

21世紀のよみがえる多機能水

Infrared rays far & Magnetic  
Active water system



遠赤外線・磁気活水器スーパーバイオックス  
開発・製造 株式会社バイオックス

## 本解説書をご活用いただくにあたって

この解説書は、スーパーバイオックスV I D E O・企業編での商品説明の部分を内容面で、より詳しく説明を加えて編集したものです。

解説書の各ページの表面は、ビデオの画像に合わせた絵コマを載せて説明文を加えています。この絵コマをビデオの画像と合致すよう構成しましたが、ビデオ画像の一部は、コンピューターグラフィック（C G 動画）になっているため、多少異なるところがあります。

絵の右側（右側でない場合が一部にあります。）に太字でビデオのナレーションの文言を記載しています。絵の下段面には、その内容に沿った解説文を載せました。

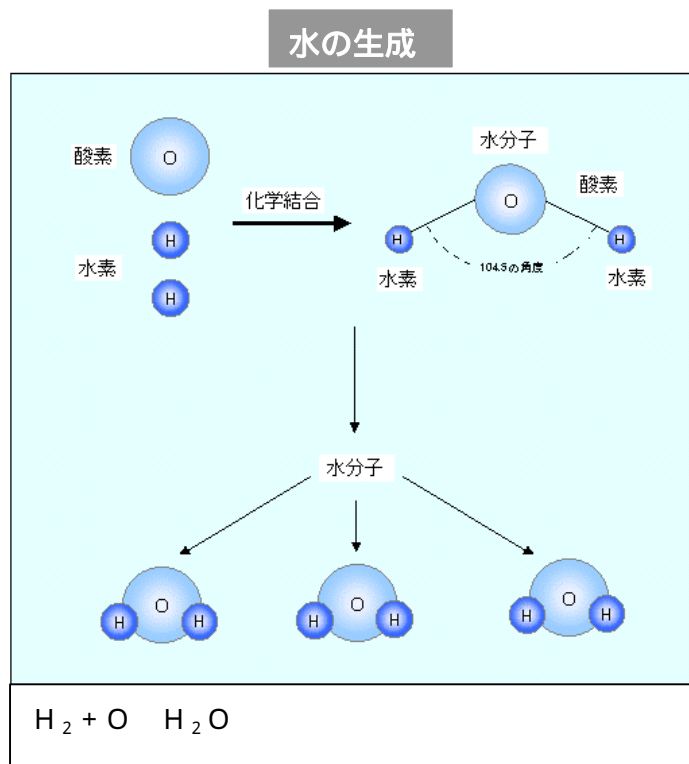
裏面には、参考となる技術的な内容のものを記載しています。この裏面は参考にとどめるだけで結構です。また、解説書の最後に、付録として関連資料を添付していますので、必要に応じて参考にしてください。弊社商品の説明会などで、ビデオとともに、この解説書をご活用いただければ幸いです。

この解説書は、弊社水処理機の技術的なものを集約していますが、データなどは載せていませんので、説明会などで必要な場合はご用意してください。手持ちのデータが揃わないときは、必要なものを弊社からお取り寄せてください。

なお、この解説書についての内容や不明な点がありましたら、お気軽に、弊社にお問い合わせください。

平成13年8月

株式会社バイオックス・商品企画部  
有限会社バイオックス技研・技術開発部



VIDEO 画 ナレーション

それでは、私たちの大切な水を10億倍に拡大して見てみましょう。水は酸素原子1個に水素原子2個が化学的に結合した化合物です。水素と水素の角度はおよそ104.5度で酸素と結合しています。この角度のため、水の水素は電気的にプラスの性質を持ち、

## 1、 酸素・水素と水の生成

この絵は、酸素原子と水素原子が結合して水分子になる様子を表しています。

絵の右上は、酸素原子に対し水素原子2個が104.5度の角度で結合している様子を示しています。分子の詳細を説明する場合などは、このように結合部を伸ばして表現しますが、通常は下の絵のように足を縮めて表しています。

**酸素** 酸素は地球上で多量に存在する元素です。空気の5分の1は酸素 $O_2$ といわれ、この酸素は、ほかのすべての元素と化合していないので**遊離酸素**といえます。地球の外殻の約半分は、ほかの元素と化合していて、この酸素を**結合酸素**といえます。

酸素は、水の中に溶解していますが、20℃で水1L当たり約9～11mgです。

**水素** 水素は、無色無味無臭の気体で、元素中最も軽く、最も密度が小さい元素です。

遊離（結合していない単独）の水素 $H_2$ は、地球大気中にはほんの僅かしか見出されません。なぜかというとな非常に軽いので、地球重力場から蒸発するためです。しかし宇宙全体で見ると、遊離水素は最も多い元素で、太陽の75%は水素です。多くの水素は、ほかの元素と化合して存在しています。

**水** 純水の水は、無味無臭無色の物質で、1気圧での凝固点は0℃、沸点は100℃。密度は約4℃で最大となり、1ミリリットルで1グラム（1g/ml）です。

人体の約3分の2は水で占められています。果物や野菜などの植物は80%～90%が水といわれます。

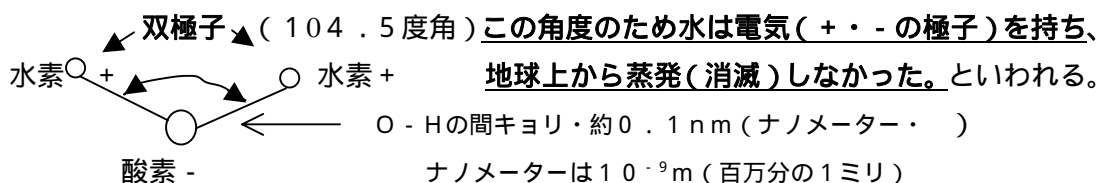
## 参考

**酸素：**酸素の僅かな量でも、有機汚泥物を無害な物質に化学的に変換して水の浄化を助けている。下水処理施設では、酸素や空気を送り込み、微生物に酸素を供給して汚泥物を分解します。

**水素：**例えば、動植物のたんぱく質では、炭素や窒素と化合した水素です。水素は、人体の重量の10%を占めている。水・ $H_2O$ も水素と酸素の化合物で、天然ガスは水素と炭酸の化合物・ $CH_4$ です。また水素の化学反応として例えば、 $2H_2 + CO \rightarrow CH_3OH$ （メチルアルコール）などの化合物として存在しています。

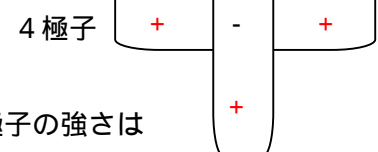
### 水の性質

- ・水は最も安定した化合物です。
- ・水・ $H_2O$ を2000℃に熱しても酸素と水素に分解しないが、電気を流すと簡単に分解する性質をもっている。通電すると電気分解して、 $2H_2O$ （水） $\rightarrow 2H_2 + O_2$  となり、水素と酸素に簡単に分解されます。
- ・他の液体に比べて溶解力が大きい。
- ・密度は3.98℃で最大0.999973 g/cm<sup>3</sup>。氷になると膨張して密度は下がる。
- ・磁化率は反磁性で、 $-0.720 \times 10^{-6}$  cm<sup>3</sup>/g（20℃）である。
- ・イオン含有量の順は、 $Ca^{2+} > Na^+ > Mg^{2+}$ 、 $HCO_3^- > Cl^- > SO_4^{2-}$ の順に溶解している。
- ・他の液体に比べて、**熱容量、気化熱、表面張力、粘性率の大きいのは、水素結合の影響**とされています。
- ・水分子の水素は、正の電気（電荷）を持ち、酸素は負の電気（電荷）を持つ双極性の性質を持っている。双極子の様子を下図に示します。

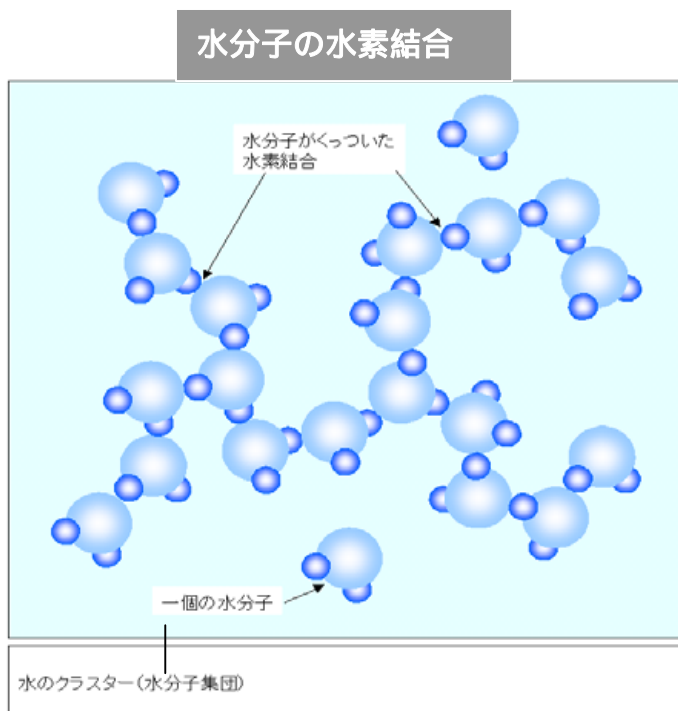


水は電氣的に分極しており、この結果、電気（双極子モーメント 1）をもつ有極性分子である。一つの水分子中の正の電荷（ 2）をもつ水素原子が、もう一つの水分子の負の電荷をもつ酸素原子を引き付け、水素結合を形成する。水の**沸点が高いのは**、この水素結合のためであるといわれています。

双極子とは、同極が2つもっていること。4つの場合は四極子という。



- 1 双極子の強さを表す量で、電荷qが距離lにあるときの双極子の強さは  $\mu = ql$  で表され、これを双極子モーメントという。
- 2 原子が持つ電気量を意味し、電気ともいう。正電気（陽電気）と負電気（陰電気）とに分けられます。



VIDEO 画 ナレーション

水分子はこの水素の力で分子同士が軽く結合しています。これが水素結合といえます。

### 水分子の水素結合と水分子集団（クラスター）

この絵は、水分子同士がくっついて水素結合している状態です。

1個の水分子はわずかに正の電気を帯びた水素原子と、他の水分子でわずかに負の電気を帯びた酸素原子を引っ張って2つの水分子が結合し、さらに他の水分子と同じように結合してつながっていきます。実際の状態はもっと複雑に結合して集団を形成しています。

水素結合の集団は、ぶどうの房にたとえて**クラスター**といっています。

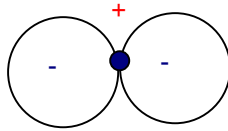
水が異常に高い沸点をもつのは、多くの水分子を1つになろうとする水素結合のためなのです。以上は酸素との水素結合ですが、水素はほかの原子ともよく結合します。

実際の通常生活用水は、さまざまな不純物が溶出されており、このためより複雑な状態（構造）となっています。このように水の状態（構造）は、時々刻々と変化していて、クラスターもより複雑になっています。

：水素は、スーパーバイオックスの作用によく反応して活性化し、ほかの物質の化学的変化に影響して、その効果に大きな役割をしています。順を追って説明を加えていきますが、付録で関連の部分を説明していますのでご参照ください。

## 参考

**水素結合**：電氣的に陽性な水素が媒介となって、電氣的に陰性な酸素原子を結びつけて形成される結合で、水素イオン、すなわち裸のプロトンは事実上 0 点であって、図のように電氣的に陰性の原子を引き付けてしまう。水素のみがなし得ることができる現象です。



## 分子結合の種類と性質

**化学結合** | **共有結合**：他の原子と電子を共有して結合する。(強い結合)

| **イオン結合**：一つの原子がほかの原子に電子を与えて結合する。

**水素結合** 分子間の電氣的な引力に引きつられた結合(弱い結合)

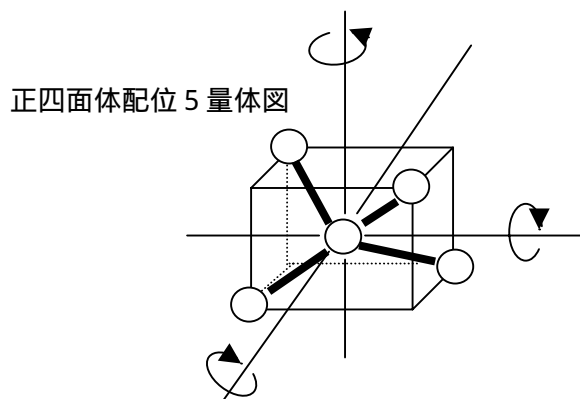
**水和結合**：水溶液中の分子またはイオンと水分子が相互作用してその一部が結合して集団をつくる現象。結合が化合物となる場合を水化という。水とでゲル状になるものでは、ゼラチンやシリカゲルなどがある。

**ファン・デル・ワールスカ**：分子間に働く引力でクラスターをつくる。液体の凝集や接着などに影響する引力をいう。

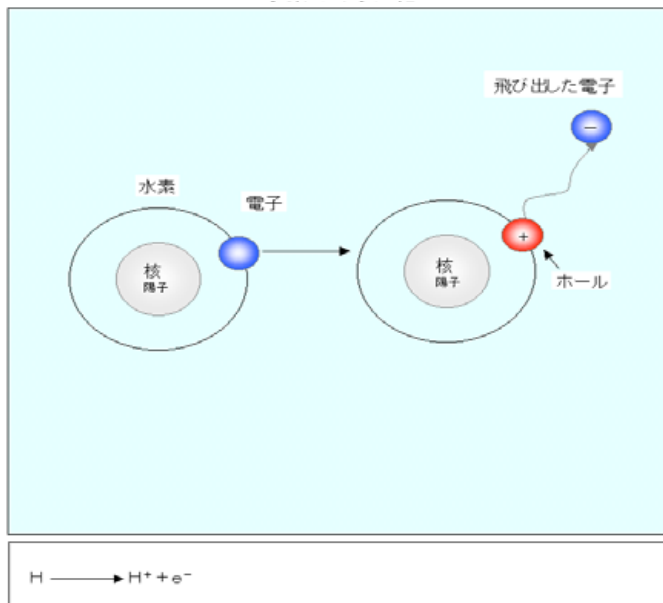
クラスター理論は 1920 年代から研究され、1962 年論文では常温で、50 ~ 60 個と考えられていたが、1974 年論文で Scheraga らの研究で小クラスター(9 個以下)を考えるようになり、結果は 5 から 6 個というクラスターが主要構造となっている。1977 年に発表した荒川(東大・北大)・常盤野・小島論文では、下図に示すような中心分子の周りに正四面体配位で水素結合した 5 量体と単分子の水との混合とし、5 量体は生成・消滅を繰り返すフリッカーリング・クラスターと提唱しています。

クラスターの生成と寿命の速度は、 $10^{-12}$  秒の速さで繰り返すといわれています。

## クラスターの構造



## 水素がイオン化する現象

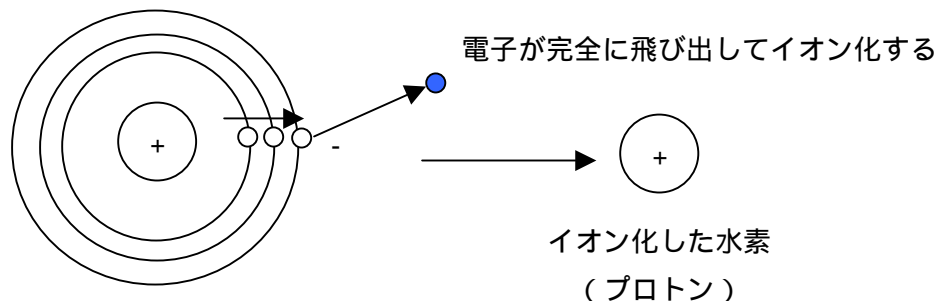


## VIDEO 画 ナレーション

次にイオンについて説明しましょう。水素の場合を見てみましょう。図は水素の原子核の軌道に自由電子が回転運動しています。いま、何らかの力が加わると、自由電子が軌道から飛び出してしまいます。水素は電子のない状態になり、このためプラスに帯電して、

## 水素のイオン化その

ほとんどの原子は電気を持っています。この絵は水素原子で、原子の中心は原子核があり、このまわりの軌道に電子が回転しています。電気的には原子核が陽性（プラス）で電子は陰性（マイナス）で引き合っているために、電気的にはゼロです。この状態の原子のエネルギーは小さく最低（基底状態という）ですが、外部からエネルギーを与えると電子は外側の軌道に飛び移ります。さらに強いエネルギー（熱、電磁波、磁場など）を受けると、電子は完全に軌道から飛び出してしまいます。そこで電子の失った原子核（陽子）はマイナスの電気（電荷）がないためにプラスに帯電します。裸になった水素の原子核はイオン化するわけです。

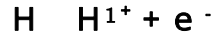


イオン化したプロトンは陽性ですから周りに陰性のものがあれば引き付けて結びつけようとしします。反対に、電子を貰ってイオン化したものをマイナスイオン化といいます。

ここでは水素を取り上げて説明しましたが、ほかの多くの元素もイオン化します。

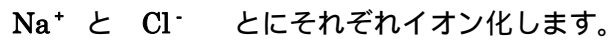
## 参考

原子から電子1個を奪い取ってしまうと、イオンとよばれる正電荷を帯びた粒子が残る。陽イオン(カチオン・cation という)は1個以上の電子を失った原子であり、陰イオン(アニオン・anion という)は、1個以上の電子を獲得した原子をいいます。



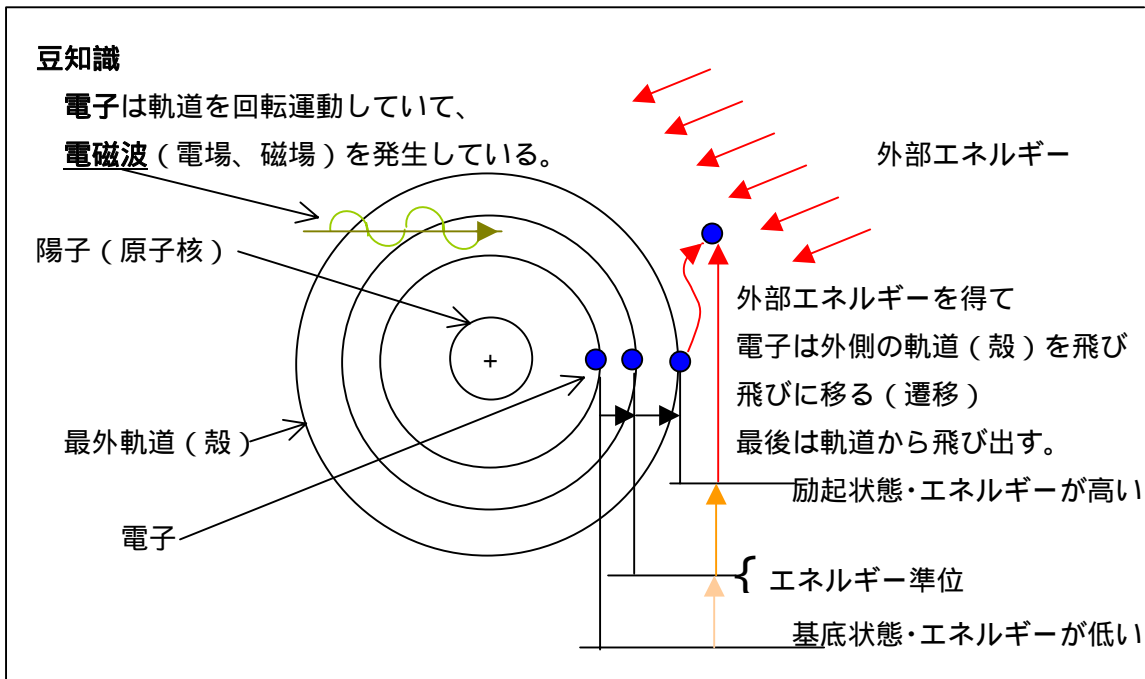
上の水素原子(電氣的にゼロで中性)が1個の電子を失って水素イオンになることを表しています。水素イオンの右肩につけた1+は“正電荷をもった粒子”となったことを示しています。このことは、負に帯電している1個の電子( $\text{e}^{-}$ )を失ったという意味です。水素は、負電荷(電子)に対して1個余分の正電荷(陽子)をもち、電氣的に中性でなくなっている。これをイオン化といいます。

私たちの体に必須な食塩(塩化ナトリウム・ $\text{NaCl}$ )の結晶は水の中で溶けると



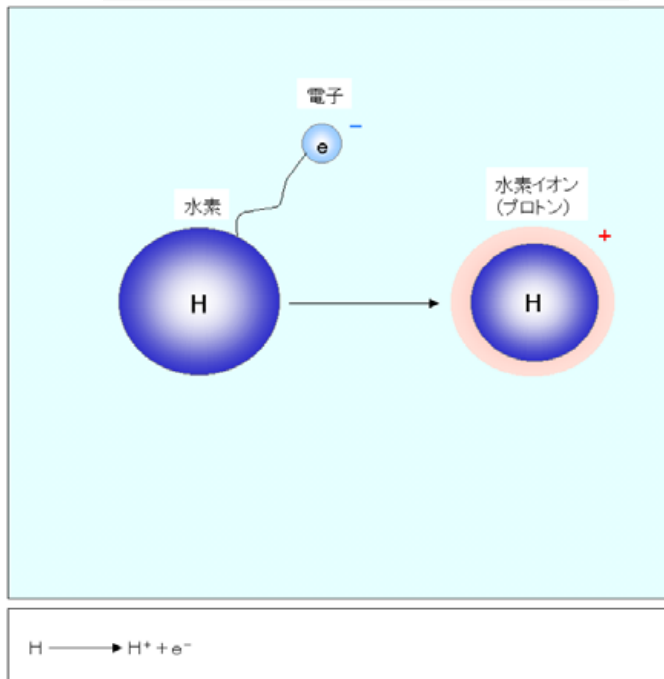
英国の物理学者ファラデー(Michael Faraday)は、電解質溶液(水に溶けた塩化ナトリウムのような)は電荷をもつ粒子を含むとした。この粒子をイオン(“歩きまわる人”を意味するギリシャ語に由来)とよび、イオンは電流を運びながら溶液の中を歩きまわるのだと述べています。

固体の塩化ナトリウムは水の中に入ると、ナトリウムイオンと塩素イオンに分離(“解離”という)し、イオンが分かれて溶液中を自由に動きまわる。イオンを含む溶液は、電流を運ぶことのできる帯電した粒子を含むので電解質溶液といい、イオン化する物質を電解質という。このイオン粒子を剛球体という場合もあります。





## 電子の放出によりイオン化した水



VIDEO 画 ナレーション

プラスイオンになるわけ  
です。

## 水素のイオン化その

水素がイオンになるということは、

$\text{H}$  (水素)  $\text{H}^{1+}$  (水素イオン) +  $\text{e}^{-}$  (電子) となります。

↑ 電子のマイナスを意味します。

↑ この+はプラス・正イオンを意味します。

↑ この1は1個の電子が抜けて1個の電荷があるという意味です。(化学的には1価の正イオンといいます。)

つまり、水素は電子が1個抜け出して1価の正(プラス)イオンになったことを示しているのです。

水素は原子1個からなるイオンで、単原子イオンともいいます。

: 絵に表現している原子や分子、化合物などの形、色は分かりやすく便宜上作成したものです。実際の原子や分子には色は付いていませんのでご了解ください。

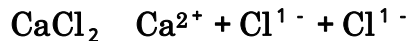
印はコメントです。

## 参考

イオン結合とは、1個の原子が他の原子に1個以上の電子を移し、その結果生じたイオンが反対の電荷による引力により1つになる結合を化学結合といい結合した物質を化合物といます。

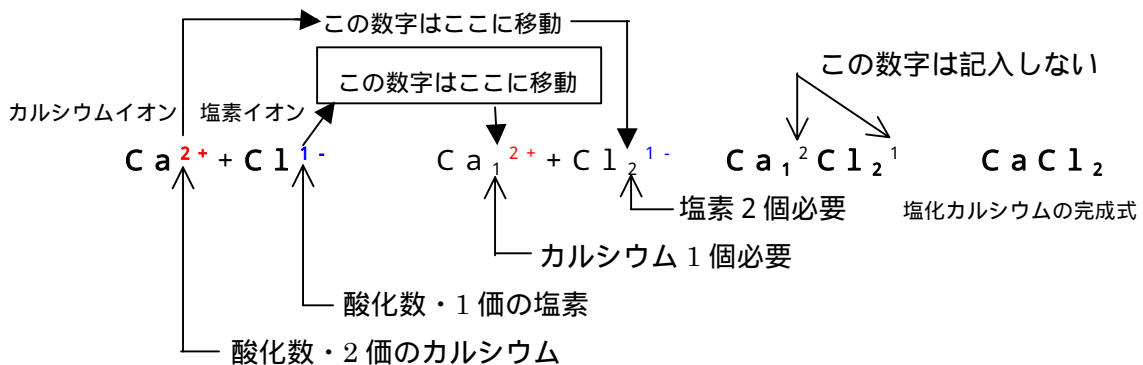
例えば、塩化カルシウムはカルシウムイオンと塩素イオンのイオン結合でできている。

塩化カルシウム ( $\text{CaCl}_2$ )    カルシウムイオン ( $\text{Ca}^{2+}$ ) + 塩素イオン ( $\text{Cl}^{1-}$ ) + 塩素イオン ( $\text{Cl}^{1-}$ )



この数字は2個を意味し、カルシウムイオン（正イオン）1個に対し塩素イオン（負イオン）は2個をもって結合する。

### 化学式の豆知識



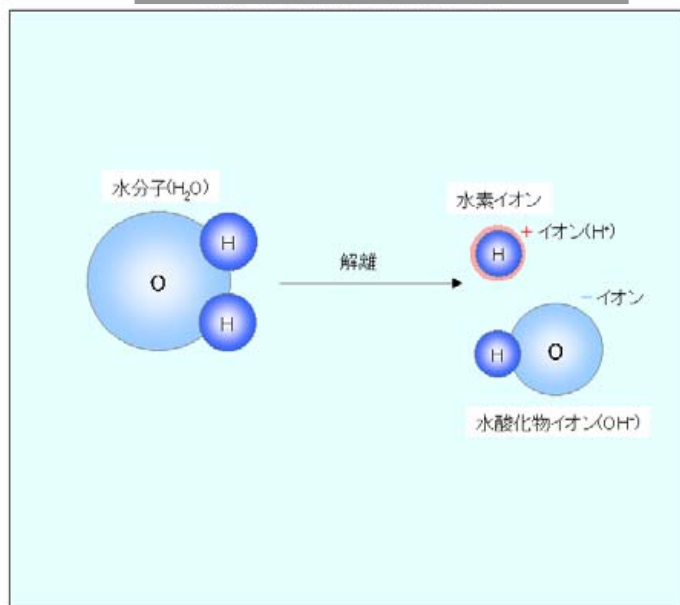
酸化数（電荷数または、原子価ともいう）は、元素や化合物によって決まります。

主として最外殻軌道にある自由電子の数。

例えば、正イオンの1価では、水素・ $\text{H}^{1+}$ 、ナトリウム・ $\text{Na}^{1+}$ 、カリウム・ $\text{K}^{1+}$   
2価では、マグネシウム・ $\text{Mg}^{2+}$ 、カルシウム・ $\text{Ca}^{2+}$ 、鉄 $\text{Fe}^{2+}$   
3価では、鉄 $\text{Fe}^{3+}$  などがある。

