

2 . 대 기 권 불 리 현 상 연 구

目 次

1. 서 론	53
2. 태양활동 (Solar Activity)	54
3. 지구에서의 교란들 (Terrestrial Disturbances)	57
4. 교란의 전파 및 확인	61
5. 결 句	64
附 表	70-1

서 강 세 학 교

박 병 소

전 파 연 구 소

장 건

1. 緒 言

太陽에서의 Flares에 의해서 여러가지 擾亂이 行星間 空間에 伝達되고 이것은 다시 地球上에 伝播된다. 그리하여 다음에 든 順序에 따라 地球物理學的 擾亂이 地球上에서 發生한다.

1) X-線 ($1 \sim 10 \text{ \AA}$) 에 의한 電離層 (D層) 의 電離 增加 (Sudden Ionospheric Disturbances)

2) Proton Flare 의 경우 極地方 電離層 電離 增加 (Polar Cap Absorption)

3) 地磁氣 擾亂 (Geomagnetic Storms) 의 急始 (Sudden Commencement)

4) 宇宙線 Forbush 減少 (Forbush Decreases)

5) 環狀 電流系의 發生에 의한 地磁氣 強度의 減少 (Geomagnetic Storms)

6) 電離層 (F層) 의 擾亂 (Ionospheric Storms)

이 以外에도 Aurora 의 發生, 高 Energy 陽子가 太陽에서 加速되어 雲으로서 地表面上에서 까지 宇宙線 強度의 增加를 이르게 하는 소위 Ground level Increase 등도 가끔 일어난다.

어떤 特定한 Flare의 發生으로 부터 시작하여 이들 諸現象 사이의 time history 즉 어느 것이 빠르고 어느 現象이 늦는지 그리고 다른 Flare 때는 또 이들 관계가 어떻게 변하는지 그리고 그 擾亂의 크기는 어떤지 하는 相互關係의 研究가 많이 이루어져왔다. (OBAYASHI, 1966) 이것은 옛날 부터도 規模가 큰 경우에

(例, 1972年 8月 4日~20日) 人間 生活에 큰 打擊 (例컨데 洪水, 가뭄, 大地震, 斷電등) 으로 나타나는 경우가 종종 있어왔기 때문에 地上의 災難을 豫防한다는 의미에서도 중요 했다.

本 論文은 지난 Solar Cycle 20 (1964年 10月~1974年 末) 동안 에 일어난 모든 Solar Flares, Magnetic Storms, Cosmic ray Forbush decreases, 그리고 Ionospheric Storms 을 조사하여 Compile 한 것에서 나온 主要 統計資料를 提示하고 그것의 可能的 Interpretations 을 한것이다. 특히 地上의 現象의 原因이 되는 Solar flares 를 確認하는 Criteria와 Magnetic Storm 과 Comic ray Forbush decrease 사이의 先後 發生 時間을 比較하는 問題를 다루고 있다.

2. 太陽活動 (Solar Activity)

太陽 周期 (Solar Cycle) 는 黑点数의 變化를 基準으로 11年마다 되풀이 되며 每周期 동안의 太陽 活動의 盛衰는 黑点数에 대략 以例한다. 그러나 그렇지 않은 경우도 있다. 예를 들면 1972年 8月 2日 부터 20日까지 사이의 최대 黑点数은 80~90인데 반하여 地磁氣, 宇宙線 電離層등의 攪亂은 激甚하였고 이것의 原因은 太陽 活動에 있었다. 반대로 黑点数 最大이던 1968年 10月 (100~120) 에는 相對적으로 조용한 편 이었다.

太陽 活動에 包含되는 것으로 黑点数 Flares의 有無, Radiowave burst (주로 10 cm flux) 의 強度, 더 자세한 Flares 의 磁場 分布 등이 있지만 本 論文에서는 Flares 를 Earth Storms 의 主原因으로 보고 Flares 의 確認에만 주력 하였다. 使用한 Data 는

Solar - Geophysical Data, National Oceanic and Atmospheric Administration, Boulder, Colorado 에서 취했으며 Confirmed Solar flares 만을 1964年 1月 부터 1974年 12月까지 사용했다.

이 資料集에는 世界 各國 45個 觀測所로 부터의 資料가 收錄되어 있고 No Patrol 時間帶도 明示되어 있다. 觀測 方法으로는 Spectroheliograph 의 H α 線을 利用한 것이다. 選拔 基準은 아래와 같다.

- 1) 1B 以上の Importance를 갖는 Flares.
- 2) 2個 觀測所 以上이 같은 時間과 Importance로 報告하고 있는 Flares.
- 3) 時間 基準은 Flares의 시작 時間을 使用
- 4) 1965年 以前에는 Importance의 分類法이 달랐으므로 이 기간 동안에는 2 以上の Importance 만을 採하였다.

위의 基準에 의해서 選拔된 Flares 총수는 1964年 1月 부터 1974年 12月 까지 11年 동안에 752個 었다. Importance에 따른 Flares를 年度別로 分類한 것이 第一表이다. 1B, 2N, 2B, 3B 등은 黑点数 變化와 비슷한 位相을 갖고 있으며 2F는 Solar Cycle과 無關한듯 싶으며 3f, 3N, 4B는 黑点数 上昇期에 많이 일어나고 있다. 특별한 사실은 1972年度에 현저한 減少를 보여주고 있다는 것이다. 1972年 8月에 일어난 史上 大規模의 Earth Storms(예컨대 地磁氣擾亂과 Cosmic ray Forbush 減少는 檢出器가 動作하기 시작한 以來로 가장 큰 것이었다.) 이 있었다는 사실을 고려한다면 Solar Flares의 機構를 糾明하는데 중요한 열쇠가 될수 있을것이다. 그러나 이때의 黑点数은 그 前年에 비해서

솜 올라가고 있음을 알수있다. (그림 1) 또 하나 지적하고 싶은 것은 4f Flares 가 한번도 記錄되지 않았다는 사실이다. 이것은 아마도 觀測者의 判斷에 어느정도의 任意性이 있던지 아니면 다른 이유가 있었는지는 현재로는 밝힐수가 없다.

