

試験結果の信頼性と基準認証制度

基調講演

@JNLA 15周年シンポジウム

2013年3月11日

産業技術総合研究所 特別顧問 小野晃

目 次

1. 誰のために計測するのか

—計測の内部性と外部性

2. 試験結果の信頼性

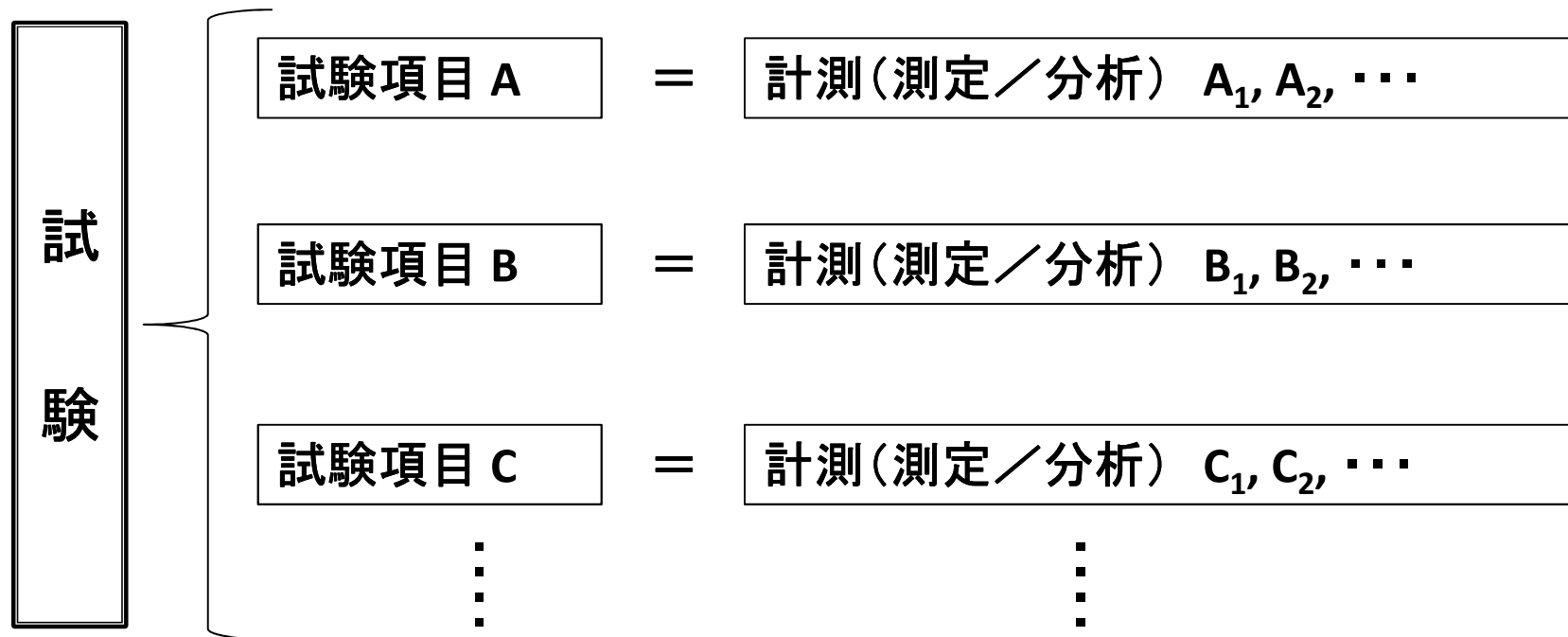
—科学的根拠と担保する制度

3. 原発事故の事例

—放射線計測の信頼性について

1. 誰のために計測するのか

「試験」と「計測」



特性や要件を
評価し判定すること

Testing

量や性質を
確定すること

Measurement

なぜ測るのか？

- 測れないものは操れない

操縦、運転

- 測れないものは作れない

製造、加工

- 測らないものは売れない買えない

取引、通商

- 測らないところには住めない

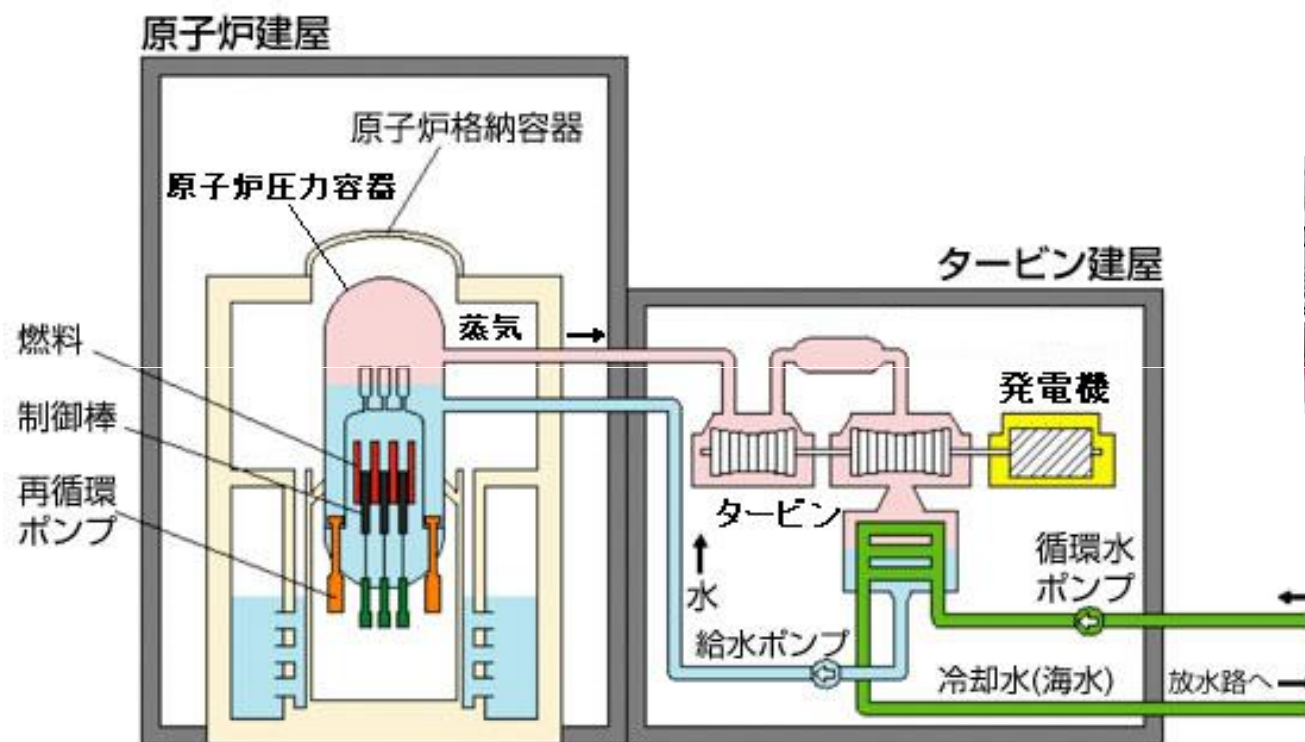
測らないものは食べられない

放射能汚染

測れないものは操れない

原子力発電所

- ・自動車
- ・航空機



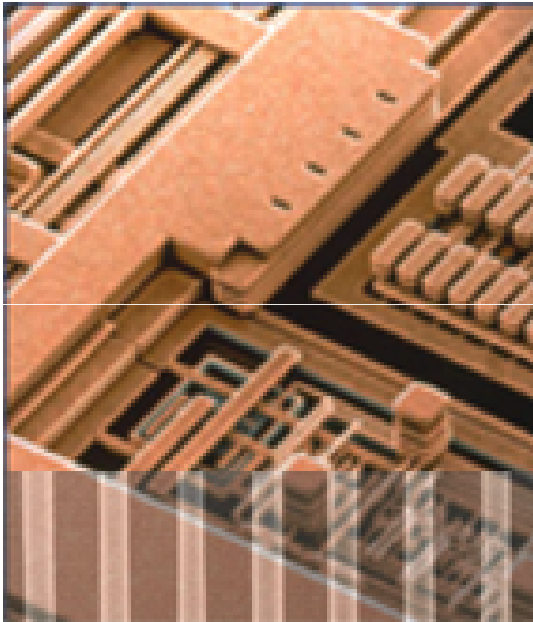
中央制御室

- ・中性子線量
 - ・温度 ・圧力 ・水位 ・流量
- (JCSS校正で国家標準にトレーサブル)

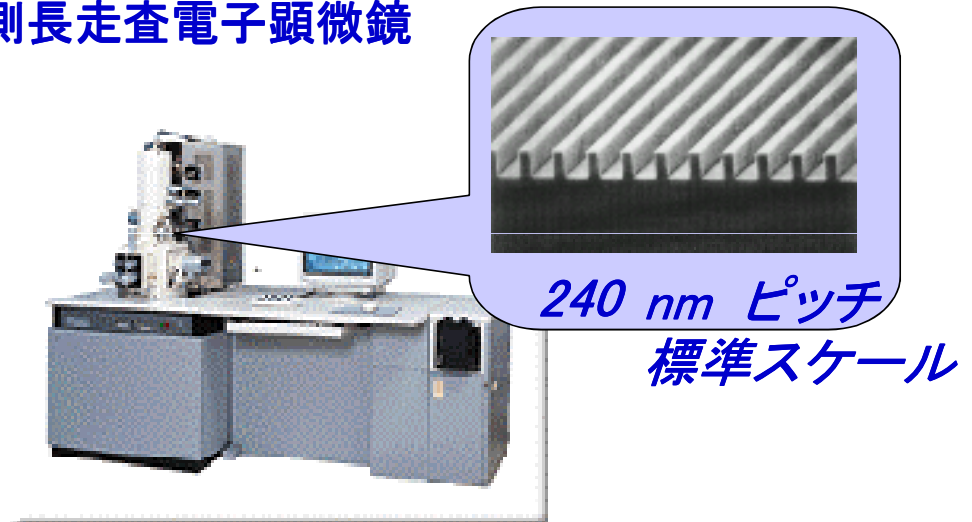
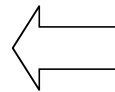
@開発、設計、検査、運転

