

明 細 書

発明の名称：複合アミン吸収液

技術分野

[0001] 本開示は、複合アミン吸収液に関する。

背景技術

[0002] 近年、地球の温暖化現象の原因の一つとして、 CO_2 による温室効果が指摘され、地球環境を守る上で国際的にもその対策が急務となってきた。 CO_2 の発生源としては化石燃料を燃焼させるあらゆる人間の活動分野に及び、その排出抑制への要求が一層強まる傾向にある。これに伴い大量の化石燃料を使用する火力発電所などの動力発生設備を対象に、ボイラの燃焼排ガスをアミン系 CO_2 吸収液と接触させ、燃焼排ガス中の CO_2 を除去・回収する方法及び回収された CO_2 を大気へ放出することなく貯蔵する方法が精力的に研究されている。また、このような CO_2 吸収液を用い、燃焼排ガスから CO_2 を除去・回収する工程としては、吸収塔において燃焼排ガスと CO_2 吸収液とを接触させ、 CO_2 を吸収した吸収液を再生塔において加熱し、 CO_2 を放出させると共に吸収液を再生して再び吸収塔に循環して再使用するものが採用されている。

[0003] CO_2 吸収液としては、例えばプロパンジアミン化合物を含む吸収液が提案されている（例えば、特許文献1～4参照）。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開2005-296897号公報

特許文献2：特表2007-527791号公報

特許文献3：特許第4634384号公報

特許文献4：特開2018-122278号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

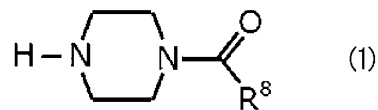
[0005] 特許文献1～4に記載されている吸収液を用いることで、処理対象のガスに含まれる CO_2 及び H_2S の少なくとも一方を吸収液でガスから分離させることができる。ここで、吸収液は、吸収した CO_2 、 H_2S を放出する性能が低いと、吸収液から CO_2 、 H_2S を放出させるためのエネルギーが多く必要となり、装置としての効率の向上に限界が生じる。

[0006] 本開示は上記課題を解決するためになされたものであって、吸収性能が良好であり、かつ、捕集した CO_2 、 H_2S を効率よく放出できる複合アミン吸収液、除去装置及び除去方法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

[0007] 上記課題を解決するために、本開示に係る複合アミン吸収液は、(a)等級が異なるアミノ基を含有するジアミンと、(b)等級が同じアミノ基を含有する環状ジアミンと、(c)下記の化学式(1)で表される環状化合物と、(d)水と、を含む。

[0008] [化1]



(式中、 R^8 は、水素またはメチル基である。)

発明の効果

[0009] 本開示によれば、(a)等級が異なるアミノ基を含有するジアミンと、(b)等級が同じアミノ基を含有する環状ジアミンと、(c)下記の化学式(1)で表される環状化合物とを、水に溶解して吸収液とすることによって、複合的に絡み合い、これらの相乗効果により、 CO_2 又は H_2S 又はその双方の吸収性を維持しつつ、捕集した CO_2 、 H_2S を効率よく放出でき、エネルギー効率の向上を図ることができる。

図面の簡単な説明

[0010] [図1]本開示の吸収液を用いる CO_2 回収装置の構成を示す概略図である。

[図2]実施例1において、リボイラ熱量削減率を算出した結果を示す図である

。

[図3]実施例2において、リボイラ熱量削減率を算出した結果を示す図である

。

[図4]実施例2-1、実施例2-11、および実施例2-23において、比較例に対するリボイラ熱量削減率を算出した結果を示す図である。

[図5]実施例2-15、実施例2-21、および実施例2-23において、比較例に対する吸収液流量削減率を算出した結果を示す図である。

発明を実施するための形態

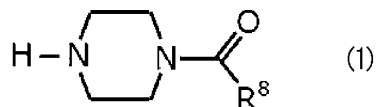
[0011] 以下に、本開示の好適な実施例を詳細に説明する。なお、この実施例により本開示が限定されるものではなく、また、実施例が複数ある場合には、各実施例を組み合わせるものも含むものである。

[0012] [複合アミン吸収液]

(第1の実施形態)

本開示の複合アミン吸収液は、ガス中の CO_2 及び H_2S の少なくとも一方を吸収する複合アミン吸収液であって、(a)等級が異なるアミノ基を含有するジアミン(a成分)と、(b)等級が同じアミノ基を含有する環状ジアミン(b成分)と、(c)下記の化学式(1)で表される環状化合物(c成分)と、(d)水(d成分)と、を含む。つまり、本開示の複合アミン吸収液は、(a)等級が異なるアミノ基を含有するジアミンと、(b)等級が同じアミノ基を含有する環状ジアミンと、(c)下記の化学式(1)で表される環状化合物と、が、水に溶解した液体である。本開示では、(a)等級が異なるアミノ基を含有するジアミンと、(b)等級が同じアミノ基を含有する環状ジアミンと、(c)下記の化学式(1)で表される環状化合物とを、水に溶解して吸収液とすることによって、複合的に絡み合い、これらの相乗効果により、 CO_2 及び H_2S の少なくとも一方が含まれたガスに対する CO_2 又は H_2S 又はその双方の吸収性を維持しつつ、放出性が良好となる。つまり、吸収液の反応速度を高く維持しつつ、リボイラでの放出に必要な熱量を低減することができる。

[0013] [化2]

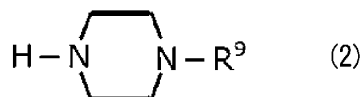


(式中、 R^8 は、水素またはメチル基である。)

[0014] (a) 等級が異なるアミノ基を含有するジアミンは、3級アミノ基を含有するジアミンの少なくとも一種を含むことが好ましい。3級アミノ基を含有するジアミンとしては、例えば、1-メチルピペラジン、1-エチルピペラジン、1-プロピルピペラジン、1-ブチルピペラジン、N, N-ジメチル-1, 3-プロパンジアミン、N, N-ジエチル-1, 3-プロパンジアミン、N, N-ジプロピル-1, 3-プロパンジアミン、N, N-ジブチル-1, 3-プロパンジアミン、N, N, N'-トリメチル-1, 3-プロパンジアミン、N, N, N'-トリエチル-1, 3-プロパンジアミン等を挙げることができる。

[0015] (a) 等級が異なるアミノ基を含有するジアミンは、下記の化学式(2)で表される環状ジアミンの少なくとも一種を含むことが好ましい。

[0016] [化3]



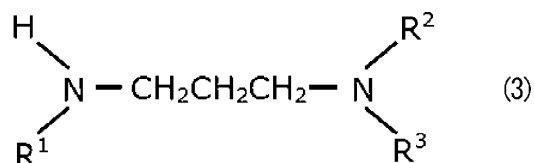
(式中、 R^9 は、炭素数1～4の炭化水素基である。)

