高校化学 L01 第 121 講 水素と希ガス

この講でできるようになること

- 水素の性質、製法、代表的な反応を説明できる。
- 水素が還元剤として働く反応を酸化数や酸素移動と関連づけられる。
- 希ガスの電子配置と化学反応しにくい理由を説明できる。

水素の基本的性質

水素H_2は、常温常圧で無色無臭の二原子分子気体である。 水には溶けにくく、同温度・同圧力では空気より軽い。 水素分子は 2 個の水素原子が共有結合した構造を持つ。 $H-H$

このように、水素は分子内で電子対を共有している。 一方、水素は可燃性を持つ。酸素との混合気体では、着火によって激しく反応する危険がある。

ただし、通常条件で自然にすぐ燃えるという意味ではない。密閉した環境での混合や点火などを伴う実験操作は行わず、安全管理された条件で扱う。

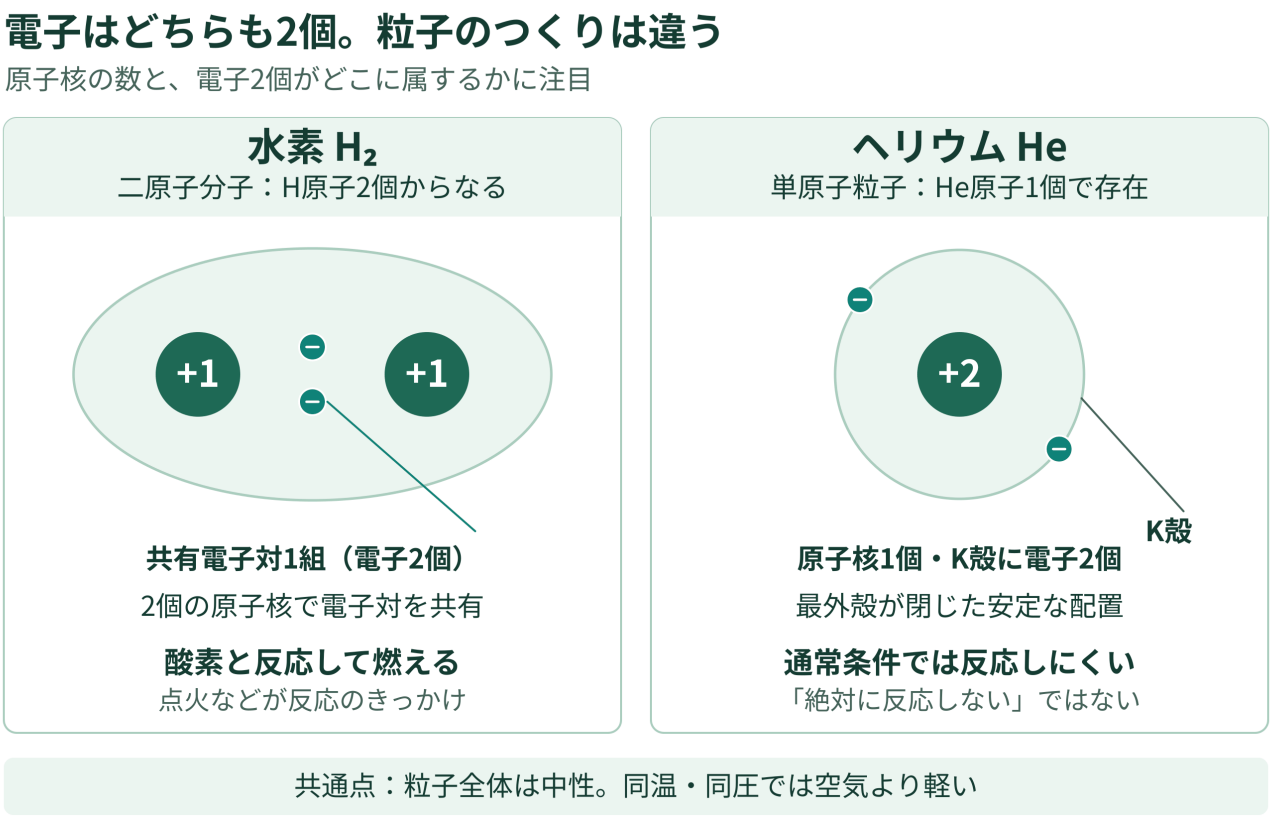

図 1　水素分子とヘリウム原子では、電子の持ち方と構造が異なる。

水素の製法

水素は、亜鉛などの適切な金属と希塩酸などの条件で発生させることができる。 例えば、亜鉛Znと希塩酸HClでは、 $Zn + 2HCl \rightarrow ZnCl_2 + H_2$ という反応が起こる。 この反応では、亜鉛が電子を失って酸化され、水素イオンH^+が電子を受け取って水素分子H_2になる。 工業的には、水の電気分解や炭化水素由来の方法なども利用されるが、本講では代表例として反応の考え方を扱う。

水素の代表的な反応

