

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報(A)

(11)公開番号  
特開2025-63243  
(P2025-63243A)

(43)公開日 令和7年4月15日(2025.4.15)

(51)国際特許分類		F I	
G 2 1 C	17/00 (2006.01)	G 2 1 C	17/00 1 0 0
G 2 1 D	1/00 (2006.01)	G 2 1 D	1/00 W
G 2 1 C	17/02 (2006.01)	G 2 1 C	17/02 4 0 0
G 0 1 T	1/167(2006.01)	G 2 1 C	17/02 3 0 0
		G 0 1 T	1/167 D
		審査請求 有 請求項の数 10 O L (全16頁)	
(21)出願番号	特願2025-8228(P2025-8228)	(71)出願人	507250427
(22)出願日	令和7年1月21日(2025.1.21)		日立GEニュークリア・エナジー株式会
(62)分割の表示	特願2022-29812(P2022-29812)の		社
	分割		茨城県日立市幸町三丁目1番1号
原出願日	令和4年2月28日(2022.2.28)	(74)代理人	110001807
			弁理士法人磯野国際特許商標事務所
		(72)発明者	伊藤 剛
			茨城県日立市幸町三丁目1番1号 日立
		(72)発明者	和田 陽一
			東京都千代田区丸の内一丁目6番6号
		(72)発明者	大城戸 忍
			株式会社日立製作所内
			茨城県日立市幸町三丁目1番1号 日立
			GEニュークリア・エナジー株式会社内
			最終頁に続く

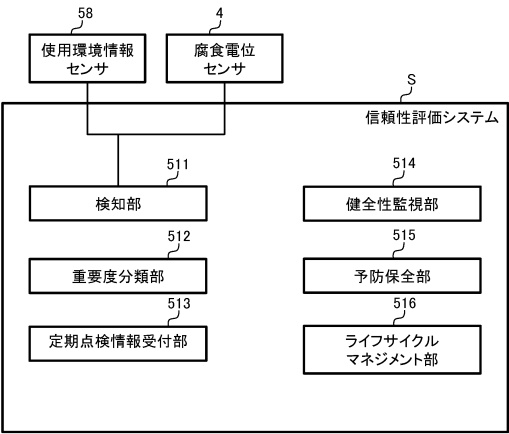
(54)【発明の名称】 プラントの信頼性評価システム、プラントの信頼性評価方法、および、プラントの信頼性評価プログラム

(57)【要約】

【課題】プラントにおける供用期間中検査と原子力設備の運転パラメータを同時に活用することにより、従来の機器だけでなく構造材、溶接線などの大型構造物を含む機器の信頼性を向上させる。

【解決手段】プラントの信頼性評価システムSは、腐食電位センサ4と、第1の水質測定装置と、線量率モニタと、これらの測定データを運転中のプラントの環境情報として取り込む検知部511と、原子炉を構成する材料組成、材料の劣化データ、検査結果を記憶した記憶部と、米国の原子力発電運転協会が規定する機器の信頼性評価には取り込まれていない運転中のプラントの環境情報に基づき、プラントを構成する機器の健全性を常時監視する健全性監視部514と、その健全性評価結果に基づき、プラントに対する修繕計画を立案し、ライフサイクルマネジメントを行うライフサイクルマネジメント部516と、を備える。

【選択図】図6



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

原子炉の下部プレナム領域の水質における腐食電位を測定する腐食電位センサと、  
前記原子炉のドレン配管にサンプリング配管によって接続され、炉水中の水素濃度を測定する第 1 の水質測定装置と、  
前記原子炉の配管の線量率を測定する線量率モニタと、  
前記腐食電位センサ、前記第 1 の水質測定装置及び前記線量率モニタの測定データを運転中のプラントの環境情報として取り込む検知部と、  
前記原子炉を構成する材料組成、材料の劣化データ、検査結果を記憶した記憶部と、  
米国の原子力発電運転協会 (INPO: Institute of Nuclear Power Operations) が規定する機器の信頼性評価には取り込まれていない前記運転中のプラントの環境情報である、前記腐食電位、前記水素濃度、及び前記線量率、並びに前記材料組成、材料の劣化データ、検査結果に基づき、当該プラントを構成する前記機器の健全性を常時監視する健全性監視部と、  
前記健全性監視部による機器の健全性評価結果に基づき、プラントに対する修繕計画を立案し、ライフサイクルマネジメントを行うライフサイクルマネジメント部と、  
を備えることを特徴とするプラントの信頼性評価システム。

10

**【請求項 2】**

前記原子炉の浄化系にサンプリング配管によって接続され、水素濃度を測定する第 2 の水質測定装置と、  
前記原子炉の給水配管にサンプリング配管によって接続され、水素濃度を測定する第 3 の水質測定装置と、  
前記原子炉の主蒸気配管にサンプリング配管によって接続され、水素濃度を測定する第 4 の水質測定装置と、  
を更に備えることを特徴とする請求項 1 に記載のプラントの信頼性評価システム。

20

**【請求項 3】**

前記プラントは、原子炉圧力容器を含む発電プラントである、  
ことを特徴とする請求項 1 に記載のプラントの信頼性評価システム。

**【請求項 4】**

前記機器は、制御棒の挿入と炉内構造物に関連するものである、  
ことを特徴とする請求項 3 に記載のプラントの信頼性評価システム。

30

**【請求項 5】**

前記機器は、原子炉圧力容器、シュラウド、シュラウドサポート、ジェットポンプ、格子板、燃料支持板、安全重要度、及び、発電重要度が閾値よりも高い設備同士をつなぐ主要配管の何れかである、  
ことを特徴とする請求項 3 に記載のプラントの信頼性評価システム。

**【請求項 6】**

前記機器は、構造物、溶接線および配管の何れかを含んで構成される、  
ことを特徴とする請求項 3 に記載のプラントの信頼性評価システム。

**【請求項 7】**

前記プラントの定期点検情報および / または規格基準情報の入力を受け付ける定期点検情報受付部、  
を更に備え、

40

前記健全性監視部は、運転中の前記環境情報、前記プラントの定期点検情報または / および規格基準情報に基づき、当該プラントを構成する前記機器の健全性を常時監視する、  
ことを特徴とする請求項 1 に記載のプラントの信頼性評価システム。

