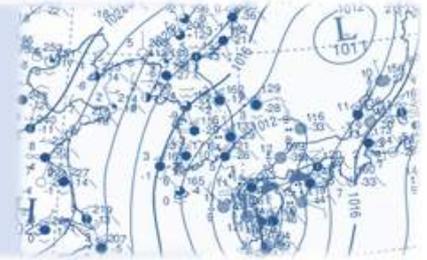


필수 예보요소 활용법과 정의

단열선도 사용설명서 - 1

·발행: 예보국 ·문의: 예보기술팀(내선 1656/1657) ·발행일: 2011년 11월 18일(금)



이번 호에서는 COMIS-3의 단열선도와 LINUX-FAS의 단열선도를 설명하고, 대표적인 불안정지수인 SSI와 KI와 뇌전, 강수현상과의 상관관계를 점검해 본다.



그림1. COMIS-3 단열선도 구성

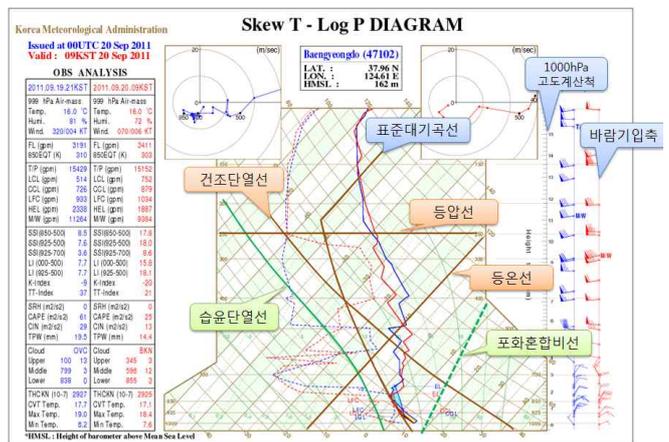


그림 2. 등치선과 보조자료

COMIS-3 단열선도 분석란

요 소	설 명
1000hPa Air-mass	1000hPa 또는 1000hPa이하의 최하층 기압의 공기괴
Temp (°C)	기온
Humi. (%)	습도
Wind(Knots)	풍향, 풍속
FL (gpm)	빙결고도(Freezing level) - 단열선도의 등온선 0°C선이 온도상태곡선과 만나는 점의 고도
850EQT (K)	850hPa 상응온위로 850hPa의 상승응결고도에서 습윤단열선도를 따라 올라가 건조단열 평행을 이루는 고도(모든 수분은 응결,낙하)에서 다시 850hPa 고도까지 건조단열선을 따라 다시 850hPa로 하강시켰을 때 온도임.
T/P (gpm)	권계면고도
LCL (gpm)	상승응결고도(Lifting Condensation Level) - 지상의 공기덩이를 건조단열과정에서 강제상승시켰을 때 포화에 이르는 고도 - 지상의 이슬점온도를 지나는 혼합비선과 온도를 지나는 건조단열선이 만나는 점의 고도

