

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 25 年 5 月 10 日現在

機関番号：14301

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2010～2012

課題番号：22560196

研究課題名（和文） 強制対流サブクール沸騰限界熱流束発生機構の研究

研究課題名（英文） Study on Critical Heat Flux Mechanism of Subcooled Water Flow Boiling

研究代表者

畑 幸一 (HATA KOICHI)

京都大学・エネルギー理工学研究所・助教

研究者番号：60115912

研究成果の概要（和文）：

内径 6 mm、加熱長さ 59.5 mm、有効加熱長さ 49.1 mm、テープツイスト比[180°捻りピッチ/管内径] 2.39、3.39、4.45 のラフ面の SUS304 スワール管発熱体を用い、発熱体表面温度及び限界熱流束を求め、スワール管発熱体に対する限界熱流束を明らかにした。スワール管発熱体の発熱体出口及び入口条件に対する定常 CHF 表示式を導出した。スワール管発熱体の発熱体出口及び入口条件に対する定常 CHF 表示式は、SUS304 スワール管発熱体の定常 CHF 実験結果(179 点)を-20～10%、-25～0%程度の誤差で記述する。

研究成果の概要（英文）：

The steady-state critical heat fluxes (CHF) in a short SUS304-tube with twisted-tape insert are systematically measured. The SUS304 test tube of inner diameter=6 mm, heated length=59.5 mm, effective length=49.1 mm is used in this work. The SUS304 twisted tapes with twist ratio=pitch of 180° rotation)/d=2.39, 3.39 and 4.45 are used. The influences of the twisted-tape insert and the swirl velocity on the CHF are investigated into details and the widely and precisely predictable correlations of the CHF in the SUS304-tube with twisted-tape insert are given. The correlations can describe the CHF obtained in this work within -25 to +15 % difference.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010 年度	2,500,000	750,000	3,250,000
2011 年度	500,000	150,000	650,000
2012 年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
総計	3,500,000	1,050,000	4,550,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：機械工学・熱工学

キーワード：沸騰限界熱流束

### 1. 研究開始当初の背景

スワール管内水の強制対流過渡沸騰熱伝達の解明は、強制対流サブクール沸騰限界熱流束の発生機構を解明するために重要な手法である。スワール管は、捻りテープを発熱体円管内に設置したもので、同じ質量流量においても冷却水が回転運動することで回転

方向の流速は増大し、そのスワール流速の増大効果で、通常円管発熱体において限界熱流束が流速に比例し増大する様に、スワール管の限界熱流束は通常円管発熱体の値と比べ増大すると考えられるが、スワール管発熱体に対する強制対流過渡沸騰熱伝達、過渡限界熱流束についての詳細機構は全く報告され

ておらず、本研究において非定常熱入力及び流量急減に伴うスワール管発熱体に対する強制対流過渡沸騰熱伝達、過渡限界熱流束の詳細機構を実験的に明らかにする。国際熱核融合実験炉(ITER)等が採用するダイバータ部の高密度除熱方式は、水冷却平滑管内に金属製の捻りテープを挿入したスワール冷却管である。核融合実験炉においては、運転モードが定常及び非定常の2種類あり、非定常運転モードにおいては、プラズマ対抗壁に加わる熱負荷の最大値が定常運転モードの5倍以上高くなると考えられている。非定常熱入力及び流量急減に伴うスワール管発熱体に対する過渡沸騰熱伝達、過渡限界熱流束の研究は、非定常運転モードを想定したダイバータ部のスワール冷却管内の発熱率急上昇時及び冷却水強制循環ポンプ停止事故を想定した冷却水急減少時のダイバータ板安全設計に関する最重要研究題目である。本研究で明らかにした非定常熱入力及び流量急減に伴うスワール管発熱体に対する強制対流過渡沸騰熱伝達、過渡限界熱流束の実験結果に基づき核融合実験炉のダイバータ板に対して理論解析を行い、その安全性を検討する。