**【請求項 8】**

前記プラントを構成する機器の重要性を分類する重要度分類部、  
を更に備えることを特徴とする請求項 1 に記載のプラントの信頼性評価システム。

**【請求項 9】**

50

腐食電位センサが、原子炉の下部プレナム領域の水質における腐食電位を測定するステップと、

第１の水質測定装置が、前記原子炉のドレン配管にサンプリング配管によって接続され、炉水中の水素濃度を測定するステップと、

線量率モニタが、前記原子炉の配管の線量率を測定するステップと、

記憶部が、前記原子炉を構成する材料組成、材料の劣化データ、検査結果を記憶するステップと、

検知部が、前記腐食電位センサ、前記第１の水質測定装置及び前記線量率モニタの測定データを運転中のプラントの環境情報として取り込むステップと、

健全性監視部が、米国の原子力発電運転協会（INPO: Institute of Nuclear Power Operations）が規定する機器の信頼性評価には取り込まれていない前記運転中のプラントの環境情報である、前記腐食電位、前記水素濃度、及び前記線量率、並びに前記材料組成、材料の劣化データ、検査結果に基づき、当該プラントを構成する前記機器の健全性を常時監視するステップと、

ライフサイクルマネジメント部が、前記健全性監視部による機器の健全性評価結果に基づき、前記プラントに対する修繕計画を立案し、ライフサイクルマネジメントを行うステップと、

を実行することを特徴とするプラントの信頼性評価方法。

#### 【請求項１０】

コンピュータが、

腐食電位センサにより、原子炉の下部プレナム領域の水質における腐食電位を測定する手順、

前記原子炉のドレン配管にサンプリング配管によって接続される第１の水質測定装置により、前記原子炉の炉水中の水素濃度を測定する手順、

線量率モニタにより、前記原子炉の配管の線量率を測定する手順、

前記腐食電位センサ、前記第１の水質測定装置及び前記線量率モニタの測定データを運転中のプラントの環境情報として取り込む手順、

記憶部に、前記原子炉を構成する材料組成、材料の劣化データ、検査結果を記憶する手順、

米国の原子力発電運転協会（INPO: Institute of Nuclear Power Operations）が規定する機器の信頼性評価には取り込まれていない前記運転中のプラントの環境情報である、前記腐食電位、前記水素濃度、及び前記線量率、並びに前記材料組成、材料の劣化データ、検査結果に基づき、当該プラントを構成する前記機器の健全性を常時監視する手順、

前記機器の健全性評価結果に基づき、前記プラントに対する修繕計画を立案し、ライフサイクルマネジメントを行う手順、

を実行するためのプラントの信頼性評価プログラム。

#### 【発明の詳細な説明】

#### 【技術分野】

#### 【０００１】

本発明は、プラントの信頼性評価システム、プラントの信頼性評価方法、および、プラントの信頼性評価プログラムに関する。

#### 【背景技術】

#### 【０００２】

原子力プラント、福島廃止措置及び再処理設備などの原子力設備に向けて、系統及び機器の信頼性をベースとした保全手法が求められている。

#### 【０００３】

特許文献１には、テンプレート内容の見直しにより、利便性の高い運用が期待できる設備管理支援システムの発明が記載されている。

#### 【先行技術文献】

10

20

30

40

50

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開2016-189088号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

米国で用いられている手法では、供用期間中検査（ISI: In Service Inspection）の結果を反映した系統及び機器の劣化評価に長期間と大きなリソースが払われるという課題がある。

【0006】

10

震災後に原子炉規制委員会が参照する米国の原子炉監督プロセス（ROP: Reactor Oversight Process）では、原子力発電所全体の健全性を常時監視することが必要となる。40年を超える運転に向けては、従来の機器だけでなく構造材、溶接線など大型構造物の信頼性の常時監視が必要である。

【0007】

そこで、本発明は、供用期間中検査と原子力設備の運転パラメータを同時に活用することにより、従来の機器だけでなく構造材、溶接線などの大型構造物を含む機器の信頼性（ER: Equipment Reliability）を向上させることを課題とする。

【課題を解決するための手段】

【0008】

20

前記した課題を解決するため、本発明のプラントの信頼性評価システムは、原子炉の下部プレナム領域の水質における腐食電位を測定する腐食電位センサと、前記原子炉のドレン配管にサンプリング配管によって接続され、炉水中の水素濃度を測定する第1の水質測定装置と、前記原子炉の配管の線量率を測定する線量率モニタと、前記腐食電位センサ、前記第1の水質測定装置及び前記線量率モニタの測定データを運転中のプラントの環境情報として取り込む検知部と、前記原子炉を構成する材料組成、材料の劣化データ、検査結果を記憶した記憶部と、米国の原子力発電運転協会（INPO: Institute of Nuclear Power Operations）が規定する機器の信頼性評価には取り込まれていない前記運転中のプラントの環境情報である、前記腐食電位、前記水素濃度、及び前記線量率、並びに前記材料組成、材料の劣化データ、検査結果に基づき、当該プラントを構成する前記機器の健全性を常時監視する健全性監視部と、前記健全性監視部による機器の健全性評価結果に基づき、プラントに対する修繕計画を立案し、ライフサイクルマネジメントを行うライフサイクルマネジメント部と、を備える。

