

우리 나라의 地磁氣場의 變化 Variations of Geomagnetic Field in Korea

윤 홍 식
Yun Hong Sic

要 旨

본 논문에서는 1918년부터 1944년까지의 지자기관측 데이터와 전 지구 지자기장 모델을 분석하여 1918년부터 2000년까지의 지자기장의 변화에 대하여 설명한 것이다. 1918년부터 1944년까지의 지자기 관측 데이터와 전지구 지자기장 모델(IGRF-95)은 전 세계 지자기데이터 센터에서 획득하였다. 본 연구결과로는 1918년부터 2000년까지의 편각의 변화량이 약 $1^{\circ} 50'$ 으로 년 변화률은 $1' 20''/\text{yr}$ 이며, 북각의 전체 변화량은 $38'$ 으로 년 변화률이 약 $27''/\text{yr}$ 로 추정되었다.

ABSTRACT

This paper describes the variations of geomagnetic field by analyzing the geomagnetic observation data, which spanned the period from 1918 through 1944 and the global geomagnetic model in Korea. Geomagnetic data observed at Incheon in the period of 1918~1944 and global geomagnetic model (IGRF-95) were obtained from the World Geomagnetic Data Center. In this study, the variations of geomagnetic declination is estimated as $1^{\circ} 50'$ from 1918 to 2000 and the variation rate is given as the nearest $1' 20''/\text{yr}$. The total variation of inclination is about $38'$ for 82 years and the variation rate is estimated as the nearest $27''/\text{yr}$.

1. 緒 論

지구의 자장은 시간에 따라서 끊임없이 변화하는 값으로서 하루를 주기로 변화하는 일변화(dialurnal variation)와 십년~수십만년 기간을 주기로 지속적으로 변화하는 영년변화(secular variation) 및 갑작스럽게 변화하는 자기폭풍(magnetic storm)의 3가지 변화가 있다. 일변화는 한 지점에서 지자기장을 연속적으로 측정하면 약 24시간 주기로 비교적 적은 양의 지자기장이 변화하는 것을 알 수 있다. 일변화의 주된 원인은 지구의 외적인 요인인 태양에서 오는 플라즈마의 양이나 속도에 의한 변화량과 달의 인력에 의한 변화량 및 지구내적인 요인인 맨틀과 코어내에 유도전류가 발생하여 생성되는 유도전자장의 영향으로 인한 것이다.⁶⁾

지자기의 영년변화는 맨틀이나 외핵의 운동과 연관되어 나타나는 지구내부 자기장의 변화로서 일변화에 비하여 주기나 변화폭이 매우 크다. 또한, 자기폭풍은 주로 태양의 흑점활동에 의하여 발생하는 것으로서 적도보다

는 극지방에서 자주 발생하는데 그 주기는 약 27일이 다. 이러한 지자기 변화량은 순수 지구물리학적 측면에서도 중요하지만 자력탐사 결과의 해석에서 지자기 변화량을 제거하여야 하므로 변화의 주기성이나 크기를 아는 것이 매우 중요하다.¹⁾

지자기장은 선박의 항해, 지구물리학적 자료조사, 원유 개발 및 지구내부에서 대기층에 이르는 범위의 과학적인 연구에서 사용되고 있다. 전 지구 지진 및 지자기장을 연구하는 연구그룹들은 지역적인 규모와 전 지구적인 규모의 지자기장을 모델링하기 위하여 수년간 연구를 수행하여 오고 있다.⁸⁾ 또한, 지자기는 다양한 분야에서 상업적인 목적으로 또는 군사적인 목적으로 항법, 고도/방향 기준계에서 사용되는 자기장모델, 항법도 및 지도에 대하여 주기적으로 갱신을 하고 있다. 전 지구적인 지자기장의 특성과 전 지구적인 항법시설, 자장모델들의 유지, 항법도 및 지도들의 보급은 국가적 또는 국제적인 관심 사항이 되고 있다.

우리 나라에서는 국립지리원에서 1975년부터 1978년까지 프로튼자력계를 사용하여 전자력(total intensity)를 측정하였고, 1978년부터 GSI형 2등 지자기를 도입하여

성균관대학교 건축·조경·토목환경공학부 조교수

지자기 3성분을 측정하였으며, 1981년부터는 GST형 1등 지자기의를 도입하여 1등과 2등 지자기 측정을 실시하였다. 1981년부터 1989년까지 전국에 걸쳐 약 400점의 2등 지자기점에서 지자기 측량은 실시하였고, 1등 지자기 측량은 전국에 등간격으로 분포된 30점에 대하여 반복관측을 실시하고 있다. 또한, 국립해양조사원에서 최근부터 해상에서의 지자기측량을 실시하고 있다.

