

## 종관 지상 자료를 이용한 TOVS수치 해석 산출 자료

주상원 · 정효상 · 김금란

기상청 예보국 관측관실 위성담당

(1994년 6월 4일 받음 ; 1994년 6월 10일 수리)

## TOVS retrieved data with the real time synoptic surface data

Sang-won Ju · Hyo-sang Chung · Kum-lan Kim

Korea Meteorological Administration

### Abstract

The International TOVS(TIROS Operational Vertical Sounders) Process Package (ITPP-VI) is for a global usage, which needs a surface data to generate atmospheric soundings. If the initial input process in the ITPP-VI is not modified, it takes climatic surface data for producing sounding data in general. Korea Meteorological Administration(KMA) is trying to improve the quality of TOVS sounding data using real-time synoptic observations and make a use weather prediction and analysis in various ways.

Serval cases in this study show that TOVS retrieved meteorological parameters such as atmospheric temperature, dew point depression and geopotential heights used by synoptic surface observations can delineate more detailed atmospheric feature rather than those used by climate surface data. In addition, the collocated comparisons of TOVS synoptic retrieved parameters with radiosonde observations are performed statistically. TOVS retrieved fields with the synoptic surface analyzed data show smaller bias relatively than those with the climatic data and also reduced root mean square differences below 700 hPa as expected.

## I. 서론

TOVS(Tirosn Operational Vertical Sounder) 자료는 지상 관측 자료가 부족한 극 지방, 해양, 사막 그리고 적도 등에서의 추가 자료로 사용이 가능 하다. 이러한 기대의 충족을 위해 기상위성을 이용하여 종관 관측이 부족한 곳에서 대기의 연직 구조를 산출하고자 하는 연구가 많이 행해져 왔다. 위성 관측 자료를 이용하여 온도와 수분의 연직 구조를 산출하는 방법은 위성관측 복사량과 라디오존데에서 관측된 온도의 회귀 관계를 이용하는 통계법( Smith and Woolf, 1976), 그리고 복사 전달 방정식을 이용하여 위성 관측 복사량에 접근된 대기와 지표의 상태를 찾아내는 직접물리 해법(Smith,1970, Chahine 1970, Smith and Woolf 1984)등이 있다. 특히 Smith등(1984,1986)은 ITPP(International TOVS Program Package)를 개발하여 대기의 연직 구조를 도출하였는데, 기상청에서는 1990년부터 직접 물리 해법을 이용한 ITPP-IV를 수행하여 왔고, 현재 700 hPa 온도와 포차, 500 hPa 지오폠펜설 고도, 850 hPa 유선도와 Wind Vector 그리고 총오존량을 산출하여 예보현업에 이용하고 있다. 위성 산출 자료에 대한 검증은 많이 행해져 왔는데, 조하만등(1992)은 기상청 산출 위성 자료를 검증을 통하여, TOVS산출 온도와 RAOB (Radiozonde Observation)의 온도에 대한 RMSD(Root Mean Square Difference)가 지표에서 약 4.6 - 7K, 100 hPa에서 4K 정도 그리고 대류권 중층에서 3 - 4K 정도임을 보였다. Lemarshall(1982)은 1982년 ALPEX(Alpoine experiment)사례와 Tasman Sea 그리고 미국에서 수집된 TOVS산출 자료를 수집하여 RAOB와 비교하였는데 850 hPa에서 400 hPa에서는 RMSD가 2K 정도이고 권계면과 지표부근에서는 다소 증가하여 3 - 4K 정도의 값을 보였다. 그러므로 현재 기상청에서 산출되는 TOVS자료의 오차는 비교적 크며 TOVS 산출 자료의 효율적 이용을 위하여 TOVS 산출자료의 오차를 줄이는 노력이 필요하다.

위성 자료를 통한 온도와 수분의 산출시 유일해를 얻기위한 제한 조건으로 라디오 존데 자료등의 초기 자료가 주어지게 되는데, 초기 자료의 특성에 따라 각각 다른 해가 나오게 된다(Susskind, 1983). 그러므로 위성 산출 자료의 정확도는 초기자료에 깊게 관계된다.

LeMarshall(1982)의 연구에서 지표 오차가 다른 고도보다 크게 나타나는데, 지표 오차는 보조 자료(지표 관측 자료등)의 사용으로 많이 개선할 수 있다고 했고, Smith 등(1983)은 위성 산출 자료는 초기 자료에 영향을 받으며, 그 정도는 편의 오차의 경우 약 2K 이하의 효과가 있다고 했다. 또한 안영인과 이동규(1994)는 TOVS 자료산출시 초기 추정치의 의존도에 관한 연구를 통하여, TOVS 자료로부터 산출한 대기온도의 연직 분포는 초기 추정치에 크게 의존하며, 초기 지표 자료를 넣는 경우 지표에서의 오차를 많이 줄일 수 있는 것으로 나타났다. 그러므로 이 연구에서는 위의 연구 결과를 토대로 초기 입력 자료의 개선을 통한 TOVS 산출 자료의 정확도 향상을 그 목적으로 한다.

