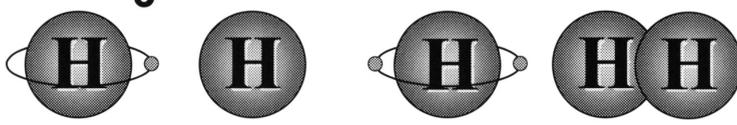


第137回定例研究会 資料Ⅱ

(水素エネルギー協会・水素エネルギー利用開発研究会 合同講演会)



NH₃を用いた水素輸送

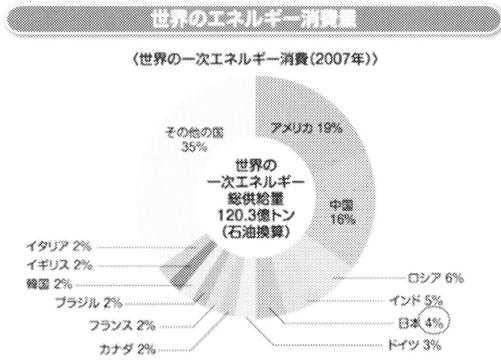


水素エネルギー協会 第137定例研究会 /
平成23年度第3回水素エネルギー利用開発研究会
平成24年3月9日(金) 13時~17時40分
広島市西区民文化センター 2階ホール

広島大学 先進機能物質研究センター
小島由継




1. エネルギー・環境問題



出典: ENERGY BALANCES OF OECD COUNTRIES 2009 Edition
ENERGY BALANCES OF NON-OECD COUNTRIES 2009 Edition
(電気事業連合会「原子力・エネルギー」図面集2010年版)

2. 燃料電池自動車、電気自動車の開発

デメリット: 貯蔵・輸送
メリット: インフラ

 5.1Wh
 32Wh-63Wh

電気
(少量貯蔵・少量輸送)

 61kWh
 16kWh
 9.6kWh
 240kWh H₂:6.1kg

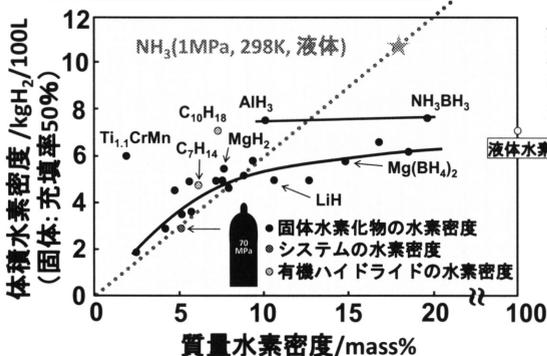
水素
(大量貯蔵・大量輸送)

 154kWh H₂:3.9kg
 H₂:24kg 航続距離 350km

35MPa, 150L, 7基=940kWh

水素貯蔵・輸送キャリア

軽元素水素化合物の質量水素密度と体積水素密度



NH₃、有機ハイドライドと液体水素の特性(*1, 1MPa, 298K, *2, 0.1MPa, 240K)

| 物性値(単位) | NH ₃ | デカリン (C ₁₀ H ₁₈) | メチルシクロヘキサン (C ₇ H ₁₄) | 液体水素 (H ₂) |
|--|--|---|--|------------------------|
| 分子量 | 17.03 | 138.3 | 98.19 | 2.016 |
| 沸点(K) | 240 | 465 | 374 | 20.3 |
| 密度(g/cm ³) | 0.603 ^{*1} -0.682 ^{*2} | 0.897 | 0.769 | 0.0706 |
| 質量水素密度 (mass%) | 17.8 | 7.29 | 6.16 | 100 |
| 体積水素密度 (kg/100L) | 10.7 ^{*1} -12.1 ^{*2} | 7.07 | 4.73 | 7.06 |
| 水素放出に伴うエンタルピー変化(kJ/molH ₂) | 30.8 | 65.3 | 59.4 | 0.899 |

4. NH₃利用

4.1 大規模発電(出力:100万kW、1000MW)

エネルギーバランスの試算例 (WE-NET: 1996)

| 項目 | 液体水素システム | アンモニアシステム |
|---------------------------|--------------|----------------------------|
| 入力電気エネルギー | 100 | 100 |
| 製造後のエネルギー | 72.9 | 70.3 |
| 輸送損出(5000km) | (2.5) | (1.6) |
| 到着エネルギー | 70.4 | 68.7 |
| 設備費/億円 | 7400 | 5300 |
| 水素価格/Nm ³ (水素) | 49 | 21 |
| 発電エネルギー(効率60%を仮定) | 42 水素タービン | 41 NH ₃ タービン |

エネルギーバランスの試算 (ACCEPT: 2001)

エネルギー効率 (製造、改質、燃料電池)

アンモニア: 28-32%

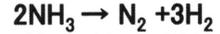
液体水素: 21%

http://www.erna.or.jp/WE-NET/report/1996/japanese/3_1.html

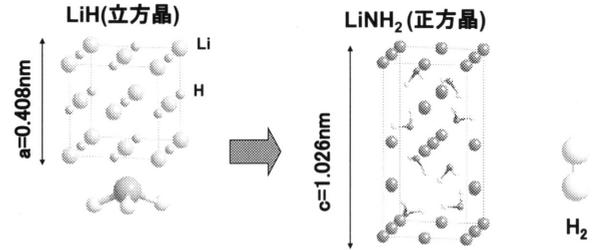
4.2 水素変換

4.2.1 水素化物-NH₃システム

523-573K, 0.5MPa, H₂ フロー



ΔH⁰: -43kJ/molH₂ H₂ 放出量: 8.1mass%



Y. Kojima, K. Tange, S. Hino, S. Isobe, M. Tsubota, K. Nakamura, M. Nakatake, H. Miyaoka, H. Yamamoto and T. Ichikawa, J. Mater. Res., 24, 2185 (2009)

