

黄鉄鉱混じり泥岩の酸化特性に関する基礎的研究

Fundamental investigation on oxidation characteristics on pyritic mudstone



土方 渉太郎

(2022年度 卒業論文概要)

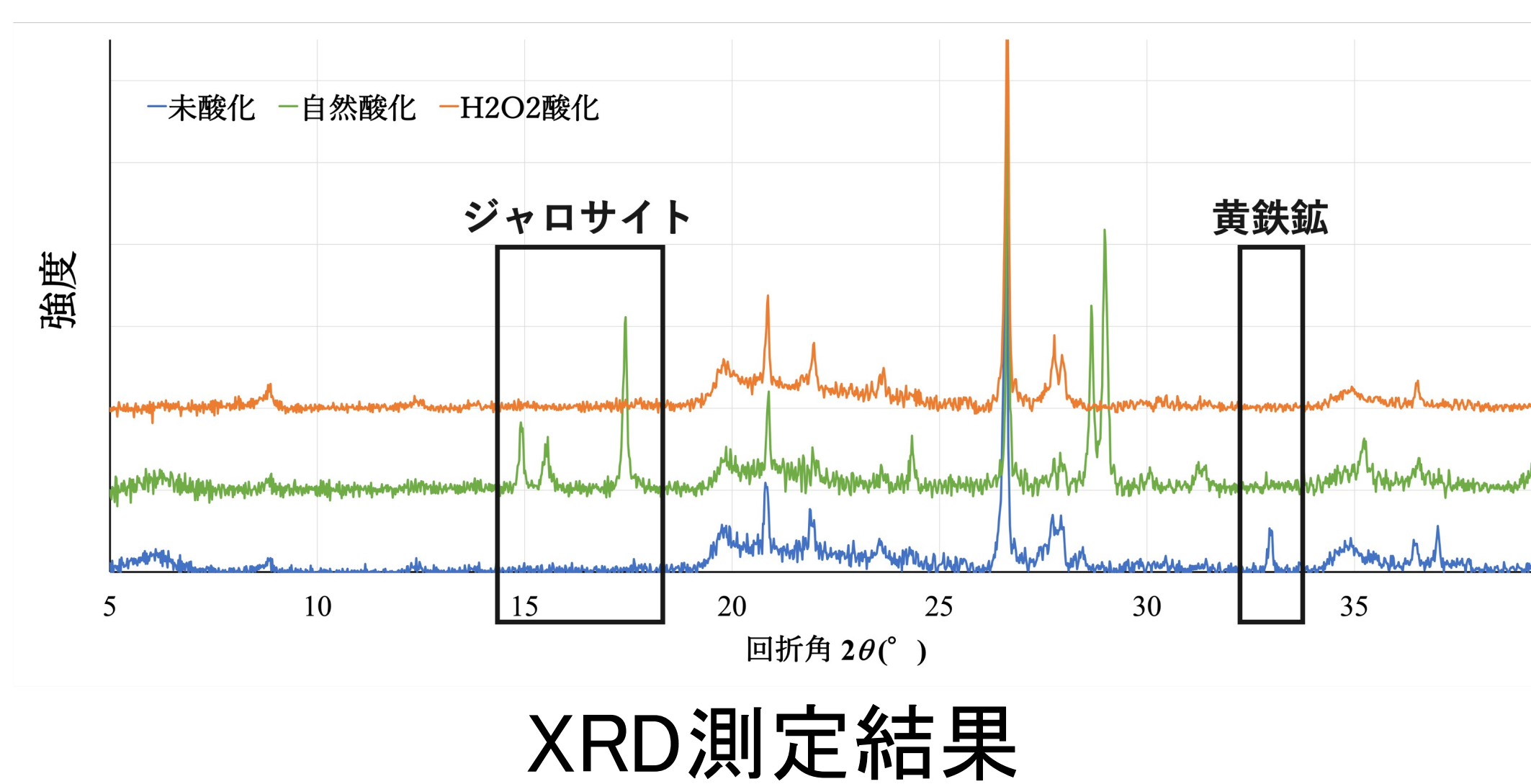
東京大学 工学部 社会基盤学科 土質・地盤研究室

概要

黄鉄鉱(FeS_2)を含む地盤は日本及び世界各地に分布し、大気に晒されると黄鉄鉱の酸化によって硫酸が発生するため、酸性硫酸塩土壌と呼ばれる。硫酸が及ぼす影響について、環境面からの検討に比べて力学特性に関する知見が乏しく、本研究では、地盤の環境試験として定められている過酸化水素を用いる方法が力学特性を考えるうえで妥当であるか検討するため、過酸化水素によって酸化された泥岩に対して、鉱物組成および微細構造の分析、力学試験を行った。

