

# 지자기 성인의 전자기학적 고찰

소대화\*

## Electromagnetic Consideration on the Source of Geomagnetism

Soh, Dea-Wha

**요약** - 지구자기장의 성인에 대하여 고찰하고 기존 학설에 대한 신 모델을 제안하였다.

지자기 성인의 가장 유력한 이론적 모델은 열전류와 열화학적 전류에 의한 자기장 형성이다. 하지만, 이 모델은 매우 한정적 조건을 바탕으로 설명하고 있으며, 동시에 지자기의 분산과 세기의 상쇄 요인을 내포하고 있기 때문에 설득력이 저하된다.

그러나 본 제안의 가설에서 주장하는 이온층 전류에 의한 지자기의 성인은 그와 같은 분산 요인이 있을 수 없으며, 그 결과로 나타나는 지자기의 세기와 방향도 일정하게 형성됨이 해석 가능하기 때문에 타당성과 설득력이 높은 완벽한 이론이다.

따라서 이온층 전류에 의한 보다 안정적인 지자기성인의 전자기학적 신 모델을 제안한다.

**주요어** - 지자기, 성인, 이온층 전류, 열전류, 다이너모

### I. 서론

지구상에는 우주 만물이 창조된 것과 같이 여러 가지의 많은 물질로 구성되어져 있고, 우주 공간 내의 수많은 혜성들 중에서 지구만이 갖는 독특한 기후와 환경, 지구과학적 현상 즉, 물리적, 화학적, 전기적, 기계-역학적 현상 이외에도 수많은 원리와 역학관계 현상들이 자연적으로 또는 미스터리와 같은 기이한 문제들을 제기하며 얼마든지 존재하고 있다.

또한, 지구는 다른 별들과 함께 무한한 우주 공간 속에 자연스럽게 떠있는 상태로 존재하며 여러 가지의 복잡한 역학관계 속에서도 자연법칙에 따르는 평형상태를 유지하면서 일정한 궤도를 따라 자전과 공전 운동을 지속하고 있다. 자유공간의 공중에서 평형을 유지하면서 떠있는 물체는 어느 방향으로든 힘을 받게 되면 쉽게 힘의 크기와 방향으로 움직여 이동하듯이 지

구도 그와 같은 상태에 있음을 알 수 있다.

이런 여러 가지의 사물에 관한 현상들과 문제들 중에서도, 지구상에는 어찌하여 '지구자기장(地球磁氣場 또는 地磁氣 : geomagnetism)이 형성'되어있으며, 또한 어쩌면 서로 상관관계가 있을지도 모르는 '영원히 돌고 있는 지구의 자전(自轉 : rotation)과 공전(公轉 : revolution)' 현상이 어떤 성인과 원리로 끊임없이 지속되고 있는지에 대한 명확한 이론과 학설이 규명되어 있지 않다.

이에 대하여 지금까지 몇몇 학설이 제기되어 인용되고 있지만, 그 중 가장 유력한 것은 지자기에 대한 다이너모학설로써 1920년 L. 라모에 의해 최초로 제안되었고, 이후 모순성에 대한 지적과 수정된 이론으로 지자기장의 역전(逆轉) 현상을 설명함으로써 가장 지배적이고 강력한 학설로 등장하여 그 원인적 설명과 현상들을 뒷받침해 주고 있으나, 아직도 명확하고 충분하지

\* 명지대학교 전자공학과 dwhs@mj.ac.kr

못한 점을 지나고 있어서 많은 학자들로부터 그에 대한 정설(正說)과 정론(正論)이 확립되어지기를 안타깝게 기다리고 있는 실정이다.

