

(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  
2014年3月13日(13.03.2014)



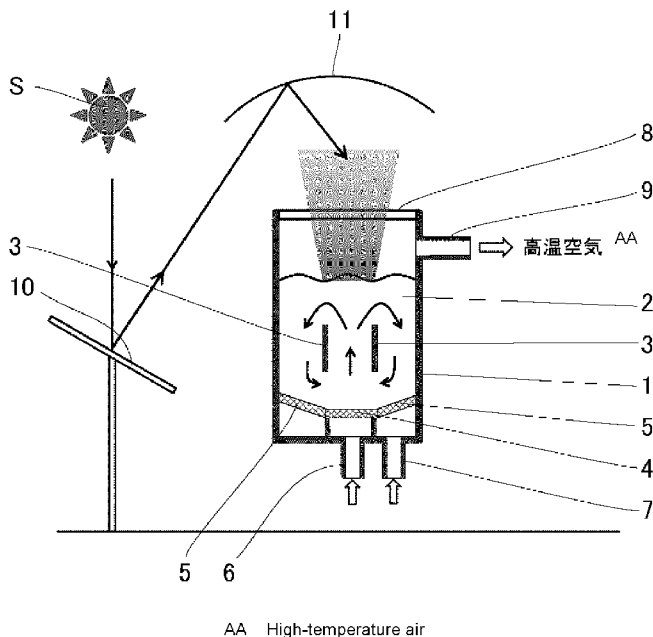
(10) 国際公開番号  
WO 2014/038553 A1

- (51) 国際特許分類:  
F24J 2/34 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2013/073693
- (22) 国際出願日: 2013年9月3日(03.09.2013)
- (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 2012-195427 2012年9月5日(05.09.2012) JP
- (71) 出願人: 国立大学法人新潟大学(NIIGATA UNIVERSITY) [JP/JP]; 〒9502181 新潟県新潟市西区五十嵐二の町8050番地 Niigata (JP).
- (72) 発明者: 児玉 竜也(KODAMA, Tatsuya); 〒9502181 新潟県新潟市西区五十嵐二の町8050番地 国立大学法人新潟大学 工学部内 Niigata (JP). 郷右近 展之(GOKON, Nobuyuki); 〒9502181 新潟県新潟市西区五十嵐二の町8050番地 国立大学法人新潟大学 工学部内 Niigata (JP). 松原 幸治(MATSUBARA, Koji); 〒9502181 新潟県新潟市西区五十嵐二の町8050番地 国立大学法人新潟大学 工学部内 Niigata (JP). 櫻井 篤(SAKURAI, Atsushi); 〒9502181 新潟県新潟市西区五十嵐二の町8050番地 国立大学法人新潟大学 工学部内 Niigata (JP).
- (74) 代理人: 牛木 護(USHIKI, Mamoru); 〒1050001 東京都港区虎ノ門一丁目14番1号 郵政福祉琴平ビル3階 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, BN, 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, JP, KE, KG, 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, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK,

[続葉有]

(54) Title: HEAT COLLECTION/HEAT STORAGE DEVICE USING SUNLIGHT

(54) 発明の名称: 太陽光を利用した集熱蓄熱装置



(57) Abstract: Provided is a novel heat collection/heat storage device that uses sunlight and is capable of utilizing heat in a high temperature range of 500°C or greater. The device is constructed so as to be equipped with: a container (1) housing a fluidized bed (2) comprising particles of a heat storage material; a ground reflecting mirror (10) and a tower reflecting mirror (11) that concentrate and shine sunlight (S) onto the fluidized bed (2) housed in the container (1); inlets (6, 7) that are provided in the bottom of the container (1) and introduce a gas into the fluidized bed (2); an outlet (9) that is provided in the upper part of the container (1) and emits gas that has passed through the fluidized bed (2); and a heater (12) that is provided on the container (1) and heats the gas by means of heat from the fluidized bed. In addition, the gas introduced from the inlets (6, 7) imparts a circulating motion to the particles of the heat storage material in the container (1).

(57) 要約: 500°C以上の高温度域での熱利用を可能にする、新規の太陽光を利用した集熱蓄熱装置を提供する。蓄熱材料粒子からなる流動層2を收容する容器1と、容器1に收容された流動層2へ太陽光Sを集光して照射する地上反射鏡10とタワー反射鏡11と、容器1の底部に設けられ流動層2に気体を導入する導入口6、7と、容器1の上部に設けられ流動層2を通過した気体を

を導出する導出口9と、容器1に設けられ流動層2の熱により気体を加熱する加熱器12を備えるとともに、導入口6、7から導入される気体により蓄熱材料粒子を容器1内において循環流動させるように構成した。

WO 2014/038553 A1



SL, SM, ST, SV, SY, TH, 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, LR, LS, MW,  
MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラ  
シア (AM, AZ, BY, KG, KZ, 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, KM,  
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：太陽光を利用した集熱蓄熱装置

### 技術分野

[0001] 本発明は、太陽光を利用した集熱蓄熱装置に関する。

### 背景技術

[0002] これまで、トラフやタワー型装置により太陽光を集光することによって得られる太陽熱は、油、沸騰水、溶融塩などの物質に集熱されるとともに、これらの物質から直接的に熱利用が行われ、又は、これらの物質を媒体とする蓄熱が行われてきた。米国やスペインでは、太陽熱を利用した水蒸気タービン発電が実用化されており、この水蒸気タービン発電においては、沸騰水を過熱した乾き水蒸気や硝酸塩系溶融塩に太陽熱が蓄熱されるようになっている。しかしながら、水の臨界温度は374℃であり、それ以上高温での蓄熱に適さないこと、硝酸塩系溶融塩は500℃以上で熱分解することから、それよりも高温度域での太陽熱の集熱、蓄熱技術は未完成である。

[0003] なお、500℃以上の高温度域において太陽熱を蓄熱する方法としては、れんが、セラミックス製の多孔体やハニカムを蓄熱材として、空気に集熱してこれらの固体蓄熱材に伝熱する方法が試みられている。しかし、この方法では、空気の熱容量が小さいため熱伝達率が低く、さらに固体蓄熱材の内部の熱移動が熱伝導のみに依存し極めて遅いという問題があり、いずれも実用化には至っていない。

[0004] 集光系の開発状況としては、ヘリオスタット式タワー集光装置やビームダウン集光装置により、1000 kW/m<sup>2</sup>以上の太陽光が得られるようになり、500℃以上の高温環境が得られる目途が立っている。しかしながら、高温での太陽熱の集熱、蓄熱技術が未熟なため、その真価は十分発揮できてはいない。

[0005] このように、既存の技術では、集熱、蓄熱温度が低いため熱の利用効率が低く、その用途も限られている。しかし、高温度域での熱利用が可能となれば、製鉄、窯業への太陽熱利用やガスタービン複合発電への太陽熱利用が可

能となるため、太陽熱の利用分野は拡大し、利用効率も飛躍的に向上するものと期待される。

[0006] ところで、非特許文献1には、反応性粒子による内循環流動層を利用したソーラー水熱分解反応器が開示されている。このソーラー水熱分解反応器の流動層の温度は1000℃以上となり、しかも内循環により流動層内部の温度の均一化が促進されることが開示されている。

[0007] しかし、非特許文献1に記載されているソーラー水熱分解反応器は、水熱分解による水素の生産を目的とするものであって、太陽熱の蓄熱を考慮したものではなかった。

## 先行技術文献

### 非特許文献

[0008] 非特許文献1: Nobuyuki Gokon, Hiroki Yamamoto, Nobuyuki Kondo and Tatsuya Kodama, "Internally Circulating Fluidized Bed Reactor Using m-ZrO<sub>2</sub> Supported NiFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> Particles for Thermochemical Two-Step Water Splitting", ASME Journal of Solar Energy Engineering, 2010, Vol. 132, 021102, 10Pages.