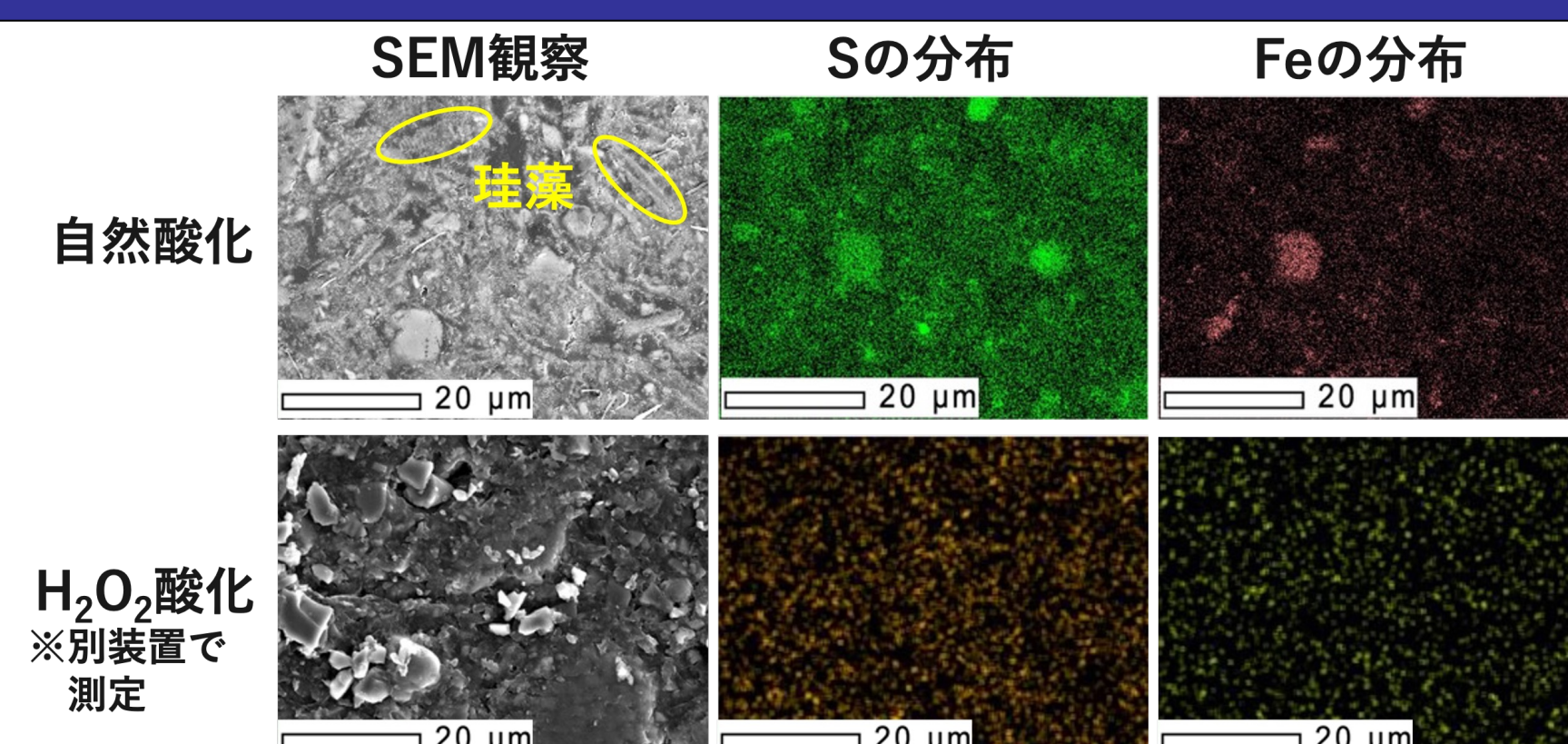
酸化による泥岩の鉱物組成変化

試料として、自然地盤から採取した灰色の珪藻泥岩(以下、未酸化泥岩)、また同現場で長期間大気に晒され酸化が進行した褐色泥岩(以下、自然酸化泥岩)を用いた。また、未酸化泥岩を過酸化水素水に浸漬させ、強制的に酸化させた試料を用意した(以下、 H_2O_2 酸化泥岩)。これらの試料を乾燥粉末状態にし、XRD分析を行うことで含有鉱物を同定した。図より、未酸化試料にのみ黄鉄鉱が含まれることや、自然酸化試料中には黄鉄鉱酸化の中間生成物であるジャロサイト($\text{KFe}_3(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_6$)が存在することがわかる。



