

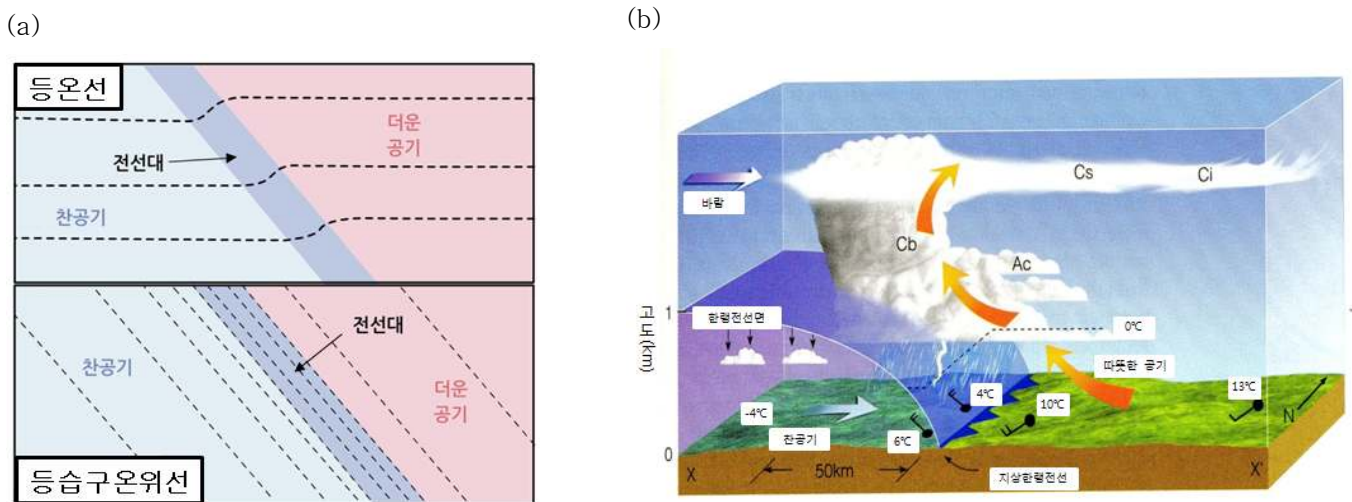
전선의 특성 이해와 활용

■ 발행: 예보국 ■ 문의: 예보기술팀(내선 1656/1657) ■ 발행일: 2012년 11월 21일(수)



1. 전선이란?

전선은 온도, 밀도 등 물리적 성질이 다른 두 개의 기단 사이에, 또는 같은 기단 내에서도 변질된 기단과 덜 변질된 기단의 사이에 형성되는 경계선을 의미한다. 유체인 두 개의 기단이 접촉하게 되면 수직으로 나란하게 서는 것이 아니라 기단의 성격에 따라 연직방향으로 기울어지게 되는데, 지표면에서 연직방향으로의 전선의 연장선을 전선면(Frontal Surface) 혹은 전선대(Frontal Zone)라고 부른다. 전선대에서 가장 기압·기온경도가 큰 지역에 전선(Front)이 위치한다(그림 1 참조). 사실상 기단, 전선대, 전선은 상대적인 개념으로 이해하는 것이 좋다. 왜냐하면 전선이라고 해서 수학적인 하나의 선이 아니라 실제로는 어느 정도의 폭을 가진 물리적 성질이 다른 두 기단의 전이층(Transition Layer)로 보는 것이 좋기 때문이다. 일반적으로 종관규모에서 기단은 1,000km x 1,000km, 전선대는 1,000km x 100km, 전선은 1,000km x 10km 내외의 수평 규모를 가진다. 따라서 기단 규모 이상의 공간적인 범위를 가지는 지상 일기도에서 전선은 하나의 선으로 표현할 수밖에 없다. 종관규모에서 전선은 1,000km 정도의 수평 규모를 가지지만 중규모로 내려오면 1km 이하의 규모까지 줄어든다. 뇌우의 하강기류에 동반되어 나타나는 **돌풍전선(Gust Front)**이 좋은 예가 될 수 있다. 또한 많은 경우에 일기도 상에서 뚜렷하게 전선으로 구분하여 분석할 수 없을 만큼 전이층의 범위가 좁은 경우도 자주 나타난다. 따라서 전선을 기단 사이의 물리적 성질의 차이뿐만 아니라 경계(boundary)의 개념으로 해석하는 경우가 많다. 기단 사이의 차이가 아닌 작은 규모의 운동은 큰 육지와 해양, 강수지역과 무강수 지역, 평지와 산악 등과 같이 환경적인 경계에 따라서도 급격하게 발달할 수 있기 때문에 예보 업무에 있어서 특히 중규모 기상현상을 분석할 때는 이러한 경계의 존재 여부를 신중하게 고려해야 한다.



2. 전선의 특징

2.1 기온의 불연속

기온은 전선을 구분할 때 가장 알기 쉬운 불연속 요소중에 하나이다. 지표면 부근에서 전선이 통과할 때 보통 현저한 기온 변화가 일어난다. 특히 한랭전선을 경계로 기온의 차이가 크게 나타난다. 기온의 변화 양과 변화율은 전선의 강도에 따라 각기 다르게 나타난다. 폭이 좁은 전선에서는 급격하고도 큰 온도 변화가 나타나는 데 반해서, 강도가 약하거나 경계가 불분명한 전선에서는 점진적이면서 변화가 적다. 그림 1(a)는 등온선과 등습구온위선으로 표시된 전선의 연직분포를 나타낸 것이다. 등습구온위선은 교차하지 않고 전선과 나란히 놓여 일직선을 이루며, 수평 경도가 큰 부분은 전선대를 나타낸다. 두 기단을 분리하는 한랭전선과 전선면은 그림 1(b)와 같이 찬 공기 쪽으로 기울어져 있다. 그러나 전선의 기울기는 실제보다 과장되어 가파르게 묘사되었음에 유의하여야 한다. 실제 전선의 기울기는 1:100 정도이다. 따뜻한 공기와 찬 공기는 밀도가 다르기 때문에 두 공기는 서로 섞이지 않고, 보통 따뜻하고 가벼운 공기가 차갑고 무거운 공기 위로 올라가는 상승 운동이 존재한다. 이러한 상승 운동은 팽창과 단열냉각을 이끌고, 순차적으로 응결, 구름의 형성, 그리고 비를 내리게 한다. 비록 온난전선과 한랭전선이 서로 다른 특징을 보이지만, 두 전선 사이에 열적 구조가 다르지는 않다.

