高校化学 L01 第 22 講 電子式・分子の形と配位結合

この講でできるようになること

- 電子式を用いて、共有電子対と非共有電子対を区別して示せる。
- 中心原子のまわりの電子対と、CH_4・NH_3・H_2O の基本的な分子の形を対応させられる。
- 配位結合を、一方の原子が非共有電子対を提供してできる共有結合として説明できる。
- NH_4^+と H_3O^+の生成について、共有電子対と非共有電子対の変化を説明できる。

電子式で価電子を表す

電子式

元素記号の周囲に、価電子を点で示した表し方を**電子式**という。
点 1 つは電子 1 個を表し、2 個の電子が一組になったものを**電子対**という。

価電子の総数を確かめる

電子式を書くときは、まず原子がもつ価電子の総数を確認する。
本講で用いる代表的な原子の価電子数は次の通りである。

原子	価電子数
H	1
C	4
N	5
O	6

分子全体で使える価電子の総数は、含まれる各原子の価電子数を合計して考える。
たとえば CH_4では、C の価電子 4 個と H4 個の価電子を合わせるので、価電子の総数は
$4 + 4 \times 1 = 8$
個である。

共有電子対と非共有電子対

2 原子が共有して結合をつくっている 1 組の電子を**共有電子対**、または**結合電子対**という。
電子対のうち、結合には使われず主に 1 つの原子に属しているものを**非共有電子対**という。

CH_4・NH_3・H_2O の電子式

共有する電子と共有しない電子を数える

CH_4、NH_3、H_2O では、中心原子のまわりの共有電子対と非共有電子対の数が異なる。

©ミライコーチング

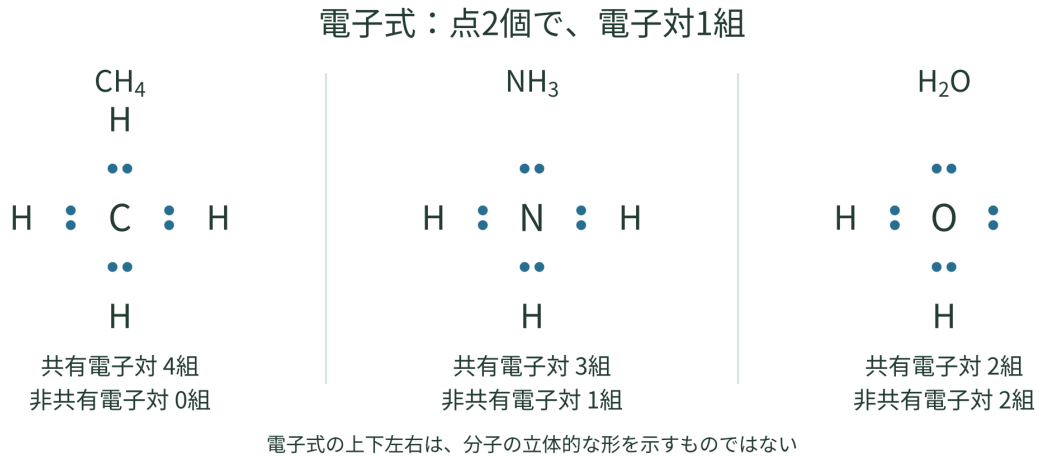

図 1　CH_4・NH_3・H_2O の電子式

分子	価電子の総数	共有電子対	中心原子の非共有電子対
CH_4	8	4 組	0 組
NH_3	8	3 組	1 組
H_2O	8	2 組	2 組

CH_4では 4 組の共有電子対があり、C に非共有電子対はない。
NH_3では 3 組の共有電子対があり、N に非共有電子対が 1 組ある。
H_2O では 2 組の共有電子対があり、O に非共有電子対が 2 組ある。
共有されている電子は 2 原子の両方の周囲にある電子として考えるが、分子全体の電子数を数えるときに同じ電子を 2 回数えてはいけない。

電子式の確認

代表的な CH_4、NH_3、H_2O では、各 H のまわりを電子 2 個、C・N・O のまわりを電子 8 個が取り囲む配置として考えられる。
電子式では、もとの価電子総数を保ったまま、共有電子対と非共有電子対を配置することが重要である。

