

1,500ft이하의 Ceiling 발생시 기상특성 연구

김성헌, 박금옥, 하해성, 김수영
대구공항기상 관측소

1. 서론

가. 개요 및 연구목적

1) 개요

가) 대구공항은 대구의 중심에서 북동쪽에 위치해 있으며, 북쪽으로 팔공산(1192m)이 위치해 있고, 활주로와 평행하게 남동쪽에서 북서쪽으로 금호강이 흐르고 있으며, 남쪽으로는 비슬산(1084m)이 위치해 있어, 겨울에는 북서계절풍이 많이 불고, 뚜렷한 기압계가 없거나 바람이 약하게 불 때는 남동계열의 바람이 많이 분다. 대구공항에서 남동쪽은 개활지로서 대체로 낮은 지역이 분포해 있다.

나) 대구공항도 2003년부터 착륙예보를 발표함에 따라 공항주변의 지형지세 파악과 요소별 기상 특성을 연구하여 객관적인 착륙예보 근거를 마련하고자 한다.

2) 연구목적

가) 대구공항의 운량과 운고에 대한 국지기상 특성을 파악하여 착륙예보의 객관적 근거 마련

나) 항공기의 안전 및 경제적 운항에 기여하고 착륙예보의 정확도 향상

나. 자료조사 기간 및 방법

1) 자료조사 기간

가) 기간 : 2003. 1. 1 ~ 2005. 12. 31(3년)

2) 자료조사 방법

가) 일항공기상통계표의 하늘상태에서 실링 1,500ft이하의 구름을 모두 조사

나) 착륙예보 운고의 기준치 1,500ft, 1,000ft, 500ft, 200ft로 나누워서 조사

다) 1,500ft이하에서 BKN이상의 구름이 시작되기 2시간, 종료 후 2시간까지의 자료.

다. 자료 종류

- 1) 일항공기상통계표 - 하늘상태
- 2) 지상일기도(ASF E KMA 3시간자료) - 일기도패턴 분석
- 3) 상층일기도(925hPa) - 기온 및 습윤역 분석
- 4) 기타 - 연직시계열도(대구공항), 위성사진등

2. 본론

가. 통계자료 분석

- 1) 기관별 착륙예보 평가 결과

<표 1> 기관별 착륙예보 평가 결과(2004. 1 ~ 2005. 12)

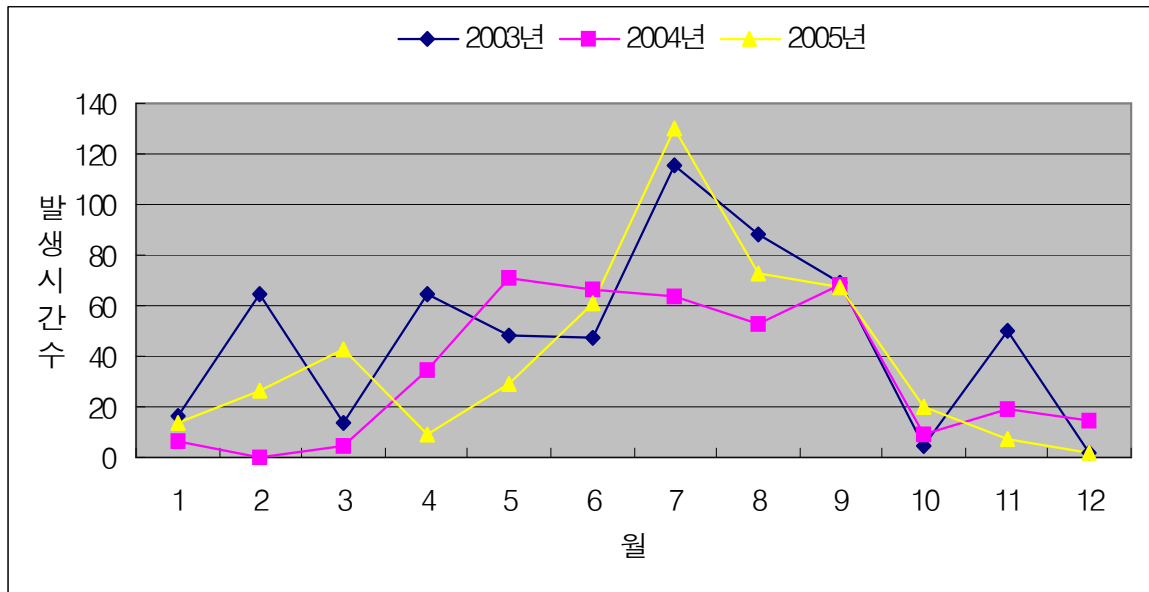
기관 \ 요소	풍향	풍속	시정	유무	운량	운고	평균(%)
대구	83.0	95.0	93.2	94.8	90.7	88.7	90.9
군공항	82.8	95.7	90.0	94.6	88.9	87.5	89.9
민간공항	85.6	94.2	89.0	95.1	94.8	93.2	92.0
공항전체평균	84.7	94.6	89.3	94.9	93.0	91.5	91.3

<표 1>의 착륙예보 요소별 평가에서 전체공항 평균은 풍향<시정<운고<운량<풍속<유무 순으로 점수가 높음을 알 수 있고, 대구공항은 풍향<운고<운량<시정<유무<풍속 순으로 점수가 높음을 알 수 있다. 위 표에서 보면 착륙예보 요소 중에서 전체공항 평균은 풍향과 시정이 낮게 나타났고, 대구공항은 풍향과 운고·운량이 낮게 나타났다. 따라서 앞으로 항공기상대 운영사업평가의 착륙예보목표가 올해부터 90%→96%로 상향조정 됨에 따라 바람과 하늘상태에 관한 연구가 요구되며, 특히 풍향에 관한 연구가 많이 이루어진다면 착륙예보의 정확도를 훨씬 높일 수 있을 것으로 생각된다. 착륙예보 2004. 1 ~ 2005. 12월까지의 평균은 91.3%이고, 대구공항은 90.9%로 목표치에 도달하려면 많이 노력해야 한다.

- 2) 1,500ft 이하의 실링 요소별 통계

가) 1,500ft 이하 하층운의 실링 월별 발생시간

[그림 1]에서 1,500ft 이하 하층운의 실링 월별 발생시간은 7월이 309시간으로 가장 많고, 6~9월이 901회로 61%를 차지한다. 여름이 많이 나타이유는 장마전선과 태풍 등으로 강수일수가 많기 때문이다.



