

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6638933号
(P6638933)

(45) 発行日 令和2年2月5日(2020.2.5)

(24) 登録日 令和2年1月7日(2020.1.7)

(51) Int. Cl. F I
GO 1 T 1/167 (2006.01) GO 1 T 1/167 A

請求項の数 10 (全 25 頁)

(21) 出願番号	特願2015-135020 (P2015-135020)	(73) 特許権者	000001373
(22) 出願日	平成27年7月6日(2015.7.6)		鹿島建設株式会社
(65) 公開番号	特開2016-27334 (P2016-27334A)		東京都港区元赤坂一丁目3番1号
(43) 公開日	平成28年2月18日(2016.2.18)	(73) 特許権者	505374783
審査請求日	平成30年5月24日(2018.5.24)		国立研究開発法人日本原子力研究開発機構
(31) 優先権主張番号	特願2014-139490 (P2014-139490)		茨城県那珂郡東海村大字舟石川765番地1
(32) 優先日	平成26年7月7日(2014.7.7)	(73) 特許権者	591058792
(33) 優先権主張国・地域又は機関	日本国(JP)		日本金属化学株式会社
			東京都練馬区旭町3-12-19
		(74) 代理人	100088155
			弁理士 長谷川 芳樹
		(74) 代理人	100113435
			弁理士 黒木 義樹

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】放射能濃度計測装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

放射性物質を含む液体状の被計測物の放射能濃度を計測する放射能濃度計測装置において、

前記被計測物を収容する貯留槽と、

筒形状をなし、前記貯留槽に収容された前記被計測物の液面よりも下方に位置する下端開口を有する内筒と、

前記内筒の内部の領域である内部領域において前記液面よりも下方に配置され、前記内部領域を流動する前記被計測物の放射能濃度を計測する放射能濃度計測部と、

前記貯留槽の内部における前記被計測物の流動を発生させる第1ポンプと、
を備え、

前記内部領域における前記被計測物の流動方向は、前記貯留槽の内部であり且つ前記内筒の外部の領域である外部領域における前記被計測物の流動方向と逆であり、

前記外部領域を通して前記内部領域における前記流動方向と逆方向に流動した前記被計測物は、再び前記内部領域に流入して前記内部領域において流動し、

前記被計測物は、前記内部領域と前記外部領域との間で循環する、放射能濃度計測装置。

【請求項2】

前記内部領域における前記被計測物の流れは、前記貯留槽の底面から前記液面に向かう上昇流であり、

前記外部領域における前記被計測物の流れは、前記液面から前記底面に向かう下降流である、請求項 1 に記載の放射能濃度計測装置。

【請求項 3】

放射性物質を含む液体状の被計測物の放射能濃度を計測する放射能濃度計測装置において、

前記被計測物を収容する貯留槽と、

筒形状をなし、前記貯留槽に収容された前記被計測物の液面よりも下方に位置する下端開口を有する内筒と、

前記内筒の内部の領域である内部領域において前記液面よりも下方に配置され、前記内部領域を流動する前記被計測物の放射能濃度を計測する放射能濃度計測部と、

10

前記貯留槽の内部における前記被計測物の流動を発生させる第 1 ポンプと、を備え、

前記内部領域における前記被計測物の流動方向は、前記貯留槽の内部であり且つ前記内筒の外部の領域である外部領域における前記被計測物の流動方向と逆であり、

前記内部領域における前記被計測物の流れは、前記貯留槽の底面から前記液面に向かう上昇流であり、

前記外部領域における前記被計測物の流れは、前記液面から前記底面に向かう下降流であり、

前記内筒は、

前記液面よりも上方に位置する上端開口を更に有し、

20

前記第 1 ポンプは、

前記内部領域における前記放射能濃度計測部と前記液面との間に位置する第 1 吸入口を有し、

前記第 1 吸入口から吸入した前記被計測物を前記外部領域の上部へ送出する、放射能濃度計測装置。

【請求項 4】

前記外部領域において前記内筒の周方向に流動する前記被計測物の流動を発生させる第 2 ポンプを更に備える、請求項 3 に記載の放射能濃度計測装置。

【請求項 5】

前記外部領域において前記周方向に前記被計測物を噴出する噴出ノズルを更に備え、

30

前記第 2 ポンプは、

前記貯留槽の底部の中央部に位置する第 2 吸入口を有し、

前記第 2 吸入口から吸入した前記被計測物を前記噴出ノズルへ送出する、請求項 4 に記載の放射能濃度計測装置。

【請求項 6】

前記第 1 ポンプの前記第 1 吸入口から吸入した前記被計測物を前記外部領域の上部へ案内する第 1 流路と、

前記第 1 流路を通過する前記被計測物の流量を測定する流量測定部と、を更に備える、請求項 3 ~ 5 の何れか一項に記載の放射能濃度計測装置。

【請求項 7】

40

放射性物質を含む液体状の被計測物の放射能濃度を計測する放射能濃度計測装置において、

前記被計測物を収容する貯留槽と、

筒形状をなし、前記貯留槽に収容された前記被計測物の液面よりも下方に位置する下端開口を有する内筒と、

前記内筒の内部の領域である内部領域において前記液面よりも下方に配置され、前記内部領域を流動する前記被計測物の放射能濃度を計測する放射能濃度計測部と、

前記貯留槽の内部における前記被計測物の流動を発生させる第 1 ポンプと、を備え、

前記内部領域における前記被計測物の流動方向は、前記貯留槽の内部であり且つ前記内

50

筒の外部の領域である外部領域における前記被計測物の流動方向と逆であり、

前記内筒は、

前記被計測物を取り入れるために一端側に形成された流入口と、前記流入口から取り入れた前記被計測物を排出するために他端側に形成された排出口とを有し、

前記流入口及び前記排出口は、前記貯留槽の前記被計測物内に配置されており、

前記第 1 ポンプは、

前記流入口から前記内筒の内部に前記被計測物を送り込む、放射能濃度計測装置。

【請求項 8】

前記内筒の前記流入口は、前記貯留槽の底面側に配置され、

前記内筒の前記排出口は、前記液面側に配置され、

前記第 1 ポンプは、前記貯留槽の前記底面側に配置されている、請求項 7 に記載の放射能濃度計測装置。

【請求項 9】

放射性物質を含む液体状の被計測物の放射能濃度を計測する放射能濃度計測装置において、

前記被計測物を収容する貯留槽と、

筒形状をなし、前記貯留槽に収容された前記被計測物の液面よりも下方に位置する下端開口を有する内筒と、

前記内筒の内部の領域である内部領域において前記液面よりも下方に配置され、前記内部領域を流動する前記被計測物の放射能濃度を計測する放射能濃度計測部と、

前記貯留槽の内部における前記被計測物の流動を発生させる第 1 ポンプと、
を備え、

前記内部領域における前記被計測物の流動方向は、前記貯留槽の内部であり且つ前記内筒の外部の領域である外部領域における前記被計測物の流動方向と逆であり、

前記貯留槽は、円筒状の形状を有し、

前記内筒は、円筒状の形状を有し、前記内筒の中心軸線が前記貯留槽の中心軸線と一致するように配置されている、放射能濃度計測装置。

【請求項 10】

放射性物質を含む液体状の被計測物の放射能濃度を計測する放射能濃度計測装置において、

前記被計測物を収容する貯留槽と、

筒形状をなし、前記貯留槽に収容された前記被計測物の液面よりも下方に位置する下端開口と、前記液面よりも上方に位置する上端開口と、を有する内筒と、

前記内筒の内部の領域である内部領域において前記液面よりも下方に配置され、前記内部領域を流動する前記被計測物の放射能濃度を計測する放射能濃度計測部と、

前記内部領域における前記放射能濃度計測部と前記液面との間に位置する第 1 吸入口を有し、前記第 1 吸入口から前記内部領域の前記被計測物を吸入する第 1 ポンプと、

前記第 1 ポンプで吸入された前記被計測物を、前記貯留槽の内部であり且つ前記内筒の外部の領域である外部領域の上部へ案内する第 1 流路と、
を備える、放射能濃度計測装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、放射性物質を含む計測対象物の放射能濃度を計測する放射能濃度計測装置に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、放射能濃度を測定する分野の技術として特許文献 1 に記載された気体放射能濃度測定装置が知られている。この装置は、プロセス配管にサンプリング配管を取り付けて、プロセス配管を流動する被測定気体を測定容器に導いている。そして、サンプリング配管

10

20

30

40

50

の途中に配置された放射線検出器で連続的に放射能濃度を測定する。また、非特許文献 1 には、空間線量を利用した放射能濃度の測定方法が記載されている。この測定方法では、丸型容器又は土のう袋に汚染土壌等を収納し、その表面の空間線量を測定する。この空間線量に基づいて、汚染土壌等の放射能濃度を測定する。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特開 2005 - 9890 号公報

【非特許文献】

【0004】

【非特許文献 1】厚生労働省電離放射線労働者健康対策室編、除染等業務特別教育テキスト改訂版、[online]、厚生労働省動労基準局安全衛生部電離放射線労働者健康対策室、[平成 26 年 2 月 25 日検索]、インターネット < http://www.mhlw.go.jp/new_info/kobetu/roudou/gyousei/anken/dl/120118_04_zentai.pdf >

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

放射能濃度の計測では、計測対象物の一部をサンプルとして取得し、そのサンプルの放射能濃度を計測して計測対象物の放射能濃度とすることがある。例えば、特許文献 1 の気体放射能濃度測定装置では、プロセス配管を流動する全ての被測定気体をサンプリング配管に導くわけではなく、その一部をサンプリング配管に導いて放射能濃度を計測している。しかし、近年、計測対象物の全量について放射能濃度を計測することが望まれている。

【0006】

そこで、本発明は、放射性物質を含む計測対象物の全量計測が可能な放射能濃度計測装置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】

【0007】

本発明の一実施形態は、放射性物質を含む液体状の被計測物の放射能濃度を計測する放射能濃度計測装置において、被計測物を収容する貯留槽と、筒形状をなし、貯留槽に収容された被計測物の液面よりも下方に位置する下端開口を有する内筒と、内筒の内部の領域である内部領域において液面よりも下方に配置され、内部領域を流動する被計測物の放射能濃度を計測する放射能濃度計測部と、貯留槽の内部における被計測物の流動を発生させる第 1 ポンプと、を備え、内部領域における被計測物の流動方向は、貯留槽の内部であり且つ内筒の外部の領域である外部領域における被計測物の流動方向と逆である。

【0008】

この放射能濃度計測装置では、貯留槽に収容された被計測物は、第 1 ポンプによって流動される。内部領域に配置された放射能濃度計測部によって、内部領域を流動する被計測物の放射能濃度が計測される。ここで、被計測物の流動方向は、内部領域と外部領域とで逆である。そのため、内部領域を流動した被計測物は、内部領域における流動方向と逆方向に外部領域を流動して、再び内部領域を流動することになる。すなわち、被計測物は、内部領域と外部領域との間で循環する。その結果、貯留槽内に収容された大容量の被計測物の全量について、放射能濃度を計測することができる。さらに、被計測物は第 1 ポンプにより流動させられているため、被計測物が攪拌されて、被計測物に含まれた放射性物質の分布が均一化される。そして、放射能濃度計測部は、被計測物に周囲を囲まれている。この被計測物は、計測の対象であると共にバックグラウンド放射線の線量を低下させる遮蔽体として機能する。従って、放射性物質分布の均一化と、バックグラウンド放射能濃度の低減により、放射能濃度の信頼できる計測値が得られる。

【0009】

また、放射能濃度計測装置では、内部領域における被計測物の流れは、貯留槽の底面から液面に向かう上昇流であり、外部領域における被計測物の流れは、液面から底面に向か

10

20

30

40

50

う下降流であってもよい。この構成によれば、被計測物は、内部領域において貯留槽の底面から液面に向かって吹き上げられる。その結果、放射性物質を含む被計測物を効率よく攪拌することが可能になるため、被計測物に含まれた放射性物質の分布を一層均一なものとする事ができる。

