

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2017年11月23日(23.11.2017)



(10) 国際公開番号

WO 2017/199650 A1

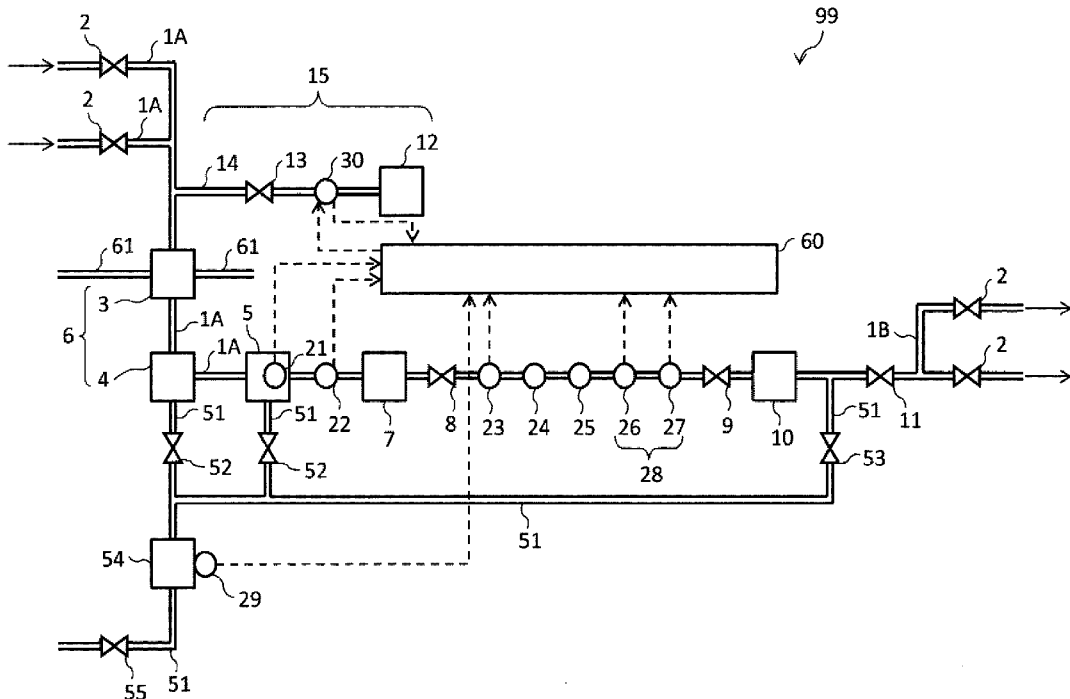
- (51) 国際特許分類:
G01N 1/22 (2006.01) *G01N 27/12* (2006.01)
G01N 1/20 (2006.01) *G01N 27/16* (2006.01)
G01N 1/28 (2006.01) *G21C 17/00* (2006.01)
G01N 27/04 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2017/015030
- (22) 国際出願日: 2017年4月12日(12.04.2017)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
 特願 2016-101758 2016年5月20日(20.05.2016) JP
- (71) 出願人: 日立GEニュークリア・エナジー株式会社 (HITACHI-GE NUCLEAR ENERGY,

LTD.) [JP/JP]; 〒3170073 茨城県日立市幸町三丁目1番1号 Ibaraki (JP). 株式会社日立製作所 (HITACHI, LTD.) [JP/JP]; 〒1008280 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 Tokyo (JP).

(72) 発明者: 鳥谷部 祐 (TORIYABE Yu); 〒3170073 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 Ibaraki (JP). 川嶋 孝雄 (KAWASHIMA Takao); 〒3170073 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 Ibaraki (JP). 桑原 均 (KUWABARA Hitoshi); 〒1008280 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 Tokyo (JP).

(54) Title: FLAMMABLE GAS CONCENTRATION MEASUREMENT APPARATUS AND FLAMMABLE GAS CONCENTRATION MEASUREMENT METHOD

(54) 発明の名称: 可燃性ガス濃度測定装置および可燃性ガス濃度測定方法



(57) Abstract: In the present invention, an inert gas introduction apparatus 15, 15A is provided upstream from a dehumidification apparatus 6 comprising a cooler 3, a steam-water separator 4, and a dehumidifier 5 or within a dehumidification apparatus 6A so as to be downstream from the cooler 3 and steam-water separator 4 and upstream from the dehumidifier 5. Inert gas is introduced into gas to be measured, and the contribution of the introduced inert gas is subtracted when a flammable gas concentration is calculated. As a result, a flammable gas concentration measurement apparatus and flam-



WO 2017/199650 A1

(74) 代理人: 特許業務法人開知国際特許事務所
(KAICHI IP); 〒1030022 東京都中央区日本橋
室町四丁目3番16号 Tokyo (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保
護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ,
BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH,
CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO,
DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, KE, KG, KH, KN,
KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA,
MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA,
NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA,
RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM,
ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG,
US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保
護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS,
MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM,
ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ,
TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ,
DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT,
LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS,
SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM,
GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

一 国際調査報告(条約第21条(3))

mable gas concentration measurement method are provided that make it possible to measure flammable gas concentration independent of the amount of water vapor in a gas to be measured.

(57) 要約: 冷却器3や気水分離器4、除湿器5からなる除湿装置6の上流、若しくは除湿装置6Aの途中である冷却器3や気水分離器4の下流かつ除湿器5の上流に不活性ガス導入装置15, 15Aを設けて、被測定ガスに対して不活性ガスを導入し、可燃性ガス濃度の演算時に導入した不活性ガスの寄与を差し引く。これにより、被測定ガス中の水蒸気の含有量に依存せず、可燃性ガス濃度を測定することができる可燃性ガス濃度測定装置および可燃性ガス濃度測定方法が提供される。

明 細 書

発明の名称：

可燃性ガス濃度測定装置および可燃性ガス濃度測定方法

技術分野

[0001] 本発明は、可燃性ガス濃度測定装置および可燃性ガス濃度測定方法に関する。

背景技術

[0002] 水蒸気を含む雰囲気の水素または酸素濃度を測定する装置において、除湿によって発生する測定誤差を補正する機能を設け、正しい測定値を得ることを目的とした原子炉格納容器内雰囲気モニタが特許文献1に記載されている。

[0003] この特許文献1には、ガス中の水素または酸素濃度を測定するセンサとの間に配置された除湿器の上流側に流量、圧力、温度測定器または除湿器にドレン流量測定器を設け、かつ、除湿器の下流側に流量、圧力、温度測定器を設け、これら測定器で測定した信号を取り込んで除湿器の除湿作用によって蒸気分が消失したことによるモル減衰率を求めるとともに、このモル減衰率を用いてセンサの水素または酸素濃度測定値を補正することが記載されている。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開昭57-4587号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 可燃性の気体が存在する雰囲気では、爆発、爆轟を含む燃焼を防ぐために、種々の安全対策が講じられている。このような可燃性の気体が存在する雰囲気の状態を適切に把握するために、可燃性気体の検知器や濃度計が設置されている。

