



技術で築く確かな信頼

**JEMIC**

日本電気計器検定所

**JASISコンファレンス**

**JAIMAセミナー1**

**「これであなたも専門家・不確かさ編」**

**温度計測の不確かさ評価事例**

**日本電気計器検定所**

**標準部 標準管理グループ**

**齊藤尚子**

# 講演内容

- ・国際温度目盛とトレーサビリティ
- ・デジタル温度計の不確かさ
- ・恒温槽(保管庫・試験槽等)が  
装備する指示計器付温度計の  
不確かさ

# 国際温度目盛とトレーサビリティ

# 温度の単位

SI基本単位の1つである

水の三重点の熱力学温度の $1/273.16$

熱力学温度の単位:

(名称はケルビン, 単位記号はK):  $T_{90}$

セルシウス温度の単位:

(名称はセルシウス度, 単位記号は $^{\circ}\text{C}$ ):  $t_{90}$

$$t = T - 273.15$$

# 国際温度目盛 ITS-90の原則

- \* 0.65Kからプランクの放射則まで
- \* **定義定点**: 実現可能な温度
- \* **補間計器**: 定義定点で校正された特定計器
- \* ヘリウムの蒸気圧と温度の関係式

# ITS-90の定義定点と補間計器

定義定点	温度	補間計器	定義定点	温度	補間計器
He(V)	• 0.65K (-272.5°C)	$^3\text{He}/^4\text{He}$ 蒸気圧 温度目盛  $^3\text{He}/^4\text{He}$ 気圧温度計  白金抵抗 温度計	Hg(t)	• 234.3156K (-38.8344°C)	白金抵抗 温度計
	• 3K		H <sub>2</sub> O(t)	• 273.16K (0.01°C)	
	• 4.2K		Ga(m)	• 302.9146K (29.7646°C)	
	• 5K		In(f)	• 429.7485K (156.5985°C)	
	e-H <sub>2</sub> (t)		• 13.8033K (-259.3467°C)	Sn(f)	
• 17K		Zn(f)	• 692.677K (419.527°C)		
• 20.3K		Al(f)	• 933.473K (660.323°C)		
• 24.5561K (-248.5939°C)		Ag(f)	• 1234.93K (961.78°C)		
Ne(t)	• 24.5561K (-248.5939°C)	Au(f)	• 1337.33K (1064.18°C)	フランクの 放射則	
• 54.3584K (-218.7916°C)	Cu(f)	• 1357.77K (1084.62°C)			
Ar(t)	• 83.8058K (-189.3442°C)				

