

化学的側面からみた堆積岩のスレーキングメカニズムに関する一考察

茨城大学 学生会員 ○島田 久美子

茨城大学 正会員 小峯 秀雄・安原 一哉・村上 哲

(財)電力中央研究所 岡田 哲実・中田 英二

1. はじめに

岩石等の地盤材料における劣化の原因として、最近では物理的要因のみならず化学的要因による劣化も影響を及ぼすことが指摘され始めている。例えば、大深度地下空間施設となる高レベル放射性廃棄物処分施設の建設や、海岸崖などの崩落においては、これらの構成材料である岩石の物理的要因による劣化のみならず、化石地下水や海水に含まれている塩類の影響も考慮する必要が生じている。しかし、このような視点での研究は少ない。岩石劣化に関する試験(例えば、スレーキング試験や吸水膨張試験)においても、浸漬水には着目していないなど、化学的な側面から現象を捉え、劣化を評価することは困難である。そこで筆者らは、化学的要因による岩石劣化を調査するための、新しいスレーキング試験方法を提案している¹⁾。今回は、提案した方法に則り試験を行い、得られた結果から化学的要因に起因する堆積岩のスレーキングに関するメカニズムの考察を行った。

2. 化学的雰囲気模擬した質量変化試験

本実験では、試料として珪藻質泥岩(石川県珠洲市)、石灰質泥岩(茨城県日立市小貝ヶ浜海岸)、田下凝灰岩(栃木県宇都宮市大谷町)の3種類の堆積岩を用いた(カッコ内は採取場所)。以下に示す条件のもと、自然環境を想定した実験を行った。

表-1 質量変化試験における実験条件

No.	項目	条件	備考
①	浸漬溶液	蒸留水, 人工海水	内陸域, 沿岸域を模擬
②	供試体に対する水量	固液比(質量比) 1:5, 1:10	
③	空気供給量	密閉(脱気水を用いて密閉), 開放	地下・地上空間や還元状態を模擬

本実験では、乾湿繰返しを行わず乾燥と水浸をそれぞれ一度ずつ行う浸水崩壊度試験を行い、浸漬期間を7日間とした(図-1 参照)。その際、浸漬溶液は1日ごとに交換し、ろ過装置を用いて水溶液と砕粒分(供試体を浸漬中に、供試体から崩れ落ち容器内に残った欠片のこと；以下、砕粒分と記述)とに分離し、それぞれ分析した。実験終了後、各供試体を炉乾燥(60℃, 24 時間)し、供試体乾燥質量と各砕粒分質量から、各供試体の初期乾燥質量を求める。このようにして求めた供試体初期乾燥質量と累積砕粒分質量を用いて、供試体のスレーキング特性を次式(1)において定量的に評価することとした²⁾。

$$\text{スレーキング率} : S = B \times 100 / A (\%) \quad (1)$$

ここに、A：供試体初期乾燥質量(g)、B：累積砕粒分質量(g)

しかし、砕粒分を観察すると、珪藻質泥岩、石灰質泥岩において浸漬水の水質によって色調に差異が認められる。これは砕粒分中に、岩石から剥離した欠片と岩石と浸漬水の化学反応によって生成された物質が混在しているからであると考えられる。すなわち、式(1)で規定される、スレーキング率の大小のみからスレーキングのしやすさや岩石劣化のしやすさを評価するのは困難と考えられる。よって、次章以降に述べる X 線回折分析や水質分析結果を踏まえた考察を行った。

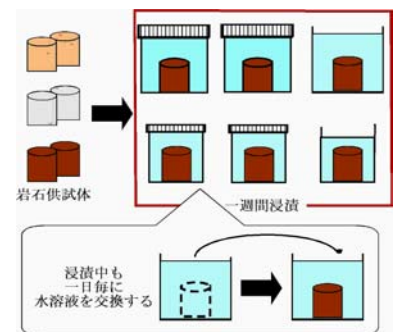


図-1 実験概要



(a) 蒸留水浸漬

(b) 人工海水浸漬

図-2 砕粒分の比較(珪藻質泥岩)

キーワード スレーキング, 堆積岩, 水質, X 線回折分析

連絡先 〒316-8511 茨城県日立市中成沢町 4-12-1 茨城大学工学部都市システム工学科

Tel:0294-38-5177

3. 実験後の岩石供試体表面部のX線回折分析

実験前後での岩石供試体の変化を調査するために、供試体の表面部分(2,3mm程度)を削り、これを試料としX線回折分析を行った。その内、珪藻質泥岩の結果を図-3,4に示す。図-3においては、空気供給量の影響が認められ、最も空気供給量が多い条件である開放状態においてのみ、Pyrite(黄鉄鉱)の溶脱が確認できた。また図-4においては水質の影響が認められた。人工海水に浸漬させた供試体表面からはPyriteの溶脱は認められなかったが、Chlorite(緑泥石)またはCarbonate(炭酸カルシウム)と思われるピークが現れた(図中①参照)。どちらの鉱物も Fe^{2+} 、 Mg^{2+} または Ca^{2+} という海水中には豊富に含まれているイオンが主成分であるので海水環境下においては生成されやすい鉱物である。また、現れたピークが強いことからこれらの鉱物は多量に生成されたものと考えられる。