負イオンの1価では、塩化物・ $\text{Cl}^{1-}$ 、フッ化物・ $\text{F}^{1-}$   
2価では、酸化物・ $\text{O}^{2-}$ 、硫化物・ $\text{S}^{2-}$   
3価では、窒化物・ $\text{N}^{3-}$ 、リン化物 $\text{P}^{3-}$   
などがあります。

## 水分子の解離によるイオン化



イオン化  $H^+$  水素 } 解離  
 $OH^-$  水酸化物イオン }  
 水素イオン濃度  $pH=7$  (中性)

## VIDEO 画 ナレーション

水の中には、水分子がほんの僅かに解離して、プラスの水素イオンとマイナスの水酸化物イオンが存在しています。このどちらのイオンも同じ量のときの水を中性の水といいます。

## 水のイオン化その

絵は水分子が、水素イオンと、水酸化物イオンに分かれた（解離という）状態を示しています。純水の水の他、通常生活用の水道水は、水素イオンと水酸化物イオンは同量です。同量というのは、水の中に水素イオン（ $H^+$ ）と水酸化物イオン（ $OH^-$ ）が同じ量だけ解離しているわけです。上の絵は、水分子が、水素イオンと、水酸化物イオンに解離した状態を示しています。

純水の水では、水素イオン・ $H^+$ と水酸化物イオン $OH^-$ が水の量〔実際は水の質量・モル量〕に対して $10^{-7}$ づつ存在しています。いずれも同じ量のときの水を中性といいます。

この尺度を表すのに  $pH$ （ピーエイチまたはペーハーと呼んでいます）

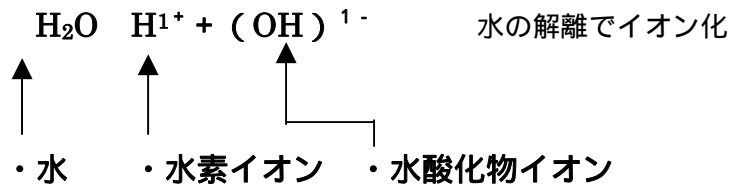
中性の水は  $pH$  で、およそ 7 の数値となります。

この数値は 0 から 14 まであって、7 より小さくなると酸性が強くなり、7 より大きくなるとアルカリ性（塩基性ともいう）が強くなります。水素イオンが多くなると酸性が強い方へ、水酸化物イオンが多くなるとアルカリ性が強くなります。

：詳しくは裏面をご参照ください。

**参考**

水のイオン化を表す方法として次のように記号で表わします。



純水の水では、水素イオンと水酸化物イオンが等量ずつ存在するので純水は中性である。つまり、水素イオン濃度  $10^{-7} \text{ mol/L}$  のとき水酸化物イオン濃度は  $10^{-7} \text{ mol/L}$  の等量で pH ( 7 ) は中性という。  $10^{-7} \text{ mol/L}$  ( 7 ) を pH 7 中性で表される。pH が 7 であることは水素イオン濃度と水酸化物濃度が等量になっていることになります。

酸性大                  pH 7 ( 中性 )                  アルカリ性大

1・pH とは対数値で、デンマークのセーレンセンが提案した。pは“べき”のことをさしHは水素を表す。

2・mol(モル)とは、物質量の基本単位で原子や分子の個数と重さ求める時に使う。  $6.02 \times 10^{23}$  個の原子を原子 1 モルと定義している。

水素原子 1 モルは約 1 g (グラム) 酸素原子 1 モルは 16 g なので、水分子 1 モルは 18 g になる。水 1L (1000 g) 中には、  $1000 \text{ g} / 18 \text{ g} = 55.5$  のモルということになる。

元素は周期表で分類していて、分類中の原子量が g (グラム・原子量) である。

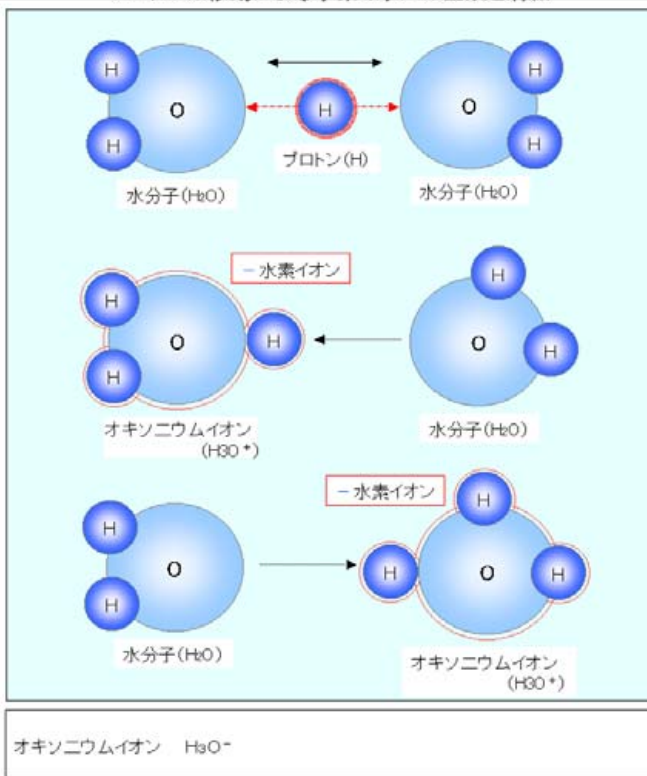
( 水素 )( 水素 )( 酸素 )

$$\begin{array}{ccccccc} & \text{H} & & + & \text{H} & & + & \text{O} \\ & \uparrow & & & \uparrow & & & \uparrow \\ & 1 & & & 1 & & & 16 \\ & \text{---} & & & \text{---} & & & \text{---} \\ & & & & & & & \text{計 } 18 \text{ g} \end{array}$$

従って、水分子 18 グラムが 1 モルという。

## プロトンの移動による水素イオンの生成と消滅

SupervioxVideo



VIDEO 画 ナレーション

水素イオンつまりプロトンは、通常水の中では単独に存在するのではなく、非常に早いスピードで水分子と水素結合したり離れたりを繰り返し、オキシニウムイオンとして存在しています。

この絵は、水素イオン(プロトン)が激しく移動して水と結合し、大きな水素イオンになる様子を示しています。

## 水素イオン(プロトン)の生成と消滅

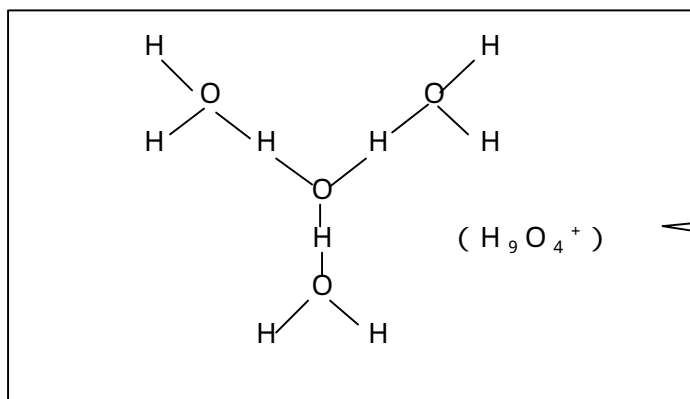
実際の水素イオン(プロトン)は水の中では、単独に存在するのではなく、プロトンの移動によって、水分子の酸素についたり離れたりしてイオン化しています。

このように原子や分子またイオンは、水の中では非常に早いスピード( $10^{-12}$ /秒)で動いているから、実際に移動していても止まっているように見えるのです。

この水素イオンをオキシニウムイオン・ $\text{H}_3\text{O}^+$  といいます。

オキシニウムイオンは、図のようにクラスター - をつくり、クラスターイオンとして水の中で存在して最も安定したイオンといわれています。(裏面をご参照ください)

$\text{H}_3\text{O}^+$  が水和されて、水和イオン  $\text{H}_3\text{O}^+(\text{H}_2\text{O})_3$  となっている。

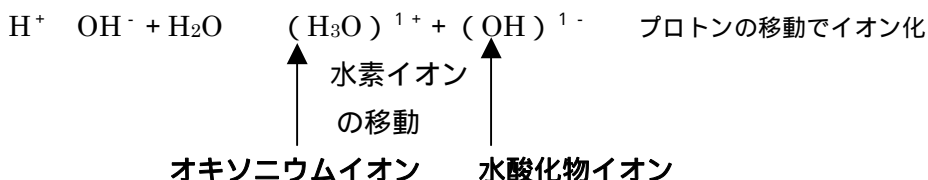


オキシニウムイオンはヒドロキシニウムイオンまたはヒドロニウムイオンともいいます。

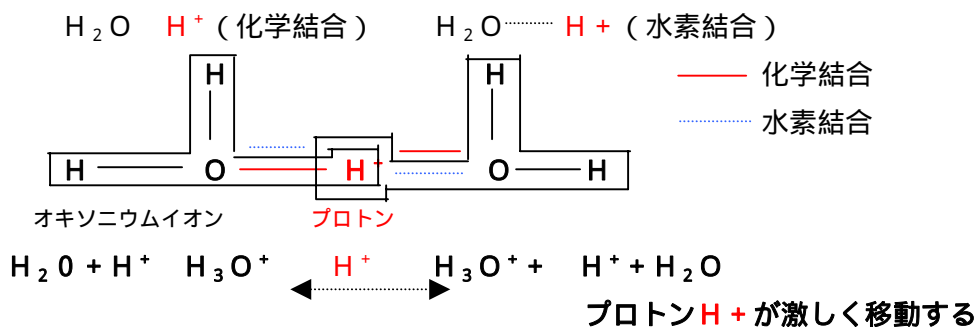
これ全部が水素イオン

## 参考

### 水素イオン(プロトン)の移動による化学変化。



水素イオン(プロトン)は、半径およそ  $10^{-13}$  cm 程度の粒子で、ほかの溶媒分子(水の場合水分子)と結合して存在し、裸の  $\text{H}^+$  として存在しない。オキソニウムイオンは電気伝導度がほかのイオンに比べて著しく大きいため、オキソニウムイオンの中のプロトンが隣り合っている水分子に移り、つぎつぎと移動を繰り返して反応をおこします。



ヒドロキシルイオン  $\cdot \text{OH}^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}_2^-$  : プロトンに比べて反応速度が遅い。

**クラスターイオン** : 正イオンあるいは負イオンを核として複数個の原子または分子が凝集してできる電荷を帯びた原子または分子の集合体をいいます。



**水酸化物イオン**(アルカリ性または塩基性ともいう。)

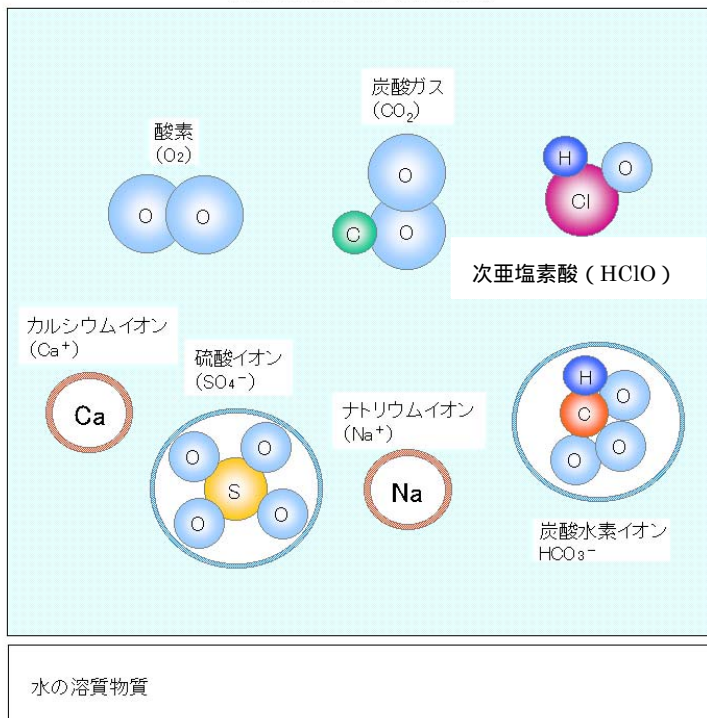
- ・塩基 : 化学物質の分類の1つで、原子や分子の間で電子のやり取り(授受)があり、他に電子を与えるものを電子供与体といい、塩基は電子を与える供与体である。水溶液系では水酸化物イオン  $\text{OH}^-$  を与えるものが塩基性を示し、溶液の水素イオン指数が  $\text{pH} > 7$  のとき塩基性溶液といいます。

アルカリ性という語は塩基性と類似の意味を持つが、水溶液系で用いられる。

- ・塩基性酸化物 : 酸と反応して塩をつくり、水と反応して塩基性水溶液を与える酸化物をいう。金属元素の酸化物には塩基性酸化物が多く、酸化数が低い場合に塩基性が著しい。たとえば、 $\text{CaO}$ 、 $\text{FeO}$ 、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$  などがあります。

**酸化数** : 18ページをご参照ください。

## 水に溶解している溶質物類の一部



## VIDEO 画 ナレーション

水は本来、溶解力の高い溶液ですから、酸素や炭酸ガスをはじめ、さまざまな元素や分子、更にイオンや、無機物の他、有機物類を溶解しています。

トリ ハロ メタン  
 ↓  
 水素と炭素の化合物(有機物)  
 ↓  
 塩素(ハロゲン元素)  
 ↓  
 3つを意味する。

## 水の溶存物(水に溶けている不純物)

水の中にはさまざまな物質が溶け込んでいます。絵はその一部を示しているに過ぎません。これらの物質は、カルシウム、マグネシウム、鉄、カリウムなど人体に必要なミネラルのほか、重金属や薬品なども溶解されている場合もあります。その他フミン物質(有機物の腐敗したもの)と塩素と化合してトリハロメタン(ガンを引き起こす因子といわれている)に変化した物質も含まれている場合もあります。

その他、細菌類や微生物も生息しているため、水道水に塩素(次亜塩素酸または、液化塩素など)を注入して殺菌しています。水道水に含まれる塩素の量は地域によって、水1リットル中、0.4ミリグラムから1.2ミリグラムと差があります。

殺菌処理は水の安全を確保するためにやむを得ない処理ですが、煮沸などせずに多量に使用し続けると人体にはいい影響は与えません。また水道配管(特に白ガス管などの鉄管)などのサビの促進につながります。

そのほか水に溶けている主な物質は、(溶存物または不純物ということもあります)

溶存物：溶存酸素・ $O_2$ 、二酸化炭素・ $CO_2$ 。などのほか、

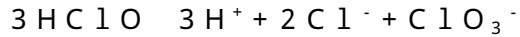
+イオン物質として、ナトリウム・ $Na^+$ 、カリウム・ $K^+$ などのイオン類。

-イオン物質として、塩素・ $Cl^-$ 、亜硝酸( $NO_2^-$ )、炭酸( $CO_3^-$ )などのイオン類。などが溶存しており、このほかにも多くの物質が水に溶存されています。

## 参考


水道水の消毒剤（殺菌剤）について。

- **次亜塩素酸**： $\text{HClO}$  は遊離酸<sup>1</sup>で無色。水溶液中は強い酸化力を持ち化学式は、 $\text{HClO} + \text{H}^+ + \text{e}^- \rightleftharpoons 1/2\text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O}$  また  $\text{HClO} + \text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Cl}^- + \text{H}_2\text{O}$  となり、不安定で分解しやすい。次のような反応がある。（水道水の消毒剤に使用されている）



$2\text{HClO} \rightarrow 2\text{H}^+ + 2\text{Cl}^- + \text{O}_2$  などに分解します。

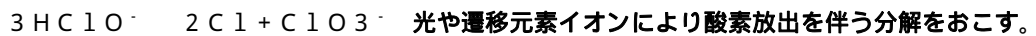
- 1 **遊離酸（遊離基）**：不對電子<sup>2</sup>をもつ化学種でラジカルともいう。一般に遊離基は分子の熱分解、光分解、放射線分解、電子のやり取り（授受）などによって化学結合が切断されて生じる。きわめて寿命の短いものです。
- 2 **不對電子**：電子がほかの原子と共有していない電子で、奇電子ともいい、反応性が大きいので、ほかの原子団と共有結合<sup>3</sup>をつくりやすい。不對電子は物質の強磁性常磁性の原因ともなる。**遊離基は不安定なため反応性に富む。**
- 3 **共有結合**：電子を共有して結合する。たとえば、

$\text{H} \cdot + \text{H} \cdot \rightarrow \text{H} : \text{H}$  :  この2つの電子を共有していることを表している。

• **塩素水**：塩素を水に飽和させた水溶液をいう。塩素の2/3は分子として存在し、3分の1は、水として作用して次亜塩素酸を生じる。 $\text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{Cl}^- + \text{HClO}$

• **次亜塩素酸塩**：次亜塩素酸イオン $\text{ClO}^-$ の化合物。ナトリウム塩・ $\text{NaClO} \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 、カルシウム塩・ $\text{Ca}(\text{ClO})_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ が単離されている。いずれも水溶性。

溶液は独特の臭気をもつ。塩類の塩基性溶液は酸性溶液より安定であるが、不均一化する。



$\text{HOCl}$ の飽和炭化水素の塩素化。反応性に富み、殺菌剤、漂白剤として用い、カルシウム塩はさらし粉に含まれている。塩素はハロゲン原子で、電子親和力は3,61 eVで酸化力が強い。

## 水の構造について

- **水和水** 水の中でイオンや砂糖などの溶質が溶けるのは、水の水分子がイオンの電荷と反対符号の電荷の方を向けて水素結合ができて取り巻く。このような場合、イオンや砂糖は水和されているといえます。

例えば、 $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ （塩化カルシウム六水和）

- **結晶水** 例えば、 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ （硫酸銅）1：5などの一定の比率で結合している。

↳ **配位水** イオンをつくる場合。 $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_4]^{2+} + \dots$

**構造水** 結晶格子の空所に一定の割合で存在している。

$\text{OH}^-$ が基になって結合し熱や磁界などで $\text{H}_2\text{O}$ となります。

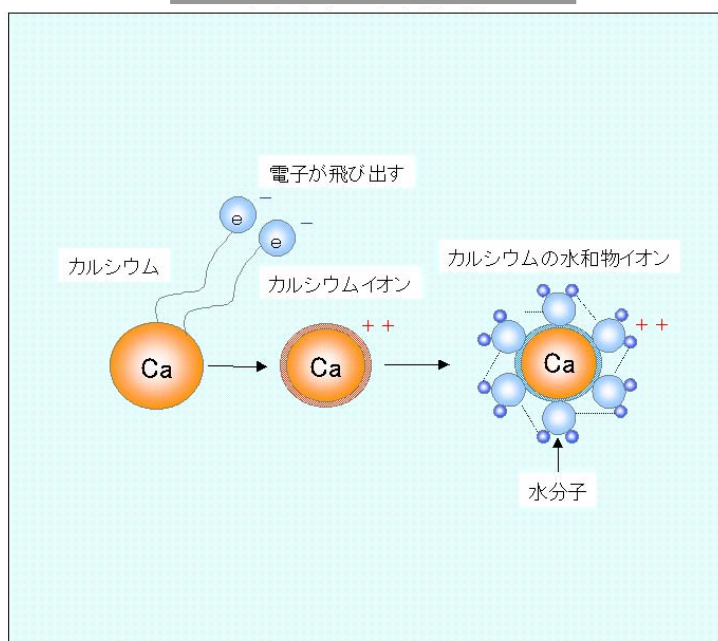
例えば、 $\text{Ca}(\text{OH})_2$  水酸化カルシウムなど。 : 次ページ裏でも説明を加えています。

## 豆知識

- **溶質**は“溶かされている物質”であり、**溶媒**は“溶かしている物質”である。“溶媒が液体である溶体”を**溶液**という。例えば食塩水の場合は、食塩が溶質であり水が溶媒です。



## カルシウムのイオン化



カルシウムイオン  $\text{Ca}^{2+}$     カルシウム水和物  $\text{Ca}(\text{H}_2\text{O})_6^{2+}$

## VIDEO 画 ナレーション

カルシウムイオンについて見てみましょう。カルシウムは水の中では、電子を2個放出してカルシウムイオンになります。カルシウムイオンは、水素結合した水分子に囲まれた状態で存在します。これをカルシウム水和物といいます。

## カルシウムのイオン化と水和化

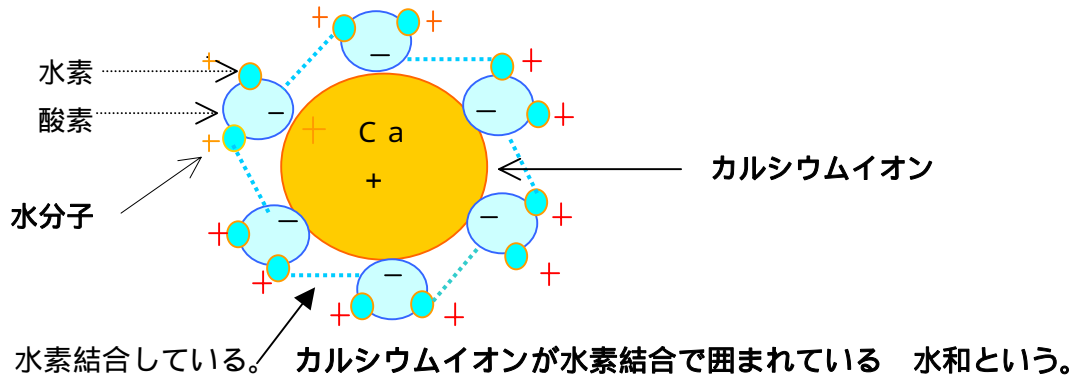
カルシウムは、水に入るとイオン化します。

絵は水の中でイオン化したことを示しています。電子2個を放出してプラスにイオン化したカルシウムは、水分子と弱い結合をします。この結合の状態は、カルシウムイオン(正)に対し、水分子の酸素側(負)がくっつきます。このように水分子が水素結合してカルシウムを取り囲んでいます。この状態をイオンの水和(裏面をご参照)といいます。カルシウムはこの反応によって、「カルシウムの水和物イオン」になったことを示しています。

：スーパーバイオックスの磁気・遠赤外線水処理機によって、イオンの水和に強く影響しますが、これらのことについては、順を追って説明していきます。

### イオンの水和

カルシウムは水に入ると、最外軌道の自由電子が2個飛び出してカルシウムイオンになります。水分子は+ - の双極子の電気を帯びているので、水分子は+の電荷をもつカルシウムイオンに対して - (酸素側)の極の方を向けて並び水素結合で配列する。このように水の層で包んでしまうようになることを、イオンは水和されたといいます。

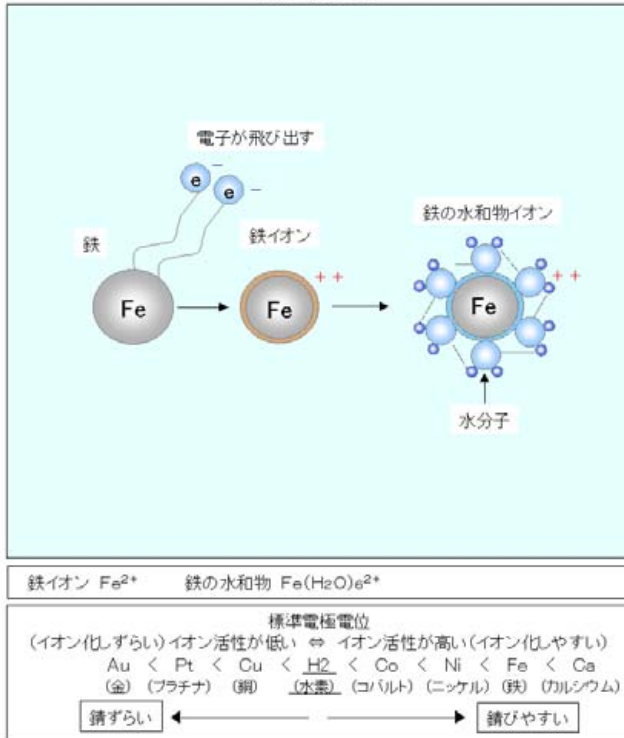


イオンが水和されることによって、イオン間の力が弱まり、水の中に溶けて行く。水の溶解といいます。

水分子のようにイオンに結合する分子やイオンを**配位子**といい、このイオンで配位された水を**配位水**といいます。結合力は弱いものです。

## 鉄のイオン化

SupervioxVideo



VIDEO 画 ナレーション

金属の鉄の場合はどうでしょう。鉄もやはりイオン化して水和物として水の中で存在しています。

## 鉄のイオン化

この絵は、鉄がイオン化し、水和物となる様子を示しています。

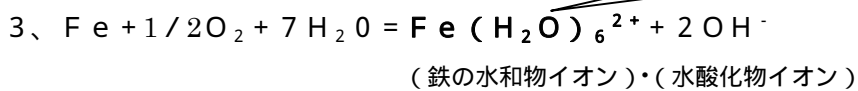
前絵のカルシウムのメカニズムと同じで、鉄の水和物イオンができます。

この化学変化のプロセスの例をみますと、

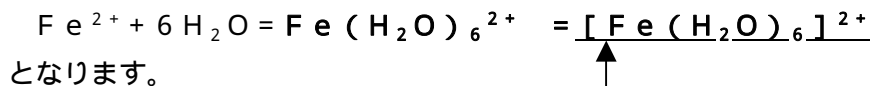
1 例、

- 1、酸素は電子をもらって酸化物陰イオンになる。 $1/2O_2 + 2e + H_2O = 2OH^-$
- 2、鉄はイオン化して酸素イオンと反応し、さらに水に水和(水化ともいう)する。

鉄イオンに6分子の水が付いてイオン化している



2 例、



となります。

↑  
この式で表す場合もあります。

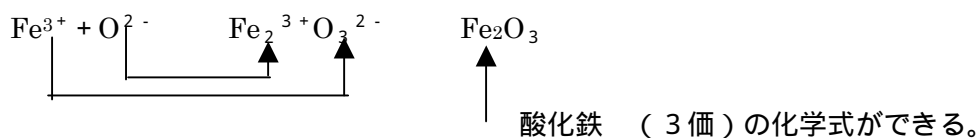
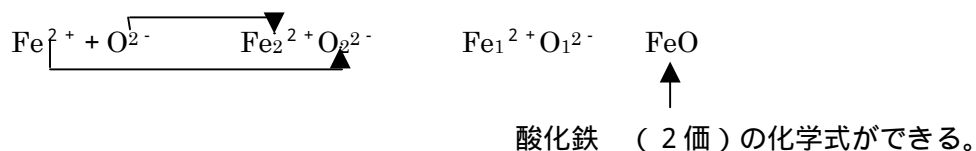
## 参考

