

女川原子力発電所 1号機 高経年化技術評価について

Summary of Plant Life Management evaluation for Onagawa Nuclear Power Station Unit-1

東北電力(株)

野館 和己

Kazumi NODATE

Member

The Onagawa Nuclear Power Station Unit-1 (Onagawa NPS-1) began commercial operation on June 1, 1984, and has reached 30-year from starting of operation on June of 2014. To that end, we implemented the Plant Life Management (PLM) evaluation for Onagawa NPS-1 as our first experience. We decided on a Long-term Maintenance Management Policy from result of the evaluation, and then applied the Safety-Regulations change approval application on November 6, 2013 and its correcting application on April 16, 2014. Our application was approved on May 21, 2014 through investigation by the Nuclear Regulatory Agency. Also at implementation of the PLM evaluation, we considered effects of the Great East Japan Earthquake that occurred on March 11, 2011 against ageing phenomena. In this paper, we introduce summary of PLM evaluation for Onagawa NPS-1 and the evaluation that considered effects of the Great East Japan Earthquake.

Keywords: Plant Life Management, ageing phenomena, Great East Japan Earthquake,

1. 緒言

女川原子力発電所1号機は、1984年6月1日に営業運転を開始し、本年6月に運転開始後30年を迎えた。今回、東北電力としては初めて、高経年化による技術評価(30年目)および長期保守管理方針を策定し、保安規定の変更認可申請を2013年11月6日(補正申請:2014年4月16日)に実施し、原子力規制庁の審査を経て、2014年5月21日に保安規定の変更認可を受けることができた。

なお、高経年化技術評価を実施するにあたっては、2011年3月11日に発生した東日本大震災の経年劣化事象への影響を踏まえた評価を行った。

ここでは、女川原子力発電所1号機の高経年化技術評価の概要および東日本大震災(以下、「震災」という)の影響等を踏まえた評価について紹介する。

2. 女川原子力発電所 1号機の概要

女川原子力発電所1号機の概要を以下に示す。

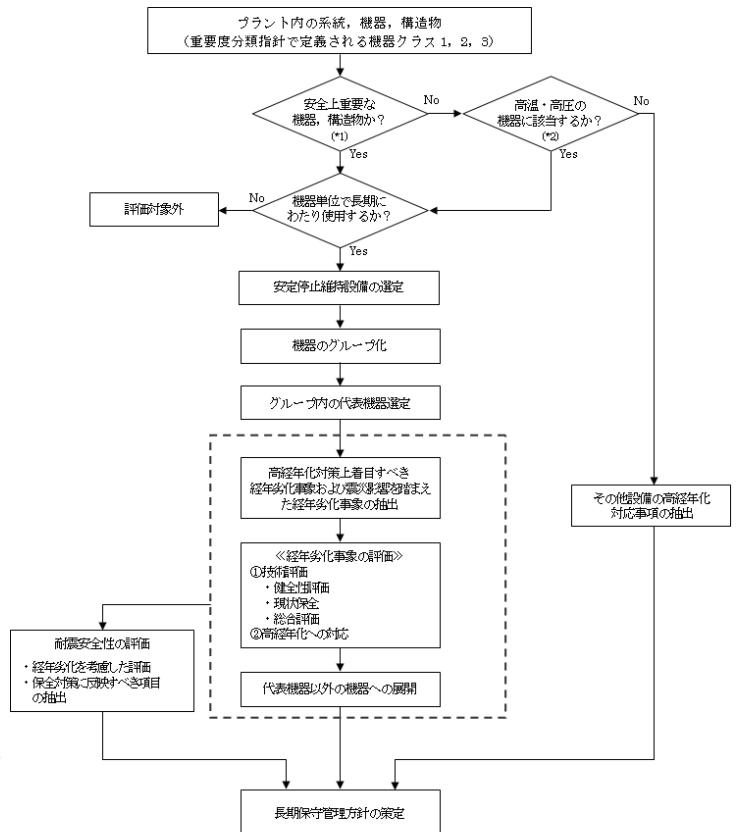
- ・ 営業運転開始 1984年(昭和59年)6月1日
- ・ 原子炉型式 軽水冷却型(沸騰水型)
- ・ 電気出力 524 MW
- ・ 原子炉熱出力 1,593 MW
- ・ 燃料 濃縮ウラン(燃料集合体368体)
- ・ タービン くし形3気筒4流排気式

