

水素社会に向けた 新規貴ガス水素化物の創成

東京理科大学 理学部第一部 化学科
准教授 渡辺 量朗

2019年10月31日

発表の概要

- ①水素と貴ガスのみからなる新たな物質
「貴ガス水素化物」とその製法を発見・発明した。
- ②「貴ガス水素化物」は安全・無害で扱いやすい燃料および水素キャリアとして、水素社会実現に貢献しうる。

水素社会

= 水素をエネルギー源の主役として利用する社会

水素を燃やす： 水素エンジン（自動車）、ガスタービン

水素を使って発電する： 燃料電池 → 自動車、発電所

水素を使ってエネルギーを貯める： 太陽光発電で水分解（P2G）

水素のメリット

水素は、使用時に有害物質を出さない、クリーンなエネルギー源である。

- **燃やしても、水ができるだけ。**
- **燃やしてもCO₂を出さない。地球温暖化防止に貢献。**

水素の課題

水素は、扱いが難しい。貯蔵と輸送が困難。

- **常温常圧では水素は気体なので密度が低過ぎる。**
- **液化するには超低温 $-253\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、超高压(数百気圧)が必要。**
- **漏れ易さや金属容器の水素脆化のため取り扱いが困難。**

水素キャリア

水素を常温常圧で扱うために:

- **有機ハイドライド法: MCHに変換し、あとで水素を取り出す。**



- **アンモニア: 常温で液化しやすく、燃やすこともできる。**



従来の水素キャリアの問題点

- **有機ハイドライド法 (MCH) : 石油類で引火性、刺激性。触媒の耐久性とコスト。**
- **アンモニア : 急性毒性、腐食性あり。燃烧するとNOx生成。合成法には高温・高圧が必要。(ハーバー・ボッシュ法)**

水素社会実現のためのハードル

そのままでは扱いにくい水素を、扱いやすい物質に転換しなければならない。

「貴ガス水素化物」ならば

水素に比べて

- エネルギー密度が高い
- 扱いやすい(沸点が高い、漏れにくい)

他の水素キャリアに比べて

- CO₂、NO_xを出さない。
- 毒性がない。

貴ガス(noble gas)とは

日本では、希ガス (rare gas) とも呼ばれる。

第18族元素: ヘリウム、ネオン、アルゴン、クリプトン、キセノン、ラドン、オガネソン。He, Ne, Ar, Kr, Xe, Rn, Og。

化学的に不活性 (最外殻電子が閉殻)。

単原子として存在し、化合物をほとんどつくらない。

既知の 貴ガス水素化物

アルゴン、クリプトン、キセノンの水素化物が知られている。



(H: 水素、Ng: 貴ガス、Y: ハロゲン等)

例: HArF、HKrF、HXeCl等。

新規貴ガス水素化物(本発明)

