

花崗岩の強さ・硬さ・波の速さ -石の目-

長 秋 雄¹⁾

1. はじめに

この講座を担当した著者の専門分野は地震学, それも実験地震学です。地震は地殻を構成する岩盤(岩石)の破壊現象ですので, 実験室では岩石破壊実験を行い, 岩石の強さ・壊れ方・前兆現象の有無などを調べてきました。野外では, 深さ数100~1,000mの調査ボーリングを掘削し, 岩盤に働く力の大きさ(地殻応力)を測定してきました。

野外調査をしていると, 地元の人から「この石は何ですか?」と尋ねられることがあります。私は, その人が知りたいであろう石の種類や名称を答えることがなかなかできません。私にとっての関心事は, 石の重さ・間隙の多少・硬さ・構成鉱物の大きさなどの物理量です。極言すれば, これらの物理量が同じであれば, 私にとって花崗岩も砂岩も同じ物です。講座では, 花崗岩の物理の話をしました。

2. 講座のねらい

ガラス質火山岩である黒曜石は, 割ると鋭利な断面ができるという物性をもちます。石器時代の人類が石器に適した物性をもつ黒曜石を入手するために遠方の産地まで採取行動を行っていたことが, 岩石学的研究から分かっています。石彫指導を担当する浅賀正治氏は, 「花崗岩はキング, 大理石はクウィーン」と喩えられます。両者の物性の違いを言いえた表現であると思います。採石場では, 「石の目」と呼ぶ花崗岩の構造異方性を利用して, 石をたくみに割ってゆきます。

講座では花崗岩の物理(物性)の話をして, 受講生に物理学への関心を持ってもらうことをねらいとしました。

3. 講座の内容

前回の講座「五感で感じる」では, 4種の岩石(花

崗岩・砂岩・石灰岩・黒曜石)を受講生にハンマーで割ってもらいました。つぶやきシートには「花崗岩:でこぼこ, 砂岩:ざらざら, 石灰岩:さらさら, 黒曜石:つやつや」(中学2年女子)との感想がありました。この感想を紹介し, 破断面の形状(質)が岩石の構成鉱物の大きさ(量)に関連することから話を始めました。

花崗岩の強さの話では, 次の問題を受講生に問いかけました。

【問題1】

- ・花崗岩の圧縮強さは150~200MPaで, 密度は約2.6g/cm³です。
- ・純鉄の降伏強さは98MPa(約100MPa)で, 密度は7.9g/cm³です。
- ・100MPaは, 1cm²あたり1tonの重さが働いている状態です。
- ・花崗岩と純鉄では, どちらがより高く積み上げることができるでしょうか?

2年生は圧力の勉強をしているので, 分かるかもしれません。答えは, 花崗岩です。

【問題1の答】

- ・花崗岩を積み上げて, 底面での圧力が圧縮強さに等しくなる高さ
 $1.5\text{ton}/\text{cm}^2 \div 2.6\text{g}/\text{cm}^3 = 1,500,000\text{g}/\text{cm}^2 \div 2.6\text{g}/\text{cm}^3 = 576,923\text{cm} = 5,769\text{m}$
- ・純鉄を積み上げて, 底面での圧力が降伏強さに等しくなる高さ
 $1\text{ton}/\text{cm}^2 \div 7.9\text{g}/\text{cm}^3 = 1,000,000\text{g}/\text{cm}^2 \div 7.9\text{g}/\text{cm}^3 = 126,582\text{cm} = 1,266\text{m}$
- ・計算上では, 花崗岩は純鉄の約5倍の高さまで積み上げることができます。

花崗岩の硬さの話では, 構成鉱物である石英, 長石, 黒雲母のモース硬度がそれぞれ, 7, 6, 2.5であること, それに対して大理石を構成する方解石のモース硬度は3であることを話しました。

花崗岩を伝わる波の速さの話では, 次の二つの問

1) 産総研 地圏資源環境研究部門

キーワード: SPP, 花崗岩, 物性, 強さ, 硬さ, 速さ

題を受講生に問いかけました。

【問題2】

皆さんが石彫する花崗岩を伝わる波(たて波)の速さは、どれくらいでしょうか？

(参考)