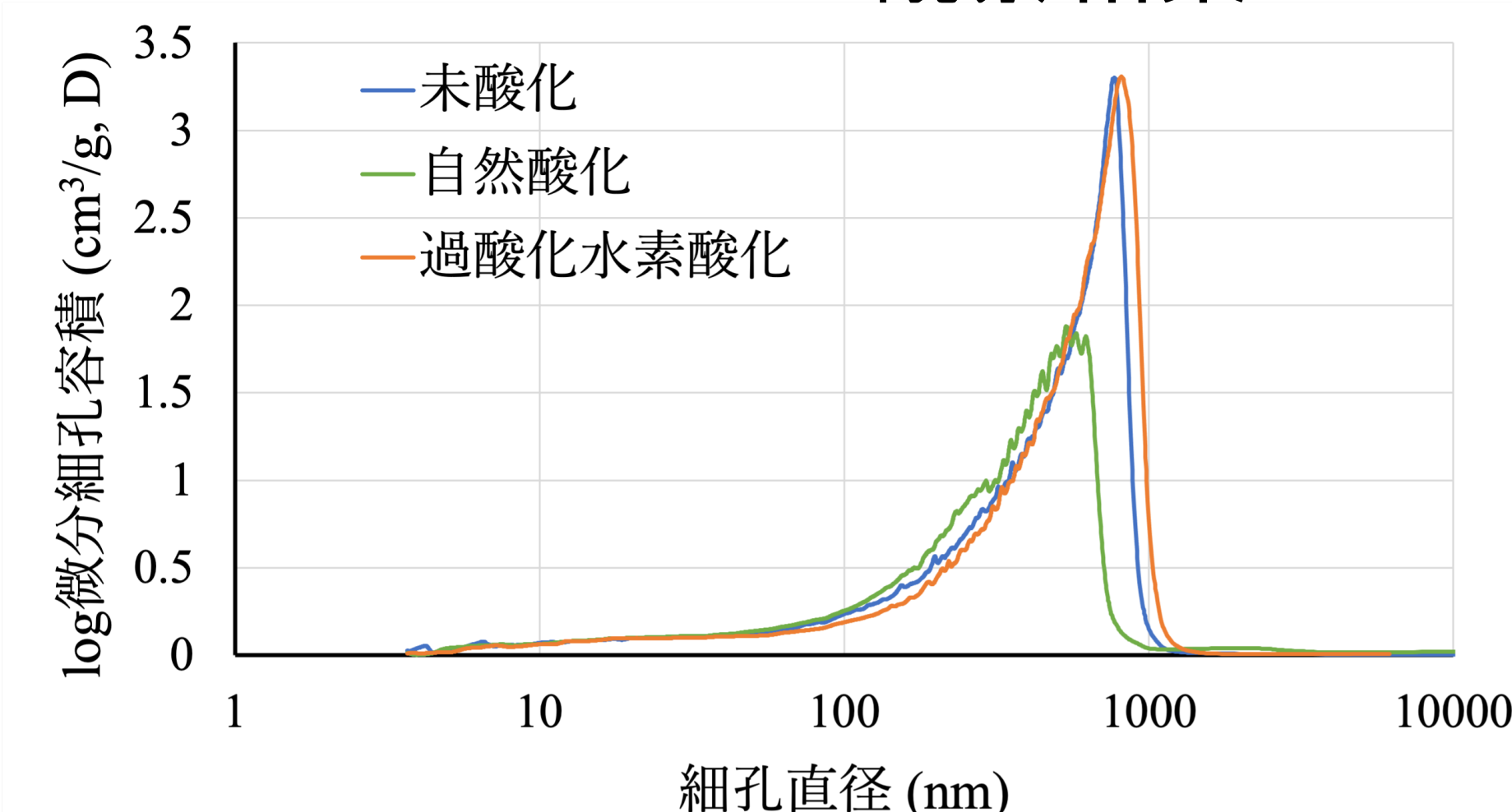
酸化による泥岩の内部構造変化

上記の酸化による鉱物組成変化が微細構造にどのように影響するのかを確認するため、SEM-EDSを用いて各種酸化泥岩断面の観察と元素分析を実施した。珪藻が多く含まれることや、(黄鉄鉱に含まれる)硫黄と鉄の分布の元素分布の重なりについて、未酸化試料と自然酸化試料の間に大きな差は見られなかったことを確認している。一方、 H_2O_2 酸化試料の結果を見ると、自然酸化試料に見られた硫黄と鉄の凝集箇所や珪藻は完全に消失し、長石類と思われる角張った鉱物のみがはっきりと確認でき、 H_2O_2 による酸化は黄鉄鉱や珪藻など様々な構成物を消失させていることがわかる。