【 0 0 1 0 】

また、放射能濃度計測装置では、内筒は、液面よりも上方に位置する上端開口を更に有し、第1ポンプは、内部領域における放射能濃度計測部と液面との間に位置する第1吸入口を有し、第1吸入口から吸入した被計測物を外部領域の上部へ送出してもよい。この構成によれば、内筒の上端開口が液面よりも上方に位置されているため、被計測物は、液面側において内筒によって内部領域と外部領域とに区画される。そのため、内部領域における被計測物は、放射能濃度計測部と液面との間において第1吸入口から確実に吸引される。従って、被計測物は、下端開口から内部領域に導入され、内部領域を流動して放射能濃度計測部を通過し、放射能濃度計測部と液面との間において第1吸入口から確実に吸引される。その後、第1吸入口から吸入された被計測物は、外部領域の上部へ送出されて外部領域を流動し、再び下端開口から内部領域に導入される。このように、内部領域と外部領域との間で被計測物を確実に循環させることが可能となる。

【 0 0 1 1 】

また、放射能濃度計測装置は、外部領域において内筒の周方向に流動する被計測物の流動を発生させる第2ポンプを更に備えてもよい。この構成によれば、第2ポンプによって、外部領域において内筒の周方向に被計測物が流動されるため、被計測物の攪拌が促進される。そのため、被計測物に含まれた放射性物質の分布をより一層均一化することができる。

【 0 0 1 2 】

また、放射能濃度計測装置は、外部領域において周方向に被計測物を噴出する噴出ノズルを更に備え、第2ポンプは、貯留槽の底部の中央部に位置する第2吸入口を有し、第2吸入口から吸入した被計測物を噴出ノズルへ送出してもよい。外部領域において内筒の周方向に被計測物が流動されると、被計測物に含まれた放射性物質は、沈降しながら貯留槽の底部の中央部に向かって集まってくる。そこで、第2吸入口から被計測物が吸入されることにより、貯留槽の底部の中央部に向かって集まった放射性物質が被計測物と共に第2吸入口から吸入される。そして、被計測物が噴出ノズルによって外部領域において周方向に噴出されることにより、貯留槽の底部の中央部に集まった放射性物質が外部領域に戻される。従って、被計測物の攪拌の促進と、被計測物に含まれた放射性物質の分布の均一化とを好適に図ることができる。

【 0 0 1 3 】

また、放射能濃度計測装置は、第1ポンプの第1吸入口から吸入した被計測物を外部領域の上部へ案内する第1流路と、第1流路を通過する被計測物の流量を測定する流量測定部と、を更に備えてもよい。この構成によれば、第1吸入口から吸入した被計測物の流量が流量測定部によって測定される。ここで、第1吸入口から吸入される被計測物は、内部領域において放射能濃度計測部を通過して放射能濃度計測部と液面との間に達したものである。つまり、流量測定部によって、内部領域において放射能濃度計測部を通過した被計測物の流量を測定することができる。

【 0 0 1 4 】

また、放射能濃度計測装置では、内筒は、被計測物を取り入れるために一端側に形成された流入口と、流入口から取り入れた被計測物を排出するために他端側に形成された排出口とを有し、流入口及び排出口は、貯留槽の被計測物内に配置されており、第1ポンプは、流入口から内筒の内部に被計測物を送り込んでもよい。この構成によれば、貯留槽に収容された被計測物が第1ポンプにより内筒に送り込まれ、内部領域に配置された放射能濃度計測部により放射能濃度が計測される。ここで、被計測物は、内筒の流入口から取り入れられて放射能濃度計測部を通過した後に、排出口から排出される。排出された被計測物は、外部領域において内部領域における移動方向とは逆方向に移動し、再び内筒の流入口

から取り入られて放射能濃度計測部を通過する。すなわち、貯留槽内において内筒の内部と外部とで被計測物が循環しているため、貯留槽内に収容された大容量の被計測物の全量について放射能濃度を計測できる。さらに、被計測物は第1ポンプにより流動させられているため、被計測物が攪拌されて、被計測物に含まれた放射性物質の分布が均一化される。そして、放射能濃度計測部は、被計測物に周囲を囲まれている。この被計測物は、計測の対象であると共にバックグラウンド放射線の線量を低下させる遮蔽体として機能する。従って、放射性物質分布の均一化と、バックグラウンド放射能濃度の低減により、放射能濃度の信頼できる計測値が得られる。

【0015】

また、放射能濃度計測装置では、内筒の流入口は、貯留槽の底面側に配置され、内筒の排出口は、液面側に配置され、第1ポンプは、貯留槽の底面側に配置されていてもよい。この構成によれば、水槽の底面側に配置された第1ポンプによって、内部領域において被計測物は底面から液面に向かって吹き上げられる。従って、放射性物質を含む被計測物を効率よく攪拌することが可能になるため、被計測物に含まれた放射性物質の分布をさらに均一化することができる。

【0016】

また、放射能濃度計測装置では、貯留槽の外周を囲む遮蔽槽を更に備え、遮蔽槽は、被計測物とは別の液体状の遮蔽体が収容される遮蔽体収容部を有することとしてもよい。この構成によれば、被計測物の放射能濃度を計測する場合、貯留槽の周囲に形成された遮蔽体収容部に液体状の遮蔽体を満たすことが可能になる。従って、被計測物が満たされた貯留槽が液体状の遮蔽体に囲まれるので、貯留槽に侵入するバックグラウンド放射線の線量が低減する。従って、内部領域に侵入するバックグラウンド放射線の線量を一層低減することができる。

【0017】

また、放射能濃度計測装置では、貯留槽は、円筒状の形状を有し、内筒は、円筒状の形状を有し、内筒の中心軸線が貯留槽の中心軸線と一致するように配置されていてもよい。この構成によれば、内筒の下端開口近傍において全周囲から被計測物を取り入れることができると共に、貯留槽の内部において被計測物が滞留しやすい領域を減少させることができる。従って、放射性物質を含む被計測物を効率よく攪拌することが可能になるため、被計測物に含まれた放射性物質の分布をより均一化することができる。

【0018】

本発明の一実施形態は、放射性物質を含む液体状の被計測物の放射能濃度を計測する放射能濃度計測装置において、被計測物を収容する貯留槽と、筒形状をなし、貯留槽に収容された被計測物の液面よりも下方に位置する下端開口と、液面よりも上方に位置する上端開口と、を有する内筒と、内筒の内部の領域である内部領域において液面よりも下方に配置され、内部領域を流動する被計測物の放射能濃度を計測する放射能濃度計測部と、内部領域における放射能濃度計測部と液面との間に位置する第1吸入口を有し、第1吸入口から内部領域の被計測物を吸入する第1ポンプと、第1ポンプで吸入された被計測物を、貯留槽の内部であり且つ内筒の外部の領域である外部領域の上部へ案内する第1流路と、を備える。

【0019】

この放射能濃度計測装置では、内筒の上端開口が液面よりも上方に位置されているため、被計測物は、液面側において内筒によって内部領域と外部領域とに区画される。そのため、内部領域における被計測物は、放射能濃度計測部と液面との間において第1吸入口から確実に吸引される。従って、被計測物は、下端開口から内部領域に導入され、内部領域を流動して放射能濃度計測部を通過し、放射能濃度計測部と液面との間において第1吸入口から確実に吸引される。その後、第1吸入口から吸入された被計測物は、外部領域の上部へ送出されて外部領域を流動し、再び下端開口から内部領域に導入される。このように、内部領域と外部領域との間で被計測物を確実に循環させることが可能となる。

【発明の効果】

【 0 0 2 0 】

本発明によれば、放射性物質を含む被計測物の全量計測が可能な放射能濃度計測装置が提供される。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 2 1 】

【 図 1 】 本発明の第 1 実施形態に係る放射能濃度計測装置を側面から見た断面図である。

【 図 2 】 図 1 の放射能濃度計測装置を上面から見た断面図である。

【 図 3 】 図 1 の放射能濃度計測装置内における被計測物の動きを示す図である。

【 図 4 】 図 1 の放射線量の遮蔽効果を説明するためのグラフである。

【 図 5 】 図 1 の放射線量の遮蔽効果を説明するためのグラフである。

10

【 図 6 】 図 1 の放射能濃度計測装置を用いた計測の手順を示す図である。

【 図 7 】 本発明の第 2 実施形態に係る放射能濃度計測装置を側面から見た断面図である。

【 図 8 】 図 7 の放射能濃度計測装置の攪拌流路を示す断面図である。

【 図 9 】 図 7 の放射能濃度計測装置の循環流路を示す平面図である。

【 図 1 0 】 (a) は、図 7 の放射能濃度計測装置を用いた計測の手順を示す図である。(b) は、図 7 の放射能濃度計測装置を用いた計測サイクルを示す図である。

【 発明を実施するための形態 】

【 0 0 2 2 】

以下、添付図面を参照しながら本発明を実施するための形態を詳細に説明する。図面の説明において同一の要素には同一の符号を付し、重複する説明を省略する。

20

[第 1 実施形態]

【 0 0 2 3 】

図 1 及び図 2 に示されるように、放射能濃度計測装置 1 は、計測水（計測対象物）W 1 の放射能濃度を計測する装置である。液体状の被計測物である計測水（被計測物）W 1 は、例えば、放射性セシウム等の放射性物質を含む水である。また、計測水 W 1 には、砂や泥といった不純物も含まれている。ここで、放射性物質の一例である放射性セシウムは、水中において砂や泥といった不純物に付着した状態や水に溶けた状態で存在している。

【 0 0 2 4 】

放射能濃度計測装置 1 は、箱状の遮蔽槽 2 を備えている。遮蔽槽 2 は、放射能濃度計測装置 1 の外形形状をなすものであり、例えば、高さ H 1 が 2 4 5 0 mm、幅 D 1 が 2 7 0 0 mm、奥行き L 1 が 2 2 0 0 mm の寸法を有している。この遮蔽槽 2 は、その内部に液体を満たすことができるように側壁や底部をなす部材同士が水密に接続されている。

30

【 0 0 2 5 】

遮蔽槽 2 の 4 枚の側板 3 a ~ 3 d に囲まれた空間は、計測水 W 1 が満たされる計測対象領域 A と、液体状の遮蔽体である遮蔽水（遮蔽体）W 2 が満たされる遮蔽領域（遮蔽体収容部）B と、パuffa領域 C とに分割されている。計測対象領域 A と遮蔽領域 B との間は、互いに隔離され、計測対象領域 A から遮蔽領域 B に計測水 W 1 が漏れ出ることがなく、遮蔽領域 B から計測対象領域 A に遮蔽水 W 2 が漏れ出ることがないように構成されている。

。

【 0 0 2 6 】

40

計測対象領域 A は、計測水 W 1 の放射能濃度の計測を行うための計測領域 A 1 と、計測領域 A 1 に計測水 W 1 を導入する導入領域 A 2 と、を有している。計測領域 A 1 は、遮蔽槽 2 の中央近傍に取り付けられた外筒 7 と水槽底板 2 a とにより囲まれた領域である。計測領域 A 1 は、内部領域 A 1 b と外部領域 A 1 a とを含む。内部領域 A 1 b 及び外部領域 A 1 a は、後述の貯留槽 5 と内筒 1 1 とによって画成される領域である。内部領域 A 1 b は、内筒 1 1 の内部の領域である。外部領域 A 1 a は、貯留槽 5 の内部であり且つ内筒 1 1 の外部の領域である。

【 0 0 2 7 】

導入領域 A 2 は、側板 3 a、仕切り板 4 a、4 b、4 c 及び水路底板 4 e に囲まれた第 1 の領域 A 2 a と、水路底板 4 e、水路側板（不図示）及び水槽底板 2 a の間に囲まれた

50

第2の領域A2bとを有している。また、第1の領域A2aの下端部には、計測が終了した計測水W1を排出するための流出制御弁6が取り付けられている。これら計測領域A1と導入領域A2とは、水槽底板2aに設けられた開口2bを介して連通している。計測水W1は、導入口8から注がれて、導入領域A2の第1の領域A2a及び第2の領域A2bを通過した後に、水槽底板2aの開口2bから計測領域A1に導入される。

【0028】

遮蔽領域Bは、3個の領域B1, B2, B3を有している。領域B1は、側板3b, 3d、仕切り板4c, 4d、外筒7及び水槽底板2aに囲まれた領域である。領域B2は、側板3a, 3d、仕切り板4a, 4c及び水槽底板2aに囲まれた領域である。領域B3は、側板3a, 3b、仕切り板4b, 4c及び水槽底板2aに囲まれた領域である。この遮蔽領域Bには、バックグラウンド放射線を低減させるための遮蔽水W2が満たされている。

