

(採) 三菱金属中央研究所 (埼玉大学研究生) 正会員 ○ 佐々木康夫
 埼玉大学 工学部 ” 佐藤 邦明

はじめに

地熱やエネルギー備蓄などに係わつて、岩石・岩盤中の伝熱問題が注目されつつあるが、伝熱パラメーターの現位置での測定法は十分研究されていないのが現状である。現位置における測定法には簡便さと共に必要な精度が要求される。測定の実理や理論が複雑では、透水性を知るためのルジオン試験のように現場測定法として技術的に定着しない。本論では、この点をふまえ、伝熱パラメーターの簡便測定法を開発するための、二・三の室内実験を試みたので報告する。

1. 実験装置・実験方法

本伝熱実験で用いた岩石試料は白河・江崎・大谷凝灰岩、新小松山岩の4種類であり、それぞれ、乾燥、飽和状態および浸透流のある場合の12例について行った。図-1に実験装置の概略を示した。図中①～④までは乾燥、飽和状態の場合、①～③は浸透流のある場合の実験に用いられる。図-1に従つて装置各部の機能、実験方法について述べる。まず、①は0～100Vの可変抵抗器、②は電流計、③は電圧計、④

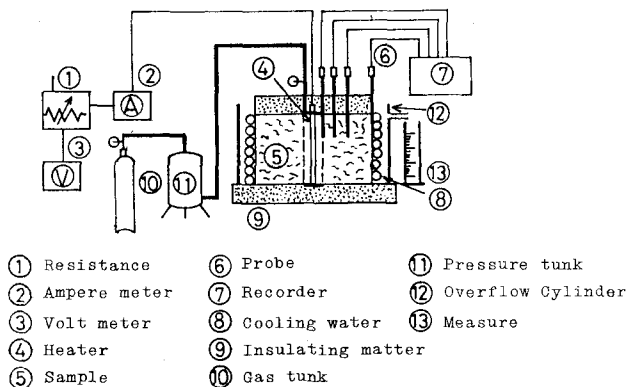


図-1 実験装置の概略

は径5mm、発熱部長180mmの棒状ヒーター、⑤

は径28cm、高さ18cmの内筒試料で、径30mmの中

心孔と中心から5.5cm、7.5cmの位置に径0.4cmの温度測定用プローブ針挿入孔が設けてある。⑥は径0.2mm、長さ25cmのサーミスタープローブ針、⑦はタカラ工業製の自動温度記録計、⑧は試料外周温度を一定に保つための循環冷却水、⑨は発熱スチロールの断熱材、⑩は作用水压を一定に保つ高圧ガスボンベ、⑪は蒸留水の入っている圧カタンク、⑫は浸透流量計量と試料外周を一定水位に保つための越流円筒、⑬は浸透流量計用メスリッパである。これらの装置を用い、上下面が断熱されている試料の中心孔から加熱し、放射状に伝熱させ、中心孔壁、中心からの距離(r)が0.025m、0.075m、外壁の各点の温度が一定になった時の値から伝熱パラメーターを求める。

実験は所定の形状に作成した試料を断熱材にのせ、越流円筒をかぶせ(浸透流のある場合のため)断熱材と越流円筒パルプを接着する。次に、サーミスタープローブ針と棒状ヒーターをそれぞれの箇所に固定し、各測点の温度がほぼ同一になるのを待って、適当な電圧をヒーターに作用させ開始する。この時の電流、電圧を正確に読みとり放熱量を求める。実験は定常状態になるまで継続し、経時的温度変化を自動温度記録計により記録する。浸透流のある場合は、中心孔から、一定圧力で送り込まれた加圧水を作用させ流量がほぼ一定になり、かつ各点の温度がほぼ同一になったら、乾燥、飽和状態の場合と同じ手順で実験を行う。

2. 実験結果

上述した実験手順に従つて、4種類の岩石について実験を行いそれらの結果を用い熱伝導率を求めた。さらに、

別の方法で求めた比熱と試料密度から温度伝導率を決定した。これらの結果は表-1にまとめて示してある。

本実験のような放射方向定常状態の場合、試料内の温度分布と伝熱量は次の式で示される¹⁾。

$$T = T_1 - \frac{\log_e(r/r_1)}{\log_e(l_2/r_1)} (T_1 - T_2) \quad \text{--- (1)}$$

$$Q = 2\pi\lambda \frac{(T_1 - T_2)}{\log_e(l_2/r_1)} \quad \text{--- (2)}$$

ここに、 T ：任意の位置の温度、 T_1 ：中心孔壁の温度、 T_2 ：試料外壁の温度、 r ：中心から任意の位置までの距離、 r_1 ：中心孔半径、 l_2 ：試料半径、 λ ：熱伝導率、 Q ：単位高さ当りの伝熱量である。

