

JRR-3 原子炉施設における制御棒挿入性の考え方について

令和 2 年 4 月 2 0 日
 日本原子力研究開発機構
 原子力科学研究所

【R2.3.18 ヒアリングコメント】

制御棒の挿入性について具体的にどのような説明をどの申請とするのか整理して説明すること。

1. 概要

制御棒挿入性の説明に当たっては、制御棒案内管の耐震評価及び制御棒駆動装置の耐震評価の 2 つの結果を用いる必要がある。制御棒案内管の耐震評価は設工認その 1 1 にて申請済みであるが、制御棒駆動装置は設工認その 1 3 で申請する予定であるため、前回（平成 2 年）の原子炉改造時の分割の考え方と同様に制御棒挿入性は設工認その 1 3 で申請することとしていた。

しかしながら、昨今の分割申請の考え方を踏まえ、設工規則第 6 条第 2 項の審査には設工認その 1 1 の中でも制御棒挿入性の説明が必要と考え、以下に示すように、制御棒挿入性の説明を 2 分割し（分割の考え方は 2. に後述する）、設工認その 1 1 と設工認その 1 3 にてそれぞれ必要な機器の挿入性の説明を申請する。

| | 新規制基準対応設工認 | 平成 2 年原子炉改造時設工認 |
|-----------------------------------|--------------------|------------------|
| 制御棒案内管の耐震評価 | その 1 1 (R1.8.8 申請) | JRR-3 の改造 (その 3) |
| 制御棒挿入性 (中性子吸収体及び フォロワ型燃料要素) | その 1 1 (補正にて記載) | JRR-3 の改造 (その 5) |
| 制御棒駆動装置の耐震評価 | その 1 3 (今後申請予定) | JRR-3 の改造 (その 5) |
| 制御棒挿入性 (制御棒駆動機構) | その 1 3 (今後申請予定) | JRR-3 の改造 (その 5) |

注：「JRR-3 の改造 (その 3)」(S61.5.16 付け 61 原研 19 第 12 号をもって申請 (S61.8.7 付け 61 原研 19 第 17 号をもって一部補正)、S61.8.20 付け 61 安 (原規) 第 78 号をもって認可)

「JRR-3 の改造 (その 5)」(S61.12.26 付け 61 原研 19 第 35 号をもって申請、S62.4.6 付け 61 安 (原規) 第 218 号をもって認可)

2. 制御棒挿入性の考え方

本原子炉施設の制御棒系は図1に示すように中性子吸収体、フォロー型燃料要素、制御棒案内管、制御棒駆動機構管内駆動部（制御棒バヨネットロック機構、連結桿、着座器、プランジャ、緩衝器）、制御棒駆動機構管外駆動部（上部仕切弁、減速機、駆動モータ、ボールスクリュ、可動コイル、位置指示検出機構）、制御棒駆動機構案内管、下部弁より構成される。

制御棒挿入性の考え方としては、中性子吸収体及びフォロー型燃料の制御棒案内管に対する挿入性と、制御棒駆動機構管内駆動部の制御棒駆動機構案内管に対する挿入性の2つを確認する必要がある。

