

# NMIJ流量計測クラブ

## ISO5167改訂について

計量標準総合センター  
工学計測標準研究部門 液体流量標準研究グループ長  
古市紀之

## 本日の主な内容

- I. ISO5167改訂全般解説
- II. スロートタップ式フローノズルのISOへの追加  
(ISO5167-3)について詳説
- III. JIS Z 8762 改正について

# ISO 5167 Measurement of fluid flow by means of pressure differential devices inserted in circular cross-section conduits running full —

Part 1: General principles and requirements (edition : 3, previous : 2003)

Part 2: Orifice plates (edition : 2, previous : 2003)

Part 3: Nozzles and Venturi nozzles (edition : 3, previous : 2020)

Part 4: Venturi nozzles (edition : 2, previous : 2003)

Part 5: Cone meters (edition : 2, previous : 2016)

Part 6: Wedge meters (edition : 2, previous : 2019)

「JIS Z 8762 円形管路の絞り機構による流量測定方法」 対応ISO

### Part 1: General principles and requirements

- **5.5 : Differential pressure flow measurement system**  
追加
- **5.6 : Differential pressure flow measurement system design considerations**  
追加
- **8.3 : Practical computation of the uncertainty**  
大幅改訂
- **Annex C : Flow conditioners and flow straighteners**  
整流装置の例が削除
- **Annex D : Differential pressure transmitters, flow range and turndown**  
追加
- **Annex E : Example of uncertainty calculation for a differential pressure device**  
追加

### Part 2: Orifice plates

- **5.1.7 : Edges G, H and I**  
バリ関係の記載が少し変更（小口径）
- **6.2 : Minimum upstream and downstream straight lengths for installation between various fittings and the Venturi tube**  
不明瞭だった6.2.8の文章を改訂
- **7 : Flow calibration of Venturi tubes**  
追加

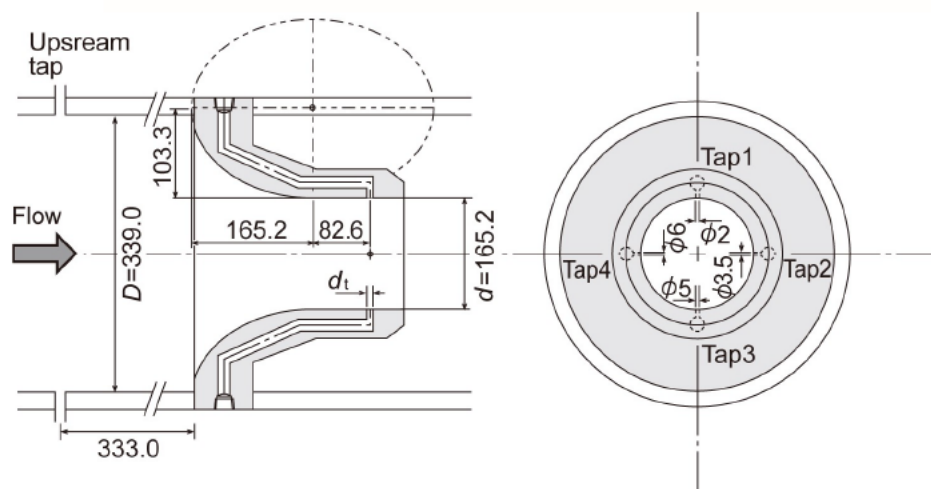
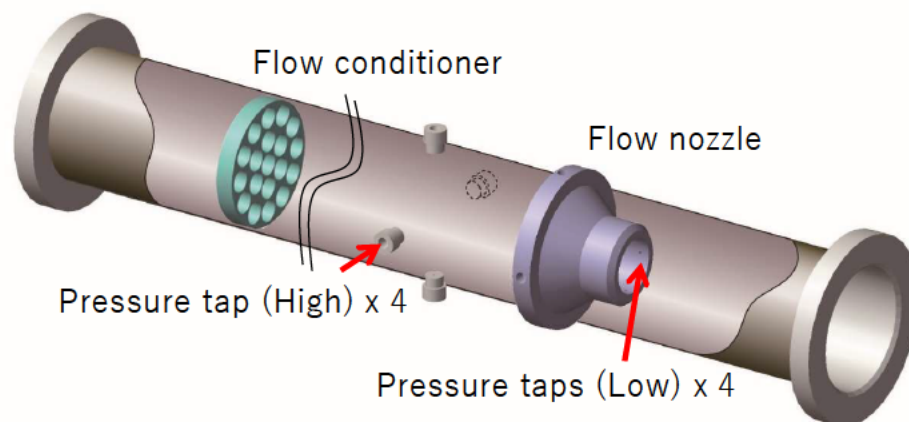
### Part 3: Nozzles and Venturi nozzles