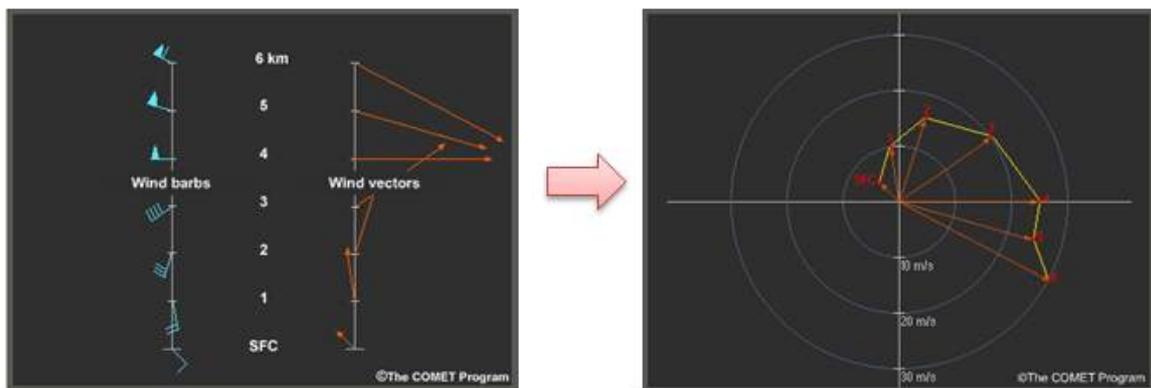
요소	설명										
CCL (gpm)	<p>대류응결고도(Convection Condensation Level)</p> <ul style="list-style-type: none"> - 지상의 공기덩이가 복사가열로 에너지를 받아 단열적으로 상승하여 포화에 이르는 고도 - 지상의 이슬점온도를 지나는 혼합비선과 온도상태곡선이 만나는 점의 고도 										
LFC (gpm)	<p>자유대류고도(Level of Free Convection)</p> <ul style="list-style-type: none"> - 상승응결고도에서 습윤단열과정에 의해 계속 상승하여 처음으로 온도상태곡선과 만나는 고도 - 상승응결고도에서 습윤단열선을 따라 올라가서 처음으로 온도상태곡선과 만나는 점의 고도 										
HEL(gpm)	<p>평형고도(Equilibrium Level)/Height of Equilibrium Level</p> <ul style="list-style-type: none"> - 상승응결고도나 자유대류고도에서 부력을 얻어 상승하는 공기덩이가 온도상태곡선과 같아지면서 부력을 잃기 시작하는 고도 - 대류응결고도나 자유대류고도에서 습윤단열선을 따라 계속 상승하여 처음으로 온도상태곡선과 만나는 점의 고도 										
FL (gpm)	<p>빙결고도(Freezing Level)</p> <ul style="list-style-type: none"> - 단열선도의 등온선 0℃ 선이 온도상태곡선과 만나는 점의 고도 										
M/W (gpm)	최대풍(Maximum Wind)이 나타난 고도										
SSI(850-500)	<p>쇼월터지수(Showalter Stability Index):</p> <ul style="list-style-type: none"> - 850hPa면에서의 LCL으로부터 습윤단열선을 따라 올라가 500hPa면과 만나는 점의 온도(T_L)를 500hPa면의 실제 기온(T_{500})에서 뺀 값 $SSI = (T_{500} - T_L)$ <ul style="list-style-type: none"> 1 < SSI ≤ 3 : 소나기와 약간의 뇌우 가능성 -3 < SSI ≤ 1 : 뇌우 가능성 급증 -5 < SSI ≤ -3 : 심한 뇌우 가능성 SSI ≤ -5 : 토네이도 발생 가능성 <p>※ SSI는 850~500hPa에서 전선면이 존재하거나 역전층이 존재시 유용하지 못함</p>										
SSI(925-500)	925hPa면에서의 LCL으로부터 습윤단열선을 따라 올라가 500hPa면과 만나는 점의 온도를 500hPa면의 실제 기온에서 뺀 값										
SSI(925-700)	925hPa면에서의 LCL으로부터 습윤단열선을 따라 올라가 700hPa면과 만나는 점의 온도를 700hPa면의 실제 기온에서 뺀 값										
LI(000-500)	<p>상승지수(Lifted Index)</p> <ul style="list-style-type: none"> - 500hPa에서의 온도(T_{500})와 지표 공기괴를 단열적으로 500hPa까지 상승시켰을때 단열상승된 공기괴의 온도(T_L)의 차 $LI = T_{500} - T_L$ <ul style="list-style-type: none"> - SSI의 하층의 전선면이나 역전층이 있을 때 보완하기 위해 만들었음 <table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <thead> <tr> <th>뇌전발생가능성</th> <th>약함</th> <th>보통</th> <th>강함</th> <th>토네이도</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>지수</td> <td>0 ~ - 2</td> <td>- 3 ~ - 5</td> <td>< - 5</td> <td>< - 6</td> </tr> </tbody> </table>	뇌전발생가능성	약함	보통	강함	토네이도	지수	0 ~ - 2	- 3 ~ - 5	< - 5	< - 6
뇌전발생가능성	약함	보통	강함	토네이도							
지수	0 ~ - 2	- 3 ~ - 5	< - 5	< - 6							
LI(925-500)	925hPa의 공기괴를 단열적으로 500hPa 까지 상승시켰을 때 500hPa에서의 온도와 단열상승된 공기괴의 온도의 차										

