

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6297929号
(P6297929)

(45) 発行日 平成30年3月20日 (2018. 3. 20)

(24) 登録日 平成30年3月2日 (2018. 3. 2)

(51) Int. Cl.	F 1
G 2 1 F 9/00 (2006. 01)	G 2 1 F 9/00 Z
G 2 1 F 9/30 (2006. 01)	G 2 1 F 9/30 T
G 2 1 F 9/36 (2006. 01)	G 2 1 F 9/36 5 1 1 P
G 0 6 Q 50/26 (2012. 01)	G 2 1 F 9/30 5 3 5 B
	G 0 6 Q 50/26

請求項の数 8 (全 18 頁)

(21) 出願番号	特願2014-116083 (P2014-116083)	(73) 特許権者	507250427
(22) 出願日	平成26年6月4日 (2014. 6. 4)		日立GEニュークリア・エナジー株式会社
(65) 公開番号	特開2015-230223 (P2015-230223A)		茨城県日立市幸町三丁目1番1号
(43) 公開日	平成27年12月21日 (2015. 12. 21)	(74) 代理人	110001829
審査請求日	平成29年2月13日 (2017. 2. 13)		特許業務法人開知国際特許事務所
		(72) 発明者	関 洋
			東京都千代田区丸の内一丁目6番6号
			株式会社日立製作所
			内
		(72) 発明者	片岡 一郎
			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
		審査官	右田 純生
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 放射性廃棄物収納計画支援システム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

複数の放射性廃棄物となる機器・配管のうち、各機器・配管の線量率の強度に応じた配置位置および組み合わせを演算する演算部と、

前記演算部で演算された前記各機器・配管の線量率の強度に応じた配置位置および組み合わせ毎に、前記各機器・配管を収納した状態における前記収納容器の外表面の線量率空間分布を演算する線量率空間分布演算部とを備え、

前記演算部は、前記線量率空間分布演算部で演算される前記収納容器外表面の線量率空間分布を低減するよう前記各機器・配管の線量率の強度に応じた配置位置および組み合わせを演算する

ことを特徴とする放射性廃棄物収納計画支援システム。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の放射性廃棄物収納計画支援システムにおいて、

前記演算部は、前記各機器・配管の 3 次元モデルを切断するための切断モデルを演算する切断モデル生成処理部を有しており、

前記線量率空間分布演算部は、前記各機器・配管の放射性物質推定付着量を演算することと前記収納容器外表面の線量率空間分布を演算する

ことを特徴とする放射性廃棄物収納計画支援システム。

【請求項 3】

請求項 1 に記載の放射性廃棄物収納計画支援システムにおいて、

前記演算部は、前記線量率空間分布演算部で演算される前記収納容器外表面の線量率空間分布がしきい値より小さくなるまで、前記各機器・配管の線量率の強度に応じた配置位置および組み合わせを繰り返し演算する

ことを特徴とする放射性廃棄物収納計画支援システム。

【請求項 4】

請求項 2 に記載の放射性廃棄物収納計画支援システムにおいて、

前記放射性廃棄物の排出元となるプラント内の全ての各機器・配管の 3 D モデルを記憶するプラント 3 D モデル DB を更に備え、

前記演算部の前記切断モデル生成処理部は、前記プラント 3 D モデル DB に記憶された 3 D モデルを基にして前記プラント全体での機器・配管の 3 次元モデルを切断するための切断モデルを演算し、

10

前記線量率空間分布演算部は、前記各機器・配管の放射性物質推定付着量を演算することで前記収納容器外表面の線量率空間分布を演算し、かつ前記プラント全体で前記収納容器の総数が少なくなるよう前記各機器・配管の線量率の強度に応じた配置位置および組み合わせを演算する

ことを特徴とする放射性廃棄物収納計画支援システム。

【請求項 5】

請求項 1 に記載の放射性廃棄物収納計画支援システムにおいて、

前記線量率空間分布演算部で演算された前記収納容器の外表面の線量率空間分布を実測する計測部を更に備えた

20

ことを特徴とする放射性廃棄物収納計画支援システム。

【請求項 6】

請求項 1 に記載の放射性廃棄物収納計画支援システムにおいて、

前記演算部は、前記各機器・配管の重量、充填率、放射エネルギーおよび表面線量率を参照しながら、前記各機器・配管の線量率の強度に応じた配置位置および組み合わせを演算することを特徴とする放射性廃棄物収納計画支援システム。

【請求項 7】

請求項 1 に記載の放射性廃棄物収納計画支援システムにおいて、

前記演算部で演算された各機器・配管の切断モデルから前記各機器・配管の切断回数および作業位置を求め、この求めた切断回数および作業位置の情報から前記放射性廃棄物の廃棄作業時の推定被ばく量を演算する被ばく量予測演算部と、

30

この被ばく量予測演算部で演算された前記推定被ばく量を表示する表示部とを更に備えた

ことを特徴とする放射性廃棄物収納計画支援システム。

【請求項 8】

請求項 1 に記載の放射性廃棄物収納計画支援システムにおいて、

前記線量率空間分布演算部は、更に、前記演算部で演算された前記各機器・配管の線量率の強度に応じた配置位置および組み合わせ毎に、前記各機器・配管を収納する収納容器の内部の線量率空間分布を演算し、

この線量率空間分布演算部で演算された前記収納容器の内部の線量率空間分布を表示する表示部を更に備えた

40

ことを特徴とする放射性廃棄物収納計画支援システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、運転終了後の原子力発電プラントなどから廃棄される放射性廃棄物を安全かつ効率的に保管するための放射性廃棄物収納計画支援システムに関する。

【背景技術】

【0002】

原子力施設の解体廃棄物等の放射能を計測する際に、様々な形状や大きさの廃棄物が混

50

在する廃棄物毎に校正用放射線源を用意することは現実に困難であり、多量に発生する解体廃棄物の放射能計測には適用し難い、という課題を解決するために、特許文献1では、様々の形状、大きさ、放射能レベル等の解体廃棄物の3次元形状を測定し、形状測定された放射性廃棄物の重量を測定、放出される放射線を計数し、放射能濃度と表面密度の検認後、各解体廃棄物の処分・再利用するとあり、仮想3次元モデルによる放射能算出を実施している。

【0003】

また、測定者が放射性廃棄物に接近したり、容器を回転上下運動させることなく容器の表面線量を測定可能とするために、特許文献2には、原子力施設等で発生する放射性廃棄物を収容した容器から放射される放射線の放射位置を測定する容器表面線量率測定装置に
10
関し、らせん状に筒状支持体の外周面全体を覆うように巻き付けた検出部を容器の外側に配置し、ファイバの両端部に光電子増倍管とプローブを取り付け、ファイバ内での発光を両端において検出することが開示されている。

【0004】

更に、ドラム缶最適設置位置を選択、かつ設置も容易とするために、特許文献3には、原子力発電所等放射性物質を取扱うプラントにおいて発生する放射性廃棄物の貯蔵庫での保管方法に関し、既設置ドラム缶の表面の放射線線量率および放射性核種別の放射能濃度のデータと比較して、その値の高いドラム缶を中央にし、低いドラム缶を周囲に配置させるようにドラム缶の最適設置位置を決定することが開示されている。