지구자기장에 관한 기록을 통하여 최초의 현상으로 제시된 것은 중국에서 1세기경에 처음 발명된 나침반(羅針盤)을 들 수 있는데, 이것은 천연자석을 이루는 자철광석(磁鐵鑛石 : loadstone)이 미끄러운 평판 위에서 쉽게 회전하도록 만들어진 것으로, 지구자기현상에 대해서는指南鐵(指南鐵)이라고 불리던 바로 이 나침반의 활용에서부터 그 의미를 찾아볼 수 있다고 할 수 있으며, 이로부터 지구자기장 현상을 나타내는 편각(偏角), 복각(伏角) 등의 기본적 요소가 지자기의 이론적 표현을 하도록 중국에서부터 처음 발견되어 알려졌다.

이와 함께 지구자기장에 대한 과학적 고찰과 연구업적은 윌리엄 길버트(William Gilbert 1544~1603)에 의해서 이루어지기 시작했으며, 그는 둥근 구형의 천연자석 주위에 조그만 자석들을 배열했을 때 작은 자석들이 구형 자석의 구면과 이루는 각도가 적도에서는 평행하지만 점차 양 극으로 가까이 갈수록 커지는 것과 조그만 자석들의 방향이 구형 자석의 자기자오면(magnetic meridian)의 방향과 일치하는 것을 관측하였다. 이러한 실험적 사실에 근거해서 지구는 구형의 자석과 같이 균일하게 자화된 하나의 거대한 자석이라는 것이 알려지기 시작하였는데, 그러나 왜 지구가 구형 자석과 같이 이루어졌는지에 대해서는 아직도 명확하게 밝혀지지 않고 있다. 현재까지 이 문제는 앞에서 언급한 바와 같이, 다이내모(dynamo) 학설로 설명되고 있으나, 금세기 초에 역자화(逆磁化 : reverse magnetization)된 암석이 발견되면서부터 지구자기장이 역으로 변하여 그 극성이 바뀌었을 가능성까지 제시된 바가 있다. 1960년대

중반부터 과거 수백만 년 동안 분출한 용암류의 고지자기를 측정하게 되면서 지구자기장 역전의 개념이 확산되었고, 최근에는 퇴적속도가 빠른 퇴적층과 서서히 느리게 냉각한 관입암의 고지자기의 연구 결과 약 2000~3000년 동안에 지구자기역전이 이루어져서 변화가 완료되는 현상이 알려졌다.

이와 같은 지구자기역전 현상이 일어나기 전에는 지구자기장의 세기가 정상 시기의 약 10%까지 감소되고 곧이어 역전이 일어나며, 그 후 다시 정상적인 자기장의 세기로 회복되는데 걸리는 총 시간은 약 10,000년 정도로 알려졌으며, 이것은 지질학적으로는 짧은 하나의 순간적인 과정으로 평가된다. 이와 같은 역전현상이 일어나는 주기는 아주 다양하여 10만년 이내의 짧은 주기로부터, 백악기 중기에는 약 3500만년 동안이나 오랫동안 정자기기가 지속되기도 하였으며, 평균 역전발생 주기는 약 20만년 정도로 알려져 있다.

## II. 다이내모 학설

그러나 현재까지 지구물리학적 이론 해석에서, 지구상에 어떻게 자기장이 형성되고 있는가를 명확하게 설명하는 것은 매우 어려운 문제 중의 하나이다. 그것은 지구 그 자체가 하나의 자석과 같이 자화되어 있다는 영구자석 설과 함께, 지구와 같이 거대한 물체가 회전하면 그 주위에 자기장이 생긴다는 지구회전체 설 등의 가설들도 제시되었지만, 이들은 모두 논리적으로 완전한 설명이 성립될 수 없음이 지적되어 지구 자기 현상의 원인은 아직도 완전하게 설명되지 못하는 것으로 알려져 있으며, 또한 영년변화와 자기장의 역전 등과 같이 비교적 짧은 주기를 갖고 변하고 있는 변화 현상들이 논리 정연하게

설명되어야 하는데, 이 문제에서 비교적 논리성을 확보할 수 있는 학설로써 현재까지 가장 유력한 설은 전자유도작용을 바탕으로 설명되는 앞에서 간단히 언급한 다이너모 학설뿐이다.

