

木ウ化水素シート：軽量・安全・ 光応答性の水素キャリア材料

東京工業大学 物質理工学院 材料系
教授 宮内 雅浩

令和 2年 11月 17日

背景1：わが国の水素基本戦略

(1) 低コストな水素利用の実現

海外の安価な未利用エネルギー(2030年に30円/1Nm³)、再生可能エネルギー活用

(2) 国際的な水素サプライチェーンの開発

水素キャリアの開発(液化水素、有機ハイドライドなど)

(3) 国内再生可能エネルギーの導入拡大と地方創生

再エネ余剰電力を水素として貯蔵、水電解の低コスト化、地域資源活用

(4) 電力分野での利用

水素発電(2030年に17円/kWh)

(5) モビリティでの利用

FCVの開発、水素ステーションの普及

背景2：従来の水素キャリアとそれらの問題点

	高圧水素ボンベ (20 MPa)	有機ハイドライド(シクロメチルヘキサン)	水素吸蔵合金 (TiCrV)
質量貯蔵密度	2.5 wt%	6.2 wt%	2.2 wt%
長所	低コスト、繰り返し使用可	安全、高貯蔵密度	安全、脱水素に加熱を必要としない
短所	危険、低貯蔵密度(重い: 80 kg)。	脱水素に300℃の加熱が必要。再貯蔵工程が必要	低貯蔵密度(重い: 200 kg)。再貯蔵に高圧水素必要

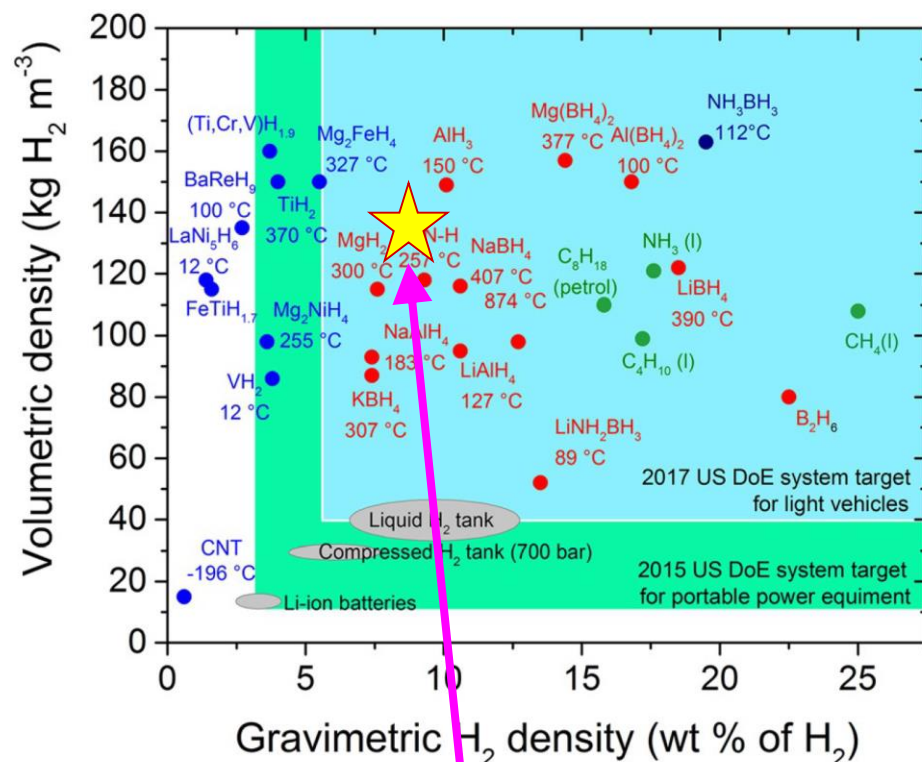
(資源エネルギー庁燃料電池推進室発行より抜粋、平成26年4月14日)

危険、キャパが小さい(重い)、放出時にエネルギー必要。。

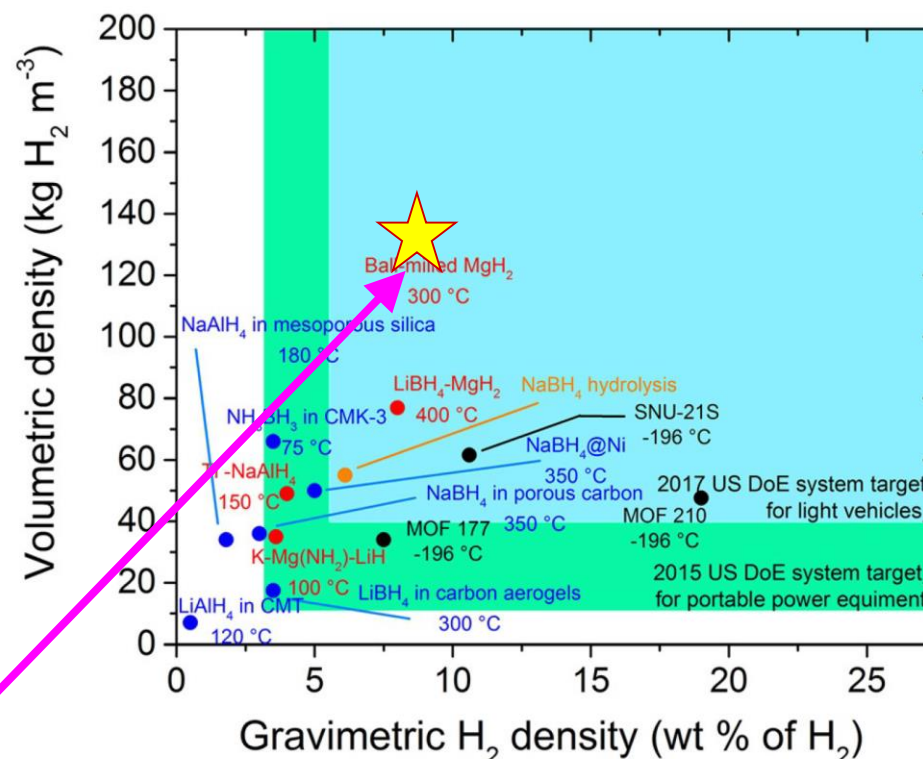
安全、軽量、省エネの水素キャリアが求められている！

水素キャリアの研究例

(a) Potential high capacity hydrides



(b) Examples of current achievements



★ホウ化水素
質量水素密度 8.5 wt%
体積水素密度 133.4 kg /m³

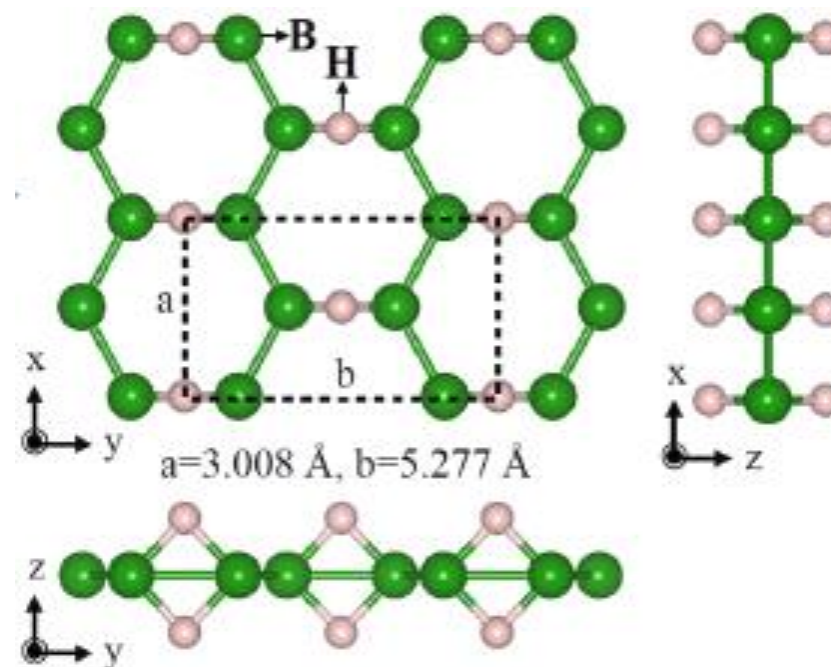
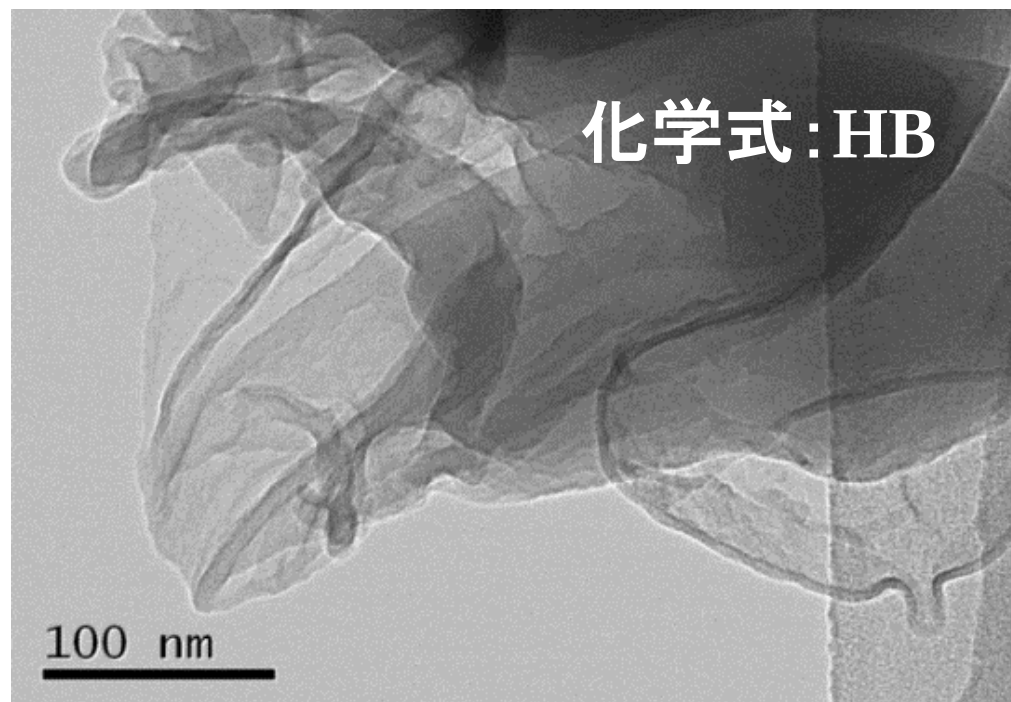
Figure 2. a) Map of potential hydrogen materials versus the United States Department of Energy (US DoE) targets for hydrogen systems, liquid and compressed hydrogen tanks, and current lithium-ion batteries; the theoretical hydrogen capacity and decomposition temperature of the hydride is indicated. b) Achievements of selected materials (developed in the last 20 years) versus US DoE targets for hydrogen systems; the storage capacity of the materials correspond to measured values at the decomposition temperature. Compressed and liquid hydrogen do not meet the targets. Equivalent energy density is shown for lithium-ion batteries.