【0005】

また、貯蔵エリア周辺の放射線量を平均的に低減し、施設壁の遮蔽厚を小さくするために、特許文献4には、放射性物質を収容した収容容器の収納方法に関し、容器の表面における線量測定値に応じて貯蔵エリア内での収納位置が決定され、その決定データに基づいて容器を収納位置に移動して収納する、つまり放射線量が高い容器を貯蔵エリアの中央部に収納し、放射線量が小さい容器を貯蔵エリアの外周部に収納することが開示されている。
20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】特開2006-84478号公報
30

【特許文献2】実用登録3031656号

【特許文献3】特開昭59-61800号公報

【特許文献4】特開2013-145148号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

ところで、特許文献1, 2における発明は、解体廃棄物の放射能の計測について言及しているが、解体廃棄物を容器に収納する事やその詳細までは開示されていない。

【0008】

また、特許文献3における発明は、放射性廃棄物の貯蔵庫での保管方法に関するものであり、これは容器自体の外部におけるものであり、容器内外の放射線線量率を対象とするものではない。
40

【0009】

さらに、特許文献4における発明は、放射性廃棄物を収納する容器の配置に関するものであり、容器内外の放射線線量率を対象とするものではない。

【0010】

本発明は、高いレベルの放射性物質が付着している解体廃棄物の収納方法を改善することが可能な放射性廃棄物収納計画支援システムを提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0011】

上記課題を解決するために、例えば特許請求の範囲に記載の構成を採用する。

本発明は、上記課題を解決する手段を複数含んでいるが、その一例を挙げるならば、複数の放射性廃棄物となる機器・配管のうち、各機器・配管の線量率の強度に応じた配置位置および組み合わせを演算する演算部と、前記演算部で演算された前記各機器・配管の線量率の強度に応じた配置位置および組み合わせ毎に、前記各機器・配管を収納した状態における前記収納容器の外表面の線量率空間分布を演算する線量率空間分布演算部とを備え、前記演算部は、前記線量率空間分布演算部で演算される前記収納容器外表面の線量率空間分布を低減するよう前記各機器・配管の線量率の強度に応じた配置位置および組み合わせを演算することを特徴とする。

【発明の効果】

10

【0012】

本発明によれば、収納容器表面における線量率を抑制することができ、高いレベルの放射性物質が付着している解体廃棄物の収納方法を改善することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【0013】

【図1】本発明の放射性廃棄物収納計画支援システムの構成の一例を示す図である。

【図2】本発明の放射性廃棄物収納計画支援システムによって収納計画を作成する対象の一例である原子力プラントの3Dモデルの一例を示す図である。

【図3】配管・機器内面への放射性物質の推定付着箇所のイメージ図である。

【図4】本発明の放射性廃棄物収納計画支援システムにおける廃棄物収納計画支援システムの画面の一例を示す図である。

20

【図5】廃棄物収納容器3Dモデルの一例を示す図である。

【図6】本発明の放射性廃棄物収納計画支援システムにおける配管切断モデルの一例を示す図である。

【図7】本発明の放射性廃棄物収納計画支援システムにおける配管詰込状態モデルの一例を示す図である。

【図8】本発明の放射性廃棄物収納計画支援システムにおける廃棄物収納容器内外の線量率計算の可視化の一例を示す図である。

【図9】図8の断面図である。

【図10】本発明の放射性廃棄物収納計画支援システムにおける空間線量可視化インタフェースの表示例を示す図である。

30

【図11】本発明の放射性廃棄物収納計画支援システムにおける廃棄物に含まれる放射性核種の成分に関する表示例を示す図である。

【図12】本発明の放射性廃棄物収納計画支援システムにおけるプラント運転終了後の残留放射性物質量の計算例を示す図である。

【図13】本発明の放射性廃棄物収納計画支援システムにおける廃棄物収納計算に関わる処理の流れを示すフローチャートである。

【図14】本発明の放射性廃棄物収納計画支援システムにおける配管の切断モデルの生成処理の流れを示すフローチャートである。

【図15】本発明の放射性廃棄物収納計画支援システムにおける高線量・低線量廃棄物の分類処理の流れを示すフローチャートである。

40

【図16】本発明の放射性廃棄物収納計画支援システムにおける線量率計測結果に基づく廃棄物の収納のための詰込状態モデルの生成処理の流れを示すフローチャートである。

【図17】本発明の放射性廃棄物収納計画支援システムにおける廃棄物収納制約に基づく切断した配管・機器の収納のための詰込順序モデルの生成処理の流れを示すフローチャートである。

【図18】本発明の放射性廃棄物収納計画支援システムにおける切断回数、切断位置から被ばく線量を推定する計算処理の流れを示すフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【0014】

50

本発明の放射性廃棄物収納計画支援システムの実施例を、図1乃至図18を用いて説明する。

【0015】

図1は、本実施例の放射性廃棄物収納計画支援システムの代表的な例の構成図である。

【0016】

図1において、本実施例の放射性廃棄物収納計画支援システムは、残存放射能データ割当部101、切断モデル生成処理部102、詰込状態生成処理部103、容器選択処理部104、空間線量率計算処理部105、表面線量率判定部106、詰込順制御処理部107、プラント3DモデルDB21、残存放射能評価結果DB22、収納容器仕様DB23、廃棄物モデルDB31、廃棄体収納順DB32、詰込状態表示部103d、線量率計測部106d、詰込順制御結果表示部107dとからなる。

10

【0017】

放射性廃棄物収納計画支援システムは、入力データとしてプラント3DモデルDB21、残存放射能評価結果DB22、収納容器仕様DB23に記憶された各種情報およびを利用する。

このうち、プラント3DモデルDB21は、放射性廃棄物の排出元となる原子力発電プラント内の全ての各機器・配管の3Dモデルを記憶している。残存放射能評価結果DB22は、プラント内の各所の残存放射能の評価結果を記憶している。収納容器仕様DB23は、放射性廃棄物を収納するための収納容器の種類ごとの各々の仕様を記憶している。線量率計測部106dは、収納容器の外表面の線量率空間分布を実測する。

20

【0018】

残存放射能データ割当部101は、プラント3DモデルDB21に記憶された各機器・配管の3Dモデルおよび残存放射能評価結果DB22に記憶された残存放射能の評価結果を基にして、プラント内の各機器・配管に付着していると推察される線量率（汚染残存放射能量、表面線量率等）を、各機器・配管ごとに割り当てる割当処理を実施する。

切断モデル生成処理部102は、各機器・配管の切断長さを設定の入力を受けて、プラント3DモデルDB21に記憶されたプラント内の各機器・配管の3Dモデルを基にして、プラント内に存在するすべての各機器・配管の切断箇所に関するモデル（切断モデル）を生成する。

【0019】

30

容器選択処理部104は、収納容器仕様DB23に記憶された放射性廃棄物を収納するための収納容器の種類ごとの各々の収納容器の仕様に基づいて、適切な収納容器の種類を選択する。

詰込状態生成処理部103は、切断モデル生成処理部102で生成された各機器・配管の切断モデルと、容器選択処理部104において選択された収納容器の種類（仕様）とから、プラント内の各機器・配管の収納容器への詰込状態モデルを生成する。

