

流星塵を追って

～ 降り注ぐ金属粒子は本当に宇宙起源なのか～

3年スーパーサイエンス地球科学

K.M・I.H・O.Y・M.T

概要

宇宙起源の塵である流星塵を地上で集めることができるのか。そしてそれらはどのようなものなのか。この疑問を解決するために、まず流星塵の採集方法を考え、採取を試みた。すると様々な種類の粒子の採取に成功した。そこで今回は鉄を主成分とする粒子である鉄質球に注目し、表面模様、成分からさらに6種類に分類した。これらの鉄質球が本当に宇宙起源であるかどうか、内部の成分を調べたり人工鉄と隕鉄を加工したりして検証した。その結果、採取した鉄質球の大半は人工物であると判明した。ニッケルを含む鉄質球2個について宇宙起源か考察したところ、1つは表面模様が鉄隕石をグラインダーで削り得た粒子と類似していることからこれは宇宙起源と考えた。よって今回は流星塵と思われる粒子を1つ発見することができた。

はじめに

地球には流星塵という塵が宇宙から降り注いでいる(宇宙塵と呼ぶ場合もある)。流星塵は宇宙空間に分布する粒子で、ケイ素や炭素からなるものが多く、他に鉄やマグネシウムなどの金属元素も存在する非常に小さい粒子である。太陽系においては、特に彗星は太陽に接近すると固体粒子を宇宙空間に放出し、これが地球に降り注ぐのが流星群である。また内部が岩石と金属に分化した原始惑星が破壊されると、岩石片や金属片として空間に放出される。これらも空間をたどる塵の成分となる。

これらは地球大気に入ると流星となって燃え尽きると言われている。小さい粒子は落下速度が遅いため大気との摩擦が小さく、大気圏に入っても燃えずにそのまま落ちてくる。これに対し、やや大きい流星塵は、大気圏に入ると大気摩擦によって融解・凝固し、表面張力で球体になると考えられる。特に融点の低い金属質の粒子でこうなるといわれている。

そこで、この流星塵を識別できないか考えることにした。宇宙から降ってくる流星塵を地球上の塵の中から見つけ出し、宇宙起源の粒子であることを確認することを本研究の目的とした。

方法(試料の回収と観察)

学校の屋上(神奈川県港北区)に内径26×38cmのトレーを2個設置し、粒子が風で飛ばされるのを避けるために水を張って粒子を沈殿させ、1週間放置した後に回収した。回収は6月4日から9月23日にかけて、毎週行った。そしてトレー内の沈殿物をシャーレに移し、実体顕微鏡で観察しやすいようオープンで水分を飛ばした。これを実体顕微鏡(4×10倍)で観察しながら、粒子を有孔虫専用筆でプレパラートに拾い出した。

さらに、採取した粒子を直径1cmの円柱状をしたアルミニウム製試料台に載せて電子顕微鏡用の試料とした。アルミ試料台にはカーボン両面テープを貼り付け、その上に20~30個の粒子をきちんと配列させて接着した。これを(独)物質・材料研究機構に送り、インターネット経由で電子顕微鏡を操作し、倍率1500倍~4000倍での電子顕微鏡観察と成分分析を行った。



屋上に設置したトレイ

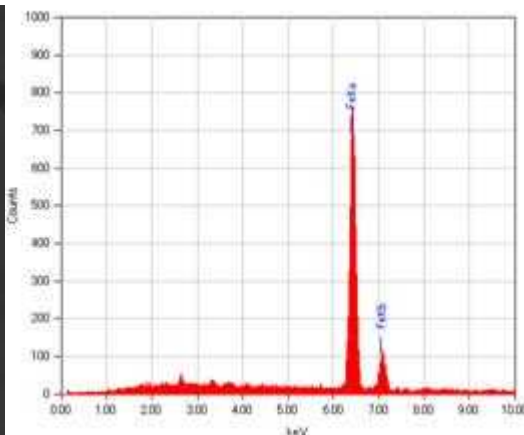
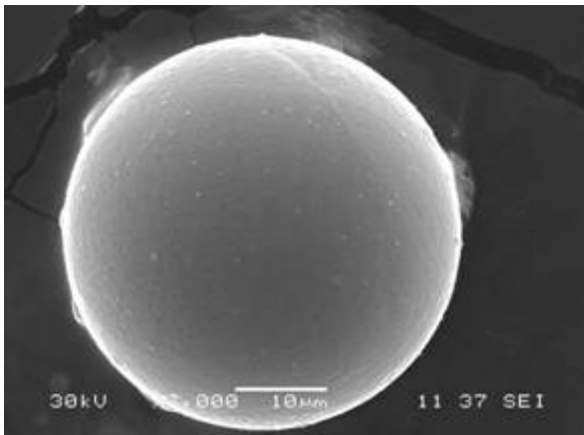