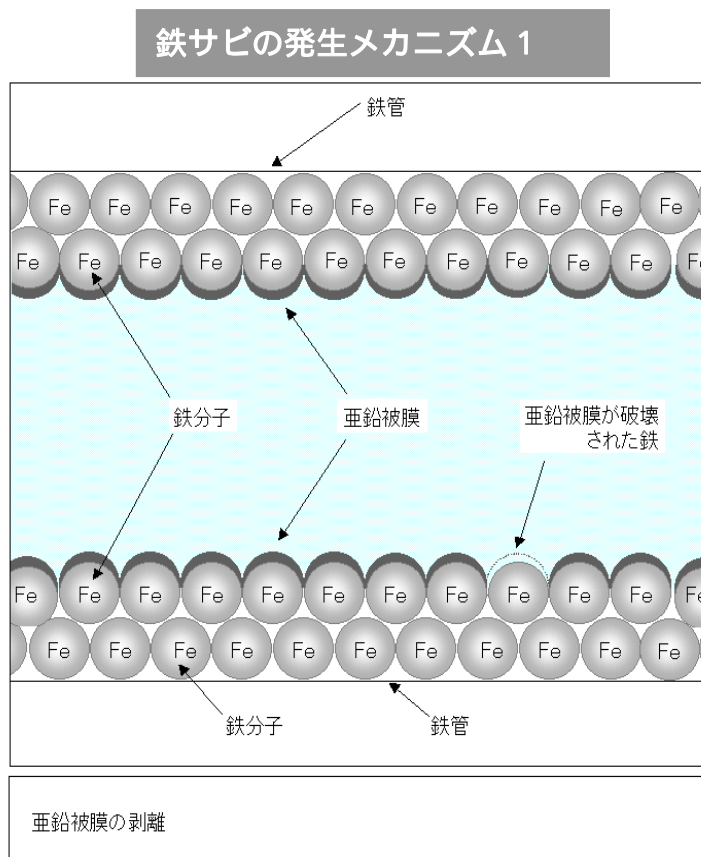
### イオンの電荷数（酸化数）と化学結合についての説明

- 鉄の化学記号はFeでイオン化すると $\text{Fe}^{2+}$  ( $\text{Fe}^{++}$ ) または $\text{Fe}^{3+}$  ( $\text{Fe}^{+++}$ ) で表される。2+または3+とは、イオンの電荷数で2+を2価の鉄、3+を3価の鉄といいます。
- +はプラスイオンを、-はマイナスイオンを表す。化学的表現では、イオンの酸化数をいい、化合物をつくる時の方式に使われています。
- 1価、2価、3価のイオンとは、それぞれ元素周期表の1族の元素は1+の電荷をもつイオンに、2族の元素は2+の電荷をもつイオンに、3族の元素は3+の電荷をもつイオンになりやすい。例： $[\text{Fe}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$  ←  $\text{Fe}^{2+}$  のイオン性化合物
- プラス1価では、 $\text{H}^{+1}$ 、 $\text{Na}^{1+}$ 、 $\text{K}^{1+}$  など。
- プラス2価では、 $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{Fe}^{2+}$  など。
- プラス3価では、 $\text{Fe}^{3+}$ 、 $\text{Al}^{3+}$  のなど。
- マイナス1価では、 $\text{OH}^{1-}$ 、 $\text{Cl}^{1-}$  など。
- マイナス2価では、 $\text{O}^{2-}$ 、 $(\text{CO}_3)^{2-}$  などがあります。

### 豆知識

化学式のつくりかたの例として、





VIDEO 画 ナレーション

それでは、鉄管のさび発生のメカニズムについて説明しましょう。通常白ガスパ管と云われる、新しい鉄管の内部表面は亜鉛の被膜処理をされていて、サビの発生を防いでいますが、しかし、経年劣化などや外的要因で、この亜鉛被膜の一部が、図のように剥がれた場合、鉄が直接水に触れることとなります。鉄のイオンは水素イオンよりイオン活性が高い、つまりイオン化しやすいため、

### 鉄のサビ発生その1

この絵は鉄管の内部を示しています。ただし、1億から10億倍くらいに拡大した状態で説明します。

鉄管の分子 (Fe) の集団を拡大して表していますが、この管の中を水が流れていることを想像してください。

この絵は、鉄の分子の表面に一樣に亜鉛被膜が施されている状態の中で、右下部分の1鉄分子の亜鉛被膜が剥がれたことを示しています。

これから説明する、サビ発生のメカニズムについての初期の段階です。

この絵では、分かりやすくするために鉄管の内部表面で説明していますが、実際のサビの発生では、継ぎ管や曲がり管 (エルボ) などの接続部分にサビ発生が多く見られます。

## 参考

### 水道管など配管の状況について

少し前までのビルやマンションなどの水道管の材質は、白ガス管（SGPW 亜鉛メッキ鋼管）が多かったが、近年は管の内壁に樹脂でコーティングしている塩ビライニング鋼管なども多く使用されるようになってきました。それでもまだ多く使用されているようです。

白ガス管は、鉄管の内部表面に亜鉛で被膜（厚さ80 μm▶0.08mm）をつくり防錆処理しているが、5,6年から10年位で亜鉛被膜がなくなるようです。

また、ライニング管であっても、継ぎ部の部分や、曲がり管などの部分は、接続工事の時に樹脂が剥がれて落ちて、鉄管部が直接水に接触するため、この部分からサビが発生してくるものが多く見受けられます。

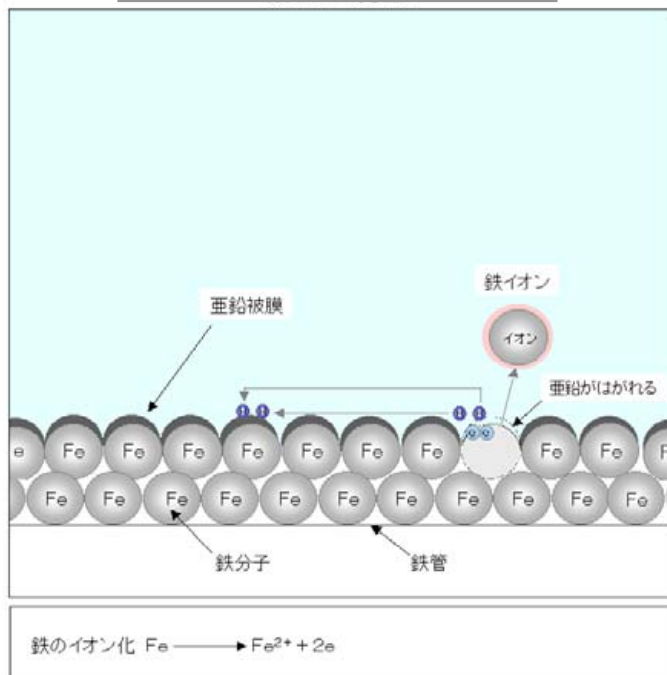
新品の白ガス管は鉄管を亜鉛メッキで保護膜をつくり鉄のイオン化を防ぎ錆びないようにしていますが、水の環境条件にもよるが、薄い膜のため水の流れによる摩擦や侵食によるものや、経年劣化が原因で徐々に剥がれてくる。水道水の水質検査を行ってみて、亜鉛が検出されていれば、亜鉛が剥がれて出ている証拠となります。

## 参考

日本の水道管別布設状況（日本水道協会編・水道統計・平成6年版から）

|          |      |         |       |    |       |         |       |
|----------|------|---------|-------|----|-------|---------|-------|
| 鋳鉄       | 21%  | ダクタイル管  | 36.6% | 鋼管 | 15.7% | 石綿セメント管 | 19.3% |
| 硬質塩化ビニル管 | 6.8% | コンクリート管 | 0.3%  | 鉛管 | 0.2%  | その他     | 0     |

## 鉄サビの発生メカニズム 2



VIDEO 画 ナレーション

水素イオンを追い出し、電子を放出してイオン化します。

## 鉄サビの発生その2

前の絵からの続きです。

## 鉄管サビ発生のメカニズム(1)

亜鉛被膜(メッキ)の剥離した後、

鉄分子は電子2個を放出してイオン化して抜け出して水の中に溶出されます。

放出された電子は移動し、鉄イオンが抜け出した鉄分子は空洞(格子<sup>1</sup>またはホールという)となります。次ページの(2)へ続きます。

1・格子:結晶化したもの。

## 補足説明

水道水は前に説明したように、さまざまな溶存物があるため1種の電解質溶液になっています。一方被膜が剥がれた鉄部分は直接水に接触することになります。本来・鉄のイオンは水素イオンより**活性電位<sup>2</sup>**が高いため、鉄イオンは水素イオンを追い出して最外殻電子(一番外側の軌道の自由電子)を2個放出して、水の中に飛び出してイオン化します。

2・活性電位:金属の標準電極電位で、

鉄は金属の中でもイオン活性が高く(電位が高い)イオン化しやすい物質である。

水素をゼロ電位の基準とした場合、活性しやすい金属の順番は、

Pb(鉛)、Sn(スズ)、Ni(ニッケル)、Co(コバルト)、Fe(鉄)、Cr(クロム)、Zn(亜鉛)、Mn(マンガン)、Al(アルミニウム)の順に錆びやすくなります。

**参考**

**・酸化とサビ**

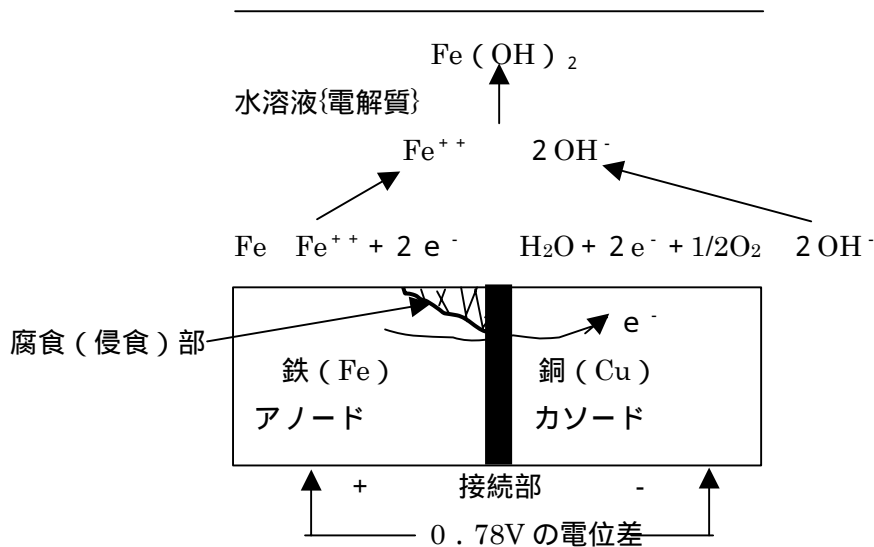
鉄は酸素があっても酸化しない。鉄がイオン化して酸素と結びつき、その結果として錆びることになる。鉄よりイオン化の高い物質が水の中に大量にあると鉄より先に酸化して、鉄が錆びずらくなります。

たとえば、カルシウムやマグネシウムなどの活性の高い物質が多く含んでいる水（アルカリ性）の場合においては、水中の溶存酸素はこれらの物質と先に反応していくため、金属の酸化は遅れることとなります。 **アルカリ性が高い水は錆びない、または錆びずらくなります。**

**金属の接触電位差による錆びの発生**

**活性電位：**前ページに掲げるように、金属元素がもつ独自の電位（イオン活性電位）です。

たとえば、鉄（Fe）は銅（Cu）より活性電位が高い、つまりイオン化しやすいため、鉄管と銅管を直接接続すると、鉄がアノード、銅がカソードとなり、鉄管から銅管に腐食電流が流れ、鉄管が腐食（削られていく）します。このような配管の場合は、接続面を電気的に遮断する必要があります。絶縁ユニオンとか絶縁パッキンなどの接続部品があります。

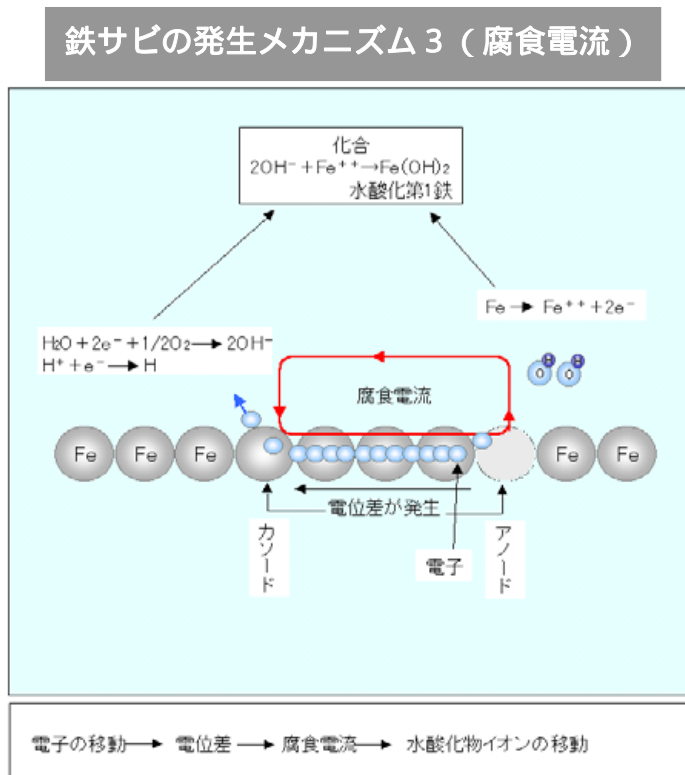


金属イオンの標準電極電位{イオン活性電位}

| 金属   | 金<br>Au <sup>+</sup> | 白金<br>Pt <sup>4+</sup> | 銅<br>Cu <sup>2+</sup> | 水素<br>H <sup>+</sup> | 鉛<br>Pb <sup>2+</sup> | コバルト<br>Co <sup>2+</sup> | 鉄<br>Fe <sup>2+</sup> | 亜鉛<br>Zn <sup>2+</sup> | アルミニウム<br>Al <sup>3+</sup> |
|------|----------------------|------------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|--------------------------|-----------------------|------------------------|----------------------------|
| 電位 V | -1.5                 | -0.86                  | -0.35                 | 0.00                 | 0.13                  | 0.28                     | 0.43                  | 0.76                   | 1.34                       |

さびづらい ← → さびやすい





## VIDEO 画 ナレーション

電子が図のように移動した場合、電位差が出来るため、鉄分子がイオン化したところから水を導体として電流が流れ出します。これが腐食電流です。この電流の出口がアノード側、電流の入り口をカソード側といい、一種の電池の回路が出来ます。電流の流れに伴ってイオンが移動して、

**鉄サビの発生その3**

**鉄サビ発生メカニズム（2）** 前コマ（1）から続きです。

鉄分子からイオンが抜け出したところは、プラスに帯電していて電位が高くなっています。この場所を**アノード**といいます。

鉄分子から放出された電子は、アノードの場所から、鉄分子の内部を移動して水の中に抜け出します。（移動して抜け出す所はアノードの近い所で電位が低いところの不確定な場所です。）

この電子の移動によって、電流が絵のようにアノード部から水（この水は電気が流れやすい電解質の水となっている—電気伝導が高い水）を通して、電子が抜け出した所に流れ込みます。この場所を**カソード**といいます。  $FeOOH$

と同時に抜け出した鉄イオンはこの電流に運ばれてカソードに移動します。

アノード側は、鉄イオンが抜け出した跡のホールと水酸化物イオンと反応して水酸化第1鉄から水酸化第2鉄の化合物が出来ます。**これがサビの発生です。**  $Fe(OH)_2$

一方カソード側は、電子が水中の酸素と反応して、酸素をイオン化します。

さらにカソード側は、酸素イオンと移動してきた鉄イオンとの化学反応で鉄酸化物が発生します。これが**サビこぶの発生**です。

：アノードとカソードについては、裏面と次ページにも説明しています。

補足説明

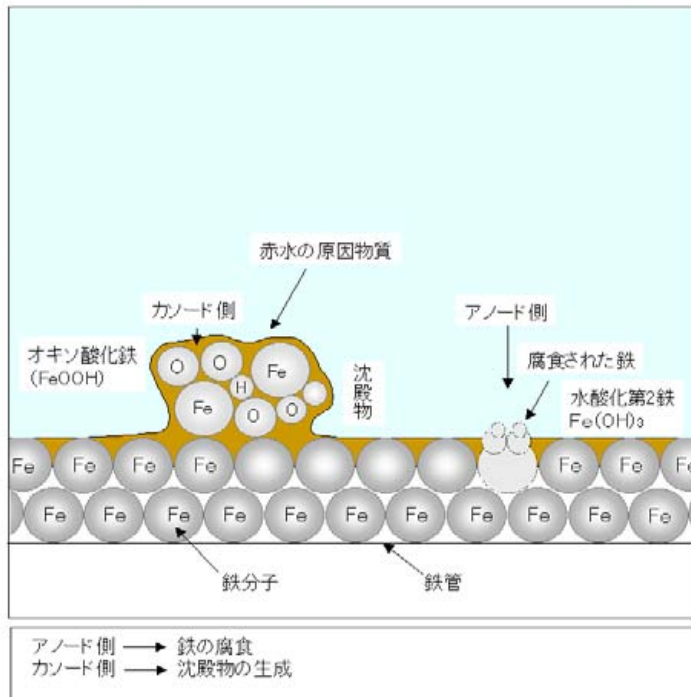
鉄から飛び出した電子は、鉄分子中、または、既に発生して成長した鉄酸化物の結晶中を移動してカソード側（通常はアノードと隣り合わせの場所に発生）に移動する。電子の移動によって金属中に電位差が生じる。この電位差によってアノード部から溶液中のイオンを運びながら電流が流れカソード部入り込む。（流れた電流の値は鉄の腐食量と同じ値となる。・鉄が削られていく）この結果アノード部は酸化物イオンと反応して酸化物となり結晶化する。（ $\text{Fe}(\text{OH})_2$ ）カソード側に移動した電子は酸素をイオン化して水酸化物イオンを生成し、水素とイオンと結合して水素ガスを発生させる。そしてカソード側は、電流で運ばれた鉄イオンと水酸化物イオンと酸素イオンと反応して鉄酸化物が生成 { スケール ( $\text{FeOOH}$ ) の発生 } されるといふ経過をたどります。

アノード反応とカソード反応について

電気化学的言葉では、金属から電解質の溶液（水道水も電解質溶液と考える）に向けて電流が流れ出ることアノード反応といい、流れ出る部分をアノード部といい、逆に溶液の方から金属側に電流（腐食電流または迷走電流という）が流れ込んだ部分をカソード部となり、1種の局部電池ができた同じ現象になる。アノード部は金属の弱い部分（継ぎ管、曲がり管などの接続部分や、被膜が剥がれ落ちた部分の傷がある箇所など）に主に発生する。一般的にアノードとカソードは隣りあわせで交互に発生することが多い。また、特定の場所の腐食でなく、平均に腐食（肉減り）する場合は、アノードとカソードは瞬間的に常に入れ替わって繰り返し反応し、腐食が拡大していきます。

| カソード側の反応   | アノード側の反応   |
|--|--|
| 酸化物の生成と沈殿<br>$\text{Fe}^{2+}$ 、 $\text{OH}^-$ 、 $\text{O}^-$<br>の反応 $\text{FeOOH}$ | 水酸化物の生成と腐食<br>$\text{Fe}(\text{H}_2\text{O})_6^{2+}$ 、 $\text{OH}^-$<br>の反応 $\text{Fe}(\text{OH})_2$<br>または、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ |
| サビこぶの発生と成長   | サビの発生と侵食の促進  |
| 酸化物の消費拡大(沈着)   | 鉄イオンを放出拡大(鉄の溶解)  |
|  |  |

## 鉄サビの発生メカニズム 4 (腐食と沈殿物の



## VIDEO 画 ナレーション

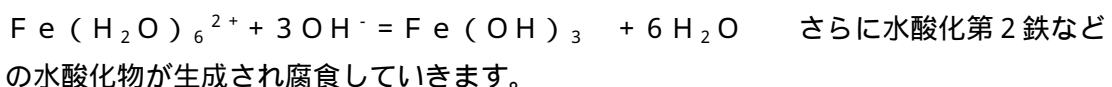
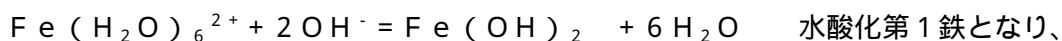
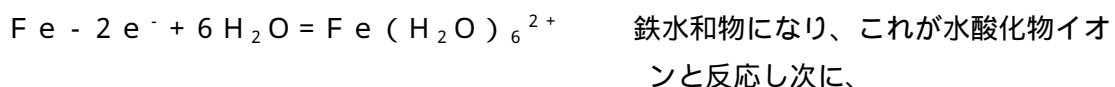
アノード側は鉄のイオンと水酸化物イオンが反応して、水酸化第1鉄、更に第2鉄となり、カソード側は、電子と反応した酸素がイオン化して移動し、水酸化物イオンと水分子と反応して、オキシ酸化鉄となり沈殿物となります。これが赤錆赤水の原因となるのです。

## 鉄サビの発生その4

鉄の腐食の進行と金属スケールの成長

この状態を化学反応で表していきます。

**アノード側** (腐食部または侵食部) では鉄イオンが抜け出した跡に水と反応して、



**カソード側**(酸化沈殿物の生成部)は、電流によって運ばれてきた鉄イオンと水酸化物イオンさらにイオン化された酸素と反応して、次のような沈殿物を生成します。



・ 2価の鉄はイオン化して水に溶けて水和物  $[\text{Fe}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$  を作り、

・ 3価の鉄は水に溶けて水和物  $[\text{Fe}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+}$  となり、さらに水酸化物イオン ( $\text{OH}^-$ ) と反応して水酸化物を沈殿していきます。

：絵では、アノードとカソードの位置は、説明をやすくするために便宜上距離をおいていますが、実際はお互い最短キヨリ (鉄分子の隣り合わせ) で発生し、またアノードとカソードは電位が反転し、位置が入れ代わりながら拡大していきます。

## 参考

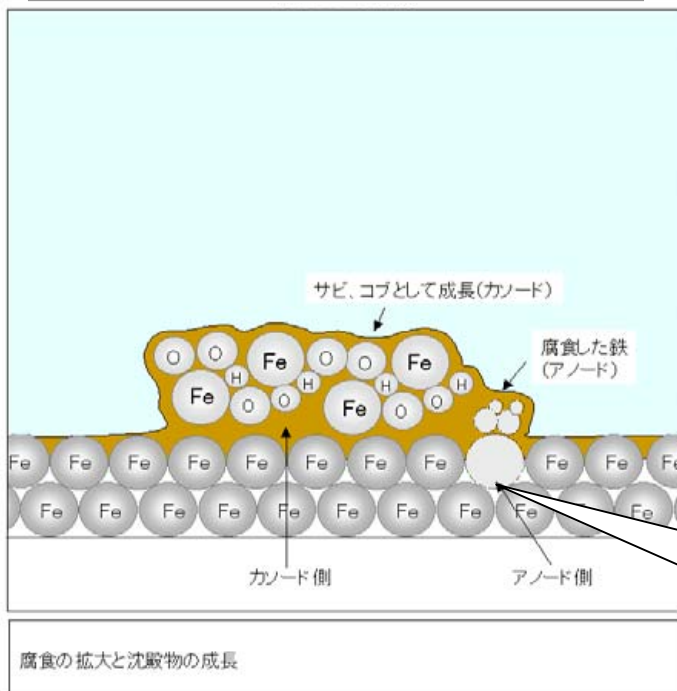
**鉄のスケールの生成と成長**：カソード側に発生して成長していきますが、その過程は鉄の水和イオンとしての溶解、酸素のイオン化でできたアルカリによる中和沈殿、2価の鉄と水酸化物による化合物と、さらに酸素と反応して酸化というプロセスによって酸化物が生成され、これが管壁に沈着結晶化したものが金属スケールとなります。この現象が進行するとこぶ状に成長していき、最終的には水道管が閉塞して水が出なくなります。

**スケール**とは、水の溶液の濃度が徐々に増してくると、 $\text{Fe}^{2+}$ も  $\text{OH}^-$ もお互い拡散して過飽和状態となり、管壁に水酸化物の沈殿物が付着しはじめ、さらに進行して沈着して成長します。

スケールには厳密な定義はないが、これらの沈殿物には、炭酸化カルシウムやマグネシウム、そしてケイ素などの物質が同時に混合されて沈着結晶化したものをスケールといっています。のカルシウムなどを別にして「湯垢・水垢または缶石」ともいいます。この酸化物層の厚みが  $0.5 \mu\text{m}$  (1万分の5ミリ) を超えるとスケールの始まりです。

：カルシウムなどのスケール発生の解説は33ページから詳しく説明していきます。

## サビ（侵食部）の拡大とサビこぶの成長



### VIDEO 画 ナレーション

この状態が進行すると、アノード側は腐食が成長拡大し、更に鉄が侵食され、カソード側は、酸化物の沈殿が進行し、

腐食した鉄は格子となり結晶化していく。腐食の巣（ネスト）という。

## サビの拡大とサビこぶの成長

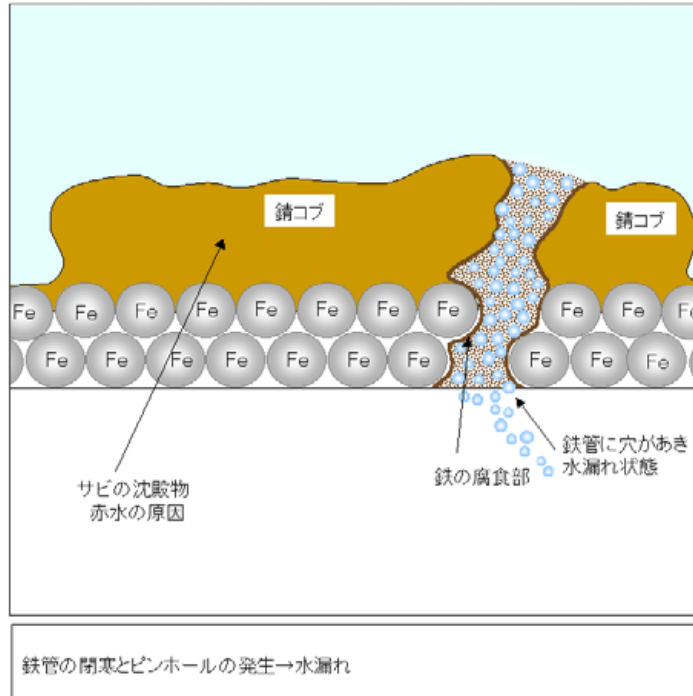
この絵は、アノード側とカソード側がそれぞれ進行していく状態を示しています。

**アノード**部分は、イオン化して抜け出した鉄分子の後は、酸素や塩化物と立体構造で結晶化し、中心は空洞状態で侵食拡大していきます。

**カソード**部分からは沈殿物が広がっていきます。さらに、これが進行していくと、この沈殿物はこぶ状になって成長していきます。そして、やがて管全体に拡大していくことになります。

## 参考

## サビの成長と穴あき現象



## VIDEO 画 ナレーション

成長します。やがて結晶化が進行してさらに成長し、管全体にコブ状の赤錆が広がっていきます。最終的には、管の閉塞や管壁の侵食によりピンホールとなり管に穴があき、水漏れを起こす最悪の状態となります。