測れないものは作れない

固体デバイス（ナノメートルオーダーの精度で微細な構造物を精密に組み上げる）



測長走査電子顕微鏡



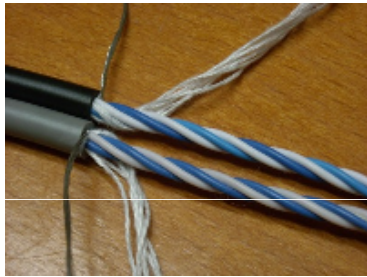
- ・材料特性
- ・電気・電子特性
- ・光学特性
- ・幾何学特性
- ・磁気特性

@開発、設計、製造加工、検査、使用

測らないものは売れない買えない

機能と安全性(製品)

欧州RoHS指令： 電子・電気機器に含まれる特定有害物質の使用制限

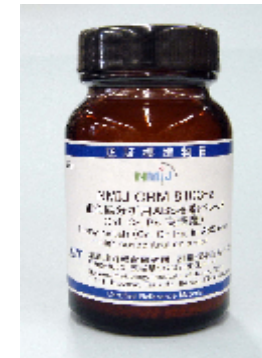


成分分析

- ・鉛、・水銀、・カドミウム、
- ・六価クロム、
- ・ポリ臭化ビフェニル、
- ・ポリ臭化ジフェニルエーテル

@原材料の調達、製品の出荷・受け入れ

分析用標準物質



NMIJ CRM 8103-a₇

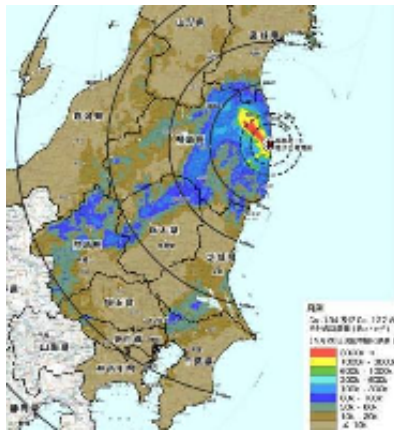
測らないところには住めない

測らないものは食べられない

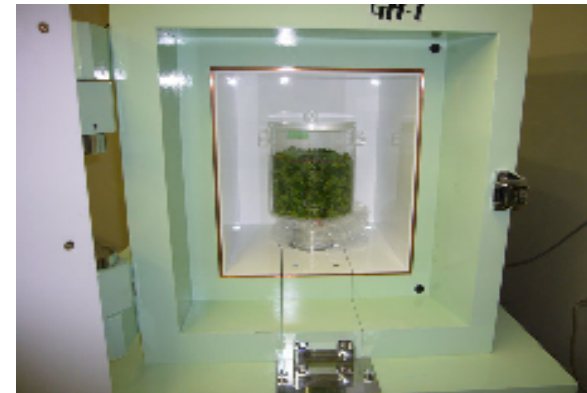
安全性(環境、食品)

——福島原発事故による放射能汚染——

・空間放射線量



・放射能

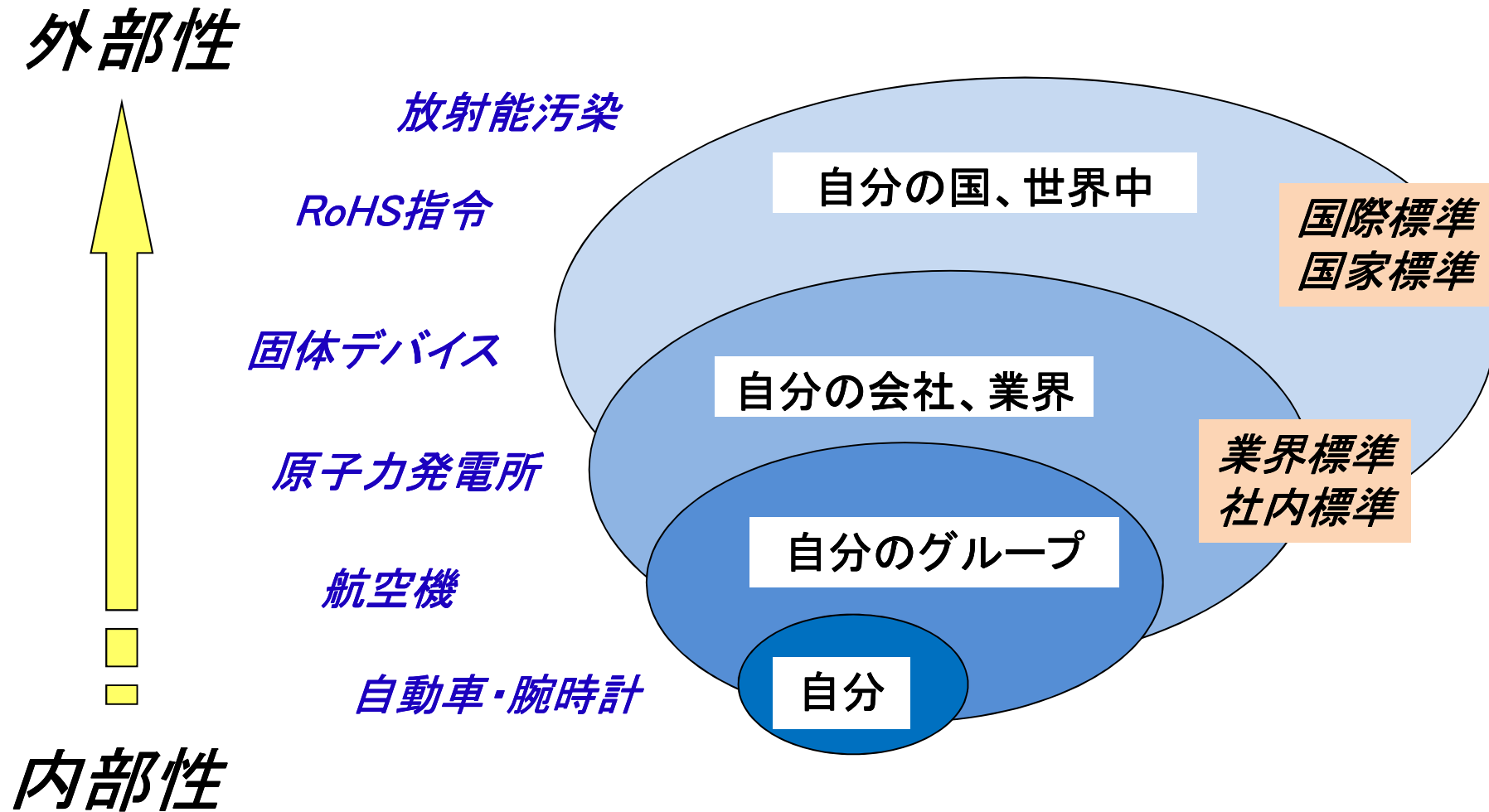


野菜類
魚貝類



米

計測結果を誰が使うのか？



計測の内部性と外部性
(ステークホルダーの範囲)

