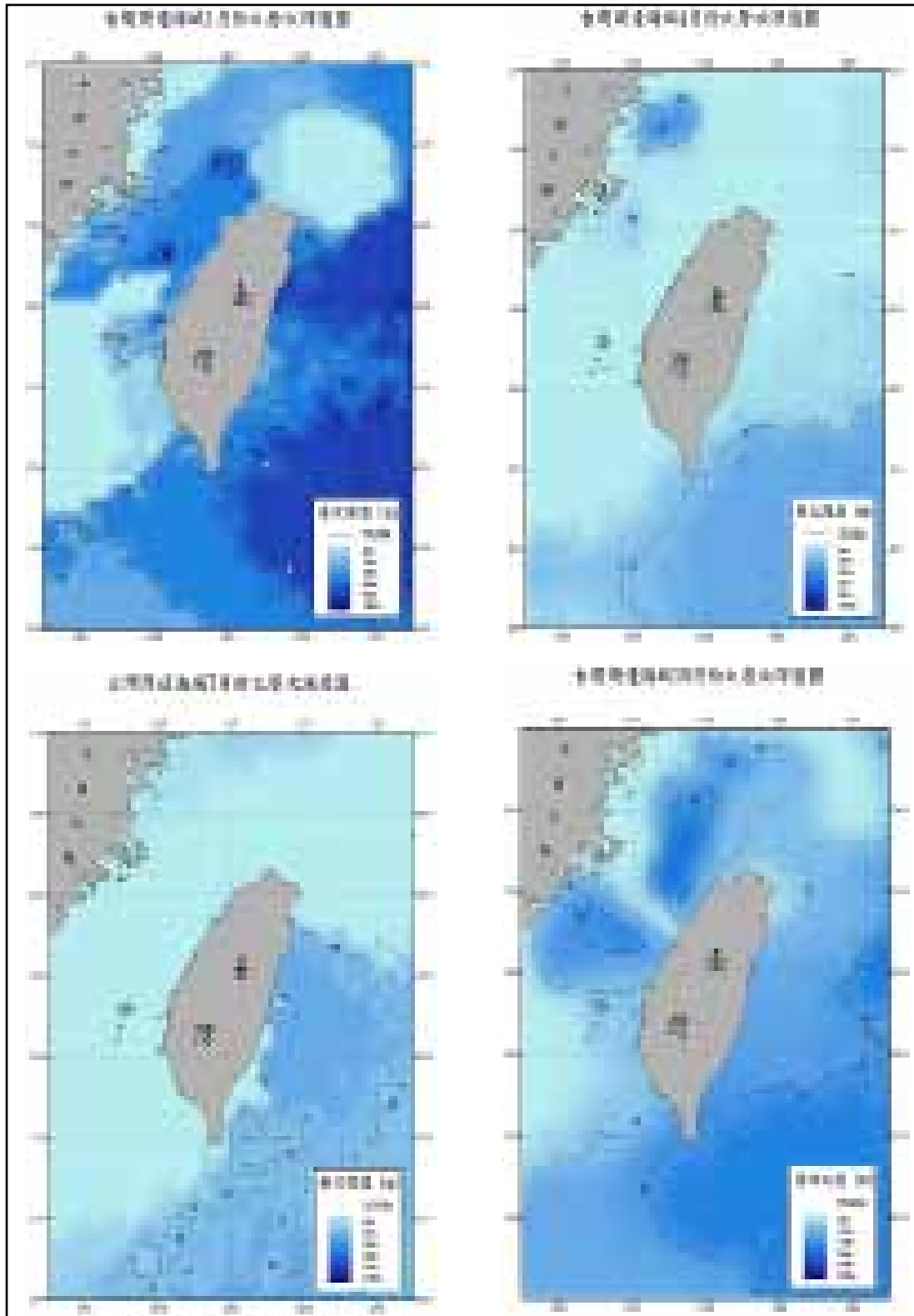
層次溫度的界定與變化，攸關海軍反潛作戰聲納的拍發及艦船戰術作為，對身為海軍的我們非常重要；陳企韶博士在「海軍軍官」月刊所著「簡介海水層次深度及其變化」有詳盡的說明，在此不多介紹。¹⁵