또하나 指摘 할수있는 것은 黒点數의 上昇期와 下降期 사이의 현저한 非 對稱性을 들수 있다. 그 뿐만 아니라 黒点數 最大는 1968年 10月頃 이었지만 Flares 數 最大는 1970年 중반기로 2年 以上の 時間 遲延을 보여 주고 있다.

1954年에서 시작하여 1954년에 끝난 Solar Cycle 19 때와 비교하면 (DODSON and HEDEMAN, 1972)

- 1) 最大 黒点數는 Cycle 19에서 250 이고 Cycle 20에서는 140 정도이다.
- 2) Flare activity 도 크지 않아서 Importance 3의 Flare 가 121대 101이며
- 3) Importance 4는 25대 5의 값을 보여주고 있다.
- 4) 黒点數 最少에서 最大로의 上昇期가 Cycle 19때 보다 1年 더 걸렸으며 따라서 下降期도 역시 19때 보다 더 길어졌다.

다음에 太陽面에서의 Flare 發生 位置에 관한 現象을 조사한 것이 才二表이다. 왼 쪽은 北 半球에서와 南半球에서의 값을 비교한 것이고 오른 쪽은 東部와 西部에서의 값을 보여 주고 있는 것이다.

北半球에서의 發生이 압도적으로 많아서 전체의 63%이고 오직 37% 만이 南半球에서 일어나고 있다. 그러나 反面에 東, 西部의 差異는 없었다. 하나 特記 할것은 黒点數 上昇期에는 北半球에서의

Flares 가 많지만 黒点数 下降期에는 오히려 적어 지거나 (1971 年 및 1972 年) 아니면 그 差異가 근소해 지고 있음을 알 수 있다.

지금까지는 地球에서의 擾亂들을 생각하지 않고 Flares 의 光學的 觀測 資料만을 가지고 調査한 것이다. 그러나 이들 太陽의 活動이 地球에서의 擾亂과 連結되기 위해서는 行星間 空間에서의 太陽風, 太陽에서 加連되어 나오는 低 에너지 陽子(地上에 까지 到達하지 못하는 비교적 낮은 數 10 Mev 대의 陽子들) 그리고 太陽風 속에 凍結되어 나오는 太陽磁場의 極性, 方向, 強度등의 知識이 補充되어야 한다. 그러나 이들 資料 들은 科學衛星들로부터 나오기 때문에 入手가 용이치 않으며 그리고 衛星計劃의 不連續的 發射 등으로 해서 一貫性을 갖지 못하여 사용할수가 없었다.

3. 地球에서의 擾亂들 (Terrestrial Disturbances)

太陽이 地球上에서의 擾亂들(地磁氣 擾亂, 電離層 擾亂, 宇宙線 擾亂 등)의 原因이 되고 있다. EVANS(1972)에 의하면 큰 Solar Flares 는 대략 10^{32} erg 정도의 에너지를 Radiative 및 Corpuscular 放出의 형태로 發生시키며 太陽의 活動部位(Active Center)의 磁場은 이것보다 10 배 이상의 에너지를 갖고 있다고 한다.

이들 중의 상당한 부분이 熱, 可視光線, 紫外線, X-線, 高에너지 陽子 및 太陽風으로 變換되어 行星間 空間으로 放出되어 나온다.

다시 이들 중의 一部分이 地球上에서의 擾亂에 寄与한다.

그러나 앞에서도 얘기한 것처럼 地球上에서의 擾亂이 一對 Solar Flares 와 對應되지 않으므로 (혹은 確認되지 않으므로) 問題

가 생긴다. SNYDER et al.(1963)에 의하면 Solar Flares와 行星間 空間에서의 太陽風 密度와 速度와 速度的 急激한 變化 조차도 一對一 對應이 잘 되지 않는다는 것이다. 그러나 地表面上에서 觀測 할수있는 擾亂을 基準으로 20時間에서 80時間을 거슬러 올라가서 Flares의 記錄을 보면 상당히 많은 對應되는 Flares를 確認 할수 있다. 地表面上에서 觀測되는 擾亂中에서 資料가 入手 可能하고 11年 동안 (Solar Cycle 20의) 連續 觀測이 行해진 地磁氣, 電離層, 宇宙線 強度의 擾亂을 調查하며 그 統計的 性質과 他 Cycle (특히 IGY를 包含하고 있는 Solar Cycle 19)과의 比較를 해 본다.

1) 地磁氣: 地磁氣의 變化, 특히 地磁氣 擾亂 (Geomagnetic Storms)은 Magnetogram의 水平成分 強度의 急激한 增加 (S.S.C, Sudden Storm Commencement) 혹은 急激한 衝擊 (Sudden Impulse)으로 시작하여 Storms의 Initial Phase를 이룬다. 그리고 몇 時間 동안 強度 增加의 상태를 유지하다가 3~5 Earth radii에서의 環狀 電流系와 形成으로 逆方向의 magnetic dipole moment가 發生하고 이것이 Main Geomagnetic field를 急激하게 減少시켜서 생기는 소위 Main Phase와 減少된 상태에서 서서히 회복되는 final Phase로 하나의 Geomagnetic Storms의 Cycle이 完成된다. 이것은 Storms중에서 우리가 볼수있는 가장 代表的인 하나의 形態이지만 실제로는 여러가지 變形이 있으며 觀測하는 緯度, 時刻 (地方時)에 따라 또 다른 變形이 나타남으로 Identify에 있어서 任意性이 끼여 들 가능성이 크다. 현재 世界

各國에 있는 地極氣 觀測所가 100 個所가 넘으며 이들 觀測所 마다의 資料를 全部 수집하는 것도 不可能하고 또 그들 나름대로의 變形을 갖고 있기 때문에, Solar flares 와의 對應關係를 조사하는데 不適合하다.

