(19)日本国特許庁(JP)　(12)公開特許公報(A)　(11)特許出願公開番号
特開2004-264162
(P2004-264162A)
(43)公開日　平成16年9月24日(2004.9.24)

(51)Int.Cl.[7]	F I		テーマコード（参考）
G21F 5/12	G21F 5/00	E	
G21C 19/06	G21C 19/32	W	
G21C 19/32	G21F 9/36	511P	
G21F 5/008	G21F 5/00	F	
G21F 9/36	G21C 19/06	S	

審査請求 未請求　請求項の数 9　ＯＬ　（全 15 頁）

(21)出願番号　特願2003-55083(P2003-55083)
(22)出願日　平成15年3月3日(2003.3.3)

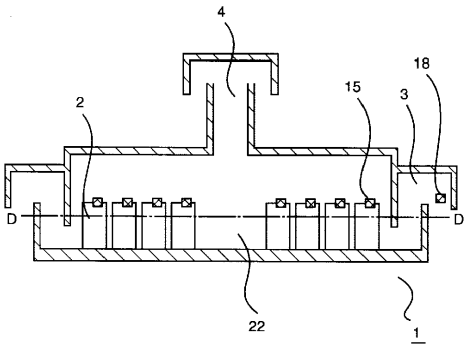
(71)出願人　000005108
株式会社日立製作所
東京都千代田区神田駿河台四丁目６番地
(74)代理人　100075096
弁理士　作田　康夫
(72)発明者　熊谷　直己
茨城県日立市大みか町七丁目２番１号　株式会社日立製作所電力・電機開発研究所内
(72)発明者　鴨志田　守
茨城県日立市大みか町七丁目２番１号　株式会社日立製作所電力・電機開発研究所内

最終頁に続く

(54)【発明の名称】放射性物質収納容器の密封監視設備および密封監視方法

(57)【要約】
【課題】本発明の目的は、温度測定用の設備を多く必要とせずに、ガス圧力測定による放射性物質収納容器の漏洩監視の感度を向上させる事のできる放射性物質収納容器の密封監視設備を提供することにある。
【解決手段】本発明は、放射性物質収納容器において、容器の二重蓋間あるいは容器を収納する収納管内のガス圧力を測定するセンサーと、外気温度を測定するセンサーと、前記圧力センサーと前記温度センサーの計測値を取り込んで圧力の測定値から温度による影響を排除する情報処理装置を備える事を特徴とする放射性物質収納容器の漏洩監視設備にある。
【選択図】　図１

図　1



1…使用済燃料貯蔵施設　2…輸送・貯蔵兼用金属キャスク　3…吸気口
4…排気口　15…圧力センサー　18…温度センサー　22…貯蔵エリア

【特許請求の範囲】
【請求項１】
内部に放射性物質を収納する空間を持ち、上端部に放射性物質を出し入れするための開口を持ち、前記容器の開口に一次蓋を装着し、前記一次蓋を覆うように二次蓋を装着し、前記放射性物質を収納する空間に大気圧よりも減圧された状態でガスを封入し、前記一次蓋と前記二次蓋の間に形成される空間に大気圧よりも加圧された状態でガスを封入し、前記一次蓋と二次蓋の間のガス圧力を測定するためのセンサーを備えた放射性物質収納容器を保管する貯蔵施設での放射性物質収納容器の密封監視方法において、
前記貯蔵施設の中または外の空気温度を測定する空気温度測定センサーと、該空気温度測定センサーおよび前記ガス圧力測定センサーで測定された計測値を取り込む情報処理装置とを備え、前記空気温度測定センサーで測定された空気温度測定値を用いて、前記ガス圧力測定センサーで測定された計測値を補正し、補正後のガス圧力値の変化によって前記放射性物質収納容器の密封性能を監視することを特徴とする放射性物質収納容器の密封監視方法。
【請求項２】
請求項１の放射性物質収納容器の密封監視方法において、
前記空気温度測定センサーは貯蔵施設の吸気口に配置されていることを特徴とする放射性物質収納容器の密封監視方法。
【請求項３】
請求項１の放射性物質収納容器の密封監視方法において、
前記空気温度測定センサーは貯蔵施設の外部に配置されていることを特徴とする放射性物質収納容器の密封監視方法。
【請求項４】
請求項１の放射性物質収納容器の密封監視方法において、
前記容器としてコンクリートキャスクを用いて、
前記空気温度測定センサーは貯蔵施設の吸気口または該コンクリートキャスクの吸気口あるいは排気口に配置されていることを特徴とする放射性物質収納容器の密封監視方法。
【請求項５】
内部に放射性物質とともに大気圧よりも減圧された状態でガスを封入し、蓋部を溶接して密封した筒状の放射性物質収納容器を、前記放射性物質収納容器の外径よりも大きい内径を持つ筒状の収納管内に収納し、前記筒状の収納管内のガス圧力を測定するためのセンサーを備えた放射性物質収納容器の貯蔵施設において、
前記収納管の外側の空気温度を測定する空気温度測定センサーと、該空気温度測定センサーおよび前記ガス圧力測定センサーで測定された計測値を取り込む情報処理装置とを備えたことを特徴とする放射性物質収納容器の密封監視設備。
【請求項６】
請求項５の放射性物質収納容器の密封監視設備において、
前記空気温度測定センサーは貯蔵施設の吸気口に配置されていることを特徴とする放射性物質収納容器の密封監視設備。
【請求項７】
請求項５の放射性物質収納容器の密封監視設備において、
前記空気温度測定センサーは貯蔵施設の外部に配置されていることを特徴とする放射性物質収納容器の密封監視設備。
【請求項８】
請求項５の放射性物質収納容器の密封監視設備において、
前記容器としてコンクリートキャスクを用いて、
前記空気温度測定センサーは貯蔵施設の吸気口または該コンクリートキャスクの吸気口あるいは排気口に配置されていることを特徴とする放射性物質収納容器の密封監視設備。
【請求項９】
内部に放射性物質とともに大気圧よりも減圧された状態でガスを封入し、蓋部を溶接して

