

## 장마전선의 특징과 분석방법



■ 발행: 예보국 ■ 문의: 예보기술팀(내선 1656/1657) ■ 발행일: 2012년 6월 28일(목)

장마란 1500년대 중반 이후부터 ‘오랜’의 한자어인 ‘장(長)’과 비를 의미하는 ‘마(雨)’를 합성한 의미로서 ‘장마’, ‘당마(當雨)’에서 일체강점기 이후에 ‘장마’로 쓰이고 있다. 장마란 일반인들이 느끼는 사회적 관점에서는 여름철 오랜기간 지속되는 비를 의미하며, 기상학적인 관점으로는 장마전선에 의해 내리는 비를 의미 한다(류상범 2001).

장마(Changma)는 동아시아 여름몬순 시스템의 일부로서, 남쪽의 열대성기단과 북쪽에 한대성기단 사이에 형성된 정체전선의 영향으로 여름철에 많은 양의 비가 내리는 강수시기이다. 중국은 메이유(Meiyu), 일본은 바이우(Baiu)라고 부른다(장마백서 2011).

### 1. 장마전선의 특징

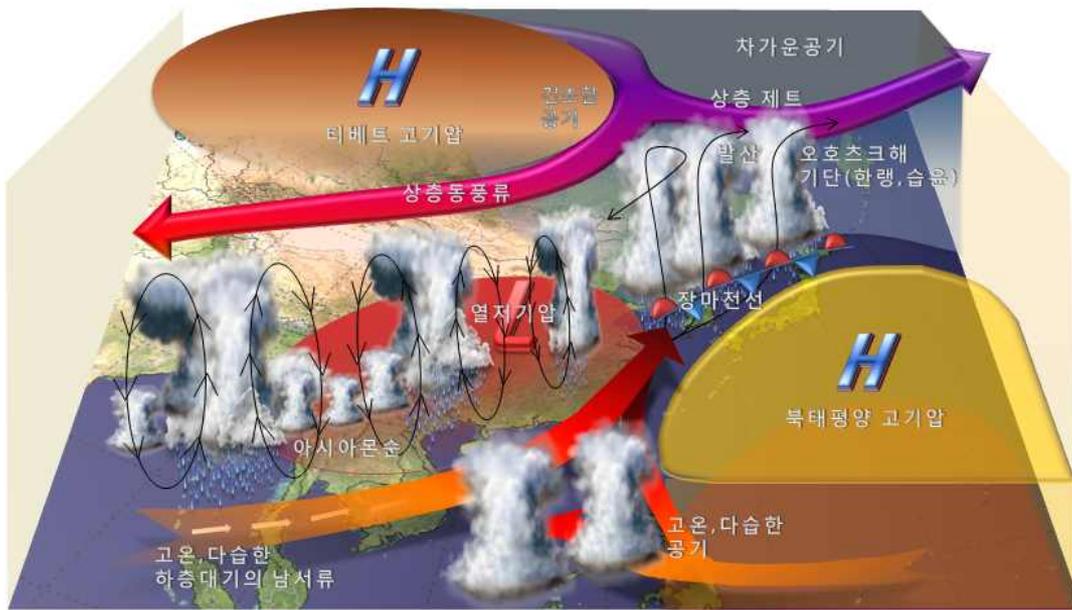


그림 1. 동아시아몬순과 장마전선 형성 모식도

아시아 여름몬순은 아시아 대륙의 지표가열로 형성된 열저기압에 의해 동아시아 해안을 중심으로 남서류가 강화될 때 형성된다. 그림 1과 같이 대륙에 위치한 열저기압의 남쪽과 동쪽으로 고온다습한 남서류가 불게 되면, 열대몬순기압골의 형성과 함께 위성영상에서 구름띠가 나타난다. 반면, 상층은 대륙의 가열로 데워진 공기가 상층으로 팽창하면서 서태평양 상공의 대류권계면보다 고도가 높아져서 거대한 상층 고기압인 티베트고기압이 만들어진다. 북위 30°N을 기준으로 남쪽에는 티베트고기압에 의해 상층에 동풍이 불고, 동남아시아와 중국남부의 상공은 주로 북동풍이 불어서 큰 연직 바람시어가 나타난다.

다. 그림 1과 같이 강한 연직시어는 대류활동을 강화시켜 많은 양의 비를 내리기도 한다.

우리나라와 중국, 일본의 여름철 우기도 아시아 여름 몬순의 한 부분으로서 많은 연구가 이루어지고 있다. 그렇지만, 우리나라부근의 장마전선은 대기층간 바람의 영향 외에도 여러 종류의 기단이 만나서 형성되기 때문에 아시아몬순의 연직대기구조보다 훨씬 복잡하다. 그림 2는 장마전선에 영향을 주는 기단을 요약한 것이다. 장마전선은 총 5개의 성질이 다른 기단의 영향을 받는다.

그림 3은 장마전선에 영향을 주는 여러 기단이 동시에 영향을 미친 사례다. (a)850hPa 일기도에서 장마전선은 우리나라 중북부지방에 위치해 있으며, 장마전선의 남쪽으로 25kts 이상의 남서풍(하층제트)이 보인다. 이 남서풍은 중국에 위치한 저기압과 북태평양 고기압 사이에 강한 기압경도력에 의해서 형성되었으며, 중국 남동해안에 위치한 많은 양의 수증기를 한반도로 이동시킨다. 상층대기에 위치한 티베트고기압은 대륙에서 건조한 공기를 장마전선으로 이동시키고, 북쪽에 위치한 상층저기압의 한랭공기는 하층대기에서 유입되는 온난다습한 공기와 만나 연직대기불안정을 만든다.

