

極微小伝熱面における超高熱流束下 の沸騰現象に関する研究

(課題番号 02452126)

平成2・3年度科学研究費補助金(一般研究B)

研究成果報告書

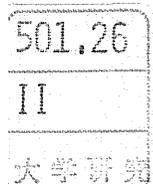
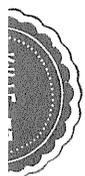
平成4年3月

研究代表者 飯田嘉宏

(横浜国立大学工学部教授)

3478352

横浜国立大学



『極微小伝熱面における超高熱流束下の

沸騰現象に関する研究』

は し が き

研究組織

研究代表者：飯田 嘉宏 (横浜国立大学工学部教授)

研究分担者：奥山 邦人 (横浜国立大学工学部講師)

研究分担者：高島 武雄 (横浜国立大学工学部助手)

研究経費

平成2年度 4800千円

平成3年度 1000千円

計 5800千円

研究発表

3478352

横浜国立大学

(1) 学会誌等

(Iida, Y. • Okuyama, K. • Sakurai, K., Peculiar Bubble

Generation on a Film Heater Submerged in Ethyl

Alcohol and Exposed to a High Heating Rate over 10^7

K/S, Int. JI. Heat Mass Transfer, submitted)

(2) 口頭発表

(飯田嘉宏・奥山邦人・桜井菊一, ゆらぎ核生成による平面伝熱面上の発泡挙動, 日本機械学会No.900-71 熱工学部門講演会, B 143, 1990年11月)

(飯田嘉宏・奥山邦人・深沢太郎・桜井菊一, 超高パルス加熱時の沸騰現象に関する研究-有機液体における発泡挙動-, 第28回日本伝熱シンポジウム講演論文集, B 311, 1991年5月)

たとえば大気圧下の水は、一般には 100°C またはそれよりわずかに過熱されて沸騰すると考えられている。しかし実際にはこれらの場合は、液中または伝熱面上に蒸気泡発生核になる気体がある場合であって、核のない理想的な場合には大きな過熱度を必要とし、これを過熱限界と言う¹⁾。過熱限界は学問的に興味があるだけでなく、突沸や蒸気爆発現象などに関連して多くの研究が行われている²⁾。その実験手法としては、清浄な液体を準静的に加熱していく方法と、伝熱面を極めて高速に加熱する方

法があるが、最近は後者が有力である。しかし、通常の大
きさの伝熱面を使用すると過大な電力が必要であったり、
観察が困難など多くの問題がある。

そこで本研究では、極めて微小な伝熱面を使用するこ
とによって、小電力で従来の加熱速度より桁違いに大き
な加熱速度を実現させた。本方法による方法は、実験の
再現性、高い精度などで優れている。また本研究では伝
熱面として平面伝熱面を用いて、沸騰様相の観察を容易
にした。

液中に浸された平面伝熱面から超高熱流束をステップ
状に液体に与えると、始めは熱伝導で熱が液体に伝わる
が、液体によって数 μ 秒から数十 μ 秒でその液体の過熱限
界に達し、既存の発泡核を基とする通常の沸騰とは全く
相違する沸騰が起ることが示された。そして他の実験事
実や考察から、この沸騰は「ゆらぎによる核生成」である、
と推論された。

実験装置と方法

図 1 に、使用した伝熱面試験片の概略図を示す。試験片はスパッタリングにより、石英ガラス上にクロムを厚さ $0.05\mu\text{m}$ 、その上に白金を厚さ $0.2\mu\text{m}$ 積層した薄膜であり、巾 0.10mm 、電圧タップ間距離 0.25mm である。

図 2 は、実験装置の系統図である。試験片は液体中でパルス状に直流通電加熱される。タップ間電位差およびカレントプローブによる加熱電流信号はオシロスコープに読み込まれ、タップ間の抵抗変化から伝熱面平均温度の時間変化が算出される。沸騰様相は発光時刻を制御された 10ns の発光時間幅を持つストロボ光により、顕微鏡を介して 35mm カメラで写真撮影される。

供試液体としては、水、エタノール、トルエンを使用した。

実験結果と考察

図 3 は、パルス加熱時における単位面積当りの発熱量

と伝熱面温度の測定結果を、トルエンの場合について示した4例である。図中の矢印は沸騰開始点を示す。伝熱面の昇温速度は発熱量に対応して変化する。点線は熱伝導シミュレーションの結果で、実験値よりやや高い温度を示しているが、この差は1次元の仮定によると考えられる。