空間線量率計算処理部105は、詰込状態生成処理部103で生成された詰込状態モデルと、容器選択処理部104で選択された収納容器の仕様とから、各機器・配管を詰め込んだ状態での収納容器の表面線量率を演算する。また、放射性廃棄物を詳細に管理するためには廃棄物収納容器の内部の空間線量率も求めることが望ましいことから、空間線量率計算処理部105は、残存放射能データ割当部101で割り当てられた各機器・配管の各々の線量率（汚染残存放射能量、表面線量率等）に応じて、各機器・配管を収納した状態における収納容器の内部の線量率空間分布についても演算する。

40

【0020】

表面線量率判定部106は、空間線量率計算処理部105で演算した表面線量率がしきい値より小さいか否かを判定する。また、表面線量率判定部106では、線量率計測部106dにおいて実測された、生成された詰込状態モデルおよび詰込順序モデルに基づいて実際に収納容器に各機器・配管を詰め込んだ際の収納容器の外表面の線量率空間分布が、モデル通りであるかの検証判定についても実施する。

詰込順制御処理部107は、表面線量率判定部106において表面線量率がしきい値よ

50

り小さいと判定されたときに、各機器・配管の重量、充填率を参照しながら各機器・配管の詰込順序モデルを生成する。この詰込順序モデルを生成する際には、プラント全体として廃棄物収納容器個数が少なくなるよう、高放射能解体物と低放射能解体物とを混在させた廃棄物収納計画となるよう、充填率をなるべく高くするように処理を行う。また詰込順制御処理部107は、表面線量率判定部106において表面線量率がしきい値以上であると判定されたときは、切断モデル生成処理部102に対して各機器・配管の切断長さを再設定するよう促し、切断モデル生成処理部102、容器選択処理部104、詰込状態生成処理部103および空間線量率計算処理部105に対して再度詰込状態モデルを生成し直すよう制御する。更に、詰込順制御処理部107は、切断モデル生成処理部102で演算された各機器・配管の切断モデルから、各機器・配管の切断回数および作業位置を求めて、この求めた切断回数および作業位置の情報から作業者の放射性廃棄物廃棄作業時の推定被ばく量を演算する。

10

【0021】

廃棄物モデルDB31は、残存放射能データ割当部101におけるプラント運転終了後の残留放射性物質量の計算結果や、切断モデル生成処理部102で生成された切断モデル、詰込状態生成処理部103で生成された詰込状態モデル等を記憶する。廃棄物収納順DB32は、詰込順制御処理部107で生成された詰込順序モデル等を記憶する。

【0022】

詰込状態表示部103dは、詰込状態生成処理部103で生成された詰込状態モデルおよび空間線量率計算処理部（線量率空間分布演算部）105で演算された各機器・配管を詰め込んだ状態での収納容器の表面線量率や収納容器の内部の線量率空間分布を表示する。詰込順制御結果表示部107dは、詰込順制御処理部107で生成された詰込順序や作業者の放射性廃棄物廃棄作業時の推定被ばく量を表示する。

20

【0023】

図2に、本発明の放射性廃棄物収納計画支援システムによって放射性廃棄物の収納計画を作成する対象の一つである原子力プラント3Dモデルの例を示す。

図2に示すような原子力プラントの解体においては、機器・配管を解体後、建屋を解体する。機器・配管・コンクリート躯体は原子炉の運転に伴い材料が放射化し、また配管や機器内部への水・蒸気の循環により放射性物質による汚染がある。このため、安全な作業をするためには機器・配管内面に付着する汚染物質を適切にコントロールする必要がある。

30

【0024】

図3に、残存放射能データ割当部101で割り当てる各機器・配管への線量率の割り当てのうち、配管・機器内面への放射性物質の推定付着箇所のイメージの一例を示す。

図3において、例えば、熱交換器2120に接続する配管2121、2122、2123、2124や弁2125、2126等があったときに、配管属性として付与した配管肉厚を考慮し、配管内面積と残存放射能評価結果DB22から単位面積あたりの汚染量として、配管内面にハッチング21230で示したような放射性物資の推定付着量を計算する。

【0025】

図4に、本発明の放射性廃棄物収納計画支援システムの入力画面および詰込状態モデルの表示画面の一例を示す。

40

図4において、画面3201は、切断長の設定値3201bに加えて、処理の結果選択した収納容器のタイプの表示領域3201a、解体物の収納容器への詰込処理開始指示ボタン3201c、詰め込んだ後の収納容器の表示ボタン3201d、詰め込んだ収納容器の番号の表示列3201e、選択した収納容器のタイプの表示列3201f、解体物の充填率表示列3201g、容器に含まれる総放射エネルギーの表示列3201h、単位重量当たりの放射能濃度表示列3201i、個々の収納容器の重量表示列3201j、収納容器の表面線量率の評価結果表示列3201k、解体物のピース数表示列3201l、線量計算開始ボタン3201mからなる。この画面3201は、詰込状態生成処理部103で生成さ

50

れた詰込状態モデルの一部である。

【0026】

図5に、廃棄物収納容器231の3Dモデルの一例を示す。

図5において、収納容器には、解体物を格納する際の放射性物質の総量に応じた数種類の仕様がある。放射性物質の総量 $[Bq/t]$ が増えると、遮蔽効果を得るために壁が厚いタイプの廃棄物収納容器を用いる。この廃棄物収納容器231の3Dモデルは、収納容器仕様DB23に記憶されている。

【0027】

図6に、切断モデル生成処理部102で生成される切断モデルのうち配管の切断モデルの一例を示す。

図6において、直管2112を定尺、例えば1mで切断したときに、エルボ2113との境界面、1mで切断したときに直管部分に2111のような短い直管が生成される。

【0028】

図7に、詰込状態生成処理部103で生成される詰込状態モデルのうち、配管のみを詰め込む配管詰込状態モデルの一例を示す。

図7において、切断した配管が積み重なって、上の配管は下の配管の上に自重と摩擦力で安定な形式で収納容器底面から上方向に積み重なっていく。実際には収納容器の壁方向の摩擦力もあるので、以上を考慮した剛体力学に基づく計算により詰込状態が決定される。

【0029】

図8に、詰込状態表示部103dにおいて表示される空間線量率計算処理部105で演算された収納容器の表面線量率および収納容器内部の線量率空間分布を可視化する画面の一例を示す。図9に、図8を垂直断面で3DCAD上で切断したときに廃棄物収納容器内外の空間線量率を可視化する画面の一例を示す。

図8において、図5の廃棄物収納容器231に、図6のように切断した配管を詰め、図3で求めた配管内部の放射性物質の汚染付着量を線源として空間線量率計算処理部105によって求めた、廃棄物収納容器内外の空間線量率を透明の立方体（ボクセル）によって可視化した例311が示されている。実際には空間線量率の強度は目には見えない状態量であるが、3DCADシステム上で、線量率の大小に応じて赤から青までのグラデーションで色付けすることにより、線量率の大きい場所が目で判定することができるよう表示されている。

また、図8の例311においてある部分の断面を可視化すると、図9に示すように、収納容器、切断配管、コンクリートなどの充填材の材料による遮蔽の影響も考慮した容器内外の空間線量率の分布が表示される。収納容器外側の空間線量率ボクセル3111の他に、収納容器内部の空間線量率ボクセル3113、収納容器表面の空間線量率ボクセル3112、配管表面の空間線量率ボクセル3114を表現している。

