



計測・分析のグローバル・トレーサビリティを求めて

On the Traceability of Chemical Analysis in Comparison with Physical Measurement

柿田和俊

(株)日鐵テクノリサーチ 技術主査

Kazutoshi Kakita

1 まえがき

「計測・分析」という行為は、日常生産し使用される商品・製品の特徴が仕様に適合しているかどうか、環境中の成分・化合物濃度が基準に適しているかどうかなどを判定するための基礎的な手段であり、「適合性評価」の手段のひとつである。経済活動が世界的規模になると、ある国で得られた「計測・分析値」が他国で通用しないのでは自由な貿易や国際的環境評価を著しく阻害することになる。「計測・分析方法」を国際的に統一し“Tested once and accepted everywhere”（一度試験されたものは、世界中どこでも通用する）という one stop testing の考え方が世界貿易の基本になっている¹⁾。1995年1月のWTO（世界貿易機関）²⁾ 発足にともない「計測・分析」のトレーサビリティや不確かさについて以前にもまして議論されるようになったが、その取り扱いについて必ずしも統一がとれていない点もある。ここでは、一般計測と比較しながら分析に関してトレーサビリティや不確かさについて考察を行いたい。

なお、「計量」「計測」「分析」「測定」「試験」などの言葉は規格や文献で異なる点があるが、本稿においては以下の考えで区別した。即ち、「計量」は「計量法」を念頭に置いて「分析」を含む概念とした。しかし、「計量」の中で二つの概念を区別する必要があるため「計測」（または「一般計測」）と「分析」とした。「測定」は「計量」「計測」「分析」全ての分野で測定をするという行為を言う。「試験」は同じく全ての分野での「測定」より上位の概念と理解していただきたい。

2 一般計測におけるトレーサビリティの概念と不確かさ

測定法を世界的に統一しようという動きは1875年のメートル条約の精神にもとづくものである。それ以前に、フラン

ス政府が設立したアカデミー・フランセーズが各国と協力して北極から赤道までの子午線の長さの 10^7 分の1をメートルと定義し、このメートルを現示する純白金製の標準器が指定されていた。1872年の国際メートル委員会でこのメートル標準器をうつしとして国際メートル原器をつくることが決定され、風化を防ぐために純度の高い白金イリジウムの合金でメートル原器30本がつくられ、メートル条約加盟国に配布された。これが測定トレーサビリティの根元的な概念である。日本もメートル原器No.22の配布を受けたが、当時の原器群の比較測定精度は $0.1\mu\text{m}$ 程度であり、当初からその精度が問題となっていた（この「精度」という言葉は筆者が古い書物³⁾を引用しながら文章を書いているので、故意に引用文書どおり「精度」としたが、最近よく引用されるGUM⁴⁾の言葉では「不確かさ」である）。やがて、その「精度」測定の比較に用いられたスペクトル線の波長そのものによってメートルを定義しようという考えが生まれ、1960年にはそれまで70余年にわたって長さの標準とされた国際メートル原器が廃止された。現在では、メートルは「1秒の299 792 458分の1の間に真空中で光が進む長さ」と定義され、その測定法の国際比較が行われている。その不確かさは 0.1nm （ナノメートル：ナノは 10^9 分の1）程度といわれる。

また、直流電圧は極低温下におけるジョセフソン接合素子にマイクロ波を照射することにより発生する電圧を標準としている。図1に直流1Vの電圧を各国最高の国立研究所による国際比較した結果⁵⁾を示すが不確かさは数nV（ナノボルト）である。このように基本的な物理量計測の世界では不確かさはナノの単位である。一方、日常これらの単位を使用するときはその単位の%（パーセント）単位で不確かさが収まれば用が足りることが多い。このように、一般物理量の計測の場合は元になる標準（一次標準：Primary standard）は日常の測定とは全く原理の異なる測定器によって測定され、その不確かさが実用の測定の不確かさに比べて十分に小さい

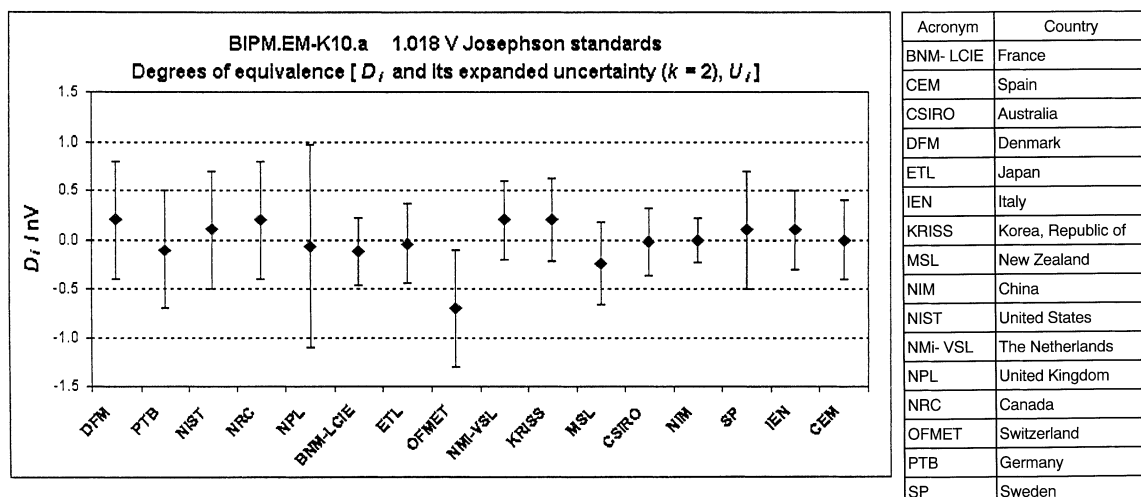


図1 ジョセフソン電圧標準による国際基幹比較結果

め、標準器を何段にもうつしとっていくというトレーサビリティの概念が成り立つのである。図2には電圧の測定に関し、トレーサビリティの段階と各段階での不確かさを示した。

