(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
2018年11月15日(15.11.2018)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2018/207399 A1

(51) 国際特許分類:
F26B 3/08 (2006.01) *F26B 17/10* (2006.01)
F23K 1/04 (2006.01)

(21) 国際出願番号： PCT/JP2017/045714

(22) 国際出願日： 2017年12月20日(20.12.2017)

(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 2017-092661 2017年5月8日(08.05.2017) JP
特願 2017-092662 2017年5月8日(08.05.2017) JP

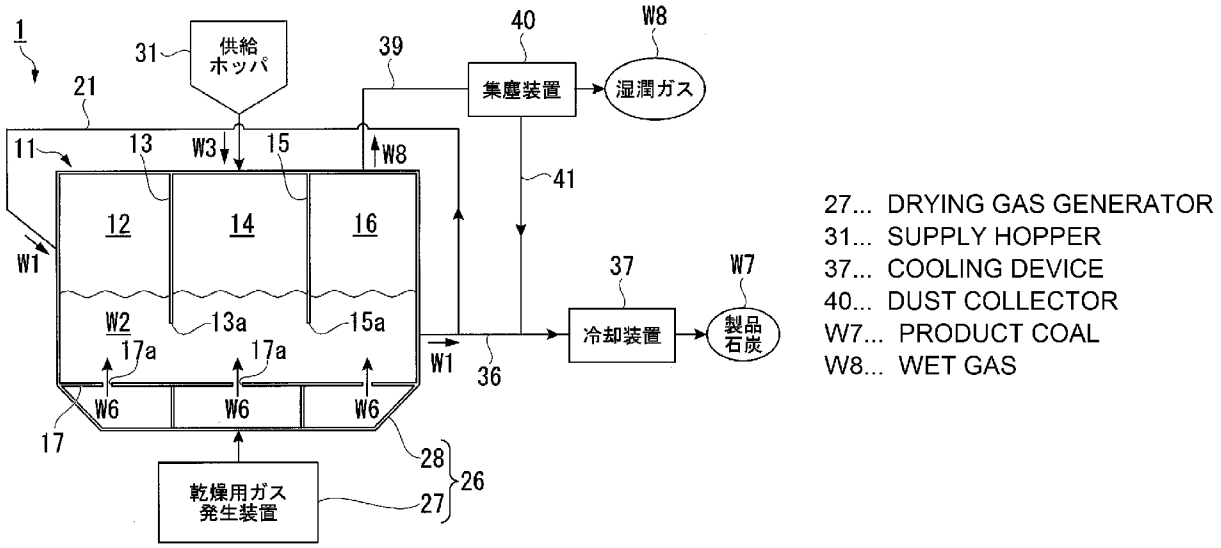
(71) 出願人: 新日鉄住金エンジニアリング株式会社 (NIPPON STEEL & SUMIKIN ENGINEERING CO., LTD.) [JP/JP]; 〒1418604 東京都品川区大崎一丁目５番１号 Tokyo (JP). 新日鐵住金株式会社 (NIPPON STEEL & SUMITOMO METAL CORPORATION) [JP/JP]; 〒1008071 東京都千代田区丸の内二丁目６番１号 Tokyo (JP).

(72) 発明者: 関本 賢一 (SEKIMOTO Kenichi); 〒1418604 東京都品川区大崎一丁目５番１号 新日鉄住金エンジニアリング株式会社内 Tokyo (JP). 小菅 克志 (KOSUGE Katsushi); 〒1418604 東京都品川区大崎一丁目５番１号 新日鉄住金エンジニアリング株式会社内 Tokyo (JP). 小水流 広行 (KOZURU Hiroyuki); 〒1008071 東京都千代田区丸の内二丁目６番１号 新日鐵住金株式会社内 Tokyo (JP). 谷奥亘 (TANIOKU Wataru); 〒1008071 東京都千代

(54) **Title:** DRYING METHOD AND DRYING DEVICE

(54) 発明の名称： 乾燥方法及び乾燥装置

［図1］



(57) **Abstract:** This drying method is for drying an article to be dried (W3) that contains moisture, in a drying device (1) which includes at least a fluidizing chamber (12) and a mixing chamber (14). In the method, a pre-dried article (W1) obtained by pre-drying an article to be dried (W3) is supplied to the inside of the fluidizing chamber (12), and in that state, the article is fluidized into a fluidized pre-dried article (W2), and this fluidized pre-dried article (W2) is moved to the inside of the mixing chamber (14), which is separated from the fluidizing chamber (12) by a partition (13) and which communicates with the fluidizing chamber via a through-hole (13a) formed in the bottom of the partition (13). In this state, an article to be dried (W3) is fed from above the through-hole (13a) to be mixed with the fluidized pre-dried article (W2).

WO 2018/207399 A1

［続葉有］

田区丸の内二丁目６番１号 新日鐵住金株式会社内 Tokyo (JP). 鈴木 淳(SUZUKI Atsushi); 〒1008071 東京都千代田区丸の内二丁目６番１号 新日鐵住金株式会社内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 棚 井 澄 雄, 外 (TANAI Sumio et al.); 〒1006620 東京都千代田区丸の内一丁目９番２号 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, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, 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, 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, ST, 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)）

(57) 要約：この乾燥方法は、少なくとも流動化室（１２）と混合室（１４）とを有する乾燥装置（１）における、水分を含有する被乾燥物（Ｗ３）を乾燥させる方法であって、被乾燥物（Ｗ３）を予め乾燥させて得られた予乾燥物（Ｗ１）を、流動化室（１２）内に供給した状態で、さらに流動化させて流動化予乾燥物（Ｗ２）にし、流動化室（１２）とは仕切り（１３）により区画されるとともに仕切り（１３）の下部に形成された貫通孔（１３ａ）を通して互いに連通する混合室（１４）内に流動化予乾燥物（Ｗ２）を移動させた状態で、流動化予乾燥物（Ｗ２）に、貫通孔（１３ａ）よりも上方から被乾燥物（Ｗ３）を混合する。

明　細　書

発明の名称 ： 乾燥方法及び乾燥装置

技術分野

[0001] 本発明は、乾燥方法及び乾燥装置に関する。

背景技術

[0002] 従来、水分を含有する石炭や汚泥等の被乾燥物を乾燥させるための乾燥方法が検討されている。

[0003] 高水分の粉体状の被乾燥物を乾燥室で乾燥させる場合、乾燥室内に被乾燥物が付着したり滞留したりして、乾燥室の入口が詰まる恐れがある。そこで、被乾燥物が付着する部分にパージガスを導入して、被乾燥物の付着を抑制する方法が採用されている。

しかしながらこの方法では、パージガスを乾燥室の多くの個所に導入する必要があり、設備コスト及び運用コストが増加する問題がある。

[0004] そこで、特許文献１に開示された乾燥方法では、乾燥室内で褐炭（被乾燥物）を乾燥させた乾燥物（予乾燥物）の一部を供給ラインや供給ホッパに戻したうえで、乾燥室に供給する。これにより、乾燥室に供給される褐炭及び乾燥物全体としての含有水分量が下がる。その結果、乾燥室内に褐炭が付着しにくくなり、乾燥室の入口が詰まるのが抑えられる。

一方で、乾燥室内では、褐炭に流動化蒸気が導入されることで、褐炭が流動され流動層を形成する。さらに、乾燥室内に設けられた伝熱部材により褐炭が乾燥する。乾燥した褐炭は製品石炭となりボイラー等の原料として用いられる。なお、乾燥した褐炭の一部は、前述の乾燥物として、乾燥室に供給される。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特開２０１１－２１４８０５号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] しかしながら、特許文献１の乾燥方法においても、褐炭が含有する水分の量や褐炭の処理量によっては、褐炭が流動層内に付着したり滞留したりすることが考えられる。この場合には、乾燥室内に投入した褐炭が乾燥室内で滞留して、褐炭の一部が乾燥されない恐れがある。

[0007] 本発明は、このような問題点に鑑みてなされたものであって、被乾燥物が含有する水分の量や被乾燥物の処理量によらず被乾燥物を均一に乾燥させることができる乾燥方法及び乾燥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

[0008] 上記課題を解決するために、この発明は以下の手段を提案している。

（１）本発明の乾燥方法は、少なくとも流動化室と混合室とを有する乾燥装置における、水分を含有する被乾燥物を乾燥させる乾燥方法であって、

前記被乾燥物を予め乾燥させて得られた予乾燥物を、前記流動化室内に供給した状態で、さらに流動化させて流動化予乾燥物にし、

前記流動化室とは仕切りにより区画されるとともに前記仕切りの下部に形成された貫通孔を通して互いに連通する前記混合室内に前記流動化予乾燥物を移動させた状態で、前記流動化予乾燥物に、前記貫通孔よりも上方から前記被乾燥物を混合することを特徴としている。

[0009] （２）本発明の乾燥装置は、水分を含有する被乾燥物を乾燥させる乾燥装置であって、

流動化室と、前記流動化室とは仕切りにより区画されるとともに前記仕切りの下部に形成された貫通孔を通して互いに連通する混合室と、を少なくとも有する乾燥室と、

前記被乾燥物を予め乾燥させて得られた予乾燥物を前記流動化室内に供給する予乾燥物供給部と、

前記乾燥室内に供給された前記予乾燥物を、前記流動化室内でさらに流動化させて流動化予乾燥物とする流動化部と、

前記流動化室内から前記貫通孔を通して前記混合室に移動した前記流動化

予乾燥物に、前記貫通孔よりも上方から前記被乾燥物を混合する被乾燥物供給部とを備えることを特徴としている。

[0010] これらの発明によれば、流動化予乾燥物は被乾燥物を予め乾燥させるとともに、さらに流動化させつつ乾燥させたものである。このため、この流動化予乾燥物に被乾燥物を混合することで、被乾燥物が効率的に流動化し、流動化した状態の被乾燥物が乾燥する。また、流動化室内で流動化予乾燥物をより確実に流動化させた状態で、混合室において流動化予乾燥物に被乾燥物を混合する。

[0011] （３）上記の乾燥方法において、前記予乾燥物に下方から上方に向けて流れる乾燥用ガスを供給することで、前記予乾燥物を流動化させてもよい。

（４）上記の乾燥装置において、前記流動化部は、前記乾燥室内に供給された前記予乾燥物に下方から上方に向けて流れる乾燥用ガスを供給することで、前記予乾燥物を流動化させてもよい。

これらの発明によれば、予乾燥物は自重により乾燥室等の下部に付着する場合がある。予乾燥物に下方から上方に向けて流れる乾燥用ガスを供給することで、乾燥室等の下部に付着した被乾燥物に対して上方に向けた外力を作用させる。

[0012] （５）上記の乾燥方法において、前記流動化予乾燥物に上方又は側方から前記被乾燥物を混合してもよい。

（６）上記の乾燥装置において、前記被乾燥物供給部は、前記流動化予乾燥物に上方又は側方から前記被乾燥物を混合してもよい。

これらの発明によれば、予乾燥物に乾燥用ガスを供給する方向と、流動化予乾燥物に被乾燥物を混合する方向とが異なる。

[0013] （７）上記の乾燥方法において、前記混合室とは第２仕切りにより区画されるとともに前記第２仕切りに形成された第２貫通孔を通して互いに連通する第３室内から前記予乾燥物を得てもよい。

