(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7555867号
(P7555867)

(45)発行日　令和6年9月25日(2024.9.25)

(24)登録日　令和6年9月13日(2024.9.13)

(51)国際特許分類		FI		
C04B 7/36 (2006.01)		C04B	7/36	
B01D 53/56 (2006.01)		B01D	53/56	ZAB

請求項の数　9　（全16頁）

(21)出願番号　特願2021-49754(P2021-49754)
(22)出願日　令和3年3月24日(2021.3.24)
(65)公開番号　特開2022-148174(P2022-148174A)
(43)公開日　令和4年10月6日(2022.10.6)
審査請求日　令和6年1月5日(2024.1.5)

(73)特許権者　000000240
太平洋セメント株式会社
東京都文京区小石川一丁目１番１号
(74)代理人　100103539
弁理士　衡田 直行
(74)代理人　100111202
弁理士　北村 周彦
(74)代理人　100162145
弁理士　村地 俊弥
(72)発明者　木村 貴之
東京都文京区小石川一丁目１番１号 太平洋セメント株式会社内
(72)発明者　本間 健一
東京都文京区小石川一丁目１番１号 太平洋セメント株式会社内

最終頁に続く

(54)【発明の名称】　セメントクリンカ製造システム及びセメントクリンカ製造方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

セメントクリンカ原料を予熱するための、２個以上のサイクロン式熱交換器を含むサイクロン式予熱装置と、

上記サイクロン式予熱装置で予熱された上記セメントクリンカ原料を焼成して、セメントクリンカを得るためのロータリーキルンと、

上記サイクロン式予熱装置と共に上記ロータリーキルンの前流側に配設された、上記セメントクリンカ原料の脱炭酸を促進するためのか焼炉と、

上記サイクロン式予熱装置を構成する２個以上のサイクロン式熱交換器のうち、最後流側から２番目以上に位置するサイクロン式熱交換器と連結し、かつ、連結した上記サイクロン式熱交換器から、予熱された上記セメントクリンカ原料を上記か焼炉に供給するための予熱原料供給路と、

上記ロータリーキルンの後流側に配設された、上記セメントクリンカを冷却するためのクリンカクーラーと、

上記ロータリーキルンで生じた排ガスを、上記サイクロン式予熱装置を経由した後に排出するためのキルン排ガス排出路と

を含むセメントクリンカ製造システムであって、

空気に比べて酸素濃度を高めた支燃性ガスを供給するための支燃性ガス供給装置と、

上記支燃性ガス供給装置から、上記支燃性ガスを上記か焼炉に導くための支燃性ガス供給路と、

上記か焼炉で生じた炭酸ガス含有排ガスを排出するためのか焼炉排ガス排出路（ただし、上記キルン排ガス排出路と異なるものに限る。）と、
上記か焼炉で脱炭酸された上記セメントクリンカ原料から生石灰含有原料を回収するための第一の回収手段、及び、上記炭酸ガス含有排ガスから生石灰含有原料を回収するための第二の回収手段の少なくともいずれか一方からなる原料回収手段と、
上記原料回収手段から、上記原料回収手段で回収した上記生石灰含有原料を、上記２個以上のサイクロン式熱交換器のうち、上記予熱原料供給路が連結しているサイクロン式熱交換器、または、該サイクロン式熱交換器の前流側に位置するサイクロン式熱交換器に供給するための生石灰含有原料供給路と、
上記か焼炉から、上記か焼炉で脱炭酸された上記セメントクリンカ原料を、上記ロータリーキルンに供給するための第一の脱炭酸原料供給路と、
上記第一の脱炭酸原料供給路から、脱炭酸された上記セメントクリンカ原料の一部を上記２個以上のサイクロン式熱交換器のうち、最後流側に位置するサイクロン式熱交換器に供給するための第二の脱炭酸原料供給路と、
上記キルン排ガス排出路中の排ガスが、上記予熱原料供給路と連結している上記サイクロン式熱交換器を経由するときの温度を測定するための温度測定装置と、
上記温度測定装置で測定された温度に基づいて、上記第二の脱炭酸原料供給路から上記最後流側に位置するサイクロン式熱交換器に供給される脱炭酸された上記セメントクリンカ原料の量を調整し、該調整によって上記予熱原料供給路と連結している上記サイクロン式熱交換器内の温度を調整するための脱炭酸原料供給量制御装置と
を含むことを特徴とするセメントクリンカ製造システム。
【請求項２】
上記か焼炉排ガス排出路の途中であり、かつ、上記第二の回収手段の前流側に配設された、上記か焼炉排ガス排出路の中を流通する上記炭酸ガス含有排ガスの温度を低下するためのか焼炉排ガス温度低下装置を含む請求項１に記載のセメントクリンカ製造システム。
【請求項３】
上記キルン排ガス排出路の、上記ロータリーキルンと連結している部分から、上記最後流側に位置するサイクロン式熱交換器の前流側の部分までの間の、上記キルン排ガス排出路の中を流通する排ガスに水又は含水廃棄物を供給するための水分供給装置を含む請求項１又は２に記載のセメントクリンカ製造システム。
【請求項４】
上記キルン排ガス排出路の、上記ロータリーキルンと連結している部分から、上記最後流側に位置するサイクロン式熱交換器の前流側の部分までの間の、上記キルン排ガス排出路の中を流通する排ガスに脱硝剤を供給するための脱硝剤供給装置を含む請求項１～３のいずれか１項に記載のセメントクリンカ製造システム。
【請求項５】
上記ロータリーキルンで生じた排ガスの一部を、上記サイクロン式予熱装置を経由せずに抽気して冷却し、固体分を除いた後に、上記固体分が除かれた上記排ガスを排出すると共に、上記固体分を粗粉と微粉に分級して、上記粗粉を上記セメントクリンカ原料の一部として用い、上記微粉を回収するための塩素バイパス装置を含む請求項１～４のいずれか１項に記載のセメントクリンカ製造システム。
【請求項６】
上記か焼炉排ガス排出路の中を流通する上記炭酸ガス含有排ガスの一部を、上記支燃性ガス供給路の中を流通する上記支燃性ガスに合流させるための合流用流通路を含む請求項１～５のいずれか１項に記載のセメントクリンカ製造システム。
【請求項７】
請求項１～６のいずれか１項に記載のセメントクリンカ製造システムを用いたセメントクリンカ製造方法であって、
上記か焼炉において、上記セメントクリンカ原料の温度が９５０～１，１００℃となるように加熱して、

上記予熱原料供給路が連結されている上記サイクロン式熱交換器内の温度が７００～９００℃となるように、上記脱炭酸原料供給量制御装置を用いて、上記第二の脱炭酸原料供給路から上記最後流側に位置するサイクロン式熱交換器に供給される、脱炭酸された上記セメントクリンカ原料の量を調整するセメントクリンカ製造方法。

【請求項８】

上記か焼炉で生じた炭酸ガス含有排ガスの炭酸ガス濃度が、水蒸気を除外した体積１００体積％に対して、８０体積％以上になるように、上記支燃性ガスの酸素濃度を調整する請求項７に記載のセメントクリンカ製造方法。