1등 지자기측량은 장기적인 반복관측을 통하여 전국 자기도의 작성에 필요한 지자기 각 성분의 변화량과 그 지리적 분포 및 동향을 명확히 파악하기 위한 목적으로 실시한다. 국립지리원에서는 전국에 약 30점 (약 1점/3,500 km²)의 1등 지자기점을 배치하여 4~5년마다 반복측량을 실시하고 있다. 그러나 국립지리원에서 실시하고 있는 우리 나라의 1등 지자기 측량의 반복측정 횟수가 충분하지 않아 지자기 각 성분의 변화량을 계산하는 것은 다소 어려운 일이다.^{2,4)}

본 연구에서는 1918년부터 1944년까지 인천에서 실시된 1등 지자기(추정)의 반복측정 결과(National Geophysical Data Center/WDC-A)⁹⁾와 전 지구 자장모델 및 국립지리원 측정결과를 분석하여 우리 나라에서의 지자기 각 성분의 변화량을 추정하고자 하였다.

2. 지자기의 일반론

지구의 자장은 방향과 크기를 가진 벡터량으로 표시하게 되는데 Fig. 1에 표시한 것과 같이 자장의 방향과 수

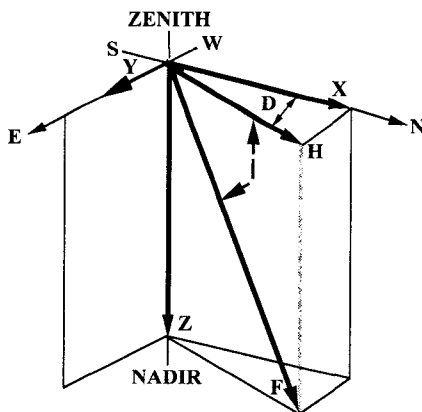


Fig. 1. Declination (D), Inclination (I), Horizontal Intensity (H), Vertical Intensity (Z), North-South Intensity (X), East-West Intensity (Y), Total Intensity (F).

평면이 이루는 각을 편각(D), 수평면과 자장의 방향이 이루는 각을 복각(I), 수평면내에서의 자장의 크기인 수평분력(H)을 사용하여 표시하며, 경우에 따라서는 수평분력 대신에 연직분력(Z)이나 전자력(F)을 사용하기도 한다. 수평분력을 북성분(X), 동성분(Y)으로 나누어서 X, Y, Z로 표시하는 경우도 있는데 서로 독립된 3개의 요소를 지정하게 되면 임의의 지점에 대한 지구의 자장을 결정할 수 있으며, 다음의 식들을 사용하여 결정한다.⁴⁾

$$F = \sqrt{H^2 + Z^2}, \cos I = H/F, \sin I = Z/F, \tan I = Z/H$$

$$H = \sqrt{X^2 + Y^2}, \tan D = Y/X$$

2.1 전 지구자기장 모델

자기장 관측치들은 지구상에 균등하고 밀집하게 분포하지 않고, 또한, 시간에 따라서 자기장이 일정하게 변화하기 때문에 과거에 관측된 데이터베이스로부터 자기장 성분들의 최근값을 직접 계산하는 것은 불가능하다. 따라서 International Association and Aeronomy(IGA)에서는 다양한 데이터 분석을 통하여 자기장 성분들을 계산할 수 있는 자기 기준장 모델이라고 하는 수학적인 Routine인 전 지구 자기장모델(World Magnetic Model)을 개발하여 왔으며, 5년마다 새로운 모델을 개발하고 있다. 전 지구 자기장모델은 1945년부터 5년 간격으로 개발하여 발표하고 있는데 최근의 전 지구 자기장모델은 1995년에 개발되어 2000년까지 유효한 IGRF-95모델이다.⁹⁾

IGA에서는 전 지구자기장모델들은 국제 지자기 기준장(International Geomagnetic Reference Field; IGRF)으로 제시하였다. IGA에서 채택한 IGRF모델은 미 지질조사국에서 제시한 7개의 자기장 성분들에 대한 전 지구의 Chart를 출판하고 있고, 이들 Chart들은 적절한 가격으로 미 지질조사국의 지구과학 정보센터(Earth Science Information Center; ESIC)를 통하여 일반에게 제공되고 있다. 이들 모델들과 관련 소프트웨어 또한 적절한 가격으로 National Oceanic and Atmospheric Administration's National Geophysical Data Center(NOAA/NGDC)에서 일반인에게 제공하고 있다. U. S. National Models, USGS 및 IGRF World Magnetic Models 들은 on-line 및 off-line 정보서비스로써 USGS/NGIC로부터 이용할 수 있다.⁹⁾

일반적으로 사용되는 지자기장의 수치적인 모델들은 스칼라포텐셜(V)의 구면조화전개에 의하여 표현되는 주

자기장 부분과 그 영년변화 부분을 포함하고 있다. 많은 지자기장 모델들을 이용할 수 있지만 주요 모델들은 IGRF모델들이다. IGRF 모델은 주 지자기장과 그 영년변화량의 수학적인 모델로서 각 모델은 지자기포텐셜의 급수전개에 의하여 구면조화(Gauss)계수들 g_n^m , h_n^m 으로 구성되어 있으며, 다음과 같은 식으로 표현된다.⁸⁾

$$V = a \sum_{n=1}^N \sum_{m=1}^n \left(\frac{a}{r}\right)^{n+1} (a/r)^{m+1} \{g_n^m \cos m\lambda + h_n^m \sin m\lambda\}$$

$P_n^m(\cos \theta)$ (1)

여기서 a 는 지구의 평균반경(6371.2 km)이고, r 은 지구의 중심으로부터의 반경, θ 는 지심 여위도, λ 는 경도이다. P_n^m 은 차수가 n , m 인 Schmitt-Normalised associated Legendre 함수이고, N 은 최대차수이다.

