

# スラリーの管内熱伝達の研究

Heat Transfer of Inside Tube Flow of Slurry

橘 藤 雄・森 下 輝 夫

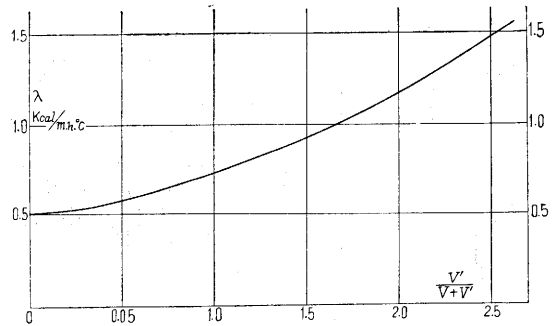
**ま え が き** スラリーすなわち液体中に固体粒子を比較的高濃度に分散浮遊させた泥漿物質を取扱った伝熱の研究は、比較的最近に開発され特に公開された研究結果は非常に僅かである。スラリーの伝熱の研究は近時原子炉の開発が進むにつれ、従来の一般化学工業の外に原子力の分野にもその必要が認められるにいたった。

スラリーの伝熱の研究は、このように実験的にもまだ十分なデータさえ集積されておらぬような現状であって当研究室でも現在までは主として円管内の乱流熱伝達についての実験を行なっているので、以下これについて述べることにする。

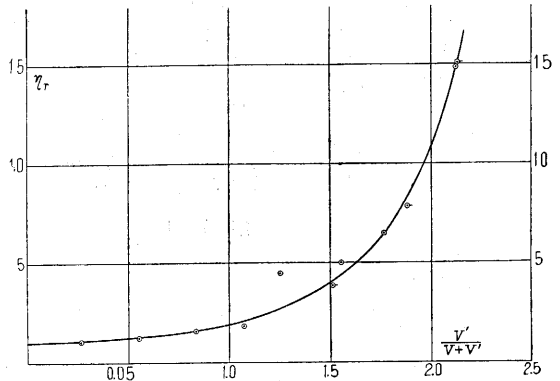
使用したスラリーには蒸溜水とアルミナ (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) 微粒子の混合物を使用した。アルミナを使用したのは、水に対する安定性と入手が容易なためである。またアルミナ粒子はポットミルを使用して平均粒径を 30~40 μ に調整した。使用したアルミナの比重は 3.67 である。

**実験装置および実験方法** 実験装置の概略を第 1 図に示す。主要部分は内径 10.3mm の銅円管で入口にベルマウスをつけた長さ 1,600mm の加熱部分からなる。加熱には大気圧の飽和蒸気を使用する。

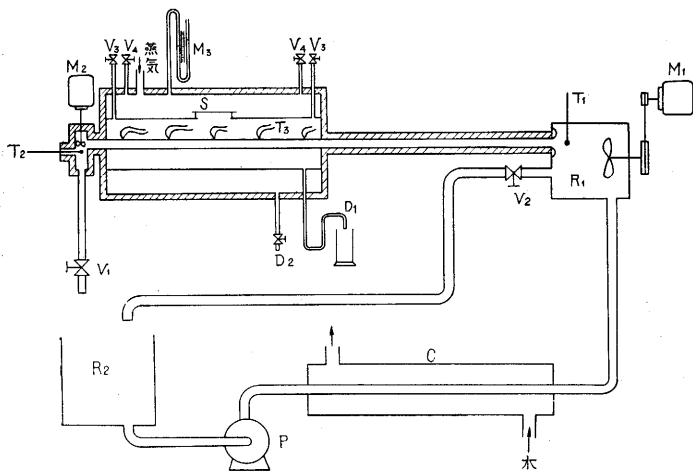
あらかじめ所定の濃度に調整したスラリーを装置に注入し、加熱開始に先立って数十分間循環させたのち、所



第 2 図



第 3 図



C: 冷却器 D<sub>1</sub>: 加熱用蒸気のドレーン抜 D<sub>2</sub>: 保温用蒸気のドレーン抜 M<sub>1</sub>: 上部タンク内の攪拌駆動モータ M<sub>2</sub>: 測温セル内の攪拌器駆動用モータ M<sub>3</sub>: 蒸気圧力計 P: ポンプ R<sub>1</sub>: 上部タンク R<sub>2</sub>: 下部タンク S: 二重スチームジャケット T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub>: 温度計 T<sub>3</sub>: (加熱管壁温度測定用) 熱電対 V<sub>1</sub>, V<sub>2</sub>: 流量調整用バルブ V<sub>3</sub>, V<sub>4</sub>: 空気抜き

