

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7626541号
(P7626541)

(45)発行日 令和7年2月4日(2025.2.4)

(24)登録日 令和7年1月27日(2025.1.27)

(51)国際特許分類 F I
G 2 1 C 15/18 (2006.01) G 2 1 C 15/18 M

請求項の数 10 (全12頁)

(21)出願番号	特願2020-530475(P2020-530475)	(73)特許権者	508177046 ジーイー・ヒタチ・ニュークリア・エナ ジー・アメリカズ・エルエルシー GE - HITACHI NUCLEAR ENERGY AMERICAS, LLC アメリカ合衆国, 28401, ノースカ ロライナ州, ウィルミントン, キャスル ・ヘイン・ロード, 3901
(86)(22)出願日	平成30年12月4日(2018.12.4)	(74)代理人	110002516 弁理士法人白坂
(65)公表番号	特表2021-513052(P2021-513052 A)	(72)発明者	ハント, ブライアン・エス アメリカ合衆国, ノースカロライナ州・ 28401, ウィルミントン, キャスル ・ヘイン・ロード, 3901, ジーイー ・ヒタチ・ニュークリア・エナジー・ア
(43)公表日	令和3年5月20日(2021.5.20)		
(86)国際出願番号	PCT/US2018/063730		
(87)国際公開番号	WO2019/112991		
(87)国際公開日	令和1年6月13日(2019.6.13)		
審査請求日	令和3年11月29日(2021.11.29)		
審査番号	不服2023-8842(P2023-8842/J1)		
審査請求日	令和5年5月30日(2023.5.30)		
(31)優先権主張番号	62/594,528		
(32)優先日	平成29年12月4日(2017.12.4)		
(33)優先権主張国・地域又は機関	米国(US)		
	最終頁に続く		最終頁に続く

(54)【発明の名称】 地熱炉の受動的冷却のためのシステム及び方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

反応容器(100)と、

前記反応容器(100)を取り囲み、冷却剤下降管(120B)および、前記冷却剤下降管(120B)と前記反応容器(100)との間に冷却剤上昇管(120A)とを含む分割流路(120A、120B)と、

前記分割流路(120A、120B)の上方において、前記冷却剤下降管(120B)および前記冷却剤上昇管(120A)と接続し、少なくとも1メートルの深さの地面(20)に埋設され、土壌と直接接触している閉じた冷却剤ループ(120)を備え、

前記冷却剤下降管(120B)および前記冷却剤上昇管(120A)は、前記分割流路(120A、120B)の底部で流体連通し、前記閉じた冷却剤ループ(120)は、流体が前記冷却剤上昇管(120A)から前記閉じた冷却剤ループ(120)を通り前記冷却剤下降管(120B)へ流れることを可能にする、

原子力発電システムから崩壊熱を除去するための受動安全システム。

【請求項2】

前記反応容器(100)を囲む格納構造(110)をさらに備え、

前記格納構造(110)および前記反応容器(100)が地面(20)下にあり、一次熱交換流体は前記反応容器(100)を通り、前記一次熱交換流体は溶融金属、溶融塩、またはガスである、

請求項1に記載のシステム。

10

20

【請求項 3】

前記冷却剤上昇管(120A)及び前記冷却剤下降管(120B)は、前記分割流路(120A、120B)の底部のみにおいて、直接流体連通し、前記冷却剤ループ(120)、前記冷却剤下降管(120B)、及び前記冷却剤上昇管(120A)を通して、前記流体は流れ、作動部品なしで前記反応容器(100)を冷却する、請求項1に記載のシステム。

【請求項 4】

前記冷却剤上昇管(120A)、前記冷却剤下降管(120B)、および前記冷却剤ループ(120)は、流体密であり、水、空気、窒素、希ガス、および冷媒のうちの少なくとも1つで満たされる、請求項1に記載のシステム。

10

【請求項 5】

前記土壌が、灰色の石灰石、柔らかい灰色の砂地粘土、および灰色のわずかにシルト質の砂利のうちの少なくとも1つを含む、請求項1に記載のシステム。

【請求項 6】

前記冷却剤ループ(120)は、その外面から地(20)中に延びる複数の伝熱フィン(121)を含む、請求項1に記載のシステム。

【請求項 7】

原子炉(100)の格納構造(110)の外側の地面(20)から少なくとも1メートルの深さであって、前記原子炉(100)の前記格納構造(110)の外側に、土壌と直接接触するように、閉じた冷却剤導管(120)を埋設する工程と、