- **5.3 : Throat tap nozzles**  
スロートタップノズルに関する規格の追加
- **6.2 : Minimum upstream and downstream straight lengths for installation between various fittings and the Venturi tube**  
不明瞭だった6.2.8の文章を改訂
- **7 : Flow calibration of Venturi tubes**  
追加
- **Annex A : Table A.4**  
スロートタップノズルの流出係数の追加
- **Annex B : Akashi type (Mitsubishi type) flow conditioner**  
明石式整流板の追加

### Part 4: Venturi tubes

- **5.1.3 : Classical Venturi tube with a machined convergent section**  
 $D=350\text{mm}$ まで規格化（これまでは $250\text{mm}$ ）
- **5.4 : Pressure tapping**  
上下流側圧力タップの制限緩和
- **5.5.3 : Discharge coefficient of the classical Venturi tube with a machined convergent section**  
流出係数のレイノルズ数範囲を改訂
- **5.7 : Uncertainty of the discharge coefficient,  $C$**   
レイノルズ数範囲による不確かさ
- **5.9.2 : Relative pressure loss**  
追記有
- **6.2 : Minimum upstream and downstream straight lengths for installation between various fittings and the Venturi tube**  
不明瞭だった6.2.8の文章を改訂
- **7 : Flow calibration of Venturi tubes**  
追加