V: 蒸気圧      t: 三重点  
 m: 融解点      f: 凝固点

# 温度標準の校正手法の区分(呼称)

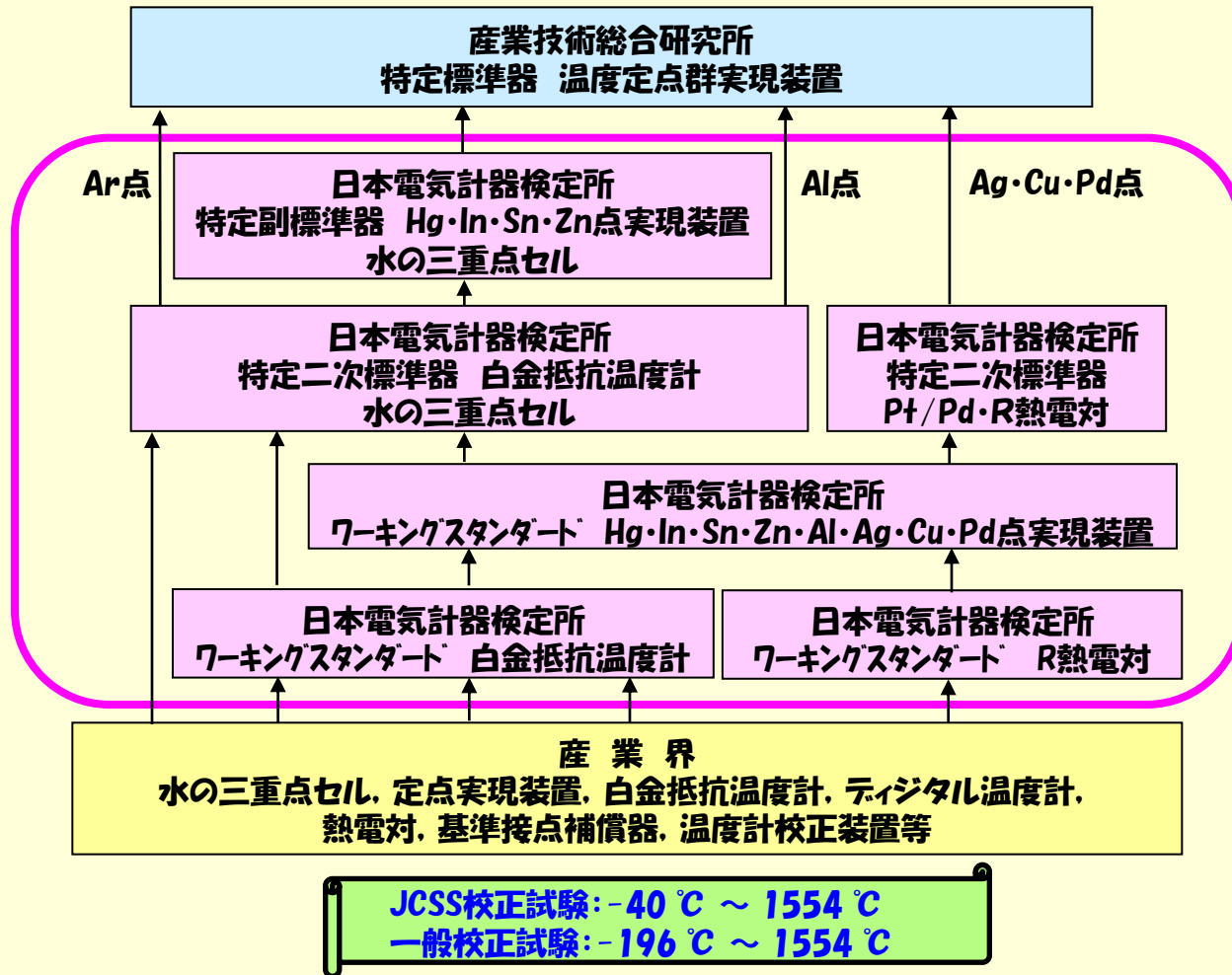
## \* 接触式温度計

(白金抵抗温度計, ガラス製温度計,  
熱電対, 温度計校正装置等)

## \* 放射温度計

校正事業者登録制度(JCSS制度)による  
全登録事業者は34事業所(平成27年8月現在)

# 接触式温度計のJEMICにおけるトレーサビリティ体系





# 接触式温度計の校正方法

- ・ **定点校正**: ITS-90の温度定点実現装置を標準器として、接触式温度計の出力測定を行う。
- ・ **比較校正**: 比較用温槽・電気炉等の熱源を介して、標準白金抵抗温度計や貴金属熱電対の標準器と校正品となる接触式温度計を比較測定を行う。

# デジタル温度計の不確かさ

# デジタル温度計の使用上の注意

- 計器には**各種設定**がある。  
→校正証明書に校正条件として記載されている。
- **センサを変える**と温度値が変わる。  
→校正証明書にセンサの製造番号が記載されている。
- **測定状態**(熱流出入)によって測定値が異なる。
- **熱履歴**による変化が生じる。
- **測定環境**(自己加熱・基準接点)の影響を受ける。