[0017] 上記の化学式(2)で表される環状ジアミンとしては、例えば、1-メチルピペラジン、1-エチルピペラジン、1-プロピルピペラジン、1-ブチルピペラジン等から選ばれる少なくとも一種を挙げることができる。

[0018] (a) 等級が異なるアミノ基を含有するジアミンは、下記の化学式(3)で表される鎖状ジアミンの少なくとも一種を含むことが好ましい。

[0019]

[化4]



、以下のような規定することが好ましい。（a）等級が異なるアミノ基を含有するジアミンと、（b）等級が同じアミノ基を含有する環状ジアミンと、（c）上記の化学式（1）で表される環状化合物との濃度合計は、吸収液全体の20質量%以上80質量%以下であることが好ましく、さらに好適には、吸収液全体の30質量%以上70質量%以下とすることがより好ましい。この範囲とすることで吸収液として良好に機能させることができる。

[0026] （a）等級が異なるアミノ基を含有するジアミン（a成分）は、吸収液全体の15質量%以上60質量%以下であることが好ましく、さらに好適には、吸収液全体の20質量%以上55質量%以下とすることがより好ましい。

[0027] （b）等級が同じアミノ基を含有する環状ジアミン（b成分）は、吸収液全体の1質量%以上20質量%以下であることが好ましく、さらに好適には、吸収液全体の2質量%以上10質量%以下とすることがより好ましい。

[0028] （c）上記の化学式（1）で表される環状化合物は、吸収液全体の0.5質量%以上30質量%以下であることが好ましく、さらに好適には、吸収液全体の1質量%以上20質量%以下とすることがより好ましい。

[0029] （d）水は、吸収液全体の20質量%以上80質量%以下であることが好ましく、さらに好適には、吸収液全体の30質量%以上70質量%以下とすることがより好ましい。

[0030] また、（a）等級が異なるアミノ基を含有するジアミン（a成分）に対して、（b）等級が同じアミノ基を含有する環状ジアミン（b成分）及び（c）上記の化学式（1）で表される環状化合物（c成分）との配合割合は、
$$\frac{(b) \text{等級が同じアミノ基を含有する環状ジアミン} + (c) \text{上記の化学式 (1) で表される環状化合物}}{(a) \text{等級が異なるアミノ基を含有するジアミンの質量比}} \geq 0.066$$
以上0.75以下、つまり、
$$0.066 \leq \frac{(b+c)}{a} \leq 0.75$$
の配合とすることが好ましく、
$$0.088 \leq \frac{(b+c)}{a} \leq 0.52$$
の配合とすることがより好ましい。

[0031] また、（b）等級が同じアミノ基を含有する環状ジアミンと（c）上記の化学式（1）で表される環状化合物との配合割合は、（c）上記の化学式（

1) で表される環状化合物／(b) 等級が同じアミノ基を含有する環状ジアミンの質量比が0.025以上3.4以下であることが好ましい、つまり、 $0.025 \leq c/b \leq 3.4$ の配合とすることが好ましく、 $0.14 \leq c/b \leq 2.9$ の配合とすることがより好ましい。

[0032] また、水分(d成分)の配合割合(質量%)は、(a)等級が異なるアミノ基を含有するジアミンと、(b)等級が同じアミノ基を含有する環状ジアミンと、(c)上記の化学式(1)で表される環状化合物との合計重量の残りを、水の重量割合としている。

[0033] (第2の実施形態)

本開示の複合アミン吸収液は、ガス中のCO₂及びH₂Sの少なくとも一方を吸収する複合アミン吸収液であって、(a)等級が異なるアミノ基を含有するジアミン(a成分)と、(b)等級が同じアミノ基を含有する環状ジアミン(b成分)と、(c)上記の化学式(1)で表される環状化合物(c成分)と、(d)水(d成分)と、(e)鎖状モノアミン(e成分)と、を含む。つまり、本開示の複合アミン吸収液は、(a)等級が異なるアミノ基を含有するジアミンと、(b)等級が同じアミノ基を含有する環状ジアミンと、(c)上記の化学式(1)で表される環状化合物と、(e)鎖状モノアミンとが、水に溶解した液体である。本開示では、(a)等級が異なるアミノ基を含有するジアミンと、(b)等級が同じアミノ基を含有する環状ジアミンと、(c)上記の化学式(1)で表される環状化合物と、(e)鎖状モノアミンと、を、水に溶解して吸収液とすることによって、複合的に絡み合い、これらの相乗効果により、CO₂及びH₂Sの少なくとも一方が含まれたガスに対する、CO₂及びH₂Sの少なくとも一方の吸収性が良好となる。つまり、吸収液の反応速度を高くすることができる。

[0034] (e)鎖状モノアミンとしては、1級アミノ基を含有する鎖状モノアルカノールアミン、2級アミノ基を含有する鎖状モノアルカノールアミン及び3級アミノ基を含有する鎖状モノアルカノールアミンの少なくとも一種を含むことが好ましい。

- [0035] 1級アミノ基を含有する鎖状モノアルカノールアミンとしては、例えば、モノエタノールアミン（MEA）、3-アミノ-1-プロパノール、4-アミノ-1-ブタノール、ジグリコールアミン、2-アミノ-1-プロパノール、2-アミノ-1-ブタノール、2-アミノ-3-メチル-1-ブタノール、1-アミノ-2-プロパノール、1-アミノ-2-ブタノール、2-アミノ-2-メチル-1-プロパノール等から選ばれる少なくとも一種を挙げることができる。
- [0036] 2級アミノ基を含有する鎖状モノアルカノールアミンとしては、例えば、N-メチルアミノエタノール、N-エチルアミノエタノール、N-プロピルアミノエタノール、N-ブチルアミノエタノール等から選ばれる少なくとも一種を挙げることができる。
- [0037] 3級アミノ基を含有する鎖状モノアルカノールアミンとしては、例えば、N-メチルジエタノールアミン、N-エチルジエタノールアミン、N-ブチルジエタノールアミン、4-ジメチルアミノ-1-ブタノール、2-ジメチルアミノエタノール、2-ジエチルアミノエタノール、2-ジ-n-ブチルアミノエタノール、N-エチル-N-メチルエタノールアミン、3-ジメチルアミノ-1-プロパノール、2-ジメチルアミノ-2-メチル-1-プロパノール等から選ばれる少なくとも一種を挙げることができる。
- [0038] 次に、各成分（a成分、b成分、c成分、d成分、e成分）の配合割合については、以下のような規定することが好ましい。（a）等級が異なるアミノ基を含有するジアミンと、（b）等級が同じアミノ基を含有する環状ジアミンと、（c）上記の化学式（1）で表される環状化合物と、（e）鎖状モノアミン（e成分）との濃度合計は、吸収液全体の20質量%以上80質量%以下であることが好ましく、さらに好適には、吸収液全体の30質量%以上70質量%以下とすることがより好ましい。この範囲とすることで吸収液として良好に機能させることができる。
- [0039] （a）等級が異なるアミノ基を含有するジアミン（a成分）は、吸収液全体の0.5質量%以上50質量%以下であることが好ましく、さらに好適に

