

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2007年9月7日 (07.09.2007)

PCT

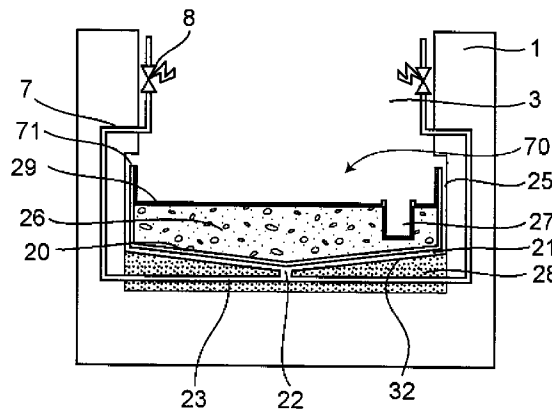
(10) 国際公開番号
WO 2007/099698 A1

- (51) 国際特許分類:
G21C 9/016 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2007/000115
- (22) 国際出願日: 2007年2月22日 (22.02.2007)
- (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2006-044742 2006年2月22日 (22.02.2006) JP
特願2006-053660 2006年2月28日 (28.02.2006) JP
特願2006-279969
2006年10月13日 (13.10.2006) 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): 佐藤崇 (SATO, Takashi) [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). 濱崎亮一 (HAMAZAKI, Ryoichi) [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). 小島良洋 (KOJIMA, Yoshihiro) [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). 及川弘秀 (OIKAWA, Hirohide) [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). 栗田智久 (KURITA, Tomohisa) [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). 横堀誠一 (YOKOBORI, [続葉有])

[続葉有]

(54) Title: CORE CATCHER AND ITS MANUFACTURING METHOD, AND REACTOR CONTAINER AND ITS MODIFYING METHOD

(54) 発明の名称: コアキャッチャーおよびその製造方法、並びに、原子炉格納容器およびその改造方法



(57) Abstract: Intended is to improve the efficiency for cooling the core debris, which is produced when the core in a reactor container melts and flows through the reactor container. The core debris, which is produced when the core in the reactor container melts and flows through the reactor container, is caught by a core catcher including a steel body (20), which is positioned below the reactor container and provided with cooling channels (21a) of a first stage and cooling channels (21b) of a second stage defined by cooling fins (31) extending radially in the reactor container. The number of the cooling channels (21b) of the second stage is larger than that of the cooling channels (21a) of the first stage. The cooling water is fed from a cooling water inlet (10) and distributed into the cooling channels (21a) of the first stage by a distributor (10). Between the cooling channels (21a, 21b) of the first and second stages, there is formed an intermediate header (24) for feeding the cooling channels (21b) of the second stage homogeneously, too, with the cooling water.

(57) 要約: 原子炉容器内の炉心が溶融して原子炉容器を貫通した際に発生する炉心デブリを冷却する効率を向上させる。原子炉容器内の炉心が溶融して原子炉容器を貫通した際に発生する炉心デブリを、原子炉容器の下方に位置し、その内部に放射状に延びた

[続葉有]



WO 2007/099698 A1



Seiichi) [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). 鈴木由佳 (SUZUKI, Yuka) [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, 外(KIKUCHI, Osamu et al.); 〒1050013 東京都港区浜松町2丁目10番4号イマス浜松町ビル4階あおぞら国際特許事務所 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, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK,

SL, SM, SV, SY, 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, 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 (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告書

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

冷却フィン31で囲まれる第一段目の冷却チャンネル21aおよび第二段目の冷却チャンネル21bが形成されている鋼製本体20を有するコアキャッチャーで受け止める。第二段目の冷却チャンネル21bの本数は第一段目の冷却チャンネル21aの本数に比べて多い。冷却水は、冷却水注入口22から供給され、分配器10で第一段目の冷却チャンネル21aに分配される。第一段目と第二段目の冷却チャンネル21a, 21bの間には、中間ヘッダー24が形成されていて、第二段目の冷却チャンネル21bにも均一に冷却水が供給される。

明 細 書

コアキャッチャーおよびその製造方法、並びに、原子炉格納容器およびその改造方法

技術分野

[0001] 本発明は、コアキャッチャーおよびその製造方法、並びに、原子炉格納容器およびその改造方法に関する。

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る冷却水の喪失によって、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（ECCS）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。

[0003] 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おそれがある。

[0004] 原子力発電プラントでこのような過酷事故が発生すると、溶融炉心が原子炉圧力容器の底部の原子炉圧力容器下部ヘッドを貫通して原子炉格納容器の床に落下するおそれがある。溶融炉心の残骸である炉心デブリは、その内部に存在する放射性物質の崩壊熱により原子炉出力の1%程度の発熱が継続する。このため、冷却手段がない場合は、炉心デブリ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し、大量の放射性物質が環境に放出されるおそれがある。

[0005] 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

させる可能性があり、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たり、格納容器構造強度を低下させる可能性がある。結果的に、炉心デブリとコンクリートの反応が継続すると格納容器破損に至り、格納容器内の放射性物質が外部環境へ放出されるおそれがある。

[0006] このような炉心デブリとコンクリートの反応を抑制するためには、炉心デブリを冷却し、炉心デブリ底部のコンクリートとの接触面の温度を浸食温度以下（一般的なコンクリートで1500K以下）に冷却するか、炉心デブリとコンクリートが直接接触しないようにする必要がある。従来は、落下した炉心デブリの上から注水して冷却することにより、炉心デブリ温度を下げコンクリート浸食反応の抑制が図られてきた（たとえば特許文献1および特許文献2参照）。

[0007] そこで、炉心溶融物が落下した場合に備えて、様々な対策が提案されている。代表的なものがコアキャッチャーと呼ばれるものである。コアキャッチャーは、落下した炉心溶融物を耐熱材で受け止めて保持するとともに、注水手段と組み合わされて炉心溶融物を冷却する。

[0008] コアキャッチャーとは、炉心デブリを受け止めて冷却可能な状態を維持して原子炉格納容器の健全性を担保し、放射性物質の外部への放出を抑制するための安全設備である。

[0009] 既存の沸騰水型原子力発電プラント（BWR）では、事故の発生確率が低く抑えられている。さらに、事故時の炉心冷却にかかわる安全性も極めて高く、このような過酷事故は発生したことはない。また、確率論的安全評価（PSA）においても、このような過酷事故の発生確率は無視できるほど小さく評価されている。

[0010] 現在、安全系を全て静的機器で構成した自然循環冷却式受動安全沸騰水型原子炉（ESBWR）が提案されている。このESBWRには原子炉格納容器の下部にコアキャッチャーが設置される。これは、次世代のBWRの安全性に関する完結性をさらに高めるためのものである。

[0011] コリウムへ注水することによりコリウム上面の水の沸騰により冷却する場

合には、コリウム堆積厚さが厚いとコリウム底部まで十分に冷却できない可能性がある。このため、床面積を広くとり、コリウムの堆積厚さを冷却可能な厚さ以下にする必要がある。しかし、十分大きな床面積を確保することは格納容器構造設計上困難である。

[0012] たとえば、典型的なコリウムの崩壊熱は、定格熱出力の約1%程度であり、定格熱出力4000MWの炉の場合には、40MW程度の発熱量になる。上面の沸騰熱伝達量にはコリウム上面の状態により幅があるが、小さい方の値として0.4MW/m²程度の熱流束が想定される。この場合にはコリウムの発熱量を上面の熱伝達のみで取るとすると、100m²程度（円直径で11.3m）の床面積が必要になる。このため、プラント出力が大きくなるにつれて、必要とされる下部ドライウエルの床面積が大きくなり、格納容器設計上の課題となる。

[0013] 原子炉格納容器床に落下した炉心溶融物の上面に冷却水を注水しても、炉心溶融物の底部での除熱量が小さいと、崩壊熱によって炉心溶融物底部の温度が高温のまま維持され、格納容器床のコンクリート浸食を停止することができない可能性がある。そこで、炉心溶融物を底面から冷却するという方法も提案されている（たとえば特許文献2ないし特許文献5参照）。

特許文献1：特開2004-333357号公報

特許文献2：特開2005-195595号公報

特許文献3：特開平7-110392号公報

特許文献4：特開平6-130169号公報

特許文献5：特開平9-138292号公報

非特許文献1：T. G. Theofanous、外1名、“The Coolability Limits of A Reactor Pressure Vessel Lowerhead”、1997年、Nuclear Engineering and Design、Volume 169、p. 59 - p. 76

発明の開示

発明が解決しようとする課題

[0014] コアキャッチャーは、たとえば耐熱性の部材を用い、溶融炉心が原子炉格

納容器の下部を溶融貫通したり、あるいは、放射性物質が漏洩することがないように下部ドライウエルの床部分に配設されたものである。しかし、単なる耐熱性の部材を敷き詰めただけでは、十分に炉心デブリを冷却できないおそれがある。また、炉心デブリを冷却するために、冷却水を通すための配管を多数配設すると、その配設に手間がかかるという課題がある。

[0015] コリウムの上からの注水だけでは、コリウム上面の水の沸騰による冷却のみであり、コリウム堆積厚さが厚いとコリウム底部まで十分に冷却できない可能性がある。したがって、床面積を広くとり、コリウムの堆積厚さを冷却可能な厚さ以下にする必要があった。しかし、十分大きな床面積を確保することは格納容器構造設計上困難であった。

[0016] そこで本発明は、原子炉容器内の炉心が溶融して原子炉容器を貫通した際に発生する炉心デブリを冷却する効率を向上させることを目的とする。

課題を解決するための手段

[0017] 上述の目的を解決するため、本発明は、原子炉容器内の炉心が溶融して前記原子炉容器を貫通した際に発生する炉心デブリを受け止めるコアキャッチャーにおいて、前記原子炉容器の下方に位置し、冷却水注入配管から供給される冷却水が流れる放射状に延びた複数の冷却チャンネルがその内部に形成されている本体部、を有することを特徴とする。

[0018] また、本発明は、原子炉容器を格納する原子炉格納容器において、前記原子炉容器の下方に位置し、冷却水注入配管から供給される冷却水が流れる放射状に延びた複数の冷却チャンネルがその内部に形成されている本体部を備えて、前記原子炉容器内の炉心が溶融して前記原子炉容器を貫通した際に発生する炉心デブリを受け止めるコアキャッチャーを前記原子炉容器の下方に設置したことを特徴とする。

[0019] また、本発明は、原子炉容器を格納する原子炉格納容器において、前記原子炉容器の下方に位置するペDESTAL床と、前記原子炉容器を支持する、前記ペDESTAL床の周囲を囲むペDESTAL側壁と、水平方向に対して傾いた底面とその底面の周囲に鉛直方向に広がる壁によって囲まれた上に開いた炉心

溶融物保持領域、および、水平方向の幅は一定のまま前記炉心溶融物保持領域の底面に沿って上面が上昇しながら延びる互いに平行な複数の冷却水流路が形成された冷却水チャンネルと、前記冷却水チャンネルの炉心溶融物保持領域に向かう面に取り付けられた耐熱材と、を備えてペDESTAL床の上に設置されたコアキャッチャーと、を有することを特徴とする。

[0020] また、本発明は、原子炉容器内の炉心が溶融して前記原子炉容器を貫通した際に発生する炉心デブリを受け止めるコアキャッチャーの製造方法において、冷却水が流れる複数の冷却チャンネルがその内部に形成されている本体断片を製造する本体断片製造工程と、複数の前記本体断片を前記冷却チャンネルが放射状に延びるように前記原子炉容器の下方に配設する本体配設工程と、前記冷却水を供給する冷却水注入配管を前記冷却チャンネルに接続する配管接続工程と、を有することを特徴とする。

[0021] また、本発明は、原子炉容器を格納する原子炉格納容器の改造方法において、前記原子炉容器の下方に位置する空間を形成する既存のペDESTAL側壁の下端から所定の高さを削って拡大するペDESTAL側壁拡大工程と、冷却水が流れる放射状に延びた複数の冷却チャンネルがその内部に形成されている本体部を備え、前記原子炉容器内の炉心が溶融して前記原子炉容器を貫通した際に発生する炉心デブリを受け止めるコアキャッチャーを、前記ペDESTAL側壁の下端から前記所定の高さの鉛直方向範囲に配設するコアキャッチャー配設工程と、前記冷却水を供給する冷却水注入配管を前記冷却チャンネルに接続する配管接続工程と、を有することを特徴とする。

発明の効果

[0022] 本発明によれば、原子炉容器内の炉心が溶融して原子炉容器を貫通した際に発生する炉心デブリを冷却する効率が向上する。

図面の簡単な説明

[0023] [図1]本発明に係る第1の実施の形態の鋼製本体の底面図である。

[図2]本発明に係る第1の実施の形態のコアキャッチャー近傍の立断面図である。

- [図3]本発明に係る第1の実施の形態の原子炉格納容器の立断面図である。
- [図4]本発明に係る第2の実施の形態の本体断片の斜視図である。
- [図5]本発明に係る第2の実施の形態の本体断片の底面図である。
- [図6]本発明に係る第2の実施の形態のコアキャッチャーの平面図である。
- [図7]本発明に係る第3の実施の形態における、ペDESTAL床近傍の立断面図である。
- [図8]本発明に係る第3の実施の形態における、原子炉格納容器の立断面図である。
- [図9]本発明に係る第3の実施の形態における、給水チェンバーと水チャンネル集合体の平面図である。
- [図10]下向きの伝熱面の角度に対する沸騰限界熱流束の実験結果を示すグラフである。
- [図11]本発明に係る第4の実施の形態における、水チャンネルの斜視図である。
- [図12]本発明に係る第5の実施の形態における、ペDESTAL床近傍の立断面図である。
- [図13]本発明に係る第6の実施の形態における、炉心溶融物冷却装置を原子炉格納容器の立断面とともに示す説明図である。
- [図14]本発明に係る第7の実施の形態における、炉心溶融物冷却装置を原子炉格納容器の立断面とともに示す説明図である。
- [図15]本発明に係る第8の実施の形態における、ペDESTAL床近傍の立断面図である。
- [図16]本発明に係る第8の実施の形態における、原子炉格納容器の立断面図である。
- [図17]本発明に係る第8の実施の形態における冷却水チャンネル近傍の平面図である。
- [図18]冷却水チャンネルの流路高さが一定の場合の給水ヘッダー中心からの距離と冷却チャンネル流路断面積の関係の例を示すグラフである。

[図19]冷却水チャンネルの流路断面積を一定に保った場合の給水ヘッダー中心からの距離と冷却水チャンネルの流路高さの関係の例を示すグラフである。

[図20]本発明に係る第9の実施の形態におけるペDESTAL床近傍の立断面図である。

[図21]本発明に係る第10の実施の形態におけるペDESTAL床近傍の立断面図である。

[図22]本発明に係る第11の実施の形態におけるペDESTAL床近傍の立断面図である。

[図23]本発明に係る第12の実施の形態における冷却水チャンネル近傍の平面図である。

[図24]図23におけるXXIV—XXIV矢視断面図である。

[図25]図23におけるXXV—XXV矢視断面図である。

[図26]本発明に係る第13の実施の形態におけるペDESTAL床近傍の立断面図である。

[図27]本発明に係る第14の実施の形態におけるペDESTAL床近傍の平面図である。

[図28]図27におけるXXVIII—XXVIII矢視断面図である。

[図29]図27におけるXXIX—XXIX矢視断面図である。

[図30]図27におけるXXX—XXX矢視断面図である。

[図31]本発明に係る第15の実施の形態におけるペDESTAL床近傍の立断面図である。

[図32]本発明に係る第16の実施の形態のペDESTAL床近傍の平面図である。

[図33]図32におけるXXXIII—XXXIII矢視立断面図である。

[図34]本発明に係る第17の実施の形態のペDESTAL床近傍の立断面図である。

符号の説明

[0024] 1…ペDESTAL側壁、3…下部ドライウエル、7…GDCS冠水配管、8…爆破弁、10…分配器、20…鋼製本体、21, 21a, 21b…冷却チャンネル、22…冷却水注入口、23…注入配管、24…中間ヘッダー、25…側壁部チャンネル、26…耐熱材層、27…ドレンサンプ、28…底部構造材、29…犠牲コンクリート層、30…本体断片、31…冷却フィン、32…底蓋、33…ヘッダー領域、36…原子炉格納容器、37…重力落下式炉心冷却系(GDCS)プール、41…炉心、42…原子炉压力容器、51…ドライウエル、52…RPVサポート、53…RPVスカート、54…上部ドライウエル、58…圧力抑制室、59…圧力抑制プール、65…静的格納容器冷却系(PCCS)プール、70…コアキャッチャー、71…コアキャッチャー上端部、101…原子炉压力容器、102…原子炉格納容器、103…原子炉压力容器下部ヘッド、104…サプレッションプール、105…水槽、106…格納容器冷却器、107…ペDESTAL床、108…注水配管、109…循環配管、110…給水チェンバー、111…水チャンネル、112…耐熱材、113…コリウム(炉心溶融物)、114…注入弁、115…ペDESTAL、121…下部入口部、122…上部出口部、124…ペDESTAL側壁、125…冷却水流路、130…炉心溶融物冷却装置、131…水チャンネル集合体、136…注入弁制御器、137…センサー、138…外部冷却水貯水槽、139…ポンプ制御器、140…外部冷却水供給配管、141…ポンプ、201…原子炉压力容器、202…原子炉格納容器、203…原子炉压力容器下部ヘッド、204…サプレッションプール、204a…プール水、205…水槽、206…格納容器冷却器、207…ペDESTAL床、208…注水配管、209, 291, 292…給水配管、210…給水チェンバー、211…冷却水チャンネル、212…耐熱材、213…コリウム(炉心溶融物)、214…注入弁、215…ペDESTAL、216…下部ドライウエル、221…下部入口部、222…上部出口部、223…炉心、224…ペDESTAL側壁、225…冷却水流路、230…炉心溶融物保持装置、251…堰、252…第1の耐熱材、253…第2の耐熱材、261…

炉心溶融物（コリウム）保持領域、262…入口部、263…出口部、266…熱交換機、281…入口側垂直流路、282…出口側垂直流路

発明を実施するための最良の形態

[0025] 本発明に係るコアキャッチャーの実施の形態を、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。また、第1および第2の実施の形態では自然循環冷却式受動安全沸騰水型原子炉（ESBWR）を例として、第3ないし第17の実施の形態では沸騰水型原子炉（BWR）を例として説明するが、他の型式の原子炉においても適用可能である。

[0026] [第1の実施の形態]

図3は、本発明に係る第1の実施の形態の原子炉格納容器の縦断面図である。

[0027] 原子炉格納容器36の内部にはドライウエル51と呼ばれる空間があり、原子炉圧力容器（RPV）42はその中に設置されている。原子炉圧力容器42は、RPVサポート52によりRPVスカート53を介して固定される。ドライウエル51のRPVサポート52よりも上部の空間を上部ドライウエル54、下部の空間を下部ドライウエル3と呼ぶ。また、下部ドライウエル3を取り囲む壁をペDESTAL側壁1と呼ぶ。ESBWRでは、ペDESTAL側壁1でRPVサポート52を支持している。