## II. 자료 및 처리 방법

현재 기상청에서 TOVS 수치해석 자료 산출시에는 초기 입력 자료로서 ITPP에 내장된 기후 자료를 사용하므로, 지역성과 시간성이 배제되어 있다. Fig. 1에 3월 한달 간의 기후 자료 값과 3월 15일 00UTC의 지표 GPV(Grid Point Value) 분석 자료 값을 보였다. 온도의 경우 기후 자료는 20 °C 선이 북위 30도와 평행하게 나타나고 있으나(Fig. 1a), 3월 15일 00UTC GPV 지표자료는 20 °C 선이 한반도 부근에서 북위 40도까지 올라가 있다(Fig. 1d). 포차의 경우 기후 자료는 위도에 평행한 값을 보이며 중위도에서는 거의 일정한 값을 갖는다(Fig. 1b). 그러나 GPV 지표 포차는 경도에 따라 많은 변동량을 보이며 한반도 부근에서는 4K 이상의 값을 갖는다(Fig. 1e). 또한 지오폠평텐셜 고도의 경우 기후자료는 위도에 평행한 값을 보이나(Fig. 1c), GPV 지오폠평텐셜 자료를 보면 몽고 지역에 저기압이 있고, 위경도에 따른 변화가 다양하다(Fig. 1f). 그러므로 범용 패키지로서 ITPP내에 내장된 기후 자료를 우리나라에서 그대로 사용하는 데는 지역과 시간의 다양한 변화를 민감하게 표현하지 못한다는 문제점이 있다.

입력 지표 자료의 개선을 위해서 이 연구에서는 현재의 기후 자료 입력을 대신하여 GPV 자료를 입력하였는데, 그 방법은 먼저 ITPP내에서 계산하게 될 사운딩 지점의 위,경도 자료를 추출한 다음, 그 위,경도를 중심으로 반경 1도 이내에 들어오는 지점의 GPV 지표온도와 포차 그리고 1000 hPa 지오폠평텐셜 고도를 각거리에 따르는 가중치로 내삽하여 사운딩 지점에 해당하는 GPV 지표 입력 자료를 구하고 이 값을 입력하여 ITPP를 수행한다.

## III. 사례 선택

지표 자료의 입력을 통한 TOVS 수치해석 자료의 공간적 변화 양상을 알아보기 위하여 두 가지 사례를 선택하였다. 사례 선택의 기준은 첫째 기후자료를 초기 자료로 이용하여 기상청 현업 ITPP를 수행한 결과, 한반도를 중심으로 한 중위도에서 온도의 모의에 실패하였고, 두번째로 중위도 지역에서의 포차의 다양한 변동량을 나타내지 못한 경우이다. 위의 기준으로 1994년 3월 15일 00UTC와 3월 23일 12UTC 두 경우를 선택하였다.

Fig. 2a에는 1994년 3월 15일 00UTC에 해당하는 기상청에서 분석한 700 hPa 일기도를 보였다. 이 사례는 동해상에 한랭지역이 나타나며, 일본 열도 남쪽으로 온도선이 밀집되어 있고, 우리나라는 호남과 영남 지방에 걸쳐 -15 °C 선이 지나가고 있다. 포차는 동해상과 대만 북동해상 그리고 화남 지방에 걸쳐서 4K 이하의 습윤역이 나타난다. 지오폠평텐셜 고도의 경우에는 동해상에 약한 기압골이 존재하고 있고 3000m 선이 서해상을 거쳐 우리나라 남해상으로 통과해가고 있다.

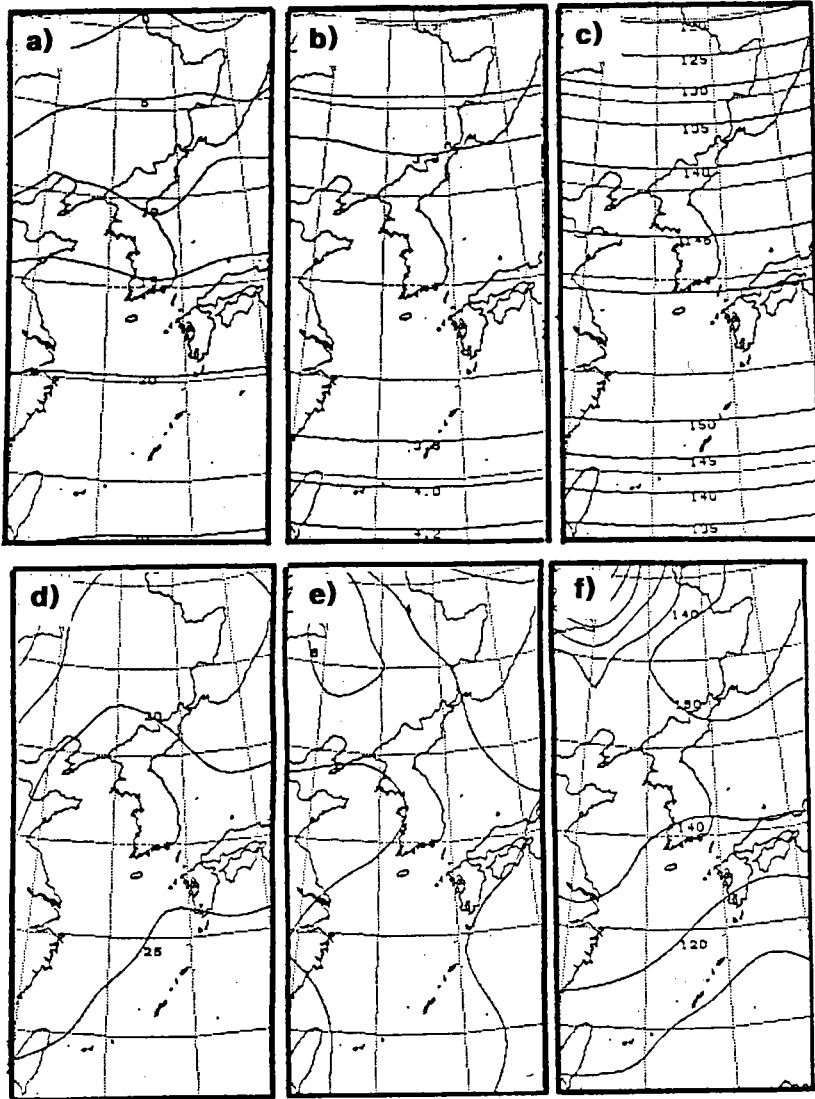


Fig.1. Comparisons of Climate ((a) Surface temperature (interval : 5 °C), (b) Surface dew point temperature difference( interval : 0.2 °C), (c) 1000 hPa GPH (interval : 15m)) and GPV analysis data ((d) Surface temperature (interval : 5 °C), (e) Surface dew point temperature difference( interval : 0.2 °C), (f) 1000 hPa GPH (interval : 15m))