30

【0009】

本発明のプラントの信頼性評価方法は、腐食電位センサが、原子炉の下部プレナム領域の水質における腐食電位を測定するステップと、第1の水質測定装置が、前記原子炉のドレン配管にサンプリング配管によって接続され、炉水中の水素濃度を測定するステップと、線量率モニタが、前記原子炉の配管の線量率を測定するステップと、記憶部が、前記原子炉を構成する材料組成、材料の劣化データ、検査結果を記憶するステップと、検知部が、前記腐食電位センサ、前記第1の水質測定装置及び前記線量率モニタの測定データを運転中のプラントの環境情報として取り込むステップと、健全性監視部が、米国の原子力発電運転協会（INPO: Institute of Nuclear Power Operations）が規定する機器の信頼性評価には取り込まれていない前記運転中のプラントの環境情報である、前記腐食電位、前記水素濃度、及び前記線量率、並びに前記材料組成、材料の劣化データ、検査結果に基づき、当該プラントを構成する前記機器の健全性を常時監視するステップと、ライフサイクルマネジメント部が、前記健全性監視部による機器の健全性評価結果に基づき、前記プラントに対する修繕計画を立案し、ライフサイクルマネジメントを行うステップと、を実行する。

40

【0010】

本発明のプラントの信頼性評価プログラムは、コンピュータが、腐食電位センサにより

50

、原子炉の下部プレナム領域の水質における腐食電位を測定する手順、前記原子炉のドレン配管にサンプリング配管によって接続される第 1 の水質測定装置により、前記原子炉の炉水中の水素濃度を測定する手順、線量率モニタにより、前記原子炉の配管の線量率を測定する手順、前記腐食電位センサ、前記第 1 の水質測定装置及び前記線量率モニタの測定データを運転中のプラントの環境情報として取り込む手順、記憶部に、前記原子炉を構成する材料組成、材料の劣化データ、検査結果を記憶する手順、米国の原子力発電運転協会（INPO: Institute of Nuclear Power Operations）が規定する機器の信頼性評価には取り込まれていない前記運転中のプラントの環境情報である、前記腐食電位、前記水素濃度、及び前記線量率、並びに前記材料組成、材料の劣化データ、検査結果に基づき、当該プラントを構成する前記機器の健全性を常時監視する手順、前記機器の健全性評価結果に基づき、前記プラントに対する修繕計画を立案し、ライフサイクルマネジメントを行う手順、を実行するためのものである。

その他の手段については、発明を実施するための形態のなかで説明する。

#### 【発明の効果】

##### 【0011】

本発明によれば、供用期間中検査と原子力設備の運転パラメータを同時に活用することにより、従来の機器だけでなく構造材、溶接線などの大型構造物を含む機器の信頼性を向上させることができる。

#### 【図面の簡単な説明】

##### 【0012】

【図 1】本実施形態に係る原子力発電プラントの機器の信頼性とライフサイクルマネジメントを示す図である。

【図 2】原子力発電プラントの信頼性評価システムの構成図である。

【図 3】原子力発電プラントの構成図である。

【図 4】サーバのハードウェア構成図である。

【図 5】端末のハードウェア構成図である。

【図 6】原子力発電プラントの信頼性評価システムの機能ブロック図である。

【図 7】原子力発電プラントの溶接線の信頼性とライフサイクルマネジメントを示す図である。

【図 8】原子力発電プラントの配管の信頼性とライフサイクルマネジメントを示す図である。

【図 9】比較例の定期点検の処理を示すフローチャートである。

【図 10】比較例の原子力発電プラントの機器の信頼性とライフサイクルマネジメントを示す図である。

#### 【発明を実施するための形態】

##### 【0013】

以降、比較例を実施するための形態を図 9 と図 10 を参照して説明し、本発明を実施するための形態を、図 1 から図 8 を参照して説明する。なお、以下の説明において、同一の構成については、同一の符号を付して説明を適宜省略する。

##### 【0014】

#### 《比較例の動作》

図 9 は、比較例の定期点検の処理を示すフローチャートである。この定期点検の処理は、原子力プラントの運転を停止して行われる。

検査者は、定期点検中の検査を開始する（ステップ S 40）。比較例では、原子炉の健全性に関わる構造材、溶接線などは別途に検査して評価している。検査者は、検査結果を評価して（ステップ S 41）、検査周期を設定する（ステップ S 42）。

##### 【0015】

次に検査者は、設備 / 機器を交換して（ステップ S 43）、大規模な修繕計画に反映する（ステップ S 44）。最後に検査者は、プラント寿命を評価すると（ステップ S 45）、図 9 の処理を終了する。

## 【 0 0 1 6 】

図 1 0 は、比較例の原子力発電プラントの機器の信頼性とライフサイクルマネジメントを示す図であり、米国の原子力発電運転協会の A P - 9 1 3 に基づくものである。A P - 9 1 3 は、発電用原子炉における運転に関わる機器・設備の信頼性、プラントのライフサイクルをマネジメントするための処理を示す図である。

## 【 0 0 1 7 】

最初、管理システムは、重要度を分類すると（ステップ S 5 0 ）、この重要度に応じてパフォーマンスを監視する（ステップ S 5 1 ）。そして管理者は、この重要度に応じて継続的な機器の信頼性の改善を行う（ステップ S 5 3 ）。管理者は、設備 / 機器の予防保全を実行する（ステップ S 5 4 ）。予防保全が実行された設備 / 機器は、パフォーマンス監視処理（ステップ S 5 1 ）の対象となる。

10

## 【 0 0 1 8 】

管理者は、パフォーマンスの監視結果に基づき、設備 / 機器の是正措置を行う（ステップ S 5 2 ）。そして、是正措置の結果はパフォーマンスの監視処理（ステップ S 5 1 ）と、継続的な機器の信頼性の改善処理（ステップ S 5 3 ）にフィードバックされる。

## 【 0 0 1 9 】

最後に、継続的な機器の信頼性の改善処理（ステップ S 5 3 ）と、是正措置（ステップ S 5 2 ）と、パフォーマンスの監視処理（ステップ S 5 1 ）に基づき、管理者はライフサイクルマネジメントを実行する（ステップ S 5 5 ）。

## 【 0 0 2 0 】

20

## 《 本実施形態の動作と構成 》

本実施形態では、従来の A P 9 1 3 の考え方に構造材や大型構造物の健全性評価を導入し、発電所全体の信頼性を可視化する。

## 【 0 0 2 1 】

4 0 年を超える運転に向けては、従来の機器だけでなく構造材、溶接線など大型構造物の信頼性の常時監視が可能であり、最適な検査、設備交換、修繕の大規模工事に反映して、信頼性を担保しつつコストを最適化することができる。