이 현상을 좀 더 자세히 알아보면, 현재 쓰이고 있는 프레밍의 오른손 법칙을 적용하여 얻어지는 발전기의 원리와 같이, 강한 자기장 속에서 코일을 회전시켜 전자기유도 작용에 의해서 코일 안에 발생된 기전력을 바탕으로 전기가 흐르는 현상 즉, 전류유도 현상으로, 역학적 에너지를 전기적 에너지로 변환하거나 또는 그와 상반된 에너지변환 현상의 실현 장치 또는 기계적 작용으로 일컬어지는 전동-발전(motor-generator) 시스템과 같은, 발전(다이너모) 시스템의 원리로 설명된다.

이 현상을 지구과학의 거시(巨視) 기구에 적용하면, 비교적 전기전도도가 높은 물질(철과 니켈 등의 금속전도체)로 구성된 지구 외핵은 고열로 용융된 유체 상태로 구성되어 있으며, 이 핵 내의 상, 하부의 온도차에 의한 대류운동 등으로 유체는 쉽게 움직이는 유동체의 상태에 있으며, 이러한 유체운동에 의해 외핵물질이 이동하면 외핵 내에서는 외부 자기장의 영향을 받아 유도전류가 형성되고, 이 유도전류의 흐름은 주위에 자기장을 만들게 되는데, 이 현상으로 인해 지구의 회전축을 따라 자기장이 형성된다는 것이 다이너모 이론이다.

이 이론은 1920년 J.라모가 태양자기장을 설명하기 위하여 최초로 제창하였으며, 그 후 1934년 콜링으로부터 설명의 현상적 모순이 지적되었고, 1955년 E.C.블러드에 의해서 원판형 다이너모를 모델로 설명되었고, 이것을 기초로 A.헤르체베르크, F.J.로즈와 I.윌킨슨 등이 지구 자기장의 역전(逆轉)과 같은 특징적 사실들을 설명한데서 기인되었다. 블러드형 다이너모의

원리는 '금속원판은 수직축을 중심으로 일정한 각속도로 회전하며, 그 하부에 위치한 코일은 원판과 축의 외주(外周)와의 전기적 접촉을 이루기 위하여 마찰이 없는 브러시로 연결되어 있다'라는 전제하에서 설명이 시작되었다.

다이너모 외부에 수직회전축과 나란히 위로 향한 자기장(H0)이 걸려있다고 가정하면, 프레밍의 오른손법칙에 따라서 회전하고 있는 원판에는 전류가 발생하고, 이것은 원판의 중심에서 외주 쪽으로 방사형으로 흐르며 브러시를 통하여 코일로 그리고 다시 브러시를 거쳐 축을 통하여 원판의 중심으로 되돌아오는 하나의 폐회로를 형성한다. 하부 코일에 전류가 흐를 때 코일 주위에는 앙페르의 법칙에 의하여 (H0)와 같은 방향으로 유도자기장 (h)가 생기고 결국 전자기장은 (H0+h)가 된다. (H0)가 약해도 다이너모의 전기저항 원판의 지름과 회전각속도의 크기에 의해 h의 크기가 결정되므로 지구자기장의 크기와 같은 크기의 자기장을 얻을 수 있다는 결론적 해석이다.

이와 같은 다이너모가 지구의 외각에 존재함으로 지구자기장이 생성되는 타당성은

- 1) 외핵은 전기저항이 작은 액상의 철·니켈·코발트 등으로 구성되어 있고,
- 2) 원판의 회전운동은 지구자전으로 나타나는 외핵과 맨틀의 자전속도의 차로 인한 외핵 내의 용융액체의 회전운동이며,
- 3) 전류의 생성은 온도차에 의한 열기전력 전류와 구성물질의 이질성에 의한 열화학적 전류로 설명될 수 있다는 논리적 주장이다.