Fig. 2b에는 1993년 3월 23일 12UTC에 해당하는 기상청 분석 상층 일기도를 보였다. 1994년 3월 23일 12UTC의 온도장은 만주 지역과 서해상으로 온도골이 깊게 파였고, 중부 이남으로  $-15^{\circ}\text{C}$  선이 지나며, 만주 지역에  $-20^{\circ}\text{C}$  선이 걸쳐져 있다. 포차의 경우 몽고 지역에서 일본 열도 동쪽을 지나 대만 부근까지 포차 4K 이하의 습윤한 지역이 있다. 지오폠펜셜 고도의 경우 한반도를 중심으로 골이 깊게 파여 있으며, 만주 지역에는 2880m의 분리된 저기압이 보인다.

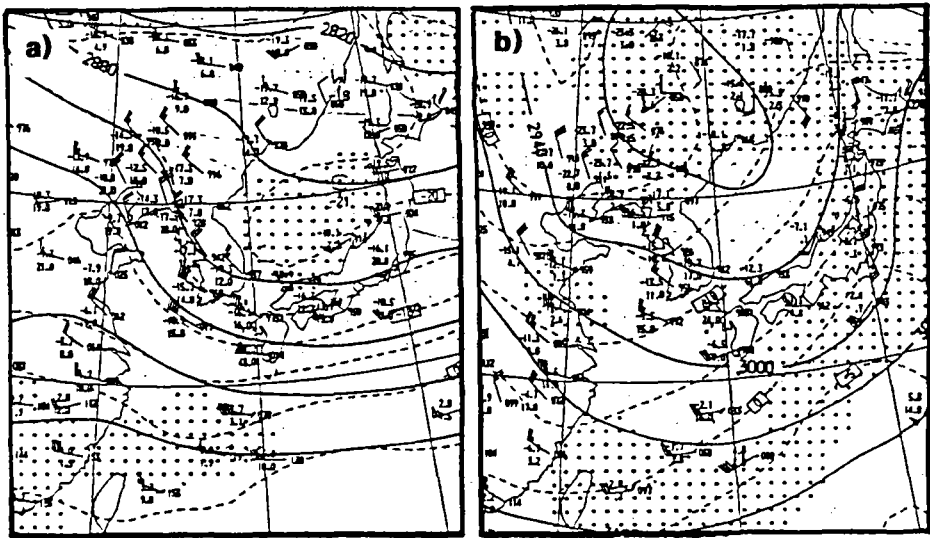


Fig. 2. 700 hPa synoptic charts at 0000UTC 15(a), 1200UTC 23(b) March 1994. Solid line is GPH(interval : 60m) and dashed line is temperature (interval :  $5^{\circ}\text{C}$ ). Area where dew point temperature difference is little than  $4^{\circ}\text{C}$  is dotted.

이 연구에서는 두가지의 TOVS 수치해석 자료를 산출하였다. 첫째는 현재 기상청에서 사용하고 있는 방법으로 기후치를 초기 지표 자료로 사용하여 TOVS 자료를 산출하였고(이후 CLI라 명명), 두번째는 GPV 분석 자료를 초기 지표 자료로 사용하여 TOVS 자료를 산출했다(이후 SFC라 명명).

종관 패턴의 분석으로 CLI에 대한 SFC의 차이를 알아보기 위해, 1994년 3월 15일 00UTC와 3월 23일 12UTC 두 사례에 대하여 SFC와 CLI를 각각 구한후, 기상청에서 분석된 700 hPa 고층 일기도와 비교하였다.

다음으로 GPV분석자료를 초기 자료로 입력함에 따라 초기 자료의 변화에 따른 TOVS 수치해석 자료의 오차를 정량적으로 알아보기 위해 1994년 2월 한달간 00UTC와 12UTC에, 대전, 광주, 포항, 제주 고층 관측소 지점에서 RAOB 자료와 SFC의 편의(Bias), 평균제곱근 오차(RMSD), RAOB 와 CLI의 편의, 평균 제곱근 오차를 구한 후 각각 비교하였다. 위성의 수신 시각이 라디오 존데 관측 시각과 차이가 있으나 대부분 1시간 정도의 범위이므로 그 오차는 무시했으며, 위성 사운딩 지점이 라디오 존데 관측 지점에서 각거리 1도 이내의 거리에 있을 경우 가장 가까운 위성 사운딩 지점의 값으로 비교하였다.

사운딩 자료는 구름의 효과에 의해 3가지로 나누어 계산하게 되는데, 영역 평균되는 FOV(Field Of View)중에서 4개이상의 FOV가 구름없음으로 판명되면 이 구름없는 FOV로 TOVS 수치해석 자료를 산출하게 된다(이후 CLR로 명명). 두번째로 구름없는 FOV가 4개 이하인 경우에는 근접한 FOV사이의 복사량 차로 구름 양을 추정하여, 구름없는 경우의 복사량을 구한 후 TOVS수치해석 자료를 산출하게 된다(이후 PCL로 명명). 세번째는 위의 방법이 실패한 경우 MSU(Micro Sounding Unit)와 성층권 HIRS 채널로부터 구한다(이후 CLD로 명명)(Schlatter, 1979). 그러므로 위의 3가지 방법의 차이에 따라 TOVS 수치해석 산출 자료의 특성이 다르므로 각 경우에 대하여 통계값을 구하였다.