3 化学分析におけるトレーサビリティの概念と不確かさ

化学分析における各国最高の国立研究所による国際比較結果⁵⁾の例を図3に示す。これは、水中のカドミウムの量 (nmol/kg) を同位体希釈荷電粒子放射分析法などで分析した結果である。その不確かさは%の単位であり、上で述べた一般計測のナノの単位には遠く及ばない (長さの測定でも nm を測定するときの不確かさは%の単位であるが)。一方、実用的に要求される不確かさはどのくらいであろうか。各種標準や技能試験の結果から得られた標準偏差を組成の濃度で pg/g から 100 % までを図示したものが図4である。質量濃度が%程度の領域でも実用上の不確かさは%程度であり、従って化学分析分野では各国最高の国立研究所が一次標準をそなえ、その下に何段ものトレーサビリティの段階を有するような概念は成り立たない。では化学分析におけるトレーサビリティとはなんだろうか。よく引用されるのが図5のトレーサビリティ体系図⁶⁾である。ここで一番上に記された“Basic measurement unit”とは、単なる単位を表示しているだけで具体的に濃度を現示するものがあるわけではない。その下に書かれた“Definitive method” (基準法) は最近では“Primary method” (訳は同じ基準法) と言うことが多い。一般計測では基準となるものが“Primary standard” (機器または物としての一次標準) であるが、化学分析トレーサビリティ体系のもと“Primary method” (基準法) にあることを認識すべきである。

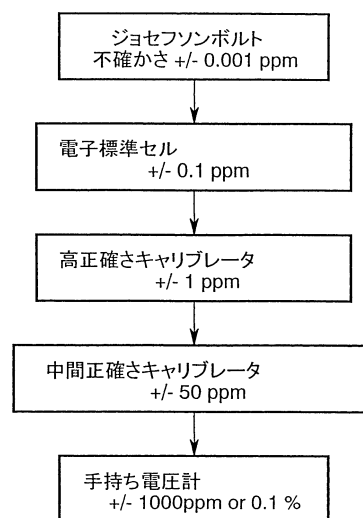


図2 電圧のトレーサビリティと不確かさ

4 トレーサビリティ概念による分析方法の分類とその定義

トレーサビリティの観点から、分析方法を分類・定義しておくことが必要であるが、各種規格や文書間で統一がとれていないのが現状である。各種国際規格や文書を比較検討した結果、次のような分類・定義をしておくことが必要と思われる。

- (a) 分類A：組成濃度の単位 (pg/g, ng/g, μ g/g, mass %等) を直接または間接に定量する方法か、標準物質を使った検量線を使用して定量する方法かによる分類
- ①基準分析法 (Primary methods)

定量成分の検量線のための標準物質を使用せずに、試料中の目的成分の質量を直接又は間接に測定し分析値を求める分析法である。例えば重量法 (Gravimetry)、滴定法 (Titrimetry)、電量法 (Coulometry)、同位体希釈質量分

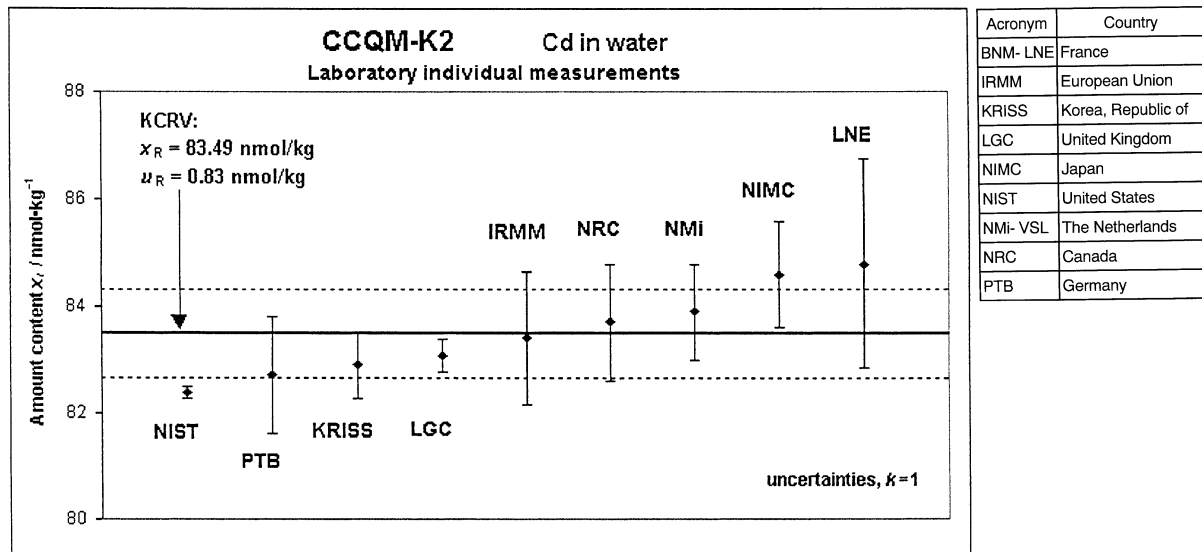


図3 水中のカドミウム分析の国際基幹比較結果

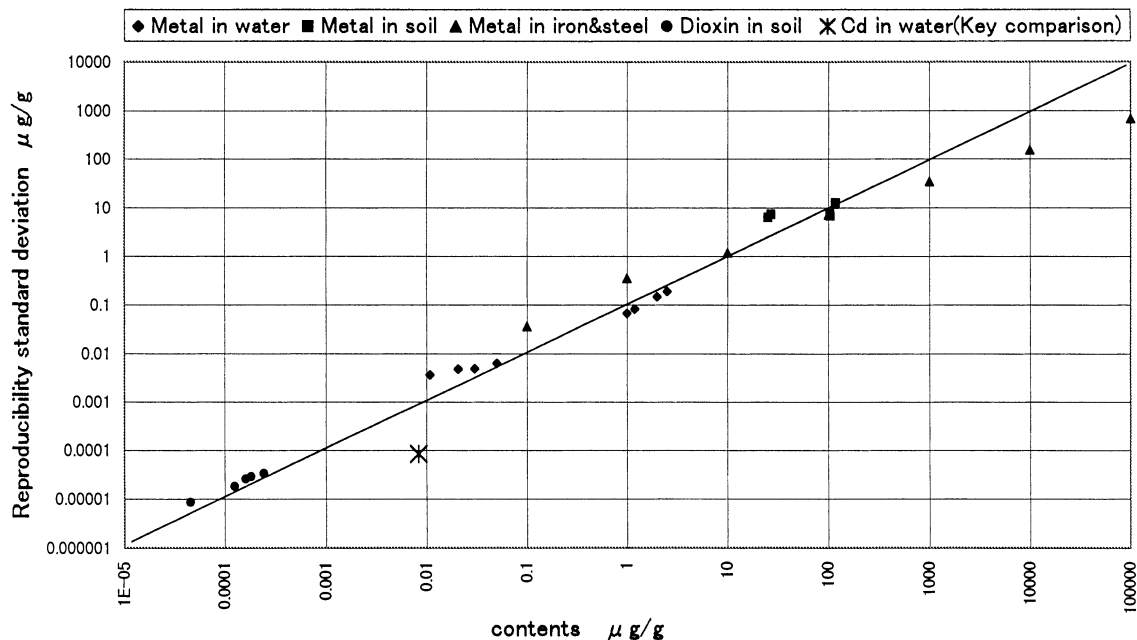


図4 技能試験における標準偏差（標準不確かさ）

析法 (IDMS)、放射化分析 (AA) 等をいう。試料中の目的成分が完全に抽出されているかどうかは常に問題になるところであるが、その抽出・定量方法が公的に認知されれば基準分析法と呼ぶ。分析の起源的な方法で、手間がかかり精度の悪いものもある。最近では基準法の出来る熟練分析者が減少している。しかし、基準的な方法でありトレーサビリティの観点からこの方法を保存または開発していく必要がある。微量域の分析には適当な基準法がないことが多い。絶対法 (Absolute methods) とか Definitive methods と呼ばれることもある。後述する審判法と混同しないことが必要である。

