

III-A 336 黄鉄鉱を含む岩石への化学的風化の影響

北海道開発局開発土木研究所 正会員 疋田 貞良
同 上 正会員 鈴木 哲也

はじめに

土壌の分野では、強酸性を示す土の存在がよく知られており、それらは酸性硫酸塩土壌と呼ばれている。海成の更新統や第三系の堆積岩および熱水変質作用を被った岩石にも、風化に伴いこれと同様の性状を示す岩石がある。これらの土や岩石は、多くの場合黄鉄鉱の酸化により発生する硫酸によって強酸性を呈する。しかし、岩石中には酸を中和する働きをする鉱物が含まれており、硫酸の発生とほぼ同時に中和反応も進行する場合が多いと考えられる。従って、黄鉄鉱を含む岩石を土木材料として用いる場合、化学的風化による酸性水の発生のみでなく、黄鉄鉱の消失および上述の中和反応に伴う岩石の物理性・力学性的変化も考慮する必要がある。本文では白亜系の粗粒砂岩への化学的風化の影響について述べる。

1. 試料および試験方法

白亜系粗粒砂岩のボーリングコアを2mm以下に粉砕したものを試料として用い、自然状態および風化促進試験後にX線回折試験、pHの測定（pH(H₂O)：自然状態、pH(H₂O₂)：風化促進試験後）および溶出試験を実施した。風化促進試験は、岩石の化学的風化を短時間で再現する目的で、30%過酸化水素水を用いて試料を強制的に酸化させるものである。X線回折試験は化学的風化に伴う鉱物の変化を確認する目的で実施した。溶出試験は、化学的風化に伴う岩石の溶解量を把握する目的で、硫酸イオンおよび7種の陽イオンの分析を行った。試験に使用した粗粒砂岩の自然状態での岩石試験結果を表-1に示す。

2. 岩石の化学的風化に伴う鉱物の変化

岩石の化学性に深く関与すると考えられる、黄鉄鉱、方解石、沸石、スメクタイトの4つの鉱物について、最強線のX線回折強度の風化促進試験前後の変化を図-1に示す。この図から岩石の化学的風化に伴って黄鉄鉱および方解石が顕著に減少していることがわかる。また、スメクタイトの減少も認められる。さらに、風化促進試験後の試料からは硫酸カルシウムの2水塩である石膏などが多量に検出されている。以上より、この試料中で進行する化学的風化に伴う鉱物の変化は、黄鉄鉱の酸化分解に伴って発生した硫酸が主に方解石、スメクタイトなどを分解することによって生じていると考えられる。

3. 岩石の化学的風化に伴うイオンの溶出

風化促進試験に伴う岩石中からの各イオンの溶出量を、試験後の溶解量と自然状態での溶解量の差として求め、それらと風化促進試験後のpHの関係を図-2に示す。硫酸イオンおよびCaイオンについては多量の溶出が認められるが、pHとの明瞭な関係は認められない。これは、pHが主にこの両者それぞれの量ではなく、両者の量比によって決まるものであるためであろう。Na、Kイオンについても

表-1 粗粒砂岩の物性値

		乾燥比重	吸水率 (%)	P波伝播速度 (km/s)	一軸圧縮強度 (kgf/cm ²)
非石灰質な部分	平均	2.15	10.56	3.52	208
	範囲	(2.07~2.18)	(9.75~12.3)	(3.38~3.70)	(142~280)
石灰質な部分	平均	2.45	5.23	4.47	318
	範囲	(2.42~2.47)	(4.88~5.84)	(4.19~4.66)	(236~464)