그래서 ESSA 発行의 Solar-Geophysical Data part I, II 에 나오는 1964 年 부터 1974 年 까지의 資料를 이용하였다. 여기에서도 역시 24 개소의 觀測所資料中에서 2 個 觀測所가 同時에 S.S.C 혹은 S.I 등으로 보고하고 있는 것을 Geomagnetic Storm 으로 確認하였다. Solar-Geophysical Data 에 收錄되지 않은 1964 年과 1965 年은 다른 資料集에서 (SOLAR-TERRESTRIAL PHYSICS AND METEOROLOGY: WORKING DOCUMENT, SPECIAL COMMITTEE FOR SOLAR-TERRESTRIAL PHYSICS 発行 (1975) 취했다. 全期間 동안 總 195 개의 Geomagnetic Storms 을 確認 할수 있었다. 이 중에서 S.S.C. 를 수반하고 主相을 볼수 있는 것이 100 개이고 기타는 S.I. 이거나 다른 종류의 disturbances 였다.

2) 宇宙線: 현재 널리 宇宙線 觀測에 利用되고 있는 檢出方法은 二次 中性子를 檢出하는 Neutron Monitor 와 Scintillation Counter 를 쓰는 Meson Monitor 두가지이다. 이 중에서 널리 世界 各國에 普及되고 있는 것은 Neutron Monitor 이며 Solar Flares 에 잘 response 된다. 1954 年 Chicago 大學의 Simpson 들에 의해서 開發된 IGY 型이 IGY 期間中에 널리 쓰였고 1964 年의 IQSY 以後에는 Chalk River, Canada 의 Carmichael 에 의해서 만들어진 소위 NM-64 型이 널리 普及되었다.

흔히 Forbush 減少라고 불리우고 있는 宇宙線 擾亂 (Cosmic ray Storms)은 地磁氣의 主相 (Main Phase)처럼 갑자기 強度가 減少하기 시작하여 數時間 혹은 數日 사이에 最大 減少에 이르렀다가 며칠 걸려서 서서히 원래의 상태로 회복된다. 地磁氣처럼 複雜한 여러가지 形態를 갖지는 않지만 즉 다시 말하면 항상 현저한 強度 減少이거나 혹은 太陽 宇宙線의 進入으로 地上 增加型 (Ground level Increase) 등 둘중의 하나이다. 이 以外에도 현저한 日日變化 (振巾 1%以上의) 들이 연속해서 며칠씩 계속 되는 型の Cosmic ray storms 이 있다. 그러나 세번째의 變化는 Solar-terrestrial disturbances의 time history 研究 즉 時間을 결정하는데 있어서 어려움이 있으므로 本 研究에서는 除外 하였다.

宇宙線 資料는 Cosmic Ray NM-64 Neutron Monitor Data Atomic Energy of Canada Limited 發行中에서 Deep River 觀測所의 것을 1964年 부터 1974年 까지를 사용하였다. 이 觀測所는 世界 最大의 施設을 가지고 있고 報告書도 가장 충실한 것으로 되어 있다.

Forbush 減少의 確認은 減少가 시작되는 時間을 決定하는 것이 問題인데 이것은 正常時의 強度值가 갖는 Standard deviation의 二倍를 超過하는 減少를 시작하는 時間으로 잡았다. 그리고 이 減少值가 더 下降하여 1%以下로 떨어져서 數時間 내지 數日을 持續하면 이것은 Forbush 減少로 記錄된다. (Lockwood and Razdan., 1963) 觀測된 Forbush decrease는 總 98個이고 Abrupt decrease 型이 63個이며 Gradual decrease 型이 35個를 記錄하였다.

3) 電離層: Solar Flares에 의한 電離層의 擾亂은 短波 通信과

관련되는 問題로 널리 研究되어 現象의 形態에 대해서는 分類가 잘 되고 있다. Solar Flares 로 부터 나오는 紫外線과 X-線에 의해서 일어나는 SID(Sudden Ionospheric Disturbances) 는 Flares 직후 30分에서 1時間동안 day side 의 관측소에서 관측되고

Flares 때 加速되어 나오는 1~100 Mev 의 陽子에 의한 PCA (Polar Cap Absorption) 는 며칠 동안 極地方上空의 電離를 增加시킨다.

기타의 擾亂 즉 世界的으로 (주로 北半球 中, 高緯度) 일어나는 電離層의 F層 擾亂 (Ionospheric Storms 이라고 부른다) 은 흔히 Geomagnetic Storms 에 수반되어 일어나는 것으로 알려져 있다.

이것은 Ionosonde 에 의한 foF_2 의 減少로 檢出되며 이것은 正常 F₂ 層에서 反射되어 오는 限界 周波數를 意味한다.

F₂ 層 擾亂의 資料는 THE RADIO RESEARCH LABORATORIES, JAPAN (日本, 電波 研究所) 發行的 MONTHLY REPORT OF THE IONOSPHERE IN JAPAN 中에서 KOKUBONJI (国分寺) 의 것을 사용했다. (1967 ~ 1974 年) 이 사이에 기록된 F₂ 層 擾亂은 95 개 였다. 이 중 에서 전혀 通信이 不可能했던 Worst State 는 7 개로 기록되고 있다.

典型的인 形態는 Abnormal 한 日變化의 極大振巾이 나타나고 다음 날에는 foF_2 가 depress 된 (數日前의 正常日 平均値의 값보다 약 20%~40%가 낮은 상태) 채로 數日 계속되면서 서서히 회복된다.

