高校化学 L01 第 155 講 アミン

この講でできるようになること

- アミンの構造をアンモニアとの関係から説明できる。
- 第一級アミン・第二級アミン・第三級アミンを、窒素原子に結合する炭化水素基の数から区別できる。
- アミンが弱塩基として働く理由を、窒素原子の非共有電子対と水素イオンの受容から説明できる。
- アミンと酸の反応による塩形成、塩からアミンが遊離する変化を化学反応式で表せる。

アミンとは何か

アミンとは、アンモニア NH_3 の水素原子を炭化水素基で置き換えた構造をもつ化合物である。アンモニアの窒素原子に結合している水素の一部または全部が、炭化水素基に置き換わったものとして考える。

炭化水素基とは、炭素と水素からなる部分であり、代表例としてメチル基 CH_3- がある。例えば、アンモニアの水素 1 個をメチル基で置き換えるとメチルアミン CH_3NH_2 となる。

アミンの性質を理解するには、窒素原子の周囲の結合状態を見ることが重要である。中性のアミンでは、窒素原子は 3 本の結合をつくり、さらに結合には使われていない非共有電子対を 1 組もつ。

窒素原子の非共有電子対は、水素イオン H^+ を受け取る働きをする。このため、アミンは塩基として働く。

アミンの級数

アミンは、窒素原子に結合している炭化水素基の数によって第一級・第二級・第三級に分類する。この分類は、アミン分子全体にある NH_2 の有無で決めるものではない。

第一級アミンは、窒素原子に炭化水素基が 1 個結合したアミンである。代表例はメチルアミン CH_3NH_2 であり、窒素原子には 1 個の炭化水素基と 2 個の水素原子が結合している。

第二級アミンは、窒素原子に炭化水素基が 2 個結合したアミンである。代表例はジメチルアミン $(CH_3)_2NH$ であり、窒素原子には 2 個の炭化水素基と 1 個の水素原子が結合している。

第三級アミンは、窒素原子に炭化水素基が 3 個結合したアミンである。代表例はトリメチルアミン $(CH_3)_3N$ であり、窒素原子には 3 個の炭化水素基が結合している。

