

대전 지역의 지자기 변동 지수

임 무택, 이 희일, 박 영수, 정 현기, 최 종호 (한국자원연구소 탐사개발연구부)

요 약 :

한국자원연구소는 1998년에 영국지질조사소가 설계, 제작한 FLARE+ 지자기연속관측시스템 한 대를 한국자원연구소 내에 설치하고, 연속적인 관측을 수행하고 있으며, 이 관측소를 IAGA 에 등록하고 국제지자기관측소식별부호로 DZN을 받았다. 이 시스템은 5초 간격으로 지자기장의 3 성분을, 1 분 간격으로 총자기장을 측정하여, 1 분 평균자료를 생산하고 있다.

지자기 관측자료의 활용 분야들 중 하나인 지역적 지자기 변동지수(local K index)를 계산하였다. 이를 위해서는 1999년 3월 2일부터 18일까지 17일 동안의 관측자료를 기초자료로 하였고, 대전지역의 최대변동폭을 300 nT로 가정하였다. 그 결과, 지자기의 최대 변동지수 폭을 0~9 까지로 할 때, 사용된 자료로 계산한 지역적 지자기 변동지수는 1~6 사이에 분포하였고, 최대빈도의 변동지수는 3이었다. 한편, IAGA가 계산한 같은 기간의 전지구적 지자기 변동지수(planetary K index)는 0~6 사이에 분포하며, 최대빈도의 변동지수는 역시 3이었다. 위 기간 동안의 대전의 지역적 변동지수 수열과 전지구적 지자기 변동지수(planetary K index) 수열 사이의 상관계수(cross correlation coefficient)는 0.66563이었다. 이것은 지역적 변동지수가 전지구적 변동지수와 같은 방향으로 변화하고 있음을 뜻하며, 지역적 변동지수를 해당 지역의 지자기 변동을 대표하는 값으로 쓸 수 있음을 뜻한다.

주요어 (Key-words) : 지자기(geomagnetism), 지자기변동(geomagnetic variation), 지자기 변동지수(geomagnetic variation index)

1. 서 론

지자기의 장주기 변화는 지구내부의 유동체의 변동에 의하여 지자기의 방향과 세기가 변화하는 것을 말하며, 이 변화를 계속 관측, 유지함으로써, 항공, 항해, 측량 등에 쓰이는 국가의 기본자료의 하나로 사용된다. 또한, 지자기의 단주기 변화는 태양으로부터 끊임없이 방출되는 하전입자의 흐름인 태양풍과 지구자기장의 상호작용으로 지표 가까이 있는 전리층으로부터 멀리는 자기권까지의 지구자기장의 변화를 말하며, 이 변화는 각종 위성 간의 통신, 지상에서의 유, 무선 통신에 교란을 일으키며, 이 변화에 의해 지표에 유도되는 전류가 발전 및 송전 시설, 송유관, 가스관 등에 장애 또는 재해를 일으킨다.

이러한 각종 요구에 부응하기 위하여, 한국자원연구소는 1998년에 영국지질조사소가 설계, 제작한 FLARE+ 지자기연속관측시스템을 한 대 한국자원연구소 내에 설치하고, 연속적인 관측을 수행하고 있다. 이 시스템으로 5초 간격으로 지자기의 3 성분과 총자기장을 측정하여, 1 분 평균자료를 생산하고 있다.

지자기의 변화는 여러 가지의 지자기변동지수로 나타내는데, 이 중 가장 중요한 것은 전지구적 지자기변동지수 Kp(planetary K index)이며, 이는 극지방의 몇 개 관측소와 적도 지방의 몇 개 관측소의 자료를 기반으로 계산되어 전세계에 배포된다. 그러나, 이 지수는 계산하여 배포되기까지 약 1 달 정도가 소요되므로, 지역적 지자기변동지수를 빠른 시간 안에 계산하여 사용할 필요가 있다. 이러한 요청에 의하여, 이 연구에서는 지역적 지자기변동지수를 계산하여 보았는데, 실시간 자료를 사용할 수 있으면 하루 이내에 그 수치를 계산하여 배포할 수 있으며, 그러한 과정을 소개하였다.