이 연구에서 통계 분석시에 나타나는 위성 자료와 라디오 존데 자료와의 오차는 영역 평균된 위성 자료와 한 지점 값인 라디오 존데 자료가 서로 다른 특성을 갖기에 발생하는 오차와 위성 관측 시각과 라디오 존데 관측 시각의 차이에 의한 오차 그리고 위성 관측 위치와 라디오 존데 관측 지점의 거리 차이에 따른 오차가 포함된다.

## IV. 분석 결과

### 1. 종관 패턴의 비교

Fig. 3에 1994년 3월 15일 00UTC의 700 hPa 온도장과 포차장 그리고 지오폠펌셜 고도장에 대한 CLI와 SFC 결과를 보였다. 700 hPa 온도장은 CLI 경우 같은 시각의 일기도에 비해서(Fig. 2a) 한반도 부근에서  $-15^{\circ}\text{C}$  선이 북위 40도까지 지나치게 북상하였고,  $-10^{\circ}\text{C}$  선이 동해상에서 지나치게 북쪽으로 확장된 형태를 보이고 있다(Fig. 3a). 같은 시각의 SFC 결과를 보면 한반도 부근에서  $-15^{\circ}\text{C}$  선이 남부 지방을 지나고 있어, 온도선의 남진이 잘 나타나며, CLI에 나타난  $-10^{\circ}\text{C}$  선의 동해 북쪽해상으로의 확장도 나타나지 않았다(Fig. 3d). 700 hPa 포차는 CLI 경우 대부분의 지역에서 2K 이하로 나타나며 지역에 따른 변동성도 거의 나타나지 않고 있어 일기도와와의 비교 자체가 힘들다(Fig. 3b). SFC 결과를 보면 중위도 지역에서 많은 변동량이 나타나고 있으며, 대만 동쪽 해상, 그리고 동해에서 일본열도와 시베리아에 걸쳐 포차 4K 이하의 습윤한 지역이 나타나고 있어, 일기도의 습윤역과 유사한 형태를 보인다(Fig. 3e).

TOVS retrieved data with the real time synoptic surface data - Ju

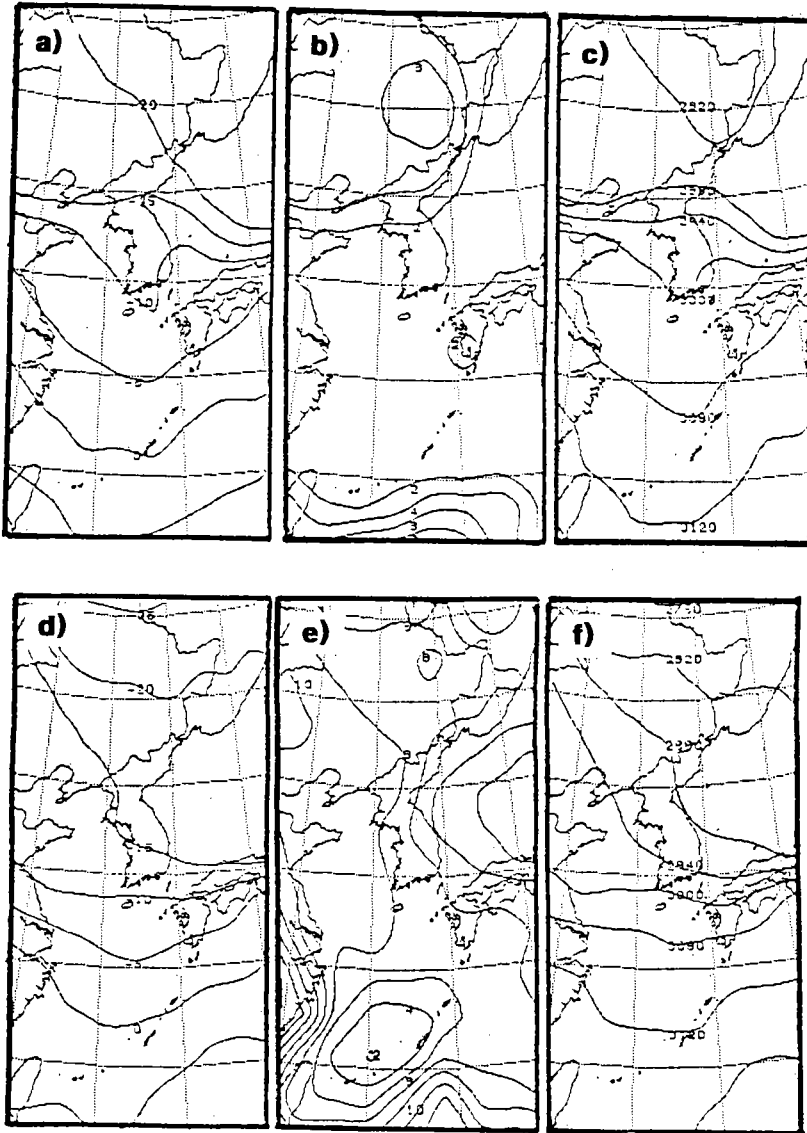


Fig. 3. TOVS retrieved 700 hPa temperature(a)(interval : 5 °C), dew point difference(b)(interval : 2 °C) and GPH(c)(interval : 60 m) field with climate data and temperature(a)(interval : 5 °C), dwe point difference(b)(interval : 2 °C) and GPH(c)(interval : 60 m) field with GPV data at 00UTC 15 March 1994.

