

(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
2011 年 10 月 27 日(27.10.2011)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2011/132370 A1

- (51) 国際特許分類:
G21C 9/016 (2006.01) G21C 13/00 (2006.01)
G21C 5/10 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2011/002032
- (22) 国際出願日: 2011 年 4 月 6 日(06.04.2011)
- (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 2010-100119 2010 年 4 月 23 日(23.04.2010) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 株式会社 東芝 (KABUSHIKI KAISHA TOSHIBA) [JP/JP]; 〒1058001 東京都港区芝浦一丁目 1 番 1 号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 青木 一義 (AOKI, Kazuyoshi) [JP/JP]; 〒1058001 東京都港区芝浦一丁目 1 番 1 号 株式会社 東芝 知的財産部内 Tokyo (JP). 田原 美香 (TAHARA, Mika) [JP/JP]; 〒1058001 東京都港区芝浦一丁目 1 番 1 号 株式会社 東芝 知的財産部内 Tokyo (JP).

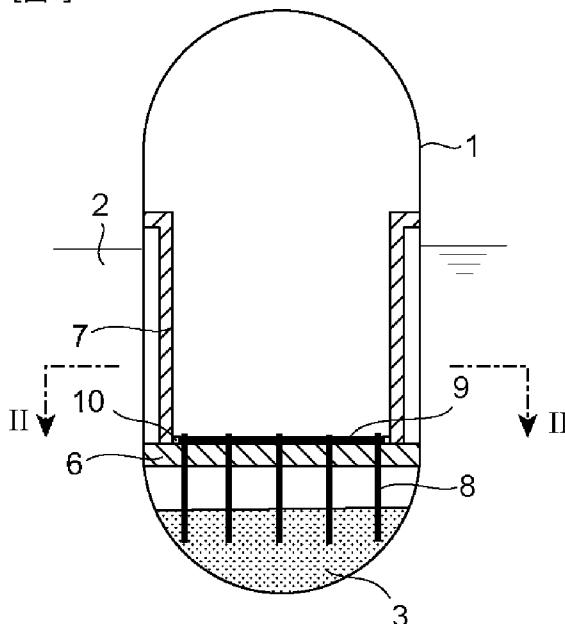
- 奥田 健(OKUDA, Ken) [JP/JP]; 〒1058001 東京都港区芝浦一丁目 1 番 1 号 株式会社 東芝 知的財産部内 Tokyo (JP). 藤木 保伸(FUJIKI, Yasunobu) [JP/JP]; 〒1058001 東京都港区芝浦一丁目 1 番 1 号 株式会社 東芝 知的財産部内 Tokyo (JP). 佐藤 寿樹(SATO, Hisaki) [JP/JP]; 〒1058001 東京都港区芝浦一丁目 1 番 1 号 株式会社 東芝 知的財産部内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 菊池 治(KIKUCHI, Osamu); 〒1010038 東京都千代田区神田美倉町 3 番地 コスモビル 7 階 アイリス国際特許事務所 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, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, 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.

[続葉有]

(54) Title: MELTED-CORE RETENTION STRUCTURE

(54) 発明の名称: 炉心溶融物保持構造体

[図1]



(57) Abstract: The disclosed melted-core retention structure comprises the following inside a reactor vessel (1) that contains a reactor core: a bottom support plate (6), in which vertically-penetrating channel holes are formed, that is provided beneath the core and supports the core; a bottom support plate support (7) that is affixed to the reactor vessel (1) and supports the bottom support plate (6); a thermally-insulating spacer (10); a reticulated heat path (9) that is affixed to the bottom support plate support (7) with the thermally-insulating spacer (10) interposed therebetween and contacts the bottom support plate (6); and a vertical heat path (8) that extends downwards from the reticulated heat path (9). The reticulated heat path (9) and the vertical heat path (8) have higher coefficients of thermal conductivity than the thermally-insulating spacer (10).

(57) 要約: 炉心を収める原子炉容器 (1) の内部に、炉心の下方に設けられて炉心を支持して上下に貫通する流路孔が形成された下部サポートプレート (6) と、原子炉容器 (1) に固定されて下部サポートプレート (6) を支持する下部サポートプレート支持体 (7) と、断熱スペーサ (10) と、断熱スペーサ (10) を介して下部サポートプレート支持体 7 に固定されて下部サポートプレート (6) に接する網状ヒートパス (9) とこの網状ヒートパス (9) から下方に延びる高さ方向ヒートパス (8) とを備える。網

状ヒートパス (9) および高さ方向ヒートパス (8) は、断熱スペーサ (10) よりも熱伝導率が高い。



(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, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, 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, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称： 炉心溶融物保持構造体

技術分野

[0001] 本発明は、炉心を収めた原子炉容器内で溶融炉心を保持する炉心溶融物保持構造体に関する。

背景技術

[0002] 水冷却型原子炉では、原子炉圧力容器内への給水の停止や、原子炉圧力容器に接続された配管の破断により冷却水が喪失すると、原子炉水位が低下し炉心が露出して冷却が不十分になる可能性がある。このような場合を想定して、水位低下の信号により自動的に原子炉は非常停止され、非常用炉心冷却装置による冷却材の注入によって炉心を冠水させて冷却し、炉心溶融事故を未然に防ぐようになっている。しかしながら、極めて低い確率ではあるが、上記非常用炉心冷却装置が作動せず、かつ、その他の炉心への注水装置も利用できない事態も想定され得る。このような場合、原子炉水位の低下により炉心は露出し、十分な冷却が行われなくなり、原子炉停止後も発生し続ける崩壊熱によって燃料棒温度が上昇し、最終的には炉心溶融に至ることが考えられる。

[0003] このような事態に至った場合、高温の炉心溶融物が原子炉圧力容器下部に溶け落ち、さらに原子炉圧力容器下鏡を溶融貫通して、格納容器内の床上に落下するに至る。炉心溶融物は格納容器床に張られたコンクリートを加熱し、接触面が高温状態になるとコンクリートと反応し、二酸化炭素、水素等の非凝縮性ガスを大量に発生させるとともにコンクリートを溶融浸食する。発生した非凝縮性ガスは、格納容器内の圧力を高め、原子炉格納容器を破損させる可能性がある。また、コンクリートの溶融浸食により格納容器バウンダリを破損させる可能性がある。