顕微鏡を見ながら筆で拾い出す

結果

観察した粒子を鉄質球、不完全球、ガラス球、白色球、赤色球の5種類に分類した。

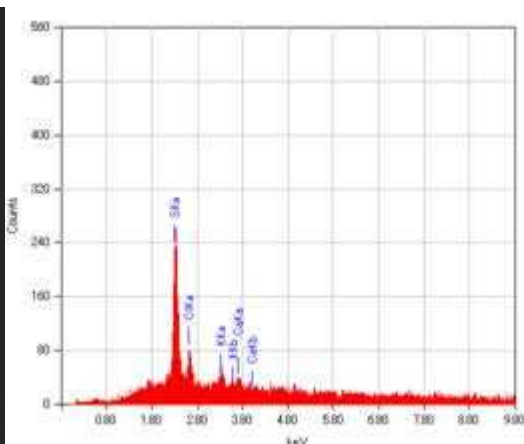
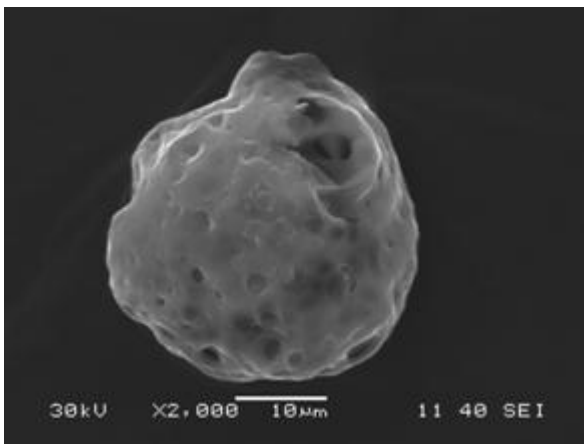
A 鉄質球



鉄質球の電子顕微鏡画像および成分分析結果

ほとんどが純粋な鉄の球体で、実体顕微鏡で見ると表面が滑らかで完全な球体をしているが、電子顕微鏡で見ると表面模様に幾通りの違いが見られた。

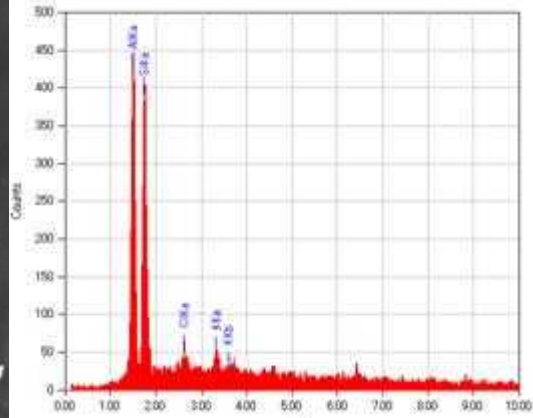
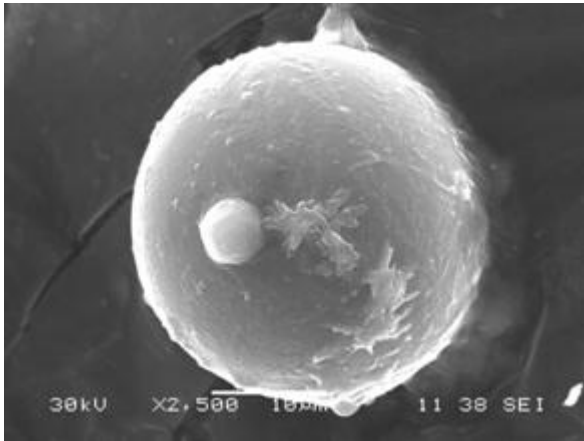
B 不完全球



