

過去のトラブル発生要因の 分析結果等について

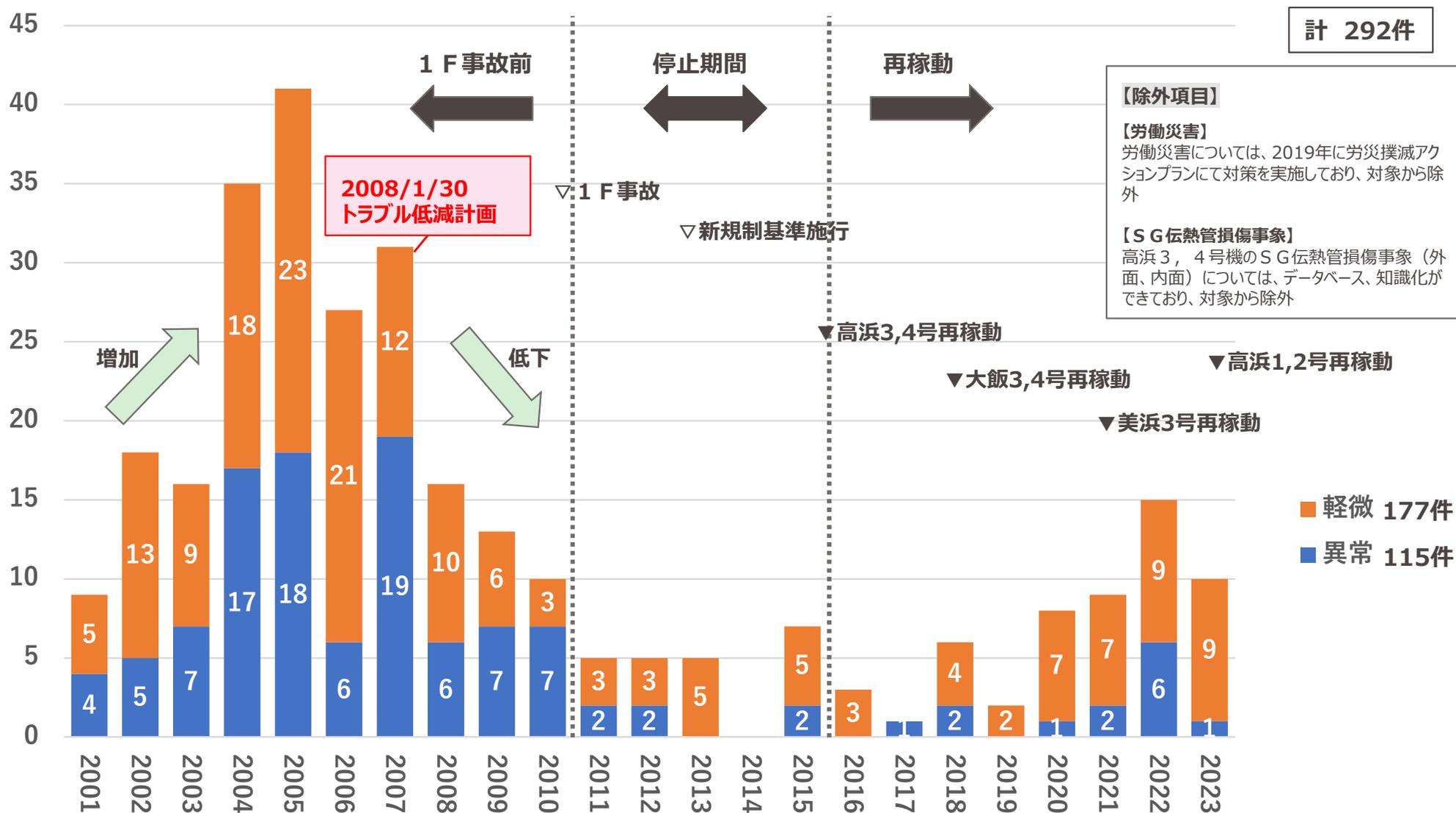
2024年 5月 17日

トラブル件数の推移

【トラブル件数の推移】（2001～2023年度）

✓ トラブルが増加（2004～2007年度）したことから、2008年1月に「トラブル低減計画」により対策を実施し、トラブル件数が低下した。

⇒ 1F事故前のトラブル件数が多い年で30～40件程度あったが、再稼働後は15件以下となっている。

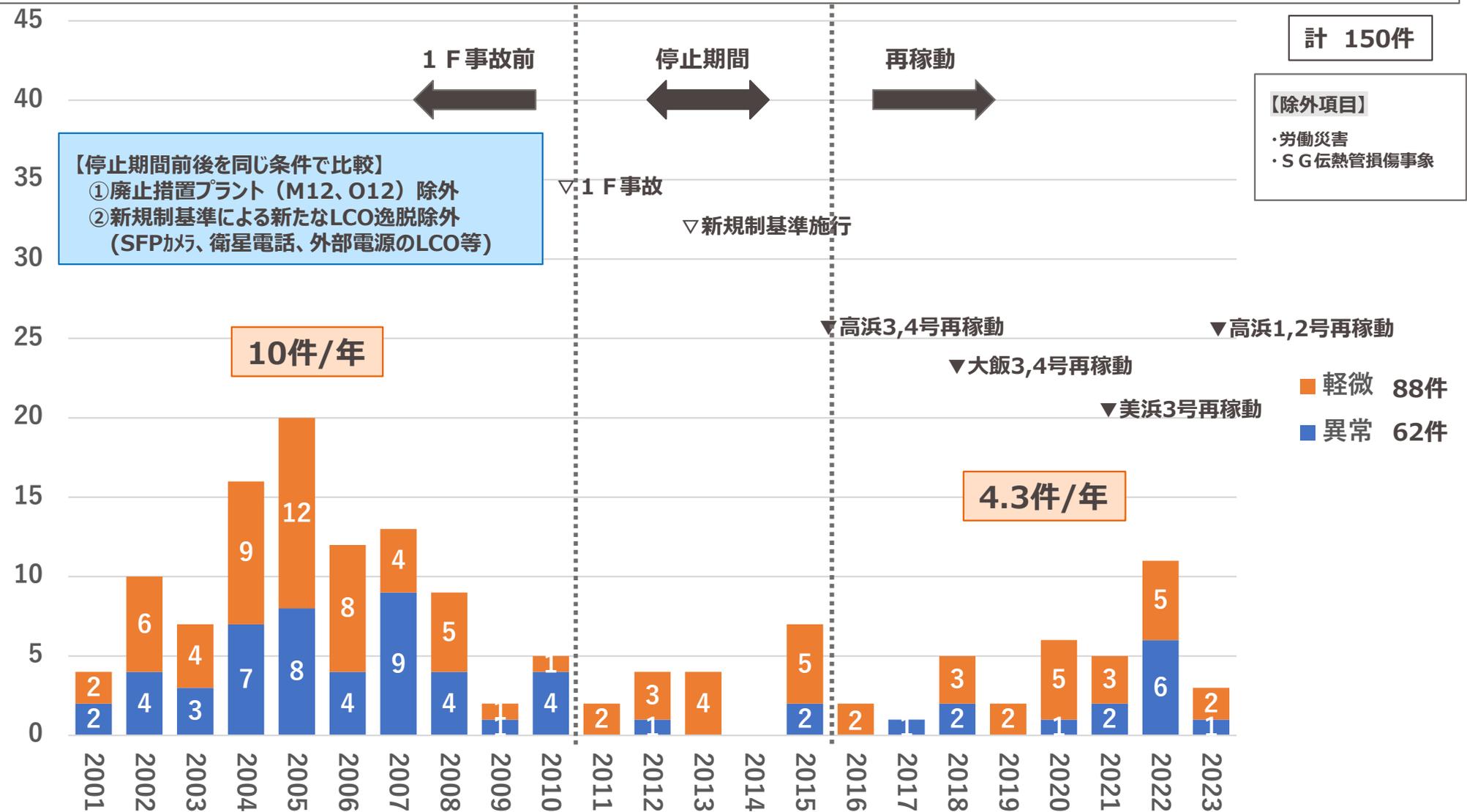


トラブル件数の推移（廃止措置プラント、新規制関係除く）

【廃止措置プラント、新規制関係を除くトラブル件数の推移】

✓ 停止期間前後を同じ条件で比較するため、廃止措置プラント（M1,2、O1,2）でのトラブルおよび新規制基準による新たなLCO逸脱事象を除き、件数を比較すると、**再稼動（7基体制移行）後のトラブル件数は、1F事故前よりも少ない傾向**にある。

⇒ **件数は増加していないものの、再稼動後のトラブルの傾向を把握するため、分析を実施する。**

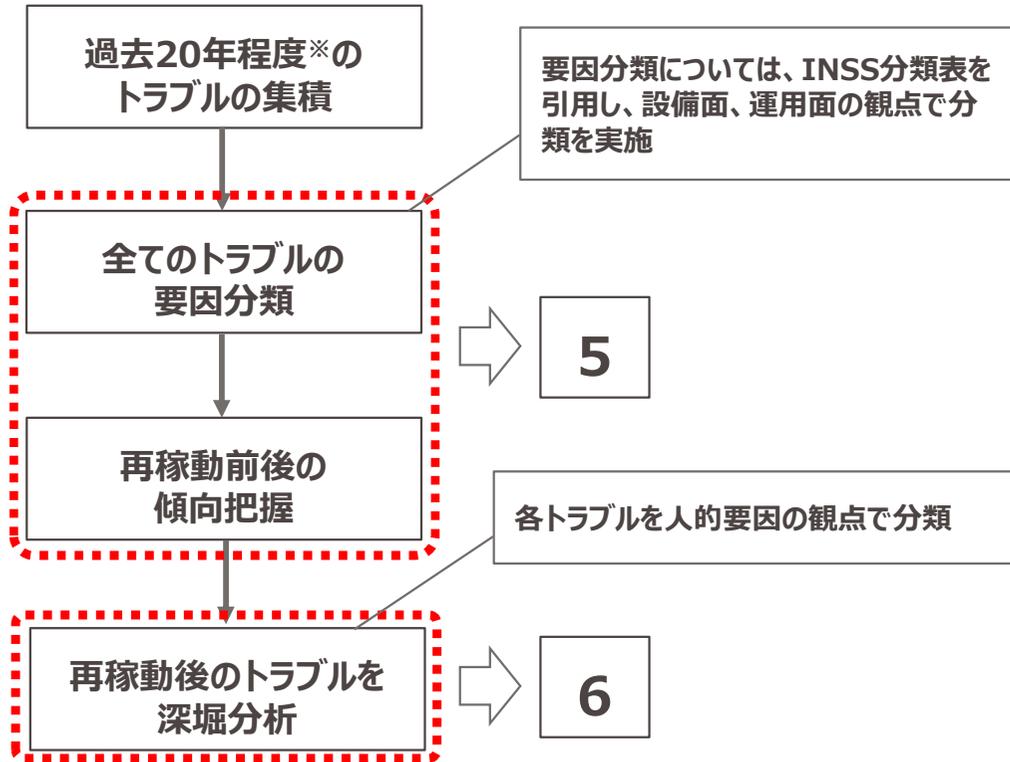


- ✓ 過去、2005年（H17年）と2008年（H20年）にトラブル分析を実施しており、実施概要、分析結果は以下の通り。

	実施概要	分析結果
2005年	<p>【分析対象】</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ 2005年上期のトラブル30件 <p>【分析方法】</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ マネジメント、人、インターフェイスの観点から要因を分類 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 要因分類の結果、事前検討不足（リスクの洗い出し不足、検討体制の弱さなど）、作業管理不足（労働安全の意識不足、保守技術力の不足など）がほとんどを占めた。
