

臺灣二〇〇三年國際科學展覽會

科 別：地球與太空科學科

作品名稱：「渦」藏「聖」機--以渦流脫離重新詮釋聖嬰發生的原因'

得獎獎項：地球與太空科學科第一名

美國第五十四屆國際科技展覽會

學 校：高雄市立高雄女子高級中學

作 者：王姿允

作者簡介



從小到大，好強的個性使我總是不輕易放過每一個問問題的機會，這樣好問的性格也使我不知不覺間在雖渺小卻無所不在的事物中發掘不少樂趣，父親是位醫師，母親是歷史老師，我和妹妹一直都是在民主且和諧的環境中，自由發展各自的領域，也因此培養出更多元的興趣及專長，我才能隨心所欲的在各方面的嘗試下不斷發現自己新的可能，也深深體會到從自身去思考及摸索中，方能獲得嶄新的經驗和知識，進而塑造無限的學習和成長空間。

Abstract

If we place a block in continuous, steadily flowing water, some periodic eddy currents will appear behind it. In my report, I would like to introduce a new way to explain how the periodical movement of eddy currents would help to triggering El Nino. According to my experiment, these eddy currents have a certain life cycle, and the eddy current give a force, which drag water form the area they just went by. It will cause water level became lowest for a period of time. These phenomena are also shown in the real data of “Sea Surface Height Anomaly”, it is a quiescence period, and then changes into the highest one it is interesting that highest one always follows by the starting of El Nino.

Another important result from my experiment is that, in the same fluid, the frequency of eddy currents is controlled by 2 variables: Size of the block and velocity of the flow, From this result, then get the frequency of eddy current-occur every 3.2 yeas. It is just correspond with frequency of historical data the El Nino from the 70’s to the present.

摘要

本報告嘗試以南極繞極環流在南美洲南端產生週期性渦流脫離的現象來解釋聖嬰的發生。根據水槽實驗的結果，水流在通過障礙物後渦流脫離瞬間，會形成一水位低的空區，之後在周圍的水大量湧入，水位突然升高，並有一段時間的振盪。另外，實驗結果也顯示，渦流形成和脫離頻率大致上和注水流速成正比，且和障礙物的大小成反比。根據此結果，對照實驗結果，我認為 1993 年 3-4 月，1996 年 1-6 月及 2001 年 7-10 月三個「海平面高度異常」的最低值密集帶，此極可能是渦流脫離的時段。且對照「海平面高度異常」實際資料後，發現「海平面高度異常」的「最低值密集帶」後均伴隨水面「寧靜期」，接著就出現周圍暖水流大量湧入的「最高值密集帶」，此時南美洲東南側海水溫度驟增，接著馬上接續著聖嬰的到來。「海平面高度異常」分析的結果，指示渦流脫離的「最低值密集帶」和顯示著聖嬰到來的「最高值密集帶」間約間隔半年左右。

我們推算水的史托爾數約為 1，以這個值代入實際南極繞極環流通過南美洲南端，得到渦流脫離的頻率約每 3.2 年一次，和長期聖嬰發生的平均頻率非常接近。

前言

近幾年，我常在報章雜誌及媒體看到關於「聖嬰」的報導，這些文章內容在當時引起我高度的興趣，當高一基礎地科課程再一次提到時，我更努力閱讀一些資料，累積一些觀念後，想大膽的嘗試以新的想法來解釋聖嬰發生的原因。在說明我的想法之前，先將科學家對聖嬰現象的說法做一些整理。二十世紀末，科學界開始一股探索聖嬰的風潮；其中，1969年畢堅尼斯(Bjerknes, J.)認為聖嬰和早先沃克(Walker, G.T)在1920年所提出的南方震盪(Southern Oscillation)有關係，當時學者多將目光放在太平洋的赤道地區及南美洲的西側做探討和解釋，他們的想法是：在正常情況下(不是聖嬰年)(圖1)，太平洋上的貿易風沿著赤道由東向西吹，隨之將海水熱能堆積至西太平洋一帶的上層海水；此區的暖水在受熱後汽化上升至大氣，在太平洋西側產生上升氣流，而在大氣上層，風則沿著赤道太平洋由西向東吹，故在東太平洋出現下沉氣流，導致該區域大多乾燥少雨，在此情況下，熱帶地區海平面氣壓在東太平洋會高於西太平洋，南方震盪指數 SOI(Southern Oscillation Index) (註一) 大於或等於零。而聖嬰發生時(圖2)，熱帶地區海平面氣壓在西太平洋會高過東太平洋，南方震盪指數 SOI 小於零，且負值愈大時，所伴隨之全球大氣及海洋的互相牽動變化愈明顯。

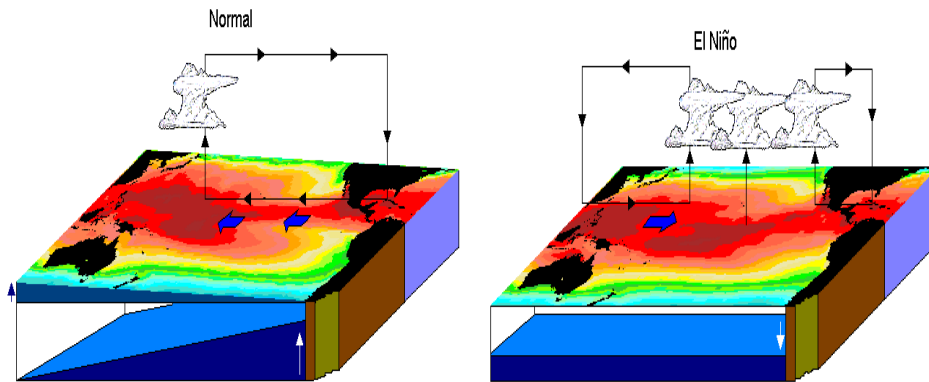


圖 1

圖 2

(圖片來源：NOAA/PMEL/TAO)

這樣的解釋方法讓我有許多疑問，例如：科學家們所提因氣壓的高低和風應力的影響使海水位能堆積在太平洋西側的部分，我除了在海平面高度的圖上看不出有這樣明顯的現象外也對這樣的動能竟能如此長期的支持海水位能感到不可思議。另外，對於專家學者將目光多放在太平洋，來解釋因風向的改變而影響海水的流向或動能，此種解釋能量的轉移的部分的

看法，忽略了在南美洲南部的特殊地形下，所可能衍生出的物理現象，其理論基礎我也覺得不太了解。

前一陣子在上物理課時，看到關於渦流形成及消失的影片，回家研究一下渦流的演化機制之後，不禁突發奇想，是否可以用在南美洲南端可能由南極繞極環流引起的渦流，且由此渦流因脫離而帶走周圍海水的現象，來解釋聖嬰現象的水溫異常情形呢？於是，我利用以下的實驗結果及實際大氣海洋資料，希望找出南美洲東南邊渦流週期性的形成及脫離，是否可能影響太平洋海水環流進而促進聖嬰的發生。對於一個中學生身分的我，提出這樣獨立創新的想法，並不想推翻什麼，我最大的目的在提出另一個可能，並期望自己利用數據、實驗及邏輯推論等科學方法來驗證這個想法的可行性。

[註一]： Southern Oscillation Index(南方震盪指數)：利用澳大利亞的達爾文島和南太平洋大溪地島間的海平面氣壓差的數據得到的一指數，科學家將數值低於“-1”之期間(月份)定為聖嬰發生之時期。

研究方法及過程

壹、硬體實驗裝置的設計

- 一、將長方體透明塑膠盒(70cm*50cm*10cm)製成模擬槽，其上用紅色鐵線分成 5cm*5cm 的方格，以利觀察(圖 3)。
- 二、將一正方體透明塑膠盒(20cm*20cm*20cm)放入其中(圖 3)加入適量水增加重量以穩固後做為一障礙物。

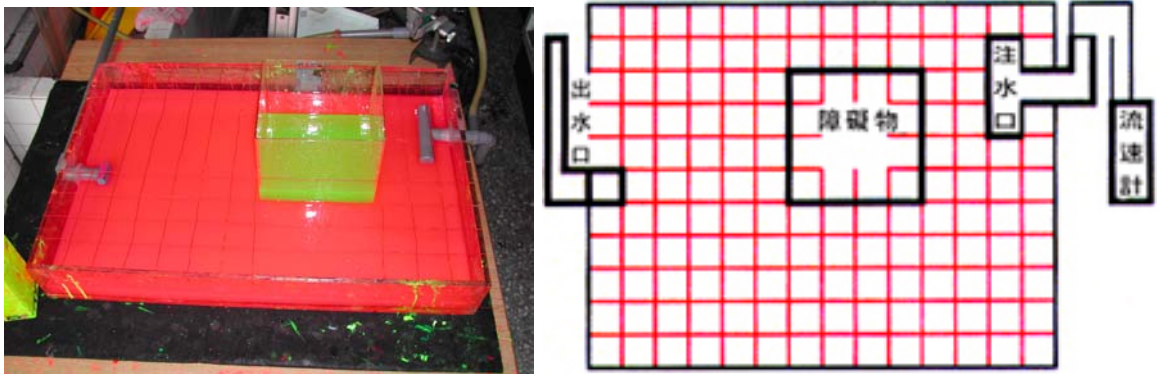


圖 3

- 三、將一注水頭接於塑膠盒一側，並將其利用水管連接水龍頭，在上述水管上裝上流速計(圖 4)。
- 四、以天文望遠鏡用三腳架，固定數位攝影機，使之能由裝置上方以俯角拍攝渦流生成與脫離的情形(圖 5)。



圖 4



圖 5

貳、膠體溶液的準備

一、為使實驗渦流形成及脫離時的情況更清晰，加入濃度為 1/6(g/L)水溶性凝固劑減緩流體流動之速度。

二、將一、之膠體溶液用桃紅色螢光劑染色(見圖 3)。

參、實驗步驟

一、流速及距離對渦流形成及脫離個數的影響

1. 改變障礙物與出水口的距離 (5cm、10cm、15cm)。
2. 於障礙物附近即渦流形成處滴入黃色螢光劑(見圖 6)。
3. 開水龍頭，觀察流速計並記錄水流速，用水槽的另一端出水口時時固定水槽內水面高度。
4. 分別調整流速快慢，重複上述步驟 1.~3.若干次。
5. 用數位攝影機拍攝流形成及脫離情形。
6. 從拍攝完成後的影帶，讀出並紀錄在不同紀錄流速下，特定時間內渦流形成脫離的個數。
7. 根據其個數與時間，計算其出現頻率記錄下來並做成圖表。

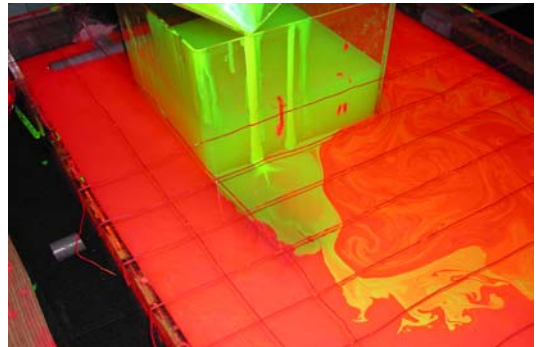
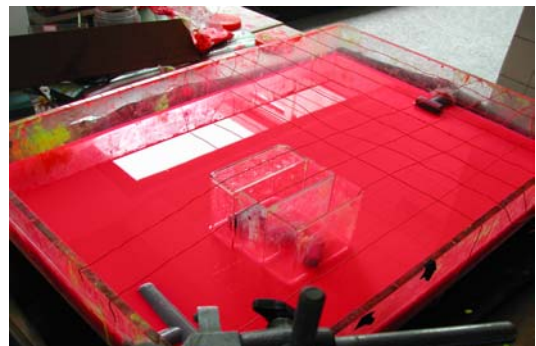


圖 6

二、水流通過不同大小障礙物的影響

1. 放入長 10cm、寬 10cm、高 13cm 的障礙物(見圖 7)。
2. 固定障礙物離注水口的距離為 10cm。
3. 重複上述動作 1 之 1~7。圖 7
4. 將障礙物改成 15cm、寬 15cm、高 13cm。見圖 7
5. 重複上述 2.~3.。



- 和步驟 1.的結果比較不同大小的障礙物對渦流的影響。

三、水流通過二障礙物中間的影響

- 固定障礙物離注水口的距離為 10cm。
- 將一邊放入 20cm*20cm*20cm 的障礙物，一邊放入一樣邊長的障礙物，兩者間隔 5cm(見圖 8)。

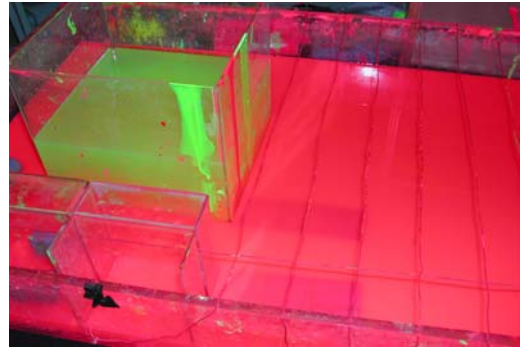


圖 8

- 將 1.之二障礙物間通道寬度改成 2.5cm。
- 重複上述步驟 2.。

四、模擬南美洲德瑞克通道(drake passage) (見圖 9)對渦流形成及脫離個數的影響

- 固定障礙物離注水口的距離為 10cm。
- 在障礙物旁放置長 13.5cm、寬 4.5cm、高 1.5cm 的「長方體鐵塊」(見圖 10)以模擬南美洲南端下方及右側德瑞克通道的特殊地形構造。

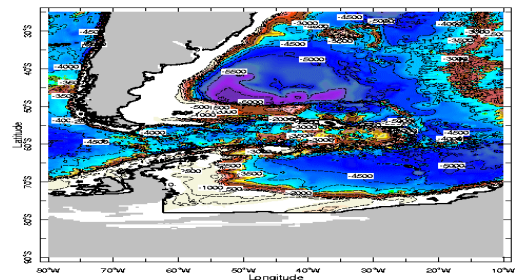


圖 9

- 重複上述步驟 1 之 1.~7.。
 - 將本步驟 1.之長方體鐵塊改成 3cm 高，模擬南美洲南端右側不同高度的地形對渦流有何不同影響。
- 重複上述步驟 1.~3.。
 - 將步驟 3 之 2.5cm 通道之兩邊障礙物後各加一般長 13.5cm、寬 4.5cm 高 1.5cm 的「長方體鐵塊」。(見圖 11)

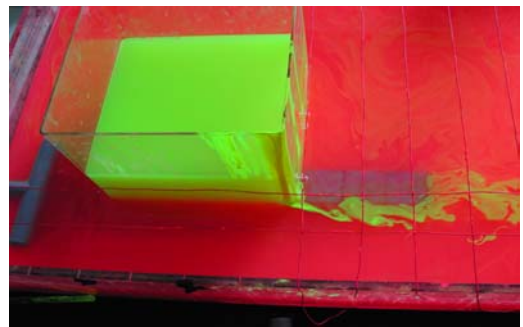


圖 10

- 重複上述步驟 1.~3.。

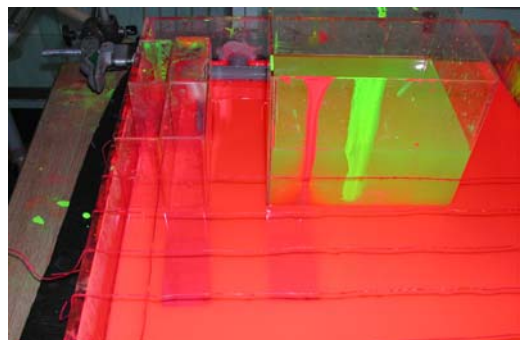


圖 11

8. 在步驟 6.的兩段鐵塊以高 0.5cm 的東西圍起來。
9. 重複上述步驟 1. ~3.。

肆、網路數據資料處理過程

一、分組及分區

1. 將時間分組

a.由網站(<http://www.cru.uea.ac.uk/cru/date/soi.htm>) 上查詢 S.O.I 指數，如表一。

SOI (1993~1995) (1996~1998) (1999~2002)
1993 -0.93 -0.96 -1.13 -2.29 -0.59 -2.18 -1.06 -1.73 -0.78 -1.57 -0.13 0.07 -1.11
1994 -0.25 -0.06 -1.35 -2.63 -1.26 -1.46 -1.70 -2.03 -1.70 -1.58 -0.81 -1.41 -1.35
1995 -0.51 -0.35 0.24 -1.72 -0.91 -0.31 0.44 -0.11 0.28 -0.34 -0.02 -0.72 -0.33
1996 0.82 -0.02 0.53 0.91 0.46 1.60 0.70 0.33 0.66 0.26 -0.21 0.71 0.56
1997 0.29 1.21 -1.09 -1.55 -2.41 -3.02 -0.91 -2.31 -1.55 -1.69 -1.31 -1.12 -1.29
1998 -2.53 -1.97 -3.31 -2.80 0.17 1.05 1.49 0.83 1.04 1.01 1.01 1.32 -0.23
1999 1.58 0.58 0.78 2.10 0.44 0.00 0.52 -0.03 -0.07 0.95 1.22 1.37 0.79
2000 0.47 1.24 0.88 1.76 0.42 -0.87 -0.34 0.48 0.97 0.87 2.02 0.77 0.72
2001 0.78 1.00 0.46 -0.18 -0.84 -0.19 -0.27 -1.01 0.11 -0.38 0.64 -1.06 -0.08
2002 0.20 0.64 -0.81 -0.48 -1.54 -1.02 -0.70 -1.62 -0.66 -10.00 -10.00 -10.00 -10.00

b.利用 SOI 值結果取包含有聖嬰發生時期的 1993~1995 年定為「小聖嬰組」，1996~1998 年定為「大聖嬰組」，另取 1999~2001 年定為「平常組」。

2. 將位置分區

根據前面實驗，因障礙物前後渦流狀況不同，為使我們方便比較，我們地將欲做分析的位置分區：

- a.「南美洲左方區」：位於南美洲大陸的左方 122.5° W、102.5°W、90.5° W、82.5°W、74.5° W、70.5° W 經度處。
- b.「南美洲右方區」：位於南美洲大陸的右方 62.5° W、54.5°W、50.5° W、46.5° W、42.5° W、34.5° W、30. 5° W 經度處。

二、各分組分區之物理性質分析

1. 利用網路找尋資料：由 IRI (International Research Institute For Climate Prediction) 網站 (註 2) 找尋海平面高度偏差 (Sea Surface Height Deviation) 、

「海平面溫度異常」 (Sea surface temperature anomaly) 、 「鹽度」 (Salinity) 等之海水物理性質。

註 2 : (<http://Ingrid.ldeo.columbia.edu/SOURCES/IGOSS/TOPEX/NOAA/ssha/>)

- 找出「極值」：找尋海平面高度偏差 (Sea Surface Height Deviation) 、 「海平面溫度異常」 (Sea surface 在上述網站內分別尋找不同時間 (「聖嬰組」 與 「平常組」) 與不同位置 (「南美洲左方」 及 「南美洲右方」) 之「海平面高度偏差」等物理性質的變化；記錄發生在特定緯度 (30S、35S、40S、44S、45S、50S、55S、60S) 處這些偏差量發生最高值 (H) 、最低值 (L)(即「極值」) 的月份 (如：97 年 3 月) 及最高最低振幅數值 (如：12cm) 於表 (如表二) 中。

Sea Surface Height Deviation (1996~1998) ▲=陸地 (振幅:H=最高值,L=最低值)														
	122	102	90	82	74	70	62	54	50	46	42	34	30	Lc(w)La(s)
H(cm)	3(9702)	4(9706)	5(9704)	6(9705)	13(9801)	▲	▲	▲	11(9701)	12(9805)	14(9606)	12(9705)	14(9605)	30
L(cm)	9(9708)	5(9607)	4(9709)	10(9608)	7(9612)	▲	▲	▲	7(9608)	14(9806)	11(9710)	14(9808)	10(9712)	
H	15(9803)	14(9810)	5(9605)	14(9806)	15(9707)	▲	▲	18(9802)	15(9701)	20(9749)	20(9612)	10(9804)	11(9705)	35
L	7(9702)	7(9708)	10(9710)	9(9608)	6(9602)	▲	▲	19(9608)	15(9606)	26(9707)	23(9705)	7(9712)	5(9611)	
H	11(9704)	10(9704)	10(9802)	10(9701)	▲	▲	33(9707)	32(9805)	33(9712)	20(9704)	32(9603)	31(9605)	13(9705)	40
L	3(9708)	5(9805)	4(9710)	0(9611)	▲	▲	32(9808)	17(9704)	22(9659)	26(9806)	26(9712)	24(9708)	11(9708)	
H	12(9801)	15(9802)	13(9704)	15(9704)	▲	▲	15(9807)	26(9806)	19(9711)	26(9606)	16(9606)	15(9710)	16(9704)	44
L	1(9607)	1(9601)	3(9606)	1(9608)	▲	▲	15(9708)	17(9610)	19(9610)	14(9708)	17(9704)	11(9807)	5(9806)	
H	13(9802)	15(9802)	11(9802)	13(9704)	▲	▲	16(9606)	20(9810)	22(9606)	20(9807)	20(9606)	16(9810)	11(9704)	45
L	1(9601)	3(9601)	2(9606)	0(9605)	▲	▲	12(9701)	18(9711)	10(9706)	5(9705)	14(9707)	12(9706)	14(9811)	
H	6(9801)	11(9802)	16(9802)	12(9802)	▲	▲	14(9703)	14(9703)	11(9802)	6(9803)	11(9702)	15(9649)	24(9709)	50
L	12(9707)	4(9603)	5(9604)	3(9605)	▲	▲	6(9604)	4(9801)	6(9604)	6(9608)	4(9802)	4(9612)	11(9805)	
H	15(9708)	11(9709)	10(9804)	12(9802)	15(9706)	▲	11(9811)	18(9810)	20(9609)	11(9809)	10(9809)	11(9803)	12(9712)	55
L	14(9603)	9(9603)	5(9611)	4(9604)	6(9701)	▲	9(9810)	20(9603)	18(9710)	6(9608)	4(9707)	2(9607)	5(9708)	
H	23(9710)	16(9806)	20(9802)	20(9806)	20(9808)	15(9610)	10(9708)	8(9710)	11(9710)	▲	▲	▲	▲	60
L	17(9701)	15(9601)	3(9603)	9(9603)	6(9711)	8(9701)	1(9709)	9(9709)	18(9707)	▲	▲	▲	▲	

如表二

- 找出「變異度」 (Variance) : 在上述步驟 2.定「南美洲左方區」四個點及「南美洲右方區」八個點共 12 個位置 (右：30W40S、30W44S、46W30S、54W44S、34W40S、46W35S、54W40S、46W55S；左：90W44S、74W30S、102W35S、122W40S) ，查出這些位置在「聖嬰年」(1996~1998) 及「平常年」(1999~2001) 之各月份的海平面高度偏差振幅，利用 Excel 的統計函數比較其變異度 (見表三、表四)
- 製作圖表：利用 Excel 將步驟 2.表在各特定緯度，依出現「極值」(包括「H」及「L」) 的「月份」(month) 對「經度」(Longitude) 做成泡泡圖 (例如附圖 1) ，其中泡泡的面積代表振幅大小。

5. 定出「寧靜期」：利用「極值」對「月份」的分布狀況，找出出現寧靜情形的月份，我們對所謂「寧靜期」的定義為連續三個月都未出現「極值」的時間區段。
6. 找出「密集時段」：利用點分布圖，找出「極值」在發生時間及位置的「密集」情形。我們對「密集」的定義為「極值」出現的相隔月份不超過兩個月，相距緯度不超過 20 度為標準。見(例如附圖 2)。
7. 綜合整理上述過程 1~6 分別在「時間分組」、「位置分區」不同情況之「極值」、「寧靜期」、「密集時段」三者間的關係。(見表五~六)。

研究結果與討論

壹、實驗結果與討論

要將大尺度洋流遇南美洲地形會有什麼樣的物理效應完全以實驗室這樣小尺度的儀器去模擬是有問題的。我想我們不可能完全以小水槽來模擬大尺度的洋流運動，以下部分，僅以物理實驗的結果，並加上我們的邏輯推理，一步步間接去推演我們的想法之可行性。

一、「不同流速分別與渦流形成、脫離」間的關係(見圖 12~14)

1. 渦流脫離部分之結果：當放上 20cm*20cm *20cm 的障礙物，並固定障礙物和注水頭距離時我們發現因速度越快帶走渦流的力越大，故大致上脫離頻率隨流速增快而增高。

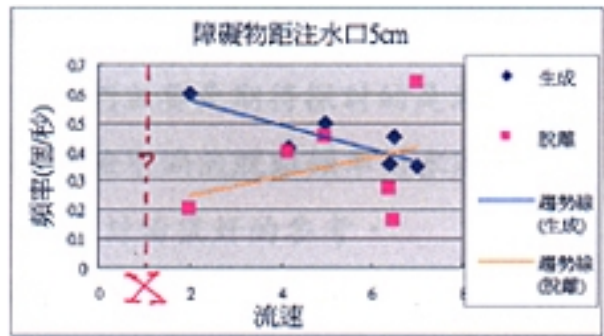


圖 12

2. 渦流形成之結果：注水頭和障礙物間的距離固定，在臨界流速 X 內(如圖 12-14 中 X 所指位置)，大致上流速越大，渦流生成的頻率較高;不過當流速大超過此臨界範圍，因渦流形成的速度太快，會造成有些因無法被正確紀錄下來而遺漏的情況，所以我們認為超

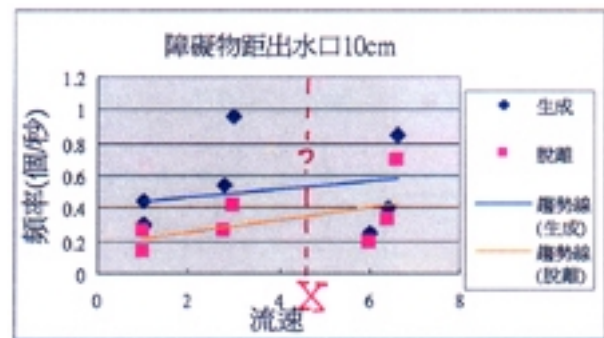


圖 13

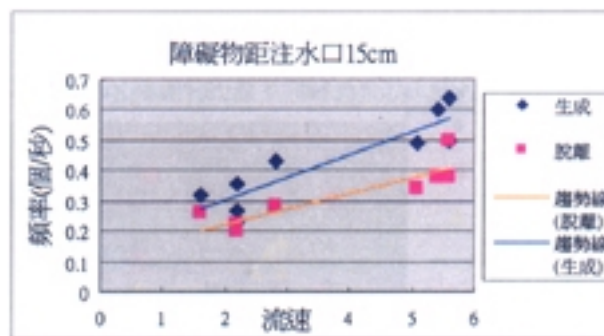


圖 14

過 X 範圍渦流的生成頻率資料的可信度會有問題，較不足以採信。

3. 渦流形成及脫離比較：脫離頻率均小於形成頻率，我們認為此主要由於渦流之形成需要有一定時間才能演化至脫離。
4. 討論：我們不知道，當我們以水槽的障礙物來模擬南極繞極環流通過南美洲的南端時，在實驗中該以怎樣的注水速度相對於障礙物面積才能來模擬這個縮小版的洋流的流速相對於阻礙洋流的南美洲面積情形。不過在實驗結果，我們發現，流速和渦流的脫離頻率成很簡單的正比，雖然渦流的形成需在特別臨界範圍內才和頻率成正比(關於此臨界範圍在下一部份加以討論。不過，因為我們主要是期待探討的是渦流脫離前後對水流的影響，因此實驗中渦流脫離頻率對水流速度呈現線性的結果，可以提供以下討論很好的參考。