不完全球の電子顕微鏡画像および成分分析結果

硫黄が主成分の凸凹した粒子で、電子顕微鏡で見ると穴がいくつも空いた状態であった。このことから不完全球は花火の火薬の燃えカスではないかと考えられる。

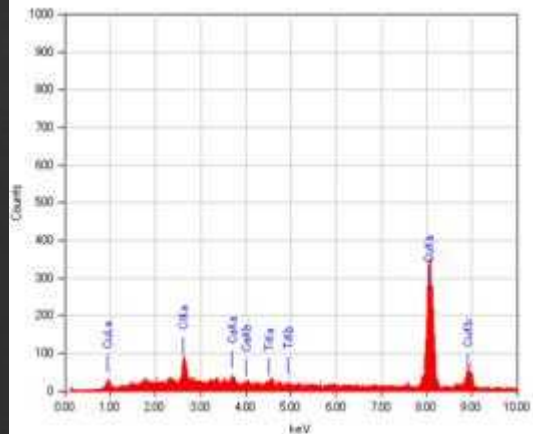
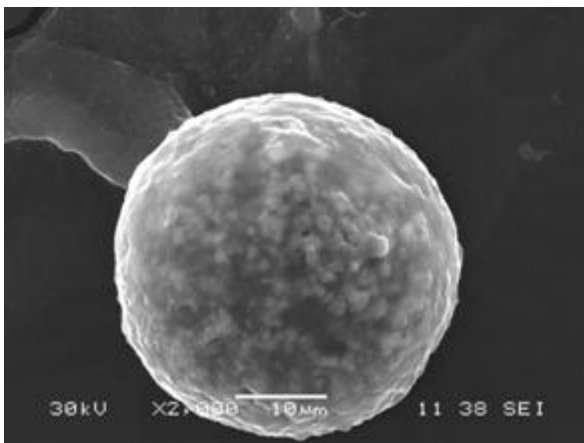
C ガラス球



ガラス球の電子顕微鏡画像、成分分析結果

ケイ素が主成分のもので透明な球体であった。花火の燃えカスからもガラス質の粒子が発生するが成分が違うという。そのため今回は人工物か天然物かは判別できなかった。

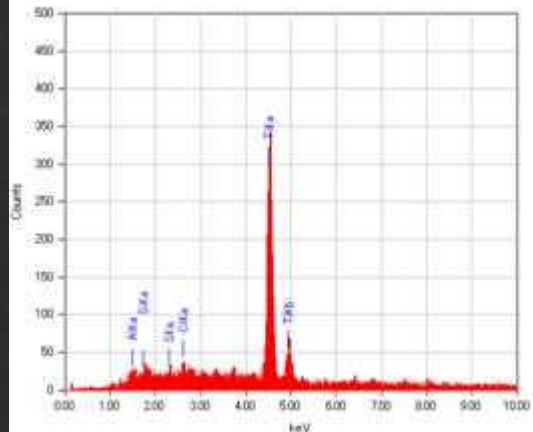
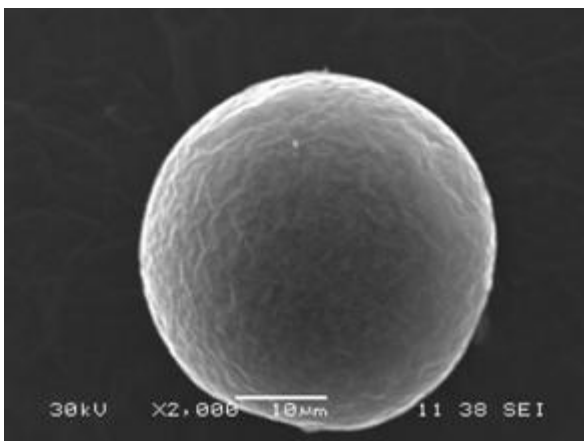
D 赤色球