第 1 図

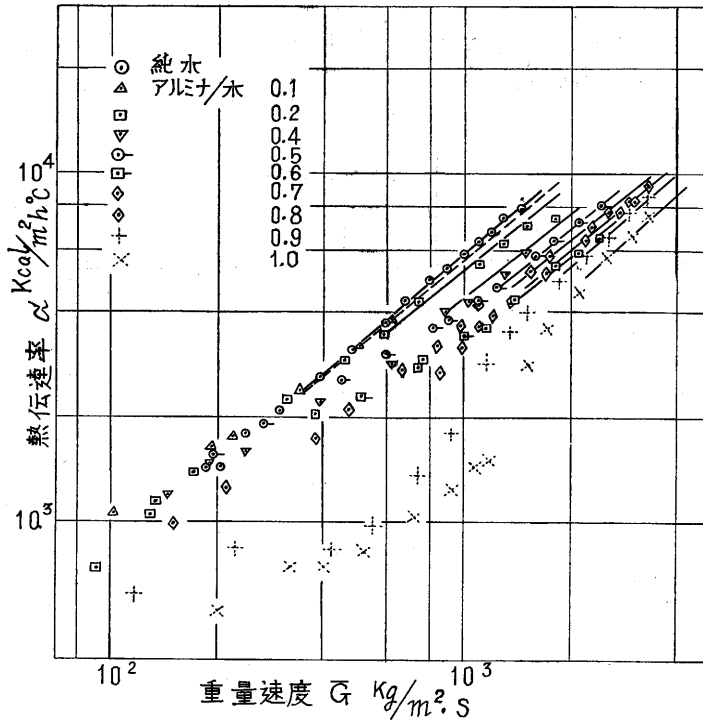
定の流量にバルブをセットし加熱を開始する。スラリーの入口、出口温度が静定した後、出入口スラリー温度、管壁温度、流量、蒸気圧、凝結水量の測定を行なうとともに、測定部を通ってきたスラリーを蒸発皿に採集して濃度を測定する。

**スラリーの物性値** スラリーの比熱 C<sub>p</sub> はアルミナと水の単独の比熱を、それぞれ 0.19 および 1 kcal/kg °C としてこれを次式により求めた。

$$C_p = 0.19 \frac{W'}{W+W'} + 1 \frac{W'}{W+W'}$$

ここで W' はスラリーの単位体積中のアルミナの重量、W は同じく水の重量である、この C<sub>p</sub> を用いてスラリーの流量と温度上昇から求めた伝熱量は、加熱蒸気の凝結水より求めたそれとよく一致することを確かめた。

分散質の沈澱を全くなくして熱伝導率を求めることは、低濃度のスラリーではほとんど



第 4 図

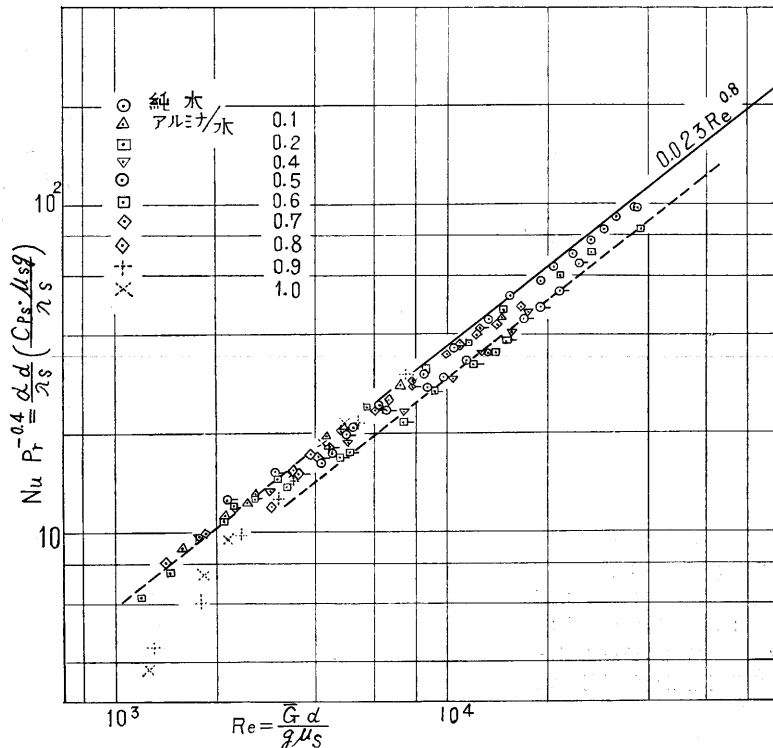
不可能と思われるが、当研究室の液体熱伝導率測定装置を用いて、一般の液体の場合と同じような方法で測定した。熱伝導率  $\lambda$  と容積分率の関係を示す。

スラリーの粘性係数は従来 Non-Newtonian 流体のそれとして多くの研究が行なわれているが、これについて低濃度から高濃度まで十分信頼できるような理論式あるいは実験式はまだ明らかでないようなので、都立大岩浪教授考案による毛细管式のスラリー粘度計を使用し、実験に使用したスラリーの粘性係数を求めた。スラリーの粘性係数についてはいろいろ問題があるが、われわれはひとまず見掛けの粘性係数を求めることにした。第 3 図に純水との相対粘性係数  $\eta_r$  と容積分率の関係を示す。

**実験結果** アルミナと純水の重量比を 0.1 から 1 まで変えた場合の熱伝達率  $\alpha$  と重量速度  $\bar{G}$  との関係を示す。これによると同一重量速度では純水がもっとも熱伝達率が高く、アルミナの濃度が増すについて減少することがわかる。

次にスラリーの物性値を用いて従来一相系流体について行なわれている方法で整理することを試みた。物性値はすべてスラリーの平均温度のを用いた。第 5 図に  $Nu Pr^{-0.4}$  と  $Re$  の関係を示す。図中実線は  $0.023 Re^{0.8}$  で破線は 20% 低いところを示す。これによると、2、3 の濃度を除いて前節で述べた物性値を用いるときは、スラリーの管内乱流熱伝達の関係は濃度に無関係に従来一相系の液体について与えられている Dittus-Boelter の実験式によく合うことがみとめられよう。

濃度の低いものと高いものの中に一致のわるいデータがあるのは伝熱の実験値に誤差があったものかと思われるが、さらに確める必要があり、またこのような整理法の成功する物理的な意味についても考察する必要があると考えている。



第 5 図

(1959. 1. 9)