

서해 중부 해상 대기의 연직구조 분석

윤용훈·임주연·김백조·김태희·서장원·조하만
기상연구소 해양기상연구실

Analysis of Vertical Structure of Atmosphere on the Middle Part of the Yellow Sea

Yong-Hoon Youn · Joo-Yun Lim · Baek-Jo Kim · Tae-Hee Kim · Jang-Won Seo · Ha-Man Cho
Meteorological Research Institute, Marine Meteorology Research Lab.,

Abstract: To search out the characteristics of the lower and the upper atmospheric vertical structure, we selected the island(Oeyoundori Ochun-myen Poryeng city Chung-Nam) as an observation site, which is thought to represent the characteristics of ocean well, and observed the vertical structure of the atmosphere by Radiosonde. By using the results of the observation, we analyzed the changes of relative humidity(RH), temperature and wind when the cyclone and the anticyclone passed and compared the results in case of each event. To compare the vertical structure of the ocean atmosphere with those of the continent, we analyzed the values observed with using Radiosonde at Osan site.

Through this study, we found that relative humidity changed as the cyclone and the anticyclone passed. That is, when the cyclone came, RH increased first in the upper atmosphere than in the lower and when the high came, RH in the upper decreased sharply to 10%. And the variations of relative humidity in ocean are bigger than those in continent. In the future, we plan to find out the relation between the vapor water in ocean and continent seasonally and daily through the observation in ocean and continent at same time.

Key words: evaporation, laten heat, the lower atmospheric structure, the upper atmospheric structure

요약: 상층과 하층의 대기구조 특성을 알아내기 위하여, 해양의 특성을 잘 표현한다고 사료되는 섬(충남 보령시 오천면 외연도리)을 관측지점으로 선택하여 라디오존데를 이용하여 대기의 연직구조를 관측하였다. 관측결과를 이용하여, 저 고기압이 통과할 때의 상대습도, 기온과 바람의 변화를 분석하였으며 각각의 경우에 대해 결과치들을 비교하였다. 해양과 육상에서의 대기구조를 비교하기 위하여 오산의 관측 결과를 분석하였다. 그 결과, 상대습도가 고·저기압의 통과에 따라 변화함을 알 수 있었다. 즉, 저기압이 다가올 때는 상대습도는 하층보다 상층에서 먼저 증가하였으나 고기압이 다가올 때는 상층에서 10%까지 급격하게 감소하였다. 또, 상대습도 변화폭이 육상에서보다 큰 것으로 분석되었다. 앞으로 해양과 육상에서의 수증기간의 관계를 계절별, 그리고 일별로 동시간 관측을 통해 찾고자 한다.

주요어: 증발, 잠열, 하층대기구조, 상층대기구조

서론

전 지구표면의 70% 이상을 덮고 있는 해양은 물 저장고의 역할을 한다. 그러므로 해양의 물은 많은 양의 증발과 잠열을 발생시키고 많은 양의 비열을 포함하고 있어 지구의 열 저장고로 열 공급의 주요 역할을 담당하고 있고 이러한 열은 대기로 전달되어 많은 대기 현상의 변화에 영향을 미치는 것으로 조사되었다.

그럼에도 거의 모든 관측이 육지에서만 이루어지고 있는 실정이므로 해양에서의 관측이 필요하다고 사료된다. 그러므로 본 관측은 중요한 열공급의 역할을 하는 해양에서의 대기 연직구조를 조사하고자 하였다.

우리 나라 연안에서 실시된 상층 대기관측에 관한 연구로는, 기상연구소(1980, 1986)가 남서 연안지역에서 파이발 관측을 행하여 그 지역의 해풍의 연직구조와 간단한 에어존대 관측으로 서해 중부연안의 해무발생시

대기 연직구조를 조사한 바 있다. 고리 원자력발전소의 입지타당성을 조사하기 위해 문승의 등(1984)은 저층 대기관측을 실시하여 그 지역의 역전층 발생빈도, 시작, 소멸 및 지속시간을 조사하였다. 박영산 등(1991)의 연구에 따르면 우리 나라 봄철 종관 바람이 서풍계열이고 맑은 날 서풍이 약한 경우 서해안 지역의 습도는 해풍이 시작할 때(1000~1100LST경) 최대가 되며 이 시각이후 점차 감소하는 경향을 보였다. 서풍이 강한 경우는 습도, 기온, 기압의 변화 정도가 약간 감소하였을 뿐, 그 변화 형태는 서풍이 약한 경우와 아주 유사함을 밝혔다.

해양 대기의 하층과 상층 구조에 대한 특성을 알아보기 위해 해양의 특성을 나타낼 수 있다고 사료되는 섬을 관측지점으로 택하여 관측을 실시하였다. 관측지점은 서해상에 위치한 외연도(충남 보령시 오천면 외연도리)를 선택하였으며 관측방법은 인공위성, 사운드 시스템 등을 이용한 여러 방법 중 라디오존데를 이용하여 관측하였다(Stankov, 1995). 상층대기 관측은 외연도 북측의 해변가의 지상에서 약 6m 높이에서 라디오존데 안테나를 설치하여 실시하였으며 1999년 4월 8일 21시부터 1999년 4월 14일 오전 9시까지 6시간 간격으로 행하였다.

상층대기 관측은 라디오존데를 이용하여 6시간 간격으로 20회에 걸쳐 실시하였다. 관측은 4월 8일 21시부터 시작하였으나 3회의 관측 후, 4회가 강풍과 강우로 인한 기상악화로 관측이 중단되었으며 4월 9일 21시와 4월 10일 03시 등 3회에 대한 관측은 결측되었다. 그 이후 4월 10일 09시에 관측을 재개하였으며 4월 12일 09시 관측자료는 습도 센서의 고장으로 본 연구에서는 제외하였다.

종관기상

관측기간 동안의 종관기상을 Fig. 1에 제시하였다. 4월 8일 서남서쪽에서 발달한 저기압이 4월 9일 서쪽에서 다가와 본 관측지점을 지나 남동쪽으로 이동하여 4월 10일에 일본 쪽으로 빠져나갔으며 북서에서 발달한 고기압이 당일 오후부터 서쪽에서 다가왔다. 4월 11일에 밤부터 다시 남서쪽에서 저기압이 발달하여 4월 12일 00UTC에 본 관측지점의 상공에서 중심기압이 996hPa에 이르렀다. 이 저기압은 우리 나라 중부지방을

통과해 북동쪽으로 이동하였으며 4월 12일 12UTC에는 992hPa까지 발달하였고 계속 북동쪽으로 이동하여 빠져나갔다. 그리고 4월 12일 서쪽에서 발달하기 시작한 고기압이 우리 나라로 다가오면서 4월 13일 오전부터 관측의 마지막인 4월 14일 00UTC까지 맑은 날씨를 보였다. 위와 같이 두 차례에 걸쳐 저기압이 지나가면서 강우가 있었으며 고 저기압의 변화에 따른 대기 구조를 살펴볼 수 있었다. 관측기간 후반에는 북서계열의 강풍이 불었으며 낮은 기온을 보였다.

고층기상관측 결과

상대습도와 기온

수증기는 온실기체로 대기의 복사평형에 중요한 역할을 하고(Raval and Ramanathan, 1989; Linzen, 1990), 대기에서 수증기의 연직분포는 지표 증발과 잠열 유입에 영향을 미친다(Liu, 1988). 라디오존데를 이용하여 습도의 연직구조 변화와 그것의 기후학적인 분포를 연관시키려는 실험은 많이 시도되어 왔다. 본 연구에서도 습도와 기온의 변화에서 기상과의 관계를 조사하였다.

외연도에서 20회에 걸쳐 조사한 상대습도, 이슬점온도와 기온을 각 관측결과에 대해 기압에 따른 변화로 표현하여 그림 2~7에 그 결과들을 나타내었다.

Fig. 2(a)는 4월 8일 21시의 결과로 이날 기상상황은 관측지점이 고기압 후면으로 들어가면서 구름만 약간 낀 맑은 날씨를 보였다. 관측결과는 1000hPa 근처에서는 습도가 약 50%로 약간의 구름이 존재하고 고층으로 갈수록 습도가 감소하다가 400hPa 부근에서 다시 습도가 50%로 높아졌으며 이 부근에서 잠열에 의한 약한 역전층이 나타났다. Fig. 2(b)와 (c)는 4월 9일 03시와 09시의 결과로 기압골이 다가오면서 습도가 800hPa 부근에서 높아지고 있음을 보였다. 특히 03시에는 800hPa와 400hPa 부근에서 정점이 나타났으나 기압골이 발달하면서 다가오는 종관기상으로 09시에 800~600hPa 사이에서 습도층이 넓어지고 상층에서는 습도가 감소하는 형태를 보여주고 있다. 이슬점온도의 경우는 Fig. 2(a)와 (b)의 결과는 습도의 분포특성과 거의 동일한 형태의 변화를 보여주며 Fig. 2(c)는 습도가 높아짐에 따라 기온과 온도 차이가 크지 않고 선형적으로 감소하였다.

