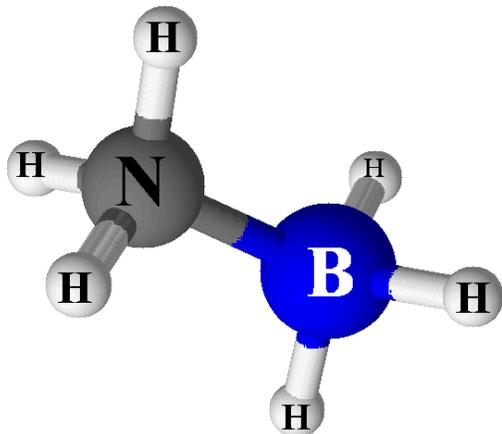


発表No.A2-13

燃料電池等利用の飛躍的拡大に向けた共通課題解決型  
産学官連携研究開発事業/  
水素利用等高度化先端技術開発/  
移動式FC用水素源アンモニアボランの社会実装に向けた  
先端技術開発



中川 鉄水

**国立大学法人琉球大学、**

ハイドロラボ株式会社、崇城大学、

I-PEX株式会社

2025年7月16日

連絡先：中川鉄水

琉球大学

tessui@sci.u-ryukyu.ac.jp

# 事業概要

## 1. 期間

開始：2020年7月

終了：2025年3月

## 2. 最終目標

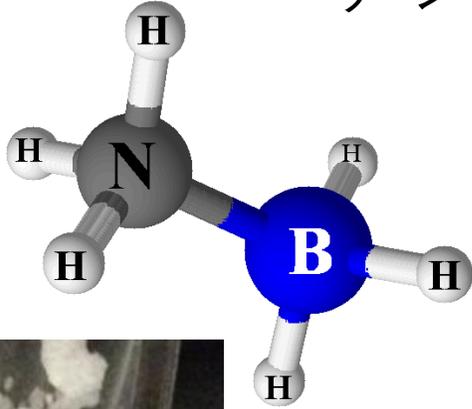
- ① アンモニアボラン合成：純度90%以上、原価10円/gで10 kg/日で生産可能なシステム確立
- ② 水素放出：水素中のNH<sub>3</sub>濃度0.1ppm以下、17 SLMを1時間安定供給可能なシステム確立
- ③ リサイクル：加水分解・熱分解共に低コストリサイクル方法の確立
- ④ 輸送：基礎物性（安全性含む）の解明、長期保存方法の確立、輸送方法開発

## 3. 成果・進捗概要

- ① 合成：新規合成法2件確立、10 kg/日で原価10円/g合成法ほぼ確立（200 g/日装置まで試作）
- ② 水素放出
  - 加水分解：ギ酸使用システム製作 → 17 SLM・1h達成、700W1h発電成功
  - 熱分解：1 hで11質量%放出成功、反応メカニズム解明（NH<sub>3</sub>濃度2900ppmまで低減）
- ③ リサイクル：加水分解・熱分解リサイクル法確立、簡易LCA計算実施
- ④ 輸送：主な基礎物性・安全性データ取得、長期保存4年以上OK、固相での輸送条件最適化済

# 1. 事業の位置付け・必要性

アンモニアボラン (AB :  $\text{NH}_3\text{BH}_3$ ) とは



- **軽い・小さい** : 高水素密度 (19.5wt%、148 kg/m<sup>3</sup>)
- **作りやすい** : 合成方法が単純 = プラント化容易
- **扱いやすい** : 空気中 (と水中) で安定、非危険物
- **簡単** : 水素放出方法が多様・簡便 (熱・加水分解)
- **(将来的に) 安い** : 1 g/円で販売可 (1万トン/年生産時)
- **多用途** : ジェット燃料、窒化ホウ素原料、還元剤、  
元素戦略 (ホウ素輸送媒体)