（８）上記の乾燥装置において、前記乾燥室は、前記混合室とは第２仕切りにより区画されるとともに前記第２仕切りに形成された第２貫通孔を通して

互いに連通する第３室を有し、前記予乾燥物供給部の端部は、前記第３室の側板に接続されていてもよい。

これらの発明によれば、流動化室内で流動化予乾燥物をより確実に流動化させた状態で、混合室において流動化予乾燥物に被乾燥物を混合する。

[0014] （９）上記の乾燥方法において、前記予乾燥物のうち粒径が基準値以上の予乾燥大径物をさらに流動化させつつ乾燥させて前記流動化予乾燥物にしてもよい。

発明者らは、予乾燥物のうちで、粒径が小さいものよりも粒径が大きいものの方が含有する水分の割合が多いことを見出した。含有する水分の割合が少ないと、予乾燥物が加熱されたときに予乾燥物の温度が上がりやすくなる。

[0015] （１０）上記の乾燥方法において、前記予乾燥大径物のうち基準割合の量をさらに流動化させつつ乾燥させて前記流動化予乾燥物にしてもよい。

（１１）上記の乾燥装置は、前記乾燥室で乾燥された前記予乾燥物を粒径に基づいて分級し、前記予乾燥物のうち前記粒径が基準値以上の予乾燥大径物を前記予乾燥物供給部に供給する分級部を備えていてもよい。

（１２）上記の乾燥装置において、前記分級部は篩い分け分級機であってもよい。

（１３）上記の乾燥装置は、前記予乾燥大径物のうち基準割合の量を前記予乾燥物供給部に供給する分級炭流量調節部を備えていてもよい。

発明の効果

[0016] 上記（１）に記載の乾燥方法、及び上記（２）に記載の乾燥装置によれば、被乾燥物が含有する水分の量や被乾燥物の処理量によらず被乾燥物を均一に乾燥させることができる。また、流動化予乾燥物をより確実に流動化させた状態で、被乾燥物を混合することができる。

上記（３）に記載の乾燥方法、及び上記（４）に記載の乾燥装置によれば、予乾燥物を効率的に流動化させることができる。

上記（５）に記載の乾燥方法、及び上記（６）に記載の乾燥装置によれば

、予乾燥物に供給する乾燥用ガスに対して、流動化予乾燥物に混合する被乾燥物が支障になりにくくすることができる。

[0017] 上記（７）に記載の乾燥方法、及び上記（８）に記載の乾燥装置によれば、流動化予乾燥物をより確実に流動化させた状態で、混合室において流動化予混合物に被乾燥物を混合することができる。

上記（９）及び（１０）に記載の乾燥方法によれば、予乾燥大径物中の水分の割合が少なくなって予乾燥大径物等の温度が高くなり過ぎるのを抑制することができる。

上記（１１）から（１３）に記載の乾燥装置によれば、予乾燥大径物のうち流動化予乾燥物にする割合を調節し、予乾燥大径物等の温度をより効果的に調節することができる。

図面の簡単な説明

[0018] [図1]本発明の第１実施形態の乾燥装置における構成の概要を示す図である。

[図2]乾燥石炭が流動化している状態を示す図である。

[図3]乾燥石炭が流動化していない状態を示す図である。

[図4]本発明の第２実施形態の乾燥装置における要部の正面図である。

[図5]同乾燥装置で乾燥させるＬＹ炭の粒径に対する累積質量の関係を表す図である。

[図6]同乾燥装置で乾燥させるＬＹ炭における、含有する水分に対する付着力の関係を表す図である。

[図7]同乾燥装置を用いてＬＹ炭を乾燥させた実施例の実験結果における経過時間に対する各温度センサの検出結果を示す図である。

[図8]同乾燥装置を用いてＬＹ炭を乾燥させた比較例の実験結果における経過時間に対する各温度センサの検出結果を示す図である。

[図9]本発明の第３実施形態の乾燥装置における構成の概要を示す図である。

[図10]ＬＹ炭の含有水の分類による含有する水のイメージを説明する図である。

[図11]石炭の各水分の割合における、粒径に対する石炭の累積割合の変化を

示す図である。

[図12]水分の割合に対する平均粒径の変化を示す図である。

[図13]水分の割合に対する０．６ｍｍ以下篩下重量比の変化を示す図である。

[図14]水分の割合が６０％の褐炭における粒径に対する累積割合の変化を示す図である。

[図15]平均の水分の割合が２０％になるまで乾燥させた褐炭における粒径に対する累積割合の変化を示す図である。

発明を実施するための形態

[0019] （第１実施形態）

以下、本発明に係る乾燥装置の第１実施形態を、図１から図３を参照しながら説明する。本乾燥装置は、褐炭等の水分の含有割合が高い石炭（被乾燥物）を連続式に乾燥させるためのものである。

図１に示すように、本実施形態の乾燥装置１は、乾燥室１１と、石炭を予め乾燥させて得られた乾燥石炭（予乾燥物）Ｗ１を乾燥室１１に供給する戻り配管（予乾燥物供給部）２１と、乾燥室１１内に供給された乾燥石炭Ｗ１を、さらに流動化させつつ乾燥させて流動化石炭（流動化予乾燥物）Ｗ２とする流動化部２６と、流動化石炭Ｗ２に石炭Ｗ３を混合する供給ホッパ（被乾燥物供給部）３１と、を備えている。

[0020] 乾燥室１１は、第１室（流動化室）１２と、第１室１２とは仕切り１３により区画された第２室（混合室）１４と、第２室１４とは仕切り１５により区画された第３室１６と、を有している。第１室１２、第２室１４、及び第３室１６は、例えば水平面に沿って並べて配置されている。第１室１２、第２室１４、及び第３室１６の底板には、分散板１７が用いられている。分散板１７には、上下方向に貫通する連通孔１７ａが複数形成されている。連通孔１７ａは、例えば各室１２、１４、１６の下方に１つずつ形成されている。

[0021] 仕切り１３の下部には、貫通孔１３ａが形成されている。第１室１２と第

２室１４とは、仕切り１３の貫通孔１３ａを通して互いに連通する。同様に、仕切り１５の下部には、貫通孔１５ａが形成されている。第２室１４と第３室１６とは、仕切り１５の貫通孔１５ａを通して互いに連通する。

[0022] 戻り配管２１の第一端部は、例えば第１室１２における第２室１４とは反対側の側板（符号省略）に接続されている。戻り配管２１の第二端部は、後述する製品搬送配管３６の長手方向に沿う中間部に接続されている。戻り配管２１は、第１室１２内に乾燥石炭Ｗ１を供給する。

[0023] 流動化部２６は、乾燥用ガスＷ６を発生させる乾燥用ガス発生装置２７と、分散板１７の下方に設けられ、乾燥用ガス発生装置２７で発生した乾燥用ガスＷ６が供給される乾燥用ガス室２８と、を有する。なお、乾燥用ガスＷ６として本実施形態では水蒸気を用いるが、乾燥用ガスＷ６として高温の空気等を用いてもよい。

乾燥用ガス発生装置２７には、ボイラー等の公知の装置を用いることができる。なお、乾燥用ガス発生装置２７として、後述する冷却装置３７等に設けた熱交換器等を用いてもよい。この熱交換器内の冷却水により乾燥石炭Ｗ１を冷却することで、冷却水が加熱されて乾燥用ガスＷ６を得ることができる。

乾燥用ガス室２８の天板は、前述の分散板１７である。本実施形態では、乾燥用ガス室２８が、各室１２、１４、１６に対応して３室に分割されている例を示している。乾燥用ガス室２８は、分散板１７の各連通孔１７ａを通して各室１２、１４、１６と連通している。

[0024] 供給ホッパ３１は、第２室１４の天板に接続されている。

第３室１６における第２室１４とは反対側の側板には、製品搬送配管３６の第一端部が接続されている。製品搬送配管３６の第二端部は、冷却装置３７に接続されている。第３室１６の天板には、蒸気配管３９の第一端部が接続されている。蒸気配管３９の第二端部は、集塵装置４０に接続されている。

集塵装置４０には、連結配管４１の第一端部が接続されている。連結配管

４１の第二端部は、製品搬送配管３６の中間部に接続されている。

[0025] 次に、以上のように構成された乾燥装置１を用いた本実施形態の乾燥方法について説明する。

後述するように、石炭Ｗ３を予め乾燥させて乾燥石炭Ｗ１を得ておく。戻り配管２１は、第１室１２内に乾燥石炭Ｗ１を供給する。

流動化部２６の乾燥用ガス発生装置２７は、乾燥用ガスＷ６を発生させる。この乾燥用ガスＷ６は乾燥用ガス室２８に供給され、分散板１７の各連通孔１７ａを通して乾燥室１１の各室１２、１４、１６に供給される。

[0026] 第１室１２内では、分散板１７の各連通孔１７ａを通して乾燥石炭Ｗ１に下方から上方に向けて流れる乾燥用ガスＷ６が供給される。これにより、乾燥石炭Ｗ１が流動化しつつさらに乾燥する。こうして、乾燥石炭Ｗ１をさらに流動化させつつ乾燥させて流動化石炭Ｗ２にする。

乾燥石炭Ｗ１は自重により第１室１２等の下部の分散板１７等に付着する場合がある。乾燥石炭Ｗ１に下方から上方に向けて流れる乾燥用ガスＷ６を供給することで、分散板１７に付着した石炭Ｗ３に対して上方に向けた外力を作用させる。

乾燥用ガスＷ６は、第１室１２内だけでなく、第２室１４及び第３室１６内に下方から上方に向けて流れるように供給される。

[0027] ここで言う流動化とは、石炭等が室内や配管内に付着しないで、流れ動いている状態を意味する。具体的には、第１室１２内で乾燥石炭Ｗ１が乾燥用ガスＷ６により流動化すると、図２に示すように、乾燥石炭Ｗ１は第１室１２の下部の分散板１７や側板等には付着しないで流れ動く。流動化石炭Ｗ２は、乾燥用ガスＷ６中に乾燥石炭Ｗ１が浮遊した流動層を形成する。

これに対して、乾燥石炭Ｗ１が乾燥用ガスＷ６により流動化されないと、図３に示すように、乾燥石炭Ｗ１は、第１室１２内で流れ動かないで、乾燥石炭Ｗ１の自重や乾燥石炭Ｗ１の付着力等により分散板１７等に付着する。

このように、流動化部２６は、第１室１２内に供給された乾燥石炭Ｗ１に下方から上方に向けて流れる乾燥用ガスＷ６を供給することで、第１室１２

内で乾燥石炭Ｗ１を流動化する。乾燥石炭Ｗ１を第１室１２内に供給した状態で、乾燥石炭Ｗ１を流動化石炭Ｗ２にする。

[0028] 流動化石炭Ｗ２は、第１室１２内から仕切り１３に形成された貫通孔１３ａを通して第２室１４に移動する。供給ホッパ３１は、第２室１４に移動した流動化石炭Ｗ２に石炭Ｗ３を混合する。すなわち、第２室１４内に流動化石炭Ｗ２を移動させた状態で、流動化石炭Ｗ２に石炭Ｗ３を混合する。このとき、供給ホッパ３１は流動化石炭Ｗ２に上方から石炭Ｗ３を混合する。

