



渡邊さんに聞いてみた

岩 崎 司

(公益財団法人日本乳業技術協会 〒102-0073 東京都千代田区九段北 1-14-19 乳業会館 1F)

渡邊さん：国立医薬品食品衛生研究所 渡邊 敬浩

聞き手：公益財団法人日本乳業技術協会 岩崎 司

岩崎：

本日は分析者が当たり前理解している（あるいは理解しているつもりになっている）ことでも、分析者以外の方に伝えようとして改めて考えてみると難しい（と気づく）、「分析」、「測定」、「真値」や「不確かさ」といった基本的な行為や概念について、どのような言葉で伝えればよいのかご意見をお聞かせください。

渡邊：

ありがとうございます。まず、分析というのは何かを知るための行為といえるでしょう。一般に分析は複数の工程で構成されておりその最終段階が測定です。測定だけで成立する分析もあるので、これから先は必要な場合に限って分析と測定とを分けて説明したいと思います。

岩崎：

普段何気なく使っている「分析」、「測定」という言葉1つを取ってみても、明確な使い分けが考えられるわけですね。いずれにせよ、分析を考えるにしても、測定がキーであることがわかりました。それでは、測定とは何なのでしょう。

渡邊：

出発点は、何かを測ろうとすること、あるいは測ることの目的を持つことです。この時点で、何かを測ろうとする人には、測ろうとする量があることとなります。分析化学の世界ではそれを測定量と呼びます。例えば、FAO/WHO 合同国際食品規格委員会（Codex 委員会）が作成した“分析用語のガイドライン”（CXG 72-2009）において、測定量は「測定を意図する量」として明確に定義されています。

測定とは、測定量を観察する行為です。測定の結果として測定値が得られます。測定値は測定量の観察結果です。測定量は概念ですが、その概念を想起しないと測定という行為はあり得ません。測定という行為なしに測定量を知ることができれば、それ以上に素晴らしいことはないでしょう。しかし、残念ながら人は、測定という観察行為を通じてしか測定量を知ることができません。そのために、必要な器具や分析法といったツールを開発してきました。広く捉えれば、今現在も、様々な事物を対象に「測定を意図する量」すなわち測定量は増え続けています。そのために、測定の意図をよりよく達成するための器具や機器また分析法（測定法）も開発され続けています。

岩崎：

たしかに、測定を測定量の観察行為であると理解すれば、その行為の前提として、測定しようとする意図が働いていることが分かりますね。それでは、測定の結果である測定値については、どのように説明すれば良いでしょうか。

渡邊：

測定値の最大の特徴は、「測定量に必ずしも一致しない」ことだと私は思います。測定は所詮、人による観察行為であるため、その結果である測定値は必ずしも測定量に一致しません。測定を繰り返すごとに異なる測定値が得られることを、分析者は経験から知っています。この事実を人は謙虚に受け入れなければいけません。また、後に再びお話することになると思いますが、必ずしも測定値は測定量の真の値（真値）に一致している必要もありません。

岩崎：

測定を繰り返すごとに得られる測定値が異なることを分析者以外に伝えるのは難しいですね。今のお話の中で、「真値」という言葉が出てきました。真値とは何なのでしょう？

渡邊：

真値はその名のとおり、測定量の真の値を表す言葉として長らく使用されてきた概念であり「神様しか知らない値」と言われることもあります。正確な定義はこれも先にご紹介した Codex 委員会が策定したガイドラインを引用しますと、「量の定義と一致する量：Quantity value consistent with the definition of a quantity」です。禅問答のような定義ですが、この定義に含まれる「量の定義」を測定量とすれば、測定量に一致する量と解釈するのが自然です。概念的な測定量に一致する概念的な値ですから、神様しか知らない値として理解しても間違いではないわけです。