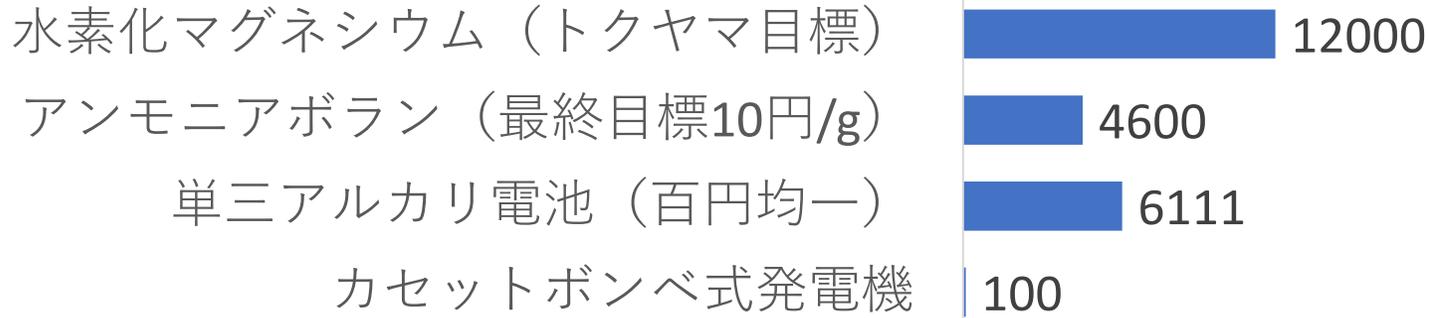
< PEFC用水素源としての課題 >

- 価格 (大量合成・水素再充填法) • 水素供給速度制御 (遅い応答速度)
- 基本情報 (安全性など) 不足 • 水素と共に不純物 ( $\text{NH}_3$ など) 放出

**課題解決・量産でマーケット拡大の可能性大**

# 1. 事業の位置付け・必要性

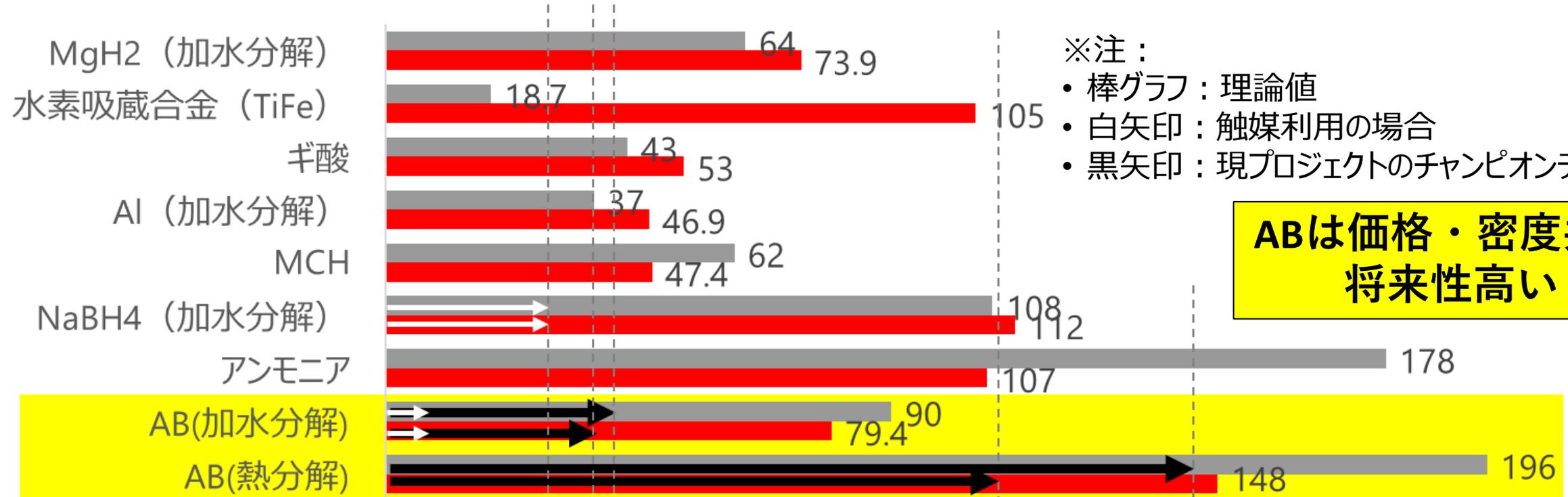
## 競合とのエネルギー単価比較 (単位: 円/kWh)



- 1 Nm<sup>3</sup>=1 kWhで計算 (やや低い見積)
- アンモニアボラン (最安) : 14万円/kW
- MgH<sub>2</sub>は現状12万円/kWhとして計算

※<https://www.at-s.com/news/article/shizuoka/1161022.html>

## 競合材料との水素密度比較 ※単位: ■重量 (gH<sub>2</sub>/kg)、■体積 (gH<sub>2</sub>/L)



※注:

