

岩石物性とは何か：研究手法と目的

西澤 修¹⁾・中島 善人²⁾

1. 特集号発行の経緯

2008年2月27～29日, 産業技術総合研究所つくばセンター第7事業所会議室で, 岩石物性研究集会-岩石物理学:基礎と応用(副題:資源科学-地球科学-社会基盤工学の連携を目指して), が開催されました. この研究集会の一部が地震発生素過程成果報告会(世話人:中谷正生氏(東大地震研究所))となったため, 参加者も多く, 3日間で延べ247名となりました. 参加者の顔ぶれは上の各分野にまたがる幅広いものとなりました. 遠方からの参加者の宿泊施設を2箇所だけにしたので, 合宿形式の集会となり, 参加者が一日中顔をあわせることで親睦を深め, ゆったりとした雰囲気の中で議論することができました. 参加者の皆様からは「たいへん楽しい研究集会だった」との感想をいただいております. 運営事務局を務めたのは, 西澤, 中島, 雷, 坂巻(以上, 地圏資源環境研究部門), 田中(明), 高橋(美), 佐藤(隆)(以上, 地質情報研究部門)でした. 本特集号は, この研究集会に参加された方々に呼びかけて原稿を集めたもので, 専門外の人たちに岩石物性の研究手法や考え方を理解していただき, 岩石物性に興味を持っていただくことを目的としています.

2. 岩石物性と物質物性

岩石物性の研究とは文字通り, 岩石の物理的性質(物性)を研究することです. 物性という言葉は物理学から来たもので, 物質の電気的, 磁氣的性質などを主要な研究対象とし, 産業上有用な物質を探すため広汎な研究が行われています. 地球を構成する物質(主として鉱物)の物性も研究されており, 大学では鉱物学や地球物質科学などの名称の研究室が担当

しています. 一方, 岩石物性の分野では物質の研究とは異なるアプローチがとられます. その理由は, 岩石が鉱物の単純な集合体ではないからです. 岩石はさまざまな物質の不均質な集合体であって, この不均質こそが岩石の物性を特徴づけているからです. 私事で恐縮ですが, この記事の筆者の一人(ON)は, 学生時代に不均質モデルがよく理解できず, より単純で扱いやすい地球物質科学を専攻し, 鉱物間の主要元素や微量元素の分配を高温・高圧で調べることを研究テーマにしていました. 当時実験室では, 現在は雑誌「ニュートン」編集長の水谷 仁先生(当時は東京大学助手)と, 現在国際地学オリンピック日本委員会組織委員会委員長の濱野洋三先生(当時は東京大学大学院博士課程)のお二人が, 合成された鉱物多結晶の地震波速度の測定をなさっていました. 私(ON)も試料の一部を提供するなど, この仕事に少し関わらせていただいたのですが, お二人の仕事は多結晶体の中の空隙までを問題にしていました. 結晶学や化学熱力学で比較的素直に議論ができる私のテーマと違い, ずいぶん難しいことをやっておられるという印象でした. しかし後述のように, 私も後に同じ問題を扱うことになりました.

3. 空隙と流体

さて, この記事を書いている私たちは, 二人とも岩石の空隙や割れ目の問題に首を突っ込んでいます. 私たちの仕事は, 割れ目を含む岩石の弾性波速度とその異方性(ON)やX線CTや核磁気共鳴を利用して空隙の形や繋がりを調べ流体の移動を理解すること(YN)です. この特集号の中で何度も出てきますが, 岩石の物性を語るときには, 岩石の中の隙間(空隙や割れ目)を無視することができません. 地下深くでは

1) 産総研 地圏資源環境研究部門 CO₂地中貯留研究グループ

2) 産総研 地圏資源環境研究部門 物理探査研究グループ

キーワード: 岩石物性研究, モデル, 不均一性

岩石の中の隙間は高い圧力によって押し潰されて閉じてしまいそうですが、実際はかなりの深さまで存在するようです。現在では5,000mより深い場所からも石油・天然ガスを採取していますが、こうした流体が岩石と化合するわけではないので、空隙や割れ目が流体の入れ物となります。つまり、地下深部の岩石にも空隙や割れ目が存在している証拠です。