4. 擾亂의 傳播 및 確認

才三表는 Solar Cycle 20 동안의 年度別 Solar Flares, Geomagnetic Storms, Cosmic ray storms 및 Ionospheric Storms 의 총괄표이다. Solar Flares 는 才一表에 나와 있는 全 Solar

Flares 중에서 地上의 Storms 을 基準으로 해서 겨우 20時間 내지 100時間 前에 일어난 Flares 들 Identify 한 것이다.

1964年과 1965年 2年동안에는 Importance 그 이상의 것으로 알맞는 것을 전혀 찾을 수 없었다.

Solar Flares 는 才一凶의 黒点數의 變化와 대략 位相이 잘 맞고 있다. 그러나 Geomagnetic Storms, Ionospheric Storms, Cosmic ray Storms 의 發生率은 黒点數 下降期에 더 현저하며 Geomagnetic Storms 은 '59年~'71年사이에 두드러지고 (全体的 50% 以上) '74年의 23개는 靜穩時로서는 많은 편이다. 그리고 Flares 에 의해서 形成된 太陽風의 Shock Wave가 Magnetosphere 의 edge에 到達하여 Magnetosphere 에 壓力을 加하는 것으로 해석되고 있는 S.S.C.는 全 Geomagnetic Storms 의 半 정도이거나 혹은 그보다 훨씬 적은 數 밖에 記錄되지 않고 있다. 맨 오른편의 Altogether는 Solar Flares 로 부터 地上의 모든 擾亂에 연결되는 것으로 確認된 擾亂의 數이다. 이것은 Flares, Cosmic ray storms, Ionospheric Storms 數의 각기 25%, 27.5%, 28.4% 밖에 되지 않으며 Geomagnetic Storms 數의 13.8% 밖에 되지 않고 있다.

그림 2 (a) 는 Solar Flares 로 부터 Geomagnetic Storms 의 S.S.C. 까지 사이의 시간 간격의 分布를 보여주고 있는 것이다.

Flares 발생으로 부터 S.S.C. 까지의 시간 간격이 40時間에서 49時間까지 사이에 傳播되어 온것이 가장 많아서 24개이며 分布는 10時間帶에서 100時間 까지로 分散되어 있다. 確認된 總數는 91개이다. 太陽, 地球間 距離로 부터 逆算하면 擾亂의 傳播 速度는 $1,000 \text{ km/sec}$ 를 넘는것이 많으며 (50% 以上) 이것은 科學衛星의 測

定 結果와도 一致 한다. (M.Dryer and S.Cuperman, 1972) 그림 2 (b) 은 S.S.C. 時間과 Cosmic ray Forbush 減少 Onset time 사이의 시간 간격을 조사한 것이다. S.S.C. 가 앞서는 것이 더 많지만 뒤지는 것도 무시 할수 없는 數字에 이른다. 最大의 time lag 는 S.S.C.가 Forbush 減少의 Onset time 보다 다섯시간이 빠르고 있다. 太陽風의 衝擊波가 磁氣圈의 境界面(Magnets Pause)에 到達하여 磁氣圈을 壓縮함으로써 생긴다는 S.S.C.가 行星間 空間에서의 磁氣場強度의 增加로 인하여 低 에너지 宇宙線 粒子가 차폐 당한다는 Forbush 減少보다 빠르다는 것이다. 다시 말하면 Solar Flares 에 의해서 나온 太陽風 속에는 最前面에 密度와 速度가 큰 소위 衝擊波가 있음에도 불구하고 (Snyder and Neugebauer, 1963) 磁氣場의 값은 이것에 比例하지 않는 内部 構造를 갖고 있다는 설명에 到達 할수밖에 없다.

靜穩時의 太陽 磁場은 太陽風과 太陽의 自轉에 의해서 소위 Archimedes 의 Spiral 을 그리고 있어서 太陽과 地球를 連結하는 直線과 45° 의 角度를 이루고 있다. 이 磁力線 때문에 太陽의 東部와 西部 사이에 效果의 非 對稱性을 豫測 할수 있었으나 結果는 否定的 이었다. 전체 確認된 109개의 Solar Flares 중에서 East Meridian에서 發生한 것이 52개, West Meridian에서 發生하여 Terrestrial Disturbances 를 이르킨 것이 57개로 근소한 差異밖에 없었다. 傳播되어 오는 速度에도 다른 것은 없었다.

電離層 擾亂의 시작은 언제나 Geomagnetic Storms 이나, Cosmic ray Storms 보다는 5~12時間 늦게 나타나고 있다. 이것은 그 高度에서 電磁氣的 效果와 大氣 化學, 즉 이온의 發生率이나 消

散率이 平常時와는 다르게 되고 있음을 의미한다. (G.C.Reid, 1972)

5. 結 句

위에서 얘기한 것 중에서 結果를 요약하면

- 1) Solar Flares로 보았을 때 Solar Cycle 20는 Solar Cycle 19보다 그 活動이 현저히 줄어 들었다.
- 2) Solar Cycle 19는 11年 걸렸지만 20은 12年을 소요했다.
- 3) 太陽의 北半球는 南半球에 비하여 2倍 이상의 Flares를 발생 시켰다.
- 4) 確認된 Slar Flares는 752개, Geomagnetic Storms는 195개, Cosmic ray Storms는 98개, Ionospheric Storms는 95개 이다.
- 5) 地上의 擾亂에 직접 책임이 있는 Flares 수는 108개 밖에 되지 않는다.
- 6) Solar Flares로 부터 시작하여 地上에 擾亂을 이르기까지의 時間은 40時間대가 가장 많다. 이것은 $1.000\text{ km/s} - 1.500\text{ km/s}$ 의 速度를 갖는 太陽風이 있어야 함을 의미한다.
- 7) Geomagnetic Storms과 Cosmic ray storms의 發生時間사이에는 一定한 관계는 없으나 統計적으로 前者가 後者를 5시간 앞서서 Storms이 가장 많다.