2008年	<p>【分析対象】</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ 2003年～2007年の全トラブル156件 <p>【分析方法】</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ INSS分類表に基づき、要因分類を実施 ✓ 割合の多かった運用管理面のトラブル（作業不良、保守計画不良、作業計画不良、運転不良）について、人的要因の観点で深堀分析 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 運用管理面のトラブルの割合が62%を占めた。 ✓ 深堀分析の結果、確認不足、予見・考慮不足が大半を占めた。 ✓ 発電所毎の件数では、美浜1、2号機、大飯1、2号機が多かった。 ✓ 美浜1、2号機、大飯1、2号機については、コンパクトな設計であることや、特有の設備（アイスコンデンサ、輸入弁）が多いことが問題点となった。

トラブル分析について

【トラブル分析フロー】



※2001～2023年度

【分析体制】計13名
各担当部門が集まり議論を実施。

- ・発電グループ : チーフマネジャー (40代: 1名)
 (運転経験者) マネジャー (40代、50代: 計4名)
 (トラブル関係者) リーダー (40代: 1名)
 (未然防止処置関係者等) 担当者 (30代: 3名)
- ・保守管理グループ: チーフマネジャー (40代: 1名)
 (社内規定とりまとめ) マネジャー (40代、50代: 計2名)
 (協力会社対応関係者等) 担当者 (40代、50代: 計2名)

【原因分類表】 (INSS分類表より引用)

大分類	中分類	内容	
設備	設計不良(メーカー)	・設計時の基準・規格・仕様書の不備 ・設計者過誤 (設計時の人的過誤)	
	製造不良(メーカー)	・製造時の人的過誤	
	施工不良(建設時)	・建設時の人的過誤	
	経年劣化	・経年劣化による機器の不具合	
	偶発故障	・偶発故障 (耐用年数内のランダム故障)	
運用	保守不良	保守計画不良	・保守計画 (点検頻度・内容) の不備
		作業計画不良	作業要領書・手順書の不備
		作業不良	作業実施段階における調整・確認不良
	運転不良※	計画不良や人的過誤による運転管理不良	
	その他不良	燃料不良	燃料管理の計画と実施の不良
		放射線管理不良	放射線管理の計画と実施の不良
	外部要因	自然現象による機器損傷	

