

平成9年度新入所員研究発表会講演要旨*

石灰藻球の $\delta^{13}\text{C}$ 変動, 非平衡反応と海水との再平衡化の可能性について

小田 浩

海洋生物の炭酸塩骨格の $\delta^{13}\text{C}$ 値は海水の平衡値とずれる例が多いが, 石灰藻球ではこうした議論はなされていない。

対馬, 五島, 伊豆の現世石灰藻球, 琉球列島宮古島沖の第四紀石灰藻球, 長崎県西彼杵半島の下部漸新統七釜砂岩層の石灰藻球を対象に, MgCO_3 含有量と炭素・酸素同位体組成を検討した。宮古島沖の石灰藻球は約6500-300年前 (Tsuji, 1993) に形成された。七釜砂岩層の石灰藻球は, 温帯性で上部外浜で波浪や潮流の影響を受けて成長した。

粉末X線回折の結果, 全ての石灰藻球はMg方解石が構成鉱物である。SEM-EDSでの分析から宮古島沖石灰藻球の MgCO_3 含有量は平均10-13mol%, 七釜砂岩層の石灰藻球は平均1-2 mol%であった。

炭素・酸素同位体組成は現世石灰藻球で $\delta^{13}\text{C} = -2.7 \sim -1.7\text{‰}$, $\delta^{18}\text{O} = -2.2 \sim -0.8\text{‰}$, 宮古島沖の現世石灰藻球で $\delta^{13}\text{C} = 0.7 \sim 3.1\text{‰}$, $\delta^{18}\text{O} = -1.2 \sim 0.3\text{‰}$ を示した。七釜砂岩層の石灰藻球は $\delta^{13}\text{C} = -1.3 \sim -0.1\text{‰}$, $\delta^{18}\text{O} = -5.7 \sim -3.0\text{‰}$ と下位から上位に軽くなる。

これらの結果から石灰藻におけるvital effectと同位体組成の海水との再平衡化の可能性を検討した。

現世石灰藻球の $\delta^{13}\text{C}$ はvital effectを反映している。

宮古島沖石灰藻球は炭素・酸素同位体組成は琉球列島周辺の平衡 $\delta^{13}\text{C}$ 値を $2.5 \pm 0.5\text{‰}$ とすると, 年代が古いほど平衡値に近い。海水と接触している間にvital effectを受けないことなく, 同位体交換反応により平衡値に近づいたためであろう。

七釜砂岩層の石灰藻球の $\delta^{13}\text{C}$ は $-1.3 \sim -0.1\text{‰}$ を示し, 海水との平衡値よりもかなり低い。 $\delta^{18}\text{O}$ と MgCO_3 含有量が極端に低いため, vital effectや海水温の変化の影響ではなく堆積後の天水による続成作用を強く示唆する。

一般に生物碎屑性の炭酸塩堆積物は, 構成生物種・産状・成因により同位体組成が大きく異なるはずであるが, これらの堆積物に $\delta^{13}\text{C}$ 値の顕著な違いは認められない。これは堆積時に保持していた $\delta^{13}\text{C}$ の多様性や海

水との平衡のずれが, 堆積後の早期に解消され, 当時の海洋の $\delta^{13}\text{C}$ との平衡状態に近づいたことを示唆する。

この仮説が実証されれば, 炭素同位体層序学における難問の一つであったvital effectが解決されることになる。

(燃料資源部)

Keywords : rhodolith, Mg-calcite, $\delta^{13}\text{C}$, vital effects, re-equilibration

EPMAを用いたgain by grainの供給源解析 — ODP Leg 155アマゾン海底扇状地の掘削試料を例として—

七山 太

一般的に, 砂粒子の供給源を検討する手法は大きく分けて3つある。すなわち(1)石英-長石-岩片のモード比からその供給源のtectonic settingを議論する方法, (2)岩片レベルで岩石学的検討を行う方法, および(3)重鉱物組成から類推する方法である。しかし, 現実にはこれらの検討は全て広く深い岩石学的な基礎知識を必要とする。一方, (1)のモード比で供給源を考察する研究方法は, Dickinson *et al.* (1983)等によって大まかには確立されているものの, モード比を生じさせた要因が必ずしも供給源の違いのみではなく, 堆積プロセスの影響も他の手法を用いてチェックする必要がある。もし単純に供給源のみを議論するのであれば, 重鉱物および岩片にEPMAのビームをgain by grainで当て定性・定量分析することが最も単純かつ確実な方法である。今回, ODP Leg 155アマゾン海底扇状地(360ka以降)の掘削試料を用いてgain by grainの砂粒子の起源の解析を試みた。さらに, 現在アマゾン川流域に分布する地質体との対比から, この手法でどれだけリアルに後背地の地質状況を復元できるのかを検討した。