話が少し脱線しますが、測定量によっては、観察に使用するツールである規定された同一の分析法を用いて得られる測定値を真値（あるいはその推定値）とする場合があります。つまり、このような場合の真値は分析法により決められているといっても過言ではありません。このような分析法は、「定義分析法」と呼ばれます。「分析法が分析値を定義する」ということをよく表した呼称だと思います。定義分析法で得られる値もまた測定値でありそれが真値と呼ばれることは通常ありません。しかし、定義分析法によってしか得ることのできない値という意味では真値と同じことです。定義分析法を用いて得られる測定値は真値、正確には、その他の分析法では観察することができない測定量の推定値になるわけです。

定義分析法を用いる分析の場合には、科学だけではなく、測定値を取引するあるいは測定値に基づく判断に従い行動する関係者間の合意が重要となります。水分やたんぱく質の分析法は、定義分析法の典型です。加熱時間や温度を特定することや、窒素量をたんぱく質量に変換するための係数を使用することが、定義分析法を定義分析法たるものとする特性になります。

また、最近といっても、世界的な視点から見ると、既に概念が広がり始めて 20 年以上が経過していますが、神様しか知らない「真値」ではなく「測定の不確かさ」によって、測定値の品質は表現されるように変わってきています。

岩崎：

「不確かさ」という言葉は最近よく耳にしますね。不確かさについて教えてください。

渡邊：

先にお話した通り、測定値は測定量から乖離し、繰り返しにより得られる測定値は一致せずばらつきます。また日常的な事実として、分析者の体調や気持ち、経験や技能も時に影響し、乖離やばらつきを大きくします。また、使用する器具や機器の管理が不十分でその不調が影響することもちろんあります。これらのことは、逆説的に聞こえるかもしれませんが人の観察によって測定値が得られていることの証拠です。

測定量という概念から出発すると、それを知ろうとして人が得る測定値の測定量からの乖離やばらつきを扱うこととなります。逆に、人が得ることのできる測定値から出発すると、測定量は、概念である測定量のまわりにはばらつきをもって集まっている（と期待される）測定値の集団の中に含まれると捉えることもできます。突き詰めて考えると、人の世界には「測定量」はあっても「真値」はないのかもしれませんが。人には観察することしかできず、「真」の値を定めることなどできないのですから。とはいえ、人は測定値に基づき様々に判断をします。だからこそ、測定値のもつ特徴である測定量からの乖離とばらつきを要素として、人には知ることのできない「真値」の存在する範囲を「測定の不確かさ」と捉えて、その不確かさの大きさを尺度として判断の適正を担保しようとしています。

岩崎：

「真値」の存在する範囲と考えるとイメージしやすいですね。日本人の言語感覚として「不確かさ」という言葉にはネガティブな印象が含まれているようにも感じますが、お話しいただいている「不確かさ」とは実際にはどういったものなのでしょうか。

渡邊：

不確かさは決してネガティブな言葉ではなく、人に可能な行為を真摯に捉え、謙虚さをもって主張・説明するための言葉だと私は理解しています。また、なくすことができない、許容することを決めた不確かさを考慮してもなお判断を誤らないように、目的と行動との間のバッファゾーンをどのくらい取ったらよいのかを考えるための要素になるものだと思います。

繰り返しになりますが、人の世界には測定量はあっても、真値はないのかもしれませんが。それでも観察をして得られる測定値のばらつきも考慮して判断するのが人にできる精一杯です。不確かさは小さくすることができますが、なくすことはできません。また、多くの場合、不確かさを小さくするためにはより多くのコストや時間が必要になります。測定の目的に応じて、適切なあるいは許容される不確かさがあります。「目的適合性」という日本語に翻訳される「フィットネスフォーパーパス」という言葉がありますが、これはその言葉のとおり「目的にどれだけフィットしているかを考える」ということです。私はこの言葉をとても大事にしています。不確かさに関していえば、許容される不確かさを達成するためにコストや時間とのバランスも考えて測定することが重要であるということです。また、そのバランスを考慮するための実際の取組として、測定値のばらつきを不確かさとして定量化し、その影響を受けないように食品等の品質目標を設定するということが現実において重要な行動ではないでしょうか。