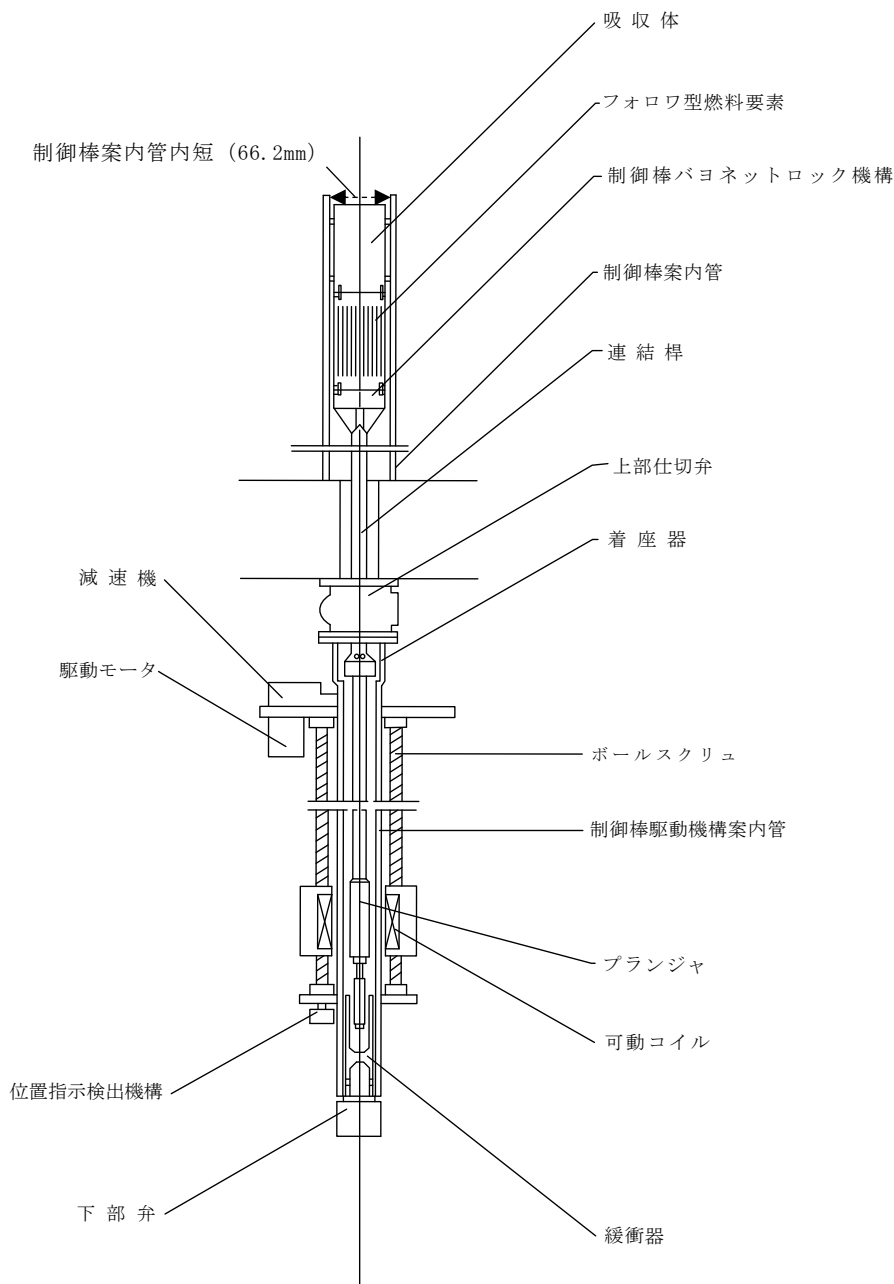


図1 制御棒系概略図

(1) 中性子吸収体及びフォロー型燃料要素の挿入性の考え方

中性子吸収体はフォロー型燃料要素に接続され、フォロー型燃料要素は制御棒バヨネットロック機構を介し連結棒に接続される。制御棒（以下「制御棒」という場合は、中性子吸収体、フォロー型燃料要素及び制御棒駆動機構管内駆動部から構成されるものを指す。）はプランジャと可動コイルの磁気結合の他、中性子吸収体のガイドローラ（中性子吸収体及びフォロー型燃料要素の構造を図2に示す。以下に示す可撓性を有したガイドローラを「可撓ガイドローラ」、固定式のものを「固定ガイドローラ」といい、その両方を指す場合は「ガイドローラ」という。）を介して制御棒案内管に保持されている。原子炉の緊急停止時にはプランジャと可動コイルの磁気結合を切ることで制御棒の自重により炉心に挿入される。また、中性子吸収体に取り付けられた可撓ガイドローラ（4面のうち直交する2面に取り付けられたもの）は制御棒案内管の変形を吸収することのできる構造を有する（可撓ガイドローラの構造を図3に示す）。

以上から、制御棒は原子炉プール内で水中に浮いた状態で中性子吸収体のガイドローラ及びプランジャと可動コイルの磁気結合によって保持されているため、制御棒案内管及び制御棒駆動機構案内管と剛な支持点を持たない。よって制御棒は地震により変形することはない。このため、制御棒案内管の地震による変位と制御棒案内管に対する中性子吸収体及びフォロー型燃料要素のクリアランスを比較することで中性子吸収体及びフォロー型燃料要素の挿入性を確認することができる（本評価のイメージ図を図4に示す）。

