資 料 解 説

隕 石 鉱 物 の 話

Minerals of meteorites

都 城 秋 穂 (Akiho Miyashiro)*

隕石鉱物に対する興味の最も初歩的な形は、隕石のなかにどんな鉱物が出現するかという問いであろう、また、地球上に見られないような鉱物が隕石に出現するかという問いであろう。こういう問いに対する解答として、本稿の末尾のところに、隕石鉱物の分類一覧表をつけておこう(第1表)。

隕石のなかの大部分は、カンラン石と輝石とニッケル鉄とがいろいろな割合に混ってできている。ニッケル鉄が多いことを除けば、超塩基性火成岩に似ている。しかしそのほかに、少量成分としていろいろな種類の鉱物が出現するのである。

近年、地球科学のなかの広い範囲にわたって、隕石に対する興味が高まってきた。その主な原因は、隕石の研究から、太陽系や地球の成因や構成についての手掛りをえようとする望みが高まってきたことにある。したがって、この場合には、隕石の成因や生成条件が、重要な問題なのである。そこで本稿も、これから後の本文では、その点を考慮して、隕石の成因や生成条件を指示するものとしての隕石鉱物という問題に、焦点を合せて解説することしよう。隕石の分類命名表を、本稿の末尾につけてあるから、参照しながら読んで頂きたい(第2表)。

1. 高圧を示すと考えられた鉱物

隕石は、地球上に落ちてくるときには、一般に小さな塊りになっているが、その生成後の歴史の全体にわたってそうであったとは限らない。宇宙の発展のある時期には、かなり大きな天体をつくっていたものが、後に破壊されて、小さな破片になったのかもしれない。そういうもとの天体が大きければ、内部の圧力が高かったはずで、高圧鉱物ができたかもしれない。そのために、隕石における高圧鉱物の存否にはこれまで多くの人が興味をもった。

隕石のなかの高圧鉱物として、これまでに特別に興味をもたれたのはダイヤモンド

* 東京大学理学部地質学教室

である。そのほかに近年、コーエン石も注意された。

ダイヤモンドは、数個の隕石から見いだされている。第2表の隕石の分類からいうと、いくつかの鉄隕石とエイコンドライト (achondrite) に確実に出現し、コンドライト (chondrite) にも出るらしいといわれている。ダイヤモンドが安定になる圧力は、 25°C で 16 kb 、 1000°C で 41 kb である。月の中心の圧力は約 46 kb であるから、月より大きい天体のなかに炭素があれば、ダイヤモンドを生じうるわけである。

しかし、隕石のなかのダイヤモンドがもとの天体の内部の静かな高压でできたという見解に対しては、強い反対がある。ダイヤモンドを含む鉄隕石の一つは、有名な Arizona の大隕石孔の付近に散らばっている Canyon Diablo 隕石である。しかし、Nininger の観察によると、この隕石の破片のどれでもがダイヤモンドを含むわけではない。ダイヤモンドを含むのは、隕石孔の縁のへんにある破片だけである。Lipschutz や Anders の 1961 年の研究によると、その破片は、 700°C 以上の温度に $1\sim 5$ 秒くらい再加熱され、それから急冷された証拠がある。Canyon Diablo 隕石は、落下前には 2×10^6 トンもある大塊であったが、落下して地表と激突破壊した瞬間のショックで、その一部分が熱せられ高压を生じて、ダイヤモンドができたと考えられる。ショックでグラファイトをダイヤモンドに変えることは、実験室でも成功した。(次に述べるコーエン石からダイヤモンドを生ずることもありうる。)

その他の隕石の場合にも、ダイヤモンドは、もとの天体が破壊されて破片になった時か、または地球に落下した時のショックによってできた可能性があるので、もとの天体の大きさの推定には使えない。