補足になりますが、「誤差：error」と「不確かさ」は違います。不確かさに似た言葉として誤差という用語を聞いたことのある方も多いと思います。誤差の定義は「測定された量的な値から、参照される量的な値を差し引

いた値」です。この定義のとおり、誤差の前提として参照される量的な値の存在があります。この参照される量的な値の多くは「真値」に相当しますので、真値から不確かさへのパラダイムシフトが起こっている現在では、「誤差」という概念もまた、過去のものとして見直されています。

岩崎：

「フィットネスフォーパース」という考え方が重要だということがわかりました。この考え方を本質的に理解できていないと、日本人の特性からも、むやみやたらに不確かさを小さくすることがよいことだと考えてしまいそうですね。「測定値のばらつきを不確かさとして定量化し、その影響を受けないように食品等の品質目標を設定する」とは具体的にどのような取り組みとなるのでしょうか。

渡邊：

どの程度の大きさを避けることのできない、また分析以外の要素とのバランスから許容すべき「不確かさ」と判断するかは、分析分野や、その分析分野が関係している食品の取引（経済に直結する商取引並びに安全に直結するリスク管理の両方）によって大きく変わるので、一概に言うことはできません。けれども、一般に人による実施可能な観察の行為である分析にはその正確さに一定の限界があり、それを分析法の性能として評価することを通じて、分析法として用いることが妥当か否かを判断することが当たり前のことになっています。これは、クライテリアアプローチによる分析法の妥当性確認と呼ばれる考え方ですが、この分野においても「測定値のばらつきを不確かさとして定量化し、その影響を受けないように食品等の品質目標を設定する」ことは重要な要素かつ具体的な要件となります。

岩崎：

よくわかりました。本誌の読者には乳業に関わっている人が多いと思うのですが、最後に、乳業界の分析者の日常にもつながるお話をしていただけませんか。

渡邊：

映像が浮かぶような例え話をしてみましょう。

「牛乳にはたんぱく質が含まれています」。何を分かりきったことを言うのかと思われたことでしょうか。実は、それを期待しました。このような文脈で「たんぱく質」という用語が使われる多くの場合、栄養素としてのたんぱく質が想起されることでしょうか。栄養素としてのたんぱく質は次の通り定義されています。「たんぱく質とは、20種類のL-アミノ酸がペプチド結合してできた化合物である。たんぱく質は他の栄養素から体内で合成できず、必ず摂取しなければならない。従って、たんぱく質は必須栄養素である。」。たんぱく質は機能によって様々な分類されもしますが、栄養素としての定義は上記の通りですので「20種類のL-アミノ酸がペプチド結合してできた化合物」であることを特性として、その量を測定することになります。

たんぱく質量を測定する対象として、目の前に、コップ一杯の牛乳があることを思い浮かべてみてください。当然ですが、この目の前にある牛乳にもたんぱく質が含まれています。そして、コップ一杯の牛乳の量は増えもせず減りもしませんから、これに含まれるたんぱく質量も一定です。さて、目の前にある牛乳の量はどのくらいでしょうか。「説明されていないからわからない」。当然の答えです。では、メスシリンダーを使って測ってみましょう。これが観察行為です。その結果、100 mLでした。では、もう一度お聞きします。目の前にある牛乳の量はどのくらいでしょうか。当然、「100 mL」とお答えになるでしょう。しかし、本当にそうでしょうか。