Fig. 3은 4월 9일 저기압이 다가와 강풍과 강우가 동

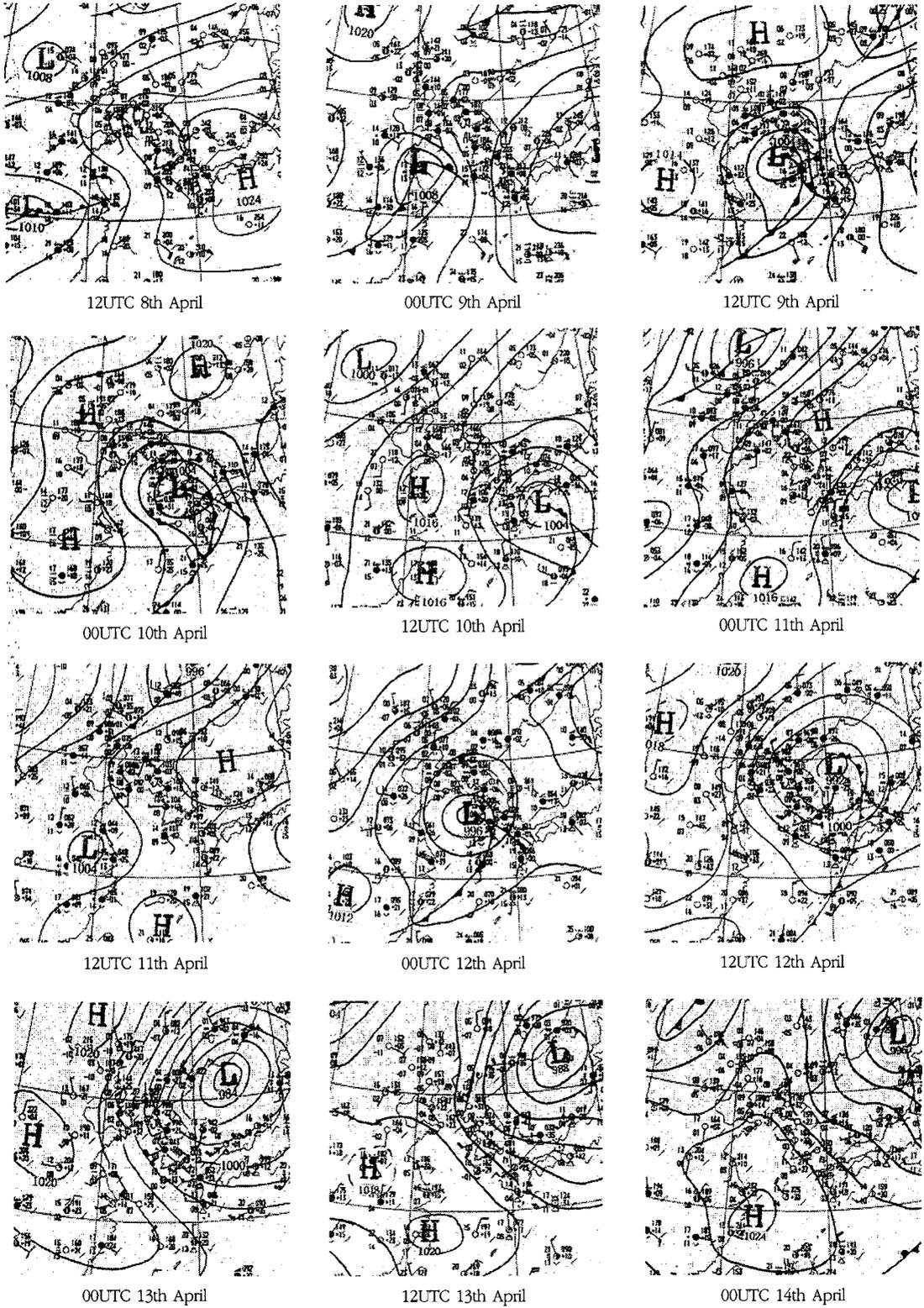


Fig. 1. Weather maps during the observation period(April 8th~14th, 1999).

반되었다가 4월 10일에 빠져나가는 모습을 보여주고 있다(기상악화로 인한 관측중단으로 03시 관측은 결측되었음). Fig. 3(a)는 1,000hPa 부근에 거의 90%에 가까운 습도를 보이며 상층으로 갈수록 거의 선형적으로 감소하였다. 이 때의 현지 기상상황은 비가 내렸다. Fig. 3(b)의 지표면 부근부터 점차 습도가 낮아졌고 400hPa 부근에서는 20% 이하로 낮아졌다. 상층으로 갈수록 3번 정도의 정점을 보이거나 전반적으로 감소하는 경향을 보였다. Fig. 3(c)의 820hPa에서 60% 정도를 보이고 670hPa 부근부터 급격히 감소하여 약 570hPa에서 상층까지 습도가 거의 0%까지 낮아져 저기압이 빠져나감을 보였다. 이슬점온도는 Fig. 3(a)와 (b)는 습도가 높아 기온과 거의 같은 형태를 보이거나 Fig. 3(c)에서는 상대습도보다 20~30hPa가 낮은 지점인 640hPa 부근에서 급격히 떨어져 540hPa 정도부터는 완만하게 감소하였다. Fig. 3(c)에서 기온은 습도가 정점을 이루는 820hPa와 670hPa 부근에서 응결에 의한 잠열의 발생으로 역전층이 나타났다.

Fig. 4는 4월 11일의 관측결과이다. 기상상황은 고기압이 본 관측지점을 지나가는 중으로 맑은 후 오후부터 고기압 후면에 들면서 구름이 약간 끼는 날씨였다. Fig. 4(a)는 03시 결과로 하층에서는 습도가 낮아 고기압이 들어옴을 보여주고 있고 약 720hPa 부근에서 상대습도가 갑자기 높아져 100%가 약 200hPa의 두께에 걸쳐 존재하는데 이 때 종관기상은 이 부근이 고기압 영향권으로 이러한 결과는 센서의 오작동에 의한 결과라고 사료된다. 500hPa 부근부터 상층으로 습도가 점차 낮아졌다. Fig. 4(b)의 09시에는 완전히 고기압 하에서 지표에서 약 900hPa까지 50%의 습도를 보이다가 상층으로 갈수록 낮아지고 435hPa 부근에서 다시 25%로 증가하였다가 감소하여 전체적으로 낮은 습도를 보이고 있다. 기온에서는 약 850hPa에서 약간 증가하여 고기압이 들어섬에 따른 침강역전이 존재하는 것을 보여주고 있다. Fig. 4(c)와 (d)에서는 고기압이 지나가면서 고기압 후면에 들어 상대습도가 지표와 700hPa 부근에서 점차 증가하는 것을 보였다. Fig. 4(d)의 21시에서는 기온이 거의 800hPa까지 유사하게 나타나 이 결과에서 고기압이 지나가고 기압골이 다가서면서 혼합층이 점차 높아짐을 보여주고 있다고 사료된다. 또한 습도의 증가 감소로 인한 응결이 일어나면서 잠열이 발생하여 강도의 차이는 있으나 상층으로 가면서 800hPa, 700hPa과 약

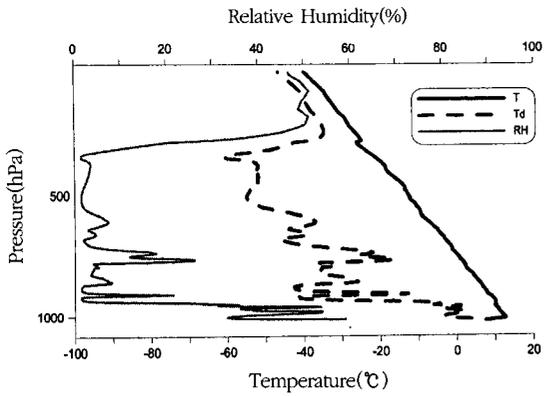
480hPa 부근에서 3번의 역전층이 나타난 것으로 분석되었다.

Fig. 5(a)는 기압골이 다가오면서 지표면 부근에서 습도가 높아지고 850~750hPa에서 감소하였다가 550hPa 근처에서 다시 정점을 보이고 상층으로 갈수록 약간 감소하였으나 거의 60% 이상을 나타냈다. Fig. 5(b)와 (c)는 완전히 기압골이 들어서면서 지표 부근에서 거의 700hPa까지 습도가 거의 100%로 두꺼운 하층운이 형성되었음을 보이고 있다. Fig. 5(b)에서는 700hPa까지는 습도가 높고 상층에는 점차 감소하는 경향을 나타내나 기압골에 더 가까워진 Fig. 5(c)의 21시 결과는 600hPa까지 습도가 높은 부분이 두꺼워졌고 420hPa 부근에서 다시 정점을 보였고 그 상층에서는 기온이 거의 일정하게 나타났다.

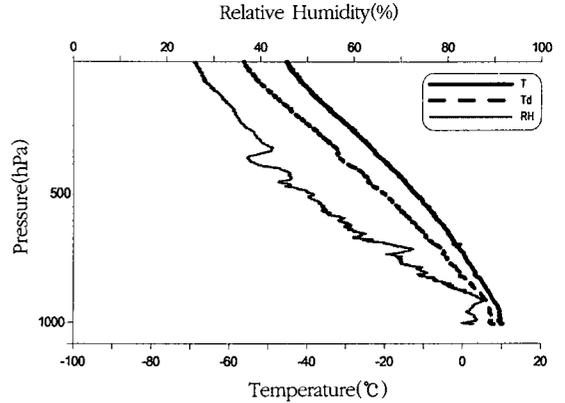
Fig. 6는 저기압이 오후 늦게 관측지점인 외연도를 지나가는 결과를 보이고 있다. 03시와 09시(Fig. 6(a)와 6(b))는 상대습도 100%인 곳이 약 300hPa의 두께로 관측되어 두꺼운 하층운이 존재하였으며 이날 지상에서는 비가 내렸다. 이슬점온도와 기온은 높은 상대습도로 인해 거의 같은 온도를 보이다가 03시는 650hPa 부근에서, 09시는 저기압이 약간 물러나서 800hPa 부근에서 차이가 나기 시작했다. Fig. 6(c)는 기압골의 후반에 들면서 습도가 감소하기 시작하면서 이슬점온도의 형태도 상대습도와 비슷한 경향을 보였다. Fig. 6(d)는 밤이 되면서 저기압이 빠져나가기 시작하면서 상층의 습도가 거의 0%를 보였으며 800hPa 부근에서 습도가 급격히 낮아지면서 잠열에 의한 약한 역전층이 나타났다.