다음으로 700 hPa 지오폠펜설 고도는 CLI 경우 일기도에 비해 2940 m 선이 지나치게 북쪽으로 확장되었고 종관 자료와는 반대로 기압능의 형태를 보이고 있다. 또한 3000 m 선은 남해상 까지 내려가지 못한채 작은 규모의 파형을 나타내며, 영남지방 북쪽에 위치한다(Fig. 3c). 같은 시각의 SFC 결과를 보면 2940 m 선이 한반도 남쪽으로 통과하며 기압골을 보이고 있어 종관 자료와 그 형태가 유사하며, 3000 m 선도 한반도 부근에서 CLI 경우에 나타나던 파형이 보이지 않는다(Fig. 3f).

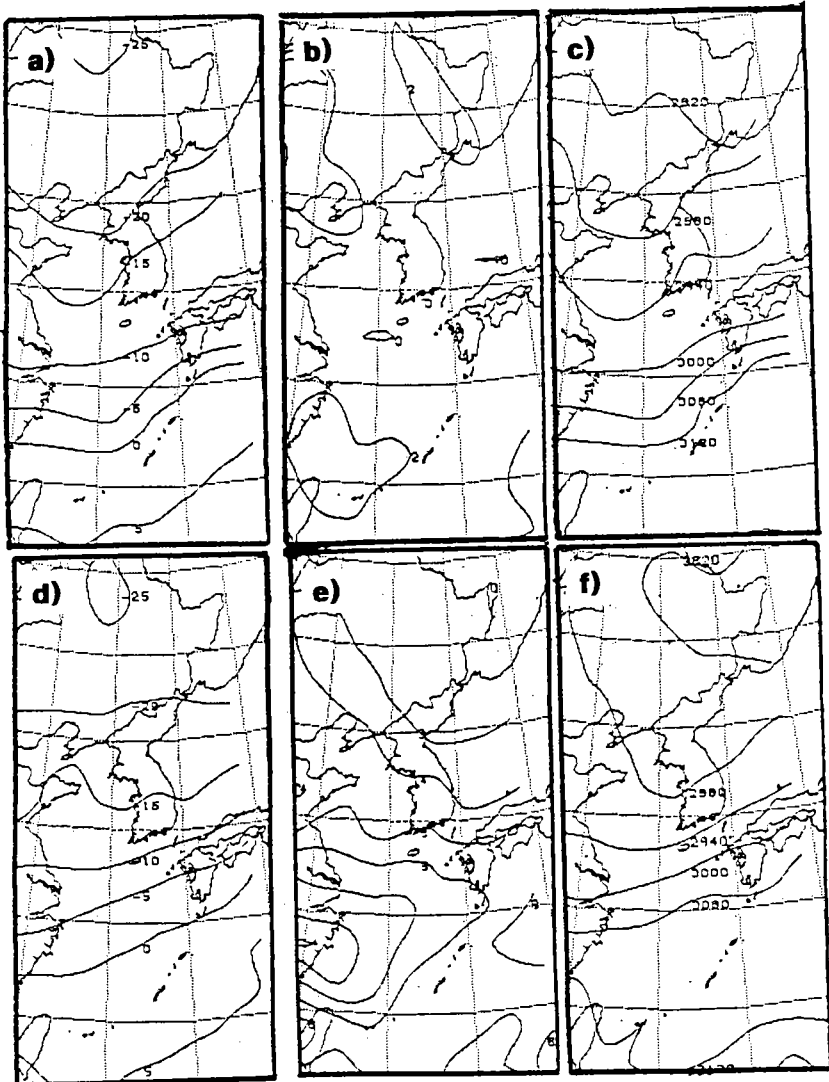


Fig. 4. The same as the Fig. 3 except for 12UTC 23 March 1994.



Fig. 4에 1994년 3월 23일 12UTC의 700 hPa 온도장과 포차장 그리고 지오폠펜셜 고도장에 대한 CLI와 SFC 결과를 보였다. 온도장은 CLI 경우  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  선이 종관 일기도(Fig. 2b)에 비해 지나치게 남하하여 발해만 까지 내려왔다(Fig. 4a). 그러나 SFC 결과에 의하면  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  선은 비교적 Fig. 2의 종관 자료와 유사하게 한만 국경을 지나가는 것으로 나타났다(Fig. 4d). 포차장은 CLI 경우에 중위도 대부분 지역이 2K 이하의 값을 가지며 변동량이 거의 없어 종관 자료와의 비교가 힘들다(Fig. 4b). SFC 경우는 만주와 동해상에 걸쳐 4K 이하의 습윤역이 나타나고 있으며, 대만 부근 해상에도 습윤역이 나타나는데 일본 열도 동쪽의 위성 자료가 없는 지역을 제외하면 거의 종관 자료와 일치한다(Fig. 4e). 지오폐텐셜 고도장은 CLI 경우 우리나라 부근의 고도곡이 일기도에 비해 서쪽으로 치우치고 있으며, 일기도 상에 나타나는 만주 지역의 분리된 저기압도 나타나지 않았다 (Fig. 4c). SFC 경우에는 우리나라에서 고도곡이 CLI 보다는 동쪽으로 나타나고 있으며 비록 700 hPa 일기도의 값보다 그 절대값이 다소 크지만 분리된 저기압의 형태도 나타난다(Fig. 4f).

