高校化学 L01 第 16 講 原子半径とイオン化エネルギー

この講でできるようになること

- 周期表上の位置から、原子半径の基本的な大小関係を説明できる。
- 第一イオン化エネルギーの意味を説明し、周期表上での基本的な傾向を判断できる。
- 原子半径と第一イオン化エネルギーの傾向を、原子核と電子の関係から説明できる。
- 実際のデータから、基本傾向とその例外を読み取れる。

原子半径は原子の大きさの目安である

原子半径

原子半径は、原子の大きさを表す目安である。
原子どうしの大きさを比較するときは、同じ定義で求めた原子半径を用いる。

同じ族では下ほど大きくなる

同じ族の中では、下の周期へ進むほど、電子が入る電子殻の数が増える。
たとえば、基底状態にある中性原子 Li と Na の電子配置は次の通りである。

元素	原子番号	電子配置
Li	3	2, 1
Na	11	2, 8, 1

Li では電子が K 殻と L 殻に入り、Na では K 殻・L 殻・M 殻に入っている。
Na の最外殻電子は Li より原子核から遠い電子殻に存在する。また、内側の電子には、原子核が外側の電子を引き付ける作用を弱める**遮蔽**のはたらきがある。
そのため、同族では一般に下へ行くほど原子半径は大きくなる。

同じ周期では右ほど小さくなる

同じ周期を左から右へ進むと、電子は主に同じ電子殻へ加わる一方、陽子数は増えていく。
たとえば、第 3 周期の Na と Cl を比べる。

元素	原子番号	電子配置
Na	11	2, 8, 1
Cl	17	2, 8, 7

Na も Cl も最外殻は M 殻であるが、Cl の方が原子核中の陽子数が多い。そのため、同じ周期では一般に右へ行くほど原子核が電子を強く引き付け、原子半径は小さくなる。
電子数が増えることだけを見て、「右へ行くほど電子が増えるから原子半径も大きくなる」と考えてはいけない。

原子半径の基本傾向

中性原子の典型元素を同じ基準で比べると、原子半径には次の基本傾向がある。

- 同族では、一般に**下へ行くほど大きくなる**。
- 同周期では、一般に**左から右へ行くほど小さくなる**。

これは基本的な傾向であり、あらゆる元素や半径の定義について厳密に単調な変化をするという意味ではない。

©ミライコーチング

第一イオン化エネルギー

第一イオン化エネルギー

第一イオン化エネルギーとは、気体状態の基底状態にある中性原子から電子 1 個を取り去り、1 価の陽イオンにするために必要なエネルギーである。
値が大きいほど電子を取り去りにくく、値が小さいほど電子を取り去りやすい。
1 mol の原子について表した値には、$\mathrm{kJ\,mol^{-1}}$ という単位を用いる。

同じ族では下ほど小さくなる

同族で下へ行くほど、最外殻電子は原子核から遠い電子殻に存在するようになる。また、内側の電子による遮蔽の影響も大きくなる。
そのため、最外殻電子は原子核から取り去られやすくなり、第一イオン化エネルギーは一般に小さくなる。
原子半径が同族で下へ行くほど大きくなることと、第一イオン化エネルギーが小さくなることは、どちらも原子核と最外殻電子の関係から考えられる。

同じ周期では右ほど大きくなる

同じ周期を左から右へ進むと、電子は主に同じ電子殻へ加わる一方、陽子数が増える。
そのため、原子核が外側の電子を引き付ける作用は全体として強くなり、電子を 1 個取り去るために必要なエネルギーも一般に大きくなる。
したがって、第一イオン化エネルギーは同周期で左から右へ進むほど、全体として大きくなる傾向を示す。