非特許文献2: Atsushi Sakurai, So Sakuma, Nobuyuki Gokon, Koji Matsubara and Tatsuya Kodama, "Fundamental Study of Radiative Transfer Analysis of Internally Circulating Fluidized Bed Solar Reactor", Solar PACES-2011, CD-ROM (23796), 6 pages.

## 発明の概要

### 発明が解決しようとする課題

[0009] そこで、本発明は、500℃以上の高温域での熱利用を可能にする、新規の太陽光を利用した集熱蓄熱装置を提供することを目的とする。

### 課題を解決するための手段

[0010] 本発明の太陽光を利用した集熱蓄熱装置は、蓄熱材料粒子からなる流動層を収容する容器と、この容器に収容された前記流動層へ太陽光を集光して照

射する太陽光集光手段と、前記容器の底部に設けられ前記流動層に気体を導入する気体導入手段と、前記容器の上部に設けられ前記流動層を通過した気体を導出する気体導出手段と、前記容器に設けられ前記流動層の熱により気体を加熱する加熱手段とを備えるとともに、前記気体導入手段から導入される気体により前記蓄熱材料粒子を前記容器内において循環流動させるように構成したことを特徴とする。

[0011] また、前記容器は集熱容器と蓄熱容器とからなり、前記集熱容器は前記太陽光集光手段、前記気体導入手段、前記気体導出手段を備え、前記蓄熱容器は前記加熱手段を備えるとともに、前記集熱容器と前記蓄熱容器との間で前記蓄熱材料粒子を循環させる循環手段を備えたことを特徴とする。

[0012] また、前記循環手段は空気により前記集熱容器と前記蓄熱容器との間で前記蓄熱材料粒子を循環させるように構成したことを特徴とする。

[0013] さらに、前記蓄熱材料粒子は、珪砂、鉄酸化物、炭化珪素のいずれかからなることを特徴とする。

### 発明の効果

[0014] 本発明の太陽光を利用した集熱蓄熱装置によれば、容器に収容された流動層が太陽集光手段により集光された太陽光により加熱される。そして、気体導入手段から導入された気体が前記流動層を通過する際に前記流動層の熱により加熱され、気体導出手段から中高温度域の気体が得られる。また、加熱手段に導入された気体が前記加熱手段を通過する際に前記流動層の熱により加熱され、500℃以上の高温度域の気体が得られる。さらに、前記気体導入手段から導入される気体により前記蓄熱材料粒子が前記容器内において循環流動するため、前記流動層内の温度差を小さくすることができる。

[0015] また、前記容器は集熱容器と蓄熱容器とからなり、前記集熱容器は前記太陽光集光手段、前記気体導入手段、前記気体導出手段を備え、前記蓄熱容器は前記加熱手段を備えるとともに、前記集熱容器と前記蓄熱容器との間で前記蓄熱材料粒子を循環させる循環手段を備えたため、より大規模な集熱蓄熱を行うことができる。

[0016] また、前記循環手段は空気により前記集熱容器と前記蓄熱容器との間で前記蓄熱材料粒子を循環させるため、装置の構成を簡略にすることができる。

[0017] さらに、前記蓄熱材料粒子は、珪砂、鉄酸化物、炭化珪素のいずれかからなるため、効率良く集熱蓄熱を行うことができる。

### 図面の簡単な説明

[0018] [図1]本発明の太陽光を利用した集熱蓄熱装置の一実施例を示す全体模式図である。

[図2]本発明の太陽光を利用した集熱蓄熱装置の一実施例を示す容器の模式図である。

[図3]本発明の太陽光を利用した集熱蓄熱装置の別の実施例を示す模式図である。

[図4]本発明の太陽光を利用した集熱蓄熱装置のさらに別の実施例を示す模式図である。

[図5]数値解析の計算領域を示す図面である。

[図6]粒子の体積分率の数値解析結果を示す図面である。

[図7]粒子の平均速度の数値解析結果を示す図面である。

[図8]気体の平均速度の数値解析結果を示す図面である。

[図9]粒子の平均温度の数値解析結果を示す図面である。

[図10]温度測定の結果を示す図面である。

[図11]本発明の太陽光を利用した集熱蓄熱装置を高温空気タービン発電に応用した例を示す全体模式図である。

### 発明を実施するための形態

[0019] 以下、本発明の太陽光を利用した集熱蓄熱装置の実施例について、添付した図面を参照しながら説明する。

#### 実施例 1

[0020] はじめに、本実施例の太陽光を利用した集熱蓄熱装置の構成について説明する。

[0021] 本発明の太陽光を利用した集熱蓄熱装置の一実施例を示す図1、図2にお

いて、1は耐熱性が高いステンレス鋼またはインコネルからなる円筒形の容器であり、この容器1には、蓄熱材料粒子からなる流動層2が収容されている。蓄熱材料粒子としては、融点が1750℃と高くSiO<sub>2</sub>を主成分とする硅砂、マグネタイト(Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>)などの鉄酸化物、ふく射吸収率が高い炭化珪素(SiC)などからなる粒子が好適に用いられる。

[0022] 容器1の内部には、上下方向に開口した筒状のドラフト管3が備えられ、ドラフト管3は、流動層2に埋没して流動層2の中央部に配置されている。また、容器1の底部には、中央部と周辺部にそれぞれ分散板4, 5が設けられている。分散板4, 5は、流動層2を構成する蓄熱材料粒子を容器1内に保持するとともに、容器1の底部から気体を導入することができるように、多孔質材料から形成されている。分散板4, 5の下方には分散板4, 5を介して流動層2に気体を導入する気体導入手段としての導入口6, 7がそれぞれ設けられている。また、容器1の上部には、太陽光が透過できるように、石英製の窓8が設けられている。そして、容器1の上部の側方には、流動層2を通過した気体を導出する気体導出手段としての導出口9が設けられている。

[0023] 10はヘリオスタットと呼ばれる地上反射鏡、11は図示しないタワーに設置されたタワー反射鏡であり、これら地上反射鏡10とタワー反射鏡11によりビームダウン型の太陽光集光手段が構成される。そして、この太陽光集光手段により、太陽光Sが集光されて容器1に収容された流動層2の上面中央部へ照射されるようになっている。

[0024] 図2において、容器1の外周部には加熱手段としての加熱器12が密着して設けられている。この加熱器12はらせん状流路13からなり、加熱器12の下部には加熱器12に気体を導入する導入口14が、加熱器12の上部には加熱器12から気体を導出する導出口15がそれぞれ設けられている。らせん状流路13は、流動層2の高さに合わせて設けられている。また、容器1の上面を除く外周は断熱材16により覆われている。さらに、流動層2の上面中央部にのみ太陽光Sが照射されるように、容器1の上部には逆裁頭円錐状に形成された拡大