[그림1] 1,500ft 이하 하층운의 실링 월별 발생시간

나) 1,500ft 이하 하층운의 실링 월별 발생일수

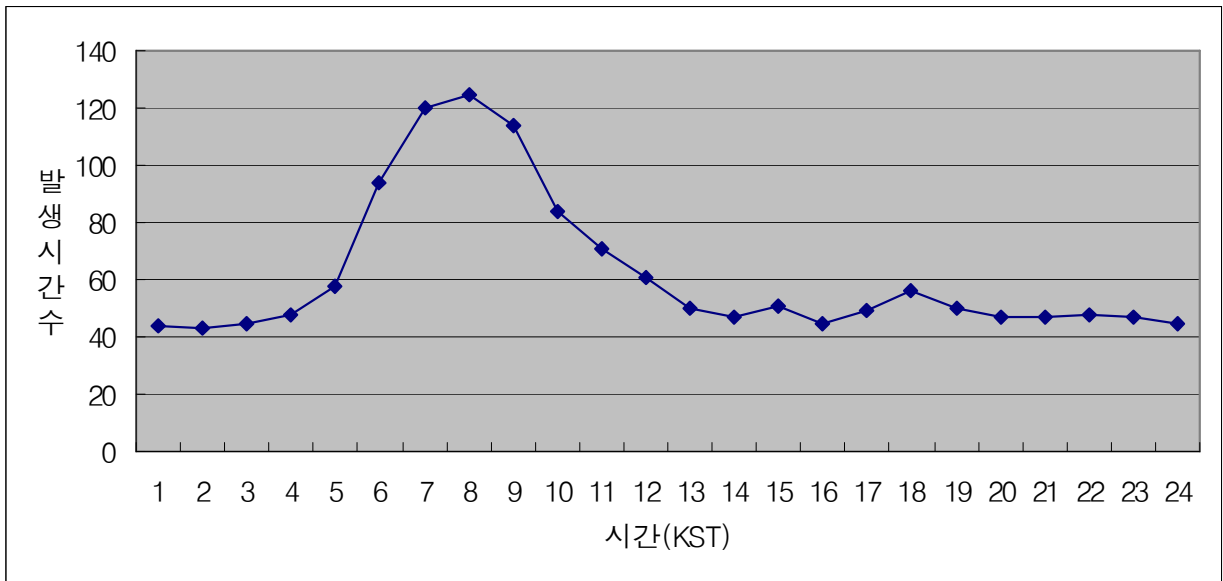
<표 2> 1,500ft이하 하층운의 실링 월별 발생일수

월 \ 년도	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	합계(일)
2003	2	7	3	8	7	7	13	15	10	2	7	1	82
2004	1	-	2	5	9	7	8	7	9	2	5	2	57
2005	3	4	9	2	3	8	16	14	10	3	2	1	75
합계	6	11	14	15	19	22	37	36	29	7	14	4	214

<표 2>는 1,500ft 이하 하층운의 실링 월별 발생일수로 총 214일이 나타났으며, 여름이 많고, 가을과 겨울은 상대적으로 적게 나타났다. 강수에 의한 실링의 발생일수는 148일로서 69%가 나타났다.

다) 1,500ft 이하 하층운의 시간대별 실링 발생시간 수

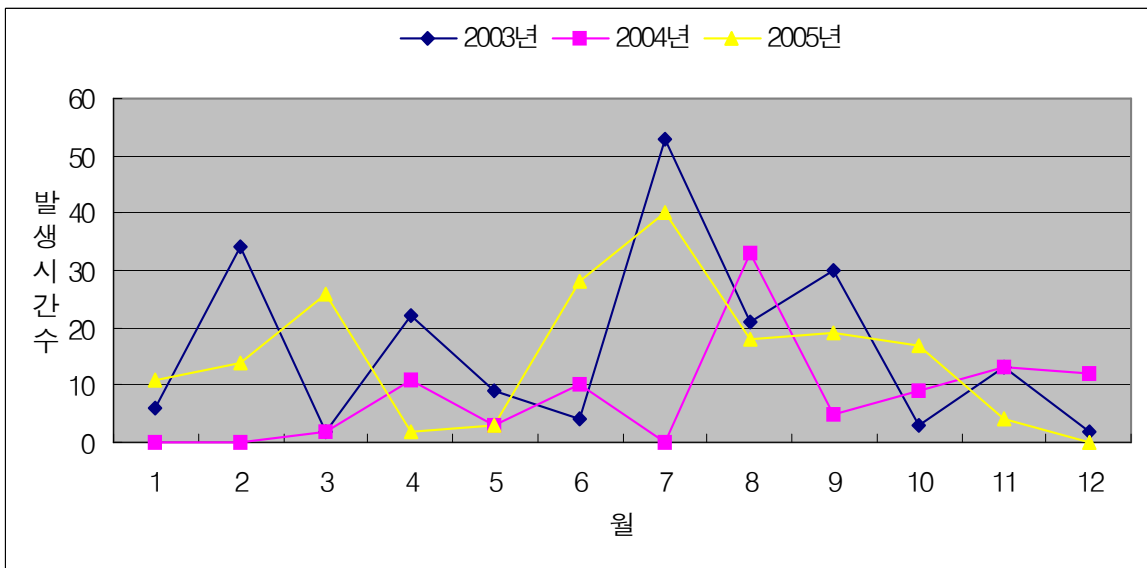
[그림 1]의 1,500ft 이하 하층운의 시간대별 실링 발생시간 수는 8시에 125회로 가장 많고, 6~10사이가 80회 이상 나타났으며, 5~12시 사이에 총 49%가 나타났다.



[그림 2] 1,500ft 이하 하층운의 시간대별 실링 발생시간 수

3) 1,000ft 이하의 실링 요소별 통계

가) 1,000ft 이하 하층운의 실링 월별 발생시간



[그림 3] 1,000ft 이하 하층운의 실링 월별 발생시간

[그림 3]은 1,000ft 이하 하층운의 실링 월별 발생시간으로 1,500ft이하에서는 1476시간 이 발생하였으나, 1,000ft이하에서는 479시간으로 32%정도 되고, 7월이 93회로 가장 많고, 12월이 14회로 가장 적게 나타났다.

