

## 明 細 書

発明の名称：

炭酸型層状複水酸化物の再生方法、酸性排ガス処理方法、及び酸性排ガス処理設備

### 技術分野

[0001] 本発明は、酸性排ガスの処理に使用された炭酸型層状複水酸化物の再生方法、その再生方法を用いた酸性排ガス処理方法、及び酸性排ガス処理設備に関する。

### 背景技術

[0002] 火力発電所や廃棄物焼却施設等の燃焼施設において発生する燃焼排ガス中には、塩化水素、硫黄酸化物、窒素酸化物等の有害な酸性物質が含まれている。当該酸性物質を含む酸性排ガスから該酸性物質を除去する処理技術として、種々の技術が有る。

[0003] 本発明者等は、複数種の酸性物質を同時に処理し、除去することができる効率的な処理技術として、炭酸型Mg-A系層状複水酸化物を利用した酸性排ガスの処理方法及び処理剤等を提案している。

炭酸型Mg-A系層状複水酸化物は、再生して繰り返し使用することが可能な処理剤である。そのため、炭酸型Mg-A系層状複水酸化物を酸性排ガスの処理に使用した後の使用済みの層状複水酸化物は、再生して再利用される。

[0004] 特許文献1には、炭酸型Mg-A系層状複水酸化物を酸性排ガス処理に使用した後、この使用済みの層状複水酸化物を、炭酸水溶液と混合することにより再生する方法が記載されている。

特許文献2には、炭酸型Mg-A系層状複水酸化物を酸性排ガスの処理に使用した後の使用済みの層状複水酸化物を、炭酸型Mg-A系層状複水酸化物によって二酸化炭素以外の酸性ガスが除去された処理後ガスと接触させて、炭酸型Mg-A系層状複水酸化物に再生させる方法が記載されてい

る。

## 先行技術文献

## 特許文献

[0005] 特許文献1：特開2016-190199号公報

特許文献2：特開2021-090913号公報

## 発明の概要

## 発明が解決しようとする課題

[0006] 特許文献1に記載の再生方法によると、使用済み層状複水酸化物を炭酸水溶液と混合する必要があるため、使用済み層状複水酸化物の再生施設を、燃焼施設外に設ける必要がある。この場合、燃焼施設と層状複水酸化物再生施設との間で、使用済み層状複水酸化物及び再生された炭酸型Mg-A系層状複水酸化物を運送する必要があるため、労力及びコスト負担が大きいという課題を有する。

なお、使用済み層状複水酸化物の再生設備を燃焼施設内に設ける場合には、炭酸水溶液の貯留槽や混合槽等も設置及び接続する必要があり、燃焼施設を大規模化せざるを得ない。

[0007] 特許文献2に記載の再生方法によると、燃焼施設内に大規模な層状複水酸化物再生施設を設ける必要は無いが、十分な再生効果が得られ難いという課題を有する。

[0008] 本発明は、炭酸型Mg-A系層状複水酸化物を酸性排ガス処理に使用した後の使用済み層状複水酸化物を、大規模な設備を要することなく、炭酸型Mg-A系層状複水酸化物に効率的に再生させることができる炭酸型層状複水酸化物の再生方法、酸性排ガス処理方法、及び酸性排ガス処理設備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

[0009] 本発明者等は鋭意検討の結果、炭酸型Mg-A系層状複水酸化物を酸性

排ガスの処理に使用した後の使用済み層状複水酸化物と、炭酸型Mg-AI系層状複水酸化物によって処理された二酸化炭素を含有する処理後ガスとを、アルカリの存在下で接触させることにより、使用済み層状複水酸化物を炭酸型Mg-AI系層状複水酸化物に効率的に再生させることができることを見出した。本発明は、当該知見に基づくものである。

[0010] すなわち、本発明は、以下の〔1〕～〔7〕を提供するものである。

〔1〕炭酸型Mg-AI系層状複水酸化物の層間炭酸イオンの少なくとも一部が他のアニオンに交換された使用済み炭酸型Mg-AI系層状複水酸化物の再生方法であって、

前記使用済み炭酸型Mg-AI系層状複水酸化物を、アルカリの存在下、二酸化炭素を含む二酸化炭素含有ガスと接触させる、使用済み炭酸型Mg-AI系層状複水酸化物の再生方法。

〔2〕前記使用済み炭酸型Mg-AI系層状複水酸化物は、二酸化炭素及び二酸化炭素以外の酸性物質を含む酸性排ガスを炭酸型Mg-AI系層状複水酸化物に接触させて、前記酸性排ガスから前記酸性物質を除去して処理後ガスを得た後における、使用済み炭酸型Mg-AI系層状複水酸化物であり、

前記二酸化炭素を含む二酸化炭素含有ガスは、前記処理後ガスである、上記〔1〕に記載の使用済み炭酸型Mg-AI系層状複水酸化物の再生方法。

[0011] 〔3〕前記酸性排ガスは、焼却炉から発生する燃焼排ガスである、上記〔2〕に記載の使用済み炭酸型Mg-AI系層状複水酸化物の再生方法。

〔4〕二酸化炭素及び二酸化炭素以外の酸性物質を含む酸性排ガスを炭酸型Mg-AI系層状複水酸化物に接触させて、前記酸性排ガスから前記酸性物質を除去して処理後ガスを得る酸性排ガス処理工程と、

前記酸性排ガス処理工程によって生じた使用済み炭酸型Mg-AI系層状複水酸化物を再生する再生工程と、

を有する酸性排ガス処理方法であって、

前記再生工程において、上記〔2〕又は〔3〕に記載の再生方法を実施する、酸性排ガス処理方法。

- [0012] [5] 炭酸型Mg-AI系層状複水酸化物を収納する収納容器と、  
前記収納容器に二酸化炭素及び二酸化炭素以外の酸性物質を含む酸性排ガスを供給する供給用配管と、  
前記収納容器内で前記酸性物質が処理された後に排出される処理後ガスを排出する排出用配管と、  
前記収納容器内の前記炭酸型Mg-AI系層状複水酸化物を再生する再生装置と、  
を有しており、  
前記再生装置は、前記収納容器にアルカリを添加するアルカリ添加装置と、前記処理後ガスを前記収納容器に返送する返送配管と、を有する、酸性排ガス処理設備。  
[6] 前記アルカリ添加装置は、アルカリ水溶液を貯留するアルカリ水溶液貯槽と、前記アルカリ水溶液貯槽と前記収納容器とを接続するアルカリ水溶液流入管とを有する、上記[5]に記載の酸性排ガス処理設備。  
[7] 前記再生装置は、前記収納容器に接続されており、前記収納容器内に流入されたアルカリ水溶液を前記収納容器外に排出する廃液排出装置を有する、上記[5]又は[6]に記載の酸性排ガス処理設備。

