

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4673373号
(P4673373)

(45) 発行日 平成23年4月20日 (2011. 4. 20)

(24) 登録日 平成23年1月28日 (2011. 1. 28)

(51) Int. Cl.	F 1
G 2 1 C 17/00 (2006. 01)	G 2 1 C 17/00 J
G 2 1 D 3/08 (2006. 01)	G 2 1 D 3/08 F

請求項の数 22 (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願2007-536094 (P2007-536094)	(73) 特許権者	501315289
(86) (22) 出願日	平成17年10月13日 (2005. 10. 13)		アレヴァ エンペー ゲゼルシャフト ミ
(65) 公表番号	特表2008-522137 (P2008-522137A)		ット ベシュレンクテル ハフツング
(43) 公表日	平成20年6月26日 (2008. 6. 26)		ドイツ連邦共和国 9 1 0 5 2 エアラン
(86) 国際出願番号	PCT/EP2005/011024		ゲン パウルーゴッセン-シュトラーセ
(87) 国際公開番号	W02006/042691		1 0 0
(87) 国際公開日	平成18年4月27日 (2006. 4. 27)	(74) 代理人	100075166
審査請求日	平成19年9月3日 (2007. 9. 3)		弁理士 山口 巖
(31) 優先権主張番号	102004050308.7	(72) 発明者	ヒル、アクセル
(32) 優先日	平成16年10月14日 (2004. 10. 14)		ドイツ連邦共和国 6 4 5 8 9 シュトッ
(33) 優先権主張国	ドイツ (DE)		クシュタット アン デア シュロッスミ
			ューレ 9
		(72) 発明者	エカルト、ベルント
			ドイツ連邦共和国 6 3 4 8 6 ブルッフ
			ケーベル カスターニエンヴェーク 1 4
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 原子力設備の原子炉格納容器における雰囲気から試料を採取する方法とその装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

負圧系統（12）および分析装置（14）に接続され且つ原子炉格納容器（2）内に開口する試料採取管（8）を備え、該試料採取管（8）は、原子炉格納容器（2）における雰囲気ガス内で接続され、その際、ガス側において前記試料採取管（8）に絞り装置（30）が前置接続され、この絞り装置により、採取された試料ガスの負圧状態が、前記試料採取管内で維持されてなることを特徴とする原子力設備の原子炉格納容器（2）における雰囲気から試料を採取するための試料採取装置。

【請求項 2】

試料採取管（8）が内径 15 mm までの細管として形成されていることを特徴とする請求項 1 に記載の試料採取装置。

【請求項 3】

絞り装置（30）が 0.05 ～ 2 mm の自由貫流断面を有していることを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の試料採取装置。

【請求項 4】

絞り装置（30）にフィルタ装置（32）が付属されていることを特徴とする請求項 1 ないし 3 のいずれか 1 つに記載の試料採取装置。

【請求項 5】

分析装置（14）が加熱可能な外側ハウジング（16）を備えていることを特徴とする請求項 1 ないし 4 のいずれか 1 つに記載の試料採取装置。

10

20

【請求項 6】

外側熱絶縁が熱損失を 100 W/m^2 未満に制限していることを特徴とする請求項 1 ないし 5 のいずれか 1 つに記載の試料採取装置。

【請求項 7】

停電時の安全策としての給電装置が、バッテリー電源系および／又は別個の非常用ディーゼル発電装置を有していることを特徴とする請求項 1 ないし 6 のいずれか 1 つに記載の試料採取装置。

【請求項 8】

制御および調整のために、プログラミング可能なデジタル制御装置が付属されていることを特徴とする請求項 1 ないし 7 のいずれか 1 つに記載の試料採取装置。

10

【請求項 9】

試料採取管（8）が防護管内に敷設されていることを特徴とする請求項 1 ないし 8 のいずれか 1 つに記載の試料採取装置。

【請求項 10】

負圧系統（12）が原子炉格納容器（2）の外側に配置されていることを特徴とする請求項 1 ないし 9 のいずれか 1 つに記載の試料採取装置。

【請求項 11】

試料採取管（8）においてその分析装置（14）への入口前に試料絶縁容器（54）が接続されていることを特徴とする請求項 1 ないし 10 のいずれか 1 つに記載の試料採取装置。

20

【請求項 12】

試料絶縁容器（54）が、前置接続されたバッファ容積の $1/2 \sim 1/5$ の内部容積を有していることを特徴とする請求項 11 に記載の試料採取装置。

【請求項 13】

試料採取管（8）がその原子炉格納容器（2）の外側における部位が加熱可能であることを特徴とする請求項 1 ないし 12 のいずれか 1 つに記載の試料採取装置。

【請求項 14】

分析装置（14）が、水素、酸素、二酸化炭素、蒸気含有量、および／又は一酸化炭素についてガス分析するために、複数の容量式ポリマセンサ又は熱伝導率検出器を有していることを特徴とする請求項 1 ないし 13 のいずれか 1 つに記載の試料採取装置。

30

【請求項 15】

試料採取管（8）に、原子炉格納容器（2）に開口する戻し管（40）が接続されていることを特徴とする請求項 1 ないし 14 のいずれか 1 つに記載の試料採取装置。