は、吸収液全体の1質量%以上40質量%以下とすることがより好ましい。

[0040] (b) 等級が同じアミノ基を含有する環状ジアミン (b成分) は、吸収液全体の1質量%以上20質量%以下であることが好ましく、さらに好適には、吸収液全体の2質量%以上10質量%以下とすることがより好ましい。

[0041] (c) 上記の化学式 (1) で表される環状化合物は、吸収液全体の0.5質量%以上30質量%以下であることが好ましく、さらに好適には、吸収液全体の1質量%以上20質量%以下とすることがより好ましい。

[0042] (d) 水は、吸収液全体の20質量%以上80質量%以下であることが好ましく、さらに好適には、吸収液全体の30質量%以上70質量%以下とすることがより好ましい。

[0043] (e) 鎖状モノアミンは、吸収液全体の5質量%以上55質量%以下であることが好ましく、さらに好適には、吸収液全体の10質量%以上50質量%以下とすることがより好ましい。

[0044] また、(a) 等級が異なるアミノ基を含有するジアミン (a成分) に対して、(b) 等級が同じアミノ基を含有する環状ジアミン (b成分)、(c) 上記の化学式 (1) で表される環状化合物 (c成分) 及び (e) 鎖状モノアミン (e成分) との配合割合は、 $((b) \text{ 等級が同じアミノ基を含有する環状ジアミン} + (c) \text{ 上記の化学式 (1) で表される環状化合物} + (e) \text{ 鎖状モノアミン}) / (a) \text{ 等級が異なるアミノ基を含有するジアミンの質量比}$ が 0.40 以上 1.19 以下、つまり、 $0.40 \leq (b + c + e) / a \leq 1.19$ の配合とすることが好ましく、 $0.48 \leq (b + c + e) / a \leq 1.13$ の配合とすることがより好ましい。

[0045] また、(b) 等級が同じアミノ基を含有する環状ジアミンと (c) 上記の化学式 (1) で表される環状化合物との配合割合は、 $(c) \text{ 上記の化学式 (1) で表される環状化合物} / (b) \text{ 等級が同じアミノ基を含有する環状ジアミンの質量比}$ が 0.033 以上 6.7 以下であることが好ましい、つまり、 $0.033 \leq c / b \leq 6.7$ の配合とすることが好ましく、 $0.16 \leq c / b \leq 1.3$ の配合とすることがより好ましい。

- [0046] また、(c) 上記の化学式 (1) で表される環状化合物と (e) 鎖状モノアミンとの配合割合は、(e) 鎖状モノアミン / (c) 上記の化学式 (1) で表される環状化合物の質量比が 0.6 以上 1.2 以下であることが好ましい、つまり、 $0.6 \leq e/c \leq 1.2$ の配合とすることが好ましく、 $1.2 \leq e/c \leq 1.6$ の配合とすることがより好ましい。
- [0047] また、水分 (d 成分) の配合割合 (質量%) は、(a) 等級が異なるアミノ基を含有するジアミンと、(b) 等級が同じアミノ基を含有する環状ジアミンと、(c) 上記の化学式 (1) で表される環状化合物と、(e) 鎖状モノアミンとの合計重量の残りを、水の重量割合としている。
- [0048] 本開示において、例えば、CO₂等を含有する排ガスとの接触時の化学吸収法の吸収塔の吸収温度は、通常、30℃～80℃の範囲とするのが好ましい。また、本開示で用いる吸収液には、必要に応じて腐食防止剤、劣化防止剤等が加えられる。
- [0049] また、処理されるガス中のCO₂を吸収する吸収時のCO₂吸収塔入口のCO₂分圧としては、低CO₂分圧 (例えば、0.003 MPa～0.1 MPa) とするのが化学吸収法の適用から好ましい。
- [0050] 本開示において、CO₂等を吸収した吸収液から、CO₂等を放出する再生塔での再生温度は、再生塔内圧力が130 kPa～200 kPa (絶対圧) の場合、吸収液再生塔の塔底温度が110℃以上であることが好ましい。これは、110℃未満での再生では、システム内での吸収液の循環量を多くすることが必要となり、再生効率の点から好ましくないからである。より好適には115℃以上での再生が好ましい。
- [0051] 本開示により処理されるガスとしては、例えば、石炭ガス化ガス、合成ガス、コークス炉ガス、石油ガス、天然ガス、燃焼排ガス等を挙げることができるが、これらに限定されるものではなく、CO₂やH₂S等の酸性ガスを含むガスであれば、いずれのガスでもよい。
- [0052] 本開示のガス中のCO₂及びH₂Sの少なくとも一方を除去する方法で採用できるプロセスは、特に限定されないが、CO₂を除去する除去装置の一例に

ついて図1を参照しつつ説明する。

- [0053] 図1は、実施例1に係るCO₂回収装置の構成を示す概略図である。図1に示すように、実施例1に係るCO₂回収装置12は、ボイラやガスタービン等の産業燃焼設備13から排出されたCO₂とO₂とを含有する排ガス14を冷却水15によって冷却する排ガス冷却装置16と、冷却されたCO₂を含有する排ガス14とCO₂を吸収するCO₂吸収液（以下、「吸収液」ともいう。）17とを接触させて排ガス14からCO₂を除去するCO₂回収部18Aを有するCO₂吸収塔18と、CO₂を吸収したCO₂吸収液（以下、「リッチ溶液」ともいう。）19からCO₂を放出させてCO₂吸収液を再生する吸収液再生塔20と、を有する。そして、このCO₂回収装置12では、吸収液再生塔20でCO₂を除去した再生CO₂吸収液（以下、「リーン溶液」ともいう。）17はCO₂吸収塔18でCO₂吸収液として再利用する。
- [0054] なお、図1中、符号13aは煙道、13bは煙突、34はスチーム凝縮水である。前記CO₂回収装置12は、既設の排ガス源からCO₂を回収するために後付で設けられる場合と、新設排ガス源に同時付設される場合とがある。なお、排ガス14のラインには開閉可能なダンパを設置し、CO₂回収装置12の運転時は開放する。また排ガス源は稼動しているが、CO₂回収装置12の運転を停止した際は閉止するように設定する。
- [0055] このCO₂回収装置12を用いたCO₂回収方法では、まず、CO₂を含んだボイラやガスタービン等の産業燃焼設備13からの排ガス14は、排ガス送風機22により昇圧された後、排ガス冷却装置16に送られ、ここで冷却水15により冷却され、CO₂吸収塔18に送られる。
- [0056] 前記CO₂吸収塔18において、排ガス14は本実施例に係るアミン吸収液であるCO₂吸収液17と向流接触し、排ガス14中のCO₂は、化学反応によりCO₂吸収液17に吸収される。CO₂回収部18AでCO₂が除去された後のCO₂除去排ガスは、CO₂吸収塔18内の水洗部18Bでノズルから供給されるCO₂吸収液を含む循環する洗浄水21と気液接触して、CO₂除去排ガスに同伴するCO₂吸収液17が回収され、その後CO₂が除去された排