1960년 이후로 개발된 IGRF모델들은 120개의 구면조화계수로 구성되어 최대차수 10도까지 계산된 것이며, 선형함수에 의하여 대응하는 주자기장 계수의 영년변화를 표시하는 80개(8도)의 계수들로 구성되어 있다. 최근의 1995 Epoch 전 지구 자기장 모델(IGRF-95)은 1995년 7월 미국의 Boulder에서 개최된 21차 IUGG General Assembly에서 IAGA에서 채택한 모델로서 168개의 구면조화계수로 구성된 차수 10인 구면조화 주 자기장(Main Field; MF)모델과 별도의 168개의 구면조화계수들로 구성된 차수 8의 구면조화 영년변화(Secular Variation; SV) 자기장모델로 구성되어 있다. IGRF-95는 Polar Orbiting Geomagnetic Survey(POGS)위성이 1991년부터 1993년까지 장기간 관측된 전지력(Total Intensity) 데이터와 지자기 관측소의 년평균 데이터셋들을 사용하여 최대 차수 10도까지 개발된 전 지구자기장 모델이며, 이 모델은 IGRF-2000으로 변경될 예정이다. 이 모델은 측지좌표와 지심좌표간의 변환을 위하여 적도반경이 6378.160 km, 편평률 1/298.25인 IAU 타원체(International Astronomical Union, 1966)를 채택하고 있다.^{7,8)}

식 (1)로써 표현되는 지자기장 포텐셜로부터 지자기장의 X, Y, Z 성분들을 계산할 수 있는 식들은 다음과 같이 표현된다.³⁾

$$X = \frac{1}{r} \frac{\partial V}{\partial \theta} = \sum_{n=1}^N \sum_{m=0}^n \left(\frac{a}{r}\right)^{n+2} (g_n^m \cos m\lambda + h_n^m \sin m\lambda) \frac{dP_n^m(\cos \theta)}{d\theta}$$
 (2)

$$Y = \frac{-1}{r \sin \theta} \frac{\partial V}{\partial \lambda} = \sum_{n=1}^N \sum_{m=0}^n \left(\frac{a}{r}\right)^{n+2} \frac{m}{\sin \theta} \{g_n^m \cos m\lambda - h_n^m \sin m\lambda\} P_n^m(\cos \theta)$$
 (3)

$$Z = \frac{\partial V}{\partial r} = \sum_{n=1}^N \sum_{m=0}^n (n+1) \left(\frac{a}{r}\right)^{n+2} \{g_n^m \cos m\lambda + h_n^m \sin m\lambda\} P_n^m(\cos \theta)$$
 (4)

2.2 지자기 변화

지구 자기장의 평균상태를 의미하는 주 자기장으로부터의 차이를 자기장의 변화량이라 하면 이 자기장은 시간의 함수로 표시할 수 있으며, 그 양상은 매우 복잡하다. 이러한 자기장의 변화량은 대부분은 지구외부의 전리층에誘導된 전류가 생성하는 자기장에 의한 것이다. 또한, 외부자장의 변동에 따른 지구 내부에 유도된 전류가 만든 자기장에도 기인한다. 이러한 변화량들은 모두 태양활동과 깊은 관계를 있으므로 지구와 태양과의 위치 관계는 계절에 따른 자기장의 변화로도 나타난다.

또한, 약 27일의 태양 자전주기와 약 11년 주기의 태양활동에 의한 흑점수의 증감 등과도 깊은 관계를 가진다. 이것은 태양으로부터 방사되는 전자파(대부분은 자외선)가 지구 상층부의 대기를 전리시켜 전리층을 형성하고, 그 속에서 규칙적인 전류가 발생하는데 이 전류로 인하여 지자기 일변화가 발생한다. 이와 동시에 태양으로부터는 하전입자인 프라즈마(태양풍)가 항상 휘몰아쳐 지구 자기장이 압축되며, 지구의 자기권이 형성된다. 태양면에서 폭발이 있으면 강렬한 Flare가 발생하고 평소와는 다른 고 에너지의 프라즈마가 지구에 영향을 주어 자기권의 내·외부 및 극지방 상층부에 이상전류를 발생시킨다. 이 전류로 인하여 지구의 자기장이 크게 요동하여 자기폭풍을 발생시킨다.²⁾

(1) 지자기 일변화

지자기 영년변화가 시간의 흐름에 따라서 서서히 변화해 가는 것에 비하여 24시간을 주기로 변화하는 것을 지자기 일변화라고 한다. 지자기 일변화의 주된 원인은 외부 자기장으로 인한 것이 2/3이고, 1/3은 지구내부의 유도전류로 인하여 발생하는 자기장에 의한 것이다.