### III. 지구자기장 성인의 가설

위에서 언급한 학설들을 바탕으로 지자기 성

인에 대한 새로운 가설을 제안하고자 한다. 여러 학자들에 의해서 이미 제시된 학설들은 영구 자석 설과 다이너모 설 등이다. 이에 대하여 지구를 둘러싸고 있는 대기권의 외곽 이온층을 대상으로 지구 자전운동에 대한 상대성을 적용하면, 상대적으로 정지 상태에 있는 지구에 대하여 이온층 회전운동을 이온전류의 개념으로 취하면 이온전류와 지구자전 운동방향이 서로 수직관계에 있는 지구자전축과 같은 방향으로 전자유도 작용에 의하여 자기장이 발생하고, 자전축 방향으로 자기장 주축이 형성된다.

다시 말하면, 자장내의 전도체 운동에 의한 전자유도전류의 합성성분의 크기와 방향에 따라서 자기장이 발생하는 비오사바르의 법칙(Bio-Savart's law)과 앙페르의 법칙(Ampere's law) 등으로 전자기학의 원리적 이론 바탕 위에서 설명될 수 있기 때문이다.

따라서 본 개념으로부터 전자유도 작용과 자유공간에서의 대전체운동 원리를 적용하면 지자기의 성인과 아울러 지구 자전과 공전의 원리도 순조롭게 설명될 수 있다.

### 1. 기존학설의 요약

1) 영구자석 설 : 지구가 생성되면서부터 영구자석 형태의 지자기를 보유한다는 설

2) 다이너모 설 : 현재까지는 원판다이너모 설이 유력하다. 즉, 지구의 외핵을 구성하는 물질(주로 철, 니켈로 구성 전도성 물질)의 상, 하 온도 차에 의한 대류현상과 열전류 및 외부 자계에 의한 외핵물질 환(ring)의 폐회로에 유도전류의 흐름이 생겨 지축을 중심으로 회전방향으로 흐르면서 그 전류 방향에 수직 방향으로 지자기가 형성된다는 이론의 학설

### 2. 전기자기적 신이론 모델

1) 이온층전류에 의한 전자유도전류 생성의 가설 : 이온층 유도전류의 신 모델 주장 이론으로써 즉, 지구를 둘러싸고 있는 거대한 대기층은 지표 근처의 무거운 기체로 이루어진 고밀도 대기층과 이에 대하여 상층부로 올라갈수록 지구 중력의 감소와 질량차이로 가벼운 기체들이 주를 이루며 밀도가 낮은 저밀도 대기층을 이루고 있는데, 이 상층부의 저밀도 대기권에는 태양으로부터 강렬한 에너지를 가진 복사광 에너지입자들이 쏟아져 나와서 이 에너지입자들에 의해 바깥 대기권 층은 대기입자들이 이온화되어 강한 이온층을 구성한다.

이 공기이온층은 수많은 이온입자들로 채워져 있으며, 이 이온입자들로 둘러싸여 있는 지구는 태양주위의 공전과 자전 운동에 의해 태양 주위를 일정한 방향으로 돌며 회전운동을 지속한다. 이 때 회전운동을 하고 있는 지구는 매우 빠른 속도로 표면회전(회전속도 1,669 km/h) 운동을 하고 있기 때문에, 이를 상대적으로 보면 정지 상태에 있는 지구 주위를 매우 빠른 이온층대기입자들이 회전하는 현상과 같으며, 이것은 마치 자성체와 도전체 성질을 지닌 지구 주위를 이온입자들이 돌고 있는 것과 같아서, 이로 인하여 이온층과 지구체 사이에서 회전 방향에 수직방향으로 전자유도 현상이 발생하므로 지구 회전축과 동일한 방향으로 자기장이 형성되며, 이 자기장이 지구의 남북방향으로 이루어지는 지자기를 형성한다.

