

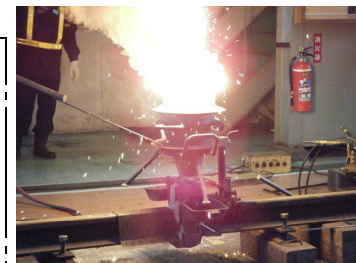
<酸化還元反応No. 1>

酸化還元反応 Redox reactions

燃焼，金属の溶解，電池や電気分解など，身のまわりの多くの反応では電子のやり取りが重要な役割を果たしている。これらは，酸化還元反応と呼ばれている。この章では，酸化還元反応が電子の授受やそれに伴う酸化数の変化で説明できることを学んでいこう。



テルミット反応 (Fe_2O_3 と Al の反応)



テルミット法 (thermite process) とは金属アルミニウムで金属酸化物を還元する冶金法の総称である。ギリシャ語の (therm - 熱) に由来する。別称として **テルミット反応** とも呼ばれる。金属酸化物と金属アルミニウムとの粉末混合物に着火すると、アルミニウムは金属酸化物を還元しながら高温を発生する。目的の金属融塊は下部に沈降し、金属が得られる。現在もロングレールの溶接に利用されている。

酸化と還元

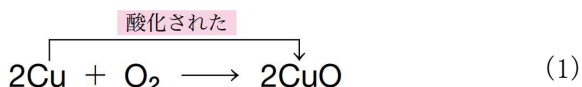
oxidation and reduction

1. 酸化と還元

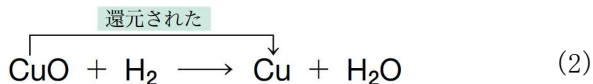
・酸素が関与しない反応で、酸化・還元反応はあるだろうか。

《酸素の授受と酸化・還元》oxidation and reduction as gain or loss of oxygen

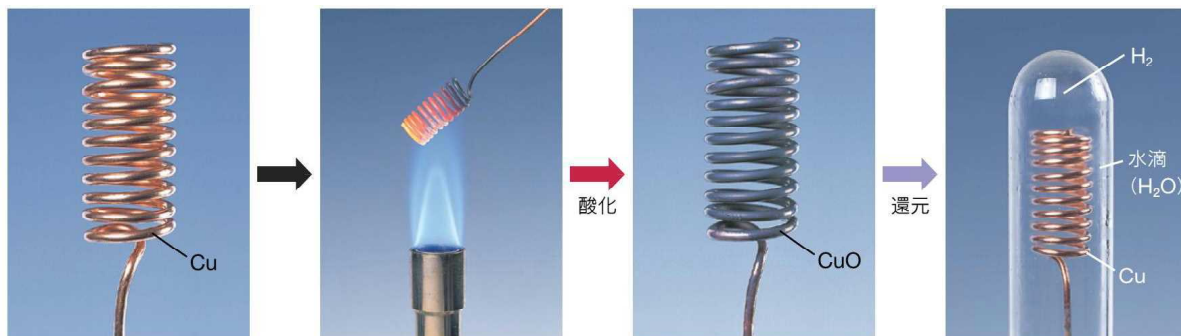
銅 Cu を空気中で加熱すると，酸素 O_2 と反応して黒色の酸化銅 (II) CuO を生じる。このように，物質が「**酸素を受け取る変化**」を **酸化** といい，このとき物質は **酸化された** という。



一方，生じた CuO を加熱して水素 H_2 と反応させると，もとの赤色の Cu に戻る。このように，物質が「**酸素を失う変化**」を **還元** といい，このとき，物質は **還元された** という。

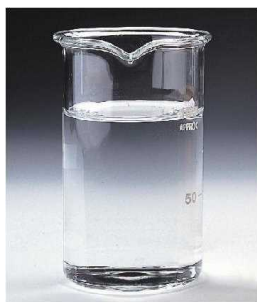
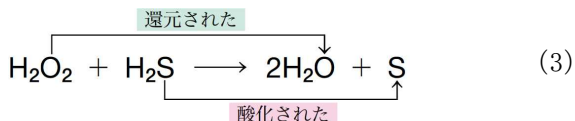


(2) 式の反応では， CuO が還元されて Cu となると H_2 は酸化されて水 H_2O になる。このように，酸化と還元は常に同時に起こる。

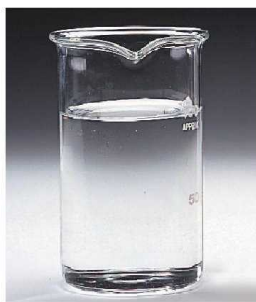


▲図1 銅の酸化と酸化銅 (II) の還元 銅線を熱すると表面が酸化されて黒色の酸化銅 (II) CuO になる。これを高温のうちに水素 H_2 と反応させると，酸化銅 (II) CuO は還元されて銅 Cu に戻る。このとき，生じた水 H_2O が試験管の内側に付着してくる。