지구내부의 등가전류계는 외부 전리층내의 전류계와 같은 패턴이지만 전류는 역으로 흐른다. 외부전류계는 태양에 접한 전리층내의 남·북 양반구에 1개씩 환상전류

가 되어서 흐른다. 지구는 그 내부를 1회전하기 때문에 일변화가 관측되는 것이다. 이러한 자기장의 변화를 靜隱日 地磁氣 日變化라고 하며, 자기폭풍 후에 일시적으로 자기장의 擾亂이 계속되는 날이 있는데 이것을 擾亂日 日變化라고 한다. 이러한 변화는 영국에서 1722년에 최초로 발견되었는데 일변화량은 겨울보다 여름에 더 큰 것으로 알려져 있다.

(2) 자기폭풍(Magnetic Storms)

상대적으로 예측할 수 있고, 점진적으로 변화되는 일변화량과는 별도로 자기폭풍은 자기장에서의 일시적이고, 큰 진폭(1000 nT 정도까지)으로 변화하는 양이다. 이러한 폭풍의 빈도는 태양의 흑점활동과 상관관계가 있으며, 이것을 바탕으로 자기폭풍 활동의 예측이 가능하다. 매우 강한 자기폭풍은 지구상의 어느 곳이든 관측이 가능하며, 수일동안 지속되는 경우도 있다.

(3) 彎形변화

만형변화는 프라즈마의 極光帶 상공에의 침입에 의해 등 자기 경도선을 따라서 강한 전류가 흘러 중저위도 지방의 상공에 漏洩하여 생기는 변화로서 그 변화형태가 해안의 灣(Bay)과 같은 형태이다. 만형변화는 자기폭풍의 주상때에 많이 나타나지만 비교적 靜隱시에도 갑자기 발생하는 경우도 있다. 만형변화가 발생하는 것은 전 지구적이거나 중위도 지역에서는 수평분력이 감소하며, 야간에는 반대로 증가의 경향이 높다. 만형변화의 진폭을 보면 수평분력은 10~30 nT로 지역적인 차이가 작으며, 연직분력은 지하의 전기 전도도 이상을 반영해서 파형, 진폭과 함께 지역적인 차이가 크다.

(4) 지자기맥동

지자기장의 공명현상의 하나로 주기가 10초~수분 정도인 단 주기의 변동으로서 다음과 같이 나누어져 있다.

① PC(Continuos Pulsation): 연속적이고 규칙적인 파형으로 주간에 많이 출현하고 장시간 계속된다. 그 중에 주기가 짧은 PC1로부터 주기가 긴 PC6까지 6종류로 분류된다.

② PI(Irregular Pulsation): 불규칙한 맥동현상으로 야간에 많이 출현한다. 주기가 짧은(PI1)에서 긴(PI3)까지 3종류로 분류된다.

3. 우리 나라의 지자기 관측

우리 나라에서는 전국에 걸쳐서 자기장도를 작성하기

위해 필요한 지자기 각 성분의 지리적인 위치에 따른 영년 변화량의 분포와 그 동향을 파악하기 위한 목적으로 국립지리원에서 1981년부터는 GSI형 1등 지자기를 도입하여 1등 지자기 측정을 실시하고 있는데, 1등 지자기 측량은 전국에 등간격으로 분포된 약 30점(약 1점/3,500 km²)의 1등 지자기점을 배치하여 4~5년마다 반복 측량을 실시하고 있다.

1등 지자기측량은 G.S.I.형 자기의와 변화계 및 프로톤 자력계를 사용하여 D, I 및 F를 24시간 측정하여 일평균치를 계산하고 있으며, 변화계의 설치가 곤란한 장소에는 자기의와 프로톤 자력계를 사용하여 6시~22시 사이에 매시간 관측을 실시하고 있다. 측정치에는 일변화와 영년변화량을 보정하여 기준년의 값으로 조정하고 있으며, 방위관측에는 북극성을 이용하고 있다.