コーエン石 (cohenite) は $(\text{Fe}, \text{Ni})_3\text{C}$ という化学式をもっているが、ニッケル含有量は少ない。それは主として、ニッケル含有量が比較的小さい鉄隕石に出現するが、そのほかに、エンスタタイト=コンドライトにも出現する。Ringwood は 1960 年に、コーエン石からニッケルを除いた化合物であるセメントイト Fe_3C は低压では約 1000°C 以下では不安定で、その代りにグラファイトと鉄の集合の方が安定であることを熱力学的データから推定した。そしてこの Fe_3C という化合物は、 30 kb 以上の圧力では安定になるらしいと推定した。隕石のなかのコーエン石も、多分同じような性質をもつであろう。したがって、もし圧力が低かったならば、温度降下のときに分解してしまったはずである。実際は分解しなかったのであるから、Ringwood は、隕石のもとの天体は、かなりの大きさであって、 30 kb 程度の圧力を保って冷却したのだと論じた。

Lipschutz と Anders とは、1964 年、これにも反対の意見をのべた。すなわち、実験結果によると、 Fe_3C は Ringwood が予言したような圧力では安定化しない。もし鉄隕石に今見られる構造をつくるようなゆるやかな速度で隕石の温度が下がったならば、コーエン石は低压ならばグラファイトに、高压ならばダイヤモンドに変化したはずで

ある。隕石のなかではその変化がなぜ起らないで、コーエン石が今でも存在するのかは、いずれにしても説明できない。したがって、Lipschutz と Anders は、コーエン石は高压の証拠にはならないと述べた。

コンドライトやエイコンドライトに、斜長石の化学組成をもつガラスが含まれていることがある。これをマスケリン石 (maskelynite) という。これは、隕石のもとの天体が破壊されたときのような強いショックでできたのだらうという考えが、近年述べられている。ショックで 300 kb くらいの圧力をハンレイ岩に与えると、そのなかの斜長石だけが、低温で固体状態のままガラス質に変わることが実験的にも示されている。600 kb より高い圧力のショックを与えると、斜長石の融点よりも高い温度に熱せられることも示された。また、鉄隕石に見られる matte 構造は、ショックのために鉄が六方最密構造に変わったために生じたのだともいわれている。そうすると、その圧力は、少なくとも 130 kb であったと考えられる。

このように、隕石の歴史のなかに 1 回またはそれ以上、ショックで高压を生じた時があると一般に考えられているので、高压鉱物の存在からもとの天体内の静水圧的な圧力を推定することには、大きな困難がある。そして、いまのところ、隕石のもとの天体が、内部に 20 kb 以上の高压を生ずるような大きさであったと考える根拠は、積極的には存在しない。

2. 低压を示す鉱物

それでは逆に、隕石のなかには低压を示す鉱物があるだろうか。それは確かにある。トリディマイトやクリストバライトがそうであり、また鉱物の組合せにもそのようなものがある。

トリディマイト (SiO_2) は、エイコンドライトや石鉄隕石にはまれではない。また、鉄隕石やエンスタタイト=コンドライトから発見された例もある。こんなにトリディマイトがいろいろな隕石に存在し、しかもしばしば自形結晶であることは、隕石の大部分が生成した圧力は低かったのではないかと推定させる。トリディマイトが安定なのは、圧力 0—3 kb の範囲である。

クリストバライト (SiO_2) はまれである。Abee というエンスタタイト=コンドライトに石英といっしょに存在することが見いだされた。また、古い時代に、ある鉄隕石のなかに、それらしいものが報告されたことがある。クリストバライトは、約 0—5 kb の範囲に安定領域をもっている。(なお念のために付記すれば、コース石やスティッシュ石のような高压型の SiO_2 鉱物は、隕石には出現しない。)

コンドライトには、アルバイト (またはオリゴクレス)+カンラン石+斜方輝石という 3 相の平衡な組合せがよく見られる。これは、

という化学反応の左辺（低圧側）を表わすものと考えられる。この反応の平衡曲線は、 0°C で約 4 kb, 1000°C で約 22 kb のあたりを通ると推定される。