雖然海洋物理參數如溫度等，月平均值並沒有特別的物理意義與在科學研究上並不能特別代表什麼，但至少給讀者一個基本的概念，圖十顯示台灣周邊海域春季(4月)沒有層次深度，而夏季(7月)除台灣東岸之外，其於海域海水攪拌海均勻，並沒有層次深度。秋季(10月)層次深度約為40公尺，台灣東北角與西南海域海水因地形與水流的關係，海水混合狀況良好，也沒有層次深度。冬季(1月)層次深度約為40公尺，如同

秋季，東北角與西南海域海水混合狀況良好，並沒有層次深度。

臺灣附近季節性風場與日照的特性，再增加淡水輸入對層次深度影響的考量，並就層次深度在臺灣四周海域中的季節性變化作一介紹。為簡化討論內容，我們將臺灣四周海域依地形分成東部深水海域、西南部大陸斜坡海域、西部海峽淺水海域、和北部大陸棚海域等四大區域。¹⁶

東部為深水海域，離岸數哩之水深即達4千公尺以上，在聲音傳遞路徑中會形成匯音區，有利於低頻率的被動式聲納偵蒐。東部的淡水注入量不大，僅有蘭陽、立霧、與秀姑巒等小型溪流，除夏、秋二季颱風時會攜帶大量的降水外，鹽度變化僅在河流出口有顯著差異，大部分海域之垂直密度結構以溫度為主。在本海域冬季日照較弱，水體垂直密度差很小，而東北季風平均風速約每秒20公尺，層次深度可達近百公



圖十 台灣周邊海域季平均層次深度（資料來源：國家海洋科學中心）。

尺；夏季日照強，水體垂直密度差大，而西南季風平均風速小於每秒10公尺，層次深度約為80公尺；春秋二季為季風轉向調整期，季平均風力雖小但陣風變化極大，春季又屬梅雨季而有較大量之淡水輸出，且因雲多故日照時間不定，就理論而言層次深度的瞬時變化極為劇烈，需經仔細的調查與研究。

西南海域為大陸坡地形，水深雖自岸向西南方漸降可達3千公尺，但不易形成匯音區；本區內有東港、高屏、鹽水、與阿公店等溪流，其中以高屏溪注入淡水的量最大，淡水會懸浮在海水上，並被黑潮支流帶向北方，形成一與岸平行的鹽度鋒面；雖然季風與日照情形與東部海域相同，但是此鹽度鋒面將使得近岸與離岸的層次深度迥然不同。

臺灣海峽是標準的淺水海域，平均水深約80公尺；海峽兩岸都有大量的淡水輸入，經常在海峽中線靠臺灣側存在一溫鹽鋒面，加上水淺故潮流極強，水流受海底摩擦力作用也會產生擾動混合的功能；因為此區層次混合的動力是來自於海面與海底兩方面，而鹽度差異非常重要，且潮流的週期僅為六小時，所以層次深度的時間變化極為快速、地理結構分布也極為細緻，是四區中最難用統計方式判斷的。

北部海域是典型的大陸棚海域，平均水深在100-200公尺間；但是此區也是東海水、長江水、臺灣海峽水、黃海海流、與黑潮水的交會處，水體的來源繁複且水性迥異，使得此區存有多道溫、鹽鋒面；在同樣的日照與風場下，這些鋒面是劃分不同層次深度的界限，在本軍統計溫鹽剖面決定層次深度的預報作業中，必須將此點納入考量才不會誤導反潛作戰參數的判斷。