또한, 이 지자기는 지구내부에 존재하는 여러 가지의 지구물리 현상과 동시에 어울려 나타나게 되는데, 크게는 지구내부의 내핵과 외핵 및 지표 근처의 지각간의 온도차에 의한 지열전류와 고온의 유체상태로 움직이고 있는 용융맨틀의 이동에 의한 와류형태의 유도전류에서부터 작게는 화산폭발 시에 용암류의 이동으로 발생

하는 국부적 지표전류에 이르기까지 많은 지구 물리학적 현상에 따른 열적-전기적 현상들이 동반지자기를 구성하며, 그렇기 때문에 지자기의 현상이 내외부의 여러 조건 변화와 시간에 따라 점진적으로 변화하거나 지자기축의 기울기각도가 달라지는 등의 변화가 생길 수 있으며, 극한적으로는 영지자기 현상이나 역 지자기 현상에 이르는 경우까지도 발생할 수 있다.

따라서 지자기의 발생원인은 외핵의 다이너모 현상보다는 이온층의 회전유도전자기 이론이 보다 근본적인 원인제공 인자임을 주장하여 지구자기장 신 모델의 이론을 제안한다.

이를 위하여 고밀도 유체이온현탁액 층을 구성하여 이온현탁액 내부 중간에서 전자기학적 성질을 띠는 고속회전체를 구성하여 회전유도 전자기 발생 실험설비를 구현시켜 이로부터 실험적으로 이론을 실증하는 원리를 구현하여 이를 입증하고자 한다.

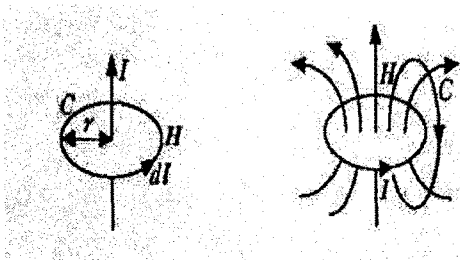


그림1. 전류에 의한 자기장의 형성 - 지구자전에 의한 이온층 전류가 지구 둘레에 흐른다면 그 수직 방향으로 지자기가 형성되는 관계의 모형

이와 아울러, 전자기학 분야 이외의 전문가 이해를 돕기 위한 방안으로,

- 1) 전자기유도 현상 모델과 그에 대한 해석
- 2) 이온층 내에서 회전구형 체의 전자기적 유도 현상
- 3) 정지 구형 체 주위를 회전하는 이온층 구조 모델

4) 지구 체의 전자기유도 현상에 대한 모델과 그 구조를 구현하는 내용을 바탕으로 전자기유도 이론 및 지자기형성 원리의 이해와 해석을 시뮬레이션과 의사모델을 통하여 구체화된 보완, 구현 방식으로 본 이론의 이해와 해석에 실용적 도움을 주고, 이를 바탕으로 본 제안의 신 이론을 규명, 정립한다.

또한, 차기 논문의 발표를 통하여 Fleming의 법칙과 패러데이의 법칙 등의 전자기학 원리를 적용하여 지금까지 해석이 불가하였던, 지동설의 근원적 해석을 지구의 자전과 공전 운동에 대한 원리와 학설로 새롭게 제안하고자 하며, 그 요지는 자유공간에서의 하전입자의 운동 이론과 같은 무한 우주공간에서 하나의 점에 불과한 지구 체의 자전과 공전 현상을 태양자기장내에서의 도전원판과 같은 지구의 유도전류 발생 원리와 태양자기장내에서의 하전지구 체의 운동이 원심회전각운동(revolution motion)으로 나타나는 원리를 바탕으로 이론을 적용하고 해석하여 자전운동과 공전운동의 비밀을 푸는 지구과학의 핵심 신 학설을 시뮬레이션과 모델 구현으로 새롭게 입증하고 규명하여 명확히 정립하고자 한다.

#### IV. 결론

지축 방향으로 형성된 지구자기장의 성인에 대하여 고찰하고 기존 학설에 대한 신이론 모델을 제안하였다.

