

節理と片理

佐脇 貴幸¹⁾

1. はじめに

産業技術総合研究所(産総研)の地質標本館内には、地質調査所時代以来の「地質の調査・研究の成果」の一端を示すものとして、多数の岩石、鉱物、化石などの標本が展示されていますが、地質標本館の前庭にも、比較的大きな岩石標本が展示されています。その中で、地質標本館正面玄関に向かって右側には、特徴的な形を持つ岩石群が展示されています(第1図)。これらの岩石標本は、それぞれの岩石が持つ外形的な特徴がよく観察できる標本となっています。ここでは、これらの岩石で観察していただきたい面構造である、節理と片理について紹介します。

2. 節理

節理(joint)とは、岩石の明瞭な割れ目のことで、割れ目を挟んだ両側の部分同士にほとんどずれがないもののことを言います。ただし、人為的に叩き割ってひびを入れたような割れ目とは異なり、露頭レベル(数m~数百mオー

ダー以上)で見ると、複数の割れ目が、ある一定の規則に沿って並んでいるように見えるのが普通です。例えば、第2図Aは花崗岩の例ですが、塔のように立っている2つの花崗岩の塊に対して、ともに左斜め上から右斜め下方向に幾筋もの割れ目が入っています。これが節理の一例です。

さて、第1図の左側には、多角形(六角形~五角形)の断面を持つ黒い柱状の岩石が2本転がっています。第3図は接近して撮影したものですが、この岩石は、長崎県佐世保市産の普通輝石かんらん石玄武岩の溶岩(第4図)の標本です。溶岩や岩脈をなす火山岩類は、しばしばこのように柱のような形に割れることがあり、これを柱状節理といえます。地質標本館前では寝かせて置いてありますが、これらはもともと地面に垂直に立っていたものです。

野外での柱状節理については、例えばGSJ地質ニュース2021年1号の表紙(https://www.gsj.jp/publications/gcn/images/gsj_cn_vol10_1.png 閲覧日:2021年12月3日)や地質調査総合センターのウェブサイトコンテンツの「地質を学ぶ、地球を知る」(https://gbank.gsj.jp/geowords/glossary/ta.html#columnar_joint 閲覧日:2021年12月