赤色球の電子顕微鏡画像、成分分析結果

銅が主成分のきれいな球体。成分から赤色は銅の酸化によるものと考えられる。また成分から考えて人工物であると考えられる。

E 白色球

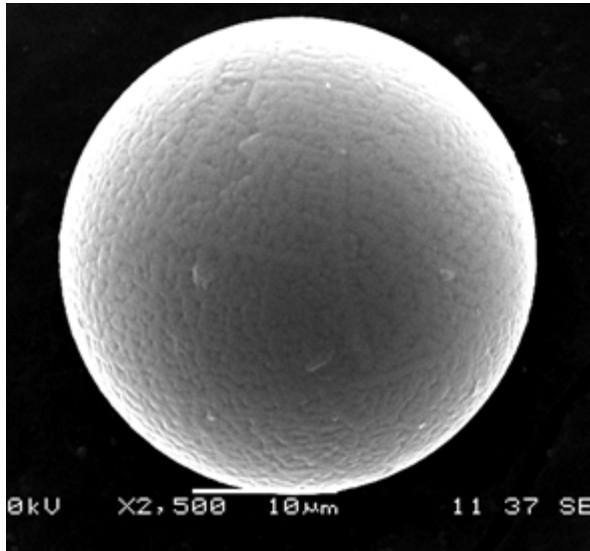


白色球の電子顕微鏡画像、成分分析結果

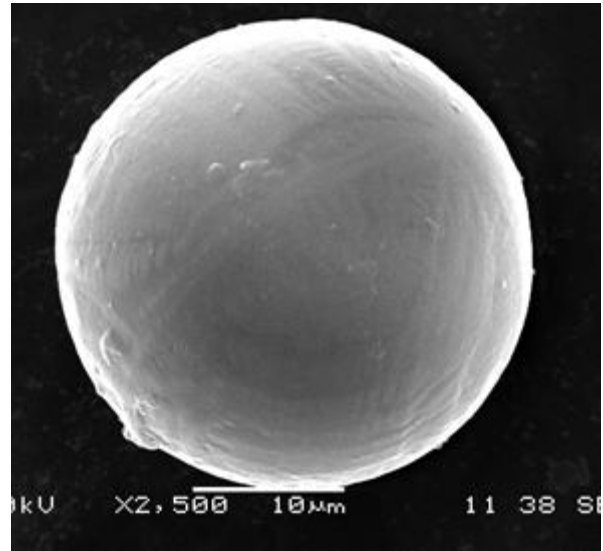
チタンが主成分のきれいな球体。工事中に個数が急激に多くなったことから、その工事によって発生した人工物であると考えられる。

考察

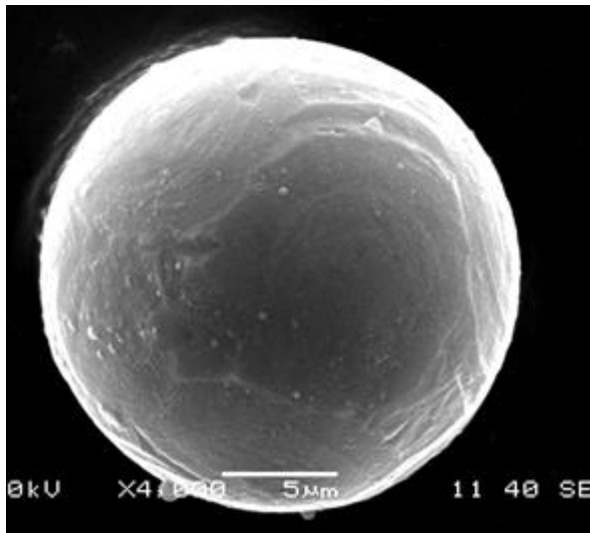
回収した粒子を A~E の 5 種類に分類したが、B~E については流星塵でないと考えられた。そこで、A の鉄質球についてさらに検討することにした。A と分類された粒子 50 個を電子顕微鏡で観察し、表面の様相と成分で以下のように分類した。