## 2. 研究の目的

本研究代表者は、流速( $u$ )4~42 m/s の範囲で  $N_2$  ガス加圧、加圧器を用い自己蒸気加圧した水の管内強制対流下の円管発熱体に指数関数状( $Q=Q_0 \exp(t/\tau)$ ,  $\tau=16.8 \text{ ms} \sim 15.5 \text{ s}$ )、ランプ関数状( $Q=\alpha t$ ,  $\alpha=6.21 \times 10^8 \sim 1.63 \times 10^{12} \text{ W/m}^3 \text{ s}$ )、ステップ関数状( $Q=Q_s$ ,  $Q_s=2.95 \times 10^{10} \sim 7.67 \times 10^{10} \text{ W/m}^3$ )の発熱率波形を与え定常及び過渡状態で直接通電する方法で、これまでに出口サブクール度( $\Delta T_{sub,out}$ ) $\geq 30 \text{ K}$ において、定常限界熱流束( $q_{cr,sub,st}$ )は、 $\Delta T_{sub,out}$  及び加熱長さとの比( $L/d$ )を固定した場合  $d^{0.4}$ 、 $u^{0.4}$  に比例する、 $L/d$  を固定した場合( $\Delta T_{sub,out}$ ) $^{0.7}$  に比例する、 $\Delta T_{sub,out}$  を固定した場合( $L/d$ ) $^{-0.1}$  に比例する、 $u > 13.3 \text{ m/s}$  において  $q_{cr,sub,st}$  は  $u^{0.5}$  に比例する、過渡限界熱流束( $q_{cr,sub}$ )と定常限界熱流束( $q_{cr,sub,st}$ )の差( $q_{cr,sub} - q_{cr,sub,st}$ )は、入口サブクール度( $\Delta T_{sub,in}$ )を固定した場合( $\omega_p$ ) $^{-0.6}$  に比例する( $\omega_p$  は換算時間)ことを明らかにし、発熱体出口条件に対する過渡 CHF 表示式(1) ( $u \leq 13.3 \text{ m/s}$ )、(2) ( $u > 13.3 \text{ m/s}$ )、発熱体入口条件に対する過渡 CHF 表示式(3) ( $u \leq 13.3 \text{ m/s}$ )、(4) ( $u > 13.3 \text{ m/s}$ )を導出している。

・発熱体出口条件に対する過渡 CHF 表示式

$$Bo = 0.082 \left\{ \frac{d}{\sqrt{\sigma / g(\rho_l - \rho_g)}} \right\}^{-0.1} We^{-0.3} \left( \frac{L}{d} \right)^{-0.1} \\ \times Sc^{0.7} \left[ 1 + 6.34 \left\{ \frac{\omega_p u}{\sqrt{\sigma / g(\rho_l - \rho_g)}} \right\}^{-0.6} \right]$$

$$: u \leq 13.3 \text{ m/s (1)}$$

$$Bo = 0.0523 \left\{ \frac{d}{\sqrt{\sigma / g(\rho_l - \rho_g)}} \right\}^{-0.15} We^{-0.25} \left( \frac{L}{d} \right)^{-0.1} \\ \times Sc^{0.7} \left[ 1 + 6.34 \left\{ \frac{\omega_p u}{\sqrt{\sigma / g(\rho_l - \rho_g)}} \right\}^{-0.6} \right]$$

$$: u > 13.3 \text{ m/s (2)}$$

ここで、指数関数状、ランプ関数状、ステップ関数状熱入力波形に対する換算時間 $\omega_p$  は、 $\tau$ 、 $t/2$ 、 $t$  で定義される。

・入口条件に対する過渡 CHF 表示式

$$Bo = C_1 \left\{ \frac{d}{\sqrt{\sigma / g(\rho_l - \rho_g)}} \right\}^{-0.1} We^{-0.3} \left( \frac{L}{d} \right)^{-0.1} \\ \times e^{-\frac{(L/d)}{C_2 Re^{0.4}}} Sc^{*C_3} \left[ 1 + 11.4 \left\{ \frac{\omega_p u}{\sqrt{\sigma / g(\rho_l - \rho_g)}} \right\}^{-0.6} \right]$$

$$: u \leq 13.3 \text{ m/s (3)}$$

ここで、 $L/d \leq \text{around } 40$  で  $C_1=0.082$ ,  $C_2=0.53$ ,  $C_3=0.7$ ,  $L/d > \text{around } 40$  で  $C_1=0.092$ ,  $C_2=0.85$ ,  $C_3=0.9$  である。