各条件下での発泡開始時近くでの沸騰様相変化のあらましは次のようである。発熱量が小さい場合は、伝熱面上に生じた1個の蒸気泡が成長し、他の蒸気泡が成長しない内に伝熱面を覆ってしまう。中位の発熱量では、数個の蒸気泡が成長する。一方、大きな発熱量では伝熱面上にほぼ同時に多数で大きさもほぼ同じ蒸気泡が発生し、成長する。図4には、このような場合の蒸気泡発生直後の様相を示した。このように発泡点の密度が大きく、また均一径で一様発生に近い発泡状況は通常の沸騰には見られないので、著者らはこれを「キャビア状発泡」と名付けた。

さらに図5は、水、エタノール、トルエン各場合の発泡

点密度を、昇温速度に対して示したものである。昇温速度が大きくなると、いずれの液体の場合も、 10^{10} n / m^2 の大きな発泡点密度を呈する。

また図 6 は、気泡発生時の温度を昇温速度に対して示した一例で、エタノールに関するものである。気泡発生時温度は昇温速度と共に大きくなり、やがて均質核生成温度も理論値にほぼ一致するようになっていく。トルエンの場合も同様であった。しかし、水の場合はやや低い温度であった。

あ と が き

本研究では、極微小な平面伝熱面を用いて液体に超高熱流束を与えることによって急速に加熱し、その時に起る沸騰現象を実験的に、また理論的シミュレーションによって探求した。その結果の主なることは、

- (1) 昇温速度を上げていくと、小さな多数の気泡が同時に発生する特異な発泡挙動を示した。

(2)上記の特異な発泡挙動を呈する場合の伝熱面温度は、有機液体については均質核生成温度の理論値にほぼ一致した。

(3)さらに核生成理論に基づくシュミレーション結果と比較した結果、上記の特異な発泡現象は、ゆらぎによる核生成に起因する現象と推論された。

[文 献]

- 1) Skripov, V. P., Metable Liquids, John Wiley, New York, (1974) .
- 2) Cole, R., Advances in Heat Transfer, Vol.1, pp.1, (1964)