部17が設けられている。

- [0025] つぎに、本実施例の太陽光を利用した集熱蓄熱装置の動作について説明する。
- [0026] 導入口6から分散板4を経由してドラフト管3の内側に気体を導入し、同時に、導入口7から分散板5を経由してドラフト管3の外側に気体を導入する。なお、気体としては、例えば、空気、窒素、水蒸気などを用いることができる。そして、ドラフト管3の内側における気体の流量を、ドラフト管3の外側における気体の流量よりも大きくすることにより、流動層2をドラフト管3の内外で循環させる。すなわち、ドラフト管3の内側の領域において流動層2が上昇し、ドラフト管3の外側と容器1の間の領域において流動層2が下降する循環流動を生じさせる。
- [0027] 続いて、地上反射鏡10、タワー反射鏡11により集光された太陽光Sを、窓8を通して流動層2の上面中央部へ照射し、流動層2を加熱する。流動層2は循環流動するため、流動層2は全体的に加熱されることになる。その結果、流動層2全体において太陽熱が蓄熱される。
- [0028] そして、導入口6、7から導入された気体は、流動層2を通過する際に加熱されて、導出口9から導出される。ここで、流動層2を構成する蓄熱材料粒子の表面積が大きいほど気体への伝熱は良好となる。一方、導入口14から導入された気体は、加熱器12のらせん状通路13を通過する際に加熱されて、導出口15から導出される。
- [0029] ここで、導出口9の位置が流動層2表面よりも上にあるため、導入口6、7から導入された気体の温度は流動層2の温度よりも低くなる傾向がある。したがって、導出口9から導出される気体は中高温度域での熱利用に適している。これに対して、導出口15から導出される気体は、流動層2の高さに合わせて設けられたらせん状通路13により加熱されるため、より高温域での熱利用が可能である。このように、中高温度域と高温域の二つの温度域の加熱気体を取り出すことができ、これら二つの温度域の加熱気体をそれぞれの温度域に適した熱利用に供することができる。



[0030] なお、流動層 2 は循環流動するため、流動層 2 の温度は太陽光の強度の変化による影響を受けにくい。したがって、太陽光が強いときに流動層 2 に集熱、蓄熱しておき、熱が必要な時にのみ気体を導入口 6, 7, 14 から導入することも可能である。

[0031] 以上のように、本実施例の本発明の太陽光を利用した集熱蓄熱装置は、蓄熱材料粒子からなる流動層 2 を收容する容器 1 と、この容器 1 に收容された前記流動層 2 へ太陽光 S を集光して照射する太陽光集光手段としての地上反射鏡 10 とタワー反射鏡 11 と、前記容器 1 の底部に設けられ前記流動層 2 に気体を導入する気体導入手段としての導入口 6, 7 と、前記容器 1 の上部に設けられ前記流動層 2 を通過した気体を導出する気体導出手段としての導出口 9 と、前記容器 1 に設けられ前記流動層 2 の熱により気体を加熱する加熱手段としての加熱器 12 を備えるとともに、前記導入口 6, 7 から導入される気体により前記蓄熱材料粒子を前記容器 1 内において循環流動させるように構成したものである。

[0032] したがって、容器 1 に收容された流動層 2 が地上反射鏡 10 とタワー反射鏡 11 により集光された太陽光 S により加熱される。そして、導入口 6, 7 から導入された気体が前記流動層 2 を通過する際に前記流動層 2 の熱により加熱され、導出口 9 から中高温度域の気体が得られる。また、加熱器 12 に導入された気体が前記加熱器 12 を通過する際に前記流動層 2 の熱により加熱され、500℃以上の高温域の気体が得られる。さらに、前記導入口 6, 7 から導入される気体により前記蓄熱材料粒子が前記容器 1 内において循環流動するため、前記流動層 2 内の温度差を小さくすることができる。

[0033] また、前記蓄熱材料粒子は、珪砂、鉄酸化物、炭化珪素のいずれかからなるため、効率良く集熱蓄熱を行うことができる。

## 実施例 2

[0034] 本発明の太陽光を利用した集熱蓄熱装置の別の実施例を図 3 に示す。なお、太陽光集光手段としての地上反射鏡 10 とタワー反射鏡 11 は、実施例 1 と同じであるので図示を省略する。また、実施例 1 と同じ部分には同じ符号を付

し、その説明を省略する。

[0035] 本実施例においては、流動層 2 に埋没して流動層 2 の中央部に加熱手段としての加熱器 18 が設けられている。そして、加熱器 18 はらせん状流路 19 を備え、このらせん状流路 19 により、上下方向に開口した筒状のドラフト管 20 が形成されている。

[0036] 上記の構成において、導入口 6 から分散板 4 を経由してドラフト管 20 の内側に気体を導入し、同時に、導入口 7 から分散板 5 を経由してドラフト管 20 の外側に気体を導入する。そして、ドラフト管 20 の内側における気体の流量を、ドラフト管 20 の外側における気体の流量よりも大きくすることにより、流動層 2 をドラフト管 20 の内外で循環させる。すなわち、ドラフト管 20 の内側の領域において流動層 2 が上昇し、ドラフト管 20 の外側と容器 1 の間の領域において流動層 2 が下降する循環流動を生じさせる。

[0037] 続いて、地上反射鏡 10、タワー反射鏡 11 により集光された太陽光 S を、窓 8 を通して流動層 2 の上面中央部へ照射し、流動層 2 を加熱する。そして、導入口 6、7 から導入された気体は、流動層 2 を通過する際に加熱されて、導出口 9 から導出される。一方、導入口 14 から導入された気体は、加熱器 18 のらせん状流路 19 を通過する際に流動層 2 により加熱されて、導出口 15 から導出される。

[0038] ここで、導出口 15 から導出される気体は、流動層 2 に埋没して設けられたらせん状流路 19 において流動層 2 により加熱されるため、高温度域での熱利用が可能である。

[0039] 本実施例によれば、加熱器 18 を構成するらせん状流路 19 をドラフト管 20 として用いるため、加熱器 18 を設けるための余計なスペースが不要となり、装置をコンパクトにできる。また、加熱器 18 を流動層 2 に埋没させることができるため、効率的に気体を加熱することができる。

### 実施例 3

[0040] 本発明の太陽光を利用した集熱蓄熱装置のさらに別の実施例を図 4 に示す。なお、太陽光集光手段としての地上反射鏡 10 とタワー反射鏡 11 は、実施例