## サビの成長と穴あき現象

## 鉄の腐食と進行のまとめ

この絵は管に穴があいて水が流れでている様子を表しています。

アノード側は、鉄のイオン化により電流（腐食電流）が流れ出た場所に水酸化物や酸素と反応して腐食が始まります。この部分は水酸化物や酸素などと反応して酸化物の結晶をつくるが、さらに進行して電流が流れていくと、流れた分だけ鉄を溶解（削られて行く<sup>1</sup>）していくこととなります。最終的には、鉄管のピンホール（穴あき現象）となり、水漏れという最悪の状態になります。

1：鉄分子（原子）は電子を喪失して、イオン化して抜け出し水の中に溶出される。

抜け跡の鉄はホールとなり、削られて行く。

電子が金属から飛び出していくことは飛び出した分だけ金属が消耗していくこととなります。

カソード側は、アノード側より電位の低い場所（アノードに隣接した近い場所）に発生します。この部分に酸化物が沈殿して成長します。さらに成長していくと管が閉塞して水が出なくなります。

：実際にサビの成長した水道管の写真を次ページに掲載しています。

## 参考

### サビによる損失

サビの発生はボイラーや空調機器をはじめ、機械類、建造物、配管系を著しく傷めるばかりか、その経済的損失は大きい。これらのトラブルと損失内容をまとめてみますと、主なもので

配管の詰まりによるトラブルの発生の増加

水の汚染と赤水の発生による、食品の品質低下と歩留まりの低下

配管や機械装置管壁の肉減りによる、機械強度の低下による運転停止

水漏れによる災害・被害の発生

ボイラーなどの燃費の増大

配管内の洗浄や部品交換などによる経費の増大

汚染水による人体への健康被害の発生など、生活環境の悪化などがあります。



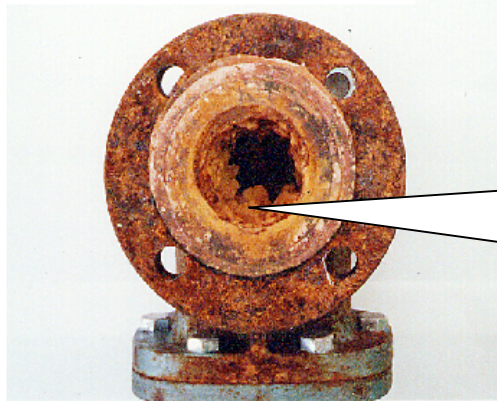
実際にサビが発生しコブ状に成長した水道管の写真

SupervioxVideo

VIDEO 画 ナレーション

実際にサビが発生して、こぶ状に成長した水道管の写真です。

16



継ぎ管(フランジ)部  
がアノードとなり発  
生して成長したサビ  
とスケール

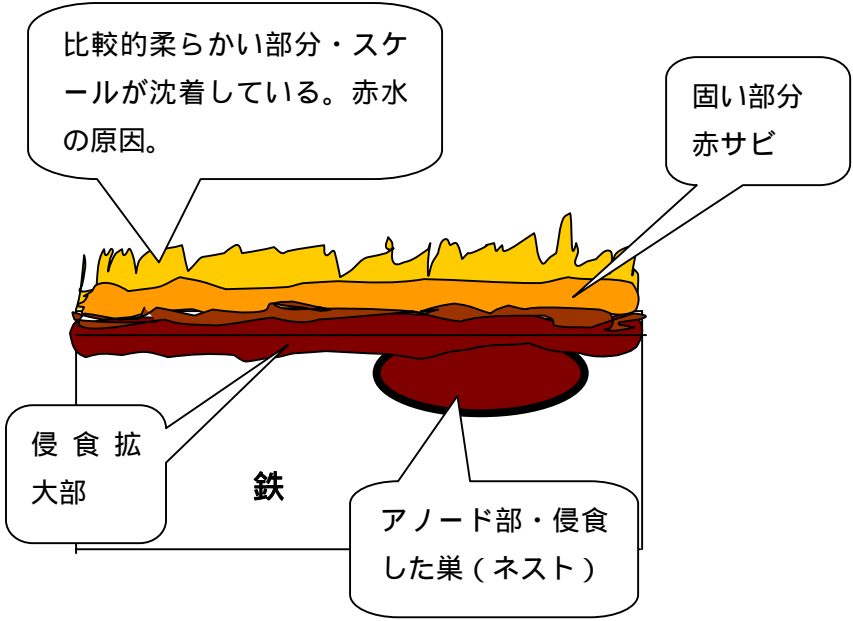


カソード側のサビ  
コブ

アノード側  
鉄が腐食して浸食  
している



参考



曲がり管(エルボ)の接続部がアノードとなって侵食されている。



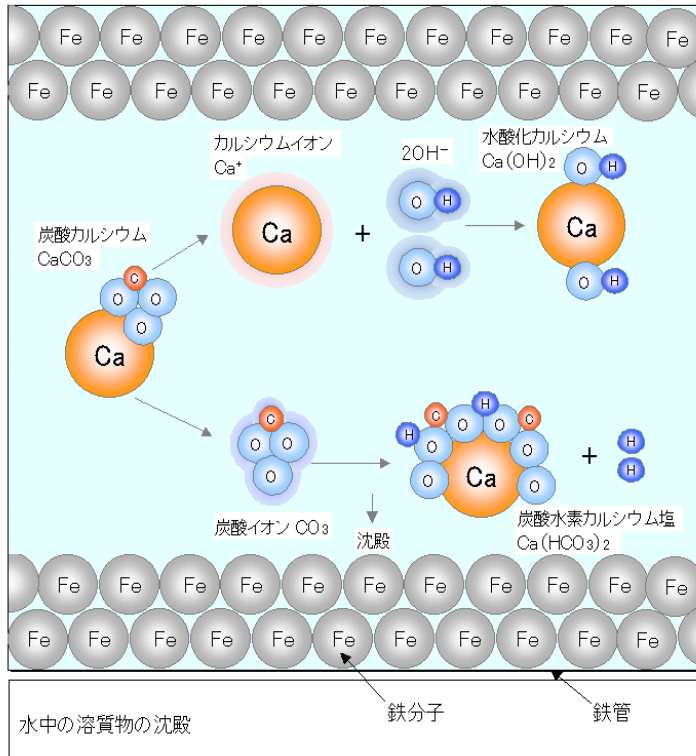
サビこぶの成長したもの・進行中

侵食部・あちらこちらに転移しているのがわかる。このまま放置すると、やがて穴があいていく。

## 湯垢・水垢・缶石

### スケールの原因物質と沈殿（溶質物） 1

SupervioxVideo



#### VIDEO 画 ナレーション

つぎは、カルシウムなどが原因で発生する水垢・湯垢などの缶石、つまりスケールと云いますが、この発生メカニズムについて説明します。水中の炭酸カルシウムは、水酸化物イオンや炭酸イオンなどと反応して、水酸化カルシウムや炭酸水素カルシウムなどの塩化物（化合物）になり、

## スケールの沈殿物質と沈殿 1

スケールの発生について説明します。日本語では、水垢・湯垢とっています。ボイラーや熱交換機などの缶体やタンクの壁面に発生するものを缶石ともっています。

それではスケールの発生メカニズムについて順を追って説明します。

この絵は、水中にある炭酸カルシウムが解離したところに、水酸化物イオンと反応し、さらに、炭酸イオンと化合して化合物・ $\text{Ca(HCO}_3)_2$ になったことを示しています。

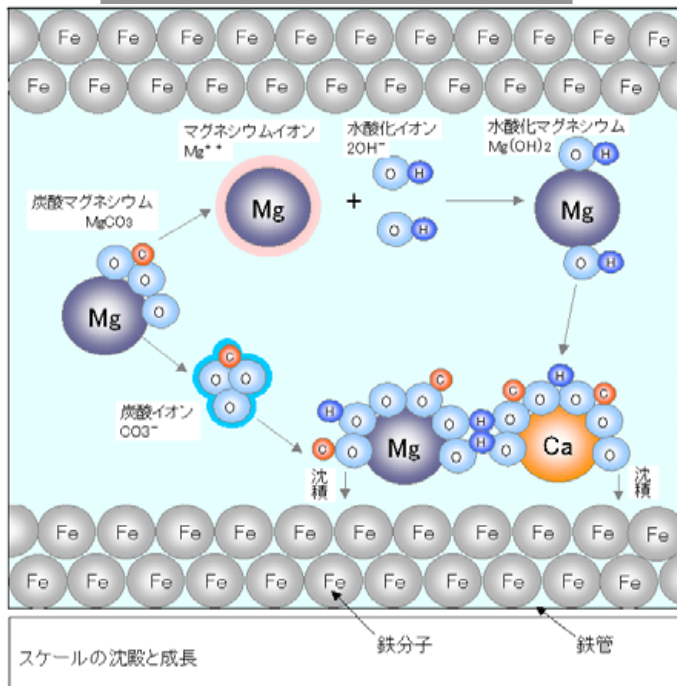
この化合物は沈殿して管の壁に付着していきます。これがスケール発生の第一歩です。

炭酸カルシウムなどは、水中で解離して水酸化物や炭酸水素カルシウムおよび塩化物などになり、水が濃縮されると管壁に沈着して結晶化したものがスケールとなっていきます。

参考

Superviox

## スケールの原因物質と沈殿 2



VIDEO 画 ナレーション

マグネシウムも同じような反応でコロイド状の塩類化合物が出来、

## スケールの原因物質と沈殿 2

この絵は、前ページのカルシウムの場合と同様に、今度はマグネシウムのスケールの塩類化合物が発生して管の壁に沈着してスケールが発生する様子を表しています。

スケール物質の主なものは、炭酸カルシウム、ケイ酸マグネシウム、酸化ケイ素（シリカ）などが多く、地域の水質によっては、水に含まれる物質の成分が異なりますが、発生段階は、これらの物質が同時に反応をおこしてスケールが形成していきます。

井戸水の場合では、地域によって水に含まれる成分がかなり違いますから、スケールの性質も違ってきます。たとえば、海岸地域と内陸地域、沖縄の島々など。海岸近くは塩分や珪酸類が多く、内陸部ではカルシウムや鉄分が多くみられます。また、温泉地域は、当然のことですが、その地域の温泉成分が多いスケールとなります。

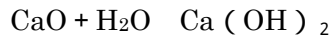
：スケールとなる物質やこれに反応するイオン物質を裏面に掲げていますのでご参照ください。

## 参考

スケール原因の主な物質と生成物

炭酸カルシウム

水酸化カルシウム・水酸化物塩  $\text{Ca(OH)}_2$



カルシウムの酸化物塩

硫酸カルシウム塩  $\text{CaSO}_4$

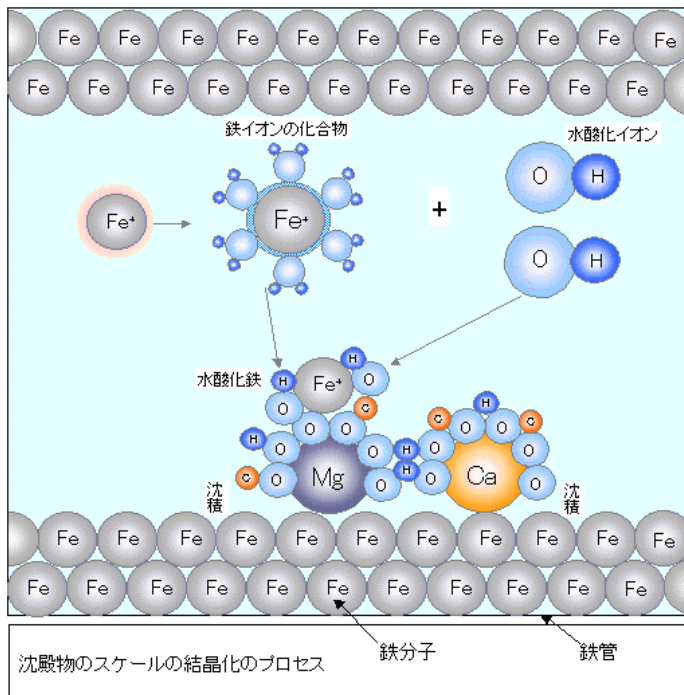
塩化カルシウム 6水和物  $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$

炭酸マグネシウム

塩化水酸化マグネシウム  $\text{MgCl(OH)}_2$  の

| スケールの原因になる主な物質             | 主な酸化物イオン (陰イオン)                |
|----------------------------|--------------------------------|
| 炭酸カルシウム $\text{CaCO}_3$    | 酸素イオン $\text{O}^{2-}$          |
| 炭酸マグネシウム $\text{MgCO}_3$   | 塩素イオン $\text{Cl}^{1-}$         |
| 鉄 $\text{Fe}$              | 水酸化物イオン $\text{OH}^{1-}$       |
| 塩化ナトリウム $\text{NaCl}$      | 炭酸イオン $(\text{CO}_3)^{2-}$     |
| 塩素 $\text{Cl}_2$           | 炭酸水素イオン $(\text{HCO}_3)^{1-}$  |
| 酸化ケイ素 (シリカ) $\text{SiO}_2$ | 硫酸イオン $(\text{SO}_4)^{2-}$     |
| 溶存酸素 $\text{O}_2$          | 過マンガン酸イオン $(\text{Mn}_4)^{1-}$ |
|                            | リン酸イオン $(\text{PO}_4)^{3-}$    |

## スケールの原因物質と沈殿 3



VIDEO 画 ナレーション

また、これらは水酸化物イオンなどと反応して沈殿し管壁に沈着します。

## スケールの原因物質と沈殿 3

スケールの発生メカニズムは複雑で、この絵では、鉄イオンが水分子による水素結合で囲まれた水和物（水酸化鉄）となり、これがさらに水酸化物イオンなどと反応して水酸化物をつくり、沈殿、沈積します。この沈着した沈殿物は固くなり結晶化していきます。

そして凝集して固くなっていき、さらに成長を続けていきます。

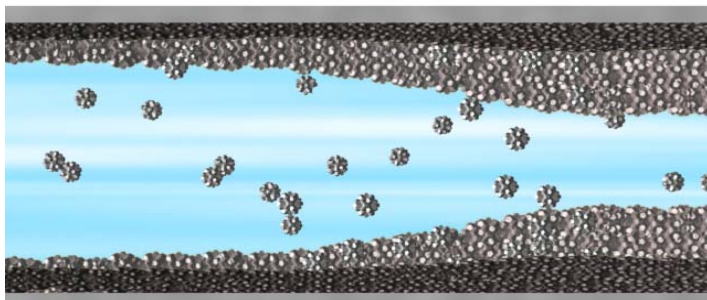
## 参考

特にボイラーや熱交換機などでは、温度が高いため水は濃縮され、水の溶解能力が落ちて、飽和状態となり急激に沈積してくる。

水の汚れがひどくなり、塩化物、酸化物、硫化物が生成すると水の流れが減少し、ポンプの負荷が高くなり、消費電力が上がる。配管の寿命が短くなり、亀裂ができて水漏れの原因にもなり、経済的損失は大きくなります。



## スケールの発生と成長拡大



VIDEO 画 ナレーション

ボイラーや熱交換機などは熱により、水が濃縮されるため、水は過飽和状態となり溶解力が落ちます。そうすると、これらの不純物はどんどんと管壁に沈積して、やがて結晶化します。これをスケール

と云っています。スケールの成長で、ボイラーや空調機などの効率が低下して燃費や電気代の大きな損失になります。

## スケールの発生と成長拡大

前ページの絵からこの絵に移る経過をビデオ映像ではコンピューターグラフィックス（CG）でズームバック（縮小・10億倍位から1千万倍位に）して説明しています。この絵も前ページの絵を縮小したものです。

ビデオ画面では動画にしてスケールの元になる物質が管壁に沈積して成長していく様子を表しています。

## スケールによる管の閉塞までの経過

水の中には、数えきれない多くの不純物がイオン形、固体粒子やコロイド形状となって存在しており、これらがスケール物質となっていくことはこれまでに何度も説明してきましたが、特にこれらの物質が多く含まれている水や、ボイラー系統のお湯の場合には、水が蒸発して濃縮（過飽和状態の水）されており、また、酸素が拡散した状態になるため、スケールの沈着成長が早くなってきます。沈着していくスケールは、立体的に結晶化して凝集を繰り返して拡散し、それによって管壁のスケールの表面積はますます拡大していくため不純物を吸着する力はさらに増していきます。このような状態になると、スケールは加速的に成長していき、悪循環の最悪の状態に陥ります。やがて水量がだんだん落ちてきますが、最終的には、スケールによる管の閉塞状態となります。

### スケールが発生しやすい場所

一般家庭(一戸建て、マンション個室)のお湯系統

- ・ 湯沸し器や温水ボイラー系統
- ・ 風呂のお湯系統や風呂釜
- ・ 暖房循環水系統など。

ビル・マンション(マンション・商業ビル・病院・その他の建物全般)のお湯系統

- ・ ボイラーや熱交換機や空調機器のほか、暖房機器循環系統など。

井戸水

- ・ 井戸水はその地域によって水質が異なるが、上水に使用する場合は、使用前段階で出来るだけ不純物を除去(沈殿やろ過装置)する必要がある。現実には特に深井戸(100m以上)の場合はそのまま使用しているのが現状のようです。  
カルシウムなどのミネラルが多く、おいしい水として利用されている。(特に豆腐店など)。しかし、このような水は、また、スケールが発生しやすい水といえるのです。

### スケールの障害による損失

スケールの成長拡大によって、主に次のような障害と損失につながります。

- ・ 機械の故障や損傷による損失
- ・ 配管の損傷(スケール膨張による亀裂発生で起きる)
- ・ 燃料代の損失
- ・ 電力使用量の増大
- ・ 流量の減少による作業効率や生産性の低下
- ・ 故障費用や整備費用の増大
- ・ その他のトラブルと、損失など。

:裏面にスケールが管壁に沈着成長した管の写真を載せています。

スケールやスライムが沈着成長した実際の水道管

21

ライニング鋼管に発生したスケール



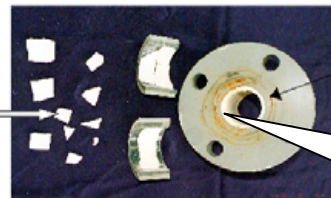
ライニング鋼管に発生したスライム



ライニング鋼管に発生したスケール



スケールの  
かけら



塩ビ管に発生した  
スケール

VIDEO 画 ナレーション

スケールやスライムが沈着・成長した実際の水道管です。

鉄管に発生した赤サビの拡散付着とスケール。

塩ビライニング管に発生したスライム。井戸水

塩ビ管に発生し成長したスケール。  
沖縄県の井戸水給水管に発生したスケール・管壁に4ミリの厚みで成長しています。  
(サンゴによる炭酸カルシウムが多い水)

上から2番目の写真は、塩ビライニング管（鉄管の内部を塩ビ樹脂でコーティング処理している管）に発生したスライムです。この写真の現場は井戸水を汲み上げて使用しています。

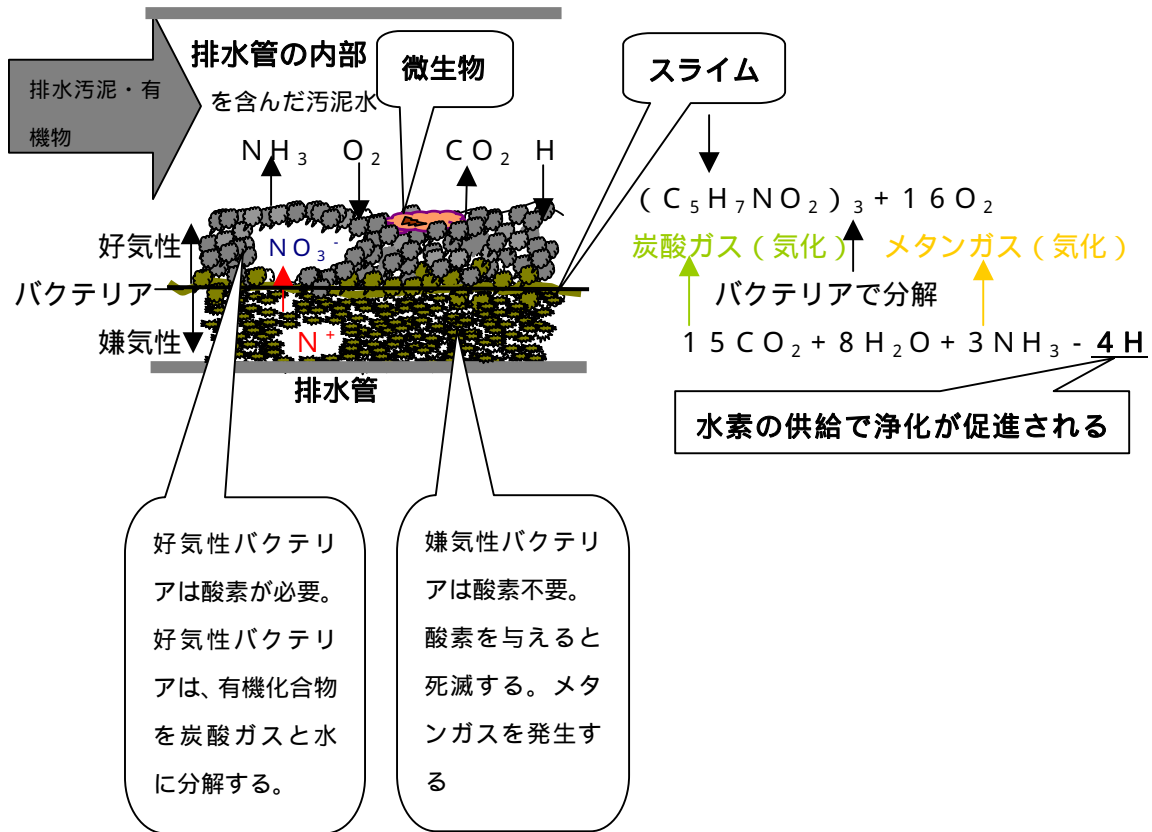
築10年ほど使用中の管の内部です。この管は、地下から汲みあげた水を一旦受水槽に入り、この受水槽から出て送水ポンプまでの間の管です。

この写真を見るかぎりスライムの部分は乾いているように見えますが、管を切断した直後はスライムの表面はヌルヌルとしたヘドロの状態であったものです。

**参考**

**スライムについて。**

下の図は、スライムの生成と成長図です  
 (好気性バクテリアと嫌気性バクテリアの性質)



水の中のバクテリアや小さい動物は有機物を食べて分解しているので、酸素が必要になります。

そのため、実際の溶存酸素(DO)は飽和濃度に達しない。溶存酸素(DO)が1mg/L以下になると水は嫌気性になります。

藻類の発生している湖沼では、昼間のDOは、15mg/L以上になっていて過飽和状態になっているため酸素の泡を出している。夜では、藻は酸素を吸収するため酸欠状態、つまり嫌気性になっていて小生物は死滅します。

：スライムも広義的にスケールとっています。

## 水処理活水器

### スーパーバイオックスとは

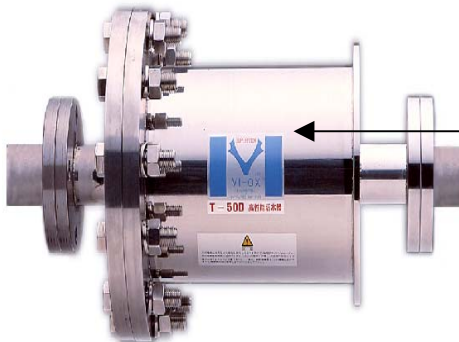
SupervioxVideo

VIDEO 画 ナレーション

そこで、これらの問題を解決するのがスーパーバイオックスです。それでは、スーパーバイオックスはどのようにして解決するのか、まずその原理をみてみましょう。



配水管へ挟み込むタイプ



配水管を切断して接続するタイプ

フランジ式とソケット式があります。

VIOX 社は、家庭用から業務用にいたるまで、配水管の管口径に合うよう、数多くの機種を開発しています。管口径に合った機種を選定していただければ、水流や水量に関係なく能力が最大限引き出すことができます。

#### スーパーバイオックスの用途別の機種構成（機種構成の充実度でも業界第1）

|     |             |       |                 |
|-----|-------------|-------|-----------------|
| 家庭用 | 蛇口・ホース取り付け用 | 2 機種  |                 |
|     | 元管用         | 4 機種  |                 |
| 業務用 | 管挟み込みタイプ    | 14 機種 |                 |
|     | ソケット接続タイプ   | 3 機種  |                 |
|     | フランジ接続タイプ   | 8 機種  | （製作に 14 日間ほどお待ち |
|     | 計           | 31 機種 | 頂く機種もあります。）     |

その他用途に応じて、別注品や特殊用途に対応した特注品を設計製作しています。

：設置設計や見積もりをする場合、お気軽にご相談ください。

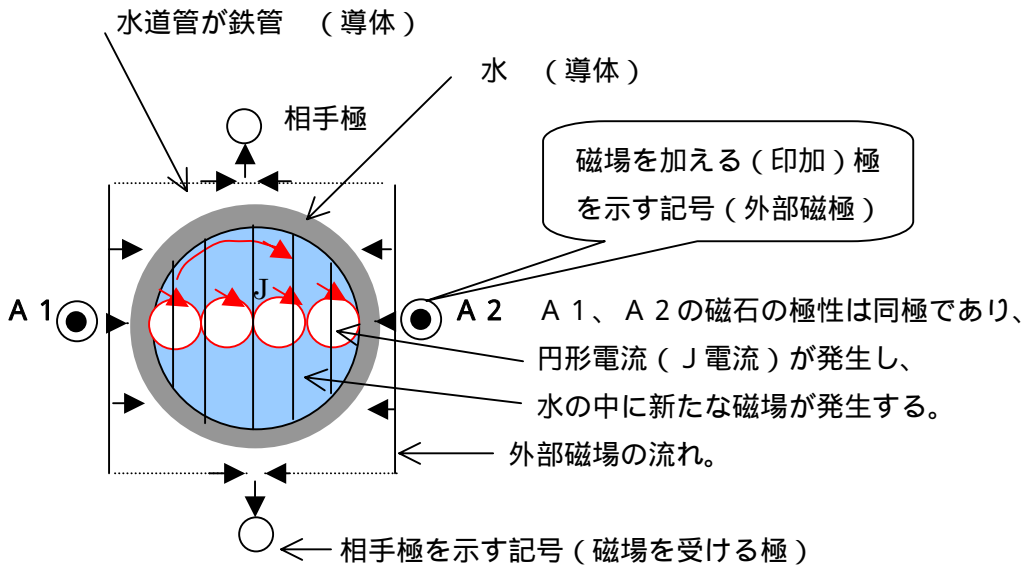
## 参考

他の追従を許さない、スーパーバイオックスの大きな機能

### 超スーパー機能

スーパーバイオックスは、鉄管も含めて現在使用されているすべての給水管に使用できます。特に強磁性の鉄管であっても、次のような原理に基づいて研究し、長年の実績を積んできた経験則を踏まえて開発してきました。その効果は、納入されたところすべてで実証されています。