4.2.2 電気分解



$E = -\Delta G^0/3F + RT \ln(p_{N_2}^{1/2} p_{H_2}^{3/2})/nF$

ΔG⁰=標準ギブス自由エネルギー変化 = 13.1kJ/mol

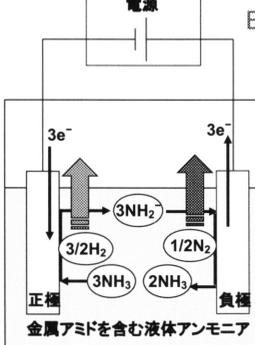
n=3: 反応に関与する電子数

F: ファラデー定数

E: 理論分解電圧



E(NH₃)=0.038V+
0.039V=0.077V

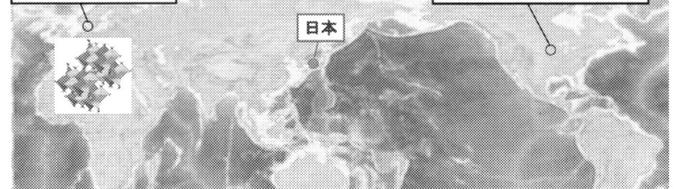


N. Hanada, S. Hino, T. Ichikawa, H. Suzuki, K. Takai, Y. Kojima, Chemical Communications, 46, 3982-3984 (2010)
特願2010-070275 水素の発生方法、水素の利用方法、発電システム及び水素エンジン駆動システム、小島由織、市川貴之、鈴木孝史、花田信子。(2010年3月25日出願)

5. 海外の動向

Riso 国立研究所
デンマーク工科大、
Amminex

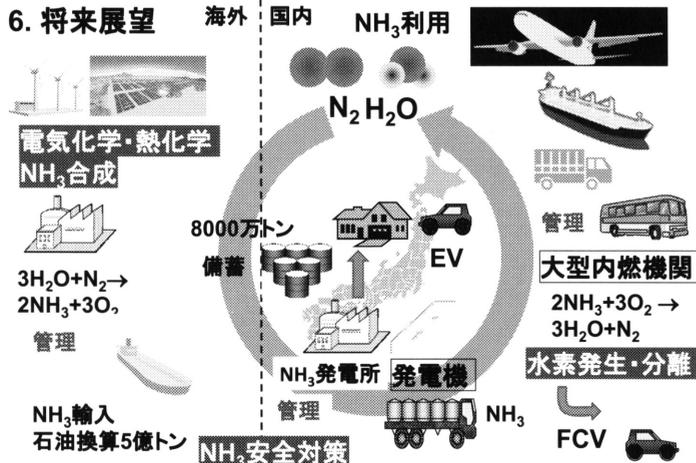
米国アイオワ州立大学
クリントン財団他16社が参加
アンモニアの輸送燃料利用
プロジェクト



- (1)米国NH₃プロジェクト、2011年6月21日開始、アイオワ州立大学、Professor Norm Olson 研究テーマ: アンモニアエンジンと発電機、アンモニアディーゼルエンジン、アンモニア燃焼タービン、NH₃エネルギー貯蔵システム、電気化学NH₃合成、バイオアンモニア合成、風力からのアンモニア合成、ダイレクトアンモニア燃料電池、アンモニアタービン、アンモニア電気分解セル、アンモニア貯蔵等、クリントン財団: 実証試験を計画
- (2)デンマークNH₃プロジェクト、2011年9月15日開始、Riso 国立研究所、Senior Scientist Tejs Vegge 燃料電池からの廃熱を利用して金属塩からアンモニアを放出、アンモニアを再生可能エネルギー由来の電力を使って電気分解することで、水素発生

http://www.nh3fuelassociation.org/index.php?option=com_content&view=article&catid=19:default&id=18:projects_presentation-and-papers
<http://sustainablejapan.net/?p=99>
http://energy.iastate.edu/renewable/ammonia/ammonia/2010/2010presentations/ClintonFndt_NH3FuelConference3.pdf#search=Steve%20Crollus%20NH3

6. 将来展望



<http://www.enecho.meti.go.jp/info/statistics/sekiyubi/result-2.htm>

広島大学 窒素循環エネルギー
プロジェクト研究センター(2011年11月1日～)

7. まとめ

1. NH₃は最大の体積水素密度を有し、水素放出するために投入するエネルギーは有機ハイドライド(メチルシクロヘキサン、デカリン)より小さい特長を有する。
2. 現在、NH₃中の水素の価格は20円~30円/水素1Nm³となり、水素の供給コスト(120円/Nm³)に比べ1/4以下である。
3. NH₃は室温における金属水素化物との反応、室温電気分解、室温メカノカタリシスにより水素を放出した。
4. NH₃は炭素原子を有さない水素化物の中で唯一大量製造されている物質であり、水素キャリアとして有望と考えられる。

水素貯蔵量、速度、効率、温度、安全性、コスト

水素貯蔵・輸送材料の最も重要な特性→低コスト