密封した筒状の放射性物質収納容器を、前記放射性物質収納容器の外径よりも大きい内径を持つ筒状の収納管内に収納し、前記筒状の収納管内のガス圧力を測定するためのセンサーを備えた放射性物質収納容器の貯蔵施設において、
前記収納管の外側の空気温度を測定する空気温度測定センサーと、該空気温度測定センサーおよび前記ガス圧力測定センサーで測定された計測値を取り込む情報処理装置とを備え、前記空気温度測定センサーで測定された空気温度測定値を用いて、前記ガス圧力測定センサーで測定された計測値を補正し、補正後のガス圧力値の変化によって前記放射性物質収納容器の密封性能を監視することを特徴とする放射性物質収納容器の貯蔵施設。
【発明の詳細な説明】
【０００１】
【発明の属する技術分野】
本発明は、原子力発電所の使用済燃料や高レベル放射性廃棄物等の放射性物質を貯蔵する新規な放射性物質の貯蔵施設に関する。
【０００２】
【従来の技術】
原子力発電所から発生する使用済燃料集合体は、ウラン及びプルトニウム等の再使用可能な核燃料物質を回収するために再処理するが、このときに発生する高レベル放射性廃棄物はガラス固化される。この放射性廃棄物ガラス固化体は崩壊熱が発生するため、発熱量が小さくなり処分が可能になるまでの間冷却しながら貯蔵する必要がある。また、使用済燃料集合体は、再処理されるまでの間、冷却をしながら適切に貯蔵しておく必要があるが、これまで貯蔵に用いられてきた原子力発電所内の貯蔵プールが容量不足となり、長期間貯蔵可能な新たな貯蔵施設の建設が望まれている。これら放射性物質の貯蔵施設には、コスト及び長期に亘る安定性から、空気で冷却する乾式貯蔵方式が着目されている。
【０００３】
上記の乾式貯蔵方式には、金属キャスク方式，コンクリートキャスク方式，ボールト方式等がある。
【０００４】
金属キャスク方式は、放射性物質から発生する放射線に対する遮へい能力をもつ容器である金属キャスクに、放射性物質を収納し貯蔵する方式である。金属キャスクは、主に金属製の内筒とレジンからなる中性子遮へい体層、さらに金属製の外筒の３層からなる円筒状の容器である。内筒は使用済燃料からのガンマ線を遮へいできるように厚さが考慮されている。また、中性子遮へい体層も放射性物質からの中性子線を遮へいできるように厚さが考慮されている。
【０００５】
金属キャスクの蓋は、内側より一次蓋，二次蓋と呼ばれる二重の蓋で構成されている。放射性物質の収納部分のガス圧力は大気圧に対して減圧されており、また一次蓋と二次蓋の間に形成される空間は、逆に大気圧に対して加圧されている。このため、仮に貯蔵中に一次蓋から漏洩が発生した場合でも、中が減圧されていることから放射性物質が外に漏洩する危険はない。また、どちらの蓋から漏洩が起こっても、一次蓋と二次蓋の間に形成される空間の圧力が減少することになるので、この間の圧力を観測しておくことで、金属キャスクの漏洩を監視する。
【０００６】
この金属キャスクの二重蓋間圧力を測定設備の例としては、特開２００１－１５９７００号公報、および特開２００２－４８８９８号公報記載の測定装置がある。
【０００７】
特開２００１－１５９７００号公報には、金属キャスクの蓋間圧力測定装置として、静電容量式，放電式，超音波式，振動励起式，電離気体密度計測式，気流変化赤外線画像式，変形ミラー反射式，屈曲率変化式，圧力伝送式，漏洩音検知式，色検知式，電気的ＯＮ／ＯＦＦ検知式，浮力利用式，電気抵抗式，圧電素子式，音波式，レーザ分光ガス計測式，温度計測式の各方式による圧力測定方式が記載されている。

【０００８】
特開２００２－４８８９８号公報には、二重蓋間の圧力監視に光ファイバを用いた装置が記載されている。１本の光ファイバを用いて複数のキャスクの蓋間圧力と、蓋の温度の計測を行う。
【０００９】
コンクリートキャスク方式は、放射性物質はキャニスタと呼ばれる薄肉金属製の円筒状容器に収納されて、コンクリート製の容器内に保管される。キャニスタの蓋は金属キャスクと異なり本体に溶接される。しかし、密封監視の方法は金属キャスクとほぼ同じで、キャニスタの蓋も二重になっており、二重となった蓋の間のガス圧力を測定することで監視を行う。この監視方法の例は、特開２００２－１１６２９４号公報に記載されている。
【００１０】
ボールト貯蔵方式もまた、放射性物質をキャニスタに収納して貯蔵する方式である。コンクリートキャスクと異なる点は、キャニスタを大きなコンクリート製の貯蔵室の中に多数まとめて貯蔵する点にある。キャニスタは貯蔵室の中にそのまま貯蔵する方法と、あらかじめ貯蔵室の中に円筒状の収納管が設置され、その中にキャニスタを入れて貯蔵する方法がある。後者の場合の例は特開平８－２９２２８７号公報に記載されている。この例では、これまで金属キャスクやコンクリートキャスクでの圧力計測による密封監視方法と異なり、収納管内のガスをサンプリングしてその中の放射性物質の有無によってキャニスタの密封を監視するものである。しかし、たとえは、キャニスタの中を大気圧より減圧状態とし、収納管内を逆に大気圧より加圧状態にして、収納管内のガス圧力を計測することで、金属キャスクやコンクリートキャスクと同様に、キャニスタの密封監視を行うことも可能である。
【００１１】
【特許文献１】
特開２００１－１５９７００号公報
【特許文献２】
特開２００２－４８８９８号公報
【特許文献３】
特開２００２－１１６２９４号公報
【特許文献４】
特開平８－２９２２８７号公報
【００１２】
【発明が解決しようとする課題】
特開２００１－１５９７００号公報および特開２００２－１１６２９４号公報に記載の放射性物質貯蔵容器の密封監視方法は、二重となっている容器蓋部の間のガス圧力を計測し、その計測値の変化から漏洩を監視する。しかし、ガス圧力は温度によっても変化するため、漏洩基準に近い微少な漏洩量に対しては検知が難しい。
【００１３】
特開２００２－４８８９８号公報に記載の放射性物質貯蔵容器の密封監視方法は、光ファイバによって二重蓋間の圧力と温度を同時に計測している。しかしながら、個々の放射性物質貯蔵容器に対して圧力と共に温度を測定する装置構成が必要となる。
【００１４】
特開平８－２９２２８７号公報に記載の放射性物質貯蔵容器の密封監視方法は、連続的に監視することが困難であり、またサンプリング後のガスの処理系も必要になるため、漏洩監視用の設備が大がかりなものとなる。また仮に、収納管内のガスのサンプリングの代わりに、収納管内のガスの圧力測定による漏洩監視を行う場合も、やはり外気温度の変動による影響を受けて、微少な漏洩に対する検知が困難となる。
【００１５】
本発明の目的は、最低限の設備で容器内のガス圧力測定による漏洩監視の感度を向上させる放射性物質収納容器の密封監視方法を提供することにある。