連絡先: 野館 和己、〒986-2293 宮城県牡鹿郡女川町塚浜字前田1番、東北電力株式会社 女川原子力発電所 保全部 保全計画G、
E-mail: nodate.kazumi_vp@tohoku-epco.co.jp

3. 高経年化技術評価の概要

3.1 評価手順

高経年化技術評価は、原子力規制委員会で制定している「実用発電用原子炉施設における高経年化対策実施ガイド」(以下、「高経年化対策実施ガイド」という)および(社)日本原子力学会標準「原子力発電所の高経年化対策実施基準」に準拠した社内要領を作成し、図1に従って高経年化技術評価を行った。



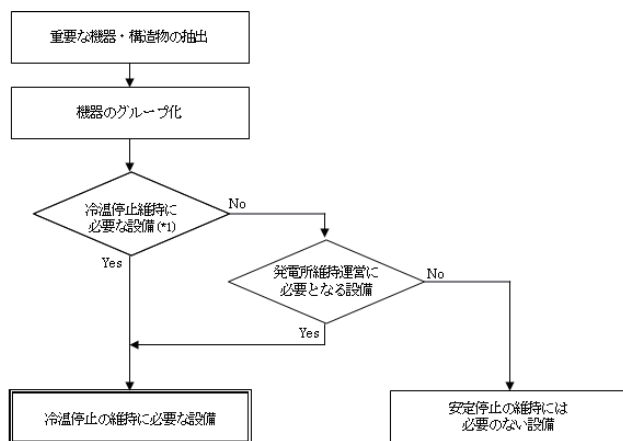
*1: PS1, PS2, MS1, MS2に該当する機器、構造物

*2: 最高使用温度が95℃を超え、または最高使用圧力が1200kPaを超える現象(原子炉内設備等)に限るに該当する機器、構造物

女川原子力発電所1号機は、平成23年3月11日の東北地方太平洋沖地震により設計どおり自動停止し、それ以降、原子炉が冷温停止状態であるため、高経年化対策実施ガイドに基づき、冷温停止状態が維持されることを前提とした高経年化評価を行った。

そのため、安全機能を有する機器・構造物のうち原子炉の冷温停止維持に必要な設備について、想定される経年劣化事象に対し、運転開始後30年を経過する日から10年間、冷温停止状態で使用することを前提に技術的な評価を行った。また、現状保全の有効性を確認したうえで、追加すべき保全策を抽出し、長期保守管理方針として策定した。

なお、原子炉の冷温停止維持に必要な設備の抽出にあたっては、図2に従い実施した。



*1: 冷温停止維持に必要な設備とは、保安規定において原子炉の状態に限らず常時要求される機能および原子炉の状態が「冷温停止」または「燃料交換」であるときに要求される機能を満足するために必要な設備とする。

図2 安定停止の維持に必要な設備の抽出フロー

3.2 震災の影響を踏まえた経年劣化事象

女川原子力発電所1号機については、地震による影響により長期停止しているプラントであるため、通常運転中に想定される経年劣化事象および原子炉停止中に想定される経年劣化事象では、原子炉の状態変化に伴う運転状態を考慮すると、経年劣化傾向の変化が想定されることから、震災の影響として以下の観点で経年劣化事象を抽出し評価を実施した。

(1) 震災による通常環境からの乖離

地震・津波の影響により、高経年化技術評価に

て前提にしている使用・環境条件から乖離し、経年劣化事象の発生状況に影響するもの、および従来の高経年化技術評価よりも経年劣化傾向の進展が考えられるものを抽出した。

具体的には、津波の影響を受けた取水口および海水ポンプ室（除塵装置エリア）のコンクリート部への塩分浸透によるコンクリートの強度低下が考えられたため、震災後、当該箇所から採取した供試体について、塩化物イオン濃度を測定した結果、津波の影響を考慮しても塩分浸透による強度低下は問題としないことを確認した。

(2) 系統の運転状態の変化

上記(1)の他に震災の波及的影響によって、系統の運転状態が変化することで経年劣化傾向の変化が考えられるものを抽出した。

具体的には、原子力発電所運転中であれば通常待機状態である原子炉停止時冷却系統について、震災後、一時的に連続運転となったことにより、通常運転中は「待機状態」であった機器が「連続運転」へ変化することに伴い、劣化傾向の進展が想定される。

