

研究室めぐり(3)

マントルの石

久城育夫(地質)

地質学教室にはこの数十年の間に世界中の多くの地域から集められたおびただしい数の岩石のコレクションがある。地球上の岩石だけではなく、もと太陽系のどこかをたどっていた隕石のコレクションもある。月の岩石も一時期はあったが、残念ながらこれらは一片も残さずに米国航空宇宙局に返さねばならないので今は無い。ところで、これらの岩石コレクションの中に地球のマントルから来た岩石も多く含まれている。マントルというのは、地球の地殻と核の間の部分で地球全体の体積の82%を占めている。マントルはまた莫大な熱エネルギーを有しており、地震、火山、造山運動、大陸移動などの大規模な地質現象のエネルギーは殆んど全てマントルから供給される。マントルとはこのように地質現象にとって最も重要な部分であるが、地殻におおわれているために、地表に住む我々は直接見る事ができない。最も簡単なことは地殻に深い穴をあければいいのであるが、大陸地域や日本列島などでは30km以上の厚さであり、海洋地域でも海底から5km以上掘らなければならない。実際にマントルまで掘る計画はあったし、現在もあるのであるが、技術的に困難な点が多く、また莫大な費用がかかるためなかなかすぐにはマントルまでとどきそうにもない。

ところで、神様はなかなか気が利いていて、人間がわざわざ苦労して穴を掘らなくてもいいようにちゃんとマントルまでとどく深い穴をあけておいて下

さっている。その一つはダイヤモンドを含むキンバーライト・パイプである。このパイプは地表近くでの直径2~3kmかそれ以下、深くなるともつと細くなるらしいが、とにかく地下150kmかそれ以上の深さまで細々と続いている天然の穴である。このパイプはキンバーライト・マグマというガスを含んだ流体が少なくとも時速数10kmの速さで上昇してきたために出来たのであるが、そのマグマ中にマントル上部の岩石が沢山含まれている。そのようなマントルの岩石は現在キンバーライト・パイプを埋めているキンバーライトという岩石中から沢山とることができる。日本には残念ながらキンバーライト・パイプはないが、もう少し浅いマントルまでとどくパイプはある。一つは秋田県一ノ目瀉である。このパイプからの噴出物中に一ノ目瀉直下のマントル上部の岩石が沢山含まれている。

その他に、キンバーライト・マグマ程ではないが、やはり比較的速いスピードで上昇してきたマグマ(アルカリ玄武岩質マグマ)中にもマントル上部の岩石が含まれている。このようなアルカリ玄武岩は世界中にかなり多く分布している。本邦では北九州や山陰などの日本海に近い地域に々と分布している。

故久野久教授はマントルの岩石の研究の重要さを強く感じられ、1950年代の終り頃からマントルの岩石を集めることを始められた。私も丁度マントルに

興味を持ち始めた頃だったのでそれを多少お手伝いすることになった。日本列島では、上にあげた一ノ目瀧から、西日本の日本海付近一帯に分布するアルカリ玄武岩中のマンツルの岩石を沢山集めた。それから日本列島だけでは満足できなくなり、ハワイのオアフ島にあるSalt Lakeという一ノ目瀧に似たパイプをはじめとして、アラスカ、アリユージャン、カナダ、カリフォルニア、ニューメキシコ、アリゾナ、メキシコなどの北米大陸の各地、さらにはフランス、ドイツ、イタリ-その他のヨーロッパの各地というように採集地域が広がった。その他にも、日本や外国の研究者からいただいたアフリカや南極大陸のものも加えて、マンツル上部の岩石のコレクションは増大していった。このコレクションは一つの地域での岩石の数は必ずしも多くはないが、世界の広い地域をカバーしている点では世界でも有数のコレクションである。

マンツル上部の岩石の多くは、オリーブ色のカンラン石 (olivine, $(Mg, Fe)_2SiO_4$) を主とし、淡褐色の斜方輝石、エメラルドグリーン~暗緑色の単斜輝石、および真黒でつやのあるスピネルよりなるカンラン岩で、なかなかきれいなものである(図1)。特にアリゾナ州で採集したものは、宝石になるような大きなカンラン石(事実宝石として売っている)を含む見事なカンラン岩で、上部マンツルがこんな岩石でできていると思うと楽しくなるようなものである。この他にエクロジヤイトと呼ばれる桃色~褐色のザクロ石と緑色の単斜輝石より成る岩石も少量ではあるが含まれている。我々は勿論、このようなきれいなマンツルの岩石をただ眺めて喜んでいるだけではなく、ちゃんとそれらについて仕事もしており、その結果を幾つもの論文として発表している。特に久野教授の最後の仕事になったものは、マンツルの岩石の化学組成や鉱物組成の変化の範囲を明らかにしたもので、この種の研究の中でもすぐれたものの一つである。