※ 運転員による操作不備やサーベイランスなどの運転手順書の不備

1 F事故前と再稼動後の要因分類

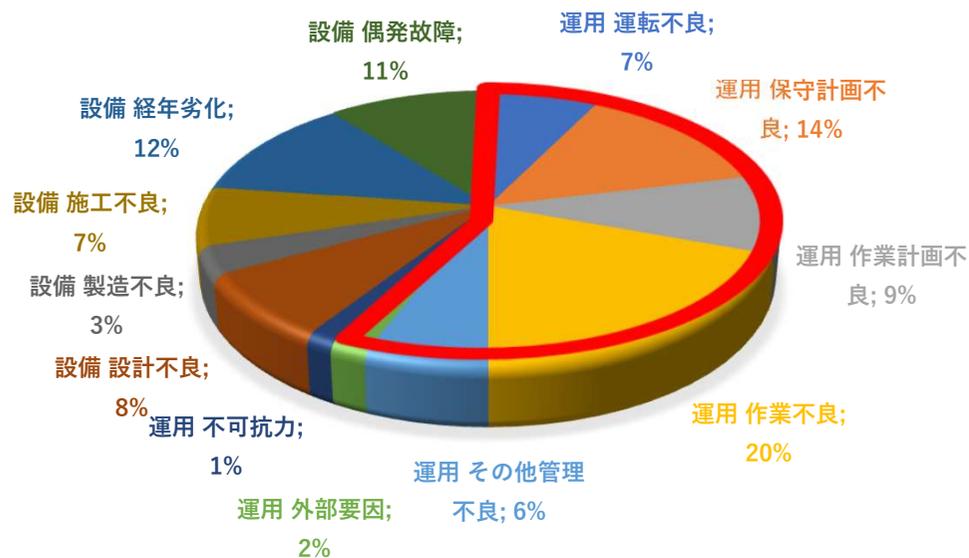
【1 F事故前と再稼動後の要因分類結果】

- ✓ 1 F事故前と再稼動後ともに、**運用面のトラブル割合が多い傾向**にある。
 - ✓ **主要な要因**となるものは、**保守計画不良、作業計画不良、作業不良、運転不良**である。
(再稼動後のトラブルについては、運用面のトラブルのうち、作業計画不良の割合が増加し、作業不良の割合が多い状況が継続している。)
- ⇒ **再稼動後の運用面のトラブルについて、人的要因の観点で分類**を実施。
(なお、外部要因については、他社影響によるものであり、人的要因の観点での分類から除外)

1 F事故前 : 216件
(2001～2010年度)

運用面トラブル : 59%

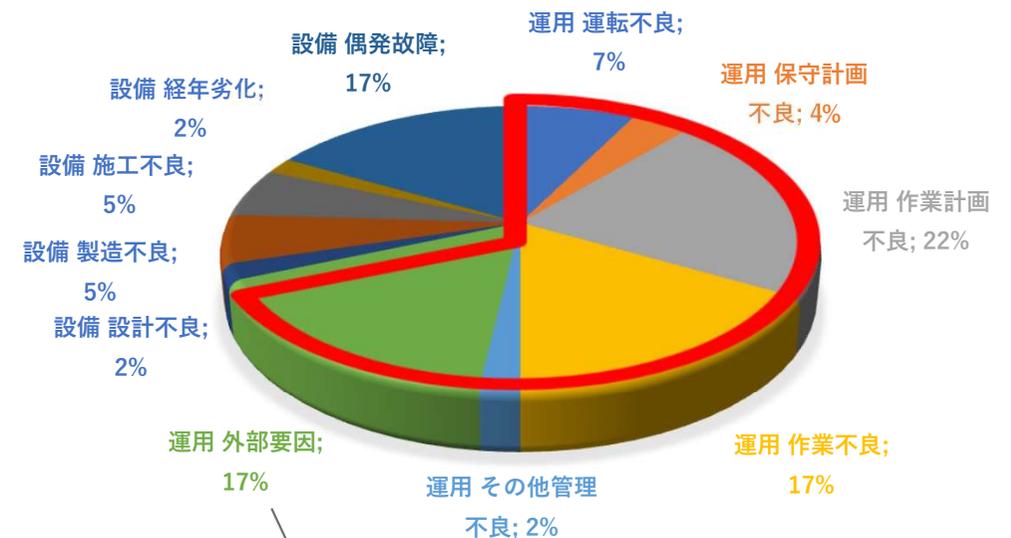
設備面トラブル : 41%



再稼動後 : 54件
(2016～2023年度)