$$Bo = C_1 \left\{ \frac{d}{\sqrt{\sigma / g(\rho_l - \rho_g)}} \right\}^{-0.15} We^{-0.25} \left( \frac{L}{d} \right)^{-0.1} \\ \times e^{-\frac{(L/d)}{C_2 Re^{0.5}}} Sc^{*C_3} \left[ 1 + 11.4 \left\{ \frac{\omega_p u}{\sqrt{\sigma / g(\rho_l - \rho_g)}} \right\}^{-0.6} \right]$$

$$: u > 13.3 \text{ m/s (4)}$$

ここで、 $L/d \leq \text{around } 40$  で  $C_1=0.0523$ ,  $C_2=0.144$ ,  $C_3=0.7$ ,  $L/d > \text{around } 40$  で  $C_1=0.0587$ ,  $C_2=0.231$ ,  $C_3=0.9$  である。これらの過渡 CHF 表示式は、 $30 \text{ K} \leq \Delta T_{sub,out} \leq 140 \text{ K}$ ,  $40 \text{ K} \leq \Delta T_{sub,in} \leq 151 \text{ K}$  において、定常及び過渡 CHF 実験結果(3387 点)をほぼ $\pm 15 \%$ 以内の誤差で記述する。

更に、円管発熱体の加熱部の外表面に4本の発熱体局所内表面温度計測用電位タップを接点溶接し、3分割した発熱体加熱部の上流、中流、下流域における発熱体局所熱流束、局所内表面温度、発熱体入口及び出口液温を実験計測し、乱流域における上流、中流、下流域の局所対流熱伝達、局所核沸騰熱伝達を明らかにし、白金(Pt)及び SUS304 円管発熱体に対する核沸騰熱伝達表示式を次式で与えた。

$$q = C \Delta T_{sat}^n = 51.25 \Delta T_{sat}^3 \text{ :Pt 円管発熱体 (5)}$$

$$q = 463 C \Delta T_{sat}^3 \text{ :SUS304 円管発熱体 (6)}$$

## 3. 研究の方法

### a. 捻りテープの作製

ITER のダイバータ板に採用されたスワール管を精査し、ツイスト比( $\gamma=H/d=180^\circ$  捻る長さ/内径=2~5)を種々変えた捻りテープを作製する。

b. 強制対流下スワール管発熱体における指数関数状熱入力に対する過渡限界熱流束実験

実験には、既設の自己蒸気加圧式高密度除熱強制対流沸騰実験装置を使用する。捻りテープ( $\gamma=H/d=2\sim 5$ )を円管発熱体試験部に取付ける。実験は、内径 3~12 mm で表面状態が粗面のスワール管発熱体( $\gamma=H/d=2\sim 5$ 、平均アラサ  $Ra=3.18 \mu\text{m}$ )を用い、広範囲の溶存ガス濃度条件(溶存酸素濃度を飽和状態近傍の 8 ppm から 0 ppm まで)で、系圧力 600 kPa~1.5 MPa、入口サブクール度 70~150 K (入口液温 20~100 °C)、流速 4~42 m/s の範囲で、先ず、発熱率を準定常的にゆっくり連続的に上昇させて定常限界熱流束を求める。同時に、定常限界熱流束までの定常沸騰熱伝達も実験計測する。3 分割した発熱体軸方向の局所熱流束、表面温度を詳細に計測し、局所沸騰熱伝達率も計測する。続いて、円管発熱体に発熱率上昇周期  $\tau$  を種々変えて指数関数状の熱入力波形( $Q=Q_0 \exp(t/\tau)$ 、 $\tau=5 \text{ ms}\sim 33.3 \text{ s}$ )を与え、発熱体の発熱率が準定常状態でゆっくりした上昇から急上昇する過渡沸騰熱伝達及び過渡限界熱流束を求める。既に求めている通常円管発熱体の実験結果と比較検討を行い、過渡沸騰熱伝達及び過渡限界熱流束に及ぼす捻りテープの影響を明確にする。限界熱流束発生機構について議論する。