通商が計測の外部性を拡大

18世紀

産業革命 ———西ヨーロッパにおける通商の拡大

1790年 フランス革命 国民議会で近代計量法が成立

19世紀

ヨーロッパ世界の拡大

1875年 メートル条約締結（当初17カ国）

1885年 日本がメートル条約に加盟

20世紀

1906年 IEC設立（国際標準化） 電気の普及

1947年 ISO設立 戦後経済の復興

1960年代 ヨーロッパの経済統合 — 基準認証制度の発展

1990年 市場の全世界（グローバル）化 ———冷戦の終了
基準認証制度の世界的な展開

1995年 WTO/TBT協定 ———国際標準の重視、相互承認

21世紀

自由貿易圏の拡大

基準認証制度の深化

目 次

1. 誰のために計測するのか

—計測の内部性と外部性

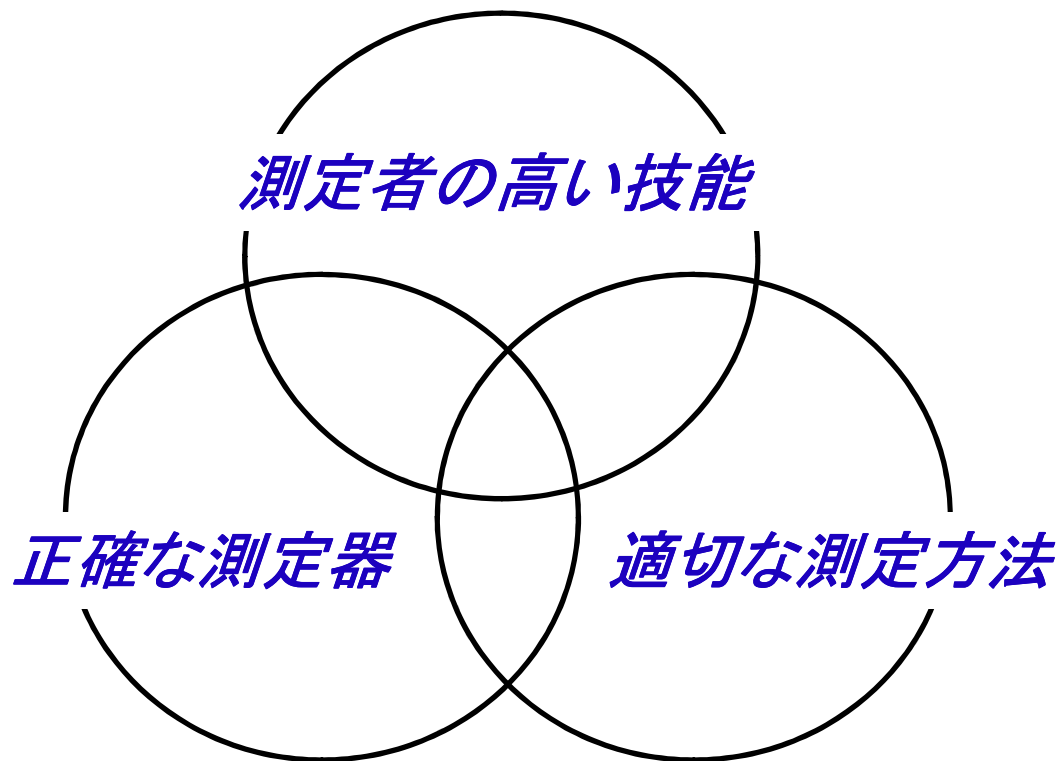
2. 試験結果の信頼性

—科学的根拠と担保する制度

3. 原発事故の事例

—放射線計測の信頼性について

計測結果の信頼性を支える三要件



(1) 正確な測定器

目的に合った測定器

トレーサビリティの確保

(2) 適切な測定方法

対象物に適した測定方法

規格に基づいた測定方法

(3) 測定者の高い技能

測定器の適切な取り扱い

測定値の適切な評価

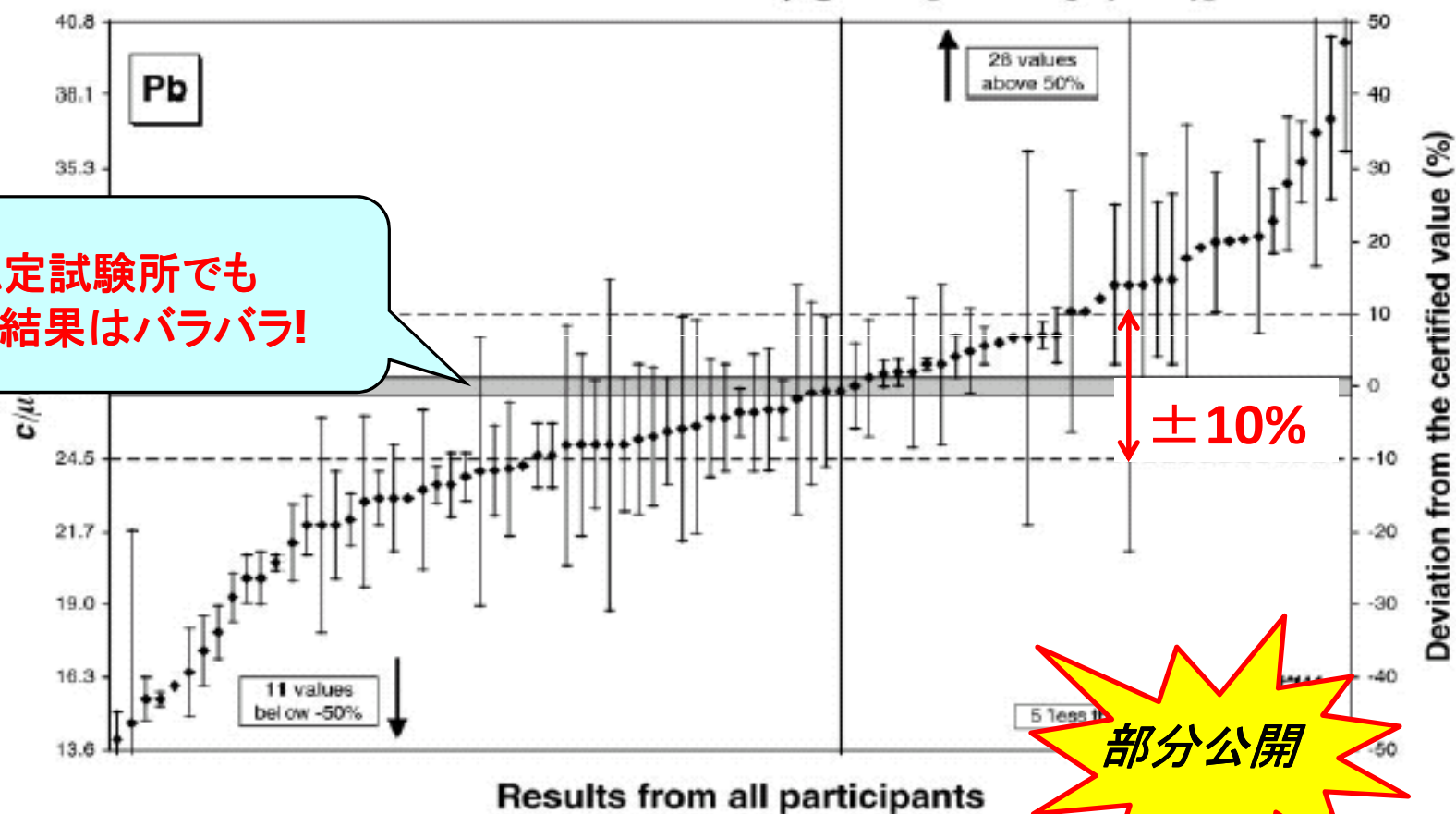


- ・ 測定器の定期的な校正と保守
- ・ 手順書 ・ 作業マニュアル
- ・ 教育、訓練
- ・ 測定規格
- ・ 測定能力の認定

試験結果の信頼性——科学的根拠

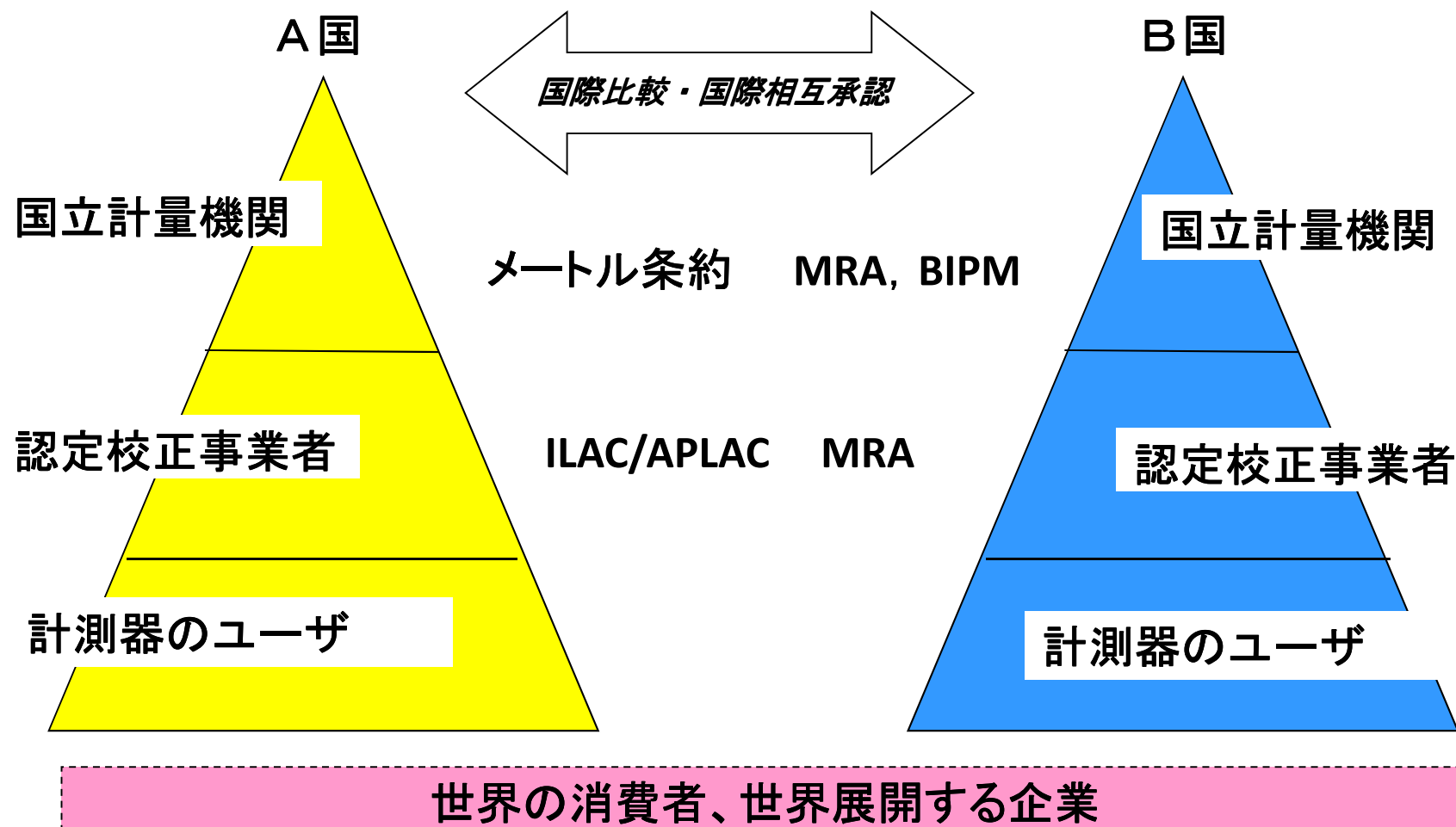
ワイン中の鉛の濃度測定(民間試験所)

Certified value : $27.18 \pm 0.33 \mu\text{g L}^{-1}$ [$U=k u_c$ ($k=2$)]