[0004] 炉心が溶融しても、原子炉圧力容器内に保持することができれば、上記のような炉心溶融物とコンクリートの反応などを考慮する必要が無くなる。炉

心溶融物を原子炉圧力容器内に保持、冷却する方法の代表的なものが、I V R (In-Vessel Retention) と呼ばれる手法である。この手法では、原子炉容器を冷却水で外部冠水させ、炉心溶融物から伝わる熱を冷却水の沸騰熱伝達で除熱し、発生した蒸気を格納容器内で冷却、凝縮させ、凝縮水を原子炉容器周りに戻す。これにより、原子炉容器下部に溶け落ちた炉心溶融物および原子炉容器を冷却して、原子炉容器の破損とそれに伴う炉心溶融物の格納容器内への流出を防ぐ。

[0005] このI V Rを成立させるためには、炉心溶融物から原子炉圧力容器に伝わる熱によって原子炉圧力容器が破損することを防ぐ必要がある。そこで、原子炉圧力容器内面の炉心溶融物から伝わる熱が集中する位置に耐熱材を張り、原子炉圧力容器に伝わる熱を制限することで、原子炉圧力容器の溶融、破損を防ぐ方法がある。また、冷却水に微粒子を混入させることによって冷却性能を向上させ、原子炉圧力容器の溶融、破損を防ぐ方法がある。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献1：特表2000-502808号公報

特許文献2：米国特許出願公開第2008/0219396号明細書

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007] 原子炉圧力容器内で炉心溶融物を保持しようとする場合、課題となるのは、原子炉容器下部に堆積する溶融炉心に形成される金属層に生じる高い熱流束である。溶融炉心を原子炉容器下部に保持した場合、溶融炉心を構成する酸化物と金属が分離して、層状に堆積する可能性がある。溶融炉心が酸化物層と金属層に分離した場合、溶融炉心で発生する熱は比較的熱伝導率が高い金属層に集中するため、金属層が形成される位置の熱流束が著しく上昇する可能性がある。この金属層が形成される位置の高い熱流束が、冷却水による冷却性能を超える場合、原子炉容器の破損に至る。

[0008] 金属層が形成される位置を中心に耐熱材を敷設することで、金属層が形成される位置に生じる高い熱流束によって原子炉圧力容器が破損することを防ぐ場合、金属層が形成される位置は不確実性が大きく、完全に予測することは難しい。また、溶融炉心に含まれる金属の量が著しく少ない場合、冷却水に微粒子を混入させたとしても、これによる冷却性能の向上の効果を上回る熱流束が、金属層が形成される位置に生じて、原子炉圧力容器が破損する可能性がある。

[0009] そこで、本発明は、炉心が溶融した場合に、原子炉容器内で金属層が形成される位置における高い熱流束によって原子炉容器が破損する可能性を小さくすることを目的とする。

課題を解決するための手段

[0010] 上述の目的を達成するため、本発明は、炉心溶融物保持構造体において、炉心を収める原子炉容器と、前記炉心の下方に設けられて前記炉心を支持して上下に貫通する流路孔が形成された下部サポートプレートと、前記原子炉容器に固定されて前記下部サポートプレートを支持する下部サポートプレート支持体と、断熱スペーサと、前記断熱スペーサを介して前記下部サポートプレート支持体に固定されて前記下部サポートプレートに接するサポートプレート接触部とこのサポートプレート接触部から下方に延びる高さ方向伝達部とを備えて前記断熱スペーサよりも熱伝導率が高いヒートパス構造体と、を有することを特徴とする。

[0011] また、本発明は、炉心溶融物保持構造体において、炉心を収める原子炉容器と、前記炉心の下方に設けられて前記炉心を支持して上下に貫通する流路孔が形成された下部サポートプレートと、前記原子炉容器に固定されて前記下部サポートプレートを支持する下部サポートプレート支持体と、前記流路孔から下方に延びる複数の高さ方向伝達部と前記下部サポートプレートの上面に接して複数の前記高さ方向伝達部の間を連結する水平方向伝達部とを備えるヒートパス構造体と、を有することを特徴とする。

[0012] また、本発明は、炉心溶融物保持構造体において、炉心を収める原子炉容

器と、前記炉心の下方に設けられて前記炉心を支持して上下に貫通する流路孔が形成された下部サポートプレートと、前記サポートプレートの上面から起立して前記流路孔を囲む堰と、前記原子炉容器に固定されて前記下部サポートプレートを支持する下部サポートプレート支持体と、を有することを特徴とする。

発明の効果

- [0013] 本発明によれば、炉心が溶融した場合に、原子炉容器内で金属層が形成される位置における高い熱流束によって原子炉容器が破損する可能性を小さくできる。

図面の簡単な説明

- [0014] [図1]本発明に係る炉心溶融物保持構造体の第1の実施の形態における原子炉の立断面を示す図2のI-I矢視立断面図である。

[図2]図1のII-II矢視平断面図である。

[図3]本発明に係る炉心溶融物保持構造体の第1の実施の形態における断熱スペーサ近傍の立断面図である。

[図4]本発明に係る炉心溶融物保持構造体の第1の実施の形態における網状ヒートパスの一部と断熱スペーサと締結ボルトとを抜き出した斜視図である。

[図5]本発明に係る炉心溶融物保持構造体の第2の実施の形態を用いた原子炉の立断面図である。

[図6]本発明に係る炉心溶融物保持構造体の第3の実施の形態を用いた原子炉の立断面図である。

[図7]本発明に係る炉心溶融物保持構造体の第4の実施の形態における網状ヒートパスと下部サポートプレート支持体の結合部分近傍の立断面図である。

[図8]本発明に係る炉心溶融物保持構造体の第5の実施の形態における網状ヒートパスと下部サポートプレート支持体の結合部分近傍の立断面図である。

[図9]本発明に係る炉心溶融物保持構造体の第6の実施の形態における原子炉容器の平断面図である。

[図10]本発明に係る炉心溶融物保持構造体の第1の実施の形態における原子

炉容器の平断面図である。

[図11]本発明に係る炉心溶融物保持構造体の第1の実施の形態における原子炉容器の立断面図である。

発明を実施するための形態

[0015] 本発明に係る炉心溶融物保持構造体の実施の形態を、図面を参照して説明する。なお、同一または類似の構成には同一の符号を付し、重複する説明は省略する。

[0016] [第1の実施の形態]

