

根粒菌による電離水素水から水素の発生

呉工業高等専門学校 非会員 ○馬越 唯斗

呉工業高等専門学校 正会員 及川 栄作

1. 目的

アルカリ金属やアルカリ土類金属が水素と結合した、水素化金属(水素化カルシウム CaH_2 等)を水に投入すると、金属は水酸化物($\text{Ca}(\text{OH})_2$ 等)に変化し、水素はガス化すると同時に、一部は H^+ イオンにイオン化することが知られている。さらに、水素分子は、パラ型水素分子とオルト型水素分子が知られている。これらは温度依存的に転換され、 -273°C では、パラ型水素分子が 100% で、 23°C の常温では 1:3 であるが、 250°C 以上では、オルト型水素分子が 100% である。また、パラ型水素分子は共有結合性の水素分子で水に溶けないが、オルト型水素分子はイオン結合性の水素分子であり、水にイオン化した状態で溶ける。

このような中(株)TAANE は 950°C の水素雰囲気化で珊瑚カルシウムを焼成したうえで磁性化した、強還元性セラミックボール($\text{CaH}_2\text{-CB}^{1)}$ 、以下 CB)を開発した。この CB を水に投入すると、CB の N 極から 2 分子の水素分子が発生し、発生した水素分子は H^+ イオンと H^+ イオンにイオン化すると考えられている。1L 程度の水にこの $\text{CaH}_2\text{-CB}$ を数個添加し、数時間放置した水は、 H^+ イオンと H^+ イオンが平衡化した状態となり、 H^+ イオンが安定的に存在できる³⁾と考えられている。このような水を(株)TAANE は電離水素水と呼んでいる²⁾³⁾⁴⁾。

本研究では $\text{CaH}_2\text{-CB}$ を用いて作製した電離水素水、既成の水素化金属で作製した電離水素水が同じ性質であるかどうかを分析することを目的として実験を行った。さらに、微生物による水素生成のメカニズムを解明することを目的とした。

2. 実験方法

2-1 供試菌株および菌株の培養

- ・電離水素水生成菌 *Novosphingobium* sp. G 株
- ・水素生成菌 *Mesorhizobium* sp. GN1 株
- ・水素生成菌 *Bradyrhizobium* sp. O 株

・根粒菌 *Bradyrhizobium japonicum* NBRC-14792 株

・大腸菌 DH5 α 株

G 株および根粒菌は、1%ポリペプトン、0.2%酵母エキス、0.1%硫酸マグネシウムを含む培地で、 30°C 、70rpm で 7 日間振とう培養した。大腸菌は LB 培地で、 30°C 、2 日間 100rpm で振とう培養した。その後、すべての微生物は遠心して集菌した上で、スキムミルク保存液に懸濁し、 -85°C で凍結保存した。

2-2 実験材料

- ・セラミックボール($\text{CaH}_2\text{-CB}$ 、TAANE)
- ・水素化カルシウム(CaH_2 、ナカライテスク)
- ・水素化チタン(TiH_2 、和光純薬工業)

2-2 実験器具

- ・透析膜チューブ(Slide-A-Lyzer Dialysis Cassette G2、Thermo SCIENTIFIC)
- ・蒸留水入りビーカー
- ・DH 計 (KM2100 DH、共栄電子研究所)
- ・その他(恒温槽など)

2-3 実験方法

2-3-1 $\text{CaH}_2\text{-CB}$ および各水素化金属による電離水素水の作製と水素の生成

400mL の超純水を加えた 500mL 容のビーカーを 3 個用意し、それぞれに必要な量の $\text{CaH}_2\text{-CB}$ 、 CaH_2 、 TiH_2 を加え、 30°C のウォーターバス湯浴中で、一晚静置した。翌日、氷中で解凍し、透析膜に入れた GN1 株を加え、 30°C で静置した。その後、一時間置きに溶存水素計の示す溶存水素濃度をパソコンのデジカメで録画した。水素化金属で作製した電離水素水を水素化金属水と記す。

2-3-2 微生物による電離水素水の作製と水素の生成

400mL の超純水を加えた 500mL 容のビーカーに、氷中で解凍し、透析膜に入れた G 株を添加し、 30°C 、一晚静置した。翌日、透析膜に入れた GN1 株を加え、 30°C