第1図 地質標本館入口右手の岩石標本群

1) 産総研 地質調査総合センター 地質情報基盤センター

キーワード: 地質標本館, 節理, 溶岩, 片理, 変成岩



A



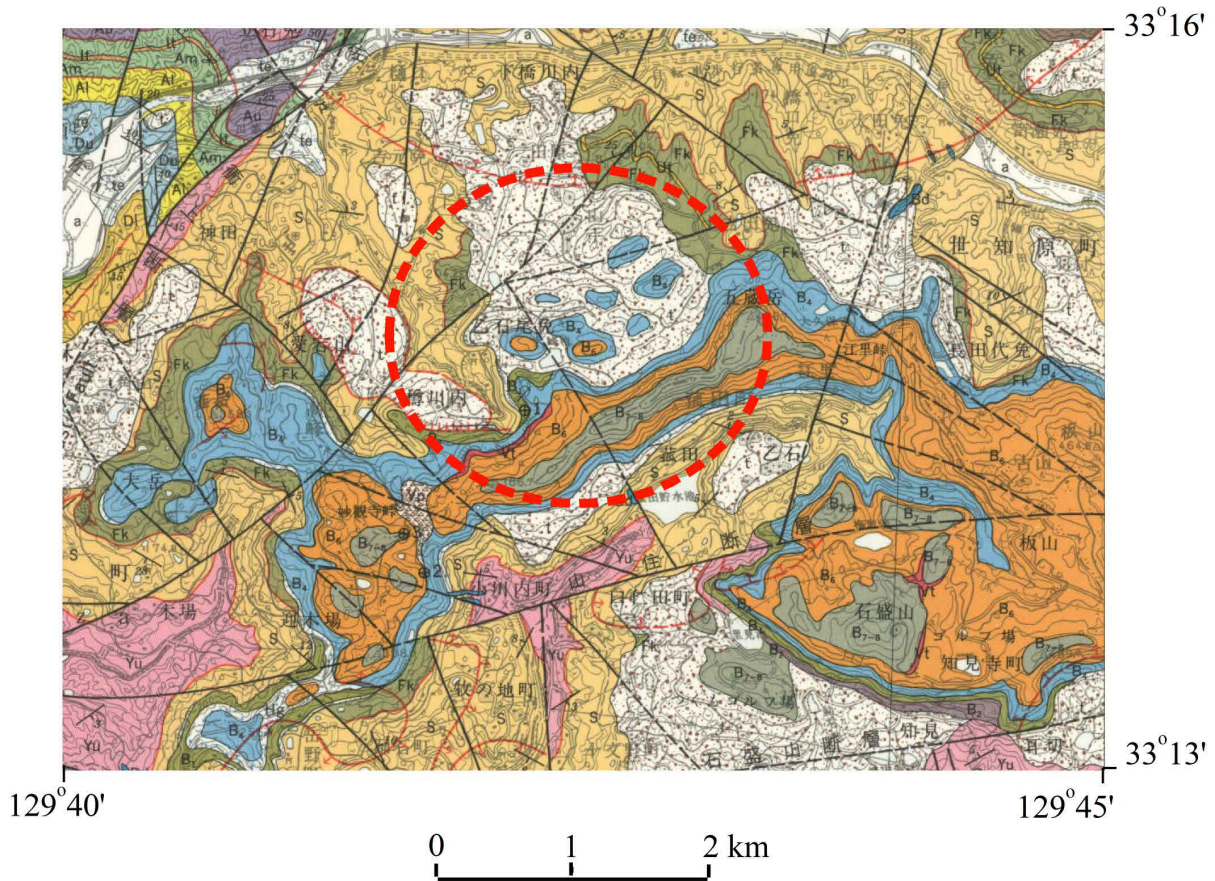
B

第2図 節理の例

A：岐阜県恵那市恵那峡沿いの花崗岩にみられる節理（花崗岩の高さ約30m；1985年3月撮影），B：兵庫県豊岡市玄武洞の柱状節理（写真上部までの高さ約30m；2007年8月，宮地良典氏撮影）



第3図 普通輝石かんらん石玄武岩（北松浦玄武岩類）の柱状節理標本（第1図左側，長崎県佐世保市乙石尾産）



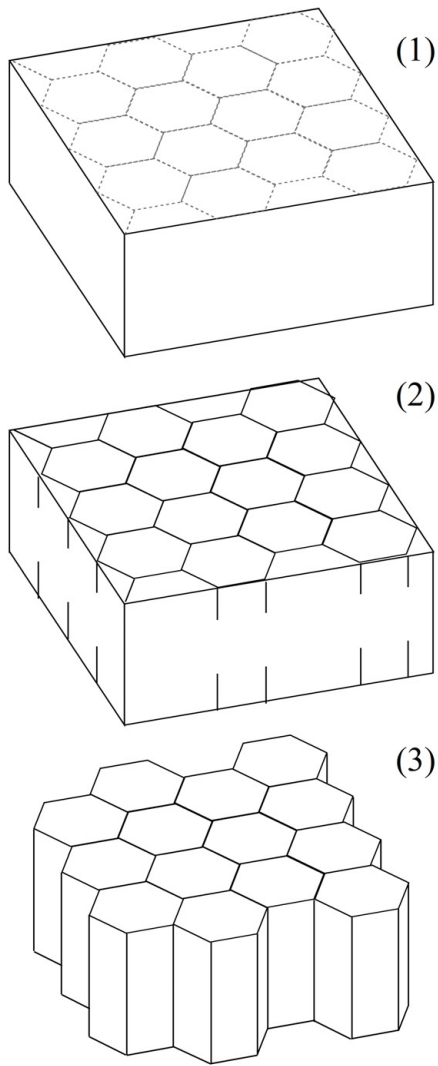
第4図 柱状節理が採取された地域の地質図：5万分の1地質図幅「佐世保」の一部（松井ほか，1989）
 北松浦玄武岩類は、B₁～B₈およびVd/Vpの記号が付けられた岩相を指すが、普通輝石かんらん石玄武岩はB₆。
 図上中央赤丸内の「乙石尾免（現在の地名表記は乙石尾）」が採取地。