ガス 23 は系外に放出される。また、 CO_2 を吸収した CO_2 吸収液であるリッチ溶液 19 は、リッチ溶液ポンプ 24 により昇圧され、リッチ・リーン溶液熱交換器 25 において、吸収液再生塔 20 で再生された CO_2 吸収液 17 であるリーン溶液により加熱され、吸収液再生塔 20 に供給される。

[0057] 吸収液再生塔 20 の上部から内部に放出されたリッチ溶液 19 は、底部から供給される水蒸気により吸熱反応を生じて、大部分の CO_2 を放出する。吸収液再生塔 20 内で一部または大部分の CO_2 を放出した CO_2 吸収液はセミリーン溶液と呼称される。このセミリーン溶液は、吸収液再生塔 20 の底部に至る頃には、ほぼ全ての CO_2 が除去された CO_2 吸収液（リーン溶液）17 となる。このリーン溶液 17 はその一部がリボイラ 26 で水蒸気 27 により過熱され、吸収液再生塔 20 内部に CO_2 脱離用の水蒸気を供給している。

[0058] 一方、吸収液再生塔 20 の塔頂部からは、塔内においてリッチ溶液 19 およびセミリーン溶液から放出された水蒸気を伴った CO_2 同伴ガス 28 が導出され、コンデンサ 29 により水蒸気が凝縮され、分離ドラム 30 にて水が分離され、 CO_2 ガス 40 が系外に放出されて、別途圧縮器 41 により圧縮され、回収される。この圧縮・回収された CO_2 ガス 42 は、分離ドラム 43 を経由した後、石油増進回収法（EOR: Enhanced Oil Recovery）を用いて油田中に圧入するか、帯水層へ貯留し、温暖化対策を図っている。水蒸気を伴った CO_2 同伴ガス 28 から分離ドラム 30 にて分離・還流された還流水 31 は還流水循環ポンプ 35 にて吸収液再生塔 20 の上部と洗浄水 21 側に各々供給される。再生された CO_2 吸収液（リーン溶液）17 は、リッチ・リーン溶液熱交換器 25 にて、リッチ溶液 19 により冷却され、つづいてリーン溶液ポンプ 32 にて昇圧され、さらにリーン溶液クーラ 33 にて冷却された後、 CO_2 吸収塔 18 内に供給される。

[0059] なお、この実施の形態では、あくまでその概要を説明するものであり、付属する機器を一部省略して説明している。

実施例

[0060] 以下、実施例により本開示をさらに具体的に説明するが、本開示は以下の

実施例に限定されるものではない。

[0061] [実施例]

図示しない吸収試験装置を用いて、 CO_2 の吸収を行った。実施例の成分一覧を表1に示す。ここでは、(a)等級が異なるアミノ基を含有するジアミン(a成分)と、(b)等級が同じアミノ基を含有する環状ジアミン(b成分)と、(c)上記の化学式(1)で表される環状化合物(c成分)と、水(d成分)とを含むに吸収液を調製した。

実施例1-1から1-14では、 $(b+c)/a$ の質量比を0.088以上0.75以下とし、 c/b の質量比を0.025以上3.4以下とした。

[0062]

[表1]

実施例	(a) 等級が異なるアミノ基を含有するジアミン		(b) 等級が同じアミノ基を含有する環状ジアミン	(c) 化学式 (1) で示される環状化合物	
				成分	(c) 濃度 [質量 %]
1-1	N,N-ジメチル-1,3-プロパンジアミン	-	ピペラジン	1-ホルミルピペラジン	1
1-2	N,N-ジメチル-1,3-プロパンジアミン	-	ピペラジン	1-ホルミルピペラジン	10
1-3	N,N-ジメチル-1,3-プロパンジアミン	-	ピペラジン	1-ホルミルピペラジン	20
1-4	N,N-ジメチル-1,3-プロパンジアミン	-	2-メチルピペラジン	1-ホルミルピペラジン	0.5~10
1-5	N,N-ジメチル-1,3-プロパンジアミン	-	ピペラジン	1-アセチルピペラジン	
1-6	N,N-ジエチル-1,3-プロパンジアミン	-	ピペラジン	1-ホルミルピペラジン	
1-7	N,N,N'-トリメチル-1,3-プロパンジアミン	-	ピペラジン	1-ホルミルピペラジン	
1-8	N,N,N'-トリエチル-1,3-プロパンジアミン	-	ピペラジン	1-ホルミルピペラジン	
1-9	1-メチルピペラジン	-	ピペラジン	1-ホルミルピペラジン	
1-10	1-メチルピペラジン	-	2-メチルピペラジン	1-ホルミルピペラジン	
1-11	1-エチルピペラジン	-	ピペラジン	1-ホルミルピペラジン	
1-12	1-エチルピペラジン	-	2-メチルピペラジン	1-ホルミルピペラジン	
1-13	N,N-ジメチル-1,3-プロパンジアミン	1-メチルピペラジン	ピペラジン	1-ホルミルピペラジン	
1-14	N,N-ジエチル-1,3-プロパンジアミン	1-エチルピペラジン	ピペラジン	1-ホルミルピペラジン	

[0063] [実施例 1-1]

実施例 1-1 では、(a) 等級が異なるアミノ基を含有するジアミン (a 成分) として、N, N-ジメチル-1, 3-プロパンジアミンを用い、(b) 等級が同じアミノ基を含有する環状ジアミン (b 成分) としてピペラジンを用い、(c) 上記の化学式 (1) で表される環状化合物 (c 成分) として、1-ホルミルピペラジンを用い、水 (d 成分) に溶解混合させて吸収液とした。実施例 1-1 では、吸収液全体 (100 質量%) に対する c 成分の濃度を 1 質量%とした。

[0064] [実施例 1-2]

実施例 1-2 では、実施例 1-1 と同様のアミン成分を用い、吸収液全体 (100 質量%) に対する c 成分の濃度を 10 質量%とした。

[0065] [実施例 1-3]

実施例 1-3 では、実施例 1-1 と同様のアミン成分を用い、吸収液全体 (100 質量%) に対する c 成分の濃度を 20 質量%とした。

[0066] 次に、実施例 1-4 から 1-14 では、吸収液全体 (100 質量%) に対する c 成分の濃度を 0.5 質量%以上 10 質量%以下とした。

