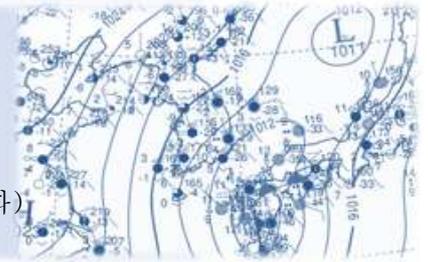


필수 예보요소 활용법과 정의

실전 등온위면 분석 (Isentropic Analysis)

·발행: 예보국 ·문의: 예보기술팀(내선 1656/1657) ·발행일: 2011년 8월 23일(화)



호우분석

우리나라의 여름철 305K 등온위면에서 남서류의 바람은 900~800hPa 등압선을 가로지르고, 310K 등온위면에서 800~700hPa 등압선을 가로지른다. 따라서, 하층대기의 남서기류와 하층제트에 의해 발생하는 여름철 호우분석은 대기하층(700hPa이하)에 해당하는 305~310K 등온위면 분석이 유용하다.

1. 전라북도 호우사례(2011년 8월 9일)

① 그림 1의 305K 등온위면(왼쪽)에서 붉은색 파선으로 표시된 남서류는 약 900hPa 등압선이 제주 남서 해상부터 850hPa 등압선이 놓인 서해안까지 나타난다. 이 상승류는 높은 가강수량(Precipitable Water : PW)지역을 통과하는데(중앙), 레이더 영상(오른쪽)에서 강한 강수대가 위치한 지역과 상승기류가 나타나는 지역, 그리고 높은 가강수량 지역은 일치한다.

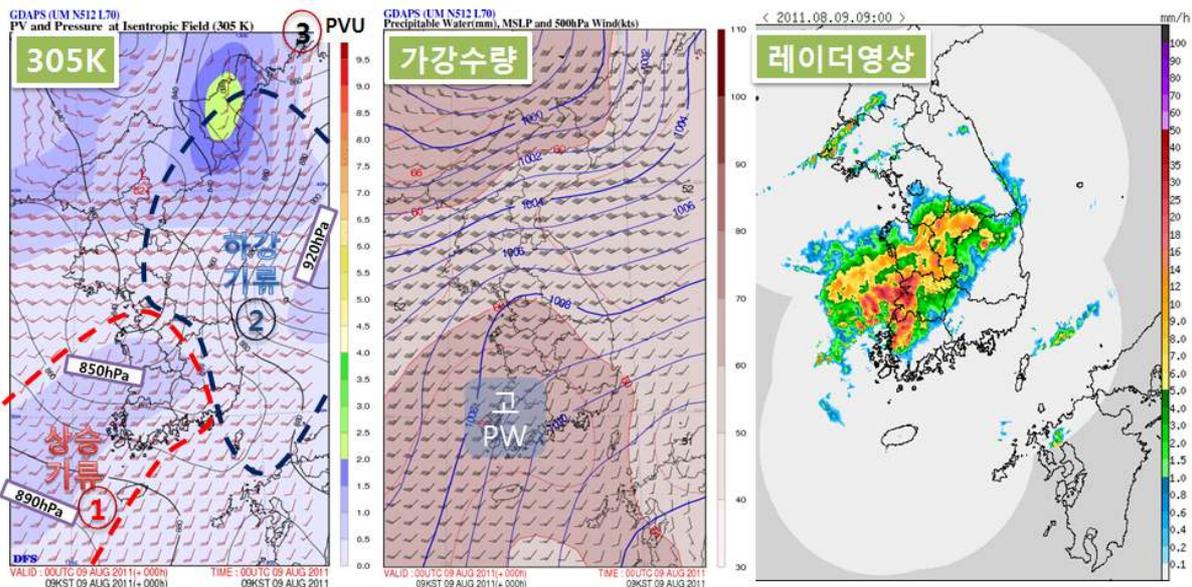


그림 1. 2011년 8월 9일 9시 305K 등온위면(왼쪽), 가강수량(중앙), 레이더 영상(오른쪽). 왼쪽의 등온위면에서 붉은색 파선과 파란색 파선은 각각 상승기류와 하강기류 지역을 의미함.

② 파란색 파선 내에 위치한 우리나라 동쪽과 동해상은 남서류의 바람이 부는데도 이동하는

기류는 약 840hPa부터 920hPa로 향하는 하강기류다. 이 지역은 상대적으로 적은 가강수량을 보이며 레이더 영상에서도 뚜렷한 강수에코가 없다. 등온위면 분석을 통해 동일한 남서류라 할지라도 상승과 하강운동 지역을 구분할 수 있다.

