

代替フロンの熱物性に関する研究

Thermophysical properties of CFC alternatives

代表研究者 慶応義塾大学理工学部機械工学科専任講師 長坂 雄次
Assist. Prof., Dept. of Mechanical Engineering, Keio Univ.
Yuji NAGASAKA

Absolute and precise measurements have been performed on the thermal conductivity of HCFC-123 and HFC-134a (CFC alternatives) in the liquid phase with the aid of a newly developed transient hot-wire apparatus designed for low-temperature ranges. Up to the present, few experimental data about their thermal conductivity have been reported, particularly in the temperature range below 250 K. The measurements have been performed on both substances in the temperature range from 193 K to 353 K, and in the pressure range from 1 MPa to 30 MPa. The accuracy of the measurements is estimated to be $\pm 0.5\%$. It is found that the thermal conductivity of HCFC-123 is 12% to 15% smaller than that of CFC-11; on the other hand, in the case of HFC-134a, the thermal conductivity is about 5% to 25% larger than that of CFC-12.

研究目的

現在、オゾン層破壊や温室効果の問題などから、冷凍機やヒートポンプ用の作動流体であるフロン（フロン 11: CCl_3F , フロン 12: CCl_2F_2 ）の使用が国際的合意のもとに規制されようとしている。これらに代わるフロンとして、HCFC-123: CHCl_2CF_3 や HFC-134a: $\text{CF}_3\text{CH}_2\text{F}$ が候補物質となっているが、代替フロンを作動流体として用いた冷凍機などの機器を新たに設計する場合には熱伝導率や粘性率などの熱物性情報が不可欠である。したがって、代替フロンの熱物性研究が緊急に必要なとされているが、これまでのところ十分でないのが現状である。そこで、本研究の目的は、代替フロン候補物質の、冷媒としての伝熱特性評価に重要な熱物性値である、熱伝導率を広い温度・圧力範囲で高精度測定し、伝熱実験に先駆けて代替フロンの基礎物性情報を得ることである。

研究経過

熱伝導率測定方法（非定常細線法）の基本的な原理、誤差要因などは十分に検討してきており、また設備の基本部分は現有していた。したがって、低温の代替フロンへ適用する点がポイントと

なり、以下のような手順で研究を遂行した。

① 代替フロン用に、測定セル、測定回路および恒温槽を低温（約 -80°C ）まで使用できるように改良した。

② 上記測定装置を用いて、まず装置の健全性を確認するために、液体の熱伝導率標準物質であるトルエンを低温域で測定し、精度 $\pm 0.5\%$ で測定できることを検証した。

③ フロン 11 の代替候補物質であるフロン 123 (CHCl_2CF_3) の液相の熱伝導率を約 $^\circ\text{C}$ 193 K ~ 353 K の温度範囲、圧力 30 MPa の範囲で測定した。測定精度は $\pm 0.5\%$ である。

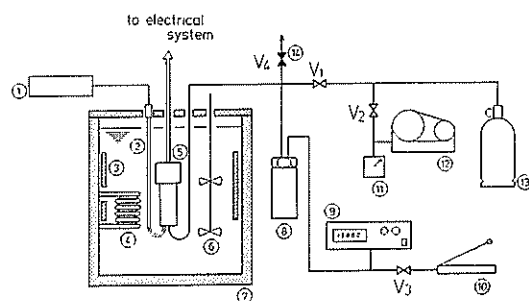


図 1. 測定装置。

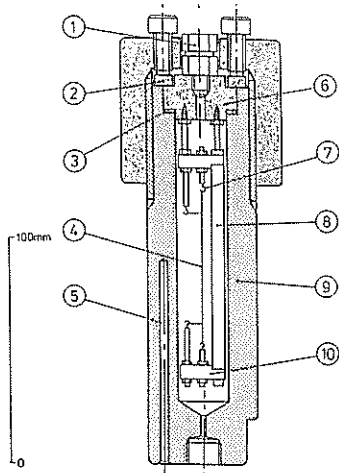


図 2. 測定セル.

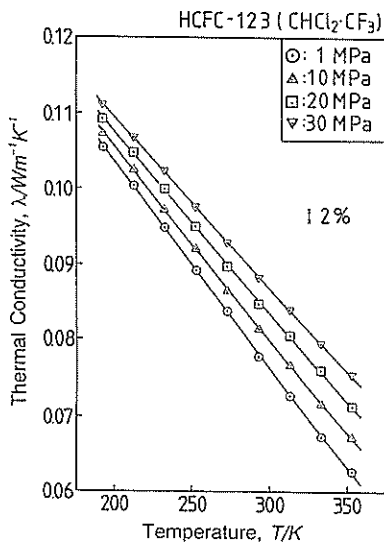


図 3. HCFC-123 の測定結果 (温度依存性).