# スロートタップ式フローノズル概要



## 主な用途

ASME PTC6に見られるような、蒸気タービンの評価  
原子力発電所における給水流量計測

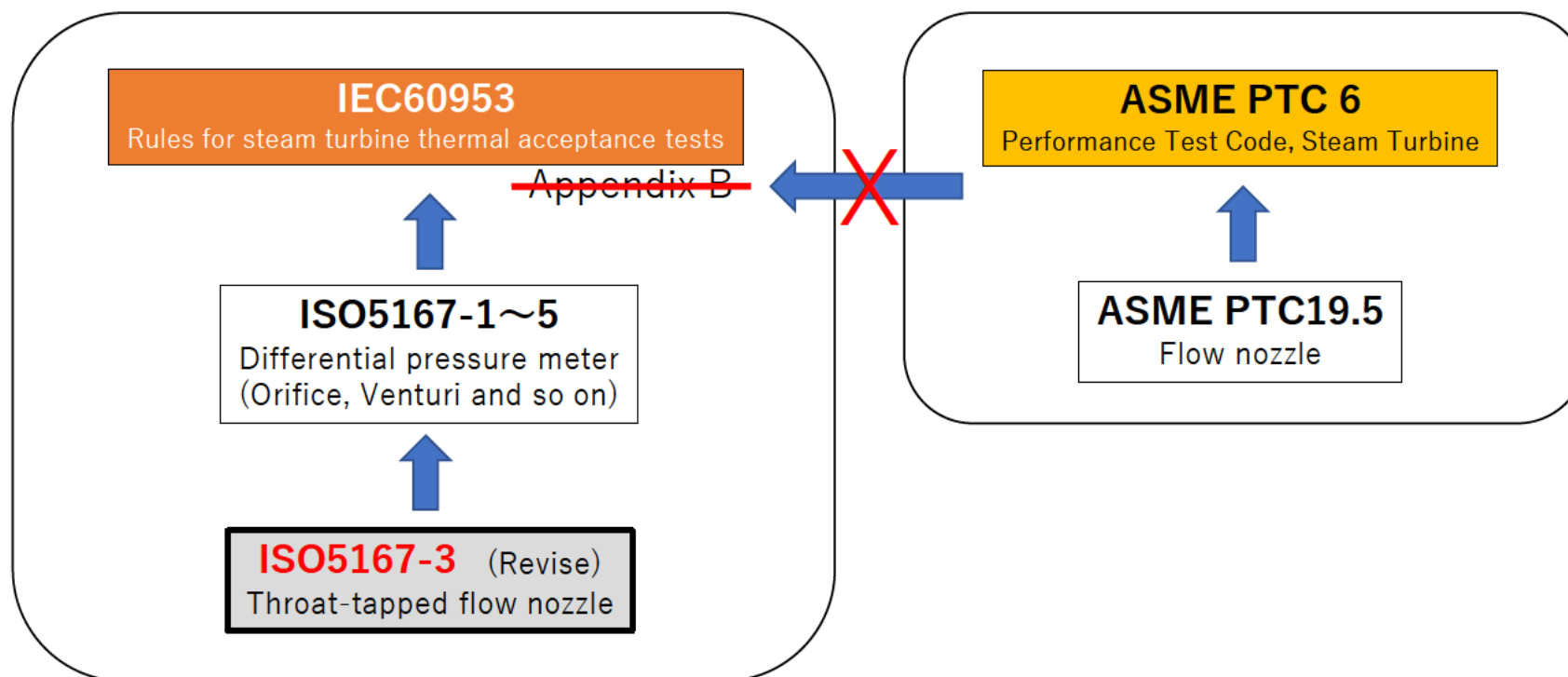
## PTC 6準拠スロートタップ式フローノズルの特徴

比較的小さい不確かさ\*：**0.25%**

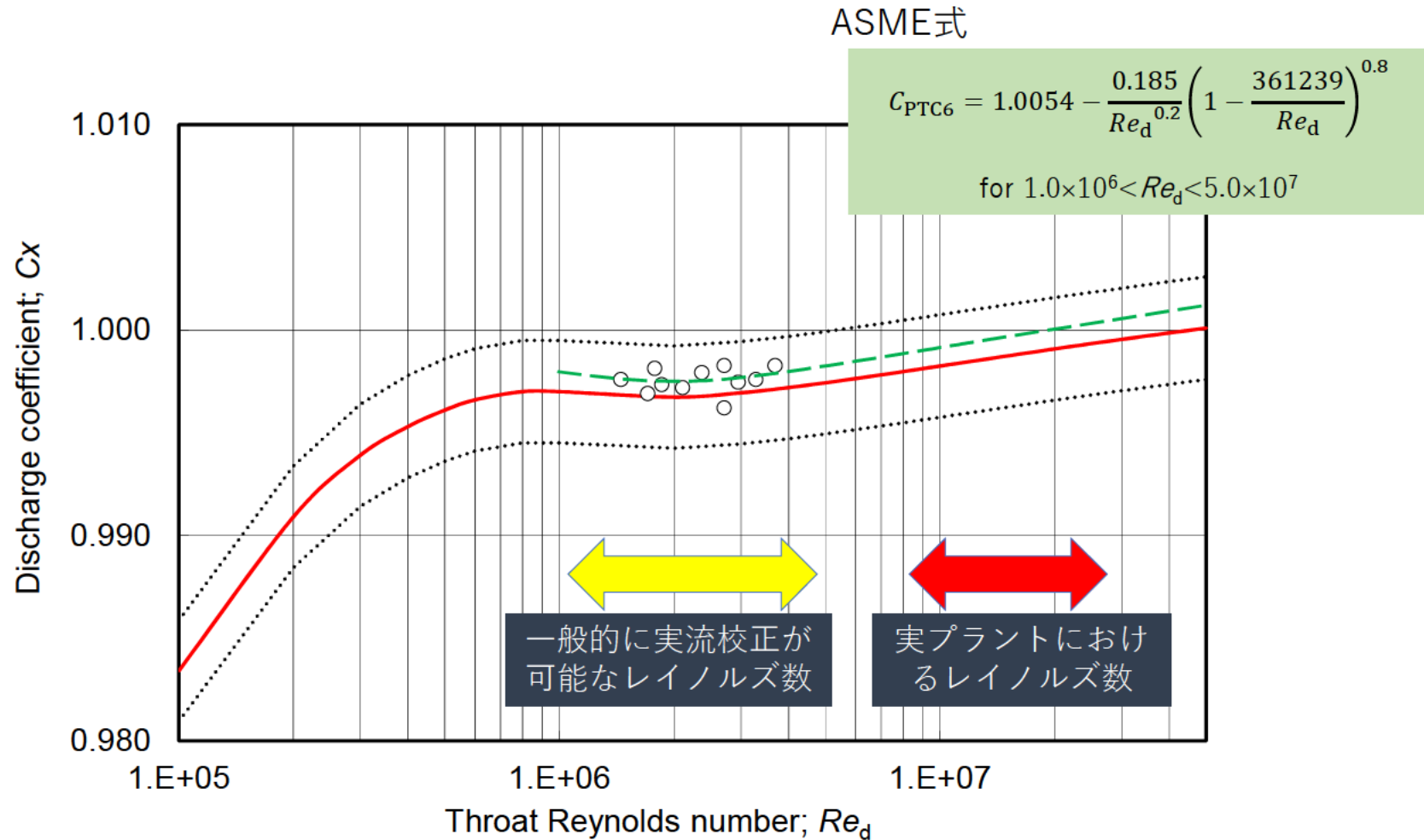
流出係数を求めるため、または合否判定のために実流校正が必須  
流出係数のレイノルズ数に関する外挿方法を明記