4. 供試体浸漬後の浸漬溶液の水質分析

供試体浸漬後の水溶液を用いて、実験前後のpHおよびDO(溶存酸素濃度)値の測定と、水溶液中のイオン濃度(Mg^{2+} 、 Ca^{2+} 、 Fe^{2+} 、 Na^{+} 、 K^{+} 、 Al^{3+} 、 SiO_2)を分析した。X線回折分析結果より、蒸留水浸漬時に空気供給量の影響によってPyriteの溶脱が認められたことから、図-5に Fe^{2+} のイオン濃度(蒸留水)の測定結果を示す。この図より第一鉄の Fe^{2+} の溶出量は、脱気水に浸漬させた場合の方が多ことがわかる。すなわち、岩石供試体周辺の空気量が少ないほど第一鉄は酸化しにくく、酸化鉄ではなく第一鉄として水溶液中に存在しているためであると推察する。

5. 化学的側面からみた堆積岩のスレーキングメカニズムに関する考察

本研究では、化学的側面から岩石劣化を捉えるため、スレーキング現象に着目し、そのメカニズムを解明すべく実験的調査を行った。その結果、浸漬溶液の水質や実験中の空気供給量が岩石劣化に影響を及ぼしていることが分かった。空気供給量に関しては、岩石に対する空気供給量が最も多い条件でのみ、Pyriteの溶脱が認められた。Pyriteは鉄(Fe)と硫黄(S)の化合物であり、水や空気と反応して酸化鉄や硫酸を生成する。その溶脱過程において第一鉄が溶出したものと思われる。第一鉄が溶出した場合、酸化雰囲気では酸化鉄を生成し、還元雰囲気では、第一鉄のまま水溶液中に存在すると推察される。イオンが溶出すれば、その分クラックを発生させ、スレーキングを誘発させる可能性がある一方、化合物である酸化鉄が生成されれば、間隙を埋め、密な状態になり強度が増す可能性も考えられる(図-6参照)。これは、人工海水に浸漬させた場合に新たな鉱物が生成された場合も、強度が増す可能性があることを示している。このように化学的要因による岩石劣化に水質や空気供給量の有無が及ぼす影響は大きいものと考えられる。

図-6に示したメカニズムについては、強度変化の観点からも実験的に調査し、より定量的なものにしていく予定である。

参考文献

- 1) 島田久美子・小峯秀雄・安原一哉・村上哲：化学的雰囲気模擬した堆積岩の新しいスレーキング試験方法の試案,第38回地盤工学研究発表会(投稿中)
- 2) 村上幸利：締固めた軟岩材料の力学的安定性に及ぼす岩の性質と締固め度の影響,土木学会論文集 No.511/III-30,pp.109-116,1995.

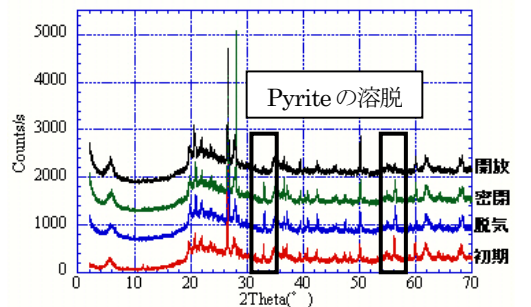


図-3 空気供給量の影響(蒸留水浸漬)

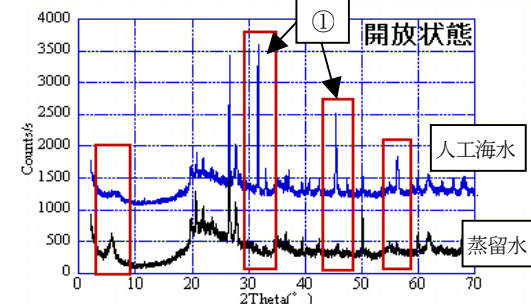


図-4 水質の影響(開放状態)

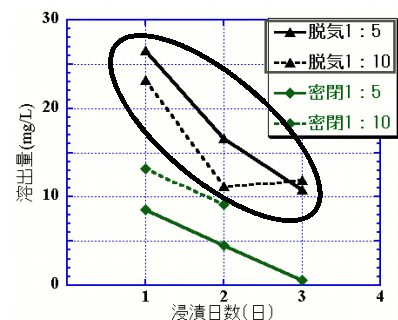


図-5 Fe^{2+} の測定結果(蒸留水)

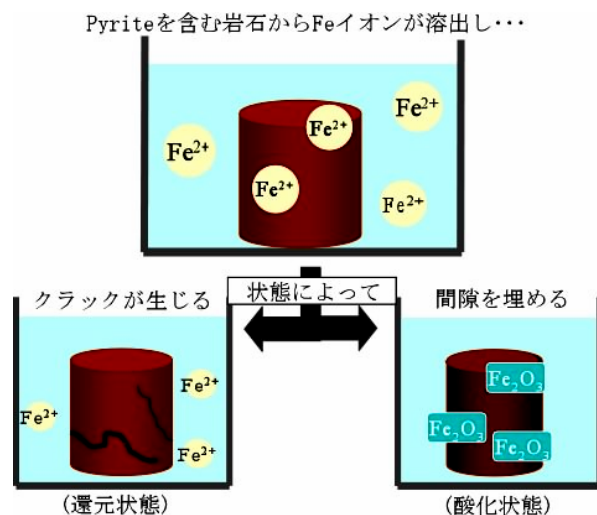


図-6 Fe^{2+} 溶出が岩石供試体に及ぼす影響のイメージ