

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6890318号
(P6890318)

(45) 発行日 令和3年6月18日(2021.6.18)

(24) 登録日 令和3年5月27日(2021.5.27)

(51) Int.Cl.	F 1
B 0 1 D 47/00 (2006.01)	B 0 1 D 47/00 Z
C 0 5 F 3/06 (2006.01)	C 0 5 F 3/06 D

請求項の数 5 (全 8 頁)

(21) 出願番号	特願2017-82293 (P2017-82293)	(73) 特許権者	501203344
(22) 出願日	平成29年4月18日 (2017.4.18)		国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構
(65) 公開番号	特開2018-176103 (P2018-176103A)		茨城県つくば市観音台3-1-1
(43) 公開日	平成30年11月15日 (2018.11.15)	(74) 代理人	110000442
審査請求日	令和1年12月4日 (2019.12.4)		特許業務法人 武和国際特許事務所
特許法第30条第2項適用 平成28年度家畜ふん尿処理利用研究会「家畜ふん堆肥の肥料利用促進に向けた課題と技術開発および畜産環境に関する研究動向」における「密閉縦型堆肥化装置における堆肥発酵熟利活用の可能性」の題目、平成28年11月11日(第2日目)、研究会等会議資料等サイト https://www.naro.affrc.go.jp/nilgs-neo/kenkyukai/kachikufunnyo/O72383.html		(72) 発明者	中久保 亮
			茨城県つくば市池の台2 国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構 畜産研究部門内
		(72) 発明者	小島 陽一郎
			栃木県那須塩原市千本松768 国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構 畜産研究部門内
最終頁に続く			

(54) 【発明の名称】除塵システム及び除塵方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

密閉された堆肥発酵槽の上部から投入される堆肥原料を機械的に攪拌しつつ下部から強制通気して堆肥化処理を行う密閉縦型堆肥発酵槽と、

前記密閉縦型堆肥発酵槽において発生する高熱源の気体を鉛直方向下方から鉛直方向上方に向けて誘導する排気通路と、

前記排気通路の途中に配設され、前記気体の潜熱を熱利用する過程において生ずる結露水が滴下するように配置されたプレートフィン¹を介して低熱源体との熱交換を行う熱交換器と、

を備え、

前記気体が前記プレートフィン¹に対し鉛直方向下方から鉛直方向上方へと通過するときに熱交換が行われ、かつ、当該プレートフィン¹の下方に付着する前記気体に含まれていた塵を当該プレートフィン¹において生じた結露水が当該プレートフィン¹の表面を滴下することで除去する、

ことを特徴とする除塵システム。

【請求項2】

前記排気通路は、前記プレートフィン¹から滴下する前記結露水及び前記塵を排出する排出口を前記熱交換器の下方に備える、

請求項1に記載の除塵システム。

【請求項3】

10

20

前記排出口は、プレートフィンの下方に付着した前記塵と前記結露水と混ざった泥土が自重によって下方に落ちる泥土を除去可能な位置に配設される、
請求項 2 に記載の除塵システム。

【請求項 4】

前記熱交換器よりも前記気体の誘導方向における下流側にあり、鉛直方向上方から鉛直方向下方に向けて誘導する排気通路の途中に配設される第二の熱交換器をさらに備え、

前記第二の熱交換器は、前記塵が除去された前記気体と低熱源体としての水との熱交換によって当該水を加温する、

請求項 1 乃至 3 のいずれか一項に記載の除塵システム。

【請求項 5】

密閉された堆肥発酵槽の上部から投入される堆肥原料を機械的に攪拌しつつ下部から強制通気して堆肥化処理を行う密閉縦型堆肥発酵槽において発生する高熱源の気体を鉛直方向下方から鉛直方向上方に向けて誘導し、

前記高熱源の気体の誘導経路の途中に配設され、当該高熱源の気体の潜熱を熱利用する過程において生ずる結露水が滴下するように配置されたプレートフィンを介して低熱源体との熱交換を行う熱交換器において、

前記高熱源の気体が前記プレートフィンに対し鉛直方向下方から鉛直方向上方へと通過するときに熱交換が行われ、かつ、当該プレートフィンの下方に付着する前記高熱源の気体に含まれていた塵を当該プレートフィンにおいて生じた結露水が当該プレートフィンの表面を滴下することで除去する、
ことを特徴とする除塵方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、気体中の潜熱を有効利用する技術に関し、気体中に含まれる粉塵の除去に関するものである。特に、堆肥化処理において発生する発酵熱を利用して堆肥化装置の排気中に含まれる粉塵を除去するものである。

