

1995年春季東亞沙塵暴個案分析

洪夢白
空軍氣象中心

摘要

本文探討1995年3月份大陸黃土高原地區所發生之沙塵暴，經數日的長程傳送後導致台灣地區空氣品質遭受嚴重污染個案之綜觀氣候特徵。除對個案發生時之地面綜觀天氣型態加以描述外，輔以個案發生之各時期風場、濕度場與高度場等資料作空間與時間解析，期能有助於瞭解此長輸型沙塵暴從發生到消散期間整個環境大氣的綜觀型態。

一、前言

東亞地區沙塵暴的發生源地大多在於中國大陸的黃土高原、河西走廊、戈壁沙漠與塔里木盆地地區，當這些地區發生嚴重沙塵暴現象時，總是造成人民生命財產上的重大損失，對於農業更是一重大的威脅，因此對於大陸當地而言是屬於氣象災害的問題。然而，沙塵暴現象卻可能透過有利的大氣環流條件等因素而長程輸送至台灣地區上空，使台灣地區懸浮微粒增加進而間接影響台灣地區環境的空氣品質。

1995年3月台灣地區發生懸浮微粒遽增，造成若干地區降下「泥雨」而使空氣品質惡化的情況。當此情況發生前幾日，大陸黃土高原當地產生了一次較具規模的沙塵暴現象，經過追蹤研究後發現受局部地區天氣系統而揚起的沙塵，配合適當大氣環境條件與中緯度天氣系統的移行，而被夾帶輸送至台灣地區，因而導致嚴重空氣污染事件。

本文即是透過幾項較重要的天氣因子，以空間與時間的解析描述沙塵暴發生及傳送時期的綜觀大氣環境，希望對沙塵暴的移動與輸送過程能有更進一步的掌握與瞭解。

二、資料來源

本文採用中央氣象局與國科會副熱帶資料庫提供之日本氣象廳每12小時分析的東亞地區地面天氣圖，用以挑選、統計發生沙塵暴的個案；以及每24小時的850 mb與500 mb等壓面圖，針對80°E至140°E，20°N至50°N的觀測資料作分析。

另外亦使用中央氣象局所提供之同期歐洲預報中心製作之ECMWF/TOGA BASIC網格點資料850 mb、500 mb、200 mb層之風場、濕度場及重力位場資料繪出沙塵暴系統個案發生時東亞地區大範圍運動場及其傳輸路徑的特性圖，以期對沙塵暴個案發生低、中、高層大氣隨時間的變化情形作更進一步的探討。

三、沙塵暴個案分析

3.1 綜觀天氣分析

a. 沙暴系統初生期

圖3.1a表示1995年3月10日12Z之東亞地面天氣圖。圖中顯示西伯利亞高壓南下至90°E，46°N附近，而原位於外蒙古之低壓中心則向東移動了8個經度左右。此時高低壓中心間之強氣壓梯度帶漸呈西北東南走向，並

開始向東南延伸到沙塵暴源地之黃土高原上，而使得當地多處出現10 m/sec以上的西北強風。

b. 沙暴系統發展傳送期

3月11日00Z(圖3.1b)起黃土高原沙塵暴系統強度到達最大。值得注意的是，此時伴隨著西伯利亞高壓系統東移，沙塵暴系統亦有逐漸往東蔓延的跡象。到了3月11日12Z(圖3.1c)高壓中心已移到河套上方而同時

大陸沿海地區已有多個測站開始有沙塵暴現象的報告出現。

當沙塵暴系統移開源地時由於沙塵埃供應減少因此強度亦逐漸減弱。圖3.1d(3月12日00Z)即顯示主要沙塵暴系統已開始位移出海。此時韓國南端開始觀測到沙塵暴現象，且鄰近測站亦有視障之天氣現象出現。到了3月12日12Z時(圖3.1e)韓國南方的濟州島與日本四國南方海島上有塵霾報告出現，由此可見主要沙塵暴系統已位移到日本南方海域。由於地面圖在洋面上非常稀少，使得3月13日00Z起已無法由地面圖上判別出明顯的沙塵暴系統。