Fig. 7은 관측 마지막 날 결과로서 남서에서 발달한 고기압이 본 관측지점으로 다가오면서 03시에서부터 습도가 낮아지기 시작하여 09시에는 980hPa에서 상층은 거의 10% 이하의 상대습도를 보였다. 그에 따라 혼합층의 깊이도 낮아졌다. Fig. 7(a)에서 840hPa 근처에서 약한 침강역전을 보였으며 Fig. 7(b)는 완전한 고기압 영역에 들어섰음을 보였다.

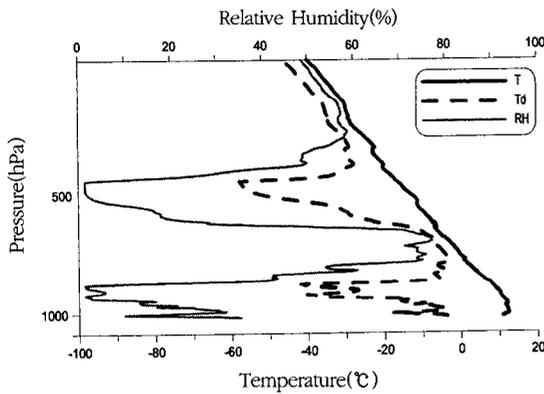
이 결과들에서 보면, 저기압이 다가올 때는 500hPa 이하의 상층에서부터 습도가 높아져 시간이 지남에 따라 상층의 습도는 상대적으로 낮아지고 하층의 상대습도는 점점 높아져 거의 85~100%까지 도달함을 알 수 있었다. 그리고 고기압이 다가올 때는 전형적으로 고기압 전반에 나타나는 침강역전이 900~800hPa 사이에서 발생함을 보였다. 또한 고기압이 다가올 때는 혼합층이



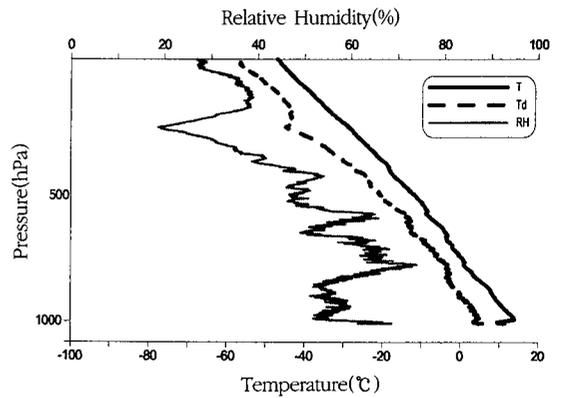
(a) 21h



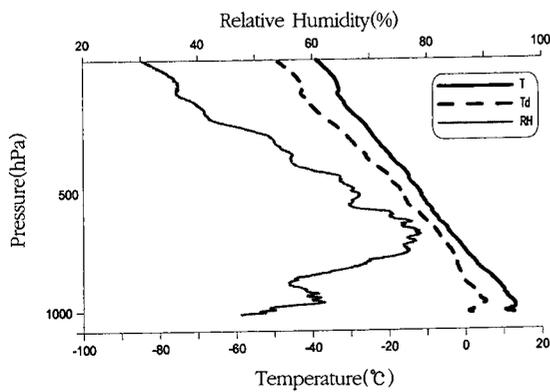
(a) 09h



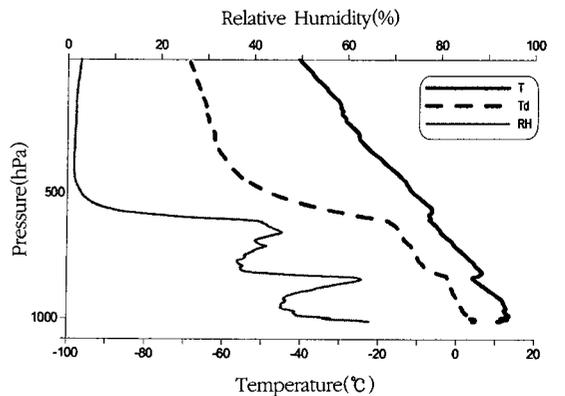
(b) 03h



(b) 15h



(c) 09h



(c) 21h

Fig. 2. The vertical distributions of temperature, dew-point temperature and relative humidity observed from 21h 9th April to 09h 10th April at Oeyoundori (high pressure passed).

Fig. 3. The same as Fig. 2, except for 10th April (low pressure passed).

낮아졌으며 반대로 저기압이 다가올 때는 높아졌음이 관측결과 나타났다. 이슬점온도의 경우, 상대습도가 높은 경우에는 기온과 비슷한 값을 가지고 거의 같은 형

태를 나타내며 상층까지 감소하는 형태를 가졌으며, 반대로 상대습도가 낮은 경우는 기온과의 전혀 다른, 즉 상대습도와 같은 형태로 감소와 증가를 반복하면서 상층으로 갈수록 점차 감소하는 형태를 보였다.

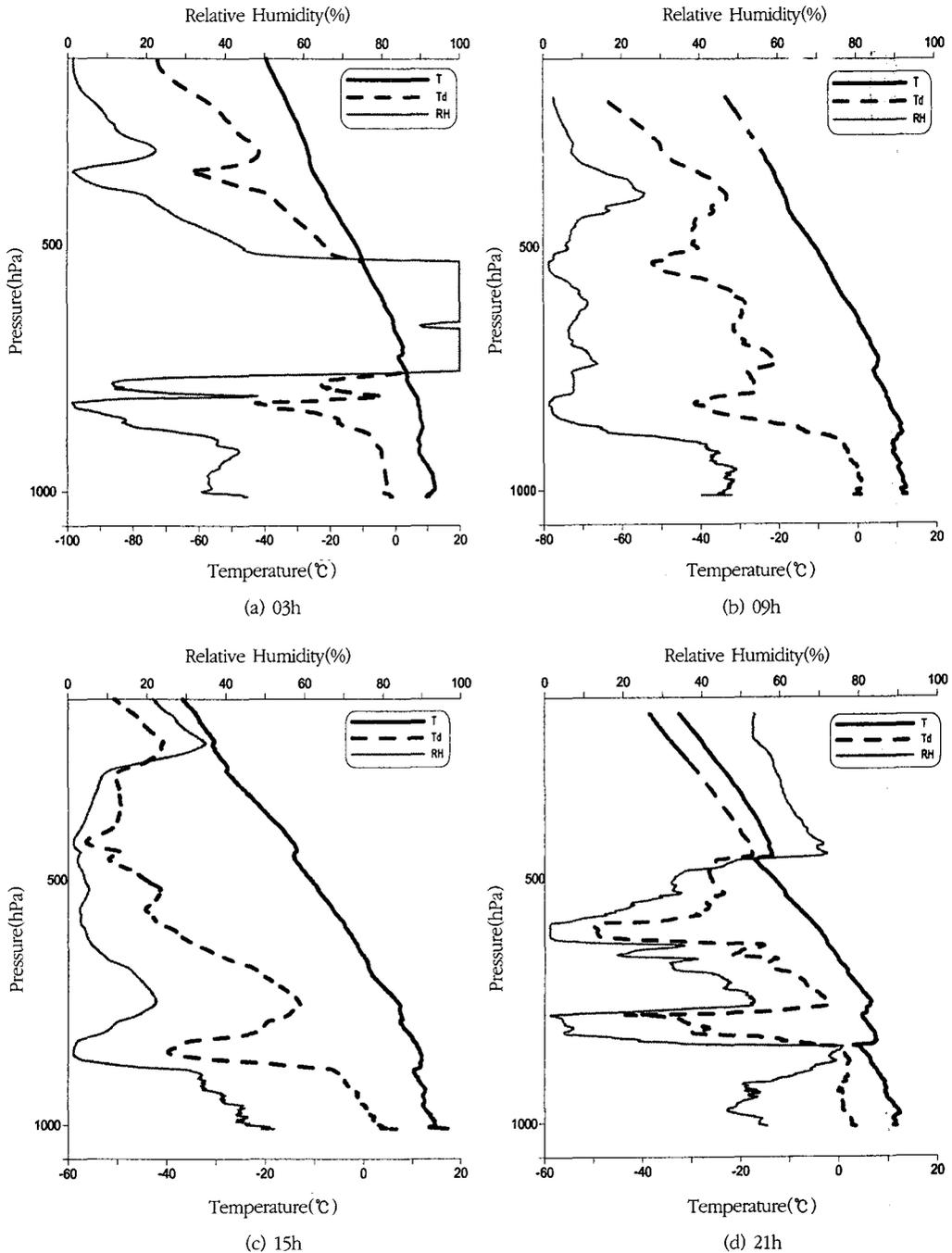


Fig. 4. The same as Fig. 2, except for 11th April(high pressure passed).

이 결과들을 근거로 상대습도의 시간에 따른 변화를 알아보기 위해 관측한 상대습도 자료들을 전층(지표면에서 300hPa까지)과 100hPa 두께로 총 7개 층으로 나누어 시계열(time-series)로 표현하였으며 그 결과들을

그림 8에 제시하였다(4월 9일 15시, 4월 10일 03시, 09시는 기상악화로 인한 관측 중단으로 자료가 빠짐).

