

「地球の中心を目指して」 2006-3-30

広瀬 隆氏は、1990年3月 東京大学理学部地質学科 卒業、1994年3月 東京大学大学院理学系研究科地質学専攻博士課程修了、同年10月 東京工業大学理学部地球惑星科学科助手、2006年1月 同大学院理工学研究科地球惑星科学専攻教授として地球科学研究に大きな業績を残されている。本日は地球内部につき、お話を伺った。

地球の内部については、太陽系の遠い星よりも分かっていない。冥王星の発見は1930年である。地球の内部は、図-1のように固体金属の内核、其の外側が外核で、液状の鉄合金で出来ている、その外側にマントルがある。内核が固体の鉄合金であることは、1936年に分かった。

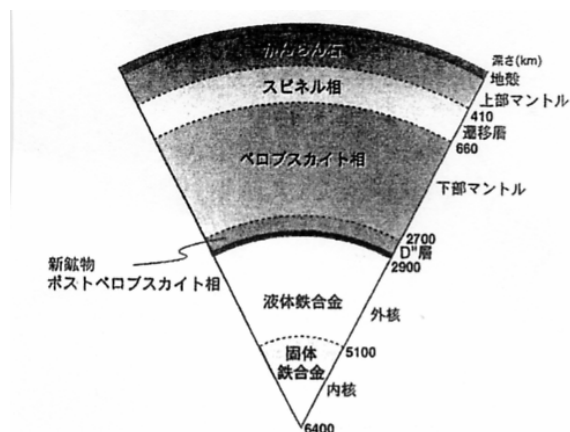


図2 マントルの層構造と各層の主要構成鉱物

プレートテクトニクス (1960~1970) の理論により地球の表層については多くのことが分かってきた。理論化が進み、プレートの未来予測、過去の推測が可能となった。プレートの厚みは100 km、地球の中心までは6,400 kmあり、100 kmより先は分かっていない。1922年、深尾先生の地震波の研究により、その伝播が速い部分と、遅い部分があり、3次元的な地球の構造が分かってきた。日本列島の下は、地震波の伝播速度が速く、低温で、比重が重く、マグマは下降している。タヒチは地下の温度が高く、上昇流となり火山も多い。地殻の岩石は1000

度C付近で軟化する。タヒチ付近の岩石は軟化上昇し、マントルは日本付近に来て、沈降し、タヒチに戻る。此のサイクルは10億年と見られている。

地球の内部をいかに調査するか。チリの地震は、地震波が地球の深部を通り日本に到達したので多くのデータを提供した。地震波には、縦波と横波があり、伝播速度は地震波が通過する地層の密度、重力、弾性率等により異なる。その地層の密度、弾性率、重力等は分かるが、地層の物質構成は分からない、地震学からは地球の内部の構造、物質は分からない。

内部を知るためには地中の岩石を調べるのが得策である。現在迄に掘削した最深部は12 km、また日本の海洋掘削船 (57,000 t、200億円) は海底7 km迄掘削可能で、マントル迄達する事が出来る。南アフリカのキンバリーダイヤモンドでは、地下深部の岩石が得られる。炭素は5万気圧でダイヤモンドに転移する。従ってダイヤモンドは150 km (5万気圧) 以下の岩石中に含まれている。またダイヤモンド中に含まれる不純分は、ダイヤモンド生成時の岩石で、1000 km以上の地下の情報伝える物である。

地球深部の岩石の合成。ダイヤモンドよりの情報は地下1,000~1,500 kmまでの情報に限られる。地球の最深部は地下6,400 km、364万気圧である。此の条件で岩石を合成し、弾性、密度、その他の物性を測定し、地震波より得られた物性と対比して、地球内部の推定を行った。図-2に岩石合成装置を示す。