2. 지자기관측시스템의 설치

2-1. 시스템의 설치

1993년에 한국자원연구소는 국내 기술로 설계, 제작한 지자기 연속관측 시스템을, 한국자원연구소 구내에서 자기적 인공잡음이 가장 적은 장소에 설치하여 연속적인 지자기 관측을 수행한 바 있으나(임 무택 등, 1993), 이러한 자체 개발한 시스템으로는, 설계, 제작, 운용자들이 생각하지 못했던 잡음의 생성 등으로 인하여, 이용가능한 자료를 연속적으로 생산할 수 없었다.

이러한 이유로, 한국자원연구소는 1998년에, 지자기 관측 분야에서 우수한 기술을 확립한 일본, 캐나다, 미국, 영국 등의 지자기관측 시스템들을 비교·검토한 결과 최종적으로는 영국지질조사소가 설계, 제작한 FLARE+ 시스템을 도입하기로 결정하여, 1998년 10월에 도입하여, 11월 중에 설치하였다. 설치한 장소는 1993년에 한국자원연구소가 자체 개발한 시스템을 설치한 장소와 같은 한국자원연구소의 본관 앞 잔디밭이다. 이 시스템으로부터 현재 1분 평균자료가 생산, 기록되고 있으며, 5초 자료를 생산·기록·이용할 수 있도록 개선하였다.

2-2. 지자기절대측정을 위한 기선의 설치 및 지자기절대 측정

지자기관측소들의 자료들을 취합하기 위해서는 관측소의 공간적 위치를 정밀하게 결정해야 하며, 또한 차후에 지자기절대측정을 수행할 때 기준 방향으로 사용하기 위한 기선을 설정하고 이 기선의 방향도 정밀하게 결정해야 한다.

이를 위하여, 이 관측소의 기준점으로 이용될 지자기절대측정좌대 상부 중심의 위치는 DGPS (Differential Global Positioning System) 기법을 이용하여 측정한 결과, WGS84 좌표계에서 ($36^{\circ} 22' 43.96''$ N, $127^{\circ} 21' 37.19''$ E, 45.93 m (해발))이었고, 측지기준시스템 1980 (GRS80 : Geodetic Reference System 80) 좌표계에서는 ($36^{\circ} 22' 33.09''$ N, $127^{\circ} 21' 44.80''$ E, 45.93 m (해발))이었다.

또한, 위의 지자기절대측정을 위한 기선으로는, 지자기절대측정좌대로부터 북서서 방향으로 96.79 m 떨어진 곳에 marker 좌대를 설치하고, 전자의 상부 중심점과 후자의 동쪽 면 중심점을 보는 선을 설정하였다. 이 기선의 방향을 역시 DGPS 기법을 이용하여 측정한 결과, 그 방향은 진북으로부터 $291^{\circ} 43' 23''$ 인 것으로 정밀결정하였다. 한편, 관측지점의 경위도를 알 경우에 태양의 방향과 관측시간을 측정하여 기선의 방향을 추출하는 태양나침반 기법 (Sun Dial Method)을 이용하여 계산한 기선의 방향은 진북으로부터 $291^{\circ} 43' 24''$ 였다. 이 중, 더 정밀한 것으로 판단되는 전자를 절대위치로 사용하기로 결정하였다.