【0030】

図10に、図8や図9に示す空間線量率の可視化画面の調整インタフェースの一例を示す。

図10において、空間線量可視化インタフェース3202は、廃棄物収納容器の番号を選択するテキスト・フィールド3202a、表示する空間線量の上限值3202b、下限値3202cを指定するトラック・バー、空間線量表示ボクセルの透過度を指定するトラック・バーからなるフィールド3202d、空間線量ボクセルの表示条件を制御するコントロール部品3202e～3202iからなる。これらの指定を適用ボタン3202kを押すことで図8や図9に示すような透過度を持つ空間線量可視化ボクセルからなる収納容器3Dモデルを表示する。全ボクセルを表示する場合は3202eを指定し、ボクセル断面を表示するときには、選択ラジオ・ボタン3202fを指定して、XY、YZ、ZXのどの断面かを3202gで指定して、ボクセルの何番目かの断面となるか、3202hのトラック・バーで制御する。また、空間線量率何 mSv/h 以上の領域をフィルタリング表示するために、3202iのラジオ・ボタンと線量率の値を指定するテキスト・フィー

10

20

30

40

50

ルド3202jがある。

【0031】

図11に、原子力プラントの解体における各機器・配管などの廃棄物に含まれる放射性核種の成分の演算結果の一覧に関する表示例を示す。

図11に示すように、廃棄物に含まれる放射性核種の成分は表221のように表現され、放射化量と汚染量を放射性核種の種類ごとに濃度で表示する。それぞれの量はプラント建屋種別、設備名、系統名、重量の属性を伴い、残存放射能データ割当部101、切断モデル生成処理部102、詰込状態生成処理部103等において体系的に計算される。以上の情報は、計算結果として図1の廃棄物モデルDB31のようなデータベースやファイルに保存される。

10

【0032】

図12はプラント運転終了後の残留放射性物質量の計算例である。図12において、残留放射エネルギーは図11に示す放射性核種の成分に関する表示を集約したものである。すなわち、放射化量と汚染量、そして放射化量・汚染量の和を合計放射能濃度として表現している。これらは、プラント建屋種別、設備名、系統名、重量の属性を伴い、残存放射能データ割当部101、切断モデル生成処理部102、詰込状態生成処理部103等において体系的に計算される。以上の情報は、計算結果として図1の廃棄物モデルDB31のようなデータベースやファイルに保存される。

【0033】

次に、本実施例の放射性廃棄物収納計画支援システムの動作、処理の流れについて図13乃至図18を参照して以下説明する。まず、図13を用いて全体の流れについて説明する。

20

【0034】

図13は、本実施例の放射性廃棄物収納計画支援システムの放射性廃棄物収納計算に関わる全体の処理の流れを示すフローチャートである。

【0035】

まず、放射性廃棄物収納計画支援システムの残存放射能データ割当部101において、プラント3DモデルDB21と残存放射能評価結果DB22を基にして、機器・配管に付着する汚染残存放射エネルギーを割り当てる割当処理を実施する（ステップS101）。

【0036】

次いで、放射性廃棄物収納計画支援システムの切断モデル生成処理部102において、図4に示すような画面を用いて各機器・配管の初期切断長を設定する（ステップS102）。

30

【0037】

次いで、放射性廃棄物収納計画支援システムの詰込状態生成処理部103において、ステップS102で切断モデル生成処理部102において生成された機器・配管の切断モデルと、ステップS101で残存放射能データ割当部101で割り当てられた汚染残存放射エネルギーのデータとから、各機器・配管の汚染残存放射エネルギーのレベルを分類するとともに、機器・配管の切断モデルを生成し、詰込状態表示部103dに結果を表示する（ステップS103）。

40

【0038】

次に、放射性廃棄物収納計画支援システムの容器選択処理部104において収納容器仕様DB23を参照して収納容器を選択するとともに、詰込状態生成処理部103において収納容器仕様DB23を参照して詰込状態モデルを生成する（ステップS104）。

【0039】

次いで、放射性廃棄物収納計画支援システムの空間線量率計算処理部105において、先のステップS104において選択された収納容器の仕様と生成された詰込状態モデルの組合せとに基づいて、収納容器の表面線量率および内部の線量率空間分布を計算する（ステップS105）。

【0040】

50

次いで、放射性廃棄物収納計画支援システムの表面線量率判定部106において、先に選択された収納容器に先に生成された詰込状態モデルで各機器・配管を詰め込んだときに表面線量率がしきい値より小さくなるか否かを判定する（ステップS106）。

【0041】

ステップS106において表面線量率がしきい値以上になると判定されるときは、放射性廃棄物収納計画支援システムの詰込順制御処理部107において切断長、詰込量を変更して（ステップS107）、再度ステップS102からステップS106の処理を繰り返す。

【0042】

これに対し、ステップS106において表面線量率がしきい値より小さくなると判定されるときは、放射性廃棄物収納計画支援システムの表面線量率判定部106において、線量率計測部106dで実際に各機器・配管の線量率を測定し、実測した線量率と先のステップS101の割当処理において割り当てた線量率とが一致、あるいは十分に近いか否かを判定する（ステップS106A）。

10

【0043】

ステップS106Aにおいて実測した線量率と割当線量率とが一致、あるいは十分に近くないと判定されるときは、ステップS107に処理を進め、再度、ステップS102からステップS106の処理を繰り返す。

【0044】

これに対し、ステップS106Aにおいて実測した線量率と割当線量率とが一致、あるいは十分に近いと判定されるときは、放射性廃棄物収納計画支援システムの詰込順制御処理部107において各機器・配管の重量、充填率を参照しながら各機器・配管の詰込順序モデルを生成するとともに、各機器・配管の切断回数および作業位置、更には作業者の放射性廃棄物廃棄作業時の推定被ばく量を演算し（ステップS108）、処理をステップS109に進める。

20

【0045】

次いで、生成した詰込状態モデルを廃棄物モデルDB31に格納し、詰込順序モデルを廃棄体収納順DB32に格納し（ステップS109）、処理を終了する。

【0046】

以下、図14乃至図18に示すフローチャートを用いて、図13の各ステップの処理の詳細に関して説明する。以下、放射性廃棄物として配管のみで構成される場合について説明するが、機器が含まれる場合に関しても同様の処理によって処理することができる。

30

【0047】

まず、図13のステップS103における配管の切断モデル生成処理の詳細について図14を用いて説明する。図14は配管の切断モデル生成処理の流れのフローチャートである。

図14に示す処理は、切断モデル生成処理部102において実行される。

【0048】

まず、切断モデル生成処理部102において、系統配管を選択する（ステップS1091）。

40

【0049】

次いで、切断モデル生成処理部102において、図13に示すステップS101において割り当てられた配管の残存放射能の割当情報を読み込む（ステップS1092）。

【0050】

次いで、切断モデル生成処理部102において、残存放射能濃度が 10^2 Bq/t 以下であるか否かを判定する（ステップSS1093）。残存放射能濃度が 10^2 Bq/t 以下であると判定されるときは処理をステップSS1094に進め、 10^2 Bq/t より高いと判定されるときは処理をステップS1091に戻す。

