

III-203 高圧縮ベントナイトの熱伝導率

大成建設技術研究所 正会員○ 末岡 徹
 " 正会員 今村 聡
 横浜国立大学 小川 輝繁
 元横浜国立大学 村田 重美
 大成建設技術研究所 正会員 小林 淳志

1. はじめに

高レベル放射性廃棄物の地層処分において、廃棄物を封入するキャニスタは、オーバーパックや粘土等緩衝材で保護されることが計画されており、安全性に対するこれらの人工バリア材の多方面からの検討は、重要な問題である。今回はその中で高圧縮ベントナイトの熱的特性について基礎的検討を行ったのでその実験手法を含めて、報告する。

2. 高圧縮ベントナイトの熱伝導率測定

2.1 測定原理

高圧縮ベントナイトの熱伝導率の測定は、非定常法による細線加熱法を用いた。この方法は、中心の発熱体から径方向への非定常熱量を測定する方法で、ベントナイトは、核廃棄物を包んだ円筒形のキャニスタの回りに緩衝材として充填されるものであるから、実験に際して、細線加熱法は試料であるベントナイトを用いるであろう状況と似ていると考えることもできる。測定原理は以下のようになる¹⁾。

熱伝導率が λ で、一様温度 T_0 にある等方性均質無限媒体中に、半径 r_0 の無限に長い細い発熱線があり、この発熱線がある瞬間から単位長さ当り q の発熱を開始したとすると、発熱開始からの時間 t において、熱源中心から半径方向への距離 r の点の温度 T は次式で与えられる。

$$T(r, t) = \frac{q}{4\pi\lambda} \left\{ E_i \left(-\frac{r^2}{4\alpha t} \right) \right\} \dots\dots\dots (2-1)$$

ここに、 $\alpha (= \lambda / c\rho)$ は温度伝導率 (c :比熱, ρ :体積密度), E_i は指数積分関数である。ここで、細線の熱容量は無視されている。ここで $E_i(-r^2/4\alpha t)$ を展開すると

$$E_i(-r^2/4\alpha t) = -\ln n(r^2/4\alpha t) - 0.5772 + (r^2/4\alpha t) - (r^2/4\alpha t)^2/2.2 + \dots\dots (2-2)$$

(2-2)式で $r \rightarrow r_0$ とし、細線の表面とすれば、 $r^2/4\alpha t \ll 1$ のとき第3項以下は省略できるから、(2-1)式は

$$T(r, t) = \frac{q}{4\pi\lambda} \left\{ \ln \left(\frac{4\alpha t}{r^2} \right) - 0.5772 \right\} \dots\dots (2-3)$$

となる。これより、時間 t_1 と t_2 における細線の表面温度を $T(r_0, t_1)$, $T(r_0, t_2)$ として

$$\lambda = \frac{q}{4\pi} \left/ \left\{ \frac{T(r_0, t_2) - T(r_0, t_1)}{\ln t_2 - \ln t_1} \right\} \right. \dots\dots (2-4)$$

が得られる。すなわち、発熱線の表面温度の時間的変化を測定すれば、式(2-4)より熱伝導率が求まることになる。

2.2 実験装置

実験装置の主たる部分は、(1)雰囲気温度調整用恒温槽, (2)細線, (3)細線加熱用供給電源, (4)データ処理装置である。

図-2.1に加熱用細線の構造を示す。

2.3 実験試料

実験試料には、人工バリア材のベントナイトを圧縮成形したものを

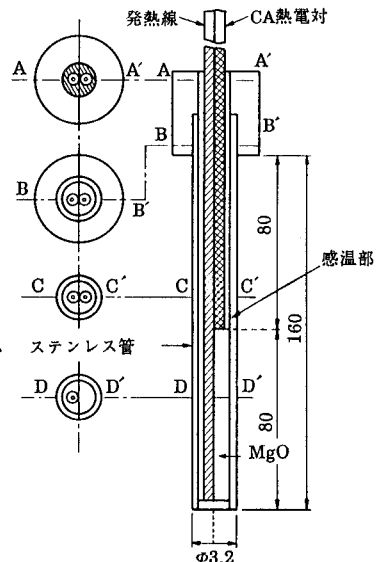


図-2.1 加熱用細線詳細図

用いた¹⁾。粉体を押しかためる成形圧力の違いによって、2000kg/cm²、1000kg/cm²、500kg/cm²、200kg/cm²、100kg/cm²の5種類に区別した。試験体は径60mm・高さ160mmの円筒状である。ただし、2000kg/cm²と500kg/cm²の試験体では、高さ130mmである。実験は地中温度も考慮して雰囲気温度40℃と50℃において行った。