## 2. 통계 분석

Fig. 5에 1994년 2월 한달간 CLI의 RAOB에 대한 편의 그리고 SFC의 RAOB에 대한 편의를 나타내었다. 온도는 ALL의 경우 SFC 값이 CLI 값보다 1000 hPa 에서 3K 작게 나타나지만, 그 상층의 형태는 매우 유사하다. PCL와 CLD인 경우 하층에서 SFC와 CLI의 차가 두드러지는데 SFC의 경우에 음의 편의가 크게 나타난다. 하층에서의 음의 편의와 중층의 양의 편의 그리고 권계면 부근의 음의 편의가 나타나는 형태는 기존의 연구(Schlatter, 1981)와 유사하다. 대류 권계면 부근에서의 편의가 음수에서 양수, 다시 음수로 변화하는 이유는 TOVS 자료 자체에 내재된 연직 완화에 의한 것으로 추정된다 (LeMarshall, 1984). 포차도 ALL인 경우 형태는 유사하나 SFC가 CLI보다 편의 값이 2-5K 정도 크게 나타나고 있으며, 700 hPa에서 그 차이가 약 5K로 가장 크다. CLI와 SFC 모두 대부분의 층에서 음의 편의를 보인다. CLI는 CLR, PCL, CLD 세 경우의 편의값이 대류권 중하층에서  $-10\text{K}$  정도로 큰값을 갖고 있으나 SFC 경우에는 CLR경우만  $-10\text{K}$  정도의 큰값을 가지며 PCL과 CLD는  $-5\text{K}$  정도로 작은 값을 갖는다. 지오폐텐셜 고도는 CLI와 SFC가 유사한 형태를 보이며, SFC의 편의가 CLI편의보다 작은 값을 갖는다. CLI는 모든층에서 양의 편의를 보이나, SFC는 500 - 300 hPa에서 음의 편의를 보인다. 운량은 CLD일 때 SFC 편의와 CLI 편의 차이가 가장 크게 나타나고 SFC 편이의값은 300 hPa이하의 층에서  $-60\text{ m}$  까지 나타나고 있다. 이는 기후자료와 GPV분석 자료의 1000 hPa 지오폐텐셜 값이 CLD에서 큰 차이가 났고, 또 온도의 편의도 CLD의 경우에 다른 경우보다 많은 차이가 났기 때문으로 생각된다.

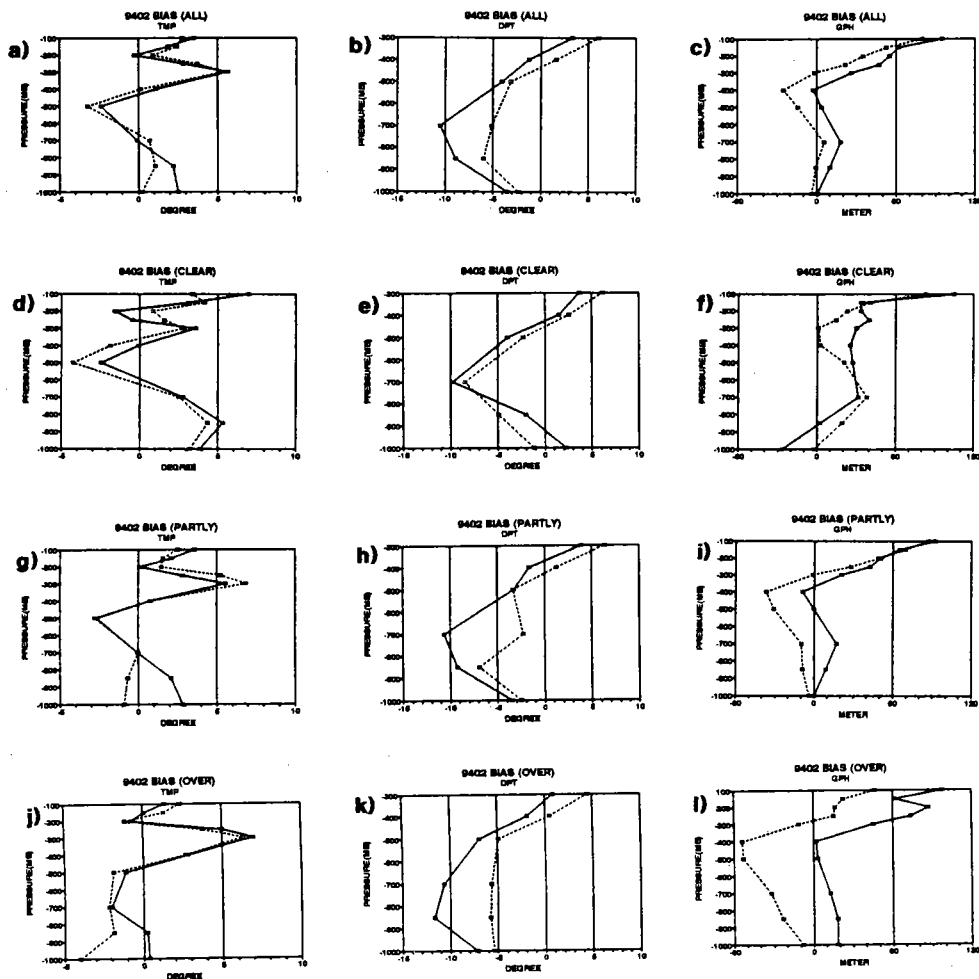


Fig. 5. Bias profiles for all (a,b,c), clear (d,e,f), partly cloudy (g,h, i), overcast(j, k,l). Left panel is temperature, middle panel is dew point difference and right panel is GPH. Filled rectangle is for CLI case and empty rectangle is for SFC case.