8) Ionospheric Storms 은 언제나 위에서 는 다른 Storms 들
보다 6~12時間 늦게 시작한다.

参 考 文 献

- [1] T.Obayashi,Enhanced Solar Particle Emissions Responsible for Terrestrial Disturbances,Report of Ionosphere and Space Research in Japan,20, 3(1966)
- [2] H.W.Dodson and E.R.Hedeman,Large-Scale Organization of Solar Activity in Time and Space, in Solar Activity Observations and Predictions Edited by P.S.Meintosh and Murray Dryer M.I.T.Press,1972.
- [3] J.W.Evans,Solar Activity
上 書
- [4] C.W.Snyder and M.Neugebauer, The Solar Wind Velocity and Its Correlation With Cosmic-Ray Variations and With Solar and Geomagnetic Activity,Jour.Geophys.Res.,68,6361(1963)
- [5] J.A.Lockwood and H.Razdan,Asymmetries in the Forbush Decreases of the Cosmic Radiation,Jour.Geophys.Res.,68,1581(1963)

- [6] M. Dryer and S. Cupperman, The Solar Wind, in Solar Activity
Observations and Predictions Edited by P. S.
McIntosh and Murray Dryer M. I. T. Press, 1972

觀測 資料를 위한 文獻

- [1] Solar-Geophysical Data, Part I & II, Monthly Issue, (1964
~1974)
by National and Atmospheric Administration,
Boulder, Colorado, U.S.A.
- [2] Solar-Terrestrial Physics and Meteorology: Working Docu-
ment, by Special Committee for Solar Terrest-
rial Physics (1975)
- [3] Cosmic Ray NM-64 Neutron Monitor Data, by Atomic Energy
of Canada Ltd, 1964-1974
- [4] The Monthly Report of the Ionosphere in Japan by The
Radio Research Laboratories, Japan, (1967-
1974)

그림 1 : Solar Cycle 19(a) 와 20(b) 의 黒点数, 그림의 값은
12個月 移動平均値

그림 2 (a) : Solar Flare로부터 S.S.C를 일으키기까지의 伝播時
間 對 發生回數

(b) : S.S.C. 시간과 Forbush decrease 의 onset time
사이 時間 間격 對 發生回數

才一表; Importance 를 기준으로 全 Flares 를 年度別로 구분한 것.

Imp Yr	1B	2F	2N	2B	3F	3N	3B	4F	4N	4B	Total
1964		3									3
1965		4									4
1966	7	1	10	8	0	2	4	0	0	0	32
1967	26	1	14	50	1	3	8	0	1	1	105
1968	31	0	17	41	3	4	12	0	0	1	109
1969	31	1	15	50	4	7	16	0	0	0	124
1970	41	1	30	65	1	3	14	0	0	1	156
1971	18	2	29	24	2	1	4	0	0	0	90
1972	25	0	2	7	0	1	2	0	0	0	37
1973	20	1	15	19	0	0	2	0	1	0	58
1974	12	0	6	9	0	2	4	0	0	0	34
Total	211	7	145	283	11	24	66	0	2	3	752

才二表；發生位僮에 따라 北半球，南半球，東部，西部로
구분한 것.

Yr	Loc				
	North	South	East	West	Total
1964	3	0	1	2	3
1965	4	0	3	1	4
1966	31	1	14	18	32
1967	69	36	49	56	105
1968	64	45	61	48	109
1969	83	41	63	61	124
1970	117	39	81	75	156
1971	36	54	46	44	90
1972	12	25	22	15	37
1973	35	22	25	33	58
1974	18	16	10	24	34
Total	472	279	375	376	752

才三表; Solar Cycle 20 동안에 나타난 確認된 全 Solar Flares, Geomagnetic

Storms, Cosmic ray Storms, Ionospheric Storms 의 總覽표

Storms Yr.	Solar flares	Mag. storms (sso)	Cosmic storms (abrupt)	Iono. storms	Altogether
1964		7	0		
1965		2	3 (1)		
1966	8	8 (2)	10 (9)		2
1967	14	14 (11)	14 (5)	8	5
1968	14	20 (13)	12 (5)	8	1
1969	20	29 (19)	17 (14)	13	7
1970	23	27 (16)	19 (15)	17	8
1971	11	28 (10)	7 (5)	13	0
1972	7	19 (13)	10 (7)	6	3
1973	5	18 (4)	3 (1)	10	1
1974	6	23 (12)	3 (1)	20	0
Total	108	195 (100)	98 (63)	95	27