# デジタル温度計の比較校正手順

標準器のセンサと校正品のセンサを比較温槽に  
センサの測温部が同じ位置になるように挿入する。

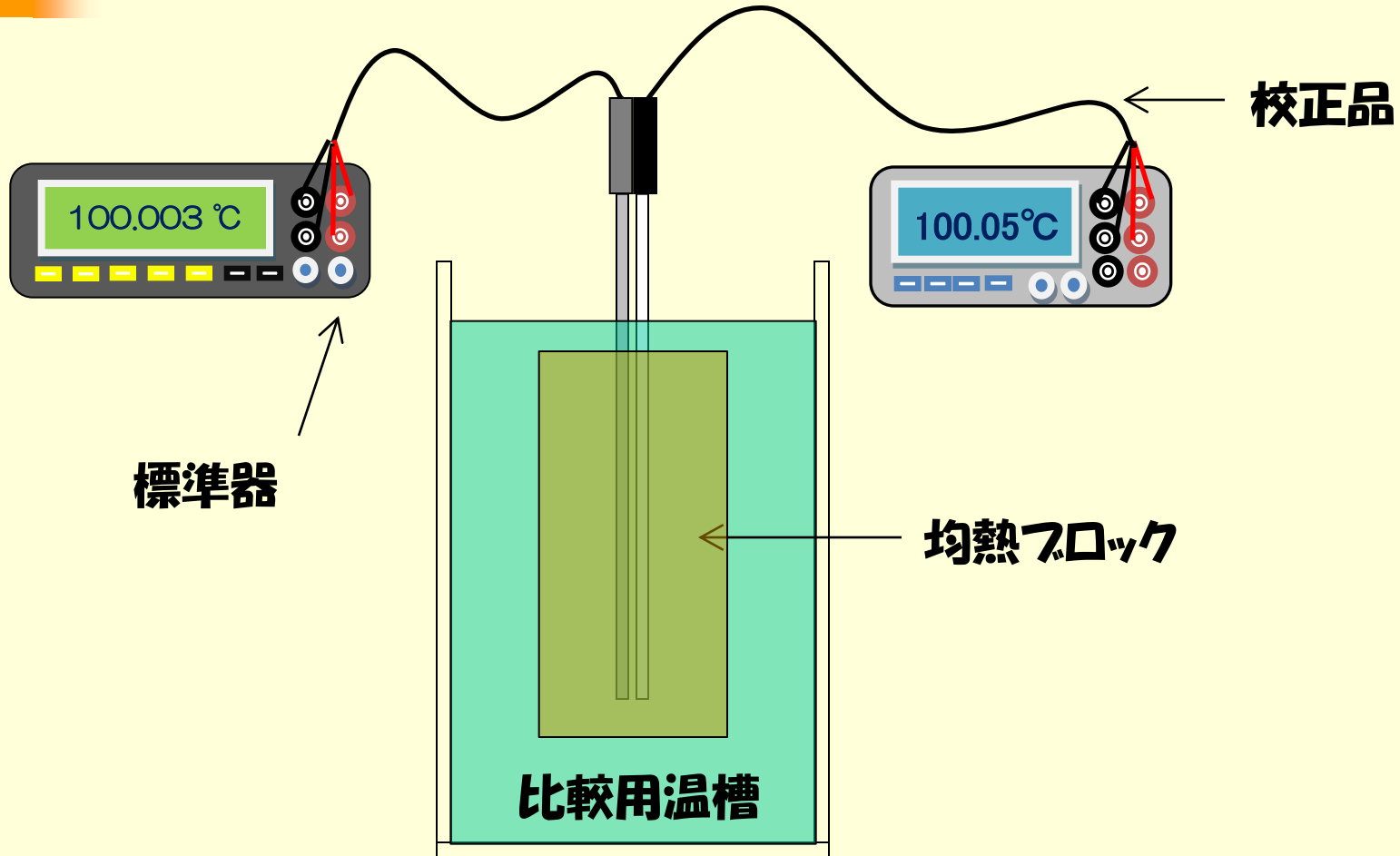
比較用温槽を校正温度に設定し、安定するまで待つ。

標準器と校正品の表示値をそれぞれ読む。

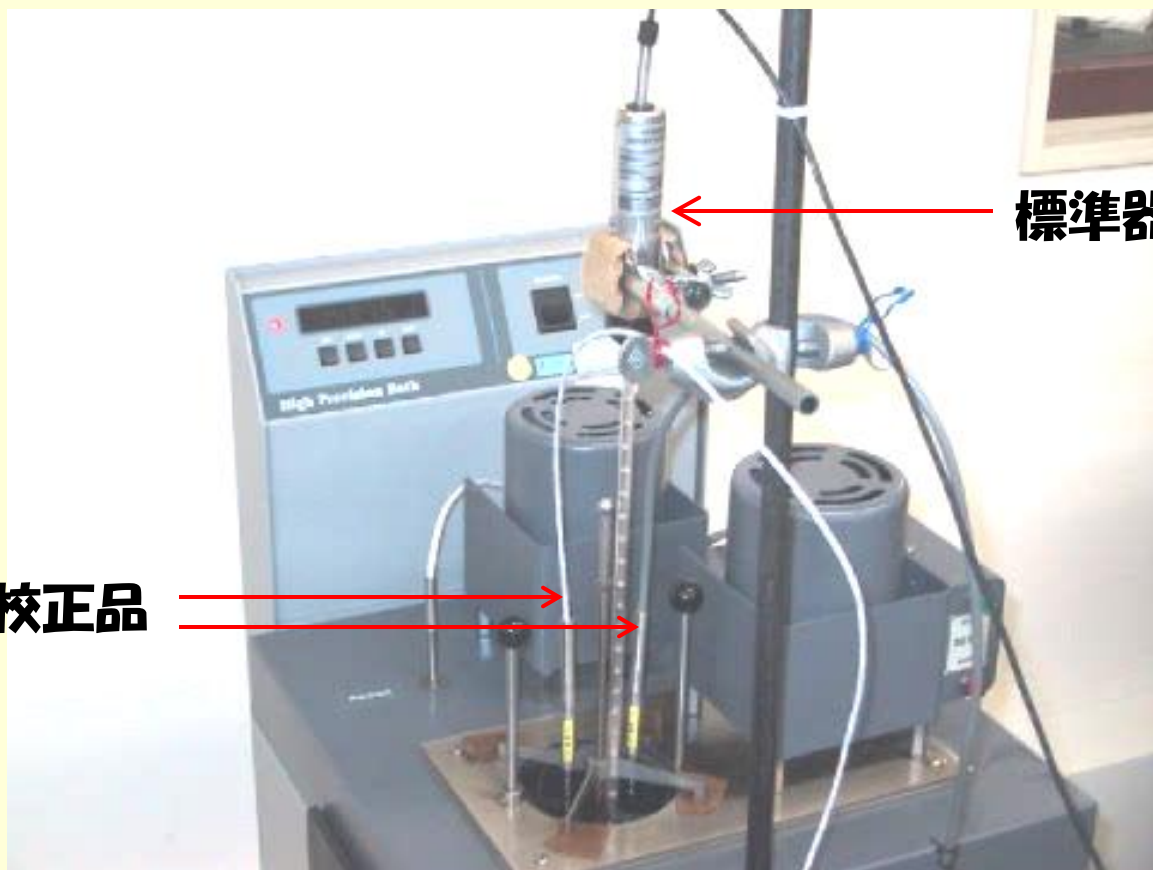
それぞれの表示値と標準器の補正值から校正結果を算出する。

校正点により繰り返し返す

# デジタル温度計の比較校正例



# デジタル温度計の設置



# デジタル温度計の不確かさの要因

- ・ **標準器に起因する不確かさ**
  - 校正の不確かさ
  - 長期安定性
  - 内挿特性式の不確かさ
  - 自己加熱の影響
  - 分解能
  - 測定中の安定性
- ・ **校正品に起因する不確かさ**
  - 測定中の安定性
  - 測定の再現性
  - 分解能
  - 熱流入
  - 周囲温度の影響
  - 直線性
- ・ **測定系に起因する不確かさ**
  - 比較用温槽の安定性
  - 比較用温槽の温度分布

