

## 경주 지자기관측소 자료를 이용한 준실시간 K 지수 산출에 관한 연구

최규철<sup>1,2†</sup>, 조경석<sup>2</sup>, 문용재<sup>2</sup>, 김관혁<sup>2</sup>, 이대영<sup>1</sup>, 박영득<sup>2</sup>, 임무택<sup>3</sup>, 박영수<sup>3</sup>, 임형래<sup>3</sup>  
<sup>1</sup>충북대학교 자연과학대학 및 기초과학연구소, 천문우주학과  
<sup>2</sup>한국천문연구원, <sup>3</sup>한국지질자원연구원

### NEAR REAL-TIME ESTIMATION OF GEOMAGNETIC LOCAL K INDEX FROM GYEONGZU MAGNETOMETER

K.-C. Choi<sup>1,2†</sup>, K.-S. Cho<sup>2</sup>, Y.-J. Moon<sup>2</sup>, K.-H. Kim<sup>2</sup>, D.-Y. Lee<sup>1</sup>, Y.-D. Park<sup>2</sup>,  
M.-T. Lim<sup>3</sup>, H.-R. Lim<sup>3</sup>, and Y.-S. Park<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Dept. of Astron. & Space Sci., College of Natural Science and Institute for Basic Science Research  
Chungbuk National University, Cheongju 361-763, Korea

<sup>2</sup>Korea Astronomy and Space Science Institute, Daejeon 305-348, Korea

<sup>3</sup>Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources, Daejeon 305-350, Korea

E-mail: ckc21@kasi.re.kr

(Received October 18, 2005; Accepted November 14, 2005)

#### 요 약

K 지수는 특정 지역에서의 지자기 변동을 나타내는 지수로서 3시간마다 결정된다. K 지수를 결정하는 알고리즘은 태양복사의 규칙적인 일변화(Sq)를 결정하는 방법에 따라 다양하다. 그 중에서 FMI 알고리즘은 K 지수를 구하고자 하는 날과 그 전 후의 1일 자료를 포함한 총 3일 동안의 지자기 수평성분(H, D) 측정 자료를 사용하여 태양복사의 규칙적인 일변화(Sq)를 구한다. 그러나 이 알고리즘은 K 지수를 구하고자 하는 날로부터 1일 후까지의 측정 자료가 필요하기 때문에 실시간으로 K 지수를 구하는 경우에는 어려움이 있다. 본 연구에서는 준실시간으로 K 지수를 구하기 위해 미국 우주환경예보센터(NOAA/SEC)에서 제공하는 과거의 전지구적 지자기 K 지수(Planetary K index: Kp)를 검색하여 최근의 Kp 지수가 모두 3 이하인 지자기 활동이 조용한 날을 찾고 그 날의 지자기측정 자료를 FMI 알고리즘의 3일치 입력 자료로 사용함으로써 준실시간 K 지수를 구하는 방법을 고안하였다. 이러한 방법을 검증하기 위해 우리는 2003년 1년 동안 한국지질자원연구원에서 운용하는 경주 지자기 관측소의 FLARE+ 시스템으로 측정된 자료를 사용하고 우리의 준실시간 결정 방법을 적용하여 K 지수를 구하고 이를 일반적인 FMI 알고리즘으로 구한 K 지수와 서로 비교하였다. 그 결과, 우리의 방법으로 결정된 K 지수는 일반적인 방법으로 구한 K 지수와 잘 일치하였다. 또한 준실시간 결정 방법으로 구한 K 지수를 일본 Kakioka 관측소에서 결정한 K 지수와 비교한 결과 그 상관지수(R)가 0.81 정도로 높음을 확인하였다. 본 연구의 결과는 향후 한반도 지역에서의 K 지수 변동을 준실시간으로 모니터링 하는데 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

#### ABSTRACT

Local K-index is an indicator representing local geomagnetic activity in every 3 hour. For estimation of the local K-index, a reasonable determination of solar quiet curve (undisturbed daily variation of geomagnetic field) is quiet essential. To derive the solar quiet curve, the FMI method, which is one of representative algorithms, uses

<sup>†</sup>corresponding author

horizontal components (H and D) of 3 days magnetometer data from the previous day to the next day for a specific day. However, this method is not applicable to real time forecast since it always requires the next day data. In this study, we have devised a new method to estimate local K-index in near real-time by modifying the FMI method. The new method selects a recent quiet day whose Kp indices, reported by NOAA/SEC are all lower than 3, and replace the previous day and the next day data by the recent quiet day data. We estimated 2,672 local K indices from Gyeongju magnetometer in 2003, and then compared the indices with those from the conventional FMI method. We also compared the K indices with those from Kakioka observatory. As a result, we found that (1) K indices from the new method are nearly consistent with those of the conventional FMI method with a very high correlation ( $R = 0.96$ ); (2) our local K indices also have a relatively high correlation ( $R = 0.81$ ) with those from Kakioka station. Our results show that the new method can be used for near real-time estimation of local K indices from Gyeongju magnetometer.