[0067] [実施例 1-4]

実施例 1-4 では、実施例 1-1 に対して、(b) 等級が同じアミノ基を含有する環状ジアミン (b 成分) として 2-メチルピペラジンを用いた以外は同様の組成の吸収液とした。

[0068] [実施例 1-5]

実施例 1-5 では、実施例 1-1 に対して、(c) 上記の化学式 (1) で表される環状化合物 (c 成分) として 1-アセチルピペラジンを用いた以外は同様の組成の吸収液とした。

[0069] [実施例 1-6]

実施例 1-6 では、実施例 1-1 に対して、(a) 等級が異なるアミノ基を含有するジアミン (a 成分) として N, N-ジエチル-1, 3-プロパンジアミンを用いた以外は同様の組成の吸収液とした。

[0070] [実施例 1-7]

実施例 1-7 では、実施例 1-1 に対して、(a) 等級が異なるアミノ基を含有するジアミン (a 成分) として N, N, N'-トリメチル-1, 3-プロパンジアミンを用いた以外は同様の組成の吸収液とした。

[0071] [実施例 1-8]

実施例 1-8 では、実施例 1-1 に対して、(a) 等級が異なるアミノ基を含有するジアミン (a 成分) として N, N, N'-トリエチル-1, 3-プロパンジアミンを用いた以外は同様の組成の吸収液とした。

[0072] [実施例 1-9]

実施例 1-9 では、実施例 1-1 に対して、(a) 等級が異なるアミノ基を含有するジアミン (a 成分) として 1-メチルピペラジンをを用いた以外は同様の組成の吸収液とした。

[0073] [実施例 1-10]

実施例 1-10 では、実施例 1-1 に対して、(a) 等級が異なるアミノ基を含有するジアミン (a 成分) として 1-メチルピペラジンをを用い、(b) 等級が同じアミノ基を含有する環状ジアミン (b 成分) として 2-メチルピペラジンをを用いた以外は同様の組成の吸収液とした。

[0074] [実施例 1-11]

実施例 1-11 では、実施例 1-1 に対して、(a) 等級が異なるアミノ基を含有するジアミン (a 成分) として 1-エチルピペラジンをを用いた以外は同様の組成の吸収液とした。

[0075] [実施例 1-12]

実施例 1-12 では、実施例 1-1 に対して、(a) 等級が異なるアミノ基を含有するジアミン (a 成分) として 1-エチルピペラジンをを用い、(b) 等級が同じアミノ基を含有する環状ジアミン (b 成分) として 2-メチルピペラジンをを用いた以外は同様の組成の吸収液とした。

[0076] [実施例 1-13]

実施例 1-13 では、実施例 1-1 に対して、(a) 等級が異なるアミノ

基を含有するジアミン（a成分）としてN，N－ジメチル－1，3－プロパンジアミンと1－メチルピペラジンをういた以外は同様の組成の吸収液とした。

[0077] [実施例1－14]

実施例1－14では、実施例1－1に対して、（a）等級が異なるアミノ基を含有するジアミン（a成分）としてN，N－ジエチル－1，3－プロパンジアミンと1－エチルピペラジンをういた以外は同様の組成の吸収液とした。

[0078] 上記実施例のそれぞれについてリボイラ熱量削減率を測定した。実施条件は、吸収条件が40℃、10kPaCO₂、再生条件が115℃である。

各実施例について、実施例のリボイラ熱量削減率を算出した結果を図2に示す。

[0079] 図2に示す結果から、実施例1－1～実施例1－14の吸収液は、従来の方法に対し、省エネ性に優れた吸収液を提供可能であり、CO₂回収熱量の低減が図れることが分かった。具体的には、リボイラ熱量を、従来よりも約2%～約16%削減できることが分かった。

[0080] 次に、（a）等級が異なるアミノ基を含有するジアミン（a成分）と、（b）等級が同じアミノ基を含有する環状ジアミン（b成分）と、（c）上記の化学式（1）で表される環状化合物（c成分）と、水（d成分）と、（e）鎖状モノアミン（e成分）とを含むに吸収液を調製した。実施例の成分一覧を表2に示す。

実施例2－1から実施例2－18では、 $(b + c + e) / a$ の質量比を0.40以上1.19以下とし、 c / b の質量比を0.033以上6.7以下とし、 e / c の質量比を0.6以上1.12以下とした。

[0081]

[表2]

実施例	(a) 等級が異なる アミノ基を含有する ジアミン	(b) 等級が同じ アミノ基を含有する 環状ジアミン	(e) 錯体モノアミン	(c) 化学式(1)で示される 環状化合物	
				成分	(c) 濃度 [質量%]
2-1	NN-ジメチル-1,3- プロパンジアミン	ピペラジン	モノエタノールアミン	2-アミノノ-2-メチル- 1-プロパノール	1
2-2	NN-ジメチル-1,3- プロパンジアミン	ピペラジン	モノエタノールアミン	2-アミノノ-2-メチル- 1-プロパノール	10
2-3	NN-ジメチル-1,3- プロパンジアミン	ピペラジン	モノエタノールアミン	2-アミノノ-2-メチル- 1-プロパノール	20
2-4	NN-ジメチル-1,3- プロパンジアミン	2-メチルピペラジン	モノエタノールアミン	2-アミノノ-2-メチル- 1-プロパノール	
2-5	NN-ジエチル-1,3- プロパンジアミン	ピペラジン	モノエタノールアミン	2-アミノノ-2-メチル- 1-プロパノール	
2-6	1-メチルピペラジン	ピペラジン	モノエタノールアミン	2-アミノノ-2-メチル- 1-プロパノール	
2-7	NN-ジエチル-1,3- プロパンジアミン	2-メチルピペラジン	N-エチルアミノ エタノール	—	
2-8	NN-ジエチル-1,3- プロパンジアミン	ピペラジン	N-エチルアミノ エタノール	—	
2-9	1-エチルピペラジン	ピペラジン	N-エチルアミノ エタノール	—	
2-10	NN-ジエチル-1,3- プロパンジアミン	2-メチルピペラジン	N-プロチルアミノ エタノール	—	
2-11	NN-ジエチル-1,3- プロパンジアミン	ピペラジン	N-プロチルアミノ エタノール	—	
2-12	NN,N'-トリメチル-1,3- プロパンジアミン	2-メチルピペラジン	N-エチルアミノ エタノール	2-アミノノ-2-メチル- 1-プロパノール	
2-13	NN-ジエチル-1,3- プロパンジアミン	ピペラジン	N-プロチルアミノ エタノール	2-アミノノ-2-メチル- 1-プロパノール	
2-14	NN-ジエチル-1,3- プロパンジアミン	ピペラジン	N-メチルジ エタノールアミン	2-アミノノ-2-メチル- 1-プロパノール	
2-15	1-メチルピペラジン	ピペラジン	N-メチルジ エタノールアミン	2-アミノノ-2-メチル- 1-プロパノール	
2-16	NN-ジエチル-1,3- プロパンジアミン	ピペラジン	N-メチルジ エタノールアミン	N-エチルアミノエタノール	
2-17	NN-ジエチル-1,3- プロパンジアミン	ピペラジン	N-メチルジ エタノールアミン	N-プロチルアミノエタノール	
2-18	NN-ジエチル-1,3- プロパンジアミン	ピペラジン	N-エチルジ エタノールアミン	2-アミノノ-2-メチル- 1-プロパノール	
2-19	NN-ジエチル-1,3- プロパンジアミン	ピペラジン	N-エチルジ エタノールアミン	N-エチルアミノエタノール	
2-20	1-エチルピペラジン	ピペラジン	N-エチルジ エタノールアミン	N-プロチルアミノエタノール	
2-21	NN-ジエチル-1,3- プロパンジアミン	ピペラジン	N-エチルジ エタノールアミン	N-プロチルアミノエタノール	
2-22	NN,N'-トリエチル-1,3- プロパンジアミン	ピペラジン	4-ジメチルアミノ- 1-ブタノール	2-アミノノ-2-メチル- 1-プロパノール	
2-23	NN-ジメチル-1,3- プロパンジアミン	ピペラジン	4-ジメチルアミノ- 1-ブタノール	2-アミノノ-2-メチル- 1-プロパノール	