石鉄隕石にはアノーサイト+カンラン石という組合せ、エイコンドライトにはアノーサイト+斜方輝石（またはピジョナイト）という組合せがよく見られる。ことに後者は、カルシウムに富むエイコンドライト（いわゆる玄武岩的エイコンドライト）の特徴的な鉱物組合せである。これらは、次のような化学反応の左辺（低圧側）を表わすものと考えられる。

この上の式の平衡曲線は 500°C で約 4 kb, 下の式の平衡曲線は 500°C で約 11 kb, 1000°C で約 15 kb のところを通ると推定される。

以上のことから考えると、隕石の現在の鉱物構成ができた圧力は、おそらく 20 kb 以下であったろうと考えられる。そして、大部分は、トリディマイトの安定な範囲、すなわち 3 kb 以下の低圧だったのであると考えてもよい。天体で中心の圧力 3 kb というのは、半径 400 km の小惑星 Ceres くらいである。Ceres は、小惑星としては最大のものである。中心の圧力 20 kb となると、半径 1000 km くらいで、月よりもすこし小さい天体になる（月の半径は 1740 km である）。

3. 温度を示す鉱物

炭素質コンドライトには、蛇紋石、石膏、シャリ塩、ブレード石などのように H_2O 成分を含む鉱物がある。ことに後 3 者は、 H_2O の圧力が小さい場合には、低い温度で分解するであろう。したがって、炭素質コンドライトは低い温度で生成したものと思われる。炭素質コンドライトが有機物を含むことも、同じ意味をもっている。このように H_2O 成分を含む鉱物をもつ炭素質コンドライトは、隕石全体のなかでも例外であるから、以下にはこれを除いて、そのほかの隕石を見よう。

ペントランド鉱 ($\text{Fe, Ni})_9\text{S}_8$ は、コンドライトのなかに少量出現する。ことに炭素質コンドライトやそれに近い酸化状態の進んだコンドライトでは、ニッケル鉄は酸化してほとんどなくなっているのので、ニッケルは合金をつくることができなくて、ペントランド鉱になる傾向がある。ところがペントランド鉱は、G. Kullerud (1963) の研究によると、 610°C 以上では分解してしまうから、低温を示す鉱物といえよう。もし

これらの隕石が、それよりも高い温度をうけたとするならば、何か他の鉱物として生成し、温度下降とともにペントランド鉱になったのであろう。

他方では、高温を示す、あるいは高温の可能性を暗示する鉱物もある。トリディマイトは、エイコンドライトや石鉄隕石にはしばしば発見されている。まれにはエンスタタイト=コンドライトからも発見され。クリストバライトは、エンスタタイト=コンドライトから発見されている。これらの鉱物はそれぞれ、約 870°C および 1470°C 以上の温度に安定領域をもつから、それらを含む隕石が高温で生成したことを示すのかもしれない。ただし、ことにクリストバライトは、安定領域より低い温度でも、準安定相としてできやすいので、これらをあまり信頼するのは危険である。

コンドライトのなかには、多くの場合、少量の斜長石（アルバイトまたはオリゴクレス）が含まれている。これは、高温型斜長石である。高温型斜長石の安定領域は、約 700°C よりも高温のところにあって考えられている。

単斜エンスタタイト、単斜ハイパーシーン、ピジョナイトなどの単斜輝石は、いろいろな隕石に出現する。このなかのあるものは、斜方輝石が変形をうけて転移してできたのかもしれないが、はじめから単斜輝石として結晶したものもあるであろう。ことにカルシウムに富むエイコンドライトのなかのピジョナイトはそう思われる。数年前であれば、これらの単斜輝石は、隕石が高温で結晶した根拠としてあげられたであろう。しかし最近、輝石の相関係についてのわれわれの知識が極めて不正確であることが明らかになったので、現在では判断を保留しておいた方がよいであろう。

隕石は非結晶質のガラス状物質を含むことがある。そのなかのあるものは低温でできた非結晶質物質にすぎず、あるものは前に書いたようにショックでできたのかもしれないが、ある場合にはほんとうに高温でできた真のガラスのように思われる。