또한, 국립지리원에서는 각 지방의 국부적인 지자기 이상을 상세히 조사하여 각 지방에 가장 적합한 자기장도를 완성하기 위한 목적으로 2등 지자기 측량을 실시하고 있는데 지자기는 시간과 함께 서서히 변화할 뿐만 아니라 국소적으로 매우 큰 지자기 이상이 나타나는 곳이 있으므로 자기장도의 작성을 위하여는 상세한 측량이 필요하다. 따라서 2등 자기점은 1/25,000 도엽에 약 1점이 배치(약 800점)되도록 선점하여 1978년부터 GSI형 2등 자기의로써 측량을 실시하였다. 2등 지자기관측은 지자기 일변화가 가라앉은 시간대인 16시~17시에 자기의를 사용하여 등간격으로 4회를 실시하여 그 평균치에 일변화 및 영년변화를 보정하여 결과를 산출한다.^{1,2)}

4. 데이터 처리 및 분석

4.1 데이터의 수집

1918년부터 1944년까지 인천에 위치하고 있는 1등 지자기점(추정)의 반복측정 결과와 1945년부터 1995년까지의 전 지구 자장모델인 IGRF모델들을 National Geophysical Data Center/WDC-A로부터 수집하였다. 국립지리원에서 측정한 1등 지자기 관측 결과는 인천부근에서의 관측치를 이용할 수 없어 본 연구에서는 사용하지 않았다. Table 1은 1918년부터 1945년까지 인천(위도: 37.483°, 경도: 126.633°)의 지자기 관측소의 지자기 성분들의 년평균 관측값을 표시한 것이고, Table 2는 IGRF45~IGRF95 모델들로부터 동일 지점에 대하여 계산한 지자기 성분들을 표시한 것이다.

Table 1. Mean value of geomagnetic components at Incheon site during the period of 1918~1945

년도	D(° ' ")	H(nT)	I(° ' ")	X(nT)	Y(nT)	Z(nT)	F(nT)
1918.5	-5 41.1	29978	53 16.0	29831	-2970	40170	50123
1921.5	-5 30.7	29960	53 19.9	29822	-2878	40241	50169
1922.5	-5 36.7	29972	53 13.9	29828	-2931	40111	50072
1923.5	-5 49.3	29921	53 14.0	29767	-3035	40045	49989
1924.5	-5 51.1	29970	53 5.9	29814	-3056	39914	49913
1925.5	-5 54.3	30017	53 9.9	29858	-3088	40073	50069
1926.5	-5 57.8	30001	53 9.0	29839	-3117	40030	50025
1927.5	-5 59.3	29971	53 7.7	29807	-3127	39959	49950
1928.5	-6 0.8	29965	53 12.8	29800	-3139	40074	50038
1929.5	-6 2.4	29923	53 16.1	29757	-3149	40098	50032
1930.5	-6 3.8	29831	53 7.9	29664	-3151	39777	49720
1931.5	-6 3.9	29866	53 11.7	29699	-3156	39915	49852
1932.5	-6 3.7	30006	53 10.9	29838	-3169	40083	50070
1933.5	-6 2.6	30059	53 12.1	29892	-3165	40183	50182
1934.5	-6 3.9	30069	53 12.7	29901	-3177	40211	50210
1935.5	-6 6.0	30087	53 14.0	29917	-3197	40267	50266
1936.5	-6 8.6	30105	53 14.3	29932	-3222	40298	50301
1937.5	-6 9.6	30123	53 14.3	29949	-3232	40322	50332
1938.5	-6 11.6	30130	53 16.4	29954	-3251	40383	50385
1939.5	-6 12.9	30178	53 15.8	30001	-3267	40433	50453
1940.5	-6 14.6	30196	53 15.4	30017	-3284	40447	50475
1941.5	-6 17.0	30167	53 11.0	29986	-3302	30301	50341
1942.5	-6 20.5	30209	53 9.1	30024	-3337	40309	50373
1943.5	-6 21.6	30229	53 9.5	30043	-3349	40348	50416
1944.5	-6 23.0	30258	53 10.0	30106	-3025	40398	50473

Table 2. Geomagnetic components computed from IGRF-95 geomagnetic model at Incheon site during the period of 1945~2000

년도	D(° ' ")	H(nT)	I(° ' ")	X(nT)	Y(nT)	Z(nT)	F(nT)
1945.5	-6 26.4	30035	53 6.0	30090.6	-3349.5	40665	50470.3
1950.5	-6 42.6	30180	53 6.0	30218.7	-3507.9	40791	50656.8
1955.5	-6 52.2	30312	53 6.0	30343.4	-3606.5	40927	50845.6
1960.5	-6 55.2	30295	53 0.0	30322.9	-3631.0	40817	50748.4
1965.5	-6 53.4	30329	52 54.0	30358.3	-3620.8	40783	50741.4
1970.5	-6 57.0	30263	52 54.0	30287.8	-3646.1	40654	50601.1
1975.5	-7 1.2	30174	53 0.0	30194.6	-3673.1	40589	50495.4
1980.5	-7 12.0	30183	53 0.0	30194.6	-3765.9	40654	50554.5
1985.5	-7 19.8	30117	53 6.0	30121.7	-3827.6	40770	50609.0
1990.5	-7 25.2	30021	53 24.0	30021.9	-3863.9	40973	50716.3
1995.5	-7 29.4	29945	53 36.0	29943.3	-3889.3	41196	50851.2
2000.5	-7 30.0	29843	53 54.0	29844.2	-3884.8	41488	51029.3

