

はじめに

天然ガスと水から作られる水素は優れた還元力(酸化の逆反応)を有しており、金属の精錬や高純度半導体の製造、さまざまな化成品の原料、最近では燃料電池の燃料として我々の生活を根幹から支えている(図1(a)左)。

水素は一つの陽子と一つの電子から成る最も単純な元素でもある。この電子を相手に与え自身はプラスイオン(プロトン: H^+)となる反応は還元反応と呼ばれ、この反応熱が燃料電池を駆動し、錆から金属を精錬する。

一方、水素は電子を受け取りマイナスイオン(ヒドリド: H^-)にもなれる。ヒドリドは水素よりもさらに強い還元力を有し、高度に酸化され非常に安定な分子として知られている二酸化炭素も還元し、アルコールや天然ガスの主成分であるメタンを作ることが出来る(図1(a)右)。このヒドリドを作り、材料内に貯蔵し、運ぶ技術が確立できれば、水素生成時にも発生する二酸化炭素を水素化還元し、より有用なアルコールやメタンを作るなど、カーボンニュートラルとサーキュラーエコノミーに貢献できる。

■ 活動内容

1. ヒドリドを運ぶセラミックス材料の発見

発表者は10年ほど前に一部の酸化物(セラミックス)が大量にヒドリドを取り込む現象を発見したことを契機に¹⁾、酸素とヒドリドが共存する材料の機能開拓に取り組んできた。その中で希土類金属($RE = La$ や Y など)と酸素、ヒドリドからなる化合物($REH_{3-2x}O_x$, $RE = La$)が、室温でヒドリドを高速に輸送できることを発見した²⁾(図1(b)の四角)。そのヒドリド伝導度は無加湿の固体プロトン伝導体(実線)と同等で、かつ他のヒドリド伝導体よりも1000倍以上高い。

2. 水素ガスからヒドリドを作る電子デバイスの開発

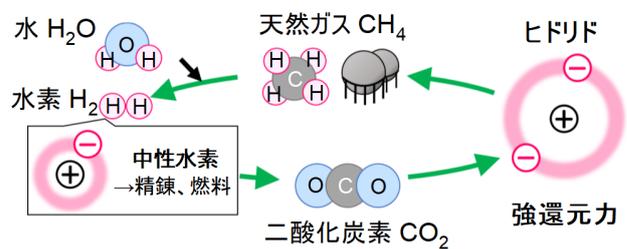
次に $REH_{3-2x}O_x$ ($RE = Y$) 薄膜の上部に水素吸蔵合金電極(Pd)を製膜したコンデンサ型デバイスを作成し、電氣的に水素ガスからヒドリドを作ることにも成功した³⁾(図1(c))。Pd電極を正に分極すると、ヒドリドがPd内に侵入し電子を放出、電流値を上昇させながら水素ガスが発生する(ヒドリド脱離: $H^- \rightarrow 1/2H_2 + e^-$)。逆分極ではPd上で解離吸着した H_2 が電子を受け取り、電流値を減少させつつヒドリドとして $REH_{3-2x}O_x$ 内に取り込まれる(ヒドリド挿入: $1/2H_2 + e^- \rightarrow H^-$)。

現在は、水からのヒドリド生成と、生成したヒドリドを用いた二酸化炭素の水素化還元に取り組んでいる。室温、低電圧など温和な条件で水と二酸化炭素からアルコール等の有用分子を合成することで、実社会に貢献したい。

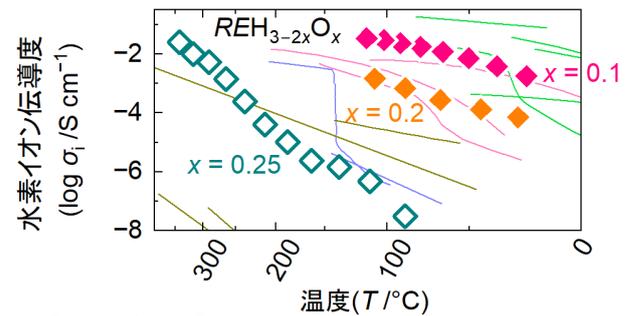
■ 関連情報等(特許関係、施設)

- 1) S. Iimura et al., *Nat. Commun.*, 3, 943, (2012).
- 2) K. Fukui, S. Iimura* et al., *JACS*, 144, 1523, (2022).
- 3) T. Yamasaki, R. Takaoka, S. Iimura* et al., *ACS Appl. Mater. Interfaces*, 14, 19766, (2022).

(a) 【ヒドリド=水素のマイナスイオン】



(b) 【ヒドリドを運ぶ】



(c) 【ヒドリドを作る】

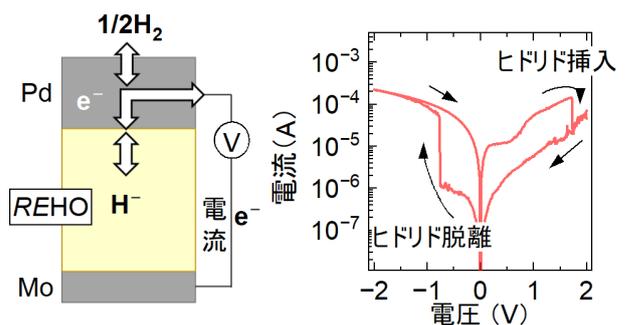


図 1: (a) ヒドリドの還元力、(b) ヒドリド伝導度の温度依存性、(c) 水素ガスからヒドリドを作るデバイス

代表発表者 飯村 壮史(いむら そうし)
所属 物質・材料研究機構
電子・光機能材料研究センター

問合せ先 〒305-0044 茨城県つくば市並木 1-1
TEL: 029-860-4433 FAX: 029-854-9060
IIMURA.Soshi@nims.go.jp

■キーワード: (1) 水素のマイナスイオン
(2) 二酸化炭素
(3) セラミックス