

クリアランス制度の浜岡原子力発電所への適用

浜岡5号機旧タービンロータのクリアランスのための放射能測定・評価技術の開発

Application of Clearance Regulatory System to Hamaoka Nuclear Power Station

Development of Methods for Measuring and Evaluating Radioactivity in BWR Turbine Rotors

(原子力部 環境G)

使用終了後の沸騰水型原子炉(BWR)の発電用タービンロータを良質な金属資源として再生利用するために、クリアランス制度を導入する予定である。この制度の運用に必要な放射能測定・評価技術を開発した。

(Decommissioning & Radwaste Planning Group, Nuclear Power Department)

The introduction of a clearance regulatory system at nuclear power plants is important from the standpoint of reducing radioactive waste and effectively using resources. A speedy introduction is, therefore, desirable. We are working to establish a method for evaluating the radioactivity of the clearance system. The first target for the clearance system is turbine system equipment because it uses a large amount of recyclable metals.

1 背景と目的

原子力発電所の運転・解体に伴って発生する放射性廃棄物の中には、放射性物質の放射能濃度が極めて低く、人の健康への影響を考慮しなくても問題ないものが大量に含まれている。

これらのものの放射能濃度が人の健康に対して問題ない濃度(クリアランスレベル)以下であることを国に確認してもらうことにより、「放射性物質によって汚染したものとして取り扱う必要がないもの」とすることができる。これを「クリアランス制度」という。クリアランス制度を適用することで、放射性廃棄物として埋設処分することなく、金属などを再生利用できるようになる。

ここで、放射性物質の放射能濃度が極めて低く、人の健康への影響がないとされるレベルは、年間線量で0.01ミリシーベルト以下に設定されている。このレベルは自然放射線と比較して、非常に低いものである(第1図)。

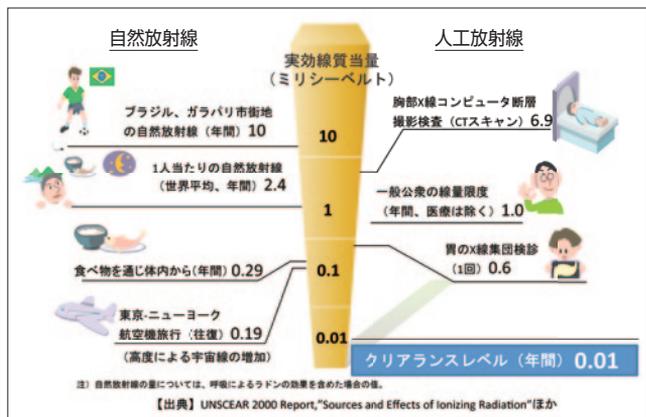
低压タービンロータは、1本当たり約150トンのロータ軸が3本と約1kgから約50kgの大きささまざまな動翼の合計6,400枚で構成されている(第2図および第3図)。



第2図 浜岡5号機の低压タービンロータ(建設時)



第3図 使用済みとなった浜岡5号機の低压タービンロータ



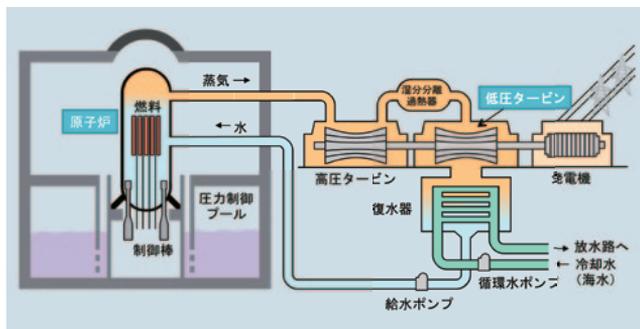
第1図 クリアランスレベル

クリアランス制度を適用するには、放射能濃度の測定・評価方法を事業者が定め、この方法について国の審査を受けて、認可を得る必要がある。

当社は浜岡5号機の旧タービンロータにクリアランス制度を適用する計画である。しかし、タービンロータのような大型金属を対象としたクリアランス制度の適用例は無く、測定・評価方法の技術開発が必要となった。

2 技術課題

浜岡原子力発電所は、沸騰水型原子炉(BWR)を採用しており、原子炉で蒸気が発生させ、その蒸気で直接タービンを回転させて発電するので、蒸気中に放射性物質を含む(第4図)。タービンロータの表面は、この蒸気に含まれる放射性物質が付着すること(以下、「二次的な汚染」という。)により汚染する。さらに、蒸気中の放射性



第4図 浜岡5号機の系統図

物質である ^{17}N (半減期:約4秒)から放出される中性子により、タービンロータの材料元素の一部が放射性物質に変わること(以下、放射化汚染という。)により、極めて僅かであるが汚染する。

タービンロータの放射能濃度を測定・評価する際の技術課題は、放射化汚染と二次的な汚染について、それぞれの汚染形態に対応した測定・評価方法を開発することである。特に、放射化汚染の放射能濃度に直接影響する蒸気中の ^{17}N 濃度の設定が重要となる。