- 棒グラフ: 理論値
- 白矢印: 触媒利用の場合
- 黒矢印: 現プロジェクトのチャンピオンデータ

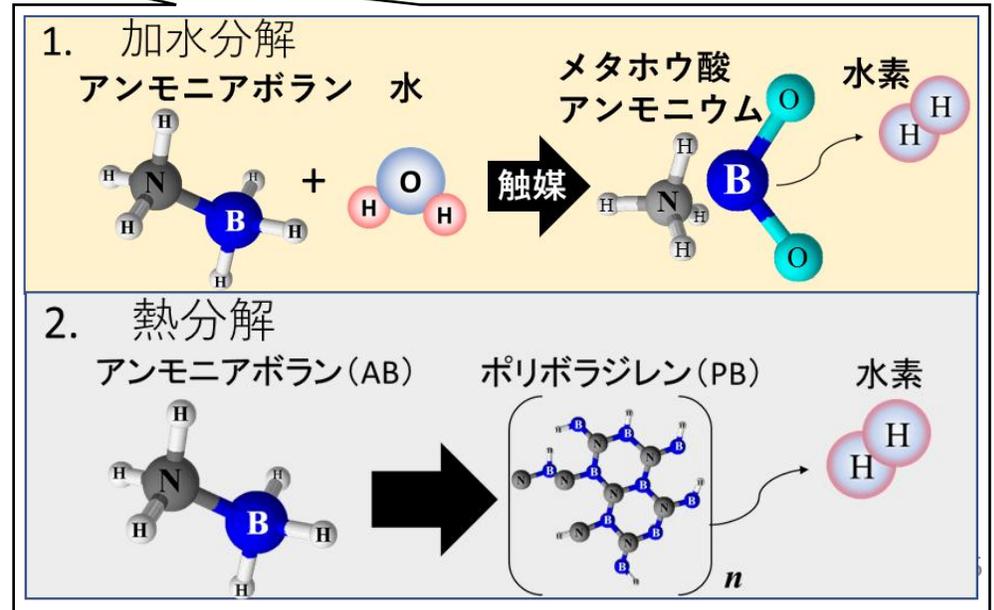
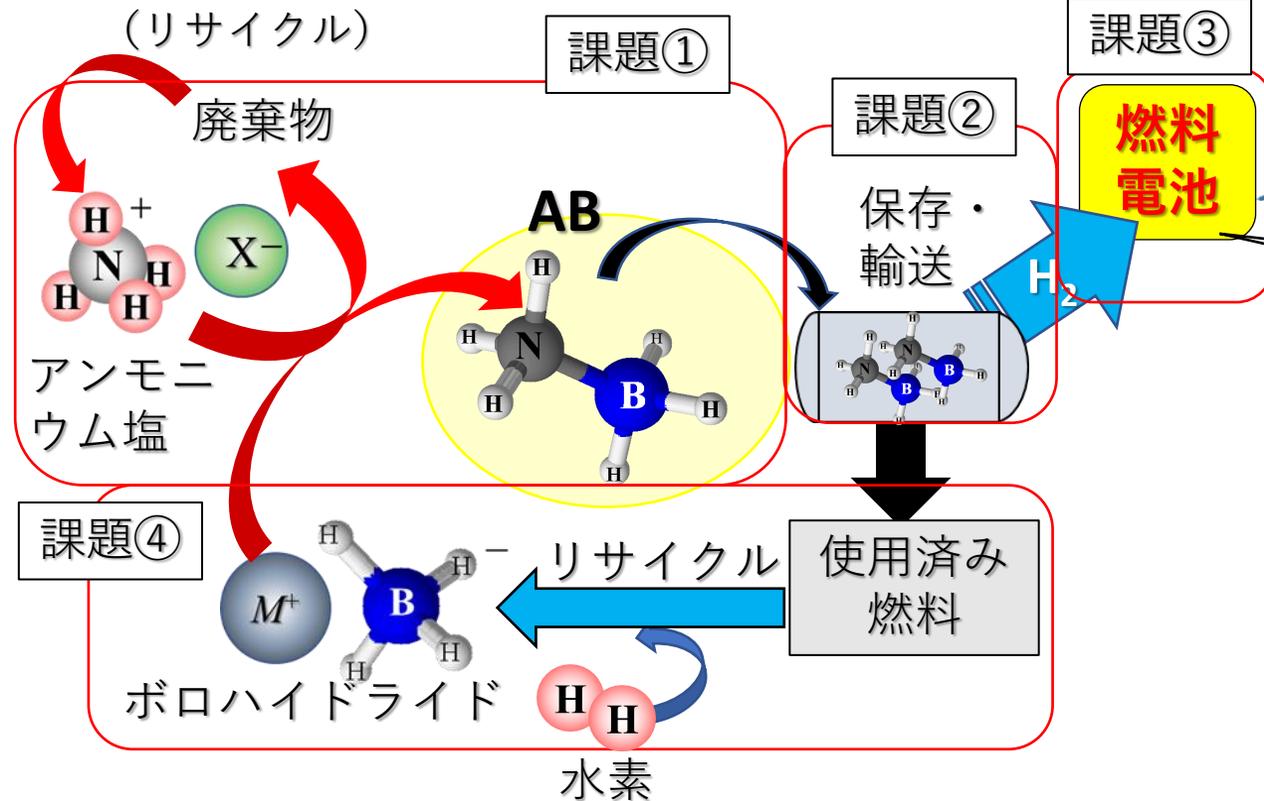
**ABは価格・密度共に  
将来性高い**