요 소	설 명										
K-Index	<p>중층이하의 불안정 요소를 진단하는 불안정지수</p> <ul style="list-style-type: none"> - 850hPa 기온(T_{850})과 500hPa 기온(T_{500})차에 850hPa 노점온도(T_{d850}), 700hPa 노점온도(T_{d700})와 700hPa 온도(T_{700})차이의 합 $KI = (T_{850} - T_{500}) + T_{d850} + (T_{d700} - T_{700})$ <ul style="list-style-type: none"> KI > 25 : 뇌우발생가능성 40~ 60% KI > 30 : 60 ~ 80% KI > 35 : 80 ~ 90% KI > 40 : 거의 100% 										
TT-Index	<p>TT(Total-Totals) Index</p> <ul style="list-style-type: none"> - 연직 total과 교차 total의 합으로 850hPa 기온(T_{850})과 500hPa 기온(T_{500})차이와 850hPa 노점온도(T_{d850})와 500hPa 기온(T_{500})차이의 합 $TTI = (T_{850} - T_{500}) + (T_{d850} - T_{500})$ <ul style="list-style-type: none"> TT ≥ 50 : 강한 뇌우 가능성이 조금 있음 TT ≥ 52 : 다세포 뇌우 발생 가능성 있음 TT ≥ 56 이상 : 뇌우 발생 가능성이 많음 										
SRH(m^2/s^2)	<p>폭풍지수 (Storm Relative Helicity)</p> <ul style="list-style-type: none"> - 호도그래프에서 지상에서~3km까지 둘러쌓은 면적으로 연직쉬어와 풍향시어의 정도를 나타냄 - 바람이 순전하면 양의 값, 바람이 역전하면 음의 값으로 표시한다. <table border="1"> <thead> <tr> <th>SRH</th> <th>의 미</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>150 이하</td> <td>Supercell Storm 발생 가능</td> </tr> <tr> <td>150 ~ 299</td> <td>약한 토네이도를 가진 Supercell Storm 발생 가능</td> </tr> <tr> <td>300 ~ 499</td> <td>강한 토네이도를 가진 Supercell Storm 발생 가능</td> </tr> <tr> <td>450 이상</td> <td>매우 강력한 토네이도를 가진 Supercell Storm 발생 가능</td> </tr> </tbody> </table>	SRH	의 미	150 이하	Supercell Storm 발생 가능	150 ~ 299	약한 토네이도를 가진 Supercell Storm 발생 가능	300 ~ 499	강한 토네이도를 가진 Supercell Storm 발생 가능	450 이상	매우 강력한 토네이도를 가진 Supercell Storm 발생 가능
SRH	의 미										
150 이하	Supercell Storm 발생 가능										
150 ~ 299	약한 토네이도를 가진 Supercell Storm 발생 가능										
300 ~ 499	강한 토네이도를 가진 Supercell Storm 발생 가능										
450 이상	매우 강력한 토네이도를 가진 Supercell Storm 발생 가능										
CAPE(m^2/s^2)	<p>대류가용잠재에너지 (Convective Available Potential Energy)</p> <ul style="list-style-type: none"> - 자유대류고도(LFC)에서 평형고도(EL)까지 포화단열선과 환경온도곡선이 이루는 면적을 적분한 값 - 부력에너지라고도 불리며, 상승운동의 가능성을 나타냄. <ol style="list-style-type: none"> 1) 300-1000 J/kg : 약한 대류 2) 1000-2500 J/kg : 중간 대류 3) 2500-5300 J/kg : 강한 대류 $CAPE(J/kg) = R_d \int_{EL}^{LFC} (T'_v - T_v) d \ln p$ <p>※ CAPE가 증가할수록(특히, 2500J/kg 이상) 우박 가능성도 증가함. 우박이 클수록 CAPE 값도 높다. 그러나 헬리시티가 클 때 CAPE의 값이 적은 상태에서도 강한 Storm 형성될 수 있음.</p>										
CIN(m^2/s^2)	<p>대류억제도 (Convective Inhibition)</p> <ul style="list-style-type: none"> - 지표면에서 자유대류고도(LFC)까지 지면의 공기가 단열상승한 온도곡선과 환경온도 곡선이 이루는 면적을 적분한 값 										
TPW(mm)	<p>총가강수량 (Precipitable Water)</p> $PW = \frac{1}{g} \int_{p_0}^{p_1} q dp \quad (q: \text{혼합비}(g/kg))$ <ul style="list-style-type: none"> - 차원 : $kgm^{-2} \rightarrow mm$, 가강수량이 25mm 이상일 경우 소나기 또는 뇌우 가능성 										

요 소	설 명
Cloud	하늘상태 (SKC: clear, SCT: partly cloudy, BKN: mostly cloudy, HBKN: high cloudy, OVC: cloudy)
Upper	상층운의 고도와 습수(T-Td) - 450hPa 이상에서 기온과 노점온도차이가 가장 작은 곳의 고도와 습수
Middle	중층운의 고도와 습수 - 450 ~ 800hPa 미만 사이에서 기온과 노점온도차이가 가장 적은 곳의 고도와 습수
Lower	하층운의 고도와 습수 - 800~970hPa 사이에서 기온과 노점온도차이가 가장 적은 곳의 고도와 습수
THCKN(10-7)	1000hPa과 700hPa사이의 층후(Thickness) - 두 등압면의 지오폠펜설고도의 차 $h = \frac{R_d}{g} \bar{T}_v \ln \frac{P_1}{P_2}$ (\bar{T}_v :가온도, g: 중력, R_d 건조공기의 기체상수)
CVT Temp (°C)	대류온도(Convective Temperature) - 일사에 의해 지표부근의 공기가 상승하여 대류운을 형성하기 시작할 때의 지상온도 - 대류응결고도에서 건조단열선을 따라 지상까지 내려왔을 때의 온도
Max Temp (°C)	최고온도 850hPa 기온에서 건조단열선을 따라 지상까지 내려왔을 때의 온도
Min Temp (°C)	최저온도 850hPa 기온에서 포화혼합비선을 따라 지상까지 내려왔을 때의 온도

· 호도그래프

연직으로 관측된 바람벡터를 한 정점에 모아서 표시한 후 대기하층점에서 상층점으로 벡터의 끝을 연결하여 얻은 곡선(궤적), 연직 wind shear 파악하기 위한 것으로 고도에 따른 수평 바람의 속도 차를 묘사한 것으로, 두 층의 수평바람의 벡터 차이이다.