2.2 노점온도의 불연속

일기도 상에서 온도 불연속이 작게 나타나는 경우에도 습도의 차이에 따라서 중규모 위험기상들이 발생할 수 있다. 동일한 기온에서 온난 건조한 공기의 밀도는 온난 다습한 공기에 비해서 크기 때문에 마치 한랭전선의 형태와 같이 온난 건조한 공기가 온난 다습한 공기의 밑으로 파고들어서 강제 상승력을 만들어 내고 그 결과 강한 대류활동이 발생한다. 이러한 형태의 전선은 우리나라에서 장마 말기나 2차 우기(가을우기)에 나타나며, 집중호우를 동반하기도 한다.

2.3 바람의 불연속

북반구 중위도의 경우 한랭전선은 한랭 건조한 기단과 온난 습윤한 기단 사이에서 발생하며 이때 바람은 한랭전선 후면에서는 북서에서 서풍 계열이 한랭전선 전면에서는 남서 계열의 바람이 불며, 온난전선의 전면에서는 동풍 계열의 바람이 부는 것이 일반적이다. 이러한 전선부근의 바람 변화는 예보관이 일기도 상에서 전선의 위치를 직관적으로 파악하는데 유리하다. 특히 기압과 온도에 대한 정보가 많지 않은 해양과 관측소가 부족한 지역에서 전선의 위치는 바람의 변화를 통해서 파악할 수 있다. 북반구 중위도의 바람은 상층으로 갈수록 서풍계열로 바뀌는 경우가 대부분이다. 따라서 한랭전선의 경우에는 지표면에서 상층으로 갈수록 바람의 방향이 반시계 방향으로 바뀌는 반전(Backing) 현상이, 온난전선의 경우에는 바람이 시계방향으로 바뀌는 순전(Veering) 현상이 일반적이다.

2.4 기압의 불연속

전선은 보통 기압골을 따라 존재하기 때문에 전선에서 멀어질수록 기압은 전선면 보다 높게 나타나는 것이 일반적이다. 따라서 전선이 관측소를 향해서 접근하고 있을 때 기압은 감소하고 전선이 통과하고 난 후에는 급격히 증가하는 것이 일반적이다.

3. 전선의 분류

그림 2와 같이 전선은 기단의 종류에 따라 북극전선(Arctic Front), 한대전선(Polar Front) 등으로 분류할 수 있고, 기단의 운동에 따라 온난전선(Warm Front), 한랭전선(Cold Front), 폐색전선(Occluded Front), 정체전선(Stationary Front) 등으로

분류할 수 있으며, 전선의 활동 여부에 따라 활성 전선(Active Front), 비활성 전선(Inactive Front)로 분류할 수 있다. 마지막으로 전선면을 따라 난기의 상승 여부에 따라 활승전선(Ana Front)과 활강전선(Kata Front)로 분류할 수 있다.

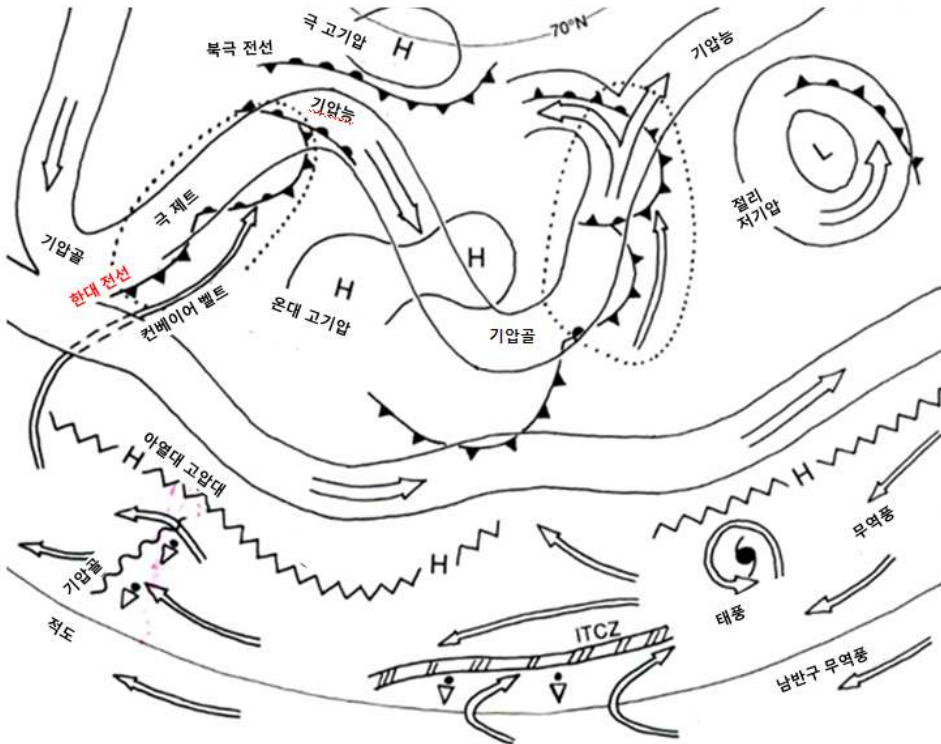


그림 2. 대륙권내 대기의 역학적 구조 개념도(Djuric,1994)