ホウ素は元素番号5番 = 軽い！

ChemSusChem 2015, 8, 2789 – 2825

ホウ化水素シートの特徴

1. 安全： 固体で安定に存在する
2. 軽量： 質量水素密度8.5%
3. 省エネ、オンデマンド： 光照射のみで水素を放出可能



新物質 「ホウ化水素シート」

筑波大学 近藤剛弘准教授が合成に成功！

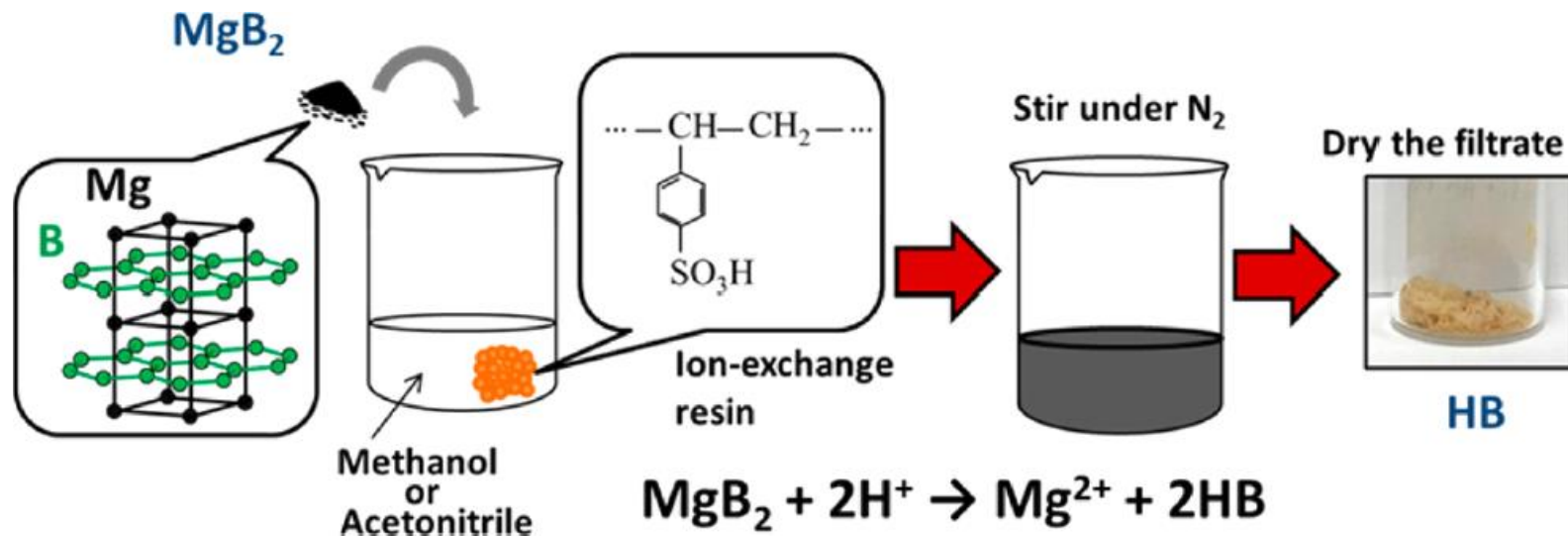
J | A | C | S
JOURNAL OF THE AMERICAN CHEMICAL SOCIETY

Article

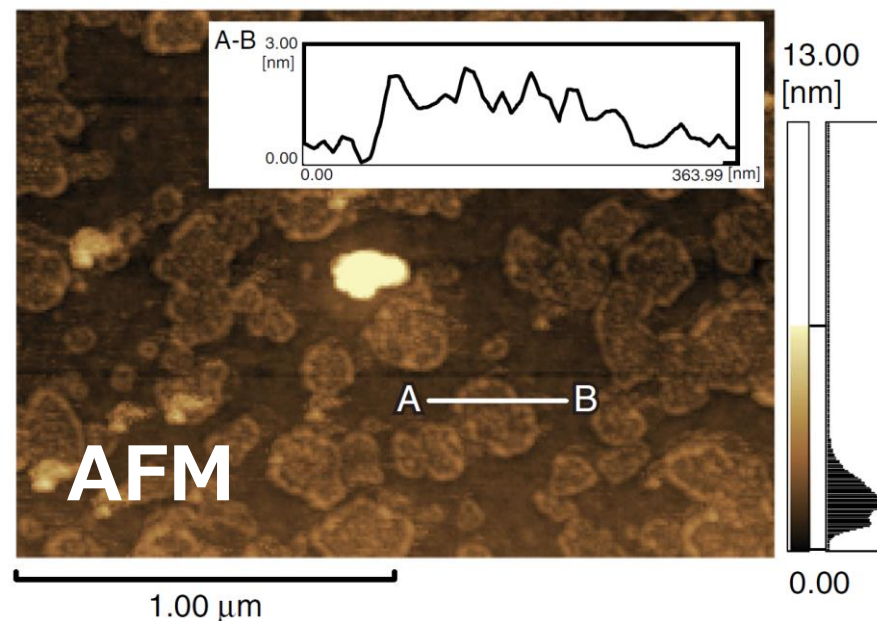
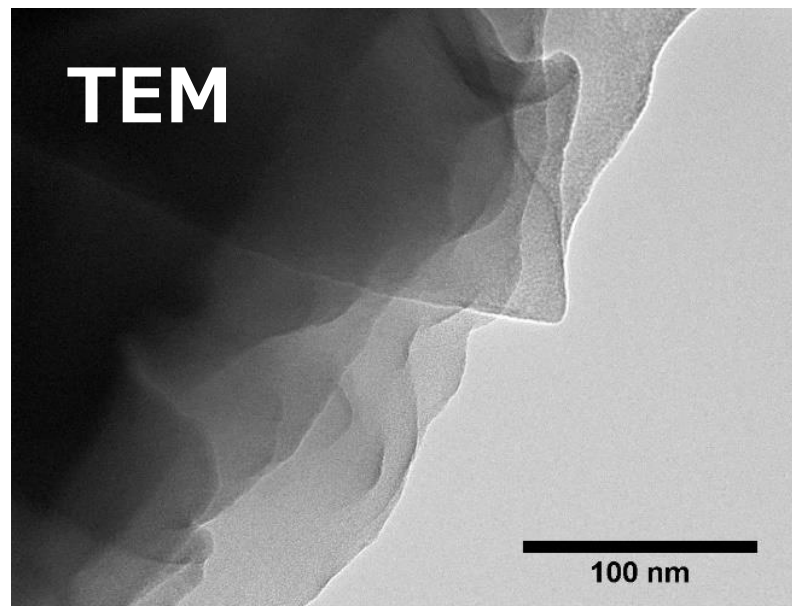
pubs.acs.org/JACS

Formation and Characterization of Hydrogen Boride Sheets Derived from MgB_2 by Cation Exchange