《水素の授受と酸化・還元》 過酸化水素 H_2O_2 の水溶液に硫化水素 H_2S 水溶液を混合すると、硫黄 S が遊離して水溶液が白濁する（図2）。



過酸化水素 H_2O_2 水溶液



硫化水素 H_2S 水溶液



硫黄 S の沈殿

▲図2 過酸化水素と硫化水素の反応 硫化水素は、過酸化水素によって酸化されて硫黄となり析出する。

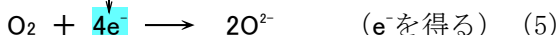
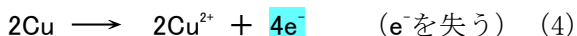
H_2S から H_2O_2 へ水素が受け渡されたと見ることもできる。 H_2S は水素原子を失って酸化され、 H_2O_2 は水素を受けとって還元されている。このように、酸化とは「**水素を失う変化**」であり、逆に還元とは「**水素を受け取る変化**」であるということもできる。

この反応では、 H_2O_2 は O 原子の一部を失って H_2O となった。つまり還元されている。一方、酸化と還元は同時に起こることから、 H_2S は酸化されて S になったと考えられる。

この反応では、

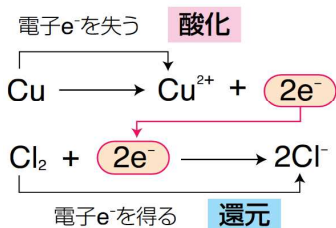
《電子の授受と酸化・還元》 oxidation and reduction as gain or loss of electrons

(1) 式で表される銅 Cu と酸素 O_2 との反応で生じた CuO は、 Cu^{2+} と O^{2-} からなる物質である。この反応では、 Cu は電子 e^- を失って Cu^{2+} になり、同時に酸素分子はその電子を受けとって O^{2-} になっている。つまり、この反応では Cu から O_2 に電子 e^- が移動していることがわかる。やりとりされた電子の数を合わせると、この反応は次のように表される。



この表し方を半反応式という。
ionic half equations

また、熱した Cu は塩素 Cl_2 中で激しく反応して、塩化銅(II) CuCl_2 を生じる（図3）。



酸素が関与しないこの反応でも、個々の原子に着目すると、 Cu 原子は電子を失う一方、 Cl 原子が電子を受けとっていることが分かる。つまり、 Cu は酸化され、塩素 Cl_2 は還元されていると言える。①

このように酸素や水素が直接関係していない反応に対しても、電子の授受によって酸化と還元を統一的に定義することができる。

一般に、「原子（またはその原子を含む物質）が **電子を失う** 変化を酸化といい、逆に、原子（またはその原子を含む物質）が **電子を受け取る** 変化を還元という。」電子を失う酸化と電子を受け取る還元は常に対になって進行する。これらは、まとめて **酸化還元反応** redox reactionと呼ばれる。



▲図3 銅と塩素の反応 気体の塩素中に熱した銅線を入れると、激しく反応して塩化銅(II)を生成する。

① 酸化還元反応は、「酸化された」「還元された」という受身形で表現されることが一般的である。

be oxidized be reduced

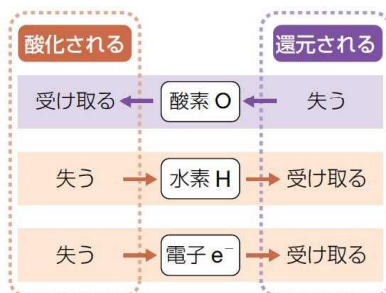
<酸化還元反応No. 2>

例題 1 熱したMgは塩素の気体中で反応して、塩化マグネシウムを生じる。この反応を電子 e^- を用いた2つのイオン反応式で表せ。また、酸化された物質、還元された物質を化学式で答えよ。

(解) 化学反応式は $Mg + Cl_2 \longrightarrow MgCl_2$
 この反応ではMgは電子を失い、 Cl_2 が電子を受け取っている。

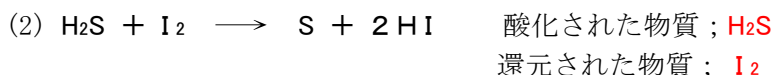
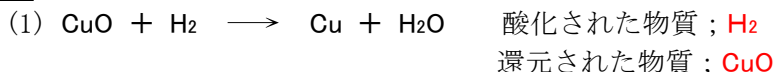


酸化された物質 ; Mg 還元された物質 ; Cl_2



▲図4 酸化還元反応のまとめ 酸素や水素の関与しない反応でも、電子のやりとりで酸化還元反応を統一的に説明することができる。

問 1 次の酸化還元反応で、酸化・還元された物質はそれぞれ何か。化学式で答えよ。



・あらゆる物質の酸化還元反応を定義するにはどうしたらよいだろうか。

2. 酸化数 oxidation number (oxidation state)

イオン結合でできている物質では、電子の授受がはっきりしているが、水 H_2O や二酸化炭素 CO_2 のような共有結合でできている分子が関わる酸化還元反応では、電子の授受の関係がわかりにくい。そこで、反応に関わる物質の種類によらずに電子の授受の関係を明らかにする方法として、酸化数という数値が考案された。

表 1 酸化数の決め方 ^{ゼロ} [0 以外は必ず +, - の符号を付ける]