# 標準器に起因する不確かさの評価

## 校正の不確かさ:

標準器の校正の不確かさであり、校正証明書の値を包含係数で割って標準不確かさとする。校正点以外の校正の不確かさについては(温度範囲で考える場合)、不確かさの伝播則より求める。

## 長期安定性:

校正毎の経年変化の最大値を矩形分布とみなして、標準不確かさとする。

## 内挿特性式の不確かさ:

標準器の校正結果を温度目盛として使用するために、2次式あるいは3次式の特性格式としたときの計算値と実測値(校正値)との差の最大値を矩形分布とみなして標準不確かさとする。



# 標準器に起因する不確かさの評価

## 自己加熱の影響:

標準器のセンサが測温抵抗体の場合、測定において自己加熱を生じ、校正値に含まれる。自己加熱は液中と気中で異なるため、校正時と使用時で条件が変わる場合は、その差を矩形分布とみなして、標準不確かさとする。

## 分解能:

標準器の最小桁を2で割り、矩形分布とみなして、標準不確かさとする。

## 測定中の安定性:

標準器の測定値のばらつきを正規分布として、標準不確かさとする。

# 校正品に起因する不確かさの評価

## 測定中の安定性:

校正品の測定値のばらつきを正規分布として、標準不確かさとする。

## 測定の再現性:

校正条件を1つ以上変えて、校正を再度行う。温度では測定回数を増やすことが困難であるため、2回の差を矩形分布とみなして標準不確かさとすることが多い。

## 分解能:

校正品の最小桁を2で割り、矩形分布とみなして、標準不確かさとする。

# 校正品に起因する不確かさの評価

## 熱流入:

センサの挿入長を変えることによる温度差を矩形分布とみなして、センサの熱流入として標準不確かさとする。

## 直線性:

校正結果を算出するに当たり、校正品の直線性を矩形分布とみなして、標準不確かさとする。

## 周囲温度の影響:

校正品の周囲温度変動に伴う指示値の最大差を矩形分布とみなして、標準不確かさとする。特にセンサが熱電対の場合は影響が大きい。

# 測定系に起因する不確かさの評価

## 比較用温槽の安定性:

比較校正で使用する時間以上での温槽のばらつきを、標準不確かさとする。

## 比較用温槽の温度分布:

校正品の形状を考慮した深さ方向の温度勾配(垂直方向の温度分布)と標準器と校正品の位置、特に均熱フロックがある場合は孔の位置による温度差(水平方向の温度分布)の最大値を矩形分布とみなして標準不確かさとする。

# デジタル温度計の不確かさバジェット

## 0.01℃分解能のデジタル温度計を校正した場合

要因	不確かさ	単位	分布	除数	感度係数	標準不確かさ(℃)	自由度
<b>標準器に起因する不確かさ</b>							
校正の不確かさ	0.020	℃	正規	2	1	0.010	∞
長期安定性	0.030	℃	矩形	1.732	1	0.017	∞
内挿特性式の不確かさ	0.010	℃	矩形	1.732	1	0.006	∞
自己加熱の影響	0.002	℃	矩形	1.732	1	0.001	∞
分解能	0.0005	℃	矩形	1.732	1	0.000	∞
測定中の安定性	0.003	℃	正規	1	1	0.003	9
<b>校正品に起因する不確かさ</b>							
測定中の安定性	0.010	℃	正規	1	1	0.010	9
測定の再現性	0.005	℃	矩形	1.732	1	0.003	∞
分解能	0.005	℃	矩形	1.732	1	0.003	∞
熱流入	0.000	℃	矩形	1.732	1	0.000	∞
周囲温度の影響	0.005	℃	矩形	1.732	1	0.003	∞
直線性	0.005	℃	矩形	1.732	1	0.003	∞
<b>測定系に起因する不確かさ</b>							
比較用温槽の安定性	0.010	℃	正規	1	1	0.010	29
比較用温槽の温度分布	0.020	℃	矩形	1.732	1	0.012	∞
<b>合成標準不確かさ 及び 有効自由度</b>						<b>0.028</b>	<b>448</b>
<b>拡張不確かさ (信頼の水準約95%, <math>K = 2</math>)</b>						<b>0.06</b>	