4. 岩石物性の研究はデータの記載ではない

岩石の物性を測定する目的は、標本岩石の物性を記載することではありません。岩石が実際に地下に存在したときに示す物性を明らかにし、地球物理的観測データを解釈することです。したがって、岩石の物性を実験室で計測するときは、岩石を地下と同じ温度・圧力条件に置く必要があります。しかし、地下の物理条件は場所や深さで変わるわけですから、個々の岩石について個々の物理条件を再現し、そのときの物性を逐一調べることは現実的ではありません。そこで岩石をモデル化して物理法則を適用し、必要な実験を行ってモデルの妥当性を確かめることとなります。こうして得た結果を利用して野外での観測データなど個々のケースを解釈するほうが効率的であり有用です。先に紹介した水谷・濱野両先生が扱われた問題は、実験結果を正しく解釈し地震学で得られたデータと比較するために必要だったわけです。

5. 岩石物性におけるモデル化の意味

現在では地球物質科学の分野では、結晶モデルに基づくコンピュータシミュレーション(第一原理計算：本特集号・佐藤博樹氏による「宇宙時代にこそ面白い岩石の研究」)が高温・高圧実験に並行して行われ、鉱物の物性を理論と実験の両方で理解できるようになりました。岩石物性の分野でも、物質科学ほど厳密ではありませんが、モデルを作り計算によって物性を予測し、実験結果や野外観測の結果と比較することが行われています。本特集号では、こうした岩石モデルを用いた手法が紹介されています。筆者らによる二つの話(中島：「Rampo：岩石中の空隙を散歩する話」、西澤ほか：「岩石の微細構造と物性：砂岩浸透率の封圧変化」)は、不均質な岩石の微細構造か

ら岩石物性を説明するためのモデルを作り、物性に関する実験データと比較するものです。こうした単純なモデルで岩石物性のすべてが説明できるわけではありませんが、単純なモデルを出発点とすることで、我々は地下で起きる現象の本質をとらえることができ、主要なメカニズムを知ることができます。

岩石モデルの設定では、岩石とは無関係と思われる現象が、実は地球科学的現象を理解する上で重要な手がかりとなる場合があります。一見複雑そうに見える地学現象を理解するには、データをやみくもにいじるより、最初に現象を説明するモデルを考え、それをもとにデータを解釈することが効果的な場合が多いようです。研究や調査の目的は異なっても、現象の本質が共通しているものは意外と多いものです。平田隆幸氏の「すべり多体disk模型」の話は、断層の動きを物理学の目で眺め主要なメカニズムを取り出したものです。

一方、岩石物性は実際の野外観測や野外実験データの解釈に利用される必要があります。安藤 誠氏の「弾性波速度と比抵抗を組合せた物理探査結果解釈の概要」と佐野 修氏の「深部応力直接測定手法の検討」は、野外観測や野外実験で問題に遭遇したとき、岩石物性のデータがどのように利用されるかを示した例です。現場で出会った問題を正しく理解し、それらに物理的な解釈を与え、合理的な判断を下すことは大変有用です。そうした手法の一端に触れることができると思います。

6. 地球科学現象とパラメータ

現在、地球科学の研究の多くは、「パラメータの大小を調べ地球科学的現象を議論する」というものです。このこと自体は間違いではありませんが、その背後にあるモデルを眺め、そのモデルを適用することの妥当性まで遡れば、他にもっと有効な解釈や新しい観点が見つかるかもしれません。先人の研究手法を真似るだけでなく、モデルにまで遡って考えることが地球科学の進歩にとって重要なことだと思います。本特集号がそうしたヒントとなれば幸いです。

NISHIZAWA Osamu and NAKASHIMA Yoshito (2009) : Rock physics: research method and purpose.

<受付：2009年1月16日>