HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	釧路コールマインから採取した岩石の力学物性値に対する間隙水の塩分濃度の影響
Author(s)	齋藤，しおり；大島，徹平；藤井，義明 他
Description	平成30年度資源・素材学会北海道支部総会および春季講演会、2018年6月16日、北見工業大学、北見市
Citation	資源・素材学会北海道支部春季講演会要旨集，2018，1-2
Issue Date	2018-06-16
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/70842
Type	conference paper
File Information	SaitoShiori_MMIJ-BH_20180616.pdf

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

釧路コールマインから採取した岩石の力学物性値に対する
間隙水の塩分濃度の影響

北大　齋藤しおり，DOWA　大島徹平，北大　藤井義明・五十嵐敏文
釧路コールマイン　内田景己・松本裕之

1. 研究背景、目的

海成堆積岩では一度乾燥させたのち蒸留水に浸漬した場合に崩壊して砂・泥状になるものがあることが知られている（中田ら、2004）。例えば、掘削後およそ 20 年経過した坑道壁から清水を掘削水として穿孔したとき、坑道壁面の一部が浸水崩壊により軟弱化した（図 1）。そのような岩石でも、塩水に浸漬した場合には、崩壊しないものがあることもまた知られている。したがって、海成堆積岩中の地下空洞の安定性について検討する場合は、岩石との接触水の塩分濃度を考慮する必要がある。

本研究の目的は、釧路コールマインから採取した岩石に塩分濃度が異なる溶液を浸漬し、その力学物性値に与える影響を明らかにすることである。

図1　ボーリング掘削水との接触部（中田ら、2004）

2. 岩石試料

本研究で以下に示すように、釧路コールマインの白亜系から採取した細粒砂岩、同鉱の岩脈から採取した岩石、支笏溶結凝灰岩の 3 種類の岩石を用いて実験を行った。支笏溶結凝灰岩は釧路コールマインの岩石と比較する目的で用いた。以下にそれらの岩石の特徴を示す。

(1)　釧路白亜系細粒砂岩

釧路コールマインの第 2 斜坑 1300~1600 m、掘削深度 192.2~264.5 m から採取した白亜系ワッケ質細粒砂岩は、石英と斜長石が極多量、カリ長石が多量、スメクタイトを中量含む。

(2)　釧路岩脈砂岩

釧路コールマインの岩脈から採取した岩石であり、E1（凝灰質砂岩）、E2（角礫凝灰岩）、W（凝灰質砂岩）の 3 種類を用いた。岩石 E2 の XRD ではハライト（岩塩）が多量に含まれていた。

(3)　支笏溶結凝灰岩

4 万年前に支笏湖を形成した火山活動の際に広範囲に堆積した火砕流堆積物が溶結したもので通称、札幌軟石と呼ばれる。2 次鉱物としては、泥岩片が熱変成を受け、イライト（絹雲母）が生成している。

3. 実験方法と実験結果

①　浸水崩壊挙動

塩分（NaCl）濃度が 0%、3%、7%、10%、飽和（26.4%）の 295 K の水溶液中に、気乾状態に調整した 3 種類の岩石を浸漬し、浸水崩壊挙動を観察した。釧路コールマイン岩脈の岩石（E2）は真水に浸漬すると 12 時間後から徐々に崩壊し始めて、塩分濃度 3%に浸漬した際は 24 時間後に亀裂が生じ崩壊したが、塩分濃度 7%、10%、飽和の際は 72 時間後まで崩壊することなく形状を保った。一方、釧路コールマイン白亜系細粒砂岩と支笏溶結凝灰岩は今回の実験時間内で崩壊しなかった。

岩脈の岩石に浸水崩壊が生じたため、岩脈から採取した他の 2 種類の岩石（E1、W）についても塩分濃度 0%、3%の水溶液中で、同様の方法で浸水崩壊挙動を観察した（図 2）。塩分濃度 0%の際は岩石 E1 が 20 時間後から 1 部分崩壊し始めたのに対し、岩石 W は 1 時間後から浸水崩壊し始め 70 時間後には原型を留めなかった。一方、塩分濃度 3%の溶液中では岩石 E1、W ともに形状変化は見られなかった。このように同じ岩脈から採取した岩石でも採取部位によって浸水崩壊するまでの時間は異なった。

②　圧裂引張試験、一軸圧縮試験

塩分濃度 0%、3%、7%、10%、飽和（26.4%）の溶液中で 1 週間または 2 週間、真空脱気装置により脱気した支笏溶結凝灰岩と釧路白亜系細粒砂岩を、室温 295K の実験室内で材料試験機によって圧裂引張、一軸圧縮したが、塩分濃度と強度に相関は見られなかった。岩脈の岩石に関しては、塩分濃度 0~3%の間で岩石が崩壊したため試験を実施できなかった。

