

福島第一廃炉推進カンパニー 品質管理強化の取り組みについて

2019年10月21日

TEPCO

東京電力ホールディングス株式会社

背景

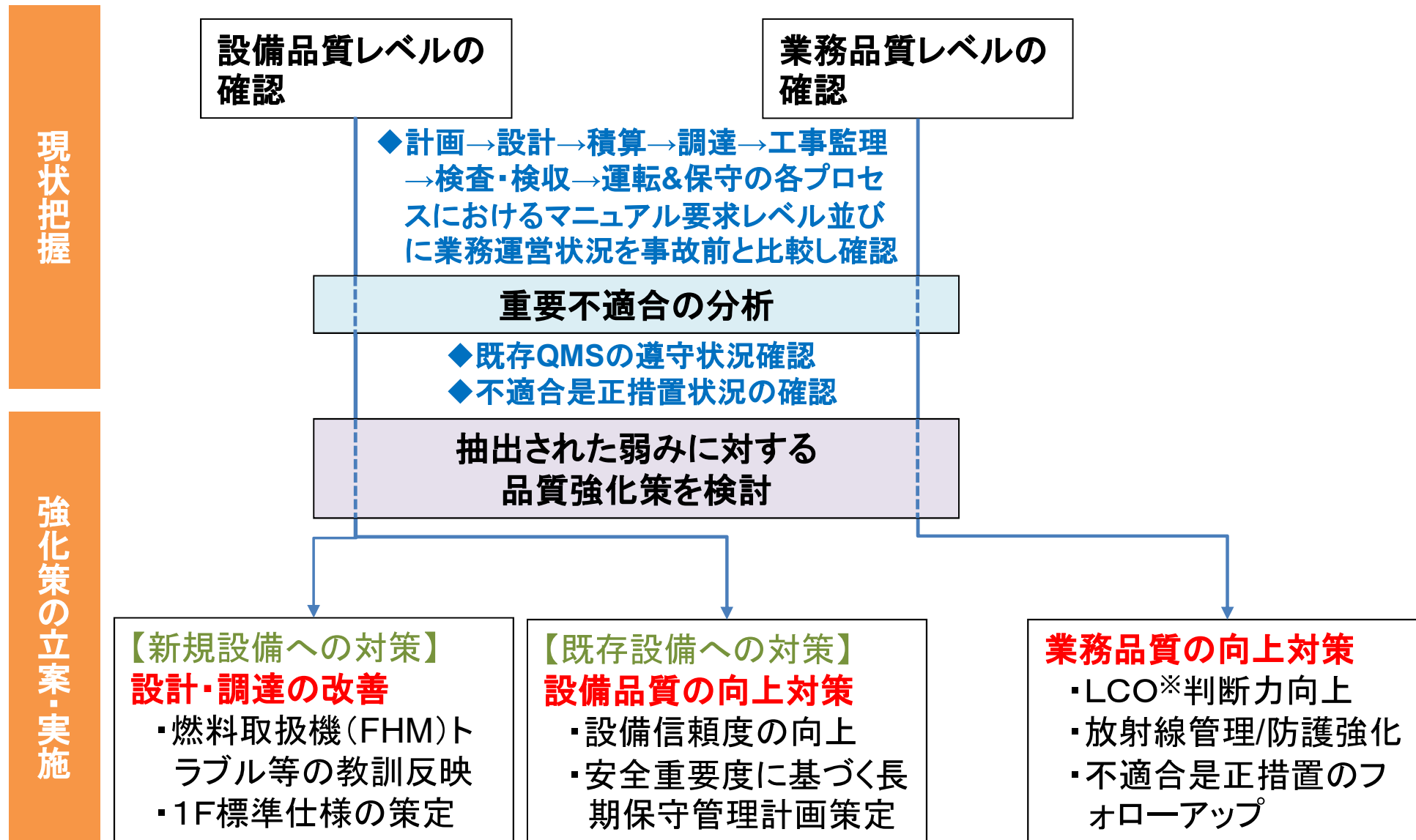
- ✓ 福島第一の廃炉作業における昨今の不具合事例を振り返ると、事故以降スピード優先で対応してきたことにより、事故以前はできていた品質管理面での十分な検討や配慮ができていない場合があった
- ✓ また、福島第一の廃炉作業の特徴により、通常炉とは異なり、制約条件の多い現場環境や新たな設備・技術への対応が発生するため、品質管理に対し、格別の配慮や取り組みが必要であったが、十分ではなかった
- ✓ これまでも不適合については、速やかに是正措置を講じてきたが、現場環境や作業状況等の変化が大きかったため、是正措置が形骸化してしまい、定着しない場合があった

目標

- ✓ 福島第一廃炉作業の特徴を踏まえ、重要度に応じた品質管理強化策を検討する
- ✓ 上記品質管理強化策を含め品質管理の継続的な改善の仕組みを構築する

2. 品質管理強化の流れ

- 福島第一廃炉推進カンパニーにおける品質管理の強化は以下の流れで取り組んでいるところ。



※LCO：実施計画で定める運転上の制限

3. 《現状把握》設備・業務品質に関わる重要不適合の抽出

■ 設備品質及び業務品質に関わる重要な不適合の抽出

設備品質及び業務品質に問題のある不適合のうち、特に重要と考える不適合を抽出

- ・ 対象期間：2018年4月～2019年6月
- ・ 抽出方法：以下の事象に該当する不適合を「重要不適合」と定義
 - 設計上の不備
 - 重要設備不具合
 - 監視・巡視上の問題
 - 運転上の制限（LCO）逸脱事象
 - 放射線管理／防護上の問題
 - 火災対応上の不備
 - 安全処置不足
 - 法令違反事象
- ・ 抽出結果：22件（内訳は下表の通り）

カテゴリ	設計	設備	監視 巡視	LCO	放射線 管理/防護	火災	安全 処置	法令	合計
重要不適合 件数	1	1	3	6	6	2	2	1	22

4. 重要不適合に対する品質強化プログラム

■ 重要不適合に対する品質強化プログラム

品質強化プログラム		主な不適合件名
I. 設計・調達改善の取り組み《新規設備への対策》		
①	設計・調達プロセスの再構築	3号機燃料取扱設備クレーン主巻インバータ異常について
②	1F標準仕様の策定／整備	
II. 設備品質の向上《既存設備への対策》		
①	系統・機能要求と現状に照らした設備信頼度の向上策の検討	2号機RPV N2注入流量計のIDS誤記によるLCO逸脱について
②	安全重要度に基づく適切な保守の実施	1, 2号機CST炉注水ポンプ水源切替時における2号機CST炉注水ポンプトリップ事象
III. 業務品質の向上		
①	LCO関連計器の挙動に対する判断力向上と確実な対応	1号機タービン建屋地下1階 電気マンホール内の残水の確認に伴う運転上の制限からの逸脱事象について
②	放射線管理／防護業務の品質強化	電気品室内（Yゾーン）における靴の未着用について
③	不適合分析から業務ステップにおける悪さの抽出と対策の実施	4号機CST水位低下事象

朱書き案件：本日のご説明対象

I. 設計・調達改善の取り組み

5-2. 問題点・教訓に対する改善のポイント（1）

問題点

プロジェクト管理の弱さ

教訓(ベンチマーク等)

プロジェクトリスクを鑑みた重要度に応じた品質管理が必要

改善のポイント

(i) 組織体制の見直しによる品質管理の強化

a. プログラム・プロジェクト制の導入

○プロジェクトリスクに応じた責任と権限を設定した体制の構築とリソースの集約

○ステージゲート管理の導入

* 次工程へのホールドポイントを設定

* ステージゲートごとに品質を確認

b. 廃炉安全・品質室の設置

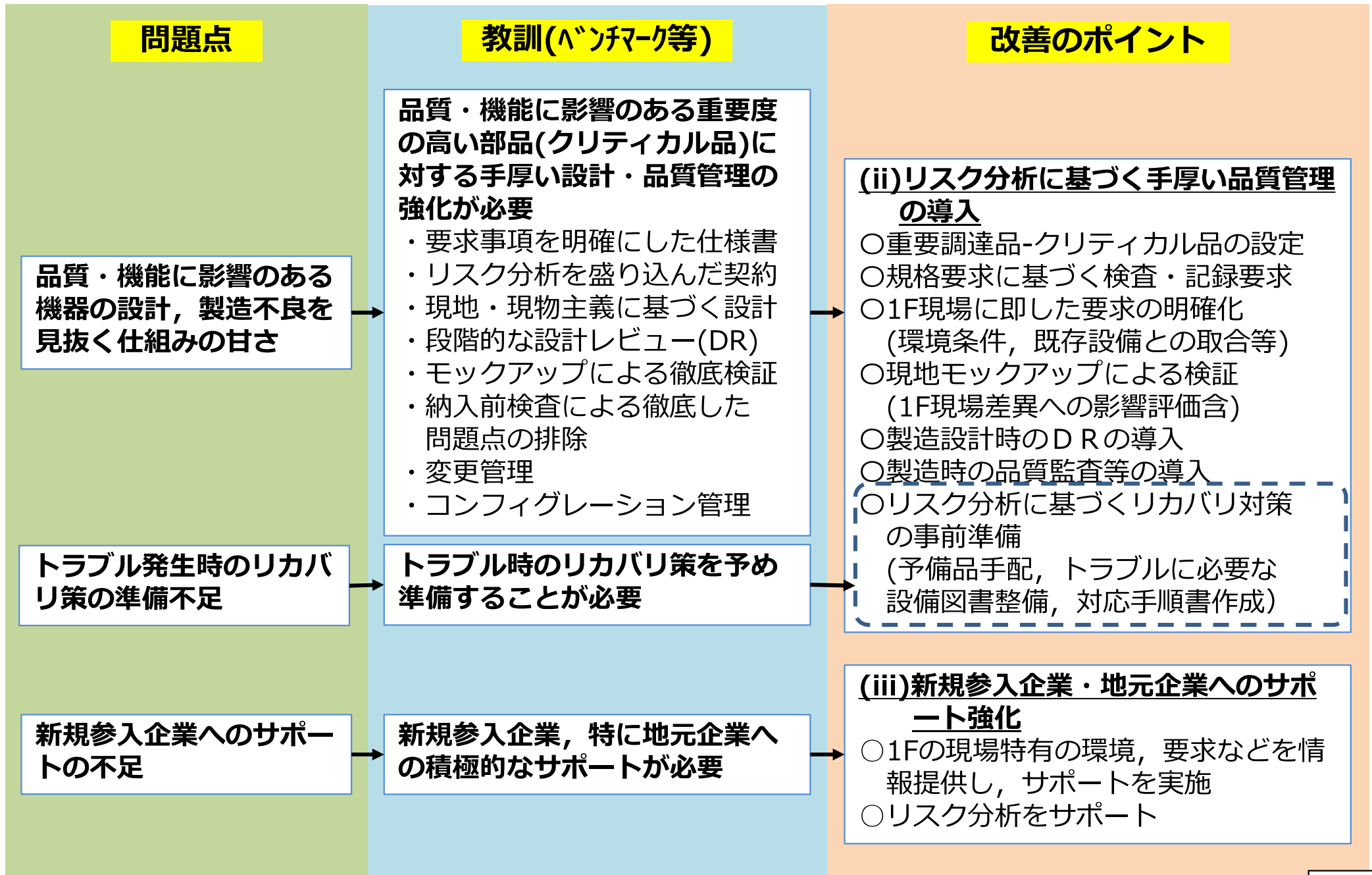
○CDOのガバナンス強化

* CDO直下の組織とすることで、安全・品質に関するCDOのコミットメントを実現

○監督機能の集中・専任化による品質チェック機能の強化

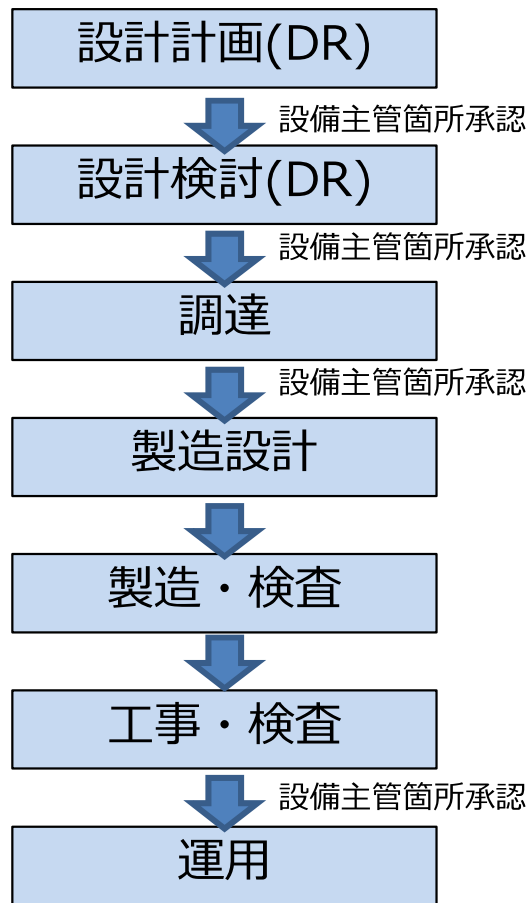
* ステージゲート審査やベンダー監査などにおける横串チェック機能を強化

5-2. 問題点・教訓に対する改善のポイント (2)