3日)に日本各地の典型例がありますが、その中でも日本で最も有名な柱状節理といえば、兵庫県豊岡市の玄武洞です(第2図B)。玄武岩という岩石名はこれに由来します。また、世界的に有名なものといえば、世界遺産にもなっている北アイルランドのジャイアンツ・コーズウェイ(Giant's Causeway)があります。

この柱状節理の成り立ちですが、地表に流れ出した溶岩の場合、その溶岩は大気や地面と触れている表面(上面・下面)から徐々に冷えて固結し収縮し始めます。この冷却・収縮が進むと、溶岩表面から規則的な割れ目が次第に岩石内部に向かってつながっていき、溶岩全体が柱状に分割されていきます(第5図)。身近な例でいえば、水たまりや田んぼの中の泥が、乾燥することで収縮してひび割れていきますが、これと同じようなことが溶岩の冷却時に起きるわけです。この柱状節理のより詳しい成り立ちについては、例えば、アーサー・ホームズ[上田ほか訳](1983, p. 65-66)や倉敷市立自然史博物館のウェブサイトのコンテンツ(<http://www2.city.kurashiki.okayama.jp/musnat/geology/tisitugensho/seturi/seturi.html>) 閲覧日: 2021年12月3

日)などを参照してください。また Müller(1998) はでんぷん粉と水を使ったわかりやすい実験例を報告しているので、ご興味がある方はそれをご覧ください。

ところで、地質標本館前の柱状節理(第3図)の表面をよく見ると、柱を横切るような、規則的で平行に並んだ模様(面)が柱を一周しているのが見えます。何となく、土木工事現場の法面をショベルカーで引っ掻いた痕のような感じに見えますが、これは、柱状節理ができる際に、溶岩の表面から内部に向かって、ある一定の間隔で断続的に節理ができていったことを示す痕跡と考えられます(例えば Ryan and Sammis, 1978; DeGraff and Aydin, 1987)。すなわち、冷えるにつれて一度に割れたのではなく、パリッ、パリッといった感じで断続的に割れ目ができていき、最終的に柱状になったということです。また、第2図Bの玄武洞では、あたかも算盤玉やスライスした鳴門巻きのように、柱状節理がさらにブロック状・板状に切れているのが観察されます(第2図Bの左下や中央下の柱状節理部分)。これは、冷却に伴って、柱状節理の長軸方向(上下方向)でも収縮が起き、そのために柱状節理を切る方向にも割れ目



第5図 柱状節理のでき方の模式図

(1) 固まりつつある溶岩の表面および地面に接している下面から冷却が始まり、収縮し始める。(2) 表面および下面から割れ目が入り始める。(3) 固化した溶岩全体が柱状に分割され、柱状節理ができあがる。

ができたためと考えられます(アーサー・ホームズ[上田ほか訳], 1983, p. 65-66)。

なお、ここでは冷却に伴う柱状節理について説明しましたが、そのほかにも、岩体にかかっていた荷重が小さくなること(例えば岩体上部の削剥や岩体の上昇など)でできる節理や、広域的に地下に働く力によってできる節理などがあります(久城ほか編, 1989, p. 150; 天野・狩野, 2010, p. 113-117)。