今回の検討の結果, 以下の3つの結論を得た。

1. 今回のXRD, EPMAによる定性分析および鏡下観察に基づく砂粒子組成の検討の結果, 30種類の鉱物粒子と3種類の岩片の存在を確認した。
2. Carver (1971)を参照するならば, 上述の砂粒子からは6つの鉱物組み合わせ(M-group: 中圧変成岩起源, M*-group: エクロジャイト?起源, P-group: かこう岩類起源, V-group: 中-塩基性火山岩起源, S-group: 堆積岩起源)が想起される。
3. 上述の6つの鉱物組み合わせから推定される源岩と

*平成9年4月7日 本所において開催

実際にアマゾン河流域に分布する地質体との対応についてさらに検討を深めると、アマゾン海底扇状地の砂粒子の主要な供給源はアンデス山脈の中-塩基性火山岩類ならびにPrecambrianの変成岩類+堆積岩類(Guiana ShieldおよびBrazilian Shield)であることが再確認された。しかし、他のmappableな地質体は、希釈されているためこの手法では推定しきれなかった。(環境地質部)

Keywords: Amazon Fan, ODP Leg 155, grain by grain, EPMA, Andes, Precambrian shield

後期脈形成時、熱水活動が比較的盛んな時期に金は天水起源の熱水により運搬された。深度850m以浅で、熱水の沸騰が間欠的に生じたことにより、 $(Au(HS)_2^-)$ が分解し金は繰り返し沈殿した。またそのような熱水の沸騰により多様な成長組織を示す石英が沈殿したと考えられる。

(鉱物資源部)

Keyword: epithermal gold-silver mineralization, fluid inclusion, boiling, mineralization, depth, stable isotope

北海道光竜鉱山における浅熱水性 金銀鉱化作用の成因

清水 徹

光竜鉱山は北海道支笏湖北方に位置し、中新世の漁川層黒色泥岩中に胚胎する浅熱水性含金銀石英鉱脈型鉱床である。主要鉱脈1, 2および3号とはいずれも東西系の裂隙中に胚胎する。傾斜は概して70-80°Nで、脈幅(20cm-2m)は非常に膨縮に富む。脈内氷長石のK-Ar法年代測定より、鉱床形成年代は1.2-0.8Maと推定される。脈内の破碎構造および切り合い関係から、前期脈と後期脈はそれぞれ3つおよび7つの鉱化ステージに区分される。前期脈では、石英、氷長石、ヨハンゼナイト及び炭酸塩鉱物等の晶出が顕著に見られる。後期脈では多様な成長組織を示す石英や、氷長石および金銀鉱物を伴う緑泥石/スメクタイト混合層鉱物が顕著に累皮縞状構造を示す。

幾つかのステージにおいて、石英中の初生流体包有物の気液比は大幅に異なる。すなわち鉱床形成時に鉱液は繰り返し沸騰し、液相および気相からなる二相流体が存在したことが示唆される。初生流体包有物の均質化温度測定結果から、前期脈、後期脈ともに形成温度は概して240-260°C前後を示すが、双方の脈の末期ステージでは196-238°Cまで低下する。金銀鉱化作用は約250°C付近で生じたと考えられる。NaCl相当塩濃度は、双方の脈ともに約3wt%以下の低い値を示す。

静水圧下約250°Cでは、鉱床の生成深度は約850mと計算される。また鉱床は現在の地表から約270m下部にあり、第四紀以降削剥量が400-600mあったとすれば、生成深度は約670-870mになり、上記計算結果と矛盾しない。

