

β、γ、X線同時解析による迅速・高感度放射性核種分析法の開発

(4) 機械学習を用いた試料中ガンマ線放出核種の迅速識別

Development of rapid and sensitive radionuclide analysis method by simultaneous analysis of β, γ, and X-rays

(4) Rapid gamma-ray emitter identification by machine learning approach

*金 政浩¹, 高橋 龍平¹, 後藤 淳², 大島 真澄³

¹九州大学, ²新潟大学, ³分析セ

複数のガンマ線放出核を含む試料に含まれている核種を機械学習モデルの活用で迅速に識別する技術を開発した。識別した核種の情報は、英知事業にて開発した SDM 法の適用時に含まれうる核種として活用することで分析精度を上げることが期待されている。

キーワード: ガンマ線分析, 機械学習, 核種識別

1. 背景

放射性物質による汚染が疑われるときはゲルマニウム検出器やNaI(Tl)シンチレータによって得られたガンマ線スペクトル上の光電ピークを解析することで、核種の有無をスクリーニングする技術は広く用いられている。本研究では、機械学習モデルによって光電ピーク以外の領域も含むスペクトル全体を解析することで、より迅速にスクリーニングを行える手法の開発を目的とした。

2. 用いた機械学習モデル

開発したモデルの入力データは、Ge 検出器で得られたガンマ線スペクトルそのものである。スクリーニングを行うためには信頼区間解析が必要となるため、放射能 \hat{y} と同時にその不確かさ $\hat{\sigma}_i$ まで推定可能な以下の Gaussian negative log likelihood loss (GNL loss)を目的関数に採用している。

$$E_{GNL} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \frac{(\hat{y} - y_i)^2}{\hat{\sigma}_i^2} + \ln \hat{\sigma}_i^2$$

ただし、 N は学習データ数、 y_i は学習データの正解値である。ガンマ線スペクトルの光電ピークやコンプトン端などのスペクトル形状を特徴量として用いることができる畳み込みニューラルネットワーク(CNN)を採用した。

3. 結果・考察

各ガンマ線放出核の放射能について正確度と標準偏差を求めた。どの核種も推定放射能の平均値は正解値と広い放射能範囲でほぼ一致しており、その標準偏差はコベル法による放射能導出の統計的不確かさよりも小さく、迅速に推定できていることがわかった。また GNL loss の不確かさ推定は、不確かさがガウス分布に従うと仮定しているため、正確に推定できているかどうかは信頼区間解析を行うことによって判断した。その結果、核種によってはガウス分布とは一致しないものがあるものの、大きな乖離はなくスクリーニングの指標として推定した不確かさを用いることができる可能性が明らかとなった。

本件は、JAEA 英知を結集した原子力科学技術・人材育成事業 JPJA20P20333366 の助成を受けたものです。

*Tadahiro Kin¹, Ryouhei Takahashi¹, Jun Goto² and Masumi Oshima³

¹Kyushu Univ., ²Niigata University, ³Japan Chemical Analysis Center