【請求項 16】

触媒活性フィラメントおよび非触媒作用加熱フィラメントを有し、酸素濃度に依存して水素濃度の測定を行なう触媒酸化法測定原理によって設計された複数の水素センサ（94）を備え、これらの水素センサ（94）が原子炉格納容器（2）の内部に配置され、そのデータ側が外部評価装置（96）に接続され、該外部評価装置（96）を介して共通の評価電子装置（26）に接続されていることを特徴とする請求項 1 ないし 15 のいずれか 1 つに記載の試料採取装置。

40

【請求項 17】

原子炉格納容器（2）内における雰囲気ガスの試料を採取する際に、試料採取管（8）が前記雰囲気ガス内で絞り装置を介して接続され、試料流入が絞られることによって、試料採取管（8）に原子炉格納容器（2）内の圧力に比べて負圧が発生され、試料採取管（8）への試料流入後の試料採取管（8）内の圧力が、原子炉格納容器（2）内の圧力の 60% 以下に制限されることを特徴とする原子力設備の原子炉格納容器（2）における雰囲気から試料を採取する方法。

【請求項 18】

負圧が、高速開放弁と減圧された戻し容器からの吸込み容積とによって、瞬時に発生するようにすることを特徴とする請求項 17 に記載の方法。

50

【請求項 19】

試料採取後、分析装置および試料採取管の逆洗による圧力変換が実施されることを特徴とする請求項 17 又は 18 に記載の方法。

【請求項 20】

個別分析ごとの試料容積が 1 リットル未満に制限され、および／又は、放射能含有量が 10^{10} Bq 未満に制限されることを特徴とする請求項 17 ないし 19 のいずれか 1 つに記載の方法。

【請求項 21】

試料採取箇所における蒸気分圧が数バールの場合に、分析装置において圧力を 1 バールに低下することにより、測定ガスが露点を下回することを防止することを特徴とする請求項 17 ないし 20 のいずれか 1 つに記載の方法。

10

【請求項 22】

原子炉格納容器（2）内の水素濃度に対する補助的測定値が、触媒活性フィラメントおよび非触媒作用加熱フィラメントを有し、酸素濃度に依存して水素濃度の測定を行なう触媒酸化法によって求められることを特徴とする請求項 17 ないし 21 のいずれか 1 つに記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、原子力設備の原子炉格納容器における雰囲気から試料を採取するための装置に関する。本発明はまたそのような試料を採取する方法に関する。

20

【0002】

原子力設備においては、故障時および特に冷却材喪失を伴う故障後の事故時に、重大な放射能放出が生じることがある。その場合、原子炉炉心を取り囲む格納容器、即ちコンテインメント（原子炉格納容器）の内部に特に水素ガスが形成され放出され、その場合、あり得る爆発性混合気の発生のために、手に負えない水素反応発生により、原子炉格納容器の損傷が生じてしまうことがある。

【0003】

原子力設備の原子炉格納容器におけるそのような爆発性混合気の発生を防止するために、必要に応じて原子炉格納容器内の雰囲気の不活性化する種々の構想が知られている。例えば、原子炉格納容器雰囲気内に生じた水素成分を、制御して点火あるいは燃焼することが考えられる。その場合、混合気における水素含有量がそれ以上では手に負えない水素反応が生じてしまう発火限度を超過する前に、その水素成分は確実に消滅される。その代わりに、あるいはそれに加えて、原子炉格納容器の雰囲気に例えば窒素のような不活性ガスを制御して注入することも考えられる。これにより、原子炉格納容器内雰囲気における高い不活性ガス含有率のために、混合気の発火が防止される。

30

【0004】

しかし、そのような事故時における必要に則した制御された処置のために、即ち、例えば不活性ガスの的確な注入のために、その都度、原子炉格納容器内雰囲気における実際の状態を比較的確実に検出することが必要とされる。原子炉格納容器の内部の測定装置あるいは分析装置により直接検出された実測定値を用いた原子炉格納容器内雰囲気およびその成分の監視は、上述した事故時に、予期される放射線被曝および／又は雰囲気成分の化学反応により部品および構成要素に与えられるより過酷な条件のために、十分な精度と信頼度をもって行えない。それでも、必要な対応策の制御のための適切な基礎として、原子炉格納容器内雰囲気の実際の状態を適切に考慮できるようにするために、いわゆる試料採取（サンプリング）が考えられる。その場合、原子炉格納容器から試料（サンプル）とも呼ばれる少量の原子炉格納容器内雰囲気が採取され、格納容器の外側に配置された分析・評価所に送られる。かかる試料を採取するために適した一つの方法およびその方法を実施するために適した装置は、例えば独国特許出願公開第 4 1 2 6 8 9 4 号明細書で知られている。

40

50

【0005】

かかる公知の試料採取装置の場合、通常、原子炉格納容器の外側に配置された分析キャビネットにおいて測定ガス乾燥が行われ、続いて、熱伝導率分析器により、乾燥済みガスの水素濃度が測定される。その測定値から原子炉格納容器内における実際の水素濃度を決定するために、原子炉格納容器雰囲気の内側における蒸気含有量による補正が実施される。その補正は、通常、飽和条件の前提のもとで原子炉格納容器圧力と原子炉格納容器温度で行われる。原子炉格納容器内雰囲気に存在する真の蒸気含有量および実際の水素濃度は、恐らく存在する過熱のために、不十分な精度でしか検出できない。雰囲気内における放射性希ガスおよび事故経過に応じて数kWから数100kWの崩壊熱出力を発生するエアロゾル状核分裂生成物の含有率により、飽和条件から「強過熱」状態に至るまでの非常に異なった雰囲気状態が引き起こされる。また、格納容器の異なった空間部位および高さ部位において、構造、外壁、冷却装置などの冷却効果により、かなりの温度差が引き起こされる、ことも考慮に入れねばならない。従って、実際の雰囲気温度は、飽和温度から例えば0℃～100℃を超える温度に偏り、これにより、実際の蒸気分圧を確実に推論することができない。

