

流動層乾燥装置

FBD



 **NARA**

熱風受熱型乾燥プロセス

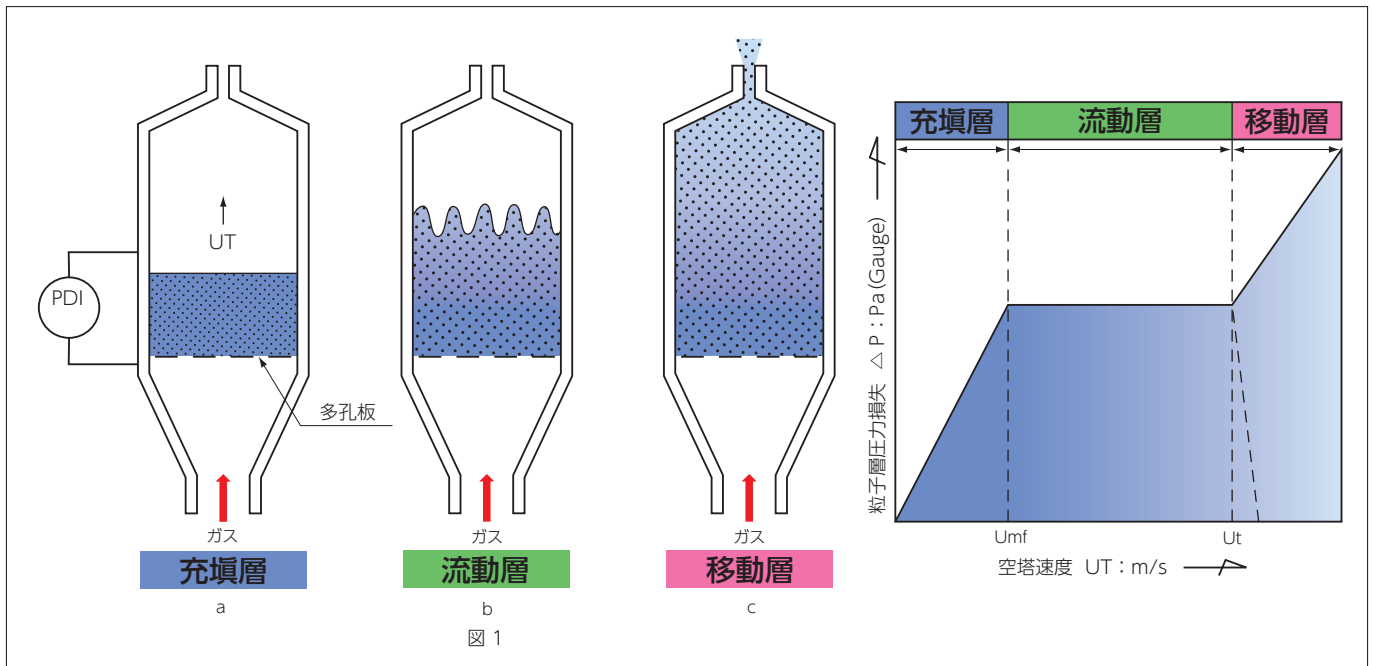


図1のように、容器の底部に多孔板などのガス分散板を備えた実験装置の中に粉粒体を入れて下からガスを流します。ガスの速度を徐々に速くしていったときの粉粒体層の動きを観察すると以下に述べるような変化がみられます。また、そのときの粉粒体層の圧力損失は図2のような傾向を示します。

充填層

最初、ガスの速度が遅い領域では粉粒体層は静止しています。（図1：a）

このときのガスは粉粒体層を動かすことなく粉粒体の間を流れて行き、粉粒体の圧力損失はガス速度の2乗に比例して増加します。

この状態を充填層または固定層とよびます。

流動層

徐々に、ガスの速度を増加させて行くとある速度になると粉粒体層の圧力損失は一定になります。この圧力損失が一定になる速度を流動化開始速度（ U_{mf} ）と呼び、圧力損失が一定になっている状態を流動層と呼びます。

流動化開始速度を少し越えた程度のガス速度では粉粒体層の表面で数粒の粒子が動いているだけですが、さらにガス速度を増加させると粉粒体層にガスの吹き抜けができたり、小さな泡が粉粒体層の中を上昇したり、大きな泡が粉粒体層を持ち上げて上下運動を繰り返すようになります。

粉粒体に最も適したガス速度では、粉粒体層全体がまるで沸騰しているような動きを示しガスと均一に混合されることで活発な接触が行われます。（図1：b）

移動層

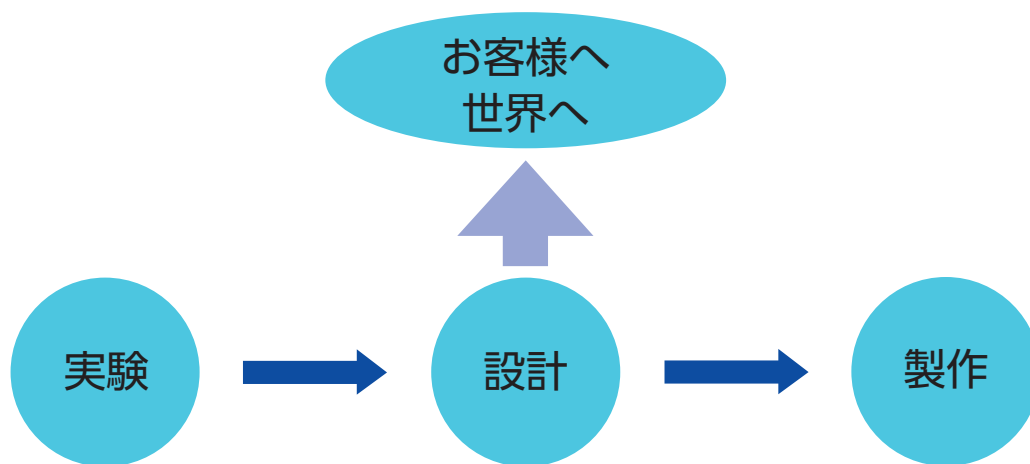
さらに、速度を上げて行くと粉粒体層はガスに同伴されて装置の外に飛び出して行きます。このときの速度を終端速度（ U_t ）と呼び、この終端速度以上の状態を移動層または輸送層と呼びます。（図1：c）

この実験装置では、粉粒体層がなくなってしまうため圧力損失は低下しますが、輸送されるだけの量を追加していった場合は、圧力損失はガス速度の2乗に比例して増加して行きます。

NARAはこの性質を乾燥機に生かします。

流動層乾燥装置バリエーション

流動層	回分式流動層乾燥機	反転床式	B-FBD-R
		旋回排出式	B-FBD-K
	連続式流動層乾燥機		C-FBD
	伝熱体内装式	チューブ内装式	CT-FBD
		プレート内装式	CP-FBD
		流動層分級装置	FBS
		流動層結晶化装置	FCR