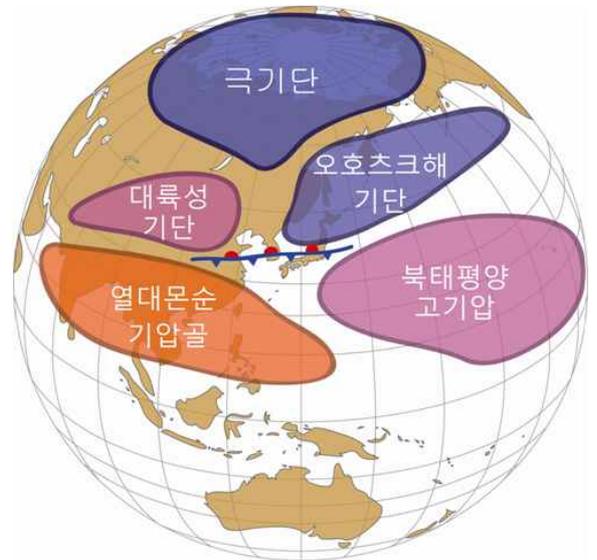
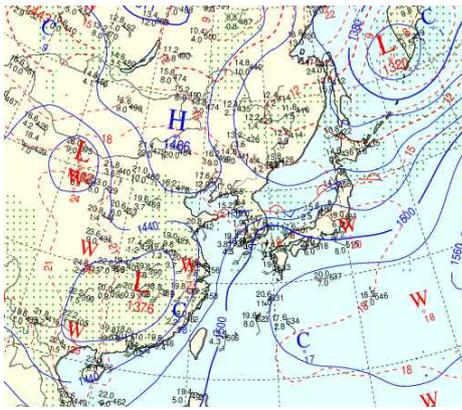
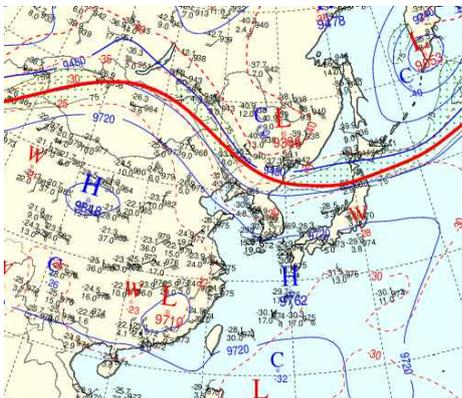


그림 2. 장마전선에 영향을 미치는 5개의 기단 (장마백서, 2011)

(a) 850hPa 일기도



(b) 300hPa 일기도



(C) 위성영상

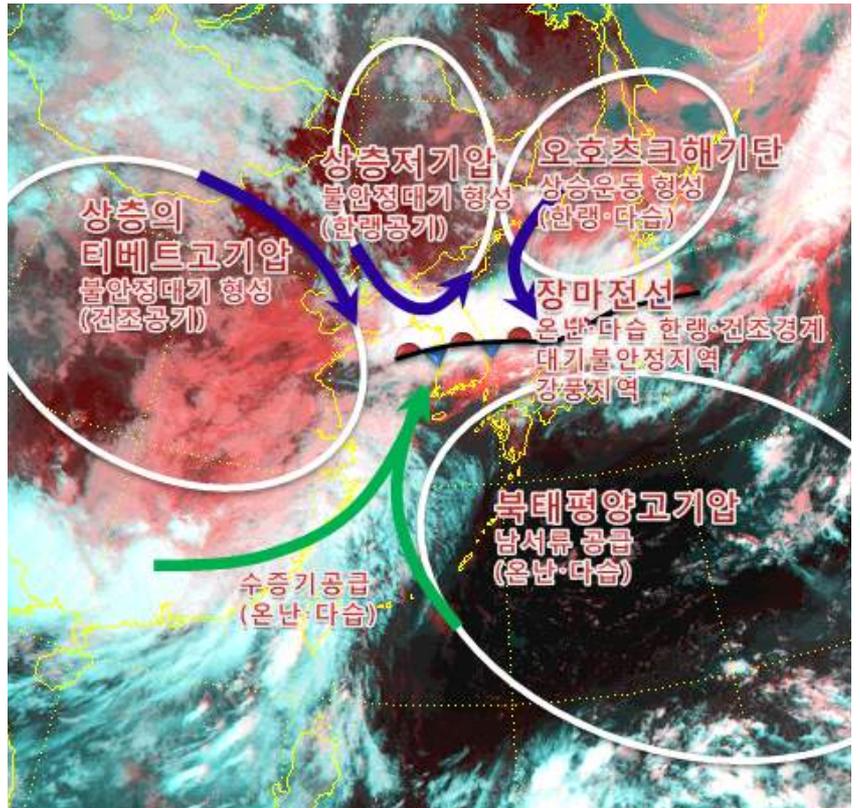


그림 3. 2006년 7월 16일 00UTC 고층일기도와 위성영상(MTSAT)

## 2. 장마분석 가이드스 활용

예보국은 2012년 6월 8일 00UTC부터 COMIS-3의 위험기상에 “장마분석” 메뉴를 신설하여 장마분석을 위한 보조자료를 제공하고 있다. 일 2회(00, 12UTC) UM 전구모델에서 생산되는 6종의 공간분석 종합장을 이용하여 장마전선 분석과 해석 방법에 대해 알아보자.

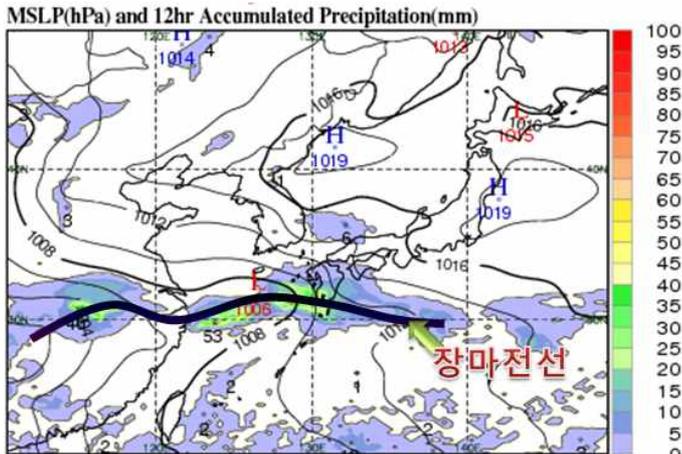


그림 4. 지상일기도와 12시간 누적강수량

- 강수분포와 기압배치를 이용해 장마전선 위치 파악
- 강수대를 중심으로 저기압성 기류의 이동방향을 고려하여 남서에서 남동, 남서에서 북서형태로 등압선이 변형되는 지역을 따라 장마전선 분석 (굵은 실선 표시)

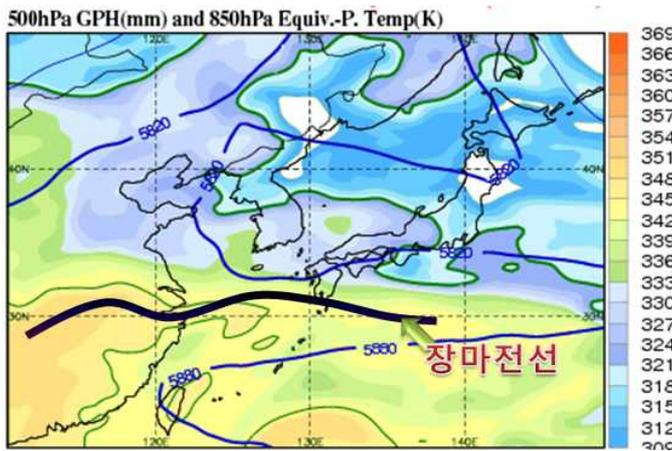


그림 5. 500hPa 고도장과 850hPa 상당온위

- 북태평양 고기압 범위의 척도가 되는 5880 gpm 선의 위치 파악
- 장마전선은 850hPa의 상당온위 333K(아열대 기단의 경계값: 녹색으로 표시) 이상에서 고상당온위 구역에 위치하며, 남북의 상당온위 경도가 큰 지역(남쪽과 북쪽 기단의 경계)에서 활성화 됨