【背景技術】

【0002】

有機物の堆肥化では一般的に有機物 1 k g あたり灯油 5 5 0 g 相当 (2 0 M J) の発酵熱が発生する。例えば、養豚の場合、日本の年間排せつ量 7 8 8 万 t / 年から灯油 2 . 6 万 k L / 年に相当する発酵熱が発生する。しかし、現状では発生した発酵熱が未利用のまま大気中へ排出されており、堆肥化において生じる発酵熱を有効利用するための研究が行われている。発酵熱の回収方法には、堆肥から熱を直接抽出する方法や熱を排気として回収する方法がある。後者の方法で回収される発酵熱は、主に、堆肥化装置からの排気が流れる通路に設置される熱交換器を介して水や空気の加温に利用される。出願人は、発酵熱によって加温された水 (温水) を搾乳牛の飲用水に利用することによる乳量増加や、該温水を分娩豚舎の床暖房熱源に利用することによる暖房費削減といった発酵熱活用による経済的メリットを実証しつつある。

【0003】

従来、堆肥化装置における発酵熱の回収は、吸引通気式堆肥化装置において先行研究が行われてきた。吸引通気式堆肥化装置では堆肥資材が比較的高水分であり、通気速度も遅いため堆肥資材の粉塵が発生しにくい。また、粉塵が発生した場合は堆肥資材が堆積された堆肥発酵槽の底部の空気吸引穴で閉塞が発生する。このように、吸引通気式堆肥化装置では、排気中の粉塵含有率が低いため、排気通路に設けられる熱交換器において粉塵による閉塞が発生することはほぼなかった。このため、吸引通気式堆肥化装置における排気の除塵対策は不要であった。一方、中小家畜を中心に広く普及し、比較的容易に発酵熱を回収可能な密閉縦型堆肥化装置では、密閉した装置内でふん尿を機械的に攪拌、強制通気するため粉塵が発生しやすい。排気中の粉塵含有率が高いと、排気通路に設けられる熱交換器において粉塵による閉塞が発生し、熱交換効率の低下や排気通路からの悪臭漏れを招来

10

20

30

40

50

する。そこで、水洗式の除塵装置（例えば、特許文献１）や排気管への籠状フィルタの設置（例えば、特許文献２）が考案されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【０００４】

【特許文献１】特開平１１－１２８６６６号公報

【特許文献２】特開２００５－１２６３０８号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【０００５】

10

しかしながら、水洗式の除塵装置はふん尿処理施設の付帯物としては高額であり、定期メンテナンスが必要となることからコスト面及び管理面の負担が大きい。また、排気管への籠状フィルタの設置は安価であるが、フィルタ部で粉塵による閉塞が発生するので頻繁なメンテナンスが必要になり、管理面の負担が大きい。フィルタ部の閉塞はスプレー洗浄装置等により除塵することで防止できるが、高コスト化が問題になる。このように従来の除塵対策はコスト面や管理面の負担が大きく、広く普及するに至っていない。

【０００６】

本発明は、上記事情に鑑みなされたもので、導入・管理負担を低減する除塵システム及び除塵方法の提供を目的とする。

【課題を解決するための手段】

20

【０００７】

本発明に係る除塵システムは、密閉された堆肥発酵槽の上部から投入される堆肥原料を機械的に攪拌しつつ下部から強制通気して堆肥化処理を行う密閉縦型堆肥発酵槽と、前記密閉縦型堆肥発酵槽において発生する高熱源の気体を鉛直方向下方から鉛直方向上方に向けて誘導する排気通路と、前記排気通路の途中に配設され、前記気体の潜熱を熱利用する過程において生ずる結露水が滴下するように配置されたプレートフィン⁽¹⁾を介して低熱源体との熱交換を行う熱交換器と、を備え、前記気体が前記プレートフィン⁽¹⁾に対し鉛直方向下方から鉛直方向上方へと通過するとき熱交換が行われ、かつ、当該プレートフィン⁽¹⁾の下方に付着する前記気体に含まれていた塵を当該プレートフィン⁽¹⁾において生じた結露水が当該プレートフィン⁽¹⁾の表面を滴下することで除去する、ことを特徴とする。