- [0006] 設置される濃度計には測定精度を保証する条件があり、被測定雰囲気が高温の場合や水蒸気を含む場合には、条件を逸脱することがある。そのような場合、被測定雰囲気中の可燃性ガスの濃度を正確に測定するためには、被測定ガスを冷却かつ除湿し、濃度計の仕様に合致した条件の気体とする必要がある。
- [0007] 上述した特許文献1には、水蒸気を含む雰囲気において、水素または酸素濃度を測定するためにセンサ上流に除湿器が備えられた装置が記載されている。しかし、特許文献1に記載された装置では、除湿器の除湿能力を超過する水蒸気量を含むガスを測定することができない、との問題があった。
- [0008] 例えば、全蒸気を測定する場合、除湿器の下流側に流れるべき非凝縮性ガス、例えば水素や酸素が存在しないにもかかわらず、ポンプにより強制的にガスを吸引することになり、水蒸気が除湿器下流に流れることとなる。この時、水素または酸素濃度計が正常な値を示さないばかりか、水蒸気が配管内で結露し、やがて配管内に水が溜まり、測定が不可能となる。
- [0009] 本発明の目的は、被測定ガス中の水蒸気の含有量に依存せず、可燃性ガス濃度を測定することができる可燃性ガス濃度測定装置および可燃性ガス濃度測定方法を提供することにある。

課題を解決するための手段

- [0010] 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、水蒸気を含む被測定ガスに含まれる可燃性ガスの濃度を測定するための可燃性ガス濃度測定装置であって、前記可燃性ガスの濃度を測定する濃度測定部と、この濃度測定部の上流側に設けられ、前記濃度測定部に送る前記被測定ガス中の水蒸気を除去する除湿器と、この除湿器の上流側に設けられ、前記除湿器に供給される前記被測定ガスに不活性ガスを導入する不活性ガス導入部と、前記濃度測定部で得られる測定値に基づいて前記被測定ガス中の前記可燃性ガスの濃度を演算する演算部と、を備え、前記演算部は、

前記被測定ガス中の前記可燃性ガスの濃度を演算する際に前記不活性ガス導入部から導入された不活性ガスの量を補正することを特徴とする。

発明の効果

[0011] 本発明によれば、水蒸気の含有量に依存せず、可燃性ガスの濃度を測定することができる。上記した以外の課題、構成および効果は、以下の実施例の説明により明らかにされる。

図面の簡単な説明

[0012] [図1]本発明の実施例1に係る可燃性ガス濃度測定装置の構成を示す系統図である。

[図2]図1に示す可燃性ガス濃度測定装置の制御の流れを示すブロック図である。

[図3]図2に示す可燃性ガス濃度測定装置の制御により達成される応答図である。

[図4]図1に示す可燃性ガス濃度測定装置の原子力発電所への適用例を示す概略系統図である。

[図5]本発明の実施例2に係る可燃性ガス濃度測定装置の構成を示す系統図である。

発明を実施するための形態

[0013] 以下に本発明の可燃性ガス濃度測定装置および可燃性ガス濃度測定方法の実施例を、図面を用いて説明する。

[0014] <実施例1>

本発明の可燃性ガス濃度測定装置および可燃性ガス濃度測定方法の実施例1を、図1乃至図4を用いて説明する。なお、図1乃至図4においては、可燃性ガス濃度測定装置を改良型沸騰水型軽水炉に適用し、測定する対象の可燃性ガスを水素および酸素とした場合を例に挙げて説明する。

[0015] 図1は、本実施例の可燃性ガス濃度測定装置99の構成を示す系統図である。図2は、図1に示す可燃性ガス濃度測定装置99における制御の流れを示すブロック図である。図3は、図2に示す可燃性ガス濃度測定装置99に

おける不活性ガスの導入における応答図である。図4は、本実施例の可燃性ガス濃度測定装置99を改良型沸騰水型軽水炉に適用した例を示す概略図である。

- [0016] 図1において、可燃性ガス濃度測定装置99は、配管1A、不活性ガス導入装置15、除湿装置6、湿度計22、ポンプ7、圧力調節弁8、温度計23、流量計24、圧力計25、可燃性ガス濃度計28、圧力調節弁9、ポンプ10、流量調節弁11、配管1B、凝縮水排出用配管51、凝縮水計量器54、コントローラ60を備えている。
- [0017] 配管1Aは、任意の場所の雰囲気測定できるように、測定対象箇所から被測定ガスを採取するための配管である。
- [0018] 配管1Bは、濃度測定後の被測定ガスを任意の場所、例えば元の場所へと移送するための配管である。
- [0019] 流路選択弁2は、複数の場所を切り替えて測定することを目的として配管1A、1Bに設けられている。図1では、測定箇所を2箇所とした。
- [0020] ポンプ10は、配管1Aから採取した被測定ガスを可燃性ガス濃度計28に向けて移送するためのポンプである。
- [0021] 図1において、可燃性ガス濃度計28は2種類のガスを測定する濃度計を搭載した例を示しており、可燃性ガス濃度計28は酸素濃度計26と水素濃度計27とで構成されている。酸素濃度計26や水素濃度計27は一般的な濃度計と同じ構成とすることができ、例えば酸素濃度計26であれば磁気風式等、水素濃度計27であれば熱伝導式等が挙げられる。
- [0022] この可燃性ガス濃度計28の上下流には圧力調節弁8、9が設けられており、この圧力調節弁8、9の間の区間の配管1A中で可燃性ガス濃度計28の仕様に合わせて圧力が一定に調節される。圧力は可燃性ガス濃度計28の仕様によるが、通常は大気圧程度で使用され、0.9~1.2気圧程度に保持される。
- [0023] ポンプ7は、ガス採取場所の圧力が低く、可燃性ガス濃度計28の位置の圧力が規定の値まで上がらない場合に備えて圧力調節弁8の上流側に設置さ

れており、一旦圧力を上昇させた後、圧力調節弁 8 で減圧することにより、規定の圧力を確保できるようになっている。

[0024] 圧力計 25 は、圧力調節弁 8, 9 の間の圧力を確認するために配管 1 A に備えられている。

[0025] 可燃性ガス濃度計 28 の位置での流量は、可燃性ガス濃度計 28 の仕様に合わせて設定されるが、多くの場合、 $50 \sim 3000 \text{ cm}^3 / \text{min}$ 程度であることが求められる。流量調節弁 11 および流量計 24 は、この可燃性ガス濃度計 28 での被測定ガスの流量の設定と確認のために配管 1 A に備えられている。