SEM-EDS観察結果

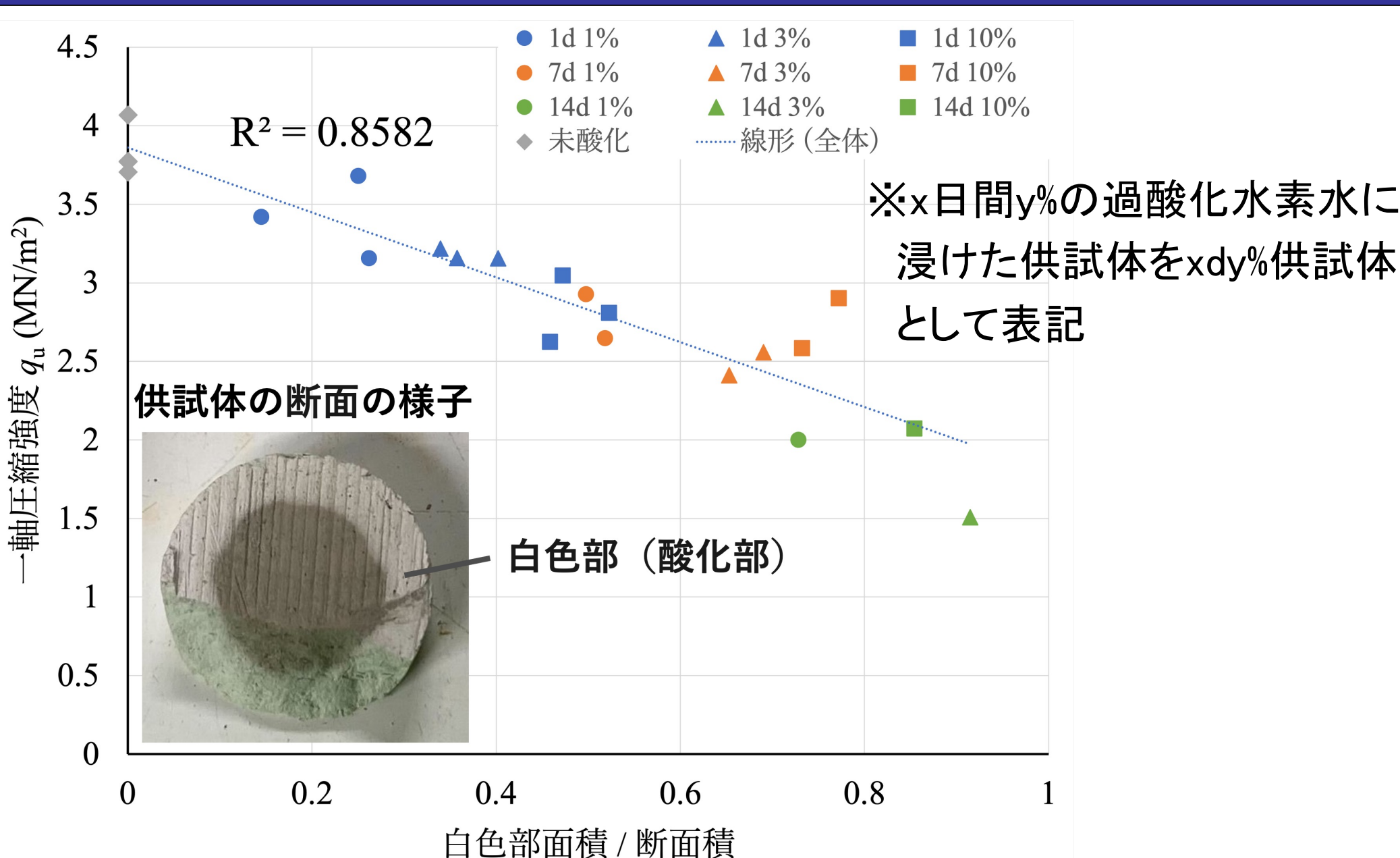
微細構造の変化を定量的に把握するため、MIPによって間隙構造の変化を調べた。未酸化試料に見られる細孔直径770nm付近のピークが自然酸化試料では収縮方向(左側)にシフトしており、全体として間隙量が減少していることがわかる。一方、 H_2O_2 酸化試料は全体的に間隙径が拡大方向(右側)にシフトし、間隙量が増大していることがわかる。