Table 1의 결과는 National Geophysical Data Center/WDC-A에서 관리하고 있는 관측결과로서 관측과 관련한

자세한 자료를 획득할 수 없으나 일제에 의한 조선토지 사업의 일환으로 수행된 관측결과일 것으로 추정된다. 불

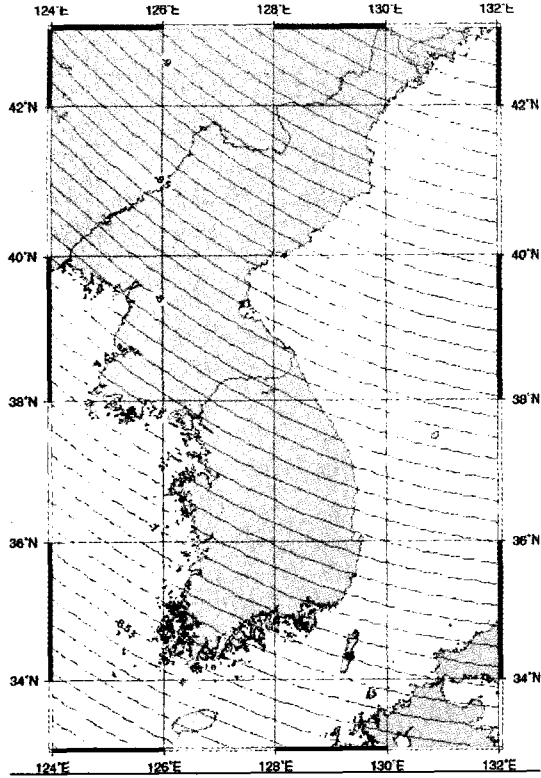


Fig. 2. Declination map computed from IGRF-95 (Contour interval: 0.1°)

항해제도 동일지점에 대한 1945년부터 최근까지의 관측 데이터를 이용할 수 없기 때문에 IGRF45모델~IGRF95 모델들로부터 5년 간격으로 Table 1의 관측지점과 동일한 지점의 지자기 성분들을 계산하였다.

(2) IGRF95모델을 이용한 지자기 성분의 계산

Fig. 2는 IGRF-95로부터 계산된 우리 나라 주변의 지자기 성분의 편각 분포도를 표시한 것이다.

(3) 데이터의 분석

Table 1과 Table 2에 표시한 각각의 지자기성분들을 분석하여 시간의 경과에 따른 지자기 성분들의 변화를 검토하였다. Fig. 3~Fig. 6은 각각 편각, 북각 및 전자력 성분의 시간에 따른 변화 양상을 표시한 것이고, Fig. 6은 편각과 북각의 변화양상을 표시한 것이다.

Fig. 3은 1918년부터 2000년까지의 편각의 변화량을 표시한 것으로써 1918년의 $-5^{\circ} 41.1'$ 에서 2000년에는 $-7^{\circ} 30'$ 으로 약 $1^{\circ} 50'$ 의 편각 변화량이 발생하여 년 변화량이 약 $1' 20''$ 년임을 알 수 있다. 또한, Fig. 3에서 편각의 변화에 대한 trend의 경사가 거의 일정하므로 수십

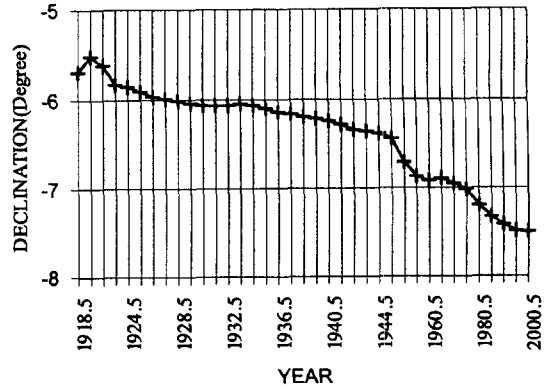


Fig. 3. Variation of Declination (1918~2000)

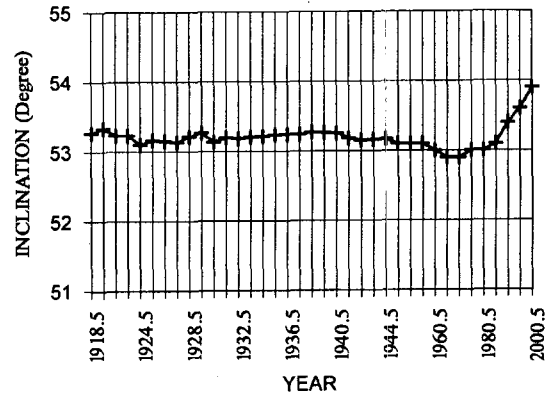


Fig. 4. Variation of Inclination (1918~2000)

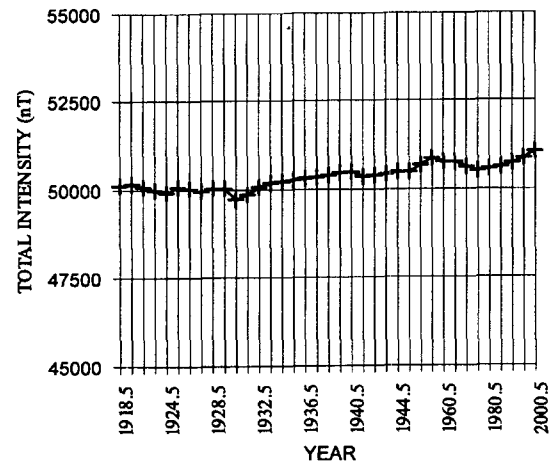


Fig. 5. Variation of Total Intensity (1918~2000)

년 후의 편각 변화량을 추정할 수 있다.