水素および酸素安定同位体比測定結果より、鉱液は天水起源($\delta D: -76 \sim -65\%$, $\delta^{18}O: -11.2 \sim -10.2\%$)であり、高い水/岩石比の割合で熱水と岩石が反応していたことを示唆する。また鉱液の $\delta^{18}O$ は、前期および後期ステージではそれぞれ約-5%, -6%~-8%である。すなわち後期脈は、前期脈とは明らかに異なる熱水活動によって形成された。

以上の研究成果より、次の事項が結論として得られる。

堆積物に記録された数万年周期環境変動 サイクルの解析

荒井晃作

様々なオーダーや原因の組み合わせさせた海水準変動の研究は、まず、海水準変動のタイミング、周期性を高精度で確立する必要がある。第四系で最も顕著(大振幅、高周期)な氷河性海水準変動の周期性を海成堆積物から読み取る一つの手法として、岩石磁化特性の測定例を示す。帯磁率や磁化強度は堆積物中の磁性鉱物の量・種類・粒度に依存するため、磁化特性を測定することは堆積過程の変化を知る指標になる。既に公表されたArai *et al.* (in press; Sediment. Geol.)は、上部鮮新統の外側陸棚堆積物の調査を行い、対象となった地層の高い磁化強度が磁性鉱物の量に規定され、氷期に形成されたことを示した。ここでは、最近測定したバハマバンク沖の磁化特性変化を論じる。

ODP(国際深海掘削計画) Leg 166はグレートバハマバンク沖の2つの測線上で計7地点の掘削を行った。北側の5地点の掘削は、UndaとClinoと呼ばれるグレートバハマバンク西縁のプラットフォーム上で掘削された地点と同一トランセクト上である。航海に先立って地震探査が行われ、調査トランセクト上で十数個の前進性堆積シーケンズが認定されている。

本航海の成果として、沖合いの微化石層序が確立され、シーケンズ境界の年代値が明確にされたのに加え、堆積速度が大きく減じる変換点(鮮新統/更新統境界付近、鮮新統中部、中新統/鮮新統境界)見出され、その年代値は地震探査断面で削り込みの著しいシーケンズ境界と一致する。

更新統のシーケンズには、数メートル周期の堆積サイクルが顕著に見られる。磁化強度を測定したsite 1003では石灰泥岩を主体としているが、Float-Rudstoneの粗粒石灰岩(層厚数-数十cm程度)を挟む。粗粒石灰岩は暗色石灰岩片や、バンク起源の生物遺骸を多産し、南側の測線も含め他のバンク斜面のすべてのsiteの更新統で同様に観察される。今後、酸素同位体比の分析が待たれるが、生層序などの結果を加味すると、粗粒石灰岩は氷期の低海水準期に対応していると思われる。本研究では平均20cm

間隔で海底面から約26(mbsf)まで採取した試料の磁化特性を測定し、粗粒石灰岩層準は磁化強度(特にARM,IRM等で顕著)が高く、他の層準と比べて、強い保持力を持った粗粒な磁性鉱物で特徴づけられる事が判明した。

(海洋地質部)

Keywords : sedimentary cycles, glacio-eustasy, magnetic properties

はデイサイト質マグマの浮力中立によって決まっていると考えられる。(地殻熱部)

Keywords : Usu volcano, magma chamber, experimental petrology, neutral buoyancy

岩石実験に基づいた大地震発生サイクルのシミュレーション

加藤尚之

マグマ供給系の時間発展 —有珠火山におけるケーススタディー—

東宮昭彦

マグマ溜まりの深さ・大きさ、及びその時間発展は、火山の発達史、マグマの分化、噴火のダイナミクス、地殻の熱的進化等を考える上で重要である。筆者は、有珠火山の珪長質マグマの活動(1663年～)を題材として選び、噴出物に関する岩石学的分析、岩石融解実験によって、マグマ供給系の時間発展を調べることを行った。

まず、同活動中最初で最大の噴出物であるUs-b軽石(1663年噴出、流紋岩質マグマ)の岩石学的記載を行った。その結果、同軽石中に苦鉄質包有物を発見し、同噴火中に玄武岩質安山岩マグマが混合したことが明らかになった。Us-b軽石中には二つのマグマの境界層で晶出したと考えられる斑晶が見られることから、両者は噴火前には密度成層構造をしていたと考えられる。