1と同じであるので図示を省略する。また、実施例1と同じ部分には同じ符号を付し、その説明を省略する。

[0041] 本実施例においては、より大規模な集熱、蓄熱を行うために、流動層2を収容する容器を集熱容器21と蓄熱容器22に分離して構成されている。

[0042] 集熱容器21の内部には、整流板23が備えられ、整流板23は、流動層2に埋没して流動層2の中央部に配置されている。また、集熱容器21の底部には、傾斜して分散板24が設けられている。分散板24は、流動層2を構成する蓄熱材料粒子を集熱容器21内に保持するとともに、集熱容器21の底部から気体を導入することができるように、多孔質材料から形成されている。分散板24の下方には分散板24を介して流動層2に気体を導入する気体導入手段としての導入口6、7が設けられている。なお、導入口6は、傾斜した分散板24の下部に、導入口7は傾斜した分散板24の上部に、それぞれ気体を導入するようになっている。また、集熱容器21の上部には、太陽光が透過できるように、石英製の窓8が設けられている。そして、集熱容器21の上部の側方には、流動層2を通過した気体を導出する気体導出手段としての導出口9が設けられている。

[0043] 一方、蓄熱容器22の内部には加熱手段としての加熱器25が密着して設けられている。この加熱器25の下部には加熱器25に気体を導入する導入口26が、加熱器25の上部には加熱器25から気体を導出する導出口27がそれぞれ設けられている。

[0044] そして、集熱容器21と蓄熱容器22との間で蓄熱材料粒子を循環させる循環手段として、集熱容器21の導出口9の下方から蓄熱容器22の天井に接続する搬送路28と、蓄熱容器22の底部から集熱容器21の上部に接続する搬送路29が設けられている。搬送路29において、蓄熱容器22の底部近傍には搬送用気体を導入する導入口30が、集熱容器21の上部近傍には搬送用気体を導出する導出口31がそれぞれ設けられている。

[0045] つぎに、本実施例の太陽光を利用した集熱蓄熱装置の動作について説明する。

- [0046] 導入口6, 7から分散板24を経由して集熱容器21に気体を導入する。導入口6からの気体の流量を、導入口7からの気体の流量よりも大きくすることにより、流動層2を整流板23の左右で循環させる。すなわち、整流板23の導入口6側の領域において流動層2が上昇し、整流板23の導入口7側の領域において流動層2が下降する循環流動を生じさせる。
- [0047] また、集熱容器21中の流動層2を構成する蓄熱材料粒子は、集熱容器21中の循環流動により搬送路28を経由して蓄熱容器22に移動する。蓄熱容器22中の蓄熱材料粒子は、導入口30に導入される搬送用気体により搬送路29を経由して集熱容器21に搬送される。なお、本実施例では、搬送路29における蓄熱材料粒子の搬送をエアレーションで行う例を示したが、スクリーによる搬送も可能である。
- [0048] 続いて、太陽光Sを、窓8を通して集熱容器21中の流動層2の上面中央部へ照射し、流動層2を加熱する。流動層2は循環流動するため、流動層2は全体的に加熱されることになる。その結果、流動層2全体において太陽熱が蓄熱される。
- [0049] そして、集熱容器21において、導入口6, 7から導入された気体は、流動層2を通過する際に加熱されて、導出口9から導出される。一方、蓄熱容器22において、導入口26から導入された気体は、加熱器25を通過する際に加熱されて、導出口27から導出される。
- [0050] このように、集熱容器21において加熱された蓄熱材料粒子は、蓄熱容器22に移動し、加熱器25に熱を放出し、その後、集熱容器21に戻るループ状システムとなっている。
- [0051] 以上のように、本実施例の本発明の太陽光を利用した集熱蓄熱装置は、蓄熱材料粒子からなる流動層2を収容する集熱容器21、蓄熱容器22と、この集熱容器21に収容された前記流動層2へ太陽光Sを集光して照射する太陽光集光手段と、前記集熱容器21の底部に設けられ前記流動層2に気体を導入する気体導入手段としての導入口6, 7と、前記集熱容器21の上部に設けられ前記流動層2を通過した気体を導出する気体導出手段としての導出口9と、前

記蓄熱容器21に設けられ前記流動層2の熱により気体を加熱する加熱手段としての加熱器25を備えるとともに、前記導入口6, 7から導入される気体により前記蓄熱材料粒子を前記集熱容器21内において循環流動させるように構成したものである。

[0052] したがって、集熱容器21に收容された流動層2が太陽光集光手段により集光された太陽光Sにより加熱される。そして、導入口6, 7から導入された気体が前記流動層2を通過する際に前記流動層2の熱により加熱され、導出口9から中高温度域の気体が得られる。また、加熱器25に導入された気体が前記加熱器25を通過する際に前記流動層2の熱により加熱され、500°C以上の高温度域の気体が得られる。さらに、前記導入口6, 7から導入される気体により前記蓄熱材料粒子が前記集熱容器21内において循環流動するため、前記流動層2内の温度差を小さくすることができる。

[0053] また、前記集熱容器21と前記蓄熱容器22との間で前記蓄熱材料粒子を循環させる循環手段としての搬送路28, 29を備えたため、より大規模な集熱蓄熱を行うことができる。

[0054] また、前記循環手段としての搬送路29は気体により前記集熱容器21と前記蓄熱容器22との間で前記蓄熱材料粒子を循環させるように構成したため、装置の構成を簡略にすることができる。

#### 実施例 4

[0055] 実施例1の太陽光を利用した集熱蓄熱装置について、数値解析を行った。図5～9にその結果を示す。

[0056] 図5に計算領域を示す。計算領域は、高さ100mmの円筒容器とした。

[0057] 数値解析では、流体運動を圧縮性ナビエ・ストークス式、温度場をエネルギー方程式で解き、混相流をオイラー・グラニュラーモデルで扱った。ふく射輸送は、球面調和関数法で計算した。そして、下方からの中心部の気体流速を0.35m/s、周囲部のそれを0.03m/s、上部からの集光太陽光を5kWとした場合について計算した。

[0058] 図6に瞬時の粒子体積分率を示す。流動層内部に気泡が発生し、それに伴

い中心部では上昇運動が生じる。図7に示した粒子の平均流速から、粒子は全体的に循環することが分かる。図8は、気体の平均流速であり、粒子運動に関わらず、全体的に上昇する傾向がある。

[0059] 図9は、粒子温度を示しており、粒子層表面で温度勾配が大きい、その部分を除くと温度分布は平坦であり、全体的に1700 K（約1400°C）以上の高温加熱が達成できることが分かる。

## 実施例 5

[0060] 実施例4で数値解析を行ったものと同様のサイズの円筒容器を備えた集熱蓄熱装置を準備した。5 kW tの模擬太陽光を流動層に照射し、流動層を通過する気体を加熱した。容器の各部と気体の温度は、K型熱電対により測定した。気体のドラフト管の内管側流速は5 L /分、外管側流速は10 L /分とした。粒子として、 $106\mu\text{m}$ ~ $710\mu\text{m}$ のセラミクス（セリア  $\text{CeO}_2$ ）粒子を929 g使用した。

[0061] 容器の出口部である導出部において気体温度は762°Cであり、本発明の集熱蓄熱装置によって気体を十分高温に加熱できることが示された。

## 実施例 6

[0062] 実施例3の太陽光を利用した集熱蓄熱装置を高温空気タービン発電に応用した例を図11に示す。なお、実施例1、3と同じ部分には同じ符号を付す。

[0063] 本実施例は、ビームダウン型の太陽光集光手段により蓄熱材料粒子を加熱して太陽熱を蓄熱材料粒子に蓄熱し、その熱によって高温空気タービンを駆動して発電するシステムである。通常のカスタービンは内燃機関であるが、ここでは外燃式空気タービンを用いており、外部からの加熱を利用することができる。