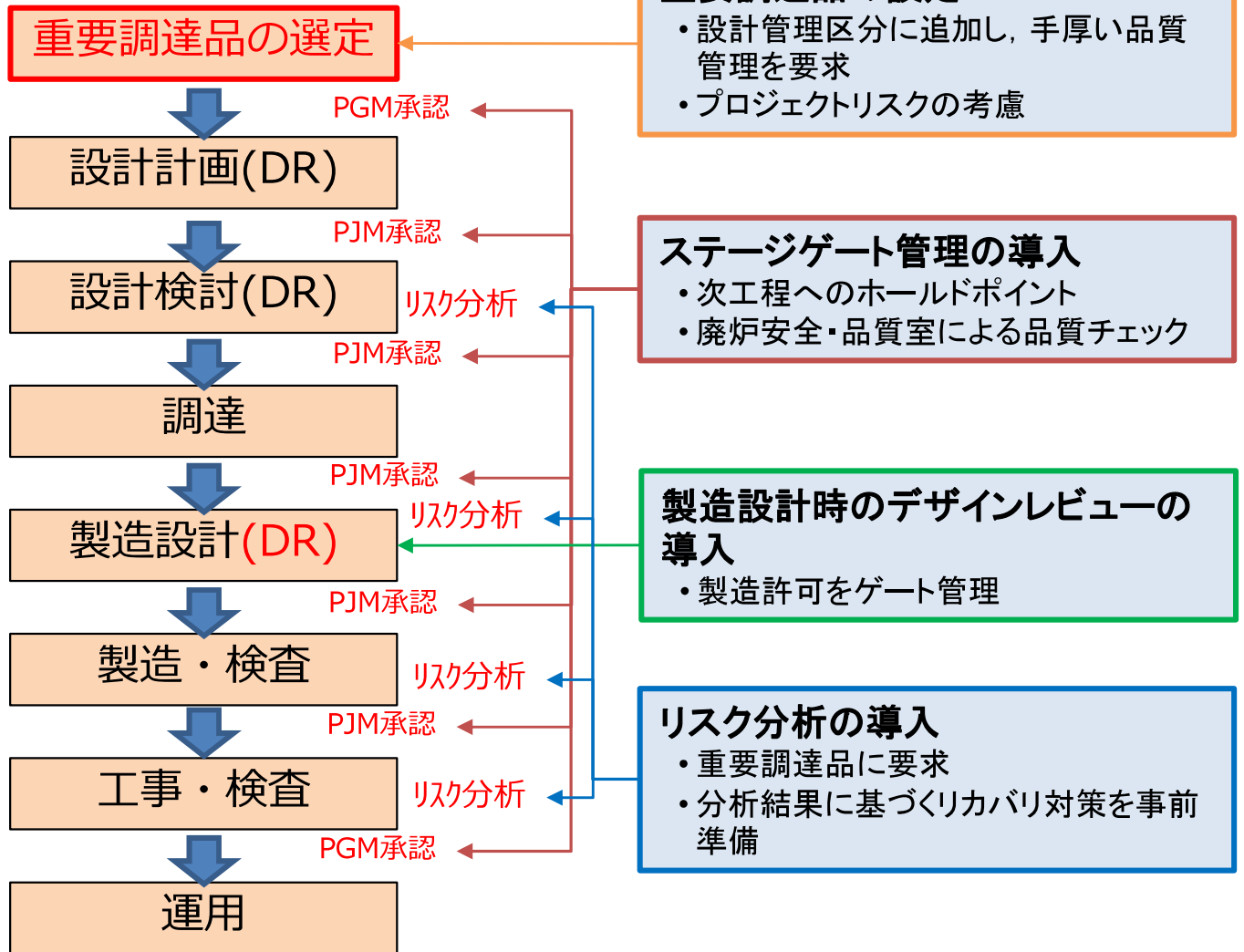


5-3. 改善後の設計・調達業務フロー（ゲート管理の導入など） **TEPCO**

従来の業務フロー



改善後の業務フロー (朱書きが改善箇所)



PGM : プログラムマネージャ PJM : プロジェクトマネージャ DR : デザインレビュー

5-4. 除染装置スラッジ抜き出し装置への試験的適用

- 現在，設計を進めている**除染装置スラッジ抜き出し装置**は海外調達品
- 1 F 3 F H M事例の再発を防ぐ観点から，調達改善フローを当該装置に試験的に適用

◆ 現在までの対応状況

- 海外メーカーと当社間で，以下について認識を共有
 - ・ リスク管理および変更管理の重要性
 - ・ リスク分析に基づく品質管理強化(重要物品に対する製造時の品質管理強化等)
 - ・ 規格に基づく設計の要求，検査の実施
- 設計段階において，どこに弱点があるか，リスク評価を行い，結果を設計にフィードバック中

◆ 今後の予定について

- 最終設計に基づくリスク評価の結果を，製造・設置工事における試験・検査項目の品質管理要求や追加部品の手配等に反映
- 装置のフルモックアップ試験は米国，据付，運転の訓練は国内で実施するため，試験環境と1F現地環境の違いを確認し，影響を事前に評価
- 各段階でゲートを設定し，結果を十分に検証しつつ，次段階以降に適宜フィードバックを図る
- トラブルシューティングにおいて，必要な情報を得られるよう，設備図書の充実や海外メーカーとの連絡体制の構築などを実施

6. 1 F 標準仕様を活用した要求の明確化

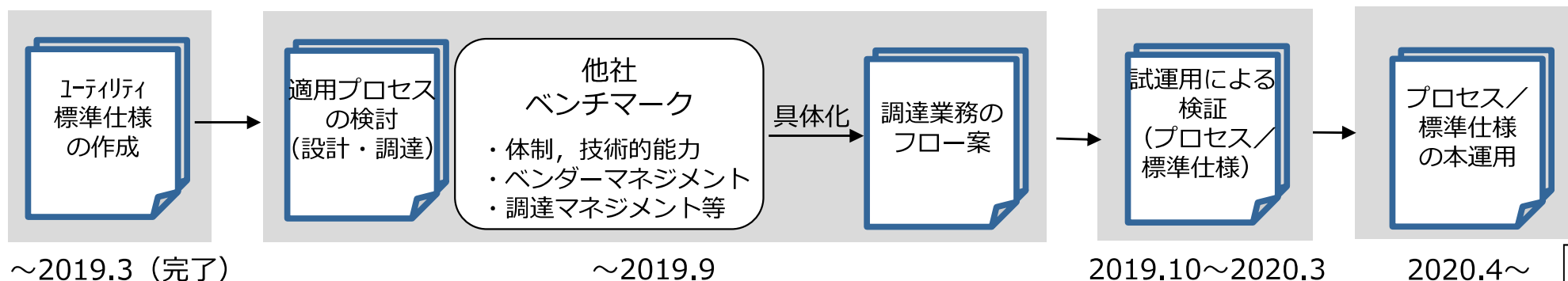
■ 1F標準仕様の策定

- 一般産業品を1 F 廃炉設備で活用するため、「1 F 標準仕様」を策定し、品質の確保を図る

■ 取り組み

- EP・PG等他部門と協働し、一般産業品と1 F 廃炉設備との仕様差を現物・設計図書から把握、規格等に対して過剰仕様となっていないか整理を実施
- 各設備に施設されコストインパクトの割合が大きいユーティリティー機器である「ケーブル」「電源」「空調設備」について「1 F 標準仕様(案)」を策定
2019年度、その他機器（電動機、ファン、空調ダクト）に拡大検討中
- 廃棄物処理設備の設計・調達に「1 F 標準仕様」の試運用として適用
他産業界へのベンチマーク等を盛り込み、標準仕様を継続的に改善
- 実際の調達に適用できる人材育成を実施。
電気系技術者をPGとの人財交流やPG育成プログラムへの参加により育成
空調機器設計者を原子力部門で育成するため、EPより技術者を招聘

EP:東京電力エナジーパートナー, PG:東京電力パワーグリッド



7. スケジュール（設計・調達改善の取り組み）

	2019年度			
	1Q	2Q	3Q	4Q
I. 設計・調達改善の取り組み				
①設計調達プロセスの再構築	他社ベンチマーク・概略業務フロー作成	業務フロー／ガイド案作成		業務フロー／ガイド制定・周知
		試運用での業務フロー検証・カイゼン		
② 1 F 標準仕様の策定				
標準仕様試運用（電源盤、ケーブル、空調）	設計管理等でのテスト適用準備	新設廃棄物関連設備に対する設計検討での試運用(検証)		テスト本運用
対象機器の拡大(電動機、ファン、ダクト)	一般産業品との仕様差調査, 要求事項の検討		1 F 標準仕様へ反映	
人財育成 ・ 機械(空調エキスパート)		空調エキスパート育成(EPアドバイザーによるOJT)		
		空調エキスパート育成(EPアドバイザーによる1F設計講座)		

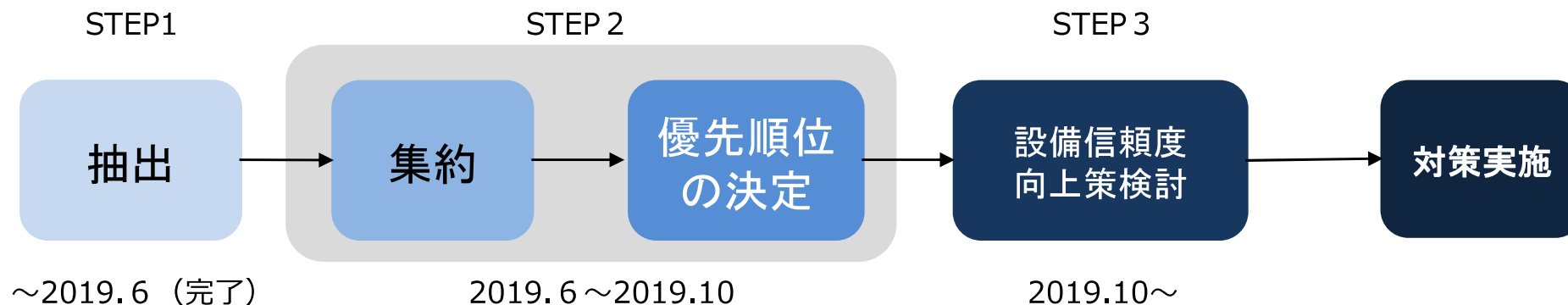
Ⅱ. 設備品質の向上

8-1. 設備信頼度の向上策の検討

- 設計上、脆弱な設備を抽出し、最新の技術検討プロセスに基づき、改めて設計／技術検討を行い、設備の信頼度向上を図る。
 - ・ 供用中の設備に対し、脆弱な設備の抽出を実施（2019/6完了）
 - ・ 集約・優先順位付けを実施中（2019/10完了予定）

