

## 위성관측에 의한 동해상의 폭발적 저기압의 고찰

정 효 상

기상청예보국

### Reviewing the Explosively Deepening Cyclone(Cyclonic Bomb) over the East Sea with the Satellite Observations

Hyo-Sang Chung

Forecast Bureau, Korea Meteorological Administration

#### Abstract

The characteristics of rapid development of the low pressure system over the East Sea from 06 to 08 Nov., 1995 has been analyzed in detail by the synoptic numerical products and satellite observations. The Low system was initially triggered the development of the baroclinic leaf cloud over the border of the northern

part of Korea and China and moved eastward and then developed explosively comma or lambda type cloud system over the East Sea. To forecast well the general development and movement of the coastal winter cyclone over the East Sea popularly in a numerical simulation by several scientists, the large baroclinicity, continuous support of water vapor, and sequential cold outbreak over the warm sea surface have been more commonly concerned about. The cyclone which the central surface pressure was dropped 40hPa within 24 hours has often accompanied strong wind and heavy snow- or rain-fall in the winter season.

In all successive observations with 12-hourly satellite imagery and analyzed meteorological variables in this period, the centers of the sea-level pressure and 500hPa geopotential height associated with this cyclone were typically illustrated by moving farther eastward using GMS combined enhanced IR images. The maximum wind sustained by this system with the intensity and central pressure of tropical storm was about 60 knots with the center pressure drop of 44hPa/day similar to the North American cyclonic bomb and Atlantic storm.

---

1996년 7월 27일 접수 : 1996년 9월 28일 수리.

## 요 약

1995년 늦가을인 11월 6일에서 8일 사이에 우리나라로부터 동해상으로 이동하면서 폭발적으로 발달한 저기압을 종관자료와 위성영상자료를 사용하여 분석하였다.

이 저기압은 중국북부에서 이동하여 한반도 국경 부근에서 경압성 구름(Baroclinic Leaf Cloud)으로 형태를 띠었고 동해상에서 쉼마형(Comma) 구름으로 발달하였으며, 다시 저기압 최성기에 동반되는 Lambda형 구름으로 발달하였다. 여러 과학자들이 동해선풍에 대한 이동과 발달에 대한 수치모사에 따른 예보를 할 때 이런 저기압의 큰 경압성, 수증기의 지속적인 유입, 그리고 따뜻한 해양상으로 한파의 내습이 보편적으로 고려되는 것 들이다. 저기압의 중심기압이 24시간 내에 40hPa 이상 하강하는 이런 저기압은 겨울철에는 종종 강한 바람과 폭우나 폭설을 동반하곤 한다.

위의기간 중 12시간 연속적인 위성영상과 기상변수의 분석에 의하면 이 저기압과 관련하여 해면기압과 500hPa 기압고도의 중심은 기상위성의 합성된 강조적외영상을 사용하여 동쪽으로 이동한 전형적인 모습을 잘 묘사하고 있다. 열대성저기압의 강도와 중심기압을 가진 이런 저기압에 동반된 강풍은 60노트로 북아메리카의 저기압폭탄이나 대서양 폭풍과 유사하게 하루에 44hPa나 중심기압이 떨어졌다.

(기상위성 강조영상, 저기압 폭탄, 동해선풍, 기상변수, 경압성, 한파)

## 1. 서 론

우리는 매일의 일기예보를 산출하기 위해 여러 첨단관측장비와 분석기술을 동원하여 기상관측을 하고 이들 관측자료를 분석하는데 수치해석과 예보모델을 이용한다. 정지기상위성(GMS) 구름사진은 매 시간마다의 연속적인 기상현상의 감시에 용이하며 특히, 기상현상의 수명이 수 시간에서 하루이내인 기상요란의 감시에 이용가치가 크다. 반면 극궤도기상위성의 영상이나 수치해석자료는 종관규모 기상현상의 열적 또는 역학적인 대기상태를 분석할 수 있다.

동해상에서 태풍 규모의 세기로 급속히 발달하는 폭발적 중위도저기압 (cyclonic bomb or explosively deepening cyclone)의 발생은 동아시아 연안에서는 간헐적으로 나타나는 현상으로 동해선풍이라고도 말한다(하경자·이동규; 1984, 정창희 등; 1984, 이동규 등; 1987, 안중배·정창희; 1984, 박선기·이동규; 1986). 이른 겨울철이나 이른 봄철에 한랭한 대륙고기압이 장출할 때, 이 고기압의 전면에서 서해상과 한반도 부근에서는 세력이 약했던 저기압이 남동진 하였다가 북동진하여 동해상으로 진출하면 한랭한 북한해류와 온난한 구로시오 해류가 만나는 해상의 북쪽 상공에서 발생하는 현저한 에너지의 변환과 중위도 폭풍우 발달에 기여하는 주요한 인자로 알려진 급격한 온도경도에 의해 나타나는 경압불안정과 관련된 하층의 수렴으로 폭발적 저기압

(여기서 폭발적 저기압은 지상저기압 중심이 24시간 내에 40hPa 급강하 하면서 강한 바람 또는 집중호우 현상을 동반(Sanders and Gyakum, 1980))으로 발달하는 경우로 이를 종종 저기압 폭탄이라고도 한다.

