

El Niño現象與災害問題

陳 國 彥

一、前 言

生於斯，住於斯，無愁於食爲何等幸福之事。以筆者研究自然災害⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾⁽⁴⁾的一貫立場，認爲此種好景或許不常，必須提高警覺。近年來，由於地球上人口的急趨增加，而有資源的掠奪性開發，若在此時，發生全球性氣候異常，以往的平衡狀態將有加緊崩毀的可能。其實已經在十年前，小麥輸出國的蘇俄，由於一九七二年的旱災轉而成爲大量糧食輸入國。現在有「世界穀倉」之稱的美國，大約在五〇年前亦曾因乾旱缺糧而輸入小麥。

進入一九八〇年代以後，發生了本世紀最大的兩種事件：其一爲，一九八二年墨西哥境內的火山大爆發；另一爲繼續到一九八三年的 El Niño 現象。因此，世界各地均受其影響，鄰國日本有連續四年的水稻歉收，本來在該國，水稻歉收並非稀有現象，但是一連四年歉收爲百年來未有的經驗。蘇俄亦自一九七九年以來連續四年歉收，不得不自美國、加拿大、阿根廷輸入大量糧食⁽⁵⁾。以機率而言，這亦是數世紀始有一次的異常現象。

非洲衣索比亞以及其鄰近國家的饑民慘狀實在令人掩目，此間固然政治與交通運輸爲原因之一，但是氣候異常却是主要元兇。

(1)陳國彥(1980):台灣地區降水量的長期變動，地理研究報告，第六期，37頁-34頁。

(2)陳國彥(1980):台灣颱風災害論文集，台灣師範大學地理系。

(3)陳國彥(1984):台灣的空梅與水分平衡地理研究報告，第十期，1頁-16頁。

(4)陳國彥(1982):台灣龍捲風之頻率與分布，地理學研究，第六期，55-68。

(5)陳國彥(1984):蘇俄農業的自然條件，教學與研究第六期，125頁-138頁。

我們不能以台灣豐衣足食的立場，而取隔岸觀火的態度，我們雖有應變的充足能力而忽視氣候的異常，其實，或多或少均受其影響。譬如我們現在的日常食物當中，如小麥、大麥、黃豆、牛奶，以及間接的蛋白質來源，如魚粉飼料，甚至於水果等，由於生活方式的改變，仰賴於國外者不計其數。

影響氣候異常的原因很多，筆者抽出近年來頗受研究氣候學的外國同仁所議論的 El Niño 現象 加以整理與申論，以明瞭其結構及其連帶關係，作為防災教育之一環。

二、何謂 El Niño 現象

海況，尤其是海面溫度的變動，被認為對每年的氣候有很大的影響；因為比起大氣，海水的熱容量大很多。假如廣大海域的表面水溫與平年值不同時，與海面熱交換的結果，海面上的大氣溫度亦會與其平年值有所差異，其結果當然會引起大規模大氣流動的變化。

關於這方面的研究自 1960 年漸次增加，（圖一）為此先驅研究之一。其中（圖一 a）表示北大西洋的中，高緯度表面水溫下降時，相反地亞熱帶水溫上升之例。這種現象勢必引起大氣中，南北方向氣溫傾度的增加，因此中緯度偏西風必然增強。事實上，在氣壓方面如圖所示，高緯度的地面氣壓下降，亞熱帶氣壓則上升。在平常年，冰島附近與太平洋北部的阿留申群島附近為地面氣壓最低之處。這些地區的低氣壓之強弱常常支配世界規模的風系，因此這些地區常被稱為大氣活動中心（center of action）或低氣壓的墳墓。（圖一 a）表示在高緯度水溫偏低時，冰島低壓有強化之勢。（圖一 b）為相反現象。同樣的傾向亦出現在太平洋表面水溫上。

不只是在中、高緯度，其實在赤道附近海面溫度的變化也影響中，高緯度的氣候。譬如自 1957 至 1958 年，在秘魯外海至 $170 \sim 180^{\circ}\text{W}$ 的赤道海面溫度比平年高 $3 \sim 4^{\circ}\text{C}$ ，另一方面如（圖二）所示，1957～58 年冬季地面氣壓分布比其前年及大前年冬季，阿留申低氣壓發達很多。太平洋海域的偏西風帶位置偏南，風速亦加強。