c. 強制対流下スワール管発熱体の一様加熱した定常及び過渡限界熱流束を予測する一般的限界熱流束表示式の導出

指数関数状の熱入力波形に対する強制対流下のスワール管発熱体の一様加熱した定常及び過渡限界熱流束を予測する一般的限界熱流束表示式を導出する。

d. 指数関数状熱入力に対するスワール管発熱体内のサブクール水の流動様式の解明

本年度設置した熱流体解析用計算機を用い、強制対流下のスワール管発熱体に発熱率上昇周期を種々変えて指数関数状の熱入力波形を与えたスワール管発熱体内のサブクール水の流動様式を明らかにする。

e. スワール管内サブクール水流量急減に伴う強制対流過渡沸騰熱伝達実験

指数関数、ランプ関数及びステップ関数状熱入力波形の実験条件と同様に、内径 3~12 mm で表面状態が粗面のスワール管発熱体( $\gamma=H/d=2\sim 5$ 、平均アラサ  $Ra=3.18 \mu\text{m}$ )を用い、広範囲の溶存ガス濃度条件(溶存酸素濃度を飽和状態近傍の 8 ppm から 0 ppm まで)で、

系圧力 600 kPa~1.5 MPa、入口サブクール度 0~150 K (入口液温 20~170 °C)、流速 4~42 m/s の範囲で、先ず、強制対流下のスワール管発熱体に定常限界熱流束よりも小さい種々変えた発熱率  $Q_s$  ( $Q=Q_s$ 、 $Q_s=2\times 10^{10}\sim 1.2\times 10^{11} \text{ W/m}^3$ )を与え、本年度設置した流量制御用パソコンからの出力信号で流速を緩やかなランプ関数状から急速なステップ関数状まで種々に発熱体入口流速を減少させ、過渡沸騰熱伝達及び過渡限界熱流束の実験を行い、流速一定の強制対流下で熱入力波形を上昇させて求めた過渡沸騰熱伝達及び過渡限界熱流束の実験結果と比較検討し、過渡沸騰熱伝達及び過渡限界熱流束に及ぼす流速減少速度及び流速減少波形の影響を明らかにする。

f. スワール管内サブクール水流量急減に伴う強制対流定常及び過渡限界熱流束を予測する一般的限界熱流束表示式の導出

緩やかなランプ関数状から急速なステップ関数状まで種々に減少させた流速減少速度及び流速減少波形の影響、種々変えた発熱率上昇周期  $\tau$ 、発熱率上昇速度  $\alpha$ 、発熱率の波高値  $Q_0$ 、に対する熱入力波形の影響を含む強制対流下のスワール管発熱体の一様加熱した定常及び過渡限界熱流束を予測する一般的限界熱流束表示式を導出する。

#### 4. 研究成果

本研究代表者は、水平に支持した市販面の白金(Pt)及び粗面の SUS304 円管発熱体を直接通電する方法で、広範囲の入口液温 ( $T_{in}=296.93\sim 362.67 \text{ K}$ )、流速( $u=3.93\sim 13.86 \text{ m/s}$ )において、水の乱流熱伝達、核沸騰熱伝達、定常限界熱流束(CHF)を求めた。既に求めている垂直円管発熱体の実験結果と比較検討し、乱流熱伝達、核沸騰熱伝達及び定常限界熱流束に及ぼす発熱体姿勢の影響はほとんどなく、本研究代表者が報告している乱流熱伝達表示式、発熱体出口及び入口条件に対する過渡 CHF 表示式は、流速  $4 \text{ m/s}<u<13.3 \text{ m/s}$  において、水平支持および垂直支持の実験値を 15%以内の誤差で記述することを明らかにした。更に、本研究代表者は、 $d=6 \text{ mm}$ 、 $L=59.5 \text{ mm}$ 、 $L/d=9.92$  のラフ面の SUS304 円管発熱体に、テープツイスト比( $\gamma=H/d=180^\circ$  捻りピッチ/管内径) 2.39、3.39、4.45 の捻りテープを挿入した SUS304 スワール管発熱体を用い、スワール流速  $u_{sw}=5.09\sim 20.72 \text{ m/s}$  の範囲で、指数関数状熱入力波形( $Q_0 \exp(t/t)$ 、 $t=26.85 \text{ ms to } 8.42 \text{ s}$ )を与え、発熱体発熱率が準定常状態でゆっくり上昇する条件から急上昇する過渡限界熱流束を求めた。同時に、過渡限界熱流束までの過渡沸騰熱伝達も実験計測した。すでに求めている表面状態が粗面のノーマル管発熱体の過渡限界熱流束実