仕様に対応するための適応実験



ニーズにマッチした設計



高品質を目指す製作・品質管理



流動層乾燥機

FLUIDIZED BED DRYER

流動層乾燥機はガスと粉粒体との活発な接触で効率よく乾燥する乾燥機です。

回分式流動乾燥機

●乾燥原理・構造

本体の下部に設置された多孔板形式のガス分散板の下から乾燥ガスを吹き込み均一に分散させます。

均一なガス流に処理品をバッチ供給し、一定時間乾燥させます。

乾燥された処理品は次の二つの方法で排出されます。

反転床式

ガス分散板（反転床）をコントロールモーターによって90度回転させることで処理品を一度に全量排出します。

一般的には、ウインドボックスを兼ねたホッパーに排出してホッパーから連続的に切り出します。

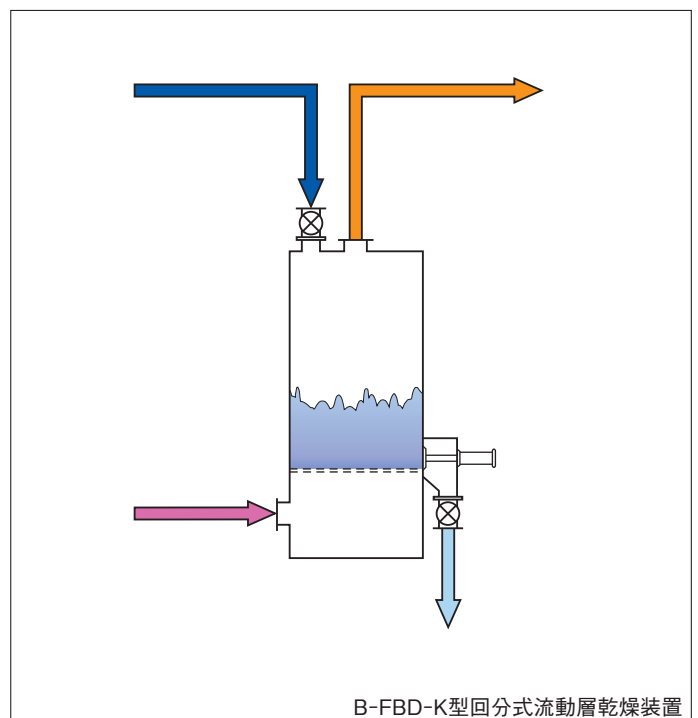
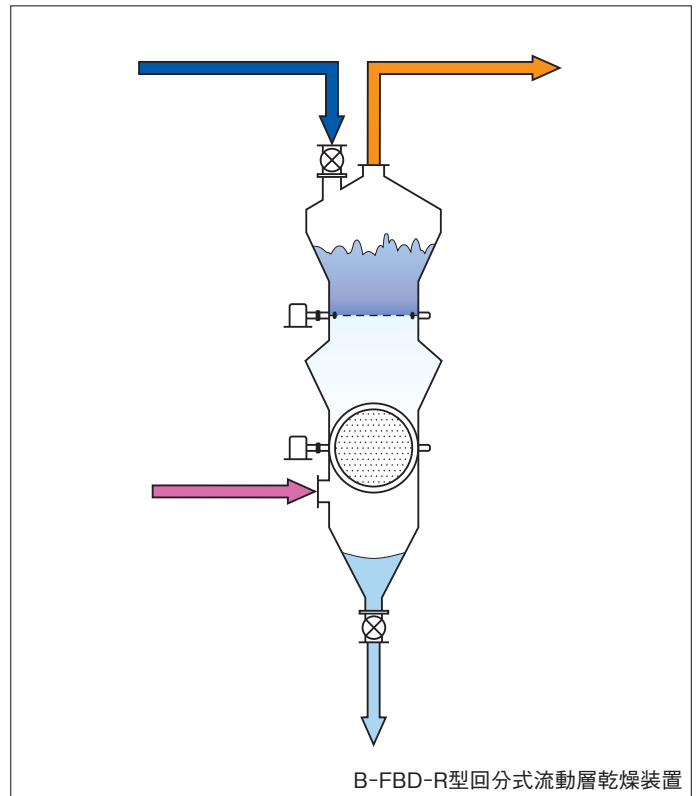
旋回排出式

乾燥機本体側面の排出ゲートを開けることで処理品を排出します。

機内の処理品の量が減少すると方向性多孔板の組み合わせで起こされる旋回流による遠心力で処理品が壁面方向に押しつけられ、ほぼ全量を排出することができます。

●特徴

1. 処理品の滞留時間がきちんと制御できるため均一な乾燥が行えます。特に減率乾燥で滞留時間制御を正確に行いたいときには最適です。
2. 粒子の破壊が少なく顆粒状物質・結晶の乾燥にも適しています。
3. 原料の供給・乾燥・排出などをタイマー等により自動制御する事で運転操作が容易になります。
4. 多段型にする事で排気の熱量を有効利用できます。特に反転床式の場合多段型が容易に構成できます。



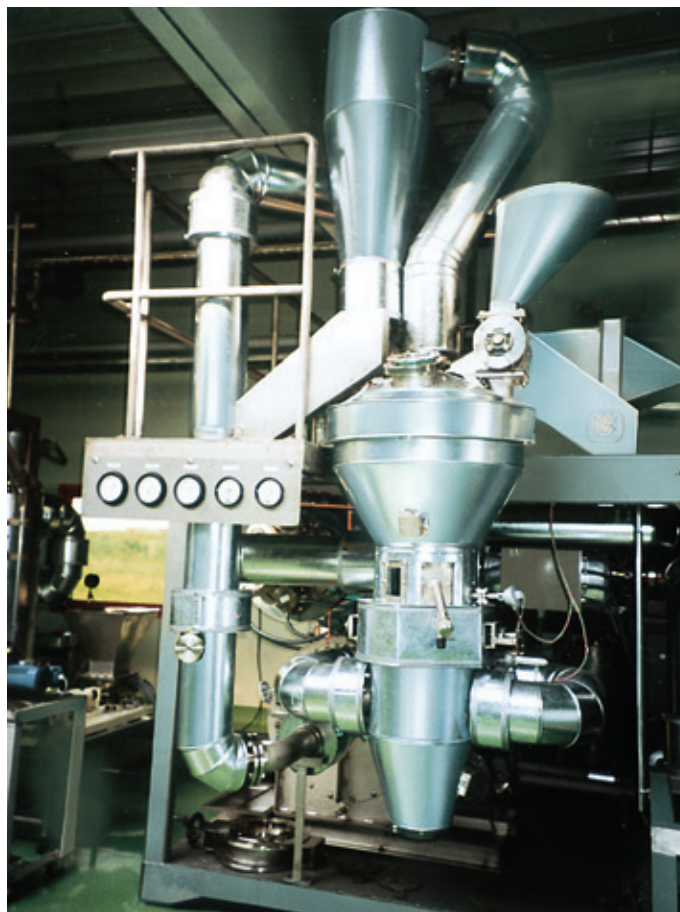
●バリエーション

標準機種の他に様々なバリエーションで乾燥・冷却などに対応しています。

- ①窒素ガスなどの循環閉回路による溶剤乾燥や粉塵爆発の防止。
- ②伝熱体（チューブ・パネル）の内装。
- ③CIP対応洗浄機構。
医薬品対応機種（GMP）

●適用例

合成樹脂（PET・PVC・PP・PE・ABS・MBS・PC・PS・アクリル樹脂等）食品・医薬品・化学薬品・肥料・農薬・セラミックス・顔料等の乾燥、冷却、熱処理・PETの結晶化