30

【０００８】

本発明に係る除塵方法は、密閉された堆肥発酵槽の上部から投入される堆肥原料を機械的に攪拌しつつ下部から強制通気して堆肥化処理を行う密閉縦型堆肥発酵槽において発生する高熱源の気体を鉛直方向下方から鉛直方向上方に向けて誘導し、前記高熱源の気体の誘導経路の途中に配設され、当該高熱源の気体の潜熱を熱利用する過程において生ずる結露水が滴下するように配置されたプレートフィン⁽¹⁾を介して低熱源体との熱交換を行う熱交換器において、前記高熱源の気体が前記プレートフィン⁽¹⁾に対し鉛直方向下方から鉛直方向上方へと通過するとき熱交換が行われ、かつ、当該プレートフィン⁽¹⁾の下方に付着する前記高熱源の気体に含まれていた塵を当該プレートフィン⁽¹⁾において生じた結露水が当該プレートフィン⁽¹⁾の表面を滴下することで除去する、ことを特徴とする。

40

【発明の効果】

【０００９】

本発明によれば、上記課題を解決し、従来の負担を低減する除塵を行うことが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【００１０】

【図１】本発明の実施形態の除塵システムを示すブロック構成図である。

【図２】本発明の実施形態の除塵システムにおける除塵作用を説明する図である。

【発明を実施するための形態】

【００１１】

50

以下、本発明の実施形態について図面を参照して説明する。

【0012】

図1は本発明の実施形態の除塵システム100を示すブロック構成図である。本発明の実施形態の除塵システム100は、堆肥発酵槽10と、排気通路20と、第一熱交換器30と、第二熱交換器35と、第一排出口40と、第二排出口45とを有する施設において堆肥発酵熱の回収及び熱利用を行う工程に設けられる。なお、本発明の除塵システム100は、堆肥原料Tの堆肥化工程において発生する排気Hを外気で希釈せずに直接回収可能な密閉型の堆肥化施設への適用が好ましいが、例えばロータリー式やスクリー式など自動式の堆肥化装置や堆積した堆肥をカーテンなどで覆い、堆肥上部の温暖で湿潤な空気を回収する施設であれば適用可能である。ここでは、密閉縦型堆肥化施設を例に説明する。

10

【0013】

堆肥発酵槽10は、密閉縦型堆肥化装置である。堆肥発酵槽10は、密閉された堆肥発酵槽10の上部から投入される堆肥原料Tを機械的に攪拌・強制通気して堆肥化処理を行う。そして、堆肥発酵槽10の下部から内部に送風される空気は堆肥化物を通して堆肥発酵槽10の上部から排気される。このとき排気される排気Hは、堆肥化工程において発生した発酵熱を含み、高温（50℃以上）、高湿度（約100%RH）である。

【0014】

排気通路20は、堆肥発酵槽10の上部から鉛直方向下方に排気Hを一旦誘導し、その後折り返して鉛直方向上方に向かうように配設された配管である。そして、排気通路20は、鉛直方向下方から鉛直方向上方に向かって排気Hが流れる排気通路20の途中に第一熱交換器30が配設される。本発明の除塵システム100は、排気Hが重力方向に逆行するように鉛直方向下方から鉛直方向上方に向かって流れる除塵通路部20aを排気通路20に設け、該除塵通路部20aに第一熱交換器30を設けることを特徴とする。本実施形態の排気通路20は、さらに、第一熱交換器30を通過した排気Hを鉛直方向上方から鉛直方向下方に向かって誘導するよう配管されており、除塵通路部20aの下流の通路上に第二熱交換器35が配設される。また、排気通路20には、第一熱交換器30の下方に第一排出口40と、第二熱交換器35の下方に第二排出口45とが設けられる。そして、第二熱交換器35を通過した排気Hは、排気通路20を通して排気Hの脱臭処理を行う脱臭装置へと誘導される。