10

【0006】

あるいはまた、触媒酸化原理で作動する水素センサを、原子炉格納容器内に直接設置することもできる。そのセンサは、故障時に耐久性を有する（しかし事故時には耐久性のない）ケーブルにより、原子炉格納容器の外側に配置された測定電子部品（測定エレクトロニクス）に接続される。しかしその場合、水素測定は、酸素含有率の低減時および特に中期的・長期的な高い放射線被爆には、その測定装置だけでは行えない。従って、不活性条件のもとで、水素濃度の確実な測定ができず、また、コンクリートと炉心溶融物との相互作用時に発生される一酸化炭素に対する比較的大きな干渉性が存在する。従って、能動式故障管理の際および対応策の的確な制御の際には、かかる系統（システム）は十分でない。

20

【0007】

また、公知の試料採取装置において、通常、例えば水素成分あるいは酸素成分のような単一ガス成分しか分析できず、蒸気含有量あるいは二酸化炭素含有量の直接測定による原子炉格納容器内雰囲気の不活性状態の直接検出は実施できない。

【0008】

本発明の課題は、原子炉格納容器内雰囲気のガス成分に対する特に確実に正確な測定値を得るために適した試料の供給が可能とされる、原子力設備の原子炉格納容器内の雰囲気から試料を採取するための試料採取装置を提供することにある。また本発明は、そのような試料を採取するために適した方法を提供することにある。

30

【0009】

試料採取装置に関する本発明の課題は、本発明によれば、負圧系統および分析装置に接続され且つ原子炉格納容器内に開口する試料採取管を備え、この試料採取管の原子炉格納容器内の雰囲気への接続時、ガス側において試料採取管に絞り装置が前置接続されている、ことによって解決される。

【0010】

本発明は、原子炉格納容器内雰囲気の実際の状態を特徴づける特に正確な測定値を得るために、供給された試料が原子炉格納容器の内側における雰囲気条件を特に高い精度で再現しなければならないという考えから出発している。そのために、原子炉格納容器における雰囲気の実際の組成に比べて試料組成の狂いを生じさせる影響は、徹底して回避されねばならない。明らかに理解できるように、事故時における実際の原子炉格納容器内雰囲気の特性と採取された試料の特性とのそのような偏差に対する原因として、通常行われる測定ガスの乾燥と、それに続く原子炉格納容器における蒸気含有量の影響を飽和条件の前提のもとで考慮することが考えられる。大きな放射能・水素放出時および測定雰囲気温度を基礎とした飽和条件を前提とした時、これは、爆発性雰囲気条件を容易に見逃がし、格納容器の完全性を損なう不都合な対応策の開始を生じさせることになりかねない。

40

50

【0011】

このような周辺条件の仮定を防止し、その代わりに、恐らく存在する過熱あるいは他の困難な条件の場合でも原子炉格納容器における実際の雰囲気条件の直接検出を実施できるようにするために、雰囲気内に恐らく存在し、従って、試料採取管において試料の中にも一緒に運ばれる含有蒸気が凝縮することを、格納容器の低温空間部位を横切る際も、従って、評価のために利用される測定器に到達する前に既に、確実に防止しなければならない。これを特に高い運転確実性で、受動式に、即ち、外からの能動式制御作用を必要とすることなしに保証するために、試料採取装置は、試料採取管を通しての試料の移送中に過熱状態を維持するように設計されている。これは、採取された試料の移送中に試料採取管における負圧状態の徹底した維持によって達成される。本来の試料の採取前に既に試料採取管内に移送目的で発生された負圧が、試料採取管がその入口部位において適当に絞られることにより、試料採取管における試料の移送中も維持される。

10

【0012】

試料採取管を通しての試料の移送中における所定の負圧を特に単純且つ確実に維持できるようにするために、試料採取管は、内径15mmまでの細管として、特に有利な実施態様では、内径約1～5mmの細管として形成されているのが好ましい。また、このような試料採取管の形成によって、採取された試料の容積が特に小さくされ、これにより、原子炉格納容器雰囲気内に比較的多量の放射能が放出された場合でも、試料採取のために原子炉格納容器の外側領域に運ばれる総放射能が特に少なくされることが保証される。さらに、このように寸法づけられた試料採取管は、試料採取管の仮定の完全破断時でも、これにより生ずる原子炉格納容器から外界への追加的漏れがもともと設計上考えられた漏れに比べて極くわずかでしかないので、損傷に対する特に大きな本質的安全性も有する。

20

【0013】

これにより、通常の試料採取装置において起こり得る、より大きな漏れ断面のために原子炉保護系統への結合部を含む格納容器ブッシングの領域に設けられた前述の二重遮断装置を一般的に省くことができる。また細管は、直径が例えば3mmで壁厚が僅か0.5mmで既に50バール以上の設計圧力を有し、これは、例えば5バールの格納容器設計圧力における損傷に対する安全性を基本的に高める。また、格納容器から例えば5～10箇所の試料採取を仮定した場合、10～20個の格納容器遮断弁の節約が生ずる。これは、一方では、顕著なコスト削減を生じさせ、他方では、ブッシングにおいても（この領域における弁の回避により）最適な試料過熱も可能とする。

