

JAIMAセミナー「これであなたも専門家－不確かさ」

平成26年9月3日(水)

# 認定における 測定不確かさの利用

独立行政法人製品評価技術基盤機構

認定センター(IAJapan)

大高 広明



# 認定における測定不確かさの利用

## その1: 国際インフラ整備



### ◆ 国際的な測定不確かさ関連文書の整備

#### ① ISO/IECガイド

→ ILACを通して、JCGM関連文書(GUM, VIM, GUM関連文書)の審議に参加

#### ② ILAC及びAPLAC方針・指針文書

→ ILAC及びAPLACの認定委員会・技術委員会等で、方針・指針文書を審議し、ILAC・APLACから発行

# 認定における測定不確かさの利用

## その2: 国内インフラ整備

### ◆ 認定機関から試験所・校正機関に対する情報提供

- ① NMIJ計測クラブ、関係工業会、研究会における不確かさ評価事例の情報収集  
→ 収集した情報は、認定機関(IAJapan)の指針文書に反映
- ② 認定機関の指針文書(不確かさの見積もりガイド)の発行



# 認定における測定不確かさの利用

## その3: 認定審査への活用(最終目的)

### ◆ 試験所・校正機関の技術的能力の評価

#### ① 試験所・校正機関の不確かさバジレットの審査

→ 認定機関の指針文書に準拠した不確かさバジレットなら  
受審側(試験所・校正機関)も審査側(認定機関)もラク

#### ② 技能試験、試験所間比較の実施・評価

$E_n$ 数(主に校正分野の技能試験に適用)

→ 参加者のパフォーマンスの評価に測定不確かさを利用  
( $z$ スコアでは、技能評価の標準偏差を利用)



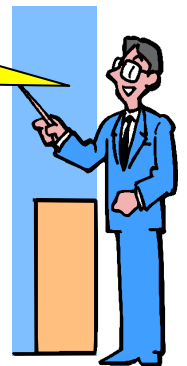
# 認定機関が発行する 測定不確かさ文書について

# 認定機関における測定不確かさ文書の作成

## ◆測定不確かさの指針文書の発行

- 認定試験所数が多い分野、指針作成のニーズが高い分野を優先して作成
- 合成標準不確かさに寄与する測定不確かさ要因とその大きさを、評価事例という形で示している

試験所が作成する不確かさバジェットでは、測定不確かさ要因は指針文書と同じでもよいが、数値はその試験所の実測値又は仕様・経験に基づく値から評価しなければならない



# IAJapanが発行する不確かさ関連文書

## JCSS(計量法校正事業者登録制度)関連(2014.8.15現在)

区分	文書名称
共通	校正の不確かさに関する表現、ゼロ点校正とその不確かさの見積もり、内挿校正式による不確かさの見積もり及び測定の不確かさに関する入門ガイド
長さ	633 nm 領域の波長、532 nm 領域の波長、1.5 マイクロメートル帯の波長、ブロックゲージ、標準尺、直尺、巻尺、マイクロメータ、ノギス、ハイトゲージ、ダイヤルゲージ、ダイヤルゲージ校正器、リングゲージ、プラグゲージ、伸び計、平面度及び球
体積	液体体積計(メスシリンダー、フラスコ)及び液体体積計(ピペット)
質量	分銅等及びはかり
力	力計(JIS B 7728 による方法)、力計(JIS B 7721 に準じる校正方法)及び一軸試験機
粘度	粘度標準液及び粘度計