二、「不同距離與渦流形成、脫離」間的關係(見圖 15-16)由實驗可看出其結果渦流的形成及脫離相對於速度呈現出兩類不同的型態：

1. 渦流脫離之結果 (圖 15)：不論

注水頭與障礙物間距離的遠近
 渦流脫離頻率均約流速增大而頻率增加，我想這應也和流速越快，水流將渦流帶走的力大，故脫離頻率隨速度快而增加有關。

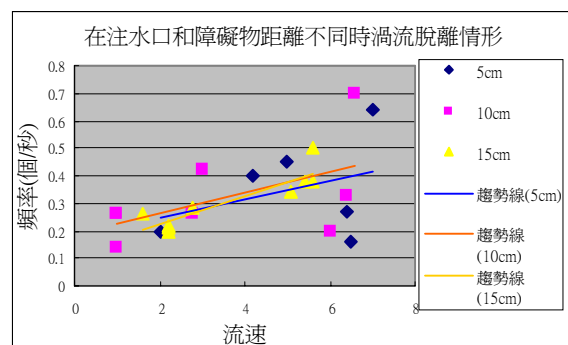
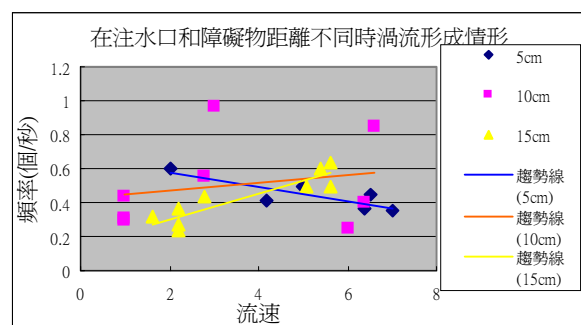


圖 15

2. 渦流形成之結果：(圖 16) 渦流的

生成頻率在注水頭和障礙物距離不同時，有較大的差別：



(圖 16)

a.5cm 的距離因為太近，結果

呈現形成的渦流頻率隨流速增加而減小的情形我想這是因為 5cm 距離太短，造成流速快時，水流在通過障礙物瞬間產生「流動」的壓力太大，致使

障礙物後水流沒有足夠時間與空間形成「渦度」即被帶走，故頻率較小，但若放慢注水速度，雖距離近，則較有足夠時間形成「渦度」，故渦流形成頻率較大。

b.10cm 的距離較適中，在特定臨界流速範圍內，頻率有隨流速變快而增加的趨勢。

c.15cm 的距離較遠，水流受障礙物影響形成「流動」的力較小，形成渦流的渦度所需的時間與空間較充足，故其形成頻率隨流速增快而增加。

- 討論：此一部份結果呈現出當注水頭和障礙物間距離太短時，高速水流無法在通過障礙物時產生渦度的現象，會使渦流無法開始發展。此一現象，應和上部分結果 1 中所謂「臨界流速 X」有關，「臨界流速 X」應是提供一個訊息，即需要在此範圍內，水流衝擊到障礙物時的壓力，才不會大到無法產生渦流的渦度。以下模擬實驗因考慮上述變因，且水波槽的面積有限，所以在找尋到速度和渦流形成、脫離間關係時，我決定用注水頭和障礙物間的距離為 10cm 以上時的資料較穩定。

三、「不同大小的障礙物與渦流形成、脫離」

間的關係之結果(圖 17-18)

- Size doesn't matter? 爲了了解障礙

物的大小對渦流的影響，我特別做了以下實驗，實驗的結果顯示障礙物越大時渦流的形成和脫離頻率均越小，所以我認爲 size does matter。

- 討論：最近在翻閱流體力學的書

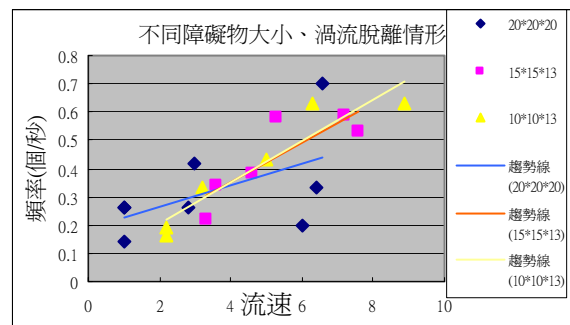
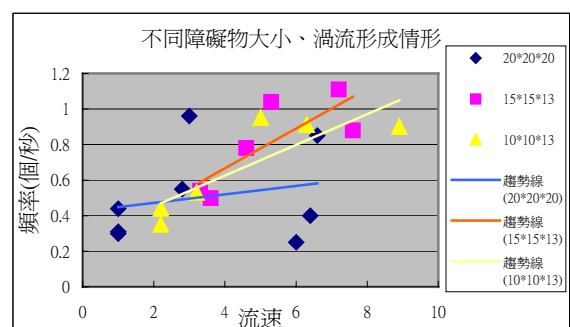


圖 17



發現了一個可以描述渦流速度(v)

圖 18

障礙物大小(L)及渦流(f)間的關係:

$Sr = f \cdot L / v$ ，其中 Sr 稱為史托爾數

(Strouhal Number)此公式恰可驗證

了我們作出的結果，即相同流速時

障礙物越大渦流脫離頻率越小，且

依此公式，我們可得出 這個水槽

的水之史托爾數大小約為 1 左右

(見表七)。

障礙物體積 10*10*13		
L		10
流速	脫離頻率	Sr
2.2	0.19	0.86
2.2	0.16	0.73
3.2	0.33	1.03
5.0	0.43	0.86
6.3	0.63	1.00
8.9	0.63	0.71
平均 Sr		0.87

障礙物體積 15*15*13		
L		15
流速	脫離頻率	Sr
3.3	0.22	1.00
3.6	0.34	1.42
4.6	0.38	1.24
5.3	0.58	1.64
7.2	0.59	1.23
7.6	0.53	1.05
平均 Sr		1.26

障礙物體積 20*20*20		
L		20
流速	脫離頻率	Sr
2.2	0.14	0.95
3.0	0.14	0.70
3.2	0.26	1.22
3.4	0.26	1.15
6.0	0.2	0.50
6.4	0.33	0.77
平均 Sr		0.88

四、「水流通過二障礙物形成通道」的結果

1. 由圖 19-20 可看出當通道較窄時

(2.5cm)，不論渦流形成或脫離頻率均較高。

表七

2. 討論：在圖 19-20 中，我們將通道

左右方的障礙物稱為「左」及「右」

於是我們看到除了通道較窄渦流

形成或脫離頻率較高之外，在左方

障礙物後形成或脫離的渦流較右方

頻率稍高我想應是左方離出水口

較近的原因，不過非常明顯的通道

的寬窄的確對渦流之形成與脫離

有影響。將此實驗結果對照到南美

洲和南極洲間的德瑞克通道

(Drake passage)，我認為當南極繞

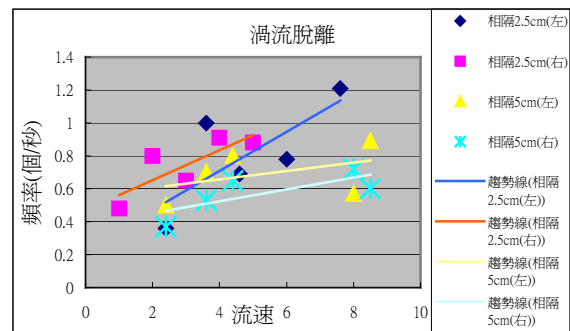


圖 19

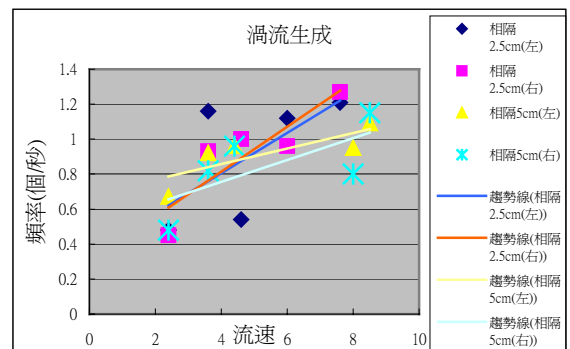


圖 20

極環流通過此通道的峽谷地形，渦流的形成及脫離頻率應更高。

五、「地形與渦流形成、脫離」間的結果為模擬南美洲特殊地形，我們在障礙物之後加上一段長 15cm、寬 5cm 的鐵塊，希望了解洋流經過在形狀上不是單純幾何體，而是在東南方有一列突起向東延伸的地形(如圖 9)的南美洲，會有何不同：

1. 加上高度 1.5 cm 鐵塊：渦流之形成及脫離頻率較前面只有單純障礙物沒有放置鐵塊的所有實驗（在此我們稱其為「無放置組」）穩定，且均呈規則的隨流速增快而增加的趨勢。
2. 加上高度 3 cm 鐵塊：渦流之脫離頻率規律，呈隨流速增快而增加的趨勢。但由於此高度以近水平面高度，故其形成會受到影響，使形成頻率較高度 1.5cm 鐵塊結果不穩定。
3. 比較在障礙物後有放置鐵塊及無放置鐵塊首先，在實驗中就可發現「有放置（鐵塊）組」除了因為渦流發展時可能空間受限，以致於較「無放置組」的渦流影響面積小外，其渦流的脫離因放置鐵塊形成類似峽谷的通道，使軌跡會順著平直的通道地形流動，此時其脫離頻率較有規律，脫離情況較清晰乾脆，且渦流與渦流之間脫離的間隔也較明顯。除此之外，放置鐵塊後的影響在圖

(21-22)也可看出，在注水頭與障礙物距離皆為 10cm 且高度適中 (1.5cm) 時的情況下，「有放置組」的脫離及形成頻率均和水流速度呈現較好的線性關係，相較之下

「無放置組」的各點則在趨勢線附近會有比較大的偏

差；不過當鐵塊放置的高度若太高 (3cm)，幾近水平面，則形成空間受阻，雖軌跡也規則但形成頻率就無法出現穩定的線性關係。從圖表

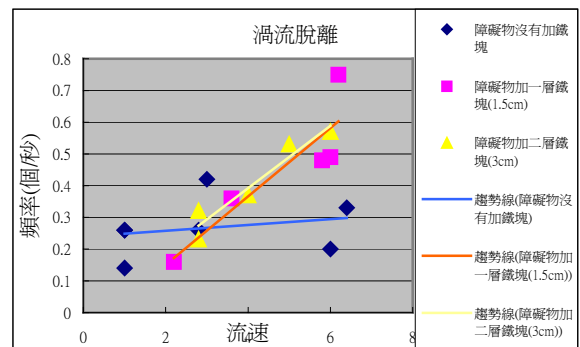


圖 21

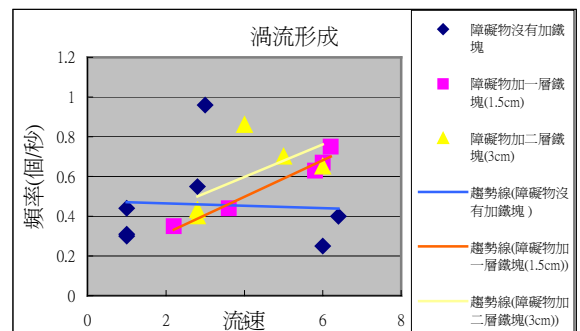


圖 22

也可看出「有放置組」趨勢線之斜率較大亦即隨著流速的增加，「有放置組」頻率之增加的值大於「無放置組」。

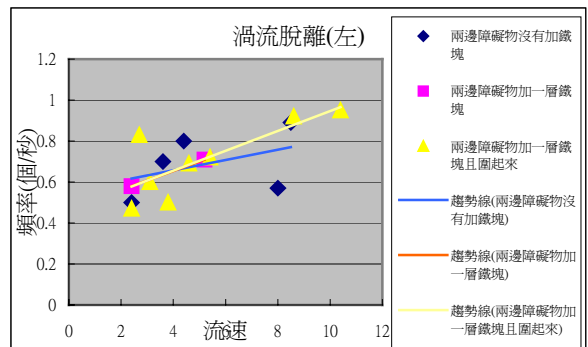


圖 23

4. 比較水流固定兩邊有障礙物時，未加鐵塊及有模擬沉積物的結果 (圖 23-26)真實的德瑞克通道除了凹下去的峽谷地形及向東延伸的通道外，在通道末端還有類似沉積物沉積的海底地形將通道圍起來，爲了探求渦流脫離時經過此

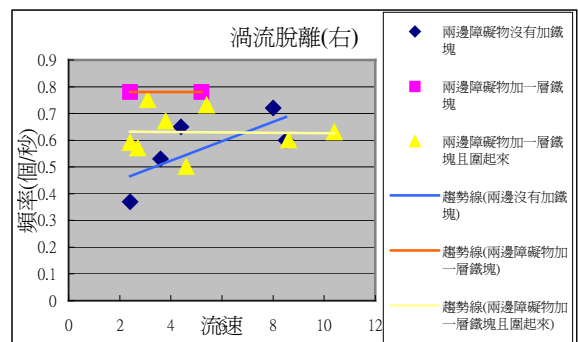


圖 24

通道的影響特別設計將鐵塊再用一較低的瓷磚圍起來。而此部份的實驗結果顯示水流通過障礙物有加鐵塊及加了鐵塊後再圍起來，在渦流脫離 (圖 23-24)及形成

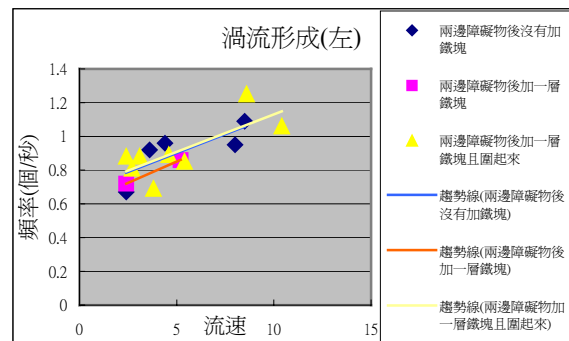
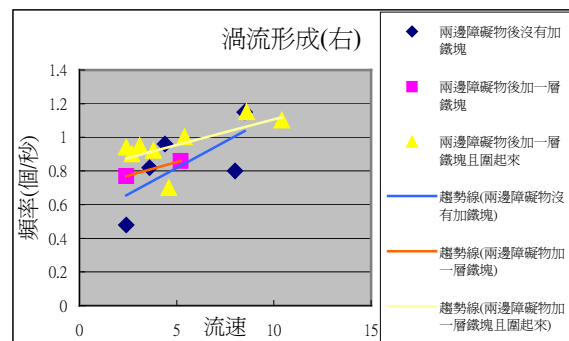


圖 25

(圖 25-26)間差別不大。我想這是因爲瓷磚的高度不夠所致，其實這樣的地形應會對渦流發展多少會造成影響。但因受限於時間及儀器精確度，在此我暫且認爲圍



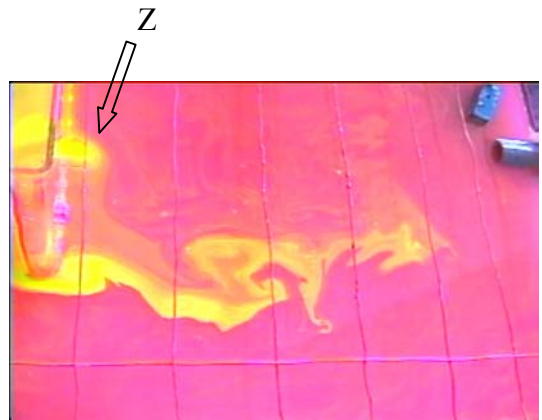
起來的部分對渦流的形成及脫離影響不大。

圖 26

5. 討論：倘若南極繞極環流真如我所想在通過南美洲時會在其東南側產生渦流，則其渦流脫離效應定會受南美洲及南極洲間地形的影響，對照實驗的模擬，不論是峽谷本身及峽谷向東延伸的通道，其影響除了使渦流形成、脫離範圍較小外，其頻率會變得較穩定、較快，若不論通道後沉積物圍起來的影響，這樣的地形或許更有助於此地區渦流的脫離。

五、障礙物側邊受渦流的影響

1. 在實驗時若特地在障礙物側邊的 Z 位置處也滴入適量黃色螢光劑，可看出渦流脫離瞬間，其脫離空區對其他地區的影響（見圖 27a~j），當渦流脫離一瞬間 Z 處黃色螢光劑似乎



受到渦流脫離時低壓區的牽引而有偏向下方渦流處的情況(如圖 27i、j 之 A 點)，此外我們也在實驗中觀察到，每次偶然脫離的瞬間，在其脫離的空區，水面忽然變低，後因後面較大量水湧入，使得水面較動盪一段時間後，振幅又慢慢變小。

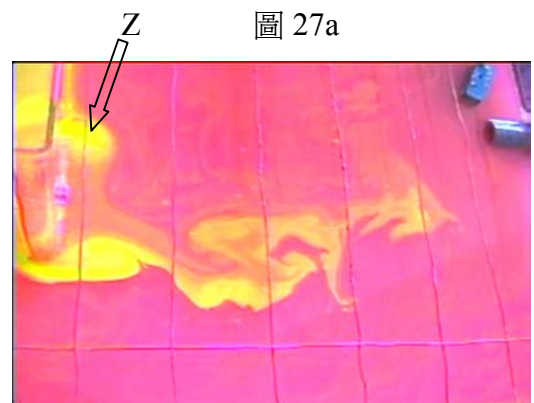


圖 27a

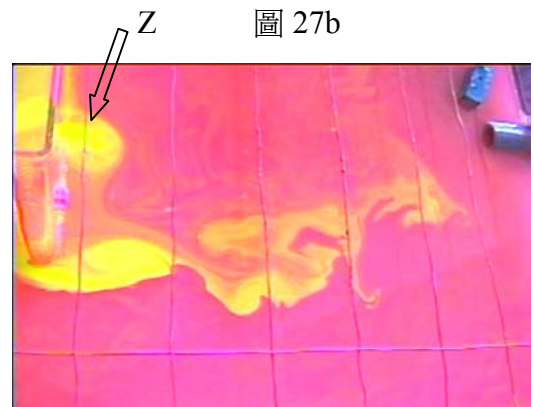


圖 27b

2. 討論：此部分因為時間有限及實驗設備的精細程度不夠，我無法做更細一步的定量分析。未來期待改善實驗的裝備使此部分呈現更清楚的結果。

圖 27c

貳、網路資料分析結果

一、由泡泡圖分析「海平面高度偏差」

(Sea Surface Height Deviation)及「海平面溫度異常」(Sea Surface

Temperature Anomaly)，得到以下的結果：

1. 「變異度」之分析情形由於時間有限

，我們將包含二筆較單純的資料作變

異度分析：其一包含 1994 年較大聖嬰發生時間的「大聖嬰組」及其二沒

有任何聖嬰發生的「平常組」。由表

三可看見，不論是在「南美洲右方區」或「南美洲左方區」，「平常組」變異度均大於「大聖嬰組」。

2. 對照「寧靜期」及「極值密集區」

把「寧靜期」及「密集區」的分布情形標在表十及表十一上，我發現在

「大聖嬰組」及「小聖嬰組」海平面高度偏差」資料內，符合我們寧靜

定義的位置很分散且沒有規律，而

「平常組」這一段期間在 1996 年 6~9 月及 1997 年 1~3 月可明顯發現有兩

次較清楚的「寧靜期」，且「平常組」

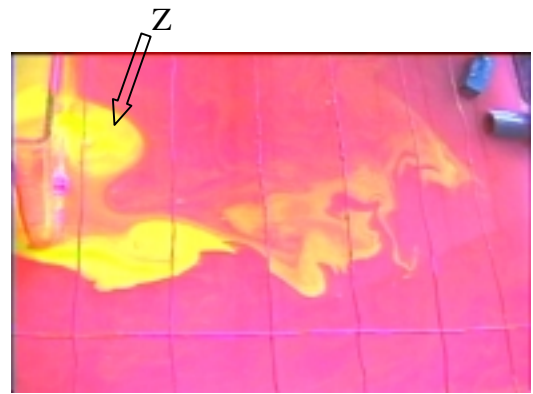


圖 27d

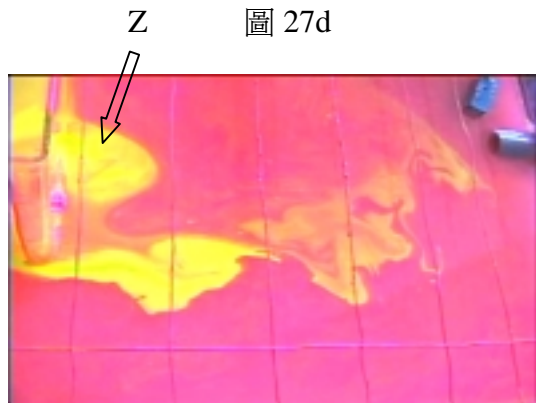


圖 27e

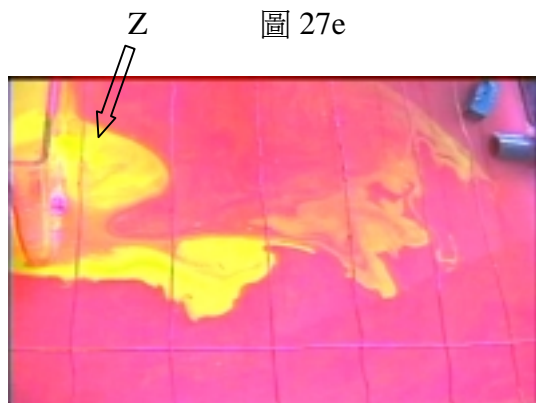


圖 27f

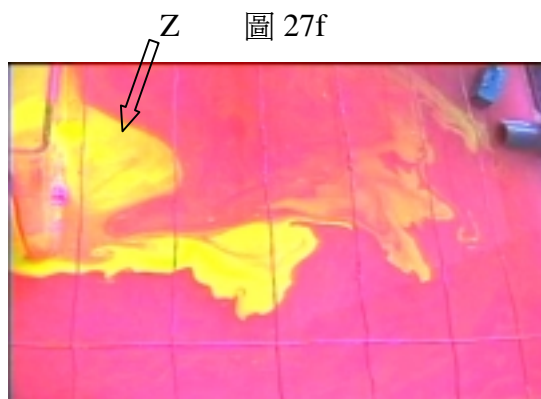


圖 27g

則均在前面所述二次主要的「寧靜期」後分別出現極值(最高 H、最低 L 的「密集區」)。

3. 南緯 50-60 度之極值密集區分布情形觀察「小聖嬰組」(1993-1995)、「大聖嬰 (1996-1998)」、「平常組」(1999-2001) 可發現在 1993 年 3、4 月

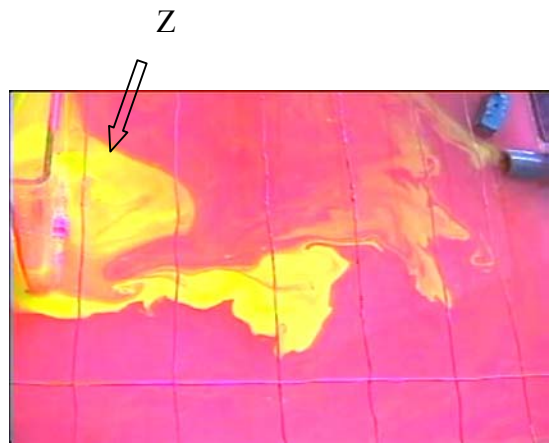


圖 27h

，1996 年 1~5 月，2001 年 7~10 月三個時間在「南美洲左邊」及「南美洲右邊」均出現一片最低值分布情形。

4. 討論我們由前面實驗對照之後判斷這可能是因為「平常組」的時間包含了

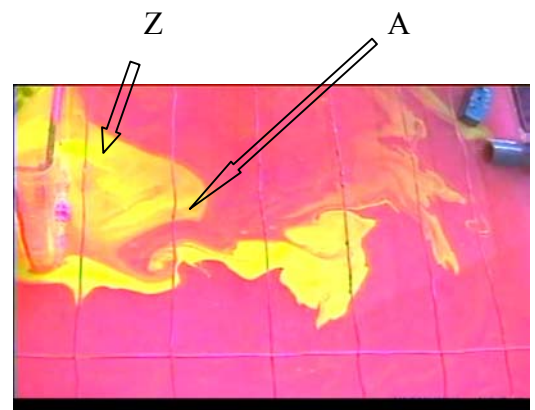


圖 27i

渦流脫離，水位寧靜及脫離後出現水位很動盪的狀況。渦流脫離前後振幅較大變異的情形，依這樣的想法，

「大聖嬰組」相當為渦流脫離後，水面因再度調整而振幅較亂且變小的情形。

本報告期望探討南極繞極環流通過南美洲造成的渦流可能的影響，因此爲了

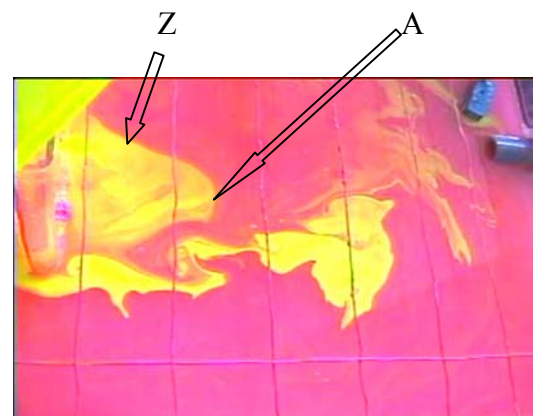


圖 27j

細部瞭解洋流碰到南美洲南端時產生的反應，我特地將目光移向渦流脫離區域南緯 50 度以南部分。根據實驗結果，我們發現渦流脫離瞬間，會在渦流脫離位置造成一個低壓區，而後海水大量湧入此區域之後造成海面動盪。而在實際

海水之南緯 50 度以南的資料裏，我們發現在 1993 年 3、4 月，1996 年 1~5 月，2001 年 7~10 月出現三個明顯的最低值密集帶，我認爲這可能指示渦流脫離時造成的低壓區，而且在這些最低值密集帶之後也都接續了一段寧靜期，再來最高值密集帶出現時恰好是聖嬰的開始。（見圖 28、29、30 中之圖解流程）

5. 比較「海表面溫度異常圖」與「海平面高度異常」當我們以表五的「海平面高度異常」之寧靜期及極值密集帶分析之結果來對照「海溫異常圖」時(見附圖 1~23)，有一個發現，即在我認爲應是渦流脫離三個時間中，於可能是渦流脫離最直接影響的南美洲東南側(見附圖 1~23)中用彩色筆圈出來的地方(約西經 60~70 度，南緯 45~60 度)，出現一溫度異常的高區，這是很有趣的結果，此應顯示渦流脫離瞬間所形成的空區吸引附近海面上的暖水過來補充所致。

表三

南美洲右邊

30W 40S

聖嬰組

編號	振幅
1	-5
2	-2
3	3
4	4
5	1
6	3
7	-1
8	-1
9	-4
10	-2
11	0
12	0
13	7
14	7
15	6
16	5
17	12
18	0
19	-7
20	-8
21	-7
22	-6
23	-4
24	-3
25	1
26	5
27	5
28	10
29	8
30	3
31	1
32	-3
33	-4
34	1
35	4
36	4
最高	12
最低	-5
變異度	24.7