電子対と分子の形

電子式の平面配置と分子の立体形を区別する

電子式は、電子の共有関係を紙面上で分かりやすく表したものであり、その配置がそのまま実際の分子の立体形を表すわけではない。
中心原子のまわりにある電子対は、互いの反発を小さくするような方向に配置される。
CH_4、NH_3、H_2O では、中心原子のまわりにある電子対の合計はいずれも 4 組である。しかし、非共有電子対は原子そのものではないため、分子の形は原子核の配置を見て区別する。

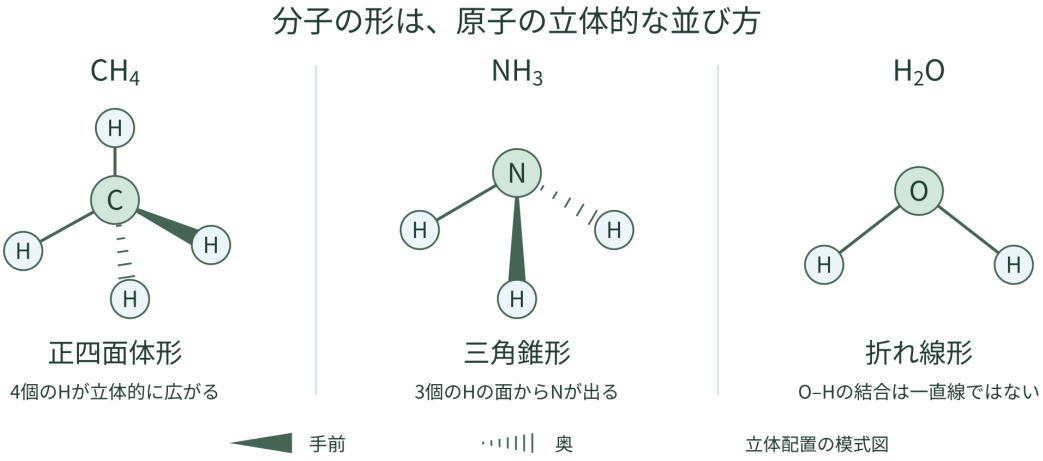

図 2　原子の配置で表す分子の形（模式図）

三つの分子の形

分子	中心原子の共有電子対	中心原子の非共有電子対	分子の形
CH_4	4 組	0 組	正四面体形
NH_3	3 組	1 組	三角錐形
H_2O	2 組	2 組	折れ線形

中心原子のまわりの電子対が 4 組であることと、分子の形がすべて正四面体形になることは同じ意味ではない。

配位結合

配位結合

一方の原子がもつ**非共有電子対 1 組を提供し、その電子対を 2 原子で共有してできる共有結合**を配位結合という。
結合ができる過程では電子対の出どころが一方の原子に偏っているが、できた後は共有結合として扱う。

NH_4^+のでき方

NH_3の非共有電子対を H^+との結合に使う

NH_3では、N に非共有電子対が 1 組ある。
H^+は電子をもたない水素イオンである。NH_3の N がもつ非共有電子対 1 組をH^+との結合に使うと、NH_4^+ができる。