8.1節で述べる CCQM では、Primary methods を Primary direct methods (標準物質を全く使用しない重量法、電量法等) と Primary ratio methods (SI にトレーサブルな一次標準物質を参照はするが検量線を用いずに計算式により目的成分の質量を測定する方法、IDMS、放射化分析等) に分けるよう提案されている⁷⁾。

②相対分析法 (Relative methods)

標準物質による検量線を使用して、試料中の目的成分の質量を間接的に測定し分析値を求める分析法をいう。例えばプラズマ発光分光法 (ICP-AES)、原子吸光法 (FAAS)、吸光光度法 (MAS)、不活性ガス燃焼・融解法

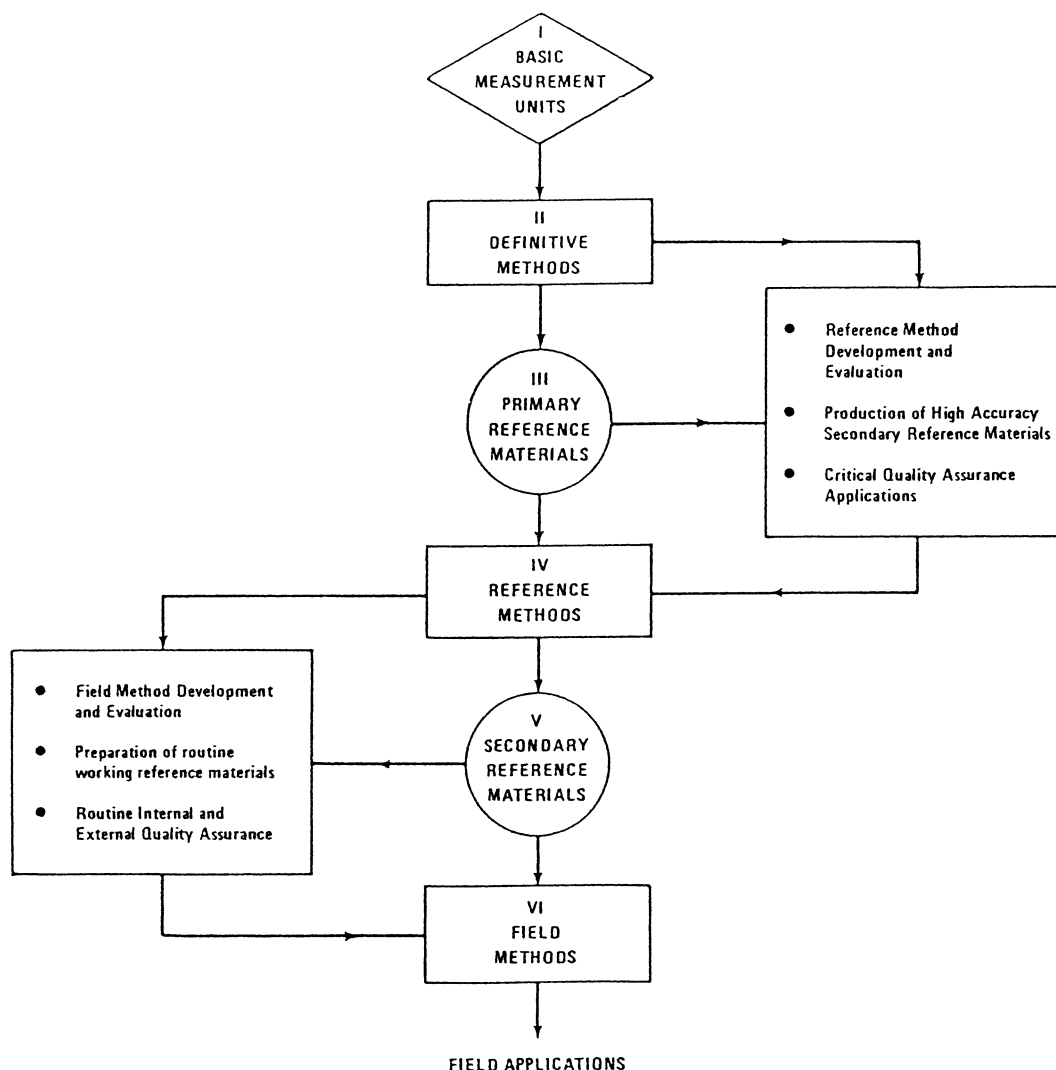


図5 「古典的な」分析のトレーサビリティの体系

(HFIR, Conductimetry) 等である。基準法と比較してその精度を確認することで、トレーサビリティがとれた分析といえることができる。精度や能率がよりよく、またより微量域まで適した分析法や技術が開発されているが、主にこの相対分析法である。参照法 (Reference methods)、Comparative methods と呼ばれることもある。

(b) 分類B：組成標準物質の特性値決定のために使用する方法か、組成標準物質を使用する方法かによる分類

①審判分析法 (Referee methods)

組成標準物質の特性値を決めるために使用する分析法で、基準分析法の全てと、相対分析法のうち基準法のみによって作られた認証標準物質、純粋化学物質及び純粋金属等を検量線作成のための標準物質として使用する方法。Reference methods と呼ばれることもある (ISO Guide 30)⁸⁾。純粋化学物質又は金属を検量線作成のための標準物質として使用する場合、それを基準法で確認 (Validation) する必要がある (ISO Guide 32,35)^{9,10)}。言

葉が紛らわしいが、前述の基準法とは概念が異なるものである所以需要である。

②日常分析法 (Routine methods)

相対分析法のうち組成標準物質を検量線作成のための標準物質として使用する方法をいう。日常現場分析で最もよく使用される。高合金鋼の高濃度域等特殊な分野で適当な組成標準物質がない場合は基準分析法及び審判分析法を日常の分析法として使用するが、その場合は、日常使用する基準分析法及び審判分析法と呼んで区別する必要がある。Field methods と呼ばれることもある。