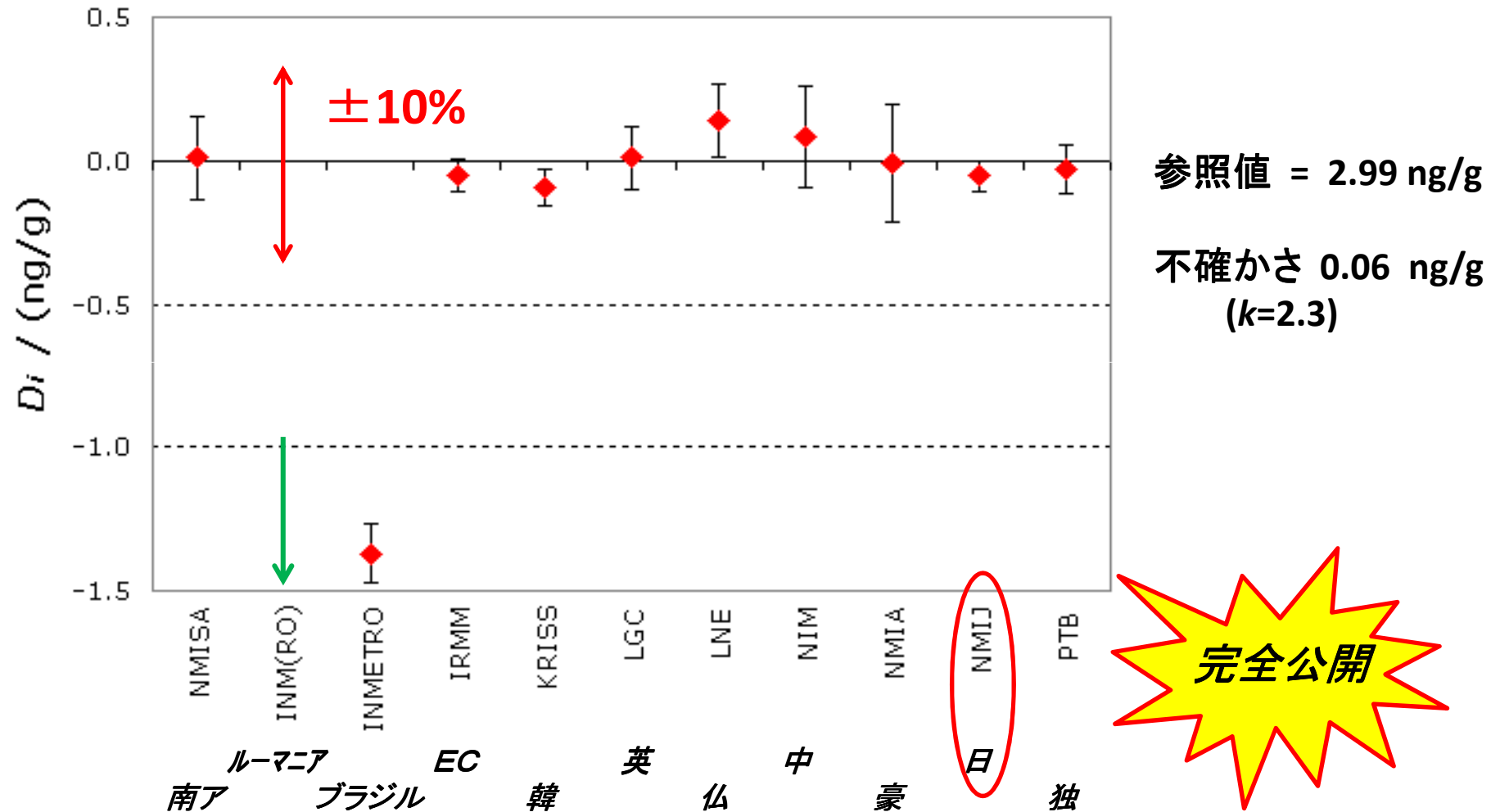
IMEP-16(欧州共同研究所IRMMにより行われた技能試験プログラム、2010年)には40カ国160の試験機関が参加した。参照値に対して±10%以内に収まったのはわずか1/3の機関であった。

計量トレーサビリティの国際相互承認



試験結果の信頼性——科学的根拠

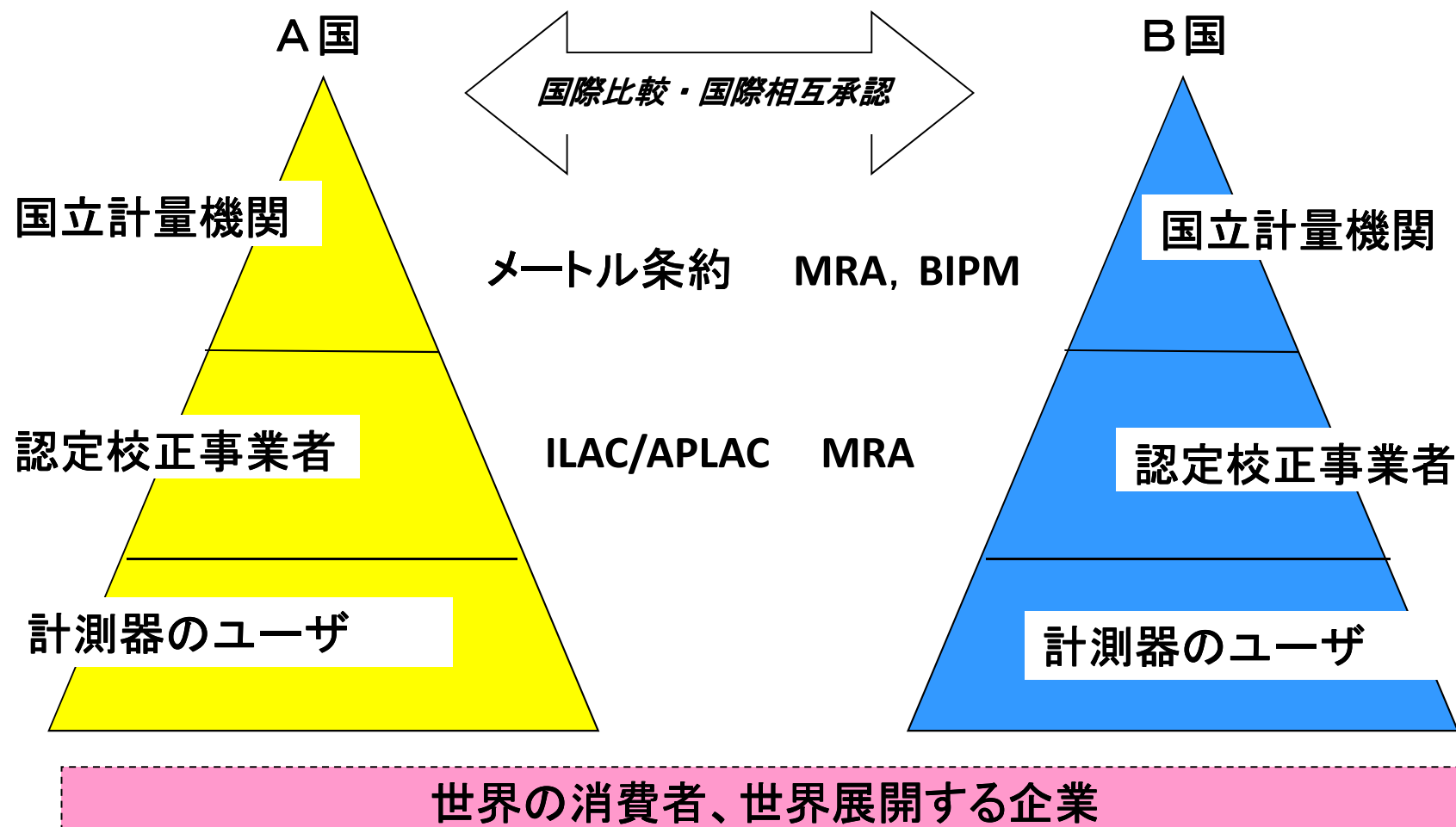
ワイン中の鉛の濃度測定(国立計量機関)



Results published on 18 January 2008

Degrees of equivalence D_i and expanded uncertainty U_i ($k = 2$) expressed in ng/g