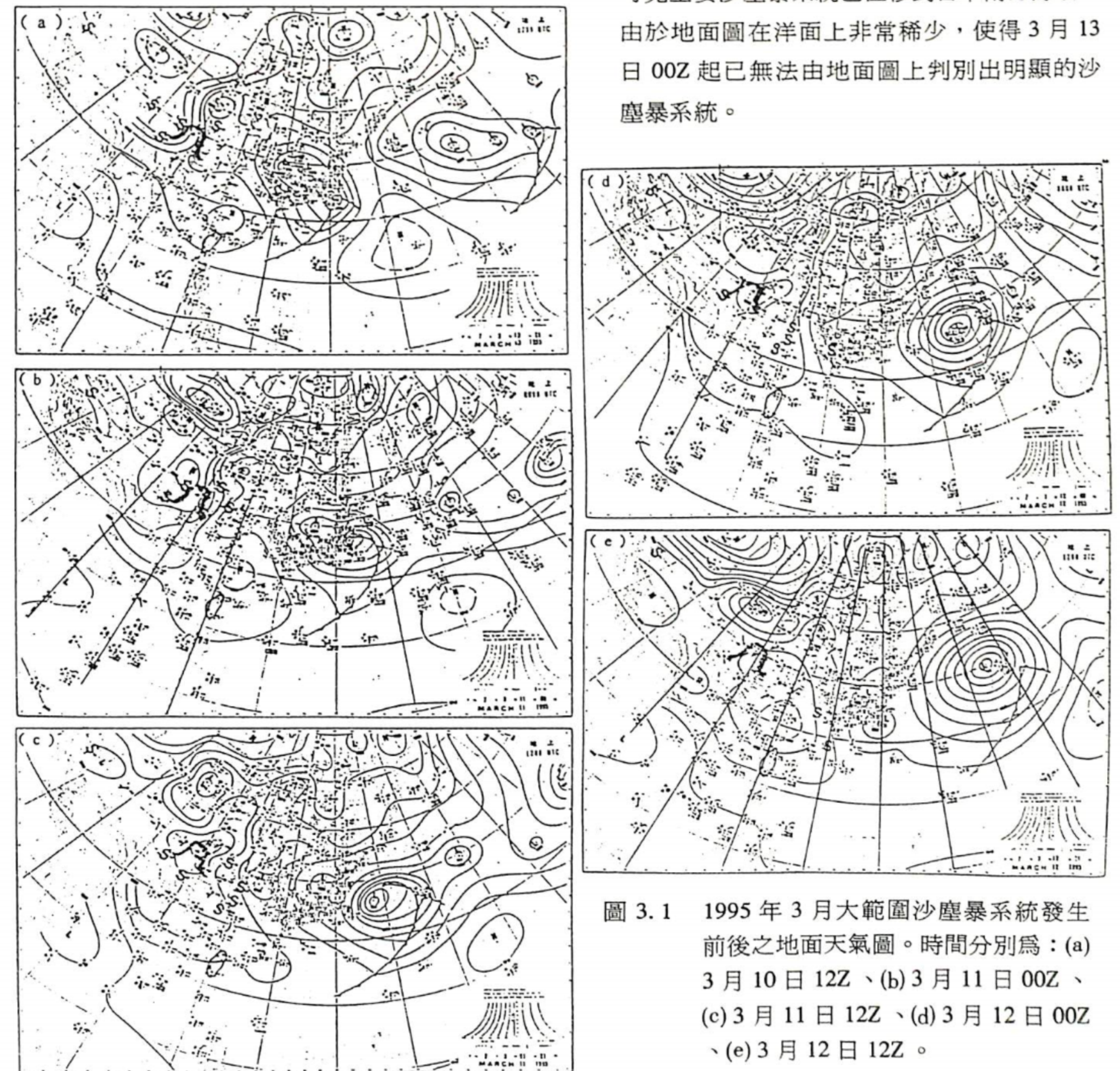


圖3.1 1995年3月大範圍沙塵暴系統發生前後之地面天氣圖。時間分別為：(a) 3月10日12Z、(b) 3月11日00Z、(c) 3月11日12Z、(d) 3月12日00Z、(e) 3月12日12Z。

3.2 高空氣象場分析

a. 高度場分佈

圖 3.2a 顯示個案發生時 (3 月 10 日 12Z) 850 mb 高度場之分佈圖。可以發現在黃土高原上空已出現等壓線密集的現象，呈現與地面一致的高低壓配置。此時韓國東方海面則被一低壓系統所籠罩。12 小時後 (圖 3.2b , 11 日 00Z) 沙塵暴系統達成成熟期，等壓線漸趨密集，更向南延伸至華中地區，伴隨低壓中心的移動使等壓線密集區有明顯往東移動的跡象

。接下來的傳送與消散期間 (圖 3.2c , 12 日 00Z 與圖 3.2d , 12 日 12Z) 更顯示出此等壓線密集帶隨時間加速東移出海的過程。

圖 3.2e 是初生期 (3 月 10 日 12Z) 500 mb 的高度場。由圖中可看見黃土高原西側上空有一明顯的槽線系統。達成熟期時 (圖 3.2f , 11 日 00Z) 槽線明顯加深，且迅速通過黃土高原上空，顯示中層槽線系統通過源地而使地面沙塵暴趨於成熟。圖 3.2g (12 日 00Z) 與圖 3.2h (12 日 12Z) 表示經過 24 小時後

