

(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2011-69752

(P2011-69752A)

(43) 公開日 平成23年4月7日(2011.4.7)

(51) Int.Cl.

G 2 1 C 15/16 (2006.01)

F I

G 2 1 C 15/16 G D B

テーマコード (参考)

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願2009-221818 (P2009-221818)
 (22) 出願日 平成21年9月28日 (2009.9.28)

(71) 出願人 507250427
 日立GEニュークリア・エナジー株式会社
 茨城県日立市幸町三丁目1番1号
 (74) 代理人 100100310
 弁理士 井上 学
 (74) 代理人 100098660
 弁理士 戸田 裕二
 (72) 発明者 石田 直行
 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
 エネルギー・環境システム研究所内
 (72) 発明者 池側 智彦
 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
 エネルギー・環境システム研究所内
 最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 沸騰水型原子炉

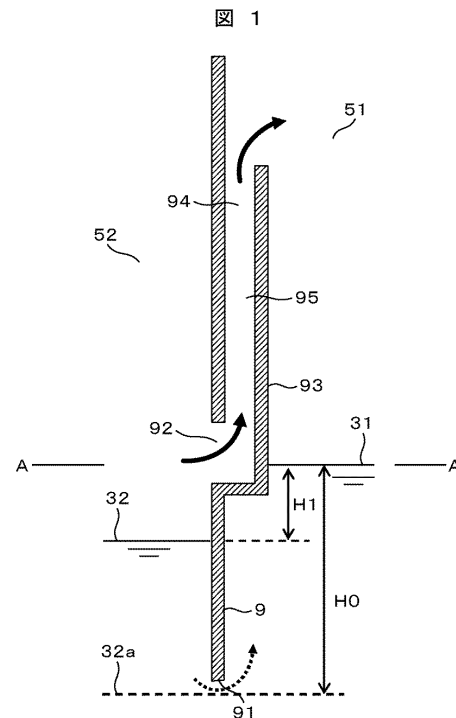
(57) 【要約】

【課題】本発明は、ドライヤスカートを補強し、かつ、出力向上幅を拡大することを目的とする。

【解決手段】本発明は、蒸気に混入した水分を分離する気水分離器と、前記気水分離器の上部に設けられた蒸気乾燥機と、前記蒸気乾燥機の下部に接続され、前記気水分離器の外周側を円筒状に囲むドライヤスカートとを備え、前記ドライヤスカートは、前記ドライヤスカートの内外を連通させる連通穴と、前記連通穴を覆うとともに、前記連通穴から流出した蒸気が前記連通穴よりも上方向に逃げ、前記蒸気を放出する開口部を有したカバーを備えることを特徴とする。

【効果】本発明によれば、ドライヤスカートを補強し、かつ、出力向上幅を拡大することができる。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

蒸気に混入した水分を分離する気水分離器と、
前記気水分離器の上部に設けられた蒸気乾燥機と、
前記蒸気乾燥機の下部に接続され、前記気水分離器の外周側を円筒状に囲むドライヤスカーとを備え、
前記ドライヤスカーは、
前記ドライヤスカーの内外を連通させる連通穴と、
前記連通穴を覆うとともに、前記連通穴から流出した蒸気が前記連通穴よりも上方向に逃げ、前記蒸気を放出する開口部を有したカバーを備えることを特徴とする沸騰水型原子炉。

10

【請求項 2】

請求項 1 に記載の沸騰水型原子炉において、前記連通穴が前記円筒状部材の周方向に複数有することを特徴とする沸騰水型原子炉。

【請求項 3】

請求項 1 または請求項 2 に記載の沸騰水型原子炉において、前記開口部を L 字型部材で覆うことを特徴とする沸騰水型原子炉。

【請求項 4】

請求項 3 に記載の沸騰水型原子炉において、前記 L 字型部材の終端に液膜を回収するドレン用溝を形成していることを特徴とする沸騰水型原子炉。

20

【請求項 5】

請求項 4 に記載の沸騰水型原子炉において、前記 L 字型部材の周方向終端に前記ドレン用溝と連通した排水管を有することを特徴とする沸騰水型原子炉。

【請求項 6】

請求項 1 から請求項 5 に記載の沸騰水型原子炉において、前記連通穴が周方向に主蒸気配管から最も遠い位置を中心に配置されていることを特徴とする沸騰水型原子炉。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、沸騰水型原子炉に関する。