Linux - FAS 단열선도 분석란



- Precipitable Water
- K-Index
- TT Index
- SWEAT Index
- Dry Microburst Potential
- Freezing Level
- Wet-Bulb zero Height
- 0~6km Avg Wind
- 0~3km Storm Motion
- 0~3km Storm Relative Helicity (SRH)
- Forecast Maximum Temperature
- Trigger Temperature
- Soaring Index
- 1000hPa Air Parcel T/Td
- Convective Temperature
- Lifted Index (LI)
- Maximum Hail size
- Maximum Vertical Velocity
- Equilibrium Level (EL)
- Approximate Cloud Top
- Positive Energy Above LFC (CAPE)
- Negative Energy below LFC
- Bulk Richardson Number

그림 3. 리눅스FAS의 단열선도 표출 예

요소	설명										
SWEAT Index	<ul style="list-style-type: none"> - Severe Weather Threat Index: 미공군이 위험기상을 진단하기 위해 개발한 지수. 하층(850hPa)의 습윤역, 대류 불안정(TT), 하층 제트축의 최대풍속(850, 500hPa Wind Speed) 그리고 난기 이류(850-500hPa 사이의 바람의 순전, veering)를 가지고 계산함. - 일반적인 대류와 강한 대류를 구분하기 위해 개발되었으며 산맥 동쪽의 평야지대에서 더욱 잘 적용됨 <table border="1"> <thead> <tr> <th>SI</th> <th>의미</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>300 이하</td> <td>뇌우발생 가능성 없음</td> </tr> <tr> <td>300 ~ 400</td> <td>강한 뇌우 발달</td> </tr> <tr> <td>400 ~ 500</td> <td>강한 뇌우 및 토네이도 발달</td> </tr> </tbody> </table>	SI	의미	300 이하	뇌우발생 가능성 없음	300 ~ 400	강한 뇌우 발달	400 ~ 500	강한 뇌우 및 토네이도 발달		
SI	의미										
300 이하	뇌우발생 가능성 없음										
300 ~ 400	강한 뇌우 발달										
400 ~ 500	강한 뇌우 및 토네이도 발달										
Dry Microburst Potential Index	<ul style="list-style-type: none"> - 중층 및 상층대기의 안정도를 나타내는 경험 지수 <table border="1"> <thead> <tr> <th>DMP</th> <th>의미</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>gust < 30kt : 하층이 습윤</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>gust < 30kt : 상층이 안정</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>gust 30 ~ 40kt</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>gust > 40kt</td> </tr> </tbody> </table>	DMP	의미	1	gust < 30kt : 하층이 습윤	2	gust < 30kt : 상층이 안정	3	gust 30 ~ 40kt	4	gust > 40kt
DMP	의미										
1	gust < 30kt : 하층이 습윤										
2	gust < 30kt : 상층이 안정										
3	gust 30 ~ 40kt										
4	gust > 40kt										
Wet-bulb Zero Height	<ul style="list-style-type: none"> - 어느 지역에서 대기의 습구온도가 0°C가 되는 최저고도. 해수면 위 2~3 km사이의 습구온도의 고도는 강한 대류를 일어나도록 자극받은 공기괴에서 스톰이 발달할 때 지표에서 나타나는 거대 우박과 상관이 높음. - 고도가 높을수록 중층과 상층이 안정하다는 것을 의미함. 낮은 고도는 하층이 거대 우박 생성을 위해서는 너무 차고 안정하다는 것을 의미함. 										
0~6km Avg Wind	- 지표에서 6km까지의 wind vector의 평균값										
0~3km Storm Motion	- 오른쪽으로 전향하는 Supercell의 wind vector를 나타냄. Storm relative helicity를 계산하기 위해서 사용된다.										