A 網目模様 20個



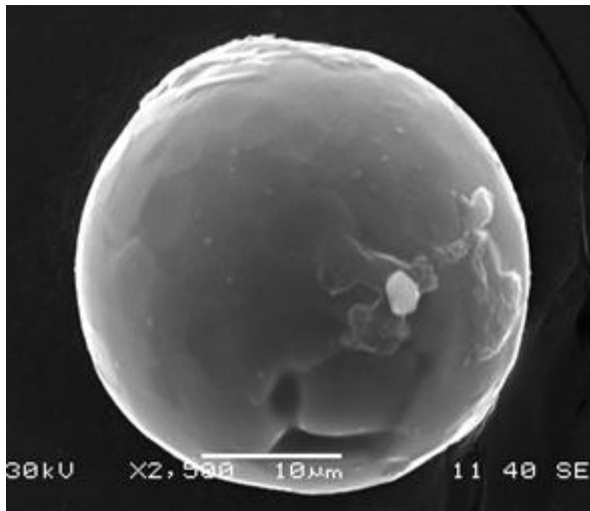
B 放射状 3個



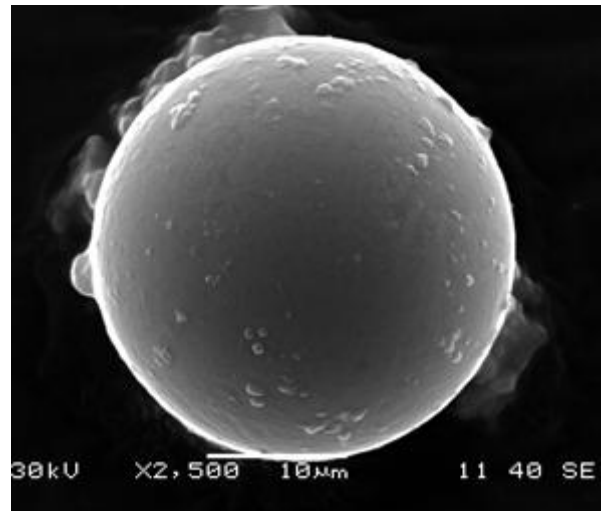
C 波状模様 8個



D 多角結晶構造 7個



E 六角形結晶構造 3個



F 模様なし 9個

これらの鉄球粒はほぼ全て純粋な鉄でできており、2粒（網目模様1粒、多角結晶構造1粒）だけがニッケルなど他の不純物を含んでいた。これらが流星塵なのかどうか、さらに検証を進めることにした。もし、これらの粒子が本当に宇宙起源の粒子であるなら、それは宇宙に存在する鉄粒子ということになる。ところが、宇宙空間に存在する鉄は必ず数%程度のニッケルを含んでいるという。我々が屋上で採取した鉄球粒の大半はニッケルを含んでいない。

ここで2つの仮説がたてられる。まず粒子が宇宙起源でニッケルをもともと含んでいたのだが、大気突入の際に粒子内部に沈降、または粒子から失われた可能性がある。あるいはもともとニッケルを含んでいなかった、つまり宇宙起源ではなかった可能性もある。そこで鉄質球の起源を明らかにするためにこの

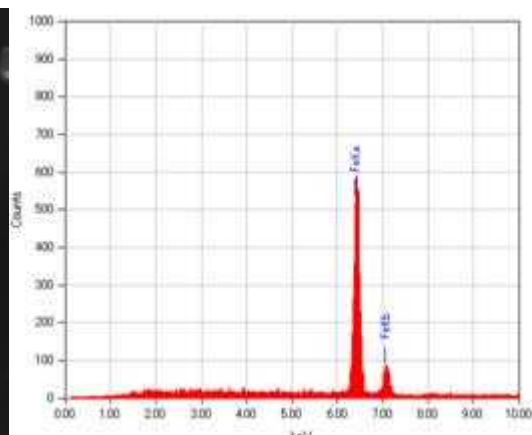
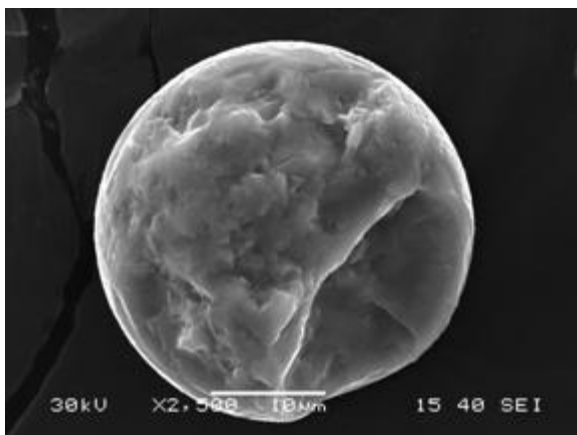
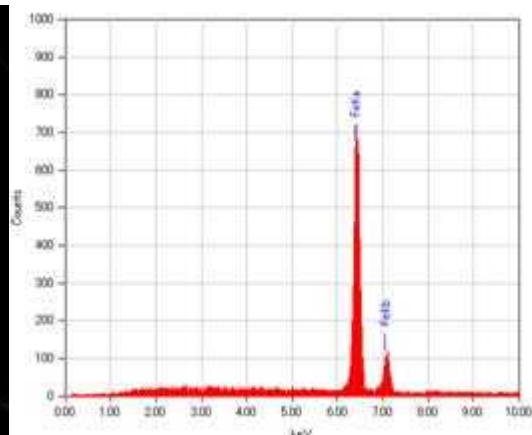
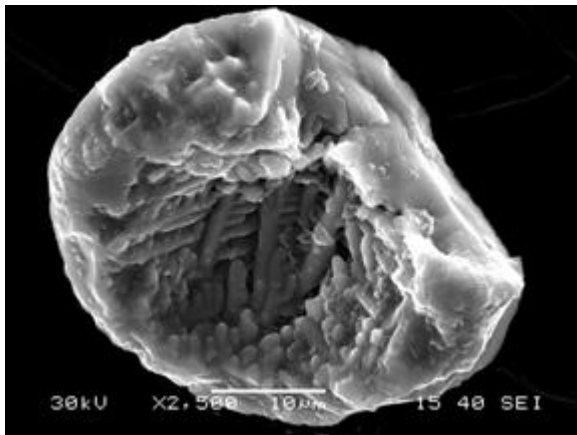