# 恒温槽(保管庫・試験槽等)が 装備する指示計器付温度計の 不確かさ

## 恒温槽の試験・校正の需要

**JIS C 60068-3-5 環境試験方法－電気・電子－**

**第3-5部：温度試験槽の性能確認の指針**

**JIS C 60068-3-6 環境試験方法－電気・電子－**

**第3-6部：支援文書及び指針－温湿度試験槽の性能確認の指針**

**日本試験機工業会**

**JTM K 07 温度試験槽－性能試験方法及び性能表示方法**

**JTM K 08 温度試験槽における温度の不確かさの評価方法**

**JTM K 09 温湿度試験槽－性能試験方法及び性能表示方法**

**JTM K 10 温湿度試験槽における湿度の不確かさの評価方法**

**JTM K 11 温度試験槽及び温湿度試験槽の安全基準**



**JCSS校正証明書が欲しい**

# 恒温槽(保管庫・試験槽等)が 装備する指示計器付温度計のJCSS校正

恒温槽自体は計量器としては認められない

恒温槽が装備する指示計器付温度計は  
計量器として認められる。

**JCSS校正が可能となる**

## ガイドが発行される予定

独立行政法人 製品評価技術基盤機構 認定センター  
JCSS技術的要求事項適用指針 補足ガイド(案)

日本試験機工業会

JTM K 12 温度試験槽及び温湿度試験槽の特性評価と  
校正に関するガイドライン(案)