요 소	설 명								
Forecast Maximum Temperature	<ul style="list-style-type: none"> - 지표에서의 최대온도를 예측. 12Z 사운딩만을 대상으로 계산하며, 사운딩 프로파일과 복사 가열/냉각, 위치, 연중 시기 등을 고려한 기후 모델을 이용하여 계산함. 이 모델에서 계산된 최대온도는 복사 가열/냉각만 고려하므로, 아래와 같은 조건에서는 예측 결과가 나뉠 수 있음 1. 열 저장소의 부족으로 (큰 수괴 위/근처에서) 2. 적은 증발 때문에 (젖은 토양 위에서) 3. 복사 가열이 일어나는 동안 다른 기단이 그 지역으로 이류해 오는 경우(예. 12Z와 정오 사이에) 4. 태양 가열(열역학적으로)에 의해서가 아니라 산악파 때문에(역학적으로) 역전층이 없어진 경우 								
Trigger Temperature	<ul style="list-style-type: none"> - 열적 대류가 시작되는 온도 - 오전에 관측한 단열선도자료에서 4000feet (1200m, 약 850hPa) 에서 지상까지 건조단열적으로 내려왔을 때의 기온 								
Soaring Index	<ul style="list-style-type: none"> - 최대 대류 속도(feet/min), 최고기온이 나타나는 시점의 최대 상승 비율. - 열적 최고 고도(maximum altitude of thermals)와 4000feet(1200m, 약850hPa)부터의 기온감율에 근거한 경험식으로 계산 								
Maximum Hail size	<ul style="list-style-type: none"> - 순수한 공기가 최대연직속도로 상승이 일어날 때 나타나는 최대 우박직경 BAMS, Vol. 62, No. 11, November 1981에 있는 공식에 기초하여 계산 								
Maximum Vertical Velocity	<ul style="list-style-type: none"> - 공기괴가 단열 상승할 때 나타날 수 있는 최대 연직속도 								
Approximate Cloud Top	<ul style="list-style-type: none"> - EL 위에서 부력을 상실한 공기괴의 연직속도가 0이 되는 고도 이 고도를 Cloud Top의 고도라고 가정 								
Bulk Richardson Number	<ul style="list-style-type: none"> - 대류를 나타내는 부력과 Wind Shear와의 비를 나타내는 무차원 수 - 대류정도는 CAPE로 나타낼 수 있으며, Wind Shear는 3km까지의 합으로 호도그래프에서 구할 수 있음 <table border="1" style="margin-left: 20px;"> <thead> <tr> <th>Ri</th> <th>의 미</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>10 이하</td> <td>위험기상 발생 가능성 낮음</td> </tr> <tr> <td>15 ~ 35</td> <td>단일 Supercell 스톰 발생 가능</td> </tr> <tr> <td>50 이상</td> <td>다중 스톰 발생가능</td> </tr> </tbody> </table>	Ri	의 미	10 이하	위험기상 발생 가능성 낮음	15 ~ 35	단일 Supercell 스톰 발생 가능	50 이상	다중 스톰 발생가능
Ri	의 미								
10 이하	위험기상 발생 가능성 낮음								
15 ~ 35	단일 Supercell 스톰 발생 가능								
50 이상	다중 스톰 발생가능								

※ SRH, CAPE, CIN, KI, TT, PTW, CVT temp, FL은 COMIS-3 단열선도 기상요소 참고

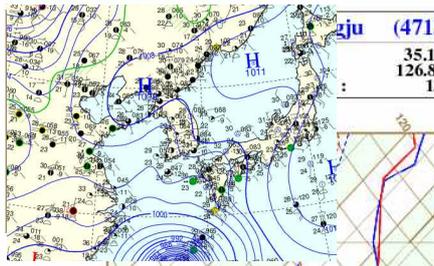
단열선도 분석해보기

< 사례 1 > 2011년 8월 5일 15UTC 광주 단열선도 (뇌전과 강수 무)

Issued at 06UTC 05 Aug 2011
Valid : 15KST 05 Aug 2011

OBS ANALYSIS	
2011.08.05.09KST	2011.08.05.15KST
1000 hPa Air-mass	1000 hPa Air-mass
Temp. 27.2 °C	Temp. 32.2 °C
Humi. 69 %	Humi. 52 %
Wind. 040/004 KT	Wind. 000/000 KT
FL (gpm) 5125	FL (gpm) 4972
850EQT (K) 337	850EQT (K) 345
T/P (gpm) 15098	T/P (gpm) 15152
LCL (gpm) 915	LCL (gpm) 1867
CCL (gpm) 1591	CCL (gpm) 2018
LFC (gpm) 3470	LFC (gpm) 5195
HEL (gpm) 4540	HEL (gpm) 6291
M/W (gpm)	M/W (gpm)
SSI(850-500) 3.3	SSI(850-500) -0.9
SSI(925-500) 2.8	SSI(925-500) -1.7
SSI(925-700) 3.5	SSI(925-700) 1.4
LI (000-500) 1.7	LI (000-500) -2.0
LI (925-500) 2.8	LI (925-500) -1.8
K-Index 25	K-Index 33
TT-Index 39	TT-Index 45
SRH (m2/s2) 31	SRH (m2/s2) 17
CAPE (m2/s2) 31	CAPE (m2/s2) 6
CIN (m2/s2) 155	CIN (m2/s2) 176
TPW (mm) 45.4	TPW (mm) 52.5
Cloud BKN	Cloud OVC
Upper 200 4	Upper 227 7
Middle 799 9	Middle 785 1
Lower 891 3	Lower 800 1
THCKN (10-7) 3030	THCKN (10-7) 3053
CVT Temp. 34.7	CVT Temp. 35.2
Max Temp. 33.8	Max Temp. 34.1
Min Temp. 22.2	Min Temp. 22.6