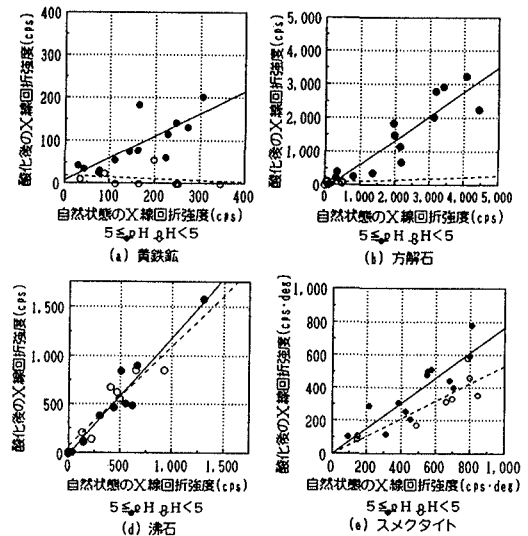


図-1 黄鉄鉱の酸化に伴う各鉱物のX線回折強度の変化

pHとの明瞭な関係は認められない。ただし、強酸性を示す試料では両者ともに風化に伴い減少している。これは、当初硫酸ナトリウム、硫酸カリウムなどの形で存在したものが、強酸性の条件下で安定な不溶性のナトロジャロサイト、ジャロサイトなどに变化したためと考えられる。これらに対して、Mg、MnイオンはpHの低下する試料ほど多く検出されている。さらに、Fe、Alイオンについては、強酸性を示す試料のみから溶出している。鉱物の変化を考え併せると、硫酸イオンは黄鉄鉱に由来しており、Caイオンの多くは方解石に由来していると考えられる。Caイオンの一部およびNa、Kイオンはスメクタイトや沸石中の交換性イオンとして存在していたものである可能性がある。Mgイオンの溶出はイオン交換のほかスメクタイトの分解に起因しているものもあると考えられる。Fe、Alイオンについては、交換性イオンとして多量に存在することはまれであり、主にスメクタイトに由来するものであると考えるのが妥当であろう。

4. 岩石の溶解量の予測

溶出試験の結果をもとに、自然状態の岩石の水に対する溶解量、岩石の酸化に伴う溶解量およびその両者の和である総溶解量を試算した（図-3）。この結果より、化学的風化が著しく進行した場合、岩石の密度は大きく低下し、それに伴い吸水率の増加および強度の低下も予想される。また、これらの岩石の性状の変化は図-3に示すとおり自然状態の岩石の性状からある程度予測可能である。

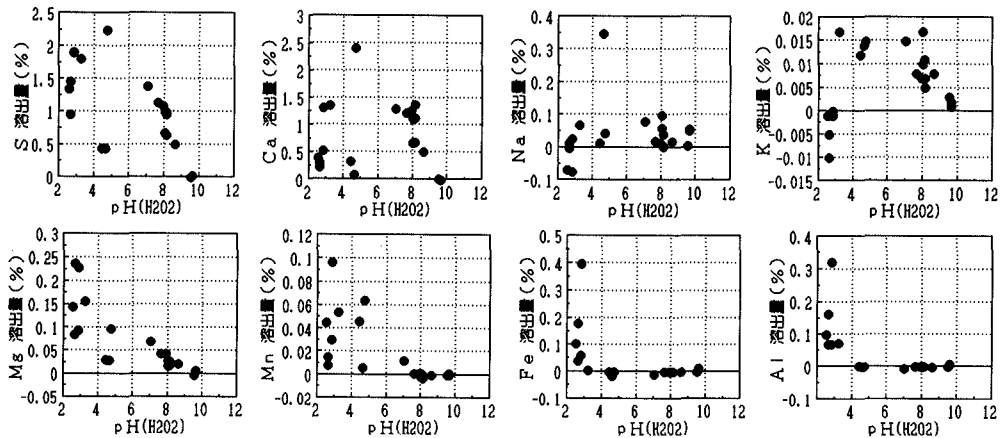


図-2 黄鉄鉱の酸化に伴う各イオンの溶出量とpH(H2O2)の関係

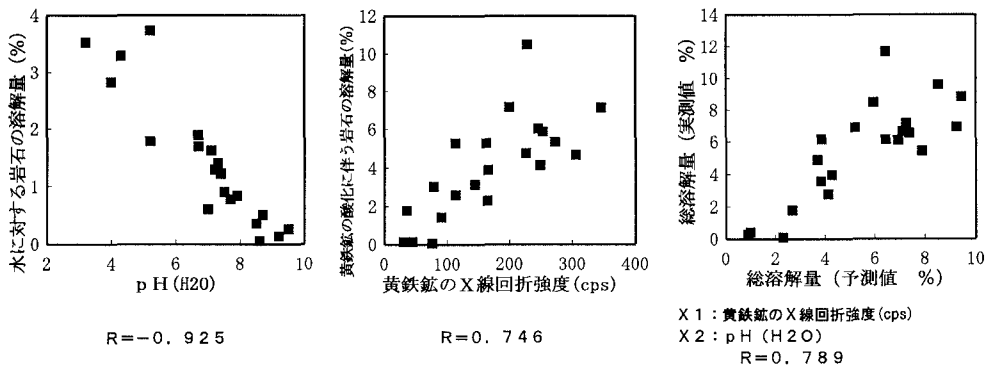


図-3 自然状態の岩石の特徴による岩石の溶解量の予測

あとがき

今回試料として用いた白亜系粗粒砂岩については、化学的風化の進行に伴い、多いものでは数%~10%以上の物質が溶出することがわかった。従って、黄鉄鉱を含む岩石を土木材料として用いる場合、スレーキングなど物理的風化の進行に伴う性質の変化ばかりでなく、化学的風化の進行に伴う化学性的変化、さらにそれに伴う物理性的変化をも考慮する必要がある。