水素は条件によって還元剤として働く。 酸素との燃焼では、 $2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O$ が起こる。 また、加熱した酸化銅CuOに水素を通すと、 $CuO + H_2 \rightarrow Cu + H_2O$ となる。 この反応では、酸化銅中の酸素が水素へ移動している。水素は酸化され、酸化銅は還元されるため、水素は還元剤として働く。

ただし、水素が常にどの反応でも還元剤になるわけではない。相手となる物質や反応条件によって役割は変化する。

水素が関わる3つの代表的な反応

それぞれの条件と、反応前後で保たれる原子数を読む

生成｜亜鉛と希塩酸から水素が生じる

Zn（亜鉛） ＋ 2HCl（希塩酸） ⟶ $ZnCl_2$（塩化亜鉛） ＋ **H_2**（水素）

原子数：左右とも Zn 1個・H 2個・Cl 2個

燃焼｜酸素と反応して水が生じる

$2H_2$ ＋ O_2 ⟶（点火） $2H_2O$

原子数：左右とも H 4個・O 2個

還元｜酸化銅(II)から水素へ酸素が移る

CuO（黒色） ＋ H_2 ⟶（加熱） Cu（赤褐色） ＋ H_2O（水）

Cu：+2 → 0（還元）　　**H：0 → +1（酸化）**

酸化数の変化から、H_2はこの反応の還元剤と分かる

原子数：左右とも Cu 1個・O 1個・H 2個

酸素との混合気体は、着火により激しく反応する危険がある

現象を示す模式図。自主的な混合・点火などの実験はしない

図 2　水素の生成と代表的な反応を、条件付きの化学変化として比較する。

希ガスの基本的性質

希ガスは、周期表 18 族に位置する元素で、代表例として He、Ne、Ar がある。 常温常圧では無色無臭の単原子気体であり、通常条件では化学反応を起こしにくい。 これは、原子の最外殻電子配置が安定した状態になっているためである。 電子配置を考えると、