規 則	例
(1) 単体中の原子の酸化数は0とする。	H_2, O_2, Cl_2, Ca : 各原子の酸化数は0
(2) 化合物中の水素原子の酸化数は +1 , 酸素原子は -2 とする。	H_2O (Hの酸化数は <u>+1</u> , Oの酸化数は <u>-2</u>)
(3) 電荷をもたない化合物では、構成する成分原子の酸化数の総和は0とする。(これに基づいて、ほかの原子の酸化数を決める。)	NH_3, SO_3 : 原子の酸化数の総和は0 NH_3 (Nは <u>-3</u> , Hは +1) SO_3 (Sは <u>+6</u> , Oは -2)
(4) 単原子イオンの酸化数はイオンの電荷に等しい。	Na^+ は <u>+1</u> , Ca^{2+} は <u>+2</u> , Cl^- は <u>-1</u>
(5) 多原子イオンの場合、構成する原子の酸化数の総和はそのイオンの電荷に等しい。	SO_4^{2-} の総和は-2 (Sは <u>+6</u> , Oは-2) NH_4^+ の総和は+1 (Nは <u>-3</u> , Hは+1)

- ① NaH や CaH_2 のような金属元素の水素化合物では、Hは-1とする。
- ② H_2O_2 のような過酸化物では、Oは-1とする。
- ③ 酸化数は0, ±1, ±2, …のようにアラビア数字で表されるほか、±I, ±II, ±III, …のようなローマ数字で表されることもある。ただし、物質名に酸化数を示すときは必ずローマ数字で表記する。
- ④ 酸化数は着目した原子1個分の数値で表し、必ず整数となる。

例題 2 過マンガン酸カリウム KMnO_4 中の Mn の酸化数を求めよ。

※複雑なイオン結合の物質の酸化数は、各イオンに分けて求める。

(解) KMnO_4 では、 K は K^+ となっているから K の酸化数は $+1$ 。

KMnO_4 中の Mn の酸化数を x とおくと、 O の酸化数は -2 であるから、

$$(+1) + x + (-2) \times 4 = 0 \text{ より, } x = +7 \quad \text{答え } +7$$

問 2 次の各物質中で、下線をつけた原子の酸化数を求めよ。

(1) $\underline{\text{O}}_3$ (2) $\text{H}_2\underline{\text{S}}$ (3) $\underline{\text{Mn}}\text{O}_2$ (4) $\text{H}_3\underline{\text{P}}\text{O}_4$ (5) $\text{H}_2\underline{\text{C}}_2\text{O}_4$

0

-2

+4

+5

+3

(6) $\text{Cu}\underline{\text{S}}\text{O}_4$ (7) $\underline{\text{Cr}}_2\text{O}_7^{2-}$ (8) $\underline{\text{N}}\text{H}_4\underline{\text{N}}\text{O}_3$ (9) $\text{K}\underline{\text{Cl}}\text{O}_3$ (10) $\text{H}_2\underline{\text{O}}_2$

+6

+6

-3

+5

+5

-1

3. 酸化還元反応と酸化数 oxidation and reduction as change in oxidation state

酸化還元反応で、単体や化合物中の原子が受けた変化は、酸化数を用いて、次のように言い表すことができる。

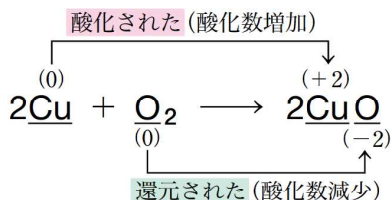
「化学反応において、ある原子の酸化数が増加したとき、その原子（またはその原子を含む物質）は酸化されたといい、ある原子の酸化数が減少したとき、その原子（またはその原子を含む物質）は還元されたという。」

化学変化の前後で

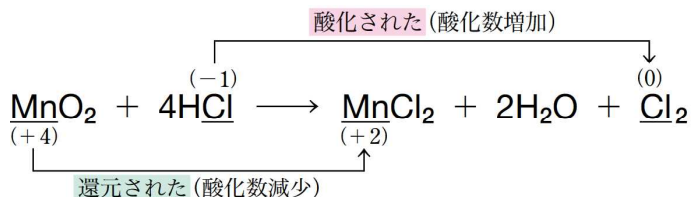
酸化数が増加 = 酸化された be oxidised

酸化数が減少 = 還元された be reduced

例えば、 Cu が O_2 と化合して CuO を生じる反応では、各原子の酸化数の変化は次のようになる。この反応では Cu 原子は酸化され、 O 原子は還元されている。



酸化マンガン(IV) MnO_2 と塩化水素 HCl との反応では、塩素 Cl_2 が発生し、塩化マンガン(II) MnCl_2 と水 H_2O が生成する。この反応における Mn と Cl の酸化数の変化は、次のようになる (Mn と Cl 以外の原子の酸化数は変化していない)。



つまり、1 個の Mn 原子の酸化数が $+4$ から $+2$ に減少し (酸化数 2 減少)、2 個の Cl 原子の酸化数が -1 から 0 に増加している (酸化数 2 増加)。このように、1 つの酸化還元反応の中では、授受した電子の数、つまり酸化された原子における酸化数の増加量の総和は、還元された原子における酸化数の減少量の総和に等しい。

