

(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2016-125837

(P2016-125837A)

(43) 公開日 平成28年7月11日(2016.7.11)

(51) Int.Cl.

G21C 9/02 (2006.01)

F1

G21C 9/02 GDFZ

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2014-264483 (P2014-264483)
 (22) 出願日 平成26年12月26日 (2014.12.26)

(71) 出願人 505374783
 国立研究開発法人日本原子力研究開発機構
 茨城県那珂郡東海村大字舟石川765番地
 1
 (74) 代理人 110000442
 特許業務法人 武和国際特許事務所
 (72) 発明者 神山 健司
 茨城県東茨城郡大洗町成田町4002番地
 独立行政法人日本原子力研究開発機構
 大洗研究開発センター内
 (72) 発明者 佐藤 一憲
 茨城県東茨城郡大洗町成田町4002番地
 独立行政法人日本原子力研究開発機構
 大洗研究開発センター内

最終頁に続く

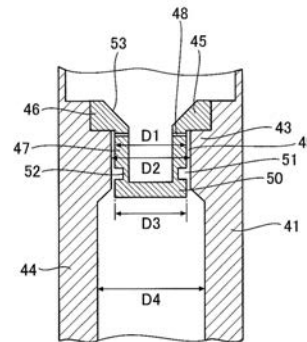
(54) 【発明の名称】 高速炉の制御棒案内管

(57) 【要約】

【課題】 溶融燃料の炉心外への流出を促進させることのできる高速炉の制御棒案内管を提供する。

【解決手段】 断面形状が略凹形の流路内構造物45を内側に収容した高速炉の制御棒案内管41で、流路内構造物45の略凹形を形成する凹部47内に流入・堆積した溶融燃料31の熱容量により溶断することのできる肉薄部52を、凹部47の周壁に凹部47の周方向に沿って連続して設けたことを特徴とする。

【選択図】 図2



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

断面形状が略凹形の流路内構造物を内側に収容した高速炉の制御棒案内管において、前記流路内構造物の略凹形を形成する凹部に流入・堆積した溶融燃料の熱容量により昇温して溶断することのできる肉薄部を、前記凹部の周壁に当該凹部の周方向に沿って連続して設けたことを特徴とする高速炉の制御棒案内管。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の高速炉の制御棒案内管において、前記肉薄部を前記凹部の底部近傍に設けたことを特徴とする高速炉の制御棒案内管。

【請求項 3】

請求項 1 または 2 に記載の高速炉の制御棒案内管において、当該制御棒案内管の前記流路内構造物の収容位置より下方に、前記凹部の底部の外径 D_3 より径大の内径 D_4 を有する排出筒部が下方に向けて形成され、前記凹部の底部が排出筒部側に臨んでいることを特徴とする高速炉の制御棒案内管。

10

【請求項 4】

請求項 1 ないし 3 のいずれか 1 項に記載の高速炉の制御棒案内管において、当該制御棒案内管の内側途中に縮径されて内径 D_2 の段部が形成され、前記段部の内径 D_2 よりも小径の外径 D_1 を有する前記流路内構造物の凹部を前記段部の内側に収容して、前記段部と前記凹部の間に隙間が形成され、前記隙間により当該制御棒案内管内を流通する冷却材の流量が調整されることを特徴とする高速炉の制御棒案内管。

20

【請求項 5】

請求項 1 ないし 4 のいずれか 1 項に記載の高速炉の制御棒案内管において、前記冷却材が液体金属ナトリウムであることを特徴とする高速炉の制御棒案内管。

【請求項 6】

請求項 1 ないし 5 のいずれか 1 項に記載の高速炉の制御棒案内管において、前記流路内構造物がダッシュポットであることを特徴とする高速炉の制御棒案内管。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、例えば液体金属ナトリウムなどの冷却材を使用する高速炉の制御棒案内管に係り、特に高速炉の炉心損傷事故において、溶融燃料（損傷炉心物質）が制御棒案内管の周壁を溶融して侵入した場合の溶融燃料（損傷炉心物質）の制御棒案内管からの排出機構に関するものである。

