한국지구과학회 2006년 춘계학술발표회
2006년 2월 16일 - 17일 충 북 대 학 교

# 가평지역에서 발견된 철운석에 대한 암석학적, 광물학적 기재 및 예비분류

안인수*, 김태경, 최변각
서울대학교 지구과학교육과

**요약**

최근 경기도 가평지역에서 새로운 철운석이 발견되었으며, 이는 한반도에 낙하(fall) 또는 발견(find)된 운석 중 다섯 번째 기록이다. 가평운석(가칭)은 북위 37°52′08″, 동경 127°27′54″, 고도 147m 지점에서 발견되었으며, 운석의 분류상 철운석에 속한다. 가평운석의 표면은 지표상에서 풍화를 받은 흔적이 나타나나, 내부는 비드만스태튼 무늬(Widmanstatten pattern)와 같은 철운석의 특징이 잘 보존되어 있다. 가평운석의 암석학적, 광물학적 기재와 분류를 위해 주사전자현미경(Scanning Electron Microscope) 및 전자현미분석기(electron probe micro-analyzer)를 이용했다. 풍화의 산물인 철산화물이 나타나는 최외각부를 제외하면 가평 운석은 거의 순수한 철-니켈 금속광물(Fe-Ni metal)로 이루어져 있다. 이 중 니켈 함량이 적은 카마사이트(kamacite)가 대부분이며 소량의 태나이트(taenite)가 산출되어 비드만스태튼 무늬를 구성한다. 비드만스태튼 무늬의 특징에 의한 분류에 따르면 가평운석은 중립질 또는 조립질 옥타헤드라이트(octahedrite)에 속한다. 철운석은 화학적으로 열 개 이상의 하부그룹으로 세분되며, 가평운석의 정확한 하부그룹으로의 분류는 친철원소에 대한 미량분석이 추가적으로 필요하다. 가평운석의 냉각률은 ~ 1℃/Ma 이하로 나타나며, 이는 가평운석이 천천히 냉각된 비교적 규모가 큰 소행성의 핵에서 유래했음을 지시한다.

**주요어** : 철운석, 비드만스태튼 무늬, 철-니켈 금속광물

## 1. 서론

현재까지 알려진 우리나라에 떨어진 운석으로 그 기록이 보존되어 있는 것은 총 4개이다(Grady, 2000). 이들 운석은 모두 일제강점기에 낙하 또는 발견된 것으로 현재 한국지질자원연구원에 소장되어 있는 두원운석을 제외한 나머지 3개의 운석은 소재가 불명확

하다. 2005년 10월 말, 서울대학교 지구과학교육과에 감정이 의뢰된 한 개의 시료가 철운석으로 판명되어 이를 가평운석으로 보고한다.

현재 운석을 소유하고 있는 의뢰인에 의하면, 가평운석은 1999년 11월 경기도 가평군에 위치한 용추계곡에서 임도작업 중 발견되었다고 한다. 발견된 위치는 북위 37°52′08″, 동경 127°27′54″, 고도 147m 지점에 해당한다.

가평운석의 최외각부(~5mm 두께)는 낙하한 이후 지표상에서 풍화된 특징이 나타나 있으나, 그 내부는 철운석의 대표적인 특징인 비드만스테튼 무늬 및 변질작용을 경험하지 않은 광물조합이 잘 보존되어 있다. 크기는 약 50㎝×50㎝×25㎝이며, 추정질량은 150kg 이상이다(그림. 1).

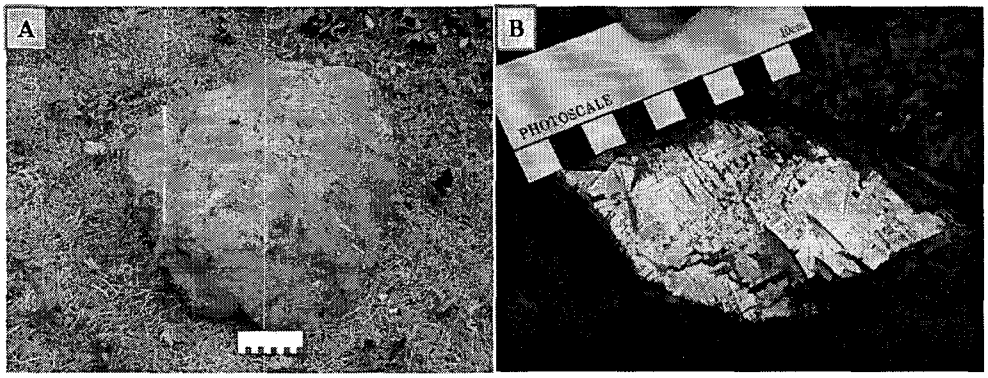


그림 1. 가평운석의 전체 외형 및 크기(A)와 비드만스테튼 무늬(B). scale = 10cm.