Fig. 6에 CLI의 RAOB에 대한 RMSD와 SFC의 RAOB에 대한 RMSD를 각각 보았다. 온도는 ALL인 경우 SFC가 CLI보다 1000 hPa에서 1.5K 이상 줄었으며, 상층에서는 거의 유사하게 나타났다. 즉 지표자료 입력을 통한 위성 산출 자료의 개선은 주로 대류권 하층에 국한된다고 볼 수 있다. 특이한 것은 흐린날은 지표 자료를 넣음으로서 지표면에서의 오차가 증가한 것으로 나타났다. 일반적으로 CLR과 PCL는 HIRS로 계산되고 CLD는 MSU로 계산되므로 CLR와 PCL가 유사하고 CLD는 다른 형태를 보일것으로 예상 되었으나(Philips et al., 1979), 예상과는 달리 CLD와 PCL가 유사하고 CLR이 다른 형태를 보이고 있다. SFC와 CLI 모두 지

TOVS retrieved data with the real time synoptic surface data - Ju

상과 300 hPa 부근에서 RMSD 값이 크게 나타났는데, 이는 위성 자료가 RAOB에 비해서 상대적으로 분해능이 나쁘기 때문에 온도 변화가 심한 지표와 권계면에서의 값을 위성 자료가 제대로 산출하지 못한 때문으로 추정된다(LeMarshall, 1982). 포차는 ALL인 경우 400 hPa보다 하층에서 SFC가 CLI보다 RMSD값이 작았다. 700 hPa이하의 층에서 SFC의 RMSD 값이 CLI의 RMSD 값보다 3K 정도 작게 나타났으나, 그 이상의 층에서는 유사했다. 포차는 CLR 경우에는 대부분의 층에서 SFC의 RMSD 값이 CLI의 RMSD 값보다 오히려 크게 나타났고,운량이 많은 경우인 PCL과 CLR의 경우에 SFC가 CLI보다 RMSD가 작게 나타났다. 지오폠펀셜 고도는 모든층에서 SFC의 RMSD가 CLI의 RMSD보다 작다. 특히 1000 hPa에서는 약 30 m 정도 작게 나타났다. 상층에서의 오차의 감소는 CLD의 영향이 큰것으로 나타났다. 지오폠펀셜 고도는 ITPP로 계산된 온도 값으로 층후를 산출한후 초기 자료로 입력된 1000 hPa 지오폠펀셜 고도 값에 누적하여 구하므로, 온도나 포차보다는 지오폠펀셜 고도값이 지표입력 자료에 직접적으로 관련된다.

