

標準委員会セッション (2) 「クリアランスレベル検認方法の標準化への検討状況」

3) 核種組成比の代表性の判断基準について

3) Standard to Judge Validity of Representative Nuclide Vector in Clearance Level Inspection

電中研

服部隆利

佐々木道也

HATTORI TAKATOSHI

SASAKI MICHIIYA

クリアランスレベル検認に資するため、測定誤差と核種組成比のばらつき誤差がD/Cの総和(以下、分数和という)に対して与える影響を検討して一般式を導出し、Co-60を測定主要放射性核種(キー核種)とし、一般式を用いて、複数の評価対象核種がある時に核種組成比のばらつき誤差の妥当性や代表性を判断する方法を提案した。

キーワード: クリアランスレベル、核種組成、ばらつき、評価対象核種、線計測

1. 目的 測定に基づくクリアランスレベル検認では、例えばCo-60のような測定主要放射性核種に対する評価対象核種の組成比をあらかじめ設定し、Co-60の測定結果から各評価対象核種の濃度(D)を求めてクリアランスレベル(C)で除したもの(以下、D/C)の総和(以下、分数和)が1以下であることを確認する必要がある。この時、組成比が代表できる範囲を広げるほど、平均値に対する組成比のばらつき誤差は大きくなる。本発表では、組成比のばらつき誤差をどの程度許容してどの広さの代表値として設定すべきかの判断基準を検討した結果について報告する。

2. 方法 分数和の確率分布の数値解を求めるため、モンテカルロ法を用いて、対数正規分布を示す核種組成比によって計算された分数和の確率分布を求める「分数和確率分布計算コード」を作成した。ばらつき誤差をどの程度許容するかについては、クリアランスレベル算出の際に用いられた考え方を参考とし、測定誤差と核種組成比のばらつき誤差に基づく分数和の97.5%片側信頼区間上限値(97.5%値)が10以下であることを満足することとした。

3. 結果 本コードを用い、キー核種であるCo-60(CL:0.4Bq/g)を測定誤差(相対誤差30%)を有する正規分布で表現し、Co-60に対する各評価対象核種の組成比のばらつきを対数正規分布で変化させ、幾何平均を用いて計算した分数和を1に規格化した時、分数和の確率分布の97.5%値が10を超える評価対象核種の幾何標準偏差を調べた。評価対象核種は、Cs-137(CL:1Bq/g)、H-3(CL:200Bq/g)、Sr-90(CL:1Bq/g)、核種(CL:0.2Bq/g)とした。Cs-137, Sr-90, 核種は核種組成比法、H-3は平均放射能濃度法で取り扱った。

Cs-137が対数平均Cs-137/Co-60=1.0で、97.5%値が10を超える幾何標準偏差は6.0であったが、一例として、その分数和の確率分布を図1に示す。Co-60の測定誤差による正規分布のばらつきに加え、Cs-137/Co-60比の対数正規分布が加味され、確率分布の裾野が広がる傾向が認められる。

様々な核種組成に対して、97.5%値が10を超える幾何標準偏差の限界値(GSD_L)を調べた結果を図2に示す。同図から、幾何標準偏差の限界値は、Co-60の相対重要度に大きく依存し、その傾向は核種数が増加しても変化がなく、Co-60の相対重要度が1に近い場合には大きなばらつきが許容できることがわかる。また、この傾向は次式で一般化できる。

$$GSD_L = 4.35 + 18.7 \times \text{EXP}(-10.7 \times (1-R)) + 61.9 \times \text{EXP}(-160 \times (1-R)) \quad \cdots \text{式}(1)$$

ここで、 GSD_L は97.5%値が分数和10を超える幾何標準偏差の限界値、RはCo-60の相対重要度。

4. 結論 検認測定前に核種組成比を設定する際には、組成比のばらつきをある範囲内にすることが求められ、式(1)が、その簡易な確認のための判断基準となる。

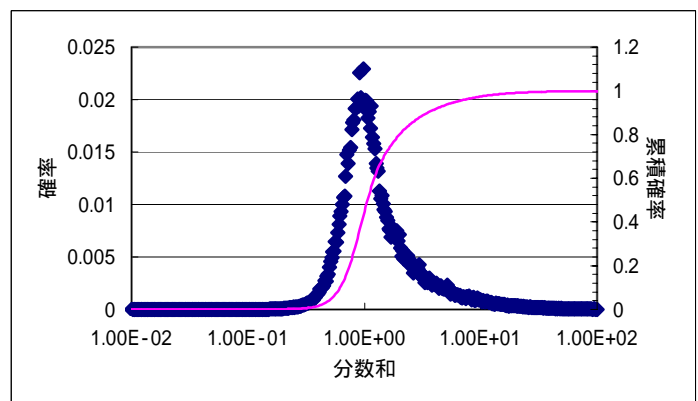


図1. 分数和の確率分布の一例

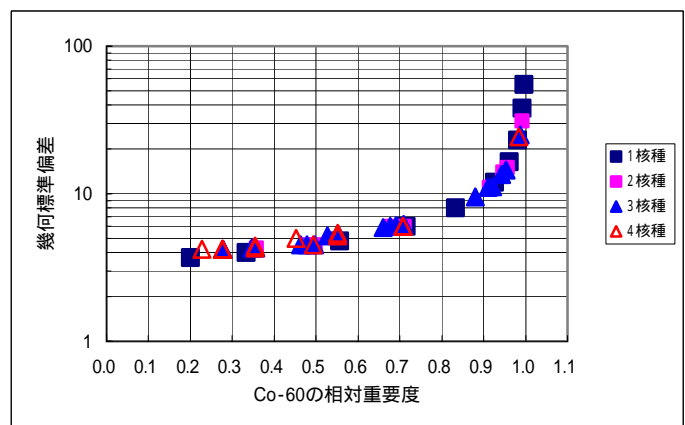


図2. Co-60の相対重要度に対する97.5%値が分数和10を超える幾何標準偏差の限界値