[0028] 炉心41は、原子炉圧力容器42の内部に収納されている。

[0029] 上部ドライウエル54には、重力落下式炉心冷却系（GDCCS）プール37が設置されている。GDCCSプール37と原子炉圧力容器42は、爆破弁56を介して配管57により連結されている。また、上部ドライウエル54の下には原子炉圧力容器42を取り囲むように圧力抑制室58が設置されている。圧力抑制室58の内部には圧力抑制プール59が設置されている。ドライウエル51の上部には、静的格納容器冷却系（PCCS）プール65が設置され、冷却水を蓄えている。

[0030] コアキャッチャー70は、下部ドライウエル3の内部であって、原子炉圧

力容器 4 2 の下方に設置される。

[0031] 図 2 は、第 1 の実施の形態の下部ドライウェル 3 の一部の立断面図である。

[0032] コアキャッチャー 7 0 は、下部ドライウェル 3 の底部に位置する底部構造材 2 8 の上に設置されている。この底部構造材 2 8 はコンクリートもしくは耐熱材で構成される。底部構造材 2 8 の上面は、上に開いた円錐形をしている。コアキャッチャー 7 0 は、厚さ約 2 0 c m の円形の皿状をした鋼製本体 2 0 を備えている。鋼製本体 2 0 の底面には、底部構造材 2 8 の上面の形状に沿うように上に開いた円錐形の底蓋 3 2 が取り付けられている。

[0033] また、ペDESTAL側壁 1 の下端からコアキャッチャー 7 0 を収めるのに十分な範囲は、約 5 0 c m 外周方向に拡大されていて、コアキャッチャー 7 0 はペDESTAL側壁 1 で囲まれる下部ドライウェル 3 の底面全体を覆うように設置される。

[0034] 鋼製本体 2 0 と底蓋 3 2 の間には、冷却チャンネル 2 1 が形成されている。

[0035] コアキャッチャー 7 0 の鋼製本体 2 0 の下面の中央部には、冷却水注入口 2 2 がある。冷却水注入口 2 2 には、爆破弁 8 を介して G D C S プールにつながる注入配管 2 3 が接続されている。注入配管 2 3 は、底部構造材 2 8 を通って、G D C S 冠水配管 7 に接続されている。G D C S 冠水配管 7 の一部はペDESTAL側壁 1 の内部を通っている。

[0036] 鋼製本体 2 0 の外周部には、ペDESTAL側壁 1 に沿って立ち上がる側壁部チャンネル 2 5 が形成されている。この側壁部チャンネル 2 5 の上端部をコアキャッチャー上端部 7 1 と呼ぶこととする。

[0037] コアキャッチャー 7 0 の鋼製本体 2 0 の上面には、たとえば厚さが約 1 . 5 m のマグネシア（酸化マグネシウム）からなる耐熱材層 2 6 が形成されている。耐熱材層 2 6 には、マグネシアの代わりに、ジルコニア（酸化ジルコニウム）などの耐熱材を用いてもよい。また、耐熱材層 2 6 の上面には、ドレンサンプ 2 7 が形成されている。

- [0038] 耐熱材層 26 の上面は、ドレンサンプ 27 が形成されている部分を含め、犠牲コンクリート層 29 で覆われている。また、側壁部チャンネル 25 の耐熱材層 26 に接する面も、耐熱材層 26 の上面からコアキャッチャー上端部 71 までは、犠牲コンクリート層 29 で覆われている。犠牲コンクリート層 29 の厚さは、たとえば 10 cm である。
- [0039] 図 1 は、第 1 の実施の形態のコアキャッチャー 70 の鋼製本体 20 の底面図である。
- [0040] コアキャッチャー 70 の鋼製本体 20 の下面には、その中心から放射状に延びる冷却フィン 31 が形成されている。冷却フィン 31 の幅は、たとえば約 10 cm で一定とし、放射状かつ末広型に若干の間隔を空けて設置される。冷却フィン 31 は、底蓋 32 とともに、冷却チャンネル 21 a, 21 b を形成している。
- [0041] 鋼製本体 20、および、これと一体として形成された冷却フィン 31 は、たとえば鋼製で、厚さは全体として約 18 cm である。また、底蓋 32 の厚さは、たとえば約 2 cm で、鋼製本体 20 の厚さは全体として約 40 cm である。底蓋 32 は、水密性と堅牢性があるものであれば材質は問わないが、鋼製本体 20 および冷却フィン 31 と同じく鋼製としてもよい。
- [0042] 鋼製本体 20 の背面中心部分には、円形の分配器 10 があり、分配器 10 から第一段目の冷却チャンネル 21 a が放射状に延びている。分配器 10 の中央部には、冷却水注入口 22 がある。また、第一段目の冷却チャンネル 21 a を取り囲むように、リング状の中間ヘッダー 24 が形成されている。中間ヘッダー 24 の外側には、第二段目の冷却チャンネル 21 b が放射状に延びている。第二段目の冷却チャンネル 21 b の数は、第一段目の冷却チャンネル 21 a に比べて多い。また、第二段目の冷却チャンネル 21 b を取り囲むように、リング状の側壁部チャンネル 25 が形成されている。
- [0043] 炉心デブリがコアキャッチャー 70 に落下した場合には、GDCS 冠水配管 7 から供給される GDCS プール 37 に貯えられた冷却水は、注入配管 23 を通り冷却水注入口 22 から分配器 10 内部に導かれる。分配器 10 内部

の冷却水はさらに放射状に伸びた第一段目の冷却チャンネル 2 1 a 内に通水される。冷却水は一旦中間ヘッダー 2 4 に導かれた後、第 1 段目よりも本数が多い第 2 段の冷却チャンネル 2 1 b に導かれる。冷却チャンネルの段数は、コアキャッチャー全体の大きさに合わせて適宜増減してもよい。

[0044] 第 2 段の冷却チャンネル 2 1 b を通った後、冷却水は側壁部チャンネル 2 5 を上昇しコアキャッチャー上端部 7 1 よりオーバーフローして、犠牲コンクリート層 2 9 で囲まれる高さ約 1. 5 m の領域に流入する。このようにして、コアキャッチャー 7 0 に落下した炉心デブリは、冠水され、冷却される。

[0045] その後、冷却水の水位はさらに上昇を続け約 2 0 m の水深に達する。コアキャッチャー 7 0 の上部を満たした冷却水は、炉心デブリからの崩壊熱を受けて、一部が常に蒸発を続ける。

[0046] 発生した水蒸気は静的格納容器冷却系プール 6 5 により冷却され凝縮水となる。この凝縮水は G D C S プール 3 7 に戻され、再び G D C S 冠水配管 7 を通ってコアキャッチャー 7 0 の冷却に用いられる。このように、コアキャッチャー 7 0 には常に冷却水が還流し供給され、一度冷却水が約 2 0 m の水深に達すると、その後の水深はほぼ一定に維持される。また、コアキャッチャー 7 0 の冷却チャンネル 2 1 には、常に静的格納容器冷却系プール 6 5 で冷却された低温の冷却水が供給される。

[0047] このように、本実施の形態では、冷却フィン 3 1 を設けることにより、コアキャッチャー 7 0 の本体部の表面積は大きくなり、冷却水による冷却効果は高まる。必要に応じて、冷却フィン 3 1 の幅を薄くして設置数を増加させることにより、冷却効果を高めることもできる。

[0048] また、冷却水は中心部分の分配器 1 0 に接続された冷却水注入配管 2 3 から供給されるため、冷却水が最も加熱される中心部から供給され、中心部分のバイパス現象を回避することができる。冷却チャンネル 2 1 の数は、外周に行くに従って増加するため、外周部において冷却チャンネル 2 1 の設置密度が疎になることを回避することができる。

- [0049] 2つの冷却チャンネル21a, 21bの間に設けられた中間ヘッダー24は、各冷却チャンネルを通ってきた冷却水が一旦混在するミキシング領域である。この中間ヘッダー24を設けることにより、後段である第2段目の冷却チャンネル21bの本数が、前段である第1段目の冷却チャンネル21aの本数に比べて多くても、第2段目の冷却チャンネル21bに均一に冷却水を供給することができる。
- [0050] 冷却チャンネル21は、鋼製本体20と一体で形成されているため、構造がシンプルで実機への設置もより容易に行うことができ、多数の冷却配管をいちいち下部ドライウェル3内に設置していくなどの手間を省くことができる。
- [0051] なお、本実施の形態では、冷却チャンネルは角管状としているが、円筒状など他の形状のものであってもよい。たとえば、鋼製の板の背面に配管を放射状に配置して冷却チャンネルを形成してもよい。この場合であっても、中間ヘッダー24などを通して冷却水は流れるため、それぞれの配管を接続する手間を省くことができる。
- [0052] 本実施の形態によれば、犠牲コンクリート層29を設置することにより、通常運転時や、炉心損傷を伴わない設計基準事故時に、耐熱材が遊離して飛散することがないようにしている。
- [0053] また、冷却水によって炉心デブリが冷却されると、その表面が固化し皮膜状の固形物質（クラスト（crust））が形成される。このため、クラストが側壁部チャンネル25に付着すると、炉心デブリの表面とクラストの間にボイドが形成され、デブリ表面からの冷却効率が低下する可能性がある。そこで、本実施の形態では、側壁部チャンネル25近傍にも犠牲コンクリート層29を配置することにより、炉心デブリによって積極的に侵食させ、炉心デブリの上面に形成されたクラストが側壁部チャンネル25から乖離して落下しやすくしている。
- [0054] 熔融炉心が飛散するおそれのあるコアキャッチャー上部近傍では、GDCS冠水配管7をコンクリート製のペDESTAL側壁1の内部に埋設しているた

め、炉心デブリによる熱攻撃を防止でき、GDCS冠水配管7が破損するおそれも小さい。

[0055] ペDESTAL側壁1の下端からコアキャッチャー70を収めるのに十分な範囲は、外周方向に拡大されていて、また、それより上方は、コアキャッチャー70が配置されている部分に比べて拡大されていない。これにより、コアキャッチャー70のデブリ拡散面積をより広く確保することができ、かつ、GDCSプールの冷却水保有水量を少なくすることができる。

[0056] つまり、コアキャッチャーのデブリ拡散面積を確保するために、下部ドライウエル全体を拡大してしまうと、下部ドライウエル全体を満水するためのGDCSプール37の容量を大きくする必要があり、増大したGDCSプール37を収めるために原子炉格納容器の内径を拡大しなければならないという悪循環を回避できる。

[0057] 既存の原子炉格納容器でペDESTAL側壁1の下端近傍が拡大されていない場合には、ペDESTAL側壁1を削って、コアキャッチャー70を収めるための領域を外周方向に拡大してから、コアキャッチャー70を配設することにより、同様に冷却水保有水量を少なくすることができる。

[0058] また、コアキャッチャー70の上部にドレンサンプ27を設置しているため、コアキャッチャー70とドレンサンプ27がそれぞれの機能を損なわずに共存することができる。すなわち、通常運転時には、原子炉圧力バウンダリーから万一漏洩事象によって漏れた漏洩水はドレンサンプ27に全て集められて、安全上問題となる漏洩は検知することができる。一方、炉心溶融を伴う事故が発生した場合には、ドレンサンプ27を壊したとしても、コアキャッチャー70で炉心デブリを受け止め、冷却することができる。

[0059] このように、本実施の形態によれば、冷却水の流路抵抗が一様で、中心部分を効果的に冷却できるコアキャッチャーを提供することができる。また、ドレンサンプに漏洩水が集まるため、漏洩検出が可能である。

[0060] なお、4500MWtの熱出力のESBWRにおいて、コアキャッチャーのデブリ有効拡散部分の直径を11.2mにまで拡大すると、デブリ拡散面

積は約98.5 m²になり、単位熱出力あたりのデブリ拡散面積を約0.022 m²/MW t とすることができる。

[0061] [第2の実施の形態]

本発明に係る第2の実施の形態のコアキャッチャーは、設置が容易なように細分化した本体断片30を複数組み合わせて用いる。

[0062] 図4は、第2の実施の形態の本体断片30および底蓋32の斜視図である。図5は、第2の実施の形態の本体断片30の底面図である。

[0063] 本体断片30の下面には、冷却フィン31が形成されている。冷却フィン31の下面には本体断片30と投影形状を同じくする底蓋32が取り付けられていて、冷却フィン31の間は冷却水が通る冷却チャンネル21となっている。

[0064] 本体断片30、および、本体断片30と一体として形成された冷却フィン31は、たとえば鋼製で、厚さは全体として約18 cmである。また、底蓋の厚さは、たとえば約2 cmで、本体断片30全体としては、厚さが約40 cmである。底蓋32は、水密性と堅牢性があるものであれば材質は問われないが、本体断片30および冷却フィン31と同じく鋼製としてもよい。冷却フィン31の幅は、たとえば約10 cmで一定とし、放射状かつ末広型に若干の間隔を空けて設置される。

[0065] なお、図4および図5において、本体断片30および底蓋32の形状は台形として図示しているが、台形に限定されるものではない。

[0066] 図6は、第2の実施の形態の本体断片の配置を示す平面図である。

[0067] 本実施の形態の鋼製本体20は、正八角形の分配器10の周りに、8個の第一段目の本体断片30aおよび16個の第二段目の本体断片30bを、全体としてほぼ円形状になるように配置したものである。なお、第二段目の本体断片30bの一辺は、円弧状としているが、直線状でもかまわない。

[0068] 本体断片30を、底部構造材28（図1）の上にタイル状に並べて設置することによって、全体ではすり鉢状の鋼製本体20を構成する。たとえば、第一段の本体断片30aは台形の上面形状をなし八角形状の分配器10の外

周に沿って8個配置される。さらに第二段の本体断片30bは第一段の本体断片30aの外周に沿って16個が配置される。第二段の本体断片30bの外周部は円弧状をなし、円筒形のペDESTAL側壁部チャンネルと円滑に接続される。

[0069] 本体断片30は必要に応じて細分化してもよい。たとえば、本体断片30の数をより多く細分化すると、コアキャッチャー70の全体を曲面体に近づけることができる。また、本体断片30を細分化することによって、本体断片30の重量および体積が低減するため、コアキャッチャー70を設置する際の作業性が向上する。

[0070] 本体断片30の、互いに接触する外周部に、互いに嵌合する凹凸を設けて、この凹凸を重ね合わせることによって、隙間を生じにくくすることもできる。

[0071] [第3の実施の形態]

図8は、本発明に係る第3の実施の形態における、原子炉格納容器の立断面図である。

[0072] 原子炉格納容器102には、下部に位置するペDESTAL床107、および、その周りを取り囲む円筒面状のペDESTAL側壁124によって、ペDESTAL115が形成されている。炉心123を内蔵する原子炉圧力容器101は、ペDESTAL側壁124によって支持されている。

[0073] また、原子炉格納容器102の下部には、ペDESTAL側壁124を取り囲むようにサプレッションプール104が形成されている。サプレッションプール104には、水が貯えられている。

[0074] ペDESTAL床107の上には、溶融炉心冷却装置（コアキャッチャー）130が配設されている。溶融炉心冷却装置130には、注水配管108が接続されている。また、注水配管108は、注入弁114を介して、原子炉格納容器102の上部に位置する水槽105に接続されている。

[0075] 原子炉格納容器102の上には、冷却器106が配設されている。冷却器106は、たとえば、原子炉格納容器102の蒸気を導いて水中に沈めた熱

交換機 106a で凝縮させ、水槽 105 に凝縮水を戻すものである。このような冷却器 106 として、静的格納容器冷却設備やドライウェルクーラーなどを用いることができる。

[0076] 図 7 は、第 3 の実施の形態における、ペDESTAL床 107 近傍の立断面図である。なお、図 7 には、冷却水の流れを模式的に破線の矢印で示した。また、コリウム（炉心デブリ）113 が溶融炉心冷却装置 130 の上に落下した場合の、コリウム 113 の堆積状況も併せて示した。

[0077] 溶融炉心冷却装置 130 は、ペDESTAL床 107 の上に設置されている。溶融炉心冷却装置 130 は、給水チェンバー 110、水チャンネル集合体 131、耐熱材 112 および循環配管 109 を有している。

[0078] 給水チェンバー 110 は、中空の円盤状に形成されており、ペDESTAL床 107 の上面に配置されている。給水チェンバー 110 には、注水配管 108 が接続されている。

[0079] 水チャンネル集合体 131 は、給水チェンバー 110 からペDESTAL側壁 124 に向かって傾きを持って上昇し、ペDESTAL側壁 124 の近傍で鉛直に立ち上がって、その上端は開口している。水チャンネル集合体 131 の鉛直に立ち上がった外周部よりも内側は、上に開いた円錐状である。

[0080] 水チャンネル集合体 131 とペDESTAL側壁 124 の間には、循環配管 109 の一端が開口している。循環配管 109 のもう一方の端は、給水チェンバー 110 に接続されている。図 7 において、循環配管 109 と注水配管 108 は、水チャンネル集合体 131 を挟んで、それぞれ 1 本ずつ記載しているが、適宜増減してもよい。水チャンネル集合体 131 とペDESTAL側壁 124 の間で、循環配管 109 と注水配管 108 以外の部分は、リング状の蓋で覆って、水チャンネル 111 の下方の空間 129 に冷却水が流れ込まないようにしてもよい。

[0081] 水チャンネル集合体 131 の上面およびペDESTAL側壁 124 に沿って鉛直に立ち上がっている部分の内側には、その全体を覆うように、耐熱材 112 が配設されている。

- [0082] 耐熱材 112 としては、たとえば、 ZrO_2 、 MgO などの金属酸化物や、玄武岩系コンクリートを用いることができ、金属酸化物とコンクリートの二層構造としてもよい。また、耐熱材 112 として、このような材料の直方体のブロックとして、敷き詰めるように配設してもよい。なお、この場合、ブロックの形状は直方体に限定されるものではない。
- [0083] 図 9 は、第 1 の実施の形態における、給水チェンバー 110 と水チャンネル集合体 131 の平面図である。
- [0084] 水チャンネル集合体 131 は、給水チェンバー 110 の周りに放射状に延びる複数の水チャンネル 111 を組み合わせたものである。それぞれの水チャンネル 111 の投影形状は扇形をしていて、水チャンネル 111 の間は隙間なく接触している。本実施の形態では、たとえば 16 個の水チャンネル 111 を組み合わせて、水チャンネル集合体 131 を形成しているが、水チャンネル 111 の個数は適宜増減してもよい。
- [0085] 水チャンネル 111 の内部に形成された冷却水流路 125 は、給水チェンバー 110 につながる下部入口部 121 から外周に向かって周方向に広がり、上部出口部 122 につながっている。
- [0086] なお、本実施の形態では、複数の水チャンネル 111 を組み合わせて水チャンネル集合体 131 を形成しているが、給水チェンバーから広がりながら上昇する冷却水流路 125 を持っていれば、どのような形状でもよい。たとえば、2 枚の円錐面状の板を所定の間隔を保つように保持したものであってもよい。
- [0087] 炉心溶融事故が発生し、コリウム 113 が原子炉圧力容器下部ヘッド 103 を貫通してペDESTALへ落下すると、溶融炉心冷却装置 130 の耐熱材 112 に受け止められる。コリウム 113 が落下すると、給水チェンバー 110 へ冷却水が供給され、下部入口部 121 から各水チャンネル 111 に冷却水が分配される。
- [0088] 高温のコリウム 113 の熱は耐熱材 112 に伝わり、さらに水チャンネル 111 の壁を介して冷却水に伝えられる。コリウム 113 の熱が伝達される

