

## 地震動の水平二方向入力制御棒挿入性に与える影響

### Effect of Bi-Directional Excitation on Scrammability

\*俵谷 侑吾<sup>1</sup>, 後藤 祥広<sup>1</sup>

<sup>1</sup>日立 GE ニュークリア・エナジー

地震動の水平二方向入力制御棒挿入性に与える影響を確認するために、制御棒と燃料の三次元接触を考慮した時刻歴解析によって、燃料集合体の軌跡と制御棒挿入時間の関係を比較した。その結果、燃料集合体の軌跡によって制御棒挿入時間が若干変化するが、その影響は小さいことを確認した。

**キーワード**：水平二方向入力，スクラム，制御棒挿入性，数値解析，耐震

**1. 緒言** 沸騰水型原子炉は大規模な地震が発生すると制御棒を燃料集合体（以下燃料）の間に挿入し、原子炉を緊急停止させる。地震時には制御棒と燃料が接触することで制御棒挿入時間に遅れが生じる可能性があることから、制御棒挿入性評価は原子炉の耐震設計において重要である。また、近年耐震設計では地震動の入力方向を適切に組み合わせた評価が求められている。水平二方向の地震力が燃料に作用すると、燃料の軌跡が単方向加振時と異なるため、制御棒挿入時間に影響する可能性がある。

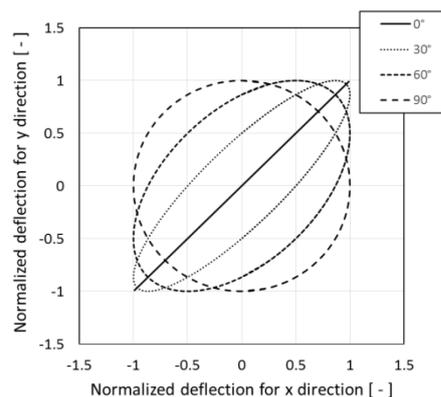
本検討では、水平二方向入力制御棒挿入時間に与える影響を確認するために、三次元接触を考慮した時刻歴解析<sup>[1]</sup>を用い、水平二方向入力時の燃料の軌跡が挿入時間に与える影響を確認した。

**2. 評価方法** 水平二方向の入力地震動の相関により、燃料が多様な軌跡を描くことが想定される。本検討では燃料の代表的な軌跡を模擬するため、振幅及び周期が同一で、位相差(0°、30°、60°、90°)がある正弦波二波を直交入力することとした。振幅については、制御棒挿入性評価で用いられる設計目安の燃料変位の(1/√2)倍に設定し、周期については燃料の固有周期とした。この条件における燃料の軌跡を図1に示す。なお、図1の燃料変位はその最大値で正規化している。

本検討では、制御棒と燃料の三次元接触や制御棒駆動力を考慮した時刻歴解析によって地震時の制御棒挿入時間を評価した。

そして制御棒挿入時間を確認することで、燃料の軌跡が制御棒挿入性に与える影響を評価した。

**3. 制御棒挿入時間の比較結果** 正弦波の位相差と制御棒挿入時間(100%ストロークスクラム)の関係を表1に示す。なお、制御棒挿入時間は非加振時の挿入時間で正規化されている。位相差0°の正弦波を水平二方向入力した場合と比較すると、位相差が大きい条件では制御棒挿入時間が最大約3%遅れるものの、有意な差は見受けられなかった。以上より、制御棒挿入性評価で用いられる設計目安の燃料変位の(1/√2)倍の水平二方向入力において、燃料の軌跡によって制御棒挿入時間は変化するものの、その影響は小さいことが確認された。



**Figure 1** Trajectories of fuel assembly depending on phase differences of sine waves

**Table 1** Phase differences of sine waves and normalized scram time

Phase Difference [deg]	Normalized Scram Time [-]
0	1.16
30	1.18
60	1.19
90	1.19

#### 参考文献

[1] Koide, Y. et al., 2011, "Development of Dynamic Insertion Model of Control Rods of Boiling Water Reactor under Seismic Events" Transactions of the Japan Society of Mechanical Engineers, Series C, Vol. 77, No. 774 pp.319-328

\*Yugo Hyotani<sup>1</sup> and Yoshihiro Goto<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Hitachi-GE Nuclear Energy Ltd.