<脆弱な設備抽出の観点>

- ◆ 過去の不適合、運転経験から多重化等、設計の見直しが必要な設備
- ◆ 設備の設計、設置においてその機能・性能に関わる部署が関与しなかった設備
- ◆ 必要図書（設備関連図書：機器設計仕様書、シーケンス等）の充実性が低く、設備の信頼性が説明できない設備
- ◆ 設備所管箇所が変更になり引継ぎ情報に不足がある設備（設置の経緯、設計根拠が不明なところがある設備）



8-2. 電路の強化

◆ 電源系統の信頼度向上（電路の強化）

■ 現状

- 地這ケーブルや物的防護が不十分な電路に対して、保護カバーの設置等の物的防護対策を実施中

■ 今後の取り組み

- 引き続き対策工事を行い、高圧については2019年度末、低圧については2026年までに供給側が完了予定（負荷側は負荷の停止計画による）
- PG部門経験者などの配電設備の知見を活用し、配電柱の採用や埋設電路を設計検討



高圧ケーブル
(地這)



高圧ケーブル
(トラフ化・防護板設置)



配電柱

埋設電路

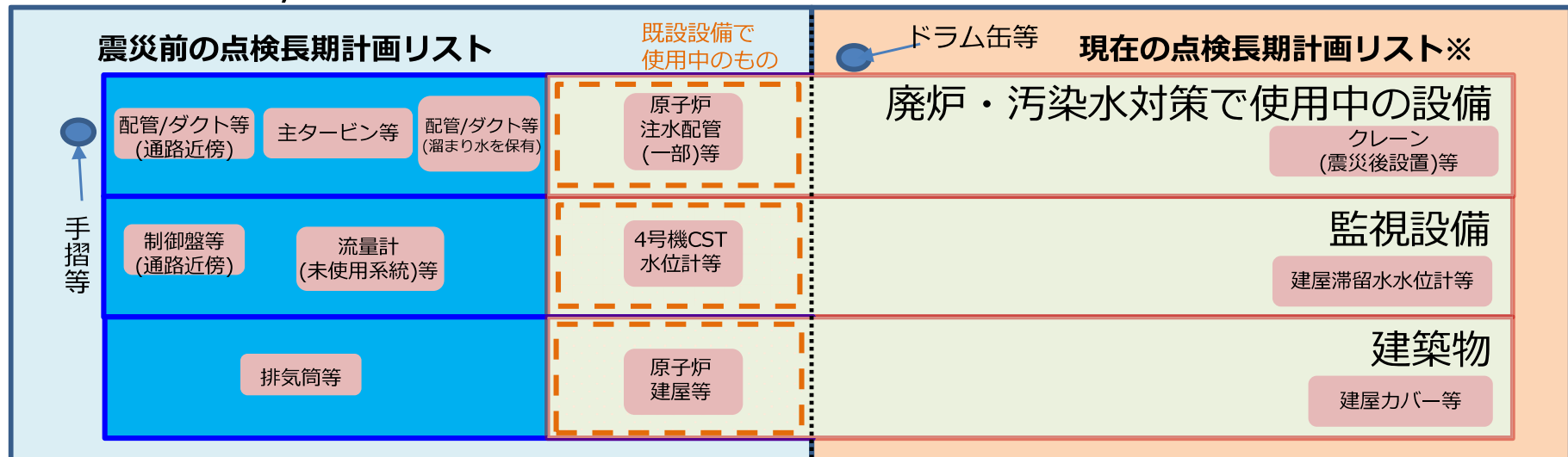
9-1. 設備等の長期保守管理計画の策定

- 廃炉・汚染水対策で使用中の設備については、マニュアルに基づき保全重要度を設定し、点検長期計画を策定して点検・手入れを実施
- 震災前から設置している既設設備は、震災前の点検長期計画にてリスト化されているものの、現状の点検長期計画に適切に反映出来ていないところがあり、管理状態が十分とは言えない
- さらに、2019年1月、3/4号機排気筒からの足場材落下事象のような、点検長期計画未反映箇所において経年劣化によるリスクが顕在化

⇒ 震災後の環境変化を踏まえ、廃炉・汚染水対策を進める上で特に注視すべきリスクを抽出し、該当する設備（機器）に対して、経年劣化モードに応じた対応が必要
 ⇒ 長期保守管理計画を策定し、今後、同計画に基づき対応を実施していく

構内の全設備，機器

※ 汚染水を取扱う設備及び放射性ガスを監視する設備については工事用機材として一時的に使用するものを除き仮設設備も管理対象

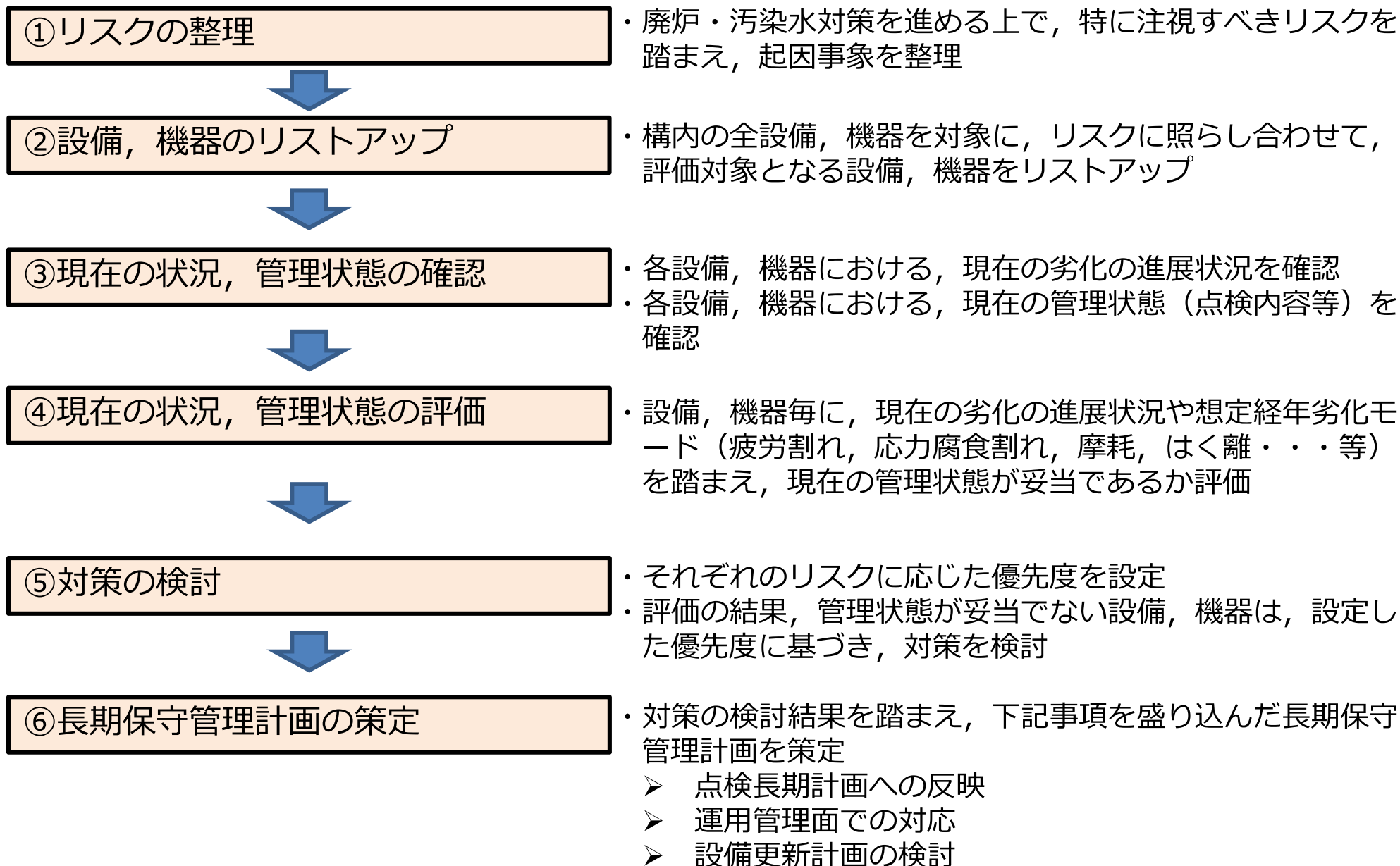


【既設設備】
(震災前設備)

【新設設備】
(震災後設置設備)

9-2. 設備等の長期保守管理計画の策定（検討のフロー）

- ・ 長期保守管理計画の策定に向けて、下記フローに基づき検討を実施



10. スケジュール（設備品質の向上）

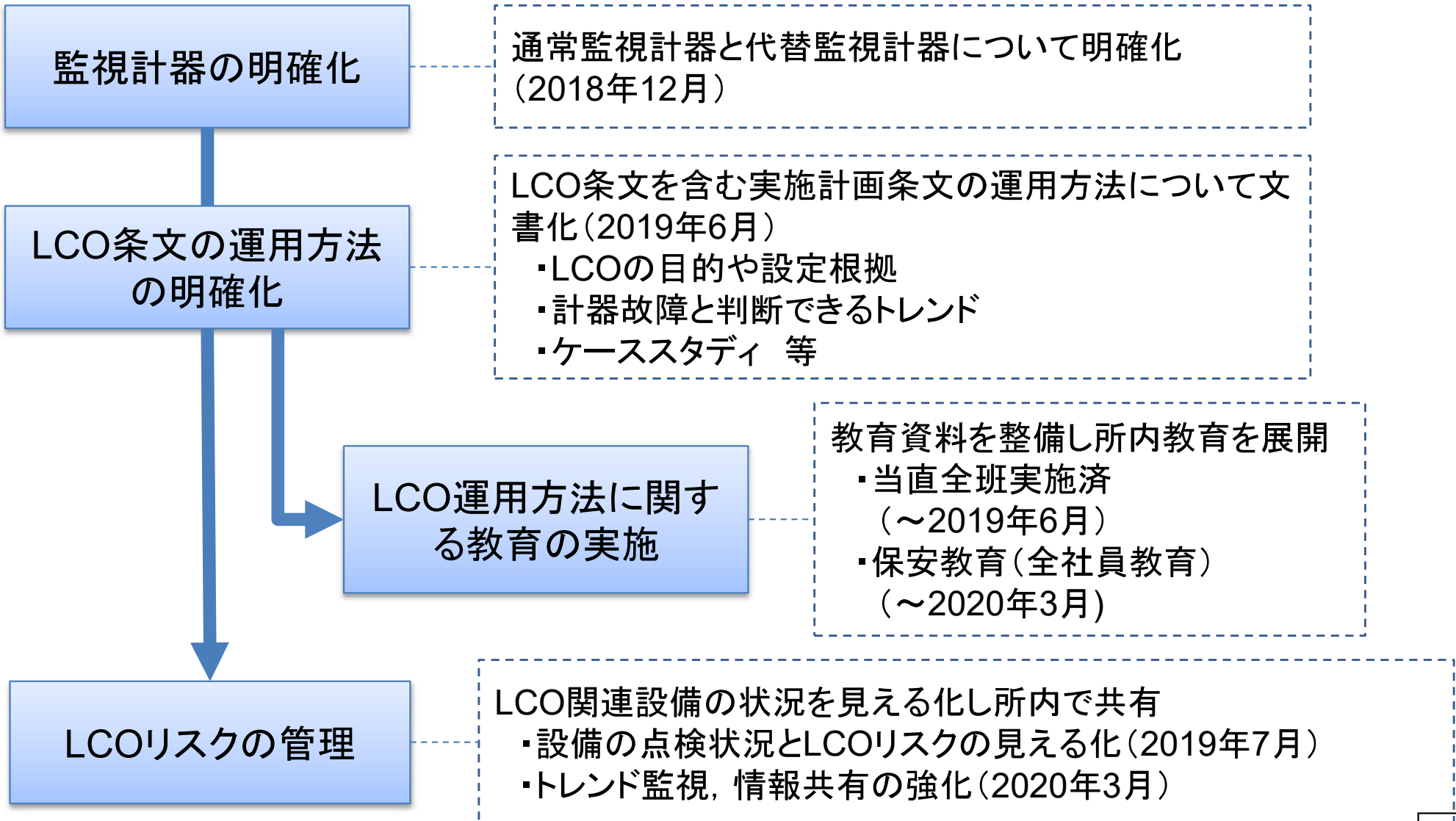
	2019年度			
	1Q	2Q	3Q	4Q
Ⅱ. 設備品質の向上				
①系統・機能要求と現状に照らした設備信頼度の向上策の検討	設計上脆弱な設備抽出	集約・優先順位付け	設備信頼度向上の技術検討⇒対策実施	
電路の強化	高圧電路強化（～2019年度末）			
			低圧電路強化（供給側：～2026年）	
②安全重要度に基づく適切な保守の実施	リスクの整理			
		設備・機器リストアップ		
		現状及び管理状態の確認		
		現状及び管理状態の評価		
				対策の検討
			長期保守管理計画の策定	