[0064] 図11において、複数の地上反射鏡10で反射された太陽光は第一焦点Aに集光された後に楕円鏡からなるタワー反射鏡11で反射され、第二焦点Bに集光され、さらに集熱容器21の上方に設けられた複合放物面型集光器41により集熱容器21に導かれる。集熱容器21に収容された蓄熱材料粒子からなる流動

層2は、集光された太陽光により加熱され、高温槽42、蓄熱容器22、低温槽43の順に移送され、再び集熱容器21に戻る。集熱容器21に收容された流動層2のエアレーションに用いられた空気は集熱容器21を出た後、熱交換器44へ送られ、これから流動層2のエアレーションに用いられるために集熱容器21に導入される空気の予熱に用いられる。蓄熱容器22に設けられた加熱器25には、高温空気タービンの動作流体である空気が導通している。高温槽42、蓄熱容器22、低温槽43への蓄熱材料粒子の移動は、空気によるエアレーション、又は、スクリーによる機械的搬送によって行われる。

[0065] そして、蓄熱容器22に設けられた加熱器25により加熱された空気によって高温空気タービンが動作し、発電が行われる。高温空気タービンは、圧縮機45、タービン46、熱交換器47により構成され、タービン46は、圧縮機45と発電機48に接続している。圧縮機45により加圧された空気は、加熱器25において加熱され、タービン46を回転させた後、排気される。タービン46は発電機47を駆動し、発電が行われる。タービン46から排気された高温空気は、熱交換器47において、圧縮機45により加圧された空気の予熱に用いられる。

[0066] 以上のように、本実施例は、ビームダウン型の太陽光集光手段によって得られた熱を利用することにより高温空気タービンを駆動して発電するシステムである。システムから排出される空気は、すべて熱交換器44、47を通して十分に冷却されてから捨てられるため、太陽熱を効率的に利用することができる。通常の太陽熱発電は水蒸気タービンを用いるが、本システムは高温空気タービンを利用するため、水が不要であり、乾燥地での利用に適し、また、ビームダウン型の太陽光集光手段を利用することにより得られる高温環境を利用して、効率的に発電することができる。

## 符号の説明

- [0067] 1 容器  
2 流動層  
6, 7 導入口（気体導入手段）  
9 導出口（気体導出手段）

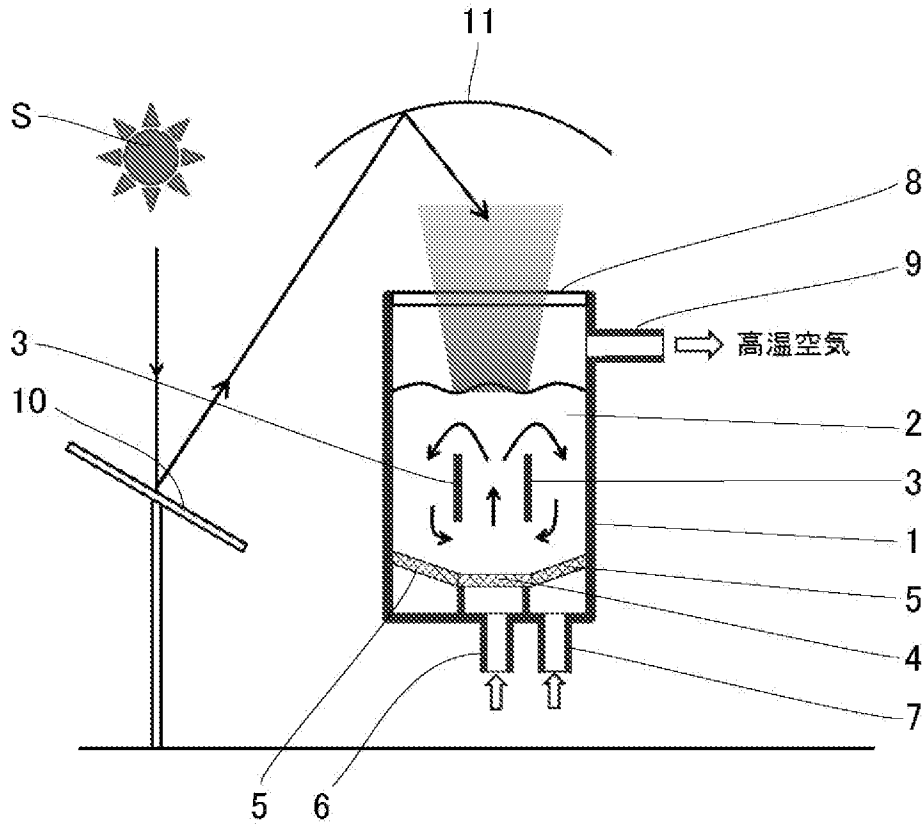
- 10 地上反射鏡（太陽光集光手段）
- 11 タワー反射鏡（太陽光集光手段）
- 12, 18 加熱器（加熱手段）
- 21 集熱容器
- 22 蓄熱容器
- 25 加熱器（加熱手段）
- 28, 29 搬送路（循環手段）
- S 太陽光