級数は、窒素原子につながる炭化水素基の数を見ることで判断する。級数は構造の分類であり、級数だけから水中での塩基性の強さを決めることはできない。

©ミライコーチング

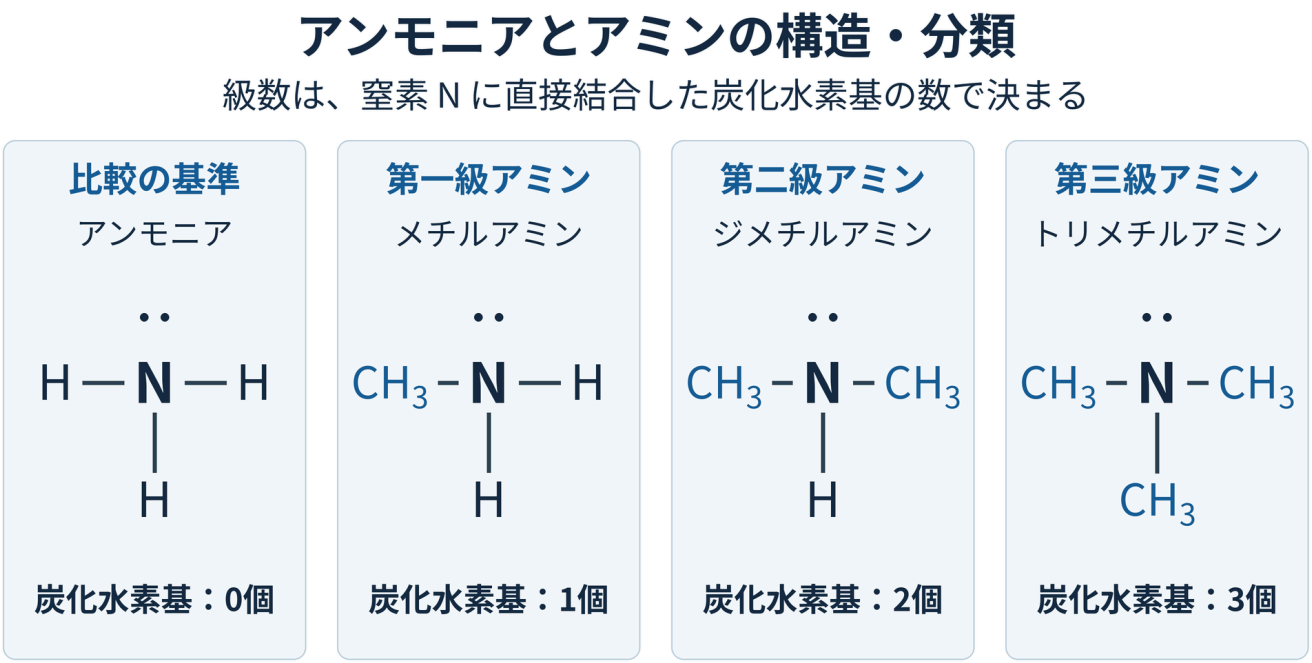


図 1　窒素原子に結合する炭化水素基の数で級数を区別する。

アミンの塩基性

アミンは水中で一部が水素イオンを受け取り、水酸化物イオンを生じる。この反応は可逆的であり、弱塩基として平衡状態になる。

例えばメチルアミンでは、次のような反応が起こる。

$$CH_3NH_2 + H_2O \rightleftharpoons CH_3NH_3^+ + OH^-$$

この反応では、メチルアミンの窒素原子にある非共有電子対が、水分子から H^+ を受け取る。その結果、メチルアンモニウムイオン $CH_3NH_3^+$ と水酸化物イオン OH^- が生じる。

アミンが塩基性を示す理由は、分子中にもともと水酸化物イオン OH^- が含まれているからではない。窒素原子の非共有電子対が水素イオンを受け取ることによって、水溶液中で OH^- が増えるためである。

アミンは強塩基ではなく、一部の分子だけが反応する弱塩基である。そのため、反応は一方向に完全には進まず、左辺と右辺が共存する平衡状態になる。

©ミライコーチング

酸との反応と塩の形成

アミンは酸と反応すると、水素イオンを受け取って陽イオンとなり、酸の陰イオンと組み合わさって塩をつくる。

メチルアミンと塩酸の反応では、次のようになる。

$CH_3NH_2 + HCl \rightarrow CH_3NH_3^+Cl^-$

この反応では、メチルアミン 1 分子が塩酸から水素イオン 1 個を受け取るため、反応比は 1:1 である。

生成した塩では、塩化物イオン Cl^- が窒素原子に共有結合しているわけではない。この塩はメチルアンモニウムイオン $CH_3NH_3^+$ と塩化物イオン Cl^- からなり、固体ではイオン間の静電気的な引力によって結びついている。

塩からアミンを遊離する反応

アミンの塩に強塩基を加えると、受け取っていた水素イオンが取り除かれ、もとのアミンが再び生じる。

メチルアンモニウムイオンでは、次の反応が起こる。

$CH_3NH_3^+ + OH^- \rightarrow CH_3NH_2 + H_2O$

この反応では、水酸化物イオン OH^- がメチルアンモニウムイオンから水素イオンを受け取り、水ができる。その結果、電荷をもたないメチルアミンが遊離する。

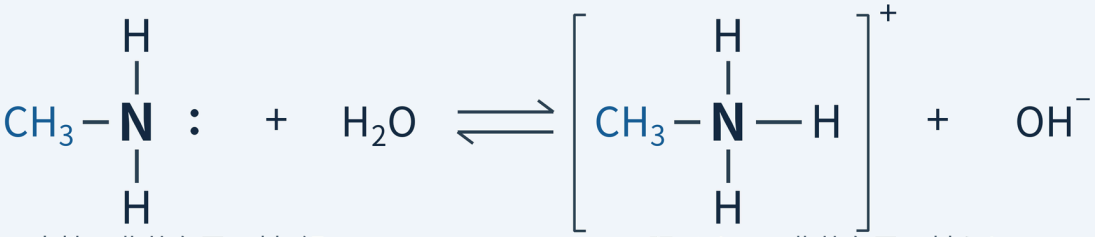
アミンの塩形成と遊離は、窒素原子が水素イオンを受け取れるかどうかによって説明できる。中性のアミンでは窒素原子の非共有電子対が水素イオンとの結合に使われ、受け取った後は窒素原子が 4 本の結合をもち、正電荷をもつ状態になる。