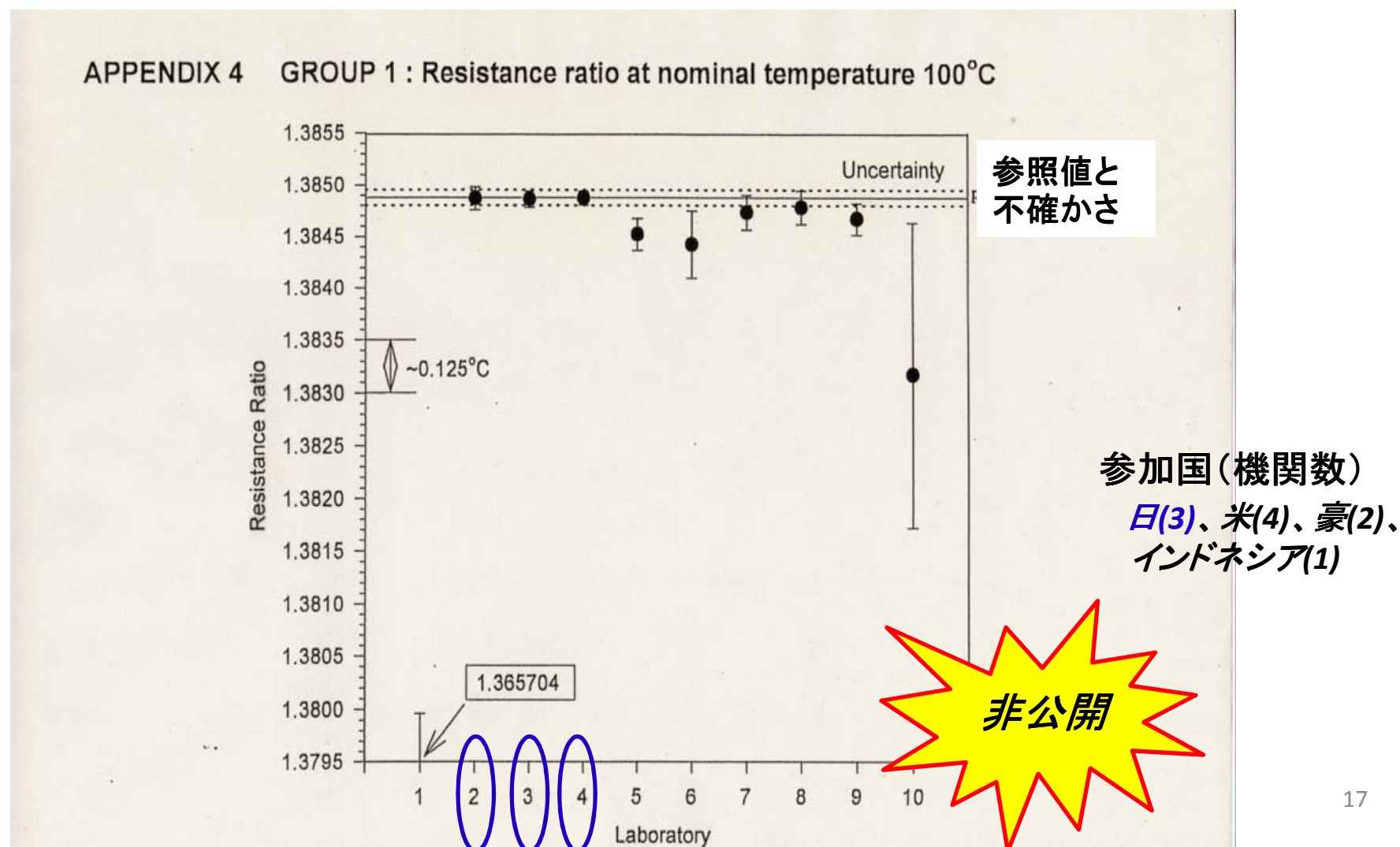
計量トレーサビリティの国際相互承認



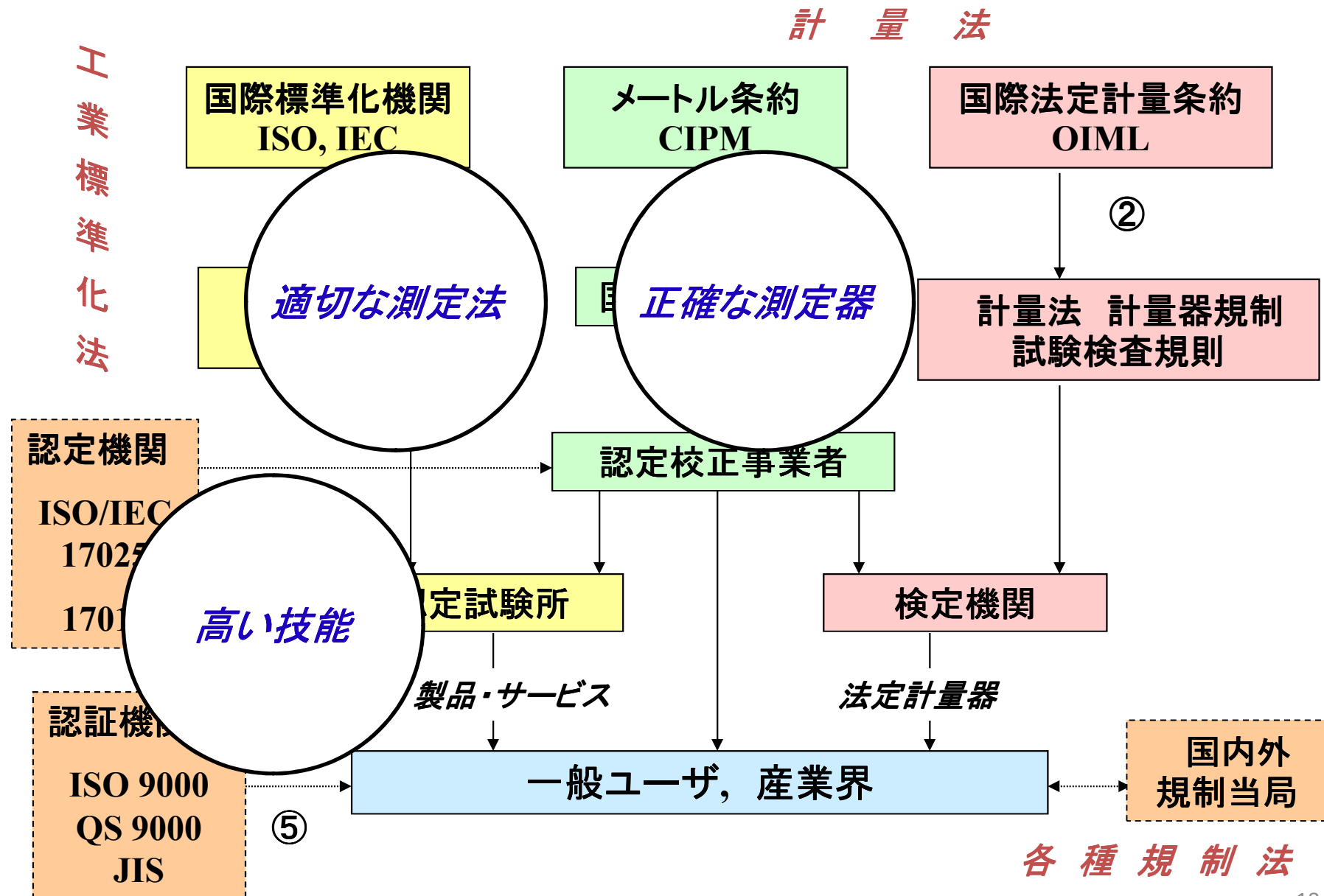
試験結果の信頼性——科学的根拠

抵抗温度計の100°C校正

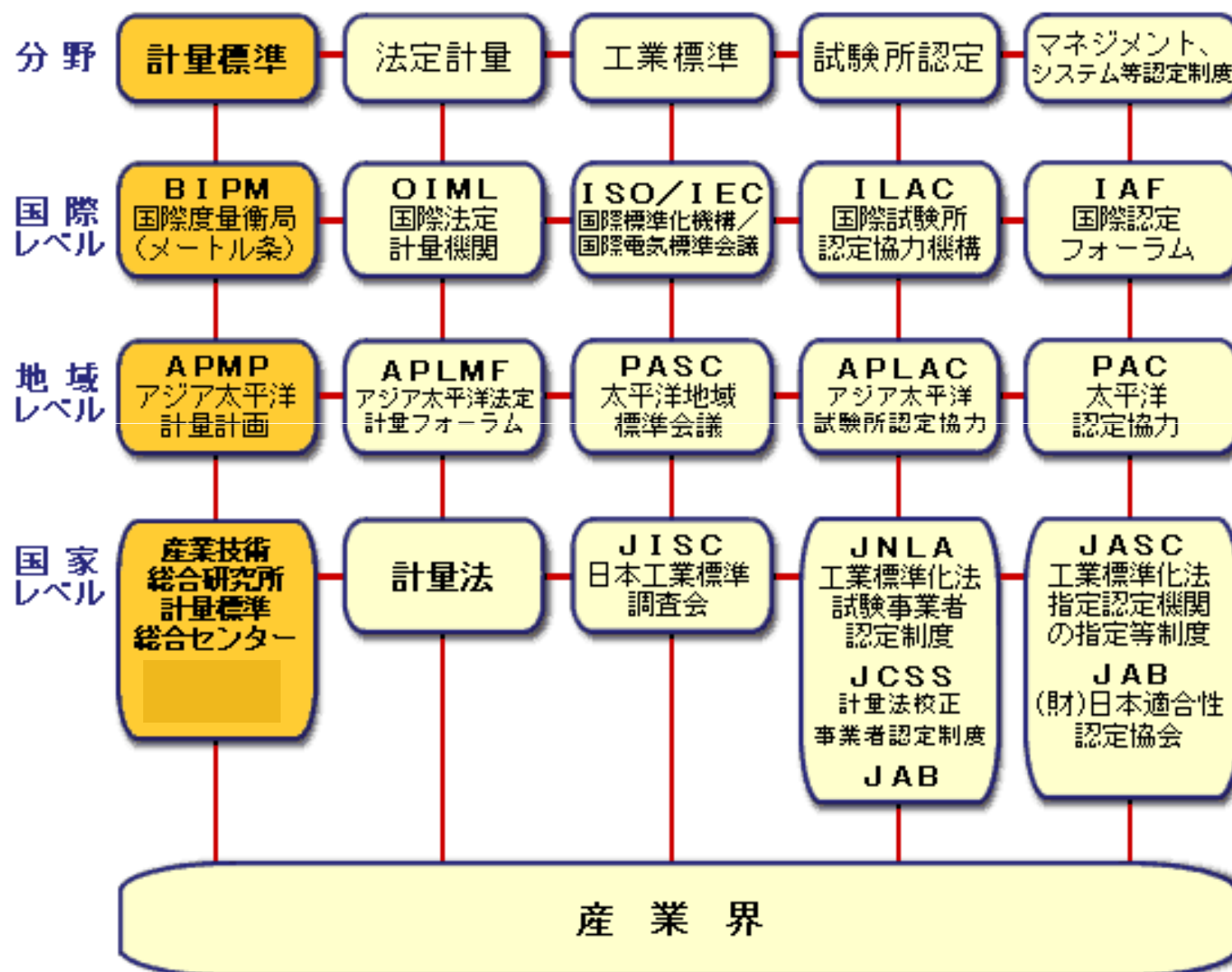
(APLAC認定校正事業者技能試験 APM005 1998)



基準認証5分野——体系



基準認証 5 分野——組織



認定と相互承認における信頼性確保

1. 認定では計測と試験の能力を実体的に検証する
 - 国際比較、技能試験による科学的根拠に基づく検証
 - 過度の文書主義、文書オンリー主義に陥らない
2. 高い透明性のもとで相互承認する
 - 国際ラボ間比較にもとづく相互信頼感の醸成
 - 相互承認の科学的根拠の開示
3. 相互承認の重みを考える
 - 相手国を承認する立場からものを見る
 - 自国民に対する説明責任
 - 国益の考慮

目 次

1. 誰のために計測するのか

—計測の内部性と外部性

2. 試験結果の信頼性

—科学的根拠と担保する制度

3. 原発事故の事例

—放射線計測の信頼性について

原発事故と放射性物質の放出

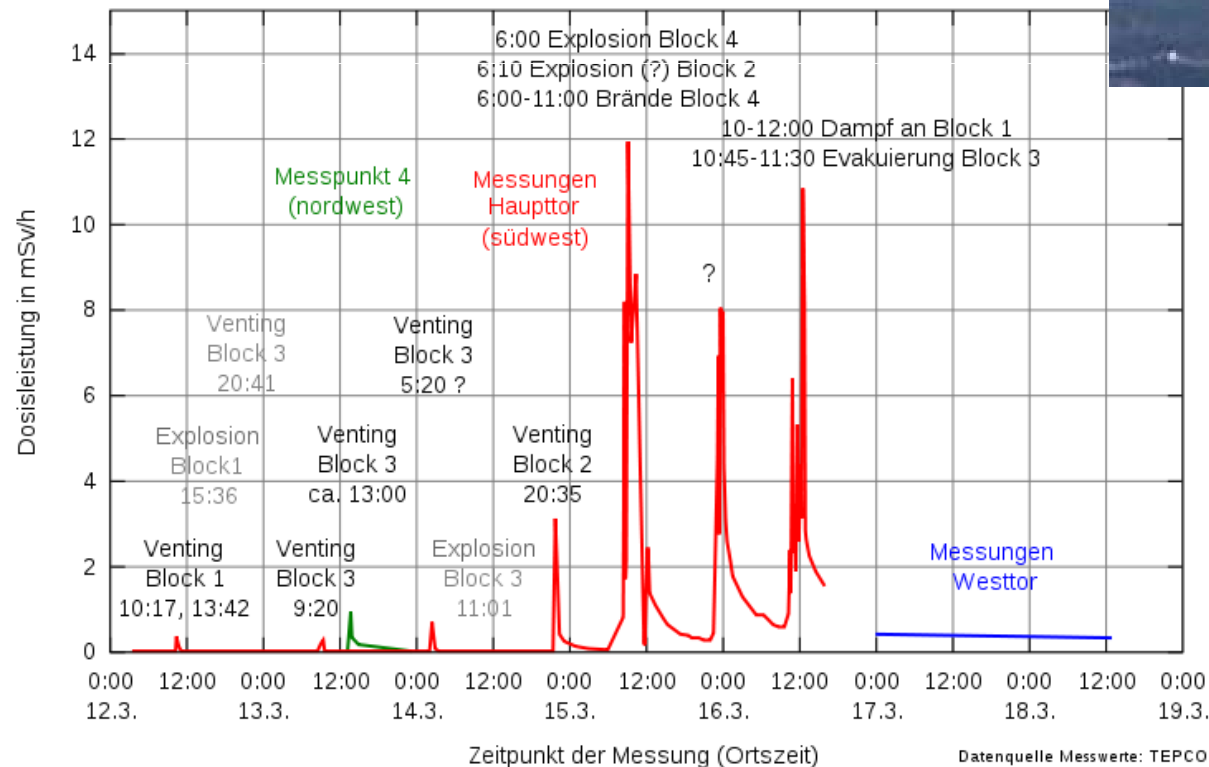
2011年

3月11日(金)