최근의 수치모의 실험결과(Kuo and Reed, 1983; Reed and Albright, 1986), 잠열방출과 관련된 열적 과정의 현상으로 잠열가열을 포함하면 이기압골은 급속히 발달하나, 단순건조한 경압성의 포함은 저기압 발달에 큰 역할을 못하고, 현열의 보충은 잠열의 생성보다 큰 역할을 못한다고 알려져 있다(Chen and Dell'Osso, 1987). 일반적으로 폭발적 저기압은 잠열방출과 관련된 열적 과정만의 현상이라기 보다는 상층골, 제트기류와 하층 전선대와 연관있는 역학적 과정에 의해서도 발달한다. 이때의 상층골은 지상기압의 강화에 필요한 발산과정과 관련(Kristjansson and Thorstein, 1995; Reader and Moore, 1995) 있으며, 하층수렴은 저기압의 급속한 회전을 나타내는 와도의 증가에 기여한다고 알려져 있다. 따라서 상층의 제트기류는 저기압 발생시 상층권의 침하 역할을 담당하고, 잠열방출과 관련된 열적과정보다는 상층골, 제트기류, 하층전선과 관련된 역학적 과정이 급속발달하는 중위도 폭풍과 관련있으며 하층에서 중층으로의 와동의 연직팽창에도 기여한다. 또한 해양상 온난해류의 북쪽해상에서도 발달하기 쉽다. 이러한 폭발적으로 발달한 중위도 저기압은 미대륙이나 북대서양 해상에서는 자주 나타나는 기상현상으로 여러 연구(Uccellini et al., 1985; Weldon, 1975; Young et al., 1987)에서 이들의 역학적 특성과 구조를 고찰한 바 있다.

본 연구에서는 1995년 늦가을철인 11월 6일부터 8일 사이에 중국대륙에 위치한 이동성 고기압의 전면에서 서해상과 한반도 부근에서는 세력이 약했던 저기압이 남동진 하였다가 북동진하면서 동해상으로 진출하여 폭발성 저기압으로 발달한 태풍의 크기와 비슷한 규모의 중위도저기압(Roebber, 1984)으로 이 저기압의 종관적 분석과 역학적 특성을 지상과 고층자료분석 및 위성영상을 근거하여 고찰하였다. 정지위성 영상에서 이 폭발적 중위도 저기압의 발달과정을 보여주고 이와 관련하여 한반도 부근에서는 경압성 파형(Baroclinic Leaf) 구름을 동반하였다가 발달한 저기압에서는 Lambda 형태의 구름을 동반하는 폭발적 저기압의 종관적 구조를 설명하였는데 이는 미국 내륙과 동안이나 북대서양상에서 발생했던 폭발적 중위도저기압의 특징을 잘 갖추고 있었음을 보여주었다(Gronas, 1995; Newton and Holopainen, 1990).

## 2. 사례선택 및 자료

본 사례의 저기압은 1995년 11월 6일부터 8일 사이에 중국대륙에 위치한 약한 저기압이 한반도 부근으로 접근하였다가 동해상으로 이동한 뒤, 동해북부 해상에서 폭발적으로 발달하여 태풍의 크기와 비슷한 규모의 중위도저기압으로 발달한 드문 현상이다. Figure 1.에서 보여 주는 바와 같이 1995년 11월 7일 00UTC부터 8일 00UTC사이에 지상저기압의 중심시도는 24시간 내에 44hPa가 급강하 하면서 강한 바람 또는 집중호우 현상을 동반하였다. 요동반도에 위치한 기

압골(6일 12UTC)이 12시간후 한반도 북부지방에 도달할때까지 중심시도는 04hPa가 떨어졌으며 이 기압골이 동해상으로 이동하여 7일 12UTC에는 중심시도는 22hPa가 떨어졌고, 일본북부 해상에서 중심시도가 다시 22hPa 떨어졌다. 이 기압골은 24시간내에 무려 44hPa 떨어져 태풍의 중심시도는 968hPa이 되었으며 이에 동반된 바람은 60knots 이상으로 폭발적으로 발달하였던 저기압이다.

이 기압골이 1995년 11월 6일 12UTC 요동반도에서 한반도로 접근시 약한 저기압으로 우리나라는 구름만 조금 끼었다. 7일 아침 00UTC 한반도에 상륙한 이 기압골로 인하여 전국적으로 10-19mm의 강수량을 기록하였으며 강설량은 강원산악지방에 0.5-1.2cm가 내렸고, 또한 남부지방에는 강풍이 16m/s 이상 불었다. 8일 00UTC에는 찬 대륙성고기압의 영향으로 중부내륙지방은 영하권으로 떨어져 바람도 다소 강하게 불고 쌀쌀하였다.

위성영상분석을 위해서는 12시간 간격의 GMS위성 적외강조영상을 6일 12UTC부터 9일 00UTC까지 연속적으로 사용하였다. 종관분석을 위한 수치분석자료와 예보자료는 극동지역수치