지자기절대측정은 플럭스게이트 자력계로부터 이미 취득된 자기장의 크기 및 방향을 차후에 보정하기 위하여 필요하다. 이를 위하여, 대전지자기관측소에서는 1998년 10월 29일에 1차로 지자기절대측정을 수행하였으며, 이 때 사용한 기기는 영국 Bartington 사가 제작한 MAG01H Declino / Incliner이다. 이 날 이 관측소의 기준점인 지자기절대측정좌대 상부의 지자기성분들의 평균은 다음과 같다. 즉, 자편각은 $N7^{\circ} 20' 59''$ W, 북각은 $52^{\circ} 06' 02''$, 총자기장의 세기는 50166.8 nT였다. 이 자료들로부터 계산한 수평성분은 30819.4 nT, 수직성분은 39583.7 nT였다. 이러한 지자기절대측정자료는 한국에서 처음으로 획득된 것이다. 똑같은 기기를 사용하여, 똑같은 장소에서 1999년 12월 23일에 2차로 지자기절대측정을 수행하였다. 그 결과, 대전지자기관측소의 기준점인 지자기절대측정좌대 상부 중심점에서의 지자기장의 방향은, 자편각 $N7^{\circ} 22' 47''$ W, 북각 $52^{\circ} 11' 17''$ 이었다. 이 방향은

14개월 전에 얻은 방향과 비교할 때, 이 기간 동안에 자편각은 2° 서쪽으로, 북각은 5° 증가하는 경향을 보였는데, 이러한 자료는 한국에서의 지자기방향의 장주기 변화를 추출하는데 쓸 것이다. 이러한 지자기절대측정은 정기적으로 수행할 것이며, 이러한 절대측정 자료를 이용하여 연속관측자료를 보정함으로써, 관측소의 지자기장의 변화를 정확하게 계산할 수 있게 될 것이다.

2-3. 국제지자기 및 고층대기물리학연합(IAGA)에의 등록

위 2-1과 2-2에서 얻은 자료들을 국제지자기 및 고층대기물리학연합 (IAGA : International Association of Geomagnetism and Aeronomy)에 제출하고, 대전지자기관측소의 국제식별코드로 DZN (대전, Daejeon)을 받았다.

IAGA는 세계의 모든 지자기관측소로부터 나오는 자료를 취합하는 기관 중 하나이며, 한국은 관측한 자료를 IAGA에 전달하고, IAGA는 한국에서의 관측 자료가 포함된 전세계의 지자기 모델을 만들어 전세계에 배포할 것이며, 한국은 당연히 위와 같은 자료를 받을 수 있게 되었다.

3. 지역적 지자기변동지수의 계산

지구자기장 변화 측정자료 이용의 한 분야는 지자기 변동 지수를 산출하고, 이 지수를 전리층 변화 자료, 태양 관측 자료 등 다른 자료들과 함께 전파 통신 장애 예보 등에 사용하는 것이다. 현재, 전세계 지자기관측소들 중 그 변동량이 큰 지자기극 부근의 몇 관측소들과 변동량이 적은 지자기적도 부근의 몇 관측소들의 자료를 모아 K_p 지수 (K_p index; 여기서 아랫첨자 p는 planetary를 뜻함)를 산출하여 전세계에 배포하고 있는데 (Mayaud, 1980), 이 역할은 독일의 Niemegk 관측소가 담당하고 있다. 이 지수는 지구 전체의 자기장 변동을 나타내는 지수이므로 지역적 차이가 있다는 가정 하에 전세계의 어느 지역에서나 이용할 수 있다. 그러나, 이 지수는 산출되어 최종 사용자에게 전달되는 데에 약 1 달이 걸리고, 이 사실은 이 자료들을 실시간으로 사용할 수 없음을 뜻한다. 이러한 이유로 각 관측소마다 또는 몇 개 관측소에서 나오는 자료를 실시간으로 취합하여 그 지역의 지자기 변동을 나타내는 지역적 지자기 변동지수 (local K index)를 산출하여 이용하기도 한다.