Fig. 8(a)는 전층에 대한 시계열로 고기압이 머물던 4월 11일 03시와 09시, 그리고 4월 13일 21시부터 4월

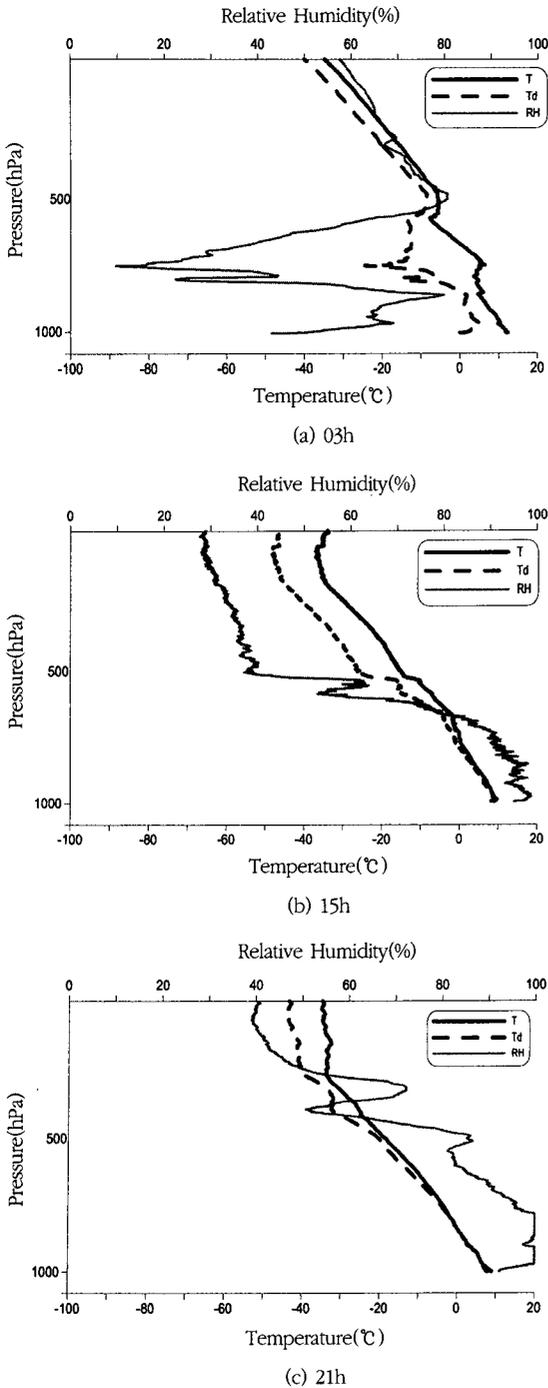


Fig. 5. The same as Fig. 2, except for 12th April (low pressure passed).

14일 09시까지는 낮은 습도를 보였으며 기압골이 다가오는 4월 8일 21시 그리고 4월 11일 15시부터 습도가 점차적으로 높아져 기압골이 완전히 들어섰던 4월 13

일 03시에 최대값을 나타냈다.

Fig. 8(b)~(d)는 지상(surface)~700hPa의 3개 층에 대한 시계열로 두 번의 저기압 때 습도가 높은 값을 보였으며 고기압 때는 낮은 값을 보였다. 4월 14일 고기압이 들어섰을 때 습도는 지상~700hPa(Fig. 8(b))일 때 Fig. 8(a)의 전층 값보다는 완만하게 낮아졌으며 Fig. 8(c)와 (d)에서는 Fig. 8(a)와 마찬가지로 급격히 낮아졌다.

Fig. 8(e)와 (f)는 지상에서 약간의 구름이 있던 4월 11일 03시에 높은 습도값을 보였다가 급격히 감소하였다. 이 수치는 센서의 오작동에 의한 결과로 사료된다. 특히 600~500hPa에서는 기압골이 다가오는 도중인 4월 12일 03시에도 한번의 정점이 나타났다. 이 현상은 Fig. 8(g)와 (h)의 500~300hPa 사이에서도 나타났다.

Fig. 8에서 기압골이 다가올 때는 전체적으로 습도가 높아지기 시작하고 500hPa~지표에서는 정점을 나타낼 수 있었다. 그리고 기압골이 머물 때는 지상에서는 80~100%의 높은 값을 나타냈고 상층(500hPa 이하)에서는 약 60%의 습도를 보였다. 또한 고기압 영향으로 맑은 날씨를 보였던 4월 11일 오전과 4월 14일에는 지표면~900hPa 사이에서만 습도가 40% 가까운 값을 나타내 20% 이하를 나타낸 다른 층들에서보다 높은 값을 보였다. 이것으로 고기압의 영향을 받을 때는 상층에는 아주 낮은 습도를 가지는 것으로 사료된다.

풍향과 풍속의 관측결과

풍향은 저기압과 고기압의 배치에 따라 변화하므로 풍향의 변화로 기압의 배치를 파악할 수 있다. 풍속은 등압선의 간격에 의해 강약이 결정되어져 풍향과 더불어 기온 습도 등을 변화시키는 것으로 알려져 왔다.

본 관측에서는 이러한 것을 고려하여 고 저기압의 변화에 따른 풍향, 풍속의 변화를 알아보았다. 풍향은 각 관측시간에 대해 높이에 따른 풍향공적(wind track)으로 나타내 Fig. 9에 제시하였으며, 풍속은 전층(지표면-300hPa)과 지표면에서 300hPa까지를 100hPa 간격으로 총 7개 층으로 나누어 시계열로 나타내 그 결과를 Fig. 10에 제시하였다. 먼저, 풍향에 대해 Fig. 9를 보면 4월 8일 21시는 고기압과 저기압 사이에 본 관측지점에 위치하면서 지상에서는 남풍이 불다가 약 2km부터 서풍이, 다시 5km 부근에서부터 북풍으로 바뀌어 공적(track)이 많이 휘었다. 4월 9일은 서쪽에서 저기압이

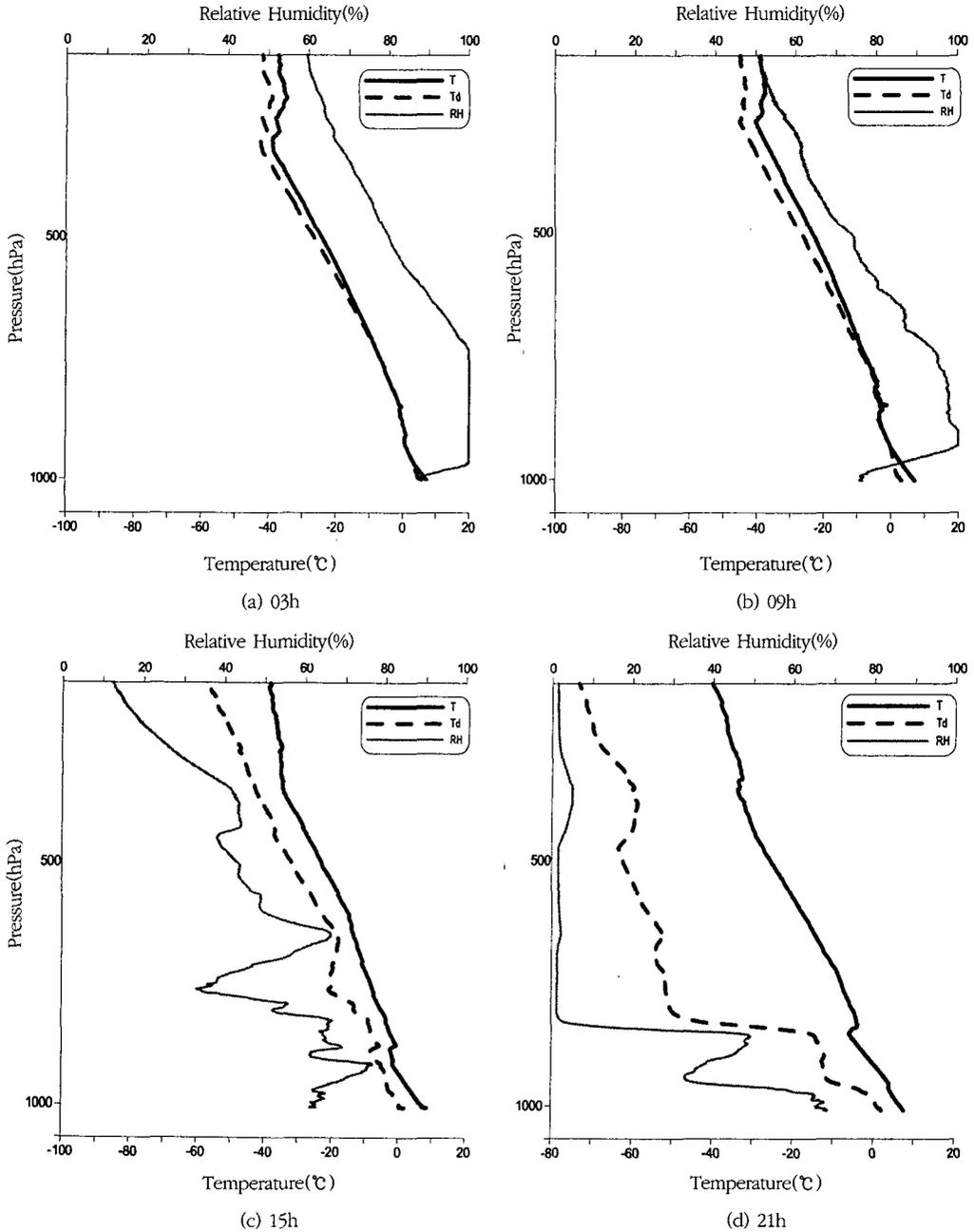


Fig. 6. The same as Fig. 2, except for 13th April(low pressure passed).

다가오면서 03시에 지상에서는 남풍이 불다가 4km 부근에서 서풍계열이 불어 거의 8km까지 지속되다가 북풍계열의 바람이 불어 공적이 약간 남쪽으로 휘었다. 4월 9일 09시에는 저기압이 관측지점에 가장 근접한 시간으로 남풍이 강해져 거의 4km까지 불었으며 그 상층으로는 거의 서풍계열이 나타났음을 보여준다.

4월 10일의 기상현상은 기압골이 물러나는 날씨가 09시에는 저기압이 관측지점의 서쪽에 머물면서 북북동계열의 바람이 지상에서 상층까지 지속되었다. 15시와 21시는 관측지점이 저기압과 고기압 사이에 들면서 북풍계열의 바람이 09시보다 강하게 상층까지 불었음을 보여주고 있다.