【請求項９】

上記か焼炉で生じた炭酸ガス含有排ガスを回収して、該炭酸ガス含有排ガスに含まれる炭酸ガスを利用する請求項７又は８に記載のセメントクリンカ製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

本発明は、セメントクリンカ製造システム及びセメントクリンカ製造方法に関する。

【背景技術】

【０００２】

近年、地球温暖化の抑制のため、二酸化炭素の排出量の低減が重要な課題になっている。一方、セメント産業は、二酸化炭素の排出量の大きい産業の一つである。

セメントを製造する際に排出される炭酸ガス（気体の二酸化炭素）の全量のうち、セメントの原料として用いられる石灰石の脱炭酸によって排出される炭酸ガスの割合は約６０％、製造の際に用いられる燃料の燃焼によって排出される炭酸ガスの割合は約４０％である。

燃料の燃焼によって発生する炭酸ガスの低減方法としては、エネルギー効率を改善する方法や、燃料としてバイオマス燃料を使用する方法等が挙げられる。例えば、燃料の燃焼によって発生する炭酸ガス量を低減することができるセメント焼成装置として、特許文献１には、主燃料としての可燃性ガスと、補助燃料としての可燃性廃棄物とをセメントキルン内に吹き込む主バーナーを備えることを特徴とするセメント焼成装置が記載されている。

【０００３】

一方、セメントの原料として、炭酸ガスの発生量が多い石灰石に代わる、炭酸ガス発生量の少ないカルシウム含有原料を用いることは難しいため、石灰石の脱炭酸によって発生する炭酸ガス量を低減することは困難である。

二酸化炭素の排出量を低減する方法として、発生した炭酸ガスを、分離して、回収した後、貯留、隔離、又は有効利用する方法が知られている。

発生した炭酸ガスを分離、回収する方法として、例えば、特許文献２には、製鉄所で発生する副生ガスから化学吸収法にて二酸化炭素を分離回収する方法であって、当該ガスから化学吸収液で二酸化炭素を吸収後、化学吸収液を加熱し二酸化炭素を分離させるプロセスに、製鉄所で発生する５００℃以下の低品位排熱を利用または活用することを特徴とする二酸化炭素の分離回収方法が記載されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【０００４】

【文献】特開２０１８－５２７４６号公報

【文献】特開２００４－２９２２９８号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【０００５】

セメントクリンカを製造する際に発生する排ガスには、炭酸ガスの他に窒素、酸素等が多く含まれているため、上記排ガスから炭酸ガスを分離、回収するには、アミン化合物による化学吸収法等を用いる必要がある。

上記排ガスに含まれている炭酸ガスの濃度を高くすることができれば、炭酸ガスの分離、回収が容易となる。また、上記排ガスに含まれている窒素等の量を少なくすることにより、相対的に、発生する排ガスの体積を小さくすることができ、炭酸ガスを分離、回収するための設備を小さくすることができる。

本発明の目的は、セメントクリンカを製造する際に、一部の排ガス（具体的には、か焼炉で生じた排ガス）の炭酸ガス濃度を高くして、二酸化炭素の固定化等に使用しやすい高濃度の炭酸ガスを含むガスを得ることができ、かつ、他の排ガス（具体的には、ロータリーキルンで生じた排ガス）の炭酸ガスの濃度を低減することができるセメントクリンカ製造システムを提供することである。

【課題を解決するための手段】

【０００６】

本発明者は、上記課題を解決するために鋭意検討した結果、セメントクリンカ原料を予熱するためのサイクロン式予熱装置と、セメントクリンカ原料を焼成してセメントクリンカを得るためのロータリーキルンと、セメントクリンカ原料の脱炭酸を促進するためのか焼炉と、予熱されたセメントクリンカ原料をか焼炉に供給するための予熱原料供給路と、セメントクリンカを冷却するためのクリンカクーラーと、ロータリーキルンで生じた排ガスを排出するためのキルン排ガス排出路とを含むセメントクリンカ製造システムであって、空気に比べて酸素濃度を高めた支燃性ガスを供給するための支燃性ガス供給装置と、支燃性ガスをか焼炉に導くための支燃性ガス供給路と、か焼炉で生じた炭酸ガス含有排ガスを排出するためのか焼炉排ガス排出路と、生石灰含有原料を回収するための原料回収手段と、生石灰含有原料をサイクロン式熱交換器に供給するための生石灰含有原料供給路と、か焼炉で脱炭酸された原料を、ロータリーキルンに供給するための第一の脱炭酸原料供給路と、第一の脱炭酸原料供給路から、脱炭酸された原料の一部をサイクロン式熱交換器に供給するための第二の脱炭酸原料供給路と、キルン排ガス排出路中の排ガスの温度を測定するための温度測定装置と、測定された温度に基づいてサイクロン式熱交換器内の温度を調整するための脱炭酸原料供給量制御装置とを含むセメントクリンカ製造システムによれば上記目的を達成できることを見出し、本発明を完成した。

すなわち、本発明は、以下の［１］～［９］を提供するものである。

【０００７】

［１］　セメントクリンカ原料を予熱するための、２個以上のサイクロン式熱交換器を含むサイクロン式予熱装置と、上記サイクロン式予熱装置で予熱された上記セメントクリンカ原料を焼成して、セメントクリンカを得るためのロータリーキルンと、上記サイクロン式予熱装置と共に上記ロータリーキルンの前流側に配設された、上記セメントクリンカ原料の脱炭酸を促進するためのか焼炉と、上記サイクロン式予熱装置を構成する２個以上のサイクロン式熱交換器のうち、最後流側から２番目以上に位置するサイクロン式熱交換器と連結し、かつ、連結した上記サイクロン式熱交換器から、予熱された上記セメントクリンカ原料を上記か焼炉に供給するための予熱原料供給路と、上記ロータリーキルンの後流側に配設された、上記セメントクリンカを冷却するためのクリンカクーラーと、上記ロータリーキルンで生じた排ガスを、上記サイクロン式予熱装置を経由した後に排出するためのキルン排ガス排出路とを含むセメントクリンカ製造システムであって、空気に比べて酸素濃度を高めた支燃性ガスを供給するための支燃性ガス供給装置と、上記支燃性ガス供給装置から、上記支燃性ガスを上記か焼炉に導くための支燃性ガス供給路と、上記か焼炉で生じた炭酸ガス含有排ガスを排出するためのか焼炉排ガス排出路（ただし、上記キルン排ガス排出路と異なるものに限る。）と、上記か焼炉で脱炭酸された上記セメントクリンカ原料から生石灰含有原料を回収するための第一の回収手段、及び、上記炭酸ガス含有排ガスから生石灰含有原料を回収するための第二の回収手段の少なくともいずれか一方からなる原料回収手段と、上記原料回収手段から、上記原料回収手段で回収した上記生石灰含有原料を、上記２個以上のサイクロン式熱交換器のうち、上記予熱原料供給路が連結しているサイクロン式熱交換器、または、該サイクロン式熱交換器の前流側に位置するサイクロン式熱交換器に供給するための生石灰含有原料供給路と、上記か焼炉から、上記か焼炉で