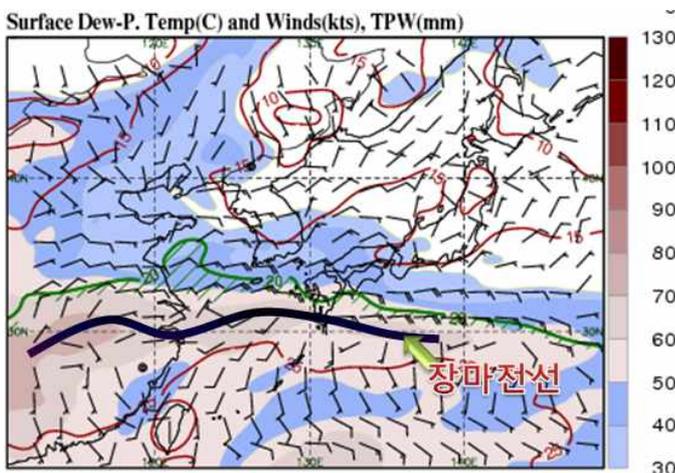


그림 6. 지상 노점온도선과 바람, 가강수량

- 지상 노점온도 20°C선을 굵은 녹색실선과 빗금을 그어 표시. 아열대기단의 경계를 의미하며, 장마전선은 이 기준선의 남쪽에 위치
- 지상의 풍계변화를 이용하여 장마전선 위치 파악
- 가강수량 50mm이상 값을 붉은색 계열로 표시. 장마전선은 이 기준값 이상이며, 등경도상에서 가장 높은 가강수량 값에 위치
- 가강수량 값으로 강수강도 및 강수량 파악

925hPa Dew-P, Temp(C) and Winds(kts), OLR(W/m2)

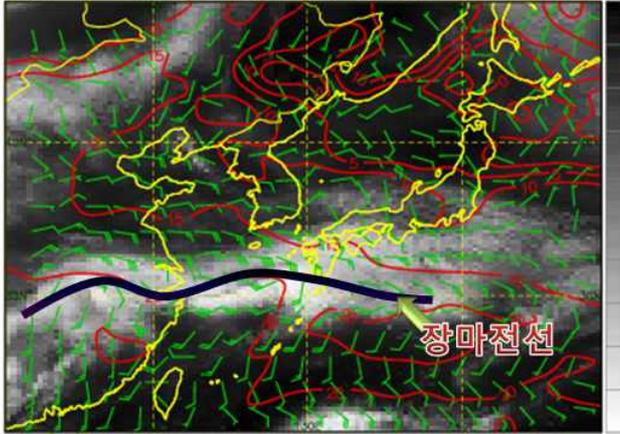


그림 7. 925hPa 노점온도선과 바람, OLR

- 925hPa 노점온도선(붉은색 실선) 20°C선이 남풍류와 함께 고위도로 향하는 형태이면서 남북의 온도 경도가 큰 지역에 대류가 활발함
- 지상풍이 약할 경우 925hPa의 바람장을 참고하여 풍향변화가 큰 지역을 따라 장마전선 분석
- OLR(Outgoing Long Wave, 지구장파복사)은 240W/m2 이하 값에서 대류가 활발하게 나타남

850hPa Dew-P, Temp(C) and Wind Speed(kts), T-Td(C)

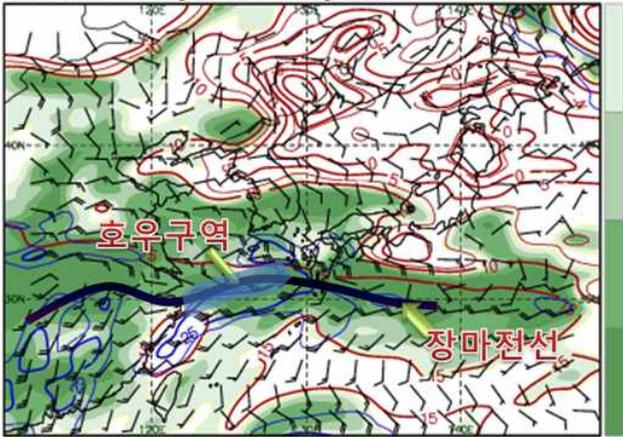


그림 8. 850hPa 노점온도와 바람, 노점편차도

- 850hPa 노점온도를 5°C간격의 붉은색 실선으로 표시하였으며, 장마전선은 노점온도 15°C 이상구역에 위치
- 25kts이상 하층제트는 파란색 실선으로 표시
- 남풍류의 850hPa 하층제트 축(streak)의 북쪽은 상층제트와 커플링(직접 순환)되는 경우, 큰 연직 바람시어로 강한 대류와 호우가 발생함
- 850hPa 노점편차 4°C이하 구역은 녹색계열로 표시하여 구름(하층운) 및 강수구역 파악

200hPa Wind Speed(kts) and 700hPa P-Vel.(hPa/hr)

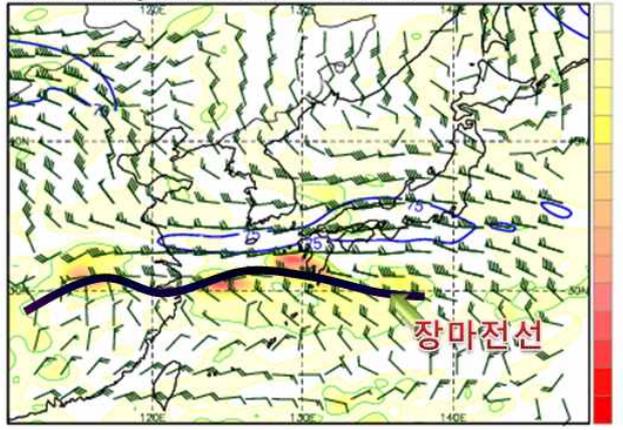


그림 9. 200hPa 바람, 700hPa 상승속도

- 200hPa 제트기류의 풍속은 장마시작 시기에 100kts 이상을 보이다가 장마종료기에 75kts 이하를 보임
- 200hPa의 75kts이상 지역은 파란색 실선으로 강조하였음
- 700hPa 상승구역은 노란색과 붉은색 지역(상승속도에 따라 표시)이며, 200hPa 제트 입구의 남쪽 발산구역에 강한 상승류가 보임, 장마전선은 강한 상승구역에 위치함
- 200hPa 바람장과 그림8의 850hPa 바람장의 비교를 통해 층간바람시어를 가늠해 볼 수 있음

장마분석을 위해 중국(117E), 한국(127E), 일본(137E)을 기준으로 위도별 시계열 차트도 생산하여 예보관에게 제공하고 있다. 우리나라(남한)의 위도 33N, 38N은 붉은색 실선으로 표시되어 있다. 시간별 강수량 분포, 북태평양 고기압의 발달, 아열대기단의 이동 등을 참고하여 장마전선의 남북 진동과 강도예측에 활용할 수 있다.

