

核計装（起動系）検出器の更新における既設検出器との同等性について

令和5年8月7日
原子力科学研究所
臨界技術第1課

1. 概要

STACYでは、確実な運転再開に向けた高経年対策として、起動系の検出器を更新する。既設検出器と更新する検出器に関する同等性を以下に示す。

2. 更新する検出器の同等性

2.1 変更前後の検出器の仕様

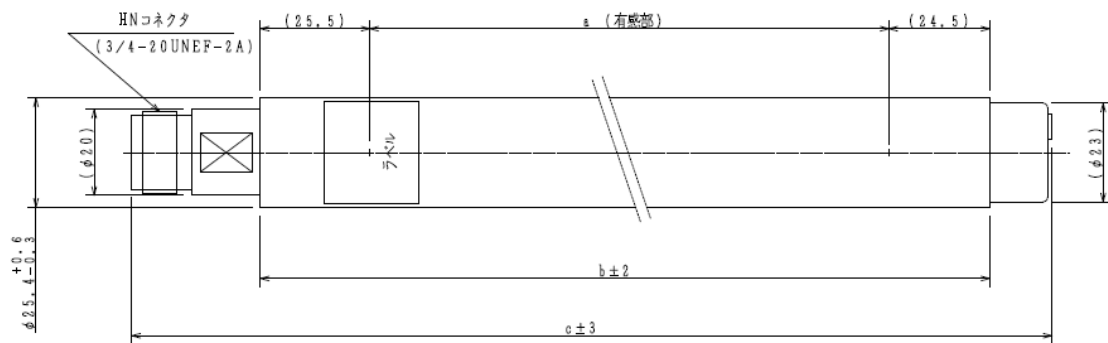
以下に変更前後の検出器の仕様を示す。設工認記載事項である検出器の種類、測定範囲、系統数は同じである。また、詳細仕様については、一部の寸法及び材質が異なるものの、性能に影響するものではなく、同等である。

	変更前	変更後	備考
(1) 検出器の種類※	B-10 比例計数管	B-10 比例計数管 (型式：E6863-300)	表1参照
(2) 測定範囲※	$1 \sim 2 \times 10^5$ [cps]	$1 \sim 2 \times 10^5$ [cps]	第2.2項参照
(3) 系統数※	2系統	2系統	
(4) 寸法（参考）			
全長（mm）	379.48	395	図1参照
外径（φ）	25.4	25.4	
有感長（mm）	266.70	300	
(5) 材質（参考）			
外容器材	Al	SUS304	表1参照
中性子反応物質	ボロン10	ボロン10	
ガス種類	Ar + CO ₂	Ar + CO ₂	

※ 設工認申請書 記載事項

表1 検出器（変更後）仕様
 （中性子比例計数管カタログ（キャノン電子管デバイス(株)）より抜粋）

	型 式	E6863-150	E6863-300
一 般 仕 様	全 長	245mm	395mm
	外 形	25.5mm	25.5mm
	有 感 長	150mm	300mm
	芯 線 径	50 μ m	50 μ m
	ガ ス 種 類	Ar+CO ₂ (1%)	Ar+CO ₂ (1%)
	ガ ス 圧	26kPa(0.26 気圧)	26kPa(0.26 気圧)
	外 容 器 材	SUS304	SUS304
	管内絶縁材	セラミック、ガラス	セラミック、ガラス
	コネク種類	HN 型	HN 型
	コネク絶縁材	セラミック(ガラスコーティング)	セラミック(ガラスコーティング)
	中性子反応物質	ボロン 10	ボロン 10
電 気 特 性	絶 縁 抵 抗	$\geq 1 \times 10^{12} \Omega$	$\geq 1 \times 10^{12} \Omega$
	静 電 容 量	7pF	8pF
	中 性 子 感 度	2.1 s ⁻¹ /(cm ⁻² ·s ⁻¹) [cps/nv]	3.7 s ⁻¹ /(cm ⁻² ·s ⁻¹) [cps/nv]
	使 用 電 圧	650~850VDC	650~850VDC



単位:mm

検出器種類	型 式	a	b	c
ヘリウム3	E6862-150	150	200	245
	E6862-300	300	350	395
	E6862-500	500	550	595
ボロン10	E6863-150	150	200	245
	E6863-300	300	350	395
	E6863-500	500	550	595
	E6863-558	558	608	653
	E6863-1000	1000	1050	1095

図1 検出器（変更後）外形図
 （中性子比例計数管カタログ（キャノン電子管デバイス(株)）より抜粋）

2.2 変更後の検出器の計測範囲

図2に示す出力パルス波形は、更新する検出器で中性子を検出した際のパルスを計測したものである。この図における出力パルス幅 (T_w) は、立上がり、立下がり、リングング(波形の振動現象)及び不感時間を考慮した時間である。このパルス幅は $3.4\mu s$ であり、 $1/3.4\mu s = 2.94 \times 10^5$ から、既設の測定範囲 ($1 \sim 2 \times 10^5$ cps) を満足する。

また、図3に変更前の検出器で中性子を検出した際のパルス波形を示す。図3に示すとおり変更前の検出器における出力パルス幅 (T_w') は $3.2\mu s$ であり、計測範囲に係る性能として検出器の変更前後で同等であることを確認した。