③ 와도와 온위의 변수로 구성된 잠재와도량 PVU(Potential Vorticity Unit)¹⁾는 등온위면에서 와도의 변화에 따라 그 값도 변한다. 따라서, PVU가 높다는 것은 저기압성 와도가 크다고 할 수 있으며, 저기압성 순환이나 수렴에 의한 강수대는 그림 1과 같이 PVU 값이 큰 지역에 위치한다.

※ 따라서, 그림 1의 2011년 8월 9일에 발생한 전라북도 호우의 경우 등온위면 분석을 통해 ① 상승운동, ② 높은 가강수량, ③ 상대적으로 높은 PVU, 이 세 가지 요소가 모두 일치하는 지역을 호우구역으로 판단할 수 있다.

2. 2011년 7월 9일 남해안 호우사례

이번 사례는 310K 등온위면을 이용하였다. 그림 2의 왼쪽 310K 등온위면에서 붉은색 파선을 기준으로 남쪽은 상승기류, 북쪽은 하강기류가 분포한다. 특히, 제주도 부근에서 남해안에 위치한 바람은 등압선과 큰 각을 이루는 남서류다. 레이더 영상에서 남부지방에 강한 강수대가 위치하며 비슷한 위치에 등온위면에서도 상대적으로 높은 PVU가 분포한다(그림 2의 오른쪽).

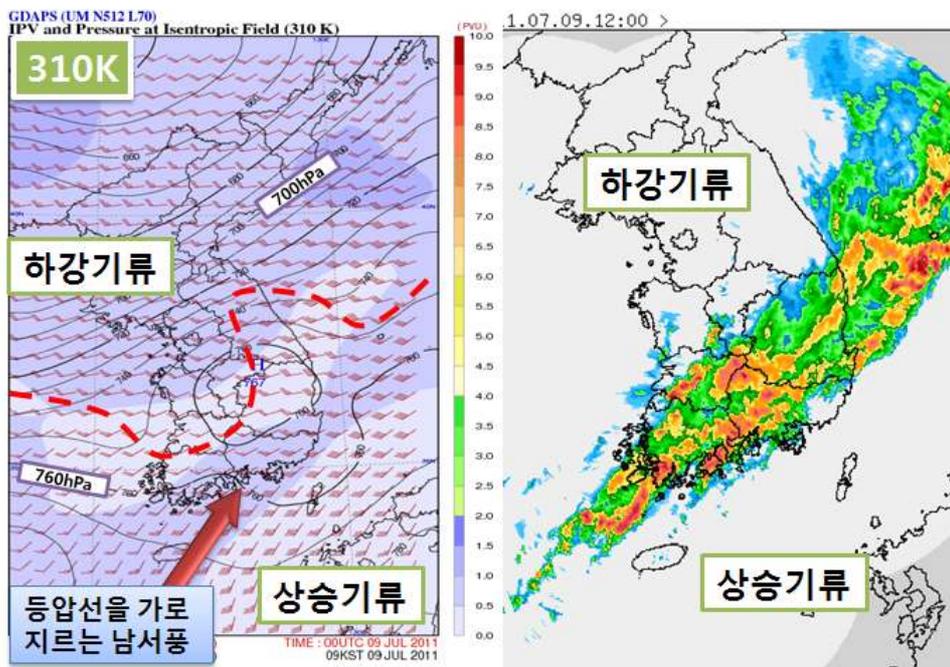


그림 2. 2011년 7월 9일 12시 310K 등온위면(왼쪽), 레이더 영상(오른쪽). 등온위면에서 붉은색 파선은 상승기류와 하강기류를 구분하는 선임

1) 잠재와도 $P = -g(\zeta_\theta + f) \frac{\partial \theta}{\partial p}$ 증가한다.