脱炭酸された上記セメントクリンカ原料を、上記ロータリーキルンに供給するための第一の脱炭酸原料供給路と、上記第一の脱炭酸原料供給路から、脱炭酸された上記セメントクリンカ原料の一部を上記２個以上のサイクロン式熱交換器のうち、最後流側に位置するサイクロン式熱交換器に供給するための第二の脱炭酸原料供給路と、上記キルン排ガス排出路中の排ガスが、上記予熱原料供給路と連結している上記サイクロン式熱交換器を経由するときの温度を測定するための温度測定装置と、上記温度測定装置で測定された温度に基づいて、上記第二の脱炭酸原料供給路から上記最後流側に位置するサイクロン式熱交換器に供給される脱炭酸された上記セメントクリンカ原料の量を調整し、該調整によって上記予熱原料供給路と連結している上記サイクロン式熱交換器内の温度を調整するための脱炭酸原料供給量制御装置とを含むことを特徴とするセメントクリンカ製造システム。

【０００８】

［２］　上記か焼炉排ガス排出路の途中であり、かつ、上記第二の回収手段の前流側に配設された、上記か焼炉排ガス排出路の中を流通する上記炭酸ガス含有排ガスの温度を低下するためのか焼炉排ガス温度低下装置を含む前記［１］に記載のセメントクリンカ製造システム。

［３］　上記キルン排ガス排出路の、上記ロータリーキルンと連結している部分から、上記最後流側に位置するサイクロン式熱交換器の前流側の部分までの間の、上記キルン排ガス排出路の中を流通する排ガスに水又は含水廃棄物を供給するための水分供給装置を含む前記［１］又は［２］に記載のセメントクリンカ製造システム。

［４］　上記キルン排ガス排出路の、上記ロータリーキルンと連結している部分から、上記最後流側に位置するサイクロン式熱交換器の前流側の部分までの間の、上記キルン排ガス排出路の中を流通する排ガスに脱硝剤を供給するための脱硝剤供給装置を含む前記［１］～［３］のいずれかに記載のセメントクリンカ製造システム。

【０００９】

［５］　上記ロータリーキルンで生じた排ガスの一部を、上記サイクロン式予熱装置を経由せずに抽気して冷却し、固体分を除いた後に、上記固体分が除かれた上記排ガスを排出すると共に、上記固体分を粗粉と微粉に分級して、上記粗粉を上記セメントクリンカ原料の一部として用い、上記微粉を回収するための塩素バイパス装置を含む前記［１］～［４］のいずれかに記載のセメントクリンカ製造システム。

［６］　上記か焼炉排ガス排出路の中を流通する上記炭酸ガス含有排ガスの一部を、上記支燃性ガス供給路の中を流通する上記支燃性ガスに合流させるための合流用流通路を含む前記［１］～［５］のいずれかに記載のセメントクリンカ製造システム。

【００１０】

［７］　前記［１］～［６］のいずれかに記載のセメントクリンカ製造システムを用いたセメントクリンカ製造方法であって、上記か焼炉において、上記セメントクリンカ原料の温度が９５０～１，１００℃となるように加熱して、上記予熱原料供給路が連結されている上記サイクロン式熱交換器内の温度が７００～９００℃となるように、上記脱炭酸原料供給量制御装置を用いて、上記第二の脱炭酸原料供給路から上記最後流側に位置するサイクロン式熱交換器に供給される、脱炭酸された上記セメントクリンカ原料の量を調整するセメントクリンカ製造方法。

［８］　上記か焼炉で生じた炭酸ガス含有排ガスの炭酸ガス濃度が、水蒸気を除外した体積１００体積％に対して、８０体積％以上になるように、上記支燃性ガスの酸素濃度を調整する前記［７］に記載のセメントクリンカ製造方法。

［９］　上記か焼炉で生じた炭酸ガス含有排ガスを回収して、該炭酸ガス含有排ガスに含まれる炭酸ガスを利用する前記［７］又は［８］に記載のセメントクリンカ製造方法。

【発明の効果】

【００１１】

本発明のセメントクリンカ製造システムによれば、セメントクリンカを製造する際に、一部の排ガス（具体的には、か焼炉で生じた排ガス）の炭酸ガス濃度を高くして、二酸化炭素の固定化等に使用しやすい高濃度の炭酸ガスを含むガスを得ることができ、かつ、他

の排ガス（具体的には、ロータリーキルンで生じた排ガス）の炭酸ガスの濃度を低減することができる。

【図面の簡単な説明】

【００１２】

【図１】本発明のセメントクリンカ製造システムの一例を模式的に示す図である。

【発明を実施するための形態】

【００１３】

以下、図１を参照にしながら、本発明のセメントクリンカ製造システムについて詳しく説明する。

図１は、本発明のセメントクリンカ製造システムの実施形態の一例を模式的に表したものである。

セメントクリンカ製造システム１は、セメントクリンカ原料を予熱するための、２個以上のサイクロン式熱交換器２ａ～２ｄを含むサイクロン式予熱装置２と、サイクロン式予熱装置２で予熱されたセメントクリンカ原料を焼成して、セメントクリンカを得るためのロータリーキルン３と、サイクロン式予熱装置２と共にロータリーキルン３の前流側に配設された、セメントクリンカ原料の脱炭酸を促進するためのか焼炉４と、サイクロン式予熱装置２を構成する２個以上のサイクロン式熱交換器のうち、最後流側から２番目以上に位置するサイクロン式熱交換器２ａ～２ｃと連結し、かつ、連結したサイクロン式熱交換器から、予熱されたセメントクリンカ原料をか焼炉４に供給するための予熱原料供給路７と、ロータリーキルン３の後流側に配設された、セメントクリンカを冷却するためのクリンカクーラー５と、ロータリーキルン３で生じた排ガス（以下、「キルン排ガス」と略すことがある。）を、サイクロン式予熱装置２を経由した後に排出するためのキルン排ガス排出路６を含むセメントクリンカ製造システムであって、空気に比べて酸素濃度を高めた支燃性ガスを供給するための支燃性ガス供給装置８と、支燃性ガス供給装置８から支燃性ガスをか焼炉４に導くための支燃性ガス供給路９、か焼炉４で生じた炭酸ガス含有排ガス（以下、「か焼炉排ガス」と略すことがある。）を排出するためのか焼炉排ガス排出路１０（ただし、上記キルン排ガス排出路と異なるものに限る。）と、か焼炉４で脱炭酸されたセメントクリンカ原料から生石灰含有原料を回収するための第一の回収手段１１ａ、及び、炭酸ガス含有排ガスから生石灰含有原料を回収するための第二の回収手段１１ｂの少なくともいずれか一方からなる原料回収手段と、原料回収手段から、回収した生石灰含有原料を、２個以上のサイクロン式熱交換器２ａ～２ｄのうち、予熱原料供給路７が連結しているサイクロン式熱交換器２ｃ、または、サイクロン式熱交換器２ｃの前流側に位置するサイクロン式熱交換器２ａ～２ｂに供給するための生石灰含有原料供給路２０と、か焼炉４から、か焼炉４で脱炭酸されたセメントクリンカ原料を、ロータリーキルン３に供給するための第一の脱炭酸原料供給路１２と、第一の脱炭酸原料供給路１２から、脱炭酸されたセメントクリンカ原料の一部を２個以上のサイクロン式熱交換器２ａ～２ｄのうち、最後流側に位置するサイクロン式熱交換器２ｄに供給するための第二の脱炭酸原料供給路１３と、キルン排ガス排出路６中の排ガスが、予熱原料供給路７と連結しているサイクロン式熱交換器２ｃを経由するときの温度を測定するための温度測定装置１４と、温度測定装置１４で測定された温度に基づいて、第二の脱炭酸原料供給路１３から最後流側に位置するサイクロン式熱交換器２ｄに供給される脱炭酸されたセメントクリンカ原料の量を調整し、該調整によって予熱原料供給路７と連結しているサイクロン式熱交換器２ｃ内の温度を調整するための脱炭酸原料供給量制御装置１５とを含むものである。

