

スマートな低炭素エネルギーシステムを目指して

1. ユビキタス水素エネルギーです
2. 取扱い安全な水素化合物(比重1.07)に凝縮して水素を流通します。水素タンクレスシステムです (図1)
3. 流通形状を粉体とし マルチスタンドの扱いも可能
4. オンサイトに液体水素の3倍の高密度水素を供給します (世界最高水準)(図4)
5. リサイクル使用の低コスト水素供給システムです(図1)

2010年12月14日

株式会社ハイドリック・パワーシステムズ

目次

1. メッセージ	1
2. 会社概要	2
3. なぜ水素なのか	3
4. 当社の提案	3
5. 水素循環利用	4
6. 水の化学分解	5
7. 水素質量密度	7
8. エネルギー密度	8
9. 水素化再生プロセス	9
10. 水素貯蔵出発物質	10
11. 発電性能	10

1. メッセージ

地球温暖化対策基本法案の中期目標では、1990年を基準に2020年までに新エネルギーを10%とし、温室効果ガスを2050年80%削減することが設定されています。

家庭で消費するエネルギーは1990年比では、2010年現在すでに150%程度に上昇しており目標の2020年に75%とするためには、今後10年間で半減しなければならないこととなります。現実的には根本的に化石エネルギーをグリーンエネルギーに替えて行かなくてはなりません。

中期目標達成のための基本的施策の中には

- ・ 再生可能エネルギーの利用促進
- ・ 革新的技術開発の促進
- ・ 省エネの促進

などが織り込まれています。

私たちは、家庭のみならず民生その他において水素を代替エネルギーとすることを目指し無機ハイドライドを使用した水素エネルギーの高度貯蔵方法および利用方法を開発しました。それはエネルギーの3Eと言われる、

環境性 (Environmental conservation) ・安定供給性 (Energy security) ・経済性 (Economy) を充分満たし、さらに化石燃料並みの高密度エネルギーを供給することが出来る水素燃料でありながら、大気中でも安全に取り扱いが出来るユビキタス水素エネルギーなのです。

私たちは、この水素供給方式に賛同いただける皆様とともに、ここに述べる技術、インフラを共有し、低炭素社会を築くために水素を代替エネルギーとして広く活用し、その成果として、温暖化防止に貢献できることを目指しています。

2. 会社概要

会社名 : 株式会社ハイドリック・パワーシステムズ(英語表記:Hydric Power Systems)

設立 : 2005年2月 有限会社設立

2009年1月 株式会社に法人変更

代表取締役 : 吉崎 敦浩

取締役 : 平田 敬一

所在地 : 〒305-0033 つくば市 東新井 16番地1

Tel : 029-858-8559

Fax : 029-858-8559

URL : <http://www.hydricpower.co.jp/>

共同研究実施場所 :

〒218-8610 野田市山崎2641

東京理科大学 理工学部 星研究室

〒312-8508 ひたちなか市中根866独立行政法人茨城工業高等専門学校機構

物質工学科

3. なぜ水素なのか

- (1) 多く使用するほど、地球温暖化防止に効果を発揮するエネルギーです。
- (2) 燃料電池により直接電気エネルギーに変換できる効率の良いエネルギーキャリアーです。
- (3) 水素は高密度に貯蔵すれば化石燃料より高エネルギーが得られます。(図4)
- (4) 高エネルギー消費社会に対応できる特性を有しています。
- (5) 低効率な熱エネルギー社会から高効率の低温エネルギー社会に代えます。
- (6) 場所、天候などの条件に制約されず、必要に応じた電気エネルギーが得られます。
- (7) 自然エネルギー発電の不安定変化部分を常に燃料電池発電で補い一定電力化できます。
- (8) その効果により、電力系統が受け入れ可能な電力に変換することができます。
- (9) 低温運転であり、騒音や機械振動、排ガス公害が無く、生活環境に馴染む発電ができます。
- (10) 創エネ社会において、住宅やオフィスビルに設置しても違和感なく運転できます。
- (11) エネルギー資源の枯渇懸念が解消され、セキュリティ確保に貢献できます。
- (12) スマートグリッドやオンサイト型発電のグリーン電力発電端に有効です。
水素は、このように本来の特性を引き出して十分に活用することによって、生活を豊かにするエネルギーとなります。