P (변화량) = 와도변화 × 온위변화 로서, 등온위에서 P 는 저기압성 와도의 증가에 따라

황사분석

< 2011년 5월 1~3일 우리나라 전역에 발생한 황사 >

호우, 대설 등 강수 분석 및 예측에는 상승기류와 저기압성 순환(수렴)을 찾아내는데 초점을 두지만 황사는 하강기류 분석이 중요하다. 2011년 4월 30일 21시 300K 등온위면에서 상승기류는 우리나라 중부지방 남쪽으로 분포하며(그림 3의 왼쪽), 서해상과 보하이만(발해만) 부근에 강한 하강기류가 보인다. 보하이만에서 동해북부해상으로 이동하는 기류는 약 500hPa에서 750hPa까지 하강하는 기류이며, 산둥반도 부근에서 서해남부해상으로 이동하는 기류는 약 650hPa에서 850hPa까지 하강하는 기류이다. 즉, 서에서 동으로 이동하는 하강기류보다 보하이만에서 우리나라 방향으로 이동하는 기류가 지표 근처로 내려오는 기류라고 할 수 있다.

반면, 우리나라는 상대적으로 높은 PVU와 상승기류가 보이며, 위성영상에서 강수가 동반된 구름대가 보인다. 기류의 이동 경향을 볼 때, 위성영상에서 표출된 보하이만 부근의 황사는 하강기류와 함께 우리나라의 하층대기로 유입될 가능성이 높은 상태다.

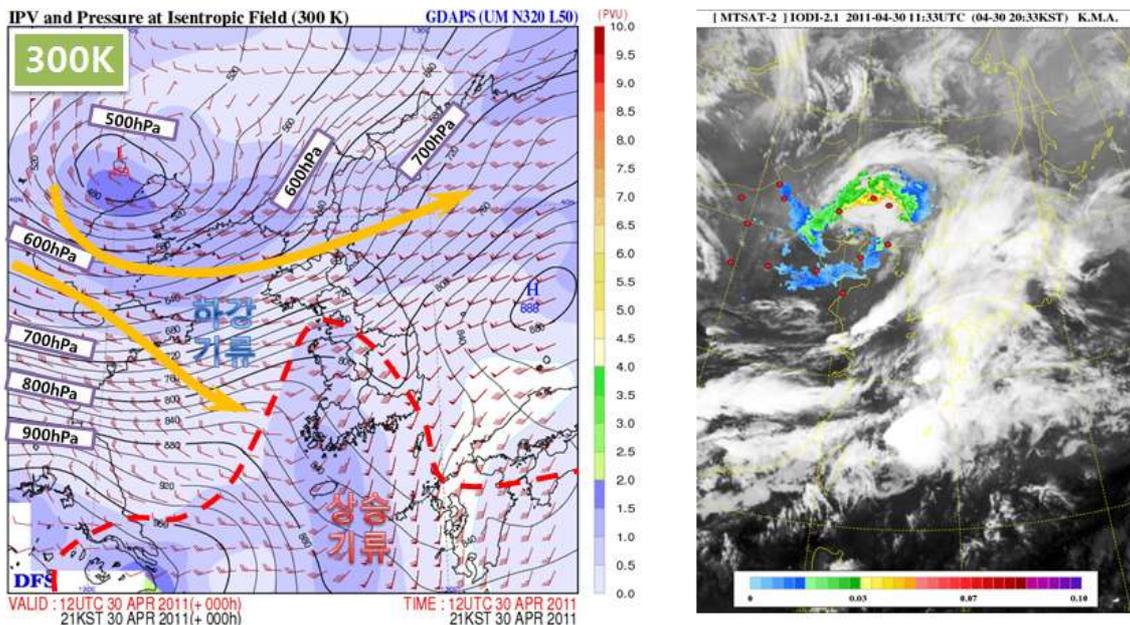


그림 3. 2011년 4월 30일 21시의 300K 등온위면(왼쪽)과 20시 33분 적외영상(오른쪽). 왼쪽 등온위면에서 주황색 화살표는 기류의 진행 방향을 의미하며, 오른쪽 적외영상의 범례는 MTSAT-적외광학 두께지수를 의미함.

등온위면과 일기 분석을 통해 우리나라로 황사가 유입될 가능성이 높다고 판단이 되면, 기류 추적을 통해 예상 도달 시각을 가늠해 볼 수 있다. 북서류의 기류 방향을 따라 보하이만 부근에서 태안반도로 황사가 진행할 것으로 예상할 수 있다. UM-RDAPS 분석장(2011년 4월 30일 9시)을 이용하여, 보하이만(A)부터 태안반도(B)까지 온위의 연직단면도를 분석해 보

면(그림 4(a)), 보하이만에서 서해 중부해상까지 등온위가 낮아지는 모습을 볼 수 있다. 그림 4(d)는 18시간 후인 5월 1일 3시 예측자료로써, 태안반도(B)지점의 인근 서쪽으로 약 3km 고도에서 1km 고도로 급격하게 등온위선이 하강한다. 우리나라 서해안에 위치한 황사관측 3개 지점의 PM10시계열을 보면(그림 4(b)), PM10 농도는 5월 1일 4시부터 증가하기 시작했다. 이후 우리나라로 강한 하강기류에 동반된 황사가 유입되어 5월 1일에서 3일까지 전국에 황사 특보가 발표되었다.