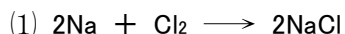
化学反応において

酸化数の増加量の総和 = 酸化数の減少量の総和

となる。

<酸化還元反応No. 3 >

問3 次の酸化還元反応において、各原子の酸化数の変化を調べ、酸化された物質、還元された物質を化学式で示せ。



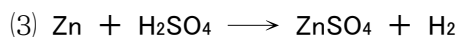
酸化された物質 ; **Na**

還元された物質 ; **Cl₂**



酸化された物質 ; **H₂S**

還元された物質 ; **I₂**



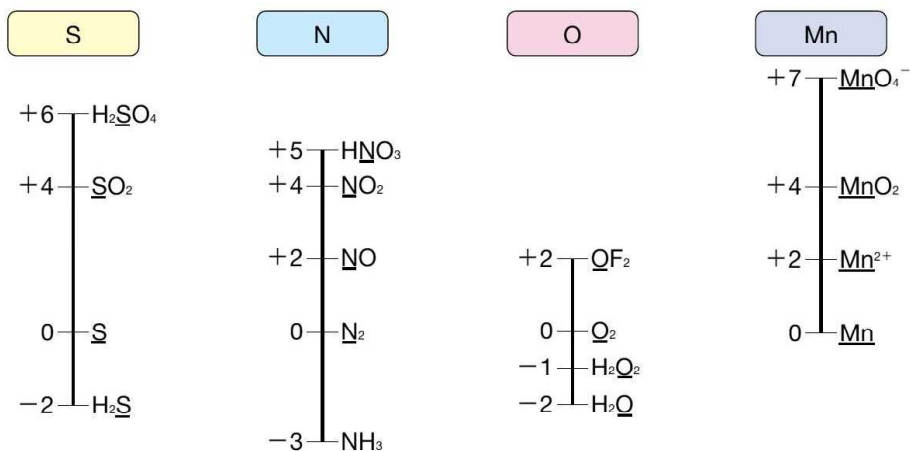
酸化された物質 ; **Zn**

還元された物質 ; **H₂SO₄**

・ H₂O₂やSO₂は、酸化されることもあるし、還元されることもある。つまり、還元剤にも酸化剤にもなる。それはどうしてだろうか。

《最高酸化数と最低酸化数》

	金属元素	非金属元素 (FとOを除く)
最高酸化数	族番号 (7族の ₂₅ Mnまで)	価電子の数 (Fは0, Oは+2)
最低酸化数	0 [単体] (陰イオンにならないため)	価電子の数 - 8



H₂S
-2
硫化水素(水溶液)



S
0
硫黄(沈殿)



SO₂
+4
二酸化硫黄(硫黄の燃焼で生成する無色の気体)



H₂SO₄
+6
硫酸

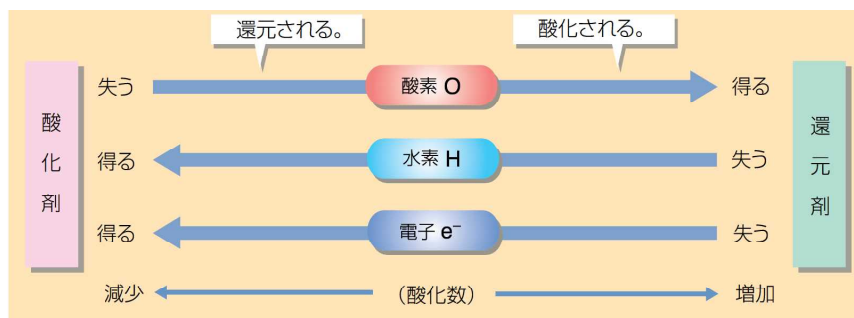
▲硫黄Sを含む物質とその酸化数

酸化剤と還元剤

oxidizing agent and reducing agent

1. 酸化剤と還元剤

酸化還元反応において、相手を酸化する物質を **酸化剤** という。また、相手を還元する物質を **還元剤** という。酸化剤自身は還元されやすく、相手から電子を奪う性質をもつ。また還元剤自身は酸化されやすく、相手に電子を与える性質をもつ。



酸化剤 =

相手を酸化して、自身は還元されやすい物質

還元剤 =

相手を還元して、自身は酸化されやすい物質

▲図5 酸化剤と還元剤

代表的な酸化剤、還元剤とその水溶液中でののはたらきを、電子の授受で表した式を表2に示す。
酸化剤・還元剤がはたらくと何になるのかを覚えること。

▼表2 おもな酸化剤・還元剤とそれらの水溶液中での反応

酸化剤と還元剤		水溶液中での反応	
酸化剤	オゾン O_3	$O_3 + 2H^+ + 2e^- \longrightarrow O_2 + H_2O$	
	過酸化水素 $H_2O_2^*$	$H_2O_2 + 2H^+ + 2e^- \longrightarrow 2H_2O$	
	過マンガン酸カリウム** $KMnO_4$ (酸性)	$MnO_4^- + 8H^+ + 5e^- \longrightarrow Mn^{2+} + 4H_2O$	
	(中性・塩基性)	$MnO_4^- + 2H_2O + 3e^- \longrightarrow MnO_2 + 4OH^-$	
	二クロム酸カリウム $K_2Cr_2O_7$	$Cr_2O_7^{2-} + 14H^+ + 6e^- \longrightarrow 2Cr^{3+} + 7H_2O$	
	希硝酸 HNO_3	$HNO_3 + 3H^+ + 3e^- \longrightarrow NO + 2H_2O$	
	濃硝酸 HNO_3	$HNO_3 + H^+ + e^- \longrightarrow NO_2 + H_2O$	
	熱濃硫酸 H_2SO_4	$H_2SO_4 + 2H^+ + 2e^- \longrightarrow SO_2 + 2H_2O$	
還元剤	ハロゲン Cl_2, Br_2, I_2	$Cl_2 + 2e^- \longrightarrow 2Cl^-$	
	二酸化硫黄 SO_2^*	$SO_2 + 4H^+ + 4e^- \longrightarrow S + 2H_2O$	
	金属 Na, Mg, Al など	$Na \longrightarrow Na^+ + e^-$	
	シュウ酸 $(COOH)_2$ ($H_2C_2O_4$ とも書く)	$(COOH)_2 \longrightarrow 2CO_2 + 2H^+ + 2e^-$	
	塩化スズ(Ⅱ) $SnCl_2$	$Sn^{2+} \longrightarrow Sn^{4+} + 2e^-$	
	硫化水素 H_2S	$H_2S \longrightarrow S + 2H^+ + 2e^-$	
	二酸化硫黄 SO_2^*	$SO_2 + 2H_2O \longrightarrow SO_4^{2-} + 4H^+ + 2e^-$	
	ヨウ化カリウム KI	$2I^- \longrightarrow I_2 + 2e^-$	
	過酸化水素 $H_2O_2^*$	$H_2O_2 \longrightarrow O_2 + 2H^+ + 2e^-$	
	硫酸鉄(Ⅱ) $FeSO_4$	$Fe^{2+} \longrightarrow Fe^{3+} + e^-$	