## 【 0 0 2 2 】

図 1 は、本実施形態に係る原子力発電プラントの機器の信頼性とライフサイクルマネジメントを示す図である。

30

図 2 に示す信頼性評価システム S は、構造物を重要度で分類する（ステップ S 1 0 ）。構造物の重要度は、炉内の安全系と、炉内燃料の健全性と、放射性物質の系統外への放出に影響する、また構造物の重要度には、法律で決まっているものだけでなく、従来の点検結果や、運転条件において、接触する流体、運転中の原子炉圧力容器の炉水に含まれる化学物質の種類及び濃度などを影響因子とする。

## 【 0 0 2 3 】

ステップ S 1 0 にて分類された構造物の種類には、原子炉圧力容器、シュラウド、シュラウドサポート、ジェットポンプ、格子板など炉内構造物と制御棒の挿入に関連する機器、タービンの車室、軸受け、復水器、発電機及び水素供給設備、旧復水系の熱交換器、燃料支持板、安全重要度、及び、発電重要度が閾値よりも高い設備同士をつなぐ主要配管などがある。なお原子力施設には、燃料加工工場、核燃料サイクル工場、放射性廃棄物処分場などが含まれる。

40

## 【 0 0 2 4 】

ステップ S 1 1 にて、信頼性評価システム S は、構造物の健全性を監視する。健全性の監視とは、以前の検査結果とプラント P の運用状態、維持規格、基準、論文などの従来の知見から、構造物の現在の信頼性を評価するものである。信頼性評価システム S は更に、プラント P の定期点検情報に基づき、構造物の健全性を監視してもよい。

## 【 0 0 2 5 】

ステップ S 1 0 にて分類された構造物の種類に基づき、信頼性評価システム S は、継続的に機器の信頼性を改善する（ステップ S 1 3 ）。具体的にいうと、信頼性評価システム

50

S は、検査と緩和を実行する（ステップ S 1 4）。信頼性評価システム S は、検査にて、検査結果、維持規格、法律、定期点検の工程を踏まえて、信頼性を確保しつつコストを最小化する点検頻度と、検査手法を選定する。信頼性評価システム S は、緩和にて、作業員の端末 6 に対して、応力緩和または / および環境緩和を指示する（ステップ S 1 4）。これを受けて作業員は、構造物に対して応力緩和または / および環境緩和を実行する。

【 0 0 2 6 】

信頼性評価システム S は、構造物の健全性の監視結果に基づき、運用方法に対策する（ステップ S 1 2）。ここで運用方法の対策とは、プラント P の運転及び運用方法の改善、サンプリング強化、緩和技術の運転変更などをいう。

【 0 0 2 7 】

信頼性評価システム S は、健全性の監視結果と、運用方法の対策結果と、継続的な構造物の信頼性改善結果に基づき、修繕計画を適正化する（ステップ S 1 5）。ここで修繕計画の適正化とはライフサイクルマネジメントであり、大規模な工事や点検が必要になる。そのため、信頼性評価システム S は、長期的な定期点検工程を踏まえて、構造物の信頼性を確保しつつ、コストが最小化するように適正化を行う。

【 0 0 2 8 】

図 2 は、原子力発電のプラント P に対する信頼性評価システム S の構成図である。

信頼性評価システム S は、サーバ 5 と、使用環境情報センサ 5 8 と、腐食電位センサ 4 と、複数の端末 6 を含んで構成される。

【 0 0 2 9 】

サーバ 5 は、信頼性評価システム S の機能部を具現化するコンピュータである。端末 6 は、サーバ 5 にアクセスするための入出力機器である。使用環境情報センサ 5 8 は、プラント P を構成する機器の使用環境を検知するセンサである。腐食電位センサ 4 は、プラント P を構成する機器の腐食環境情報を検知するセンサである。

【 0 0 3 0 】

図 3 は、原子力発電のプラント P の構成図である。

プラント P は、沸騰水型の原子力発電プラントであり、原子炉压力容器 2 0、原子炉格納容器 2 1、タービン 2 2、再循環系配管 2 3、原子炉浄化系 2 4 および複数の腐食電位測定装置を備えている。原子炉格納容器 2 1 内に設置された原子炉压力容器 2 0 は内部に複数の燃料集合体（図示せず）を装荷した炉心 2 5 を配置している。

【 0 0 3 1 】

2 系統の再循環系は、それぞれ、再循環系配管 2 3 および再循環ポンプ 2 6 を有する。原子炉压力容器 2 0 に接続された主蒸気配管 2 7 が、タービン 2 2 に接続される。タービン 2 2 に連絡される復水器 2 8 が、復水配管 2 9 の後、給水配管 3 0 により原子炉压力容器 2 0 に接続される。オフガス系配管 3 1 が復水器 2 8 に接続される。オフガス系配管 3 1 が復水配管 2 9 に接続され、線量率モニタ 3 2 が主蒸気配管 2 7 の近傍に設置される。

【 0 0 3 2 】

原子炉浄化系 2 4 は、再循環系配管 2 3 に接続された配管並びに原子炉压力容器 2 0 の底部に接続されたドレン配管 3 3 を有し、浄化装置（図示せず）を系内に有する。原子炉浄化系 2 4 は給水配管 3 0 に接続される。

【 0 0 3 3 】

水質測定装置 3 4 a がサンプリング配管 3 5 a によってドレン配管 3 3 に接続され、水質測定装置 3 4 b がサンプリング配管 3 5 b によって原子炉浄化系 2 4 に接続される。水質測定装置 3 4 c がサンプリング配管 3 5 c によって給水配管 3 0 に接続され、水質測定装置 3 4 d がサンプリング配管 3 5 d によって主蒸気配管 2 7 に接続される。

【 0 0 3 4 】

腐食電位センサ 4 は、局所出力領域モニタ外筒管 1 を用いて沸騰水型原子力プラントの該当箇所に設置される。腐食電位センサ 4 は、原子炉压力容器 2 0 の下部の下部プレナム 3 6 内の水質を測定するために、下部プレナム 3 6 内の対応する位置に設置されている。この場合は压力容器下鏡 8 付近の腐食電位を測定するために、压力容器下鏡付近の高さに