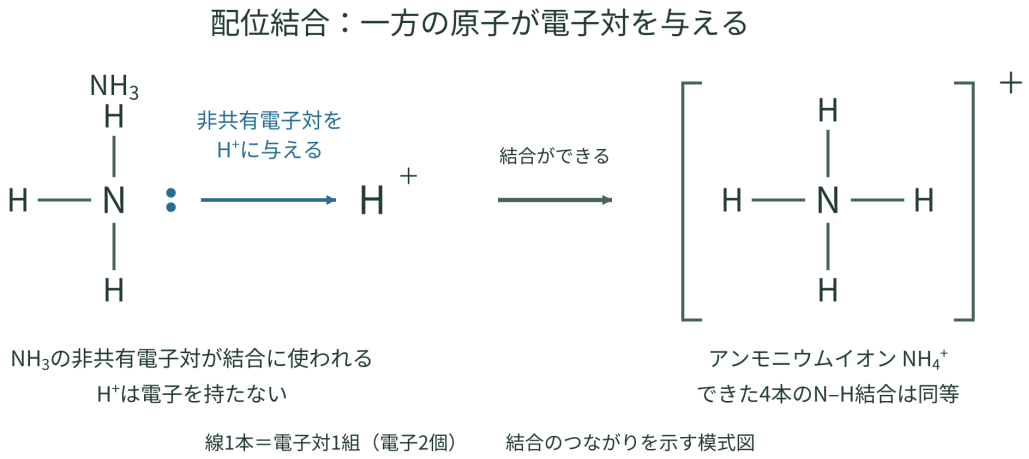

図 3　NH_3の電子対提供による NH_4^+の生成（結合関係の模式図）

図では線 1 本が共有電子対 1 組による結合を表す。
NH_4^+の価電子総数は、
$5 + 4 \times 1 - 1 = 8$
個である。
NH_4^+では共有電子対が 4 組あり、N の非共有電子対は 0 組となる。
配位結合としてできた N-H 結合も、生成したNH_4^+の中ではほかの N-H 結合と等価である。1 本だけが永久に別種類の結合として残るわけではない。
NH_4^+の原子の配置は正四面体形である。

H_3O^+のでき方

H_2O の非共有電子対 1 組を使う

H_2O では、O に非共有電子対が 2 組ある。
そのうち 1 組をH^+との結合に使うと、**オキソニウムイオン**H_3O^+ができる。
H_3O^+の価電子総数は、
$6 + 3 \times 1 - 1 = 8$
個である。
生成後のH_3O^+では、共有電子対が 3 組、O の非共有電子対が 1 組ある。
H_2O がもっていた非共有電子対 2 組のうち、結合に使われるのは 1 組なので、非共有電子対が 0 組になるわけではない。
H_3O^+の原子の配置は三角錐形である。

例題

例題 1

CH_4、NH_3、H_2O について、H、C、N、O の価電子数をそれぞれ 1、4、5、6 とする。
1. CH_4、NH_3、H_2O の価電子総数をそれぞれ求めよ。
2. 各分子について、中心原子の共有電子対と非共有電子対の組数を答えよ。

解答・解説

1.
CH_4では、
$4 + 4 \times 1 = 8$
より、価電子総数は **8 個**である。
NH_3では、
$5 + 3 \times 1 = 8$
より、価電子総数は **8 個**である。
H_2O では、
$6 + 2 \times 1 = 8$
より、価電子総数は **8 個**である。
2.
CH_4では、C のまわりに共有電子対が **4 組**、非共有電子対が **0 組**ある。
NH_3では、N のまわりに共有電子対が **3 組**、非共有電子対が **1 組**ある。
H_2O では、O のまわりに共有電子対が **2 組**、非共有電子対が **2 組**ある。
どの分子でも、電子を新しく増やすのではなく、与えられた価電子総数を共有電子対と非共有電子対として配置している。

例題 2

CH_4、NH_3、H_2O では、中心原子のまわりにある電子対の合計はいずれも 4 組である。
1. CH_4、NH_3、H_2O の分子の形をそれぞれ答えよ。
2. 電子対の合計が同じ 4 組なのに分子の形が異なる理由を説明せよ。

解答・解説

1.
CH_4は**正四面体形**、NH_3は**三角錐形**、H_2O は**折れ線形**である。
2.
分子の形は、電子対そのものの位置ではなく、原子核の配置によって表すためである。
CH_4では 4 組すべてが共有電子対なので、中心 C のまわりに H 原子が 4 個配置される。
NH_3では 4 組のうち 1 組が非共有電子対なので、N に結合した H 原子は 3 個である。
H_2O では 4 組のうち 2 組が非共有電子対なので、O に結合した H 原子は 2 個である。
非共有電子対も反発に関わるが、原子として数えるものではない。

©ミライコーチング

例題 3

NH_3の N には非共有電子対が 1 組ある。H^+は電子をもたないものとする。

1. NH_3からNH_4^+ができるとき、N の非共有電子対はどのように使われるか説明せよ。また、生成後の共有電子対数と N の非共有電子対数を答えよ。
2.「NH_4^+の 4 本の N-H 結合のうち、配位結合としてできた 1 本だけは生成後も別種類の結合である」という説明が正しいか答えよ。

解答・解説

1.
NH_3の N がもつ非共有電子対 1 組をH^+との結合に提供し、その電子対を N と H で共有することでNH_4^+ができる。
生成後は共有電子対が **4 組**、N の非共有電子対は **0 組**である。

2.
正しくない。
配位結合は、一方の原子が非共有電子対を提供してできる共有結合である。
結合ができる過程では電子対の出どころが異なるが、生成したNH_4^+では 4 本の N-H 結合は等価である。