【0029】

バッファ領域Cは、側板3b, 3c, 3d及び仕切り板4dに囲まれた領域である。このバッファ領域Cは、遮蔽領域Bの領域B1に隣接して形成され、領域B1から遮蔽水W2が溢れた場合にバッファとして機能する。従って、通常の運用状態では、バッファ領域Cに水等は満たされていない。

【0030】

貯留槽5は、直径D2が1400mmであり、高さH2が2450mmである円筒状の形状を有し、外筒7と水槽底板2aとを有している。ここで、貯留槽5の直径D2の下限値は、計測水W1の遮蔽能力に基づいて設定され、例えば、300mm以上が好ましく、より好ましくは800mm以上である。なお、直径D2が300mm未満の場合には、感度改善効果は約2倍以下になり、測定精度の改善度合いが小さくなる。また、貯留槽5の直径D2の上限値は、2000mm以下であり、より好ましくは1500mm以下である。これら上限値によれば、所望の測定精度を維持することができる。また、直径D2が1500mmより大きくなると、直径D2に対する測定精度の向上度合いが徐々に小さくなる。そして、直径D2が2000mmより大きくなると直径D2が大きくなっても測定精度は略一定なる。一方、計測対象である計測水W1は少ない方が好ましいため、貯留槽5の直径D2は、2000mm以下であり、より好ましくは1500mm以下に設定される。外筒7の下端部7aは、遮蔽槽2内において水槽底板2aの開口2bを囲むように固定されている。外筒7の上端部7bは、遮蔽槽2の側板3a~3dと略同じ高さであり、蓋9が配置されている。

【0031】

筒形状の形状を有する内筒11は、直径D3が400mmであり、高さH3が2000mmであり、その両端は開放されている。内筒11は貯留槽5内に配置されるため、直径D3は貯留槽5の直径D2よりも小さい値になる。また、内筒11の直径D3は、遮蔽槽2の水槽底板2aに設けられた開口2bと略同じである。内筒11の一端側には、計測水W1を取り入れるための流入口(下端開口)11aが形成されている。流入口11aは、貯留槽5に収容された計測水W1の液面WLよりも下方に位置する。内筒11の他端側には、計測水W1を排出するための排出口11bが形成されている。流入口11aは、遮蔽槽2の水槽底板2a側に配置されている。排出口11bは、貯留槽5における計測水W1の液面WL側に配置されている。すなわち、内筒11は、内筒11の中心軸線N1が貯留槽5の中心軸線N2と一致するように縦向きに配置されている。内筒11は、内筒11の外壁面に120度間隔で支持フレーム12が取り付けられ、その支持フレーム12が水槽底板2aに取り付けられている。ここで、貯留槽5と内筒11とは、計測水槽をなす。

【0032】

ここで、内筒11の直径D3と貯留槽5の直径D2との関係について詳細に説明する。内筒11から貯留槽5へ(内部領域A1bから外部領域A1aへ)計測水W1が流れ出る場合において、直径D2, D3の関係は、式(1)に示す内筒11の断面積S3と貯留槽5の断面積S2との関係に基づいて決定されている。

10

20

30

40

50

S 2 - S 3 S 3 . . . (1)

式(1)の左辺(S 2 - S 3)は、貯留槽5の内部(外部領域A 1 a)を下降流として計測水W 1が流れる際の断面積を示している。従って、式(1)は、貯留槽5内における下降流の断面積(S 2 - S 3)が、内筒1 1の断面積S 3と等しい、又は内筒1 1の断面積S 3よりも大きいことを示している。この式(1)の関係によれば、内筒1 1内(内部領域A 1 b)における計測水W 1の上昇流が貯留槽5側に流出する際に滞留することなく、スムーズに流れる状態を確保できる。上記式(1)の関係を直径D 2, D 3を用いて表した場合には、式(2)になる。

$(D 2)^2 > 2 \times (D 3)^2 \cdot \cdot \cdot (2)$

式(2)によれば、例えば、貯留槽5の直径D 2を300mmとした場合には、内筒1 1の直径D 3は、212mm以下であればよい。また、貯留槽5の直径D 2を1400mmとした場合には、内筒1 1の直径D 3は990mm以下であればよい。逆に、内筒1 1の直径D 3を400mmとした場合には、貯留槽5の直径D 2は566mm以上であればよい。

【0033】

内筒1 1の流入口1 1 aは、水槽底板2 aに対して上方に離間している。このような配置構成によれば、計測水W 1が、内筒1 1と水槽底板2 aとの隙間1 5と流入口1 1 aとを介して内筒1 1に流入することが可能になる。一方、内筒1 1の排出口1 1 bは、貯留槽5に満たされた計測水W 1の液面W Lより下方に位置している。このような配置構成によれば、排出口1 1 bから流出した計測水W 1が、貯留槽5の外へ溢れ出ることを抑制することが可能になる。

【0034】

内筒1 1の内部(内部領域A 1 b)では、計測水W 1は、下方から上方に向かうように上昇すると共に、内筒1 1の円周方向に沿って旋回する旋回上昇流となって流通している(図3参照)。放射能濃度計測装置1は、この旋回上昇流を発生させるための第1ポンプ1 4を備えている。第1ポンプ1 4は、貯留槽5の内部における計測水W 1の流動を発生させる。第1ポンプ1 4は、内筒1 1の流入口1 1 aと対面する領域に配置されている。より詳細には、第1ポンプ1 4は、水槽底板2 aに固定され内筒1 1の中心軸線に沿って水槽底板2 aから内筒1 1に入り込むまで延在するベース1 7の先端部に取り付けられている。第1ポンプ1 4の水噴射口は、内筒1 1の内壁面に沿うように旋回上昇流を形成可能なノズル型噴流発生部である。また、放射能濃度計測装置1は、第1ポンプ1 4より生じさせた旋回上昇流を乱すための攪拌コマ1 6を備えている。この攪拌コマ1 6は、旋回上昇流により攪拌された内筒1 1の内部を流通する水流を更に乱すためのものであり、内筒1 1の水をより攪拌する目的で設けられる。攪拌コマ1 6は、内筒1 1の内壁面において、内筒1 1の中心軸線N 1に沿って互いに離間すると共に、円周方向にも互いに離間するように複数取り付けられている。

【0035】

計測水W 1が旋回上昇流となって流動する内筒1 1の内部には、内部領域A 1 bを流動する計測水W 1の放射能濃度を計測するための放射能濃度センサ(放射能濃度計測部)1 8が配置されている。放射能濃度センサ1 8は、内部領域A 1 bにおいて液面W Lよりも下方に配置されている。より詳細には、放射能濃度センサ1 8は、内筒1 1の中心軸線N 1上であり且つ内筒1 1の高さH 3方向における中央に配置されている。換言すると、放射能濃度センサ1 8は、貯留槽5の中心軸線N 2上であり且つ貯留槽5の高さにおける中央に配置されている。

【0036】

放射能濃度センサ1 8は、例えば、放射線エネルギーを吸収して蛍光を発生させるシンチレータと、シンチレータで発生した光を電気信号に変換する光電変換部とを有する装置を含む。シンチレータには、例えば、Na I(Tl)シンチレータや、Cs I(Tl)シンチレータが用いられる。放射能濃度センサ1 8は、シンチレータの発光の回数を数えたカウント値(CPS)を線量率として計測する。ここで、最終的に取得すべきデータは放

射能濃度 (B q / k g) であるため、放射能濃度計測装置 1 は、計測された線量率から放射能濃度を推定 (換算) する濃度推定部を含む。濃度推定部は、予め準備しておいた校正曲線を利用して、実際の計測において得られた線量率から放射能濃度を推定する。校正曲線としては、例えば体積と比重が既知の試料で得られる線量率と放射能濃度との関係を表すものが用いられる。

【 0 0 3 7 】

濃度推定部は、放射能濃度センサ 1 8 と一体的に設けられていてもよいし、別体のものとして設けられていてもよい。濃度推定部は、放射能濃度センサ 1 8 と別体の場合、例えば、遮蔽槽 2 の外側に設置され、放射能濃度センサ 1 8 と接続されたコンピュータ等の演算装置であってもよい。この場合、放射能濃度センサ 1 8 は、内部領域 A 1 b を流動する計測水 W 1 (被計測物) からの放射線を計測する放射線計測部として機能し、濃度推定部は、放射線計測部から送信された線量率に関する信号に基づいて放射能濃度を推定する。

【 0 0 3 8 】

ここで、貯留槽 5 の直径 D 2 の設定根拠について詳細に説明する。直径 D 2 を設定する場合には、計測水 W 1 自体による遮蔽性能と、放射能濃度センサ 1 8 の感度を最大化する点と、に注目している。

【 0 0 3 9 】

まず、計測水 W 1 自体による自己遮蔽と、遮蔽水 W 2 による遮蔽と、について説明する。計測水 W 1 及び遮蔽水 W 2 による遮蔽によれば、放射能濃度計測装置 1 における取扱いの容易性、低コスト化、可搬性、軽量化を達成することができる。また、計測水 W 1 及び遮蔽水 W 2 によれば、十分な遮蔽能力を得ることができる。そして、計測対象物 (即ち計測水 W 1) は放射性セシウムを含んでいるため自己遮蔽効果を同様に利用可能である。

【 0 0 4 0 】

放射能濃度計測装置 1 では、水を遮蔽体として利用している。この遮蔽体としての水には、遮蔽槽 2 の遮蔽領域 B に貯留している遮蔽水 W 2 と、計測領域 A 1 及び導入領域 A 2 に貯留している計測水 W 1 がある。これら遮蔽水 W 2 と計測水 W 1 とを貯留している貯留空間は、高さ 2 4 5 0 m m、幅 2 2 0 0 m m、奥行き 2 2 0 0 m m、である。そして、放射能濃度センサ 1 8 は、貯留空間を平面視して略中央に配置されている。すなわち、側板 3 b 又は側板 3 d から 1 1 0 0 m m だけ離間すると共に、側板 3 a 又は仕切り板 4 d から 1 1 0 0 m m だけ離間した位置に配置されている。さらに、放射能濃度センサ 1 8 は、遮蔽槽 2 の水槽底板 2 a から 1 1 5 0 m m だけ上方の位置に配置されている。そうすると、放射能濃度センサ 1 8 は、少なくとも 1 1 0 0 m m の半径 R を有する水の球体 G の中心に位置している。自己遮蔽距離である半径 R は、貯留槽 5 の半径 (直径 D 2 / 2) よりも大きく、且つ、6 0 0 m m よりも大きいことが好ましい。半径 R が 6 0 0 m m である場合には、概ね 1 / 1 0 程度の遮蔽力を発揮できるためである。また、半径 R は、1 0 0 0 m m 以上であることがより好ましい。

【 0 0 4 1 】

図 4 に示されるように、厚さが 1 1 0 c m (点 P 1 参照) である水の実効線量透過率 (グラフ G 1 参照) は、線源が放射性セシウム (^{137}Cs) の点線源である場合に 1 / 7 0 0 程度である。従って、放射能濃度計測装置 1 は、バックグラウンド放射能濃度を 1 / 7 0 0 程度に低減し得る。この程度の実効線量透過率を別の材料で実現しようとする、例えば、コンクリート (グラフ G 2 参照) であれば 5 5 c m の厚さ (点 P 2 参照) が必要であり、鉄 (グラフ G 3 参照) であれば 1 5 c m の厚さ (点 P 3 参照) が必要であり、鉛 (グラフ G 4 参照) であれば 5 c m の厚さ (点 P 4 参照) が必要である。これらコンクリート、鉄、鉛といった材料で遮蔽壁を形成した場合には、放射能濃度計測装置 1 の重量が非常に大きくなり、運搬等が困難になる。一方、本実施形態の放射能濃度計測装置 1 は、遮蔽体として水を利用しているため、運搬時には水を抜くことが可能であり、軽量化することができる。従って、可搬性を向上することができる。なお、上述のバックグラウンドは、一般的なバックグラウンド放射能とは影響発生度合が異なる。上述のバックグラウンドは、バックグラウンド放射能濃度を点線源として仮定した場合のバックグラウンドであ

