

발간등록번호
11-1360000-000017-10

낙뢰연보

ANNUAL LIGHTNING REPORT



2005

기상청
KOREA METEOROLOGICAL ADMINISTRATION

차 례

I. 총론	1
1. 뇌우	1
가. 뇌우의 형성조건	1
나. 번개와 천둥 그리고 낙뢰	2
2. 낙뢰연구의 역사	4
3. 뇌운 속의 전하분포 이론	4
4. 낙뢰관측의 원리 및 관측시스템의 종류	8
가. 낙뢰관측의 원리	9
나. 낙뢰관측시스템의 종류	11
5. 선진국의 낙뢰관측 현황	12
6. 우리나라의 낙뢰관측 현황	13
가. 기상청의 낙뢰관측 현황	13
나. 한국전력의 낙뢰관측 현황	21
다. 한국전력 연구원의 낙뢰관측 현황	21
7. 선진국의 낙뢰연구동향	21
8. 대기전기학의 발전방향	23
9. 낙뢰에 대한 안전대책	25
II. 분석	28
1. 낙뢰분석방법	28
2. 낙뢰발생 발생횟수 및 발생일수 분포도 분석	30
가. 월별낙뢰발생횟수 및 발생일수의 분포	30
나. 계절별 낙뢰발생횟수 및 발생일수의 분포	36
다. 연간(2005년 1~12월) 낙뢰발생횟수 및 발생일수의 분포	38
3. 낙뢰발생횟수 도표 분석	58
가. 월별	58
나. 계절별	70
다. 최근 3년간, 시간별 낙뢰발생 현황	72
라. 최근 3년간, 월별 낙뢰발생 현황	75

4. 강도 및 극성율 도표 분석	78
가. 월별 평균 강도	78
나. 월별 극성율 빈도	79
다. 월별 최대강도 및 일시	81
5. 연도별 낙뢰발생 회수	83

Ⅲ. 부록	84
A. 도시별 낙뢰발생 회수	84
가. 서울	84
나. 부산	87
다. 대전	90
라. 광주	93
마. 인천	96
바. 강릉	99
B. 지역별 낙뢰발생 회수	102
가. 경기도	102
나. 강원도	105
다. 충청도	108
라. 경상도	111
마. 전라도	114
바. 제주도	117
C. 전국 기상관서 실측 낙뢰 일수	120
D. 낙뢰용어해설	121

I. 총 론

1. 뇌우(Thunderstorm)

뇌우(雷雨)는 적운이나 적란운이 모여서 발달한 국지적인 폭풍우로서, 강한 돌풍과 심한 난류, 번개, 맹렬한 소나기, 우박 등을 동반하는 경우가 대부분이며, 심한 경우에는 토네이도도 발생할 수 있다. 우리가 흔히 말하는 뇌우와 적란운은 사실상 같은 의미이며, 그 차이점은 단지 천둥(雷聲)이 존재하는가에 달려 있다. 즉, 천둥과 번개를 동반하는 것이 뇌우인 것이다. 뇌우는 뇌운(雷雲)의 위쪽에 차고 밀도가 높은 공기가 존재하고, 아래쪽에 따뜻하고 습도가 높은 공기가 존재하는 경우에 발생한다. 대표적인 뇌운의 높이는 8~12km이고 최저기온이 -40°C 정도이지만, 가장 큰 뇌운의 경우는 높이가 20km, 최저기온이 $-50^{\circ}\text{C}\sim-60^{\circ}\text{C}$ 에 달하는 것도 있다(그림 1).

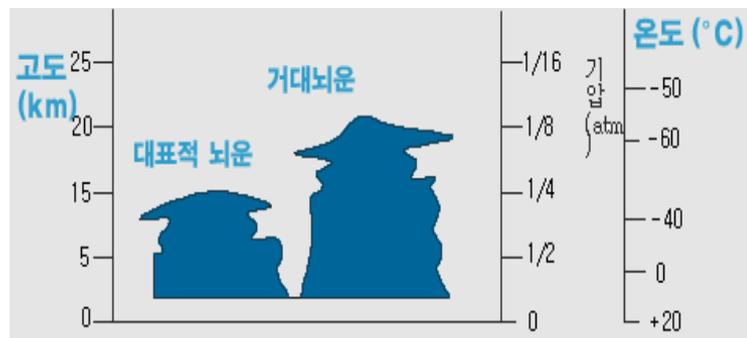


그림 3. 뇌운의 위치, 크기, 온도 분포

가. 뇌우의 형성조건

뇌우가 발생하기 위한 기본적인 조건에는 불안정한 대기와 상승작용, 그리고, 높은 습도가 있으며, 이 3가지 조건에 의한 뇌우의 성장에는 하층의 가열을 비롯한 대류, 수렴, 기계적 상승, 상층냉각 등의 요인에 의한 촉발(trigger) 작용이 선행되어야 한다. 이 가운데 하나의 요인만이라도 충족되면 뇌우의 발생이 가능해지며, 이 3가지 조건을 모두 만족할 때 그 일생(발달기, 성숙기, 소멸기)을 시작한다. 그림 2는 뇌우의 전형적인 전하분포를 나타내고 있다.

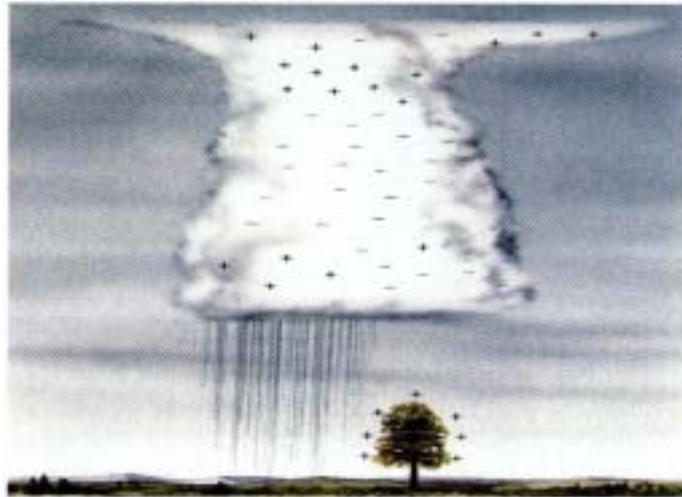


그림 2. 뇌우의 전형적인 전하 분포

나. 번개와 천둥 그리고, 낙뢰

1) 번개

번개가 전기현상에 의한 것이라는 것은 250여년전 벤자민 프랭클린에 의하여 밝혀졌으나, 본격적인 해명이 시작된 것은 1928년 Boys camera에 의하여 번개가 사진으로 찍히기 시작하면서부터이다. 이때부터 진보된 관측 기술에 의하여 그 전모가 상당 부분 밝혀졌지만, 아직도 많은 부분이 알려져 있지 않은 상태이다. 번개는 일반적으로 적란운과 함께 나타나지만 난층운이나 눈보라, 먼지폭풍과 더불어 분출하는 화산으로부터 나오는 먼지나 가스와 함께 나타나기도 한다. 뇌우가 있는 동안에 번개는 구름 안에서, 구름들 사이에서, 구름과 공기 사이에서, 또는 구름과 땅 사이에서 나타날 수 있다. 번개를 발생시키는 뇌운은 주로 적란운(積亂雲)이며, 이 적란운은 상층과 하층의 대기가 불안정할 때 발생한다.

2) 천둥

천둥은 번개(lightning)에 의하여 만들어지기 때문에 두 개의 현상은 함께 발생한다. 번개는 적란운이 발달하면서 구름 내부에 분리 축적된 음전하와 양전하 사이에서 일어나는 불꽃방전을 말한다. 그러나 대기는 전도체가 아니기 때문에 전하를 분리하기 위하여 상당한 전위를 가져야 되는데, 양쪽 전하 중심 사이의 전위차가 수백만~수억 볼트에 이르면 방전이 발생하게 된다. 이때 번개 방전은 수 cm의 직경을 갖는 공기의 채널을 경로로 하여 일어나며, 이 좁은 경로 속의 공기를 가열하여 순식간에 20,000~30,000°C까지 기온

을 상승시킨다. 그런데 이렇게 공기가 갑자기 가열되면 폭발적으로 팽창하고, 그 충격으로 인해 폭발음과 같은 소밀파(疎密波)가 발생한다. 그리고, 이것을 천둥 또는 뇌성(雷聲)이라고 한다. 천둥이 들리는 범위는 보통 약 20km이나, 때에 따라서는 약 40km나 떨어진 먼 곳으로부터 들려오는 경우도 있다.

3) 낙뢰

적란운이 발달하면서 구름 내부에 분리 축적된 음전하와 양전하의 사이에서 일어나는 불꽃방전을 번개라고 한다. 이러한 번개 중에서도 구름 속에서 일어나는 방전현상을 구름방전이라 하고, 구름 하단의 음전하와 지면으로 유도된 양전하 사이에 발생하는 방전을 낙뢰라고 한다. 일반적으로 적란운에서 발생하는 방전의 90% 이상을 구름방전이 차지하며, 낙뢰 즉 대지방전(對地放電)이 차지하는 비율은 10% 미만이다(그림 3).

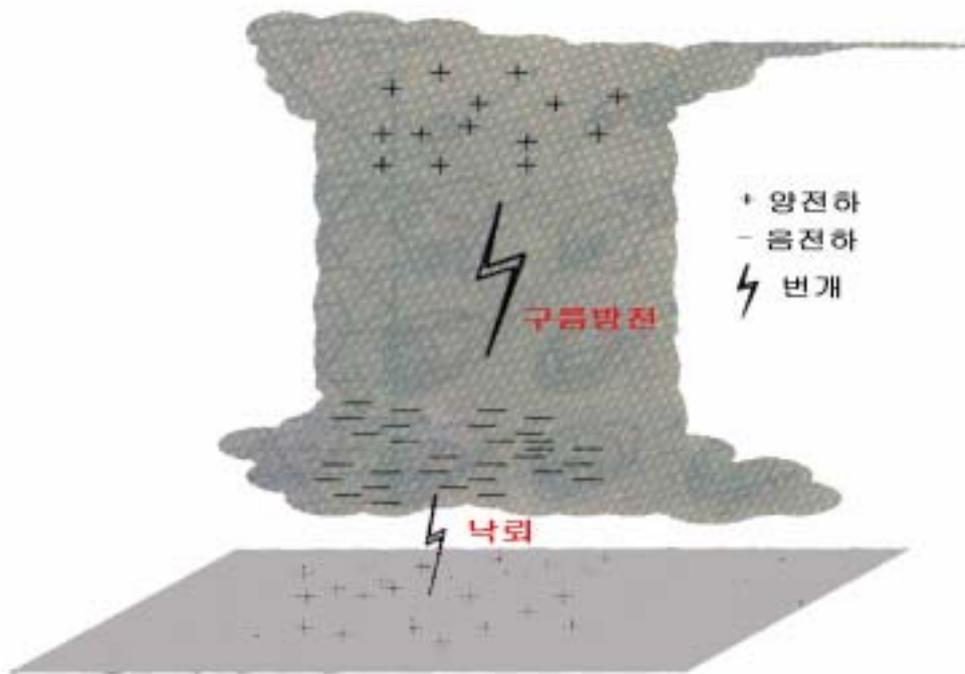


그림 3. 방전의 종류

2. 낙뢰연구의 역사

역사적으로 낙뢰에 대한 피해기록은 전 세계에 걸쳐 광범위하게 존재하고 있으나, 체계적이고 과학적인 방법을 이용한 연구기록은 18세기부터 시작되었다. 18세기 후반 미국의 프랭클린이 연을 이용해 뇌방전(Lightning Discharge)이 전기적 현상이라는 사실을 실험적으로 증명한 것이 그 대표적인 예이다. 이후 번개가 뇌운 속의 전기현상으로 존재한다는 것이 과학적으로 증명된 이래 2세기가 넘게 경과된 현재에 이르기까지, 많은 과학자들이 뇌운 속의 전하분리구조, 뇌운 속의 전하분포, 뇌방전의 물리구조 등 “번개”와 관련된 다양한 주제를 연구대상으로 하여 활발하게 연구를 진행하여 왔다. 이러한 연구 결과로 자연의 신비로만 생각되어 왔던 낙뢰에 대한 과학적인 이해가 본격화되었다. 나아가, 전자기학 기술의 비약적인 발달로 최근 10~20년 사이에 다양한 낙뢰측정장치가 개발되어, 이들로부터 얻어진 자료를 이용한 연구결과는 괄목할 만한 성과를 거두고 있다. 또한, 낙뢰제어라는 꿈을 실현시키기 위한 연구도 활발하게 진행되고 있으며, 1966년 미국의 뉴먼이 플로리다만에서 로켓을 쏘아 올려 인공적인 낙뢰유도에 성공한 것을 비롯해, 1977년에는 프랑스와 독일에 이어 일본이 4번째로 낙뢰유도에 성공하는 등, 현재까지 120여회의 성공을 거두고 있다. 참고로 최근에는 레이저(Laser) 광선을 이용하여 낙뢰를 유도하는 실험도 일본의 연구팀에 의하여 시도되고 있다.

3. 뇌운 속의 전하분포 이론

금세기에 들어와 뇌운의 전하분포와 이것을 초래하는 전하분리의 구조에 대한 문제는 대기전기학의 중요한 과제로서 활발한 연구가 진행되고 있으나, 이 분야에 있어서는 Wilson과 Simpson의 논쟁이 유명하다.

Simpson은 낙뢰의 번개가 거의 대부분 하향으로 분기되는 것을 관측하고, 실내 방전실험의 경우에도 양의 전극에서 발진하는 방전 쪽의 분기가 많다는 것으로부터 뇌운 하부는 양(+)으로 대전(帶電)되어 있고 상부는 음(-)으로 대전되어 있다고 생각하였다. 또한, Simpson은 전하분리의 구조로서 수적분열설(水滴分裂說)을 들어 뇌운의 대전을 설명하였다. 즉, 큰 입자의 물방울이 낙하 중에 분열되고, 그 분열로 생긴 작은 물방울은 양(+)으로 대전되며, 대기 중에는 여기에 대응하는 수만개의 음(-)이온이 발생한다는 것을 실

험을 통하여 증명한 것이다. 나아가, Simpson은 분열되어 생긴 작은 물방울이 뇌운의 상승기류로 인하여 더 이상 낙하되지 않고 뇌운의 하부에 양(+)전하 영역을 형성하고, 음이온은 상승기류에 의하여 상향으로 운반된 후 뇌운 상부의 구름입자에 부착되어 상부에 음(-)전하 영역을 형성한다고 생각하였다.

이에 비하여 Wilson은 많은 지점에서, 그리고, 뇌운에 대한 다양한 상대 위치에서 지표 전기장과 뇌방전에 의한 전기장의 급변화를 기록한 후, 그 결과를 검토하여 이들 기록이 상부가 양(+)으로, 하부가 음(-)으로 대전된 뇌운에 의하여 발생된 것이라는 결론을 도출하였다. 그리고, 그 전하분포를 설명하는 전하분리의 구조로서 구름 속을 낙하하는 얼음입자 및 빗방울이 음(-)이온만을 선택하여 흡수한다는 선택 접촉설(분극설)을 제창하였다.

이와 같이 뇌운의 전하분포에 대하여 두 사람은 정반대의 생각을 주장하였기에 학계에서도 많은 논쟁이 있었다. 나아가, 당시의 Simpson은 영국의 기상대장으로서, 그리고, Wilson은 노벨상을 수상한 물리학자로서, 모두 이 분야에 있어서 선도적인 학자라 할 수 있었기에, 세계적으로도 대기전기학의 학자가 2파로 나뉘어져 이에 대한 논의를 하게 되었다.

1928년 9월, 글래스고우대학에서 영국왕립학술협회가 열렸을 때 Simpson과 Wilson의 강연회가 열렸으나, 이 강연회에는 외국의 학자들도 다수가 참가하여 회의장은 대성황을 이루었다. 눈(雪)에 관한 연구로 유명해진 일본의 나카야 우키치로(中谷宇吉郎) 박사도 이 회의에 참가하여 그때의 모습을 다음과 같이 기술하고 있다(“벼락 이야기”, 1942년).

“개회 시각인 10시가 되자 Wilson이 문을 열고 들어와서 좌석에 앉았다. 그러나 Simpson의 얼굴은 좀처럼 보이지 않았다. 청중들이 궁금해 하며 기다리고 있자, 이윽고 Simpson은 서류, 설명도, 사진 등을 가득 채운 가방을 끼고 들어왔다. 그리고, 바로 연단에 올라가 40분여에 걸쳐 자신의 학설을 자세하게 설명하였다. 그 논지는 매우 명확하였고, 모든 방면에 걸쳐서 다양한 번개현상을 일일이 훌륭하게 설명하였다. 이것을 듣는 사람은 번개에 관한 모든 현상을 이번의 설명으로 완전히 이해하는 듯한 분위기였다.

다음으로 Wilson이 같은 연단에 올라갔다. Wilson은 상당히 순박한 사람으로 목소리도 작았고, 설명하기 위해서 칠판에 그린 그림도 매우 영성하였으며, 무엇을 말하고 있는 것인지 거의 알 수 없을 정도로 그의 강연은 신통치 않았다. 그러나 그가 말하고 있는 모든 것이 모두 자기가 직접 실제로 조

사한 결과이기에 그 만큼 확신을 가지고 이야기하므로 대단히 강한 힘이 실려 있는 듯한 느낌이 들었다. 그리고, 그는 마지막으로 ‘제가 실측한 결과로 본다면 Simpson의 설은 여러 가지 현상을 설명할 수 있지만, 가장 중요한 뇌운의 전하분포가 실제와 다르기 때문에 진정한 의미의 설명이라고는 생각하지 않는다’는 말을 끝으로 단상을 내려갔다.

이 두 사람의 뒤를 이어서도 번개에 대한 연구보고는 계속해서 발표되었으나, Wilson과의 Schonland, Watsonwatt 등 당시의 신진 학자들이 아프리카에서 관측한 결과는 Wilson의 설을 지지하는 것이었다. 게다가 다른 젊은 연구자의 대부분이 연구결과를 근거로 해서 Wilson의 설을 지지했다. 이러한 와중에 강연을 듣고 있던 나에게 크나큰 감정의 변화가 왔다. 즉, 번개에 관한 연구가 이렇게 활발하게 이루어지고 있다는 사실에도 무척 고무되었으나, 그 당시 영국학회의 분위기에 감동을 받은 것이다. 다시 말해, 당시의 Simpson은 기상대장이라고 하는 높은 지위에 있어 기상학계에서 막강한 영향력이 있음에도 불구하고, 기상학회 회의장 안에는 번개라고 하는 자연현상에 대하여 그 진실을 알리려는 순수한 마음가짐만이 모든 강연자 사이에서 불타고 있어, Simpson을 향해서도 젊은 학자들은 조금도 굴하지 않고 확실하게 자신의 의견을 펼쳐 나간 것이다. 그리고, Simpson 역시 진정한 학자였기에 자신의 설에 반대되는 의견도 대단히 진지하게 귀를 기울이고 있었다. 그러나 오랜 연구의 결과로 나온 자신의 학설, 게다가 본인으로서 확실하다고 믿고 있던 학설에 대하여 계속적으로 반론이 제기되자 그의 안색이 조금씩 나빠지고 있었다. 잠시 후 모든 연설이 끝나자 Simpson은 ‘제가 여러분의 이야기는 잘 들었습니다만, 오늘 몹시 흥분되어 있는 상태이기에 그것들에 대한 답변은 뒤로 미루고 싶습니다. 차후에 확실한 논문의 형태로 답변을 드리겠습니다.’라는 마지막 말을 남기었다.

이상과 같이 나카야박사는 글래스고우대학에서의 Simpson과 Wilson의 강연회 장면을 실감나게 기술하고 있으나, Simpson은 글래스고우 대회 이후 다음과 같은 생각을 하게 되었다. 즉, 지금까지 뇌운의 전하분포를 조사해 왔던 방법은 모두, 지표의 전기장 측정으로부터 추정하는 것이기에 반드시 불확실성을 동반하고 있으며, 이러한 불확실성을 제거하기 위해서는 기구를 이용하여 구름 속의 전기장을 직접 측정해야만 한다는 생각이었다. 이에 Simpson은 기구에 탑재하여 자기기록이 가능한 전기장 계측기를 개발하였고, 이 장치를 고도 측정용 기압계와 함께 기구에 부착하여 뇌운 속으로 띄

어 보낸 후, 고도 8km에 도달하면 측정기구가 자동적으로 분리되어 낙하산을 이용해 안전하게 지표에 떨어지도록 하였다. 그리고, 측기의 개발에 5년, 기록의 횟수 및 관측자료의 분석에 4년을 소비하여, 글래스고우 대회로부터 10년이 지난 후에 Simpson은 드디어 약속한 논문을 발표하였다(Simpson and Scrase, 1937).

Simpson은 하나의 뇌운 속에 몇 개의 다른 경로로 기구를 띄우는 관측을 실시하여, 뇌운의 전하분포가 위에서부터 양(+), 음(-), 양(+),의 3극구조(三極構造)를 갖고 있다는 결론을 내렸다. 또한, 하부의 양전하는 운저에 가까운 작은 영역에 분포하고 있고, 그 양은 상부의 양전하 및 음전하의 약 1/4정도라고 생각하였으며, 그는 이것을 포켓 양전하(Pocket Positive charge)라 명명하였다.

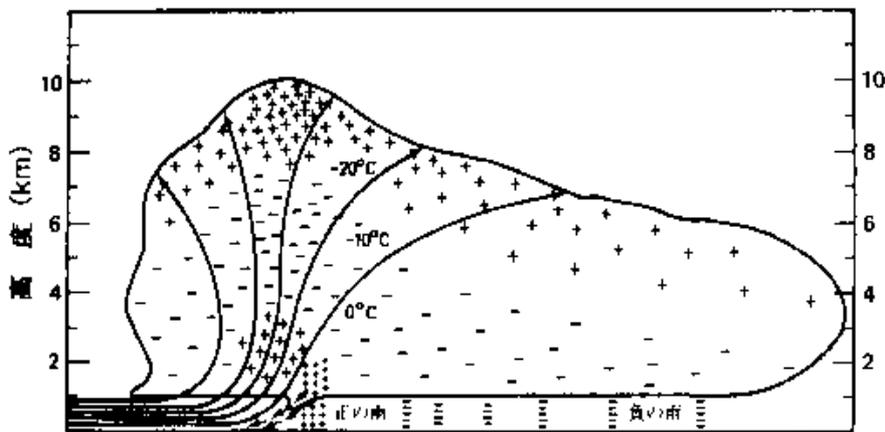


그림 4. 뇌운의 전하분포와 기류를 나타내는 Simpson의 모델도(Simpson and Scrase, 1937)

그림 4는 Simpson and Scrase(1937)가 10년에 걸친 연구에 근거하여 도출해 낸 뇌운의 모델도이다. 이 모델로 Simpson은 글래스고우학회에서 문제가 되었던 뇌운 전하분포의 모순을 해결하였을 뿐만 아니라, 그 연직구조와 기류분포를 명확하게 하여 뇌운의 연구를 크게 발전시켰다. 그러나 당시의 전하분리구조에 대한 학설들은 모두 과학적 해명에 불충분한 점들이 있어 이후의 연구 성과를 기다려야만 했기에, 당시의 Simpson의 연구에 있어 주목할 만한 성과는 3극구조의 전하분포를 발견한 것에 한정되었다. 한편, Simpson의 연구 이후에도 포켓 양전하를 고려하지 않고 뇌운의 전하분포를 상부에 양전하, 하부에 양전하라는 2극구조로 생각하는 논문이 많이 발표되

었으나, 1989년에 발표된 Williams의 광범위한 정리에 의하여 뇌운은 성숙기 초기에 반드시 3극 구조를 갖는다는 점이 밝혀졌다. 또한, 최근에는 겨울철의 번개가 주목을 받고 있으나, 운정 고도가 낮은(6km 이하) 겨울철의 뇌운도 기간은 매우 짧지만(10분 이하) 3극 구조를 갖는다는 것이 보고되어 있다 (Michimoto, 1993).

4. 낙뢰관측의 원리 및 관측시스템의 종류

구름 속의 양(+)전하와 음(-)전하 사이에서 발생하는 방전을 구름방전이라고 하며, 구름 속의 전하가 대지로 방전하는 것을 낙뢰라고 한다. 그런데, 구름방전이나 낙뢰를 발생시키는 뇌운의 길이는 2~20km이고, 중화되는 전하량은 1~1000C로 그 스케일이 클 뿐만 아니라 중화되는 전하가 뇌운이라고 하는 거대한 체적 속에 공간 전하로 분포하고 있기에, 뇌운의 방전구조는 대단히 복잡하다고 할 수 있다. 한편, 방전구조에 대한 연구는 번개를 카메라에 기록하는 것으로부터 시작되었다. 그 대표적인 예로 Walter는 셔터를 오픈시킨 카메라를 낙뢰의 방향으로 향하게 하고, 연직축 주위로 회전시키면서 번개를 촬영하여 시간 경과에 따라 방전을 조사한 결과, 하나의 낙뢰 속에서 번개가 같은 경로를 통하여 몇 차례 방전되는 다중방전이 발생하는 경우가 많다는 것을 알아내었고, Schonland(1938)는 시간 분해능이 높은 회전 카메라를 사용하여 다중낙뢰의 구조를 상세하게 설명하였다. 이후, 뇌방전에 의한 전자기장변화의 기록 기술이 발전됨에 따라 번개의 시간분해촬영과 전자기장변화를 동시에 기록할 수 있게 되었으나, 이 또한 방전구조의 해명에 많은 도움이 되고 있다.

낙뢰관측의 경우, 최근에 수십km 간격으로 여러 지점에 센서를 설치하여 낙뢰의 위치를 측정하는 시스템이 개발되어 있다. 이 시스템의 종류에는 우선, 동시에 여러 지점에서 방위를 측정하여 낙뢰지점의 위치를 정하는 시스템(LLP)과, 여러 지점에서 관측된 전자파의 도달시간차를 측정하여 방전의 위치를 정하는 시스템(LPATS)이 있으며, 위상차를 측정하여 방전로(放電路)의 공간 분포를 정하는 시스템(SAFIR) 등도 실용화되고 있다. 그리고, 이들 시스템을 이용하여 관측된 자료는 뇌방전 연구 및 악기상 감시에 유용하게 활용되고 있다.

가. 낙뢰관측의 원리

1) 낙뢰관측방법의 종류

낙뢰의 관측방법에는 크게 TOA(Time Of Arrival)방식과 MDF(Magnetic Direction Finding)방식이 있다. TOA방식은 번개가 발생한 후 각각의 센서에 도달한 시간을 이용하여 낙뢰의 발생위치를 구하는 방법이고, MDF방식은 번개가 발생한 방향을 관측하여 낙뢰의 발생위치를 구하는 방법이다. 따라서 TOA방식을 이용한 낙뢰탐지의 경우는 시간적인 정확도가, MDF방식의 경우는 진북을 정확하게 설정하는 것이 중요한 변수로 작용된다. 기상청에서 운영중인 낙뢰센서는 IMPACT ESP Sensor와 LDAR II 센서이나, IMPACT ESP Sensor는 TOA방식과 MDF방식을 합성하여 낙뢰의 위치를 결정하고 있으며, LDAR II 센서는 TOA방식을 이용하여 구름방전의 위치를 결정하고 있다. 현 시스템에서 각각의 낙뢰 센서는 GPS안테나가 부착되어 시각 동기화가 이루어지고 있으며, TOA방식과 더불어 MDF방식을 사용하고 있는 IMPACT ESP 센서에서는 태양추적(Sun Tracking)으로 진북을 결정한다.

2) TOA방식(2개의 센서를 이용한 낙뢰관측)

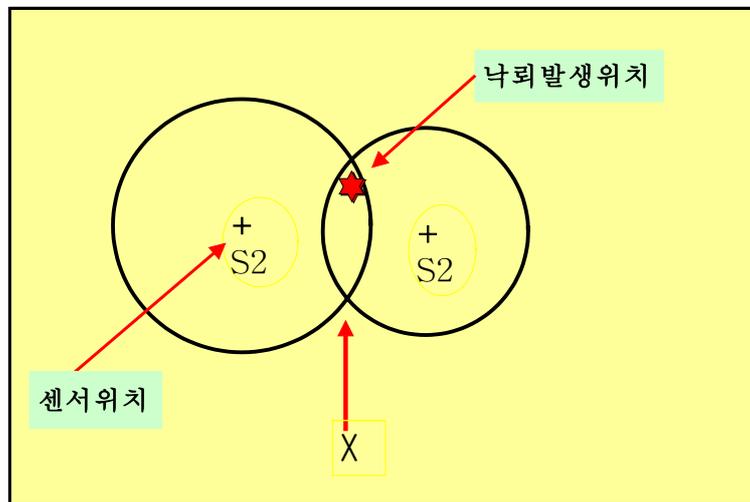


그림 5. 2개 센서를 이용한 낙뢰위치 결정(TOA)

TOA방식만을 이용하여 2개의 센서로 낙뢰를 탐지할 경우, 실제의 낙뢰 위치(그림에서 별표)가 아닌 다른 위치(그림에서 X로 표시)를 낙뢰위치로 잘못 계산 할 수 있다. 따라서 TOA방식을 이용하여 정확한 낙뢰위치를 얻기 위해서는 최소한 3개 이상의 낙뢰 센서가 필요하다(그림 5).

3) TOA방식(3개 센서 이상을 이용한 낙뢰관측)

3개 이상의 센서를 이용해 TOA방식으로 낙뢰 위치를 계산할 경우, 아래의 그림 6과 같이 정확한 낙뢰 위치를 결정할 수 있다.

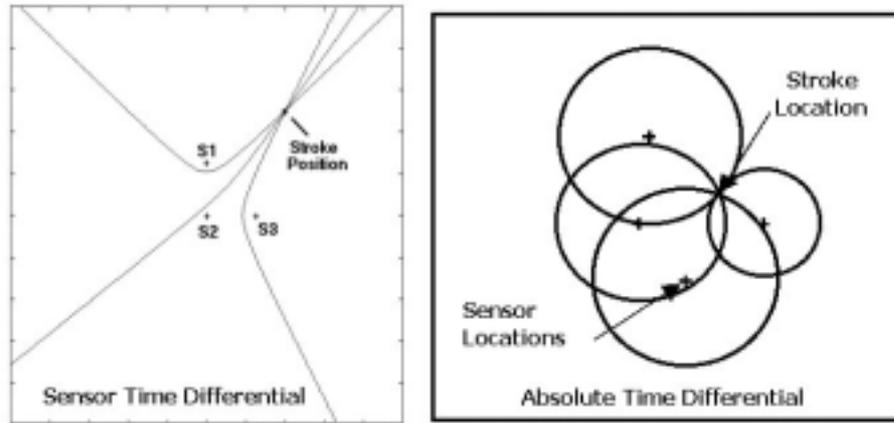


그림 6. 3개 센서 이상을 이용한 낙뢰위치 결정(TOA)

4) MDF방식을 이용한 낙뢰 관측

방향탐지방법(MDF)은 낙뢰로부터 발생한 전자파가 도달되는 방향을 측정하여 2개의 안테나로부터 낙뢰의 위치를 결정하는 방식이다.

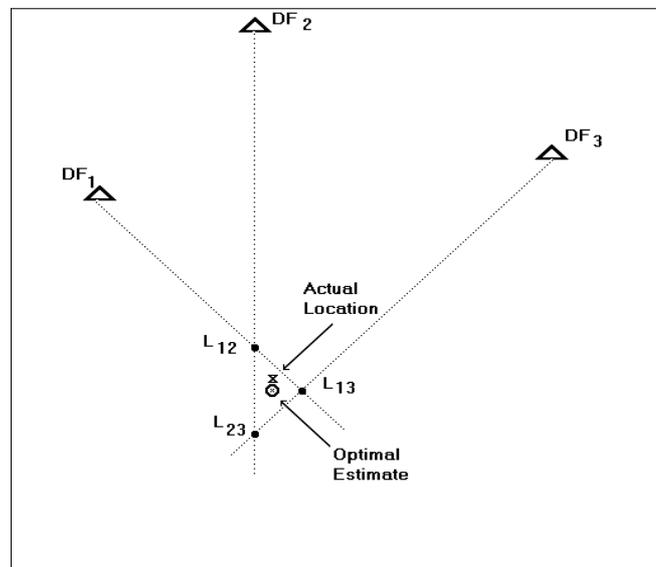


그림 7. MDF방식에 의한 낙뢰위치 결정

따라서 MDF방식에서는 진폭을 정확하게 설정하는 것이 중요하다. 그림 7은 방향탐지방법에 의한 낙뢰위치 결정방법을 보이고 있다.

5) TOA방식과 MDF방식의 합성에 의한 낙뢰 관측

TOA방식과 MDF방식을 합성하여 낙뢰를 관측하는 방법으로써 TOA방식만을 사용하였을 때 발생하는 위치 부정확성의 문제를 방지할 수 있어, 보다 정확한 낙뢰의 위치를 관측할 수 있다(그림 8).

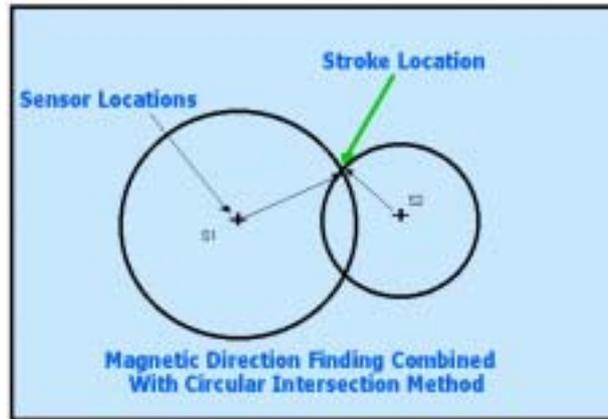


그림8. TOA방식과 MDF방식의 합성에 의한 낙뢰위치 결정.

나. 낙뢰관측시스템의 종류

낙뢰관측시스템에는 방향탐지법을 이용한 LLP(Lightning Location and Protection)시스템과 시간도달차법을 이용한 LPATS(Lightning Positioning and Tracking System)시스템 및 간섭계방식을 이용한 SAFIR(System de Surveillance et d'Alerte Foudre par Interferometrie)시스템이 있으며, 도달 시간차방법과 방향탐지방법을 혼합한 IMPACT방법도 최근 상품화되어 운영되고 있다. 앞에서 기술한 관측장비 중에 SAFIR시스템은 낙뢰뿐만이 아니라 구름방전도 관측이 가능한 시스템이며, IMPACT ESP의 경우는 낙뢰(대지방전)를 주로 탐지하지만 일부의 구름방전(최대 30%까지)도 관측이 가능한 장비로, 기존의 관측장비보다 그 기능이 향상된 장비이다.

1) LLP(Lightning Location and Protection)시스템

이 시스템은 미국의 Uman과 Krider 등이 고안한 것으로 DF(Direction Finding)방식을 이용한다. 즉, 직교 LOOP 안테나와 전기장안테나에 의해서 방위를 탐지함과 동시에, 전자기장의 파형을 분석하여 낙뢰를 추출하고 극성 및 전류의 세기를 측정한다. 낙뢰의 위치를 결정하기 위해서 최소 2개 이상의 안테나가 필요한 LLP시스템은 1980년대 중반에 상품화되어 전력회사를 중심으로 전 세계에서 널리 사용되고 있다.

2) LPATS

이 시스템은 복수의 관측점에 전자파가 도달한 시각의 차를 분석하여 낙뢰위치를 결정하는 것으로, GPS기술을 채용하고 있기 때문에 정확도 높은 낙뢰 위치를 얻을 수 있다는 장점이 있다. 그리고, 이 LPATS시스템은 LLP시스템의 단점을 보완하기 위하여 개발된 것이다.

3) SAFIR시스템

이 시스템은 1990년대 초 프랑스의 ONERA(국립우주공학연구소)에 의뢰고안되어 Dimensions사에서 생산되었으며, 간접계방식을 이용하여 방전의 위치를 결정함으로써 구름방전을 포함한 전체의 방전현상을 측정할 수 있는 시스템이다. 이 시스템은 일본기상청을 비롯한 전 세계 여러 나라에서 운영중에 있다. Dimensions사는 2000년 2월에 핀란드 Vaisala사에 흡수되었다.

4) IMPACT시스템

이 시스템은 1993년 기존의 DF방식에 시각도달차(Time Of Arrival)방식을 추가하여 제작된 방식으로, 미국 및 캐나다에서 사용되고 있다. 현재 낙뢰관측시스템은 미국의 GAI사를 흡수, 통합한 Vaisala사가 기존의 DF방식과 TOA방식을 합성한 IMPACT시스템을 생산하고 있다. GAI사는 2002년 3월에 핀란드 Vaisala사에 흡수되었다.

5. 선진국의 낙뢰관측 현황

가. 미국

초기의 미국 낙뢰관측망은 뇌방전의 자장(磁場)을 측정하는 방향탐지(DF : Direction Finder)방식으로 구축되어 있었으나, 1993년에는 이 관측망에 기존의 DF방식에 시각도달차(TOA)방식을 추가하여 제작한 IMPACT방식을 부분적으로 부가해 관측망을 재구축하였다. 그리고, 현재는 시각도달차방법을 이용하는 LPATS센서 70여개와 TOA방식과 DF방식을 혼합하여 낙뢰위치를 결정하는 IMPACT센서 약 50개로 네트워크를 구성하여, 미국 전역에서 발생하는 낙뢰현상을 감시하고 있다. 한편, 낙뢰관측시스템은 GAI사에서 운영하고 있으며, 관측 자료는 미국기상청 및 전력회사 등에 유료로 제공되고 있다.

나. 일본

일본의 경우는 1980년대부터 전력회사 등이 LLP시스템과 LTATS시스템을 설치하여 운영 중에 있으며, 1990년대 후반에는 일본기상청 및 기상협회, 칸사이(関西)전력 등에서 SAFIR시스템을 도입하여 설치, 운영 중에 있다.

다. 유럽

프랑스와 스웨덴 기상청에서는 1980년대 후반부터 낙뢰관측시스템을 설치하여 운영 중에 있고, 캐나다, 뉴질랜드, 스페인 기상청에서는 1990년대 후반부터 낙뢰관측시스템을 도입하여 설치, 운영 중에 있다.

6. 우리나라의 낙뢰관측 현황

가. 기상청의 낙뢰관측 현황

기상청은 1987년에 낙뢰위치표정시스템(LLP)을 도입한 이래, 한반도에서 발생하는 낙뢰현상을 관측해 예보업무에 활용하여 왔으나, 장비의 노후화로 인한 관측정밀도 저하 등의 문제가 발생하여 2001년 초에 낙뢰관측시스템(IMPACT 및 LDAR II)을 도입 및 설치하였고, 2002년 상반기부터는 이 낙뢰관측시스템을 이용한 본격적인 낙뢰관측을 하고 있다. 이 최첨단 낙뢰관측시스템에는 기존의 시스템에서 관측할 수 없었던 구름방전을 포함한 다양한 관측 자료의 생산을 비롯해 많은 편리한 기능이 탑재되어 있다.

1) 낙뢰관측시스템의 구성

낙뢰관측시스템은 센서부, 분석기 및 표출기부로 구성되어 있고, 센서의 종류에는 낙뢰, 즉 대지방전을 주로 감지하는 IMPACT ESP센서와 구름방전을 관측할 수 있는 LDAR II센서가 있으며, 기상청은 IMPACT ESP센서 7대와 LDAR II센서 17대로 낙뢰관측을 위한 네트워크를 구성하고 있다(그림 9).

우선 IMPACT ESP Sensor(IMPproved Accuracy from Combined Technology Enhanced Sensitivity and Performance)는 전자기장을 이용하여 낙뢰를 탐지하는 센서로, TOA방식의 장점과 MDF방식의 정확성을 결합시켜 탐지효율과 위치정확성을 한층 더 높인 센서라고 할 수 있다. 관측되는 주파수대는 LF/VLF이며, 시각은 GPS에 의하여 동기화 되고 있으며, 정확한 방전위치를 탐지하기 위해서는 3개의 IMPACT센서가 필요하다. 한편, LDAR II(Lightning Detection And Ranging System)센서는 TOA방식을 이용하여

구름방전의 위치를 결정하는 센서로, VHF(Very High Frequency) 주파수대를 사용하고 있으며, 구름방전의 3차원적인 모습을 관측하기 위해서는 최소 5개의 센서가, 이차원적인 모습의 관측을 위해서는 최소 4개의 구름방전센서가 필요하다.

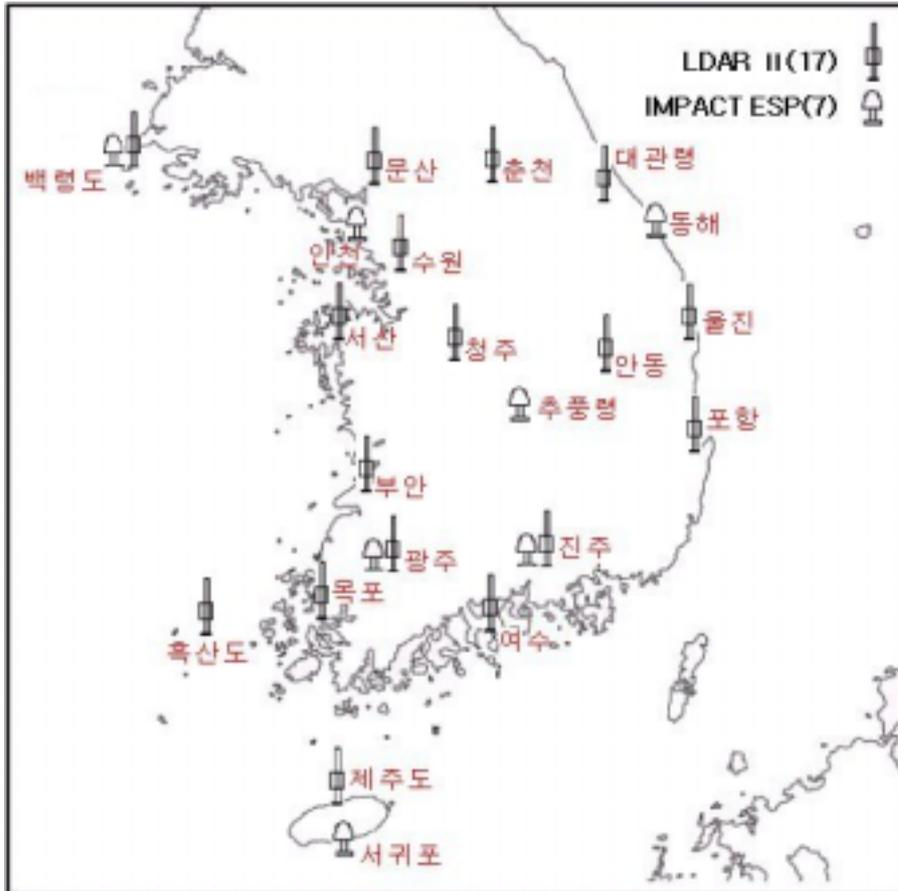


그림 9. 낙뢰관측망

낙뢰감지센서(IMPACT) 7조 및 구름방전감지센서(LDAR II) 17조는 그림 9에 나타나듯이 전국 21 곳의 기상대에 설치되어 운영 중이며, 센서의 모양은 각각 그림 10 및 그림 11과 같다. 또한, 그림 12는 낙뢰탐지효율을 나타낸 것이다.



그림10. 대지방전 센서(IMPACT)



그림11. 구름방전 센서(LDAR)



그림 12. 낙뢰탐지범위

분석기는 낙뢰 즉, 대지방전 관측자료를 분석하는 LP2000과 구름방전관측자료를 분석하는 LP3000으로 구성되어 있으며, 표출기는 전체방전(Total lightning)을 2차원으로 표출하는 LTraX표출기와 구름방전을 3차원으로 표출하는 LTS(Lightning Tracking System) 표출기가 있다. 그리고, 낙뢰분석기 및 표출기는 기상청 예보국 통합 현업실과 예보 브리핑실에 설치되어 낙뢰관측영상을 실시간으로 제공하고 있으나, 특히 실시간으로 낙뢰자료를 표출하는 LTraX는 위험지역으로 설정한 장소에 낙뢰가 접근할 경우 경고음을 발생하는 기능을 비롯하여, 사용자가 관심이 있는 영역에 낙뢰가 언제 도달할지를 실시간으로 계산하여 알려주는 기능 등, 많은 편리한 기능이 포함되어 있다(그림 13).

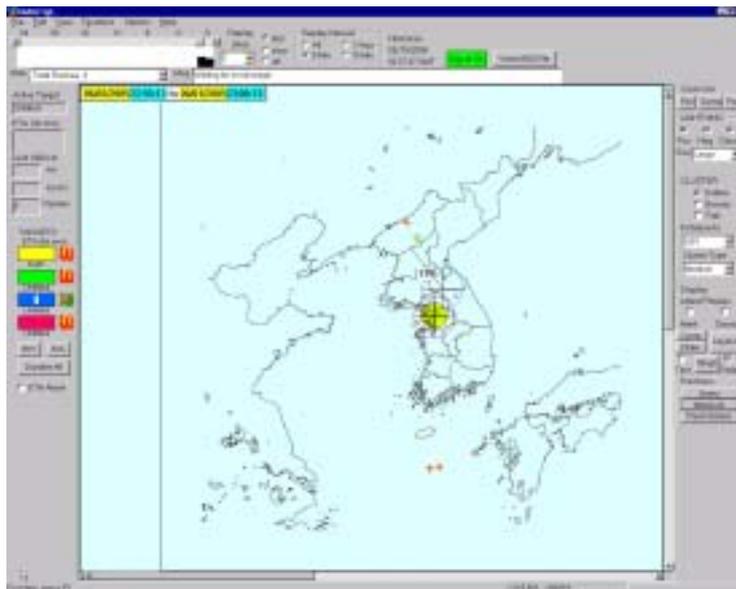


그림 13. 표출기(LTraX)의 낙뢰관측 화면

구름방전(3D events)자료를 실시간으로 표출하는 LTS표출기가 있으며, 전체적인 모습은 그림 14에 나타나 있다. 구름방전은 낙뢰가 발생하기 전에 구름 속에서 선행하여 발생하는 미세한 방전으로, LTS는 구름방전시에 방출되는 VHF파를 검출한 후, 시간도달차 방법으로 방전의 위치를 결정한다. 그러나 정확히 말해 LTS는 3차원의 구름방전분포를 3차원 공간(위도, 경도, 고도)에서 발생하는 구름방전 분포를 그림15에 나타나는 3D 격자 방법으로 나타내고 있다.

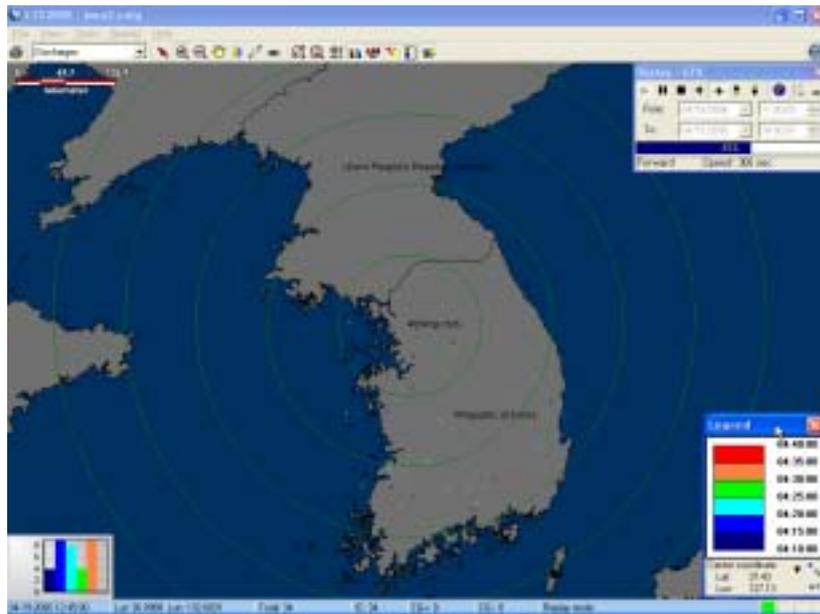


그림 14. LTS(Lightning Tracking System)의 표출 화면

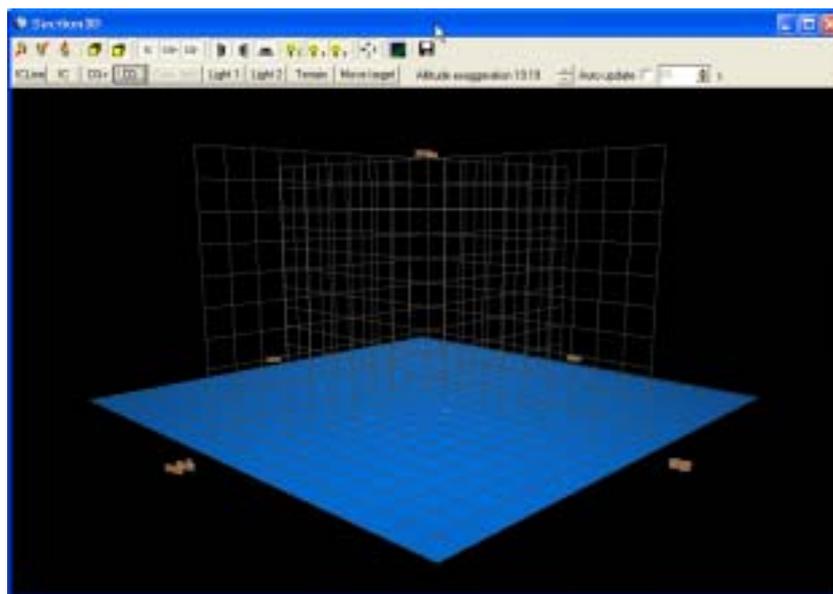


그림 17. LTS 3차원 관측 영상

2) 낙뢰관측시스템자료의 제공

o. 낙뢰자료의 제공

한반도에서 발생하는 낙뢰를 실시간으로 관측한 후, 낙뢰의 위치 및 강도와 극성 등을 실시간으로 출력하여 악기상감시에 활용하고 있다. 낙뢰의 관측 범위는 레이더의 관측범위보다 넓기 때문에, 집중호우 등 악기상을 조기에 감시 및 추적하는 데에 많은 도움을 준다. 그림 16은 기상청에서 실시간으로 제공하고 있는 낙뢰영상의 한 예이다.

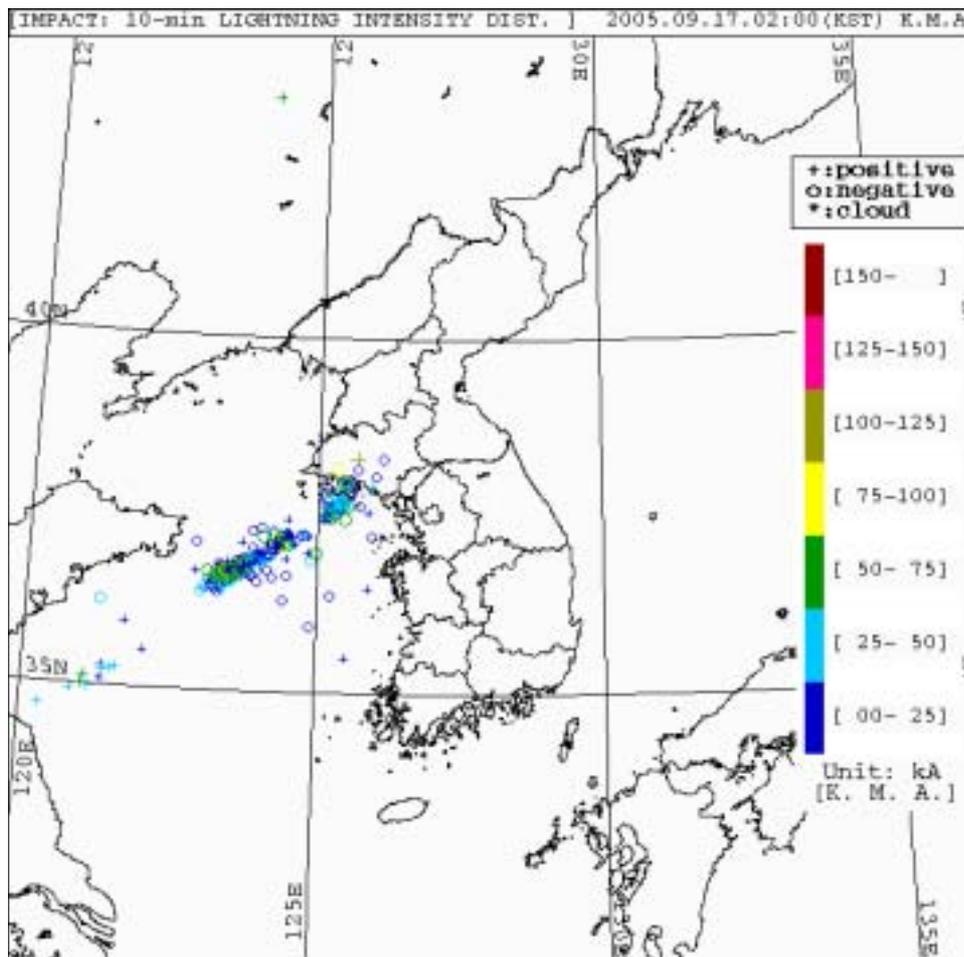


그림 18 낙뢰영상

o. 낙뢰와 레이더자료의 합성영상 제공

낙뢰시스템의 도입 이후 낙뢰자료와 레이더자료를 합성한 영상을 실시간으로 표출하여 예보에 활용하고 있다(그림 17). 그리고, 이 합성영상은 낙뢰와 레이더 반사도와의 상관성 규명에도 유용하게 활용할 수 있다.