### 発明の効果

- [0013] 本発明によれば、炭酸型Mg-AI系層状複水酸化物を酸性排ガス処理に使用した後の使用済み層状複水酸化物を、大規模な設備を要することなく、炭酸型Mg-AI系層状複水酸化物に効率的に再生させることができる炭酸型層状複水酸化物の再生方法、酸性排ガス処理方法、及び酸性排ガス処理設備を提供することができる。

### 図面の簡単な説明

- [0014] [図1]本発明の一実施態様に係る酸性排ガス処理設備を備えた焼却施設を用いた、第1収納容器120aにおける使用済みの層状複水酸化物の再生工程を説明する模式図である。  
[図2]本発明の一実施態様に係る酸性排ガス処理設備を備えた焼却施設を用い

た、第2収納容器120bにおける酸性排ガス処理工程を説明する模式図である。

[図3]本発明の一実施態様に係る酸性排ガス処理設備を備えた焼却施設を用いた、第2収納容器120bにおける使用済みの層状複水酸化物の再生工程を説明する模式図である。

[図4]粉末X線回折測定の結果を示すグラフである。

### 発明を実施するための形態

[0015] 以下、本発明に係る炭酸型Mg-A系層状複水酸化物の再生方法、酸性排ガス処理方法及び酸性排ガス処理設備について、一部、図面を参照して説明する。

なお、本明細書において、「二酸化炭素以外の酸性物質」のことを単に「酸性物質」と称することが有る。すなわち、本発明において、「酸性物質」とは、「二酸化炭素以外の酸性物質」のことを意味する。

[0016] [使用済み炭酸型Mg-A系層状複水酸化物の再生方法]

本発明に係る使用済み炭酸型Mg-A系層状複水酸化物の再生方法は、炭酸型Mg-A系層状複水酸化物の層間炭酸イオンの少なくとも一部が他のアニオンに交換された使用済み炭酸型Mg-A系層状複水酸化物の再生方法であって、

前記使用済み炭酸型Mg-A系層状複水酸化物を、アルカリの存在下、二酸化炭素を含む二酸化炭素含有ガスと接触させる、使用済み炭酸型Mg-A系層状複水酸化物の再生方法である。

[0017] このように、使用済み炭酸型Mg-A系層状複水酸化物を、アルカリの存在下、二酸化炭素を含む二酸化炭素含有ガスと接触させることにより、使用済み層状複水酸化物を炭酸型Mg-A系層状複水酸化物に効率的に再生させることができる。

その理由は定かでは無いが、下記の通りであると推測される。

すなわち、炭酸型Mg-A系層状複水酸化物は、水酸化物基本層と、層間炭酸イオン及び層間水から構成される中間層とが交互に積層した構造を有

している。また、使用済み炭酸型Mg-A系層状複水酸化物は、層間炭酸イオンの一部又は全部が酸性物質に由来するアニオンに交換されている。当該使用済み炭酸型Mg-A系層状複水酸化物を、アルカリの存在下で、二酸化炭素を含む二酸化炭素含有ガスと接触させて再生させることにより、アルカリの存在によって層間水への炭酸イオンの溶解が促進し、酸性物質に由来するアニオンと処理後ガス中の二酸化炭素に由来する炭酸イオンとのイオン交換が促進するため、再生効率が向上するものと考えられる。

[0018] 第1の態様に係る使用済み炭酸型Mg-A系層状複水酸化物の再生方法において、前記使用済み炭酸型Mg-A系層状複水酸化物は、二酸化炭素及び二酸化炭素以外の酸性物質を含む酸性排ガスを炭酸型Mg-A系層状複水酸化物に接触させて、前記酸性排ガスから前記酸性物質を除去して処理後ガスを得た後における、使用済み炭酸型Mg-A系層状複水酸化物であり、

前記二酸化炭素を含む二酸化炭素含有ガスは、前記処理後ガスである。

[0019] すなわち、第1の態様に係る使用済み炭酸型Mg-A系層状複水酸化物の再生方法は、二酸化炭素及び二酸化炭素以外の酸性物質を含む酸性排ガスを炭酸型Mg-A系層状複水酸化物に接触させて、前記酸性排ガスから前記酸性物質を除去して処理後ガスを得た後における、使用済み炭酸型Mg-A系層状複水酸化物の再生方法であって、

前記使用済み炭酸型Mg-A系層状複水酸化物を、アルカリの存在下、前記処理後ガスと接触させる、使用済み炭酸型Mg-A系層状複水酸化物の再生方法である。

この場合、炭酸型Mg-A系層状複水酸化物によって得られた処理後ガスを、再生用の二酸化炭素含有ガスとして用いることにより、別途再生用の二酸化炭素含有ガスを用意しなくて済むという利点を有する。

[0020] <二酸化炭素を含む二酸化炭素含有ガス>

二酸化炭素を含む二酸化炭素含有ガスは、特に限定は無いが、上記のとおり、別途再生用の二酸化炭素含有ガスを用意しなくて済むという観点から、

処理後ガスが好ましい。

[0021] <酸性排ガス>

酸性排ガスは、二酸化炭素及び二酸化炭素以外の酸性物質を含む。

当該酸性物質としては、塩化水素、二酸化硫黄等の $\text{SO}_x$ 、二酸化窒素等の $\text{NO}_x$ 等が挙げられる。

なお、二酸化炭素も酸性の物質である。しかしながら、本明細書においては、二酸化炭素以外の酸性物質と二酸化炭素とを区別する観点から、二酸化炭素は「酸性物質」に含めない。