*Key words:* K-index, Kp-index, Sq curve, magnetometer, space weather

## 1. 서 론

지자기 활동은 우주환경(Space Environment)의 급격한 변화를 일으켜 각종 위성간의 통신, 지상에서의 유, 무선 통신 및 네비게이션 시스템 등에 교란을 일으킨다. 한편, 지자기 변동에 의해 지표에 유도되는 전류는 발전 및 송전 시설, 송유관, 가스관 등에 장애 또는 재해를 일으킨다(안병호 2000). 지자기 활동은 지자기 폭풍과 SI(Sudden Impulse), Bay, 그리고 SFE(Solar Flare Effect) 현상 등으로 분류되는데 주로 지자기 수평성분(H)의 분석을 통해서 이루어진다. 특정 지역에서의 지자기 활동 현상은 3시간마다 결정되는 지자기 활동 지수인 K 지수로 분류된다. 태양으로부터 방출된 하전입자에 의해 지구 주변에는 전류가 발생하고 여기에 수반되어 지상에서는 지자기 변화가 일어난다. 1939년 Bartels는 이들 입자 복사가 지구에 미치는 영향을 연속적으로 모니터링하기 위해서 지자기 변화 자료를 이용한 K 지수를 도입하였다(안병호 2000). 각 지자기 관측소의 K 지수는 세계시를 기준으로 0시부터 매 3시간 동안에 일어난 H와 D 성분의 변화량 중에서 큰 쪽을 택하여 결정하는데, 각 관측소는 지자기 변화량을 미리 설정된 준대수 척도(quasi-logarithmic scale)와 비교하여 0에서 9 사이의 값을 부여한다. 즉, 모든 관측소가 동일한 K 지수 분포를 갖도록 적절한 척도를 선택한다. K 지수를 산출하기 위해서는 각 지역 관측소의 최대 지자기 변동량을 알아야 하고 적절한 알고리즘의 선정도 이루어져야 한다. K 지수를 결정하는 알고리즘은 태양복사의 규칙적인 일변화(Sq)를 결정하는 방식에 따라 여러가지가 방법이 있는데, 그 중에 USGS(US Geological Survey) 알고리즘과 FMI(Finnish Meteorological Institute) 알고리즘이 많이 사용되고 있다. 특히 FMI 알고리즘은 hand-scale에 의해 구하여진 것과 매우 유사한 결과를 보여주는 것으로 알려져 있다(Menvielle et al. 1995). FMI 알고리즘의 경우에 K 지수를 결정하기 위해서 구하고자하는 날과 그 전 후의 1일 자료를 포함한 총 3일간의 지자기 수평성분(H, D) 측정 자료를 사용하여 구한 Sq를 이용하여 결정한다. 그러나 이 알고리

즘은 구하고자 하는 날로부터 1일 후까지의 자료가 필요하기 때문에 실시간으로 K 지수를 구하는 경우에는 실시간으로 적용하기에는 어려움이 있다.

전지구적 지자기 K 지수인  $K_p$  지수는 자기 위도 46~63도 사이에 있는 여러 지자기 관측소에서 자기장 변화를 평균하여 매 3시간마다 나타낸 지수로써 실시간으로 구하는데 어려움이 있다. Takahashi et al. (2001)은 9개 지점의 지자기 관측 자료를 가지고  $K_p$  지수를 준실시간으로 구하는 방법을 연구하였다. 그들은 한달 동안의 관측 자료를 가지고 태양복사의 규칙적인 일변화( $S_q$ )를 구하였고, 이로부터  $K_p$  지수를 구했다. 그들은 일반적인 방법으로 구한  $K_p$  지수와 비교한 결과 높은 상관지수가 있음을 보였고 준실시간으로  $K_p$  지수를 구하는데 잘 적용된다는 것을 보였다. 한편 Wing et al. (2005)은 태양풍의 위성관측 자료를 사용하여  $K_p$  지수를 실시간으로 예보하는 연구를 진행하였다. 태양의 활동이 있을 때 Advanced Composition Explorer(ACE) 등의 위성에서 측정된 태양풍과 행성간 자기장 관측 자료, 그리고 각 위성의 위치정보 자료를 사용하여  $K_p$  지수를 실시간으로 예보하는 모델을 만들었다.