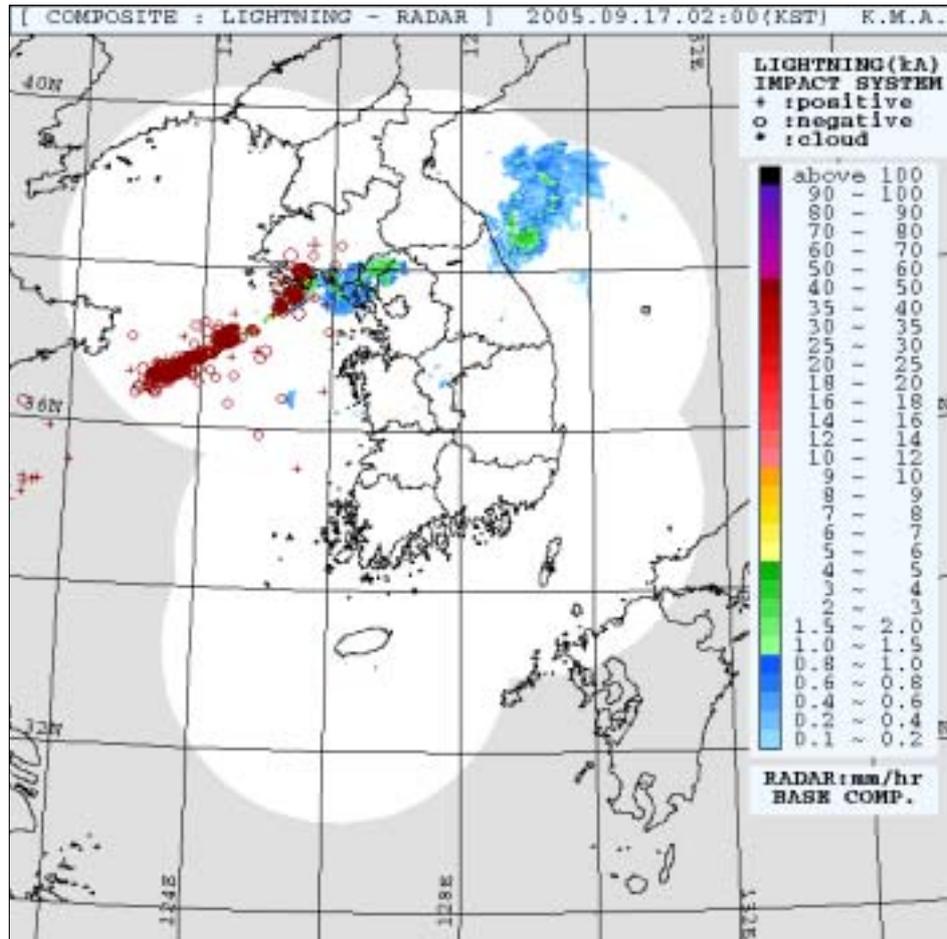


그림 17. 낙뢰와 레이더자료의 합성영상

o. 낙뢰와 위성자료의 합성영상 제공

현재 실시간으로 제공되는 낙뢰자료와 매 시간마다 하나씩 제공되는 위성영상을 합성하여, 매 정시에 위성과 낙뢰영상의 합성영상을 예보에 활용하고 있다(그림 18). 그리고, 이 영상을 이용하면, 위성영상에서 온도가 낮아 하얗게 나타나는 구름이 단순한 권운계열(상층운)의 구름인지 발달한 적운계열의 구름인지를 쉽게 파악할 수 있다.

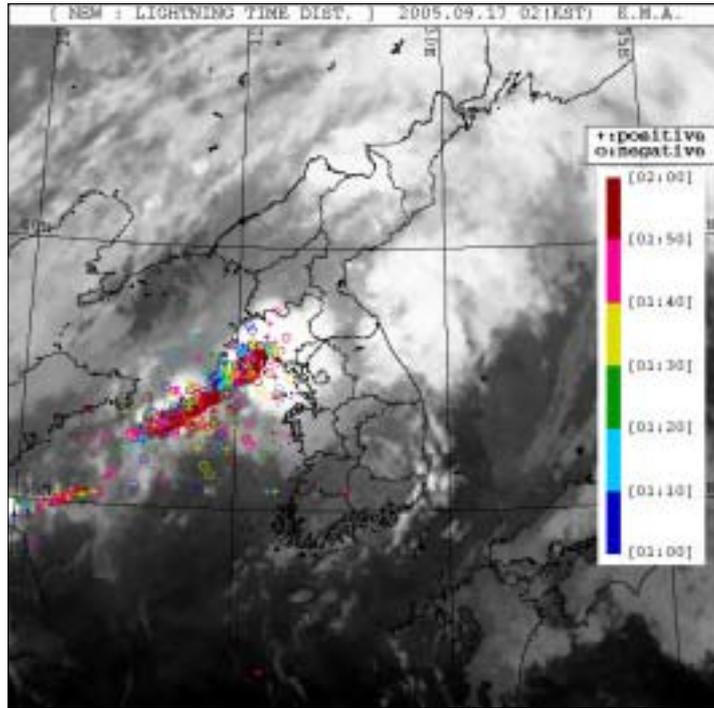


그림 18. 낙뢰와 위성자료의 합성영상

o. 낙뢰연보의 발간

낙뢰관측시스템에 의하여 한반도에서 발생한 낙뢰현상을 관측한 후, 그 자료를 분석 및 정리하여 매년 낙뢰연보를 출간하고 있다. 그리고, 이 낙뢰연보는 기상관서 및 유관기관에 배포되어, 낙뢰연구 및 낙뢰재해의 경감에 유용하게 활용되고 있다. 한편, 낙뢰연보는 1987년에 도입하여 설치한 낙뢰관측시스템(LLP)에 의해서 관측된 자료를 이용하여 1993년에 최초로 발간된 이래 매년 발간되고 있으며, 그 내용은 1년 동안 관측된 낙뢰의 발생횟수 및 일수분포, 월별·계절별·연별의 낙뢰일수 및 횟수의 빈도분포 등을 분석, 정리한 것이다. 또한, 주요 6개 대도시 및 6개 도별, 국지해상별의 낙뢰발생 시계열 발생빈도 및 낙뢰극성별 발생빈도, 낙뢰강도분포 등도 분석되어 있다.

나. 한국전력의 낙뢰관측 현황

한국전력공사는 1994년에 LPATS를 도입한 후, 시험운용을 거쳐 1995년 7월부터 정상운용을 실시하고 있으며, 속초, 울진, 상주, 태안, 강진, 창원 등 6개소에 설치하여 주로 송전선에서 단전 사고가 발생하였을 때 사고원인 및 지점을 밝히는 데에 사용하고 있다. 기상청에서는 한국전력공사에서 관측한 이러한 낙뢰자료를 수신하여 예보의 참고자료로서 활용하고 있다.

다. 한국전력연구원 낙뢰관측 현황

한국전력연구원은 2005년에 도달시간차 (TOA:Time Of Arrival) 방식을 이용하여 Lightning을 감지하고 위성의 GPS시각을 동기하는 NEW COLIN을 도입하여 속초, 평해, 보은, 창공, 제주, 강진, 대천, 인천 등 8개소에 설치하여 자료를 실시간으로 웹(<http://www.lightning.or.kr>)에서 제공하고 있다.

7. 선진국의 낙뢰연구동향

근대적인 낙뢰의 연구는 제2차 세계대전 이후 영국과 남아프리카를 중심으로 시작되었으나, 최근에는 질적, 양적으로 미국과 프랑스에서 낙뢰에 대한 연구를 주도하고 있다.

미국의 경우, 뇌방전 및 뇌전하(雷電荷)에 관한 연구는 뉴욕주립대학(Orvill), 플로리다대학(Uman), 뉴멕시코 공업대학(Brook, Krehbiel), 애리조나대학(Krider) 등을 중심으로 이루어지고 있다. 이들 대학은 인공위성을 비롯한 미사일과 항공기 등의 낙뢰피해를 방지하기 위하여, NASA, NOAA와 함께 종합적인 연구를 수행하고 있으며, 이외에도 전력 및 군관계의 연구소에서도 활발한 연구가 진행되고 있다.

영국의 맨체스터대학(Illingworth 등)에서는 뇌전하의 생성구조에 관한 연구를 실시하고 있으며, 프랑스에서는 Hubert를 중심으로 원자력청(CEA)을 포함한 4개의 연구기관이 협력하여 대규모 로켓을 이용한 낙뢰유도실험이 성공리에 추진되고 있다. 유럽의 이들 연구팀과 미국의 4개 대학 사이에는 긴밀한 협력관계가 유지되고 있다.

국제 뇌방전(雷放電) 공동연구체(Thunderstorm Research International Program : TRIP)는 로켓을 이용한 낙뢰유도실험을 비롯한 대규모의 공동연구를 뉴멕시코 및 케네디우주센터가 있는 플로리다주에서 실시하고 있다. 그리고, 이 연구에 있어 높은 구조물에서의 낙뢰 관측은 케네디우주센터의 발사대(지상에서 400피트 높이)를 이용하고 있으며, 여기에는 LLS 시스템의

고안자인 Uman, Krider 등이 참가하고 있다.

Krider는 전자기장 관측에 있어 관측기기의 시간 분해능을 향상시킴과 동시에 전파에 의한 파형변화를 고려한 100km 이내의 해상전파기록을 분석하였다. 그리고, 그 결과에 의하면 종래의 귀환뇌격(Return stroke)에는 기록되지 않았던 급격한 변화가 포함되어 있다는 사실이 밝혀졌고, 발사시간은 40~200ms이며, 전기장변화로 추정되는 전류속도가 50~75KA/μA(종래의 값의 2~3배)로 알려져 있다.

Uman은 귀환뇌격을 통한 전자기장 측정에 의하여 Model에 대응하는 자료를 수집한 후, 귀환뇌격에 의한 전기장변화의 수평성분을 측정하여 송·배전선, 통신선으로의 유도에 대한 새로운 자료를 제공하고 있다. 또, Krider가 주축인 연구모임은 공군의 학자 등과 공동으로 항공기 측정, 지상의 다요소 측정을 포함한 종합관측을 실시하고 있다.

광학적 관측의 분야에서 Orvill 등은 전자 셔터를 이용하여 주간에도 기록이 가능하고 시간 분해능이 높은 스트로크 카메라를 제작하여 뉴멕시코와 플로리다에서 수행한 TRIP에 참가하여, 귀환뇌격의 2차원 속도를 측정 한 후 기존의 관측값과 비교하고 있다. 또한, Brook과 Krehbiel 등은 방전전기장의 다지점 동시측정과 VHF방전로의 표정(標定) 및 연구용 레이더와 도플러레이더에 의한 뇌운 관측을 병행하면서, 뇌운 셀의 발달초기에 있어 뇌운과 뇌운의 방전활동을 3차원적으로 추적하는 종합적인 관측을 실시하고 있으며, 이 관측에는 TRIP도 참가하고 있다. 또 NSSL(National Severe Storms Laboratory)의 연구팀은 미시시피대학, 오클라호마대학과 공동으로 뇌운 셀의 종합적인 관측을 수행하였다.

대기 중의 낙뢰관측에서 Brook 등은, NASA의 협력을 얻어 U-2기에 광센서와 전자기장센서를 탑재하여 성층권에서의 구름방전과 낙뢰를 관측한 결과, 낙뢰에 있어서의 선도 및 귀환의 특성을 명확하게 밝힐 수 있었다.

뇌우가 발생한 때에 항공기를 이용하여 항공기로의 뇌격특성이나 뇌방전 전자기장을 측정하는 공중관측은 미국의 공군 관계자나 NASA의 연구팀이 중심이 되어 국립연구소나 대학의 학자와 함께 미국 각지에서 연구를 진행하고 있다.

8. 대기전기학(大氣電氣學)의 발전방향

대기전기학의 발달로 인한 대기전기현상의 많은 연구 결과가 인접분야의 발전에 크게 기여함과 동시에 실생활에도 많은 도움을 주고 있다. 특히, 대기 이온의 연구에서는 작은 이온의 생성과정이 명확하게 규명되고 있으며, 에어러솔의 연구 및 대기 중의 방사성가스의 연구 또한 크게 발전되고 있기에, 지구를 둘러싼 대기환경에 대한 연구가 크게 발전될 것으로 기대된다.

또한, 뇌방전(雷放電)구조에 대한 연구는 전력계통, 통신계통의 낙뢰피해 방지에 기여하고 있으며, 최근에 들어서는 뇌방전의 전자기장계측시스템이 낙뢰예측과 낙뢰피해경감에 크게 공헌하고 있다. 그리고, 반도체 소자를 사용하고 있는 전자기기 및 컴퓨터 등은 특히 낙뢰에 의한 서지(Surge)의 피해를 받기 쉬워 이로 인한 낙뢰의 피해건수가 급증함에 따라 이 대책에 관한 연구결과도 실용화되고 있다.

나아가, 뇌운의 전하분리구조에 대한 설명은 대기전기학의 핵심과제로서 많은 학설이 반복적으로 제창되고 있으나, 현재로서는 Takahashi(1978, 1984)의 싸라기눈과 빙정의 충돌에 의한 “착빙전하발생기구설”이 가장 타당한 학설로 되어 있다. 그러나, 이 학설 역시 물의 분자구조, 결정구조, 계면현상 등에 관한 설명이 미흡하며, 이것을 보충하기 위해서는 대기전기학과 연계한 구름물리학의 발전이 필요하다.

한편, 지금까지 지구의 전하를 보충하고 유지하는 문제는 지구와 함께 지구를 둘러싼 고도 50km 정도의 도전층(導電層)에 의한 구각(球殼)축전지모델을 이용하여 그 설명이 이루어지고 있으나, 오늘날에는 기상위성과 전리층 관측위성 등 각종 인공위성의 활약으로 인하여 열권 및 그보다 더 상층의 대기 상황이 자세하게 밝혀지고 있다. 그렇기에 앞으로도 지구 주위의 전하입자운동에 대한 새로운 연구가 이루어져야만 할 것이다.

마지막으로 최근 들어 주목을 끌고 있는 현상에 대하여 이야기하면 다음과 같다. 1994년 미국 중서부에서는 2대의 항공기에 의한 동시관측으로부터 뇌운의 운정에서 상층대기로 방전이 발생하는 것을 발견하였으며, 이후에도 미국 여러 대학과 연구기관에서 이런 종류의 방전이 1,000회가 넘게 관측되었다. 그리고, 이 방전에는 2가지 타입이 있으며, 발광색(發光色)과 발광형태에 따라 레드 스프라이트(Red Sprite)와 블루 제트(Blue Jet)라 명명되었다. 또한, 방전의 도달 고도는 레드 스프라이트가 95km(전리층 하면), 블루 제트가 40km(성층권 하층)로 추정되고 있고, 그 빈도는 양쪽 모두 2분에 1회 정도이며, 레드 스프라이트와 블루 제트 현상

이 있는 경우에는 지표에서 낙뢰가 발생하였다. 더욱 흥미로운 것은 우주에서 촬영한 지구영상사진을 검토한 결과, 이런 종류의 방전은 미국 중서부에만 국한되지 않고 남미, 호주, 아프리카 등에서도 발생하는 것이 확인되어 전 지구적인 현상으로 인정되었다. 그리고, 이러한 새로운 방전 현상은, 대기전기학을 연구하는 학자들이 연구 분야를 확대하여 지구전자기학을 비롯한 고층기상학 등의 학자들과 함께 새로운 대기전기학의 분야를 개척할 필요가 있다는 것을 시사하고 있다.

9. 낙뢰에 대한 안전대책

가. 낙뢰의 성질

낙뢰의 위치를 예측하는 것이 어렵다는 것은 널리 알려진 사실이다., 그렇다면 과연 낙뢰는 어떠한 곳에 떨어지는 것일까? 간단하게 말해 낙뢰는 전기를 축적하고 있는 뇌운의 위치에 따라 해면, 평야, 산악 등의 어떠한 곳이라도 떨어진다. 그러나, 방전이 뇌운에서 지면을 향해 내려올 때 부근에 높은 물체가 있으면 그것을 통해서 낙뢰가 떨어질 가능성이 높다는 사실은 잘 알려져 있다. 그리고, 피뢰침은 이러한 성질을 이용하여 가까운 곳에 떨어지는 낙뢰를 능동적으로 끌어 들여 뇌운의 전기를 안전한 대지로 흐르게 하는 장치라 할 수 있다.

나. 낙뢰발생을 어떻게 알 수 있는가?

지극히 당연한 대답이지만 낙뢰의 발생은 각자의 오감으로 느낄 수 있으며, 적란운이 자신의 머리 위에서 발달하는 것이 느껴지면 위험한 신호라고 생각해야만 한다. 그리고, “우르릉” 하는 천둥이나 “번쩍”하고 빛나는 번개, 후텁지근한 더위 속에서 이상하리만치 시원한 바람, 줄기차게 내리는 싸라기눈, 맞으면 아플 정도로 쏟아지는 소나기 등등은 모두 인체의 오감을 통하여 느낄 수 있는 낙뢰의 징조들이다. 나아가, TV나 라디오, 신문 등의 일기예보로부터도 미리미리 정보를 얻어, 마음의 준비를 하는 것이 중요하다. 한편, 천둥이 들리는 범위는 주위의 환경에 따라 다르지만 보통 20km정도로 보는 것이 일반적이다. 따라서, 멀리서 “우르릉” 하는 소리가 들려오면 다음에 이어질 낙뢰를 발생시키는 구름이 바로 자신의 머리 위에 있다고 생각하는 것이 좋기에, 천둥이 들리면 곧바로 안전한 장소로 피하는 것이 바람직하다.

다. 야외에서 높은 물체를 이용해 낙뢰를 피하는 방법

앞서 피뢰침의 원리 및 높은 건물에 낙뢰가 떨어지기 쉽다는 성질을 간단히 소개하였으나, 이들을 좀 더 자세하게 고찰해 보면 그 높이의 기준은 30m 정도가 된다. 즉, 높이가 30m 이하인 탑이나 수목 등은, 그 기둥을 중심으로 높이와 같은 반경을 갖는 원내에 진행하여 오는 방전을 유인하므로 그 원내에 낙뢰가 직격으로 떨어질 가능성이 낮아진다. 그러나, 높이가 30m를 넘는 경우는, 그 안전범위가 높이에 따라 높아지는 것은 아니다. 바꾸어 말하면 높이가 100m 정도의 건물이 있어도 뇌운에서 진

행하여 오는 방전을 끌어들이 수 있는 거리는 대략 반경 30m의 원내로 한정된다는 것이다. 따라서 갑자기 낙뢰가 발생되면, 30m 정도의 건물인 경우는 일시적인 피난 장소로서 건물의 가장 높은 부분을 45도 이상으로 볼 수 있는 범위 안으로 대피하고, 30m 이상의 높은 건물인 경우는 반경 30m의 원내로 피난하는 것이 무난하다. 단, 이것은 어디까지나 일시적 피난에 불과하므로 가능한 한 빨리 건물 안이나 자동차로 피난하는 것이 가장 좋다. 다시 말해 통상적인 낙뢰의 경우, 하나의 낙뢰에서 다음의 낙뢰가 떨어질 때까지 약 1분 정도의 시간이 소요되기에, 낙뢰의 모양을 보면서 안전한 건물 내부나 자동차로 피난하는 것이 가장 안전한 방법이 될 것이다.

라. 금속물체를 인체에 부착하고 있으면 낙뢰를 유인하는가 ?

인체에 낙뢰가 떨어지면 낙뢰전류는 전기가 흐르기 쉬운 내부조직을 흘러서 대지로 흘러 들어간다. 동시에 피부표면의 곳곳에 부분적인 방전을 일으키면서 방전전류가 흐른다. 따라서 금속을 부착하고 있으면 연면 방전을 촉진시키기 때문에 화상의 원인은 되나, 사망의 원인으로서는 되지 않는다. 왜냐하면 금속물체를 부착하고 있으면 치명적인 영향을 주는 체내 전류를 감소시키는 효과가 있기 때문이다. 따라서, 금속을 떼어낸다 하더라도 조금도 안전하지 않으며 금속제품이나 금속 편을 몸에 부착한 채 피난하는 것이 오히려 목숨을 건질 가능성이 있다. 골프채, 금속 봉, 양산과 같은 긴 금속물체의 경우는, 머리보다 낮게 신체와 수평으로 갖고 있으면 낙뢰를 받았을 때 생명을 구할 가능성이 더욱 높다. 그러나, 양산이나 낚싯대 등이 머리 위로 돌출되어 있으면, 서 있는 것 보다 더 위험해져 낙뢰가 바로 떨어지고, 고무장화나 비옷은 낙뢰로부터의 보호에 조금도 도움이 되지 않는다.

마. 방전에너지는 어느 정도의 크기인가 ?

지금까지 연구된 뇌방전의 관측결과를 종합하면 하나의 낙뢰 또는 구름 방전의 총에너지는 약 300kwh로 알려져 있다. 그리고, 여름의 격렬한 뇌운은 10초에 1회 정도의 비율로 뇌방전을 일으키고 있으며, 이때의 뇌운은 중간 규모의 발전소 정도의 발전능력을 발휘하고 있는 것이 된다. 따라서, 뇌방전에너지는 대단히 유용한 에너지로 볼 수 있으나, 문제는 이것을 쉽게 이용할 수가 없다는 것이다. 이는 뇌방전이란 길이 5,000m의

초대형 불꽃방전을 하면서 300kwh라고 하는 큰 에너지가 전파, 빛, 소리로 하늘에서 분산되기 때문이다.

바. 낙뢰에 대하여 안전한 장소

자동차나 버스, 열차 그리고, 콘크리트 내부는 낙뢰에 대하여 비교적 안전한 장소이다. 그러나, 일반가옥의 내부에서는 전등선, 전화선, 안테나선, 접지선 등으로부터 약 1m 이상 떨어져 있어야 하며, 전원플러그는 모두 뽑아 두는 것이 좋다.

II. 분석

1. 낙뢰분석방법

2001년 10월에 새로 도입하여 설치한 낙뢰관측시스템(대지방전 : IMPACT)으로 관측된 자료를 이용한 낙뢰자료의 분석영역은 탐측범위를 고려하여 32~40°N, 124~132°E로 한정하고 분석방법은 아래와 같다.

o. 낙뢰발생 횟수 및 발생일수 분포도 분석

낙뢰발생 회수 및 일수를 월별, 계절별, 년으로 구분하여 등치선으로 나타내었으며, 구체적인 수치들은 각 격자점(55×55km) 블록에 기입하여 정리하였다.

o. 낙뢰발생 횟수 도표 분석

낙뢰발생 회수를 월별, 계절별, 년으로 구분하여 일별 및 시간별로 분석하여 도표로 나타냈고, 연간 발생횟수 및 빈도를 도표로 나타내었고 연가는 2003~2005년까지 최근 3년간을 분석하였다.

o. 강도 및 극성을 도표 분석

낙뢰발생 강도를 최근 3년간 월별로 평균 강도 및 극성을 빈도를 도표로 나타냈고, 2005년 월별로 최대 강도를 분석하였다.

o. 연도별 낙뢰발생 횟수

낙뢰발생횟수를 최근 3년간 총 발생횟수를 도표로 분석하였다.

o. 지역별 낙뢰발생 횟수

낙뢰자료의 지역별 특성을 알아보기 위하여 부록에는 4월에서 9월까지의 낙뢰발생현황을 도시별로 서울, 부산, 대전, 광주, 인천, 강릉으로 나누고, 도별로 경기도, 강원도, 충청도, 경상도, 전라도, 제주도로 나누어서 분석하였고, 지도에 표시한 지명은 기상관서 및 자동기상관측장비가 설치된 지점이다.

o. 낙뢰위치분석기(LP2000)에 의해 분석된 낙뢰관측 자료의 형태는 다음과 같다.

08/22/05 00:08:11.660	32.9564	126.3052	+13.4	0	31.0	2.0	15.5	22	2.1	3	G
08/22/05 00:09:31.529	38.0748	125.8791	-22.0	0	1.5	0.3	5.0	22	2.1	5	G
①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫ ⑬

- ① 날짜 : 월/일/년
- ② 시간 : 시:분:초
- ③ 위도
- ④ 경도
- ⑤ 낙뢰강도: 단위는 Kiloampere(kA)
+ : 정극성, - : 부극성
- ⑥ 다중 최고값
- ⑦ 타원의 장축 : 단위는 km
- ⑧ 타원의 단축 : 단위는 km
- ⑨ 타원의 편심
- ⑩ 타원의 각
- ⑪ X-Square
- ⑫ 센서 번호

센서 번호	지명	위도 (latitude : deg)	경도 (longitude : deg)	고도 (Altitude : m)
1	인천	37.477602	126.624293	104.69
2	추풍령	36.220572	127.994134	282.83
3	광주	35.172870	126.891520	109.59
4	서귀포	33.246143	126.565056	90.94
5	진주	35.208398	128.119197	62.31
6	동해	37.507120	129.124250	80.50
7	백령도	37.967582	124.630402	200.85

- ⑬ 방전
C(Cloud) : 구름방전
G(Cloud to Ground) : 대지방전

2. 낙뢰발생 현황 분석

가. 월별 낙뢰발생횟수 및 발생일수 분포

1) 1월의 낙뢰발생횟수 및 발생일수 분포

낙뢰가 발생한 지역은 동해중부해상과 동해남부해상으로 1~4 회의 낙뢰 발생횟수를 보이고 있다. 그 외의 지역은 낙뢰발생횟수가 2회 미만으로 전반적으로 1월에는 낙뢰발생횟수가 적었다(그림 1(a)). 또한 낙뢰발생일수분포 역시 낙뢰발생횟수와 동일한 분포를 보이고 있어 동해중부해상과 동해남부해상에 1~4일의 분포를 보이고 있다. 그 외의 지역은 대부분이 2일 미만의 낙뢰가 발생하였다(그림 1(b)). 즉, 동해중부해상과 동해남부해상에 낙뢰가 주로 발생하였으며 나머지 지역에는 낙뢰가 거의 발생하지 않았다.

2) 2월의 낙뢰발생횟수 및 발생일수 분포

2월의 낙뢰발생횟수 분포(그림 2(a))를 보면 서해중부해상과 남해해상에 5회 이상의 낙뢰가 발생하였다. 특히 남해해상에 최대 53회의 낙뢰가 발생하였다. 또한, 그림 2(b)의 낙뢰발생일수를 보면 남해해상에 2~3일로 가장 많은 것을 볼 수 있으며 이것은 낙뢰발생횟수 분포와 일치하지는 않는다. 그리고 그 외의 지역에서는 낙뢰발생일수나 낙뢰발생횟수 모두 전반적으로 낮은 수치를 기록하고 있다.

3) 3월의 낙뢰발생횟수 및 발생일수 분포

그림 3(a)의 낙뢰발생횟수 분포를 보면 서해중부해상에서부터 경기남부지역과 강원지역을 걸쳐 50회 이상의 낙뢰가 발생하여 띠의 형태를 나타내고 있다. 특히 서해중부해상에는 최대 200회 이상의 낙뢰가 발생하였다. 그 이외의 지역은 전반적으로 이 띠가 나타난 지역보다는 낙뢰가 적게 발생하였으며 0~30회의 낙뢰가 발생하였다. 한편 낙뢰발생일수 분포(그림 3(b))는 경기지역, 강원지역, 충청남도지역, 동해해상, 남해해상에 2일 이상의 낙뢰발생일수가 나타났으며 이것은 낙뢰발생횟수가 많이 나타난 지역과 일치하지는 않는다. 그 이외의 지역은 전반적으로 1일 이하의 낙뢰발생일수를 나타내었다.

4) 4월의 낙뢰발생횟수 및 발생일수 분포

낙뢰발생횟수 분포(그림 4(a))를 보면 경기서부지역, 서해해상, 충청남도지역, 남해해상에 200회 이상의 많은 낙뢰가 발생하였다. 특히 경기서부지역

의 앞 서해해상에는 최대 1,317회의 낙뢰가 발생하였으며 남해해상에는 최대 996회의 낙뢰가 발생하여 비교적 많은 낙뢰가 이 지역에서 나타났다. 황해도 지역에는 20~200회의 낙뢰가 발생하였으며 서해남부해상에는 약 50~200회의 낙뢰가 발생하였다. 그 밖의 지역은 비교적 낙뢰가 적게 발생하여 0~50회의 낙뢰발생의 분포가 나타났다. 낙뢰발생일수 분포(그림 4(b))를 살펴보면 낙뢰발생횟수분포와는 일치하지 않았다. 대부분의 지역에서 1일 이상의 낙뢰 발생횟수를 기록하였으며 황해도지역, 서해북부해상, 서해중부해상, 서해남부해상, 동해중부해상에 4일 이상의 낙뢰발생일수를 기록하였으며 황해북부지역에는 최대 8일의 낙뢰발생일수가 나타났다.

5) 5월의 낙뢰발생횟수 및 발생일수 분포

5월의 낙뢰발생횟수 분포(그림 5(a))를 보면 황해도지역, 경기북부지역, 서해중부해상, 서해남부해상, 남해해상에 100회 이상의 낙뢰가 발생하였다. 특히 남해해상에 최대 1,096회의 낙뢰가 발생하였다. 서해해상과 남해해상에 낙뢰가 주로 약 20~1,000회의 낙뢰가 발생하였다. 이와는 반대로 내륙지역과 동해해상에는 대부분 10회 이하의 낙뢰가 발생하여 서해해상과 남해해상의 낙뢰발생횟수 분포와는 대조를 이룬다. 낙뢰발생일수 분포(그림 5(b))를 보면 대체적으로 낙뢰발생횟수 분포와 유사하게 나타나고 있다. 황해도지역, 서해해상과 남해해상에 2일 이상의 낙뢰가 발생하였다. 내륙의 동부지역 즉, 강원지역, 경상도지역과 동해해상에는 낙뢰가 거의 발생하지 않아 대부분 1일 이하의 낙뢰발생일수를 기록하고 있다. 그리고 황해도지역과 남해해상에는 8회 이상의 낙뢰가 발생하였으며 특히, 제주도 남부해상에는 최대 22일의 낙뢰발생일수를 기록하고 있어 5월에는 남해해상에 낙뢰발생횟수와 낙뢰발생일수가 모두 높게 나타나고 있음을 알 수 있다.

6) 6월의 낙뢰발생횟수 및 발생일수 분포

6월의 낙뢰발생횟수 분포(그림 6(a))를 보면 황해도지역, 서해중부해상, 서해남부해상, 충청지역, 강원남부지역, 경상북도북부지역에 1,000회 이상의 낙뢰가 발생하여 이 지역에 강한 낙뢰발생횟수 분포를 보이고 있다. 특히 서해중부해상과 서해남부해상에 5,000회 이상의 강한 낙뢰발생횟수 분포를 보이며 서해남부해상에 최대 15,239회의 강한 낙뢰발생횟수를 기록하고 있다. 전반적으로 6월의 낙뢰발생횟수는 이전의 1, 2, 3, 4, 5월 보다는 훨씬 큰 낙뢰발생횟수 분포를 나타내고 있다. 그리고 동해해상과 강원 중부지역, 경상

남부지역에는 약 10~1000회의 낙뢰발생횟수의 분포를 나타내고 있어 이 지역에도 비교적 강한 낙뢰발생횟수 분포를 보이고 있음을 알 수 있다. 그 밖의 지역인 남해해상에는 약 0~30회의 낙뢰발생횟수를 나타내고 있어 다른 지역보다는 비교적 적은 낙뢰발생횟수를 기록하였다. 낙뢰발생일수 분포(그림 6(b))를 보면 전반적으로 모든 영역에서 2일 이상의 낙뢰발생일수를 나타내었다. 한반도내륙 모든 지역과 서해해상, 제주남부 남해해상에는 8일 이상의 낙뢰발생일수를 나타냈다. 특히 황해도지역에는 최대 16일의 낙뢰발생일수를 기록하고 있다. 낙뢰발생횟수가 5000회 이상 발생하였던 서해중부 및 서해남부해상에도 8일 이상 분포하였다. 6월에는 전반적으로 모든 영역에서 낙뢰발생횟수와 낙뢰발생일수가 강하게 나타났으며 특히 서해중부해상과 서해남부해상에 강하게 나타났다는 것을 알 수 있다.

7) 7월의 낙뢰발생횟수 및 발생일수 분포

7월의 낙뢰발생횟수 분포(그림 7(a))를 보면 전반적으로 100회 이상으로 나타났었다. 경기지역, 강원서부지역, 충청남도지역, 전라지역, 서해중부해상, 서해남부해상과 남해해상에 1000회 이상의 낙뢰가 발생하였다. 서해남부해상, 제주남부해상에 7000회 이상의 강한 낙뢰발생횟수 분포를 나타냈으며 특히 서해남부해상에 최대 9636회의 낙뢰가 발생하였다. 그 밖의 지역인 경상도 지역에는 10~300회의 낙뢰가 발생하였으며 동해해상에는 약 2~400회의 낙뢰가 발생하여 비교적 최대가 나타난 영역보다는 적게 나타났다고 할 수 있으나 7월에는 전반적으로 육상과 해상 모두에서 낙뢰발생횟수가 많다는 것을 알 수 있다. 낙뢰발생일수 분포(그림 7(b))를 보면 모든 영역에서 강한 낙뢰발생일수가 나타났다. 전반적으로 2일 이상의 낙뢰발생일수를 기록하고 있으며 서해해상, 한반도내륙지역, 남해해상지역에 8일 이상의 낙뢰발생일수가 나타났다. 특히 내륙중부지역인 경기남부지역, 강원남부지역, 충청북부지역과 서해남부해상, 남해해상에는 12일 이상의 낙뢰발생일수를 기록하고 있으며 이것은 낙뢰발생횟수와 비교해 보면 낙뢰발생횟수가 2000회 이상으로 강하게 나타난 지역과 일치하고 있다. 낙뢰발생일수는 특히 남해해상에서 강하게 나타나고 있으며 제주남부해상에 최대 23일의 낙뢰발생일수가 나타나고 있어 7월동안 이 지역에서 낙뢰발생 빈도가 아주 높았다는 것을 알 수 있다.

8) 8월의 낙뢰발생횟수 및 일수의 분포

8월은 1년 중 낙뢰발생횟수와 낙뢰발생일수가 가장 많은 시기이다. 우선 낙뢰발생횟수 분포(그림 8(a))를 보면 전반적으로 동해북부해상을 제외하고

는 200회 이상의 강한 낙뢰가 발생하였다. 서해해상, 한반도내륙지역, 남해해상에 2,000회 이상의 강한 낙뢰발생횟수의 분포가 나타났다. 특히 한반도 내륙의 서남부지역인, 경기남부지역, 충청지역, 전라지역과 서해남부해상, 남해해상에 8,000회 이상의 많은 낙뢰가 발생하였으며 이 지역에서는 최대 10,000회 이상의 아주 많은 낙뢰가 나타났다. 반면에 이러한 강한 낙뢰발생일수를 나타내는 지역의 분포와는 대조적으로 동해북부해상에는 약 1~500회의 낙뢰발생횟수분포를 보이고 있어 낙뢰발생횟수 분포에 있어 편차가 심하게 나타나고 있다. 이것은 7월의 분포와 유사한 결과로써, 여름철인 7, 8월 모두 동해해상보다는 서해해상과 내륙지역, 남해해상에 강한 낙뢰발생횟수 분포를 나타내고 있다는 것을 알 수 있다. 낙뢰발생일수 분포(그림 8(b)) 역시 낙뢰가 많이 발생하는 8월달에 모든 영역에서 많은 낙뢰발생일수 분포를 보인다. 낙뢰발생횟수 분포와 유사하게 동해북부해상을 제외한 모든 영역에서 8일 이상의 분포를 보인다. 이와는 대조적으로 동해북부해상에는 1일 이하의 낙뢰발생일수 분포를 보인다. 낙뢰발생횟수가 많이 나타난 내륙의 서부지역과 서해해상, 남해해상에 12일 이상의 많은 낙뢰발생일수가 나타나고 있으며 특히 서해북부해상과 남해해상에는 18일 이상의 낙뢰발생일수 분포를 나타내고 있다. 그리고 남해해상에 최대 27일의 낙뢰발생일수를 나타내고 있어 이 지역에는 8월 동안 거의 매일 낙뢰가 발생하였다고 할 수 있다.

9) 9월의 낙뢰발생횟수 및 일수의 분포

9월의 낙뢰발생횟수 분포(그림 9(a))를 보면 황해도지역, 강원북부지역, 충청지역, 전라지역, 서해해상에 500회 이상의 낙뢰발생횟수 분포를 나타내고 있다. 서해중부해상과 충청지역, 전라지역에는 2,000회 이상의 강한 낙뢰발생횟수 분포를 보이고 있으며 특히 서해중부해상에는 최대 5,962회의 강한 낙뢰발생횟수가 나타났다. 그 이외의 지역으로 경상도지역에는 약 10~300회, 동해북부해상에는 0~400회, 동해중부해상에는 약 10~400회, 남해해상에는 0~200회로 최대의 낙뢰가 발생한 지역과는 편차가 크게 나타나고 있다. 9월의 낙뢰발생횟수 분포 역시 7, 8월의 분포와 유사하게 한반도 내륙의 서부지역과 서해해상에 강하게 나타나고 있다는 것을 알 수 있다. 낙뢰발생일수 분포(그림 9(b))를 보면 모든 영역에서 2일 이상의 낙뢰발생일수 분포를 나타내고 있다. 낙뢰발생횟수의 분포와 유사하게 한반도 내륙지역인 경기남부, 강원남부지역, 전라남부지역, 서해중부해상에 8일 이상의 강한 낙뢰발생일수 분포를 나타내고 있다. 특히 남해해상에 최대 15일의 낙뢰발생일수가 나타나고 있으나 이 지역의 낙뢰발생횟수와 비교해 보면 52회로 적게 나타나

낙뢰발생일수가 많았어도 낙뢰발생횟수는 비교적 적게 나타났다는 것을 알 수 있다. 9월의 낙뢰발생횟수 분포와 낙뢰발생일수 분포를 살펴보면 서해해상과 한반도 내륙의 서부지역에 강한 낙뢰발생횟수와 낙뢰발생일수가 나타났으며 그 이외의 지역은 편차가 크게 나타났다는 것을 알 수 있다.

10) 10월의 낙뢰발생횟수 및 일수 분포

그림 10(a)의 낙뢰발생횟수분포를 보면 동해중부해상과 남해해상에 30회 이상의 낙뢰가 발생하였다. 특히 동해중부해상에 최대 383회의 낙뢰가 발생하였다. 낙뢰발생일수 분포(그림 10(b))를 보면 동해해상과 남해해상에 2일 이상의 낙뢰가 발생하였다. 동해해상과 남해해상에는 5일 이상의 낙뢰가 발생하였으며 특히 남해해상에 최대 11일의 낙뢰가 발생하였다. 10월의 낙뢰발생횟수와 낙뢰발생일수 분포는 이전의 6, 7, 8, 9월의 여름철 및 이른 가을철의 분포와는 대조적으로 동해해상에 많은 낙뢰가 발생하고 낙뢰일수가 나타났다.

11) 11월의 낙뢰발생횟수 및 일수의 분포

그림 11(a)에서 낙뢰발생횟수 분포를 보면 황해도지역, 경기지역, 충청서부지역, 서해해상 남해동부해상에 50회 이상의 낙뢰가 발생하였다. 특히 서해북부해상과 서해남부해상, 남해동부해상에는 250회 이상의 강한 낙뢰발생횟수 분포를 나타내고 있다. 특히 남해동부해상에는 최대 543회의 낙뢰발생횟수가 나타났다. 반면에 동해해상과 한반도 내륙 동부지역인 강원도지역, 경상도지역과 동해해상, 남해서부해상에는 약 0~30회의 비교적 적은 낙뢰발생횟수 분포를 나타내고 있다. 낙뢰발생일수 분포(그림 11(b))를 보면 한반도 내륙의 동부지역을 제외하고는 전반적으로 2일 이상의 낙뢰발생일수를 기록하고 있다. 서해해상과 동해중부해상에는 6일 이상의 낙뢰발생일수가 나타났으며 특히 동해중부해상에 최대 12일의 낙뢰발생일수가 나타났다. 낙뢰발생일수가 최대로 나타난 지역이 동해중부해상인 반면 이 지역에서 낙뢰발생횟수는 50회 미만으로 나타나 낙뢰발생일수가 많았으나 낙뢰의 횟수는 많지 않았음을 알 수 있다. 11월의 낙뢰발생횟수와 낙뢰일수의 분포는 전반적으로 고르게 나타났으나 한반도 내륙의 동부지역과 남해동부해상에는 비교적 적게 나타났다.

12) 12월의 낙뢰발생횟수 및 일수의 분포

그림 12(a)의 낙뢰발생횟수 분포를 보면 동해중부해상과 동해남부해상에 10회 이상의 낙뢰가 발생하였다. 특히 동해남부해상에는 최대 106회의 낙뢰가 발생하였다. 반면에 이 밖의 지역에는 대부분 5회 이하의 적은 낙뢰발생횟수를 나타내었다. 낙뢰발생일수 분포(그림 12(b))를 보면 한반도 내륙지역을 제외한 모든 해상에서 1일 이상의 낙뢰발생일수를 기록하였으며 동해중부해상, 동해남부해상, 남해해상에는 2일 이상의 낙뢰발생일수를 기록하였다. 특히 동해중부해상에는 최대 11일의 낙뢰발생일수를 나타내고 있는데 이것은 낙뢰발생횟수가 최대로 나타난 지역과 거의 유사하게 나타나고 있다. 12월은 겨울철답게 낙뢰발생횟수와 낙뢰발생일수 분포가 비교적 적게 나타났으며 여름철의 분포와는 대조적으로 동해해상에 강하게 나타났다.

13) 2006년 1월의 낙뢰발생횟수 및 일수의 분포

낙뢰발생횟수의 분포(그림 13(a))를 보면 내륙에서는 거의 모든 지역에서 낙뢰가 발생하지 않았으며, 해상의 경우도 경상남도 앞 남해해상을 제외하고는 낙뢰가 거의 발생하지 않았다. 경상남도 앞 남해해상에 최대 16회의 낙뢰가 발생하였다. 낙뢰발생일수 분포(그림 13(b))를 보면 낙뢰발생횟수의 분포와 유사하게 한반도 내륙에서는 거의 낙뢰발생일수가 나타나지 않았으며 경상남도 앞 남해해상에 1~2일의 낙뢰가 발생하였다. 1월의 낙뢰발생횟수와 낙뢰발생일수를 살펴보면 거의 모든 영역에서 낙뢰가 발생하지 않았다는 것을 알 수 있다.

14) 2006년 2월의 낙뢰발생횟수 및 일수의 분포

낙뢰발생횟수 분포(그림 14(a))를 보면 육상의 경우 낙뢰가 발생하지 않았으며 해상의 경우도 남해중부해상과 남해동부해상에 1~5회의 낙뢰가 발생한 것을 제외하고 이 밖의 지역에서는 낙뢰가 발생하지 않았다. 낙뢰발생일수 분포(그림 14(b))를 보면 낙뢰발생횟수의 분포와 유사하게 남해중부해상과 남해동부해상에 1일의 낙뢰가 발생한 것을 제외하고는 전 지역에서 낙뢰가 발생하지 않았다. 2월의 낙뢰발생횟수와 낙뢰발생일수를 살펴보면 1월의 경우와 유사하게 거의 모든 영역에서 낙뢰가 발생하지 않았다는 것을 알 수 있다.

나. 계절별 낙뢰발생횟수 및 발생일수 분포

1) 봄철(2005년 3~5월) 낙뢰발생횟수 및 발생일수 분포

봄철에 발생한 낙뢰발생횟수 분포(그림 15(a))를 보면 황해도지역, 경기도 지역, 충청남도지역, 서해해상, 남해해상에 200회 이상의 낙뢰가 발생하였다. 특히 경기도 앞 서해해상과 남해중부해상에 1,000회 이상의 낙뢰가 발생하였고 이 지역에 최대 약 1,500회의 낙뢰가 발생하였다. 동해북부해상에는 약 100회 미만의 낙뢰가 발생하였고 남해동부해상에도 약 100회 미만의 낙뢰가 발생하였다. 그 밖의 지역으로 경상도 지역과 동해중부해상에는 20회 이하의 적은 낙뢰발생횟수를 나타내고 있다. 2005년의 낙뢰발생횟수 분포를 종합적으로 분석해보면 주로 서해북부해상과 서해중부해상, 남해중부해상에 많은 낙뢰가 발생하였다는 것을 알 수 있다. 낙뢰발생일수 분포(그림 15(b))를 보면 한반도 내륙 동부지역과 동해북부해상을 제외하고 모든 영역에서 5일 이상의 낙뢰발생일수를 기록하고 있다. 특히 낙뢰발생횟수가 많이 나타난 남해중부해상에 10~22일의 많은 낙뢰일수를 나타내고 있다. 2005년 봄철 낙뢰발생횟수와 낙뢰발생일수의 분포를 종합해보면 한반도 내륙 서부지역, 서해해상과 남해해상에 많은 낙뢰가 발생하였다는 것을 알 수 있다.

2) 여름철(2005년 6~8월) 낙뢰발생횟수 및 발생일수 분포

대부분의 낙뢰는 여름철에 발생하고 있으며 2005년 역시 여름철에 가장 많은 낙뢰발생횟수 분포(그림 16(a))를 기록하고 있다. 그리고 2005년 여름의 경우 서해상의 낙뢰발생횟수가 육상과 해상을 통틀어 가장 많이 발생하였다. 동해북부해상과 동해중부해상을 제외한 한반도 내륙지역, 서해해상과 남해해상에 2000회 이상의 낙뢰가 발생하였으며 한반도 내륙 서부지역인 경기지역, 충청지역, 전라지역과 서해남부해상과 남해중부해상에는 10,000회 이상의 낙뢰가 발생하였다. 특히 서해남부해상에는 최대 27,389회의 강한 낙뢰가 발생하였다. 동해북부해상과 동해중부해상에는 1,000회 이하의 낙뢰가 발생하였으며 편차가 크게 나타났다. 육상의 경우는 전라북도가 가장 많은 낙뢰발생횟수를 기록하고 있다. 낙뢰발생일수 분포(그림 16(b))를 보면 전 영역에서 대부분 10일 이상의 낙뢰가 발생하였다. 낙뢰발생횟수 분포와 유사하게 한반도 내륙지역과 서해해상과 남해해상에 20일 이상의 많은 낙뢰발생일수가 분포하고 있다. 특히 황해도 지역, 서해북부해상, 내륙중부지방인 경기남부지역, 충청북부지역과 남해중부해상에 20일 이상의 낙뢰가 발생하였다. 2005년 여름철의 낙뢰발생횟수와 낙뢰발생일수의 분포를 종합 분석하면 한반도 내

륙의 모든 영역과 서해해상과 남해해상에 많은 낙뢰가 발생하였다.

3) 가을철(2005년 9~11월) 낙뢰발생횟수 및 발생일수 분포

가을철의 낙뢰발생횟수 분포(그림 17(a))를 보면 황해북도와 충청남도, 전라도, 서해중부해상에 1,000회 이상의 낙뢰가 발생하였다. 충청중부지역과 전라지역, 서해중부해상에는 3,000회 이상의 낙뢰가 발생하였으며 특히 서해중부해상에는 최대 6,024회의 낙뢰가 발생하였다. 반면에 남해서부해상에는 약 0~100회의 낙뢰가 발생하였고 동부북부해상에는 약 10~150회의 낙뢰가 발생하여 서해상의 낙뢰발생횟수와 큰 편차를 보이고 있다. 2005년 가을철 역시 2005년 여름철 분포와 유사하게 서해상과 한반도 내륙 서부 지역에 많은 낙뢰발생횟수를 보이고 있다. 즉, 2005년 가을철의 경우 다른 지역에 비하여 서해남부해상에서 현저하게 많은 낙뢰가 발생하였다. 낙뢰발생일수 분포(그림 17(b))를 보면 모든 영역에서 대부분 5일 이상의 낙뢰발생일수가 나타났으며 낙뢰발생횟수의 분포와 유사하게 한반도 내륙서부지역과 서해해상에 많은 낙뢰발생일수가 나타나고 있는데 낙뢰발생일수는 10일 이상이다. 특히 남해서부해상에는 최대 23일의 낙뢰발생일수를 기록하였다. 한편 2005년 가을철 낙뢰발생일수의 분포는 동해중부해상에서도 10일 이상의 낙뢰일수가 기록되고 있으며 이것을 낙뢰발생횟수와 비교해 보면 낙뢰발생횟수는 이 지역에서 약 1,000회 미만으로 나타나 낙뢰발생일수는 많이 나타났으나 이것이 많은 낙뢰횟수를 기록하지는 않았다는 것을 알 수 있다. 2005년 가을철의 낙뢰발생횟수와 낙뢰발생일수를 종합하면 2005년 여름철의 분포와 유사하게 한반도 내륙 서부지역과 서해해상에 많은 낙뢰가 발생하였다는 것을 알 수 있다.

4) 겨울철(2005년 12월~2006년 2월) 낙뢰발생횟수 및 발생일수 분포

겨울철은 1년 중에서 가장 낙뢰발생횟수가 적은 계절이나 겨울철의 낙뢰는 그 전류의 세기가 무척 강하여 많은 피해를 주고 있다. 낙뢰발생횟수분포(그림 18(a))를 보면 2005년 봄철, 여름철, 가을철의 분포와는 대조적으로 동해해상에 많은 낙뢰가 발생하였다. 동해중부해상, 동해남부해상, 남해동부해상에 10회 이상의 낙뢰가 발생하였으며 특히 동해남부해상에 최대 107회의 낙뢰가 발생하였다. 그 밖의 지역에서는 거의 낙뢰가 발생하지 않았으며 약 0~5회의 낙뢰발생횟수를 기록하고 있다. 낙뢰발생일수 분포(그림 18(b))를 보면 동해중부해상, 동해남부해상, 남해중부해상, 남해동부해상에 2일 이상의

낙뢰가 발생하였다. 특히 동해중부해상에 최대 11일의 낙뢰가 발생하였다. 낙뢰발생일수분포는 낙뢰발생횟수 분포와 유사하며 동해중해상과 동해남부해상에 많은 낙뢰가 발생하였다는 것을 알 수 있다. 그러나 2005년 겨울철의 경우 적은 낙뢰분포를 보이고 있으며 봄철, 여름철, 가을철과는 대조적으로 한반도 내륙지역, 서해해상과 남해동부해상에는 낙뢰가 거의 발생하지 않았다.

다. 연간(2005년 1~12월) 낙뢰발생횟수 및 발생일수 분포

2005년 한 해 동안 발생한 낙뢰발생횟수 분포(그림 19(a))를 보면 한반도 내륙지역, 서해해상, 남해중부해상, 남해동부해상에 3,000회 이상의 낙뢰가 발생하였다. 충청도지역, 전라도지역, 서해남부해상, 남해중부해상에 12,000회 이상의 낙뢰가 발생하였으며 특히 서해중남부해상에는 21,000회 이상의 낙뢰가 발생하였으며 최대 28,322회의 낙뢰가 발생하였다. 반면에 동해중부해상과 동해남부해상에는 대부분 200~1,000회의 낙뢰가 발생하였다. 이와 같은 동해해상과 서해해상, 한반도내륙서부지역과의 낙뢰발생횟수의 큰 차이는 여름철에 발생하는 낙뢰 때문이다. 여름철에 많은 낙뢰가 서해해상과 남해해상, 한반도 내륙서부지역에 집중적으로 나타나기 때문에 2005년 전체 낙뢰발생횟수도 이 지역에 많이 나타난다고 할 수 있다. 2005년 낙뢰발생일수 분포(그림 19(b))를 보면 2005년 낙뢰발생횟수 분포와 유사하게 나타나며 전체적으로 10일 이상 낙뢰가 발생하였으며 한반도 내륙 서부지역, 서해해상, 남해해상에는 24일 이상 낙뢰가 발생하였다. 특히 황해도지역, 서해중남부해상, 남해해상에는 27일 이상의 낙뢰가 발생하였으며 남해중부해상에 최대 31일의 낙뢰가 발생하였다. 2005년 낙뢰발생횟수와 낙뢰발생일수의 분포를 종합하면 여름철에 낙뢰가 많이 발생한 한반도 내륙 서부지역, 서해해상과 남해해상에 많은 낙뢰가 발생하였다.