為何赤道地區海域海面溫度的升高會影響高緯度大氣的問題，現在一般認為赤道海域水溫如果增高時，該地大氣由下層被加熱，由海面加強蒸發，得到多餘的水汽，

因此積雲與積雨雲對流旺盛。由於雲中的水汽凝結放出潛熱，大氣的一部分受熱之後，其影響以長達數千公里的波動傳至大氣中。雖有程度之差，世界各地均受赤道所發生變化之影響。這是極其重要的事情，一般以大氣之一部分所發生的變化傳達至遠距離之現象，在氣候學稱為遠傳 (teleconnection)。熱帶地區的變化以某波長的波動傳播，這現象可以用某地區的氣壓比往年高的形式表現，有地方高，當然其鄰接地區氣壓會轉低，因此受影響的場所會有不同。所以氣候變動無需北半球整體一樣。同時，波動傳播的方法，由地球規模觀察時，因風與氣溫之分布不同而趨於複雜。

秘魯沿岸的氣候比較特殊，其緯度雖低，却有霧而涼爽，可是幾乎不下雨而成為海岸沙漠⁽⁶⁾，與其他熱帶地區的高溫多濕相比大異其趣。這是因為海面水溫很低，通常不超過 20°C 之故，（圖三）所示，普通秘魯外海的海面溫度比同緯度約低 6°C。海面水溫所以低之原因有二；其一為洪保德海流（寒流）由南極搬運冷水過來，另一為所謂沿岸湧昇流 (coastal upwellings)，為海面下 100m 或更深之處湧上來之冷水。普通深處之水溫較低，有湧昇流的海域海面水溫亦較低。普通在深處的海水含有較多有機質而富於養分。因為日光不能到達深處，生物不致於太多。但是一旦湧出表面附近時，微小植物性生物急劇繁殖，因此動物性微生物亦增加，以此為餌的魚類乃隨之而增加。此故，有沿岸湧昇流之海域成為最適宜的漁場。一般而言，沿岸湧昇流多在大陸西部沿岸，美國西北與西南部，也就是加州與俄勒岡州外海，南美西岸，非洲西北與西南部及葡萄牙外海等海域。中緯度沿岸湧昇流有季節性變化；譬如俄勒岡外海的湧昇流自 4 月至 10 月，在赤道附近的秘魯即整年存在。有沿岸湧昇流的海域面積只占全海域的一%，但從統計上看，全世界漁獲量的半數以上在此海域獲得。

漁業在秘魯為極其重要的產業，1970 年全世界的魚類蛋白質的 20% 由該國供應。其中鯷魚可為魚粉作為家畜飼料，輸往美國及其他國家。若有顯著的 El Niño 出現，水溫因此上昇時，漁獲量則大減（圖四），這種經濟的餘波將廣泛的波及他國。

每年聖誕節前後，東南季風減弱，沿岸湧昇流亦隨之減弱，接着赤道反流系的暖流流入，水溫相繼上昇，此故鯷魚遠離海岸，直至翌年 3 月停止漁業活動。該地以此

(6)陳國彥(1981)：海岸沙漠，地理教育七期，3 頁—5 頁。

季節性水溫上昇稱為 El Niño，西班牙語為「神之子」之意。水溫上昇的季節恰好在聖誕節附近，此時又是河流上游的降水季節，有香蕉收可期，表示感謝之意而有此名。這種 El Niño 每年發生在秘魯沿岸。

但是，赤道海域的海洋觀測充實之後發現水溫上昇海域不只是在沿岸，而廣及赤道海域全部的大規模現象。這種大規模水溫上昇為 2~10 年，平均 5 年一次的頻率產生。這種水溫上昇稱為 El Niño 現象，有別於每年秘魯沿岸的 El Niño。