鉄管の上から作用させる原理（挟み込みタイプを鉄管に挟めた時に限る。）



円形電流は、ある程度相殺され消滅するが、中心に向かう電流半径が違うため電流成分は残る。この電流が流れることにより磁場が発生します。この磁場内を水が通過することにより、逆起電力が発生し、磁場が形成されます。

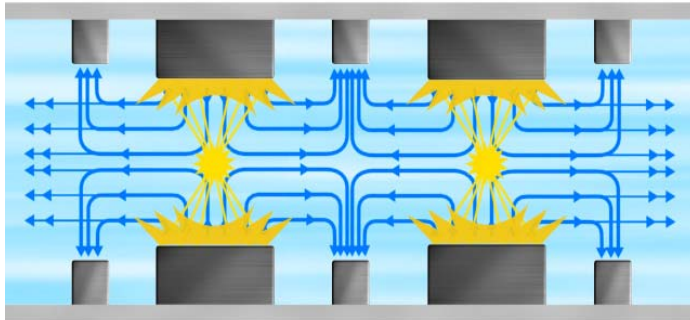
### 最適磁場とその作用効果の確立

バイオックス社は、長年の蓄積された技術力と経験的実践技術を基に、効率良く水に作用させるための最適磁場供給の構造形成と機構をもって性能の保証を確立しています。

他社の中には、強力な磁石を使っているから効果があるという宣伝しているところもあるが、素人受けを狙ったものに過ぎない。また、このような会社は磁石の水作用については全く研究されていないと思われる。いま、世界中で、単位当たりの磁束密度がガウス単位で表示すると、13,000 ガウス /  $\text{cm}^2$  が最高ですが、磁気水処理機械のカタログや宣伝PR関係には、3万とか5万ガウスなどと堂々と表示しているのである。業界全体が世間からひんしゆくをかうのは当然といえます。また、大きな磁場を水に加えると、フリーラジカル（たとえば、活性酸素）が発生して健康には良くない水となる可能性があります。磁力が強ければ必ずしも効果が大きいとはいえないのです。地球の磁場はわずか0,5ガウス程度でも動・植物の生命体に重要な働きをしているのです。

： 次のページから原理作用に説明しています。難しいところはパスしてください。また、裏面の参考解説は、必ずしも必要ものではないので、あくまでも参考程度に見てください。

## スーパーバイオックスの磁気と遠赤外線による原理と作用



### VIDEO 画 ナレーション

図をご覧ください。磁力線は矢印のように働き、水道管の内部に磁場を形成します。この磁場に水が流れるとローレンツ電界という電氣的な力が発生します。つぎに、磁場と相乗効果を出す遠赤外線エネルギーを増幅し、水分子に効率良く作用させるように開発した特許技術の特殊回路を採用しています。

## スーパーバイオックスの磁気と遠赤外線による原理と作用

この絵は、磁力線が動いて管内に磁場を形成している状態と、遠赤外線は放射される様子を示しています。

スーパーバイオックスは、磁気エネルギーと遠赤外線（電磁波）エネルギーの相乗効果を最大限引き出すように設計された水処理器です。

磁気と電磁波は自然界において切っても切れない相性のエネルギーです。

たとえば、電磁波は光子でもあり、波でもあり、粒子でもあるわけですが、電磁波を波として考えた場合、磁場と電場（電気が存在する場所）が交互に移動しながら進んでいきます。電磁波のあるところには電場があり、電場のあるところには電流が流れ、電流が流れれば磁場が発生するという具合です。この現象が相乗効果を生むのです。

スーパーバイオックスの磁場形成は磁石の反発力で作用させています。このため特殊な磁束整流器を設けて磁石の減磁をなくしています。この反発する磁場を利用しているため、挟み込みタイプの機械は、水道管が鉄管であっても効果を発揮するのです。

遠赤外線放射体は、セラミックスですが、常温〔273 300 K（ケルビン）〕でも理想黒体に近い放射をもつものです。バイオックス社は永久磁石と一体化した遠赤外線放射体を開発して、耐久性のあるものを使用しているため、半永久的にもつ放射体です。いずれも特許をしている技術です。焼結体ですから湿気や水に濡れても全く影響しません。

遠赤外線エネルギーの放射は、光増幅と反射回路を設けて作用させるため、水に最大限吸収し効果を発揮します。また、磁場のエネルギーを得た遠赤外線エネルギーは巡回してその相乗効果を出します。

## 参考

遠赤外線の放射率と考えられる作用について

「放射率」;放射特性を表す用語には、放射率をはじめ放射エネルギー・放射発散度・輝度などのさまざまな表現があります。

放射率は、ある物体からの熱放射と、同一の温度にある「理想黒体」<sup>1</sup>からの熱放射との比を「%」で表したものです。

1 理想黒体：すべての波長の放射を完全に吸収する物体をいいます。

遠赤外線が水に対して作用すると考えられるものとして

分子の変角振動や並進回転によって作用として、

遠赤外線と物質間の作用であり、遠赤外線を吸収した物質側での振動励起による温度上昇（加熱効果）が確認されている。

凝固・融解・蒸発などの物質の状態変化

固体 液体、液体 固体、液体 気体、気体 液体などの状態変化における物質の内部エネルギー変化量には、遠赤外線エネルギーより低いエネルギーで変化する。

- ・ 0℃における氷の融解時の「内部エネルギー変化」は0.06eV(8.99Kcal/mol)
- ・ 水の沸点における内部エネルギー変化は、0.39eV(8.99Kcal/mol)であり、これは3.2μmの遠赤外線エネルギーに相当する。結果として蒸発速度が変化する。

分子の立体構造（イオン構造 - クラスレート）が変わる。

- ・ 結合の解裂と再結合を伴わずに、分子回転のみで分子構造が変わる立体異性体変化は、遠赤外線よりも低いエネルギーレベルでも起こる可能性があると言われます。

液体もしくは気体分子の運動状態が変わる

- ・ 分子の双極子による、並進運動エネルギーのレベルは、遠赤外線エネルギーレベルに同調します。そのため、分子運動を加速したり、方向を変えたりします。

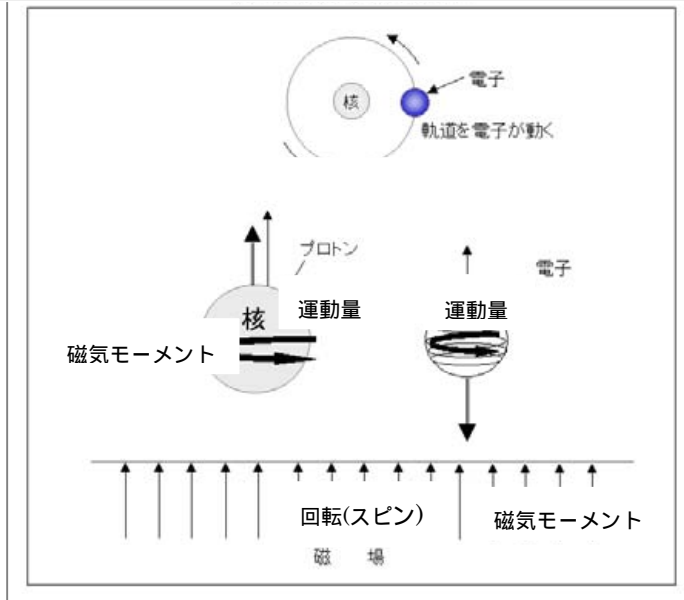
酸化還元反応

遠赤外線エネルギーは、酸化還元反応の化学ポテンシャルよりも低いので、起こし得ない。ただし、もとのと起こる条件が備わっている系では、反応が加速される可能性があります。

：バイオックス社が開発したスーパーバイオックスに使用している、遠赤外線放射体の放射特性表を付録に添付しています。



### 磁場による水素の原子核（プロトン）と電子の回転（スピン）エネルギーの相違



#### VIDEO 画 ナレーション

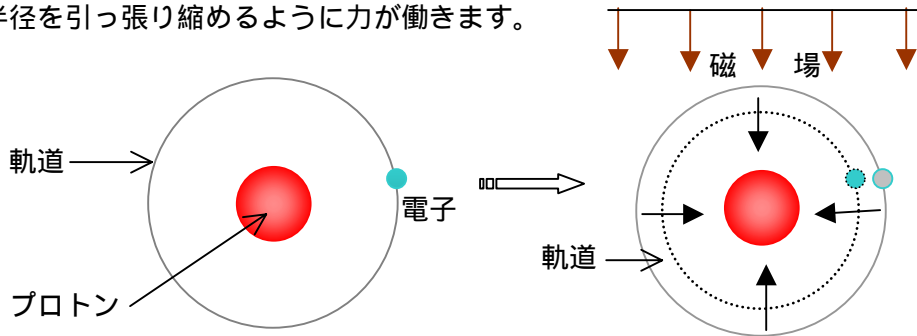
いま一度原子の世界を覗いてみましょう。水素は磁性核を持ち、自ら回転運動をしています。外部から磁場<sup>1</sup>を加えると、磁場に逆向きの磁気モーメント<sup>2</sup>つまり、磁気エネルギーが現われる反磁性の性質を持っています。

### 磁場による水素のプロトンと電子の回転エネルギーの相違

- 1・磁場：磁界ともいう。磁石相互間に力が働く。この力の場を磁場といいます。
- 2・磁気モーメント：裏ページの参考欄を参照ください。

## 参考

水素核（プロトン）の質量は、電子の質量に比べて大きいので、磁気モーメント<sup>1</sup>によるポテンシャルエネルギー<sup>2</sup>も大きい。このため、磁場が印加されるとプロトンは電子の軌道半径を引っ張り縮めるように力が働きます。

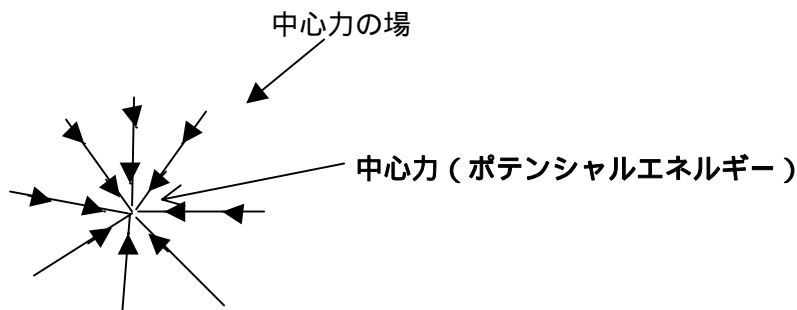


- 1・ポテンシャルエネルギー：下図をご参照ください。
- 2・モーメント：ある点にあるベクトル（速度、加速度、力）の運動量で、原点0を中心とする半径aの運動量 **角運動量**（ある点を中心にした回転運動量）という。

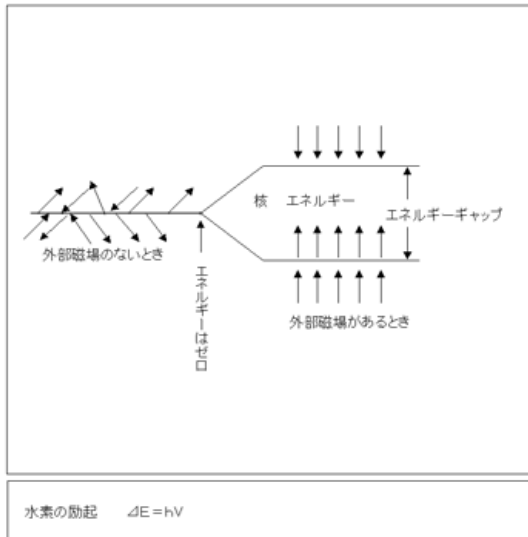
磁気モーメント： 磁気量の双極子モーメントをいい、磁気双極子の強さを表す量。磁気単極子は存在しないので、磁気的基本的な量は磁気モーメントで表す。  
(磁気モーメント  $\mu = g e J / 2 m$   $g$  は電子スピンでは2、 $e$  は粒子の電荷、 $m$  は質量、 $J$  は軌道角運動量を表す。)

核磁気モーメント：原子核の磁気モーメントをいう。

- 1・ポテンシャルエネルギー：とは、下図のような中心に向かった力の場をいう。



VIDEO 画 ナレーション



いま水素の原子核、つまりプロトンに磁場を掛けてみましょう。絵の左側は磁場のないときのプロトンの磁性核は、ばらばらな動きでエネルギーがゼロの状態ですが、右のように、磁場をかけてやると、磁場と平行にあった核が逆平行になるため、エネルギーギャップが生じて、エネルギーが高い状態になります。つまり水素の活性エネルギーが高くなり振動を起こします。

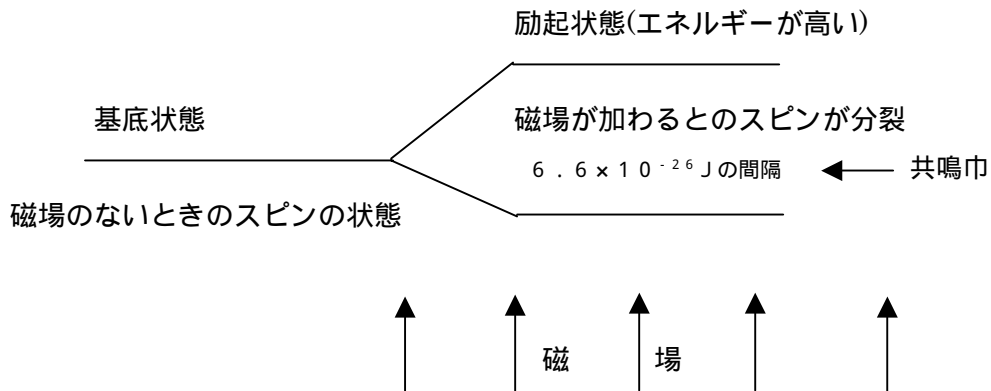
### プロトンの磁性エネルギー

この絵は、ビデオの画像とは異なります。ビデオの画像は少し抽象的な表現となっていますから理解しづらいものと思いますので、この絵で解説します。

比較的弱い磁場内で原子核、電子、原子、分子は磁場と磁気モーメントの相互作用でエネルギー準位が分裂(間隔 波長)します。

下の図は、プロトンの核磁気(スピン)が左の外部磁場のない状態から右へ外部磁場Hによって分裂(ゼーマン効果)を起こした状態を示したものです。

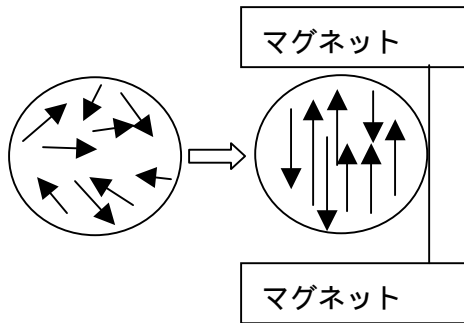
たとえば、プロトンに 1000 ガウスの磁場を印加したとすると、この核スピンの共鳴周波数は  $42.6 \text{ MHz}$  ということになります。つまり、この分裂巾(エネルギーギャップ)に等しい電磁波エネルギーを吸収することになるわけです。



参考

磁性核〔スピン〕について詳しく説明します。

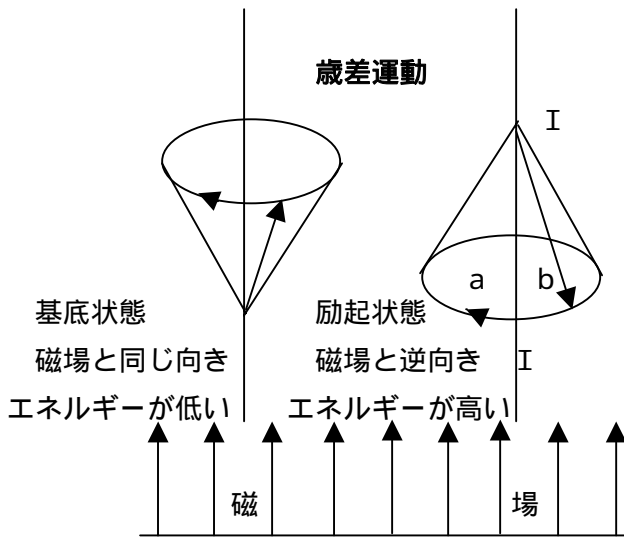
外部磁場のないときは、磁気核は勝手な方向を向いている。磁場の中に入ると、磁性



核の一部はスピンの向きが磁場と平行の向き（エネルギーの低いほう）に、残りは逆平行の向きに配向して高いエネルギー状態のものになる。

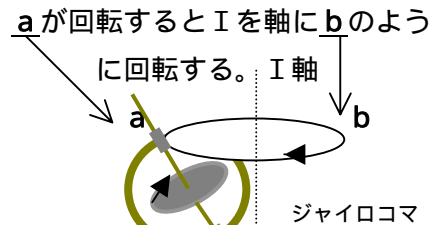
磁場と平行な向きと、逆平行な向きの2種類の配向をとるので、エネルギーギャップが現われる。

(磁場のない場合) (磁場においた場合)



A図

磁性核、つまり核スピン（回転）をもつ水素核（プロトン）は、磁場の中におかれた場合、物体にトルクがかかった時のように歳差運動（ ）を始める。（ジャイロスコープ）



B図

電子の場合もプロトンと同じく回転しているが向きが違う。

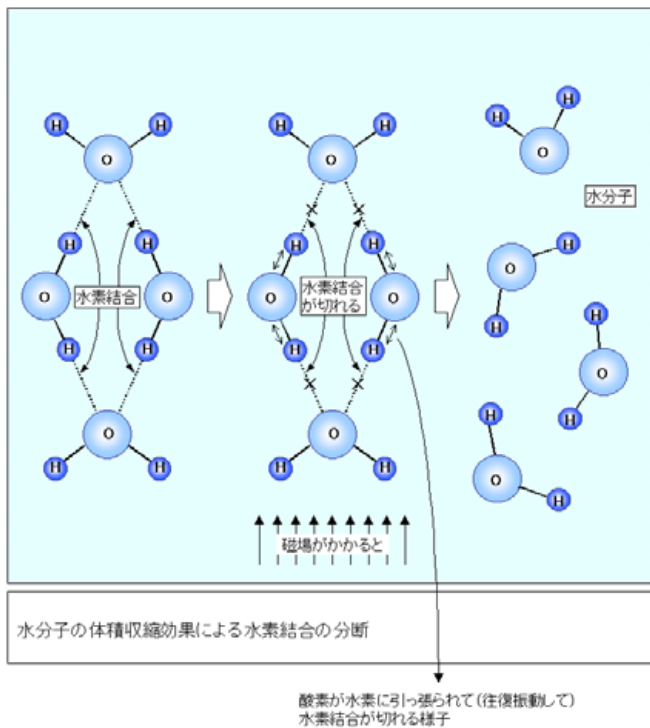
原子核の外側の軌道の自由電子は、B図のジャイロコマのようにaが回転（自転）するとbのように回転（公転）しています。この回転によって磁場が発生している。したがって、電子は磁石のようにNとSの極性をもっている。電子にはマイナスの電荷をもっているため、回転運動（スピン）によって電流が流れ、この電流によって磁場が生じています。

このような状態にスーパーバイオックスの磁場や電磁波（光）の作用を受けると、電子の角運動速度が速くなり、水素や水分子のエネルギーを高めて水の構造に変化を与えます。

後でも説明しますが、水素結合を破壊し、水和イオンや電気的に複雑な状態で会合している集合構造を分断していきます。

## 磁場エネルギーにより水素結合が切断される原理

SupervioxVideo



VIDEO 画 ナレーション

左の図は、上下の水分子が真中で水素結合していますが、外部から磁場を加えると、矢印の方向に激しく振動して、酸素をより引き込もうとします。このため、右の絵のように水素結合が切断されて、水分子は離れます。

## 磁場エネルギーによる水素結合が切断される原理

この原理は、45ページからの説明してきたような原理に基づいています。水は自ら磁性を持っているため、水道管の水が流れていないときでも作用する原理です。

この絵は、スーパーバイオックスの磁場の作用によって、水分子同士の水素結合が切断される様子を表したものです。左の絵のように、水分子4個が水素結合（説明をしやすいための便宜上の結合です）しているものが、真ん中の絵のように磁場が加えられると、中心にある2個の水分子はそれぞれ磁場エネルギーに共鳴して、水素と酸素の化学結合部分（双極子部のO-H結合部）が伸びたり縮んだり（伸縮運動）激しく振動します。この振動によって、上下で弱く水素結合している水分子は切断されて、右の絵のように4個の単水分子に分かれた状態を示しています。

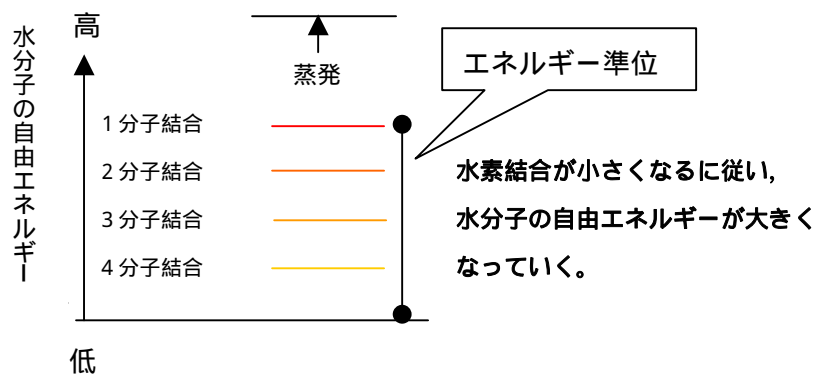
## 参考

### 伸縮振動 磁場エネルギーによる現象

外部磁場によって水素原子核（プロトン）のスピンは回転を早めるため、ポテンシャルエネルギーを超えて活性化エネルギーが増大する。水素は酸素より3倍以上の共鳴力があるため酸素を強く引き付けようとして伸縮振動が発生する。この現象の発露で水素結合を切断させます。

水分子の体積収縮現象 分子集団の細分化 水分子の小型化 水分子の集合構造変化

水分子集団（クラスター）の生成・消滅を繰り返す時間（ $10^{-12}$ 秒）が速くなり、水分子の自由エネルギーが更に増大していきます。



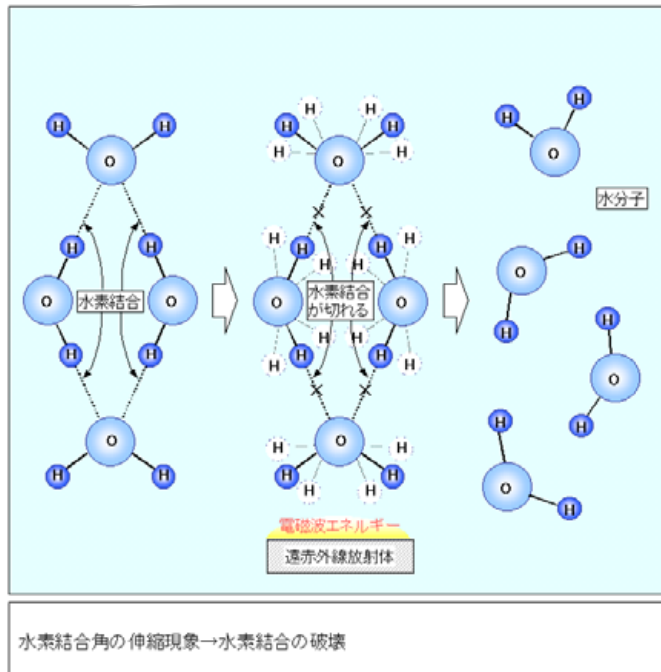
上図から、水分子集団が小さいことは、水分子の自由エネルギーが大きくなり 水分子の流動性が活発になる。 水分子密度の増大 水和の消滅、生成の活性化 水の溶解能力が復元 浸透力の増大 粘性率の低下 凝集促進 不純物の減少 導電率の低下 錆びの発生を防ぐ。

### 核磁気共鳴（NMR）について

原理；例えば、酸素の場合は、酸素原子16ではなく自然界で1万分の3程度しか存在しない同位酸素17を捉えて測定します。この酸素17の磁性核(核スピン)が外部磁場によってゼーマン分裂 を起こし、ゼーマンレベル間隔に等しいときに共鳴吸収が起こります。

磁性核は固有の振動振動で、歳差運動（ジャイロコマ運動）の周波数と一致すると、磁性核は回転を早めエネルギーを与えます。たとえば、高エネルギー状態にある核スピンの低いエネルギーの状態に遷移(緩和という)しようとするとき、光を放出しながら、並進や回転運動のエネルギーの増大させ、分子系に熱となって安定します。このエネルギーの移動によって起こる状態変化を磁気緩和現象といいます。

ゼーマン分裂：原子核，電子，分子の磁気量子数に関する縮退が磁場と磁気モーメントの相互作用で、エネルギー準位が分裂する現象。たとえば、光源を磁場内におくとスペクトル線が数本に分かれる現象。



VIDEO 画 ナレーション

遠赤外線エネルギーはどのように働くのでしょうか。水素に共鳴して、結合角度104.5度の角度を絵のように、広げたり縮めたり振動します。このため、水分子の水素結合を断ち切ることができる訳です。

### 遠赤外線放射エネルギーによる水素結合が切断される原理

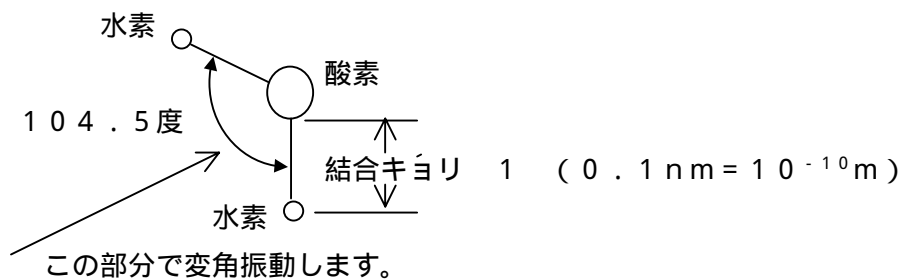
この原理は、45ページからの説明してきたような原理に基づいています。水は自ら磁性を持っているため、水道管の水が流れていないときでも作用する原理です。