30

【背景技術】

【0002】

ナトリウム冷却高速炉の炉心損傷事故において、燃料移動による再臨界を防止するためには、制御棒案内管を通じて損傷炉心物質を炉心外へ流出することが有効である。

【0003】

図 4 は、制御棒集合体の基本的な構造図である。同図に示すように制御棒集合体 1 は、制御棒 2 と、その制御棒 2 を個別に収容する制御棒案内管 3 から主に構成されている。

40

【0004】

制御棒案内管 3 の下端部には先細り状になったエントランスノズル 4 が設けられ、制御棒案内管 3 の内側の軸方向途中には縮径になった段部 5 が設けられ、その段部 5 の上にはダッシュポット（緩衝器）6 が設置されている。

【0005】

ダッシュポット 6 は凹部 7 を有し、全体の断面形状が略凹形をしており、凹部 7 の下部には円筒状の脚部 8 が設けられ、脚部 8 の内周部側から外周部側に向けて貫通した穴 9 が脚部 8 の周方向に沿って複数個形成されている。

【0006】

ダッシュポット 6 の外径は、制御棒案内管 3 の内径よりも若干小さく、また、段部 5 の

50

内径よりも若干大きく設計されており、ダッシュポット 6 を段部 5 の上に設置すると、制御棒案内管 3 とダッシュポット 6 の間に隙間 10 が形成される。

【 0 0 0 7 】

冷却材である液体金属ナトリウム 11 は、制御棒案内管 3 のエントランスノズル 4 側から流入し、制御棒案内管 3 の内側を上昇し、ダッシュポット 6 の穴 9 を通って、制御棒案内管 3 とダッシュポット 6 の間の隙間 10 に流入し、制御棒 2 を冷却しながら制御棒案内管 3 の上部に至る。

【 0 0 0 8 】

図 5 は原子炉容器の内部の構造例を示す図で、図中の符号 12 は原子炉容器、13 は液体金属ナトリウム流入配管、14 は液体金属ナトリウム流出配管、15 は炉心槽、16 は上部炉心支持板、17 は下部炉心支持板、18 は連絡管であり、図に示すような配置、構造になっている。

10

【 0 0 0 9 】

図 6 は、原子炉容器内での液体金属ナトリウムの流れの一部を示す図である。同図に示すように上部炉心支持板 16 と下部炉心支持板 17 の間に連絡管 18 が架設されており、連絡管 18 の内側に液体金属ナトリウム 11 の流量を調整する流量調整部 20 が設置されている。

【 0 0 1 0 】

この流量調整部 20 は、例えば、複数の孔 21 を開けた金属板 22 を連絡管 18 の内側に所定の間隔をおいて、孔 21 が互いに重ならないように複数枚軸方向に設置した構造になっている。

20

【 0 0 1 1 】

液体金属ナトリウム 11 は図 5 に示すように、液体金属ナトリウム流入配管 13 によって原子炉容器 12 内の下部に供給され、原子炉容器 12 の下部から上昇して、図 6 に示すように連絡管 18 の下部から入り込み、各金属板 22 の孔 21 を通過する際の流動抵抗により、液体金属ナトリウム 11 の通過流量が制限され、それによって液体金属ナトリウム 11 の流量調整がなされる。

【 0 0 1 2 】

図 4 に示すように、制御棒案内管 3 のエントランスノズル 4 が連絡管 18 の上部に差し込まれているから、流量調整された液体金属ナトリウム 11 は連絡管 18 を出て制御棒案内管 3 に入る。

30

【 0 0 1 3 】

そして液体金属ナトリウム 11 は、ダッシュポット 6 の穴 9 を通って制御棒案内管 3 とダッシュポット 6 の間に形成された隙間 10 に流入して制御棒 2 を冷却し、制御棒案内管 3 の上部から排出される。