【0051】

次いで、切断モデル生成処理部102において、以上の系統に関して全系統を確認完了

50

したか否かを判定する（ステップS1094）。完了していると判定されるときはステップS1096に処理を進め、次いで、切断モデル生成処理部102において、設定した寸法で直管を切断し（ステップS1096）、処理を終了する。

【0052】

これに対し、確認が完了していないと判定されるときはステップS1095に処理を進め、切断モデル生成処理部102において、放射性配管記憶域に格納して（ステップS1095）、ステップS1091～ステップS1094の処理を繰り返す。

【0053】

なお、本処理フローにおいては、収納容器に入るように解体物の長さを可変で切断する手法を取り入れてもよいこととする。

10

【0054】

次に、図13のステップS104における詰込状態モデル生成のための準備である高線量・低線量廃棄物の分類処理の詳細について図15を用いて説明する。図15は高線量・低線量廃棄物の分類処理の流れのフローチャートである。

図15に示す処理は、放射性廃棄物収納計画支援システムの詰込状態生成処理部103において実行される。

【0055】

図15において、まず、詰込状態生成処理部103において切断配管への線源を割り当てる（ステップS1031）。

【0056】

20

次いで、詰込状態生成処理部103において先のステップS1031において割り当てた線源による放射能のレベルが高レベルにあるか否かを判定する（ステップS1032）。高レベルにあると判定されるときは、当該切断配管が高レベルであるとした配管オブジェクトのメモリ領域を確保・記憶（ステップS1033）し、処理を終了する。これに対し、高レベルにないと判定されるときはステップS1034に処理を進める。

【0057】

次いで、詰込状態生成処理部103において先のステップS1031において割り当てた線源による放射能のレベルが中レベルより高く高レベル以下であるか否かを判定する（ステップS1034）。中レベルより高く高レベル以下であると判定されるときは、当該切断配管が中レベルより高く高レベル以下であるとした配管オブジェクトのメモリ領域を確保・記憶（ステップS1035）し、処理を終了する。これに対し、中レベルより高く高レベル以下でないと判定されるときはステップS1036に処理を進める。

30

【0058】

次いで、詰込状態生成処理部103において先のステップS1031において割り当てた線源による放射能のレベルが低レベルより高く中レベル以下であるか否かを判定する（ステップS1036）。低レベルより高く中レベル以下であると判定されるときは、当該切断配管が低レベルより高く中レベル以下であるとした配管オブジェクトのメモリ領域を確保・記憶（ステップS1037）し、処理を終了する。これに対し、低レベル以下であると判定されるときは当該切断配管が非放射性配管であるとした配管オブジェクトのメモリ領域を確保・記憶（ステップS1038）し、処理を終了する。

40

【0059】

次いで、図13のステップS104における詰込状態モデル生成の詳細について図16を用いて説明する。図16は線量率計測結果に基づく廃棄物収納順判定処理の流れのフローチャートである。

図16に示す処理は、詰込状態生成処理部103、容器選択処理部104および空間線量率計算処理部105において実行される。

【0060】

まず、容器選択処理部104において、収納容器仕様DB23を参照することによって低レベルの廃棄物収納容器を設定する（ステップS1041）。

【0061】

50

次に、詰込状態生成処理部103において、先の図15での処理で分類した解体配管を放射能レベル別にソートする（ステップS1042）。

【0062】

次いで、詰込状態生成処理部103において、図15の処理により記憶域に格納した解体配管オブジェクトを記憶域から一本取り出す（ステップS1043）。

【0063】

次に、詰込状態生成処理部103において、先のステップS1041において選択した廃棄物収納容器内に先のステップS1043において取り出した解体配管を詰めるための空き空間を検索する（ステップS1044）。

【0064】

その後、詰込状態生成処理部103において、先のステップS1044で選択した配管の放射能が高レベルであるか否かを判定する（ステップS1045）。配管の放射能が高レベルであるときは、重力を無視して収納容器中央部から順に解体配管を配置（ステップS1046）し、ステップS1048に処理を進める。これに対してステップS1043で選択した配管の放射能が高レベルではない場合、収納容器の底・天井・壁側部に配置（ステップS1047）し、ステップS1048に処理を進める。なお、ここでいう高レベルとは、予め放射能、表面線量率などからしきい値を決めておくことにより判定するものとする。

【0065】

次いで、空間線量率計算処理部105において、廃棄物収納容器の表面も含む空間の線量率を計算する（ステップS1048）。

【0066】

その後、空間線量率計算処理部105において、先のステップS1048において演算された廃棄物収納容器の表面線量率が 2 mSv/h より小さいか否かを判定する（ステップS1049）。表面線量率が 2 mSv/h より小さいときはステップS1043に処理を戻し、ステップS1043～ステップS1049の処理を繰り返すことによって更に配管を詰めるよう処理を行う。これに対し、表面線量率が 2 mSv/h 以上であると判定されるときはステップS1050に処理を進める。

【0067】

次いで、容器選択処理部104において、収納容器仕様DB23を参照して現在選択されている収納容器より放射線の遮蔽能力が1レベル上の収納容器があるか否かを判定する（ステップS1050）。1レベル上の放射能・線量率の制約を満足する廃棄物収納容器を検討でき、また1レベル上の容器があると判定されるときは、収納容器を選択し直して新たな収納容器として設定し（ステップS1051）、ステップS1048に処理を戻して、再度、収納容器内外の空間線量率を計算する。これに対し、1レベル上の収納容器がないと判定されるときはステップS1052に処理を進め、詰込状態生成処理部103において収納容器の表線量率 2 mSv/h 以下になるまで解体配管を収納容器から除去して（ステップS1052）、記憶域に戻したあと処理を終了する。

【0068】

次いで、図13のステップS108における詰込順序モデル生成の詳細について図17を用いて説明する。図17は廃棄物収納制約に基づく切断した配管の収納処理の流れのフローチャートである。

図17に示す処理は、詰込順制御処理部107において実行される。

【0069】

まず、詰込順制御処理部107において、図13のステップS104、図16に示す処理で生成した、詰め込んだ解体配管の詰込状態モデルを受信する（ステップS1071）。

【0070】

次に、詰込順制御処理部107において、収納容器、コンクリートなどの充填材を含む解体配管の重量が 20 t より軽い 20

10

20

30

40

50

t 以上であると判定されるときはステップ S 1 0 7 5 に処理を進め、2 0 t より軽いと判定されるときはステップ S 1 0 7 3 に処理を進め、詰込順制御処理部 1 0 7 において、収納容器の解体配管の充填率が 1 0 % より低いかなかを判定する（ステップ S 1 0 7 3）。充填率が 1 0 % より低いときはステップ S 1 0 7 4 に処理を進めて非放射性配管を底、上、側部に配置し、ステップ S 1 0 7 2、ステップ S 1 0 7 3 の処理を繰り返す。これに対して先のステップ S 1 0 7 3 において充填率が 1 0 % 以上であると判定されるときはステップ S 1 0 7 5 に処理を進める。

【0071】

次に、詰込順制御処理部 1 0 7 において、解体配管重心と解体配管の摩擦力をもとに剛体力学に基づく配管積み重ね状態が安定化する配置を計算する（ステップ S 1 0 7 5）。 10

【0072】

次いで、詰込順制御処理部 1 0 7 において、収納容器内の線源付着と充填材の詰め方などの情報を整理して、詰込順制御結果表示部 1 0 7 d に結果を表示（ステップ S 1 0 7 6）し、処理を終了する。