* 過酸化水素と二酸化硫黄は、相手によって酸化剤としても還元剤としてもはたらく。

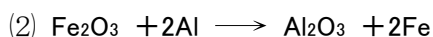
** 過マンガン酸カリウムは、酸性か、中性・塩基性かによって酸化力が異なり、生成物も異なる。

問3 次の反応の中で、酸化還元反応であるものを選び、酸化剤と還元剤を化学式で示せ。



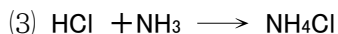
酸化剤 ; Cl_2

還元剤 ; KI



酸化剤 ; Fe_2O_3

還元剤 ; Al



酸化還元反応ではない

<酸化還元反応No. 1>

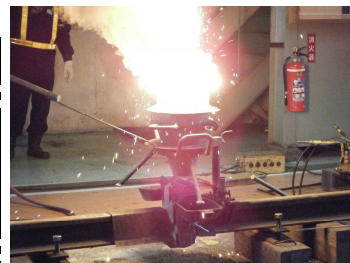
酸化還元反応 Redox reactions

燃焼，金属の溶解，電池や電気分解など，身のまわりの多くの反応では電子のやり取りが重要な役割を果たしている。これらは，酸化還元反応と呼ばれている。この章では，酸化還元反応が電子の授受やそれに伴う酸化数の変化で説明できることを学んでいこう。



テルミット反応 (Fe_2O_3 と Al の反応)

テルミット法 (thermite process) とは金属アルミニウムで金属酸化物を還元する冶金法の総称である。ギリシャ語の (therm - 熱) に由来する。別称として _____ と呼ばれる。金属酸化物と金属アルミニウムとの粉末混合物に着火すると，アルミニウムは金属酸化物を還元しながら高温を発生する。目的の金属融塊は下部に沈降し，金属が得られる。現在もロングレールの溶接に利用されている。



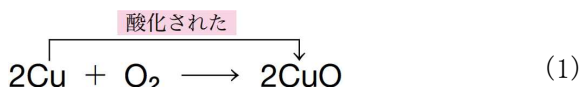
酸化と還元 oxidation and reduction

1. 酸化と還元

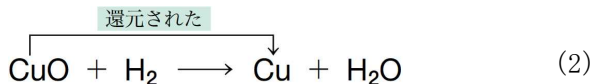
・酸素が関与しない反応で，酸化・還元反応はあるだろうか。

《酸素の授受と酸化・還元》 oxidation and reduction as gain or loss of oxygen

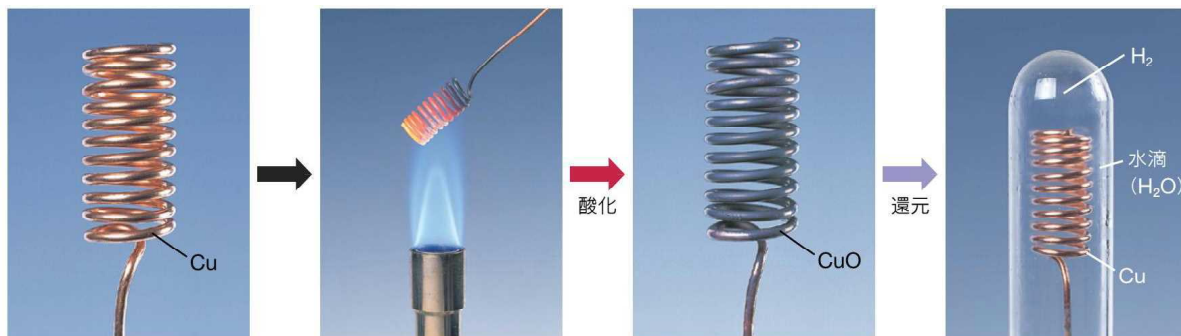
銅 Cu を空気中で加熱すると，酸素 O_2 と反応して黒色の酸化銅 (II) CuO を生じる。このように，物質が「_____」を _____ といい，このとき物質は _____ という。



一方，生じた CuO を加熱して水素 H_2 と反応させると，もとの赤色の Cu に戻る。このように，物質が「_____」を _____ といい，このとき，物質は _____ という。

