

## 地球の中身 何があるのか、何が起きているのか

廣瀬 敬 [著]

講談社ブルーバックス  
発売日：2022年1月20日  
定価：本体 1,200円 + 税  
ISBN：978-4-06-526660-1  
17.4 cm x 11.4 cm x 1.5 cm  
324 ページ  
ソフトカバー

地質学という分野は、野外でのフィールドワークがメインの仕事というイメージを持たれていることであろう。もちろん岩石や地層についての研究を行うには、まずフィールドに出かけて、研究対象となる岩石を採取したり地層の記載をしたりする必要がある。しかし、フィールドワークでは手の届かない3つの領域がある。宇宙、深海底、そして「地球の中身」である。

我々が居住する地盤の下には、溶融した熱いマグマが潜んでいると思込んでいる人も多いことであろう。これは日本列島のような火山国であれば、大きくは間違っていない。ただし、溶融したマグマが現存しているのは、富士山・箱根や阿蘇・桜島のような活火山直下のマグマだまりだけであって、多くの場所はそうはなっていないのである。では、我々の足下には何があるのだろうか？我々の足下の土壌や軟弱な地盤を剥ぐと、そこには地殻という層厚 30 km に達する花こう岩質の岩石層が出現する。地殻の下にはより重い岩石からなるマントルが存在する。マントルは地球の体積の 84 %、2860 km 以上の厚さがある。マントルの構成物は、高温・高圧状態にあり、溶けているわけではないが、柔らかく変形することができる。このため、地球の表面を作っている硬い岩石プレート（地殻）がその上で動くことができるのである。マントルは4層に分けられ、このうち最下部マントルを掘り下げていくと、ついに地球の中心を占めるコア（核）に到達するのである。

もちろん、我々人類は、地下深部まで掘り進めて「地球



の中身」を確認できたわけではないし、未だそのテクノロジーを持ち合わせてはいない。現在のところ、人類が穴を掘った最も深いボーリングは、旧ソ連がコラ半島で行った超深度掘削坑 (SG-3) であり、その掘削深度は 12262 m まで達したとされる。しかしこの旧ソ連の威信をかけて実施された SG-3 をもってしても大陸地殻の半分の厚さすら掘り抜けてはいないのが実情なのである。

世界の地質図を見渡すと、マントル物質が地表に出現している場所が少なからず存在する。特にアラビア半島のオマーンオフィオライトは世界的な規模でありよく研究されている。日本列島においては、北海道の日高山脈南西端の幌満<sup>ほろまん</sup>地域にマントル起源の岩石であるかんらん岩が新鮮な状態で地表に出現していることがよく知られている。新鮮なかんらん岩は「芋ようかん」のような綺麗なウグイス色のかんらん石を主体とする岩石である。一方、マントル深部から上昇してきたマグマを噴き出した火山では、マグマが引き剥がしてきたマントル物質が手に入ることがある。男鹿半島の一ノ目淵では、噴出した火山岩中の捕獲岩としてかんらん岩が見つかることが知られている。さらに、南アフリカのダイヤモンド鉱山として掘削されている場所は、マントル深部から噴出したマグマの通り道であったことがよくわかっている。それ故、ここではダイヤモンドとともに上昇してきた深さ 150 km を上回る部分のマントル物質が手に入るが、この深度であってもその主要な構成物質はかんらん岩（かんらん石）である。



実は、マントルを含めた「地球の中身」は、種々の観測データや室内実験などから間接的に推測されたものである。では、具体的にどのようにしてこれを推測するのか？この疑問に対し、著者である東京工業大学の廣瀬 敬教授が答えを示している。彼の専門は高圧地球科学ならびに地球内部物質学であり、独自に開発した高圧・高温実験装置を駆使して地球内部の環境を再現し、地球の深部には何があるのか？何が起きているのか？地球はどのように生まれ進化してきたのか？について詳しく研究しておられる。地球の表面に居住する我々人類は、地球の表層部しか見て知ることができていない。しかし、科学技術の進歩が「地球の中身」を知るための新たなアプローチを可能にしてきた。

本書は大きく2部で構成されており、第1部では地球の内部構造とその活動について、第2部では生命の惑星である地球はどうやってできたのか？そしてどのように進化してきたのか？について解説している。目次は以下の通りである。