나) 1,000ft 이하 하층운의 실링 월별 발생일수

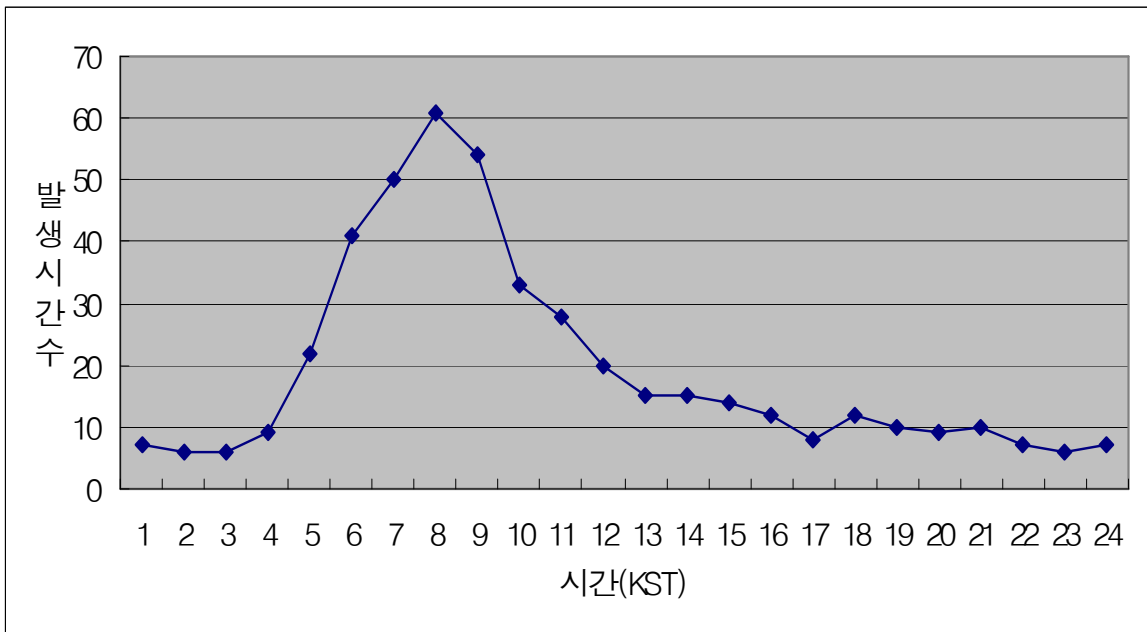
<표 3> 1,000ft 이하 하층운의 실링 월별 발생일수

월 년도	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	합계(일)
2003	1	5	1	4	3	1	12	7	6	1	4	1	46
2004	-	-	1	2	1	4	-	6	2	2	5	2	25
2005	3	3	8	1	2	6	10	6	5	3	2	-	49
합계	4	8	10	7	6	11	22	19	13	6	11	3	120

<표 3>은 1,000ft 이하 하층운의 실링 월별 발생일수로서 1,500ft의 214일에 비하여 56%정도 되고, 월별로는 7월이 22일로 가장 많이 나타났고, 계절별로는 여름이 많고 겨울이 적게 나타났다.

다) 1,000ft 이하 하층운의 시간대별 실링 발생시간 수

[그림 3]은 1,000ft 이하 하층운의 시간대별 실링 발생시간 수는 8시에 61회로 가장 많고, 6~10시 사이가 30회 이상 나타났으며, 5~12시 사이에 총 67%가 나타났다.

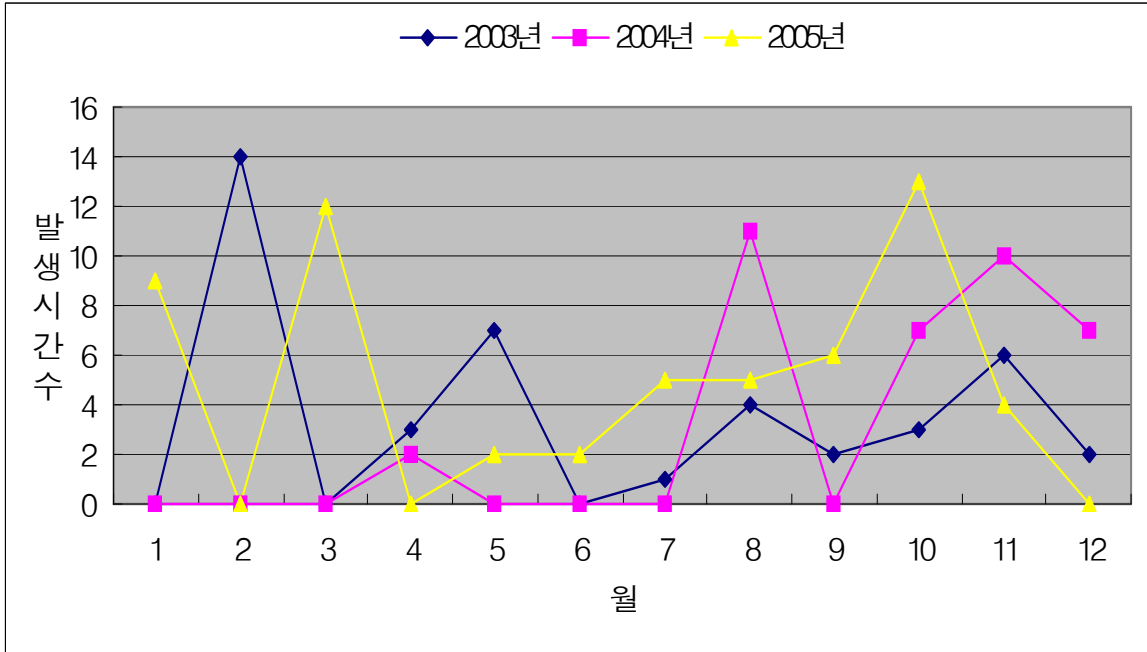


[그림 4] 1,000ft 이하 하층운의 시간대별 실링 발생시간 수

4) 500ft 이하의 실링 요소별 통계

가) 500ft 이하 하층운의 실링 월별 발생시간

[그림 5]는 500ft이하 하층운의 실링 월별 발생시간으로 10월이 가장 많이 나타났으며, 이 때는 강수보다 안개에 의한 영향을 많이 받고 있음을 알 수 있다.



[그림 5] 500ft 이하 하층운의 실링 월별 발생시간

나) 500ft 이하 하층운의 실링 월별 발생일수

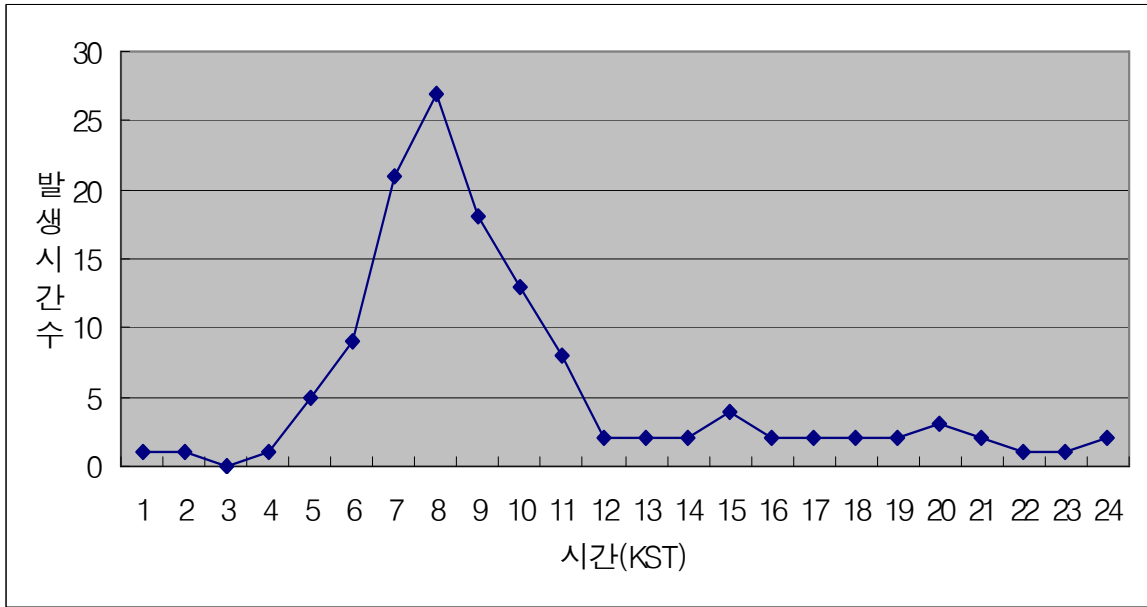
<표 4>는 500ft 이하 하층운의 실링 월별 발생일수로서 3년간 총 47일이 나타났고, 가을철이 대체로 많이 나타나고 있다.