ことにより、水チャンネル 111 の内部の冷却水流路 125 を流れる冷却水は、いずれ沸騰する。

[0089] 図 10 は、非特許文献 1 に示された下向きの伝熱面の角度に対する沸騰限界熱流束の実験結果を示すグラフである。なお、図中「ULPUCor」は、ULPU 試験による相関式を、「SBLBCor」は SBLB 試験による相関式を示し、「 ΔT_{sub} 」は飽和温度に対する温度差を示している。

[0090] 図 10 から、たとえば、 20° の傾斜を持った下向きの伝熱面の場合は、下向きの水平面（角度 0° ）よりも、沸騰限界熱流束が約 60% 程度向上することがわかる。本実施の形態では、冷却水流路 125 は傾斜を持っているため、沸騰により生じた蒸気泡は、浮力によって伝熱面である水チャンネル 111 の内面から離脱しやすく、良好な熱伝達率が得られる。

[0091] 本実施の形態においては、コリウム 113 の冷却効果をより高める場合の一例として、コリウム 113 を広げ除熱量を多く取ることと装置高さに関する設置性の双方を勘案して、水チャンネル 111 を水平から例えば $10^\circ \sim 20^\circ$ 程度傾けて配置することを考慮している。

[0092] 下部入口部 121 から水チャンネル 111 に入った冷却水は、冷却水流路 125 を通って上昇し、外周に位置する上部出口部 122 から溢れ出る。上部出口部 122 から溢れ出た冷却水の大部分は、水チャンネル集合体 131 の円錐形の部分に流れ込む。水チャンネル 111 を出た冷却水は、耐熱材 112 の上に溢水し、コリウム 113 の上に水プールを形成する。この水プールを形成した冷却水は、コリウム 113 の表面で沸騰し、コリウム 113 を冷却する。

[0093] このように、水チャンネル 111 の内部での沸騰と、コリウム 113 の表面の沸騰の両方によって、コリウム 113 は冷却される。

[0094] 給水チェンバー 110 への初期の給水は、たとえば、熔融炉心冷却装置より上方に設置されたプール水を重力落下させることにより注水配管 108 を介して行われる。初期注水が終了した後は、ペDESTAL 115 の内部の水チャンネル集合体 131 の上部へ溢水した冷却水が、冷却水流路 125 での沸

騰により生じる自然循環によって、循環配管 109 より給水チェンバー 110 に供給される。

- [0095] 溶融炉心を冷却することにより生じた蒸気は、格納容器上部の冷却器 106 で凝縮されて、水槽 105 に戻される。水槽 105 に戻された蒸気を凝縮した冷却水は、再びコリウム 113 の冷却に用いられるようになっており、水が自然循環することによってコリウム 113 の冷却が継続される。
- [0096] 耐熱材 112 の融点は、たとえば ZrO_2 を耐熱材 112 に用いた場合には約 $2700^{\circ}C$ 程度なので、コリウム 113 の温度（平均融点が約 $2200^{\circ}C$ ）よりも高く、溶融するおそれは小さい。また、耐熱材 112 を配設することにより、コリウム 113 が直接、水チャンネル 111 に接触せず、また、耐熱材 112 の熱抵抗によって熱流束が抑えられるため、水チャンネル 111 の壁が破損するおそれも小さい。
- [0097] このように、本実施の形態の溶融炉心冷却装置 130 によって、効果的にコリウムの温度を下げることができ、コリウム 113 は溶融炉心冷却装置 130 の内部に安定的に保持される。
- [0098] また、コリウム 113 は、ペDESTAL床 107 のコンクリートと直接接触しないため、コンクリート浸食反応も起きない。したがって、二酸化炭素や水素などの非凝縮性ガス発生による加圧や、原子炉格納容器の損傷が生じるおそれも小さくなる。
- [0099] また、本実施の形態では、水チャンネル 111、耐熱材 112、給水チェンバー 110、および、注水配管 108 などの配管の組み合わせで構成されているため、大型の容器などを製造する必要が無い。このため、既設の格納容器に新たに炉心溶融物冷却装置を設置する場合など、大きな物をペDESTAL 115 に搬入することが困難なときであっても、別途製造した各構成部材をペDESTAL 115 の内部に持ち込んで、現場で組み立て施工が可能であり、施工性が優れている。
- [0100] [第 4 の実施の形態]
- 図 11 は、本発明に係る第 4 の実施の形態における、水チャンネル 111

の斜視図である。

[0101] 本実施の形態の水チャンネル 111 は、第 3 の実施の形態の水チャンネルの上面に耐熱材 112 を張り付け一体としたものである。このような水チャンネル 111 を、予め原子力発電所の外部の工場などで製造しておき、その水チャンネル 111 をペDESTAL 115 に搬入して組み立てると、炉心溶融物冷却装置 130 の設置に要する時間が短くなる。

[0102] また、この水チャンネル 111 の内部の冷却水流路 125 を形成する壁面には、多数の凹凸が備えられている。この凹凸により、水チャンネル 111 の内面での熱伝達は促進され、コリウムをより速く冷却することができるようになる。

[0103] [第 5 の実施の形態]

本発明に係る第 5 の実施の形態は、水チャンネル集合体 131 を円錐形状ではなく、下に凸のお椀型にしたものである。

[0104] 図 12 は、第 5 の実施の形態における、ペDESTAL 床 107 近傍の立断面図である。

[0105] 本実施の形態の水チャンネル集合体 131 は、給水チェンバー 110 から離れペDESTAL 側壁 124 に近づくに従って段階的に冷却水流路 125 の傾きが増加するようにしたものである。なお、水チャンネル集合体 131 は、第 1 の実施形態と同様に、投影形状が扇型の水チャンネルを組み合わせたものである。

[0106] 図 10 に示すように冷却面の水平からの傾きが大きいほど、沸騰限界熱流束が大きくなるため、冷却性能は高まる。このため、コリウムを受け止める耐熱材 112 およびその耐熱材 112 を介してコリウムを冷却する水チャンネル集合体 131 の上面の面積をより小さくしても、コリウム 113 の冷却と安定保持が可能となる。

[0107] [第 6 の実施の形態]

本発明に係る第 6 の実施の形態は、溶融炉心冷却装置 130 に冷却水を供給する注入配管 108 に取り付けられた注入弁 114 の制御方法に関するも

のである。

[0108] 図 1 3 は、第 6 の実施の形態における、炉心溶融物冷却装置を原子炉格納容器の立断面とともに示す説明図である。

[0109] 注入弁 1 1 4 には注入弁制御器 1 3 6 が接続されていて、注入弁制御器 1 3 6 には溶融炉心が落下する徴候を検出するセンサー 1 3 7 が接続されている。

[0110] 注入弁 1 1 4 は、ペDESTAL 1 1 5 の内圧などによって自動的に開くようにしてもよいが、本実施の形態では、注入弁制御器 1 3 6 によって注入弁 1 1 4 を開くようにしている。注入弁制御器 1 3 6 は、センサー 1 3 7 からの信号を受け取り、溶融炉心が落下する徴候があると判定したら、注入弁 1 1 4 を開き、溶融炉心冷却装置 1 3 0 に冷却水を供給する。

[0111] センサー 1 3 7 として、たとえば、ペDESTAL 雰囲気温度を測定する温度計を用い、ペDESTAL 雰囲気温度が所定の温度を超えた場合に、注入弁制御器 1 3 6 によって注入弁 1 1 4 を開くようにする。ペDESTAL 雰囲気温度の代わりに、原子炉圧力容器下部ヘッド 1 0 3 の温度を測定する温度計を用いて、その温度が所定の温度を超えた場合に注入弁 1 1 4 が開くようにしてもよい。

[0112] また、センサー 1 3 7 として、原子炉水位を検出する検出器を用いて、原子炉水位低の信号が所定の時間継続した場合に、注入弁制御器 1 3 6 は溶融炉心が落下する徴候があると判定して、注入弁 1 1 4 を開くようにしてもよい。

[0113] さらに、これらのセンサー 1 3 7 を組み合わせて用いてもよい。

[0114] 本実施の形態では、適切なセンサーによって溶融炉心が落下する徴候を検出して、溶融炉心冷却装置 1 3 0 に冷却水を供給できるため、溶融炉心が落下しても、すぐにコリウムを冷却できる。

[0115] [第 7 の実施の形態]

図 1 4 は、本発明に係る第 7 の実施の形態における、炉心溶融物冷却装置を原子炉格納容器の立断面とともに示す説明図である。

[0116] 本実施の形態では、注水配管 108 に、外部冷却水貯水槽 138 とつながった外部冷却水供給配管 140 が接続されている。外部冷却水供給配管 140 には、ポンプ 141 が挿入されている。また、ポンプ 141 には、ポンプ制御器 139 を接続する。

[0117] ポンプ制御器 139 は、熔融炉心が落下する徴候を検出した場合には、ポンプ 141 を起動して、外部冷却水貯水槽 138 から冷却水を炉心溶融物冷却装置 130 に供給する。これによって、ポンプ 141 を駆動するための外部電源が利用できる場合には、水槽 105 に貯えられた冷却水だけでなく、外部冷却水貯水槽 138 に貯えられた冷却水もコリウムの冷却に用いることができる。したがって、より速くコリウムを冷却することができるようになる。

[0118] [第 8 の実施の形態]

図 16 は、本発明に係る第 8 の実施の形態における原子炉格納容器の立断面図である。

[0119] 原子炉格納容器 202 の下部ドライウェル 216 には、下部に位置するペDESTAL 床 207、および、その周りを取り囲む円筒面状のペDESTAL 側壁 224 によって、ペDESTAL 215 が形成されている。炉心 223 を内蔵する原子炉圧力容器 201 は、ペDESTAL 側壁 224 によって支持されている。

[0120] また、原子炉格納容器 202 の下部には、ペDESTAL 側壁 224 を取り囲むようにサプレッションプール 204 が形成されている。サプレッションプール 204 には、プール水 204a が貯えられている。

[0121] ペDESTAL 床 207 の上には、事故時に原子炉圧力容器下部ヘッド 203 から放出される炉心溶融物 213 を保持する炉心溶融物保持装置（コアキャッチャー） 230 が配設されている。炉心溶融物保持装置 230 には、注水配管 208 が接続されている。また、注水配管 208 は、注入弁 214 を介して、原子炉格納容器 202 の上部に位置する水槽 205 に接続されている。

- [0122] 原子炉格納容器 202 の上には、格納容器冷却器 206 が配設されている。格納容器冷却器 206 は、たとえば、原子炉格納容器 202 の蒸気を導いて水中に沈めた熱交換機 266 で凝縮させ、水槽 205 に凝縮水を戻すものである。このような格納容器冷却器 206 として、静的格納容器冷却設備やドライウェルクーラーなどを用いることができる。
- [0123] 図 15 は、第 8 の実施の形態における、ペDESTAL床 207 近傍の立断面図である。なお、図 15 には、冷却水の流れを模式的に破線の矢印で示した。また、コリウム（炉心デブリ）213 が炉心溶融物保持装置 230 の上に落下した場合の堆積状況も併せて示した。
- [0124] 炉心溶融物保持装置 230 は、ペDESTAL床 207 の上に設置されている。炉心溶融物保持装置 230 は、給水チェンバー 210、冷却水チャンネル 211、耐熱材 212 および給水配管 209 を有している。
- [0125] 給水チェンバー 210 は、中空の円盤状に形成されており、ペDESTAL床 207 の上面に配置されている。給水チェンバー 210 には、注水配管 208 が接続されている。
- [0126] 冷却水チャンネル 211 は、給水チェンバー 210 からペDESTAL側壁 224 に向かって傾きを持って上昇し、ペDESTAL側壁 224 の近傍で鉛直に立ち上がって、その上端は上部出口部 222 において開口している。冷却水チャンネル 211 の内部には、冷却水流路 225 が形成されている。冷却水流路 225 の流路高さは、給水チェンバー 210 と接続する下部入口部 221 で最も大きく、外周に近づくほど小さくなっている。冷却水チャンネル 211 の鉛直に立ち上がった外周部よりも内側は、上に開いた円錐状の炉心溶融物保持領域 261 である。
- [0127] 冷却水チャンネル 211 とペDESTAL側壁 224 の間には、給水配管 209 の一端が開口している。給水配管 209 のもう一方の端は、給水チェンバー 210 に接続されている。
- [0128] 冷却水チャンネル 211 の上面およびペDESTAL側壁 224 に沿って鉛直に立ち上がっている部分の内側には、その全体を覆うように、耐熱材 212

が配設されている。耐熱材 212 としては、たとえば ZrO_2 を用いることができる。

[0129] 図 17 は、第 8 の実施の形態における給水チェンバー 210 近傍の平面図である。なお、図 17 では、耐熱材 212 の図示を省略している。

[0130] 冷却水チャンネル 211 は、給水チェンバー 210 の周りに放射状に延びる管状体 255 を隙間なく配置したものである。冷却水チャンネル 211 の内部に形成された複数の冷却水流路 225 は、給水チェンバー 210 につながる下部入口部 221 から外周に向かって周方向に広がり、上部出口部 222 につながっている。

[0131] 炉心溶融事故が発生し、コリウム 213 が原子炉圧力容器下部ヘッド 203 を貫通して下部ドライウェル 216 へ落下すると、炉心溶融物保持装置 230 の耐熱材 212 に受け止められる。コリウム 213 が落下すると、給水チェンバー 210 へ冷却水が供給され、下部入口部 221 から各冷却水流路 225 に冷却水が分配される。

[0132] 高温のコリウム 213 の熱は耐熱材 212 に伝わり、さらに冷却水チャンネル 211 の壁を介して冷却水に伝えられる。コリウム 213 の熱が伝達されることにより、冷却水流路 225 を流れる冷却水は、いずれ沸騰する。

[0133] 図 10 から、たとえば、 20° の傾斜を持った下向きの伝熱面の場合は、下向きの水平面（角度 0° ）よりも、沸騰限界熱流束が約 60% 程度向上することがわかる。本実施の形態では、冷却水流路 225 は傾斜を持っているため、沸騰により生じた蒸気泡は、浮力によって伝熱面である冷却水チャンネル 211 の内面から離脱しやすく、良好な熱伝達率が得られる。

[0134] 図 18 は、冷却水チャンネルの流路高さが一定の場合の給水ヘッダー中心からの距離と冷却チャンネル流路断面積の関係の例を示すグラフである。図 19 は、冷却水チャンネルの流路断面積を一定に保った場合の給水ヘッダー中心からの距離と冷却水チャンネルの流路高さの関係の例を示すグラフである。

[0135] 冷却水流路 225 の流路高さが半径方向で一定の場合には、冷却水流路 2

25の断面積は給水チェンバー210の中心からの距離の二乗に比例する。このため、冷却水流路225を流れる冷却水の流速は外周に近づくにつれて小さくなる傾向にある。しかし、本実施の形態では、冷却水流路225の流路高さが外周に近づくにつれて減少していくため、冷却水流路225の断面積の増加が抑えられる。たとえば図19に示すように冷却水流路225の断面積を一定に保つこともできる。さらに、外周に近づくにつれて、冷却水流路225の断面積を小さくすることもできる。

[0136] このように外周領域での冷却水流路225の断面積の増加が抑えられることにより、冷却水流路225内の冷却水の流速低下を抑制することができる。つまり、単位面積、単位時間当たりの除熱に寄与する冷却水が外周に近づくにつれて減少することを抑制することができる。したがって、炉心溶融物保持装置230の局所的な温度上昇を抑制することができる。

[0137] 下部入口部221から冷却水チャンネル211に入った冷却水は、冷却水流路225を通過して上昇し、外周に位置する上部出口部222から溢れ出る。上部出口部222から溢れ出た冷却水の大部分は、炉心溶融物保持装置230の円錐形の部分に流れ込む。冷却水チャンネル211を出た冷却水は、耐熱材212の上に溢水し、コリウム213の上に水プールを形成する。この水プールを形成した冷却水は、コリウム213の表面で沸騰し、コリウム213を冷却する。

[0138] このように、冷却水チャンネル211の内部での沸騰と、コリウム213の表面の沸騰の両方によって、コリウム213は冷却される。

[0139] 給水チェンバーへの初期の給水は、たとえば、炉心溶融物保持装置より上方に設置されたプール水を重力落下させることにより注水配管208を介して行われる。初期注水が終了した後は、ペDESTAL215の内部の炉心溶融物保持装置230の上部へ溢水した冷却水が、冷却水流路225での沸騰により生じる自然循環によって、給水配管209より給水チェンバー210に供給される。給水配管209は、冷却水を循環させる配管であるため、循環配管と呼ぶこともできる。

- [0140] 溶融炉心を冷却することにより生じた蒸気は、格納容器上部の冷却器 206 で凝縮されて、水槽 205 に戻される。水槽 205 に戻された蒸気を凝縮した冷却水は、再びコリウム 213 の冷却に用いられるようになっており、水が自然循環することによってコリウム 213 の冷却が継続される。
- [0141] 耐熱材 212 の融点は、 ZrO_2 を耐熱材 212 に用いた場合には約 2700°C 程度なので、コリウム 113 の温度（平均融点が約 2200°C）よりも高く、溶融するおそれは小さい。また、耐熱材 212 を配設することにより、コリウム 213 が直接、冷却水チャンネル 211 に接触せず、また、耐熱材 212 の熱抵抗によって熱流束が抑えられるため、冷却水チャンネル 211 の壁が破損するおそれも小さい。
- [0142] このように、本実施の形態の炉心溶融物保持装置 230 によって、効果的にコリウムの温度を下げることができ、コリウム 213 は炉心溶融物保持装置 230 の内部に安定的に保持される。
- [0143] また、コリウム 213 は、ペDESTAL床 207 のコンクリートと直接接触しないため、コンクリート浸食反応も起きない。したがって、二酸化炭素や水素などの非凝縮性ガス発生による加圧や、原子炉格納容器の損傷が生じるおそれも小さくなる。
- [0144] [第 9 の実施の形態]
- 図 20 は、本発明に係る第 9 の実施の形態におけるペDESTAL床 207 近傍の立断面図である。
- [0145] 本実施の形態の炉心溶融物保持装置 230 では、耐熱材 212 の敷設厚さが外周に近いほど厚くなっている。
- [0146] なお、耐熱材 212 の敷設厚さは連続的に変化する必要はなく、厚さが異なる耐熱ブロックを用いたり、耐熱ブロックを積層することなどにより、非連続で変化していてもよい。
- [0147] このような炉心溶融物保持装置では、冷却水チャンネル 211 の内部の流路面積が大きく、冷却水の流速が小さくなる外周部において、コリウム 213 から冷却水への熱の伝達が抑制される。このため冷却水チャンネル 211