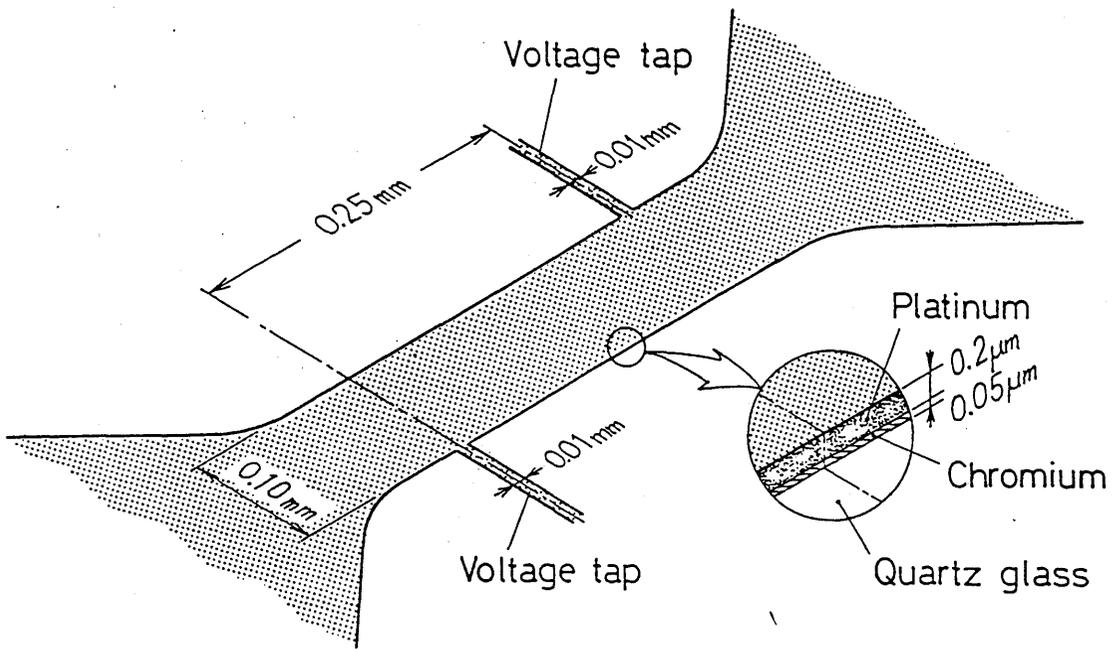


図 1. 伝熱面試験片の略図

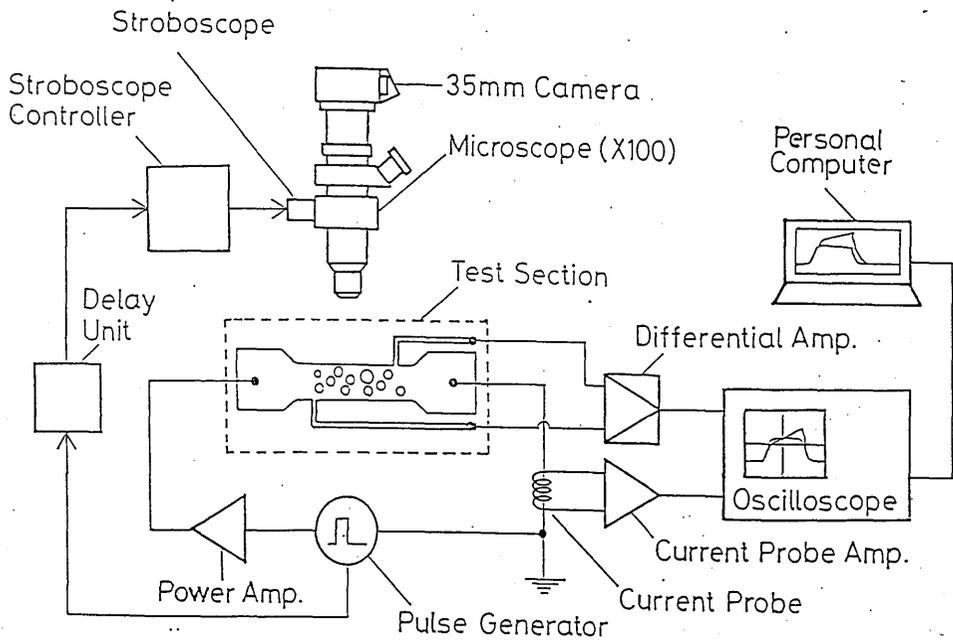


図 2. 実験装置の系統図

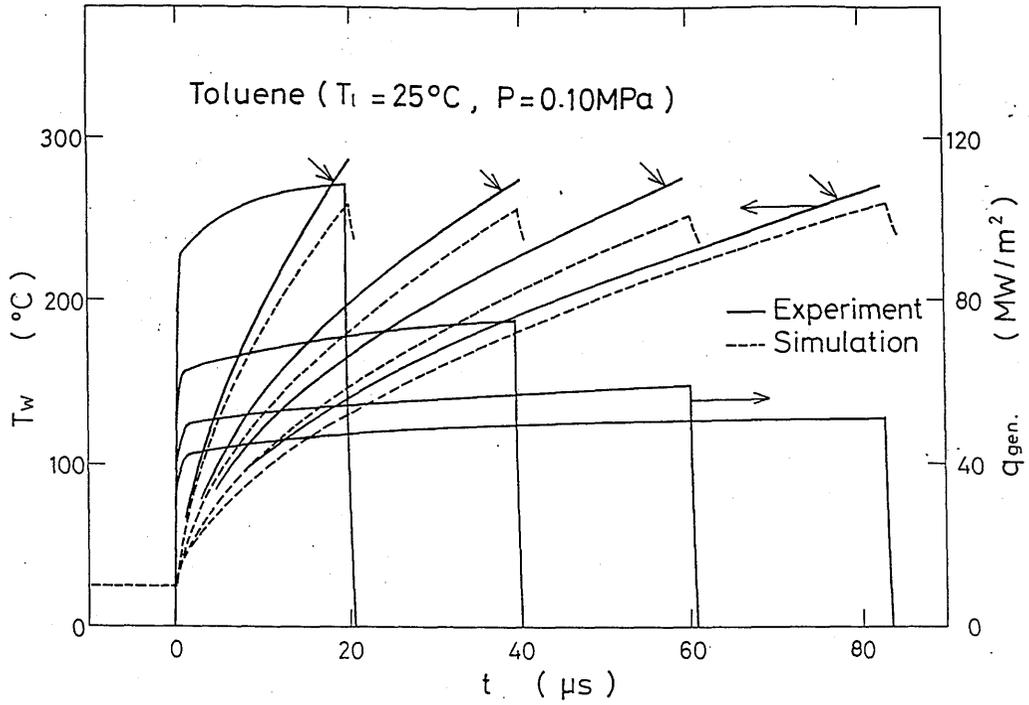


図 3. 伝熱面温度と発熱量の変化の例