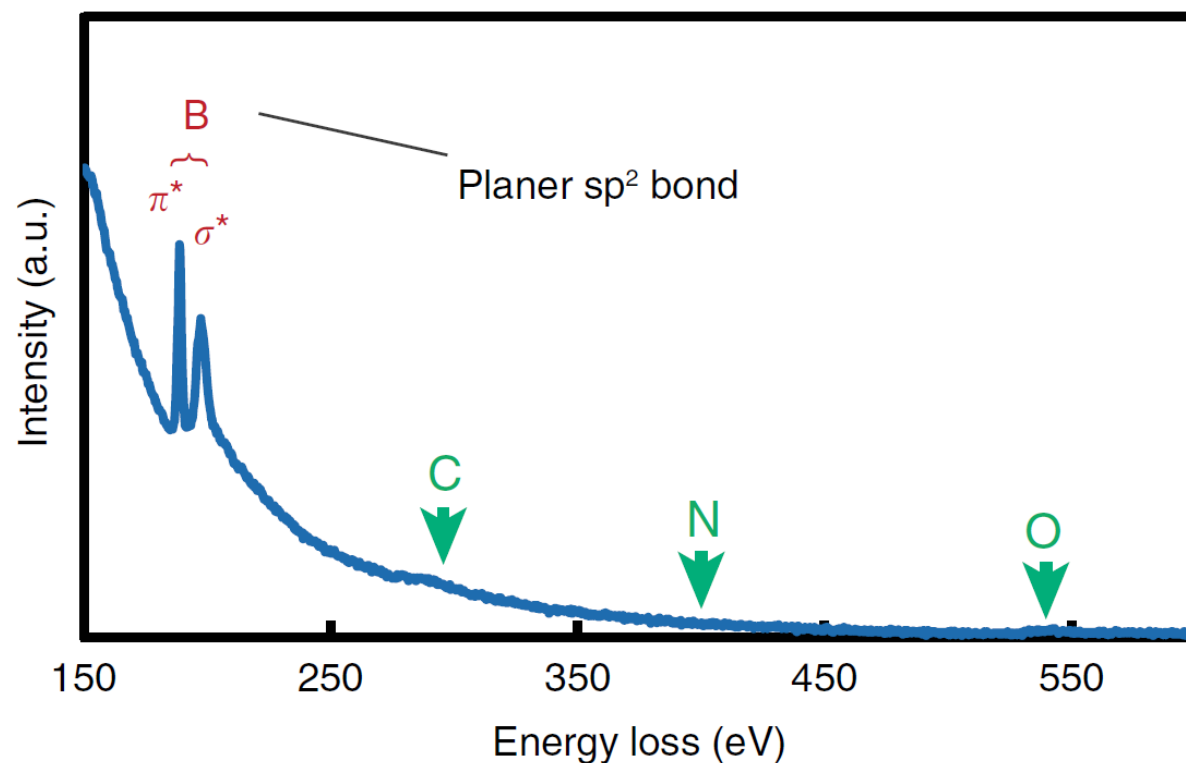
Hiroaki Nishino,^{†,•} Takeshi Fujita,^{#,•} Nguyen Thanh Cuong,^{▽,•} Satoshi Tominaka,^{○,•}
Masahiro Miyauchi,[◆] Soshi Imura,[¶] Akihiko Hirata,^{#,■} Naoto Umezawa,[○] Susumu Okada,[‡]
Eiji Nishibori,^{‡,▲} Asahi Fujino,[†] Tomohiro Fujimori,[§] Shin-ichi Ito,^{||} Junji Nakamura,^{⊥,▲}
Hideo Hosono,^{¶,◇} and Takahiro Kondo^{*,⊥,▲,◇}



ホウ化水素シートの構造（１）



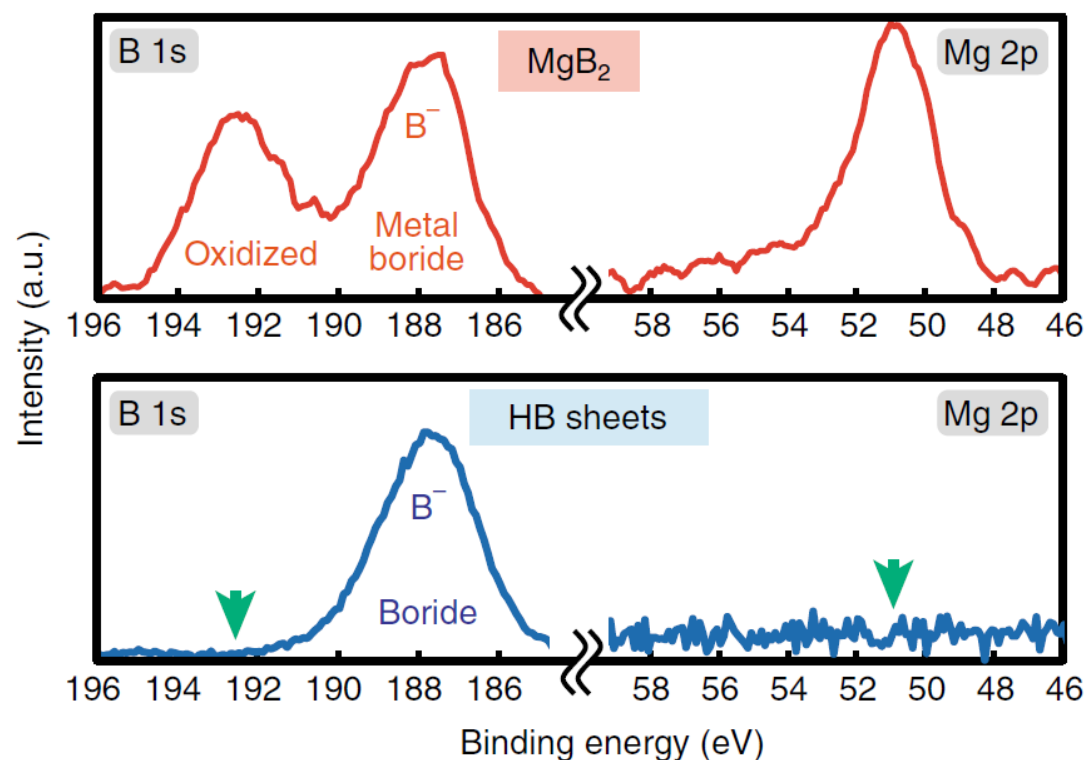
EELS（電子エネルギー損失分光）



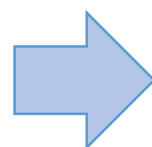
平面性（ sp^2 混成軌道）がある

ホウ化水素シートの構造 (2)

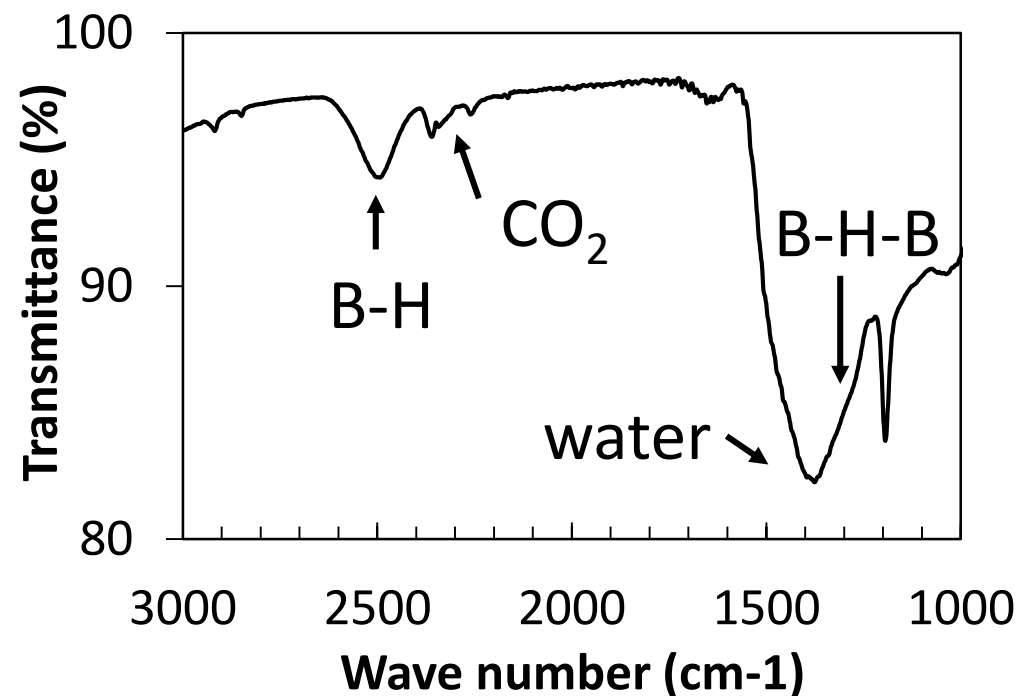
XPS (X線光電子分光)