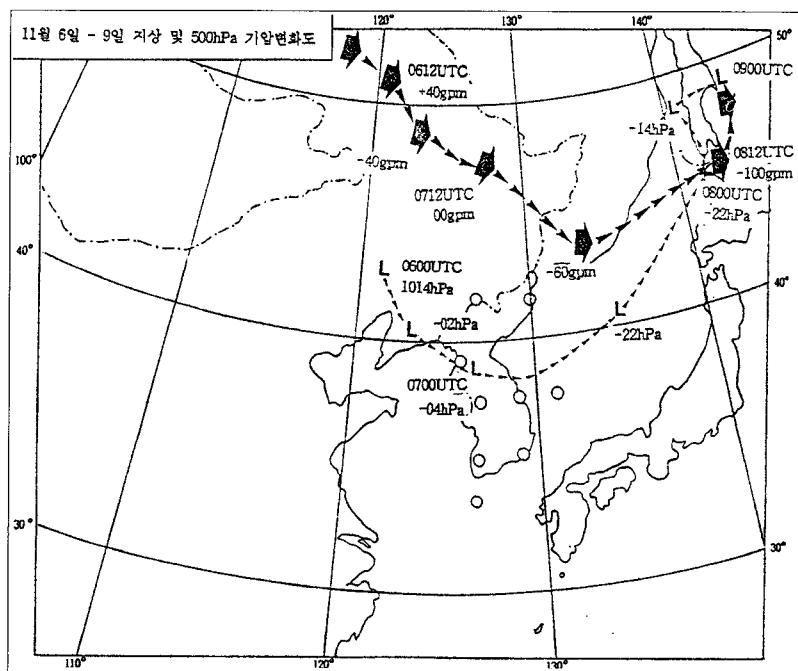


Fig. 1. The sequential variation of dropping surface central pressure and 500hPa central geopotential height values from 12UTC 06 Nov. to 00UTC 09 Nov., 1995. The dotted line and thick arrow indicate the location and dropped central pressure and geopotential height, respectively.

모델(Far-East Limiter Area Model)로 운영한 7일과 8일 00UTC의 850hPa 수증기 수송도, 포차도, 상승운동도와 500hPa의 와도도, 그리고 6일 12UTC와 8일 00UTC의 지상과 500hPa 실험분석도와 예상도, 7일과 8일 00UTC의 지상과 500hPa 실험분석도와 예상도를 사용하였다.

### 3. 위성영상자료의 해석

GMS 위성영상자료에서 1995년 11월 6일부터 9일까지 우리나라 부근에서 중위도 저기압이 이동하면서 발달할 때 기압골에 동반되어 나타나는 일련의 특징적 구름형태를 Fig. 2에 나타내었다. Figure 2a에서 발생한 일자형 구름의 양이 지속적 또는 증가하면서 운정온도는 점차 감소하고 길게 뻗은 파형운(Baroclinic Leaf Cloud)의 양이 점차 증가하고(Fig. 2b 참조) 한랭해지면서 썸마형 또는 파형운의 형태가 점차 뚜렷해진다(Fig. 2c 참조). 이 기압골이 발달하면서 이 구름대는 썸마형 구름 또는 파형운이 점점 고압성으로 회전하고 썸마형 또는 파형운의 변곡(transition point)이 발생한다(Fig. 2d 참조). 따라서 Fig. 2a에서 Fig. 2f까지 경압성 파형운이 발달하여 썸마형 구름의 형태를 갖추는데 영향을 미치는 요소를 살펴보면 첫째로, 지속적인 서로 다른 회전과 이들의 변화(Differential rotation and its variations)가 나타나고, 둘째 습기의 지속적인 공급(Availability of moisture)이 존재하기 때문이다. 여기에다 하층의 구름형성을 촉진하고 상층의 구름이 소산되도록 연직기류가 존재하고(Vertical motion for the development and dissipation of clouds), 바람쉬어에 의한 서로 다른 층에 구름이 존재(Differential levels of cloud systems)하게 되고, 또한 대기의 불안정도(Stability)가 증가하게 되면 이 썸마형 구름대는 더욱 발달하여 태풍규모를 가진 썸마형 구름이 된다(Fig. 2f 참조).

6일 12UTC의 적외영상(Fig. 2a 참조)에서는 요동반도 부근에 위치한 하층운대가 파동형태를 보이면서 12시간 후에는 파형운의 모습이 전보다 뚜렷한 모습을 갖추었다(Fig. 2b 참조). 이 구름대가 다소 남하하였다가 동진하면서 제주도 남쪽을 지나는 중·상층운대와 합쳐지면서 그모습이 썸마형태를 갖추었다(Fig. 2c 참조). 썸마형 구름대는 종관규모의 간격으로 급격히 발달하며 강수지역 및 강수강도의 분포가 국지성을 보여주는 적란운이 GMS 위성구름사진에서는 잘 포착이 되므로 구름사진을 이용하여 매 시간마다 이 구름군의 이동 및 발달상태를 주시할 수 있다. 이때 발달된 적란운들이 다른 적란운과 상호작용을 한다는 것을 잘 보여준다. Figure 2d에 보여주는 바와같이 12시간 후인 7일 12UTC에 두 구름역은 완전히 합쳐져서 폐색저기압형태로 나타나며 dry slot(건조공기괴의 유입)이 존재하고 있다. 이 구름대는 계속하여 북동쪽으로 회전하는 모습을 보이며, 이 구름대에는 남서기류에 따른 적운계통의 구름이 산재하고 있음을 알 수 있다. 한편, 온난전선에 해당되는 구름역은 뚜렷하지 않은데 이는 이 부근에서 하강운동이 시작되므로 구름이 소멸되기 쉽기 때문이다. 11월 8일 00UTC에서 이 dry slot은 점차 확대되면서 전형적인 폐색저기압에 동반된 썸마형 구름이 뚜렷이 보이고 있다(Fig. 2e와 2f 참조).