図1は、本発明に係る炉心溶融物保持構造体の第1の実施の形態における原子炉の立断面を示す図2のI-I矢視立断面図である。図2は、図1のII-II矢視平断面図である。

[0017] 炉心溶融物保持構造体は、炉心を収める原子炉容器1と、下部サポートプレート6と、下部サポートプレート支持体7と、断熱スペーサ10と、高さ方向ヒートパス8と網状ヒートパス9とから構成されるヒートパス構造体とを有していて、原子炉容器1内で溶融炉心を保持する。原子炉容器1は、鉛直方向に延びる円筒の両端を半球状のヘッドで塞いだものである。通常運転時には、原子炉容器1内の炉心で発生した熱により、冷却水を加熱して蒸気を発生させ、発生した蒸気によって図示しないタービンを回転させて発電する。

[0018] 下部サポートプレート6は、原子炉容器1内の炉心の下方に設けられていて、炉心を支持している。下部サポートプレート6は、水平方向に広がる板であって、上下に貫通する流路孔15が複数形成されている。

[0019] 下部サポートプレート支持体7は、原子炉容器1内で下部サポートプレート6の外周部から鉛直方向に延びて、上端部で原子炉容器1の内面に向かって延びている。下部サポートプレート支持体7は、原子炉容器1に固定されていて、下部サポートプレート6を支持している。

[0020] ヒートパス構造体は、原子炉容器1内に設けられていて、サポートプレート接触部と、このサポートプレート接触部から下方に延びる高さ方向伝達部

とからなっている。サポートプレート接触部は、網状ヒートパス 9 であって、水平方向に熱を伝達するヒートパスとなっている。高さ方向伝達部は、高さ方向ヒートパス 8 であって、高さ方向に熱を伝達するヒートパスとなっている。

[0021] 網状ヒートパス 9 は、下部サポートプレート 6 の上面に網状に形成されていて、下部サポートプレート 6 の上面に接触している。網状ヒートパス 9 は、断熱スペーサ 10 を介して下部サポートプレート支持体 7 に固定されている。

[0022] 高さ方向ヒートパス 8 は、網状ヒートパス 9 から下部サポートプレート 6 を貫通して下方に延びている。高さ方向ヒートパス 8 は、網状ヒートパス 9 に接続されている。網状ヒートパス 9 と高さ方向ヒートパス 8 とは、融点と熱伝導率が高い、たとえばタングステンなどの材料で形成されている。網状ヒートパス 9 の代わりに、下部サポートプレート 6 と同じ形状の薄板を用いてもよい。

[0023] 図 3 は、本実施の形態における断熱スペーサ近傍の立断面図である。図 4 は、本実施の形態における網状ヒートパスの一部と断熱スペーサと締結ボルトとを抜き出した斜視図である。

[0024] 下部サポートプレート 6 の上面に接する網状ヒートパス 9 は、締結ボルト 11 によって断熱スペーサ 10 と固定されている。断熱スペーサ 10 は、別の締結ボルト 11 によってサポートプレート支持体 7 に固定されている。網状ヒートパス 9 と断熱スペーサ 10 とを結合する締結ボルト 11 は、サポートプレート支持体 7 と接触しないようにしておく。断熱スペーサ 10 は、融点が高い、たとえばアルミナなどの酸化物で形成されている。

[0025] このような炉心溶融物保持構造体を持つ原子炉において、原子炉容器 1 内への給水の停止などにより炉心の冷却が不十分となって、炉心溶融に至った場合、高温の炉心溶融物 3 が下部サポートプレート 6 の流路孔 15 を通過して原子炉容器 1 の下部に溶け落ちる。この際、原子炉容器 1 を冷却水 2 で外部冠水させ、炉心溶融物 3 から伝わる熱を冷却水 2 の沸騰熱伝達で除熱し、

発生した蒸気を格納容器内で冷却、凝縮させ、凝縮水を原子炉容器 1 周りに戻す。これにより、原子炉容器 1 の下部に溶け落ちた炉心溶融物 3 および原子炉容器 1 を冷却して、原子炉容器 1 の破損とそれに伴う炉心溶融物 3 の格納容器内への流出を防ぐ。

[0026] 溶融する炉心の量が少なく、原子炉容器 1 の下部に支持された炉心溶融物 3 が下部サポートプレート 6 に接触しない条件において、炉心溶融物 3 に高さ方向ヒートパスが直接接触することで、高さ方向ヒートパス 8 に炉心溶融物 3 の熱が伝わる。高さ方向ヒートパス 8 に伝わった熱は、網状ヒートパス 9 および下部サポートプレート 6 に熱伝導で伝わる。その結果、下部サポートプレート 6 を溶融させて炉心溶融物 3 に落下させる。

[0027] 溶融炉心を原子炉容器 1 の下部に保持した場合、溶融炉心を構成する酸化物と金属が分離して、層状に堆積する可能性がある。溶融炉心が酸化物層と金属層に分離した場合、溶融炉心で発生する熱は比較的熱伝導率が高い金属層に集中するため、金属層が形成される位置の熱流束が著しく上昇する可能性がある。しかし、本実施の形態では、下部サポートプレート 6 を溶融させることにより、原子炉容器 1 の下部に堆積した炉心溶融物 3 内の金属量を増大させている。その結果、原子炉容器 1 の下部に堆積した炉心溶融物 3 の金属層の厚さが大きくなり、溶融炉心で発生する熱の集中が抑制され、原子炉容器 1 の破損の可能性を小さくすることができる。