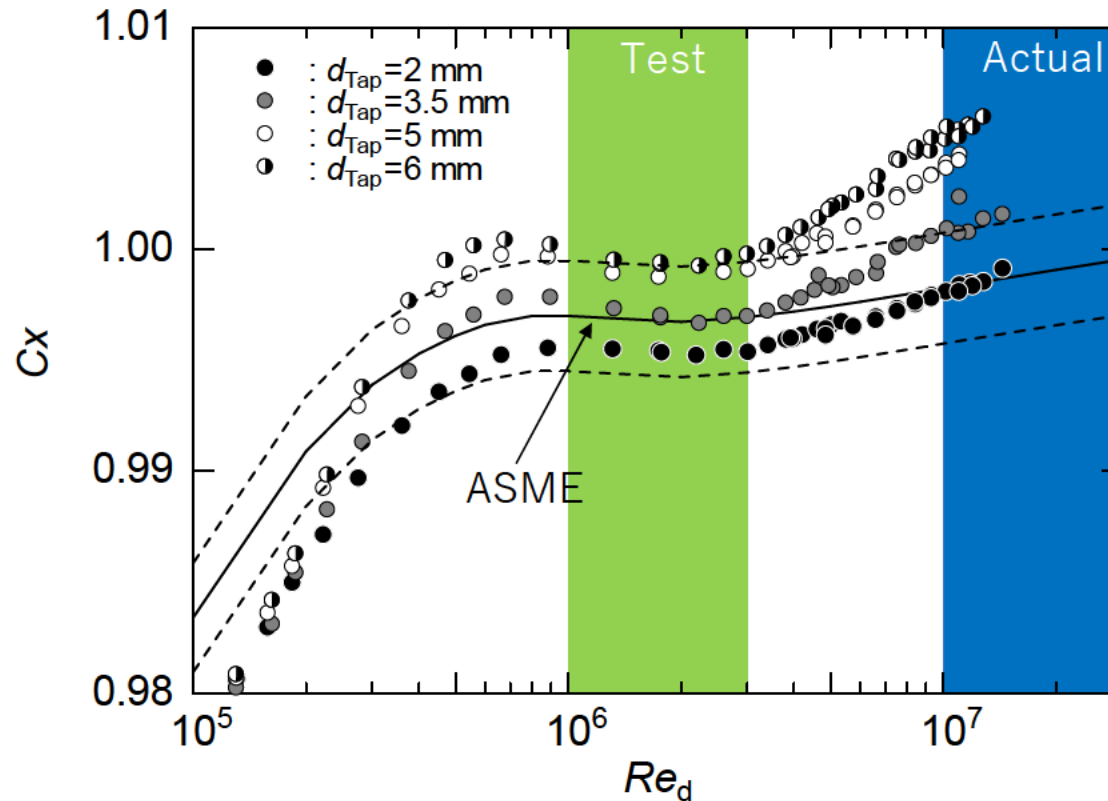
# スロートタップ式フローノズルに関する規格

- 発電所における蒸気タービンの評価コード  
IEC 60953  
ASME PTC 6
- 蒸気タービンの評価には給水流量計測が非常に重要な要素



# ASME PTC6におけるスロートトップ式フローノズル特性式





Furuichi et al., *J. Fluid Eng.*, 2013

- ASME PTC6においては、スロート部のタップ径が、約3 mm ~ 6 mmと指定される。
- 実流試験可能なレイノルズ数域では、 $\pm 0.25\%$ のASME規格要求を満たす。
- 実プラントのレイノルズ数域では、タップ径が大きいほど、規格を満たさない。