Fig. 4는 북각의 변화량을 표시한 것으로서 시간에 따

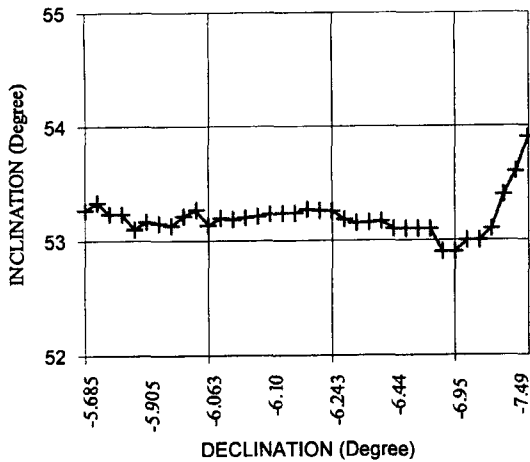


Fig. 6. Variation of Declination and Inclination

큰 변화량이 매우 작게 나타나고 있다. 1918년의 북각은 53° 16'에서 2000년에는 53° 54'으로 82년간의 전체 변화량은 0° 38'으로 년 평균 북각의 변화율은 약 27"/년으로 나타났다.

Fig. 5에 표시한 전자력 또한 시간에 따른 변화량이 매우 작게 나타나고 있음을 알 수 있는데 1918년부터 2000년까지의 전체 변화량은 약 906 nT로서 연간 11 nT 정도로 미소하게 변화하고 있음을 알 수 있다. 따라서 우리 나라 주변에서는 큰 진폭으로 변화하면서 각종 지자기 재해(발전소 및 원자로의 터빈 손상, 각종 인공위성의 손상, 고압 전선의 절단 및 가스관로의 과열 등)를 일으키는 자기폭풍의 영향을 받지 않은 것으로 판단된다.

Fig. 6은 편각과 북각의 변화양상을 표시한 것으로 1918년부터 1960년까지는 편각에 대한 북각의 변화량이

거의 변화하지 않고 있으나 1960년 이후에는 갑작스러운 변화가 나타나고 있는 것이 특징이다.

Table 3은 우리 나라 주변의 지자기 관측소(Changchun, Kanoya, Kakioka)의 지자기 관측결과로부터 각 지자기 성분들의 변화량을 계산하여 표시한 것이다. 중국의 Changchun에서는 1958년부터 1997년까지 지자기 관측 데이터를 수집하였으며, 일본의 Kanoya에서는 1958년부터 1998년까지 그리고 Kakioka에서는 1913년부터 1998년까지의 관측 데이터를 수집하였다.

Table 3으로부터 중국의 Changchun에서의 1997.5년의 편각은 -9° 14.4'으로 Incheon보다는 약 2° 15'이 크며, 변화량은 39년간 총 변화량이 28.44'으로 년 변화율은 44"/yr이며, 북각은 61° 25.5'으로 Incheon보다 8° 15'이 크고, 년 변화율은 1' 18.5"/yr으로 Incheon의 27"/yr에 비하여 매우 큰 변화율을 보이고 있다. 그러나 전자력은 약 4 nT/yr으로 Incheon과 비교하여 매우 작은 변화를 보이고 있다. 또한, Wuhan에서는 편각 및 북각의 년 변화율이 각각 58.4"/yr 및 2' 4.3"/yr로 북각의 변화가 크게 나타나고 있는 것이 특징이다.

일본의 Kanoya는 최근의 편각 관측결과가 -5° 51.1'이고, 북각은 49° 38.0'으로 Incheon과 비교하여 편각이 1° 39', 북각 4° 16'가 작다. 년 변화율은 편각이 1° 17.3"/yr, 북각 32"/yr로 편각과 북각의 변화율은 Incheon과 거의 동일하다. 또한, Kakioka에서는 1913년부터 1998년까지 85년 동안의 편각의 총 변화량이 1.805°로서 년 변화율은 1' 17.4"/yr로 Incheon, Kanoya와 동일하지만 북각은 7.24"/yr로 의 Kanoya 32"/yr과 Incheon 27"/yr에 비하여 다소 작은 변화율을 보이고 있다.