Figure 3에서 보여주는 것은 7일 00UTC에 보여준 파형운이 Fig. 2b에서 어떠한 역학적 구조

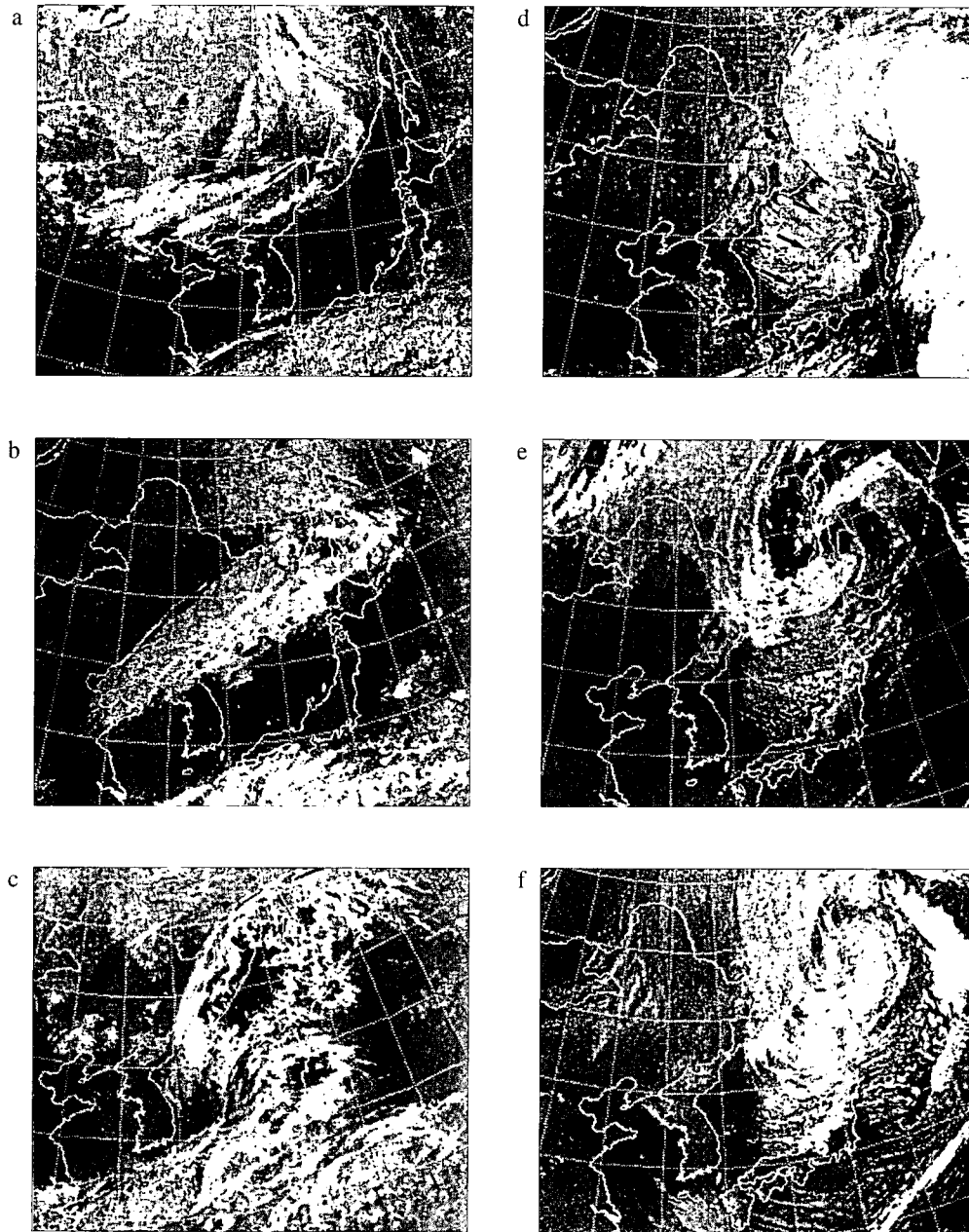


그림 2. 12-hourly GMS enhanced IR imagery prior to and during cyclonic bomb with baroclinic leaf type to mature comma type of cloud for a) 12UTC 06, b) 00UTC 07, c) 12UTC 07, d) 00UTC 08, e) 12UTC 08, f) 00UTC 09 Nov., 1995, respectively.

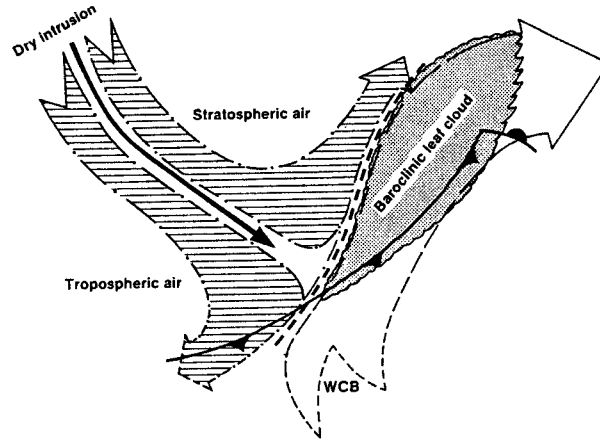


그림 3. Conceptual model derived from the mesh model isentropic relative flow analyses on the 310K surface at 18UTC, 26 Nov., 1983. WCB represents the Warm Conveyor Belt(After Young et al., 1987).

를 가지고 발달하는 가를 보여준다. 폭발적 저기압으로 발달전 파형운이 발달(baroclinic leaf or sub-synoptic system cloud)하며, 이파형운이 상층에서 건조하고 한랭한 기류가 하강하고 하층에서는 습윤하고 따뜻한 기류의 상승에 의해 급속한 온정온도의 하강이 지속되고 발달하여 컴마형으로 점차 발달해 가는 경압성 파형운의 대체적인 모양과 열적·역학적 수직구조에 의해 형성된다는 것을 보여준다.