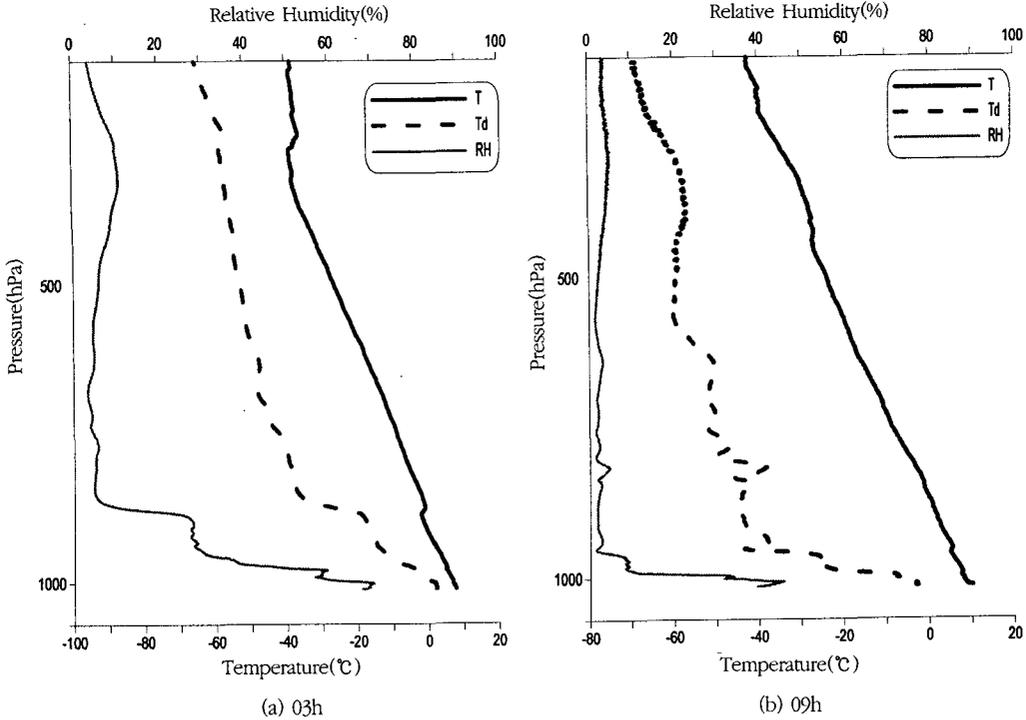


Fig. 7. The same as Fig. 2, except on 14th April (high pressure passed).

4월 11일에는 저기압이 물러가고 고기압이 다가오는 기상조건으로 03시에는 기압골이 물러나면서 지상에는 동풍계열의 바람이, 2~4km에는 북북동계열의 바람이 불었으며 상층에서는 서풍계열의 바람이 불었다. 기압골이 동쪽으로 완전히 물러나고 북서에서 고기압이 다가섬에 따라 09시에는 북동과 남서계열의 바람이 약 4km까지 심하게 변동하면서 불다가 그 상층에서는 동풍계열이 우세하게 존재하였다. 이 시간의 관측자료는 매우 불안정하여 풍향이 지상에서 급격히 변화하는 것을 보여주고 있다. 15시와 21는 지상에서 약간의 남풍이 불다가 상층으로 갈수록 서쪽으로 풍향이 회전함을 보여주고 있는데 저기압이 좀더 근접한 21시가 15시보다 상층에서 좀더 강한 남서계열의 바람이 불었다.

4월 12일은 고기압이 물러가고 남서에서 저기압이 발달하면서 다가와 지나가는 기상조건으로 저기압이 다가와 머문 03시와 15시에는 지상에서 북풍계열의 바람이 존재하였으며 03시에는 지표부근에서는 북풍이 불었으나 곧 남풍계열로 풍향이 바뀌어 거의 5km까지 불다가 상층에서 서풍계열로 변화였다. 21시는 우리나라 동해에 저기압이 머물면서 본 관측지점에서는 지상

에서 상층까지 거의 서풍이 불었음을 알 수 있다. 03시와 15시의 상층에서도 서풍계열의 바람이 존재하였다.

4월 13일에는 기압골이 우리나라 동해안을 따라 북으로 이동을 하면서 03시에 거의 서풍이 불었으나 기압골이 물러나고 남서에서 다가오는 고기압의 사이에 본 관측지점에 위치함에 따라 09시에는 북북서계열의 바람이 15시에서 21시로 가면서 북서풍으로 바뀌는 것을 보여주고 있다. 상층에서는 거의 서풍이 불고 있는 것으로 조사되었다.

4월 14일 03시와 09시는 기압골의 후면에 들어 지상에서 북서계열의 바람이 불었으며 상층에서는 03시에는 6km 부근에서부터 그리고 09시에는 7km 부근에서부터 서풍계열이 존재하는 것으로 관측되었다.

다음으로 풍속에 대해 나타낸 Fig. 10을 보면, 관측기간 중 4월 11일 15시 관측까지는 고 저기압의 변화에 관계없이 풍속이 10m/s 이하를 나타내 바람이 강하지 않았으나 4월 12일 15시부터 바람이 강해지기 시작하여 관측기간 후반인 4월 13일 09시부터는 20m/s가 넘는 강풍을 보였다. 이러한 강풍의 경향은 상층으로 갈수록 더욱 강하게 나타나 400~300hPa 사이에서는 거

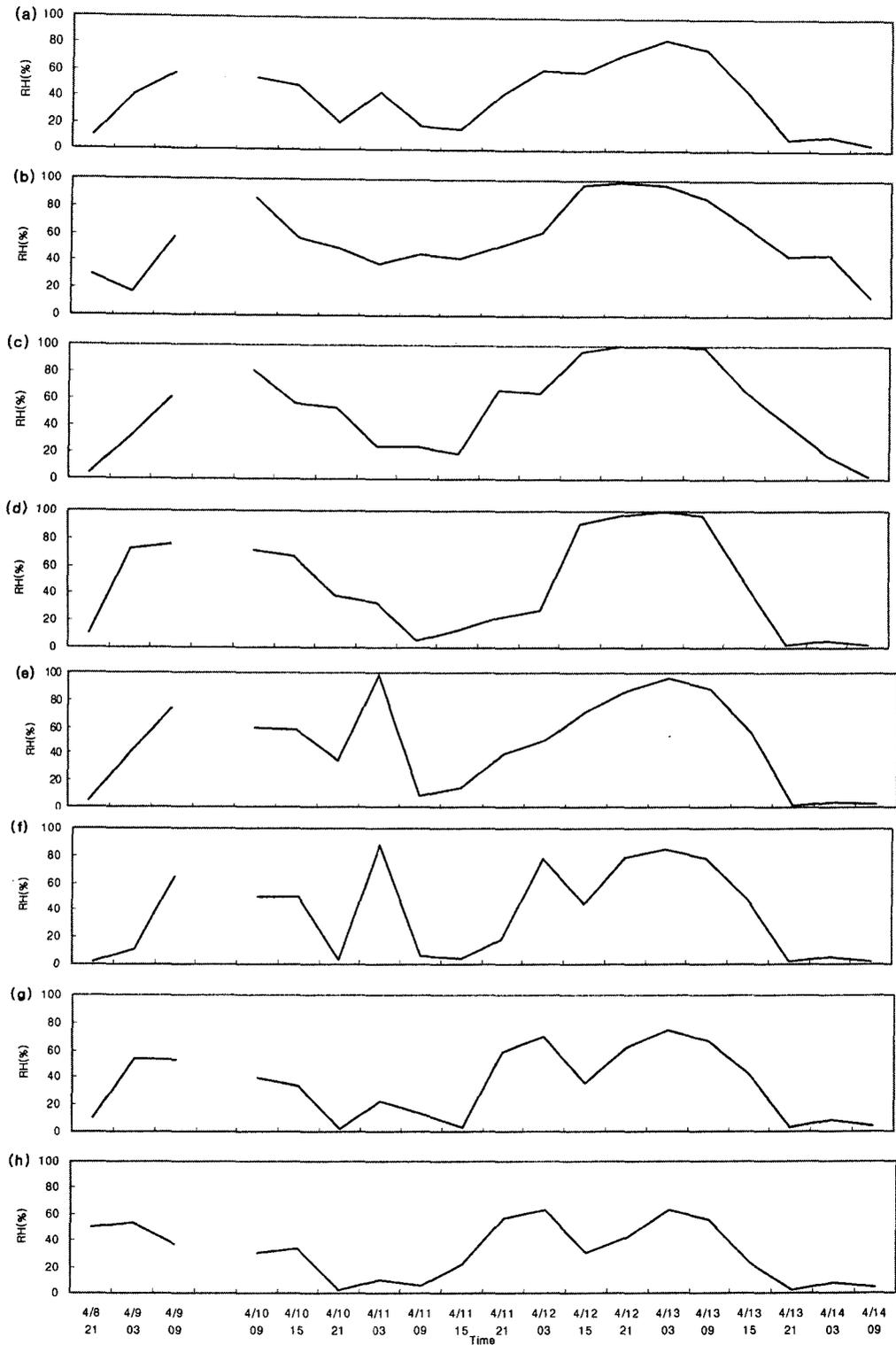


Fig. 8. Time-series of relative humidity during the observation period at Oeyoundo.
 a, Total(Surface~300hPa); b, Surface~900hPa; c, 900~800hPa; d, 800~700hPa; e, 700~600hPa; f, 600~500hPa; g, 500~400hPa; h, 400~300hPa