30

【背景技術】**【0002】**

沸騰水型原子炉（BWR）は、炉心で発生させた蒸気を気水分離器および蒸気乾燥器で湿分を取り除き、タービンへ蒸気を送っている。また、気水分離器周囲を円筒状のドライヤスカーで取り囲み、気水分離器から排出された蒸気はすべてドライヤを通過する。

【0003】

この BWR では、原子炉内水位がドライヤスカー位置に形成されている。原子炉運転中はドライヤスカー外の水位を計測して制御しており、異常な水位の上昇や低下が起きると原子炉をスクラムするようになっている。

【0004】

水位は、液単相の水頭圧を測定して算出している。この測定領域に蒸気が混入すると正確な水位が算出できなくなる。そのため、気水分離器から排出された蒸気が水位測定領域に漏れ出さないようにドライヤスカーで仕切っている。ドライヤスカー内外では、ドライヤの圧力損失分だけ水位差があり、ドライヤスカーの鉛直方向長さを決定するのにこの水位差も考慮している。特許文献 1 にドライヤスカーの例を示す。

40

【先行技術文献】**【特許文献】****【0005】**

【特許文献 1】特開 2005 - 233866 号公報

【発明の概要】

50

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

原子炉の出力を向上させると、蒸気流量が増加するため、ドライヤでの圧力損失が増加し、ドライヤスカート内外の水位差が増加する。原子炉水位は、ドライヤスカート外の液単相の水頭圧で測定している。そのため、ドライヤスカート内水位はドライヤスカート下端よりも低下しない範囲に出力向上幅が制限される。また、蒸気が漏れださないようにドライヤスカートを下方に伸ばすと、気水分離器から排出された冷却水が流れる流路を狭めて流動抵抗が増加するので、炉心流量が低下する可能性があった。従って、ドライヤスカートの長さを変えずに、出力向上幅を拡大する必要があった。

【0007】

また、蒸気流量が増加すると、ドライヤスカートにかかる応力も増加するという課題もあった。

【0008】

そこで、本発明は、ドライヤスカートを補強し、かつ、出力向上幅を拡大することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0009】

本発明は、蒸気に混入した水分を分離する気水分離器と、前記気水分離器の上部に設けられた蒸気乾燥機と、前記蒸気乾燥機の下部に接続され、前記気水分離器の外周側を円筒状に囲むドライヤスカートとを備え、前記ドライヤスカートは、前記ドライヤスカートの内外を連通させる連通穴と、前記連通穴を覆うとともに、前記連通穴から流出した蒸気が前記連通穴よりも上方向に逃げ、前記蒸気を放出する開口部を有したカバーを備えることを特徴とする。

【発明の効果】

【0010】

本発明によれば、ドライヤスカートを補強し、かつ、出力向上幅を拡大することができる。

【図面の簡単な説明】

【0011】

【図1】実施例1のドライヤを示した断面図である。

【図2】沸騰水型原子炉の内部構造物を示した縦断面図である。

【図3】図2の上部を拡大した図である。

【図4】実施例1のドライヤを示した断面図である。

【図5】ドライヤを下方斜めから見た図である。

【図6】実施例2のドライヤを示した断面図である。

【図7】ドライヤを適用した沸騰水型原子炉の上面図である。

【図8】実施例3のドライヤを示した断面図である。

【図9】実施例3の排水管を示した断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0012】

本発明の実施例を以下に説明する。

【実施例1】

【0013】

本実施例のドライヤの構造を説明する前に、このドライヤが適用される沸騰水型原子炉の概略の構造を、図2を用いて以下に説明する。

【0014】

沸騰水型原子炉(BWR)は、原子炉压力容器(RPV)1を有し、原子炉压力容器1内に炉心シュラウド3を設置している。原子炉压力容器は、以下、RPVと称する。複数の燃料集合体(図示せず)が装荷された炉心2が、炉心シュラウド3内に配置される。気水分離器4及び蒸気乾燥器5がRPV1内で炉心2の上方に配置される。複数のジェット