3. 実験結果

雰囲気温度40℃において測定した結果を図-3.1に、雰囲気温度50℃において測定した結果を図-3.2に示す。また、雰囲気温度50℃の測定においては、雰囲気温度40℃の場合の測定に若干の改良を施した。すなわち試料が定常状態になるまでの時間を今までの時間より、長めにとることによって試料温度の均一化をはかった。このことによって、標準偏差を小さくすることができた。また、図-3.1より高圧縮ベントナイトの熱伝導率は、成形圧力2000kg/cm²、1000kg/cm²、500kg/cm²に関しては、平均0.14cal/cm・℃・minであり圧力により変わらないものと考えられる。熱の伝導は、試料の接触部と試料粒子間の空隙の空隙中に存在する空気との関係から決ってくるため、成形圧力の低下によって試験体中に空気などがより入り込むと、その結果として熱伝導率が低下するものと考えられるが、500kg/cm²以上の成形圧力で作成した試験体においては、まだ高圧縮の段階にあって空気が入り込む余地が少ないために、熱伝導率の低下をほとんど示さないものと考えられる。

次に、岩石等の物性値³⁾を表-3.1に示す。表-3.1より、本実験で測定したベントナイト試験体の熱伝導率値は、岩石の熱伝導率値より低い値になっており、石灰岩程度の熱伝導率を示している。

4. 考察

高圧縮ベントナイトの熱物性の検討を行ったが若干の考察を行うと以下のようになる。

- (1) 高圧縮ベントナイトの熱伝導率λは、今回、非定常法である細線加熱法によって行ったが、1000~2000kg/cm²の成形圧縮圧力で製造した供試体に対し、平均0.14cal/cm・℃・min、標準偏差0.01cal/cm・℃・minであった。これら熱物性値は岩石等のものと較べて比較的バラツキが少なく実験で得られた値として十分信頼できる値と考えられる。測定値そのものは、岩石で言えば、石灰岩とほぼ同程度の値である。
- (2) 本報における熱物性値は、これは、あくまで短期的な期間における物性値である。長期的には高圧縮ベントナイトが熱を受け、化学的変成をすることが考えられ、このような長期間の変成作用については、今回検討を行っていない。今後、高圧縮ベントナイトの使用が現実になった段階で、長期的安定性検討問題は避けて通れない問題である。

参考文献

- 1) 幾世稿広：高温・高圧下における岩石の熱物性値と地熱開発 (1)地熱エネルギー, PP. 37~51, 1988, Jan.
- 2) 末岡, 小林, 今村：高圧縮ベントナイトの土質工学的特性(高レベル放射性廃棄物地層処分の基礎的研究-その1)大成建設技術研究所報 第22号, PP. 85~92, 1989年11月
- 3) 日本機械学会, 伝熱工学資料 改定第4版, 日本機械学会, 1986.

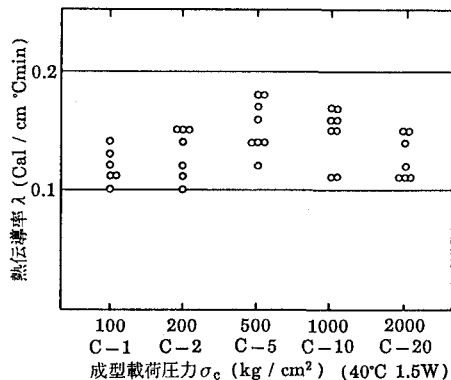


図-3.1 成形圧縮圧力 σ_c と熱伝導率 λ の関係

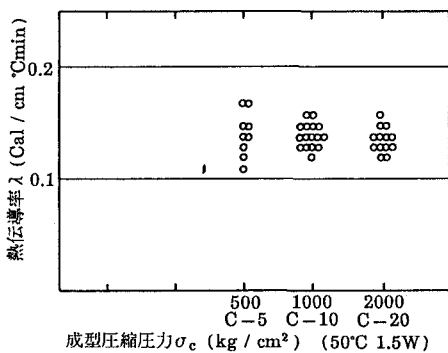


図-3.2 成形圧縮圧力 σ_c と熱伝導率 λ の関係

表-3.1 岩石等の熱伝導率³⁾

物質	温度 [K]	熱伝導率 [cal/cm ² ·°C·min]
玄武岩	400	0.26
花崗岩	400	0.62
石灰岩	293	0.13
大理石	293	0.40
粘土 (wet 28%)	293	0.17