4. SiO_2 についての飽和度を示す鉱物

コンドライトは、そのなかの Mg をケイ酸塩にしたときに、ほぼちょうど輝石をつくるくらいの量の Si をもっている。したがって、 Mg だけでなく Fe の一部分までケイ酸塩をつくるような普通のコンドライトでは、輝石をつくるには Si が不足をきたす。そこで輝石とカンラン石とを生ずることになる。

コンドライトのなかで、最も強く還元され、実際上すべての Fe が金属相になっているエンスタタイト=コンドライトでは、 Mg と Si との量比のわずかの違いによって、シリカ鉱物を生ずることと、生じないことがある。Indarch というエンスタタイト=コンドライトはトリディマイトを含んでいる。St. Marks および Abee というエンスタタイト=コンドライトは、石英を含んでいる。後者は、クリストバライトをもいっしょに含んでいる。

カルシウムに富むエイコンドライトのなかの玄武岩的エイコンドライトには、 SiO_2 について過飽和なものが多い。石英は、Chaves, Jonzac, Peramiho, Stannern に報告されたし、トリディマイトは、Moore County, Pasamonte, Chaves, Juvinas から報告された。エイコンドライトのなかでも、ureilite, chassignite, nakhlite の3種は、多量のカンラン石を含んでいる。

石鉄隕石のなかでは、トリディマイトが Steinbach (siderophyre), Vaca Muerta, Crab Orchard (以上二つは mesosiderite) から発見されている。石英やクリストバライトは、まだ発見されていないようである。Mesosiderite には、カンラン石を含むものも多い。その他の石鉄隕石である pallasite や lodranite も、カンラン石を含んでいる。

鉄隕石のかなり多数のものの不溶解残滓から、石英が見いだされた。しかし、これが地球上のものの混入でないかどうかは疑われている。トリディマイトやクリストバライトは、鉄隕石からは報告されていない。

5. 強い還元状態を示す鉱物

隕石の大部分が地球上の岩石と異なる点は、酸素の不足した、強い還元性の状態を示していることである。隕石の最も目につく特徴の一つであるニッケル鉄は、還元状態の表われである。隕石にはあるが、地球上には見られない鉱物の大部分は、強い還元性の条件によって生じたものである。

(1) コンドライトの場合

コンドライトのなかでは、炭素質コンドライトは十分酸化していることが多い。これがしだいに還元されると、順次に、ハイパーシーン=コンドライト→ブロンザイト=コンドライト→エンスタタイト=コンドライトというように変化する。この変化にともなって、ケイ酸塩鉱物のなかの Fe は、還元されて金属相に移る。そのためにケイ酸塩は Mg に富むようになる。また、金属相の量がまし、金属相のなかの $\text{Ni}/(\text{Fe}+\text{Ni})$ 比が小さくなる。ケイ酸塩相のなかの主成分は、酸化しているときはカンラン石であるが、しだいに斜方輝石が増し、最後には斜方輝石だけになる。このような変化を、Prior の法則とよんでいる。したがって、最も強い還元状態を示す鉱物は、エンスタタイト=コンドライトに出現する。

金属相をなすニッケル鉄は、地球上には極めてまれであるが、隕石には普通に出現する。コンドライトにおいても、炭素質コンドライトよりほかのものの大部分には、含まれている。その量も、エンスタタイト=コンドライトでは 30% に近いのが普通である。Ringwood は、エンスタタイト=コンドライトでは、強い還元性のために、Si の一部分が還元されて金属状態になり、ニッケル鉄に数パーセントも固溶体として溶け

こんでいることを発見した。

エンスタタイト=コンドライトに出現する、還元状態を表わす鉱物をあげると、

閃マンガン鉱 (alabandite)	MnS
ドーブレー鉱 (daubreelite)*	FeCr ₂ Si ₄
コーエン石 (cohenite)	(Fe, Ni) ₃ C
シノ石 (sinoite)*	Si ₂ N ₂ O
Roedderite*	(Na, K) ₂ Mg ₅ Si ₁₂ O ₃₀