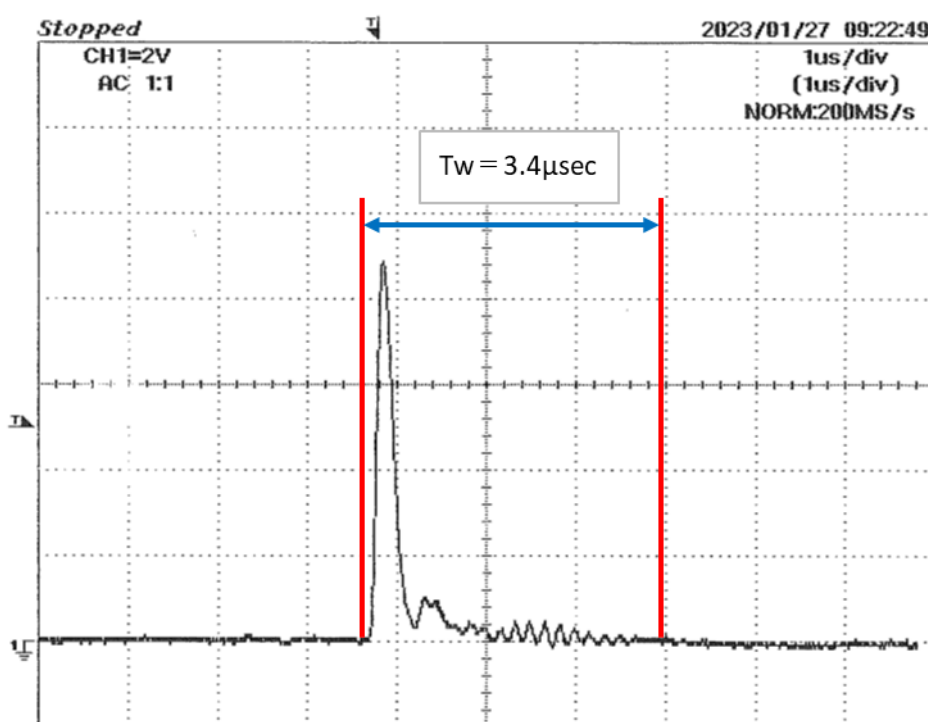


図2 出力パルス波形 (変更後)

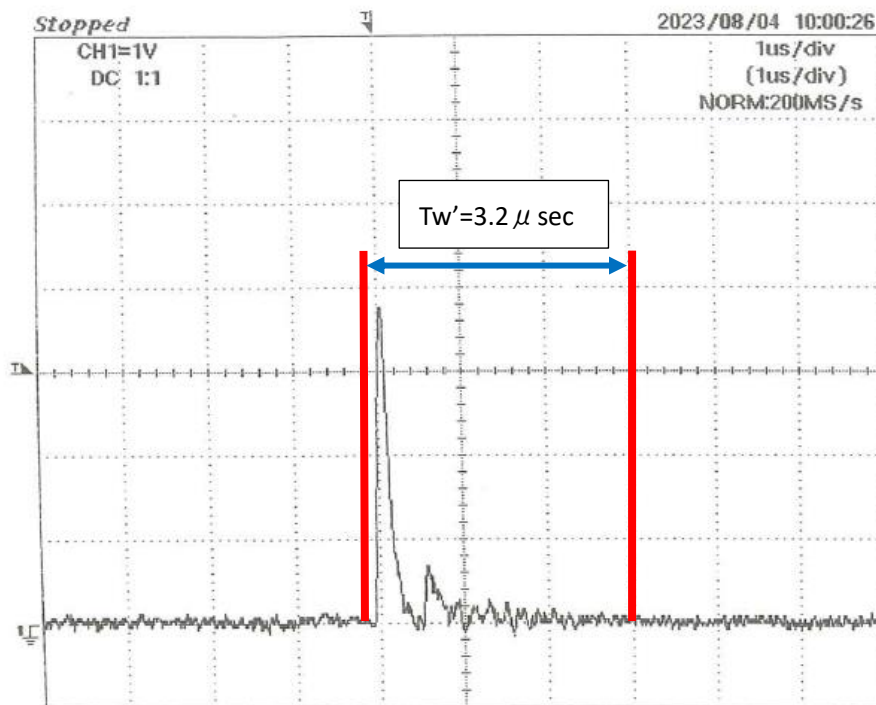


図3 出力パルス波形（変更前）

2.3 起動系検出器の不感時間に伴う数え落としの影響

更新後の起動系核計装では、2.2項で示したとおり $1 \sim 2 \times 10^5$ cps まで測定が可能であり、設工認の設計仕様（要求事項）である測定範囲を満足している。このとき、高計数率領域（概ね 1×10^4 cps 以上）では起動系検出器の不感状態に伴う数え落としが多くなるものの⁽¹⁾、当該高計数率領域を運転系出力系の計測範囲としてオーバーラップさせることにより中性子束を連続的に監視することが可能である⁽²⁾。このため、高計数率領域の真の係数率を起動系検出器により精緻に評価することは不要である。

以上のとおり、起動系検出器の高計数率領域では、検出器が窒息せずに中性子束の増減状態を把握し、運転系出力系と相まって原子炉内の中性子束を連続的に監視可能である。

以上

(1) 不感時間を $3.4 \mu s$ と仮定すると、測定値 1×10^4 cps のときの計数損失は約 3.4%となる。

(2) 運転系出力系の計測範囲は原子炉出力として $2mW \sim 2kW$ であり、その計測範囲の下限値（ $2mW$ ）は計数率として概ね数百 cps（炉心構成により可変）に相当する。このため、起動系核計装の高計数率領域（概ね 1×10^4 cps 以上）を運転系出力系の計測範囲としてオーバーラップさせることが可能である。