当該系統には残留熱除去系（海水系含む）および非常用補機冷却系（海水系含む）が該当していたため、震災後の点検結果等を踏まえ評価した結果、現状保全の継続により問題ないことを確認した。

(3) 主な経年劣化事象の想定期間の考え方

女川原子力発電所1号機については、震災以降、原子炉が冷温停止状態となったため、冷温停止状態でも劣化の進展を想定する事象・想定しない事象に区分し、劣化事象の想定期間を考慮した評価を行った。主な事象等について以下に示す。

[冷温停止状態で劣化の進展を想定する事象]

- 炭素鋼製機器（熱交換器・原子炉圧力容器等）および配管等の全面腐食については、原子炉の運転・停止に係わらず、流体と接液環境にあるものなど、冷温停止状態でも劣化の進展が考えられることから想定する事象とした。

[冷温停止状態で劣化の進展を想定しない事象]

- ポンプ、容器、配管、弁、炉内構造物の疲労

割れについては、疲労解析に用いる熱過渡回数（プラントの起動・停止により熱過渡を受ける回数）が影響するが、震災以降プラントは停止していることから、震災を含めた熱過渡回数とする。

- ・炭素鋼製機器（原子炉圧力容器）のエロージョン・コロージョンについては、震災以降プラントは停止していることから、運開から震災までとする。
- ・中性子照射脆化および照射誘起型応力腐食割れについては、震災以降プラントは停止していることから、震災までの中性子照射量とする。

3.3 地震の影響を踏まえた耐震安全性評価

高経年化技術評価における耐震安全性評価については、評価対象機器に想定される全ての経年劣化事象について、これらの事象が顕在化した場合、評価対象機器の振動応答特性または、構造・強度上、影響が「有意」であるか「軽微もしくは無視」できるかを検討し、「有意」なものを耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象として抽出し、耐震安全上の影響評価を実施した。

また、耐震安全性評価を実施するにあたっては、平成23年3月11日の東北地方太平洋沖地震（以下、「3.11地震」という）および平成23年4月7日の宮城県沖の地震（以下、「4.7地震」という）で得られた観測記録の分析結果を踏まえた評価を行った。詳細については、以下のとおり。

【建屋応答特性の変動による影響評価】

3.11地震および4.7地震で得られた観測記録の分析結果として、女川原子力発電所2号機および3号機において、原子炉建屋での観測記録の卓越周期が耐震安全性評価（耐震バックチェック）に用いた建屋解析モデル（以下、「設計モデル」という）の固有周期と比較し長周期化しており、建屋の応答特性が変動していることが確認されたことから、建屋の地震応答解析モデルを見直した。

上記の地震応答解析モデルの見直しについては、女川原子力発電所1号機についても同様に想定されることから、耐震安全性評価においては建屋応答特性の変動による機器の耐震性への影響を確認するため、3.11地震および4.7地震の観測記録を再

現できる地震応答解析モデル（以下、「シミュレーションモデル」という）により地震応答解析を実施し、下記に示す簡易評価または詳細評価による影響評価を実施した。

なお、影響評価の概要について図3に示す。

【簡易評価】

設計モデルの地震応答に対するシミュレーションモデルの地震応答比を算定し、これを設計モデルでの発生値に乗ずることで建屋応答特性の変動を踏まえた発生値を算出し、影響確認を実施した。確認の結果、詳細評価が必要になるものではなく、発生値が評価基準値を下回ることを確認した。

【詳細評価】

配管系については、スペクトルモーダル解析法による評価が必要なため、初めから詳細評価（疲労評価）により、また、配管解析結果を用いて評価する機器等（弁および配管貫通部等）は建設時の評価と同様の詳細評価（疲労および破壊評価）により発生値を算出し、影響確認を実施した。確認の結果、発生値が評価基準値を下回ることを確認した。