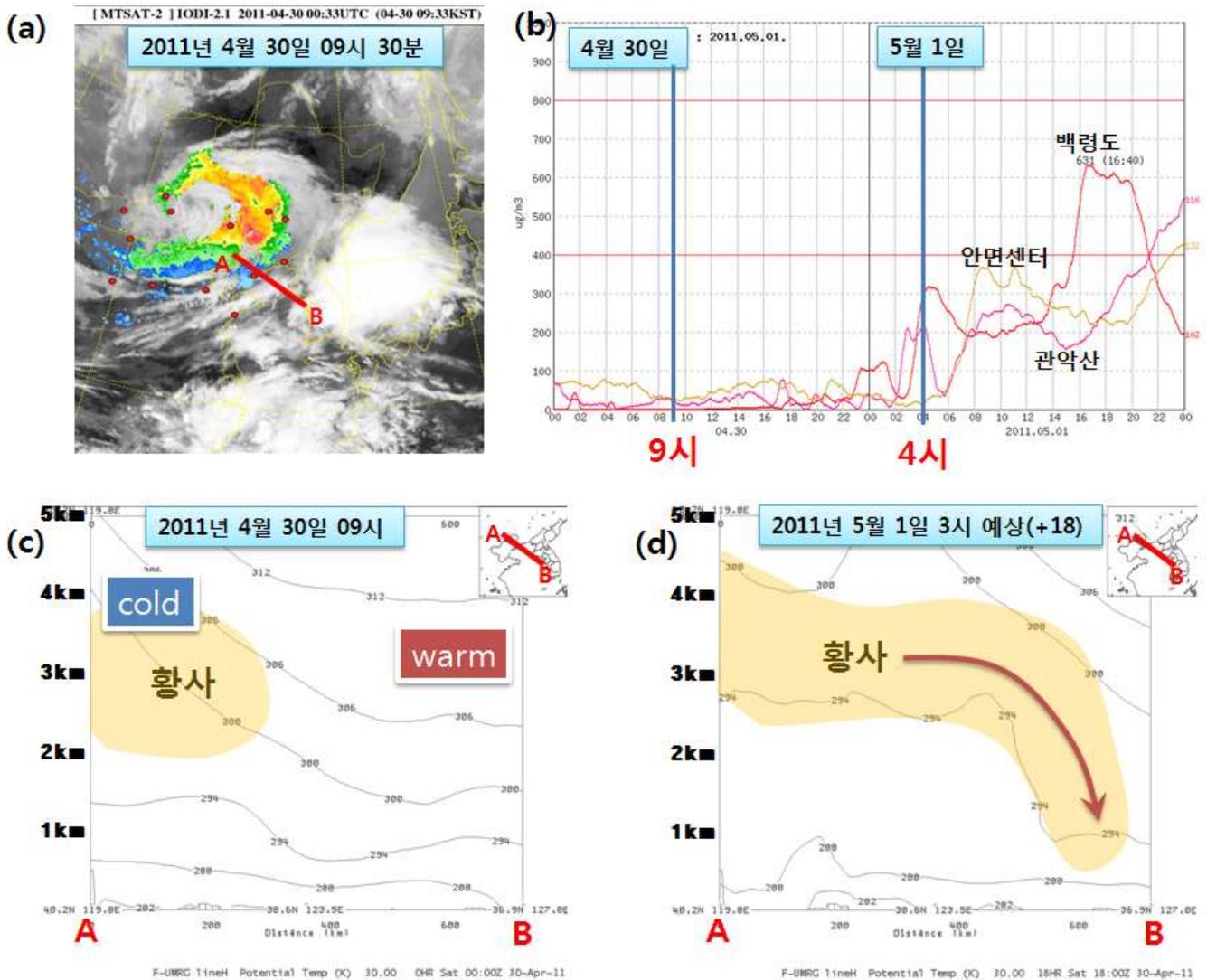


그림 4. (a)는 2011년 4월 30일 9시 30분 적외영상, (b)는 4월 30일부터 5월 1일까지 주요 3지점의 PM10 농도 시계열 그래프, (c)는 2011년 4월 30일 9시 UM-RDAPS 분석장이며 (d)는 예측장(+18시간 예측: 5월 1일 3시)의 연직 온위 분포로서 (a)의 A와 B를 연결한 직선의 지상에서 5km까지 온위 분포임

대설분석

1. 한랭전선형 대설 사례(2011년 1월 23일)

그림 5와 같이 23일 9시와 15시에 한랭전선이 서울·경기 지방을 통과하면서 중부지방에 발생한 대설사례다.