【 0 0 1 4 】

図 7 は炉心配置図で、図中の符号 23 は炉心燃料集合体、25 は径方向ブランケット燃料集合体、26 は遮蔽体、28 は制御棒集合体であり、図に示すような配置になっている。

【 0 0 1 5 】

図 7 に示すように、燃料集合体 23 の約 10 体に対して、制御棒集合体 28 が 1 体程度の割合で設けられており、各制御棒集合体 28 が燃料集合体 23 群の中に所定の間隔をおいて分散されている。

40

【 0 0 1 6 】

なお、原子炉でシビア・アクシデントが発生した場合の対応策に関する先行技術文献として、例えば特公平 5 - 80636 号公報（特許文献 1）や特開平 5 - 341081 号公報（特許文献 2）などを挙げるができる。

【 先行技術文献 】

【 特許文献 】

【 0 0 1 7 】

50

【特許文献1】特公平5-80636号公報

【特許文献2】特開平5-341081号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0018】

原子炉の定格運転に際しては、制御棒集合体1に対する液体金属ナトリウム11の定格流量を確保する必要があり、そのために前述した流量調整部20が設けられている。しかしながら、設計基準を超える事故により炉心が損傷して溶融するシビア・アクシデントを考慮すると、図4に示す制御棒集合体1の構造では改善すべき問題点がある。

【0019】

ナトリウム冷却高速炉でのシビア・アクシデントでは、炉心の核的な特性により、原子炉の出力が増加する可能性がある。原子炉の核的活性度を低下させて安定状態に移行させるためには、シビア・アクシデントにおいて生じた溶融燃料を炉心外へ流出させることが効果的である。

【0020】

ナトリウム冷却高速炉の燃料集合体は稠密ピン束で構成されており図7に示されているように、燃料集合体23の約10体に対して制御棒集合体28が1体程度の割合で燃料集合体23群中に分散されているから、制御棒集合体28が溶融燃料の有効な流出経路となる。

【0021】

しかしながら、図4に示す下方に流量調整部20を備えた制御棒集合体1では溶融燃料の流出が妨げられて、原子炉が核的に安定状態に移行しない可能性があることが判明した。

【0022】

図8(a)~(c)は、制御棒集合体1への溶融燃料(損傷炉心物質)31の侵入から流量調整部20による溶融燃料31の流出阻止までの経過を説明する図である。

【0023】

図8(a)に示すように、溶融燃料31が制御棒集合体1の周壁を溶融して侵入すると、制御棒集合体1内にある液体金属ナトリウム11と溶融燃料31の熱的相互作用32により、図8(b)に示すように制御棒集合体1内のダッシュポット6の上方にナトリウムポイド領域33が形成され、それが発達する。

【0024】

また、溶融燃料31の一部は制御棒案内管3とダッシュポット6の間の隙間10にも入り込むが、流量調整部20により下方の流動抵抗が大きいから、初期状態では溶融燃料31は制御棒2および制御棒2と制御棒案内管3の隙間を通過して、制御棒集合体1内の上部に分散34する。

【0025】

図8(c)に示すように、制御棒2および制御棒2と制御棒案内管3の隙間に入り込んだ溶融燃料31が固化して隙間が閉塞35されても、溶融燃料31の侵入は引き続き起こり、溶融燃料31はダッシュポット6の周囲に溜り、溶融燃料31の固化とダッシュポット6の存在により閉塞35が起こる。

また、ダッシュポット6の所で閉塞35しない場合、溶融燃料31はダッシュポット6の穴9を通過して下方に移動36し、流量調整部20の上面まで流下しそこで停止して、固化による閉塞35が起こる。図8(c)は、この状態を示している。