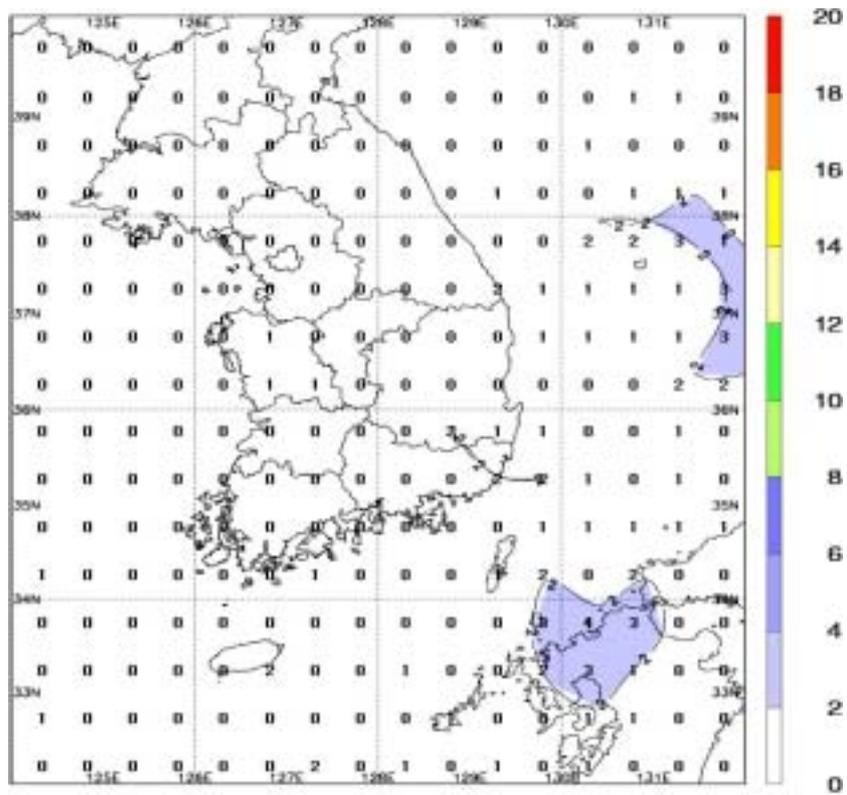


그림 1(a). 2005년 1월의 낙뢰 발생 횟수 분포도

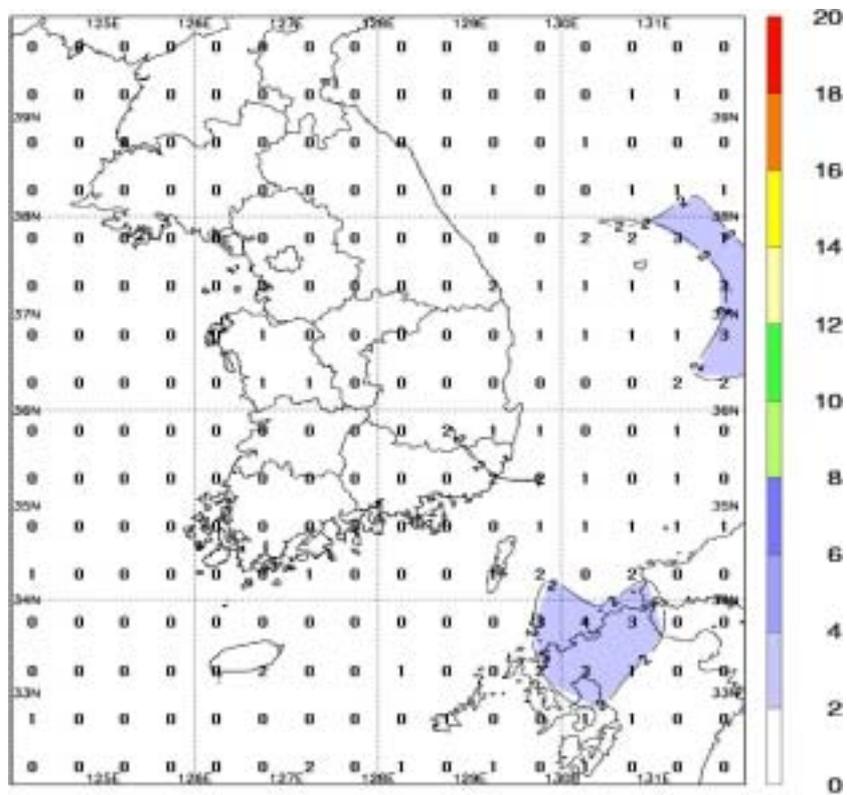


그림 1(b). 2005년 1월의 낙뢰 발생 일수 분포도

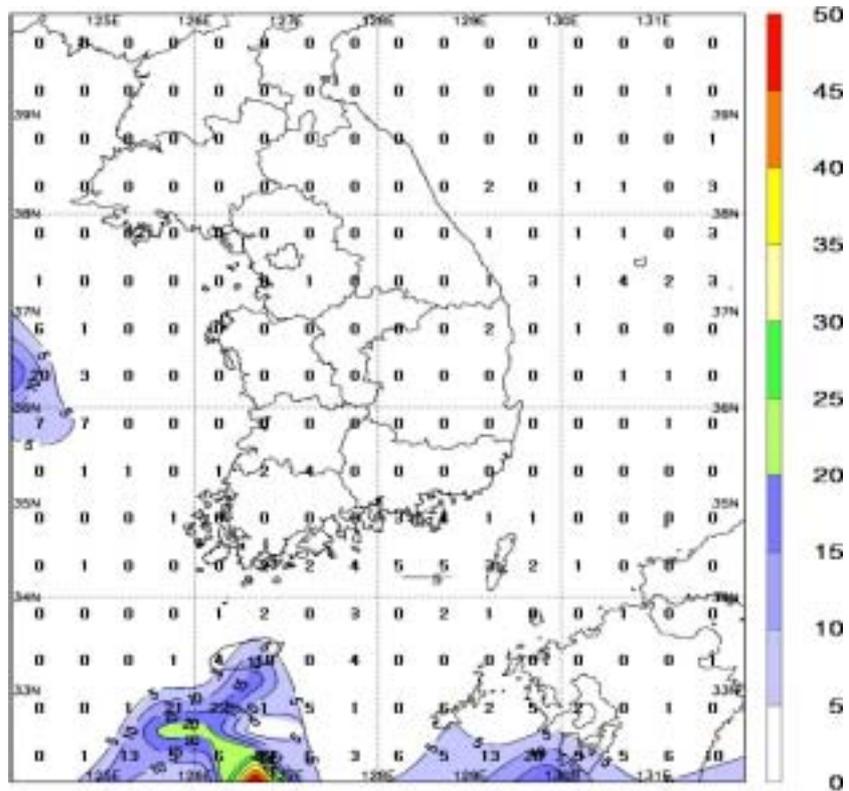


그림 2(a). 2005년 2월의 낙뢰 발생 횟수 분포도

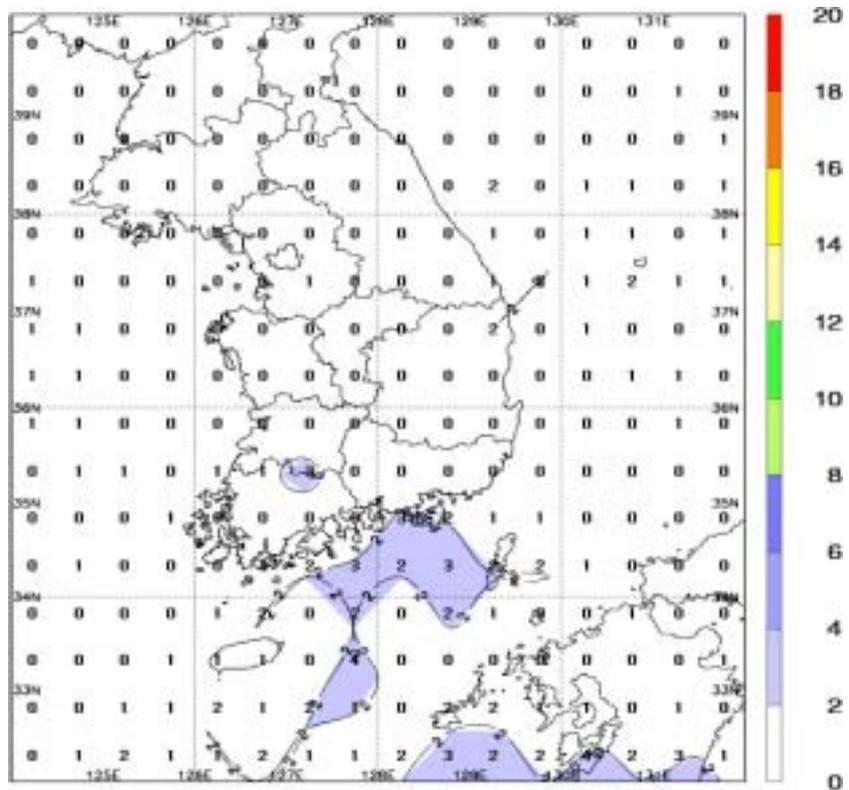


그림 2(b). 2005년 2월의 낙뢰 발생 일수 분포도

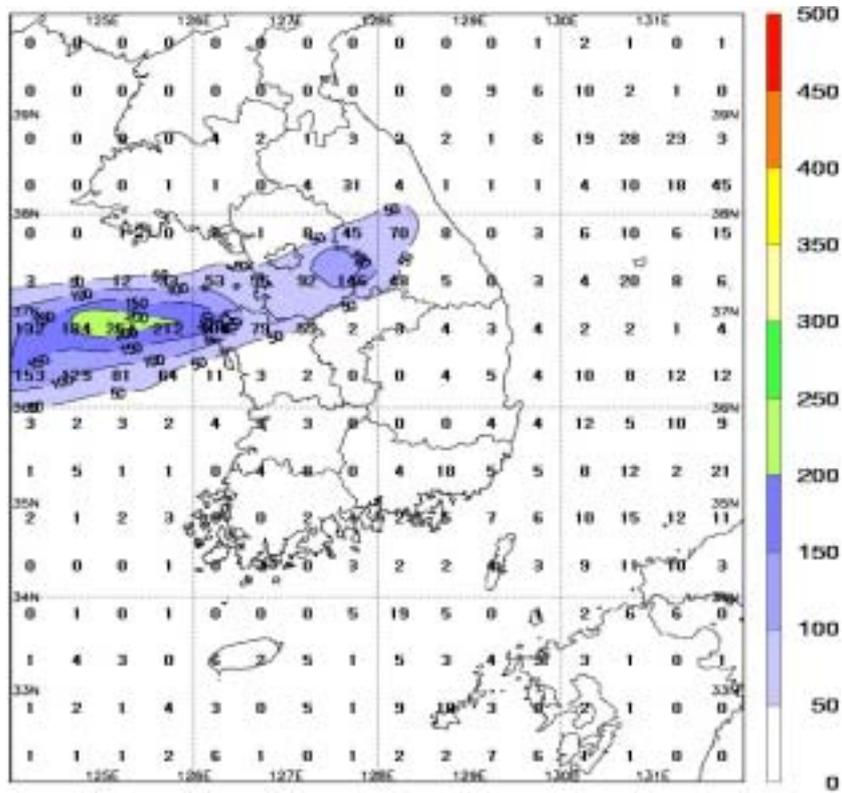


그림 3(a). 2005년 3월의 낙뢰 발생 횟수 분포도

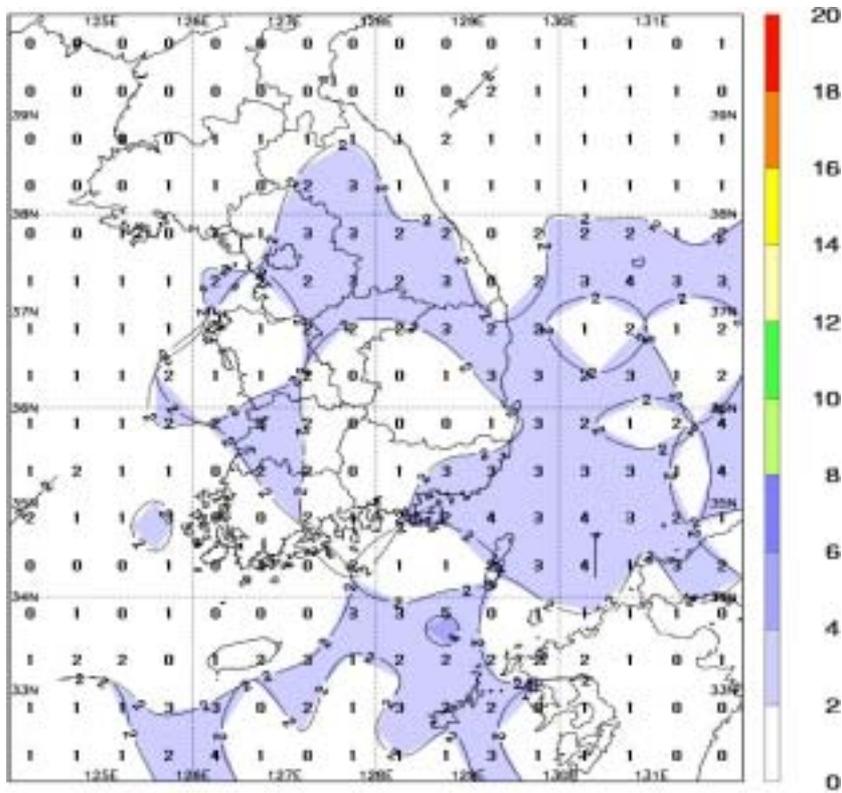


그림 3(b). 2005년 3월의 낙뢰 발생 일수 분포도

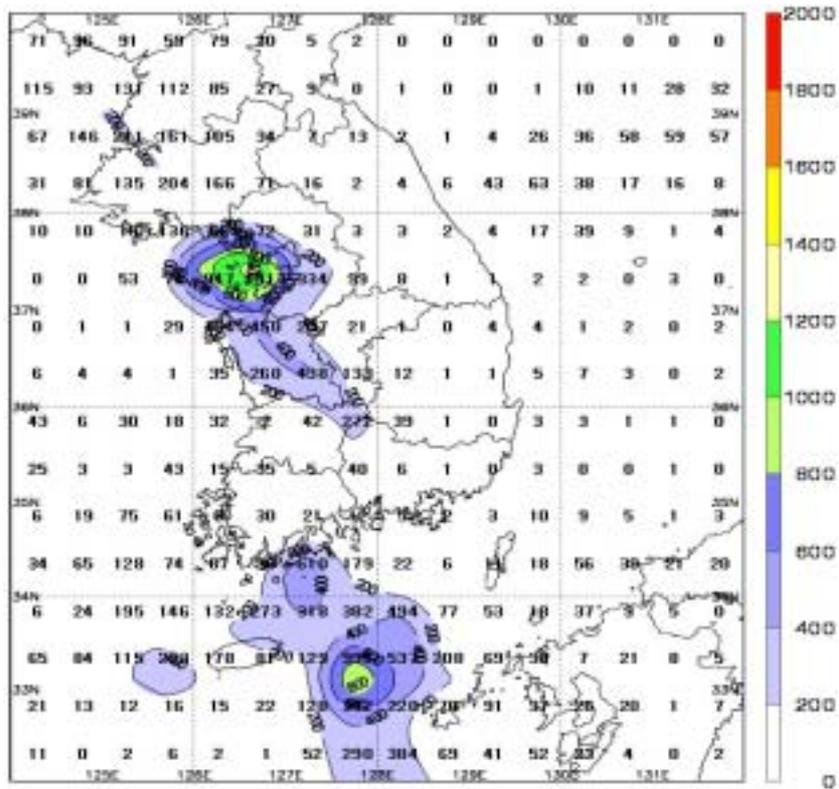


그림 4(a). 2005년 4월의 낙뢰 발생 횟수 분포도

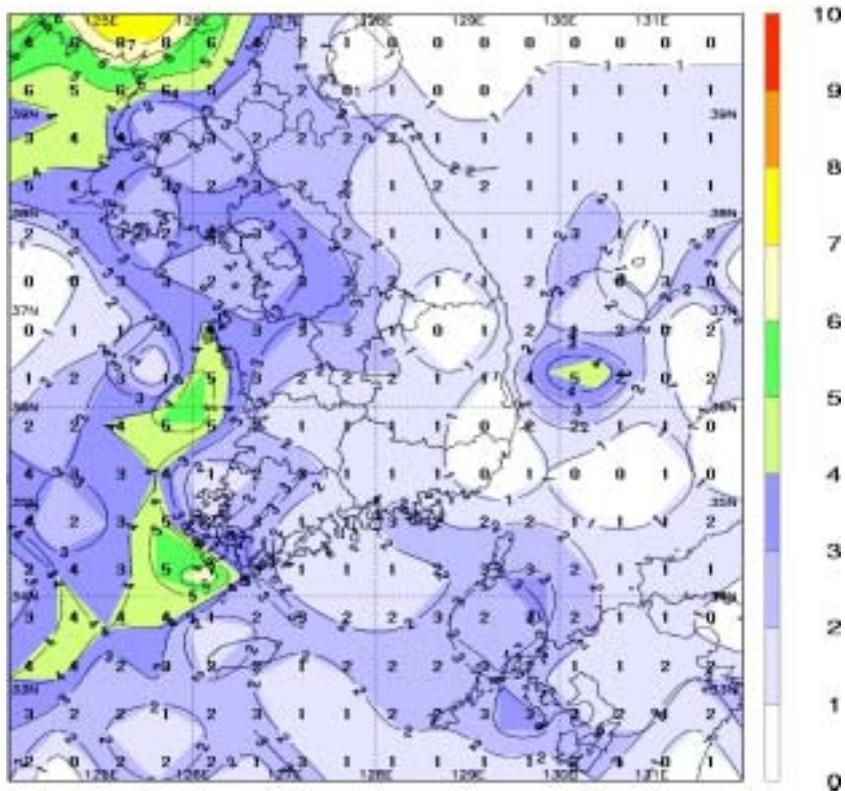


그림 4(b). 2005년 4월의 낙뢰 발생 일수 분포도

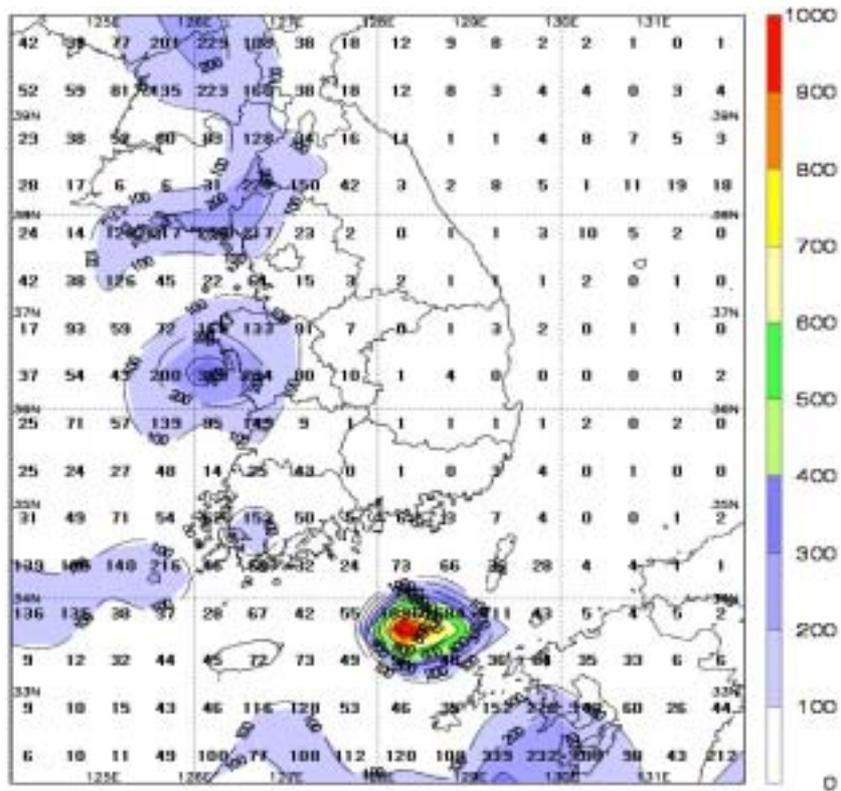


그림 5(a). 2005년 5월의 낙뢰 발생 횟수 분포도

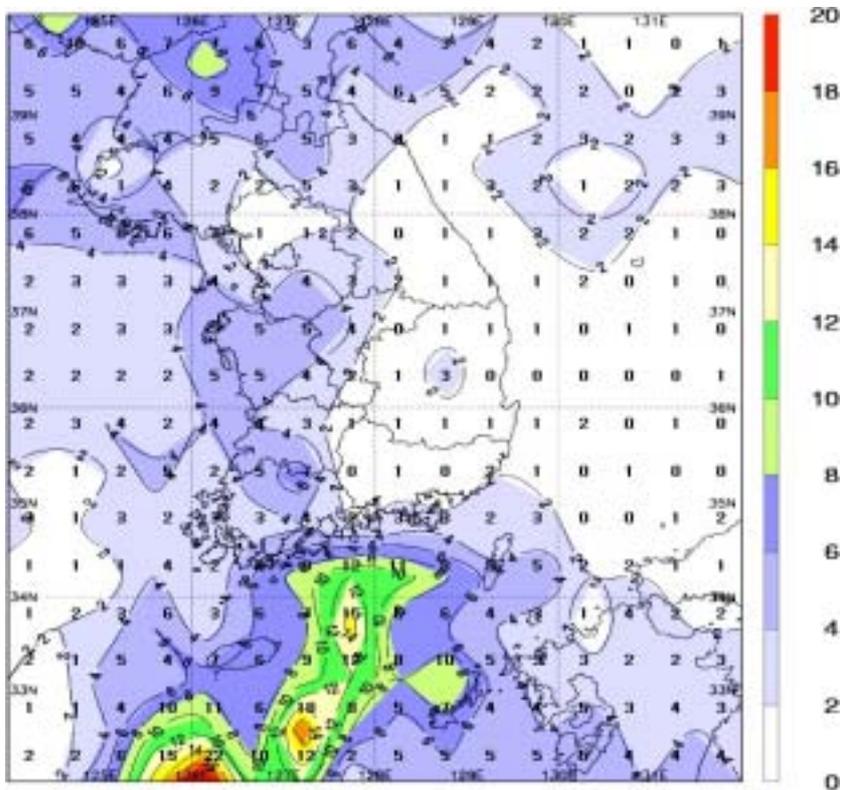


그림 5(b). 2005년 5월의 낙뢰 발생 일수 분포도

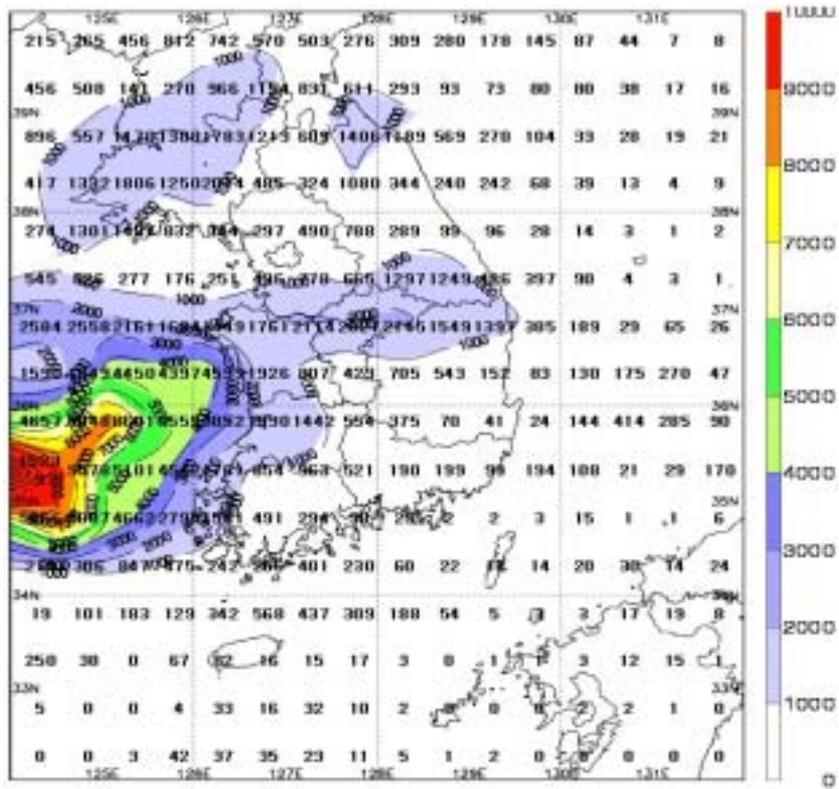


그림 6(a). 2005년 6월의 낙뢰 발생 횟수 분포도

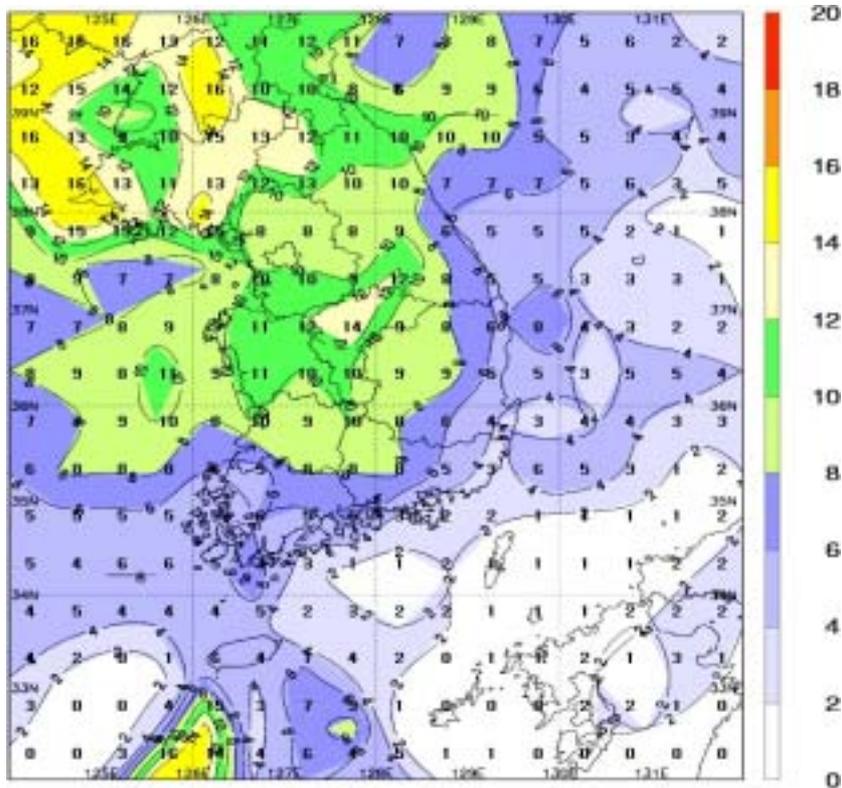


그림 6(b). 2005년 6월의 낙뢰 발생 일수 분포도

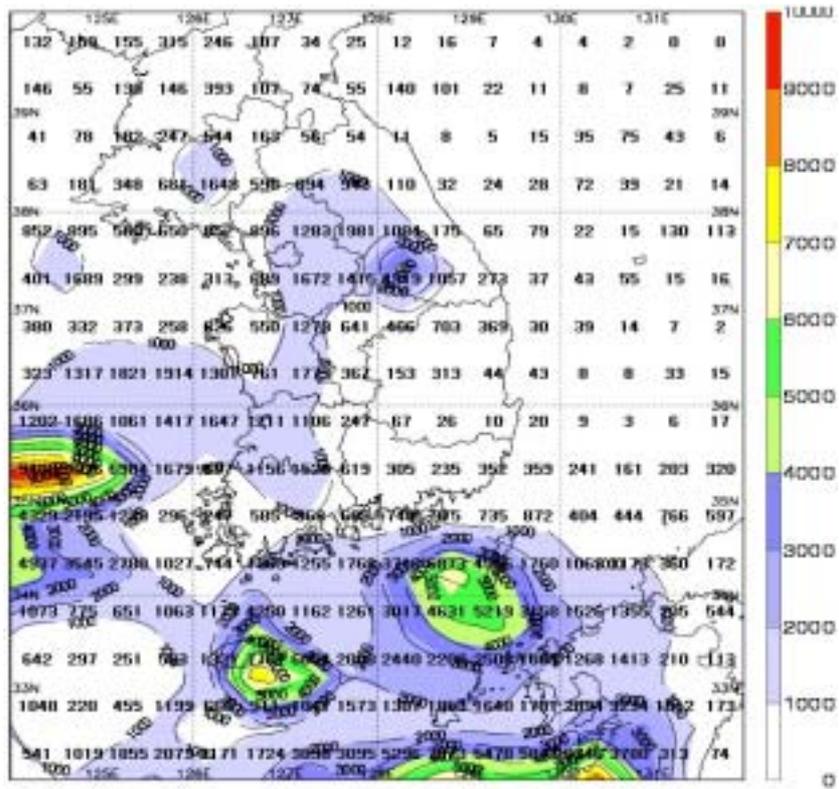


그림 7(a). 2005년 7월의 낙뢰 발생 횟수 분포도

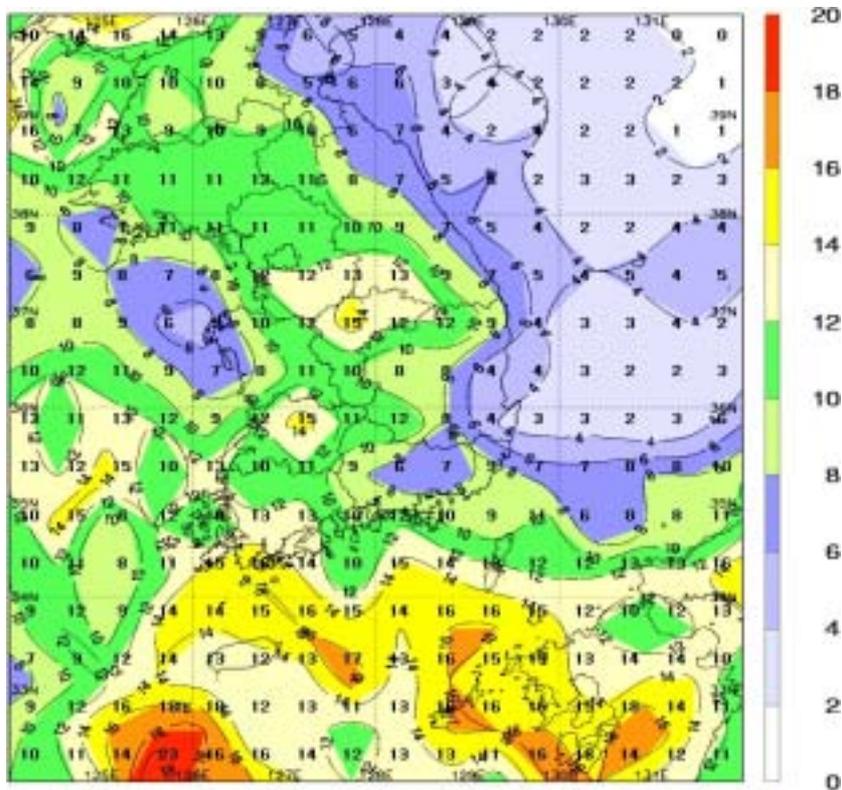


그림 7(b). 2005년 7월의 낙뢰 발생 일수 분포도

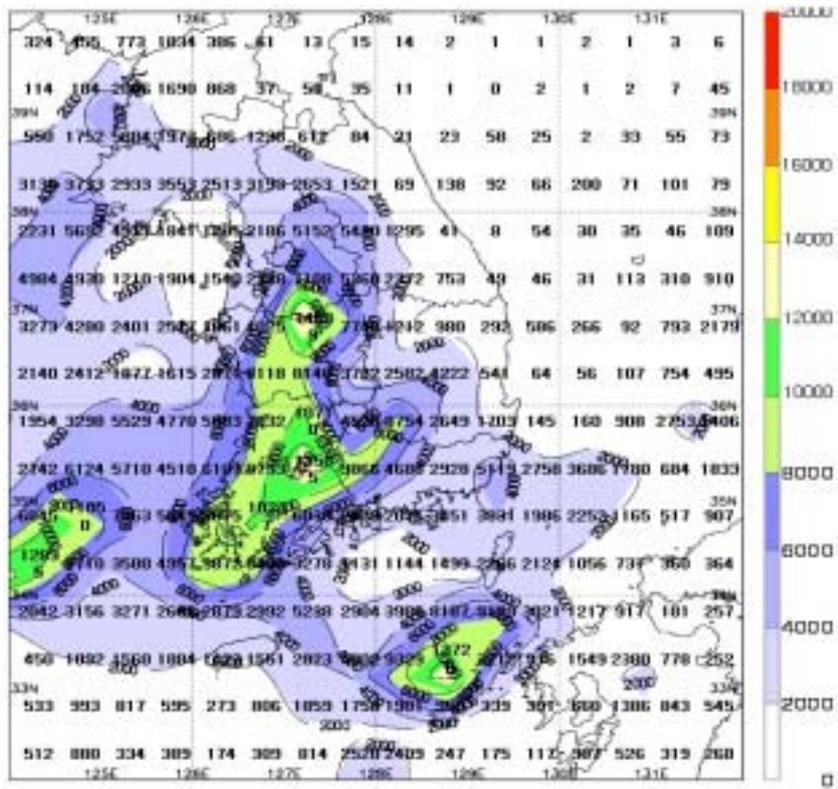


그림 8(a). 2005년 8월의 낙뢰 발생 횟수 분포도

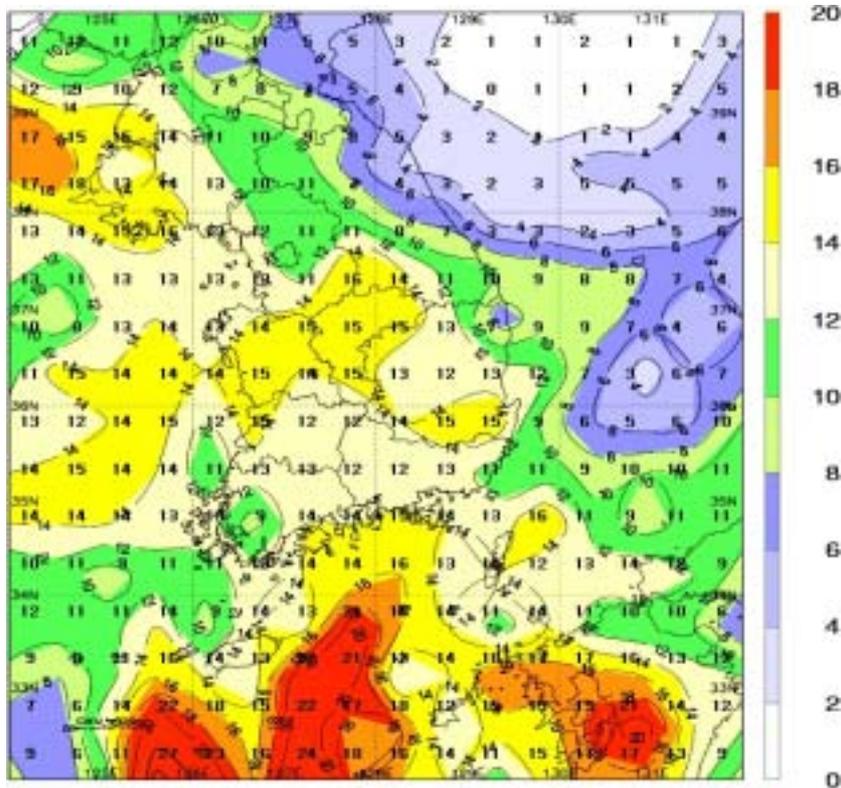


그림 8(b). 2005년 8월의 낙뢰 발생 일수 분포도

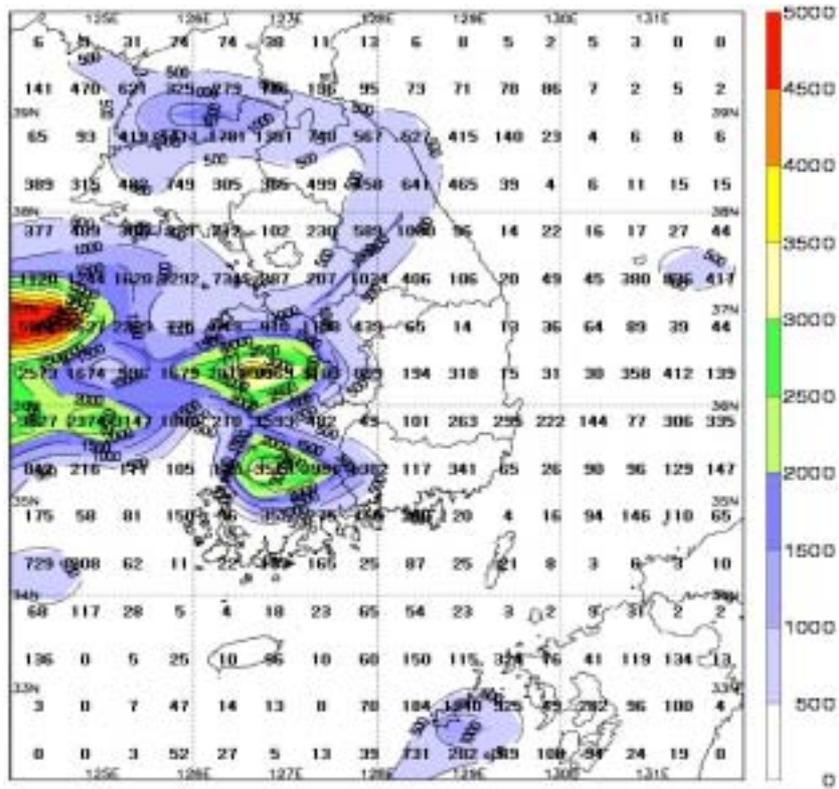


그림 9(a). 2005년 9월의 낙뢰 발생 횟수 분포도

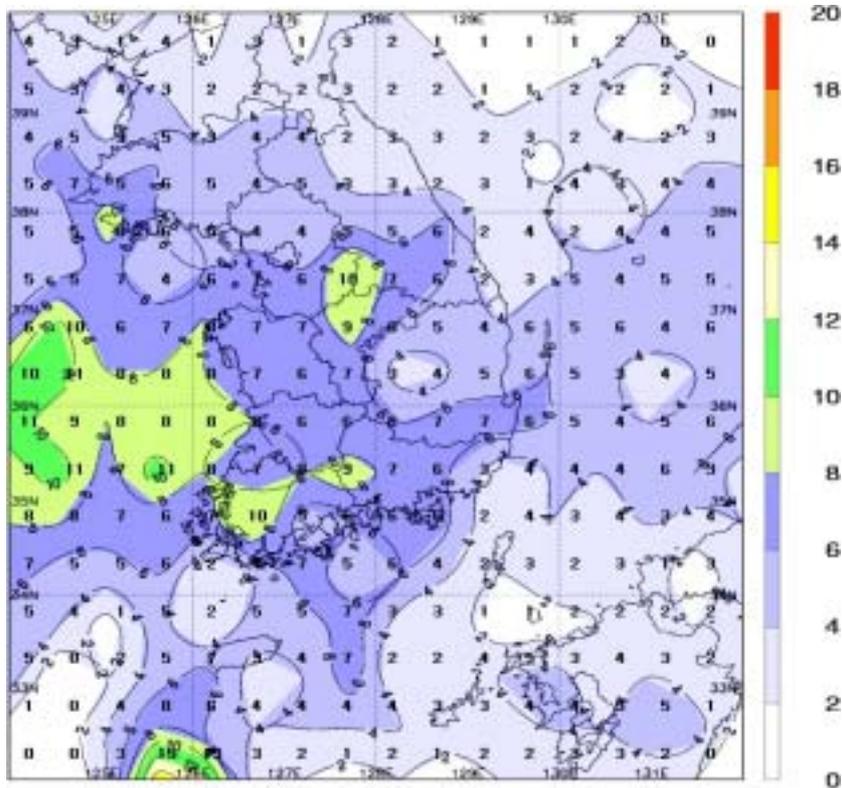


그림 9(b). 2005년 9월의 낙뢰 발생 일수 분포도

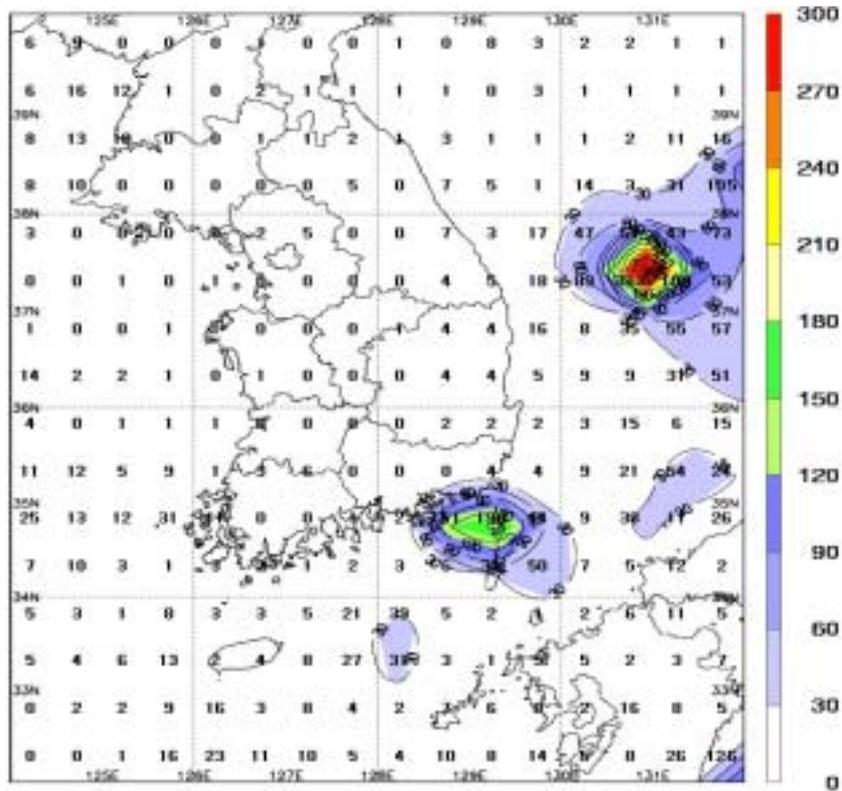


그림 10(a). 2005년 10월의 낙뢰 발생 횟수 분포도

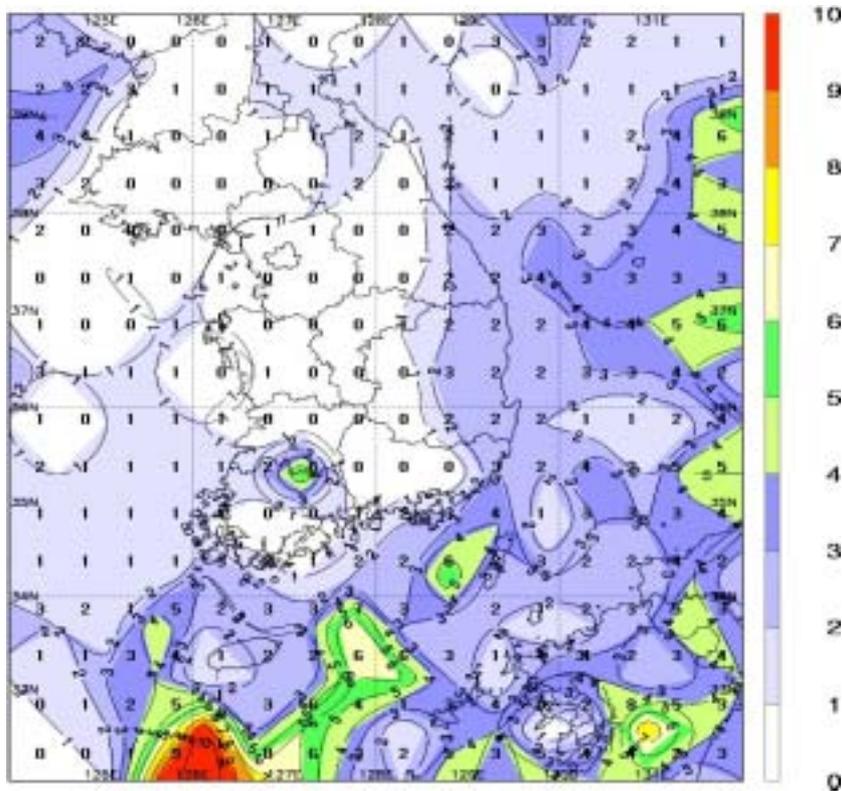


그림 10(b). 2005년 10월의 낙뢰 발생 일수 분포도

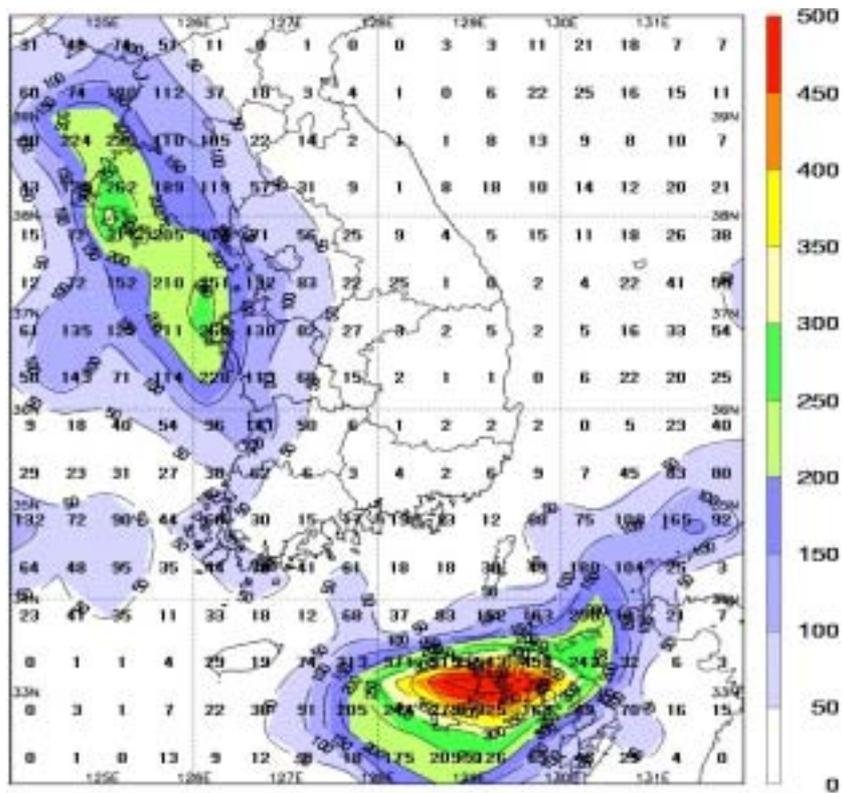


그림 11(a). 2005년 11월의 낙뢰 발생 횟수 분포도

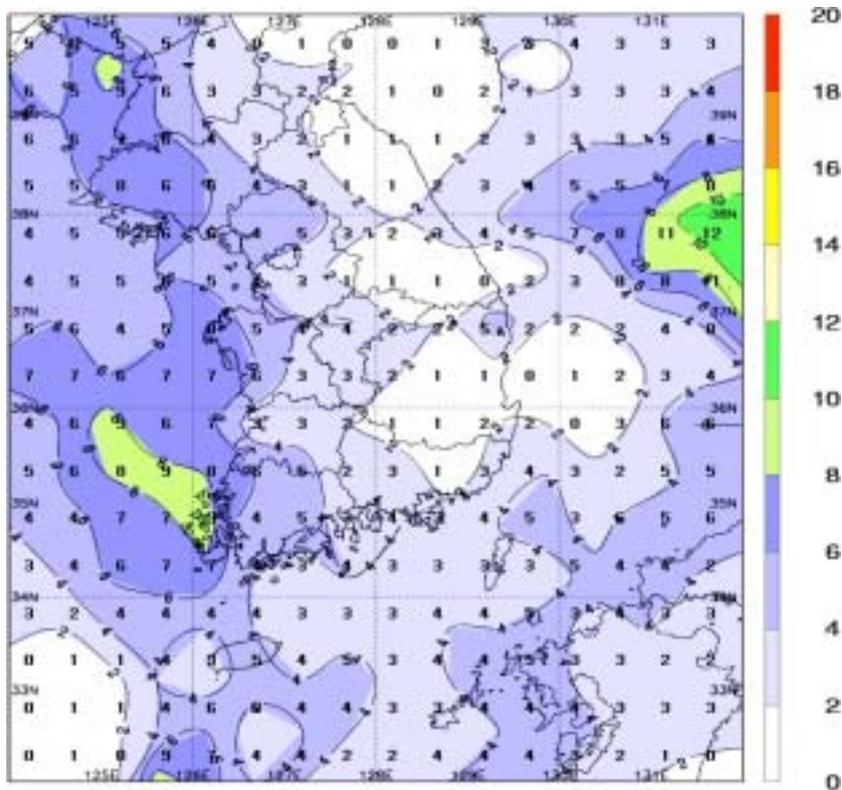


그림 11(b). 2005년 11월의 낙뢰 발생 일수 분포도

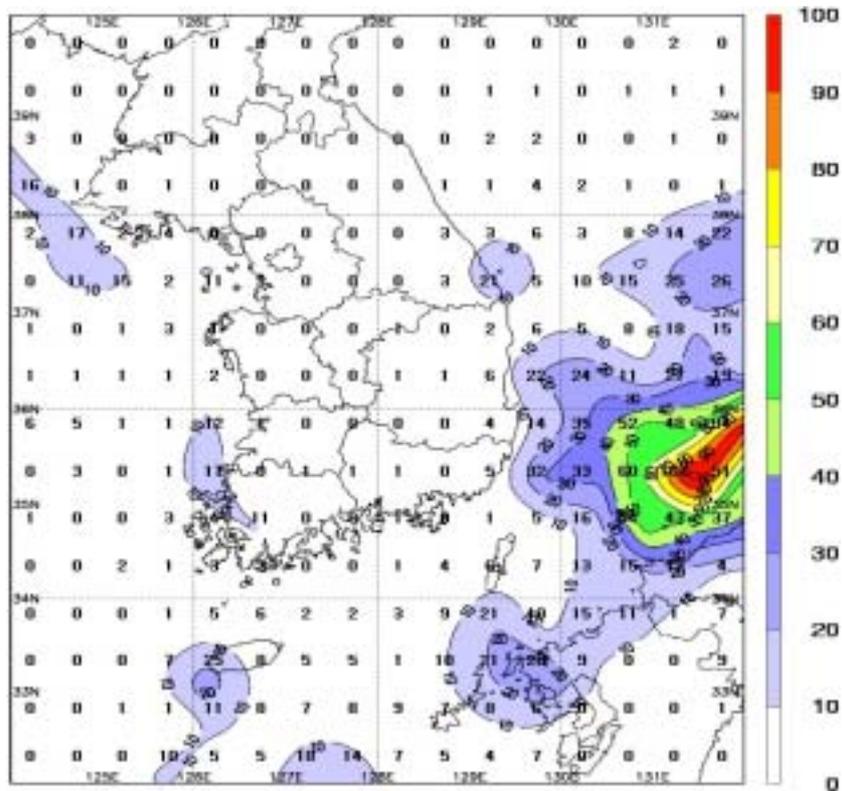


그림 12(a). 2005년 12월의 낙뢰 발생 횟수 분포도

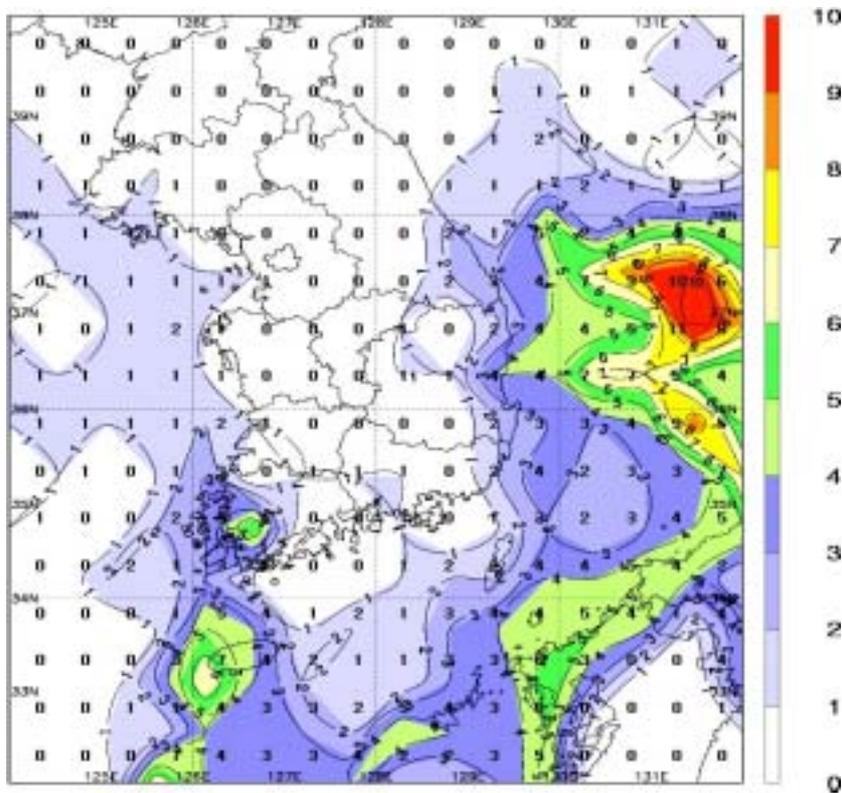


그림 12(b). 2005년 12월의 낙뢰 발생 일수 분포도

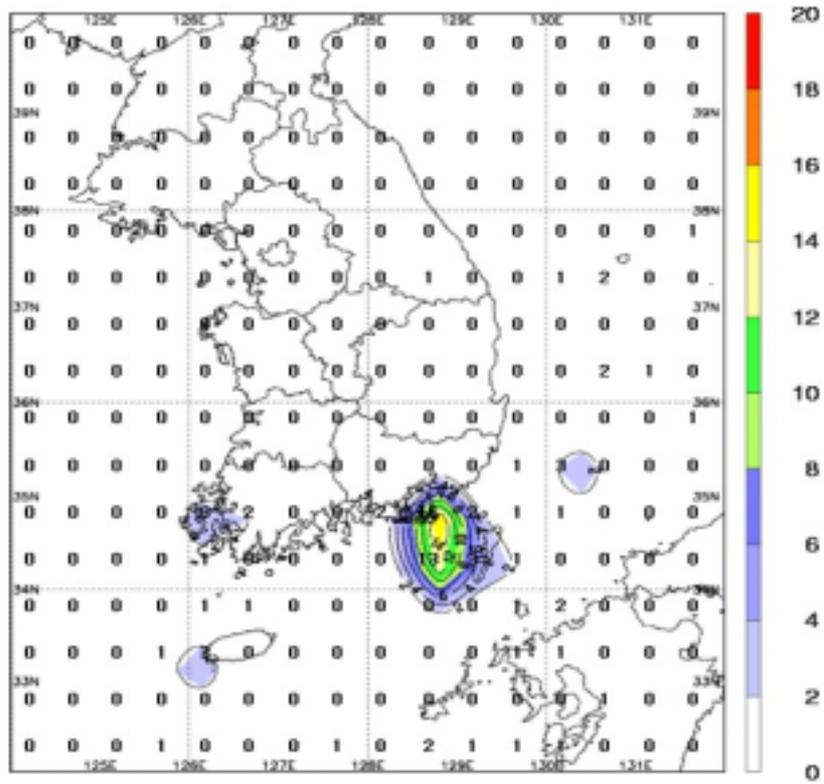


그림 13(a). 2006년 1월의 낙뢰 발생 횟수 분포도

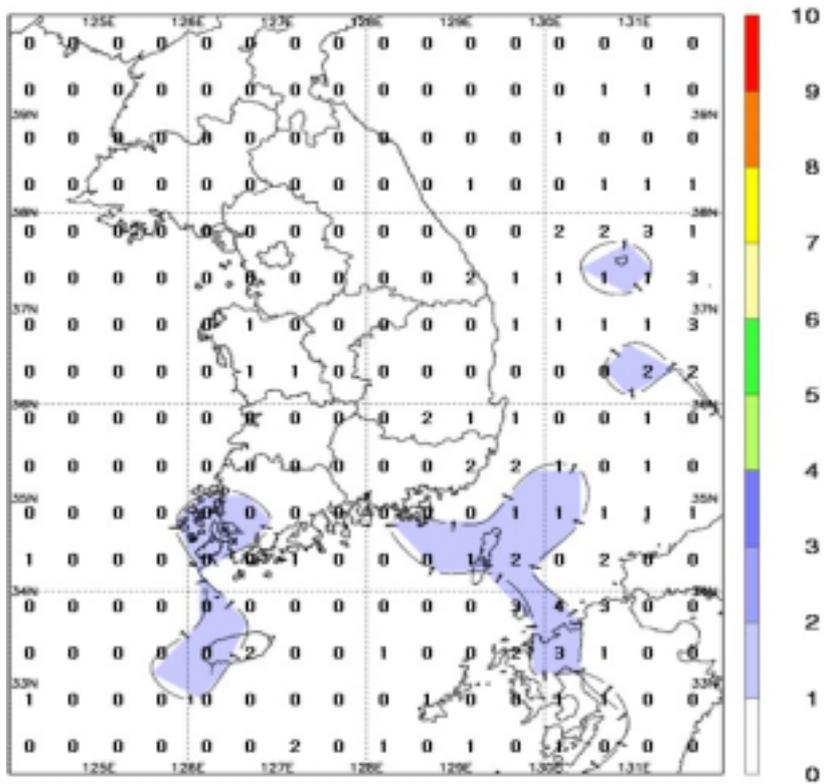


그림 13(b). 2006년 1월의 낙뢰 발생 일수 분포도

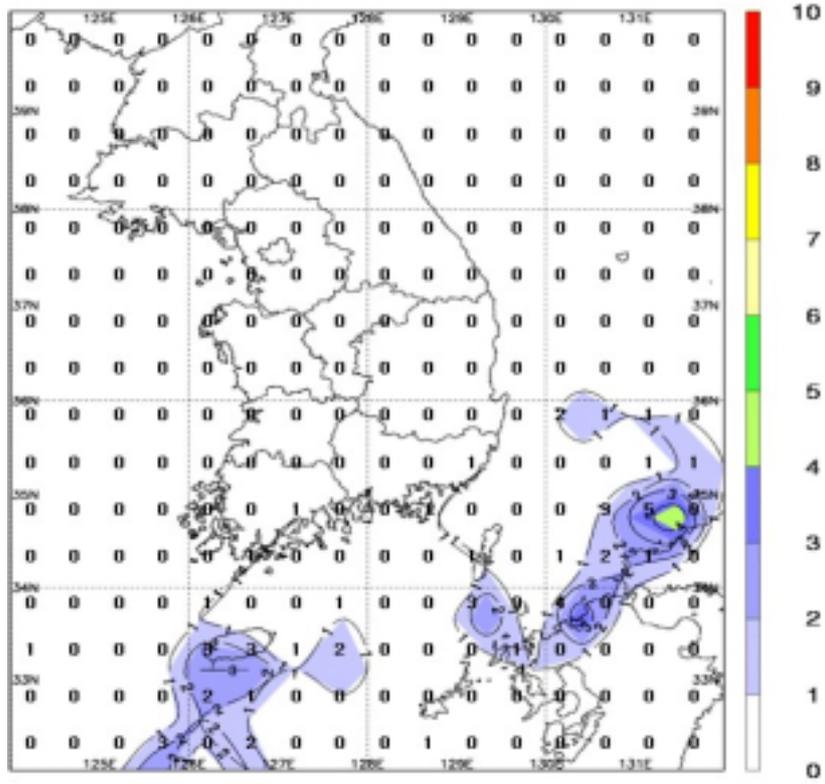


그림 14(a). 2006년 2월의 낙뢰 발생 횟수 분포도

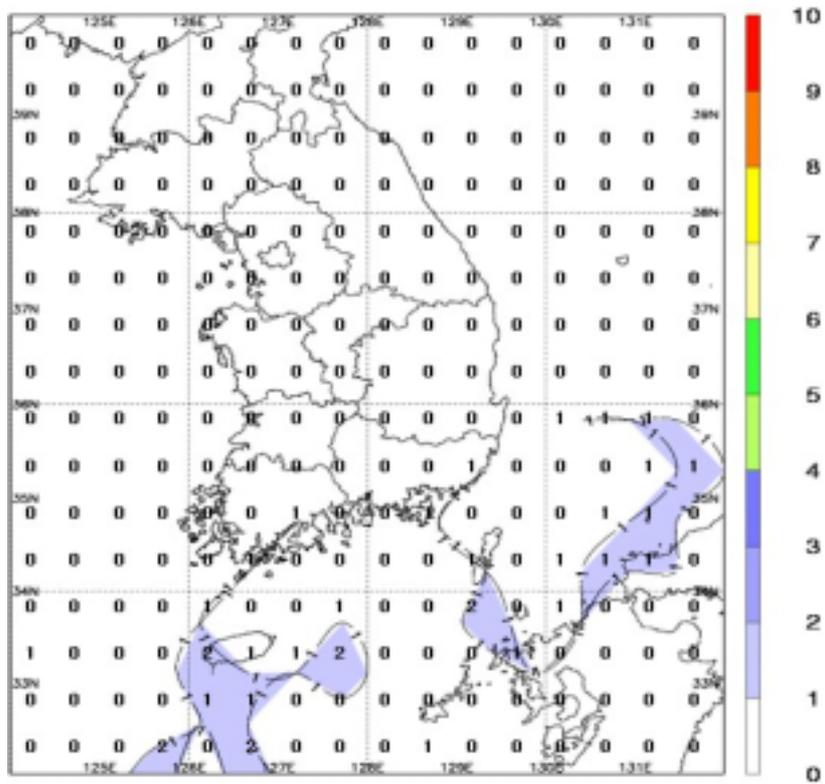


그림 14(b). 2006년 2월의 낙뢰 발생 일수 분포도

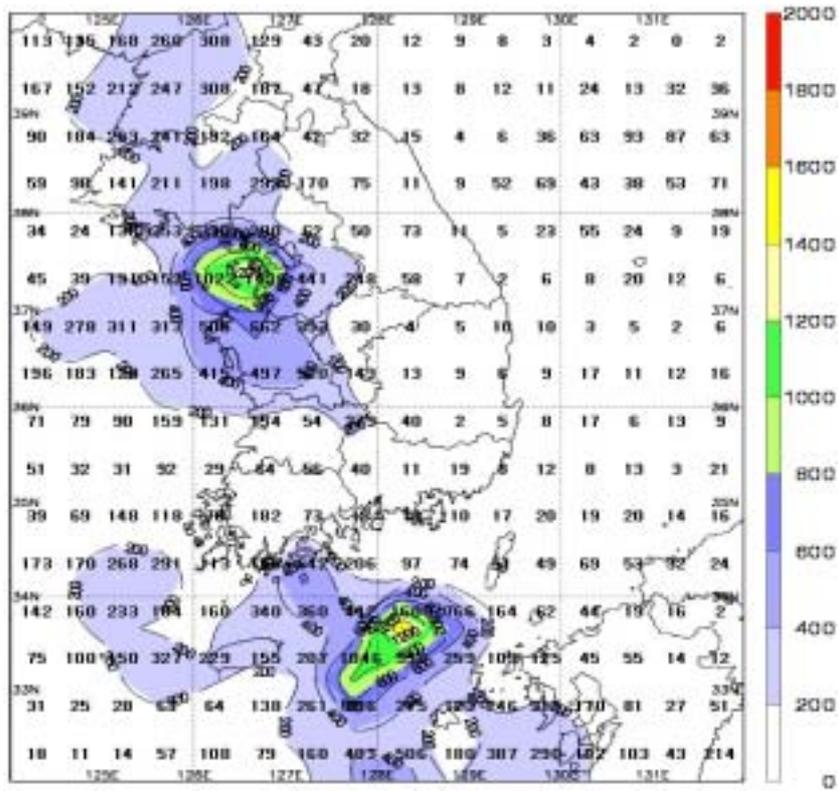


그림 15(a). 2005년 봄철 낙뢰 발생 횟수 분포도

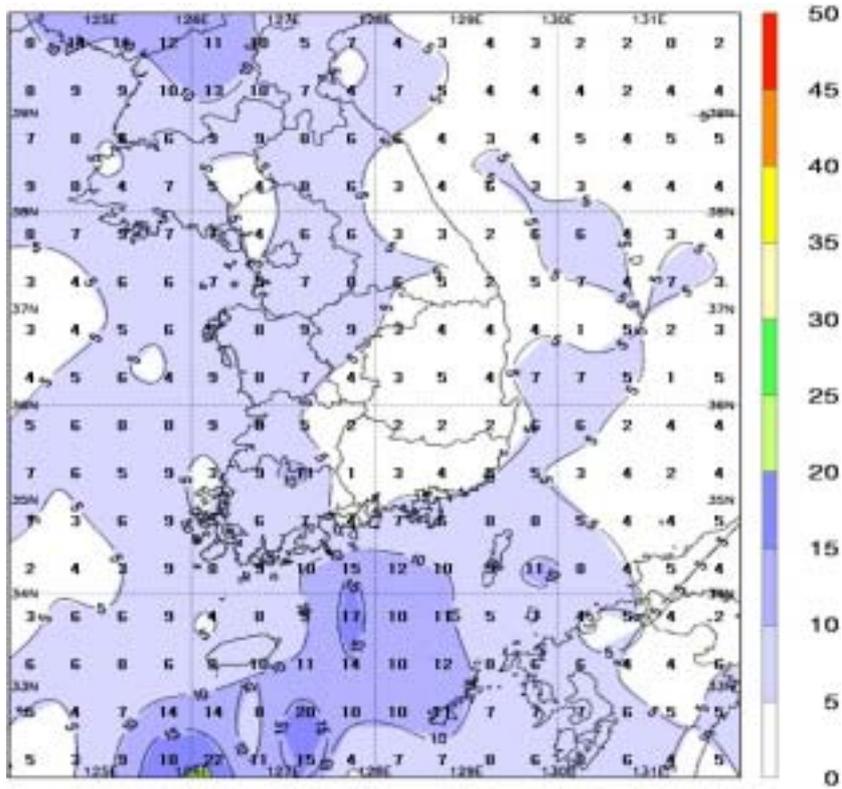


그림 15(b). 2005년 봄철 낙뢰 발생 일수 분포도

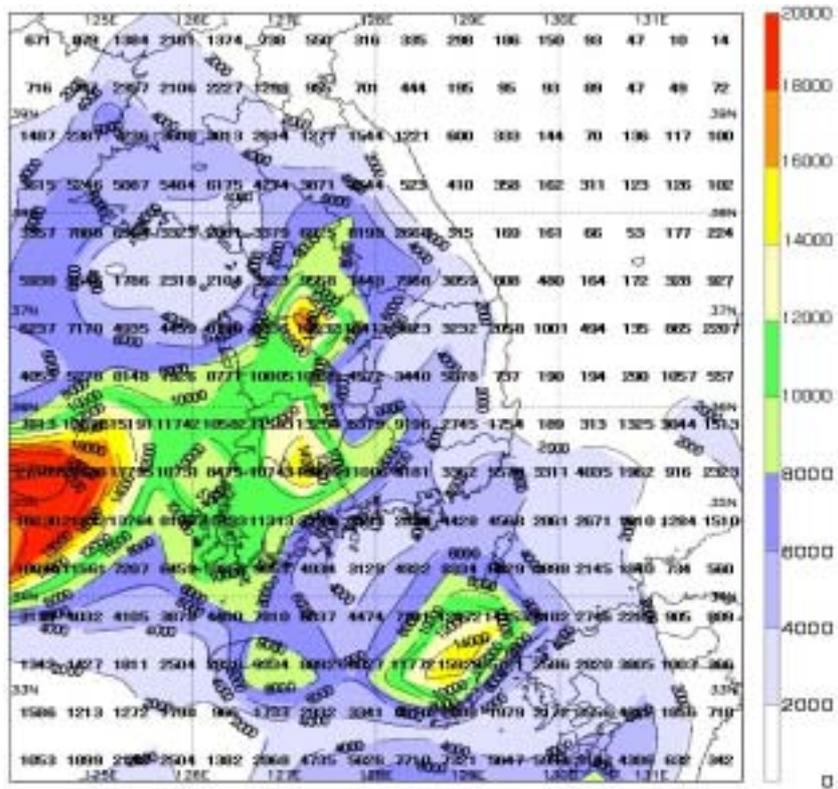


그림 16(a). 2005년 여름철 낙뢰 발생 횟수 분포도

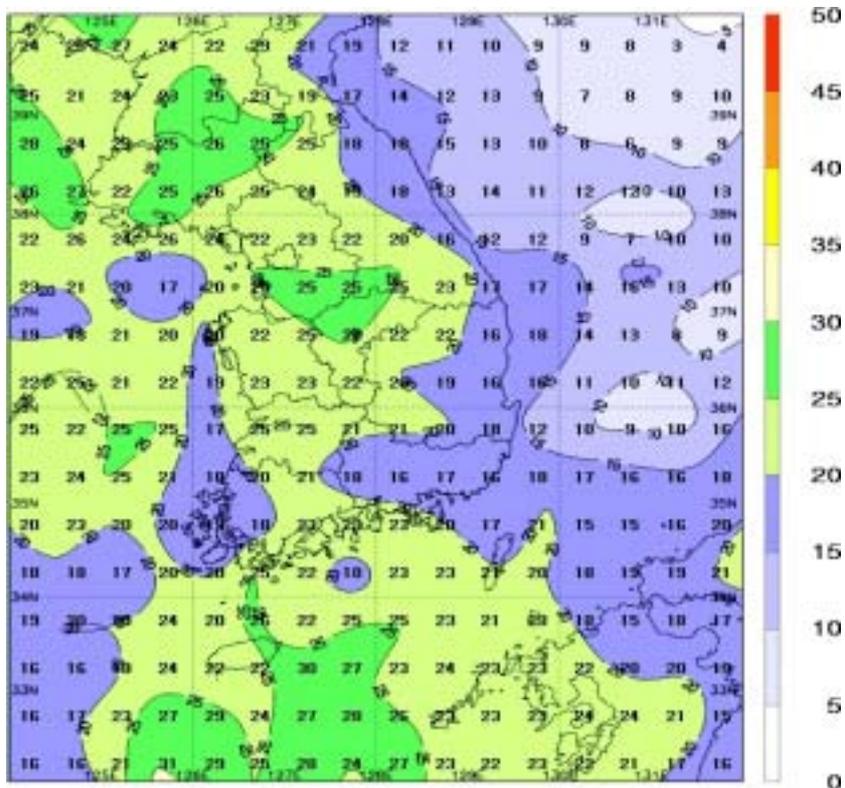


그림 16(b). 2005년 여름철 낙뢰 발생 일수 분포도

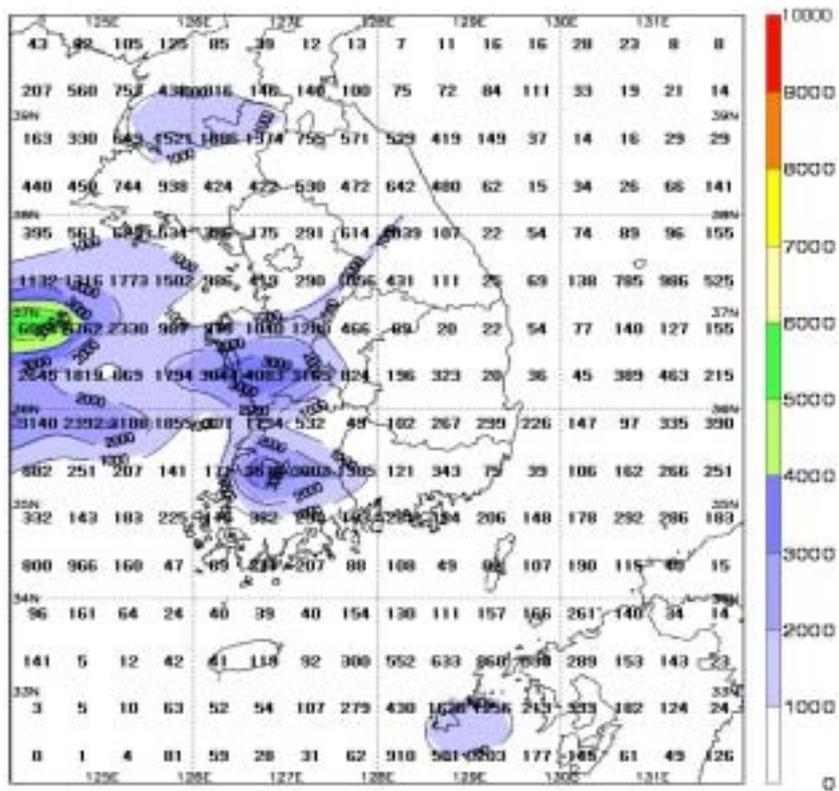


그림 17(a). 2005년 가을 낙뢰 발생 횟수 분포도