2つの仮説の検証を行った。

ニッケルが球粒内部に沈降した場合

ニッケルが球体の内部に濃縮している場合を考えた。電子顕微鏡は表面の成分しか分析できないことから、ニッケルが内部に潜んでいる可能性があると考えた。

このことの検証方法として、球粒を研磨してみた。プレパラートに接着剤をつけ、そこに球体を乗せ固める。そして研磨剤でプレパラートごと慎重に削っていく。相手は1mmよりはるかに小さいので成功するまで何枚も繰り返し、成功したものを電子顕微鏡で観察した。



これらが研磨に成功した球体である。表面がどちらも凸凹しているのは接着剤が付着しているからである。上の球体を見ると中は空洞で、何本もの棒状の結晶構造が規則的に絡まりあっているのが分かる。これは網目模様のようにみえることから、網目模様の球体はこのような作りになっていると思われる。次に、下の球体を見ると中は空洞ではなくポロっと取れたような状態であり、意外にもろい球体ではないかと思った。成分は内部も鉄のみであった。

よって、ニッケルが分離し内部に沈殿しているという仮説は否定されたことになる。

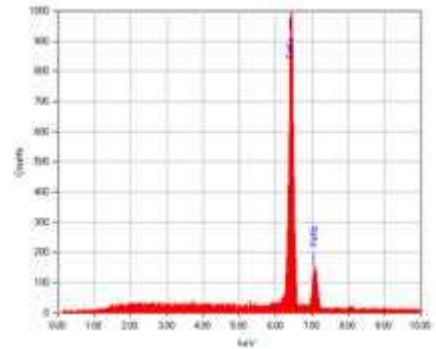
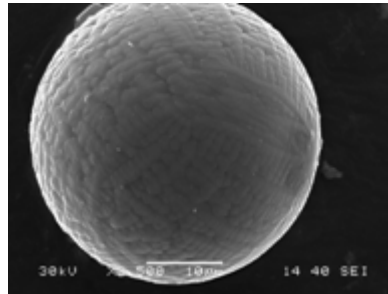
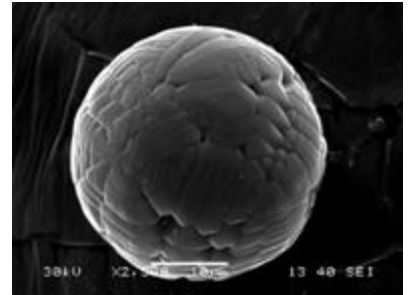
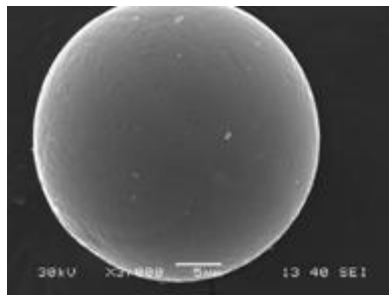
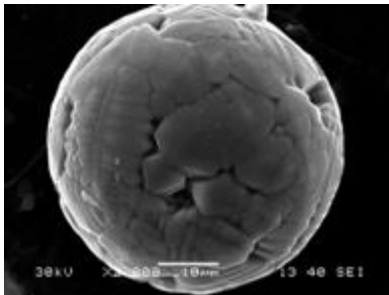
ニッケルが失われた場合