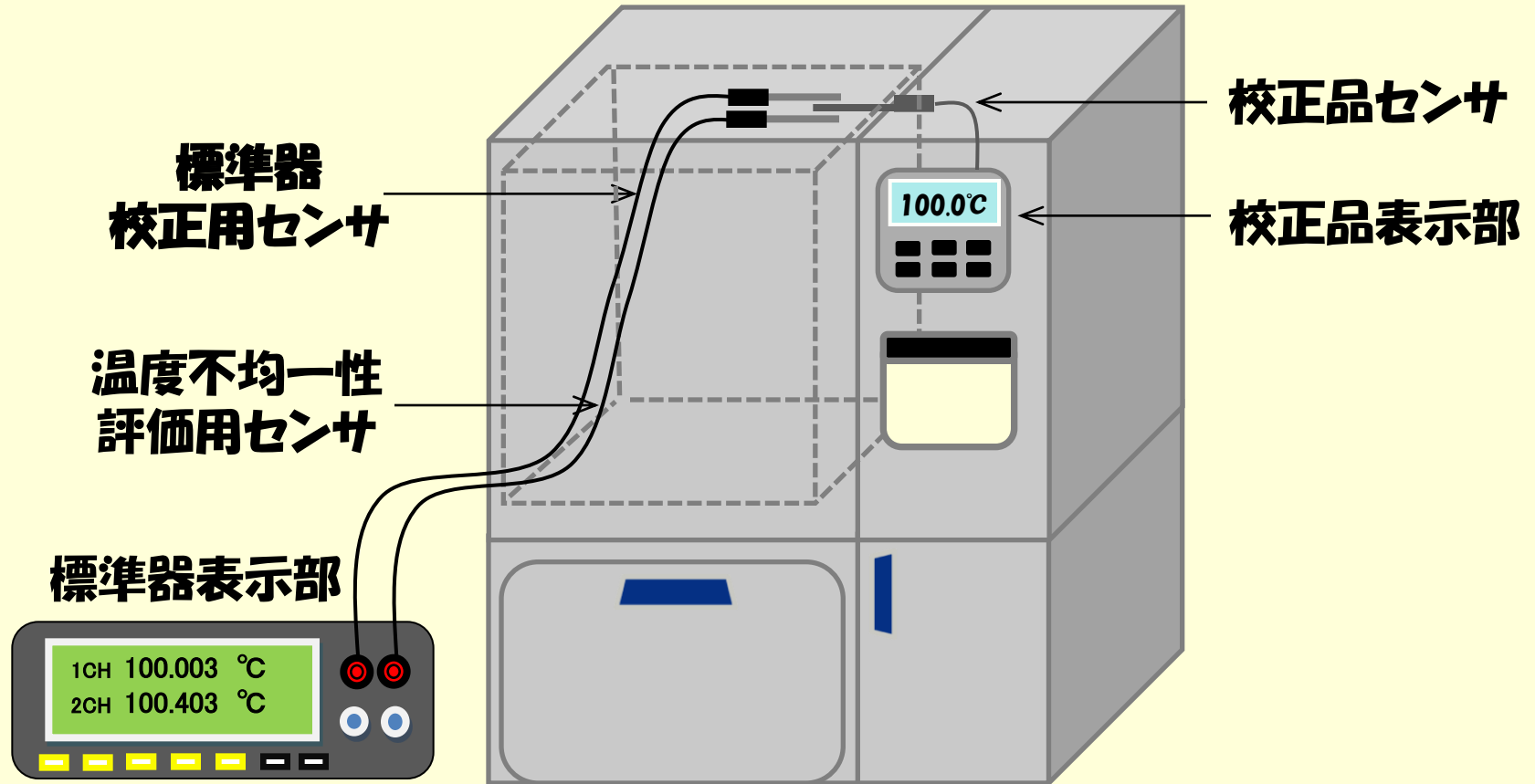


## 恒温槽(保管庫・試験槽等)が 装備する指示計器付温度計の校正方法

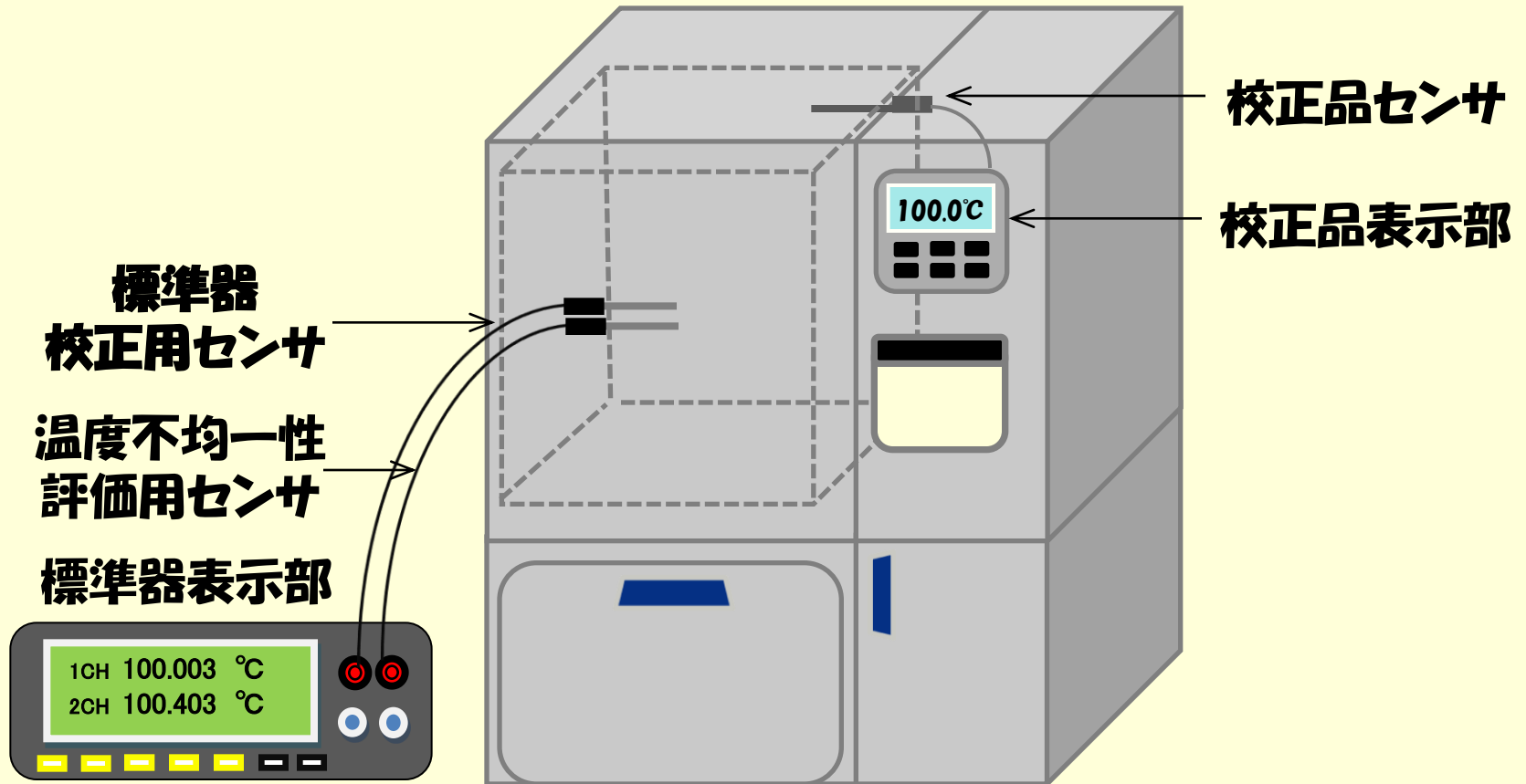
恒温槽が装備する指示計器付温度計の校正方法は、標準器の示す温度と指示計器付温度計の示す温度を交互に測定し、比較校正するものである。手順としては**デジタル温度計の比較校正**と同じである。

「標準器のセンサを恒温槽が装備する指示計器付温度計の測温部と接触又は近傍1点に設置する」か、または「恒温槽内の任意の1点に設置する」

# 近傍1点の場合の校正設置図



# 任意の1点の場合の校正設置図



# 恒温槽(保管庫・試験槽等)が装備する 指示計器付温度計の不確かさの要因

- ・ **標準器に起因する不確かさ**
  - 校正の不確かさ
  - 長期安定性
  - 内挿特性式の不確かさ
  - 自己加熱の影響
  - 分解能
  - 測定中の安定性
  - 測温部近傍の温度不均一性
  - 周囲温度変動による影響
- ・ **校正品に起因する不確かさ**
  - 測定中の安定性
  - 分解能
  - 温度入力周辺の温度変動
  - 直線性

# 異なる不確かさの要因

## 測温部近傍の温度不均一性

標準器を槽内に設置する時に、その都度生じる測温部の位置のばらつきに起因する不確かさである。恒温槽の温度検出部に対して上下又は左右±数十 mmの範囲で測定した2箇所の測定値の差を矩形分布とみなして、標準不確かさとする。

