

^{59}Ni の放射能が廃止措置計画に及ぼす影響

Influence of ^{59}Ni radioactivity on decommissioning

(株) ナイス * 江連 秀夫

原子炉構造材に大量に使用される SUS が中性子照射されて ^{59}Ni が生成され、それから内部制動放射(IB)によって放出される γ 線 (1.07MeV までの連続スペクトル) の線量は定量的に評価されない。そこで、これと併せて特性 X 線による線量が廃止措置計画に及ぼす影響について考察する。

キーワード: SUS、EC 崩壊、 ^{59}Ni 、放射能、連続スペクトル、線量、廃止措置

1. 緒言

原子炉構造材として大量に使用される鋼材、SUS 等は中性子照射され、放射性核種が生成される。それによる線量率等を評価して、廃止措置計画が作成されている。しかし、 ^{59}Ni は EC 崩壊し、その際に内部制動放射(IB)によって 1.07MeV までの連続スペクトルを持つ γ 線を放出する。しかし、被ばく線量がどのくらいになるかについて具体的に評価がされていない。このために、M.Pfutzner 等¹⁾が示した「 ^{59}Ni の EC 崩壊 γ 線生成対特性 X 線の生成比」を用いて JPDR の炉心シュラウドで生成される ^{59}Ni からの γ 線放出量を求め、更に、Z.Janas 等²⁾が測定した γ 線スペクトルから平均 γ 線エネルギーを求めて、その線量換算係数から表面線量率を評価した。その値が廃止措置計画に及ぼす影響について考察する。

2. 解析

JPDR の炉心シュラウドは、SUS で、放射能の測定、計算³⁾が行われているので、測定値、運転履歴、核断面積等を用いて 80%稼働率で 40 年間運転した時の核種の放射能を求めた。 ^{59}Ni の放射能は測定されていないので、測定されている ^{60}Co の放射能を用いて、次式によって求めた。

$$(\lambda n)_\ell = (\lambda n)_k \frac{\sum_{i=0}^n \sigma_\ell \varphi_i N_\ell (1 - \exp(-\lambda_\ell T_i)) \exp(-\lambda_\ell t_i)}{\sum_{j=0}^n \sigma_k \varphi_j N_k (1 - \exp(-\lambda_k T_j)) \exp(-\lambda_k t_j)}$$

これらの結果を図 1 に示す。記号は通常用いられるものである。サフックス k 及び j 又は、 ℓ および i はそれぞれ放射能を測定、又は評価された核種及びその評価に用いる運転履歴を表す。中性子束は連続運転期間中の平均炉出力に比例し、また、放射化断面積は運転条件に対して一定⁴⁾と仮定した。図 1 から放射能濃度は 40 年を過ぎると殆ど一定になる。 ^{59}Ni の放射能濃度も大きいことが分かる。 ^{94}Nb は不純物によるものである。このほか、 ^{54}Mn 、 ^{59}Fe 等は、半減期が短いので ^{60}Co より早く減衰する。M.Pfutzner 等が理論的に求めた「 ^{59}Ni の EC 崩壊 γ 線生成対特性 X 線の生成比」 7.92×10^{-4} について特性 X 線の生成率⁵⁾を補正して ^{59}Ni の放射能からの EC 崩壊 γ 線放出率を求めた。また、彼らが求めた ^{59}Ni の EC 崩壊 γ 線スペクトルの近似曲線から平均 γ 線エネルギーを求め、その線量換算係数⁶⁾からシュラウドの表面線量率を求めた。この結果を図 2 ($^{59}\text{Ni}(X)$: 特性 X 線, $^{59}\text{Ni}(IB)$: ^{59}Ni の EC 崩壊 γ 線による線量) に示す。100 年を過ぎると ^{94}Nb 及び ^{59}Ni による線量率が支配的になり、ほぼ一定となる。 ^{59}Ni の EC 崩壊 γ 線による表面線量率は特性 X 線の約 280 倍である。廃止措置で遅延解体、安全貯蔵を計画した場合に、 ^{59}Ni の放射能による表面線量率が約 $670 \mu\text{Sv/h}$ 、解体時の作業員の被ばくに大きく影響するとは考えにくい、年間の被ばく量は 5.87Sv/y となる。 ^{94}Nb のように不純物による表面線量率が大きいことが分かる。

3. 結論

^{59}Ni の EC 崩壊 γ 線による表面線量率は、M.Pfutzner 等の「 ^{59}Ni の EC 崩壊 γ 線生成対特性 X 線の生成比」の理論値及び Z.Janas 等²⁾の γ 線スペクトルの測定値を用いて求め、特性 X 線の約 280 倍、年間の被ばく量は 5.87Sv/y になる。今後、解析に用いた諸条件が本解析にマッチしているかを見極めたい。

参考文献

- 1) M.Pfutzner, k.Pachcki and J.Zylicz, Evidence for the virtual β - γ transition ^{59}Ni decay. *Physical Review C*92, 044305, 7, Oct. 2015, 2) Z.Janas, M.Pfutzner etc., Study of the internal bremsstrahlung accompanying the (2ν) -forbidden electron capture decay of ^{59}Ni 3) 助川武則, 畠山睦夫, 柳原敏, JAERI-Tech 2001-058 4) H.Ezure, J. Nucl. Sci. Technol. 35, 4, pp255-263, 5) アイソトープ手帳 11 版, p29, 日本アイソトープ協会, 平成 23 年 3 月 6) ICRP 116, 付属書 A, 2010

Hideo Ezure

Nippon Advanced Information Service Company, Inc. (NAIS)

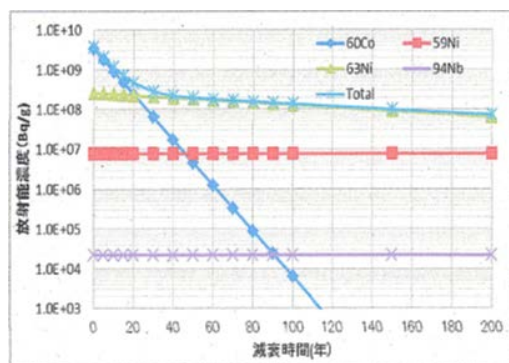


図 1 炉心シュラウドの放射能濃度の時間変化

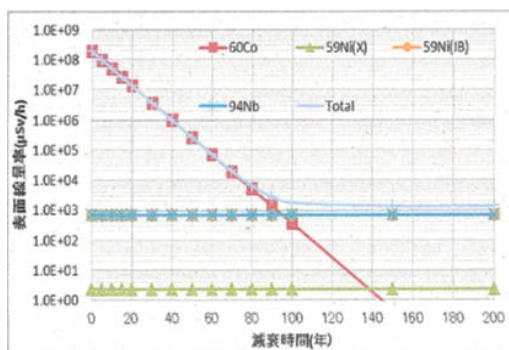


図 2 表面線量率の時間変化