- He：K 殻に 2 個
- Ne：K 殻 2 個、L 殻 8 個
- Ar：K 殻 2 個、L 殻 8 個、M 殻 8 個

となる。 He は K 殻が 2 個で満たされている。一方、Ne や Ar では最外殻が 8 個になっている。

Ar では M 殻全体が 8 個で満杯という意味ではなく、この元素の最外殻電子が 8 個で安定していると考える。

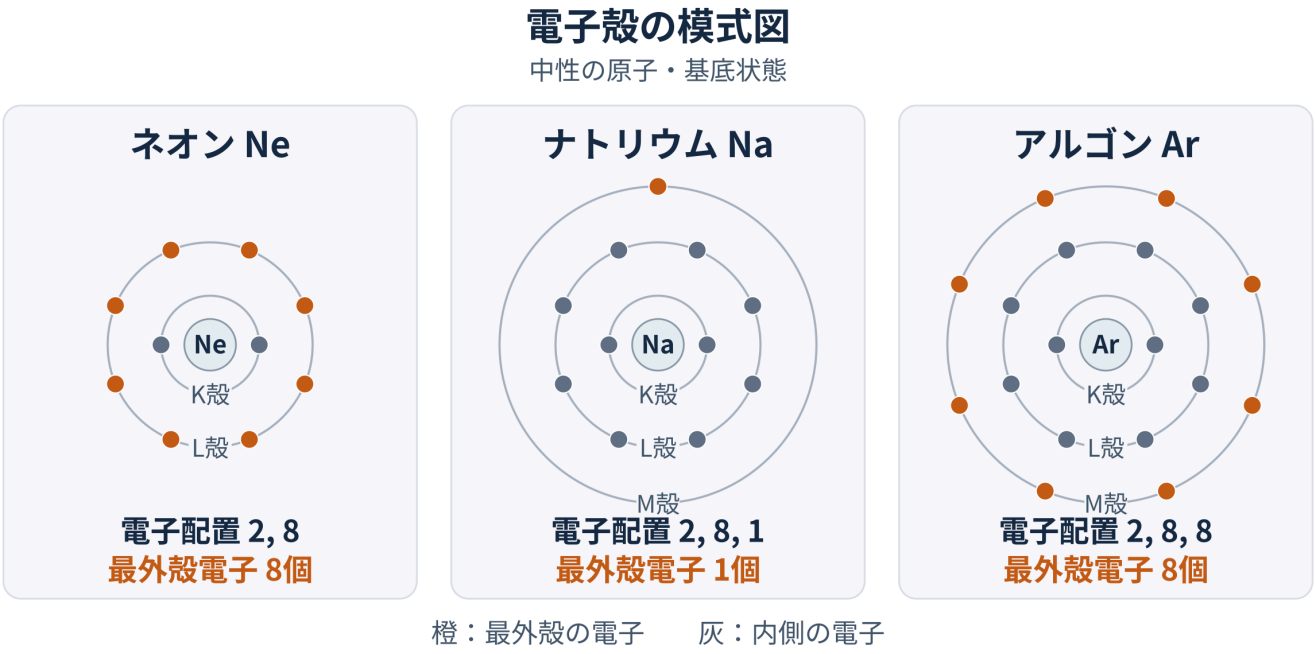

図 3　希ガスの安定な最外殻電子配置を比較する。Na は希ガスではない対照例として示す。

水素と希ガスの比較

項目	水素 H_2	希ガス He・Ne・Ar
粒子の種類	二原子分子	単原子
電子の特徴	共有電子対を持つ	安定した最外殻電子配置
化学反応性	条件により反応する	通常条件では反応しにくい
空気との比較	同温同圧で軽い	He、Ne は同温同圧で軽いが、Ar は重い
代表用途	燃料、還元剤	He 気球、Ar 保護雰囲気、Ne 放電発光

H_2 と He、Ne は同温同圧で空気より軽いが、Ar は空気より重い。軽さと化学的性質は別の性質であり、水素と希ガスでは化学的性質が大きく異なる。 水素分子の共有電子対と、He 原子の K 殻 2 電子は構造が異なるため、水素が He と同じように不活性になるわけではない。

希ガスの利用

希ガスは反応しにくい性質や、放電時に発光する性質を利用して使われる。

He は気球などに利用される。Ar は反応しにくい雰囲気を作るための保護用ガスとして利用される。Ne は放電による発光を利用した表示などに使われる。

ただし、反応しにくいことと、絶対に反応しないことは同じではない。また、無色透明であることは無害であることを意味しない。

物質	特徴	用途例
H_2	軽い、可燃性、還元剤として働く	燃料、化学反応
He	非常に反応しにくい、軽い	気球
Ar	反応しにくい単原子気体	保護雰囲気
Ne	放電で発光	表示装置