【0026】

このように図4に示す制御棒集合体1の構造では、特に流量調整部20で溶融燃料31の流出が妨げられて、原子炉が核的に安定状態に移行しない可能性があることが判明した。

【0027】

本発明はこのような技術背景においてなされたものであり、その目的は、炉心の核的活

10

20

30

40

50

性度を低下させて原子炉を安定状態に移行させるために有効な手段である、熔融燃料の炉心外への流出を促進させることのできる高速炉の制御棒案内管を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0028】

前記目的を達成するため、本発明の第1の手段は、断面形状が略凹形の例えばダッシュポットなどの流路内構造物を内側に収容した高速炉の制御棒案内管において、

前記流路内構造物の略凹形を形成する凹部に流入・堆積した熔融燃料の熱容量により昇温して溶断することのできる肉薄部を、前記凹部の周壁に当該凹部の周方向に沿って連続して設けたことを特徴とするものである。

【0029】

本発明の第2の手段は前記第1の手段において、前記肉薄部を前記凹部の底部近傍に設けたことを特徴とするものである。

【0030】

本発明の第3の手段は前記第1または第2の手段において、当該制御棒案内管の前記流路内構造物の収容位置より下方に、前記凹部の底部の外径D3より径大の内径D4を有する排出筒部が下方に向けて形成され、前記凹部の底部が排出筒部側に臨んでいることを特徴とするものである。

【0031】

本発明の第4の手段は前記第1ないし第3のいずれかの手段において、当該制御棒案内管の内側途中に縮径されて内径D2の段部が形成され、前記段部の内径D2よりも小径の外径D1を有する前記流路内構造物の凹部を前記段部の内側に収容して、前記段部と前記凹部の間に隙間が形成され、前記隙間により当該制御棒案内管内を流通する冷却材の流量が調整されることを特徴とするものである。

【0032】

本発明の第5の手段は前記第1ないし第4のいずれかの手段において、前記冷却材が液体金属ナトリウムであることを特徴とするものである。

【0033】

本発明の第6の手段は前記第1ないし第5のいずれかの手段において、前記流路内構造物がダッシュポットであることを特徴とするものである。

【発明の効果】

【0034】

本発明は前述のような構成になっており、熔融燃料の炉心外への流出を促進させることのできる高速炉の制御棒案内管を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0035】

【図1】本発明の実施例に係る制御棒集合体の構造図である。

【図2】本発明の実施例に係る制御棒案内管の要部拡大断面図である。

【図3】本発明の実施例に係る制御棒集合体への熔融燃料の侵入から流出までの経過を説明する図である。

【図4】制御棒集合体の基本的な構造図である。

【図5】原子炉容器内部の構造例を示す図である。

【図6】原子炉容器内での液体金属ナトリウムの流れの一部を示す図である。

【図7】炉心の配置図である。

【図8】従来の制御棒集合体への熔融燃料の侵入から流量調整部による熔融燃料の流出阻止までの経過を説明する図である。

【発明を実施するための形態】

【0036】

次に本発明の実施例を図面とともに説明する。図1は本発明の実施例に係る制御棒集合体の構造図、図2は本発明の実施例に係る制御棒案内管の要部拡大断面図である。

【0037】

10

20

30

40

50

制御棒集合体 40 は、制御棒 2 と、その制御棒 2 を個別に収容する制御棒案内管 41 から主に構成されている。

【0038】

制御棒案内管 41 の下端部には先細り状になったエントランスノズル 42 が設けられ、制御棒案内管 41 の内側途中には縮径になった段部 43 と、その段部 43 の下部からエントランスノズル 42 の下端開口部までストレートに真下に延びた排出筒部 44 が形成され、段部 43 の内側にダッシュポット(緩衝器) 45 が収容される。

【0039】

なお、高速炉の通常運転時には排出筒部 44 は、図 1 に示すように液体金属ナトリウム 11 の流通路の一部を形成している。

【0040】

ダッシュポット 45 の全体の断面形状は略凹形をしており、ダッシュポット 45 の上端外周につば部 46 が設けられ、つば部 46 の下部に前記略凹形を形成する凹部 47 が一体に形成されている。