10

20

30

40

50

ポンプ 11 が、R P V 1 と炉心シュラウド 3 の間に形成された環状のダウンカム 6 内に配置される。R P V 1 に設けられる再循環系は、再循環系配管 7 及び再循環系配管 7 に設置された再循環ポンプ 8 を有する。再循環系配管 7 の一端はダウンカム 6 に連絡される。再循環系配管 7 の他端は、ダウンカム 6 内に配置されたライザ管 12 の下端に接続される。

【 0 0 1 5 】

R P V 1 内の上部に存在する冷却水は、給水配管 28 から R P V 1 に供給された給水と混合されてダウンカム 6 内を下降する。この冷却水の一部は、再循環ポンプ 8 の駆動によって再循環系配管 7 内に吸引され、再循環ポンプ 8 によって昇圧される。この昇圧された冷却水を、ジェットポンプ 11 から噴出し、ジェットポンプ周囲の流体を吸い込みながら、冷却水を炉心 2 に送っている。冷却水 34 は、下部プレナム 29 を経て炉心 2 に供給される。冷却水 34 は、炉心 2 を通過する際に加熱されて水及び蒸気を含む気液二相流となる。気水分離器 4 は気液二相流を蒸気と水に分離する。蒸気乾燥器 5 は気水分離器 4 の上部に設けられ、分離された蒸気は更に蒸気乾燥器（以下、「ドライヤ」という）5 で湿分を除去されて主蒸気配管 27 に排出される。この蒸気は、蒸気タービン（図示せず）に導かれ、蒸気タービンを回転させる。蒸気タービンに連結された発電機が回転し、発電が行われる。蒸気タービンから排出された蒸気は、復水器（図示せず）で凝縮されて水となる。この凝縮水は、給水として給水配管 28 により R P V 1 内に供給される。気水分離器 4 及びドライヤ 5 で分離された水は、落下して冷却水としてダウンカム 6 内に達する。

10

【 0 0 1 6 】

図 3 に示すように、沸騰水型原子炉では、压力容器内に原子炉水位 31 が存在し、通常、気水分離器 4 の第一パレル排水路出口 41 の上方に原子炉水位 31 が設定される。気水分離器 4 から排出された蒸気がドライヤ 5 を通過せずに主蒸気配管 27 に流れ込むのを防ぐため、気水分離器 4 の外周側を円筒状に取り囲むようにドライヤスカート 9 が設置される。ドライヤスカート 9 を設置することにより、気水分離器 4 から排出された蒸気はすべてドライヤ 5 を通過して湿分を取り除かれ主蒸気配管 27 からタービンへと送られる。このように、気水分離器 4 の周囲がドライヤスカート 9 で完全に取り囲まれているため、ドライヤスカート内の圧力は、ドライヤスカート外の圧力よりもドライヤ 5 の圧力損失分だけ高くなっている。このため、この圧力損失分に相当する水位差がドライヤスカート内外に生じる。

20

【 0 0 1 7 】

ドライヤスカート外の水位（以下、原子炉水位という）31 は制御されており、液単相の水頭圧により計測されている。もし異常が発生し、原子炉水位 31 が設定された上限または下限を逸脱する場合には、スクラムされて原子炉は安全に停止される。原子炉水位 31 が異常に低下して、ドライヤスカート下端 91 から蒸気が漏れ出すと、液単相の水頭圧で計測している原子炉水位 31 が正確に計測できなくなる。このため、先述したドライヤスカート内外の水位差も考慮して、異常時にドライヤスカート下端 91 から蒸気が漏れ出さないように下限水位が設定される。

30

【 0 0 1 8 】

出力を向上する場合、蒸気流量が増加するのでドライヤ 5 の圧力損失が大きくなる。圧力損失が大きくなった分、ドライヤスカート内外の水位差は拡大する。この拡大幅が大きい場合に原子炉水位 31 が下限水位近くになると、ドライヤスカート内水位 32 がドライヤスカート下端 91 を下回り蒸気が漏れ出す可能性がある。このため、出力向上幅が制限される。これを回避するために下限水位の設定値を上げることも考えられる。但し、水位制御幅が縮小する。また、原子炉水位が低下することで原子炉がスクラムされる可能性も増加する。