본 연구에서는 준실시간으로 K 지수를 구하기 위해 미국 우주환경예보센터(Space Environment Center: SEC)에서 제공하는 과거의 전지구적 지자기 K 지수(Planetary K index:  $K_p$ )를 검색하여 가장 최근의  $K_p$  지수가 모두 3 이하인 지자기 활동이 조용한 날을 찾고, 그 날의 지자기측정 자료를 FMI 알고리즘의 3일치 입력 자료로 사용함으로써 준실시간 K 지수를 구하는 새로운 방법을 고안하였다. 이에 필요한 선행작업으로, K 지수계산 프로그램인 FMI 알고리즘을 분석하였다. 그리고 우리가 고안한 새로운 방법을 적용하여 K 지수를 결정하고 이를 FMI 알고리즘의 일반적인 적용 방법으로 구한 K 지수와 비교하였다. 그리고 우리가 결정한 K 지수를 일본 Kakioka 관측소에서 보고한 K 지수와 비교함으로써 우리가 적용한 방법의 타당성을 검증하고자 한다. 2장에서 우리는 우리나라에서의 지자기 관측에 대하여 알아보고, 3장에서는 FMI 알고리즘에서 K 지수 산출 방법에 대해, 그리고 4장에서는 우리가 고안한 준실시간 결정 방법으로 구한 K 지수와 일본 Kakioka 관측소의 K 지수를 비교하였다. 마지막으로 요약 및 결론을 5장에서 기술하였다.

## 2. 지자기 관측

우리나라의 지자기 관측 역사는 짧은 편이다. 국립지리원이 1978년에 fluxgate를 핵심으로 하는 연속 관측 시스템을 도입하여 1978년에서 1982년까지 지자기 관측을 수행한 적이 있다. 전파연구소에서는 지자기 연속 관측을 통하여 지자기 교란에 의한 지구 근접 우주환경을 연구하기 위하여 1996년 8월에 이천과 용인에 플럭스게이트(fluxgate)와 프로톤(proton) 센서로 이루어진 지자기 관측 시스템을 설치하였으며, 1997년에는 제주도에 동일한 시스템을 설치하여 운영 중에 있다(최정림 등 1997). 그림 1의 왼쪽에 보이는 것은 이천 관측소의 지상 자력계 모습이다. 전파연구소에서 운영하는 지자기 관측 시스템은 크게 센서부, Data Logger부, 전력부로 구성되어 있고, 각각의 센서는 200m의 main cable로 Data Logger에 연결되어 있다. 지자기 관측시스템의 구성과 특징은 최정림 등(1997)에 자세히 기술되어 있다. 조경석 등(1999, 2000)은 일반적인 FMI 알고리즘을 전파연구소 이천 관측소에서 측정한 1998년 1년간의 지자기 측정자료에 적용함으로써 우리나라 지역에서의 지자기 K 지수를 최초로 구한 바 있다.

그림 1의 오른쪽은 경주관측소의 지상자력계 모습이다. 한국지질자원연구원은 1998년도부터 영

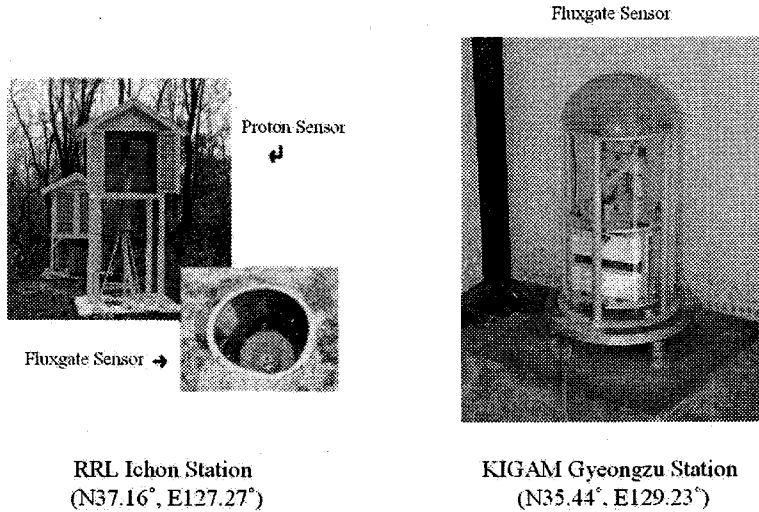


그림 1. 왼쪽 사진은 전파연구소 이천관측소의 측정장비인 Proton sensor와 Fluxgate sensor이고, 오른쪽 사진은 한국지질자원연구원 경주관측소의 측정장비인 Fluxgate sensor이다.

표 1. fluxgate 자력계의 특징.

관측소	Type	Resolution	편이량	Sampling
Ichon	Ring Core Type	0.01nT	0.22nT/°C	1,2,4,8 time/sec
Gyeongju	Ring Core Type	0.01nT	-	0.2 time/sec

표 2. K 지수의 범위에 따른 섭동최대치.