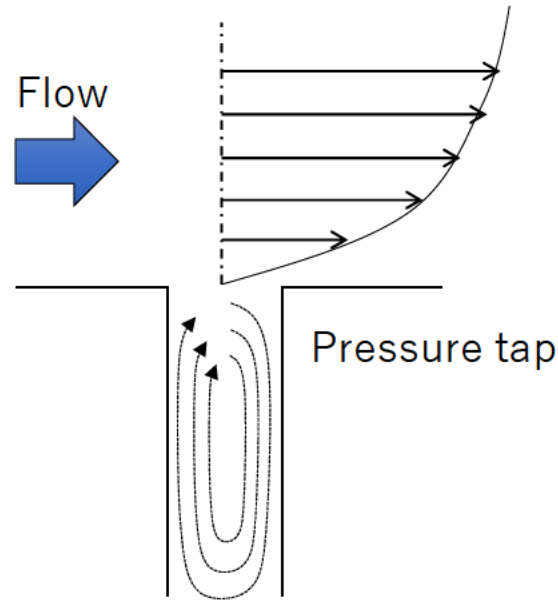
## タップ効果（静圧測定誤差）

タップ効果とは？



静圧の測定誤差,  $e$

- ➡ Shaw (1960)  
|
- ➡ McKeon et al (2002)  
Furuichi and Ono (2021)
- ノズルやベンチュリ
- ➡ Benedict et al (1978)
- ➡ Gibson et al (1999)
- ➡ Reader-Harris et al (2001)