である。星印(*)をつけたものは、地球上には出現したことのないものである。もっと酸素が多いと、Mn や Cr は酸素と化合し、Si ももっと多くの酸素と化合する。Roedderite は、大隅石 (osumilite) と同じ結晶構造である。隕石のなかには、大隅石族の鉱物としては、そのほかに merrihueite が産することが知られているが、roedderite はもっと還元が進んで、Fe を含まない組成になっている。

(2) エイコンドライトの場合

エイコンドライトのなかでは、angrite と nakhlite は、それぞれ1個しか落下例がなく、いずれもニッケル鉄を含まず、化学分析は FeO のほかに、若干量の Fe₂O₃ を与えている。Chassignite や diogenite は、一般にごく少量のニッケル鉄を含んでいる。Eucrite と howardite (すなわち玄武岩的エイコンドライト) には、ニッケル鉄を少量含むものと、含まないものとある。含まない場合には、分析に FeO と Fe₂O₃ とがでてくる。

エイコンドライトのなかでは、やや強い還元状態を示すのは ureilite で、極めて強い還元状態を示すのは aubrite (すなわち、エンスタタイト=エイコンドライト) である。Ureilite は、エイコンドライトのなかでは最も多量(約8%)のニッケル鉄をもつが、カンラン石の組成は Fe₈₀Fe₂₀ くらいである。

Aubrite は、ニッケル鉄の量は僅に2% くらいであるが、ケイ酸塩のなかのすべての Fe が還元されて金属相に移っているので、輝石はエンスタタイトである。Aubrite に出現する、とくに還元性の状態を示す鉱物は、

オールダム鉱 (oldhamite)*	CaS
オスボーン石 (osbornite)*	TiN
シュライバーサイト (schreibersite)	(Fe, Ni) ₃ P

である。星印をつけたものは、地球上には出現することがない。もっと酸素が多いと、Ca, Ti, P など、いずれも酸素と化合する。

(3) 石鉄隕石の場合

Pallasite, siderophyre, lodranite は、いずれもケイ酸塩の Fe/(Mg + Fe) 比は 0.1~0.2 であって、還元の状態はあまり強くない。Mesosiderite のなかには、その

比が 0.2~0.3 くらいのものが多いが、まれにはほとんど 0.0 のものもある (Bencubbin, Patwar など)。

石鉄隕石には、ニッケル鉄とシュライバーサイトよりほかには、とくに直接還元性の状態を示す鉱物はない。シュライバーサイトは, pallasite, siderophyre, mesosiderite などに出現するが、その表わす還元性の程度は大して強いものではないらしい。

(4) 鉄隕石の場合

鉄隕石のなかには、ニッケル鉄よりほかには、還元性の鉱物としてはシュライバーサイトが極めて広く出現する。また、ドーブレー鉱もしばしば出現する。Octahedrite には、コーエン石が出現することがある。

6. 強い酸化状態および水の存在を示す鉱物

隕石の大部分は、 H_2O を本質的な成分としては含んでいない。すなわち、構造のなかに H_2O 分子や OH^- を含むような鉱物をもっていない。ところが、例外として、多量の H_2O 成分を含む隕石の一群がある。それは、炭素質コンドライト (carbonaceous chondrite) とよばれるものである。炭素質コンドライトの H_2O 成分は、一部分は OH^- をもつ蛇紋石として、一部分は H_2O 分子をもつ鉱物として存在する。そのほかに、おそらくは、一部分は非結晶質ケイ酸塩物質に含まれているのであろう。

炭素質コンドライトのなかの H_2O 成分を含む鉱物を列挙すれば、

蛇紋石 (serpentine)	$Mg_3Si_4O_{10}(OH)_2$
石膏 (gypsum)	$CaSO_4 \cdot 2 H_2O$
シャリ塩 (epsomite)	$MgSO_4 \cdot 7 H_2O$
ブレード石 (bloedite)	$Na_2Mg(SO_4)_2 \cdot 4 H_2O$

炭素質コンドライトには、次にあげるような炭酸塩鉱物が見いだされている：

方解石 (calcite)	$CaCO_3$
マグネサイト (magnesite)	$MgCO_3$
ドロマイト (dolomite)	$CaMg(CO_3)_2$