験結果及びテーブツイスト比  $y=2.39$ 、 $3.33$ 、 $4.45$  の SUS304 スワール管発熱体の定常限界熱流束実験結果と比較検討を行い、スワール管発熱体に対する過渡限界熱流束及び過渡沸騰熱伝達に及ぼすテーブツイスト比の影響を明確にし、低流速域(発熱体入口流速  $u \leq 13.3$  m/s)における通常円管発熱体の過渡 CHF 表示式に基づき発熱体出口及び入口条件に対するスワール管発熱体に対する過渡 CHF 表示式を導出した。過渡 CHF 表示式は、 $d=6$  mm、 $L=59.5$  mm、 $L/d=9.92$ 、 $y=2.39 \sim 4.45$  のラフ面の SUS304 スワール管発熱体の過渡限界熱流束実験結果(186 点)をほぼ-27~7.9 %程度の誤差で記述することを明らかにすると共に、限界熱流束発生機構について考察した。

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 10 件)

1. K. Hata and S. Masuzaki, "Critical Heat Fluxes of Subcooled Water Flow Boiling in a Short Vertical Tube at High Liquid Reynolds Number," *Nuclear Engineering and Design*, **240**, pp. 3145-3157, 2010.  
doi:10.1016/j.nucengdes.2010.05.035
2. K. Hata, and S. Masuzaki, "Subcooled Water Flow Boiling Heat Transfer in a Short SUS304-Tube with Twisted-Tape Insert," *Journal of Engineering for Gas Turbines and Power*, Trans. ASME, **133**, pp. 052906-1-11, 2011. DOI: 10.1115/1.4002405
3. K. Hata, and S. Masuzaki, "Heat Transfer and Critical Heat Flux of Subcooled Water Flow Boiling in a SUS304-Tube with Twisted-Tape Insert," *Journal of Thermal Science and Engineering Applications*, Trans. ASME, **3**, pp. 012001-1-12, 2011. DOI: 10.1115/1.4003609
4. K. Hata, and S. Masuzaki, "Twisted-Tape-Induced Swirl Flow Heat Transfer and Pressure Drop in a Short Circular Tube under Velocities Controlled," *Nuclear Engineering and Design*, **241**, pp. 4434-4444, 2011.  
doi:10.1016/j.nucengdes.2010.09.023
5. K. Hata, N. Kai, Y. Shirai and S. Masuzaki, "Transient Turbulent Heat Transfer for Heating of Water in a Short Vertical Tube," *Journal of Power and Energy Systems*, **5**, No. 3, pp. 414-428, 2011. DOI: 10.1299/jpes.5.414

6. K. Hata, Y. Shirai, S. Masuzaki and A. Hamura, "Computational Study of Turbulent Heat Transfer for Heating of Water in a Short Vertical Tube under Velocities Controlled," *Nuclear Engineering and Design*, **249**, pp. 304-317, 2012.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.nucengdes.2012.04.003>

7. K. Hata, Y. Shirai and S. Masuzaki, "Heat Transfer and Critical Heat Flux of Subcooled Water Flow Boiling in a Horizontal Circular Tube," *Experimental Thermal and Fluid Science*, **44**, pp. 844-857, 2013.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.expthermflusci.2012.10.001>

8. K. Hata, Y. Shirai, S. Masuzaki and A. Hamura, "Computational Study of Turbulent Heat Transfer for Heating of Water in a Vertical Circular Tube -Influence of Tube Inner Diameter on Thickness of Conductive Sub-layer-," *Journal of Power and Energy Systems*, **6**, No. 3, pp. 446-461, 2012.

DOI: 10.1299/jpes.6.446

9. K. Hata, Y. Shirai and S. Masuzaki, "Transient Critical Heat Fluxes of Subcooled Water Flow Boiling in a SUS304-CIRCULAR Tube with Twisted-Tape Insert," *Journal of Power and Energy Systems*, **7**, No. 2, 2013.