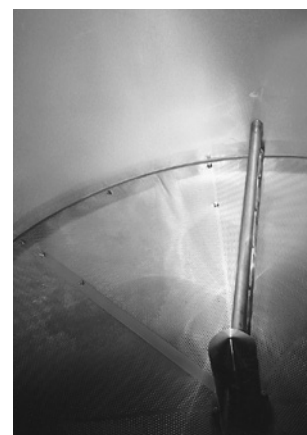
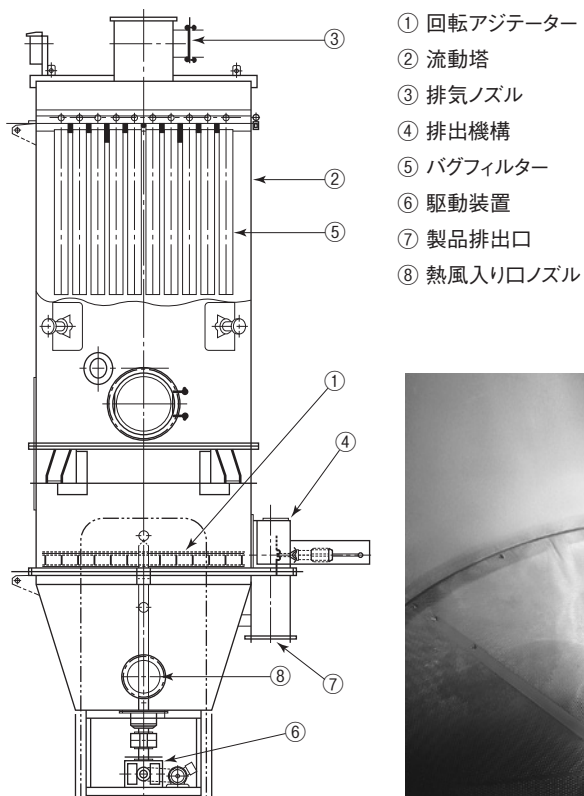
B-FBD-R型

●流動化促進アジテーター付き流動層乾燥装置

高水分であるために初期の流動化が悪い材料に対して、流動化を助成するために、流動層の分散板直上に回転アジテーターを設置する事が可能です。

旋回型に噴出方向を配列した分散板との組み合わせにより初期の流動化助成と共に、原料中に含まれるダマを解砕する効果があります。

また、流動層フリーボード部分にバグフィルターを内装する事が可能です。微粉の捕集構造を一体化することにより、装置全体の配置がコンパクトになります。



流動化促進アジテーター付き流動層乾燥装置

流動層乾燥機

FLUIDIZED BED DRYER

流動層乾燥機は比較的高湿分の処理品を低湿分まで均一に乾燥するのに適しています。

連続式流動乾燥機

●乾燥原理・構造

箱型の乾燥機本体下部に装着された多孔板形式のガス分散板の下から乾燥ガスを吹き込み均一に分散させます。処理品を定量的に連続供給し分散機等により均一に分散をさせます。

熱風にさらされた処理物は、仕切板の下の隙間を通過して次の乾燥室に移動し、最終的には乾燥し、オーバーフローゲートをオーバーフローして排出されます。

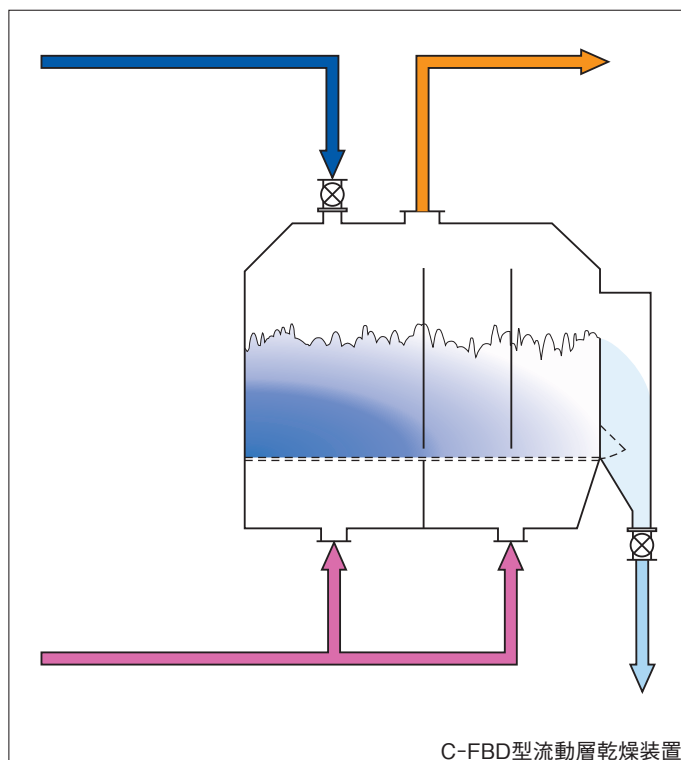
また処理品の粒径に差がある場合は一部をアンダーフローから排出させます。

伝熱体内装型連続式流動層乾燥機

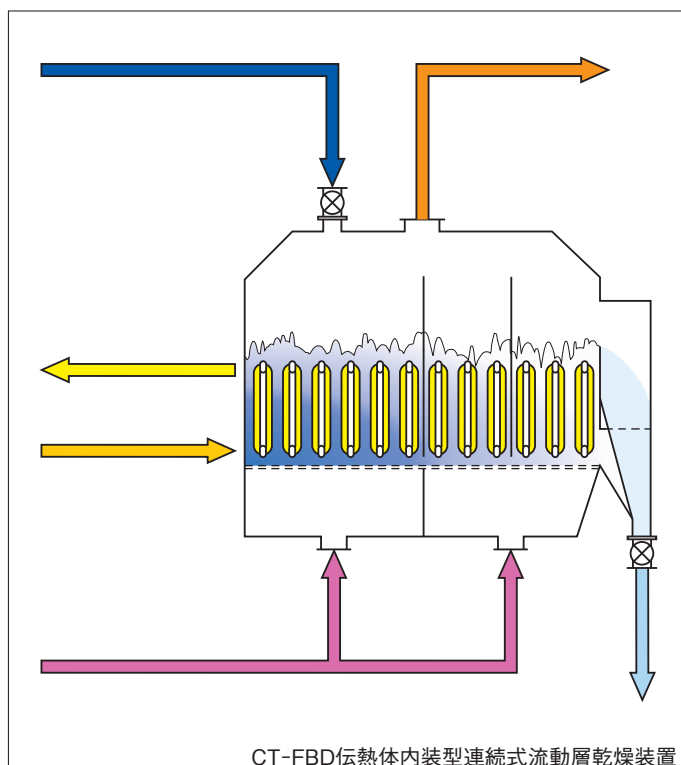
連続式流動乾燥機には機内に伝熱体(チューブまたはプレート)を内装した機種も用意しています。この場合、乾燥に必要な熱量の60%~80%が伝熱体から供給されます。ゆえにガス量を減らすことが出来るため装置がコンパクトになり、付帯設備も小型になります。

●特徴

- ① 流動層は同一層内では均一に混合される性質を持っています。
第一室ではこの性質を利用して活発な混合層を形成させるために供給された処理品と滞留品とが均一に混合され、初期の流動化不良が防止でき比較的高湿分の処理品も乾燥できます。
特に伝熱体を内装した機種では、第一室の熱負荷が大きいためさらに高湿分の処理(乾燥)が可能です。
- ② 第二室以降は要求される滞留時間に応じて仕切り板の枚数を変更し、ピストンフロー性を与えることで均一な乾燥が行えます。
- ③ 粒子の破壊が少なく顆粒状物質・結晶の乾燥に適しています。
- ④ オーバーフローゲートによる排出方法を採用しているため、滞留時間の制御が容易に行えます。粗大粒子をアンダーから定量的に排出することで流動不良を防止し安定運転がおこなえます。
- ⑤ 方向性多孔を使用することで排出が容易におこなえます。



C-FBD型流動層乾燥装置



CT-FBD伝熱体内装型連続式流動層乾燥装置

●伝熱体内装型の特徴

- ①伝熱体からの伝熱が大きいいため、ガス量を減らすことができ装置・付帯設備がコンパクトになります。
- ②所要動力や蒸気などの用役量を低減できる省エネ型乾燥機です。
- ③伝熱体の抜き出しが容易にできる構造となっているため、清掃や保守が容易におこなえます。