有顯著 El Niño 現象發生之年為 1925, 30, 39, 40, 51, 53, 57/58, 63, 65, 69, 72/73, 76, 82/83, 這些年份之間，無明顯的週期存在。其中 82/83 年發生的 El Niño 現象（圖五）為本世紀規模最大，被認為引起世界各地發生氣候異常最有力的原因之一。

三、El Niño現象的產生

問 El Niño 現象發生的原因，這個命題等於議論「雞與蛋何者為先」。這是由於大氣與海洋的運動相互密切作用，因此將大氣與海洋作為一個閉鎖系列，完成大氣——海洋大循環模式始有可能討論。目前 El Niño 現象的研究還是停留在建立發生過程模式化的階段。

Rasmusson and Carpenter ⁽⁷⁾將典型的 El Niño 現象分為，前兆期，開始期，最盛期，衰弱期的四個階段（圖六）。要瞭解它得先瞭解未曾發生 El Niño 時之通常海水溫與海水位；那就是要瞭解同樣在赤道太平洋中，為何東部與西部有所不同的問題：

- (a)在赤道太平洋的西部整年海水溫均在 29°C ，為颱風發生海域。
- (b)東部的水溫較低，秘魯沿岸在 20°C 以下。
- (c)海水位在西部較高，比東部高出 60 ~ 90 cm 左右。
- (d)表面混合層的厚度在西部較厚（150m 以上），東部較薄（20m 程度）。

Rasmusson, E.M., and T.H. Carpenter (1982): Variations in tropical sea surface temperature and surface wind fields associated with the Southern Oscillation/El Nino. Mon. Wea. Rev. 110, pp.354-384.

這些現象可以由海上的信風來加以說明；因為在赤道附近信風卓越之故，海面附近的暖水被吹至風尾（西方）而堆積，又因為信風卓越之故，赤道海面的水被搬運，致使海面下的冷水湧上來（湧昇流），造成東部的水溫偏低。這種現象如果風向反轉時，El Niño 就產生了。其順序為：

前兆期：西部水溫，水位均高。西部的氣壓比往年低，東風亦強。印尼大氣輻合，印度洋上開始吹偏西風。

開始期：普通在 12 月左右，El Niño 現象開始之前，東部的氣壓開始下降；西部氣壓開始上升。同時西部的東風轉弱，水溫下降。但在另一方面東部的水溫開始上升。往年少雨的太平洋中部諸島開始降水，其量也多。

最盛期：在西部的印尼附近，氣壓比往年上昇。此高水溫現象沿赤道往西方擴大，同時，降水量在中央及東部海域增多；在另一方面，西部的降水量減少，印度夏季季風雨的雨量減少很多，常鬧乾旱。通常在 11 月左右開始吹的印尼——澳洲東北信風期也拖後，旋風的發生次數亦減少。本來很高的西部海面水溫與水位均降，海況發生逆轉現象。

衰弱期：印尼附近的海面水溫比往年高，降水量亦多，同時在西太平洋吹偏東風；在另一方面，東部太平洋南美沿岸的海面水溫下降，擴大到外海。

四、El Niño 現象的初步模式

El Niño 現象的發生與發達的模式，最初由 Wyrтки⁽⁸⁾ 所提出（圖七）。

通常吹較強的偏東信風時，如前述，在赤道太平洋堆積暖水（圖七上），這是通常現象，由於某種原因，在國際日期變更線以西有信風轉弱現象發生時，西太平洋的暖水層與下層的境界膨脹，以內波的方式開始向東移動（圖七中）。因為赤道附近無科氏力作用，內波（蓋文波 Kelvin wave）以 250 cm/秒左右的速度向東傳播。同時西太平洋的水位也下降。

Wyrтки, K., (1975): El Nino - the dynamic response of the equatorial Pacific Ocean to atomospheric forcing, Jour. Phrp. Oceanogr., 5, pp.572-584.