平常組

編號	振幅
1	0
2	5
3	10
4	5
5	8
6	3
7	9
8	-12
9	-7
10	0
11	-3
12	-4
13	-2
14	-1
15	-3
16	-7
17	-9
18	-6
19	-5
20	-9
21	-9
22	-12
23	-9
24	-3
25	4
26	5
27	5
28	-1
29	-5
30	-5
31	-5
32	-5
33	-4
34	-4
35	-8
36	-5
最高	10
最低	-5
變異度	37.5

30W 44S

聖嬰組

編號	振幅
1	-2
2	-1
3	-1
4	0
5	1
6	0
7	0
8	-2
9	5
10	3
11	7
12	6
13	-2
14	5
15	13
16	17
17	9
18	7
19	8
20	8
21	6
22	1
23	3
24	4
25	0
26	0
27	1
28	3
29	5
30	1
31	3
32	5
33	6
34	3
35	-2
36	5
最高	17
最低	-5
變異度	19.6

平常組

編號	振幅
1	7
2	8
3	22
4	20
5	9
6	0
7	-4
8	-5
9	-5
10	-3
11	10
12	11
13	5
14	0
15	1
16	8
17	3
18	5
19	4
20	6
21	9
22	8
23	6
24	5
25	6
26	7
27	10
28	6
29	6
30	6
31	5
32	0
33	-5
34	-2
35	2
36	0
最高	22
最低	-5
變異度	37

34W40S

聖嬰組

編號	振幅
1	-14
2	7
3	11
4	-14
5	-20
6	-7
7	3
8	-2
9	-13
10	-15
11	-7
12	1
13	5
14	1
15	4
16	9
17	-2
18	-15
19	-9
20	-5
21	1
22	10
23	3
24	-18
25	-15
26	-5
27	-5
28	14
29	6
30	-2
31	-2
32	-1
33	1
34	4
35	8
36	-2
最高	14
最低	-5
變異度	80.1

平常組

編號	振幅
1	8
2	-5
3	-10
4	3
5	25
6	10
7	-2
8	7
9	10
10	9
11	-2
12	-11
13	-9
14	-3
15	-1
16	1
17	10
18	13
19	14
20	-9
21	-18
22	-14
23	-14
24	-14
25	-12
26	0
27	3
28	0
29	13
30	5
31	-7
32	2
33	-1
34	-5
35	-5
36	20
最高	25
最低	-5
變異度	105

46W35S

聖嬰組

編號	振幅
1	3
2	4
3	9
4	13
5	9
6	3
7	-5
8	-6
9	-5
10	1
11	1
12	-3
13	0
14	3
15	10
16	7
17	6
18	6
19	-5
20	-5
21	-4
22	-6
23	-6
24	-2
25	0
26	6
27	13
28	10
29	-5
30	-2
31	-4
32	-14
33	-4
34	5
35	0
36	0
最高	13
最低	-5
變異度	39.7

平常組

編號	振幅
1	0
2	-8
3	-4
4	11
5	9
6	4
7	-12
8	-13
9	4
10	-10
11	-19
12	-24
13	-17
14	5
15	-2
16	2
17	0
18	-8
19	-7
20	1
21	4
22	4
23	-3
24	-3
25	-6
26	-2
27	14
28	6
29	13
30	13
31	4
32	0
33	-2
34	1
35	1
36	3
最高	14
最低	-5
變異度	78.1

46W 30S

聖嬰組

編號	振幅
1	6
2	5
3	-2
4	-4
5	-5
6	-7
7	-2
8	5
9	0
10	0
11	4
12	3
13	7
14	10
15	10
16	5
17	5
18	5
19	0
20	-7
21	-4
22	-2
23	-3
24	-2
25	-1
26	1
27	5
28	8
29	10
30	0
31	-6
32	4
33	0
34	-2
35	0
36	3
最高	10
最低	-5
變異度	22.7

平常組

編號	振幅
1	10
2	8
3	0
4	0
5	-3
6	-6
7	6
8	-5
9	-2
10	-4
11	-1
12	-4
13	2
14	0
15	3
16	8
17	5
18	0
19	-2
20	2
21	0
22	0
23	-5
24	0
25	5
26	7
27	7
28	8
29	3
30	-7
31	-6
32	-2
33	-5
34	-3
35	5
36	5
最高	10
最低	-5
變異度	22.5

54W44S

聖嬰組

編號	振幅
1	-16
2	-16
3	-5
4	-8
5	13
6	4
7	-3
8	7
9	1
10	-10
11	-3
12	5
13	-2
14	5
15	8
16	10
17	7
18	-10
19	-6
20	2
21	4
22	13
23	11
24	-8
25	-10
26	7
27	10
28	-4
29	-5
30	13
31	13
32	-5
33	-3
34	15
35	12
36	15
最高	15
最低	-5
變異度	82.4

平常組

編號	振幅
1	16
2	1
3	-16
4	-16
5	-14
6	-10
7	-2
8	1
9	3
10	12
11	16
12	19
13	19
14	7
15	-4
16	-6
17	-7
18	12
19	10
20	15
21	9
22	3
23	-7
24	-9
25	-8
26	2
27	-1
28	-3
29	-1
30	13
31	15
32	14
33	13
34	15
35	10
36	20
最高	20
最低	-5
變異度	117

54W40S

聖嬰組

編號	振幅
1	-7
2	-10
3	-1
4	-7
5	-7
6	8
7	8
8	-1
9	-7
10	-14
11	-17
12	-13
13	-7
14	6
15	14
16	13
17	14
18	-6
19	-23
20	-5
21	-2
22	-1
23	3
24	-14
25	-14
26	2
27	16
28	5
29	-1
30	-2
31	-4
32	3
33	6
34	6
35	8
36	0
最高	16
最低	-5
變異度	89.2

平常組

編號	振幅
1	0
2	-1
3	-1
4	16
5	20
6	-6
7	-10
8	-4
9	9
10	1
11	2
12	10
13	14
14	-3
15	-14
16	-16
17	-7
18	-10
19	-9
20	8
21	9
22	9
23	11
24	3
25	0
26	17
27	15
28	13
29	25
30	19
31	4
32	13
33	21
34	25
35	27
36	30
最高	30
最低	-5
變異度	148

46W55S

聖嬰組

編號	振幅
1	10
2	9
3	3
4	0
5	1
6	2
7	4
8	-2
9	0
10	7
11	8
12	4
13	3
14	0
15	1
16	-1
17	-2
18	1
19	-1
20	4
21	4

表四

南美洲左邊

90W44S

聖嬰組	
經緯度	振幅度
1	-1
2	1
3	2
4	2
5	2
6	-1
7	0
8	4
9	4
10	3
11	4
12	6
13	6
14	3
15	5
16	10
17	4
18	4
19	5
20	5
21	3
22	1
23	0
24	0
25	1
26	6
27	6
28	4
29	4
30	6
31	7
32	6
33	6
34	6
35	7
36	10
最高	10
最低	-5
變異度	7.5643

平常組	
經緯度	振幅度
1	10
2	11
3	11
4	10
5	12
6	10
7	6
8	1
9	2
10	4
11	3
12	5
13	7
14	9
15	11
16	13
17	18
18	4
19	3
20	4
21	3
22	2
23	2
24	6
25	8
26	7
27	8
28	11
29	10
30	8
31	5
32	2
33	5
34	5
35	1
36	1
最高	18
最低	-5
變異度	16.7

74W30S

聖嬰組	
經緯度	振幅度
1	-4
2	-4
3	0
4	2
5	5
6	4
7	1
8	2
9	6
10	7
11	1
12	-5
13	3
14	2
15	3
16	8
17	3
18	3
19	11
20	11
21	11
22	8
23	11
24	13
25	13
26	10
27	7
28	5
29	10
30	10
31	10
32	10
33	11
34	8
35	4
36	0
最高	13
最低	-5
變異度	24.2

平常組	
經緯度	振幅度
1	-5
2	0
3	3
4	4
5	1
6	0
7	2
8	3
9	7
10	5
11	-2
12	0
13	-1
14	0
15	0
16	-1
17	3
18	4
19	7
20	8
21	5
22	3
23	4
24	6
25	2
26	-3
27	1
28	6
29	7
30	6
31	1
32	-2
33	1
34	1
35	-4
36	-5
最高	8
最低	-5
變異度	12.2

102W35S

聖嬰組	
經緯度	振幅度
1	0
2	5
3	5
4	0
5	-2
6	-3
7	-6
8	-5
9	0
10	3
11	3
12	3
13	3
14	1
15	1
16	2
17	0
18	0
19	-1
20	-6
21	-5
22	-2
23	1
24	5
25	7
26	10
27	9
28	4
29	-1
30	-2
31	2
32	5
33	10
34	9
35	10
36	5
最高	10
最低	-5
變異度	20.2

平常組	
經緯度	振幅度
1	-2
2	-1
3	7
4	11
5	8
6	7
7	-2
8	-7
9	-3
10	3
11	4
12	3
13	3
14	2
15	1
16	5
17	12
18	15
19	15
20	5
21	-5
22	-10
23	-6
24	3
25	12
26	10
27	7
28	5
29	0
30	-4
31	-6
32	-5
33	-2
34	0
35	2
36	1
最高	15
最低	-5
變異度	40

122W40S

聖嬰組	
經緯度	振幅度
1	5
2	5
3	7
4	9
5	7
6	6
7	4
8	0
9	0
10	-1
11	3
12	5
13	6
14	8
15	10
16	10
17	2
18	2
19	2
20	-2
21	-2
22	-1
23	0
24	0
25	4
26	10
27	7
28	9
29	7
30	7
31	6
32	7
33	4
34	4
35	5
36	5
最高	10
最低	-5
變異度	12.5

平常組	
經緯度	振幅度
1	2
2	3
3	3
4	7
5	7
6	5
7	0
8	-4
9	-1
10	-2
11	-3
12	-2
13	-1
14	0
15	5
16	7
17	6
18	7
19	8
20	8
21	5
22	4
23	6
24	8
25	9
26	10
27	10
28	9
29	8
30	5
31	5
32	4
33	3
34	8
35	7
36	11
最高	11
最低	-5
變異度	16.2

表五

小聖嬰組 (1993~1995)

南美洲左邊

月份	次序	30S	35S	40S	44S	45S	50S	55S	60S
1993年01月	1								
1993年02月	2								
1993年03月	3								
1993年04月	4								
1993年05月	5								
1993年06月	6								
1993年07月	7								
1993年08月	8								
1993年09月	9								
1993年10月	10								
1993年11月	11								
1993年12月	12								
1994年01月	13								
1994年02月	14								
1994年03月	15								
1994年04月	16								
1994年05月	17								
1994年06月	18								
1994年07月	19								
1994年08月	20								
1994年09月	21								
1994年10月	22								
1994年11月	23								
1994年12月	24								
1995年01月	25								
1995年02月	26								
1995年03月	27								
1995年04月	28								
1995年05月	29								
1995年06月	30								
1995年07月	31								
1995年08月	32								
1995年09月	33								
1995年10月	34								
1995年11月	35								
1995年12月	36								

小聖嬰組

南美洲右邊

月份	順序	30S	35S	40S	44S	45S	50S	55S	60S
1993年01月	1								
1993年02月	2								
1993年03月	3								
1993年04月	4								
1993年05月	5								
1993年06月	6								
1993年07月	7								
1993年08月	8								
1993年09月	9								
1993年10月	10								
1993年11月	11								
1993年12月	12								
1994年01月	13								
1994年02月	14								
1994年03月	15								
1994年04月	16								
1994年05月	17								
1994年06月	18								
1994年07月	19								
1994年08月	20								
1994年09月	21								
1994年10月	22								
1994年11月	23								
1994年12月	24								
1995年01月	25								
1995年02月	26								
1995年03月	27								
1995年04月	28								
1995年05月	29								
1995年06月	30								
1995年07月	31								
1995年08月	32								
1995年09月	33								
1995年10月	34								
1995年11月	35								
1995年12月	36								



大聖嬰組 (1996~1998)

南美洲左邊

月份	次序	30S	35S	40S	44S	45S	50S	55S	60S
1996年01月	1								
1996年02月	2								
1996年03月	3								
1996年04月	4								
1996年05月	5								
1996年06月	6								
1996年07月	7								
1996年08月	8								
1996年09月	9								
1996年10月	10								
1996年11月	11								
1996年12月	12								
1997年01月	13								
1997年02月	14								
1997年03月	15								
1997年04月	16								
1997年05月	17								
1997年06月	18								
1997年07月	19								
1997年08月	20								
1997年09月	21								
1997年10月	22								
1997年11月	23								
1997年12月	24								
1998年01月	25								
1998年02月	26								
1998年03月	27								
1998年04月	28								
1998年05月	29								
1998年06月	30								
1998年07月	31								
1998年08月	32								
1998年09月	33								
1998年10月	34								
1998年11月	35								
1998年12月	36								

大聖嬰組

南美洲右邊

月份	順序	30S	35S	40S	44S	45S	50S	55S	60S
1996年01月	1								
1996年02月	2								
1996年03月	3								
1996年04月	4								
1996年05月	5								
1996年06月	6								
1996年07月	7								
1996年08月	8								
1996年09月	9								
1996年10月	10								
1996年11月	11								
1996年12月	12								
1997年01月	13								
1997年02月	14								
1997年03月	15								
1997年04月	16								
1997年05月	17								
1997年06月	18								
1997年07月	19								
1997年08月	20								
1997年09月	21								
1997年10月	22								
1997年11月	23								
1997年12月	24								
1998年01月	25								
1998年02月	26								
1998年03月	27								
1998年04月	28								
1998年05月	29								
1998年06月	30								
1998年07月	31								
1998年08月	32								
1998年09月	33								
1998年10月	34								
1998年11月	35								
1998年12月	36								



表五(續)

平常組 (1999~2001)
南美洲左邊

日付	周序	3RS	3SS	4RS	44S	4SS	6RS	6SS	6RS
1999年01月	1								
1999年02月	2								
1999年03月	3								
1999年04月	4								
1999年05月	5								
1999年06月	6								
1999年07月	7								
1999年08月	8								
1999年09月	9								
1999年10月	10								
1999年11月	11								
1999年12月	12								
2000年01月	13								
2000年02月	14								
2000年03月	15								
2000年04月	16								
2000年05月	17								
2000年06月	18								
2000年07月	19								
2000年08月	20								
2000年09月	21								
2000年10月	22								
2000年11月	23								
2000年12月	24								
2001年01月	25								
2001年02月	26								
2001年03月	27								
2001年04月	28								
2001年05月	29								
2001年06月	30								
2001年07月	31								
2001年08月	32								
2001年09月	33								
2001年10月	34								
2001年11月	35								
2001年12月	36								

平常組
南美洲右邊

日付	周序	3RS	3SS	4RS	44S	4SS	6RS	6SS	6RS
1999年01月	1								
1999年02月	2								
1999年03月	3								
1999年04月	4								
1999年05月	5								
1999年06月	6								
1999年07月	7								
1999年08月	8								
1999年09月	9								
1999年10月	10								
1999年11月	11								
1999年12月	12								
2000年01月	13								
2000年02月	14								
2000年03月	15								
2000年04月	16								
2000年05月	17								
2000年06月	18								
2000年07月	19								
2000年08月	20								
2000年09月	21								
2000年10月	22								
2000年11月	23								
2000年12月	24								
2001年01月	25								
2001年02月	26								
2001年03月	27								
2001年04月	28								
2001年05月	29								
2001年06月	30								
2001年07月	31								
2001年08月	32								
2001年09月	33								
2001年10月	34								
2001年11月	35								
2001年12月	36								

(1999~2002)
對照組 南美洲左邊

日付	周序	3RS	3SS	4RS	44S	4SS	6RS	6SS	6RS
1999年06月	7								
1999年07月	8								
1999年08月	9								
1999年09月	10								
1999年10月	11								
1999年11月	12								
1999年12月	13								
2000年01月	14								
2000年02月	15								
2000年03月	16								
2000年04月	17								
2000年05月	18								
2000年06月	19								
2000年07月	20								
2000年08月	21								
2000年09月	22								
2000年10月	23								
2000年11月	24								
2000年12月	25								
2001年01月	26								
2001年02月	27								
2001年03月	28								
2001年04月	29								
2001年05月	30								
2001年06月	31								
2001年07月	32								
2001年08月	33								
2001年09月	34								
2001年10月	35								
2001年11月	36								
2001年12月	37								
2002年01月	38								
2002年02月	39								
2002年03月	40								
2002年04月	41								
2002年05月	42								
2002年06月	43								
2002年07月	44								
2002年08月	45								
2002年09月	46								
2002年10月	47								
2002年11月	48								
2002年12月	49								

對照組 南美洲右邊

日付	周序	3RS	3SS	4RS	44S	4SS	6RS	6SS	6RS
1999年06月	7								
1999年07月	8								
1999年08月	9								
1999年09月	10								
1999年10月	11								
1999年11月	12								
1999年12月	13								
2000年01月	14								
2000年02月	15								
2000年03月	16								
2000年04月	17								
2000年05月	18								
2000年06月	19								
2000年07月	20								
2000年08月	21								
2000年09月	22								
2000年10月	23								
2000年11月	24								
2000年12月	25								
2001年01月	26								
2001年02月	27								
2001年03月	28								
2001年04月	29								
2001年05月	30								
2001年06月	31								
2001年07月	32								
2001年08月	33								
2001年09月	34								
2001年10月	35								
2001年11月	36								
2001年12月	37								
2002年01月	38								
2002年02月	39								
2002年03月	40								
2002年04月	41								
2002年05月	42								
2002年06月	43								
2002年07月	44								
2002年08月	45								
2002年09月	46								
2002年10月	47								
2002年11月	48								
2002年12月	49								

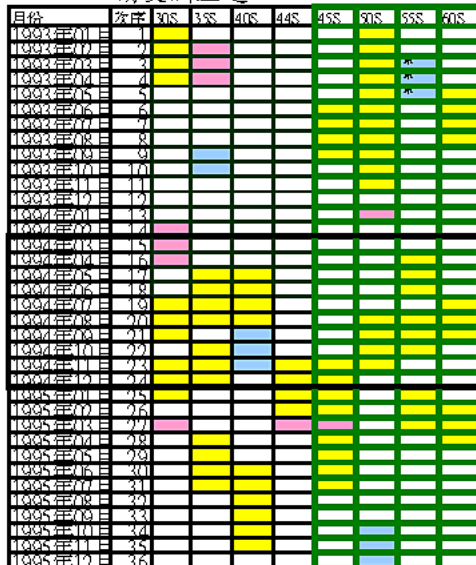
← 時鐘

分析流程說明

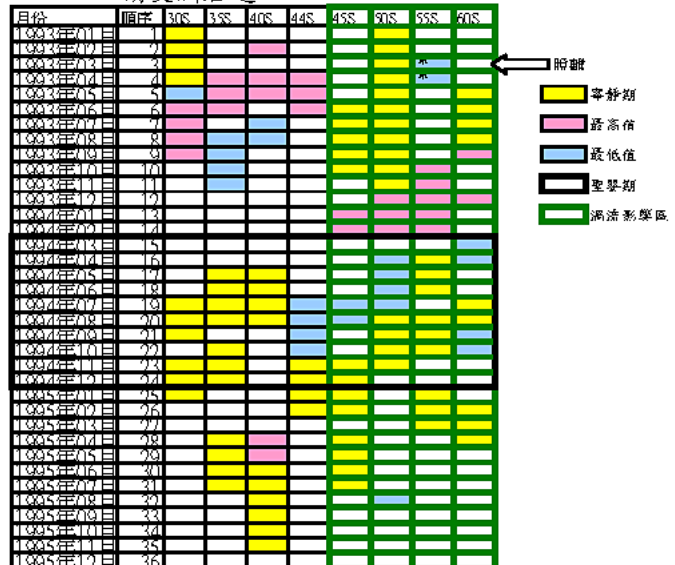
一.小聖嬰組

流程1.

小聖嬰組 (1993~1995)
南美洲左邊



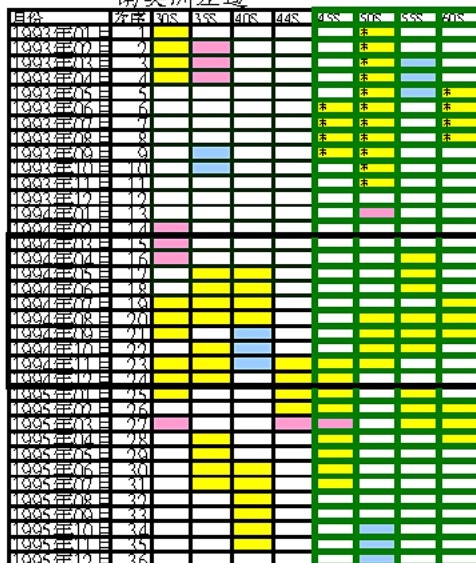
小聖嬰組 (1993~1995)
南美洲右邊



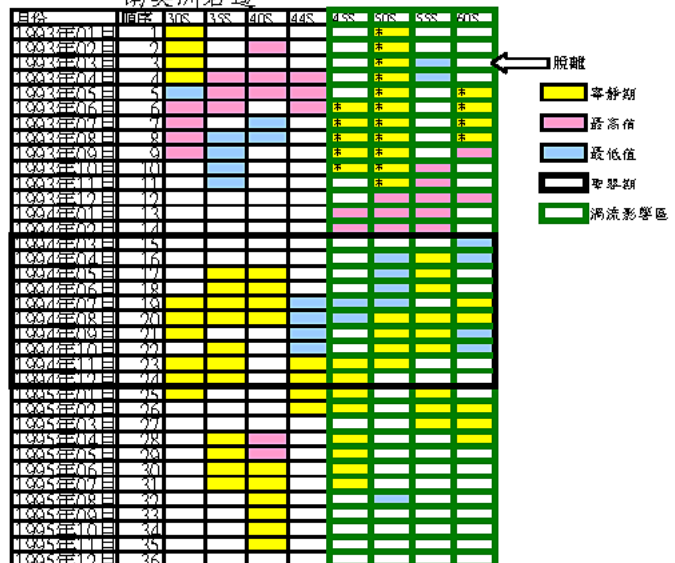
從上圖小聖嬰組中的渦流影響區 可看見南美洲兩邊1993年3~5月皆有標示*處的一最低值密集區 此為渦流脫離期

流程2.

小聖嬰組 (1993~1995)
南美洲左邊



小聖嬰組 (1993~1995)
南美洲右邊

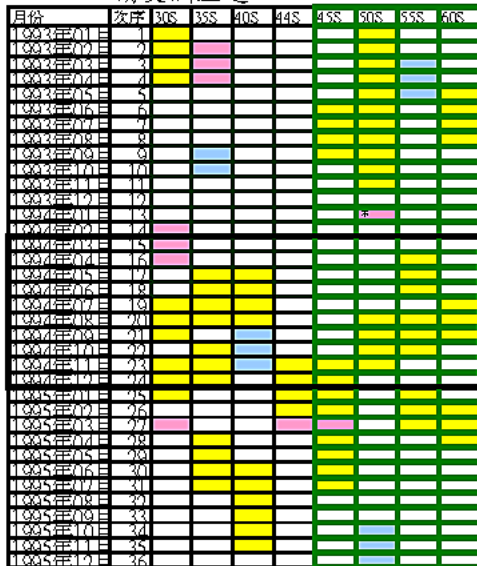


從上圖小聖嬰組中的渦流影響區 可看見出現在最低值密集區之後有標示*處出現一段寧靜期區

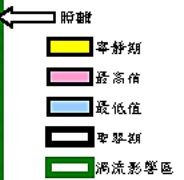
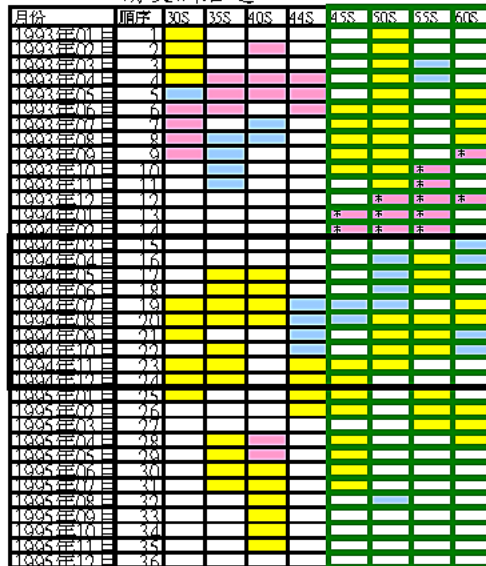
圖 28

流程3.

小聖嬰組 (1993~1995)
南美洲左邊



小聖嬰組
南美洲右邊



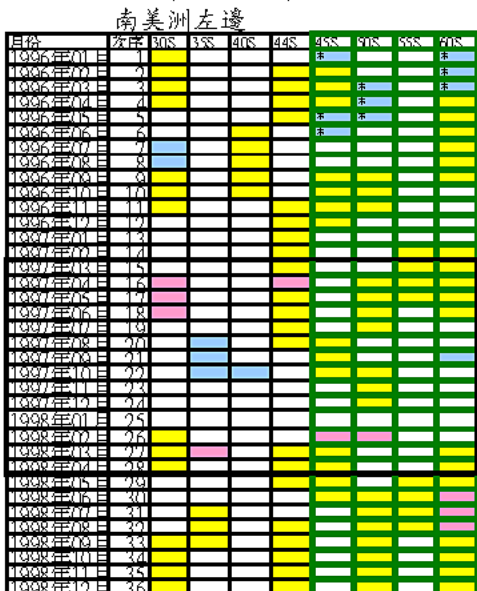
從上圖小聖嬰組中的渦流影響區 可看見有標示*處為緊接著寧靜期的一最高值密集區 此因代表周圍海水的湧入 且隨後立即為聖嬰期的發生(參見附圖4)

圖 28(續)

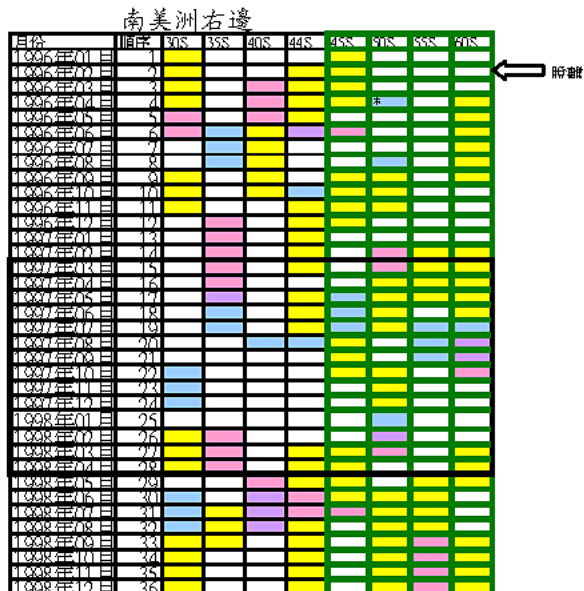
二.大聖嬰組

流程1.