[0028] また、網状ヒートパス 9 を通じて、下部サポートプレート支持体 7 にも熱が伝わる。しかし、網状ヒートパス 9 と下部サポートプレート支持体 7 とが断熱スペーサ 10 を介して接続されているため、高さ方向ヒートパス 8 および網状ヒートパス 9 の熱伝導率よりも断熱スペーサ 10 部分での熱伝導率は小さい。このため、下部サポートプレート支持体 7 には、炉心溶融物 3 の熱は伝わりにくく、下部サポートプレート支持体 7 が溶融する可能性は小さい。下部サポートプレート支持体 7 が溶融していなければ、下部サポートプレート 6 が全量溶融する条件においても、網状ヒートパス 9 と高さ方向ヒートパス 8 は下部サポートプレート支持部により支持され、炉心溶融物 3 に落下

しない。

[0029] [第2の実施の形態]

図5は、本発明に係る炉心溶融物保持構造体の第2の実施の形態を用いた原子炉の立断面図である。

[0030] 本実施の形態では、高さ方向ヒートパス8は、原子炉容器1の下端部に配置された下部ヘッド内構造物12の表面に固定されている。高さ方向ヒートパス8は、下部ヘッド内構造物12に埋め込まれていてもよい。

[0031] このような炉心溶融物保持構造体であっても、溶融する炉心の量が少なく、原子炉容器1の下部に支持された炉心溶融物3（図1参照）が下部サポートプレート6に接触しない条件において、下部サポートプレート6を溶融させて炉心溶融物3に落下させる。その結果、原子炉容器1の下部に堆積した炉心溶融物3の金属層の厚さが大きくなり、溶融炉心で発生する熱の集中が抑制され、原子炉容器1の破損の可能性を小さくすることができる。

[0032] さらに、本実施の形態では、高さ方向ヒートパス8が下部ヘッド内構造物12に埋め込まれているため、高さ方向ヒートパス8が原子炉容器1に直接接触して原子炉容器1に熱を伝えることによる原子炉容器1の破損の可能性を小さくすることができる。

[0033] [第3の実施の形態]

図6は、本発明に係る炉心溶融物保持構造体の第3の実施の形態を用いた原子炉の立断面図である。

[0034] 本実施の形態では、高さ方向ヒートパス8の下端は、高融点の断熱材20で覆われている。この断熱材20は、高さ方向ヒートパス8よりも熱伝導率が低い、高融点の材料、たとえばアルミナ（酸化アルミニウム）やジルコニア（酸化ジルコニウム）などの酸化物で形成されている。

[0035] このような炉心溶融物保持構造体であっても、溶融する炉心の量が少なく、原子炉容器1の下部に支持された炉心溶融物3が下部サポートプレート6に接触しない条件において、下部サポートプレート6を溶融させて炉心溶融物3に落下させる。その結果、原子炉容器1の下部に堆積した炉心溶融物3

の金属層の厚さが大きくなり、熔融炉心で発生する熱の集中が抑制され、原子炉容器 1 の破損の可能性を小さくすることができる。

[0036] さらに、本実施の形態では、仮に高さ方向ヒートパス 8 が炉心熔融物 3 の中に落下した場合であっても、高さ方向ヒートパス 8 は断熱材 20 を介して原子炉容器 1 に接触することになる。このため、高さ方向ヒートパス 8 が原子炉容器 1 に直接接触して熱を伝えることによる原子炉容器 1 の破損の可能性を小さくすることができる。

[0037] [第 4 の実施の形態]

図 7 は、本発明に係る炉心熔融物保持構造体の第 4 の実施の形態における網状ヒートパスと下部サポートプレート支持体の結合部分近傍の立断面図である。

[0038] 本実施の形態では、網状ヒートパス 9 と下部サポートプレート支持体 7 とは、第 1 の実施の形態における断熱スペーサ 10 (図 3 参照) の代わりに、皿ばね 13 を取り付けた締結ボルト 11 で接続されている。皿ばね 13 部分は、網状ヒートパス 9 などのヒートパス構造体よりも断面積がかなり小さいため、熱伝導率も小さくなる。

[0039] このような炉心熔融物保持構造体であっても、熔融する炉心の量が少なく、原子炉容器 1 の下部に支持された炉心熔融物 3 (図 1 参照) が下部サポートプレート 6 に接触しない条件において、下部サポートプレート 6 を熔融させて炉心熔融物 3 に落下させる。その結果、原子炉容器 1 の下部に堆積した炉心熔融物 3 の金属層の厚さが大きくなり、熔融炉心で発生する熱の集中が抑制され、原子炉容器 1 の破損の可能性を小さくすることができる。

[0040] また、網状ヒートパス 9 と下部サポートプレート支持体 7 との結合部分での熱伝導率は、網状ヒートパス 9 などのヒートパス構造体よりも小さい。このため、下部サポートプレート支持体 7 には、炉心熔融物 3 の熱は伝わりにくく、下部サポートプレート支持体 7 が熔融する可能性は小さい。下部サポートプレート支持体 7 が熔融していなければ、下部サポートプレート 6 が全量熔融する条件においても、網状ヒートパス 9 と高さ方向ヒートパス 8 は下

部サポートプレート支持部により支持され、炉心溶融物 3 に落下しない。

[0041] さらに、網状ヒートパス 9 と下部サポートプレート支持体 7 とを、皿バネ 13 を取り付けした締結ボルト 11 で接続することにより、網状ヒートパス 9 が下部サポートプレート支持体 7 に直接接触して、下部サポートプレート支持 7 を溶融する可能性を小さくできる。また、皿バネ 13 を接続部に設けたことにより、網状ヒートパス 9 の熱膨張を吸収することができる。

[0042] [第 5 の実施の形態]

図 8 は、本発明に係る炉心溶融物保持構造体の第 5 の実施の形態における網状ヒートパスと下部サポートプレート支持体の結合部分近傍の立断面図である。

[0043] 本実施の形態では、第 1 の実施の形態における断熱スペーサ 10 (図 3 参照) の代わりに、スペーサ 14 を用いている。本実施の形態のスペーサ 14 は、中空の円筒である。網状ヒートパス 9 と下部サポートプレート支持体 7 とは、スペーサ 14 の中空部を貫通する締結ボルト 11 で結合されている。このスペーサ 14 は、中空の円筒であるから、網状ヒートパス 9 よりも断面積がかなり小さいため、熱抵抗が大きくなる。