演習問題

演習 1

CH_4について、C の価電子数を 4、H の価電子数を 1 とする。

1. CH_4全体の価電子総数を求め、中心 C の共有電子対と非共有電子対の組数を答えよ。
2.「CH_4では 4 本の結合があるので、分子全体には共有電子が 16 個ある」という説明が正しいか答え、理由を説明せよ。

演習 2

NH_3について、N の価電子数を 5、H の価電子数を 1 とする。

1. N のまわりの共有電子対と非共有電子対の組数を答えよ。
2. NH_3の分子の形を答え、電子式を紙面上に描いた形そのものを分子の立体形と考えてはいけない理由を説明せよ。

演習 3

H_2O について、O の価電子数を 6、H の価電子数を 1 とする。

1. H_2O 全体の価電子総数と、O のまわりの共有電子対・非共有電子対の組数を答えよ。
2. H_2O の分子の形を答え、非共有電子対を原子として数えてはいけない理由を説明せよ。

©ミライコーチング

演習 4

NH_3の N には非共有電子対が 1 組あり、H^+は電子をもたないものとする。

1. NH_4^+ができるときの電子対の使われ方を説明し、生成後の共有電子対数と N の非共有電子対数を答えよ。
2. NH_4^+全体の電荷と、4 本の N-H 結合について生成後にどのように扱うか答えよ。

演習 5

H_2O の O には非共有電子対が 2 組ある。そこへH^+が加わってH_3O^+ができる場合について、どの電子対が結合に使われ、生成後の共有電子対数・O の非共有電子対数・分子の形がどうなるか説明せよ。

演習 6

「NH_4^+の 4 本の N-H 結合のうち、配位結合としてできた 1 本だけは共有結合ではない」という説明が正しいか答え、理由を説明せよ。

演習問題の解答・解説

解答 1

1.

CH_4全体の価電子総数は、
$4 + 4 \times 1 = 8$
より **8 個**である。
中心 C の共有電子対は **4 組**、非共有電子対は **0 組**である。

2.

正しくない。
4 本の結合は共有電子対 4 組に対応するので、結合に使われている電子は$4 \times 2 = 8$個である。
同じ共有電子を両方の原子について重複して数えてはいけない。

解答 2

1.

N のまわりには、共有電子対が **3 組**、非共有電子対が **1 組**ある。
NH_3全体の価電子総数は$5 + 3 \times 1 = 8$個であり、その 8 個が 3 組の共有電子対と 1 組の非共有電子対として配置される。

2.

NH_3は**三角錐形**である。
電子式は電子の共有関係を紙面上に表したものであり、その紙面上の点や線の配置が、そのまま原子核の立体的な配置を表しているわけではない。

©ミライコーチング

解答 3

1.

H_2O 全体の価電子総数は、
$6 + 2 \times 1 = 8$
より **8 個**である。
O のまわりには共有電子対が **2 組**、非共有電子対が **2 組**ある。

2.

H_2O は**折れ線形**である。
非共有電子対は電子の組であり、原子ではない。そのため、分子の形を原子核の配置として考えるときに、非共有電子対を 1 個の原子として数えることはできない。

解答 4

1.

NH_3の N がもつ非共有電子対 1 組をH^+との結合に使い、その電子対を N と H で共有することでNH_4^+ができる。
生成後は共有電子対が **4 組**、N の非共有電子対は **0 組**である。

2.

NH_4^+全体の電荷は**+1**である。
配位結合としてできた結合も生成後は共有結合として扱い、NH_4^+の 4 本の N-H 結合は等価である。

解答 5

H_2O の O がもつ非共有電子対 2 組のうち、**1 組**をH^+との結合に使う。
その電子対を O と H で共有することでH_3O^+ができる。
生成後は共有電子対が **3 組**、O の非共有電子対が **1 組**残る。
原子の配置は**三角錐形**である。

解答 6

正しくない。
配位結合は、一方の原子が非共有電子対 1 組を提供してできる**共有結合**である。
NH_4^+ができる過程では 1 本の N-H 結合が N の非共有電子対の提供によって生じるが、生成後は 4 本の N-H 結合は等価な共有結合として扱う。