20

前記閉じた冷却剤導管(120)を、前記格納構造(110)内の冷却剤上昇管(120A)及び冷却剤下降管(120B)に接続して、流体が前記冷却剤上昇管(120A)から前記閉じた冷却剤導管(120)を通り前記冷却剤下降管(120B)へ流れるようにする工程を、含む原子炉(100)を構築する方法。

【請求項 8】

前記土壌が、灰色の石灰石、柔らかい灰色の砂地の粘土、および灰色のわずかにシルト質の砂利のうちの少なくとも1つを含み、前記冷却剤導管(120)は、流体密であり、水、空気、窒素、希ガス、および冷媒のうちの少なくとも1つで満たされる、請求項7に記載の方法。

【請求項 9】

一次熱交換流体は前記原子炉(100)の容器を通り、前記一次熱交換流体は熔融金属、熔融塩、またはガスである、請求項7に記載の方法。

30

【請求項 10】

前記閉じた冷却剤ループ(120)は、内部導管(120)と、外部導管(120')と、前記内部導管(120)と前記外部導管(120')との間に二次冷却剤(122B)とを含む、請求項1に記載のシステム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

地熱炉の受動的冷却のためのシステム及び方法

40

【背景技術】

【0002】

図1は、米国特許第5,405,602号に記載されているような関連技術の液体金属原子炉のプロファイル断面であり、参照によりその全体が本明細書に組み込まれる。図1に見られるように、環状又は円形のコンクリートサイロ8は、潜在的に地下で、環状格納容器2を収容し、環状格納容器2は、原子炉1を収容し、潜在的に全て同心に整列される。反応器1は、液体ナトリウムなどの液体金属冷却剤中に浸漬された原子炉炉心12を含む。反応器1と格納容器2との間の間隙3として示される空間は、アルゴンなどの不活性ガスで満たされてもよい。原子炉1および格納容器2は、上部フレーム16から垂直下方に吊り下げられている。コンクリートサイロ8は、地震分離器18によって上部フレーム16を支持して、地震の

50

間に原子炉1及び原子炉1の構造的完全性を維持し、それらの構造と周囲サイロ8との間の分離された移動を可能にし得る。

【0003】

原子炉1は、炉心12に選択的に挿入されるか又は炉心12から引き抜かれる中性子吸収制御棒15によって制御される。原子炉1は、制御棒15を核分裂可能な燃料の炉心12に挿入して必要な核分裂生成中性子の燃料を奪うことによって、完全に緊急状態に応答するか、またはルーチン保守を実行するために、完全に停止されてもよい。しかしながら、残留崩壊熱は、時間とともに指数関数的に減少するコア12から生成され続ける。この熱は、停止反応器1から放射されなければならない。液体金属冷却材及び隣接する反応器構造体の熱容量は、残留熱を消散させるのに役立つ。例えば、熱は、原子炉1から格納容器2への熱放射によって伝達されてもよい。格納容器2からの熱はまた、そこから外側に離間したコンクリートサイロ8に向かって外向きに放射することができる。

10

【0004】

この減衰熱ベントを除去するためのシステム、または他の方法では、反応器1から熱を除去し、環境などのヒートシンクに構造を囲む。そのようなシステムの1つは、図1に示されるような原子炉容器補助冷却システム(RVACS)であってもよい。集熱シリンダ5は、格納容器2とサイロ8との間に同心円状に配置され、格納容器2と集熱シリンダ5の内面との間に温風上昇管4を画成する。集熱シリンダ5は、サイロ8と集熱シリンダ5の外表面との間に低温空気下降管7をさらに画定することができる。熱は、格納容器2から温風上昇管4内の空気に伝達されてもよい。集熱シリンダ5の内面は、格納容器2から熱放射を受けることができ、そこからの熱は自然対流によって上昇気流のための上昇空気に伝達され、空気出口9を介して熱を除去する。2つの周囲の高温表面によって上昇管4内の空気を加熱すると、大気が空気入口6を通過して地上レベルを超えて入る自然な空気ドラフトがシステム内に誘導される。入口6からの空気は、冷空气降流管7、次いでコンクリートサイロ8の底部に導かれ、そこで旋回して高温空気上昇管4に入る。高温空気は、接地レベルの上方の空気出口9に導かれる。