設工認その11で示したとおり、制御棒案内管の基準地震動による最大変位は1.1830mmである（基準地震動による制御棒案内管の変位を図5に示す）。制御棒案内管と中性子吸収体のクリアランスは4辺の各端1.3mmであるため、水平方向の各方向に対し、制御棒案内管の変位が1.3mmまでは可撓ガイドローラの構造で吸収することができる。このため、基準地震動時であっても中性子吸収体は制御棒案内管に接することはなく、挿入性に問題はない。

また、フォロー型燃料要素に関しては、制御棒案内管と接点を持たず、制御棒案内管とのクリアランスは4辺の各端1.3mmであるため（フォロー型燃料要素の構造を図6に示す）、基準地震動時であっても制御棒案内管に接することはなく、挿入性に問題はない。

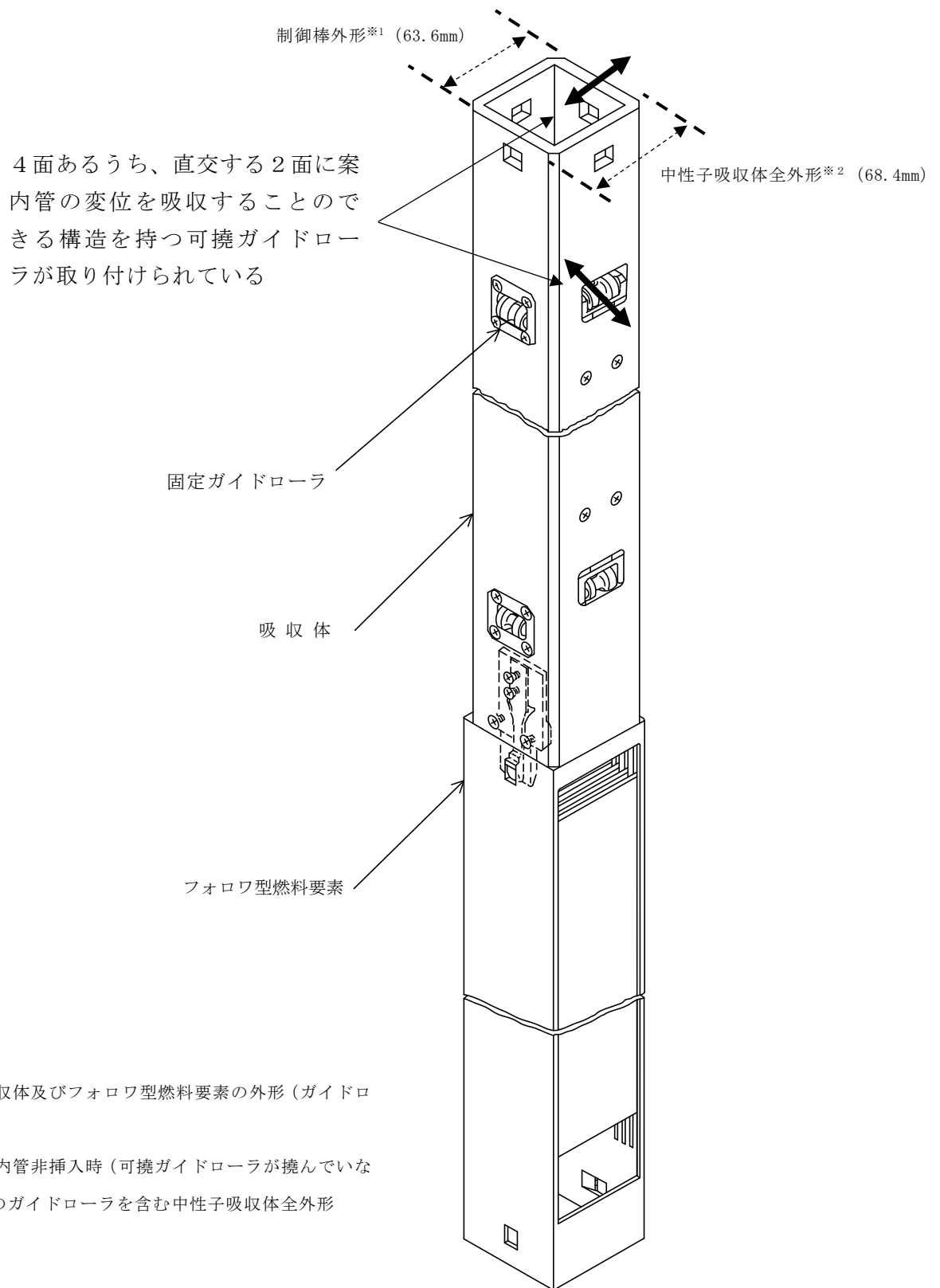
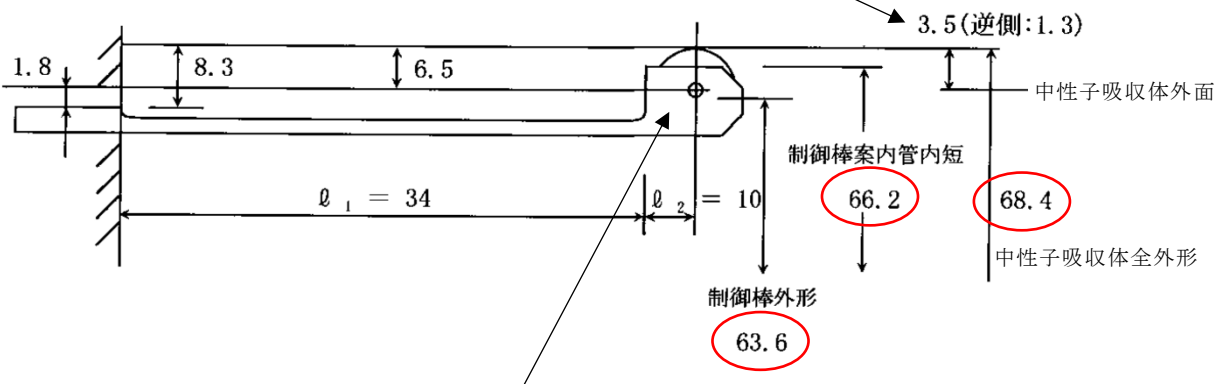