Ⅲ. 業務品質の向上

11. LCO関連計器の挙動に対する判断力向上と確実な対応

LCO※判断力向上のため、監視計器やLCO条文の判断方法を文書化し教育を展開
加えて、LCOリスク管理向上のため、設備の状況やパラメータの見える化を推進

※LCO:実施計画で定める運転上の制限



12. 放射線管理／防護に関する品質強化

放射線管理／防護に関する不適合事例が多発

課題

管理区域内飲水

APD／バッジ未着用

保護具の未着用又は不適切な着用

など

主要原因

放射線管理の不徹底

従事者の意識低下・誤認

など

主な対策

◆ APD／バッジ着用確認の強化

- ・ 抜き打ちチェックの対象を拡大【計画線量1mSv/人・日以上作業⇒構内作業の全て】
- ・ 車両スクリーニング場での確認を開始
- ・ 以下を放射線管理仕様書に明記
 - * 作業班長によるチェックを作業前・作業中・作業後に行うこと
 - * 未着用があった場合は、当社へ連絡すること
- ・ 入退域管理棟，休憩所等でのチェックを作業員に立ち止まってもらい実施するよう強化



車両スクリーニング場でのAPD／バッジ着用確認

◆ その他運用の強化

- ・ ルール違反者は再教育実施まで管理区域に入域出来ないよう入域ゲートがロックされる運用を新規で開始
- ・ 靴履替えエリア管理を，各作業主管箇所から当社放射線管理部門による一括管理に変更
- ・ 放射線管理委託業務（休憩所管理，エリア線量サーベイなど）の委託員が放射線管理の観点で現場状況，作業員の振る舞いなどのチェックを行う運用を新規で開始（毎日実施）
- ・ 同様観点で，当社放射線管理部門が管理対象区域全体を包括したパトロールを実施

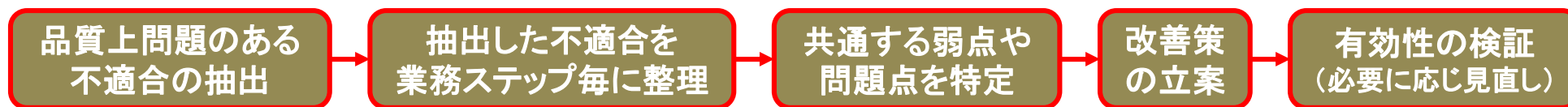
◆ 周知徹底，注意喚起

- ・ 放射線安全推進連絡会において，不適合事例の周知，注意喚起
- ・ 現場入域から作業中，現場退域までの振る舞いを整理した「ふるまい教育」を年1回実施
- ・ 当社／協力企業の放射線管理者による現場での声掛け運動などを実施

13-1. 不適合分析から業務ステップにおける悪さの抽出

■不適合に共通する弱点等に対する対策の実施

- ✓ 品質上問題となる不適合を抽出して問題のある業務ステップを整理し、共通する弱点や問題点を分析して改善策を検討・実施し、有効性を検証する
- ✓ 定期的の実施し、継続的な品質の向上を図る（これまで2回実施）



①品質上問題のある不適合の抽出

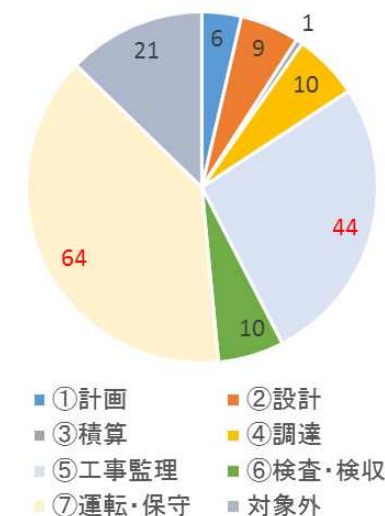
- 抽出方法：ヒューマンエラー&原子力安全関連ありでは是正処置検討「要」
- 抽出期間：2018年4月～2019年6月
⇒785件中 **111件の不適合件数を抽出（2回合計）**

②抽出した不適合を業務ステップ毎に整理

- 整理方法：抽出した不適合を弱点があると思われる業務ステップに整理

⇒**全体の約7割が「工事監理」「運転・保守」の業務ステップで発生**

業務ステップ	計画	設計	積算	調達	工事監理	検査・検収	運転・保守	その他	合計
是正処置件数	6	9	1	10	44	10	64	21	165



13-2. 抽出された悪さに対する対策の検討と実施

③業務ステップ毎に整理した不適合に対する改善策の検討・実施

● **共通する弱点や問題点を特定して、改善策の検討・実施及び有効性を確認**

(改善策は2019年度業務計画に設定して管理)

<第1回>

- ・ 問題点の特定・改善策の検討 : 2019年2月～3月
- ・ 改善策の実施 (一部検討継続) : 2019年4月～
- ・ 改善策に対して四半期毎に振り返り P D C A を廻す : 2019年6月～

<第2回>

- ・ 引き続き P D C A を廻しながら継続して改善策を検討・実施
- ・ 新規分の改善策を検討・実施 : 2019年7月～

■ 対策例

業務プロセス	主な問題点	主な対策
工事監理	<ul style="list-style-type: none"> ・ 机上段階でのリスク抽出が十分でなかった ・ 現場段階でのリスク抽出が十分でなかった 	<ul style="list-style-type: none"> ①安全確認チェックシートの更なる活用の検討 ②運転管理に起因する不適合の分析及び対策検討 ③不適合未然防止WG対策の見直し要否の検討
運転・保守	<ul style="list-style-type: none"> ・ 当社業務：コミュニケーション, 審査承認プロセス, 複雑な業務プロセスにおいて弱点を確認した ・ 委託業務：現場リスク抽出の視点が十分でなかった 	<ul style="list-style-type: none"> ①業務の I T 化 ②確認結果を基に具体的な是正を実施 ③部門横断的なMOの実施及び共有 (巡視の視点を多様化)

■ 不適合の発生に繋がる背後要因

業務品質上問題となる不適合の発生に繋がる背後要因として、震災後の福島第一原子力発電所における設備・現場環境の悪さあることが判明



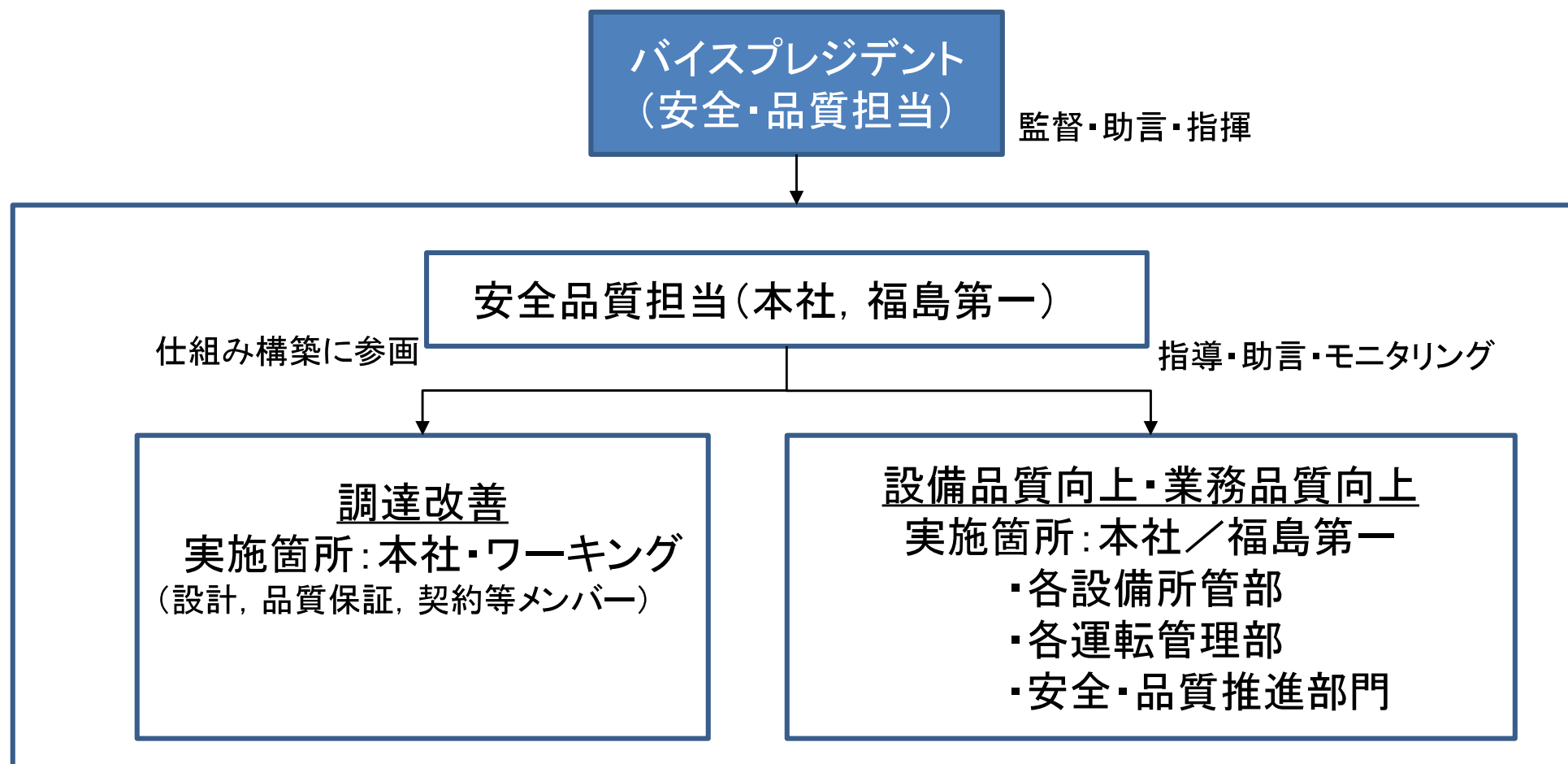
業務品質向上のため、設備品質向上と両輪で取り組む

14. スケジュール（業務品質の向上）

	2019年度			
	1Q	2Q	3Q	4Q
Ⅲ. 業務品質の向上				
①LCO関連計器の挙動に対する判断力向上と確実な対応	LCO条文を含む実施計画条文の運用方法について文書化			
	所内教育（当直）		所内教育（全所員）	
	設備の点検状況とLCOリスクの見える化		トレンド監視・情報共有の強化	
②放射線管理／防護業務の品質強化	不適合の分析・対策立案		対策実施⇒効果確認	
③不適合分析から業務ステップにおける悪さの抽出と対策の実施	対策実施（1回目）⇒効果確認		2018年度に1回目の不適合分析・改善策立案を実施	
	不適合の抽出・分析（2回目）	対策の検討・立案（2回目）		対策実施（2回目）⇒効果確認