<표 4> 500ft이하 하층운의 실링 월별 발생일수

월 \ 년도	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	합계(일)
2003	-	3	-	1	2	-	1	1	1	1	2	1	13
2004	-	-	-	1	-	-	-	4	-	2	4	1	12
2005	3	-	4	-	1	2	3	1	3	3	2	-	22
합계	3	3	4	2	3	2	4	6	4	6	8	2	47

다) 500ft 이하 하층운의 시간대별 실링 발생시간 수

[그림 5]은 500ft 이하 하층운의 시간대별 실링 발생시간 수는 8시에 27회로 가장 많고, 7~10시 사이가 10회 이상 나타났으며, 5~11시 사이에 총 77%가 나타났다. 따라서 낮은 고도의 실링일수록 7~10시 사이에 많이 나타나므로 이는 안개에 의하여 발생한 실링임을 알 수 있다.



[그림 6] 500ft 이하 하층운의 시간대별 실링 발생시간 수

5) 200ft 이하의 실링 발생시간

<표 5>는 200ft 이하 하층운의 실링 월별 발생시간으로 총 32시간 나타났고, 10월이 13시간으로 가장 많이 나타났고, 200ft 이하 하층운의 실링 총 발생일수는 10일이 나타났다.

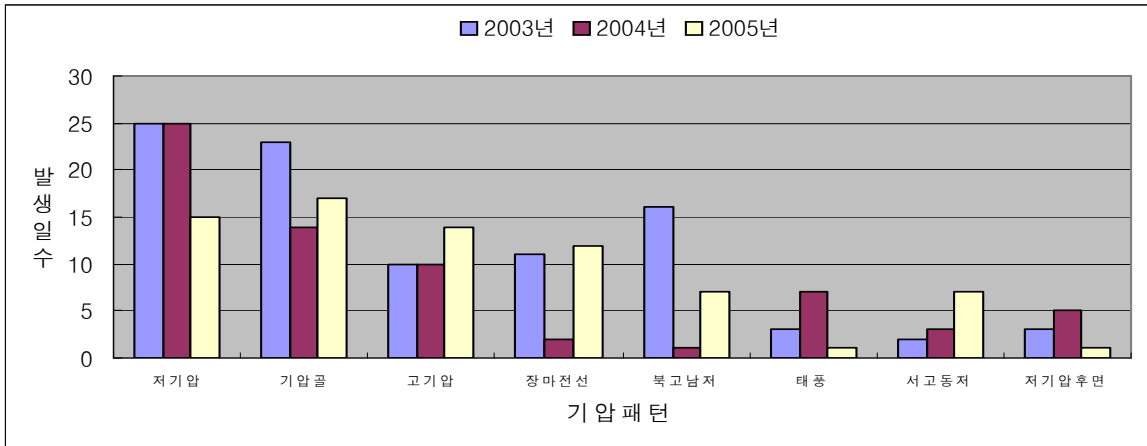
<표 5> 200ft 이하 하층운의 실링 월별 발생시간

월 \ 년도	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	합계(시간)
2003	-	4	-	-	3	-	-	2	-	-	3	-	12
2004	-	-	-	-	-	-	-	5	-	3	2	-	10
2005	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10	-	-	10
합계	0	4	0	0	3	0	0	7	0	13	5	0	32

나. 지상일기도 분석

1) 1,500ft 이하 실링 발생 기압패턴

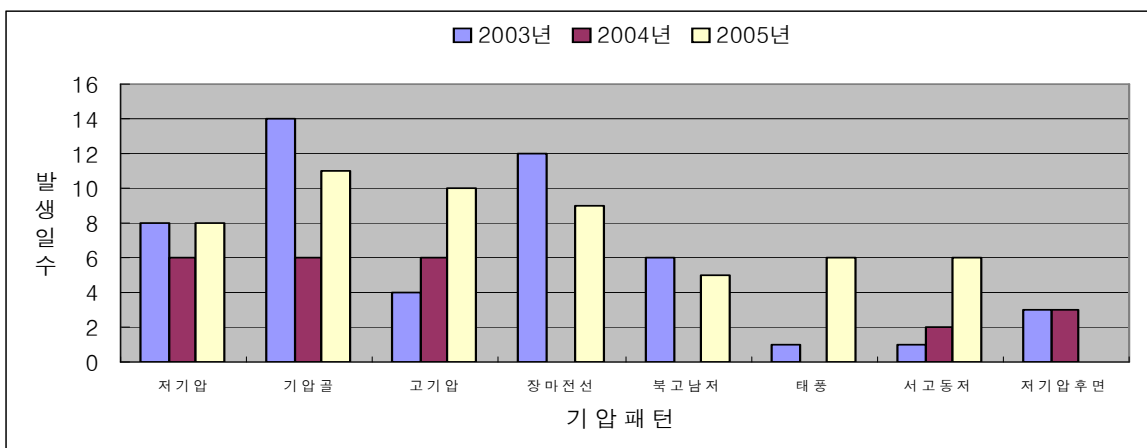
[그림 7]은 1,500ft 이하 하층운의 실링 발생일의 지상기압 패턴을 분석한 것으로서 저기압, 기압골, 고기압, 장마전선에 의한 것이 76%로 나타났으며, 저기압과 기압골이 51%로 전체의 반을 차지하였다. 일기도 패턴분석은 우선 많이 나타나는 저기압과 기압골, 고기압, 장마전선에 관해서 해 보았다.



