



マイクロチャンネルを用いた対向流型熱交換器の開発

浅羽伸悟¹, 飯山浩司¹, 金子暁子¹, 阿部豊¹, 鈴木裕²

¹筑波大学 ²株式会社WELCON

研究背景及び研究目的

<社会的ニーズ>

熱交換器の小型化・高性能化が求められ
マイクロチャンネル熱交換器が開発

<問題点>

開発された熱交換器はMEMSや流路が
彫られたプレートをもとにボルト締めしたもので
流体漏洩の問題から高圧・高流速条件下で
使用が困難

<著者の関連研究>

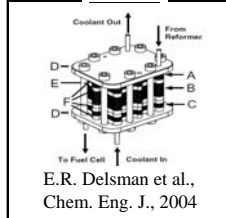
拡散接合技術を用いて、高耐圧マイクロ
チャンネル積層型熱交換器を開発

<研究目的>

新たに製作された対向流型熱交換器の伝熱流動特性を調べる

- 本熱交換器の性能を既存の熱交換器と比較する
- マイクロチャンネルを模擬した微細管で凝縮挙動を観測する

MEMS



直交型

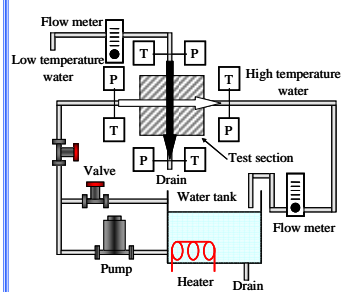


Japanese patent number
2005-282951, 2006-168648

実験装置

<熱交換器における伝熱流動計測実験>

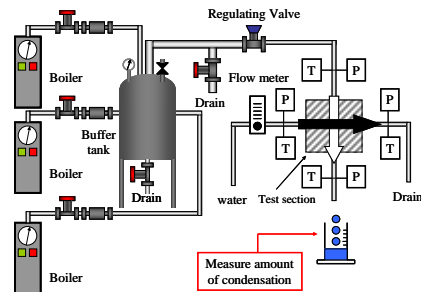
作動流体が水単相の場合



実験条件

高温側流量 1.0~3.0 lit/min
高温側温度 80 ± 2 °C
低温側流量 1.0~5.0 lit/min
低温側温度 10~25 °C

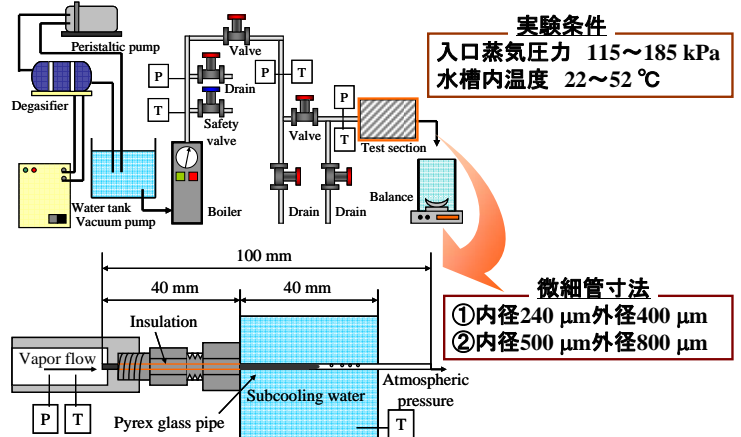
作動流体が蒸気と水の場合



実験条件

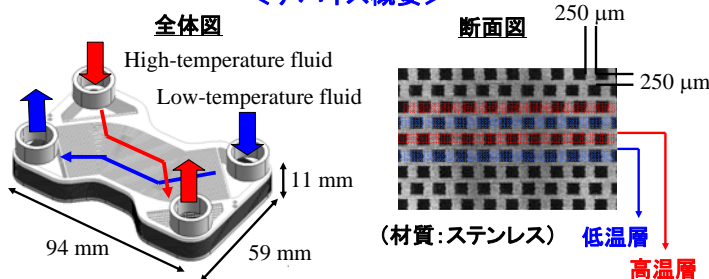
入口蒸気圧力 120~280 kPa
入口蒸気温度 102~132 °C
冷却水流量 0.5~3.0 lit/min
冷却水温度 10~25 °C