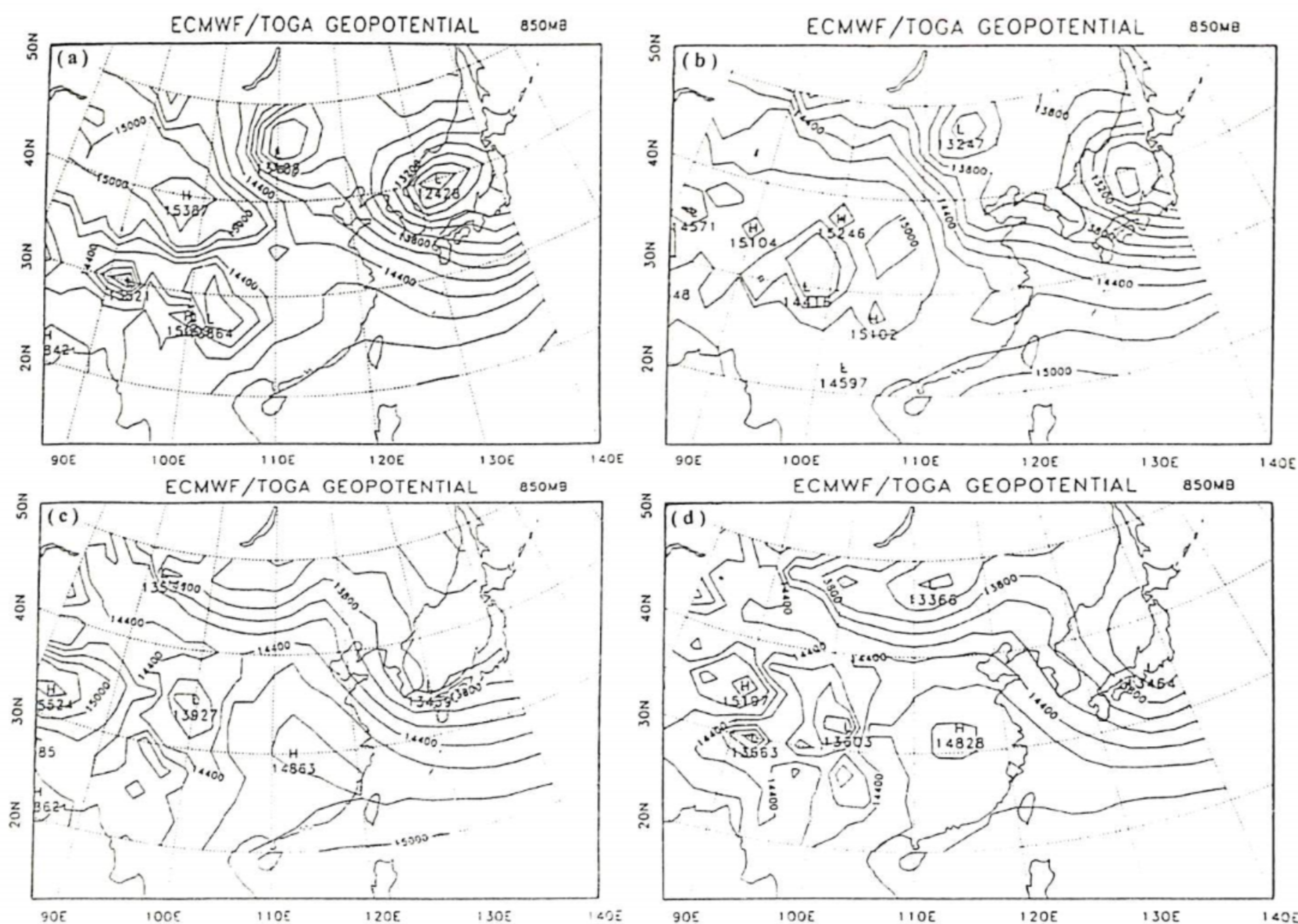


圖 3.2 1995 年 3 月大範圍沙塵暴系統發生時之 ECMWF 高度場分析圖。分別為 850 mb : (a) 初生期 3 月 10 日 12Z 、(b) 成熟期 3 月 11 日 00Z 、(c) 傳送期 3 月 12 日 00Z 、(d) 消散期 5 月 12 日 12Z 。等值線間距 200 重力位公尺 m^2/sec^2 。 500 mb : (e) 初生期 3 月 10 日 12Z 、(f) 成熟期 3 月 11 日 00Z 、(g) 傳送期 3 月 12 日 00Z 、(h) 消散期 3 月 12 日 12Z 。等值線間距 500 重力位公尺 m^2/sec^2 。 200 mb : (i) 初生期 3 月 10 日 12Z 、(j) 成熟期 3 月 11 日 00Z 、(k) 傳送期 3 月 12 日 00Z 、(l) 消散期 3 月 12 日 12Z 。等值線間距 2000 重力位公尺 m^2/sec^2 。

的傳送階段以及 36 小時後的消散階段，槽線東移至韓國、日本附近地區更隨時間漸漸減弱的情形。

圖 3.2i 是初生期 (3 月 10 日 12Z) 200 mb 高度場的配置。在沙塵暴系統初生期間於黃土高原西北方 200 mb 高層即有一淺槽生成，接著成熟期時 (圖 3.2j , 11 日 00Z) 此槽

線快速加深並東移越過黃土高原上空。進入傳送階段 (圖 3.2k , 12 日 00Z) 槽線逐漸變淺，移動速度也有減緩的跡象。最後的消散時期 (圖 3.2l , 12 日 12Z) 原本移至韓國北方的槽線幾近消失，顯示高層槽線系統在源地生成、隨時間東移與消散的過程，實與沙塵暴系統相互配合。