DOI: 10.1299/jpes.7.x

10. K. Hata, Y. Shirai, S. Masuzaki and A. Hamura, "Computational Study of Twisted-Tape-Induced Swirl Flow Heat Transfer and Pressure Drop in a Vertical Circular Tube under Velocities Controlled," *Nuclear Engineering and Design*, 2013.

[学会発表] (計 22 件)

1. K. Hata, Y. Shirai and S. Masuzaki, "Transient Critical Heat Fluxes of Subcooled Water Flow Boiling in a SUS304-Circular Tube with Various Twisted-Tape Inserts (Influence of Twist Ratio)," Proceedings of the 21<sup>st</sup> International Conference on Nuclear Engineering, July 29-August 2, 2013, Chengdu, China, Paper No. ICONE21-15323, pp. 1-13, July 29-August 2, 2013.

2. K. Hata, K. Fukuda, S. Masuzaki and A. Hamura, "Computational Study of Twisted-Tape-Induced Swirl Flow Heat Transfer and Pressure Drop in Vertical Circular Tubes with Various Twisted-Tape Inserts," Proceedings of the 15<sup>th</sup> International Topical

- Meeting on Nuclear Thermal-Hydraulics (NURETH-15), May 12-15, 2013, Pisa, Italy, Paper No. NURETH15-242, pp. 1-18, May 12-17, 2013.
3. 畑 幸一、白井康之、増崎 貴、羽邑光道、“垂直円管内水の乱流熱伝達の数値解析 (その5. 伝導底層に及ぼす入口液温の影響) ”、日本原子力学会2013年「春の年会」予稿集、近畿大学 東大阪キャンパス、2013年3月26-28日、N28、635.
  4. 畑 幸一、白井康之、増崎 貴、羽邑光道、“短い垂直円管内水の乱流熱伝達の数値解析その4. 温度境界層に及ぼす加熱長さの影響”、日本原子力学会2012年「秋の大会」予稿集、広島大学 東広島キャンパス、2012年9月19-21日、L29、498.
  5. K. Hata, Y. Shirai, S. Masuzaki and A. Hamura, “Computational Study of Twisted-Tape-Induced Swirl Flow Heat Transfer and Pressure Drop in a Vertical Circular Tube under Velocities Controlled,” Proceedings of the 9<sup>th</sup> International Topical Meeting on Nuclear Thermal-Hydraulics, Operation and Safety (NUTHOS-9), September 9-13, 2012, Kaohsiung, Taiwan, Paper No. N9P0321, pp. 1-13, Sept. 9-13, 2012.
  6. K. Hata, Y. Shirai and S. Masuzaki, “Transient Critical Heat Fluxes of Subcooled Water Flow Boiling in a Short SUS304-Tube with Twisted-Tape Insert,” Proceedings of the 20<sup>th</sup> International Conference on Nuclear Engineering & ASME 2012 Power Conference ICONE20POWER2012, July 30-August 3, 2012, Anaheim, California, USA, Paper No. ICONE20POWER2012-54212, pp. 1-13, July 30-August 3, 2012.
  7. 畑 幸一、甲斐尚人、白井康之、増崎 貴、“短い垂直円管内水の過渡乱流熱伝達”、第49回日本伝熱シンポジウム講演論文集、富山国際会議場、2012年5月30日-6月1日、F333、1-2.
  8. 畑 幸一、甲斐尚人、白井康之、増崎 貴、羽邑光道、“短い垂直円管内水の乱流熱伝達の数値解析 (その3. 温度境界層に及ぼす管径の影響) ”、日本原子力学会2012年「春の年会」予稿集、福井大学 文京キャンパス、2012年3月19-21日、B20、70.
  9. 甲斐尚人、畑 幸一、白井康之、増崎 貴、“短い水平円管内水の強制対流サブクール沸騰熱伝達と限界熱流束”、日本原子力学会2012年「春の年会」予稿集、福井大学 文京キャンパス、2012年3月19-21日、B36、86.
  10. K. Hata, N. Kai, Y. Shirai and S. Masuzaki, “Heat Transfer and Critical Heat Flux of Subcooled Water Flow Boiling in a Short Horizontal Tube,” Proceedings of 14th International Topical Meeting on Nuclear Reactor Thermal Hydraulics, Toronto, Ontario, Canada, Paper No. NURETH14-098, pp. 1-23, Sept. 25-30, 2011.
  11. K. Hata, N. Kai, Y. Shirai, S. Masuzaki and A. Hamura, “Computational Study of Turbulent Heat Transfer For Heating of Water in a Short Vertical Tube Under Velocities Controlled,” Proceedings of 14th International Topical Meeting on Nuclear Reactor Thermal Hydraulics, Toronto, Ontario, Canada, Paper No. NURETH14-173, pp. 1-22, Sept. 25-30, 2011.
  12. 甲斐尚人、畑 幸一、白井康之、増崎 貴、“短い垂直円管内水の過渡乱流熱伝達”、日本原子力学会2011年「秋の大会」予稿集、北九州国際会議場、2011年9月19-22日、P61、833.
  13. 畑 幸一、甲斐尚人、白井康之、増崎 貴、羽邑光道、“短い垂直円管内水の乱流熱伝達の数値解析 (その2. 粘性底層に及ぼす流速の影響) ”、日本原子力学会2011年「秋の大会」予稿集、北九州国際会議場、2011年9月19-22日、P62、834.
  14. 甲斐尚人、畑 幸一、白井康之、増崎 貴、羽邑光道、“短い垂直円管内水の乱流熱伝達の数値解析 ”、第48回日本伝熱シンポジウム講演論文集、岡山コンベンションセンター ママカリフォーラム、2011年6月1-3日、SP205、1-2.
  15. 畑 幸一、増崎 貴、“短いスワール管内水の強制対流サブクール沸騰限界熱流束(テープツイスト比の影響)”、第48回日本伝熱シンポジウム講演論文集、岡山コンベンションセンター ママカリフォーラム、2011年6月1-3日、C212、1-2.
  16. K. Hata, N. Kai, Y. Shirai and S. Masuzaki, “Transient Turbulent Heat Transfer for Heating of Water in a Short Vertical Tube,” Proceedings of 19th International Conference on Nuclear Engineering, Chiba, Japan, Paper No. ICONE19-43190, pp. 1-10, May 16-19, 2011.