この絵は、前ページの絵と同じ状態の水素結合をしたものです。水分子は、水分子のO-H結合部（酸素を中心に104.5度で左右に開いた部）が酸素を中心に、2つの結合水素が互いに引き合ったり、反発しあったりして常に固有の開閉振動（変角振動または開閉振動 基準振動）をしています。遠赤外線エネルギーは、この水分子の基準振動に同調（共鳴）したとき吸収されて振幅が増大（増幅）されてエネルギーの準位が大きくなります。

遠赤外線の水の共鳴波長は、3 μ、6 μ、10 μ付近で吸収（同調・共鳴）されます。

### 遠赤外線エネルギーによる変角振動現象の図

水分子の模型



## 参考

### 遠赤外線の作用のまとめ

水分子はH O H の角度104.5度が2度以上変化する固有の変角振動を持っている。遠赤外線のもつ、ある波長のエネルギーをこの水分子に与えると、水素結合角の固有振動に共鳴して振動振幅が増大し、分子の双極子モーメントも増大します。これが分子間相互作用の変化をもたらし、

**この結果として、水の構造を変える。溶存ガスの分離排出。水の蒸発が早い。**

**粘性率が低下する。O H結合を弱め水分子を高温にする。(温度上昇が速い)**

### 遠赤外線の性質

私たちの見える可視光線は、遠赤外線の波長は短くしたがって振動数も遠赤外線よりも大きくなります。たとえば、水の入ったガラスの水槽の横から光を当てて反対側から見ると、多少暗くなりますが(吸収のため)、水槽の水を通して光が見えるはずで、これは、可視光線の振動数が大きいために水を透過する率が高いからです。遠赤外線は人間の目に見えない光です。遠赤外線も水に照射すると、水に吸収、透過、反射という現象が起こります。このことは、遠赤外線の波長〔または振動数〕によって吸収率が多少異なってきますが、可視光線に比べて断然吸収率がよいのです。

先程も説明しましたが、遠赤外線の波長が、水分子内の原子間結合の角の変角振動の周期と共鳴(同調)したとき、エネルギーの全吸収が起き、エネルギーの準位が上がります。

つまり、水分子は活性化「励起されたエネルギー」されたこととなります。

これによって、振動数の振幅(固有振動の振幅巾は2度前後といわれている)が大きくなり、この振幅巾の激しい伸縮により、弱い電気的結合を切断する可能性があります。

遠赤外線は、以上の「変角振動」ほかにも、波長によって「並進」「伸縮」「回転」などの振動は共鳴して増大します。

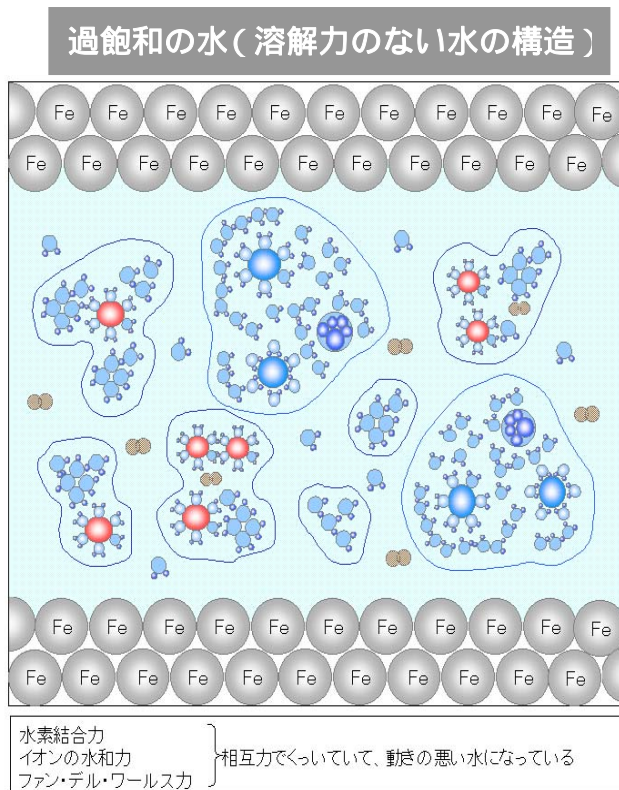
水分子が遠赤外線を吸収して活性化する理由の1つは、水素プロトンのモーメントが大きくなるということ(酸素のモーメントに比べ2.79倍も大きい)です。このため酸素との結合において、電子の授受のバランス(電子の過不足が生じる)が崩れ、化学還元種〔ラジカル〕が生成されると考えられます。たとえば、

$H^+ + O_2 + e^- = HO_2$  (化学還元種)が生成します。水素イオンと酸素の減少で、pHがアルカリ側にシフトします。この結果、ORP(酸化還元電位)が低くなり、酸化しづらい水となります。

遠赤外線エネルギーを吸収して活性化された水分子〔励起エネルギーを持った水分子〕は、やがて下位(準位を下げる基底状態)に戻るとき電磁波〔光〕を放出します。このとき熱が発生します。温度上昇。このエネルギーが準位を下げていく過程〔時間〕を緩和といっています。

：スーパーバイオックスを通過させた水を、核磁気共鳴させたスペクトルおよび遠赤外線放射エネルギースペクトルの測定表を付録に添付しています。





## VIDEO 画 ナレーション

もう一度、水道管の中を10億倍位に拡大して見てみましょう。水の中にはさまざまな溶質物、つまり不純物があり、これらがイオン化して水和物を作ったり、また、水分子同士が水素結合して大きな分子集団、つまりクラスタを作ったりして、更に、お互いが電氣的に引き合ってくっつき大きく集団化しています。この状態では、水が飽和して溶解力が落ち、水分子の、水分子の本来の動きがにぶくなっているのです。このため、のエネルギー無い水となっているのです。また、このような水は濁っています。

## 過飽和の水

この絵は、スーパーバイオックスを作用させていないときの水の状態に戻して説明しています。13 ページを参照してください。水の性質にもよりますが、通常水道水の場合、重金属とか微生物類は取り除かれて安全ですが、最終水処理の段階では、塩素などで消毒して供給されてきます。水に含まれている溶出物については前にも説明しましたが、さまざまな物質が溶解されています。人体に良いカルシウムやマグネシウムなどのミネラル分が多いことは、水道配管にとってはよくないという皮肉な因果関係になっています。

水に溶解しているこれらの物質の状態は、イオン化したものや電氣的に引き合った化合物や塩化物などが、お互い影響しあって相互に作用しています。また、水分子がこれらイオンに対して配向して水和物をつくっています。さらに、水分子が水素結合して大きな集団を形成しています。このように、お互いが電氣的な相互作用で大きく集団化した状態の水は過飽和状態になっているため、水分子の動きは緩慢になっています。そして、このような状態（構造）の水は、溶解能力や本来水がもつ能力が完全に失われているのです。

この絵は、このような状態を表したものです。

## 参考

### 水の構造

**構造形成のイオン**：電解質水溶液において、イオン近傍の水はふつうの水とは異なる状態です。この水の状態は、水溶液中でのイオンの移動の速さや水溶液の粘性にも関係する。イオンの周囲に水分子が親水的に配向（水和）するため移動しにくくなる（溶液の粘性率が大きくなる）イオンを構造形成イオンといいます。例えば  $\text{Li}^+$ 、 $\text{Na}^+$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Fe}^{2+}$ 、 $\text{OH}^-$  などがあります。

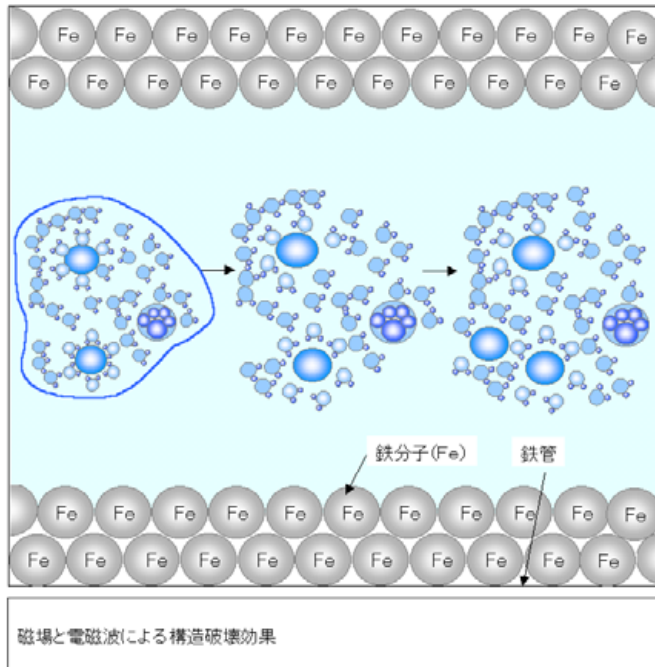
**イオン－水間相互作用**：水の液体構造に及ぼす溶存イオンの影響

陽イオンの周りに陰イオンが対で集まる傾向があり、その結果として、陽イオンの電場が遮断されて、急激に電場が弱まっていく。原因はイオンの電場に双極分子の水がそこに配向（水和）して引き付けられるためと考えられる。ナトリウムイオン（ $\text{Na}^{1+}$ ）、カリウムイオン（ $\text{K}^{1+}$ ）などのイオン半径が大きいほど水和の傾向は弱くなります。（引力が弱くなるため）

### 水の構造に影響を与えている引力

- ・ 水素結合（双極子の電気力）
- ・ ファン・デル・ワールスカ
- ・ クーロン力
- ・ 物質固有のイオン力
- ・ 水和力
- ・ イオン－水間相互作用

## 電氣的結合の遮断



VIDEO 画 ナレーション

このような水をスーパーバイオックスの働きで、電氣的な結合を断ち切り、水和物イオンなどを分断していきます。

## 水の構造（電氣的結合）の遮断

この絵は、前ページの絵で説明したような状態になっている水の構造を、スーパーバイオックスの力で断ち切っていく状況を示しています

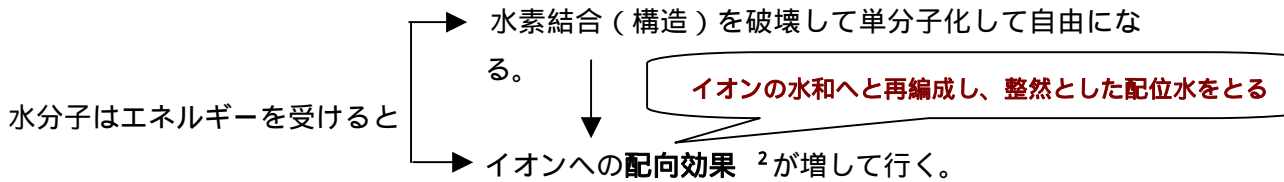
スーパーバイオックスは、45から54ページにかけて説明してきた原理作用によって乱雑な構造水を分解して、水本来の溶解能力の向上した水に甦らせます。

: 裏面をご参照ください。

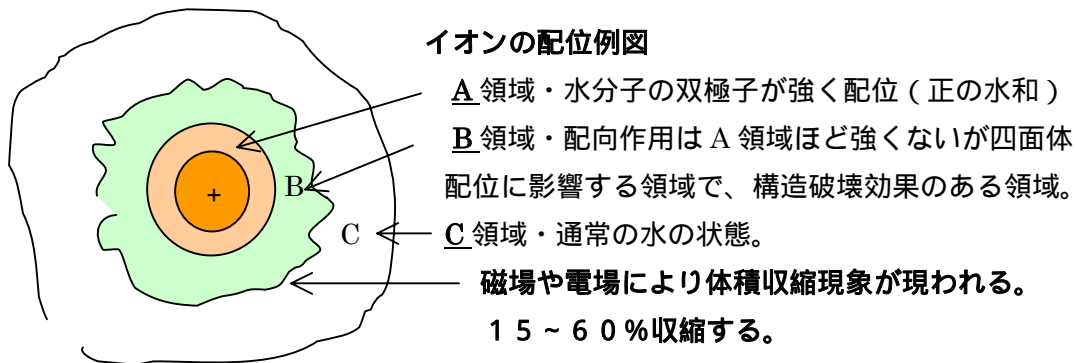
## 参考

4ページをご参照

クラスタの構造は、**四面体配位<sup>1</sup>**（イオン格子結晶水）をとっている。このような水の構造は、磁場や電場の影響を受けるとエネルギーを得るため、大きな双極子能力を有する水分子は、構造の生成と消滅のバランスは**破壊される方向へ移る**。**乱雑な水の構造を破壊する**。



両者のバランスが正水和と負水和とを生む。その結果、四面体配位（結晶水）をもつ構造のものが減少し、水は通常の液体に近づく。この現象過程を進んでいくと、結果的に「構造破壊効果」が減少し、イオンの配向効果が増え相対的に正の水和が強くなっていく。  
(註)



- 1 配位**：中心原子またはイオンのまわりにいくつかの分子やイオンなどが配列すること。静電的な力が働き**立体的な構造（結晶水）**となっています。
- 2 配向**：イオン粒子に水分子が取り巻く現象

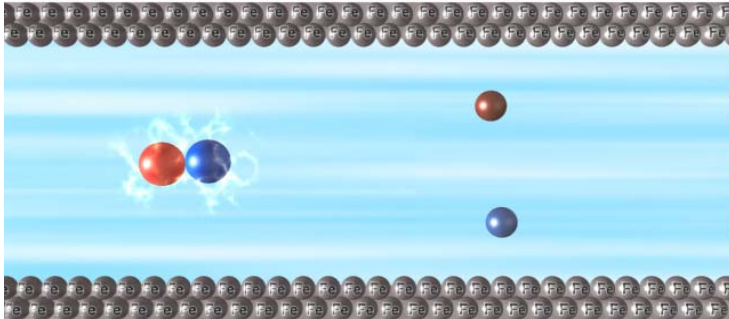
### ヤーン-テラー効果：

多原子分子において、原子が2等辺3角形や正多面体のような高い対称性をもつ幾何学的配置をとると、電子の状態が縮退することがある。このような場合にはもっと低い配置になって縮退がとれたほうがエネルギー的に安定である。これをヤーン-テラー効果という。たとえば鉄族元素を含むある種の結晶の転移はこの効果によるものとされている。 クラマース縮退

## ローレンツ力によるイオンの分流

SupervioxVideo

VIDEO 画 ナレーション



裸になったイオン物質や酸化物などの不純物は、ローレンツ力により、プラス・マイナスのイオンが激しく衝突して、イオンの退縮現象が起こります。

## ローレンツ力〔電場〕によるイオンの分流（磁気流体力学・MHD）

この原理は、水道管に水が流れてはじめて発露する原理です。

次はローレンツ力（分子電場 ホール効果ともいう）の作用について説明します。

この絵は、ローレンツ力によってプラス、マイナスのイオン物質が激しく衝突している状態を表しています。

：ローレンツ力とは、電流（イオンの流れ）が流れている物体に垂直に磁場をかけると、垂直の方向に電場を生じて起電力（電圧）が現われる現象をいう。

この現象の発露によって、

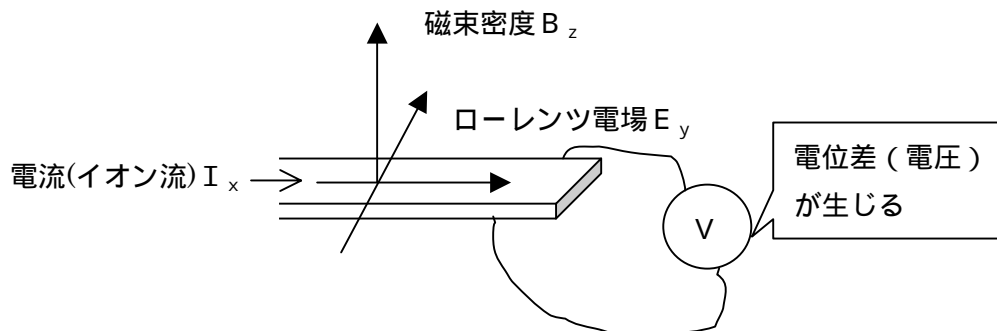
電流（イオン物質の流れと考えてよい）の流れがローレンツ力で曲げらプラス、マイナスのイオンが分極し、分極電流が発生して激しく衝突するようになる。

イオン拡散層に界面動電位（ゼーター電位）が発生する。

イオンの希薄化が起こる。このため水は軟水化される。

ローレンツ力(電場)  $E_y = R I_x B_z$  （R：ホール定数、 $I_x$ ：電流、 $B_z$ ：磁束密度）

### 原理図



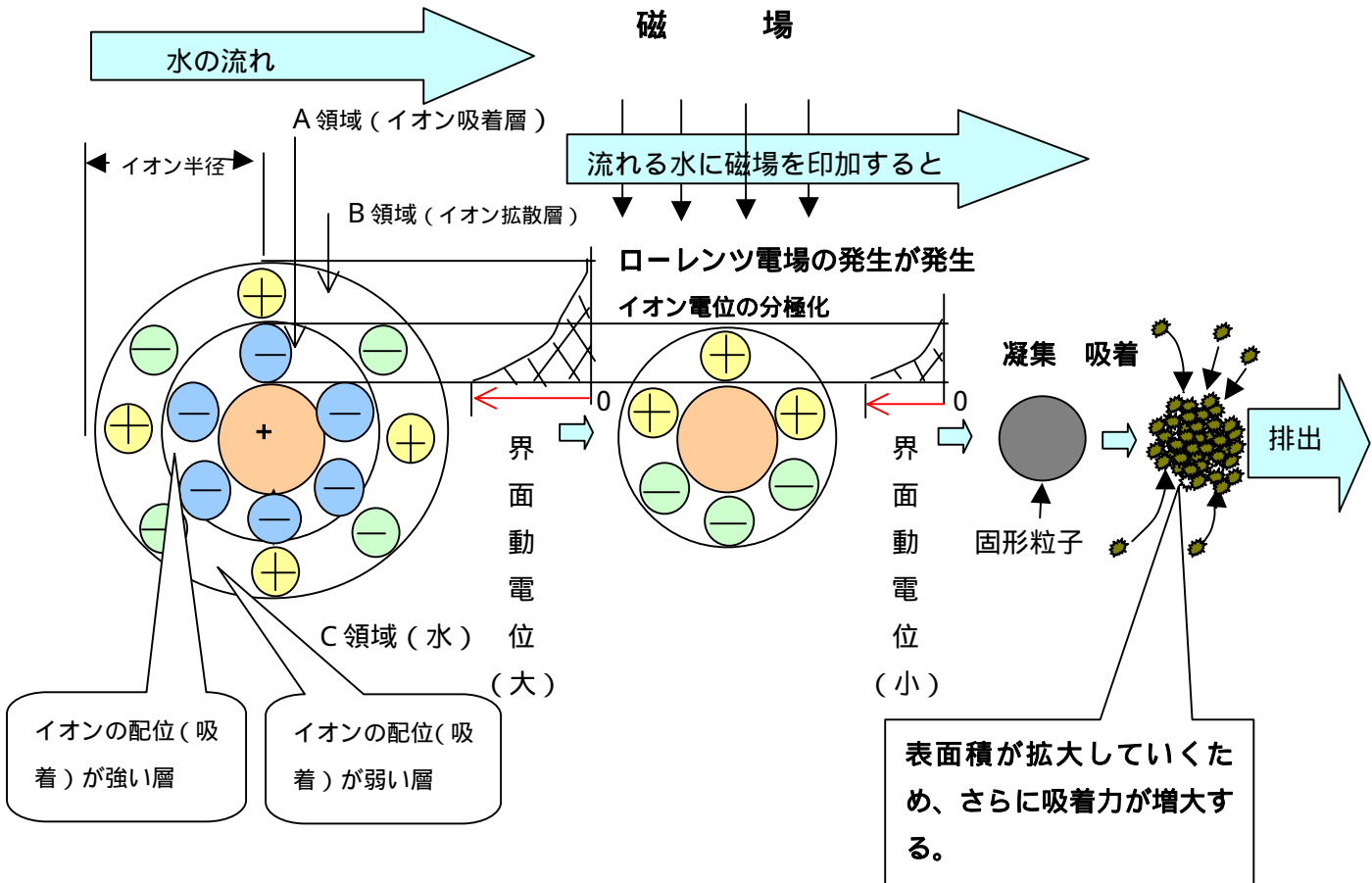
：裏面をご参照ください。

## 参考

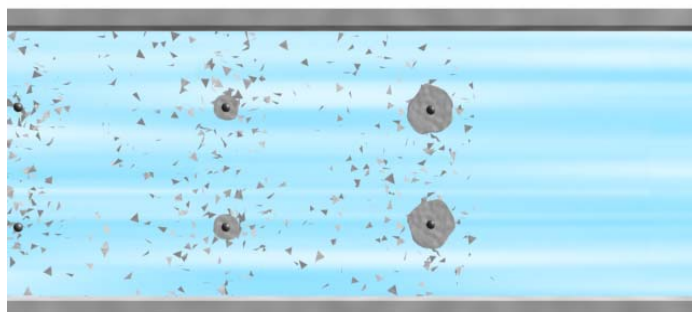
### ローレンツ力による水処理のプロセス

ローレンツ電場→イオン電位の分極化→界面動電位の低下→水和物（粒子）の電位の変化（イオンの希薄化）→水和物の固体粒子が凝集→吸着→表面積の拡大→スラッジ（浮遊物）化→排出していく。

#### イオンの結晶水



## 溶質物質の凝集と成長



VIDEO 画 ナレーション

これらの溶質物は、水溶液から分離して新しい新相核となってスケールの原因となるほかの溶質物をどんどん吸着していき成長しますから、水の溶解力が向上していきます。

## 溶質物質の凝集と成長

この絵は、前ページのイオンが衝突した結果として、このような状態になっていくことを表したものです。縮小した状態を示しています。前ページとの連続性のものです。

水が汚れていたり、濁っているということは、水の中にミクロの粒子が多く含まれているということです。水質検査項目では「濁度」になります。濁度は0度が理想ですが、3度くらいになると、目視でも分かります。

通常の水道水の濁度が0度であっても当然多くのミクロ粒子が溶解されています。ミクロ粒子とは前に説明しましたが、カルシウムやその他のイオン化された物質などです。

これらのミクロ粒子は顕微鏡でも見えないくらい小さなものです。イオン物質も1千万から1億分の1ミリくらいの球体粒子といわれています。

この絵の点々の部分はこのミクロ粒子で水が汚れていることを示しています。

前ページの説明では、ローレンツ力によりイオンが激しく衝突しましたが、この現象によって、イオンの縮退化がおこり、表面積の広がった結晶の吸着性のある固形粒子が生まれます。

この固形粒子が接着剤結晶となって核が生まれます。これが新相核の粒子で周りのミクロ粒子を吸着しながら凝集して成長していきます。核の成長速度は、水の飽和度と固形〔結晶〕物質の性質とイオンの移動度によって異なってきます。磁鉄鉱  $Fe_3O_4$  や酸化鉄  $Fe_2O_3$  など鉄分が含まれると凝結成長が早くなります。

### スケールの除去と抑制の作用

ローレンツ電界により、イオンが分極するとき、配水管中央部で正負イオンの衝突により、イオンの濃縮がおこります。この現象は溶解していたイオンが結合するためイオンの結晶化が水中で促進される。すなわち、通常は管壁側で結晶しスケールとして発生するのを水中できめ細かい目に見えない程の結晶の固体粒子<sup>1</sup>が作られていく。これらがさらに凝集して新相核となって成長していき、水中の溶質物（不純物）をどんどん吸着していきます。

### （水の構造変化）

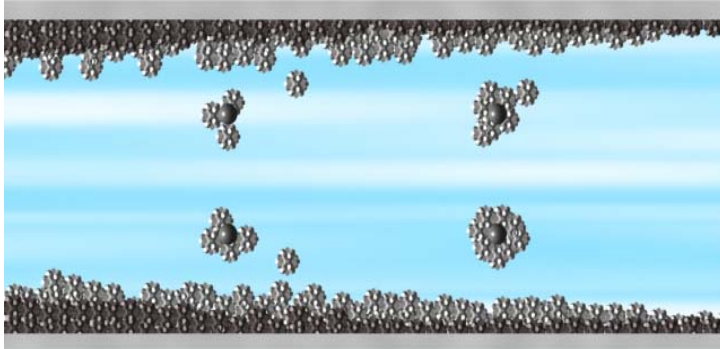
このため過飽和状態になって濁っていた水は、溶解力と浸透力の高い活性された水になっていきます。

このようになった水は、水分子が溶質物質の格子イオン水から離れて高エネルギーに転換した水になるため、新たなイオンの水和水（整然とした配位された構造水）が形成される。この構造水は、スケールを生成するイオン結晶格子を発達させないために、スケールなどを発現させる因子がなくなり、スケールの発生を防止します。

- 1・水中の固形粒子の吸着層は、水の力で溶解された浮遊物をどんどん吸着していき、管壁の面積を超えると、水中のスケール因子は管壁に吸着沈殿せずに固形物の吸着層に吸着されていくためスケールの発生がなくなるのである。吸着成長した固形浮遊物（ソリッド・スラッジ）は無害となって排出されていきます。



## スケールの剥離と除去のプロセス



VIDEO 画 ナレーション

この固形物質の表面積が、管壁の表面積を超えて広がっていくために、既に管壁に沈着しているスケールを剥離して吸着を続けて結晶化します。この粒子が0.5ミクロンつまり2000分の1ミリ位の大きさのソリッド・スラッジ、つまり無害な固形の粒子となって流れ出ます。

このようにして、スケールが剥離して排泄されていきます。このため水は、高いエネルギーを持つ水に回復し、清澄された透明感の水に生まれ変わります。

## スケールの剥離と除去のプロセス

前ページの説明は、水の汚れを清澄させて、スケールの発生を防ぐ原理ですが、今度は、既に発生しているスケールを除去していく過程を説明します。

ミクロ粒子（不純物）が減少するにつれ溶解の能力が回復した水（エネルギーの高くなった活性水）は浸透力があるため既に管壁に沈着成長しているスケールなどの溶質物の結晶に入り込みながら徐々に溶解剥離して管外へ排出していきます。