20

【0015】

第一熱交換器30及び第二熱交換器35は、温度の異なる流体の間に配置された伝熱体を介して、該流体の熱交換を行う熱交換器であって、いわゆる、隔壁式熱交換器である。本実施形態に係る第一熱交換器30及び第二熱交換器35には、例えば、直交流プレーンフィン型熱交換器が用いられる。第一熱交換器30は、排気通路20の除塵通路部20aに設けられる。第一熱交換器30は、排気Hが鉛直方向下方から導入され、伝熱体であるプレートフィンを通じて排気H（高熱源流体）と外気（低熱源流体）との間で、排気Hの発酵熱（潜熱）を熱利用するための熱交換が行われる。このとき、第一熱交換器30のプレートフィンには排気Hに含まれる粉塵Taが付着する。また、第一熱交換器30のプレートフィンには、排気Hより低温の外気との熱交換によって結露が発生する。本発明の除塵システム100は、第一熱交換器30のプレートフィンで熱交換で生じる結露水Haによってプレートフィンに付着した粉塵Taを取り除く作用がある除塵フィルタとして機能させることを特徴とする。第一熱交換器30を介して加温された外気は、堆肥発酵槽10に入気される。第二熱交換器35は、除塵通路部20aの下流の排気通路20に設けられる。第二熱交換器35は、排気Hが鉛直方向上方から導入され、プレートフィンを通じて排気H（高熱源流体）と水（低熱源流体）との熱交換が行われる。このときの排気Hには粉塵Taはほとんど含まれておらず、第二熱交換器35のプレートフィンにおける粉塵Taによる閉塞は生じない。除塵効果を有するのは、主として除塵通路部20aに設けられる第一熱交換器30である。第二熱交換器35を介して加温された水（温水）は家畜の飲用水や豚舎の床暖房の熱源として提供される。

30

40

【0016】

50

第一排出口４０及び第二排出口４５は、それぞれ第一熱交換器３０及び第二熱交換器３５で生じた結露水Ｈａ（第一排出口４０の場合は粉塵Ｔａとともに）を排気通路２０の外に排出するように各熱交換器の下方に位置する排気通路２０の端部に配設され、排水トラップ構造によって封水する水蓋が設けられる。排水トラップ構造の封水部の水柱高さは、排気通路２０の配管内圧力と大気圧とのバランスを考慮して、本実施形態の堆肥化装置の静圧と通気量であれば１０センチ以上確保すれば十分である。なお、排気Ｈ中のアンモニアガス濃度が高く、結露水Ｈａ中のアンモニア態窒素が硝酸性窒素濃度換算で放流基準濃度を超過する場合には、污水处理施設や脱臭装置への誘導が必要になる。

【００１７】

次に、図２は、本発明の除塵システムにおける除塵作用について説明する。具体的には、本発明の実施形態の排気通路２０の除塵通路部２０ａ、第一熱交換器３０及び第一排出口４０における除塵作用について詳細を説明する。

【００１８】

本実施形態の堆肥発酵槽１０は密閉縦型堆肥化装置であり、装置内の上方空間には攪拌・通気によって発酵・乾燥した堆肥が粉塵Ｔａとなって多く飛散している。よって、堆肥発酵槽１０の上方から排気通路２０に排気される排気Ｈには粉塵Ｔａが多く含まれる。このため、排気Ｈが排気通路２０の除塵通路部２０ａに設けられる第一熱交換器３０を通過する際、排気中の粉塵Ｔａが排気導入口側であるプレートフィン３１の下方に多く付着する。ここで、第一熱交換器３０の排気Ｈが通るプレートフィン３１は、排気Ｈが除塵通路部２０ａと同様に鉛直方向下方から鉛直方向上方に向かって流れるよう設けられる。このため、熱交換によって排気Ｈが通過するプレートフィン表面に発生する結露の結露水Ｈａが滴下し、粉塵Ｔａを排気導入口側から下方に洗い流す。また、粉塵Ｔａは、結露水Ｈａと混ざって泥土化し、泥土自体の重力によって下方に落ちる。このように、第一熱交換器３０のプレートフィン３１が除塵フィルタとして機能し、プレートフィン３１の排気導入口側から結露水Ｈａによって粉塵Ｔａを除去するとともに、重力方向に逆らって排気Ｈを第一熱交換器３０に導入することで重力によって粉塵Ｔａを排気から除去するので、第一熱交換器３０の閉塞を防止する。また、プレートフィン３１は、結露水Ｈａによってクリーンな状態が維持されるので、除塵フィルタの機能低下、すなわち除塵効果の低下の招来を抑制することができる。そして、除去された粉塵Ｔａや結露水Ｈａは、除塵通路部２０ａを伝って第一排出口４０から外部に排出される。

【００１９】

なお、堆肥発酵槽１０が通常の発酵状態であれば排気Ｈの相対湿度は常に１００％ＲＨ近い値となり、排気温度が少し下がる程度の熱損失でも、熱交換によって除塵には十分な量の結露水Ｈａが常時発生する。第一熱交換器３０における結露水Ｈａの発生を確実にするために外気の導入にファンを設けてもよい。また、排気Ｈの発生源として堆肥発酵槽１０を挙げたが、塵と潜熱を含む気体であって、熱交換で潜熱を熱利用する過程で結露を生じる高熱源となる気体を発生させる発生源であれば本発明の除塵システムを適用可能である。