大聖嬰組 (1996~1998)



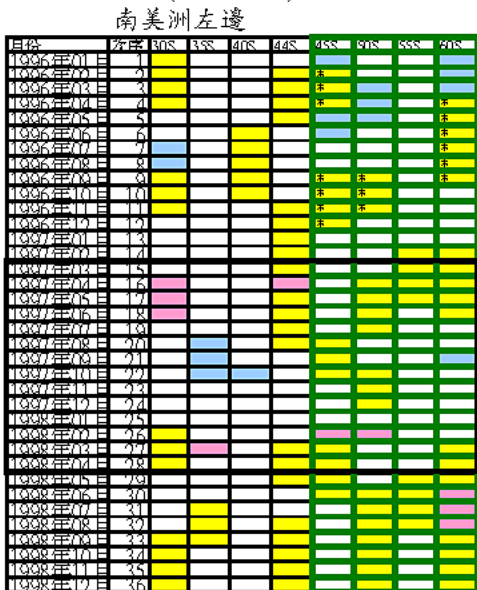
大聖嬰組



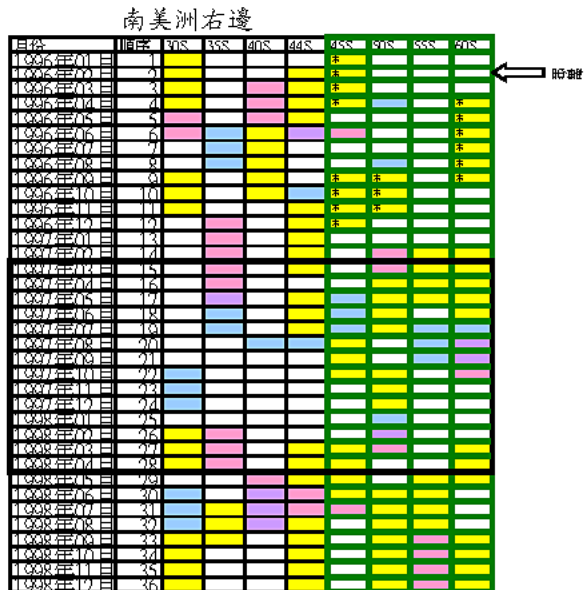
從上圖大聖嬰組中的渦流影響區 可看見南美洲兩邊1996年1~6月皆有標示*處的一最低值密集區 此為渦流脫離期

流程2.

大聖嬰組 (1996~1998)



大聖嬰組

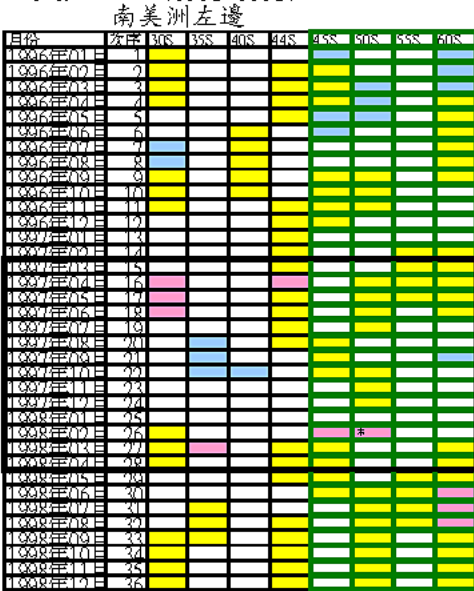


從上圖大聖嬰組中的渦流影響區 可看見出現在最低值密集區之後有標示*處出現一段寧靜期區

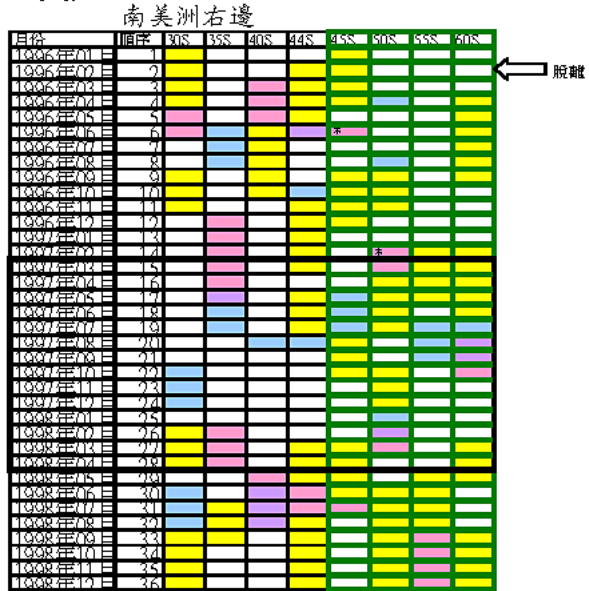
圖 29

流程3.

大聖嬰組 (1996~1998)



大聖嬰組



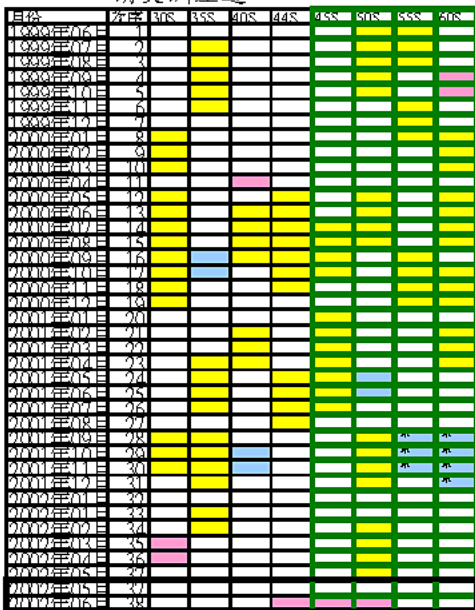
從上圖大聖嬰組中的渦流影響區 可看見出現在最低值密集區之後有標示*處出現的一最高值密集區 此因代表周圍海水的湧入 且隨後立即為聖嬰期的發生(參見附圖10)

圖 29(續)

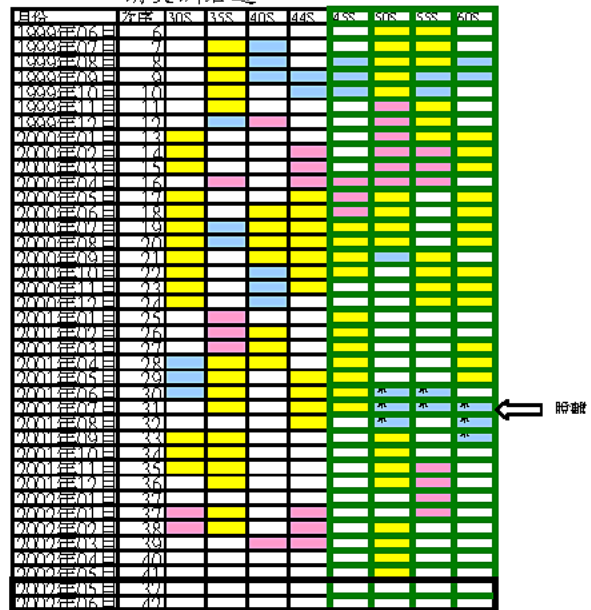
三.對照組

流程1.

對照組 (1999~2002)
南美洲左邊



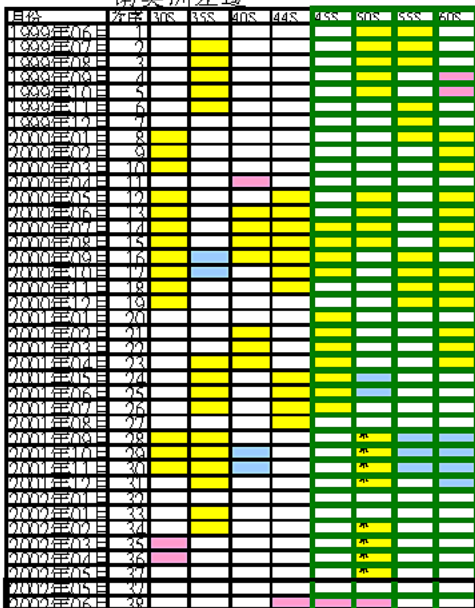
對照組
南美洲右邊



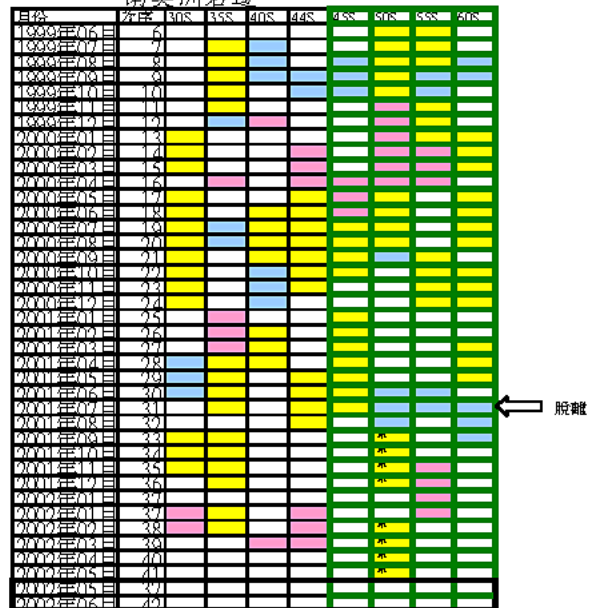
從上圖對照組中的渦流影響區 可看見南美洲兩邊2001年7~10月左右皆有標示*處的一最低值密集區 此為渦流脫離期

流程2.

對照組 (1999~2002)
南美洲左邊



對照組
南美洲右邊



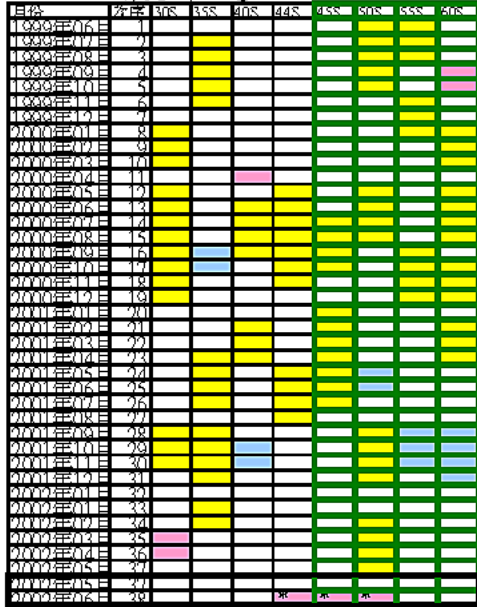
從上圖對照組中的渦流影響區 可看見出現在最低值密集區之後有標示*處出現一段寧靜期區

圖 30

流程3.

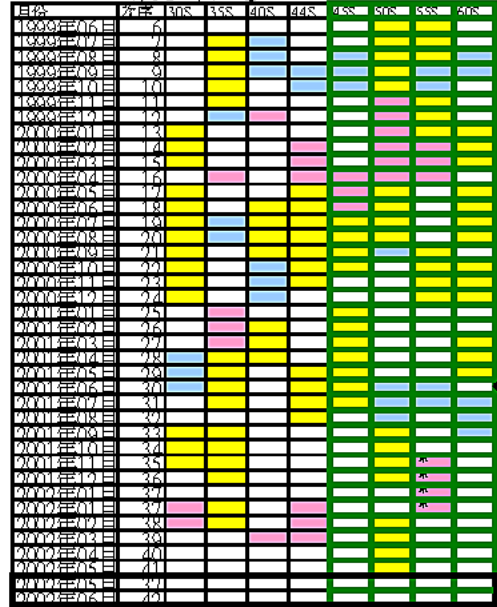
對照組 (1999~2002)

南美洲左邊



對照組

南美洲右邊



從上圖對照組中的渦流影響區 可看見出現在寧靜期區之後有標示*處出現的一最高值密集區 此因代表周圍海水的湧入且隨後立即為聖嬰期的發生(參見附圖20及21)

圖 30(續)

參、綜合討論

根據前面實驗及網路資料分析結果，我想以渦流如何影響聖嬰的想法，對以下「海平面溫度異常」及「鹽度」資料做一個流程的解釋：1993年3月左右，海平面高度出現異常低值一段時間(見表五)，我認為此時恰好指示渦流脫離，之後海平面度過一段時間寧靜時，其他地區暖水湧入，海平面高度升高，此時使得南美洲東南側西經 60-70 度，南緯 45-60 度處水溫驟然提升(見附圖 4、10、20)，而也因此之前渦流脫離動力促進了祕魯涼流等有一相反方向的流動，造成 1994 年 3 月(見附圖 6，表五)起聖嬰出現，其中渦流脫離和聖嬰開始發生約隔半年，而這樣的循環也持續出現在下一次 1996 年 3 月(見附圖 10，表五)渦流脫離，1997 年 3 月(見附圖 12)聖嬰開始及 2001 年 7 月(見附圖 21，表六)渦流

脫 30 離，2002 年 5 月聖嬰開始。(詳見圖 28、29、30 中圖解流程)如果渦流對聖嬰的影響果真是如此，那麼我們考慮南美洲南端可能影響渦流的範圍約 50km，而此南極繞極環流(見圖 31)，平均流速約 50cm/s，依據此三數值，代入史托爾數(Strouhal Number)公式 $Sr=fr \cdot L/V$ ，可得此區域可能造成渦流脫離週期平均約 3.2 年，此和 70 年代起歷年來聖嬰發生的間隔(圖 32)非常接近。

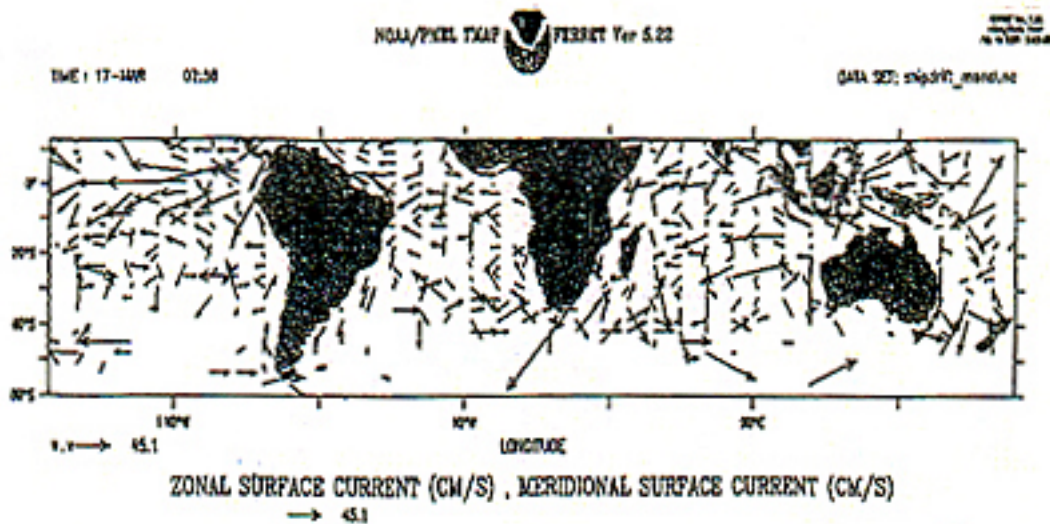


圖 31

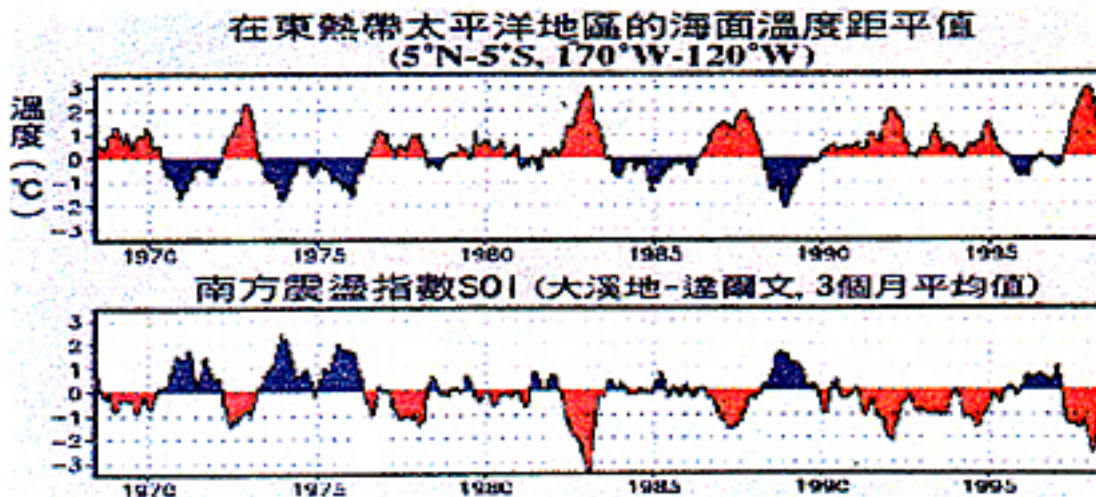


圖 32

肆、結論

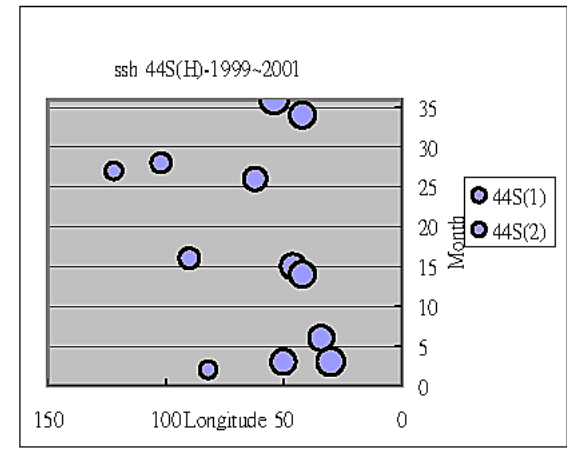
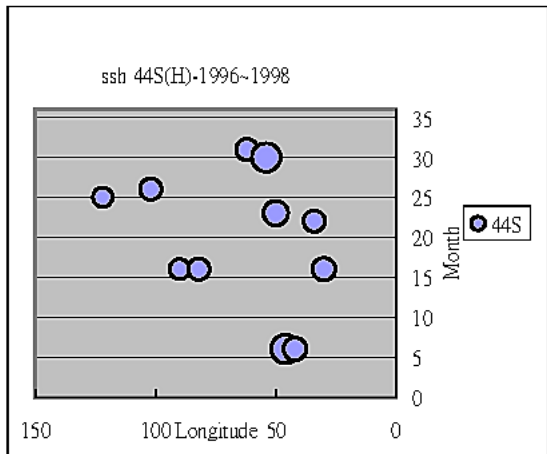
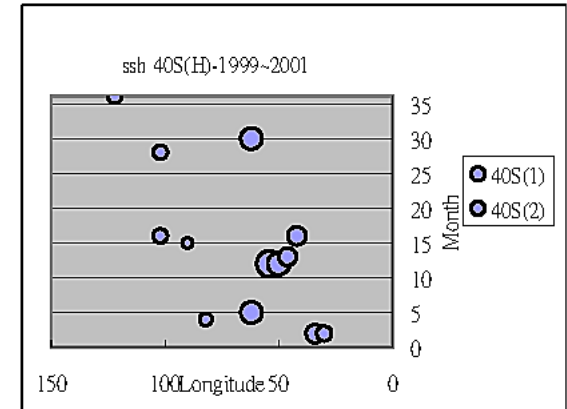
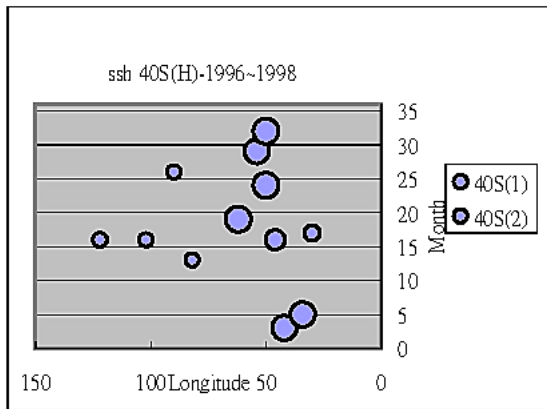
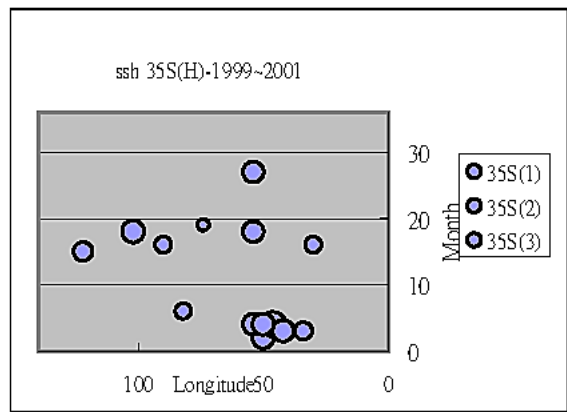
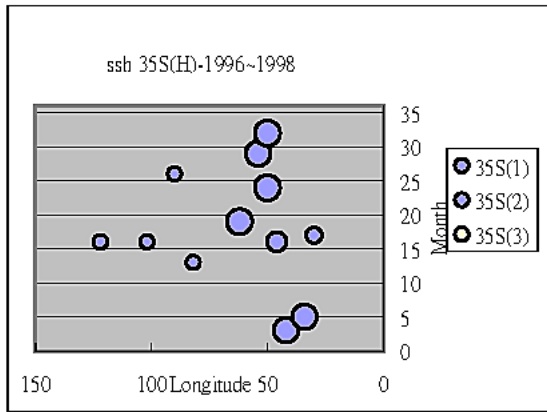
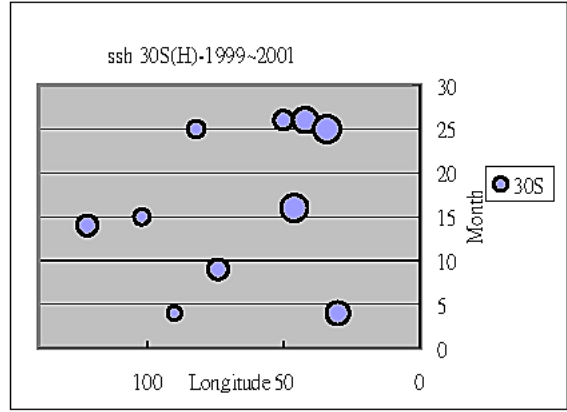
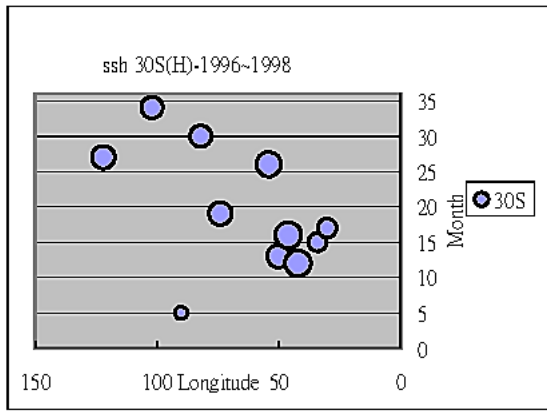
- 壹、在水波槽實驗中水流通過障礙物時會出現渦流，渦流脫離頻率和水流流速成正比，和障礙物大小成反比。
- 貳、由水波槽實驗結果得知，渦流脫離瞬間會在障礙後方形成一低水位空區，之後其他區域水流快速湧入，造成水位動盪。
- 參、水流在實驗中通過類似峽谷的通道後，渦流形成和脫離頻率變高，所以如果渦流脫離的確引發聖嬰的發生，則南美洲和南極洲間德瑞克通道應有助於此渦流的脫離。
- 肆、對照實驗結果我認為 1993 年 3-4 月，1996 年 1-5 月及 2001 年 7-10 月三個「海平面高度異常」的最低值密集帶，此極可能是渦流脫離的時段。
- 伍、對照水槽實驗發現「海平面高度異常」實際資料內，「海平面高度異常」的「最低值密集帶」後均伴隨水面「寧靜期」之後，出現周圍暖水流大量湧入的「最高值密集帶」，此時南美洲東南側海水溫度驟增，接著馬上接續著聖嬰的到來。
- 陸、「海平面高度異常」分析的結果，指示渦流脫離的「最低值密集帶」和顯示著聖嬰到來的「最高值密集帶」間約間隔半年左右。
- 柒、以渦流脫離帶動聖嬰的觀點並考慮南美洲可能影響聖嬰的範圍及南極繞極環流平均流速來計算，可得渦流脫離週期約 3.2 年，此和歷年來聖嬰發生的間隔非常接近。

未來發展方向

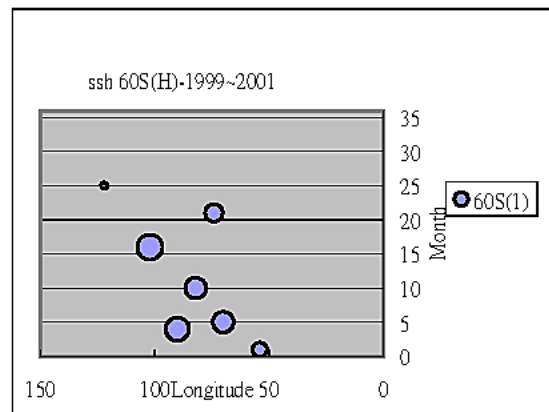
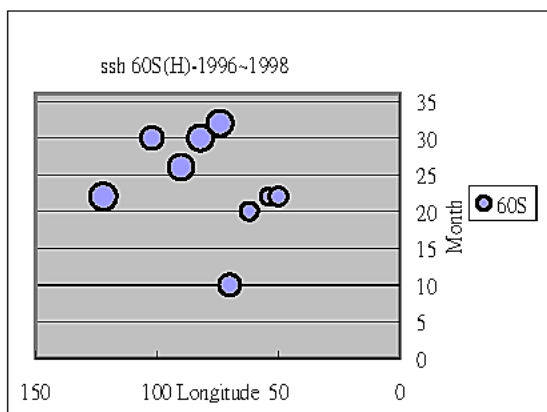
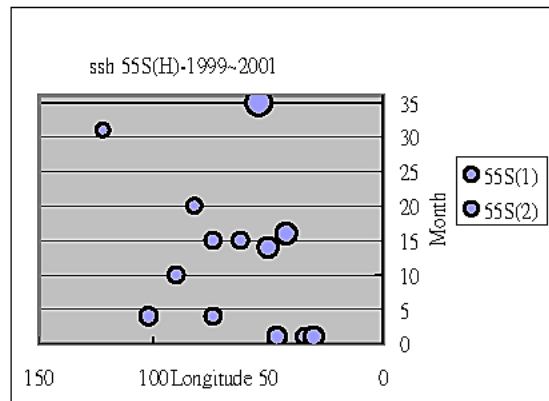
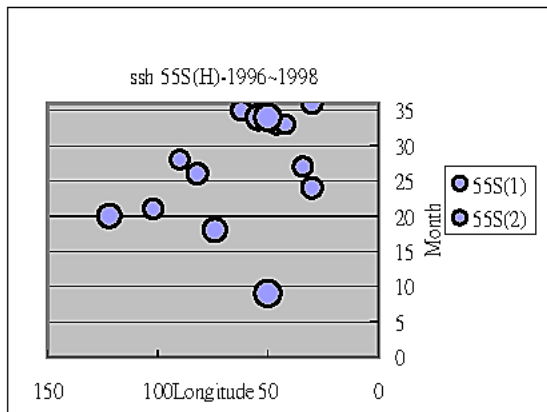
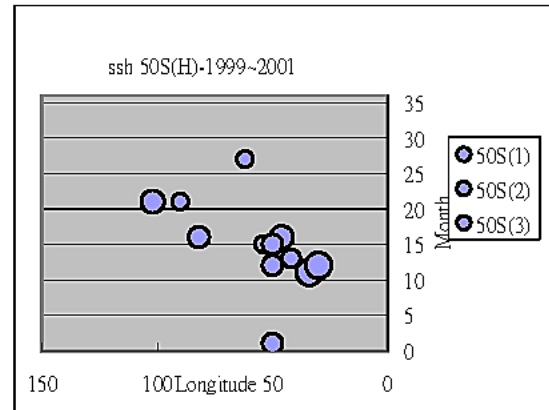
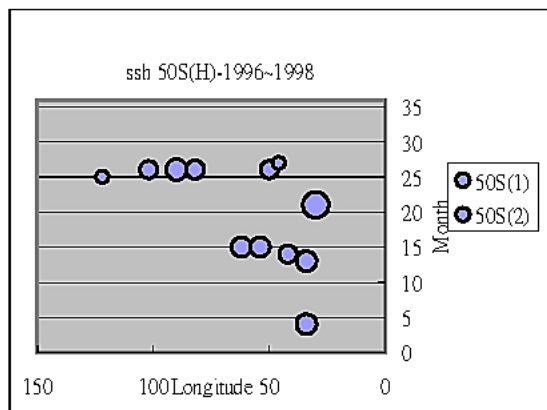
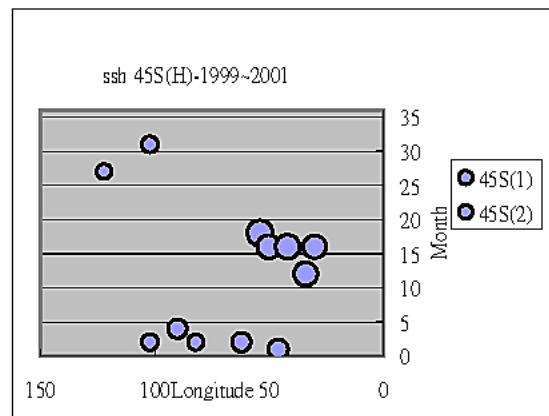
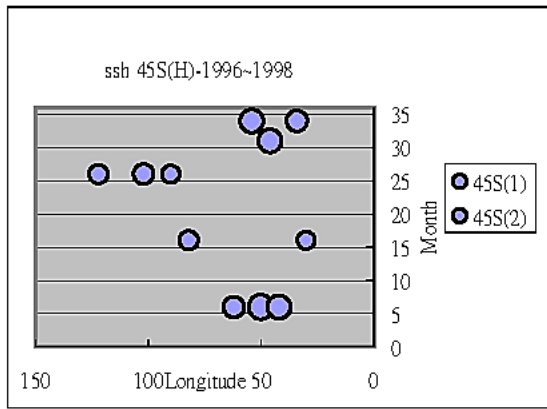
對於 1993 年以前的資料繼續做寧靜期，「極值密集帶分析」，已確定長期資料內是否重複出現「最低值密集帶」⇒「寧靜期」⇒「最高值密集帶」⇒聖嬰的型態設計儀器將水通過障礙物後變化作更精細的定