3.1 한랭전선

한랭전선은 온대저기압 중심의 남서쪽에 있으며, 한랭한 공기가 온난한 공기 쪽으로 이동해 파고들면서 온난습윤한 공기를 강제로 상승시키는 형태의 전선을 말한다. 한랭전선은 한랭한 공기가 온난한 공기 속을 썬기 모양으로 진행되는 전면에 위치한다. 일반적으로 한랭전선은 서로 접촉하고 있는 기단의 물리적 성질 차이가 크기 때문에 스콜선, 강한 뇌우, 집중호우, 착빙, 돌풍, 우박 등과 같은 비교적 위험한 기상현상이 자주 발생한다. 아래 표 2는 한랭전선 주변의 주요 기상 현상을 정리한 것이다.

표 2. 한랭전선 주변의 주요 기상 현상 변화

전선기울기	보통 1:30~1:100 정도이고, 활동성 전선일수록 경사가 더 가파름 평균 1:70 정도임
구름	층운(Str)의 두꺼운 층. 몇몇 활동성 한랭전선은 가끔 적란운(Cb)을 포함하고, 몇몇은 주로 대류성 구름으로 구성됨. 전선 후면에는 대류성의 적운 구름이 위치함
강수	지상전선 주변에 아주 좁은 강우띠(Rain Band)가 위치하여 전선에서 소나기가 내림. 적란운(Cb)이 존재할 때에는 우박이나 뇌우의 위험도 있음
온도	보통 온도는 하강함. 그러나 전선 통과 후 맑은 곳에서는 일사 때문에 상승할 수도 있음
이슬점 온도	전선이 통과할 때, 하강함
시정	강수 중에는 보통이고, 전선 통과 후에는 급격히 향상되어 좋아짐
기압	전선이 접근함에 따라 기압이 하강하고, 전선 통과 시나 후에는 급격히 상승함
지상풍	풍향은 전선 통과 전에 약간 반전(Backing) 통과할 때 급격히 순전(Veering)
상층풍	지상전선 통과 후 고도가 높아짐에 따라 풍향은 반전
전선이동속도	35~50km 정도

3.2 온난전선

온난전선은 온대저기압의 전면부(남동쪽)에 있으며, 온난한 공기가 한랭한 공기 쪽으로 이동해 가는 전선을 말한다(그림 3 참조). 온난전선이 통과할 때의 기압, 기온 및 바람 등의 변화는 한랭전선만큼 뚜렷하지 않을 때가 많다. 이것은 전선면의 기울기가 일반적으로 완만하기 때문이다. 즉, 온난공기 아래에 있는 한랭공기의 두께는 전선 부근에서 대단히 얇아서 지표면 근처의 가열·증발 및 강수 등에 의하여 쉽게 변질되어 전선을 경계로 양쪽 기단의 성질 차이가 작아지기 때문이다.

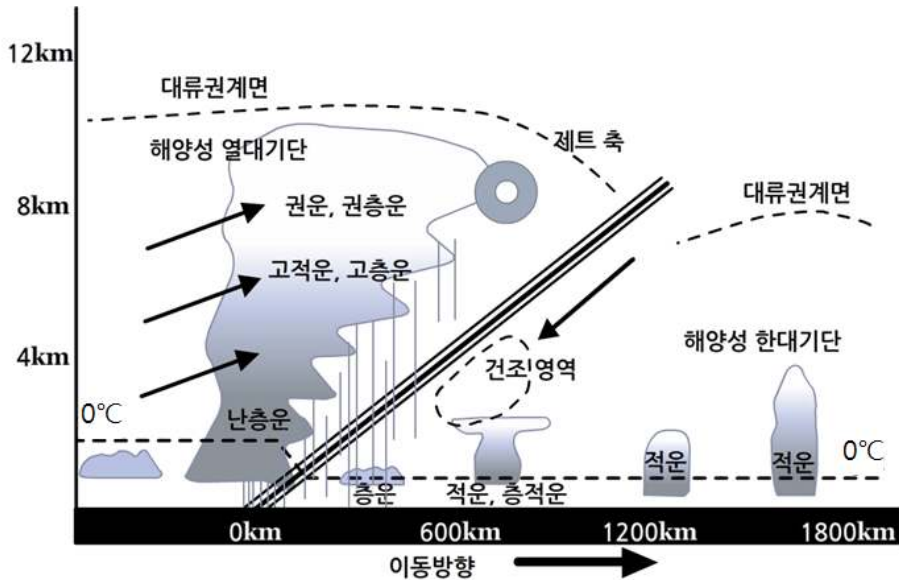


그림 3. 온난전선의 연직단면 모식도

여름철로 가까워질수록 온난전선 상에서 불안정한 대기구조가 나타나기도 한다. 불안정한 공기는 상승기류를 일으켜 전선의 전방에 적란운과 뇌우를 발생시킨다. 따라서 강수는 호우와 안개비가 교대로 내리며, 동시에 뇌우도 발생한다.