水素は反応性を利用して化学変化を起こす気体であり、希ガスは安定な電子配置による反応しにくさを利用する気体である。それぞれの性質は電子配置や分子構造と結びつけて理解する。

©ミライコーチング

例題

例題 1

亜鉛Znと希塩酸HClを反応させて水素H_2を発生させる。また、加熱した酸化銅CuOに水素を反応させる。

1. 亜鉛と希塩酸の反応を化学反応式で表し、水素が生成する理由を説明せよ。
2. 加熱した酸化銅と水素の反応を化学反応式で表し、水素が還元剤として働く理由を説明せよ。

解答・解説

1.
亜鉛と希塩酸では、亜鉛が電子を失い、酸が持つ水素イオンが電子を受け取る。

亜鉛は酸化され、

$$Zn \rightarrow Zn^{2+} + 2e^-$$

となる。 塩酸中の水素イオンは還元され、

$$2H^+ + 2e^- \rightarrow H_2$$

となる。 これらを合わせると、

$$Zn + 2HCl \rightarrow ZnCl_2 + H_2$$

となる。 この反応では、亜鉛が電子を与え、水素イオンが電子を受け取るため、水素分子が生成する。

2.
加熱した酸化銅と水素では、

$$CuO + H_2 \rightarrow Cu + H_2O$$

が進む。 酸化銅中の酸素は水素へ移動し、水となる。

CuO は酸素を失って Cu になるため還元される。一方、水素は酸素を受け取って酸化される。したがって、水素は相手物質を還元する働きを持つため、還元剤として働く。

ただし、水素が全ての反応で必ず還元剤になるわけではなく、反応相手や条件によって判断する必要がある。

例題 2

水素H_2と希ガス He、Ne、Ar の性質を比較する。

1. He、Ne、Ar の電子配置を示し、He の最外殻電子 2 個が安定である理由と、希ガスの最外殻電子を全て 8 個と考えてはいけない理由を説明せよ。
2. H_2、He について、空気との重さの比較、化学的性質、用途の違いを説明せよ。

解答・解説

1.
He は原子番号 2 であり、電子配置は K 殻に 2 個である。

He では K 殻が収容できる最大数で満たされているため、最外殻電子 2 個の状態で安定している。 Ne は、 2, 8 Ar は、 2, 8, 8 の電子配置を持つ。 希ガスでは最外殻電子が安定な配置になっているが、全ての希ガスが最外殻電子 8 個というわけではない。

特に He は K 殻しか持たないため、最外殻電子は 2 個である。Ar についても、M 殻全体が 8 個で満杯という意味ではなく、この元素の最外殻電子が 8 個で安定していると考える。

2.
H_2と He はいずれも同温同圧では空気より軽い気体である。

しかし、性質は異なる。 H_2は二原子分子であり、 $H-H$ という共有結合を持つ。また、可燃性があり、酸素との反応によって水を生成する。

一方、He は単原子気体で、通常条件では反応しにくい安定な電子配置を持つ。 He は反応しにくく軽いため気球などに利用される。H_2は軽さだけでなく、燃焼によるエネルギー利用など化学反応性を利用する。