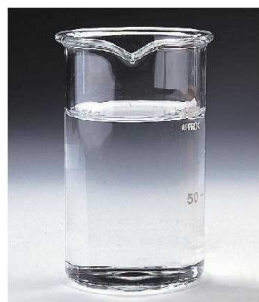
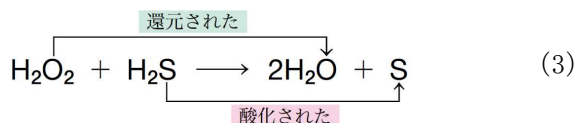


(2) 式の反応では， CuO が還元されて Cu となると H_2 は酸化されて水 H_2O になる。このように，酸化と還元は常に同時に起こる。

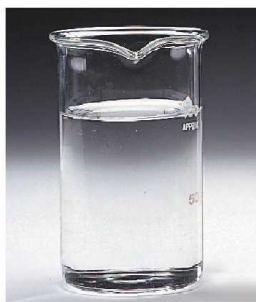


▲図1 銅の酸化と酸化銅 (II) の還元 銅線を熱すると表面が酸化されて黒色の酸化銅 (II) CuO になる。これを高温のうちに水素 H_2 と反応させると，酸化銅 (II) CuO は還元されて銅 Cu に戻る。このとき，生じた水 H_2O が試験管の内側に付着してくる。

《水素の授受と酸化・還元》 過酸化水素 H_2O_2 の水溶液に硫化水素 H_2S 水溶液を混合すると、硫黄 S が遊離して水溶液が白濁する（図2）。



過酸化水素 H_2O_2 水溶液



硫化水素 H_2S 水溶液



硫黄 S の沈殿

▲図2 過酸化水素と硫化水素の反応 硫化水素は、過酸化水素によって酸化されて硫黄となり析出する。

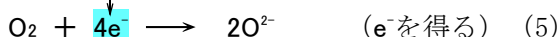
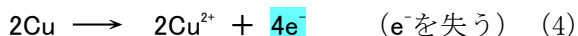
H_2S から H_2O_2 へ水素が受け渡されたと見ることもできる。 H_2S は水素原子を失って酸化され、 H_2O_2 は水素を受けとって還元されている。このように、酸化とは「_____」であり、逆に還元とは「_____」であるということもできる。

この反応では、 H_2O_2 は O 原子の一部を失って H_2O となった。つまり還元されている。一方、酸化と還元は同時に起こることから、 H_2S は酸化されて S になったと考えられる。

この反応では、

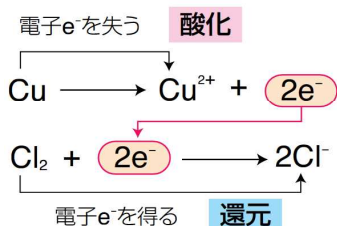
《電子の授受と酸化・還元》 oxidation and reduction as gain or loss of electrons

(1) 式で表される銅 Cu と酸素 O_2 との反応で生じた CuO は、 Cu^{2+} と O^{2-} からなる物質である。この反応では、 Cu は電子 e^- を失って Cu^{2+} になり、同時に酸素分子はその電子を受けとって O^{2-} になっている。つまり、この反応では Cu から O_2 に電子 e^- が移動していることがわかる。やりとりされた電子の数を合わせると、この反応は次のように表される。



この表し方を半反応式という。
ionic half equations

また、熱した Cu は塩素 Cl_2 中で激しく反応して、塩化銅(II) CuCl_2 を生じる（図3）。



酸素が関与しないこの反応でも、個々の原子に着目すると、 Cu 原子は電子を失う一方、 Cl 原子が電子を受けとっていることが分かる。つまり、 Cu は酸化され、塩素 Cl_2 は還元されていると言える。①

このように酸素や水素が直接関係していない反応に対しても、電子の授受によって酸化と還元を統一的に定義することができる。

一般に、「原子（またはその原子を含む物質）が _____ 変化を酸化といい、逆に、原子（またはその原子を含む物質）が _____ 変化を還元という。」 電子を失う酸化と電子を受け取る還元は常に対になって進行する。これらは、まとめて _____ redox reactionと呼ばれる。



▲図3 銅と塩素の反応 気体の塩素中に熱した銅線を入れると、激しく反応して塩化銅(II)を生成する。

① 酸化還元反応は、「酸化された」「還元された」という受身形で表現されることが一般的である。

be oxidized be reduced

- ① NaH や CaH_2 のような金属元素の水素化合物では、 H は -1 とする。
- ② H_2O_2 のような過酸化物では、 O は -1 とする。
- ③ 酸化数は 0 ， ± 1 ， ± 2 ，…のようにアラビア数字で表されるほか， $\pm \text{I}$ ， $\pm \text{II}$ ， $\pm \text{III}$ ，…のようなローマ数字で表されることもある。ただし，物質名に酸化数を示すときは必ずローマ数字で表記する。
- ④ 酸化数は着目した原子1個分の数値で表し、必ず整数となる。

例題 2 過マンガン酸カリウム KMnO_4 中の Mn の酸化数を求めよ。

※複雑なイオン結合の物質の酸化数は、各イオンに分けて求める。

(解) KMnO_4 では、 K は K^+ となっているから K の酸化数は $+1$ 。

KMnO_4 中の Mn の酸化数を x とおくと、 O の酸化数は -2 であるから、
 $(+1) + x + (-2) \times 4 = 0$ より、 $x = +7$ 答え $+7$