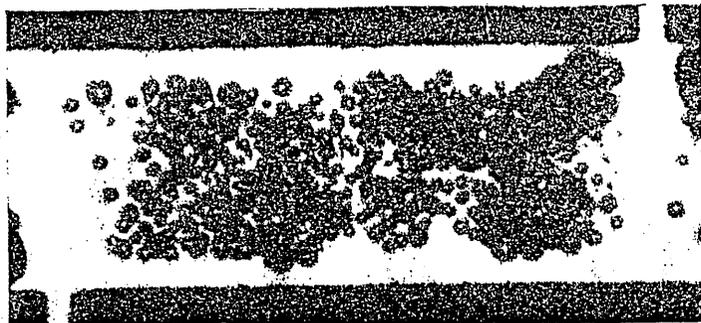


図 4. 高熱流束時の蒸気泡発生直後の様相

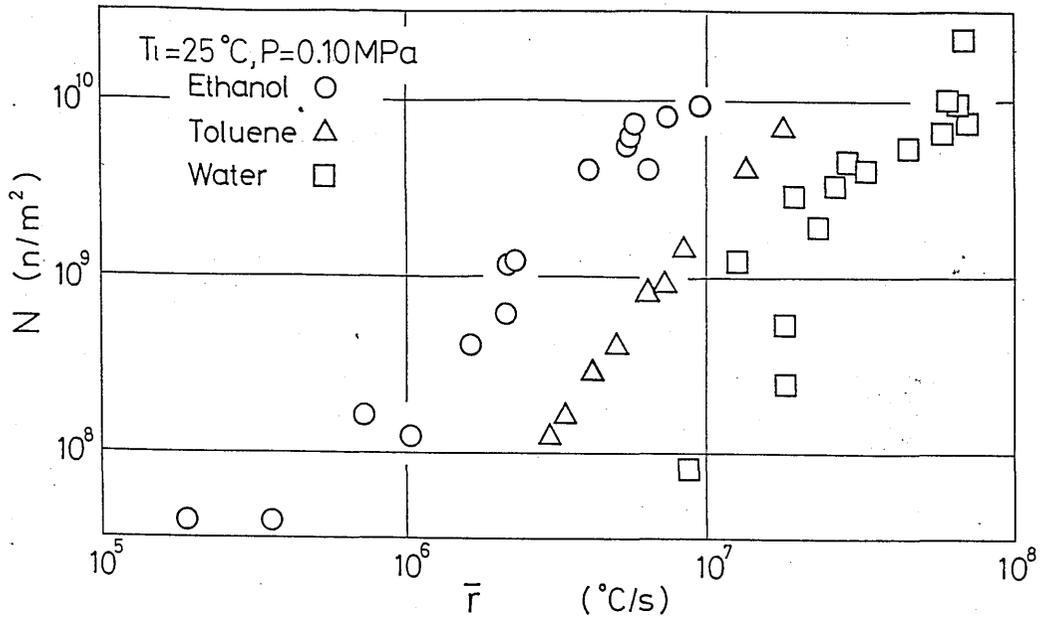


図 5. 発泡点密度の増加と昇温速度

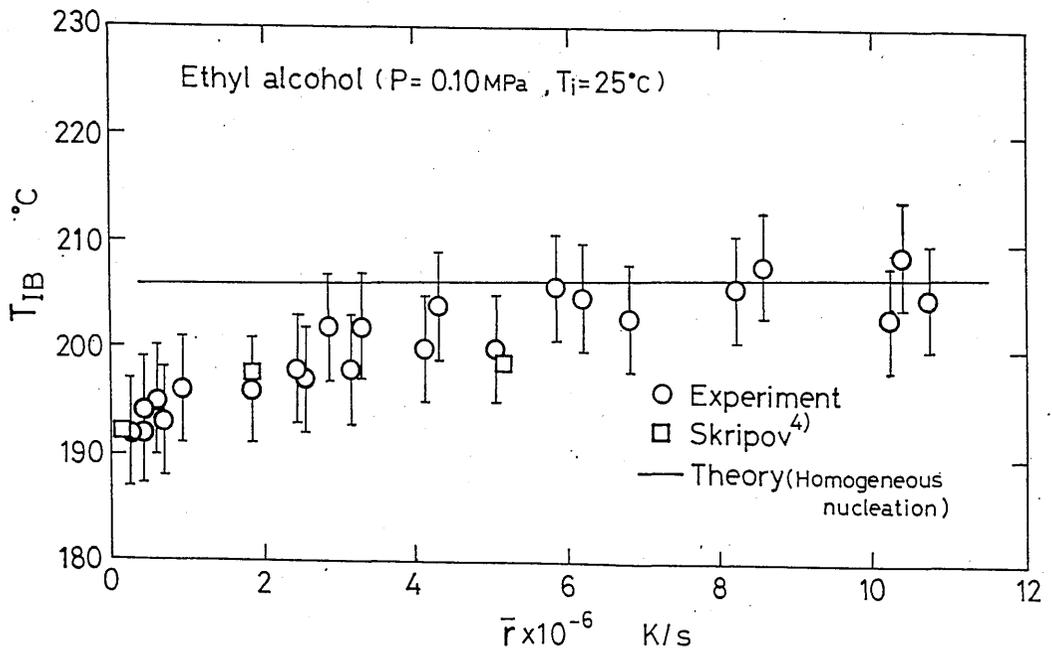


図 6. 気泡発生時の温度と昇温速度