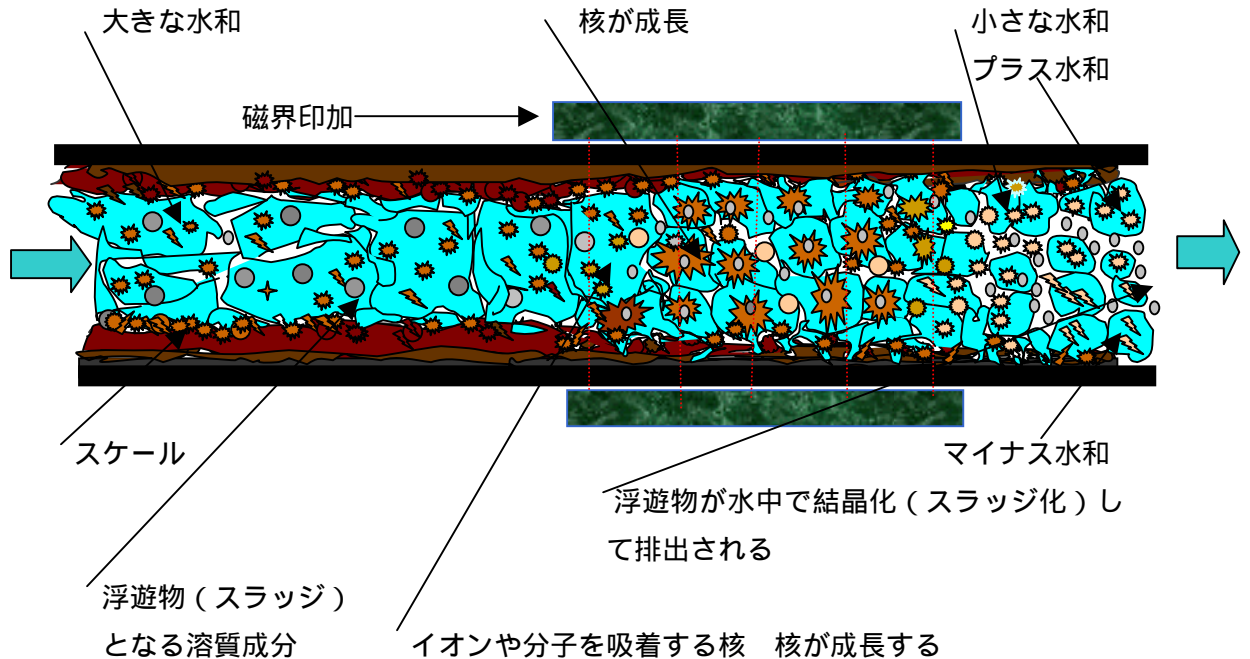
剥離されたスケールのミクロの部分は管壁に再吸着されずに新相核に吸着されて結晶化して浮遊物（ソリッド・スラッジ-SS）となって流れ出ます。

## 参考

説明を繰り返し再度次の絵で説明します。

マイクロ粒子とは、水に溶質されているイオン物質、炭酸カルシウム、鉄、シリカなどの無機物のほか、塩素やフミン質など有機物などさまざまな物質の粒子です。

スーパーバイオックスを通過した水中では、ローレンツ電界による分乱の反応により吸着力のある新相核にスケールが吸着されて最終的に浮遊物（スケール・スラッジ）となって管外へ排出していきます。



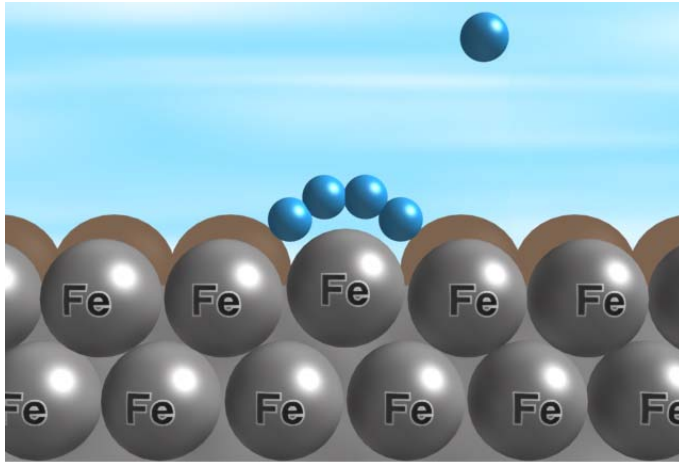
注：ローレンツ（力）電界（MHD - 磁気流体力学で）起電力が発生（ $V \times H$ ）し

$V$ ；速度  $H$ ；磁界  $E$ ；起電力  $E = V \times H$

流れる水は、ローレンツ電界により正イオン電流と負イオン電流は加速を受け交叉しながら分乱する。このときの分子間の衝突が起こる。MHDという分乱れをおこす。（熱運動で起こる分子間衝突と同じ原理です）

イオンの分乱れ効果により、溶解物質の対流が強まり、結晶化中心（核）の濃度が強まり、その結果、固形物質が形成され成長する。これを中心にして溶質成分は磁場により、結晶化して新相核となり、成長して臨界値（粒径が0.5ミクロンソリッド・スラッジ）に達すると分離される。このとき、結晶核の総数の表面積が管壁の表面積を超えていき管壁や熱交換機の内壁に溶質成分が付着しなくなる。つまり、溶質物質は結晶核に吸い寄せられてスラッジ化して流出する。

スケールの剥離（除去） スーパーバイオックスを通過した水の管内の作用  
水あかやスケールと管壁（金属）熱膨張（弾性）係数の値が異なり亀裂が生じる。溶解力の向上した水は溶存成分が不足しているため、亀裂の中に水成分だけが入り込み、亀裂を拡大させながら溶解剥離してスケールを除去していきます。



サビ防止の働きはどのようにか。先程の原理を思い出してください。スーパーバイオックスを通過した水道管の水は、イオン化を阻害しますから、鉄もイオン化しずらくなります。つまり、水素を活性化するため、鉄のイオン化が低下するためです。また、イオン化した不純物が減少するため、水の電気伝導率が

低下、つまり電気が流れにくい水になることから、腐食電流が流れなくなるため、サビの発生を防ぐのです。

VIDEO画ナレーション

### サビ発生防止の原理

この絵は、少し抽象的で分かりづらいかもかもしれません。

スーパーバイオックスの通過させた水は、特に水素の活性化と電子が大きく寄与しています。サビの発生原因は、鉄のイオン化から始まりますが、このイオン化を阻止して酸化還元現象によって酸化還元電位を低下させることにあります。

**鉄のサビ発生の抑制と防止には、水素と電子に鍵がある。**

それでは鉄をイオン化させない方法はどうかということ、水素の電位を上げてやり、鉄との電位差（電圧）を縮めることです。つまり、電子の移動をなくし電流を流さないことです。そして、電流が流れにくい水にすることです。

スーパーバイオックスは次のように段階的に錆びの発生を阻止しています。

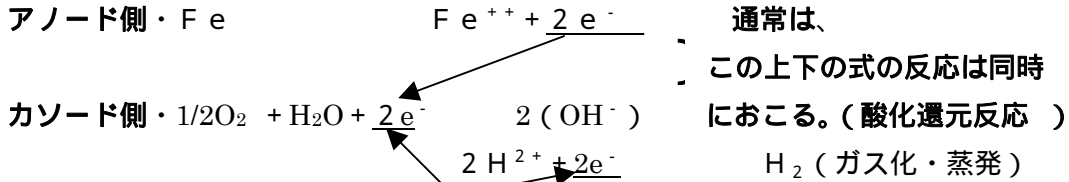
**第1段階：**水素の活性エネルギーが高くなり、水の電位を上げることにより、鉄との電位差を低くすることにより、イオン化を阻害する方向へシフトします。このイオン化を阻害することによって鉄の錆びの発生を抑制しています。

：第2段階以降の説明は裏面で説明していますので、ご参照ください。

参考

第2段階：サビ発生の簡単な化学式で説明します。

通常は、この電子が下のカソード側に供給されるために錆びる。 →A



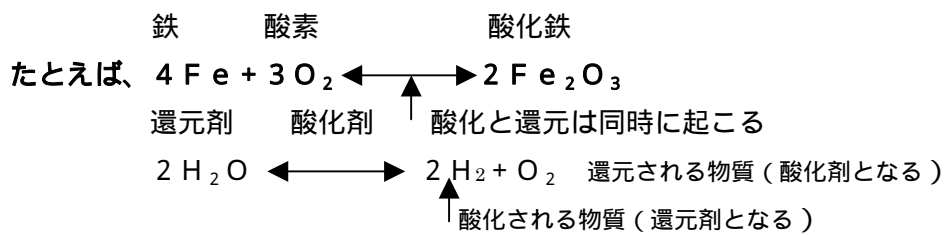
スーパーバイオックスで誘起発生した電子は、ここに供給されるため、Aからの供給はストップされ、酸化還元作用、特に水素の還元によりサビの発生を抑制します。

第3段階：スーパーバイオックスは、電気伝導率の高い物質やイオン物質などの溶存物をスラッジ化して水を清澄していきますから、電気の流れにくい抵抗値の高い水になります。このため腐食電流が流れにくい水となりサビの発生を抑制する。

- 酸化還元反応(Oxidation Reduction Potential) (作用)：電子のやり取りが同時におこる反応。略してORPという。単位はmVで表わします。ある物質が相手を酸化する力が強いのか、あるいは還元する力が強いのかという酸化還元力のレベルを表す指標で、酸化と還元が同時に起こる反応です。

酸化 電子の喪失

還元 電子の獲得



ORPがプラスの場合の溶液は酸化力があり、マイナスの溶液の場合には還元力があります。

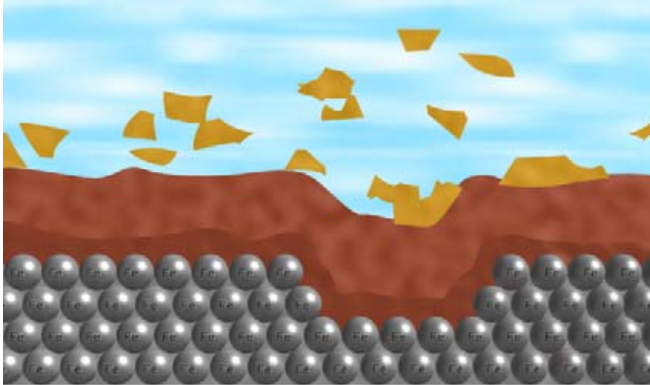
アノード側で電子を放出しようとしても、カソード側で受け入れられなければ電子は放出しない。酸化還元反応は起こりません。

通常の水道水の酸化還元電位(ORP)は+400~800mV位あります。

スーパーバイオックスを作用させた水は、この電位より50~80mV低くなります。



## 錆の溶解



### VIDEO 画 ナレーション

既に発生している錆はどのようになるのでしょうか。絵のように、一番上にある水酸化第2鉄の錆は、柔らかくコロイド状になっており、この錆は溶解力の向上した水の力で剥離分解して流れ出ます。このとき多少多めの赤水が出てきます。

## 錆の溶解

いままで説明してきたように、スーパーバイオックスの作用により、水道管内の水は、清澄され、溶解力の向上したエネルギーの高い水に生まれ変わっているため、水道管の管壁に沈積している表面の第二酸化鉄の比較的柔らかい一番上の層の部分は徐々に溶解して管外に排出していきます。

:

スーパーバイオックスを取り付けた後は、2～3週間は汚れや、赤水が多く出るため、朝一番で使う水を20～30秒間放水して使用していただくよう説明してください。

当然のことですが、取り付け後は、水をたくさん流すことによって効果は可及的に効いてきます。お客様には、ふだんあまり使用しない（使用頻度が少ない）蛇口も、しばらくのあいだ放水してもらってください。

特に、洗面所の蛇口はほかの蛇口にくらべて水の使用量や使用頻度もすくないため、赤水改善や黒錆化が遅れるようです。

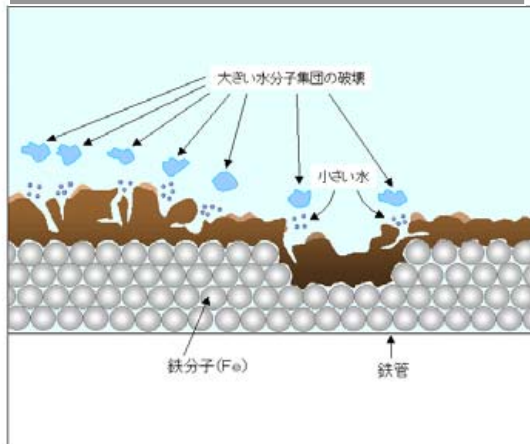
商業ビルの場合で、事務所で使用している蛇口は使用量がすくないために改善の時間は遅れます。

独身の方や部屋を空けることが多い方の場合も改善が遅れます。

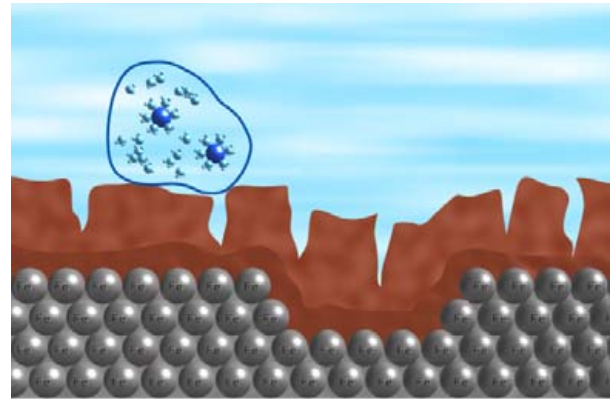
## 参考

: 55 ~ 64 ページをご参照ください。

### 構造破壊による水分子の活性化



水の小型化による浸透力の増大  
分子集団(クラスター)の破壊→水分子の小型化再現→浸透力が増大



VIDEO 画 ナレーション

スーパーバイオックスの作用で、水の構造破壊によって活性化された水分子は、

.....

### 水の構造破壊による水分子の活性化

右の絵は、少しさかのぼって、スーパーバイオックスがまだ作用していないときの水の構造を示した予想図です。つまり、前述のように、水はさまざまな物を溶解していきます。なかでも、化合物一部ではイオン化し、塩化物などとして溶解しています。これらの化合物は、プラスとマイナスの電気を帯びているため、プラスの化合物はマイナスに、マイナスの化合物はプラスの化合物にお互いに軽く引き合いながらだんだんに大きな集団を形成していくことが考えられます。水が悪化しこの状態が進行すると、溶解力のある水といえども飽和状態に陥ります。したがって、上図右に示すように小さな隙間にも浸透しない水となります。スーパーバイオックスが作用することにより、上図左のように、水の構造を破壊することにより、水分子の動きが良くなり浸透力の復元した水となることをバーチャルに示したものです。

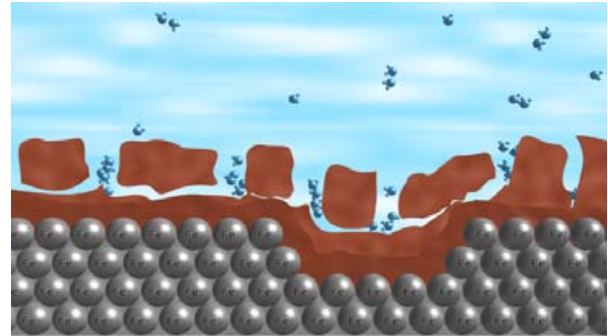
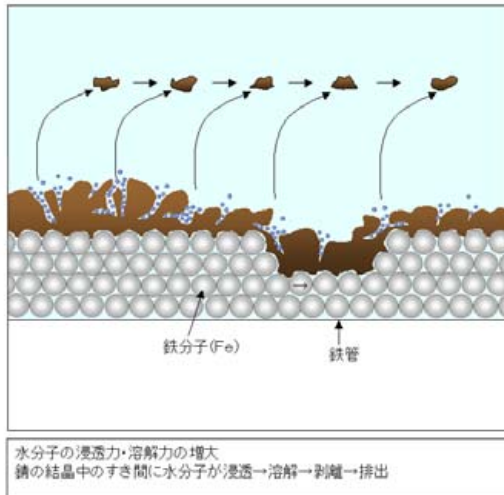
：水の状態は55ページと同じ状況の水と考えてください。

## 参考

: 57 ~ 61ページをご参照ください。



## サビの剥離と除去



VIDEO 画 ナレーション

結晶化中の亀裂に入り込み、徐々に溶解・剥離していき、.....

## サビの剥離と除去

左の絵は、単分子となった水分子は隙間に浸透していく様子を表しています。また、右の絵は、水の力でサビの結晶を剥離分解して流れ出て行く状態を示しています。

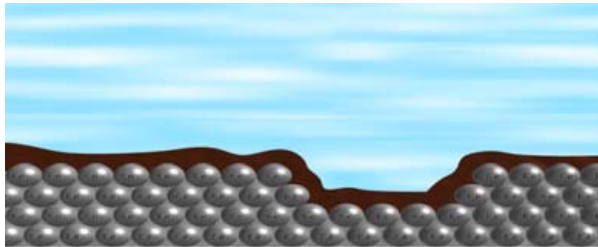
この状態になるまでは、相当長い期間を要します。サビの発生状態、サビの発生年数、水質・特に pH が高い側にあるか低い側にあるか、また、水の腐食指数（ランゲリア）の高い水などの場合は一様には改善されません。2年3年と要する場合があります。

また、サビの状態によっては、この溶解・剥離の経過期間が短く、次のページで説明する黒サビに移行していきます。

## 参考

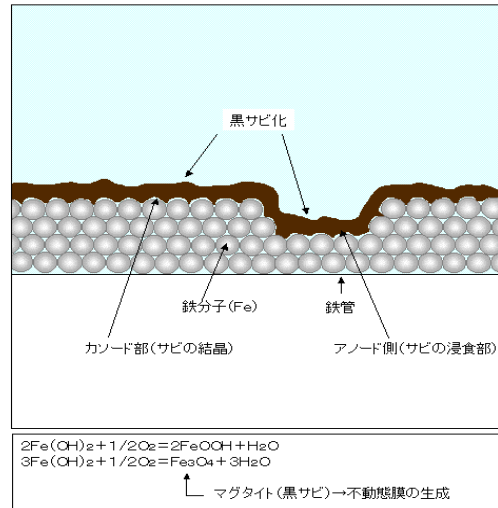
：水の構造を変える作用は57～61ページをご参照ください。

## 赤サビの黒サビ化と不動態膜の生成



VIDEO 画 ナレーション

さらに、その下の固く結晶化している沈殿物とアノード側で侵食されたサビ部分は、酸素との酸化還元作用によりマグネタイト化、つまり黒サビに徐々に変化していき、最終的に不動態被膜が出来ますから、これ以上のサビの進行はなくなります。



## 赤サビの黒サビ化と不動態膜の生成

この左右の絵は、同じ状態を示す絵です。

サビこぶが徐々に剥離分解していく過程では、前ページで説明したように水の性質(水質)やサビの状態(年数が経ったものは固い結晶体となっていて細かい亀裂や結晶の隙間のない状態)によっては一様に剥離分解はせずに、そのまま還元作用で黒サビ化していく場合があります。黒さび化は部分的に起こってくることが多く、時間が経つにつれ全体に広がっていきます。

黒さびの見分け方として、管に発生しているサビの破片を剥がして磁石に近づけると、磁石に吸い付くもの(磁鉄鉱)は黒サビ化している証拠です。赤サビの場合は磁石に吸い付きません。

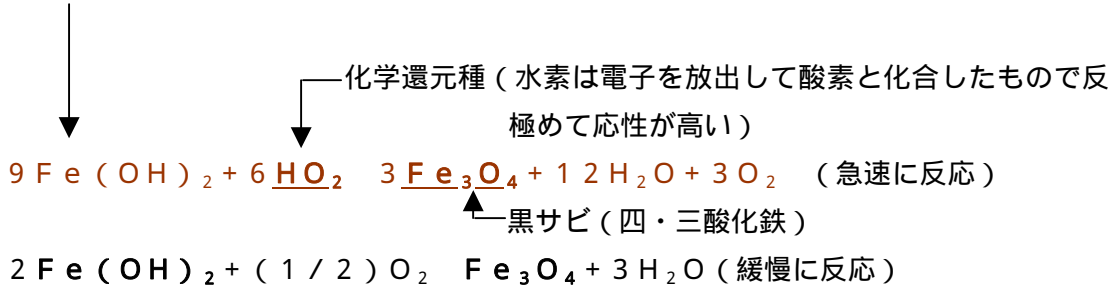
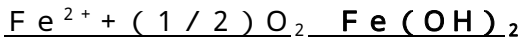
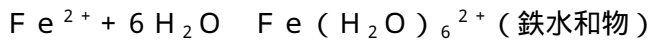
ここで一番肝心なことは、スーパーバイオックスの効果の判断ですが、設置して赤水が止まり、その後再度赤水が出てこなければ以上のような経過をたどりますから、確実に管の延命効果が約束されます。自信を持って奨めてください。

: 長い期間効果を確認するために貸し出しテストしても意味がありません。  
赤水が止まった段階でお客様の確認を得て結論に導いた方がベターです。

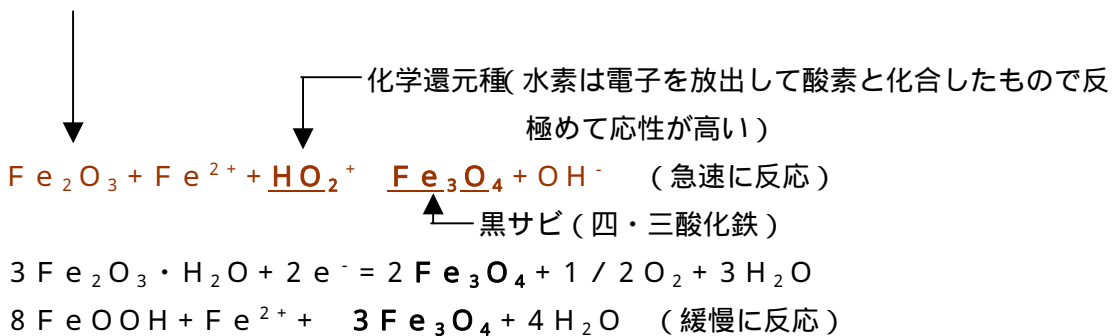
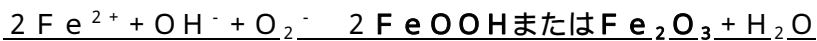
## 参考

黒サビ（不動態化）への変化

アノード側の黒サビへの化学変化



カソード側の黒サビへの化学変化



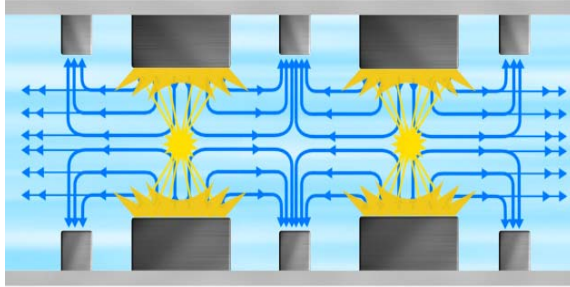
不動態化

金属が腐食する条件にありながら腐食をおこさない状態を不動態といいます。鉄は濃硝酸中では熱力学的には不安定ですが、腐食をおこすことはありません。濃硝酸中では、鉄の表面に不動態被膜とよばれる数nmの厚さで耐食性の優れた酸化被膜が生成されます。このような不動態化現象は、Fe, Ni, Co, Cr, Ti, Nb, Ta, Al, などにおこります。

電解の陽極として作用させても不動態化します。また、水中に十分な酸化剤があれば浸漬ただけで不動態化し、これを自己不動態化といっています。耐食合金には、自己不動態化をおこしやすい。 **フラデー電位**（**ファラデーではありません。**）

**フラデー電位**：不動態をつくる金属と溶液の組合せにおいて、不動態の生成時に観測される電位で、フラデーが発見した。金属の電極電位を負の値から次第に正の値にしていくと、金属の溶解にもとづくアノード電流が漸増するが、ある電位に達すると電流は急減し、さらに電位を負にするとふたたび電流が急増し、酸素が発生しはじめる。電流の急減する電位をフラデー電位といい、この電位で金属の不動態化がおこる。不動態のおこる原因が不溶性の酸化物のきわめて薄い被膜の生成による場合には、フラデー電位は、被膜の生成する電位を示す。

## スーパーバイオックスの効果



VIDEO 画 ナレーション

スーパーバイオックスは、特許を持つ、磁気と遠赤外線の相乗効果を最大限駆使した化学的な技術で、水道管を大幅に延命させる事ができるのです。

それでは、いままでの説明をまとめてみましょう。

この絵は45ページの絵と同じものです。最後にスーパーバイオックスの原理と作用のまとめとその効果について説明します。

スーパーバイオックスは、磁気と遠赤外線のエネルギーを水（水分子と水に溶存している物質）に作用させて本来の水の構造に甦らせます。この結果としてさまざまな効果を発揮していくわけです。

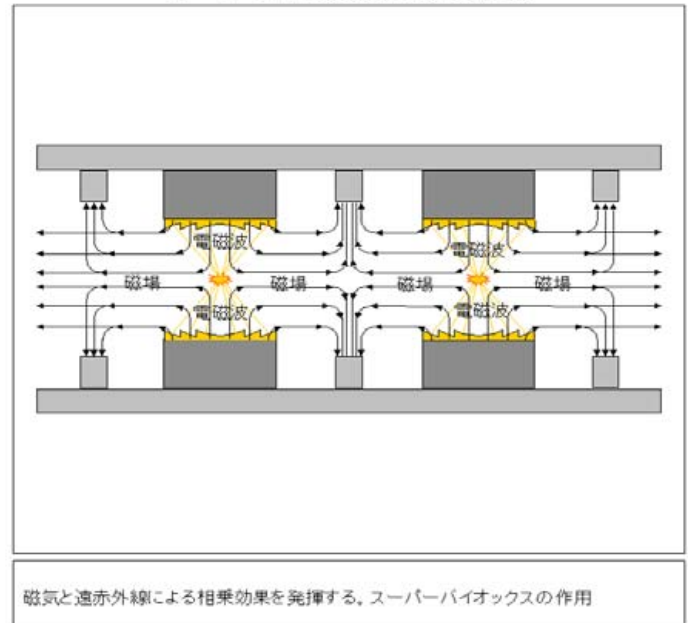
### スーパーバイオックスの構造と作用原理

上絵のような構造で、磁気と遠赤外線のエネルギーを応用したもので、水に磁場作用と遠赤外線の電磁波エネルギーを作用させるとともに、両者エネルギーが磁場と電場を誘起して、相乗効果を生む構造になっていること。

### スーパーバイオックスの原理に基づく作用の基本

- 1 44ページの原理作用に基づくもの。〔水が動いているときに作用する原理〕
- 2 47～50ページまでの原子、分子の性質を利用した、51～54ページ的作用原理に基づくもの。（水が動かなくても作用する原理）
- 3 59ページの原理作用に基づくもの。（水が動いているときに作用する原理）

磁気流体力学に基づくローレンツ力により、イオンなどで立体結晶化している水の偽構造を破壊して、水の移動を速め、本来の溶解力や浸透力の高い水に変える。



## 参考

スーパーバイオックスの作用と効果についての説明図は、付録の 6 ページに掲載していますのでご参照下さい。

スーパーバイオックスの安全性と品質

VIDEO 画 ナレーション



電気などの外部動力を使用しなく、作用させるエネルギーは半永久的に出し続けますから、長い期間効果を持続し続けるため、経済的な水処理機と言えます



スーパーバイオックスの安全性と品質

この写真は、実際に設置した工事現場で撮影したものです。下の写真は、フランジ型の水処理活水機スーパーバイオックスを取り付け中の一部の様子を写したものです。

スーパーバイオックスの安全性

スーパーバイオックスが機械的に必要な項目で、国が定めた技術性能基準は、

侵出性能試験・J I S - S 3 2 0 0 - 1

耐圧性能試験・J I S S 3 2 0 0 - 7

以上は試験の結果適合している水処理機です。

上記 J I S 規格の末尾 2 から 6 まではスーパーバイオックスには必要のない項目です。

製造者賠償責任保険(通称・P L 保険)に加入していますので、製造上の問題で人身に傷害を与えた場合の補償に備えています。

バイオックス社は機械の製造にあたり、安全性の向上や品質管理には最善の配慮をして生産していますので、ご安心ください。

## 水環境を改善して快適な21世紀をつくりましょう。

ビルなど建物が老朽化してくると、さまざまなトラブルが起きてきますが、なかでも給排水管のトラブルが一番深刻な問題となります。生活に直接影響する大事なライフラインですから、ビル管理者や管理組合の役員の方々は気が許せない問題であると思います。