## 序章 地球の中に潜る前に

### 第1部 現在—地球は何でできているのか？どんな活動をしているのか？

#### 第1章 地球を覆うもの—大気、海、地殻

#### 第2章 地球の白身—マントルは何でできているのか？

#### 第3章 地球の白身は動き回る—プレートテクトニクスとマントルの対流

#### 第4章 地球の黄身—コアの構造と運動

#### 第5章 白身と黄身が殻の外側を決める—地球の表層と内部の相互作用

### 第2部 過去—「生命の惑星」はどうやってできたのか？どのように進化してきたのか？

#### 第6章 はじまり—地球誕生からマグマオーシャン、生命の誕生まで

#### 第7章 進化—地球の過去を復元する

#### 第8章 謎—地球はどうして生命を宿すことができたのか

本書の読みどころは、やはり第2章に詳しく論じられている「高圧高温実験」によるマントル物質への著者らの研究アプローチの件であろう。前述の通り、我々が入手できるマントル物質は深さ150 kmまでであり、それ以上の深度のものが地表にもたらされるメカニズムは存在しえな

い。しかし、マントル内部の化学組成はおおよそ均一だと考えられることから、現在地表で入手できるかんらん岩(かんらん石)をマントル深部の温度・圧力条件にまで高めることができれば、その深度の主要な鉱物を復元できると考えられる。これが「高圧高温実験」の基本的な発想であった。

まず、地表で得られているかんらん石を加圧していくと、15万気圧(深さ410 km相当)で深緑色の異なる鉱物であるウォズリアイトに変化(相転移)する。次に、ウォズリアイトを加圧すると18万気圧(深さ520 km相当)で再び相転移し、紫色のリングウッドイトに変化する。これらの実験により、マントルの主要鉱物が深さ(圧力)によって段階的に変化していくことが確かめられた。ここで使われたタングステンカーバイドの部材を用いた高温・高圧実験装置では、30万気圧弱までしか実験を行うことができなかった。そこで著者らは、1998年に2つのダイヤモンド片で鉱物試料を挟み加圧する高温・高圧実験装置(ダイヤモンドセル装置)を用いた実験室を自ら立ち上げたのである。

ダイヤモンドセル装置を用いた実験により、リングウッドイトは下部マントルの圧力下(24万気圧以上)で2つの鉱物、ブリッジマナイトとフェロペリクレスに分解することが解った。このうち薄い茶色の硬い鉱物であるブリッジマナイトは大量に存在し、地球の体積のほぼ半分を占めると見積もられている。

2002年、ついに著者らの研究グループはブリッジマナイトにマントルの最下部(深さ2600~2900 kmの領域)に相当する125万気圧をかけ、ポストペロブスカイト(自然界では発見されていないのでニックネーム)へと相転移することを確認した。この“鉱物”は雲母のような層状構造を持ち電気や熱を伝えやすいという特徴を持つことが判明したが、圧力を抜くと壊れてしまうので、実物の色はよくわかっていない。

著者らの行った高温・高圧実験によって、マントル最下部の主要鉱物等について物理的特徴が明らかになったことで、マントル内部の温度分布や岩石のマントルと金属のコアの相互作用の理解が一気に進んだのである。さらに著者らの研究グループは、2010年に地球中心の圧力(364万気圧)を実現することに成功し、今後、コアに関する研究が大いに期待されている。

本書では、地震波観測・理論的考察・高圧・高温実験を組み合わせ、「地球の中身」の謎を解く研究をわかりやすく解説している。そのターゲットは地表から深さ6400 kmの中心部まで、現代から46億年前の地球誕生までで

あり、地球をまるごとシステムとして理解しようとする姿勢は地球科学分野の研究者としてたいへん素晴らしい。世界で初めてマントル最下部の構成物を実験室で再現した著者が、自分の言葉で地球科学の研究のあり方を解りやすく述べており、まさに我々の「地球の中身」の概念を一変さ

せる一冊と私は思う。特に高校生から大学生の未来の研究者を目指す世代には、科学研究の進め方を学ぶ入門書として最適の書と思う。

(産総研 地質調査総合センター 地質情報基盤センター  
／ふじのくに地球環境史ミュージアム 七山 太)