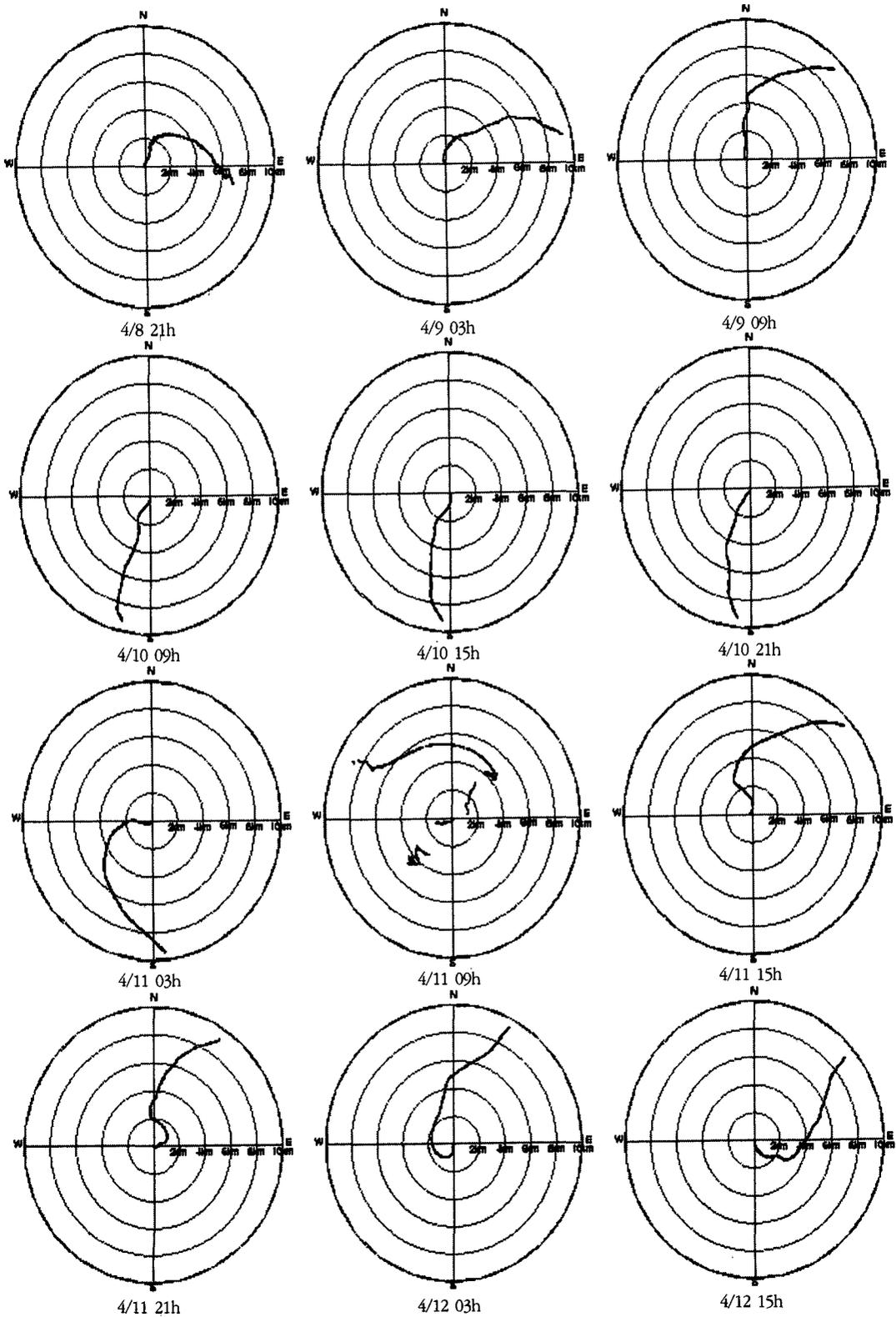


Fig. 9. Wind track varied with height during the observation period.

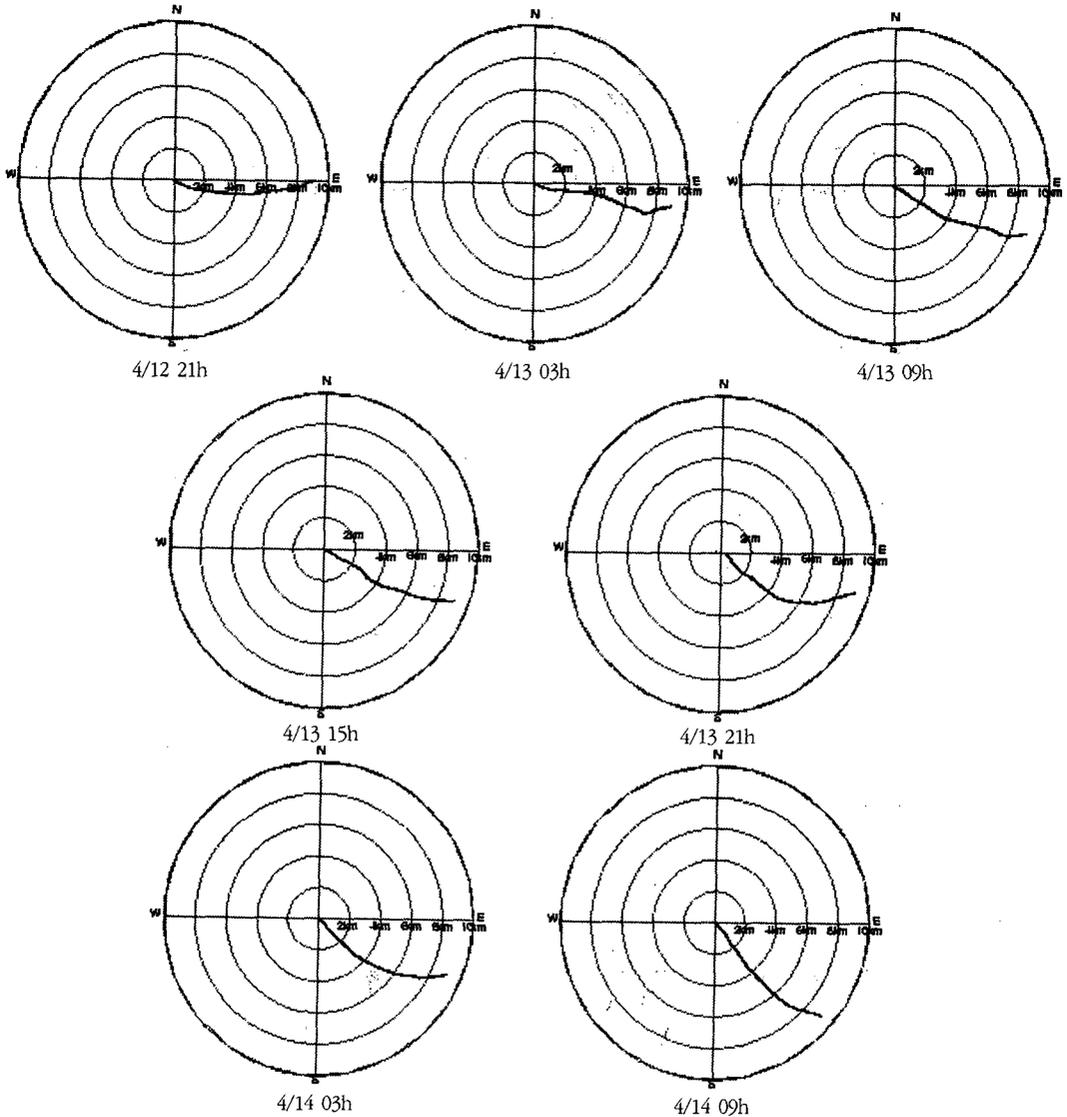


Fig. 9. Continued.

의 40m/s에 가까운 수치를 나타냈다. 이러한 강풍이 Fig. 9에서 나타낸 것과 같이 북서풍을 동반하여 북쪽의 찬 공기가 우리 나라로 다가오며 따라 관측기간 후반에는 온도가 낮아져 쌀쌀한 날씨를 보였다.

이상의 결과에서 바람은 지상에서 상층으로 갈수록 코리올리 힘의 영향으로 오른쪽으로 휘어짐을 알 수 있었으며 상층에서는 편서풍의 영향으로 거의 서풍계열이 존재하는 것을 보였다. 그리고 지상에 저기압이 있을 경우는 혼합층의 고도가 높아지면서 지상의 바람이 상층까지 영향을 미치는 것으로 관측되었다.

오산에서 대기 연직 구조관측

육상의 연직 대기구조와 해상의 구조를 비교하기 위하여 경기도 오산에서 라디오존데에 의한 관측이 이루어졌다. 관측은 1일 6시간 간격(00UTC, 06UTC, 12UTC, 18UTC)으로 행해졌으며 항목은 기압, 기온, 이슬점온도, 풍향, 풍속 등으로 본 연구에서는 기압에 대한 기온과 이슬점온도, 상대습도를 도식화하여 Fig. 11에 제시하였다.