【００１４】

サイクロン式予熱装置２は、２個以上のサイクロン式熱交換器２ａ～２ｄからなるものである。複数のサイクロン式熱交換器２ａ～２ｄは、セメントクリンカ原料を移動するための流路、及び、ロータリーキルン３で生じた排ガスを、複数のサイクロン式熱交換器２ａ～２ｄを経由した後に排出するためのキルン排ガス排出路６ａ～６ｅによって連結されている。なお、キルン排ガス排出路６ａ～６ｅは、セメントクリンカ原料を移動するための流路を兼ねていてもよい。サイクロン式熱交換器の数は、２個以上、通常、４～５個で

ある。また、複数のサイクロン式熱交換器は、通常、鉛直方向に配設されている。
セメントクリンカ原料は、サイクロン式予熱装置２の最前流に配設されたサイクロン式熱交換器２ａに投入され、サイクロン式熱交換器２ａ内において、キルン排ガスと熱交換しつつ遠心分離されて、サイクロン式熱交換器２ａの下部から、後流側に配設されたサイクロン式熱交換器２ｂに投入された後、再び、上記排ガスと熱交換しつつ遠心分離されて、さらに後流側に配設されたサイクロン式熱交換器２ｃに投入される。このように、セメントクリンカ原料は、上記排ガスで予熱（加熱）されながら、順次後流側に配設されたサイクロン式熱交換器２ｂ～２ｃに移動した後、か焼炉４に投入される。

【００１５】

サイクロン式予熱装置２内において、セメントクリンカ原料を予熱することで、か焼炉で脱炭酸を促進するために用いられる燃料の投入量を低減することができる。
サイクロン式予熱装置２内において、セメントクリンカ原料は、好ましくは４００～９００℃、より好ましくは５００～８００℃、特に好ましくは６００～７５０℃に予熱される。上記温度が４００℃以上であれば、か焼炉で脱炭酸を促進するために用いられる燃料の投入量を低減することができる。上記温度が９００℃以下であれば、サイクロン式予熱装置２内において、セメントクリンカ原料の脱炭酸が促進されにくくなるため、キルン排ガス中の炭酸ガス濃度が高くなることを防ぐことができる。
また、サイクロン式予熱装置２を構成する２個以上のサイクロン式熱交換器２ａ～２ｄのうち、予熱原料供給路７が連結しているサイクロン式熱交換器２ｃ内において、セメントクリンカ原料は、好ましくは６００～９００℃、より好ましくは７００～９００℃で予熱される。このような温度範囲で予熱することで、キルン排ガスがサイクロン式予熱装置２（特に、予熱原料供給路７が連結しているサイクロン式熱交換器２ｃ）を経由する際に、キルン排ガスに含まれている炭酸ガスを、生石灰含有原料供給路２０からサイクロン式予熱装置２に投入された生石灰含有原料（詳しくは後述する）に固定化（炭酸化）させることがより容易となり、キルン排ガス中の炭酸ガスの量を減らすことができ、かつ、か焼炉排ガス中の炭酸ガスの濃度をより高くすることができる。

【００１６】

セメントクリンカ原料としては、特に限定されず、セメントクリンカの原料として一般的なものを用いることができる。具体的には、石灰石、土壌、粘土、珪石、鉄原料等の天然原料や、石炭灰、鉄鋼スラグ、都市ゴミ焼却灰、下水汚泥焼却灰、生コンスラッジ、廃コンクリート微粉等の廃棄物又は副産物等が挙げられる。また、セメントクリンカ原料として、炭酸ガスを吸収したカルシウム含有廃棄物（後述）を用いてもよい。
セメントクリンカ原料は、原料ミルを用いて、各種原料を適切な割合で粉砕、混合した後、サイクロン式予熱装置２に投入される。セメントクリンカ原料の粒度は、セメントクリンカの製造をより容易にする観点から、好ましくは１００μｍ以下である。
また、セメントクリンカ原料の一部（例えば、有機物を多く含む汚染土壌）を、サイクロン式予熱装置２に投入せずに、直接、ロータリーキルン３に投入してもよい。

【００１７】

予熱原料供給路７は、サイクロン式予熱装置２を構成する２個以上のサイクロン式熱交換器２ａ～２ｄのうち、最後流側から２番目以上に位置するサイクロン式熱交換器２ａ～２ｃのいずれかと連結している。サイクロン式熱交換器で予熱されたセメントクリンカ原料は、予熱原料供給路７からか焼炉４に供給される。予熱原料供給路７は、十分に予熱されたセメントクリンカ原料をか焼炉４に投入する観点から、通常、サイクロン式予熱装置を構成する２個以上のサイクロン式熱交換器のうち、最後流側から２番目に位置するサイクロン式熱交換器２ｃと連結される。

【００１８】

か焼炉４は、加熱手段１９を用いて燃料を燃焼することによって、セメントクリンカ原料の脱炭酸を促進する目的で、サイクロン式予熱装置２と共にロータリーキルン３の前流側に配設される。
図１において、予熱原料供給路７は、サイクロン式予熱装置２の最後流側から２番目以

上に配設されたサイクロン式熱交換器２ｃと連結しており、サイクロン式熱交換器２ａ～２ｃを経由することで予熱されたセメントクリンカ原料は、サイクロン式熱交換器２ｃから予熱原料供給路７を通ってか焼炉４に投入される。か焼炉４に投入されたセメントクリンカ原料は、か焼炉４内において加熱されて、セメントクリンカ原料の脱炭酸が促進される。

【００１９】

ここで、セメントクリンカ原料の脱炭酸とは、セメントクリンカ原料に含まれている石灰石の主成分である炭酸カルシウム（$CaCO_3$）を、加熱によって生石灰（ＣａＯ）と炭酸ガス（CO_2）に分解することである。