4. 当社の提案

次のスマートな低炭素エネルギーシステムを提案します。

- (1) 図1に示す水素の搬送に用いる貯蔵材に水素化合物ポロハイドライドを使用し、すぐれた水素貯蔵機能のみでなく、オンサイトで「水の化学分解」(図2)により水素を2倍に増殖するスマートなエネルギーシステムです。(図4)
その効果により
 - 1) 水素エネルギーの創造(炭素ゼロの純水素創造)を行います。
 - 2) Well to Tankの総合エネルギー効率を2倍改善します。
 - 3) オンサイトで水素質量密度21.2wt%の高密度水素を供給します。(図2, 図3)
- (2) 水素化合物の形で水素を搬送するため水素タンクが不要で安全な流通システムを実現できます。現在のガソリンスタンドにインフラの併設も可能です。
- (3) 低コストの水素を供給します。
 - 1) 水素の2倍増殖効果による貯蔵水素原料コストの半減
 - 2) 流通インフラコストがガソリンスタンド並みに安価に実現
 - 3) 輸送、貯蔵のためのエネルギーコストが安価
 - 4) 使用済み燃料のリサイクルにより、環境負荷のゼロ化、社会負担低減
低コストの実現
 - 5) 図1の貯蔵材の出発物質が埋蔵豊富であり、安価な活用が可能
- (4) 資源の枯渇懸念が無く、リサイクル使用し常にリフレッシュするため、恒久的に使用可能な水素エネルギーの供給手段となります。
- (5) エネルギーのセキュリティ確保に貢献できます。
- (6) オンサイト電源、分散電源、スマートグリッド発電端などのコンパクト発電に適した低炭素エネルギーシステムです。

5. 水素循環利用

(1) 水素エネルギーを水素貯蔵材に組み込み供給します。

(2) 供給システムを図1に示します。

◇流通過程は全て粉体の化合物の形で搬送、貯蔵し、気体水素は取扱いません。水素タンクレスで安全な流通を可能にします。

◇オンサイトで気体水素を生成し、ただちに水素エネルギーとして利用します。

◇使用済み燃料は全て回収しオフボードの水素化プロセスで水素を組み込み、リサイクルします。

環境負荷を生じません。貯蔵材は再生する毎にリフレッシュを続け恒久的に使用できます。

◇資源の枯渇の懸念が無く、地球資源を有効に活用します。

(3) 水素貯蔵材は、水素化合物ボロハイドライドを顆粒状粉体の形で流通させ、ユーザーに供給します。

固体のボロハイドライドは体積エネルギー密度が高く、液体水素の1.5倍の水素エネルギーを貯蔵し、加水分解により水素を発生する時に同時に水を化学分解して水素を発生させるため、合わせて液体水素の3倍の水素エネルギーを供給することが出来ます。(図4)