●バリエーション

標準機種のほか様々なバリエーションで乾燥・冷却等に対応しています。

- ①窒素ガス等の循環閉回路による溶剤乾燥や粉塵爆発の防止。
- ②方向性多孔板採用による排出機構。
- ③CIP対応洗浄機構
- ④排気湿度コントロールによる自動制御
- ⑤吸気湿度コントロールによる水分値制御
- ⑥フルジャケット方式
- ⑦高湿分で粘着性処理物にはフィードバック乾燥方式の採用。

●流動層分級機 (FBS)

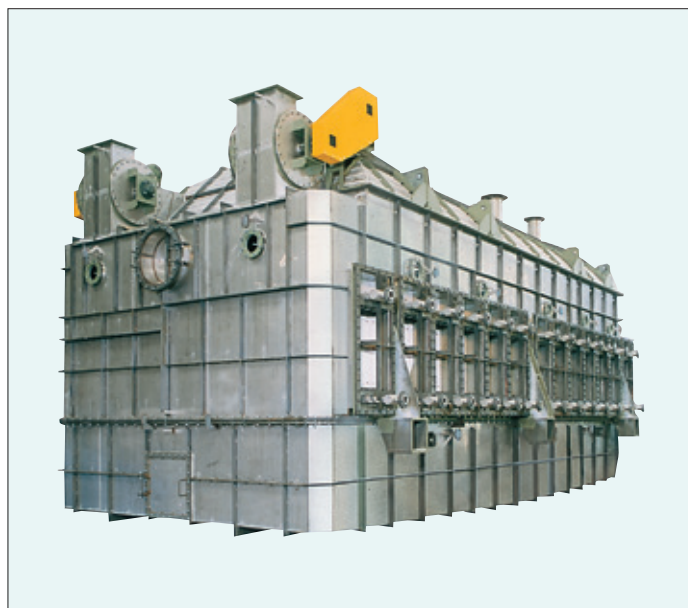
流動化に適したガス速度は粒径によって異なります。この性質を利用して粒径の異なる混合物を分級することができます。

●流動層結晶化装置 (FCR)

PET樹脂は加熱すると結晶構造が変化し、粘着性を帯びます。流動層結晶化装置ではこの粘着を帯びた樹脂を融着させることなく短時間で結晶化することができます。

●適用例

合成樹脂 (PVC・PP・PE・ABS・MBS・PPS 等)
食品・医薬品・化学薬品・肥料・飼料・農薬・セラミック・顔料等の乾燥、冷却、熱処理、PETの結晶化、流動層分級



CT-FBD

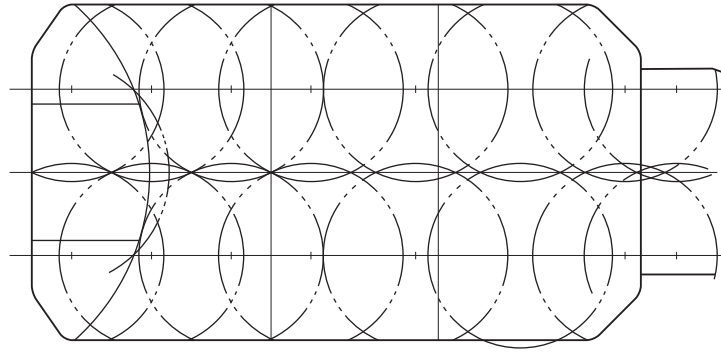


伝熱プレート

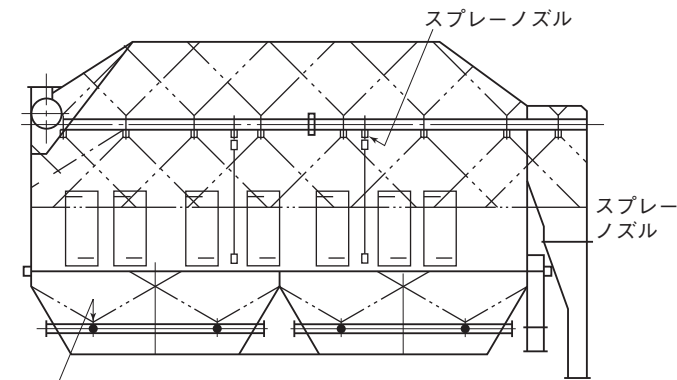


伝熱チューブ

自動洗淨装置 CIP (Cleaning In Place)