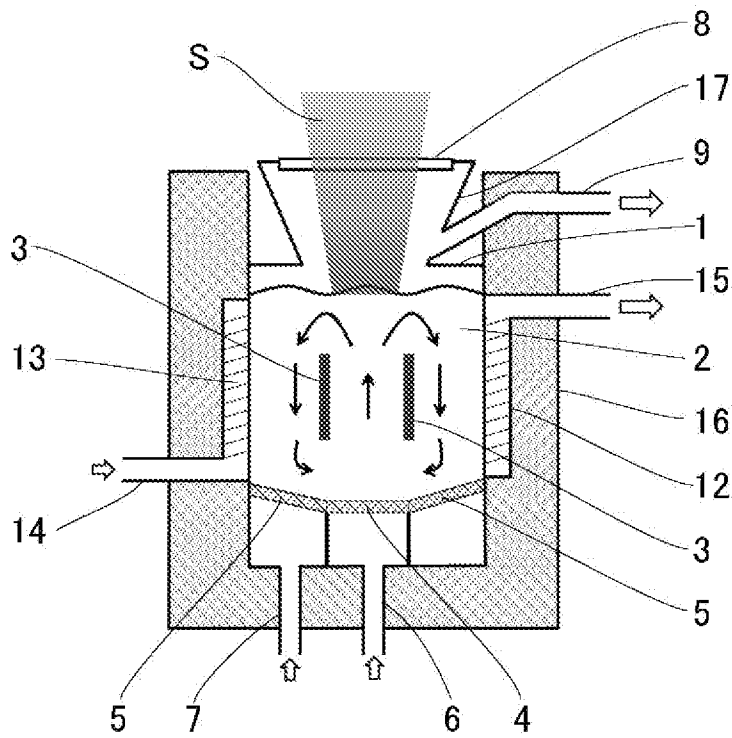
## 請求の範囲

- [請求項1] 蓄熱材料粒子からなる流動層を収容する容器と、この容器に収容された前記流動層へ太陽光を集光して照射する太陽光集光手段と、前記容器の底部に設けられ前記流動層に気体を導入する気体導入手段と、前記容器の上部に設けられ前記流動層を通過した気体を導出する気体導出手段と、前記容器に設けられ前記流動層の熱により気体を加熱する加熱手段とを備えるとともに、前記気体導入手段から導入される気体により前記蓄熱材料粒子を前記容器内において循環流動させるように構成したことを特徴とする太陽光を利用した集熱蓄熱装置。
- [請求項2] 前記容器は集熱容器と蓄熱容器とからなり、前記集熱容器は前記太陽光集光手段、前記気体導入手段、前記気体導出手段を備え、前記蓄熱容器は前記加熱手段を備えるとともに、前記集熱容器と前記蓄熱容器との間で前記蓄熱材料粒子を循環させる循環手段を備えたことを特徴とする請求項1記載の太陽光を利用した集熱蓄熱装置。
- [請求項3] 前記循環手段は気体により前記集熱容器と前記蓄熱容器との間で前記蓄熱材料粒子を循環させるように構成したことを特徴とする請求項2記載の太陽光を利用した集熱蓄熱装置。
- [請求項4] 前記蓄熱材料粒子は、珪砂、鉄酸化物、炭化珪素のいずれかからなることを特徴とする請求項1～3のいずれか1項記載の太陽光を利用した集熱蓄熱装置。

[図1]

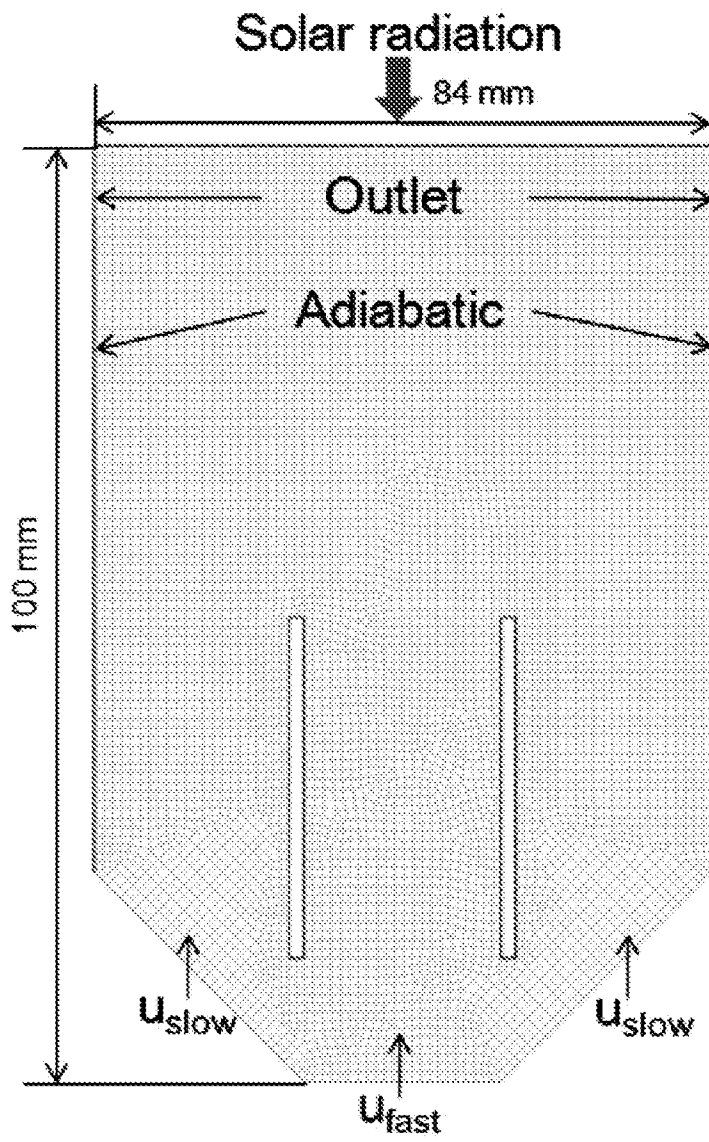


[図2]

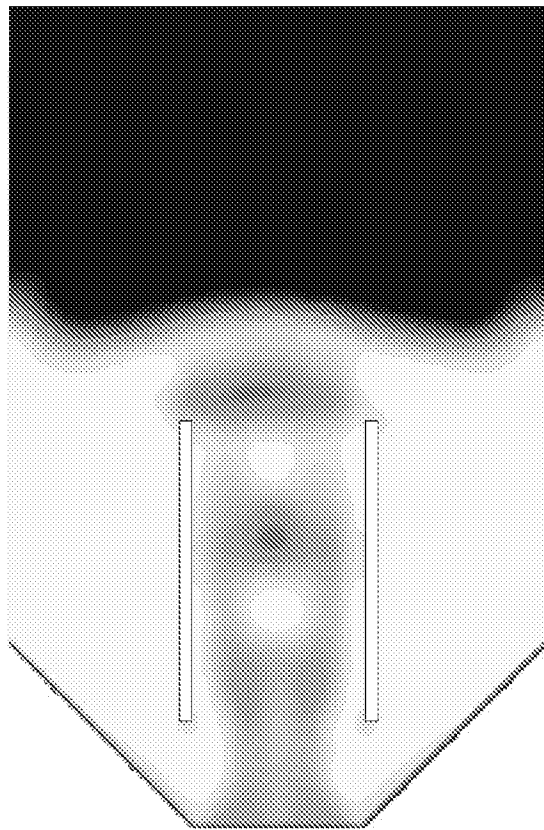
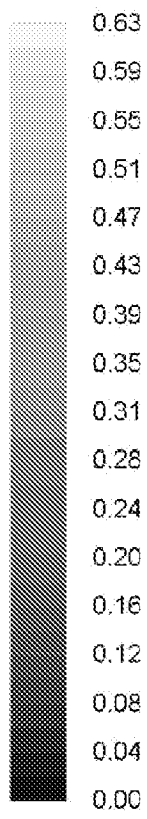




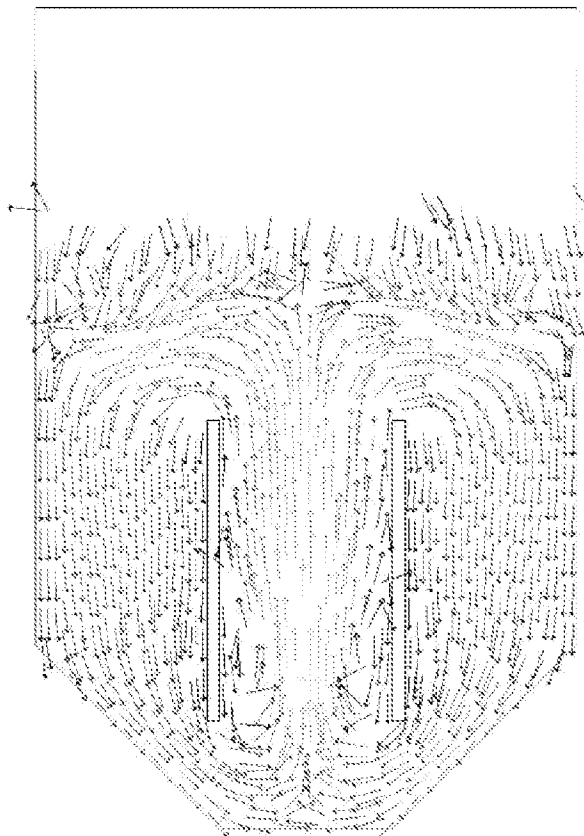
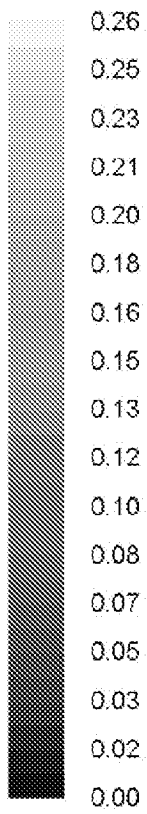
[図5]