【0073】

次いで、図 1 3 のステップ S 1 0 8 における作業者の放射性廃棄物廃棄作業時の被ばく量の演算処理の詳細について図 1 8 を用いて説明する。図 1 8 は切断回数、切断位置から被ばく線量を推定する計算処理の流れのフローチャートである。

図 1 8 に示す処理は、詰込順制御処理部 1 0 7 において実行される。

【0074】

まず、詰込順制御処理部 1 0 7 において、図 1 3 のステップ S 1 0 3 で生成した切断モデルから、解体配管の口径、切断位置を受信する（ステップ S 1 0 8 1）。 20

【0075】

次いで、詰込順制御処理部 1 0 7 において、切断位置周辺の線量率（図 1 3 のステップ S 1 0 1 で割り当てた計算値、もしくは実測値）を受信する（ステップ S 1 0 8 2）。

【0076】

次いで、詰込順制御処理部 1 0 7 において、個々の切断作業における被ばく線量を作業時間と線量率の積を基にして計算する（ステップ S 1 0 8 3）。

【0077】

次いで、詰込順制御処理部 1 0 7 において、以上の個々の作業における被ばく線量と作業員の積の総和を求める（ステップ S 1 0 8 4）。 30

【0078】

その後、詰込順制御処理部 1 0 7 において、全ての切断配管分の積の総和の演算が終了したか否かを判定（ステップ S 1 0 8 5）し、終了しているときは処理を終了し、終了していないときは処理をステップ S 1 0 8 1 に戻す。

【0079】

次いで、詰込順制御処理部 1 0 7 において、全切断作業分繰り返す。

【0080】

上述した本発明の放射性廃棄物収納計画支援システムの実施例では、残存放射能データ割当部 1 0 1、切断モデル生成処理部 1 0 2、詰込状態生成処理部 1 0 3、容器選択処理部 1 0 4 および空間線量率計算処理部 1 0 5 において収納容器の内外の線量率空間分布を計算し、表面線量率判定部 1 0 6 において演算した線量率空間分布を判定し、詰込順制御処理部 1 0 7 において高線量率の発生源となる切断部品の配置位置と低線量・高線量部品の組み合わせで収納容器外の線量率を低減するよう繰り返し演算を実施するよう処理を行う。 40

【0081】

これによって、従来は机上計算に依っていた収納計画を、3 D 設計モデルに基づく計算で自動化することができ、業務効率の向上が可能となる。例えば、高いレベルの放射性物質が付着している解体廃棄物の収納方法を改善することが可能となるとともに、廃棄物収納容器における線量率低減に効果的な解体物の収納状態が事前に検討可能となり、放射性 50

廃棄物を安全かつ効率的に保管することができ、更に作業員の被ばく線量を低減することができる。

【0082】

なお、本発明は上述の実施例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、上述の実施例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、必ずしも説明したすべての構成を有するものに限定されるものではない。

【0083】

また、上述した各構成、各部、機能、各DB等は、それらの一部又はすべてを、例えば集積回路で設計すること等によりハードウェアで実現してもよい。また、上述した各構成、機能等は、CPU等の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、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、ファイル等の情報は、HD (Hard Disk) に格納すること以外に、メモリや、SSD (Solid State Drive) 等の記録装置、又は、IC (Integrated Circuit) カードや、SD (Secure Digital) カード、DVD (Digital Versatile Disc) 等の記録媒体に格納することができる。

10

【0084】

また、各実施例において、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、製品上必ずしもすべての制御線や情報線を示しているとは限らない。

【符号の説明】

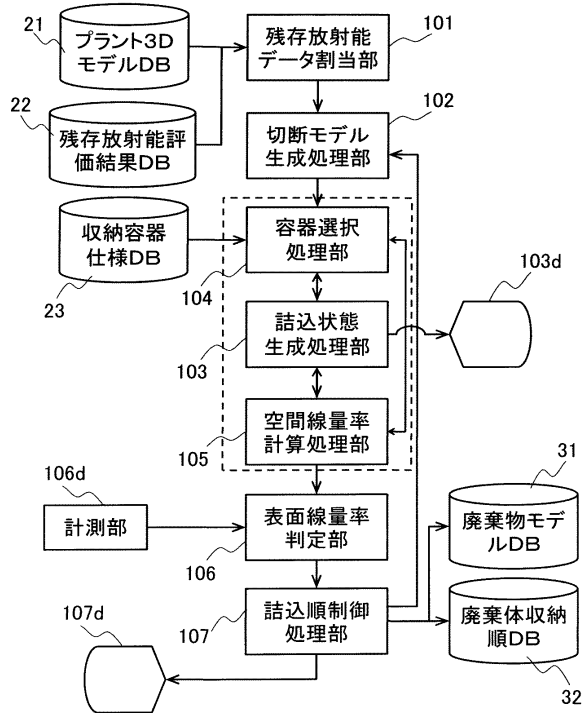
20

【0085】

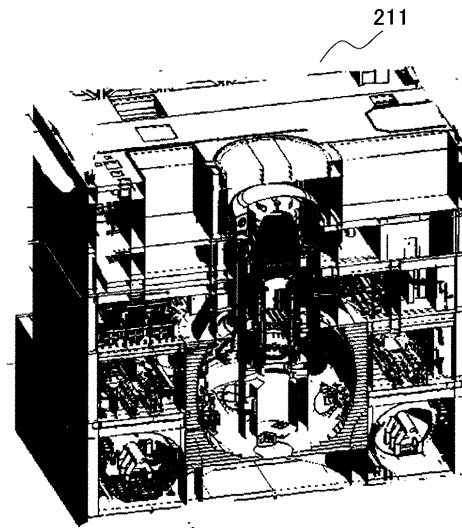
- 101…残存放射能データ割当部、
- 102…切断モデル生成処理部、
- 103…詰込状態生成処理部、
- 103d…詰込状態表示部、
- 104…容器選択処理部、
- 105…空間線量率計算処理部、
- 106…表面線量率判定部、
- 106d…計測部、
- 107…詰込順制御処理部、
- 107d…詰込順制御結果表示部、
- 21…プラント3Dモデルデータベース(DB)、
- 22…残存放射能評価結果データベース(DB)、
- 23…収納容器仕様データベース(DB)、
- 31…廃棄物モデルデータベース(DB)、
- 32…廃棄体収納順データベース(DB)。