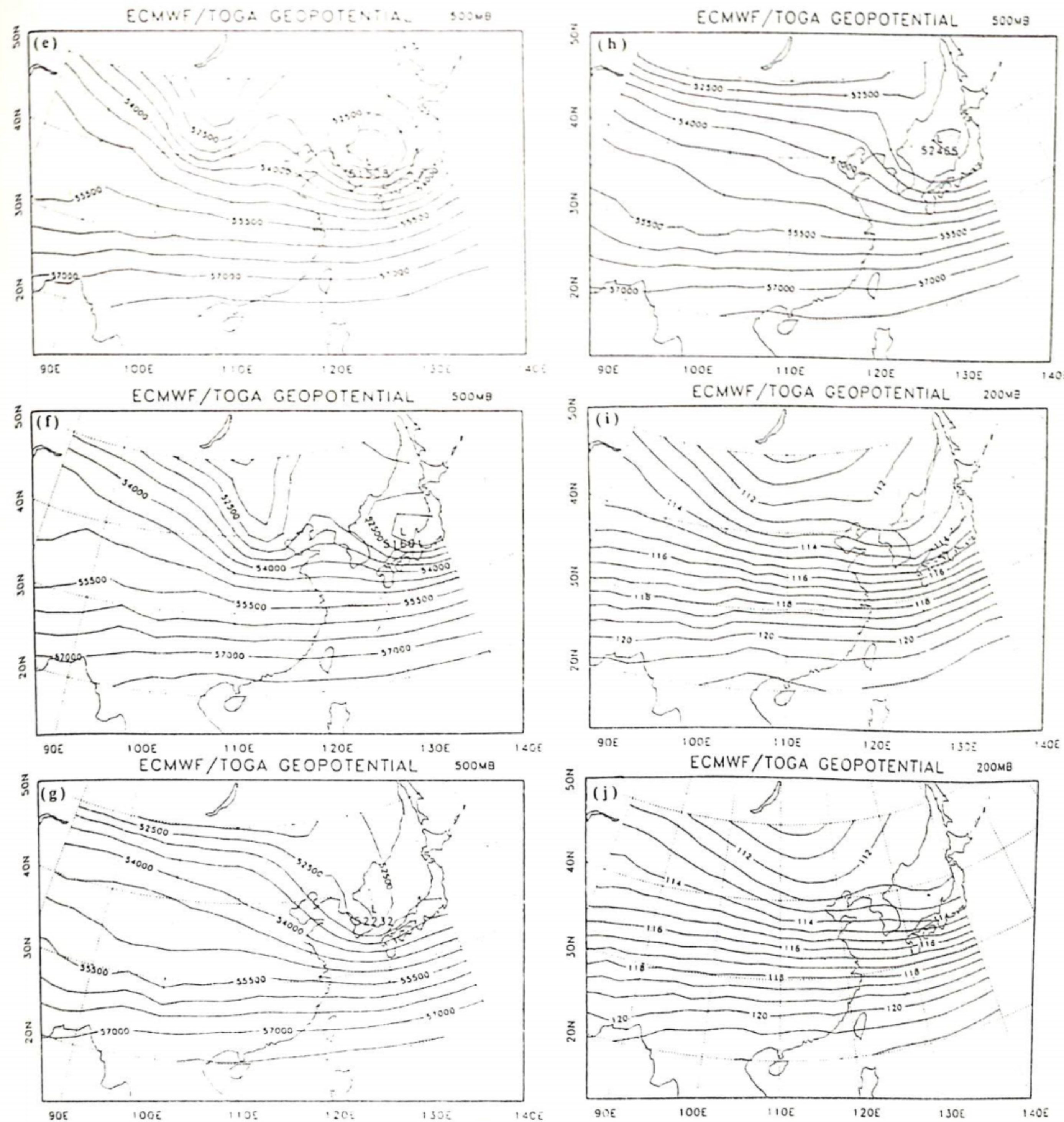


圖 3.2 續前頁

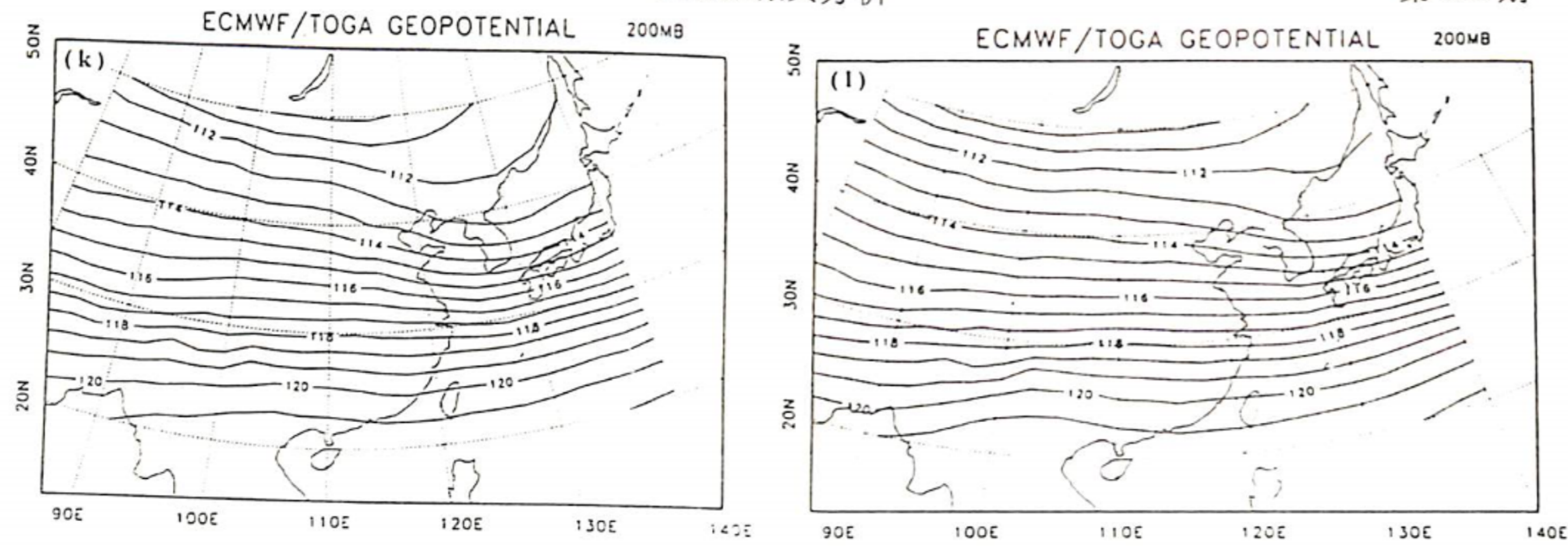


圖 3.2 續前頁

b. 風場分佈

圖 3.3a 是個案系統發生 (3 月 10 日 12Z) 時 850 mb 的風場配置。由圖中可知沙塵暴源地上方此時已有超過 20 m/sec 的區域強風出現。經過 12 小時進入成熟期時 (圖 3.3b , 11 日 00Z) 強風區域往東移動, 風向則以西北風為主, 範圍也往南延伸, 華北與山東地區因而籠罩在強風範圍之下。48 小時後 (圖 3.3c , 12 日 00Z) 進入沙塵暴的傳送階段, 強風區域已出海並與日本南方海面上的強風中心

合而為一, 風向仍以西北風為主, 充分顯示在傳送期間傳送路徑上, 西北向的區域強風扮演著重要的導引角色。到了 12 日 12Z (圖 3.3d) 傳送路徑上的區域強風消失, 顯示無法再傳送沙塵埃, 而強風中心更往東移至日本東南海域, 沙塵暴系統也進入末期逐漸消散。

500 mb 強風隨時間東移的情況大致上與 850 mb 類似。圖 3.3e 是初生期 (3 月 10 日 12Z) 500 mb 的高空風場。圖中顯示在此時期沙塵暴系統源地已有超過 30 m/sec 的出現,