酸性排ガスとしては、二酸化炭素及び酸性物質を含むものであれば特に制限は無いが、火力発電所や焼却施設等の燃焼施設の焼却炉から発生する燃焼排ガスが挙げられる。

当該燃焼排ガスは、二酸化炭素を多量に含有しているため、当該燃焼排ガスを炭酸型 $\text{Mg}-\text{Al}$ 系層状複水酸化物に接触させて酸性物質が除去された処理後ガスも二酸化炭素を多量に含有することになる。従って、当該処理後ガスを用いて使用済み炭酸型 $\text{Mg}-\text{Al}$ 系層状複水酸化物を再生する際に、効率的に再生を行うことができる。

酸性排ガス中における二酸化炭素の含有量は、好ましくは $1\sim 20\text{ vol\%}$ 、より好ましくは $5\sim 18\text{ vol\%}$ 、さらに好ましくは $10\sim 15\text{ vol\%}$ である。 $1\text{ vol\%}$ 以上であると、イオン交換反応の反応性が高くなり、当該酸性排ガスに由来する処理後ガスを用いて使用済み炭酸型 $\text{Mg}-\text{Al}$ 系層状複水酸化物を再生する際に、効率的に再生を行うことができる。

酸性排ガス中における酸性物質の含有量は、好ましくは $10\sim 5,000\text{ vol ppm}$ 、より好ましくは $200\sim 3,000\text{ vol ppm}$ 、さらに好ましくは $300\sim 1,500\text{ vol ppm}$ 、さらに好ましくは $500\sim 1,000\text{ vol ppm}$ である。

酸性排ガス中における水分の含有量は、好ましくは $0\sim 30\text{ vol\%}$ 、より好ましくは $5\sim 25\text{ vol\%}$ 、さらに好ましくは $10\sim 20\text{ vol\%}$ である。

酸性排ガス中における、窒素、酸素、二酸化炭素、酸性物質、及び水の総量は、好ましくは90vol%以上、より好ましくは95vol%以上、さらに好ましくは99vol%以上である。

[0022] <炭酸型Mg-AI系層状複水酸化物>

炭酸型Mg-AI系層状複水酸化物は、水酸化物基本層 ( $[Mg^{2+}_{1-x}Al^{3+}_x(OH)_2]$ ) と、層間炭酸イオン及び層間水から構成される中間層 ( $[(CO_3^{2-})_{x/2} \cdot yH_2O]$ ) とが交互に積層した構造を有している粒子である。炭酸型Mg-AI系層状複水酸化物は、水酸化物基本層がx相当分の正電荷を持ち、これを補償する負電荷を持つ陰イオン（アニオン）として炭酸イオンが中間層に存在している不定比化合物である。

炭酸型Mg-AI系層状複水酸化物は、水酸化物基本層を保持したまま、例えば、塩化水素、 $SO_x$ 、 $NO_x$ 等の酸性物質を、アニオンとして層間に取り込むことができる。このため、前記酸性排ガスから酸性物質を除去する酸性排ガス処理に好適に用いることができる。

[0023] なお、炭酸型Mg-AI系層状複水酸化物が酸性排ガス処理に用いられる際、炭酸型Mg-AI系層状複水酸化物以外の層状複水酸化物、あるいはまた、例えば、水酸化カルシウム（消石灰）、酸化カルシウム、重炭酸ナトリウム（重曹）、炭酸ナトリウム、水酸化ドロマイト、軽焼ドロマイト、水酸化アルミニウム、酸化アルミニウム、水酸化マグネシウム、酸化マグネシウム等の層状複水酸化物以外の薬剤が併用されてもよい。ただし、炭酸型Mg-AI系層状複水酸化物を効率的に再生して再利用する観点から、他の層状複水酸化物や薬剤と混在させないことが好ましい。

[0024] 炭酸型Mg-AI系層状複水酸化物は、ハイドロタルサイトとして、天然に産出する粘土鉱物も存在するが、通常、合成粉末が用いられる。合成方法は、特に限定されるものではなく、公知の方法（例えば、前記特許文献1に記載の方法）を用いることができる。

例えば、硝酸マグネシウム ( $Mg(NO_3)_2$ ) と硝酸アルミニウム ( $Al(NO_3)_3$ ) を  $Mg/Al = 2/1$ （モル比）で混合した水溶液を、pH10.5

に保持しながら、炭酸ナトリウム ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) 水溶液に滴下することにより、炭酸型 Mg-AI 系層状複水酸化物を得ることができる。

[0025] <使用済み炭酸型 Mg-AI 系層状複水酸化物 (アニオン型 Mg-AI 系層状複水酸化物) >

炭酸型 Mg-AI 系層状複水酸化物は、酸性排ガス処理に使用されて、前記酸性物質が層間に取り込まれると、層間炭酸イオンが、塩素イオン、硫酸イオン、硝酸イオン等の酸性物質由来の他のアニオンに交換されたアニオン型 Mg-AI 系層状複水酸化物 (使用済み炭酸型 Mg-AI 系層状複水酸化物) になる。このようにして生成したアニオン型 Mg-AI 系層状複水酸化物は、酸性排ガスを除去する能力が低下する。このため、アニオン型 Mg-AI 系層状複水酸化物は、再度、アニオン交換により炭酸型 Mg-AI 系層状複水酸化物に再生して、再利用に供される。

[0026] <処理後ガス>

処理後ガスは、二酸化炭素及び二酸化炭素以外の酸性物質を含む酸性排ガスにおいて、酸性物質の一部又は全部が、炭酸型 Mg-AI 系層状複水酸化物中における層間炭酸イオンに由来する二酸化炭素に交換されたガスである。

酸性排ガス中における二酸化炭素の含有量は、好ましくは 1~20 vol %、より好ましくは 5~18 vol %、さらに好ましくは 10~15 vol % である。1 vol % 以上であると、当該酸性排ガスに由来する処理後ガスをを用いて使用済み炭酸型 Mg-AI 系層状複水酸化物を再生する際に、効率的に再生を行うことができる。

酸性排ガス中における酸性物質の含有量は、好ましくは 100 vol ppm 以下、より好ましくは 10 vol ppm、さらに好ましくは 1 vol ppm である。

酸性排ガス中における水分の含有量は、好ましくは 0~30 vol %、より好ましくは 5~25 vol %、さらに好ましくは 10~20 vol % である。

酸性排ガス中における、窒素、酸素、二酸化炭素、酸性物質、及び水の総量は、好ましくは90vol%以上、より好ましくは95vol%以上、さらに好ましくは99vol%以上である。