上部ケーシングパターン図



スプレーノズル

スプレー
ノズル

スプレー
ノズル

連続流動層乾燥機洗淨パターン

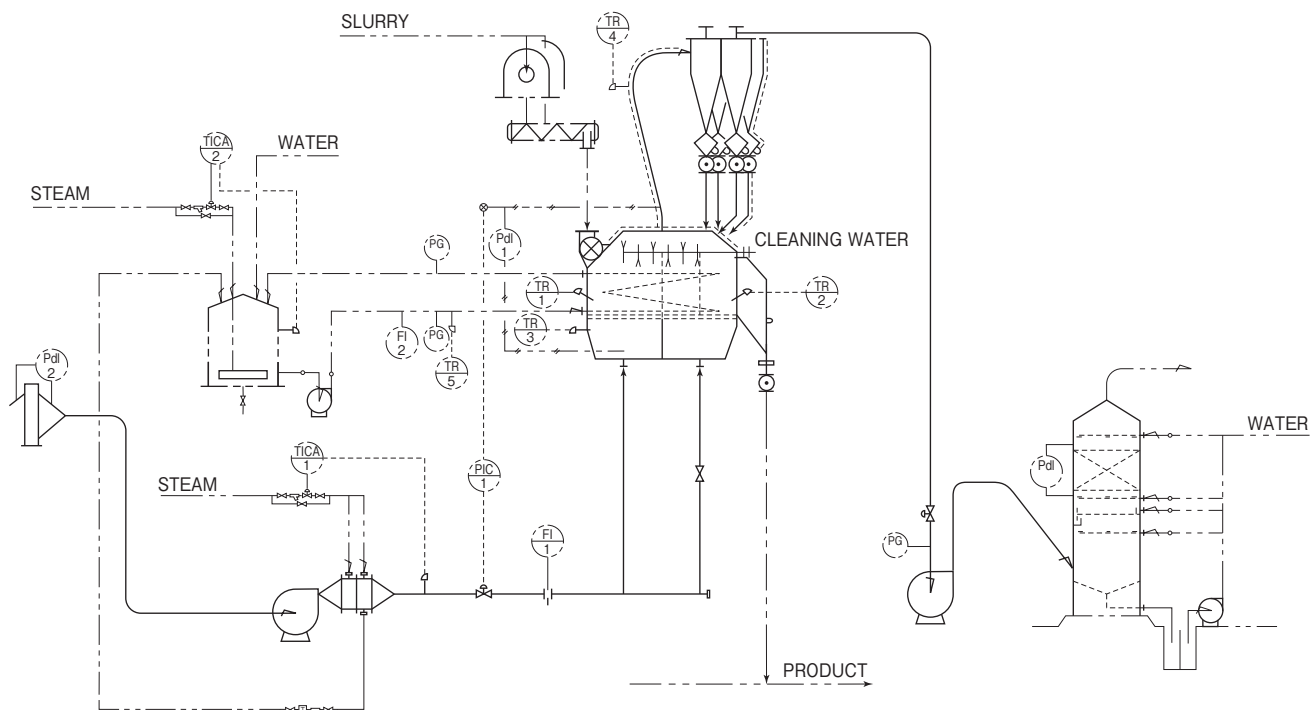


内部洗淨前

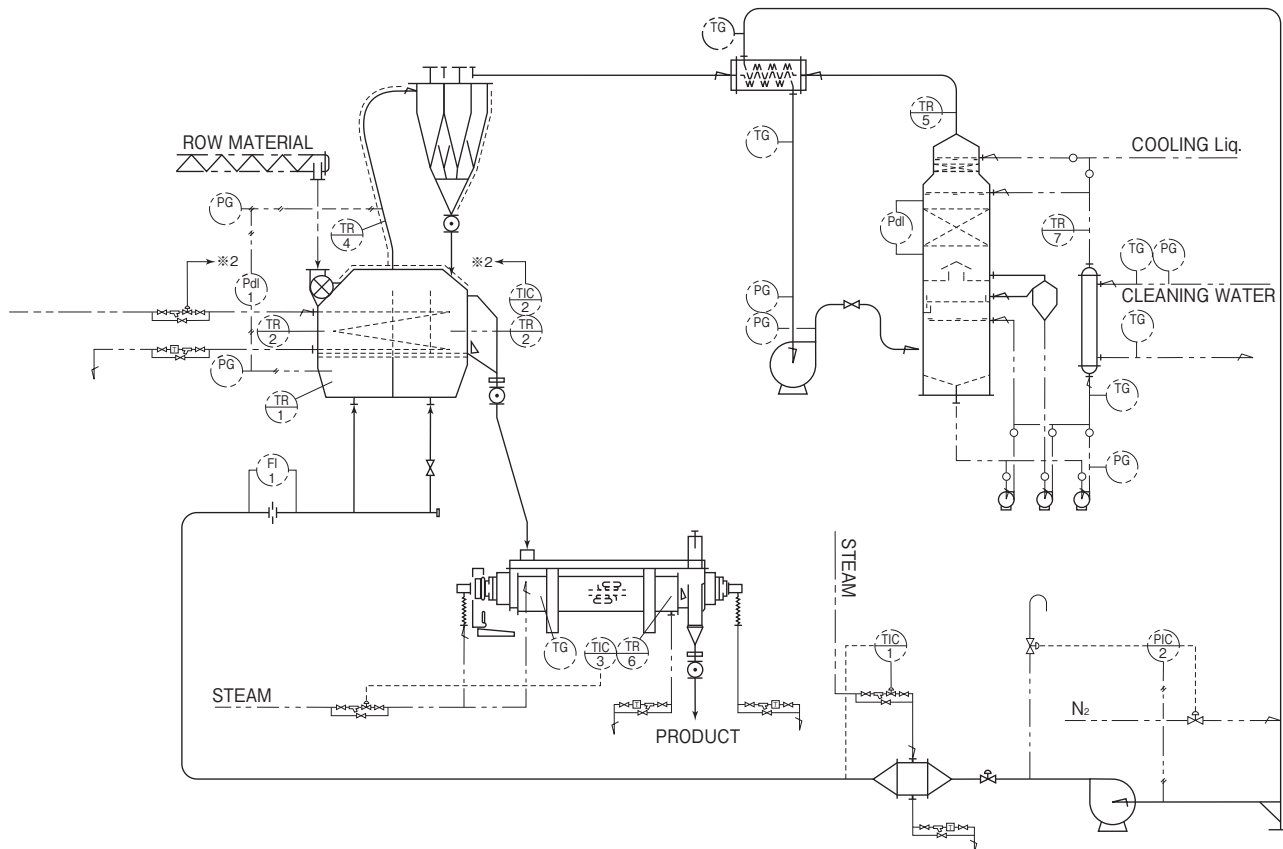


内部洗淨後

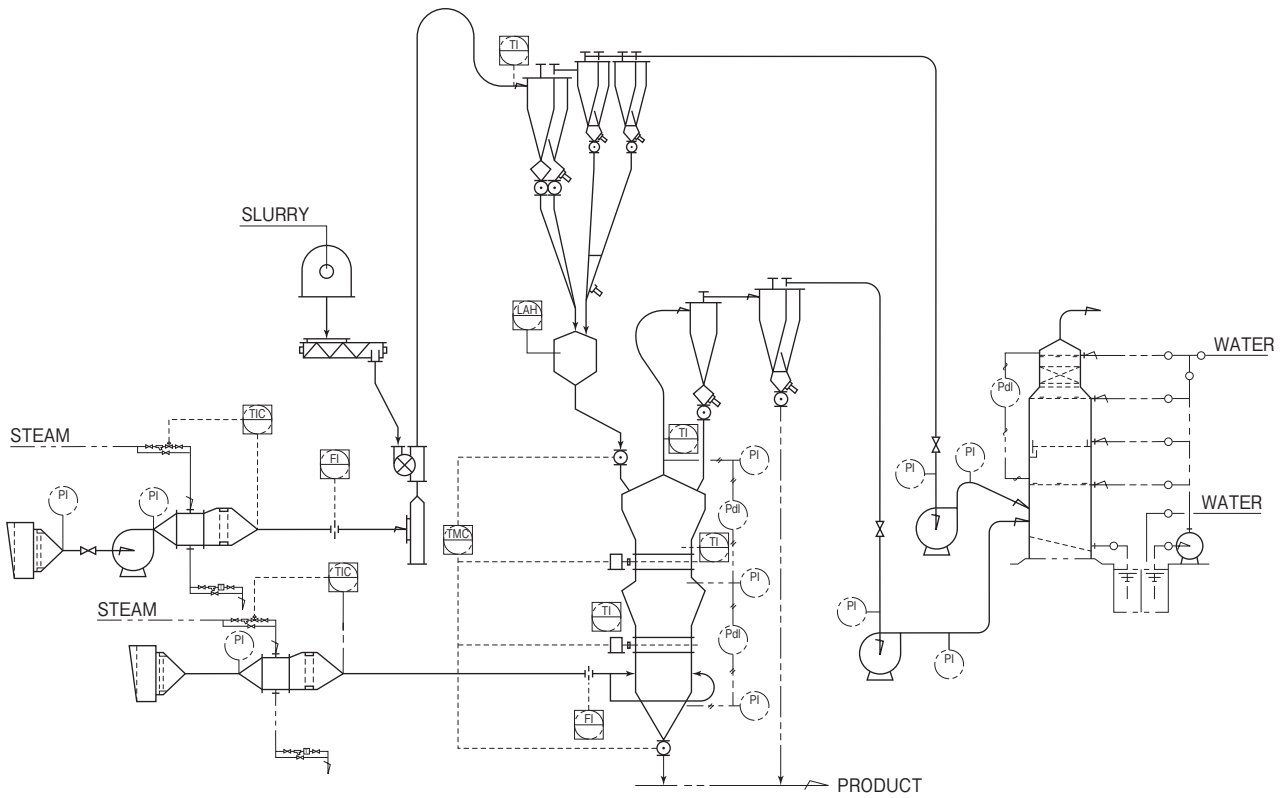