水素と貴ガスのみからなる分子である



- 燃やしても水と貴ガス (Ng) しか生成しない、クリーンな物質。
- 水素よりも重く、扱いやすい。

貴ガス水素化物の製造法 (1) 態様

態様1: 金属基板に貴ガスを接触させ、そこに水素含有ガスを接触させる。

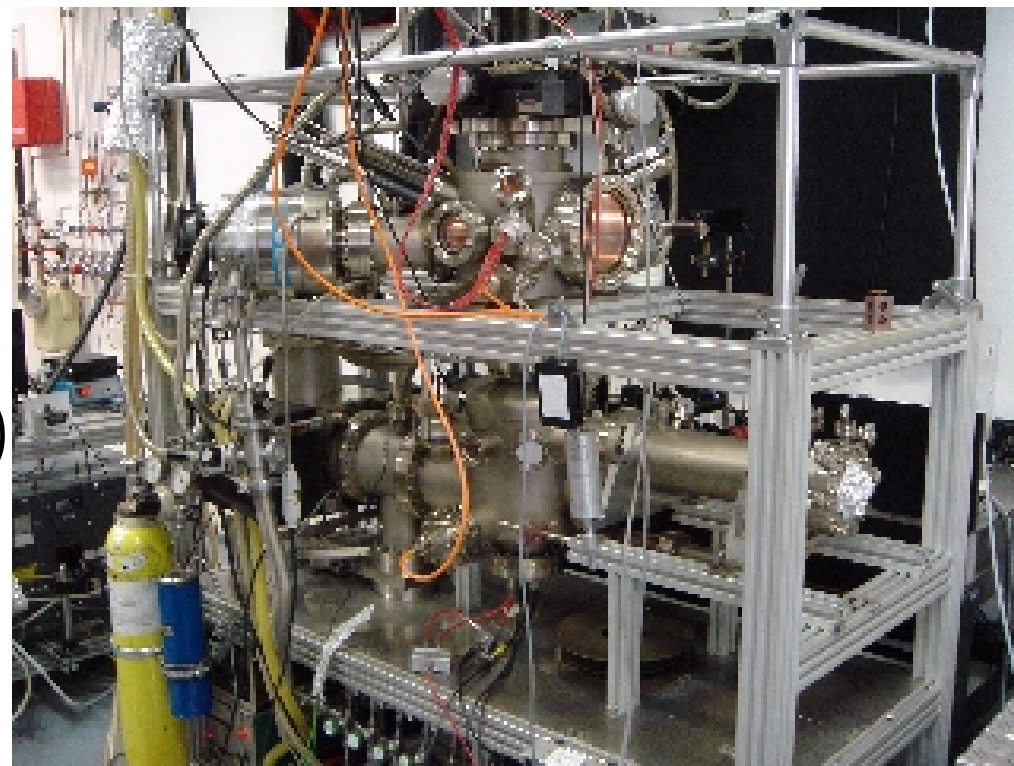
態様2: 金属基板に水素含有ガスを接触させ、そこに貴ガスを接触させる。

態様3: 金属基板に水素含有ガスと貴ガスをともに接触させる。

貴ガス水素化物の製造法 (2) 実験装置

超高真空表面解析装置

- 到達真空度 $\sim 10^{-10}$ Torr
- 金属単結晶基板 (100~1200K)
- ガス供給バルブ
- イオンガン
- 四重極質量分析計
 - 昇温脱離法 (TPD)
 - 昇温反応分析 (TPR)



貴ガス水素化物の製造法 (3) 原料

反応ガス:

- **水素 (H₂) または重水素 (D₂)**
- **貴ガス: He、Ne、Ar、Kr、Xe**

新規貴ガス水素化物 (1) 組成

- **キセノン以外の場合で、NgHxが質量分析計によって検出された。**
- **組成の異なるNgHxが数十種類確認された。**

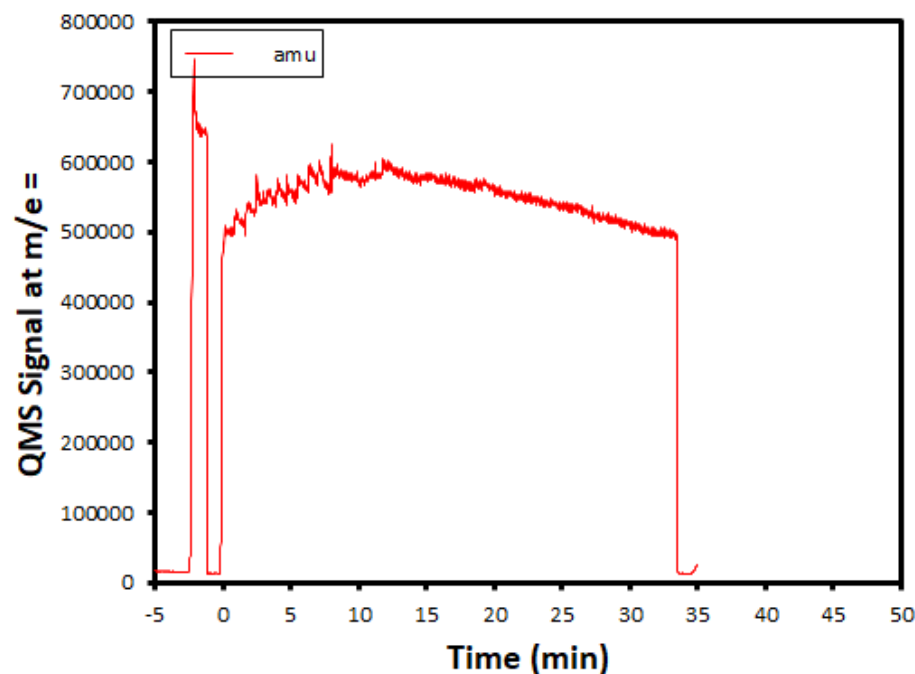
新規貴ガス水素化物 (2) 安定性

- NgH_x が生成する金属基板の温度は、貴ガスの種類、組成、反応条件にも依存するが、150 Kから1000 Kの間であった。
- これらの温度でも分解せずに安定に存在