15. 品質管理向上に向けた取り組み体制

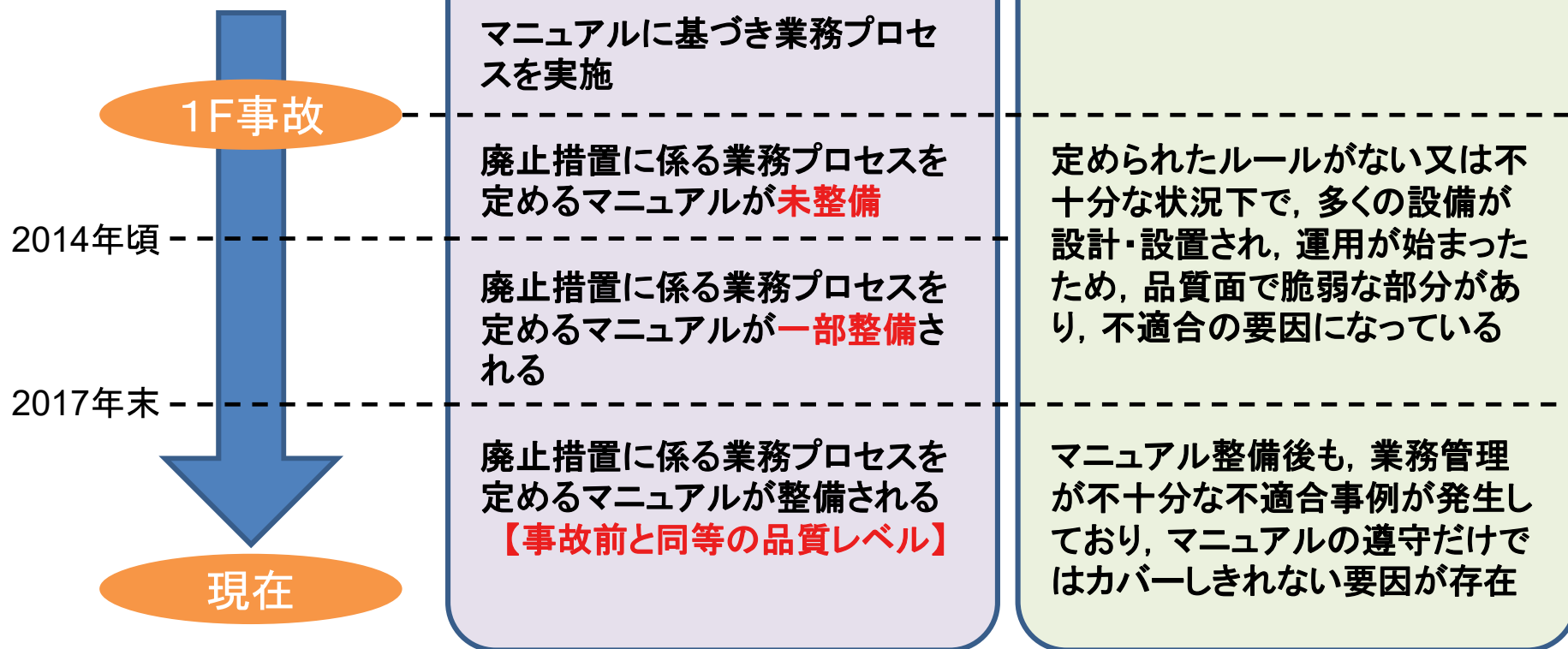
- 2019年4月に、CDOを補佐し調達改善を含む廃炉推進カンパニー品質全般を監督・助言・指揮する者としてバイスプレジデントを配置し、継続的改善に取り組む体制を構築した。



参 考

【参考1】 《現状把握》 業務プロセスの事故前／現在との比較

■ 業務プロセスの変遷



業務プロセス		評価	
1	計画	○	震災前／現在でマニュアルの要求レベルは同等
2	設計	○	震災前／現在でマニュアルの要求レベルは同等
3	積算	○	震災前／現在でマニュアルの要求レベルは同等
4	調達	○	震災前／現在でマニュアルの要求レベルは同等
5	工事監理	○	震災前／現状でマニュアルの要求レベルは同等
6	検査・検収	△	1～4号の検査は震災前より低い要求レベル。それ以外は同等
7	運転・保守	△	1～4号の保守管理は震災前より低い要求レベル。それ以外は同等か向上

■ マニュアル整備後の設計・調達関係の遵守状況

QMS再構築後（2017.7～）の設計・調達案件15件のマニュアル遵守状況を確認した結果、マニュアルは遵守されているものの、「設計管理ガイド」に記載されている技術検討事項の検討結果には、事故後スピード優先で対応してきたことなどから濃淡があり、設計管理の適切性については課題があることを確認

主な件名	技術検討時期
1～4号機 所内電源用メタクラ遠方監視装置の信頼度向上対策の実施について(2018年度工事)	2018.4
1F-5・6M Dタンク水位計変更について	2018.6
1号機ミスト散水設備空気圧縮機の機内圧力供給ラインの追設について	2018.6

上記課題に対して、2019.3から設計管理プロセスのうち、下記の設計計画、設計検討の改善を行い、設備の性能・品質に対する要求事項の検討・レビューが確実に行われるようになり、設計管理の適切性や設備品質が向上

（2019.3以降、2号機PCV内部調査・小規模取り出しX6ペネ風刺用設備他、24件のデザインレビューを実施）

- ・ 技術検討必須事項のリスト化（検討要否の明確化）
- ・ これまで明確でなかった検討事項の追加による検討事項の充実化
- ・ 不適合の未然防止、安全性、信頼性、経済性の観点での妥当性検討の追加

しかしながら、設計・調達に関係する不適合がゼロにはなっていないため、1Fの特殊事情に鑑みた設計・調達プロセスの継続的な改善に取り組んでいる

■ 設計・調達に関わる不適合の抽出

設備品質及び業務品質に問題のある不適合のうち、設計・調達に関わる不適合を抽出

- ・ 対象期間：2018年4月～2019年6月
- ・ 抽出結果：17件
- ・ 抽出された不適合は、原因がマニュアル不遵守でないことを確認

主な不適合件名	原因	発生日
【設計】建屋周辺水位監視・操作装置切り替えに伴う、地下水バイパス設備揚水ポンプ遠隔起動の運転継続不可事象について	設計検証の不足	2018.11
【調達】SARRY用変圧器盤新設工事に伴うHTI水位計欠測について	仕様承認時の確認不足	2018.6

■ 内部監査による設計・調達業務に関する指摘事項の抽出

内部監査による設計・調達に関わる指摘事項を抽出

- ・ 対象期間：2017年7月～2019年6月
- ・ 抽出結果：2件
- ・ 指摘事項がマニュアル不遵守ではなく、マニュアルの理解レベル及び適切な業務管理に関する内容であることを確認

指摘事項	報告時期
設計計画時における「既存設備の設計への影響確認」に対する関連専門箇所の選定誤り	2018.3
設計管理区分の対象外とする設計監理対象外リストの未作成	2018.7

【参考3】 重要不適合と品質強化プログラムの紐付け

■ 重要な不適合に対する品質強化プログラム

I. 設計・調達改善の取り組み《新規設備への対策》	
①	設計・調達プロセスの再構築
②	1F標準仕様の策定／整備
II. 設備品質の向上《既存設備への対策》	
①	系統・機能要求と現状に照らした設備信頼度の向上策の検討
②	安全重要度に基づく適切な保守の実施
III. 業務品質の向上	
①	LCO関連計器の挙動に対する判断力向上と確実な対応
②	放射線管理／防護業務の品質強化
③	不適合分析から業務ステップにおける悪さの抽出と対策の実施

■ 設備・業務品質に関わる重要不適合

分類	重要不適合件名
設備不具合	3号機燃料取扱設備クレーン主巻インバータ異常について
LCO逸脱	光ケーブル断心に伴うサブドレン水位遠隔監視不可について
LCO逸脱	1号機タービン建屋地下1階 電気マンホール内の残水の確認に伴う運転上の制限からの逸脱事象について
火災対応不備	固体庫9棟自火報の誤発報時に現場確認が遅れた事象
安全処置不足	SARRY用変圧器盤新設工事に伴うHTI水位計欠測について
LCO逸脱	PMB, HTI周辺サブドレン水位監視不能について
LCO逸脱	No.206サブドレンビット水位計偏差大警報発生に伴う件
放射線管理	使用済燃料共用プールオペフロ階のダスト採取忘れ
放射線管理	共用プール建屋Green zoneにおける連続ダストモニタの停止について
LCO逸脱	3号機滞留水露出水位計3号T/B北西エリア(3-T2-1)再冠水によるLCO逸脱について
監視・巡視	6号機原子炉保護系(A)系電源切替スイッチ誤接触による電源の喪失事象について
火災対応不備	H30年度第2回保安検査「火災発生時の対応実施状況」における口頭指摘について
放射線防護	管理対象区域内保護具の着用不備について
監視・巡視	1, 2号機CST炉注水ポンプ水源切替時における2号機CST炉注水ポンプトリップ事象
放射線防護	協力企業職員のガラスバッチャー一時不携帯について
監視・巡視	4号機CST水位低下事象
放射線防護	APD一時不携帯について
設計不備	1/2号機排気筒解体工事に伴う750tクレーンの揚程不足について
LCO逸脱	2号機RPV N2注入流量計のIDS誤記によるLCO逸脱について
放射線防護	電気品室内(Yゾーン)における靴の未着用について
安全処置不足	2/3号機SFP循環冷却1次系設備空気圧縮機取替時の安全処置の不足について
法令違反	福島第一原子力発電所内危険物倉庫の管理不備について

【参考 I -1】 3号機 FHM・クレーン不具合から得た主な教訓

	主な問題点	教訓
1	プロジェクトでの管理の弱さ	プロジェクトのミッションを達成するために、必要な体制、責任と権限を明確にし、適切なリソースを確保すること。長期にわたるプロジェクトにおいても全体管理を行えるような仕組みとすること (システムエンジニア、機械、電気、計装、土木、建築、安全等、プロジェクト初期段階に必要な体制、責任と権限を明確にしておく必要がある)
2	設計管理における要求事項の不十分さ、変更管理の甘さ	プロジェクトのミッションを達成するために必要な設備の設計における規格・基準類に基づく設計要求の明確化および実施中の変更管理を確実に実行する仕組みを構築すること ①仕様を要求するにあたり、適用する規格・基準類を明確にすること(設計、検査を確実に実施するために) ②設計の前提条件となる原子力安全に係る要求を明らかにし、加えて環境条件や運用方法等も明確に要求とすること ③コネクタケーブルという国内原子力で実績が少ない汎用品、クリティカル品目に対して技術レビューを行えること ④プロジェクトの各ステージにおいてゲートを設定し、十分な設計活動、品質保証活動を実施していることを、責任者が承認し次工程へ進むプロセスとすること
3	リスクアセスの不十分さ	概念・基本・詳細の各設計段階、製造段階、設置工事段階、運用段階においてリスク管理を適用し、ステージゲート毎にレビュー、フィードバックさせる仕組みとすること
4	クリティカル品の設計、製造不良を見抜く力量の不足	クリティカル品の設計、製造不良を見抜く品質管理が必要 ①製造者の品質保証体制に係る監査的手法活用による評価を行うこと。 ②要求する製品の機能・性能を担保するために必要な検査を特定し実施すること。当該品質記録を残すこと。 ③海外品については、文書で明確に要求しない限り、国内プラントメーカーと同様な品質管理(品質記録の作成・提出)は行われなことを踏まえた対応が必要。 ④一般産業品であってもクリティカル品には①または②等の手法を用いて設計、製造品質を担保すること。
5	既存設備との取り合い設計の甘さ	現地調査を踏まえた情報をインプットとすること 検証方法(モックアップで確認できること、できないこと)を確実にレビューすること
6	変更管理の甘さ(検査等)	設計・製造・工事段階の変更管理を受注者(サブベンダ)に適切に実施させること(発注者へも報告) ①受注者に変更管理を確実に実施させ、発注者が確認可能なように、文書や品質記録等に変更内容・変更に伴う影響評価、作業や検査の場合は、手順書での条件の明記およびその復旧記録を残すこと。 ②検査条件は現地条件に合わせる。仮に変更する場合は機能・性能の観点から影響を評価させ発注者の了承を得ること。
7	トラブル発生時のリカバリの困難さ	リカバリ対応を可能とするために適切な内容の設備図書を提出させること ①IBDを提出させること。ブラックボックスとならないよう、ECWDを提出させること ②取扱説明書のトラブルシューティングの記載を充実させること リカバリ対応を行うに当たり、当社の対応能力(設備図書等の保有するトラブルシューティング情報)を見極め、元請・サブベンダとトラブル体制を構築すること