[0026] 温度計 23 は、可燃性ガス濃度計 28 の測定に影響を与える因子を把握し、必要に応じて補正を施すために配管 1 A に備えられている。

[0027] 除湿装置 6 は、配管 1 A を介して採取された被測定ガス中の水蒸気を除去する装置であり、冷却器 3、気水分離器 4、除湿器 5 から構成される。この除湿装置 6 下流側には、ほとんどが非凝縮性ガス、例えば、その成分のほとんどが水素や酸素、後述する不活性ガス導入装置 15 から導入された不活性ガスからなるガスが流れるように構成されている。水蒸気量は完全に零とはならないが、可燃性ガス濃度計 28 に影響を与えず、配管 1 A 内で凝結しない条件まで除去することが可能である。例えば、除湿装置 6 において露点温度を $1 \sim 4 \text{ }^\circ\text{C}$ まで冷却すると、水蒸気の凍結を防ぎつつ、十分な量の水蒸気を低減させることが可能であり、一般的な測定装置周囲の温度より低く、配管 1 A 内での凝結は生じない。

[0028] 冷却器 3 は、例えば二重管式熱交換器であり、冷却水配管 61 を利用して冷却水を流すことにより被測定ガスの温度を 40 度以下まで低下させる機器である。

[0029] 気水分離器 4 は、冷却器 3 で冷却された被測定ガス中の水滴を除去する機器である。

[0030] 除湿器 5 は例えば電気冷却式除湿器であり、規定の湿度となるよう採取した被測定ガスの除湿を行う。

[0031] 除湿装置6の除湿能力を監視するために、除湿器5出口において湿度または露点温度もしくはそれらと同等の情報を有している指標を測定するための除湿器出口計測器が設けられている。湿度又は露点温度と同等の情報を有している指標の例としては、電気冷却式除湿器を使用した場合の除湿器出口温度が露点温度に相当していることが挙げられる。本実施例では、除湿器出口計測器として、除湿器5の出口（下流）側に温度計21および湿度計22が設置されており、これら温度計21および湿度計22の両方もしくはどちらか一方によって除湿能力を監視している。被測定ガス中の水蒸気量が除湿装置6での除湿能力を超過すると、温度計21および湿度計22の値が上昇するため、除湿能力を監視することが可能となっている。なお、湿度計22は露点計を用いることができる。

[0032] 凝縮水計量器（水量測定部）54は、水蒸気を含む被測定ガスから除湿装置6によって除湿された凝縮水を、適切に勾配をつけた凝縮水排出用配管51を介して集め、計量するための機器であり、凝縮水が重力落下するよう除湿装置6の下方に設けられている。凝縮水計量器54は水位計29を備えており、水位計29によって水位変化を測定し、ある特定の時間内に発生した凝縮水量を測定する。水位計29で測定された凝縮水量は、被測定ガスの採取箇所における水蒸気量へとコントローラ60（後述）において換算処理される。凝縮水計量器54が満水になると、凝縮水弁52を閉止し、凝縮水移送弁53、凝縮水排出弁55を開放することで、ポンプ10の出口圧力を利用して、凝縮水を排出する。凝縮水が規定の水位まで低下すると、凝縮水弁52を開放し、凝縮水移送弁53、凝縮水排出弁55を閉止し、再度凝縮水の計量を開始する。

[0033] 不活性ガス導入装置15は、不活性ガスポンプ12、流量調節器30、逆止弁13、不活性ガス導入用配管14から構成される。不活性ガス導入装置15は、配管1Aの除湿装置6の上流側に接続されており、不活性ガス導入用配管14を通じて被測定ガスに対して不活性ガスを導入することができるようになっている。不活性ガス導入装置15により導入する不活性ガスは、

被測定対象のガスと化学的に反応しないガスであり、例えば窒素ガスが使用されるが、アルゴンガスやヘリウムガスなど、不活性なガスであれば特にその種類は限定されない。

[0034] 不活性ガス導入用配管 14 の不活性ガスポンペ 12 から配管 1A までの間に流量調節器 30 が設けられており、外部信号を受けて不活性ガスの導入量を任意の流量に調節することが可能となっている。

[0035] 不活性ガスを導入するためには、不活性ガスの圧力が被測定ガスの圧力より高くなければならないため、不活性ガス導入用配管 14 には、逆流を防止するための逆止弁 13 が設けられている。

[0036] コントローラ 60 は、図 2 に示すように、第 1 演算装置 72、第 2 演算装置 73 および指示計 74 からなる演算部 62 と、流量調節機構 71 とから構成されている。

[0037] 流量調節機構 71 は、除湿器出口計測器（温度計 21 および湿度計 22）から出力される測定値信号に基づいて除湿装置 6 を通過した被測定ガスに含まれる水蒸気量が、除湿装置 6 の除湿目標値を超過したか否かを判断する。流量調節機構 71 は、超過していると判断されたときは除湿装置 6 の除湿能力を下回るように導入すべき不活性ガスの量に応じた制御信号を流量調節器 30 に出力し、不活性ガスの導入量を制御する。不活性ガス導入装置 15 による不活性ガスの導入量は、除湿装置 6 の除湿能力の超過分に応じた量とする。これにより、不活性ガス導入量を調節している。導入量の調節は各指標が一定値となるようにフィードバック制御される。これに対し、水蒸気量が除湿目標値以下の場合には超過していないと判断し、不活性ガスは導入しない。

[0038] また、流量調節機構 71 は、全蒸気を測定する場合は、水蒸気がほとんど除湿されることから、可燃性ガス濃度計 28 部での流量と同量の不活性ガスを導入する。

[0039] 流量調節機構 71 における制御の具体例について図 3 を参照して以下説明する。図 3 は流量調節機構 71 の制御により達成される応答図であり、不活

性ガス導入時の水蒸気量 4 1 と不活性ガス導入量 4 2 の変化の例を示している。

[0040] 図 3 に示すように、流量調節機構 7 1 は、温度計 2 1 と湿度計 2 2 とから出力される信号に基づいて導入すべき不活性ガスの量を判定しており、除湿装置 6 を通過した被測定ガスに含まれる水蒸気量 4 1 が、除湿装置 6 の除湿目標値 4 3 を超過したと判断されるときは、不活性ガス導入量 4 2 を大きくする。十分な量の不活性ガスが導入されると水蒸気量 4 1 は減少に転じるので、不活性ガス導入量 4 2 も減少させる。水蒸気量 4 1 が除湿目標値 4 3 以下の場合は、不活性ガスは導入しない。

[0041] なお、この流量調節機構 7 1 で用いる水蒸気量 4 1 の情報は、温度計 2 1 や湿度計 2 2 の出力値を直接利用することができる。

[0042] 第 1 演算装置 7 2、第 2 演算装置 7 3 および指示計 7 4 からなる演算部 6 2 は、可燃性ガス濃度計 2 8 で得られる測定値に基づいて被測定ガス中の可燃性ガスの濃度を演算する部分である。