두가지 주요한 기류인 Warm Conveyor Belt(WCB)와 Cold Conveyor Belt(CCB)에 의하여 파형운이 존재·발달하게 되는데 WCB의 역할은 경압성 파형운을 상승시키면서 한랭전선 위에서 뒤쪽으로 상승하는 기류이다. 다른 기류는 권계면 잡아당김(tropopause folding) 지역의 구름에서 상층부로부터 연유된 건조공기가 침하하는 것이다. 이 dry slot(dry intrusion)에 따른 북쪽부분의 제트기류의 왼쪽 유출부에서 상승하는데 성층권 하부의 기류로 Potential Vorticity(PV)가 높은 기류이다. 남쪽부분은 제트기류의 오른쪽 유출부에서 하강하는데 대류권 상부의 기류로 PV가 낮은 기류이다. 이 파형운이 컴마형 구름의 형태를 갖추면 이 시스템은 대표적인 중위도 저기압의 성질과 모양을 형성하여 심한 강수와 돌풍현상까지도 예상할 수 있다.

#### 4. 종관수치분석자료의 해석

종관수치 자료분석은 이 기압골이 발달하기전 우리나라 북부지방에 위치해 있던 7일 00UTC 와 그로부터 24시간 후인 8일 00UTC사이의 종관규모의 수치분석자료와 예보자료를 극동지역

수치모델(Far-East Limited Area Model)로 운영한 850hPa 수증기 수송도, 상승운동도와 500hPa의 고도변화도와 와도도, 그리고 6일 12UTC와 8일 00UTC의 지상과 500hPa 실태분석도와 예상도, 7일과 8일 00UTC의 지상과 500hPa 실태분석도와 예상도를 선택하였다.

7일 00UTC의 850hPa 고도면에서 한반도로 유입된 수증기는 Fig. 4a에서 보여주고 있는 바와 같이 한반도 북쪽 서해상에서 북서풍에서 남서풍으로 계속 유입되고 있으며 전선은 아직 서해상에 남아있고, 하층제트기류를 따라 습윤한 기류가 내륙으로 계속 이동되고 있음을 알 수 있다. 이때의 하층제트기류는 그다지 강하지 않음을 알 수 있다. 그러나 Fig. 4b에서는 동해북부와 일본 북부지방에 수증기수송의 규모가 아주 컸으며, 하층의 제트기류도 대조적으로 아주 강했던 것을 보여주고 있는데, 이는 동해상의 역할과 일본동쪽 해상에서의 수증기 유입도 큰 역할을 했다는 것을 알 수 있다.

850hPa의 수증기 수송과 같이 11월 7일의 00UTC의 850hPa 고도면에서 한반도부근의 대기수렴대의 위치와 강도를 Fig. 5에 보여주고 있다. Figure 5a에서는 한반도 상공에서 수렴대가 강하고 동해상에는 하층발산대(하강기류대)가 위치해 있었으므로 한반도 부근에서 날씨가 나빴었다는 것은 자명하다. 그러나 24시간 후인 8일 00UTC에는 Fig. 5b에서 보여주는 바와 같이 이 수렴대가 동해상과 일본북부지역과 동부지역으로 이동하였으며, 하층으로부터 Fig. 5a에 비해 수렴대의 강도가 훨씬 크고, 동해상에서 하층발산대가 수렴대 중심을 파고 들고 있어 수렴경도가 높았다는 것을 알 수 있어 Fig. 2d에서 보여 주었던 성숙한 콧마형 구름과 잘 일치하고 있다.

Figure 6a는 11월 7일 00UTC에 500hPa 고도면의 24시간 변화를 보여주고 있는데, 서해 북부해상과 한반도 북부지방으로부터 심한 고도면의 감소가 있고, 화북지방으로부터 높은 기압상승대가 위치하고 있었다. 8일 00UTC에서는 Fig. 6b에서 보여주는 바와같이 Fig. 6a에 보였던 서해상과 한반도북부에 있던 하강역이 동해상으로 이동하여 더욱 심한 고도하강역이 폭넓게 확장되어 기압골의 발달을 뚜렷하게 보여주고 있다. 즉, 한랭한 북한 해류와 온난한 구로시오 해류가

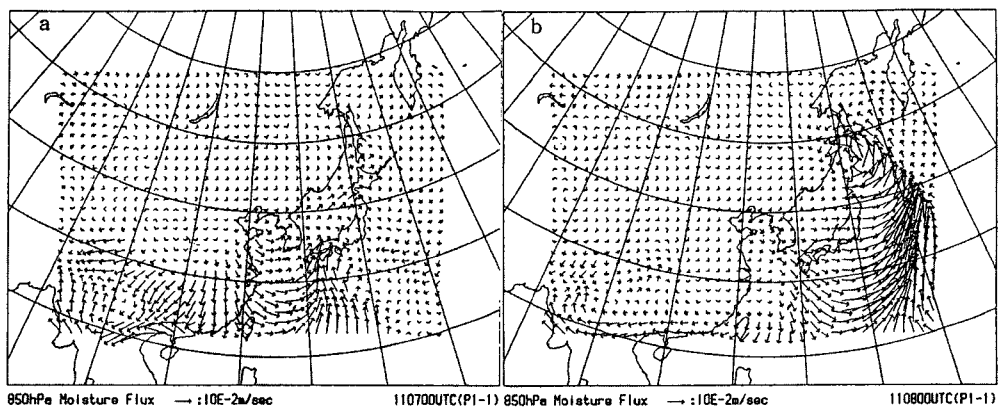


Fig. 4. The charts of 850hPa moisture flux on a) 00UTC 07 and b) 08 Nov., 1995.