이 연구에서는 대전지자기관측소의 측정자료를 이용하여 지역적 지자기 변동지수를 계산하였다. 여기에 사용된 프로그램은 핀란드기상연구소 (FMI : Finnish Meteorological Institute) 산하의 Nurmijarvi 지자기관측소에서 개발된 프로그램이고 이를 대전지자기관측소의 자료 형태에 맞게 수정하였다. 1999년 3월 2일부터 18일까지 17일 동안의 관측자료를 기본자료로 하고, 대전지역의 지자기최대변동폭을 300 nT로 가정하여 지역적 지자기 변동지수(local K index)를 계산하였다. Fig. 1(A)는 위와 같은 방법으로 계산한 대전지자기관측소에서의 지역적 지자기 변동 지수이고, Fig. 1(B)는 같은 기간 동안 전지구적 지자기변동지수 K_p 지수이다. 그 결과, 지자기의 변동지수 폭을 0~9 까지로 할 때 고려된 자료로부터 계산한 지역적 지자기 변동지수는 1~6 사이에 분포하였고, 최대빈도의 변동지수는 3이었다. 한편, IAGA가 계산한 위와 같은 기간의 전지구적 지자기 변동지수는 0~6 사이에 분포하며, 최대빈도의 변동지수는 역시 3이었다. 그리고, 위 기간 동안의 대전의 지역적 변동지수와 전지구적 지자기 변동지수(planetary K index) 사이의 상관계수(cross correlation coefficient)는 0.66563이었다. 이것은 지역적 변동지수가 전지구적 변동지수와 같은 방향으로 변화하고 있음을 뜻하며, 지역적 변동지수를 해당 지역의 지자기 변동을 대표하는 값으로 쓸 수 있음을 뜻한다.