③　針貫入試験

圧裂引張試験や一軸圧縮試験と同じ条件で、針貫入試験器（丸東製作所、SH-70）を用い、3 種類の岩石に対して針貫入試験を実施した。針貫入試験では、試料

に針を貫入する際の貫入力と貫入量の比（針貫入勾配）から、一軸圧縮強度を推定することができる。ここでは貫入力が 50 N もしくは 100 N に達した時の貫入量を記入することを、1 つの試料に対して貫入位置をずらしながら 5 回繰り返しその平均値を測定値とした。測定は 6 時間後まで 1 時間おきに、それ以降は 12 時間おきに 3 日間あるいは供試体が崩壊するまで行った。

全ての塩分濃度で各岩石の針貫入勾配は浸漬時間とともに低下した（図 3）。これは、時間とともに岩石の強度が低下したことを示す。次に、強度低下速度の指標として、針貫入勾配の時間変化率の絶対値である針貫入勾配減少率 GDR と塩分濃度との関係を示す（図 4）。全ての岩石において GDR は塩分濃度とともに低下した。また、釧路コールマイン岩脈岩石（E2）が崩壊しやすいことが針貫入勾配の大きな減少率として表れている。しかし、E2 の減少率は塩分濃度 7%以上で他の岩石と同じ程度まで低下し、崩壊しにくくなったことを示す。それ以降も減少率は低下しているが、低下量はわずかであった。

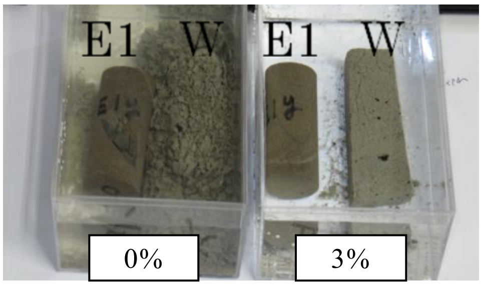

図2 釧路コールマイン岩脈岩石の浸水崩壊挙動

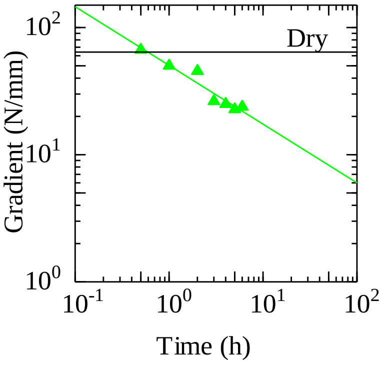

図3 釧路コールマイン岩脈岩石（E2、塩分濃度 0%）の針貫入勾配

4. 考察

浸水崩壊挙動と針貫入試験から全ての岩石において浸水により強度が低下し、塩分濃度が高くなると損傷が低減されることがわかる。これは塩水の場合、電気二重層厚が薄くなり、各粒子間の結合力が維持され、崩壊しにくくなったと考えられる。特に釧路コールマイン岩脈岩石が浸水崩壊しやすかった原因については以下のように

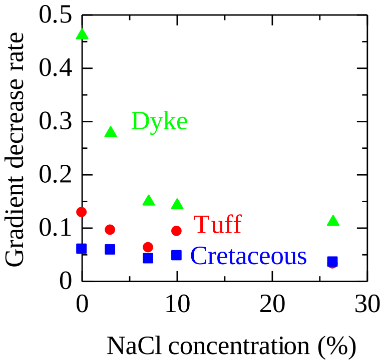

図4 針貫入勾配減少率に対する塩分濃度の影響

考察できる。まず岩脈は古第三紀の夾炭層より若く、白亜系と比較すると続成作用が進んでいないため、空隙が多く強度が低いと予想される。その空隙の中に塩分濃度の高い海水が入り込み地殻変動により岩石中に海水が閉じ込められ、間隙水の乾燥過程でハライトが生成したと考えられる。そのため、真水に浸漬すると、岩石中の塩分が溶解し間隙水の塩分濃度が低下することによって、電気二重層厚が増加し浸水崩壊しやすくなったと考えられる。また塩分濃度が高くなるにつれて岩石の間隙中の塩分濃度の低下が抑制されたため強度低下が小さくなったと考察できる。特に塩分濃度 7%以上では、針貫入勾配減少率はあまり変わらなかった。これは塩分濃度 7%程度でゼータ電位がほぼゼロになったことを踏まえると、電気二重層厚も十分薄く、粒子間の結合が保持されたと考えられる。

5. 結言

釧路コールマインから採取した岩石の力学物性値に対する塩分濃度の影響を明らかにするために、浸水崩壊挙動を観察し、圧裂引張試験・一軸圧縮試験・針貫入試験を行った。実験の結果、釧路岩脈岩石は他の岩石と比べ塩分濃度 3%までは浸水崩壊しやすく、7%を超えると他の岩石と同程度の強度があることがわかった（E2 の場合）。したがって、類似した性質を持つ岩盤の空洞を長期間健全に維持したい場合は、接触する水の塩分濃度をある程度以上に制御することが望ましく、反対に、空洞を早期に閉塞させたい場合には、塩分濃度が低い水と接触させればよいと考えらえる。

引用文献

中田英二・大山隆弘・馬原保典・市原義久・松本裕之 (2004)、地下海底堆積岩の浸水崩壊特性と水質が強度・透水特性に与える影響、応用地質、Vol. 45、No. 2、pp. 71-82