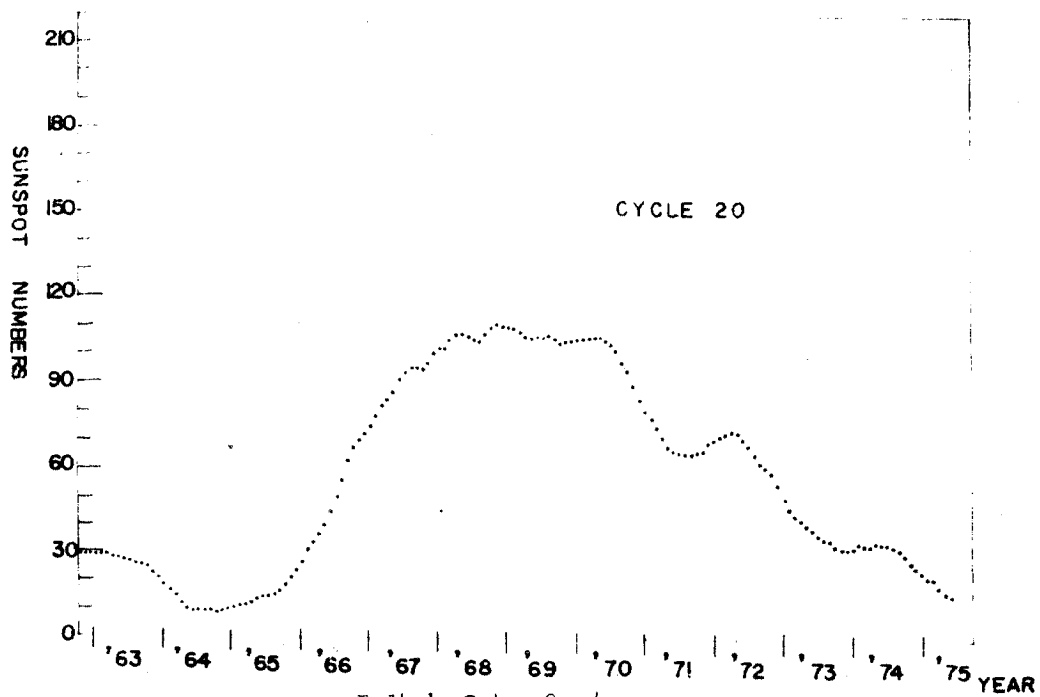
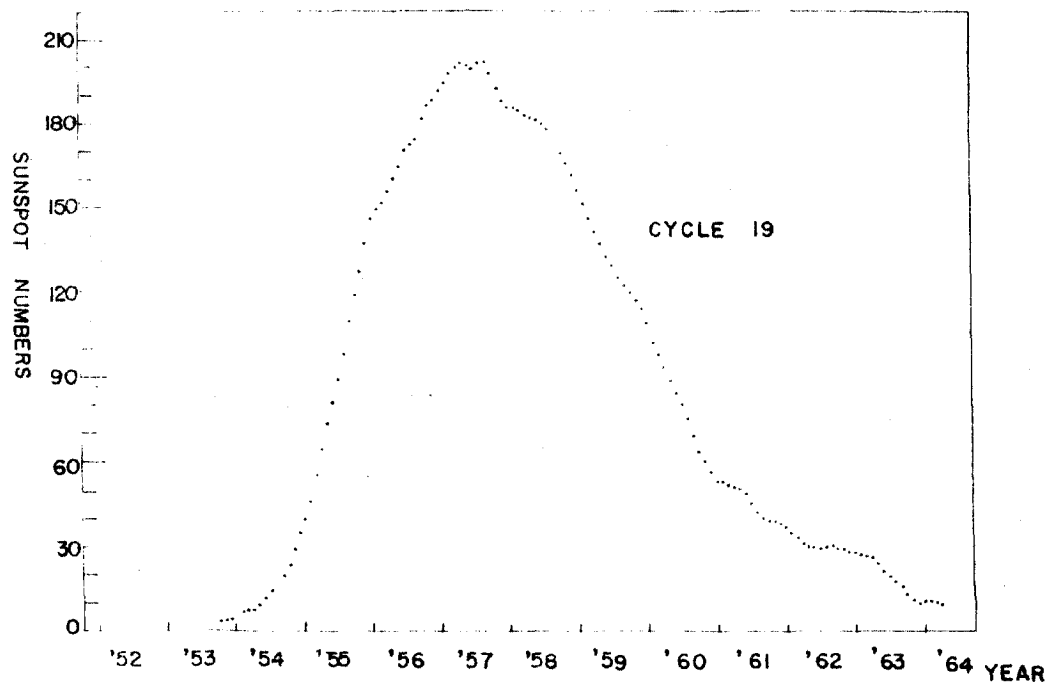
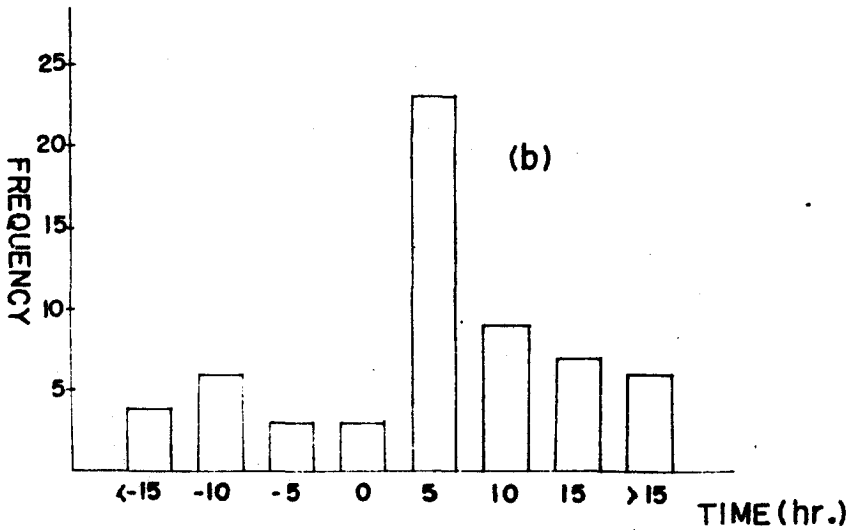
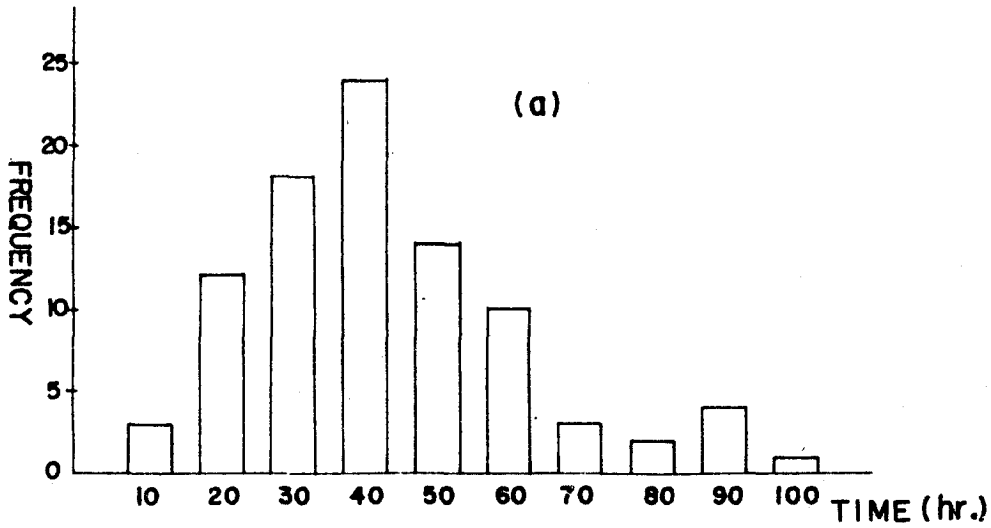


그림 1. Solar Cycle

그림 2.