【0041】

図 2 に示すように、凹部 47 の周壁の外径 D_1 は段部 43 の内径 D_2 よりも若干小径 ($D_1 < D_2$) で、凹部 47 の周壁には周方向に沿って複数個の穴 48 が形成されている。

【0042】

図 1 に示すように、制御棒案内管 41 の上部からダッシュポット 45 を制御棒案内管 41 の内側に挿入し、ダッシュポット 45 のつば部 46 を制御棒案内管 41 の段部 43 の上に載置すると、ダッシュポット 45 の凹部 47 が段部 43 の内側に収容され、炉心の下部付近に設置される。

【0043】

このようにしてダッシュポット 45 を収容すると、凹部 47 の周壁と段部 43 との間に、冷却材である液体金属ナトリウム 11 が流通する隙間 49 (図 2 参照) が形成される。この隙間 49 は、凹部 47 の周壁の穴 48 を介して凹部 47 の内部と連通している。

【0044】

この隙間 49 はそこを流通する液体金属ナトリウム 11 の流量を調整(規制)する機能を有しており、従って制御棒案内管 41 の段部 43 と、ダッシュポット 45 の凹部 47 とで液体金属ナトリウム 11 の流量調整部を構成している。従って図 4 に示すように、連絡管 18 内に流量調整部 20 を設ける必要がなく、部品点数の削減と、組み立て工数の削減が図れる。

【0045】

また、図 2 に示すように、制御棒案内管 41 内にダッシュポット 45 を装着した状態で凹部 47 の底部 50 は、制御棒案内管 41 の段部 43 と排出筒部 44 の連結部付近に位置している。

【0046】

そして制御棒案内管 41 の排出筒部 44 の内径 D_4 は、ダッシュポット 45 の底部 50 の外径 D_3 よりも十分に大きく設計されており ($D_3 < D_4$)、底部 50 が排出筒部 44 側に臨んでいる。

【0047】

さらに、凹部 47 の周壁の外周面で底部 50 の直上近傍には、凹部 47 の周方向に連続して延びた凹溝 51 が設けられ、それによって凹部 47 の周方向に連続して延びた肉薄部 52 が形成されている。

【0048】

図 3 (a), (b) は、制御棒集合体 40 への溶融燃料(損傷炉心物質) 31 の侵入から流出までの経過を説明する図である。

【0049】

図 3 (a) に示すように、溶融燃料 31 が制御棒集合体 1 の周壁を溶融して侵入すると、ダッシュポット 45 の凹部 47 内に流入して堆積する。

10

20

30

40

50

【 0 0 5 0 】

図 2 に示すダッシュポット 4 5 のつば部 4 6 の内周面に形成された傾斜面 5 3 は、侵入した溶融燃料 3 1 をダッシュポット 4 5 の凹部 4 7 内に導くガイドとして機能する。

【 0 0 5 1 】

ダッシュポット 4 5 の肉薄部 5 2 は、凹部 4 7 内に堆積した高温の溶融燃料 3 1 の熱容量効果で昇温して、溶断する。換言すれば、肉薄部 5 2 の厚さは、凹部 4 7 内に堆積した溶融燃料 3 1 の熱容量によって溶断できる程度の厚さに設計されていることになる。

【 0 0 5 2 】

そして図 3 (b) に示すように、肉薄部 5 2 の溶断に伴い、ダッシュポット 4 5 の下部 5 0 はダッシュポット 4 5 の本体から離れ、堆積した溶融燃料 3 1 と一緒に排出筒部 4 4 から入口プレナムに向かって落下 5 4 して、溶融燃料 3 1 を排出することができる。