20

【0005】

同様の関連する受動型原子炉冷却剤システムは、ハンスベッドらによる1993年3月2日に発行された米国特許第5,190,720号、Horieらによる2014年10月28日に発行された米国特許第8873697号に記載されている。共有に係るシニースらの米国特許出願第15/785548号は、2017年8月17日に出願されており、その全体が参照により本明細書に組み込まれる。ハムドハンらによる、「粗いおよび微細な砂汚れの熱伝導率の決定論」プロシーディングワールドジオサーマルコンGRESS2010、パリ、インドネシア、2010年4月25日は、その全体が本明細書に組み込まれる。

30

タダヨンらの米国特許公開第2012/0255706号(2012年10月11日公開)、1989年7月25日に発行されたハンペイの米国特許第4,485,1183号、ウィッグスらの米国特許第5,816,314号(1989年10月6日発行)、マッコガンによる米国特許第7,179,697号(2009年11月17日発行)、2011年4月27日に公開された中国特許公報第102032716号、2003年5月9日に発行されたマックネアーによる米国特許第7,480,937号、2004年5月9日に発行されたポッツによる米国特許第6,814,866号、1993年5月29日に発行されたハンスベッドによる米国特許第5223210号は、その全体が参照により本明細書に組み込まれる。

40

【発明の概要】

【課題を解決するための手段】

【0006】

例示的な実施形態は、受動安全システムおよびそれを含む反応器を含む。例示的な実施形態の安全システムは、周囲の地面をヒートシンクとして通過する冷却剤流路を有する原子炉容器から不要な熱を除去する。冷却剤流路は、反応器の周囲をループし、次いで、潜在的に閉じ込め建物を通して周囲の地面に入る下降管および上昇管に分割されてもよい。例

50

示的な実施形態の受動的冷却システムによる冷却中に動作する必要がない、熔融金属または熔融塩を一次熱交換流体として使用する、軽水、ガス冷却、またはプリズム型反応器を含む、任意のタイプの反応器を使用することができる。実際、重力ベースの自然循環によって完全に駆動され得る、例示的な実施形態の安全システムでは、能動構成要素は使用されないことがある。受動ダンパシステムは、冷却剤ループ内の電力なしに作動して、閾値温度で導管を開くことができる。

【0007】

冷却剤ループは、気密であり、水、空気、窒素、希ガス、冷媒などの任意の冷却剤で充填されてもよい。地面は、ループに直接接触していてもよく、灰色の石灰石、柔らかい灰色の砂粒粘土、灰色のややシルト質の砂利等、または所望の伝熱特性を有する任意の他の充填物を含んでもよい。熱伝達を強化し、熱を吸収するために利用可能な接地容積を拡大するために、冷却剤ループに冷却剤フィンおよび/または二次冷却剤を有するジャケットを使用することができる。冷却剤ループは、任意の一定または可変の深さで埋設されてもよく、原子炉および格納容器はまた、地中に埋設されてもよい。

10

例示的な実施形態は、添付の図面を詳細に説明することによってより明らかになり、同様の要素は、例示のみを目的として与えられ、したがって、それらが示す用語を限定するものではない。

【図面の簡単な説明】

【0008】

【図1】従来の原子炉容器補助冷却システム(RVACS)のプロファイル概略図である。

20

【図2】例示的な実施形態の原子力発電所の概略図である。

【図3】図2の原子力発電所のための例示的な実施形態の地熱冷却剤ループの概略図である。

【図4】図3の例示的な実施形態の地熱冷却剤ループにおいて使用可能な冷却剤ループ管の断面図である。

【図5】例示的な実施形態の冷却剤ループで使用可能な冷却剤の液相および気相を温度によって示すグラフである。

【発明を実施するための形態】

【0009】

これは、特許文献であるため、一般的に、それを読むときに構築の広範な規則が適用されるべきである。本明細書に記載され示された全ては、以下に添付される特許請求の範囲に含まれる主題の一例である。本明細書で開示される任意の特定の構造的および機能的詳細は、単に例を作成および使用する方法を説明するためのものにすぎない。本明細書に具体的に開示されていないいくつかの異なる実施形態および方法は、請求項の範囲内に入り得る。したがって、特許請求の範囲は、多くの代替形態で実施され得、本明細書に記載の例のみに限定されると解釈されるべきではない。