図2 制御棒構造図

中性子吸収体外面からの可撓ガイドローラの飛び出し量
(逆側：固定ガイドローラの飛び出し量)

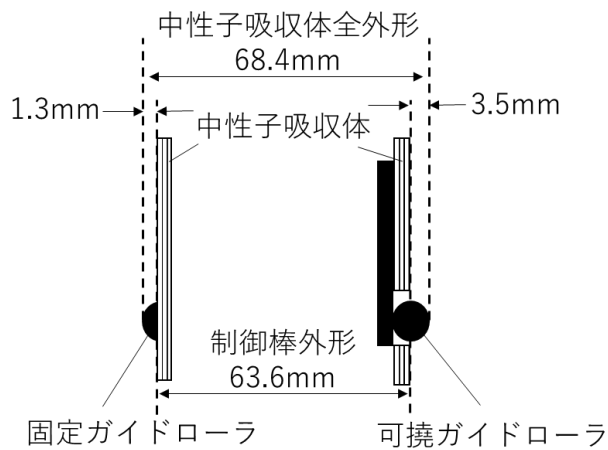


可撓ガイドローラは、通常時は 2.2mm (可撓ガイドローラの案内管挿入時変形量) 撓んで制御棒案内管に挿入されている。
 そこからさらに 1.3mm (可撓ガイドローラの地震時許容変形量) 撓むと中性子吸収体は制御棒案内管に接触する。

可撓ガイドローラの案内管挿入時変形量 =
 (中性子吸収体全外形) - (制御棒案内管内短)
 $68.4 - 66.2 = 2.2$ (mm)

可撓ガイドローラの地震時許容変形量 =
 (案内管挿入時中性子吸収体外形) - (制御棒外形) - (固定ガイドローラの飛び出し量)
 $66.2 - 63.6 - 1.3 = 1.3$ (mm)