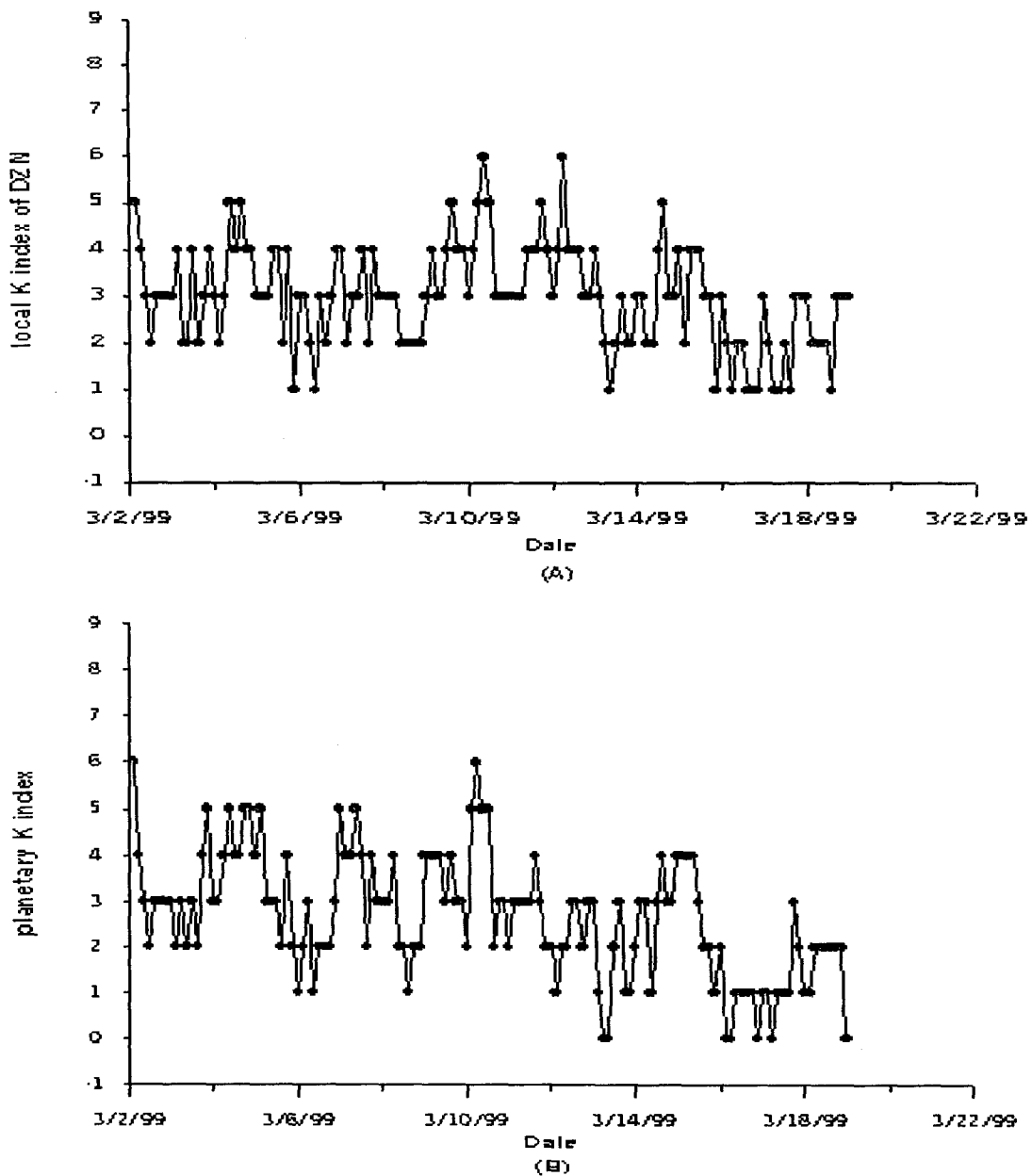


Fig. 1. An example of calculated geomagnetic variation indices
 (A) local K index of DZN (Daezeon) Geomag. Observatory 2nd ~ 19th Mar. 1999
 (B) planetary K index for the same duration

4. 결론

한국자원연구소는 1998년에 한국자원연구소 구내에 지자기관측시스템 1 대를 설치하였고, 이로부터 1 분 평균자료를 생산하고 있다. 관측된 기본자료들을 국제지자기 및 고층대기물리학회(IAGA)에 통보하고 국제지자기관측소 식별부호로서 DZN을 받았다. 1999년 3월 2일부터 18일까지 17일간의 관측자료에 대하여 지역적 지자기변동지수 (local K index)를 계산하였으며, IAGA가 계산한 전지구적 지자기변동지수(Kp index)와 비교하였다. 이 두 지

수 수열 사이의 상관계수(cross correlation coefficient)는 0.66563이었으며, 이것은 지역적 지자기변동지수가 전지구적 지자기변동지수와 같은 방향으로 변화하고 있음을 뜻하며, 지역적 지자기변동지수를 해당지역 지자기변동을 대표하는 값으로 쓸 수 있음을 뜻한다. 앞으로 대두될 우주환경문제 등에 대처하기 위하여, 위와 같은 대전지자기관측소의 지자기 변동 지수를 계산하고, 한국의 다른 관측소들에 대한 지수를 계산하며, 이 지수들을 통합하여 한국의 지자기 변동 지수를 계산하고 이 지수를 필요로 하는 사용자들에게 배포할 예정이다.

참고 문헌

임 무택, 정 현기, 박 영수, 최 종호, 박 인화, 1993, 지자기 연속관측 시스템 설치 및 관측자료의 해석, 한국자원연구소 연구보고서 KR-93-B-12.

임 무택, 박 영수, 정 현기, 이 희일, 최 종호, 1999, 지자기·지전기 관측 및 응용, 한국자원연구소 '98 기관고유 연차보고서.

정 승환 등, 1993, 마산, 창원 부근의 대규모 지역 난방을 위한 지열 에너지 탐사 및 개발 연구, 동력자원부 연구보고서 921K101-113AP1.

Jankowski, J. and Sucksdorff, Ch., 1996, Guide for Magnetic Measurements and Observatory Practice, IAGA, Warsaw.

Joselyn, J., 1986, Real-time prediction of global geomagnetic activity : in "Solar Wind Magnetosphere Coupling" edited by Kamide, Y. and Slavin, J. A., Terra Pub., Tokyo, JAPAN, p. 127-.

Mayaud, P. N., 1980, Derivation, meaning and use of Geomagnetic Indices, American Geophysical Union, Washington D. C., U. S. A.

Newitt, L. R., Barton, C. E. and Bitterly, J., 1996, Guide for Magnetic Repeat Station Surveys, IAGA Working Group V-8.

Russel, C. T., 1987, Planetary Magnetism : in "Geomagnetism vol. 2" edited by Jacobs, J. A.