る。図4のグラフは、点線源（1点から放射能が発生した場合の計算値）である条件に基づいている。上記検討では、水遮蔽と鉄又は鉛などの効果を定量比較するために、図4のグラフを利用している。

【0042】

次に、放射能濃度センサ18の感度を最大化する点について説明する。放射能濃度計測装置1では、放射能濃度センサ18の周囲を計測対象物（即ち計測水W1）で取り囲むことにより、計測水W1による自己遮蔽効果を計測有効領域の限界まで使用することで、放射能濃度センサ18のセンサ感度の最大化を図っている。

【0043】

比較例に係る放射能濃度計測では、Ge（ゲルマニウム）半導体分析装置を利用して水の放射能濃度を測定する。まず、放射能濃度に応じて被計測水を保持する容器を選択する。例えば、放射能が高濃度（数100Bq/kgクラス）であるときには、U8容器（約100cc）を選択し、低濃度であるときにはマリネリ容器（約2000cc）を選択する。そして、これら容器を、厚さが5cm～10cm程度の鉛製の遮蔽容器内に配置する。従って、比較例に係る放射能濃度計測では、遮蔽体と計測対象（水）とが異なるため、有効な計測対象容量は、マリネリ容器に収容可能な容量に過ぎず、容器の外側は測定対象物ではなく単なる遮蔽効果のみを有するものである。

【0044】

放射能濃度計測装置1では、放射能濃度センサ18の周囲空間が放射能濃度センサ18の検出限界まで計測水W1で満たすように設計されている。図5は、放射能濃度センサ18の周囲空間を計測水W1で満たした状態において放射能濃度センサ18で得られる線量（カウント値）の計算値である。図5では、比較例に係るマリネリ容器を利用した計測で取得された線量検出値（カウント値）を1として線量を規格化している。図5によれば、放射能濃度センサ18を中心として直径1400mm（即ち自己遮蔽距離である半径Rが700mm）のあたりでは、線量が飽和しており、1400mmより大きくしても感度上昇に寄与し得ないことがわかる。従って、貯留槽5の直径D2として1400mmを選択している。この場合には、比較例に係るマリネリ容器を用いた放射能濃度計測に比べて、4.4倍の感度を得ることができる。

【0045】

一方、この直径D2（自己遮蔽距離換算で半径R=700mm）であると仮定すると、点線源換算による遮蔽能力は1/40～1/50である。そこで、放射能濃度計測装置1では、貯留槽5の外側に遮蔽領域Bを更に設けることにより、自己遮蔽距離である半径Rを1100mmまで拡大し、十分な遮蔽能力を確保している。

【0046】

続いて、放射能濃度計測装置1を用いて、計測水W1の放射能濃度を計測する手順について、図6を参照しつつ説明する。まず、放射能濃度計測装置1を運転する準備を行う（工程S1）。放射能濃度計測装置1を所望の場所に配置し、その後、遮蔽領域Bに遮蔽水W2を満たす。この遮蔽水W2には、水道水や井戸水といった、放射性物質を含まない液体が利用される。

【0047】

続いて、流出制御弁6を閉じて計測水W1を貯留槽5に供給する（工程S2）。導入口8に入れられた計測水W1は、導入領域A2の第1の領域A2aと第2の領域A2bと遮蔽槽2の開口2bを通過して、貯留槽5の内部に導かれる。そして、予め定めた高さまで貯留槽5内に計測水W1を供給する。この高さは、例えば、内筒11の排出口11bよりも高い位置に設定される。そして、所定の水位に達するまで計測水W1の供給を継続する。所定量の計測水W1が貯留槽5内に供給された後に、計測水W1の供給を止める。従って、放射能濃度計測装置1を利用する放射能の濃度計測は、いわゆるバッチ式の計測方法である。

【0048】

続いて、第1ポンプ14の運転を開始して、計測水W1の流動を開始する（工程S3）

。第1ポンプ14は、第1ポンプ14近傍の計測水W1を吸引し、内筒11内部において上方に噴出する。図3を参照すると、上方に向かって噴出された計測水W1は、内筒11内を旋回上昇しつつ攪拌され、攪拌コマ16に衝突して更に攪拌される。そして、放射能濃度センサ18の近傍を通過した後に、更に上方に流動して排出口11bから内筒11の外部に流出（オーバーフロー）する。排出口11bから流出した計測水W1は、内筒11の外周面と貯留槽5の内周面との間の領域において下降流となって沈降していく。そして、第1ポンプ14近傍に到達すると、再び第1ポンプ14に吸引されて内筒11内部に送り込まれる。すなわち、内部領域A1bにおける計測水W1の流動方向は、外部領域A1aにおける計測水W1の流動方向と逆である。

【0049】

第1ポンプ14を運転している間、放射能濃度センサ18によって放射能濃度の計測が行われ、計測データの取得が継続して行われる（工程S4）。そして、予め設定した計測時間の経過後、流出制御弁6を開いて計測水W1を排水する（工程S5）。計測水W1が排水され、第1ポンプ14が空運転になる直前に、第1ポンプ14を停止する（工程S6）。

【0050】

ここで、計測時間は、計測水W1の放射能濃度が10Bq/kgのレベルである場合には数分程度であり、計測水W1の放射能濃度が100Bq/kgのレベルである場合には1分以下である。すなわち、計測時間は、計測水W1の放射能濃度の範囲に応じて予め設定される。また、濃度推定部によって、予め準備しておいた校正曲線を利用して、放射能濃度センサ18で計測された線量率（シンチレータの発光の回数を数えたカウント値、CPS）から放射能濃度（Bq/kg）が推定（換算）される。

【0051】

そして、次の計測水W1がある場合（工程S7：YES）には、貯留槽5に計測水W1の供給を行う（工程S2）。一方、次の計測水W1がない場合（工程S7：NO）には計測を終了する。

【0052】

ここで、本実施形態の放射能濃度計測装置1による計測の主眼は、微小な放射能濃度を高精度で計測するという点よりも、被計測物の有する放射能濃度が基準値よりも大きい又は小さいかを判定するために、被計測物のサンプル計測ではなく、大量の被計測物の全量

【0053】

そこで、放射能濃度計測装置1では、貯留槽5に收容された計測水W1が第1ポンプ14により内筒11に送り込まれ、内部領域A1bに配置された放射能濃度センサ18により放射能濃度が計測される。ここで、計測水W1は、内筒11の流入口11aから取り入れられて放射能濃度センサ18を通過した後に、排出口11bから排出される。排出された計測水W1は、外部領域A1aにおいて内部領域A1bにおける移動方向とは逆方向に移動し、再び内筒11の流入口11aから取り入れられて放射能濃度センサ18の近傍を通過する。具体的には、計測水W1は、内部領域A1bにおいて旋回しつつ上昇し、内筒11から流出した後に外部領域A1aにおいて下降する。すなわち、内筒11の内部と外部とで計測水W1が循環しているため、貯留槽5の内部に收容された大量の計測水W1の全量について放射能濃度を計測できる。

【0054】

また、一般的な放射能濃度計測では、被計測物を遮蔽容器内に収納し、静止状態で計測する場合がある。この計測形態は、微小な放射能濃度を高精度で計測する点を主眼とした場合の計測形態である。一方、放射能濃度計測装置1では、計測水W1の有する放射能濃度が基準値よりも大きい又は小さいかを判定するために放射能濃度を計測しているため、計測水W1を静止状態としなくてもよい。むしろ、積極的に計測水W1を攪拌することにより、計測水W1に含まれた砂や泥の分布を均一化されるため、計測値のむらを低減して信頼できる計測値を得ることができる。

10

20

30

40

50

【 0 0 5 5 】

また、内筒 1 1 の流入口 1 1 a は、貯留槽 5 の底面側に配置され、内筒 1 1 の排出口 1 1 b は、貯留槽 5 に收容された計測水 W 1 の液面 W L 側に配置されている。第 1 ポンプ 1 4 は、貯留槽 5 の底面側に配置されている。内筒 1 1 の内部における計測水 W 1 の流れは、底面から液面 W L に向かう上昇流であり、内筒 1 1 の外部における計測水 W 1 の流れは、液面 W L から底面に向かう下降流である。この構成によれば、遮蔽槽 2 の底面側に配置された第 1 ポンプ 1 4 によって、内部領域 A 1 b において計測水 W 1 は底面から液面 W L に向かって吹き上げられる。従って、放射性物質を含む計測水 W 1 を効率よく攪拌することが可能になるため、計測水 W 1 に含まれた放射性物質の分布をさらに均一化することができる。

10

【 0 0 5 6 】

また、水の放射性物質による汚染の計測は、従来、ゲルマニウム分析装置などを用いて、バックグラウンドの低い場所において、サンプルを採取して行われている。これは、バックグラウンドが高い場所で放射能濃度センサ自体がバックグラウンドの影響を受けてしまい、正しい計測値を得られないためである。ここで、金属やコンクリート等に囲まれた遮蔽空間を形成し、その遮蔽空間内部で計測を行えば、計測器周辺のバックグラウンドが低減される。しかし、このような遮蔽空間の形成は、原理的には可能であるが、鉛や鉄の非常に分厚い板で計測器を囲うなど大掛かりな設備が必要となり、実際の汚染現場での計測は非常に困難である。

【 0 0 5 7 】

ここで放射能濃度センサ 1 8 は、計測水 W 1 と遮蔽水 W 2 に周囲を囲われている。この計測水 W 1 は、計測の対象であると共にバックグラウンド放射線の線量を低下させる遮蔽体として機能する。また、遮蔽体として水を利用しているため、放射能濃度センサ 1 8 が露出することなく、確実に遮蔽することが可能になる。従って、バックグラウンド放射線の線量の低減と、隙間のない確実な遮蔽環境の形成により、放射能濃度の信頼できる計測値が得られる。

20

【 0 0 5 8 】

また、放射能濃度計測装置 1 は、遮蔽槽 2 を備えている。この遮蔽槽 2 は、貯留槽 5 の外周を囲むように設けられ、計測水 W 1 とは別の遮蔽水 W 2 が配置される遮蔽領域 B を有している。この構成によれば、計測水 W 1 の放射能濃度を計測する場合、貯留槽 5 の周囲に形成された遮蔽領域 B に遮蔽水 W 2 を満たすことが可能になる。従って、計測水 W 1 が満たされた貯留槽 5 が遮蔽水 W 2 に囲まれるので、貯留槽 5 に侵入するバックグラウンド放射線の線量が低減する。従って、内筒 1 1 の内部に侵入するバックグラウンド放射線の線量をより低減することができる。

30

【 0 0 5 9 】

また、貯留槽 5 は、円筒状の形状を有し、内筒 1 1 は、円筒状の形状を有し、内筒 1 1 の中心軸線 N 1 が貯留槽 5 の中心軸線 N 2 と一致するように配置されている。この構成によれば、内筒 1 1 の流入口 1 1 a の近傍において全周囲から計測水 W 1 を取り入れることができると共に、貯留槽 5 の内部において計測水 W 1 に含まれた砂や泥といった沈殿物が滞留しやすい領域を減少させることができる。従って、放射性物質を含む計測水 W 1 を効率よく攪拌することが可能になるため、計測水 W 1 に含まれた放射性物質の分布をより均一化することができる。

40

【 0 0 6 0 】

本実施形態に係る放射能濃度計測装置 1 の変形例について説明する。放射能濃度計測装置 1 では、例えば、第 1 ポンプ 1 4 が内筒 1 1 の上端側に配置されていてもよい。この場合には、計測水 W 1 の流れは、内筒 1 1 の上端側から下端側に向かって流れる下降旋回流になる。この配置によれば、計測水 W 1 の流速を容易に制御できる。また、第 1 ポンプ 1 4 から上方且つ内筒 1 1 の周方向に計測水 W 1 を噴出させて、攪拌コマ 1 6 を用いることなく旋回上昇流を発生させてもよい。

[第 2 実施形態]

50

【 0 0 6 1 】

次に、本発明の第2実施形態に係る放射能濃度計測装置1Aについて説明する。なお、放射能濃度計測装置1Aにおいて、放射能濃度計測装置1と同一又は同等な構成については、図面に同一符号を付し、その説明は省略する。