## 周囲温度変動による影響

標準器の周囲温度変動による温度差を矩形分布とみなして、標準不確かさとする。

## 温度入力周辺の温度変動

校正品の温度入力部周辺の温度変動に伴う指示値の最大差を矩形分布とみなして、標準不確かさとする。一般的にはメーカースペックの温度係数から算出する。

# 恒温槽(保管庫・試験槽等)が装備する 指示計器付温度計の不確かさバジェット

## 0.1℃分解能の恒温槽が装備する指示計器付温度計を校正した場合

要因	不確かさ	単位	分布	除数	感度係数	標準不確かさ(℃)	自由度
<b>標準器に起因する不確かさ</b>							
校正の不確かさ	0.020	℃	正規	2	1	0.010	∞
長期安定性	0.030	℃	矩形	1.732	1	0.017	∞
内挿特性式の不確かさ	0.010	℃	矩形	1.732	1	0.006	∞
自己加熱の影響	0.020	℃	矩形	1.732	1	0.012	∞
分解能	0.0005	℃	矩形	1.732	1	0.000	∞
測定中の安定性	0.050	℃	正規	1	1	0.050	9
測温部近傍の温度不均一性	0.400	℃	矩形	1.732	1	0.231	∞
周囲温度変動による影響	0.050	℃	矩形	1.732	1	0.029	∞
<b>校正品に起因する不確かさ</b>							
測定中の安定性	0.250	℃	正規	1	1	0.250	9
分解能	0.050	℃	矩形	1.732	1	0.029	∞
温度入力部周辺の温度変動	0.500	℃	矩形	1.732	1	0.289	∞
直線性	0.050	℃	矩形	1.732	1	0.029	∞
合成標準不確かさ 及び 有効自由度						0.452	96
拡張不確かさ (信頼の水準約95%, $k = 2$ )						1.0	

# 恒温槽の校正について

材料試験&環境試験と計測、評価に関する国内唯一の総合展

**JTS 2015** JAPAN TESTING  
TECHNOLOGY  
SHOW 2015

第13回総合試験機器展

2015.9.16(水) ~ 18(金) 10:00~17:00

東京ビッグサイト 西1ホール

主催：日本試験機工業会

後援：経済産業省

特別協力：フジサンケイ ビジネスアイ

協賛：独立行政法人 製品評価技術基盤機構 (NITE)、公益財団法人 日本適合性認定協会 (JAB)、  
(一部申請中) 一般財団法人 日本品質保証機構 (JQA)、一般社団法人 日本機械工業連合会、  
日本材料試験技術協会、日本電気計器検定所 (JEMIC)