10

20

30

40

50

腐食電位センサ 4 が設置され、その高さに腐食電位測定窓が開孔されている（図示せず）。

【 0 0 3 5 】

局所出力領域モニタを利用した腐食電位測定では、酸素、過酸化水素などのサンプリングした水質との直接的な対応が得られない。しかし、上記のような圧力容器下鏡 8 付近の腐食電位測定の場合には、サンプリング配管 3 5 a を用いて炉水を採取し、水質測定装置 3 4 a で測定することができる。

【 0 0 3 6 】

このような腐食電位の測定により、下部プレナム 3 6 内での腐食電位が目標とする値にまで低下するように、水素注入装置であるオフガス系配管 3 1 から給水に注入する水素量を調節する。原子炉圧力容器 2 0 内の炉水に注入した水素の余剰分は、主蒸気配管 2 7、タービン 2 2 および復水器 2 8 を経てオフガス系配管 3 1 に排気される。オフガス系配管 3 1 に排気された水素の余剰分は、オフガス系配管 3 1 に設けられた再結合器（図示せず）で酸素と結合されて処理される。

【 0 0 3 7 】

給水の水素濃度は、サンプリング配管 3 5 c でサンプリングされた給水を水質測定装置 3 4 c で測定することによって得られる。また、水素注入時の主蒸気配管 2 7 の線量率は線量率モニタ 3 2 で監視される。

【 0 0 3 8 】

この方法では複数の腐食電位センサ 4 を局所出力領域モニタ外筒管 1 上に配置できるので、沸騰水型原子力プラントの複数の箇所に設置することによって、沸騰水型原子力プラントの構造部材に応力腐食割れ（SCC: Stress Corrosion Cracking）が発生する腐食環境を下部プレナム 3 6 内で立体的にマッピングすることができる。その結果、原子力プラントの長期的な安全性、健全性および信頼性を確保するための保全策を提供することができる。

【 0 0 3 9 】

図 4 は、サーバ 5 のハードウェア構成図である。

サーバ 5 は、例えば、データセンタに設置されたコンピュータである。サーバ 5 は、C P U（Central Processing Unit）5 1、記憶部 5 7、R O M（Read Only Memory）5 2、R A M（Random Access Memory）5 3、操作部 5 4、表示部 5 5 及び通信部 5 6 を含んで構成される。

【 0 0 4 0 】

C P U 5 1 は、中央処理装置であり、記憶部 5 7 に格納されたプログラム 5 7 1 を実行する。プログラム 5 7 1 は、C P U 5 1 によって実行されて、図 1 に示す各処理を実行するプログラムである。

C P U 6 1 は、プログラム 5 7 1 を実行することにより、図 6 に示した各機能部を具現化する。なお、C P U 6 1 が実行する各処理については、図 1 と図 7 と図 8 を用いて後述する。

【 0 0 4 1 】

記憶部 5 7 は、大容量の記憶装置であり、例えば、ハードディスクドライブ（Hard Disk Drive）やフラッシュメモリなどで構成される。

【 0 0 4 2 】

R A M 5 3 は揮発性メモリであり、C P U 5 1 で実行可能な各種プログラム、入力データ、出力データ、及びパラメータ等を一時的に記憶するワークエリアとして機能する。R O M 5 2 は不揮発性メモリであり、例えば B I O S（Basic I/O System）などが格納されている。

【 0 0 4 3 】

操作部 5 4 は、カーソルキー、数字入力キー、及び各種機能キーなどを備えたキーボードと、マウスなどのポインティングデバイスを備えて構成される。操作部 5 4 は、キーボードで押下操作されたキーの押下信号やマウスによる操作信号を検知する。C P U 5 1 は

10

20

30

40

50



、操作部 5 4 からの操作信号に基づいて、各種処理を実行する。

【 0 0 4 4 】

表示部 5 5 は、例えば、LCD (Liquid Crystal Display) 等のモニタディスプレイを備えて構成される。表示部 5 5 は、CPU 5 1 から入力される表示信号により各種画面を表示する。また、表示部 5 5、及び操作部 5 4 は、タッチパネルディスプレイを採用することもできる。

【 0 0 4 5 】

図 5 は、端末 6 のハードウェア構成図である。

端末 6 は、例えば、各作業者が有するタブレット端末である。端末 6 は、CPU 6 1、記憶部 6 7、ROM 6 2、RAM 6 3、タッチパネルディスプレイ 6 4 及び通信部 6 6 を含んで構成される。 10

【 0 0 4 6 】

CPU 6 1 は、中央処理装置であり、記憶部 6 7 に格納されたプログラム 6 7 1 を実行する。プログラム 6 7 1 は、例えばブラウザであり、CPU 6 1 によって実行されて、サーバ 5 との間の入出力処理を実現する。

【 0 0 4 7 】

記憶部 6 7 は、大容量の記憶装置であり、例えば、ハードディスクドライブ (Hard Disk Drive) やフラッシュメモリなどで構成される。

【 0 0 4 8 】

RAM 6 3 は揮発性メモリであり、CPU 6 1 で実行可能な各種プログラム、入力データ、出力データ、及びパラメータ等を一時的に記憶するワークエリアとして機能する。ROM 6 2 は不揮発性メモリであり、例えば BIOS などが格納されている。 20

【 0 0 4 9 】

タッチパネルディスプレイ 6 4 は、LCD 等のディスプレイ上に透明なタッチパネルが重畳されたものである。タッチパネルディスプレイ 6 4 は、タッチパネルで押下操作された押下信号を検知する。CPU 6 1 は、タッチパネルディスプレイ 6 4 からの操作信号に基づいて、各種処理を実行する。そして、タッチパネルディスプレイ 6 4 は、CPU 6 1 から入力される表示信号により各種画面を表示する。