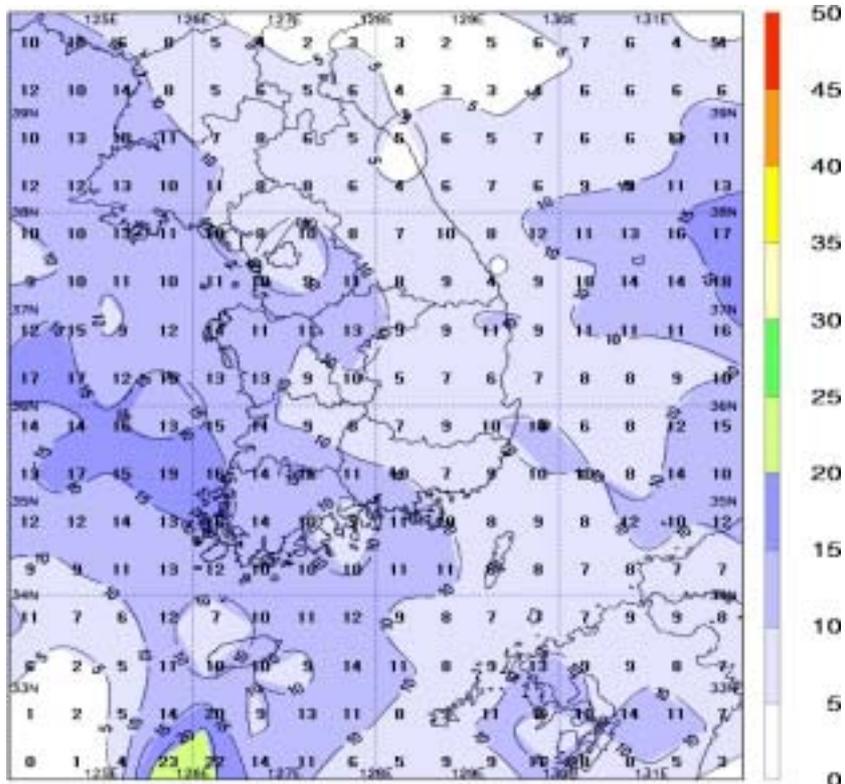


그림 17(b). 2005년 가을 낙뢰 발생 일수 분포도

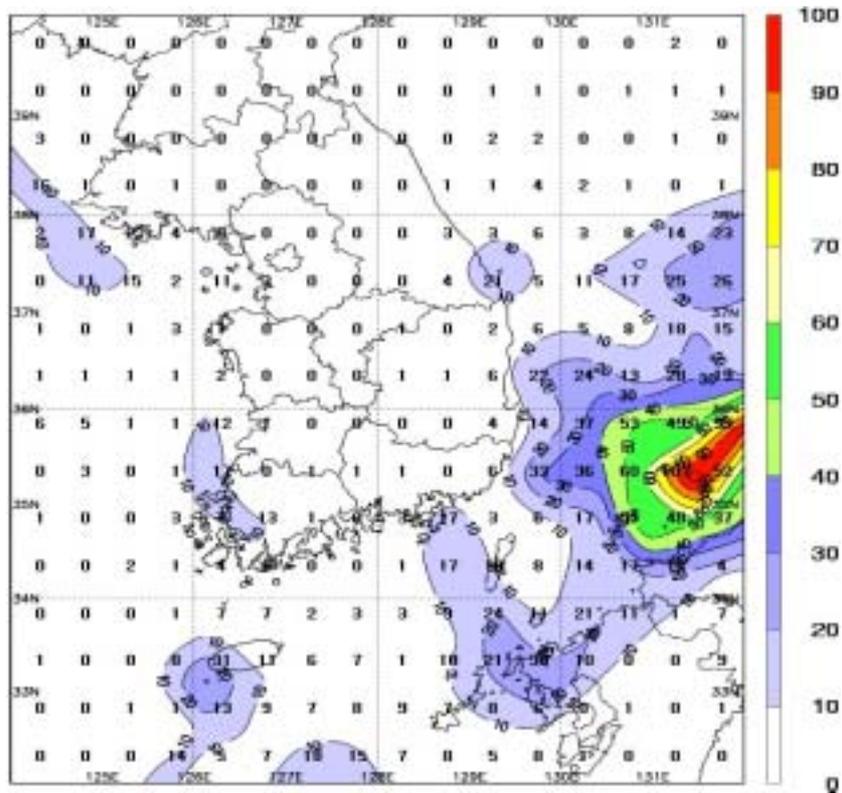


그림 18(a). 2005년 겨울철 낙뢰 발생 횟수 분포도

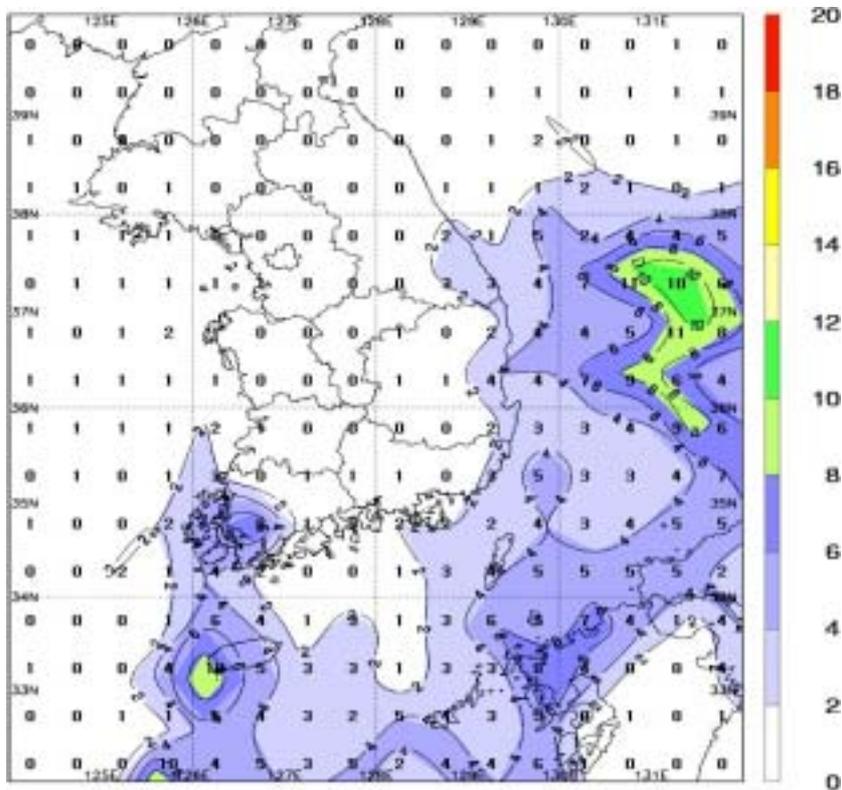


그림 18(b). 2005년 겨울철 낙뢰 발생 일수 분포도

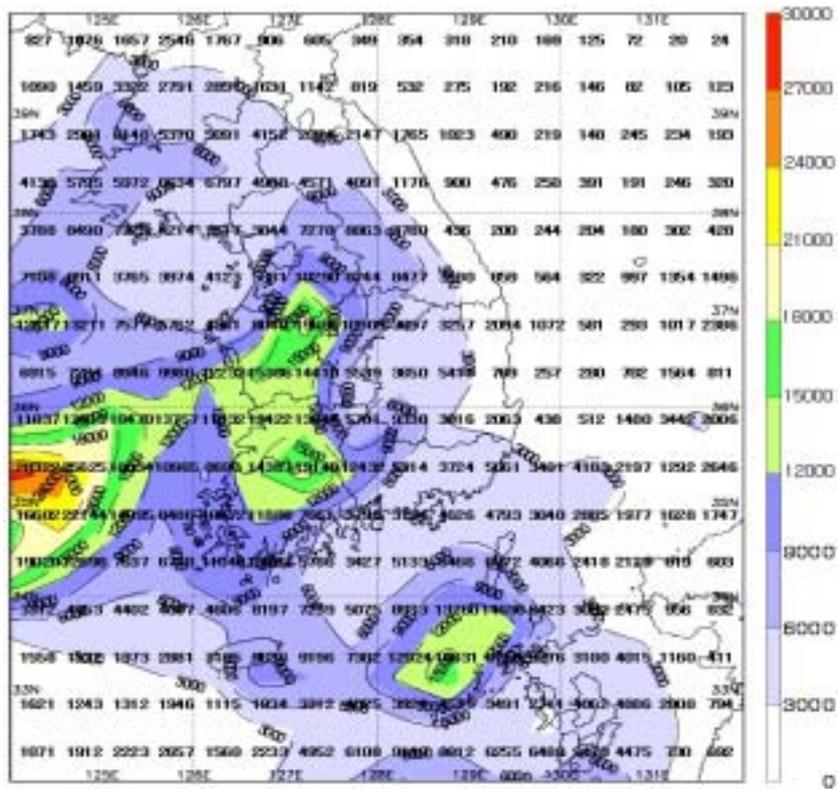


그림 19(a). 2005년 낙뢰 발생 횟수 분포도

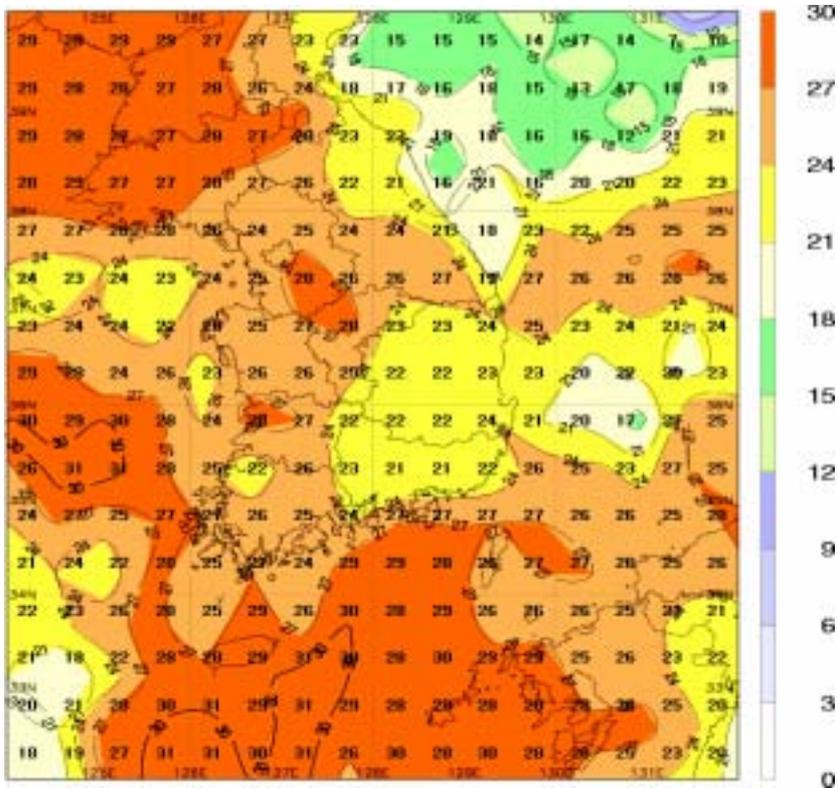


그림 19(b). 2005년 낙뢰 발생 일수 분포도

3. 낙뢰발생횟수 도표 분석

가. 월별

1). 2005년 1월

그림 20(a)에 2005년 1월에 발생한 낙뢰횟수를 일별로 나타내었다. 울릉도 부근 및 동해남부 해상에서 1, 15, 16일에 낙뢰가 주로 발생하였음을 알 수 있고, 그림 20(b)에는 2005년 1월의 시간별 낙뢰 발생횟수분포를 나타내었다. 그 결과 24시간 동안 전반적으로 낙뢰가 발생하였으나 그 중 오전 3, 6, 7, 8, 9시와 15, 20시에는 9회 이상으로 다른 시간대에 비해 상대적으로 많이 발생하였다.

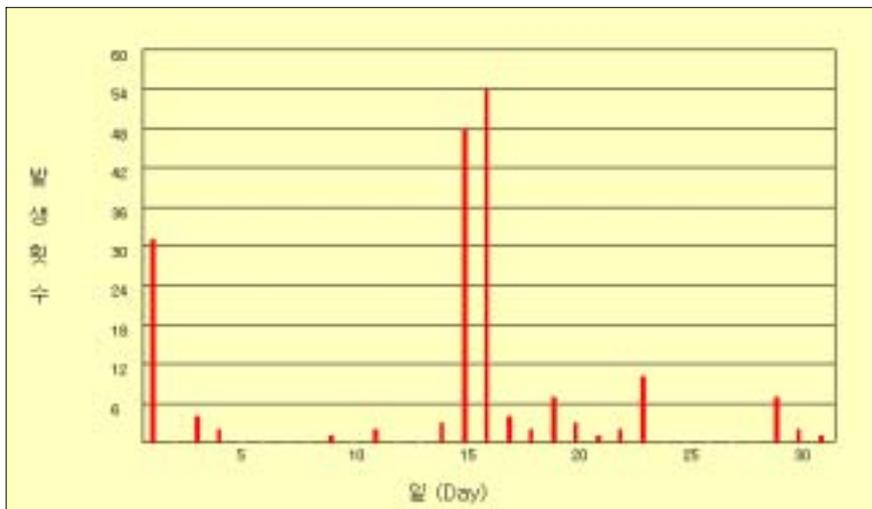


그림 20(a) 2005년 1월 일별 낙뢰 발생횟수

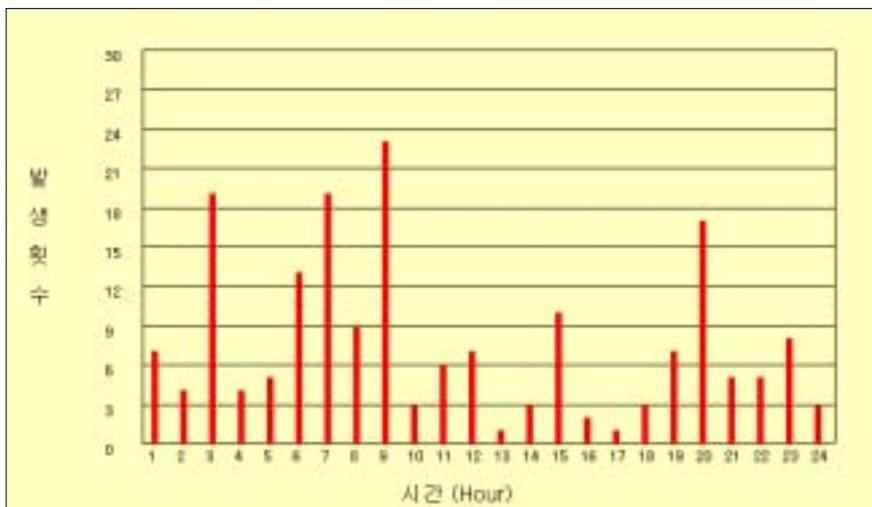


그림 20(b) 2005년 1월 시간별 낙뢰 발생횟수

2). 2005년 2월

그림 21(a)에는 2005년 2월 일별 낙뢰 발생횟수를 나타내었다. 우리나라 남해상과 제주 남해상에서 14, 15, 16일에 낙뢰가 주로 발생하였으며, 2005년 2월 시간별 낙뢰 발생횟수 분석결과는 24시간 동안 전반적으로 조금 발생하였으나 그 중 01, 20~22시에 상대적으로 많이 발생하였다(그림 21(b)).

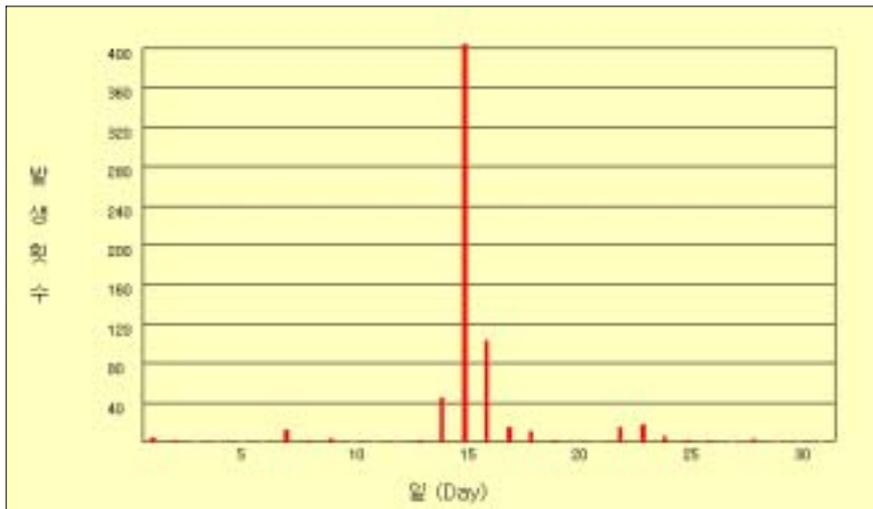


그림 21(a) 2005년 2월 일별 낙뢰 발생횟수

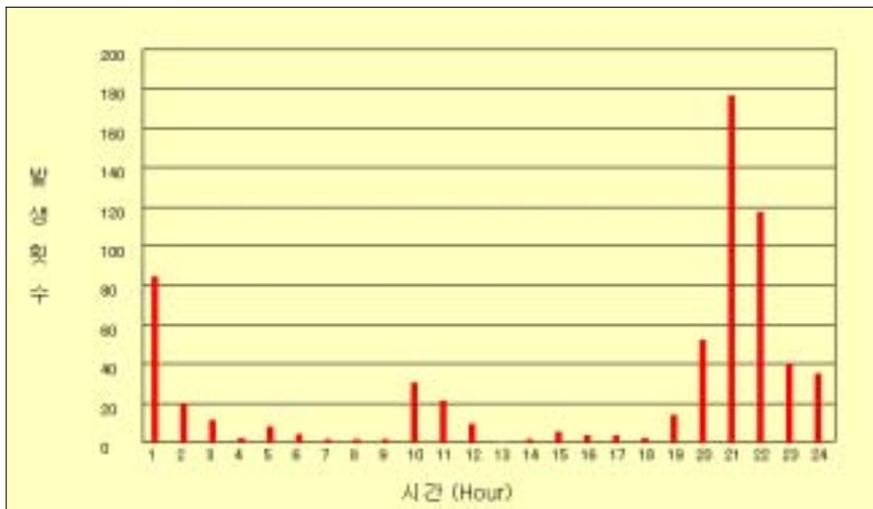


그림 21(b) 2005년 2월 시간별 낙뢰 발생횟수

3). 2005년 3월

그림 22(a)에는 2005년 3월 일별 낙뢰 발생횟수를 보여주고 있다. 우리나라 서해상에서부터 수원, 원주, 강릉을 중심으로 동서로 띠를 형성하여 10일에 낙뢰가 많이 발생하였으며, 시간별 낙뢰 발생횟수 분석결과는 24시간 동안 전반적으로 발생하였으나 그 중 18~21시에 상대적으로 많이 발생하였다(그림 22(b)).

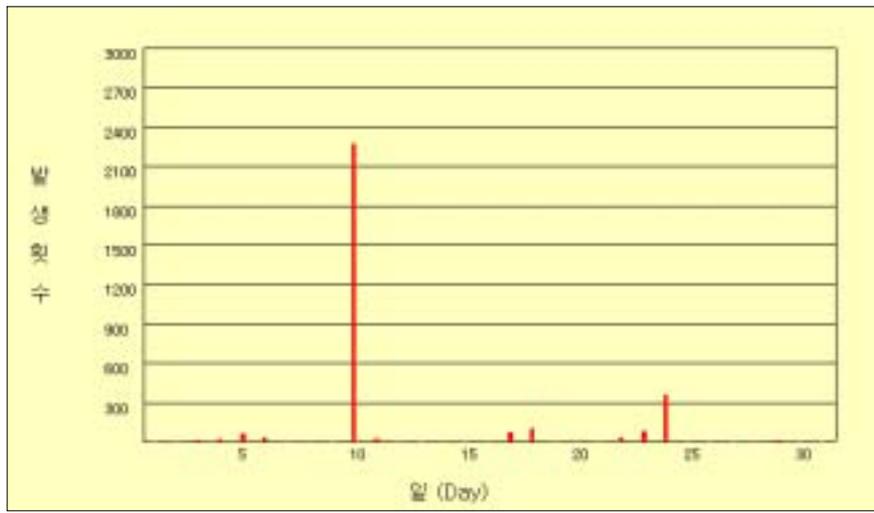


그림 22(a) 2005년 3월 일별 낙뢰 발생횟수

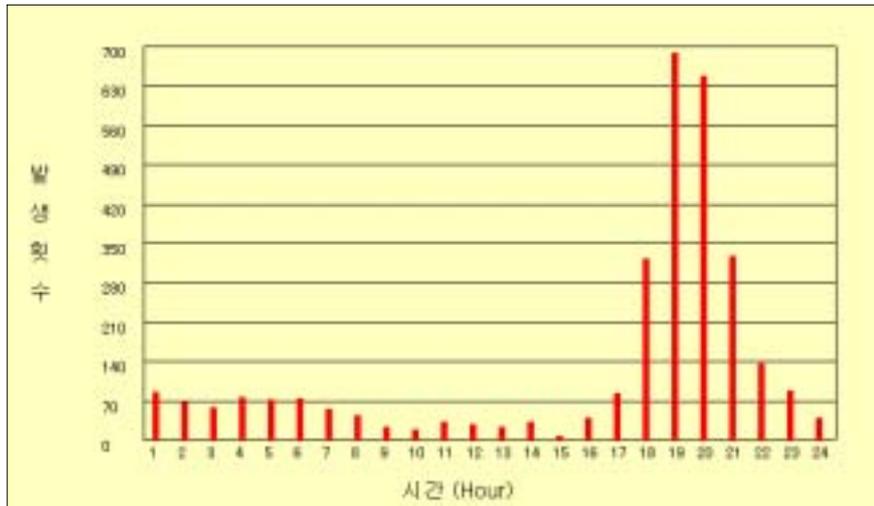


그림 22(b) 2005년 3월 시간별 낙뢰 발생횟수

4). 2005년 4월

그림 23(a)에는 2005년 4월 일별 낙뢰 발생횟수 분포를 나타내었다. 우리나라 서해 남부해상과 서울, 경기도, 전라도와 경상도 경계를 중심으로 18일에 낙뢰가 주로 발생하였고, 27일에는 서울, 경기북부지방에서 30일에는 남해 전 해상에서 주로 발생하였다. 시간별 낙뢰 발생횟수 분석결과는 24시간 동안 전반적으로 많이 발생하였으나 그 중 오전 3~6시와 14~24시까지 특히 많이 발생하였다(그림 23(b)).

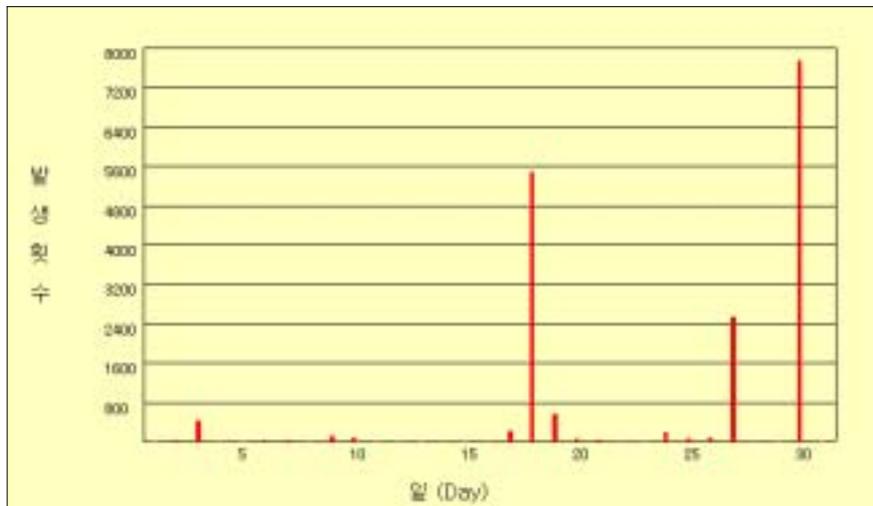


그림 23(a) 2005년 4월 일별 낙뢰 발생횟수

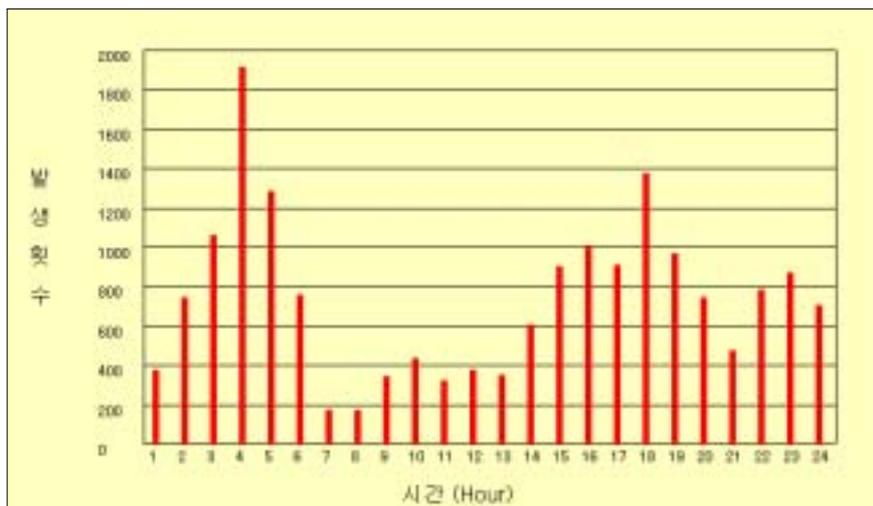


그림 23(b) 2005년 4월 시간별 낙뢰 발생횟수

5). 2005년 5월

2005년 5월 일별 낙뢰 발생횟수 분석결과 1일에는 제주 서해상과 부산 남해상, 5일에는 제주 남해상, 11일에는 충청도지방과 서해 중부, 17일에는 서해전해상과 남해서부 및 전라남북도, 18일에는 경기북부지방과 제주전해상에 낙뢰가 주로 발생하였으며(그림 24(a)), 그림 24(b)에는 2005년 5월 시간별 낙뢰 발생횟수를 보였다. 분석결과는 24시간 동안 전반적으로 많이 발생하였으나 그 중 오전 1~5시와 17~21시까지 특히 많이 발생하였다.

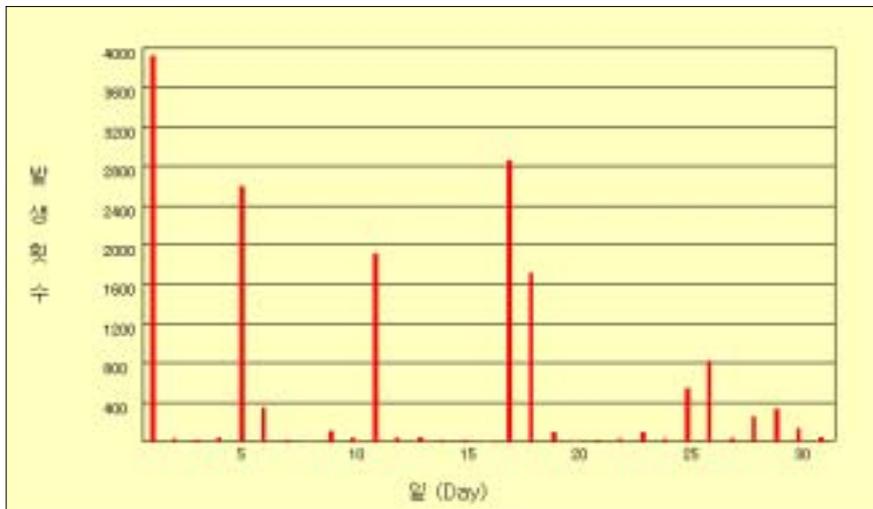


그림 24(a) 2005년 5월 일별 낙뢰 발생횟수

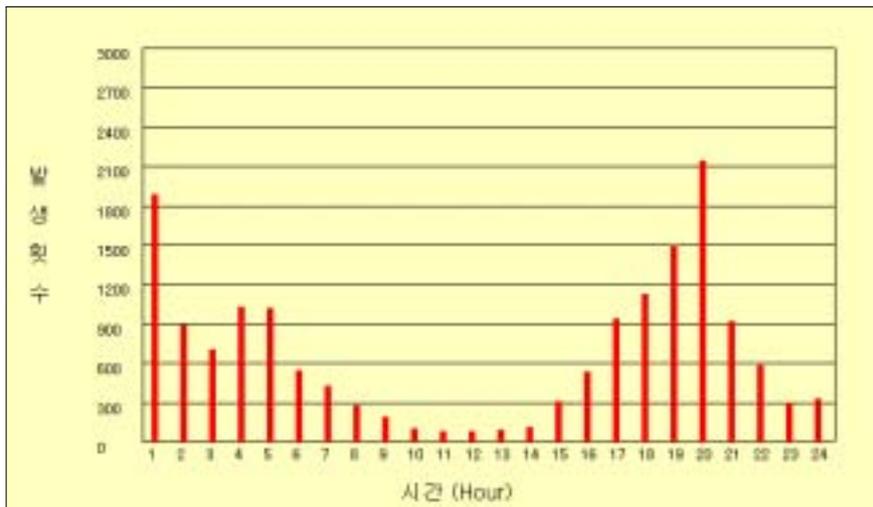


그림 24(b) 2005년 5월 시간별 낙뢰 발생횟수

6). 2005년 6월

2005년 6월 일별 낙뢰 발생횟수 분석결과 1일에는 전라도, 충청도, 서울 경기 남부 일부 지역과 서해 전 해상, 2일에는 남해상과 부산 부근 및 포항 앞바다를 제외하고 우리나라 전 지역과 전 해상에 낙뢰가 주로 발생하였으며(그림 25(a)), 그림 25(b)에는 2005년 6월 시간별 낙뢰 발생횟수를 보이고 있다. 분석결과는 24시간 동안 전반적으로 많이 발생하였으며, 그 중 오전 1~6, 10~12시와 13~20, 22~24시까지 특히 많이 발생하였다.