그림 6은 2011년 1월 23일 9시에 생산된 23일 15시 각 등온위면 예측장이다. 그림 6(a)의 275K 등온위면에서 화살표가 나타내는 것은 보하이만 부근인 약 750hPa에서 서울 근처 850hPa로 진행되는 하강기류를 의미한다.

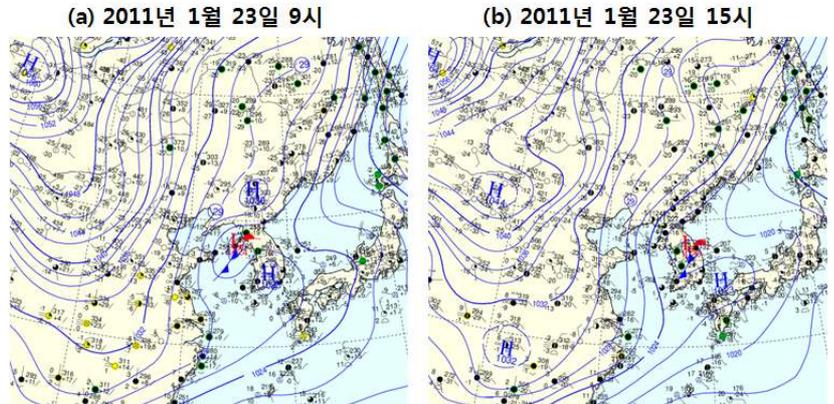


그림 5. 2011년 1월 23일 (a)9시, (b)15시 지상일기도

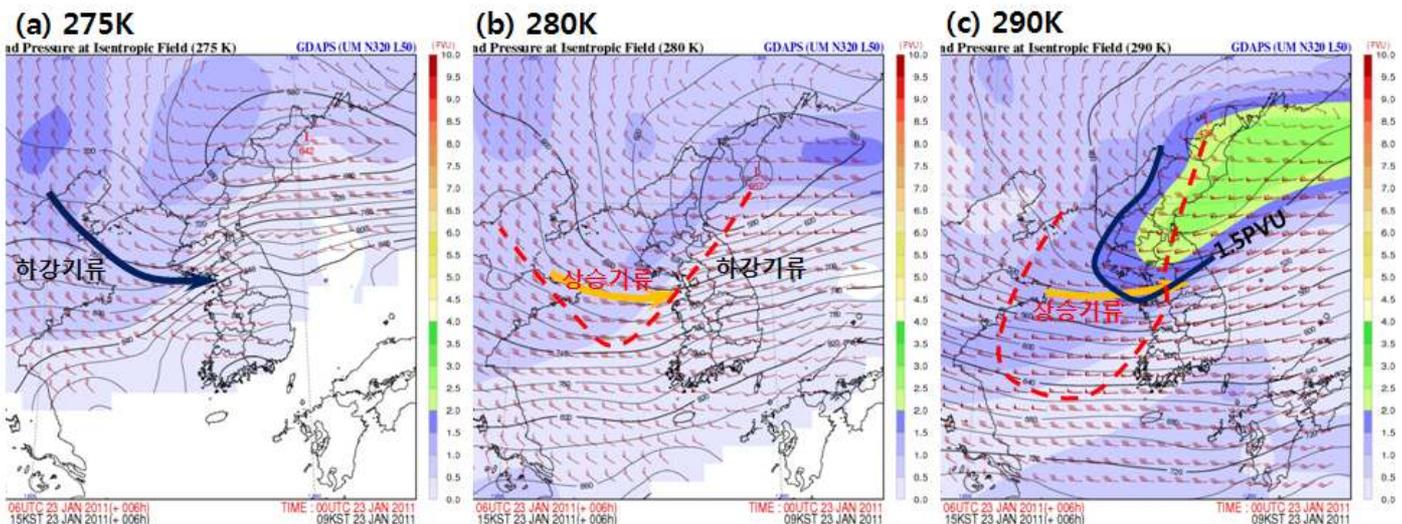


그림 6. 2011년 1월 23일 9시에 생산된 15시(+6시간) UM-GDAPS (a)275K, (b)280K, (c)290K 등온위면 예측장. 붉은 색 파선은 상승기류와 하강기류를 구분하는 선임.