ところで、これまでマンツルの岩石と簡単に云ってきたが、どうしてそれがマンツルの岩石だと分かるかということ述べる必要がある。マンツルの岩石としての資格の第一は、マンツルの物理条件下で安定な鉱物の組合せを有していることである。私はワ

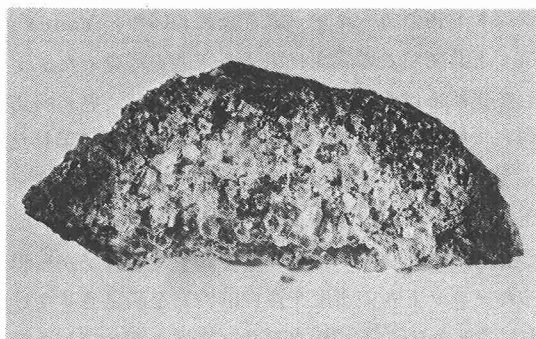


図1. カンラン岩(アリゾナ州)。中央白く見える部分は手入れのよく行きとどいた芝生のような色のカンラン石である。(長さ約10 cm)

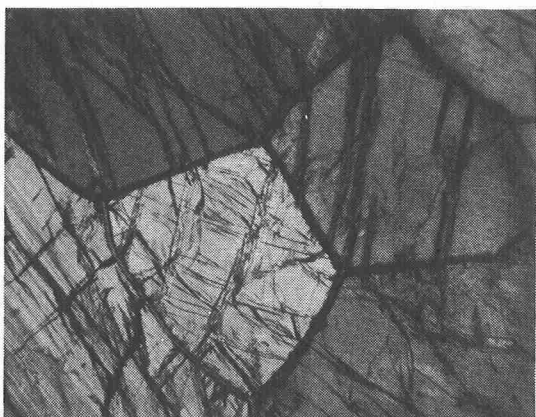


図2. カンラン岩(南アフリカのキンバーライト・パイプ)の顕微鏡写真。カンラン石と輝石の結晶が互にほぼ120°で接している。(写真のタテ約2 mm)

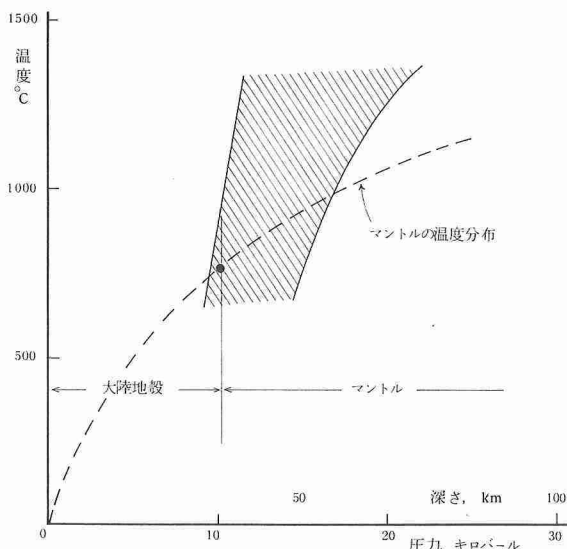


図3. カンラン岩(スピネル-レールソライト)安定領域(斜線の部分)

シントン市のカーネギー研究所において、Yoder 博士と共同でこの問題に関する実験を行なった。そして上にあげたカンラン岩の鉱物組合せ、特に斜方輝石+単斜輝石+スピネルは第3図に斜線で示したように地殻内では安定でなくマントル上部の温度・圧力でのみ安定であることがわかったのである。その他の資格として、マントルの岩石は地震波から得られたマントルの密度や弾性的性質を満足させなければならない。上記のカンラン岩は上部マントルの密度や弾性的性質も満足させている。マントル上部の岩石は、また熔融して玄武岩質な液(マグマ)を作ることができるとますます結構である。もつとも、必ずしもマグマができる必要はない。というのは、すでにマグマを作ってしまった残りであつてもよいからである。いずれにしても、これを確かめてみるのも面白いので、地質教室にあるコレクションのうち、玄武岩質マグマを作れそうなカンラン岩を選んで高圧下で溶す実験を行なった。この実験の一部は物性研究所で秋本教授と共同で行なった。マグマを作れそうであるというのがどうして分るかといえば、輝石の色とか化学組成などをじっと見ているとやはり何となく作れそうに思えるからで、一種の感のようなものである。いずれにせよ実験で確かめてみるのだから感を働かせて一こうにかまわないうけである。さて、そのカンラン岩(ハワイのSalt Lakeで採集したもの一つ)を上部マントルの圧力下で溶して、生じた液を急冷してガラスにし、それをX線マイクロプロブアナライザーで分析してみた。その結果、話がうますぎるのであるが、予想した通りに玄武岩質の化学組成であつた。しかも、圧力の変化に応じてその液の化学組成が変化し、地球上に噴出している種々の玄武岩質マグマの化学組成の大部分をカバーすることも分つた。つまり、種々の玄武岩質マグマのマントル内での生成の条件を推定する有力な手がかりが得られたことになる。そして、このカンラン岩はマントルの物質としての十分な資格が与えられたのである。