東北地方太平洋沖地震発生

3月12日(土)

福島第一原発1号機水素爆発

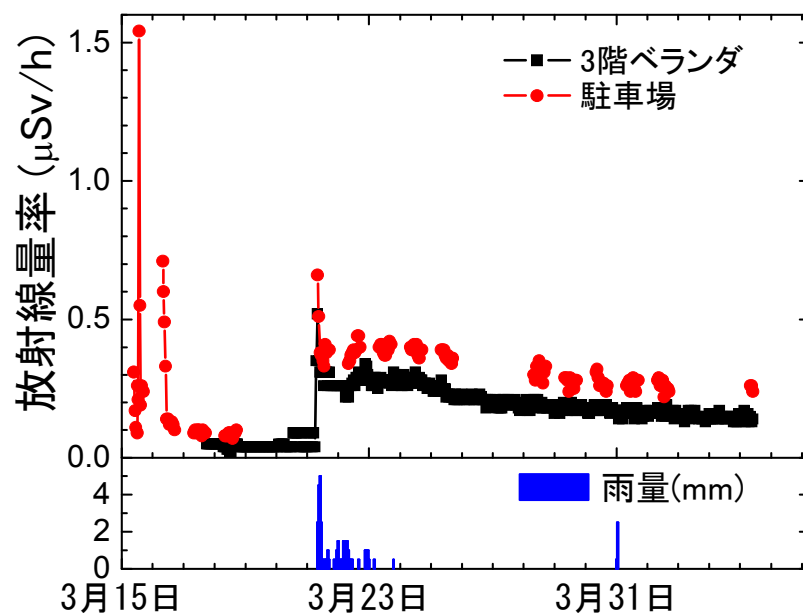


福島第一原子力発電所の
正門において測定した3月
12日から3月19日までの
放射線量 (単位:mSv/h)
3月15日にピーク

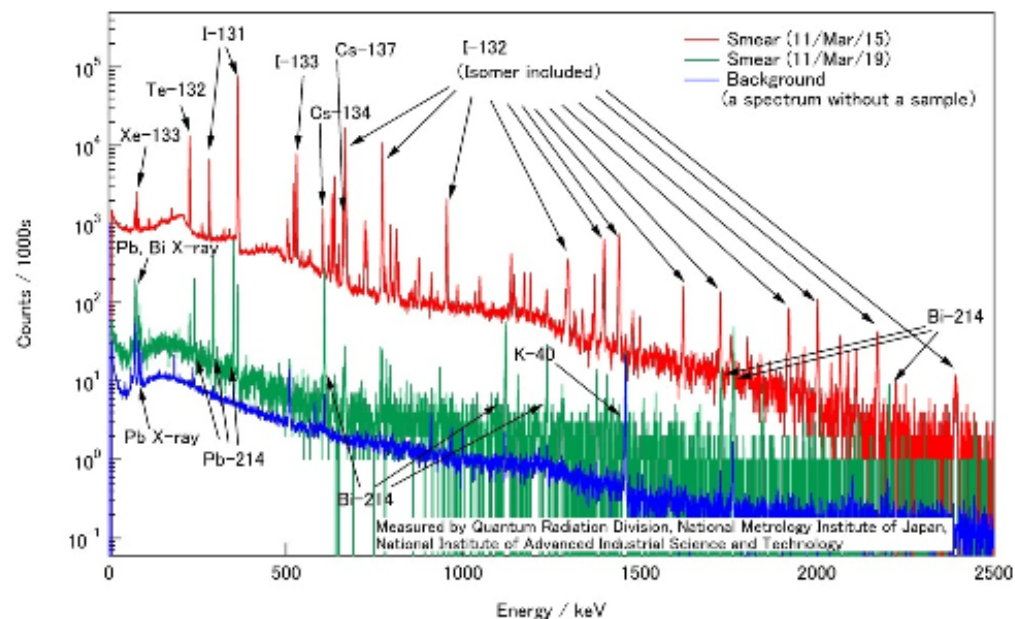
つくばにおける放射線計測

2011年3月15日以降産総研つくばセンター構内で測定し、結果をHPで公開。
以後放射性物質の新たな大量放出がないことを、測定結果で示した。

(1) 空間放射線量測定



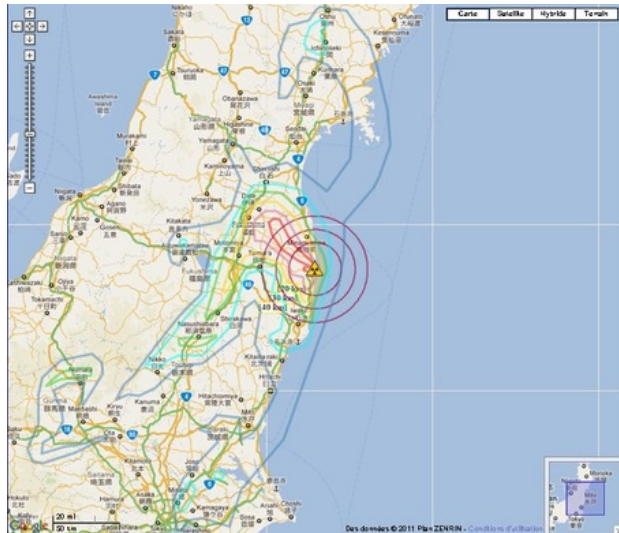
(2) 降下物の放射能測定



放射線計測 緊急対応の必要性



事故現場の放射能汚染



環境の放射能汚染



飲料水・農産物・工業製品の放射能汚染

放射線計測におけるクリティカルな問題点

・ 福島第一原発事故現場における計測

・高放射線量の場合

核燃料の冷却、電源の復旧、汚染水の処理作業

・関係者——日本だけでなく国際機関、外国機関も計測

日(東電、メーカ、自衛隊、消防)——産総研トレーサブル

国際原子力機関(IAEA)——独自標準

米(海兵隊放射線防護特殊部隊)——NISTトレーサブル

仏(アレバ社)——LNETトレーサブル

・トレーサビリティ先が異なる多数の放射線計測器が混在 現場の測定結果が合わない！

・ 環境の放射線計測

・福島を中心とした広域の計測、長期にわたる外部被曝、避難・帰還の要件

・ 農水産物・飲料水・工業製品の放射能計測

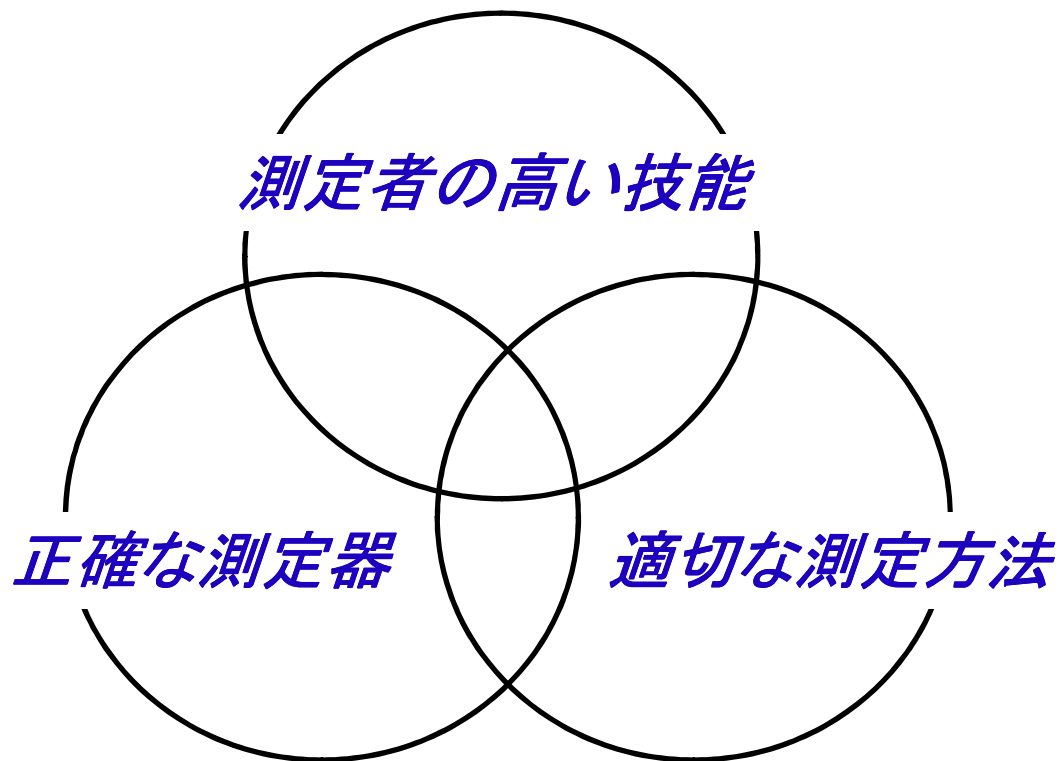
・体内からの内部被曝

・外国の輸入規制

・極低レベルの放射能計測

・場合によっては生産物の全数検査

計測結果の信頼性を支える三要件



(1) 正確な測定器

目的に合った測定器

トレーサビリティの確保

(2) 適切な測定方法

対象物に適した測定方法

規格に基づいた測定方法

(3) 測定者の高い技能

測定器の適切な取り扱い

測定値の適切な評価



- ・ 測定器の定期的な校正と保守
- ・ 手順書 ・ 作業マニュアル
- ・ 教育、訓練
- ・ 測定規格
- ・ 測定能力の認定

放射線計測の緊急対応

1. 情報の発信——日本の放射線計測の信頼性を明示

放射線・放射能測定に関する日本の国際同等性を説明

正しい情報の提供による混乱の未然防止

正しい測定を行うための要件の提示

2. 汚染の測定——測定結果の信頼性と国際整合性を確保

環境、食料、飲料水、工業製品

作業手順書、作業記録、測定報告書、県職員の教育・訓練、測定実施

3. 測定者の技能と計測結果の信頼性向上

・講習と測定能力の証明

基礎講習、機器講習と組み合わせた教育・訓練の一環として技能試験を実施

・極低レベル放射能標準物質の開発

国家標準にトレーサブルな極低レベル放射能の玄米標準物質 ~80 Bq/kg