©ミライコーチング

アミンの塩基性と塩からの遊離

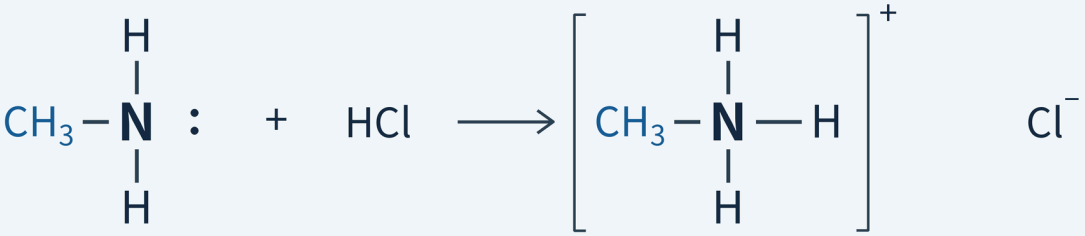
非共有電子対で水素イオンを受け取り、N は3結合から4結合へ

① 水との反応：弱塩基なので一部が反応し、平衡になる



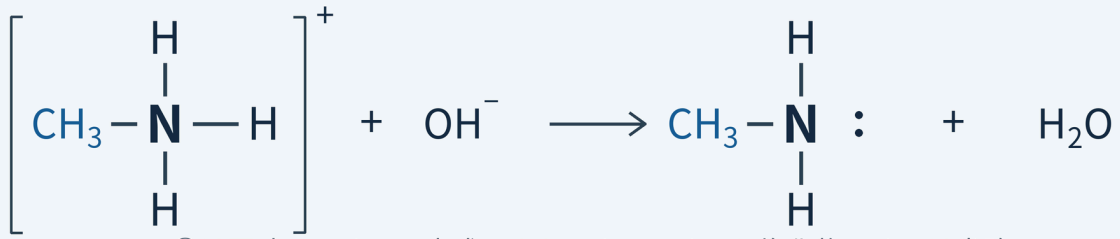
中性：非共有電子対1組　　陽イオン：非共有電子対なし

② 塩酸を加える：メチルアンモニウム塩をつくる



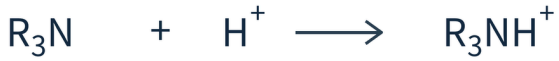
塩の塩化物イオンは対イオンであり、N と共有結合しない

③ 強塩基（NaOH など）を加える：遊離アミンに戻る



③は正味のイオン反応式。ナトリウムイオンと塩化物イオンは省略

第三級アミンも水素イオンを受け取れる



R：炭化水素基

図 2　水素イオンの受け渡しにより塩形成とアミンの遊離が起こる。

例題

例題 1

問題

(1) 次のアミンを第一級・第二級・第三級アミンに分類し、それぞれについて窒素原子に直接結合する炭化水素基の数と結合状態から理由を説明せよ。

CH_3NH_2

$(CH_3)_2NH$

$(CH_3)_3N$

(2) メチルアミン CH_3NH_2 が水中で弱塩基性を示す理由を説明せよ。また、水との反応を平衡式で示せ。

解答・解説

(1)

アミンの級数は、窒素原子に直接結合している炭化水素基の数によって決まる。

CH_3NH_2 は、窒素原子に炭化水素基である CH_3- が 1 個結合しているため、第一級アミンである。窒素原子には 1 個の炭化水素基と 2 個の水素原子が結合している。

$(CH_3)_2NH$ は、窒素原子に炭化水素基である CH_3- が 2 個結合しているため、第二級アミンである。窒素原子には 2 個の炭化水素基と 1 個の水素原子が結合している。

$(CH_3)_3N$ は、窒素原子に炭化水素基である CH_3- が 3 個結合しているため、第三級アミンである。窒素原子には 3 個の炭化水素基が結合している。

したがって、分類は次のようになる。

化合物	分類	N に直接結合する炭化水素基の数
CH_3NH_2	第一級アミン	1 個
$(CH_3)_2NH$	第二級アミン	2 個
$(CH_3)_3N$	第三級アミン	3 個

級数は $-NH_2$ の有無ではなく、窒素原子に結合する炭化水素基の数で判断する。

(2)

メチルアミンが塩基性を示すのは、窒素原子がもつ非共有電子対が水素イオン H^+ を受け取ることができるためである。

水中では、水分子から H^+ をメチルアミンが受け取り、メチルアンモニウムイオンと水酸化物イオンが生じる。

$CH_3NH_2 + H_2O \rightleftharpoons CH_3NH_3^+ + OH^-$

この反応は一部だけ進むため、メチルアミンは弱塩基として働く。

メチルアミンがもともと OH^- を含んでいるため塩基性を示すのではない。メチルアミンが水分子から水素イオンを受け取る反応によって、水溶液中の OH^- が増えるためである。