新規貴ガス水素化物 (3) TPRデータ

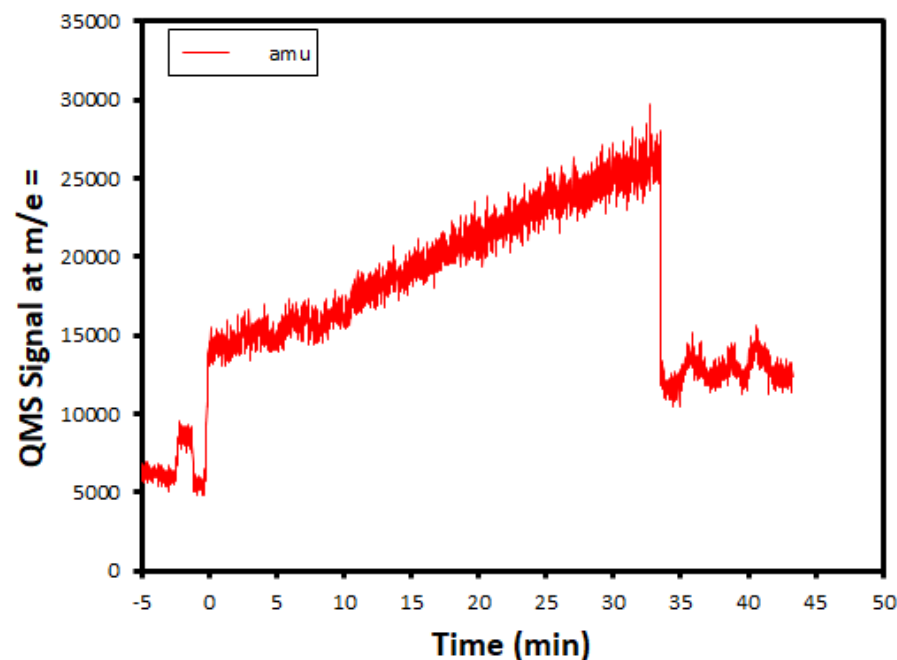
先に金属基板に貴ガスを接触させ、基板温度一定で、水素を一定分圧で接触させた時の生成物のTPRスペクトル

貴ガス(アルゴン)



←→
水素 ON

貴ガス水素化物(ArH_x)



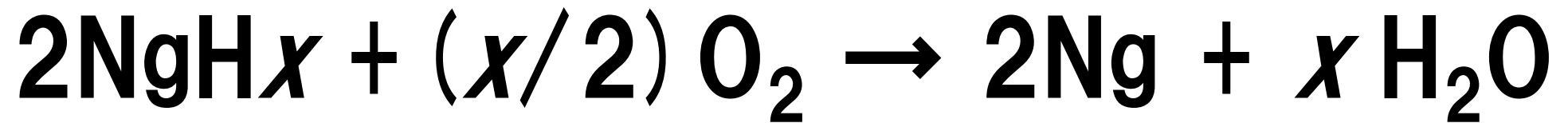
←→
水素 ON

想定される用途

- **水素ガスよりもエネルギー密度が高く、プロパンガスのように扱いやすい燃料、水素キャリア**
- **水素エンジン（内燃機関）、ガスタービンエンジン、ロケットエンジン、燃料電池**
- **運輸、航空宇宙、電力分野、etc.**

燃焼反応

カーボンフリー。水と貴ガスしか発生しない。



安全性

水素分子より大きく、重い。

- 漏れにくい
- 沸点が高く、液化しやすい

エネルギー密度

NgH_x

$x > 2$ では

水素分子よりも高い！

コスト

**アルゴンは地球大気中に0.93%存在
(窒素・酸素に次いで3番目に多い)**

安い。

実用化に向けた課題

- 現在、ヘリウム、ネオン、アルゴン、クリプトンの水素化物の生成を確認済み。しかし、物性を調べるのに十分な量はまだ得られていない。
- 今後、低真空や常圧での実験を行い、大量生産に向けた研究を行っていく。
- 実用化に向けて、より安価な触媒物質や新たな合成スキームの探索を行い、低コスト化とスケールアップの技術を確立する必要あり。

企業への期待

- ・ **触媒開発・化学プラント技術を持つ企業との共同研究を希望。**
- ・ **水素エンジン・ロケットエンジン・燃料電池を利用する自動車・航空宇宙の運輸関連及び電力関連の企業には、本技術の導入が有効と思われる。**

本技術に関する知的財産権

- 発明の名称 : 貴ガス水素化物、燃料、及び貴ガス水素化物の製造方法
- 出願番号 : 特願2019-126288
- 出願人 : 学校法人東京理科大学
- 発明者 : 渡辺 量朗

お問い合わせ先

東京理科大学

研究戦略・産学連携センター 是成 幸子

TEL 03-5228-7431

FAX 03-5228-7442

e-mail ura@admin.tus.ac.jp