內波將暖水向東輸送，最終到達南美沿岸。通常在厄瓜多爾到秘魯間外海大陸棚內所見的冷水，結果為暖水所取代（圖七下）。同時海面水位亦比往年上升 10 ~ 15 cm。南美沿岸吹東南信風，沿岸有湧昇流，此時湧昇的海水原為赤道附近的暖水，故水溫偏高。

沿岸的暖水以每秒 50 ~ 100 cm 之速度向西擴大，到達赤道太平洋中部。與此暖水接觸的大氣，對流轉盛，引起上昇運動，致使國際日期變更線以西的信風轉弱。結果，高水溫海域達到東經 160 度，占赤道全長約三分之一，水溫比往年高 2 ~ 5°C（圖六之成熟期）。

通常，El Niño 現象發生的翌年 2 ~ 3 月左右，赤道太平洋東部水溫開始下降，同時吹較強的東南信風。國際日期變更線附近的對流活動轉弱，西太平洋的西風轉變為東風，El Niño 現象也告結束。

據長坂⁽⁹⁾之研究認為 1982/83 年所發生的 El Niño 現象為本世紀最大規模，其特徵如下：

(1) 成熟期的高水溫範圍擴大，水溫的平年差與現象之持續期間均打破 1972 年所保持的紀錄。

(2) El Niño 的出現多在 12 月左右，此次都在 6 月左右就開始。同時，水溫上昇至頂峯為秘魯沿岸至國際日期變更線的同時現象。而且在 1983 年 5 月不但不消失，却來了第二次高峯。

(3) 赤道太平洋東部的水位上昇，打破往年紀錄，太平洋中部華寧島上老一輩的人說未曾遇過如此高潮浸水現象。

(4) 日本氣象廳觀測船凌風號觀測到，沿東經 137 度的西太平洋水溫，在北緯 15 度以南比往年低 5°C 以上（1983 年 1 月）。可見隨着 El Niño 現象，大量暖水自西太平洋向東太平洋移動。

五、南方振盪與 El Niño

(9) 長坂昂一 (1983) : El Niño 現象，氣象 No. 315, 317 頁。

1920年代，Walker為印度季風期降水量作長期預報時，求出世界各地氣象要素的相關。此時發現東南亞與南太平洋的地面氣壓有互相高低的變動。譬如南太平洋的伊斯達島與雅加達之間，氣壓有相逆振盪，相關係數高達負0.8。這種現象Walker稱其為南方振盪(Southern Oscillation)。在氣象現象中，有如此高的相關而又如此長期間持續的現象為稀有之事。當然有此現象必有其原因，但長期間無法判明其理由。J. Bjerknes (1969) 即認為赤道太平洋的振盪為東西方向海面水溫之差而發生。

赤道上由於氣溫傾度小，科氏力又不發生作用，對大氣的加熱與冷卻反應敏感。西太平洋海域海面水溫高造成上昇氣流，太平洋東部的海面水溫低，所以下降氣流發達。在西太平洋高水溫域發生的上昇氣流，一部分向東移動而在海面水溫低的東太平洋下降。在地面上向西吹東風，於是乎形成東西方向的循環。這個循環被稱為東西循環或 Walker-Bjerknes 循環。

海面水溫低的海域上有下降氣流，氣壓乃因而上昇。海面水溫高的海域上則有上昇氣流，因而氣壓下降。此結果，兩者的氣壓差增大，信風加強乃產生如前所述海面水溫東西差加大，因此大氣的東西循環越趨旺盛，大氣與海洋間的自己增幅作用也越大。此故南方振盪長久持續。

由於某種原因，赤道太平洋東部與西部的氣壓差變小，即大氣東西循環將減弱。信風減弱，即由前述理由，海面水溫東西差減少，El Niño 現象乃產生。隨海水溫變化，變為暖水域之東部氣壓下降，不見暖水的西部即氣壓上升。如此，南方振盪與 El Niño 現象有密切的關連，兩者合而稱為 ENSO 現象⁽¹⁰⁾ (El Niño and Southern Oscillation)。

六、El Niño 現象對大氣的影響

El Niño 現象發生時，全球氣象異常事件增加，El Niño 現象解除時，氣象異常事件亦趨減少。以具體事實表示，El Niño 發生時，南美西部沙漠地帶開始降水。1982/83 的 El Niño 現象時厄瓜多爾的降水比平年多 30 倍而發生洪水。美國西南