流動化石炭Ｗ２は、石炭Ｗ３を予め乾燥させるとともに、さらに流動化させつつ乾燥させたものである。このため、第２室１４内でこの流動化石炭Ｗ２に石炭Ｗ３を混合することで、石炭Ｗ３が効率的に流動化し、流動化した状態の石炭Ｗ３が乾燥する。乾燥装置１では、乾燥石炭Ｗ１に乾燥用ガスＷ６を供給する方向である下方から上方に向かう方向と、流動化石炭Ｗ２に石炭Ｗ３を供給する方向である上方から下方に向かう方向とが異なる。乾燥室１１が第１室１２、仕切り１３、及び第２室１４を備えることで、第１室１２内で流動化石炭Ｗ２をより確実に流動化させた状態で、第２室１４において流動化石炭Ｗ２に石炭Ｗ３を混合する。

なお、流動化石炭Ｗ２は第２室１４内で、乾燥用ガスＷ６によりさらに流動化しつつ乾燥する。

[0029] 流動化石炭Ｗ２及び石炭Ｗ３は、第２室１４内から仕切り１５に形成された貫通孔１５ａを通して第３室１６に移動する。流動化石炭Ｗ２及び石炭Ｗ３は、第３室１６内で乾燥用ガスＷ６によりさらに流動化しつつ乾燥する。乾燥された流動化石炭Ｗ２及び石炭Ｗ３から得られた乾燥石炭Ｗ１の一部は、製品搬送配管３６を通して搬送され、冷却装置３７に供給される。

冷却装置３７には、例えば図示しない熱交換器が設けられている。乾燥石炭Ｗ１は、この熱交換器により冷却される。熱交換器内に冷却水を収容しておいてもよい。

冷却装置３７で冷却された乾燥石炭Ｗ１は、冷却装置３７から搬送され、製品石炭Ｗ７としてボイラー等の原料として用いられる。

[0030] 第３室１６内の流動化石炭Ｗ２及び石炭Ｗ３から得られた乾燥石炭Ｗ１の他の一部は、戻り配管２１により搬送され、乾燥室１１の第１室１２内に供給される。

一方で、乾燥された流動化石炭Ｗ２及び石炭Ｗ３から得られた湿潤ガスＷ８は、第３室１６の上部から排出される。この湿潤ガスＷ８は、水蒸気に、乾燥させた石炭Ｗ３の粉末が含まれたものである。湿潤ガスＷ８は、集塵装置４０で石炭Ｗ３の粉末が回収される。 回収された石炭Ｗ３の粉末は、連結配管４１及び製品搬送配管３６を通して冷却装置３７に供給され、製品石炭Ｗ７となる。一方で、集塵装置４０で処理された湿潤ガスＷ８は、外部に排出される。

[0031] 以上説明したように、本実施形態の乾燥装置１及び乾燥方法によれば、流動化石炭Ｗ２は石炭Ｗ３を予め乾燥させるとともに、さらに流動化させつつ乾燥させたものである。このため、この流動化石炭Ｗ２に石炭Ｗ３を混合することで、石炭Ｗ３が効率的に流動化し、流動化した状態の石炭Ｗ３が乾燥する。したがって、石炭Ｗ３が含有する水分の量や石炭Ｗ３の処理量によらず石炭Ｗ３を均一に乾燥させることができる。

乾燥石炭Ｗ１に下方から上方に向けて流れる乾燥用ガスＷ６を供給して、乾燥石炭Ｗ１を流動化する。乾燥石炭Ｗ１は、自重により乾燥室１１の下部に付着する場合がある。乾燥石炭Ｗ１に下方から上方に向けて流れる乾燥用ガスＷ６を供給することで、乾燥室１１の下部に付着した乾燥石炭Ｗ１に対して上方に向けた外力を作用させる。これにより、乾燥石炭Ｗ１を効率的に流動化させることができる。

[0032] 乾燥石炭Ｗ１に乾燥用ガスＷ６を供給する方向である下方から上方に向かう方向と、流動化石炭Ｗ２に石炭Ｗ３を供給する方向であると上方から下方に向かう方向とが異なる。したがって、下方から上方に供給する乾燥用ガスＷ６に対して、上方から下方に供給する石炭Ｗ３が支障になりにくくすることができる。

乾燥室１１は第１室１２、仕切り１３、及び第２室１４を備えるため、第

１室１２内で流動化石炭Ｗ２をより確実に流動化させた状態で、第２室１４において流動化石炭Ｗ２に石炭Ｗ３を混合する。このため、石炭Ｗ３をより確実に流動化させることができる。

[0033] なお、本実施形態では、供給ホッパ３１は第１室１２から第２室１４に移動した流動化石炭Ｗ２に石炭Ｗ３を供給するとした。しかし、供給ホッパ３１は、第１室１２から第２室１４を通して第３室１６に移動した流動化石炭Ｗ２に石炭Ｗ３を供給するとしてもよい。第１室１２と第３室１６とは、２枚の仕切り１３、１５により区画され、仕切り１３、１５の貫通孔１３ａ、１５ａ及び第２室１４を通して互いに連通する。この場合、第３室１６が混合室に該当する。

乾燥室１１は、第１室１２、第２室１４、及び第３室１６の３つの室を有するとした。しかし、乾燥室１１が有する室の数はこの限りではなく、２つでもよいし、４つ以上でもよい。

[0034] 石炭Ｗ３を安定して流動化させるために、付着性が高く流動化しにくい高水分の石炭Ｗ３（湿炭）の表面をリサイクルした乾燥石炭Ｗ１で覆う必要がある。１つの室に乾燥石炭Ｗ１及び石炭Ｗ３を同時に供給すると、乾燥石炭Ｗ１及び石炭Ｗ３が混ざり合う分散効果が適切に発揮できず、石炭Ｗ３が偏析してしまう恐れがある。このため、乾燥室１１が有する室の数は２つ以上が好ましい。

[0035] 供給ホッパ３１は、第２室１４の天板に接続されているとした。しかし、供給ホッパ３１が第２室１４の側板に接続されてもよい。この場合、供給ホッパ３１が流動化石炭Ｗ２に側方から石炭Ｗ３を供給する。

[0036]（第２実施形態）

次に、本発明の第２実施形態について図４から図８を参照しながら説明するが、前記実施形態と同一の部位には同一の符号を付してその説明は省略し、異なる点についてのみ説明する。本実施形態の乾燥装置は、石炭Ｗ３をバッチ式に乾燥させるためのものである。 図４に示すように、本実施形態の乾燥装置２は、角筒状に形成された乾燥室５１を有している。乾燥室５１は

、その軸線が上下方向に延びるように配置されている。

[0037] 乾燥室５１の下端部は、分散板６１を介して乾燥用ガス室６２に接続されている。乾燥用ガス室６２には、図示しない乾燥用ガス発生装置２７から乾燥用ガスＷ６が供給される。なお、乾燥用ガスＷ６として本実施形態では水蒸気を用いる。乾燥用ガス室６２及び乾燥用ガス発生装置２７で、流動化部６３を構成する。

乾燥室５１には、下方から上方に向かって、石炭排出管５３、のぞき窓５４、石炭供給管（予乾燥物供給部、被乾燥物供給部）５５、及び蒸気配管３９がこの順に設けられている。石炭排出管５３は、乾燥室５１内で製造された乾燥石炭Ｗ１を外部に取り出すための配管である。のぞき窓５４は、乾燥室５１内を目視により確認するための窓である。石炭供給管５５は、乾燥室５１内に乾燥石炭Ｗ１及び石炭Ｗ３を供給するための配管である。 乾燥室５１の上端部の開口は、蓋部材５６により封止されている。

[0038] 次に、以上のように構成された乾燥装置２を用いた本実施形態の乾燥方法について説明する。乾燥装置２の初期状態においては、流動化部６３により乾燥用ガスＷ６は供給されていない。

まず、石炭供給管５５を通して乾燥室５１内に乾燥石炭Ｗ１を供給する。分散板６１上に張り込まれた（配置された）乾燥石炭Ｗ１の量は、のぞき窓５４を通して確認することができる。

次に、流動化部６３により乾燥石炭Ｗ１に下方から乾燥用ガスＷ６を供給する。乾燥用ガスＷ６は、分散板６１に形成された図示しない連通孔を通して上方に向かって流れる。これにより、乾燥室５１内の乾燥石炭Ｗ１が流動化しつつ乾燥し、流動化石炭Ｗ２（不図示）となる。流動化石炭Ｗ２が流動化している状態は、のぞき窓５４を通して確認することができる。

[0039] 次に、石炭供給管５５を通して乾燥室５１内に石炭Ｗ３を供給する。乾燥室５１内で流動化している流動化石炭Ｗ２内に石炭Ｗ３を供給することで、石炭Ｗ３が効率的に流動化し、流動化した状態の石炭Ｗ３が乾燥する。乾燥室５１内で乾燥された石炭Ｗ３は、乾燥石炭Ｗ１となる。

乾燥石炭Ｗ１は、石炭排出管５３から外部に取り出される。

[0040] このように構成された本実施形態の乾燥装置２によっても、石炭Ｗ３が含有する水分の量や石炭Ｗ３の処理量によらず石炭Ｗ３を均一に乾燥させることができる。

[0041] （実施例）

以下では、本発明の実施例及び比較例を具体的に示してより詳細に説明するが、本発明は以下の実施例に限定されるものではない。

まず、乾燥装置２で乾燥させる石炭として用いたＬＹ炭について説明する。ＬＹ炭は、Ｌｏｙ　Ｙａｎｇで採取された褐炭であり、本実施形態では、ＬＹ炭を粉砕した状態で用いている。図５は、石炭の粒径に対する累積質量の関係を表す図である。図５の横軸は石炭の粒径（ｍｍ）を表し、縦軸は石炭の累積質量（％）を表す。例えば、この石炭において、粒径が１．７ｍｍ以下の石炭の質量は、全石炭の質量に対して４０．９％である。　各粒径に対する累積質量の関係式を、近似曲線Ｌ１として求めた。この近似曲線Ｌ１から、累積質量５０％に対する粒径は、２．１ｍｍであることが分かった。

[0042] 図６に、ＬＹ炭における、含有する水分に対する付着力の関係を示す。図６の横軸はＬＹ炭が含有する水分（質量％）を表し、縦軸はＬＹ炭の付着力（ｇ／ｃｍ^2＝１００Ｐａ）を表す。付着力は、日本粉体工業技術協会規格、ＳＡＰ　１５－１３：２０１３、粉体の一面せん断試験方法に記載されたジェニケセル法に基づいて測定した。

水分の含有量が５５質量％から６０質量％に変化する際に、ＬＹ炭の付着力が急激に強くなることが分かった。

[0043] 乾燥装置２において、分散板６１の寸法を１８０ｍｍ×１１０ｍｍとした。分散板６１には、φ７ｍｍの連通孔が２１ｍｍピッチで形成されている。分散板６１の開口率は、８．７４％である。

実験を行うにあたり、図４に示すように、乾燥室５１に下方から上方に向かって、３つの温度センサ６６、６７、６８を取付けた。下部温度センサ６６は、石炭排出管５３に対応する高さに取付けられている。中部温度センサ

６７は、のぞき窓５４の下端部に対応する高さに取付けられている。上部温度センサ６８は、石炭供給管５５と蒸気配管３９との中間部に対応する高さに取付けられている。

なお、乾燥室５１に供給する乾燥用ガスＷ６として水蒸気を用い、水蒸気の温度を７０℃とした。

[0044] 実施例として、以下の実験を行った。

流量１５０Ｎｍ^3／ｈ（ノルマル立方メートル毎時）、分散板６１上における流速が２．１ｍ／ｓ（メートル毎秒）の乾燥用ガスＷ６で、水分の含有率が５５％のＬＹ炭２ｋｇを予め流動化させつつ乾燥させた。なお、図６に示すように、水分の含有率が５５％のＬＹ炭の付着力は、２ｇ／ｃｍ^{3}程度である。２ｋｇのＬＹ炭は、流動化して流動化石炭Ｗ２となった。