問 2 次の各物質中で、下線をつけた原子の酸化数を求めよ。

(1) $\underline{\text{O}}_3$ (2) $\text{H}_2\underline{\text{S}}$ (3) $\underline{\text{Mn}}\text{O}_2$ (4) $\text{H}_3\underline{\text{P}}\text{O}_4$ (5) $\text{H}_2\underline{\text{C}}_2\text{O}_4$

(6) $\text{Cu}\underline{\text{S}}\text{O}_4$ (7) $\underline{\text{Cr}}_2\text{O}_7^{2-}$ (8) $\underline{\text{N}}\underline{\text{H}}_4\underline{\text{N}}\text{O}_3$ (9) $\text{K}\underline{\text{Cl}}\text{O}_3$ (10) $\text{H}_2\underline{\text{O}}_2$

3. 酸化還元反応と酸化数 oxidation and reduction as change in oxidation state

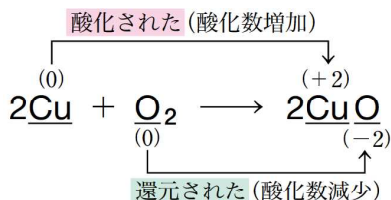
酸化還元反応で、単体や化合物中の原子が受けた変化は、酸化数を用いて、次のように言い表すことができる。

「化学反応において、ある原子の酸化数が増加したとき、その原子（またはその原子を含む物質）は酸化されたといい、ある原子の酸化数が減少したとき、その原子（またはその原子を含む物質）は還元されたという。」

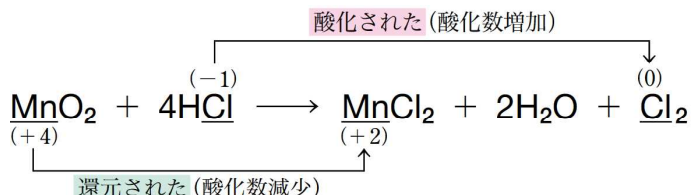
化学変化の前後で

酸化数が増加	=		be oxidised
酸化数が減少	=		be reduced

例えば、 Cu が O_2 と化合して CuO を生じる反応では、各原子の酸化数の変化は次のようになる。
この反応では Cu 原子は酸化され、 O 原子は還元されている。



酸化マンガン(IV) MnO_2 と塩化水素 HCl との反応では、塩素 Cl_2 が発生し、塩化マンガン(II) MnCl_2 と水 H_2O が生成する。この反応における Mn と Cl の酸化数の変化は、次のようになる (Mn と Cl 以外の原子の酸化数は変化していない)。



つまり、1 個の Mn 原子の酸化数が $+4$ から $+2$ に減少し (酸化数 2 減少)、2 個の Cl 原子の酸化数が -1 から 0 に増加している (酸化数 2 増加)。このように、1 つの酸化還元反応の中では、授受した電子の数、つまり酸化された原子における酸化数の増加量の総和は、還元された原子における酸化数の減少量の総和に等しい。

化学反応において	酸化数の増加量の総和 = 酸化数の減少量の総和	となる。
----------	-------------------------	------

<酸化還元反応No. 3 >

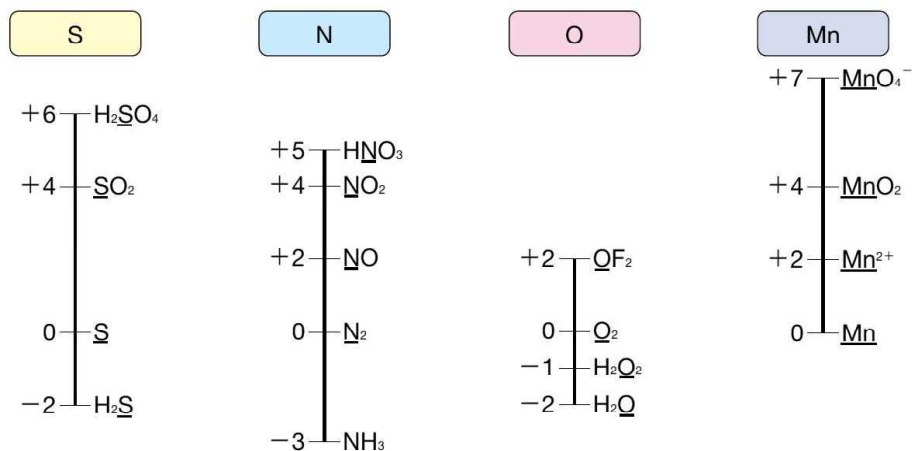
問3 次の酸化還元反応において、各原子の酸化数の変化を調べ、酸化された物質、還元された物質を化学式で示せ。

- (1) $2\text{Na} + \text{Cl}_2 \longrightarrow 2\text{NaCl}$ 酸化された物質 ; 還元された物質 ;
- (2) $\text{H}_2\text{S} + \text{I}_2 \longrightarrow \text{S} + 2\text{HI}$ 酸化された物質 ; 還元された物質 ;
- (3) $\text{Zn} + \text{H}_2\text{SO}_4 \longrightarrow \text{ZnSO}_4 + \text{H}_2$ 酸化された物質 ; 還元された物質 ;

・ H_2O_2 や SO_2 は、酸化されることもあるし、還元されることもある。つまり、還元剤にも酸化剤にもなる。それはどうしてだろうか。

《最高酸化数と最低酸化数》

	金属元素	非金属元素 (FとOを除く)
最高酸化数	族番号 (7族の $_{25}\text{Mn}$ まで)	価電子の数 (Fは0, Oは+2)
最低酸化数	0 [単体] (陰イオンにならないため)	価電子の数 - 8