[0027] <再生方法>

本発明に係る使用済み炭酸型Mg-A系層状複水酸化物の再生方法は、前記使用済み炭酸型Mg-A系層状複水酸化物を、アルカリの存在下、前記処理後ガスと接触させる方法である。

当該処理後ガスは、前記層間炭酸イオンに由来する二酸化炭素の他に、酸性排ガス中に存在していた二酸化炭素も存在するため、使用済み炭酸型Mg-A系層状複水酸化物中に存在する前記酸性物質に由来するアニオンを、炭酸イオンに効率的にアニオン交換することができる。

また、当該アニオン交換は、アルカリの存在下で行われる。そのため、アルカリが存在しない状態でアニオン交換する場合と比べて、使用済み炭酸型Mg-A系層状複水酸化物中に存在する前記酸性物質に由来するアニオンを、炭酸イオンに効率的にアニオン交換することができる。

[0028] アルカリは、好ましくは水酸化ナトリウム又は水酸化カリウムであり、より好ましくは水酸化ナトリウムである。

使用済み炭酸型Mg-A系層状複水酸化物100質量部に対する、アルカリの割合は、好ましくは1～20質量部、より好ましくは1～10質量部、更に好ましくは2～10質量部、より更に好ましくは2～5質量部である。1質量部以上であると、使用済み炭酸型Mg-A系層状複水酸化物中に存在する前記酸性物質に由来するアニオンを、効率的に炭酸イオンにアニオン交換することができる。20質量部以下であると、炭酸型Mg-A系層状複水酸化物の構成元素（A等）の溶出を防止することができ、炭酸型Mg-A系層状複水酸化物の結晶構造を維持することができる。

[0029] 使用済み炭酸型Mg-A系層状複水酸化物の再生に際しては、前記使用済み炭酸型Mg-A系層状複水酸化物にアルカリ水溶液を添加し、次いで、前記使用済み炭酸型Mg-A系層状複水酸化物を前記処理後ガスと接触

させることが好ましい。これにより、使用済み炭酸型Mg-A系層状複水酸化物にアルカリが均等に存在した状態で、処理後ガスを前記使用済み炭酸型Mg-A系層状複水酸化物に接触させることができるため、より効率的に前記使用済み炭酸型Mg-A系層状複水酸化物の再生を行うことができる。

ただし、前記使用済み炭酸型Mg-A系層状複水酸化物へのアルカリ水溶液の添加と、前記使用済み炭酸型Mg-A系層状複水酸化物を前記処理後ガスとの接触とを同時に行っても良く、当該処理後ガスとの接触の途中で当該アルカリ水溶液の添加を行っても良い。

アルカリ水溶液のアルカリ濃度は、好ましくは0.1～20質量%、より好ましくは1～10質量%、更に好ましくは2～10質量%、より更に好ましくは2～5質量%である。0.1質量%以上であると、アルカリ濃度が低いため、アルカリ水溶液の使用量を少なくすることができる。20質量%以下であると、取扱い性に優れる。

使用済み炭酸型Mg-A系層状複水酸化物100質量部に対する、アルカリ水溶液の割合は、好ましくは1～1000質量部、より好ましくは10～500質量部、更に好ましくは50～200質量部、より更に好ましくは80～120質量部である。1質量部以上であると、アルカリ水溶液の濃度を低くすることができるため、取扱い性に優れる。1000質量部以下であると、アルカリ水溶液の使用量を少なくすることができる。

[0030] 上記再生、すなわち、前記使用済み炭酸型Mg-A系層状複水酸化物を、アルカリの存在下、前記処理後ガスと接触させる処理を行う際の温度は、好ましくは20～100℃、より好ましくは60～95℃、さらに好ましくは70～90℃、よりさらに好ましくは75～85℃である。当該範囲内であれば、アニオン型Mg-A系層状複水酸化物から炭酸型Mg-A系層状複水酸化物への再生を効率的に行うことができる。

また、再生を行う時間は、好ましくは10分間～10時間、より好ましくは30分間～8時間、さらに好ましくは1～5時間である。10分間以上で

あれば、アニオン型Mg-AI系層状複水酸化物から炭酸型Mg-AI系層状複水酸化物への再生を十分に行うことができる。10時間以下であると、短期間で再生を行うことができる。

[0031] [酸性排ガス処理方法]

本発明に係る酸性排ガス処理方法は、二酸化炭素及び酸性物質を含む酸性排ガスを炭酸型Mg-AI系層状複水酸化物に接触させて、前記酸性排ガスから前記酸性物質を除去して処理後ガスを得る酸性排ガス処理工程と、

前記酸性排ガス処理工程によって生じた使用済み炭酸型Mg-AI系層状複水酸化物を再生する再生工程と、

を有する酸性排ガス処理方法であって、

前記再生工程において、前述の再生方法を実施する、酸性排ガス処理方法である。

[0032] 当該酸性排ガス処理方法により、炭酸型Mg-AI系層状複水酸化物は、水酸化物基本層を保持したまま、酸性物質を層間に取り込むことができる。このため、前記酸性排ガスから酸性物質を好適に除去することができる。

また、当該再生工程により、前述の使用済み炭酸型Mg-AI系層状複水酸化物の再生方法に関する記載において説明したとおり、使用済み層状複水酸化物を炭酸型Mg-AI系層状複水酸化物に効率的に再生させることができる。

[0033] [酸性排ガス処理設備]

本発明に係る酸性排ガス処理設備は、炭酸型Mg-AI系層状複水酸化物を収納する収納容器と、

前記収納容器に二酸化炭素及び酸性物質を含む酸性排ガスを供給する供給用配管と、

前記収納容器内で前記酸性物質が処理された後に排出される処理後ガスを排出する排出用配管と、

前記収納容器内の前記炭酸型Mg-AI系層状複水酸化物を再生する再生装置と、

を有しており、

前記再生装置は、前記収納容器にアルカリを添加するアルカリ添加装置と、前記処理後ガスを前記収納容器に返送する返送配管と、を有する、酸性排ガス処理設備である。

当該酸性排ガス処理設備を用いることにより、前述の酸性排ガス処理方法を効率的に実施することができる。

[0034] 前記アルカリ添加装置は、アルカリ水溶液を貯留するアルカリ水溶液貯槽と、前記アルカリ水溶液貯槽と前記収納容器とを接続するアルカリ水溶液流入管とを有することが好ましい。これにより、前述の酸性排ガス処理方法をより効率的に実施することができる。