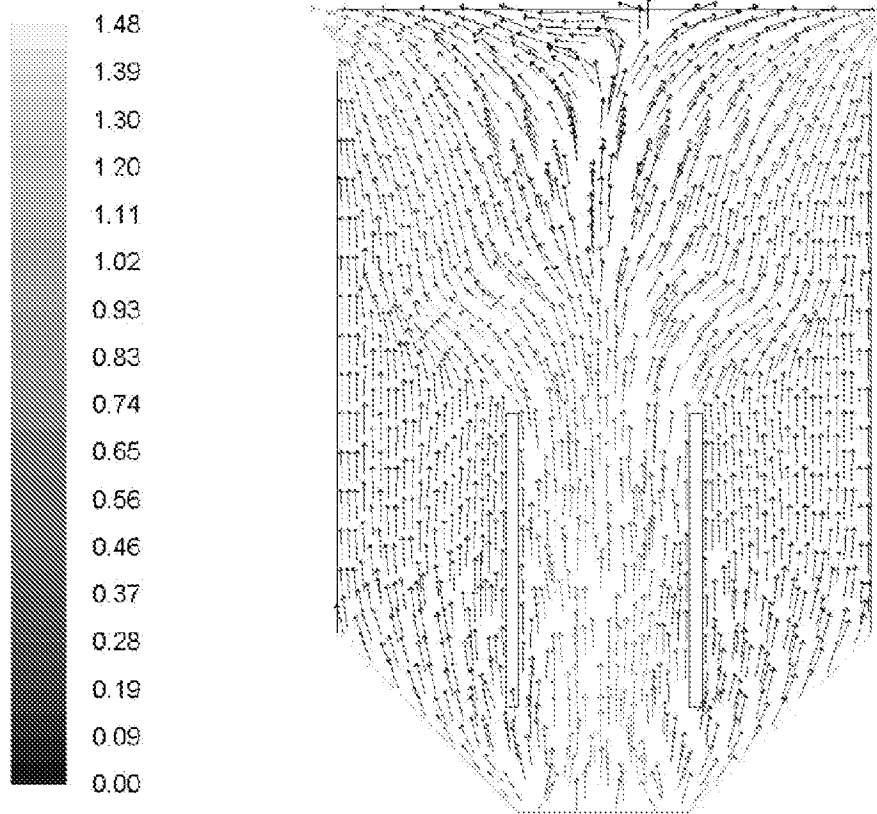
[図6]



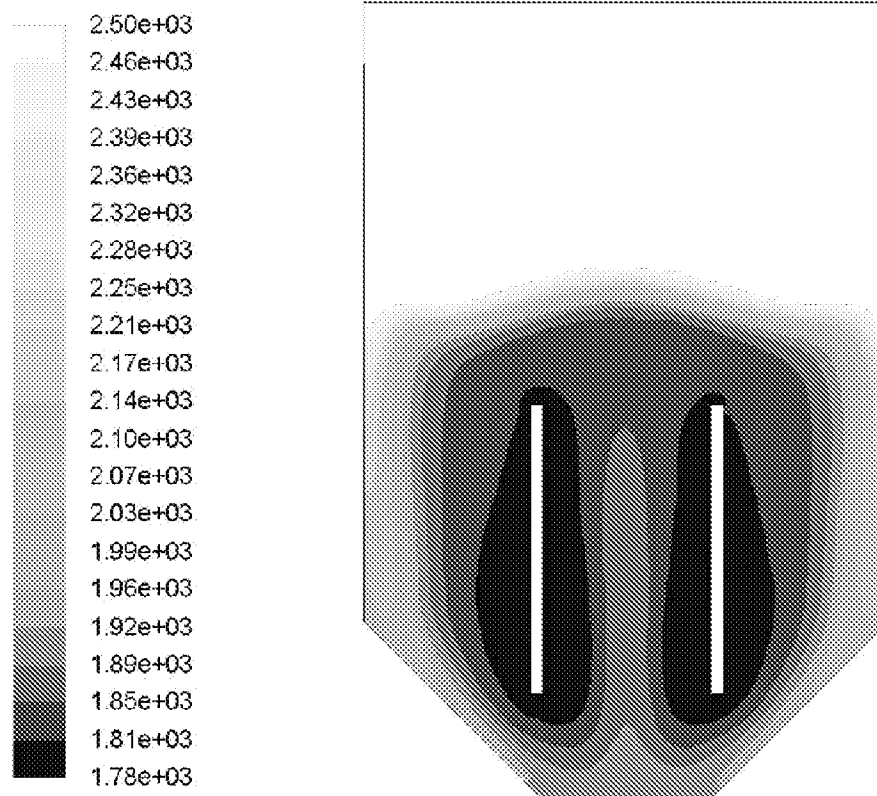
[図7]



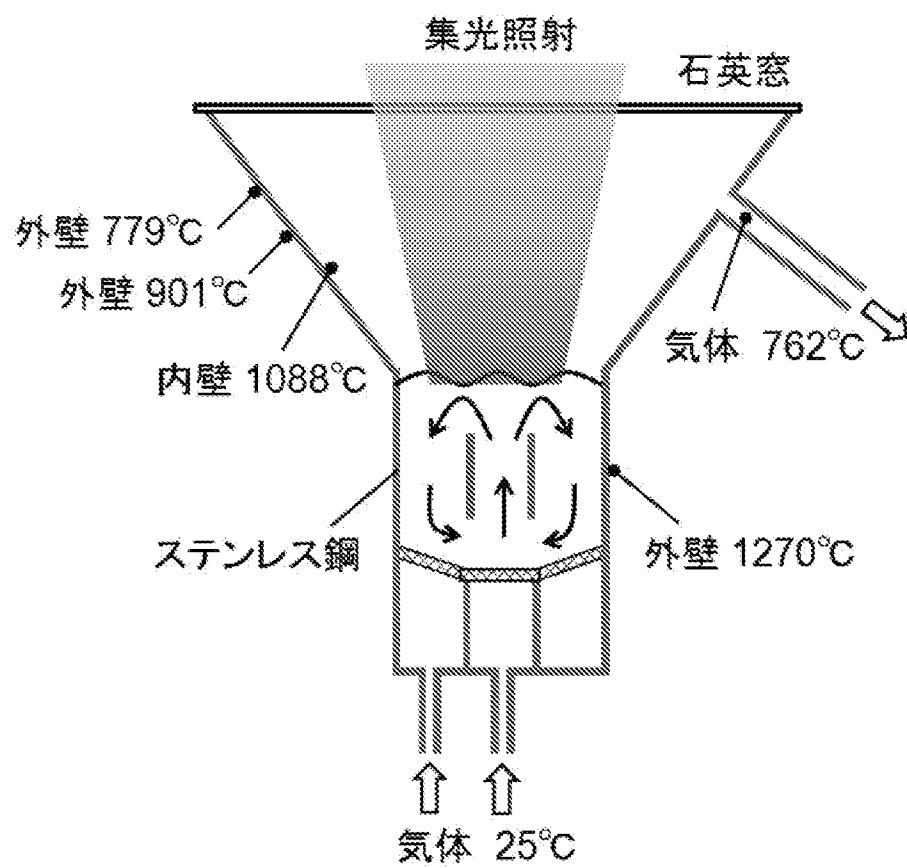
[図8]