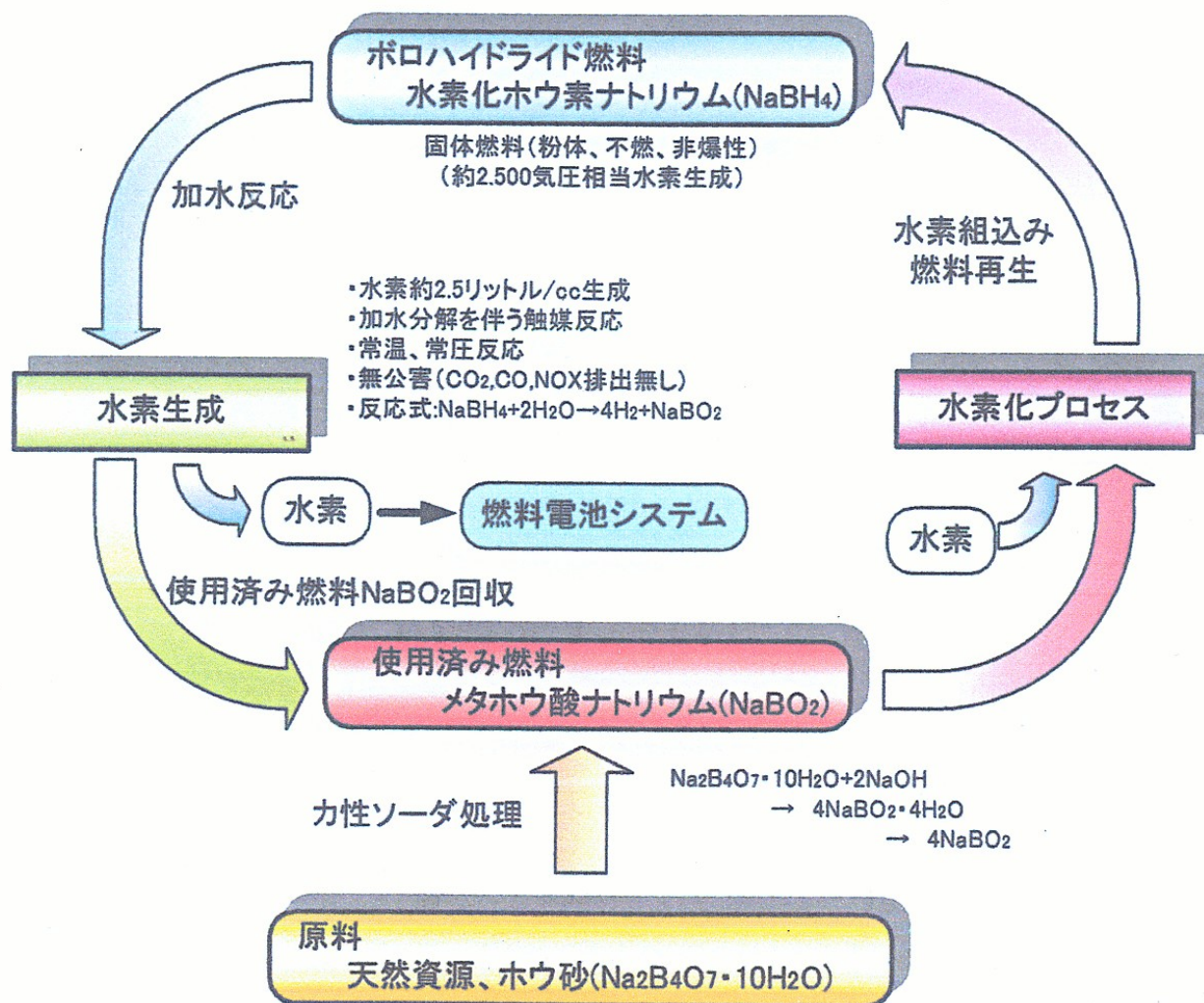


図1 水素循環再生方法

6. 水の化学分解

水から水素を製造する方法には

(1) 電気分解法

および高温の熱を利用して水分子を分解する

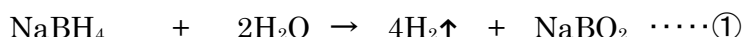
(2) 熱分解法

がありますが、ここで新しく第3の方法として

(3) 水の化学分解法

を提案します。

ボロハイドライド(NaBH_4)の脱水素反応は、下記①式で示すように左辺が燃料となり、加水分解で右辺の水素を生成します。この反応によりボロハイドライドに貯蔵された水素2分子と、水から2分子の合計4分子の水素を作り出すこととなります。