- Mgイオンが消失
- ホウ素は負に帯電



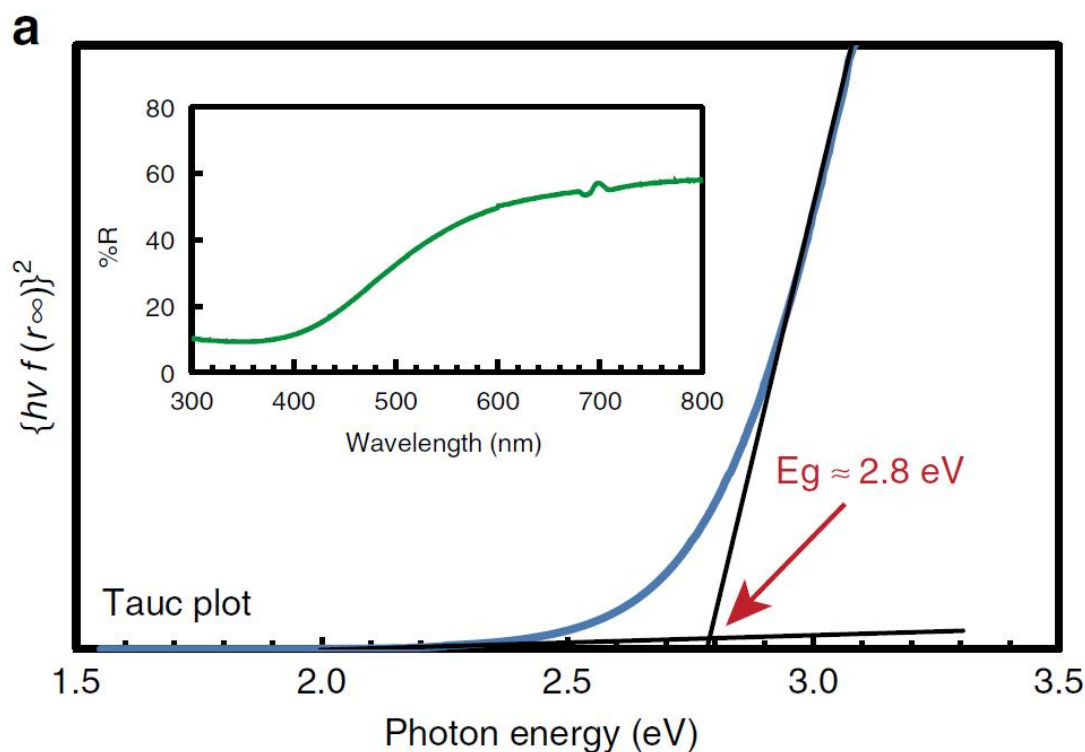
FT-IR (赤外分光)