30

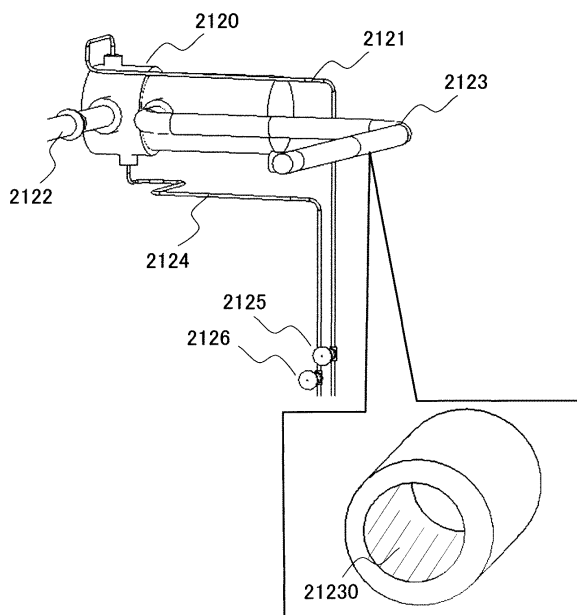
【図 1】



【図 2】



【図 3】

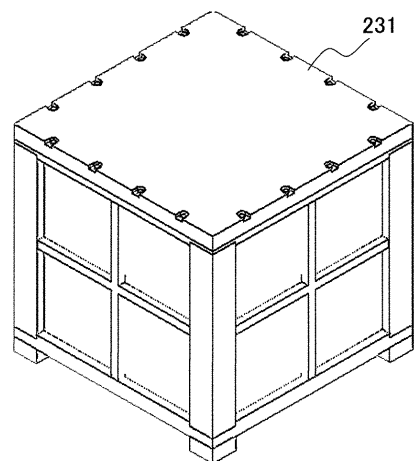


【図 4】

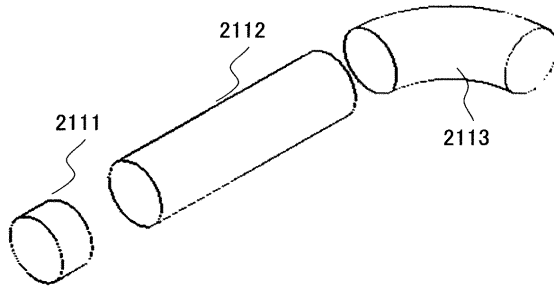
Figure 4 is a screenshot of a software interface displaying a table of waste management data. The table includes columns for Date, Container type, Item count, ID, Type, Filtration, Accumulation, Density, Weight, Surface dose, and Pieces. The data is organized into rows, with some rows highlighted in yellow.

Date	Container type	Item count	ID	Type	Filtration	Accumulation	Density (kg/m³)	Weight (kg)	Surface dose (mSv/h)	Pieces
12-10-2	12-10-2	2	12-10-2	12-10-2	1955	1.9770E+005	8.4711E+000	1.7	22	
12-10-2	12-10-2	3	12-10-2	12-10-2	926	2.6884E+000	2.8445E+000	1.9	25	
12-10-2	12-10-2	4	12-10-2	12-10-2	954	1.7372E+007	1.7372E+007	1.9	1	
12-10-2	12-10-2	5	12-10-2	12-10-2	1898	2.8684E+007	1.7022E+007	1.2	48	
12-10-2	12-10-2	6	12-10-2	12-10-2	288	8.8617E+000	7.1864E+000	1.2	253	

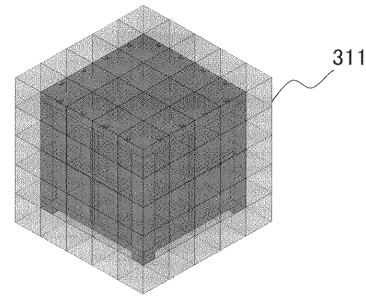
【図 5】



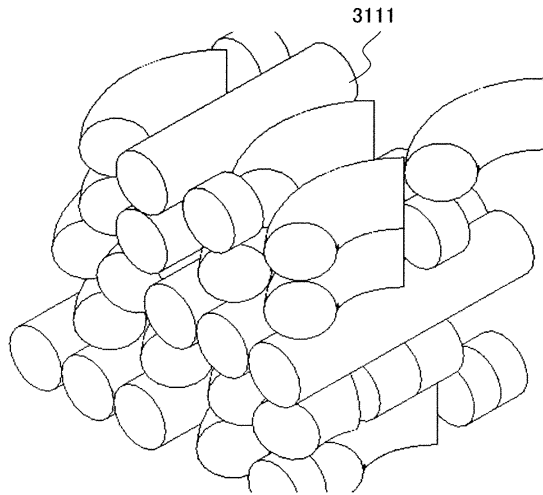
【図 6】



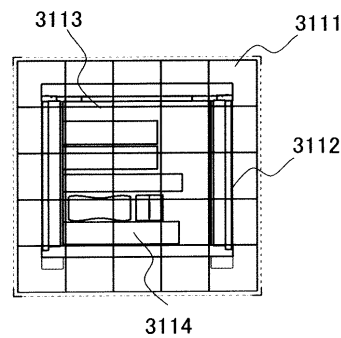
【図 8】



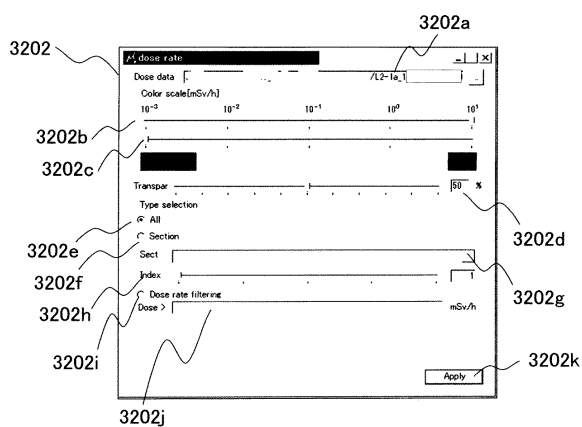
【図 7】



【図 9】



【図 10】



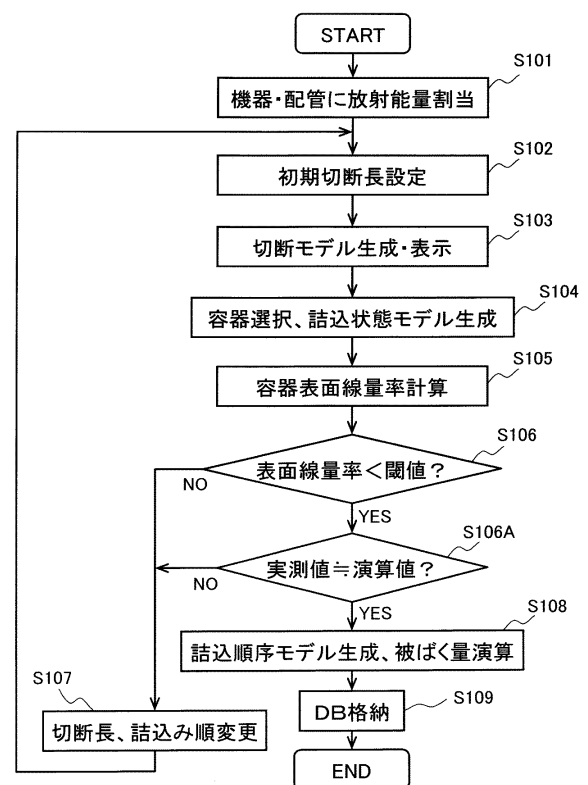
【図 11】

221	建屋	設備	系統	重量 [t]	放射化[Bq/t]				汚染[Bq/t]			
					H3	Be10	Co60	...	H3	Be10	Co60	...
R	浄化設備	C	180	6.9x10 ⁴	1.4x10 ³	2.0x10 ⁷	...	6.9x10 ⁴	1.4x10 ³	2.0x10 ⁷	...	...
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...