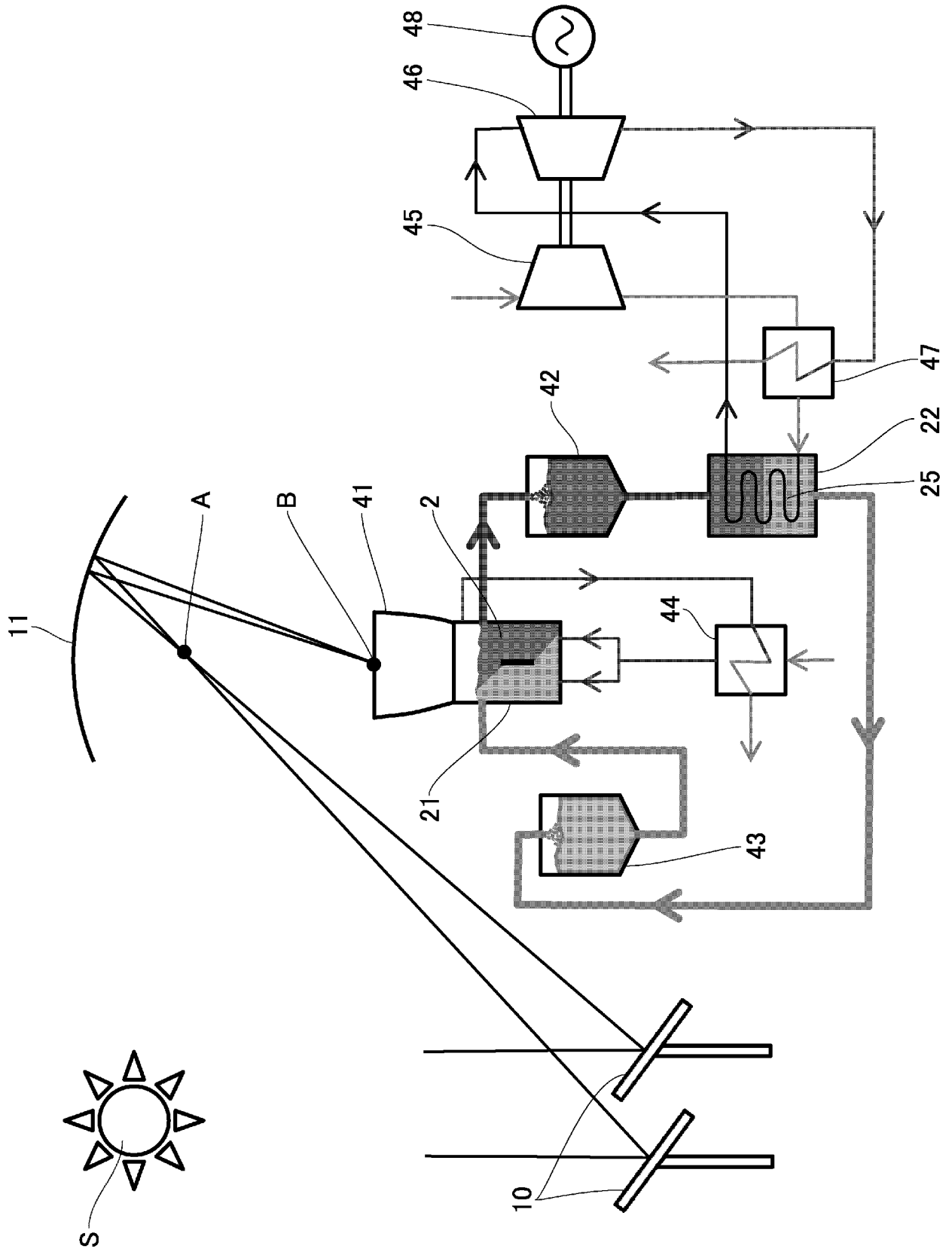
[図9]



[図10]



[図11]





**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.

PCT/JP2013/073693

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**

F24J2/34(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)

F24J2/34

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	1996-2013
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2013	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2013

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 Y	WO 2012/049655 A1 (MAGALDI INDUSTRIE S.R.L.), 19 April 2012 (19.04.2012), description, page 1, lines 11 to 26; page 3, line 12 to page 6, line 32; all drawings & EP 2627948 A & IT RM20100550 A & AU 2011315094 A & CA 2814228 A & CN 103261787 A & TW 201221876 A & AR 83461 A & IL 225751 D	1 2-4
Y	JP 54-124350 A (Komatsu Ltd.), 27 September 1979 (27.09.1979), claim 1; page 1, lower right column, line 8 to page 2, upper right column, line 10; fig. 1, 2 (Family: none)	2-4

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  
07 November, 2013 (07.11.13)

Date of mailing of the international search report  
19 November, 2013 (19.11.13)

Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.

PCT/JP2013/073693

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 57-37656 A (Sakuo ONO), 02 March 1982 (02.03.1982), page 2, lower left column, line 6 to lower right column, line 4; fig. 5 (Family: none)	3-4

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. F24J2/34(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. F24J2/34

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	1971-2013年
日本国実用新案登録公報	1996-2013年
日本国登録実用新案公報	1994-2013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 Y	WO 2012/049655 A1 (MAGALDI INDUSTRIE S. R. L.) 2012. 04. 19, 明細書第 1 ページ第 11-26 行, 第 3 ページ第 12 行-第 6 ページ 第 32 行, 全図 & EP 2627948 A & IT RM20100550 A & AU 2011315094 A & CA 2814228 A & CN 103261787 A & TW 201221876 A & AR 83461 A & IL 225751 D	1 2-4

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

07. 11. 2013

国際調査報告の発送日

19. 11. 2013

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)

鈴木 貴雄

3 L

9 5 2 3

電話番号 03-3581-1101 内線 3337

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
Y	JP 54-124350 A (株式会社小松製作所) 1979. 09. 27, 請求項 1, 第 1 ページ右下欄第 8 行-第 2 ページ右上欄第 10 行, 第 1, 2 図 (ファミリーなし)	2-4
Y	JP 57-37656 A (小野作男) 1982. 03. 02, 第 2 ページ左下欄第 6 行-同ページ右下欄第 4 行, 第 5 図 (ファミリーなし)	3-4