か焼炉４内で、空気に比べて酸素濃度を高めた支燃性ガスを用いてセメントクリンカ原料を加熱する場合、二酸化炭素分圧が高くなる。このため、脱炭酸を促進するために必要な温度が高くなるため、空気を支燃性ガスとして用いる場合よりも、温度を高くする必要がある。このため、か焼炉４内の加熱は、加熱されたセメントクリンカ原料の温度が、好ましくは９５０～１，１００℃、より好ましくは９７５～１，０８０℃、特に好ましくは１，０００～１，０５０℃となるように行われる。上記温度が９５０℃以上であれば、二酸化炭素分圧が高い雰囲気下においてもセメントクリンカ原料の脱炭酸をより促進することができ、かつ、脱炭酸化されたセメントクリンカ原料が、か焼炉４から第一の脱炭酸原料供給路１２内を通って、直接ロータリーキルン３内に投入されても、ロータリーキルン３内の温度を過度に低下することない。上記温度が１，１００℃以下であれば、原料の焼結などにより、閉塞することを防ぐことができる。

【００２０】

セメントクリンカ原料の脱炭酸は、か焼炉４内において、加熱手段１９を用いて、燃料を、支燃性ガスを用いて燃焼して、セメントクリンカ原料を直接的に加熱することによって促進される。

加熱手段１９の例としては、バーナー等が挙げられる。

か焼炉において用いられる燃料としては、特に限定されるものではなく、例えば、石炭、重油、天然ガス等の化石燃料；やしがら等のバイオマス；バイオマスをガス化してなるバイオガス；炭酸ガスを原料とするメタネーションによって生成されたメタン等が挙げられる。これらは１種を単独で用いてもよく、２種以上を組み合わせて用いてもよい。

中でも、バイオマス等のカーボンフリーの燃料を使用すれば、セメントクリンカ製造における二酸化炭素の排出量を、実質的により低減することができる。

【００２１】

か焼炉４内で用いられる支燃性ガスは、空気に比べて酸素濃度を高めたものである。このような支燃性ガスを用いることで、か焼炉排ガスの炭酸ガス濃度をより高くすることができる。また、上記支燃性ガスを用いることで、燃料の燃焼性がより向上するため、細かく粉砕することが困難であるため従来は使用することが難しかった燃料であっても、使用することができる。

上記支燃性ガスの酸素濃度は、か焼炉排ガスの炭酸ガス濃度をより高くする観点からは、水蒸気を含む体積１００体積％に対して、好ましくは２１体積％以上、より好ましくは２５体積％以上、特に好ましくは３０体積％以上である。また、上記酸素濃度は、燃焼を制御しやすくする観点からは、好ましくは９０体積％以下、より好ましくは８０体積％以下、特に好ましくは７０体積％以下である。

【００２２】

か焼炉４内で用いられる支燃性ガスは、支燃性ガス供給装置８から供給され、支燃性ガス供給路９によって、か焼炉４に導かれる。

支燃性ガス供給路９は、クリンカクーラー５内のセメントクリンカとの熱交換によって昇温された空気によって、支燃性ガス供給路９内を通る支燃性ガスが、間接的に加熱されて昇温するように、配設されていてもよい。また、セメントクーラーの後流側（クリンカクーラーの出口側）の一部分に、支燃性ガス供給路９を通過させることによって、セメントクリンカの熱によって、支燃性ガスを昇温させてもよい。

支燃性ガスを昇温させることによって、か焼炉４で用いられる燃料の投入量を低減することができる。

【００２３】

支燃性ガス供給装置８としては、例えば、酸素タンク、空気から酸素を分離する空気分離装置（Ａｉｒ　Ｓｅｐａｒａｔｉｏｎ　Ｕｎｉｔ：ＡＳＵ）、水の電気分解により酸素を生成させる水電気分解装置などが挙げられる。

空気から酸素を分離する方法としては、深冷分離、吸着分離、及び膜分離等が挙げられる。中でも、多量の酸素を得ることができる観点から、深冷分離が好ましい。

【００２４】

支燃性ガス供給装置８から供給される支燃性ガスは、空気に比べて酸素濃度を高めたものである。上記支燃性ガスは、そのままか焼炉４内で用いてもよいが、か焼炉４内で用いられる前に、その組成を適宜調整してもよい。

例えば、か焼炉４内で用いられる支燃性ガスの酸素濃度が過度に大きくなって、燃焼の制御が困難となることを防ぎ、か焼炉排ガスの炭酸ガス濃度をより高くし、かつ、か焼炉排ガスに残存する酸素の量を小さくする観点から、支燃性ガス供給装置８から供給された支燃性ガスと、炭酸ガスを混合して、得られた混合ガスを、か焼炉４内で用いられる支燃性ガスとしてもよい。

さらに、二酸化炭素分圧を下げることにより、脱炭酸を促進するために必要な温度を下げる目的で、支燃性ガス供給装置８から供給された支燃性ガスと、水蒸気を混合して、得られた混合ガスを、か焼炉４内で用いられる支燃性ガスとしてもよい。

上記混合ガス（支燃性ガス供給装置８から供給された支燃性ガスと、炭酸ガス及び水蒸気の少なくともいずれか一方を混合したもの）の炭酸ガス濃度は、水蒸気を含む体積１００体積％に対して、好ましくは１０～７９体積％、より好ましくは２０～７５体積％、さらに好ましくは３０～７０体積％である。

【００２５】

さらに、か焼炉４で生じる排ガスの体積をより小さくし、かつ、上記排ガスの炭酸ガス濃度をより高くする観点から、か焼炉４内で用いられる支燃性ガスは、酸素、炭酸ガス、及び水蒸気以外の気体（例えば、窒素）を含まないことが好ましい。上記支燃性ガスの、酸素、炭酸ガス、及び水蒸気以外の気体の濃度は、水蒸気を含む体積１００体積％に対して、好ましくは１０体積％以下、より好ましくは５体積％以下、特に好ましくは２体積％以下である。

【００２６】

支燃性ガス供給装置８から供給された支燃性ガスと炭酸ガスを混合する方法の例としては、支燃性ガス供給装置８から供給された支燃性ガスと、か焼炉排ガスを混合する方法が挙げられる。か焼炉４から排出されたか焼炉排ガスの温度は９５０～１，１００℃程度の高温であるため、上記排ガスを用いることで、支燃性ガスを昇温させることができる。

か焼炉排ガスを混合する場合、か焼炉４で生じた炭酸ガス含有排ガスを排出するためのか焼炉排ガス排出路１０（ただし、キルン排ガス排出路６ａ～６ｅと異なるものに限る。）の中を流通する炭酸ガス含有排ガスの一部を、支燃性ガス供給路９の中を流通する支燃性ガス（支燃性ガス供給装置８から供給された支燃性ガス）に合流させるため、か焼炉排ガス排出路１０の途中で連結された、合流用流通路１８を配設し、支燃性ガス供給路９の中を流通する支燃性ガスと上記排ガスを混合させればよい。

また、セメントクリンカ製造システム１が、第二の回収手段１１ｂを含む場合、合流用流通路１８は、か焼炉排ガス排出路１０の途中であって、第二の回収手段１１ｂの前流側に配設される。