層次深度不僅決定潛艦的潛航最佳深度，也影響若干先進裝備的使用效能，例如近期英、美等國致力發

展紅外線偵潛儀，可在相對較冷的水體環境中探測潛艦所輻射的熱能，因為風對表面混合會使熱能重新分布，所以層次深度愈深、表層水温愈低，則偵蒐效果愈佳。據測試在高緯度冬季此裝備可蒐獲水下50公尺的潛艦目標，但在夏季則小於30公尺，在熱帶海域使用時會因為環境溫度與目標輻射溫度差異較小而使效果較差，而我們所在的黑潮水域是全太平洋水温最高的區域，故此類裝備所能發揮的功能更為有限。

對海軍來說，反潛作戰獵殺潛艦一定要知道層次深度為若干，才能夠預測潛艦的運動深度和設定魚雷；又如若層次深度小於15公尺，則潛艦可以用潛望鏡航行而不易被聲納偵測到，在這個情形下，特別容易受到潛艦攻擊。

陸、美軍現行海水溫度預報現況¹⁷

由於海水剖面的溫度非常困難，且對水下作戰影響甚巨，美海軍在加州蒙特利（Monterey）設置一艦隊海洋數值中心（Fleet Numerical Oceanography Center, FNOC），內轄有工作人員約600人，使用兩部超大型電腦，負責解算3個數值預報模型；一為環球天氣預報模型，一即為層次深度（Mixed Layer Depth, MLD）及聲音傳播速度剖面圖之預測模型。此層次深模型每二十四小時不斷自十數枚低軌道繞極衛星與6枚地球同步衛星輸入36萬筆遙測資料，加上全球3000艘合約海洋研究船和4000個海洋工作站，以及美海軍不定期、不定點施放BT與氣象球，並將所有資料輸入模型經解算後，每小時對全球各地美海軍艦艇發布最新之層次深度預測及聲音速度剖面圖，並已於1992年與北約國家聯線互換資料以提高其精確度。

美國海軍在溫度結構預報上，分為建立海水溫度觀

測資料庫、海洋熱動力模式預測，及海洋環境資料融合(又譯「同化」，Assimilation)與分析等三個階段來進行；這三個階段分別為最佳化海洋溫度內插系統(Optimum Thermal Interpolation System, OTIS)、熱動力海洋模式(Thermal Dynamic Ocean Prediction System, TOPS)與海洋環境資料融合系統(Modular Ocean Data Assimilation System, MODAS)。

一、最佳化海洋溫度內插系統(OTIS)

OTIS主要的目的在處理所有可用的即時觀測資料，產生海水溫度資料庫。所有的即時觀測資料都必須與現有的歷史分析資料進行比對並驗證，且因為目前海氣象即時觀測資料在空間上並非均勻分佈的，因此還必須用數學方式(OL)加以勻化(smooth)，以便能在所需的網格點上，產生適當的溫度資料。

目前OTIS作每日全球資料融合的即時資料約包含200個固定式或漂流式觀測浮球傳回的資料、250個由美國海洋大氣總署(NOAA)繞極衛星量測之熱紅外線(Infrared, IR)雷達影像所求得的多頻道海水表面溫度(MCSST)。

二、熱動力海洋模式(TOPS)

TOPS主要是一個混合層模式包含了海表至水深400m的溫度、鹽度及動量守衡方程式。TOPS的起始條件由OTIS方式所提供，海表的邊界條件(如海表風剪力及熱通量)則由美國海軍全球或區域性氣象數值模式NOGAPS或NORAPS提供。TOPS每日運算時，均加入當日OTIS處理的資料。TOPS的預測結果將與次日的OTIS之資料進行比對，以確保資料準確率。OTIS/TOPS兩系統如提供即時而精確的海洋溫度結構預報，並直接輸入其聲學預測模式中，計算聲納效能，對美國海軍全球大洋水

下作戰而言，實是莫大的助益。

三、海洋環境資料融合系統(MODAS)