[그림 7] 1,500ft 이하 하층운의 실링발생일 기압패턴

2) 1,000ft 이하 실링발생 기압패턴

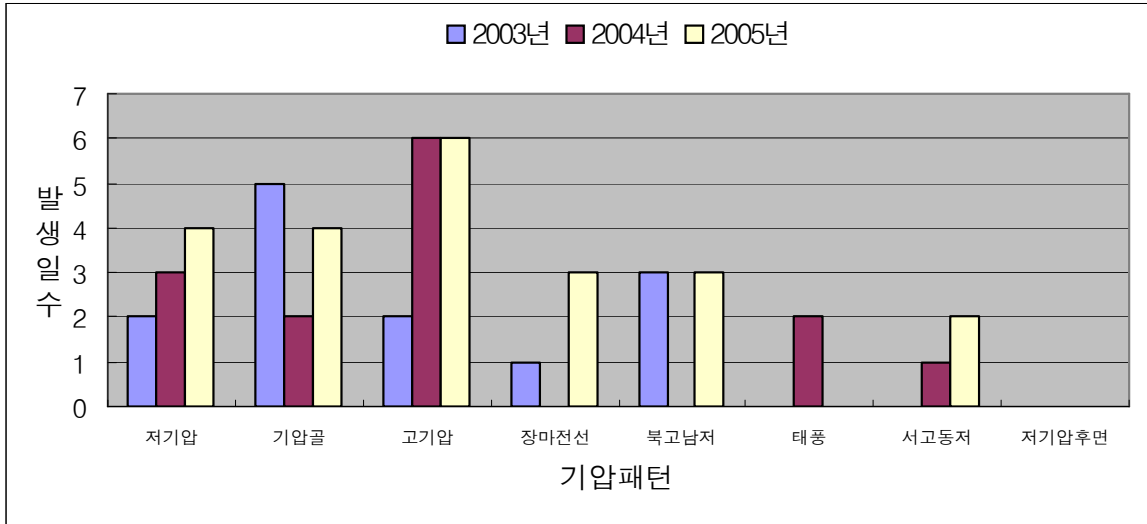
[그림 8]에서 1,000ft 이하 하층운의 실링발생일 기압패턴을 보면 기압골이 가장 많고, 저기압과 고기압에 의해서도 많이 나타남을 알 수 있다. 낮은 고도의 실링은 강수 보다는 안개에 의해서도 영향을 많이 받음을 알 수 있다.



[그림 8] 1,000ft 이하 하층운의 실링발생일 기압패턴

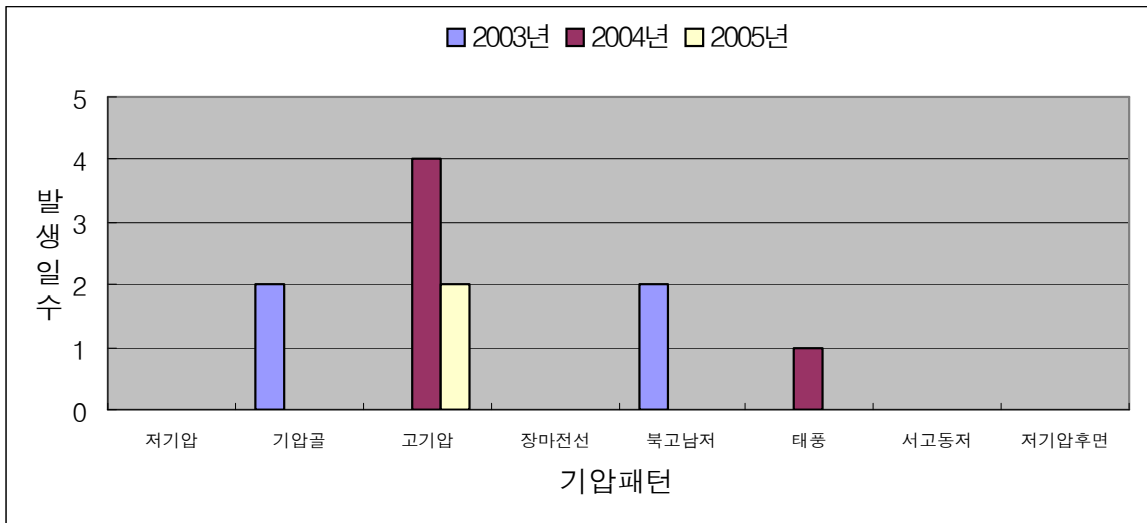
3) 500ft 이하 실링발생 기압패턴

[그림 9]는 500ft 이하 하층운의 실링발생일로서 총 49일이 나타났으며 이 중 고기압, 기압골, 저기압이 34일로 총 69%를 차지하였다. 실링 발생요소는 안개와 강수, 강설시에 많이 나타났다.



[그림 9] 500ft 이하 하층운의 실링발생일 기압패턴

[그림 10]은 200ft 이하의 실링 발생일로서 고기압이 6일로 가장 많고 기압골과 북고남저에서 각 2일, 태풍시 1일, 총 11일 발생하였다. 이는 강한 강수와 안개의 영향을 많이 받음을 알 수 있다.

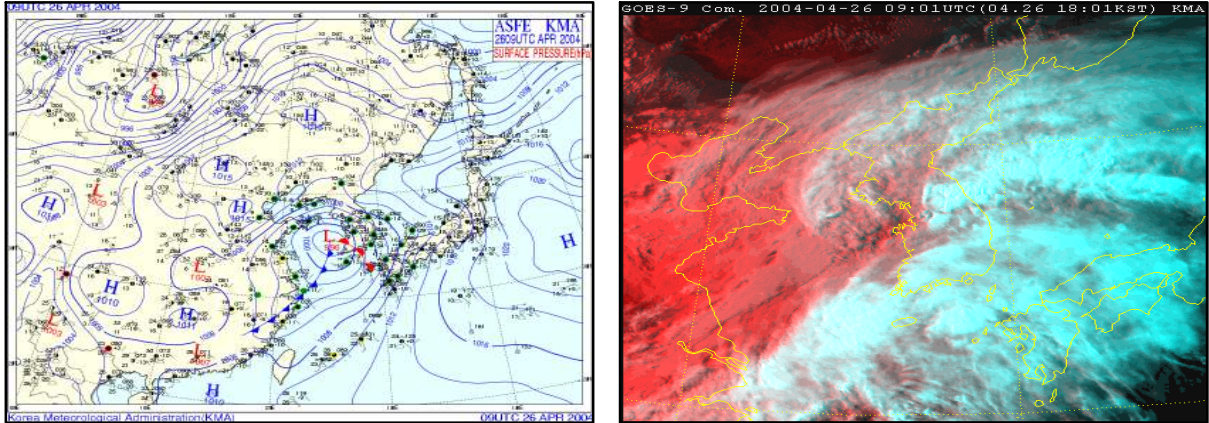


[그림 10] 200ft 이하 하층운의 실링발생일 기압패턴

4) 저기압

가) 지상일기도와 위성영상 분석

[그림 11]은 2004. 4. 26. 1800KST의 일기도로 서쪽에 위치한 저기압이 다가오는 패턴으로 1300KST에 BKN030, 본격적인 강수는 1232KST부터 시작되었고, 2100KST에 BKN015이 되었다. 위성사진은 대구 남서쪽에서 강한 비구름대가 다가오고 있다.