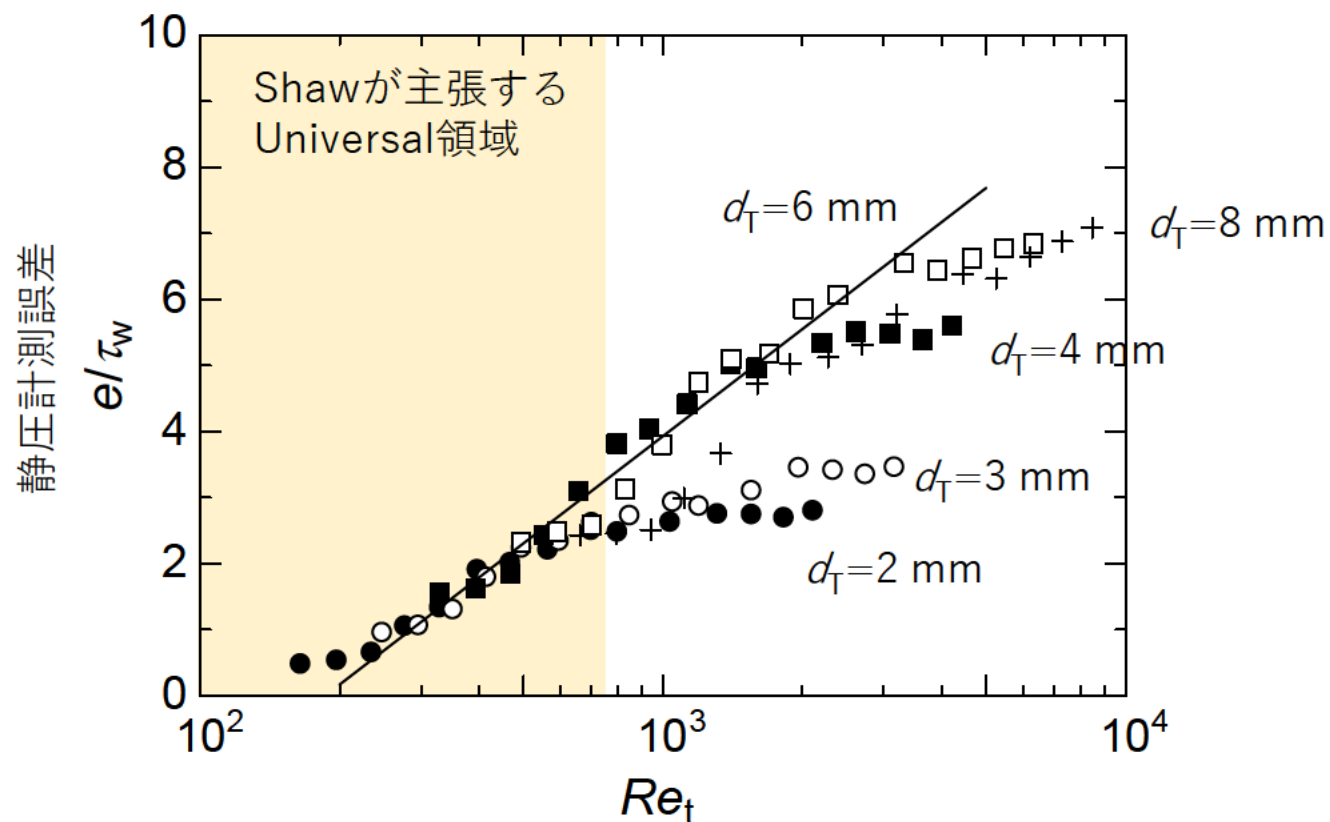


壁面せん断応力,  $\tau_0$ , とタップ  
レイノルズ数に相関性がある

$$\frac{e}{\tau_0} \propto Re_t \left( = \frac{\sqrt{\tau_0 / \rho}}{\nu} d_{\text{Tap}} \right)$$

- ❑ Shawの研究では、レイノルズ数で整理すればタップ径の影響は無いと結論される。ただし、低レイノルズ数の結果のみ。
- ❑ ASME PTC6では、その研究成果を受けてタップ径が指定されていると推定される。
- ❑ 近年の研究成果（McKeon et al 2002, Furuichi and Ono 2021）から、高レイノルズ数においてはタップ径の影響が顕著に出ることが明らかに。