- ホウ素は**水素**と結合を形成

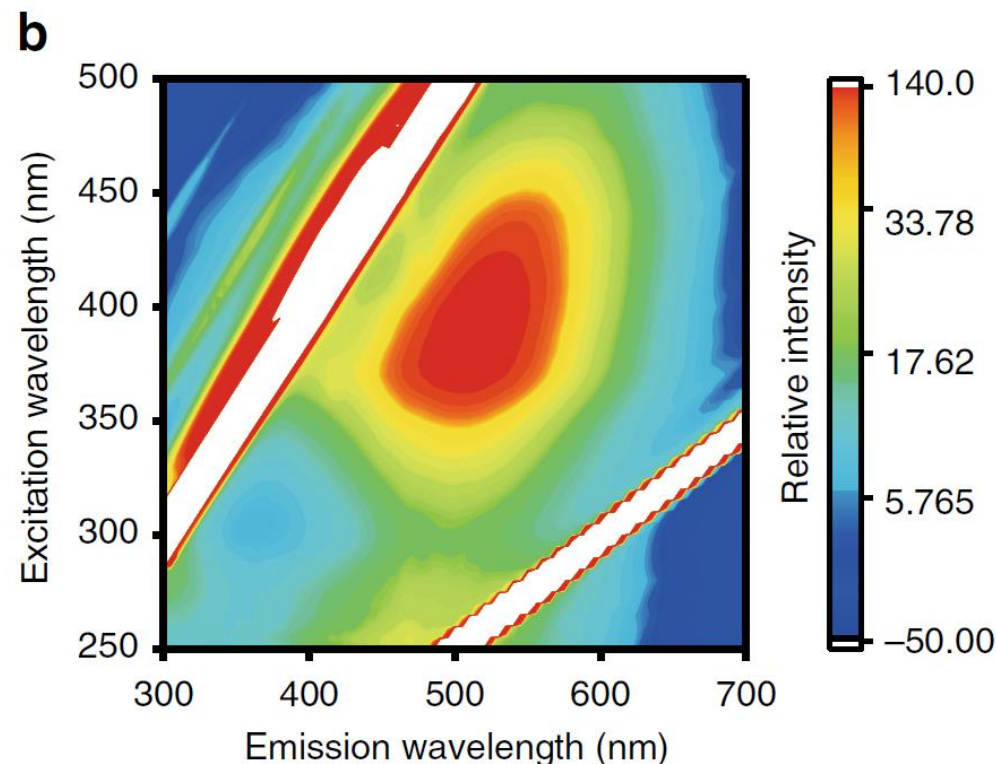
ホウ化水素シートの光学特性

UV-Vis 吸収スペクトル



2.8 eVよりも大きいエネルギーをもつ光を吸収（波長440nm以下の光を吸収）

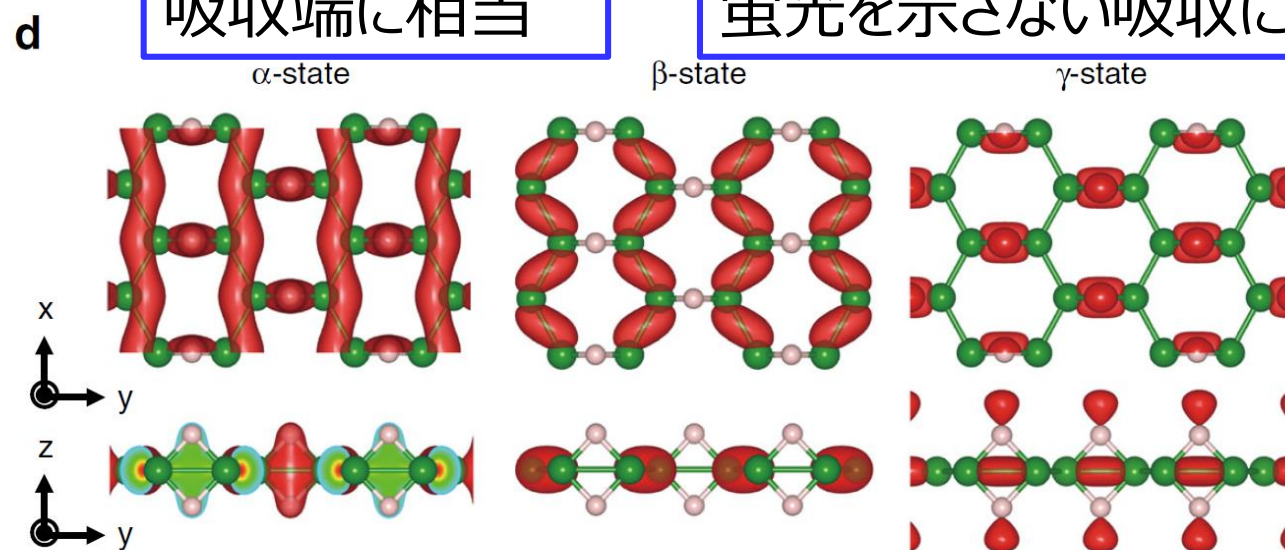
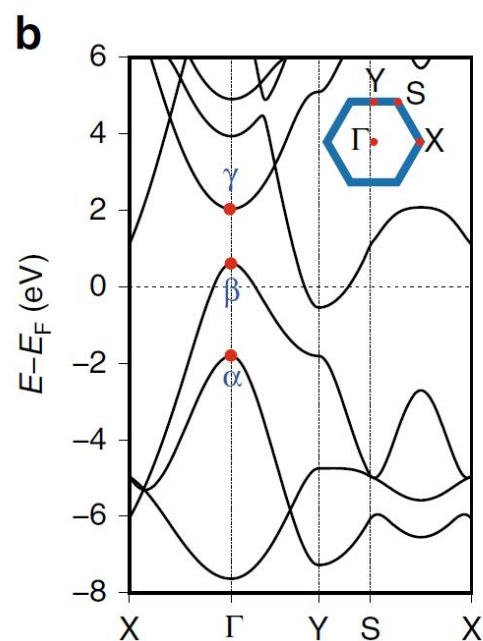
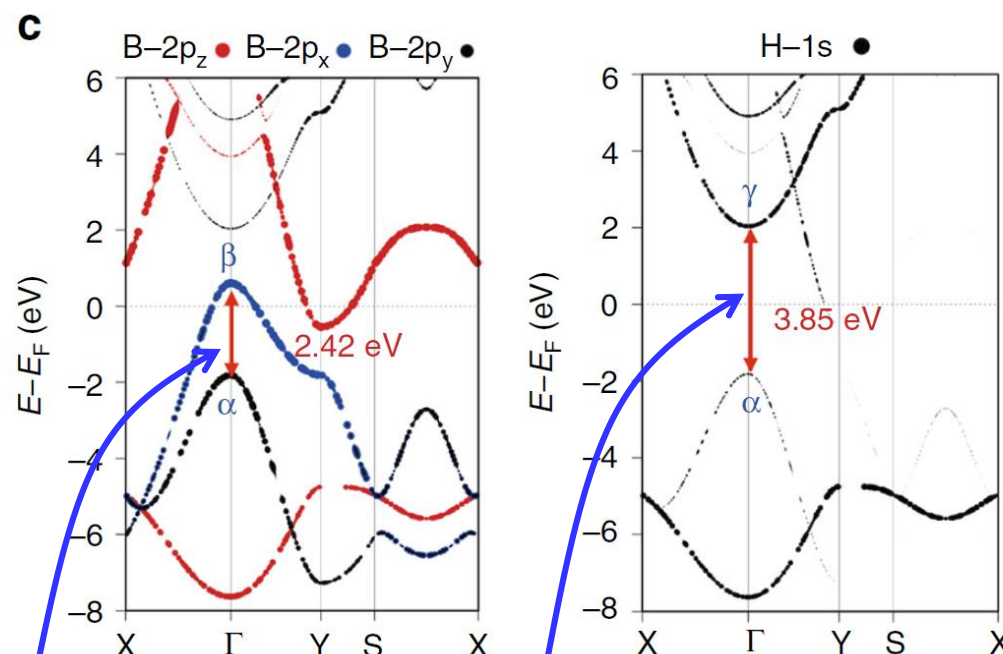
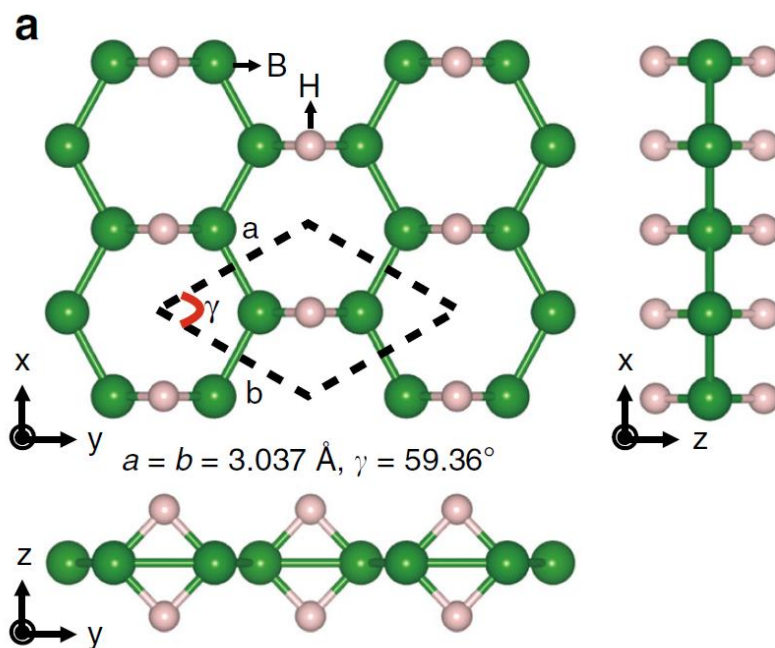
3次元蛍光スペクトル



波長350nm以下の励起光照射では蛍光を示さない。

→ マルチバンドを示唆

第一原理計算による電子構造

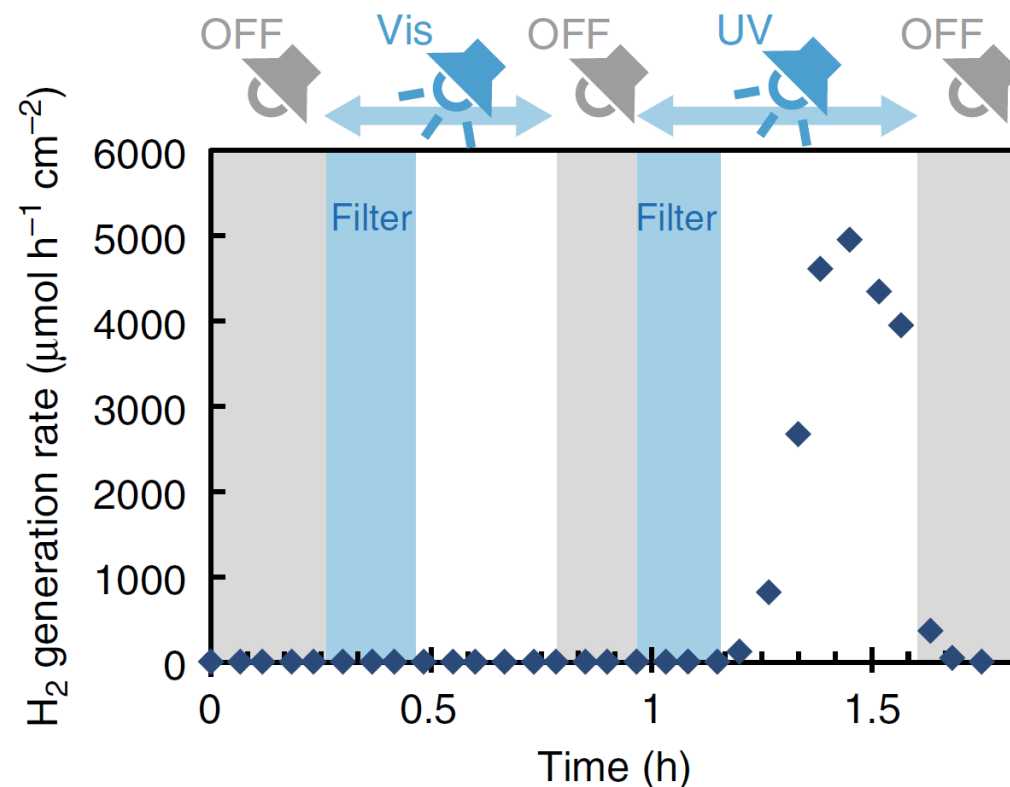
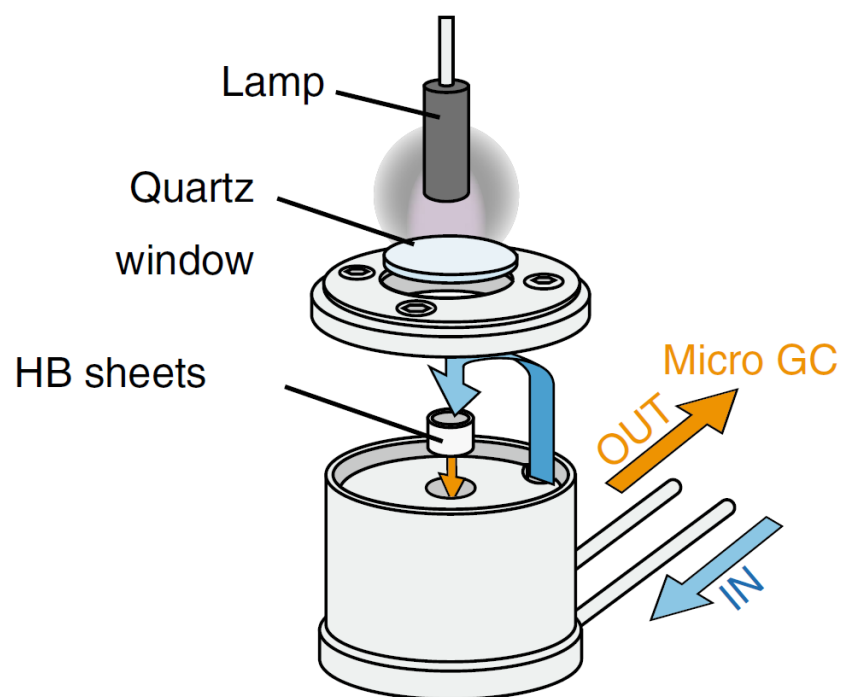