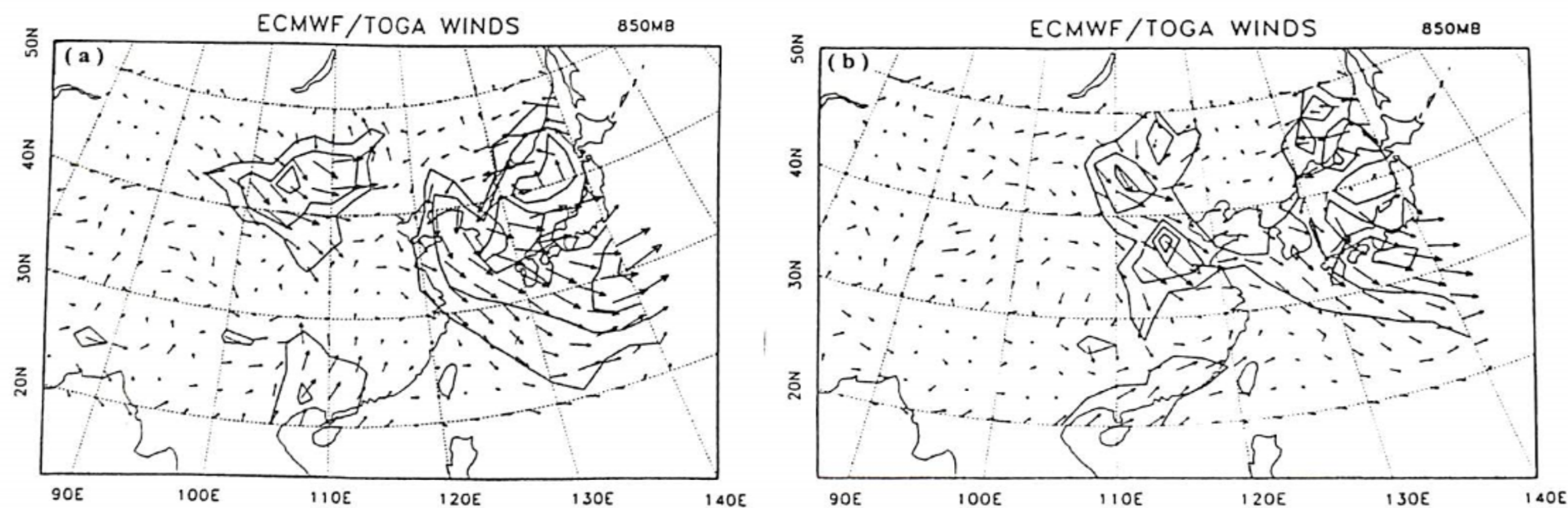


圖 3.3 1995 年 3 月大範圍沙塵暴系統發生時之 ECMWF 風場分析圖。分別為 850 mb : (a) 初生期 3 月 10 日 12Z 、(b) 成熟期 3 月 11 日 00Z 、(c) 傳送期 3 月 12 日 00Z 、(d) 消散期 3 月 12 日 12Z 。風速大於 10m/sec 以上每 5m/sec 畫一等值線。500 mb : (e) 初生期 3 月 10 日 12Z 、(f) 成熟期 3 月 11 日 00Z 、(g) 傳送期 3 月 12 日 00Z 、(h) 消散期 3 月 12 日 12Z 。風速大於 30m/sec 以上每 10m/sec 畫一等值線。