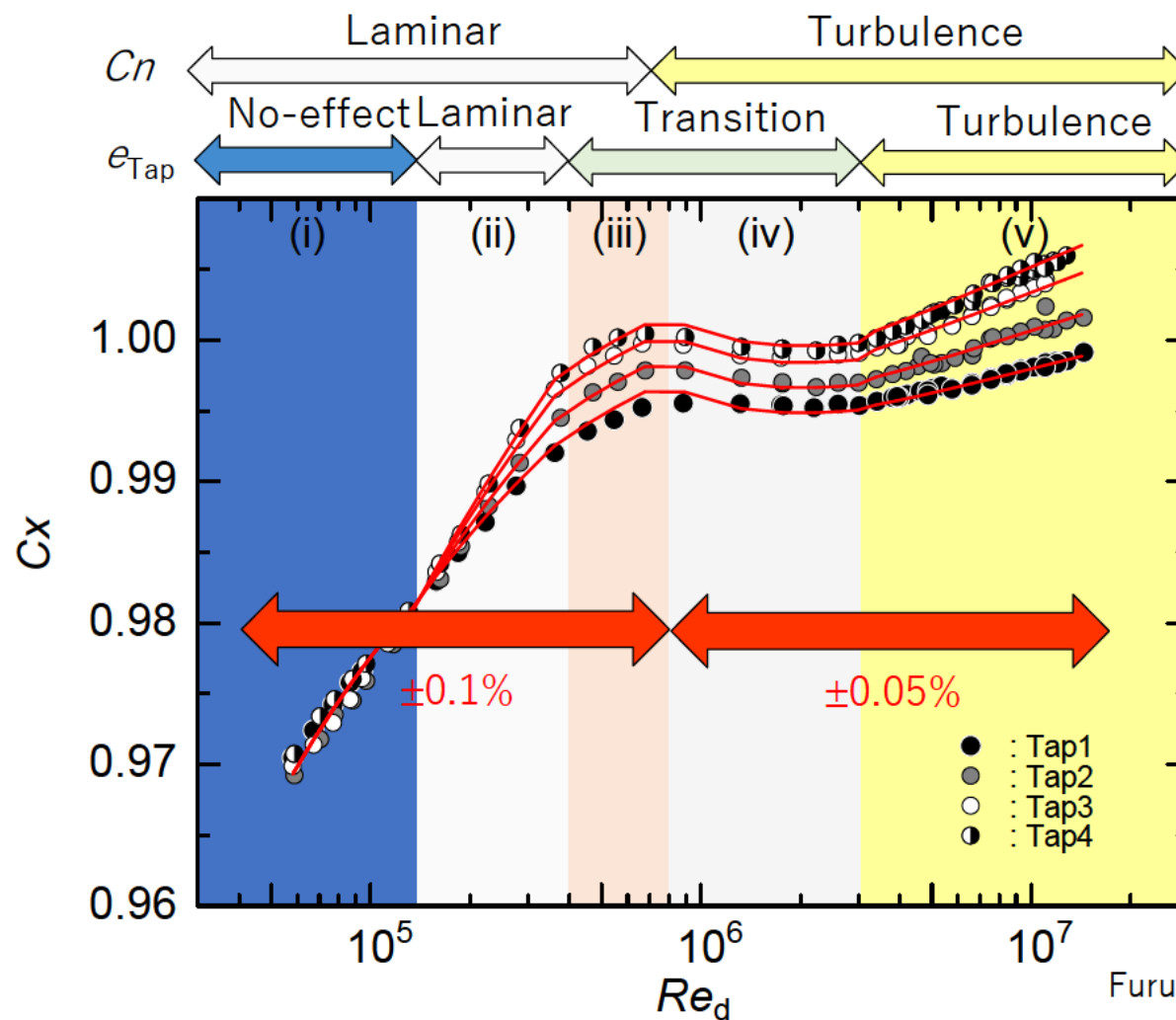
## タップ効果（静圧測定誤差）



Furuichi and Ono, *Flow Meas. Instrum.*, 2021

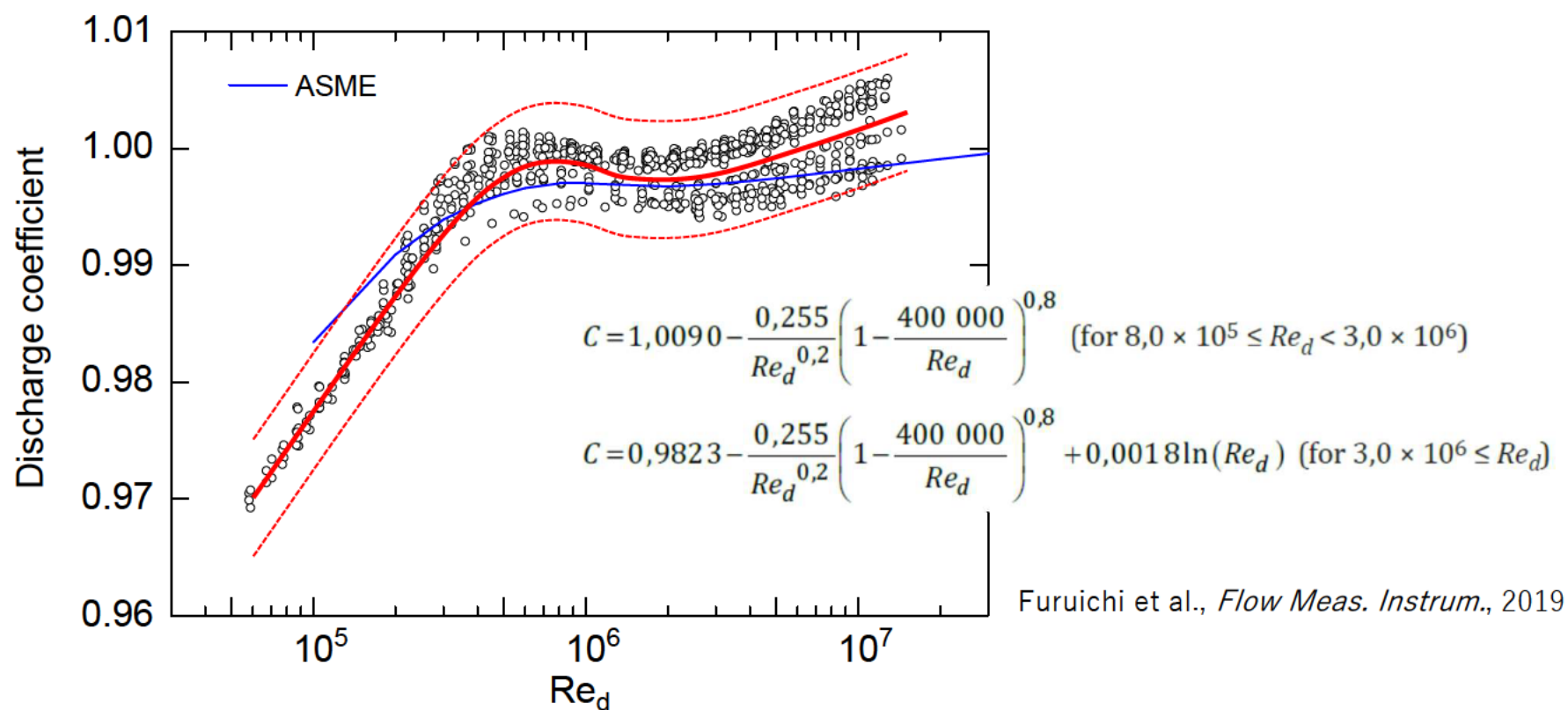
- 低レイノルズ数においてはタップ径と静圧測定誤差にはユニバーサルな関係がある。
- 高レイノルズ数領域では、タップ径の増加とともに静圧測定誤差が増加する。
- タップ径が6mm以上になると、一定値になる傾向がある。