SSC 와 Solar Flare 및 Forbush decrease onset
time 관계



Solar Flares					Magnetic storms					Cosmic ray storms					Ionospheric storms				
MO	DA	UT	LAT	LONG	IMP	MO	DA	UT	Type	H()	MO	DA	UT	Type	%	Start			
																MO	DA	UT	
1964						01	02			56									
						03	04			55									
						03	22			44									
						04	1			60									
						04	27			44									
						6	10			52									
						9	22			43									
1965						2	0												
	4	16	0915-1122	N04	E21 2	4	18			69		2	7	2000	G	2			
						6	16			75		4	18	0800(47)	G	2			
												6	15	2000	a	3.5			
1966						3	23			66		3	23	0900(48)	a	5.5			
						5	26			80		5	26	0000	G	3			
						5	31			52		6	1	0000	a	3			
	7	7	0022-0238	N34	W85 2B	7	8	2102(45)	SSC	42		7	8	1700(41)	a	5			
	8	28	1522-1313	N22	W60 2B							8	29	1800(27)	a	7			
	9	21	0927-0938	N22	E05 2B							9	23	2000(59)	a	7			
	10	1	0208-0310	N27	W61 2N					46		10	15	1600	a	3			
						10	15	0950	SSC			10	26	0000(60)	a	3			
	10	23	1334-1414	N13	W77 1B							11	17	1700(77)	a	3.5			
	11	14	1215-1300	N25	E76 2B							12	13	1600	a	5			
	12	10	1419-1450	N23	E38 2N					52									
						12	14	1225(94)	..										
1967																			
						2	7	1416(107)	SSC	174		1	6	1700	G	5.5			
	2	3	0302-	N09	E61 2B	2	7					2	7	1600(109)	G	4.0	2	8 1200-9 2400	
	2	13	1746-2243	N22	W10 3B	2	15	2348(53)	SSC	256		2	16	0000(53)	a	3.5	2	16 1200-17 1200	
												3	2	1900	G	3.0			
	4	2	0755-0843	S20	W80 2N	4	4	0303(44)	SSC			4	3	0100	G	2.5			

Solar Flares				Magnetic Storms				Cosmic ray storms				Ionospheric storms			

[illegible]

Solar Flares				Magnetic Storms				Cosmic ray storms				Ionospheric storms						
MO	DA	UT	LAT	LONG	IMP	MO	DA	UT	Type	H()	MO	DA	UT	Type	%	Start	End	
																MO-DA	UT--	
1968	11	15	1230	N21	W51	2B	11	16	0916(21)	..	102	11	15	0000	G	7.0		
			1255															
	11	18	1501	N11	E16	2N	11	20	0904(42)	SSC	95							
			1516															
	11	23	1332	S15	E21	1B						11	25	0000(35)	a	3.5		
			1348															
							12	5	0632	SSC		12	5	1700	G	3.0		
							12	24	2230	..	71							
1969	1	6	0840	N21	E27	2N	1	7	0321(19)	..	56							
			0940															
												1	15	0300	a	2.0		
												1	24	0800				
	2	25	0903	N13	W37	2B	1	25	0035	..	81							
			1013				2	2	1502	SSC	203							
							2	10	2021	SSC		2	10	2300	a	2.0	2 2 1800	
												2	25	0900(0)Increase			2 3 2400	
	2	24	2306	N12	W32	2B	2	26	0156(50)	SSC		2	26	0600(55)	G	5.0	2 11 1200	
			0003														2 12 0600	
							3	11	0040	..	104							
	3	16	2334	N16	E30	1B	3	17	0029	SSC		3	17	0400	a	3.0		
			2359				3	19	1958(93)	SSC	97							
	3	22	0643	N10	W21	2N	3	23	1012(28)	SSC	303	3	23	2200(40)	a	6.0	3 23 0000	
			0702														3 24 0600(W)	
	3	29	1235	N08	W01	2B	3	30	2118(33)	..	70							
			1250															
	4	26	2300	N08	E36	3F	4	12	2045	SSC	108	4	13	0200	a	5.0		
			2346				4	27	1832(19)	..	167	4	28	0400(29)	a	6.0(P)	4 28 0600	
							5	2	1322	SSC	84							
							5	12	1748	..	99							
							5	14	1929(62)	SSC	171	5	15	0100(67)	a	6.0(P)	5 15 0000	
	5	12	0533	N17	E40	3B											5 17 1200	
	6	7	0809	S15	E44	2B	6	8	0508(29)	SSC	84	6	8	0700(31)	a	4.0(P)	6 8 0600	
																	6 8 2400	
	6	11	1613	N11	W19	3B	6	13	2048(53)	..	78							
			1751														6 14 1200	
																	6 14 2400	

Solar Flares						Magnetic storms				Cosmic ray storms				Ionospheric storms					
-----						-----				-----				-----					
MO	DA	UT	LAT	LONG	IMP	MO	DA	UT	Type	H()	MO	DA	UT	Type	%	MO	DA	UT	Type