図７に、２ｋｇのＬＹ炭を流動化させてからの経過時間に対する温度センサ６６、６７、６８の検出結果を示す。図７の横軸はＬＹ炭を流動化させてからの経過時間（分）を表し、縦軸は温度センサ６６、６７、６８の検出結果の温度（℃）を表す。点線Ｌ６が、下部温度センサ６６による検出結果を表す。同様に、二点鎖線Ｌ７が中部温度センサ６７による検出結果を表し、実線Ｌ８が上部温度センサ６８による検出結果を表す。

[0045] 経過時間が１分である時刻ｔ１において、石炭供給管５５を通して流動化石炭Ｗ２の上方から、水分の含有率が６３％のＬＹ炭４ｋｇを供給した。なお、水分の含有率が６３％のＬＹ炭の付着力は、４．８ｇ／ｃｍ^{3}程度である（図６参照）。

経過時間が０分から８０分頃までの恒温乾燥区間Ｒ１では、温度センサ６６、６７、６８は３５℃程度を維持している。８０分頃以降の減率乾燥区間Ｒ２では、温度センサ６６、６７、６８で検出される温度が徐々に上昇している。検出される温度は、温度が高い順に、下部温度センサ６６、中部温度センサ６７、上部温度センサ６８となることが分かった。

初期に供給した２ｋｇのＬＹ炭、及び追加して供給した４ｋｇのＬＹ炭は、恒温乾燥区間Ｒ１及び減率乾燥区間Ｒ２のいずれにおいても、流動化して

いることが分かった。ＬＹ炭が流動化していることは、のぞき窓５４を通して目視によっても確認した。

この結果、乾燥室５１内でＬＹ炭が安定して流動化し、乾燥室５１内にＬＹ炭が付着しないことが分かった。

[0046] 一方で、比較例として以下の実験を行った。

水分の含有率が６３％のＬＹ炭６ｋｇを、分散板６１上に装填した。流動化部６３によりＬＹ炭に下方から乾燥用ガスＷ６を供給し、ＬＹ炭の流動化を試みた。図８に、乾燥用ガスＷ６を供給してからの経過時間に対する温度センサ６６、６７、６８の検出結果を示す。図８の横軸は乾燥用ガスＷ６を供給してからの経過時間（分）を表し、縦軸は温度センサ６６、６７、６８の検出結果の温度（℃）を表す。

図８の例では、乾燥用ガスＷ６の流量を１５０Ｎｍ^3／ｈ、分散板６１上における流速を２．１ｍ／ｓとした。点線Ｌ１１が、下部温度センサ６６による検出結果を表す。同様に、二点鎖線Ｌ１２が中部温度センサ６７による検出結果を表し、実線Ｌ１３が上部温度センサ６８による検出結果を表す。

[0047] 前述のように、水分の含有率が６３％のＬＹ炭は付着力が比較的強い。このため、乾燥用ガスＷ６を供給してもＬＹ炭が分散板６１に堆積し、分散板６１の連通孔を閉塞することが分かった。この結果、下部温度センサ６６に比べて温度センサ６７、６８が検出する温度が低くなり、ＬＹ炭は流動化しないことが分かった。

さらに、乾燥用ガスＷ６の流速を５．０ｍ／ｓまで増加させて実験を行ったが、ＬＹ炭は分散板６１に堆積したままで、流動化しないことが分かった。

[0048] 以上のように、ＬＹ炭の水分の含有率が５５％程度になるまで予め乾燥させることで、ＬＹ炭の付着力が比較的弱くなり、ＬＹ炭が流動化しやすくなることが分かった。

[0049] （第３実施形態）

次に、本発明の第３実施形態について図９から図１５を参照しながら説明

するが、前記実施形態と同一の部位には同一の符号を付してその説明は省略し、異なる点についてのみ説明する。

図９に示すように、本実施形態の乾燥装置３は、第１実施形態の乾燥装置１の各構成に加えて、篩い分け分級機（分級部）７１及び分級炭流量調節部７２を備える。

篩い分け分級機７１は、乾燥室１１で乾燥された乾燥石炭Ｗ１を乾燥石炭Ｗ１の粒径（粒子径）に基づいて分級する。篩い分け分級機７１は、製品搬送配管３６と戻り配管２１との接続部に設けられている。篩い分け分級機７１は、乾燥石炭Ｗ１のうち粒径が基準値以上の乾燥大径石炭（予乾燥大径物）Ｗ１０だけを戻り配管２１に供給する。例えば、基準値は、ｄ５０（メジアン径）で１ｍｍ等である。例えば、篩い分け分級機７１では、篩目の大きさを選ぶことで基準値を調節することができる。

[0050] 篩い分け分級機７１は、乾燥石炭Ｗ１のうち粒径が基準値未満の乾燥小径石炭Ｗ１１だけを冷却装置３７に供給する。後述するように、乾燥石炭のうちで、粒径が小さいものよりも粒径が大きいものの方が含有する水分の割合が多い。

なお、篩い分け分級機７１が戻り配管２１に供給する石炭に対する乾燥大径石炭Ｗ１０の割合は、１００％に限定されない。すなわち、篩い分け分級機７１が戻り配管２１に供給する石炭は、基本的に乾燥大径石炭Ｗ１０で構成されているが、その石炭中に乾燥小径石炭Ｗ１１が含まれていてもよい。

[0051] 分級炭流量調節部７２は、乾燥大径石炭Ｗ１０のうち基準割合の量だけを戻り配管２１を介して乾燥室１１に供給する。分級炭流量調節部７２は、戻り配管２１の中間部に設けられている。分級炭流量調節部７２には、第２連結配管７３の第一端部が接続されている。第２連結配管７３の第二端部は、連結配管４１の中間部に接続されている。例えば、分級炭流量調節部７２は、戻り配管２１の開度を調節する不図示の弁、及び第２連結配管７３の開度を調節する不図示の弁等により基準割合の量を調節することができる。基準割合の量は、乾燥室１１に供給される石炭Ｗ３、乾燥大径石炭Ｗ１０、及び

乾燥室１１で得られた乾燥石炭Ｗ１等のマテリアルバランスにより、適宜設定される。

分級炭流量調節部７２は、戻り配管２１を介して分級炭流量調節部７２に供給された乾燥大径石炭Ｗ１０のうち基準割合以外の量を第２連結配管７３に供給する。

なお、第２連結配管７３の第二端部は、製品搬送配管３６における篩い分け分級機７１が設けられた部分と第二端部との間に接続されてもよい。

[0052] 前記基準割合は、例えば、１０～２０％である。

石炭Ｗ３と乾燥大径石炭Ｗ１０とを混合したもの（以下、混合石炭と言う）が乾燥室１１内に付着する状況を確認しながら、前記基準割合を試行錯誤的に調整することもできる。しかし、例えば、混合石炭の安息角（混合石炭を積んだ斜面が崩れ落ちないで安定している最大角）を評価することで、基準割合を適正に設定することができる。

例えば、Carrによる流動特性と対応する安息角の分類（Carr, R.L. “Evaluating flow properties of solids” Chem. Eng. 1965; 72：p.163－168）が知られている。この分類は、安息角に対応して、流動性の程度を、極めて良好、良好、‥、やや不良、不良、極めて不良、というように７段階に分類している。この分類において、流動性の程度が極めて良好からやや不良までとなる安息角が、０°以上５５°以下となる。

混合石炭の安息角が０°以上５５°以下となるように基準割合を調整することで、混合石炭の流動性を高め、混合石炭が乾燥室１１内に付着するのを抑制することができる。

[0053] ここで、ＬＹ炭における含有水の分類について図１０を用いて説明する。通常のＬＹ炭の水分の割合は、５０～６０％（以下で言う「％」は、以下全て重量％のことを意味する）である。図１０を作成するにあたり、以下の文献を参考にした。

・日本エネルギー学会編「石炭の科学と技術　～未来につなぐエネルギー～」、コロナ社・D.J. Allardice “The Water in Brown Coal Chapter 3”

[0054] （ａ）の含有水がバルク水の状態では、複数の石炭粒子Ｗ１５間等のマクロな隙間Ｓ１に水Ｖが存在する。この状態での石炭粒子Ｗ１５中の水分の割合は、４０％以上程度である。

石炭粒子Ｗ１５中の水分の割合が４０％未満程度になると、隙間Ｓ１中の水Ｖが蒸発し、後述する隙間Ｓ２中、及び位置Ｓ３、Ｓ４の水Ｖが残る。

（ｂ）の含有水が毛細管凝縮水の状態では、石炭粒子Ｗ１５に形成された毛細管Ｗ１６内の隙間Ｓ２に凝縮した水Ｖが存在する。この状態での石炭粒子Ｗ１５中の水分の割合は、１５～４０％程度である。

石炭粒子Ｗ１５中の水分の割合が１５％未満程度になると、隙間Ｓ２中の水Ｖが蒸発し、後述する位置Ｓ３、Ｓ４の水Ｖが残る。

[0055] （ｃ）の含有水が多層水の状態では、石炭粒子Ｗ１５の表面に単層吸着している水の層（不図示）に、弱い水素結合により保持されている位置Ｓ３の水Ｖが存在する。この状態での石炭粒子Ｗ１５中の水分の割合は、７～１５％程度である。なお、（ｃ）の状態におけるイメージは、例えば（ｂ）の状態において、石炭粒子Ｗ１５の表面である範囲Ｒ３を拡大したものである。

石炭粒子Ｗ１５中の水分が７％未満程度になると、位置Ｓ３の水Ｖが蒸発し、後述する位置Ｓ４の水Ｖが残る。

（ｄ）の含有水が単層水の状態では、石炭粒子Ｗ１５の表面における含酸素官能基Ｗ１８と、単層吸着により保持されている位置Ｓ４の水Ｖが存在する。この状態での石炭粒子Ｗ１５中の水分の割合は、７％未満程度である。なお、（ｄ）の状態におけるイメージは、例えば（ｃ）の状態において、石炭粒子Ｗ１５の表面と弱い水素結合により保持されている水Ｖとの境界である範囲Ｒ４を拡大したものである。

[0056] このように、石炭粒子Ｗ１５中の水分が蒸発するのにしたがって、石炭粒子Ｗ１５が壊れて（解砕して）石炭粒子Ｗ１５の粒径が小さくなる。

[0057] 次に、以上のように構成された乾燥装置３を用いた本実施形態の乾燥方法について説明する。

乾燥室１１の第３室１６内で得られた乾燥石炭Ｗ１は、製品搬送配管３６

を通して搬送され、篩い分け分級機７１に供給される。篩い分け分級機７１は、乾燥石炭Ｗ１のうち、乾燥大径石炭Ｗ１０だけを戻り配管２１の下流側の分級炭流量調節部７２に供給し、乾燥小径石炭Ｗ１１だけを冷却装置３７に供給する。

分級炭流量調節部７２は、篩い分け分級機７１から供給された乾燥大径石炭Ｗ１０のうち基準割合の量だけを戻り配管２１を介して乾燥室１１の第１室１２内に供給する。

分級炭流量調節部７２は、乾燥大径石炭Ｗ１０のうち基準割合以外の量を第２連結配管７３に供給する。第２連結

配管７３に供給された乾燥大径石炭Ｗ１０は、集塵装置４０で回収され連結配管４１内を流れる石炭Ｗ３の粉末、及び、篩い分け分級機７１で分級された乾燥小径石炭Ｗ１１に合流し、製品石炭Ｗ７となる。