30

【0014】

絞り装置は個別絞り、あるいは例えば、大きな入口直径を可能にするために、多段絞りあるいは多孔体絞りでもよい。好適には、絞り装置は0.05～2mm、好適には、約0.5mmの自由貫流断面を有している。このように形成された試料採取装置において、試料採取管の上述した寸法づけと組み合わせて、試料採取直後に、試料採取管内の圧力が受動的手段により原子炉格納容器における圧力の約50%以下にまで低減されることが保証される。これにより、所定のガス直接乾燥および絞りによる周囲に比べての過熱が、原子炉格納容器の内部における試料採取管の全部位において保証される。格納容器の外壁を貫通するブッシング部位においても、たとえ数バールの高い蒸気分圧でも例えば50～80℃の加熱が（特に低温ヒートエレメントによる補助的加熱によって）容易に達成できるので、かなり良好な条件が生じ、従って、例えばコンクリートに対する約80～100℃の臨界温度以下に確実に保つことができる。

40

【0015】

また、絞り装置にフィルタ装置が付属され、これにより、粗い粒子状汚れなどが生じた場合でも、機能の悪化が防止される。特に粗エアロゾルの捕捉に対しても利用できるフィルタ装置は、例えば焼結金属や金属繊維織物のような多孔性フィルタ材料を有している。10バール以上の圧力から例えば100バールのボンベ圧力までの圧力ボンベからの圧縮空気や窒素による補助的な瞬時の逆洗によって、場合により汚染された絞り断面の確実な清浄が達成される。

50

【0016】

採取された試料の確実な評価および特に一緒に運ばれてきたガス成分の比較的正確な分析を可能にするために、試料移送管は格納容器の外側に加熱装置を備え、且つ、試料採取管に後置接続された分析装置は、保温室の形をした加熱可能な外側ハウジングを備えている。この外側ハウジングは、採取された試料の分析が約120℃の温度範囲で行われ、あるいは原子炉格納容器における高い過圧状態で160℃までの温度範囲で行われるように設計されている。これにより、採取された試料の評価時も、水蒸気の凝縮が確実に防止され、これによって、原子炉格納容器内雰囲気の個々のガス成分に対する特に正確な測定値が得られる。

【0017】

試料採取装置の特に高い運転安全性と機械的安定性は、試料採取管が防護管内に敷設されることにより達成される。

【0018】

特に高い運転安全性上の理由から、原子炉格納容器の内部における能動的な構成要素の数をできるだけ少なくするために、試料採取装置の負圧系統は、原子炉格納容器の外側に配置されている。その負圧系統として、特に原子炉格納容器の外側に配置されたポンプ装置、例えばダイヤフラム真空ポンプやジェットポンプが利用される。その代わりにあるいはそれに加えて、急速真空パルスを与えるために、高速開放弁によって接続可能な真空タンクが利用される。多チャネル構造の試料採取装置の場合、即ち、多数の試料採取管が並列接続されている場合、中央ポンプ装置の代わりに、各試料採取管に対して、それぞれ別個の負圧ポンプ、特にマイクロ真空ポンプを利用することもできる。

【0019】

必要な移送距離を短くするために、分析装置は、好適には、原子炉格納容器の比較的近くに配置されている。分析装置は特に多数の吸収カラムを有し、その種々の吸収カラムにおいて、ガス成分の分離と、それに続く吸収カラム出口における熱伝導率検出器でのガス成分の選択的測定が行われる。その場合、故障条件下でも、例えば1リットル以下の少量のガス容積で、貫流される吸収カラムにより水蒸気の含有量について、並びに並列接続された吸収カラムにおいて、水素、酸素、二酸化炭素および／又は一酸化炭素並びに場合による希ガスの含有量について、全体ガス分析が可能である。これらの分析値から、格納容器雰囲気の危険ポテンシャルのほかに、原子炉炉心の起こり得る損傷状態および（例えばCO検出時）その状況についての具体的情報も得られる。その代わりに、即ち安全性を高めるための別の測定として、保温室における熱伝導率検出器による簡単な水素濃度の検出、あるいは、容量ポリマーによる蒸気分量の検出を、それぞれ測定ガスにおいて直接行うことができる。評価装置の相応した放射線や温度に敏感なマイクロプロセッサ電子部品は、加熱された保温室の外側に別個に遮蔽して設置されている。

【0020】

その系統は、測定センサがそれぞれ分析実施後に不活性ガスで洗浄されるように運転され、これにより、分析器領域においても放射線被爆が連続分析に比べて著しく低減される。系統と装置の制御は、プログラム可能なデジタル制御装置により実施され、これにより、例えば設備における実際の構成状態に応じて、（異なった移送時間を考慮に入れて）相応した真空パルスが現場でパラメータの変更によって適合される。100W/m²未満の質的に高い熱絶縁によって、配管と保温室の領域における熱損失が5kW未満の連続熱出力に低減されるので、（停電時も）電力供給が、バッテリー電源系あるいは別個の非常用ディーゼル発電装置を介して良好に、永続的にあるいは一時的に行われ、安全が保たれる。