⁽¹⁰⁾陳國彥(1985): ENSO 現象，地理教育十一期，印行中。

部熱波來襲。通常大量降水的印尼，菲律賓附近却缺雨，發生乾旱現象。澳洲遇上本世紀最嚴重的旱害，印度西南季風減弱而發生乾旱。不過在同年，非洲北部到南部，各地亦發生乾旱，是否與 *El Niño* 現象有關即尚無定論。

據 J. Bjerknes 之解析，*El Niño* 現象發生時，Haldey 循環則發達，太平洋高壓比平年南偏。而且阿留申低壓會較發達。東部赤道太平洋水溫偏低時，大致成為相反趨勢。

青木⁽¹⁾認為 *El Niño* 現象出現時，太平洋的颱風發生次數減少，但是兩年後有增加的負相關出現。

El Niño 現象發生時，阿留申低壓發達～阿拉斯加脊發達～美國東部槽發達，因此寒潮乃暴發。台灣也受此大氣循環之支配，氣候也產生異常現象，但尚需進一步的相關研究。

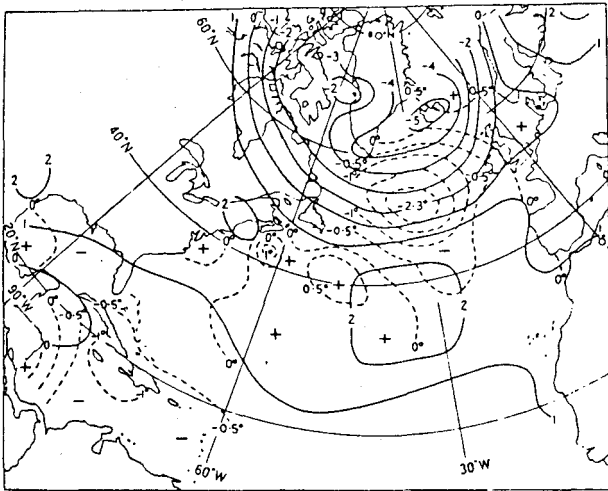
七、結 論

近年來的氣候異常，其原因雖多。其中 *El Niño* 現象的影響，根據最近的研究，並非局部性而是全球性的。因為受其影響，世界各地或多或少，造成氣候異常，其中乾旱現象，水災現象，颱風次數的增加或減少均有報告。這些現象的增幅作用也影響經濟方面，甚至由於蘇俄的歉收，向美國購買糧食時，美國以糧食作為軍事物資採取禁運政策，迫使蘇俄不得不向加拿大與阿根廷進口糧食，美國雖然在日後解禁，准許糧食輸入蘇俄。可見在軍事上亦受 *El Niño* 現象的影響。

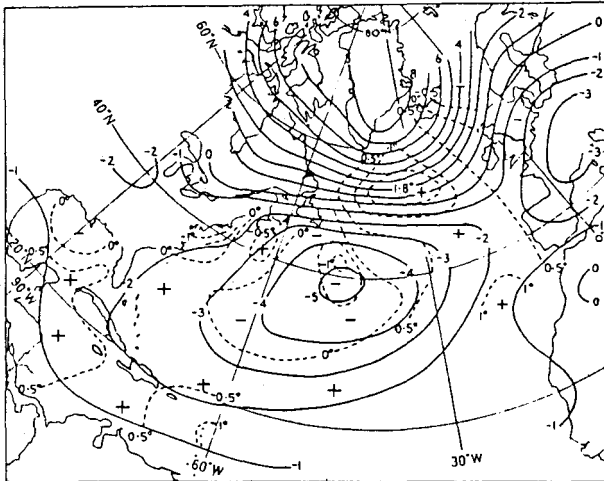
我國也直接，間接的受到 *El Niño* 現象的影響。這種遠距離發生的現象，由於遠傳作用勢必影響我國。不管在自然方面，或人文，經濟，軍事，政治政策方面，今後都需要留意這種自然界的特殊情形，*El Niño* 現象。

(1985.3.26. 完稿於日本筑波大學)

(1) 青木孝 (1984)：台風の發生と日本への台風の襲來に關する氣候學的研究筑波大學大學院研討會 (未發表)



(a)



(b)