관측소	K0	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9
Gyeongju	0	3	6	12	24	42	72	120	198	300

국지질조사소가 설계, 제작한 FLARE+ 시스템을 3대 도입하여 대전과 경주, 홍성에 설치, 운영 중에 있다. 한국지질자원연구원에서 운용하는 FLARE+ 시스템은 총지자기장의 절대치를 스칼라량으로 측정하는 프로톤 자력계(Overhauser effect proton precession magnetometer) 1대, 지자기장의 방향을 벡터적으로 관측하는 3축 플럭스게이트 자력계 1대, 그리고 두 센서로부터 오는 신호를 획득하고 기록하는 자료 취득 시스템과 이 세부분에 전력을 공급하는 전원공급장치로 구성되어 있다. 그리고, GPS 동기 시계는 시스템의 정확한 시간을 유지하기 위해서 장착되어 있고, 플럭스게이트 자력계 안에는 온도센서가 장착되어 있는데 이것은 플럭스게이트 자력계로 측정된 3축 방향의 자기장값의 온도 변화에 따른 변화량을 나중에 보정하기 위한 것이다. 5초마다 측정된 자기장 자료는 네트워크를 통하여 대전에 있는 한국지질자원연구원 지자기관측망 주 컴퓨터에 실시간으로 전달, 기록, 보관되고 있다. 지자기 관측시스템의 자세한 기술은 임무택 등(2004)에 자세히 기술되어 있다.

현재 우리나라에는 한국지질자원연구원에서 운용하고 있는 대전, 홍성, 경주관측소와 전파연구소에서 운용하고 있는 이천, 용인, 제주관측소 등 총 6개의 지자기 관측소가 있다. 표 1은 이 중에 이천관측소와 경주관측소의 플럭스게이트 자력계의 특징을 나타낸 것이다. 본 연구에서는 비교적 주변 잡음의 영향이 적고 안정적으로 운용되고 있는 경주관측소의 플럭스게이트로 측정된 H, D 성분

의 1분 자료를 사용하였다. K 지수 산출을 위해서는 그 지역에서의 최대 지자기 변동량을 알아야 되는데 우리는 프랑스의 CETP(지구행성환경연구소)가 부여한 우리나라 지역에서의 최대지자기 변동량( $\sim 300nT$ )을 적용하였다. 표 2는 K0에서 K9까지의 범위에서 경주 지역에서의 최대 지자기 변동 상한값을 보여주고 있다.

### 3. FMI(Finnish Meteorological Institute) 알고리즘

태양으로부터 방출된 하전입자에 의해 지구주변에는 전류가 발생하고 지상에서는 지자기 변화가 일어난다. K 지수의 산출은 아날로그 방식의 지자기 측정 시스템의 경우 Bartels-Mayaud rule을 적용한 hand scale 법을 사용하였다. 그 이후 디지털 방식의 측정 시스템이 출현하면서 태양활동과 무관하게 변화하는 태양복사의 규칙적인 일변화( $S_q$ )를 결정하는 방법에 따라 여러가지 K 지수 자동 산출 알고리즘들을 개발하게 되었다. 이들 알고리즘은 Menvielle et al. (1995)에 의해 hand scale 법과 서로 비교되었고, 그 결과 여러 방법중에서 오차가 적은 USGS 알고리즘과 FMI 알고리즘이 세계적으로 많이 이용되고 있다.

USGS 알고리즘은 매1시간의 평균값(Mean Hour Value: MHV)을 선택해서 태양복사의 규칙적인 일변화 곡선( $S_q$  curve)을 만든다. 이 K 지수를 구하고자 하는 날의 24시간 동안의 측정자료와 그 전날 마지막으로 관측된 2시간 동안의 자료 그리고 다음날 맨처음 관측된 2시간 동안의 자료를 사용하여 태양복사의 규칙적인 일변화 곡선( $S_q$  curve)을 구한다.

FMI 방법은 다른 알고리즘에 비해 hand scale 법으로 결정된 K 지수와 가장 비슷하고 어느 지역에서나 사용할 수 있도록 개발된 알고리즘이다(Menvielle et al. 1995). FMI 알고리즘은 3축 지자기 성분 중에서 H와 D성분의 측정값을 사용하는데, 3일의 자료를 사용한다. 즉, 구하고자 하는 날의 관측자료와 그 전 후의 1일 자료를 포함한 총3일의 데이터를 가지고 태양복사의 규칙적인 일변화 곡선( $S_q$  curve)을 만든다. FMI 알고리즘은 다음의 3단계 과정을 거쳐 최종적인 K 지수를 결정한다.

1. 구하고자 하는 날의 24시간의 데이터 값들 중에 3시간 간격의 최대 값과 최소 값의 차이를 각 관측소의 K 지수 환산표에 맞춰 초기 K 지수를 결정한다.

2. 첫번째 단계에서 결정된 초기 K 지수를 이용하여 각 시각에서의 평균값을 구하고 이 값을 5차 harmonic fitting을 수행하여 자기장 교란이 없는 조용한 상태의 1일 변화를 나타내는 1차  $S_q$  곡선을 구한다. 1차  $S_q$  곡선을 측정된 H, D 성분에서 제거하여 새로운 K 지수를 결정한다.