10

【 0 0 5 3 】

前述のように、制御棒案内管 4 1 の排出筒部 4 4 の内径 D_4 は、ダッシュポット 4 5 の下部 5 0 の外径 D_3 よりも十分に大きく設計されているから ($D_3 < D_4$)、堆積した溶融燃料 (溶融炉心物質) 3 1 は従来のように停滞することなくスムーズに排出でき、制御棒案内管 4 1 は再臨界を排除するための有効な排出手段となる。

【 0 0 5 4 】

なお、原子炉容器の内部構造ならびに炉心の配置などは図 5 ならびに図 7 と同様であるので、それらの重複する説明は省略する。

【 0 0 5 5 】

前記実施例では冷却材として液体金属ナトリウムを使用した。水などの他の冷却材を使用することも可能である。

20

【 0 0 5 6 】

前記実施例では図 2 に示すように、ダッシュポット 4 5 の周壁に、その軸方向と直交する方向に延びた穴 4 8 を形成したが、ダッシュポット 4 5 の周壁に、その軸方向に対して斜め上方向に延びた穴を形成することも可能である。

【 0 0 5 7 】

前記実施例では流路内構造物としてダッシュポット 4 5 を用いたが、本発明はダッシュポットに限定されるものではなく、断面形状が略凹形の他の流路内構造物の周壁に肉薄部を設けることも可能である。

30

【 符号の説明 】

【 0 0 5 8 】

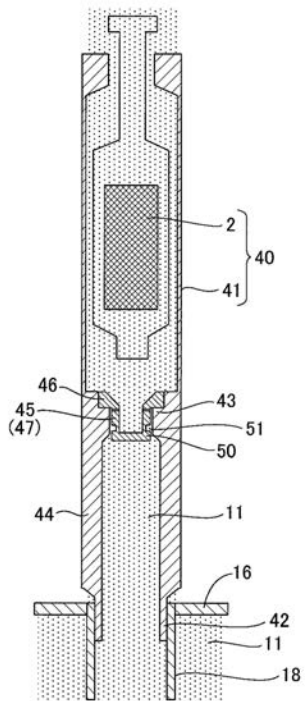
- 1 1 : 液体金属ナトリウム、
- 1 6 : 上部炉心支持板、
- 1 7 : 下部炉心支持板、
- 1 8 : 連絡管、
- 3 1 : 溶融燃料 (損傷炉心物質) 、
- 4 0 : 制御棒集合体、
- 4 1 : 制御棒案内管、
- 4 2 : エントランスノズル、
- 4 3 : 段部、
- 4 4 : 排出筒部、
- 4 5 : ダッシュポット (緩衝器) 、
- 4 6 : つば部、
- 4 7 : 凹部、
- 4 8 : 穴、
- 4 9 : 隙間、
- 5 0 : 下部、
- 5 1 : 凹溝、
- 5 2 : 肉薄部、