(c) 分類C：固体試料の場合、分析試料の処理方法のちがいによる分類¹¹⁾

①化学的分析法：(チップ) 試料を化学的に処理してから定量する方法をいう。

②熱的分析法：(チップ) 試料を熱的に融解または燃焼しながら定量する方法で、試料を化学的に処理していないためマトリックスマッチングが比較的困難である。

③物理的分析法：ブロック試料のまま分析する方法。マトリックスの組成成分及び組織の影響を受けやすい。

ISO Guide 32:1997⁹⁾では、分析方法を下記のようにタイプⅠ、タイプⅡ及びタイプⅢに分類している。タイプⅡとタイプⅢは、マトリックス効果の敏感さで区分しており、具体的にどの方法がどのタイプに分類されるかは記述されていない。上記で述べた各方法は、一般的には下記のように対応付けられる。

タイプⅠ：(a) ①基準分析法

タイプⅡ：(a) ②相対分析法のうち (c) ③物理的分析法以外の方法

タイプⅢ：(a) ②相対分析法のうち (c) ③物理的分析法

このガイドでは、分析方法はタイプⅠ→タイプⅡ→タイプⅢの方向でトレーサビリティがとられていること、化学分析ではマトリックス効果が重要であること、各々のタイプでの組成認証標準物質を検量線の確認（バリデーション）にどのように使用するかなどが述べられている。全ての相対分析法は多かれ少なかれマトリックス効果があり、タイプⅡとタイプⅢの明確な区分は難しいがこのような分類は化学分析のトレーサビリティを考察するうえで重要である。

鉄鋼の分析方法と標準物質を以上の分類法で整理し、トレーサビリティの観点からまとめたものが図6である。

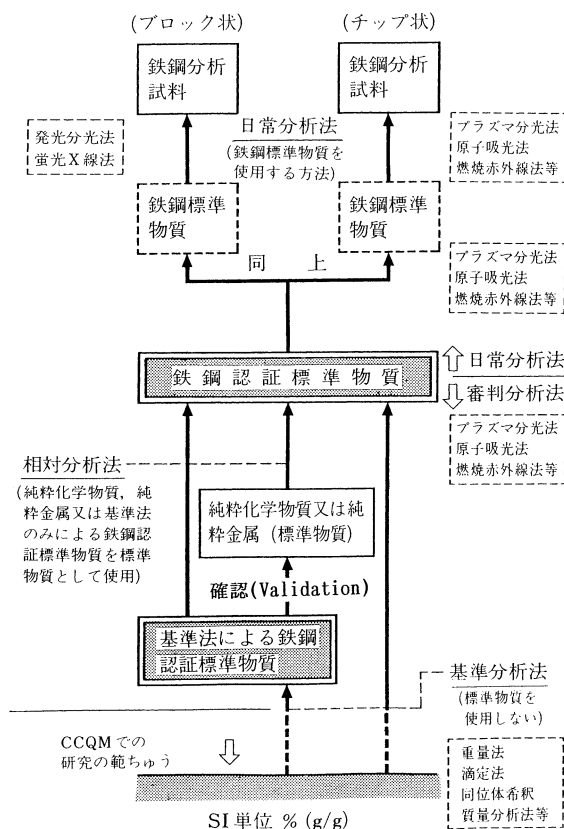


図6 鉄鋼標準物質と分析法トレーサビリティ概念図

5 トレーサビリティの概念の変遷

では一般論として、トレーサビリティはどのように規定されてきたであろうか。もともと測定トレーサビリティの概念はメートル原器を基準にした長さ計測等の測定概念からきているため、1990年に改正されたISO（国際標準化機構）／IEC（国際電気標準会議）Guide 25「校正機関及び試験所の能力に関する一般要求事項」でもトレーサビリティに関し次のような表現がなされている。「…校正機関・試験所が実施する測定が国家計量標準にトレーサビリティを確保するように設計し運用すること」¹²⁾。この概念が従来一般的なものであり、化学分析の標準も含め全ての測定標準が国家標準にトレーサブルであるべきとの風潮があった。

これが1994年に改正されたISO 9000シリーズでは、「製品の品質に影響を与える測定機器を含むすべての検査、測定及び試験のための装置を識別し、規定の間隔でまたは使用前に、国際標準又は国家標準との間に根拠のある関係をもつ認証された装置を用いて校正し、調整すること」と規定された¹³⁾。国家標準だけでなく、国際的な（他国の）標準へのトレーサビリティにも論及されるようになった。

これが1999年に改正されたISO/IEC 17025（旧ISO/IEC Guide 25）「校正機関及び試験所の能力に関する一般要求事項」での表現は、「…校正と試験は測定のSI単位にトレーサブルになるよう設計し運用するよう…」と変化してきており、「SIへのリンクは国家標準を参照することによって達成してもよい」「国家標準とは必ずしも試験所が存在する国のものを意味しない」と表現されるようになった¹⁴⁾。ますます多様化する国際計量標準体系の中で、国家計量標準中心から、より国際的かつ基本単位へのトレーサビリティを確保することが求められているといえる。

ISO/IEC 17025（旧ISO/IEC ガイド25）によるとトレーサビリティに対する考え方は下記のように整理されている。

(1) 機器の校正はSI単位にトレーサブルなこと。

国・国際標準はSI単位を現示（realization）したものであること。

(2) 機器の校正がSI単位にトレーサブルでない場合は

a) 認証標準物質を使用すること

b) 関係者間合意の分析方法（規格）を使用すること

更に技能試験への参加が要求される。

ISO/IEC 17025は、一般計測でいうトレーサビリティ確立のできない測定が多いことを踏まえてその対応策がはっきりと述べられるようになった。3章で述べたように、分析の場合は機器自体の校正がSI単位にトレーサブルでないために標準物質を使ってマトリックス毎及び成分毎に（検量線を作成して）校正しなくてはならない上記(2)に相当すること

