燃料デブリの臨界管理技術の開発
（24）福島第一原子力発電所 1 号機の PCV ｶﾞｽ管理ｼｽﾃﾑ測定値を用いた中性子源増倍係数の推定

Criticality Control Technique Development for Fukushima Daiichi Fuel Debris

(24) Neutron Multiplication Factor Estimation using Measured Data from PCV Gas Control System at Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant Unit 1

*丸山 博見[1]，竹生 諭司[1]，鳥谷部 祐[1]，福島 浩[1]，松本 英朗[2]

[1]IRID（日立 GE），[2]東京電力ﾎｰﾙﾃﾞｨﾝｸﾞｽ

福島第一原子力発電所1号機のPCV ｶﾞｽ管理ｼｽﾃﾑの6ヶ月間のデータからKr87、Kr88、Xe135の放射能濃度を評価し、希ｶﾞｽ発生から測定までの遅れ時間と未臨界状態の中性子増倍率（中性子源増倍係数）を推定した。

キーワード：福島第一原子力発電所事故，臨界安全，中性子増倍率，測定遅れ時間，PCV ｶﾞｽ管理ｼｽﾃﾑ

1. 緒言

炉内の情報が得にくい状況にある現在、PCV ｶﾞｽ管理ｼｽﾃﾑで測定される FP ｶﾞｽ放射能濃度は炉内の状況を知る手掛りとなる貴重なデータである。今回、1 号機の PCV ｶﾞｽ管理ｼｽﾃﾑの 6 ヶ月間のデータを積算し、Xe135 に加え、通常は計測できない Kr87、Kr88 の放射能濃度を評価した。これら核種の放射能濃度比を用いれば測定遅れ時間と中性子源増倍係数が推定できる可能性があり[1)]、上記データを用いて推定を試みた。

2. 測定遅れ時間と中性子源増倍係数の推定方法と結果

2-1. 測定遅れ時間の推定

炉内での発生から PCV ｶﾞｽ管理ｼｽﾃﾑの計測器に希ｶﾞｽが到達する時間（測定遅れ時間）は、Kr87 と Kr88 の半減期の違いから推定できる。今回の放射能濃度結果から推定した遅れ時間(T)は 2.4～3.0h となった。

2-2. 中性子源増倍係数の推定

中性子源増倍係数は、Xe135 と Kr88 の核分裂収率の違いを用いて推定できる。デブリから放出された Kr88 と Xe135 の放射能濃度比 $R(k)$ は次式で表される。

$$R(k) \equiv \left(\frac{\lambda_{Kr} \cdot Kr}{\lambda_{Xe} \cdot Xe}\right)_{in-reactor} = \frac{\theta_{sp} \cdot \gamma_{sp,Kr} + \theta_{in} \cdot \gamma_{in,Kr} \cdot \dfrac{\nu_{sp}}{\nu_{in}} \cdot \dfrac{k}{1-k}}{\theta_{sp} \cdot \gamma_{sp,Xe} + \theta_{in} \cdot \gamma_{in,Xe} \cdot \dfrac{\nu_{sp}}{\nu_{in}} \cdot \dfrac{k}{1-k}} \qquad \cdots(1)$$

ここで、添え字 sp 、in は自発核分裂、誘起核分裂を表し、γ は核分裂収率、θ は希ｶﾞｽ放出率、k は中性子源増倍係数である。これに測定遅れ時間の補正をすれば、測定位置での放射能比と中性子源増倍係数の関係が得られる。今回評価した Kr88 と Xe135 の放射能濃度比から推定した中性子源増倍係数は、0.4～0.7 となった(表 1 参照)。これは、福島第一原子力発電所 1 号機が現状では未臨界であるという知見と合致した結果であり、放射能濃度比から測定遅れ時間及び中性子源増倍係数の推定ができる見通しが得られた。今後、更に測定を積み重ねて確度を上げていくとともに、福島第一原子力発電所のデブリ取り出し作業の臨界管理に活用して行く予定である。

表 1　中性子源増倍率の推定値

系統	デブリ組成	遅れ時間推定値(h)	中性子源増倍係数(k)
A系	平均組成	2.6	0.68
	最低燃焼度組成		0.53
B系	平均組成	2.4	0.60
	最低燃焼度組成		0.47

謝辞　本件は、資源エネルギー庁『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）」』の成果の一部を取りまとめたものである。また、（株）日立製作所榊原吉伸氏には PCV ｶﾞｽ管理ｼｽﾃﾑの放射能濃度の採取・評価に御協力いただいた。感謝いたします。

参考文献　[1]中村正則他「核分裂生成ガスを測定して未臨界を監視する方法(Ⅱ)」2014 年春の年会 O28（2014）

*Hiromi Maruyama[1], Satoshi Takeo[1], Yu Toriyabe[1], Hiroshi Fukusima[1] Hideaki Matsumoto[2]

[1]IRID(Hitachi-GE), [2]Tokyo Electric Power Company Holdings