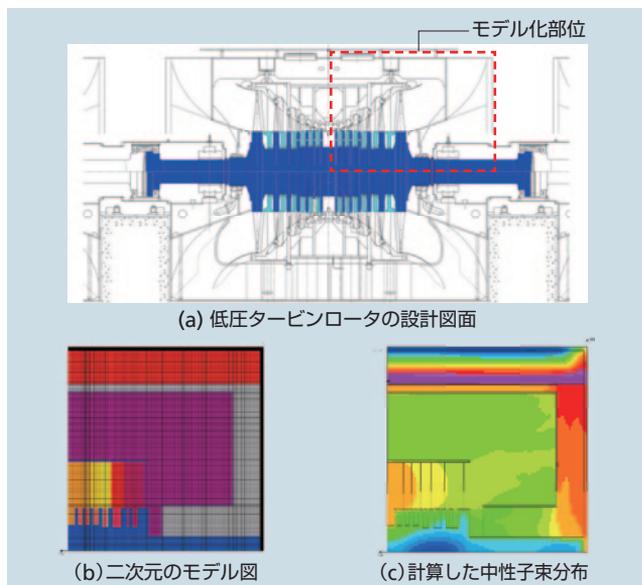
さらなる技術課題は、タービンロータを切断せずに、そのままの形状で放射能濃度を測定する方法を開発することである。タービンロータのような大型機器で構造が複雑なものは、放射線の測定時にタービンロータ自体が放射線を遮へいするので、測定できる放射線が微弱となる。しかし、先行例のような遮へい付きの専用測定装置(測定重量の上限は1トン)の中に入れては測定できないので、そのままの形状で微弱な放射線を測定する必要がある。

3 解決方法

(1)放射化汚染の測定・評価方法

タービンロータの放射化汚染は極めて小さいので、放射能濃度を測定せずに、放射化計算で評価する方針とした。放射化計算で最も重要なパラメータは、主蒸気中の中性子源である ^{17}N 濃度である。そこで、運転中の浜岡5号機の主蒸気配管で固体飛跡検出器(CR-39)を使用して中性子束を測定した結果をもとに、主蒸気中の ^{17}N 濃度を設定した。

この条件で低圧タービン内の中性子束を計算(第5図)して、放射能濃度が最大となる部位を特定し、この場所の濃度をタービンロータ全体の代表値とした。

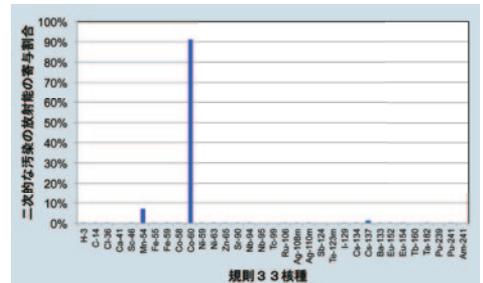


第5図 放射化汚染の評価モデル

(2)二次的な汚染の測定・評価方法

タービンロータの二次的な汚染は、対象物から直接測定できる放射性物質 ^{60}Co (半減期:約5年)の濃度を測定し、そのほかの放射性物質の濃度は、あらかじめ分析または放射化計算で設定した ^{60}Co 濃度との比率を、測定した ^{60}Co 濃度に乗じることで評価する方針とした。

クリアランス制度で放射能濃度を評価しなければならない33種類の放射性物質(規則33核種)の構成比率の評価結果を第6図に示す。 ^{60}Co 以外の放射性物質の比率は小さいことが分かる。



第6図 二次的な汚染の評価結果

^{60}Co 濃度を測定する放射線計測器は、可搬型ゲルマニウム半導体検出器(以下、可搬型ゲルマという。)を選定し、補助的にNaIシンチレーションサーベイメータを使用することにした(第7図)。可搬型ゲルマは、測定対象の放射性物質を極めて低いレベルで検出できる特徴を持つ。

測定方法の開発で最も苦勞した点は、可搬型ゲルマの測定に用いる放射能換算係数を計算するモデルの考案である。放射能換算係数とは、計測した放射線のカウント値(個/秒)を放射能(ベクレル)に変換するものである。安全確保のために放射能を過小評価せず、一方、放射能換算係数を過大に評価しすぎることは測定時間の増大につながるため、測定の最適化を図るためのモデル設定に時間を要した。



第7図 ロータ軸を可搬型ゲルマで測定している様子

4 まとめ

クリアランス制度を浜岡原子力発電所に導入するために、タービンロータを対象とした放射能濃度の測定・評価方法を開発した。本方法を浜岡5号機の旧タービンロータに適用し、クリアランス制度を適用した金属の再生利用の実績を積む予定である。この実績をもとに、今後本格的に進めて行く浜岡1、2号機の廃止措置で発生する解体物の処理を円滑に行えるように、測定・評価方法を改良していく。



執筆者 / 渡邊将人