測定者の技能確認、測定法の検証、試験所・検査機関で活用

・認定基準の作成

放射能測定に多くの試験機関が参入、試験所・検査機関の認定技術指針

認定による試験結果の信頼性の確保

情報の発信 -放射線計測の信頼性について-

- ・ 測定のトレーサビリティ、国際相互承認制度、JCSS、
- ・ 実際の測定上の注意等、放射線・放射能測定の実用性確保について
- ・ 産総研のHP（和文・英文）、講習会、研究会等で紹介

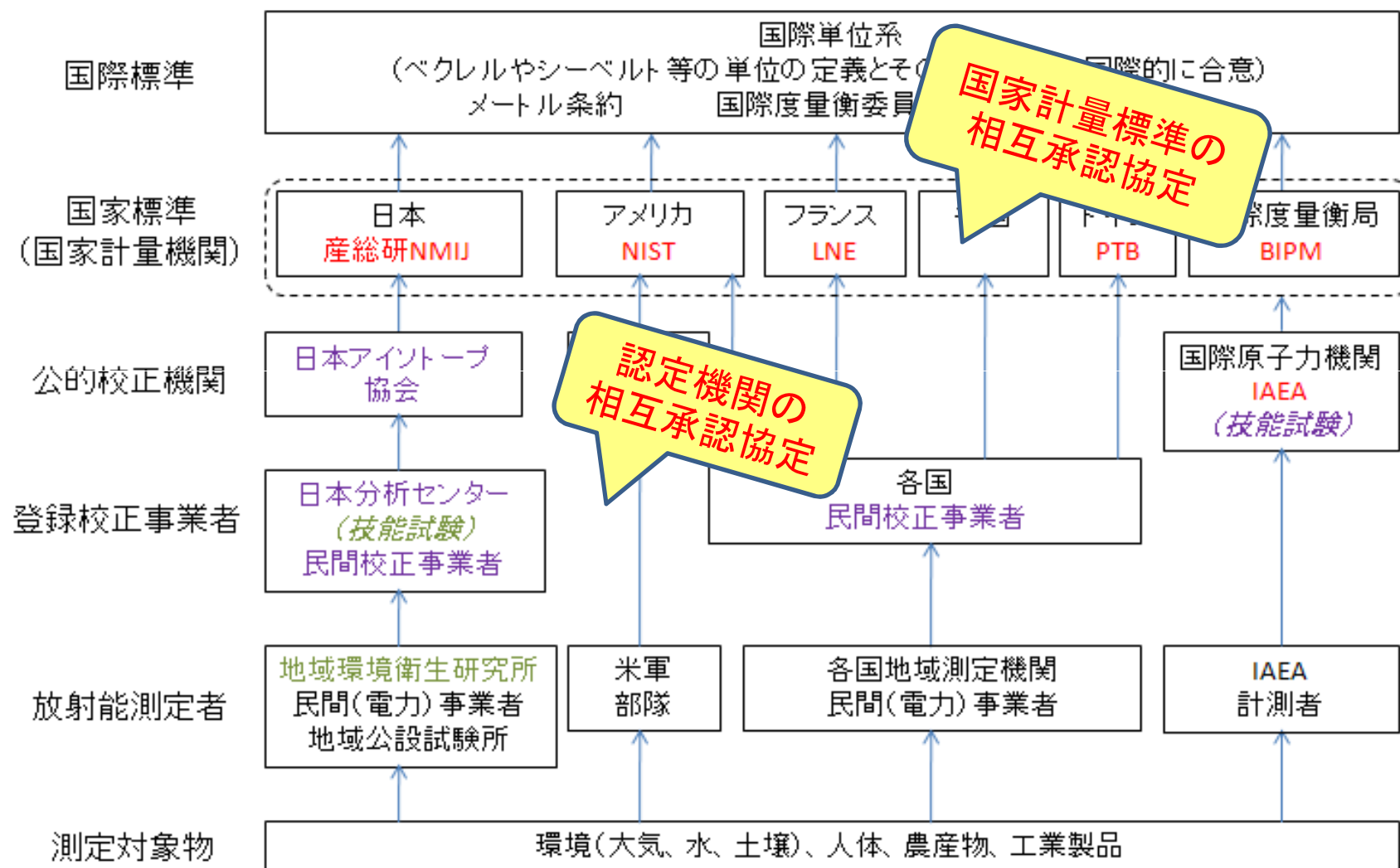
The screenshot shows the AIST (National Institute of Advanced Industrial Science and Technology) website. The main heading is '放射線計測の信頼性について' (About the Reliability of Radiation Measurement). The page is structured with a sidebar on the left containing links like '1. 計測の信頼性を支える基礎' (Basic foundation for supporting the reliability of measurement), '2. 計測の信頼性: 放射線の場合' (Reliability of measurement: Radiation case), and '3. 計測器の表示値の換算方法' (Conversion method of measurement instrument display values). The main content area is titled '2. 計測の信頼性: 放射線の場合' and includes a sub-section '2.1 放射線計測のトレーサビリティと国際相互承認' (Traceability and international mutual recognition of radiation measurement). The text discusses the importance of traceability and international mutual recognition for radiation measurement, mentioning the use of standard sources and the role of AIST in ensuring the reliability of measurements.

産総研HP
(和文・英文)

日本国民向け
+ 外国向け

情報の発信——放射線計測のトレーサビリティ

(産総研HPに掲載)

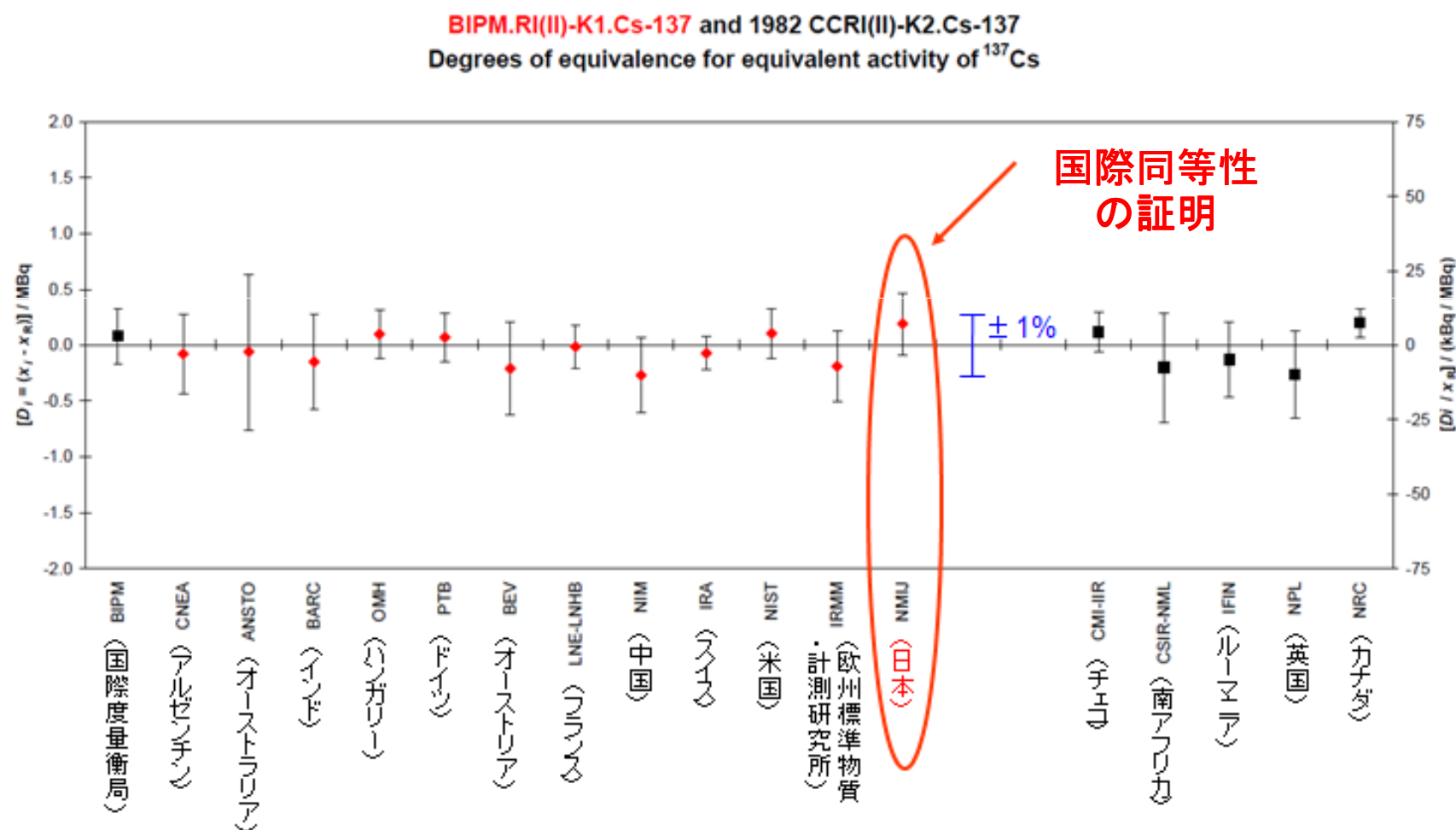


※ 赤字は国際比較に参加している機関をあらわしています。

情報の発信－メートル条約の国際比較

(産総研HPに転載)