【 0 0 5 0 】

図 6 は、原子力発電プラントの信頼性評価システム S の機能ブロック図である。 30

信頼性評価システム S は、検知部 5 1 1、重要度分類部 5 1 2、定期点検情報受付部 5 1 3、健全性監視部 5 1 4、予防保全部 5 1 5、ライフサイクルマネジメント部 5 1 6 を備える。

検知部 5 1 1 は、運転中のプラント P の環境情報を検知する。検知部 5 1 1 が検知する環境情報は、運転中の原子炉圧力容器の炉水に含まれる化学物質の種類及び濃度、材料の種類、並びに、建設時の施工データのうち何れかを含む。

【 0 0 5 1 】

健全性監視部 5 1 4 は、運転中のプラント P の環境情報、このプラント P を構成する機器の重要性情報に基づき、プラント P を構成する機器の健全性を常時監視する。なお、健全性監視部 5 1 4 は、更にプラント P の定期点検情報および / または規格基準情報に基づいて、プラント P を構成する機器の健全性を常時監視してもよく、限定されない。 40

【 0 0 5 2 】

予防保全部 5 1 5 は、健全性監視部 5 1 4 による運転中のプラント P を構成する機器の健全性評価結果に基づき、各機器に対する予防保全を指示する。

ライフサイクルマネジメント部 5 1 6 は、予防保全部 5 1 5 による機器の腐食に対する予防保全指示、および、健全性監視部 5 1 4 による機器の健全性評価結果に基づき、プラント P に対する修繕計画を立案する。

【 0 0 5 3 】

定期点検情報受付部 5 1 3 は、プラント P の定期点検情報および / または規格基準情報の入力を受け付ける。なお、この定期点検情報受付部 5 1 3 は、必須の構成要素ではない 50

。

【 0 0 5 4 】

重要度分類部 5 1 2 は、プラント P を構成する機器の重要性を分類する。なお、この重要度分類部 5 1 2 は必須の構成要素ではなく、機器の重要性は、手作業で分類されてもよい。

【 0 0 5 5 】

図 7 は、原子力発電プラントの溶接線の信頼性とライフサイクルマネジメントを示す図である。

溶接線の種類には、原子炉圧力容器、シュラウド、シュラウドサポート、ジェットポンプ、格子板など炉内構造物と制御棒の挿入に関連する機器、タービンの車室、軸受け、復水器、発電機及び水素供給設備、旧復水系の熱交換器などの構造物や配管の接合部分などがある。

10

【 0 0 5 6 】

信頼性評価システム S は、溶接線を重要度で分類する（ステップ S 2 0）。溶接線の重要度は、炉内の安全系、炉内燃料の健全性、放射性物質の系統外への放出に影響するか否か、法律で決まっているか否か、従来知見、溶接方法、溶接の種類、溶接に用いた金属、溶接後の研磨などの後工程などで長期的な健全性評価に影響を与える因子、接触する流体、運転中の原子炉圧力容器の炉水に含まれる化学物質の種類及び濃度などの影響因子で決定される。

【 0 0 5 7 】

信頼性評価システム S は、溶接線の健全性を監視する（ステップ S 2 1）。具体的にいうと、溶接線の健全性監視とは、以前の検査結果とプラント P の運用状態、維持規格、基準、論文などの従来知見から、溶接線の現在の信頼性を評価するものである。

20

【 0 0 5 8 】

ステップ S 2 0 にて分類された溶接線の種類に基づき、信頼性評価システム S は、継続的に機器の信頼性を改善する（ステップ S 2 3）。具体的にいうと、信頼性評価システム S は、検査と緩和を実行する（ステップ S 2 4）。信頼性評価システム S は、検査にて、検査結果、維持規格、法律、定期点検の工程を踏まえて、信頼性を確保しつつコストを最小化する点検頻度と、検査手法を選定する。そして信頼性評価システム S は、緩和にて、応力緩和または / および環境緩和を指示する（ステップ S 2 4）。これを受けて作業員は、溶接線に対して応力緩和または / および環境緩和を実行する。

30

【 0 0 5 9 】

信頼性評価システム S は、溶接線の健全性の監視結果に基づき、運用方法に対策する（ステップ S 2 2）。ここで運用方法の対策とは、プラント P の運転及び運用方法の改善、サンプリング強化、緩和技術の運転変更などをいう。

【 0 0 6 0 】

信頼性評価システム S は、健全性の監視結果と、運用方法の対策結果と、継続的な機器の信頼性改善結果に基づき、修繕計画を適正化する（ステップ S 2 5）。ここで修繕計画の適正化とはライフサイクルマネジメントであり、大規模工事や点検が必要になる。そのため、信頼性評価システム S は、長期的な定期点検工程を踏まえて、設備と機器の信頼性を確保しつつ、コストが最小化するように適正化を行う。

40

【 0 0 6 1 】

図 8 は、原子力発電プラントの配管の信頼性とライフサイクルマネジメントを示す図である。

配管の種類には、その配管を流れる流体の種類、材質、原子炉側、タービン側、ラド設備に設置されるか否かが有る。液体の種類とは、水、水蒸気、化学物質を含むか否かである。

【 0 0 6 2 】

信頼性評価システム S は、配管を重要度で分類する（ステップ S 3 0）。配管の重要度分類は、炉内の安全系、炉内燃料の健全性、放射性物質の系統外への放出に影響するか否

50

か、法律や社内規定、規格基準で決まっているか否か、放射性物質の濃度、化学物質の種類及び濃度などの環境因子などで決定される。

【 0 0 6 3 】

信頼性評価システム S は、配管の健全性を監視する（ステップ S 3 1）。具体的にいうと、配管の健全性監視とは、以前の検査結果とプラントの運用状態、維持規格、基準、論文などの従来知見から、配管の現在の信頼性を評価する。

【 0 0 6 4 】

ステップ S 3 0 にて分類された溶接線の種類に基づき、信頼性評価システム S は、継続的に機器の信頼性を改善する（ステップ S 3 3）。具体的にいうと、信頼性評価システム S は、検査と緩和を実行する（ステップ S 3 4）。信頼性評価システム S は、検査にて、検査結果、維持規格、法律、定期点検の工程を踏まえて、信頼性を確保しつつコストを最小化する点検頻度と、検査手法を選定する。そして信頼性評価システム S は、緩和にて、応力緩和または / および環境緩和を実行する。