運用面トラブル : 69%

設備面トラブル : 31%



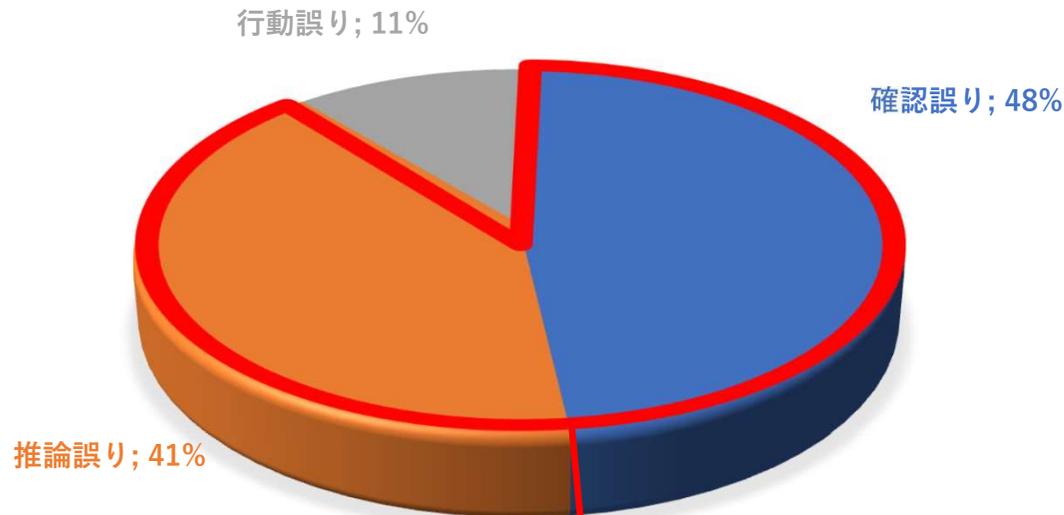
外部要因は、他社影響による衛星電話や外部電源のLCO逸脱事象である

【再稼動後（2016～2023年度）のトラブルの傾向】

✓ 運用面トラブルのうち、人的要因観点から分類した結果、1 F 事故前と同様に確認誤り、推論誤りが大半を占める結果となった。

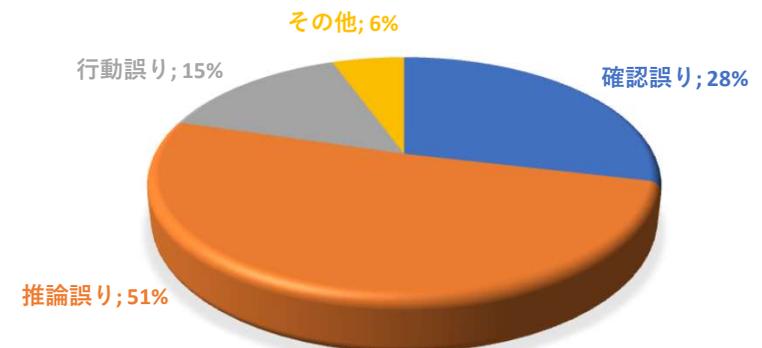
⇒確認誤りに対する取組としては、基本動作順守の徹底、推論誤りに対する取組としては、言外の気遣い事項などの細かなノウハウ、勘所について継承することが重要であり、技術力維持・向上の取組が必要である。

再稼動後（2016～2023年度）の結果



確認誤り、推論誤りが大半を占める結果となった。

参考：1 F事故前（2001～2010年度）の結果



まとめ（今後の取り組み例）

- ✓ 基本動作順守の徹底や技術力維持・向上のために、以下の取り組みを実施、継続していくことで、更なるトラブル低減を図っていく。
- ✓ 基本動作順守の徹底については、ヒューマンエラー低減活動を行うとともに、MOの視点でその取り組みを継続して確認していく。
- ✓ 技術力維持・向上については、協力会社の良好取組事例の横展開や国内外の他電力ベンチマークによる良好事例等の展開などを実施していく。

協力会社作業員につながる取組

適切な作業実施

- **ヒューマンエラー低減ツールの作成・定着**
- **事業本部MOの更なる改善**（多角的な観点によるMO、発電所との一体感醸成とガバナンス強化を目指す取組み）
- **協力会社の技術力維持・向上に対する良好取組事例の横展開**
- **DXの導入**（現場3Dデータの整備、要領書・記録の電子化、現場へのWifi設置）

保修課員につながる取組

現場でのリーダーシップ
高い期待事項の浸透

- **協力会社自らが実施する実務研修等への参加**
（協力会社とのコミュニケーションを通して、作業の勘所を知り、保修課員が現場で発揮すべきリーダーシップの理解につなぐ）
- **DXの導入**
- **国内外の他電力ベンチマーク**（良好事例等の展開）

參考資料

発電所におけるヒューマンエラー低減活動

- ▶ ヒューマンエラー低減ツール※を発電所工事全体に浸透させるべく活動を実施。活動に当たっては、ヒューマンエラー低減チームを結成し、活動を展開。活動の成果を、3発電所共通の運用として展開するため事業本部大のマニュアルに反映。

①	ヒューマンエラー低減ツールの手引きの作成	期待事項、各種ツールの紹介、活用事例等を明示
②	当社・協力会社に対する勉強会等の実施	ヒューマンエラー低減ツールの手引きの活用や実践方法を共有
③	モニタリングの実施	滞在型MOやパトロールにより、ツールの活用状況を確認
④	分析・評価	モニタリングにより得られた活用状況を数値化

ヒューマンエラー低減チームの構成

- ・当社 課長、係長クラス
- ・主要協力会社 所長クラス

約10名

ヒューマンエラー低減ツール活用事例 ①-2 ピア・チェック

いつ使う？ 作業を実施する直前と実行中
どう使う？ ダブルチェックの手法のひとつ。一緒に作業をする2名のうち、作業実施者は自らの行動をセルフチェックする。これと同時に、作業責任者は、作業行為者の行動が正しいかどうかを目視にて確認する。

×：悪い例



一方、作業責任者は盤と離れた場所で・・・



○：良い例



このようなケースを防ぐには、ピア・チェックが有効です

TBM・KY等において、作業時に使用するツールを関係者で相互確認し、潜んでいるエラーの芽を事前に摘み取りましょう！

- ※ヒューマンエラー低減ツールの例
- ・作業前ミーティング (TBM)
 - ・3 Wayコミュニケーション
 - ・ピアチェック
 - ・フラギング (作業対象機器の識別表示) など

左図はピアチェックの活用事例

原子力事業本部 現場経験者による現場観察

- 各発電所におけるMOに加えて、事業本部現場経験者によるMOも展開中
- ねらい：3発電所を見渡したMOによって、現場管理の底上げを図り、パフォーマンス向上を効果的に推進
- 2022年度下期以降、事業本部によるMOの在り方を検討し、更なる充実を図った。
 - 発電所に事前予告をしない抜打ち式のMO
 - ✓ 観察者に、単独で現場に立ち入りできるIDカードを配布することで、発電所社員の立ち合いなしで、機動的・抜打ち的に現場観察を実施
 - トラブル対応のフォロー状況に重点をおいたMO
 - ✓ 事業本部MOの目的を明確にすることで、発電所MOとの差別化を実施
 - ✓ トラブル水平展開が第一線現場に着実に浸透しているかを確認

主な観察事例

- ✓ 取り外した機器をトラック上に搬出中、トラックの車輪止めを取り付けていなかった。
 - ↳ ブレーキのトラブル等でトラックが移動することにより、運搬中の弁が落下、また、トラック上の作業者が転落、弁との挟まれなど労働災害に至る可能性がある。

- ✓ 薬品（低アルカリの試薬）入りカップをシンクの縁に置き、作業行っていた。
 - ↳ シンクの縁はカップよりも狭く、試薬が倒れ飛散し周辺設備の腐食、もしくは、作業者の薬品受傷する可能性がある。



今後の取組み方針

上記取組みの継続および実施結果に基づく評価により、3発電所への水平展開の状況をフォローし、現場力向上に繋げる。

国内外におけるベンチマーク他での良好事例の展開検討

➤ 各発電所の現場が綺麗であり清掃が行き届いていることが顕著に表れており、こういった環境整備に注力するにより、設備の安全・品質管理の確保、トラブル防止、作業安全の確保に寄与すると考えられるため、今後3発電所への展開を検討。
(各発電所の状況)