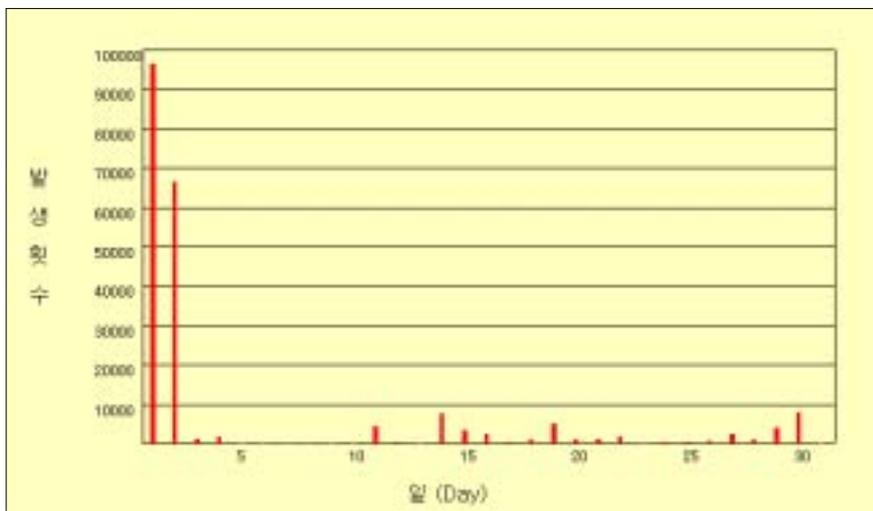


그림 25(a) 2005년 6월 일별 낙뢰 발생횟수

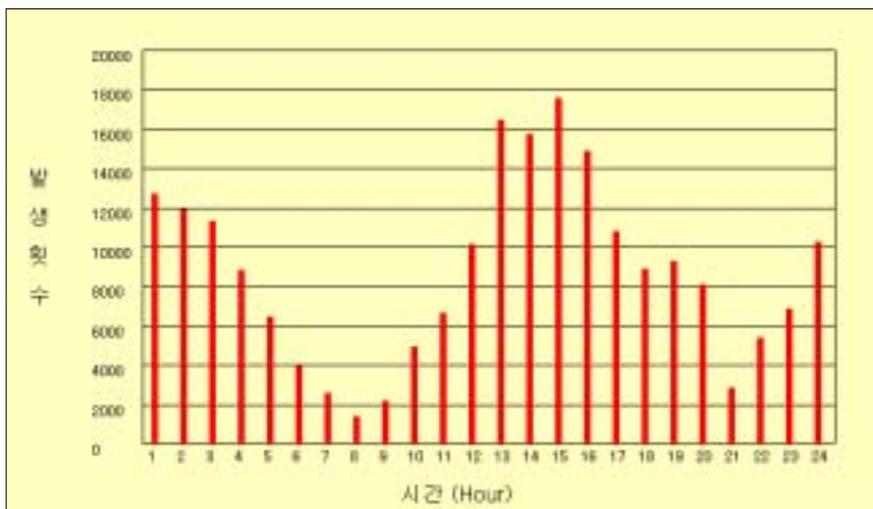


그림 25(b) 2005년 6월 시간별 낙뢰 발생횟수

7). 2005년 7월

그림 26(a)에는 2005년 7월 일별 낙뢰 발생횟수를 나타내었다. 분석결과 8일에는 서해안일부와 남해전해상, 28일에는 전국적으로 발생하였으나 특히 중부 내륙지방과 서해 전 해상에 많이 발생하였으며, 30일에는 경기북부 지역과 남해 전해상에, 31일에는 충청남북도 경계 일부와 서해남부 및 남해 전 해상에 많이 발생하였다. 시간별 낙뢰 발생횟수 분석결과는 24시간 동안 전반적으로 많이 발생하였으나 그 중 오전 1~10시와 오후 3~7시까지 특히 많이 발생하였다.

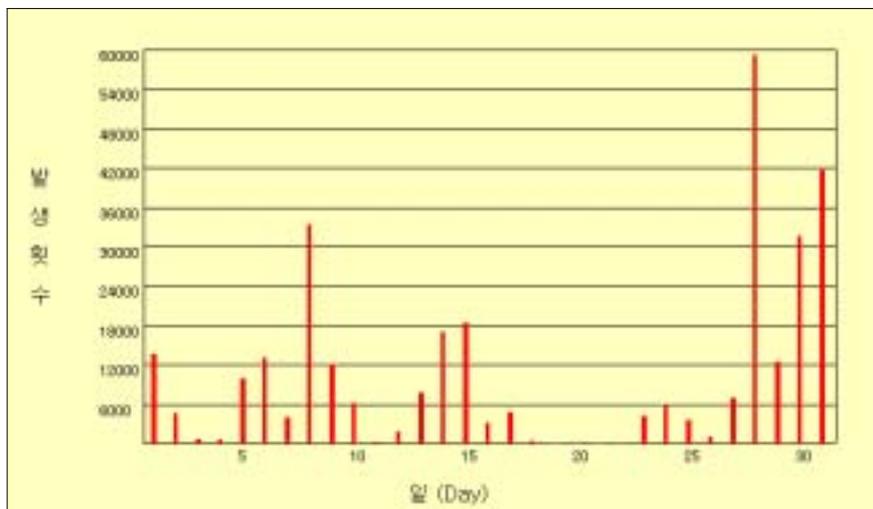


그림 26(a) 2005년 7월 일별 낙뢰 발생횟수

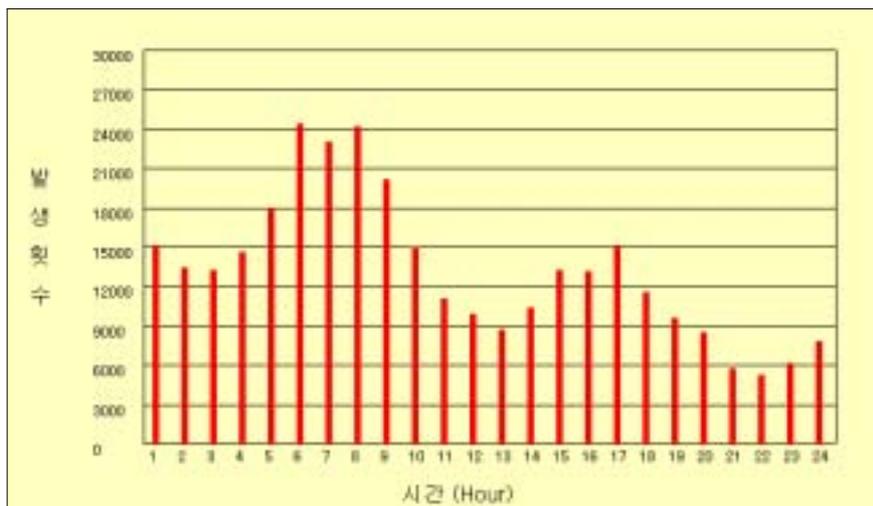


그림 26(a) 2005년 7월 시간별 낙뢰 발생횟수

8). 2005년 8월

그림 27(a)에는 2005년 8월 일별 낙뢰 발생횟수 분포를 나타내었다. 1일에는 서울 경기 일부지역, 충청도, 전라도, 경상남도, 서해 및 남해 전 해상에 특히 많이 발생하였고, 2일에는 전국에 산발적으로 낙뢰가 발생하였으나 특히 서해 및 남해 전해상과 충청도, 전라도, 경상도 지역에 많이 발생하였으며, 3일에는 서울 경기 북부, 충청도, 전라북도, 경상북도, 서해 전 해상에서 많이 발생하였으며, 18일에는 전국적으로 많이 발생하였다. 시간별 낙뢰 발생횟수 분석결과는 24시간 동안 전반적으로 많이 발생하였으며 그 중 오전 1~5시와 15~22시까지 특히 많이 발생하였다(그림 27(c)).

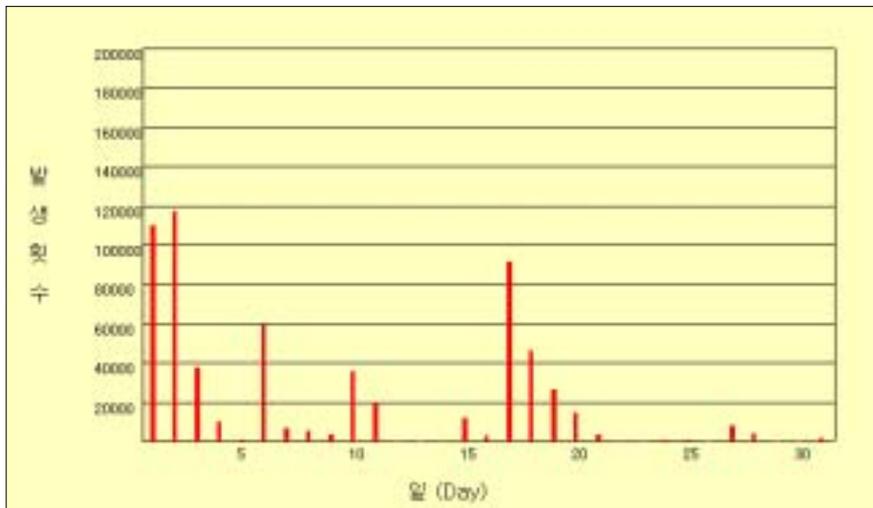


그림 27(a) 2005년 8월 일별 낙뢰 발생횟수

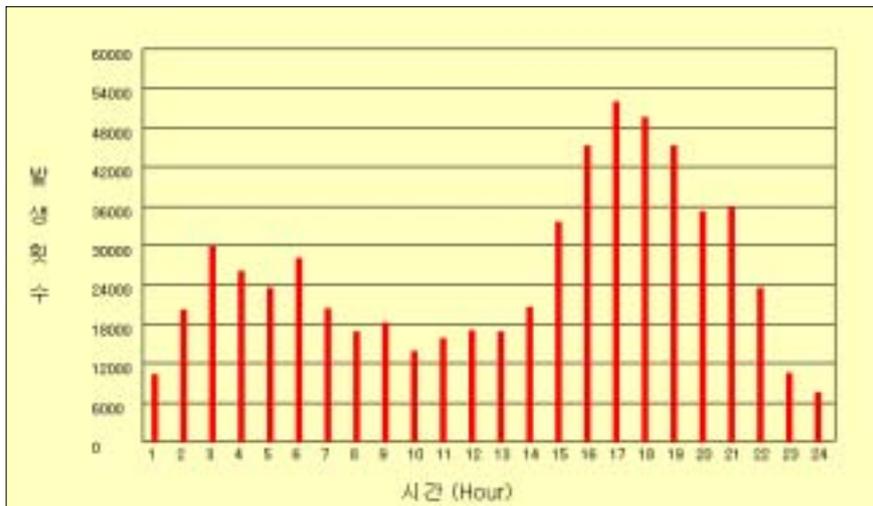


그림 27(b) 2005년 8월 시간별 낙뢰 발생횟수

9). 2005년 9월

그림 28(a)에는 2005년 9월 일별 낙뢰 발생횟수를 보였다. 1일에는 전국에 산발적으로 발생하였으나 특히 경기북부 지역과 전라북도, 경상도 일부지역에서 다소 많이 발생하였으며, 2일에는 전국에 산발적으로 낙뢰가 발생하였으나 전라북도, 경상북도, 북한지역과 서해 중부에 많이 발생하였으며, 17일에는 충청도, 서울, 경기, 북한지역, 서해 전 해상에 많이 발생하였다. 시간별 낙뢰 발생횟수 분석결과는 24시간 동안 전반적으로 많이 발생하였으나 그 중 4~9시와 19시에 특히 많이 발생하였다(그림 28(b)).

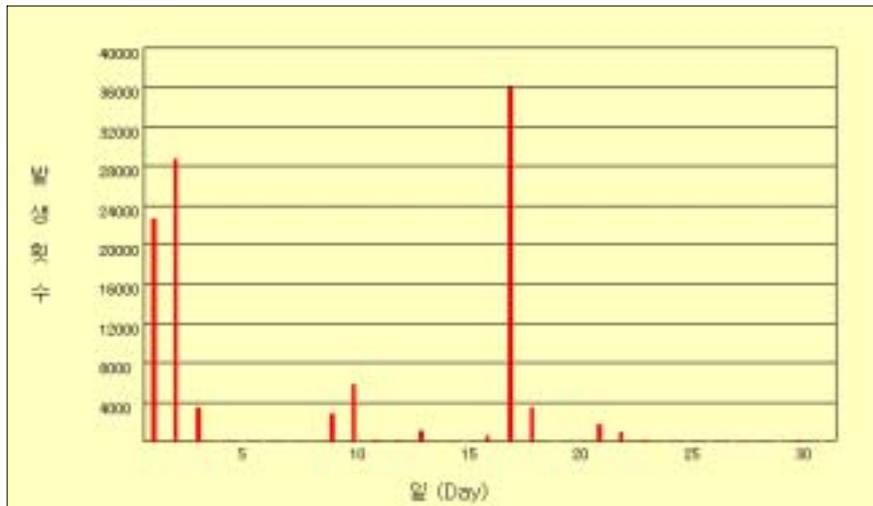


그림 28(a) 2005년 9월 일별 낙뢰 발생횟수

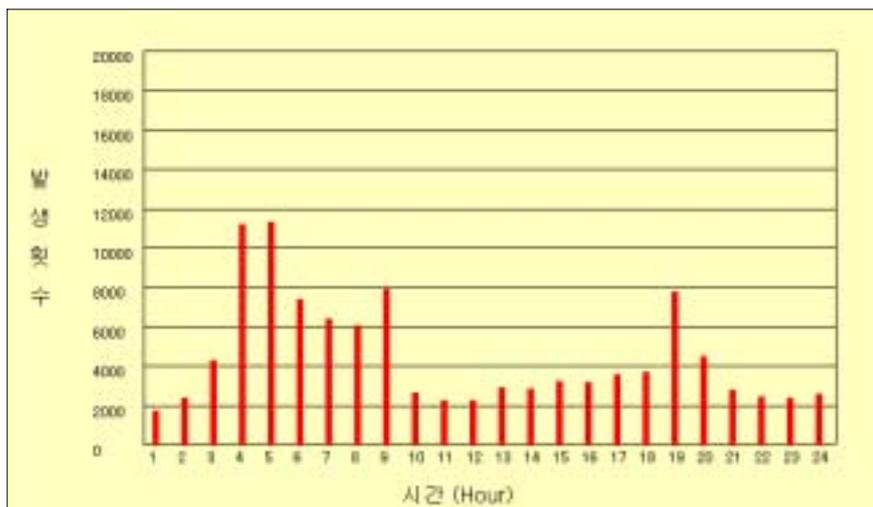


그림 28(b) 2005년 9월 시간별 낙뢰 발생횟수

10). 2005년 10월

그림 29(a)에 2005년 10월 일별 낙뢰 발생횟수를 나타내었다. 30일에는 목포 앞바다와 서해 남부, 동해 먼 바다에 발생하였으며, 시간별 낙뢰 발생횟수 분석결과는 24시간 동안 전반적으로 많이 발생하였으나 그 중 14~17시와 22시에 특히 많이 발생하였다(그림 29(b)).

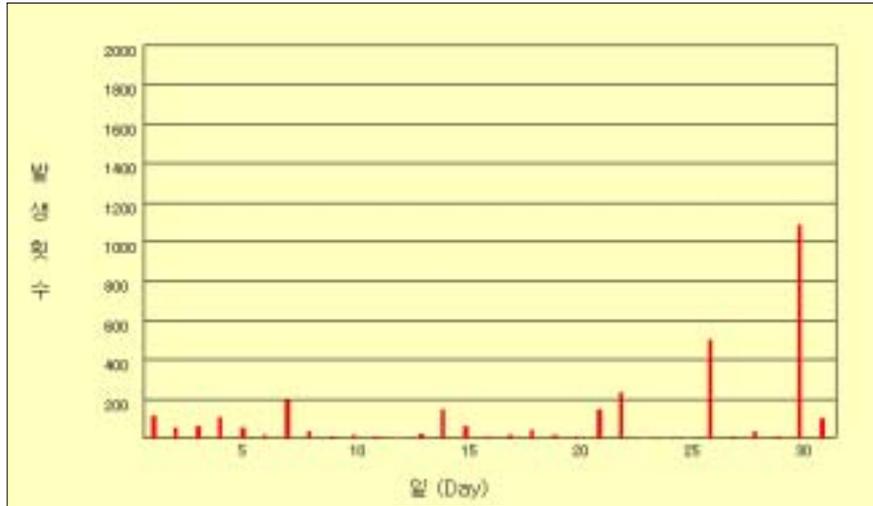


그림 29(a) 2005년 10월 일별 낙뢰 발생횟수

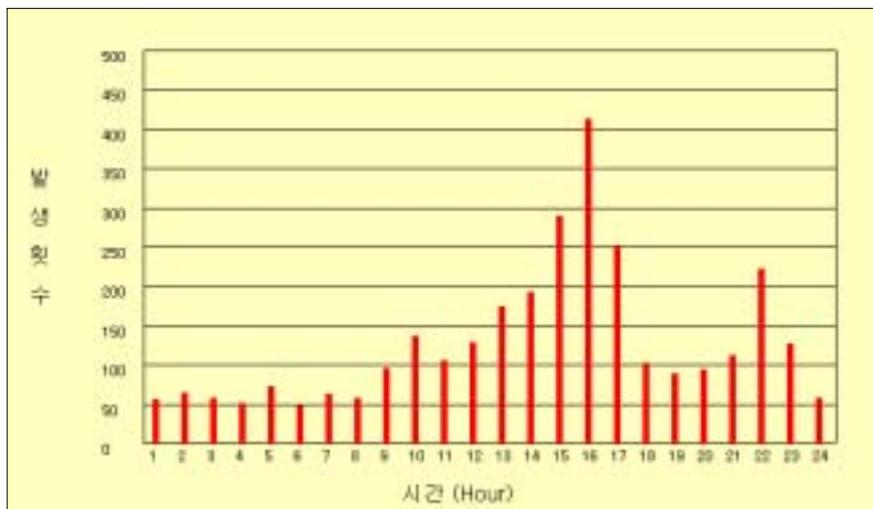


그림 29(b) 2005년 10월 시간별 낙뢰 발생횟수

11). 2005년 11월

그림 30(a)에는 2005년 11월 일별 낙뢰 발생횟수를 보여주고 있다. 26일에는 인천앞바다와 목포 앞바다, 담양, 목포, 장성 지역에 많이 발생하였으며, 27일에는 천안, 평택, 진천, 인천 앞바다, 남해안 일부와 남해 동부 전 해상에 주로 발생하였고, 시간별 낙뢰 발생횟수 분석결과는 24시간 동안 전반적으로 많이 발생하였으나 그 중 오전 1~7시, 21~24시에 특히 많이 발생하였다(그림 30(b)).

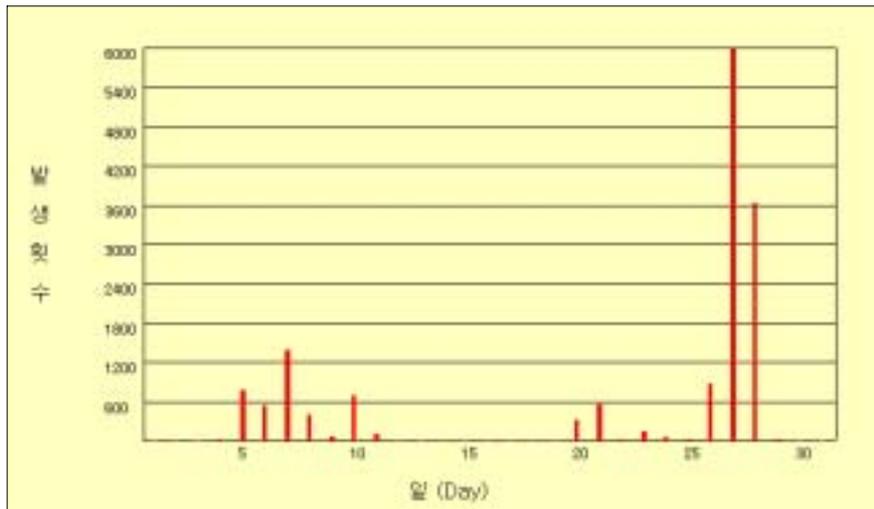


그림 30(a) 2005년 11월 일별 낙뢰 발생횟수

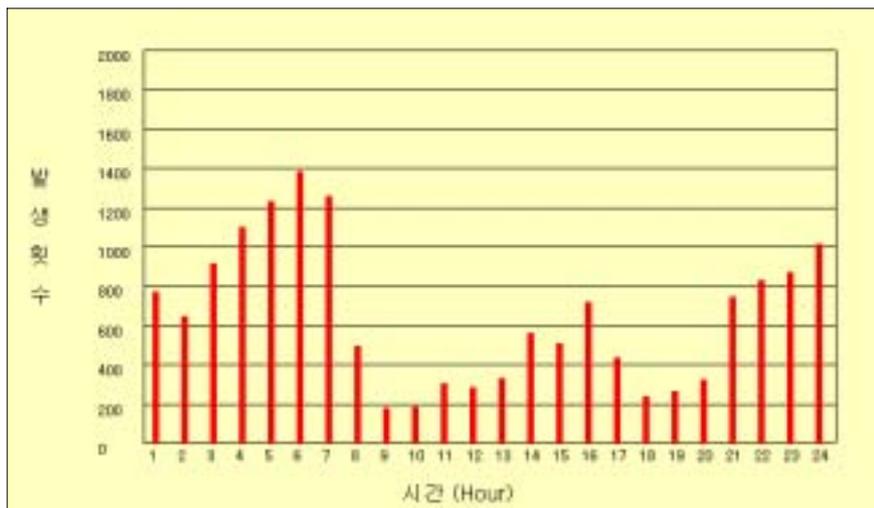


그림 30(b) 2005년 11월 시간별 낙뢰 발생횟수

12). 2005년 12월

그림 31(a)에는 2005년 12월 일별 낙뢰 발생횟수를 보여주고 있다. 4 일에는 동해 중주남부에서 남해중부 해상, 제주도를 포함한 부근 해상에서 주로 발생하였고, 시간별 낙뢰 발생횟수 분석결과는 24시간 동안 발생하였으나 그 중 오전 8~10시에 특히 많이 발생하였다(그림 31(b)).

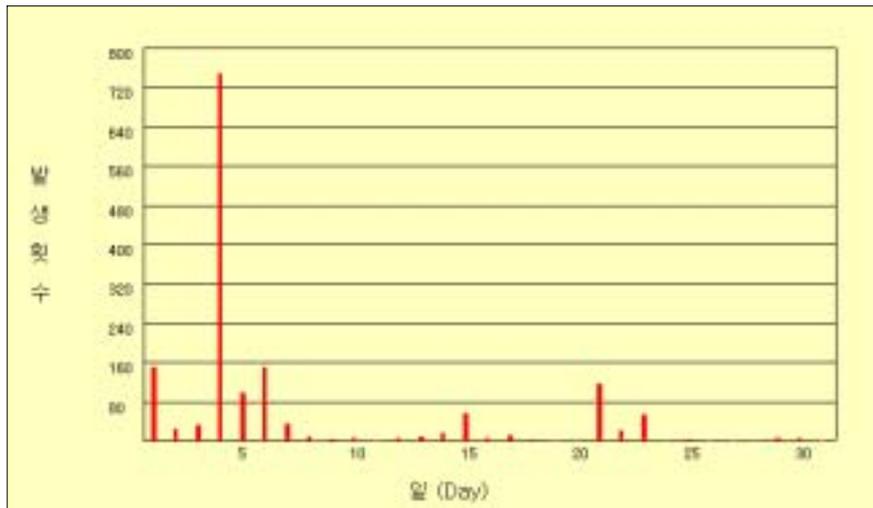


그림 31(a) 2005년 12월 일별 낙뢰 발생횟수

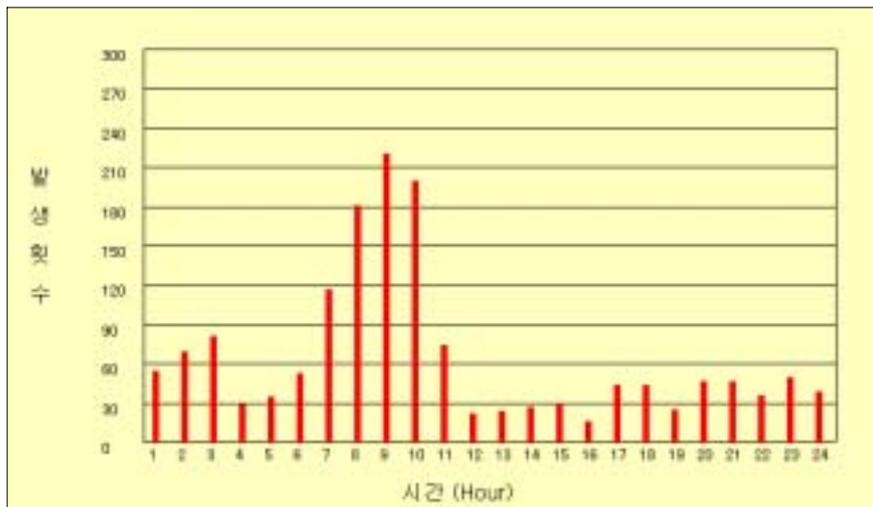


그림 31(b) 2005년 12월 시간별 낙뢰 발생횟수

나. 계절별

1). 2005년 봄(3~5월)

그림 32에는 2005년 봄철에 발생한 낙뢰에 대해서 시간별로 분석한 결과를 보여준다. 24시간 동안 전반적으로 발생하였으며, 그 중 오전 1~6시, 16~24시에 주로 발생하였다. 또한 20시에 약 3600회 발생하여 봄철에 낙뢰가 가장 많이 발생한 시간이었다.

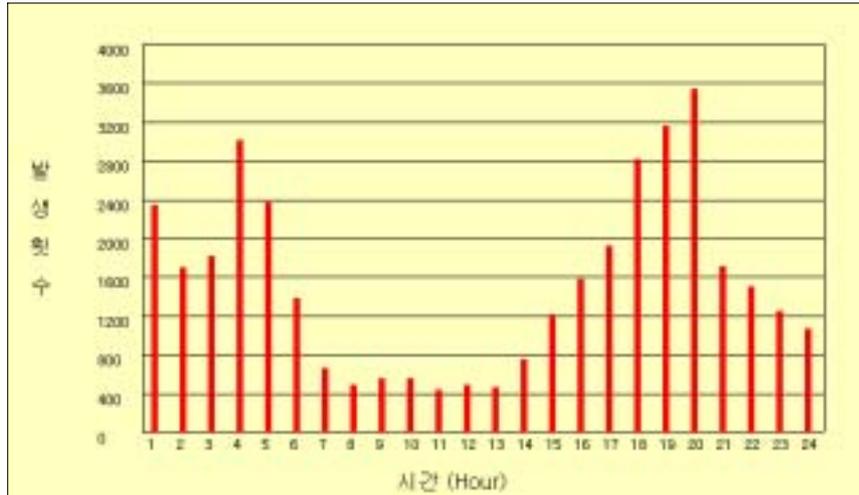


그림 32 2005년 봄 시간별 낙뢰 발생횟수

2). 2005년 여름(6월~8월)

그림 33에는 2005년 여름철에 발생한 낙뢰에 대해서 시간별로 분석한 결과를 보여준다. 봄철과 유사하게 24시간 동안 전반적으로 20,000회 이상 발생하였으며, 그 중 오전 2~8시, 14~21시에 주로 발생하였다. 또한 17시에 약 80,000회로 가장 많이 발생하였다.

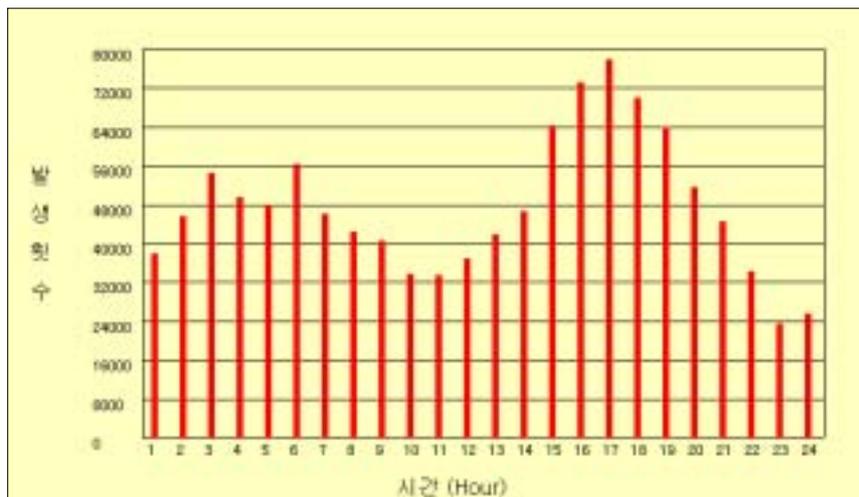


그림 33 2005년 여름 시간별 낙뢰 발생횟수

3). 2005년 가을(9월~11월)

그림 34에는 2005년 가을철 시간별 낙뢰 발생횟수를 나타내었다. 전 시간대에 2000회 이상 발생하였으며, 그 중 오전 4~9시, 19시에 주로 많이 발생하였다. 또한, 오전 5시에 약 13,000회로 낙뢰가 가장 많이 발생하였으며, 봄철과 여름철과는 달리 오전에 발생한 낙뢰수가 많았다.

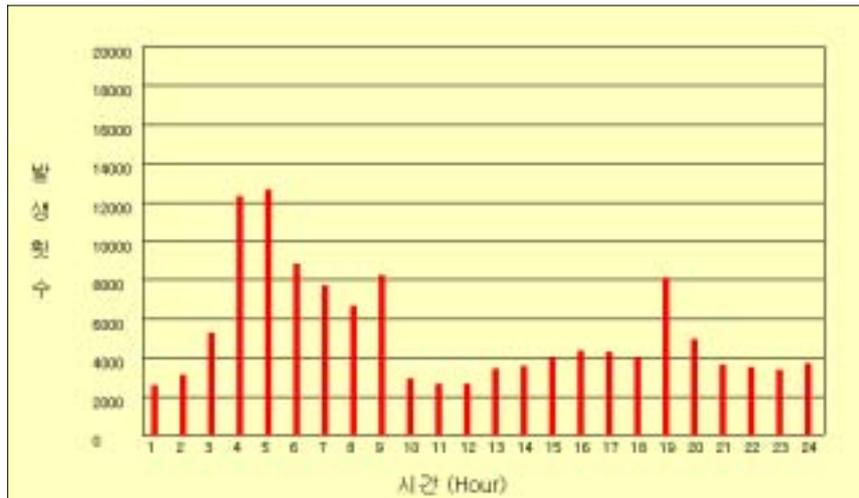


그림 34 2005년 가을 시간별 낙뢰 발생횟수

4). 2005년 겨울(12월~2006년 2월)

그림 35에는 2005년 겨울철에 발생한 낙뢰를 시간별 분포를 나타내었다. 20회이상으로 전시간대에 나타났으며, 가을철과 유사하게 오전 시간대에 많이 발생하였고, 최대 발생회수는 약 240회로 오전 9시였다.

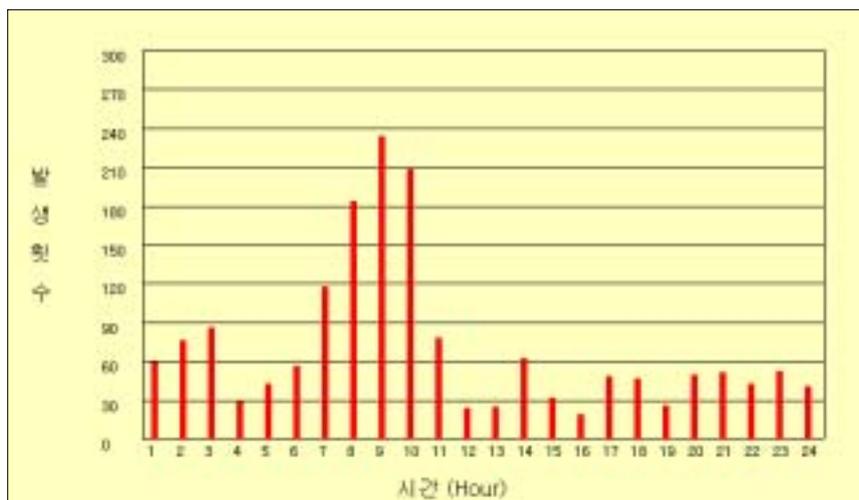


그림 35 2005년 겨울 시간별 낙뢰 발생횟수

다. 최근 3년간 시간별 낙뢰발생현황

1). 2003년

그림 36(a)와 그림36(b)에는 2003년 시간별 낙뢰 발생횟수 및 빈도를 도표로 나타냈다. 이 도표에서 알 수 있듯이 전 시간대에 27,000회 이상 발생하였고, 오전 3시에 약 87,000회 이상으로 낙뢰가 가장 많이 발생하였다.

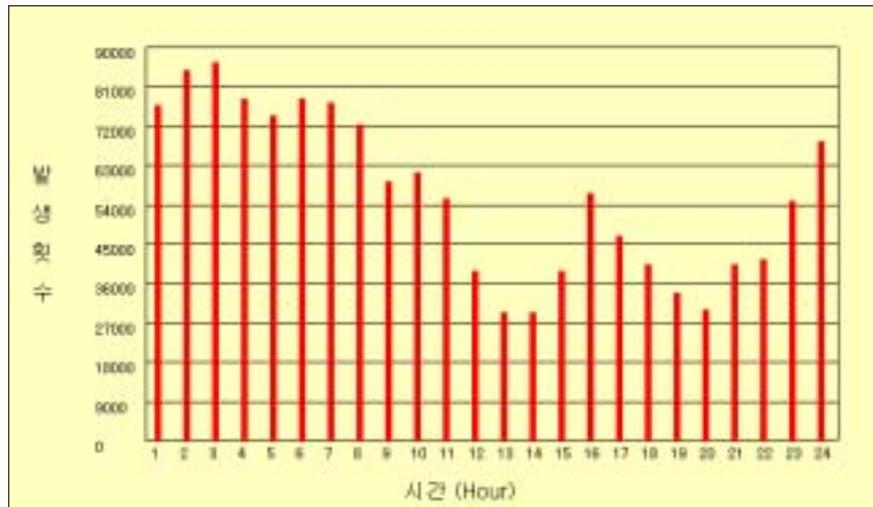


그림 36(a) 2003년 시간별 낙뢰 발생횟수

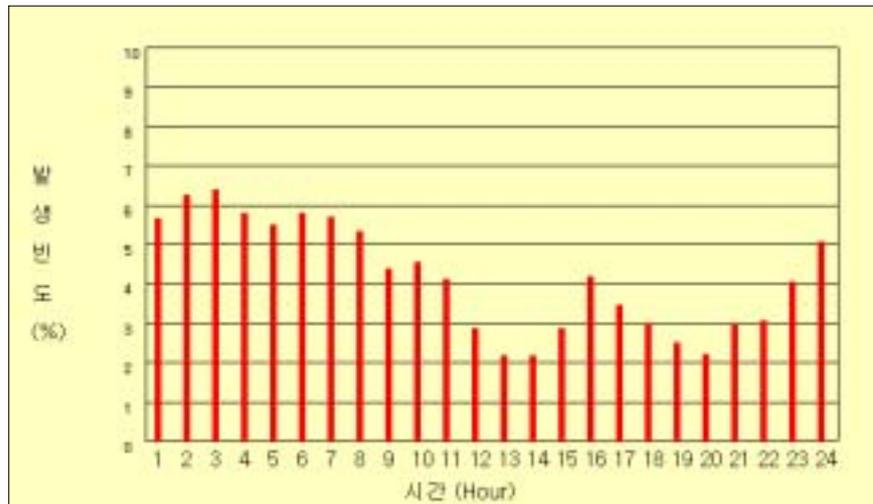


그림 36(b) 2003년 시간별 낙뢰 발생빈도

2). 2004년

그림 36(c)와 그림36(d)에는 2004년 시간별 낙뢰 발생횟수 및 빈도를 도표로 나타내었다. 시간별 낙뢰 발생횟수는 전 시간대에 걸쳐 17,000회 이상이고, 특히 17시와 18시에 63,000회 이상으로 가장 많이 발생하였다.



그림 36(c) 2004년 시간별 낙뢰 발생횟수

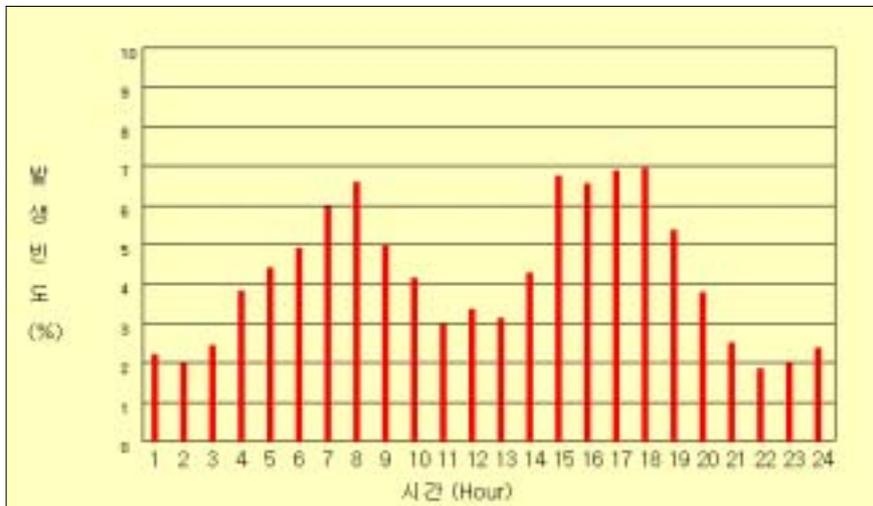


그림 36(d) 2004년 시간별 낙뢰 발생빈도

3). 2005년

그림 36(e)와 그림36(f)에는 2005년도에 발생한 낙뢰현상을 시간별 분포를 나타내었다. 오전에는 6시경 오후에는 5시경에 가장 많이 발생했으며 상대적으로 낮 10~12시에는 적게 발생했다.



그림 36(e) 2005년 시간별 낙뢰 발생횟수

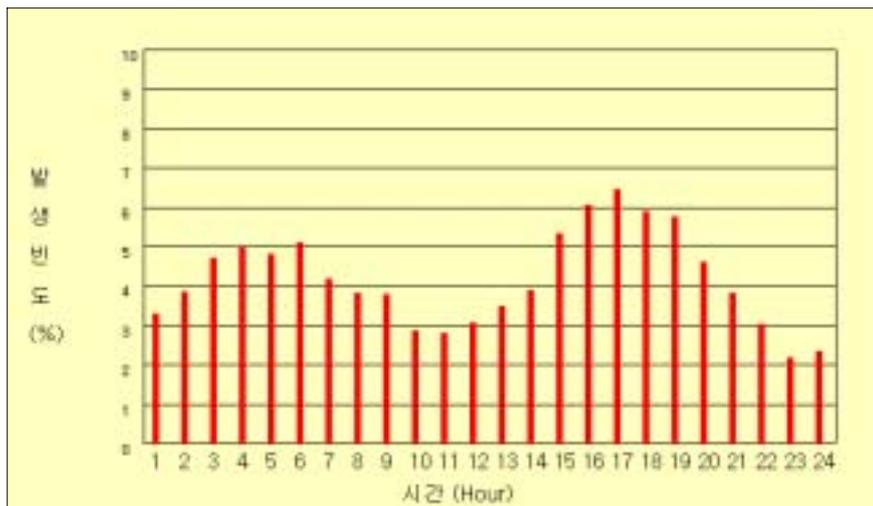


그림 36(f) 2005년 시간별 낙뢰 발생빈도

라. 최근 3년간 월별 낙뢰발생 현황

1). 2003년

그림 37(a)와 그림37(b)에는 2003년에 발생한 낙뢰를 월별로 그 분포를 나타내었다. 낙뢰는 여름철인 7월에 40만, 8월에 53만회 발생하였고 발생빈도가 7월에 30% , 8월에 40%로 두 달동안 70%가 발생했다.

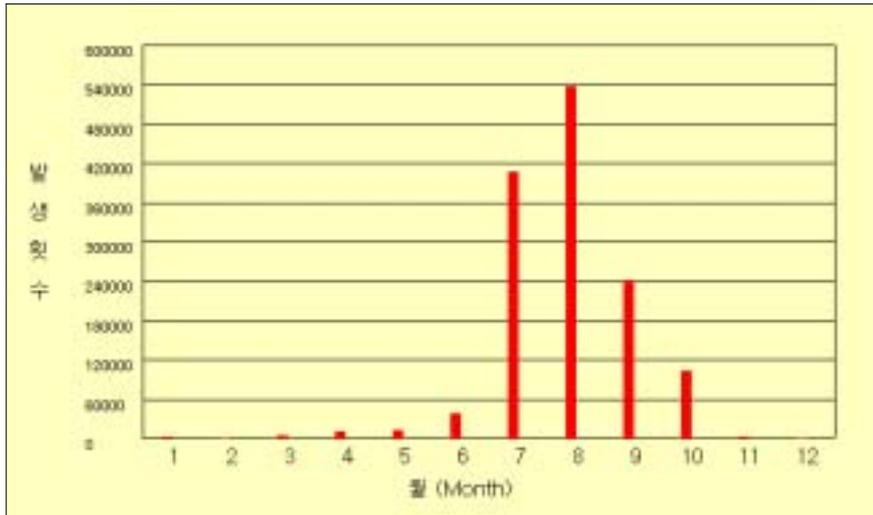


그림 37(a) 2003년 월별 낙뢰 발생횟수

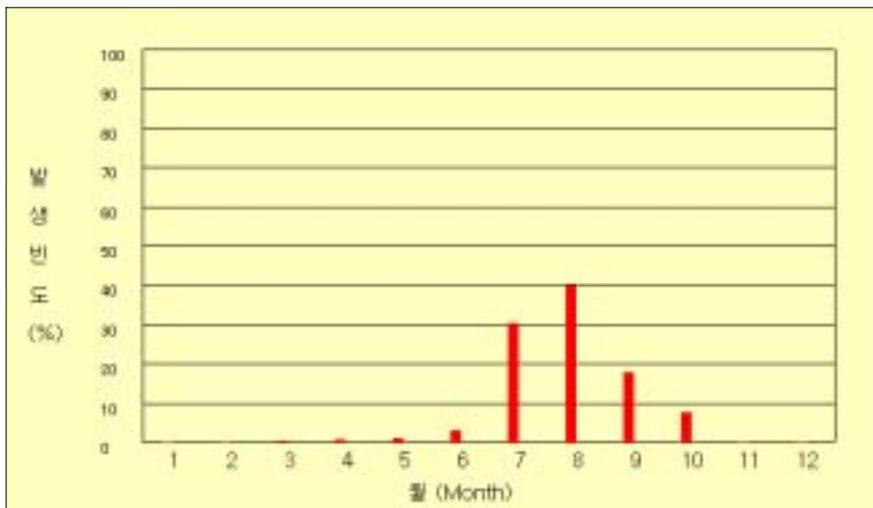


그림 37(b) 2003년 월별 낙뢰 발생빈도

2). 2004년

그림 37(c)와 그림37(d)에는 2004년에 발생한 낙뢰현상의 월별 분포를 나타냈고 이 도표에서 낙뢰는 여름철인 7월에 39만, 8월에 27만회 발생하였고 발생빈도가 7월에 42% , 8월에 30%로 두 달 동안 72%가 발생했다.

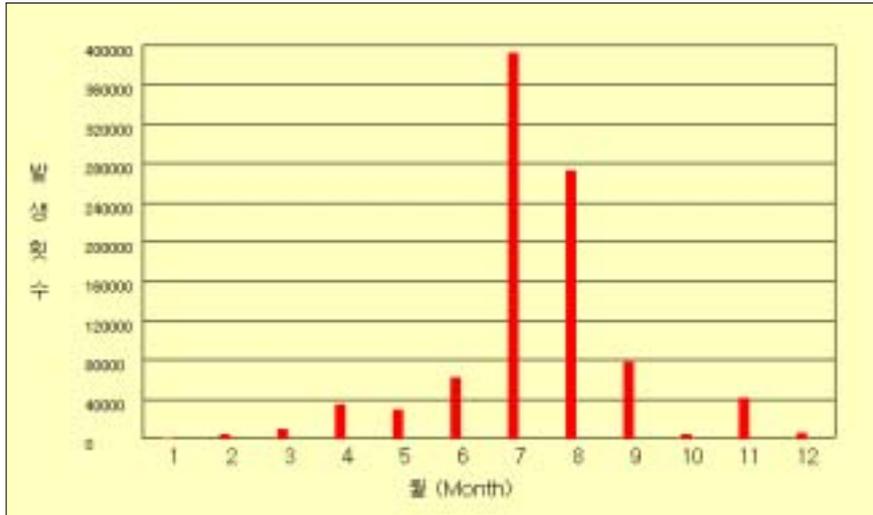


그림 37(c) 2004년 월별 낙뢰 발생횟수

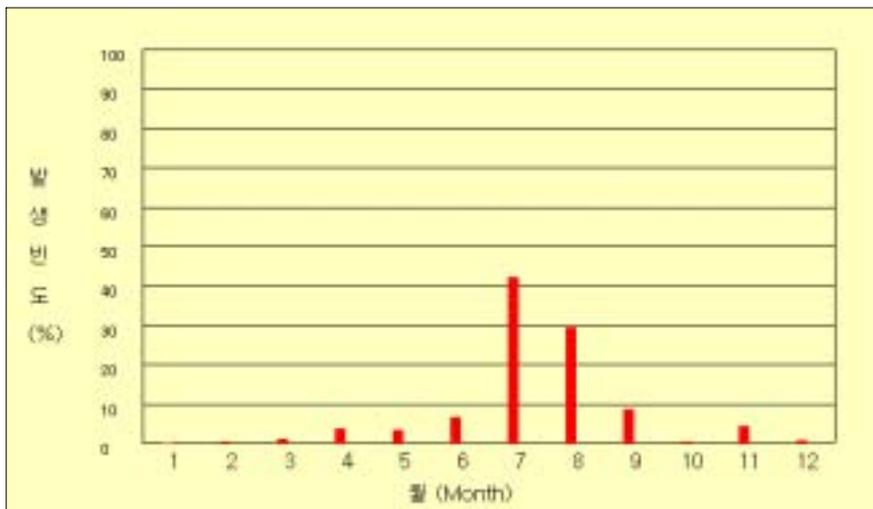


그림 37(d) 2004년 월별 낙뢰 발생빈도

3). 2005년

그림 37(e)와 그림37(f)에는 2005년에 발생한 낙뢰현상을 월별 분포로 나타내었다. 2003년 및 2004년과 유사하게 여름철에 많이 발생하였으며 특히 8월에 61만회 이상 발생하여 발생빈도가 47 %로 절반정도 나타났다.

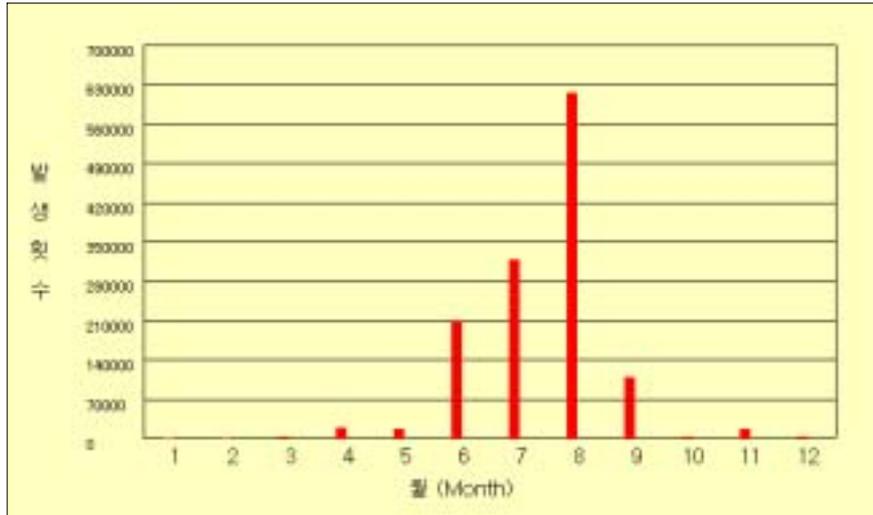


그림 37(e) 2005년 월별 낙뢰 발생횟수

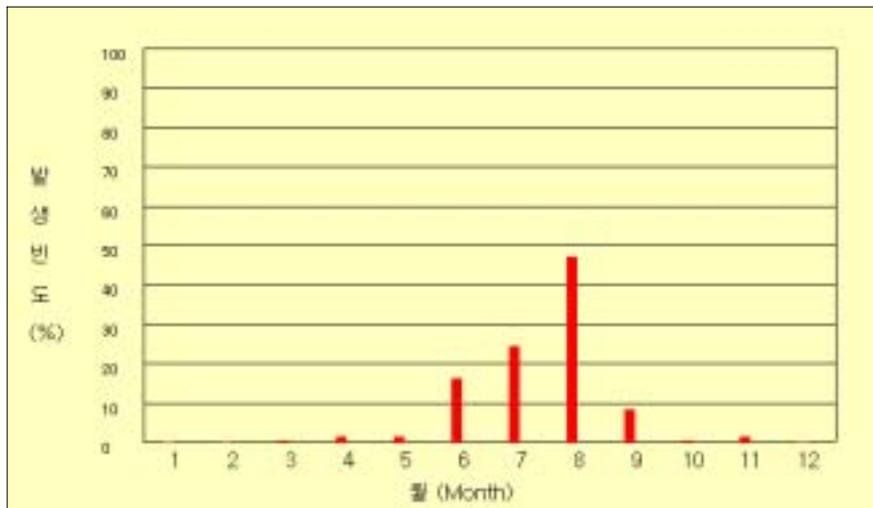


그림 37(f) 2005년 월별 낙뢰 발생빈도

4. 낙뢰강도 및 극성을 도표 분석

가. 월별 평균강도

최근 3년간 낙뢰의 평균강도를 그림38(a), 그림38(b), 그림38(c)에 나타내었다. 그림에서 알 수 있듯이 최근 3년간 극성별 낙뢰분포를 보면 겨울철에는 정극성이 크며 여름철에는 부극성의 낙뢰가 강하게 나타났다. 극성울간 강도 차도 겨울철에 크며 여름철에는 작다.

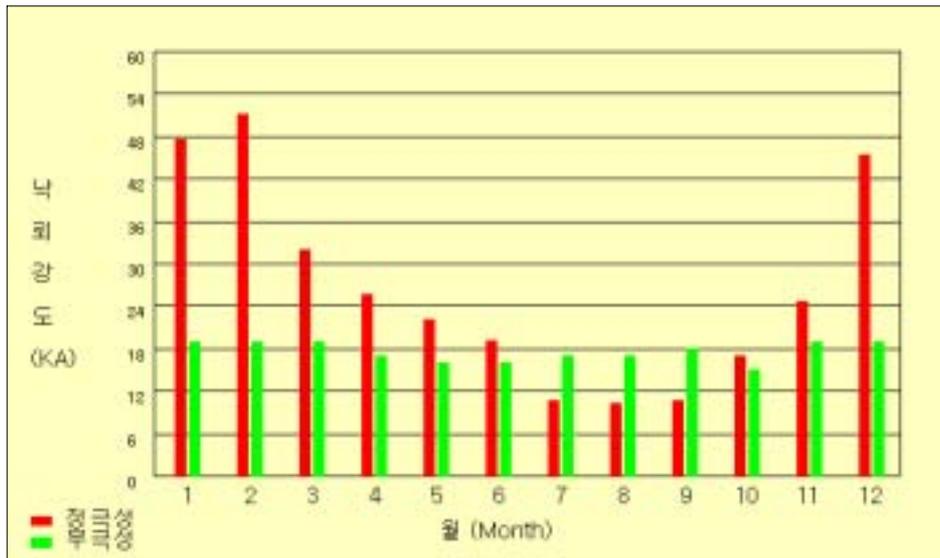


그림 38(a) 2003년 월별 평균 강도

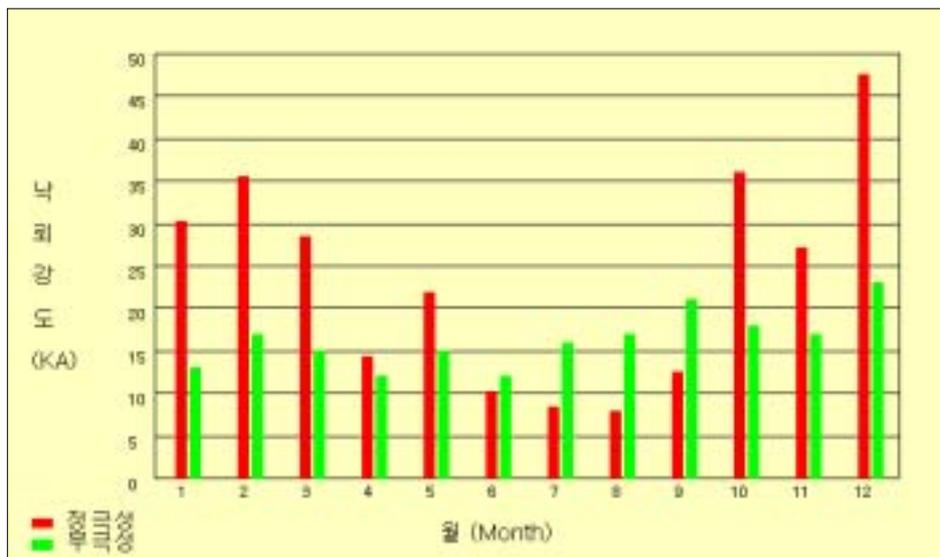


그림 38(b) 2004년 월별 평균 강도

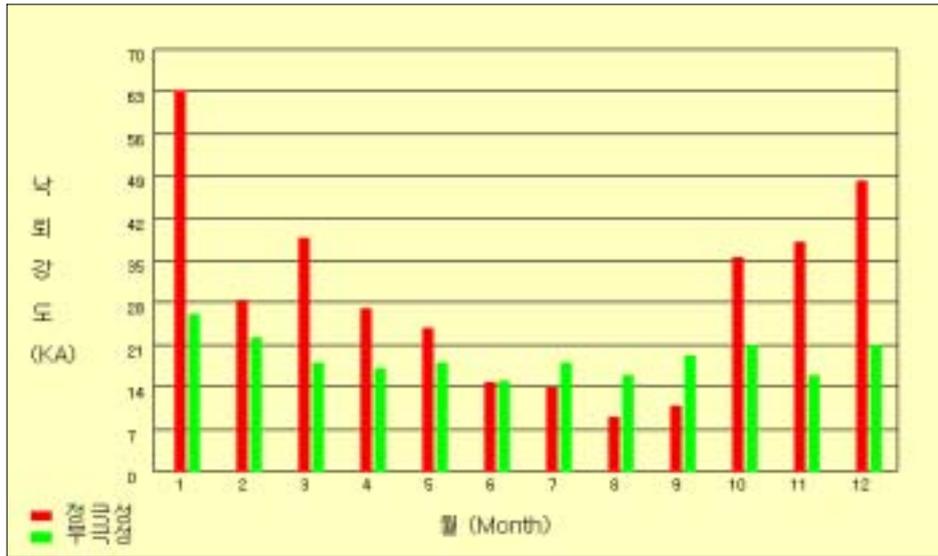


그림 38(c) 2005년 월별 평균 강도

나. 월별 극성율 빈도

최근 3년간 낙뢰의 월별 극성율은 그림39(a), 그림39(b), 그림39(c)와 같이 상대적으로 부극성 빈도가 크다. 여름철에 부극성율이 정극성에 비해 상대적으로 80~90% 이상 높게 발생 하였고 정극성 빈도가 작다. 부극성률의 발생빈도가 많으면서도 강도 분포에서는 정극성보다 약한 것을 볼 때 정극성의 낙뢰가 발생할 때 그 크기가 부극성에 비해 크다는 것을 알 수 있다.