그림 6(b)의 280K 등온위면에서 한반도는 하강기류가 나타나며, 산둥반도에서 경기만으로 약 700~650hPa 등압선을 따라 상승기류가 존재한다. 그림 6(c)의 290K 등온위면에서 500hPa 등압선이 오산 부근에 있으며, 오산 상공과 서해상에 상승기류가 존재한다. 따라서, 오산 부근을 기준으로 하층대기에서는 하강기류가, 중·상층대기에서는 상승기류가 동반되어 지상에서 상층으로 갈수록 서쪽으로 기울어진 한랭전선 형태를 보인다. 또한 그림 6(c)의 290K 등온위면에서 1.5PVU 이상 지역이 오산 부근에 위치한다. 1.5PVU는 대류권계면을 의미하며, 그림처럼 비정상적으로 1.5PVU 이상 값이 남쪽으로 내려온 것은 성층권 공기의 침강이나 극공기의 남하로 발생하는 대류권계면 접힘 현상으로 알려져 있다(Bluestein 1993). 그림 7은 이상의 분석을 요약한 모식도이다.

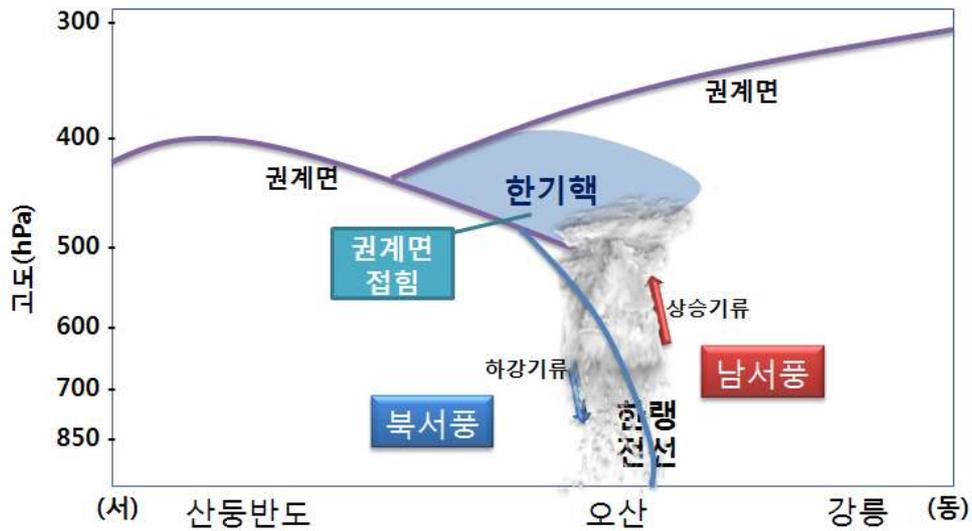
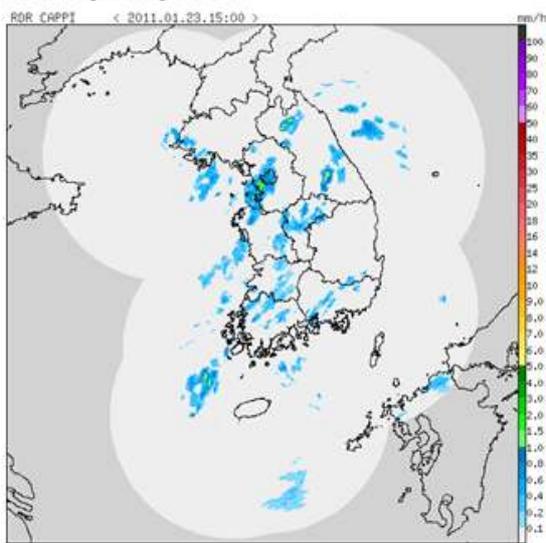


그림 7. 2011년 1월 23일 한랭전선에 의한 대설사례의 모식도

그림 8은 같은 시각(15시) 오산 단열선도와 레이더 영상이다. 그림 8(a)를 보면, 우리나라에 산발적인 강수에코가 분포하며, 서울·경기 서해안에 발달한 에코가 보인다. 이 발달한 에코는 남동쪽으로 움직이면서 서울은 14시부터 16시까지 2.7cm, 수원은 15시부터 17시까지 5.1cm 적설을 기록했다.