대부분 소행성의 핵에서 유래한 것으로 알려져 있는 철운석은 주로 철-니켈 금속으로 구성되며 트로일라이트(troilite, FeS), 슈레버사이트(schreibersite, (Fe,Ni)3P), 코헤나이트(cohenite, (Fe,Ni)3C) 등을 부성분 광물로 갖는다. 드물게는 규산염 포획물을 가지기도 한다. 철운석은 구조적인 특징에 따라 크게 세 가지 하부그룹으로 구분되며, 화학성분에 따라 열개 이상의 하부그룹으로 세분화된다(Wasson, 1985).

## 2. 연구방법

가평운석에서 나타나는 암석학적, 광물화학적 특징을 서울대학교 지구과학교육과의 주사전자현미경(GEOL JSM 6380A)에 부착된 이차전자영상(Secondary Electron Image) 및 후방산란전자영상(Back-Scattered Electron Image)을 이용해 관찰했다. 아울러 산출되는

광물들의 정량분석을 위해 서울대학교 기초과학교육연구 공동기기원의 전자현미분석기(GEOL JXA-8900R)를 이용했다.

## 3. 결과

### 3.1. 암석학적 특징

가평운석의 최외각 부는 운석이 대기 중을 통과할 때 나타나는 용융각(fusion-crust)의 특징을 외형적으로 잘 보존하고 있으나, 대부분 지표에서의 풍화작용에 의해 철산화물 내지는 철-니켈 산화물로 교대되어 나타난다.

철과 니켈로 구성된 마그마는 냉각하면서 태나이트 구조의 광물로 정출되지만 냉각이 진행되면서 용리작용에 의해 니켈이 풍부한 태나이트와 니켈이 상대적으로 결핍된 카마사이트로 분리된다. 이 과정에 의해 비드만스테튼 무늬와 같은 특징적인 조직을 나타내게 된다. 가평운석의 경우, 카마사이트의 폭은 ~0.3-3mm이며(그림 1), 태나이트는 수십 ㎛의 폭으로 산출된다. 모드분석에 의하면, 카마사이트와 태나이트의 비는 약 97:3이다. 철-니켈 금속광물의 두께에 의한 철운석의 분류상 가평운석은 중립질 또는 조립질의 옥타헤드라이트에 속한다.

### 3.2. 광물학 및 광물화학적 특징

가평운석을 주로 구성하는 광물인 철-니켈 금속은 평균 니켈 함량이 ~6.7 wt.%인 카마사이트(4.2 - 7.2 wt.%)와 ~42.5 wt.%인 태나이트(36.0 - 50.1 wt.%)로 나타난다(그림 2).

풍화에 의한 변질작용을 많이 경험한 것으로 보이는 최외각 부에서는 철산화광물(hematite 및 wüstite, Fe1-XO)과 철-니켈 산화광물(Fe-Ni oxide, FexNiyO)이 나타난다.

부수적으로 인을 포함한 슈레버사이트 및 코헤나이트도 관찰되며 이들은 주로 카마사이트 내의 맥상 내지는 포획상의 형태로 나타난다. 특히 슈레버사이트를 포함한 인화광물(phosphide)의 존재는 모체 내에서의 분화과정 중, 인을 포함한 액이 어느 정도 관여했음을 시사한다(Haack and McCoy, 2004).

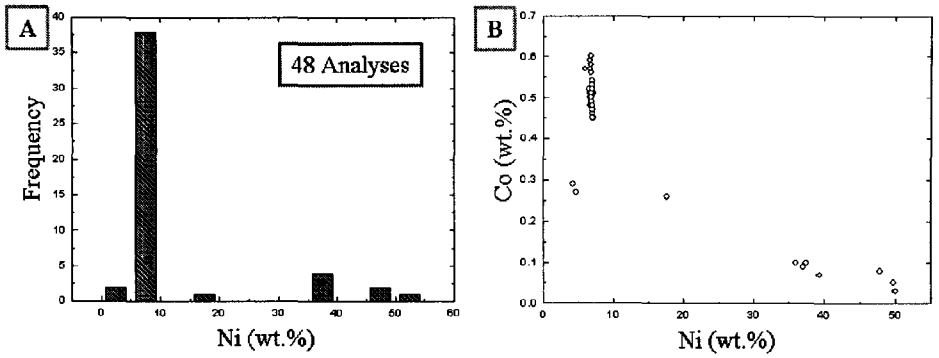


그림 2. 가평운석에서 산출되는 철-니켈 금속광물의 니켈 함량에 따른 분포(A) 및 니켈-코발트 함량(B)