の局所的な温度上昇を抑制することができ、炉心溶融物を安定して保持し、冷却し続けることができる。

[0148] [第10の実施の形態]

図21は、本発明に係る第10の実施の形態におけるペDESTAL床207近傍の立断面図である。

[0149] 本実施の形態の炉心溶融物保持装置230では、内周部に敷設された第1の耐熱材252とその外側に敷設された第1の耐熱材252よりも熱伝導率が小さい第2の耐熱材253を有している。冷却水流路225の流路高さは、一定である。

[0150] なお、外周に近いほど熱伝導率が小さくなるように2種類以上の耐熱材を配置してもよい。

[0151] このような炉心溶融物保持装置では、冷却水チャンネル211の内部の流路面積が大きく、冷却水の流速が小さくなる外周部において、コリウム213から冷却水への熱の伝達が抑制される。このため冷却水チャンネル211の局所的な温度上昇を抑制することができ、炉心溶融物を安定して保持し、冷却し続けることができる。

[0152] [第11の実施の形態]

図22は、本発明に係る第11の実施の形態におけるペDESTAL床207近傍の立断面図である。

[0153] 本実施の形態の炉心溶融物保持装置230では、給水チェンバー210の上面が上に開いた円錐状である。

[0154] このような炉心溶融物保持装置230では、給水チェンバー210の上面が傾きを持っているため、その天井部分で発生した気泡が滞留することなく冷却水流路225に向かって流れていく。このため、給水チェンバー210での局所的な温度上昇を抑制することができ、炉心溶融物を安定して保持し、冷却し続けることができる。

[0155] [第12の実施の形態]

図23は、第12の実施の形態における冷却水チャンネル211近傍の平

面図である。図 2 4 は、図 2 3 におけるXXIV—XXIV矢視断面図である。図 2 5 は、図 2 3 におけるXXV—XXV矢視断面図である。なお、図 2 3 では、耐熱材 2 1 2 の図示を省略している。

[0156] 本実施の形態の炉心溶融物保持装置 2 3 0 は、2 種類の給水配管 2 9 1, 2 9 2 を有している。第 1 の給水配管 2 9 1 は、給水チェンバー 2 1 0 に接続されている。第 2 の給水配管 2 9 2 は、冷却水チャンネル 2 1 1 に下部入口部 2 2 1 と上部出口部 2 2 2 との間で接続されている。

[0157] このような炉心溶融物保持装置では、冷却水チャンネル 2 1 1 の内部の流路面積が大きく、冷却水の流速が小さくなる外周部において、より多くの冷たい冷却水が供給される。このため冷却水チャンネル 2 1 1 の局所的な温度上昇を抑制することができ、炉心溶融物を安定して保持し、冷却し続けることができる。

[0158] [第 1 3 の実施の形態]

図 2 6 は、本発明に係る第 1 3 の実施の形態におけるペDESTAL床 2 0 7 近傍の立断面図である。

[0159] 本実施の形態の炉心溶融物保持装置 2 3 0 は、上部出口部 2 2 2 と給水配管 2 0 9 との間に堰 2 5 1 が設けられている。堰 2 5 1 は、上部出口部 2 2 2 に向かって傾いている。

[0160] 冷却水流路 2 2 5 を流れる途中で、コリウム 2 1 3 から伝達された熱によって冷却水中に発生した気泡は、上部出口部 2 2 2 から冷却水とともに放出される。この気泡を含んだ冷却水の給水配管 2 0 9 への直接の流入は、堰 2 5 1 によって抑制される。このため、冷却水中の気泡の給水配管 2 0 9 への流入は抑制され、より多くの冷却水が給水チェンバー 2 1 0 に供給されるようになる。

[0161] [第 1 4 の実施の形態]

図 2 7 は、本発明に係る第 1 4 の実施の形態におけるペDESTAL床 2 0 7 近傍の平面図である。図 2 8 は、図 2 7 におけるXXVIII—XXVIII矢視断面図である。図 2 9 は、図 2 7 におけるXXIX—XXIX矢視断面図である。図 3 0 は

、図 27 におけるXXX—XXX矢視断面図である。

[0162] 本実施の形態の炉心溶融物保持装置 230 は、ペDESTAL床 207 の上に配設された、投影形状がほぼ正方形の冷却水チャンネル 211 を有している。冷却水チャンネル 211 の上部には、傾いた底面とその底面を囲む鉛直方向に広がる壁からなるコリウム保持領域 261 が形成されていて、そこでコリウムを保持する。冷却水チャンネル 211 のコリウム 213 を保持する領域 261 に向かう面には、耐熱材 212 が敷設されている。

[0163] 冷却水チャンネル 211 のコリウム保持領域 261 の下には、内部に複数の冷却水流路 225 が形成されている。冷却水流路 225 は互いに平行である。また、冷却水流路 225 は、一定の水平方向の幅で入口部 262 から出口部 263 に延びている。冷却水流路 225 の上面は、コリウム保持領域 261 の底面に沿って入口部 262 から出口部 263 に向かって上昇している。冷却水流路 225 の下面は、水平に形成されたペDESTAL床 207 に接している。

[0164] 注水配管 208 は入口部 262 の近傍に開口していて、注水配管 208 から供給される冷却水は、ペDESTAL側壁 224 で囲まれたペDESTAL床 207 の上に放出され、少なくともその一部は入口部 262 から冷却水流路 225 に流入する。冷却水流路 225 を通過した冷却水は出口部 263 から放出される。注水配管 208 から供給される冷却水は、ペDESTAL側壁 224 で囲まれた領域に貯えられていき、水位がコリウム保持領域 261 を囲む壁を超えるとコリウム保持領域 261 の内部に流入し、コリウム 213 の上に水プールを形成する。この水プールを形成した冷却水は、コリウム 213 の表面で沸騰し、コリウム 213 を冷却する。

[0165] このような炉心溶融物保持装置 230 では、冷却水流路 225 の上面が傾きを持っているため、沸騰により生じた蒸気泡は、浮力によって伝熱面である冷却水流路 225 の上面から離脱しやすく、良好な熱伝達率が得られる。また、冷却水流路 225 の水平方向の幅は一定であるため、コリウム 213 からの伝熱面である冷却水流路 225 の上面に沿った冷却水の流速の減少は

抑制される。このため冷却水チャンネル 211 の局所的な温度上昇を抑制することができ、炉心溶融物を安定して保持し、冷却し続けることができる。

[0166] [第 15 の実施の形態]

本発明に係る第 15 の実施の形態における炉心溶融物保持装置 230 は、上面から見ると図 27 に示した第 14 の実施の形態の炉心溶融物保持装置 230 と同じである。

[0167] 図 31 は、本発明に係る第 15 の実施の形態におけるペDESTAL床 207 近傍の立断面図である。なお、図 31 は、図 27 における XXVIII-XXVIII 矢視断面図に相当する。

[0168] 本実施の形態の炉心溶融物保持装置 230 は、ペDESTAL床 207 が水平ではなく、コリウム保持領域 261 の底面と平行になっている点が、第 14 の実施の形態と異なっている。つまり、冷却水流路 225 は、流路面積が一定のまま、入口部 262 から出口部 263 に延びている。このため、冷却水の流速は低下することなく入口部 262 から出口部 263 に流れ、冷却水チャンネル 211 の局所的な温度上昇を抑制することができ、炉心溶融物を安定して保持し、冷却し続けることができる。

[0169] [第 16 の実施の形態]

図 32 は、本発明に係る第 16 の実施の形態のペDESTAL床 207 近傍の平面図である。図 33 は、図 32 における XXXIII-XXXIII 矢視立断面図である。

[0170] 本実施の形態の炉心溶融物保持装置 230 は、第 13 の実施の形態の炉心溶融物保持装置における冷却水チャンネルの入口部 262 および出口部 263 それぞれに接して鉛直方向に延びる入口側垂直流路 281 および出口側垂直流路 282 を配設したものである。入口側垂直流路 281 および出口側垂直流路 282 の上面は開放されている。また、注水配管 208 は、入口側垂直流路 281 の上面近傍まで延びている。

[0171] 注水配管 208 から放出される冷却水は、入口側垂直流路 281 に流れ込み、冷却水流路 225 を通って出口側垂直流路 282 から溢れ出る。出口側

垂直流路 282 から溢れ出た冷却水の一部はコリウム保持領域 261 に流れ込む。

[0172] このような炉心溶融物保持装置 230 では、注水配管 208 から供給される冷たい冷却水が、冷却水流路 225 に流れ込み易くなり、コリウム 213 を効果的に冷却することができる。

[0173] [第 17 の実施の形態]

本発明に係る第 17 の実施の形態における炉心溶融物保持装置 230 は、上面から見ると図 32 に示した第 16 の実施の形態の炉心溶融物保持装置 230 と同じである。

[0174] 図 34 は、本発明に係る第 17 の実施の形態のペDESTAL床 207 近傍の立断面図である。なお、図 34 は、図 32 における XXXIII—XXXIII 矢視立断面図に相当する。

[0175] 本実施の形態の炉心溶融物保持装置 230 は、第 16 の実施の形態におけるペDESTAL床 207 が、入口側垂直流路 281 から出口側垂直流路 282 に向かって上昇しているものである。

[0176] このような炉心溶融物保持装置 230 では、入口側垂直流路 281 から出口側垂直流路 282 の間における冷却水流路 225 の流路面積が変化しないため、冷却水の流速が低下することがない。このため、コリウム 213 を効果的に冷却することができる。

[0177] [その他の実施の形態]

なお、以上の説明は単なる例示であり、本発明は上述の各実施形態に限定されず、様々な形態で実施することができる。また、各実施形態の特徴を組み合わせて実施することもできる。

請求の範囲

- [1] 原子炉容器内の炉心が溶融して前記原子炉容器を貫通した際に発生する炉心デブリを受け止めるコアキャッチャーにおいて、
前記原子炉容器の下方に位置し、冷却水注入配管から供給される冷却水が流れる放射状に延びた複数の冷却チャンネルがその内部に形成されている本体部、
を有することを特徴とするコアキャッチャー。
- [2] 前記本体部は、前記冷却水注入配管および複数の前記冷却チャンネルが接続されていて前記冷却水を前記冷却チャンネルに分配する分配器を備えていることを特徴とする請求項 1 に記載のコアキャッチャー。
- [3] 前記分配器の内上面は、上に広がる円錐状であることを特徴とする請求項 2 に記載のコアキャッチャー。
- [4] 前記本体部は、その中心から外周の間が複数の領域に区分されていて、外周に近い領域ほど多くの前記冷却チャンネルが形成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 項に記載のコアキャッチャー。
- [5] 前記領域が互いに接する部分には、複数の前記冷却チャンネルが接続されていて前記冷却水を外側の領域に形成された前記冷却チャンネルに分配する中間ヘッダーが形成されていることを特徴とする請求項 4 に記載のコアキャッチャー。
- [6] 前記本体部の上面に耐熱材層が形成されていることを特徴とする請求項 1 ないし請求項 5 のいずれか 1 項に記載のコアキャッチャー。
- [7] 前記耐熱材層は、金属酸化物および玄武岩系コンクリートのいずれかであることを特徴とする請求項 6 に記載のコアキャッチャー。
- [8] 前記耐熱材層の上面にはドレンサンプが形成されていることを特徴とする請求項 6 または請求項 7 に記載のコアキャッチャー。
- [9] 前記耐熱材層の上側表面には犠牲コンクリート層が形成されていることを特徴とする請求項 6 ないし請求項 8 のいずれか 1 項に記載のコアキャッチャー。

- [10] 前記耐熱材層は、前記本体部の半径方向の内側に比べて外側の敷設厚さが大きくなるように形成されていることを特徴とする請求項 6 ないし請求項 9 のいずれか 1 項に記載のコアキャッチャー。
- [11] 前記耐熱材層は、第 1 の耐熱材層と、前記第 1 の耐熱材層よりも熱伝導率が小さく、前記第 1 の耐熱材層よりも前記本体部の半径方向の外側に位置する第 2 の耐熱材層と、を備えることを特徴とする請求項 6 ないし請求項 9 のいずれか 1 項に記載のコアキャッチャー。
- [12] 前記冷却材注入配管の少なくとも一部は、前記本体部が位置する空間を形成するペDESTAL側壁に埋め込まれていることを特徴とする請求項 1 ないし請求項 11 のいずれか 1 項に記載のコアキャッチャー。
- [13] 前記本体部は、複数の本体断片を組み合わせたものであることを特徴とする請求項 1 ないし請求項 12 のいずれか 1 項に記載のコアキャッチャー。
- [14] 外周部に位置する前記本体断片の前記本体部が位置する空間を形成するペDESTAL側壁に対向する辺は、前記ペDESTAL側壁の形状に沿った曲線であることを特徴とする請求項 13 に記載のコアキャッチャー。
- [15] 前記冷却チャンネルから前記本体部の上に放出された前記冷却水の少なくとも一部を前記冷却水チャンネルに戻す循環配管を有することを特徴とする請求項 1 ないし請求項 14 のいずれか 1 項に記載のコアキャッチャー。
- [16] 前記循環配管は、第 1 の循環配管と、前記第 1 の循環配管よりも前記冷却チャンネルの下流側で前記冷却水を前記冷却水チャンネルに戻す第 2 の循環配管とを含むことを特徴とする請求項 15 に記載のコアキャッチャー。
- [17] 前記循環配管の入口側の開口と前記冷却チャンネルの出口側の開口との間に設けられた堰、を有することを特徴とする請求項 15 または請求項 16 に記載のコアキャッチャー。
- [18] 前記堰は、前記冷却チャンネルの出口側の開口に向かって傾いていることを特徴とする請求項 17 に記載のコアキャッチャー。
- [19] 前記冷却チャンネルの内上面の一部は前記冷却水が流れる方向に沿って水平に対して傾斜していることを特徴とする請求項 1 ないし請求項 17 のい

れか 1 項に記載のコアキャッチャー。

- [20] 前記冷却チャンネルの内上面の水平に対する傾きは前記冷却水の流れの方向の下流側ほど大きいことを特徴とする請求項 19 に記載のコアキャッチャー。
- [21] 前記冷却チャンネルの内壁には複数の凹凸が形成されていることを特徴とする請求項 1 ないし請求項 20 のいずれか 1 項に記載のコアキャッチャー。
- [22] 熔融炉心落下の徴候を検出する検出手段と、
前記検出手段が前記徴候を検出したら前記冷却水注水配管を介して前記冷却チャンネルに冷却水を供給する冷却水供給手段と、
を有することを特徴とする請求項 1 ないし請求項 21 のいずれか 1 項に記載のコアキャッチャー。
- [23] 前記冷却水供給手段は、
前記冷却チャンネルの出口よりも上方に位置して冷却水を貯える第 1 の水槽と、
前記冷却水注水配管の途中に挿入された注入弁と、
前記検出手段が前記徴候を検出したら前記注入弁を開放する、前記検出手段に接続された注入弁制御器と、
を有することを特徴とする請求項 22 に記載のコアキャッチャー。
- [24] 前記検出手段は、前記原子炉容器の下方の雰囲気温度を検出するものであって、
前記注入弁制御器は、前記原子炉容器の下方の雰囲気温度が所定の温度を越えた場合に前記注入弁を開放するものである
ことを特徴とする請求項 23 に記載のコアキャッチャー。
- [25] 前記検出手段は、前記原子炉容器の下部ヘッダの温度を検出するものであって、
前記注入弁制御器は、前記下部ヘッダの温度が所定の温度を越えた場合に前記注入弁を開放するものである
ことを特徴とする請求項 23 に記載のコアキャッチャー。

- [26] 前記検出手段は、前記原子炉容器の内部の水位を検出するものであって、前記注入弁制御器は、前記原子炉容器の内部の水位が所定の水位を下回ったまま所定の時間が経過した場合に前記注入弁を開放するものであることを特徴とする請求項 2 3 に記載のコアキャッチャー。
- [27] 前記冷却水供給手段は、冷却水を貯える第 2 の水槽と、前記第 2 の水槽から前記給水チェンバーに冷却水を送り出すポンプと、前記検出手段が前記徴候を検出したら前記ポンプを起動する、前記検出手段に接続されたポンプ制御器と、を有することを特徴とする請求項 2 2 に記載のコアキャッチャー。
- [28] 前記冷却チャンネルは、前記本体部の半径方向の内側に比べて外側の流路高さが小さく形成されていることを特徴とする請求項 1 ないし請求項 2 7 のいずれか 1 項に記載のコアキャッチャー。
- [29] 原子炉容器内の炉心が溶融して前記原子炉容器を貫通した際に発生する炉心デブリを受け止めるコアキャッチャーにおいて、水平方向に対して傾いた底面とその底面の周囲に鉛直方向に広がる壁によって囲まれた上に開いた炉心溶融物保持領域、および、水平方向の幅は一定のまま前記炉心溶融物保持領域の底面に沿って上面が上昇しながら延びる互いに平行な複数の冷却水流路が形成された冷却水チャンネルと、前記冷却水チャンネルの炉心溶融物保持領域に向かう面に取り付けられた耐熱材と、を有することを特徴とするコアキャッチャー。
- [30] 前記冷却水流路の長さは全て同じであることを特徴とする請求項 2 9 に記載のコアキャッチャー。
- [31] 原子炉容器を格納する原子炉格納容器において、前記原子炉容器の下方に位置し、冷却水注入配管から供給される冷却水が流れる放射状に延びた複数の冷却チャンネルがその内部に形成されている本体部を備えて、前記原子炉容器内の炉心が溶融して前記原子炉容器を貫通し

た際に発生する炉心デブリを受け止めるコアキャッチャーを前記原子炉容器の下方に設置したことを特徴とする原子炉格納容器。

[32] 前記冷却水が貯えられ、前記冷却水注入配管が接続された冷却水貯水プールを有することを特徴とする請求項 3 1 記載の原子炉格納容器。

[33] 原子炉容器を格納する原子炉格納容器において、
前記原子炉容器の下方に位置するペDESTAL床と、
前記原子炉容器を支持する、前記ペDESTAL床の周囲を囲むペDESTAL側壁と、

水平方向に対して傾いた底面とその底面の周囲に鉛直方向に広がる壁によって囲まれた上に開いた炉心溶融物保持領域、および、水平方向の幅は一定のまま前記炉心溶融物保持領域の底面に沿って上面が上昇しながら延びる互いに平行な複数の冷却水流路が形成された冷却水チャンネルと、前記冷却水チャンネルの炉心溶融物保持領域に向かう面に取り付けられた耐熱材と、を備えてペDESTAL床の上に設置されたコアキャッチャーと、