ニッケルが分離した場合を考えた。鉄とニッケルの融点はそれぞれ 1535 、1455 と異なるので、融解した際にそれぞれ分離した可能性があると思ったからである。このことを検証するために、さまざまな人工鉄と隕鉄をグラインダーで削り、落ちた粉末を観察した。グラインダーを押し当てると摩擦で金属の粉が落ちる。これを顕微鏡で見るときれいな球となっており、一度融解した後に冷え固まったことがわかる。この粒子を同様に電子顕微鏡で観察した。

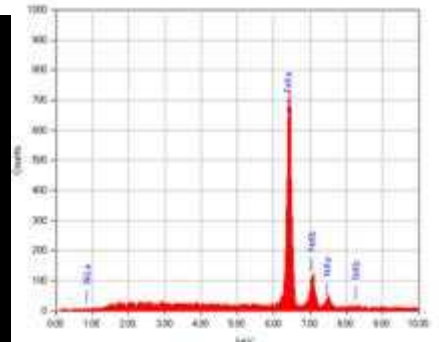
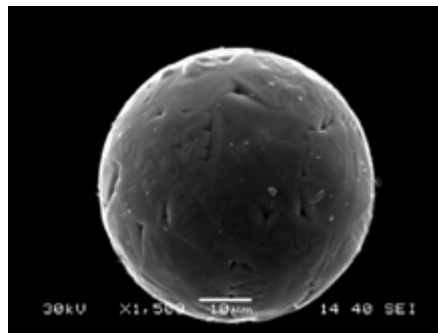
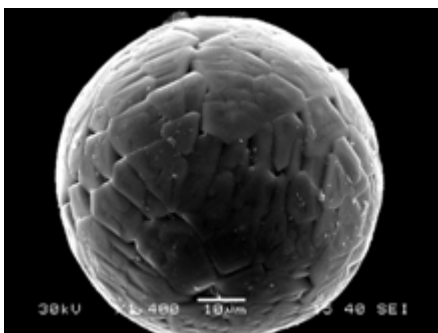
試料として、純鉄(電極用の鉄板)、軟鉄(炭素をわずかに含む)、炭素鋼(炭素を数%含む)、

ステンレス(クロムとニッケルを僅かに含む)、およびギベオン隕鉄の5つについて実験を行った。



これは順に純鉄、軟鉄、炭素鋼、ステンレスからつくった粒子である。表面の様子は屋上で採取した粒子と非常に良く似ている。また成分は鉄のみが検出され、ニッケルは含まれない。

これに対し、隕鉄を加工した粒子は、表面の様子は上記のものと良く似ているが、ニッケルを数%含むという特徴がある。つまり、ニッケルを有した粒子は、このように球粒にする加工をしてもニッケルが失われないということがわかる。