30

【0010】

第1、第2、の序数は、様々な要素を説明するためであることが理解されるであろう。本明細書では、これらの要素は、これらの用語による任意の順序に限定されるべきではない。これらの用語は、1つの要素を別の要素と区別するためにのみ使用される。複数の第2のまたはより高い規則がある場合、単に、任意の差または他の関係なしに、多くの数の要素が存在するだけでなければならない。例えば、例示的な実施形態または方法の範囲から逸脱することなく、第1の要素を第2の要素と呼ぶことができ、同様に、第2の要素を第1の要素と呼ぶことができる。

40

【0011】

本明細書で使用されるように、「および/または」という用語は、単一の項目、項目のサブグループ、またはすべての項目のみが存在することが明確に示されない限り、関連するリストされた項目のうちの一つまたは複数のすべての組合せを含む。複数の(一つまたは複数の)任意の信号および/または(複数の)組合せにおける、上記の項目の同じグループに属する他のすべての要素の包含を示し、また、複数の他のすべての要素が含まれることを

50

示す。

【0012】

要素が「接続」されると言及されるとき、「結合された」、「組合された」、「付加された」、「固定された」、等であることが理解されるであろう。別の要素には、他の要素に直接接続されてもよいし、介在要素が存在してもよい。対照的に、要素が他の要素に「直接接続される」「直接結合された」と呼ばれる場合、別の要素には、介在する要素は存在しない。要素間の関係を説明するために使用される他の語は、同様の形で解釈されるべきである（例えば、「間」対「直接間に」、「隣接する」対「直接隣接する」等）。同様に、「通信可能に接続された」のような用語は、ワイヤレスに接続される中間デバイス、ネットワーク、等を含む、2つの電子デバイス間の情報交換およびルーティングのすべての変形を含む。

10

【0013】

本明細書で使用されるように、単数形「a」、「an」、および「the」は、明示的に別段の指示がない限り、単数形および複数形の両方を含むことが意図される。「a」、「an」のような不定冠詞は、以前に導入された用語とそうでない場合の両方を導入または参照し、一方、「the」のような定冠詞は、同じ以前に導入された用語を指す。このように、「a」、「an」は、以前に導入された又は新規であると認められた項目を修正するものであり、一方で定冠詞は、過去に導入されたものとまさに同じ項目を修正するものである。「備える」、「含む」という用語は、述べられた特徴、特徴、ステップ、動作、要素、および/または構成要素の存在を指定するが、それ自体は、1つまたは複数の他の特徴、特性、ステップ、動作、要素、成分および/またはその基の存在または追加を排除しないことが理解されよう。

20

【0014】

以下で説明する構造および動作は、図面に記載および/または記載された順序とは異なる順序で行われてもよい。例えば、連続して示される2つの動作および/または図は、関与する機能/動作に応じて、実際には同時に実行されてもよく、ときには逆の順序で実行されてもよい。同様に、以下で説明する例示的な方法内の個々の動作は、以下で説明する単一の動作とは別に、ループまたは他の一連の動作を提供するために、個々にまたは順次に実行され得る。以下で説明する特徴および機能を有する任意の実施形態または方法は、任意の実行可能な組合せで、例示的な実施形態の範囲内に入ると推定されるべきである。

30

【0015】

ここで使用される、「地下」という文言は、原子力発電機に関して、地面、水平線、自然の地球の表面より下の、あらゆる位置を含むが、この際に地面を掘ったり、掘削したり、または他の表面除去を伴わずに真上から接触されることが不可能な位置のことをいう。例えば、これらの用語は、要素を覆う土壌に要素を埋めること、容器又は構造内の要素を地中に配置すること、要素の周囲に土手を構築して要素を埋めた状態にすること、を含む。

【0016】

本発明者らは、地上の煙突および流体媒体を利用するRVACSなどの関連受動冷却剤システムが、いくつかの反応器設計において数十メガワットの熱崩壊熱を放散し得るが、これは、より小型の反応器、特にプリズム反応器のような液体金属冷却ベースの反応器には不要であり得ることを認識した。発明者らは、シャットダウン状態において最大20メガワットの熱崩壊熱を発生するより小さい反応器を、土壌を含む固体媒体ヒートシンクによって十分に冷却することができることを認識した。

40

【0017】

本発明者らは、地上の冷却構造が大きい関連技術のRVACSが、航空機の衝突、天候、およびアクセス可能な位置によって促進される攻撃に起因するさらなる事故ベクトルを表すことをさらに認識した。これらの新たに認識された問題ならびに他の問題を克服するために、発明者らは、例示的な実施形態によって可能にされる固有の解決策を本発明者らによって認識されたこれらおよび他の問題に対処するために以下に説明する例示的な実施形態および方法を開発した。