水素化ホウ素ナトリウム

メタホウ酸ナトリウム

Sodium Boro Hydoride: SBH

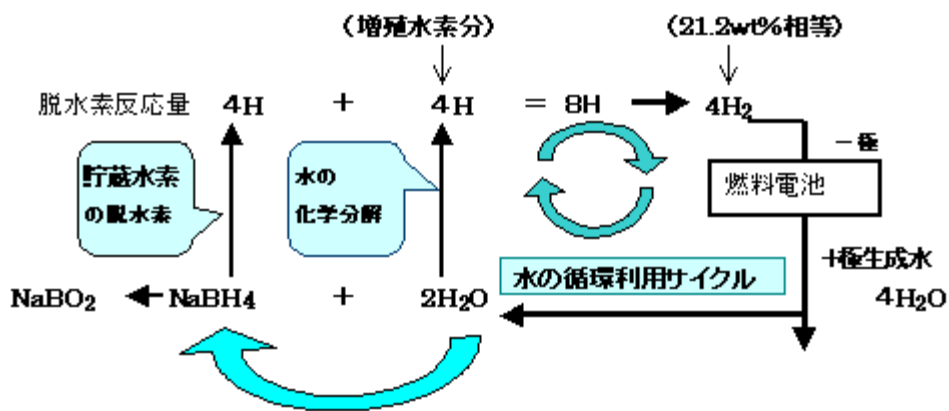
ソジウムボロハイドライド

この反応はボロハイドライド(NaBH_4)の4Hが、水を構成している酸素Oと置換反応をおこし結合力が強い NaBO_2 に変化する際に、その水がOの脱離により H_2 を生じる現象です。(図2)このように、水を化学的に分解し水素を生成する方法を「水の化学分解法」と表現しています。この「水の化学分解」は常温でもすでに臨界状態にあり活性化エネルギーゼロでも進行します。その結果、水を分解して生じる 2H_2 が増殖分となります。その化学分解する $2\text{H}_2\text{O}$ は図2に示すように燃料電池の+極に生成する $4\text{H}_2\text{O}$ を利用することにより、外部より供給する必要がなくなります。その結果水素生成のwt%は21.2%となります。

水素を水の電気分解で生成する場合に得られる水素エネルギーより大きな電気エネルギーを必要としますが、ボロハイドライドはほとんど付加エネルギーゼロで水素エネルギーを2倍に増大するスマートな水素貯蔵材となります。(図4)

この効果は巨大エネルギーの創成に結びつけられます。現在国内製油所では精製過程で不純物除去のため水素を大量に製造し消費しています。その設備能力の余剰水素量は燃料電池車500万台の需要をまかなうことができると公表されていますが、上述の水の2倍増殖機能を利用すれば1000万台の水素をまかなうことができることとなります。しかも、その「水の化学分解」による水素は炭素ゼロの純水素ですので、天然ガス等の改質水素を貯蔵材の水素化に使用したケースでも、さらに炭素由来比率を半減し低炭素化にも大きく貢献します。低炭素エネルギーシステムを実現します。

水の化学分解を伴う脱水素反応と水の循環利用サイクル効果



起因 2H₂O の「O」が離脱、NaBH₄ の「H₄」と置換反応



水の循環利用サイクルの効果により分子量37.8の NaBH₄ から分子量 2x4 の水素が生成することに相当することになります

生成水素の wt% は 8 / 37.8 = 21.2wt% となる

図2 水の化学分解プロセス

7. 水素質量密度

この重要な役割りを占めるのは水の存在です。水は化学分解され消耗します。

そのため図2で示すように燃料電池正極側に生じる水を利用して「水の循環利用サイクル」を行わせ水を自動補給するシステムとしました。

この結果、反応式①の左辺第2項の「 $2\text{H}_2\text{O}$ 」は「水の循環利用サイクル」が確立すると、反応後の H_2O を利用することができるようになるので、左辺第2項の燃料としての「 $2\text{H}_2\text{O}$ 」は不要となり、1分子の NaBH_4 から4分子の水素を生成することが可能となります。

その水素質量密度は $8/37.8 = 21.2\text{wt}\%$ となります。

これを裏付ける実験データは図3のとうりです。無機ハイドライドのボロハイドライド(NaBH_4) 340gから40L/分の生成速度で累積800NLの水素を発生したことを確認しました。