오산 단열선도에서 15시에 관측된 붉은색의 온도선과 노점온도선의 분포를 살펴보면, 지상에서 500hPa까지 포화된 것을 확인할 수 있다. 500hPa 고도에서는 온도선의 모습이 권계면 형태(고도상승에 따라 기온역전)를 보여주는데, 이는 그림 6(c)의 290K 등온위면에서 1.5PVU 값이 이 지역에 위치한 것과 일치한다.

(a) 레이더영상



(b) 오산 단열선도

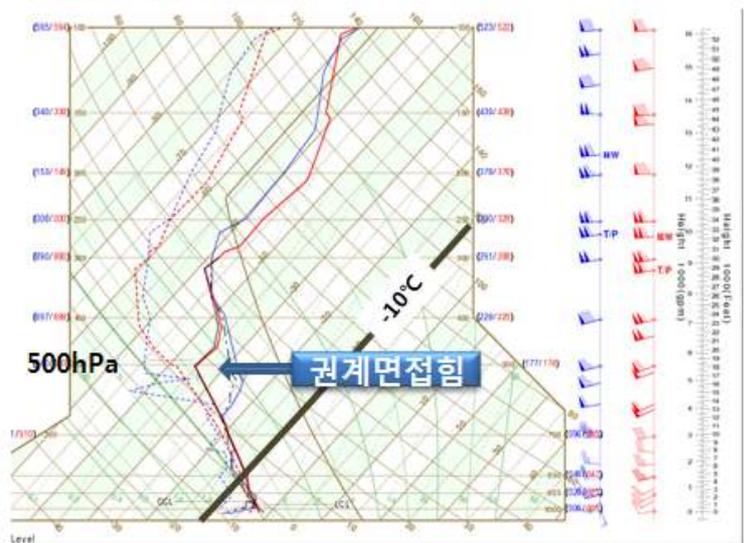


그림 8. 2011년 1월 23일 15시 (a)오산 단열선도와 (b)레이더 영상

2. 온난전선형 대설(2010년 1월 4일)

이번 사례는 지상저기압 중심이 그림 9와 같이 충청지방을 통과하면서 저기압 동쪽과 북쪽에 위치한 서울·경기 지역에 대설이 발생하였다. 그림 10(a)의 280K 등온위면에서 등압선을 가로지르는 남풍의 기류는 제주 부근에 위치한 900hPa 등압선부터 북한에 위치한 700hPa 등압선까지 이동할 수 있다. 그림 10(b)의 오산 단열선도 약 925~800hPa

고도에서 난기 유입에 의한 지상과의 역전층이 보이는데, 상승하는 남서기류의 영향으로 많은 눈이 발생하였다. 온난전선 부근의 강수지역 특징처럼 지표부근은 비교적 한랭하고 상층대기로 온난·다습한 공기가 유입되어 층운형 강수가 나타났다. 온난전선 북쪽과 동쪽은 폭넓은 강수대가 분포하고 있어 지속시간이 길어 대설로 발생하기 쉬운 형태지만 따뜻한 대기에서 발생하므로 눈으로 내리기가 쉽지 않다. 그림 10(c)의 레이더 영상에서 강수 에코의 분포는 그림 10(a)의 상승기류 지역과 동일하게 나타난다. 온난전선형 대설은 지상저기압 중심의 북쪽과 동쪽에서 발생하나 대기의 기온이 충분히 낮아야 하며, 지표부근을 제외한 대기 전 층으로 난기가 유입되므로 지상의 기온은 반드시 영하이어야 한다(예보기술팀 2011).