기존 학설에서 가장 유력한 다이너모이론 모델의 타당성 이유와 주장하는 발생 원인의 주인자는 열전류와 열화학적 전류에 의한 자기장의 형성이다. 그러나 이들 두 성분의 전류 흐름이 지축 방향에 인접한 지자기 축을 형성하려면 적도 근처에서 지구의 외핵 둘레를 따라서 지자

기 축에 대하여 수직 방향으로만 주 전류가 흘러야 되는 한정조건을 만족해야 한다. 다시 말하면, 볼러드 형 다이너모의 원리에서와 같이 원판의 외주를 따라서 지축에 수직 방향으로만 일정하게 전류가 흘러야 한다는 전제조건이다. 그러나 실제 이 한정조건을 만족시키면서 일정한 지자기 축이 형성되기는 매우 어려운 상황임을 우리들이 알고 있으면서도 그에 대한 충분한 대안이 없기 때문에 이와 같이 불충분한 다이너모 이론 모델을 받아들일 수 밖에 없는 것이다. 실제상황에서는 그 보다 훨씬 많은 여러 가지의 전류 성분과 흐름의 방향이 존재할 수 있기 때문이며, 이 경우 지자기 방향이 여러 갈래로 분산되거나 상쇄되어 지자기장의 세기가 약화될 수밖에 없기 때문에 설득력이 저하된다.

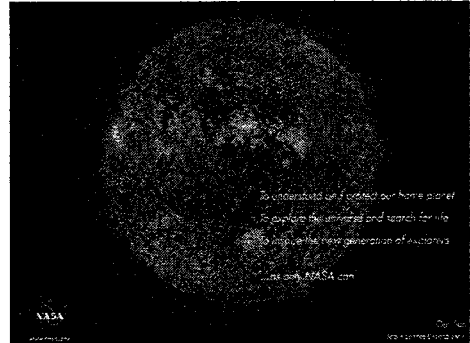
그러나 본 제안의 가설에서 주장하고 설명하는 이온층 전류의 내용은 그와 같은 지자기의 분산 요인이 있을 수 없으며, 지구가 일정하게 방향과 속도를 유지하면서 자전을 하고 있듯이 이에 따라서 흐르는 전류의 크기나 방향도 일정할 수밖에 없으며, 그 결과로 나타나는 지자기의 세기와 방향도 일정하게 형성됨이 해석되기 때문에 타당성과 설득력이 크다.

따라서 이온층 전류에 의한 지자기 성인과 지구 회전운동을 전자기학적 유도이론으로 설명하는 신이론 모델을 제안한다.

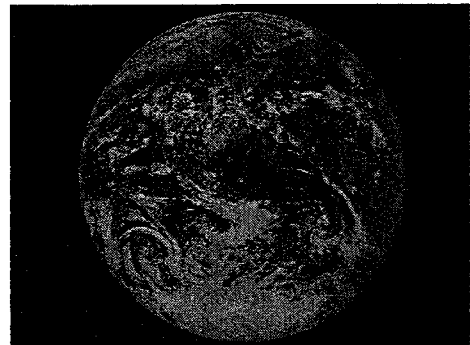
### 참고문헌

- 1] 전자기학 이론 : Elements of Electromagnetics(3rd E), Matthew N. O. Sadika, Oxford
- 2] 소대화, '영월하동 고씨동굴과 난고 김삿갓 시선의 문학외적 학술재평가', 한국동굴학회 전반기학술발표대회 학술지, 2007,06,22

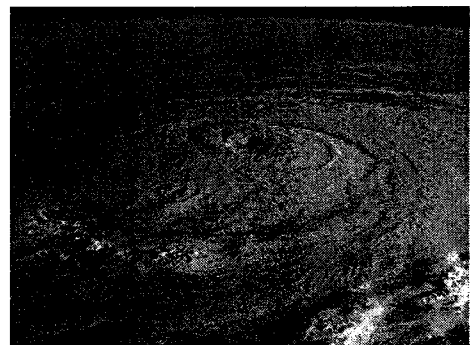
### [참고자료]



[이글거리는 태양의 모습 - NASA 제공]



[인공위성에서 본 지구 표면 - NASA 제공]



[Hurricane Elena 의 모습 - NASA 제공]