0.5~10

[0082] [実施例2-1]

実施例2-1では、(a)等級が異なるアミノ基を含有するジアミン(a成分)として、N,N-ジメチル-1,3-プロパンジアミンを用い、(b)等級が同じアミノ基を含有する環状ジアミン(b成分)としてピペラジンを用い、(c)上記の化学式(1)で表される環状化合物(c成分)として

、1-ホルミルピペラジンをうい、(e)鎖状モノアミンとして、モノエタノールアミン及び2-アミノ-2-メチル-1-プロパノールをうい、水(d成分)に溶解混合させて吸収液とした。実施例2-1では、吸収液全体(100質量%)に対するc成分の濃度を1質量%とした。

[0083] [実施例2-2]

実施例2-2では、実施例2-1と同様のアミン成分をうい、吸収液全体(100質量%)に対するc成分の濃度を10質量%とした。

[0084] [実施例2-3]

実施例2-3では、実施例2-1と同様のアミン成分をうい、吸収液全体(100質量%)に対するc成分の濃度を20質量%とした。

[0085] 次に、実施例2-4から実施例2-23では、吸収液全体(100質量%)に対するc成分の濃度を0.5質量%以上10質量%以下とした。

[0086] [実施例2-4]

実施例2-4では、実施例2-1に対して、(b)等級が同じアミノ基を含有する環状ジアミン(b成分)として2-メチルピペラジンをうい、(c)上記の化学式(1)で表される環状化合物(c成分)として1-アセチルピペラジンをういた以外は同様の組成の吸収液とした。

[0087] [実施例2-5]

実施例2-5では、実施例2-1に対して、(a)等級が異なるアミノ基を含有するジアミン(a成分)としてN,N-ジエチル-1,3-プロパンジアミンをういた以外は同様の組成の吸収液とした。

[0088] [実施例2-6]

実施例2-6では、実施例2-1に対して、(a)等級が異なるアミノ基を含有するジアミン(a成分)として1-メチルピペラジンをういた以外は同様の組成の吸収液とした。

[0089] [実施例2-7]

実施例2-7では、実施例2-1に対して、(a)等級が異なるアミノ基を含有するジアミン(a成分)としてN,N-ジエチル-1,3-プロパン

ジアミンを用い、(b)等級が同じアミノ基を含有する環状ジアミン(b成分)として2-メチルピペラジンをを用い、(e)鎖状モノアミン(e成分)としてN-エチルアミノエタノールを用いた以外は同様の組成の吸収液とした。

[0090] [実施例2-8]

実施例2-8では、実施例2-1に対して、(a)等級が異なるアミノ基を含有するジアミン(a成分)としてN,N-ジエチル-1,3-プロパンジアミンを用い、(e)鎖状モノアミン(e成分)としてN-エチルアミノエタノールを用いた以外は同様の組成の吸収液とした。

[0091] [実施例2-9]

実施例2-9では、実施例2-1に対して、(a)等級が異なるアミノ基を含有するジアミン(a成分)として1-エチルピペラジンをを用い、(e)鎖状モノアミン(e成分)としてN-エチルアミノエタノールを用いた以外は同様の組成の吸収液とした。

[0092] [実施例2-10]

実施例2-10では、実施例2-1に対して、(a)等級が異なるアミノ基を含有するジアミン(a成分)としてN,N-ジエチル-1,3-プロパンジアミンを用い、(b)等級が同じアミノ基を含有する環状ジアミン(b成分)として2-メチルピペラジンをを用い、(e)鎖状モノアミン(e成分)としてN-ブチルアミノエタノールを用いた以外は同様の組成の吸収液とした。

[0093] [実施例2-11]

実施例2-11では、実施例2-1に対して、(a)等級が異なるアミノ基を含有するジアミン(a成分)としてN,N-ジエチル-1,3-プロパンジアミンを用い、(e)鎖状モノアミン(e成分)としてN-ブチルアミノエタノールを用いた以外は同様の組成の吸収液とした。

[0094] [実施例2-12]

実施例2-12では、実施例2-1に対して、(a)等級が異なるアミノ

基を含有するジアミン（a成分）としてN，N，N′-トリメチル-1，3-プロパンジアミンを用い、（b）等級が同じアミノ基を含有する環状ジアミン（b成分）として2-メチルピペラジンを、（e）鎖状モノアミン（e成分）としてN-エチルアミノエタノール及び2-アミノ-2-メチル-1-プロパノールを用いた以外は同様の組成の吸収液とした。

[0095] [実施例2-13]

実施例2-13では、実施例2-1に対して、（a）等級が異なるアミノ基を含有するジアミン（a成分）としてN，N-ジエチル-1，3-プロパンジアミンを用い、（e）鎖状モノアミン（e成分）としてN-ブチルアミノエタノール及び2-アミノ-2-メチル-1-プロパノールを用いた以外は同様の組成の吸収液とした。

[0096] [実施例2-14]

実施例2-14では、実施例2-1に対して、（a）等級が異なるアミノ基を含有するジアミン（a成分）としてN，N-ジエチル-1，3-プロパンジアミンを用い、（e）鎖状モノアミン（e成分）としてN-メチルジエタノールアミン及び2-アミノ-2-メチル-1-プロパノールを用いた以外は同様の組成の吸収液とした。