40

【 0 0 1 9 】

出力向上時に従来 of 水位下限値で運転するには、原子炉水位 31 が異常に低下してもドライヤスカート下端 91 から蒸気が漏れ出さないようにすればよい。蒸気が漏れ出さないように、ドライヤスカート 9 を下に伸ばす方法もある。但し、気水分離器 4 から排出された冷却水の流路を狭めて圧力損失を増やし、炉心流量を低下させる要因となりうる。

50

【 0 0 2 0 】

また、蒸気流量の増加によりドライヤにかかる応力は増加するので、信頼性を確保するためドライヤスカート9を補強するのが好ましい。

【 0 0 2 1 】

そこで本実施例では、異常に原子炉水位31が低下した場合に、ドライヤスカート内水位32がドライヤスカート下端91を下回らないようなドライヤ構造とした。以下、本実施例のドライヤの構造を説明する。

【 0 0 2 2 】

図1, 図4は、ドライヤスカートの断面図を示す。図4は原子炉水位が通常時の場合を示し、図1は原子炉水位が大きく低下している場合を示す。

10

【 0 0 2 3 】

図4に示すように、ドライヤスカート9の下部にドライヤスカート内外を連通させる連通穴92を設けている。この連通穴92は周方向に複数設けられている(図5)。ドライヤスカート9の外側には、連通穴92を覆い鉛直上方に伸びるカバー93を取り付けている。このカバーの開口部94は、ドライヤスカート内水位32が連通穴92の位置まで低下したときに、ドライヤスカート外蒸気空間51に露出する位置に設けている。通常時には、カバーの開口部94はドライヤスカート外蒸気空間51に露出している必要はない。

【 0 0 2 4 】

図1に示すように原子炉水位31が異常に低下すると、ドライヤ5の圧力損失が変化しなければ、ドライヤスカート内外の水位差H0は保持される。そのため、連通穴92がない場合、ドライヤスカート内水位が32aの位置まで低下し、ドライヤスカート下端91から蒸気が漏れ出す可能性がある。連通穴92を設けた場合、ドライヤスカート内水位32が連通穴92の位置に到達し、開口部94もドライヤスカート外蒸気空間51に露出する。そして、ドライヤスカート内蒸気空間52とドライヤスカート外蒸気空間51が連結されるので、ドライヤスカート内の蒸気の一部はカバー93の流路95を通して連通穴よりも上方向に逃げ、ドライヤスカート外蒸気空間51へ放出される。ドライヤスカート9の中から外へ蒸気が流れる流路面積が増えるため、ドライヤスカート内の圧力が低下し、ドライヤスカート内外の水位差がH0からH1まで小さくなる。このため、出力を向上してドライヤスカート内外の水位差が大きくなっている場合でも、ドライヤスカート内水位が連通穴92に到達した時点で水位差を小さくすることができる。そのため、従来の下限水位まで原子炉水位31が低下してもドライヤスカート下端91から蒸気が漏れ出すことはない。このため、原子炉水位31の下限値を上げたり、ドライヤスカート9を長くしたりする必要がなく、出力向上幅を拡大できる。

20

30

【 0 0 2 5 】

カバー93は各連通穴91a, 91b, 91c, 91dにそれぞれ取り付けてもよいが、図5のように複数の連通穴91に対して一つの大きいカバー93を取り付けてもよい。この場合、部品点数を削減できるため、コストを低減することができる。

【 0 0 2 6 】

図7は、図1のAA断面図を示す。沸騰水型原子炉において、4本の主蒸気配管27は周方向に等間隔で配置されておらず、90°および270°の方向に各2本ずつ集中して配置されている(図7において、主蒸気配管27aと27cの間を0°と規定し、時計回りに角度を規定する)。ドライヤスカート内の蒸気が連通穴92を通過するとき、蒸気がドライヤスカート内水面32から液滴を捕捉してドライヤスカート外蒸気空間51に流れ、その液滴を伴ったまま主蒸気配管27を通過してタービンへ流れ込む可能性がある。湿分が多いと、主蒸気配管27やタービンの腐食等の問題を引き起こす可能性があるため、過度の湿分は好ましくない。そこで、連通穴92の位置を主蒸気配管27から離れた図7の0°および180°の位置を中心に配置している。この配置により、連通穴92から主蒸気配管27の入口までに距離があるため、蒸気内の液滴は重力の作用で落下し、タービンへ送られる液滴量を低減することができる。