[그림 11] SFC 2004.4.26. 1,00000KST(좌), 위성영상 2004. 4. 26. 1800KST(우)

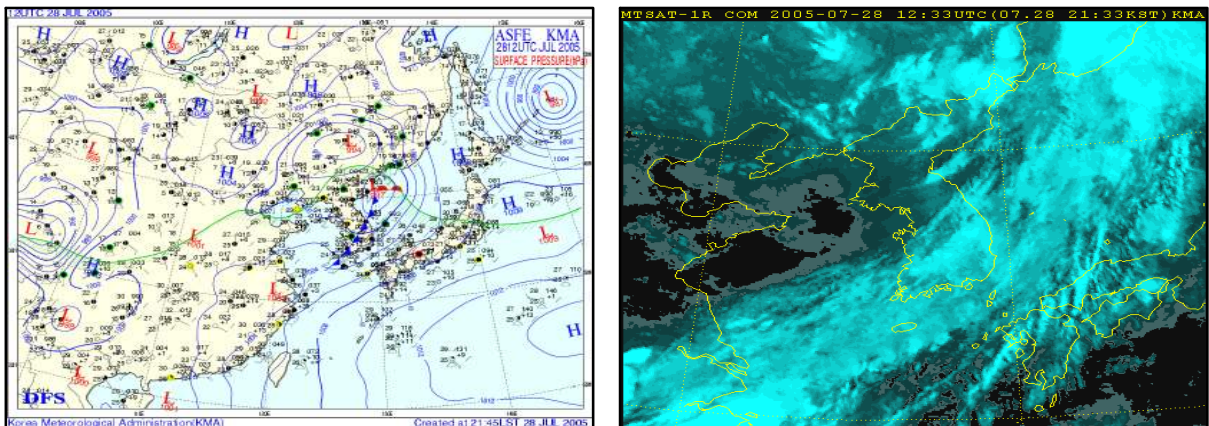
나) 1,500ft이하의 실링발생시 저기압의 위치는 70%가 서해상과 남해상에 위치해 있으며, 중심부가 경도 130°E를 지나면 실링이 높아지기 시작한다.

다) 발생시간은 전 시간대에 걸쳐 고르게 분포하고 있으며, 다소 많이 나타나는 시간은 8시와 18시 전후이며, 시정이 4000~6000m일 때, 실링은 1200~1,500ft사이가 많이 나타났다.

5) 기압골

가) 지상일기도와 위성영상 분석

[그림 12]는 2005. 7. 28. 2100KST의 기압골이 지나기 직전의 일기도로서 일중에는



[그림 12] SFC 2005.7.28. 21KST(좌), 위성영상 2005.7.28 21KST(우)

BKN030이 유지되다가 1600KST부터 BKN015이 되었고, 본격적인 강수는 1531KST부터 시작되었던 패턴이다. 위성사진은 대구 서쪽과 북서쪽에 강한 비구름대가 위치해 있다.

나) 계절별로는 30%로 가장 많이 나타났고, 기압골의 위치는 대부분이 대구동쪽에 위치하였으며, 풍향은 주로 북서 계열의 바람이 불었고, 풍속은 약 5kt로 약하게 불었다. 가끔 새벽과 아침에 기압골후면에서 저시정이 나타나며, 저시정일때는 실링이 100ft도 나타났다.

다) 발생시간은 3~11시 사이가 60%로 주로 새벽과 오전에 많이 나타난다.

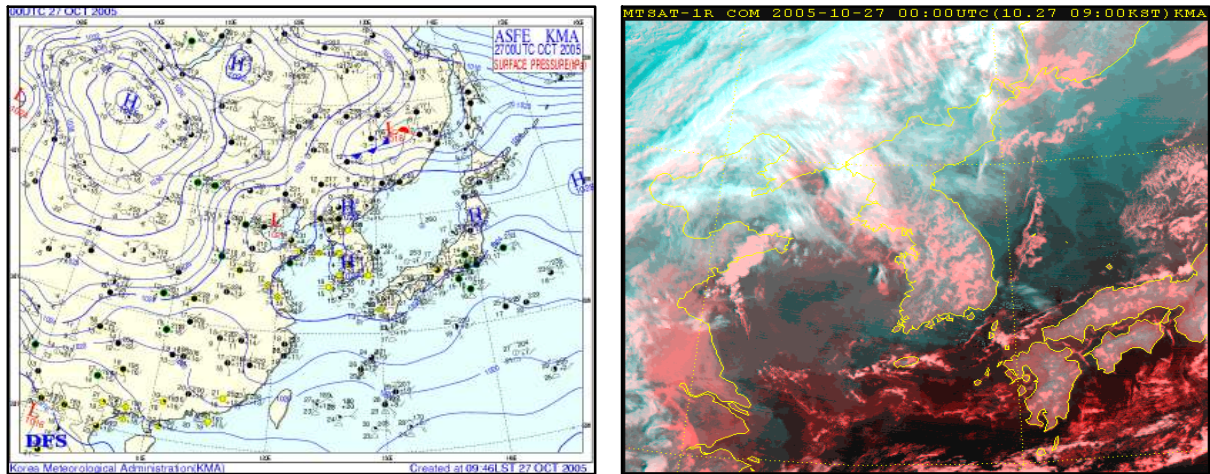
6) 고기압

가) 지상일기도와 위성영상 분석

[그림 13]은 가을의 전형적인 기압패턴으로 고기압의 중심이 한반도에 위치해 있으며, 주변으로는 구름이 거의 없는 날씨이나 국지적으로 하층운이 나타나고 있다.

나) 고기압의 영향을 받거나 고기압의 가장자리에 위치해 있는 패턴으로 여름과 가을에 많이 나타났으며, 월별로는 8~10월 사이에 주로 발생하였고, 발생시간은 6~10시 사이에 61%가 발생했다.

다) 시정에 따른 실링의 변화는 시정이 5000~9000m에서는 실링이 1,000~1,500ft에 나타나고, 3000~5000m에서는 실링이 500~1,000ft에 나타났으며, 1,500~3000m에서는 200~500ft, 1,500m이하는 100~300ft사이에 주로 나타난 것으로 보아 시정이 떨어지면 실링이 낮아지는 것을 알 수 있다.