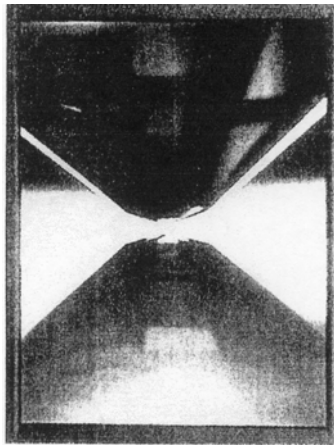


図1 ダイヤモンドアンビル超高压発生装置
先端の直径は60ミクロン

ダイヤモンドアンビル超高压発生装置は、2個のブリリアントダイヤモンドの間に資料を挟みダイヤを回転して超高压を加え、更に近赤外レーザー照射により加熱する。現在、地球深部の364万気圧、5000度Cに対して、320万気圧、2000~3000度Cのレベルに達している。この装置では0.2カラットのダイヤを使用するので、資料が少なく、分析が困難なので、強力X線解析装置を使用している。

岩石に地下1000 kmの圧力を加えると、原子間距離が狭まって相転移が始まる。グラファイトは5万気圧でダイヤモンドに転移する。ダイヤモンドを含む緑色の石（橄欖岩）は1959年、410 kmの地圧でスピネルに転移することが分かった。次に1973年、660 km、30万気圧にてペロブスカイトに転移する、更に2004年、2700~2900 km、120万気圧にてポストペロブスカイトに転移することが分かった。ポストペロブスカイト層の下はコア（鉄の固まり）で、熱源に接している。マントルは橄欖岩、スピネル層、ペロブスカイト層、ポストペロブスカイト層の4層よりなり、マントル内には主要鉱物の大きな物質界面（相転移境界）が3個あることが明らかになった。

この発見は深部地球科学の研究に大きな影響を与え、地震波伝播特性や、マントルの対流パターンへの影響などが研究されている。地震波のマントル最下部における異常速度はポストペロブスカ

イト層の存在によるものである。またペロブスカイト相よりポストペロブスカイト相への相転移圧力は、大きな温度依存性を持つ。このためにマントル最下部より上方への熱伝播は極めて活発化している。

日本列島の下には冷たい固まりがある、これは太平洋プレートが沈降している層である。この層は660 kmの地下（スピネル~ペロブスカイトの相転移の位置）で沈降を止め、下の層と別個に動いているように見える。これより上層の橄欖岩~スピネルの境界では、沈み込み物質の温度は低く、浅いところでの相転移で重い物質に変わり、沈降して行く。660 kmのスピネル~ペロブスカイトの相転移は、図3に見られるように、温度依存性の勾配が「負」で、沈み込みが阻害される。この勾配がマントル内の流れを決めている。

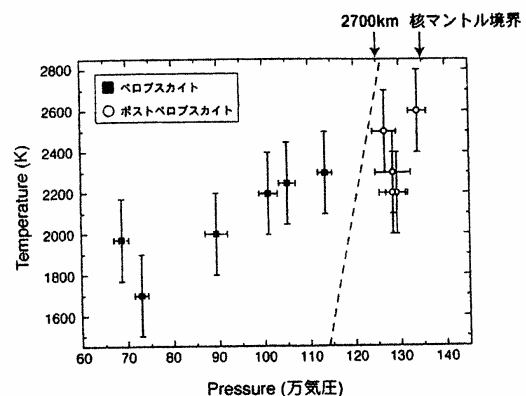


図3 MgSiO₃組成の状態図

2700 km、120万気圧のペロブスカイト~ポストペロブスカイト相転移点の勾配は「正」で、マントルの対流を活発にしている。このために地球には、多くの火山が存在する。これに比べ火星にはオリンポス火山1個である。この山は高さが14 kmで、太陽系では最も高い。ハワイの火山は海底より7000~8000 mで、これに及ばない。火星は地球より小さく、体積は1/10、中心部の圧力は低い。火星の金属核のすぐ上に、勾配が「負」の相転移があり、対流が制限されている。このために一カ所に熱が蓄積され、ある時点で膨張して巨大な火山を生成したのであろう。

(文責 常務理事 安達 勝雄)