ただし、H_2と He はどちらも空気より軽いという共通点があるが、安全性や性質は異なる。特にH_2は可燃性を持つため、He と同じように扱うことはできない。

演習問題

演習 1

水素H_2とヘリウムHeを比較する。どちらも同温同圧では空気より軽い気体である。

1. H_2とHeについて、粒子の構造と電子の持ち方の違いを説明せよ。
2.「H_2もHeも軽いので、同じように安全に気球などへ利用できる」という説明の誤りを理由付きで訂正せよ。

演習 2

水素の代表的な反応について考える。

亜鉛Znと希塩酸HClの反応、酸素中での水素H_2の燃焼を扱う。

1. 亜鉛と希塩酸から水素が生成する反応を化学反応式で表せ。
2. 水素の燃焼反応を化学反応式で表し、反応前後で原子数が保存されることを確認せよ。

演習 3

加熱した酸化銅CuOに水素H_2を反応させる。

反応式は、

$$CuO + H_2 \rightarrow Cu + H_2O$$

で表されるものとする。

1. この反応で酸化数が変化する元素を挙げ、それぞれの変化を説明せよ。
2. CuOとH_2のどちらが酸化剤、どちらが還元剤として働くか、理由を含めて説明せよ。

演習 4

希ガス He、Ne、Ar の電子配置と性質について考える。

1.「希ガスは全て最外殻電子が 8 個で、絶対に化学反応しない」という説明を訂正し、電子配置と反応性の関係を説明せよ。

演習 5

Ar は溶接時の保護雰囲気として、Ne は放電による発光を利用した表示などに利用される。

1. Ar や Ne が化学反応しにくい性質を持つことと、Ne が放電で光ることが矛盾しない理由を説明せよ。

演習問題の解答・解説

解答 1

1.

H_2は 2 個の水素原子が共有結合した二原子分子であり、共有電子対を持つ。

一方、He は 1 個の原子からなる単原子気体であり、K 殻に 2 個の電子を持つ。 H_2は分子として安定な結合を作っているのに対し、He は安定な電子配置を持つ原子として存在しているため、構造は異なる。

2.

「H_2もHeも軽いので、同じように安全に気球などへ利用できる」という説明は誤りである。

どちらも同温同圧では空気より軽いが、H_2は可燃性を持つため、水素と酸素の混合気体は着火によって激しく反応する危険がある。通常条件で混合しただけですぐ反応するという意味ではない。一方、He は通常条件では化学反応しにくく、気球などでは安全性を考慮して利用される。

軽さが同じように利用できる理由になっても、化学的性質まで同じではない。

解答 2

1.
亜鉛と希塩酸の反応では、亜鉛が水素イオンへ電子を与える。

反応式は、

$$Zn + 2HCl \rightarrow ZnCl_2 + H_2$$

である。 左辺では Zn 原子 1 個、H 原子 2 個、Cl 原子 2 個があり、右辺でも同じ原子数になっているため、原子数は保存されている。

2.
水素の燃焼反応は、

$$2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O$$

である。 左辺には H 原子 4 個、O 原子 2 個があり、右辺の水 2 分子にも H 原子 4 個、O 原子 2 個が含まれる。

係数は反応する分子数の比を表し、原子数保存を満たすように決められる。

解答 3

1.
反応式、

$$CuO + H_2 \rightarrow Cu + H_2O$$

では、CuO 中の Cu は酸化数+2から単体 Cu の0へ変化する。 そのため、Cu は還元される。 一方、H は0の単体水素から、水中の+1へ変化する。

そのため、水素は酸化される。

2.
CuO は酸素を失って Cu になるため、還元される物質である。相手を酸化する働きを持つため、CuO は酸化剤として働く。

H_2は酸素を受け取りH_2Oになるため酸化される。相手を還元する働きを持つため、H_2は還元剤として働く。

水素はこの反応条件では還元剤として働いている。

解答 4

1.
「希ガスは全て最外殻電子が 8 個で、絶対に化学反応しない」という説明は正しくない。

He は K 殻に 2 個の電子を持ち、この状態で安定している。 Ne は、 2, 8 Ar は、 2, 8, 8 の電子配置を持つ。

希ガスは安定した最外殻電子配置を持つため通常条件では反応しにくいが、絶対に反応しないわけではない。

解答 5

1.
Ar が溶接時の保護雰囲気に利用されるのは、化学反応しにくく他の物質と反応しにくい性質を持つためである。

Ne が放電によって光るのは、電気エネルギーを受けた Ne 原子の状態が変化し、光を放出する現象である。 これは通常の化学反応によって別の物質を作ることとは異なる。

したがって、希ガスが反応しにくい性質を持つことと、放電で光ることは矛盾しない。