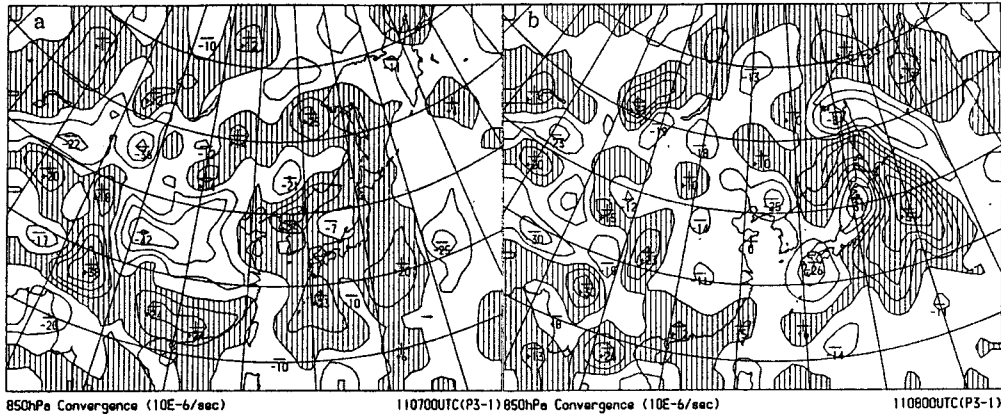


Fig. 5. The charts of 850hPa convergence on a) 00UTC 07 and b) 08 Nov., 1995.

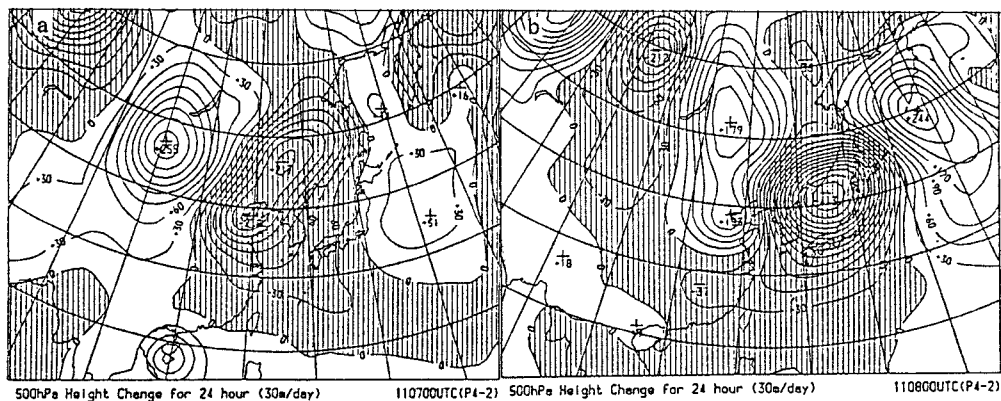


Fig. 6. The charts of 500hPa geopotential height change on a) 00UTC 07 and b) 08 Nov., 1995.

만나는 해상과 일본동쪽 해상에서의 현저한 온도경도, 화북지방에서 이동해오는 한랭한 Cold Outbreak의 기류에 의한 온도경도 차이에 의한 불안정성 증가와 하층 수렴대 경계를 따라 부는 하층제트기류의 유입으로 급속한 수렴이 Vortex의 연직팽창에 기여하고 있음을 보여준다.

Figure 7a는 11월 7일 00UTC에서 500hPa 와도의 24시간 변화를 보여주고 있는데, 중국 산둥 반도와 서해 북부해상으로부터 큰 양의 와도역이 위치하고 있고 한반도 부근에서 커다란 양의 와도경도가 있다는 것을 알 수 있다. 8일 00UTC에서는 Fig. 7b에서 보여주는 바와같이 Fig. 7a에 보였던 양의 와도역은 동해상과 일본 북부지방으로 이동하여 더욱 큰 양의 와도역이 폭넓게 확장되어 있어 이 지역에서 기압골의 발달을 뚜렷하게 보여주고 있다. 동해상과 일본 북부해상에서의 현저한 온도경도, 화북지방에서 이동해오는 음의 와도역과 동해상과 일본 동쪽 해상의

양의 와도역 사이의 커다란 와도경도 차이에 의한 불안정성 증가와 급속한 수렴으로 Vortex의 연직팽창에 기여하고 있음을 보여주며, 이것은 저압성 와도의 증가에 기여하였다. Figure 7b에 보여주는 폭넓게 발달된 양의 와도역은 Fig. 2d에 보여주는 성숙된 컴마형 구름대와 잘 일치한다. 이런 상황에 대응하여 500hPa 고도에서 양의 와도(Fig. 7b 참조)는 더욱 강화되며 와도축은 동해 북부지방에서 일본 중부지방으로 뻗어 있음을 알 수 있다. 또한 PVA 지역인 최대 와도구역의 풍하측에 파동형태의 구름이 존재하여 대규모 상승운동구역에서 구름대가 발달하고 있음을 알 수가 있다( $\omega$  방정식에서 보면 상승운동이 존재하는 곳에 대기의 상층과 하층사이에서의 양의 와도이류의 차이가 +인 지역으로, 이 경우에는 지상에서는 양의 와도이류가 500hPa 고도에서의 양의 와도이류보다 훨씬 작기 때문에 500 hPa 고도에서의 양의 와도이류를 보고 수직운동구역을 파악할 수 있음).