【００１６】
【課題を解決するための手段】
本発明は、金属キャスクやキャニスタ等の放射性物質を収納した容器において、二重蓋間のガス圧力を測定するセンサーと、放射性物質収納容器の周囲の外気温度を測定するセンサーと、前記圧力センサーと前記温度センサーの計測値を取り込んで圧力の測定値から温度による影響を排除した後の圧力値の変化から放射性物質収納容器の密封性能を監視する事を特徴とする放射性物質収納容器の漏洩監視方法にある。
【００１７】
また本発明は、放射性物質を収納した容器を、貯蔵室に備えられた収納管内に入れて貯蔵する施設において、収納管内のガス圧力を測定するセンサーと、収納管の周囲の外気温度を測定するセンサーと、前記圧力センサーと前記温度センサーの計測値を取り込んで圧力の測定値から温度による影響を排除した後の圧力値の変化から放射性物質収納容器の密封性能を監視する事を特徴とする放射性物質収納容器の漏洩監視方法にある。
【００１８】
また本発明は、放射性物質を収納した容器を、貯蔵室に備えられた収納管内に入れて貯蔵する施設において、収納管内のガス圧力を測定するセンサーと、収納管の周囲の外気温度を測定するセンサーと、前記圧力センサーと前記温度センサーの計測値を取り込んで圧力の測定値から温度による影響を排除する情報処理装置を備える事を特徴とする放射性物質収納容器の漏洩監視設備にある。
【００１９】
【発明の実施の形態】
（実施例１）
本実施例は原子力発電所の使用済燃料を金属キャスクに収納し貯蔵する施設に本発明を適用したものである。
【００２０】
図１は、本実施例における密封監視装置を用いた放射性物質を貯蔵する使用済燃料貯蔵施設１の垂直断面図である。本貯蔵施設は、原子力発電所で発生した使用済燃料を輸送・貯蔵兼用金属キャスク２に収納して貯蔵する施設である。使用済燃料から発生する熱を除去しながら貯蔵しておくために、貯蔵施設の中に外気を取り入れるための吸気口３と、貯蔵施設内の空気を排出する排気口４が備えられている。
【００２１】
図４は、本実施例における放射性物質を貯蔵する使用済燃料貯蔵施設１の平面図である。金属キャスクを貯蔵する使用済燃料貯蔵施設１は、金属キャスク２を本貯蔵施設に搬入出するためのトレーラエリア１９，金属キャスク２の検査を行う検査エリア２０，金属キャスク２を一時的に保管する仮置きエリア２１，貯蔵施設内の異常を監視する監視室。金属キャスクを貯蔵する金属キャスク貯蔵エリア２２より構成される。
【００２２】
図２は、輸送・貯蔵兼用金属キャスク２の縦断面図、図３は図２のＣ－Ｃ断面である。金属キャスク２は、内部にバスケット５と呼ばれる金属製の格子が組まれており、格子で区切られた領域の一つ一つに使用済燃料６が一体ずつ収納される。バスケット５の外側には内筒７，レジン８，外筒９の順に構成されている。内筒７と外筒９はそれぞれ金属からなり、使用済燃料６より発生するガンマ線を十分遮へい可能な厚さを持つ。またレジン８は、使用済燃料６から発生する中性子線を十分遮へい可能な厚さを持つ。レジン８は金属に比べ熱伝導率が非常に小さい。このため、使用済燃料６から発生する熱を金属キャスク２の外側に伝えやすいよう、レジン８の中に伝熱フィン１０を設けている。また、金属キャスク２の側面には、吊り具を掛けるためのトラニオン１１が設けられている。
【００２３】
金属キャスク２の蓋は、内側より一次蓋１２，二次蓋１３の二重の蓋で構成されている。それぞれの蓋と内筒７の間は、ガスケット１４によって密封性が保たれている。貯蔵期間中は、一次蓋の内側は大気圧に対して減圧状態に、一次蓋と二次蓋の間の空間１６は大気

圧に対して加圧状態にして貯蔵される。このような状態では、一次蓋１２，二次蓋１３のどちらかから漏洩が起こっても、一次蓋と二次蓋の間の空間１６の圧力が減少する。そこで、この間の圧力を測定する圧力センサー１５を取り付け、貯蔵期間中、この一次蓋と二次蓋の間の空間１６の圧力を測定し、蓋からの漏洩の有無を監視する。

【００２４】

ところで、圧力は漏洩以外にも、温度によっても変化する。この一次蓋と二次蓋の間の空間１６の温度を平均１００℃と仮定すると、温度が５℃変動した場合、圧力は１％以上も変化する。このため、測定した圧力の変化が漏洩によるものか温度変化によるものかを短時間で判定することは困難である。この温度変化は、気温の変化に起因する。貯蔵施設１には外気を取り入れて使用済燃料を冷却しながら貯蔵するため、金属キャスク２の周囲の温度も、ほぼ外気温と同じように変動する。周囲の空気温度が変化すれば、圧力を測定している一次蓋と二次蓋の間の空間１６の温度も変化する。

【００２５】

一次蓋と二次蓋の間の空間１６の圧力を補正するには、そこの温度データを用いて補正するのが最も精度が高い。しかしながら、一次蓋と二次蓋の間の温度を測定するのは、金属キャスク１体ずつに温度センサーを取り付ける必要があるため、温度センサーが多数必要となる。そこで、本実施例の貯蔵施設１では吸気口３に温度センサー１８を取り付け、そこで測定された空気温度データと、各金属キャスク２の二重蓋の間の空間１６の圧力測定データを電線による有線通信手段で、または無線通信手段により監視室２４内に送る。監視室２４内には情報処理装置２５が備えられており、この情報処理装置２５でこれまで蓄積されてきた気温データから、気温の変動によって起こる金属キャスク２の二重蓋の間の空間１６の圧力変動を予測し、実際に測定した二重蓋の間の圧力データからその予測値を引いて、温度変動による影響を除いた後の圧力変化を漏洩の有無の判定用データとする。