を有することを特徴とする原子炉格納容器。

[34] 原子炉容器内の炉心が溶融して前記原子炉容器を貫通した際に発生する炉心デブリを受け止めるコアキャッチャーの製造方法において、

冷却水が流れる複数の冷却チャンネルがその内部に形成されている本体断片を製造する本体断片製造工程と、

複数の前記本体断片を前記冷却チャンネルが放射状に延びるように前記原子炉容器の下方に配設する本体配設工程と、

前記冷却水を供給する冷却水注入配管を前記冷却チャンネルに接続する配管接続工程と、

を有することを特徴とするコアキャッチャーの製造方法。

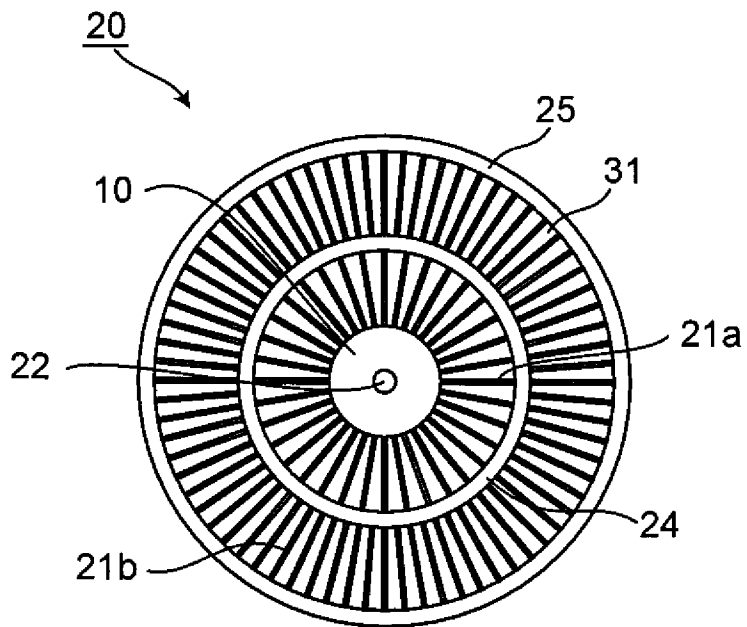
[35] ブロック状の耐熱材片を製造する工程と、

前記耐熱材片を前記冷却チャンネルの上面に取り付ける工程と、

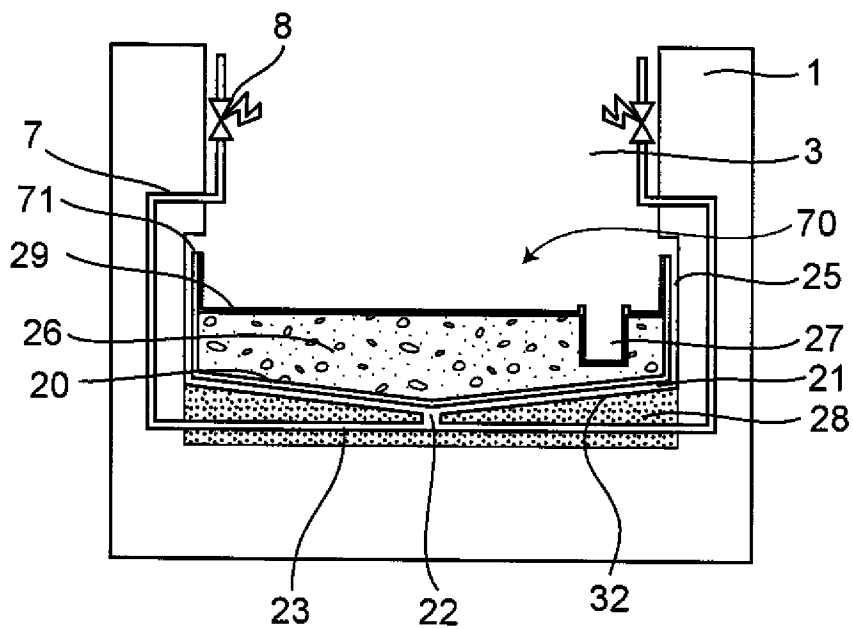
を有することを特徴とする請求項 3 4 に記載のコアキャッチャーの製造方法。

- [36] ブロック状の耐熱材片を製造する耐熱材片製造工程と、
前記本体断片製造工程および前記耐熱材片製造工程の後であって前記本体
配設工程の前に、それぞれの前記本体断片の上面に前記耐熱材を取り付ける
工程と、
 を有することを特徴とする請求項 3 4 に記載のコアキャッチャーの製造方
法。
- [37] 原子炉容器を格納する原子炉格納容器の製造方法において、
前記原子炉容器の下方に位置する空間を形成するペDESTAL側壁の下端か
ら所定の高さを径方向に拡大するペDESTAL側壁拡大工程と、
 冷却水が流れる放射状に延びた複数の冷却チャンネルがその内部に形成さ
れている本体部を備え、前記原子炉容器内の炉心が溶融して前記原子炉容器
を貫通した際に発生する炉心デブリを受け止めるコアキャッチャーを、前記
ペDESTAL側壁の下端から前記所定の高さの鉛直方向範囲に配設するコアキ
ャッチャー配設工程と、
 前記冷却水を供給する冷却水注入配管を前記冷却チャンネルに接続する配
管接続工程と、
 を有することを特徴とする原子炉格納容器の製造方法。
- [38] 前記コアキャッチャー配設工程は、
前記冷却チャンネルがその内部に形成されているコアキャッチャー本体断
片を製造する本体断片製造工程と、
 複数の前記本体断片を前記冷却チャンネルが放射状に延びるように配設す
る本体配設工程と、
 を有することを特徴とする請求項 3 7 記載の原子炉格納容器の製造方法。

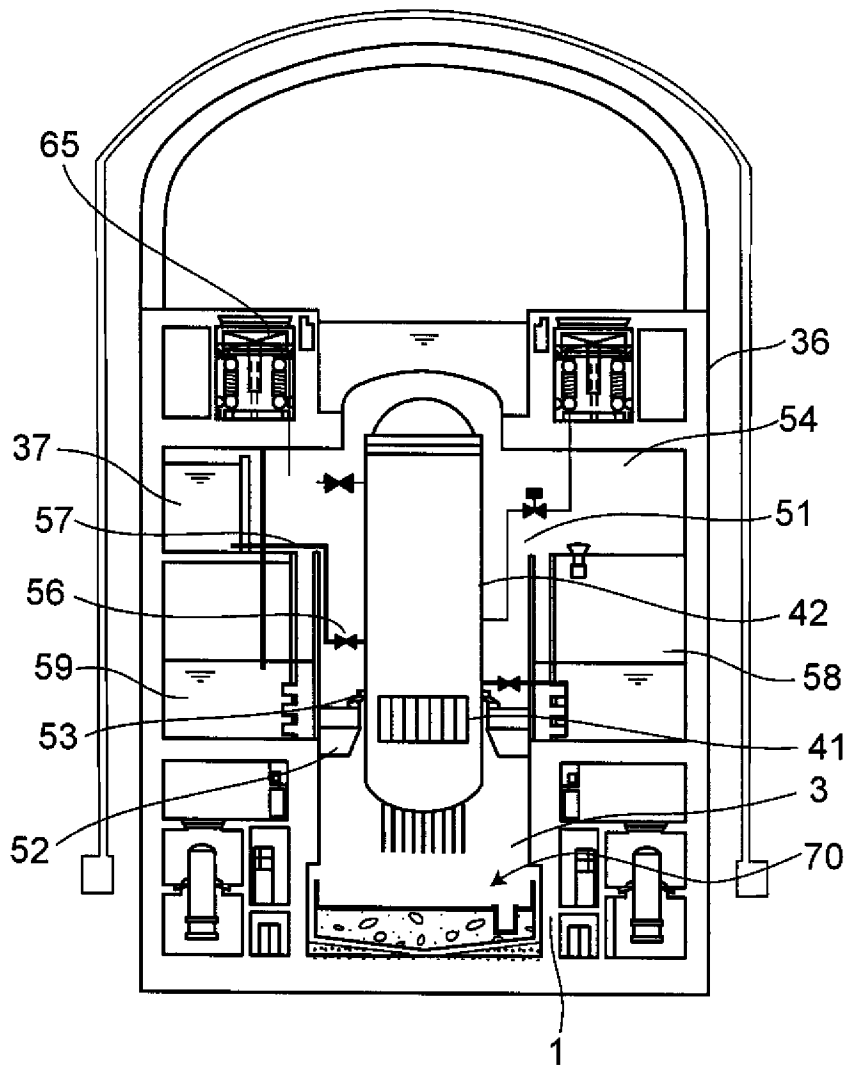
[図1]



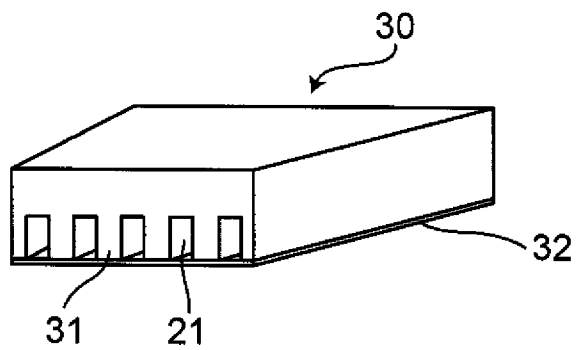
[図2]



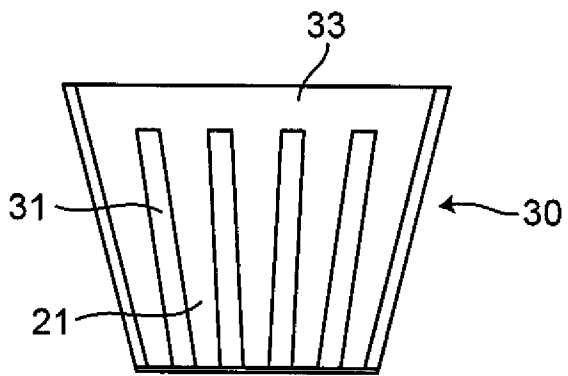
[図3]



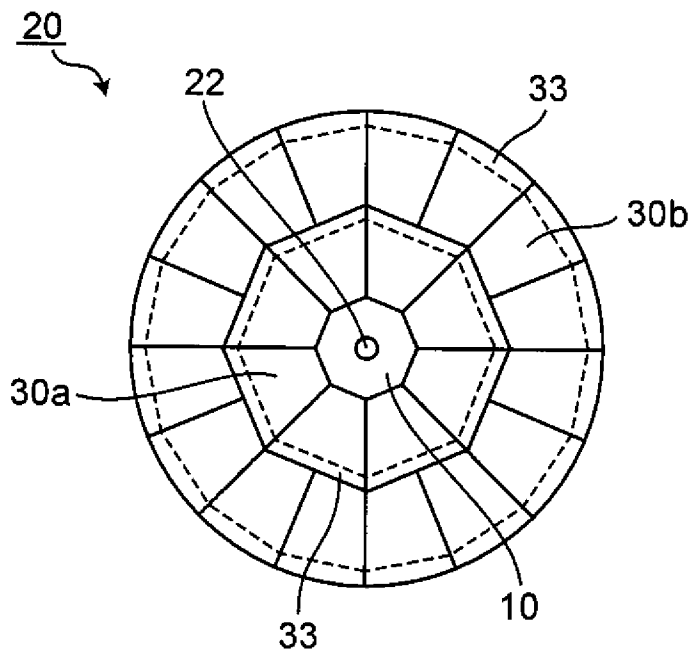
[図4]



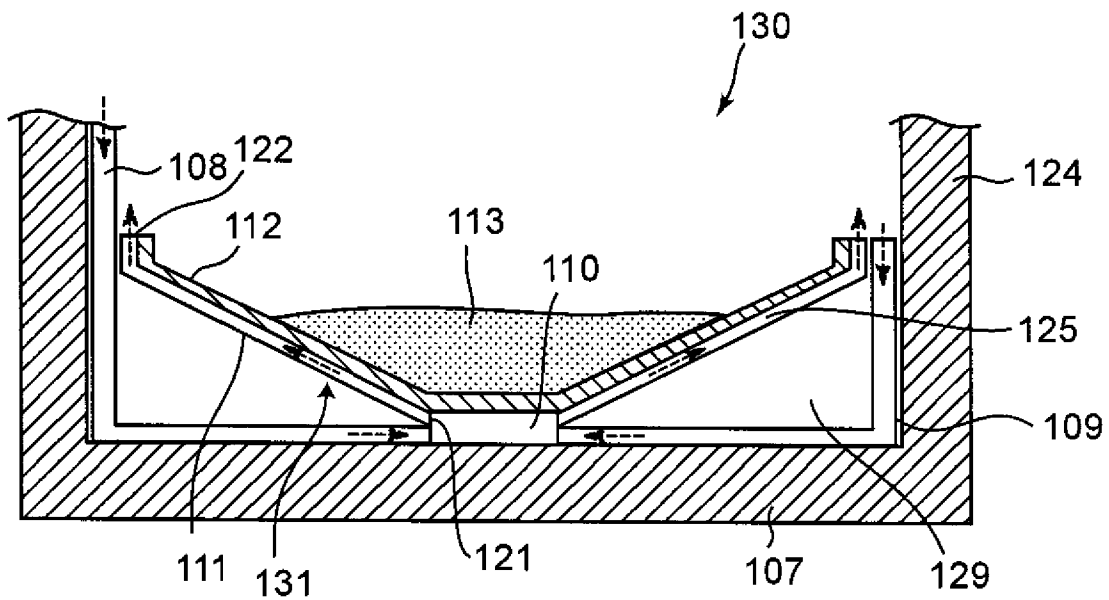
[図5]



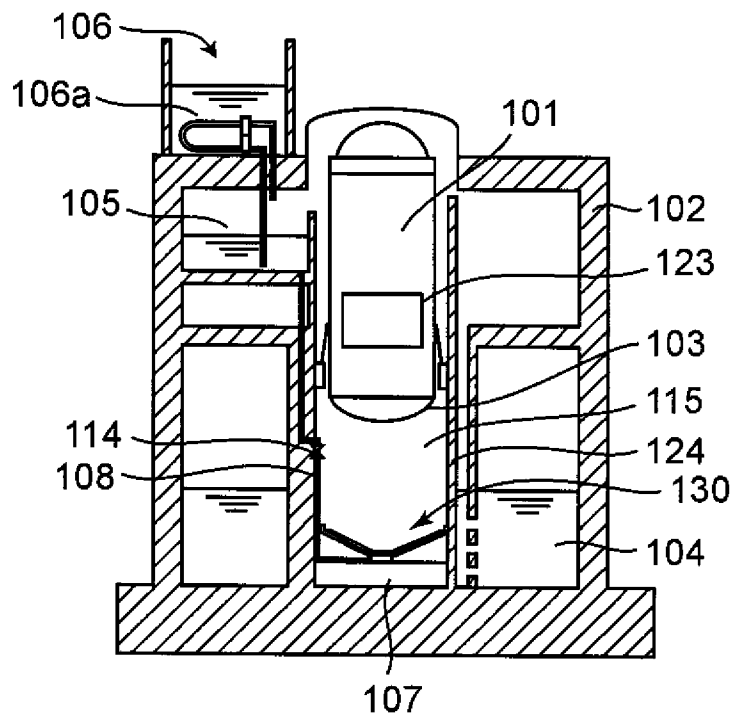
[図6]



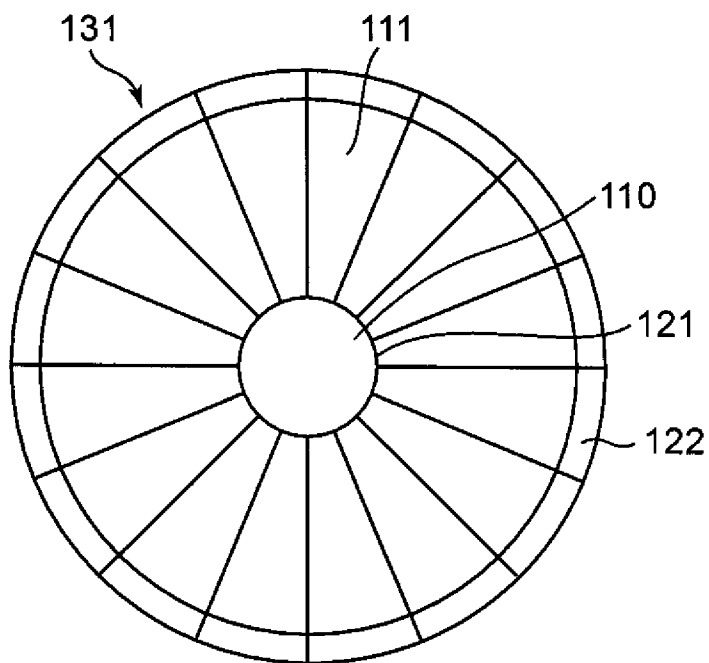
[図7]



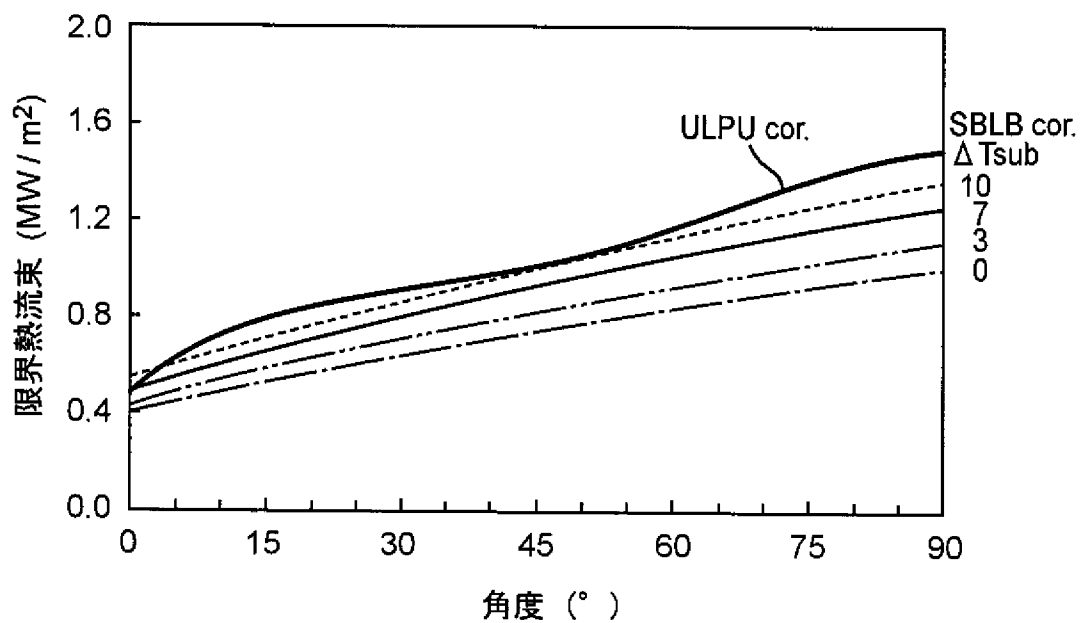
[図8]