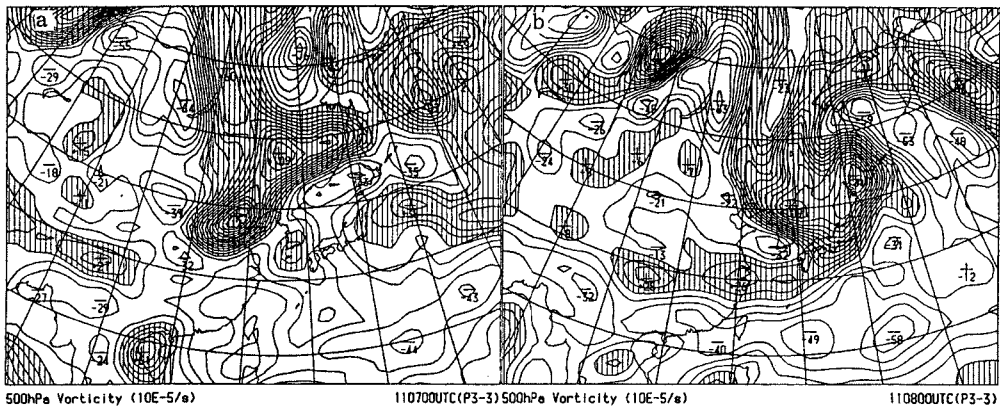


Fig. 7. The charts of 500hPa vorticity on a) 00UTC 07 and b) 08 Nov., 1995.

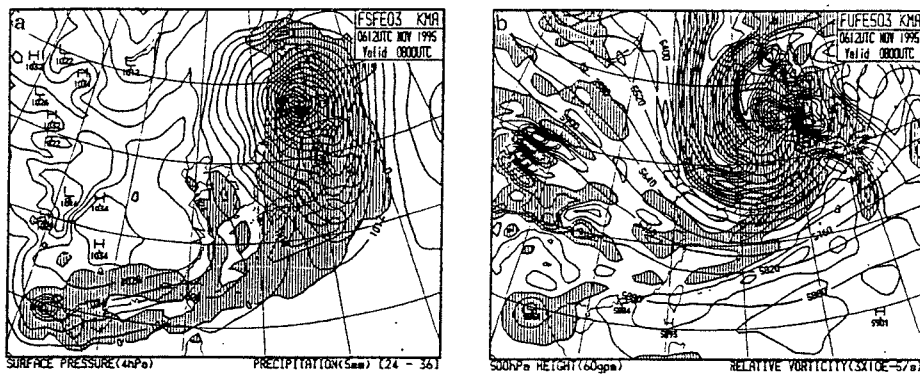


Fig. 8. The charts of analyzed a) 500hPa and b) Surface on 12UTC 06 and predicted c) 500hPa and d) Surface on 00UTC 08 Nov., 1995, respectively.

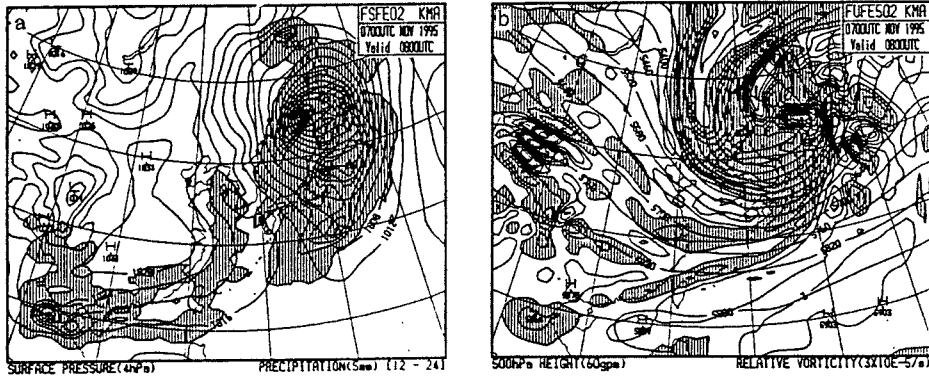


Fig. 9. The charts of analyzed a) 500hPa and b) Surface on 00UTC 07 and predicted c) 500hPa and d) Surface on 00UTC 08 Nov., 1995, respectively.

극동지역 수치모델(Far-East Limited Area Model)을 운영하여 6일 12UTC와 7일 00UTC에 예측한 8일 00UTC의 지상과 500hPa 예상도를 Fig. 8과 9에 각각 나타내었다. 이 예상도에서 보여주는 바와같이 이 기압골은 36시간전(6일 저녁)과 24시간전(7일 아침)부터 동해상에서 폭발적으로 발달할 것을 예측하였다. 이들 예상된 지상기압계를 보면 Fig. 2d에서 보여주는 바와같이 이 기압골이 동해와 일본 북부해상에서 폭발적으로 발달할 것을 이미 보여주고 있다.

## 5. 결론 및 향후 계획

1995년 11월 6일부터 8일 사이에 중국대륙의 이동성 고기압의 전면에서 한반도 부근으로 접근했던 기압골이 동해상으로 이동한 뒤, 동해북부 해상에서 폭발적으로 발달하여 태풍의 크기와 비슷한 규모의 중위도저기압은 가을철에는 드문 현상이다. 기후학적으로 서태평양쪽(동해상)에서 겨울철 폭발적 저기압 발생은 대서양쪽 보다는 발달강도에서 낮으나 발생비율은 높다.