原子半径と第一イオン化エネルギー

周期表上の基本傾向を比べると、次のようになる。

比較する方向	原子半径	第一イオン化エネルギー
同族で下へ	大きくなる傾向	小さくなる傾向
同周期で左から右へ	小さくなる傾向	大きくなる傾向

どちらも、原子核と電子の距離や、原子核が電子を引き付ける作用を考えることが重要である。

©ミライコーチング

実際のデータには例外がある

第 3 周期のデータを読む

第 3 周期の Na から Ar までの第一イオン化エネルギーを比べる。

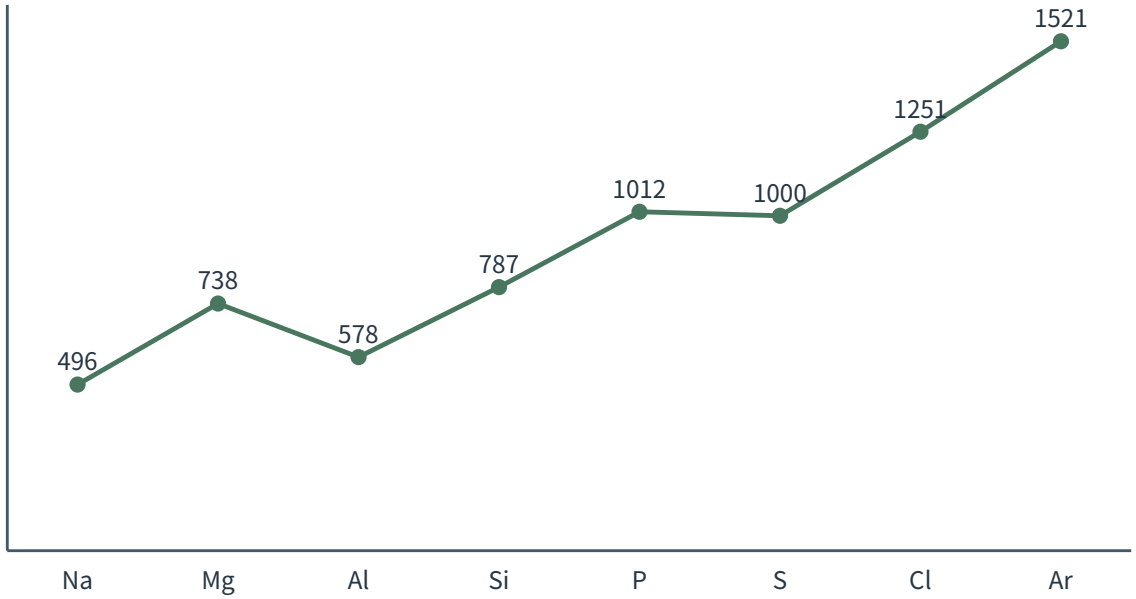


図 1　第 3 周期の第一イオン化エネルギー（kJ mol^{-1}）

対応する値は次の通りである。

元素	第一イオン化エネルギー（kJ mol^{-1}）
Na	496
Mg	738
Al	578
Si	787
P	1012
S	1000
Cl	1251
Ar	1521

全体としては右へ進むほど第一イオン化エネルギーが大きくなる傾向が読み取れる。
ただし、Mg の 738 から Al の 578 へは値が下がり、P の 1012 から S の 1000 へもわずかに下がる。
したがって、「第 3 周期では右隣の元素なら第一イオン化エネルギーが必ず大きい」とは言えない。
周期表から読み取る基本傾向と、実際のデータに見られる例外を区別することが重要である。

©ミライコーチング

例題

例題 1

基底状態にある中性原子 Li、Na、Mg について、次の情報が与えられている。

- Li：原子番号 3、電子配置 2, 1
- Na：原子番号 11、電子配置 2, 8, 1
- Mg：原子番号 12、電子配置 2, 8, 2

1. Li と Na では、どちらの原子半径が大きいと考えられるか。理由とともに答えよ。
2. Na と Mg では、どちらの原子半径が大きいと考えられるか。理由とともに答えよ。

解答・解説

1.
Na の方が大きいと考えられる。
Li と Na は同じ 1 族にあり、Na の方が下の周期にある。Li では電子が 2 つの電子殻に入っているのに対し、Na では 3 つの電子殻に入っている。
そのため、Na の最外殻電子は Li より原子核から遠く、同族では下へ行くほど原子半径が大きくなる基本傾向に合う。

2.
Na の方が大きいと考えられる。
Na と Mg はともに第 3 周期であり、最外殻電子は主に同じ M 殻に存在する。
Mg は Na より陽子数が 1 多く、原子核が電子を引き付ける作用が強くなるため、同周期では一般に右側の Mg の方が原子半径は小さくなる。したがって、Na の方が大きい。

例題 2

第 3 周期の元素について、第一イオン化エネルギーが次のように与えられている。

元素	第一イオン化エネルギー（$\mathrm{kJ\,mol^{-1}}$）
Na	496
Mg	738
Al	578
Si	787
P	1012
S	1000
Cl	1251
Ar	1521

1. Na と Ar では、どちらの方が電子を 1 個取り去りにくいか答えよ。
2.「第 3 周期では、右隣の元素へ進むたびに第一イオン化エネルギーが必ず増加する」という説明が正しいか。データを用いて説明せよ。

解答・解説

1.
Ar の方が電子を 1 個取り去りにくい。
第一イオン化エネルギーは、Na が 496、Ar が 1521 $\mathrm{kJ\,mol^{-1}}$ であり、Ar の方が大きい。

第一イオン化エネルギーが大きいほど、電子 1 個を取り去るためにより多くのエネルギーが必要である。

2.