【００２６】

空気温度の測定場所としては、吸気口で測定する必要はなく、貯蔵エリア２２内に設置しても構わない。また、空気温度は連続して計測しても、一定の時間間隔で測定しても構わない。ただし気温の変動周期に対しては最低２回以上測定する必要がある。連続的に測定した場合に比べて精度は劣るが、例えば、一日の最低気温と最高気温とその時間から補正する方法もある。

【００２７】

二重蓋の間の温度は、金属キャスク２の材料の熱容量によって、気温よりも変動幅は小さく、また時間も遅れて変動する。このため、圧力の補正を行うためには、気温の変動を二重蓋の間の空間１６の温度変動に変換する必要がある。このため、あらかじめ金属キャスク２の構造（特に蓋部分）や材質の比熱，密度，熱伝導率等のデータから、気温変動を二重蓋間の温度変動に変換する補正式を、例えばグリーン関数を用いたり、伝熱解析を行って求めておくようにする。そして、求めておいた補正式を情報処理装置２５に記憶させて、圧力の測定データを補正する。

【００２８】

また、金属キャスク２の除熱性能を監視するため、金属キャスク２の中央部表面に温度センサー４７を設置する場合には、気温変動に加え、この温度センサー４７による温度測定値の変動も取り込んで圧力補正を行うことができる。そうすれば、例えば、金属キャスク２内に収納されている使用済燃料６の発熱量の変化も容易に取り込んで圧力の補正が可能となる。

【００２９】

図９は二重蓋の間の圧力を補正する本実施例の一連のフローを示したものである。

【００３０】

ＳＴＥＰ００１　では、貯蔵施設１の吸気口３に設けられた温度センサー１８が温度を測定し、ＳＴＥＰ００２　ではこの温度センサー１８からの温度データを情報処理装置２５に伝送する。

【００３１】

ＳＴＥＰ００３　では、金属キャスク２の中央部表面の温度センサー４７が温度を測定し、ＳＴＥＰ００４　ではこの温度センサー４７からの温度データを情報処理装置２５に伝送する。この温度データは、その金属キャスクに収納している使用済燃料の発熱量によって変化するので、使用済燃料の発熱量変化も取り込んだ圧力の補正が可能となる。

【００３２】

ＳＴＥＰ００５　では、一次蓋と二次蓋の間の空間１６の圧力を圧力センサー１５が測定し、ＳＴＥＰ００６　ではこの圧力センサーからの圧力データを情報処理装置２５に伝送する。

【００３３】

ＳＴＥＰ００７　では、情報処理装置２５が一次蓋と二次蓋の間の空間の圧力データ一に対して、伝送された金属キャスクの温度データと吸気口の温度センサーからの温度データと、情報処理装置２５の記憶装置に記憶された補正式を用いて一次蓋と二次蓋の間の空間の圧力データ一を補正する。この時に用いられる補正式としては、測定対象の金属キャスクの構造や材質の比熱，密度，熱伝導率等のデータから、気温変動を二重蓋間の温度変動に変換するものであり、前述のように、例えばグリーン関数を用いたり、予め伝熱解析を行って求めるようにする。

【００３４】

ＳＴＥＰ００８　では、情報処理装置２５が補正後の圧力データが基準値以内にあるかどうかを判断する。そして、補正後の圧力データが基準値以外にある場合は、ＳＴＥＰ００９　で、情報処理装置２５が外部に対して警報信号を出力する。

【００３５】

尚、このフローチャートでは金属キャスク２の中央部表面の温度センサー４７からの温度情報を取り入れた圧力データの補正演算を示したが、この金属キャスク２の温度センサーからのデータを用いずに温度センサー１８からのデータのみを用いて圧力データの補正演算を行うことも可能である。また、このフローチャートでは、吸気口の温度，キャスク表面の温度，一次蓋と二次蓋の間の圧力の順に測定を行ったが、異なる順に行っても問題はない。

【００３６】

（実施例２）

本実施例は原子力発電所の使用済燃料をコンクリートキャスクに収納し貯蔵する施設に本発明を適用したものである。

【００３７】

図５は、コンクリートキャスク２６の縦断面図である。コンクリートキャスク２６は、キャニスタ２７と呼ばれる金属製の容器を、コンクリート製の円筒容器２８に入れたものである。キャニスタ２７の内部は、金属キャスク２と同様にバスケット５があり、バスケット５内に使用済燃料６が収納される。キャニスタ２７は金属キャスク２と異なり、使用済燃料６から発生する放射線を遮へいするだけの厚さを持っていない。このため、放射線の遮へいはコンクリートキャスク２６のコンクリート製の円筒容器２８によって行われる。また、キャニスタ２７の周囲には空気流路が設けられており、コンクリートキャスクの下部にある吸気口２９より空気が入り、使用済燃料６を冷却した後、上部の排気口３０より排気される。

【００３８】

キャニスタ２７は金属キャスク２と異なり、蓋は溶接されて取り外し不可能な構造になっている。ただし、蓋部分は二重構造となっており、金属キャスク２と同様に、使用済燃料を収納している部分は大気圧よりも減圧状態、二重となっている蓋の間は大気圧よりも加圧状態となっており、二重蓋の間に圧力センサー１５を設けて圧力を監視することで、キャニスタからの漏洩を監視している。

【００３９】

コンクリートキャスク２６も、貯蔵中はコンクリートキャスク用の貯蔵施設の中で保管される。このコンクリートキャスク用貯蔵施設は、図１および図４に示す使用済燃料貯蔵施

設１と同様の施設で扱われる。このため、キャニスタの二重蓋間圧力を補正するためには、実施例１の場合と同様に、例えば貯蔵施設の吸気口３に設けた温度センサー１８による測定データを用いて前述の実施例と同様に情報処理装置２５で補正を行うようにする。吸気口３での空気温度は貯蔵施設の外の外気温度にほぼ等しいので、貯蔵施設の外部に配置された施設外気温データを検出する温度センサーの測定データを用いて補正しても良い。