<微細管における凝縮挙動観測実験>

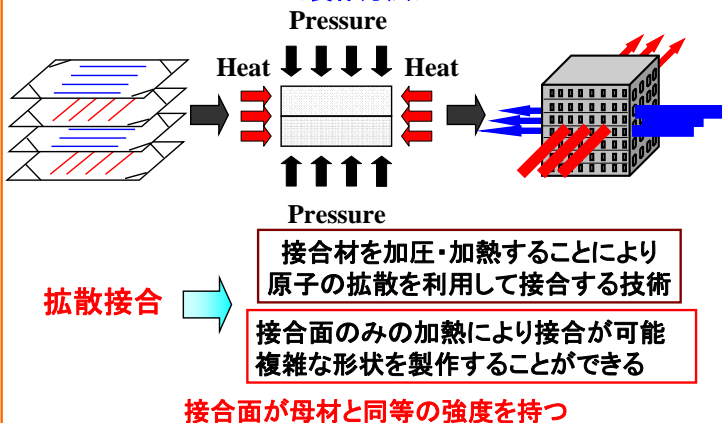


対向流型熱交換器

<デバイス概要>



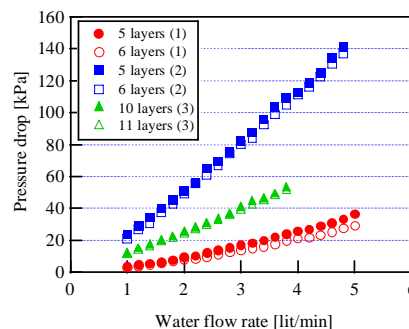
<製作方法>



<デバイス一覧>

		流路径 [mm]	積層数 [層]	流路数 [本/層]	全流路数 [本]	流路長 [mm]	伝熱面積 [m ²]
(1)	高温側	0.5 × 0.5	6	31	186	66	0.0218
	低温側		5		155		0.0182
(2)	高温側	0.25 × 0.25	6	61	366	66	0.0215
	低温側		5		305		0.0179
(3)	高温側	0.25 × 0.25	11	61	671	66	0.0393
	低温側		10		610		0.0358

流動特性



既存の熱交換器

圧損: 450 kPa
(流量: 2 lit/min)

<流路寸法>

流路内径 3.2 mm
流路長さ 16.61 m

圧力損失はデバイス(2)が最も高く、最大140 kPaになる

デバイス(2)(3)は流路径が小さいため、デバイス(1)より
圧力損失が大きくなる。また、デバイス(2)は流路数が少なく
流速が速くなるため、デバイス(3)より圧力損失が大きくなる

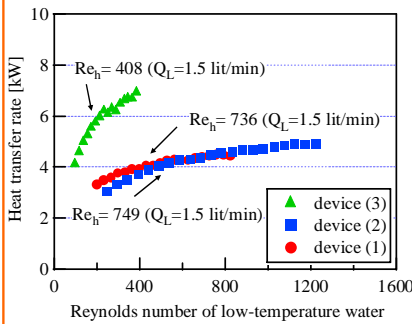
<既存の熱交換器との比較>

同流量条件(2 lit/min)で比較すると、デバイス(2)の
圧力損失は既存の熱交換器のおよそ1/9になる

本熱交換器は流路径が小さいものの、流路長が短いため
達成されたと考えられる

伝熱特性

＜水単相における伝熱特性＞

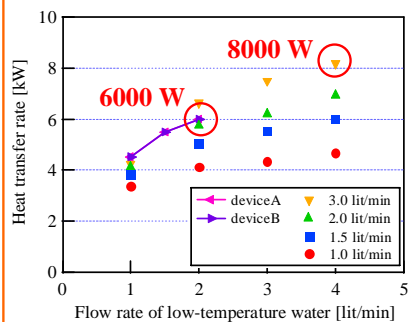


$$Q = V\rho C_p (T_{out} - T_{in})$$

V : 体積流量 C_p : 定圧比熱
 ρ : 水の密度 T_{in}, T_{out} : 低温側出入口温度

水単相における伝熱特性は
デバイス(3)が最も高い

積層数を増加させることで
熱交換量が向上する可能性



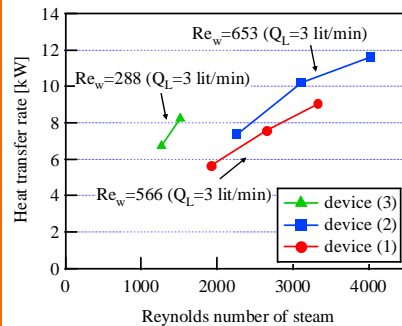
	device A	device B	デバイス(3)
質量(kg)	7.79	4.43	0.37
体積(m ³)	7.5×10^{-3}	2.9×10^{-3}	6.7×10^{-5}
面積(m ²)	0.303	0.065	0.036