표 3. 온난전선 주변의 주요 기상 현상 변화

전선기울기	보통 1:100~1:200이고, 활동성 전선일수록 경사가 더 가파름 평균 1:150 정도임
구름	상층 운량이 증가, 전선에 접근함에 따라 두껍고 낮음. 지상전선의 800 km 전방에서 상층 구름의 가장자리가 먼저 접근함
강수	지상전선의 약 200~400 km 전방에서 약한 비가 내리고, 지상전선 부근에서는 보통의 비가 내리며, 통과 후에는 비가 그침. 온난역에서는 약한 비나 이슬비(Drizzle)가 산발적으로 발생할 수 있음
온도	전선이 통과할 때 온도는 상승하나, 비가 내리면 온도가 낮아지기 때문에 반드시 상승하는 것은 아님
이슬점 온도	전선이 통과하기 전에 상승하기 시작하고, 전선이 통과할 때 푹 떨어짐
시정	전선이 통과하기 전에 좋고, 강수 중에는 보통이었다가 온난역에서는 가끔 나쁨
기압	전선이 접근함에 따라 기압이 점점 더 하강. 일반적으로 기압은 온난역에서 크게 변하지 않으나, 저기압이 강해질수록 계속적으로 하강할 수 있음
지상풍	전선이 통과하기 전에 반전이고 풍속이 증가함. 통과할 때 순전
상층풍	지상전선의 전면에서는 고도가 높아짐에 따라 풍향은 순전
전선이동속도	25~35 km 정도(한랭전선의 절반정도)

3.3 폐색전선

폐색전선은 온대저기압 발달과정의 마지막 단계로, 이동 속도가 빠른 한랭전선이, 25km/h의 이동 속도를 보이는 온난전선을 추월하여 합쳐짐으로써 폐색상태가 된 전선을 말한다(그림 4 참조). 저기압 주위에서 한랭전선이 온난전선보다 빨리 진행되는 경우, 온난전선은 그림과 같이 상공으로 밀려 올라간다. 이 때 폐색전선에서는 매우 높은 곳에 구름이 생겨 산맥 등에 강한 비를 내리게 하는 일도 있다. 폐색전선에서는 전선 양쪽의 기온차가 그리 크게 나타나지 않는 것이 보통이다. 지상에서 보면, 전선의 폐색이 일어나면 따뜻한 공기는 저기압 중심으로부터 떨어져(폐색) 나오게 된다. 이때 폐색전선과 온난전선 그리고 한랭전선이 만나는 점을 삼각점이라고 부른다. 폐색은 온난 폐색과 한랭 폐색으로 나눌 수 있는데, 폐색과정에서 한랭전선 후방의 공기가 보다 차기 때문에 전방의 찬 공기 밑으로 파고들 때는 한랭 폐색전선이 생기고, 반대로 온난전선 전방에 보다 찬 공기가 있을 때는 온난 폐색전선이 생긴다. 폐색전선에서의 기상 현상은 한랭전선과 온난전선의 기상 현상이 혼합되어서 나타난다. 즉, 한랭전선의 특징인 스콜 및 뇌우, 온난전선의 특징인 낮은 구름이 겹쳐서 나타난다. 강한 바람은 폐색전선의 북쪽 끝에 있는 강한 저기압 주위에서 나타난다. 따라서 예보관들은 폐색전선에서 기상상태가 급격히 변하고, 폐색전선의 발달 초기에 위험기상이 나타난다는 사실에 유의해야 한다.

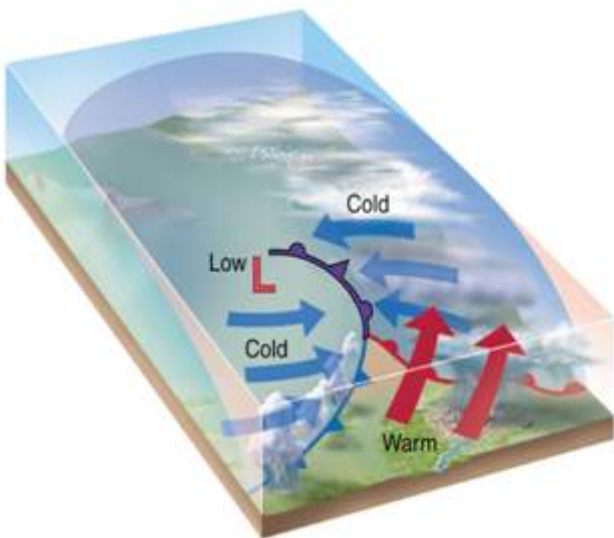


그림 4. 폐색전선의 3차원 모식도(출처:The Atmosphere)

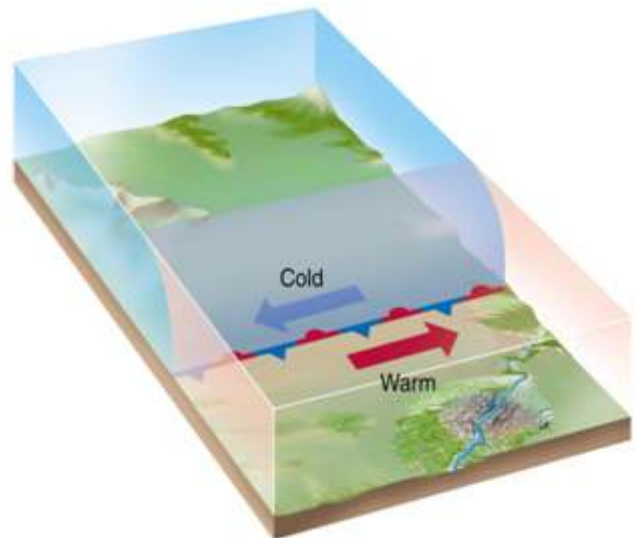


그림 5. 정체전선의 3차원 모식도(출처:The Atmosphere)