スーパーバイオックスは、このような問題を低コストで解決でき、しかも給配管の寿命を大幅に延命させることができる画期的な水処理機です。生活面では、洗濯や食器を洗う時の洗剤の量が少なく済みすぎの時間も少なく済むため、経済面ばかりでなく環境にも良いといえます。また、風呂の湯がやわらかくなり肌にもやさしく、浸透力がある水のため吸収がよく新陳代謝も改善されます。また、トイレの黄ばみや風呂のヌメリも解消されます。このため、トイレや風呂のいやな臭いも解消され、掃除も楽になります。

そしてなんととっても、二次的な効果として、排水管の浄化があります。まさに快適な生活環境改善に大いに貢献できる水処理機といえます。

この水処理機の大きな特徴の1つとして、取り付け工事は比較的簡単で、短時間でしかも断水させずに完了するために、入居者の生活に迷惑がかからず、クレームの発生もないことです。また費用面では、低コストであるばかりでなく、設置後の運転コストなどの費用は一切かからず機械は半永久的に使用出来るため、他の工法に比べて比較にならない程大きなメリットがあります。さらに、人体への悪い影響はまったくなく、よい効果が期待でき安心できるシステムといえるのです。このようなシステムですから、多くの人たちがご愛用いただければ、地球環境保護に大いに貢献でき21世紀の環境保護に必ず役立つものと確信しております。

弊社は、既存の建物はもとより、これから住宅を建てられる方をはじめ、ビルオーナーやマンションの管理者の方々に幅広く提案していきます。

国内のサビの損失は毎年3兆円を越えると云われています。その他スケールなどによる、ボイラーや熱交換機など整備費や燃料の損失も莫大な金額になると考えます。

バイオックス社は、日本国内では最も古くから開発を進め数多くの実績を挙げてきました。あらゆる状況にも対応出来るよう、最新鋭の技術を駆使して数多くの機種を揃えています。これからもたゆまず研究を続け地球環境に役立つ、そして、信頼感のある製品の提供をしていきます。



# 付 録

スーパーバイオックスを通過させた水の NMR  
スペクトルとその見方について - -

---

スーパーバイオックスで使用している遠赤外線  
放射体の発光エネルギー特性表  
・発光強度エネルギー分布表 - -  
・放射スペクトル - -

---

遠赤外線の波長、周波数、波数について - -

---

永久磁石について - -

---

スーパーバイオックスの作用と効果 - -

---

他社との違いについて - -

---

# スーパーバイオックスを通過させた水の NMR スペクトルとその見方について

## 核磁気共鳴 ( Nuclear Magnetic Resonance ) グラフの見方と意味

図 1 は通常の水道水、図 2 はスーパーバイオックスを通過させた水をそれぞれ核磁気共鳴装置で測定したグラフである。いずれも、水に含まれている酸素 17 (酸素 16 の同位酸素で 10000 分の 3.7 しか存在しない酸素) のグラフ (スペクトル線 1) である。

図 1 と図 2 を比較すると、図 1 に比べて図 2 の共鳴スペクトルは先鋭になっている。

### 見方

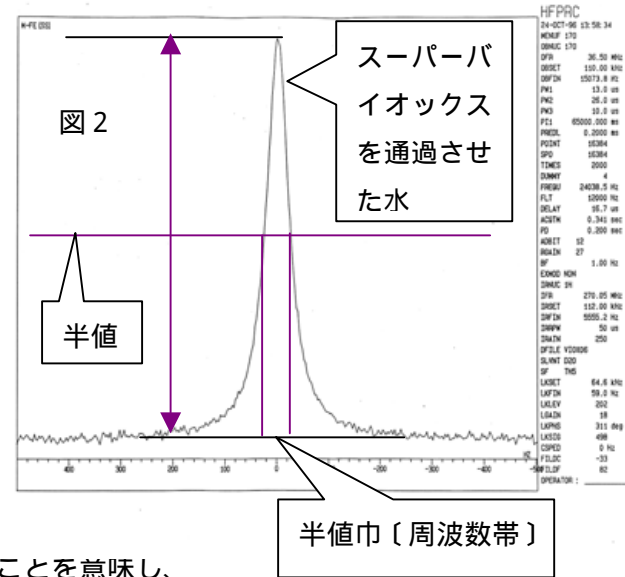
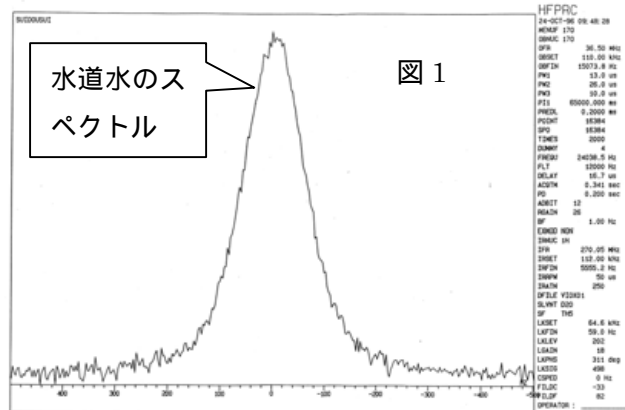
図 2 で説明するように、スペクトルの高さの半分の所が半値という。この半値のスペクトルの巾を半値巾という。

この半値巾の広さにどのような意味があるのか説明します。

図 1 の通常水中の酸素は外部から特別なエネルギーがなくても、自然界の電磁波のゆらぎを受けて、原子の相互作用によって励起状態 ( 2 ) から低い基底状態に遷移 (緩和ともいう。 3 ) して光を放出する。この時間を  $1 / T_1$  と定義し緩和時間  $T_1$  といい、励起状態の寿命で、常に存在する自然巾です。(  $T_1$  : 時定数 )

図 2 は、定義は同じであるが、スペクトルの半値巾が狭く、先鋭になっている。この意味は、スーパーバイオックスによって原子、分子、原子核などの衝突現象を増大させるため、周囲の原子などと相互作用で、核磁気 (スピン) はさらに速く運動したものと考えられる。このことは、寿命、つまり緩和 (遷移) 時間が長くなることを意味し、半値幅は狭くなったことを意味する。

この  $T_1$  をスピン-格子緩和 (磁気緩和) といっている。格子とは、例えば磁気核 (スピン核) の周囲に存在する溶媒分子群 (水に含まれているイオンや分子) のことである。以上をまとめると、スーパーバイオックスの通過した水は、半値幅が狭くなるなっているが、水の物性に何らかの影響を与えたと思われる。エネルギーの高い水と推定されるが、現在のところ、水の分子集団が小さくなったと断言できない面もある。



1 **スペクトル線** : 原子が放射 (励起) または吸収 (基底) する電磁波が振動成分に分かれて線状に見える線。 2 **励起状態** : 原子のエネルギーの最も低い状態を基底状態といい、基底状態よりエネルギーの高い状態をいう。 3 **遷移** : 定常状態から別の定常状態へ外部の作用によって移る現象をいう。

スーパーバイオックスで使用している遠赤外線放射体の発光エネルギー特性表

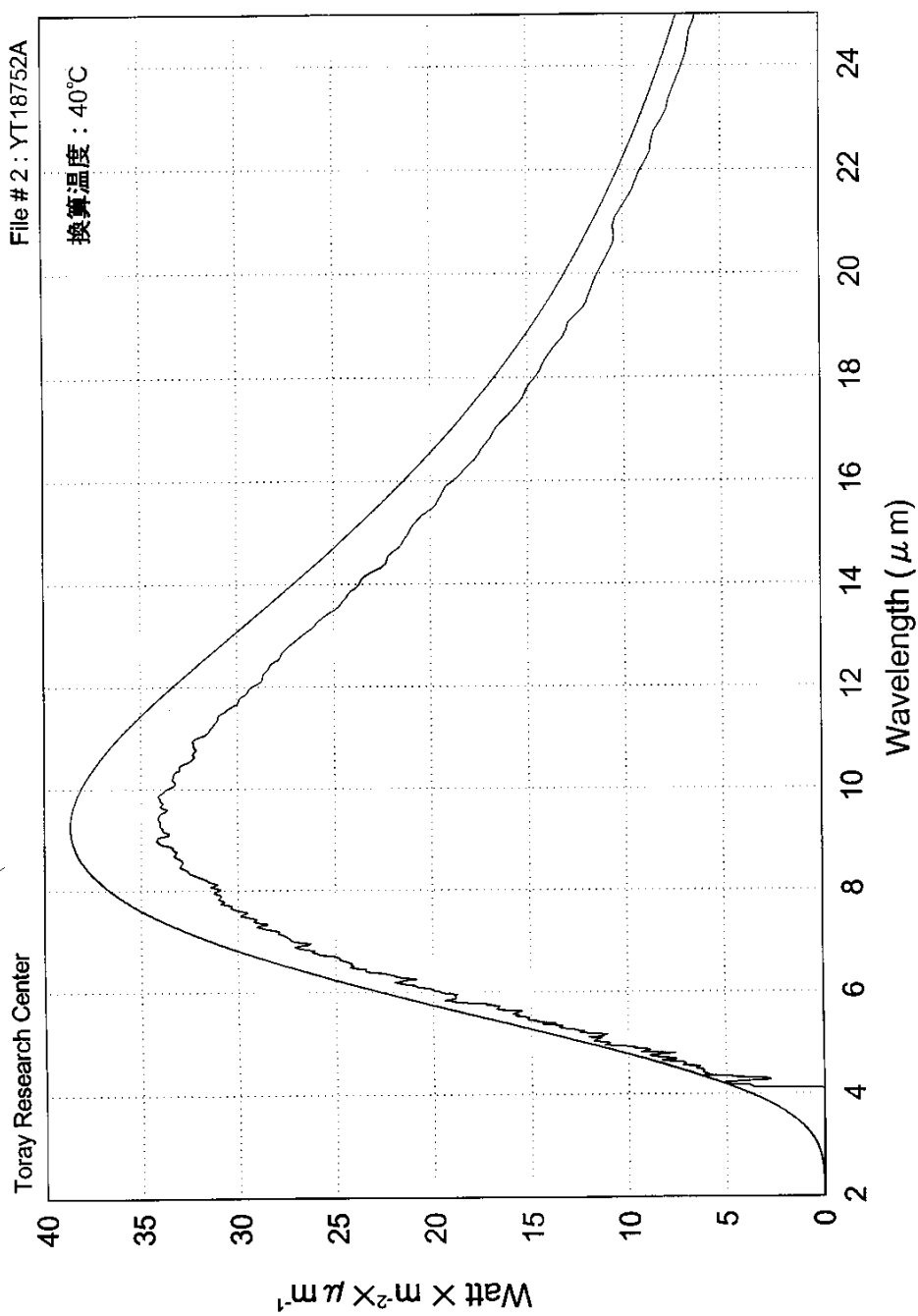


Fig.5 : 理想黒体 および No.1 の 発光強度エネルギー分布 (2~25  $\mu$ m)

スーパーバイオックスで使用している遠赤外線放射体の放射率スペクトル表

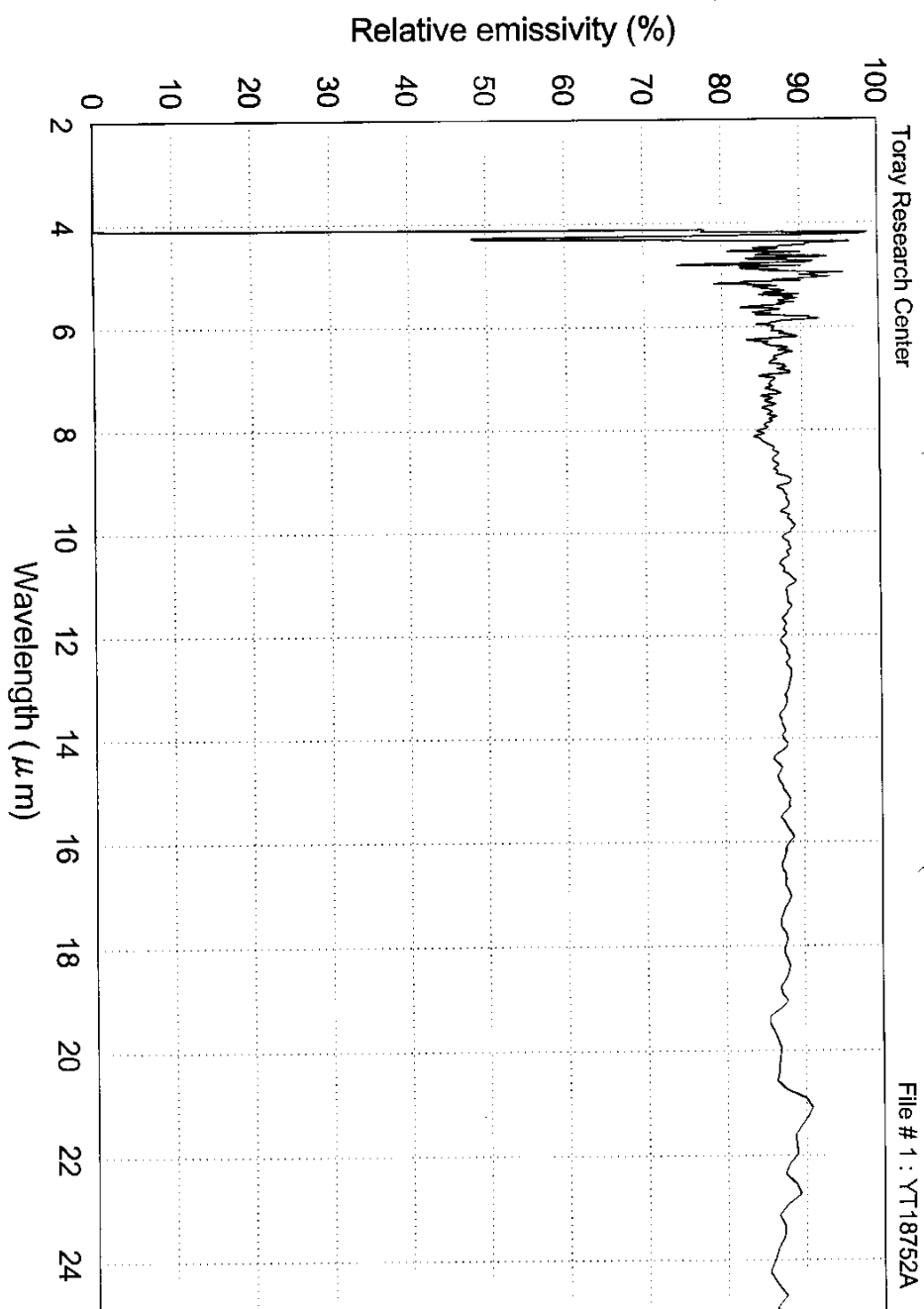


Fig.1 : No.1 の放射率スペクトル

(測定温度 : 40°C、参照試料 : 40°C黒体、波長領域 : 2~25 $\mu\text{m}$ )

## 遠赤外線の波長・振動数・波数について

下記に電磁波を分類してみます。

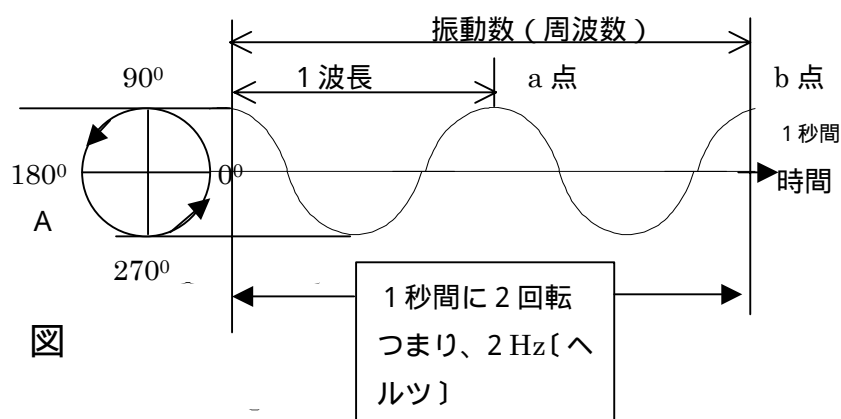
波長 (  $\mu\text{m}$  ・ ミクロン )

|                |           |     |     |      |        |      |        |          |
|----------------|-----------|-----|-----|------|--------|------|--------|----------|
| 宇宙線            | ガンマ線      | X線  | 紫外線 | 可視光線 | 赤外線    | レーダー | 電子レンジ  | テレビ電波・無線 |
| (波長) $10^{-8}$ | $10^{-4}$ | 0.2 | 0.4 | 0.75 | $10^3$ |      | $10^4$ | $10^5$   |

|          |      |                |        |        |
|----------|------|----------------|--------|--------|
| 可視光線     | 近赤外線 | 遠赤外線           | 超遠赤外線  | レーダー光線 |
| (波長) 0.4 | 0.75 | 1.5 ← の範囲 → 25 | $10^3$ | $10^4$ |

遠赤外線は、 $1.5\mu\text{m}$  から  $25\mu\text{m}$  ですが  $2 \sim 12\mu\text{m}$  位を利用しています。

波長・振動数とは、たとえば、下図の  $2\text{Hz}$  の振動数 ( 周波数 ) で考えてみましょう。



Aの回転体が  $90^\circ$  の点から矢印の方向に1回転すると a 点に、2回転すると b 点に到達する。b 点の時間が1秒間であるので、この回転体は1秒間に2回転したことになります。

つまり、回転数 ( 振動数または周波数 ) は  $2\text{Hz}$  (  $2\text{Hz} / \text{s}$  ) となります。

波長は、 $1\text{Hz}$  分の波高と波高の巾の長さをいいます。

波長と振動数 ( 周波数 ) との関係を図で計算してみます。波長 = 光の速さ / 振動数という式にあてはめると、光の速さは約  $30$  万キロメートルですから、 $30$  万キロ /  $2$  で、波長は  $15$  万キロということになります。(  $\lambda = c / f$  (  $n$  ) の式 )

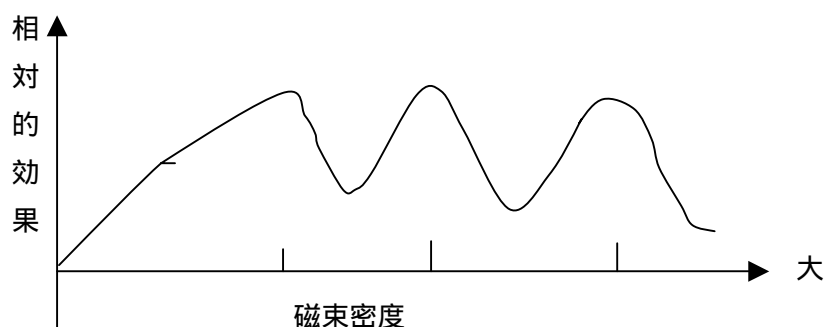
遠赤外線の振動数を調べてみます。波長  $10$  ミクロン (  $\mu$  ) の場合は、 $30$  万キロ /  $10\mu$  ですから、単位を m に直して、 $30 \times 10^7 \text{m} / 10 \times 10^{-6} \text{m} = 3 \times 10^{13} / \text{秒}$  となり、 $30,000,000,000,000$  回、つまり、1秒間に  $30$  兆回振動していることになります。通常使われる振動単位として、 $10$  ミクロンの波長の場合は、「 $1,000\text{cm}^{-1}$ 」、 $3\mu$  の場合は、「 $3,333\text{cm}^{-1}$ 」と逆数の波数で表されます。

## 永久磁石について

### スーパーバイオックスの適正磁場について

弊社の水処理機は、長年の研究の結果水に対して、適正な磁力見出してその磁場環境をつくる技術によって効果を最大限引き出すことができたものです。

### 磁束密度と相対効果のグラフ



### その他の知識

磁束密度とは、磁場の単位面積当たり（ $1 \text{ C m}^2$ ）の強さの程度を表したもので、Bの記号を使います。

磁束密度は磁気モーメントによって決まります。

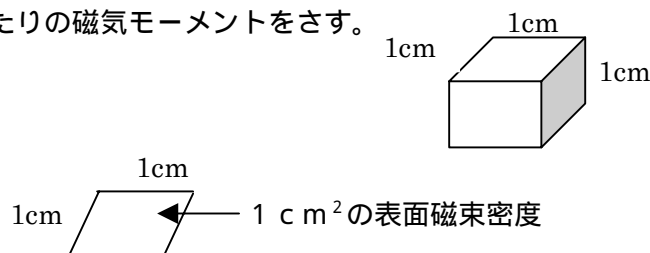
ガウス（G）の呼び名はC G S単位（センチ、グラム、秒）であり、テスラ（T）はS I単位（国際単位）の呼び方です。

1テスラは約10,000ガウスに相当する。（ $10^4 \text{ G} = 1 \text{ T} = 1 \text{ Wb} / \text{m}^2 \cdot \text{ウエーバー}$ ）  
電磁気の単位系では、1）静電単位系 2）電磁単位系 3）ガウス単位系 4）M K S A単位系 5）国際単位系がある。ガウス単位系は磁気と電気の対称性がよくこの単位系がよく使われます。

磁場（磁界ともいう）とは、磁束密度Bと磁化（ $M$ ）の強さMの磁化力Hをいう。

$B = \mu_0 (H + M)$ で $\mu_0$ は透磁率を表す。磁化  $M = (B / \mu_0) - H$ の関係で、単位体積当たりの磁気モーメントをさす。

### 表面磁束密度



磁力線：磁力線というのは仮想線であって実際には存在しないものであって、便宜上使っています。1000ガウスは、磁力線が1000本あるということではありません。

他社の1部では、磁力密度の高い磁石を使って宣伝しているところもあるようですが、当社の実験ではすべての面でよい効果はでていません。あまり高いものを水に作用させると、フリーラジカル（たとえば、活性酸素）が発生する可能性があります。

## スーパーバイオックスの作用と効果

### 磁気流体流体力学による発露と考えられる水の変化

磁気流体流体力学によるローレンツ力により起電力が発生し、水に溶存しているプラスとマイナスに帯電されたイオン物質（粒子）の分流（衝突）がおこり、このため一部イオン粒子が縮退し、鋼球体化（スラッジ）すると考えられている（脱イオン化）。このスラッジや超微細な粒子が新相核となり周辺の溶出物（例えば、スケール物質など）を吸着していくと考えられている。この結果、水に溶出している不純物の減少・水の浸水力や溶解力増大・界面活性の増大、また、イオンの衝突による熱エネルギーの増大で温度が上昇することが考えられる。

### 結果として考えられる事例

#### 溶解力や浸水力が増すことにより、

スケールや赤さびの剥離

排水管内部のスライムの溶解剥離

植物の成長促進

#### 不純物を吸着していくと、

スケールや赤錆の吸着除去および発生の防止

不純物が減少し、透明感のあるおいしい水

一般細菌や大腸菌を吸着して無害化

#### 温度上昇により、

溶存ガス類〔炭酸ガス・悪臭のガス〕の放出

水の沸き時間が早くなることによる燃料費の節減

表面張力の低下により、洗浄力の向上

その他、膀胱結石・腎臓結石の溶解、ワキガ・ミズ虫の解消などの事例が数多く挙げられる

## 他社との違い

### 1、 テクノロジーの違いは歴然です。

磁気のほか遠赤外線エネルギーを併用したテクノロジーで相乗効果が発揮しています。そのため、性能面で格段にアップしていて、他の追従を許しません。 特許

### 2、 鉄管を含めあらゆる配管で使用でき、効果が保証できます。

挟めるタイプの機種において、鉄管など強磁性体の配管でも効果がでます。 特許

### 3、 ラインナップの充実是他社を圧倒します。

スーパーバイオックスは、家庭用から業務用まで、現在 31 機種を開発製造しています。そのため、現場状況にすぐ対応できます。

### 4、 実績と信頼性があります。

16 年間の実績があり、製品の信頼性は実証済みです。業務用の売り渡し後における返品は 1 件もありません。

### 5、 特許の内容において、他社と違う技術力の差は明白です。

他社の特許内容は、ほとんどデザインなど形状的のもので意匠的要素の多く、効果を狙った技術的なものは殆どありません。その点、弊社の特許は理論的、技術的に根拠に基づいた特許を取得しています。この技術を製品に反映させています。水処理理論 - 特許技術 製品に反映と合致しています。

### 6、 認証製品であること。

水道用器具認証

平成 9 年改訂水道法の厚生省令に基づく水道器具の技術基準（この基準は当事の通産省の基準です）を適用しています。

性能認証基準 JIS-S-3200-1 耐圧性能試験基準

JIS-S-3200-7 - 侵出性能試験基準

2～6 までは試験の必要がないものです。

この認証制度は、従来、日本水道協会（JWWA）の独占認可（証明書発行）でしたが、規制緩和の一環として、平成 9 年に水道法が改訂施行されました。このため、純然たる民間による検査（当事の通産省が認定した検査機関）でもよくなり、弊社では国内に於ける第 1 号として適用しました。従いまして、JWWA の認証のように認証番号はありませんが、JWWA が認証したものと全く同等の技術基準をクリアしているものですのでご理解ください。むしろ、JWWA の基準検査項目より多い検査項目となっていますから、より万全といえます。

この点につき、水道局関係者からの問い合わせなどがあった場合、また、詳しい内容を知りたいときは弊社にお問い合わせください。



## 監修 陳 新

### 略歴

- 1956年 中国遼寧省錦州生れ  
1986年 中国東北師範大学大学院卒業 理学修士  
1986年 中国遼寧師範大学 助手  
1995年 同大 助教授  
1998年～2001年3月 北海道大学大学院博士課程修了 北大理学博士  
2001年 4月～現在 農林水産省嘱託 独立行政法人産業技術総合研究所  
北海道産学官連携研究センター・MAFFフェロー（上級研究員）

### スーパーバイオックス・VIDEO解説書

平成13年8月20日発行・頒布 第一版

頒布者 株式会社バイオックス

著作責任者 いのちの水を甦らせる実践の会  
主宰 石川国広

発行所 有限会社バイオックス技研

〒065-0010 札幌市東区北10条東12丁目2-11

.011-752-6100 FAX.011-752-6120

頒布価格 ビデオ映像テープ共・5,000円（消費税別）

本書の無断複製・転載を禁じます。