適用例 合成樹脂



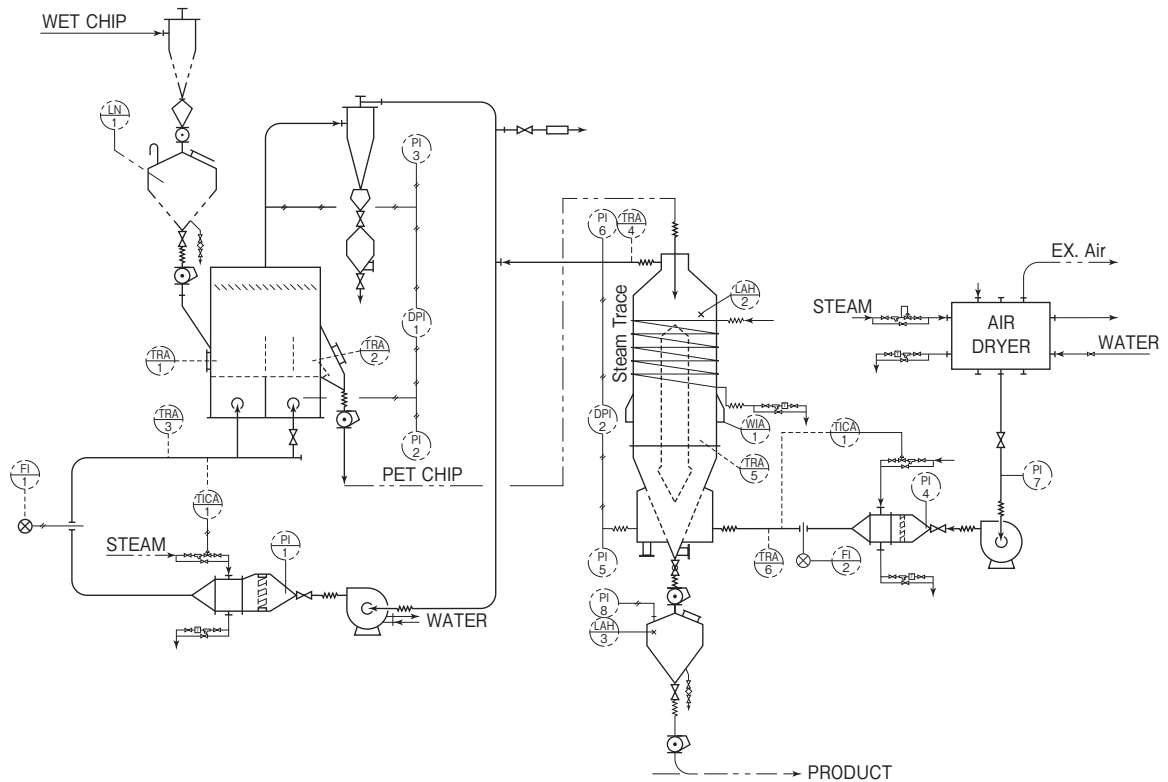
処理品例	PVC・ABS・MBS・PE
装置の特徴	水分の乾燥・空気系のワンパス・CIP
主要装置	伝熱体内装連続流動層乾燥装置



処理品例	PP・PE・PTA・アクリル
装置の特徴	溶剤の乾燥・不活性ガス循環閉回路・恒率乾燥+減率乾燥
主要装置	伝熱体内装連続流動層乾燥装置+パドルドライヤー