吸収端に相当

蛍光を示さない吸収に相当？

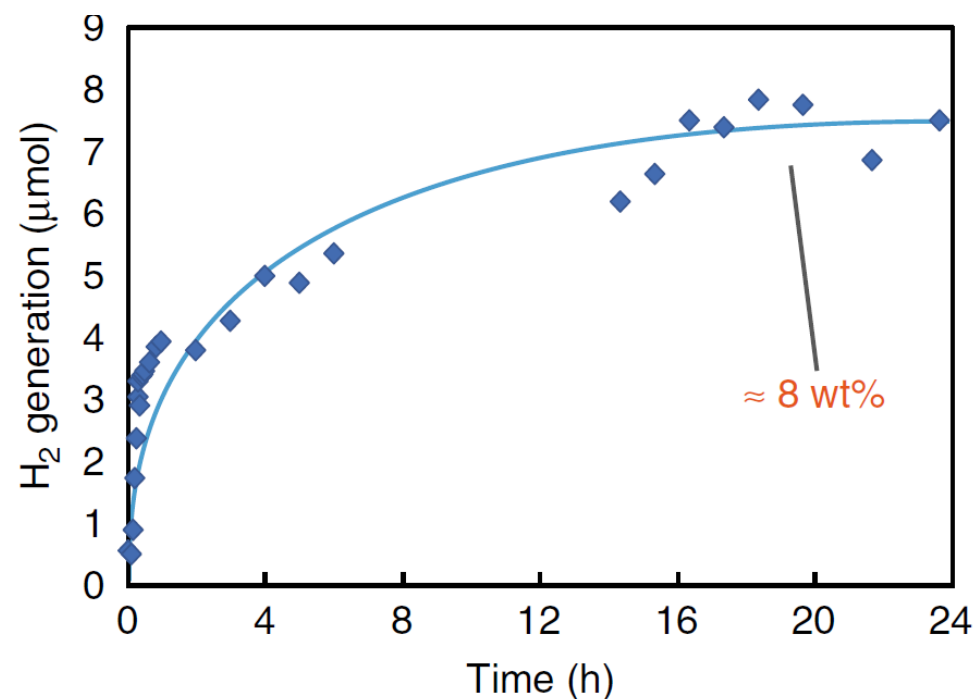
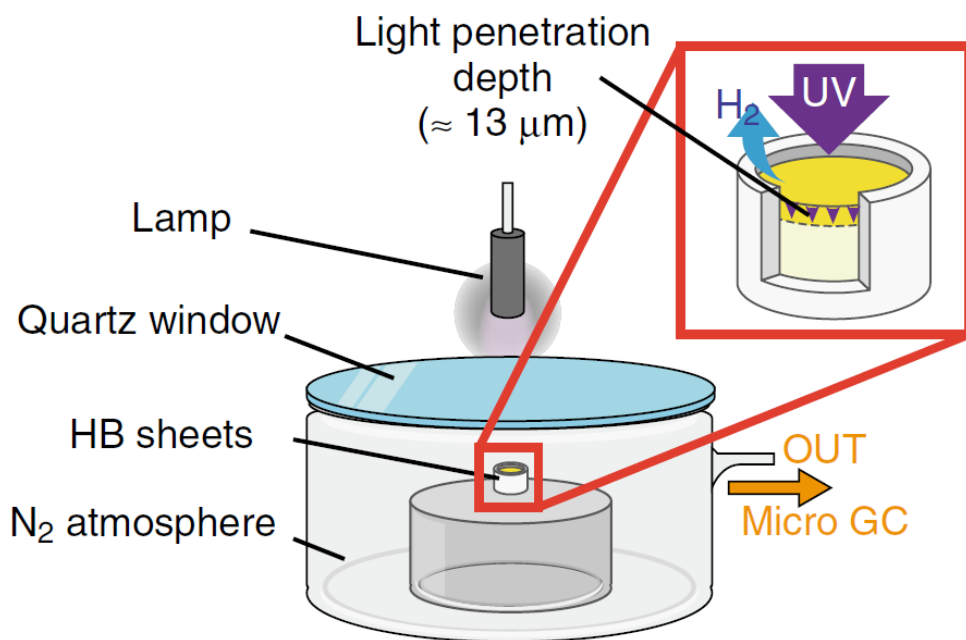
紫外線によって水素の反結合軌道に電子遷移

水素放出特性 (1)



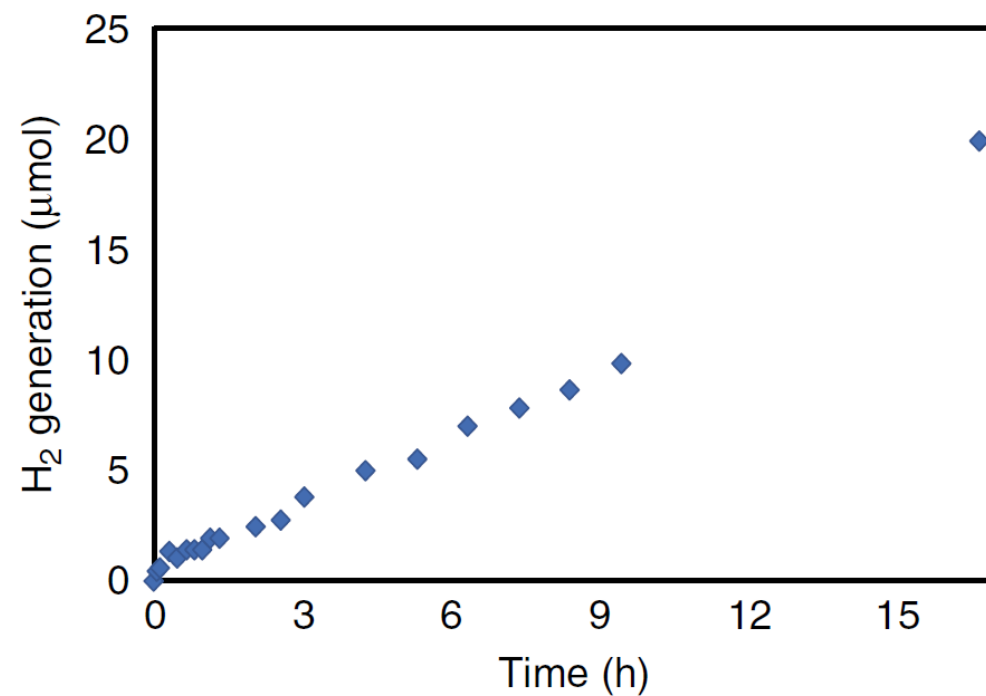
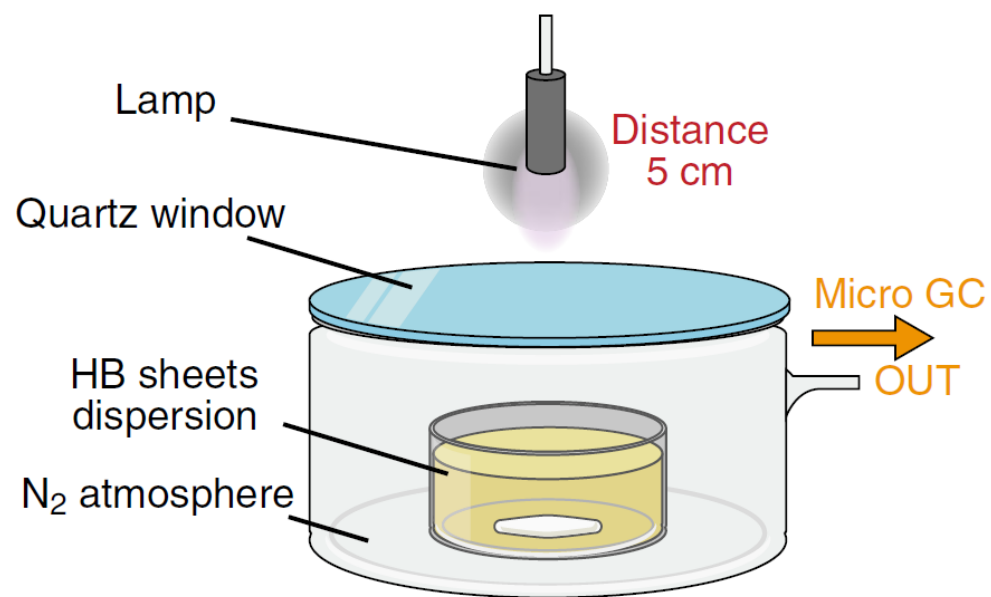
紫外線を照射すると水素を放出！

水素放出特性 (2)