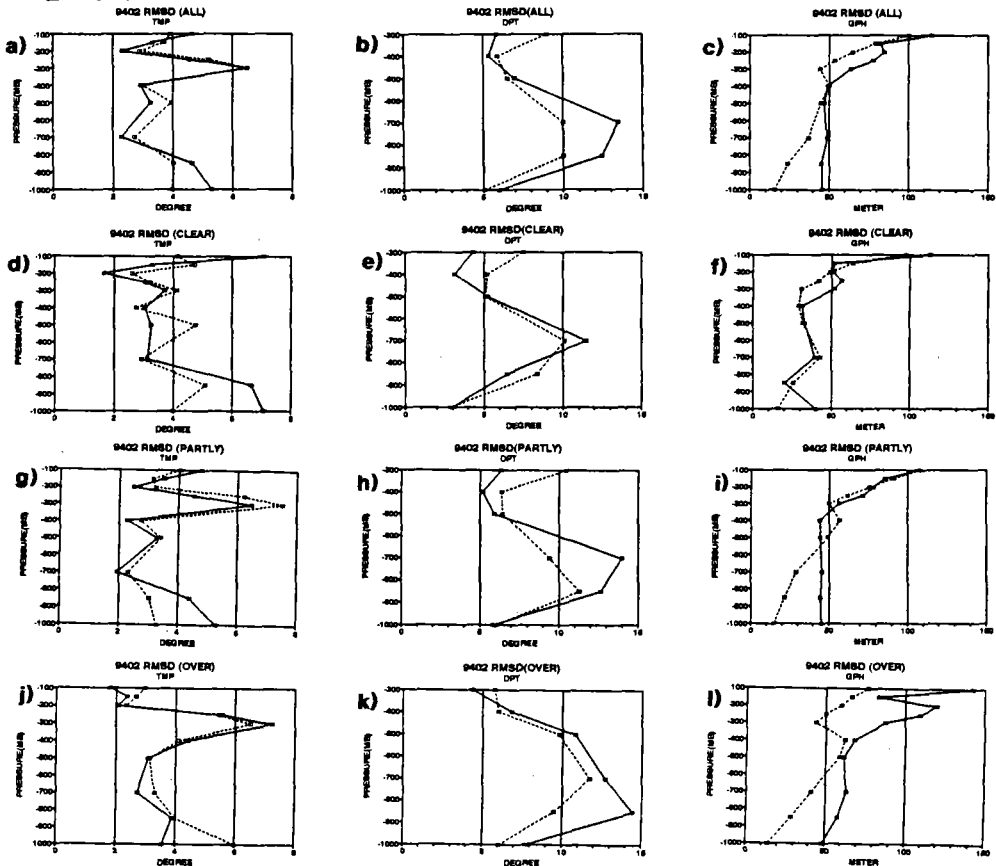


Fig. 6. The same as the Fig. 5 except for RMSD

## V. 결론

현재 기상청에서 수행하고 있는 ITPP산출 자료의 질적 개선을 위해 초기 입력 자료중 지표 값을 기후 자료 대신에 GPV 자료로 입력하여 ITPP를 수행하였다. GPV 자료의 입력을 통한 TOVS 산출 수치해석 자료가 종관적으로 어느 정도 개선 되었는지 알아보기 위하여 1994년 3월 15일 00UTC와 1994년 3월 23일 12UTC의 기상청 분석 700 hPa 상층 일기도와 비교하였다. 그 결과 GPV 지표 자료의 입력으로, 한반도 부근에서의 온도 변화를 민감하게 표현하였으며, 중위도 부근에서의 포차의 변동량을 세밀하게 나타내었고, 기압골의 위치와 분리된 저기압 등의 표현에 있어서도 많은 개선이 이루어졌다. 그러나 위성 산출 변수장은 실제 일기도와 여전히 많은 차이를 보였다. 위성 사운딩 자료는 지역적으로 균집을 이루고 형성되어 있고, HIRS(High Resolution Infrared Sounder) 기기의 주기적 보정때문에 자료가 없는 지점이 나타나게 되므로, 사운딩 자료가 없는 지역의 자료를 자료가 있는 지점으로부터 선형 내삽한후 객관 분석하여 오차를 줄이기도 한다(Perterson et al., 1977). 그러나 구름이 많은 흐린날의 경우는 위성 사운딩 지점이 매우 적게 관측되어 위의 방법의 적용에도 문제가 많다. 그러므로 위성 자료만으로 산출한 종관장의 현업 이용에는 아직까지 많은 문제점이 있으며, 위성 자료를 이용한 종관장의 산출시에는 RAOB 등의 관측 자료가 포함되어야 할 것이다.

다음으로 GPV 지표자료의 입력을 통한 질적 개선을 정량적으로 알아보기 위해 1994년 2월 한달 동안 TOVS 산출 수치해석 자료와 RAOB의 편의및 RMSD를 분석하였다. 그 결과 GPV 지표 자료의 입력으로 기후 자료의 입력시보다 온도는 1000 hPa에서 편의가 3K 줄어 들었다. 그러나 그 상층은 지표 자료 입력에 의한 효과가 거의 없었다. 하층의 온도의 편의 감소는 주로 맑은날의 영향 때문이었다. 포차는 GPV 지표 자료의 입력으로 기후 자료의 입력시보다 대부분의 층에서 편의가 2-5K 커졌다. 지오폠펜설고도도 종관 지표자료의 입력으로 편의가 감소하였다. TOVS자료의 RAOB에 대한 편의는 기후 자료의 입력시보다 종관 자료의 입력시에 편의 값이 0에 가까워지는 경향을 보였으나, 고도에 따른 변화 양상은 유사하였다.

RMSD 분석에서 초기 자료로 종관 지표 자료 입력시에 기후자료 입력시보다 온도의 경우 1000 hPa에서 1.5K 작게 나타났으나, 그 상층에서는 두 결과가 거의 유사하다. 포차의 경우 400 hPa보다 하층에서 종관 자료의 입력시에 RMSD값이 작게 나타났고 특히 700 hPa 층에서는 3K 이상 작았다. 지오폐텐셜 고도의 경우는 종관 지표 자료 입력시 1000 hPa에서 약 30 m 감소했고 권계면 부근에서는 20 m 감소 했다. GPV 지표자료 입력 효과는 주로 대류권 하층의 TOVS 수치해석 자료의 질적 개선에 큰 영향을 주었다.

## REFERENCE

- 안영인, 이동규, 1994: "TOVS 자료의 산출에 있어서 초기 추정치의 의존도 연구". 『한국 기상학회지』, 30-1, 35-47.

TOVS retrieved data with the real time synoptic surface data - Ju

- 조하만, 이재원, 김금란, 윤학수, 1991: "RAOB 자료를 이용한 TOVS산출 자료의 비교 분석". 『한국 기상 학회지』, 27-2, 119-134.
- Bruce, R. E., L. D. Duncan and J. H. Pierluissi, 1977: "Experimental Study of the Relationship Between Radiosonde Temperatures and Satellite-Derived Temperatures". *Mon. Wea. Rev.*, 105, 493-496.
- Chahine, M. T., 1970: "A general relaxation method for inverse solution of the full radiative transfer equation". *Journal of Science*, 27, 960.
- Le Marshall, J. F., 1984: An Introduction of Temperature and Moisture Fields Retrieved from TIROS Operational Vertical Sounder Data. A Report on ITSC-2, 160-118.
- Phillips, N., L. McMilln, A. Grunber, and D. Wark, 1979: "An Evaluation of Early Operational Temperature Soundings From TIROS-N", *Bull. Am. Meteorol. Soc.* 60, 1188-1197.
- Rodgers, C.,D., 1976: "Retrieval of atmospheric temperature and composition from remote measurements of thermal radiation". *Reviews of Geophysics and Space Physics*, 14, 609-624.
- Schlatter, T. W., 1981: "An Assment of TIROS-N Temperature Retrievals over the United States", *Mon Wea Rev.*, 109, 110-119.
- Smith, W. L. , 1970: "Iterative solution of the radiation transfer equation for temperature and absorbing gas profile of an atmosphere". *Applied Optics*, 9, 1993-1999.
- and H.M. Woolf, 1976: "The use of eigenvectors of statistical covariance matrices for interpretation of satellite sonding radiometer observation". *Journal of the Atmospheric Science*. 33, 1127-1140.
- , 1983: Algorithms used to retrieve surface-skin temperature and vertical temperature and moisture profile from VISSR Atmospheric Sounder(VAS) Radiance Observations, NOAA/National Earth Satellite Service, Madison, Wisconsin.
- , 1984: Improved Vertical Soundings from an Amalgation of Polar and Geostationary Radiance Observation, Preprint Volume: Conferances on Satellite/Remote Sensing and Applications. June 25-29. 1984, Clearwater Beach, Fla.
- Susskind, J., Rosenfield,J. and Reuter D., 1983: An accurate radiative transfer model for use in the direct physical inversion of HIRS2 and MSU sounding data. *Journal of Geophysical Research* 88, 8550-68.
- Yates. H. W., 1974: Limitations and prospect for atmospheric sounding. *Proc. Photo-Opt. Instrum. Eng.*, 51, 1-20.