【0021】

採取された試料の分析装置への的確な供給を可能にするために、試料採取管に分析装置への流入前あるいは流入時に、試料絶縁容器が接続される。この試料絶縁容器にさらにバッファタンクあるいは配管バッファが前置接続され、その容積は、目的に合った実施態様において、試料絶縁容器の容積より例えば2倍～5倍大きい。この処置によって、原子炉

10

20

30

40

50

格納容器のブッシングまでの試料採取管の無損失負圧運転過程後、続く圧力発生過程において、格納容器の内部の細管におけるあり得る露点下回りにより変化した測定ガスが測定容積（試料絶縁容器）まで移送されないことが保証される。続く乾燥用ガス例えば窒素による逆洗により、次の試料採取前にその区域の乾燥が行われる。代案として、測定ガスの圧縮をガス供給によっても行なうことができ、その場合、さらに、前置接続された容積および配管における小さな寸法で生ずるピストン流によって、変化したガスの試料準備容器への流入が防止される。

【0022】

採取された試料の試料採取管を通しての移送中における過熱を設計上考慮されたように確実に維持するために、試料採取管は、その原子炉格納容器の外側における部位が加熱可能に形成されている。これにより、原子炉格納容器の内部に能動的な構成要素を設置する必要なしに、試料採取管の個々の部位を必要に応じて適切に加熱することによって、比較的長い移送距離の場合でも水蒸気の凝縮が防止されることが保証される。

10

【0023】

試料採取時にあり得る外側領域に放出される放射能を特に少なくするために、他の有利な実施態様において、試料採取管に、原子炉格納容器に開口する戻し管が接続されている。その場合特に、採取された放射能の戻しは、コンプレッサ装置によって、および／又は、例えば活性炭やゼオライトを基にした希ガス吸着装置の配置によって行われる。これは、好適には、移送および真空発生が、ガスジェットにより、あるいは少なくとも一時的にガスボンベから取り出された圧縮ガスで運転されることによって、特に単純な手段で達成される。

20

【0024】

上述した様式の試料を採取する方法に関する本発明の課題は、試料採取管に原子炉格納容器内の圧力に比べて負圧が発生され、試料採取管への試料流入時、試料採取管内の圧力が、原子炉格納容器内の圧力の約60%以下に制限されることによって解決される。これは、試料採取管への試料の流入および／又は雰囲気成分の試料採取管への流入が絞られる、ことによって保証される。

【0025】

上述した試料採取とそれに続く分析の構想は、達成可能な精度と信頼度に関しては、原子炉格納容器内に実際に存在する酸素濃度と本質的に無関係に作動する。信頼度および従って運転安全性の一層の向上は、この方法を、原子炉格納容器における水素濃度を測定するための酸素濃度に依存して作動するいわゆる触媒酸化法と組み合わせることによって達成される。

30

【0026】

この場合、好適には、原子炉格納容器における数箇所でも補助的に、種々の冗長的様式で触媒酸化法による水素濃度の測定が行われる。そのために利用される両方法の測定器は、有利には、原子炉格納容器の同じ空間部位に配置され、これにより、起こり得る事故経過の特に早い段階で、両方法から供給される測定値の相互比較によって、燃料ガス濃度、酸素濃度および実際の水素濃度が比較的正確に検出できる。

【0027】

触媒酸化法の場合、原子炉格納容器の雰囲気内に直接据え付けられたセンサヘッドに、触媒活性フィラメントおよび非触媒作用加熱フィラメントが収容されている。周囲雰囲気内に水素が存在する場合、存在する酸素濃度に応じて触媒活性フィラメントにおいて酸化が生じ、このフィラメントは原子炉格納容器の外側に配置された電子部品にケーブルを介して接続されている。その温度上昇の結果生ずる電気抵抗変化が、ブリッジ回路によって電気的に補償される。その補償電流は、生じた水素酸化に対する直接的な値であり、水素測定信号あるいは燃料ガス濃度として表される。

40

【0028】

その際に得られた信号は、目的に適って追加的に、両分析方法で利用される制御・評価装置において処理される。

50

【0029】

熱伝導率に応じた上述した方法による測定によって得られた水素濃度は、実際の酸素濃度と無関係に、実際の水素濃度に相当する。従って、両方法の比較により得られた水素濃度値は、実際の水素濃度（熱伝導率）並びに、過剰酸素の存在時に追加的に触媒酸化により水素濃度を冗長的に決定できる。

【0030】

起こり得る事故時における安全技術上重要な想定される状態において、水素濃度が比較的高く同時に酸素濃度が減少された場合には、熱伝導原理によって最大水素濃度が検出され、センサ・触媒酸化法によって、燃料ガス濃度および追加的な酸素濃度が検出される。

【0031】

また、試料分析からの適当な計算回路およびセンサ／ケーブル方法の測定値との永続的比較により得られた測定値の監視によって、水素放出率が検出され、並びに原子炉格納容器における規定の酸素量に基づいて追加的に水素酸化率が検出され、評価される。これにより、設備における実際の危険ポテンシャルのほかに、特に故障経過について例えば燃料棒酸化が停止されたか否かの重要な推論もでき、これにより、相応した対応策の的確な開始が可能となる。上述の方法は、事故後続過程に格納容器内の酸素が反応するので、有利に、特に早期の事故過渡段階で利用される。従って、センサ／ケーブル方法のケーブルは、製造費および組立費に関して有利に、全セラミック・ケーブル設計とする必要はなく、プラスチック・ケーブルとして形成されることができ、24時間までの中期的な放射線被爆を考慮した機能時間についての設計で十分とみなされる。事故の進展時、原子炉格納容器における永続的な大きな放射線被爆のためにケーブル損傷が生じ、このケーブル損傷は、同様に電子装置によって認識でき、許容され、その後は、測定のために試料採取方法および試料分析方法しか利用されない。

