

# 検出シミュレーションによる被覆ケーブル・制御盤を対象とした クリアランス測定の可能性検討

Study of possibility of clearance measurement for covered cables and control panels by detection simulation

\*行川 正和<sup>1</sup>, 島田 太郎<sup>2</sup>, 武田 聖司<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ナイス, <sup>2</sup>JAEA

2020年8月の規則改正により新たにクリアランス対象となった金属くず等以外の被覆ケーブルや制御盤等の複合材が検出器応答に与える影響について、PHITSコードを用いた検出シミュレーションにより評価し、測定時間や測定体系等の条件ごとのクリアランスレベル判定の可否を評価して測定時の留意事項をまとめた。

**キーワード：** 検出シミュレーション, クリアランス, 被覆ケーブル, 制御盤, 放射化生成物, PHITS, プラスチックシンチレーション, 可搬型 Ge 検出器

## 1. 緒言

クリアランス規則改正<sup>[1]</sup>により対象物の制限が撤廃され、対象核種が 274 核種に拡大された。従来の金属くず等とは異なる複合材がクリアランス対象になり、材質の違いや測定条件に応じた検出応答の変化および従来規則で規定されていた 33 核種以外の核種がクリアランス判定に影響を与える可能性がある。被覆ケーブルおよび制御盤の複合材を対象にクリアランス判定のための測定の検出シミュレーションを実施した。

## 2. 検出シミュレーション

測定装置は可搬型 Ge 検出器またはプラスチックシンチレーション測定装置、測定対象物は被覆ケーブルまたは制御盤とした。複合材は金属や樹脂等の多種の材質が混在し、例えば、被覆ケーブルの錫メッキ軟銅線は放射化で放射性核種が生成され、測定時は導体にのみ線源が存在するが、クリアランス判定の妥当性を解析的に検討するため、複合材における線源の存在箇所、材質の違い、形状、サイズに関して現実的な条件を与えると同時に、様々な測定装置との位置関係の条件を解析的に評価できるような測定体系を構築した。(図 1)。

格納容器内で使用された難燃 PN ケーブルを 100kg 程度に巻線で集積した体系を想定し、導体の放射化による汚染核種 (Zn-65, Sn-113, Sb-125, Te-125m)

ごとに PHITS 計算を実施して可搬型 Ge 検出器の計数率を評価した。その結果について、想定した巻線の核種組成比<sup>[2]</sup>および放射能濃度 ( $\Sigma D/C = 1.00$ ) で合成し、さらに測定エリアを想定したバックグラウンド

計数率を加算したエネルギー別の計数率 (図 2) をもとに Cooper の方法<sup>[3]</sup>で検出下限値を算出した。検出下限値には PHITS 計算の計数率、バックグラウンド計数率および線放出率の不確かさを反映した。表 1 に示すよう

に測定時間が 30 秒間では検出下限値を  $D'$  とした  $\Sigma D'/C$  は 2.26 ( $>1$ ) で検出が難しく、検出可能とするためには測定時間を長くする必要があり、クリアランス判定ができる目安 ( $\Sigma D'/C$ ) を仮に 1/3 以下とすると判定可能な

測定時間は 600 秒間程度になる。また、制御盤 (モーターコントロールセンター) から内部のユニットを取り出した筐体を分割せず

に可搬型 Ge 検出器で測定する場合、端子板等の金属製部品が多数集約される部分において、線源と検出器の距離や散乱の影響により中心位置直上からの 1 回の測定ではクリアランス判定することが困難な場合があり、検出器位置を変えて複数回測定する必要があることが分かった。

に可搬型 Ge 検出器で測定する場合、端子板等の金属製部品が多数集約される部分において、線源と検出器の距離や散乱の影響により中心位置直上からの 1 回の測定ではクリアランス判定することが困難な場合があり、検出器位置を変えて複数回測定する必要があることが分かった。

に可搬型 Ge 検出器で測定する場合、端子板等の金属製部品が多数集約される部分において、線源と検出器の距離や散乱の影響により中心位置直上からの 1 回の測定ではクリアランス判定することが困難な場合があり、検出器位置を変えて複数回測定する必要があることが分かった。

に可搬型 Ge 検出器で測定する場合、端子板等の金属製部品が多数集約される部分において、線源と検出器の距離や散乱の影響により中心位置直上からの 1 回の測定ではクリアランス判定することが困難な場合があり、検出器位置を変えて複数回測定する必要があることが分かった。

に可搬型 Ge 検出器で測定する場合、端子板等の金属製部品が多数集約される部分において、線源と検出器の距離や散乱の影響により中心位置直上からの 1 回の測定ではクリアランス判定することが困難な場合があり、検出器位置を変えて複数回測定する必要があることが分かった。

に可搬型 Ge 検出器で測定する場合、端子板等の金属製部品が多数集約される部分において、線源と検出器の距離や散乱の影響により中心位置直上からの 1 回の測定ではクリアランス判定することが困難な場合があり、検出器位置を変えて複数回測定する必要があることが分かった。

に可搬型 Ge 検出器で測定する場合、端子板等の金属製部品が多数集約される部分において、線源と検出器の距離や散乱の影響により中心位置直上からの 1 回の測定ではクリアランス判定することが困難な場合があり、検出器位置を変えて複数回測定する必要があることが分かった。

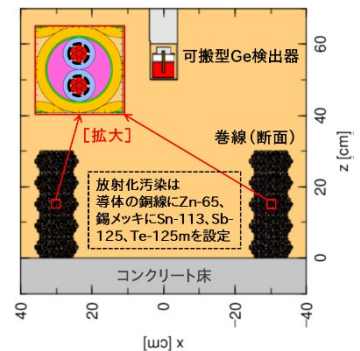


図 1 可搬型 Ge 検出器を用いた難燃 PN ケーブル巻線の測定体系

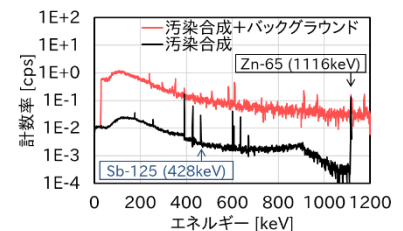


図 2 エネルギー別の計数率

表 1 検出下限値  $D'$  および  $D'/C$  の計算結果

核種	測定時間	30s	120s	600s	3600s
Zn-65	$D'$ [Bq/kg]	115	29.2	7.28	3.85
	$D'/C$	1.15	0.292	0.0728	0.0385
Sn-113	$D'$ [Bq/kg]	51.8	13.4	4.07	2.69
	$D'/C$	0.0518	0.0134	4.07e-3	2.69e-3
Sb-125	$D'$ [Bq/kg]	106	27.2	8.03	5.17
	$D'/C$	1.06	0.272	0.0803	0.0517
Te-125m	$D'$ [Bq/kg]	215	64.8	33.5	28.6
	$D'/C$	2.15e-4	6.48e-5	3.35e-5	2.86e-5
$\Sigma D'/C$		2.26	0.58	0.16	0.09

## 参考文献

[1] 原子力規制委員会、令和二年原子力規制委員会規則第十六号。

[2] 若林ほか、原子力学会 2019 年春の大会, 2C18.

[3] J. A. Cooper, NUCLEAR INSTRUMENTS AND METHODS, 82, 273-277 (1970).

\*Masakazu Namekawa<sup>1</sup>, Taro Shimada<sup>2</sup> and Seiji Takeda<sup>2</sup>

<sup>1</sup>NAIS, <sup>2</sup>JAEA

本研究は原子力規制委員会原子力規制庁「令和 2 年度廃止措置・クリアランスに関する検討」として実施したものである。