# 新しい流出係数特性式



Furuichi et al., *Flow Meas. Instrum.*, 2019

# ISO 5167-3 : 2020に採用された流出係数式



外挿時流出係数 (要校正)  $\rightarrow C = \bar{k} - \frac{0,255}{Re_d^{0,2}} \left( 1 - \frac{400\,000}{Re_d} \right)^{0,8} + \{0,074\,6 \ln(Re_d) - 0,905\,1\} \frac{d_T}{d}$

- 1) Furuichi, N., Ono, M., Static pressure measurement error for wall taps with high Reynolds number turbulent pipe flow, *Flow Measurement and Instrumentation*, 79 (2021), 101962.
- 2) Furuichi, N., Terao, Y., Re-definition of the discharge coefficient of throat-tapped flow nozzle and investigations on the influence of geometric parameters, *Flow Measurement and Instrumentation*, 65 (2019), pp.16–21
- 3) 古市紀之, 高レイノルズ数における流量計測, *ながれ*, 36-5 (2017), pp. 315-320
- 4) Comparison of high temperature and high Reynolds number water flows between PTB and NMIJ, Furuichi, N., Cordova L., Lederer, T., Terao, Y., *Flow Measurement and Instrumentation*, 52 (2016), 157-162
- 5) Further investigation of discharge coefficient for PTC 6 flow nozzle in high Reynolds number, Furuichi, N., Terao, Y., Nakao, S., Fujita, K., Shibuya, K., *Journal of Engineering for Gas Turbines and Power*, 138 (2016), 041605-1-11
- 6) Further investigation of discharge coefficient for PTC 6 flow nozzle in high Reynolds number, Furuichi, N., Terao, Y., Nakao, S., Fujita, K., Shibuya, K., *Proceedings of the ASME 2015 Power and Energy Conversion Conference, POWER2015-49174*, June 28-July 2 (2015), San Diego, California, US
- 7) Bi-Comparison for High Temperature Water Flow between PTB and NMIJ, Furuichi, N., Terao, Y., Cordova, L., Lederer, T., *Proceedings of 9th International Conference on Fluid Flow Measurement*, April 14-17 (2015), Arlington, US
- 8) Static pressure measurement error at a wall tap of a flow nozzle for a wide range of Reynolds number, Noriyuki Furuichi, Yoshiya Terao, *Flow Measurement and Instrumentation*, 46 (2015), pp.103-111
- 9) Experimental results of flow nozzle based on PTC 6 for high Reynolds number, Furuichi, N., Cheong, KH., Terao, Y., Nakao, S., Fujita, K., Shibuya, K., *Proceedings of the ASME 2014 Power Conference, Power2014-32116*, July 28-31, 2014, Baltimore, Maryland, USA
- 10) スロートタップ式フローノズルの流出係数特性および高レイノルズ数外挿性に関する実験的研究, 古市紀之, チョンカーウィー, 寺尾吉哉, 中尾晨一, 藤田啓司, 渋谷和雄, *日本機械学会論文集B編*, 79, 808 (2013), pp.143-154
- 11) New Discharge Coefficient of Throat Tap Nozzle Based on ASME Performance Test Code 6 for Reynolds Number From  $2.4 \times 10^5$  to  $1.4 \times 10^7$ , Furuichi, N, Cheong, KH, Terao Y., Nakao, S., Fujita, K., Shibuya, K., *Journal of Fluid Engineering*, 136(1), 011105 (2013), doi:10.1115/1.4025513

- JIS Z 8762 円形管路の絞り機構による流量測定方法  
ISO 5167 : 2003の対応JIS  
ISO 5167 : 2003 Part 1 – Part 4に対応
- JIS Z 8762 改正に関する準備委員会を2023年中に立ち上げて、作業を開始予定
- 2024/2025年度中には出版できるように進める予定
- 改正におけるポイント  
ISO 5167- Part 5、6に対する対応について
- ご要望等があれば、ご連絡ください。