MIP測定結果

種々の H_2O_2 酸化条件における泥岩の強度変形特性

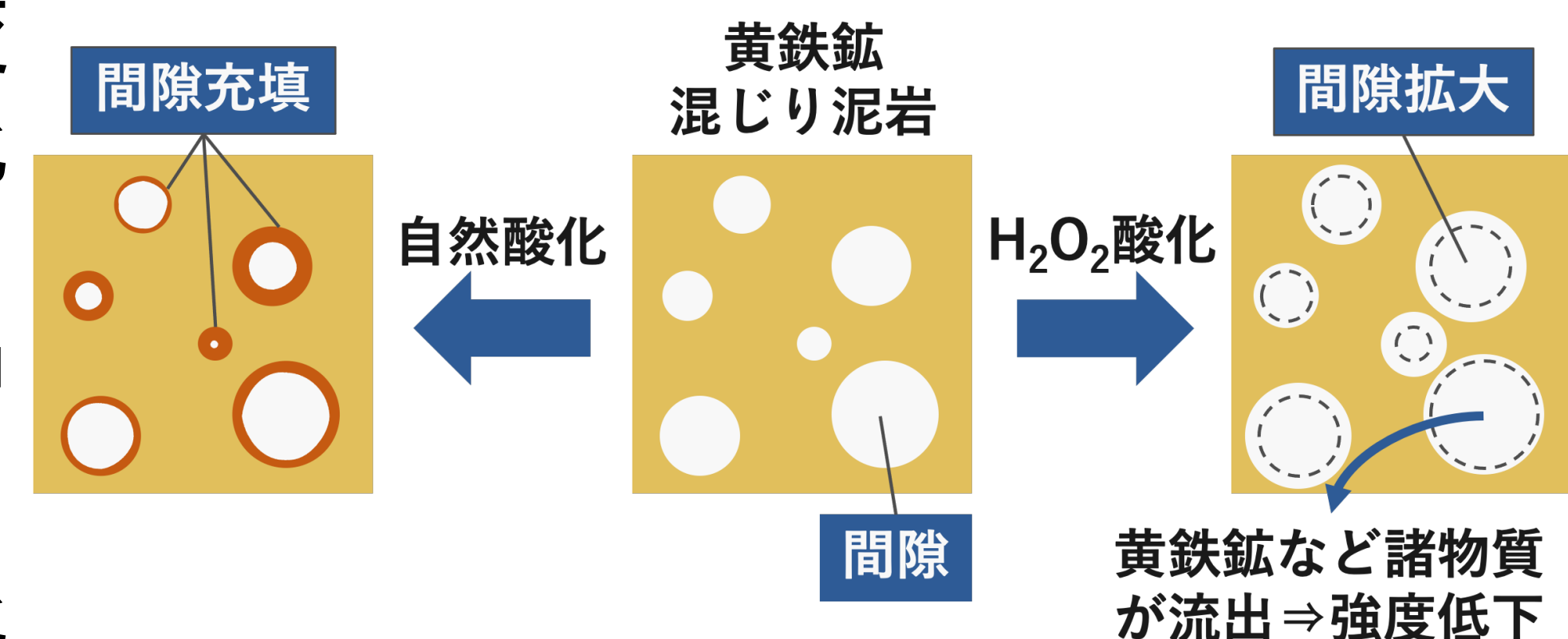
泥岩の強度変形特性に対する酸化の影響を系統的に調べるため、過酸化水素水で酸化させた泥岩を用いて一軸圧縮試験を実施した。供試体として、円柱状に成形した未酸化泥岩(直径2cm×高さ4cm)を、過酸化水素水濃度と浸漬時間を変化させた複数条件で強制的に酸化させ、その後乾燥させたものを使用した。また、本研究で実施した浸漬時間では、泥岩中に未酸化の部分が残ったため、供試体水平断面について、断面積全体に対する白色に変色した部分(酸化部)の面積の割合を、酸化進行度を定量的に表す指標として採用した。図から、過酸化水素による酸化が進行すると泥岩の強度が低下することが示された。



一軸圧縮試験結果

泥岩の内部構造変化が力学特性に及ぼす影響の考察

まず泥岩が自然酸化を受けると、黄鉄鉱がジャロサイトのような中間生成物に変化し、泥岩の間隙を充填する可能性がある。一方、 H_2O_2 酸化では、その強力な酸化力のために黄鉄鉱や珪藻などの構成物が溶解して流出するため、間隙は拡大し、強度が低下すると考えられる。環境評価に用いられる H_2O_2 酸化であるが、実地盤中における酸化反応及びその影響を必ずしも再現できていないことが示された。



想定される泥岩の酸化による変化の模式図

今後の展望として、自然酸化を室内試験で模擬できる手法を確立し、様々な酸化程度を与えた泥岩の力学試験を行うことで、実地盤で生じる現象をより系統的に理解できることが挙げられる。その結果として、将来的には土構造物の長期安定性の議論が可能になると考える。