50

【 0 0 1 8 】

本発明は、地熱反応器冷却システム、それを含む反応器、および原子炉内で同じ使用方法である。本発明とは対照的に、以下で説明するいくつかの例示的な実施形態および例示的方法は、本発明と一緒におよび/またはそれに関連して使用され得る様々な異なる構成のほんの一部を例示する。

図 2 に示すように、例示的な実施形態のプラントは、コア 101 が完全に地下にある原子炉 100 を含む。プリズム反応器の例では、ナトリウムまたは塩熱交換冷却剤などの液体金属を含む一次冷却剤ループが、潜在的に、ベースマット構造 111 を有する限られた格納構造 110 内に埋め込まれてもよい。中間または非主要熱交換ループ 105 のみが、動力タービンおよび発電機 106 の上方に配置されてもよい。

10

【 0 0 1 9 】

中間熱交換ループ 105、タービン、および発電機 106 の損失または損傷、ならびに反応器およびプラント構成要素の運転制御室 160 の運転でさえ、一般に、地下の自給式一次冷却材を使用する反応器 100 への損傷は危険ではない。例えば、図 2 に示された反応器は、全体が地下で、実施例の実施形態の地熱減衰熱除去ループ 120 で置き換えられた RVACS を除いて、組み込まれた文献に記載されているような他のプリズム反応器とほぼ同一であってもよい。

【 0 0 2 0 】

図 2 に示されるように、RVACS 様の実施形態の地熱冷却剤ループ 120 は、原子炉容器またはその導電性構造体の周りに直接流れ、反応器からの熱を吸収することができる。停止プリズム反応器の例では、上向きに流れる導管 120A は、シャットダウン反応器から、最大 20 メガワットの熱、及び 1 ~ 2 メガワットの熱を、プリズム 10 反応器設計のために 1 ~ 2 メガワットの熱を吸収し得る。上向きの導管 120A は、反応器 100 の高さ、潜在的に数メートル、反応器 100 の周囲を走ってもよい。上向きの導管 120A は、反応器容器自体と付加的に製造されるヒートパイプの形態をとることができ、反応器 100 と上方に流れる導管 120A との間の最大熱伝達を可能にする。反応器 100 に沿って吸収されるこの高さ及び熱は、導管 120 内の自然対流を駆動することができ、高温流体は、密度勾配に起因してループ内で上方に駆動される。

20

【 0 0 2 1 】

上向き導管 120A は、格納構造 110 及び原子炉支持構造を地中地中地熱冷却ループ 120 に流出させ得、地中地熱冷却ループ 120 は、援用されたハムドハンの文書に開示される全ての土壌及び媒体タイプを含む土壌又は他の表面媒体に数フィートを埋め込むことができる。埋込深さ D は、例えば、1 ~ 20 フィート、または表面損傷からループ 120 を保護しながら十分な熱容量を提供するのに十分な任意の深さであってもよく、また、建設コストを最小化する。あるいは、深さ D は、より深い地熱ヒートシンクを利用するために、数百または数千フィートの深さであってもよい。冷却ループ 120 は、図 2 に示すように様々な埋め深さ d 及び d' で長さによって深くなり、それにより冷却器温度の方向に重力勾配を有するよう自然循環を高める。そしてループ 120 は、d = d' の場合、代替的に、同じまたは一貫した深さであってもよいことを理解されたい。

30

【 0 0 2 2 】

ループ 120 は、ループ 120 を通る流れを調整及び制御し得るコールドトラップ 150 及び/又は停止制御 151 を通って流れることができる。例えば、コールドトラップ 150 は、ループ 120 に蓄積する蒸気を凝縮することができ、停止制御 151 は、ヒートシンクの必要性に応じてループ 120 を通る流れを制限または許容するダンパまたは他の流量制限器を含むことができる。

40

【 0 0 2 3 】

ループ 120B は下向きの導管 120B を含むことにより、ループ 120 内の冷却された冷却剤を反応器 101 に戻す。図 2 に示すように、接地 20 を通過し、熱を同じに伝達した後、導管 120 は、下方に流れて原子炉格納構造 110 及び支持構造に流れ込み、上方導管 120A を有するループを形成する。再び、下方導管 120B 内の冷却された流体