【００４０】

また、コンクリートキャスク２６の冷却性能を監視するため、コンクリートキャスクの吸気口２９や排気口３０に温度センサーを設置して空気温度を監視することがある。この場合、その吸気口２９や排気口３０での空気温度測定データを、冷却性能の監視用だけでなく、情報処理装置２５に取り込むことにより二重蓋間の圧力測定データの補正にも用いることができる。

【００４１】

図１０は本実施例の一連のフローを示したものである。

【００４２】

ＳＴＥＰ００１　では、貯蔵施設１の吸気口３に設けられた温度センサー１８が温度を測定し、ＳＴＥＰ００２　ではこの温度センサー１８からの温度データを情報処理装置２５に伝送する。もしコンクリートキャスクの吸気口２９に温度センサーが備えられている場合は、代わりにその温度センサーからの温度データを用いることもできる。

【００４３】

ＳＴＥＰ００３　では、コンクリートキャスクの排気口３０に配置された温度センサーが温度を測定し、ＳＴＥＰ００４　ではこの温度センサーからの使用済燃料の発熱量を情報処理装置２５に伝送する。この温度データとＳＴＥＰ００２　で得られた温度データとの差は、そのコンクリートキャスクに収納している使用済燃料の発熱量によって変化するので、この温度データを用いることで使用済燃料の発熱量変化も取り込んだ圧力の補正が可能となる。

【００４４】

ＳＴＥＰ００５　では、一次蓋と二次蓋の間の空間１６の圧力を圧力センサー１５が測定し、ＳＴＥＰ００６　ではこの圧力センサーからの圧力データを情報処理装置２５に伝送する。

【００４５】

ＳＴＥＰ００７　では、情報処理装置２５が一次蓋と二次蓋の間の空間の圧力データ一に対して、伝送された吸気口の温度センサーとコンクリートキャスクの排気口に設けられた温度センサーからの温度データと、情報処理装置２５の記憶装置に記憶された補正式を用いて一次蓋と二次蓋の間の空間の圧力データ一を補正する。この時に用いられる補正式としては、測定対象のコンクリートキャスクの構造や材質の比熱，密度，熱伝導率等のデータから、気温変動を二重蓋間の温度変動に変換するものであり、前述のように、例えばグリーン関数を用いたり、予め伝熱解析を行って求めるようにする。

【００４６】

ＳＴＥＰ００８　では、情報処理装置２５が補正後の圧力データが基準値以内にあるかどうかを判断する。そして、補正後の圧力データが基準値以外にある場合は、ＳＴＥＰ００９　で、情報処理装置２５が外部に対して警報信号を出力する。

【００４７】

尚、このフローチャートではコンクリートキャスクの排気口３０に配置された温度センサーからの温度情報を取り入れた圧力データの補正演算を示したが、この排気口３０の温度センサーからのデータを用いずに温度センサー１８からのデータのみを用いて圧力データの補正演算を行うことも可能であり、また、貯蔵施設の外部に配置された施設外気温データを検出する温度センサーの測定データを用いて圧力データを補正しても良い。また、このフローチャートでは、貯蔵施設の吸気口の温度，コンクリートキャスクの排気口の温度，一次蓋と二次蓋の間の圧力の順に測定を行ったが、異なる順に行っても問題はない。

【００４８】

（実施例３）
本実施例は原子力発電所の使用済燃料をキャニスタに入れ、ボールト方式と呼ばれる貯蔵施設に貯蔵する場合に本発明を適用したものである。
【００４９】
図６は本実施例における貯蔵施設の平面図である。図６に示すように、貯蔵施設３１は、使用済燃料の収納されたキャニスタ輸送用キャスク３２を本貯蔵施設に搬入出するためのトレーラエリア１９，キャニスタ輸送用キャスク３２を一時的に保管する仮置きエリア３３，キャニスタ３４の検査を行う検査エリア３５，使用済燃料の収納されたキャニスタ３４を貯蔵するキャニスタ貯蔵エリア３６，監視，各操作を行う操作盤等が設置される監視室３７，キャニスタ貯蔵エリアの吸気ダクト３８，キャニスタ貯蔵エリアの排気ダクト３９、より構成される。
【００５０】
図７は図６のＡ－Ａ断面図である。図７に示す通り、キャニスタ貯蔵エリア３６は、天井スラブ４０を境に上下２つの領域に分かれている。キャニスタ貯蔵エリア３６の上の領域４１はキャニスタ３４を所定の金属の収納管４２まで搬送するキャニスタ搬送クレーン４３が走行する領域、キャニスタ貯蔵エリア３６の下の領域４４には収納管４２が多数垂設されており、中に使用済燃料６の入ったキャニスタ３４を貯蔵しておく領域となっている。収納管４２の上端は天井スラブ４０を貫通してキャニスタ貯蔵エリア３６の上の領域４１に開口し、遮へいプラグ４５によって蓋をする。天井スラブ４０と遮へいプラグ４５は、キャニスタ貯蔵エリア３６の下の領域４４に貯蔵されている使用済燃料６からの放射線を十分に遮へいするだけの能力を持つように厚さが決められている。このため、キャニスタ搬送クレーン４３が走行するキャニスタ貯蔵エリア３６の上の領域４１には、使用済燃料の貯蔵中であっても作業員が入域することができる。また、キャニスタ貯蔵エリア３６の下の領域４４には、貯蔵中に使用済燃料６を冷却するための空気の吸気ダクト３８と排気ダクト３９が接続されており、吸気ダクト３８から入った冷却空気は、貯蔵中の使用済燃料６を冷却しながら収納管４２の周囲を流れ、排気ダクト３９より貯蔵建屋の外部へと放出される。
【００５１】
図８に図７のＢ領域の拡大図を示す。本実施例におけるキャニスタ３４は、実施例２のキャニスタ２７と異なり、蓋の部分が二重構造となっていない。本実施例での漏洩監視は、二重蓋の間の圧力を監視するのではなく、収納管４２内の圧力を監視する構成となっている。そこで、圧力センサー１５は、収納管４２の遮へいプラグ４５に設置されている。例えば、キャニスタ３４の中は大気圧よりも減圧状態とし、収納管４２内は逆に大気圧よりも加圧状態となっているとすると、もし、キャニスタ３４が破れた場合、収納管４２内のガスはキャニスタ３４中に吸い込まれるため、収納管４２内の圧力は減少する。このため、収納管４２内の圧力を監視することでキャニスタの漏洩監視を行うことができる。しかし、この場合においても、外気温の変動によって圧力の測定値が影響を受ける。そこで、本実施例では、図７に示すように、吸気ダクトの入り口付近に温度センサー１８を設置し、これらの圧力や温度の測定データを、貯蔵施設に設けられた監視室３７に設置している情報処理装置２５に集めて前述の実施例と同様の手法で温度補正を行い、補正後の圧力データよりキャニスタ３４の漏洩の有無を判定する。また、収納管４２内は大気圧よりも加圧状態である必要はなく、逆に収納管４２内をキャニスタ３４の中よりも減圧状態とし、キャニスタ３４からの漏洩によって収納管４２内の圧力が増加するのを監視する場合においても、全く同様の方法で補正を行うことができる。
【００５２】
また、排気ダクト３９中には、施設の冷却性能を監視するための温度センサー４６を設けている。排気ダクト３９の空気温度は、貯蔵エリアの下の領域４４内の使用済燃料から発生する熱によって、外気温度よりも高い温度を示すが、温度の変動については、外気温度とほぼ同じ変動を示す。このため、排気ダクト中の空気温度データを用いて、収納管４２内圧力の補正を行うことも可能であり、また吸気ダクトと排気ダクトの両方の空気温度デ