【 0 0 6 2 】

図7～9に示されるように、放射能濃度計測装置1Aは、内筒11に代えて内筒11'を備えている。内筒11'は、内筒11と同様の形状及び寸法とされており、内筒11と比べて、上下方向における配置が異なっている。

【 0 0 6 3 】

内筒11'の一端側には、下端開口11a'が形成され、内筒11'の他端側には、上端開口11b'が形成されている。内筒11'は、貯留槽5内に配置され、遮蔽槽2Aの水槽底板2a側に下端開口11a'が配置されると共に、貯留槽5における計測水W1の液面WL側に上端開口11b'が配置されている。すなわち、内筒11'は、内筒11'の中心軸線N1が貯留槽5の中心軸線N2と一致するように縦向きに配置されている。

【 0 0 6 4 】

下端開口11a'は、貯留槽5に収容された計測水W1の液面WLよりも下方に位置する。下端開口11a'は、水槽底板2aに対して上方に離間している。このような配置構成によれば、計測水W1が、内筒11'と水槽底板2aとの隙間15'と下端開口11a'とを介して、内部領域A1bに流入することが可能になる。内部領域A1bとは、内筒11'の内部の領域である。

【 0 0 6 5 】

一方、上端開口11b'は、貯留槽5に満たされた計測水W1の液面WLよりも上方に位置する。このような配置構成によれば、内筒11'は、液面WL側において、内部領域A1bと、貯留槽5の内部であり且つ内筒11'の外部の領域である外部領域A1aと、に計測水W1を区画する。つまり、液面WL側においては、外部領域A1aから内部領域A1bへ計測水W1が直接流入することを回避することが可能になる。

【 0 0 6 6 】

内筒11'は、その上端側における外周面から半径方向に突出する鏝状のフランジFを有する。内筒11'は、フランジFが蓋9Aに固定されることによって支持されている。つまり、内筒11'では、支持フレーム12による支持に代えて、蓋9Aによって内筒11'の上端側が支持されている。

【 0 0 6 7 】

内筒11'の内部には、内部領域A1bを流動する計測水W1の放射能濃度を計測する放射能濃度センサ(放射能濃度計測部)18'が配置されている。放射能濃度センサ18'は、放射能濃度センサ18と比べて、内部領域A1bにおける位置が異なっている。

【 0 0 6 8 】

放射能濃度センサ18'は、内筒11'の内部において内筒11'の延在方向に交差する方向に架け渡された支持部材20bに調整ボルト18Aを介して固定されている。支持部材20bは、内部領域A1bにおける放射能濃度センサ18'と液面WLとの間に位置している。放射能濃度センサ18'は、内部領域A1bにおいて液面WLよりも下方に配置されている。より詳細には、放射能濃度センサ18'は、内筒11'の中心軸線N1上であり且つ外筒7(貯留槽5)の高さ方向における中央に配置されている。換言すると、放射能濃度センサ18'は、貯留槽5の中心軸線N2上であり且つ貯留槽5の高さ方向における中央に配置されている。放射能濃度センサ18'は、例えば、放射能濃度センサ18と同様のシンチレータが用いられる。なお、液面WLの高さの設定については、後述する。

【 0 0 6 9 】

放射能濃度センサ18'は、放射能濃度センサ18と同様に、シンチレータの発光の回数を数えたカウント値(CPS)を線量率として計測する。ここで、最終的に取得すべきデータは放射能濃度(Bq/kg)であるため、放射能濃度計測装置1Aは、計測された

線量率から放射能濃度を推定（換算）する濃度推定部を含む。濃度推定部は、予め準備しておいた校正曲線を利用して、実際の計測において得られた線量率から放射能濃度を推定する。校正曲線としては、例えば体積と比重が既知の試料で得られる線量率と放射能濃度との関係を表すものが用いられる。

【 0 0 7 0 】

濃度推定部は、放射能濃度センサ 1 8 ' と一体的に設けられていてもよいし、別体のものとして設けられていてもよい。濃度推定部は、放射能濃度センサ 1 8 ' と別体の場合、例えば、遮蔽槽 2 の外側に設置され、放射能濃度センサ 1 8 ' と接続されたコンピュータ等の演算装置であってもよい。この場合、放射能濃度センサ 1 8 ' は、内部領域 A 1 b を流動する計測水 W 1（被計測物）からの放射線を計測する放射線計測部として機能し、濃度推定部は、放射線計測部から送信された線量率に関する信号に基づいて放射能濃度を推定する。

10

【 0 0 7 1 】

放射能濃度センサ 1 8 ' は、放射能濃度センサ 1 8 と同様に、放射能濃度センサ 1 8 ' の周囲を計測対象物（即ち計測水 W 1）で取り囲むことにより、計測水 W 1 による自己遮蔽効果を計測有効領域の限界まで使用している。また、放射能濃度センサ 1 8 ' のサンプリングレートは、放射性物質が放射線を放射する周期と比べて十分に高いものとされている。これらにより、放射能濃度センサ 1 8 ' のセンサ感度の最大化を図っている。

【 0 0 7 2 】

放射能濃度計測装置 1 A は、液面センサ L G を備えている。液面センサ L G は、蓋 9 A に固定され、外部領域 A 1 a の液面 W L を計測可能に構成されている。液面センサ L G としては、特に限定されないが、例えば高速レベル計が用いられる。液面センサ L G は、液面 W L 付近に波避け筒が設けられている。液面センサ L G は、液面 W L の高さに関する信号を、後述の給水管 4 0 に接続される加圧給水装置（不図示）に送信する。加圧給水装置は、給水管 4 0 を介して導入口 8 に計測水 W 1 を加圧して給水する装置である。

20

【 0 0 7 3 】

液面センサ L G は、液面 W L の高さの設定のために用いられる。具体的には、放射能濃度計測装置 1 A では、計測運転時における標準水位が予め設定されており、液面 W L の高さが標準水位となるように、加圧給水装置による給水量が制御される。加圧給水装置による給水量は、液面センサ L G が計測している液面 W L の高さに関する信号に応じて随時増減するように制御される。標準水位は、第 1 ポンプ 2 0 の第 1 吸入口 2 0 a（後述）よりも高い位置であって、内筒 1 1 ' の上端開口 1 1 b ' の高さよりも低い位置である。特に、標準水位は、計測運転時における液面 W L の変動によって液面 W L がオーバーフロー管 5 0（後述）に達しない高さに設定される。

30

【 0 0 7 4 】

放射能濃度計測装置 1 A は、第 1 ポンプ 2 0 と、循環流路（第 1 流路）F 1 と、流量測定部 2 3 と、を備える。循環流路 F 1 は、第 1 バルブ 2 1 と、第 1 循環流路 2 2 と、第 2 循環流路 2 4 と、エア抜き弁 2 5 と、第 3 循環流路 2 6 と、流出口 2 7 とを有する。循環流路 F 1 は、第 1 ポンプ 2 0 の第 1 吸入口 2 0 a から吸入した計測水 W 1 を外部領域 A 1 a の上部へ案内する。循環流路 F 1 は、外筒 7 及び内筒 1 1 ' の上方に取り回されており、平面視で三角形の管路形状を呈している。

40

【 0 0 7 5 】

第 1 ポンプ 2 0 は、内部領域 A 1 b における液面 W L 側の領域に配置されている。より詳細には、第 1 ポンプ 2 0 は、支持部材 2 0 b の上部に固定されている。第 1 ポンプ 2 0 は、第 1 吸入口 2 0 a を有する。第 1 吸入口 2 0 a は、内部領域 A 1 b における放射能濃度センサ 1 8 ' と液面 W L との間に位置している。つまり、第 1 ポンプ 2 0 の第 1 吸入口 2 0 a が液面 W L よりも所定長さだけ下方に位置するように、支持部材 2 0 b が配置されている。なお、液面 W L の設定については、後述する。

【 0 0 7 6 】

第 1 ポンプ 2 0 は、内部領域 A 1 b における放射能濃度センサ 1 8 ' と液面 W L との間

50

の計測水W1を、第1吸入口20aを介して吸入する。第1ポンプ20の送出口は、内筒11'の蓋9Bの上方において第1バルブ21に接続されており、第1ポンプ20は第1バルブ21に計測水W1を送出する。第1バルブ21は、第1ポンプ20が送出す計測水W1の流量を調整する弁である。第1バルブ21としては、種々の弁を用いることができ、例えばバタフライバルブが用いられる。第1バルブ21には、第1循環流路22が接続されている。

【0077】

第1循環流路22は、第1バルブ21と流量測定部23とを接続する流路である。第1循環流路22は、流量測定部23の前後における一定距離の流路を直線状とするため、例えばパイプをV字状に曲げて形成される。第1循環流路22は、屈曲部22aの上流側において略水平に配置され、屈曲部22aの下流側においては、流量測定部23に向かって登り勾配がつけられている。

【0078】

流量測定部23は、循環流路F1を通過する計測水W1の流量を測定する。流量測定部23は、第1循環流路22と第2循環流路24とが形成する直線状の流路の略中央に配置されている。流量測定部23としては、特に限定されないが、例えば電磁流量計が用いられる。

【0079】

第2循環流路24は、流量測定部23とエア抜き弁25とを接続する流路である。第2循環流路24は、流量測定部23の前後における一定距離の流路を直線状とするため、例えば直線状のパイプで形成される。第2循環流路24は、エア抜き弁25に向かって登り勾配がつけられている。エア抜き弁25は、第1ポンプ20から送み出される計測水W1に含まれるエア(空気)を排出するための弁である。エア抜き弁25は、循環流路F1において最も高い位置に配置されている。第3循環流路26は、エア抜き弁25と接続されており、その下流側の端部では、外筒7の蓋9Aの下方において流出口27が形成されている。流出口27は、循環流路F1を通過した計測水W1を外領域A1aの上部へ流出させる。ここでは、流出口27は、液面WLの下方において計測水W1を流出させる。特に、流出口27は、内筒11'の接続方向を向くように第3循環流路26に対して屈曲されて形成されている。

【0080】

第1逆止弁28は、空気等が内部領域A1bに向かって流入することを許容し、計測水W1等が内部領域A1bから流出することを妨げる。第1逆止弁28は、例えば計測領域A1から計測水W1を排水するときの液面WLの低下に伴って、第1逆止弁28を介して内部領域A1bの液面WLよりも上方の空間に空気を流入させる。よって、第1逆止弁28は、内部領域A1bの液面WLよりも上方の空間が負圧となったままとすることを抑制する。これにより、計測領域A1から計測水W1を排水するとき、内部領域A1bの計測水W1の排水速度が低下することを抑制できる。

【0081】

このような循環流路F1においては、第1ポンプ20は、貯留槽5の内部における計測水W1の流動を発生させ、第1吸入口20aから吸入した計測水W1を外領域A1aの上部へ送み出する。具体的には、液面WL側において、内筒11'によって内部領域A1bと外部領域A1aとに計測水W1が区画されているため、内部領域A1bにおける計測水W1は、放射能濃度センサ18'と液面WLとの間において第1吸入口20aから確実に吸引される。従って、計測水W1は、下端開口11a'から内部領域A1bに導入され、内部領域A1bを流動して放射能濃度センサ18'を通過し、放射能濃度センサ18'と液面WLとの間において第1吸入口20aから確実に吸引される。その後、第1吸入口20aから吸入された計測水W1は、外部領域A1aの上部へ送み出されて外部領域A1aを流動し、再び下端開口11a'から内部領域A1bに導入される。

【0082】

このように、内部領域A1bと外部領域A1aとの間で計測水W1を確実に循環させる

流動が発生される。ここで、内部領域 A 1 b における計測水 W 1 の流動方向は、外部領域 A 1 a における計測水 W 1 の流動方向と逆である。具体的には、内部領域 A 1 b における計測水 W 1 の流れは、貯留槽 5 の底面から液面 W L に向かう上昇流であり、外部領域 A 1 a における計測水 W 1 の流れは、液面 W L から底面に向かう下降流である。