マグマの圧力・含水量の推定のために、高温高压下における岩石融解相平衡実験を行った。用いた試料は、Us-b軽石の初期噴出物(苦鉄質マグマの混合の影響を被っていない部分)である。実験で再現すべき条件は、温度が780℃、晶出鉱物が斜長石+斜方輝石+鉄チタン酸化物、融解度が約95%、斜長石組成がAn42-44である。実験は東工大及び千葉大の内熱式ガス圧装置を用い、1 kb・2 kb・4 kbの圧力で行った。実験結果によると、有珠火山のマグマ溜まりは1663年噴火直前には約2.5kbにあってほぼ水に飽和しており、含水量は約6 wt.%であった。深さに直すと約10kmであり、流紋岩質マグマの浮力中立点よりもかなり深い。この深さはむしろ玄武岩質安山岩マグマの浮力中立によって決まっていると考えられる。

次に、1663年以降のマグマ溜まりの温度・圧力変化を調べるために、Us-b以後の噴出物(Us-Va軽石、Us-IVa軽石...;デイサイト質)の岩石学的記載を行い、融解実験結果(斜長石組成の圧力依存性)を用いて解釈した。その結果、これらの噴火では深さ約2.5kbの流紋岩質マグマと深さ約1 kbのデイサイト質マグマが噴火直前に混合していることが明らかになった。前者は1663年噴火以前から存在するマグマ溜まりに対応する。一方、後者は1663年噴火後に新たに形成されたものであり、その深さ(約4 km)

地震は地球内部の断層での不安定すべりである。地震の発生機構を解明するために岩石の摩擦すべり実験が数多く行われてきた。近年はすべり面にはたらく摩擦力をすべり量やすべり速度等の関数として表した摩擦構成則がいくつか提案され、これを利用して地震の発生機構が議論されるようになってきている。本研究では、(1)脆性岩石の摩擦の微視的機構を明らかにすることにより摩擦構成則の物理的意味を明らかにし、(2)摩擦構成則を利用して沈み込み域のプレート境界のすべり過程の数値シミュレーションを行った。

(1)既存断層をもつ岩石試料を2軸圧縮して以下の2つの実験を行った。(a)不安定すべりに伴う断層至近距離の高周波強震動を測定した。強震動継続時間は局所的破損時間に比例すること、強震動には破損領域長から推定される高周波の極限周波数 f_{max} よりも高い周波数成分が顕著に含まれていることが明らかになった。岩石の摩擦すべりにおける破損過程では、すべり面のアスペリティが脆性的に破壊されるために高周波波動が放射されると考えられる。モデルを構築し、合成波形と観測データを比較することにより、モデルの妥当性を確認した。(b)不安定すべり特性の歪速度依存性を調べた。歪速度の増大とともに、摩擦強度は対数関数的に増大し、すべり破壊核形成域の臨界長は短くなることがわかった。実験結果はすべり速度/状態依存摩擦法則を用いたシミュレーションで説明できた。アスペリティが時間依存性破壊とした微視的モデルを提出し、その妥当性を確かめた。

(2)プレート境界面にすべり速度/状態依存摩擦法則に従う摩擦力がはたらいていると仮定して、大地震発生サイクルのシミュレーションを行い、以下のことが明らかになった。(a)プレート境界のサイズミックカップリングを支配するのは摩擦パラメータや法線応力である。(b)1994年三陸はるか沖地震等の際にGPSなどで観測された余効変動はプレート境界面での非地震性すべりによるものである。(c)仮想東海地震の発生に先行して、異常地殻変動や地震活動の静穏化が現れる可能性がある。

岩石実験に基づいたプレート境界のすべり過程の数値モデルは、測地学的・地震学的観測データと直接的に比較できるほど現実的である。今後、モデルと観測を比較

することによりモデルを改良していけば、プレート境界でのすべり過程についての理解はより深まるであろう。

(環境地質部)

Keywords : friction, constitutive law, brittle fracture, numerical simulation.