[0043] 第 1 演算装置 7 2 や第 2 演算装置 7 3 では、被測定ガス中の可燃性ガスの濃度を演算する際に不活性ガス導入装置 1 5 から導入された不活性ガスの量を補正して被測定ガス中の可燃性ガスの濃度を演算する。

[0044] 第 2 演算装置 7 3 では、凝縮水計量器 5 4 で測定された凝縮水の量に基づいて、可燃性ガス濃度計 2 8 で得られる測定値から水蒸気量を補正する。

[0045] 以下、第 1 演算装置 7 2 や第 2 演算装置 7 3 における演算処理についてより具体的に説明する。

[0046] 第 1 演算装置 7 2 では、可燃性ガス濃度計 2 8 の信号と不活性ガスの流量調節器 3 0 からの信号とから、可燃性ガス濃度計 2 8 の位置における全流量と不活性ガスの流量を求める演算処理を行うことで、水蒸気および導入した不活性ガスを除いた状態での被測定ガス中の可燃性ガス濃度を求める。可燃性ガス濃度計 2 8 部における全流量は、流量調節弁 1 1 で一定値に調節された流量であり、流量計 2 4 の値と等しい。演算により求められた水蒸気および不活性ガスを除いた状態での可燃性ガス濃度は指示計 7 4 に出力・表示さ

れる。なお、流量調節器 30 からの信号は、流量調節機構 71 からの信号でも代替できる。

[0047] 水蒸気を含んだ状態での可燃性ガス濃度を求めるため、第 1 演算装置 72 の演算結果が第 2 演算装置 73 に入力される。演算により求められた水蒸気を除いた状態での可燃性ガス濃度を記録する場合には、記録計（不図示）に対しても演算結果の信号を出力する。

[0048] 水蒸気を含んだ状態での可燃性ガス濃度を求めるために、第 2 演算装置 73 は、凝縮水計量器 54 と水位計 29 で計量された凝縮水量から水蒸気量を逆算し、測定した可燃性ガス濃度を補正する。

[0049] 第 2 演算装置 73 には、第 1 演算装置 72 から水蒸気を除いた状態での可燃性ガス濃度の演算結果信号、水位計 29 からの水位信号、温度計 23 からの温度信号が入力されている。第 2 演算装置 73 では、水位計 29 の信号を元に、一定時間内の凝縮水量を測定し、水蒸気量に換算した後、水蒸気を含んだ状態での可燃性ガス濃度へと換算する。水蒸気量と水蒸気を含んだ状態での可燃性ガス濃度は指示計 74 へ出力される。

[0050] 上述の演算により求められた水蒸気を含んだ状態での可燃性ガス濃度や水蒸気量を記録する場合には、記録計（不図示）に対しても演算結果の信号を出力する。

[0051] 本実施例の可燃性ガス濃度測定装置 99 を改良型沸騰水型軽水炉に適用した例を図 4 に示す。

[0052] 図 4 において、原子炉格納容器 91 内の可燃性ガス濃度を測定するために、被測定ガスである雰囲気ガスを配管 1A を使って可燃性ガス濃度測定装置 99 内に採取し、上記した可燃性ガス濃度計 28 により可燃性ガスの濃度の測定を行う。

[0053] 濃度の測定場所は、流路選択弁 2 の切り替えによりドライウェル 92 もしくはウェットウェル 93 を選択することができるようになっている。

[0054] 測定後の被測定ガスは、配管 1B を使用して、被測定ガスを採取した場所付近へ戻すことができる。

- [0055] 測定により発生した凝縮水は、凝縮水排出用配管 51 を通ってウェットウェル 93 へ排出される。
- [0056] 次に、以上のように構成された本実施例にかかる可燃性ガス濃度測定装置 99 を使用した実際の可燃性ガスの濃度の測定について説明する。
- [0057] ポンプ 10 により吸引された被測定ガスと、コントローラ 60 によって制御された不活性ガス導入装置 15 により任意に導入された不活性ガスは、除湿装置 6 を通過する際に含有水蒸気が除去され、乾燥ガスとなる。
- [0058] 乾燥ガスとなった後、ポンプ 7、圧力調節弁 8 等を通過し、可燃性ガス濃度計 28 の酸素濃度計 26 によって酸素濃度が、水素濃度計 27 によって水素濃度が測定される。
- [0059] 可燃性ガス濃度計 28 では、水蒸気が除去されて不活性ガスが含まれた状態での酸素または水素の濃度が測定されているため、コントローラ 60 中の第 1 演算装置 72 において水蒸気および不活性ガスを除いた状態での被測定ガス中の可燃性ガス濃度を演算し、また第 2 演算装置 73 において水蒸気を含んだ状態での被測定ガス中の可燃性ガス濃度の 2 種類の濃度を演算により求める。
- [0060] 次に、本実施例の効果について説明する。
- [0061] 上述した本発明の可燃性ガス濃度測定装置および可燃性ガス濃度測定方法の実施例 1 では、冷却器 3 や気水分離器 4、除湿器 5 からなる除湿装置 6 の上流に不活性ガス導入装置 15 を設けて、被測定ガスに対して不活性ガスを導入し、可燃性ガス濃度の演算時に導入した不活性ガスの寄与を差し引くこととしている。
- [0062] これによって、除湿装置 6 の除湿能力以上の水蒸気を含む被測定ガス中の可燃性ガスの濃度を連続的に測定することが可能となる。
- [0063] 通常、除湿能力が不足する場合は、除湿装置 6 の除湿能力を増加させて解決する。例えば、冷却器 3 に二重管式熱交換器を使用している場合、規定の温度までガスを冷却するためには、冷却器の伝熱面積を増やす必要がある。しかし、伝熱面積を増やすと、ガスが冷却器を通過するのに要する時間が長

くなるため、ガスが可燃性ガス濃度計 28 に到達するまでの時間が長くなる。従って、指示計 74 で可燃性ガス濃度を確認できるまでの遅れ時間が長くなる。しかし、本実施例であれば、不活性ガスを導入することから、冷却器を増やす必要がなくなる。よって、遅れ時間を悪化させることなく被測定ガス中の可燃性ガスの濃度を測定することができる。

[0064] また、可燃性ガス濃度が高い場合は、燃焼の恐れが生じる。そのため、何も対策を取らずに除湿装置 6 により水蒸気を除去すると、除湿装置 6 下流の配管内では、除去された水蒸気のみで可燃性ガス濃度が高くなり、燃焼の危険性が増すことになる。しかしながら本実施例では不活性ガスを導入するため、除湿装置 6 下流での可燃性ガス濃度が高くなるのが抑制されるため、燃焼防止の観点からも有効である、との効果を奏する。

[0065] このような本実施例の可燃性ガス濃度測定装置や可燃性ガス濃度測定方法を原子炉に適用することにより、原子燃料の破損を伴う重大事故時のような大量の水蒸気を含む場合であっても、原子炉格納容器 91 内の可燃性ガス濃度を連続的に測定することが可能となる。