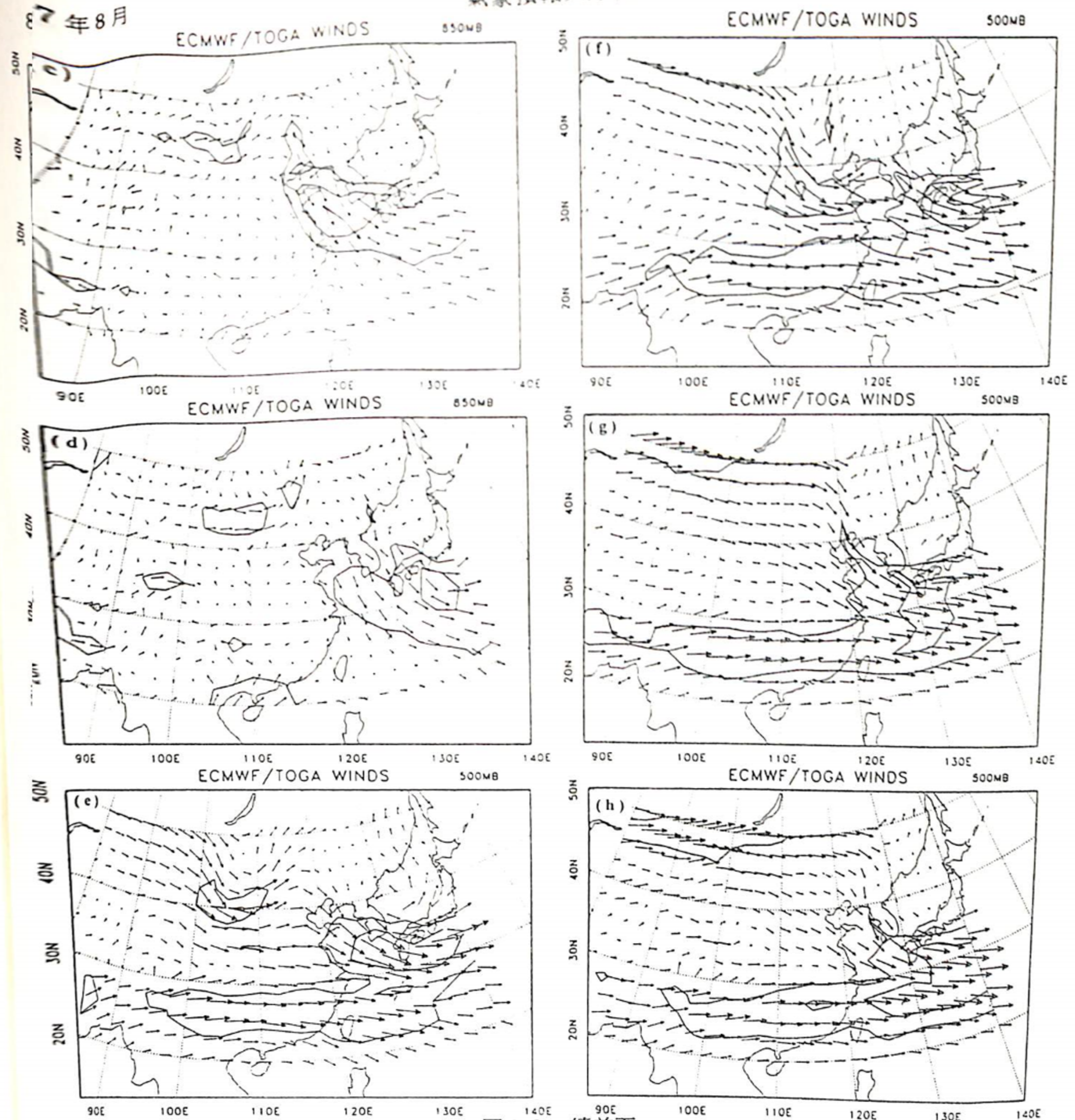


圖 3.3 續前頁

風向由西北風轉西風。12 小時後進入成熟期 (圖 3.3f , 11 日 00Z) , 強風不僅向東移動、面積擴大並且更往東南延伸至山東半島。接下來的傳送期 (圖 3.3g , 12 日 00Z) 強風區更往東移與日本南方強風帶合而為一, 進入消散期 (圖 3.3h , 12 日 12Z) 時, 傳送路徑上的西北強風消逝, 南方則普遍為西風氣流所

主導。

c. 濕度場分佈

圖 3.4a 顯示個案初生期 (3 月 10 日 12Z) 850 mb 濕度場的分佈。由圖中可知整個大陸地區出現一相對濕度小於 20% 的狹長乾燥區, 此乾燥區由塔里木盆地延伸到外蒙古、黃土高原與山東省北部地區。另外日本南方海域

也有一濕度小於 20% 的乾燥區存在。到了成熟期 (圖 3.4b, 11 日 00Z) 黃土高原乾燥區面積更往南擴展至華中地區, 日本地區乾燥帶則沒什麼變化。進入傳送期後 (圖 3.4c, 12 日 00Z) 位於黃土高原的乾燥區有向東移動的趨勢, 而位於日本地區的乾燥區則消失不見。當進入消散期時 (圖 3.4d, 12 日 12Z) 乾燥區已不再向南延伸, 反退回華北地區與初生期的分佈類似, 顯示沙塵埃傳送至南方後受潮濕空氣的影響因而漸漸消散。

在 500 mb 的濕度場方面。圖 3.4e 是個案初生期 (3 月 10 日 12Z) 500 mb 的相對濕

度配置情況。圖中顯示在河西走廊與黃土高原西側上空產生一條明顯濕度低於 20% 的狹長乾燥帶。另外在渤海灣、韓國南部海域與日本中南部地區也有一塊濕度低於 20% 的乾燥大氣。12 小時後進入成熟期 (圖 3.4f, 11 日 00Z), 可見源地上空的狹長乾燥帶明顯向東延伸至山東, 而日本地區的乾燥大氣則已分裂並略往北抬。當傳送期時 (圖 3.4g, 12 日 00Z) 可以明顯看見由塔里木盆地經過黃土高原、華中地區到日本南部一大塊狹長乾燥的大氣, 其內的相對濕度均低於 20%, 充分顯示在沙塵埃的傳送時期由源地到沈降區的整個路