【参考 I -2】 1/2号機排気筒解体工事不具合から得た教訓

- 1/2号機排気筒解体工事で発生した不具合のうち、設計・調達管理上の要因があると考えられる事象の原因と得られた教訓は以下の通り

番号	事象	原因	主な教訓
a	解体装置が排気筒最頂部に設置可能か確認したところ、計画時の吊り代と実際の吊り代に差異があり、最頂部に設置できないことが判明	<ul style="list-style-type: none"> ・ 誤ったクレーン計画図を受注者に提示した ・ 実際のクレーンの仕様がカタログと異なる可能性があることを、認識していなかった ・ 作業計画図の検証が不十分だった 	<p>事前確認試験の条件が実際の作業状況と差異があり、必要十分な検証が出来なかった ⇒ 1 F 現場の特殊性を鑑み、可能な限り現場実態に即した事前確認試験を実施する必要がある</p>
b	チップソーの摩耗が想定より早かった	<ul style="list-style-type: none"> ・ 溶接ビート廻りは熱硬化しているため、想定よりも硬いことが分かった 	
c	チップソーの摩耗が想定より早かった	<ul style="list-style-type: none"> ・ モックアップと異なる応力が発生し、下側の切断面に圧縮力が発生した 	
d	通信障害の発生	<ul style="list-style-type: none"> ・ 1 F では公共電波との干渉により一時的な通信障害が発生する（他工事でも同様の事象が発生） 	<p>地元企業が元請であったため、1 F の作業計画上の留意事項を十分把握できていなかった ⇒ 地元企業が元請となる場合は、1 F における作業上の留意事項など作業品質に関わる情報を当社から積極的に提供、指導する必要がある</p>
e	施工手順書と異なる作業が必要になった際に、切断作業のオペレーションに時間がかかった	<ul style="list-style-type: none"> ・ トラブル発生時に操作者に的確な指示を送るために、協力企業棟の把握できる情報の拡充が必要 	



➤ 現地事前確認試験のルール化

- 現地での事前確認試験を原則として要求。
- 現地試験が困難な場合は、現地状況に可能な限り近づけた試験を実施するとともに、現地状況と試験状態の条件差異について影響評価を行う。

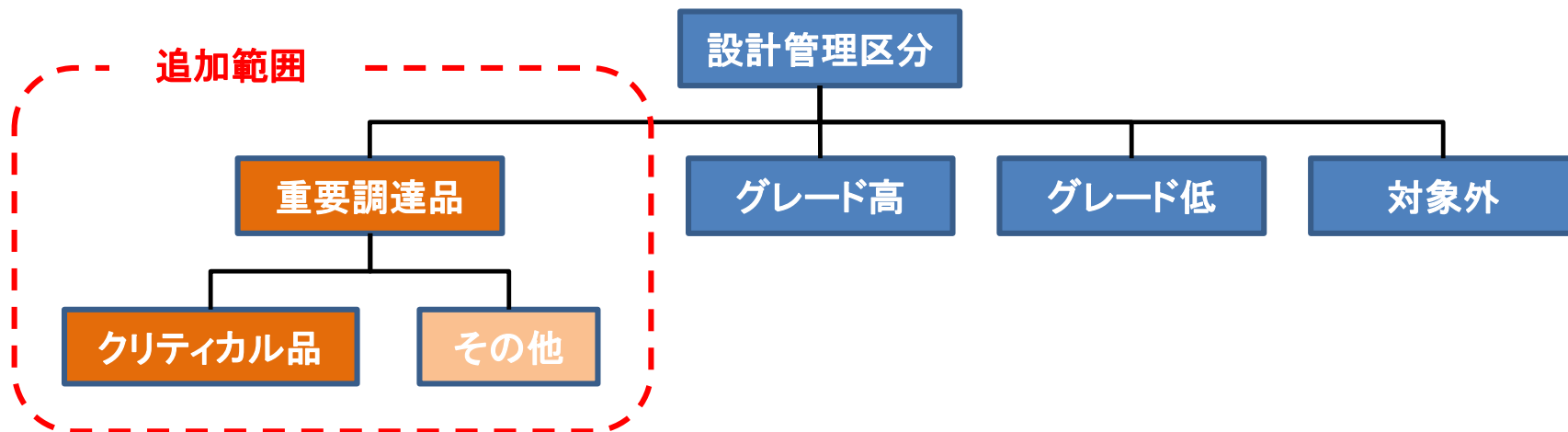
➤ 地元企業参入時の指導・サポートの強化

- 地元企業参入時には、作業計画段階から1 F の現場の特殊性を踏まえ、当社から積極的に指導・サポートを行い、安全および品質の向上を図る。

【参考 I-3】コンセプト（重要調達品・クリティカル品）

➤ プロジェクトリスクに基づき手厚い調達活動を行う「重要調達品」及び「クリティカル品」を定義

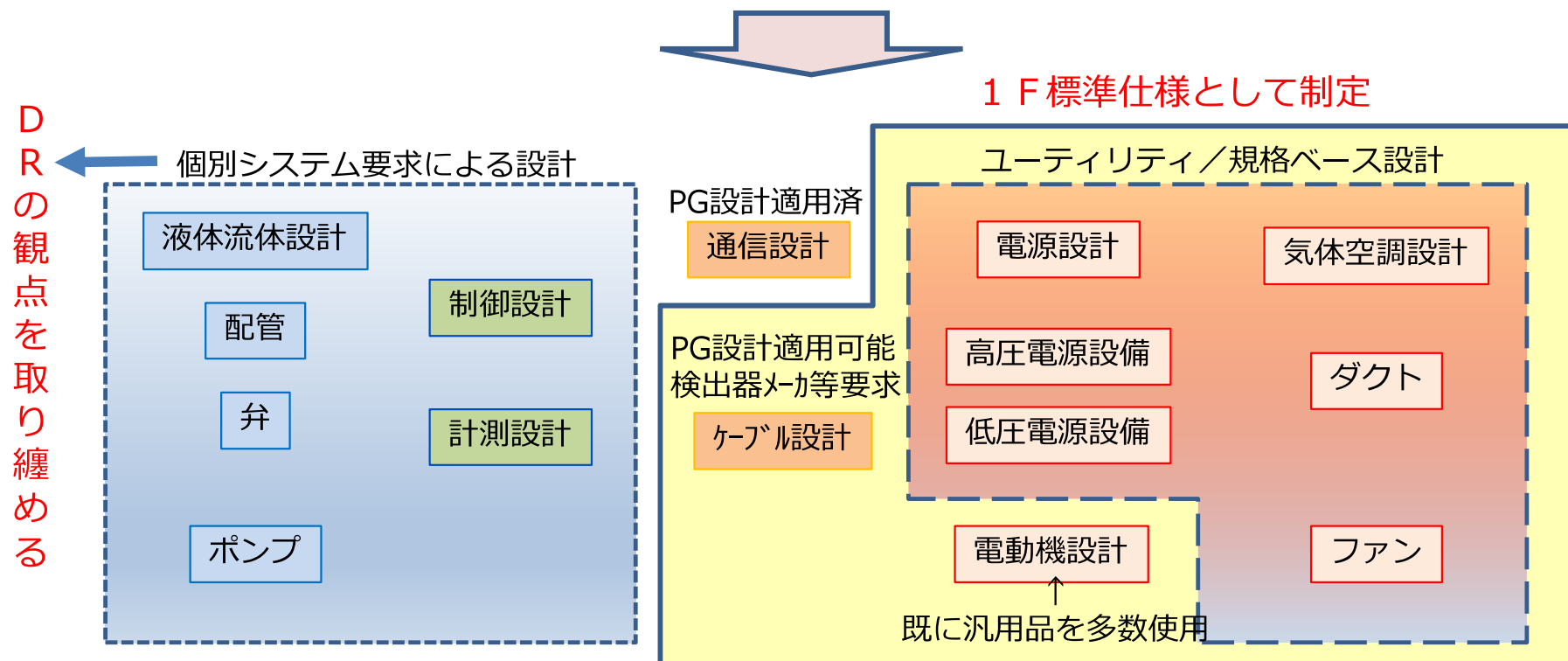
- プロジェクトリスク「高」
 - ・ 中長期計画上重要なマイルストーン達成に必要な設備
 - ・ 原子力安全に係わる設備（環境への放射性物質放出の恐れ，作業者の多大な被ばく）
- 設計管理区分「重要調達品」（プロジェクトリスク「高」および以下のいずれかに該当）
 - ・ 新設計（新規開発品）
 - ・ 海外調達品
 - ・ 一般産業品からの設計変更（環境条件，運用方法の変更も含む）
- 「クリティカル品」
 - ・ 基本・詳細・製造時の設計段階において，システム，サブシステム，コンポーネントのリスク分析を行い，重要設備を「クリティカル品」として抽出
 - ・ クリティカル品については，規格に基づく仕様要求および検査の実施，品質記録の提出を求める等，設計・製造・工事の各ステップにおいて手厚い確認を行い，品質を確保



【参考 I -4】 1 F 標準仕様の策定範囲について

➤ 1 F 標準仕様の策定範囲の考え方

- 廃炉設備として多数使用される機器（コストのベースとなり得るもの）
- 規格等に基づく一般産業品として流通・活用されているもの
- ただし，機器の競争環境を確保し，標準仕様により特定購買品に制限しない



※ 「個別システム要求による設計機器」は 2020年度以降，標準仕様では無くデザインレビュー（DR）での観点として取り纏めていく

【参考Ⅱ-1】長期保守管理計画（①リスクの整理）



- 廃炉・汚染水対策を進める上で特に注視すべきリスクとして、**①環境への影響（公衆及び作業員への被ばくを含む）、②人身災害・設備災害の発生**を抽出
- それぞれのリスクに対応する起因事象を整理