セシウム137の放射能計測 (国立計量標準機関が参加)



※縦軸は、各国の測定値 x_i と国際比較参照値 x_R の相対偏差です。
また、青いバーは、この相対偏差が $\pm 1\%$ の範囲をあらわしています。

情報の発信——国際・国内のラボ間比較測定

すでに実施済みのラボ間比較測定

(産総研HPで言及)

(国立計量機関の測定能力の証明)

1. メートル条約のもとでの国際基幹比較

産総研NMIJなど国立計量機関が参加、国際相互承認の要件

(日本の試験所の測定能力の証明)

2. 国際原子力機関(IAEA)主催の国際技能試験

日本アイソトープ協会、日本分析センター等が参加

3. NITE主催の国内技能試験

JCSS制度登録校正事業者が参加、認定・国際相互承認の要件

4. 日本分析センター主催の国内技能試験

日本の主要な試験・検査機関が参加

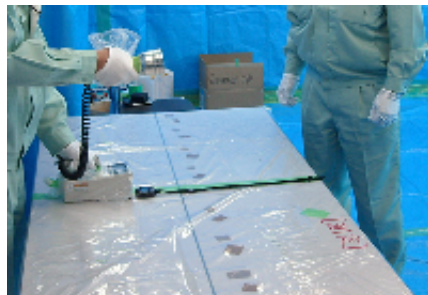
汚染の測定 -工業製品の汚染-

(1) いわき市及び南相馬市に開設された測定所を支援

いわき市 産総研からの派遣職員数 4ヶ月間で 延べ296人
福島県ハイテクプラザいわき技術支援センターで
工業製品の汚染測定に従事

南相馬市 工業製品の放射能汚染測定所の立ち上げ
作業要領書作成(組織、手順、記録、機器管理、不具合)
産総研職員が出張し継続的な技術支援

(2) 講習会開催や作業者への教育・訓練により測定技能を向上



汚染の測定 -測定結果の国際整合化-

1. 関連する規格に準拠することで現場測定における国際整合性を維持した

(1) 機器

JIS Z 4329:2004 “放射性表面汚染サーベイメータ”

IEC 60325 “Radiation protection instrumentation - Alpha, beta and alpha/beta (beta energy > 60 keV) contamination meters and monitors”

(2) 作業

JIS Z 4504:1993 “放射性表面汚染の測定方法”

ISO 7503-1 “Evaluation of surface contamination - Part 1: Beta-emitters (maximum beta energy greater than 0.15 MeV) and alpha-emitters”

(3) トレーサビリティ

JIS Z 4334:2005 “放射性表面汚染モニタ校正用線源-

β線放出核種(最大エネルギー0.15 MeV以上)及びα線放出核種”

ISO 8769 “Reference sources - Calibration of surface contamination monitors - Alpha-, beta- and photon-emitters”

2. 品質マニュアルを作成し現場測定の作業品質を確保

- ・作業目標の提示による測定ラインの早期立ち上げ
- ・作業手順と記録事項の共有による一体感
- ・施設及び設備の維持管理による測定品質の向上

汚染の測定 -測定結果の国際整合化-

1. 関連する規格に準拠することで現

(1) 機器

JIS Z 4329:2004 “放射性表面汚染サー-
IEC 60325 “Radiation protection instrum
alpha/beta (beta energy >60 keV) contain

(2) 作業

JIS Z 4504:1993 “放射性表面汚染の測
ISO 7503-1 “Evaluation of surface conta
(maximum beta energy greater than 0.15

(3) トレーサビリティ

JIS Z 4334:2005 “放射性表面汚染モニ
β線放出核種(最大エネルギー0.15 MeV)
ISO 8769 “Reference sources - Calibratic
monitors - Alpha-, beta- and photon-emitt

2. 品質マニュアルを作成し現場測定

- ・作業目標の提示による測定ラインの
- ・作業手順と記録事項の共有による
- ・施設及び設備の維持管理による測

様式 7		第〇〇〇-〇 号 Report No. 〇〇〇-〇 平成23年 5月 〇日 DATE: May 〇, 2011
放射性表面汚染測定結果報告書 SURVEY REPORT		
〇〇株式会社 様 *****〇〇〇区〇〇〇〇 TO: COMPANY NAME 〇〇 CO, LTD ADDRESS XXXX, YYYY, ZZZ-ku		*****市長 ++県*****市+++++++番地
品 名 PRODUCT	〇〇〇〇〇 △△△△△	
依頼事項 REQUEST	放射性表面汚染測定 The measurement of surface contamination	
依頼のあった製品の測定結果は次の通りである。 The result of the measurement of the product with the request is as follows.		
測定日 DATE	2011年 5月 〇日 (May 〇, 2011)	
測定場所 LOCATION		
測定器 INSTRUMENT	GMサーベイメータ (ALOKA製 形式 TGS-146B) 製造番号: GM Survey Meter "ALOKA CO,LTD MODEL TGS-146B" S/N: 校正年月日: 2011年 3月 27日 機器効率 有効窓面積 19.6cm ² Calibration: March 27, 2011 Instrument efficiency Sensitive window area 19.6cm ²	
測定方法*1 METHOD	・製品表面における放射性表面汚染として、GMサーベイメータで計数率 (min-1) を測定。この際、プローブ先端を製品に近接させて測定した。JIS Z4504:2008(ISO 7503-1:1988)の直接測定法に準拠している。 The probe of the GM Survey Meter is pointed at the product's surface to measure the radiation count rate at the surface of the product. The ・下記の写真に示した状況で、測定を行った。 Situation of the measurement is shown in the photograph below. ・時定数(Time constant): 10 s	
測定結果 RESULT	1. 測定値(Measurement Value)*2 平均値(Average) 〇〇min⁻¹ 最大値(Maximum) 〇〇min⁻¹ 最小値(Minimum) 〇〇min⁻¹ 2. バックグラウンド(BG)*3 平均値(Average) 〇〇min⁻¹	写真 測定状況 (Situation of the measurement)
備考 NOTES	*1 測定方法に関して 独立行政法人産業技術総合研究所の指導を受けた The procedure of the measurement was established under the guidance of the AIST. *2 バックグラウンド値を差し引いていない値 BG(Background value) is not deducted. *3 測定室における放射線による計数率 Measured radiation count rate at the testing	

測定者の技能向上——技能試験の実施

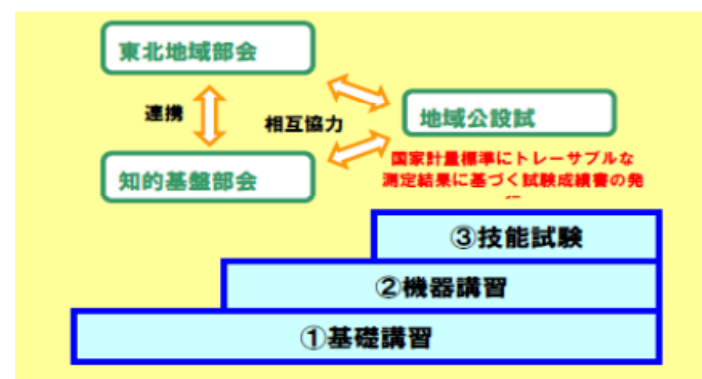
講習会と組み合わせた測定能力の証明

(1) 主催・対象

主催：産業技術連携推進会議 知的基盤部会及び東北地域部会

対象：公設試職員

技能試験には全国の公設試のうち
ゲルマニウム半導体検出器を用い
て放射能測定を行っている10機関
が参加した。



(2) 形態

基礎講習、機器講習と組み合わせた講習の一環としての技能確認。
測定結果により、装置の設定等が正しく行われているかが分かる。

(3) 手順

標準線源をラウンドロビン式に回付する。

参加者は線源の放射能、及びヨウ素131の
検出限界について報告する。



測定者の技能向上——標準物質の供給

放射性セシウムを含む玄米標準物質の開発

認証標準物質を頒布開始

認証値	放射能濃度 Bq / kg	拡張不確かさ ($k=2$) Bq / kg
^{134}Cs	33.6	2.6
^{137}Cs	51.8	4.6
$^{134}\text{Cs}+^{137}\text{Cs}$	85.4	5.3



福島県産米の
全数検査

・外観



測定者の技能向上——基準文書の作成

-国際整合化への仕組作り-

1. 試験所・検査機関の認定指針作成

放射能・放射線測定

JAB RL363-2012 (放射性表面汚染・空間線量率測定)

JAB RL364-2011 (γ 線スペクトロメトリーによる食品等の放射能濃度測定)

2. 工業標準化

(1) 日本工業規格(JIS)

放射線防護装置の分野では、IEC規格への整合を一層推進。

平成24年度は下記規格を審議

- ・新規制定JIS シンチレーション式放射能測定器-食品中の γ 線放出核種
- ・JIS Z 4333改訂 X線及び γ 線用線量当量率サーベイメータ

(2) 国際電気標準会議(IEC)規格

原子力計測専門委員会の放射線防護計測分科会(IEC/TC45/SC45B)で汚染計測装置を審議する新たな作業グループ(WG16)を立ち上げ

食品中 γ 線放出核種の放射能測定装置や体内放射能測定装置等のIEC規格をまとめしていく

おわりに

原発事故への対応を振り返って

- 日本の基準認証体制に対する試練
- 放射線計測の国際同等性と信頼性の表明
ラボ間比較の結果を明示して国際同等性をアピール
- 試験結果の信頼性の向上
測定手順の国際整合化 測定者・試験所の能力の確実な証明
- 基準認証インフラの意義を再認識
- 外国、農業生産者、消費者からの信頼を獲得
- 引き続き国民の信頼に応える
農水産物、食品、飲料水を中心とした極低レベル放射能の試験結果
に対する信頼性の確保

ご清聴ありがとうございました