【0032】

本発明によって得られる利点は特に、試料採取管における適当に選定された負圧の形成と、試料の試料採取管への流入時における絞りによるその負圧の維持によって、採取箇所から原子炉格納容器の外側に配置された分析装置までの移送中も、採取された試料の過熱状態が徹底して維持される、ことにある。これにより、分析結果の狂いを生じさせかねない採取された試料の移送中における水蒸気の凝縮が防止される。従って、試料は、それが原子炉格納容器の内部における実際状態を特に正確に再現する状態で分析される。これにより、一般化されたデータあるいは予測値に頼る必要なしに、原子炉格納容器内雰囲気の実際の状態についての特に確実な測定結果が得られる。これにより達成できる原子炉格納容器内雰囲気の特に正確な実際値・検出によって、対応策の特に必要なに応じた案内と制御および従って、故障管理時でも特に安全な運転ガイドが可能とされる。

【0033】

また、試料採取管および他の構成要素の適切に選定された寸法によって、比較的重大な事故時でも試料採取時に生ずる放射能の採取が特に少なくされ、これにより、外界への放射能放出が少なくされる。 100 W/m^2 未満の質的に高い絶縁によって、配管と保温室の領域における熱損失が 5 kW 未満の連続熱出力に低減され、これにより、（停電時も）電力供給が、バッテリー電源系あるいは別個の非常用ディーゼル発電装置を介して良好に、永続的にあるいは一時的に行われ、安全が保たれる。起こり得る事故経過の早い段階で、永続的水素濃度測定が、原子炉格納容器内に追加的に設けられた水素センサおよび上述した方法との良好な組合せによって、達成される。この場合、追加的に、原子炉格納容器における数箇所、触媒酸化原理による水素濃度の測定が行われる。この場合、センサヘッドに、触媒活性フィラメントおよび非触媒作用加熱フィラメントが収容されている。周囲雰囲気内に水素が存在する場合、触媒活性フィラメントにおいて酸化が生じ、このフィラメントは原子炉格納容器の外側に配置された電子部品にケーブルを介して接続される。その結果生ずる電気抵抗変化がブリッジ回路によって電気的に補償される。得られた信号は、追加的に、両方法に利用される制御・評価装置で処理される。これにより、短時間で、永続的酸素信号が発生され、その分析および熱伝導率により得られた水素測定値を利用

10

20

30

40

50

して、雰囲気中の酸素含有量に対する報告が得られる。

【0034】

得られた測定値の監視およびセンサ／ケーブル方法との比較によって、ケーブル領域における極端な放射線被爆による故障時点が、追加的に監視できる。

【0035】

以下図を参照して本発明の実施例を詳細に説明する。なお各図において同一部分には同一符号が付されている。

【0036】

図1における試料採取装置1は、原子力設備（図示せず）の原子炉格納容器2における雰囲気から試料を採取するために設けられている。そのために、試料採取装置1は、原子炉格納容器2の中にその外壁6をブッシング4を通して貫通して延びる複数の試料採取管8を有している。これらの試料採取管8は、任意の1本の試料採取管8を選択して特定する弁装置10を介して、負圧発生装置12と分析装置14に接続される。その分析装置14は保温室の形で加熱可能に形成された外側ハウジング16を有し、この外側ハウジング16の中に、弁装置10のほかに被覆ガス分析器18も配置されている。例えば容量式センサとして形成されたこのガス分析器18は、水蒸気含有量を検出するための第1測定電子回路20と、水素成分を検出するための（好適には熱伝導原理に応じた）第2測定器22と、酸素成分を検出するための第3測定器24に接続されている。これらの測定器20、22、24は、出力側が中央評価電子装置（エレクトロニクス・ユニット）26に接続され、この評価電子装置26は、統括システム制御および場合によっては種々のセンサ信号の比較の機能をも負っている。図示されていない実施態様において、冷却器は省かれ、測定器22と測定器24も保温室16の中に配置される。

【0037】

試料採取装置1は、格納容器2の内部における雰囲気中のガス成分を特に精密且つ確実な測定結果を得るために設計されている。そのために、原子炉格納容器2の内室から試料をガス分離器18に移送する際に一緒に運ばれて来た水蒸気の凝縮を的確に防止することが計画され、これにより、一緒に運ばれて来た水蒸気は、後続の評価装置において定性的にも定量的にも検出され考慮される。これを可能にするために、試料採取装置1は、試料を過熱状態で分析装置14のガス分離器18に移送するように設計されている。その過熱状態は、試料採取管8における試料の搬送時に適当に選定された負圧が形成され維持されることによって、受動的手段で、即ち、能動的外部作用を必要とすることなしに、形成され維持される。そのために、試料採取管8はその原子炉格納容器2に開口する先端に、それぞれ絞り装置30が設けられている。