3. 片理

片理というのは、変成岩、特に結晶片岩といわれる岩石が持つ組織です。変成岩は、溶岩などの火成岩や砂岩・泥

岩などの堆積岩が、地下深くに持ち込まれ、高温・高圧条件に置かれることで岩石内の鉱物・成分が化学反応(変成作用)を起こして形成されます。そのような新たな温度・圧力条件および岩石自体の化学組成に応じて、もともとの岩石に含まれていたものとは違う鉱物が形成され、その結果岩石の組織も変化します。温度・圧力・化学組成に応じて、様々な変成岩が形成されますが、その一種である結晶片岩と呼ばれるものは、変成作用によってひらひらと割れやすい面を成すこと(面構造)が特徴です。このひらひらした面構造のことを片理(schistosity)と呼びます。変成作用によって形成された板状、針状、柱状の鉱物が、ある一定の方向にそろって存在していることで、この片理という面構造が形作られています。

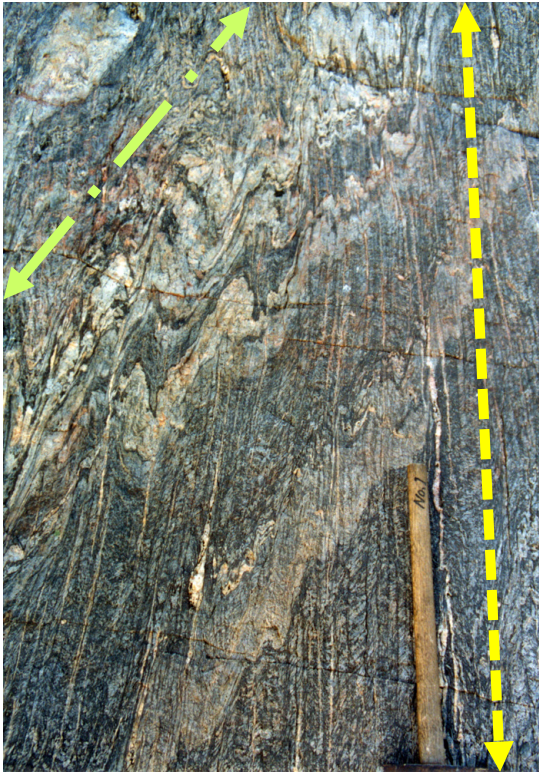
似たようなものとして、堆積岩では、砂岩、泥岩など粒度や構成物質が異なるものが堆積して重なり合うことで層理と呼ばれる縞状の面構造があり、これにより「地層」を成します。一見層理と片理は似ていますが、変成岩の片理は先述の変成作用を経て形成された新たな鉱物の並びが作り出すものですので、その点は注意する必要があります。例えば、第6図は、山口県防府市の三郡変成岩の露頭写真ですが、写真の上下方向につながるのが変成作用によって形成された片理(破線の矢印の方向)です。一方、それに斜交する形で写真の左下から右上にかけて、元の堆積岩の堆積面(おそらく砂泥互層)が細かく褶曲しながらつながっていることがわかります(一点破線の矢印方向)。このように、片理と層理は、それぞれが面的な構造は持つものの、その由来が異なった岩石構造であると言えます。

第7図A, Bは、第1図の右側にある岩石に接近して撮影したものです。これは、日本における典型的な変成岩である、三波川変成帯の岩石標本です。三波川変成帯は、日本最大の断層帯である中央構造線の南側に接して、関東山地から九州の佐賀関半島までの全長700 kmに及ぶ結晶片岩からなる地質体です。写真に示している標本は、中でも特に詳しく研究が進められた高知県本山町の汗見川地域(第8図)から採取された、結晶片岩の一種である紅簾石片岩と呼ばれるものです。これは、もともとは石英の多い堆積岩を起源とし、高温・高圧かつ酸化的な条件の変成作用によって形成されたと考えられています。その結果、岩石には紅簾石と共に赤鉄鉱も含まれており、これらの鉱物が、岩石全体を赤く色づかせています。

第7図Aの手前側の面は、岩石カッターで切り落としたうえで磨き上げているので、顕著な片理の様子、岩石の赤さが大変よく見えるようになっています。第7図Bはその裏面の写真ですが、片理に沿って岩石が平たく剥げるよう

堆積面
(層理)