キーワード 電離水素水、ヒドリドイオン、水素化金属

連絡先 〒737-8506 広島県呉市阿賀南 2-2-11 呉工業高等専門学校 及川研究室
TEL 0823-73-8951

で静置した。その後、2-3-1と同様に水素濃度を計測した。微生物を用いて作製した電離水素水をバイオ水と記す。

3. 実験結果

図-2 は、水素化金属で作製した電離水素水に水素生成菌 GN1 株を加えて、水素を発生させた後の水素発生量の経時変化を示めている。今回の実験では、各水素化金属で作製した電離水素水中の H^- イオン量を合わせておらず、単位 H^- イオン量あたりの水素発生量の比較はできないが、セラミックボールによる電離水素水が $120\mu g/L$ を超える最大水素発生量を示し、次いで CaH_2 、 TiH_2 の順になった。 CaH_2 は水素発生開始時間が最も遅い時間となったが、水素発生持続時間が最も長くなった。これら結果より、どの水素化金属で作製した電離水素水でも、水素生成根粒菌 O 株により水素が生成されることが示された。

図-3 に G 株で作製した電離水素水に大腸菌、一般的な根粒菌 *Bradyrhizobium japonicum*、天然の電離水素水から単離された根粒菌 *Mesorhizobium* sp. GN1 株を加えて、水素を発生させた後の水素発生量の経時変化を示している。GN1 株が $140\mu g/L$ を超える最大水素発生量を示し、また水素発生持続時間も長くなった。次いで、根粒菌 *B. japonicum* に水素生成が検出された。大腸菌はあまり水素発生量が検出されなかった。

根粒菌による水素発生のメカニズムは、根粒菌の有するニトロゲナーゼによるものと考えている。ニトロゲナーゼは、窒素ガスの存在する場合は、窒素ガスと水素イオン H^+ から、ATP を用いて、アンモニアを合成する反応を触媒する酵素である。また、窒素ガスがない場合は、水素イオン $2H^+$ から ATP を用いて水素分子 H_2 を合成することが知られている。電離水素水中では、ニトロゲナーゼが $H^+ + H^- \rightarrow H_2$ の反応を触媒することにより H_2 分子が生成されているのではないかと推測している。

大腸菌による水素の生成機構は、大腸菌の有するヒドログナーゼなどの水素合成に関わる酵素によると考えられる。

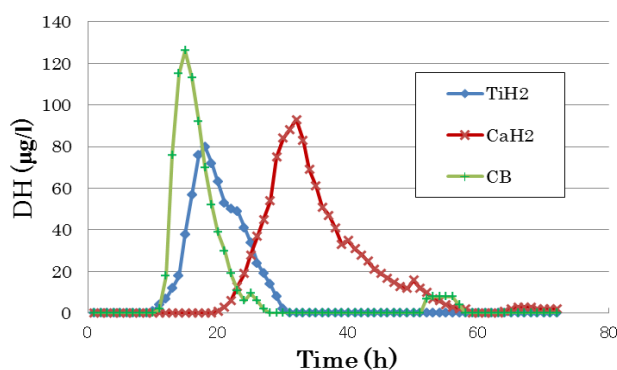


図-2 水素発生量の経時変化（水素化金属水）

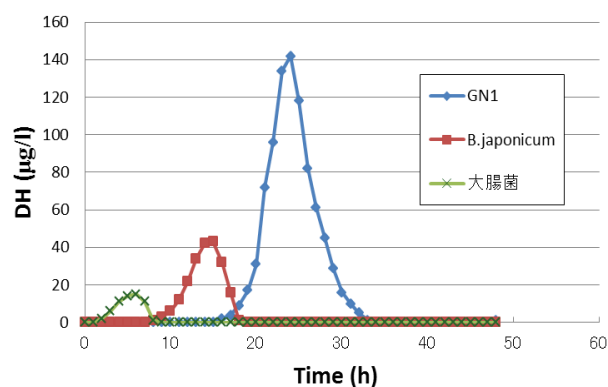


図-3 水素発生量の経時変化（バイオ水）

4. まとめ

今回の実験結果を以下にまとめる。

- 1) 各種の水素化金属で作製した電離水素水から、根粒菌を用いて水素の発生が確認されたことから、これらは同じ性質の電離水素水であると言える。
- 2) 電離水素水から根粒菌が水素を発生させるメカニズムは根粒菌の有するニトロゲナーゼが、関係していると推測された。

参考文献

- 1) 及川胤昭: 強還元特性を有する磁性セラミックボールの製造方法, 特開 2004-174480.
- 2) 及川胤昭, 内藤真礼生: 水素の可能性 水素の基礎から医学的検証まで, 2008.5.
- 3) 及川胤昭: 水素分子が溶ける水, 溶けない水, 第 50 回日本薬学会東北支部大会発表講演要旨集, 2011.10.
- 4) 及川胤昭, 鶴見隆史: がんが消えた! マイナス水素イオンの奇跡, 幻冬舎, 2011.9.