이 외에도 그림 10과 같이 우리나라가 위치하는 경도 127E를 기준으로 850hPa 상당온위의 모델 예측경향도 볼 수 있다. 왼쪽의 숫자는 생산된 모델의 시각이며, 오른쪽 위의 숫자는 예측시간이다. 파란색과 노란색 경계에 있는 녹색 실선은 333K 값이다. 생산된 모델 날짜별로 30일 00UTC를 예측한 상당온위 333K 값은 24일 12UTC에 생산된 모델에서 40N 북쪽에 위치하다가 이후 생산되는 모델에서 점차 남쪽으로 모의하여 27일 00UTC 모델에서 40N 부근으로 예측하였다.

따라서, 예측모델이 점차 현재와 가까워질수록 아열대 기단이 북쪽으로 이동하는 정도가 감소하고 있다. 이런 모델예측 경향을 반영하여 주간예보나 단기예보에 활용하면 장마전선의 위치와 호우발생 지역의 예측 정확도를 향상시킬 수 있다.

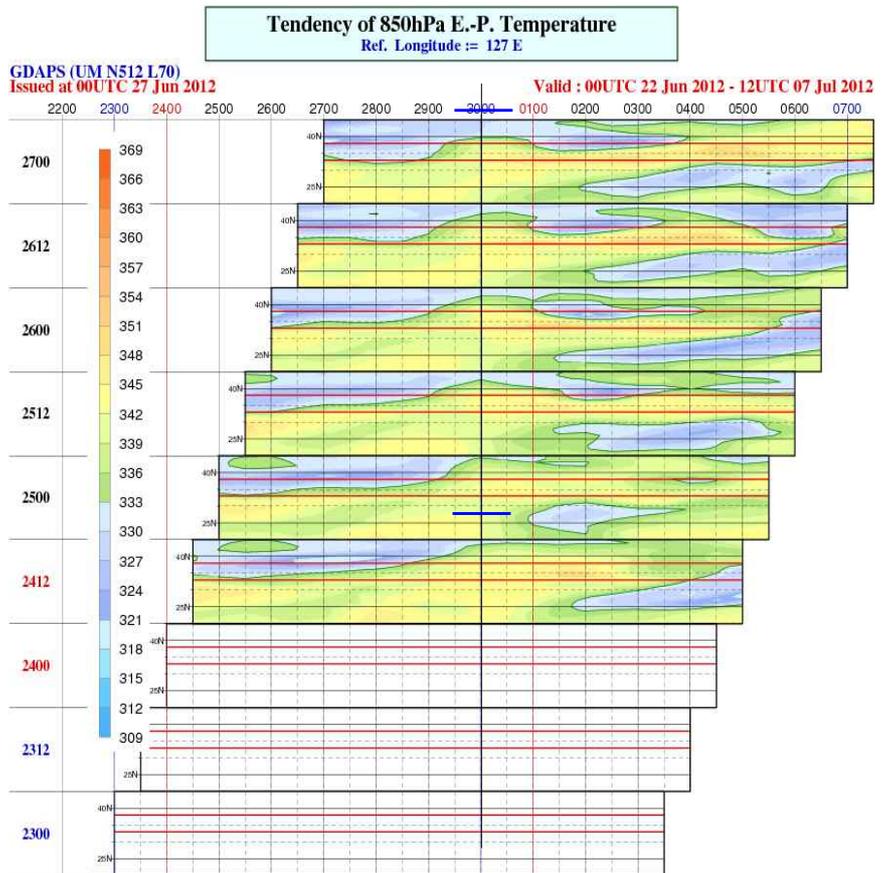


그림 10. 127E 기준으로 850hPa 상당온위의 모델예측 경향

### 3. 장마전선의 분석시기

장마전선은 5월 초 이후부터 분석하는 것이 적절하다. Han and Byun(2006)과 Tian and Yasunari(1998)는 3월과 4월에 하층대기의 북태평양 고기압이 북서태평양(중심이 20°N 부근)에 위치하나 중층대기이상에서는 뚜렷하지 않음을 제시했다. 4월까지 하층대기에서 북태평양 고기압의 북쪽은 차가운 공기가 지배하면서 경압과동이 매우 강한 지역임을 지적했다.

따라서, 5월 초 이후에 일본 오키나와섬 부근(평년 장마시작시기: 5월 8일경, 일본기상청)에 동서로 긴 락 형태의 구름이 위성영상에서 탐지될 때, 정체전선을 분석하는 것이 적절하다. 평균적으로 동아시아 여름우기와 관련된 활발한 대류가 나타나는 정체전선은 5월 말 이후에 동중국해상에 나타난다(Wang and Lin 2002). 5월은 동중국해상에 정체전선이 존재하더라도 지속시간이 길지 않다. 왜냐하면, 발달한 저기압의 한랭전선 후면으로 차가운 공기가 수시로 지나가고, 이동성 고기압의 영향을 받을 때가 많기 때문이다.

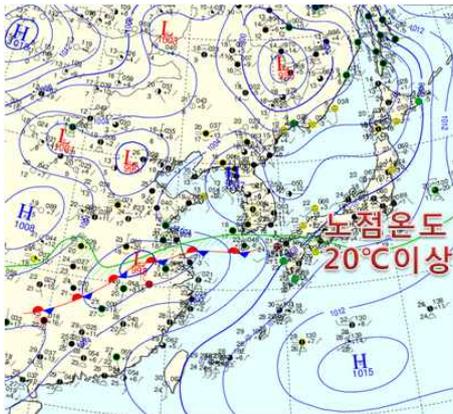
## 4. 장마전선 분석

### 가. 장마초기 분석

그림 11은 2011년 남부지방과 제주도에 장마가 시작된 6월 10일 00UTC 일기도와 위성영상이다. 장마전선이 활성화되는 6월은 장마전선을 기준으로 남쪽은 북태평양 고기압의 세력이 강화되고 북쪽은 상층의 차가운 공기가 수시로 통과하는 경압과동 지역이기 때문에 남과 북의 기온·기압경도가 비교적 뚜렷하다. 특히, 장마전선은 지상일기도에서 그림 11(a)와 같이 중규모 저기압 중심을 기준으로 동쪽은 남서의 풍계에서 남동의 풍계로 바뀌는 온난전선형 전선분석 방법과 동일하게 묘화할 수 있으며, 서쪽은 북서와 남서류 풍계의 경계에 위치하는 한랭전선형 전선분석 방법과 동일하게 묘화하면 된다.