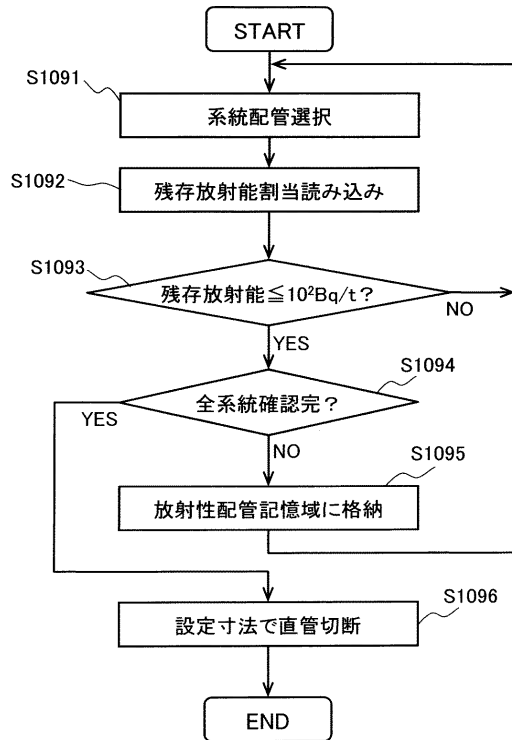
【図 12】

222	建屋	系統	重量[t]	放射化[Bq/t]	汚染[Bq/t]	合計[Bq/t]
	R	C	180	2.0x10 ⁷	2.0x10 ⁷	4.0x10 ⁷
	...	...	...	...	...	...

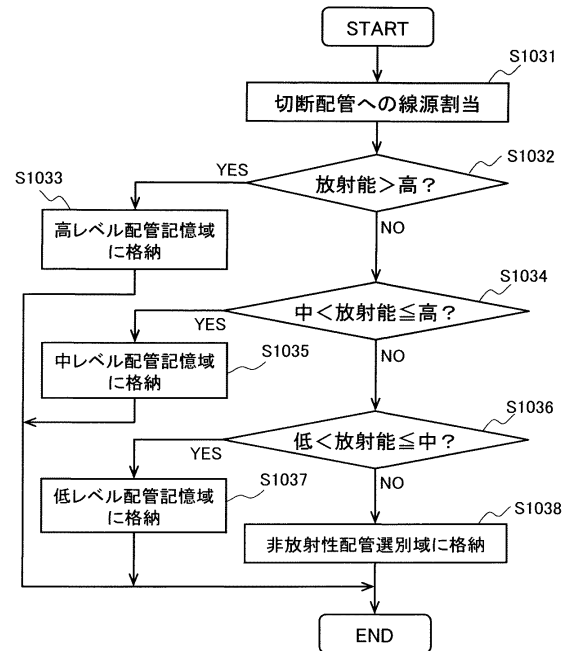
【図 13】



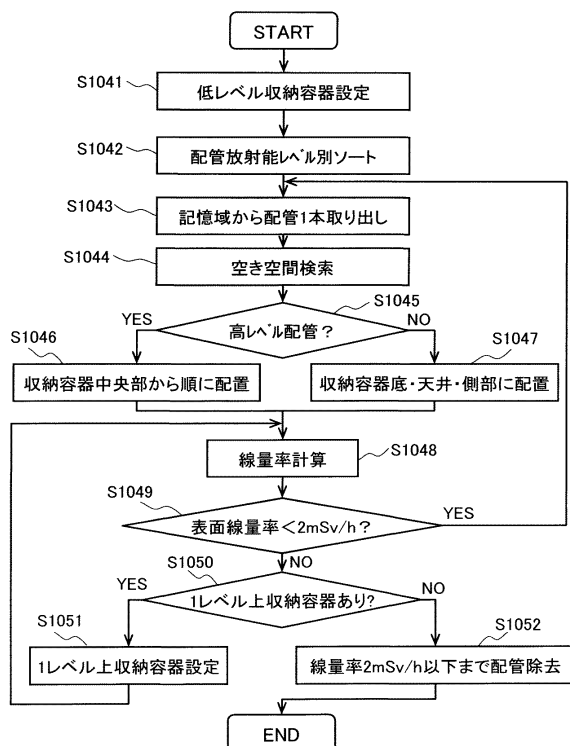
【図 14】



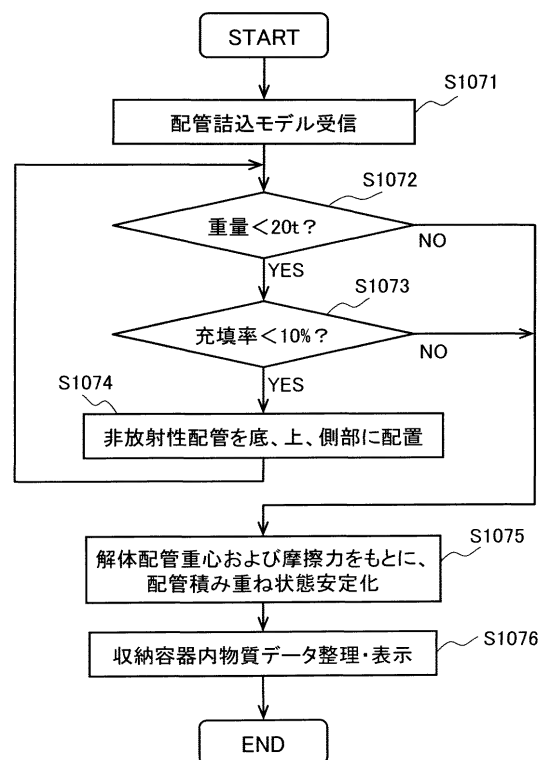
【図 15】



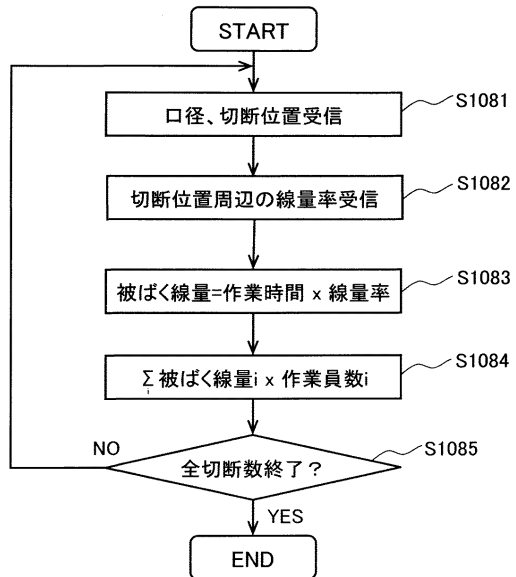
【図 16】



【図 17】



【図 18】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2002-207098 (JP, A)
米国特許第05936863 (US, A)
特開2013-145148 (JP, A)
特開平06-088873 (JP, A)
特開2015-087300 (JP, A)
特開昭62-089000 (JP, A)
特開2014-006645 (JP, A)
特開昭59-126297 (JP, A)
特開2012-255742 (JP, A)
特開2002-342456 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G 2 1 F	9 / 0 0
G 2 1 F	9 / 2 8 - 9 / 3 6
G 0 6 Q	5 0 / 2 6
G 0 6 Q	5 0 / 0 6 - 5 0 / 0 8
E 0 4 G	2 3 / 0 8