【００２０】

また、第一熱交換器３０として直交流プレーンフィン型熱交換器を挙げたが、これに限らない。除塵フィルタとして機能可能な構造の熱交換器であればよい。すなわち、排気Ｈ（高熱源流体）を鉛直方向下方から鉛直方向上方に向かって導入することで、熱交換によって発生する結露水Ｈａを排気導入口側（高熱源流体導入側）から排出可能な熱交換器であれば適用可能である。

【００２１】

（実施形態の効果）

本発明の実施形態の除塵システムによれば、堆肥化装置からの堆肥発酵熱を用いることにより、コスト面や管理面の負担を低減した除塵を提供することができる。具体的には、堆肥化工程において発生した発酵熱を排気として熱回収することで、発酵熱による入気空気の加温や温水取得といった熱利用が熱交換器を介して可能になる発酵熱回収・利用サイ

10

20

30

40

50

クルが確立されてきたが、排気中の粉塵が多いタイプの堆肥化装置では、熱交換器で発生する結露水と排気中の粉塵とが混ざって泥土化し、泥土が熱交換器を閉塞してしまう課題があった。これに対し、従来は除塵装置を別途設けて対策していたが、本発明は、発酵熱回収・熱利用サイクルを活用し、熱交換によって高温・高湿度の排気から結露水が発生することを利用したものである。本発明の除塵システムは、堆肥化装置（気体の発生源）からの排気（潜熱と塵を含む高熱源の気体）を鉛直方向下方から鉛直方向上方に向かって誘導する排気通路上に熱交換器を配置し、熱交換器のプレートフィン（伝熱体）を除塵フィルタとして利用することで除塵機能の効果を得ることができるので、別途除塵装置を設けたり、除塵するためにポンプ等の可動装置を設けたりする必要がない。このように、これまでの排気通路の配管と熱交換器のレイアウトを変更するだけで除塵効果を得ることができるので、安価かつメンテナンスの負担がかからない除塵システム及び除塵方法を提供することができる。

10

【0022】

また、従来の排気通路が鉛直方向上方から鉛直方向下方に向かって排気を誘導する通路と地面に対して水平方向に排気を誘導する通路とで主に構成され、該通路上に熱交換器を配置していたところ、本発明の発明者らは、熱交換器で発生する結露水に着眼し、結露水を用いてプレートフィンに付着した粉塵を除去する本発明の除塵システム及び除塵方法に至った。本発明の排気通路は、鉛直方向下方から鉛直方向上方に向かって排気を誘導する通路を有し、該通路上に内部のプレートフィンが鉛直方向下方から鉛直方向上方に排気を誘導するよう設けられた熱交換器を配置する。このようなレイアウトによって、熱交換で発生する結露水によって熱交換器のプレートフィンが上から下へ常時洗浄され、結露水によって泥土化した粉塵は重力により下方に落ちる。また、熱交換器の下方から排気を導入するので、除塵の際に粉塵が熱交換器の排気導入口側から除去される。このため、熱交換器に粉塵が到達する前に重力によって粉塵を排気から除去することが可能であるとともに、熱交換器が鉛直方向上方から鉛直方向下方に向かって排気を誘導する通路上に配置される場合に比較して結露水によって泥土化した粉塵がプレートフィン内部を通過する量（内部滞留時間）を大幅に減らすことができる。また、熱交換器の下方には排水トラップ構造の排出口が設けられているので、重力によって落ちた粉塵や泥土及び結露水を速やかに排気通路の外に排出することができる。したがって、プレートフィンへの粉塵の付着が抑制され、熱交換器の閉塞を防止することができる。

20

30

【0023】

また、本発明によれば、熱交換で排気自体から発生する結露水と重力によって効果的に除塵し、熱交換と除塵を同時に行うことができる。このため、本実施形態のような排気中の粉塵含有率が高い堆肥化装置を長期稼働させることによる熱交換器の閉塞を防止することができるとともに、発酵熱回収・熱利用サイクルの効率低減や不具合発生を防止することができる。

【0024】

このように、堆肥発酵熱を用いた除塵は、堆肥が発酵状態であれば常時結露水が発生するので、安定的に熱交換とともに行うことができる。よって、利用推進を促進させることができる。