さらに、支燃性ガス供給路９が、クリンカクーラー５内のセメントクリンカとの熱交換によって昇温された空気によって、支燃性ガス供給路９内を通る支燃性ガスが間接的に加熱されて昇温するように、配設されている場合、上記合流用流通路１８は、上記空気を用いて上記支燃性ガスが、間接的に加熱された後の地点において、上記支燃性ガスと上記排ガスの一部が合流するように配設することが好ましい。

【００２７】
か焼炉４で生じた炭酸ガス含有排ガスは、か焼炉排ガス排出路１０の中を通って排出される。
か焼炉排ガス排出路１０の途中には、通常、か焼炉排ガス排出路１０の中を流通する炭酸ガス含有排ガスから、炭酸ガス含有排ガスに含まれている生石灰含有原料（生石灰を含む微粉）を回収するための第二の回収手段１１ｂが配設されている。
第二の回収手段１１ｂとしては、サイクロン、バグフィルター、及び電気集塵機等が挙げられる。
第二の回収手段１１ｂで回収された生石灰含有原料は、キルン排ガス中の炭酸ガスを該生石灰含有原料に固定化（炭酸化）させる目的で、第二の回収手段１１ｂから、生石灰含有原料供給路２０ｂを通ってサイクロン式予熱装置２に供給されてもよい。
なお、図１中、生石灰含有原料供給路２０ｂは、生石灰含有原料供給路２０とつながっている。
【００２８】
第二の回収手段１１ｂにおいて、生石灰含有原料が回収された炭酸ガス含有排ガスは、さらに水分を除去され、次いで炭酸ガスを分離回収される。
なお、か焼炉排ガス排出路１０は、ロータリーキルン３で生じた排ガスを排出するためのキルン排ガス排出路６ａ～６ｅとは異なるものである。か焼炉排ガス排出路１０とキルン排ガス排出路６ａ～６ｅを完全に分けることによって、炭酸ガス濃度の高いか焼炉排ガスのみを回収することができる。
【００２９】
炭酸ガス含有排ガスは、炭酸ガス濃度の高いものであるため、炭酸ガス含有排ガスから炭酸ガスを分離、回収することが容易である。炭酸ガス含有排ガスの炭酸ガス濃度は、水蒸気を除外した体積１００体積％に対して、好ましくは８０体積％以上、より好ましくは８５体積％以上、特に好ましくは９０体積％以上である。
上記炭酸ガス濃度は、支燃性ガスの酸素濃度を調整することによって得ることができる。具体的には、支燃性ガスの酸素濃度をより高くすることや、支燃性ガスの酸素、炭酸ガス、及び水蒸気以外の気体（例えば、窒素）の濃度をより低くすることによって、上記炭酸ガス濃度をより高くすることができる。
炭酸ガス含有排ガスの温度は、通常、９５０～１，１００℃である。炭酸ガス含有排ガスは高温であるため、該排ガスを用いて水を加熱することで水蒸気を発生させ、該水蒸気と水蒸気タービンを用いて発電を行ってもよい。
【００３０】
か焼炉排ガスから酸素、窒素、及び水蒸気等を除去することで、炭酸ガスを精製してもよい。か焼炉排ガス中の炭酸ガスの濃度が高い場合、アミン等の化学吸収剤を用いて炭酸ガスを分離回収することなく、直接圧縮・冷却して液化することにより炭酸ガスを精製することができる。
【００３１】
か焼炉排ガス排出路１０の途中であり、かつ、第二の回収手段１１ｂの前流側に、か焼炉排ガス排出路１０の中を流通する炭酸ガス含有排ガスの温度を低下するためのか焼炉排ガス温度低下装置１６を配設してもよい。か焼炉排ガス温度低下装置としては、炭酸ガス含有排ガスの温度を低下することができるものであれば特に限定されない。例えば、空気と炭酸ガス含有排ガスを熱交換するための装置や、液体と炭酸ガス含有排ガスを熱交換するための装置等が挙げられる。
炭酸ガス含有排ガスの温度を、例えば、１００～４００℃にまで低下させることで、第二の回収手段において、炭酸ガス含有排ガス中の生石灰を含む微粉をより効率的に回収することができる。
【００３２】
セメントクリンカ原料は、か焼炉４において脱炭酸が促進された後、加熱後の高温を維持したまま、第一の脱炭酸原料供給路１２を通って、ロータリーキルン３に供給される。

第一の脱炭酸原料供給路１２の途中に、第一の脱炭酸原料供給路１２の中を流通する脱炭酸されたセメントクリンカ原料の一部を、生石灰含有原料として回収するための第一の回収手段１１ａを配設してもよい。

第一の回収手段１１ａで回収された生石灰含有原料は、キルン排ガス中の炭酸ガスを該生石灰含有原料に固定化（炭酸化）させる目的で、第一の回収手段１１ａから、生石灰含有原料供給路２０ａを通って、サイクロン式予熱装置２に供給される。

なお、図１中、生石灰含有原料供給路２０ａは、生石灰含有原料供給路２０とつながっている。

【００３３】

本発明のセメントクリンカ製造システム１は、上述した第一の回収手段１１ａ及び第二の回収手段１１ｂの少なくとも一方からなる原料回収手段を有している。

原料回収手段から回収された生石灰含有原料（生石灰を含む微粉、または、生石灰を含む脱炭酸化されたセメントクリンカ原料）は、生石灰含有原料供給路２０を通って、サイクロン式予熱装置２を構成する２個以上のサイクロン式熱交換器２ａ～２ｄのうち、予熱原料供給路７が連結しているサイクロン式熱交換器２ｃまたは、該サイクロン式熱交換器の前流側に位置するサイクロン式熱交換器２ａ～２ｂのいずれかに供給される。

【００３４】

予熱原料供給路７が連結しているサイクロン式熱交換器２ｃまたは、該サイクロン式熱交換器の前流側に位置するサイクロン式熱交換器２ａ～２ｂのいずれかの中に、生石灰含有原料が供給されることによって、キルン排ガス排出路６の中を流通するキルン排ガスが、サイクロン式予熱装置２を経由する際に、キルン排ガスに含まれている炭酸ガスが、生石灰含有原料に固定化（炭酸化）される。これにより、キルン排ガス排出路から排出されるキルン排ガス中に含まれる炭酸ガス（二酸化炭素）の量を減らすことができる。

生石灰含有原料に固定化された二酸化炭素は、他のセメントクリンカ原料とともにか焼炉４に投入された後、か焼炉内で脱炭酸され、か焼炉排ガスとして回収することができる。

【００３５】

第二の脱炭酸原料供給路１３は、第一の脱炭酸原料供給装置１２と連結され、第一の脱炭酸原料供給路１２から、脱炭酸されたセメントクリンカ原料の一部を、サイクロン式予熱装置２を構成する２個以上のサイクロン式熱交換器のうち、最後流側に位置するサイクロン式熱交換器２ｄに供給するためのものである。

第一の脱炭酸原料供給路１２の中を流通する脱炭酸されたセメントクリンカ原料は高温（例えば、９５０～１，０００℃）であり、該原料を、最後流側に位置するサイクロン式熱交換器２ｄに供給することによって、サイクロン式予熱装置２内の温度をより高温にし、セメントクリンカ原料の予熱や、キルン排ガスに含まれている炭酸ガスの固定化（炭酸化）をより効率的に行うことができる。