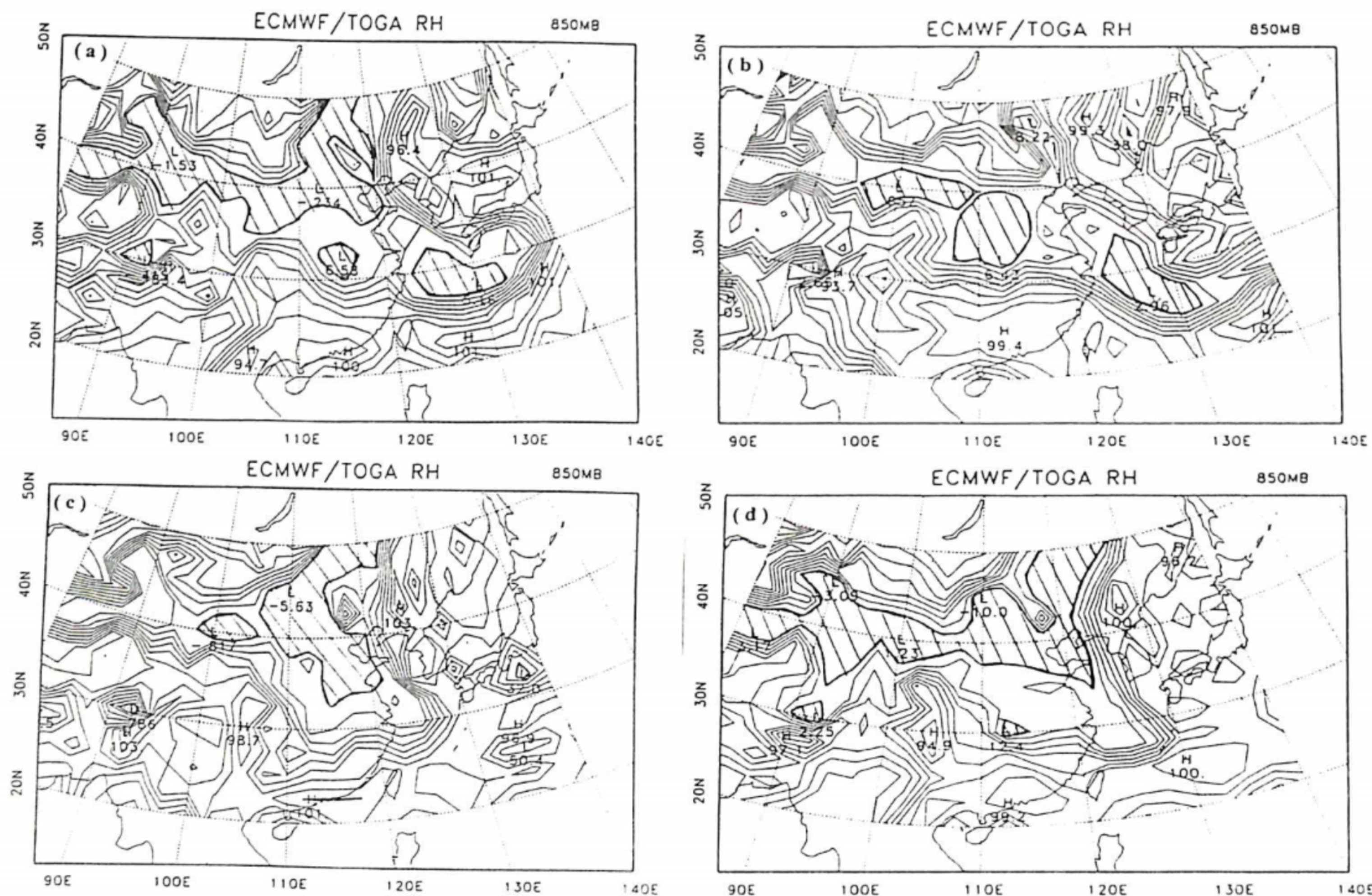


圖 3.4 1995 年 3 月大範圍沙塵暴系統發生時之 ECMWF 濕度場分析圖。等值線間距 10%, 標示區為相對濕度小於 20% 以下之區域。分別為 850 mb : (a) 初生期 3 月 10 日 12Z、(b) 成熟期 3 月 11 日 00Z、(c) 傳送期 3 月 12 日 00Z、(d) 消散期 3 月 12 日 12Z。500 mb : (e) 初生期 3 月 10 日 12Z、(f) 成熟期 3 月 11 日 00Z、(g) 傳送期 3 月 12 日 00Z、(h) 消散期 3 月 12 日 12Z。