99.5 mL や 100.4 mL ではないといえるでしょうか。意地悪を言っているのではありません。人にできる観察という行為の限界と、その結果である測定値のばらつきの現実を説明しようとしてこのような例え話をしました。人は、「全く同じもの」を繰り返し観察することができません。そこで、「全く同じと見なすもの」を繰り返し測定することで代替えています。また、仮に全く同じものがそこにあったとしても、先に説明したとおり、人が得ることのできる測定値はばらつきます。人には、時間を止めて観察することができません。時間の経過によっても、測定に影響する環境が変化します。もちろん観察する人も測定環境の一部として変化します。測定値はばらつくのです。そのばらつきが不確かさですが、牛乳の量が 99.5 mL であろうと 100.4 mL であろうと、たんぱく質量を測定するという目的に照らして大きな影響があるでしょうか。その程度の量の違いは許容されないでしょうか。目の前のコップに注がれた牛乳に含まれるたんぱく質量は、栄養価計算をする上で重大な影響を及ぼすでしょうか。

岩崎：

なるほど。重量や容量の測定は、全ての分析の基本ですね。その基本の行為が、知ろうとする量にどのくらい影響するのか、最終的に知ることのできた量の不確かさが測定の目的にとって許容可能かどうかを考えることも大事である、と理解しました。

渡邊：

ご理解の通りです。人に得ることができるのは、測定量の推定値である測定値であり、それは当然にばらつきます。ばらつく測定値から、測定量の真値？の存在範囲を推定したものが不確かさです。毎日のように測定値を見ている分析者は、それがばらつくことも、不確かさがどのくらいの大きさになるかも経験的に知っています。しかし、個人とお話をするとき「それでは分析者以外には通じないであろう」と感じる言葉や文脈による意見を聞くことも多いです。専門家どうしの会話であればそれで何の問題もありません。しかし、分析の専門家たる分析者は、分析者だけが存在する独立した世界に生きているわけではありません。人は測定値に基づき様々に判断をします。その判断を誤らないよう、判断に責任を負う専門家でない人に、測定値を正しくそしてわかりやすく説明する責任が分析者にはあると思います。

異なる経験と背景を持つ多様なステークホルダーの誰にも通じるような言語化は容易にできるものではないでしょう。しかし、測定値は人の行動を左右する判断の根源です。その根源を観察しているのは分析者です。そのことを意識して、意思疎通に不可欠な言語感覚を磨き、分析者として、誰にでも分かるように伝達・主張をしていただきたいと心から願います。

岩崎：

本日はありがとうございました。

渡邊：

こちらこそありがとうございました。

後日談

渡邊：

今回インタビューしていただいたきっかけは、ある講習会の参加者（Aさん）から以下の意見をいただいたこ

とです。「真値が存在しないことがより広く認知されるように発信して欲しい。同一組織の分析に携らない部門の人（Bさんとします）から、“適切に分析すれば真値が得られるはずなのだから、何度測っても同じ数値が出ないのは何か不適切なのではないか”と言われることがある。常識が異なるので話が通じない。そして、組織上は分析部署よりも上位にあるその部署がその「常識」で方針を決め、時には改善を指示するような事態が発生しておりもどかしい。（一部改変）」

「常識が異なるので話が通じない」。そういうお気持ちになられることには共感いたします。私も似たような経験をたくさんしています。私がそういう方々とお話するときには、常識だけでなく、その他の知識も考え方も言葉も違うのだと、自分の立ち位置を振り返ります。また、Aさんのご意見の中に「時には改善を指示する」とあるため、おそらくBさんは「試験」あるいは「検査」に責任を負っているのだらうと思います。試験あるいは検査に責任を負うことはBさんの重要な役割です。純粋に捉えれば、何かを知るための行為である分析あるいは測定とは違い、その結果である分析値あるいは測定値に基づき判断を求められるのが試験や検査です。我々の日常において知ることだけで終わる行為はありませんので、全ての分析や測定は試験、検査のために行われていると言っても過言ではないと思います。後述もしますが、BさんにはBさんなりのもどかしさもあるものと思います。