[0066] また、不活性ガス導入装置 15 の下流側かつ除湿器 5 の上流側に、冷却器 3 および気水分離器 4 を備えたため、導入される不活性ガスと被測定ガスとの混合が充分に行われ、より安定した可燃性ガス濃度の測定が可能となる。

[0067] 更に、除湿装置 6 の下流側に設けられた温度計 21 および湿度計 22 と、温度計 21 および湿度計 22 から出力される測定値に基づいて除湿装置 6 における水蒸気の除湿能力を超過したか否かを判断し、超過していると判断されたときは除湿器 5 の除湿能力を下回るように不活性ガスの導入量を制御する流量調節機構 71 を備えたことで、不要な不活性ガスの導入を行う必要がなくなるとともに、被測定ガス中の水蒸気量の変化に応じた安定した不活性ガスの導入が可能となるため、より安定した可燃性ガス濃度の測定が可能となる。

[0068] また、被測定ガスから除湿された凝縮水の量を測定する凝縮水計量器 54 を備え、演算部 62 において凝縮水計量器 54 で測定された凝縮水の量に基

づいて、可燃性ガス濃度計 28 で得られる測定値から水蒸気量を補正することにより、より正確な可燃性ガス濃度を求めることが可能となる。

[0069] なお、本実施例では、可燃性ガス濃度計 28 の部分における被測定ガスの流量は固定であり、第 1 演算装置 72 にはあらかじめ流量情報が記憶されている、と仮定して演算処理を行っている。しかし、流量調節弁 11 を流量調節器 30 とし、流量計 24 の信号を第 2 演算装置 73 に入力することもでき、この場合には可燃性ガス濃度計 28 部の流量を可変とすることができる。

[0070] <実施例 2>

本発明の可燃性ガス濃度測定装置および可燃性ガス濃度測定方法の実施例 2 を図 5 を用いて説明する。図 1 乃至図 4 と同じ構成には同一の符号を示し、説明は省略する。以下の実施例においても同様とする。

[0071] 上述の実施例 1 では、不活性ガスを除湿装置 6 の上流側から導入している。例えば、図 1 の例では、冷却器 3 に二重管式熱交換器を使用すると、不活性ガスが熱交換器中を移送される時間が長くなる。このため、除湿装置 6 出口において除湿装置 6 の除湿能力の超過を測定し、不活性ガスの導入量のフィードバック制御を行っても、実際に不活性ガスが導入されて効果が現れ始めるまでに一定の時間遅れ 44 がある程度はどうしても生じてしまう。また、この時間遅れ 44 は、第 1 演算装置 72、第 2 演算装置 73 で可燃性ガス濃度の演算を行う際に誤差の要因となりかねない。

[0072] これに対し、図 5 に示す本実施例の可燃性ガス濃度測定装置 99A では、不活性ガス導入装置 15A を除湿装置 6 の途中にて配管 1A に接続されている。つまり、不活性ガス導入装置 15A の不活性ガス導入用配管 14A と配管 1A との接続部分の上流側に、冷却器 3 および気水分離器 4 を設けている。

[0073] なお、本実施例の可燃性ガス濃度測定装置 99A は、不活性ガス導入装置 15A と除湿装置 6A 以外の構成、動作は前述した実施例 1 の可燃性ガス濃度測定装置 99 の構成、動作と同じ構成であり、詳細は省略する。

[0074] 本発明の可燃性ガス濃度測定装置および可燃性ガス濃度測定方法の実施例

2においても、前述した可燃性ガス濃度測定装置および可燃性ガス濃度測定方法の実施例1とほぼ同様な効果が得られる。

[0075] また、不活性ガス導入装置15の上流側に、冷却器3および気水分離器4を備えたことにより、不活性ガスの導入場所が、被測定ガスの除湿装置の通過に時間を要する冷却器3の下流となり、実施例1の装置に比べて応答性を速くすることができ、より正確な可燃性ガスの濃度測定が可能となる。

[0076] <その他>

なお、本発明は、上記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。上記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、必ずしも説明した全ての構成を備えるものに限定されるものではない。また、ある実施例の構成の一部を他の実施例の構成に置き換えることも可能であり、また、ある実施例の構成に他の実施例の構成を加えることも可能である。また、各実施例の構成の一部について、他の構成の追加・削除・置換をすることも可能である。

[0077] 例えば、可燃性ガス濃度測定装置99を改良型沸騰水型軽水炉に適用した場合について説明したが、本発明の可燃性ガス濃度測定装置および可燃性ガス濃度測定方法の適用箇所は軽水炉に限定されず、水蒸気および可燃性ガスを含んだ雰囲気における可燃性ガスの濃度を測定する箇所に適用することが可能である。

符号の説明

[0078] 1 A…配管
1 B…配管
2…流路選択弁
3…冷却器
4…気水分離器
5…除湿器
6, 6 A…除湿装置
7…ポンプ

- 8, 9…圧力調節弁
- 10…ポンプ
- 11…流量調節弁
- 12…不活性ガスポンベ
- 13…逆止弁
- 14, 14A…不活性ガス導入用配管
- 15, 15A…不活性ガス導入装置
- 21…温度計
- 22…湿度計
- 23…温度計
- 24…流量計
- 25…圧力計
- 26…酸素濃度計
- 27…水素濃度計
- 28…可燃性ガス濃度計
- 29…水位計
- 30…流量調節器
- 41…水蒸気量
- 42…不活性ガス導入量
- 43…除湿目標値
- 51…凝縮水排出用配管
- 52…凝縮水弁
- 53…凝縮水移送弁
- 54…凝縮水計量器（水量測定部）
- 55…凝縮水排出弁
- 60…コントローラ
- 61…冷却水配管
- 62…演算部

- 7 1 …流量調節機構
- 7 2 …第 1 演算装置
- 7 3 …第 2 演算装置
- 7 4 …指示計
- 9 1 …原子炉格納容器
- 9 2 …ドライウエル
- 9 3 …ウェットウエル
- 9 9, 9 9 A …可燃性ガス濃度測定装置

