

低温下における凝灰岩の物理的性質

愛媛大学工学部	正会員	稲田 善紀
愛媛大学大学院	学生員	藤原 斉都
愛媛大学大学院	学生員	畑野俊一郎
(株)フジタ 技術研究所	正会員	門田 俊一
(株)フジタ 技術研究所	正会員	姚 義久

1. はじめに

今後、石油に代わるエネルギーとして、LNG、LPGや冷凍食品の需給量の増加が見込まれ、それらに応じた低温物質の貯蔵施設の増加が予想される。筆者らは、これまで、これらの貯蔵方法として地山岩盤内に設けた空洞内に貯蔵する方法を提案してきている。これまでの研究により、花崗岩および砂岩岩盤内空洞に貯蔵した場合、空洞周辺岩盤は熱応力の影響を受け亀裂を生じるので、亀裂からの液漏れおよび冷気漏れ対策が必要となることを報告してきた。そこで、本研究では、花崗岩や砂岩よりも空隙が多く、水分を多く含むため熱応力の軽減が期待できる凝灰岩岩盤内空洞に低温物質を貯蔵することを想定し、実用化の検討に必要な低温下における凝灰岩の物理的性質を実験によって求めた結果について述べる。

2. 低温下における凝灰岩の強度・変形特性

本実験に用いた試料は栃木県宇都宮市産（通称大谷石）である。試料の物性値を表1に示す。岩石の異方性については、常温での圧縮試験および弾性波伝播速度の測定結果から無視できることがわかった。そこで、本実験では堆積層に対して垂直に加圧する場合の低温下における圧縮試験および圧裂引張試験を行った。得られた結果を図1、2に示す。常温ではWetの方が強度が低い。これは、Wetに処理する際、真空ポンプにより強制的に水を浸入させる際に、マイクロクラックが助長されることと、空隙中の水が間隙水圧となり破壊を促進したものと考えられる。また、温度の低下とともにDryよりもWetの方が強度上昇の割合が大きい。これは、凝灰岩は空隙率が大きくもともと強度が低いため、氷の膠結物質としての役割が大きく関与していることが推察される。また、圧縮試験で得られた応力-ひずみ曲線により破壊応力の30%付近の接線弾性係数およびポアソン比を求めた結果を図3、4に示す。接線弾性係数も温度の低下とともに上昇し、その割合は、Wetの方が大きい。これは、氷の接線弾性係数も上昇することによるものと考えられる。次に、ポアソン比は常温ではWetの方が大きい。これは、加圧する際に間隙水圧の作用により縦方向の

表1 凝灰岩の物性値

	Moisture content ratio (%)	Degree of saturation (%)	Porosity (%)	Bulk specific gravity (g/cm ³)	True specific gravity (g/cm ³)
Dry	1.39	5.76	37.09	1.560	2.445
Wet	24.01	99.62	37.09	1.908	