例題 2

問題

純粋なメチルアミン CH_3NH_2 0.620g を完全に中和する。メチルアミンのモル質量は $31.0\ \mathrm{g\,mol^{-1}}$、使用する塩酸の濃度は $0.200\ \mathrm{mol\,L^{-1}}$ である。

(1) メチルアミンと塩酸の反応式を示し、必要な塩酸の体積を求めよ。有効数字は 3 桁とする。

(2) 生成したメチルアンモニウム塩の水溶液に十分な量の NaOH を加えたときの正味イオン反応式を示し、アミンが遊離する理由を説明せよ。

解答・解説

(1)

メチルアミンは塩酸から水素イオン H^+ を 1 個受け取るため、反応比は 1:1 である。

$CH_3NH_2 + HCl \rightarrow CH_3NH_3^+Cl^-$

まず、メチルアミンの物質量を求める。

CH_3NH_2 の物質量は$0.620 \div 31.0 = 0.0200\ \mathrm{mol}$である。

反応比が 1:1 であるため、必要な塩酸の物質量も

$0.0200\ \mathrm{mol}$となる。

塩酸の濃度は $0.200\ \mathrm{mol\,L^{-1}}$ であるため、必要な体積は$0.0200 \div 0.200 = 0.100\ \mathrm{L}$となる。

$0.100\ \mathrm{L} = 100\ \mathrm{mL}$より、必要な塩酸の体積は有効数字 3 桁で

$1.00 \times 10^2\ \mathrm{mL}$である。

(2)

メチルアンモニウム塩に含まれるメチルアンモニウムイオンは、水素イオンを受け取った状態である。強塩基である水酸化物イオンを加えると、水素イオンが取り除かれ、メチルアミンが遊離する。

正味イオン反応式は$CH_3NH_3^+ + OH^- \rightarrow CH_3NH_2 + H_2O$である。

この反応では、OH^- がメチルアンモニウムイオンから水素イオンを受け取り、水になる。その結果、窒素原子は再び中性のアミンの状態となる。

なお、塩酸との反応で生じた Cl^- は、窒素原子に共有結合しているわけではない。NaOH が供給する OH^- が $CH_3NH_3^+$ から水素イオンを受け取るため、メチルアミンが遊離する。

演習問題

演習 1

(1) 次のアミンを第一級・第二級・第三級アミンに分類し、それぞれの判定根拠を窒素原子に直接結合する炭化水素基の数から説明せよ。

$CH_3CH_2NH_2$

$(CH_3)_2NH$

$(CH_3)_3N$

(2) 「全てのアミンは $-NH_2$ を持つ」という説明が正しいか答えよ。具体例を挙げ、窒素原子の結合状態から理由を説明せよ。

演習 2

(1) メチルアミン CH_3NH_2 が水中で示す反応を平衡式で示し、弱塩基性を示す理由を説明せよ。

(2) 中性のメチルアミン CH_3NH_2 とメチルアンモニウムイオン $CH_3NH_3^+$ について、窒素原子の結合数・非共有電子対・電荷の違いを説明せよ。

演習 3

純粋なメチルアミン CH_3NH_2 0.310g を、濃度 0.100 $\mathrm{mol\,L^{-1}}$ の塩酸で完全に中和する。メチルアミンのモル質量は 31.0 $\mathrm{g\,mol^{-1}}$ である。

(1) メチルアミンの物質量を求め、メチルアミンと塩酸の反応式を示せ。

(2) 完全中和に必要な塩酸の体積を求めよ。有効数字は 3 桁とする。

演習 4

メチルアンモニウム塩を含む水溶液に十分な量の NaOH を加えた。

正味イオン反応式を示し、アミンが遊離する理由を説明せよ。

ただし、塩の Cl^- は窒素原子と共有結合しているものではない。

演習 5

「第三級アミンは第一級アミンより必ず水中で強い塩基である」という説明が正しいか答えよ。

アミンの級数が表す内容と、水中での塩基性の強さが決まることの違いを説明せよ。

©ミライコーチング

演習問題の解答・解説

解答 1

(1)