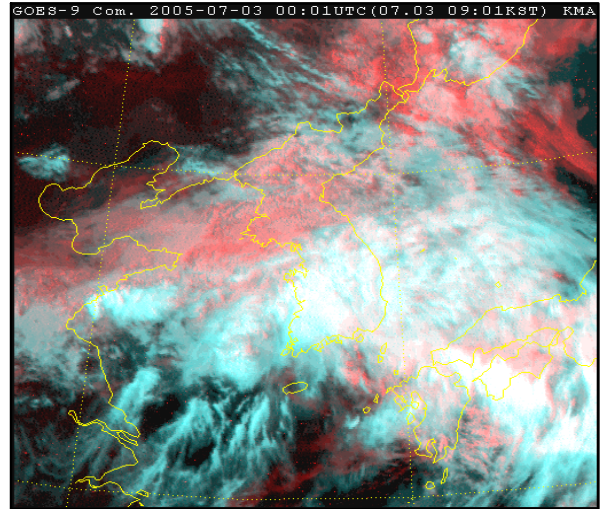
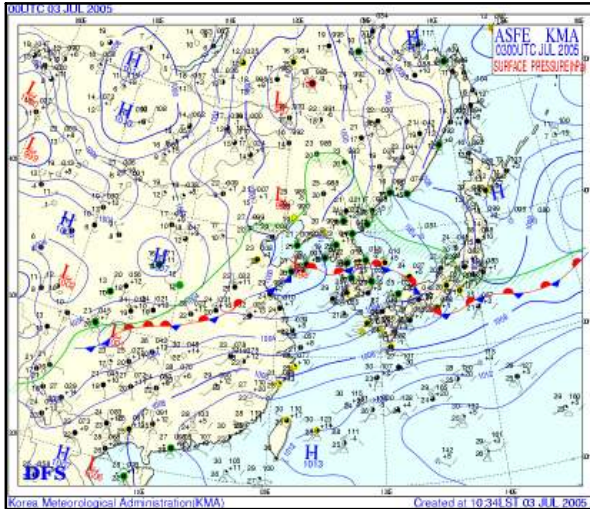


[그림 13] SFC 2005.10.27. 09KST(좌), 위성영상 2005.10.27. 09KST(우)

7) 장마전선

가) 지상일기도와 위성영상 분석

[그림 14] 2005.7.03. 09KST는 장마전선이 중부지방에 걸쳐 있으나 서해상의 저기압이



[그림 14] SFC 2005. 7. 3. 09KST(좌), 위성영상 2005. 7. 3 09KST(우)

동진하면서 점차 남하할것으로 예상되며, 위성영상은 남부지방에 발달한 구름대가 동진하면서 대구공항에는 당분간 영향을 계속 미칠 것으로 보임.

나) 장마철인 7월에 나타나고, 한번 발생하면 장시간 이어지며, 70%가 강수시에 발생하고, 장마전선의 위치는 대구부근에서 대마도 사이에 위치할 때 많이 발생한다.

다) 시간은 6~12시 사이에 51%를 보였고, 많이 나타나는 시정은 3000~6000m로, 실링고도는 1,000~1,500ft이다.

8) 기타 패턴 분석

가) **북고남저** : 북쪽의 고기압이 확장할 때와 남해 먼 바다로 저기압이 지날 때 생기는 패턴으로 11월에서 2월 사이에 67%가 나타났다. 풍향은 남동계열의 바람이 주로 불고, 풍속은 5kt 정도 되며, 발생시간은 전반적으로 고른 분포를 보이나 7~8시에 많이 나타났다. 실링고도는 1,000~1,500ft 사이가 많으며, 이때의 시정은 4000~1,0000m이다.

나) **서고동저** : 겨울철 cP확장이나 이동성고기압이 중국에 위치해 있을 때 나타나는 패턴으로 11월에서 4월 사이에 발생한다. 발생시간은 전반적으로 고르게 분포하나 9~11시와 21~23시에 다소 많이 나타났다. 주로 강수나 강설시에 발생하고, 실링고도는 300~1,500ft 사이로 폭넓게 분포한다.

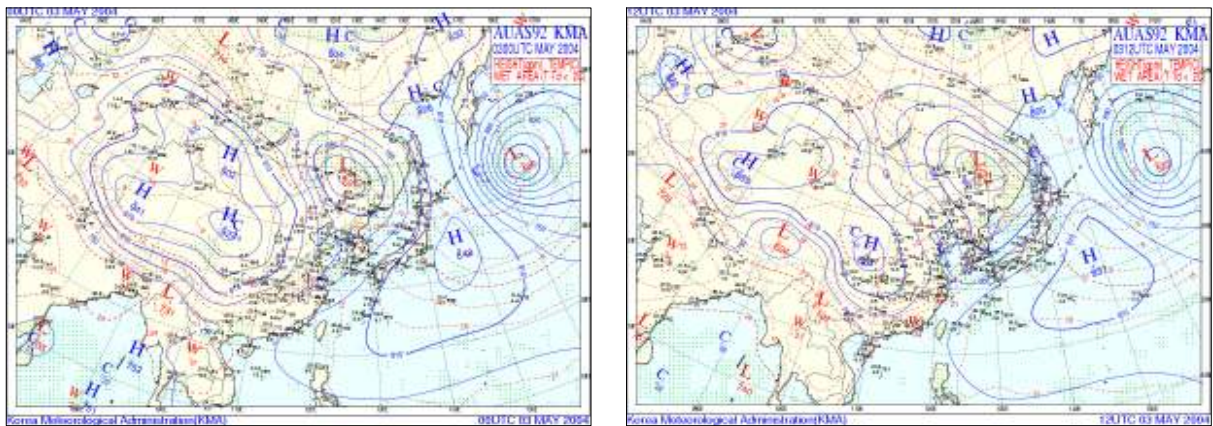
다) **저기압후면** : 저기압의 중심이 동해상에 위치해 있는 패턴으로 전 계절에 걸쳐 나타난다. 발생시간은 6~14시와 21~23시에 많으며, 00~05시는 발생하지 않았다. 실링고도는 1,000-1,500ft 사이가 많으며, 이때의 시정은 3000~9000m이며 폭 넓게 분포한다.

라) **태풍** : 태풍발생시기인 6~10월에 주로 발생하고, 9월이 5회로 최다로 나타났다. 발생시간은 전반적으로 고르게 하며, 7~13시가 47%를 보였다. 강수가 있을 때 82%가 발생했으며, 강수는 강할 때 많이 나타났다. 실링고도는 1,000~1,500ft 사이가 많으며, 시정은 주로 3000~6000m 이다.

다. 상층일기도(925hPa) 분석

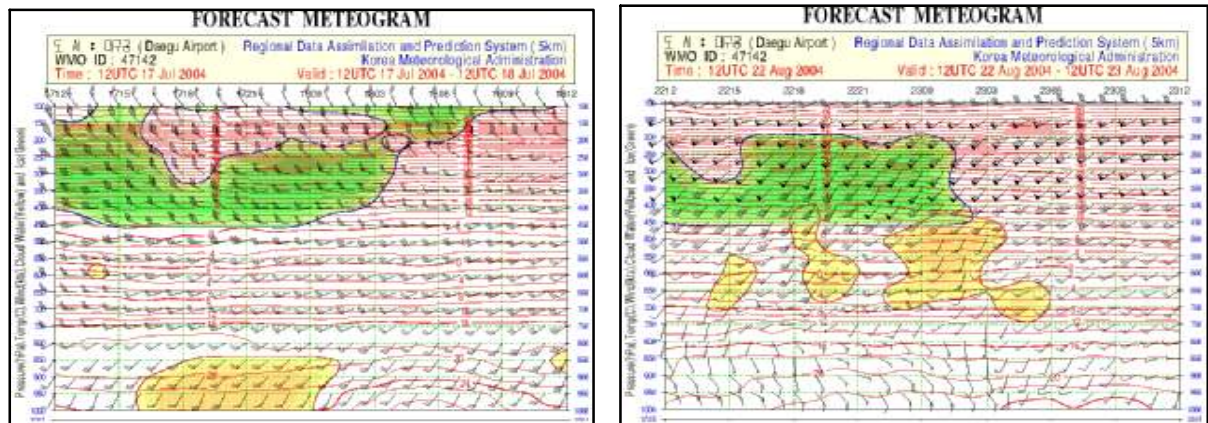
1) [그림 15]는 2004. 5. 3 09~21KST 925hPa 일기도로서 기압골이 서해상에서 대구 쪽으로 동진하고 있으며 대구지방은 습윤역에 들어있고 지상온도는 19~21℃, 상층온도는 약 15℃를 나타내고 있다.