3.4 정체전선

그림 5와 같이 정체전선은 온대저기압의 초기 단계나 2개의 기단이 균형을 이루어서 어느 한 기단이 다른 기단을 침투하지 못하고 경계면이 위도와 거의 평행하게 길게 형성되어 균형을 이루고 있는 상태에서 발생하며 비교적 긴 시간 동안 그 형태를 유지한다. 이 전선의 특징은 동서 방향으로 이동보다는 남북으로 진동하는 일이 많으며, 어떤 때는 온난전선과 같은 성질을 나타내고, 어떤 때는 한랭전선과 같은 성질을 나타낸다. 대표적으로 우리나라 여름철 장마전선은 이와 같은 정체전선의 일종이다. 이 정체전선이 남쪽으로 이동할 경우 북쪽의 차고 건조한 공기가 따뜻하고 습윤한 공기를 파고드는 한랭전선형 구조가 나타나므로 뇌우와 호우가 발생할 확률이 높다. 우리나라에서 장마초기에 북상하는 장마전선은 온난전선형 구조를 보이나 장마중기부터는 남북진동을 하면서 남쪽으로 이동할 경우 한랭전선형 구조에서 집중호우가 발생하는 경우가 있다. 특히, 여름에서 가을로 계절이 바뀌는 시기에 발생하는 정체전선의 경우 장마전선보다 더욱 강한 강도의 호우와 위험기상이 발생할 수 있다.

3.5 온난수송대와 관련된 활강전선과 활승전선

전선면 부근에서의 온난한 공기가 하강하거나 상승하는 정도에 따라 **활승전선(Ana Front)**과 **활강전선(Kata Front)**으로 구분한다. Browning(1985)에 의해서 제시된 이 전선 개념에 따르면, 중위도 온대 저기압의 구름과 강수 형태는 등온위 공기면 위를 이동하는 상승운동의 결과로 발생하는 것으로 본다. 온난 수송대는 한랭전선을 따라 남에서 북으로 이동하는데, 이 기류 중에 일부는 지상 전선의 전면에 남서류의 하층제트의 형태로 나타난다. 대부분의 기류가 한랭전선을 따라 이동하지만, 일부는 한랭전선을 가로질러 이동하면서 전선의 구조를 유지하는데 매우 중요한 역할을 수행한다.

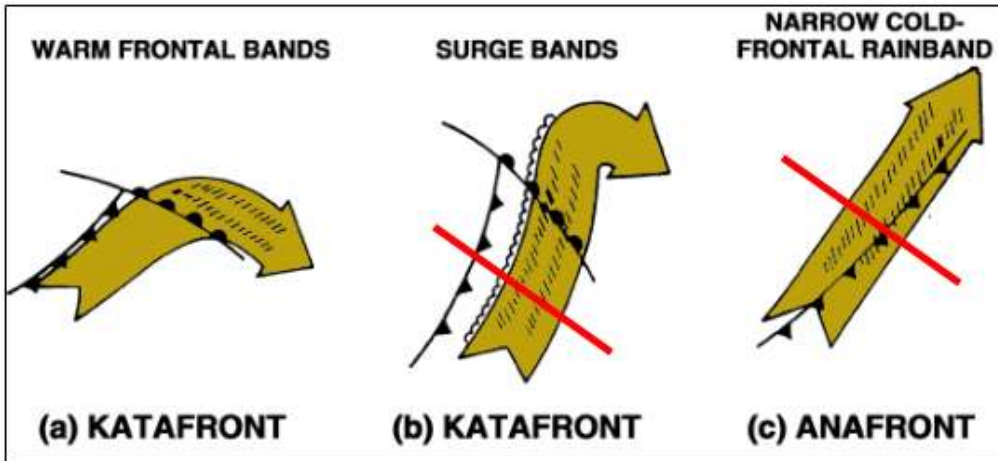


그림 6. 수송대(컨베이어벨트)에 의한 활강전선((a),(b))과 활승전선(c) 형성 모식도

활강전선(Kata front)

그림 6에서 노란색으로 채워진 화살표 지역은 남서류의 온난수송대 흐름을 보여주며 화살표 지역 내에 빗금 친 부분은 강수 밴드를 보여준다. 활강전선은 한랭전선의 이동방향 전면(동쪽)에 위치하고, 활승전선은 지상한랭전선의 후방에 위치한다. 이러한 형태의 온난수송대가 형성되면 한랭전선을 가로질러 2차 순환이 발생하고 독특한 형태의 활강 및 활승전선이 형성된다. 그림 7은 그림 6의 적색 실선을 따라 온난수송대 지역과 한랭전선을 가로지른 연직 단면도이다.