## IAJapanが発行する不確かさ関連文書

## JCSS(計量法校正事業者登録制度)関連(2014.8.15現在):続き

時間	周波数
流量・流速	流量・流速
トルク	トルクメータ、参照用トルクレンチ、トルク試験機及びトルクレンチテスト
電気(直流・低周波)	公称値10 k 標準抵抗、ハンディデジタルマルチメータ直流電圧100 V
電気(高周波)	30 dB設定での同軸ステップ減衰器、パワーセンサー、高周波インピーダンス(ベクトルネットワークアナライザ(VNA)の評価に関する指針)
温度	接触式温度計、放射温度計
放射線・放射能・中性子	X線測定器、 $\gamma$ 線測定器
硬さ	ロックウェル硬さ、ビッカース硬さ
標準物質	標準液(金属標準液、pH標準液、VOC標準液)
重力加速度	重力加速度値の使用に関する不確かさガイド



# IAJapanが発行する不確かさ関連文書

## JNLA(工業標準化法試験事業者登録制度)関連(2014.8.15現在)

分野	文書名称
土木・建築	不確かさの見積もりに関するガイド(コンクリート・セメント等無機系材料強度試験)
	不確かさの見積もりに関するガイド(石灰・セメント・ガラス化学分析試験)
電気	不確かさの見積もりに関するガイド(電気分野)
車両	不確かさの見積もりに関するガイド(自転車部品安全性試験)
繊維	不確かさの見積もりに関するガイド(繊維引張強さ試験)
	不確かさの見積もりに関するガイド(繊維製品ーアゾ色素由来の特定芳香族アミン定量方法)
パルプ・紙・包装	不確かさの見積もりに関するガイド(紙等破裂強さ試験)
給水・燃焼機器	不確かさの見積もりに関するガイド(浸出性能試験)
抗菌	不確かさの見積もりに関するガイド(抗菌性試験)
医療・福祉・保安用品	不確かさの見積もりに関するガイド(車いす機能試験)
化学品	不確かさの見積もりに関するガイド(高分子引張試験)
	不確かさの見積もりに関するガイド(高分子曲げ試験)
	不確かさの見積もりに関するガイド(原子吸光・炎光光度分析)

# 不確かさに関する認定機関の 審査のポイント

# 見積もるべき不確かさ要因①(要因の大きさ)

- JIS Q 17025:2005 (ISO/IEC 17025:2005) 5.4.6.3

“測定の不確かさを推定する場合には、**当該状況下で重要な**すべての不確かさの成分を適切な分析方法を用いて考慮すること。”



審査の視点から、次のとおり赤字を青字に書き替えてみる…

“測定の不確かさを推定する場合には、**試験所・校正機関が個々の試験・校正を行う状況下で、合成標準不確かさに寄与する最大の標準不確かさ要因の1/10よりも大きな**すべての不確かさの成分を適切な分析方法を用いて考慮すること。”

## 見積もるべき不確かさ要因①(要因の大きさ)

- 合成標準不確かさに寄与する最大の標準不確かさ要因の1/10よりも小さな標準不確かさ要因は、仮にこの不確かさが評価されていたとしても無視してよい。

下式において $u_1=1$ ,  $u_2=0.1$ とすると、

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2} = \sqrt{1^2 + 0.1^2} = \sqrt{1 + 0.01} = \sqrt{1.01} = 1.00499\dots$$

となり、不確かさを多くとも有効数字二桁で報告するとすれば、 $u_2$ は合成標準不確かさには寄与しないことがわかる。

しかしながら...

# 見積もるべき不確かさ要因①(要因の大きさ)

試験所・校正機関が無視した標準不確かさ要因について、以下の観点で審査において確認することになる。

- ①無視したことの技術的妥当性  
(合理的な根拠を基に無視しているのか)
- ②要員の理解度の確認  
(無視されている不確かさ要因を正しく理解した上で無視したのか、それともその不確かさ要因を認識せず欠落させたのか)