アミンの級数は、窒素原子に直接結合している炭化水素基の数で分類する。

$CH_3CH_2NH_2$ は、窒素原子にエチル基 CH_3CH_2- が 1 個結合しているため、第一級アミンである。

$(CH_3)_2NH$ は、窒素原子にメチル基 CH_3- が 2 個結合しているため、第二級アミンである。

$(CH_3)_3N$ は、窒素原子にメチル基 CH_3- が 3 個結合しているため、第三級アミンである。

したがって、分類は次の通りである。

化合物	分類	N に直接結合する炭化水素基の数
$CH_3CH_2NH_2$	第一級アミン	1 個
$(CH_3)_2NH$	第二級アミン	2 個
$(CH_3)_3N$	第三級アミン	3 個

(2)

「全てのアミンは $-NH_2$ を持つ」という説明は正しくない。

例えば、第二級アミンである $(CH_3)_2NH$ は、窒素原子に 2 個の炭化水素基と 1 個の水素原子が結合しているため、$-NH_2$ の形を持たない。

また、第三級アミンである $(CH_3)_3N$ は、窒素原子に 3 個の炭化水素基が結合しており、水素原子は結合していない。

アミンの分類は $-NH_2$ の有無ではなく、窒素原子に直接結合する炭化水素基の数によって決まる。

©ミライコーチング

解答 2

(1)

メチルアミンは、窒素原子の非共有電子対によって水分子から水素イオン H^+ を受け取る。

水中では次の平衡が成立する。

$CH_3NH_2 + H_2O \rightleftharpoons CH_3NH_3^+ + OH^-$

メチルアミンの全てが反応するわけではなく、一部だけが水素イオンを受け取るため、弱塩基として働く。

また、メチルアミンが塩基性を示す理由は、もともと OH^- を含んでいるためではない。メチルアミンが窒素原子の非共有電子対によって水分子から水素イオンを受け取ることで、水溶液中に OH^- が生じるためである。

(2)

中性のメチルアミン CH_3NH_2 では、窒素原子は 3 本の結合をもち、非共有電子対を 1 組もつ。

一方、メチルアンモニウムイオン $CH_3NH_3^+$ では、水素イオンを受け取ったことで窒素原子の結合数は 4 本になる。4 本目の結合には非共有電子対が使われるため、非共有電子対はなくなり、窒素原子は正電荷をもつ。

物質	N の結合数	非共有電子対	電荷
CH_3NH_2	3 本	1 組あり	0
$CH_3NH_3^+$	4 本	なし	正電荷

解答 3

(1)

メチルアミンの物質量を求める。

メチルアミンの質量は 0.310g、モル質量は $31.0\ \mathrm{g\,mol^{-1}}$ であるため、$0.310 \div 31.0 = 0.0100\ \mathrm{mol}$となる。

メチルアミンと塩酸は、水素イオンの受け渡しが 1:1 で反応する。

$CH_3NH_2 + HCl \rightarrow CH_3NH_3^+Cl^-$

したがって、完全中和に必要な塩酸の物質量も

$0.0100\ \mathrm{mol}$である。

(2)

塩酸の濃度は $0.100\ \mathrm{mol\,L^{-1}}$ であるため、必要な塩酸の体積を求める。

体積を V とすると、$0.100 \times V = 0.0100$より、

$V = 0.0100 \div 0.100$

$V = 0.100\ \mathrm{L}$となる。

$0.100\ \mathrm{L} = 1.00 \times 10^2\ \mathrm{mL}$であるため、有効数字 3 桁で必要な塩酸の体積は$1.00 \times 10^2\ \mathrm{mL}$である。

解答 4

メチルアンモニウム塩の水溶液に NaOH を加えると、水酸化物イオン OH^- がメチルアンモニウムイオンから水素イオンを受け取る。

正味イオン反応式は、$CH_3NH_3^+ + OH^- \rightarrow CH_3NH_2 + H_2O$である。

この反応によって、窒素原子は受け取っていた水素イオンを失い、非共有電子対をもつ中性のメチルアミンへ戻る。そのため、アミンが遊離する。

また、塩に含まれる Cl^- は窒素原子と共有結合しているわけではない。Cl^- はこの反応で変化しないため、正味イオン反応式には含めない。

解答 5

「第三級アミンは第一級アミンより必ず水中で強い塩基である」という説明は正しくない。

アミンの級数は、窒素原子に直接結合している炭化水素基の数による構造上の分類である。第一級・第二級・第三級という名称だけから、水中での塩基性の強さを単純に順位づけることはできない。

水中での塩基性の強さは、窒素原子が水素イオンを受け取りやすいかどうかに関係し、周囲の構造や水中での状態なども影響する。

したがって、「第三級だから必ず第一級より強い塩基である」とは言えない。