図3 中性子吸収体可撓ガイドローラ構造図



制御棒は原子炉
プール水中に浮い
ており、剛な支持
点を持たないため、
地震力を受けない。
このため、基準地
震動によって生じ
る制御棒案内管の
変位による挿入性
への影響を確認す
る。

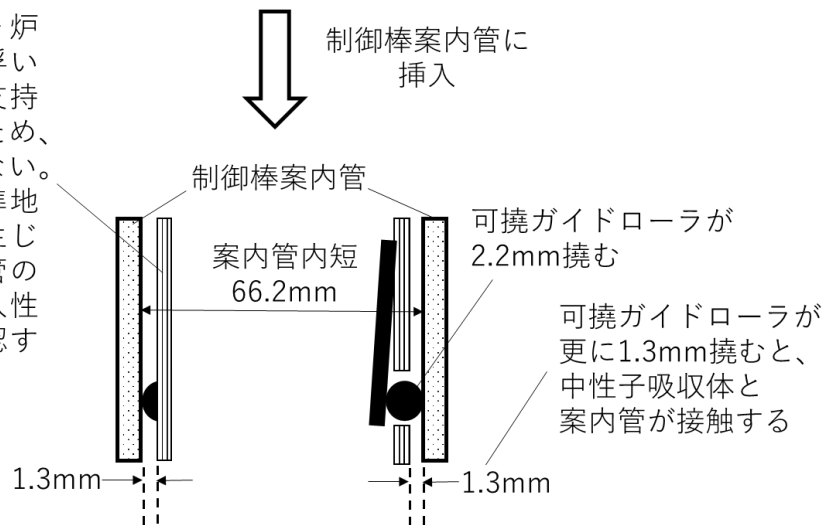


図4 中性子吸収体評価イメージ図

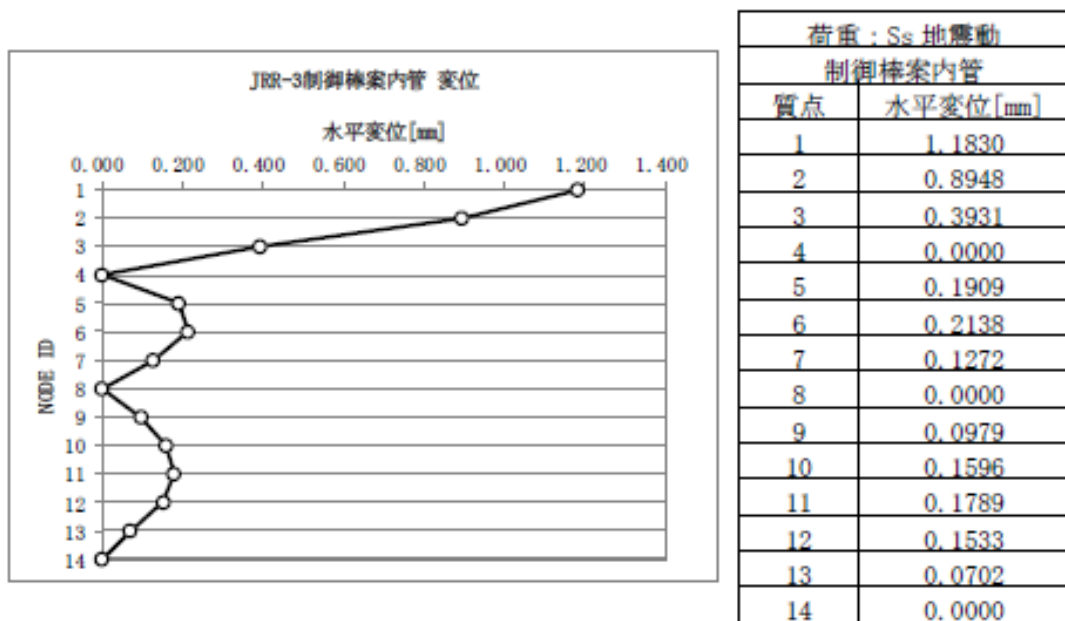


図5 制御棒案内管の水平方向変位量 (設工認その11)