※安西ら、足利工業大学研究収録、第38号、2004

既存の熱交換器と比較して
2000 W高い熱交換量になる

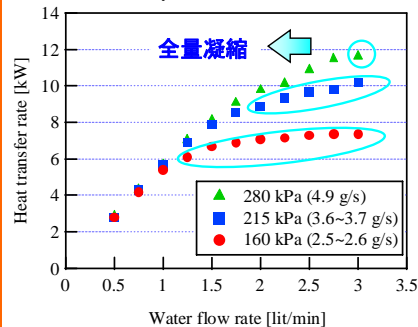
単位体積あたりの熱交換量は
およそ100倍の性能になる

＜蒸気と水における伝熱特性＞



蒸気と水における伝熱
特性もデバイス(3)が
最も高い可能性

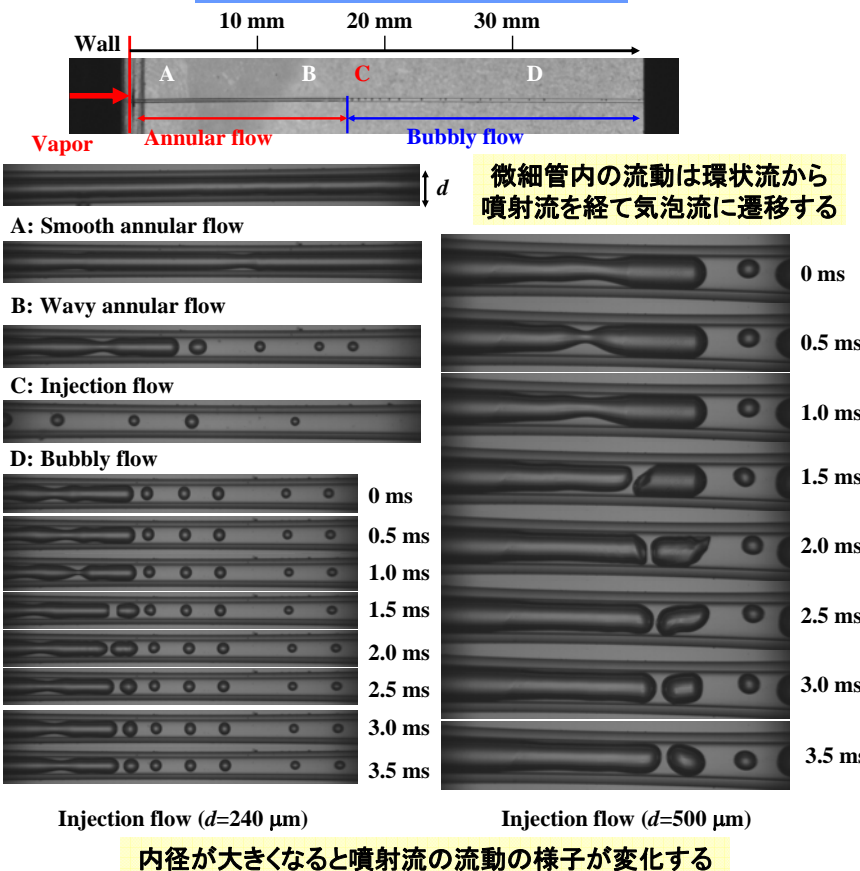
デバイス(2)の
熱交換量は最大
12 kWに達する



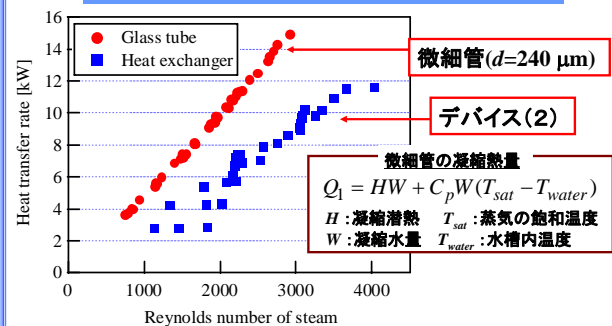
蒸気流量の増加に
伴い水流量を増加
させると全量凝縮
が可能である

蒸気および水流量を
増加させると熱交換量
が向上する

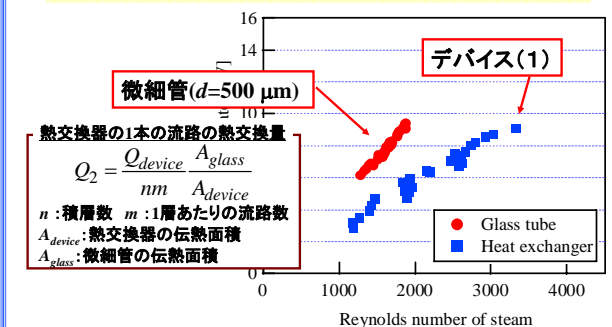
微細管の可視観測実験



微細管と熱交換器の比較



熱量の差はオーダーで一致するため熱交換器
の流路と微細管における伝熱特性や流動特性
はほぼ同じであることが示唆される



微細管の熱量は熱交換器の熱交換量よりも高く
熱交換器の性能がさらに向上する可能性が
示唆される

まとめ

- (1) 本熱交換器の圧力損失は既存の熱交換器と比較して、同流量条件 (2 lit/min) でおよそ1/9になることが確認された。
- (2) 本熱交換器は作動流体に水単相を用い、高温側および低温側流量を増加させることにより、既存の熱交換器よりも2000 W高い熱交換量を有することが確認された。また、単位体積あたりの熱交換量で比較すると、およそ100倍の性能を有することが確認された。
- (3) 本熱交換器は作動流体に蒸気と水を用いると、熱交換量は最大12 kWに達することが確認された。
- (4) マイクロチャンネルを模擬した微細管の流動可視観測の結果、環状流から噴射流を経て気泡流に移る様子が確認された。また、微細管の内径が大きくなると、噴射流の流動の様子が変化するが確認された。
- (5) 微細管の凝縮熱量と熱交換器の1本の流路の熱交換量を比較した結果、微細管の凝縮熱量の方が高くなることが確認された。熱量の差はオーダーで一致するため、熱交換器の流路と微細管における伝熱特性や流動特性はほぼ同じであることが示唆される。