サイクロン式熱交換器２ｄに供給されたセメントクリンカ原料は、サイクロン式熱交換器２ｄを経由するキルン排ガスと熱交換しつつ遠心分離された後、ロータリーキルン３に投入される。

なお、第二の脱炭酸原料供給路１３の一部分が、キルン排ガス排出路６を兼ねていてもよい。

【００３６】

脱炭酸原料供給量制御装置１５は、第二の脱炭酸原料供給路１３から、最後流側に位置するサイクロン式熱交換器２ｄに供給される脱炭酸されたセメントクリンカ原料の量を調整し、該原料の量の調整によって、サイクロン式熱交換器２ｄ内の温度及びサイクロン式熱交換器２ｄ内を経由するキルン排ガスの温度を調整することによって、予熱原料供給路７と連結しているサイクロン式熱交換器２ｃ内の温度を調整するためのものである。

上記原料の量の調整は、キルン排ガス排出路６中の排ガスが、予熱原料供給路７と連結しているサイクロン式熱交換器２ｃを経由するときの温度に基づいて行われる。

上記温度は、予熱原料供給路７と連結しているサイクロン式熱交換器２ｃを経由するキルン排ガス排出路６の入口（キルン排ガスがサイクロン式熱交換器２ｃに入ってくる位置

）付近の温度でもよく、キルン排ガス排出路６の出口（キルン排ガスがサイクロン式熱交換器２ｃから出ていく位置）付近の温度でもよい。
上記温度は、温度測定装置１４によって測定される。温度測定装置１４は、予熱原料供給路７と連結しているサイクロン式熱交換器２ｃに、適宜配設すればよい。
【００３７】
予熱原料供給路７と連結しているサイクロン式熱交換器２ｃ内の温度を調整する目的で、キルン排ガス排出路６の、ロータリーキルン３と連結している部分から、最後流側に位置するサイクロン式熱交換器２ｄの前流側の部分までの間（図１中、一点鎖線で囲って示す。）の、キルン排ガス排出路６の中を流通する排ガスに、水又は含水廃棄物を供給するための水分供給装置（図示せず。）を配設してもよい。上記排ガスに、水又は含水廃棄物を供給することで、上記温度が調整される。該調整は、温度測定装置１４によって測定された温度に基づいて行えばよく、また、脱炭酸原料供給量制御装置１５と連動していてもよい。
【００３８】
ロータリーキルン３において、セメントクリンカ原料を焼成することで、セメントクリンカを得ることができる。セメントクリンカ原料の焼成温度は、セメントクリンカ製造における一般的な温度でよく、通常、１，４００℃以上である。
ロータリーキルン３において、セメントクリンカの原料の焼成に用いられる燃料としては、か焼炉４において用いられる燃料と同様のものを使用することができる。また、有機成分を多く含む汚染土壌や廃タイヤ等の破砕しにくい燃料は、ロータリーキルン３の原料投入口から直接投入してもよい。
【００３９】
また、ロータリーキルン３で生じた排ガスは、該排ガスを、サイクロン式予熱装置２を経由した後に排出するためのキルン排ガス排出路６ａ～６ｅの中を流通した後、サイクロン式予熱装置２の上部から排出され、サイクロン、バグフィルター、又は電気集塵機等を用いて除塵された後、煙突から外部へ排出される。
キルン排ガス排出路６の、ロータリーキルン３と連結している部分から、最後流側に位置するサイクロン式熱交換器２ｄの前流側の部分（図１中、一点鎖線で囲って示す。）までの間の、キルン排ガス排出路６の中を流通する排ガスに、脱硝剤を供給するための脱硝剤供給装置（図示せず。）を配設してもよい。上記排ガスに、尿素等の脱硝剤を噴霧することで、排ガス中のＮＯｘを低減することができる。
【００４０】
通常、９００℃程度の温度で、排ガスに脱硝剤を噴霧することで、排ガス中のＮＯｘを低減する効果を得ることができる。一般的なセメントクリンカ製造システムでは、ロータリーキルンの窯尻からボトムサイクロン（最後流側に位置するサイクロン式熱交換器）の領域において、排ガスの温度が９００℃程度となるが、該領域では、セメントクリンカ原料由来の微粉が大量に存在している。このため、噴霧された脱硝剤が、微粉に吸着されて、上記効果が小さくなるという問題がある。
一方、図１のセメントクリンカ製造システム１によれば、上記領域（キルン排ガス排出路６の、ロータリーキルン３と連結している部分から、最後流側に位置するサイクロン式熱交換器２ｄを経過する部分）の排ガス中のセメントクリンカ原料由来の微粉の量を低減することができるため、排ガス中のＮＯｘの量を効率的に低減することができる。
【００４１】
上述した生石灰含有原料の供給による、キルン排ガス中に含まれる炭酸ガスの低下とは別に、キルン排ガスから炭酸ガスを分離、回収してもよい。キルン排ガスから炭酸ガスを分離、回収する方法の例としては、モノエタノールアミン等を二酸化炭素吸収剤として用いた化学吸収法、固体吸着法、膜分離法等が挙げられる。
また、キルン排ガスの一部を、サイクロン式予熱装置２を経由せずに抽気して冷却し、固体分を除いた後に、固体分が除かれた排ガスを排出すると共に、固体分を粗粉と微粉に分級して、粗粉をセメントクリンカ原料の一部として用い、微粉を回収するための塩素バ