[0058] 一方で、第１室１２内に供給された基準割合の量の乾燥大径石炭Ｗ１０は、第１室１２内でさらに流動化させつつ乾燥されて流動化石炭Ｗ２になる。乾燥大径石炭Ｗ１０は乾燥小径石炭Ｗ１１よりも含有する水分の割合が多い。このため、石炭中の水の気化熱等の影響により、乾燥小径石炭Ｗ１１が加熱されたときよりも、乾燥大径石炭Ｗ１０が加熱されたときの方が温度が上がりにくい。また、分級炭流量調節部７２により第１室１２内に供給される乾燥大径石炭Ｗ１０の量が調節されることで、リサイクル量が多くなり過ぎて製品石炭Ｗ７の生産量が低下することを抑えることができるとともに、乾燥室１１内で加熱される乾燥大径石炭Ｗ１０等の温度がより効果的に調節される。

[0059] 第１実施形態の乾燥装置１では、乾燥室１１で乾燥させた乾燥石炭Ｗ１を再び乾燥室１１に戻すため、乾燥石炭Ｗ１の一部は乾燥室１１で何度も乾燥されることがある。本実施形態の乾燥装置３は篩い分け分級機７１を備えることで、乾燥が進んだ石炭が乾燥室１１に戻ることが抑制される。

[0060] （実験室レベルの試験における、石炭の粒径と含有する水分の割合との関係の検証）

実験室レベルの試験（ラボ試験）では、石炭には褐炭であるＬＹ炭を用いた。石炭の初期の水分の割合は、６０％である。石炭の粒度分布の測定と、温度１０７℃の恒温槽によるこの石炭の乾燥と、を交互に繰り返した。乾燥後の石炭中の水分の割合は、５５％、４５％、３５％、３０％、１８％、及び７％の順で低下した。また、初期の水分の割合が６０％である石炭に加水することで、石炭の水分の割合を６４％にしたサンプルも作成した。

[0061] 図１１に、石炭の各水分の割合における粒径に対する石炭の累積割合の変化を示す。図１１の横軸は石炭の粒径を表し、縦軸は石炭の累積割合を表す。図１１から、各水分の割合における平均粒径（ｄ５０を表す線Ｌ１６との交点）を求めた。

[0062] 図１２に、石炭の水分の割合に対する平均粒径の変化を示す。図１２の横軸は石炭の水分の割合を表し、縦軸は石炭の平均粒径を表す。図１２中には、前述のバルク水の状態を表す範囲R_aを示した。同様に、毛細管凝縮水の状態を表す範囲R_b、多層水の状態を表す範囲R_c、単層水の状態を表す範囲R_dを示した。

加水後の石炭から初期の石炭まで水分の割合が少なくなるにしたがい平均粒径が小さくなる領域R_6がある。領域R_6よりも水分の割合が少ない範囲には、水分の割合が３０～６０％の範囲で、水分の割合が少なくなっても平均粒径が１．８～２．０ｍｍとほぼ一定の領域R_7がある。領域R_7よりも水分の割合が少ない範囲には、水分の割合が少なくなるにしたがい平均粒径が小さくなる領域R_8がある。

[0063] 以上説明したように、石炭中の水分の割合が少なくなるにしたがい、平均粒径は大きくなることなく小さくなる。

図１２から、水分の割合が２０％の石炭の平均粒径が約１．５ｍｍである。例えば、篩い分け分級機７１で分級する粒径の基準値として１．５ｍｍを用いると、水分の割合が２０％以下の乾燥した石炭を約５０％除去することができる。

[0064] 図１３に、石炭の水分の割合に対する０．６ｍｍ以下篩下質量（重量）比

の変化を示す。ここで言う０．６ｍｍ以下篩下質量比は、篩にかけた石炭の全質量に対して、外径が０．６ｍｍ以下となって篩を通過した石炭の質量の割合のことを意味する。図１３の横軸は石炭の水分の割合を表し、縦軸は０．６ｍｍ以下篩下質量比を表す。図１３中には、前述の範囲R_a～R_dを示した。

加水後の石炭から水分の割合が５５％程度の石炭まで、水分の割合が少なくなるにしたがい０．６ｍｍ以下篩下質量比が大きくなる領域R_{10}がある。領域R_{10}よりも水分の割合が少ない範囲には、水分の割合が少なくなっても０．６ｍｍ以下篩下質量比が約３０％とほぼ一定の領域R_{11}がある。領域R_{11}よりも水分の割合が少ない範囲には、水分の割合が少なくなるにしたがい０．６ｍｍ以下篩下質量比が大きくなる領域R_{12}がある。

以上説明したように、石炭中の水分の割合が少なくなるにしたがい、０．６ｍｍ以下篩下質量比は小さくなることなく大きくなる。

[0065] （ベンチプラント試験における検証）

１時間当たりに５００ｋｇの石炭を処理できるベンチプラント試験装置である乾燥装置を用いて、試験を行った。初期の水分の割合が６０％である褐炭を、平均の水分の割合が２０％になるまで乾燥させ、粒度分布を測定した。

図１４に、水分の割合が６０％の褐炭を用いた場合の実験結果を示す。図１４の横軸は褐炭の粒径を表し、縦軸は褐炭の累積割合を表す。図中の〇印が、個々の実験結果を表す。例えば、粒径が１．４ｍｍの褐炭の累積割合は２７％である。

[0066] 図１５に、平均の水分の割合が２０％になるまで乾燥させた褐炭を用いた場合の実験結果を示す。図１５の横軸等は図１４と同様である。例えば、粒径が１．４ｍｍの褐炭の累積割合は５４％である。

すなわち、褐炭を乾燥させた前後で比べた場合に、褐炭中の水分の割合が少ないと褐炭の粒径が小さくなる。

[0067] 水分の割合が６０％の褐炭、及び平均の水分の割合が２０％になるまで乾

燥させた褐炭において、粒径が１．５ｍｍ以上の割合、及び平均粒径を求めた結果を表１に示す。

ここで表１において「平均の水分の割合」と記載したのは、後述するように平均の水分の割合が２０％になるまで乾燥させた褐炭において、さらに粒径の範囲ごとに水分の割合を求めたためである。

[0068] [表1]

	平均の水分の割合(%)	粒径 1.5mm 以下の割合(%)	平均粒径(d50)(mm)
初期の石炭	60	27.7	2.7
乾燥後の石炭	20	54.9	1.1

[0069] 水分の割合が６０％の褐炭では、粒径が１．５ｍｍ以下の割合が２７．７％であり、平均粒径（ｄ５０）が２．７ｍｍであった。平均の水分の割合が２０％になるまで乾燥させた褐炭では、粒径が１．５ｍｍ以下の割合が５４．９％であり、平均粒径（ｄ５０）が１．１ｍｍであった。平均粒径は、水分の割合を少なくすることで約４１％の値（１．１／２．７）に減少した。

このように、褐炭を乾燥させると粒径が小さい割合が多くなり、平均粒径が小さくなる。

[0070] さらに、平均の水分の割合が２０％になるまで乾燥させた褐炭について、粒径が１．５ｍｍ以下の褐炭、及び、粒径が５．０ｍｍ以上の褐炭における水分の割合を求めた結果を表２に示す。

[0071] [表2]

乾燥後の褐炭の水分の割合

粒径 1.5mm 以下 (%)	粒径 5.0mm 以上 (%)
17.6	24.0

[0072] 粒径が１．５ｍｍ以下の褐炭では水分の割合は１７．６％であり、粒径が

５．０ｍｍ以上の褐炭では水分の割合は２４．０％であった。

このように、同一の褐炭内においても、粒径が小さいものが含有する水分の割合よりも粒径が大きいものの方が含有する水分の割合が多い。

例えば、平均の水分の割合が２０％になるまで乾燥させた褐炭では、粒径が１．５ｍｍ以下の割合が５４．９％である。平均の水分の割合が２０％になるまで乾燥させた褐炭を１．５ｍｍの篩目を用いて分級して篩上に残った褐炭を用いると、約５５％の水分の割合が２０％以下まで乾燥させた褐炭を除去することができる。

[0073] 以上説明したように、本実施形態の乾燥装置３及び乾燥方法によれば、石炭が含有する水分の量や石炭の処理量によらず石炭を均一に乾燥させることができる。

さらに、乾燥装置３は篩い分け分級機７１を備える。発明者らは、乾燥石炭Ｗ１のうちで、粒径が小さいものよりも粒径が大きいものの方が含有する水分の割合が多いことを見出した。含有する水分の割合が少ないと、乾燥石炭Ｗ１が加熱されたときに乾燥石炭Ｗ１の温度が上がりやすくなる。したがって、乾燥大径石炭Ｗ１０中の水分の割合が少なくなって乾燥大径石炭Ｗ１０等の温度が高くなり過ぎるのを抑制することができる。

乾燥装置３は分級炭流量調節部７２を備える。これにより、乾燥大径石炭Ｗ１０のうち流動化石炭Ｗ２にする割合を調節し、リサイクル量が多くなり過ぎて製品石炭Ｗ７の生産量が低下することを抑えることができるとともに、乾燥大径石炭Ｗ１０等の温度をより効果的に調節することができる。

[0074] なお、本実施形態では、分級部が篩い分け分級機７１であるとした。しかし、分級部はこれに限定されず、サイクロンや流動層のような乾式の分級機であってもよい。

乾燥大径石炭Ｗ１０の量が多くない場合等には、乾燥装置３は分級炭流量調節部７２を備えなくてもよい。

[0075] 以上、本発明の第１実施形態から第３実施形態について図面を参照して詳述したが、具体的な構成はこの実施形態に限られるものではなく、本発明の

要旨を逸脱しない範囲の構成の変更、組み合わせ、削除等も含まれる。さらに、各実施形態で示した構成のそれぞれを適宜組み合わせて利用できることは、言うまでもない。

例えば、前記第１実施形態から第３実施形態では、被乾燥物は石炭であるとしたが、被乾燥物はこれに限定されず、汚泥等でもよい。

符号の説明

[0076] １、２、３　乾燥装置

１１、５１　乾燥室

１２　第１室（流動化室）

１３、１５　仕切り

１３ａ、１５ａ　貫通孔

１４　第２室（混合室）

１６　第３室

１７　分散板

１７ａ　連通孔

２１　戻り配管（予乾燥物供給部）

２７　乾燥用ガス発生装置

２８　乾燥用ガス室

２６、６３　流動化部

３１　供給ホッパ（被乾燥物供給部）

３６　製品搬送配管

３７　冷却装置

３９　蒸気配管

４０　集塵装置

７１　篩い分け分級機（分級部）

７２　分級炭流量調節部

Ｗ１　乾燥石炭（予乾燥物）

Ｗ２　流動化石炭（流動化予乾燥物）

Ｗ３　石炭（被乾燥物）

Ｗ６　乾燥用ガス

Ｗ７　製品石炭

Ｗ８　湿潤ガス

Ｗ１０　乾燥大径石炭（予乾燥大径物）

請求の範囲

[請求項1] 少なくとも流動化室と混合室とを有する乾燥装置における、水分を含有する被乾燥物を乾燥させる乾燥方法であって、

前記被乾燥物を予め乾燥させて得られた予乾燥物を、前記流動化室内に供給した状態で、さらに流動化させて流動化予乾燥物にし、

前記流動化室とは仕切りにより区画されるとともに前記仕切りの下部に形成された貫通孔を通して互いに連通する前記混合室内に前記流動化予乾燥物を移動させた状態で、前記流動化予乾燥物に、前記貫通孔よりも上方から前記被乾燥物を混合することを特徴とする乾燥方法。

