

核分裂生成ガスを検出して未臨界を監視する方法 (III)

(3)この方法で求まる反応度の推定値とその誤差評価

Sub-criticality monitoring method by measuring FP gases (III)

(3) Estimated reactivity by the method and its error evaluation

*関優哉¹ 内藤俣孝¹ 臼田重和¹ 光本義文¹

¹株式会社ナイス

現在測定されている Kr-88 と Xe-135 の放射能比を用いて反応度を推定する。この推定に影響する誤差要因と推定精度を調査し、現状を未臨界と判定するための課題を整理する。

キーワード：事故炉心、臨界監視、核分裂生成ガス、核分裂収率、推定誤差、反応度、希ガスの放射能比

1. 緒言

事故炉心内において自発核分裂および誘起核分裂から発生する希ガス (Kr-88 及び Xe-135) の放射能比を用いて炉心内の反応度 ρ を推定する。その際、推定する際に用いたパラメータの誤差等により推定誤差はどの程度になるか評価した。

2. 推定方法と誤差要因

反応度 ρ は $\rho = (k-1)/k$ であり、これを求めるには中性子増倍率 k が必要となる。事故炉心内の k と、核分裂により生じる Kr-88、Xe-135 の放射能比 $R(k)$ は(1)式に示すような近似式の関係があり、測定により R が得られればその炉心の k が求められる。^[1]

$$R(k) \equiv \frac{\lambda_{Kr} Kr}{\lambda_{Xe} Xe} = \frac{\eta_{sp,Kr} \cdot F_{sp} + \eta_{in,Kr} \cdot F_{in}}{\eta_{sp,Xe} \cdot F_{sp} + \eta_{in,Xe} \cdot F_{in}} = \frac{\eta_{sp,Kr} + \eta_{in,Kr} \cdot \frac{v_{sp} \cdot k}{v_{in} \cdot 1-k}}{\eta_{sp,Xe} + \eta_{in,Xe} \cdot \frac{v_{sp} \cdot k}{v_{in} \cdot 1-k}} \approx \frac{\eta_{sp,Kr}}{\eta_{sp,Xe}} + \left(\frac{\eta_{in,Kr}}{\eta_{in,Xe}} - \frac{\eta_{sp,Kr}}{\eta_{sp,Xe}} \right) \cdot k \quad \dots (1)$$

ここで $R(k)$ は発生直後における Kr-88、Xe-135 の放射能比、 F 、 η はそれぞれ自発核分裂(sp)および誘起核分裂(in)における核分裂数と希ガスの核分裂収率である。自発核分裂核種を Cm-244、誘起核分裂核種を U-235 として、事故炉心から放出される希ガスを回収して得た放射能比 R' より k を推定する。その際、誤差をもたらす要因として希ガス発生から検出までの遅れ時間の推定誤差、核分裂収率データの誤差、測定値の誤差、Pu-239 などの他の核種の核分裂等が考えられる。例として福島第一原発 1 号機的气体サンプリング結果から得られた $R'=0.179$ と遅れ時間約 2.5~3 時間^[2] から $R=0.35$ として(1)式の近似式より k を求めた。

3. 誤差要因による k の影響

上記サンプリング結果から k は 0.61 ($\rho=0.64$) となった。遅れ時間の影響についてのみ着目した場合、 ± 30 分の遅れ時間の変化に対して、 k は 0.55~0.67 と、 $\pm 10\%$ 程度変化することが分かった (図 1 参照)。その他の誤差要因による k の影響についても検討する。

参考文献

[1] 中村 他 日本原子力学会「2014 年春の年会」O28, 東京都市大学, 2014

年 3 月 26-28 日.

[2] IRID 平成 26 年度補正予算廃炉・汚染水対策事業費補助金 (燃料デブリ臨界管理技術の開発) 完了報告 2016 年 3 月

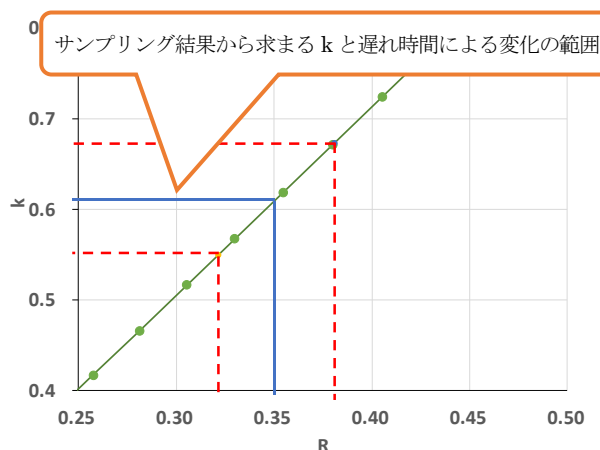


図 1：(1)式における R と k の関係

*Masaya SEKI¹ Yoshitaka NAITO¹ Shigekazu USUDA¹ Yoshibumi MITSUMOTO¹

¹NAIS Co., Inc.