【 0 0 8 3 】

また、第 1 吸入口 2 0 a から吸入した計測水 W 1 の流量が流量測定部 2 3 によって測定される。ここで、第 1 吸入口 2 0 a から吸入される計測水 W 1 は、内部領域 A 1 b において放射能濃度センサ 1 8 ' を通過して放射能濃度センサ 1 8 ' と液面 W L との間に達したものである。つまり、流量測定部 2 3 によって、内部領域 A 1 b において放射能濃度センサ 1 8 ' を通過した計測水 W 1 の流量が測定される。

10

【 0 0 8 4 】

また、流出口 2 7 は、内筒 1 1 ' の接線方向を向くように第 3 循環流路 2 6 に対して屈曲されて形成されている。そのため、流出口 2 7 から流出する計測水 W 1 によって、外部領域 A 1 a において内筒 1 1 ' の周方向に流動する計測水 W 1 の流動の発生が促される。

【 0 0 8 5 】

放射能濃度計測装置 1 A は、第 2 ポンプ 3 0 と、攪拌流路 F 2 と、噴出ノズル 3 6 とを備える。攪拌流路 F 2 は、第 1 攪拌流路 3 1 と、第 2 攪拌流路 3 2 と、第 2 バルブ 3 3 と、ゲージ 3 4 と、第 3 攪拌流路 3 5 とを有する。攪拌流路 F 2 は、第 2 ポンプ 3 0 から噴出ノズル 3 6 へ計測水 W 1 を案内する。

【 0 0 8 6 】

第 2 ポンプ 3 0 は、貯留槽 5 の底部に位置する第 2 吸入口 3 0 a を有する。第 2 吸入口 3 0 a は、特に貯留槽 5 の底部の中央部に位置している。第 2 ポンプ 3 0 は、貯留槽 5 の底部の中央部における放射性物質を含む計測水 W 1 を、第 2 吸入口 3 0 a を介して吸入する。第 2 ポンプ 3 0 の送出口は、第 1 攪拌流路 3 1 に接続されており、第 2 ポンプ 3 0 は第 1 攪拌流路 3 1 に計測水 W 1 を送出する。

20

【 0 0 8 7 】

第 1 攪拌流路 3 1 は、第 2 ポンプ 3 0 と第 2 攪拌流路 3 2 とを接続する流路である。第 1 攪拌流路 3 1 は、内部領域 A 1 b から内筒 1 1 ' を貫通し、外部領域 A 1 a から外筒 7 を貫通し、遮蔽領域 B を通って遮蔽槽 2 を貫通し、遮蔽槽 2 の外部において第 2 攪拌流路 3 2 に連結されている。第 1 攪拌流路 3 1 は、例えばパイプを L 字状に曲げて形成される。

30

【 0 0 8 8 】

第 2 攪拌流路 3 2 は、第 1 攪拌流路 3 1 と第 2 バルブ 3 3 とを接続する流路である。第 2 攪拌流路 3 2 は、上流側において側板 3 d に略直交するように配置され、下流側において側板 3 d に沿って延びるように配置されている。第 2 攪拌流路 3 2 は、例えばパイプを L 字状に曲げて形成される。

【 0 0 8 9 】

第 2 バルブ 3 3 及びゲージ 3 4 は、第 2 攪拌流路 3 2 と第 3 攪拌流路 3 5 との間に介在する。第 2 バルブ 3 3 及びゲージ 3 4 は、第 3 攪拌流路 3 5 を構成する流路 3 5 a、流路 3 5 b 及び流路 3 5 c のそれぞれに設けられている。第 2 バルブ 3 3 は、第 2 攪拌流路 3 2 から第 3 攪拌流路 3 5 へ流れる計測水 W 1 の流量を調整する弁である。第 2 バルブ 3 3 としては、種々の弁を用いることができ、例えばバタフライバルブが用いられる。ゲージ 3 4 は、第 2 攪拌流路 3 2 から第 3 攪拌流路 3 5 へ流れる計測水 W 1 の流量を把握するための計器である。ゲージ 3 4 は、特に限定されないが、計測水 W 1 の圧力を計測する圧力計であってもよい。

40

【 0 0 9 0 】

第 3 攪拌流路 3 5 は、第 2 攪拌流路 3 2 の計測水 W 1 を分配すると共に噴出ノズル 3 6 へ案内する。流路 3 5 a、流路 3 5 b 及び流路 3 5 c は、遮蔽槽 2 を貫通して遮蔽領域 B を通り、外筒 7 を貫通して外部領域 A 1 a に達する。流路 3 5 a、流路 3 5 b 及び流路 3 5 c は、外部領域 A 1 a において、内筒 1 1 ' の周方向に沿って約 1 2 0 度毎に互いに離

50

間する位置に配置されている。流路35a、流路35b及び流路35cは、外部領域A1aにおいて上下方向に延在する縦流路を形成している。それぞれの縦流路には、複数の噴出ノズル36が取り付けられている。

【0091】

噴出ノズル36は、縦流路に内筒11'の接線方向に沿って取り付けられており、外部領域A1aにおいて内筒11'の周方向に計測水W1を噴出する。噴出ノズル36は、特に限定されないが、例えば液中攪拌ノズルが用いられる。噴出ノズル36は、側面に吸入口を有し、第3攪拌流路35から流入する計測水W1の勢いを利用して噴出ノズル36の周囲(側面)の計測水W1を吸入する。噴出ノズル36は、下流側端部に噴出口を有し、第3攪拌流路35から流入した計測水W1と共に、噴出ノズル36の周囲から吸入した計測水W1を噴出する。

10

【0092】

複数の噴出ノズル36は、縦流路において上下方向に略等間隔で互いに離間している。そして、各縦流路における複数の噴出ノズル36では、計測水W1の噴出がほぼ同期している。よって、噴出ノズル36が計測水W1を噴出することで、外部領域A1aの上下方向に延びて内筒11'の周方向に進むような面状の噴流が形成される。その結果、外部領域A1aにおいて計測水W1を好適に攪拌できる。

【0093】

このようにして、第2ポンプ30は、第2吸入口30aから吸入した計測水W1を噴出ノズル36へ送出し、外部領域A1aにおいて内筒11'の周方向に流動する計測水W1の流動を発生させる。また、第2吸入口30aから計測水W1が吸入されることにより、貯留槽5の底部の中央部に向かって集まった放射性物質が計測水W1と共に第2吸入口30aから吸入される。そして、計測水W1が噴出ノズル36によって外部領域A1aにおいて周方向に噴出されることにより、貯留槽5の底部の中央部に集まった放射性物質が外部領域A1aに戻される。

20

【0094】

放射能濃度計測装置1Aは、箱状の遮蔽槽2Aを備えている。遮蔽槽2Aは、水槽底板2aにおいて開口2bに代えて開口2b'が設けられている点、バッファ領域Cが設けられていない点、導入口8に給水管40及び第2逆止弁41が追加されている点、オーバーフロー管50が設けられている点、及び、第1の領域A2aの下端部において流出制御弁6に代えて排水路51が設けられている点において、遮蔽槽2と異なっている。

30

【0095】

遮蔽槽2Aでは、開口2bと同様に、計測領域A1と導入領域A2とが開口2b'を介して連通している。この開口2b'の形状は、開口2bの導入口8側を更に矩形状に切り欠いくように拡大されて形成されている。開口2b'は、開口2bよりも大きい開口面積を有する。よって、開口2b'は、導入口8から注がれた計測水W1を、より速い速度で計測領域A1に導入させることができる。

【0096】

遮蔽槽2Aは、遮蔽槽2と同様に、貯留槽5の外周を囲んでおり、計測水W1とは別の遮蔽水W2が収容される遮蔽領域Bを有する。遮蔽槽2Aでは、仕切り板4dが設けられていない。領域B1は、側板3b, 3c, 3d、仕切り板4c、外筒7及び水槽底板2aに囲まれた領域である。つまり、遮蔽槽2Aでは、バッファ領域Cが省略され、領域B1が拡大されている。よって、領域B1に収容される遮蔽水W2の量が増加する。

40

【0097】

遮蔽槽2Aでは、導入口8に給水管40及び第2逆止弁41が設けられている。給水管40は、略直角に屈曲するフランジ付きのパイプである。給水管40は、導入口8に対して水密に接続されており、図示しない加圧給水装置に接続される。給水管40には、加圧給水装置によって圧送された計測水W1が流入する。給水管40は、例えば約6インチの直径とされている。第2逆止弁41は、空気等が導入口8に向かって流入することを許容し、計測水W1等が導入口8から流出することを妨げる。第2逆止弁41は、例えば計測

50

水W 1が給水管4 0に圧送されるとき液面W Lの上昇に伴って、第2逆止弁4 1を介して計測水W 1が流出することを妨げる。これにより、計測水W 1が給水管4 0に圧送されるときに、導入口8から計測水W 1が溢れることが回避される。

【0098】

遮蔽槽2 Aでは、第1の領域A 2 aの上端部にオーバーフロー管5 0が設けられている。オーバーフロー管5 0は、一端部が第1の領域A 2 aの上端部に連通され、他端部が遮蔽槽2の外部に配置されている。オーバーフロー管5 0の他端部は、図示しない排水流路に接続されている。オーバーフロー管5 0は、例えば、給水管4 0から計測水W 1を過剰に給水した場合等、計測水W 1の液面W Lが過剰に上昇した場合に計測水W 1を排水する。

10

【0099】

遮蔽槽2 Aでは、第1の領域A 2 aの下端部に排水路5 1が設けられている。排水路5 1は、一端部が計測領域A 1の下端部に連通され、他端部が遮蔽槽2の外部に配置されている。排水路5 1の他端部は、図示しない排水流路に接続されている。排水路5 1は、図示しない電磁弁が設けられている。排水路5 1では、例えば計測が終了した際に電磁弁が開放され、計測水W 1が排出される。

【0100】

次に、放射能濃度計測装置1 Aを用いて、計測水W 1の放射能濃度を計測する計測手順及び計測サイクルについて、図10を参照しつつ説明する。

【0101】

放射能濃度計測装置1 Aの計測サイクルは、3サイクルの計測と洗浄工程で構成される。1サイクルの計測は、給水、計測、及び排水の各工程で構成される。この1サイクルの計測を、3サイクル連続して実施する。3サイクル目が終了した後、図示しない洗浄装置を用いて計測領域A 1を洗浄する。1サイクルの計測における給水、計測、及び排水の各工程は、基本的には、放射能濃度計測装置1の計測手順（工程S 1～工程S 7）と同様である。

20

【0102】

具体的には、まず、放射能濃度計測装置1の計測手順における工程S 1と同様にして、放射能濃度計測装置1 Aを運転する準備を行う（工程S 1'）。

【0103】

続いて、排水路5 1を閉じて計測水W 1を貯留槽5に供給する（工程S 2'）。工程S 2'では、給水管4 0を介して導入口8に計測水W 1を加圧給水する。導入口8に入れられた計測水W 1は、導入領域A 2の第1の領域A 2 aと第2の領域A 2 bと遮蔽槽2 Aの開口2 bを通過して、貯留槽5の内部に導かれる。ここでは、液面センサL Gによって計測された液面W Lの高さに応じて、液面W Lが標準水位となるように、加圧給水装置による給水量を制御する。液面W Lが標準水位となった後に、計測水W 1の供給を止める。従って、放射能濃度計測装置1 Aを利用する放射能の濃度計測は、いわゆるバッチ式の計測方法である。

30

【0104】

続いて、第1ポンプ2 0及び第2ポンプ3 0の運転を開始して、計測水W 1の循環及び攪拌を開始する（工程S 3'）。計測水W 1は、下端開口1 1 a'から内部領域A 1 bに導入され、内部領域A 1 bを流動して放射能濃度センサ1 8'を通過し、放射能濃度センサ1 8'と液面W Lとの間において第1吸入口2 0 aから吸引される。その後、第1吸入口2 0 aから吸入された計測水W 1は、外部領域A 1 aの上部へ送出されて外部領域A 1 aを流動し、再び下端開口1 1 a'から内部領域A 1 bに導入される。また、計測水W 1は、第2ポンプ3 0によって第2吸入口3 0 aから吸入されて噴出ノズル3 6へ送出され、噴出ノズル3 6から噴出される。

40

【0105】

第1ポンプ2 0及び第2ポンプ3 0を運転している間、放射能濃度センサ1 8'によって放射能濃度の計測が行われ、計測データの取得が継続して行われる（工程S 4'）。そ