※結果オーライではなく、**正しく理解していることが大事!**

## 見積もるべき不確かさ要因②(未知のかたより)

### ◆不確かさで扱うもの: ばらつき

➤ばらつき

➤未知のかたより→ばらつきとして扱う

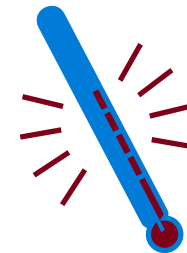
### ◆“未知のかたより”の主な要因

・デジタル表示の不確かさ

・計量器の(上位校正機関による)校正の不確かさ

## 未知のかたより①: デジタル表示の不確かさ

デジタル温度計で、コンクリート供試体の養生温度(規格値:  $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ )を測定した結果、次のように表示された。表示値は $20.2\text{ }^{\circ}\text{C}$ で安定していた。

A digital display showing the temperature reading "20.2°C" in a blue, seven-segment font. The display is enclosed in a thin blue rectangular border.

これは、養生温度が $20.15\text{ }^{\circ}\text{C}$ から $20.25\text{ }^{\circ}\text{C}$ の間にあることを示している。

→  $20.15\text{ }^{\circ}\text{C}$ から $20.25\text{ }^{\circ}\text{C}$ の間でばらついていると考える

# 未知のかたより②: 計量器の校正の不確かさ

(校正証明書で示される校正結果)

温度計の表示値	校正値 ± 校正の不確かさ
0.0 °C	-0.2 °C ± 0.1 °C
20.0 °C	19.8 °C ± 0.4 °C
40.0 °C	39.7 °C ± 0.4 °C

※校正の不確かさ( $k=2$ 、信頼の水準約95%)

“真の値が19.4 °C ~ 20.2 °Cの間に約95%の確率で存在する”

→ 温度計の校正値も不確かさをもっており、真の値がいくらなのかは分かりえない(19.8 °Cは、真の値の“最良推定値”にすぎない)

⇒ 温度計の“校正の不確かさ”を見積もる必要がある



## 見積もるべき不確かさ要因③： 既知のかたよりを補正しない場合

温度計の表示値	校正値 ± 校正の不確かさ
0.0 °C	-0.2 °C ± 0.1 °C
20.0 °C	19.8 °C ± 0.4 °C
40.0 °C	39.7 °C ± 0.4 °C

実際の測定値を、表示値と校正値の差 (-0.2 °C) で補正する必要がある

- ・補正する場合→温度計の校正の不確かさのみ考慮すればよい
- ・補正しない場合→温度計の校正の不確かさに加え、既知のかたよりを補正しないことによる不確かさを見積もらなければならない

# 既知のかたよりを補正しない例: JCSS pH標準液(第2種)

(JCSS不確かさの見積もりに関するガイド(標準液)より)