*HMSL : Height of barometer above Mean Sea Level



- 지상일기도 - 태풍에 의한 지상고기압의 변형으로 지상은 건조한 동풍의 영향을 받고 있음.
- 수직바람장도 상층으로 갈수록 반전(backing)
- LCL 1.9km정도 CCL 2km정도, LFC 5km정도이고 평형고도는 6km정도임
- KI지수는 33로 높고, SSI, LI, TT 모두 불안정한 상태임
- 그러나, 대기 중층만 습윤하고, 상하층은 건조함
- 850상당온위는 345K로 높은 편임
- 대류온도는 35.2로 최고기온인 34.1보다 높음
- SRH, CAPE는 수치가 낮고, CIN이 큰 상태임



< 사례 2 > 2011년 7월27일 15UTC 광주 단열선도 (뇌전과 강수 유)

Issued at 00UTC 27 Jul 2011
Valid : 09KST 27 Jul 2011

OBS ANALYSIS	
2011.07.27.03KST	2011.07.27.09KST
989 hPa Air-mass	989 hPa Air-mass
Temp. 26.2 °C	Temp. 25.8 °C
Humi. 87 %	Humi. 92 %
Wind. 155/006 KT	Wind. 245/004 KT
FL (gpm) 4767	FL (gpm) 4774
850EQT (K) 348	850EQT (K) 343
T/P (gpm) 15045	T/P (gpm) 15372
LCL (gpm) 401	LCL (gpm) 136
CCL (gpm) 752	CCL (gpm) 263
LFC (gpm) 1210	LFC (gpm) 453
HEL (gpm) 9687	HEL (gpm) 13130
M/W (gpm)	M/W (gpm)
SSI(850-500) -3.5	SSI(850-500) -0.8
SSI(925-500) -4.3	SSI(925-500) -2.9
SSI(925-700) -1.8	SSI(925-700) -1.1
LI (000-500) -4.5	LI (000-500) -3.4
LI (925-500) -4.4	LI (925-500) -3.0
K-Index 40	K-Index 36
TT-Index 48	TT-Index 44
SRH (m2/s2) 368	SRH (m2/s2) 151
CAPE (m2/s2) 663	CAPE (m2/s2) 1722
CIN (m2/s2) 33	CIN (m2/s2) 3
TPW (mm) 64.9	TPW (mm) 55.9
Cloud OVC	Cloud OVC
Upper 449 1	Upper 340 1
Middle 484 1	Middle 721 1
Lower 829 0	Lower 969 1
THCKN (10-7) 3046	THCKN (10-7) 3034
CVT Temp. 29.3	CVT Temp. 26.7
Max Temp. 32.6	Max Temp. 31.8
Min Temp. 21.3	Min Temp. 20.5

*HMSL : Height of barometer above Mean Sea Level



- 지상일기도 - 고기압 가장자리에 위치
- LCL 0.1km정도 CCL 0.3km정도 LFC 0.5km 정도로 낮음
- 평형고도는 13km정도로 높음
- KI 지수는 36으로 높고, SSI, LI, TT 모두 불안정한 상태임
- 850상당온위는 343K로 높은 편임
- 대류온도는 26.7로 최고기온인 31.8보다 낮음
- SRH 151, CAPE는 1722로 높은 상태임
- 대기하층에 남서풍이 불고 있음.
- 수직적으로는 상층으로 갈수록 순전(Veering)하고 있음



SSI, KI 지수 활용 검증

대표적인 불안정지수인 SSI와 KI는 미국에서 개발된 것으로 주로 평야지대인 미국 중부지방에 맞추어 만들어졌다. 여기서는 미국의 SSI와 KI가 우리나라의 뇌우나 소낙성 강수현상에 어느 정도 부합하는지 검토하고자 한다.

< 자료와 방법 >

백령도, 오산, 광주, 흑산도, 고산, 포항, 속초 등 7개 고층관측지점의 '01~'11년 여름철의 00, (06), 12, (18) UTC에 해당하는 SSI와 KI를 구하고, 관측시간 전후 3시간내(총 6시간)의 뇌전현상과 강수현상유무, 강수량과의 관계를 조사하였다. 지상관측의 경우 각 관측소의 지상관측자료를 이용하였으며 오산은 수원기상대의 자료를, 광주(공군)고층자료는 광주기상청 자료를 사용하였다. 참고로 흑산도 고층관측은 '03년 5월 7일부터 관측을 시작하였다.