Table 3. The geomagnetic data observed at observatories in and around the Korean Peninsula

지역	관측일자	위도	경도	D(° ' ")	I(° ' ")	H(nT)	F(nT)
Incheon	1918.5	37.483	126.633	-5 41.1	53 16.0	29978	50123
	2000.5			-7 30.0	53 54.0	29843	51029
Chang-chun	1958.5	43.833	125.30	-8 48.5	60 45.0	26693	54629
	1997.5			-9 14.4	61 25.5	26202	54779
Wuhan	1959.5	30.533	114.566	-2 43.7	44 22.6	34940	48883
	1997.5			-3 20.7	45 41.3	34436	49296
Kanoya	1958.5	31.419	130.876	-4 59.6	44 20.1	32943	46057
	1998.5			-5 51.1	44 52.1	32868	46377
Kakioka	1913.5	36.224	140.187	-5 12.8	49 28.1	29762	45803
	1998.5			-7 2.5	49 38.0	30040	46382

Table 4. The variation rate of geomagnetic components at each observatory

	관측지역	편각 (/yr)	북각 (/yr)	수평분력 (/yr)	전자력 (/yr)
일본 관측	Incheon	1' 20.0"	27.0"	1.64 nT	11.0 nT
	Kanoya	1' 17.3"	32.0"	1.25	5.3
	Kakioka	1' 17.4"	7.2"	3.27	6.8
중국 관측	Changchun	43.0"	1' 18.5"	12.6	3.9
	Wuhan	58.4"	2' 4.3"	13.0	3.9

이와 같은 결과로부터 중국에서 관측한 Changchun과 Wuhan 관측점에서는 북각의 변화량이 편각의 변화량보다 크게 나타나고 있으나 일본에서 관측한 Incheon, Kanoya 및 Kakioka 관측점에서는 편각 변화량이 북각 변화량보다 크게 나타나고 있는 것이 특징이다(Table 4 참조). 이것은 중국과 일본의 지자기 관측장비, 관측조건 및 관측방법에서의 차이로 인한 것으로 판단되지만 본 논문에서는 자세한 자료를 수집하지 못하여 검토하지 못하였다.

5. 결 론

본 연구는 지자기 관측데이터와 IGRF-95모형을 이용하여 1918년부터 2000년까지의 인천에서의 지자기 변화량을 분석하고, 주변국의 지자기 관측결과와 비교·분석을 수행한 것으로서 논 연구를 통하여 다음과 같은 결론을 요약할 수 있다.

(1) IGRF-95 지자기 포텐셜모델로부터 2000.5년을 기준으로 하여 계산된 우리나라의 지자기 편각은 제주도 지역의 서편각 6° 12'으로부터 속초부근의 서편각 8°의 분포를 보이고 있다.

(2) 1918년부터 2000년까지의 편각의 변화량은 서편각 1° 50'이고, 년 변화율은 1' 20"/yr로 추정할 수 있으며, 북각의 전체 변화량은 38'으로 년 변화율은 약 27"/yr로 추정되었다. 또한, 수평분력과 전자력은 각각 년 변화율이 1.64 nT/yr, 11 nT/yr로 추정되어 비교적 작은 변화

를 보이고 있다.

(3) 일본의 Kanoya와 Kakioka의 편각 변화율은 Incheon과 거의 동일하나 북각의 변화율은 Incheon과 Kanoya가 거의 동일하지만 Kakioka에서는 1/4정도로 작은 변화율이 추정되었다. 그러나 중국의 Changchun과 Wuhan은 북각의 변화율이 편각의 변화율보다 2배 정도로 크게 나타나고 있어 일본측에서 측정된 Incheon, Kanoya 및 Kakioka와는 대조적인 변화율을 보이고 있다. 이러한 차이는 일본과 중국의 관측장비, 관측조건 및 관측방법의 차이로 인한 것으로 추정되나 본 연구에서는 자료의 부족으로 검토하지 못하였다.

참고문헌

1. 국립지리원, 지자기측량에 관한 연구, 1990.
2. 국립지리원, 지도 자침편차 작성에 관한 연구, 1997.
3. 김광호, 최광선, DGRF에 의한 우리나라 일원의 지구자기장에 관한 연구, 한국측지학회지, 제10권 1호, pp. 25-32, 1992.
4. 최재화, 조규전, 김세걸, 최윤수, 윤홍식, 우리나라 지자기측량에 관한 연구, 한국측지학회지, 제9권 1호, pp. 1-15, 1991.
5. Charles, E. B., Revision of International Geomagnetic Reference Field Released, <http://www.agu.org/cos.elec/5206e.html>.
6. Gerland, G. D., Introduction of Geophysics, W.B. Saunders Company, pp. 213-258, 1979.
7. Global Seismology and Geomagnetism Group, British Geological Survey, Observatory Annual Means, <http://www.nmh.ac.kr/cgi-bin/means>.
8. IAGA Division V Working Group 8, R. A. Langel, Chairman, International Geomagnetic Reference Field, 1991 Revision, Journal of Geomagnetism and Geoelectricity, 43, 10071012, 1991.
9. NOAA National Data Center, NGDC, World Magnetic Background Information, <http://www.ngdc.noaa.gov/seg/pottfld/>.