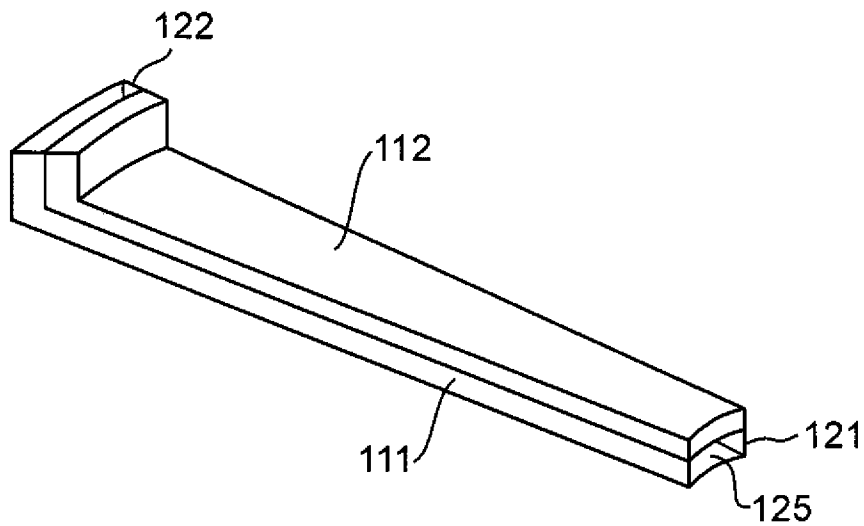
[図9]



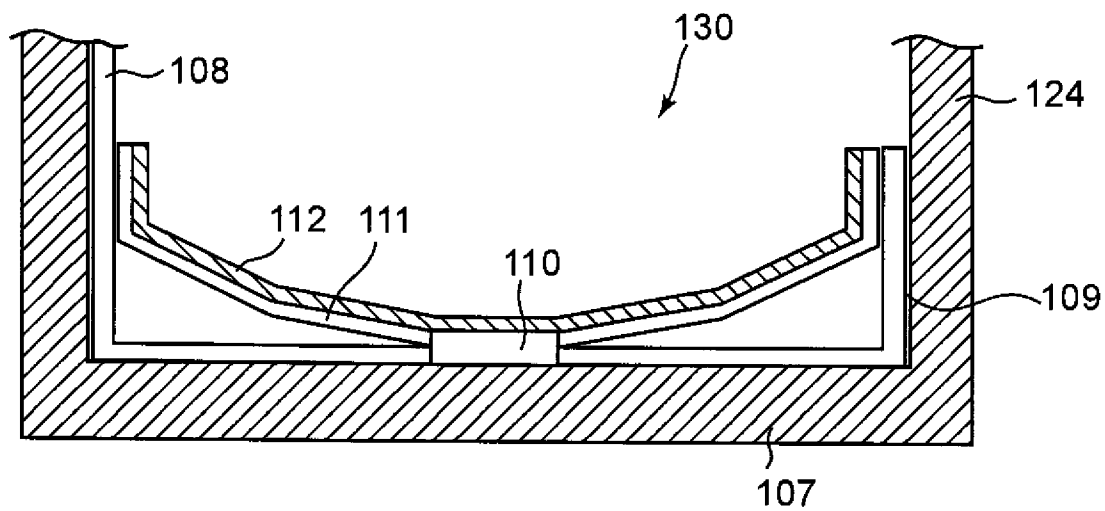
[図10]



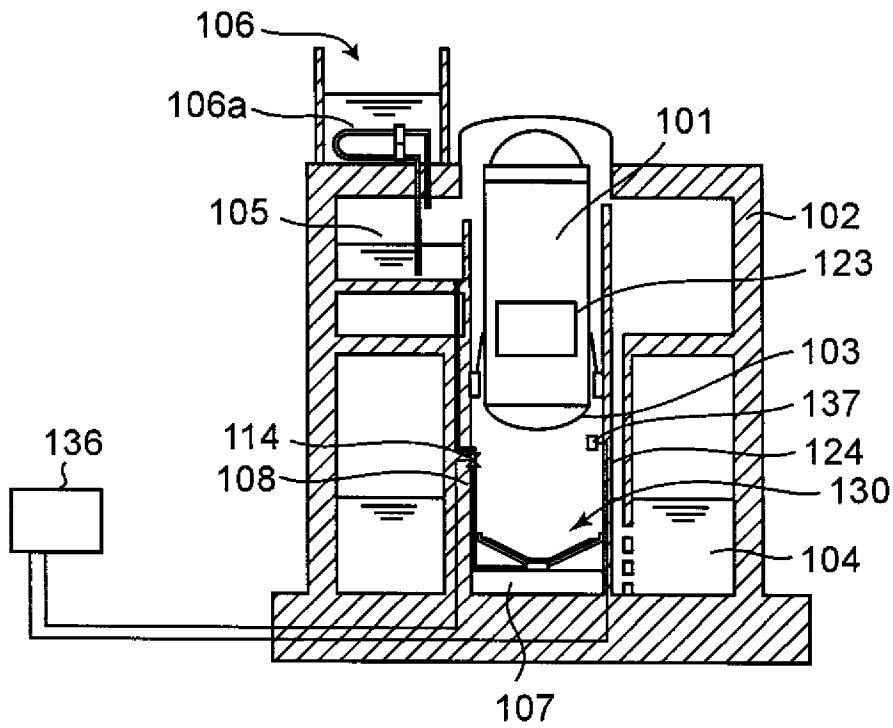
[図11]



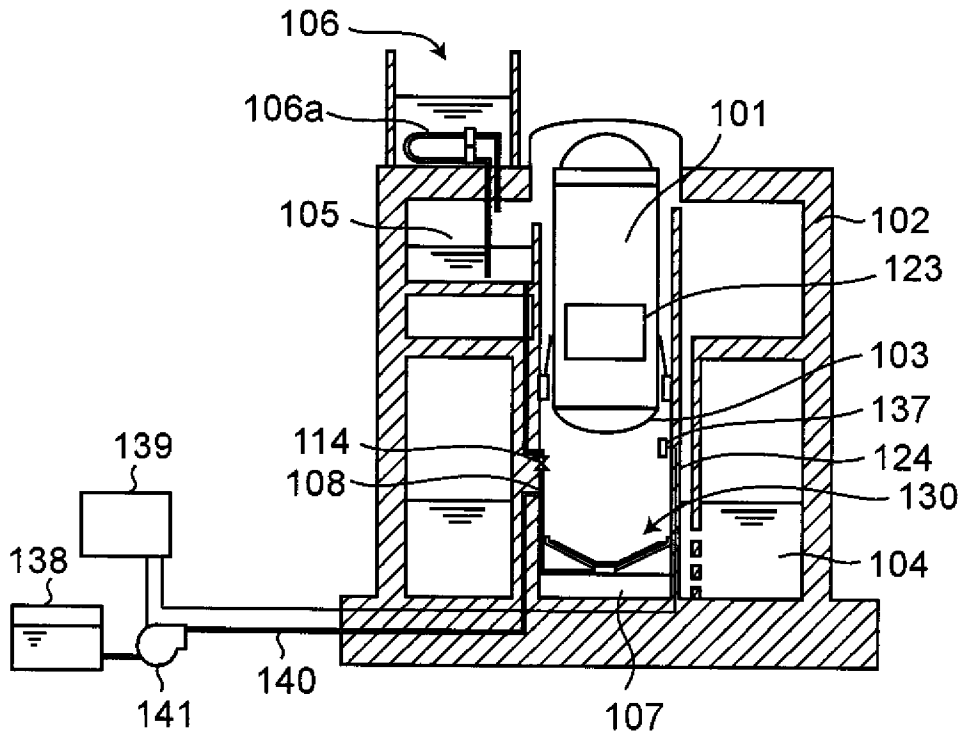
[図12]



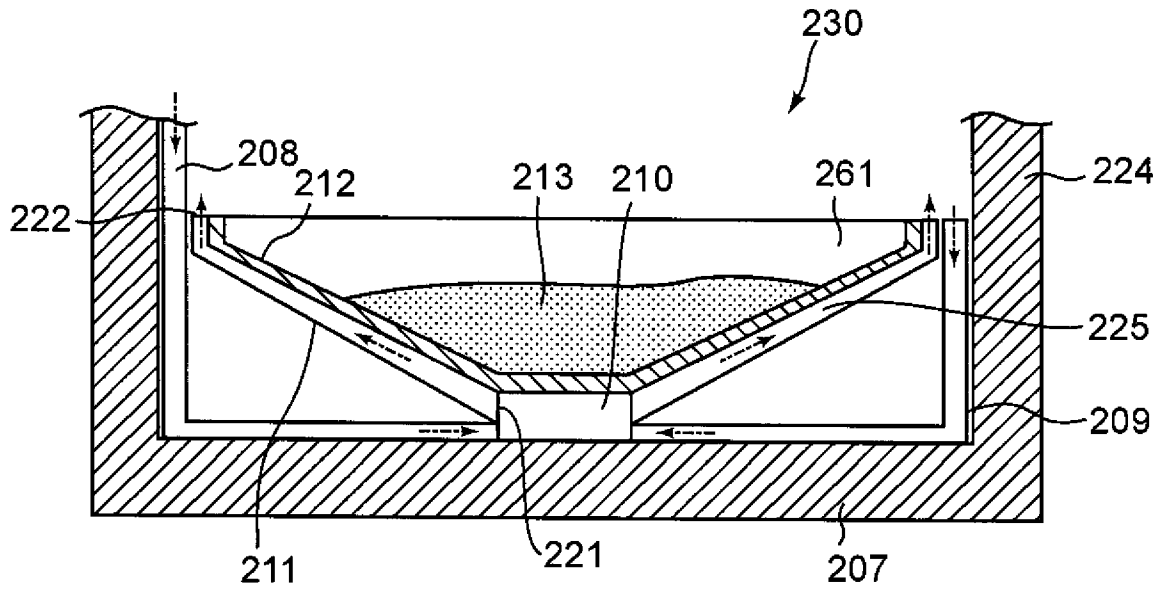
[図13]



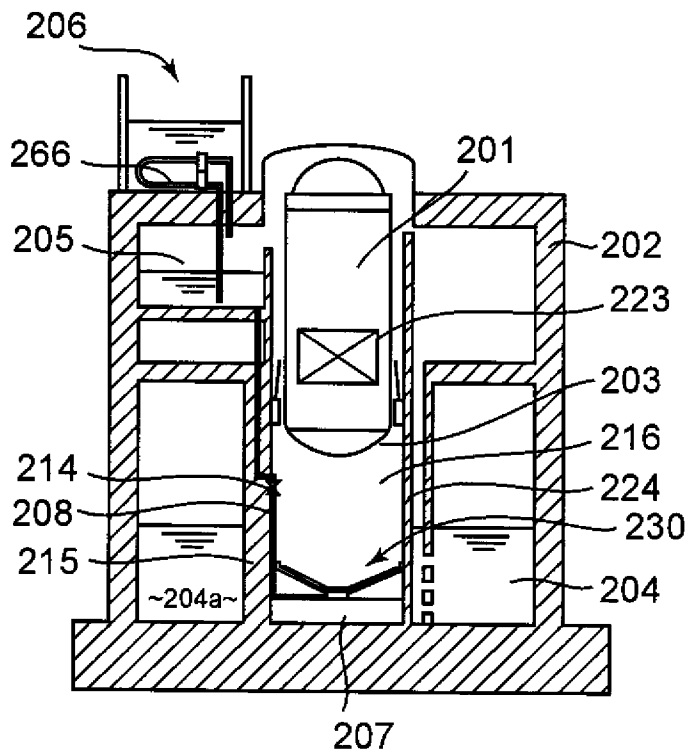
[図14]



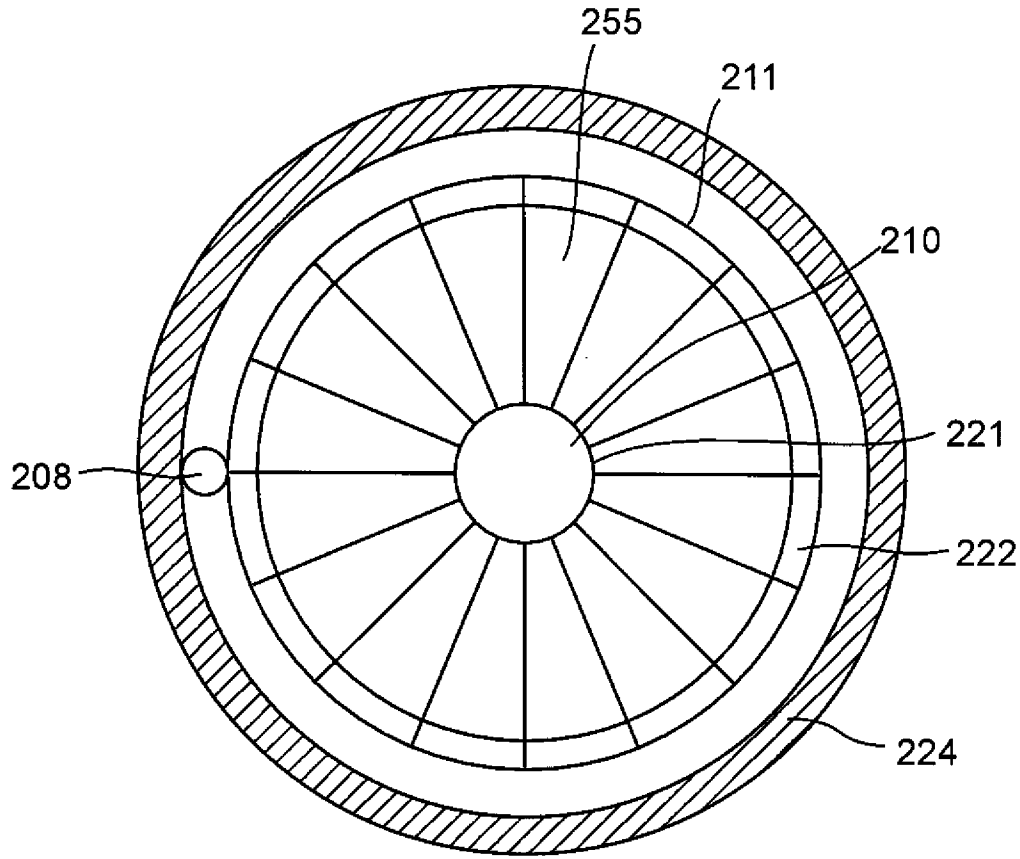
[図15]



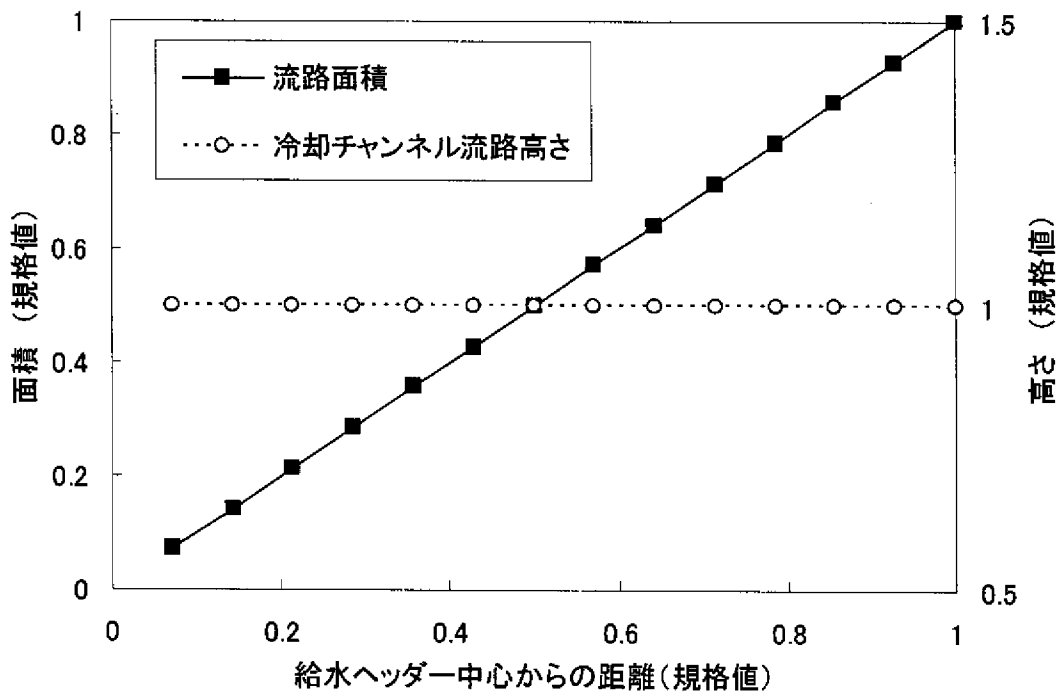
[図16]



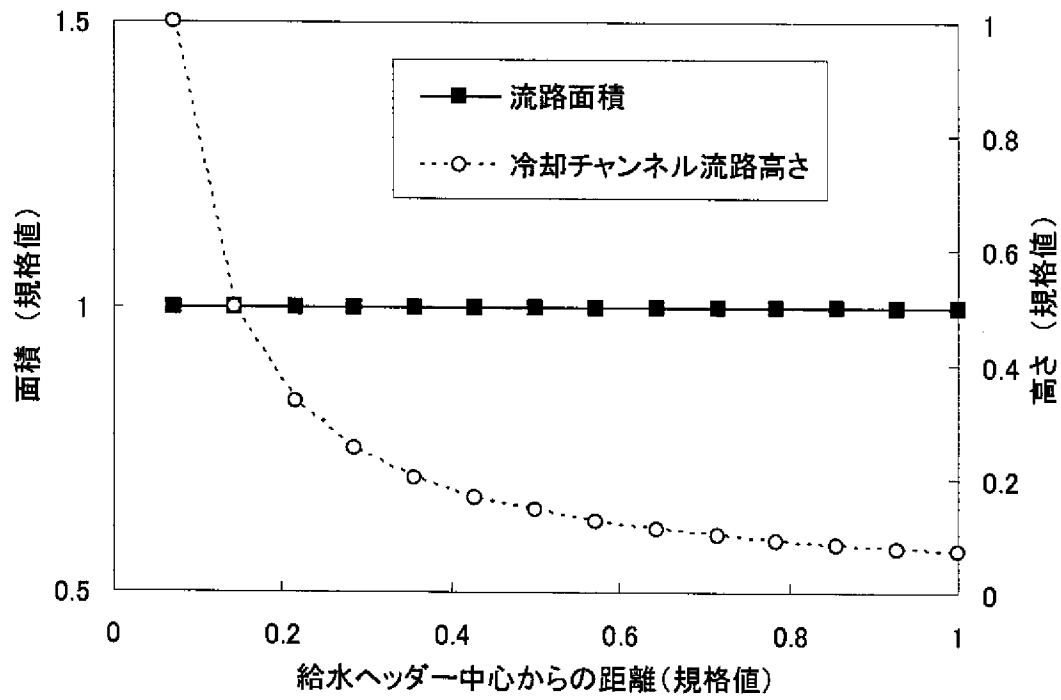
[図17]