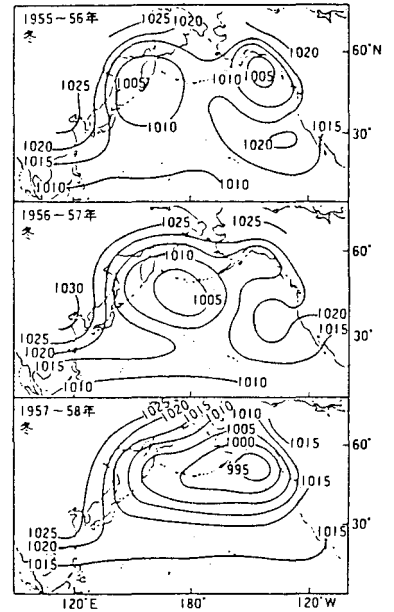
(圖一) 年平均地上氣壓 (mb 實線) 與海水表面溫度 ($^{\circ}\text{C}$ 點線) 的變化, (a) 1902 ~ 1904 年的變化, (b) 1913 ~ 1915 年的變化。

資料: J. Bjerkness, 1963.

(圖三) 東部太平洋的平均海面溫度與海面的主要洋流: ① 南極環流 ② 洪保德海流 ③ 秘魯海流 ④ 赤道海流 ⑤ 北赤道反流 ⑥ 北赤道海流 ⑦ 南赤道反流 ⑧ 加州海流
P = 秘魯, E = 厄瓜多爾
C = 加州, O = 俄勒岡

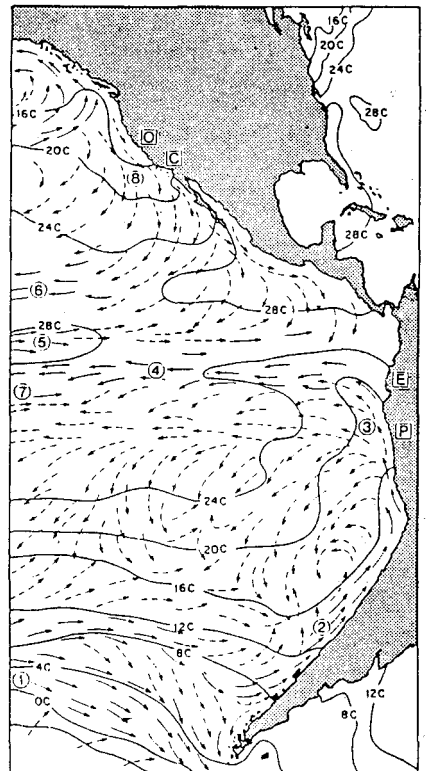
資料: Rand McNally Atlas of the Ocean,

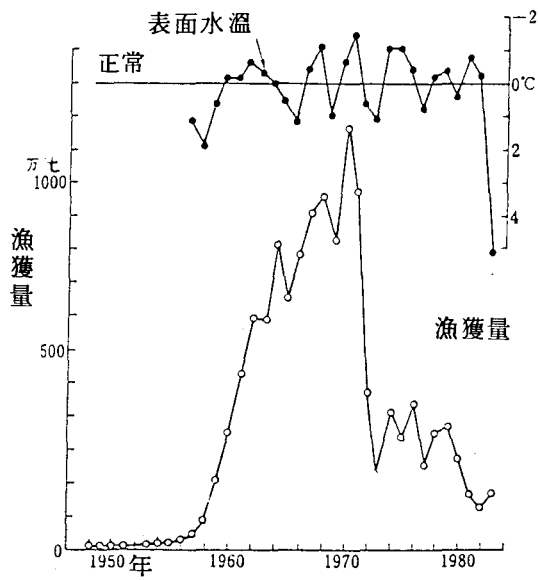
1977.