模組化海洋資料融合系統(Modular Ocean Data Assimilation System, MODAS)是一套海洋實測資料與數值結果相融合(assimilation)與分析工具，由融合各種不同的海洋觀測資料到一個起始的溫度與鹽度場之後，建立精確、高解析度、三度空間的海水溫度與鹽度網格。MODAS的產品用來預測聲速環境狀況，相當準確。

從上述得知，美國海軍對海洋溫度結構(特別是混合層)的預測用盡各種方法，幾乎是無所不用其極。美國海軍在海洋環境分析及預報所作的努力與所投資在觀測資料蒐集、分析、研究、預測系統開發與測試評估的經費與人力都十分可觀，其目的無非是支持其海軍在全球用兵上，運用海洋環境分析與預測成果作為其順利遂行各項獵雷、戰場打擊等任務，從波灣戰爭的過程檢討來看，現代的戰爭模式已非完全由武器裝備所主導，戰場環境的經營也佔了必要的因素。

柒、本軍海洋溫度資料庫與未來規劃¹⁸

海軍大氣海洋局並沒有似美軍之「熱動力海洋模式(TOPS)」與「海洋環境資料融合系統」，而大氣海洋局卻廣蒐我國周邊海域所有的海水鹽溫資料，資料庫內除了有本軍所蒐集的BT資料外，亦有國科會海洋科學中心資料庫提供國內海洋科學研究船海研一、二、三號的CTD實測資料，國外的海水鹽溫資料，則包括美國海洋大氣總署(National Oceanic & Atmospheric Administration, NOAA)的國家海洋資

料中心(National Oceanic Data Center, NODC)以及美國海軍的資料。海軍大氣海洋局亦針對資料進行分析、研判，同時定期發給有關單位參考使用。

海軍大氣海洋局亦透過「國防科技學術合作計畫」研發的GDEM (Generalized Digital Environmental Model)，已經能精確地描述海洋溫度結構，但此系統為使用歷史觀測月平均資料並不符合預報的需求。現大氣海洋局正規劃台灣週邊海域作戰環境預報需求，整合海洋環境資料融合技術，並發展海洋戰場環境數值預報模式，以滿足海軍作戰需求。

捌、結論

海水溫度對海軍水下作戰的重要性，眾所皆知，但想要精準預報水下溫度剖面，卻十分不易，也唯有能精準預報水下溫鹽剖面資料，這些數值方法也才有意義，也才能精準預測目標與投射武器。美國海軍在海洋環境分析及預報所作的努力與所投資在觀測資料蒐集、分析、研究、預測系統開發與測試評估的經費與人力都十分可觀，其目的無非是支持其海軍在戰術運用上，善用地利之便，趨吉避凶，發揮武器裝備應有的效能。

台灣周邊海域複雜的海洋環境，對我海軍作戰艦艇各項武器裝備效能，在各個不同的海域也會不同的影響，其複雜程度決不亞於美國海軍所面對的海洋環境。本文的目的，是讓海軍軍官有系統的了解台灣周邊海域海水的溫度，包括混合層、斜溫層以及深水層，以及影響層次深度的因素。並介紹台灣周邊海域海水環境與台灣周邊海域海水溫度分析，讓讀者清楚了解到我自身海水溫度現況，希我海軍軍官能了解環境的優勢，佔地利之便，確保主導戰場的能力、武器

裝備充份發揮以及戰場人員安全。

另借由美國海軍對海洋環境分析與預報的發展經驗，作為我海軍大氣海洋局建立海洋環境資料庫與發展海水溫度數值模式的參考，以奠定本軍發展「海軍海洋作戰環境資訊系統」之基礎，以充分充實海軍戰備，支持我海軍作戰。