ータを用いて、同様の圧力の補正手法によりキャニスタ３４の漏洩の有無を判定することも実現出来る。

【００５３】

図１１は本実施例の一連のフローを示したものである。

【００５４】

ＳＴＥＰ００１　では、貯蔵施設３１の吸気ダクト３８に設けられた温度センサー１８が温度を測定し、ＳＴＥＰ００２　ではこの温度センサー１８からの温度データを情報処理装置２５に伝送する。

【００５５】

ＳＴＥＰ００３　では、排気ダクト３９に配置された温度センサー４６が温度を測定し、ＳＴＥＰ００４　ではこの温度センサーからの温度データを情報処理装置２５に伝送する。

【００５６】

ＳＴＥＰ００５　では、収納管４２の中の圧力を圧力センサー１５が測定し、ＳＴＥＰ００６　ではこの圧力センサーからの圧力データを情報処理装置２５に伝送する。

【００５７】

ＳＴＥＰ００７　では、情報処理装置２５が収納管４２の中の圧力データ一に対して、伝送された吸気ダクトと排気ダクトに設けられた温度センサーからの温度データと、情報処理装置２５の記憶装置に記憶された補正式を用いて収納管４２の中の圧力データ一を補正する。この時に用いられる補正式としては、測定対象の収納管やキャニスタの構造や材質の比熱，密度，熱伝導率等のデータから、気温変動を収納管４２の中の温度変動に変換するものであり、前述のように、例えばグリーン関数を用いたり、予め伝熱解析を行って求めるようにする。

【００５８】

ＳＴＥＰ００８　では、情報処理装置２５が補正後の圧力データが基準値以内にあるかどうかを判断する。そして、補正後の圧力データが基準値以外にある場合は、ＳＴＥＰ００９　で、情報処理装置２５が外部に対して警報信号を出力する。

【００５９】

尚、このフローチャートでは排気ダクトに配置された温度センサー４６からの温度情報を取り入れた圧力データの補正演算を示したが、この排気ダクト３９の温度センサー４６からのデータを用いずに温度センサー１８からのデータのみを用いて圧力データの補正演算を行うことも可能である。また、このフローチャートでは、吸気口の温度，排気口の温度，一次蓋と二次蓋の間の圧力の順に測定を行ったが、異なる順に行っても問題はない。

【００６０】

【発明の効果】

本発明によれば、圧力測定によって放射性物質の漏洩を監視する場合、外気温度の変動による圧力測定値への影響を除く事ができるので、漏洩の検知精度を向上させるものである。

【図面の簡単な説明】

【図１】本発明における放射性物質貯蔵施設の平面図である。

【図２】本発明における放射性物質貯蔵施設に用いる金属キャスクの縦断面図である。

【図３】図２のＣ－Ｃ断面図である。

【図４】図１のＤ－Ｄ断面図である。

【図５】本発明における放射性物質貯蔵施設に用いるコンクリートキャスクの縦断面図である。

【図６】本発明における他の放射性物質貯蔵施設の平面図である。

【図７】図６のＡ－Ａ断面図である。

【図８】図７のＢ拡大図である。

【図９】本発明の実施例１のフローを示したものである。

【図１０】本発明の実施例２のフローを示したものである。

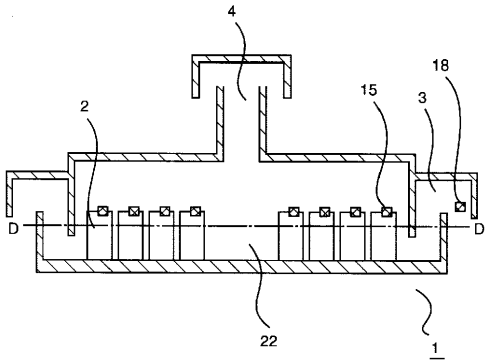
【図１１】本発明の実施例３のフローを示したものである。

【符号の説明】

１…使用済燃料貯蔵施設、２…輸送・貯蔵兼用金属キャスク、３…吸気口、４…排気口、５…バスケット、６…使用済燃料、７…内筒、８…レジン、９…外筒、１０…伝熱フィン、１１…トラニオン、１２…一次蓋、１３…二次蓋、１４…ガスケット、１５…圧力センサー、１６…一次蓋と二次蓋の間の空間、１７…信号ケーブル、１８，４６，４７…温度センサー、１９…トレーラエリア、２０，３５…検査エリア、２１…仮置きエリア、２２…貯蔵エリア、２３…トレーラ、２４，３７…監視室、２５…情報処理装置、２６…コンクリートキャスク、２７，３４…キャニスタ、２８…コンクリート製の円筒容器、２９…コンクリートキャスクの吸気口、３０…コンクリートキャスクの排気口、３１…貯蔵施設、３２…キャニスタ輸送用キャスク、３３…キャニスタ輸送用キャスク仮置きエリア、３６…キャニスタ貯蔵エリア、３８…吸気ダクト、３９…排気ダクト、４０…天井スラブ、４１…キャニスタ貯蔵エリアの上の領域、４２…収納管、４３…キャニスタ搬送クレーン、４４…貯蔵エリアの下の領域、４５…遮へいプラグ。