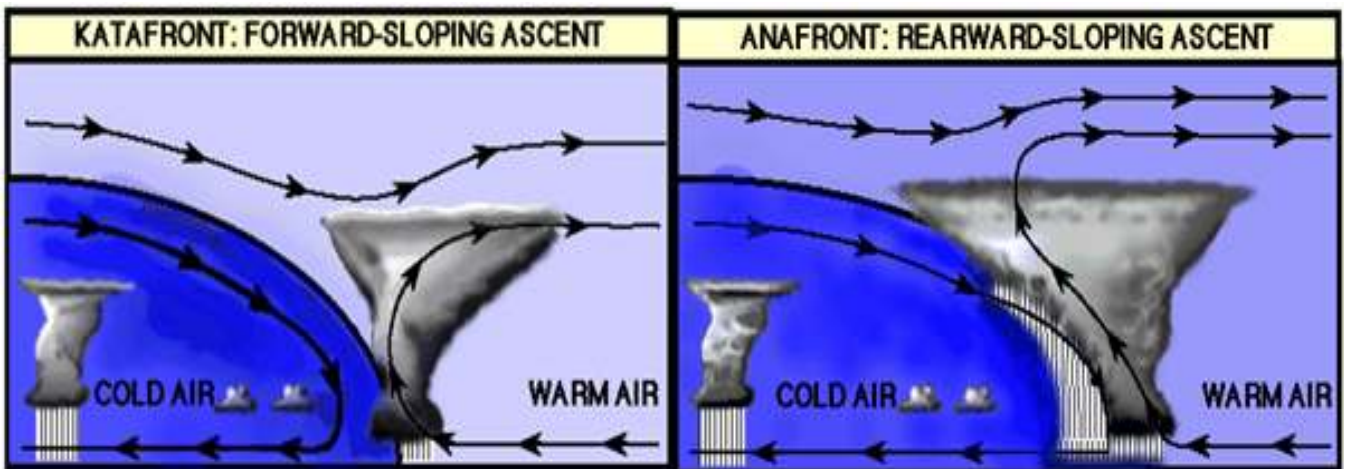


그림 7. 활강전선(좌)과 활승전선(우)을 가로지른 기류의 모식도

온난수송대가 한랭전선의 동쪽(전면)에 위치하면, 온난수송대 내의 남풍의 기류는 한랭전선을 서쪽에 두고 북쪽으로 이동하면서 상승한다. 이 상승운동으로 인하여 비교적 좁은 지역에서 강한 대류에 의한 호우현상이 발생하는데 이런 전선을 활강전선(Kata Front)이라고 부른다. 활강전선은 대류권 전체에서 전선면의 온난한 쪽에서의 상승 운동과 상층까지의 공기 포화가 특징인 반면, 활강전선의 경우에는 대류권 중·상층의 공기가 가라앉기 때문에 연직운동이 약해지며, 비단열적으로 공기가 온난하고 건조해지는 경향이 있다(그림 7 참조). 이때 중·상층운의 광범위한 층이 없어지고, 대신에 이 층은 약 3~4km까지 층적운(Sc)과 낮은 고적운(Ac) 층으로 구성된다. 이 얇은 구름은 따뜻한 공기에 머물기 보다는 전선대 어느 한 쪽으로 넓게 퍼지고 약한 강수를 내린다. 그렇지만, 한랭전선 끝단의 동쪽에서 북쪽으로 이동하는 온난수송대의 남풍류는 상층대기(건조공기)와 교차하면서 강한 대기불안정을 만들어 강한 호우구름이 발달하기도 한다. 활강전선은 한랭전선의 남쪽 끝단부터 전선의 동쪽에 남북으로 대류성 강수대가 있고, 지상한랭전선 부근으로는 약한 강수 혹은 강수현상이 없는 경우도 있다.

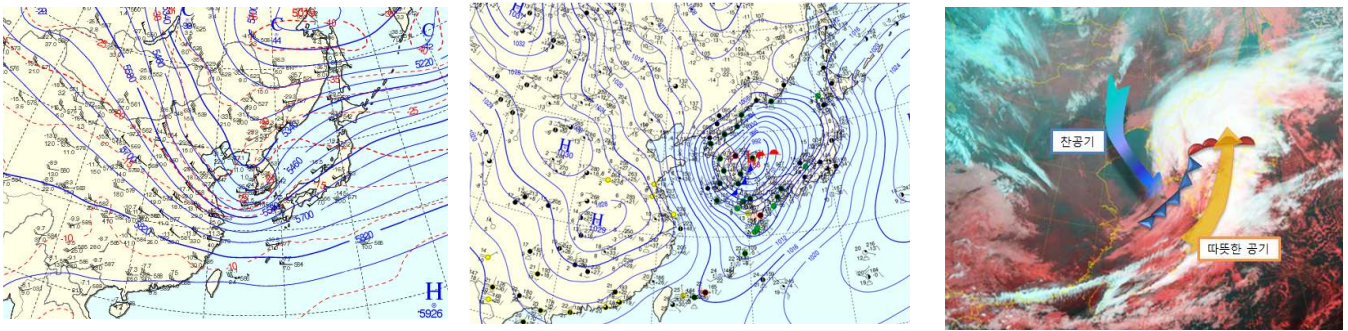


그림 8. 2012년 4월 3일 00UTC 500hPa 일기도(좌), 지상일기도 분석자료(중간)와 위성영상(우)

그림 8은 우리나라 부근에 활강전선이 나타났던 사례이다. 한랭전선면 부근으로 낮은 구름대만 보이고, 전선의 동쪽에 대류성 구름대가 나타나 있다. 상층대기에 한기가 급격히 남하할 경우 지상의 한랭전선 동쪽으로 불안정에 의한 대류가 강화되기 때문이다. 한랭전선면 부근으로는 중·상층대기에 하강류가 강해 구름이 발달하기 어렵다. 지상일기도에서 폐색단계에 도달하기 전에 상층에 한기가 급격하게 지상의 한랭전선 부근으로 이동할 때 발생하는 전선이 활강전선이므로 상층일기도 분석이 반드시 필요하다. 그림 8의 500hPa 일기도를 보면, 기압골이 쇄기형태로 남쪽으로 깊게 파인 형태로 발달된 모습이 보인다. 일반적으로 전선을 가지고 발달하는 지상저기압의 서쪽으로 상층골이 위치하지만, 활강전선의 경우 지상저기압의 위치와 큰 차이가 없는 것이 특징이다. 활강전선의 경우 지상의 한랭전선 부근에 강수가 없으므로 예보관은 상층골의 위치와 위성영상을 통해 활강전선을 구분할 수 있어야 한다. 서에서 동으로 이동하는 기압계의 흐름을 고려하여 활강전선의 대류성 강수대가 빠져나간 이후에 지상의 풍계는 변화 없이 강수현상이 종료되는 것도 유념해야 한다. 강수가 종료된 후, 지상의 한랭전선이 빠져나간 후 풍계가 남서에서 북서로 전환된다. 우리나라를 지나가는 한랭전선과 연결된 상층골은 일반적으로 지상에서 상층으로 서에서 동으로 기울어진 채 동쪽으로 이동하지만, 활강전선의 경우 북서쪽에서 빠르게 우리나라 상공으로 이동하면서 지상의 한랭전선을 따라잡는 경우에 종종 발생한다. 그림 9는 활강전선에 대한 모식도이다. 지상한랭전선의 동쪽에 발달한 비구름대가 위치함을 알 수 있다. 상층의 한랭공기가 하강하면서 지상의 한랭전선 동쪽으로 이동하여 따뜻하고 습한 기류를 밀어붙여 지상의 한랭전선 전면에 강한 상승기류와 대류성 구름을 만든다.