請求の範囲

- [請求項1] 水蒸気を含む被測定ガスに含まれる可燃性ガスの濃度を測定するための可燃性ガス濃度測定装置であって、
前記可燃性ガスの濃度を測定する濃度測定部と、
この濃度測定部の上流側に設けられ、前記濃度測定部に送る前記被測定ガス中の水蒸気を除去する除湿器と、
この除湿器の上流側に設けられ、前記除湿器に供給される前記被測定ガスに不活性ガスを導入する不活性ガス導入部と、
前記濃度測定部で得られる測定値に基づいて前記被測定ガス中の前記可燃性ガスの濃度を演算する演算部と、を備え、
前記演算部は、前記被測定ガス中の前記可燃性ガスの濃度を演算する際に前記不活性ガス導入部から導入された不活性ガスの量を補正することを特徴とする可燃性ガス濃度測定装置。
- [請求項2] 請求項1に記載の可燃性ガス濃度測定装置において、
前記不活性ガス導入部の下流側かつ前記除湿器の上流側に、冷却器および気水分離器を更に備えた
ことを特徴とする可燃性ガス濃度測定装置。
- [請求項3] 請求項1に記載の可燃性ガス濃度測定装置において、
前記不活性ガス導入部の上流側に、冷却器および気水分離器を更に備えた
ことを特徴とする可燃性ガス濃度測定装置。
- [請求項4] 請求項1に記載の可燃性ガス濃度測定装置において、
前記除湿器の下流側に設けられた除湿器出口計測器と、
この除湿器出口計測器から出力される測定値に基づいて前記除湿器における水蒸気の除湿能力を超過したか否かを判断し、超過していると判断されたときは前記除湿器の除湿能力を下回るように前記不活性ガスの導入量を制御する制御部と、を更に備えた

ことを特徴とする可燃性ガス濃度測定装置。

[請求項5]

請求項1に記載の可燃性ガス濃度測定装置において、

前記被測定ガスから除湿された凝縮水の量を測定する水量測定部を更に備え、

前記演算部は、前記水量測定部で測定された凝縮水の量に基づいて、前記濃度測定部で得られる測定値から水蒸気量を補正することを特徴とする可燃性ガス濃度測定装置。

[請求項6]

請求項1に記載の可燃性ガス濃度測定装置において、

前記被測定ガスは、原子炉格納容器内の雰囲気ガスである

ことを特徴とする可燃性ガス濃度測定装置。

[請求項7]

水蒸気を含む被測定ガスに含まれる可燃性ガスの濃度を測定する可燃性ガス濃度測定方法であって、

測定対象のガス中の水蒸気を除湿器で除湿する除湿工程と、

この除湿工程後のガスの可燃性ガスの濃度を演算する演算工程とを有し、

前記除湿工程では、前記除湿器での除湿能力に応じて不活性ガスを前記除湿器の上流側で前記被測定ガスに導入し、

前記演算工程では、導入された不活性ガスの量を補正することを特徴とする可燃性ガス濃度測定方法。

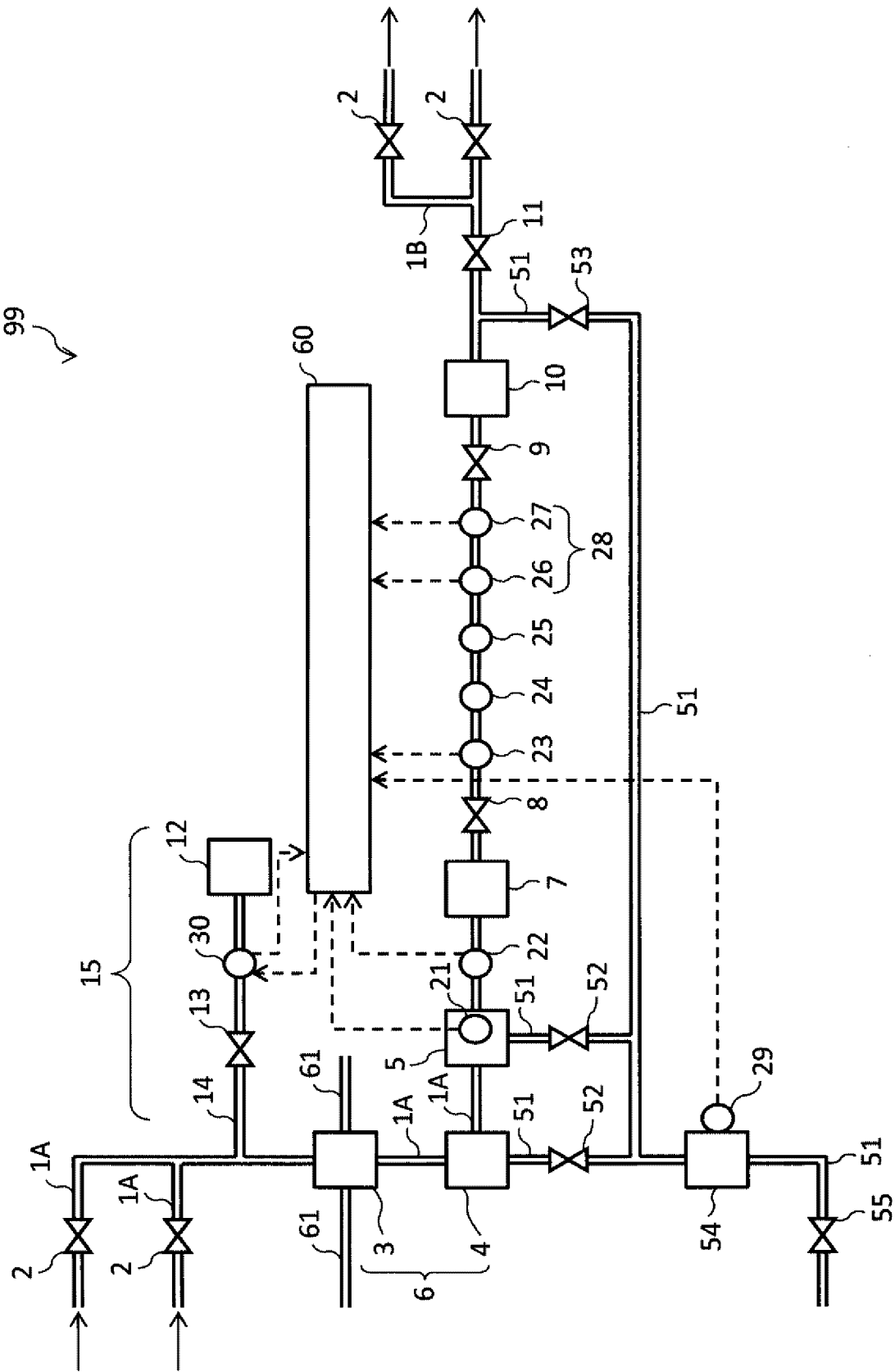
[請求項8]