[0044] このような炉心溶融物保持構造体であっても、溶融する炉心の量が少なく、原子炉容器 1 の下部に支持された炉心溶融物 3 (図 1 参照) が下部サポートプレート 6 に接触しない条件において、下部サポートプレート 6 を溶融させて炉心溶融物 3 に落下させる。その結果、原子炉容器 1 の下部に堆積した炉心溶融物 3 の金属層の厚さが大きくなり、溶融炉心で発生する熱の集中が抑制され、原子炉容器 1 の破損の可能性を小さくすることができる。

[0045] また、網状ヒートパス 9 と下部サポートプレート支持体 7 との結合部分での熱伝導率は、網状ヒートパス 9 などのヒートパス構造体よりも小さい。また、網状ヒートパス 9 とスペーサ 14 との接触部分およびスペーサ 14 と下部サポートプレート支持体 7 との接触部分には、接触熱抵抗が生じる。このため、下部サポートプレート支持体 7 には、炉心溶融物 3 の熱は伝わりにくく、下部サポートプレート支持体 7 が溶融する可能性は小さい。下部サポー

トプレート支持体 7 が溶融していなければ、下部サポートプレート 6 が全量溶融する条件においても、網状ヒートパス 9 と高さ方向ヒートパス 8 は下部サポートプレート支持部により支持され、炉心溶融物 3 に落下しない。

[0046] [第 6 の実施の形態]

図 9 は、本発明に係る炉心溶融物保持構造体の第 6 の実施の形態における原子炉容器の平断面図である。

[0047] 本実施の形態において、高さ方向ヒートパス 8 は、下部サポートプレート 6 に形成された流路孔 15 の外縁に固定され、流路孔 15 を貫通して下方に延びている。高さ方向ヒートパス 8 は、複数の流路孔 15 のそれぞれに対応して設けられている。たとえば隣り合う高さ方向ヒートパス 8 の上端部は、水平方向ヒートパス 16 によって連結されている。

[0048] 流路孔 15 に取り付けた高さ方向ヒートパス 8 が水平方向ヒートパス 16 と接続されているため、原子炉容器 1 の下部で炉心溶融物 3（図 1 参照）を保持している際には、水平方向ヒートパス 16 から伝わる熱により下部サポートプレート 6 の流路孔の間が溶融する。このため、流路孔 15 同士がつながり、下部サポートプレート 6 の大部分を原子炉容器 1 の下部に落下させ、溶融させることができる。

[0049] このような炉心溶融物保持構造体であっても、溶融する炉心の量が少なく、原子炉容器 1 の下部に支持された炉心溶融物 3 が下部サポートプレート 6 に接触しない条件において、下部サポートプレート 6 を溶融させて炉心溶融物 3 に落下させる。その結果、原子炉容器 1 の下部に堆積した炉心溶融物 3 の金属層の厚さが大きくなり、溶融炉心で発生する熱の集中が抑制され、原子炉容器 1 の破損の可能性を小さくすることができる。

[0050] また、本実施の形態では、下部サポートプレート 6 の流路孔 15 の間が溶融落下することにより、高さ方向ヒートパス 8 および水平方向ヒートパス 16 が下部サポートプレート 6 で支持されなくなる。その結果、高さ方向ヒートパス 8 および水平方向ヒートパス 16 が、原子炉容器下部に落下する。そこで、高さ方向ヒートパス 8 の下端、および、高さ方向ヒートパス 8 と水平

方向ヒートパス 16 との接続部は、断熱材で覆うことが好ましい。

[0051] [第 7 の実施の形態]

図 10 は、本発明に係る炉心溶融物保持構造体の第 7 の実施の形態における原子炉容器の平断面図である。図 11 は、本実施の形態における原子炉容器の立断面図である。

[0052] 本実施の形態では、下部サポートプレート 6 の上面から起立して、下部サポートプレートに形成された流路孔 15 を囲む堰 17 が設けられている。堰 17 は、流路孔 15 の縁に沿って設けられている。堰 17 は、高融点材料で形成される。

[0053] 炉心が溶融し原子炉容器 1 下部に落下する際には、下部サポートプレート 6 の上に一旦堆積する。このとき高融点材料の堰 17 により、炉心溶融物が流路孔 15 を通って原子炉容器 1 下部に落下することを抑制する。その結果、下部サポートプレート 6 上に堆積した炉心溶融物 3 から伝わる熱により、下部サポートプレート 6 の溶融が促進される。

[0054] このような炉心溶融物保持構造体であっても、原子炉容器 1 の下部に堆積した炉心溶融物 3 の金属層の厚さが大きくなり、溶融炉心で発生する熱の集中が抑制され、原子炉容器 1 の破損の可能性を小さくすることができる。

[0055] [他の実施の形態]

上述の各実施の形態は単なる例示であり、本発明はこれらに限定されない。また、各実施の形態の特徴を組み合わせ実施してもよい。

符号の説明

[0056] 1…原子炉容器、2…冷却水、3…炉心溶融物、6…下部サポートプレート、7…下部サポートプレート支持体、8…高さ方向ヒートパス、9…網状ヒートパス、10…断熱スペーサ、11…締結ボルト、12…下部ヘッド内構造物、13…皿ばね、14…スペーサ、15…流路孔、16…水平方向ヒートパス、17…堰、20…断熱材