Solar Flares				Magnetic storms				Cosmic ray storms				Ionospheric storms									
MO	DA	UT	LAT	LONG	IMP	MO	DA	UT	Type	H ()	MO	DA	UT	Type	%	MO	DA	UT	Start	End	
1970																					
5	29	1222	S07	W32	1B	6	1	0305(63)	SSC	60	5	29	0200	a	2.0	6	1	0600	6	2	2400
		1249									6	1	0400(64)	a	4.0						
6	16	0540	N18	E14	2B	6	18	0828(45)	SSC	86	6	17		G	4.0	6	18	1200	6	21	2400
		0612																			
6	25	1225	N23	E72	2N	6	27	0606(42)	SSC	105	6	27	0800(44)	a	2.5	6	27	0600	6	28	2400
		1245																			
7	1	0655	N20	W09	1B	7	3	2250(64)	..	98	7	2	0500(22)	a	3.0	7	1	1200	7	4	2400
		0725																			
7	3	1655	S08	E05	1B	7	5	0213(34)	..	67											
		1709																			
7	6	1302	S06	W32	1B	7	8	2317(58)	..	137						7	9	0600	7	11	1200
		1348																			
7	22	0020	N09	E32	2B						7	23	0600(30)	G,a	6.5						
		0124																			
7	23	1832	N09	E10	2B	7	24	2352(30)	SSC	173						7	25	0600	7	27	0600
		1851																			
n	27	1814	S01	E24	1B	7	29	0043(30)	SSC	120						7	29	1200	7	30	0600
		1835																			
8	14	1736	N16	W77	3B	8	7	2042	..	82						8	8	1200	8	9	2400
		1909				8	16	2204(52)	SSC	256						8	17	0000	8	19	2400
8	30	1430	N20	E48	2B	9	1	0418(38)	..	85	8	16	1200(42)	G,a	5.5						
		1445																			
						9	13	0218	..	87						9	14	0600	9	14	2400
10	15	0259	N11	E29	1B	10	10	2318	..	89											
		0326				10	16	0918(30)	SSC	141	10	16	1300(40)	a	3.0	8	16	1200	8	18	2400
11	5	0308	S12	E37	4B	11	7	0046(46)	SSC	166	11	7	0400(50)	a	6.0(P)	11	7	0600	11	8	2400
		0458																			
11	17	0731	N16	W38	2B	11	18	1225(29)	SSC	132	11	19	0000(41)	a	3.0	11	19	0000	11	19	2400
		0940																			
11	19	0638	N15	W34	1B	11	21	0622(48)	SSC	129						11	21	1200	11	22	2400
		1655																			
						12	7	1900	..	84											
						12	14	0154	SSC	258	12	14	0400	a	4.0	12	14	0600	12	15	2400(W)

Solar Flares				Magnetic storms				Cosmic ray storms				Ionospheric storms											
-----				-----				-----				-----											
MO		DA	UT	LAT	LONG	IMP	MO	DA	UT	Type	H()	MO	DA	UT	Type	%	Start		End				
																		MO	DA	UT	MO	DA	UT
1972	1	13	2125	S25	E83	2N	1	15	1104	..	82	1	17	0100	G	4.5							
			2200																				
	1	19	1639	S16	E10	1B	1	21	1108	..	107												
			1716																				
	2	22	1322	N08	W03	1B	2	13	0940	SSC	65	2	13	0400	G	5.0							
			1419				2	24	0641	SSC	142												
	3	5	0807	S07	E43	1B	3	6	2108	SSC	112	3	7	0000	a	3.0							
			0831																				
							4	17	1800	..	80												
							4	27	1218	..	132	4	23	0000	a	3.5							
5	27	0131	N10	E47	1B		5	9	0518	..	76	5	15	2100	a	3.0							
		0213					5	15	1849	SSC	157	5	28	1700	G	4.5							
							6	17	0628	SSC	273	6	17	1500	a	5.0							
8	2	1958	N14	E28	2B		8	4	0119	SSC	450	8	4	0300	a	21.0							
		2336																					
	8	4	0617	N14	E08	3B	8	4	2054	SSC													
		0855																					
8	7	1449	N14	W37	3B		8	8	2354	SSC	150												
		1721																					
							8	25	2258	SSC													
							9	13	1240	SSC	216												
							10	18	1746	SSC	126	10	18	2200	a	3.0							
10	26	1326	S05	E43	1B		10	31	1654	SSC	302	10	31	1800	a	5.5							
		1353																					
							12	12	2145	SSC	118												
							12	23	0926	..	78												

Solar Flares				Magnetic storms				Cosmic ray storms				Ionospheric storms			
MO	DA	UT	LAT	LONG	IMP	MO	DA	UT	Type	H()	MO	DA	UT	Type	%
1973	3	14	1413	S17	W54	1B	2	21	1400	..	1	09			
			1433				3	16	0625	SSC	69				
							3	18	0742	..	135				
	4	11	1838	S09	W10	1B	3	31	1336	..	202				
			2153				4	13	0438	..	185				5.0
	4	14	1434	S09	W47	1B	4	15	2030	..	98				
			1505												
	5	18	1527	N07	E43	1B	5	6	1300	SSC	141				3.5
			1559				5	13	1718	..	148				4.0
							5	21	0252	SSC	98				
7	29	1312	N13	E45	4N	6	10	1041	..	85					
		0125				6	28	2030	..	85					
						7	31	0545	..	47					
1974							9	22	0300	..	143				
							10	2	0418	..	125				
							10	16	0520	SSC	96				
							10	28	0730	..	141				
							11	21	0312	..	75				
							11	24	1042	..	81				
							1	24	2300	SSC	118				
							2	10	0318	..	98				
							2	22	1900	..	71				
						3	16	0418	..	84					
						3	20	1248	..	101					
						4	3	0437	SSC	57					
4	16	1620	S13	W55	1B	4	18	0230	..	137					
		1649													

[illegible]