3. 새로 결정된 K 지수를 이용하여 각 시각에서의 평균값을 새로 구하고 이 값을 다시 5차 harmonic fitting을 수행하여 2차  $S_q$  곡선을 구한다. 2차  $S_q$  곡선을 H, D 성분의 24시간 측정데이터에서 제거하면 최종적인 K 지수가 3시간 간격으로 결정되어 나온다(Menvielle et al. 1995).

### 4. 준실시간 K 지수 결정

준실시간으로 K 지수를 구하기 위해 우리가 중점적으로 연구하고 사용한 방법은 미국 우주환경예보센터(NOAA/SEC)에서 하루에 한번씩 발표하는  $K_p$  지수를 검색하여  $K_p$  지수 8개가 모두 3 이하인 날을 지자기 교란이 적은 날로 선정해서 사용하는 방법이다. 즉, 태양복사의 규칙적인 일변화 곡선( $S_q$  curve)을 구하기 위해 미국 우주환경예보센터의  $K_p$  지수를 구하고자 하는 날로부터 역순으로 검색하여 지자기 활동이 조용한 날을 선택한다. 그리고 그 날의 자료를 관측자료가 저장된 서

Date : 2003. October. 30 ( 1 min averaged )  
 Station : Gyeongzu(H, D - Comp)  
 Compensation Field : 30737nT(H), -74nT(D)

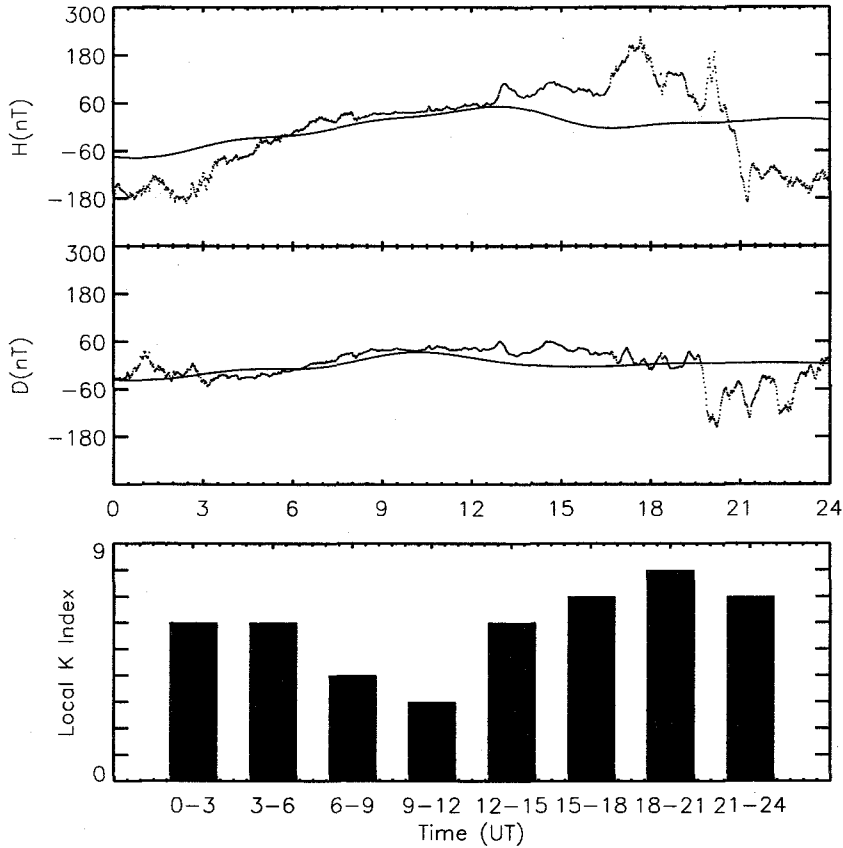


그림 2. 일반적인 방법으로 구한 지자기 교란이 심한 날의 K 지수(상단 두개의 그래프에서 실선은 Sq curve이고, 점선은 관측 자료를 나타낸다).

표 3. 10월 30일의 Kp 지수와 Ko 지수 그리고 Kn 지수 비교.

UT	0-3	3-6	6-9	9-12	12-15	15-18	18-21	21-24
Kp	9	7	5	5	5	7	9	9
Ko	6	7	5	3	5	7	8	7
Kn	6	6	4	3	6	7	8	7

버에서 찾아 구하고자 하는 날 전 후의 1일 자료로 가정하여 3일의 자료로 만든다. 마지막으로 이를 FMI 방법에 입력하여 Sq curve를 구한 다음 K 지수를 최종적으로 결정하게 된다. 이 방법의 타당성을 확인하기 위해 우리는 강력한 자기장 교란이 있었던 2003년 10월 30일의 경우에 대해 우리가 제안한 새로운 방법을 적용하고 그 결과를 일반적인 방법으로 구한 K 지수와 서로 비교하였다.