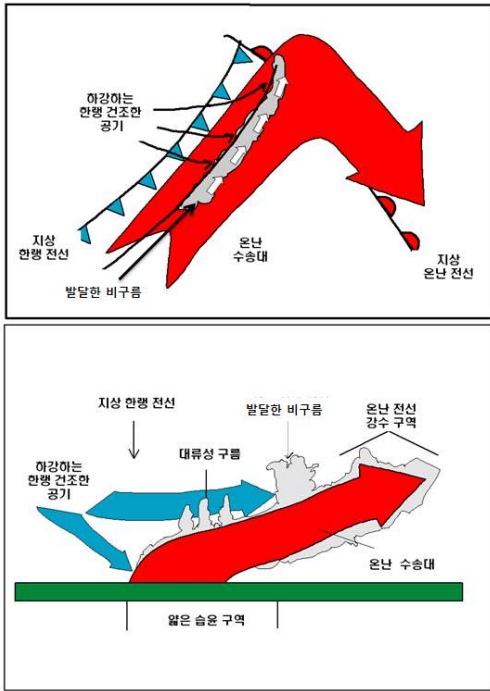


그림 9. 온난 수송대 전방 상승에 의한 활강 한랭전선 평면(위)와 한랭전선에 수직한 연직 단면도(아래)

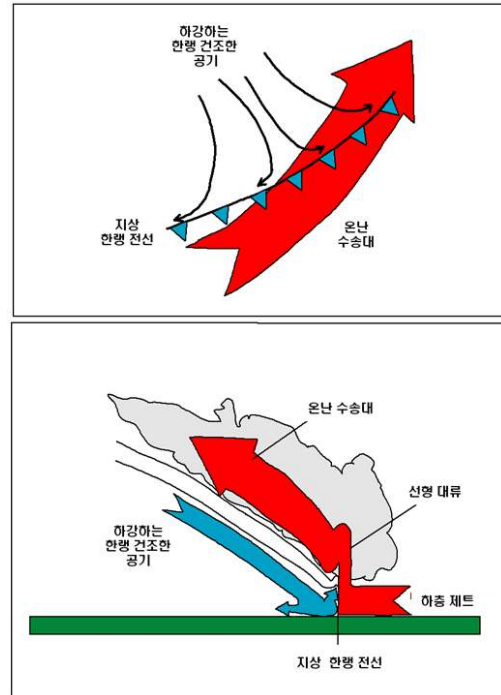


그림 10. 온난 수송대 후방 상승에 의한 활승 한랭전선 평면(위)와 한랭전선에 수직한 연직 단면도(아래)

활승전선(Ana front)

활승전선은 지상의 한랭전선 후방에 위치한다. 온난수송대에 동반되는 기류가 한랭전선에 동반된 공기와 충돌한 후 바로 전방(동쪽)을 향하지 않고 한랭전선의 후방(서쪽)을 향하는 상승운동을 보이는 경우를 활승전선(Ana Front)이라고 부른다. 일반적인 중위도 전선저기압의 한랭전선 강수대와 일치하는 전선이다. 활강전선과 활승전선은 기류 그 자체에 의해서 결정되는 것이 아니라 한랭전선에 상대적인 기류의 방향에 따른 상승운동의 크기에 따라 결정되기 때문에 온난수송대 뿐만 아니라 한랭전선의 이동방향과 속도도 활승·활강 전선의 형성과 강도에 영향을 미친다.

기상 위성 분석을 예보에 많이 활용하는 영국이나 미국의 경우에는 위성 영상의 형태와 일기도 분포를 종합하여 활승·활강 전선 지역을 구분하고 있다. 우리나라에서 한랭전선 통과시에는 주로 활승전선이 나타나며, 이 때는 일반적인 한랭전선 접근에 따른 예보가 가능하다. 전선 접근시 강수가 시작되고 지상의 바람이 남서에서 북서로 급변하면서 강한 강수와 함께 기온이 하강하고 이후 1~2시간 내 강수가 종료되는 특징을 보인다. 그림 10은 활승전선의 특징을 요약한 모식도이다. 일반적인 한랭전선 강수대의 특징과 유사하게 지상의 한랭전선 부근과 그 서쪽에 주 강수대가 위치한다.