また、前記再生装置は、前記収納容器に接続されており、前記収納容器内に流入されたアルカリ水溶液を前記収納容器外に排出する廃液排出装置を有することが好ましい。これにより、前述の酸性排ガス処理方法をさらに効率的に実施することができる。

[0035] [酸性排ガス処理設備及び酸性排ガス処理方法の具体例]

<酸性排ガス処理設備>

図1は、本発明の一実施態様に係る酸性排ガス処理設備を備えた焼却施設を説明する第1の模式図である。

図1に示す焼却施設1は、焼却炉11と、ボイラ12と、ガス冷却装置13と、集塵機14と、層状複水酸化物収納装置30と、誘因通風機15と、煙突16と、これらの間を順次接続して煙道を形成する配管21～26とを備えている。

また、焼却施設1は、後述するアルカリ添加装置130、廃液排出装置140、及び再生用ガス供給装置150を備えている。

[0036] 層状複水酸化物収納装置30は、第1三方弁V1と、第2三方弁V2と、これら第1三方弁V1と第2三方弁V2とを並列に接続する第1配管111a及び第2配管111bと、第1配管111aの途中に設けられた第1収納容器120aと、第2配管111bの途中に設けられた第2収納容器120

bと、を備えている。

第1三方弁V1の3つの接続口のうち第1配管111a及び第2配管111bが接続されていない接続口が、配管24に接続されている。第2三方弁V2の3つの接続口のうち第1配管111a及び第2配管111bが接続されていない接続口が、配管25に接続されている。

[0037] 上記第1配管111aは、第1収納容器120aよりも上流側の配管111a1と、第1収納容器120aよりも下流側の配管111a2とからなる。すなわち、第1三方弁V1と第1収納容器120aとが配管111a1によって接続されており、第1収納容器120aと第2三方弁V2とが配管111a2によって接続されている。

上記第2配管111bは、第2収納容器120bよりも上流側の配管111b1と、第2収納容器120bよりも下流側の配管111b2とからなる。すなわち、第1三方弁V1と第2収納容器120bとが配管111b1によって接続されており、第2収納容器120bと第2三方弁V2とが配管111b2によって接続されている。

第1収納容器120a及び第2収納容器120bには、炭酸型Mg-Al系層状複水酸化物が収納されている。

[0038] アルカリ添加装置130は、アルカリ水溶液貯槽131と、アルカリ供給用三方弁V5と、三方弁V5とアルカリ水溶液貯槽131とを接続する配管132と、三方弁V5と第1収納容器120aとを接続する配管133aと、三方弁V5と第1収納容器120bとを接続する配管133bと、を有する。

[0039] 廃液排出装置140は、廃液収容容器141と、アルカリ排出用三方弁V6と、三方弁V6と廃液収容容器141とを接続する配管142と、三方弁V6と第1収納容器120aとを接続する配管143aと、三方弁V6と第2収納容器120bとを接続する配管143bと、を有する。

[0040] 誘因通風機15と煙突16とを接続する配管26には、途中で第3三方弁V3が設置されており、第3三方弁V3の残りの接続口に返送配管151が

接続されている。当該返送配管 1 5 1 が、第 4 三方弁 V 4 を介して、返送配管 1 5 2 a 及び返送配管 1 5 2 b に分岐されている。返送配管 1 5 2 a は第 1 収納容器 1 2 0 a に接続されており、返送配管 1 5 2 b は第 2 収納容器 1 2 0 b に接続されている。返送配管 1 5 1 の途中に熱交換器 1 5 1 a が設置されている。

第 1 収納容器 1 2 0 a に排ガス配管 1 5 3 a の一端が接続されており、第 2 収納容器 1 2 0 b に排ガス配管 1 5 3 b の一端が接続されている。これら排ガス配管 1 5 3 a と排ガス配管 1 5 3 b の他端は合流して排ガス配管 1 5 4 となり、当該排ガス配管 1 5 4 の他端が煙突 1 6 に接続されている。

[0041] これら第 3 三方弁 V 3、熱交換器 1 5 1 a、第 4 三方弁 V 4、配管 1 5 1、配管 1 5 2 a、配管 1 5 2 b、配管 1 5 3 a、配管 1 5 3 b、及び配管 1 5 4 により、再生用ガス供給装置 1 5 0 が構成されている。

[0042] 上記アルカリ添加装置 1 3 0、廃液排出装置 1 4 0、及び再生用ガス供給装置 1 5 0 により、再生装置 1 6 0 が構成されている。

また、上記層状複水酸化物収納装置 3 0 及び再生装置 1 6 0 により、酸性排ガス処理設備 1 7 0 が構成されている。

[0043] 図 2 及び図 3 に示す焼却施設 1 は、図 1 に示す焼却施設 1 と同一である。

ただし、図 1 ～図 3 は、後述のとおり、焼却施設 1 の運転状態が異なっている。

図 1 ～図 3 において、配管のうち太線で表記されている部分に流体が流れており、細線で表記されている部分には流体が流れていない。

[0044] <酸性排ガス処理方法>

<<第 1 工程：第 1 収納容器における再生工程（図 1）>>

先ず図 1 に示すとおり、三方弁 V 5 を操作して、配管 1 3 2 が配管 1 3 3 a と連通し配管 1 3 3 b とは連通しない状態に切り替える。また、三方弁 V 6 を操作して、配管 1 4 2 が配管 1 4 3 a と連通し配管 1 4 3 b とは連通しない状態に切り替える。

これにより、アルカリ添加装置 1 3 0 から第 1 収納容器 1 2 0 a にアルカ

リ水溶液が供給され、第1収納容器120a内における使用済みの炭酸型Mg-AI系層状複水酸化物内に浸透し、炭酸型Mg-AI系層状複水酸化物内にアルカリが供給される。