[請求項2] 前記予乾燥物に下方から上方に向けて流れる乾燥用ガスを供給することで、前記予乾燥物を流動化させることを特徴とする請求項１に記載の乾燥方法。

[請求項3] 前記流動化予乾燥物に上方又は側方から前記被乾燥物を混合することを特徴とする請求項２に記載の乾燥方法。

[請求項4] 前記混合室とは第２仕切りにより区画されるとともに前記第２仕切りに形成された第２貫通孔を通して互いに連通する第３室内から前記予乾燥物を得ることを特徴とする請求項１から３のいずれか一項に記載の乾燥方法。

[請求項5] 前記予乾燥物のうち粒径が基準値以上の予乾燥大径物をさらに流動化させつつ乾燥させて前記流動化予乾燥物にすることを特徴とする請求項１から４のいずれか一項に記載の乾燥方法。

[請求項6] 前記予乾燥大径物のうち基準割合の量をさらに流動化させつつ乾燥させて前記流動化予乾燥物にすることを特徴とする請求項５に記載の乾燥方法。

[請求項7] 水分を含有する被乾燥物を乾燥させる乾燥装置であって、

流動化室と、前記流動化室とは仕切りにより区画されるとともに前記仕切りの下部に形成された貫通孔を通して互いに連通する混合室と

、を少なくとも有する乾燥室と、

前記被乾燥物を予め乾燥させて得られた予乾燥物を前記流動化室内に供給する予乾燥物供給部と、

前記乾燥室内に供給された前記予乾燥物を、前記流動化室内でさらに流動化させて流動化予乾燥物とする流動化部と、

前記流動化室内から前記貫通孔を通して前記混合室に移動した前記流動化予乾燥物に、前記貫通孔よりも上方から前記被乾燥物を混合する被乾燥物供給部とを備えることを特徴とする乾燥装置。

[請求項8] 前記流動化部は、前記乾燥室内に供給された前記予乾燥物に下方から上方に向けて流れる乾燥用ガスを供給することで、前記予乾燥物を流動化させることを特徴とする請求項７に記載の乾燥装置。

[請求項9] 前記被乾燥物供給部は、前記流動化予乾燥物に上方又は側方から前記被乾燥物を混合することを特徴とする請求項８に記載の乾燥装置。

[請求項10] 前記乾燥室は、

前記混合室とは第２仕切りにより区画されるとともに前記第２仕切りに形成された第２貫通孔を通して互いに連通する第３室を有し、

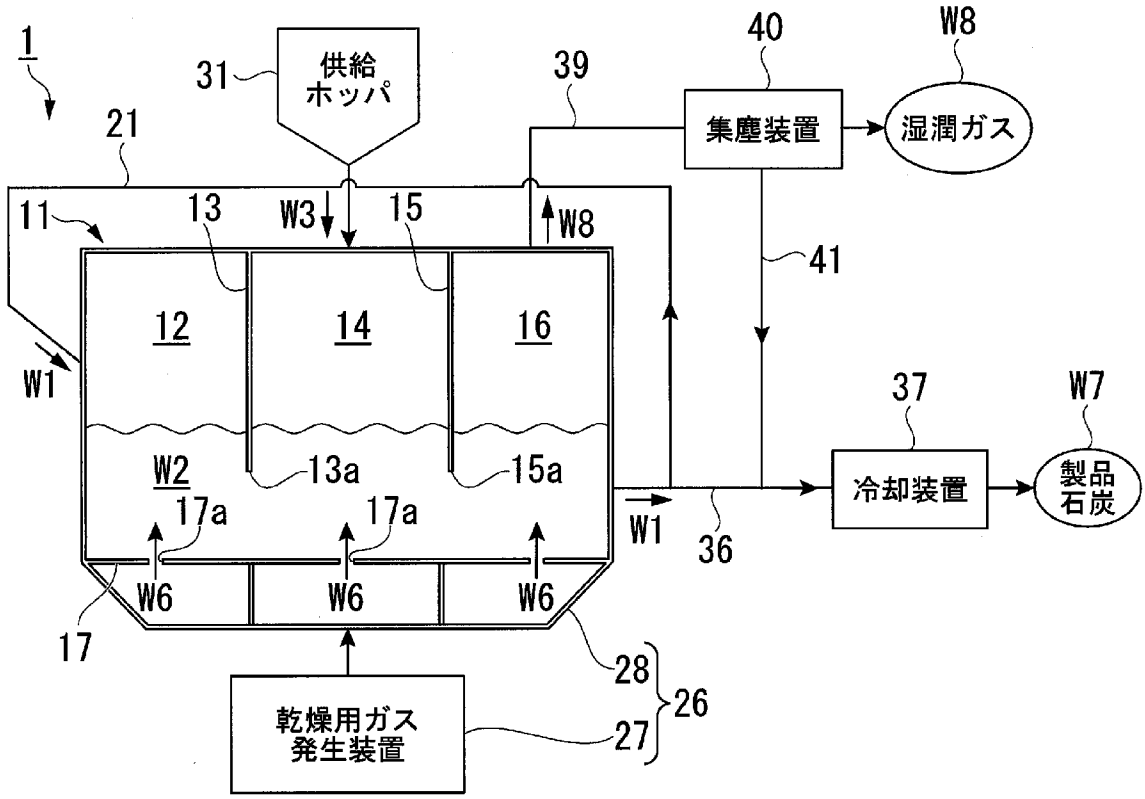
前記予乾燥物供給部の端部は、前記第３室の側板に接続されていることを特徴とする請求項７から９のいずれか一項に記載の乾燥装置。

[請求項11] 前記乾燥室で乾燥された前記予乾燥物を粒径に基づいて分級し、前記予乾燥物のうち前記粒径が基準値以上の予乾燥大径物を前記予乾燥物供給部に供給する分級部を備えることを特徴とする請求項７から１０のいずれか一項に記載の乾燥装置。

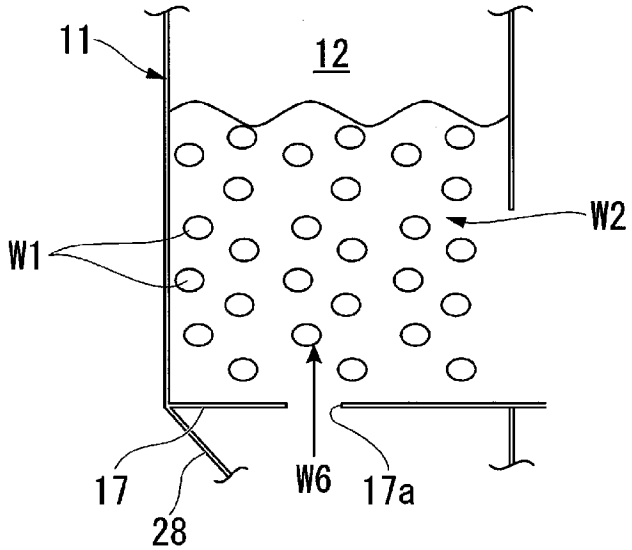
[請求項12] 前記分級部は篩い分け分級機であることを特徴とする請求項１１に記載の乾燥装置。

[請求項13] 前記予乾燥大径物のうち基準割合の量を前記予乾燥物供給部に供給する分級炭流量調節部を備えることを特徴とする請求項１１又は１２に記載の乾燥装置。

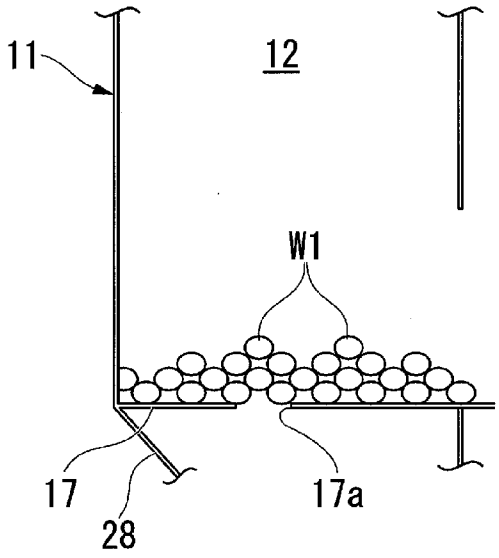
[図1]


1
31
供給
ホッパ
21
39
40
集塵装置
W8
湿潤ガス
11
13
W3
15
W8
41
12
14
16
W1
37
W7
W2
13a
15a
製品
石炭
17a
17a
W1
36
冷却装置
W6
W6
W6
17
28
26
乾燥用ガス
発生装置
27

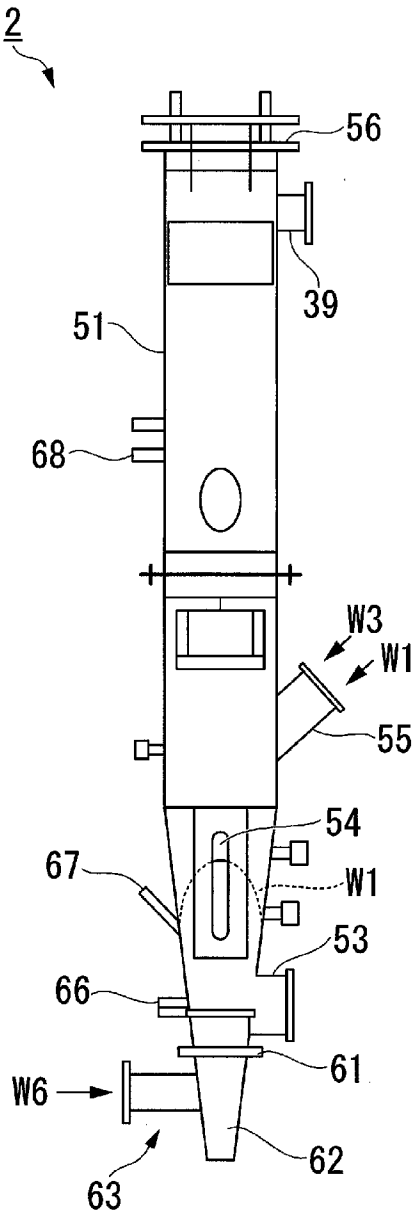
[図2]