【0038】

この絞り装置30に、閉塞を防止するために、また粗エアロゾルを捕捉するためにも、例えば焼結金属や金属繊維織物のような多孔性フィルタ材料から成るフィルタ32が前置接続されている。この絞り装置30は、それぞれの試料採取管8において原子炉格納容器2の内室からの雰囲気中の流入中にも、特に原子炉格納容器2の圧力の約50%より低い負圧を維持するように的確に設計されている。これを比較的単純な手段で可能にするために、各試料採取管8は、一方では、約3mmの比較的小さな内径の細管として形成されている。他方では、それぞれ前置接続された絞り装置30が、適切に寸法づけられ、約0.5mmの自由貫流断面に設計されている。試料移送は、大きな負圧に基づいて、細管の中に好適には5m/s～50m/sの流速で行われ、これにより、短い移送時間を実現できる。

【0039】

さらに、試料採取管8は、その原子炉格納容器2の外壁6の外側における部位が加熱可能に形成されている。原子炉格納容器のブッシングは低温ヒートエレメントで80℃未満に加熱されている。これにより、比較的長い配管案内の場合でも、採取された試料が分析装置14に入るまでその過熱状態が維持されることが保証される。試料と共に恐らく採取された放射能を原子炉格納容器2の内室に戻すために、各試料採取管8は、原子炉格納容器2内に開口する戻し管40に接続されている。必要に応じて緩衝するために戻し管40

に戻し容器 4 2 が接続されている。その戻し管 4 0 には、負圧系統 1 2 として利用される真空ポンプが設けられ、これにより、その真空ポンプは、各試料採取管 8 を真空にする目的に加えて、追加的に、原子炉格納容器 2 に戻すためにも利用できる。

【0040】

図 2 の実施例において、試料採取装置 1 ' は、本質的にモジュール状に構成された分析装置 1 4 ' を有している。この分析装置 1 4 ' は試料採取モジュール 5 0 と測定モジュール 5 2 を有し、この測定モジュール 5 2 は、保温室として形成された加熱可能な外側ハウジング 1 6 の中に配置されている。この実施例において、試料採取モジュール 5 0 に試料絶縁容器 5 4 が配置され、この試料絶縁容器 5 4 において、原子炉格納容器 2 の内室から試料採取管 8 を介して採取された試料が一時貯えられ、直接分析され、あるいは後続の評価のために準備、保持される。試料採取モジュール 5 0 は、さらに場合によっては必要な測定ゾンデ、マイクロマルチポート弁、マイクロ止め弁、高速開放真空弁、絞りおよび／又は減圧弁を有している。

10

【0041】

負圧運転後、続く圧力発生過程に原子炉格納容器 2 の内部の細管におけるあり得る露点下回りにより変化した測定ガスが測定ガス容積に移送されないことは、試料採取管 8 において試料絶縁容器 5 4 に前置接続された補助容積 5 5 によって保証される。あるいはまた、試料採取管 8 に接続された弁 9 0 の閉鎖、ガス供給管 9 2 からのガス供給による圧力発生、および同じ方式に応じた補助容積 5 5 の貫流によって、試料絶縁容器 5 4 における圧力発生が測定ガスの変化なしに達成される。次の試料採取の前にその区域の乾燥が、乾燥ガス例えば窒素による逆洗によって行われる。あるいはまた、ガス供給管 9 2 からのガス供給および弁 9 0 の閉鎖によって、測定ガスの圧縮も行なわれ、その場合、前置接続された補助容積 5 5 および配管内におけるピストン流に基づいて、試料準備容器への変化した測定ガスの取入れが防止される。その補助容積 5 5 は、特にバッファ容積としても使われ、例えば試料絶縁容器 5 4 の内部容積より 2 倍～5 倍大きい。

20

【0042】

後置接続された測定モジュール 5 2 に、試料注入構成要素、本来の測定にとって必要な吸収カラム、測定器およびセンサ 2 0、2 2、2 4 が存在している。測定モジュール 5 2 は、誘引送風機 5 8 が接続されている排出管 5 6 を介して、排気系統 6 0 に接続されている。

30

【0043】

試料採取装置 1 ' にまた、特に少ない放射能放出を保証するために、戻し管 4 0 が、特に活性炭あるいはゼオライトを基にした希ガス吸着装置 6 2 に接続されている。同様に図 2 に示されているように、補助的に試料採取装置と組み合わせて、水素測定装置が設けられている。この水素測定装置は、原子炉格納容器 2 の内部に設けられた複数の水素センサ 9 4 を有し、これらの水素センサ 9 4 はデータ側が、原子炉格納容器 2 の外側に配置された共通の評価装置 9 6 に接続されている。ここで得られた信号は、追加的に、両方法で利用される制御・評価用電子装置 2 6 に導かれる。

【0044】

図 3 に、各試料採取管 8 に前置接続された絞り装置 3 0 が拡大断面図で示されている。絞り装置 3 0 は本体 7 0 を有し、この本体 7 0 は適切に寸法づけられ選定されたブラケット 7 2 を介して原子炉格納容器 2 の壁要素に取り付けられている。本体 7 0 はまた試料採取管 8 0 の開口端に接続されている。