【 0 0 6 5 】

信頼性評価システム S は、溶接線の健全性の監視結果に基づき、運用方法に対策する（ステップ S 3 2）。ここで運用方法の対策とは、プラント P の運転及び運用方法の改善、サンプリング強化、緩和技術の運転変更などをいう。

【 0 0 6 6 】

信頼性評価システム S は、健全性の監視結果と、運用方法の対策結果と、継続的な機器の信頼性改善結果に基づき、修繕計画を適正化する（ステップ S 3 5）。ここで修繕計画の適正化とはライフサイクルマネジメントであり、大規模工事や点検が必要になる。そのため、信頼性評価システム S は、長期的な定期点検工程を踏まえて、設備の信頼性を確保しつつ、コストが最小化するように適正化を行う。

【 0 0 6 7 】

米国の原子力発電運転協会（INPO: Institute of Nuclear Power Operations）が規定する機器の信頼性はなく、供用期間中検査で行っていた腐食環境、材料組成、材料の劣化データ、検査結果を機器の信頼性に取り込むことで、常時、構造物、機器、システムの劣化状況の監視を行うことが可能になり、プラント P の健全性の常時監視と、プラントライフサイクルの評価が容易となる。

【 0 0 6 8 】

《 変形例 》

本発明は上記した実施形態に限定されるものではなく、様々な変形例が含まれる。例えば上記した実施形態は、本発明を分かりやすく説明するために詳細に説明したものであり、必ずしも説明した全ての構成を備えるものに限定されるものではない。ある実施形態の構成の一部を他の実施形態の構成に置き換えることが可能であり、ある実施形態の構成に他の実施形態の構成を加えることも可能である。また、各実施形態の構成の一部について、他の構成の追加・削除・置換をすることも可能である。

【 0 0 6 9 】

上記の各構成、機能、処理部、処理手段などは、それらの一部または全部を、例えば集積回路などのハードウェアで実現してもよい。上記の各構成、機能などは、プロセッサがそれぞれの機能を実現するプログラムを解釈して実行することにより、ソフトウェアで実現してもよい。各機能を実現するプログラム、テーブル、ファイルなどの情報は、メモリ、ハードディスク、SSD（Solid State Drive）などの記録装置、または、フラッシュメモリカード、DVD（Digital Versatile Disk）などの記録媒体に置くことができる。

【 0 0 7 0 】

各実施形態に於いて、制御線や情報線は、説明上必要と考えられるものを示しており、製品上必ずしも全ての制御線や情報線を示しているとは限らない。実際には、殆ど全ての構成が相互に接続されていると考えてもよい。

【 符号の説明 】【

10

20

30

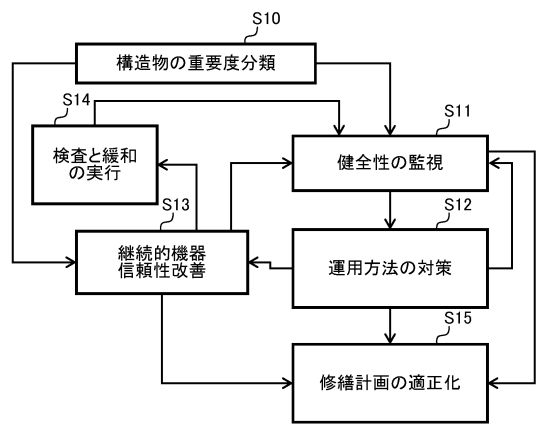
40

50

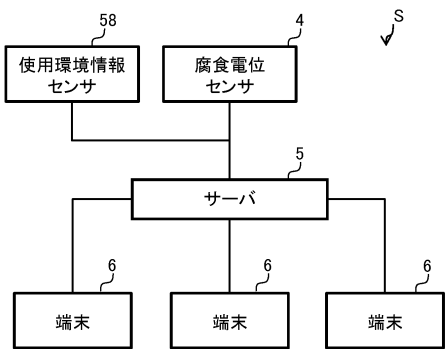
## 【 0 0 7 1 】

5	信頼性評価システム	
1	局所出力領域モニタ外筒管	
2 0	原子炉圧力容器	
2 1	原子炉格納容器	
2 2	タービン	
2 3	再循環系配管	
2 4	原子炉浄化系	
2 5	炉心	
2 6	再循環ポンプ	10
2 7	主蒸気配管	
2 8	復水器	
2 9	復水配管	
3 0	給水配管	
3 1	オフガス系配管	
3 2	線量率モニタ	
3 3	ドレン配管	
3 4 a ~ 3 4 d	水質測定装置	
3 5 a ~ 3 5 c	サンプリング配管	
3 5 d	サンプリング配管	20
4	腐食電位センサ	
5	サーバ	
5 1	C P U	
5 1 1	検知部	
5 1 2	重要度分類部	
5 1 3	定期点検情報受付部	
5 1 4	健全性監視部	
5 1 5	予防保全部	
5 1 6	ライフサイクルマネジメント部	
5 2	R O M	30
5 3	R A M	
5 4	操作部	
5 5	表示部	
5 6	通信部	
5 7	記憶部	
5 8	使用環境情報センサ	
6	端末	
6 1	C P U	
6 2	R O M	
6 3	R A M	40
6 4	タッチパネルディスプレイ	
6 6	通信部	
6 7	記憶部	