[0097] [実施例2-15]

実施例2-15では、実施例2-1に対して、（a）等級が異なるアミノ基を含有するジアミンとして1-メチルピペラジンを、（e）鎖状モノアミン（e成分）としてN-メチルジエタノールアミン及び2-アミノ-2-メチル-1-プロパノールを用いた以外は同様の組成の吸収液とした。

[0098] [実施例2-16]

実施例2-16では、実施例2-1に対して、（a）等級が異なるアミノ基を含有するジアミン（a成分）としてN，N-ジエチル-1，3-プロパンジアミンを用い、（e）鎖状モノアミン（e成分）としてN-メチルジエタノールアミン及びN-エチルアミノエタノールを用いた以外は同様の組成の吸収液とした。

[0099] [実施例 2-17]

実施例 2-17 では、実施例 2-1 に対して、(a) 等級が異なるアミノ基を含有するジアミン (a 成分) として N, N-ジエチル-1, 3-プロパンジアミンを用い、(e) 鎖状モノアミン (e 成分) として N-メチルジエタノールアミン及び N-ブチルアミノエタノールを用いた以外は同様の組成の吸収液とした。

[0100] [実施例 2-18]

実施例 2-18 では、実施例 2-1 に対して、(a) 等級が異なるアミノ基を含有するジアミン (a 成分) として N, N-ジエチル-1, 3-プロパンジアミンを用い、(e) 鎖状モノアミン (e 成分) として N-エチルジエタノールアミン及び 2-アミノ-2-メチル-1-プロパノールを用いた以外は同様の組成の吸収液とした。

[0101] [実施例 2-19]

実施例 2-19 では、実施例 2-1 に対して、(a) 等級が異なるアミノ基を含有するジアミン (a 成分) として N, N-ジエチル-1, 3-プロパンジアミンを用い、(e) 鎖状モノアミン (e 成分) として N-エチルジエタノールアミン及び N-エチルアミノエタノールを用いた以外は同様の組成の吸収液とした。

[0102] [実施例 2-20]

実施例 2-20 では、実施例 2-1 に対して、(a) 等級が異なるアミノ基を含有するジアミンとして 1-エチルピペラジンを用い、(e) 鎖状モノアミン (e 成分) として N-エチルジエタノールアミン及び N-エチルアミノエタノールを用いた以外は同様の組成の吸収液とした。

[0103] [実施例 2-21]

実施例 2-21 では、実施例 2-1 に対して、(a) 等級が異なるアミノ基を含有するジアミン (a 成分) として N, N-ジエチル-1, 3-プロパンジアミンを用い、(e) 鎖状モノアミン (e 成分) として N-エチルジエタノールアミン及び N-ブチルアミノエタノールを用いた以外は同様の組成

の吸収液とした。

[0104] [実施例 2-22]

実施例 2-22 では、実施例 2-1 に対して、(a) 等級が異なるアミノ基を含有する N, N, N'-トリエチル-1, 3-プロパンジアミンを用い、(e) 鎖状モノアミン (e 成分) として 4-ジメチルアミノ-1-ブタノール及び 2-アミノ-2-メチル-1-プロパノールを用いた以外は同様の組成の吸収液とした。

[0105] [実施例 2-23]

実施例 2-23 では、実施例 2-1 に対して、(e) 鎖状モノアミン (e 成分) として 4-ジメチルアミノ-1-ブタノール及び 2-アミノ-2-メチル-1-プロパノールを用いた以外は同様の組成の吸収液とした。

[0106] 上記実施例のそれぞれについてリボイラ熱量削減率を測定した。実施条件は、実施例 1-1 ~ 実施例 1-14 と同様とした。

各実施例について、実施例のリボイラ熱量削減率を算出した結果を図 3 に示す。

[0107] 図 3 に示す結果から、実施例 2-1 ~ 実施例 2-23 の吸収液は、従来の方法に対し、省エネ性に優れた吸収液を提供可能であり、CO₂回収熱量の低減が図れることが分かった。具体的には、リボイラ熱量を、従来よりも約 10% ~ 約 16% 削減できることが分かった。

[0108] 実施例 2-1、実施例 2-11、および実施例 2-23 について、比較例として、(e) 鎖状モノアミンを含まず、(a) 等級が異なるアミノ基を含有するジアミン、(b) 等級が同じアミノ基を含有する環状ジアミン、および (c) 上記の化学式 (1) で表される環状化合物が実施例と同じ成分であり、(b) 等級が同じアミノ基を含有する環状ジアミンおよび (c) 上記の化学式 (1) で表される環状化合物は濃度も実施例と同じであり、(a) 等級が異なるアミノ基を含有するジアミン濃度を (e) 鎖状モノアミン濃度削減分増加させて、(d) 水以外の成分濃度合計を実施例と同濃度とし、実施例に対応する濃度に設定した。

各実施例について、比較例に対する実施例 2-1、実施例 2-11、および実施例 2-23 のリボイラ熱量削減率を算出した結果を図 4 に示す。

図 4 に示す結果から、比較例に対する実施例 2-1、実施例 2-11、および実施例 2-23 の熱量削減率は約 5 ～ 約 9 % であり、(e) 鎖状モノアミンを含む配合により、リボイラ熱量のさらなる削減を図ることができることが分かった。

[0109] 実施例 2-15、実施例 2-21、および実施例 2-23 について、モノエタノールアミン 30 質量%の比較例に対する実施例の吸収液流量削減率を算出した結果を図 5 に示す。

図 5 に示す結果から、比較例に対する実施例 2-15、実施例 2-21、および実施例 2-23 の吸収液流量削減率は約 16 ～ 約 37 % であり、吸収液熱量の顕著な削減により設備のコンパクト化も図ることができることが分かった。

[0110] <付記>

各実施形態に記載の複合アミン吸収液は、例えば、以下のように把握される。

[0111] (1) 第 1 の態様に係る複合アミン吸収液は、ガス中の CO_2 及び H_2S の少なくとも一方を吸収する複合アミン吸収液であって、(a) 等級が異なるアミノ基を含有するジアミンと、(b) 等級が同じアミノ基を含有する環状ジアミンと、(c) 上記の化学式 (1) で表される環状化合物と、(d) 水と、を含む。