を念頭におきトレーサビリティについても (1) とは異なる考察を行わなくてはならない。

6 不確かさについて

トレーサビリティを論ずる場合、比較する二つの測定値間で有意差があるかどうかは、測定値の不確かさに基づいて比較される。一般的には、下記の式で E_n の絶対値が「1」以下ならトレーサビリティが取れているといわれる¹⁵⁾。

$$E_n = (LAB - REF) / \sqrt{U_{LAB}^2 + U_{REF}^2}$$

ここでLAB：比較される試験所の測定値

REF：基準となる試験所（参照試験所という）の測定値

U_{LAB} ：比較される試験所の不確かさ（GUMによる定義では拡張不確かさ）

U_{LAB} ：参照試験所の不確かさ（GUMによる定義では拡張不確かさ）

この不確かさを計算する方法が通称“GUM”⁴⁾に記されている。不確かさとは、通常精度とかばらつきとかいわれるものであるが、単に複数回測定した値から求められる精度（標準偏差）によるものだけでなく、測定に使われる参照標準（親になる標準器）の経時変化や測定環境のばらつき及び測定対象器の測定環境のばらつきによる不確かさを計算して求めなくてはならない。しかし、この不確かさはその試験所（多くは校正試験所）内で求められるものであり、全ての試験所の E_n が上記の条件を満足したとしても、冒頭に述べたone stop testingの条件が満足するものではない。そもそもone stop testingの概念を満足するような不確かさとは何で

だろうか。“GUM”のスコープ（適用範囲）のNOTEにも記されているように、標準化された分析方法等の場合は“GUM”で述べられている一般計測の不確かさ概念でなく、試験所間の共同実験を行い統計処理によって求めたReproducibility limit（室間再現精度許容差）を不確かさとして使用すべきである。この統計処理法はISO 5725¹⁶⁾に述べられており、比較する二つの試験所の分析値が95%の確率でこの間になくはないという許容差である。しかし、このように不確かさを共同実験により求めるという概念は“GUM”にはない。その理由は、“GUM”が2章で述べた本来の一般計測におけるトレーサビリティの概念に基づいてのみ記述されているからである。“GUM”では不確かさ（Uncertainty）という言葉が使われ、ISO 5725では精度（Precision：ばらつき）と真度（Trueness：バイアス）を合わせた概念として精確さ（Accuracy）という言葉を使っているが、対象とする全ての試験所を念頭に置いたReproducibility limitと真度の概念が“GUM”にはない。

分析方法の規格化にあたっては、一般に試験所による共同実験を実施しその方法の不確かさ概念のひとつとして精確さ（正確さと精度）を確認している。得られた精度はReproducibility limitと真度の概念で規格に取り入れられ各試験所の品質管理における指標とされている。この値はまさにone stop testingの指標になるものである。例えば鉄鋼分析国際標準化委員会（ISO/TC17/SC1）では標準物質の特性値を決定するために使われる審判分析法（Referee methods）を標準化する場合は、共同実験で求められた室間再現精度が過去の統計値の $+1\sigma$ （標準偏差）以内にあることを基本的条件としている（図7）¹⁷⁾。精確さのもう一つの要素である正確さ（真度）については次のような判断基準が適用されている。