40

【 0 0 2 7 】

50

また、ドライヤスカート外側に取り付けたカバー 93 はドライヤスカート 9 の補強にもなり、ドライヤの信頼性を向上させることができる。なお、カバー 93 をドライヤスカート 9 に取り付ける際、周方向の途中に一つないしは複数の補強板 99 を設置すると強度が向上する。

【0028】

このように、本実施例のドライヤスカートは、ドライヤスカートの内外を連通させる連通穴と、その連通穴を覆うとともに、連通穴から流出した蒸気が連通穴よりも上方向に逃げ、蒸気を放出する開口部を有したカバーを備えることにより、ドライヤスカートを補強し、かつ、出力向上幅を拡大することができる。

【実施例 2】

【0029】

図 6 を用いて実施例 2 を説明する。本実施例が実施例 1 と異なるのは、カバー 93 の開口部 94 を L 字型部材 96 で覆っていることである。この L 字型部材 96 には以下の効果がある。

【0030】

連通穴 92 を通ってカバー 93 に流入する蒸気は、気水分離器 4 から排出された蒸気である。この蒸気はドライヤ 5 を通過した蒸気よりも湿分が多い。また、ドライヤスカート内の蒸気が連通穴 92 に進入する際に、ドライヤスカート内の液面を乱して液滴を捕捉する可能性がある。連通穴 92 を通過する蒸気量が多くなりタービンへ運ばれる湿分が多くなると、主蒸気配管 27 やタービンの腐食等の問題が発生する。

【0031】

そこで、開口部 94 を L 字型部材 96 で覆うことにより、蒸気流 21 は L 字型部材 96 のところで大きく曲げられる。蒸気中に含まれる液滴は、蒸気との密度差による遠心分離作用で L 字型部材 96 に衝突し、L 字型部材 96 の内側表面に液膜 33 を形成する。この液膜 33 は、蒸気流 21 によって外側に流され、ドライヤスカート外の液面に落下する。このとき、液膜 33 は蒸気流 21 の中を落下することになる。なお、L 字型部材 96 で液膜 33 を形成させて大きな塊としているので、蒸気流 21 に再び捕捉されてタービンに運ばれる液量の割合は、L 字型部材を設けない場合よりも低減する。

【0032】

L 字型部材 96 を取り付けたことにより、連通穴 92 からドライヤスカート外蒸気空間 51 までの流路抵抗が増えて圧力損失が増加する。そのため、ドライヤスカート内外の水位差 H2 は実施例 1 の水位差 H1 と比較すると若干大きくなるが、連通穴 92 を設けない場合の水位差 H0 と比較すると小さくすることができる。

【実施例 3】

【0033】

図 8 および図 9 を用いて実施例 3 を説明する。本実施例が実施例 2 と異なる点は、開口部 94 を覆っている L 字型部材 96 の終端に液膜 33 を集めて排出するドレン用溝 97 を設けたことである。このドレン用溝 97 は、L 字型部材 96 の周方向終端まで伸びている。そして、L 字型部材 96 の周方向終端部に液膜 33 の排出管 98 が設けられている（図 9）。このドレン用溝 97 には以下の効果がある。

【0034】

実施例 2 で説明したように、割合はわずかであるが、L 字型部材 96 から落下する液膜 33 が蒸気流 21 に再び捕捉されてタービンへ運ばれる。また、カバー 93 を通過する蒸気量が増加すると、ドライヤスカート内の液面から捕捉される液滴が増加し、液膜 33 の絶対量が増えて湿分が過剰になる可能性がある。

【0035】

そこで本実施例では、L 字型部材 96 の終端にドレン用溝 97 を設けて、L 字型部材 96 に形成された液膜 33 をこのドレン用溝 97 に集める。集めた液膜 33 は、L 字型部材 96 の周方向終端部に設けた排水管 98 へ供給し、液膜 33 をドライヤスカート外の液面に戻している。L 字型部材 96 で集められた液膜 33 を開口部 94 から排出された蒸気流