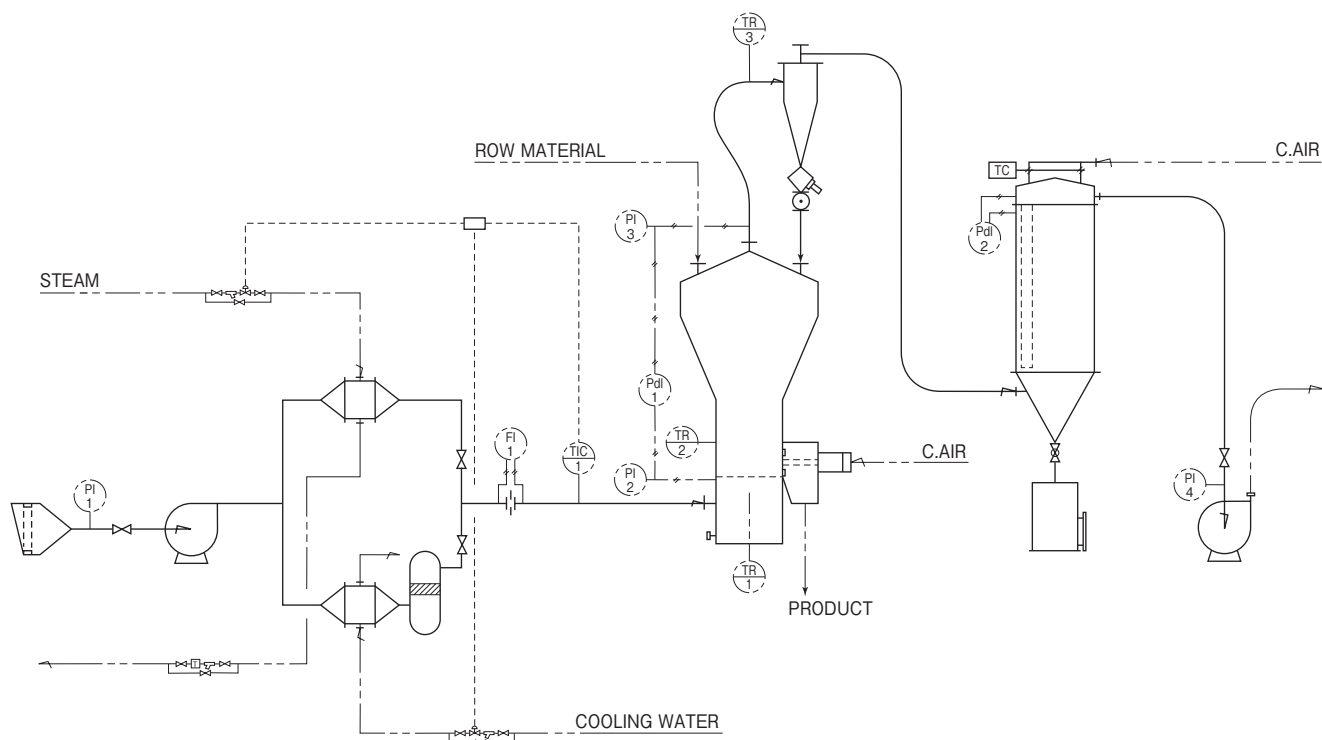


処理品例	PVC・ABS・MBS・MMA・PS
装置の特徴	水分の乾燥・バッチ連続乾燥・恒率乾燥+減率乾燥
主要装置	気流乾燥装置+多段回分式流動層乾燥装置

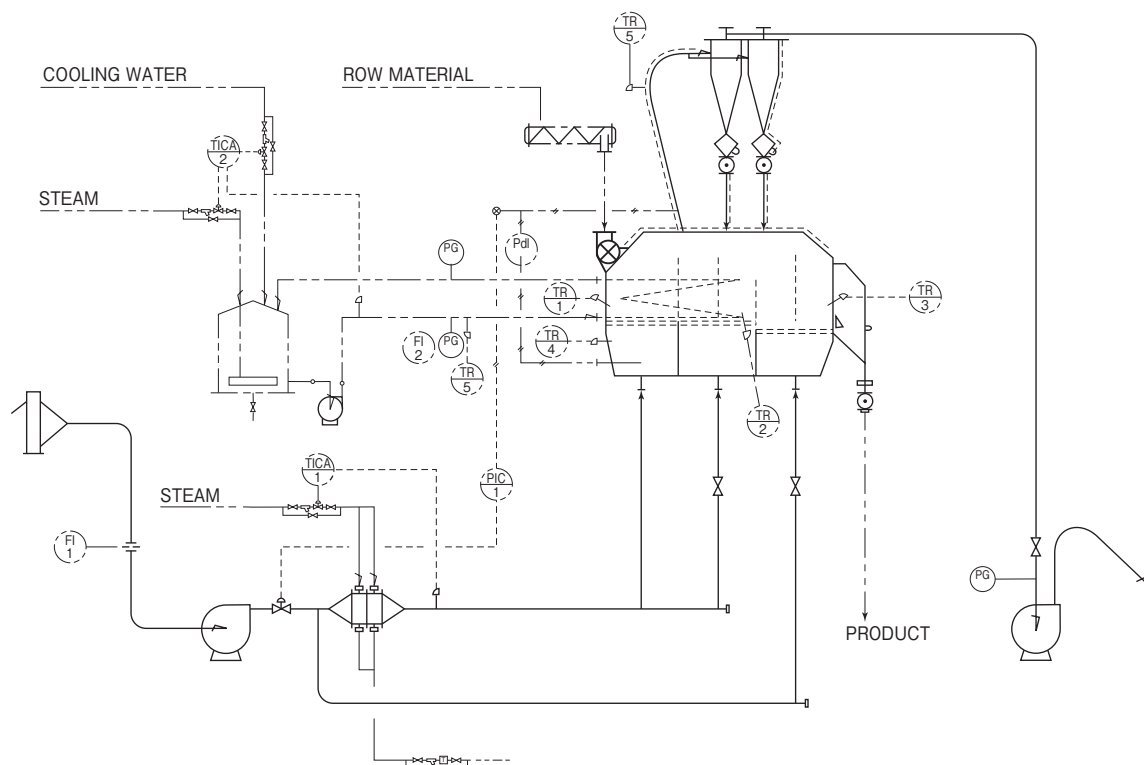


処理品例	PETCHIP・HD-PEペレット
装置の特徴	PETの結晶化+乾燥・ドライエアー乾燥
主要装置	連続流動層結晶化装置+タワードライヤー

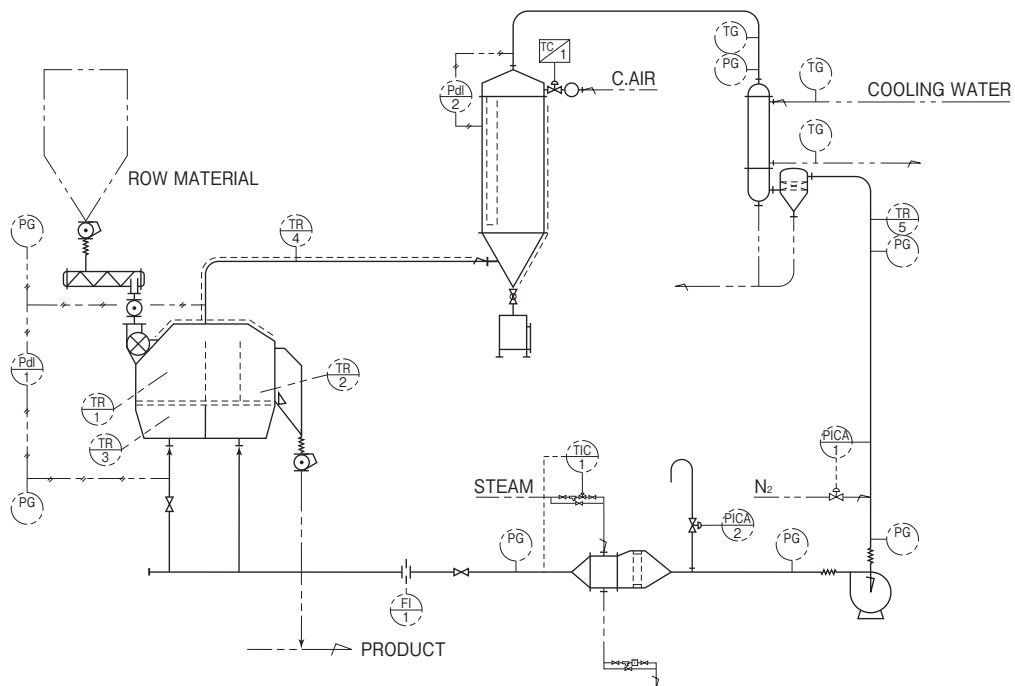
適用例 一般化学・食品



処理品例	糖類結晶・化学薬品・アルギン酸・針状結晶品
装置の特徴	水分の乾燥・バッチ乾燥+冷却
主要装置	回分式流動層乾燥装置（旋回排出式）

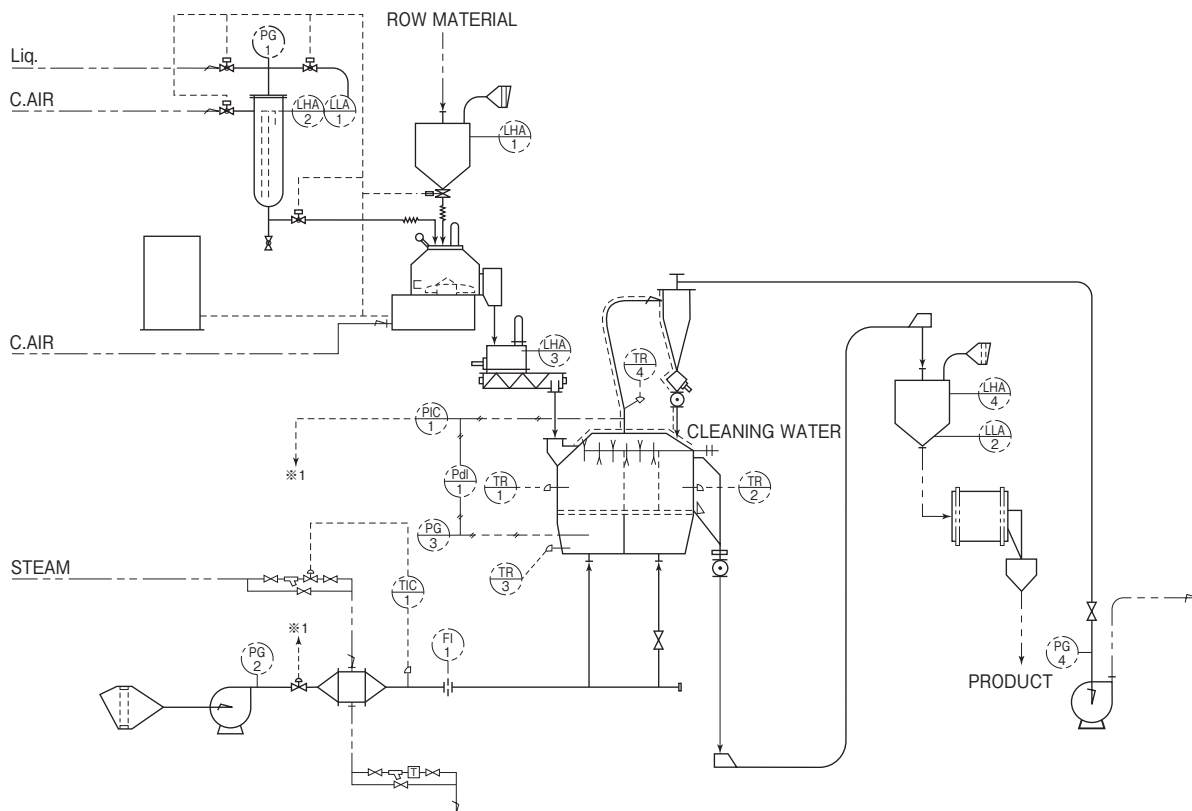


処理品例	硫安・タンパク質・薬品中間体・アミノ酸・ビール粕・フマル酸
装置の特徴	水の乾燥・連続乾燥+冷却
主要装置	伝熱体内装連続流動層乾燥冷却装置



処 理 品 例	石炭・酸化マグネシウム・テレフタル酸・金属・溶剤含有残渣
装置の特徴	溶剤の乾燥・酸化防止・不活性ガス循環閉回路
主 要 装 置	連続流動層乾燥装置

適用例 医薬品



処 理 品 例	医薬品細粒品
装置の特徴	造粒＋乾燥＋整粒・CIP
主 要 装 置	高速攪拌型混合造粒機＋連続流動層乾燥装置

流動層乾燥装置の適用因子

流動層乾燥装置における適用範囲の一般的因子は下記の通りですが、被乾燥材料(原料)の物性により個別に装置の設計・製作を行います。

原料粒径

一般には、20~40 μ mの微粉体から4~8mm程度の粒体までが適用範囲と言えますが、湿分などの影響も大きく、例えば高湿分の微粉体は、チャネリング現象や分級現象が起り易く、適正流動化速度が設定できません。