<p>【ベンチマーク】</p> <p>九州電力 玄海原子力発電所 (2023/9/25)</p>	<p>✓ 労災や火災などのトラブルが続いたことから、まず現場環境の改善として、徹底的に4Sに取り組まれている。</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div data-bbox="526 422 862 718"> <p>[安全通路]</p>  </div> <div data-bbox="940 422 1276 718"> <p>[屋外設備]</p>  </div> <div data-bbox="1355 422 1691 718"> <p>[高所設備]</p>  </div> <div data-bbox="1780 422 2116 718"> <p>[設備上部]</p>  </div> </div>
<p>【ベンチマーク】</p> <p>米国 ・DCP (2023/12/14~15)</p>	<p>✓ 現場に仮置き資材等がなく、清掃が行き届いている。</p>
<p>【事業本部MO】</p> <p>美浜発電所</p> <p>・事業本部MOによる現場観察（2024/2/21）により、美浜独自の取組みを良好事例として確認</p>	<p>✓ 高所機器の上部・隙間等、通常の工事では清掃しない範囲も含めて、外部委託により徹底的に清掃することにより、基本的な異物管理の強化を図った。</p> <p>✓ 副次的効果として、働きやすい職場環境、整理・整頓・清掃・清潔といった基本動作の向上に繋がっていた。</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div data-bbox="526 1181 1019 1564"> <p>[安全通路]</p>  </div> <div data-bbox="1097 1181 1590 1564"> <p>[機器・配管・架台]</p>  </div> <div data-bbox="1624 1181 2128 1564"> <p>[高所配管]</p>  </div> </div>

○目的

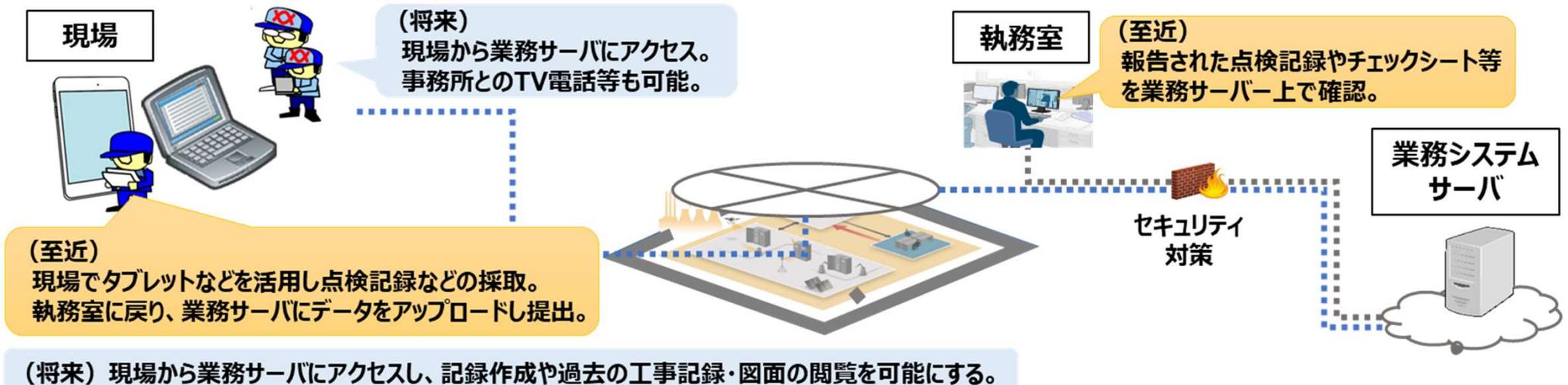
- ✓ 原子力発電所では、品質保証の観点から工事書類として紙媒体を活用。一方で、紙媒体は、紛失等のセキュリティリスク、検索性・視認性の悪さ、作業効率の悪さ等のデメリットがある。
- ✓ 書類の電子化を進めることにより、品質・効率向上の同時達成を目指す。（協力会社からの要望も多い。）

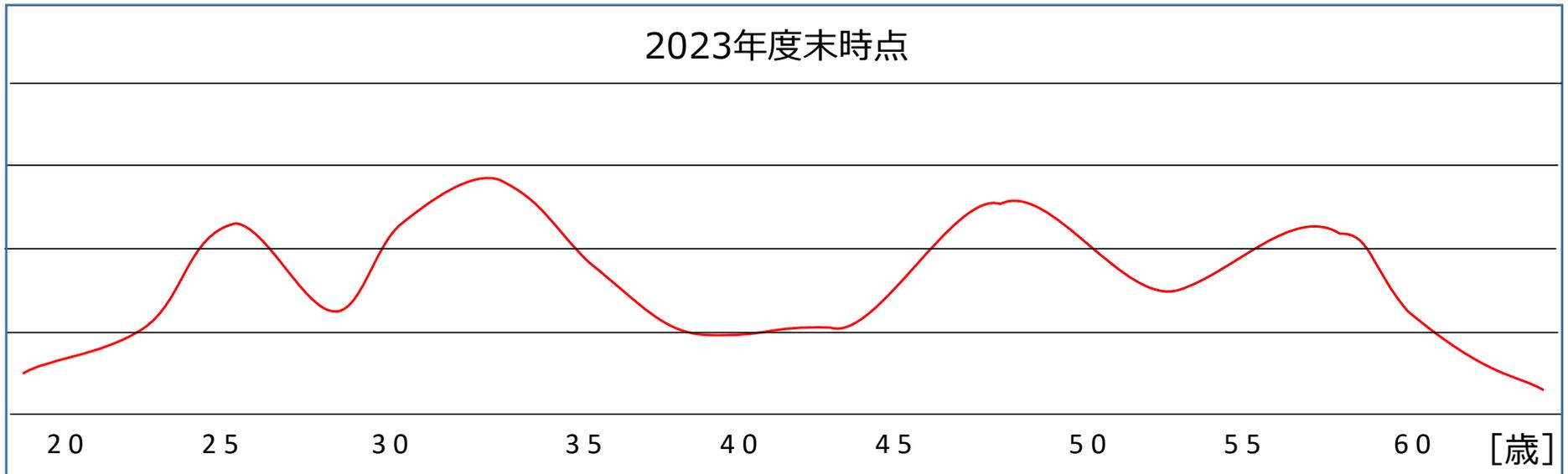
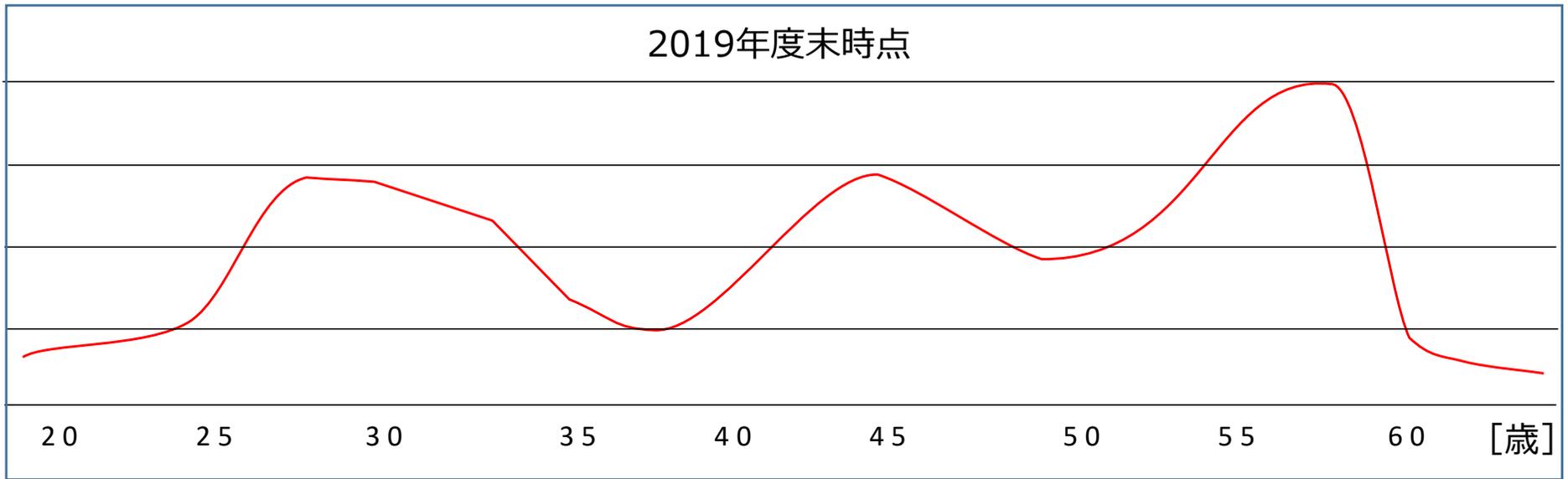
○目指すべき将来像