また、第1収納容器120a内から排出されるアルカリ水溶液は、廃液収容容器141に排出される。

[0045] また、図1において、第1三方弁V1を操作して、配管24が配管111bと連通し配管111aとは連通しない状態に切り替える。また、第2三方弁V2を操作して、配管25が配管111bと連通し配管111aとは連通しない状態に切替える。さらに、三方弁V3を操作して、配管26が返送配管151と連通し、煙突16とは連通しない状態に切替える。また、三方弁V4を操作して、返送配管151が配管152aと連通し、配管152bとは連通しない状態に切替える。

[0046] これにより、焼却炉11から排出された酸性排ガスは、ボイラ12、ガス冷却装置13、集塵機14、及び第1三方弁V1を経て第2収納容器120bに導入され、炭酸型Mg-AI系層状複水酸化物によって酸性排ガスに含まれる酸性物質が除去される。

このようにして酸性排ガスから酸性物質が除去された後の処理後ガスは、第2収納容器120bから排出される。排出された処理後ガスは、第2三方弁V2、誘因通風機15、第3三方弁V3、返送配管151を通り、熱交換器151aによって適温に調整された後、第4三方弁V4及び返送配管152aを通過して第1収納容器120aに導入される。

[0047] 第1収納容器120aに導入された処理後ガスは、焼却炉から排出された酸性排ガスに由来する二酸化炭素と、当該酸性排ガスに含まれていた酸性物質とのイオン交換によって炭酸型Mg-AI系層状複水酸化物から供給された二酸化炭素とを含んでいる。このように処理後ガス中に含まれる二酸化炭素に由来する炭酸イオンと、使用済み炭酸型Mg-AI系層状複水酸化物中に存在する酸性物質に由来するアニオンとがイオン交換されることにより、炭酸型Mg-AI系層状複水酸化物が再生される。当該再生の際に、第1収

納容器 120a にはアルカリ水溶液が供給されているため、アルカリ存在下で当該使用済み炭酸型 Mg-AI 系層状複水酸化物が再生されるために、効率的に再生が行われる。

[0048] 第 1 収納容器 120a に導入された処理後ガスは、配管 153a、配管 154 を通って煙突 16 から排出される。

[0049] <<第 2 工程：第 2 収納容器における酸性排ガス処理工程（図 2）>>

第 1 収納容器 120a 内の使用済み炭酸型 Mg-AI 系層状複水酸化物が再生された後、第 3 三方弁 V3 を操作して、配管 26 が煙突 16 と連通し返送配管 151 とは連通しない状態に切り替える。

また、三方弁 V5 及び V6 を操作して、「閉」の状態に切り替える。

これにより、焼却炉 11 から排出された酸性排ガスは、ボイラ 12、ガス冷却装置 13、及び集塵機 14、第 1 三方弁 V1 を経て第 2 収納容器 120b に導入され、炭酸型 Mg-AI 系層状複水酸化物によって酸性排ガスに含まれる酸性物質が除去される。このようにして酸性排ガスから酸性物質が除去された後の処理後ガスは、第 2 収納容器 120b から排出され、第 2 三方弁 V2、誘因通風機 15 及び第 3 三方弁 V3 を経て煙突 16 から大気に排出される。

このように、第 2 収納容器 120b において、酸性排ガス処理工程が実施される。

第 2 工程の継続により、第 2 収納容器 120b 内の炭酸型 Mg-AI 系層状複水酸化物のイオン交換能力が低下した際に、次の第 3 工程にて、第 2 収納容器 120b 内の炭酸型 Mg-AI 系層状複水酸化物の再生を行う。

[0050] <<第 3 工程：第 2 収納容器における再生工程（図 3）>>

[0051] 図 3 に示すとおり、三方弁 V5 を操作して、配管 132 が配管 133b と連通し配管 133a とは連通しない状態に切り替える。また、三方弁 V6 を操作して、配管 142 が配管 143b と連通し配管 143a とは連通しない状態に切り替える。

これにより、アルカリ添加装置 130 から第 2 収納容器 120b にアルカ

リ水溶液が供給され、第2収納容器120b内における使用済みの炭酸型Mg-A系層状複水酸化物内に浸透し、炭酸型Mg-A系層状複水酸化物内にアルカリが供給される。

また、第2収納容器120b内から排出されるアルカリ水溶液は、廃液収容容器141に排出される。

また、図3において、第1三方弁V1を操作して、配管24が配管111aと連通し配管111bとは連通しない状態に切り替える。また、第2三方弁V2を操作して、配管25が配管111aと連通し配管111bとは連通しない状態に切替える。さらに、三方弁V3を操作して、配管26が返送配管151と連通し、煙突16とは連通しない状態に切替える。また、三方弁V4を操作して、返送配管151が配管152bと連通し、配管152aとは連通しない状態に切替える。

[0052] これにより、焼却炉11から排出された酸性排ガスは、ボイラ12、ガス冷却装置13、及び集塵機14、第1三方弁V1を経て第1収納容器120aに導入され、炭酸型Mg-A系層状複水酸化物によって酸性排ガスに含まれる酸性物質が除去される。

このようにして酸性排ガスから酸性物質が除去された後の処理後ガスは、第1収納容器120aから排出される。排出された処理後ガスは、第2三方弁V2、誘因通風機15、第3三方弁V3、返送配管151を通り、熱交換器151aによって適温に調整された後、第4三方弁V4及び返送配管152bを通過して第2収納容器120bに導入される。

[0053] 第2収納容器120bに導入された処理後ガスは、焼却炉から排出された酸性排ガスに由来する二酸化炭素と、当該酸性排ガスに含まれていた酸性物質とのイオン交換によって炭酸型Mg-A系層状複水酸化物から供給された二酸化炭素とを含んでいる。このように処理後ガス中に含まれる二酸化炭素に由来する炭酸イオンと、使用済み炭酸型Mg-A系層状複水酸化物中に存在する酸性物質に由来するアニオンとがイオン交換されることにより、炭酸型Mg-A系層状複水酸化物が再生される。当該再生の際に、第2収

納容器 120b にはアルカリ水溶液が供給されているため、アルカリ存在下で当該使用済み炭酸型 Mg-AI 系層状複水酸化物が再生されるために、効率的に再生が行われる。

[0054] 第2収納容器 120b に導入された処理後ガスは、配管 153b、配管 154 を通って煙突 16 から排出される。

[0055] <<第4工程：第1収納容器における酸性排ガス処理工程（図示略）>>

第2収納容器 120b 内の使用済み炭酸型 Mg-AI 系層状複水酸化物が再生された後、第3三方弁 V3 を操作して、配管 26 が煙突 16 と連通し返送配管 151 とは連通しない状態に切り替える。