図-2には実験結果の一例で白河凝灰岩の場合である。図中、上図は t となる温度の変化状態を、下図は $t = 0.035m, 0.14m$ の実測値と理論曲線をそれぞれ示してある。他の3種類も同様であるが、10時間前後で定常状態になり、浸透流のある場合、飽和状態、乾燥の順にその時間が短くなっている。また、試料中の温度勾配は乾燥、飽和状態、浸透流のある場合の順に小さくなり、この順で熱伝導率が大きくなっていくことを示している。

実験の主目的である、中心孔のみでの温度計測による場合を考えると、図-2の下図が示すように中心孔壁と試料外壁の温度（試験前の地山温度と考えられる）を与えた場合、試料中の任意の位置の温度は理論値と実測値がほぼ一致している。これは現位置においても単孔のみでその孔壁の試験前の温度と定常状態における温度を求めることにより試験孔周囲岩盤の熱伝導率が求め得ることを示している。

表-1の値を見ると熱伝導率は程度の差は見られ、いずれの試料においても、乾燥、飽和状態、浸透流のある場合の順に大きくなっており、温度伝導率も大谷凝灰岩を除いてこの順序になっている。今回求めた温度伝導率と同じ岩石について別の方法で得た値²⁾と比較すると、空隙率の小さい今回の試料の才が大きい岩種もあるが、他はほぼ一致している。

参考文献 1) 川下研介：熱伝導論、生産技術センター、pp.281~282
2) 佐藤、佐々木：岩盤熱水浸透流における温度伝導率の実験的研究、土木学会第22回水理講演会論文集、1982、2、pp.255~258

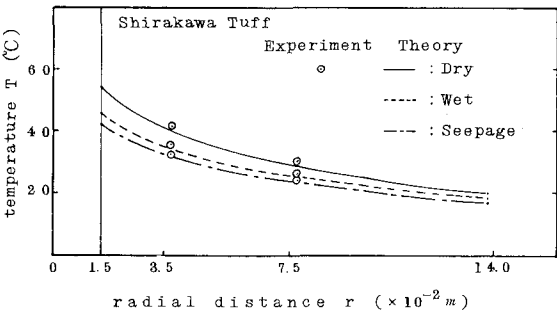
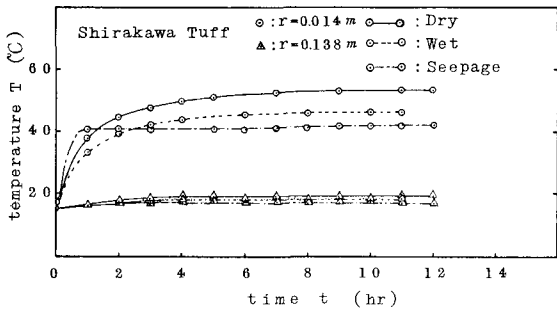


図-2 実験結果の一例（白河凝灰岩）

表-1 岩石の物性および実測結果

試料 岩石名	試験条件	密度	空隙率	比熱	透水係数	熱伝導率	熱拡散係数 (m ² /hr)	
		(g/cm ³) ×10 ³	(%)	(Kcal/Kg°C)	(m/s)	(Kcal/m·hr)	本実験結果	文献2)による
白河凝灰岩	乾燥	2.11	19.7	0.194		1.192	2.91 ×10 ⁻⁸	2.50 ×10 ⁻⁸
	湿潤	2.31	19.7	0.220		1.498	2.95	2.90
	移流	2.31	19.7	0.220	1.15×10 ⁻⁸	1.700	3.35	2.05
江持凝灰岩	乾燥	2.20	14.6	0.195		1.354	3.16	1.48
	湿潤	2.34	14.6	0.212		1.627	3.28	2.00
	移流	2.34	14.6	0.212	8.12×10 ⁻¹⁰	1.628	3.28	2.00
大谷凝灰岩	乾燥	1.34	42.7	0.299		0.688	1.72	1.20
	湿潤	1.77	42.7	0.372		0.869	1.32	2.00
	移流	1.77	42.7	0.372	4.17×10 ⁻¹¹	1.072	1.63	—
新小松安山岩	乾燥	2.37	9.60	0.186		1.205	2.78	2.10
	湿潤	2.46	9.60	0.206		1.408	2.78	2.60
	移流	2.46	9.60	0.206	1.98×10 ⁻⁹	1.418	2.80	2.85