①環境への影響（公衆及び作業員への被ばくを含む）

（1）バウンダリ機能の喪失

放射性物質を内包する設備が損傷し、バウンダリ機能、漏えい検知機能及び放射線の遮蔽機能が喪失

（2）監視機能の喪失

監視設備や計器が故障し、廃炉・汚染水対策に必要な設備の監視機能が喪失

（3）新設設備，使用中の既設設備の機能喪失

上記（1），（2）以外で、廃炉作業を進めるために必要な設備の機能が喪失

②人身災害・設備災害の発生

（4）建物及び建築構造物※の倒壊，構造物の落下・飛来

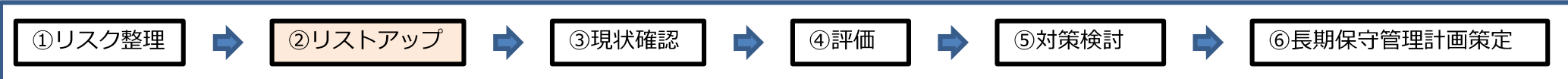
建物や建築構造物の倒壊，構造物の落下・飛来等で災害が発生

（5）既設設備※の倒壊，構造物の落下・飛来

既設設備の倒壊，構造物の落下・飛来等で，災害が発生

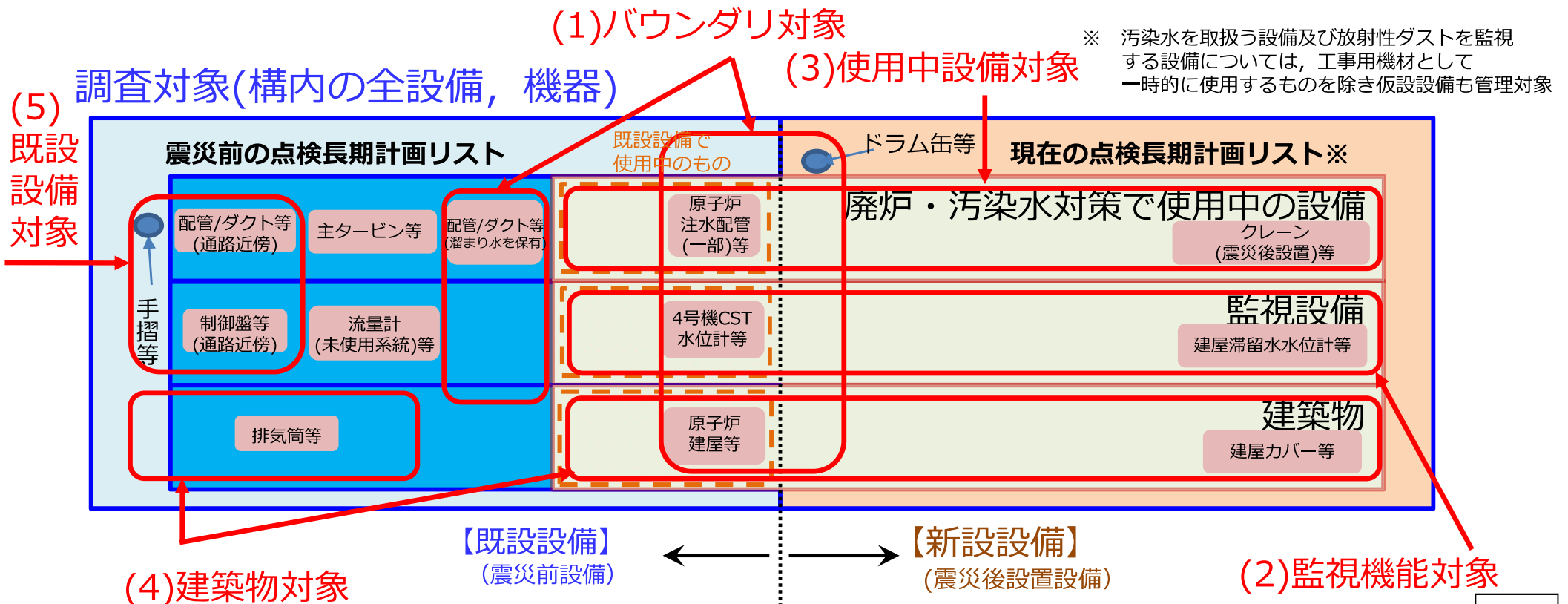
※建物や設備に付属する階段，手摺，歩廊等も含む

【参考Ⅱ-2】長期保守管理計画（②対象設備，機器のリストアップ）

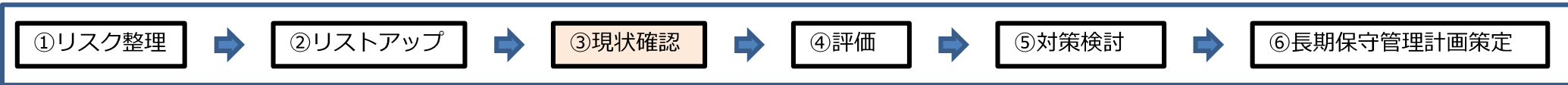


- 震災前に設置された未使用機器も含めた構内の全設備を対象とし，5つのリスクに照らし合わせて，評価対象設備をリストアップ

(1) バウンダリ機能の喪失	⇒	放射性物質が内包または付着している設備，機器
(2) 監視機能の喪失	⇒	供用中の計器や既設設備の状態監視に必要な計器
(3) 使用中設備の機能喪失	⇒	廃炉作業を進めるために必要な機器
(4) 建築物の倒壊	⇒	1 F 構内でアクセスする可能性のある建屋・建築構造物
(5) 既設設備の倒壊	⇒	1 F 構内でアクセスする可能性のある設備や安全通路近傍にある設備



【参考Ⅱ-3】長期保守管理計画（③現在の状況，管理状態の確認） **TEPCO**

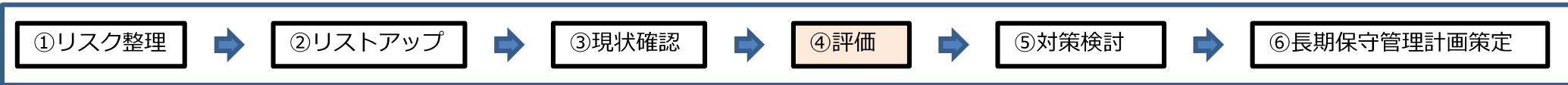


- 各設備，機器における，現在の劣化の進展状況を確認
（立入禁止，接近禁止を除き，現場ウォークダウン等を実施して確認）
- 各設備，機器における，現在の管理状態を確認
 - 現状の設備，機器の点検内容，頻度等を確認
（現行の点検長期計画等を基に確認）
 - 設置場所やインベントリ等を考慮した点検以外の劣化の検知手段を確認
（パトロールや漏えい検知の方法を確認）

<現状確認結果表（イメージ）>

対象機器	設置時期	設置場所	劣化の進展状況	管理状態		
				点検内容 (頻度)	その他劣化の検知	...
△号機〇〇冷却ポンプ (A)	震災前	△号機 ◆◆建屋 3階	外観目視点検にて異常なし	分解点検 (1回/●年)	1回/週 現場パトロール 漏えい検知器あり	...
□□循環ポンプ(A)	震災後	高台 □□建屋 1階	外観目視点検にて異常なし	分解点検 (1回/●年)	1回/月 現場パトロール 漏えい検知器あり	...
・	・	・	・	・	・	・
・	・	・	・	・	・	・
・	・	・	・	・	・	・

【参考Ⅱ-4】長期保守管理計画（④現在の状況，管理状態の評価） **TEPCO**

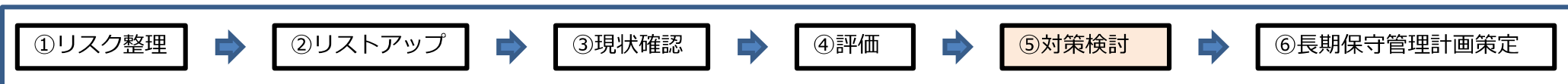


- 「原子力発電所の高経年化対策実施基準」を参考に，現状の1Fの特殊性を踏まえて考慮すべき経年劣化モードを設定
（その他考慮すべき経年劣化モードがあるかどうかについても，引き続き検討）
- 現在の劣化の進展状況，経年劣化モードを踏まえ，現在の管理状態が妥当であるか優先順位をつけて評価

＜考慮すべき経年劣化モード一覧（検討の中で適宜追加）＞

NO	経年劣化モード	NO	経年劣化モード
1	疲労割れ	11	熱・放射線等による劣化
2	中性子照射脆化	12	導通不良，断線
3	応力腐食割れ	13	スプリング等のへたり
4	摩耗，はく離	14	固着
5	熱時効	15	照射化スウェリング
6	腐食	16	水トリー劣化
7	絶縁特性低下	17	抵抗値等特性の変化
8	コンクリート等の強度低下	18	油性状の変化
9	消耗品の劣化	19	課電劣化
10	クリープ

【参考Ⅱ-5】長期保守管理計画（⑤対策の検討）



- 設備，機器の重要度や管理状態を踏まえて，リスク管理の観点から対応の優先度を設定

【優先度設定の考え方(案)】

- ① 港湾や排水路の近傍等，環境への放出リスクが高い箇所の対応を優先
(放射性物質の外部放出)

<優先度設定の例>

対象	優先度	設定の考え方
建屋海側トレンチ内滞留水	高	港湾に近く，環境への放出リスク高
除染装置スラッジ	高	高線量であり，3.11津波を超える津波が発生した場合の環境への放出リスク高
固体廃棄物貯蔵庫	低	高線量だが，固体かつ屋内で管理された状態にあり環境への放出リスク低
溶接タンク	低	量が多いが，パトロール等の漏えい監視に加え，堰による漏えい防止対策がなされていることから環境への放出リスク低

- ② PCVガス管理設備の監視計器等，監視機能喪失に伴う影響が大きい箇所の対応を優先
(設備の機能喪失)
- ③ 原子炉注水設備等，設備の保全重要度が高い箇所の対応を優先
(設備の機能喪失)
- ④ パトロールルート近傍等，倒壊や飛来による災害リスクの高い箇所の対応を優先
(人身災害)

- 上記優先度設定を踏まえ，管理状態が妥当でない設備について，追加対策を検討

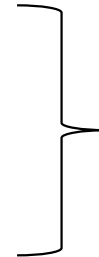
【参考Ⅱ-6】長期保守管理計画（⑥計画の作成）



・ 長期保守管理計画(アウトプット)のイメージ

－ 点検長期計画

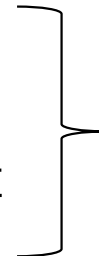
- ・ 点検長期計画への設備, 機器追加
(点検長期計画未作成のもの)
- ・ 点検内容, 周期の見直し
(点検長期計画制定済のもの)



・ 点検長期計画(リスト)への反映

－ 運用管理面での対応

- ・ 漏えい監視方法・頻度の見直し
(現場パトロール, モニタリング等)
- ・ 表示・区画等による立ち入り禁止措置
(応急対応)



・ マニュアルへの反映
・ 規制文書の発行

－ 設備更新等の計画

- ・ 補強工事の実施
- ・ 設備のリプレース
- ・ インベントリを早急に低減する対応

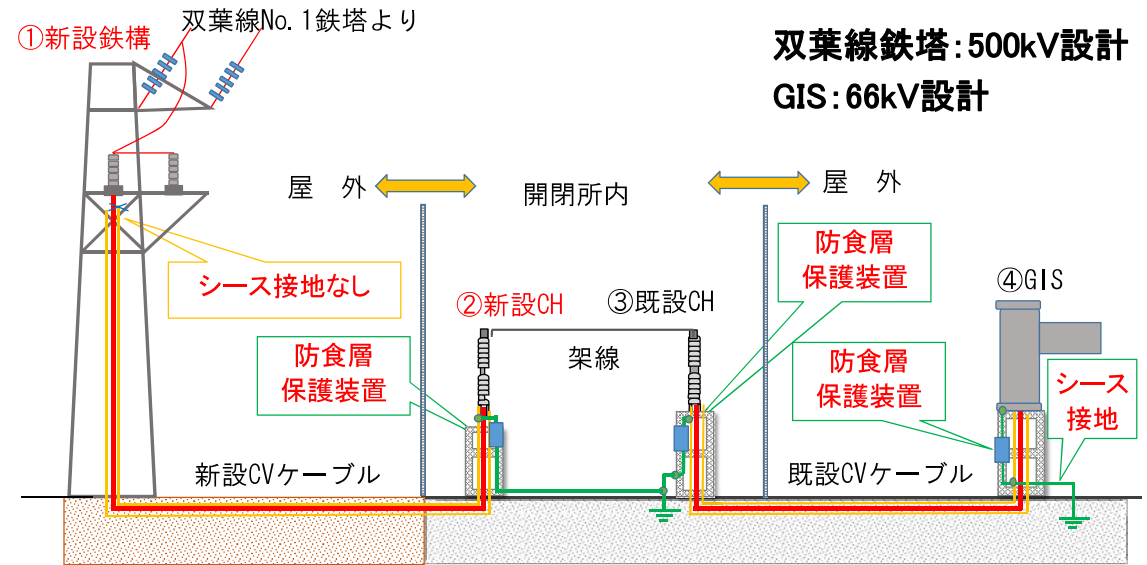


・ 中長期RMやリスク低減目標
マップの工程表等への反映

【参考Ⅲ-1】実施計画違反の対応（双葉線1号からの発煙・発火事象）



【事例概要】 66kV双葉線1号黒相用CVケーブルシース回路に設置されている防食層保護装置より、発煙・発火事象が発生した



双葉線鉄塔：500kV設計
GIS：66kV設計

【原因】 施工誤りにより、シース接地が取れていなかった。

- 標準的な回路構成とは異なり、特殊性があったがシース回路の図面を作成せず施工した
- 受電前施工の完了を確認する外観検査を省略した

↓

実施計画第3条「品質保証計画」の不履行に該当

【対策・教訓】

- ◆ 標準的な構成を原則とするが採用できない場合、接続箇所を明確にした図面を作成し、図面での確認ののち、接続に関する施工を実施すること
- ◆ 受電前には、主回路だけではなくシース回路についても、外観検査等にて接続状態を確認すること
- ◆ チェックシート等を用いて、購入追加仕様書の要求事項と工事施工要領書の内容が合致していることを確認すること