請求項7に記載の可燃性ガス濃度測定方法において、

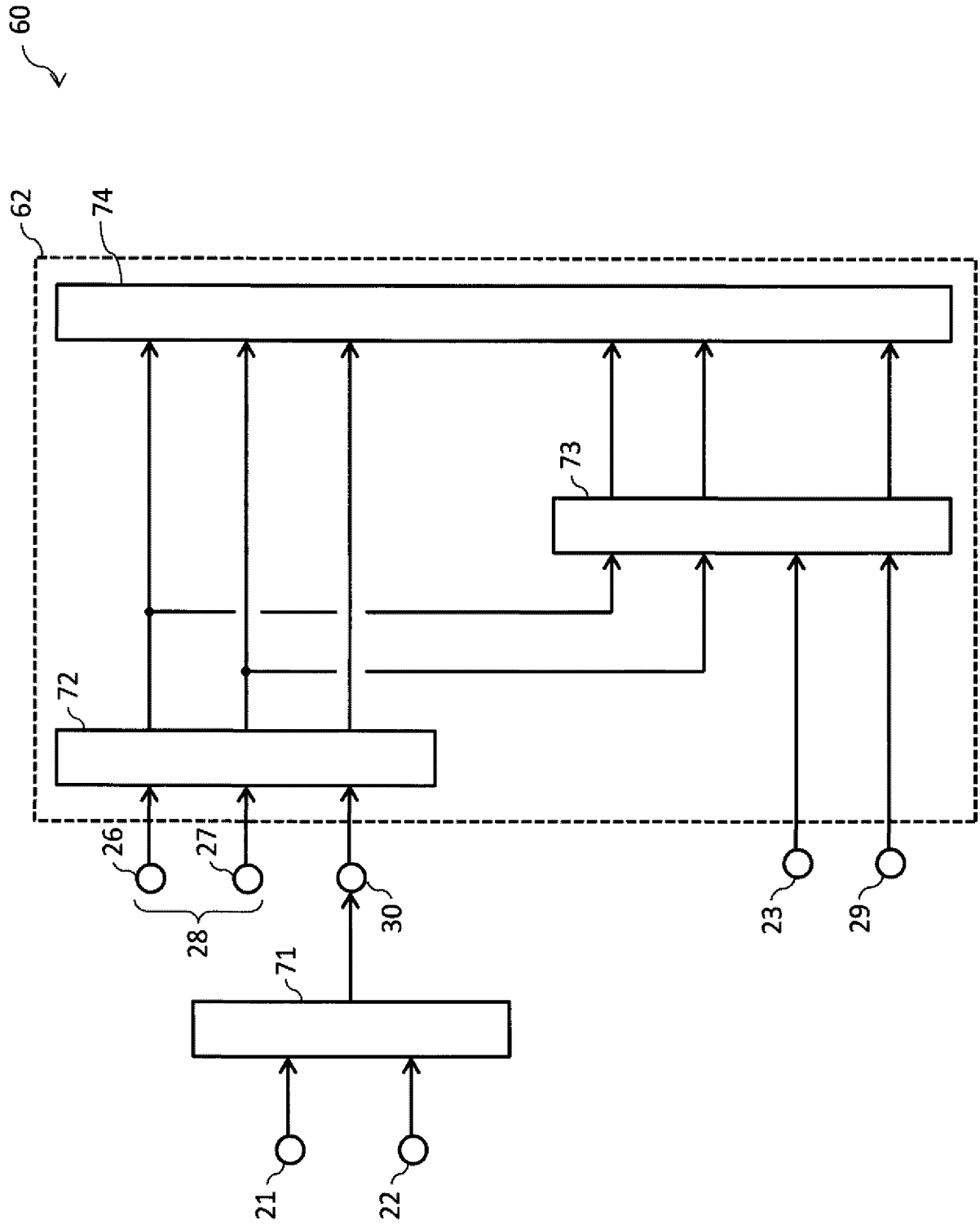
前記被測定ガスは、原子炉格納容器内の雰囲気ガスである

ことを特徴とする可燃性ガス濃度測定方法。

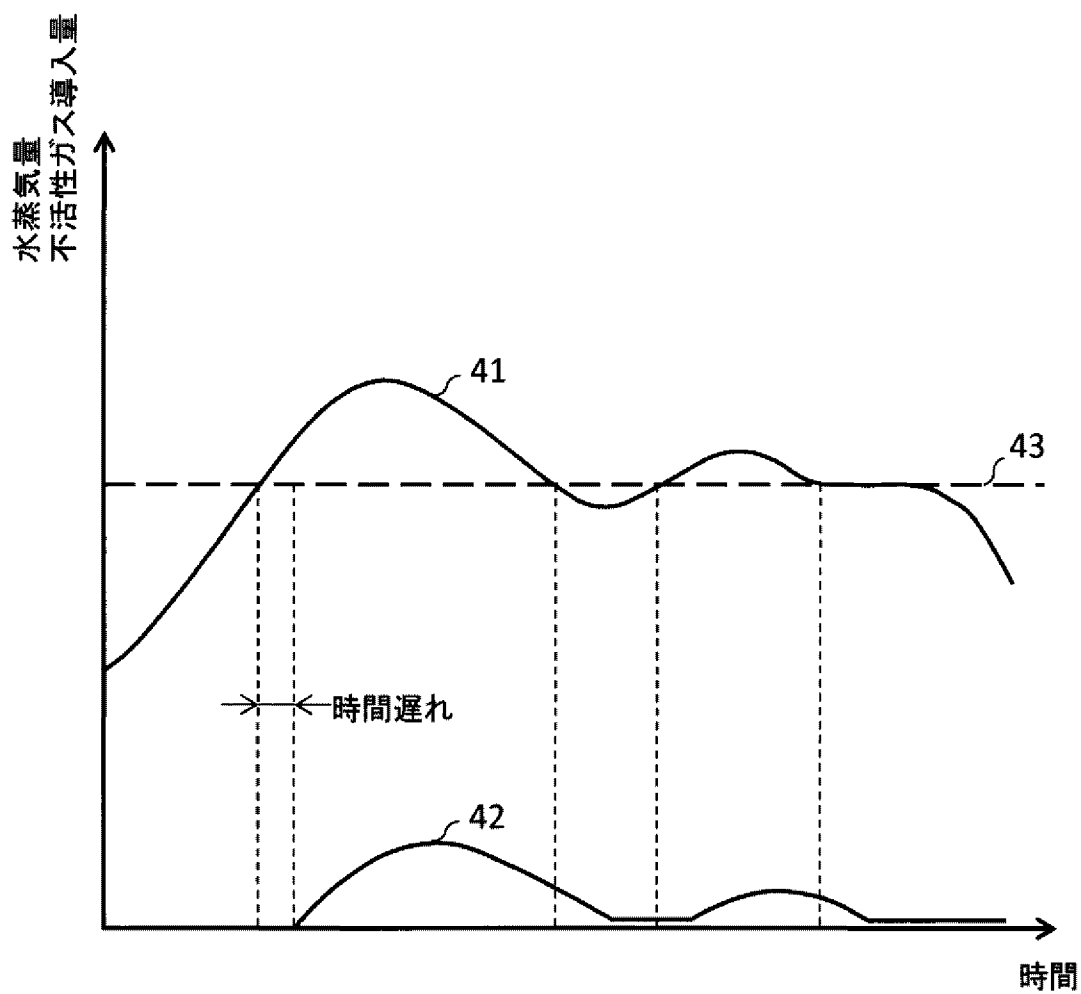
[図1]