- 1 陳琪芳、王崇武、克新、苑梅俊、政恩，「海洋聲學整合於反潛作戰戰術運用研析」，第二屆國軍軍事作業研究與模式模擬壇，民國94年3月8日。
- 2 毛正氣，「台灣周邊海域與反潛作戰」，海軍軍官季刊，27卷4期。
- 3 陳企韶，「海洋與海軍(六)海底地形」，海軍軍官，18卷6期。
- 4 陳企韶，「海洋情報與海軍」，海軍軍官17卷2期。
- 5 張緒東、佟凱、尼建軍、鄧冰、劉金芳，「台灣周邊海域密度躍層分析」，海洋預報，2004年11月1日。
- 6 張猛寧、劉金芳、毛可修、李顏、張學宏，「中國海溫度躍層分佈特徵概況」，海洋預報，2006年1月30日。
- 7 毛正氣，「海水的物理特性」，海軍軍官雙月刊，17卷3期，民國87年6月。
- 8 陳企韶，「簡介海水層次深度及其變化」海軍軍官，11卷5期。民國81年5月。
- 9 陳企韶，「海氣交互作用」，海軍軍官，17卷5期。民國87年10月。
- 10 毛正氣，濱海環境作戰參數與海戰場環境即時預報模式，國防雜誌，1122卷3期，頁6-32。
- 羅建育，「台灣週邊海域海底地形之概述」，海軍軍官季刊，23卷3期，民國93年7月。
- 楊穎堅，「台灣週邊海域流場」，海軍軍官季刊，22卷4期，民國92年11月。
- Mau, J.-C. 1992. Internal tidal wave currents over the continental slope off Taiwan (KEEP project). M.S. Thesis. State University of New York at Stony Brook, USA
- Tseng, C., C. Lin, S. Chen, C. Shyu, 2000: Temporal and spatial variations of sea surface temperature in the East China Sea. Continental Shelf Research, 20, 373-387.
- 15 陳企韶，「簡介海水層次深度及其變化」海軍軍官，11卷5期。民國81年5月。
- 17 陳企韶，「海氣交互作用」，海軍軍官，17卷5期。民國87年10月。
- 黃明哲，「本軍海洋溫度結構預報」之發展現況與展望，海軍軍官季刊，24卷4期，頁22-28。
- 黃明哲，「本軍海洋溫度結構預報」之發展現況與展望，海軍軍官季刊，24卷4期，頁22-28。