<http://www.jtma.jp>



開催記念セミナー

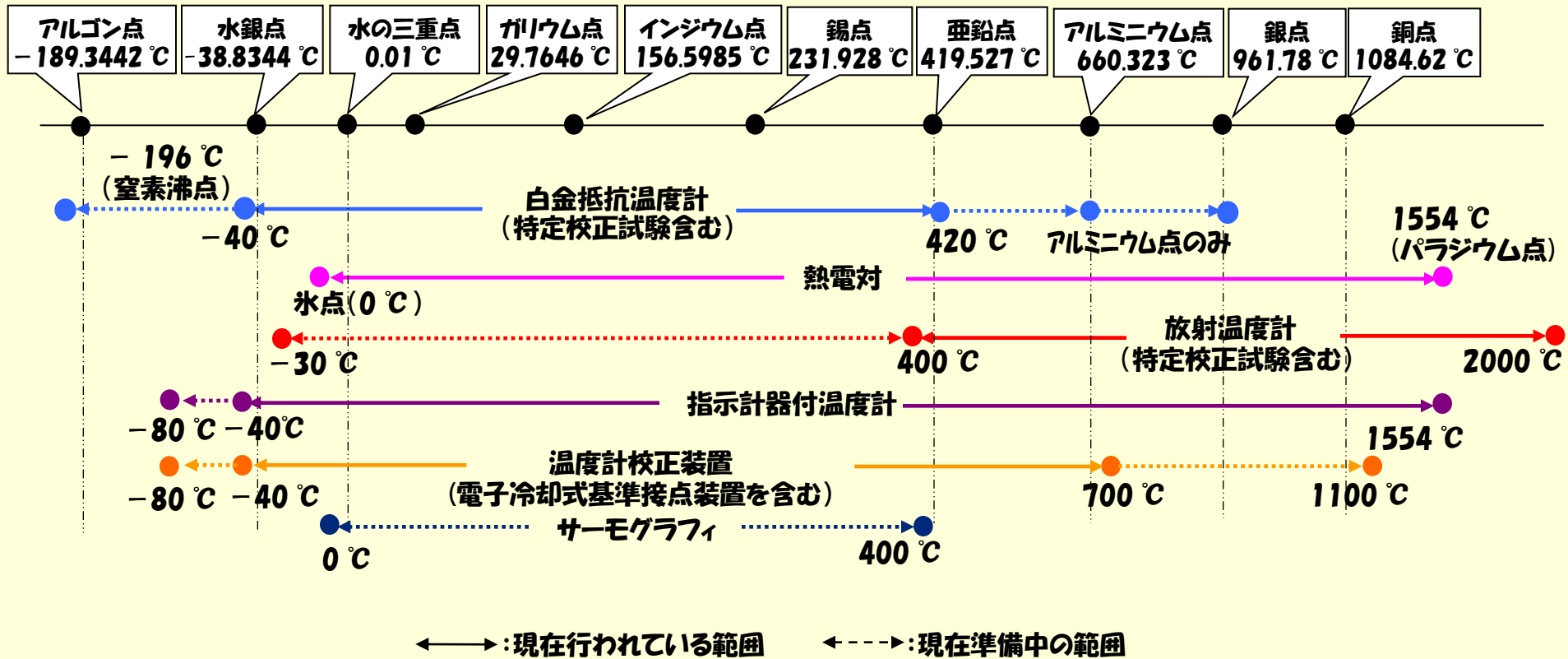
9月16日(水): 専門セミナー1

JTM K 12 恒温槽の校正ガイドラインとJCSS対応について

日本試験機工業会 環境装置技術委員会 気象環境分科会

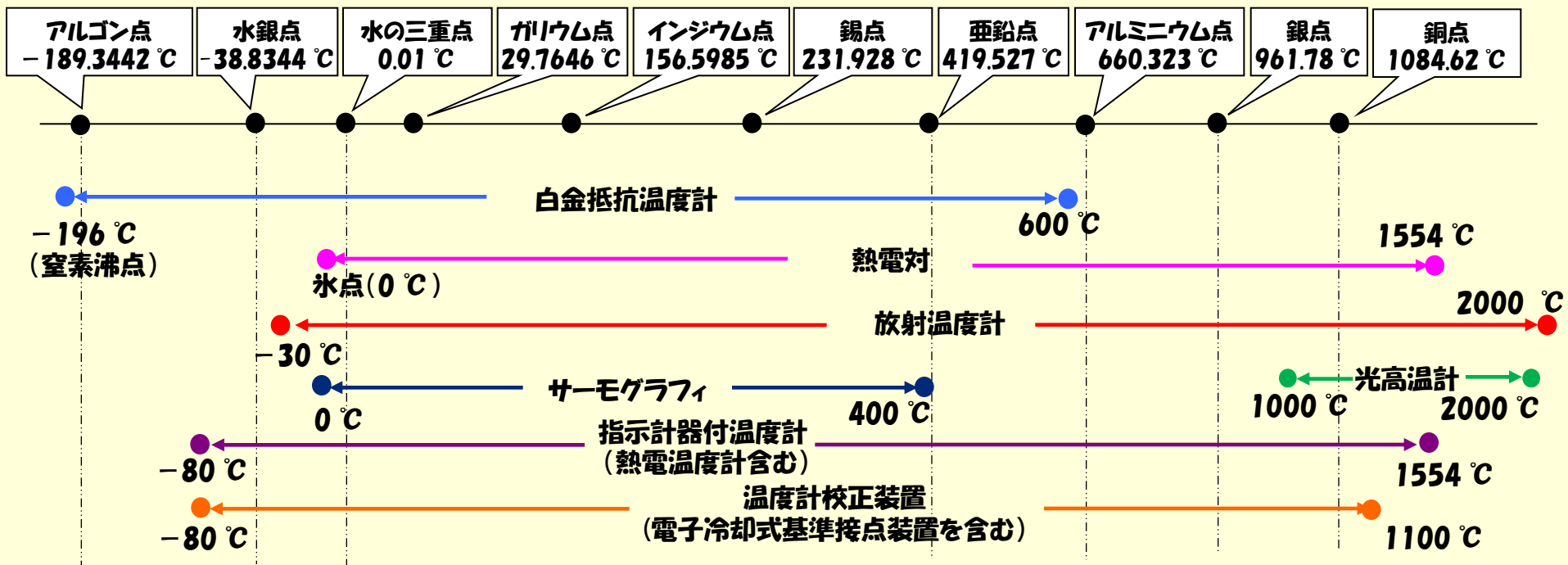
下坂 幸氏(楠本化成株式会社)

# JEMICにおける校正範囲 (JCSS校正)





# JEMICにおける校正範囲 (一般校正)



# 謝 辞

**日本試験機工業会 (JTM)**  
**独立行政法人 製品評価技術基盤機構 認定センター**  
**(IA Japan)**  
**国立研究開発法人 産業技術総合研究所**  
**計量標準総合センター (NMIJ)**

**関係者の方々にご協力を頂き、  
感謝の意を表します。**

# 御清聴ありがとうございました

校正の問い合わせ: TEL: 03(3451)6760

FAX: 03(3451)6910

E-mail: Kousei-info@jemic.go.jp

校正業務: 電気, 時間・周波数, 温度, 光, 磁気  
湿度, 長さ, 質量, 圧力, トルク等

ホームページ: <http://www.jemic.go.jp/>

JEMIC

🔍 検索