11
12
W2
W1
17
28
W6
17a

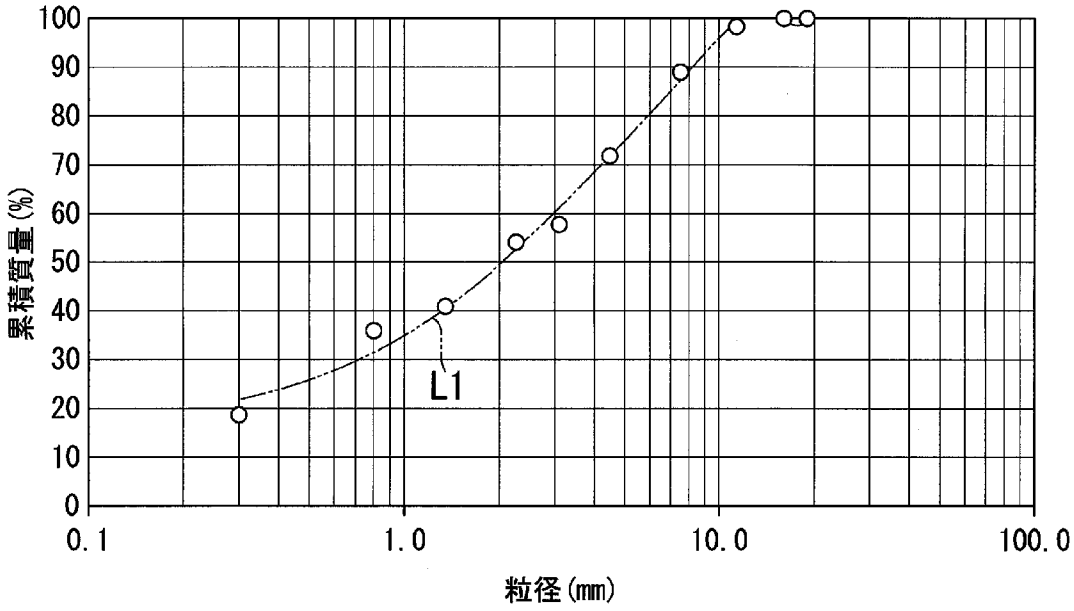
[図3]



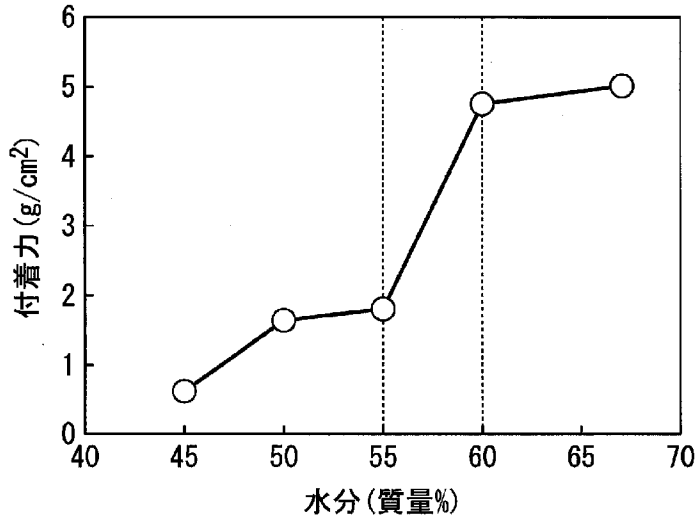
[図4]



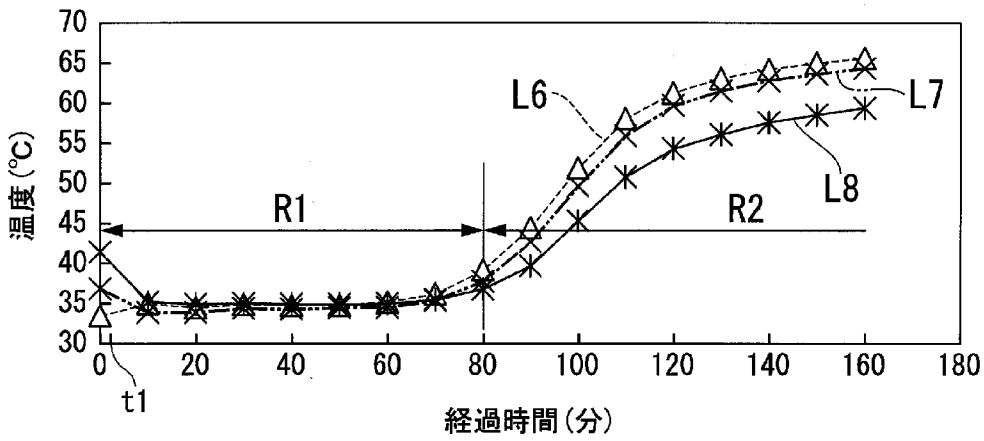
[図5]


累積質量(%)
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
0.1
1.0
10.0
100.0
粒径(mm)
L1

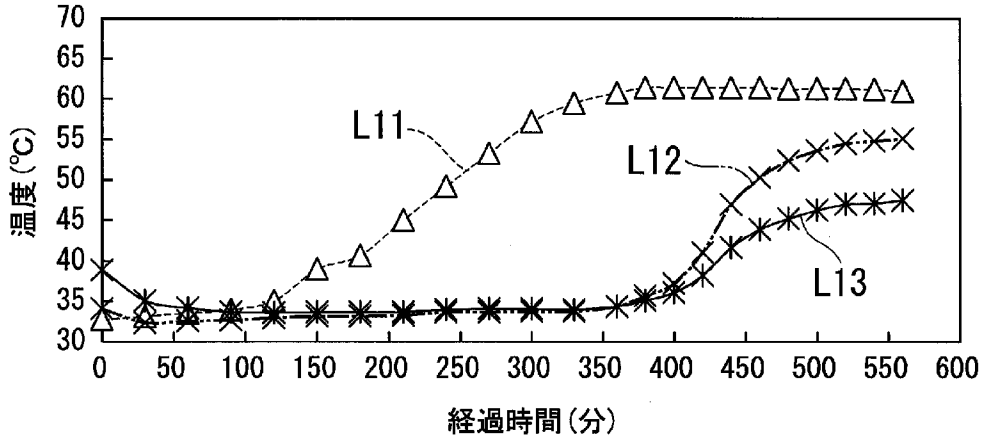
[図6]


付着力(g/cm²)
6
5
4
3
2
1
0
40
45
50
55
60
65
70
水分(質量%)

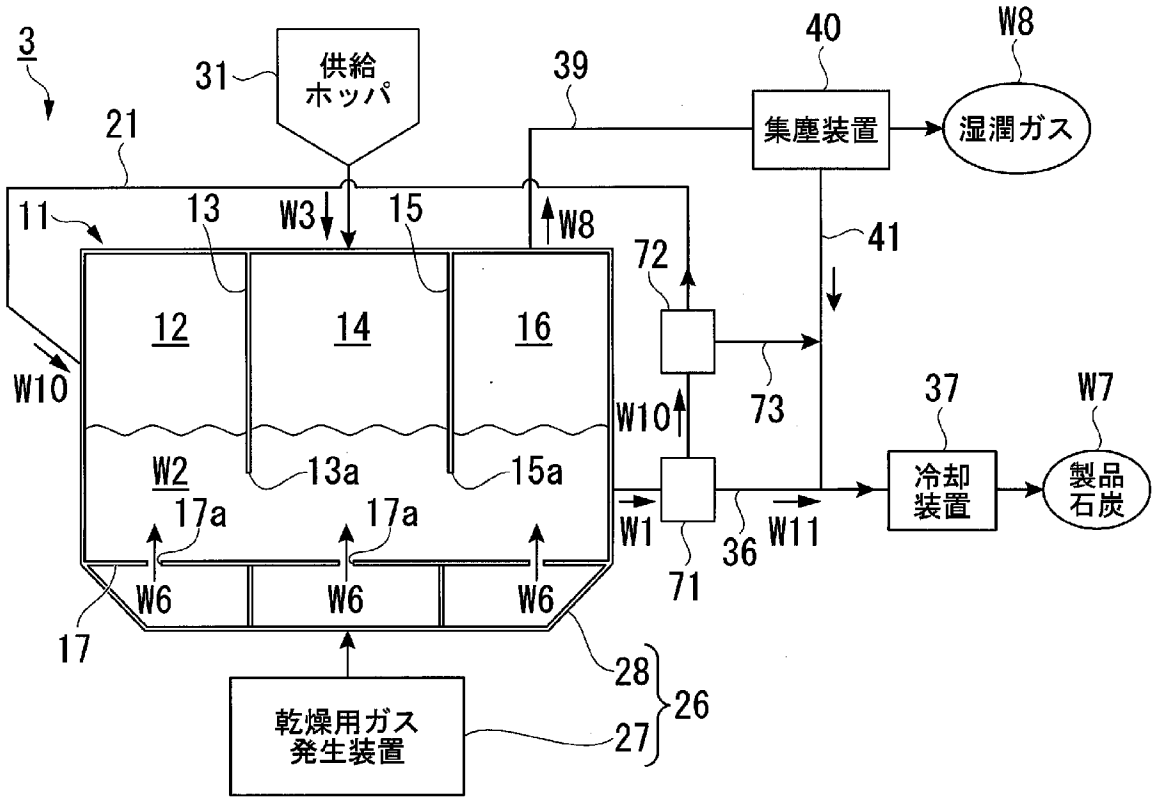
[図7]


70
65
60
55
50
45
40
35
30
温度(℃)
L6
L7
L8
R1
R2
0
20
40
60
80
100
120
140
160
180
t1
経過時間(分)

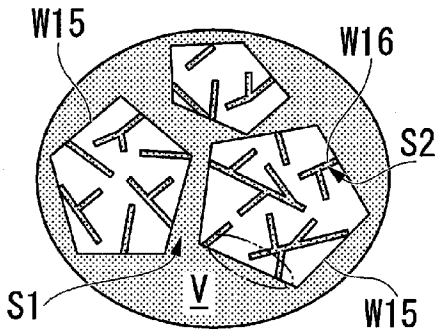
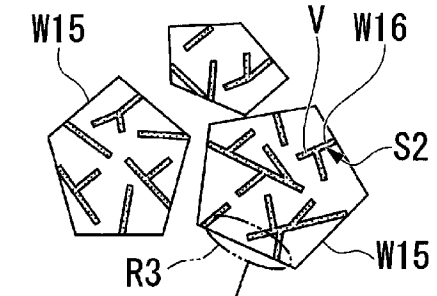
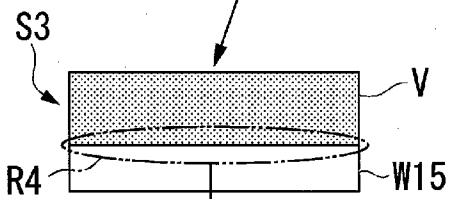
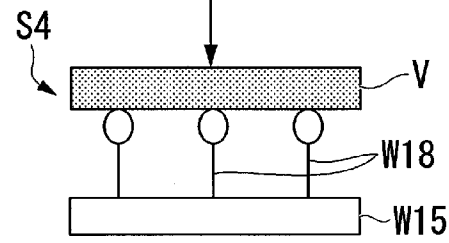
[図8]


70
65
60
55
50
45
40
35
30
温度(℃)
L11
L12
L13
0
50
100
150
200
250
300
350
400
450
500
550
600
経過時間(分)