40

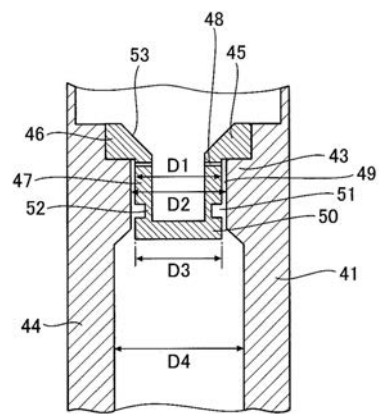
50

- 5 4 : 落下、
- D 1 : 凹部の外径、
- D 2 : 段部の内径、
- D 3 : 底部の外径、
- D 4 : 排出筒部の内径。

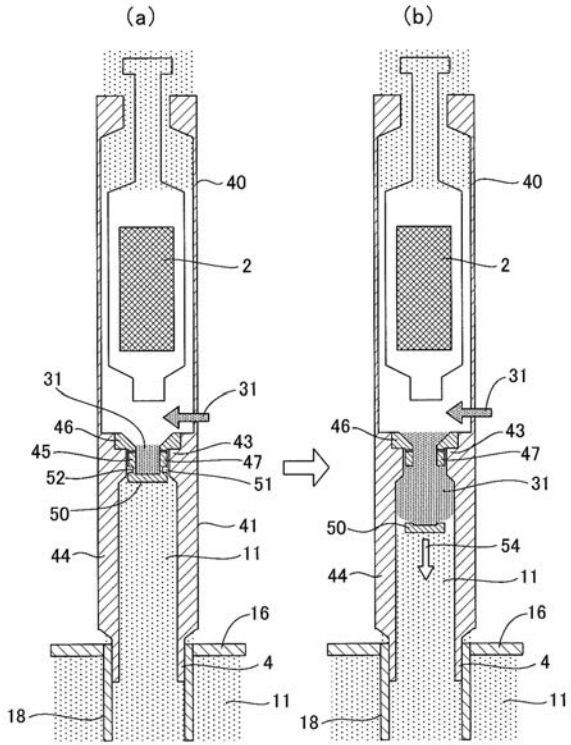
【 図 1 】



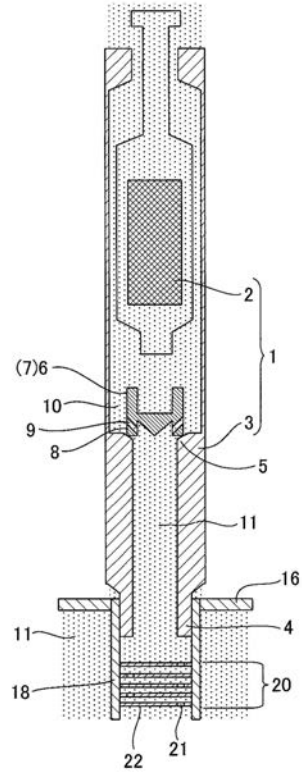
【 図 2 】



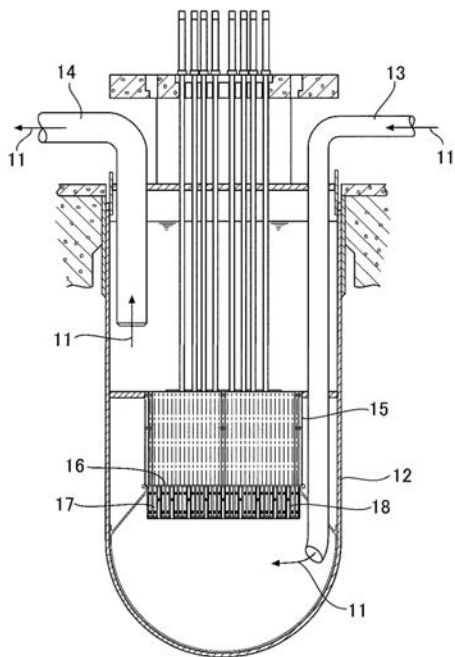
【 図 3 】



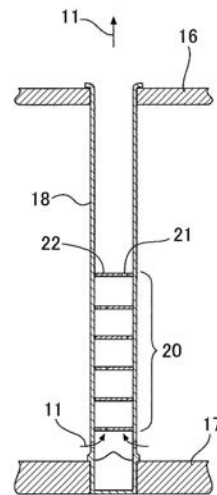
【 図 4 】



【 図 5 】



【 図 6 】



フロントページの続き

- (72)発明者 鈴木 徹
茨城県東茨城郡大洗町成田町4002番地 独立行政法人日本原子力研究開発機構 大洗研究開発
センター内
- (72)発明者 飛田 吉春
茨城県東茨城郡大洗町成田町4002番地 独立行政法人日本原子力研究開発機構 大洗研究開発
センター内
- (72)発明者 久保 重信
茨城県東茨城郡大洗町成田町4002番地 独立行政法人日本原子力研究開発機構 大洗研究開発
センター内