また、三方弁 V5 及び V6 を操作して、「閉」の状態に切り替える。

これにより、焼却炉 11 から排出された酸性排ガスは、ボイラ 12、ガス冷却装置 13、及び集塵機 14、第1三方弁 V1 を経て第1収納容器 120a に導入され、炭酸型 Mg-AI 系層状複水酸化物によって酸性排ガスに含まれる酸性物質が除去される。このようにして酸性排ガスから酸性物質が除去された後の処理後ガスは、第1収納容器 120a から排出され、第2三方弁 V2、誘因通風機 15 及び第3三方弁 V3 を経て煙突 16 から大気に排出される。

このように、第1収納容器 120a において、酸性排ガス処理工程が実施される。

第4工程の継続により、第1収納容器 120a 内の炭酸型 Mg-AI 系層状複水酸化物のイオン交換能力が低下した際に、前述の第1工程を実施し、第1収納容器 120a 内の炭酸型 Mg-AI 系層状複水酸化物の再生を行う。

[0056] 上記第1工程～第4工程を繰り返すことにより、焼却施設を連続運転しながら、使用済み炭酸型 Mg-AI 系層状複水酸化物の再生を実施することができる。

[0057] 上記第1工程において、第1収納容器 120a にアルカリ水溶液の供給を開始するタイミングと、第1収納容器 120a に処理後ガスの供給を開始す

るタイミングは、同時であってもよく、アルカリ水溶液の供給が先であってもよく、処理後ガスの供給開始が先であってもよいが、アルカリ水溶液の供給開始が先であることが好ましい。

また、上記第1工程において、三方弁V6は「閉」の状態としておき、第1収納容器120aにアルカリ水溶液を貯留させた状態で、第1収納容器120aに処理後ガスを供給し、配管153aから排出させてもよい。また、三方弁V6を操作して、配管142が配管143aと連通し配管143bとは連通していない状態としておき、アルカリ水溶液を第1収納容器120aに供給して使用済み炭酸型Mg-Al系層状複水酸化物と接触させた後に配管143aから排出させると共に、第1収納容器120aに処理後ガスを供給し、配管153aから排出させてもよい。その場合、アルカリ水溶液を第1収納容器120aに通液させた後に処理後ガスを第1収納容器120aに通気させてもよく、当該通液と通気とを同時に行ってもよい。

[0058] 同様に、上記第3工程において、第2収納容器120bにアルカリ水溶液の供給を開始するタイミングと、第2収納容器120bに処理後ガスの供給を開始するタイミングは、同時であってもよく、アルカリ水溶液の供給開始が先であってもよく、処理後ガスの供給開始が先であってもよいが、アルカリ水溶液の供給開始が先であることが好ましい。

また、上記第3工程において、三方弁V6は「閉」の状態としておき、第2収納容器120bにアルカリ水溶液を貯留させた状態で、第2収納容器120bに処理後ガスを供給し、配管153bから排出させてもよい。また、三方弁V6を操作して、配管142が配管143bと連通し配管143aとは連通していない状態としておき、アルカリ水溶液を第2収納容器120bに供給して使用済み炭酸型Mg-Al系層状複水酸化物と接触させた後に配管143bから排出させると共に、第2収納容器120bに処理後ガスを供給し、配管153bから排出させてもよい。その場合、アルカリ水溶液を第2収納容器120bに通液させた後に処理後ガスを第2収納容器120bに通気させてもよく、当該通液と通気とを同時に行ってもよい。

## 実施例

[0059] 以下、本発明を実施例に基づいてより詳細に説明するが、本発明は下記実施例により限定されるものではない。

[0060] [塩素型Mg-AI系層状複水酸化物（使用済み炭酸型Mg-AI系層状複水酸化物）の調製例1]

内径40mmのアクリル樹脂製のカラムに、炭酸型Mg-AI系層状複水酸化物（「キョーワード（登録商標）500 PL」、協和化学工業株式会社製、合成ハイドロタルサイト）を充填し、空気に塩化水素ガスを導入して、塩化水素濃度約1000volppm、100℃に調整した塩化水素含有ガスを、カラム出口で塩化水素が検知されるまで流通させて、塩素型Mg-AI系層状複水酸化物（使用済み炭酸型Mg-AI系層状複水酸化物）を得た。

なお、塩素型Mg-AI系層状複水酸化物の生成は、粉末X線回折測定法（粉末X線回折装置：株式会社リガク製、「MiniFlex 600」）及びイオンクロマトグラフ法（イオンクロマトグラフ：サーモフィッシャーサイエンティフィック株式会社製、「Dionex Integrion」）にて確認した。

[0061] [実施例1]

上記調製例1により調製した塩素型Mg-AI系層状複水酸化物 20gを、内径40mmのアクリル樹脂製のカラムに充填した。

当該カラムに、4質量%水酸化ナトリウム水溶液20gをカラム上部から投入した。

マスフローコントローラーで各ガスの流量を調整し、空気に水及び二酸化炭素を導入して、水分量20vol%、二酸化炭素濃度13vol%、80℃に調整した混合気体を、空塔速度が1.0m/minとなるように、当該カラム内に3時間流通させて、再生処理試験を行った。

[0062] 当該再生処理試験前後における、Mg-AI系層状複水酸化物中の塩素含有量をイオンクロマトグラフ法にて測定し、当該測定結果に基づき、下記計

算式に基づいて塩化物イオンの脱着率を求めることにより、炭酸型Mg-Al系層状複水酸化物の再生効率の評価を行った。その結果を表1に示す。塩化物イオンの脱着率が高いほど、塩素型Mg-Al系層状複水酸化物から炭酸型Mg-Al系層状複水酸化物への再生効率が高いと言える。

$$\text{塩化物イオンの脱着率 (\%)} = [(B-A) / B] \times 100$$

ここで、Aは再生処理試験後の混合気体中における塩化物イオン含有量を意味し、Bは再生処理試験前の混合気体中における塩化物イオン含有量を意味する。

[0063] また、当該再生処理試験前後における、Mg-Al系層状複水酸化物の粉末X線回折測定を行った。その結果を図4に示す。また、粉末X線回折測定の結果に基づいて、各成分を同定した結果を表2に示す。塩化物イオンが再生により脱離すると、塩化物イオンが減少し、炭酸イオンの含有量が増加する。