## 4. 토의 및 결론

### 4.1. 가평운석의 분류

철운석은 화학적인 특징에 의해 열 개 이상의 하부그룹(IAB, IC, IIAB, IIC, IID, IIE, IIF, IIIAB, IIICD, IIIE, IVA, IVB 등)으로 다시 나뉘게 된다. 관찰되는 비드만스태턴 무늬의 두께의 범위와 하부그룹간의 관계에서 가평운석은 IAB, IC, IID, IIE, IIIAB, IIICD, IIIE, IVA의 영역에 해당됨을 볼 수 있다(그림 3A). 아울러 철-니켈 금속의 니켈 함량의 범위는 IAB, IC, IIAB, IIE, IIIAB, IIICD, IIIE, IVA 그룹에 걸쳐 도시된다(그림 3B). 하지만, 비드만스태튼 무늬의 평균적인 두께 및 니켈의 평균값(~82.5mg/g) 을 고려할 때, IAB, IC, IIAB, IIICD에 속할 가능성은 희박해 보인다. 즉, 가평운석은 IIE, IIIAB, IIIE, IVA 중 하나에 속할 것으로 보인다.

철운석은 모체 내에서 냉각에 의한 결정과정 동안 미량으로 포함되는 친철원소들이 각기 다른 양상으로 거동을 하는 것으로 알려져 있고, 이런 특징에 의한 자세한 화학적인 분류가 기존 연구에서 이루어져 있다(Choi and Wasson, 1995 및 Wasson et al., 1998). 이후, 가평운석에 포함된 미량의 친철원소에 대한 정밀한 분석이 추가된다면, 보다 확실한 하부그룹으로의 분류가 가능할 것이다.

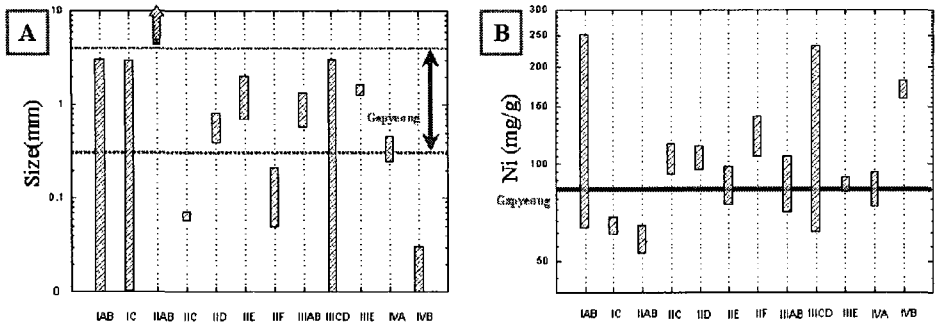


그림 3. 비드만스테튼 무늬의 폭의 두께에 따른 분류(A) 및 철운석의 니켈 함량에 따른 분류(B)와 가평운석에의 적용.

### 4.2. 모체 내에서의 냉각률

태나이트의 두께와 니켈 함량을 이용(Wood, 1967 및 Hopfe and Goldstein, 2001)하여 구해본 가평운석의 냉각률은 ~1℃/Ma 이하로 나타난다. 이는 가평운석이 천천히 냉각된 비교적 규모가 큰 소행성의 핵에서 유래했음을 지시한다.

## 5. 참고문헌


Choi, B-G et al., 1995, Classification and origin of IAB and IIICD iron meteorites, Geochim. Cosmochim. Acta, Vol. 59, pp.593-612.

Haack H. and McCoy T. J., 2004, Iron and stony-iron meteorites, Treatise on Geochemistry, Elsevier Ltd., pp. 325-345.

Hopfe W. D. and Goldstein J. I., 2001, The metallographic cooling rate method revised: application to iron meteorites and mesosiderites, Meteorit. Planet. Sci. Vol. 36, pp.135-154.

Grady, M. M., 2000, Catalogue of Meteorites. Cambridge Univ. Press

Wasson, J. T., 1985, Meteorites: their record of early solar system history. W. H. Freeman and Company New York, pp. 267.

Wasson, J. T. et al., 1998, Chemical Classification of Iron Meteorites: XII. New Members of the Magmatic Groups, Geochim. Cosmochim. Acta, Vol. 62, pp.715-724.

Wood, J. A., 1967, Chondrites: their metallic minerals, thermal histories and parent planets, Icarus 6, pp. 1-49.