10

20

30

40

50

2 1 の中を通過させずにドライヤスカート外の液面に戻すことができるため、液膜 3 3 が再び蒸気流 2 1 に捕捉されてタービンへ送られることを防ぐことができる。

【 0 0 3 6 】

L 字型部材 9 6 にドレン用溝 9 7 を取り付けたことにより、連通穴 9 2 からドライヤスカート外蒸気空間 5 1 までの流路抵抗が増えて圧力損失が増加し、ドライヤスカート内外の水位差 H 3 は実施例 2 の水位差 H 2 と比較すると若干大きくなる。但し、連通穴 9 2 を設けない場合の水位差 H 0 と比較して、水位差を小さくすることができる。

【 産業上の利用可能性 】

【 0 0 3 7 】

本発明は、沸騰水型原子炉に適用可能である。

10

【 符号の説明 】

【 0 0 3 8 】

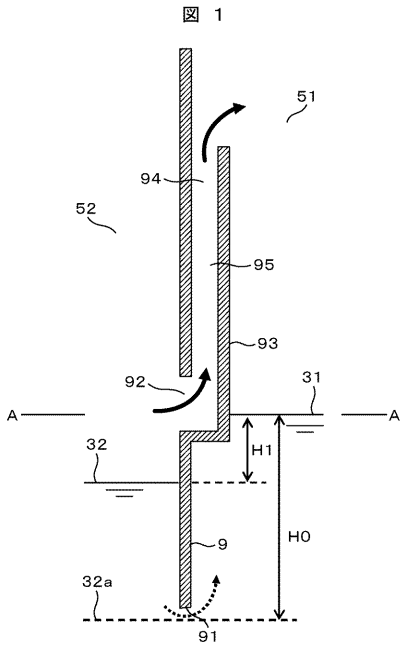
- 1 原子炉圧力容器
- 2 炉心
- 3 炉心シュラウド
- 4 気水分離器
- 5 蒸気乾燥器 (ドライヤ)
- 6 ダウンカマ
- 7 再循環系配管
- 8 再循環ポンプ
- 9 ドライヤスカート
- 1 1 ジェットポンプ
- 1 2 ライザ管
- 2 1 蒸気流
- 2 7 , 2 7 a , 2 7 b , 2 7 c , 2 7 d 主蒸気配管
- 2 8 給水配管
- 2 9 下部プレナム
- 3 1 原子炉水位
- 3 2 , 3 2 a ドライヤスカート内水位
- 3 3 液膜
- 3 4 冷却水
- 4 1 第一バレル排水路出口
- 5 1 ドライヤスカート外蒸気空間
- 5 2 ドライヤスカート内蒸気空間
- 9 1 ドライヤスカート下端
- 9 2 , 9 2 a , 9 2 b , 9 2 c , 9 2 d 連通穴
- 9 3 , 9 3 a , 9 3 b カバー
- 9 4 開口部
- 9 5 流路
- 9 6 L 字型部材
- 9 7 ドレン用溝
- 9 8 排水管
- 9 9 a , 9 9 b 補強板