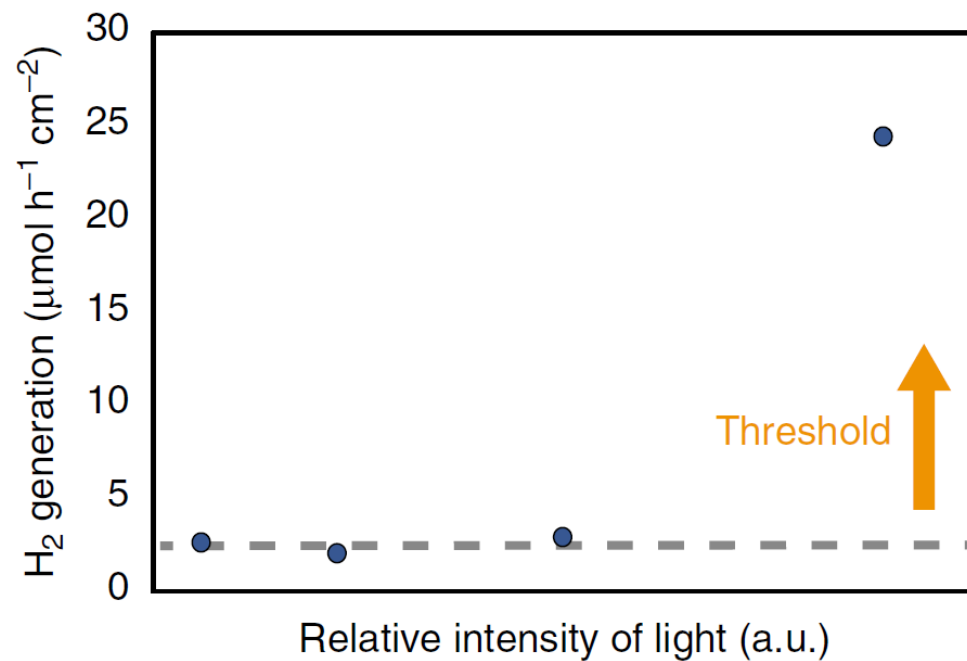
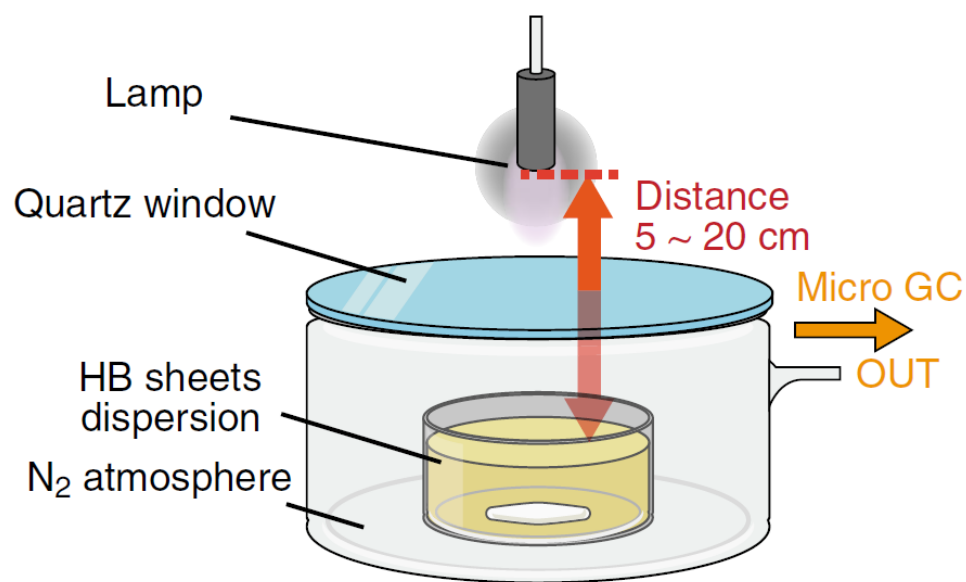
光が照射された部分にあるHBの8%に相当する水素が放出！

水素放出特性 (3)



溶媒に分散したHBでも水素放出可能！

水素放出特性 (4)



水素放出には一定の光強度が必要

ホウ化水素シートの対外発表

**東京工業大学**
Tokyo Institute of Technology

日本語 English 文字サイズ 標準 大

検索 Google カスタム検索

新着入試情報

アクセス

東工大への寄附

お問い合わせ

東工大について

教育

研究

社会連携

国際交流

東工大ニュース

2019年 10月 25日 プレスリリース

トップページ >> 東工大ニュース >> 軽量で安全な水素キャリア材料を開発

東工大ニュース

カテゴリ別

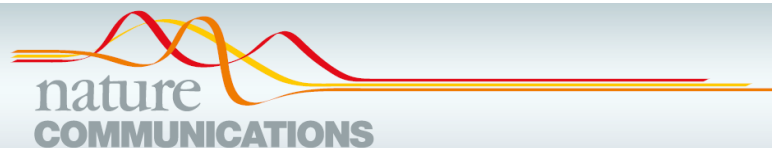
軽量で安全な水素キャリア材料を開発

室温・大気圧において光照射のみで水素を放出

✓ いいね! 194

シェア

ツイート



ARTICLE

<https://doi.org/10.1038/s41467-019-12903-1>

OPEN

Photoinduced hydrogen release from hydrogen boride sheets

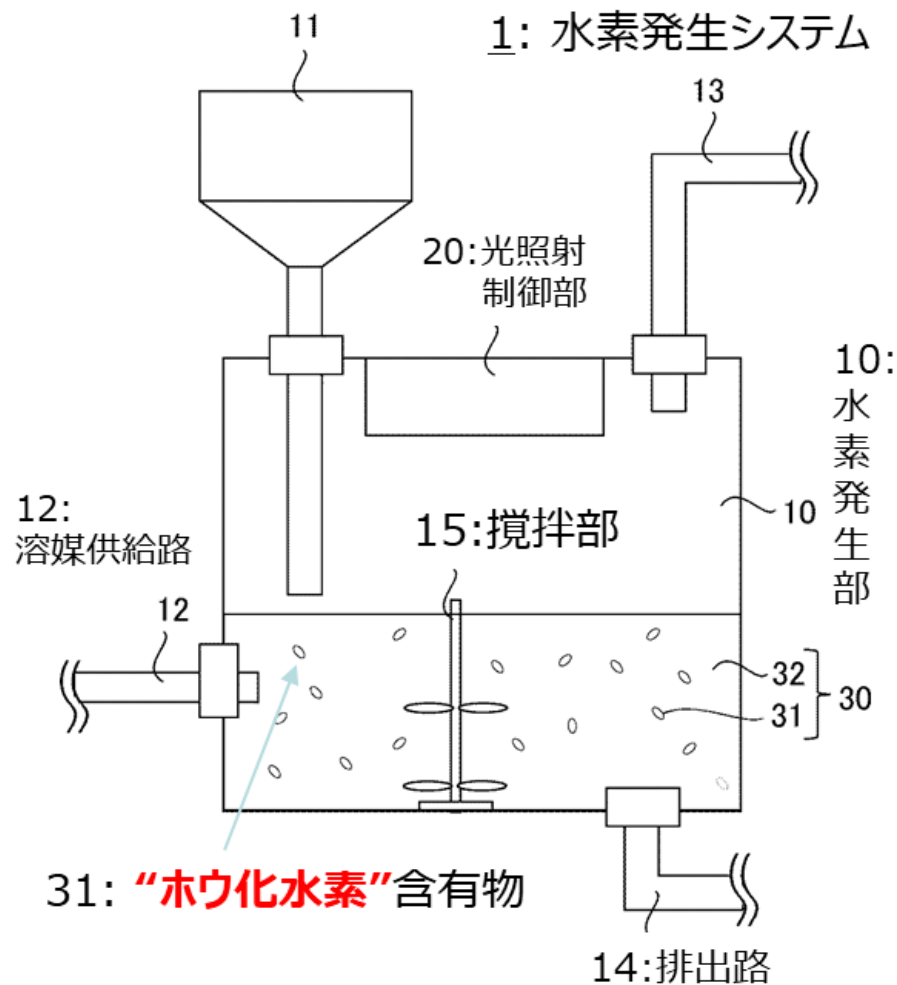
Reiya Kawamura^{1,8}, Nguyen Thanh Cuong^{2,8}, Takeshi Fujita³, Ryota Ishibiki⁴, Toru Hirabayashi¹, Akira Yamaguchi¹, Iwao Matsuda⁵, Susumu Okada², Takahiro Kondo^{6,7*} & Masahiro Miyauchi^{1*}

TBSテレビ「未来の起源」2020年1月放送

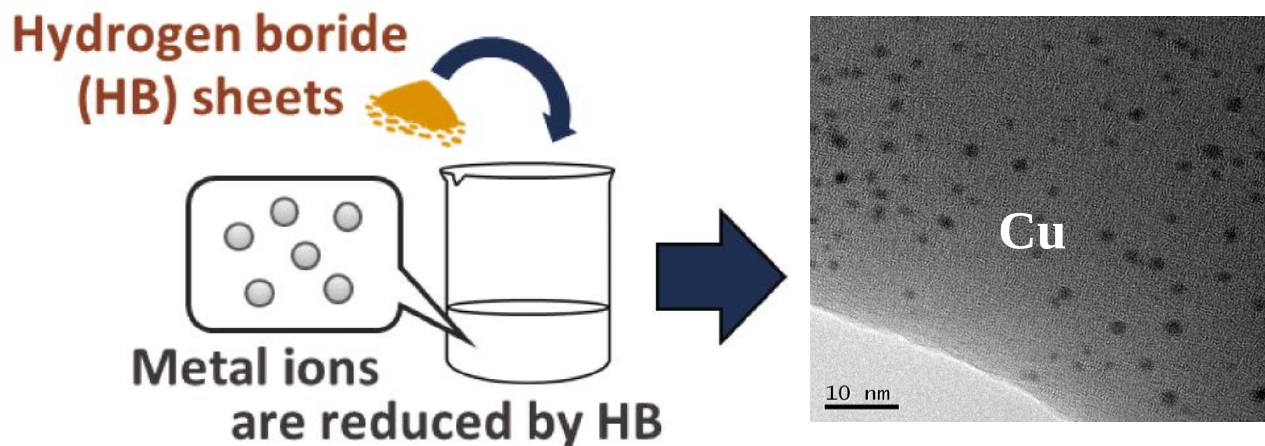
Kawamura et al. *Nature Com.* 10, 4880, 2019