40

【0025】

なお、本発明は上述した実施形態に何ら限定されるものではなく、本発明の技術的範囲に属する限り種々の態様で実施し得ることはいうまでもない。

【0026】

例えば、上述した実施形態では、家畜ふん尿等の畜産廃棄物の堆肥化処理を例に挙げたが、一般廃棄物処理や産業廃棄物にも適用することができる。例えば、大量に発生する生ごみ等を回転ドラムや横置き堆肥発酵槽による発酵処理や乾燥処理によって減容化するシステムの他、塵と潜熱が含まれる気体中の塵除去にも適用可能である。

【符号の説明】

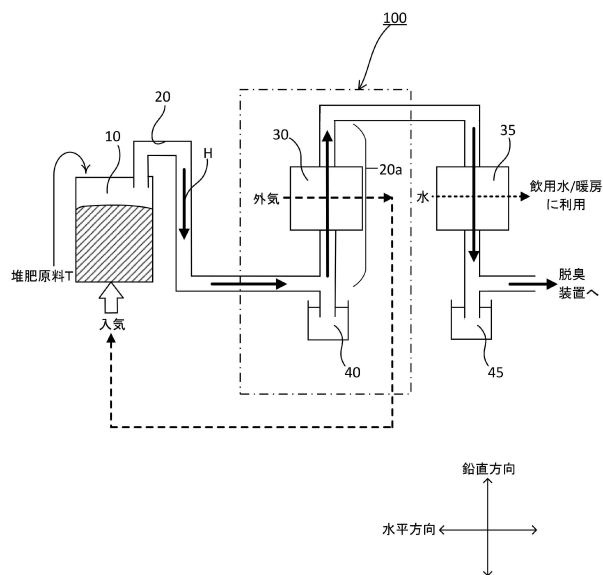
【0027】

50

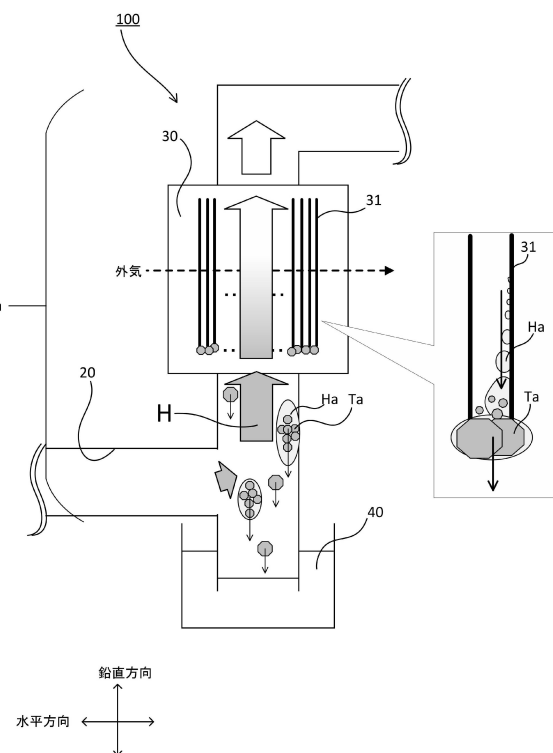
- 100 除塵システム
- 10 堆肥発酵槽（気体の発生源）
- 20 排気通路
- 20a 除塵通路部（気体誘導手段）
- 30 第一熱交換器（熱交換手段、除去手段）
- 31 プレートフィン（伝熱体）
- 35 第二熱交換器
- 40 第一排出口
- 45 第二排出口
- T 堆肥原料
- Ta 粉塵
- H 排気
- Ha 結露水

10

【図 1】



【図 2】



フロントページの続き

(72)発明者 石田 三佳

茨城県つくば市池の台2 国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構 畜産研究部門内

(72)発明者 天羽 弘一

栃木県那須塩原市千本松768 国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構 畜産研究部門内

審査官 目代 博茂

(56)参考文献 特開昭57-171422 (JP, A)

特開昭63-270376 (JP, A)

特開2001-106587 (JP, A)

特開平11-128666 (JP, A)

特開2005-126308 (JP, A)

中国特許出願公開第107008138 (CN, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B01D47/00-47/18

B01D53/34-53/96

C05B1/00-21/00

C05C1/00-13/00

C05D1/00-11/00

C05F1/00-17/993

C05G1/00-5/40

B09B1/00-5/00

F28B1/00-11/00