< 조사결과 >

여름철(6, 7, 8월)동안의 SSI와 뇌전, 강수현상의 발생확률을 보면 그림 4처럼 지수가 증가할수록 뇌전현상이 증가하기는 하나, 발생확률은 SSI가 -5~-3 사이인 경우에도 약 20%내외의 발생확률을 보였다. 여기서 발생확률은 각 SSI의 구간별 사례 수 대비 뇌전현상 또는 강수현상의 발생수를 의미한다. 강수현상은 뇌전현상에 비해 상대적으로 높은 발생확률로 지수가 감소할수록 현상발생확률이 증가하였다. 단, -5 이하의 경우는 발생사례가 적어 발생확률의 편차가 크기 때문에 더 많은 표본의 조사가 필요하다.

SSI 지점	-5이하	-5~-3	-3~-1	1~3
속초	4	34	537	461
백령도	4	26	395	427
포항	1	27	596	578
광주	3	69	1219	859
오산	6	61	1079	966
흑산도	0	19	499	374
고산	3	33	674	593

표 1 SSI 구간별 일수('01년~'11년 여름철, 단 흑산도는 '03년~'11년 여름철). 내륙에 위치한 광주, 오산의 발생일수가 다른 지점에 비해 2배정도 많다.

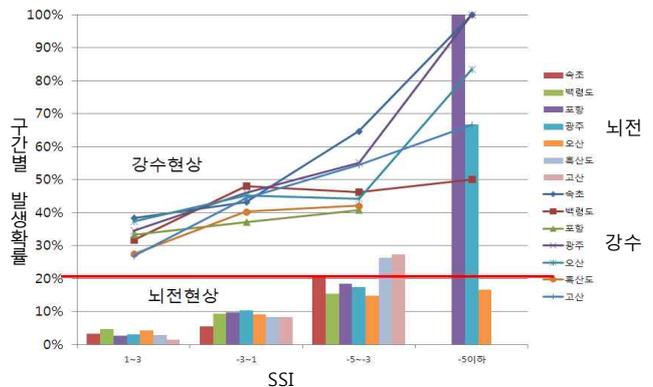


그림 4 SSI 구간별 뇌전, 강수현상 발생 확률 분포

KI 지점	41이상	36~40	31~35	26~30
속초	9	218	474	505
백령도	9	159	370	446
포항	11	221	568	498
광주	52	547	880	717
오산	37	458	848	824
흑산도	20	245	376	305
고산	18	347	510	402

표 2 KI 구간별 일수('01년~'11년 여름철, 단 흑산도는 '03년~'11년 여름철).

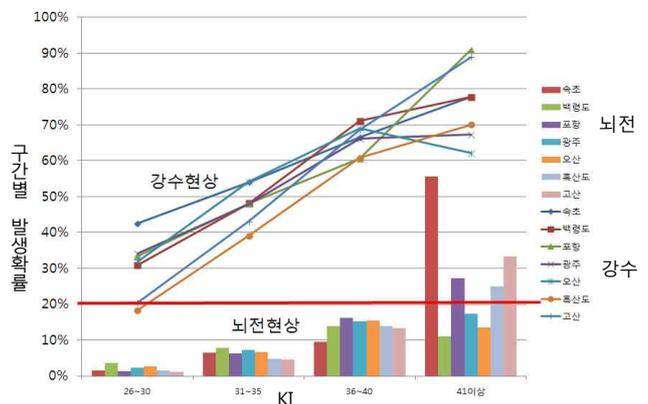


그림 5 KI 구간별 뇌전, 강수현상 발생 확률 분포

KI의 경우 뇌전현상은 SSI 비해 발생확률이 낮은 편이나 지수가 증가할수록 발생확률은 증가한다. 하지만, KI 36~40의 경우 뇌전현상은 15%내외로 발생하였고, 강수현상은 70~80% 발생확률을 보였다. 뇌전현상이 있는 경우 대부분 강수현상을 동반하였다.

장마의 영향을 제외시키고 기단성 뇌우 특성을 알아보기 위해 8월 자료만 추출하여 자료처리를 해보았으나, 그림 6처럼 뇌전과 강수현상 발생확률은 큰 차이가 없었다. 또한, 뇌전강도(지상관측 기사란의 0, 1, 2)와 지수와는 상관관계가 거의 없었다.

KI의 경우 하층의 습윤 정도를 반영하기 때문에 지수가 커질수록 호우의 발생가능성도 높아진다. 그림7과 8는 광주의 KI지수와 강수량과의 관계를 보여준다. KI가 증가할수록 시간당 30mm이상, 그리고 6시간 누적강수량 70mm가 넘는 사례가 나타나는 것을 볼 수 있다. 참고로, 호우개념모델의 하층제트 전면의 층후 분류형은 KI 30이상인 구역을, 태풍전면수렴형인 경우 KI 35이상인 경우를 호우영역으로 간주한다.

