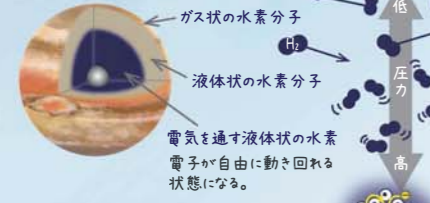


宇宙と水素

宇宙で最初にできた原子
宇宙誕生直後の約3分間、超高温の宇宙は急激に膨張しながら冷え、陽子や中性子が誕生した。陽子、つまり水素原子核の誕生である。そして宇宙誕生から30万〜40万年後、陽子が電子を捉え、水素原子が誕生した。こうしてできた水素は、現在、宇宙構成元素の約90%（原子数比）を占めている。

水素で超伝導
水星中心部では水素そのものが超伝導になっていると予測されている。ポイントは超高温。水素が超伝導の担い手である電子と電子のペアを作りやすくなることに加え、圧力で電子同士の距離が近づき、超伝導になっていると考えられている。



室温超伝導も夢じゃない？
2014年、150万気圧ほどの超高温下で、硫化水素が約-70℃で超伝導になることが発見された。この温度は高温超伝導のレコードであり、2015年現在も破られていない。

水素と生命

植物の葉や実からエネルギーを摂取
二酸化炭素の吸収は「葉緑体」で、光エネルギーを吸収して、有機物を合成する。二酸化炭素は、葉の気孔から取り込まれ、葉脈を通じて葉の内部へ運ばれる。葉の内部では、光エネルギーを利用して、二酸化炭素と水を反応させて、グルコースと酸素を合成する。

生物の中は水素だらけ
人体を構成する元素の中で、水素は原子数では1番多く、60%を超える。重量では酸素、炭素に次いで3番目。細胞の約3分の2を占める水として存在するほか、タンパク質、脂質、DNAなど、至る所に水素が存在する。



水素結合
酸素や窒素と結合している水素は、ちょっとだけプラスの性質を持っていて、酸素や窒素のようなちょっとだけマイナスの性質を持つ原子と結合を作る。



水素イオンの濃度差を作るプロトンポンプ
細胞内では、膜の内外の水素イオン濃度差を原動力とする反応がたくさん起きている。例えば、ADP（アデニン三リン酸）から生物のエネルギー物質ATP（アデニン三リン酸）を作る反応。この水素イオンの濃度差を作り出す仕組みが「プロトンポンプ」。

原子番号1番。最もシンプルな構造を持つ元素「水素」は、宇宙で最初に生まれた元素でもあります。その長い歴史に比べ、人類が水素を知ったのはわずか250年前のこと。以来、私たちは様々な場面で活躍する水素を発見し、新たな利用法を生み出してきました。未来へつながる水素の可能性を、一緒に探していきましょう。

一家に1枚

水素

元素周期表の1番！
元素記号Hはラテン語のHydrogenium（水を生むもの）の略。日本語でも「水素」だね。

水素化物イオン
別名ヒドライドイオン(H⁻)
酸素の代わりになる、大きな水素。2個の電子同士が反発するため、イオン半径が大きく、他の原子に電子を奪いやすい。水素化物イオンを積極的に使った超伝導体などの開発が最近注目されている。

水素分子(H₂)
最も軽い気体は、未来のエネルギーの主役。水素原子2個が結合した分子。「水素」というと、水素分子を指すことも多い。常温常圧では匂いも色もなく、安定な気体で、「水素ガス」という。燃やしても二酸化炭素を出さないエネルギー源として注目されている。

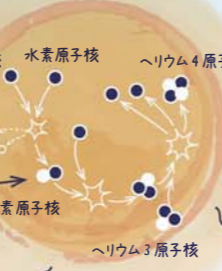
水素(H₂)って燃えやすいの？
空気に水素が4%混ざるだけで、燃えやすくなる。水素は軽く拡散しやすいので、すぐに上昇して濃度が薄くなり、横に広がらずに縦に長い炎となり短時間で燃える。逆に、空気中の水素濃度が高すぎると(75%以上)燃えない。

*水素の大きさ ボアの水素原子モデルでは半径0.053nm (実際には電子が広がっているため、大きさの決め方には諸説ある)

エネルギーの源

原子数比でおよそ85%が水素で構成される太陽。その中心部では、水素の原子核からヘリウム原子核を作る核融合反応が起きている。このとき放出されるエネルギーが、地球にも光や熱として届いている。