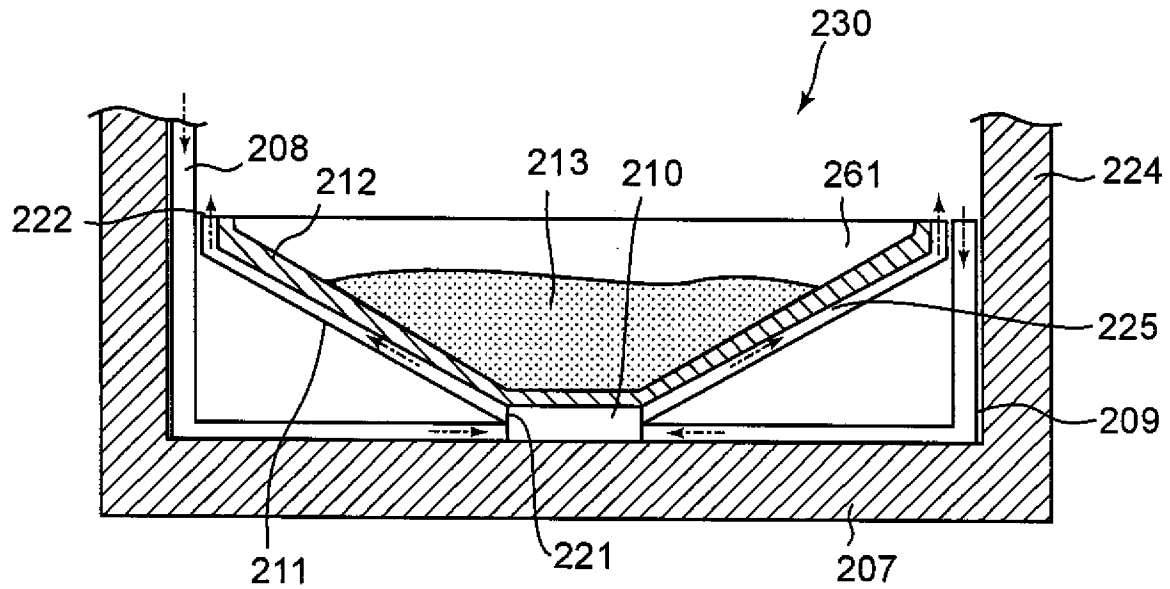
[図18]



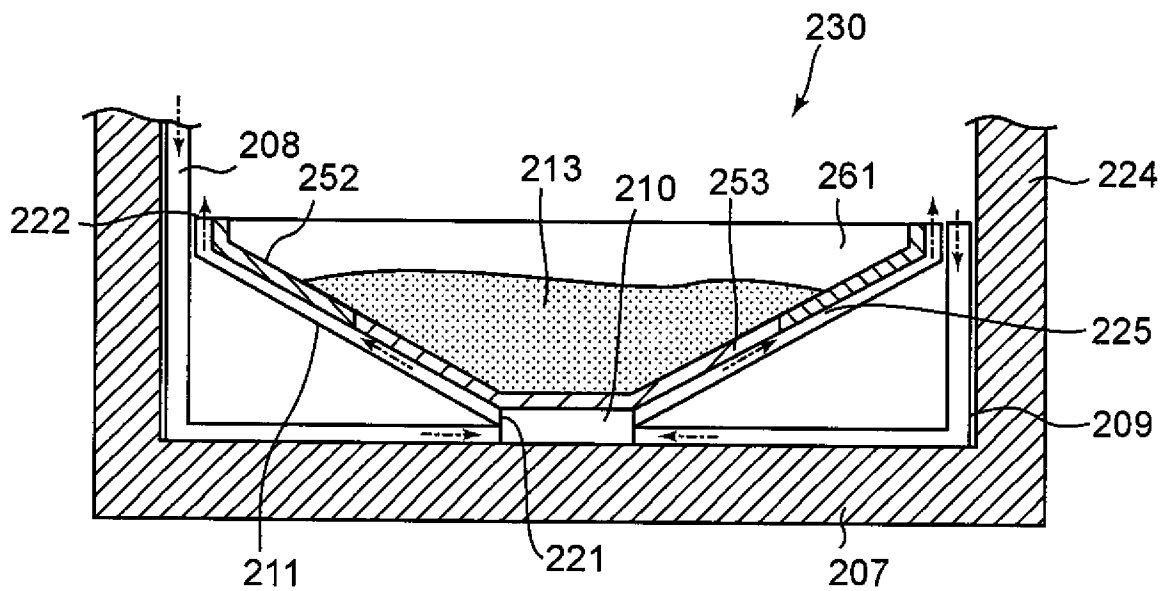
[図19]



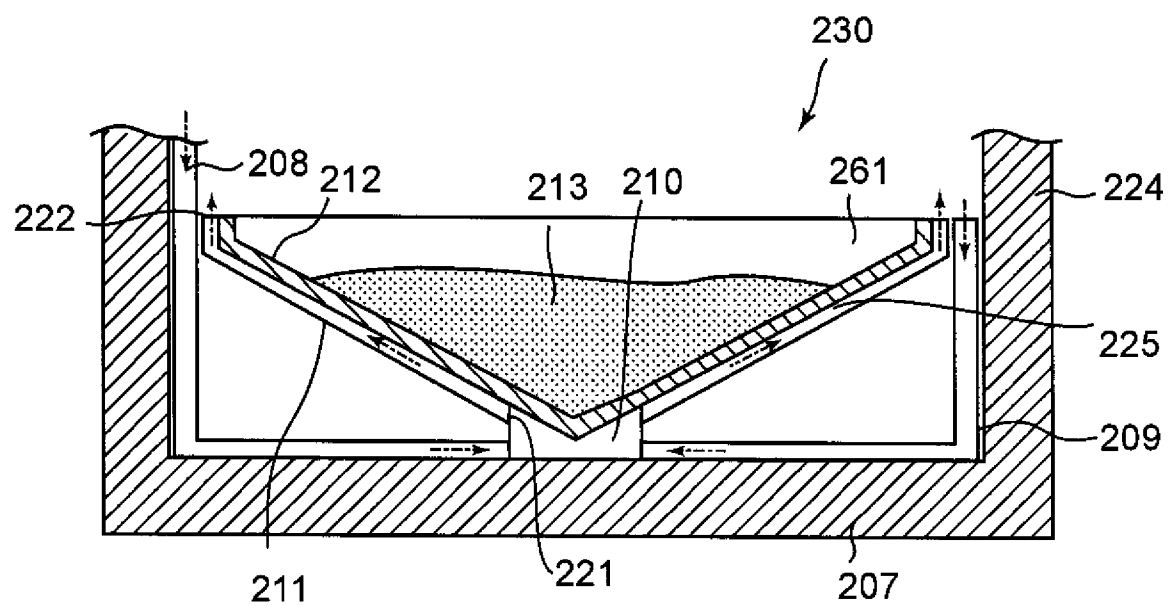
[図20]



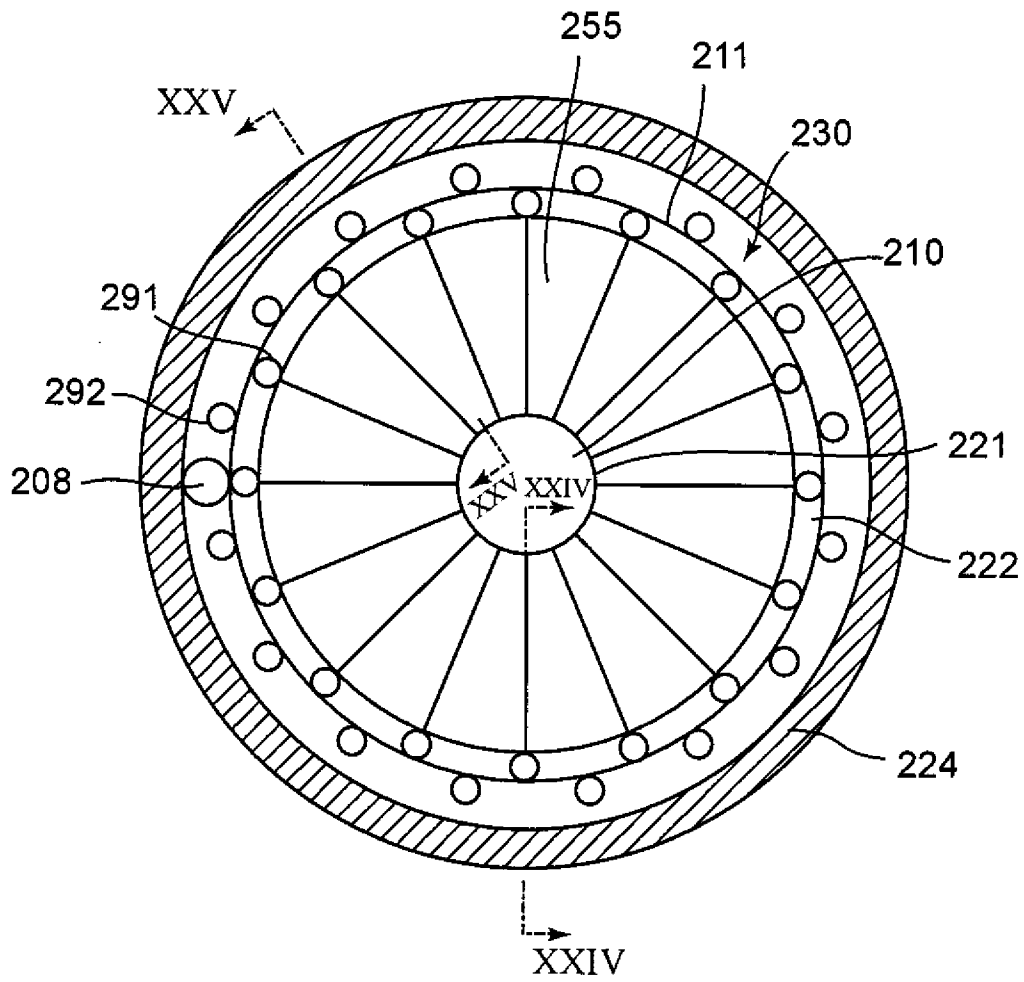
[図21]



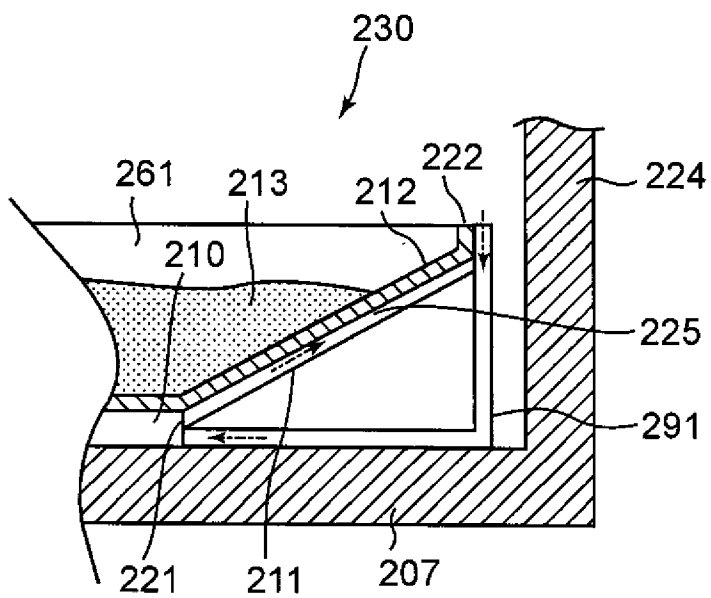
[図22]



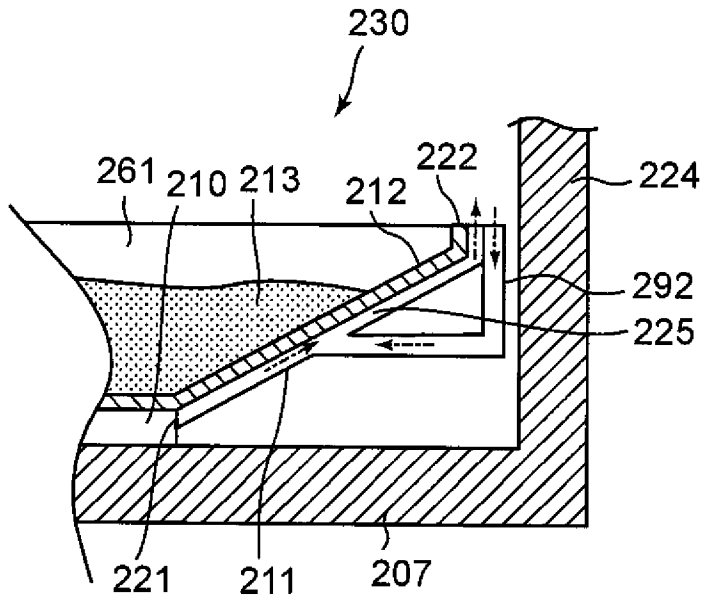
[図23]



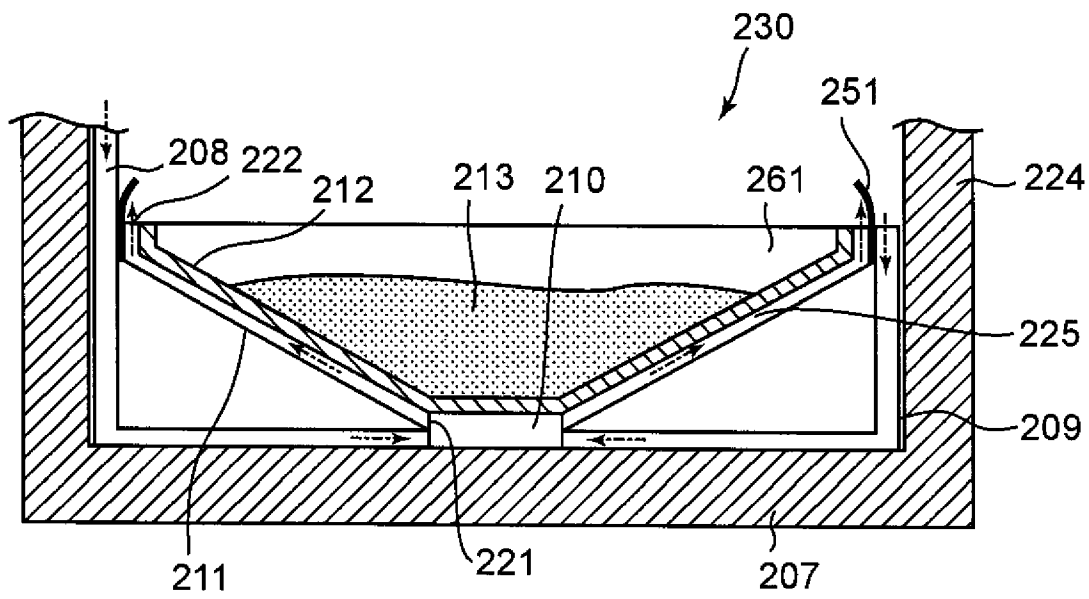
[図24]



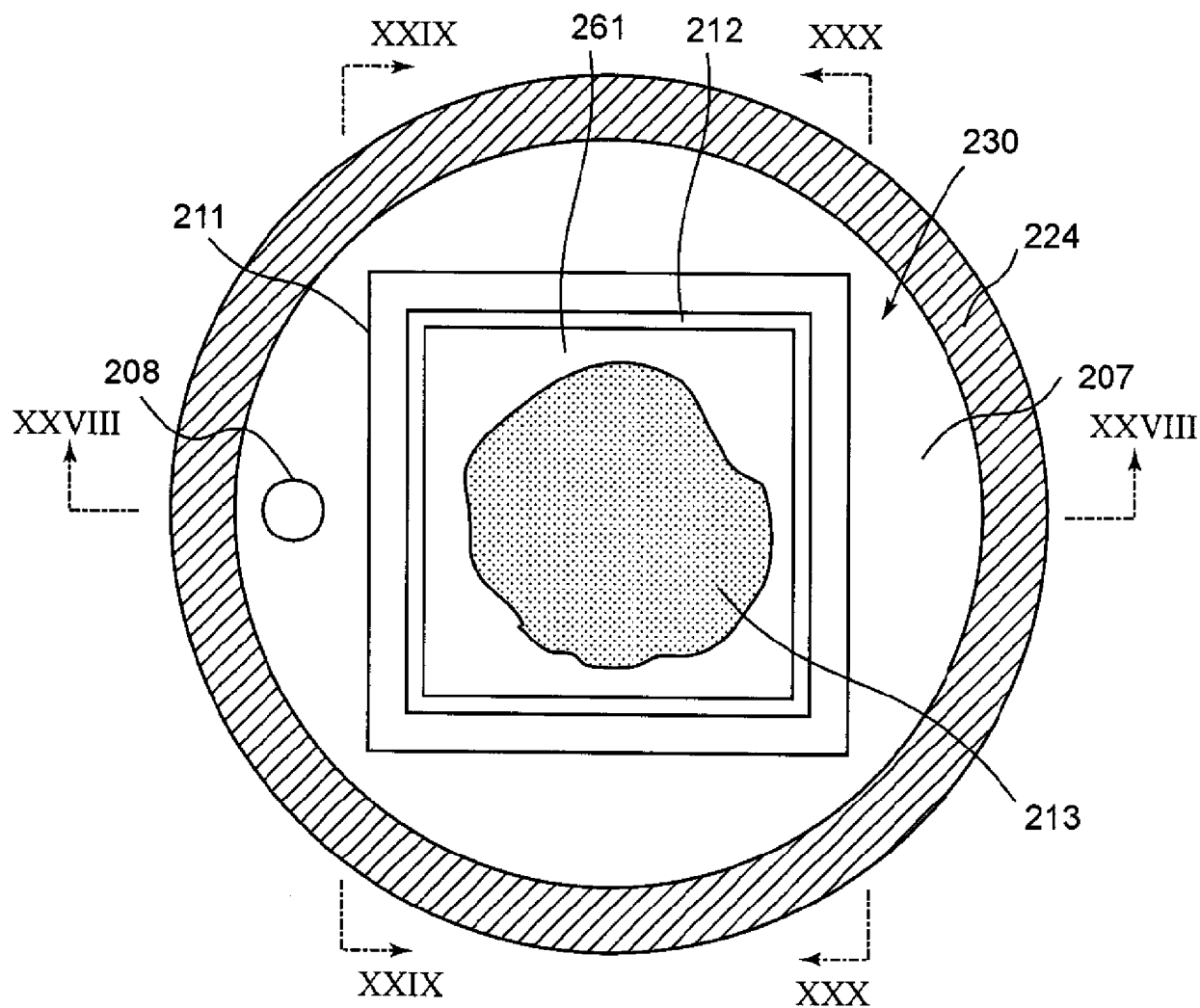
[図25]