ここでBさんにお聞きます。ガスクロマトグラフという言葉を知ったことがありますか。これは一般的な箱形の測定機器の1つで、装置の前面には扉がついており内部は空洞です。ちょうど中型のスイカが入る程度の空間があります（実際には、その空洞部分には分析に必要なパーツが取り付けられるのですが、空間としてはそのくらいの広さがあります）。このガスクロマトグラフの扉を開けて装置の原理を説明しようとする分析者に対してある偉い人が、「君、ここにカボチャやスイカを入れるのだね。そうすれば、農薬が危険かどうかは瞬時に分かるのだね」。いろいろ間違いはありますが、大体このようなことを仰ったのだそうです。似たような話を複数の分析者から聞いているので、既に原形を留めず都市伝説になっているのかもしれない。しかし、常識・知識・考え方・言葉を共有していない「偉い人」の発する質問としては、なんとなく納得ができてしまいます。このような偉い人に「いいえ、〇〇さん。まず試料を均質化した後に一定量を精密に量りとり、アセトニトリルでホモジネート抽出を行った後……………」と説明したところで、Aさんが説明したいことは伝わるでしょうか。「〇〇さんの仰るように、カボチャやスイカを装置に入れるだけで簡単に分析できればよいのですが、この装置を使う前には、手間と時間をかけて別の操作をしなければなりません。ご興味がおありであれば、一通り簡単に説明させていただいてよろしいでしょうか」。このぐらいの軽い会話で相手の様子を見るとよいのではないのでしょうか。ここで、「おお、是非頼むよ」と言ってくださるならばその方はほんとうに賢く偉い人で、判断を委ねることができると思います。おかしな判断をされて、釈然としない思いをすることもないでしょう。Bさん、あなたはいかがですか？

Aさんにお聞きします。Bさんはどのような方ですか。また、AさんはBさんを相手にする時に自分の立ち位置や説明の方向性・仕方を考えることはありますか。

本コラムのインタビュー記事は、少し堅苦しい内容になりました。でも、Aさんになら分かっていただけるであろう大事なことをインタビューアーには聞き取っていただけたと振り返っています。このコラムの内容をどんな言葉でBさんに伝えるかは、Aさん次第です。そして、AさんとBさんのお二人によく考えていただきたいのは、測定値は全ての判断の根源にありそれを観察し伝える役割と責任は分析者にあります。その分析者の説明を正しく理解できずに（あるいは、より率直に言うならば、正しく理解しようともせずに）、間違った判断や方針を決めたとしたらその責任はBさんにあります。AさんもBさんも、正しい判断をし方針を決めるために欠くことのできない大事な役割をそれぞれにお持ちです。ISO/IEC 17025という試験所の能力に関する国際規格があり

ますが、この規格によって必要であるとされている事項を少し飛躍して捉えれば、分析者（品質保証の専門家）が組織のトップに直接意見具申できるように組織は作られなければなりません。そのくらい、分析者が観察した結果や意見、考えは、組織の行く先を左右するのです。逆の見方をすれば、臆することなく、正しく、組織のトップに意見を伝えることのできる分析者を養成することが組織にとって重要です。

Aさんをお願いします。繰り返しにより得られた測定値が一致しないことをBさんに伝えることを諦めないでください。Bさんをお願いします。繰り返し測定により得られた測定値は一致しません。太陽が東から昇り西に沈むのと同じです。また、Bさんがお持ちの常識・知識・考え方・言葉が、Bさんのお仕事に必要なことであることも理解します。しかし、それはAさんがお持ちのものと違うことにも意識を向けてください。双方がお互いを知らうと努力して、言いたいことを言い合いつつも納得して先に進めるようになったら、それがお二人が望むところではないでしょうか。食品の安全や安心の観点から見れば、お二人のやりとりは立派なりスクコミュニケーションです。上も下もありません。



写真：実際に行われた取材風景

【左：日本乳業技術協会 岩崎司 右：国立医薬品食品衛生研究所 渡邊敬浩先生】