- ✓ 専用ネットワークの活用によって、サーバ上でチェックシート等の品質記録を作成し、当社・協力会社社員が執務室他からも確認ができる環境を整備する。
- ✓ 作業の進捗をリアルタイムで相互チェックする仕組みを構築し、コミュニケーションエラーによるヒューマンエラーの低減を実現する。

○至近での取組み

- ✓ 図面や記録フォーマット等の工事に必要な情報を保存したタブレット等の情報端末（スタンドアローン）を現場に持込み、記録採取・作成を行い、執務室から業務サーバに記録をアップロードし、サーバ上で記録の確認が出来ることを検証。今年度下期からの本格運用に向け社内ルールを整備中。
- ✓ 今年度から、順次、発電所に屋内のネットワークを構築していく（2026年度完了予定）。

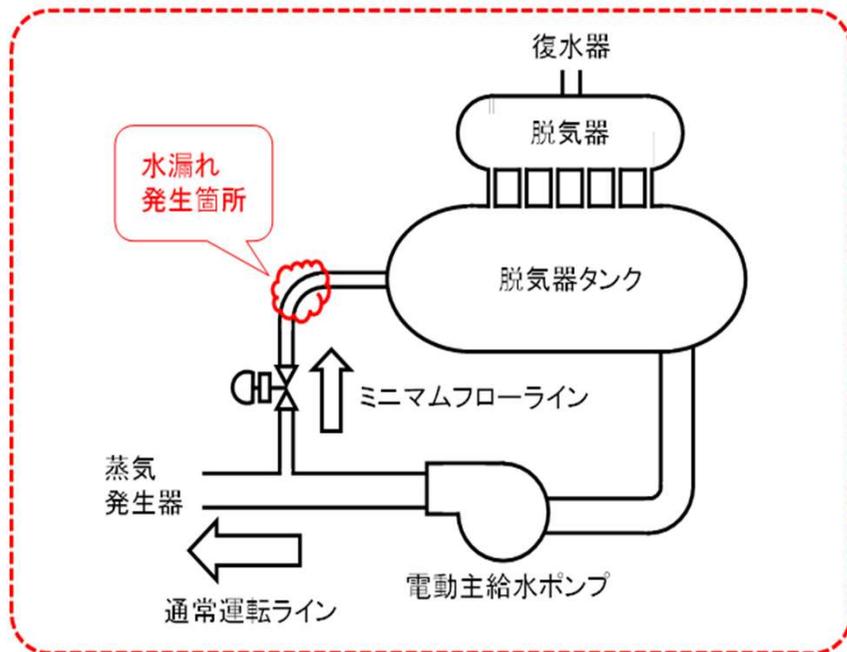
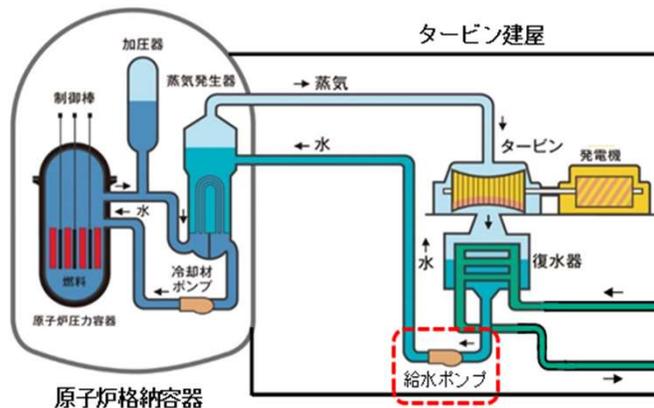




事象概要

・第18回定期検査において、原子炉起動に向けた準備中、2次冷却系統の水質調整のために電動主給水ポンプを起動したところ、電動主給水ポンプミニマムフロー配管から僅かな水漏れを確認した。