## pH標準液(第2種)

…pH値を小数点以下2桁目まで保証するpH標準液。

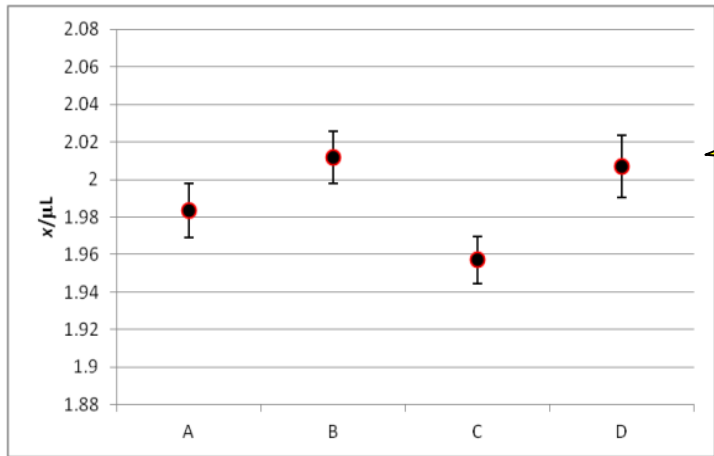
通常固定値(例: 6.86)として値付けがなされる。

(手順例)測定値が許容幅(判定値 $6.865 \pm 0.005$ )以内であれば、かたよりで補正せず6.86として値付けする



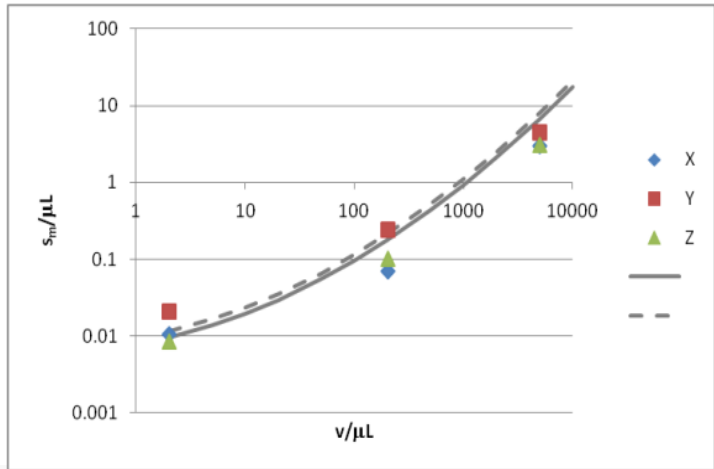
- ・許容差判定の不確かさを、測定値の分布(6.860~6.870の矩形分布とする)から評価
- ・判定値と規定値(6.86)の差に伴う不確かさを、差0.005を片側幅とする矩形分布として評価

# 未知の不確かさ要因の評価例：マイクロピペット校正 ～試験所間比較結果を基にした不確かさ評価～



試験所間比較試験結果において、各参加者の校正の不確かさは小さいものの校正値(丸印)が大きく異なっている。

→ 定量化できない“未知の”不確かさ要因(各校正要員のクセ、日間環境条件変化等)の影響による



各参加者の“試験所要員間+日間再現性の標準偏差”をプロットし、得られる近似曲線を基に総合的な未知不確かさ要因(“測定条件の不確かさ”)を設定、各参加者の不確かさ要因のひとつとして加える

(JCSS不確かさの見積もりに関するガイド(体積：ピペット)より)



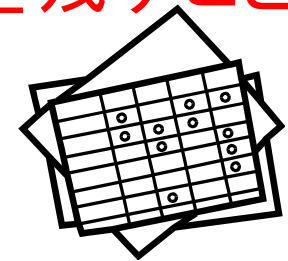
# 不確かさバジェットシートの作成方法

- 特に決まった書式はない
- バジェットシートは重要な技術的記録であり、JIS Q 17025 4.13.2.1では、“当時の状況が再現できるような十分な情報を含むこと”を要求している



可能な限り、元の条件にできるだけ近い条件での試験・校正の繰り返しを可能とすること(元の条件の明確化)

◆ 例えば5年後にみたときも、理解しやすい記録を残すこと！



# 不確かさバジェット表の例(1)

## <JCSS質量(はかり)校正の不確かさバジェットシート>

記号	要因	タイプ	分布	除数	標準 不確かさ (g)	自由度	備考
$u_{cal}$	参照分銅の校正の不確かさ	B	正規	2	1.5	$\infty$	校正証明書より引用
$u_{pul}$	はかりの目量(分解能)の不確かさ	B	矩形	$\sqrt{3}$	8.2	$\infty$	
$u_{man}$	偏置荷重による不確かさ	B	矩形	$\sqrt{3}$	11.5	$\infty$	使用分銅100kg、最大指示値差20g
$u_{vel}$	温度特性による不確かさ	B	矩形	$\sqrt{3}$	1.7	$\infty$	温度係数 10ppm/K
$u_{rep}$	繰り返し性の不確かさ	A	正規	1	11.5	2	繰り返し回数 3回
$u_{sta}$	参照分銅の経年変化の不確かさ	B	矩形	$\sqrt{3}$	1.2	$\infty$	過去の校正結果の推移より
$u_{c(ten)}$	合成標準不確かさ				18.4		
	有効自由度				13		
$U$	拡張不確かさ( $k=2$ )				37		信頼の水準 約95%