量分析。除了探討隨時間的垂直變化外，我希望在未來能更進一步的對其水平變化做定量分析。本報告並不是要完全推翻科學家原本對聖嬰現象發生的解釋，我們只是希望能提出此一渦流脫離的想法作為聖

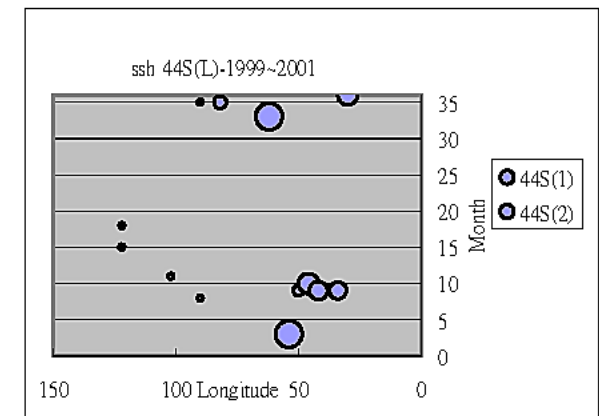
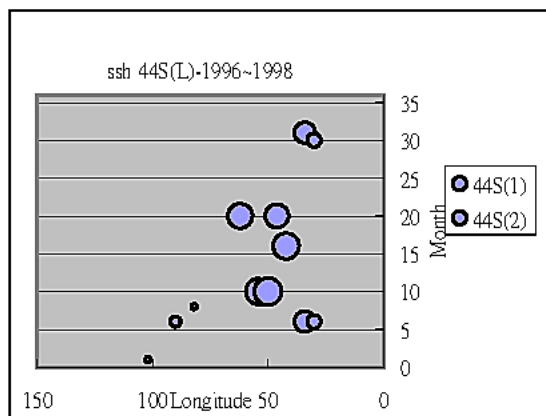
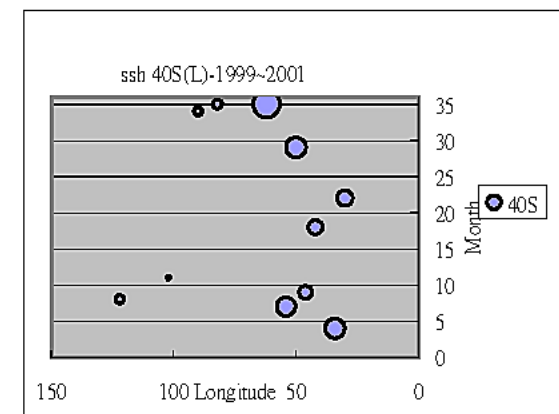
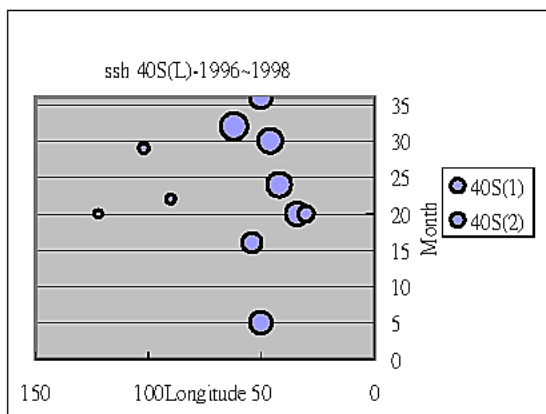
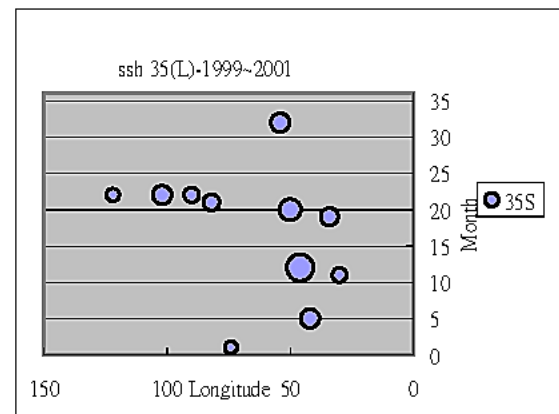
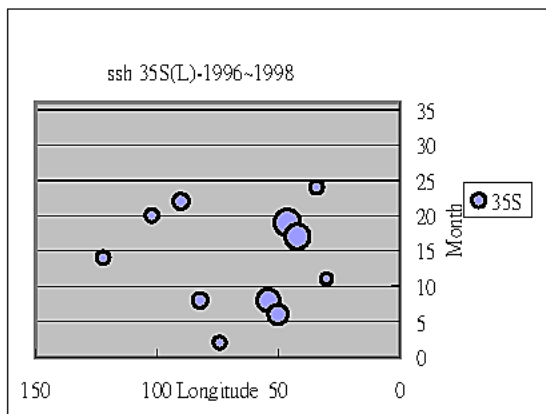
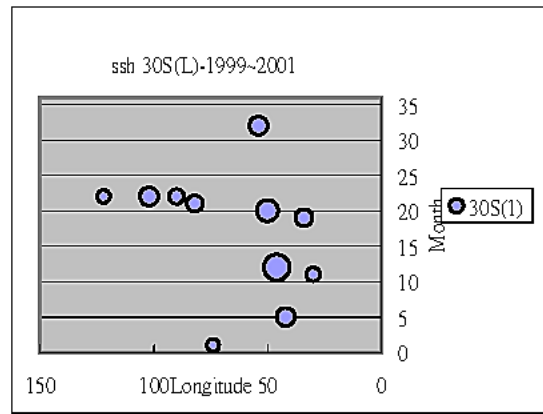
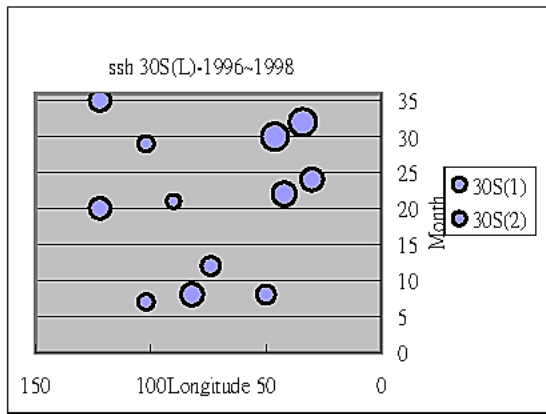
嬰現象發生的可能原因之一，但聖嬰現象的發生包含了複雜的海洋與大氣的作用，所以我們也希望能將現在科學家所認為的大氣影響聖嬰的情況做一個比較，探討大氣和海洋的關係，或許渦流脫離能在科學。



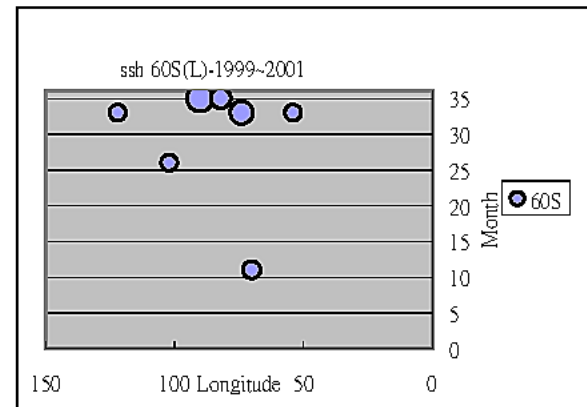
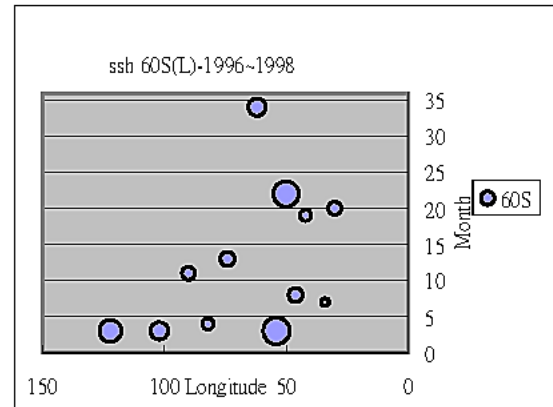
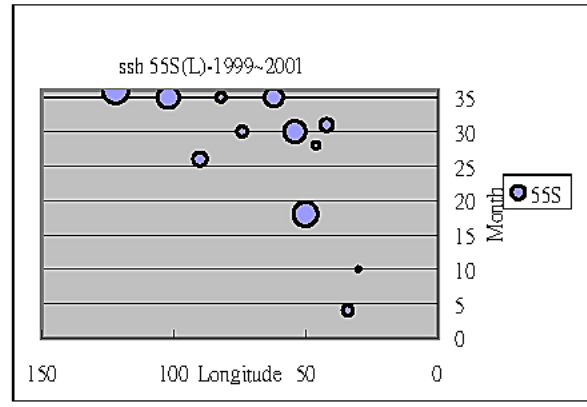
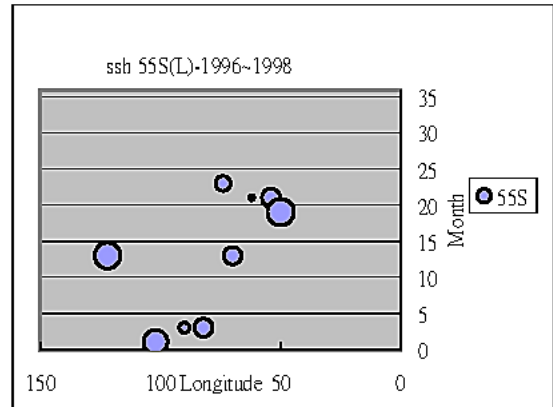
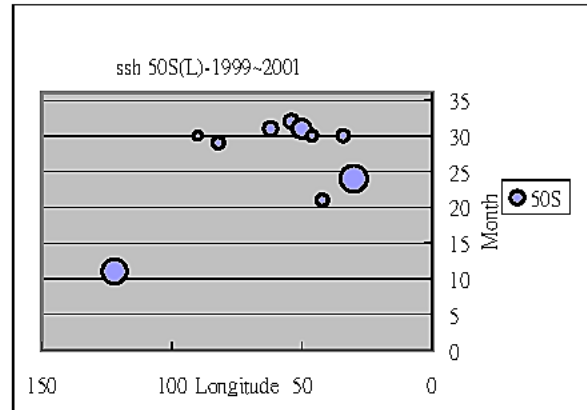
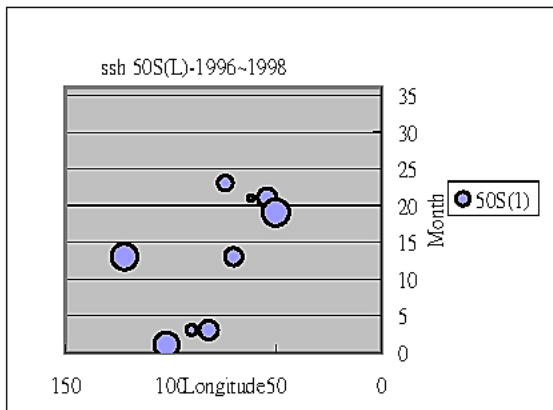
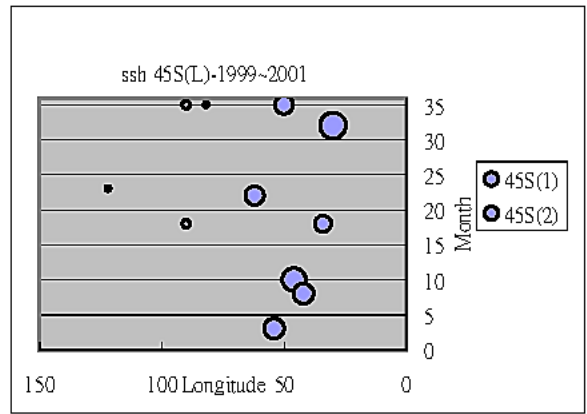
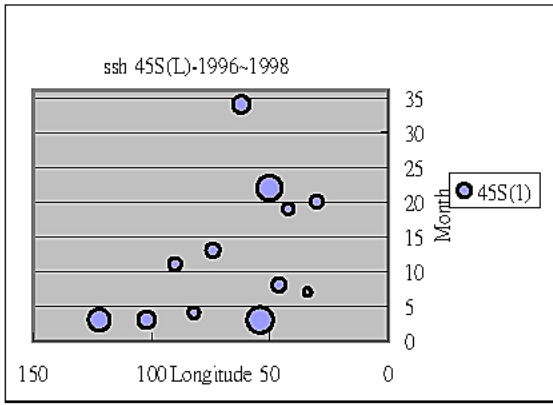
附圖1
A1-a



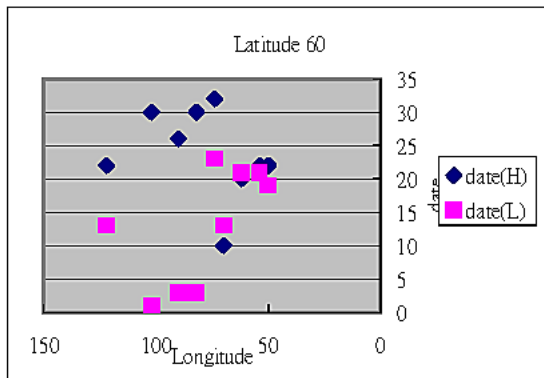
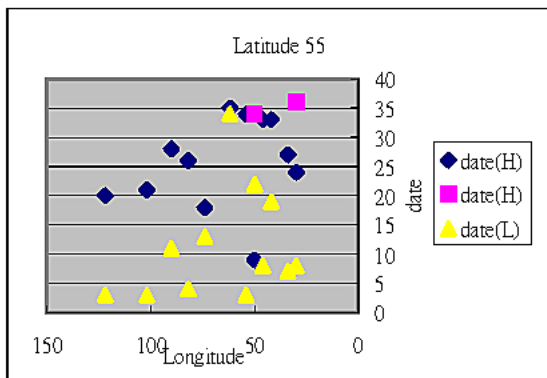
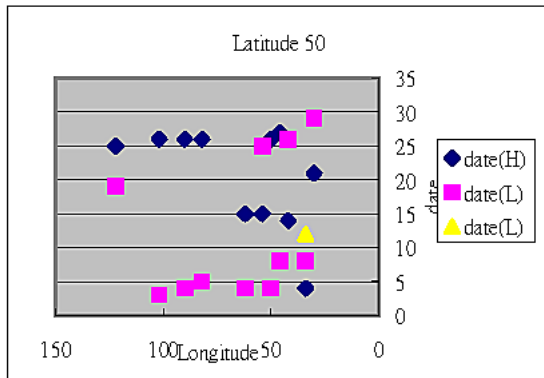
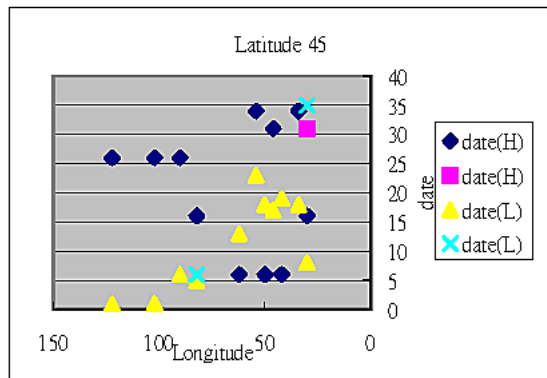
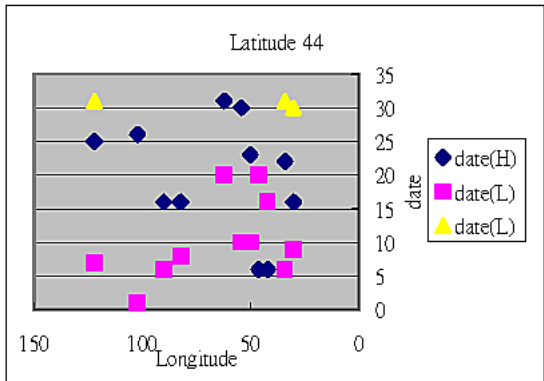
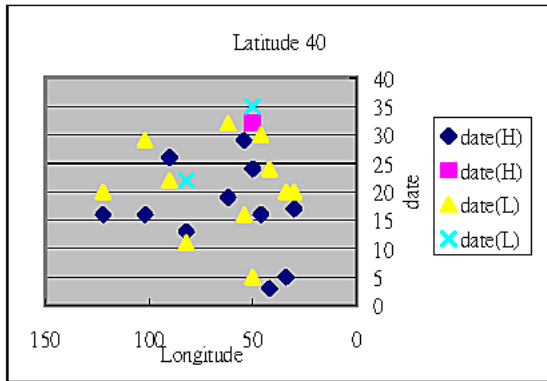
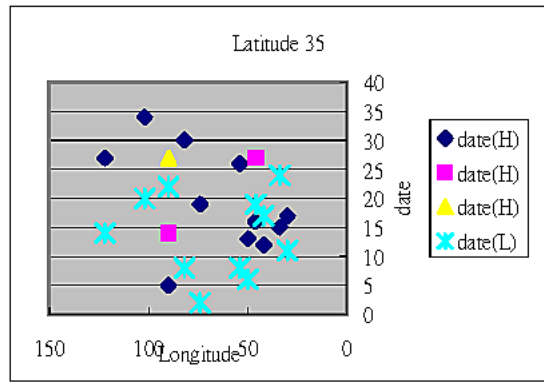
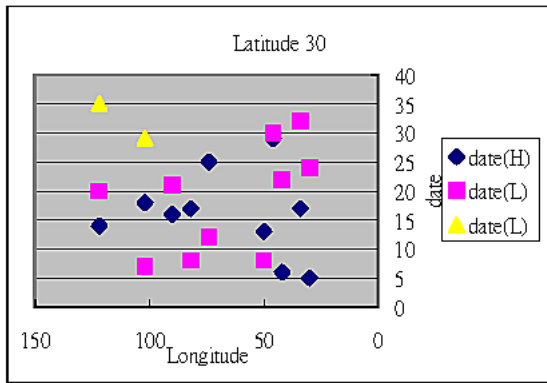
附圖1
A1-b