<系統概要図>



推定原因

当該配管を切り出し、配管の内面を調査した結果、局所的に凹凸が認められたことから、エロージョンにより侵食され、水漏れが発生したと推定した。

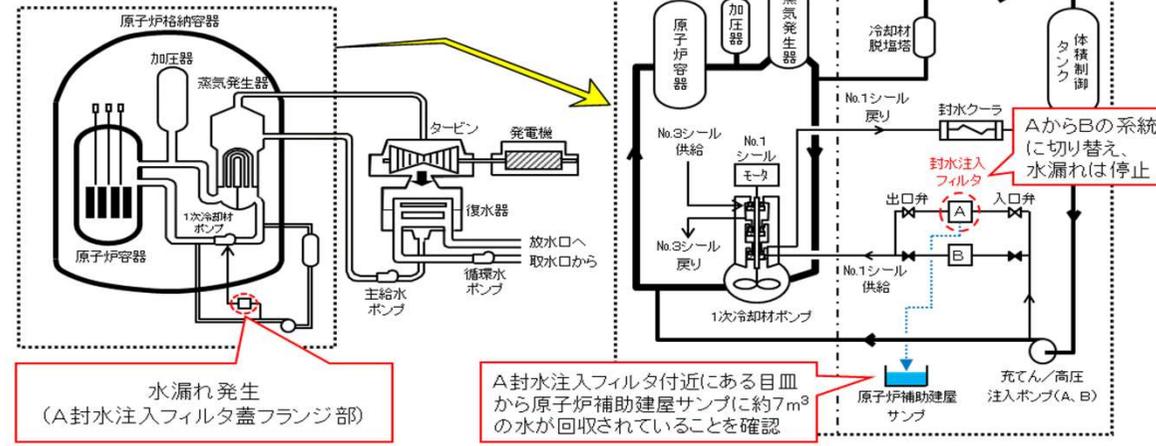
対策

当該配管を取り替えた。
また、今回の事象を踏まえ、類似箇所について確認を行い、当該箇所を含む必要な箇所について、継続的に管理を行う。

【事例：作業計画不良】美浜3号機 封水注入フィルタ蓋フランジ部からの漏えい

事象概要

<系統概略図>

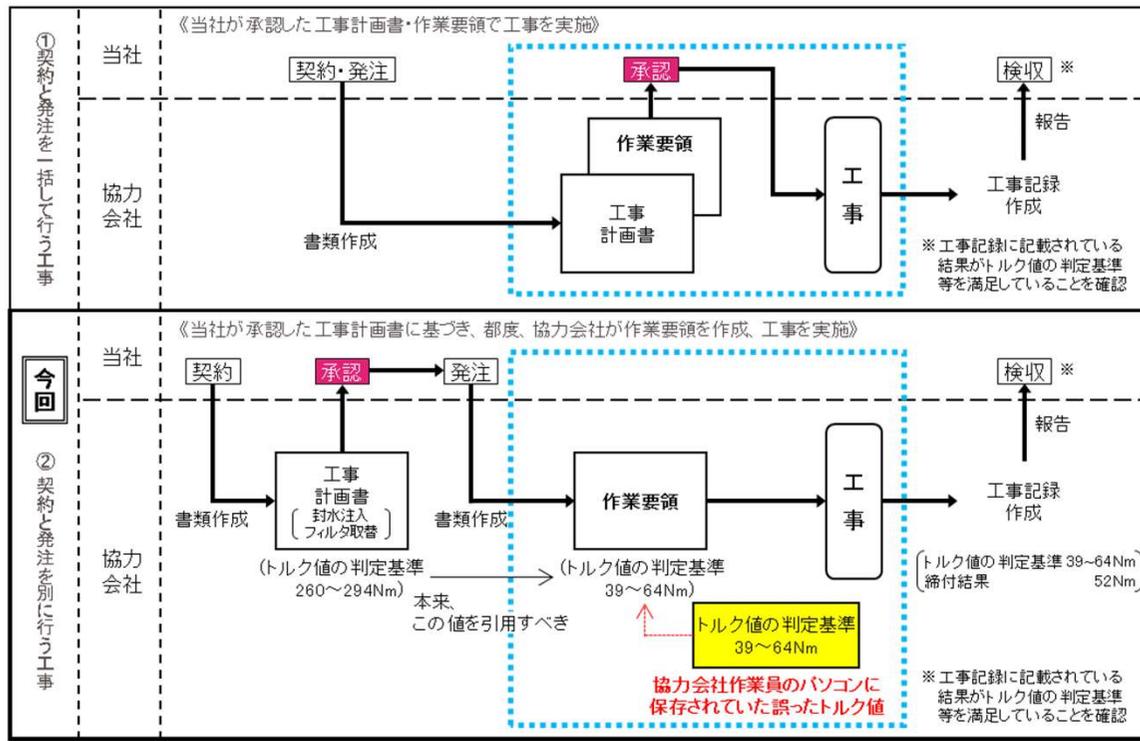


推定原因

- 調査結果から、今回、漏えいのあった当該フランジ部については、前回定期検査でのフィルタ取替工事において、本来のトルク値より低い値でボルトが締め付けられていた。
- そのトルク値が低かった原因は、協力会社の作業員が、作業要領を作成するにあたり、工事計画書に記載されているトルク値の判定基準を引用すべきところ、協力会社作業員のパソコンに保存されていた誤ったトルク値の判定基準を引用したことによるものであった。
- このため、その後のプラントの運転等に伴う系統圧力により、当該フランジ部の漏れ止め用のリングが徐々に外側に押し出され、破断し、漏えいが発生したものと推定した。

調査結果

- 発電所における工事の契約・発注の流れは、①「契約と発注を一括で行う工事」と②「契約と発注を別に行う工事」の2パターンに大別。
- 今回の工事は②のパターンで実施。このパターンでは、本来、当社が承認した工事計画書に基づき、協力会社が作業要領を作成、工事を実施すべきところ、今回、工事計画書とは異なる数値を作業要領に記載し、工事を実施。



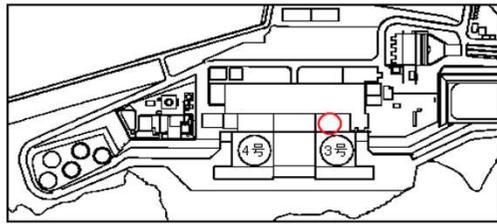
対策

- 契約と発注を別に行う工事について、当社は、従来の工事計画書の承認に加え、協力会社が作成する作業要領を工事実施前に確認する運用とした。
- 協力会社に対して、速やかに本事象の周知を行っており、新たな運用の徹底を図った。さらに、中長期的に、定期検査ごとの説明会等、当社が協力会社に行う教育の場を通じてルール遵守等について周知を図った。
- 美浜発電所3号機について、漏えい防止および機器の動作不良防止の観点から、起動時の現場点検を強化して実施する。

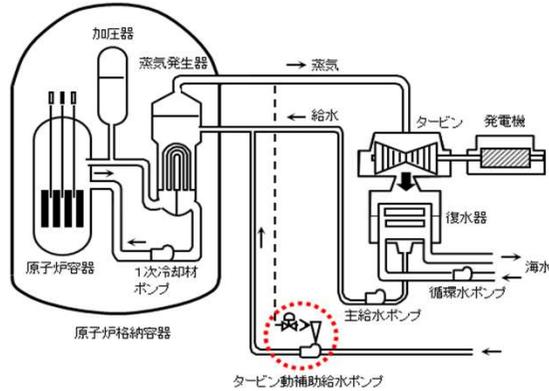
【事例：作業不良】高浜3号機 タービン動補助給水ポンプフィルタ蓋部からの油漏れ

事象概要

<発生場所>



○ 発生場所：3号機中間建屋(非管理区域)
タービン動補助給水ポンプ室



タービン動補助給水ポンプ

推定原因

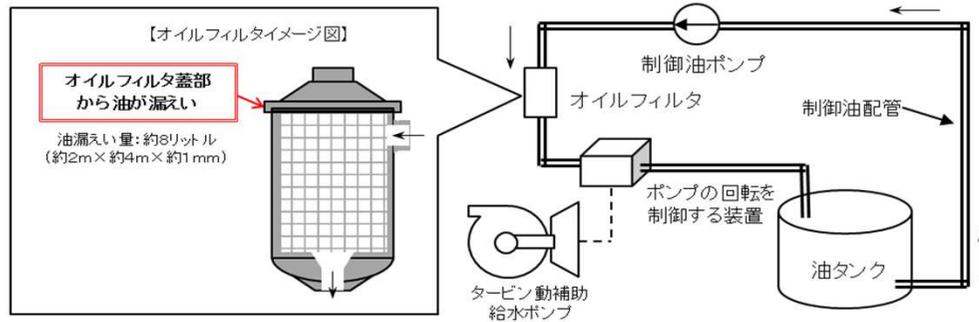
油の漏れは、制御油ポンプの系統にあるオイルフィルタの蓋部からであり、分解点検の結果、蓋部のシート面のパッキンが中心からずれて装着されていたこと、およびフィルタ容器側のシート面の点検手入れによってわずかな凹みが生じていることが確認された。