原料含水率

物性によりまちまちですが経験的には、手で軽く握れば塊となるが、すぐに簡単にほぐれる程度の比較的サラサラした含水状態であれば適用が可能です。

製品含水率

流動化による粒子の運動はきわめて活発で、ガス(熱風)と粒子は激しく混合するため、一般の処理物において一次限界含水率は1~3%と非常に低く、又、滞留時間の制御によっては二次限界含水率にまで乾燥できます。

ガス(熱風)温度

流動層に吹き込まれたガスは粒子との熱交換を瞬時にかつ均一に行うため、流動層低部のわずかの距離で吹込ガスの温度が著しく低下します。このため粒子表面蒸発が主体となる乾燥の場合には比較的高温のガスが有効に使用できます。熱風温度の設定は原料の熱的特性と装置的要素の両面から決定します。

流動化ガス速度

実装置の流動層では、一般に代表粒子径の粒子の終端速度(U_t)より見当がつけられ、実績の多くは $U=(0.1\sim 0.8)U_t$ の範囲で設定します。尚、微粉の場合は水分や静電気による二次凝集・流動層の挙動・分散板の効用・ダスティングなどの要素を考慮して設定します。

層の高さ

流動層の静止層高を次第に増していくと、ついには流動層全体がピストン状に上下往復運動をくり返す現象(スラッキング)を起します。この限界高さより低い層高(50~800mm)で流動層静止時の層厚を計画しますが、更に塔径・突沸現象によるダスティング・圧力損失などを考慮して設定します。流動化状態では概して2~3倍の層高となりますが、これらは粒子の粒度分布などによって差異が大きく、その都度テストにて確認を行います。

多孔分散板

粒子径・挙動などによる流動層の均一形成と圧損値の妥当性(送風機の経済性)により決定しますが、一般的に孔径0.5~5mm、開口比1~25%、圧損0.1~1kPaの範囲が実績として最も多く、特殊仕様としてはスリット板などの製作も行います。

熱容量係数

流動層におけるガス-粒子間の伝熱係数(h)は必ずしも大きい値ではありませんが、一般には原料粒径が小さいため、流動層単位体積当りの表面積(a)が非常に大きく、したがって熱量係数(容積基準 ha)は、2~7kW/m³・Kと大きな値となり、比較的小型の容器ですみます。

伝熱管群の熱貫流係数(U)

概して空隙率の低い流動層の内装伝熱管はU値が高いですが、伝熱管表面の汚れがU値決定の主因子となります。経験的には一般に90~250W/m²・K(伝熱面積基準)と高いU値が期待できます。

実 験

- 立会実験 — 豊富なデーターを基に貴社のニーズにあった装置を設計します。
当社では下記の実験装置・測定装置を用意し立会実験を行っております。
70年以上にわたる豊富なノウハウに基づき、ニーズにあった装置の設計、製造並びにエンジニアリングを行っております。
- 依頼加工 — 貴社の工場設備の一部とお考え下さい。
製品の種類が多くてお困りの方、従来の設備では処理できない原料でお困りの方、ぜひお気軽にご相談下さい。

実 験 機

粉碎機

HM-3 型 (2.2kW)	RCM-400 (22kW)
HM-5 型 (5.5kW)	MIC-0
HM-600 型 (30kW)	MIC-2
M-4 (5.5kW)	MIC-5
ゴブリン (2.2kW)	SAM
N-COS-1 (7.5kW)	SCM-4
N-COS-2 (18.5kW)	

分級機

MSW-4

乾燥機

NPD-1.6W2/1L	MSD-100
NPD-1.6W	MSD-200
NFP-1.6W	NTD-0.3
NPD-3S	
SPD-3	
NFP-8W-B	
C(T)-FBD	
B-FBD	
TRD	
FD	

集塵機

JCF-10
CCF-10
湿式スクラバー

混合造粒機

NMG-1L
NMG-3L
NMG-10L
NMG-25P
NMG-25H
NMG-65H

各種供給排出機

ダブルスクリュウフィーダー
ロータリーバルブ
電磁フィーダー

表面改質装置

NHS-0
NHS-1
NHS-3
OMD-3
OMD-25

分析測定機器

比表面積測定装置

粒度分布測定装置

ロータップシェイカー
シーブシェイカー
CAPS-500 (堀場)
レーザーミクロンサイザー
(セイシン企業)
SALD-2000A (島津)

水分測定器

KETT
微量水分計 (三菱化成)
恒温槽

比重測定器

密度計 (島津)

顕微鏡

光学顕微鏡
走査型電子顕微鏡 (日立)

硬度測定器

パウダーテスター

精密天秤

粉末X線回折装置

示差熱量分析装置

熱重量分析装置

溶出試験機

その他各種
(風速計 震動計 騒音計 膜厚計 等)

流動層乾燥装置・データシート

本装置について御照会の節は下記事項につき、ご記入下さい。

年 月 日

●処理目的 乾燥、加熱、冷却、その他 _____

●処理物質名 _____

●処理物質化学組成 _____

●処理物質状態 _____ °C 軟化粘着性 _____ °C 熔融、その他

●比熱・比重 比熱 _____ kJ/kg・K、真比重 _____ 嵩比重 _____

●粒度分布 平均 _____ 最大 _____ 最小 _____

●処理物質 温度 _____ °C、水分 _____ % (W・B) (D・B)

入口条件 水以外の蒸発物 _____

沸点 _____ °C、蒸発潜熱 _____ kJ/kg、他 _____

●処理能力 _____ kg/h (乾、湿量基準)

●処理物質 温度 _____ °C、水分 _____ % (W・B) (D・B)

出口条件 蒸発物の回収 (要、不要)

●熱媒体 蒸気 _____ °C _____ MPa (Gauge)

温水 _____ °C

冷水 _____ °C

他の媒体

●処理物質接触

部の材質 _____

製品種目

粉碎機

自由粉碎機
スーパー自由ミル
スーパークリーンミル
エクセレントミル
ジーナ
サンプルミル
ニュー・コスモマイザー
ポルボジーン
マイクロス
ルバート
バリオニクス

乾燥機

バドルドライヤー／クーラー
ブーノクーラー
バキューフルイドディスク
マルチフィンプロセッサ
バッチ式流動層乾燥機
連続式流動層乾燥機
トルネッシュドライヤー
媒体流動乾燥機
タワードライヤー
瞬間気流乾燥機
ケージミル

混合／造粒／整粒機

ミキサー&グラニューレーター
ネビュラサイザー

粒子設計／表面改質装置

ハイブリダイゼーションシステム

コンテインメント／グローブボックス

グローブボックス
コスモボックス
ミルボックス
バグフィット

分級機

ホイッツアーエアセパレーター

集塵機

サイクロクリーンフィルター
ジェットクリーンフィルター
湿式スクラパー

定量供給機

ダブルスクリューフイダー
プラグスクリューフイダー
ロータリーバルブ

関連会社

N.M.KOREA CO., LTD.
(KOREA)

Add: #1915, Olympic Tower 88, Olympic-ro,
Songpa-Gu, Seoul 05556, Korea

Tel : +82-2-3431-7967~9

Fax : +82-2-2203-1358



株式会社 奈良機械製作所

〒143-0002 東京都大田区城南島2-5-7
TEL (03) 3790-8011 FAX (03) 3790-8055

<https://www.nara-m.co.jp>

事業所／奈良機械販売株式会社

〒532-0011 大阪市淀川区西中島3-23-15-606
TEL(06)6307-2371 FAX(06)6307-2370