太陽で起きている水素の核融合



1766年、イギリスの化学者ヘンリー・キャベンディッシュは金属と強酸の反応で、燃える気体「水素」が発見されました。2016年は水素発見から250年目の節目に当たります。



私が発見しました。

水素と量子力学

太陽の光を分光すると、ところどころに黒い線(暗線)が現れる。これは太陽にある水素が光を吸収するため。暗線の間隔の精密な研究から、水素の原子構造が明らかになり、量子力学の確立につながった。原子構造が最もシンプルな水素だからこそ、理論値と実験値との精密な比較が可能となった。

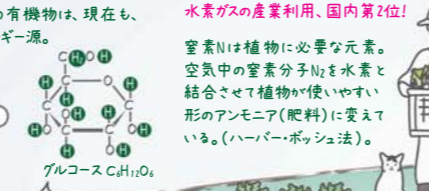


水素の同位体

重さの違う水素たち
地球上に存在する水素の99.9%以上は原子核に陽子1個だけを持つ。およそ0.01%の割合で、陽子と中性子1個ずつ原子核を持つ「重水素」が存在する。陽子1個と中性子2個を原子核に持つ「三重水素」はさらに少ない。

光エネルギーを変換(光合成)

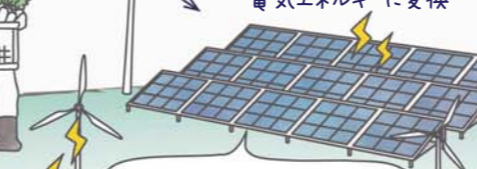
植物などが行う光合成は、光のエネルギーを利用して水と二酸化炭素からデンプンなどの有機物と酸素を作りだしている。この有機物は、現在も、地球上全ての動物が外部から得られる唯一のエネルギー源。



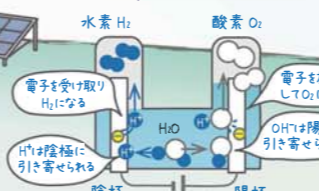
水素ガスの産業利用、国内第2位!

窒素Nは植物に必要な元素。空気中の窒素分子N₂と水素と結合させて植物が使いやすい形のアンモニア(肥料)に変えている。(ハーバー・ボッシュ法)。

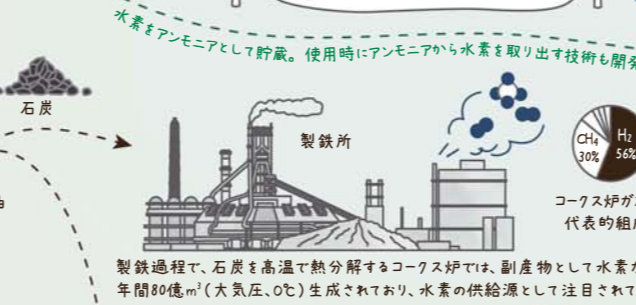
光エネルギーを電気エネルギーに変換



電気エネルギーを水素の持つ化学エネルギーに変換



水素を作る使う



水素ガスの産業利用、国内第1位!

水素で不純物除去
H₂ 硫黄 NH₃ 窒素
水素はくっつきやすいからね

水素を見る



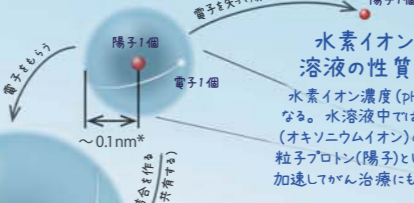
「水素」に関するより詳しい情報についてはコチラ
<http://www2.kek.jp/imss/education/hydrogen/>
高エネルギー加速器研究機構物質構造科学研究所Webサイト

製作・著作：文部科学省 企画・制作：大友 季哉、宇佐美 徳子、餅田 円、大島 寛子(高エネルギー加速器研究機構 物質構造科学研究所)
監修：折茂 慎一(東北大学WPI-AMR/金属材料研究所)、阿部 仁、池田 一貴、岩野 薫、木村 正雄、熊井 玲児、千田 俊哉、山田和芳(高エネルギー加速器研究機構 物質構造科学研究所)
編集・デザイン・イラスト：サイテックコミュニケーションズ、高田事務所、大島 寛子