片理



第6図 片理の例
山口県防府市の三郡変成岩の露頭。堆積面と片理が斜交している。ハンマーの柄の長さは約30 cm (1983年7月もしくは8月撮影)。



A

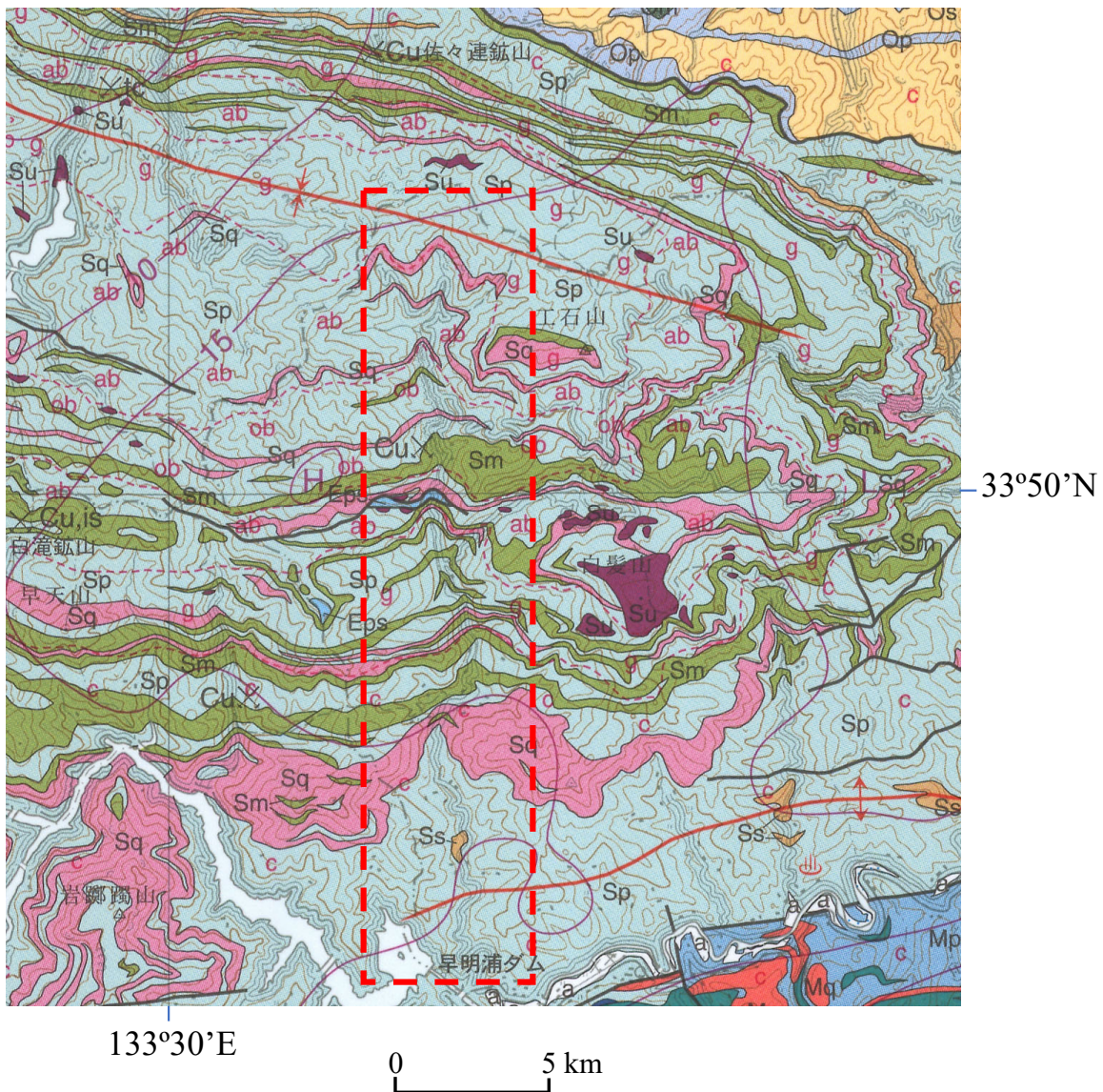


B



C

第7図 高知県本山町汗見川産の紅簾石片岩
A: 第1図右側においてある標本。手前側はカットして磨いてある。B: Aの裏面。片理に沿って岩石がはがれるように割れている。C: 第4展示室に展示してある褶曲した紅簾石片岩標本。