40

【0045】

試料採取管 8 への雰囲気ガスの絞られた流入を保証するために、絞り装置 3 0 は絞り体 7 4 を有し、この絞り体 7 4 は、細管として形成された試料採取管 8 の約 3 mm の内径に比べて小さな約 0.5 mm の自由貫流断面を有している。絞り体 7 4 の流入部位は、本質的に円筒状に形成され粗デミスターの様式で利用される液滴あるいは固形物分離器 7 6 によって取り囲まれている。その分離器 7 6 の内部に、フィルタ装置を形成するために、焼結金属や金属繊維織物から成るフィルタ体 7 8 が配置されている。これらの構成要素で形

50

成された装置は吹付けシールドとして利用されるスカート 80 で取り囲まれている。

【図面の簡単な説明】

【0046】

【図1】試料採取装置の配管系統図。

【図2】試料採取装置の異なる実施例の配管系統図。

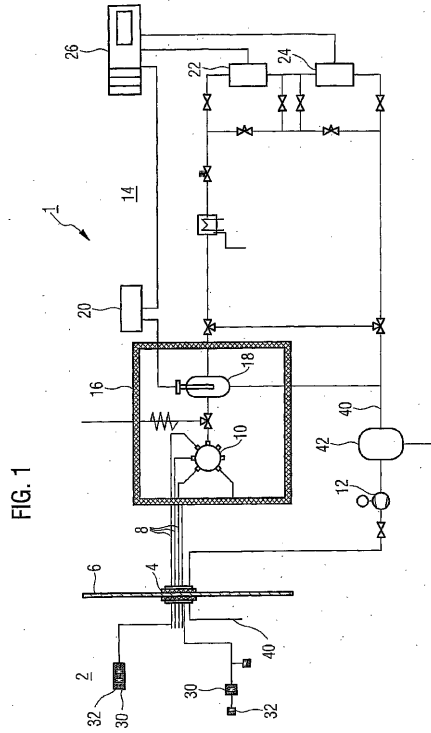
【図3】図1あるいは図2の試料採取装置に利用される絞り装置の断面図。

【符号の説明】

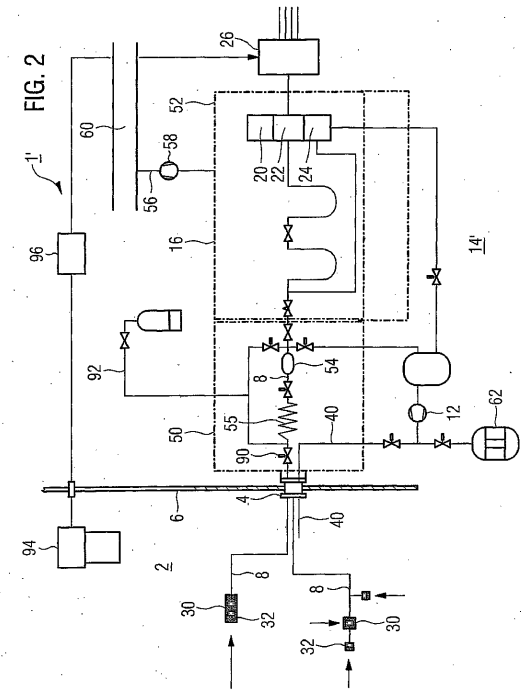
【0047】

1、1'	試料採取装置	
2	原子炉格納容器	10
4	ブッシング	
6	外壁	
8	試料採取管	
10	弁装置	
12	負圧系統	
14、14'	分析装置	
16	外側ハウジング	
18	ガス分析器／試料絶縁容器内のガス分離器	
20、22、24	測定器	
26	評価電子装置	20
30	絞り装置	
32	フィルタ	
40	戻し管	
42	戻し容器	
50	試料採取モジュール	
52	測定モジュール	
54	試料絶縁容器	
55	補助容積	
56	排出管	
58	誘引送風機	30
60	排気系統	
62	希ガス吸着装置	
70	本体	
72	ブラケット	
74	絞り体	
76	液滴あるいは固形物分離器	
78	フィルタ体	
80	スカート	
90	弁	
92	ガス供給管	40
94	水素センサ	
96	評価装置	

【図 1】

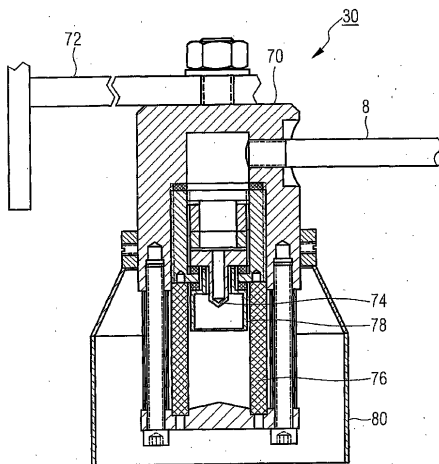


【図 2】



【図 3】

FIG. 3



フロントページの続き

審査官 山口 敦司

- (56)参考文献 特開昭57-004534 (JP, A)
特許第3195347 (JP, B2)
特開昭60-157085 (JP, A)
特開昭63-275995 (JP, A)
特開昭56-160694 (JP, A)
米国特許第05367546 (US, A)
特許第2671963 (JP, B2)
特開昭50-035596 (JP, A)
特開昭52-027990 (JP, A)
特開昭50-078389 (JP, A)
特開2000-124717 (JP, A)
特表平07-508588 (JP, A)
特開昭63-317800 (JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G21C 17/00

G21D 3/08

G01N 1/22