중위도 저기압이 동해상의 북쪽 500hPa 상공에서 급격한 고도변화와 와도역의 변화는 현저한 에너지의 변환과 급격한 온도경도에 의해 나타나는 경압불안정과 관련된 하층의 수렴으로 인하여 이저기압은 폭발적 저기압으로 발달하였다. 연속적인 12시간 간격의 정지위성 영상에서 이 폭발적 중위도 저기압의 발달과정을 보면 한반도 부근에서는 경압성 파형운을 동반하였다가 발달한 저기압에서는 Lambda 형태의 구름을 동반하였는데, 이는 미국 내륙과 동안이나 북대서양상에서 발생했던 폭발적 중위도저기압의 특징을 갖추고 있었다. 가을철에 발생하기에는 드문 동해상의 중위도저기압의 종관적 분석과 역학적 특성을 종관자료분석 및 위성영상을 근거하여 고찰하였다.

겨울철보다 가을의 후반인 11월 7일부터 8일사이 24시간동안 지상저기압의 중심시도는 약

44hPa까지 감소하였으며 이때의 지상저기압의 중심시도는 11월 7일 00UTC에는 1008hPa이었다가 4hPa가 감소하였고, 12시간 후인 7일 12UTC에는 22hPa가 감소한 986hPa로 된 후 12시간후인 8일 00UTC에는 다시 22hPa가 감소하여 964hPa로 발달하였다. 상대적으로 상층 500hPa의 중심고도 감소는 40gpm 감소하였다가 8일 00UTC에 60gpm으로 상층에서의 고도변화는 변화가 적었다.

수치분석자료에서 극동아시아 모델(Far East Regional Atmospheric Model)로 분석 및 예보한 결과는 24시간, 36시간, 48시간의 Cyclone Bomb의 발달을 정확히 모사실험 할 수 있었다. 참고로 세계이상기상 보고에 의하면 이번 폭발적 저기압은 11월 9일 러시아의 극동 사할린지방을 태풍의 세기로 강타하여 인명피해로는 2명 사망했고, 사할린섬에는 30m/s가 넘는 강풍을 기록하였다.

앞으로 이런 유형의 저기압이 서해나 남해상에서의 폭발적 저기압 발생 가능성을 조사하고 한반도 부근에서 폭발성 저기압에 동반되는 악천후의 가능성의 예측도 조사하여야 한다. 더구나 이런 저기압의 발생은 순조로운 기압계이동을 저지시키는 역할을 하게 되므로 주간예보의 차질을 빚을 가능성이 크므로 이런 폭발적 저기압 발생에 관해 장기간 자료축적 및 분석이 필요하다.

## 참 고 문 헌

- 박선기, 이동규, 1987: 아시아 동안에서 북동진하며 발달하는 온대저기압의 종관적 특성. 한국기상학회지, 23(1), 1-25.
- 안중배, 정창희, 1984: 동해에서 발달한 저기압과 관련된 에너지수지에 관한 연구. 한국기상학회지, 20(2), 22-34.
- 이동규, 김성삼, 윤순창, 강인식, 김정우, 홍성길, 1987: 겨울철 아시아 동안에서 발달한 저기압의 수치시뮬레이션에 관한 연구. 한국기상학회지, 23(2), 1-22.
- 정창희, 김성삼, 박순웅, 민경덕, 안희수, 1984: 동해에서의 저기압 발달에 관한 사례연구. 한국기상학회지, 20(2), 3-21.
- 하경자, 이동규, 1984: 동해선풍과 관련된 Jet류에 관한 연구. 한국기상학회지, 20(1), 8-19.
- Chen, S.J. and L. Dell'Osso, 1987: A numerical case study of East Asian coastal cyclogenesis. Mon. Wea. Rev., 115, 477-487.
- Gronas, S. 1995: The seclusion intensification of the New Year's day storm 1992. Tellus, 47A, 733-746.
- Kristjansson, J. E. and S. Thorsteinsson, 1995: The structure and evolution of an explosive cyclone near Iceland. Tellus, 47A, 656-670.

- Kuo, Y. H. and R. J. Reed, 1983: Numerical Simulation of an Explosively Deepening Cyclone in the Eastern Pacific. M.W.R. 116, 2281-2105.
- Newton, C. W. and E. O. Holopainen, 1990: Extropical Cyclones: The ERIC PALMEN MEMORIAL VOLUME. 81-105.
- Reader, M. C. and G. W. Moore, 1995: Stratosphere-troposphere interactions associated with a case of explosive cyclogenesis in the Labrador Sea. *Tellus*, 47A, 849-863.
- Reed, R. J. and M. D. Albright, 1986: A Case Study of Explosive Cyclogenesis in the Eastern Pacific. M.W.R. 114, 2297-2319.
- Roebber, P. J., 1984: Statistical analysis and Updated Climatology of Explosive Cyclones. M. W. R. 112, 1577-1589.
- Sanders, F. and J. R. Gyakum, 1980: Synoptic-Dynamic Climatology of the "Bomb". M. W. R. 108, 1589-1606.
- Uccellini, L. W. and P. J. Kocin and R. A. Petersen, 1984: The President' s day Cyclone of 18-19 February 1979: Synoptic Overview and Analysis of the Subtropical Jet Streak Influencing the Pre-Cyclogenetic Period. M. W. R. 112, 31-55.
- Weldon, R. B., 1975: Satellite training notes. Part II. The structure and evolution of winter storms. Application Division, National Environmental Satellite Services, U.S. Dept. of Commerce.
- Young, M. V. G. A. Monl and K. A. Browing, 1987: Interpretation of Satellite Imagery of a Rapidly Deepening Cyclone. Q. J. R. Meteor. Soc. 113, 1089-1115.