【図１】

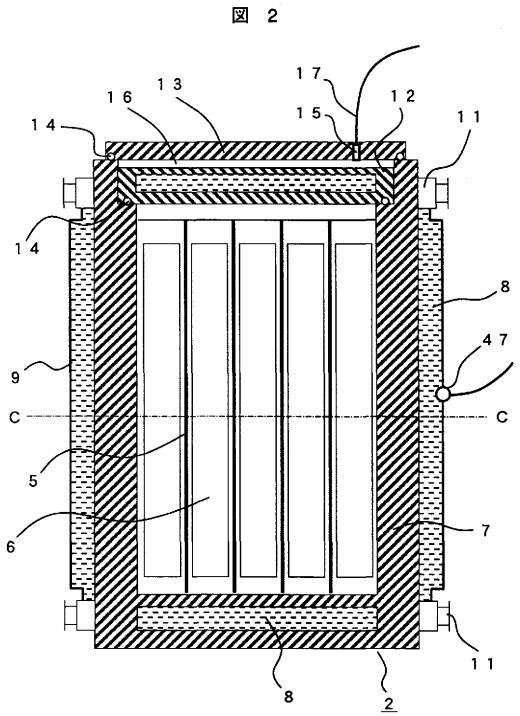
図 1



1…使用済燃料貯蔵施設　2…輸送・貯蔵兼用金属キャスク　3…吸気口
4…排気口　15…圧力センサー　18…温度センサー　22…貯蔵エリア

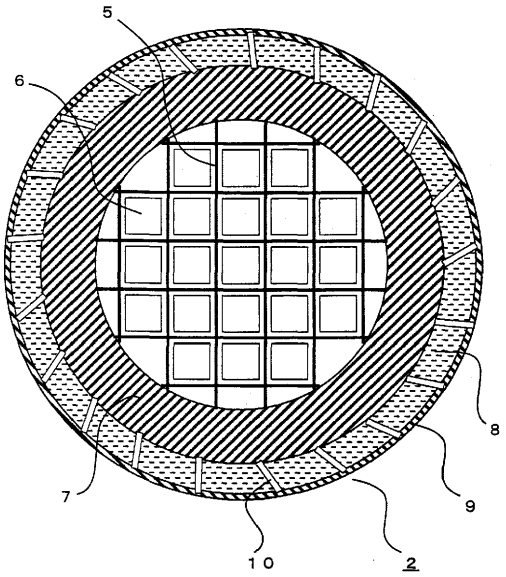
【図２】

図 2



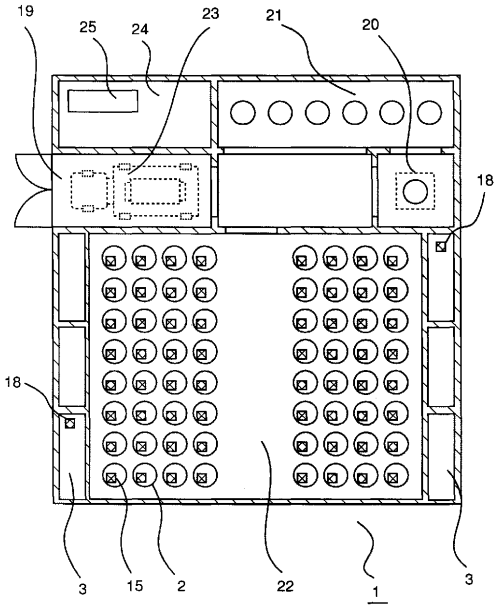
【図３】

図 3



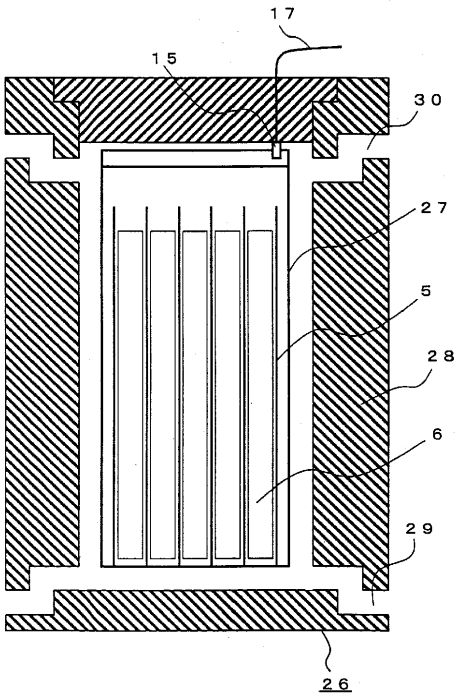
【図４】

図 4



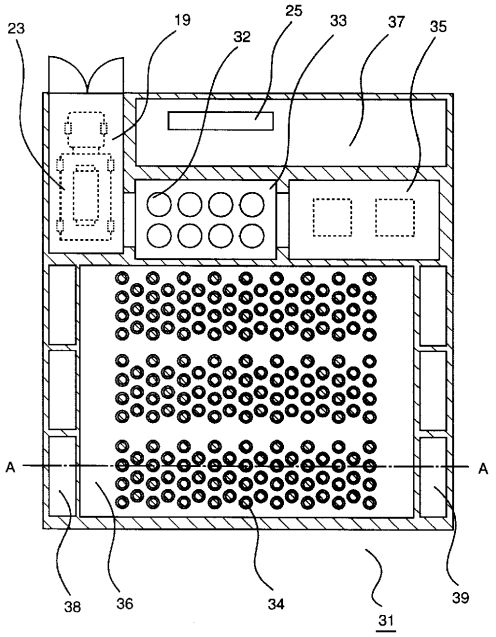
【図５】

図 5



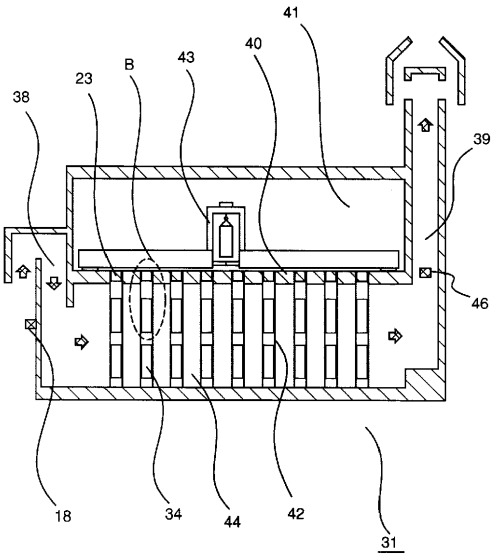
【図６】

図 6



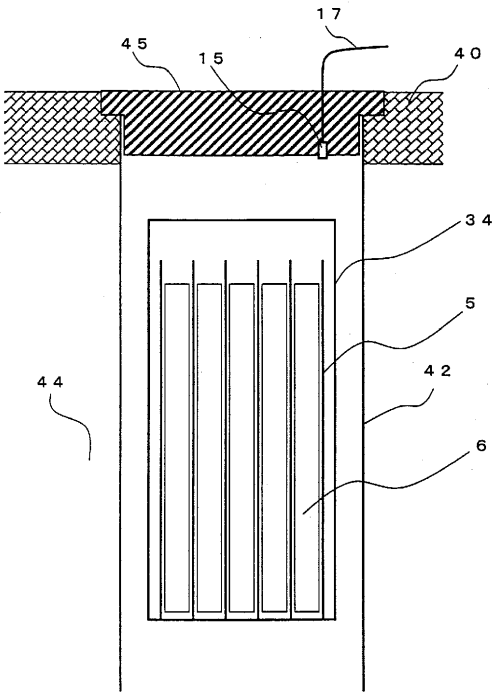