このため、パッキンと容器側シート面の密着が不十分となり、油漏れが発生したと推定した。

対策

対策として、パッキンの取り替えおよびシート面の手入れを実施し、制御油ポンプの確認運転を行った結果、油漏れがないことを確認したことから、7月22日16時25分に運転上の制限を満足する状態に復帰した。

<タービン動補助給水ポンプ制御油系統概略図>

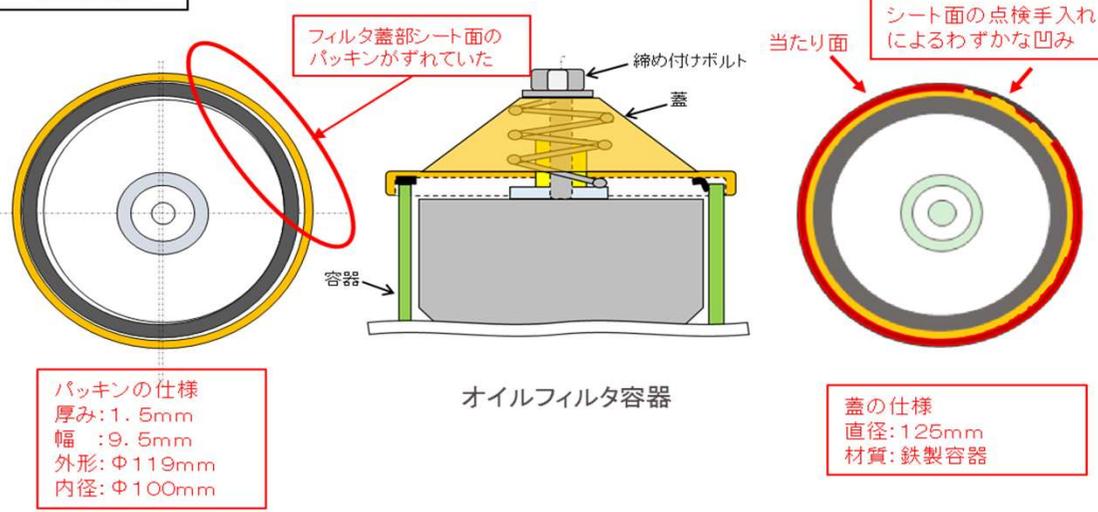


【オイルフィルタイメージ図】

オイルフィルタ蓋部から油が漏えい

油漏えい量：約8リットル
(約2m×約4m×約1mm)

調査結果



フィルタ蓋部シート面のパッキンがずれていた

当たり面

シート面の点検手入れによるわずかな凹み

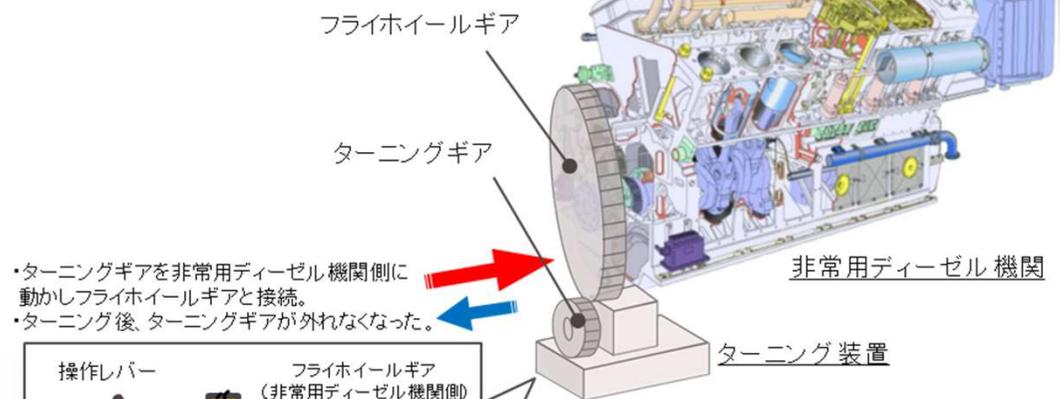
パッキンの仕様
厚み：1.5mm
幅：9.5mm
外形：Φ119mm
内径：Φ100mm

オイルフィルタ容器

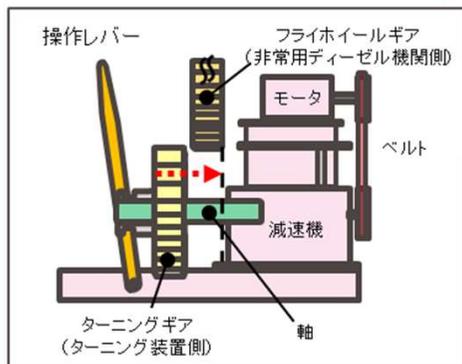
蓋の仕様
直径：125mm
材質：鉄製容器

事象概要

<ターニング装置接続イメージ>



- ・ターニングギアを非常用ディーゼル機関側に動かしフライホイールギアと接続。
- ・ターニング後、ターニングギアが外れなくなった。



【寸法】
 (非常用ディーゼル機関)
 縦:約4m、横:約8m、高さ:約3.5m
 (ターニング装置)
 縦:約0.4m、横:約0.9m、高さ:約1m

【ターニングの目的】
 非常用ディーゼル機関の潤滑油膜の保持等のため、外部モータを駆動源とする装置を接続し、非常用ディーゼル発電機の回転軸をゆっくりと回転させるもの(5日に1回実施)。

推定原因

ターニングギアとフライホイールギアの接触により荷重がかかった状態でターニングギアの取り外し操作を行ったことで、ターニングギア内面と軸が接触し、発生した微小な金属片がターニングギアと軸の間に噛み込みターニングギアが外れなくなったと推定した。

対策

ターニングギアを取り外す際には、ターニングギアとフライホイールギアが接触していないことを確認するために、事前にターニングギアとフライホイールギアの隙間をライトを用いて確認する手順を追加した。

<推定メカニズム>