Date : 2003. October. 30 ( 1 min averaged )  
 Station : Gyeongju(H, D - Comp)  
 Compensation Field : 30737nT(H), -74nT(D)

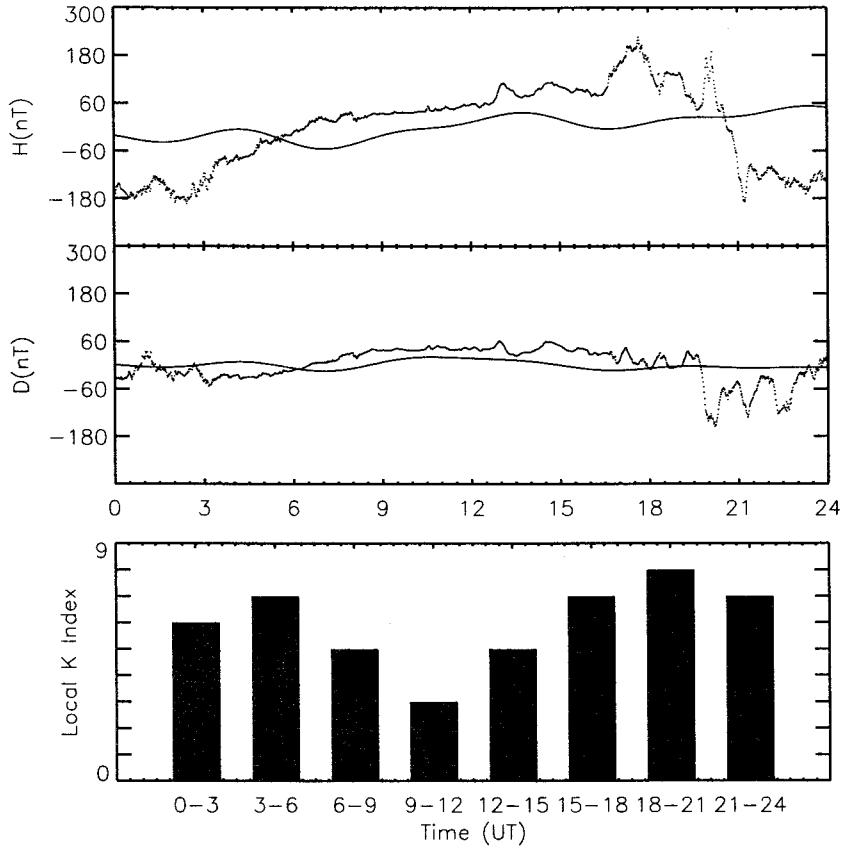


그림 3. 지자기 교란이 적은 날을 선정하는 방법으로 구한 지자기 교란이 심한 날의 K 지수(상단 두개의 그래프에서 실선은 Sq curve이고, 점선은 관측 자료를 나타낸다).

그림 2는 일반적인 방법으로 구한 지자기 교란이 심한 날의 K 지수를 나타낸 것이고, 그림 3은 지자기 교란이 적은 날을 선정하는 방법으로 구한 지자기 교란이 심한 날의 K 지수를 나타낸 그림이다. 그림에서 우리는 일반적인 방법으로 구한 K 지수와 지자기 교란이 적은 날을 선정하는 방법으로 구한 K 지수가 Sq에서 약간의 차이는 볼 수 있었으나 K 지수에서는 큰 차이를 볼 수 없었다. 그림 3에서 지자기 교란이 적은 날의 자료는 구하고자 하는 날의 4일전 자료이다. 또한 2003년 10월 30일의 경우에 대해 FMI 알고리즘의 일반적인 방법으로 구한 K 지수(Kn)와 지자기 교란이 적은 날을 선정하는 방법으로 구한 K 지수(Ko) 그리고 Kp 지수와 비교해 보면 표 3에서 보이는 바와 같이 약간의 차이를 확인할 수 있다. Kp 지수는 자기 위도가 46~63도 사이에 있는 고위도의 여러 관측소의 평균 자기장 변화를 나타낸다. 경주관측소는 자기 위도가 30도 정도의 저위도에 위치한다. 따라서 관측소의 자기위도 차이에 의해 발생한 것으로 판단된다. 비록 지자기 교란이 있는 날에 대해 새로