なお、図4において、Aは実施例1の再生処理試験後における、Mg-Al系層状複水酸化物の粉末X線回折測定結果であり、Bは後述する比較例1の再生処理試験後における、Mg-Al系層状複水酸化物の粉末X線回折測定結果であり、Cは実施例1の再生処理試験前における、Mg-Al系層状複水酸化物の粉末X線回折測定結果である。ピークパターンおよび層間距離( $d_{003}$ )から、Mg-Al系層状複水酸化物の構造の確認を行った。

[0064] [比較例1]

4質量%水酸化ナトリウム水溶液20gをカラム上部から投入しなかったこと以外は実施例1と同様の操作を行い、同様の測定を行った。

これらの結果を表1、表2及び図4に示す。

[0065] [表1]

| 表1   |               |                                                |
|------|---------------|------------------------------------------------|
|      | 塩化物イオンの脱着率(%) | 粉末XRD測定結果                                      |
| 実施例1 | 100           | 炭酸型Mg-Al系層状複水酸化物<br>(塩素型Mg-Al系層状複水酸化物のピーク無し。)  |
| 比較例1 | 80            | 炭酸型Mg-Al系層状複水酸化物と<br>塩素型Mg-Al系層状複水酸化物との<br>混合物 |

[表2]

表2

|                                |     | 供試試料 | 実施例1 | 比較例1 |
|--------------------------------|-----|------|------|------|
| MgO                            | 質量% | 40.1 | 39.6 | 38.7 |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 質量% | 17.8 | 17.1 | 16.9 |
| CO <sub>2</sub>                | 質量% | 11.6 | 11.6 | 9.2  |
| Cl                             | 質量% | 3.1  | 0.0  | 1.6  |
| 上記4成分の合計                       | 質量% | 72.6 | 68.3 | 66.4 |

[0066] 上記実施例及び比較例の各試験結果から、本発明により、使用済みの炭酸型Mg-AI系層状複水酸化物（塩素型Mg-AI系層状複水酸化物）を効率的に炭酸型Mg-AI系層状複水酸化物へと再生することができることが認められた。

### 符号の説明

- [0067]
- 1 焼却施設
  - 1 1 焼却炉
  - 1 2 ボイラ
  - 1 3 ガス冷却装置
  - 1 4 集塵機
  - 1 5 誘因通風機
  - 1 6 煙突
  - 3 0 層状複水酸化物収納装置
  - 1 2 0 a 第1収納容器
  - 1 2 0 b 第2収納容器
  - 1 3 0 アルカリ添加装置
  - 1 3 1 アルカリ水溶液貯槽
  - 1 4 0 廃液排出装置
  - 1 4 1 廃液収容容器
  - 1 5 0 再生用ガス供給装置
  - 1 5 1 a 熱交換器
  - 1 6 0 再生装置

1 7 0 酸性排ガス処理設備

V 1 第 1 三方弁

V 2 第 2 三方弁

V 3 第 3 三方弁

V 4 第 4 三方弁

V 5 アルカリ供給用三方弁

V 6 アルカリ排出用三方弁

### 請求の範囲

- [請求項1] 炭酸型Mg-A系層状複水酸化物の層間炭酸イオンの少なくとも一部が他のアニオンに交換された使用済み炭酸型Mg-A系層状複水酸化物の再生方法であって、
- 前記使用済み炭酸型Mg-A系層状複水酸化物を、アルカリの存在下、二酸化炭素を含む二酸化炭素含有ガスと接触させる、使用済み炭酸型Mg-A系層状複水酸化物の再生方法。
- [請求項2] 前記使用済み炭酸型Mg-A系層状複水酸化物は、二酸化炭素及び二酸化炭素以外の酸性物質を含む酸性排ガスを炭酸型Mg-A系層状複水酸化物に接触させて、前記酸性排ガスから前記酸性物質を除去して処理後ガスを得た後における、使用済み炭酸型Mg-A系層状複水酸化物であり、
- 前記二酸化炭素を含む二酸化炭素含有ガスは、前記処理後ガスである、請求項1に記載の使用済み炭酸型Mg-A系層状複水酸化物の再生方法。
- [請求項3] 前記酸性排ガスは、焼却炉から発生する燃焼排ガスである、請求項2に記載の使用済み炭酸型Mg-A系層状複水酸化物の再生方法。
- [請求項4] 二酸化炭素及び二酸化炭素以外の酸性物質を含む酸性排ガスを炭酸型Mg-A系層状複水酸化物に接触させて、前記酸性排ガスから前記酸性物質を除去して処理後ガスを得る酸性排ガス処理工程と、
- 前記酸性排ガス処理工程によって生じた使用済み炭酸型Mg-A系層状複水酸化物を再生する再生工程と、
- を有する酸性排ガス処理方法であって、
- 前記再生工程において、請求項2又は3に記載の再生方法を実施する、酸性排ガス処理方法。
- [請求項5] 炭酸型Mg-A系層状複水酸化物を収納する収納容器と、
- 前記収納容器に二酸化炭素及び二酸化炭素以外の酸性物質を含む酸性排ガスを供給する供給用配管と、

前記収納容器内で前記酸性物質が処理された後に排出される処理後ガスを排出する排出用配管と、

前記収納容器内の前記炭酸型Mg－Al系層状複水酸化物を再生する再生装置と、

を有しており、

前記再生装置は、前記収納容器にアルカリを添加するアルカリ添加装置と、前記処理後ガスを前記収納容器に返送する返送配管と、を有する、酸性排ガス処理設備。

[請求項6] 前記アルカリ添加装置は、アルカリ水溶液を貯留するアルカリ水溶液貯槽と、前記アルカリ水溶液貯槽と前記収納容器とを接続するアルカリ水溶液流入管とを有する、請求項5に記載の酸性排ガス処理設備。

[請求項7] 前記再生装置は、前記収納容器に接続されており、前記収納容器内に流入されたアルカリ水溶液を前記収納容器外に排出する廃液排出装置を有する、請求項5又は6に記載の酸性排ガス処理設備。