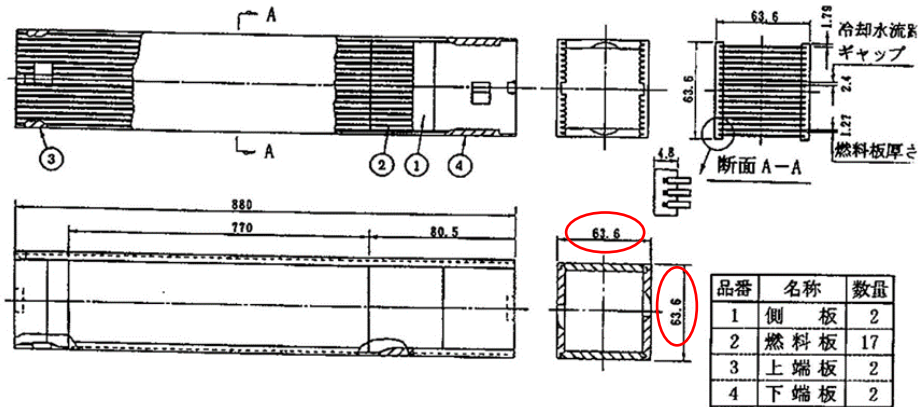


図6 フォロワ型燃料要素構造図

(2) 制御棒駆動機構管内駆動部の挿入性の考え方

制御棒駆動機構管内駆動部の挿入性に関しては、設置時に静的試験及び加振試験を実施しており、制御棒駆動機構の地震による変位が2mmまでは規定時間（スクラム挿入時間1秒以下）を満足することを確認している（図7にスクラム機能試験結果を示す）。

このため、新たに策定した基準地震動による制御棒駆動機構の変位（スクラム検知時刻+1秒までについて検討を行う）が2mm以内であれば、挿入性に影響はないことを確認できる。

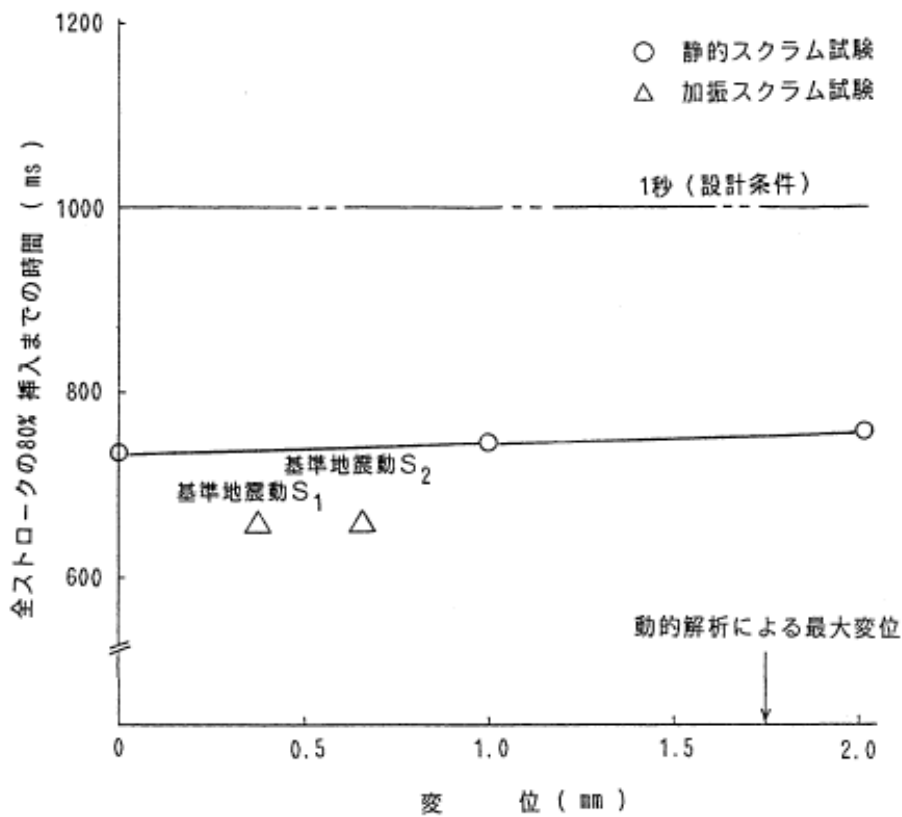


図7 スクラム機能試験結果
(JRR-3の改造(その5)より)