水素質量は 0.089g/NL ですのでこれらのデータより実証データの水素質量密度は

$$0.089\text{g} \times 800\text{L} / 340\text{g} = 20.9\%$$

となり、上記 $21.2\text{wt}\%$ に近い値を確認しました。

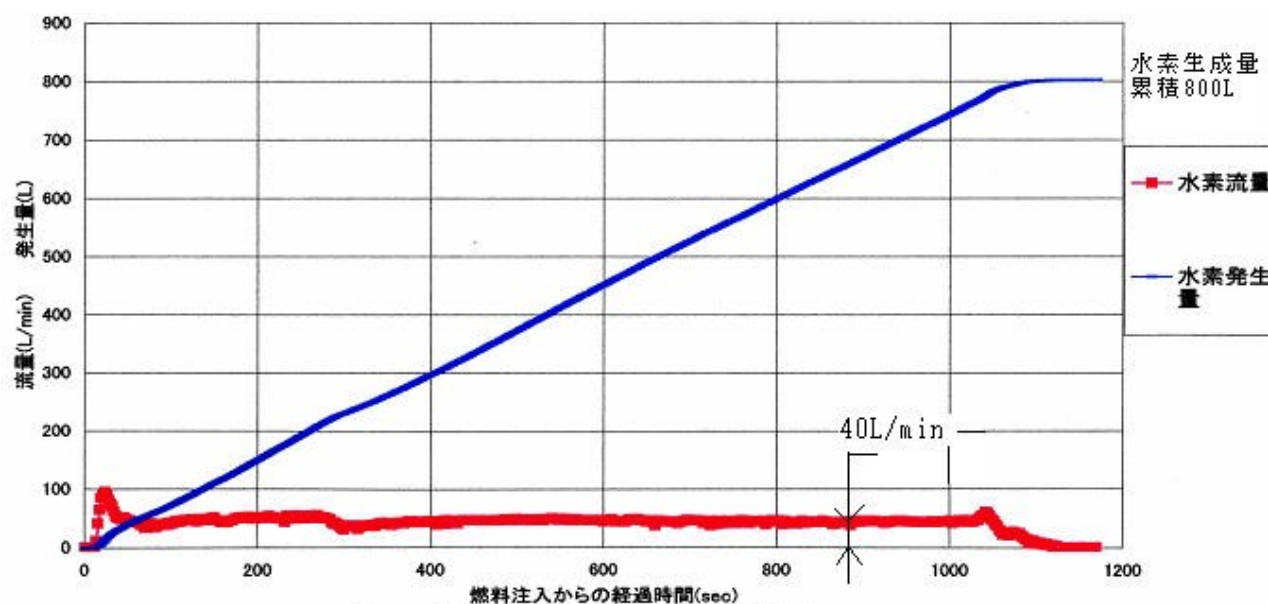


図3 水素生成量 (NaBH_4 : 340g)

8. エネルギー密度

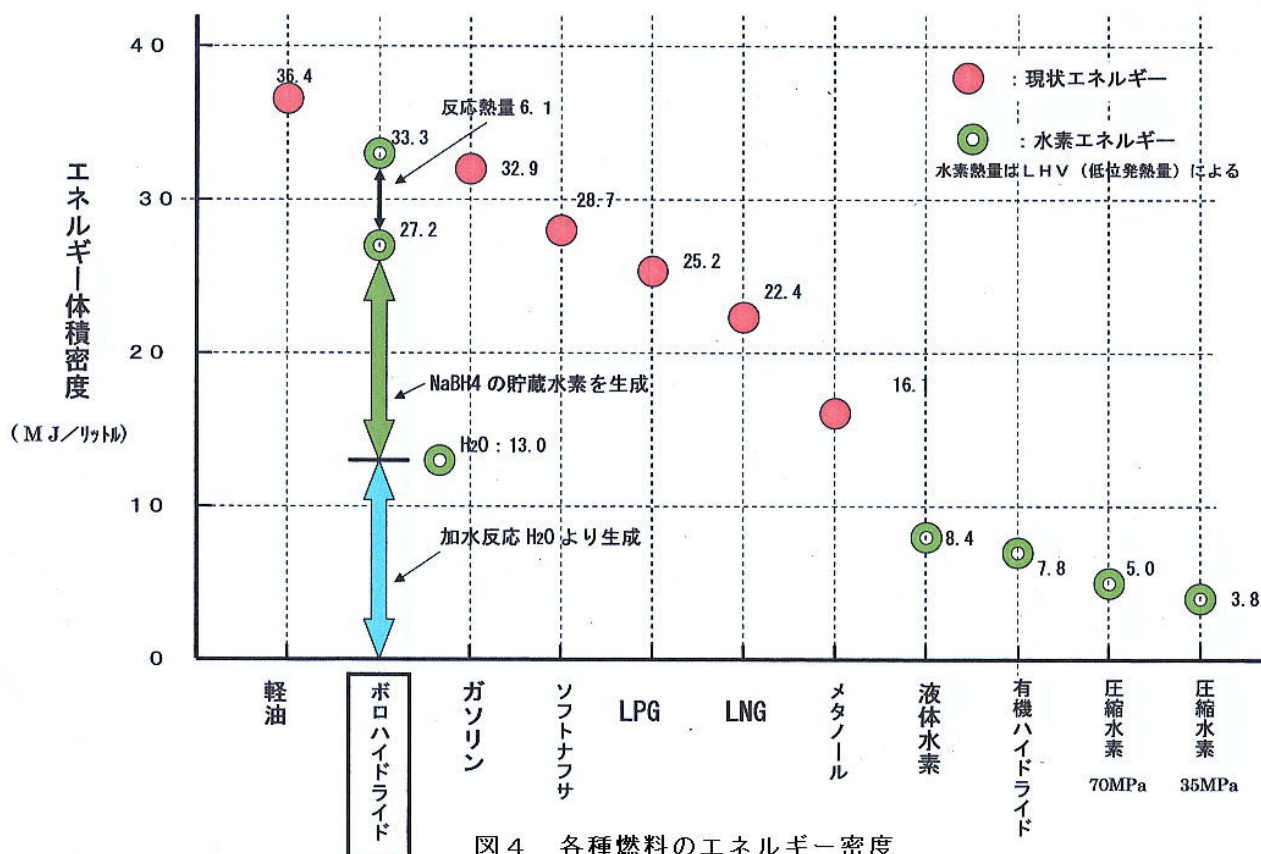
図4 に各種燃料 1 Lあたりの化学エネルギー量を示しております。
 ここで注目されるのは水 1 Lの水素の化学エネルギー量が液体水素のその 1.5倍にもなることです。
 しかし水から水素を取り出すための電気分解をするには、その水素のエネルギー量以上の
 エネルギーが必要になるため、水は水素貯蔵材料と考えられていません。しかしボロハイドライドは図2で
 説明したように水の化学分解により、たやすく水素を生成します。それが増殖水素となります。
 その結果が図4のボロハイドライドの化学エネルギー量27.2 MJ/Lですが、その内訳は1/2が
 増殖水素で出来上がっています。改めて水の化学分解による増殖水素のエネルギーの
 大きさを実感できます。