【図７】

図 7



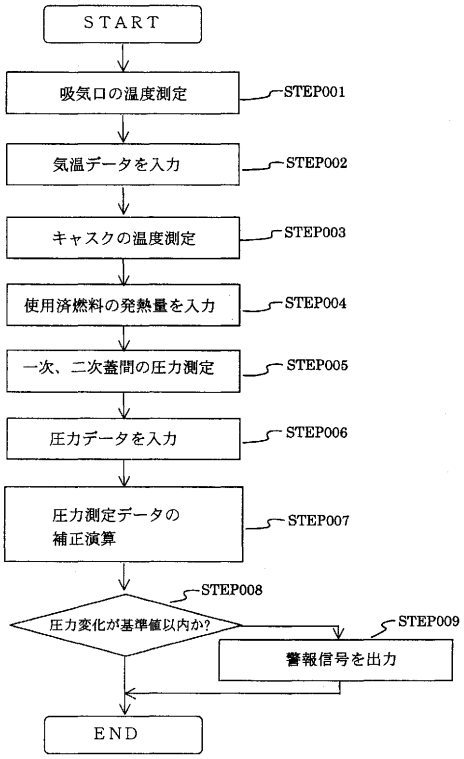
【図８】

図 8



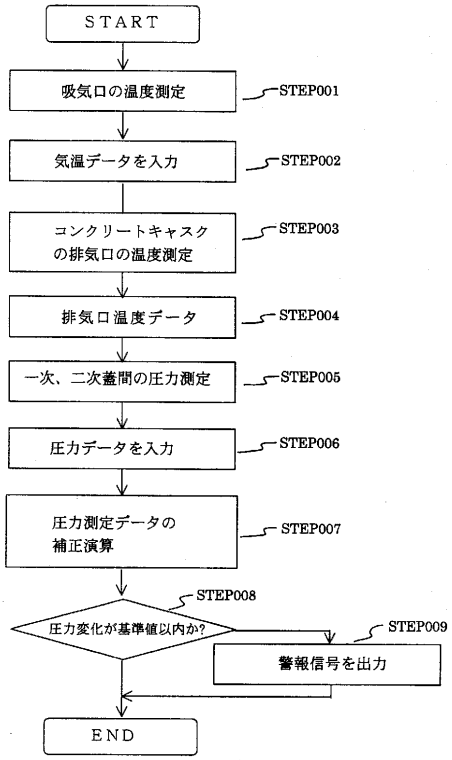
【図９】

図 9



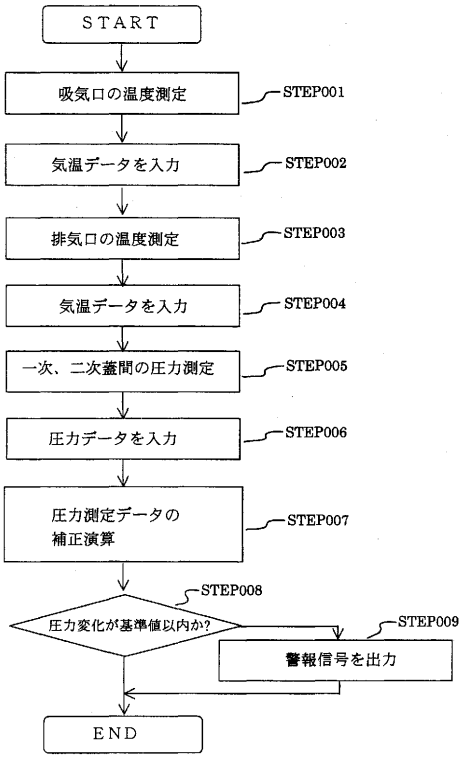
【図１０】

図 10



【図１１】

図 11


START
吸気口の温度測定
STEP001
気温データを入力
STEP002
排気口の温度測定
STEP003
気温データを入力
STEP004
一次、二次蓋間の圧力測定
STEP005
圧力データを入力
STEP006
圧力測定データの
補正演算
STEP007
STEP008
圧力変化が基準値以内か?
STEP009
警報信号を出力
END

フロントページの続き

(72)発明者　清水　　仁
茨城県日立市幸町三丁目１番１号　　株式会社日立製作所原子力事業部内