50

により、これはループ120内の自然循環を駆動することができる。このようにして、高さの原子炉熱源の垂直上方の土壌の冷却器のヒートシンクにより、導管120内で自然対流が起こり、反応器100からの熱伝達を助けることができる。このように、例示的な実施形態の地熱ヒートシンクシステムは、ほとんど受動的で自動であってよく、ポンプ、ファン他を一切伴わずに、崩壊熱発生率で反応器から熱を伝達する。

【0024】

もちろん、条件式および能動的構成要素を例示的な実施形態で使用してもよい。例えば、組み込まれた洞房文書からのダンパシステムは、通常運転中に導管120を受動的に閉鎖して、エネルギー発生に使用可能な熱の損失を回避することができる。あるいは、例えば、緊急またはシャットダウン冷却を必要とすることに関連する温度に達すると、導管120内で溶融可能プラグを使用して、それを開くことができる。あるいは、例えば、導管120は、通常運転中に導管120をプラグまたは断熱するが、反応器100および冷却剤が緊急温度に近づくとつれて導管から押し出される重質の非凝縮性気体を凍結または含むことができる。必要に応じて追加の対流を駆動するために、アクティブブロウ、冷却剤注入器及び他のシステムを任意に使用することができる。

10

【0025】

図3に示すように、上方導管120Aからループ120に流れる複数のループ120を使用することができる。援用されたハムドハンの文書に記載された熱容量、および地熱効果により華氏55度周辺となる予想地熱に基づいて、ループ120は、減衰熱を効果的に放散することができる。地熱放散の効果により、周囲の土壌は、原子炉及び格納構造110の周囲の長さが数百フィートの、例えば20メガワットの熱のためのヒートシンクとして無期限に作用することができる。

20

【0026】

図4A~図4Cに示すように、導管120は、一般に、接地20又は導管120を囲む他のヒートシンク媒体によって取り囲まれてもよい。導管120は、所望の熱交換特性に応じて、いくつかの異なる構成をとることができる。例えば、導管120は、冷媒122を運ぶことができる、図4Aに示すような薄い高熱伝導材料管であってもよい。同様に、図4Bに示すように、1つまたは複数の冷却フィン121は、熱伝達および冷却をさらに助けるために、周囲の地面20内に延びてもよい。図4Cに示すように、導管120は、一次冷却材122Aを有する一次導管120を囲む水または別のヒートシンクなどの二次冷却材122Bを有するパイプ・イン・パイプ設計のような、さらなるジャケットまたは外部導管120によって囲まれ得る。さらに、導管120は、熱交換器設計のようないくつかのより小さなチャンネルに分割することができる。導管120は、所望のヒートシンク能力および周囲の地面の既知の熱特性に基づいて、任意のサイズ、形状、構成、および長さのものとするすることができる。

30

【0027】

導管120を通して流れる流体冷却剤122は、自然対流で流れる間に予想減衰熱負荷を運ぶことができる任意の流体とすることができる。例えば、空気、窒素、ヘリウム、冷媒、水、その他はすべて、地下冷却剤ループ、並びに、いくつかの潜在的な冷却剤流体の液相範囲（その後、気相を有する）を示す、図5に示す他の任意の流体で使用され得る。同様に、ループを取り囲む地面の土壌又は充填物のタイプは、現場で自然に入手可能な又は熱伝導性のために意図的に構成された土壌に基づくことができる。例えば、より高い熱伝導率および熱容量を有するより微細な砂地の粘土を使用して、天然粉碎物が所望の熱伝導特性を有さない場合、導管を埋め込むことができる。冷却剤122の液体戻り率を最大にするために、焼結ウィック設計によって、蒸気および液体の脚を分離することによって補完される導管内の利用可能な上昇利得を使用することによって、熱サイホン効果が最大化され得る。

40

【0028】

例示的な実施形態の反応器ならびに地熱冷却剤導管は、地下および受動的に冷却され得るので、気象事象、衝突、爆発、不良動作他などの地上の損傷の危険性は、導管によって提供される反応器およびその緊急冷却剤システムの両方のアクセス性の欠如により、低減

50

または排除される。当然のことながら、導管内の加圧を維持し測定して漏れを検出し、導管を可撓性接続部及び潜在的に衝撃吸収体又はスナップを用いて熱硬化させ、格納部貫通部周りに規則グレードの漏れシールを設置すること等によって、導管の完全性及び機能性監視を使用することもできる。