- A. 空気中の音速(毎秒330m)
- B. 水中の音速(毎秒1,400m)
- C. 地震波(P波)の速さ(毎秒6,000~8,000m)
- D. 真空中の光の速さ(毎秒300,000,000m)

花崗岩を伝わる波の速さの値は答えられませんでしたが、ほとんどの受講生は選択肢BとCの間の速さであると予想しました。

【問題2の答】「毎秒3,500~5,000m」

- ・これは、乾いた状態での花崗岩のたて波の速さです。
- ・内部に水を含んだ湿った状態では、たて波の速さは速くなります。(~毎秒5,500m)

岩石が乾いた状態では、内部の微小な亀裂や隙間には空気が入っています。岩石が湿ると、この空気が水に置き換わります。空気を伝わるたて波の速さ(毎秒330m)より水を伝わるたて波の速(毎秒1,400m)が速いために、湿った花崗岩ではたて波の速さが速くなります。

【問題3】

花崗岩を伝わる波(たて波)の速さは、どの方向も同じでしょうか？

1. 同じ。
2. 違う。

【問題3の答】「違う。」

乾いた状態では、

- ・ 稲田花崗岩の3方向のたて波の速さ：毎秒3,500 m, 毎秒3,800m, 毎秒4,200m
- ・ 大島花崗岩の3方向のたて波の速さ：毎秒3,500 m, 毎秒4,200m, 毎秒4,400m

(参考) 方向によって性質が異なる状態を、「異方向性」と呼びます。

花崗岩を含めて、岩石は小さな亀裂(マイクロクラック)を含んでいます。少量の水が石に吸い込まれるのはそのためです。花崗岩では、互いに直交する3つの方向に、小さな亀裂が並んで発生しています。(花崗岩での小さな亀裂の量は、体積比で1%弱です。)

石屋さんは、小さな亀裂の並びを「石の目」と呼ぶことができました。小さな亀裂がたくさん並んでいる目を「一番目」と呼び、順に「二番目」・「三番目」と呼ぶことも

あります。木材での板目(年輪)のようなものです。

波が伝わる方向に小さな亀裂があると、波は伝わりにくく、速さも遅くなります。波の速さは、「一番目」に直交する方向でもっとも遅くなります。

また、小さな亀裂がたくさん並んでいる「一番目」の方向が、もっとも割れやすい方向です。採石場の職人さんはこの「石の目」を見つけて原石を上手に割ります。

みなさんも「石の目」を見つけてください。みなさんに配った花崗岩は、稲田石・羽黒糠目石・真壁石の三種類です。それぞれで「石の目」の度合いが違います。違いがわかるかな？

4. 受講生からの質問

受講生がつぶやきシートに寄せた質問は、「花崗岩以外の岩を伝わる波の速さはどうなのでしょうかね？」と「粒が細かいとどうなのでしょうかね？」でした。これらには次のように答えました。

火成岩の波の速さは、花崗岩と同じような速さです。(中略)堆積岩では、固結が進むにつれ波の速さは速くなります。最終的には花崗岩と同じような速さになります。波の速さと粒の大きさには、あまり関係はありません。

二つ目の質問は、石彫に使った稲田石・羽黒糠目石・真壁石の鉱物径の大きさが違っていたためにできた質問でしょう。

5. おわりに

前節に述べた内容をまとめた2ページのプリントを配布して講座を進めました。受講生に質問を問いかけても、答はなかなか返ってきませんでした。1日の通常授業を終えたばかりの受講生にとって、物理や数学の講座は酷であったかもしれません。まだ2回目の講座なので、ものおじていたのかもしれませんが、私の話し方が下手だったのかもしれませんが。

この日、この講座の後で石彫を始めました。つぶやきシートには、「どうやったら石の目を見つけて上手に割れるのか？」と書かれていました。一安心した感想でした。

CHO Akio (2008) : Strength, hardness, velocity and anisotropy of granite.

<受付：2008年1月15日>