현재 기상청에서는 지상일기도에서 관측지점의 노점온도 20°C를 녹색실선으로 구분하여 아열대 기단의 경계로 참고하고 있으므로 장마전선은 노점온도 20°C이상 구역에서 분석하며, 앞 절에서 소개한 장마분석 가이드를 참고하여 전선분석의 정확도를 높일 수 있다. 그림 11(c)의 850hPa 유선분석에서 남서류의 25kts이상 하층제트지역(녹색)중 위도 30N 북쪽은 (d)의 200hPa에 50kts이상의 제트기류도 위치한다. 이 지역은 남서류의 하층제트와 서풍류의 상층제트가 교차(상·하층 제트커플링)되는 지역으로서, 온난이류(하층에서 상층으로 갈수록 시계방향으로 풍향이 회전)와 강한 풍속과 풍향의 차이에 의한 강한 연직 바람시어가 동반된 직접적인 열 순환에 의해 대류가 활발하게 나타난다(2011년 발행된 손에잡히는 예보기술 ‘하층제트’와 ‘호우분석·예측 가이드’편에 자세하게 소개되었음).

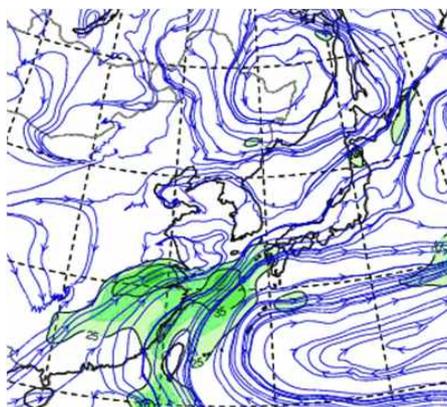
(a) 지상일기도



(b) 위성영상



(c) 850hPa 유선과 25kts이상 강풍



(d) 200hPa 발산과 50kts이상 강풍

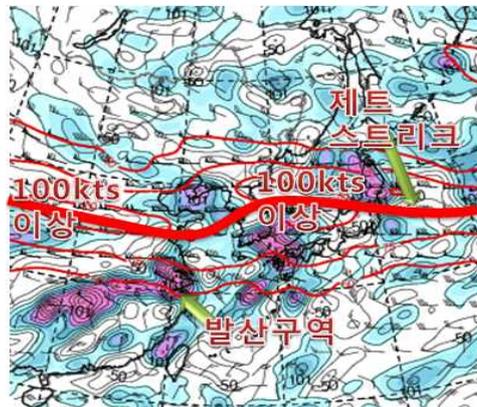


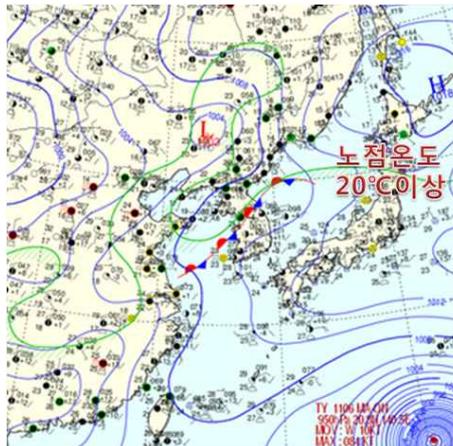
그림 11. 장마시작 시기(2011. 6. 20. 00UTC) 일기도와 위성영상

## 나. 장마종료기 분석

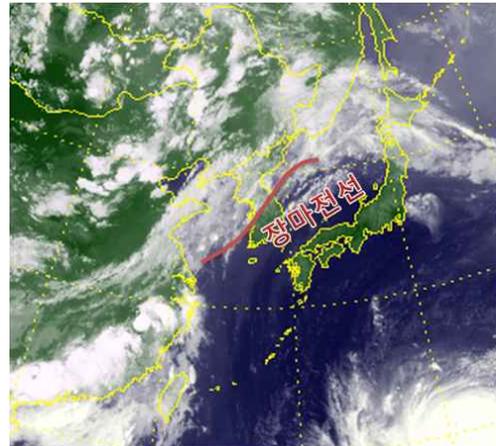
그림 12는 2011년 중부지방에 장마가 종료되기 2일 전 일기도와 위성영상이다. 장마가 종료되는 시점인 7월 중순이후는 태풍의 영향으로 풍계가 변형되거나 중국북부까지 가열에 의해 지상일기도에서 남과 북의 기온이나 풍계의 차이가 크지 않기 때문에 장마전선을 분석하기 어려운 시기이다. 장마가 종료되기 직전상황의 일기도를 이용한 전선 분석방법에 대해 알아보자. 지상일기도(a)를 살펴보면, 우리나라를 중심으로 장마전선이 묘화되어 있지만, 약한 바람에 의해 풍계의 변화나 전선을 묘화 할 수 있는 기압계의 특징이 발견되지 않는다. 그렇지만, 위성영상(b)에서 우리나라를 중심으로 남서에서 북동쪽으로 기울어진 구름대가 보이며, 서해상에는 높게 발달한 대류형 구름대도 존재한다.

장마전선은 200hPa 고도에서 제트기류의 입구 남쪽의 발산구역에 위치할 때 강한 대류와 함께 활성화된다. 850hPa 유선(c)에서 25kts 이상의 하층제트가 서해상에 위치하며, 200hPa 발산장(d)에서 75kts 이상의 제트 중심을 기준으로 서해상은 제트 입구의 남쪽 발산구역에 위치해 있다. 따라서, 규모는 작지만 장마전선이 활성화 될 때 나타나는 상·하층 제트커플링 형태의 연직대기구조를 보인다. 장마전선의 북쪽에 200hPa 고도에서 75kts 이상의 강풍대의 존재는 장마전선 분석에 중요한 참고자료가 된다. 장마전선은 북쪽의 차가운 기단과 남쪽의 따뜻한 기단의 경계에 위치하므로, 200hPa고도에 75kts 이상의 강풍이 존재하는 것이 일반적이다. 따라서, 대류가 활발하게 나타나는 지역을 중심으로 장마전선을 분석하되 하층대기의 풍계와 위성영상의 구름대를 참고하여 전선분석을 해야 한다.