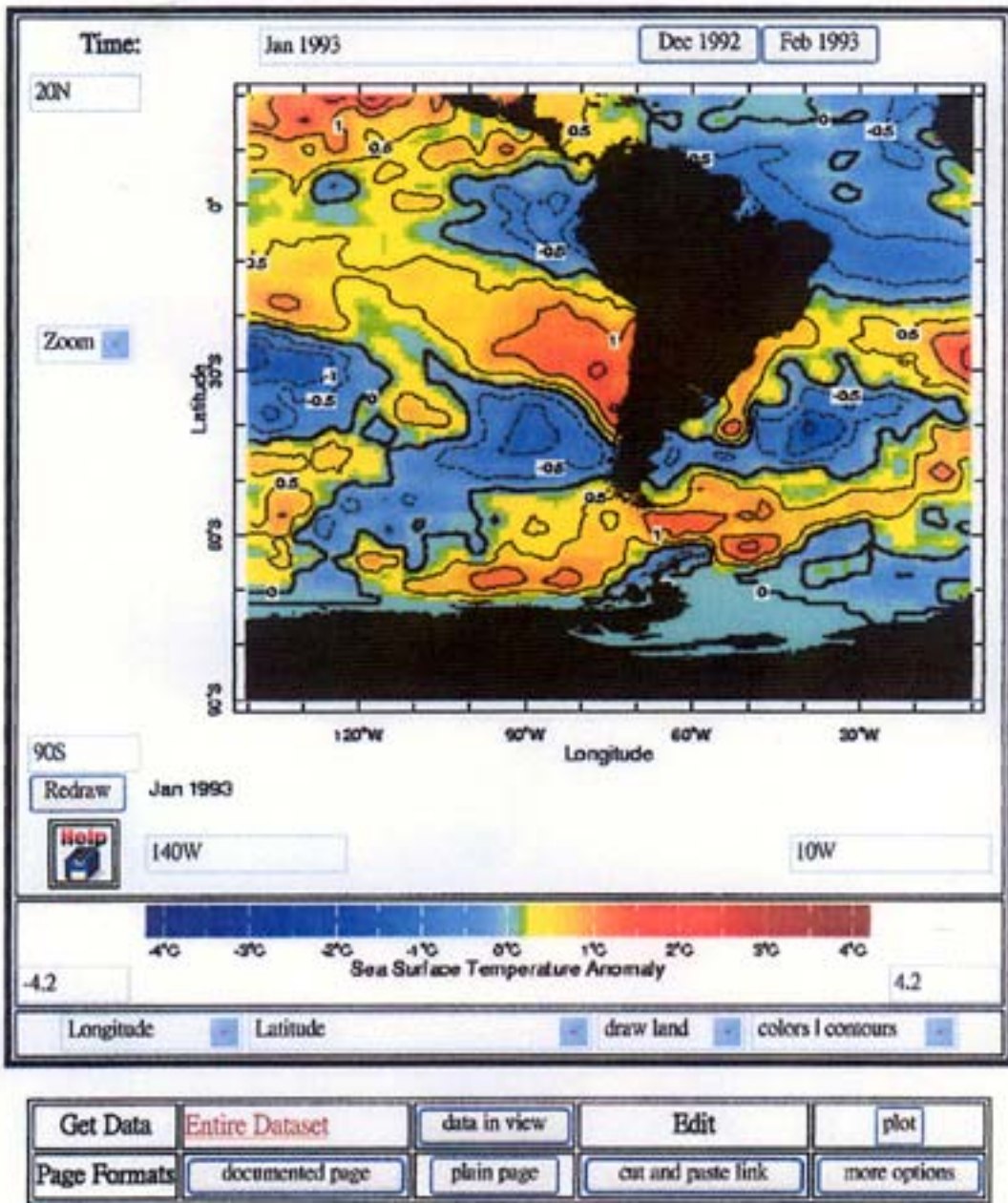
附圖1
A1-c



附圖1
A1-d



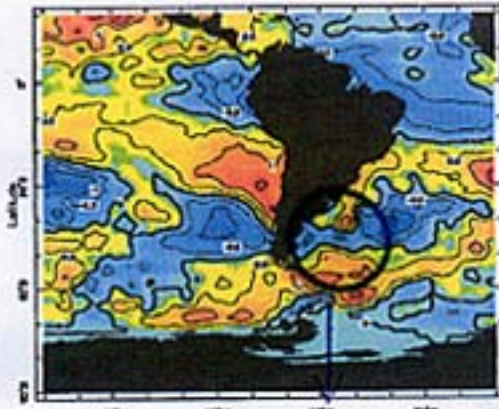
附圖2
A-2



附圖 3

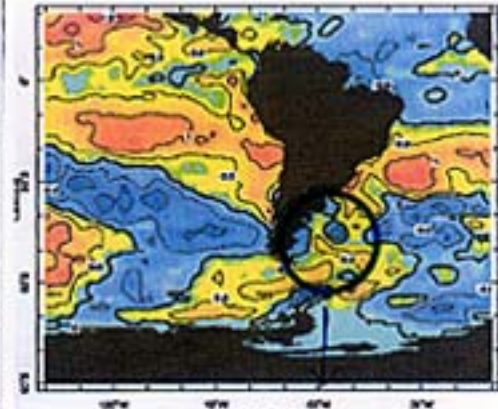
A3

1993年1月



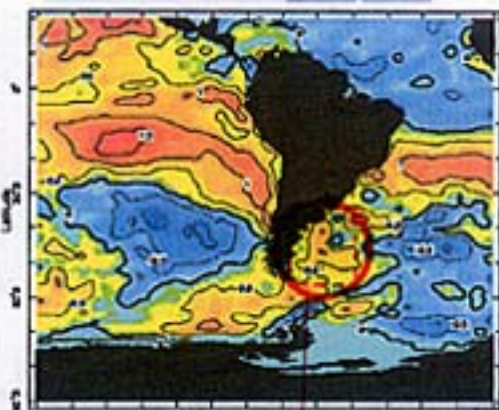
平常狀態

1993年2月



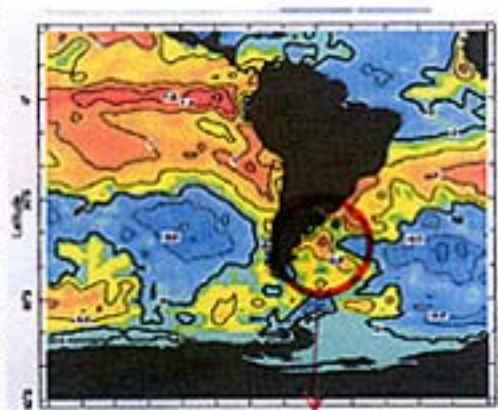
平常狀態

1993年3月



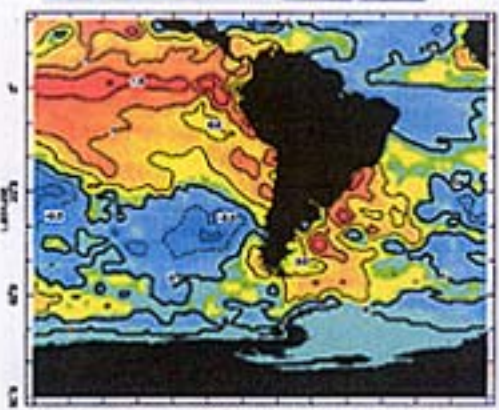
水溫升高

1993年4月

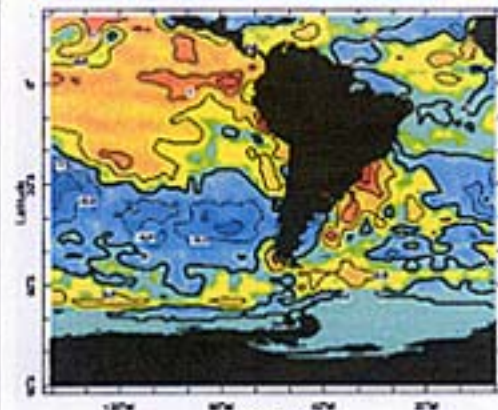


水溫升高

1993年5月



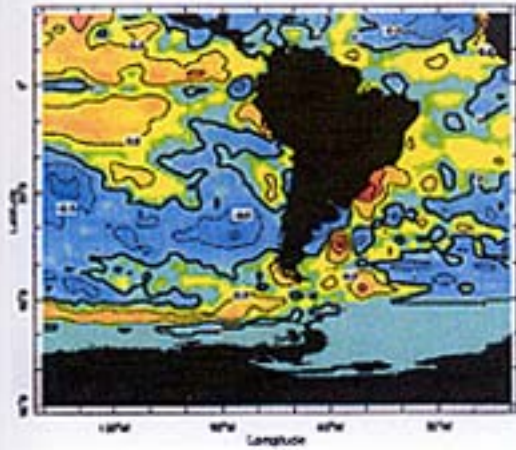
1993年6月



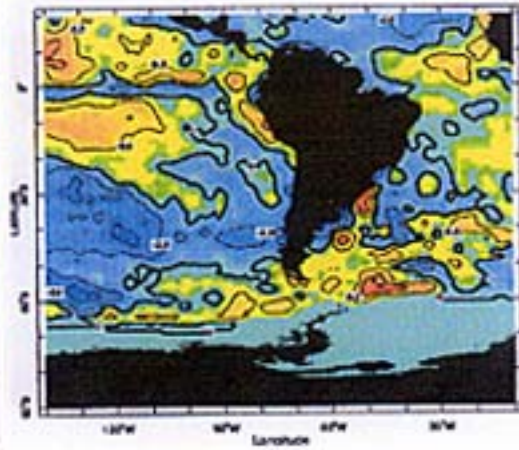
附圖 4

A-4

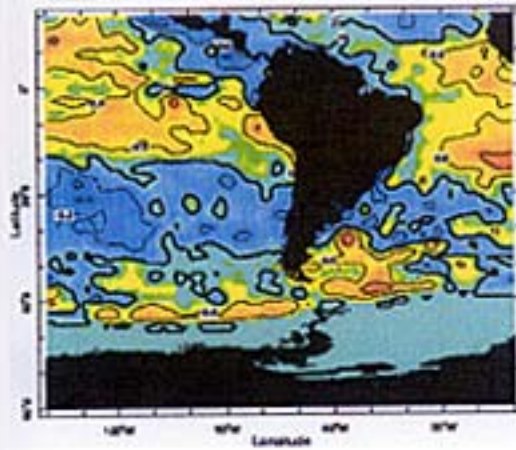
1993 年 7 月



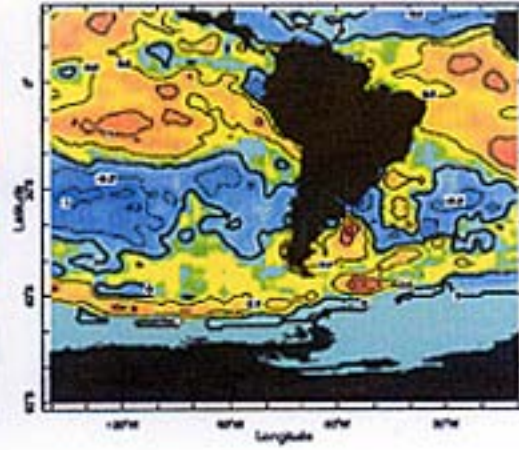
1993 年 8 月



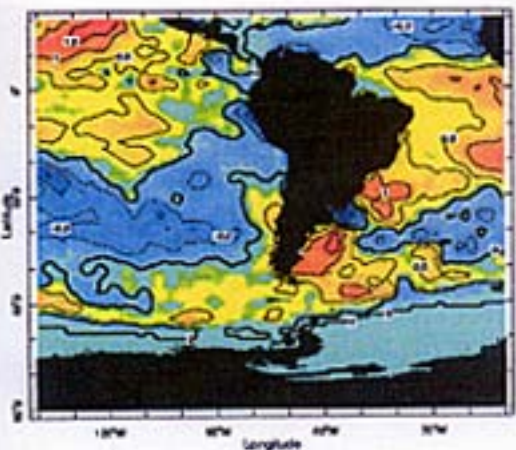
1993 年 9 月



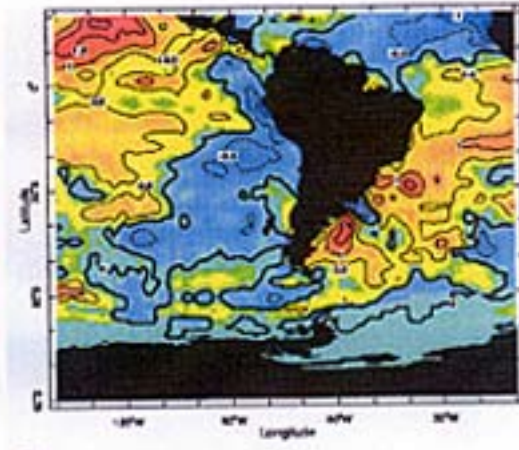
1993 年 10 月



1993 年 11 月



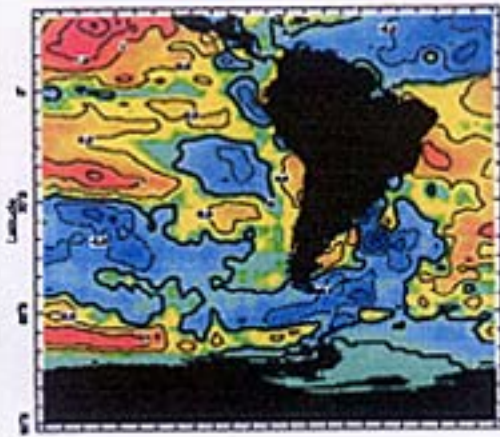
1993 年 12 月



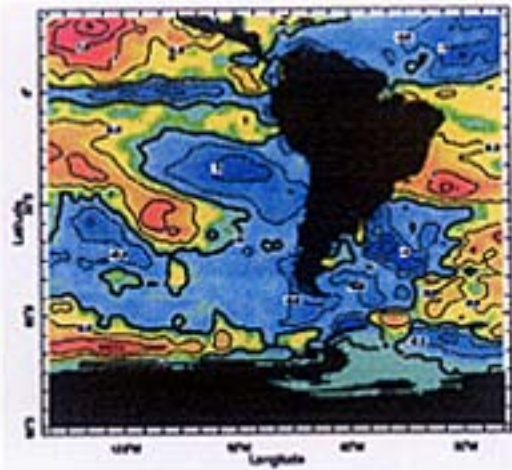
附圖 5

A-5

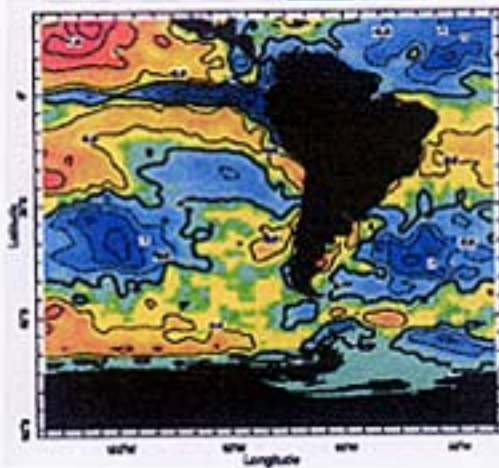
1994年1月



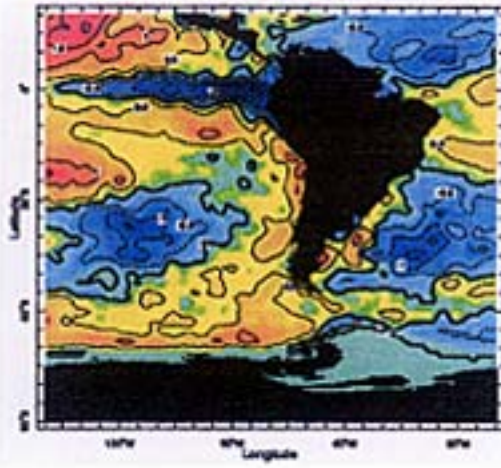
1994年2月



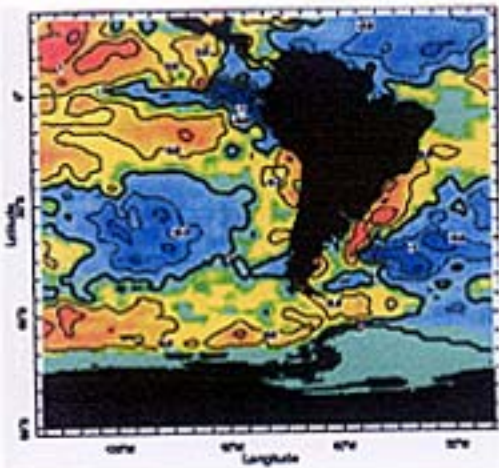
1994年3月聖嬰



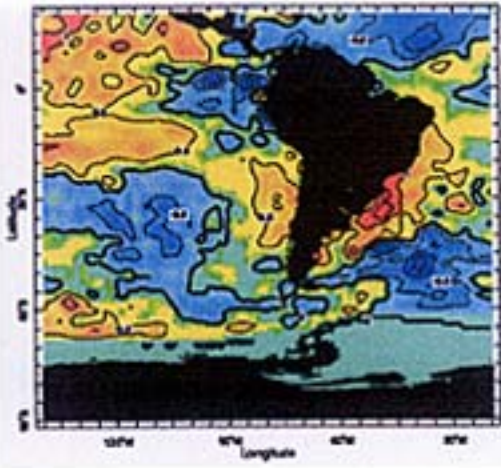
1994年4月聖嬰



1994年5月聖嬰



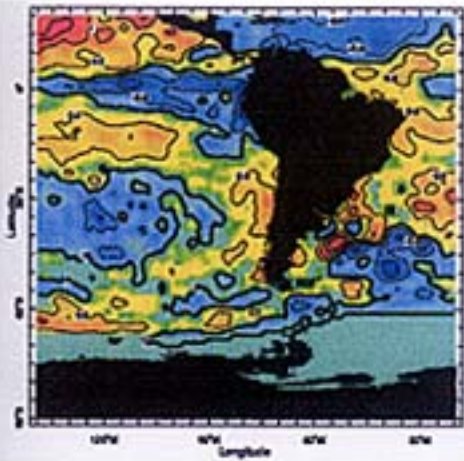
1994年6月聖嬰



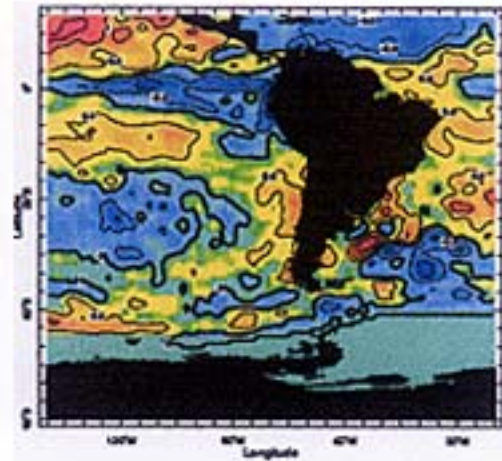
附圖 6

A-6

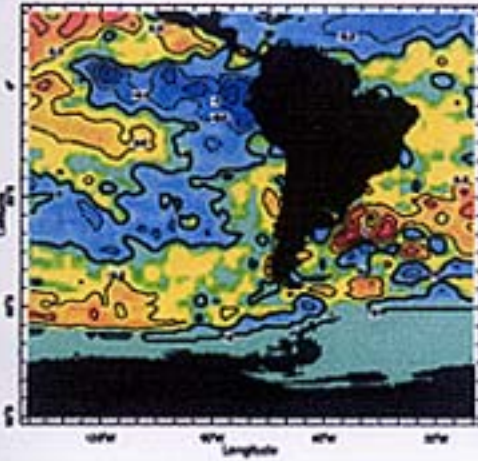
1994年7月 聖翠



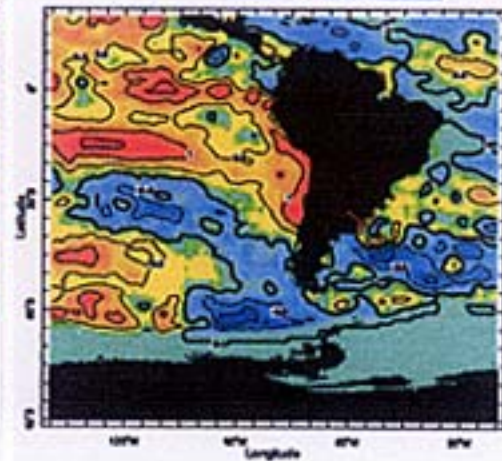
1994年8月 聖翠



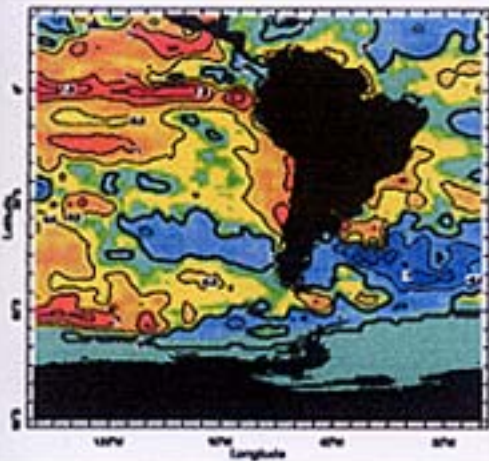
1994年9月 聖翠



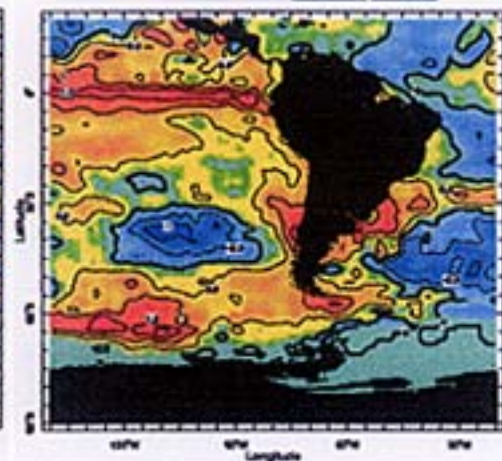
1994年10月 聖翠



1994年11月 聖翠



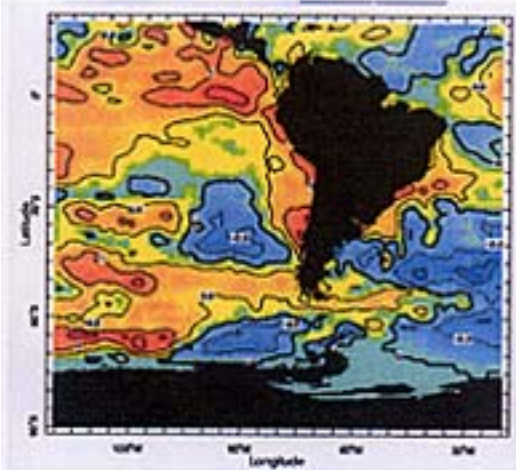
1994年12月 聖翠



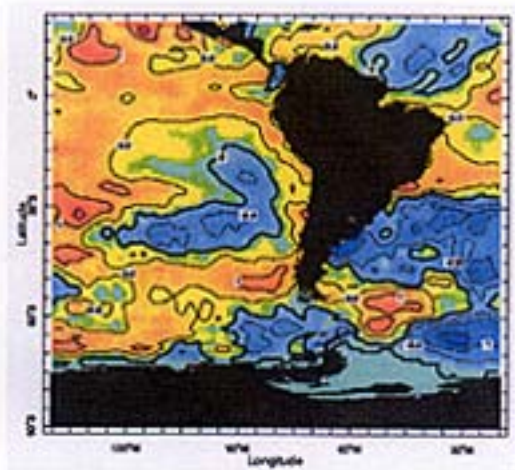
附圖 7

A-7

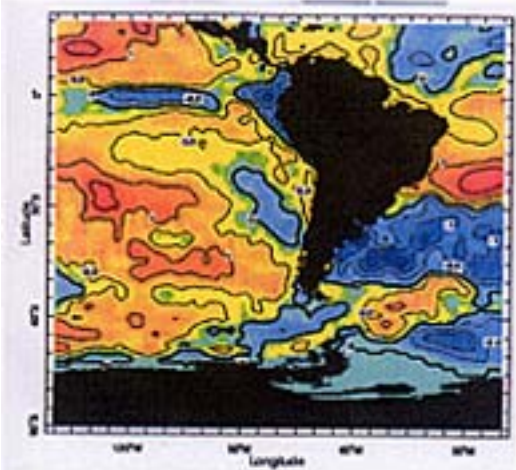
1995 年 1 月



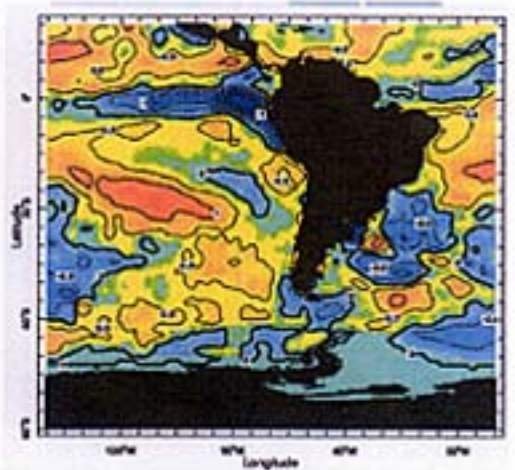
1995 年 2 月



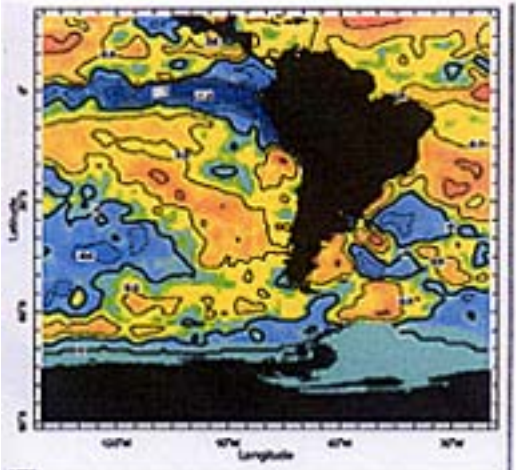
1995 年 3 月



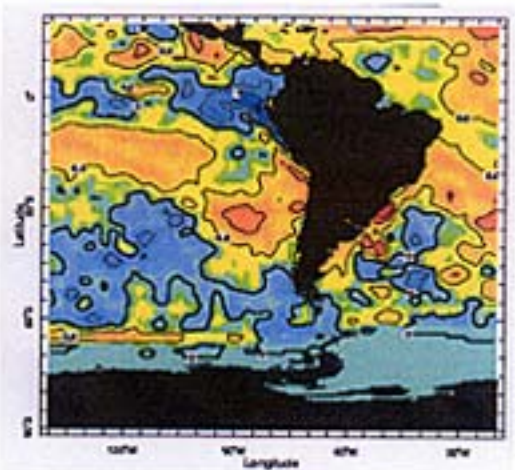
1995 年 4 月



1995 年 5 月



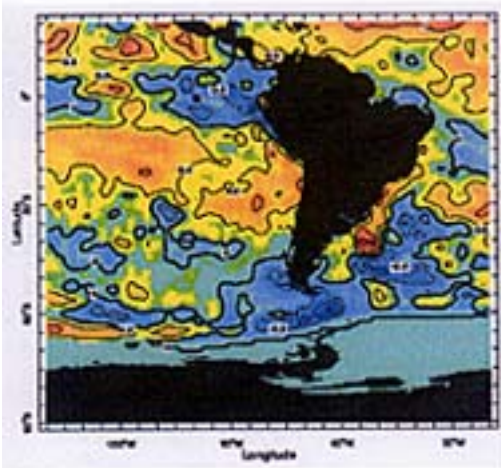
1995 年 6 月