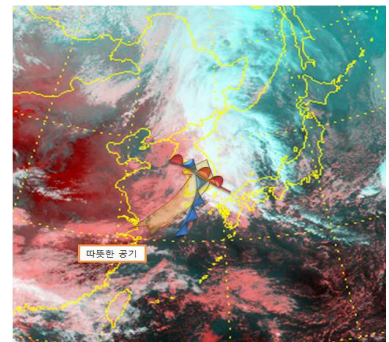
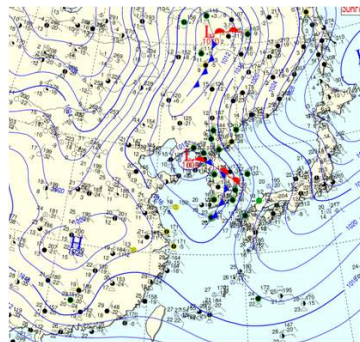
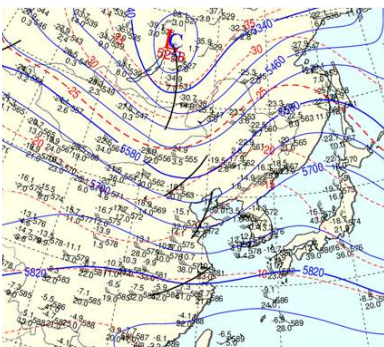


그림 11. 2012년 10월 27일 00UTC 500hPa 일기도(좌), 지상일기도 분석자료(중간)와 위성영상(우)

한랭수송대와 관련된 전선특징

온난수송대는 저기압 남쪽의 온난구역에서 북상하는 기류이며, 한랭수송대는 온난전선의 북쪽에 위치한 차가운 공기가 더 차가운 공기쪽으로 이동하면서 상승하는 기류를 말한다. 강하게 발달하는 저기압의 경우 그림 12와 같이 한랭수송대가 온난전선의 북쪽에서 저기압 중심 주위로 이동한다. 온난전선의 북쪽에 위치한 지상의 동풍류는 저기압 북쪽을 따라 이동하면서 더 차가운 공기 위를 상승한다. 저기압 중심의 북쪽에 이르러 상승하던 기류는 2개의 기류로 바뀌는데 저기압 중심의 북서쪽으로는 계속해서 상승하는 기류와 저기압 중심의 남서쪽으로 하강하는 기류로 나누어진다. 상승하는 기류는 동풍에서 남풍으로 전환 후 상층대기에 이르러 서풍류로 전환하면서 상층제트기류와 합류한다. 즉, 지상에서 상층으로 고기압성 기류 전환과 함께 상승하면서 대류성 구름과 비교적 강한 강수가 동반된다. 반면, 하강하는 기류는 동풍에서 북풍으로 전환 후 하층대기에 이르러 서풍류로 전환한다. 중·상층대기에서 지상으로 저기압성 풍계로 방향전환과 함께 하강하는 기류는 다시 한랭전선 후면에서 차가운 공기와 합쳐지면서 저기압의 발달에 기여한다. 그림 13의 위성영상에서 한랭수송대에서 상승하는 기류인 A 지역은 대류성 구름이 위치한 것을 볼 수 있으며, 하강하는 기류가 위치한 B 지역은 중·하층운이 흩어져 있는 모습을 볼 수 있다. 1차 온난수송대는 활강전선에서 설명한 온난수송대(W1)를 의미하며, 이 온난수송대가 지상의 한랭전선과 간격이 커질 경우 2차 온난수송대(W2)가 생성된다. 2차 온난수송대는 한랭수송대와 만나 상승류가 강화되면서 저기압 중심부근에서 대류권 상부까지 상승하여 대류성 구름을 형성한다.

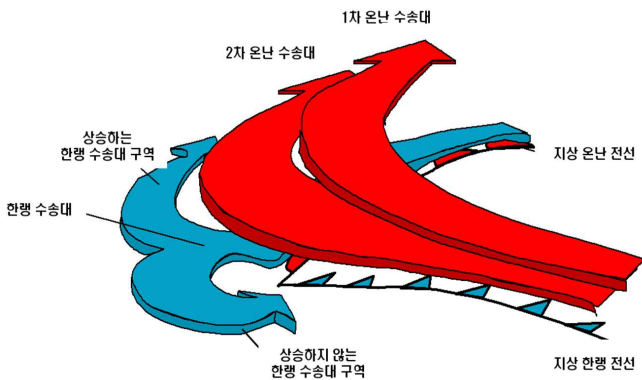


그림 12. 발달하는 콤파형 구름에서의 온난수송대와 한랭수송대의 모식도

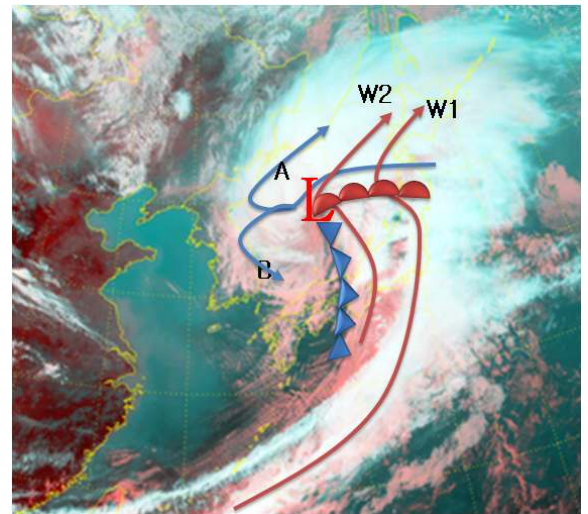


그림 13. 위성영상(2012년 4월 3일 06UTC)

< 참고문헌 >

- 김광식, 1992: 기상학사전, 향문사.
- 민경덕, 민기홍 역, 2009: 대기환경과학, C. Donald Ahrens 저, 시그마프레스
- 기상청, 예보기술팀, 2012: 예보관 중급훈련교재
- Browning, K. A., 1985: Conceptual models of precipitation system. *Meteor. Mag.*, **114**, 293-316.
- C. Donald Ahrens, 2007: *Meteorology today*, P299.
- Djuric. D., 1994: *Weather analysis*.
- Frederick K. Lutgens, et. al, 2009: Pearson Education, Inc., pp 311.
- Vasquez. T., 2002: *Weather forecasting handbook. weather graphics technologies*, pp 75.