請求の範囲

- [請求項1] 炉心を収める原子炉容器と、
前記炉心の下方に設けられて前記炉心を支持して上下に貫通する流路孔が形成された下部サポートプレートと、
前記原子炉容器に固定されて前記下部サポートプレートを支持する下部サポートプレート支持体と、
断熱スペーサと、
前記断熱スペーサを介して前記下部サポートプレート支持体に固定されて前記下部サポートプレートに接するサポートプレート接触部とこのサポートプレート接触部から下方に延びる高さ方向伝達部とを備えて前記断熱スペーサよりも熱伝導率が高いヒートパス構造体と、
を有することを特徴とする炉心溶融物保持構造体。
- [請求項2] 前記サポートプレート接触部は前記下部サポートプレートに沿って広がる網目状に形成されていることを特徴とする請求項1に記載の炉心溶融物保持構造体。
- [請求項3] 前記サポートプレート接触部は前記下部サポートプレートに沿って広がる薄板であることを特徴とする請求項1に記載の炉心溶融物保持構造体。
- [請求項4] 前記原子炉容器の下端部に配置された下部ヘッド内構造物をさらに有し、
前記高さ方向伝達部は前記下部ヘッド内構造物に固定されていることを特徴とする請求項1ないし請求項3のいずれか1項に記載の炉心溶融物保持構造体。
- [請求項5] 前記高さ方向伝達部の下端は前記高さ方向伝達部よりも熱伝導率が小さい断熱材で覆われていることを特徴とする請求項1ないし請求項3のいずれか1項に記載の炉心溶融物保持構造体。
- [請求項6] 前記断熱スペーサは前記サポートプレート接触部と前記下部サポートプレート支持部とを接続する皿バネを取り付けた締結ボルトである

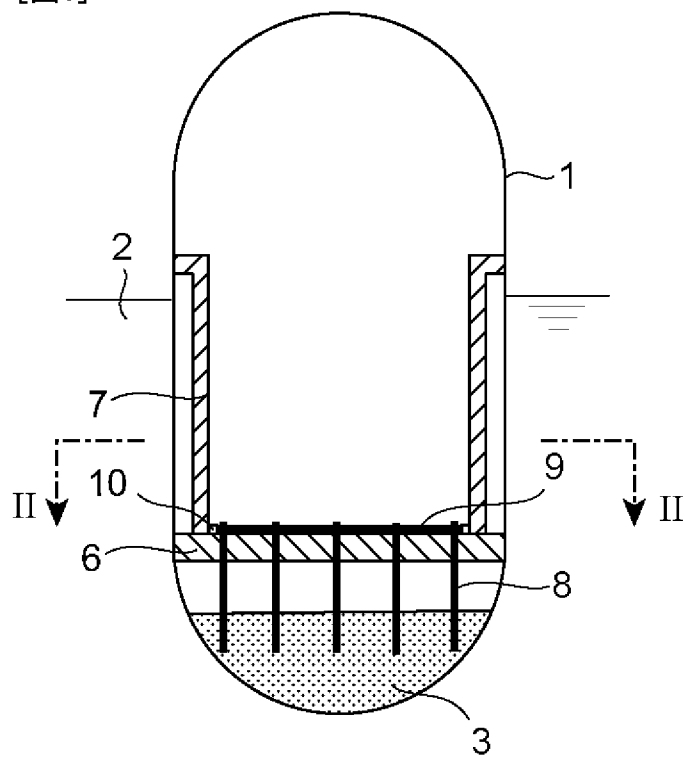
ことを特徴とする請求項 1 ないし請求項 3 のいずれか 1 項に記載の炉心溶融物保持構造体。

[請求項7] 前記断熱スペーサは前記サポートプレート接触部と下部サポートプレート支持部とを接続するスペーサを取り付けた締結ボルトであることを特徴とする請求項 1 ないし請求項 3 のいずれか 1 項に記載の炉心溶融物保持構造体。

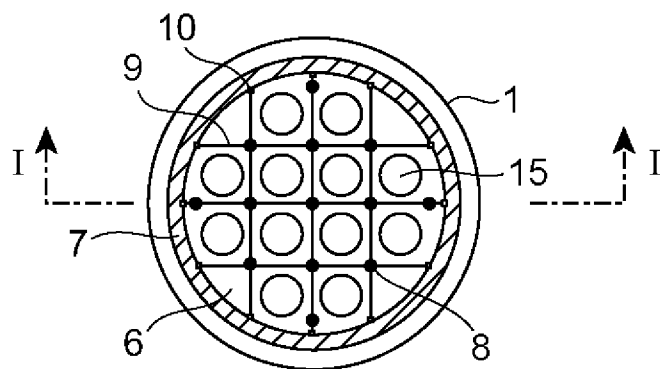
[請求項8] 炉心を収める原子炉容器と、
前記炉心の下方に設けられて前記炉心を支持して上下に貫通する流路孔が形成された下部サポートプレートと、
前記原子炉容器に固定されて前記下部サポートプレートを支持する下部サポートプレート支持体と、
前記流路孔から下方に延びる複数の高さ方向伝達部と前記下部サポートプレートの上面に接して複数の前記高さ方向伝達部の間を連結する水平方向伝達部とを備えるヒートパス構造体と、
を有することを特徴とする炉心溶融物保持構造体。

[請求項9] 炉心を収める原子炉容器と、
前記炉心の下方に設けられて前記炉心を支持して上下に貫通する流路孔が形成された下部サポートプレートと、
前記サポートプレートの上面から起立して前記流路孔を囲む堰と、
前記原子炉容器に固定されて前記下部サポートプレートを支持する下部サポートプレート支持体と、
を有することを特徴とする炉心溶融物保持構造体。

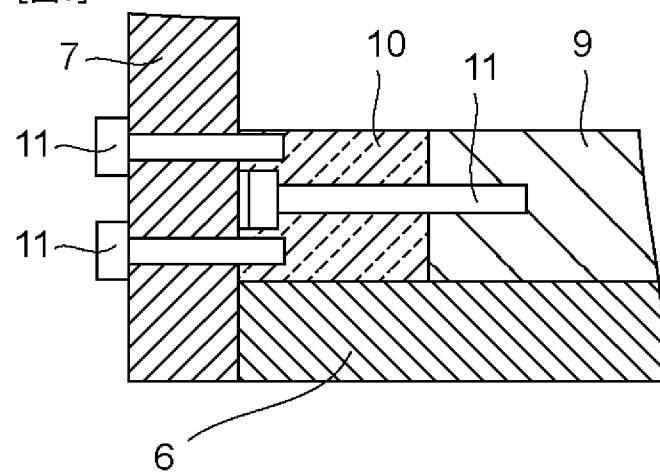
[図1]