【 0 0 2 9 】

したがって、例示的な実施形態および方法が説明されるが、例示的な実施形態は、以下の特許請求の範囲内に依然として含まれながら、ルーチン実験を通じて変更および置換され得ることを、当業者は了解されよう。例えば、地上タービンおよび発電機を備えた完全地中反応器が示されているが、任意の要素の他の上および下の組合せが、単に例示的な実施形態の適切な位置決めを通して使用され得、特許請求の範囲内に入る。そのような変形は、これらの特許請求の範囲から逸脱するものと見なされるべきではない。

10

20

30

40

50

【図面】
【図 1】

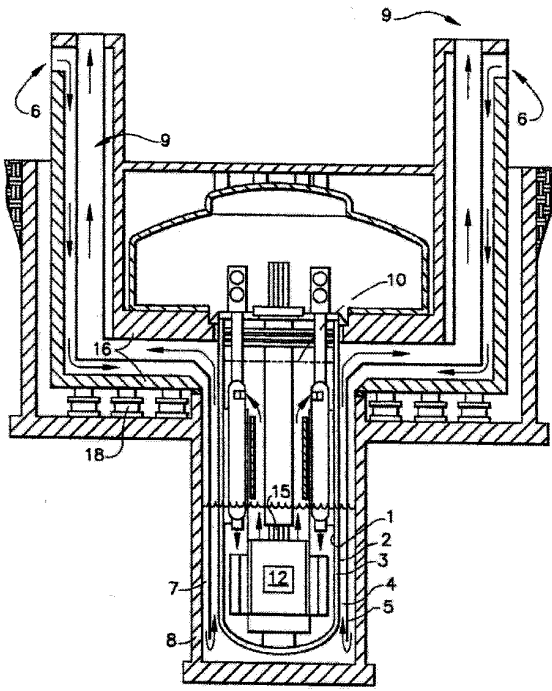


FIG. 1
(Related Art)