水素のキホン

水素原子(H)
軽くて変幻自在、誰とでも仲良し。

陽子1個と電子1個から成る。電子1個の状態は不安定なので、自然界では単独で存在することはあまりない。電子を手をえたりもらったりして、陽イオンにも陰イオンにもなりやすい。

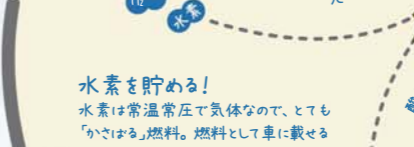


水素イオン(H⁺)

溶液の性質を決める立役者
水素イオン濃度(pH)が7より小さいと酸性になる。水溶液中では水分子とくっついてH₃O⁺(オキソニウムイオン)の形で存在する。粒子プロトン(陽子)として、加齢してがん治療にも。

水から水素を作りたい!

太陽光エネルギーを利用して水から水素を発生させる光触媒など、二酸化炭素を出さずに水素を大量に製造する方法の実用化が待たれる。



水素を貯める!

水素は常温常圧で気体なので、とても「かさばる」燃料。燃料として車に載せるには、水素を1,000分の1程度に圧縮する必要がある。



水素で発電して使う

燃料電池自動車
燃料電池は、水素と酸素を反応させて電気を発生させる。水素を燃料として、酸素を空気から取り出す。水素を貯蔵し、必要に応じて電気を発生させる。

水素のまま燃やして使う

水素エンジン自動車
水素を燃料として、酸素を空気から取り出す。水素を貯蔵し、必要に応じて電気を発生させる。

水素で医療診断

MRIは水素の核磁気共鳴により、生体組織の断面図を得ている。水素がたくさん含む水や脂肪は写りやすく、水素がほとんど存在しない骨や歯はMRIに写りにくい。

鉄鋼材料も壊す

物質中の水素は、粒界など境目に集まりやすい。そこから脆くなり、割れたり、亀裂が生じたりすることもある。これを水素脆性という。

物質中の水素を見るのは難しい
水素を見るためには、中性子線やX線などを利用した最先端の観測技術が必要になる。



水素社会では、水素と材料が接する機会が多くなる。水素は物質中に大々入り込みやすく、入り込んだ水素は100万分の1(ppm)程度でも物質に大きな影響を与えることが分かっている。こんなにもわずかな水素と材料とのような仕組みで物質に影響を与えているのか。水素社会の到来とともに、私たちが考えなくてはいけない課題の一つである。

水をエネルギーに

水の惑星といわれる地球。地球上にある水素のほとんどは、H₂Oとして存在する。水を利用した水素循環が理想の水素社会。

雨になって陸・海へ
水蒸気になって大気へ放出
液体水素ロケット
水素エンジン自動車



水素を貯める!

水素は常温常圧で気体なので、とても「かさばる」燃料。燃料として車に載せるには、水素を1,000分の1程度に圧縮する必要がある。



水素で発電して使う

燃料電池自動車
燃料電池は、水素と酸素を反応させて電気を発生させる。水素を燃料として、酸素を空気から取り出す。水素を貯蔵し、必要に応じて電気を発生させる。

水素のまま燃やして使う

水素エンジン自動車
水素を燃料として、酸素を空気から取り出す。水素を貯蔵し、必要に応じて電気を発生させる。

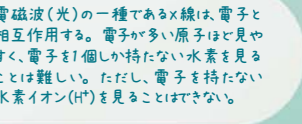
水素で医療診断

MRIは水素の核磁気共鳴により、生体組織の断面図を得ている。水素がたくさん含む水や脂肪は写りやすく、水素がほとんど存在しない骨や歯はMRIに写りにくい。

鉄鋼材料も壊す

物質中の水素は、粒界など境目に集まりやすい。そこから脆くなり、割れたり、亀裂が生じたりすることもある。これを水素脆性という。

物質中の水素を見るのは難しい
水素を見るためには、中性子線やX線などを利用した最先端の観測技術が必要になる。



水素社会では、水素と材料が接する機会が多くなる。水素は物質中に大々入り込みやすく、入り込んだ水素は100万分の1(ppm)程度でも物質に大きな影響を与えることが分かっている。こんなにもわずかな水素と材料とのような仕組みで物質に影響を与えているのか。水素社会の到来とともに、私たちが考えなくてはいけない課題の一つである。