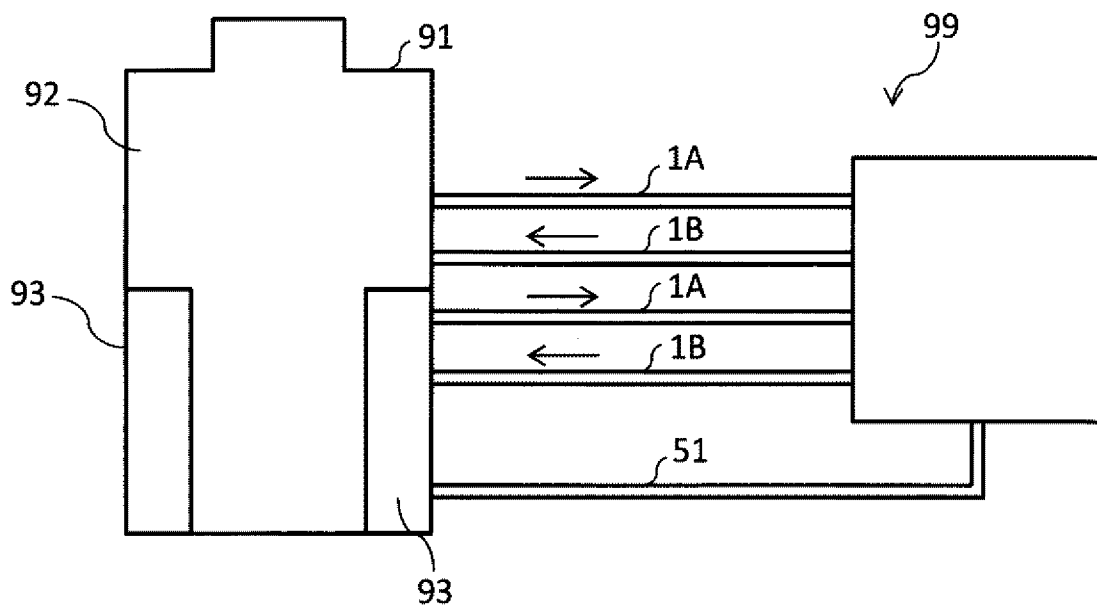
[図2]



[図3]



[図4]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2017/015030

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
G01N1/22(2006.01)i, G01N1/20(2006.01)i, G01N1/28(2006.01)i, G01N27/04(2006.01)i, G01N27/12(2006.01)i, G01N27/16(2006.01)i, G21C17/00(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
G01N1/22, G01N1/20, G01N1/28, G01N27/04, G01N27/12, G01N27/16, G21C17/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2017
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2017	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2017

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)
JSTPlus/JMEDPlus/JST7580(JDreamIII)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	JP 57-4587 A (Tokyo Shibaura Electric Co., Ltd.), 11 January 1982 (11.01.1982), page 2, upper left column, line 2 to page 3 (Family: none)	1-3, 5-8 4
Y	Microfilm of the specification and drawings annexed to the request of Japanese Utility Model Application No. 107681/1979(Laid-open No. 25250/1981) (Fuji Denki Seizo Kabushiki Kaisha), 07 March 1981 (07.03.1981), specification, pages 2 to 9, 13 (Family: none)	1-3, 5-8

Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search 05 July 2017 (05.07.17)	Date of mailing of the international search report 18 July 2017 (18.07.17)
--	---

Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan	Authorized officer Telephone No.
--	---

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/015030

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	Microfilm of the specification and drawings annexed to the request of Japanese Utility Model Application No. 100086/1984 (Laid-open No. 15539/1986) (Idemitsu Petrochemical Co., Ltd.), 29 January 1986 (29.01.1986), specification, pages 2 to 5; figures (Family: none)	1-8
A	JP 3-188397 A (Toshiba Corp.), 16 August 1991 (16.08.1991), entire text (Family: none)	1-8
A	JP 60-187893 A (The Tokyo Electric Power Co., Inc.), 25 September 1985 (25.09.1985), entire text (Family: none)	1-8
A	JP 56-164994 A (Tokyo Shibaura Electric Co., Ltd.), 18 December 1981 (18.12.1981), claim 1 (Family: none)	1-8
A	RUDEK F.P., Hydrogen and oxygen monitoring in containment and off-gas systems, International symposium on nuclear power plant control and instrumentation, 1978, No.2, Page.469-482 <particularly, Abstract>, [retrieval date 2017.07.03], Internet:<URL:https://inis.iaea.org/search/search.aspx?orig_q=RN:11500220>	1-8

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. G01N1/22(2006.01)i, G01N1/20(2006.01)i, G01N1/28(2006.01)i, G01N27/04(2006.01)i, G01N27/12(2006.01)i, G01N27/16(2006.01)i, G21C17/00(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. G01N1/22, G01N1/20, G01N1/28, G01N27/04, G01N27/12, G01N27/16, G21C17/00

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2017年
日本国実用新案登録公報	1996-2017年
日本国登録実用新案公報	1994-2017年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

JSTPlus/JMEDPlus/JST7580 (JDreamIII)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y A	JP 57-4587 A (東京芝浦電気株式会社) 1982.01.11, P2 左上欄 L2-P3 (ファミリーなし)	1-3, 5-8 4
Y	日本国実用新案登録出願 54-107681 号 (日本国実用新案登録出願公開 56-25250 号) の願書に添付した明細書及び図面の内容を撮影したマイクロフィルム (富士電機製造株式会社) 1981.03.07, 明細書 P2-9, 13 (ファミリーなし)	1-3, 5-8

☑ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
 「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
 「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
 「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
 「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
 「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
 「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
 「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

05.07.2017

国際調査報告の発送日

18.07.2017

国際調査機関の名称及びあて先
 日本国特許庁 (ISA/J P)
 郵便番号 100-8915
 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

高田 亜希

2 J

5705

電話番号 03-3581-1101 内線 3252

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	日本国実用新案登録出願 59-100086 号(日本国実用新案登録出願公開 61-15539 号)の願書に添付した明細書及び図面の内容を撮影したマイクロフィルム (出光石油化学株式会社) 1986. 01. 29, 明細書 P2-5, 図 (ファミリーなし)	1-8
A	JP 3-188397 A (株式会社東芝) 1991. 08. 16, 全文 (ファミリーなし)	1-8
A	JP 60-187893 A (東京電力株式会社) 1985. 09. 25, 全文 (ファミリーなし)	1-8
A	JP 56-164994 A (東京芝浦電気株式会社) 1981. 12. 18, 請求項 1 (ファミリーなし)	1-8
A	RUDEK F. P., Hydrogen and oxygen monitoring in containment and off-gas systems, International symposium on nuclear power plant control and instrumentation, 1978, No. 2, Page. 469-482 <特に Abstract>, [検索日 2017. 07. 03], インターネット: <URL:https://inis.iaea.org/search/search.aspx?orig_q=RN:11500220>	1-8