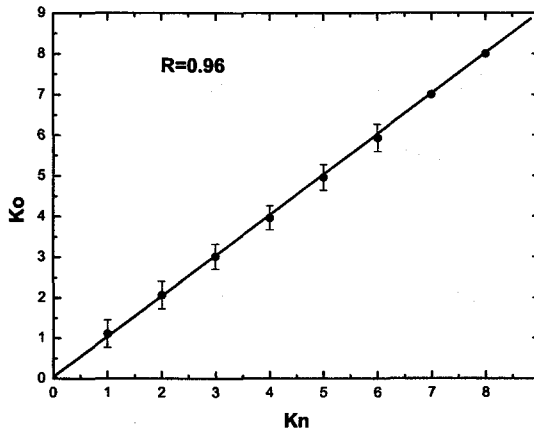


그림 4. 경주 지자기 자료를 FMI 알고리즘의 일반적인 방법으로 구한 Kn 값(일반적인 FMI 적용방법)과 지자기 교란이 적은 날을 선정하는 방법으로 구한 Ko 값(본 연구에서 제안한 FMI 적용방법)의 비교.

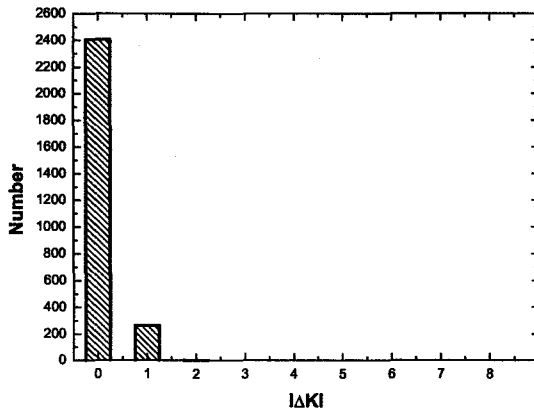


그림 5. 지자기 교란이 적은 날을 선정하는 방법으로 구한 Ko 값(본 연구에서 제안한 FMI 적용방법)과 FMI 알고리즘의 일반적인 방법으로 구한 Kn 값(일반적인 FMI 적용방법) 간의 차이( $\Delta K$ )값의 개수 분포( $|\Delta K| = |K_o - K_n|$ ).

은 방법을 적용한 결과가 표 3에서와 같이 일반적인 방법에 의한 K 지수( $K_n$ )나  $K_p$  지수와 유사하다고 하더라도 우리는 보다 확실한 검증을 위해 장기간의 자료를 이용하여 확인할 필요를 느끼게 되었다. 이에 우리는 지자기 교란이 적은 날을 선정하는 방법을 경주 지자기 관측소의 2003년 일년치 자료에 적용하여 2,672개의 K 지수를 구해 보았다. 우리가 제시한 지자기 교란이 적은 날을 선정하는 방법으로 구한 K 지수와 일반적인 방법으로 구한 K 지수를 비교하고 그 상관지수(R)를 구해보니 그림 4에서 보는 바와 같이 높은 상관 관계가 보였으며 그 상관지수(R)는 약 0.96으로 계산되었다. 그



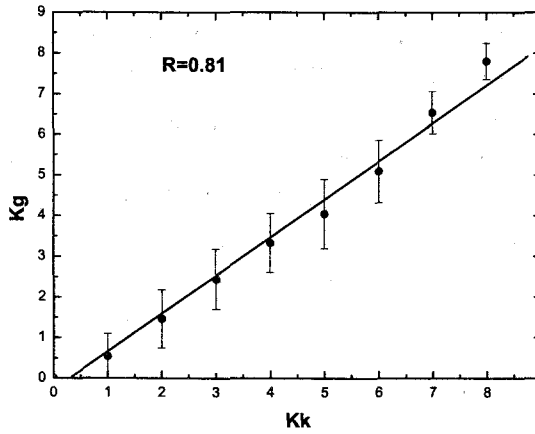


그림 6. 지자기 교란이 적은 날을 선정하는 방법으로 구한 경주 지자기 K 지수(Kg)와 일본 Kakioka 관측소의 K 지수(Kk)의 비교.

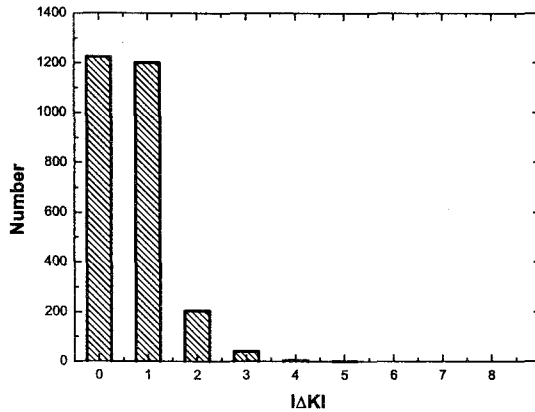


그림 7. 지자기 교란이 적은 날을 선정하는 방법으로 구한 경주 지자기 K 지수(Kg)와 일본 Kakioka 관측소의 K 지수(Kk)간의 차이(ΔK) 값의 개수 분포(|ΔK| = |Kg - Kk|).