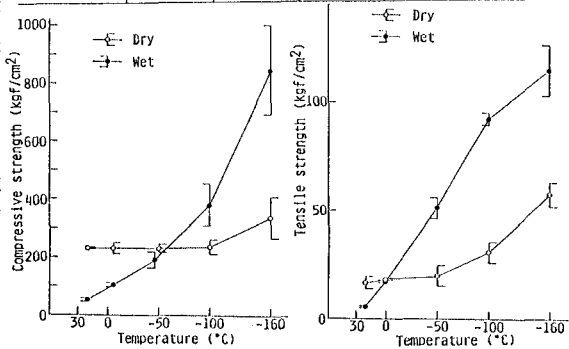


図1 圧縮強度

図2 引張強度

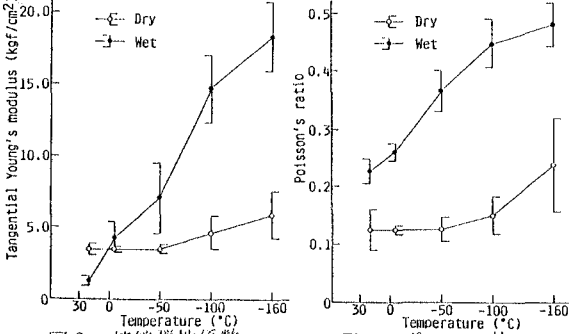


図3 接線弾性係数

図4 ポアソン比

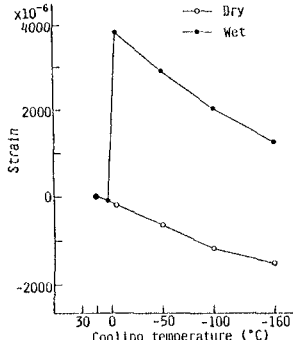


図5 ひずみ

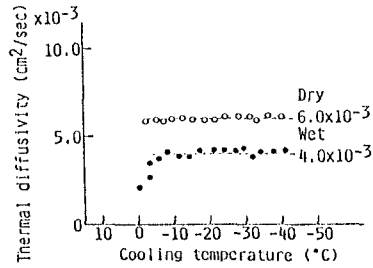


図6 熱拡散率

応力を横方向にも伝えやすくなることによるものと考えられる。また、温度の低下とともに値が上昇しているが、これは、供試体が収縮し硬化することにより組織が密になることによるものと考えられる。これらのことは、弾性波伝播速度の値が上昇していることから裏付けられる。

3. 低温下における凝灰岩の熱的性質

次に、石英ガラス棒を用いた比較法により、堆積層に対して平行な方向の温度の低下によるひずみの変化を測定した。供試体は $\phi 3\text{cm} \times 10\text{cm}$ に成形し、降温速度は $1^\circ\text{C}/\text{min}$ とし、所要温度に達した後も60分間の保温を行い、各温度におけるひずみの変化を測定した。結果を図5に示す。Dryでは温度の低下とともに収縮しているが、Wetでは -5°C で急激に膨張し、その後収縮していくが、その収縮の割合はDryよりも大きい。これは、凝灰岩の空隙が水分を多く含み、鉱物粒子間の結合力が弱いため、氷の影響が大きく関与しているものと考えられる。

次に、実験により、堆積層に対して平行に熱が伝わる場合の温度変化を求め、得られた温度-時間曲線を要素分割法に適用して熱拡散率を求めた¹⁾。結果を図6に示す。Dryの状態では $\kappa = 6.0 \times 10^{-3} \text{cm}^2/\text{sec}$ 程度、Wetの状態では氷結時を除いては $\kappa = 4.0 \times 10^{-3} \text{cm}^2/\text{sec}$ 程度の値で実用上ほぼ一定の値となることがわかった。また、Wetの 0°C 付近で値が小さいのは、水の拡散率が小さく、氷結前の氷の影響によるものと思われる。

4. おわりに

本研究で得られた結果は以下のとおりである。

- (1) 凝灰岩の低温下における強度および接線弾性係数は、常温においてはWetよりDryの方が大きい。また、温度の低下とともに値が上昇し、その割合はDryよりWetの方が大きいことがわかった。
- (2) 凝灰岩の低温下におけるポアソン比は、常温においてはDryよりWetの方が大きい。また、温度の低下とともにその値は上昇することがわかった。
- (3) 凝灰岩の低温下におけるひずみは、Dryでは温度の低下とともに収縮し、Wetでは 0°C 付近で急激な膨張を示し、その後は収縮することがわかった。
- (4) 凝灰岩の低温下における熱拡散率は、Dryの状態では $\kappa = 6.0 \times 10^{-3} \text{cm}^2/\text{sec}$ 程度、Wetの状態では氷結時を除いては $\kappa = 4.0 \times 10^{-3} \text{cm}^2/\text{sec}$ 程度の値で、実用上ほぼ一定の値をとることがわかった。

参考文献

- 1) 稲田善紀, 重信純; 液化天然ガスを地下岩盤内空洞に貯蔵した場合の空洞周辺の温度分布, 日本鉱業会誌, 99巻, 1141号, 179~185頁, 1983.