17. K. Hata, N. Kai, Y. Shirai, S. Masuzaki and A. Hamura, "Computational Study of Turbulent Heat Transfer for Heating of Water in a Short Vertical Tube," Proceedings of 19th International Conference on Nuclear Engineering, Chiba, Japan, Paper No. ICONE19-43301, pp. 1-11, May 16-19, 2011.

18. 畑 幸一、増崎 貴、"短いスワール管内水の強制対流サブクール沸騰限界熱流束"、日本原子力学会 2011年「春の年会」予稿集、福井大学 文京キャンパス、2011年3月28-30日、L08、551.

19. 甲斐尚人、畑 幸一、白井康之、増崎 貴、羽邑光道、"短い垂直円管内水の乱流熱伝達の数値解析"、日本原子力学会2011年「春の年会」予稿集、福井大学 文京キャンパス、2011年3月28-30日、L09、552.

20. K. Hata, and S. Masuzaki, "Heat Transfer and Critical Heat Flux of Subcooled Water Flow Boiling in a SUS304-Tube with Twisted-Tape Insert," Proceedings of 14th International Heat Transfer Conference, Washington D.C., USA, Paper No. IHTC14-22225, pp. 1-13, August 8-13, 2010.

21. 畑 幸一、増崎 貴、"短い垂直円管内水の強制対流サブクール沸騰熱伝達"、第47回日本伝熱シンポジウム講演論文集、札幌コンベンションセンター、2010年5月26-28日、G311、1-2.

22. K. Hata, and S. Masuzaki, "Subcooled Water Flow Boiling Heat Transfer in a Short SUS304-Tube with Twisted-Tape Insert," Proceedings of 18th International Conference on Nuclear Engineering, Xi'an, China, Paper No. ICONE18-29335, pp. 1-6, May 17-21, 2010.

[図書] (計0件)

[産業財産権]

○出願状況 (計0件)

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
出願年月日：  
国内外の別：

○取得状況 (計0件)

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
取得年月日：  
国内外の別：

[その他]  
ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

畑 幸一 京都大学・エネルギー理工学  
研究所・助教 (HATA KOICHI)  
研究者番号：60115912

(2) 研究分担者

( )  
研究者番号：

(3) 連携研究者

( )  
研究者番号：