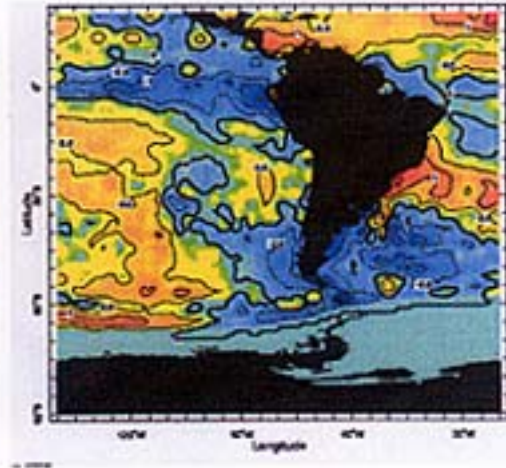
附圖 8

A-8

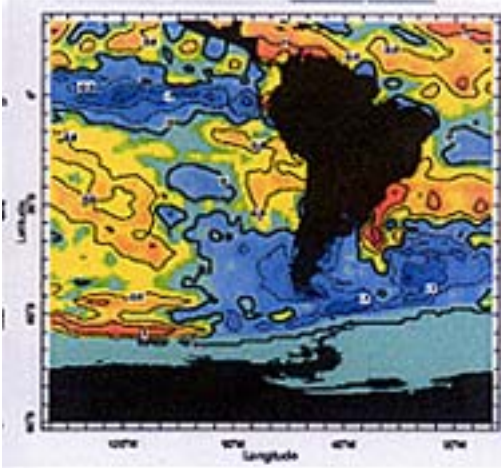
1995年7月



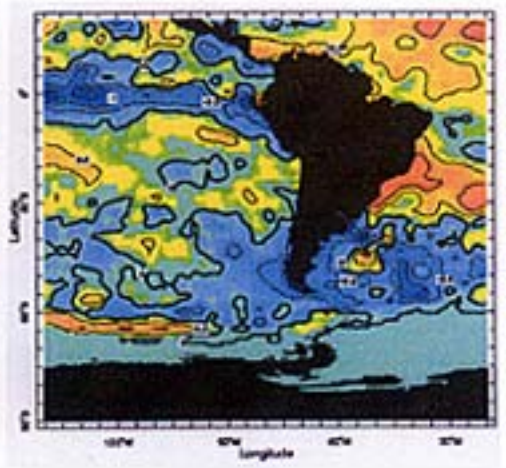
1995年8月



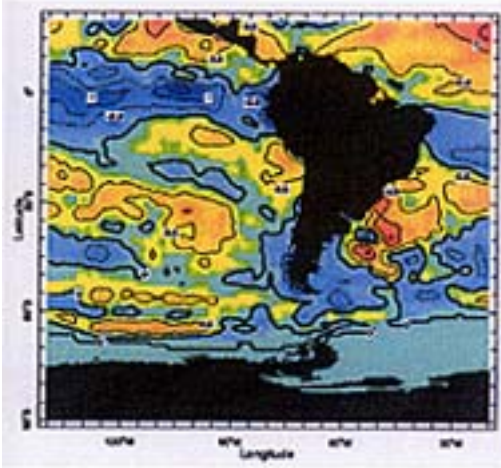
1995年9月



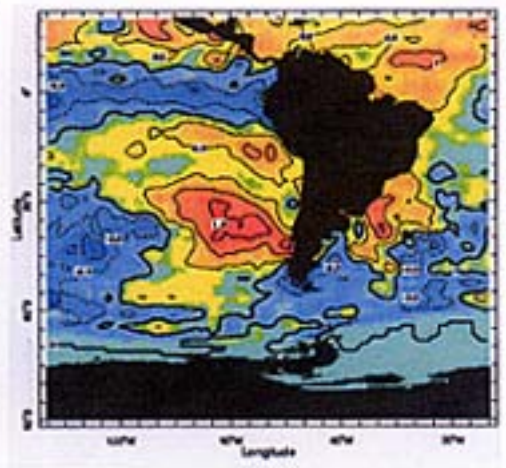
1995年10月



1995年11月



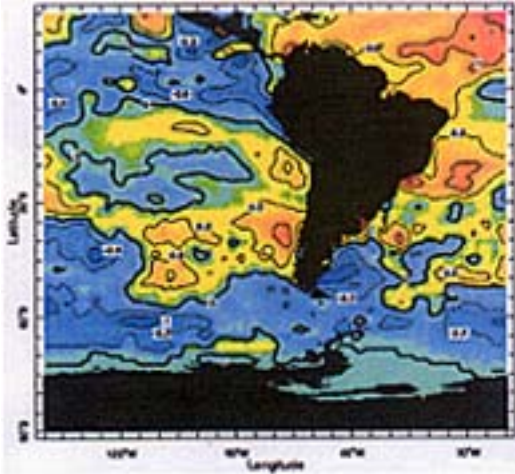
1995年12月



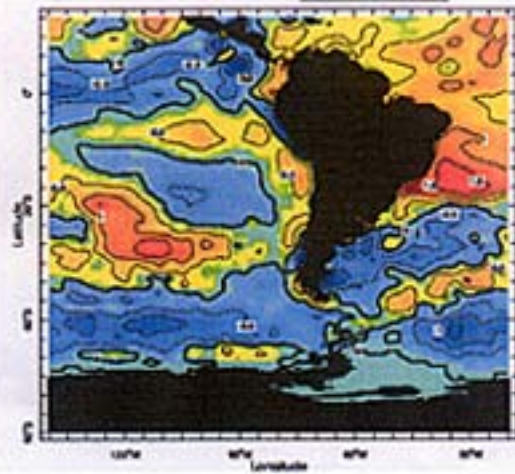
附圖9

A-9

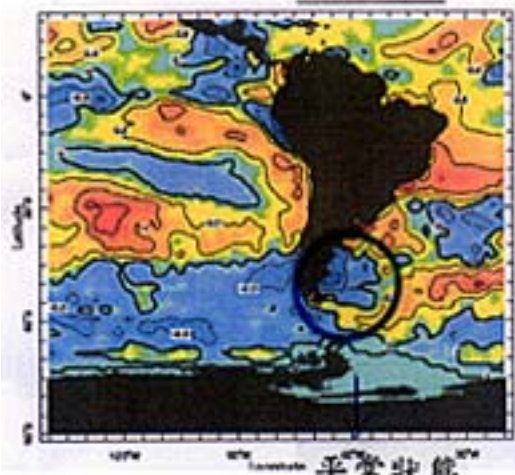
1996年1月



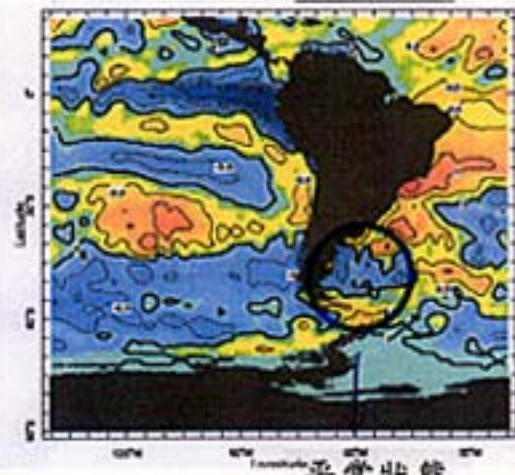
1996年2月



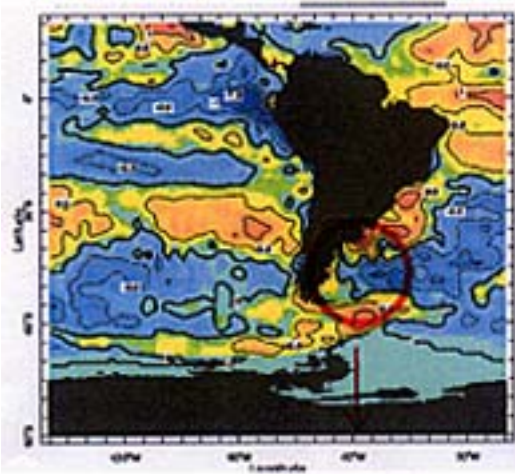
1996年3月



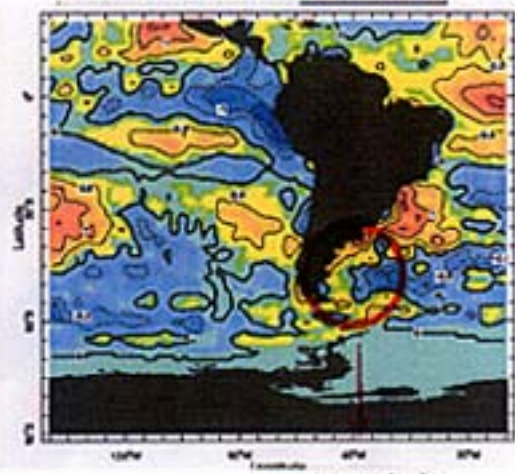
1996年4月



1996年5月 平常狀態



1996年6月 平常狀態



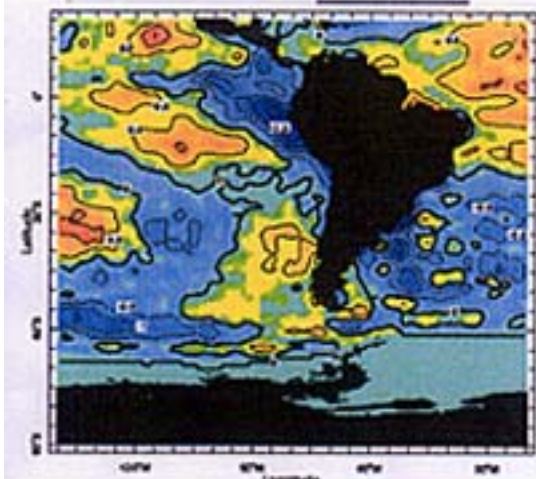
水溫升高

水溫升高

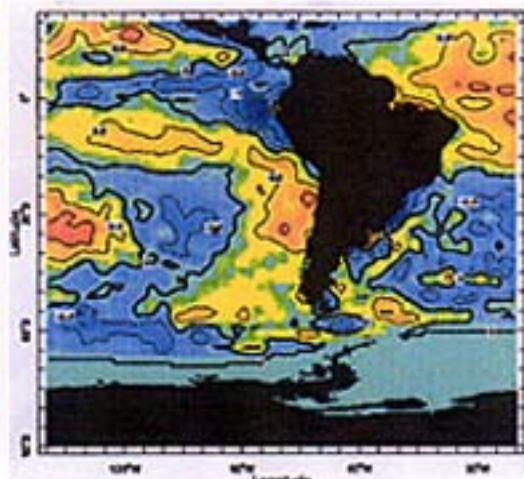
附圖 10

A-10

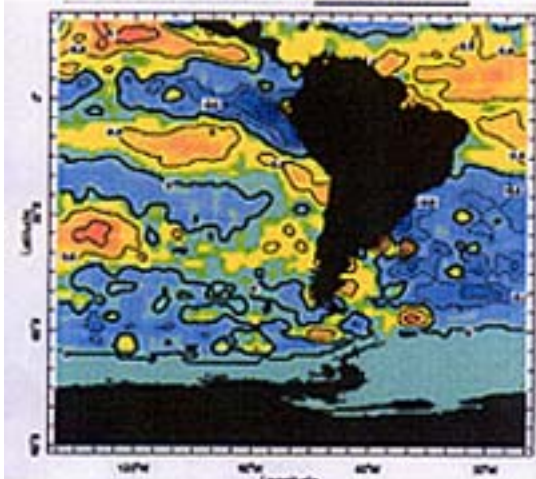
1996年7月



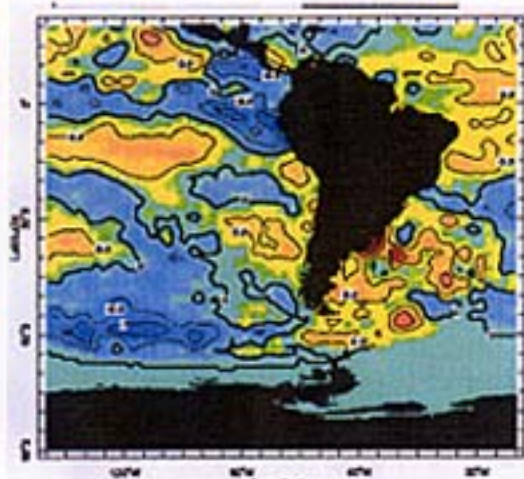
1996年8月



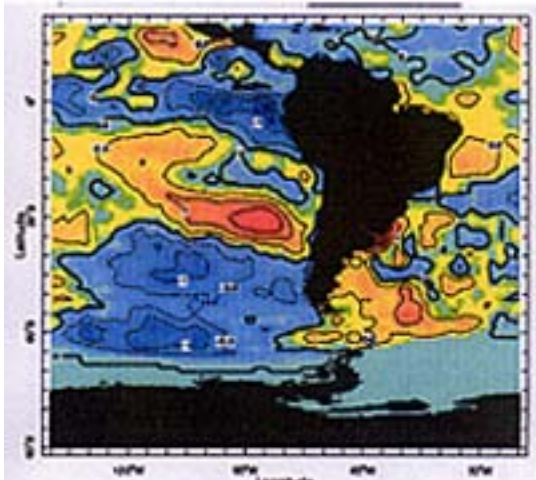
1996年9月



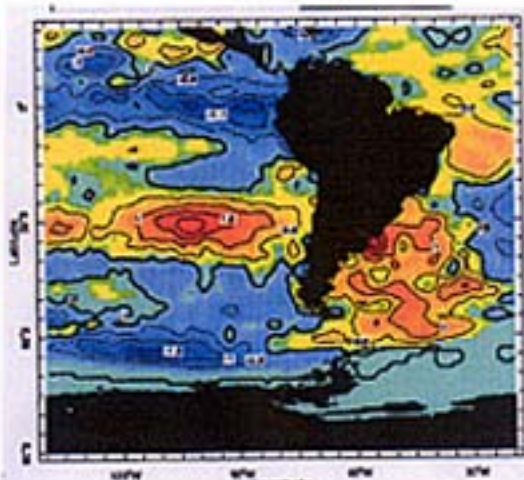
1996年10月



1996年11月

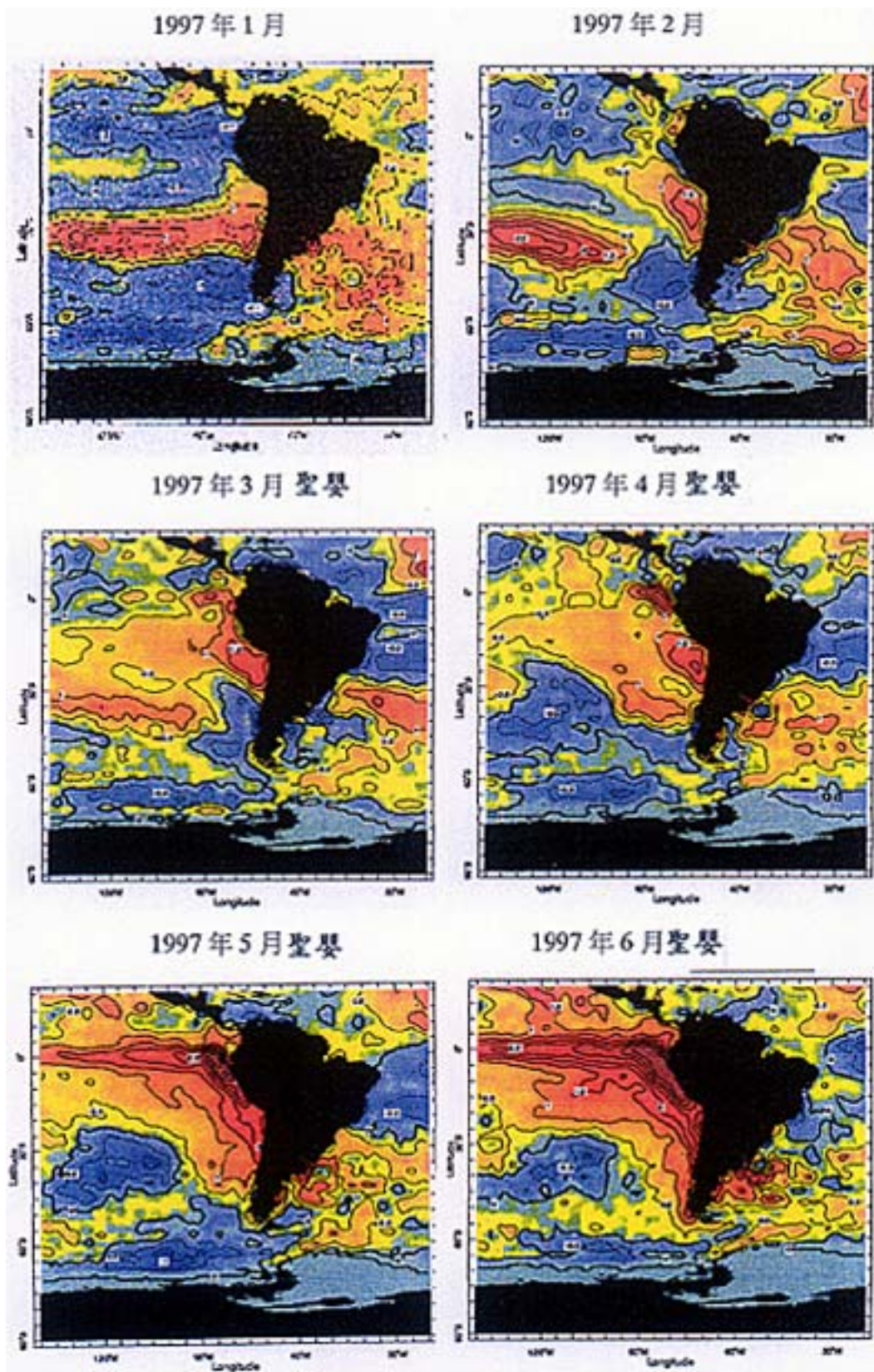


1996年12月



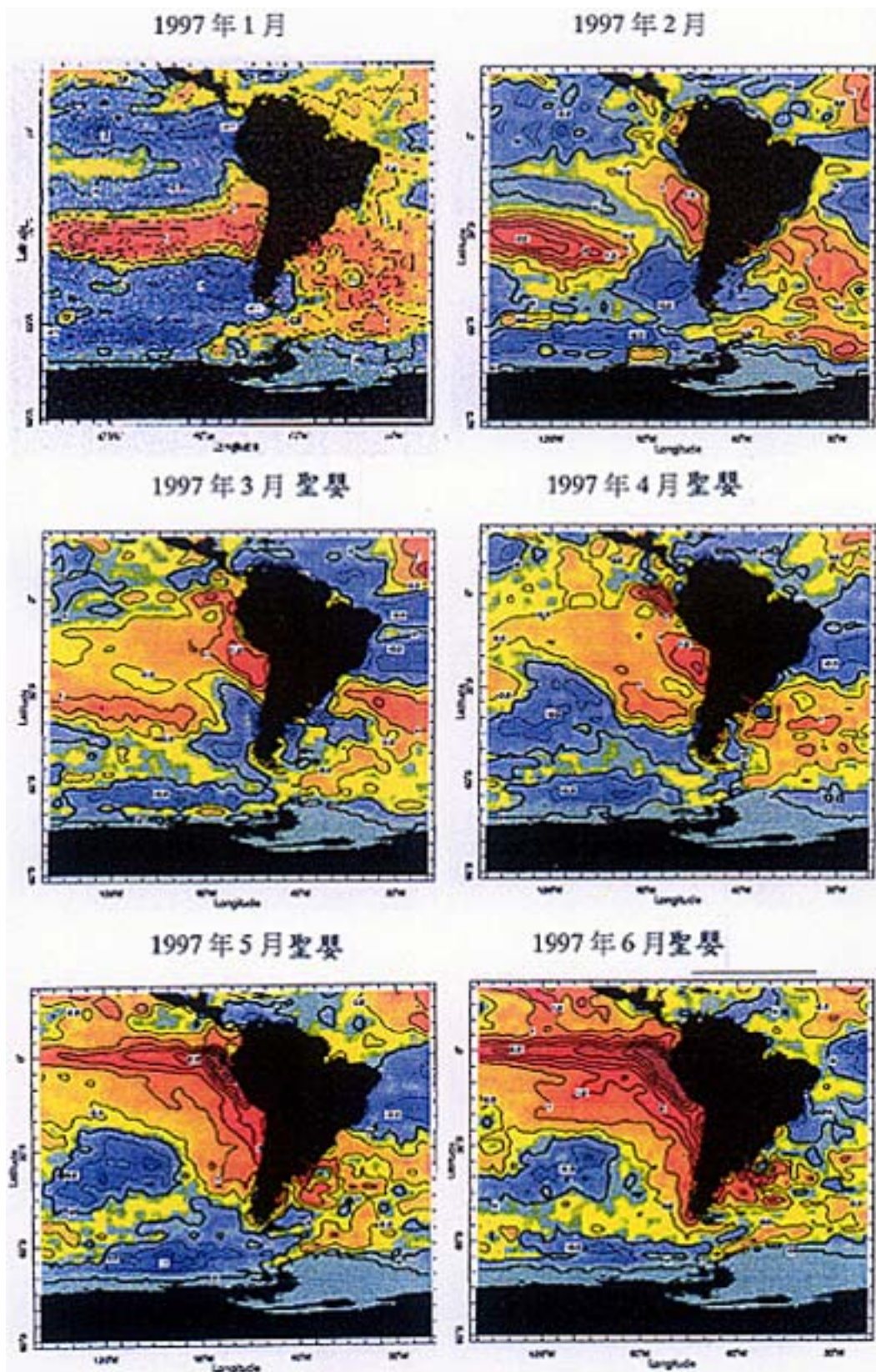
附圖 11

A-11



附圖 12

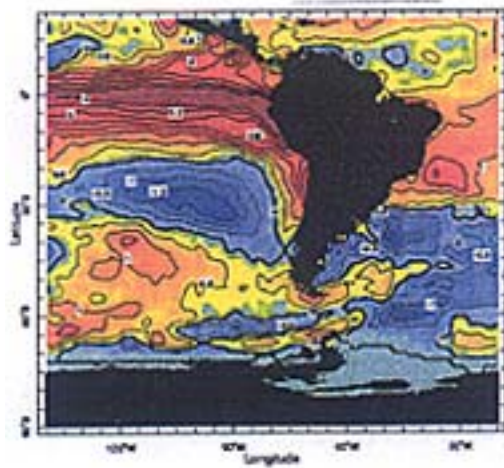
A-12



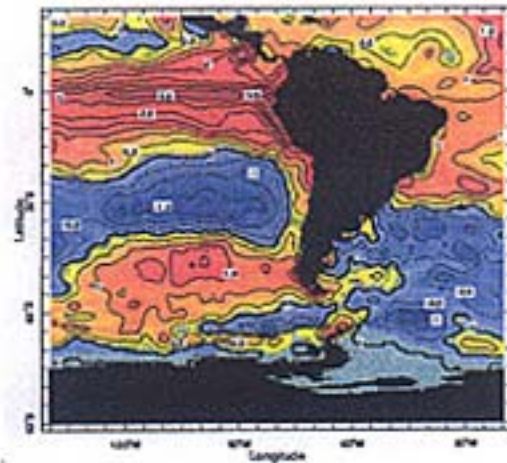
附圖 13

A-13

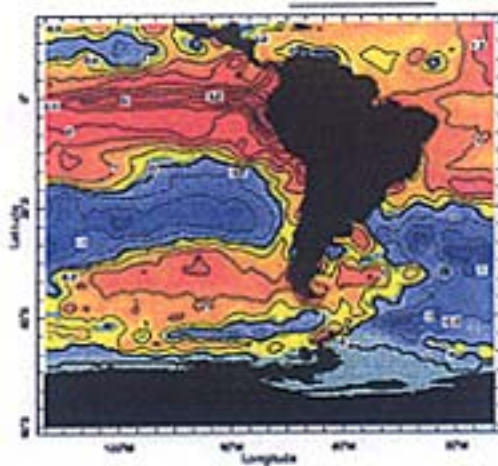
1998年1月聖嬰



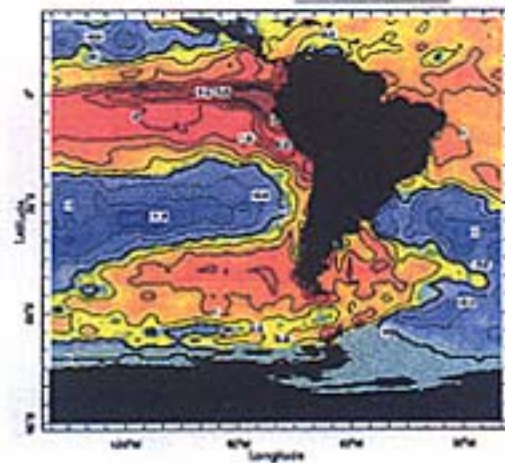
1998年2月聖嬰



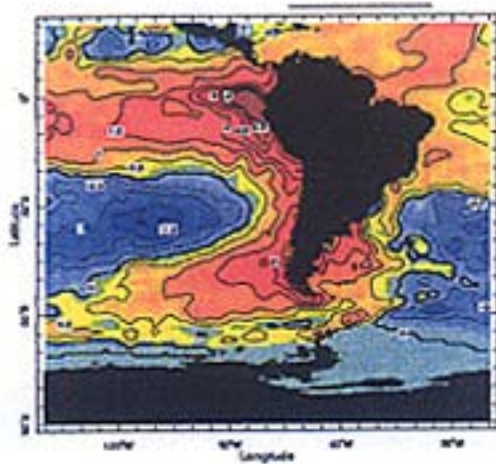
1998年3月聖嬰



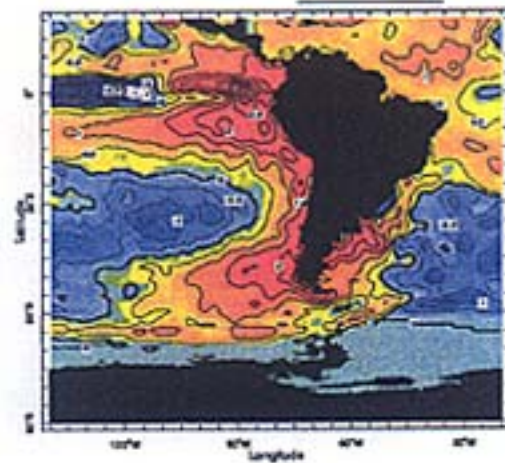
1998年4月聖嬰



1998年5月

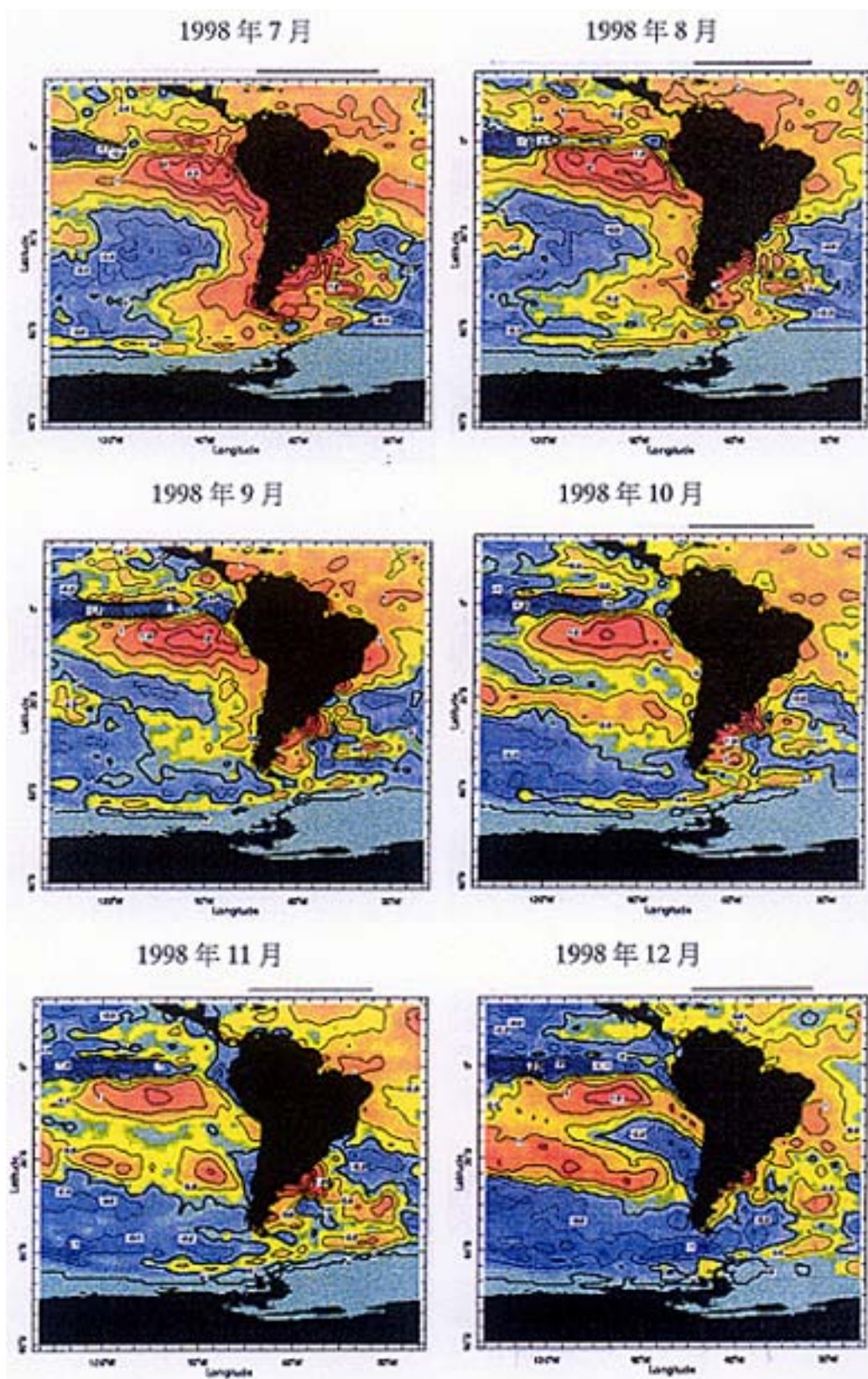


1998年6月



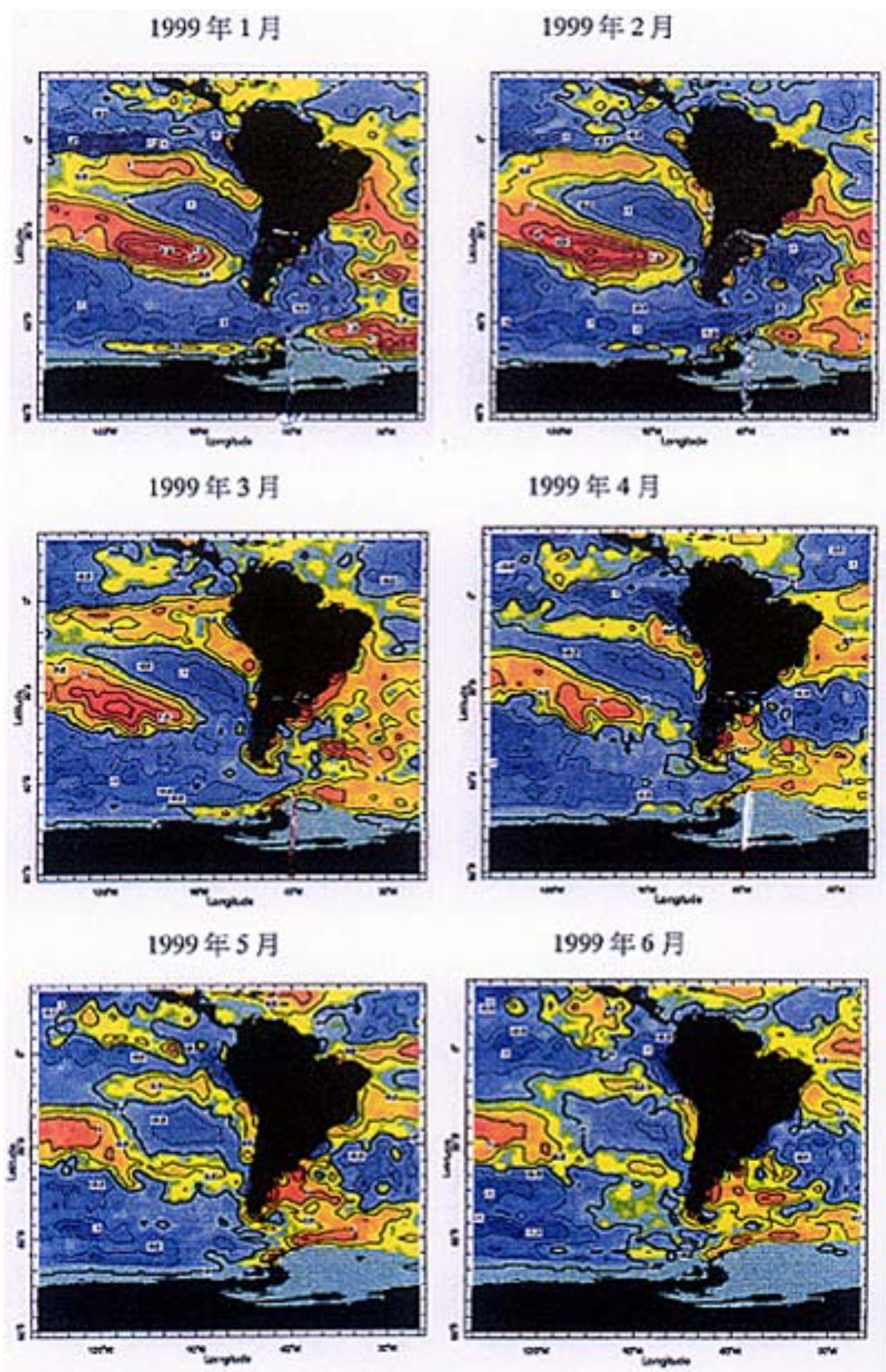
附圖 14

A-14



附圖 15

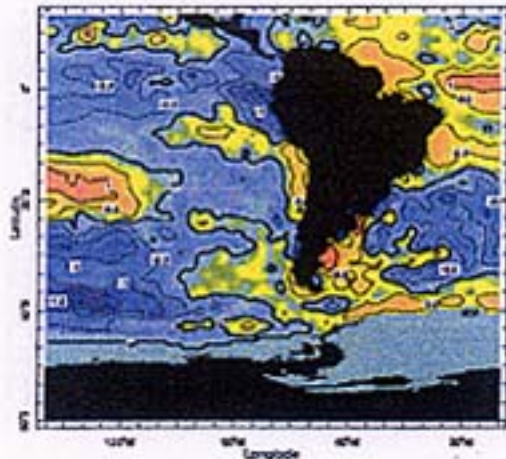
A-15



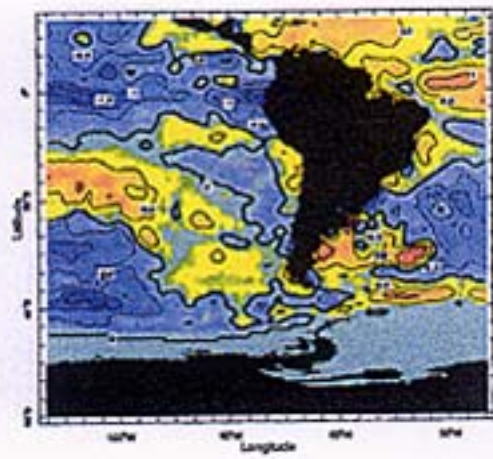
附圖 16

A-16

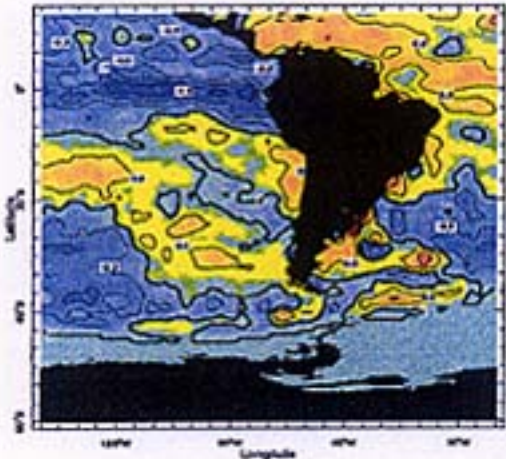
1999年7月



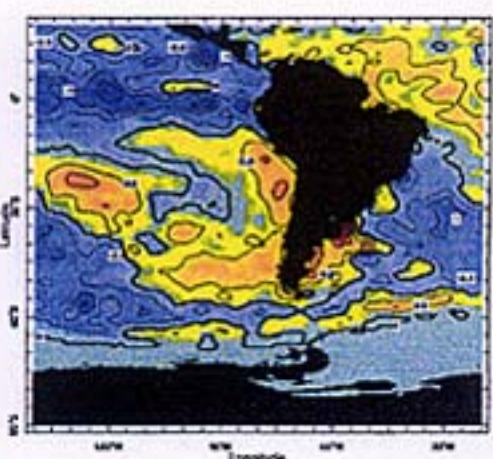
1999年8月



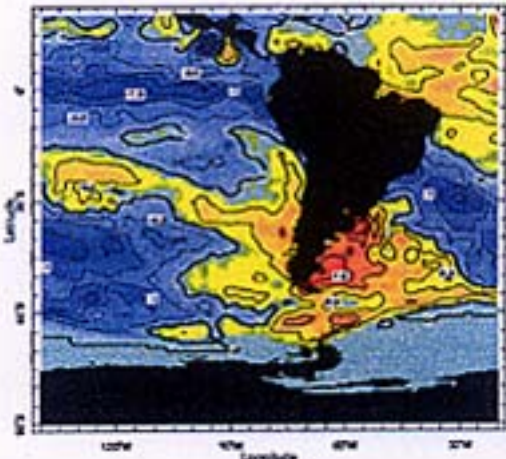
1999年9月



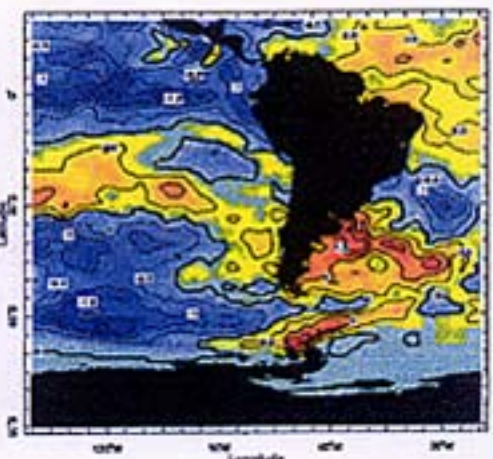
1999年10月



1999年11月



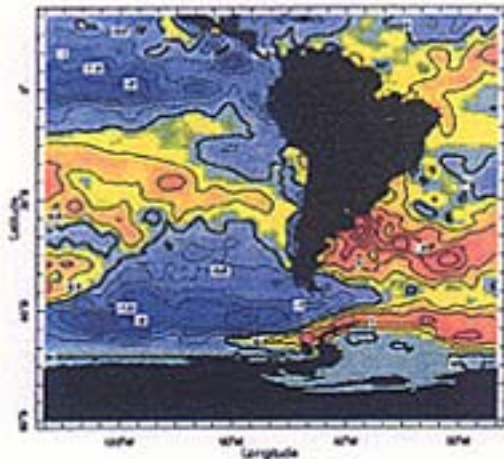