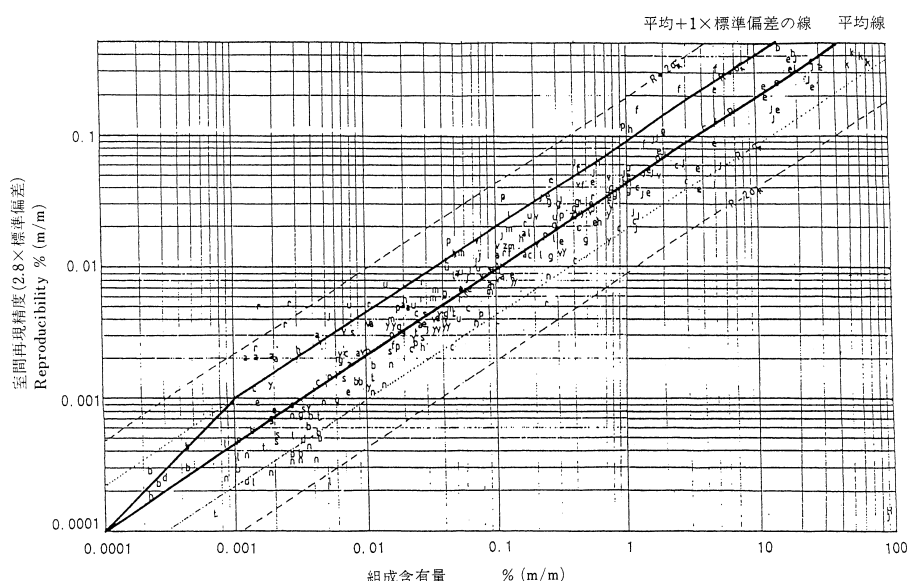


図7 ISO/TC17/SC1により作成された国際標準分析法の室間再現精度

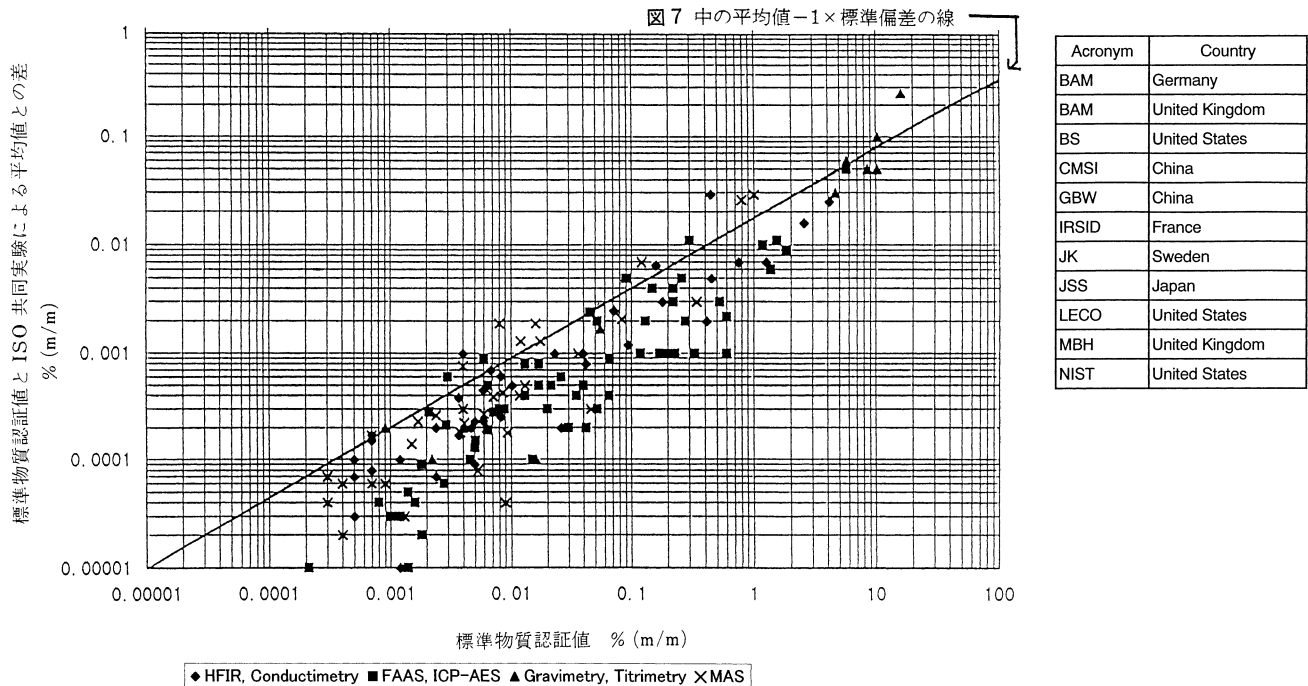


図8 世界の鉄鋼標準物質認証値とISO共同実験による平均値との差（JSS、NIST、BAS、BAM、IRSID、JK、CMSI等）

即ち、共同実験に使った認証標準物質の認証値とそれを審判法で求めた値との差をまとめると図8のようになるがこの値が一定の基準を越えたときは認証値が分析方法のいずれかに問題があるとされ、認証標準物質生産者と分析方法の標準化団体が相互にその精確さを確認しあう。この場合の許容値は、図7における室間再現精度の平均値 -1σ としている¹⁷⁾。

7 一般計測と化学分析のトレーサビリティ体系の比較

SI単位にトレーサビリティをもつ一般計測と化学分析のトレーサビリティ体系を整理したものが図9である。化学分析において検量線作成に使用する純物質（標準溶液）はその主成分や化合物を質量として測定を行うので質量SI単位にトレーサビリティを取ることができる。しかし、4章で述べたように化学分析で使用する組成標準物質はISO Guide 30シリーズにより一般試験所の共同実験方式で認証されるためこのトレーサビリティ体系とは異なる体系で整理される必要がある。組成標準物質を認証するための分析方法は3章及び4章で述べた考え方に基づき基準法（Primary method）にトレーサブルな方法であることが求められる。

8 グローバルな基幹比較（Key comparison）と技能試験（Proficiency test）

8.1 基幹比較（Key comparison）

国際単位系（International System of Units : SI）に関する事項は国際度量衡局（BIPM）で決議され、主要な量ごとに技術的な諮問委員会が設置されてきた。BIPMでは長さなどが1875年当時から検討されていたことに対し、化学的な標準に関してはやっと1993年に物質量諮問委員会（CCQM）が設置され検討が開始された。CCQMでは、基準分析法にふさわしい標準測定方法を定義することと、国際的に通用する認証標準物質を決めることを検討しており、重金属液、混合ガス及び有機化合物の純物質定量に関する基準法の国際共同実験を行っているところである。この国際共同実験をKey comparison（基幹比較）とよぶが、図1及び図2に紹介した実験結果はこれから得られたものである。国際度量衡局（BIPM）では、計量標準の国際化に対する要請を踏まえ、1999年10月に開催された第21回国際度量衡総会において各国代表者が相互承認協定であるグローバルMRAの締結を行った。グローバルMRA（Global Mutual Recognition Arrangement＝国際相互承認協定）とは、メートル条約加盟国間において、国家計量機関による国家計量標準の同等性の承認及び校正証明書を相互に承認することを目的としたものである。日本からは現在の独立行政法人 産業技術総合研究所が参加署名した。このような活動により、検量線作成の基準になる純物質の国際的整合性は次第に整備されるであろう。

8.2 一般試験所の技能試験

一方、世界的に見て各種の組成標準物質が使用されている現状で「ある試験所で測定された試験結果は、世界中どこでも通用する」ためにはどうすればよいか。世界的に共通な試験方法を用いたり、会社・試験所内部の品質保証体制を整備するのはもちろんであるが、試験結果を常に世界的な規模で他所の試験結果と比較し、その差異を究明して対策をとっていく必要がある。ILAC（国際試験所認定機構）ではAPLAC（アジア太平洋試験所認定機関協力機構）が主導でそのような試験所間比較・技能試験が行われている。試験の手順としては、均質なサンプルが試験所に送られ、分析結果は統計的

に比較し試験所の測定結果を全試験所の中で評価し報告書が届けられる。報告書には、各所の試験結果が試験所のコードナンバーで表示されるので各所の試験結果が全体のどこに位置するかを知ることができる。また、ここで求められる試験所間の不確かさはReproducibility limitとして今後one stop testingのベースとして使うことが可能である。図10に（財）日本適合性認定協会が行ったAPLACの国際的な技能試験と国内における技能試験において求められた標準偏差を、6章で述べたISO/TC 17/SC 1の共同実験結果と比較して示す¹⁸⁾。国際技能試験の標準偏差はISO/TC 17/SC 1の許容値内で妥当な値である。日本国内技能試験の標準偏差は国際