50

して、予め設定した計測時間（例えば10分）の経過後、排水路51を開いて計測水W1を排水する（工程S5'）。計測水W1が排水され、第1ポンプ20が空運転になる直前に、第1ポンプ20を停止し、第2ポンプ30が空運転になる直前に、第2ポンプ30を停止する（工程S6'）。

【0106】

ここで、計測時間は、計測水W1の放射能濃度の範囲に応じて予め設定される。また、濃度推定部によって、予め準備しておいた校正曲線を利用して、放射能濃度センサ18'で計測された線量率（シンチレータの発光の回数を数えたカウント値、CPS）から放射能濃度（Bq/kg）が推定（換算）される。

【0107】

そして、計測が3サイクル目まで終了した場合（工程S7'：YES）には、計測領域A1を洗浄する（工程S8'）。一方、計測が3サイクル目まで終了していない場合（工程S7'：NO）には、工程S2'に戻り、次のサイクルの計測を実施する。

【0108】

ここで、本実施形態の放射能濃度計測装置1Aによる計測の主眼は、微小な放射能濃度を高精度で計測するという点よりも、被計測物の有する放射能濃度が基準値よりも大きい又は小さいかを判定するために、被計測物のサンプル計測ではなく、大量の被計測物の全量について計測する点にある。

【0109】

そこで、放射能濃度計測装置1Aでは、貯留槽5に収容された計測水W1は、第1ポンプ20によって流動される。内部領域A1bに配置された放射能濃度センサ18'によって、内部領域A1bを流動する計測水W1の放射能濃度が計測される。ここで、計測水W1の流動方向は、内部領域A1bと外部領域A1aとで逆である。そのため、内部領域A1bを流動した計測水W1は、内部領域A1bにおける流動方向と逆方向に外部領域A1aを流動して、再び内部領域A1bを流動することになる。すなわち、計測水W1は、内部領域A1bと外部領域A1aとの間で循環する。その結果、貯留槽5内に収容された大容量の計測水W1の全量について、放射能濃度を計測することができる。

【0110】

また、一般的な放射能濃度計測では、被計測物を遮蔽容器内に収納し、静止状態で計測する場合がある。この計測形態は、微小な放射能濃度を高精度で計測する点を主眼とした場合の計測形態である。一方、放射能濃度計測装置1Aでは、計測水W1の有する放射能濃度が基準値よりも大きい又は小さいかを判定するために放射能濃度を計測しているため、計測水W1を静止状態としなくてもよい。むしろ、積極的に計測水W1を攪拌することにより、計測水W1に含まれた砂や泥の分布が均一化されるため、計測値のむらを低減して信頼できる計測値を得ることができる。

【0111】

ここで放射能濃度センサ18'は、計測水W1と遮蔽水W2に周囲を囲まれている。この計測水W1は、計測の対象であると共にバックグラウンド放射線の線量を低下させる遮蔽体として機能する。また、遮蔽体として水を利用しているため、放射能濃度センサ18'が露出することなく、確実に遮蔽することが可能になる。従って、バックグラウンド放射線の線量の低減と、隙間のない確実な遮蔽環境の形成により、放射能濃度の信頼できる計測値が得られる。

【0112】

また、放射能濃度計測装置1Aでは、内部領域A1bにおける計測水W1の流れは、貯留槽5の底面から液面WLに向かう上昇流であり、外部領域A1aにおける計測水W1の流れは、液面WLから底面に向かう下降流である。この構成によれば、計測水W1は、内部領域A1bにおいて貯留槽5の底面から液面WLに向かって吹き上げられる。その結果、放射性物質を含む計測水W1を効率よく攪拌することが可能になるため、計測水W1に含まれた放射性物質の分布を一層均一なものとすることができる。

【0113】

10

20

30

40

50

また、放射能濃度計測装置 1 A では、内筒 1 1 ' は、液面 W L よりも上方に位置する上端開口 1 1 b ' を更に有し、第 1 ポンプ 2 0 は、内部領域 A 1 b における放射能濃度センサ 1 8 ' と液面 W L との間に位置する第 1 吸入口 2 0 a を有し、第 1 吸入口 2 0 a から吸入した計測水 W 1 を外部領域 A 1 a の上部へ送出する。この構成によれば、内筒 1 1 ' の上端開口 1 1 b ' が液面 W L よりも上方に位置されているため、計測水 W 1 は、液面 W L 側において内筒 1 1 ' によって内部領域 A 1 b と外部領域 A 1 a とに区画される。そのため、内部領域 A 1 b における計測水 W 1 は、放射能濃度センサ 1 8 ' と液面 W L との間において第 1 吸入口 2 0 a から確実に吸引される。従って、計測水 W 1 は、下端開口 1 1 a ' から内部領域 A 1 b に導入され、内部領域 A 1 b を流動して放射能濃度センサ 1 8 ' を通過し、放射能濃度センサ 1 8 ' と液面 W L との間において第 1 吸入口 2 0 a から確実に吸引される。その後、第 1 吸入口 2 0 a から吸入された計測水 W 1 は、外部領域 A 1 a の上部へ送出されて外部領域 A 1 a を流動し、再び下端開口 1 1 a ' から内部領域 A 1 b に導入される。このように、内部領域 A 1 b と外部領域 A 1 a との間で計測水 W 1 を確実に循環させることが可能となる。

【 0 1 1 4 】

また、放射能濃度計測装置 1 A は、外部領域 A 1 a において内筒 1 1 ' の周方向に流動する計測水 W 1 の流動を発生させる第 2 ポンプ 3 0 を備える。この構成によれば、第 2 ポンプ 3 0 によって、外部領域 A 1 a において内筒 1 1 ' の周方向に計測水 W 1 が流動されるため、計測水 W 1 の攪拌が促進される。そのため、計測水 W 1 に含まれた放射性物質の分布をより一層均一化することができる。

【 0 1 1 5 】

また、放射能濃度計測装置 1 A は、外部領域 A 1 a において周方向に計測水 W 1 を噴出する噴出ノズル 3 6 を更に備え、第 2 ポンプ 3 0 は、貯留槽 5 の底部の中央部に位置する第 2 吸入口 3 0 a を有し、第 2 吸入口 3 0 a から吸入した計測水 W 1 を噴出ノズル 3 6 へ送出する。外部領域 A 1 a において内筒 1 1 ' の周方向に計測水 W 1 が流動されると、計測水 W 1 に含まれた放射性物質は、沈降しながら貯留槽 5 の底部の中央部に向かって集まってくる。そこで、第 2 吸入口 3 0 a から計測水 W 1 が吸入されることにより、貯留槽 5 の底部の中央部に向かって集まった放射性物質が計測水 W 1 と共に第 2 吸入口 3 0 a から吸入される。そして、計測水 W 1 が噴出ノズル 3 6 によって外部領域 A 1 a において周方向に噴出されることにより、貯留槽 5 の底部の中央部に集まった放射性物質が外部領域 A 1 a に戻される。従って、計測水 W 1 の攪拌の促進と、計測水 W 1 に含まれた放射性物質の分布の均一化とを好適に図ることができる。

【 0 1 1 6 】

また、放射能濃度計測装置 1 A は、第 1 ポンプ 2 0 の第 1 吸入口 2 0 a から吸入した計測水 W 1 を外部領域 A 1 a の上部へ案内する循環流路 F 1 を備える。放射能濃度計測装置 1 A は、循環流路 F 1 を通過する計測水 W 1 の流量を測定する流量測定部 2 3 を備える。この構成によれば、第 1 吸入口 2 0 a から吸入した計測水 W 1 の流量が流量測定部 2 3 によって測定される。ここで、第 1 吸入口 2 0 a から吸入される計測水 W 1 は、内部領域 A 1 b において放射能濃度センサ 1 8 ' を通過して放射能濃度センサ 1 8 ' と液面 W L との間に達したものである。つまり、流量測定部 2 3 によって、内部領域 A 1 b において放射能濃度センサ 1 8 ' を通過した計測水 W 1 の流量を測定することができる。

【 0 1 1 7 】

また、放射能濃度計測装置 1 A は、遮蔽槽 2 A を備えている。この遮蔽槽 2 A は、貯留槽 5 の外周を囲むように設けられ、計測水 W 1 とは別の遮蔽水 W 2 が配置される遮蔽領域 B を有している。この構成によれば、計測水 W 1 の放射能濃度を計測する場合、貯留槽 5 の周囲に形成された遮蔽領域 B に遮蔽水 W 2 を満たすことが可能になる。従って、計測水 W 1 が満たされた貯留槽 5 が遮蔽水 W 2 に囲まれるので、貯留槽 5 に侵入するバックグラウンド放射線の線量が低減する。従って、内筒 1 1 ' の内部に侵入するバックグラウンド放射線の線量をより低減することができる。

【 0 1 1 8 】

10

20

30

40

50

また、貯留槽 5 は、円筒状の形状を有し、内筒 11' は、円筒状の形状を有し、内筒 11' の中心軸線 N1 が貯留槽 5 の中心軸線 N2 と一致するように配置されている。この構成によれば、内筒 11' の下端開口 11a' の近傍において全周囲から計測水 W1 を取り入れることができると共に、貯留槽 5 の内部において計測水 W1 に含まれた砂や泥といった沈殿物が滞留しやすい領域を減少させることができる。従って、放射性物質を含む計測水 W1 を効率よく攪拌することが可能になるため、計測水 W1 に含まれた放射性物質の分布をより均一化することができる。

【0119】

本実施形態に係る放射能濃度計測装置 1A の変形例について説明する。放射能濃度計測装置 1A では、例えば、流出口 27 は、液面 WL の上方において計測水 W1 を流出させてもよい。要は、流出口 27 は、循環流路 F1 を通過した計測水 W1 を外部領域 A1a の上部へ流出させればよい。

10

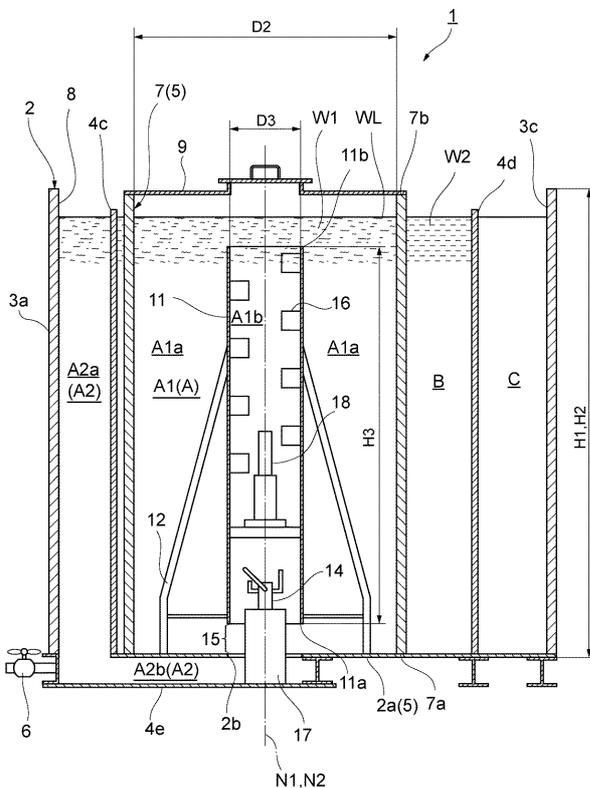
【符号の説明】

【0120】

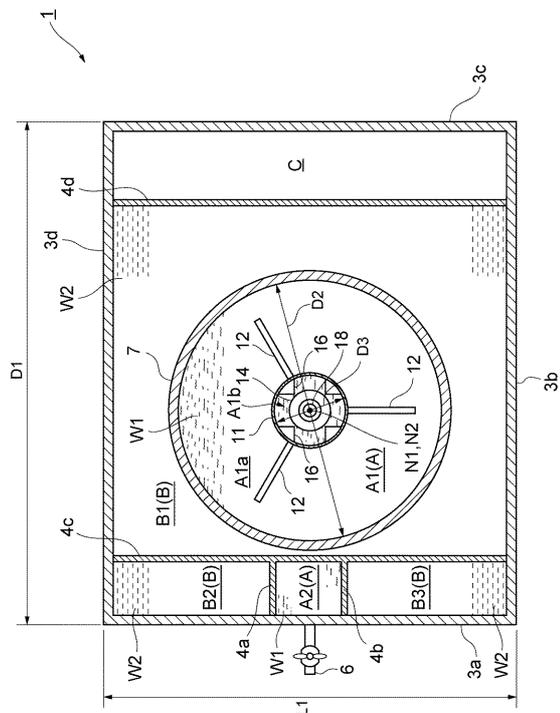
1, 1A 放射能濃度計測装置、2, 2A 遮蔽槽、2a 水槽底板、5 貯留槽、6 流出制御弁、7 外筒、8 導入口、11, 11' 内筒、11a 流入口、11a' 下端開口、11b 排出口、11b' 上端開口、14, 20 第1ポンプ、15, 15' 隙間、18, 18' 放射能濃度センサ（放射能濃度計測部）、20a 第1吸入口、22 第1循環流路（第1流路）、24 第2循環流路（第1流路）、26 第3循環流路（第1流路）、30 第2ポンプ、30a 第2吸入口、36 噴出ノズル、A 計測対象領域、A1 計測領域、A1b 内部領域、A1a 外部領域、A2 導入領域、B 遮蔽領域（遮蔽体収容部）、C バッファ領域、N1 内筒の中心軸線、N2 貯留槽の中心軸線、W1 計測水（被計測物）、W2 遮蔽水（遮蔽体）、WL 液面。

