

海産生物と放射性物質

—放射能分析・測定における検出下限—

放射能分析に限らず、どれくらい低い濃度レベルまで測ることができるのか、ということを確認することは、多くの分野において永遠のテーマの一つではないでしょうか。分析化学に関連したJIS規格¹⁾では、検出できる最小量を検出下限(検出限界, limit of detection, detection limit), ある方法を用いて目的とするものを定量することができる最小の量や濃度を定量下限(minimum limit of determination, limit of quantitation)としていますが、英語表記が統一されていないなど悩ましいもので、分析化学会誌においても取り上げられるほどです²⁾。

均質な試料を繰り返し分析・測定したとすると、毎回同じ結果は得られるのでしょうか? ベテランでも繰り返して同じ結果を得ることは難しく、この手の問題では統計学の力を借りて、

分析結果 = (平均値) ± (標準偏差)
と表し、分析結果はどのくらいの幅(標準偏差)を持つか、で分析精度を判断します。

【放射能測定のゆらぎ】

「セシウム137の半減期は30年」の意味は、どのセシウム137の原子核かわからないけれど、ゆらぎを伴いながら、平均的に一定の式(半減期30年)に従って壊れるということです。ある短い時間内で壊変が0回、1回、2回…と起こる確率は、時間や空間で一定とみなせるので、統計学上、ポアソン分布で近似され、壊変数の平均値 m とその標準偏差 σ は、

$$m \pm \sigma = m \pm \sqrt{m}$$

となります。例えば、1分間あたり10カウントの計数値が得られた場合、その計数に伴う σ は約3.2カウント(10の平方根)となります。計数値が100なら10%、1000なら約3.2%の計数誤差が付きます。つまり、壊変自体がゆらぎを伴う現象なのです。

「検出された、されない」の境目は、「計数値が誤差の3倍(3 σ)を超えること」とする場合が多いようです³⁾。つまり、

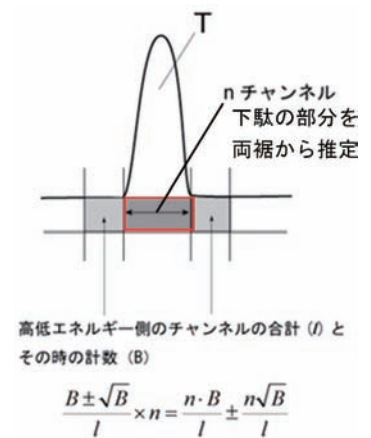
$$m > 3\sigma$$

となる場合に「検出された」としますので、10カウントの計数では、10±3.2ですから「検出」、8カウントの計数ならば、8±2.8ですから「検出されない(不検出)」となります。

なお、環境試料の場合、全量を分析に供することはできないので、母集団から分取した標本として扱います。よって、「神のみぞ知る母集団の標準偏差は σ で表し、自身が求めた標本標準偏差は単に s で表す」ほうがよいかもしれません⁴⁾。

【ガンマ線測定】

放射性セシウムに代表されるガンマ線測定では、ピークの高さと幅で決まる面積(T)に着目します。このTにはバックグラウンドが存在し、多少なりとも下駄をはいています。図のよ



うにTの両裾からバックグラウンドを推定し、その計数値Bとその標準偏差(Bの平方根)を推定する方法がよく用いられます。大まかには、30%程度の誤差を許容したとすると、セシウム137の測定に際し、1万秒測定、計数効率1%、バックグラウンドが4カウント/チャンネルである場合、検出限界は約0.3ベクレルになります⁵⁾。実際には、同じ機器や試料であっても計数値やバックグラウンドは測定毎に異なるので、その都度、検出下限は異なります。また、他の大きなピークが隣接する場合には、裾が引き上げられるために、検出下限は高くなる場合があります。

なお、化学分析などの必要工程を経て求める定量下限は、化学収率のもとより、分析者の技量にも依存することから、検出下限よりも高くなります。放射能測定に関して言えば、誤差の大部分は計数誤差で占められます。

1) JIS K 0211:2005, 分析化学用語(基礎部門)。
2) 上本道久: 検出限界と定量下限の考え方, ぶんせき, pp.216-221, 2010年5月号。
3) 文部科学省: 放射能測定法シリーズ7, 平成4年改訂。
4) 大村平: 統計のはなし-基礎・応用・娯楽-, 日科技連, 2002。
5) 野口正安: γ 線スペクトロメリー, 日刊工業新聞社, 昭和55年初版。

(事務局 研究調査グループ 及川 真司)