イパス装置１７を配設してもよい。
なお、「粗粉」は、セメントクリンカ原料成分が多く、かつ、塩素が少ない傾向があり、「微粉」は、塩素が多くなる傾向がある。
塩基バイパス装置１７は、通常、サイクロン式予熱装置２とロータリーキルン３の接続部分に配設される。塩素バイパス装置１７を配設することによって、都市ゴミ焼却灰等の塩素を含有する廃棄物を、セメントクリンカ原料やロータリーキルンの燃料としてより大量に使用することができる。
塩素バイパス装置１７から排出されるキルン排ガスは、通常、キルン排ガス排出路６ａに戻される。
【００４２】
ロータリーキルン３で得られたセメントクリンカは、ロータリーキルンの後流側に配設された、セメントクリンカを冷却するためのクリンカクーラー５に投入されて、冷却される。
か焼炉４及びロータリーキルン３における加熱をより効率的に行う観点から、セメントクリンカの冷却に用いられる空気を、クリンカクーラー５の前流側と後流側に分け、セメントクリンカを冷却した後の後流側の空気を、支燃性ガス供給路９内を通る支燃性ガスの間接加熱に用いてもよい。
また、前流側と後流側の冷却に用いられるガスを異なるものにしてもよい。具体的には、クリンカクーラー５の前流側を冷却するガスとして空気を使用し、後流側を冷却するガスとして、支燃性ガス供給路９内を通る支燃性ガスを使用してもよい。
前流側を冷却するガスは、高温のセメントクリンカと熱交換された後、ロータリーキルン３内において燃料を燃焼するための支燃性のガスとして使用される。なお、前流側を冷却するガスは、クリンカクーラー５の入口側で熱交換されるため、後流側を冷却するガスと比較して、熱交換後により高温となる。
【００４３】
また、ロータリーキルン内において燃料を燃焼する際に用いられる空気及び支燃性ガスの加熱、並びに、ロータリーキルン及びか焼炉の加熱の補助として、電気エネルギーを用いて加熱してもよい。電気エネルギーを用いた加熱方法としては、プラズマ加熱、抵抗加熱、マイクロ波加熱等が挙げられる。電気エネルギーとして、再生可能なエネルギーを用いれば、二酸化炭素の排出量をさらに低減することができる。
【００４４】
上述したセメントクリンカ製造システムを用いたセメントクリンカの製造方法で、か焼炉４で生じた炭酸ガス含有排ガスを回収して、上記排ガス中の炭酸ガスを利用してもよい。
炭酸ガスの利用の一例としては、例えば、メタネーションが挙げられる。なお、メタネーションとは、水素と二酸化炭素を反応させてメタンと水を生成することである。
具体的には、水素ガスと、上記排ガスに含まれる炭酸ガスから、触媒を用いてメタンを生成する方法が挙げられる。
水素ガスは、水を電気分解すること等によって得ることができる。水を電気分解する際の電気エネルギーとして、水力、風力、地熱、又は太陽光等の再生可能なエネルギー由来のものを用いれば、二酸化炭素の排出量をさらに削減することができる。この際、酸素も生成されるが、該酸素は、上述した支燃性ガスに含まれる酸素として使用してもよい。
【００４５】
上記触媒の例としては、Ｒｈ／Ｍｎ系、Ｒｈ系、Ｎｉ系、Ｐｄ系及びＰｔ系等の触媒が挙げられる。また、上記触媒を担持するための担体を用いてもよい。該担体の例としては、CeO_2、ZrO_2、Y_2O_3、Al_2O_3、ＭｇＯ、TiO_2等が挙げられる。これらは適宜選択して用いればよい。
生成されたメタンは、二酸化炭素の排出量をより小さくする観点から、ロータリーキルン３及びか焼炉４の少なくともいずれか一方の燃料として利用することができる。また、生成されたメタンは、別途、発電用の燃料として用いてもよい。
【００４６】

また、炭酸ガスの利用の他の例としては、カルシウム含有廃棄物の炭酸化が挙げられる。
具体的には、上記排ガスとカルシウム含有廃棄物を接触させて、上記排ガス中に含まれる炭酸ガスをカルシウム含有廃棄物に吸収させる方法である。炭酸ガスを、カルシウム含有廃棄物に吸収させて、固定化することで、大気中への二酸化炭素の排出量を低減することができる。カルシウム含有廃棄物の例としては、廃コンクリート等が挙げられる。
炭酸ガスを吸収したカルシウム含有廃棄物は、上述したセメントクリンカ製造システムにおいて、セメントクリンカ原料として使用してもよい。
また、炭酸ガスを吸収したカルシウム含有廃棄物を、破砕、分級等して、路盤材やコンクリート用骨材等として利用してもよい。さらに、カルシウム含有廃棄物が廃コンクリートである場合、炭酸ガスを吸収した廃コンクリート中のペースト成分のみを分離回収して、セメント原料として利用してもよい。

【００４７】

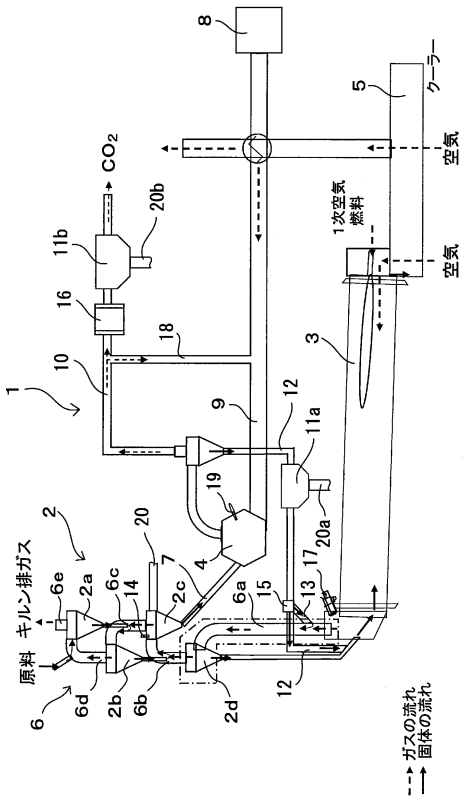
上述した、メタネーションや、カルシウム含有廃棄物の炭酸化において、炭酸ガス含有排ガスを精製せず（炭酸ガスを分離、除去せず）に、高温のまま直接、メタネーションやカルシウム含有廃棄物の炭酸化に用いることにより、より効率的に、メタネーションや廃コンクリートの炭酸化を行うことができる。
なお、上述したセメントクリンカ製造システムを用いたセメントクリンカの製造で、か焼炉４で生じた炭酸ガス含有排ガスを、そのまま、貯留、隔離してもよい。

【符号の説明】

【００４８】

１　セメントクリンカ製造システム
２　サイクロン式予熱装置
２ａ，２ｂ，２ｃ，２ｄ　サイクロン式熱交換器
３　ロータリーキルン
４　か焼炉
５　クリンカクーラー
６，６ａ，６ｂ，６ｃ，６ｄ，６ｅ　キルン排ガス排出路
７　予熱原料供給路
８　支燃性ガス供給装置
９　支燃性ガス供給路
１０　か焼炉排ガス排出路
１１ａ　第一の回収手段
１１ｂ　第二の回収手段
１２　第一の脱炭酸原料供給路
１３　第二の脱炭酸原料供給路
１４　温度測定装置
１５　脱炭酸原料供給量制御装置
１６　か焼炉排ガス温度低下装置
１７　塩素バイパス装置
１８　合流用流通路
１９　加熱手段
２０，２０ａ，２０ｂ　生石灰含有原料供給路

【図面】
【図１】


8
5
クーラー
空気
CO_2
20b
11b
1次空気
燃料
空気
16
18
3
10
1
9
12
11a
19
2
20
20a
キルン排ガス
7
4
17
6e
2a
6c
14
2c
6a
15
13
原料
6
6d
2b
6b
2d
12
ガスの流れ
固体の流れ

フロントページの続き

(72)発明者　寺崎 淳一
東京都文京区小石川一丁目１番１号 太平洋セメント株式会社内

審査官　三村 潤一郎

(56)参考文献　特開２００９－２６９７８４（ＪＰ，Ａ）
特開２００７－１２６３２８（ＪＰ，Ａ）
特開昭５９－０５９２４３（ＪＰ，Ａ）
特開２０１９－０５５９０３（ＪＰ，Ａ）
特開２０１４－１２４５９９（ＪＰ，Ａ）
特開平１１－２７８８８８（ＪＰ，Ａ）
特開２０１３－０２３３９４（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野　(Int.Cl.，ＤＢ名)
Ｃ０４Ｂ　７／３６　－　７／６０
Ｂ０１Ｄ　５３／５６