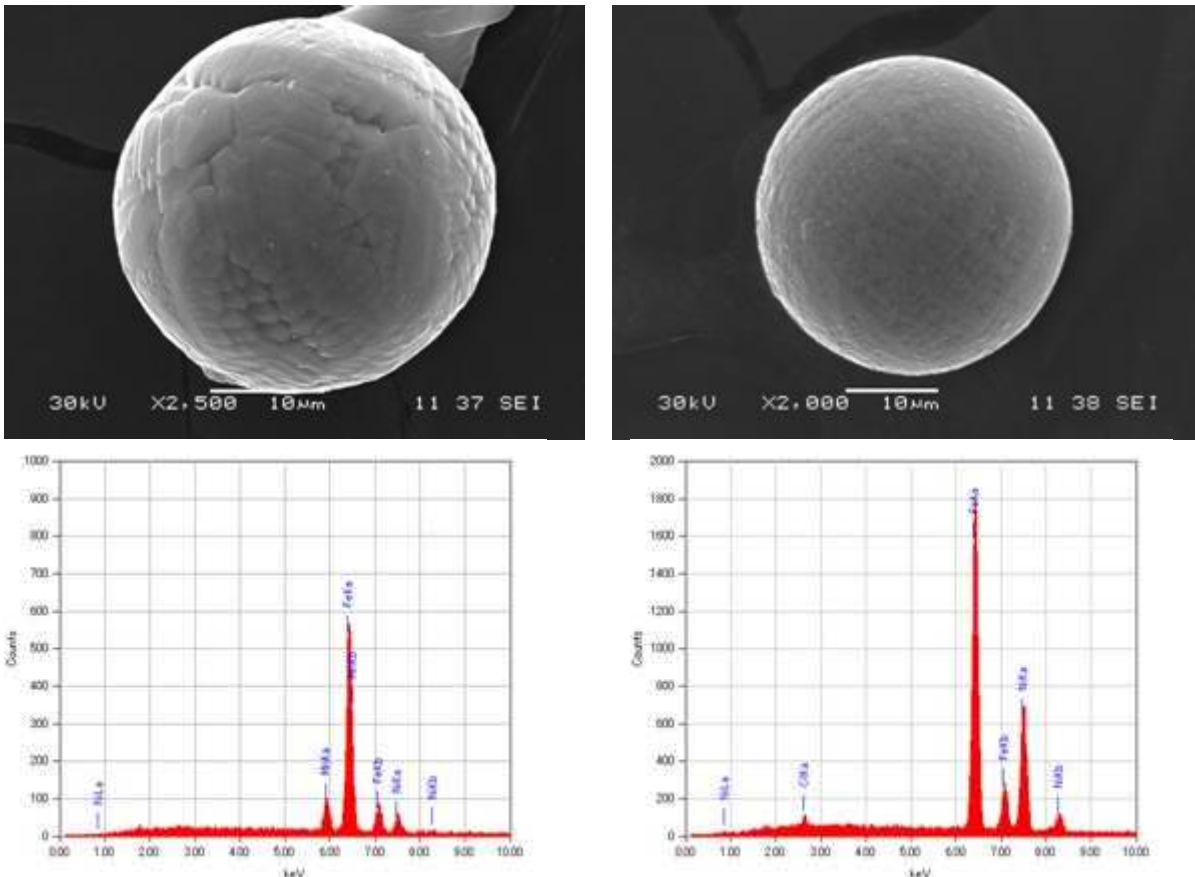


この検証より、ニッケルが鉄球から分離することはなく、もともとニッケルを含んでいれば粒子になってもニッケルは含まれるということが証明できた。

以上の結果より、ニッケルを含んでいない粒子は宇宙起源でないことが証明された。よって屋上で採取した鉄球粒のうち、ニッケルを含まない 48 個は、人工起源ということになる。恐

らくは、工事現場での溶接作業や、電車の車輪ブレーキなど、さまざまな場面で鉄の粒子が生産され、大気中に浮遊していることがわかる。

検証を行った結果、宇宙起源の鉄は必ずニッケルと一緒に存在していることがわかった。ここで先ほど分類した鉄質球のなかのニッケルを含んだ2つの球体は、宇宙起源の流星塵であるのか考察した。



まず左の球体を見ると多角結晶構造、鉄隕石の表面と類似している。この表面模様と球体の大きさ、および隕鉄と同程度のニッケルを含むことから、この球体は流星塵の可能性が高いと考えられる。次に右の球体を見てみると、網目模様の表面と類似しており、この模様は隕鉄の粒子が持たなかった模様である。またニッケルの含む割合も多すぎる。よってこの球体は宇宙起源ではなく人工の鉄由来の粒子であると結論づけた。

こうして、我々が回収した粒子のうち、1/50 個については流星塵である可能性が高いことがわかった。その他の粒子は、人工的に鉄を加工して生じた鉄粉が大気中を浮遊していたということもわかった。

謝辞

本卒業論文作成にあたり、日頃より御指導を賜りました杵島先生をはじめ地学教員の方々の暖かい御支援に心から感謝致します。またこの研究のために電子顕微鏡を使わせていただいた(独)物質・材料研究機構の皆様方に感謝致します。

参考文献

- <http://www.hep.konan-u.ac.jp/pukiwiki/index.php?%B1%A7%C3%E8%BF%D0>
- <http://www.tecnet.or.jp/museum/1a02.htm>
- <http://www.museum.kyushu-u.ac.jp/PLANET/02/02-6.html>
- <http://www.nao.ac.jp/phenomena/20071212/index.html>
- <http://www.higo.ed.jp/ws/kchigaku/seito/h17/uto/houkoku.htm>
- http://www005.upp.so-net.ne.jp/yoshida_n/qa_a7.htm
- <http://homepage2.nifty.com/chlorine/CImuseum.htm#自然界>