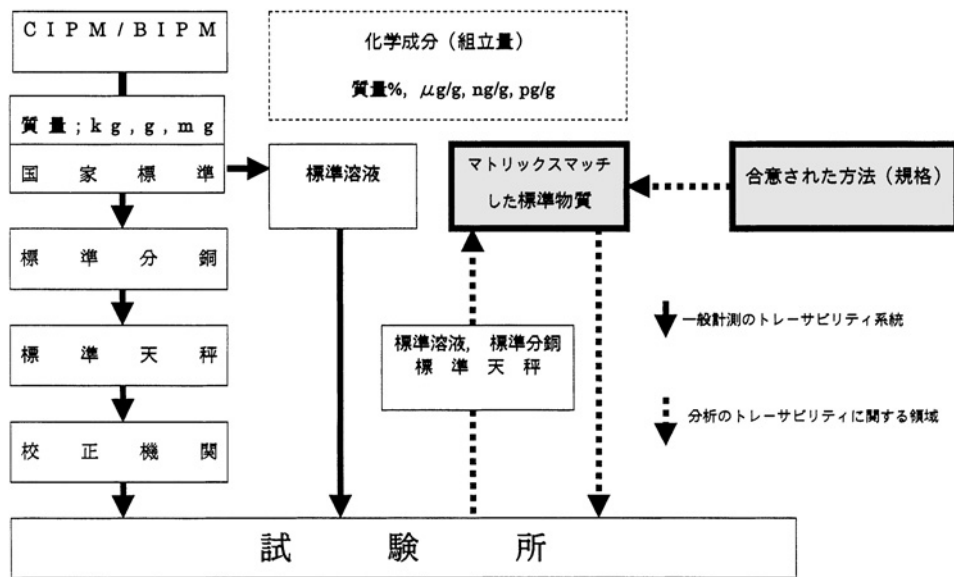


図9 化学成分（質量%、 $\mu\text{g/g}$ 、 ng/g 、 pg/g ）のSIへのトレーサビリティ

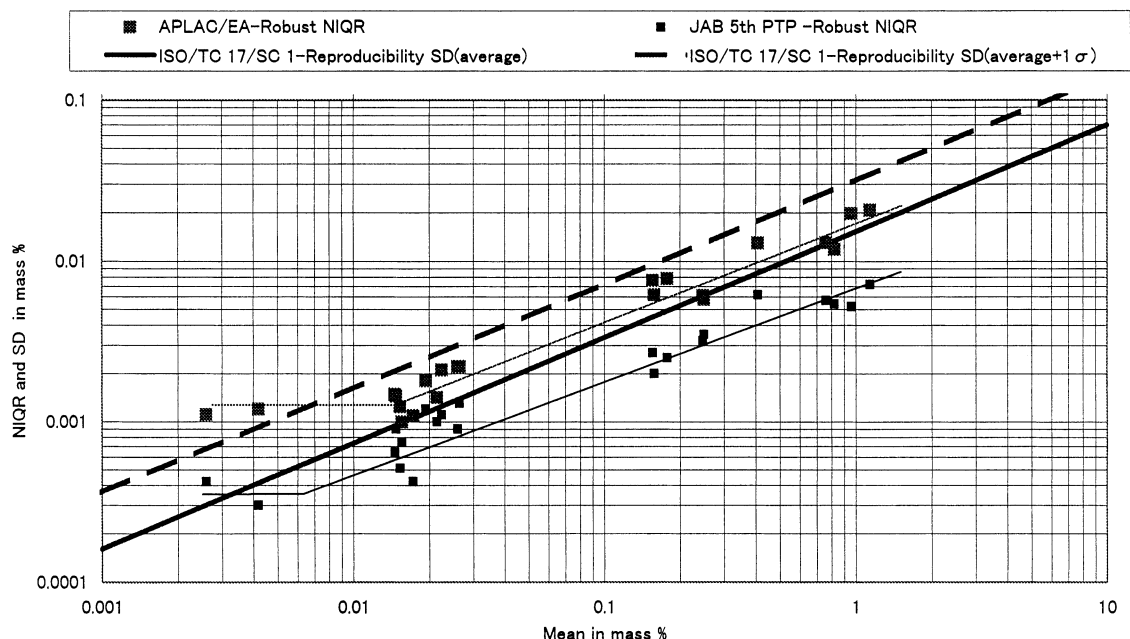


図10 国際及び国内技能試験の標準偏差比較（低炭素鋼）

技能試験のそれより小さい。この技能試験で使用された認証標準物質を図11に示すが、各種の標準物質が使用されており、それも国際技能試験における標準偏差が大きくなっている一因とも考えられる。また、国際技能試験と国内技能試験の各成分の中心値の差を図8の考え方に従ってまとめたものを図12に示す。両者の差は十分に小さく使用した認証標準物質は異なってもグローバルなトレーサビリティはとれていると言える。これは鉄鋼分析の分野では国際標準化活動を通じて従来から認証標準物質が国際共同実験によく使われてきており、そのような活動を通じて認証値の統一がとれてきているとも考えられる。

しかし、組成標準物質による国家間の“Key comparison”

も将来は必要になるかもしれない。これと国際的な技能試験を並行的に行うことにより真の意味でグローバルなトレーサビリティ体系が確立されていくことが期待される(図13参照)。

9 まとめ

一般計測と比較しながら分析に関してトレーサビリティや不確かさについて述べてきた。分析法の国際標準化(ISO)、この稿では詳しく述べられなかった試験所と認証標準物質の認定制度及び基幹試験・技能試験などの国際的活動により分析のグローバルなトレーサビリティを確保していくことが