Fig. 11의 결과들을 보면, 4월 8일 12UTC는 800hPa

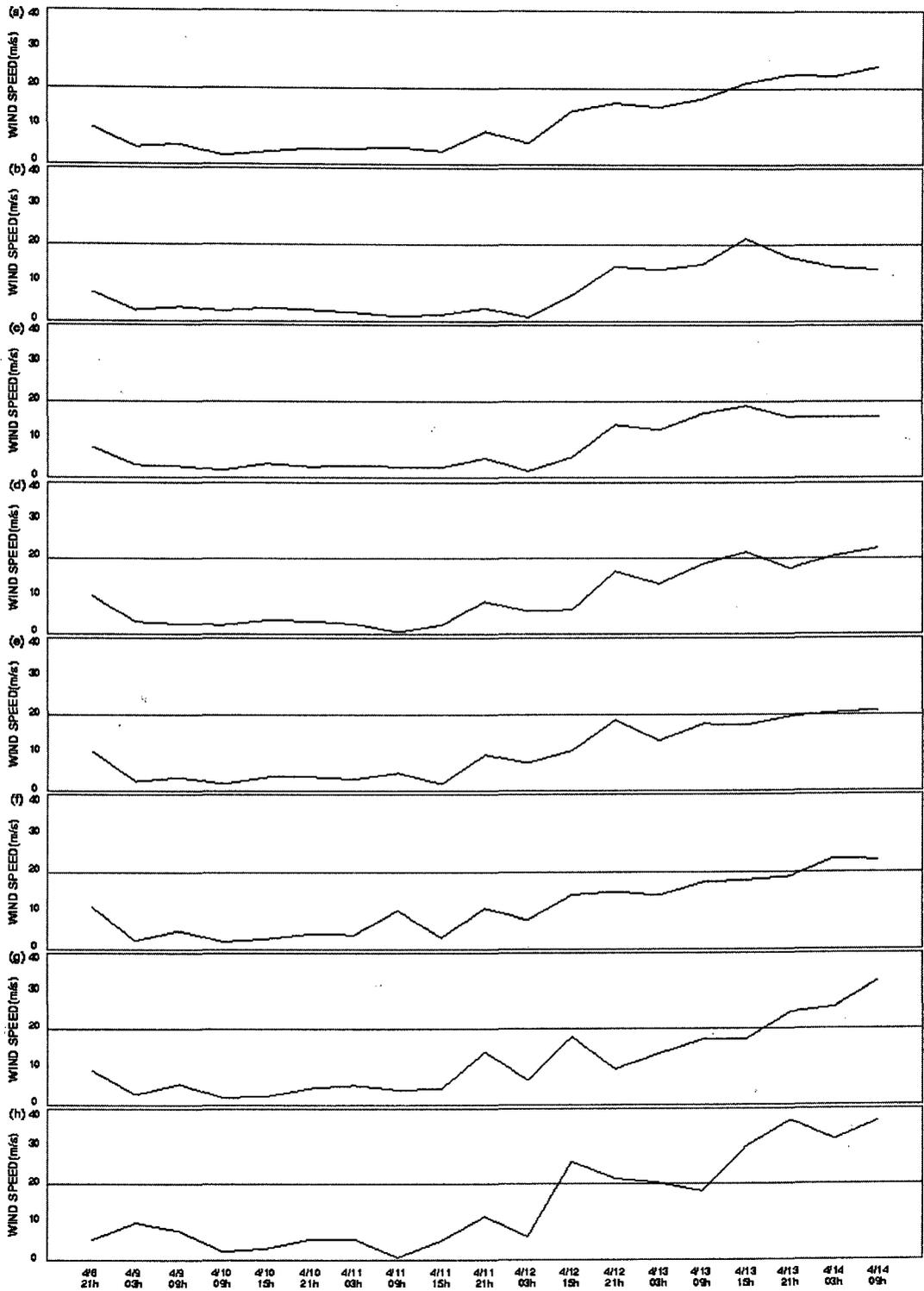


Fig. 10. The same as Fig. 8, except about wind speed.

a, Total(Surface~300hPa); b, Surface~900hPa; c, 900~800hPa; d, 800~700hPa; e, 700~600hPa; f, 600~500hPa; g, 500~400hPa; h, 400~300hPa

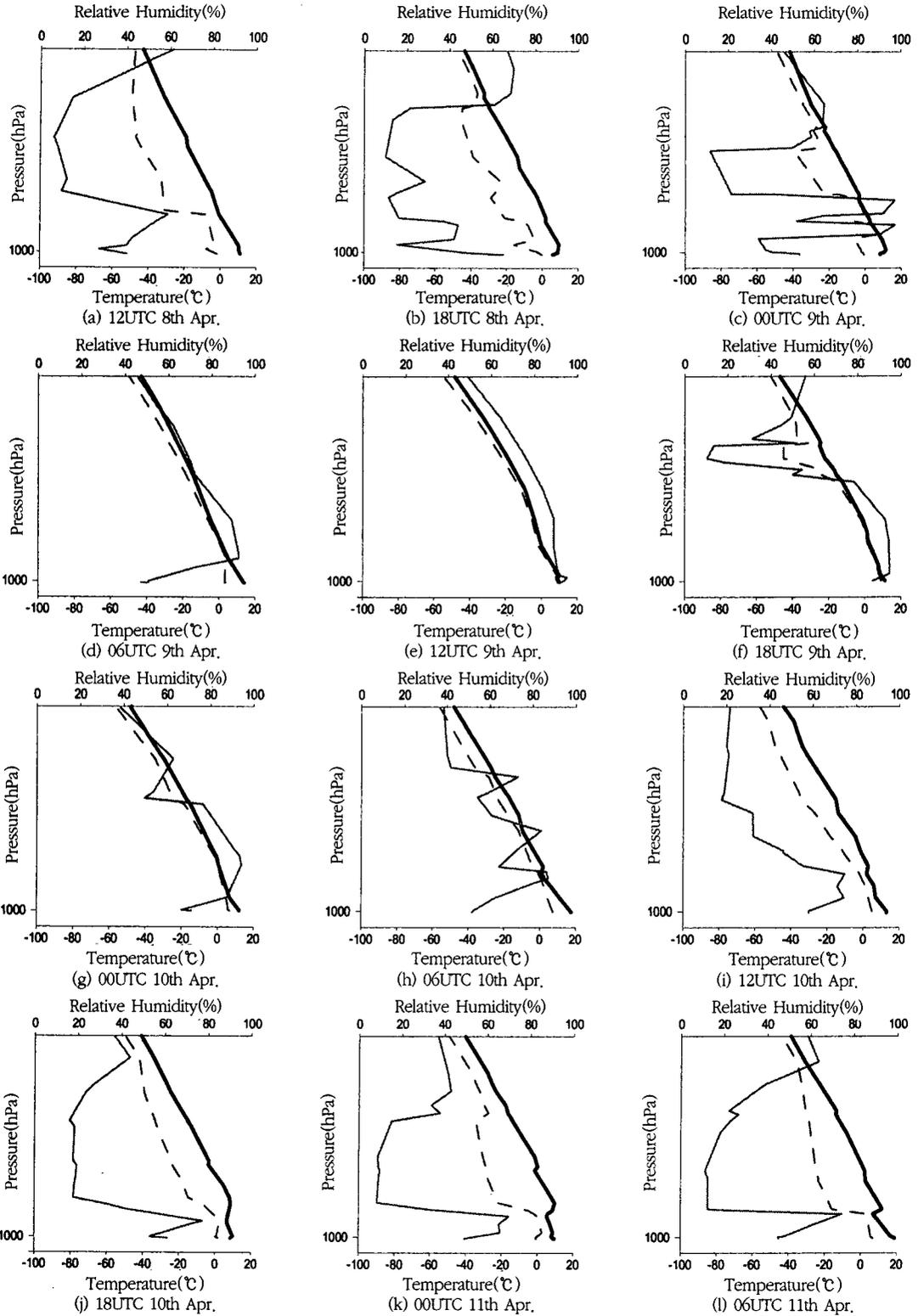


Fig. 11. The vertical distributions temperature, dew-point temperature, and relative humidity at Osan during observed period.

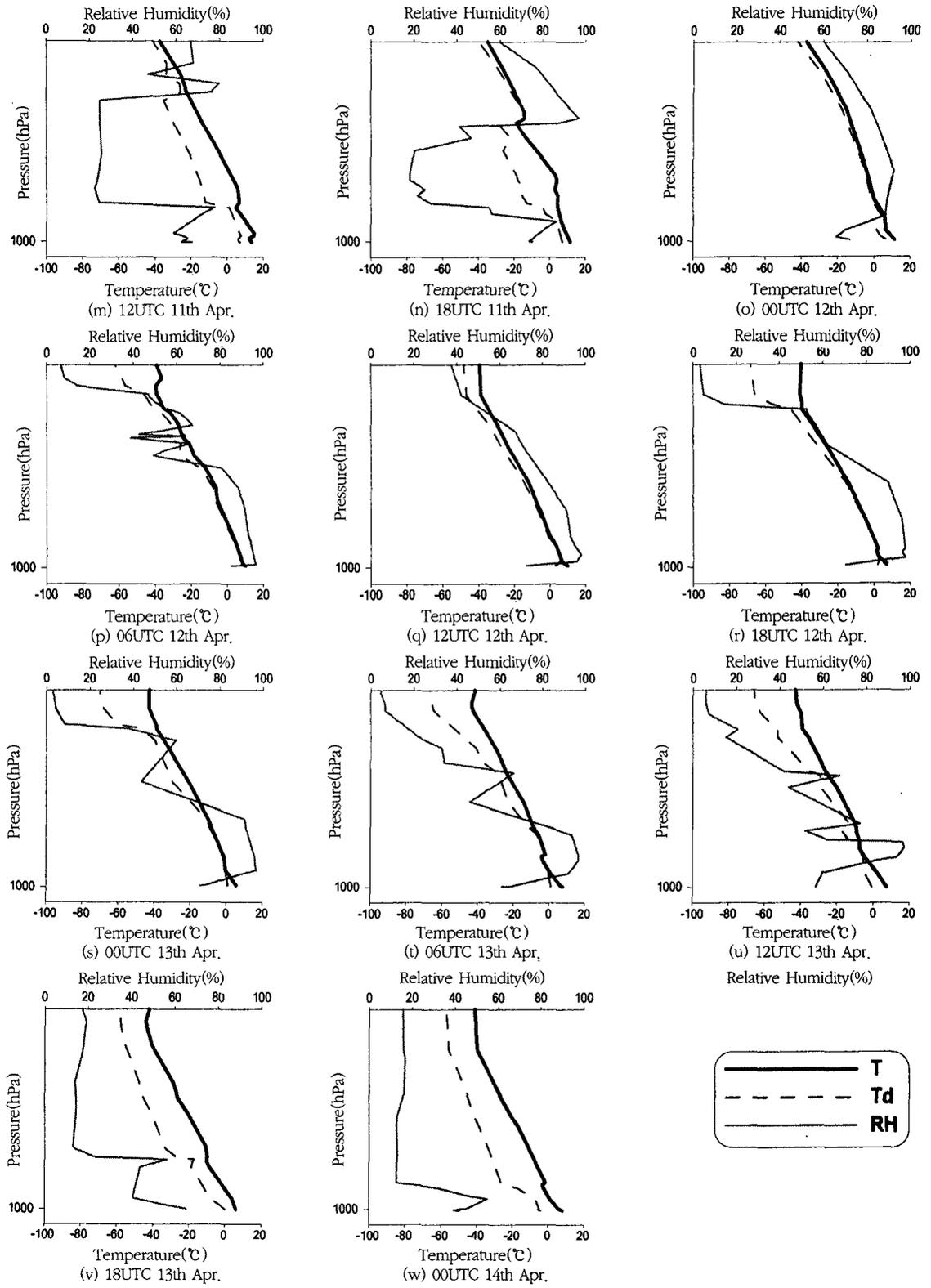


Fig. 11. Continued.