炭酸塩鉱物は、他の種類の隕石には見いだされたことはない。

炭素質コンドライトは、 H_2O 成分や炭酸塩を含むだけでなく、かなり強い酸化状態を示すことが一つの著しい特色である。そこで、炭素質コンドライトは、ニッケル鉄を、ほとんどまたは全く含まない。S は、 FeS やその他の硫化物でなくて、遊離の硫黄または上にあげたような硫酸塩になっている。これも酸化状態のためである。Fe の一部分は、磁鉄鉱になっている。炭素質コンドライトの X 線粉末写真は、磁鉄鉱の線だけを示すことも多い (Alais, Orgueil, など)。

7. 隕石にだけ出現する鉱物

隕石には出現するが、地球上の岩石には出現しない鉱物を概括してみると、そのなかのかなり多くは、とくに強い還元状態で生成した鉱物である。すなわち

オールダム鉱 (oldhamite)	CaS
ドーブレー鉱 (daubreelite)	FeCr ₂ S ₄
シュライバーサイト (schreibersite)	(Fe, Ni) ₃ P
オスボーン石 (osbornite)	TiN
シノ石 (sinoite)	Si ₂ N ₂ O
Roedderite	(Na, K) ₂ Mg ₅ Si ₁₂ O ₃₀

などはそうであって、隕石のなかの多くのものの方が地球上の岩石よりも強い還元状態におかれたことがあるためである。

次にあげるような隕石鉱物も、地球上では発見されていない：

Merrihueite	(Na, K) ₂ (Fe, Mg) ₅ Si ₁₂ O ₃₀
ファリントン石 (farringtonite)	Mg ₃ (PO ₄) ₂
メルリ石 (merrillite)	Na ₂ Ca ₃ (PO ₄) ₂ O(?)

このなかで、merrihueite は大隅石と同じ構造であるから、その生成を支配している要素は主として環境の化学組成の特質なのかもしれない。メルリ石は、その存在もあまりはっきりしない。

これらのほかに、Mason (1962) や Heide (1957) は、ローレンス石 (lawrencite) FeCl₂ を隕石に特有な鉱物としてあげている。しかしこれは、Vesuvius や Greenland で発見されたという報告もある。ローレンス石が隕石にとくに出現しやすいということは、やはり還元性の条件に関係しているのである。この種の問題は、近く他の機会に論じたいと思っている。(1966年1月28日受理)

文 献

次の二つの書物のなかには、いずれも B. Mason によって書かれた、隕石鉱物の概説がのっている。鉱物はアルファベット順に並べられて、産出状態についての要旨が述べられている。

C. B. Moore (editor): *Researches on meteorites*. John Wiley & Sons, New York, 1962.

B. Mason: *Meteorites*. John Wiley & Sons, New York, 1962.

隕石の成因についての次の論文は、隕石鉱物の成因についても、多くの興味深い議論を含んでいる。

E. Anders: Origin, age, and composition of meteorites. *Space Science Reviews*, **3**, pp. 583-714, 1964

ニッケル鉄については、次の報告のなかに、いろいろな問題が総合展望されている：都城秋穂：鉄-ニッケル系の金属相鉱物。岩石鉱物鉱床学，**51**, pp. 162-172, 1964.