【図 2】

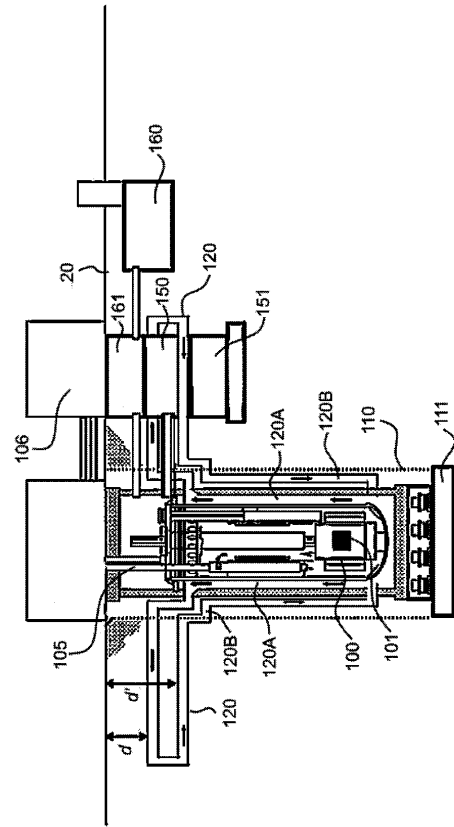


FIG. 2

10

20

30

40

50

【 図 3 】

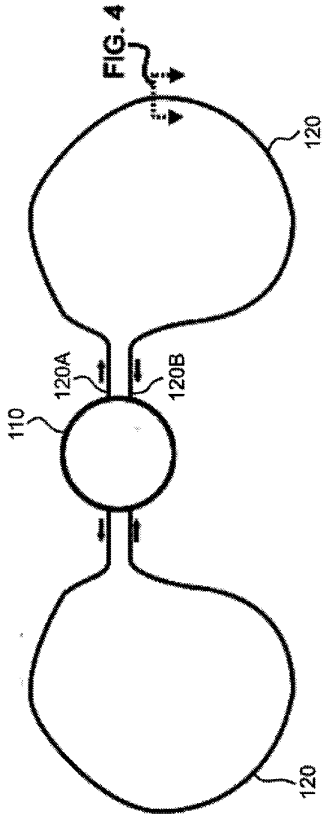


FIG. 3

【 図 4 A 】

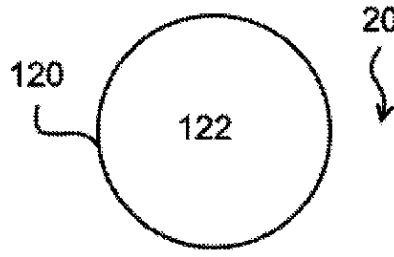


FIG. 4A

【 図 4 B 】

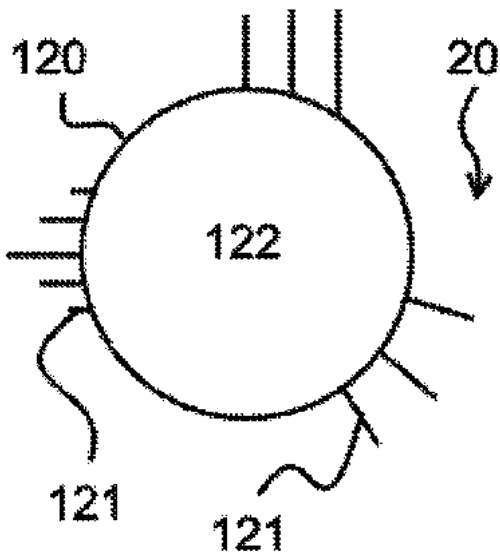


FIG. 4B

【 図 4 C 】

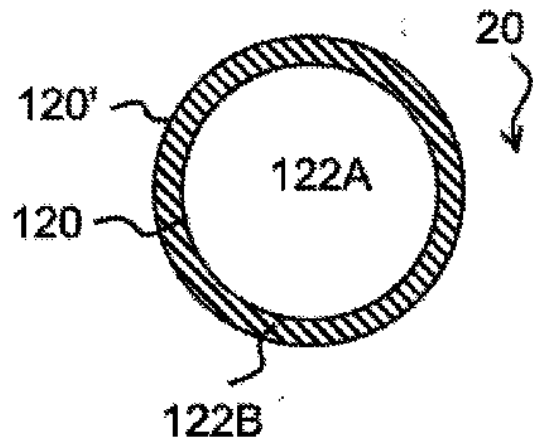


FIG. 4C

10

20

30

40

50

【 5 】

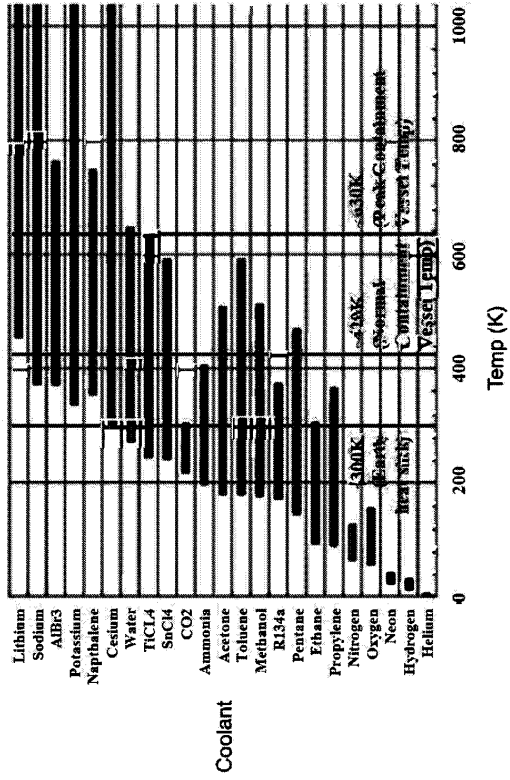


FIG. 5

10

20

30

40

50

フロントページの続き

(31)優先権主張番号 16/206,201

(32)優先日 平成30年11月30日(2018.11.30)

(33)優先権主張国・地域又は機関

米国(US)

メリカズ・エルエルシー内

(72)発明者 ラスムッセン, スコット・イー

アメリカ合衆国、ノースカロライナ州・28401、ウィルミントン、キャスル・ヘイン・ロード
、3901、ジーイー・ヒタチ・ニュークリア・エナジー・アメリカズ・エルエルシー内

合議体

審判長 山村 浩

審判官 波多江 進

審判官 野村 伸雄

(56)参考文献 特開2011-226955(JP, A)

特開2012-97741(JP, A)

特開平3-18792(JP, A)

特表2015-524559(JP, A)

米国特許出願公開第2018/0322967(US, A1)

米国特許第5223208(US, A)

米国特許第3207671(US, A)

米国特許第5499277(US, A)

(58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)

G21C 15/00 - 15/28