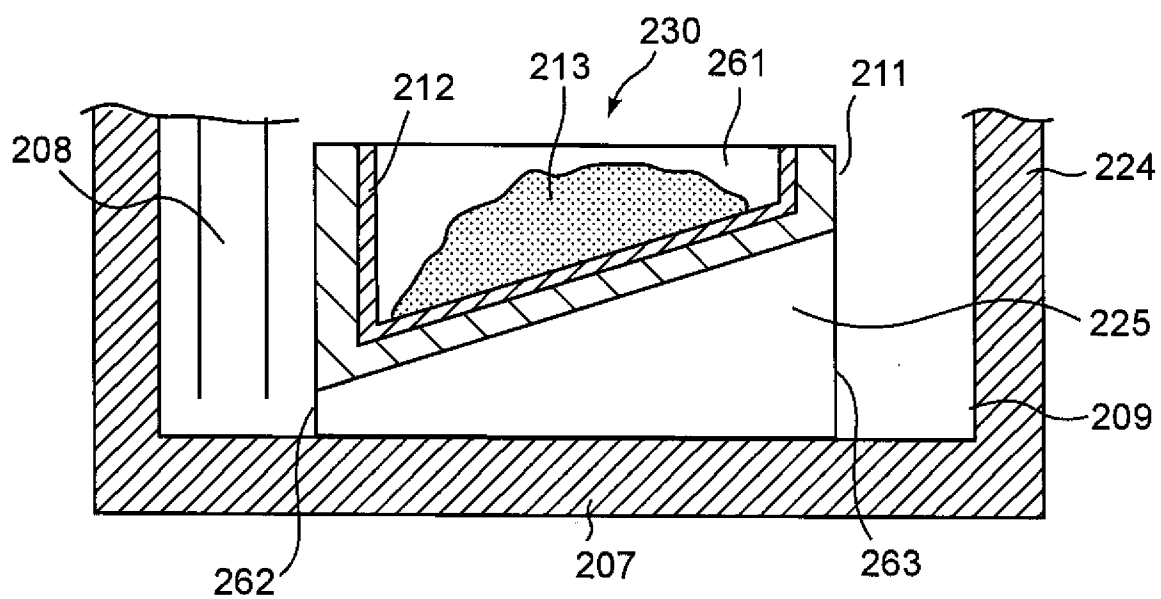
[図26]



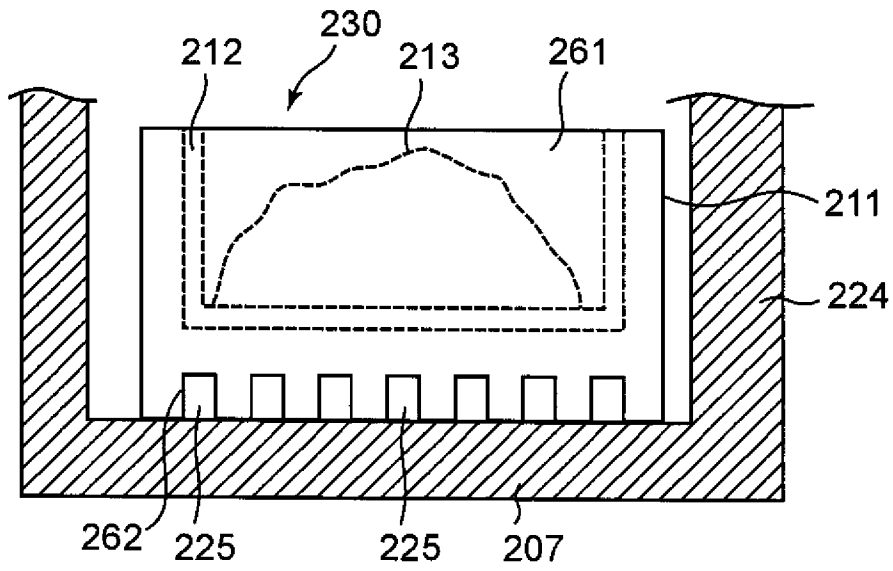
[図27]



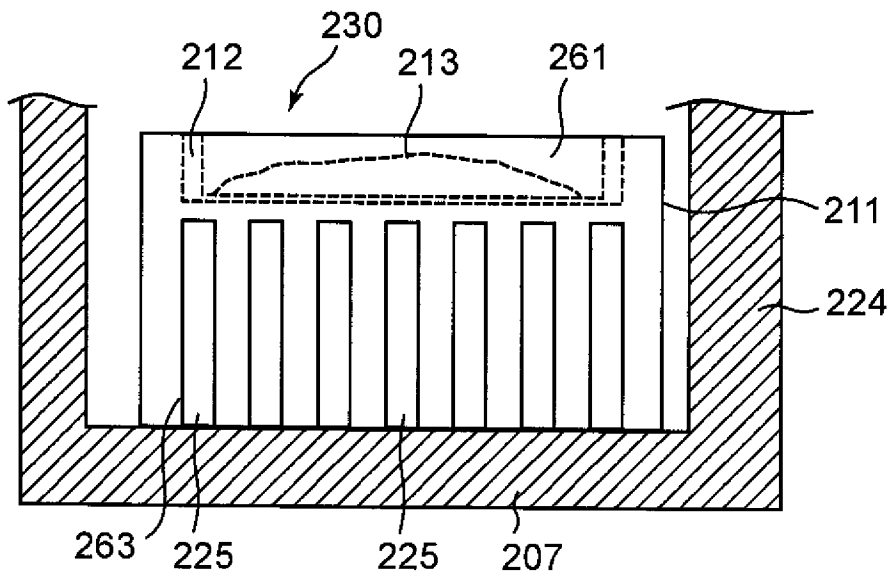
[図28]



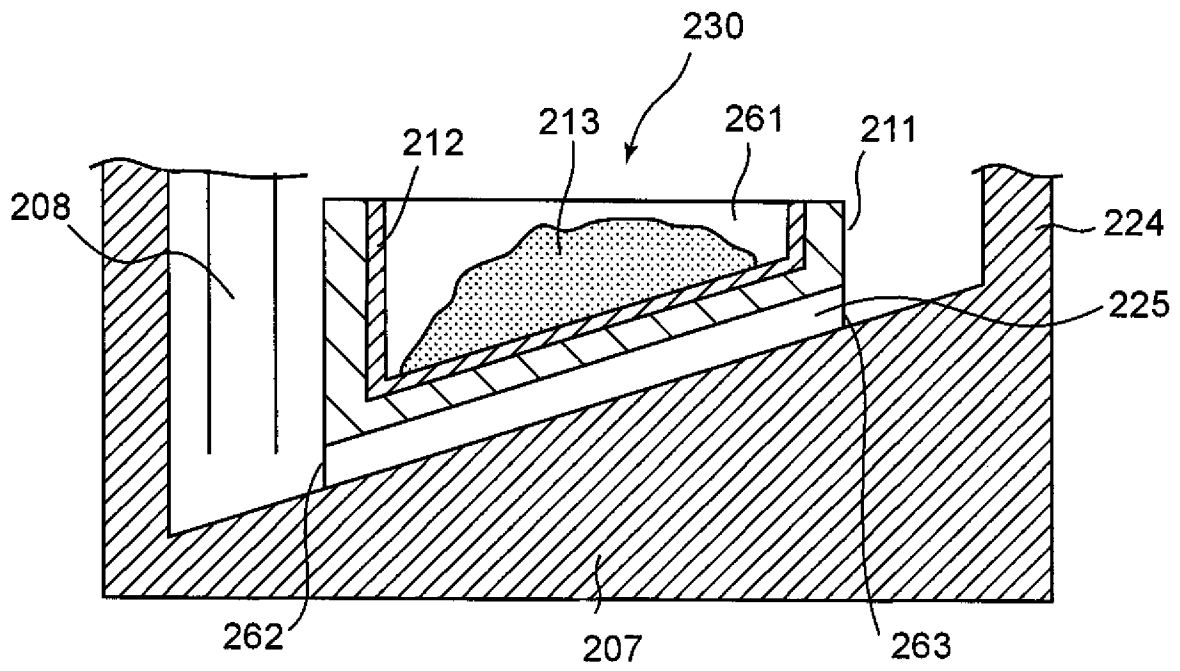
[図29]



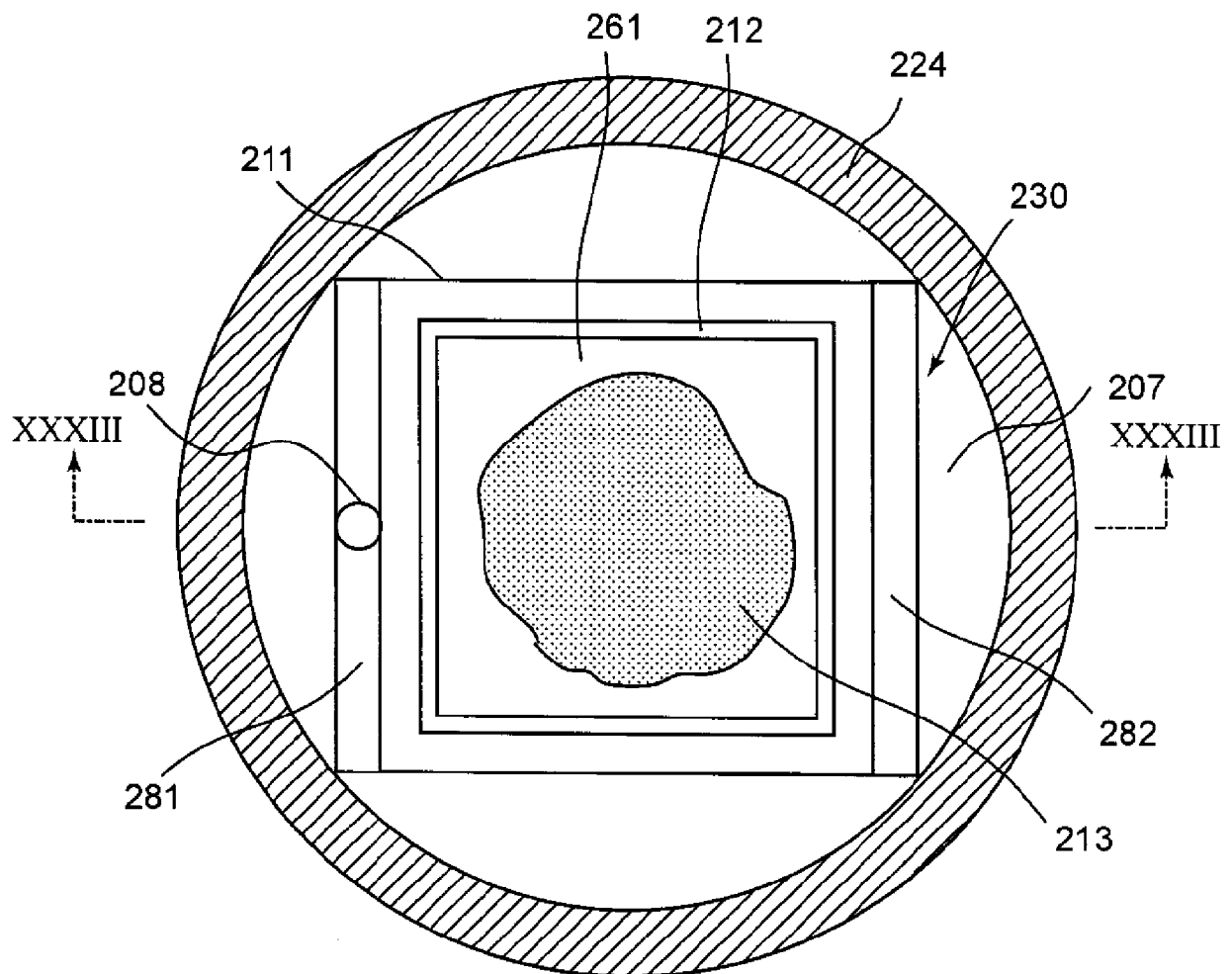
[図30]



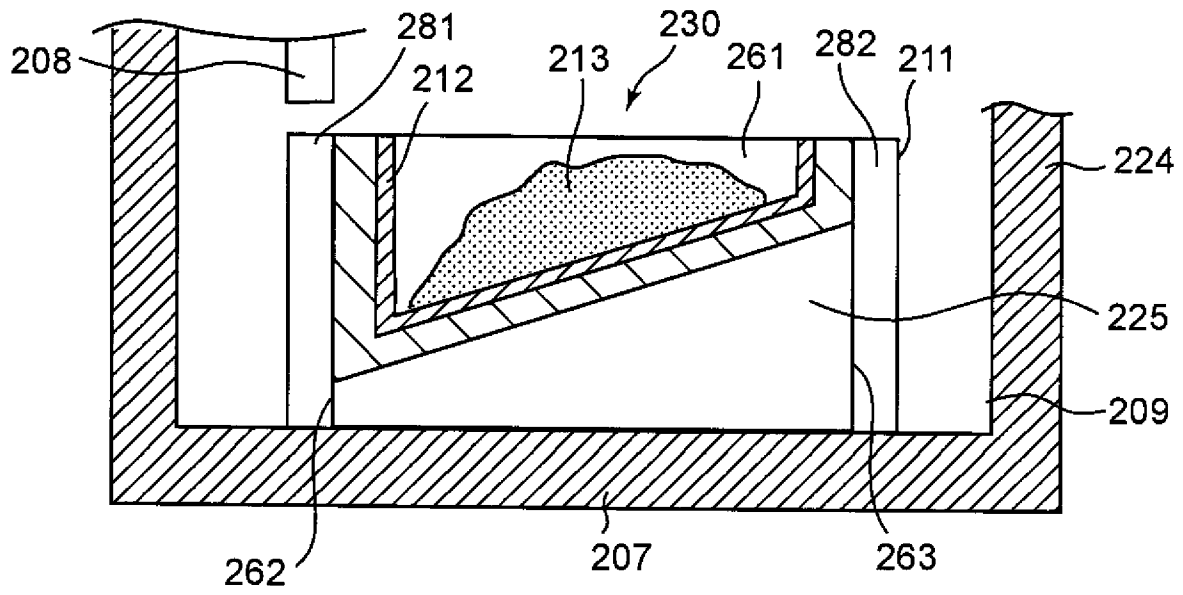
[図31]



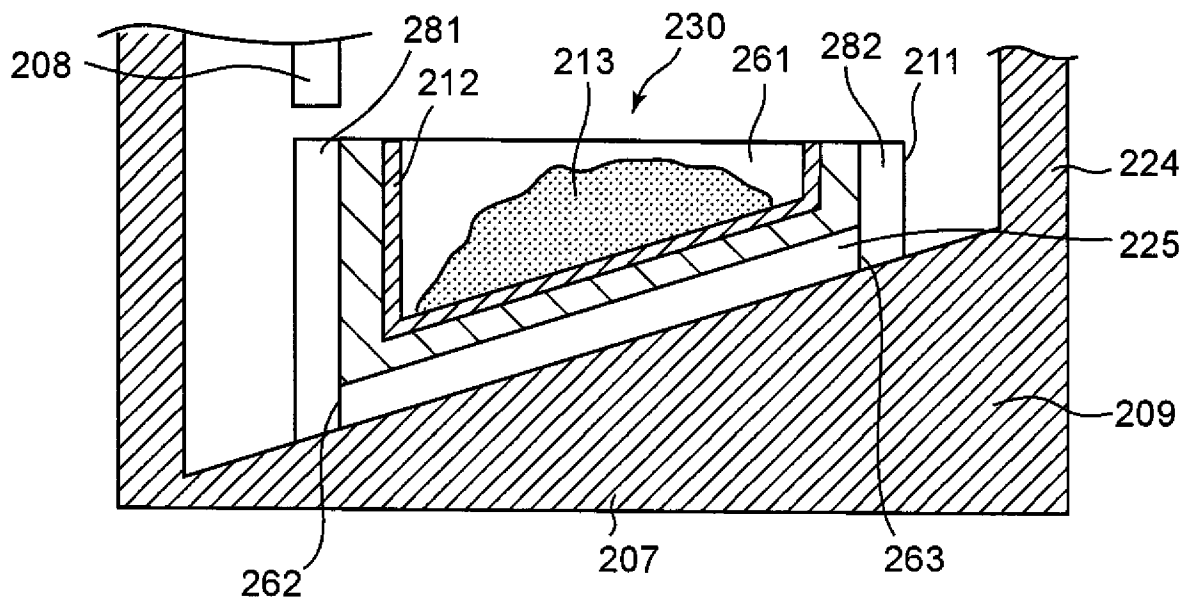
[図32]



[図33]



[図34]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2007/000115

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G21C9/016(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

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 | 1996-2007 |
| Kokai Jitsuyo Shinan Koho | 1971-2007 | Toroku Jitsuyo Shinan Koho | 1994-2007 |

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. |
|-----------|---|------------------------|
| A | JP 2005-195595 A (General Electric Co.), 21 July, 2005 (21.07.05), Full text; all drawings & EP 1555677 A2 | 1-28, 31, 32, 34-38 |
| A | JP 6-130169 A (Hitachi, Ltd.), 13 May, 1994 (13.05.94), Full text; all drawings (Family: none) | 1-28, 31, 32, 34-38 |
| A | JP 9-211166 A (Toshiba Corp.), 15 August, 1997 (15.08.97), Full text; all drawings (Family: none) | 1-28, 31, 32, 34-38 |

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
14 May, 2007 (14.05.07)

Date of mailing of the international search report
22 May, 2007 (22.05.07)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2007/000115

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 2001-166081 A (General Electric Co.), 22 June, 2001 (22.06.01), Full text; all drawings & US 6353651 B1 & EP 1102281 A2 | 1-28, 31, 32, 34-38 |
| A | US 4342621 A (Combustion Engineering, Inc.), 03 August, 1982 (03.08.82), Full text; all drawings & CA 1099828 A1 | 1-28, 31, 32, 34-38 |
| A | JP 2001-503135 A (Siemens AG.), 06 March, 2001 (06.03.01), Full text; all drawings & WO 98/12709 A1 | 4, 35, 36, 38 |
| A | FR 2435784 A1 (Commissariat a L'energie Atomique), 04 April, 1980 (04.04.80), Full text; all drawings (Family: none) | 29, 30, 33 |

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. G21C9/016(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. G21C9/016

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 | 1971-2007年 |
| 日本国実用新案登録公報 | 1996-2007年 |
| 日本国登録実用新案公報 | 1994-2007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 請求の範囲の番号 |
|-----------------|--|-------------------------|
| A | JP 2005-195595 A (ゼネラル・エレクトリック・カンパニー) 2005.07.21, 全文、全図 & EP 1555677 A2 | 1-28, 31, 32, 3 4-38 |
| A | JP 6-130169 A (株式会社日立製作所) 1994.05.13, 全文、全図 (ファミリー無し) | 1-28, 31, 32, 3 4-38 |
| A | JP 9-211166 A (株式会社東芝) 1997.08.15, 全文、全図 (ファミリー無し) | 1-28, 31, 32, 3 4-38 |

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
14.05.2007

国際調査報告の発送日
22.05.2007

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) | 21 | 2906 |
| 今浦 陽恵 | | |
| 電話番号 03-3581-1101 内線 3273 | | |

| 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 請求の範囲の番号 |
| A | JP 2001-166081 A (ゼネラル・エレクトリック・カンパニー) 2001.06.22, 全文、全図 & US 6353651 B1 & EP 1102281 A2 | 1-28, 31, 32, 3 4-38 |
| A | US 4342621 A (Combustion Engineering, Inc.) 1982.08.03, 全文、 全図 & CA 1099828 A1 | 1-28, 31, 32, 3 4-38 |
| A | JP 2001-503135 A (シーメンス アクチエンゲゼルシャフト) 2001.03.06, 全文、全図 & WO 98/12709 A1 | 4, 35, 36, 38 |
| A | FR 2435784 A1 (Commissariat a L'energie Atomique) 1980.04.04, 全文、全図 (ファミリー無し) | 29, 30, 33 |