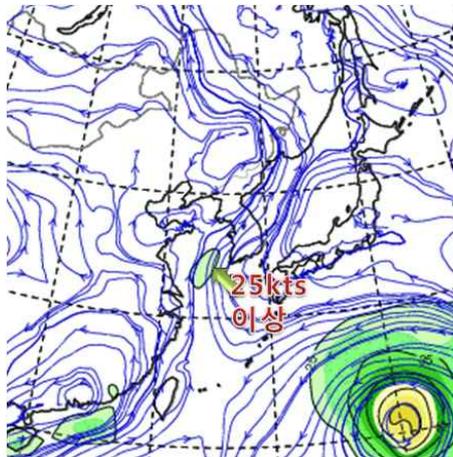
(a) 지상일기도



(b) 위성영상



(c) 850hPa 유선과 25kts이상 강풍



(d) 200hPa 발산과 50kts이상 강풍

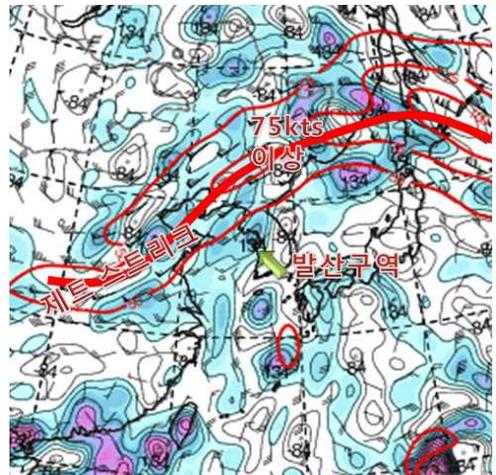


그림 12. 중부지방 장마 종료 2일 전(2011. 7. 15. 12UTC) 일기도와 위성영상

서경환 등(2011)은 아열대기단의 북상으로 장마가 종료되는 시점을 850hPa 상당온위 값에서 찾았는데, 335K 값이 한반도 북쪽(위도 40N)까지 올라갔을 때 장마가 종료됨을 제시했다. 또한, 우리나라 부근의 여름철 일기패턴의 특징을 이용하여 표 1과 같이 우리나라의 장마 시작과 종료일 결정방법을 제시했다.

표 1. 우리나라의 장마시작과 종료를 결정하는 방법(서경환 등 2011)

정의와 방법	
<b>장마 시작 (세 조건 동시 만족)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 122.5°~135°E 평균 상당온위 335K 선이 32.5°N 보다 북상해 3일 이상 지속</li> <li>· 122.5°~135°E 평균 5850 gpm선이 32.5°N 보다 북상해 3일 이상 지속</li> <li>· 125°~130°E 평균 상당온위 남북 경도 최저값이 32.5°N 보다 북상해 3일 이상 지속</li> </ul>
<b>장마 종료 (두 조건 동시 만족)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 122.5°~135°E 평균 상당온위 남북 경도 최저값이 42.5°N 보다 북상해서 2일 이상 지속</li> <li>· 122.5°~135°E 평균 200hPa 동서방향 바람의 남북경도 최고값이 42.5°N 보다 북상해서 2일 이상 지속</li> </ul>

지금까지 설명한 방법 외에도 많은 연구에서 몬순이나 우기를 찾기 위해 지역별로 850hPa 바람의 동서성분(U), 남북성분(V)의 변화 값을 사용하고 있으며, 이 외에 OLR(Outgoing Longwave Radiation)의 240W/m<sup>2</sup> 이하의 값을 대류활동이 활발한 전선구역으로 파악하는 방법(Wang and Fan 1999, Webster and Yang 1992), 상·하층 와도의 값과 그 값의 차이를 활용한 방법(Zhang et al. 2003, Lau and Yang 2000, Wang and Fan 1999, Huang and Yan 1999) 등이 있다.

현재 기상청에서는 우리나라 위치(위도·경도)를 고려한 장마지수를 활용하여 장마의 시작과 종료시점을 분석하고 있다. 장마지수는 상층 200hPa 고도의 장마철 특징을 반영하여 전지구모델(GDAPS) 결과를 이용하여 경도 122.5~132.5E 사이의 평균값을 수식 1과 같이 계산한다. 장마지수 식의 처음 두 항은 장마의 시작을, 마지막 항은 장마의 종료를 반영하여 장마의 시작시 이론적 값이 100%에 가까워지게 된다.

**▶장마지수 = Value1 + Value2 + Value3**

Value1 = ((GPH36-12000)\*0.2) if GPH36 < 12350  
           = 75 if GPH36 ≥ 12350

Value2 = 25.0 if V27 < 10m/s  
           = 0.0 if V27 > 35 m/s  
           = 35.0 - V27 if 10 ≤ V27 ≤ 35m/s

Value3 = GPH45-12300 if GPH45 ≥ 12300  
           = 0.0 if GPH45 < 12300

여기서, GPH36 = 200 hPa의 36.25N 동서고도 평균값  
       V27 = 200 hPa의 27.5N 동서바람 평균값  
       GPH45 = 200 hPa의 45N 동서고도 평균값

수식 1. 장마지수 계산식

그림 13은 운영 중인 장마지수와 같은시각 위성영상을 보여준다. 6월 24일 12UTC 현재 장마전선은 제주도 부근에 위치해 있으며, 장마지수는 100을 보인다. 우리나라가 장마권에 들었음을 의미한다. 그림 14은 2011년 중부지방 장마종료일에 생산된 장마지수예측과 위성영상이다. 약화된 장마전선이 태풍의 북상에 따라 북쪽으로 이동할 것으로 예상되었고, 장마지수도 18일부터 현저히 낮은 값으로 예상되었다.

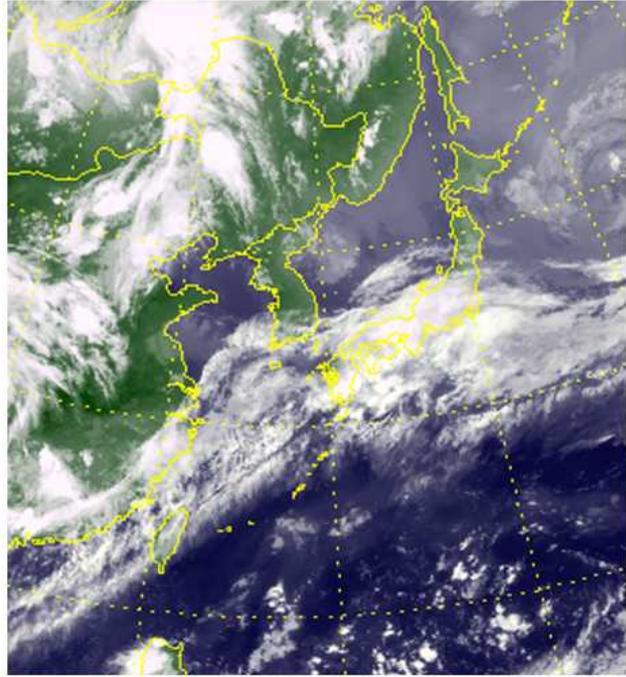
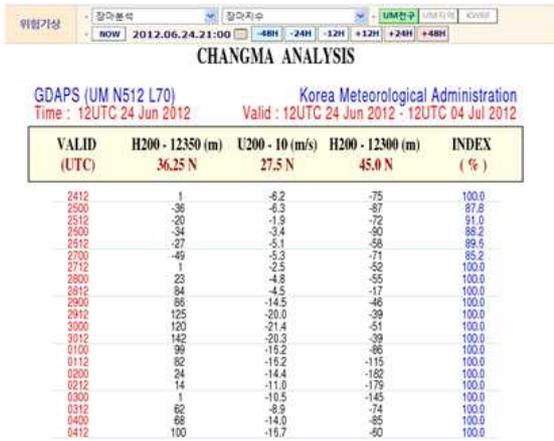