20

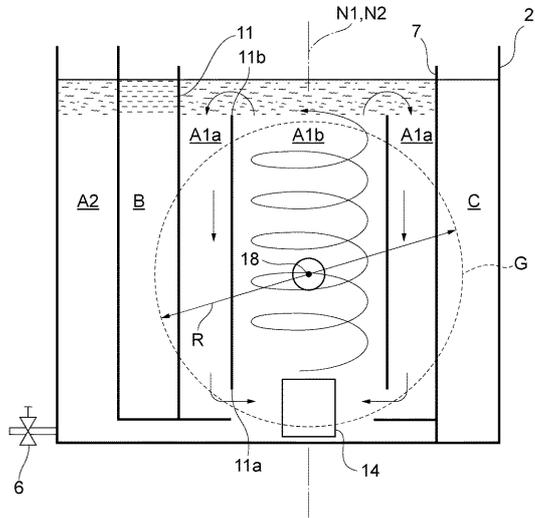
【図1】



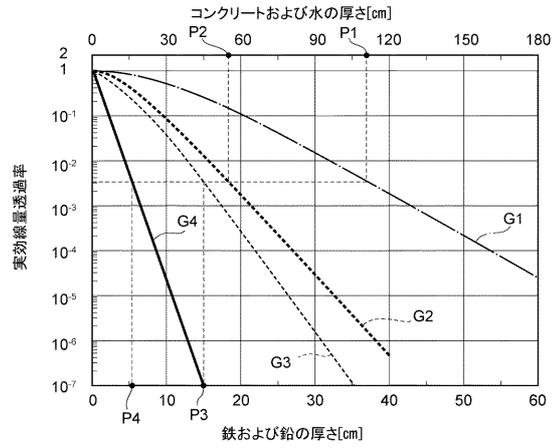
【図2】



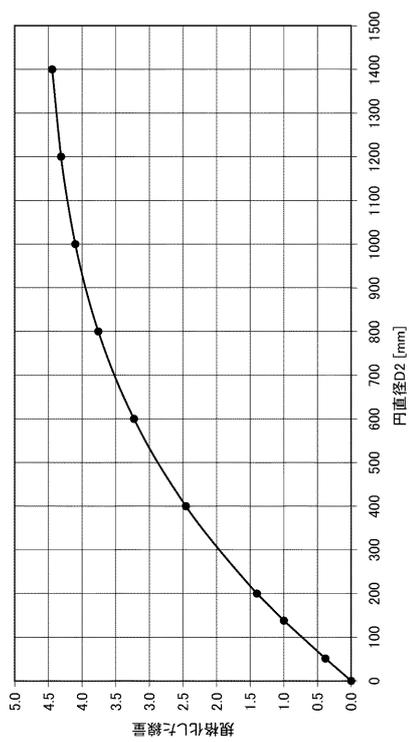
【図3】



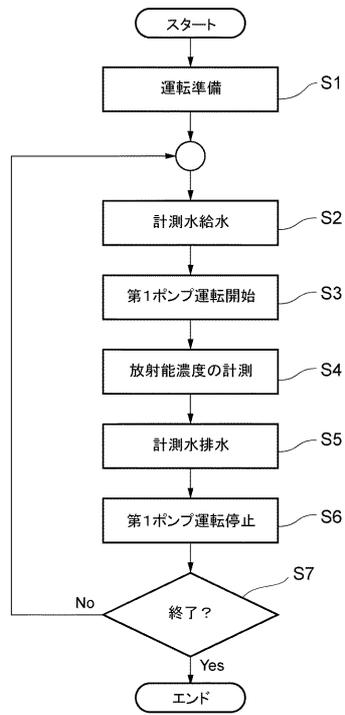
【図4】



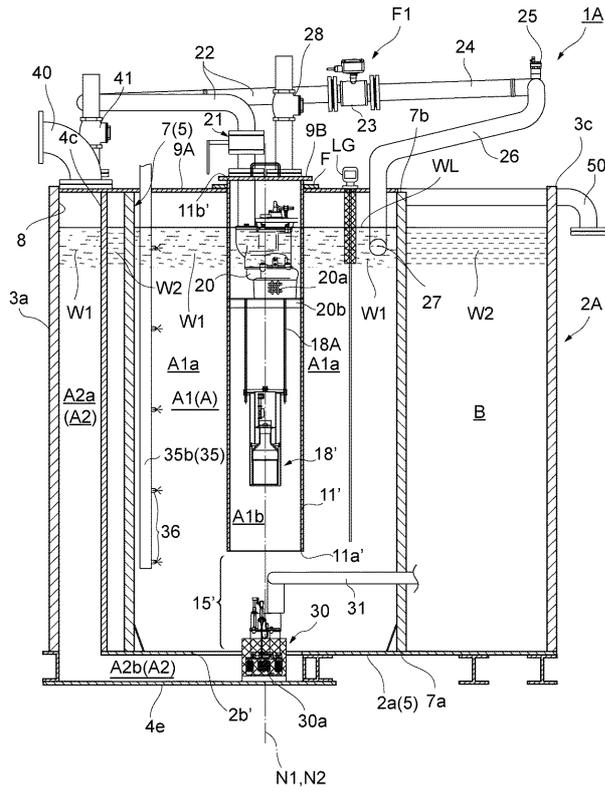
【図5】



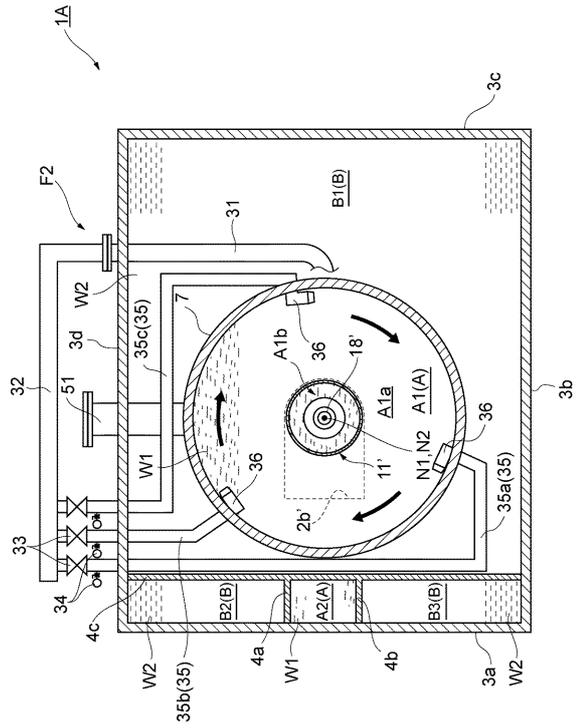
【図6】



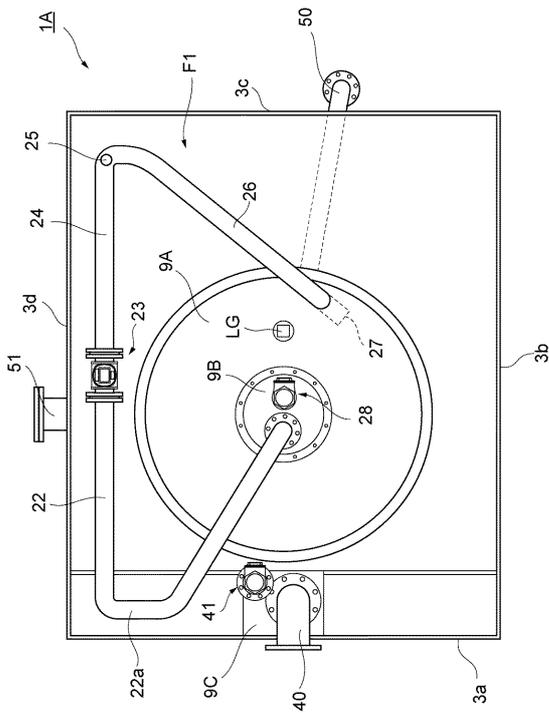
【図7】



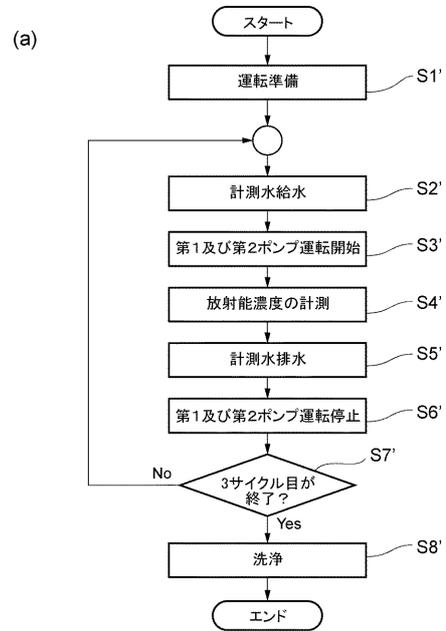
【図8】



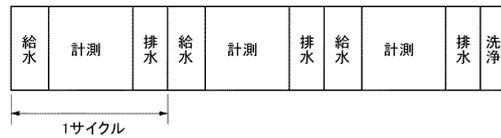
【図9】



【図10】



(b)



フロントページの続き

- (74)代理人 100122781
弁理士 近藤 寛
- (72)発明者 太田 裕士
東京都港区元赤坂一丁目3番1号 鹿島建設株式会社内
- (72)発明者 平野 裕之
東京都港区元赤坂一丁目3番1号 鹿島建設株式会社内
- (72)発明者 岩田 充功
東京都港区元赤坂一丁目3番1号 鹿島建設株式会社内
- (72)発明者 菊池 茂
東京都港区元赤坂一丁目3番1号 鹿島建設株式会社内
- (72)発明者 押野 嘉雄
東京都港区元赤坂一丁目3番1号 鹿島建設株式会社内
- (72)発明者 秦野 歳久
茨城県那珂郡東海村大字白方2番地4 国立研究開発法人日本原子力研究開発機構 原子力科学研究所内
- (72)発明者 阿部 哲也
茨城県那珂郡東海村大字白方2番地4 国立研究開発法人日本原子力研究開発機構 原子力科学研究所内
- (72)発明者 平塚 一
茨城県那珂郡東海村大字白方2番地4 国立研究開発法人日本原子力研究開発機構 原子力科学研究所内
- (72)発明者 大間知 聡一郎
埼玉県ふじみ野市亀久保1651 日本金属化学株式会社内

審査官 鳥居 祐樹

- (56)参考文献 特開平04-184288(JP,A)
特開昭52-054894(JP,A)
登録実用新案第3180001(JP,U)
特開昭53-105700(JP,A)
特開昭58-214869(JP,A)
実開昭61-147998(JP,U)
特開2005-164269(JP,A)
特開2010-230524(JP,A)
特開2011-153831(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G 0 1 T	1 / 1 6 7	-	7 / 1 2
G 0 1 T	1 / 0 0	-	1 / 1 6
G 2 1 F	1 / 0 0		