第8図 汗見川地域の地質図：20万分の1地質図幅「高知」（第2版）の一部（原ほか，2018）

汗見川は、図上で「早明浦ダム」と書かれている地点から北上する谷治い（赤枠内）を流れている。紅簾石片岩は、珪質片岩（Sq）の一種として産する（遠藤，2019）。

になっているのととも、それと違う方向にも弱線が入る（節理と考えるとよい）ことで、岩石全体としては角ばった感じに割れていることがわかります。なお、地質標本館内の第4展示室には、汗見川地域から採取され、褶曲構造を示す紅簾石片岩も展示されています（第7図C）ので、併せてごらんいただきたいと思います。

4. おわりに

河原に落ちている岩石をよく見ると、ある種の岩石は平たい感じに割れていて、水切り遊びに適した形をしていたり、また別の岩石は丸くごろっとした感じで、漬物石に使

うのにちょうどいい形をしていたりします。岩石がこのような形になるのは、川によって上流から岩石が運ばれてくる間に、川底を転がったり岩石同士がぶつかったりして、割れたりこすれたりしたためですが、その時には、もともとの岩石の割れ方、すなわち岩石の面的な構造が関係しています。もし河原で岩石を観察する機会があれば、その岩石をつくる鉱物、色、面構造など、じっくり見ていただき、上流部にどんな岩石があって、それらがどんな運命をたどってきたのか、思いを馳せていただきたいと思います。

この原稿を書いている時点（2021年12月）では、新型コロナウイルスのまん延がいったん収まりかけたように思えましたが、新たに現れたオミクロン株が、またも社会的

不安を引き起こしています。以前のように、博物館・美術館を自由に訪れ、皆で楽しく自然を観察に出かけられるような状態に戻ることを切に願っています。

謝辞：玄武洞の写真に関しては、地質情報研究部門の宮地良典氏にご提供いただきました。ここに記して厚く御礼申し上げます。

文 献

- 天野一男・狩野謙一 (2010) Field Geology 6 構造地質学 (日本地質学会フィールドジオロジー刊行委員会編, 初版2刷). 共立出版, 東京, 177p.
- アーサー・ホームズ (ドリス・L・ホームズ改訂, 上田誠也・貝塚爽平・兼平慶一郎・小池一之・河野芳輝訳) (1983) 一般地質学 I (原著第3版). 東京大学出版会, 東京, 245p.
- DeGraff, J. M. and Aydin, A. (1987) Surface morphology of columnar joints and its significance to mechanics and direction of joint growth. *Geological Society of America Bulletin*, **99**, 605-617.
- 遠藤俊祐 (2019) 本山地域の地質, 第5章, 三波川帯の白亜紀高圧型変成コンプレックス. 地域地質研究報告 (5万分の1地質図幅). 産総研地質調査総合センター, 34-57.
- 原 英俊・青矢睦月・野田 篤・田辺 晋・山崎 徹・大野哲二・駒澤正夫 (2018) 20万分の1地質図幅「高知」(第2版). 産総研地質調査総合センター.
- 久城育夫・荒牧重雄・青木謙一郎編 (1989) 日本の火成岩. 岩波書店, 東京, 206p.
- 松井和典・古川俊太郎・沢村孝之助 (1989) 佐世保地域の地質, IV. 3, 北松浦玄武岩類. 地域地質研究報告 (5万分の1地質図幅). 地質調査所, 46-65.
- Müller, G. (1998) Experimental simulation of basalt columns. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, **86**, 93-96.
- Ryan, M. P. and Sammis, C. G. (1978) Cyclic fracture mechanisms in cooling basalt. *Geological Society of America Bulletin*, **89**, 1295-1308.

SAWAKI Takayuki (2022) Joint and schistosity.

(受付：2021年12月10日)