H_2S
-2
硫化水素 (水溶液)



S
0
硫黄 (沈殿)



SO_2
+4
二酸化硫黄 (硫黄の燃焼で生成する無色の気体)



H_2SO_4
+6
硫酸

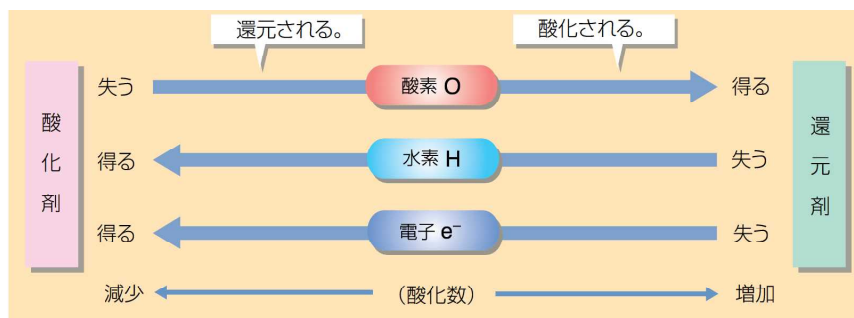
▲硫黄Sを含む物質とその酸化数

酸化剤と還元剤

oxidizing agent and reducing agent

1. 酸化剤と還元剤

酸化還元反応において、相手を酸化する物質を.....という。また、相手を還元する物質を.....という。酸化剤自身は還元されやすく、相手から電子を奪う性質をもつ。また還元剤自身は酸化されやすく、相手に電子を与える性質をもつ。



酸化剤 =

還元剤 =

▲図5 酸化剤と還元剤

代表的な酸化剤、還元剤とその水溶液中でののはたらきを、電子の授受で表した式を表2に示す。
酸化剤・還元剤がはたらくと何になるのかを覚えること。

▼表2 おもな酸化剤・還元剤とそれらの水溶液中での反応

酸化剤と還元剤		水溶液中での反応	
酸化剤	オゾン O_3	$O_3 + 2H^+ + 2e^- \longrightarrow O_2 + H_2O$	
	過酸化水素 $H_2O_2^*$	$H_2O_2 + 2H^+ + 2e^- \longrightarrow 2H_2O$	
	過マンガン酸カリウム** $KMnO_4$ (酸性)	$MnO_4^- + 8H^+ + 5e^- \longrightarrow Mn^{2+} + 4H_2O$	
	(中性・塩基性)	$MnO_4^- + 2H_2O + 3e^- \longrightarrow MnO_2 + 4OH^-$	
	二クロム酸カリウム $K_2Cr_2O_7$	$Cr_2O_7^{2-} + 14H^+ + 6e^- \longrightarrow 2Cr^{3+} + 7H_2O$	
	希硝酸 HNO_3	$HNO_3 + 3H^+ + 3e^- \longrightarrow NO + 2H_2O$	
	濃硝酸 HNO_3	$HNO_3 + H^+ + e^- \longrightarrow NO_2 + H_2O$	
	熱濃硫酸 H_2SO_4	$H_2SO_4 + 2H^+ + 2e^- \longrightarrow SO_2 + 2H_2O$	
	ハロゲン Cl_2, Br_2, I_2	$Cl_2 + 2e^- \longrightarrow 2Cl^-$	
還元剤	二酸化硫黄 SO_2^*	$SO_2 + 4H^+ + 4e^- \longrightarrow S + 2H_2O$	
	金属 Na, Mg, Al など	$Na \longrightarrow Na^+ + e^-$	
	シュウ酸 $(COOH)_2$ ($H_2C_2O_4$ とも書く)	$(COOH)_2 \longrightarrow 2CO_2 + 2H^+ + 2e^-$	
	塩化スズ(Ⅱ) $SnCl_2$	$Sn^{2+} \longrightarrow Sn^{4+} + 2e^-$	
	硫化水素 H_2S	$H_2S \longrightarrow S + 2H^+ + 2e^-$	
	二酸化硫黄 SO_2^*	$SO_2 + 2H_2O \longrightarrow SO_4^{2-} + 4H^+ + 2e^-$	
	ヨウ化カリウム KI	$2I^- \longrightarrow I_2 + 2e^-$	
	過酸化水素 $H_2O_2^*$	$H_2O_2 \longrightarrow O_2 + 2H^+ + 2e^-$	
	硫酸鉄(Ⅱ) $FeSO_4$	$Fe^{2+} \longrightarrow Fe^{3+} + e^-$	

* 過酸化水素と二酸化硫黄は、相手によって酸化剤としても還元剤としてもはたらく。

** 過マンガン酸カリウムは、酸性か、中性・塩基性かによって酸化力が異なり、生成物も異なる。

問3 次の反応の中で、酸化還元反応であるものを選び、酸化剤と還元剤を化学式で示せ。

- $2KI + Cl_2 \longrightarrow 2KCl + I_2$ 酸化剤 ; 還元剤 ;
- $Fe_2O_3 + 2Al \longrightarrow Al_2O_3 + 2Fe$ 酸化剤 ; 還元剤 ;
- $HCl + NH_3 \longrightarrow NH_4Cl$