正しくない。

第 3 周期では全体として右へ行くほど第一イオン化エネルギーが大きくなる傾向があるが、Mg から Al では 738 から 578 へ低下し、P から S でも 1012 から 1000 へ低下している。

したがって、基本傾向はあるが、右隣へ進むたびに必ず増加するわけではない。

演習問題

演習 1

基底状態にある中性原子 Na と Cl について、次の情報が与えられている。

- Na：原子番号 11、電子配置 2, 8, 1
- Cl：原子番号 17、電子配置 2, 8, 7

1. Na と Cl では、どちらの原子半径が大きいと考えられるか答えよ。
2. その理由を、電子殻と陽子数に注目して説明せよ。

演習 2

基底状態にある中性原子 Li と Na について、次の情報が与えられている。

- Li：電子配置 2, 1
- Na：電子配置 2, 8, 1

1. Li と Na では、どちらの原子半径が大きいと考えられるか答えよ。
2. Li と Na では、どちらの第一イオン化エネルギーが一般に小さいと考えられるか答え、その理由を説明せよ。

演習 3

第一イオン化エネルギーについて答えよ。

1. 第一イオン化エネルギーが大きい原子と小さい原子では、どちらが電子を 1 個取り去りやすいか答えよ。
2. 同じ周期で左から右へ進むと、第一イオン化エネルギーが一般に大きくなる理由を説明せよ。

演習 4

第 3 周期の Mg、Al、P、S の第一イオン化エネルギーは、それぞれ 738、578、1012、1000 $\mathrm{kJ\,mol^{-1}}$ である。

「周期表で右側にある元素ほど、第一イオン化エネルギーは例外なく大きい」という説明が正しいか、与えられたデータを用いて答えよ。

©ミライコーチング

演習 5

「同じ周期で右へ進むほど陽子数が増える。そのため原子半径が小さくなるという基本傾向がある」という説明について、陽子数が増えることと原子半径が小さくなることの因果関係を説明せよ。

演習問題の解答・解説

解答 1

1.

Na の方が大きいと考えられる。

2.

Na と Cl はともに第 3 周期にあり、最外殻電子は主に同じ M 殻に存在する。
一方、Cl は Na より陽子数が多いため、原子核が電子を引き付ける作用が強くなる。そのため、同周期では一般に右側の Cl の方が原子半径は小さくなり、Na の方が大きいと考えられる。

解答 2

1.

Na の方が原子半径は大きいと考えられる。
Na は Li より電子の入っている電子殻が 1 つ多く、最外殻電子が原子核からより遠い位置にあるためである。

2.

Na の方が第一イオン化エネルギーは小さいと考えられる。
Na の最外殻電子は Li より原子核から遠く、内側電子による遮蔽の影響もあるため、電子を 1 個取り去りやすい。そのため、同族では下へ行くほど第一イオン化エネルギーは一般に小さくなる。

解答 3

1.

第一イオン化エネルギーが**小さい原子**の方が、電子を 1 個取り去りやすい。
第一イオン化エネルギーは、気体状態の基底状態にある中性原子から電子 1 個を取り去るために必要なエネルギーだからである。

2.

同じ周期では、電子は主に同じ電子殻へ加わる一方、右へ進むほど陽子数が増える。
そのため、原子核が外側の電子を引き付ける作用が全体として強くなり、電子を 1 個取り去るためにより多くのエネルギーが必要になる。したがって、第一イオン化エネルギーは一般に大きくなる。

©ミライコーチング

解答 4

正しくない。
Mg から Al では、第一イオン化エネルギーが 738 から 578 $\mathrm{kJ\,mol^{-1}}$ へ低下している。
また、P から S でも 1012 から 1000 $\mathrm{kJ\,mol^{-1}}$ へ低下している。
したがって、周期表の同周期で右へ進むほど全体として大きくなる基本傾向はあるが、例外なく増加するわけではない。

解答 5

同じ周期では、電子が主に同じ電子殻へ加わる一方、右へ進むほど原子核中の陽子数が増える。
そのため、原子核が電子を引き付ける作用が強まり、電子全体がより核に引き寄せられるので、原子半径は一般に小さくなる。
「原子半径が小さくなるから陽子数が増える」のではなく、陽子数の増加によって電子を引き付ける作用が強まることが、半径が小さくなる基本傾向につながる。

©ミライコーチング