※電子式非自動はかり(ひょう量300kg、目量20g)、校正点300kgにおける



# 不確かさバジェット表の例(2)

## <JNLA繊維引張強さ試験の不確かさバジェットシート>

記号	要因	値(±)	タイプ	分布	除数	感度係数	標準不確かさ(N)	寄与率	備考
$u_{cal}$	試験機の校正の不確かさ	4.16 N	B	正規	2	1	2.08	1 %	試験機の校正証明書より
$u_{pul}$	試験機を用いて測定する際の不確かさ	10 N	B	矩形	$\sqrt{3}$	1	5.77	11 %	仕様書より(荷重測定精度の±1%)
$u_{mac}$	引張試験機に起因する不確かさ						6.13	12 %	
$u_{man}$	試験者に起因する不確かさ	10.94 N	A	—	—	1	10.94	41 %	ANOVA試験者(A)
$u_{vel}$	引張速度の不確かさ	9.40 N	A	—	—	1	9.40	30 %	ANOVA引張速度(F)
$u_{rep}$	繰り返しの不確かさ	7.04 N	A	—	—	1	7.04	17 %	ANOVA誤差項(e)3回平均
$u_{ope}$	試験操作時の不確かさ						16.05	88 %	考え方やデータの確認が容易!
$u_{c(ten)}$	合成標準不確かさ						17.18	100 %	
$U$	拡張不確かさ(k=2)						34		

どの要因が支配的か  
一目瞭然!



# 認定審査における技能試験結果の活用

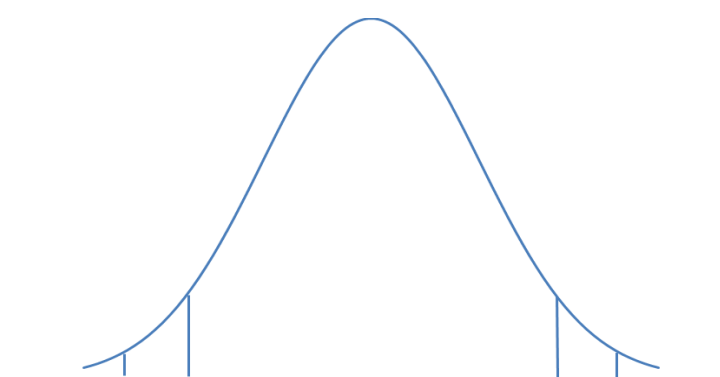
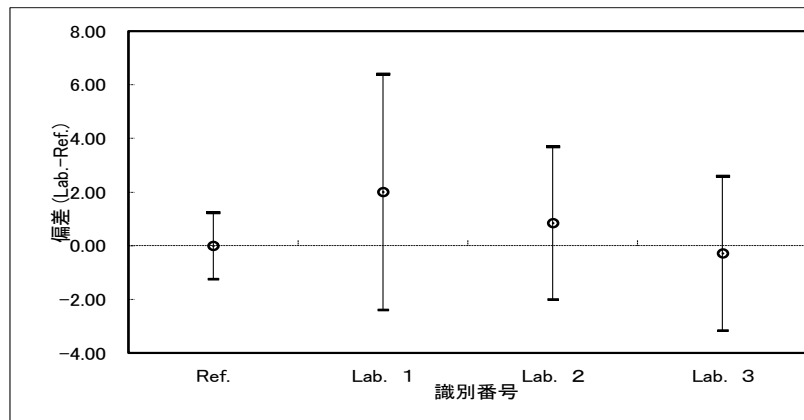
# 認定審査における技能試験結果の活用