20

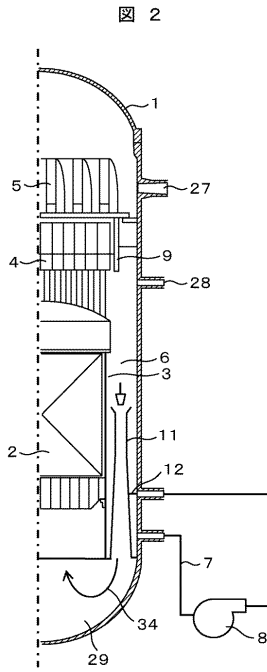
30

40

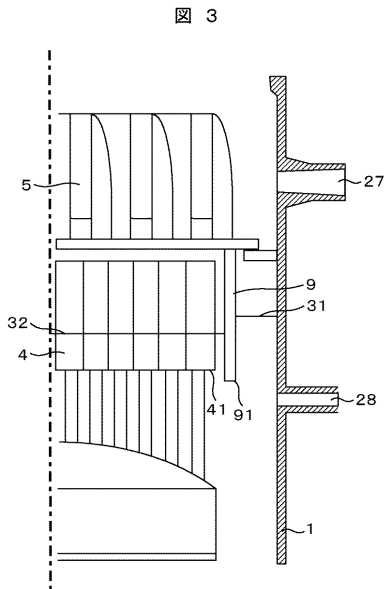
【 図 1 】



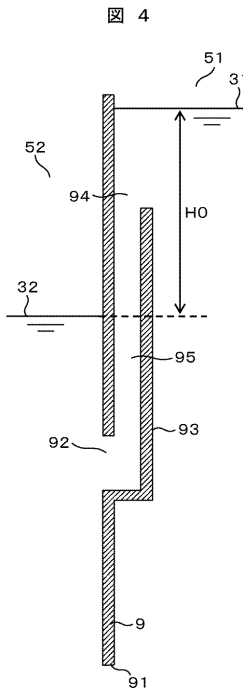
【 図 2 】



【 図 3 】

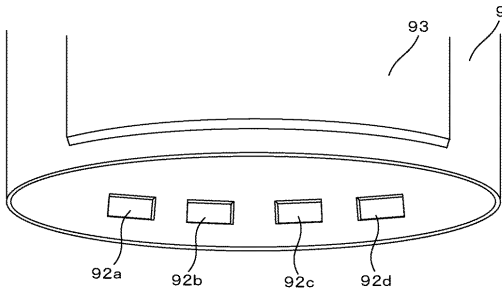


【 図 4 】



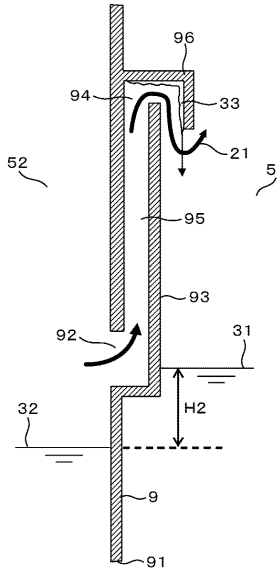
【 図 5 】

図 5



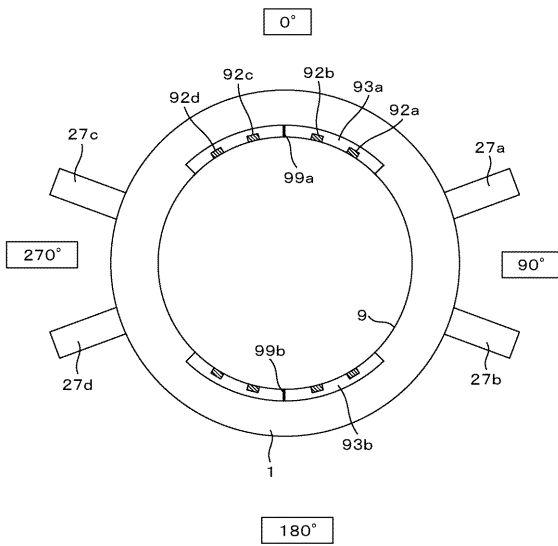
【 図 6 】

図 6



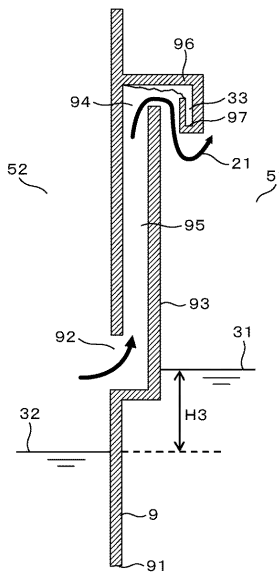
【 図 7 】

図 7



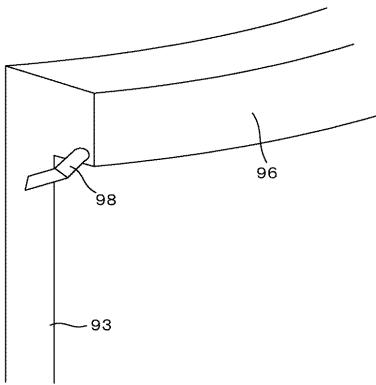
【 図 8 】

図 8



【 図 9 】

図 9



フロントページの続き

(72)発明者 永吉 拓至

茨城県日立市大みか町七丁目2番1号

環境システム研究所内

株式会社日立製作所エネルギー・