この化学エネルギー量27.2 MJ /L は低位発熱量なので、そのまま
 電気エネルギー(W)に変換することができます。

今日の燃料電池の発電効率を60%としますと

$27.2 \text{ MJ} \times 0.6 = 16.3 \text{ MJ}$ となります。この電力量は4.5kWh/Lとなります。

この値はガソリン発電機でのガソリン1リッター当たりの発電量の2倍となり、効率の良い
 発電性能を実現します。



9. 水素化再生プロセス

図1における使用済み燃料の水素化リサイクル技術は、すでに国内で2つの方式が提案されています。その1つは熱化学反応により使用済み燃料のメタホウ酸ナトリウム (NaBO_2) を水素化し、 NaBH_4 に再生する方式です。良好な転化率が見込まれており、実用化レベルであることが確認されています。私たちは、この技術にさらに部分改良を加え、水素化プロセスの実証を行います。(図5) 再生反応に必要なエネルギーの選択

昼間作業工程：主に産業用太陽光発電による自然エネルギーを取り入れるシステムとしてグリーンエネルギーを多用します。

夜間作業工程：原子力発電比率が大きい深夜電力を用いて燃料を再生します。
この電力は再生燃料をつくるための反応エネルギーとして使用した後、その再生燃料のから前述のように2倍の水素を生成し、電気エネルギーに戻されます。この一連の行程は効率が良い電力貯蔵機能に相当するとして評価できます。