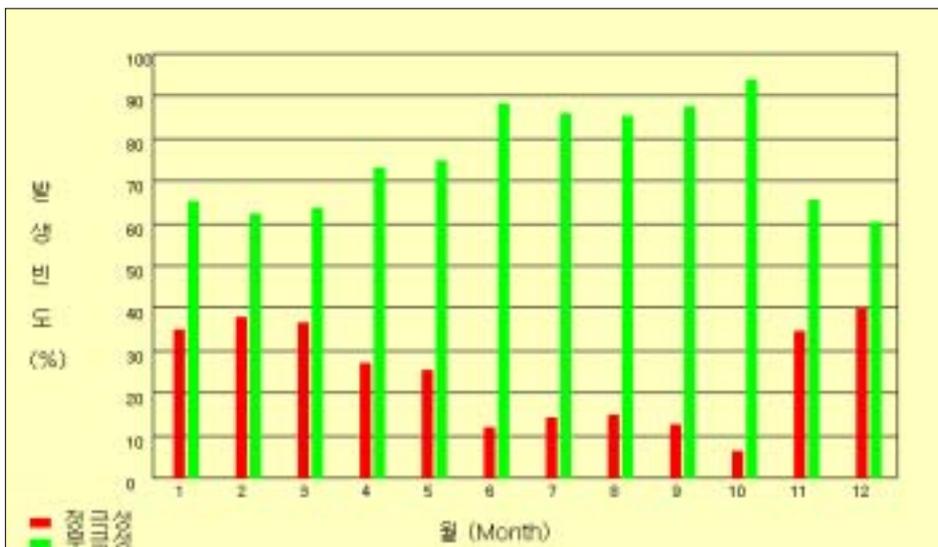


그림 39(a) 2003년 월별 극성율 빈도

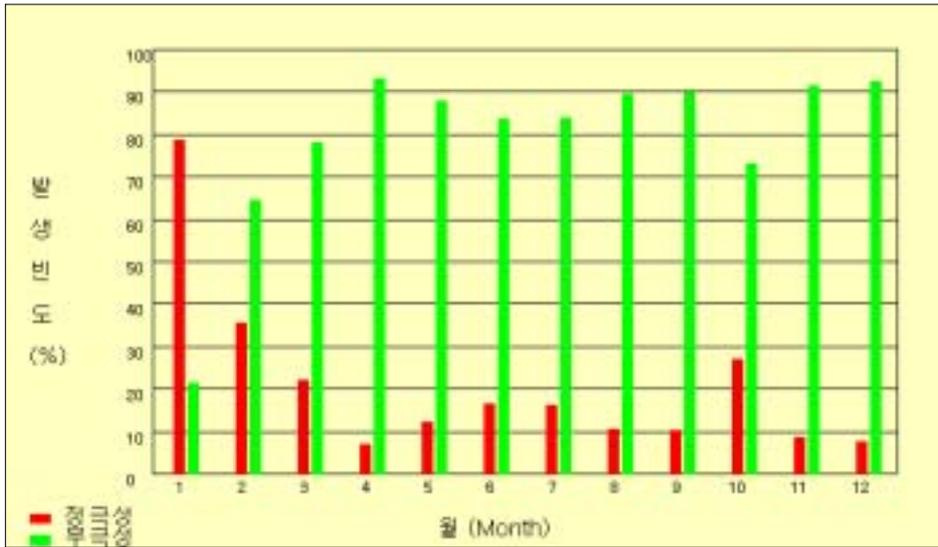


그림 39(b) 2004년 월별 극성율 빈도

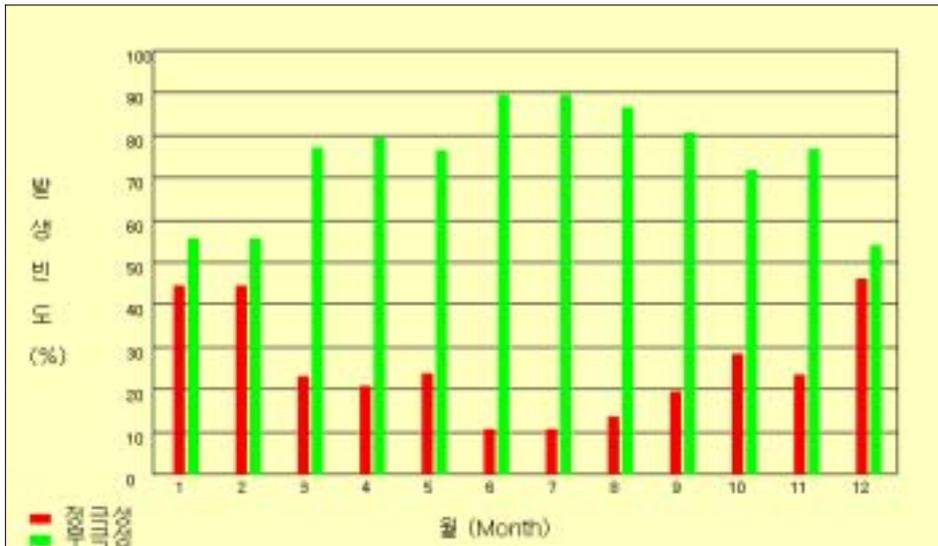


그림 39(c) 2005년 월별 극성율 빈도

다. 월별 최대 강도 및 일시

표 1 월별 최대 강도가 나타난 일시

월일	극성	시분초	위도	경도	강도(KA)
01.16	정극성	14:28:03.664	35.6749	129.6983	232.8
01.16	부극성	02:07:10.564	38.2181	131.8534	-86.0
02.01	정극성	20:12:34.154	33.5209	131.9701	168.1
02.15	부극성	20:55:10.879	32.1297	126.9996	-129.8
03.06	정극성	02:43:05.162	35.1753	131.0194	328.3
03.24	부극성	05:41:39.292	38.5911	131.6570	-121.8
04.27	정극성	02:30:32.179	38.8662	125.5002	230.4
04.27	부극성	15:52:12.572	38.6268	129.7240	-202.3
05.28	정극성	16:50:56.695	35.3647	126.8463	292.1
05.18	부극성	02:14:30.753	37.7670	125.5291	-182.0
06.14	정극성	01:52:00.720	37.6356	125.2137	290.1
06.02	부극성	17:31:38.481	39.4964	126.3145	-204.3
07.09	정극성	09:17:53.096	32.9909	126.2463	230.7
07.15	부극성	07:06:10.761	34.8857	128.6772	-273.6
08.06	정극성	15:00:47.252	33.8725	129.7193	277.1
08.10	부극성	03:26:54.657	33.4840	129.0167	-340.5
09.13	정극성	17:36:35.199	38.6379	128.4457	175.0
09.21	부극성	20:41:47.377	34.5939	125.5663	-216.2
10.30	정극성	12:21:23.583	36.8417	131.5341	214.7
10.14	부극성	09:34:09.752	35.5227	131.6832	-157.6
11.23	정극성	20:17:09.344	36.9313	126.0607	339.3
11.23	부극성	20:11:22.527	36.6526	126.5381	-245.5
12.07	정극성	06:10:29.079	36.6826	131.7432	320.9
12.06	부극성	04:58:02.686	35.4084	131.4082	-300.5

표1에서는 2005년 분석기간 동안 낙뢰의 최대강도가 나타났던 위치 및 시간 정보를 보여주고 있다. 대부분 해상에서 발생하였으며, 내륙에서는 충청남도 와 전라남도 지역에서 최대강도가 나타났다.(그림 40)

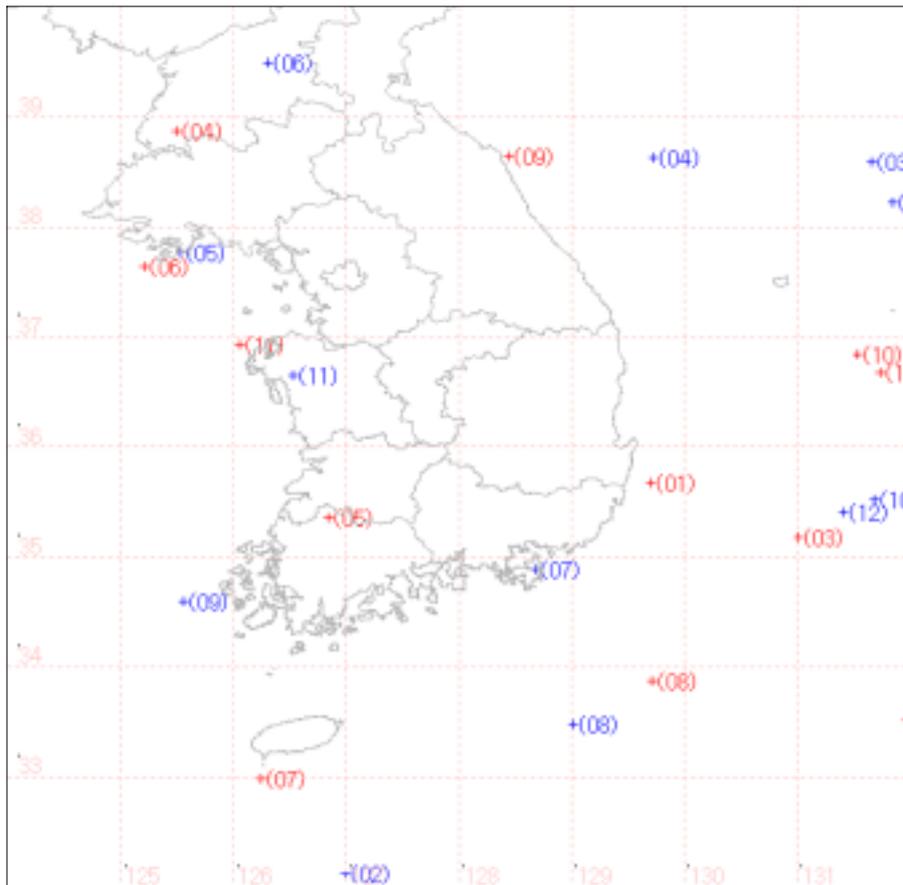


그림 40 월별 최대 강도 발생 위치

5. 연도별 낙뢰 발생 횟수

신 낙뢰 시스템이 도입(2001. 10월)된 이후 2002년부터 최근 3년간 발생한 낙뢰 총 회수는 아래 그림 41과 같이 2002년에는 약 95만회, 2003년에는 약 135만회, 2004년에는 약 93만회, 2005년에 약 130만회 나타났다. 4년간의 발생분포로 전체적인 경향을 설명하기는 어렵지만, 2년의 주기로 발생빈도의 증감경향을 보였다.