【参考Ⅲ-2】実施計画条文の運用方法に関する文書について

- LCO条文を含む実施計画条文の運用方法について文書化
- イン트라ネットで閲覧可能とすることで確実かつ速やかな判断を支援する仕組みを構築

計器故障と判断できるトレンドを明確化

➢ 計器故障と判断する指示変動パターン
(原子炉注水流量)

指示値がD、Sとなるケース		運転上の制限逸脱判断: 不要 ・パルス状の変化にてD、Sとなる場合であれば、計器故障にて指示変化が生じたものと考えられる ・左図のように指示がD、Sから瞬時復帰した場合は前後の指示値と確認し、有意な差が無ければ流量計に異常はない ・実事象に伴い、流量が減少した場合は流量計指示は0となり、D、Sには至らない
---------------	--	--

➢ 代替監視計器による監視が有効なパターン
(原子炉圧力容器底部温度)(原子炉格納容器温度)
・監視温度計選定文書にて通知された温度計にて代替監視を実施

(原子炉圧力容器底部温度)(原子炉格納容器温度)
・1～4号機運転日誌記載ガイドに記載されている流量計にて代替監視を実施

➢ 評価や管理的手段による判断方法
・なし

LCOの目的や設定根拠を記載

<目的>
原子炉圧力容器及び原子炉格納容器内の燃料デブリ等の残留熱を除去できる機能を有する原子炉注水系を維持すること。また、原子炉圧力容器底部温度等を監視することにより、冷温停止状態維持を確認すること

<運転上の制限の考え方>
◆ 原子炉圧力容器温度・原子炉格納容器温度
「東京電力福島第一原子力発電所・事故の収束に向けた道筋」のステップ2完了の判断の一部となっている冷温停止状態維持のため、原子炉圧力容器底部温度について事故後の高温・高湿の環境下にあった温度計の不確かさを考慮し、原子炉圧力容器底部温度について「80℃以下」であることを規定

◆ 原子炉格納容器温度
原子炉格納容器内水位の低下、または原子炉注水量の減少等により、燃料デブリの一部が冷却水から完全に露出した場合、原子炉格納容器内の温度が上昇するが、密閉気ガスを介した熱伝達となり、温度上昇が緩慢になることから原子炉格納容器温度について「全体的に著しい温度上昇傾向がないこと」を規程
(※:6時間あたりの温度上昇率から計算された100℃到達までの時間が24時間以内)

LCOに関連するケーススタディを記載

想定ケース
LCO逸脱判断根拠

免震重要棟監視室にて原子炉格納容器温度の確認ができない場合(通信トラブル時)
・速やかに免震重要棟もしくは現場デジタルレコーダにて他の原子炉格納容器温度が確認できるため、運転上の制限を満足していると判断する
・全ての原子炉格納容器温度が免震重要棟で確認できない場合は、現場デジタルレコーダにて原子炉格納容器温度が確認できるため、運転上の制限を満足していると判断する
・原子炉格納容器温度が6時間当たりの上昇率から計算された100℃到達までの時間が24時間以下を指し、他の原子炉格納容器温度計が同様の挙動を示している場合、運転上の制限を満足していないと判断する
・上昇中の原子炉格納容器温度が6時間当たりの上昇率から計算された100℃到達までの時間が24時間以下を指示し、その温度計が一時的な計器指示不良等により実事象を表していないと判断した場合、運転上の制限を満足していると判断する

【考え方】解説(背景等)
原子炉格納容器温度は1つの温度計から2つのデジタルレコーダに分割され免震棟監視室に表示されるため、単体のデジタルレコーダから免震重要棟監視室への通信トラブルが発生した場合はもう片方のデジタルレコーダにて運転上の制限を満足していることの確認が可能である。
また、原子炉格納容器温度については、全体が2つのデジタルレコーダに配分されているため、原子炉格納容器温度計全てが監視不可となることは少ない。
さらに原子炉格納容器温度は短時間で大きな温度変化は考えにくいことから、免震重要棟で監視が出来なくなった場合、速やかにマニュアル(DA-57・1F-G1-001-安管-1 原子炉圧力容器、原子炉格納容器内の監視及び安全評価要領)で定められている運転上の制限判断基準の着目点を確認し、現場デジタルレコーダで原子炉格納容器温度の監視を行うことを担保に運転上の制限を満足していることの確認が可能である。

【参考Ⅲ-3】設備の点検状況とLCOリスクの見える化に関する取組み TEPCO

保全作業等に伴うLCOリスクを共有する取組みの一環として、LCO関連設備の運転状況を見える化

日ごとの状況見える化

LCO条文
に関する
主要設備を
抽出

LCOの解釈		設備		31	1	2	3	4	5	6
				Sat	Sun	Mon	Tue	Wed	Thu	Fri
第18条	常用原子炉炉注水系により必要な注水量が確保	1号CST炉注水ポンプ	(A)	○	○	○	○	○	○	○
			(B)	○	○	○	○	○	○	○
		2号CST炉注水ポンプ	(A)	○	○	○	○	○	○	○
			(B)	○	○	○	○	○	○	○
		3号CST炉注水ポンプ	(A)	○	○	○	○	○	○	○
			(B)	○	○	×	×	×	×	×
待機中の非常用原子炉注水系1系列が動作可能	非常用高台炉注水ポンプ		○	○	○	○	○	○		
	純水タンク脇注水ポンプ		○	○	○	○	○	○		
第24条	PCVガス管理設備の放射線検出器1チャンネルが動作可能	1号PCVガス管理設備	希ガスモニタ (A)	○	○	×	○	○	○	
			希ガスモニタ (B)	○	○	○	○	○	○	
		排気ファン	(A)	○	○	○	○	○	○	
			(B)	○	○	○	○	○	○	
		2号PCVガス管理設備	希ガスモニタ (A)	○	○	○	○	○	○	
			希ガスモニタ (B)	○	○	○	○	○	○	
		排気ファン	(A)	○	○	○	○	○	○	
			(B)	○	○	○	○	○	○	
		3号PCVガス管理設備	希ガスモニタ (A)	○	○	○	○	○	○	
			希ガスモニタ (B)	○	○	×	×	×	×	
			排気ファン (A)	○	○	○	○	○	○	
			排気ファン (B)	○	○	×	×	×	×	
第25条	窒素ガス分離装置1台が運転中	窒素ガス分離装置		(A)	○	○	○	○	○	
				(B)	○	○	○	○	○	
				(C)	○	○	○	○	○	
第61条	D/Gが5号炉1台、6号炉1台動作可能	D/G 5A		○	○	○	○	○	○	
		D/G 5B		○	○	○	○	○	○	
		D/G 6A		○	○	○	○	○	○	
		D/G 6B		○	○	○	○	○	○	
補足 ◆なし				分類	HIGH	MID	LOW	青旗	赤旗	
				運転・待機	○	○	○	○	○	
				非待機	×	×	×	×	×	
				同一電源	△	△	△	△	△	

点検等に伴う停止状況を○×で記載



単一故障でLCOになるリスク等を評価し色分け

【参考Ⅲ-4】管理対象区域内における飲料水摂取案件の対策について **TEPCO**

事象概要

管理対象区域の装備脱衣エリアにおいてウォーターサーバ及びクーラーボックスが設置され、飲料水の摂取が行われていたことが判明 **「1F規則第9条第一項ロ」に抵触**



調査の結果、「特定原子力施設に係る実施計画」不履行の疑いがある事象が確認された

◆ **要因と対策**

品質管理上の問題と考えられる要因とその対策は以下の通り

品質管理上の要因	対策
<ul style="list-style-type: none"> 管理対象区域内の休憩所等の運用について、現場の確認が行われていなかった 	<ul style="list-style-type: none"> 管理対象区域内の休憩所等についても、当社が定期的に放射線管理パトロールを実施する
<ul style="list-style-type: none"> 休憩所を管理する委託先に対し、放射線管理上の適切な指導、確認を行っていなかった 	<ul style="list-style-type: none"> 休憩所の運用の変更／追加を行う際は、委託先放射線管理責任者が確認した書類(文書・図面等)を受領し、当社は内容確認後に確認者、確認日を記載する 休憩所の設置／撤去および運用の変更／追加時は当社立ち合いによる現場確認を行う
<ul style="list-style-type: none"> 放射線業務従事者の意識の低下が確認されている 	<ul style="list-style-type: none"> 現場入域から作業中、現場退域までの振る舞いを整理した「ふるまい教育」を年1回実施する 悪質なルール違反者は従事者解除とする罰則を再周知する 当社／協力企業の放射線管理者による現場での声掛け運動などを実施する

【参考Ⅲ-5】不適合分析に基づく主な問題点と対策

業務プロセス	主な問題点（抜粋）	主な対策（抜粋）
工事監理	<ul style="list-style-type: none"> ・机上段階でのリスク抽出が十分でなかった ・現場段階でのリスク抽出が十分でなかった 	<ol style="list-style-type: none"> ①安全確認チェックシートの更なる活用の検討 ②運転管理に起因する不適合の分析及び対策検討 ③不適合未然防止WG対策の見直し要否の検討
運転・保守	<ul style="list-style-type: none"> ・当社業務：コミュニケーション、審査承認プロセス、複雑な業務プロセスにおいて弱点を確認した ・委託業務：現場リスク抽出の視点が十分でなかった 	<ol style="list-style-type: none"> ①業務のIT化 ②確認結果を基に具体的な是正を実施 ③部門横断的なMOの実施及び共有（巡視の視点を多様化）
	<ul style="list-style-type: none"> ・基本動作が十分でなかった ・上位職の関与が十分でなかった ・教育が十分でなかった 	<ol style="list-style-type: none"> ①～③運転員の基礎知識に関する研修，MOの実施方法・共有方法の改善（例：良好事例だけでなく問題点を見つけ共有する） ④運転員の負担軽減（作業分担・行程調整の実施）
	<ul style="list-style-type: none"> ・火災リスクに対する評価が十分でなかった ・自衛消防隊の力量が十分でなかった ・担当者のみが業務を把握していた ・業務の進捗管理が十分でなかった 	<ol style="list-style-type: none"> ①火災影響評価を踏まえた火災リスクの検討を実施 ②自衛消防隊の計画的な訓練を実施 ③ガイド等を作成し，業務の標準化を図る ④業務のスケジュール化・毎月の進捗確認
	<ul style="list-style-type: none"> ・委託運転員の力量（運転操作員としての基本動作）が十分でなかった 	<ol style="list-style-type: none"> ①委託運転員の研修内容見直し ②専属チーム（直営化に向けて技術・知識を習得した者）による指導を活用した委託運転員の力量向上 ③当直長，副長のMOによる委託運転員の基本動作の指導
	<ul style="list-style-type: none"> ・基本動作が十分でなかった ・上位職の関与が十分でなかった ・教育が十分でなかった 	<ol style="list-style-type: none"> ①全作業（すべての対応操作）でのCBAの実施 ②当直OEの作成（ヒヤリ・ハット等を当直内で共有） ③上位職による自直内メンバーに対する現場MOの実施 ④運転員の直内研修の充実化
調達及び検査・検収	<ul style="list-style-type: none"> ・チェック体制不備による確認が十分でなかった ・変更承認に関する知識が十分でなかった 	<ol style="list-style-type: none"> ①許認可や変更承認等についてのガイドを作成（チェック項目や過去の不適合事象を纏める）