림 5는 지자기 교란이 적은 날을 선정하는 방법으로 구한 K 지수와 FMI 일반적인 방법으로 구한 K 지수간의 차이 값의 개수 분포를 나타낸 것이다. 대부분의 경우 두 지수간의 차이는 매우 적음을 알 수 있다. 우리의 방법으로 구한 경주 관측소의 K 지수를 자기 위도가 비슷한 일본 Kakioka 관측소에서 결정한 K 지수와 비교하였다. 그림 6은 경주 K 지수에 대응하는 Kakioka 관측소의 K 지수를 모두 선택한 후에 해당 값에 평균값을 취했고 오차막대는 표준편차를 표시한 것이다. 이 두 K 지수간의 상관지수(R)는 약 0.81로 높음을 알 수 있었으며 그림 7에서 보는 바와 같이 대부분의 경우 두 지수간의 차이는 1 이하로 계산되었다.

## 5. 요약 및 결론

우리나라에는 경주 관측소외에도 5개의 지자기 관측소가 운용되고 있으며 이들 자료는 다양한 지자기 현상에 대한 연구 뿐만 아니라 지자기 활동에 의한 우주환경의 변화를 모니터링하는 데에도 매우 유용한 것이다. 이러한 지자기 활동의 규모나 지속 시간을 가능하기 위해 고안된 K 지수를 실시간으로 결정할 수 있다면 우주환경 예·경보와 관련된 다양한 분야에서 활용될 것으로 보인다. 그러나 우리나라의 경우 아직까지 K 지수를 실시간으로 제공되지 못하고 있는 형편이다. 지자기 K 지수를 실시간으로 결정하지 못하는 이유는 USGS와 FMI 알고리즘에서와 같이 Sq curve를 구함에 있어 원하는 날 전 후의 측정자료가 필요하기 때문이다. 이에 본 연구에서는 국내의 지자기 관측소중 하나인 경주 지자기 관측소의 자료를 가지고 K 지수 자동 산출 알고리즘인 FMI 알고리즘의 단점을 보완하여 준실시간으로 K 지수를 구하는 방법을 연구해 보았다.

우리가 제안한 방법은 미국 우주환경예보센터(NOAA/SEC)에서 가장 최근의 지자기 교란이 적은 날을 역순으로 검색하여 선정하고 선정된 날의 자료를 구하고자 하는 날의 전 후의 1일 자료로 가정하여 총 3일의 자료로 만든 후에 Sq curve를 구하는 것이다. 이렇게 결정한 K 지수의 신뢰도를 검증하기 위해서 지자기 교란이 있었던 날과 2003년 1년 동안의 지자기 자료를 사용하여 새로운 방법을 적용하였다. 그리고 결정한 K 지수와 FMI 알고리즘의 일반적인 방법으로 결정된 K 지수, 일본 Kakioka에서의 K 지수와 각각 비교해 보았다. 그 결과 우리가 제시한 새로운 방법으로 구한 K 지수와 일반적인 방법으로 구한 K 지수가 잘 일치함을 알 수 있다. 또한, 준실시간 결정 방법으로 구한 2003년 1년 동안의 K 지수를 자기 위도가 비슷한 일본의 Kakioka 관측소의 K 지수와 비교를 한 결과, 그 상관지수(R)가 0.81로 높음을 확인하였다. 이는 우리가 사용한 준실시간 결정 방법이 신뢰도가 높은 좋은 방법임을 알려 주고 있다. 앞으로 우리는 이 연구의 결과를 한반도 지역에서의 K 지수 변동을 실시간으로 모니터링 하는데 활용할 수 있을 것으로 기대한다.

## 참고문헌

- 안병호 2000, 우주환경 물리학 (서울: 시그마프레스), pp.142-145
- 임무택, 박영수, 정현기, 임형래 2004, 한국의 지자기 관측자료를 이용한 지자기 폭풍의 예측 연구 (서울: 과학기술부), p.20
- 조경석 2000, 우주전파환경 예보 서비스를 위한 관측 데이터 종합 연구 (이천: 전파연구소), p.248
- 조경석, 박홍식, 정종일 1999, 태양활동 극대기를 대비한 전파연구소의 우주환경 관측 (이천: 전파연구소), p.105
- 최정림, 조경석, 박재수, 이근호, 이성환, 성숙경, 이동훈 1997, 한국우주과학회지, 14, 126
- Menvielle, M., Papitashvili, N., Hakkinene, L., & Sucksdorff, C. 1995, Geophysical Journal International, 123, 866
- Takahashi, K., Toth, B. A., & Olson, J. V. 2001, JGR, 106, 21017
- Wing, S., Johnson, J. R., Jen, J., Meng, C. I., Sibeck, D. G., Bechtold, K., Freeman, J., Costello, K., Balikhin, M., & Takahashi, K. 2005, JGR. 110. A04203