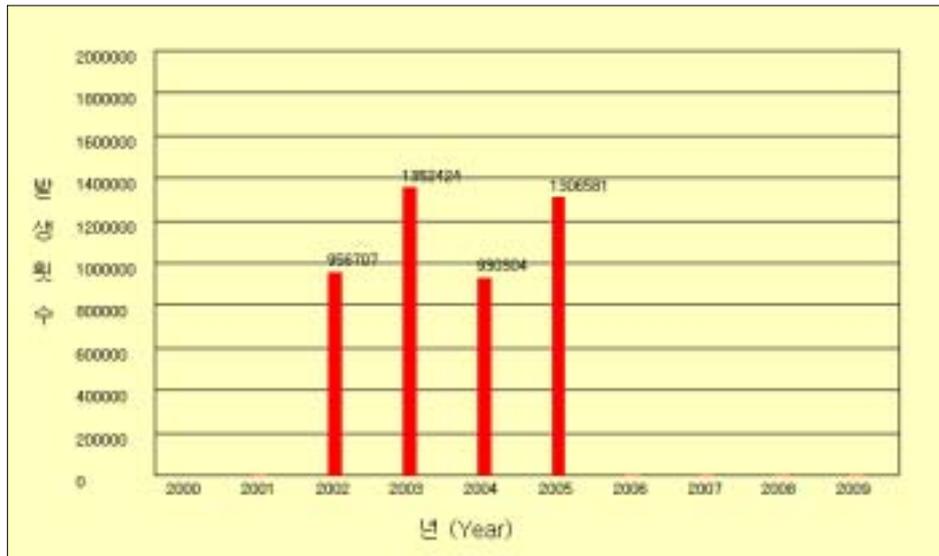


그림 41 연도별 낙뢰 발생 횟수

Ⅲ. 부 록

A. 도시별 낙뢰발생 횟수

가. 서울

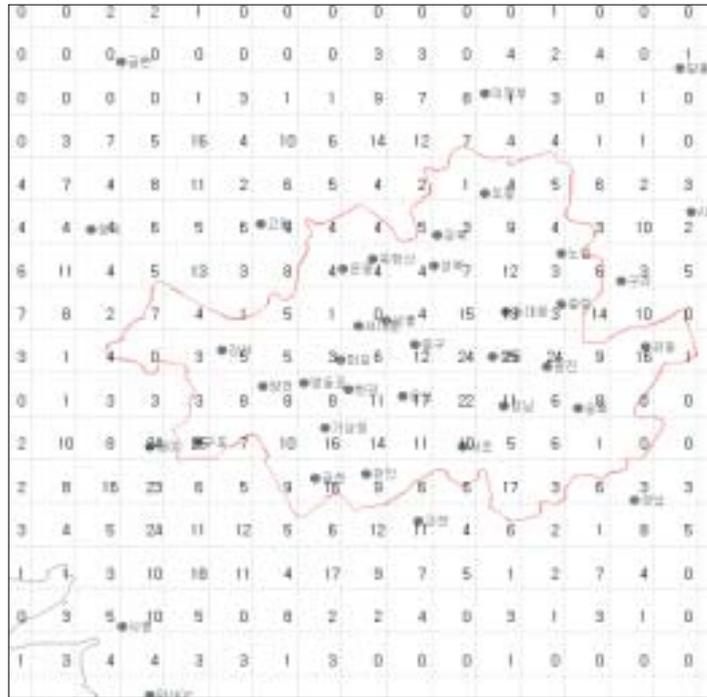


그림 A(a) 2005년 4월 서울지역 낙뢰발생 횟수

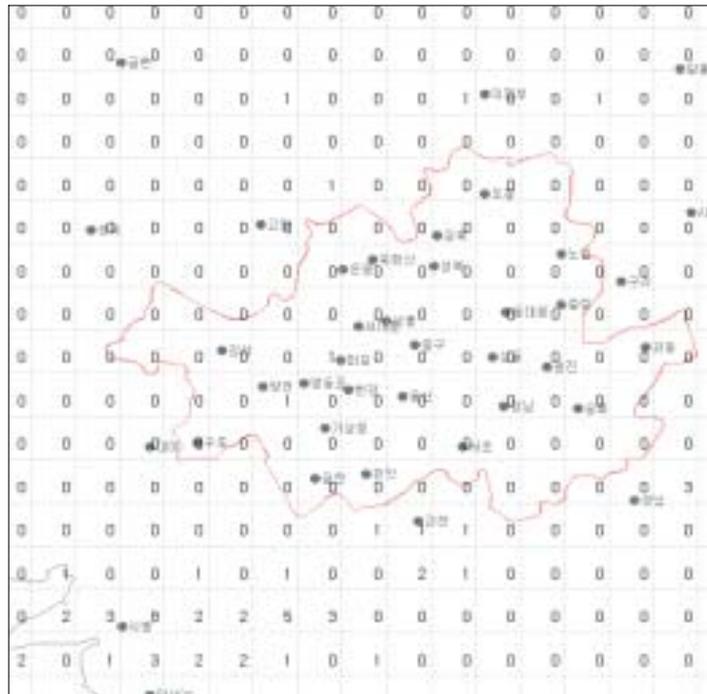


그림 A(b) 2005년 5월 서울지역 낙뢰발생 횟수

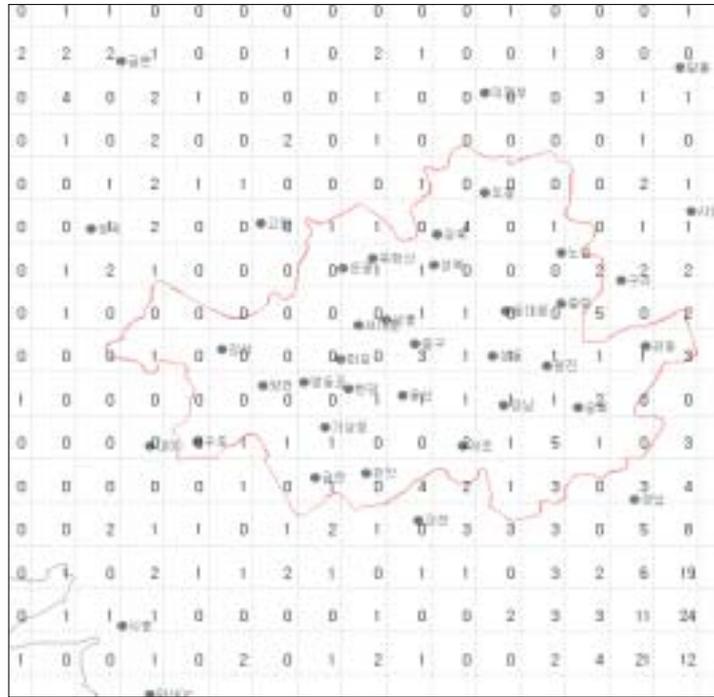


그림 A(c) 2005년 6월 서울지역 낙뢰발생 횟수

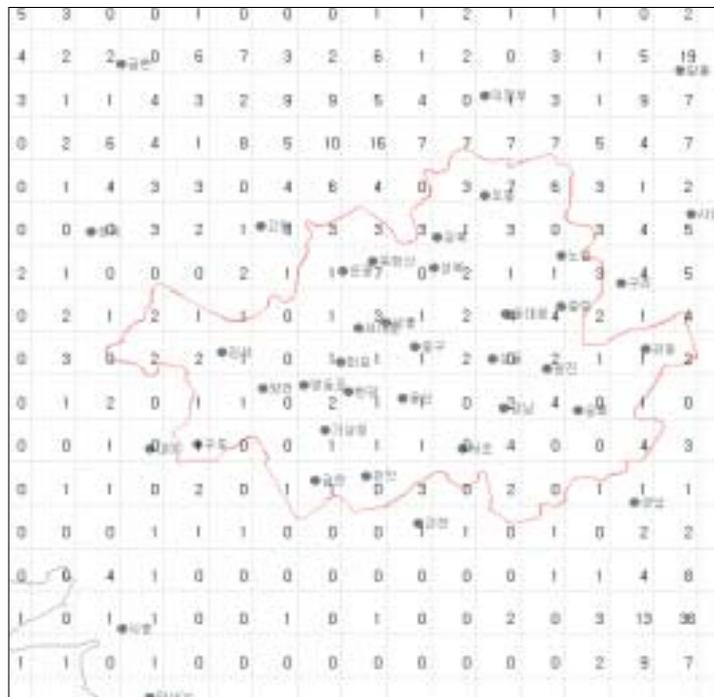


그림 A(d) 2005년 7월 서울지역 낙뢰발생 횟수

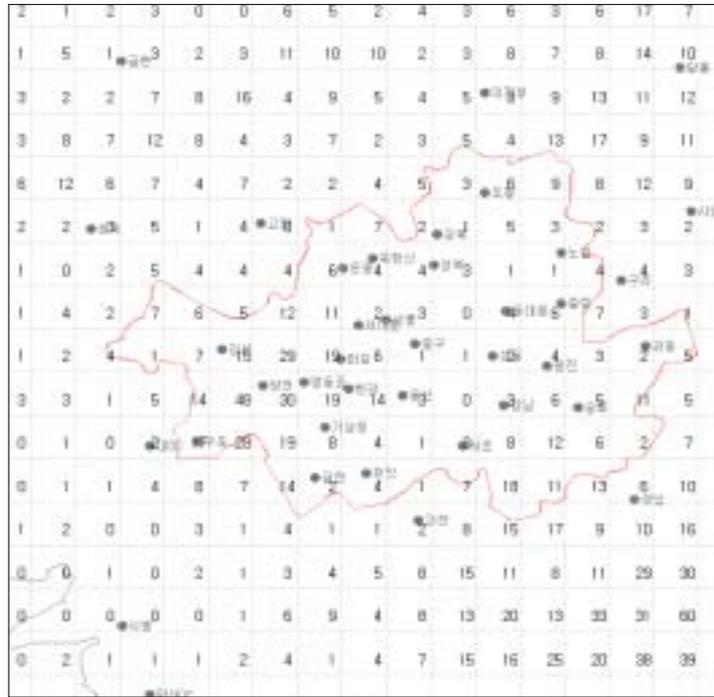


그림 A(e) 2005년 8월 서울지역 낙뢰발생 횟수

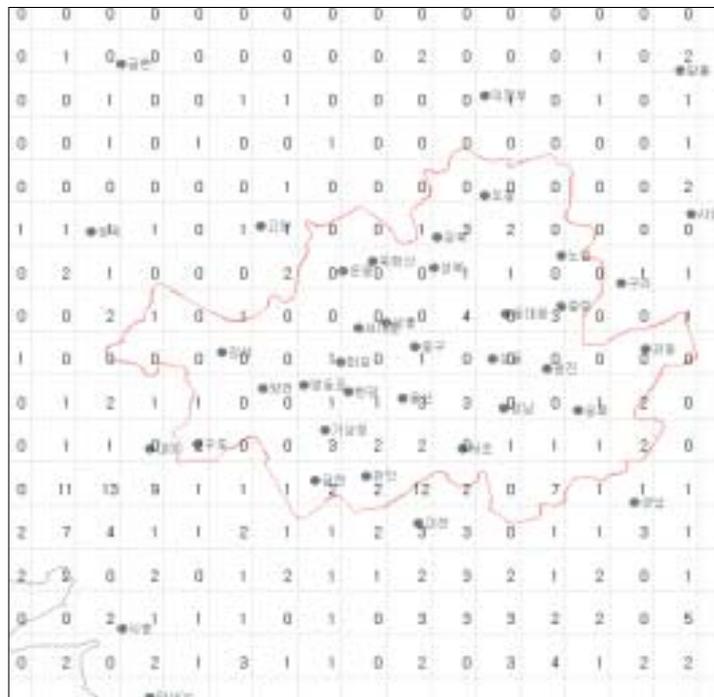


그림 A(f) 2005년 9월 서울지역 낙뢰발생 횟수

나. 부산

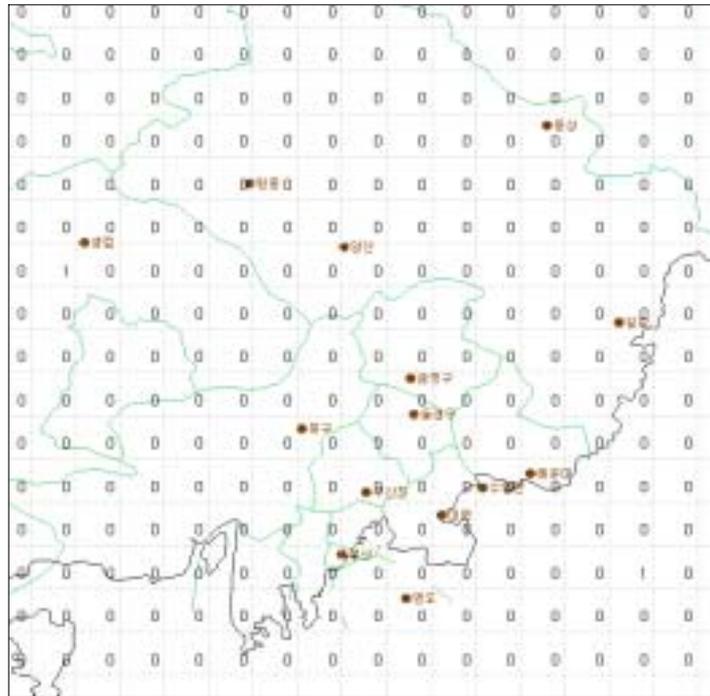


그림 B(a) 2005년 4월 부산지역 낙뢰발생 횟수

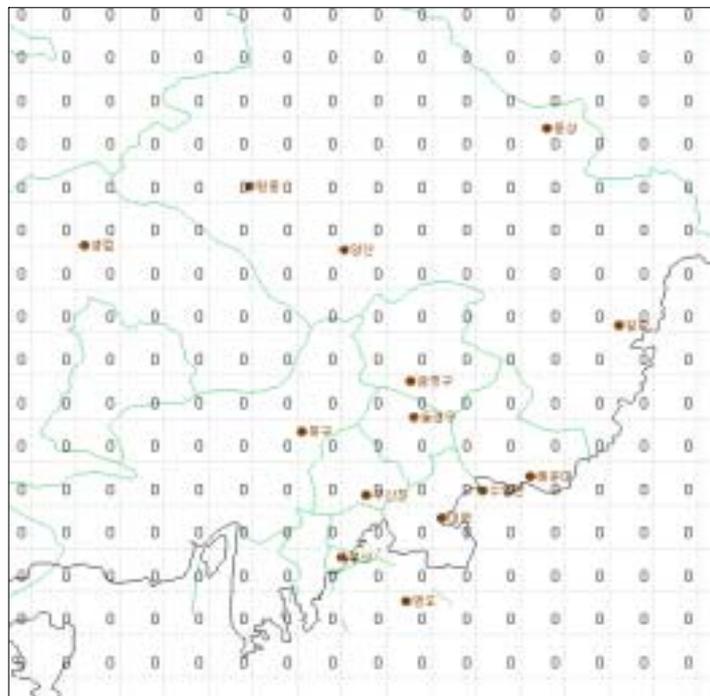


그림 B(b) 2005년 5월 부산지역 낙뢰발생 횟수

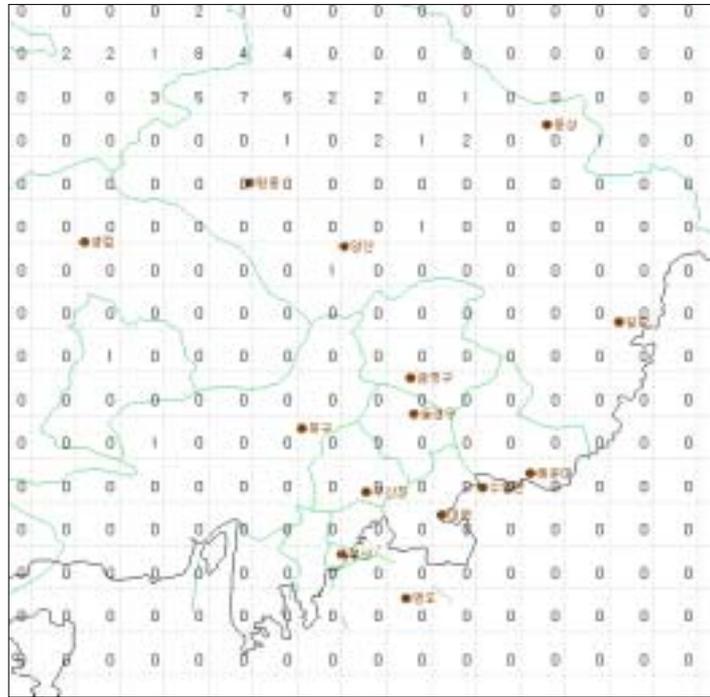


그림 B(c) 2005년 6월 부산지역 낙뢰발생 횟수

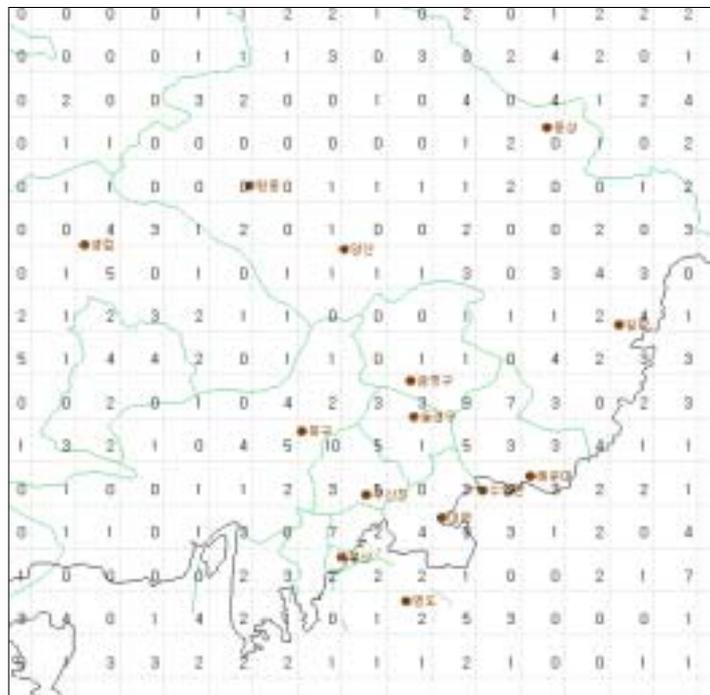


그림 B(d) 2005년 7월 부산지역 낙뢰발생 횟수

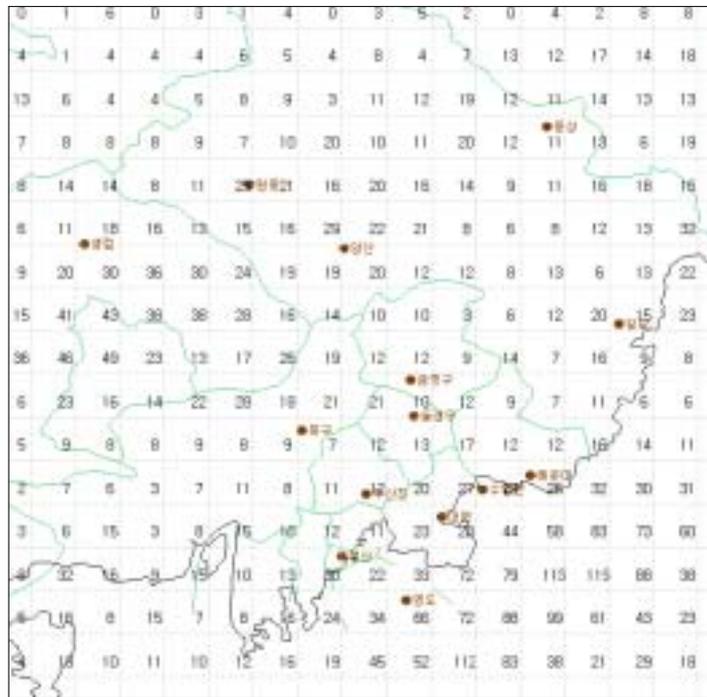


그림 B(e) 2005년 8월 부산지역 낙뢰발생 횟수

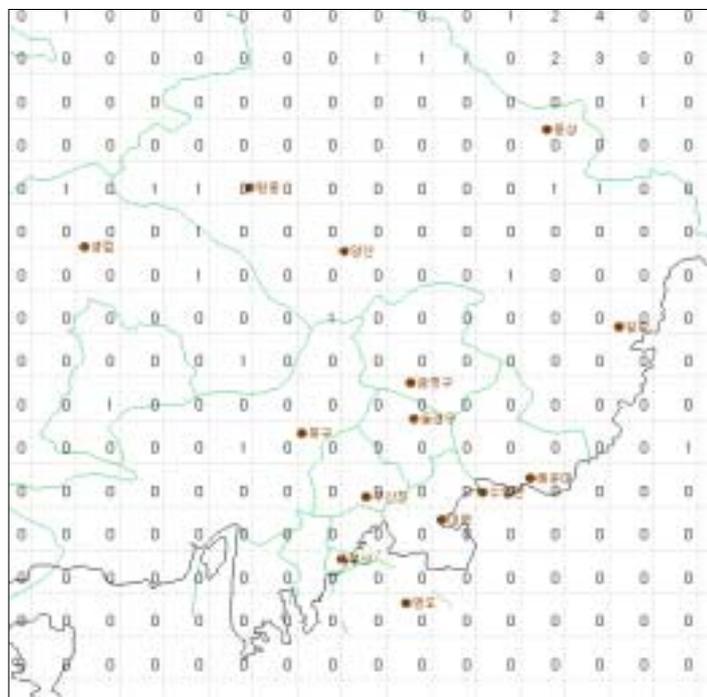


그림 B(f) 2005년 9월 부산지역 낙뢰발생 횟수

다. 대전

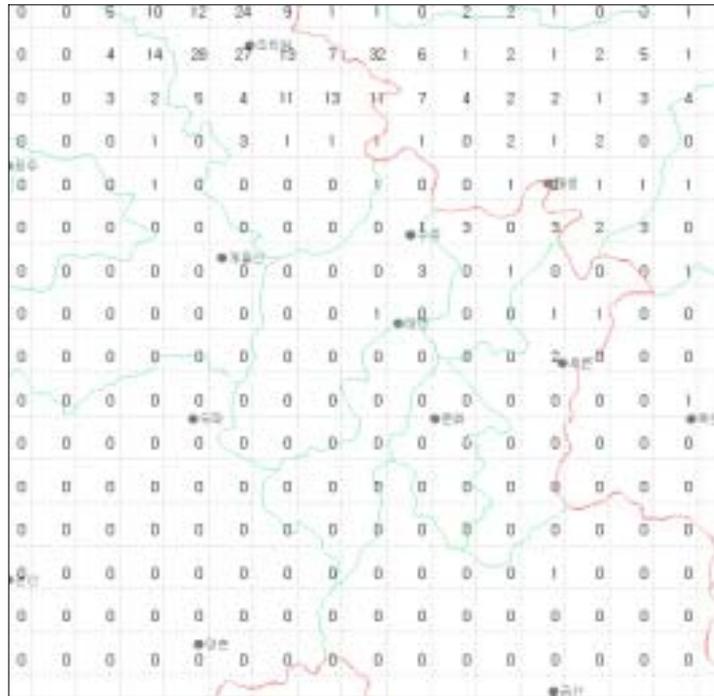


그림 C(a) 2005년 4월 대전지역 낙뢰발생 횟수

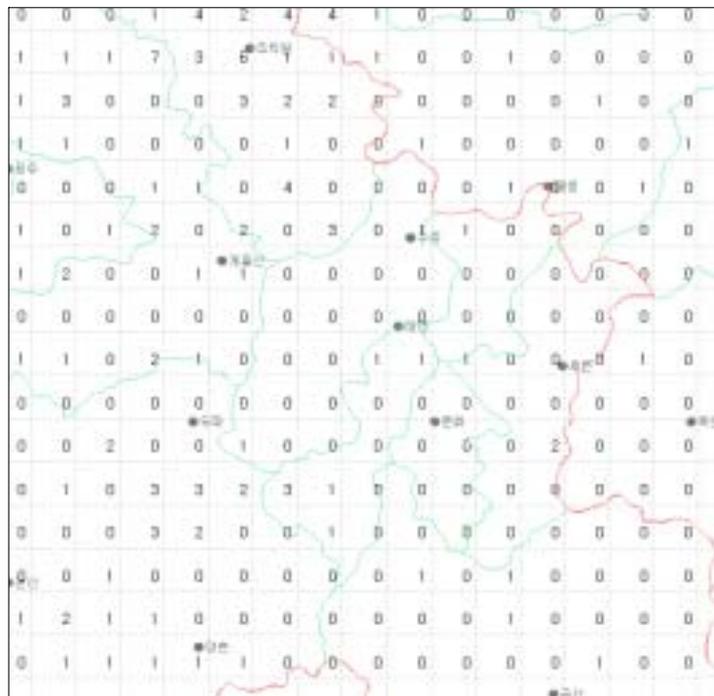


그림 C(b) 2005년 5월 대전지역 낙뢰발생 횟수

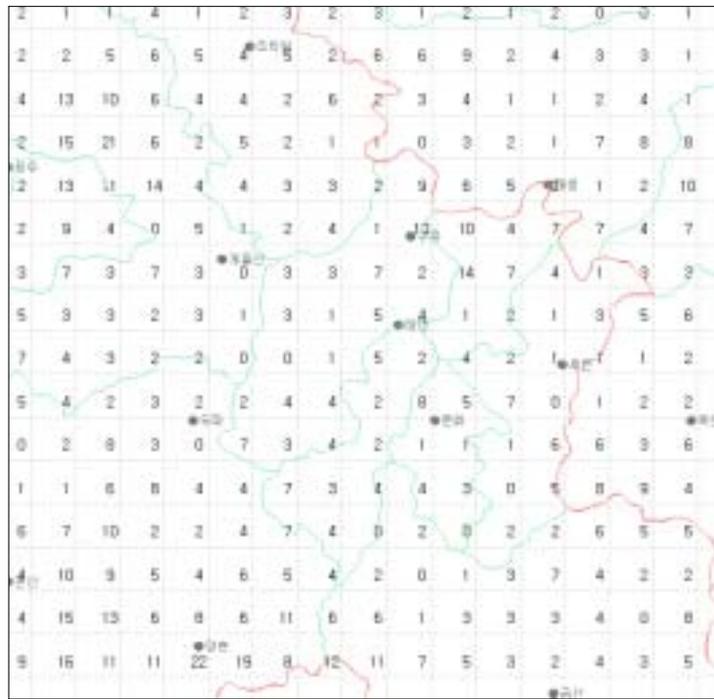


그림 C(c) 2005년 6월 대전지역 낙뢰발생 횟수

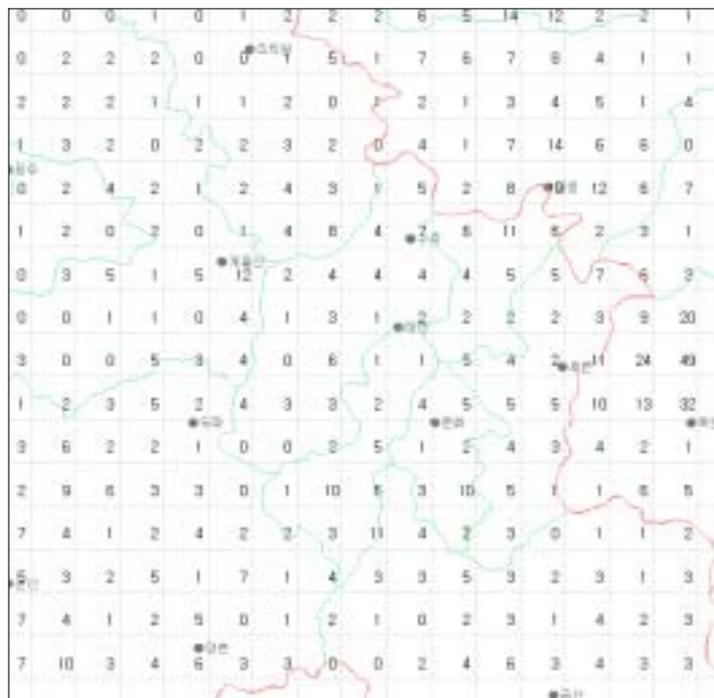


그림 C(d) 2005년 7월 대전지역 낙뢰발생 횟수

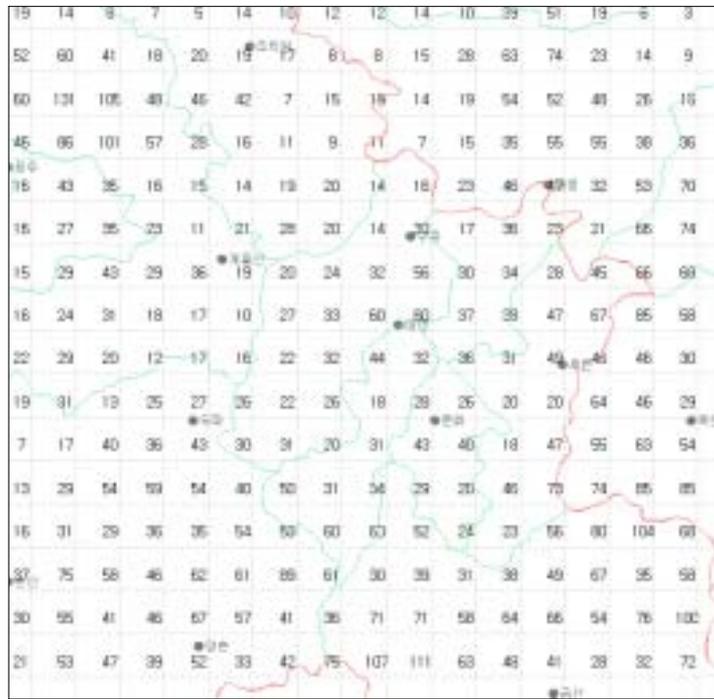


그림 C(e) 2005년 8월 대전지역 낙뢰발생 횟수

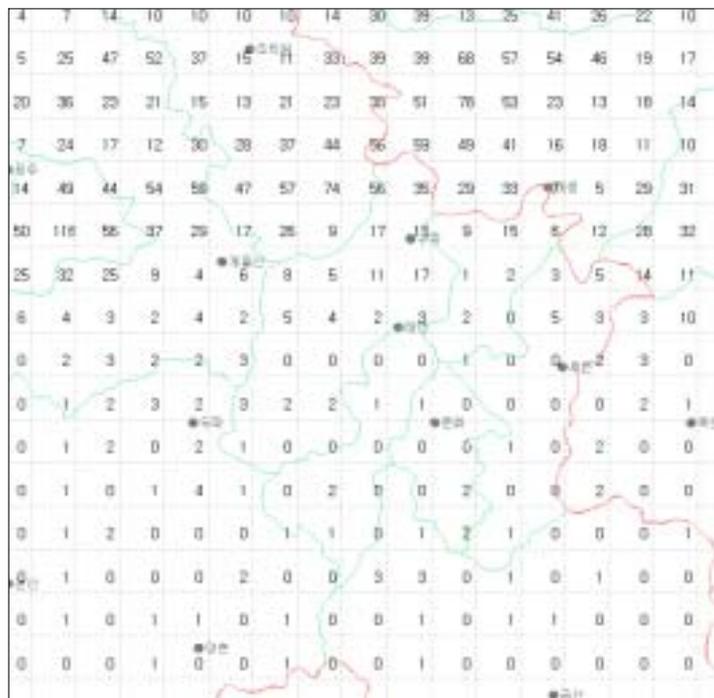


그림 C(f) 2005년 9월 대전지역 낙뢰발생 횟수

라. 광주

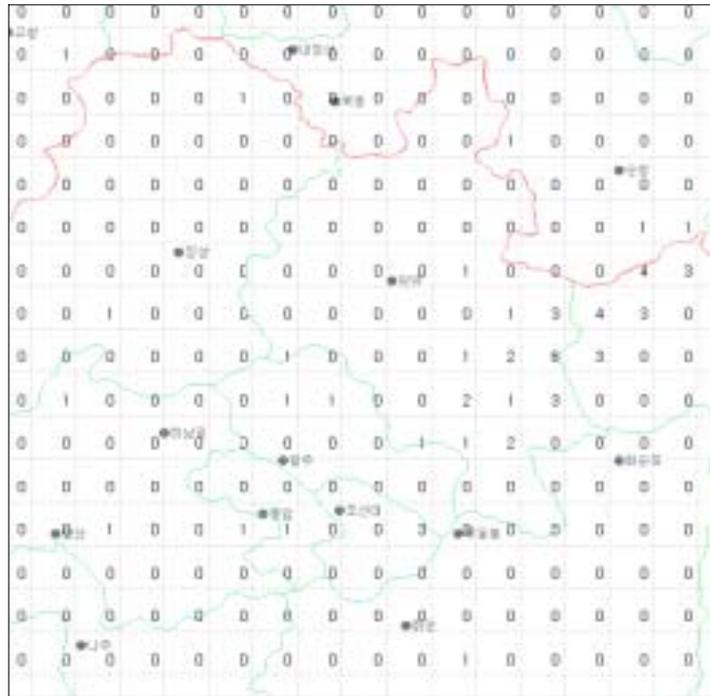


그림 D(a) 2005년 4월 광주지역 낙뢰발생 횟수

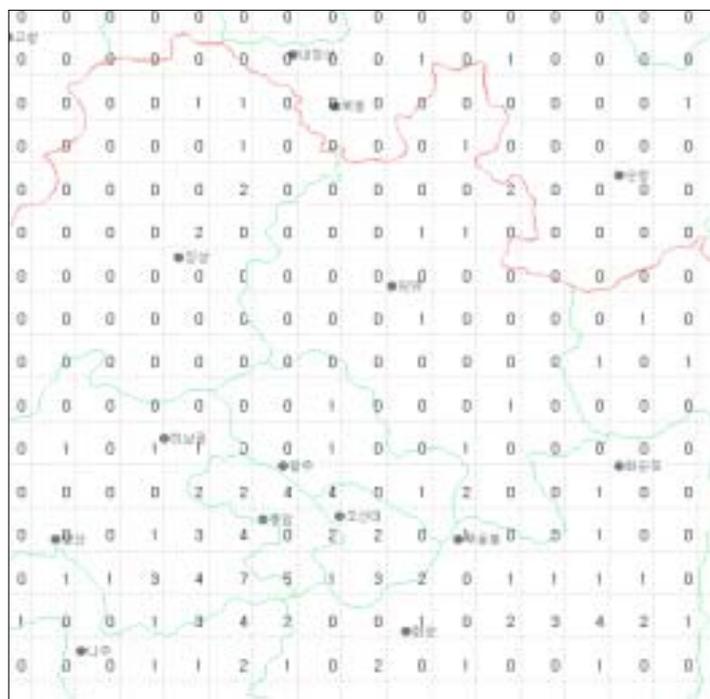


그림 D(b) 2005년 5월 광주지역 낙뢰발생 횟수

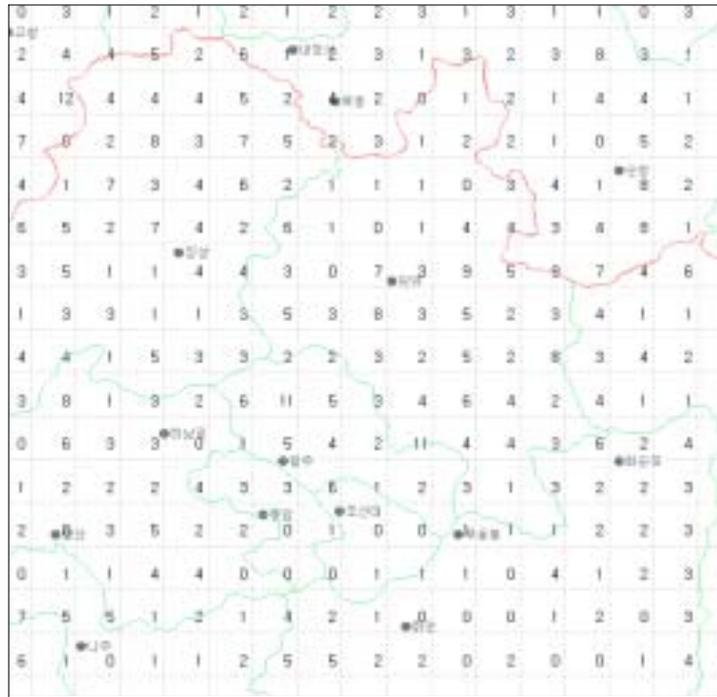


그림 D(c) 2005년 6월 광주지역 낙뢰발생 횟수

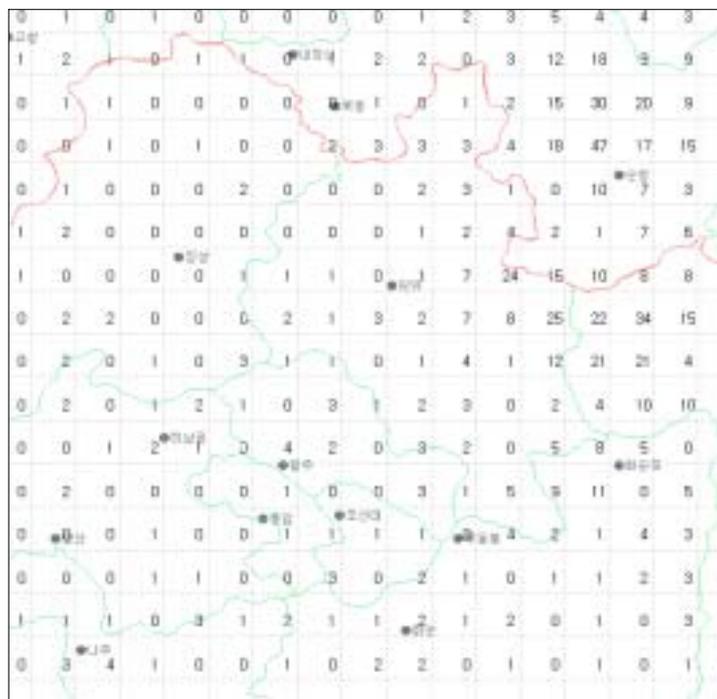


그림 D(e) 2005년 7월 광주지역 낙뢰발생 횟수

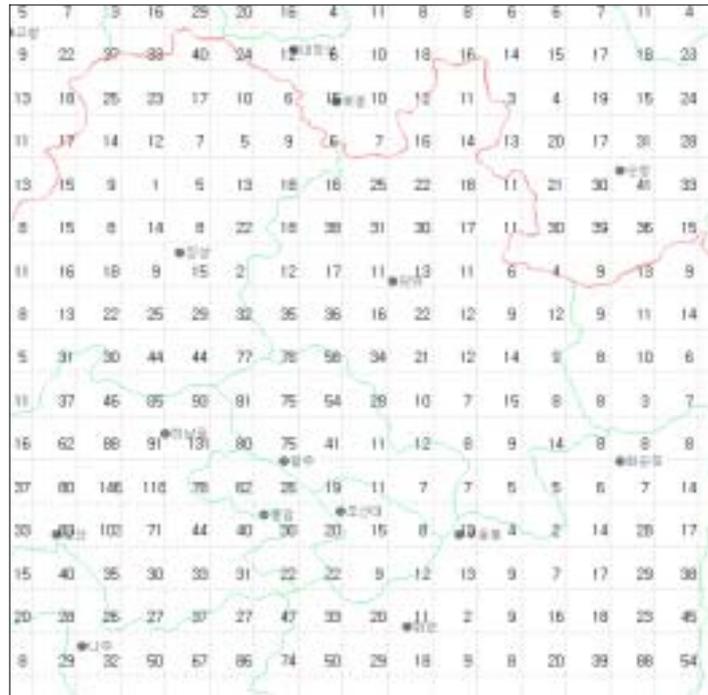


그림 D(f) 2005년 8월 광주지역 낙뢰발생 횟수

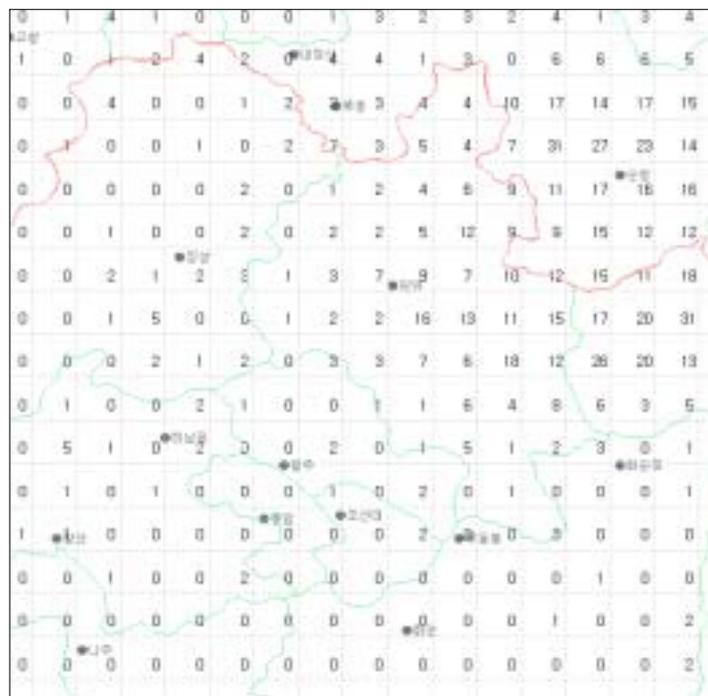


그림 D(g) 2005년 9월 광주지역 낙뢰발생 횟수

마. 인천

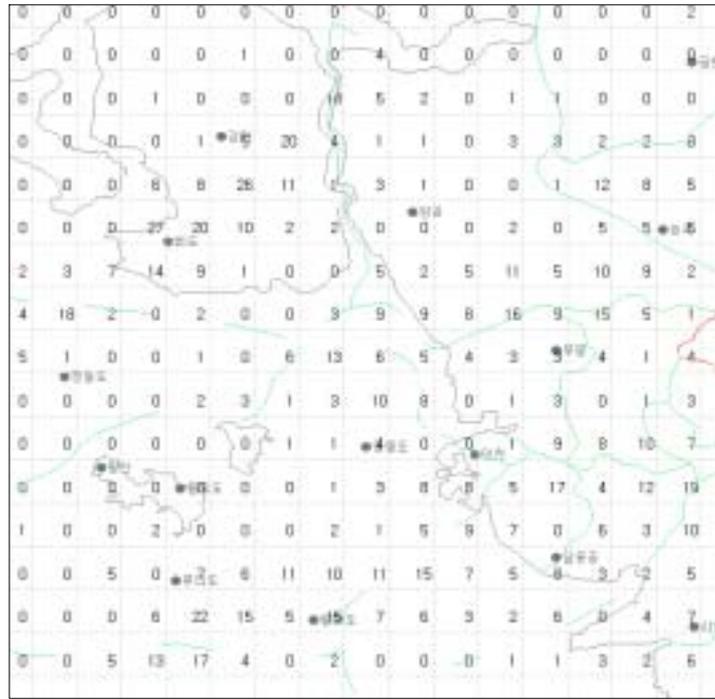


그림 E(a) 2005년 4월 인천지역 낙뢰발생 횟수

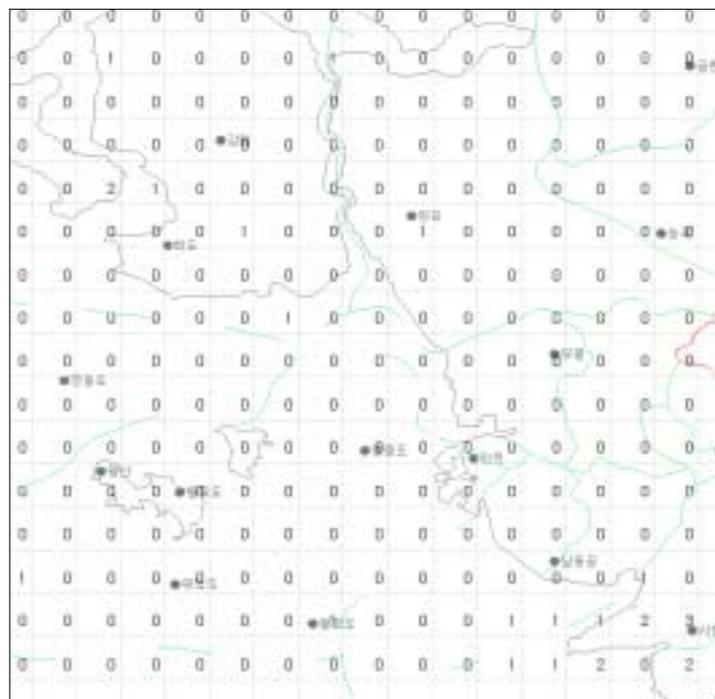


그림 E(b) 2005년 5월 인천지역 낙뢰발생 횟수

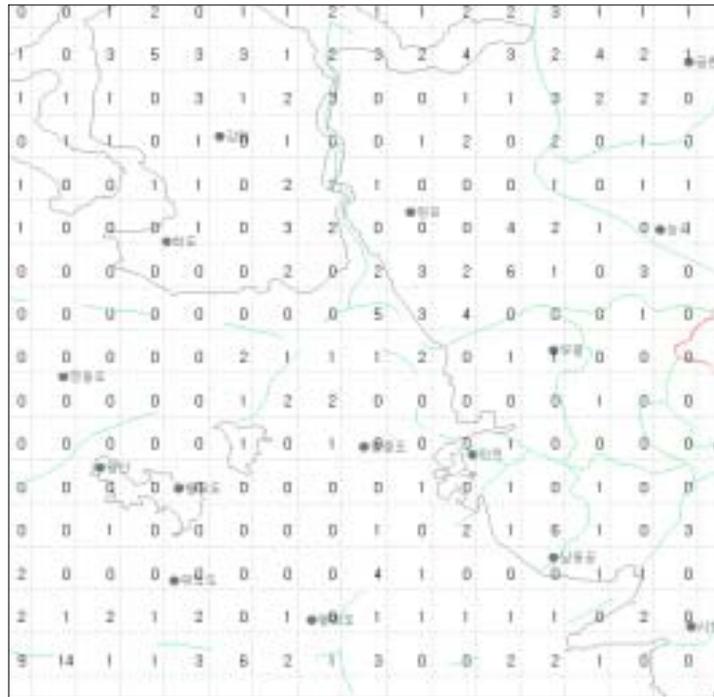


그림 E(c) 2005년 6월 인천지역 낙뢰발생 횟수

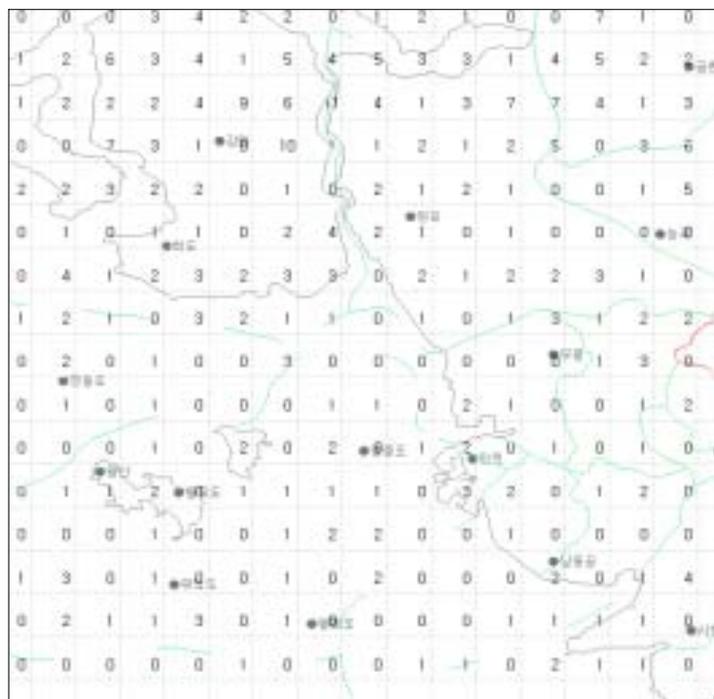


그림 E(d) 2005년 7월 인천지역 낙뢰발생 횟수

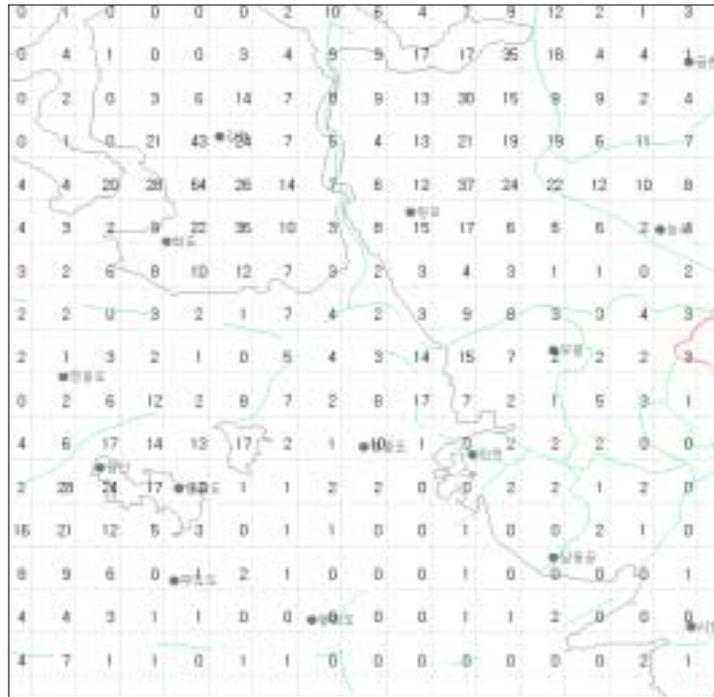


그림 E(e) 2005년 8월 인천지역 낙뢰발생 횟수

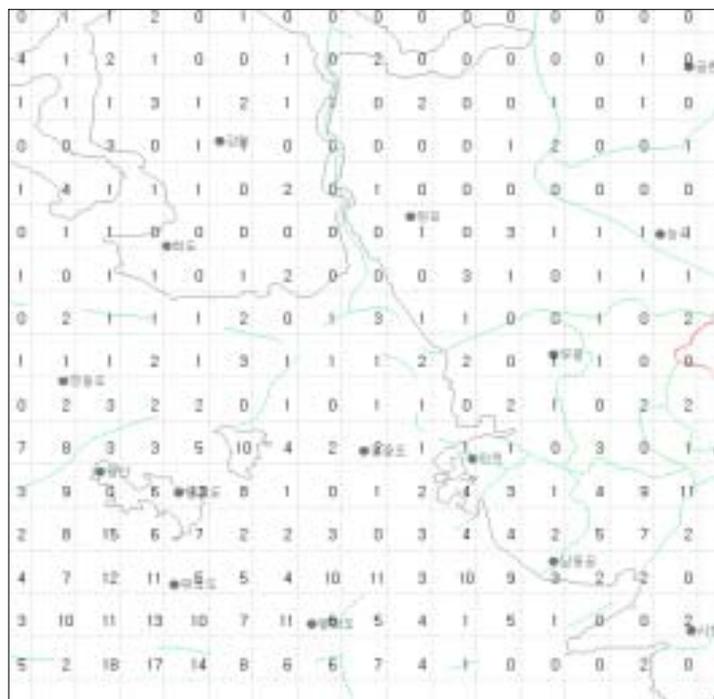


그림 E(f) 2005년 9월 인천지역 낙뢰발생 횟수

바. 강릉

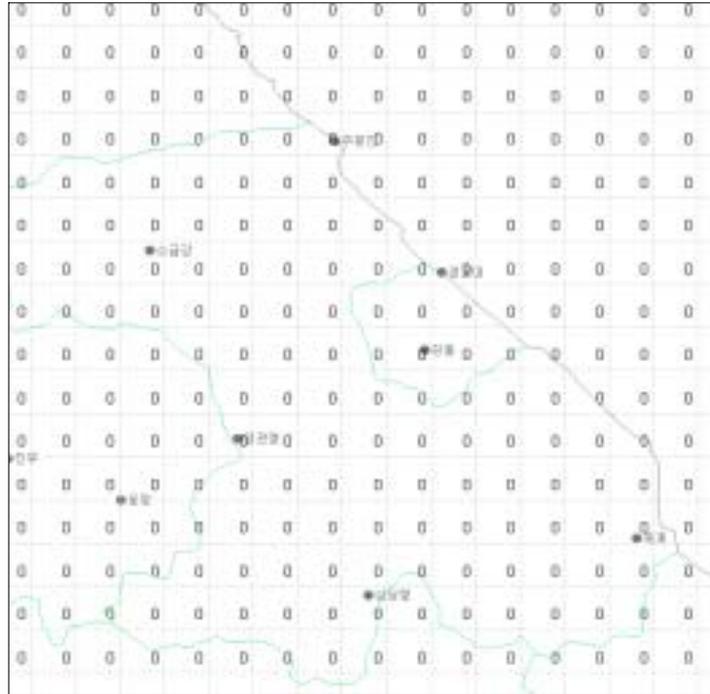


그림 F(a) 2005년 4월 강릉지역 낙뢰발생 횟수

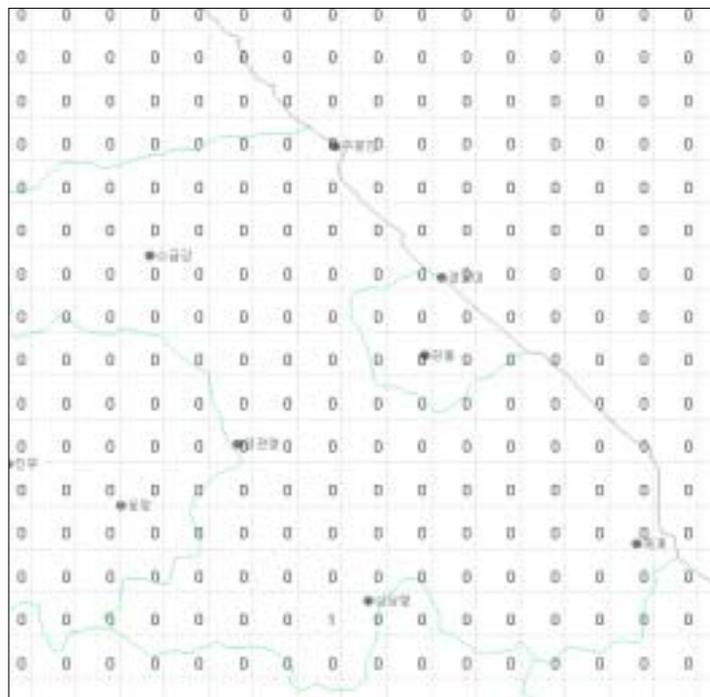


그림 F(b) 2005년 5월 강릉지역 낙뢰발생 횟수

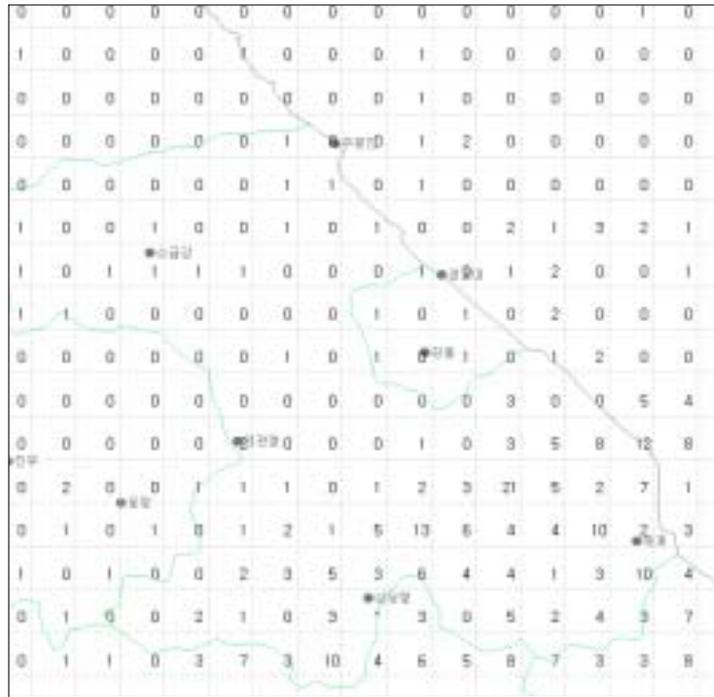


그림 F(c) 2005년 6월 강릉지역 낙뢰발생 횟수

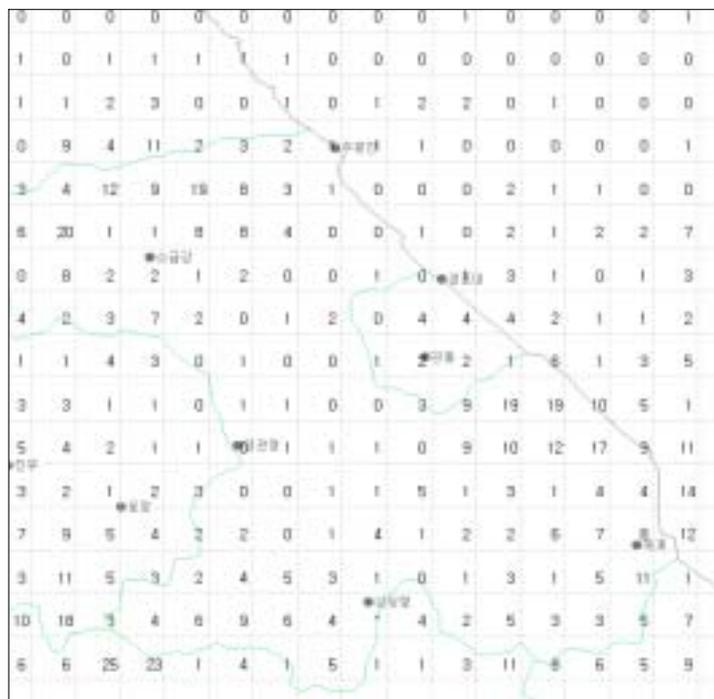


그림 F(d) 2005년 7월 강릉지역 낙뢰발생 횟수

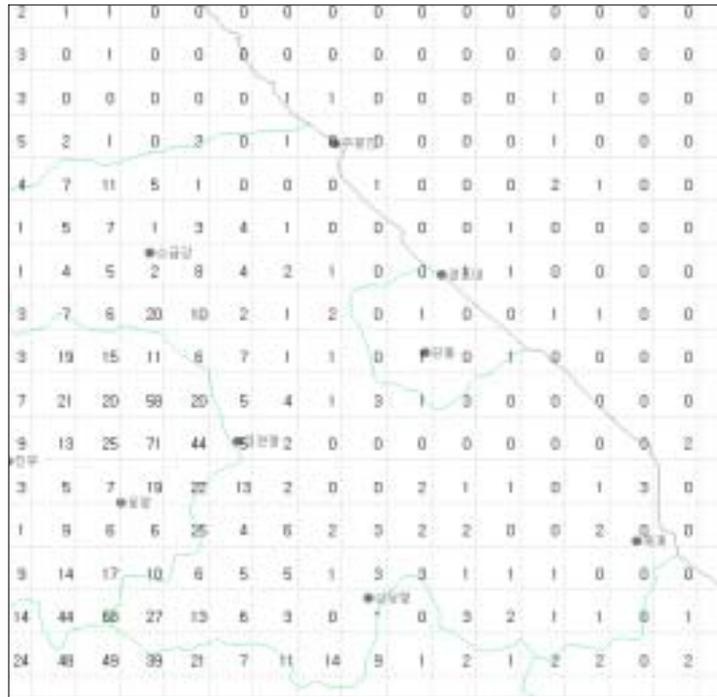


그림 F(e) 2005년 8월 강릉지역 낙뢰발생 횟수

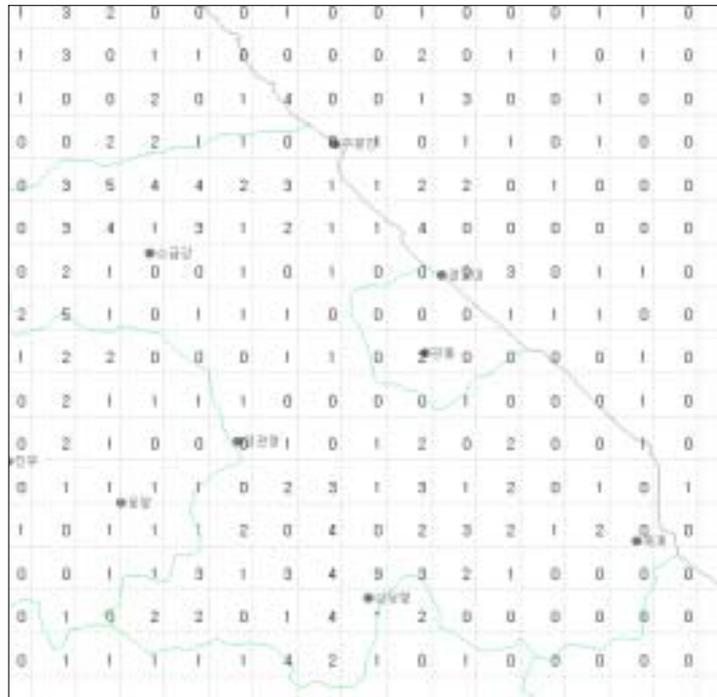


그림 F(f) 2005년 9월 강릉지역 낙뢰발생 횟수

B. 지역별 낙뢰 발생 횟수

가. 경기도

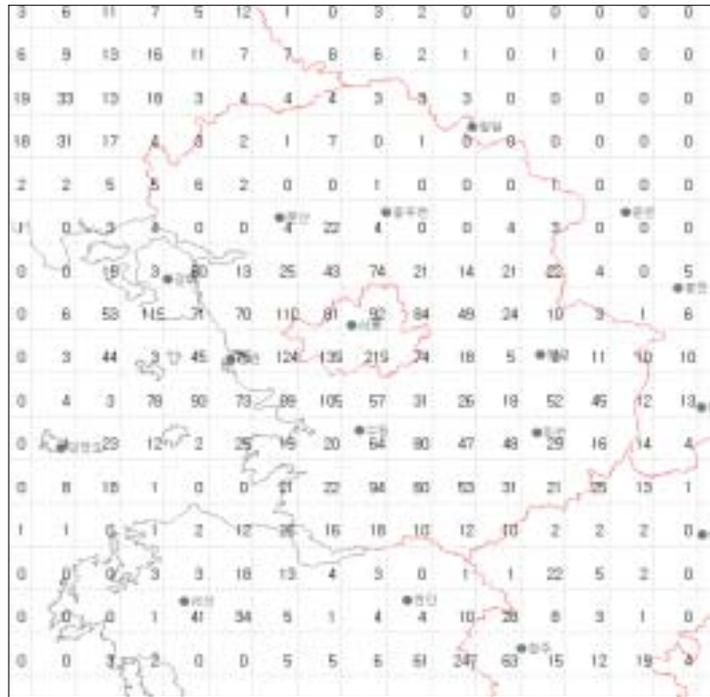


그림 G(a) 2005년 4월 경기도지역 낙뢰발생 횟수

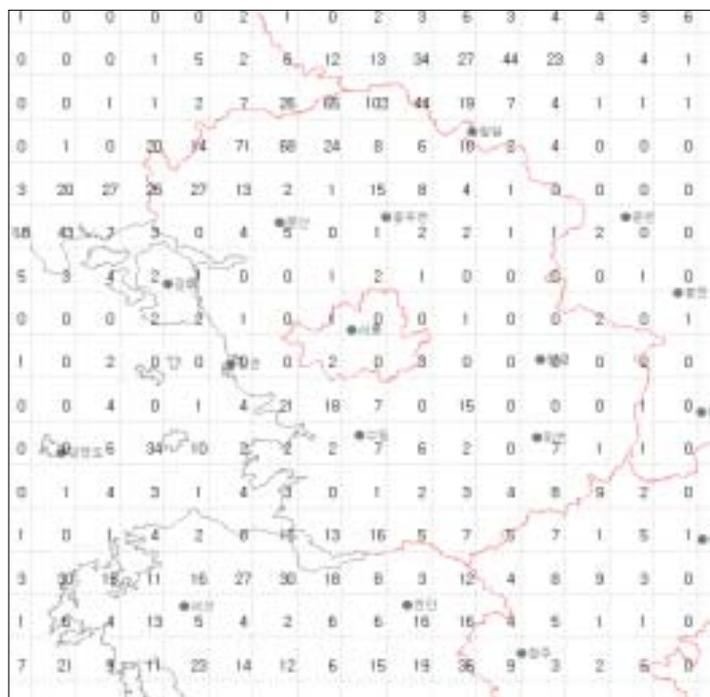


그림 G(b) 2005년 5월 경기도지역 낙뢰발생 횟수

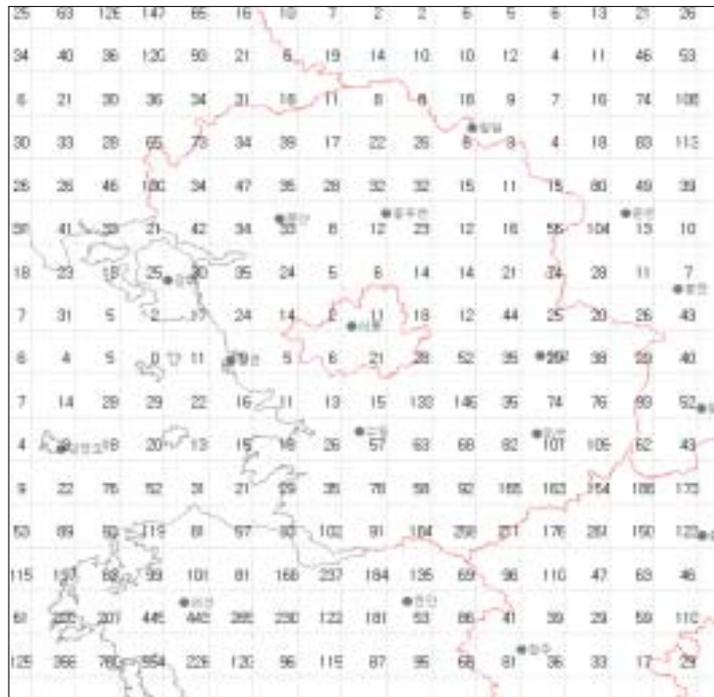


그림 G(c) 2005년 6월 경기도지역 낙뢰발생 횟수

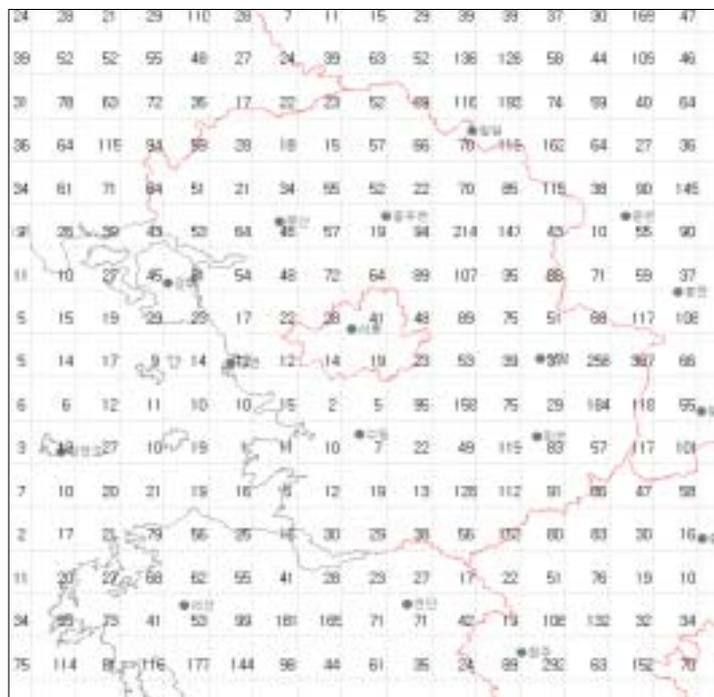


그림 G(d) 2005년 7월 경기도지역 낙뢰발생 횟수

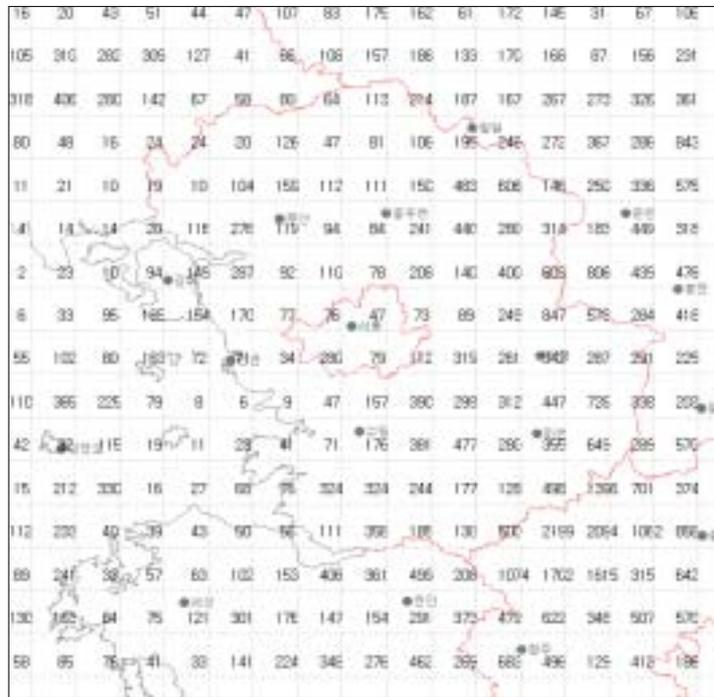


그림 G(e) 2005년 8월 경기도지역 낙뢰발생 횟수

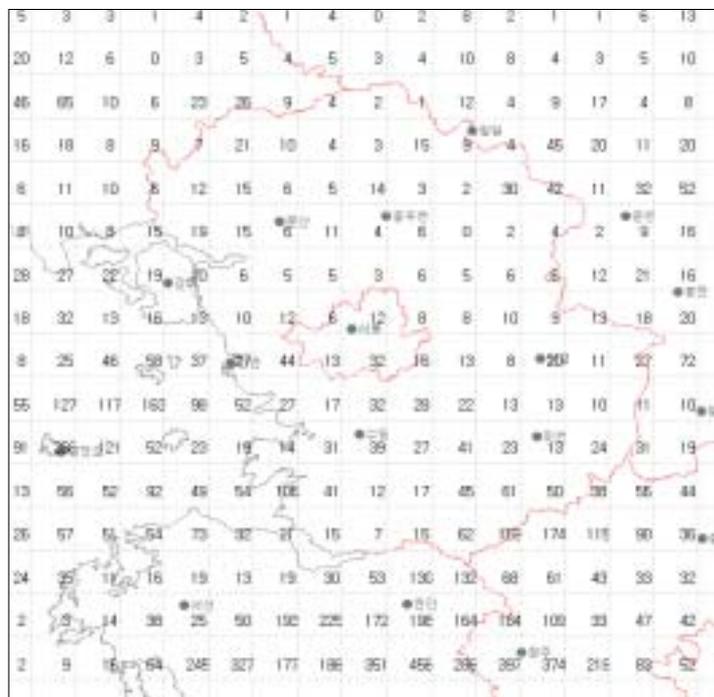


그림 G(f) 2005년 9월 경기도지역 낙뢰발생 횟수

다. 강원도

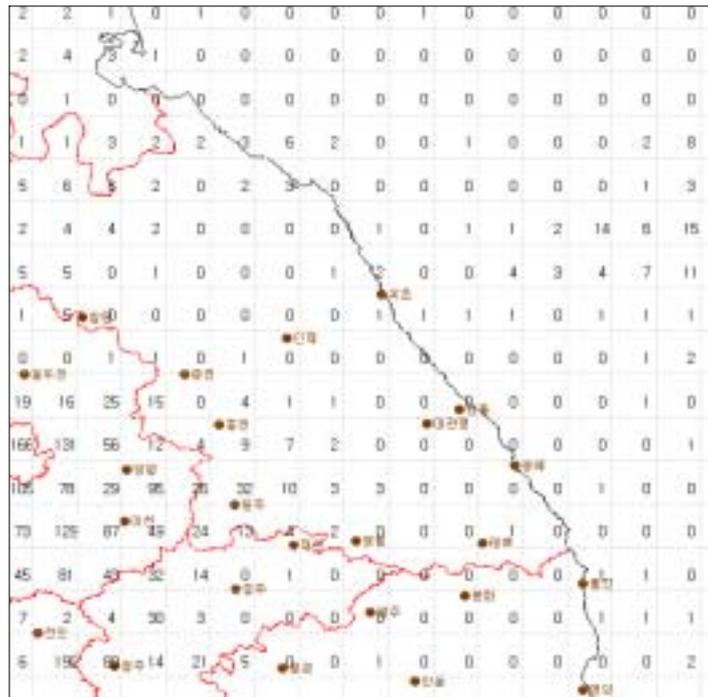


그림 43(a) 2005년 4월 강원도지역 낙뢰발생 횟수

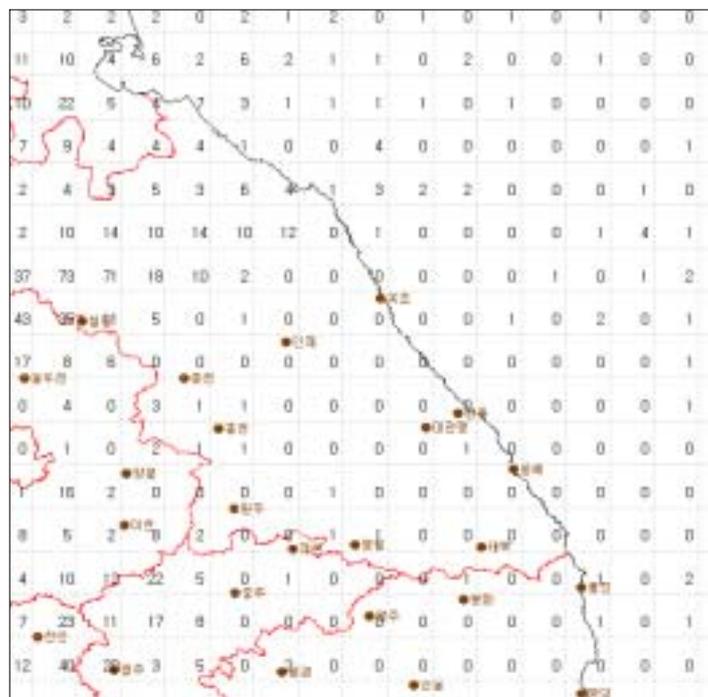


그림 43(b) 2005년 5월 강원도지역 낙뢰발생 횟수

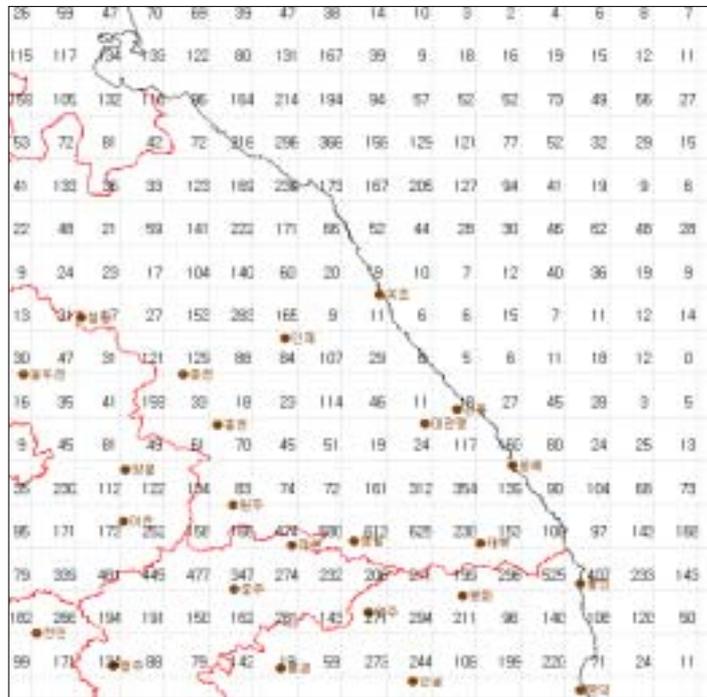


그림 43(c) 2005년 6월 강원도지역 낙뢰발생 횟수

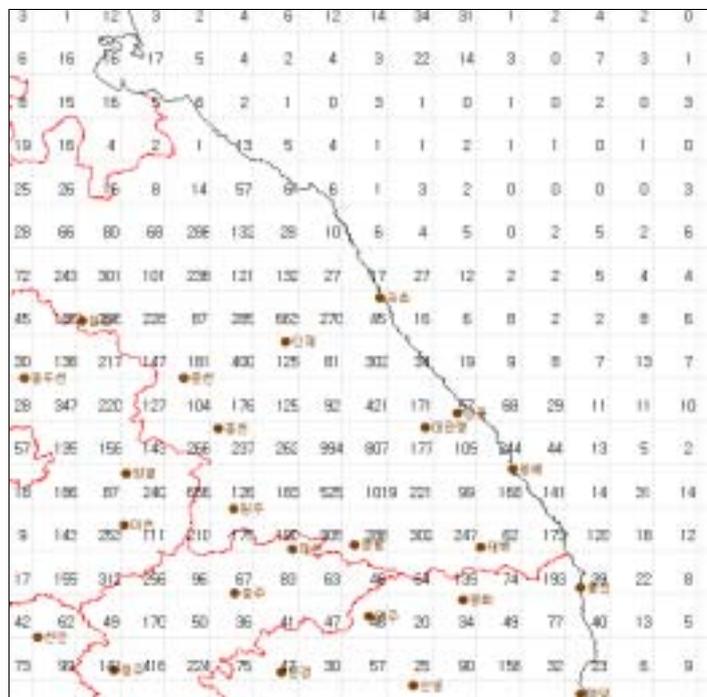


그림 43(d) 2005년 7월 강원도지역 낙뢰발생 횟수

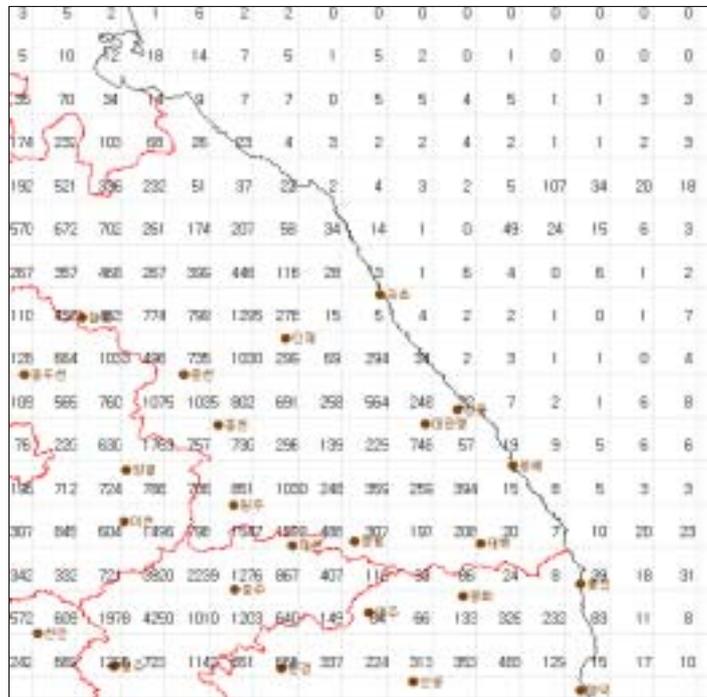


그림 43(e) 2005년 8월 강원도지역 낙뢰발생 횟수

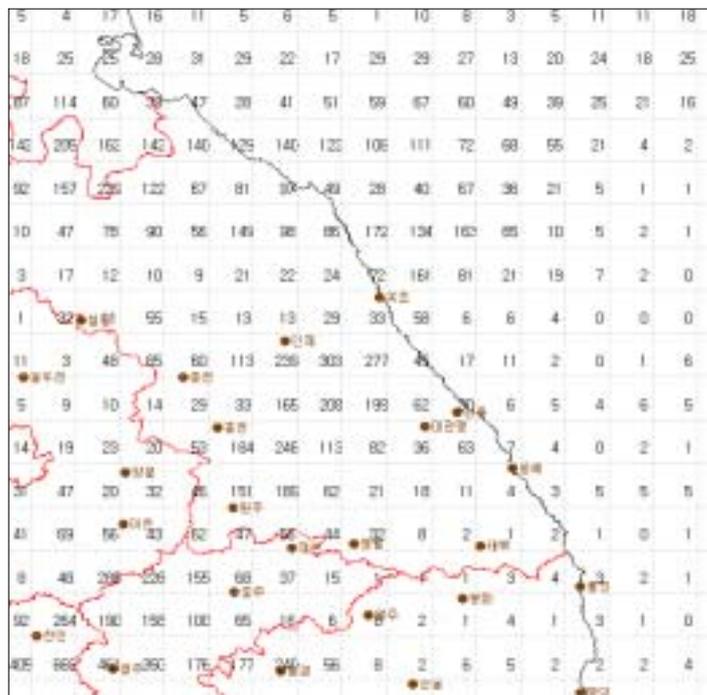


그림 43(f) 2005년 9월 강원도지역 낙뢰발생 횟수

라. 충청도

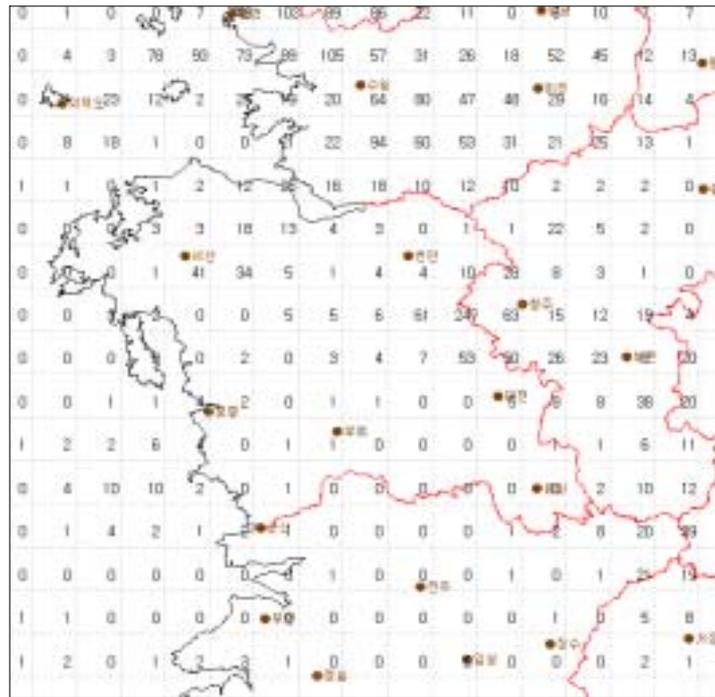


그림 44(a) 2005년 4월 충청도지역 낙뢰발생 횟수

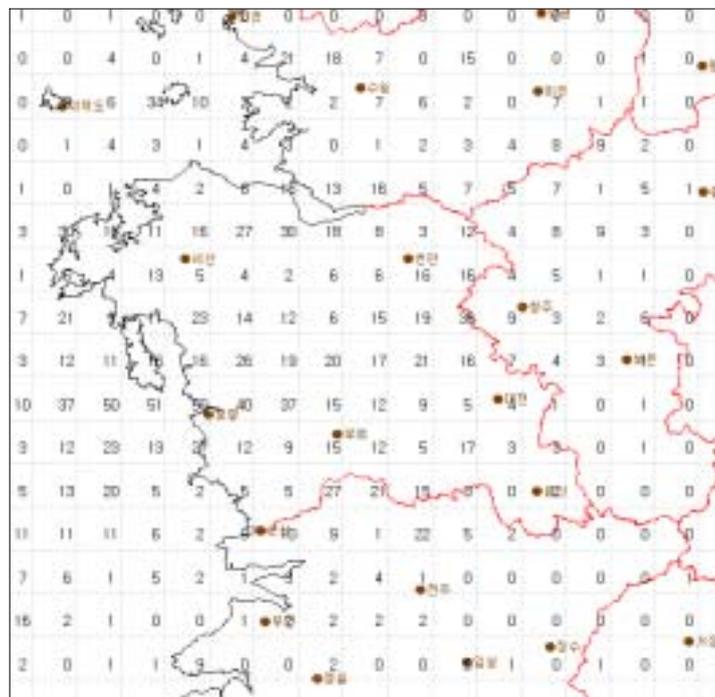


그림 44(b) 2005년 5월 충청도지역 낙뢰발생 횟수

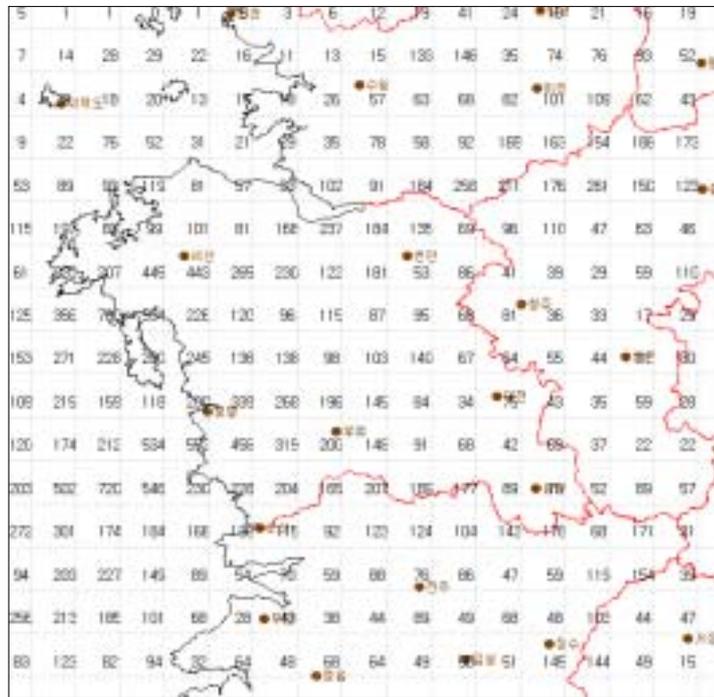


그림 44(c) 2005년 6월 충청도지역 낙뢰발생 횟수

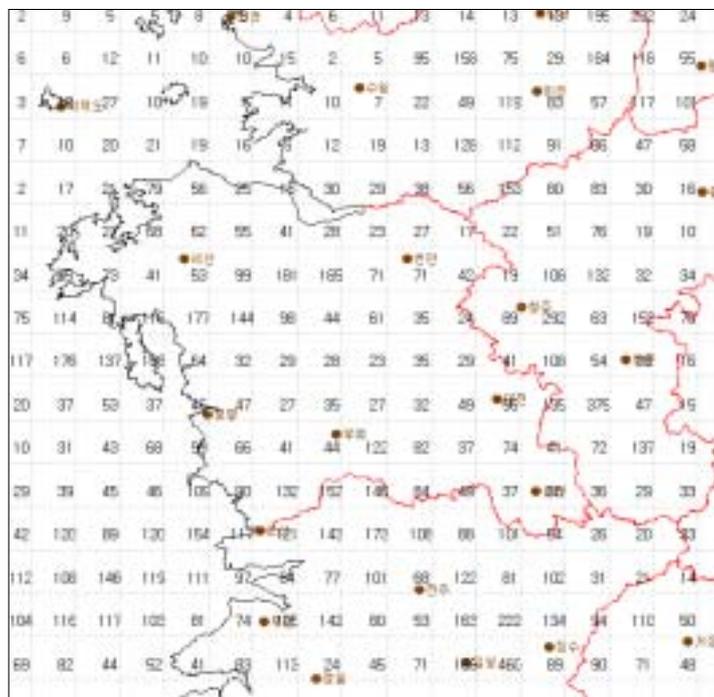


그림 44(d) 2005년 7월 충청도지역 낙뢰발생 횟수

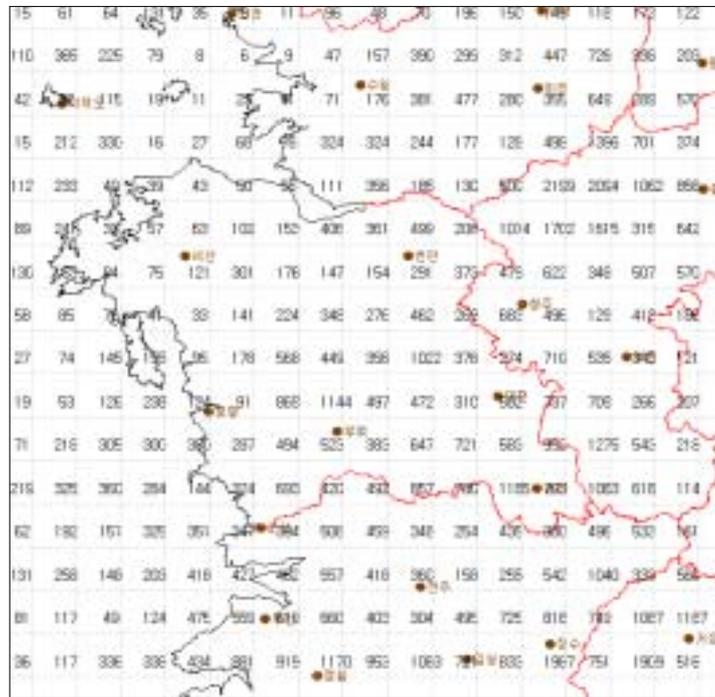


그림 44(e) 2005년 8월 충청도지역 낙뢰발생 횟수

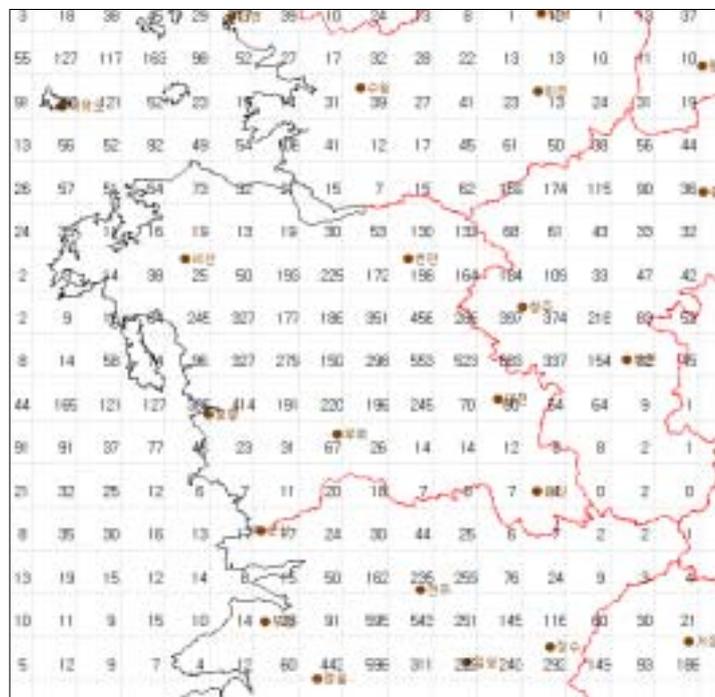


그림 44(f) 2005년 9월 충청도지역 낙뢰발생 횟수

다. 경상도

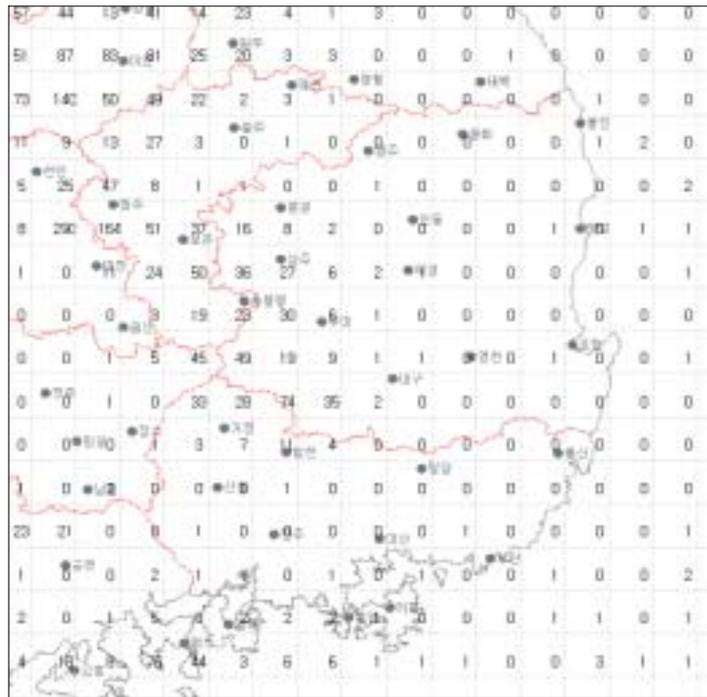


그림 45(a) 2005년 4월 경상도지역 낙뢰발생 횟수

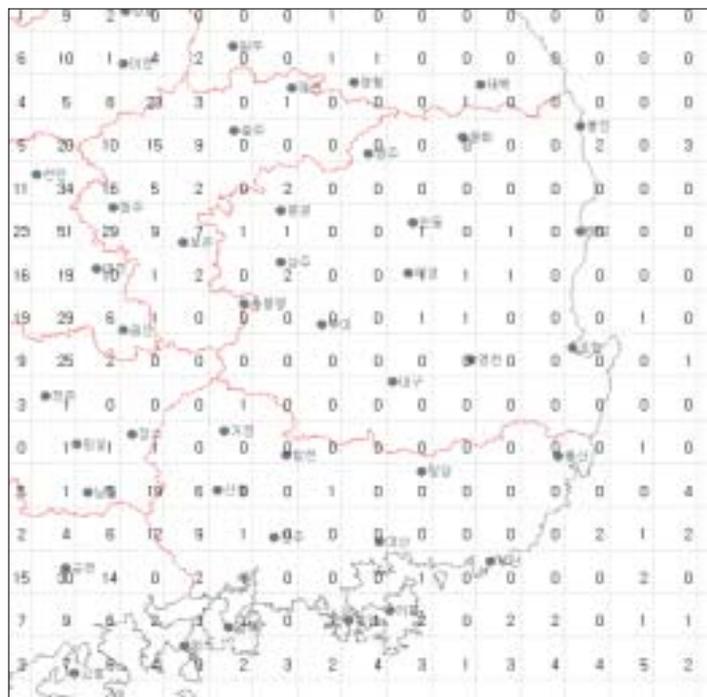


그림 45(b) 2005년 5월 경상도지역 낙뢰발생 횟수

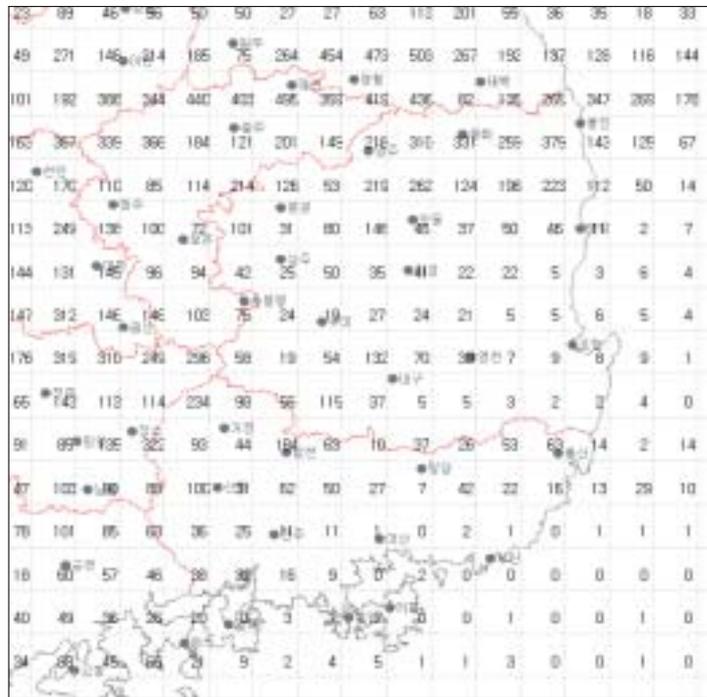


그림 45(c) 2005년 6월 경상도지역 낙뢰발생 횟수

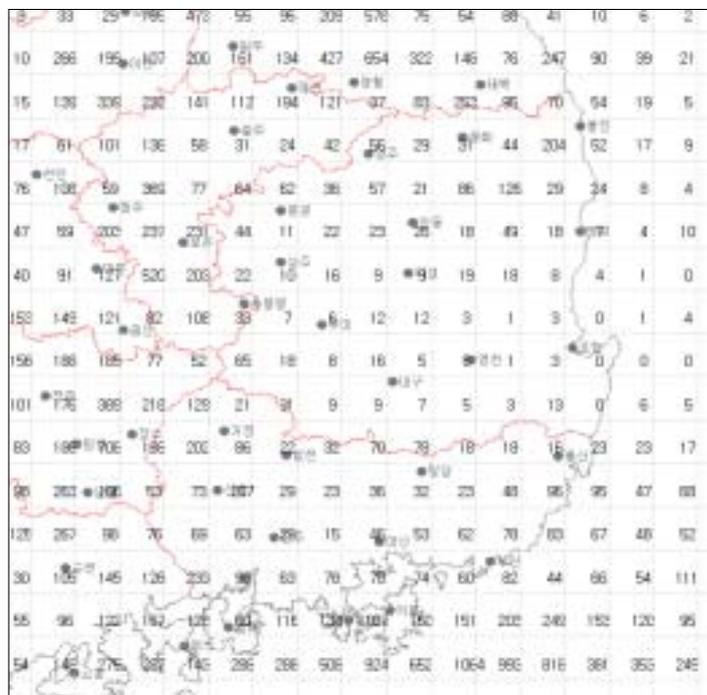


그림 45(d) 2005년 7월 경상도지역 낙뢰발생 횟수

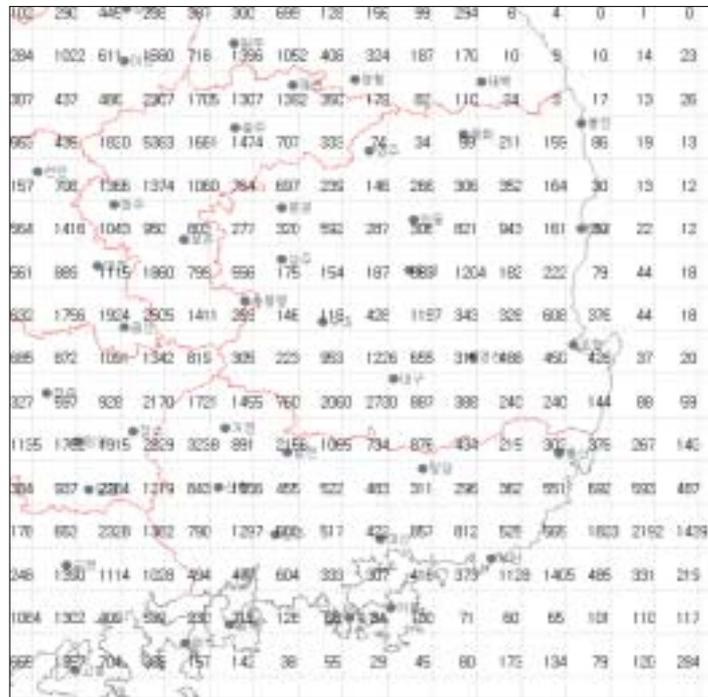


그림 45(e) 2005년 8월 경상도지역 낙뢰발생 횟수

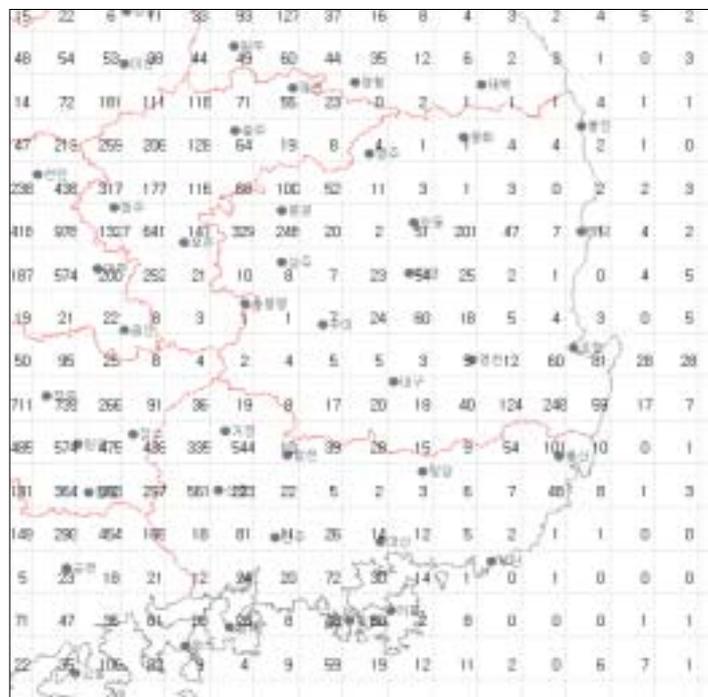


그림 45(f) 2005년 9월 경상도지역 낙뢰발생 횟수

바. 전라도

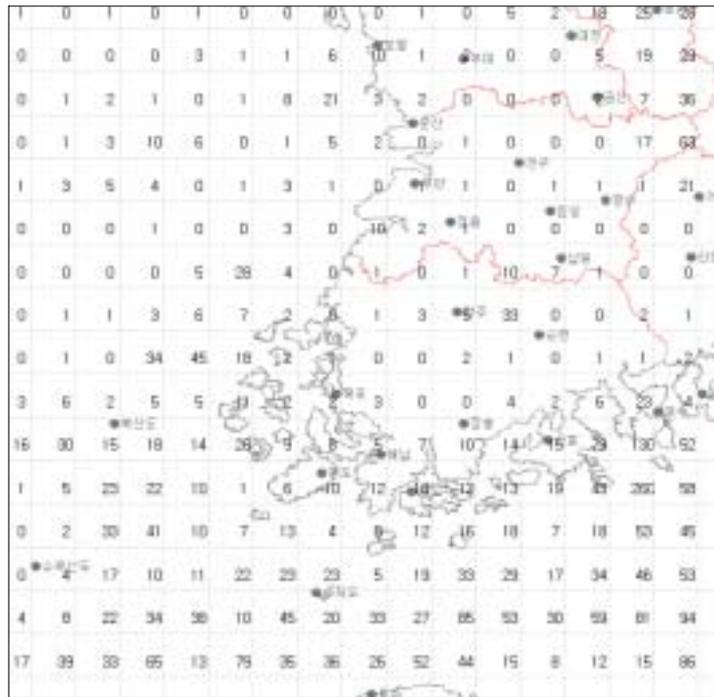


그림 46(a) 2005년 4월 전라도지역 낙뢰발생 횟수

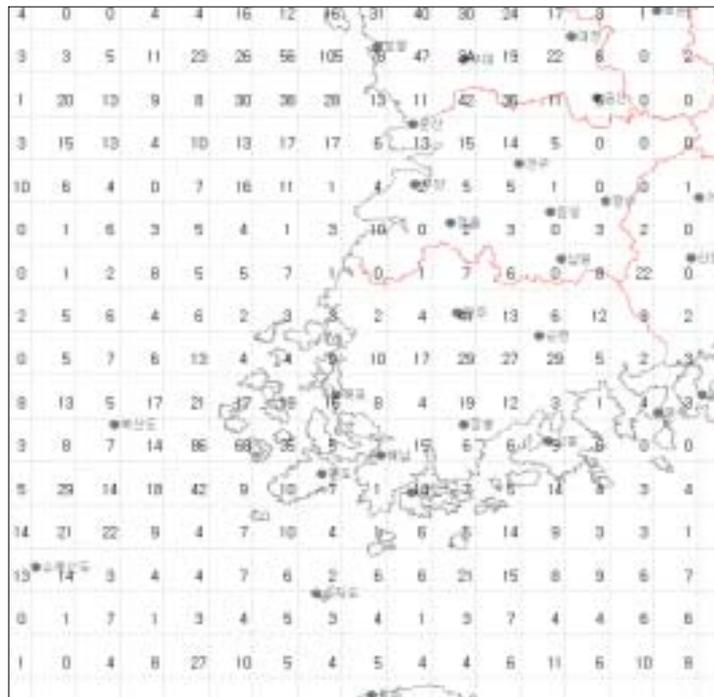


그림 46(b) 2005년 5월 전라도지역 낙뢰발생 횟수

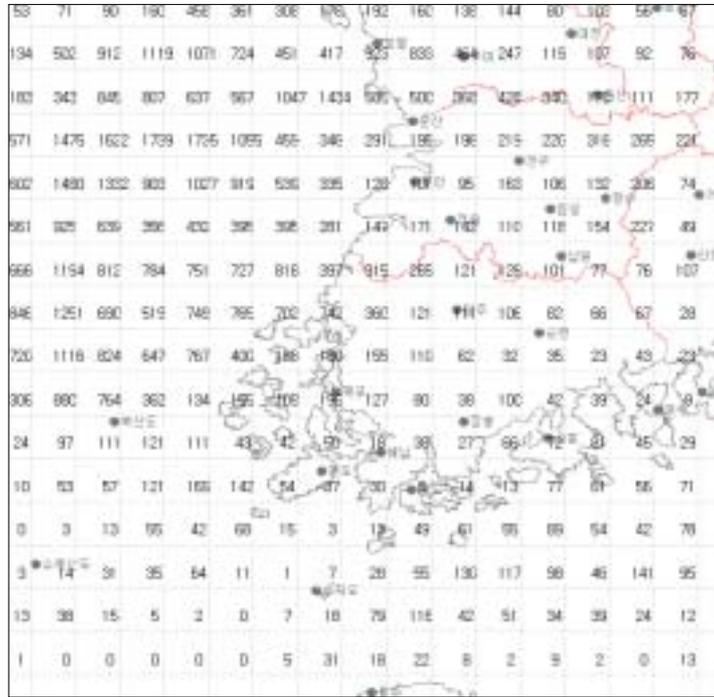


그림 46(c) 2005년 6월 전라도지역 낙뢰발생 횟수

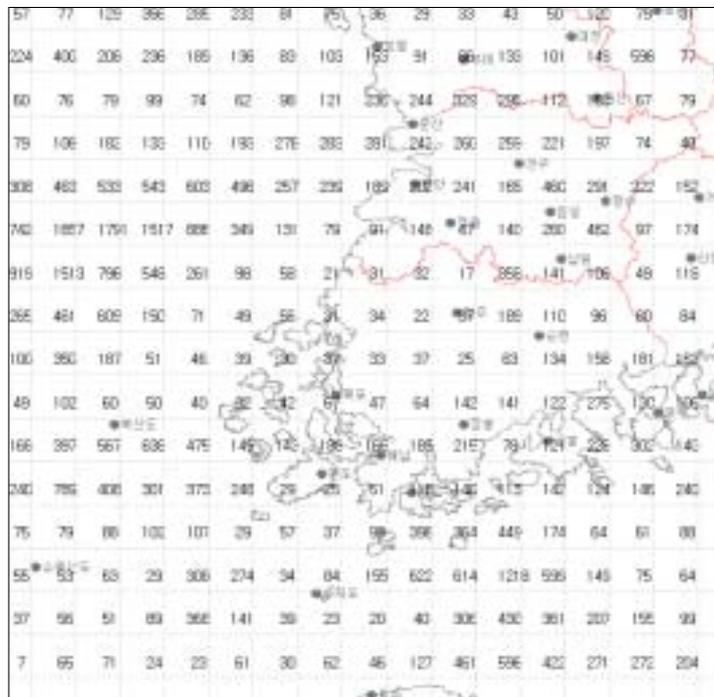


그림 46(d) 2005년 7월 전라도지역 낙뢰발생 횟수

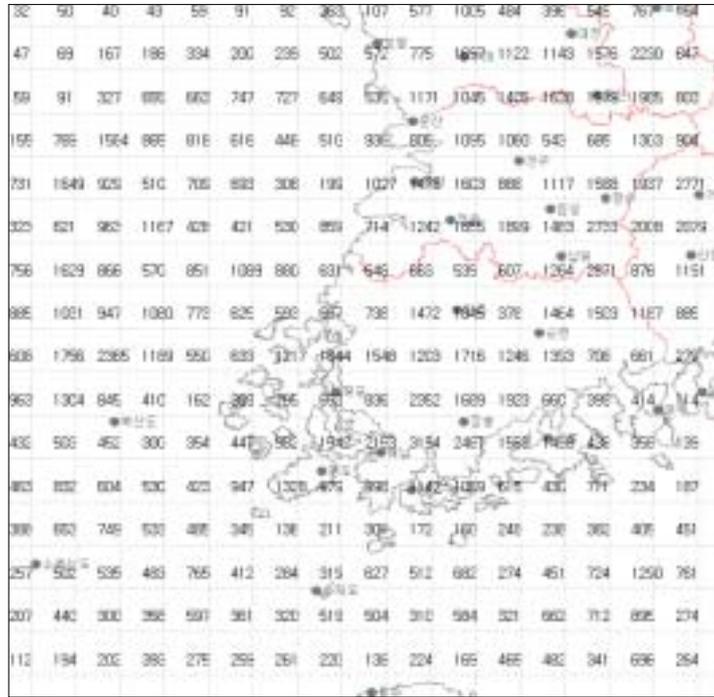


그림 46(e) 2005년 8월 전라도지역 낙뢰발생 횟수

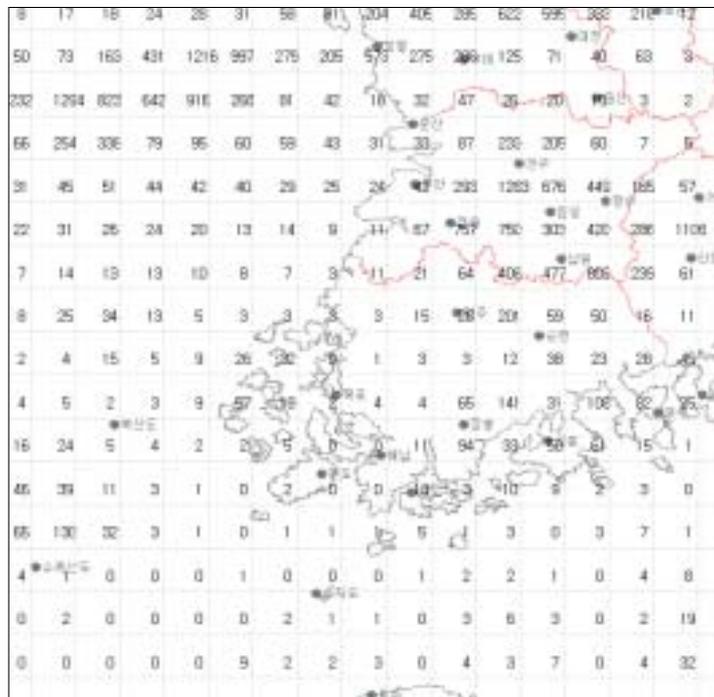


그림 46(f) 2005년 9월 전라도지역 낙뢰발생 횟수

사. 제주도

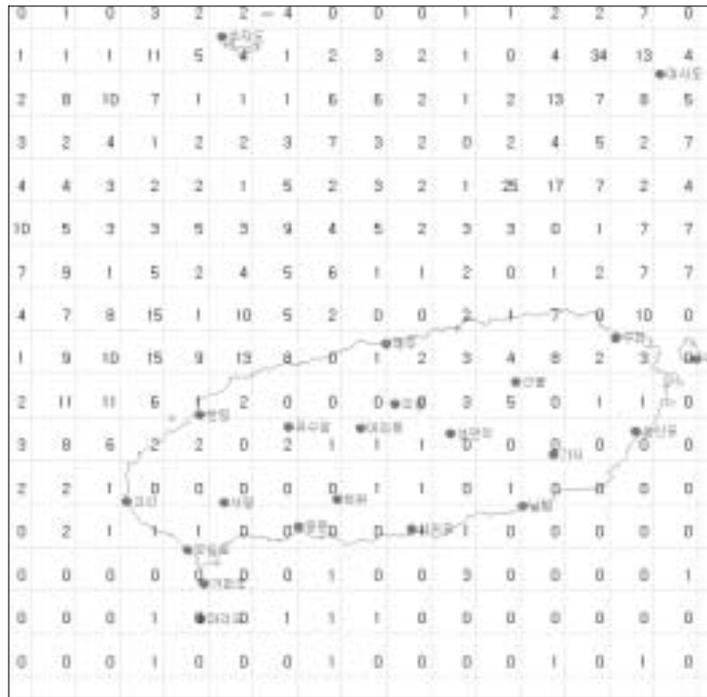


그림 47(a) 2005년 4월 제주도지역 낙뢰발생 횟수

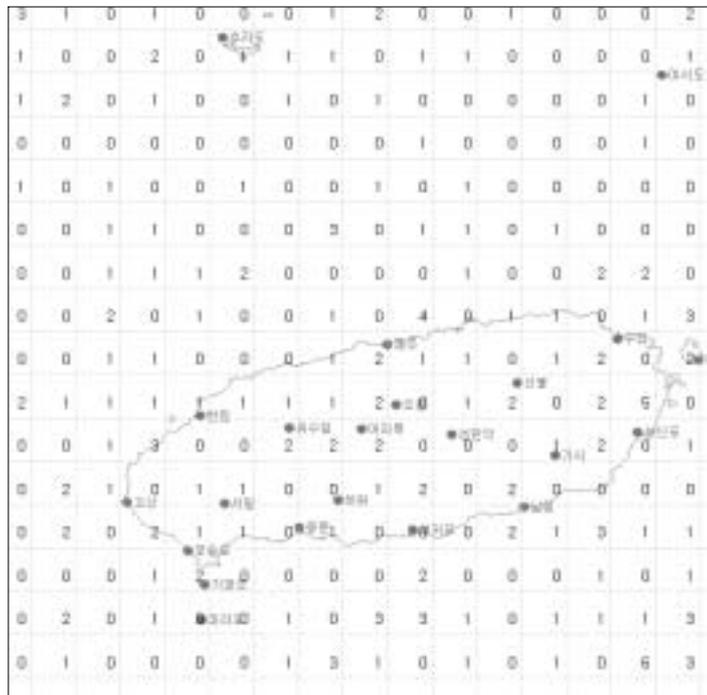


그림 47(b) 2005년 5월 제주도지역 낙뢰발생 횟수

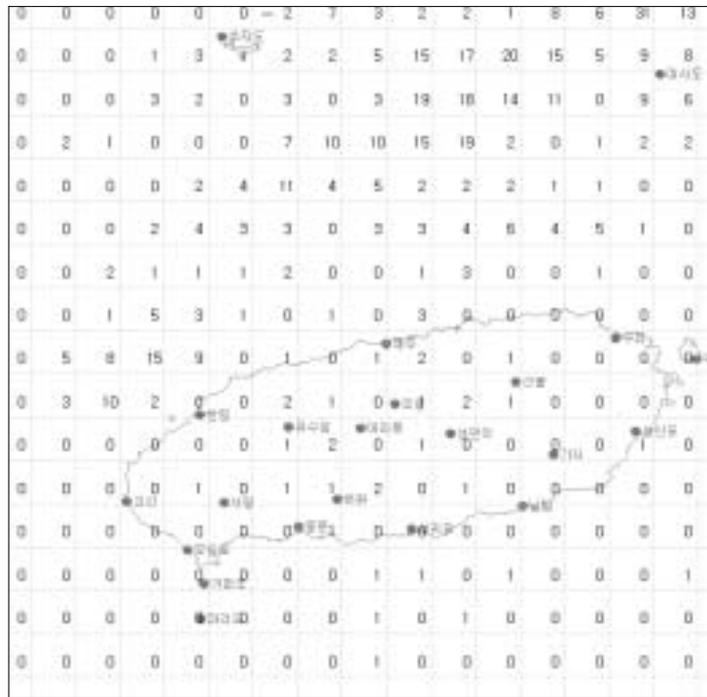


그림 47(c) 2005년 6월 제주도지역 낙뢰발생 횟수

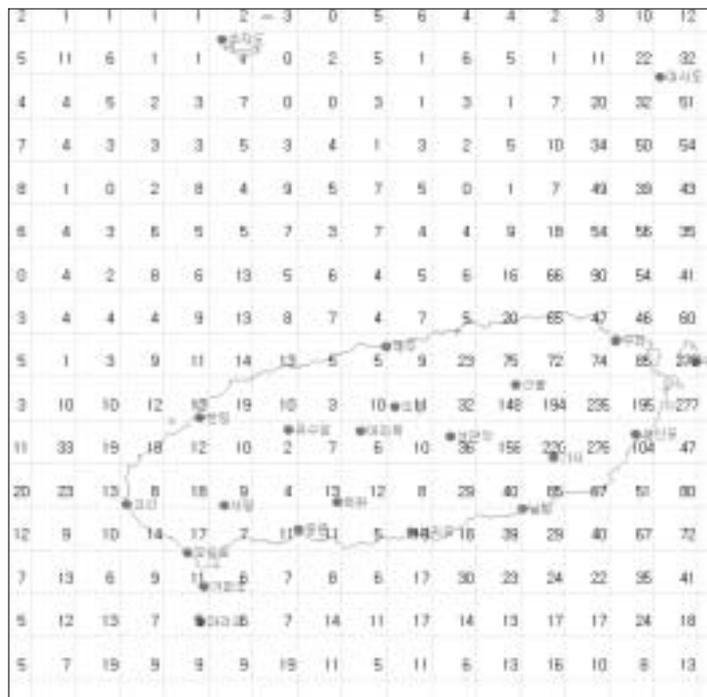


그림 47(d) 2005년 7월 제주도지역 낙뢰발생 횟수

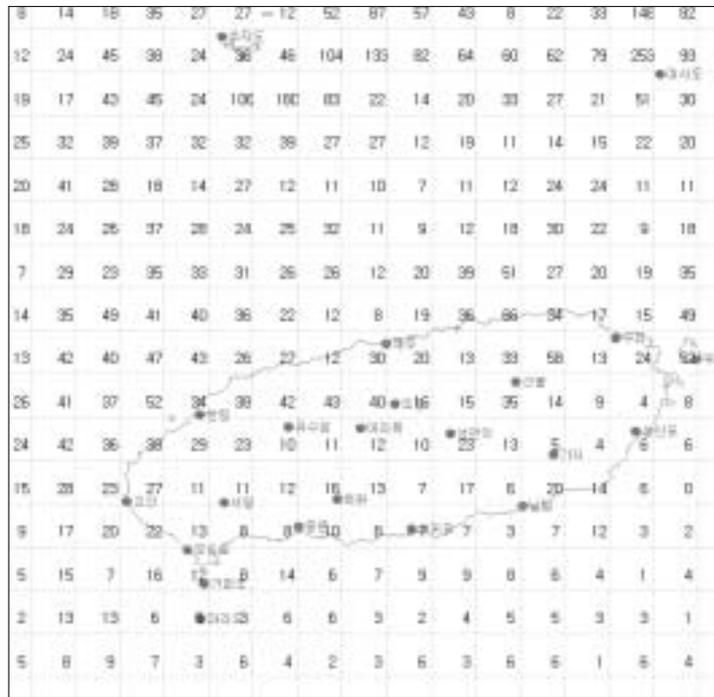


그림 47(e) 2005년 8월 제주도지역 낙뢰발생 횟수

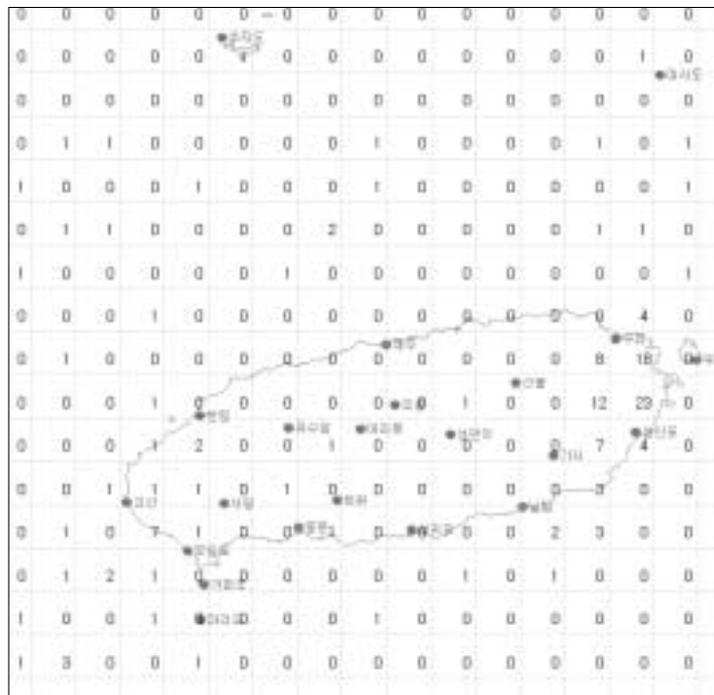


그림 47(f) 2005년 9월 제주도지역 낙뢰발생 횟수

C. 전국 기상관서 실측 낙뢰 일수

지 명	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	년
속초	0	0	1	0	0	0	4	1	1	0	0	0	7
철원	0	0	0	1	1	5	7	8	2	0	2	0	26
동두천	0	0	0	2	1	3	4	6	2	0	2	0	20
문산	0	0	0	2	2	4	5	6	2	0	2	0	23
대관령	0	0	1	0	0	3	3	1	2	0	1	0	11
춘천	0	0	0	2	0	3	4	6	2	0	1	0	18
백령도	0	0	0	1	0	5	6	10	5	0	2	0	29
강릉	0	0	1	0	0	2	2	1	1	0	0	0	7
동해	0	0	0	0	0	1	4	0	1	0	0	0	6
서울	0	0	1	2	0	2	2	2	2	0	2	0	13
인천	0	0	1	2	0	6	4	3	1	0	2	0	19
원주	0	0	1	2	0	5	5	5	2	0	1	0	21
울릉도	0	0	1	0	0	1	2	0	4	0	0	0	8
수원	0	0	1	1	1	5	2	4	3	0	2	0	19
영월	0	0	0	0	0	6	5	3	1	0	1	0	16
충주	0	0	0	0	1	3	3	3	3	0	0	0	13
서산	0	0	1	1	1	4	3	5	2	0	5	0	22
울진	0	0	0	0	0	3	4	2	2	0	0	0	11
청주	0	0	0	1	1	5	4	6	4	0	1	0	22
대전	0	0	0	1	1	5	5	9	4	0	1	0	26
추풍령	0	0	0	1	0	6	3	5	0	0	1	0	16
안동	0	0	0	0	0	1	1	6	0	0	0	0	8
상주	0	0	0	1	1	3	3	4	1	0	0	0	13
포항	0	0	1	0	0	1	1	5	3	0	0	0	11
군산	0	0	0	0	1	3	4	8	2	0	1	0	19
대구	0	0	0	0	0	3	2	6	0	0	0	0	11
전주	0	0	0	0	0	2	2	4	1	0	2	0	11
울산	0	0	1	0	0	1	3	5	0	0	0	0	10
마산	0	0	0	0	0	1	6	3	3	0	1	0	14
광주	0	0	0	0	3	3	2	5	0	0	0	0	13
부산	0	0	0	0	0	0	3	3	0	1	0	0	7
통영	0	0	0	1	0	2	3	1	2	0	1	0	10
목포	0	0	0	2	1	2	2	3	1	0	1	0	12
여수	0	0	0	0	0	1	3	2	1	0	1	0	8
흑산도	0	0	0	3	1	2	3	6	0	0	2	0	17
완도	0	0	0	1	1	0	5	2	1	0	1	0	11
진도	0	0	0	2	1	2	4	2	0	0	1	0	12
제주	0	1	0	1	2	1	5	4	0	0	2	5	21
고산	0	1	0	1	2	0	8	3	1	0	1	2	19
서귀포	0	1	0	1	1	0	4	2	0	0	1	1	11
진주	0	0	0	0	0	1	2	4	0	0	0	0	7
순천	0	0	0	0	2	4	5	5	1	0	1	0	18

(현상기호 70:뇌전, 72:번개 관측자료)

D. 낙뢰용어해설

간헐뇌격 : 연속전류를 동반하지 않는 뇌격