想定される用途

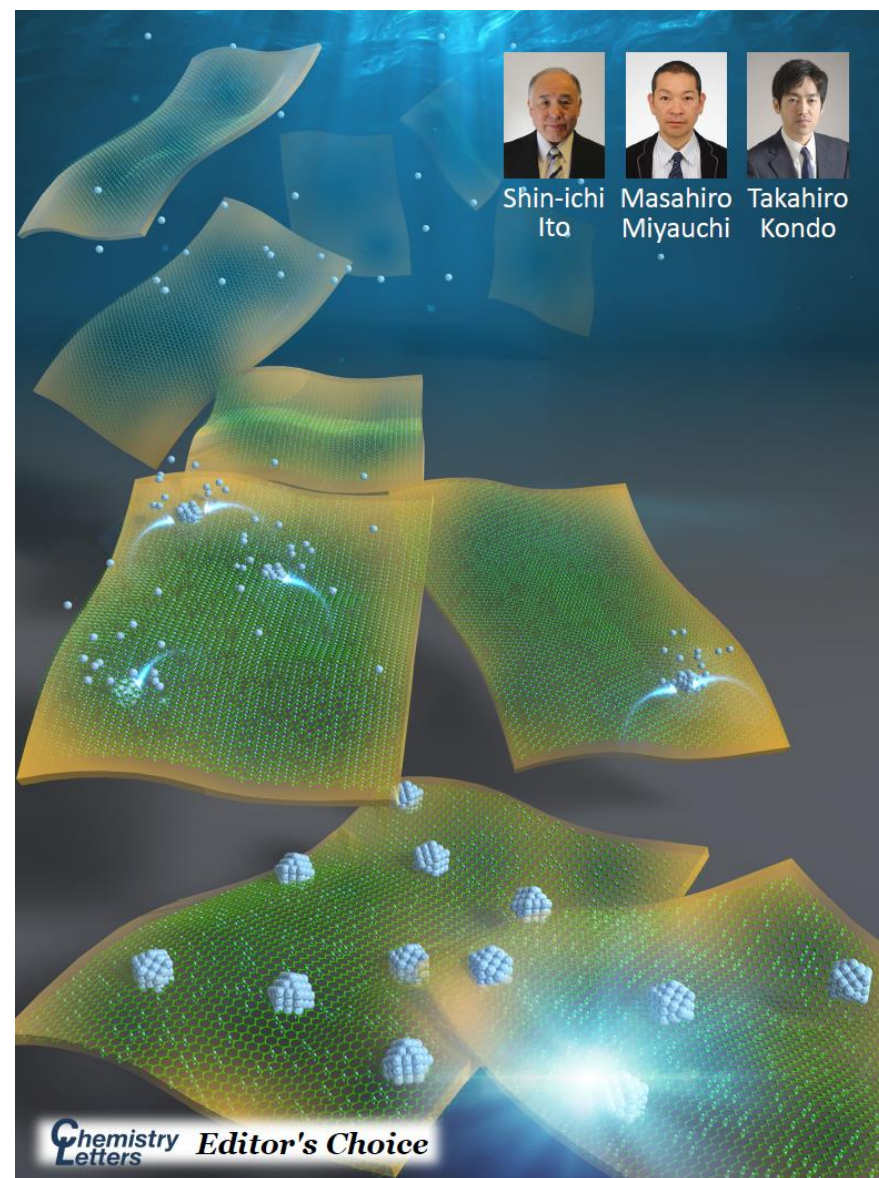
- 水素製造プラントでの利用
- 水素ステーションへの運搬
- 燃料電池を搭載した移動媒体
- その他機能（触媒など）



その他の機能（還元機能）



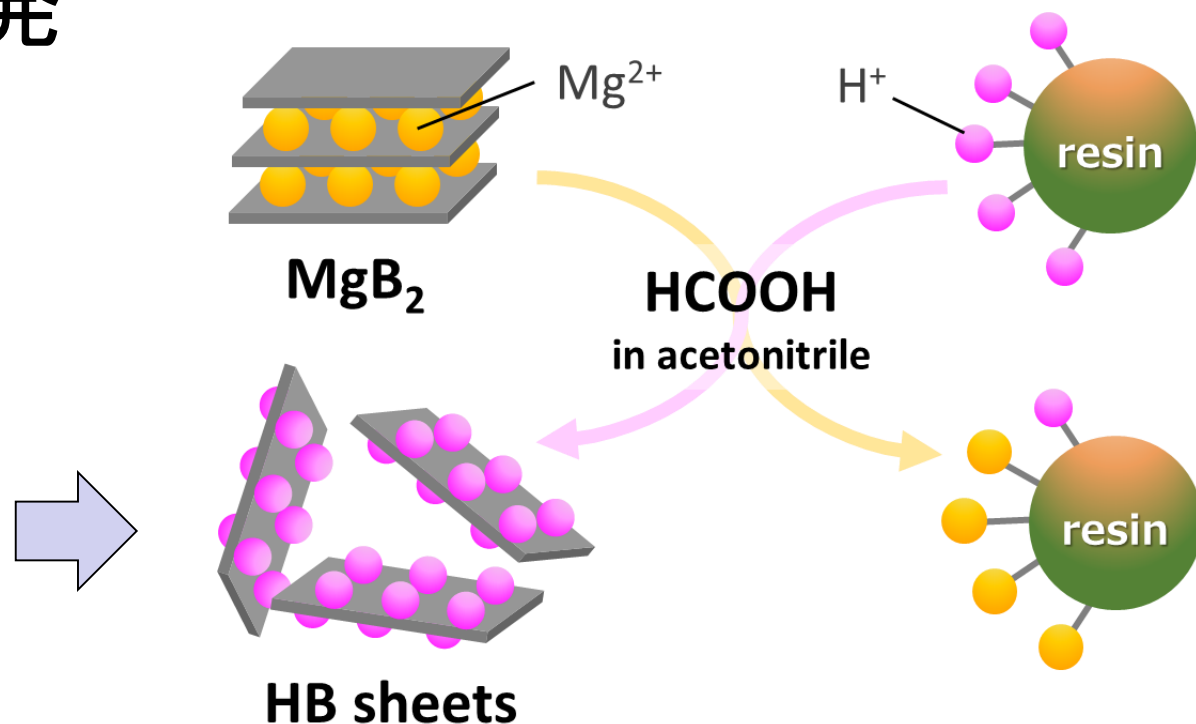
- ホウ化水素含有シートは金属イオンを還元し、金属粒子を析出させることができる
 - 有害イオンの除去
- ホウ化水素含有シートの表面に金属ナノ粒子を担持できる
 - 触媒担体として利用
(特許出願済み)



実用化に向けた課題

1. 低照度化、可視光化
2. 再貯蔵技術の開発
3. 低コストでの製造

既に低コスト化を検討開始
製造時間 3日間→2時間
(特許出願済み)



企業への期待

●共同研究

「実用化に向けた課題」に対して、有用な技術を保有している企業との共同研究

（例えば、繰り返し評価と信頼性評価技術など。）

●特許ライセンス

本技術に関する知的財産権（公開特許）

物質特許

■発明の名称

二次元水素化ホウ素含有シート、二次元
ホウ素化合物含有シートの製造方法

■ 出願人

筑波大学、東京工業大学

■ 発明者

近藤剛弘、中村潤児、西野弘晃、藤野
朝日、藤森智博、宮内雅浩、細野秀雄

■ 番号 特願2018-546383

再表2018/074518

(出願日:2017-10-18)

光照射による水素放出

■発明の名称

水素発生方法、水素発生システムおよ
び燃料電池システム

■ 出願人

東京工業大学、筑波大学

■ 発明者

宮内雅浩、河村玲哉、近藤剛弘

■ 番号 特開2019-218251

(出願日: 2018-6-22)

産学連携の経歴

- 1995-2006年 民間企業にて研究開発
- 2006-2011年 産業技術総合研究所にて研究開発
国際標準化事業にも従事
- 2011年- 現在 東京工業大学にて研究開発
- 2007-2012年 NEDO 光触媒プロジェクトメンバー
抗菌・抗ウイルス光触媒の実用化
- 2012-2015年 JST さきがけに採択
- 2013-2017年 JST ACT-C に採択
- 2019-2021年 JST SICORPに採択

お問い合わせ先

東京工業大学
研究・産学連携本部

TEL 03－5734－3817

FAX 03－5734－2482

e-mail sangaku@sangaku.titech.ac.jp