부근에서 습도가 약 50%를 나타내고 그 상층으로 다시 감소하였다가 300hPa에서는 약 60%를 보였다. 18UTC는 상층이 하층보다 높은 습도를 보였다. 4월 9일은 저기압이 다가오면서 00UTC에 상대습도가 약 3번의 정점을 나타내 지상근처와 상층에서 높은 수치를 보이고 06UTC~12UTC는 완전한 기압골 영향하로 06UTC에는 지표부근에서는 습도가 낮았으나 12UTC에는 전 층에서 습도가 높아졌음을 보이고 있으며 18UTC에는 저기압이 물러가면서 상층에서부터 습도가 감소하기 시작했다.

4월 10일의 그래프들(Fig. 11(e)~(h))은 고기압이 다가오면서 상층에서부터 습도가 점차적으로 감소하여 12UTC와 18UTC에는 상층에서는 습도가 약 20%까지 감소하였다. 그러나 해상에서보다는 습도의 감소폭이 크지 않았다. 4월 11일은 고기압 영향권에 들어서면서 4월 11일 00UTC와 06UTC에는 침강역전을 보이고 있다.

4월 11일 12UTC부터 남서에서 기압골이 발달하면서 점차 이슬점온도와 기온과의 차이가 줄어들고 상대습도가 높아지는 경향을 보이고 있다. 습도의 증가 형태는 지상 900hPa 부근과 상층 400hPa 부근에서 정점을 이루다가 시간이 지남에 따라 전 층에서 습도가 높아지는, 기압골이 다가올 때의 해양에서의 습도 형태와 유사하게 나타났다.

4월 12일은 지상에서 약 200hPa 이상의 두께로 습도가 거의 100%를 나타내며 저기압이 다가와 두꺼운 구름층이 형성된 것으로 사료된다.

4월 13일은 저기압이 물러가면서 점차 습도가 낮아지고 있음을 보이고 있다. 해상에서는 상층의 습도가 급격히 낮아지는 형태를 보였으나 육상에서는 이슬점온도와 기온과의 차이가 그리 크지 않고 습도도 상층에서 20% 이하로 낮아지지 않는 것으로 조사되었다.

4월 14일 00시에는 고기압의 전반부에 들면서 침강역전이 약 900hPa 부근에서 형성되었고 약 500hPa에서 이슬점온도가 약간 증가하여 이곳에서 습도의 증가가 있었을 것으로 보여진다. 06시에는 고기압의 영향으로 혼합층의 높이가 더욱 낮아졌고 침강역전층 또한 낮아졌음을 보여주고 있다.

이상의 결과에서, 육상에서도 저기압이 다가올 때는 지상과 상층에서 각각 습도의 정점이 나타나고 점차 전 층에서 습도가 높아짐을 알 수 있었다. 그러나 해상에

서는 습도의 감소가 특히 상층에서 매우 낮아져 이슬점온도와 기온의 차이가 매우 컸으나 육상에서는 그 차이가 그리 크지 않았다(David P. J. and Margaret A. L., 1989).

결론

본 연구에서는 해양 대기의 지상과 상층 구조에 대한 특성을 알아보기 위해 해양의 특성을 나타낼 수 있다고 사료되는 섬(충남 보령시 오천면 외연도리)을 관측지점으로 택하여 대기의 연직구조를 라디오존데를 이용하여 관측하였다.

습도와 기온의 변화에서 기상과의 관계를 조사한 결과를 보면, 저기압이 다가올 때는 500hPa 이상의 상층에서부터 습도가 높아져 시간이 지남에 따라 800hPa 부근에서 다시 높아지다가 상층의 습도는 상대적으로 낮아지고 하층의 상대습도는 점점 높아져 거의 85~100%까지 도달함을 알 수 있었다. 또한 상층의 상대습도 정점 근처에서 잠열에 의한 역전층이 나타났다. 그리고 고기압이 다가올 때는 전형적으로 고기압 전반에 나타나는 침강역전이 900~800hPa 사이에서 발생하였으며 고기압이 물러갈 때는 800hPa부터 습도가 급격히 감소하여 완전한 고기압 영향권에서는 상층의 습도가 거의 10% 이하를 보이는 것으로 조사되었다. 혼합층의 높이 또한 고기압에서 저기압으로 변화할 때 점차 높아짐을 알 수 있었다. 이슬점온도의 경우는 상대습도와 밀접한 관계를 보여 높은 경우에는 기온과 비슷한 형태로 변화하였으나 낮은 경우는 기온과는 다르게 상대습도의 변화형태와 유사하게 감소와 증가를 반복하면서 변화하였다.

상대습도의 시간에 따른 변화를 알아보기 위해 관측한 상대습도 자료들을 전층(지표면에서 300hPa까지)과 100hPa 두께로 총 7개 층으로 나누어 시계열로 표현하였다. 그 결과, 기압골이 다가올 때는 전 높이에 걸쳐 습도가 높아지기 시작하고 500hPa에서 지표까지 정점을 나타냈고 기압골이 머물 때는 지상에서는 80~100%의 높은 값을 나타냈고 500hPa 이하에서는 약 60%의 상대적으로 낮은 습도를 보였다. 또한 고기압 영향으로 맑은 날씨를 보였던 4월 11일 오전과 4월 14일에는 지표면~900hPa 사이에서만 습도가 40% 가까운 값을, 그 위의 층들에서는 20% 이하로 나타나 고기압의 영향을

받을 때는 상층에는 아주 낮은 습도를 가지는 것으로 사료된다.

풍향과 풍속의 결과를 살펴보면 풍향은 상층으로 갈수록 오른쪽으로 휘어 코리올리 힘의 영향을 받음을 알 수 있었으며 또한 본 관측기간 동안에는 상층에서는 편서풍의 영향으로 거의 서풍계열이 존재하는 것을 보였다. 그리고 지상에 저기압이 있을 경우는 지상의 풍향이 최대 4km 지점까지 부는 것으로 보아 혼합층의 고도가 진 것으로 사료되었다. 풍속의 경우는 관측기간 초반에는 고 저기압의 변화에 관계없이 풍속이 10m/s 이하를 나타내 그다지 강하지 않았으나 관측기간 후반에는 20m/s가 넘는 강풍을 보였다. 이러한 강풍의 경향은 상층으로 갈수록 더욱 강하게 나타나 400~300hPa 사이에서는 거의 40m/s에 가까운 수치를 나타냈다. 이러한 강풍은 북서풍을 동반하여 관측기간 후반에는 낮은 기온을 보였다.

그리고, 육상에서의 연직 대기구조를 조사하여 해상에서의 구조와 비교하기 위하여 경기도 오산에서 존재에 의한 관측이 1일 6시간 간격(00UTC, 06UTC, 12UTC 18UTC)으로 실시되었다.

그 결과, 육상에서도 저기압이 다가올 때는 지상과 상층에서 각각 습도의 정점이 나타나고 점차 전 층에서 습도가 높아졌으나 해상에서는 습도의 감소가 특히 상층에서 매우 낮아져 이슬점온도와 기온의 차이가 매우 컸으나 육상에서는 그 차이가 그리 크지 않았다. 또한 고기압의 영향권 하에서도 습도의 감소폭은 해상에서 보인 것보다 작게 나타났다.

본 연구의 결과에서 해상과 육상에서 고 저기압이 다가올 때 상층의 습도변화에 차이가 존재하는 것으로 조사되었다. 앞으로 해상과 육상에서 습도의 동시간 관측을 통해 해상에서 수증기의 양과 육상에서의 그것을 비

교하여 관계를 찾아내 보고자 한다.

사 사

본 연구는 과학기술부에서 시행하는 “황해종합조사 연구”사업의 하나인 “해양-대기 조사연구”사업으로 수행된 것입니다. 고층관측에 협조하여 주신 기상연구소 남효원씨, 박균명씨와 부산대 권재일씨, 도성수씨께 감사드립니다.

참고문헌

- 기상연구소, 1980, 남서해안지역(군산일원)에서의 해풍에 관한 연구. MR 80-1, 39 p.
- 기상연구소, 1986, 한국서해 중부 연안의 해무 특성 조사. MR 86-1, 8-83.
- 문승의, 유혜주, 김유근, 1984, 고리지역의 접지역전에 관한 기후환경학적 연구. 부산대 환경문제 연구소보, 2, 69-77.
- 박영산, 박순용, 1991, 한반도 해안 지역의 봄철 국지 기상 특성에 관한 연구. 한국기상학회지, 27(2), 67-86.
- Stankov, B. Boba, 1995, Ground- and space-based temperature and humidity retrievals: statistical evaluation. J. Appl. Meteor., 35, 444~463.
- David, P.J. and Margater, A.L., 1989, Vertical velocity characteristics of oceanic convection. Amer. Meteor. Soc., 46(5), 621~640.
- Linzen, R.S., 1990, Some coolness concerning global warming. Bull. Amer. Meteor. Soc., 71, 288~299.
- Liu, W.T., 1988, Moisture and latent heat flux variabilities in the tropical Pacific derived from satellite data. J. Geophys. Res., 93, 6749~6760 and 6965~6968.
- Raval, A. and Ramanathan, V., 1989, Observational determination of the greenhouse effect. Nature, 342, 758~761.