1999年12月



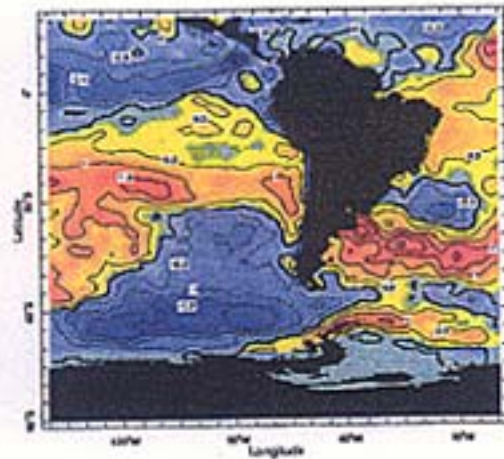
附圖 17

A-17

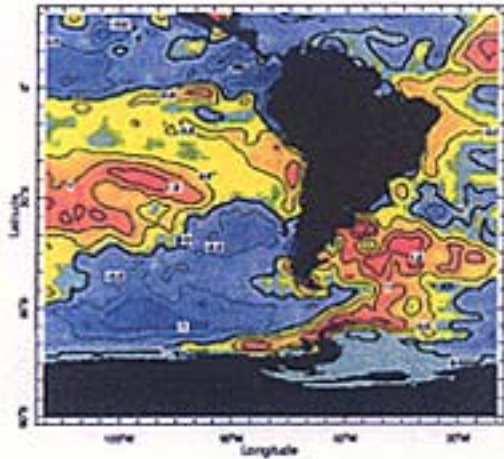
2000年1月



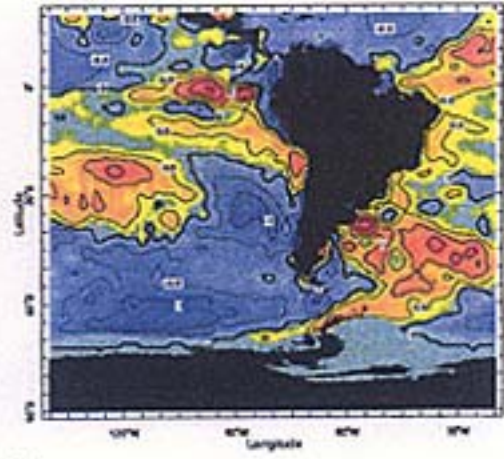
2000年2月



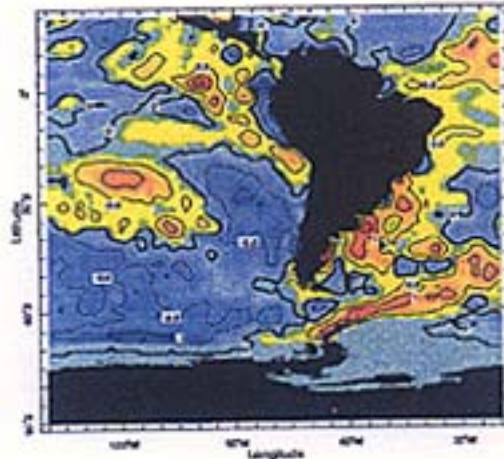
2000年3月



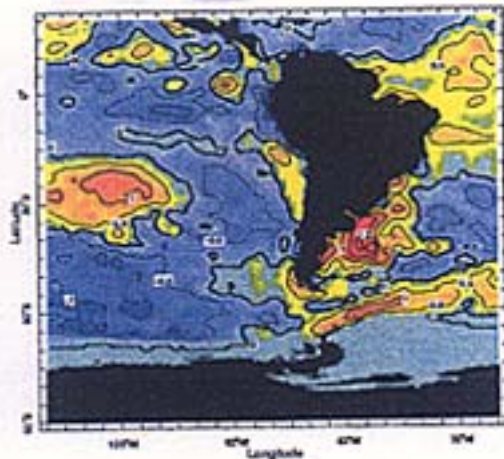
2000年4月



2000年5月



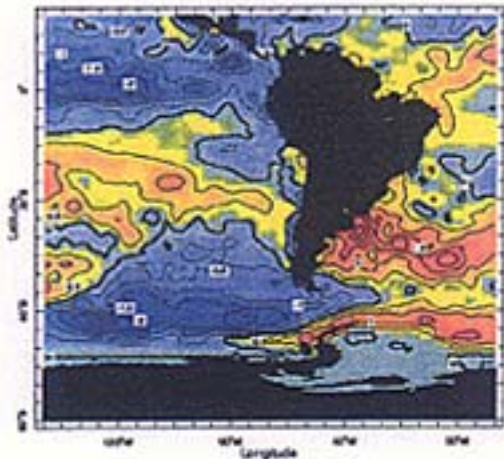
2000年6月



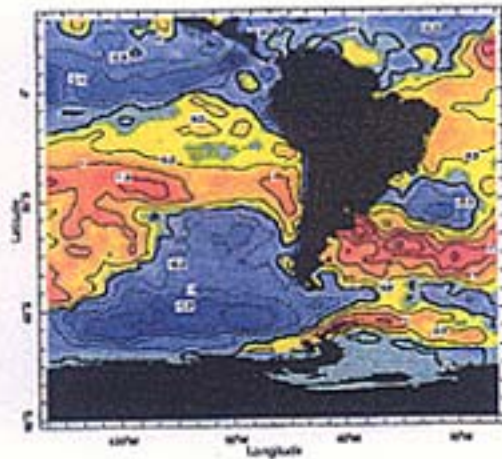
附圖 18

A-18

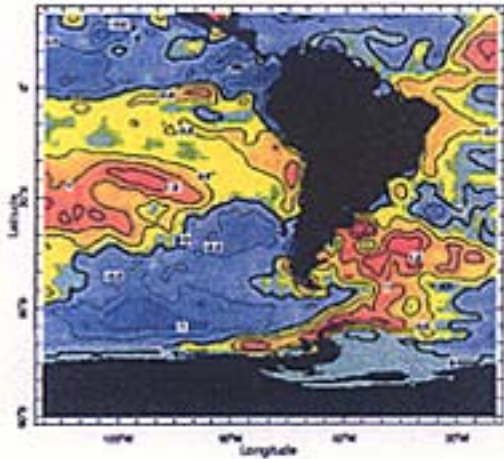
2000年1月



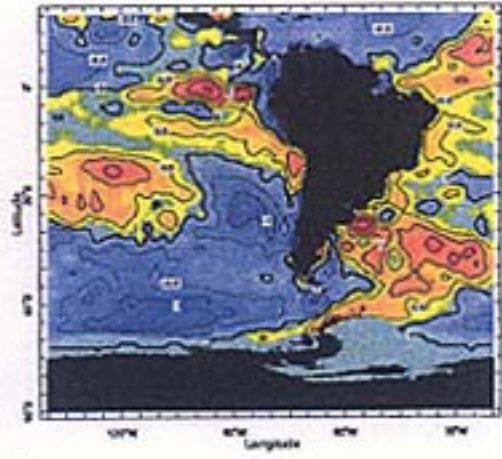
2000年2月



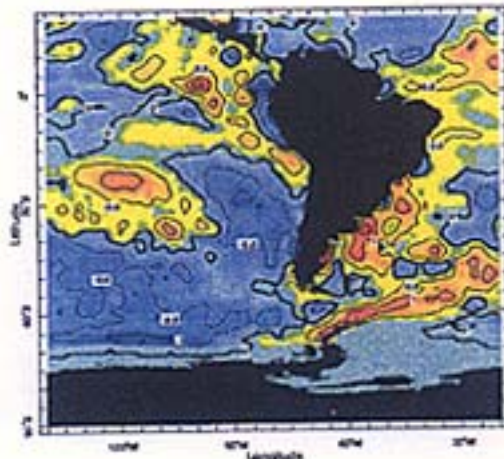
2000年3月



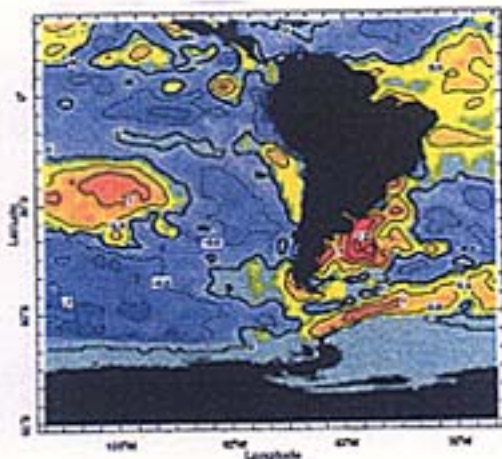
2000年4月



2000年5月



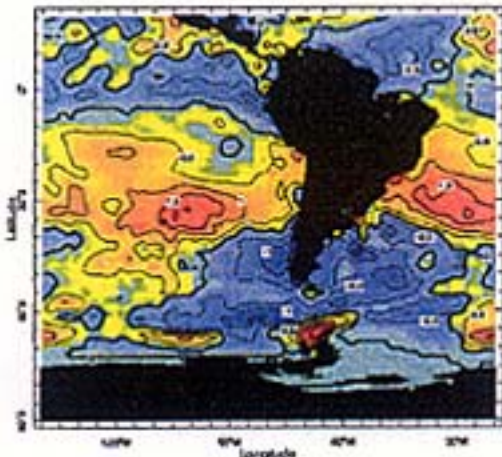
2000年6月



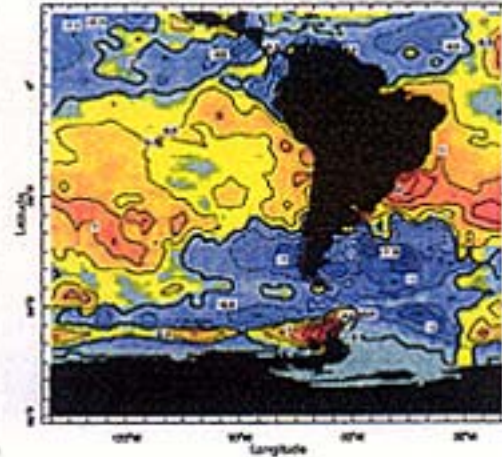
附圖 19

A-19

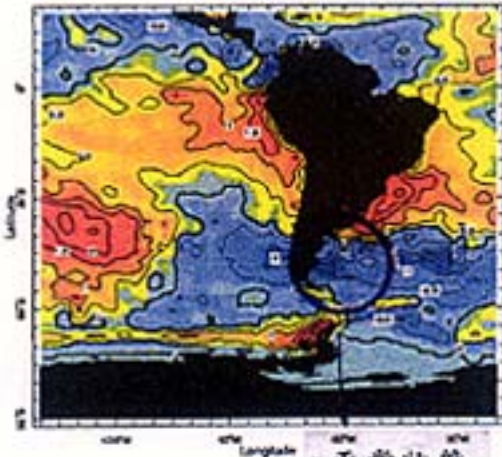
2001年1月



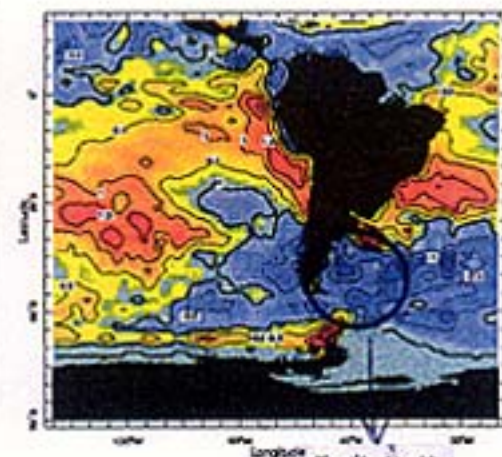
2001年2月



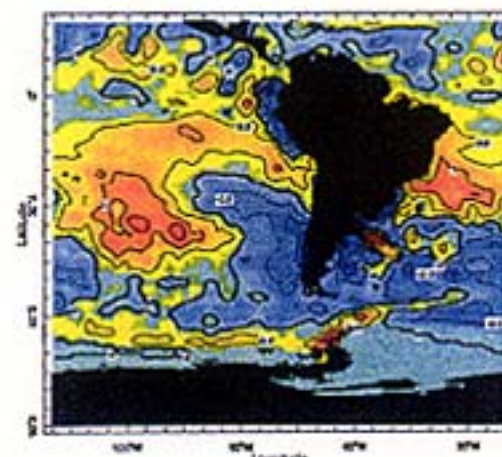
2001年3月



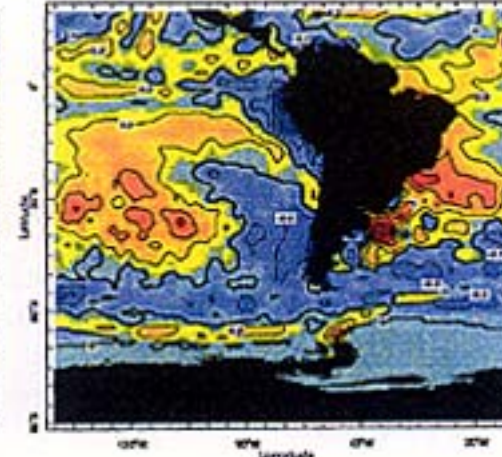
2001年4月



2001年5月

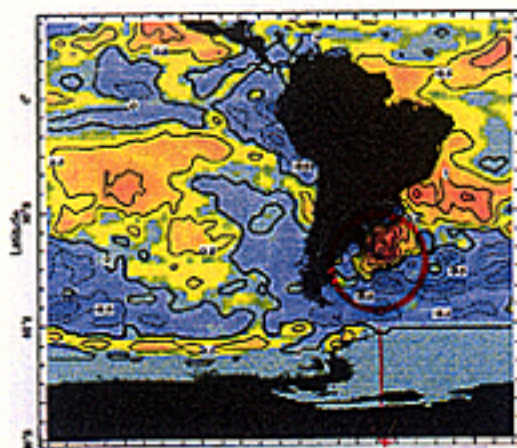


2001年6月



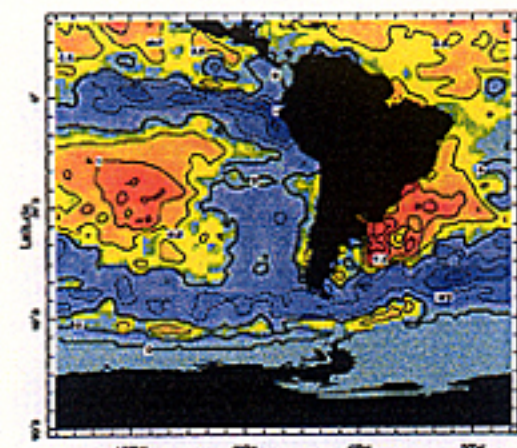
附圖 20

2001年7月

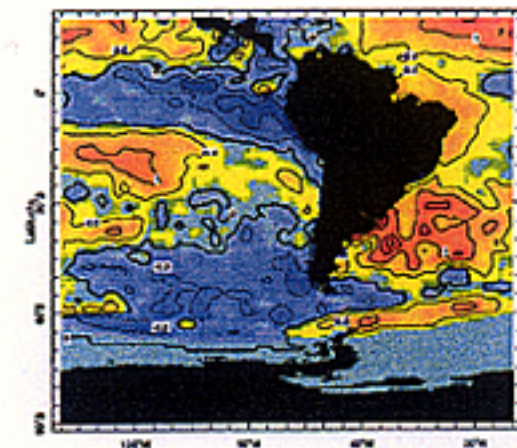


水温升高

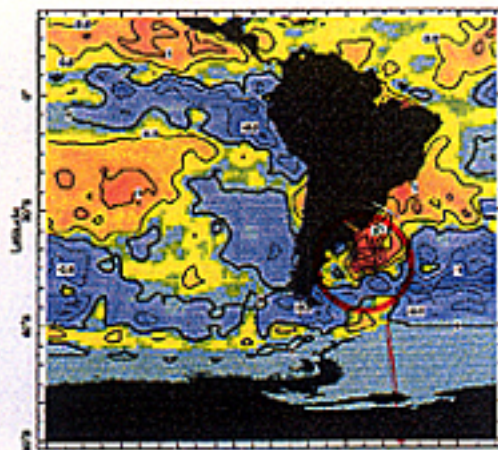
2001年9月



2001年11月

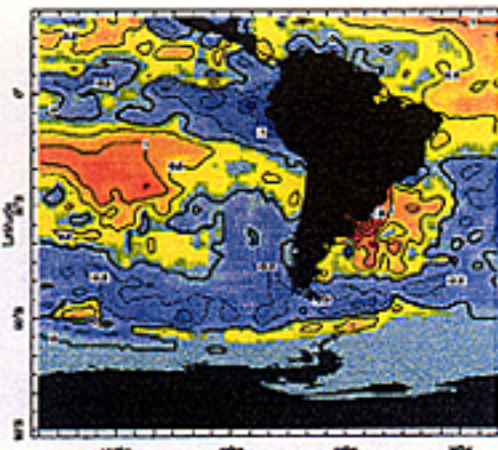


2001年8月

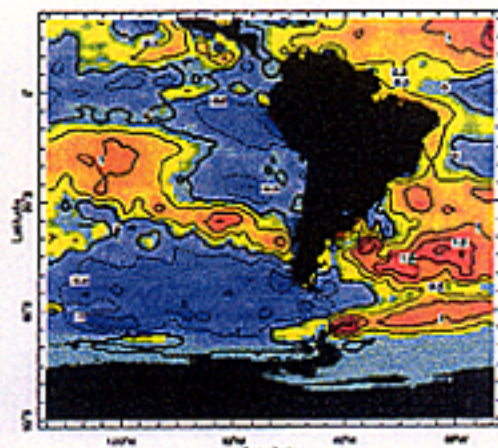


水温升高

2001年10月



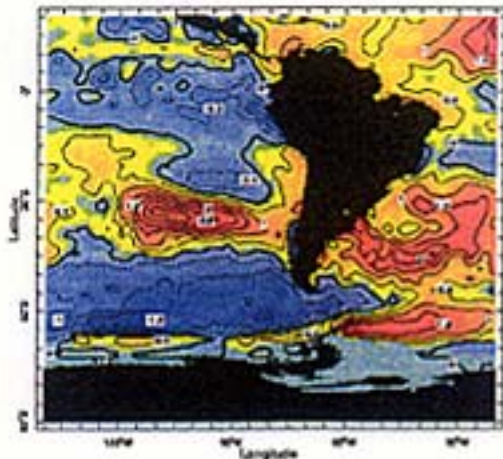
2001年12月



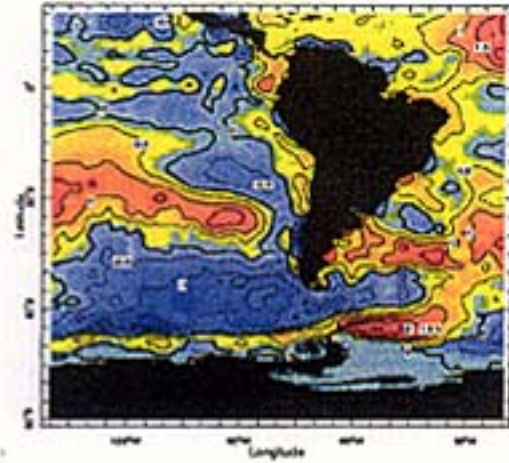
附圖 21

A-21

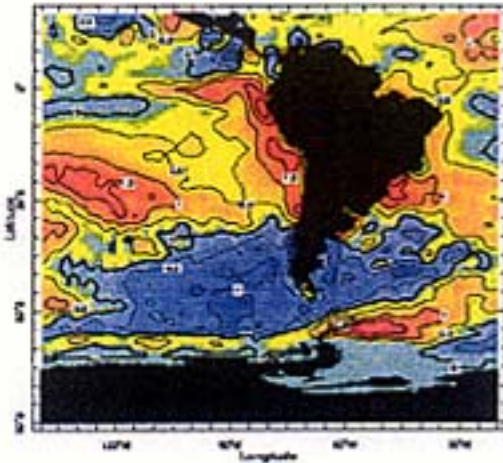
2002年1月



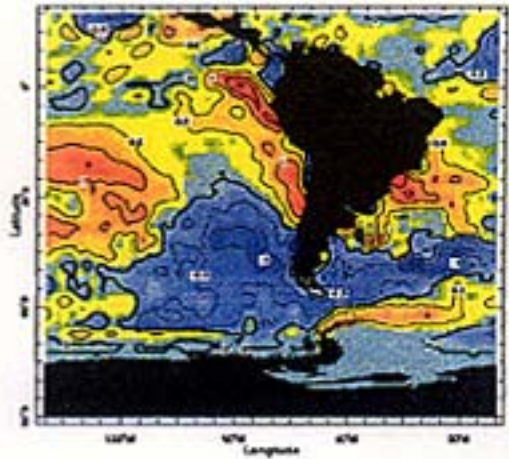
2002年2月



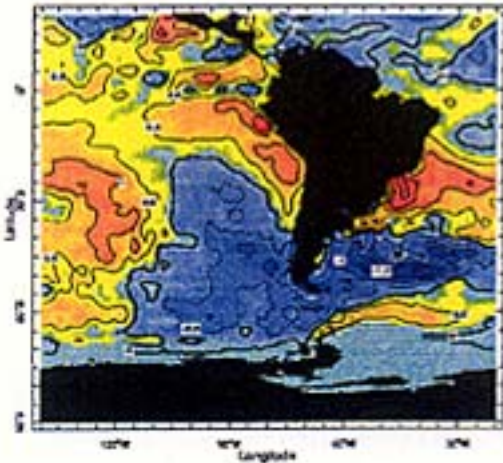
2002年3月



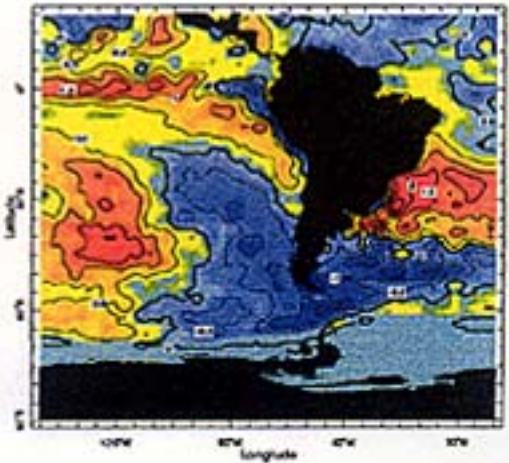
2002年4月



2002年5月聖嬰



2002年6月聖嬰



附圖 22

A-22

評語

有關聖嬰現象之成因，目前仍為科學家爭論之問題，很多學者認為此現象係因海—氣交互作用所造成，但有些地質學者認為聖嬰現象與海底火山噴發有關。本作品提出另一具有創意之想法，作者上網(IRI)取得南美洲海域之海溫、海水面高度之資料。以統計方式處理並認為南美洲東岸之渦流向東之移動，（此與環南極洋流之流動有關）與聖嬰現象之形成有關。作者英文表達能力甚佳能詳細說明作品之內容。本作品內容相當完整且具有創意。