④ 同様に、フロン 12 の代替候補物質であるフロン 134a ($\text{CF}_3\text{CH}_2\text{F}$) の液相の熱伝導率を温度 193~353 K, 圧力 30 MPa の範囲で測定した。

研究成果

低温用に設計、製作した装置の全体を図 1 に示した。図 2 は低温用測定セルの断面図である。測定セルの設計で特に注意を払った点は、(1) 低温でのセル内試料液体の初期対流を抑えるために、

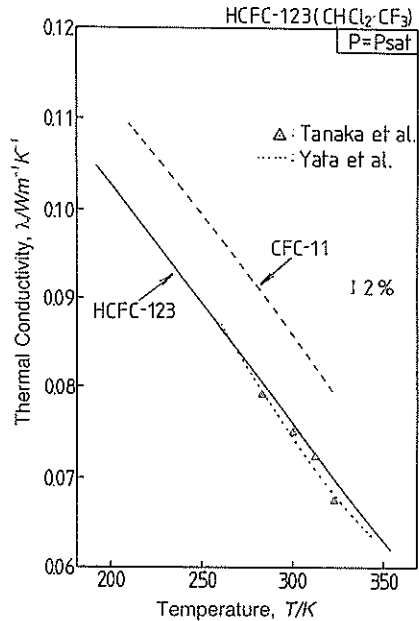


図 4. HCFC-123 と CFC-11 の熱伝導率の比較.

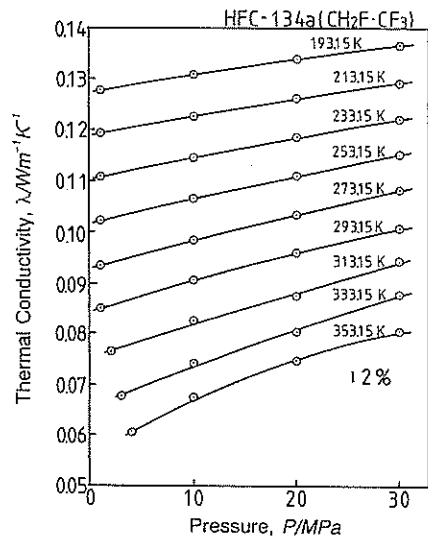


図 5. HFC-134a の測定結果 (圧力依存性).

試料体積を極力小さくしたこと (約 20 cm^3), (2) 低温域での熱伝導率測定精度の低下をなくすため、白金細線として直径 10 μm のものを 4 端子方式でスポット溶接したこと, (3) セルのフレーム材料として白金と熱膨張率の近いチタンを使用し、熱膨張差による細線の破断や緩みを除去した

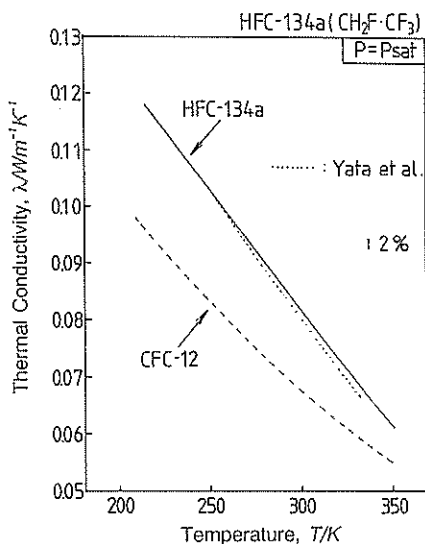


図6. HFC-134aとCFC-12の熱伝導率の比較.

こと、などである。

規制対象のフロンCFC-11の代替候補物質であるHCFC-123の熱伝導率を、温度範囲190 K～350 K、圧力範囲1 MPa～30 MPaで測定した。結果を図3に温度の関数で表示した。なお測定精度は±0.5%である。今回の測定結果は、この温度・圧力範囲では初めてのものであるが、高い温度域の他の研究者のデータおよびCFC-11と比較を行ったのが図4である。

同様にしてフロン-12の代替候補物質であるHFC-134aの熱伝導率を測定し、図5のような結果を得た。図6は他の研究者のデータおよびCFC-12との比較である。得られた熱伝導率の実測データを、実用上使いやすいように、温度と圧

力の関数で表示した。今回の測定により、HFC-134aの液相での熱伝導率は、CFC-12よりも15%～20%大きいことが明らかになり、今後冷凍機やヒートポンプの熱交換器等の熱設計に有用なデータを供給できたと考えられる。

今後の課題と発展

今後は、さらに測定装置の一部を改良して、気相（飽和蒸気圧）の測定を可能にし、各種代替フロンガスの熱伝導率を測定し、本研究の液相の結果と合わせ、実際に使用される温度・圧力のすべての範囲でのデータを供給する。

発表論文

- 1) 小林裕二, 上野善弘, 長坂雄次, 長島 昭: “代替フロンHFC134aの熱伝導率測定”, 第27回日本伝熱シンポジウム講演論文集, pp. 412～414 (1990).
- 2) 上野善弘, 関川光昭, 長坂雄次, 長島 昭: “HCFC-123およびHFC-134aの熱伝導率(液相における測定)”, 第11回日本熱物性シンポジウム講演論文集, pp. 123～126 (1990).
- 3) Y. Kobayashi, Y. Ueno, Y. Nagasaka and A. Nagashima: “The thermal conductivity of CFC alternatives HCFC-123 and HFC-134a in the liquid phase”, 12th European Conference on Thermophysical Properties (Vienna, 1990) to be published in *High Temp. -High Press.*
- 4) 上野善弘, 小林裕二, 長坂雄次, 長島 昭: “非定常細線法による代替フロン類の熱伝導率測定(HCFC-123およびHFC-134aの液相域における測定)”, 日本機械学会論文集, 57B-541 pp. 3169～3175 (1991).
- 5) 上野善弘, 長坂雄次, 長島 昭: “HCFC-123およびHFC-134aの熱伝導率(気相域における測定)”, 第12回日本熱物性シンポジウム講演論文集 pp. 225～228 (1991).