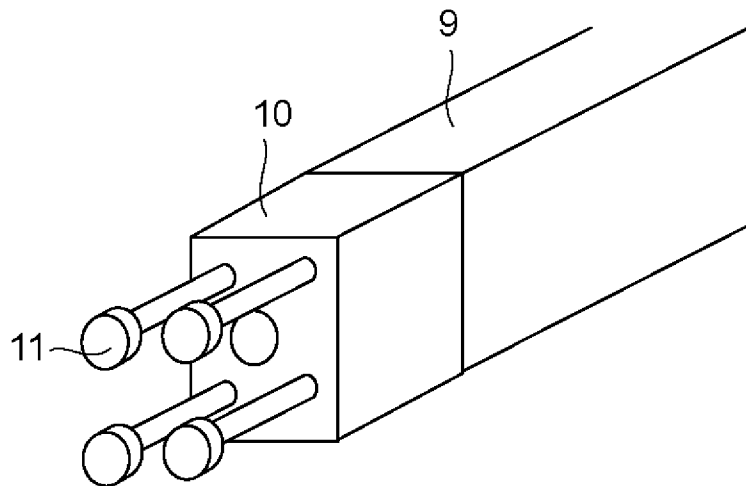
[図2]



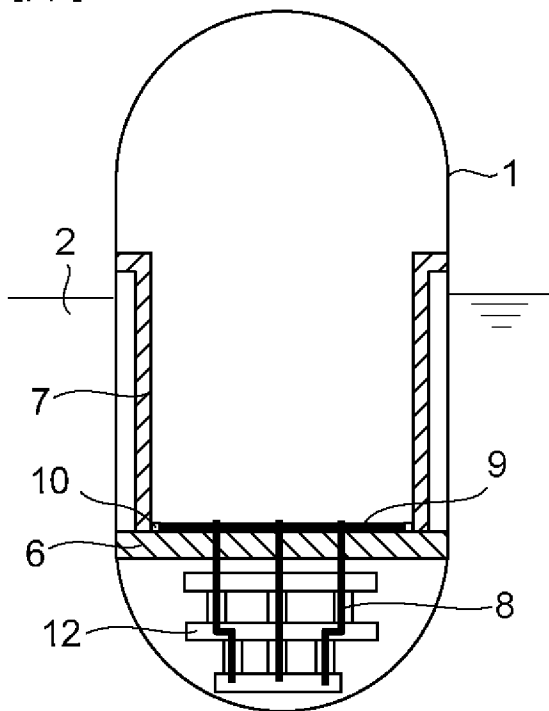
[図3]



[図4]



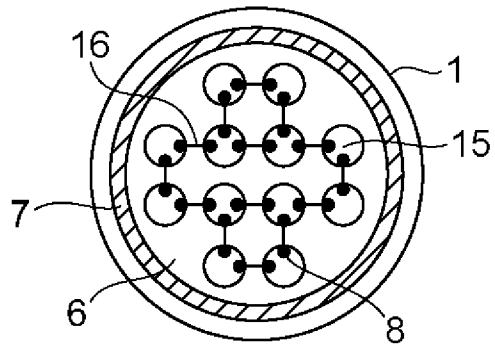
[図5]



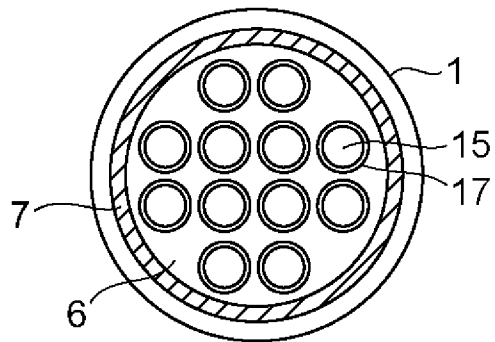
A cross-sectional view of a mechanical assembly. A horizontal shaft (11) is shown passing through a block (7) on the left and a block (9) on the right. A spring (13) is mounted on the shaft, positioned between the two blocks. The spring is shown in a compressed state, with its coils touching the inner surfaces of the blocks. A base (6) is shown at the bottom, supporting the blocks and the spring. The shaft (11) has a small rectangular feature (11) on its left end.

A cross-sectional view of a device. A substrate 6 is at the bottom. A layer 9 is on top of the substrate. A structure 14 is on top of the layer 9. A component 7 is on the left, and a component 11 is attached to its side.

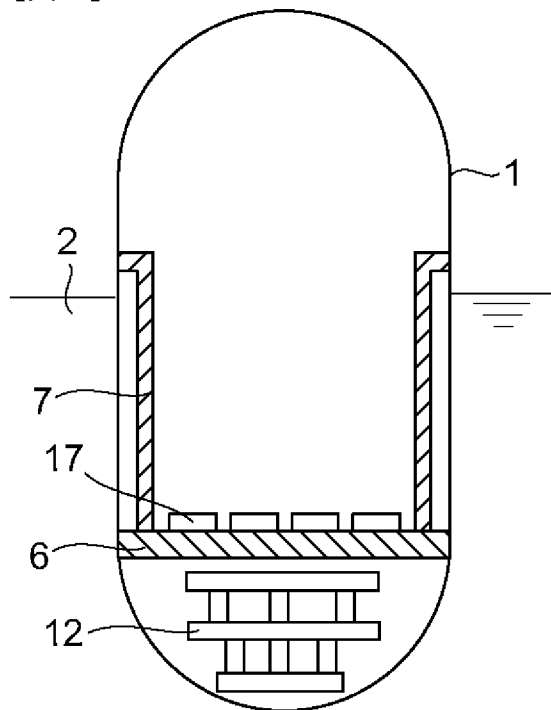
[図9]



[図10]



[図11]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2011/002032

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G21C9/016(2006.01)i, G21C5/10(2006.01)i, G21C13/00(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)

G21C9/016, G21C5/10, G21C13/00

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	1996-2011
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2011	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2011

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X A	JP 52-98889 A (Westinghouse Electric Corp.), 19 August 1977 (19.08.1977), entire text; all drawings & US 4116764 A & GB 1555208 A & FR 2341181 A	9 1-8
X A	JP 51-62296 A (Tokyo Shibaura Electric Co., Ltd.), 29 May 1976 (29.05.1976), entire text; all drawings (Family: none)	9 1-8
X A	JP 50-125196 A (Tokyo Shibaura Electric Co., Ltd.), 01 October 1975 (01.10.1975), entire text; all drawings (Family: none)	9 1-8