第1表 隕石 鉱 物

1. 元素鉱物および金属相鉱物	
ニッケル鉄 (nickel-iron)	(Fe, Ni, Si)
銅 (copper)	Cu
金 (gold)	Au
ダイヤモンド (diamond)	C
グラファイト (graphite)	C
硫黄 (sulphur)	S
2. 酸化鉱物および炭酸塩鉱物	
チタン鉄鉱 (ilmenite)	FeTiO_3
磁鉄鉱 (magnetite)	Fe_3O_4
クロム鉄鉱 (chromite)	FeCr_2O_4
スピネル (spinel)	MgAl_2O_4
方解石 (calcite)	CaCO_3
マグネサイト (magnesite)	MgCO_3
ドロマイト (dolomite)	$\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$
3. 硫化鉱物および硫酸塩鉱物	
トロイ鉱 (troilite)	FeS
オールダム鉱 (oldhamite)*	CaS
閃マンガン鉱 (alabandite)	MnS
ペントランド鉱 (pentlandite)	$(\text{Fe, Ni})_9\text{S}_8$
ドーブレー鉱 (daubreelite)*	FeCr_2S_4
Chalcopyrrhotite	$(\text{Cu, Fe})\text{S}$
バレリー鉱 (valleriite)	$\text{Cu}_3\text{Fe}_4\text{S}_7(?)$
黄銅鉱 (chalcopyrite)	CuFeS_2
黄鉄鉱 (pyrite)	FeS_2
閃亜鉛鉱 (sphalerite)	ZnS
石膏 (gypsum)	$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
シャリ塩 (epsomite)	$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$
ブレード石 (bloedite)	$\text{Na}_2\text{Mg}(\text{SO}_4)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$
4. ケイ酸塩鉱物	
石英 (quartz)	SiO_2
トリディマイト (tridymite)	SiO_2
クリストバライト (cristobalite)	SiO_2

カンラン石 (olivine)	$(\text{Mg, Fe})_2\text{SiO}_4$
斜方輝石 (orthopyroxene)	$(\text{Mg, Fe})\text{SiO}_3$
単斜輝石 (clinopyroxene)	$(\text{Ca, Mg, Fe})\text{SiO}_3$
斜長石 (plagioclase)	$(\text{Na, Ca})(\text{Al, Si})_2\text{O}_8$
蛇紋石 (serpentine)	$\text{Mg}_3\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2$
Merrihueite*	$(\text{K, Na})_2(\text{Fe, Mg})_5\text{Si}_{12}\text{O}_{30}$
Roedderite*	$(\text{Na, K})_2\text{Mg}_5\text{Si}_{12}\text{O}_{30}$
5. その他	
モアサン石 (moissanite)	SiC
コーエン石 (cohenite)	$(\text{Fe, Ni})_3\text{C}$
シュライバーサイト (schreibersite)*	$(\text{Fe, Ni})_3\text{P}$
オスボーン石 (osbornite)*	TiN
シノ石 (sinoite)*	$\text{Si}_2\text{N}_2\text{O}$
ローレンス石 (lawrencite)	FeCl_2
燐灰石 (apatite)	$\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{Cl}$
メリル石 (merrillite)*	$\text{Na}_2\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2\text{O}(\text{?})$
ファリントン石 (farringtonite)*	$\text{Mg}_3(\text{PO}_4)_2$

註 星印(*)は地球上で生成した鉱物としては発見されたことのないものを示す。
この表に示す鉱物のほかに、maskelynite とよばれる斜長石組成の非結晶質物質が
出現するが、これを鉱物に入れるかどうかは、鉱物の定義次第である。なお、もっ
と複雑な組成のガラスや有機物も出現する。

第2表 隕石の分類

[1] 石質隕石 (stones)

[1 A] コンドライト (chondrites) すなわち球粒隕石

- (a) エンスタタイト=コンドライト (enstatite ch.)
- (b) ブロンザイト=コンドライト (bronzite ch.)
- (c) ハイパーシーン=コンドライト (hypersthene ch.)
- (d) 炭素質コンドライト (carbonaceous ch.)

[1 B] エイコンドライト (achondrites) すなわち無球粒隕石

- (a) Ca に乏しいもの: aubrites, ureilites, diogenites, chassignites.
- (b) Ca に富むもの*: angrites, nakhlites, eucrites, howardites, shergottites.

[2] 石鉄隕石 (stony irons): pallasites, siderophyres, lodranites, mesosiderites.

[3] 鉄隕石 (irons): hexahedrites, octahedrites, ataxites.

*注意 Eucrite, howardite, shergottite の三つは、玄武岩と似た化学組成をもち、
玄武岩的エイコンドライトとよぶことができる。