이상의 결과를 정리하면, SSI와 KI는 강수유무의 판단에는 큰 도움을 주지만, 뇌전에 대해서는 유용성이 적었다.

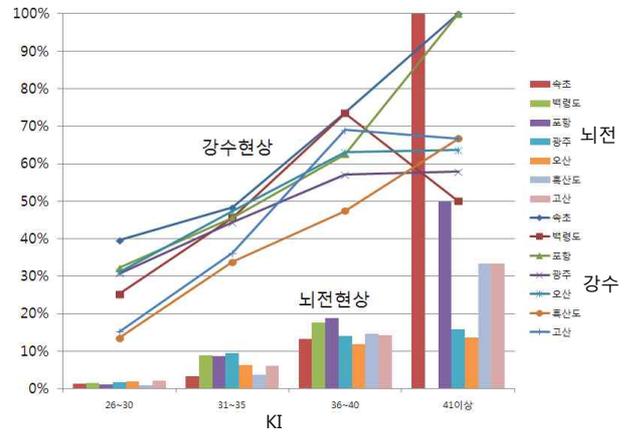


그림 6 '01~'11년 8월의 KI 구간별 뇌전, 강수현상 발생확률 분포

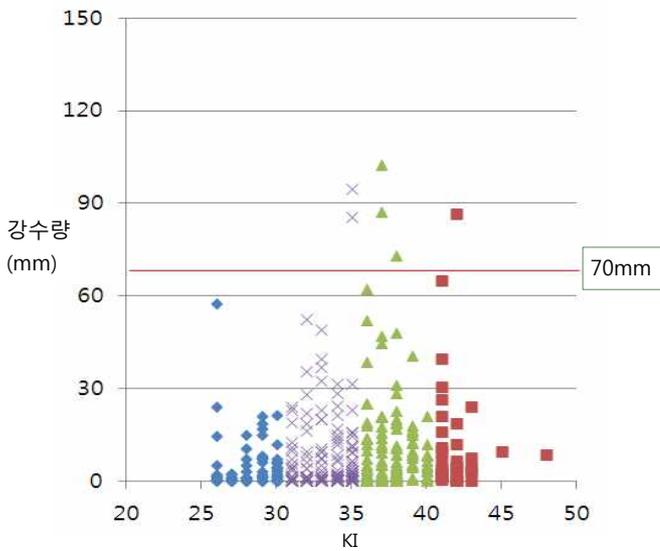


그림 7 광주의 KI지수별 관측시간 전후 3시간내 6시간 누적강수량 분포

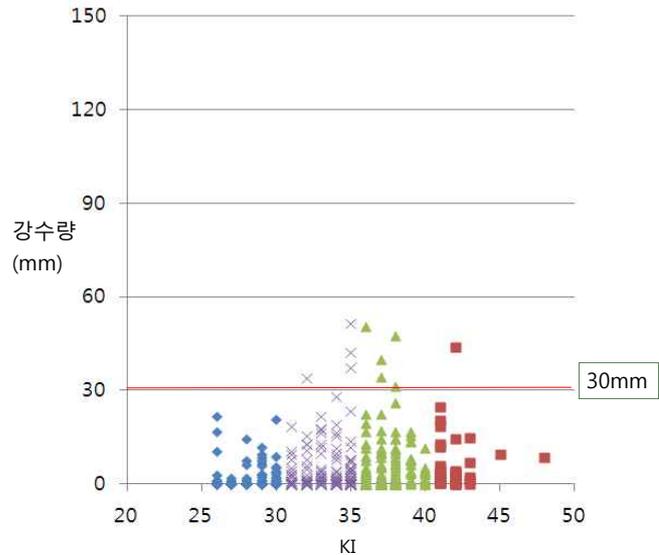


그림 8 광주의 KI지수별 관측시간 전후 3시간내(6시간)의 1시간 최대강수량 분포

향후 SSI, KI에 이어 TTI와 뇌전, 강수현상과의 상관성을 살펴보고, COMIS-3 단열선도 분석란의 SSI(850-500), SSI(925-500), SSI(925-700)의 활용방안도 검토해 보고자 한다.

< 참고 문헌 >

기상청, 2005: 리눅스 FAS 사용설명서
 기상청, 2011: 종합기상정보시스템-3 단열선도 도움말
 기상청, 2011, 2010년도 낙뢰연보,
 미공군, 1990: AWS/TR-79/006
 손태성, 허철운, 이재용 등, 2003: 불안정지수를 이용한 악기상 예보. *한국기상학회 2003년도 가을 학술발표회*, 276-277.
 예보기술팀, 2010: 예보관 핸드북 시리즈-2, 한눈에 보는 호우개념모델
 홍성길, 1995: 기상 분석과 일기예보, 교학연구사, 211-214
 Daniel A Brothers, 2008: Forecasting summertime convection in western north dakota using raob. 2008 24th conference on severe local storms, Session 6.