감전(感電) : 인체에 전류가 흘러 생리적 변화를 일으키는 것. 생리적 변화는 전원(電源)이 교류인가 직류인가, 또는 낙뢰(落雷)와 같은 충격파인가에 따라 다르며, 전류가 인체 내를 흐르는 통로에 따라서도 달라진다. 즉, 인체의 생리적 변화는 전압의 크기보다는 전류의 세기와 통로에 의해 결정된다고 할 수 있다. 그러므로, 피부의 건조도와 전원에 접촉된 강도에 따라 그 영향이 크게 변한다. 다시 말해 피부가 건조하고 전원에 약하게 닿을 때는 아무런 위험이 없으나, 땀이 나 있거나 젖어 있는 피부에 닿으면 목숨을 잃는 경우도 있다. 또한, 전류가 흐른 시간에 따라서 위험이 더해질 수도 있다. 인체의 감전에 따른 생리적 변화의 양상은, 먼저 통과하는 전류가 어떤 수치에 이르면 처음으로 자극을 느끼고, 전류가 더욱 증가되면 근육에 경련을 일으킨다. 그리고, 전류의 증가에 따라 그 범위가 더욱 넓어져 어느 정도에 다르면 몸을 움직일 수 없게 되는데, 이 전류를 불수전류(不隨電流)라고 한다. 나아가 전류가 더 증가하면 호흡장애와 함께 의식을 잃게 되고, 심장장애·신경장애·화상 등으로 죽음에 이른다. 한편, 최소 감지(感知) 전류는 사람에 따라 다르나, 대체로 교류의 경우는 1mA, 직류의 경우는 5mA 정도이다. 또 운동에 지장이 없는 최대한의 전류를 가수전류(可隨電流)라 하는데, 이것도 개인차가 있어 성인남자·성년여자·어린이 순으로 작아진다. 교류의 경우에는 대체적으로 성인남자가 9mA, 성년여자가 6mA 정도이고, 직류의 경우에는 각각 62mA, 41mA 정도이나, 20mA 이상일 때는 화상이 생겨 인체의 저항값이 감소되어 전류가 급증될 위험이 발생한다. 또 100mA에 가까우면 심장경련을 일으켜 치명적인 위험이 따르는데, 이 값은 연소자나 노약자일수록 작아진다. 감전의 응급조치는 먼저 전원을 끊고 환자를 전원에서 떼어 내는 것이 우선이다. 이 때 구조자 자신이 감전되지 않도록 건조한 고무나 가죽제의 장갑과 신발을 착용하고, 바닥에는 담요를 깔아서 전류가 닿지 않도록 해야 한다. 환자가 의식을 잃고 가사상태에 있는 경우에는 중추신경이 마비되어 있기 때문에 보통의 방법으로 사망을 확인할 수 없는 경우가 많다. 따라서 체온의 냉각 및 사후경직이 없는 한은 장시간 인공호흡을 해야 한다.

구름사이 방전(雲間放電) : 2개의 떨어져 있는 구름 사이에서 일어나는 방전

구름속 방전(雲內放電) : 1개의 구름 속에서 분극(分極)되어 있는 전하(電荷)사이에서 일어나는 방전

구전(球電) : 지름 약 30cm의 둥근 모양을 한 번개로 상당히 지속성이 있으며 바람에 의해 움직인다.

계단형 선도(Stepped leader) : 가장 첫 번째 발생하는 선도뇌격을 말한다. 일반적으로 번개는 한줄기 빛으로 보이지만, 실제로 살펴보면 번개가 실린 구름에서 선도뇌격이 구름을 출발하여 전진과 휴지를 반복한다. 이 선도뇌격이 대지나 지상의 물체에 접근하면 대지나 물체에서 상향의 스트리머가 생기며, 이 양자가 결합할 때 뇌운에서 대지 또는 물체에 이르는 방전로가 형성된다. 제1 선도뇌격은 제2 및 그 후의 것과 다른 특성을 가진다. 지속시간이 10배 정도로 길고, 빛은 20m 진행할 때마다 약 50μsec의 정지시간을 두며, 이 정지시간에 20m씩 하강하므로 계단형 선도(steped leader)라 불린다. 제1 뇌격시에 휴지시간을 동반하는 계단형 선행방전의 형태를 취한다.

귀환뇌격(resturn stroke) : 복귀뇌격을 가리킨다.

낙뢰 : 뇌운과 대지(大地) 사이의 방전

낙뢰사 : 인체에 낙뢰에 의한 직접 또는 간접적인 상해를 끼쳐 일어나는 죽음을 말한다. 직접적인 경우로는 사람이 몸에 지니고 있던 우산, 낚싯대 등에 낙뢰를 맞는 경우가 있고, 간접적인 경우로는 나무나 건물 등을 매개체로 하여 측격(側擊)전류가 인체로 흐르는 경우를 말한다. 사람이 낙뢰를 맞은 경우는 화상, 골절, 내장파괴 외에도 전문(電紋)이라고 하는 나뭇가지 모양이나 번갯불 모양 등의 피부홍반(皮膚紅斑)이 나타난다. 낙뢰로 인한 죽음의 원인은 호흡이나 기타 중추신경마비, 심장장애, 과열 등이며, 다행히 살아남은 경우에도 시신경의 위축이나 백내장 등 눈에 장애가 일어나는 경우가 많다.

뇌격(雷擊) : 육안으로는 한 가닥으로 보이는 번개일지라도 Boys camera로 촬영하면 여러 가닥의 번개(성분방전)가 서로 겹쳐져서 이루어져 있다는 것을 알 수 있는데, 그 개개의 번개를 뇌격이라고 한다. 뇌격에는 구름 밑면으로부터 출발하여 지면을 향하는 선행방전(또는 선행뇌격)과 지면에서 구름 밑면을 향하는 복귀방전(또는 복귀뇌격)이 있다.

뇌격거리 : 상향 방전과 선구방전이 만나는 점과 지면까지의 거리를 말하며,

전기장 강도가 크고, 대지에 축적된 전하량이 많을수록 길어진다. 피뢰침의 보호범위는 뇌격거리와 밀접한 관계가 있으며, 일반적으로 뇌격거리를 반경으로 하는 반구의 내부가 피뢰침의 보호영역으로 된다.

뇌격점(Point of strike) : 낙뢰가 대지의 구조물 또는 피뢰설비와 접촉하는 장소.

뇌우(thunderstorm) : 천둥과 번개를 동반한 강우(降雨). 적란운이나 거대한 적운에 수반되어 발생한다. 매초 10m 이상의 격심한 상승기류가 있는 것이 특징이며, 이와 같은 상승기류가 일어나는 것은 대기가 불안정한 상태로 되어 있을 때이다. 전선(前線)에 수반되어 발생하는 것을 전선성 뇌우, 저기압의 중심 부근에서 일어나는 것을 저기압뇌 또는 와뢰(渦雷)라 하며, 여름철 오후나 강한 일사(日射)에 의하여 발생하는 것을 열뢰(熱雷)라고 한다. 뇌운(雷雲)은 몇 개 이상의 셀로 구성되나, 각 셀은 지름 5~10km의 소규모 순환계를 이루며 상승기류와 하강기류를 동반한다. 셀의 수명은 30분에서 3시간이며, 발생기에는 상승속도가 느리지만 전성기에는 30m/sec의 상승속도를 가지기도 한다. 적란운이 발달하여 뇌우가 발생하는 때는, 구름이 수직으로 발달하여 구름의 바닥부분 기온이 0℃ 이하이고 꼭대기 부분이 -20℃ 정도로 되는 때이다. 한편, 적도지대에서는 기온이 0℃ 이하가 되지 않더라도 뇌우가 발생하는 예가 있으나, 대부분의 뇌우는 위에서 말한 조건의 적란운에서 발생한다.

뇌우의 코(Nose of thunderstorm) : 뇌우가 통과할 때, 자기지(自記紙) 상에서 관측되는 기압의 급상승부분을 말한다. 자기기압계의 기록지에 코와 같은 돌출부가 나타나는데, 이것은 뇌우 아래에 생기는 찬 공기의 하강에 의하여 기압이 상승하기 때문에 생기는 것이다.

뇌우고기압(Thunderstorm high) : 뇌우에 동반되는 중규모의 고기압으로, 뇌운(雷雲) 아래에 형성되는 차가운 공기덩어리의 무게에 의하여 생성된다. 한편, 이 차가운 공기덩어리는 뇌운 밑에서 빗방울을 포함한 공기덩어리가 습윤단열적으로 하강해오기 때문에 생긴다고 보고 있으나, 이러한 차가운 공기덩어리가 흘러나와 주위의 따뜻한 공기를 밀어 올려 새로운 뇌운을 만들고, 이것이 연쇄 반응을 거듭하여 뇌우 셀이 무리를 지어 생성된 후, 다수의 셀을 가진 차가운 공기덩어리가 뭉치어 중규모의 고기압이 형성된다.

뇌운강수(thunderly precipitation) : 적란운 등 뇌운으로부터 내리는 소나기성 강수를 말한다. 전형적인 기단강수이다.

다중도(multiplicity) : 하나의 낙뢰 속에 포함되는 귀환뇌격(歸還雷擊)의 수를 그 낙뢰의 다중도라 한다.

다지점 낙뢰(multi-point strike) : 하나의 낙뢰 속에 포함되는 귀환뇌격(歸還雷擊)중에서 일정거리 이상 떨어져 1초 이내에 동일 극성으로 발생하는 낙뢰를 말한다.

다중뇌격(Multiple stroke) : 벼락은 단 한번의 뇌격으로 끝나는 것과 몇 회에서 수십회의 뇌격을 반복하는 것이 있는데 이를 다중뇌격이라 부른다.

번개 : 적란운이 발달하며 구름내부에 분리 축적된 음(-)전하와 양(+)전하 사이에서, 또는 구름 속의 전하와 지면에 유도되는 전하 사이에서 발생하는 불꽃방전을 말한다.

벼락, 번개, 천둥, 우레, 낙뢰 : 모두 비슷한 말들이지만 조금씩 그 의미가 다르다. 즉, 번개는 섬광 같은 빛줄기를 가리키며, 요란한 소리는 천둥 또는 우레라 한다. 그리고, 벼락은 이 모든 현상을 통칭하는 말이기때문에, 벼락은 번개와 천둥으로 이루어졌다고 말할 수 있다. 한편, 천둥은 원래 천동(天動)이라는 한자가 변한 말이며, 낙뢰는 벼락이 치는 것을 일컫는 말이나, 벼락은 간단히 말해 땅과 구름사이에 전기가 통하는 현상이라 할 수 있다. 그리고, 주로 여름철에 나타나는 구름 중에 바닥은 평평하면서 웅장한 산봉우리 모양으로 하늘 높이 솟아오르는 “적란운”이라는 것이 있으며, 바로 이것이 벼락을 내리게 하는 뇌운(雷雲)이다.

벼락(Cloud-to-Ground discharge) : 번개의 일종으로 구름과 지면 사이에서 발생하는 대지방전을 말하며, 벽력(霹靂)·낙뢰(落雷)라고도 한다. 이때 구름과 지면 사이로 이어지는 불꽃 방전로의 기울기는 5~6°, 직경은 0.2~3.5cm이며, 이때 흐르는 전류의 세기는 약 30~40kV, 온도는 20,000~30,000°C 이다.

복귀뇌격(resturn stroke) : 귀환뇌격이라고도 한다. 번개는 한줄기 빛으로 보이지만, 실제로 그 생성과정을 보면 다음과 같다. 우선, 번개가 실린 구름에서 선도뇌격이 구름을 출발하여 대지 쪽으로 흐른다. 이후 이 선도뇌격이 대지나 지상의 물체에 접근하면 대지나 물체에서 상향의 스트리머가 생기고, 이 양자가 결합할 때 뇌운에서 대지나 물체에 도달하는 방전로가 형성된다. 그리고, 이 방전로에 대지 쪽에서 많은 전하가 유입되어 주방전로가 생기고, 주방전로를 통하여 지면으로부터 구름을 향한 상향의 매우 밝고 빠른 속도의 방전이 발생하며, 이를 복귀뇌격(return stroke)이라 한다(그림 19).

부극성 낙뢰 : 구름밑면이 음(-)전하를 띠고, 대지가 양(+)전하로 대전되어 있을 경우에 발생하며, 낙뢰의 90% 이상이 부극성 낙뢰에 속한다. 평균 뇌격 전류는 33kA이다.

연결 스트리머(Connecting Streamer) : Stepped leader가 지상 수십m에 도달하면 지상의 돌출물에서 상향의 Connecting streamer가 Stepped leader의 선단을 향해서 출발한다. 이와 같은 상향의 streamer를 connecting leader 또는 connecting방전이라 부르고 있다.

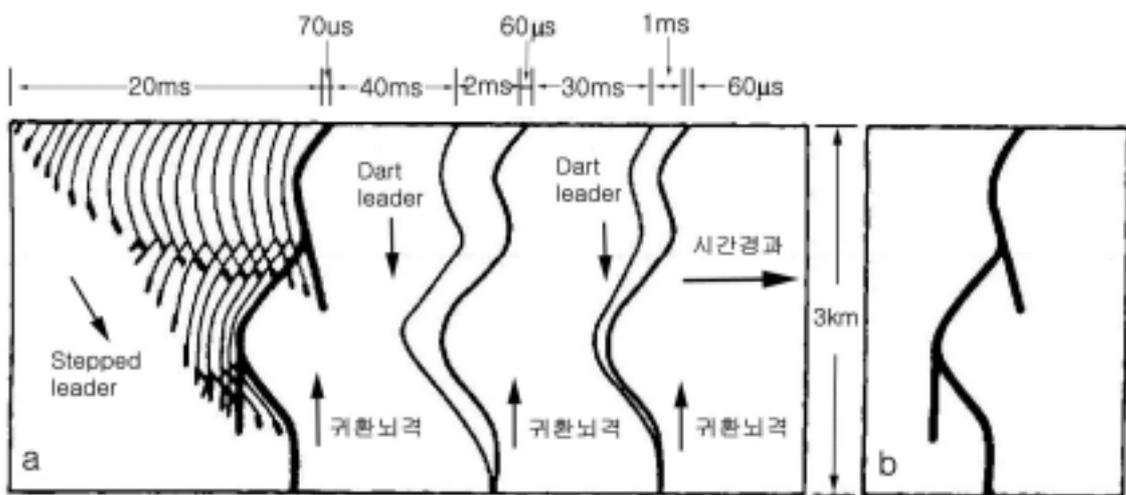


그림 19. 카메라에 잡힌 낙뢰발생과정의 모형도
(a) 삼중낙뢰의 시간경과를 보이는 모델도 (b) 정지도

선구방전(Down Leader) : 뇌운에서 대지로 향하는 뇌전하의 흐름을 말하며 선도방전, 선도뇌격(leader stroke), 선구방전 모두가 동일한 의미이다.

선도뇌격(leader stroke) : 구름밑면에서 지표면을 향한 뇌격(雷擊)을 말한다.

세인트엘모의 불(Saint Elmo's fire) : 지표의 돌출된 부분에서 대기 속을 향하여 방출되는 다소 지속적인 방전현상(放電現象)으로, 주로 피뢰침의 끝, 풍력계(風力計), 배의 돛대 등에서 볼 수 있으며, 비행 중인 항공기의 날개 끝이나 프로펠러에 나타나기도 한다. 세인트엘모의 불은 보통 파란색 또는 녹색이나, 때로는 보라색 및 흰색을 나타내기도 한다. 이것은 뇌운(雷雲)이 그 장소의 정상(頂上)에 와서 대기 중의 전위경도(電位傾度)가 커졌을 때에 일어나기 쉽고, 방전할 때에는 보통 작은 소리를 낸다. 산봉우리 등 물체의

뾰족한 끝에 세인트엘모의 불이 보이면 번개에 의한 강한 전기장이 걸려 있다는 증거이다.

운간 방전 (Intercloud discharge) : 뇌운(雷雲)과 뇌운 사이에서 일어나거나 하나의 뇌운에서 일어나는 번개를 가리킨다. 이때 번개 그 자체는 낙뢰 때의 번개와 거의 비슷하지만 자세히 살펴보면 전격이 1회에서 끝나 낙뢰 때에 볼 수 있는 귀환뇌격(歸還雷擊)에 해당하는 것이 없다. 그러므로 방전에 의하여 운반되는 전기량도 낙뢰에 비하여 훨씬 적다. 방전로의 길이는 1km에서부터 긴 것은 10 km에 달한다.

연간뇌우일수(IKL, Isokeraunic level) : 일정한 지역에서 천둥소리를 듣거나 번개를 눈으로 확인한 일수를 1년간 합계한 일수.

연속뇌격 : 연속전류를 동반하는 뇌격으로 뜨거운 번개(hot lightning)라고도 한다.

연속전류 : 뇌격과 뇌격사이의 시간간격은 보통 40msec 정도이나, 복귀뇌격(return stroke)이 있을 뒤 방전로에 잔광이 계속되어 그 사이 방전전류가 계속해서 흐르는 경우가 있고, 이를 연속전류라고 한다. 연속전류는 일반적인 뇌격 간격보다 오래 지속될 때가 있으며 때로는 300msec에 이른다.

열뢰(熱雷) : 심한 열적 상승기류에 의하여 상공으로 운반된 수증기로 이루어진 뇌운이다. 화산의 분출에 동반된 화산뢰(火山雷)나 여름철 오후 내륙지방에 나타나는 천둥이 이러한 성질의 것이다.

와뢰(渦雷) : 저기압이나 태풍중심 부근에서 상승기류가 왕성한 곳에 나타난다.

유도뢰(Induced overvoltages due to nearby strokes) : 근처의 수목과 건축물에 낙뢰가 떨어진 경우 방전로를 따라 흐르는 전류에 의하여 선로 근처 전자기장이 급변하여 생기는 과전압.

적란운(Cumulonimbus) : 10종 기본 구름형(雲形)의 하나로, 수직으로 발달한 커다란 구름. 썬비구름이라고도 한다. 모양은 적운(積雲)과 비슷하지만, 수직으로 현저히 발달한 구름덩어리가 산이나 탑 모양을 이룬다. 구름의 상부는 빙정(氷晶)으로 이루어진 섬유 모양의 구조로 되어 있으며, 하부는 난층운(亂層雲)과 비슷하다. 구름 속에는 전하(電荷)가 집적(集積)되어 있어, 구름사이 방전(雲間放電)이나 대지방전(對地放電:낙뢰)이 일어나기도 하며, 심한 소나기나 우박이 오기도 하므로 뇌운(雷雲)이라고도 한다. 여름철에 잘 발달하지만 겨울철에도 전선을 따라서 생성된다.

전선뇌우 : 한랭전선에 자주 동반되는 것으로, 따뜻한 기류가 차가운 기류의 경계면을 따라 밀려 올라갈 때 나타난다.

정극성 낙뢰 : 구름밑면이 양(+)전하로, 대지가 음(-)전하로 대전되었을 때 발생하며 낙뢰의 10% 이하가 여기에 속한다. 그러나 정극성 낙뢰의 경우, 평균 뇌격전류가 75kA 정도로 낙뢰의 피해가능성이 상대적으로 적지만(10% 미만) 일단 피해를 입게 되면 부극성 낙뢰보다 몇 배 이상의 피해를 입는다.

천둥(Thunder) : 번개현상이 있을 때 발생하는 소리를 말한다. 낙뢰가 흐르는 통로의 공기는 30,000℃의 고온이므로 이 통로주변의 공기는 초음속으로 팽창하며, 이로 인해 발생하는 충격파가 천둥이다. 천둥 그 자체는 0.5초 이하의 단시간 현상이지만 방전로의 길이가 2~14km에 이르고 있기에, 사람의 귀까지 도달하는 시간차이로 인하여 소리가 길게 들리며, 천둥이 들리는 범위는 30km 정도이다. 한편, 빛의 속도는 초당 30만km 이며, 소리의 속도는 초당 340m 정도로, 빛이 소리보다 훨씬 빠르기 때문에 번갯불을 본 다음 천둥소리를 듣게 된다. 따라서 번갯불과 천둥소리 사이의 시간간격이 짧을수록 번개가 가까운 곳에서 치고 있기에 조심을 할 필요가 있다.

천둥번개(Thunder and lightning) : 뇌우에 동반되어 번개와 천둥이 함께 나타나는 경우를 말한다.

피뢰침 : 낙뢰(落雷)에 의한 충격전류를 대지(大地)로 안전하게 유도하여, 낙뢰로 인한 건물의 화재, 파손 및 인축(人畜)에 대한 상해를 방지할 목적으로 설치하는 장치.

플뢰헨블리츠 : 적란운 꼭대기로부터 발생하여 맑은 하늘에서 나는 극히 보기 드문 번개를 가리킨다.

화살형 선도(Dart leader) : 제2 및 그 이후에 나타나는 선도뇌격은, 제1 선도뇌격이 이미 만들어 놓은 방전로를 따라 약 40m의 가늘고 긴 발광부가 하강하는 방전으로 관측되어 화살형 선도(Dart leader)라 불린다. 제1 뇌격후 계단형으로 되지 않고 연속적으로 리더가 내려오는 경우이다.

2006년 6월 인쇄
2006년 6월 발행

낙뢰연보
ANNUAL LIGHTNING REPORT

발행 : 기상청
편집 : 관측국기상레이더과
인쇄 : 동진문화사