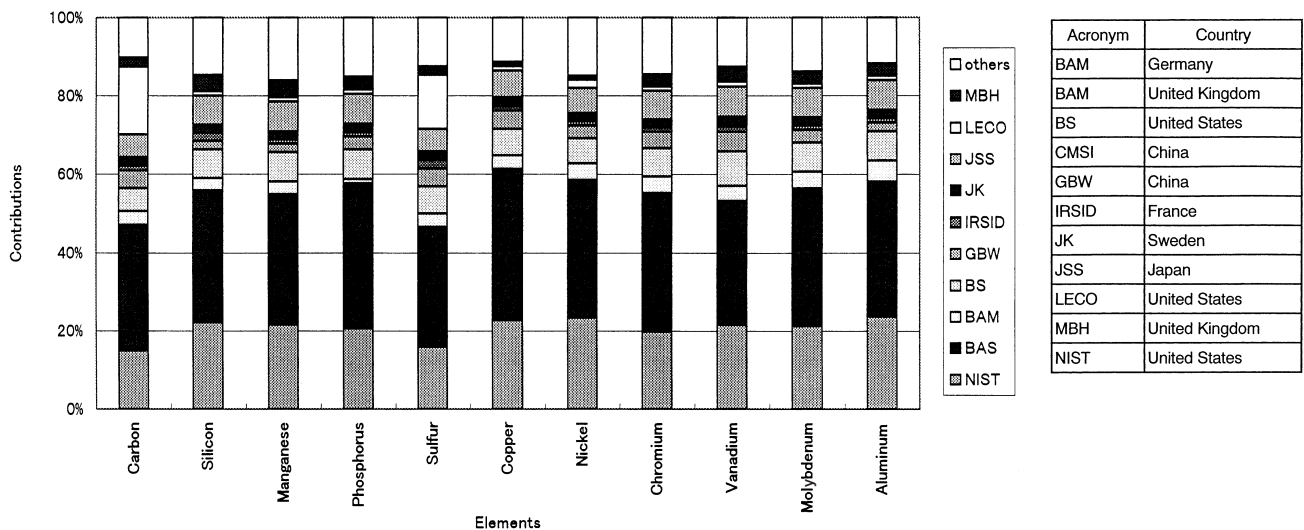


図11 技能試験で使用された認証標準物質の銘柄

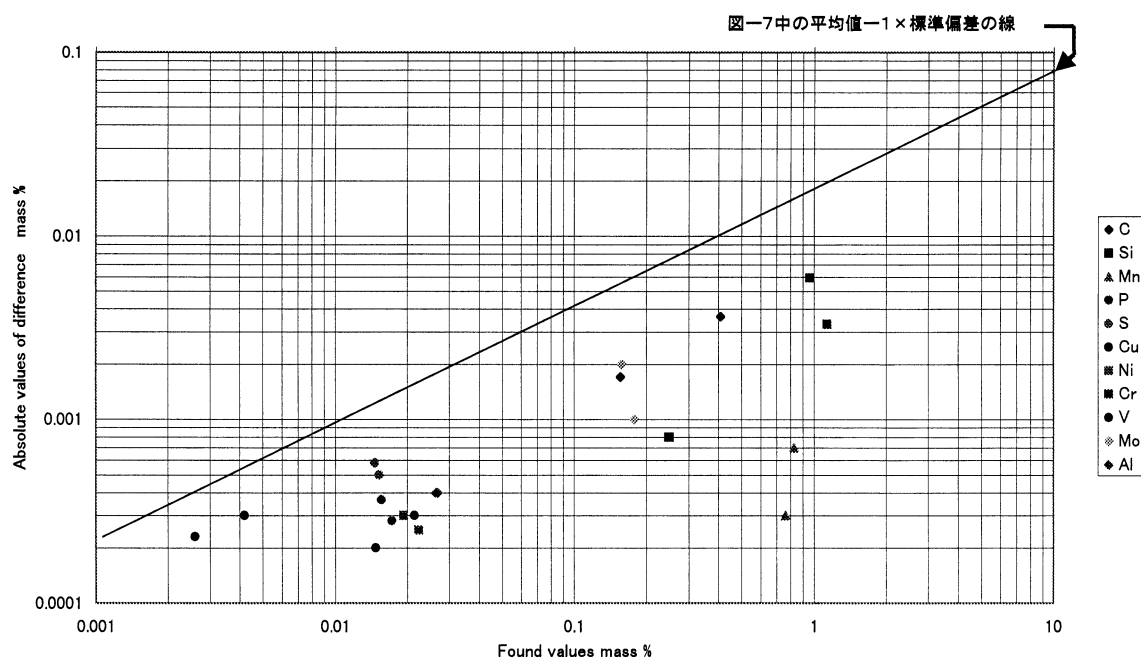
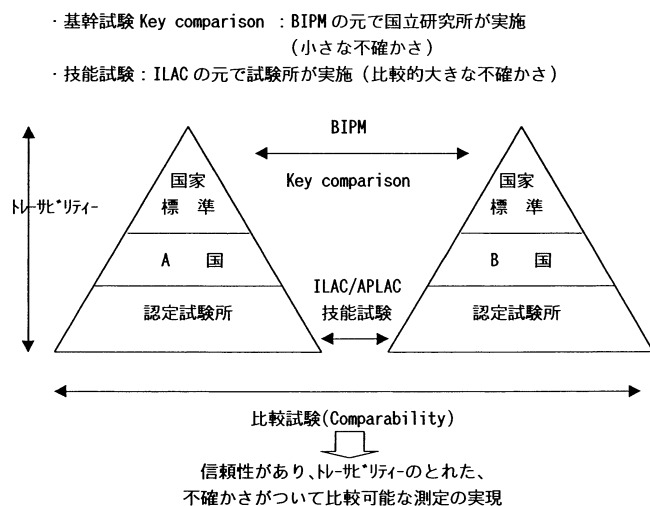


図12 APLACとJAB技能試験における中央値の差



「分析の質」を向上していこうとする国際的な動向である。日本国内においても国際的標準制度が着々と整備されつつあり、これらの制度に積極的に参加することが分析試験所の「質の向上」につながるようになるだろう。

しかし、メートル測定の歴史を振り返ったとき、その比較に用いられたスペクトル線の波長そのものによってメートルを定義するという考えに70年以上もかかって変わっていったように、長期的には分析方法自体が変わっていき新しいトレーサビリティの概念が適用されるようになるのかもしれない。評価・分析・解析部会ニュースレターズNo.9 (2001-10-27) のコラム欄に掲載された水野薫氏(新日鐵)のエッセイは印象的だったのでこの稿の締めくくりとして引用させていただきたい。

「従来の分析法では往々にしてマトリクスや目的元素によって、異なる前処理法や測定法を使い分ける必要がありました。また、同じ元素でもマトリクスになるか微量元素になるかで(分析される元素の立場からみると)全く異なる扱いを受けてきました。でも、シリコン上の鉄だろうが、鉄中のシリコンだろうが…あるいは最近フォーラムのテーマにもなっている、アルミニウム中の微量元素であろうが…そんなことに関係なく、統一した方法で、ひとつひとつの原子の個性を尊重しつつ、その原子が置かれた場所と、個性が環境によって微妙に変化する様子を観察しながら、なおかつ定量ができる万能な分析法、そんなものがあつたらなあ…と考える今日この頃です。」

参考文献

- 1) ISO 適合性評価委員会ワークショップ, (1993), TABD, Transatlantic Business Dialogue, Chicago Declaration, (1996) など
- 2) WTO, 世界貿易機関を設立するマラケシュ協定, 外務省経済局監修, 日本国際問題研究所刊
- 3) 単位の辞典, 押田勇雄編集委員長, 丸善(株), (1965)
- 4) GUM : 1993, Guide to the expression of uncertainty in measurement, BIPM, ISO et al
- 5) BIPM Web-site; <http://www.bipm.fr/enus/>
- 6) G.A.Urriano et.al: The Role of RMs and Reference Methods in Chemical Analysis, CRC Critical Reviews in Analytical Chemistry, (1977), 361.
- 7) CCQM/98-5, Clarifying the CCQM definition of a primary method of measurement, M J T Milton
- 8) ISO Guide 30-1992, Term and definition used in connection with reference materials (JIS Q 00030)
- 9) ISO Guide 32-1997, Calibration in analytical chemistry and use of certified reference materials (JIS Q 00032)
- 10) ISO Guide 35-1989; Certifications of RM - General and statistical principles (JIS Q 00035)
- 11) ISO 14284-1996, Steel and iron - Sampling and preparation of samples for the determination of chemical composition.
- 12) ISO/IEC Guide 25-1990, General requirements for the competence of testing and calibration laboratories, 9. 2.
- 13) ISO 9001-1994, ISO 9002-1994, ISO 9003-1994, Quality systems, clause 4.11.2 a) b) (JIS Z 9301, JIS Z 9302, JIS Z 9303)
- 14) ISO/IEC 17025, General requirements for the competence of testing and calibration laboratories, 5.6.2.1
- 15) ISO/IEC Guide 43-1998, Development and operation of laboratory proficiency testing
- 16) ISO 5725-1/6:1994, Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results
- 17) Accreditation system for RM producers and CRMs for iron and steel in Japan, M.Saeki et.al, Accred Qual Assur (1997) 2:120-129
- 18) The Japan Accreditation Board for Conformity Assessment, APLAC T026 "Low Alloy Steel Proficiency Testing Programme", 2001-10-22

(2002年1月30日受付)