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"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)

"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

"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

"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

"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

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
31 May, 2011 (31.05.11)

Date of mailing of the international search report
07 June, 2011 (07.06.11)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2011/002032

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2000-121771 A (Commissariat A L'energie Atomique), 28 April 2000 (28.04.2000), entire text; all drawings & GB 2342769 A & DE 19949583 A & FR 2784785 A & KR 10-2000-0029087 A	1-9
A	JP 2000-504119 A (Fan Iru Sun), 04 April 2000 (04.04.2000), entire text; all drawings (Family: none)	1-9
A	JP 2003-240887 A (Toshiba Corp.), 27 August 2003 (27.08.2003), entire text; all drawings (Family: none)	1-9

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2011/002032

Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:

2. ☐ Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:

3. ☐ Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

The inventions in claims 1 - 9 have such a common technical feature as structure for holding core-molten substance comprising a reactor container for housing a core; a lower part support plate which is provided below the core and supports the core and through which a flow passage aperture is vertically formed; and a lower part support plate-supporting body which is fixed to the reactor container and supports the lower part support plate.

(continued to extra sheet)

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☒ As all searchable claims could be searched without effort justifying additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:

4. ☐ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

Remark on Protest

- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.
- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.
- ☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2011/002032

Continuation of Box No.III of continuation of first sheet (2)

However, a configuration comprising a reactor container, a lower part core plate, and support member which is fixed to the reactor container and supports the lower part core plate is described in the document 1: JP 52-98889 A (Westinghouse Electric Corp.), 19 August 1977 (19.08.1977), entire text, all drawings, and therefore, the above-said technical feature cannot be considered to be a special technical feature. Furthermore, there is no other same or corresponding special technical feature among those inventions.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C）） Int.Cl. G21C9/016(2006.01)i, G21C5/10(2006.01)i, G21C13/00(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（I P C）） Int.Cl. G21C9/016, G21C5/10, G21C13/00			
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 1 9 2 2 - 1 9 9 6 年 日本国公開実用新案公報 1 9 7 1 - 2 0 1 1 年 日本国実用新案登録公報 1 9 9 6 - 2 0 1 1 年 日本国登録実用新案公報 1 9 9 4 - 2 0 1 1 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）			
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	
X A	JP 52-98889 A（ウエスチングハウス・エレクトリック・コーポレーション）1977.08.19, 全文、全図 & US 4116764 A & GB 1555208 A & FR 2341181 A	9 1-8	
X A	JP 51-62296 A（東京芝浦電気株式会社）1976.05.29, 全文、全図（ファミリーなし）	9 1-8	
X A	JP 50-125196 A（東京芝浦電気株式会社）1975.10.01, 全文、全図（ファミリーなし）	9 1-8	
☒ 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 3 1 . 0 5 . 2 0 1 1		国際調査報告の発送日 0 7 . 0 6 . 2 0 1 1	
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（I S A / J P） 郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5 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） 青木 洋平 電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 2 7 3	2 I 3 1 0 4

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	JP 2000-121771 A (コミツサリア タ レネルジー アトミック) 2000. 04. 28, 全文、全図 & GB 2342769 A & DE 19949583 A & FR 2784785 A & KR 10-2000-0029087 A	1-9
A	JP 2000-504119 A (ファン イル スン) 2000. 04. 04, 全文、全図 (ファミリーなし)	1-9
A	JP 2003-240887 A (株式会社東芝) 2003. 08. 27, 全文、全図 (ファ ミリーなし)	1-9

第Ⅱ欄 請求の範囲の一部の調査ができないときの意見（第1ページの2の続き）

法第8条第3項（P C T 17条(2)(a)）の規定により、この国際調査報告は次の理由により請求の範囲の一部について作成しなかった。

1. ☐ 請求項 _____ は、この国際調査機関が調査をすることを要しない対象に係るものである。
つまり、
2. ☐ 請求項 _____ は、有意義な国際調査をすることができる程度まで所定の要件を満たしていない国際出願の部分に係るものである。つまり、
3. ☐ 請求項 _____ は、従属請求の範囲であってP C T規則6.4(a)の第2文及び第3文の規定に従って記載されていない。

第Ⅲ欄 発明の単一性が欠如しているときの意見（第1ページの3の続き）

次に述べるようにこの国際出願に二以上の発明があるときの国際調査機関は認めた。

請求項 1・9 に係る発明は、炉心を収める原子炉容器と、前記炉心の下方に設けられて前記炉心を支持して上下に貫通する流路孔が形成された下部サポートプレートと、前記原子炉容器に固定されて前記下部サポートプレートを支持する下部サポートプレート支持体とを有する炉心溶融物保持構造体という共通の技術的特徴を有している。しかしながら、文献1：JP 52-98889 A（ウエスチングハウス・エレクトリック・コーポレーション）1977.08.19, 全文、全図には、原子炉容器と、下部炉心板と、原子炉容器に固定されて下部炉心板を支持する支持部材とを有する構成が記載されており、当該技術的特徴は、特別な技術的特徴であるとはいえない。また、これらの発明の間には、ほかに同一の又は対応する特別な技術的特徴は存在しない。

1. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料をすべて期間内に納付したので、この国際調査報告は、すべての調査可能な請求項について作成した。
2. ☒ 追加調査手数料を要求するまでもなく、すべての調査可能な請求項について調査することができたので、追加調査手数料の納付を求めなかった。
3. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を一部のみしか期間内に納付しなかったので、この国際調査報告は、手数料の納付のあった次の請求項のみについて作成した。
4. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を期間内に納付しなかったので、この国際調査報告は、請求の範囲の最初に記載されている発明に係る次の請求項について作成した。

追加調査手数料の異議の申立てに関する注意

- ☐ 追加調査手数料及び、該当する場合には、異議申立手数料の納付と共に、出願人から異議申立てがあった。
- ☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがあったが、異議申立手数料が納付命令書に示した期間内に支払われなかった。
- ☐ 追加調査手数料の納付はあったが、異議申立てはなかった。