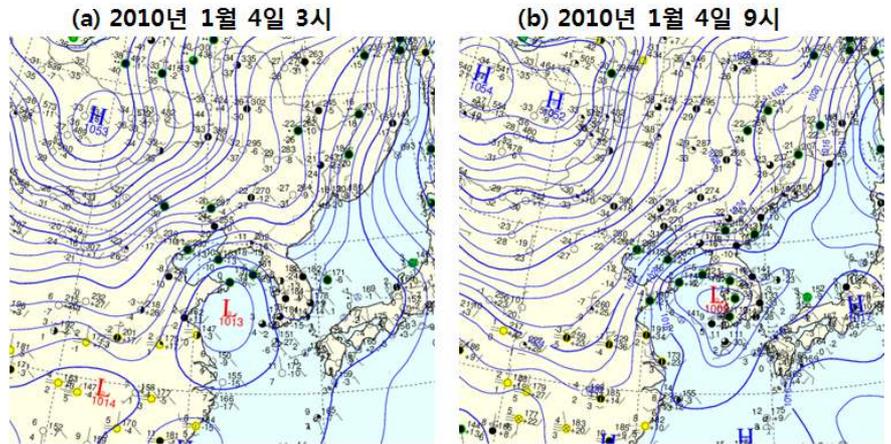


그림 9. 2010년 1월 4일 (a)3시, (b)9시의 지상일기도

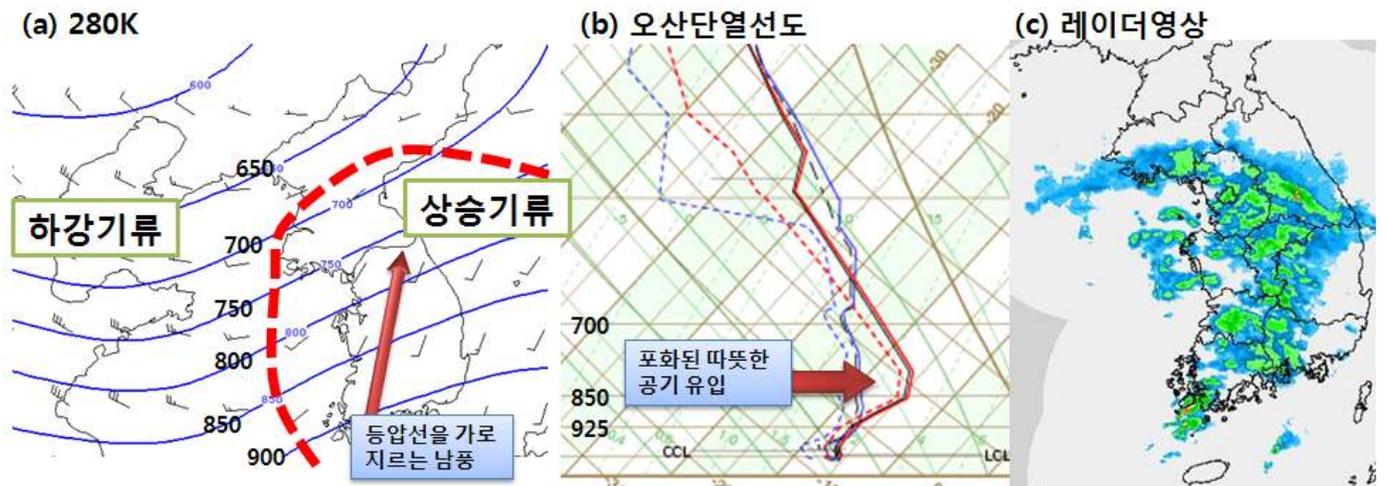


그림 10. 2010년 1월 4일 9시 (a)280K 등온위면, (b)오산 단열선도, (c)레이더 영상

<참고문헌>

김광식, 1992: 기상학사전, 향문사, p387.
 예보기술팀, 2011: 손에잡히는 예보기술 5호, 등온위면 분석
 예보기술팀, 2011: 한눈에 보는 대실개념모델
 홍성길, 2006: 기상분석과 일기예보, 교학연구사, p100-101.
 Bluestein, H. R., 1992: Isentropic surfaces basic concepts energy equations dimensional analysis. Vol. I, 23 pp.
 Bluestein, H. R., 1993: Synoptic-Dynamic meteorology in Midlatitudes. Vol. II: observations and theory of weather systems. Oxford University Press, 594 pp.
 Ken Crawford 2010: The value of isentropic analysis in a modern forecast office. 지식,경험,노하우(지.경.노) 발표자료
 Moore, J. T., 2003: Isentropic analysis workshop, Millersville university Isentropic Workshop: 5 April 2003

“손에 잡히는 예보기술” 과월호 열람안내

손에 잡히는 예보기술 과월호는 예보관 온라인 가이드에서 보실 수 있습니다.

- 종합기상정보시스템 - 예보 - 예보관 가이드의 “손에 잡히는 예보기술” 메뉴