## ◆技能試験の実施

目的: 試験所・校正機関の技術的能力の確認

(校正機関)  $E_n$  数による技能試験のパフォーマンスの評価が、最高測定能力で示される測定不確かさの適切性を評価する最適な方法の一つ

(試験所)  $z$  スコアによる技能試験のパフォーマンスの評価は、外れ値(outlier)を出していないことを実証できる最適な方法の一つ





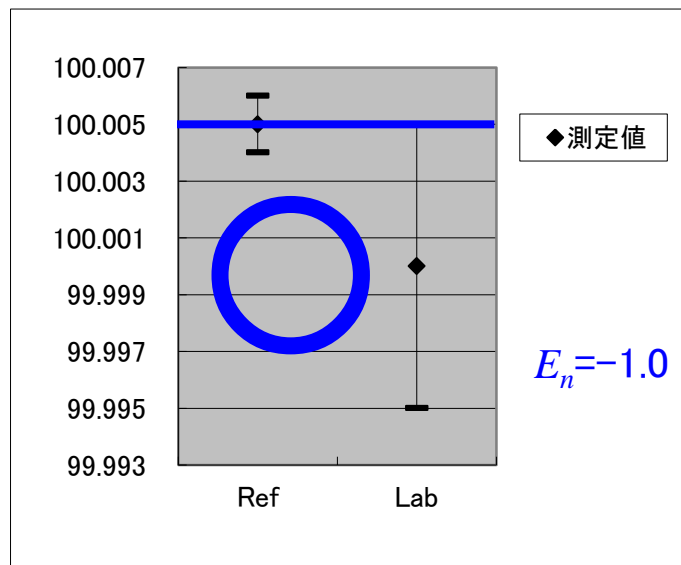
# 技能試験のパフォーマンスの評価

	パフォーマンス統計量の計算	パフォーマンスの評価
$E_n$ 数	$E_n = \frac{x - X}{\sqrt{U_{\text{lab}}^2 + U_{\text{ref}}^2}}$ <p>ここに、<math>x</math> : 参加者の結果  <math>X</math> : 参照試験所の付与値  <math>U_{\text{lab}}</math> : 参加者の結果の拡張不確かさ  <math>U_{\text{ref}}</math> : 参照試験所の付与値の拡張不確かさ</p>	$ E_n  \leq 1.0$ : 満足 $ E_n  > 1.0$ : 不満足
$z$ スコア	$z = \frac{x - X}{\hat{\sigma}}$ <p>ここに、<math>x</math> : 参加者の結果  <math>X</math> : 付与値(通常メジアン又は平均値)  <math>\hat{\sigma}</math> : 技能評価の標準偏差(標準不確かさ相当)</p>	$ z  \leq 2.0$ : 満足 $2.0 <  z  < 3.0$ : 疑わしい $3.0 \leq  z $ : 不満足

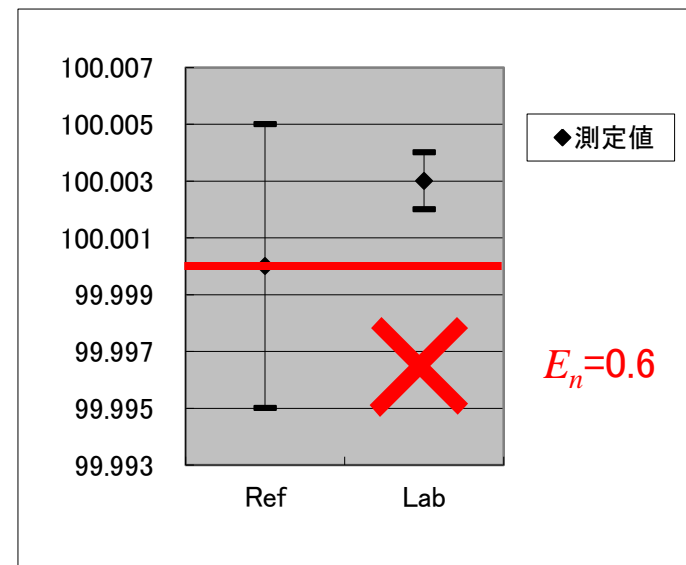
# 技能試験のパフォーマンスの評価

## ◆ $E_n$ 数判定の留意点

- ・ 参照値の拡張不確かさが(参加者の値の拡張不確かさに比べて)十分に小さいこと(ISO/IEC 17043:2010 附属書A.2 a))