參考文獻

- 1 毛正氣,「台灣周邊海域與反潛作戰」,海軍軍官季刊,27卷4期。
- 2 毛正氣,「海水運動及其動力」,海軍軍官雙月刊,17卷4期,民國87年8月。
- 3 毛正氣,「台灣週邊海域地形、地勢與底質」,海軍軍官雙月刊,17卷3期,民國87年6月。
- 4 毛正氣,「海水的物理特性」,海軍軍官雙月刊,17卷3期,民國87年6月。
- 5 陳企韶,「海軍軍官應該認識的海洋」,海軍學術月刊,25卷11期,民國80年11月。
- 6 陳企韶,「簡介海水層次深度及其變化」,海軍軍官,11卷5期,民國81年5月。
- 7 陳企韶,「海氣交互作用」,海軍軍官,17卷5期,民國87年10月。
- 8 陳企韶,「波浪」,海軍軍官雙月刊,17卷6期,民國87年12月。
- 9 楊穎堅,「台灣周邊海域流場」,海軍軍官季刊,22卷4期,民國92年11月。
- 10 羅建育,「台灣週邊海域海底地形之概述」,海軍軍官季刊,23卷3期,民國93年7月)。
- 11 黃明哲,「本軍海洋溫度結構預報」之發展現況與展」,海軍軍官季刊,24卷4期,民國94年11月)。
- 12 辛宜佳,「東海及其鄰近海域數值模式研究」,碩士論文,國立台灣師範大學地球科學研究所,民國92年。
- 13 陳民本,1989,台灣四周之海底地形與板塊運動,科學月刊,20(8),p.579-583.
- 14 游正輝,1994: 臺灣東岸黑潮之夏季空間結構。國立臺灣大學海洋研究所碩士論文,PP 67.
- 15 馬嘉昌,1995: 臺灣北部與陸棚邊緣的夏季流場。國立臺灣大學海洋研究所碩士論文,PP 82.
- 16 馬名軍,1996: 黑潮流經巴士海峽之時空變化。國立臺灣大學海洋研究所碩士論文,PP 70.
- 17 戴仁華,1998: 臺灣北部流場與黑潮的擺動。國立臺灣大學海洋研究所碩士論文,PP 43.
- 18 游正輝,1994: 臺灣東岸黑潮之夏季空間結構。國立臺灣大學海洋研究所碩士論文,PP 67.
- 19 梁文德,2002: 南海上層海溫及海流變化之研究。國立臺灣大學海洋研究所博士論文,PP 127.
- 20 INTRODUCTION TO OCEANOGRAPHY by Harold V. Thurman (Prentice Hall),1997,
- 21 Hsueh, Y., 2000:The Kuroshio in the East China Sea. Journal of Marine System, 24, 131-139.
- 22 Jan, S., J. Wang, C.-S. Chern, S.-Y. Chao, 2002:Seasonal variation of the circulation in the Taiwan Strait. Journal of Marine System, 35, 249-268.
- 23 Lee, H.-J. S.-Y. Chao, 2003:A climatological description of circulation in and around the East China Sea. Deep-Sea Research II, 50, 1065-1084.
- 24 Lie, H.-J., C.-H Chao, J.-H. Lee, P. Niiler and J.-H. Hu, 1998:Separation of the Kuroshio water and its Penetration onto the continental shelf west of Kyushu. Journal of Geophysical Research, 103, 2963-2976.
- 25 Tang, T. Y., J. H. Tai, Y. J. Yang, 2000:The Flow Pattern north of Taiwan and the migration of the Kuroshio. Continental Shelf Research, 20, 349-371.
- 26 Tang, T.Y., Y. Hsueh, Y.J. Yang and J.C. Ma, 1999:Notes and Correspondence Continental Slope Flow Northeast of Taiwan. Journal of Physical Oceanography, vol. 29, 1353-1362.
- 27 Tseng, C., C. Lin, S. Chen, C. Shyu, 2000:Temporal and spatial variations of sea surface temperature in the East China Sea. Continental Shelf Research, 20, 373-387.
- 28 Wu, C.-R., T. Y. Tang, S. F. Lin, Y. J. Yang, and W.-D. Liang, 2005: Intra-seasonal variation in the velocity field of the northeastern South China Sea. Continental Shelf Research.
- 29 Chuang, W.-S., and W. D. Liang, 1994: Seasonal variability of instruction of the Kuroshio water across the continental shelf northeast of Taiwan. J. Oceanogr., 50, 531-542.
- 30 Liang, W.-D., T. Y. Tang, Y. J. Yang, M. T. Ko, and W.-S. Chuang, 2003: Upper-ocean current around Taiwan. Deep-Sea. Res. Part II, 50, 1085-1105.
- 31 Lin, S. F., T. Y. Tang, S. Jan, and C. J. Chen, 2003: Taiwan Strait current in winter. Cont. Shelf Res., accepted.
- 32 Liu, C.-T., 1983: As the Kuroshio turns: (1) Characteristics of the current. Acta Oceanogr. Taiwanica, 14, 88-95.
- 33 Liu, K.-K., T. Y. Tang, G.-C. Gong, L.-Y. Chen, and F.-K. Shiah, 2000: Cross-shelf along nutrient fluxes driven from flow fields and chemical hydrography observed in the southern East China Sea off northern Taiwan. Cont. Shelf Res., 20, 493-523.
- 34 Tang, T. Y., and Y. J. Yang, 1993: Low frequency current variability on the shelf break northeast of Taiwan. J. Oceanogr., 49, 193-210.
- 35 Tang, T. Y., J. H. Tai, Y. J. Yang, 2000: The flow pattern north of Taiwan and the migration of the Kuroshio. Cont. Shelf Res., 20, 349-371.