【 図 面 】  
【 図 1 】

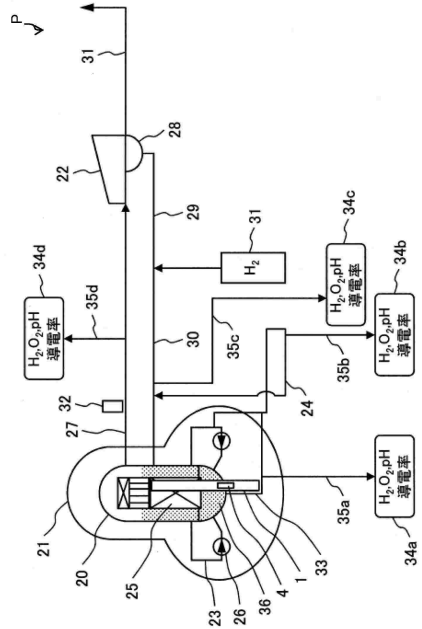


【 図 2 】

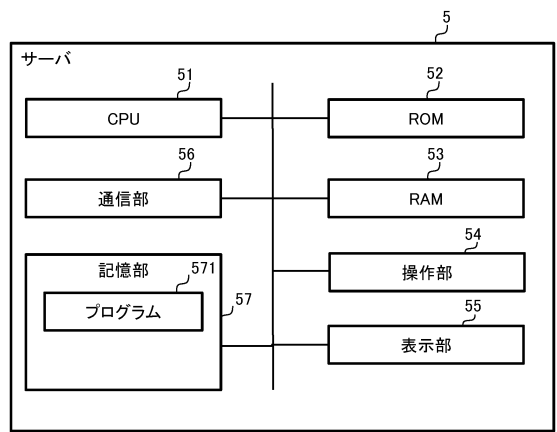


10

【 図 3 】



【 図 4 】



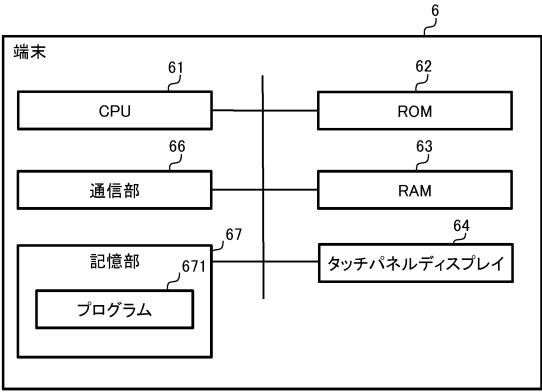
20

30

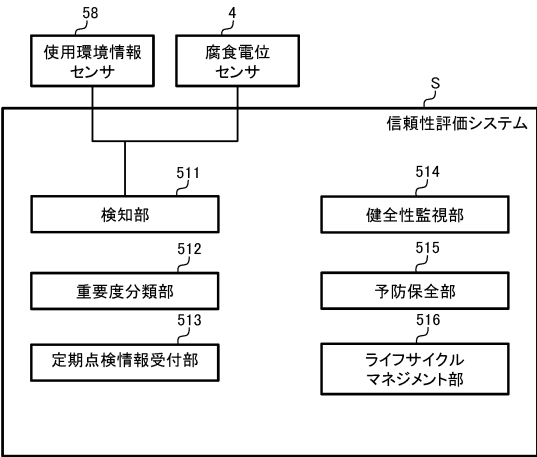
40

50

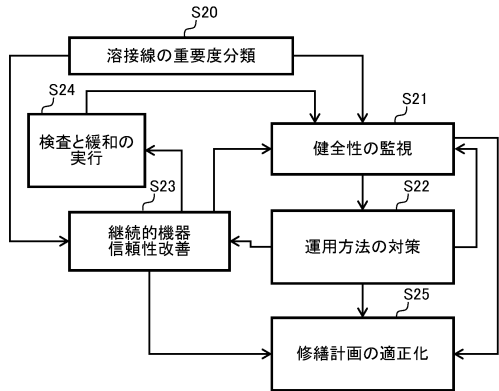
【 図 5 】



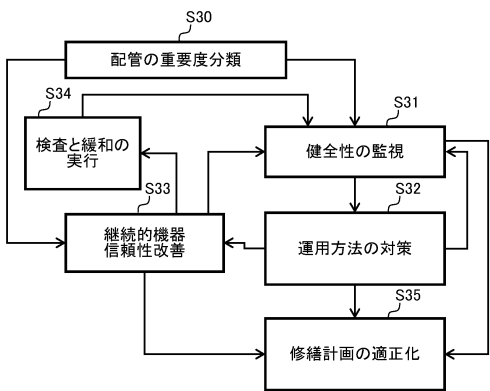
【 図 6 】



【 図 7 】



【 図 8 】



10

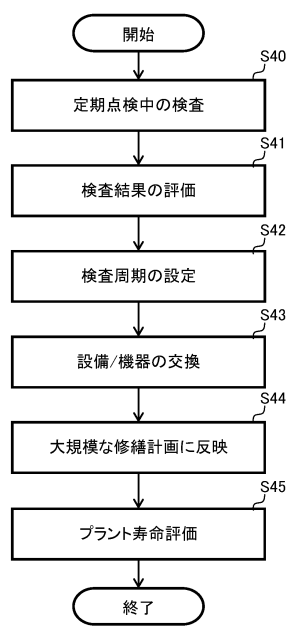
20

30

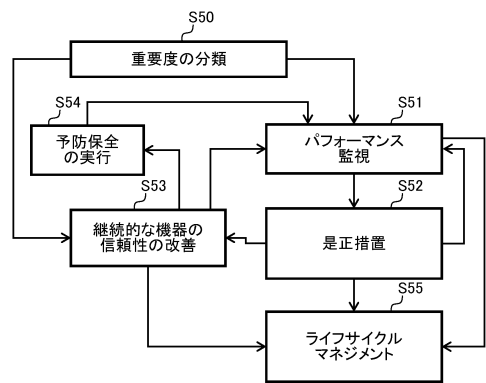
40

50

【 図 9 】



【 図 1 0 】



10

20

30

40

50

---

フロントページの続き

- (72)発明者 太田 信之  
茨城県日立市幸町三丁目 1 番 1 号 日立 G E ニュークリア・エナジー株式会社内
- (72)発明者 清水 亮介  
茨城県日立市幸町三丁目 1 番 1 号 日立 G E ニュークリア・エナジー株式会社内
- (72)発明者 河野 尚幸  
茨城県日立市幸町三丁目 1 番 1 号 日立 G E ニュークリア・エナジー株式会社内