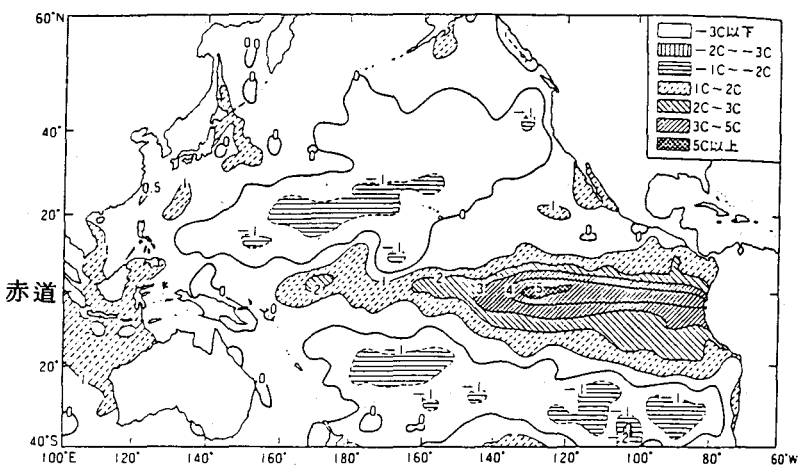
(圖二) 12 月、1 月及 2 月的 3 個月平均海面氣壓分布圖。

資料: J. Bjerkness, 1966.

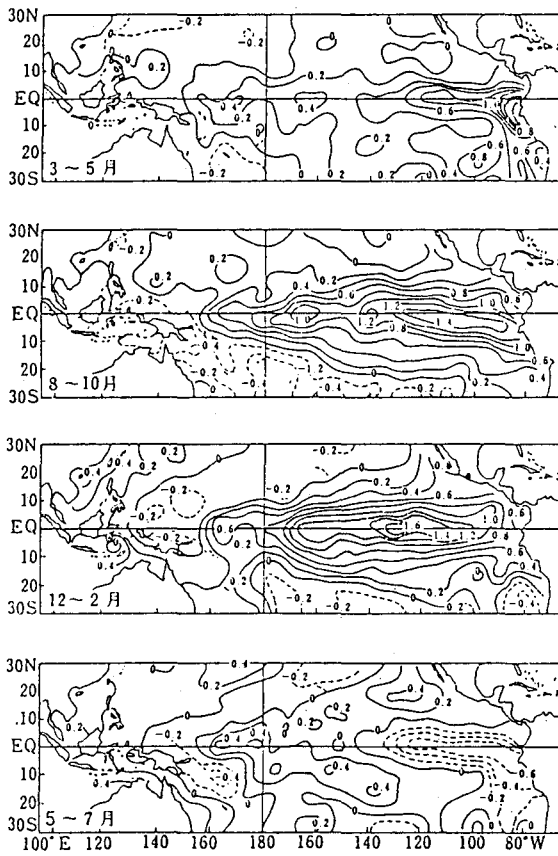




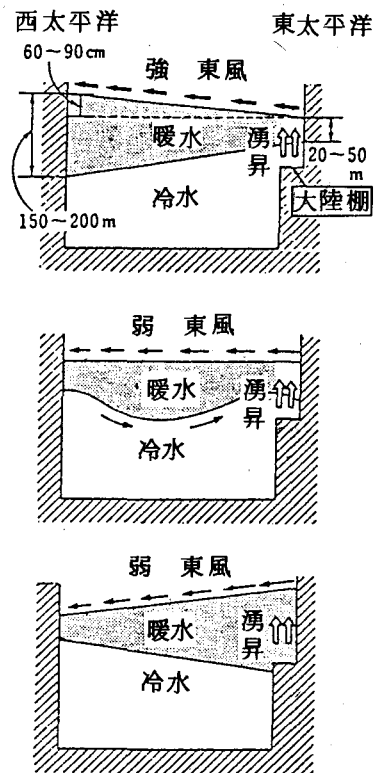
(圖四)秘魯漁獲量與表面水溫度
變化之關係。
資料：世界統計年鑑1981



(圖五) El Niño 現象最盛期 (1982 年 12 月) 的月平
均海面溫度與平年值距平分布圖。
資料：小倉 1984



(圖六) El Niño 現象的一生，由赤道海域海面水溫平年距平之推移。
資料：Rasmusson and Carpenter, 1982.



(圖七) 太平洋東南信風之強弱與沿赤道表面混合層之動向。
資料：Wyrtiki, 1982.