メタホウ酸ナトリウム (NaBO_2) の水素化プロセス

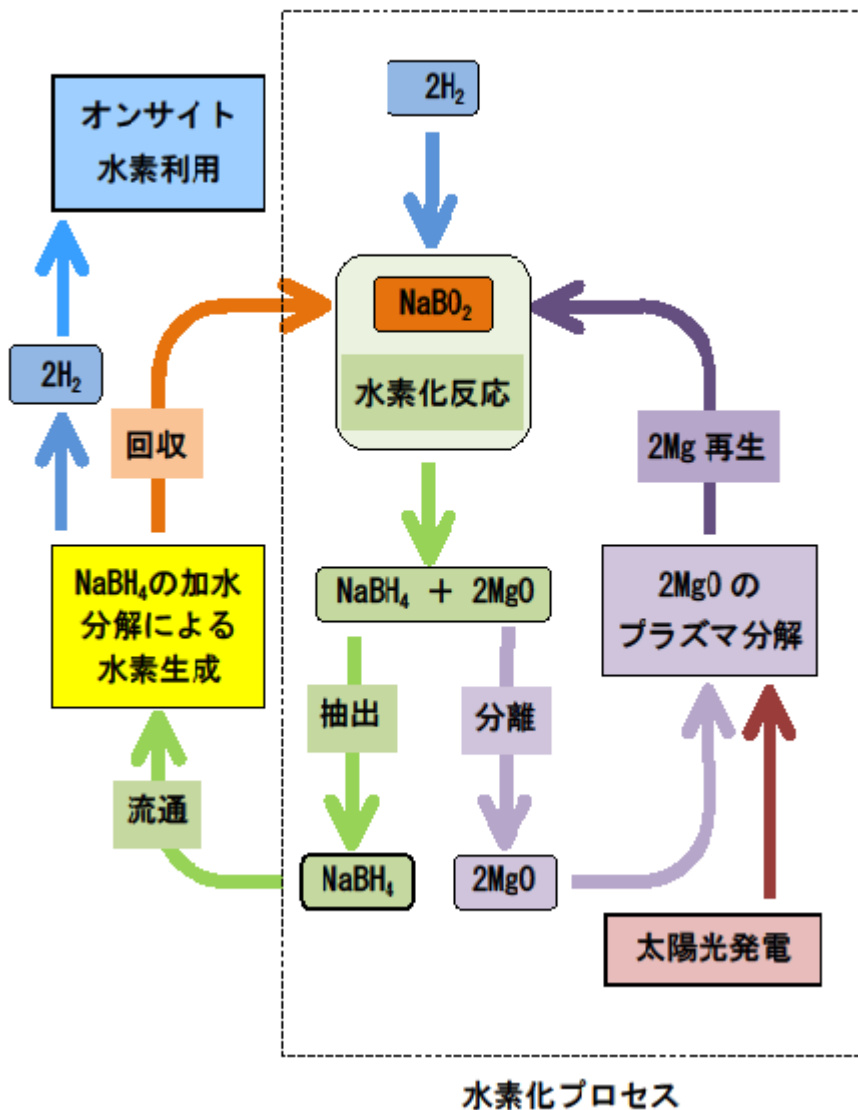


図5 水素化プロセス

10. 水素貯蔵材の出発物質

ボロハイドライド(NaBH_4)の出発物質は、天然資源として埋蔵豊富なホウ砂($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$)であり、使用済み燃料のリサイクル使用と相俟って、原料コストが安価となり低コスト燃料実現に効果があります。(図1)
さらに水素貯蔵材の固体ボロハイドライドはリサイクル使用し、各サイクル毎に再生処理しリフレッシュするため、機械的な疲労や磨耗がなく、恒久的に使用できます。

このため資源枯渇の懸念が無い燃料方式となります。

11. 発電性能

水素の燃料電池発電電力は水素の電荷量をもとに求める方法や化学エネルギー量から求める方法があります。ここでは後者の方法で行います。
燃料電池は水素の低位発熱量(ジュール)をそのまま電力(ワット)に変換する働きをするので次の変換定数により発電性能を求めます。発電量は、今日の燃料電池の発電効率を考慮して算出します。

変換定数

- 1) 燃料固体ボロハイドライドの水素生成量: $2370\text{NL}/\text{燃料kg}$ ……①
- 2) 水素の低位発熱量: $10.78\text{kJ}/\text{NL}$ ……②
- 3) 燃料電池の発電効率: 0.6 (60%) ……③

よって燃料1kg当りの水素発電量は $① \times ② \times ③ = 15,329\text{kW} = 15.3\text{MW}$
 $= 4.26\text{kWh}$

また家庭の1日の消費電力を10kWhとすると、1日当たりの燃料(固体ボロハイドライド)消費量は
 $10\text{kWh} \div 4.26\text{kWh}/\text{kg} = 2.4\text{kg}$ となります。