[0112] 上記構成によれば、省エネ性に優れた複合アミン吸収液を提供可能であり、 CO_2 回収熱量の低減が図れる。

[0113] (2) 第 2 の態様に係る複合アミン吸収液は、さらに、(e) 鎖状モノアミンを含む。

[0114] 上記構成によれば、第 1 の態様よりも省エネ性に優れた複合アミン吸収液を提供可能であり、 CO_2 回収熱量の低減が図れる。

[0115] (3) 第 3 の態様に係る複合アミン吸収液は、前記 (a) 等級が異なるアミ

ノ基を含有するジアミンは、3級アミノ基を含有するジアミンの少なくとも一種を含む。

[0116] 上記構成によれば、省エネ性に優れた複合アミン吸収液を提供可能であり、CO₂回収熱量の低減が図れる。

[0117] (4) 第4の態様に係る複合アミン吸収液は、前記(a)等級が異なるアミノ基を含有するジアミンは、上記の化学式(2)で表される環状ジアミンの少なくとも一種を含む。

[0118] 上記構成によれば、省エネ性に優れた複合アミン吸収液を提供可能であり、CO₂回収熱量の低減が図れる。

[0119] (5) 第5の態様に係る複合アミン吸収液は、前記(a)等級が異なるアミノ基を含有するジアミンは、上記の化学式(3)で表される鎖状ジアミンの少なくとも一種を含む。

[0120] 上記構成によれば、省エネ性に優れた複合アミン吸収液を提供可能であり、CO₂回収熱量の低減が図れる。

[0121] (6) 第6の態様に係る複合アミン吸収液は、前記(b)等級が同じアミノ基を含有する環状ジアミンは、上記の化学式(4)で表される環状ジアミンの少なくとも一種を含む。

[0122] 上記構成によれば、省エネ性に優れた複合アミン吸収液を提供可能であり、CO₂回収熱量の低減が図れる。

[0123] (7) 第7の態様に係る複合アミン吸収液は、(e)鎖状モノアミンは、1級アミノ基を含有する鎖状モノアルカノールアミン、2級アミノ基を含有する鎖状モノアルカノールアミン及び3級アミノ基を含有する鎖状モノアルカノールアミンの少なくとも一種を含む。

[0124] 上記構成によれば、省エネ性に優れた複合アミン吸収液を提供可能であり、CO₂回収熱量の低減が図れる。

[0125] (8) 第8の態様に係る複合アミン吸収液は、前記(a)等級が異なるアミノ基を含有するジアミンと、前記(b)等級が同じアミノ基を含有する環状ジアミンと、前記(c)下記の化学式(1)で表される環状化合物と、の合

計濃度は、吸収液全体の20質量%以上80質量%以下である。

[0126] 上記構成によれば、各成分の合計濃度を、上記の範囲とすることで吸収液として良好に機能させることができる。

[0127] (9) 第9の態様に係る複合アミン吸収液は、前記(a)等級が異なるアミノ基を含有するジアミンと、前記(b)等級が同じアミノ基を含有する環状ジアミンと、前記(c)下記の化学式(1)で表される環状化合物と、前記(e)鎖状モノアミンと、の合計濃度は、吸収液全体の20質量%以上80質量%以下である。

[0128] 上記構成によれば、各成分の合計濃度を、上記の範囲とすることで吸収液として良好に機能させることができる。

符号の説明

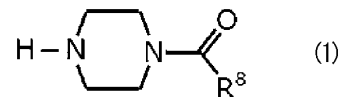
- [0129] 12 CO₂回収装置
13 産業燃焼設備
14 排ガス
16 排ガス冷却装置
17 CO₂吸収液(リーン溶液)
18 CO₂吸収塔
19 CO₂を吸収したCO₂吸収液(リッチ溶液)
20 吸収液再生塔
21 洗浄水

請求の範囲

【請求項1】 ガス中の CO_2 及び H_2S の少なくとも一方を吸収する複合アミン吸収液であって、

- (a) 等級が異なるアミノ基を含有するジアミンと、
- (b) 等級が同じアミノ基を含有する環状ジアミンと、
- (c) 下記の化学式(1)で表される環状化合物と、
- (d) 水と、を含む、複合アミン吸収液。

【化1】



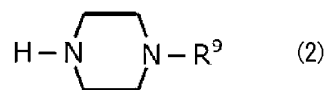
(式中、 R^8 は、水素またはメチル基である。)

【請求項2】 さらに、(e) 鎖状モノアミンを含む、請求項1に記載の複合アミン吸収液。

【請求項3】 前記(a)等級が異なるアミノ基を含有するジアミンは、3級アミノ基を含有するジアミンの少なくとも一種を含む、請求項1に記載の複合アミン吸収液。

【請求項4】 前記(a)等級が異なるアミノ基を含有するジアミンは、下記の化学式(2)で表される環状ジアミンの少なくとも一種を含む、請求項1に記載の複合アミン吸収液。

【化2】



(式中、 R^9 は、炭素数1～4の炭化水素基である。)

【請求項5】 前記(a)等級が異なるアミノ基を含有するジアミンは、下記の化学式(3)で表される鎖状ジアミンの少なくとも一種を含む、請求項1に記載の複合アミン吸収液。

[化3]

$$\begin{array}{c} \text{H} \\ | \\ \text{N} - \text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2 - \text{N} \\ / \quad \backslash \quad \quad \quad / \quad \backslash \\ \text{R}^1 \quad \quad \quad \text{R}^2 \quad \text{R}^3 \end{array} \quad (3)$$

(式中、R¹は、水素または炭素数1～4の炭化水素基、R²、R³は、炭素数1～4の炭化水素基である。)

〔請求項6〕 前記（b）等級が同じアミノ基を含有する環状ジアミンは、下記の化学式（4）で表される環状ジアミンの少なくとも一種を含む、請求項1に記載の複合アミン吸収液。

[化4]

$$\begin{array}{c} R^5 \quad R^4 \\ \diagdown \quad \diagup \\ H-N \quad N-H \\ \diagup \quad \diagdown \\ R^6 \quad R^7 \end{array} \quad (4)$$

(式中、 $R^4 \sim R^7$ は、水素またはメチル基である。)

〔請求項7〕 (e) 鎖状モノアミンは、1級アミノ基を含有する鎖状モノアルカノールアミン、2級アミノ基を含有する鎖状モノアルカノールアミン及び3級アミノ基を含有する鎖状モノアルカノールアミンの少なくとも一種を含む、請求項2に記載の複合アミン吸収液。

[請求項8] 前記（a）等級が異なるアミノ基を含有するジアミンと、前記（b）等級が同じアミノ基を含有する環状ジアミンと、前記（c）下記の化学式（1）で表される環状化合物と、の合計濃度は、吸収液全体の20質量%以上80質量%以下である、請求項1に記載の複合アミン吸収液。

[請求項9] 前記（a）等級が異なるアミノ基を含有するジアミンと、前記（b）等級が同じアミノ基を含有する環状ジアミンと、前記（c）下記の化学式（１）で表される環状化合物と、前記（e）鎖状モノアミンと、の合計濃度は、吸収液全体の２０質量％以上８０質量％以下である

、請求項 2 に記載の複合アミン吸収液。