上記、簡易評価・詳細評価の結果、建屋応答特性の変動を踏まえても各機器の耐震安全性に問題のないことを確認した。

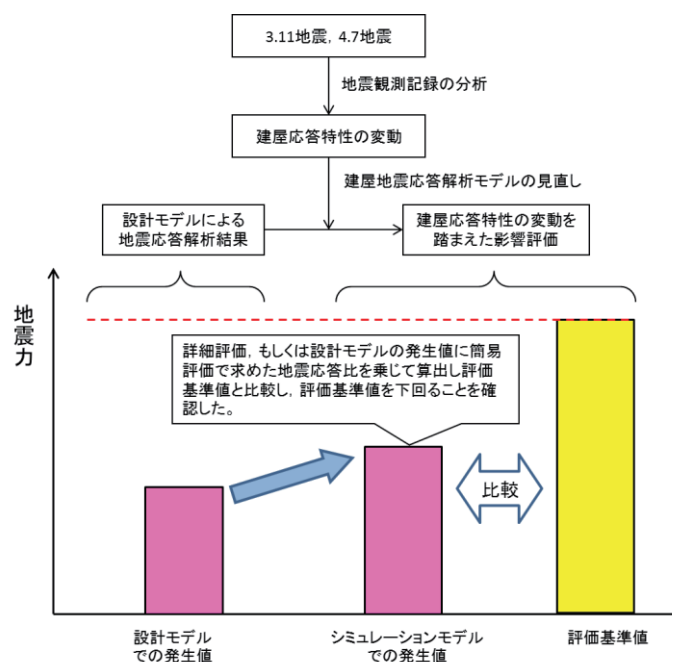


図3 影響評価の概要

3.4 総合評価および長期保守管理方針

女川原子力発電所1号機のプラントを構成する機器・構造物のうち原子炉の冷温停止維持に必要な設備について、震災の影響を踏まえ高経年化技術評価を実施した結果、現状の保全を継続していくことにより、運転開始後30年を経過する日から10年間、冷温停止状態で使用することを前提としても、機器・構造物の健全性が確保できることを確認した。

なお、今後の保全活動をより充実させるため、長期保守管理方針を策定した。内容および実施時期については表1に示す。

表1 女川原子力発電所1号機 長期保守管理方針

No.	保守管理の項目	実施時期 ^{※1}
1	原子炉冷却材浄化系再生熱交換器等*の腐食については、代表部位の肉厚測定を実施する。 *：原子炉冷却材浄化系再生熱交換器（胴、水室・ダイヤフラム）、原子炉冷却材浄化系非再生熱交換器（水室・ダイヤフラム）、残留熱除去系熱交換器（胴）	短期
2	シュラウドサポートの疲労割れについては、発電用原子力設備規格維持規格に基づく目視点検を実施する。	中長期
3	炉内構造物*の粒界型応力腐食割れについては、発電用原子力設備規格維持規格に基づく目視点検を実施する。 *：炉内構造物（シュラウドサポート、上部格子板、炉心支持板、ジェットポンプ、燃料支持金具、炉心スプレイ配管（原子炉圧力容器内部）、差圧検出・ほう酸水注入系配管（原子炉圧力容器内部）、中性子束モニタ案内管）	中長期
4	炉内構造物*の照射誘起型応力腐食割れについては、発電用原子力設備規格維持規格に基づく目視点検を実施する。 *：炉内構造物（上部格子板、炉心支持板、燃料支持金具）	中長期
5	炉内構造物*の中性子照射による靱性低下については、発電用原子力設備規格維持規格に基づく目視点検を実施する。 *：炉内構造物（上部格子板、炉心支持板、燃料支持金具）	中長期

※1：実施時期における短期とは、平成26年6月1日からの5年間、中長期とは、平成26年6月1日からの10年間をいう。

新しく制定され、原子炉の冷温停止状態が維持されることを前提とした高経年化評価を行う等が追加され、また、女川原子力発電所1号機は震災の影響を踏まえた評価が必要であったことから試行錯誤のうえ評価を行った。

評価の結果、震災による経年劣化事象への影響については確認されなかったが、今後の保全活動をより充実させるため抽出された保全策については、長期保守管理方針として策定した。

今後、長期保守管理方針については、計画的に実施するとともに、知見の蓄積および拡充を図る観点から、今後も最新知見等の成果が得られた時点で、その成果を随時保全計画等に反映していくことにより、保全活動のさらなる充実を図っていく。

4. 結言

今回の女川原子力発電所1号機の高経年化技術評価については、今までの他プラントの高経年化技術評価の実績等を考慮するとともに、高経年化対策実施ガイド等に基づき実施した。

高経年化対策実施ガイドについては、震災以降に