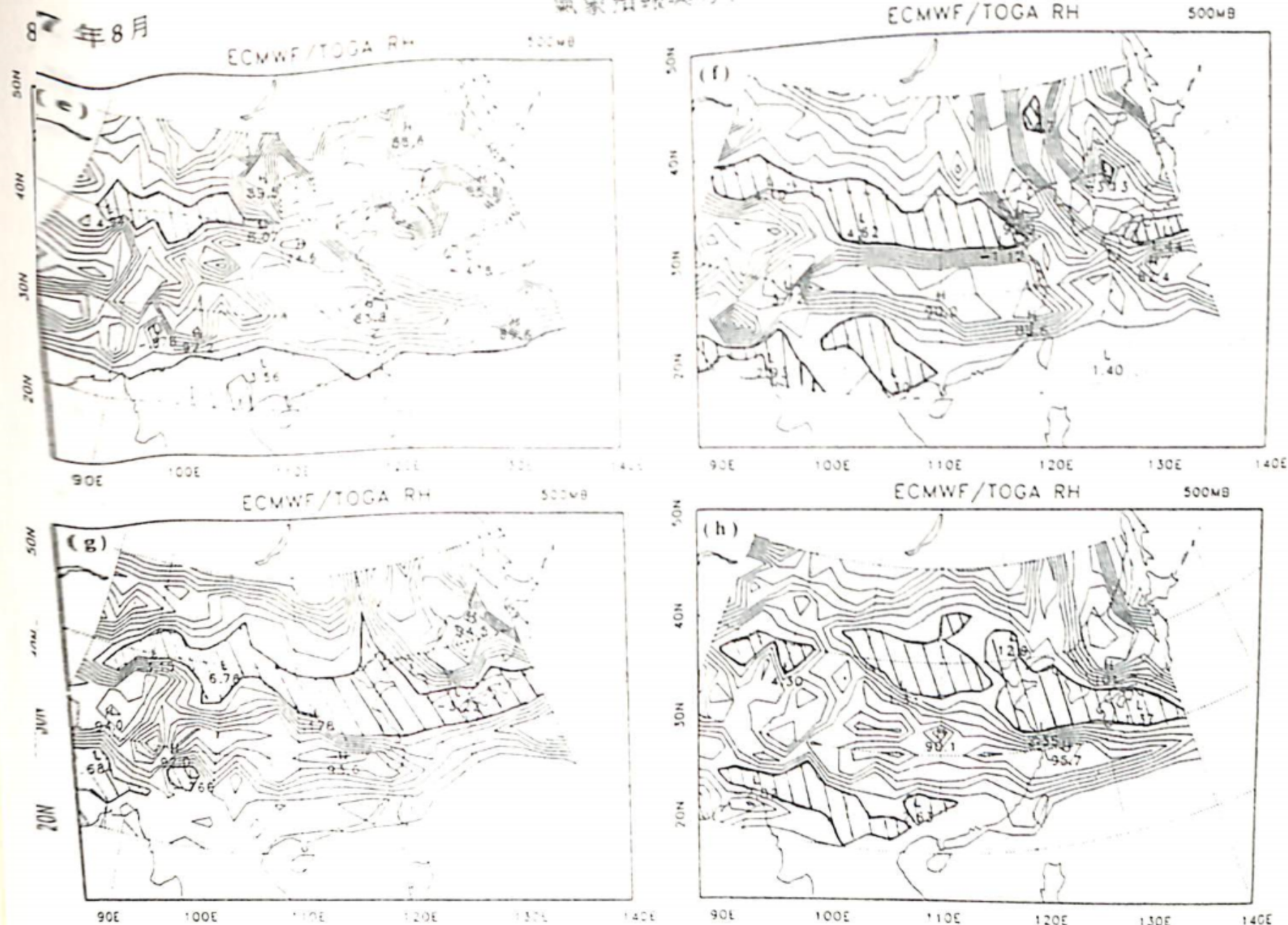


圖 3.4 續前頁

徑環境大氣是相當乾燥的。當沙塵暴消散時 (圖 3.4h, 12 日 12Z) 原先一大片的乾燥帶分裂成兩塊, 乾燥帶主體也有略微北退的趨勢, 顯示在此時期受南方潮濕大氣的影響, 乾燥大氣無法影響更南方的地區。

四、總結與討論

本文針對 1995 年 3 月間發生的長程輸送型沙塵暴個案做分析後發現, 在沙塵暴系統發生初期在近地面出現西北、東南走向之氣壓梯度密集橫越源地上空, 此時中、高層槽線逐漸加深並向西傾斜, 接著引發低層區域強風而造成當地沙塵暴系統的發展。接著伴隨中緯度天氣系統東移, 受強風所導引之沙塵埃也因而開始向東傳送, 直到中緯度斜壓性與低層區域強風減弱, 沙塵暴系統才開始漸漸消散。

另外, 於沙塵暴系統發生期間, 源地至消散區之間大氣相對濕度普遍低於 20%, 顯示乾燥的大氣亦提供其有利於發展之環境條件。

由以上結果可知, 在中緯度乾燥之斜壓大氣環境、高低層高度場適當配置下, 加上透過其所引發的區域強風而導致沙塵暴系統的發展; 並配合中緯度天氣系統東移乃為沙塵暴系統的長程輸送之主因。

參考文獻

江吉加, 1993: 1993 年 5 月 5 日甘肅等地特大沙塵暴成因分析, 甘肅氣象, 11, 3, 35-39。
余嘉裕、劉廣英、俞家忠, 1996: 台灣地區空氣污染物分佈與大陸沙塵暴長程輸送關係之初步研究。行政院環保署研究報告

- EPA - 85 - 1301 - 09 - 12 , 158 頁。
- 余嘉裕、陳永祺、劉廣英，1997：台灣地區空氣品質監測與東亞沙暴關係之氣候與地球化學分析。行政院環保署研究報告 EPA - 86 - L102 - 03 - 20 , 192 - 196 頁。
- 洪夢白、余嘉裕，1996：1995年春季東亞沙暴個案分析。第五屆全國大氣科學學術研討會論文彙編，行政院國家科學委員會，台灣大學大氣科學研究所，232 - 237 頁。
- 洪夢白，1997：春季東亞長輸型沙塵暴現象大氣環流特徵分析。中國文化大學地學研究所大氣科學組碩士論文。
- 洪夢白，1997：春季東亞長輸型沙塵暴現象大氣環流特徵分析。海峽兩岸自然（大氣）科學師生論文發表研討會論文彙編，中國文化大學，312 - 325 頁。
- 夏訓誠、楊根生，1995：黑風暴，中國科學出版社，32pp。
- 耿寬宏，1959：中國乾旱地區風沙氣候特徵，地理學報。
- 陳敏連、郭清台、徐建芬、趙慶雲、陳偉民、李雲、朱姝，1993：黑風暴天氣的研究和探討。甘肅氣象，11卷，第3期，17 - 27 頁。
- 戚啓勳、嚴夢揮，1978：氣象統計學，國立編譯館。
- 陳慧貞，1984：東亞地區沙暴系統之研究。台大大氣科學研究所碩士論文。
- Arimoto, R. R. A. Duce, B. J. Ray, A. D. Hewitt, and J. Williams, 1987. *J. Geophys. Res.*, 92, 8465.
- Chen, G. T. - J. H. J. Chen, 1987: Study on large - scale features of duststorm system in East Asia. *Papers in Meteo. Res.*, 10, 57 - 80.
- Duce, R. A., R. Arimoto, B. J. Ray, C. K. Unni, and P. J. Harder, 1983. *J. Geophys. Res.*, 88, 5321.
- Ing, G. K. T., 1972: A dustorm over central China in April 1969, *Weather*, 27, 136 - 145.
- Iwasaka, Y. H. Minoura, and K. Nagaya, 1983: The transport and special scale of Asian dust - storm clouds: A case study of the dust - storm event of April 1979, *Tellus*, 35B, 189 - 196.
- Noyalet, A., 1978: Use of METEOSAT images: Origin and development of a sand storm over west Africa. *La Meteorologic*, Paris, 6, 14, 113 - 115.
- Prospero, J. M., R. J. Charlson, V. Mohnerv, R. Jaenicke, A. C. Delany, J. Moyers, W. Eoller, and K. Rahn, 1983. *Rev. Geophys. Space Phys.*, 21, 1607.
- Show, G. E. 1980 Transport of Asian desert aerosol to the Hawaiian isands. *J. Appl. Meteorol.*, 19, 1254 - 1259.
- Slobodan, N. and S. Dobricic, 1996: A model for long - rang transport of desert dust, *M. W. R.*, 124, 2537 - 2544.
- Zhao, B., and X. Yu, 1990: On eastern Asian dust storm. *Adv. Atmos. Sci.*, 7, 11 - 26.