2) 1,500ft이하의 실링 발생시 지상과 상층과의 기온차는 4~6℃를 유지하였고, 주로 온도골이 서해상에 존재하는 패턴에서 많이 나타났다. 1,500ft이하 실링 발생시 상층은 주로 습윤역이 많았다.



[그림 15] SFC 2004. 5. 3. 09KST(좌), 2004. 5. 3 21KST(우)

라. 연직시계열도 분석



[그림 16] 2004.7.17 12UTC(좌), 2004.8.22 12UTC(우)

1) [그림 16]은 대구공항의 연직시계열도와 실황을 비교해 본 자료이며, 자료는 최근 2년(2004~5년)의 자료를 이용하였다.

2) 연직시계열도와 실황과의 비교분석을 해본 결과 ± 2 시간 이내에 든 자료는 총 42%로서 실무에 이용하기는 적당하지 않으며, ± 3 시간 이내 든 자료는 50%로 나타났다.

3. 결론

가. 통계자료 분석

1) 하층운의 실링 시간대별 발생시간은 새벽시간이 다소 발생빈도가 높게 나타나고 있으며, 이는 새벽의 안개에 의한 하층운의 실링이 반영된 것이기 때문이다.

2) 1,500ft 이하 하층운의 실링 발생일수 214일이며, 장마전선과 태풍등으로 강수일수가 많은 여름에 많이 나타난다. 강수에 의한 실링의 발생일수는 148일로서 69%가 나타났다.

3) 1,000ft 이하 하층운의 발생시간이 일수가 120일로 1,500ft에 비하여 여름이 많이 줄어든 것은 강수가 내리더라도 강수의 지속시간과 양이 적을 때는 실링이 낮게 떨어지지 않는다는 것이다.

4) 500ft이하 하층운의 실링 발생시간은 10~11월이 많고, 200ft이하 하층운의 실링발생은 10월이 가장 많이 나타나는 것에서 500ft이하에서는 강수보다 안개에 의한 영향이 많음을 알 수 있다.

나. 지상 및 상층일기도 분석

1) 실링 1,500ft 이하로 나타나는 패턴은 저기압과 기압골, 전선대와 태풍 등 강수시가 67%로 무강수시보다 많이 나타났다.

2) 1,000ft 이하 실링발생 기압패턴은 기압골과 저기압, 고기압에 의해서도 많이 나타남을 알 수 있는데, 낮은 고도의 실링은 강수 보다는 안개에 의해서 영향을 많이 받음을 알 수 있다.

3) 실링 500ft 이하는 강수보다는 가을철 안개에 의해 나타나는 경우가 더 많다.

4) 925hPa의 기온은 지상과의 차가 4~6℃를 유지하였고, 주로 온도골이 서해상에 존재하는 패턴에서 많이 나타났으며, 주로 습윤역에서 나타났고 건조역일때는 15%를 보였다.

다. 연직시계열도 분석

1) 연직시계열도와 실황과의 비교분석을 해본 결과 ± 2 시간 이내에 든 자료는 총 42%로서 실무에 이용하기는 적당하지 않으며, ± 3 시간 이내 든 자료는 52%로 나타났다.

일기도 패턴별 특징

구분 패턴	패턴별 특징	발생시간대	시정 및 실링고도
저기압	주로 봄과 여름에 나타나고, 저기압의 위치는 70%가 서해상과 남해상에 위치해 있으며, 저기압의 중심부가 경도 130°E를 지나면 실링이 높아지기 시작함	전시간대에 걸쳐 고르게 분포	시정 : 4,000~6,000m 실링 : 1,200~1,500ft
기압골	계절별로는 봄과 여름에 많이 나타났고, 기압골의 위치는 대부분이 대구동쪽에 위치함. 풍향은 주로 북서계열의 바람이 불었고, 풍속은 5kt로 약하였다. 가끔 새벽과 아침에 기압골후면에서 저시정이 나타나며, 저시정일 때 실링이 100ft도 나타남	3~11시(60%)	시정 : 3,000~60,00m 실링 : 800~1,500ft
고기압	고기압의 영향을 받거나 고기압의 가장자리에 위치해 있는 패턴으로 여름과 가을에 많이 나타남. 월별로는 8~10월 사이에 주로 발생하며, 시정이 떨어지면 실링이 낮아짐	6~10시(61%)	시정 실링 5,000~9,000m → 1,000~1,500ft 3,000~5000m → 500~1,000ft 1,500~3,000m → 200~500ft 1,500m이하 → 100~300ft
장마전선	장마철인 7월에 나타나고, 한번 발생하면 장시간 이어진다. 70%가 강수시에 발생하고, 장마전선의 위치는 대구부근에서 대마도 사이에 있을 때 많이 발생함.	6~12시(51%)	시정 : 3,000~6,000m 실링 : 1,000~1,500ft
북고남저	북쪽의 고기압이 확장할 때와 남해면바다로 저기압이 지나는 패턴으로 11월에서 2월사이에 67%가 나타났다.	전반적으로 고른 분포 7~8시에 많음	시정 : 4,000~1,0000m 실링 : 1,000~1,500ft
서고동저	겨울철 cP확장이나 이동성고기압이 중국에 위치해 있을때 나타나는 패턴으로 11월에 4월사이에 발생함. 주로 강수나 강설시에 발생하며, 강설시에 저시정도 발생함	전반적으로 고른 분포 9~11시, 21~23시에 다소 많음	시정 : 2,000~8,000m 실링 : 300~1,500ft

구분 패턴	패턴별 특징	발생시간대	시정 및 실링고도
저기압 후면	저기압의 중심이 동해상에 위치해 있는 패턴으로 전 계절에 걸쳐서 발생함	6~14시, 21~23시에 많음. 00~05시에는 발생 안했음	시정 : 3,000~9,000m 실링 : 1,000~1,500ft
태풍	태풍발생시기인 6~10월에 발생하 고, 9월이 5회로 최다로 나타났고, 일기현상은 강수시가 82%이며, 주 로 강수가 강할 때 나타남.	전반적으로 고른 분포 7~13시(47%)	시정 : 3,000~6,000m 실링 : 1,000~1,500ft