그림 13. 2012년 6월 24일 12UTC에 생산된 장마지수(왼쪽)와 12UTC 위성영상(오른쪽)

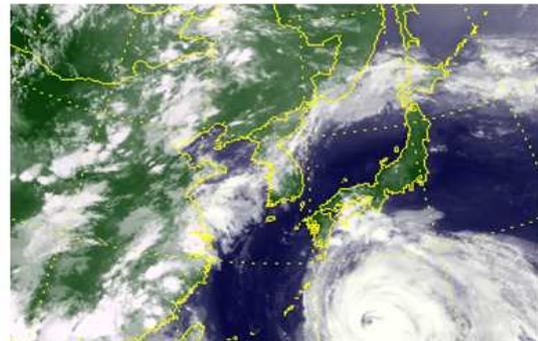


그림 14. 2011년 7월 17일 12UTC에 생산된 장마지수(왼쪽)와 12UTC 위성영상(오른쪽)

<부록 > 장마통계 (출처: 기상자원과/2012.6.26 메모보고)

< 지역별 강수량 및 강수일수(1973~2011) >

연 도	중부		남부		제주도		전국	
	강수량	강수일수	강수량	강수일수	강수량	강수일수	강수량	강수일수
1973	86.3	5	61.4	4	30.9	6	70.2	5
1974	320.7	23	566.5	26	584.3	30	467.9	25
1975	394.9	18	340.0	18	305.9	24	360.7	18
1976	126.7	14	87.4	14	282.6	17	111.6	14
1977	251.7	12	116.3	13	208.0	18	174.9	13
1978	491.6	22	464.3	20	339.4	17	470.1	21
1979	409.2	18	299.0	19	631.9	26	357.7	19
1980	486.2	24	431.4	23	359.4	28	450.5	24
1981	445.4	17	321.2	19	316.2	20	371.2	18
1982	158.6	9	209.5	11	348.6	18	194.9	11
1983	338.4	16	342.4	18	252.1	19	336.9	18
1984	320.9	17	332.4	16	246.4	17	324.1	17
1985	225.5	13	488.0	18	1119.0	20	408.8	16
1986	363.6	22	359.4	20	610.7	25	371.8	21
1987	677.0	22	500.3	22	680.3	20	579.4	22
1988	438.0	20	309.1	17	321.8	15	361.8	18
1989	327.6	17	409.5	16	245.6	15	369.4	17
1990	630.4	28	420.5	20	474.7	19	507.7	23
1991	450.4	22	427.1	24	407.1	21	435.6	23
1992	176.2	12	159.8	7	236.8	12	169.7	10
1993	400.8	20	366.9	20	355.4	20	380.1	20
1994	206.1	10	75.1	6	206.0	7	133.6	8
1995	256.6	15	167.3	13	651.8	15	224.0	14
1996	268.9	15	319.6	15	300.6	20	298.3	15
1997	401.9	12	463.9	15	238.5	17	429.2	14
1998	440.7	21	407.5	21	422.8	26	421.6	21
1999	102.1	5	255.0	11	578.4	19	206.9	9
2000	172.2	13	267.8	13	230.1	17	227.5	13
2001	461.5	20	313.2	15	389.6	19	376.4	17
2002	231.8	13	279.3	15	364.0	20	263.7	15
2003	482.1	22	574.4	22	390.1	26	529.2	22
2004	407.9	16	257.9	13	97.9	9	311.8	14
2005	332.5	14	276.1	16	136.5	14	293.0	15
2006	771.7	29	646.1	25	566.2	24	693.4	27
2007	340.1	22	295.7	19	416.2	21	318.8	21
2008	443.1	19	317.7	19	358.6	18	370.2	19
2009	481.2	16	571.5	25	469.8	23	530.7	21
2010	240.0	18	324.0	21	525.5	20	298.6	20
2011	757.1	21	468.3	17	572.6	21	589.5	19

\* 강수량의 경우 현재 전국 평균하는 47개 지점의 관측시작 시기가 1973년 이후가 대다수 이므로 1973년을 기준으로 하였음.