もう一つ興味あることは、このカンラン岩の化学組成は隕石から推定されたマントルの化学組成に非常に似ていることである。1969年2月にメキシコのAllende という場所に炭素質コンドライトという、

太陽系の最も始源的な物質を含むと考えられている隕石が大量に落下した。この隕石は、宇宙空間物質が高温で凝縮してできた物質から低温で凝縮してできた物質まで含んでおり、地球や月その他の惑星の成因を考える上に大変重要な隕石である。この隕石が落下したのは、人類が月の岩石を手にするわずか5ヶ月前で、また神様を持ち出すのは気がひけるが、タイミングのよさと適切な物質という点でまさに神様からの贈り物であつた。この隕石のおかげで月の源物質についての考察は非常に進展したのである。

このAllendeの隕石は大きい上に不均質であるが、これを保管している米国のスミソニアン博物館の研究者が苦勞してその全化学組成を出した。この全化学組成から酸素を少しとる、つまりこの隕石を

第 1 表

部分的に還元したAllende 炭素質隕石(A)と Salt Lakeのカンラン岩(B)

(重通%)	A	B
SiO ₂	46.5	48.3
TiO ₂	0.22	0.22
Al ₂ O ₃	4.56	4.91
Cr ₂ O ₃	0.70	0.25
FeO	9.91	9.95
MnO	0.24	0.14
MgO	33.3	32.5
CaO	3.59	2.99
Na ₂ O	0.60	0.66
K ₂ O	0.04	0.07

還元すると、金属鉄ができてきて、隕石はケイ酸塩と金属鉄の集合物となる。これは丁度、地球をマントルと核に分離することに相当する。この還元したAllende 隕石のケイ酸塩の部分と、上のカンラン岩とを較べてみると第1表の如くなる。これら2つの化学組成はOrを除くと大変よく似ているといえる。いや驚くべき一致といってよいであろう。この事実は、地球が隕石質の物質でできていることを示唆するとともに、マントルの物質がある種のカンラン岩に近いものであることを強く暗示するものである。このような一連の仕事で我々のカンラン岩の

コレクションはますます重みがついたのである。

マントル物質のコレクションとそれについての研究はその後も当教室で続けられており、若い研究者が次々と新しい結果を出しつつある。当教室の藤井敏嗣氏や荒井章司氏、大学院の横山一巳君や高橋栄一君などがそうである。終りに、高橋君が最近、日本海の隠岐島後において採集したマントル地質をもとに復元した地殻-マントルの構造断面図を第4図に示すことにする。

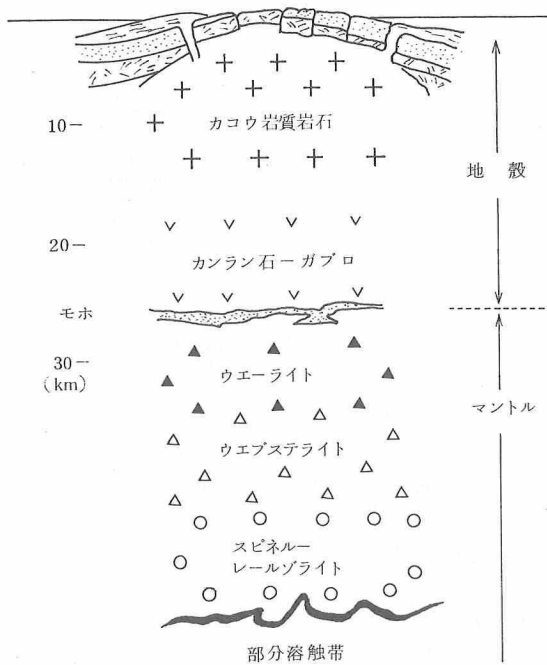


図4. 隠岐島後の地殻・マントルの推定断面図
 (ウェーライト, カンラン石+単斜輝石; ウェブスライト, 斜方輝石+単斜輝石; レールゾライト, カンラン石+針方輝石+単斜輝石)