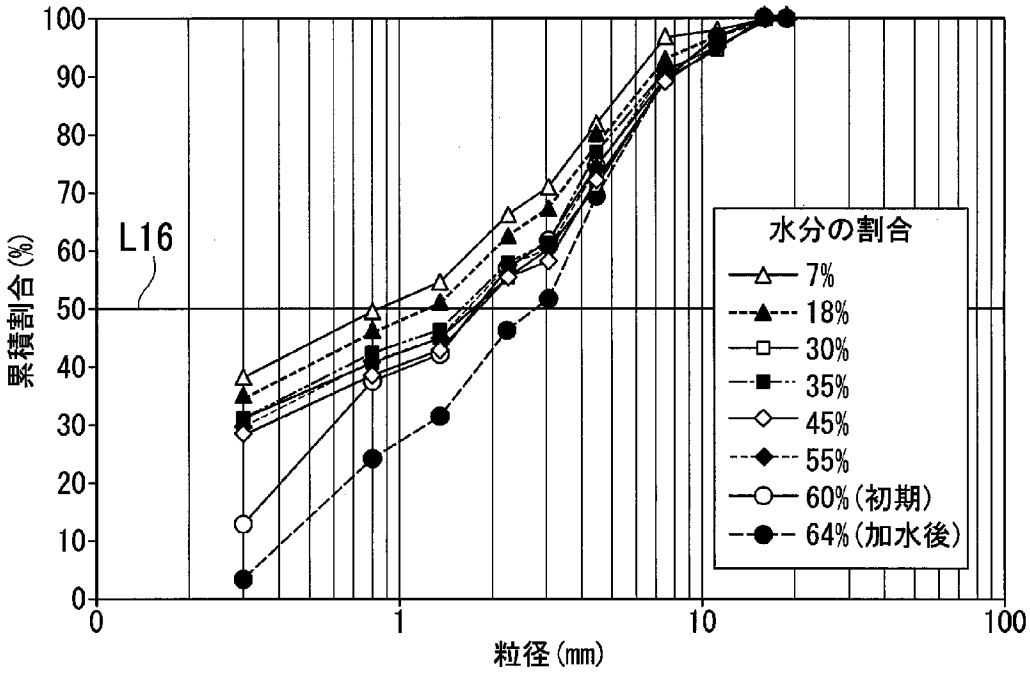
[図9]


3
31
供給
ホッパ
21
39
40
集塵装置
W8
湿潤ガス
11
13
W3
15
W8
41
72
12
14
16
W10
W10
73
37
W7
W2
13a
15a
冷却
装置
製品
石炭
17a
17a
W1
36
W11
71
W6
W6
W6
17
28
26
乾燥用ガス
発生装置
27

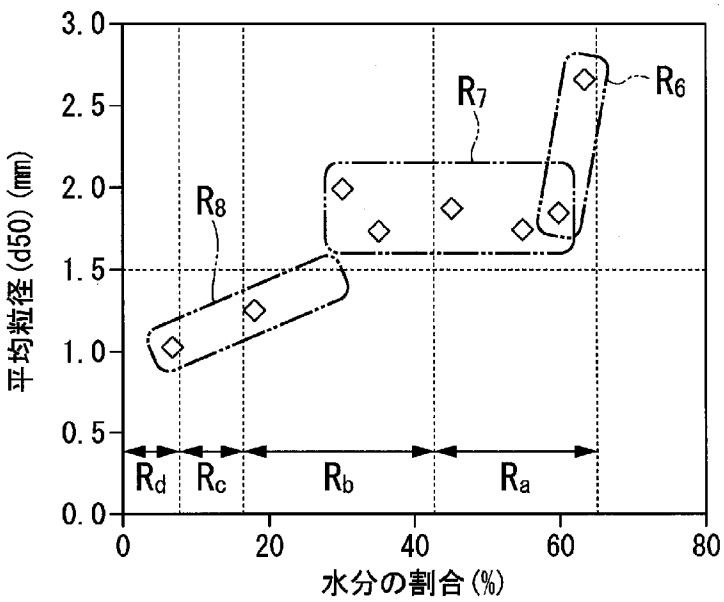
[図10]

含有水の分類	石炭が含有する水のイメージ	水分の割合(%)
(a)バルク水		40～
(b)毛細管凝縮水		15～40
(c)多層水		7～15
(d)単層水		～7

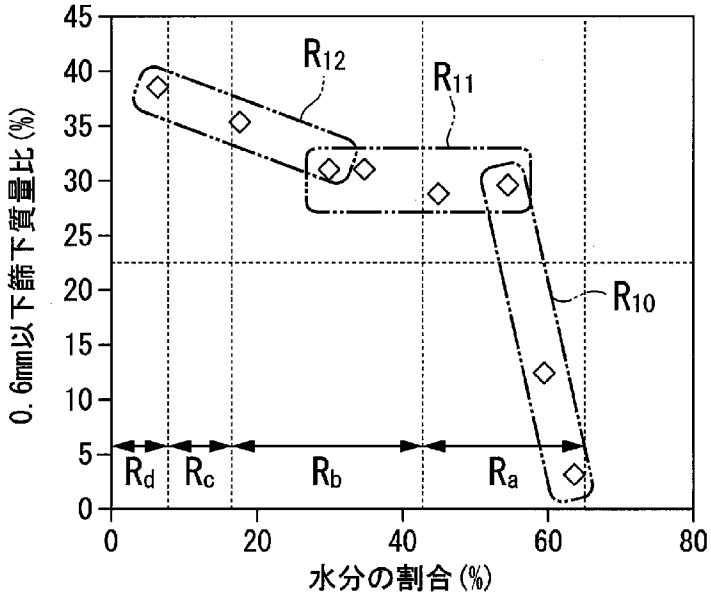
[図11]


累積割合(%)
粒径(mm)
L16
水分の割合
7%
18%
30%
35%
45%
55%
60%(初期)
64%(加水後)

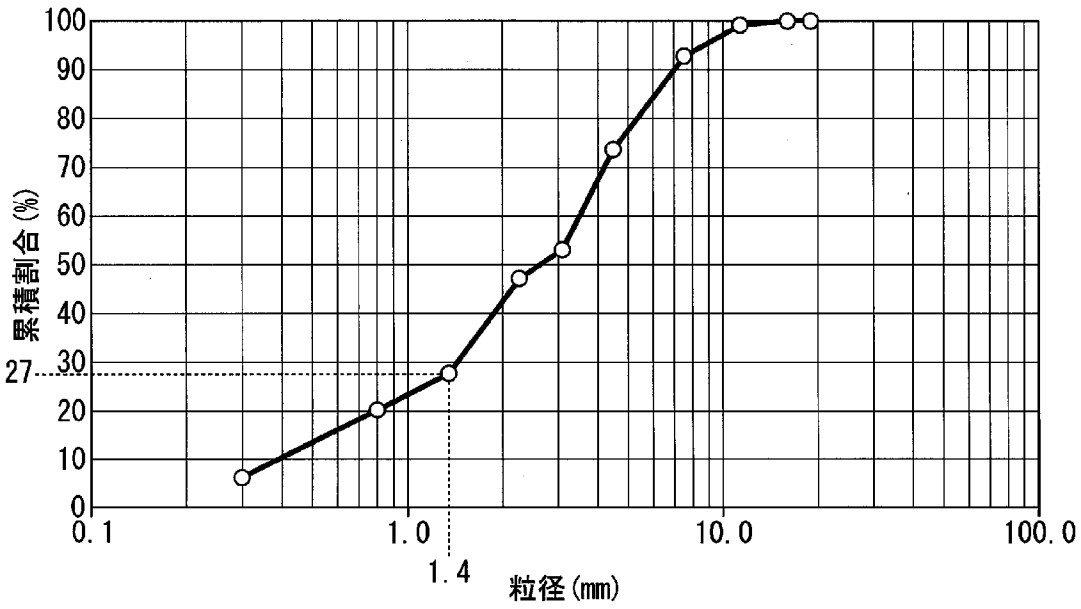
[図12]


平均粒径(d50)(mm)
水分の割合(%)
R6
R7
R8
Rd
Rc
Rb
Ra

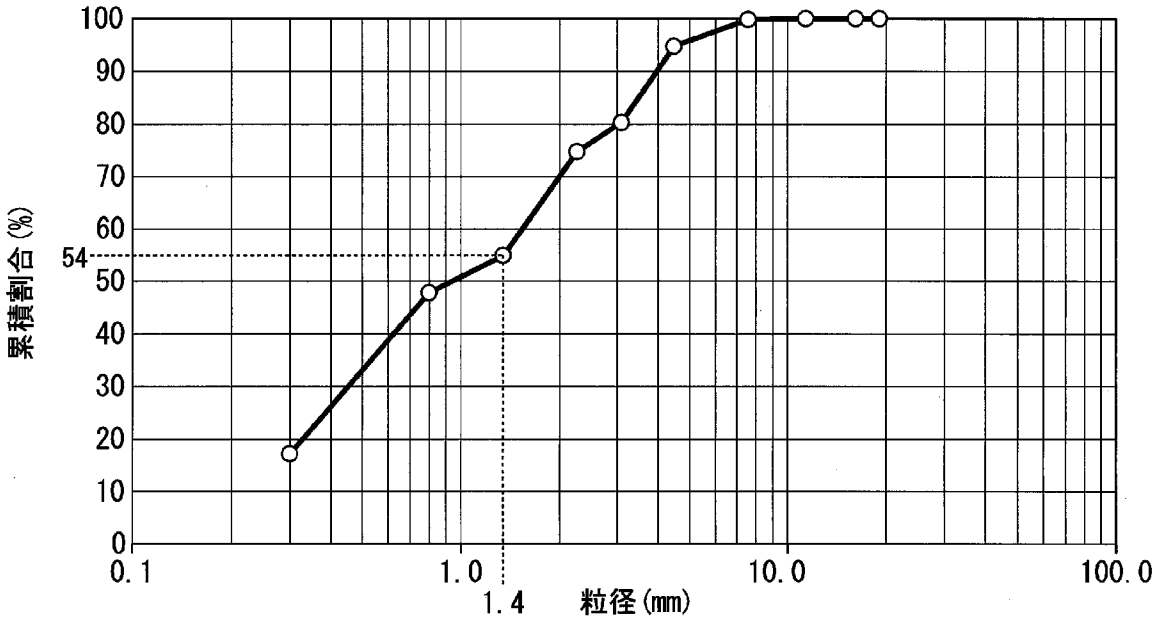
[図13]


0.6mm以下篩下質量比(%)
水分の割合(%)
R12
R11
R10
Rd
Rc
Rb
Ra
0
5
10
15
20
25
30
35
40
45
0
20
40
60
80

[図14]


累積割合(%)
粒径(mm)
27
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
0.1
1.0
1.4
10.0
100.0

[図15]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2017/045714

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int.Cl. F26B3/08(2006.01)i, F23K1/04(2006.01)i, F26B17/10(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)
Int.Cl. F26B3/08, F23K1/04, F26B17/10

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan	1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan	1971-2018
Registered utility model specifications of Japan	1996-2018
Published registered utility model applications of Japan	1994-2018

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 2011-163628 A (MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD.) 25 August 2011, entire text, all drawings (Family: none)	1-13
A	JP 2012-215326 A (MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD.) 08 November 2012, entire text, all drawings & WO 2012/133549 A1	1-13

☐ 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	Date of mailing of the international search report
31 January 2018 (31.01.2018)	13 February 2018 (13.02.2018)

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan	Telephone No.

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１７／０４５７１４

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　F26B3/08(2006.01)i, F23K1/04(2006.01)i, F26B17/10(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.　F26B3/08, F23K1/04, F26B17/10

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	１９７１－２０１８年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１８年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１８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
A	JP 2011-163628 A (三菱重工業株式会社) 2011.08.25, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-13
A	JP 2012-215326 A (三菱重工業株式会社) 2012.11.08, 全文, 全図 & WO 2012/133549 A1	1-13

☐　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	国際調査報告の発送日
３１．０１．２０１８	１３．０２．２０１８

国際調査機関の名称及びあて先
日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ）
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）　３Ｌ　３５２８
宮崎　光治
電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３３３７