< 지역별 장마시종일 및 기간(1961~2011) >

연 도	중부			남부			제주		
	시작일	종료일	기간	시작일	종료일	기간	시작일	종료일	기간
1961	06.29	07.14	16	06.29	07.12	14	06.29	07.11	13
1962	07.03	07.23	21	07.01	07.23	23	07.01	07.23	23
1963	06.22	07.29	38	06.22	07.28	37	06.23	07.13	21
1964	07.01	07.23	23	06.24	07.19	26	06.24	07.22	29
1965	07.04	07.30	27	06.26	07.29	34	06.25	07.29	35
1966	06.24	08.03	41	06.24	07.25	32	06.24	07.22	29
1967	06.25	07.23	29	06.24	07.23	30	06.24	07.23	30
1968	06.28	07.19	22	06.29	07.19	21	06.24	07.19	26
1969	06.25	08.10	47	06.25	<b>08.11</b>	48	06.24	<b>08.07</b>	45
1970	<b>06.14</b>	07.20	37	06.14	07.20	37	06.14	07.20	37
1971	06.26	07.26	31	06.26	07.26	31	06.24	07.23	30
1972	06.25	07.11	17	06.26	07.14	19	06.19	07.15	27
1973	06.25	<b>06.30</b>	6	06.25	<b>06.30</b>	6	06.25	07.01	7
1974	06.17	07.31	45	06.16	07.31	46	06.16	07.31	46
1975	06.23	07.29	37	06.21	07.28	38	06.17	07.28	42
1976	06.21	07.17	27	06.17	07.16	30	06.17	07.17	31
1977	06.23	07.19	27	06.22	07.19	28	06.15	07.19	35
1978	06.17	07.20	34	06.15	07.21	37	06.15	07.20	36
1979	06.19	07.23	35	06.19	07.23	35	06.15	07.23	39
1980	06.16	07.30	45	06.16	07.30	45	06.16	07.31	46
1981	06.17	07.14	28	06.19	07.14	26	06.19	07.14	26
1982	<b>07.10</b>	07.29	20	07.07	07.29	23	<b>07.05</b>	07.29	25
1983	06.19	07.25	37	06.19	07.24	36	06.19	07.23	35
1984	06.15	07.13	29	06.15	07.13	29	06.14	07.13	30
1985	06.23	07.17	25	06.21	07.18	28	06.21	07.18	28
1986	06.23	07.26	34	06.22	07.25	34	06.20	07.24	35
1987	07.05	<b>08.10</b>	37	07.01	08.08	39	06.23	07.25	33
1988	06.23	07.28	36	06.23	07.27	35	06.22	07.28	37
1989	06.24	07.30	37	06.23	07.29	37	06.23	07.29	37
1990	06.19	07.27	39	06.19	07.19	31	06.18	07.17	30
1991	06.29	08.02	35	06.26	08.02	38	06.15	07.17	33
1992	07.02	07.31	30	<b>07.09</b>	07.23	15	06.22	07.20	29
1993	06.22	07.30	39	06.22	07.30	39	06.18	07.30	43
1994	06.25	07.16	22	06.22	07.06	15	06.17	<b>07.01</b>	15
1995	06.30	07.27	28	06.30	07.27	28	06.21	07.25	35
1996	06.24	07.22	29	06.24	07.22	29	06.19	07.16	28
1997	06.25	07.22	28	06.20	07.18	29	06.20	07.18	29
1998	06.25	07.28	34	06.24	07.28	35	06.12	07.28	47
1999	06.23	07.10	18	06.17	07.20	34	06.17	07.20	34
2000	06.22	07.19	28	06.21	07.16	26	06.16	07.16	31
2001	06.24	08.01	39	06.22	07.21	30	06.21	07.20	30
2002	06.23	07.24	32	06.23	07.23	31	06.19	07.22	34
2003	06.23	07.25	33	06.23	07.25	33	06.22	07.23	32
2004	06.25	07.18	24	06.24	07.17	24	06.24	07.11	18
2005	06.26	07.18	23	06.26	07.18	23	06.25	07.15	21
2006	06.21	07.29	39	06.21	07.29	39	06.14	07.26	43
2007	06.21	07.29	39	06.21	07.24	34	06.21	07.24	34
2008	06.17	07.26	40	06.17	07.26	40	06.14	07.04	21
2009	06.28	07.21	24	06.21	08.03	44	06.21	08.03	44
2010	06.26	07.28	33	06.18	07.28	41	06.17	07.28	42
2011	06.22	07.17	26	<b>06.10</b>	07.10	31	<b>06.10</b>	07.10	31

< 지역별 연대별 장마시종일 및 장마기간(1961~2010)>

연 도	중부			남부			제주도		
	시작	종료	기간	시작	종료	기간	시작	종료	기간
1961-1970	6.25~6.26	7.20~7.21	30	6.24	7.03~7.24	30	6.23~6.24	7.21~7.22	29
1971-1980	6.20~6.21	7.21~7.22	30	6.19~6.20	7.20~7.21	32	6.16~6.17	7.20~7.21	34
1981-1990	6.23	7.24-7.25	32	6.22-6.23	7.22-7.23	32	6.20-6.21	7.21-7.22	32
1991-2000	6.25	7.23-7.24	29	6.23-6.24	7.21-7.22	29	6.17	7.18-7.19	32
2001-2010	6.22-6.23	7.24-7.25	33	6.20-6.21	7.23-7.24	34	6.19	7.19-7.20	32

< 지역별 장마시작일 분석(1961~2011) >

구 분	중부	남부	제주
가장 빠른 해	1970.06.14	2011.06.10	2011.06.10
가장 늦은 해	1981.07.10	1992.07.09	1981.07.05

< 지역별 장마종료일 분석(1961~2011) >

구 분	중부	남부	제주
가장 빠른 해	1973.06.30	1973.06.30	1994.07.01
가장 늦은 해	1987.08.10	1969.08.11	1969.08.07

< 지역별 장마기간 분석(1961~2011) >

구분	중부			남부			제주		
	시작일	종료일	기간	시작일	종료일	기간	시작일	종료일	기간
최장	1969.06.25	1969.08.10	47	1969.06.25	1969.08.11	48	1998.06.12	1998.07.27	47
최단	1973.06.25	1973.06.30	6	1973.06.25	1973.06.30	6	1973.06.25	1973.07.01	7

< 참고문헌 >

- 기상청, 2011: 2011년 장마백서.  
 기상청, 2012: 손에 잡히는 예보기술 2012년 2월호, 일기도분석 가이드스(Ⅱ) 호우분석. 제 11호.  
 류상범, 2001: 장마의 어원과 정의에 대하여. *한국기상학회지*, **11**, 6-12.  
 서경환, 손준혁, 이준이, 2011: 장마의 재조명. *한국기상학회지*, **21**, 109-121.  
 Byun, H.-R., and D.-K. Lee, 2002: Defining three rainy seasons and the hydrological summer monsoon in Korea using available water resources index. *J. Meteor. Soc. Japan*, **80-1**, 33-44.  
 Han, S.-U., and B.-Y. Byun, 2006: The existence and the climatological characteristics of the spring rainy period in Korea. *Int. J. Climatol.*, **26**, 637-654.  
 Huang, G., and Z. W. Yan, 1999: East Asian summer monsoon circulation index and its interannual variation. *Chin. Sci. Bull.*, **44**, 421-424.  
 Kajikawa, Y., and B. Wang, 2012: Interdecadal change of the South China Sea summer monsoon onset. *J. Climate*, **25**, 3207-3218.  
 Lau, K.-M., and S. Yang, 2000: Dynamical and boundary forcing characteristics of regional components of the Asian summer monsoon. *J. Climate*, **13**, 2461-2482.  
 Tian, S.-F., and T. Yasunari, 1998: Climatological aspects and mechanism of spring persistent rain over central China. *J. Meteor. Soc. Japan*, **76**, 57-71.  
 Wang, B., and LinHo, 2002: Rainy season of the Asian-Pacific summer monsoon. *J. Climate*, **15**, 386-398.  
 Wang, B., and Z. Fan, 1999: Choice of south Asian summer monsoon indices. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, **80**, 629-638.  
 Webster, P. J., and S. Yang, 1992: Monsoon and ENSO: selectively interactive systems. *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, **118**, 877-926.  
 Zhang, Q. Y., S. Y. Tao, and L. T. Chen, 2003: The interannual variability of East Asian summer monsoon indices and its association with the pattern of general circulation over East Asia. *Acta Meteor. Sin.*, **61**, 559-568.  
 Zhou, W., AND J. C. L. Chan, 2005: Interseasonal oscillations and the South China Sea summer monsoon onset. *Int. J. Climatol.*, **25**, 1585-1609.