$U_{ref}$  が  $U_{lab}$  の1/5(十分に小さい)



$U_{ref}$  が  $U_{lab}$  の5倍

# 測定不確かさの試験報告書への 記載について

# 測定不確かさの試験報告書への記載について

## ■ JIS Q 17025 5.10.3.1

“試験結果の解釈のために必要な場合、試験報告書は次の事項を含むこと。

- c) 適用可能な場合、**推定された測定の不確かさに関する表明。**  
試験報告書中の不確かさに関する情報は、試験結果の有効性又は利用に関係する場合、顧客の指示によって要求される場合若しくは不確かさが仕様の限界への適合性に影響する場合に必要とされる。”



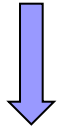
必要とされる場合、試験報告書に測定不確かさの記載が要求される

# 測定不確かさの試験報告書への記載について

## ■ JIS Q 17025 5.4.6.2

試験分野では、有効な測定不確かさの計算ができないことがある

- ○ 全ての不確かさ要因の特定を試みる
  - 合理的な不確かさの推定を行う
- 報告形態が誤った不確かさの印象を与えないこと



“誤った印象を与えない”不確かさの報告を行うためには、  
どのような配慮が必要なのか？



# 測定不確かさの試験報告書への記載について

- 試験事業者...(不確かさに大きく寄与する)測定対象の特性を十分把握すること

(例) 土壌中POPs成分測定にかかる繰り返し性不確かさの評価

Test No. (ng/g)	標準品添加 土壌試料	土壌認証 標準試料	汚染土壌 試料
1	12.4	22.5	6.9
2	12.7	23.3	9.5
3	12.3	21.1	10.4
4	11.9	22.4	5.6
5	12.0	24.7	8.4
RSD(%)	2.6	5.8	23.7

・均質性が乏しい  
 ・測定対象成分と共存マトリクス成分との相互作用により、抽出が困難になっている

↓

QC用試料(左2種)に比べ大きなRSDが得られている  
 →QC用試料で得られた繰り返し性不確かさ値をそのまま適用することは困難

# 測定不確かさの試験報告書への記載について

- 試験事業者...測定不確かさの根拠が依頼サンプルでない場合、必要に応じ(依頼試料の評価結果ではない旨)依頼者に伝える必要がある
- 依頼者(試験結果ユーザー)...試験報告書にある測定不確かさがどのようなデータを基に算出されているのか、試験事業者から十分な情報を得ることが望ましい

試験分野の不確かさ評価は、国際的にも発展途上段階である。試験報告書に不確かさを記載する事業者およびそれを利用するユーザーの双方が、その性質を十分理解した上で適切に報告、活用する必要がある。



## 全体のまとめ

- ◆不確かさ評価で大事なことは、測定対象(製品、サンプル)、測定器、測定目的を踏まえた、**測定に対する相場観をもつこと**である。
- ◆測定不確かさ評価とは、試験・校正に普段から従事している試験所・校正機関の技術要員による、漠然と感じていた**測定のばらつき**の**定量化作業**であり、これを定量化し、記録することによって、試験・校正結果の測定の信頼性が実証できることになる。
- ◆認定機関は、認定活動(試験所の認定審査の他、国際及び国内における関連文書のインフラ整備を含む。)を通して、**試験・校正結果の信頼性を後押し**する役割を担っている。認定分野における測定不確かさの利用はその一助となる。



御清聴ありがとうございました。

独立行政法人製品評価技術基盤機構 認定センター  
(IAJapan)ホームページ:

<http://www.iajapan.nite.go.jp/iajapan/index.html>