

地球の内部を再現する

研究 最前線

THE FRONT LINE of RESEARCH

普段あまり意識することはありませんが、私たちは地球の上で生活を営んでいます。例えば幼い頃、砂場で穴を掘っているうちに、もつと掘り進めていくと何が出てくるのだろうか？地面の下は一体どうなっているのだろうか？と疑問に思われたことはないでしょうか。

そんな疑問は古くから持たれてきたようで、例えば17世紀頃、イエズス会司祭であったNicolausは、火山の噴火や、温泉が地面から湧き出るのを観察し、地面の下奥深くでは「火」や「水」が、あたかも動物の血液のように脈動していると考えました(図1・左)。その後、18世紀頃になると近代的な地質学が発達し、地下数km程度の構造であれば推定できるようになりました。19世紀頃になると物理学的な探査、特に地震波観測が発達

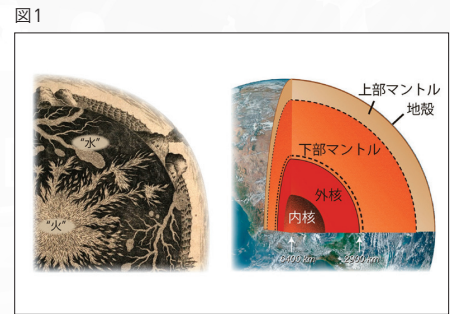


図1 左:17世紀頃に出版された本『地下世界』中の挿図
右:現在考えられている地球の中の大まかな構造

し、さらに深いところの構造も推定されるようになります。この段階が最も劇的な進歩で、地球内部の大まかな構造はこの頃明らかにになりました。現在では地震波、電磁気、人工衛星による探査、素粒子観測など、幅広い物理的観測を基に、より詳しく地球の中の様子が明らかになってきています。

PROFILE



新名 良介
Ryosuke Sinmyo

理工学部准教授
専門:地球内部物理学、地球惑星科学、
高圧高温実験

- 1981年 北海道生まれ
- 2005年 東京工業大学理学部卒業
- 2010年 東京工業大学理工学研究科博士課程修了 博士(理学)
同年 ドイツ・バイロイト大学 ポスドク研究員
- 2015年 東京工業大学地球生命研究所特任助教
- 2017年 東京大学理学系研究科特任准教授
- 2019年より現職

主な著書・論文

『Discovery of Fe_7O_9 : a new iron oxide with a complex monoclinic structure』(Nature Research 出版・2016年)
『Melting curve of iron to 290 GPa determined in a resistance-heated diamond-anvil cell』(Elsevier 出版・2019年)

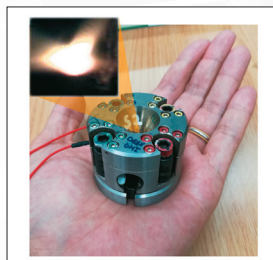
所属学会

American Geophysical Union, Mineralogical Society of America, 日本地球惑星科学連合、日本高圧学会、日本鉱物科学会

今現在信じられている地球内部の大まかな構造も(図1・右)に描きました。我々の住む地表から深さおよそ数10kmまでが地殻です。今のところ人類はこの地殻までしか穴を掘ったことがありません。地球全体から見るとほんの薄皮一枚です。地殻の下、深さ2900kmまでがマントルと呼ばれ、660kmに観察される地震波不連続面を境に地表側を上部マントル、中心側を下部マントルと呼んでいます。観測される地震波速度から、地殻とマントルは岩石、すなわちケイ酸塩や酸化物でできていると考えられています。2900kmから下は核と呼ばれ、金属鉄でできています。深さ5100kmより上の領域は地震波の横波(S波)を通さず、外核と呼ばれています。外核では融けた鉄が対流していると考えられており、我々がコンパス等で利用する地磁気は、この対流運動により生じています。5100kmより下は内核と呼ばれ、固体の鉄であると考えられています。地球の深部ほど、上に多くの物

質が存在しますので、高い圧力状態になります。深海では高い水圧がかかるのと同様です。海の中では10mごとにおおよそ1気圧ずつ水圧が高くなっていきますが、地球の最深部では360万気圧という途方もない圧力がかかっています。これは、1平方センチメートルの切手の上に体重6トンのゾウ600頭が乗った時にかかる圧力です。地球の中を研究するには、調査・観測と、地下深部の状態を再現する実験を組み合わせる手法が有力ですが、その実験を行う上で最も困難な障害となるのが、この高い圧力状態です。高い圧力を保持するには、なるべく硬い物質で物質を閉じ込める必要があります。例えば身近な高压容器であるガスボンベはおおよそ数100気圧程度の高圧に耐えられるように頑丈な鋼鉄で作られています。実験室では、世界で最も硬い物質であるダイヤモンドを利用することで、地球中心に相当するような高い圧力状態を保持しています(図2)。最近私たちのグループはダイヤモ

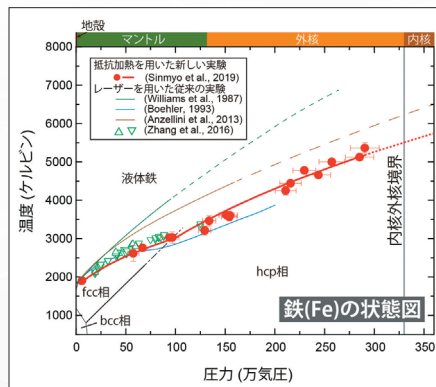
図2



ダイヤモンドを利用した高压装置「ダイヤモンドアンビルセル」。手のひらサイズですが、300万気圧、5000℃以上を発生させることができます。

これまで地球の中は熱く見積もられ過ぎていたのではないかと、という結論になりました。今回の実験では、従来手法よりも均一で安定した加熱を行える新しい手法である抵抗加熱法を用いました。しかもこれまでになく高い圧力で行われましたから、外挿が少ない、より信頼性の高い値を得られました。今後、これまで誰もやったことのないような高圧力発生実験に挑戦していき、地球の中がどのような物質でできているのか、どういった状態で、どんな性質を持つのか、明らかにしたいと考えています。

図3



実験を基に決定された鉄の高温高圧下状態図。bcc、fcc、hcp相と書かれた領域は固体の鉄が安定な領域。液体鉄と書かれた領域は融けた鉄が安定な領域。色の付いた線や点が鉄の融ける温度で、我々の実験結果は赤で示しています。点線は実験から外挿された値であることを示します。