## 2. 研究開発マネジメントについて

### 目標 ABを用いた1 kW級FC用水素供給装置の要素技術確立

- ① 10 kg/日製造・原価10円/g
- ② 大量輸送容器・技術開発
- ③ 高純度水素（NH<sub>3</sub>濃度<0.1ppm）17 L/min安定供給
- ④ 低コストリサイクル技術の開発

#### 【研究開発の概要】



ABサプライチェーン構築への課題を解決

## 2. 研究開発マネジメントについて

### 本製品の利用が想定されるケース（例）

キャンプ



建設鉄工・工事現場



非常用電源



ドローン



[https://futurenavigation-teijin.com/article/sp\\_21/](https://futurenavigation-teijin.com/article/sp_21/)

屋外イベント



屋台



トンネル工事



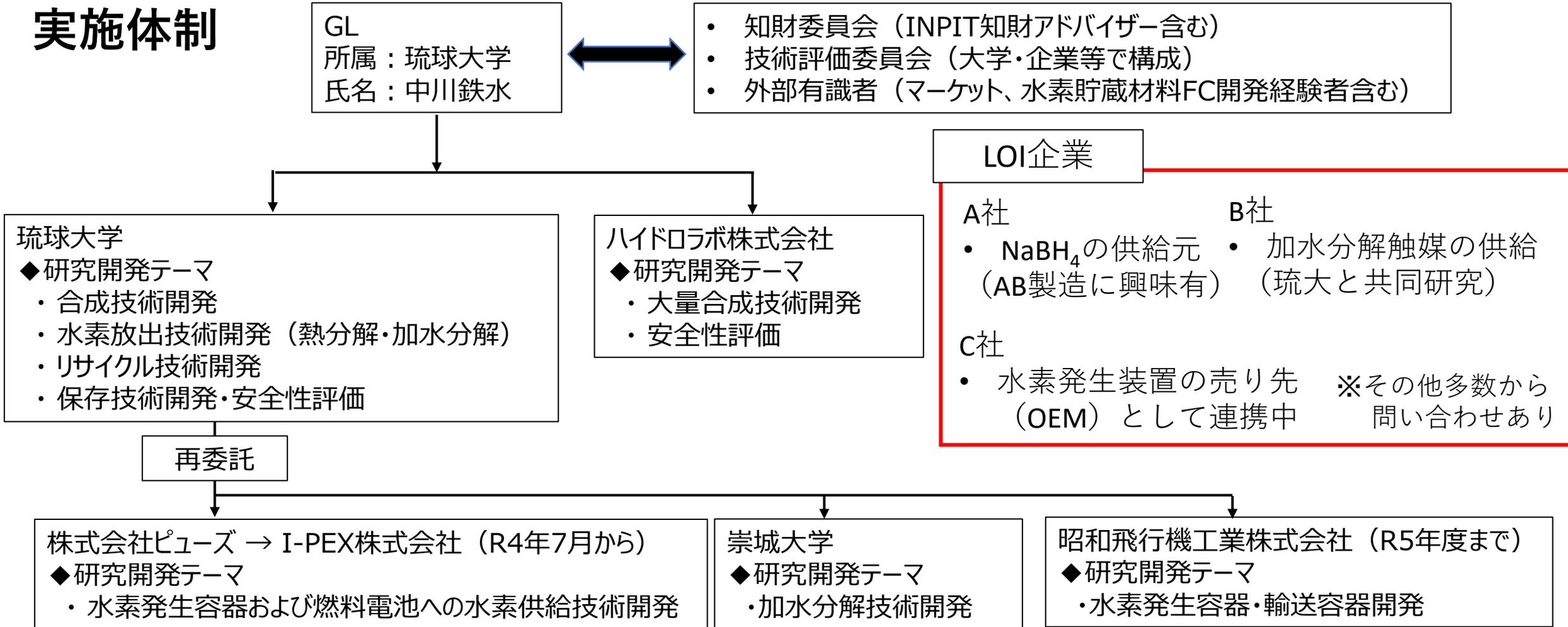
キッチンカー



高压タンクが使いづらい（高付加価値の）場所から徐々に拡大

## 2. 研究開発マネジメントについて

### 実施体制



#### <協力企業>

アイ・エレクトロライト（株）

・水素放出容器製作の助言・試作

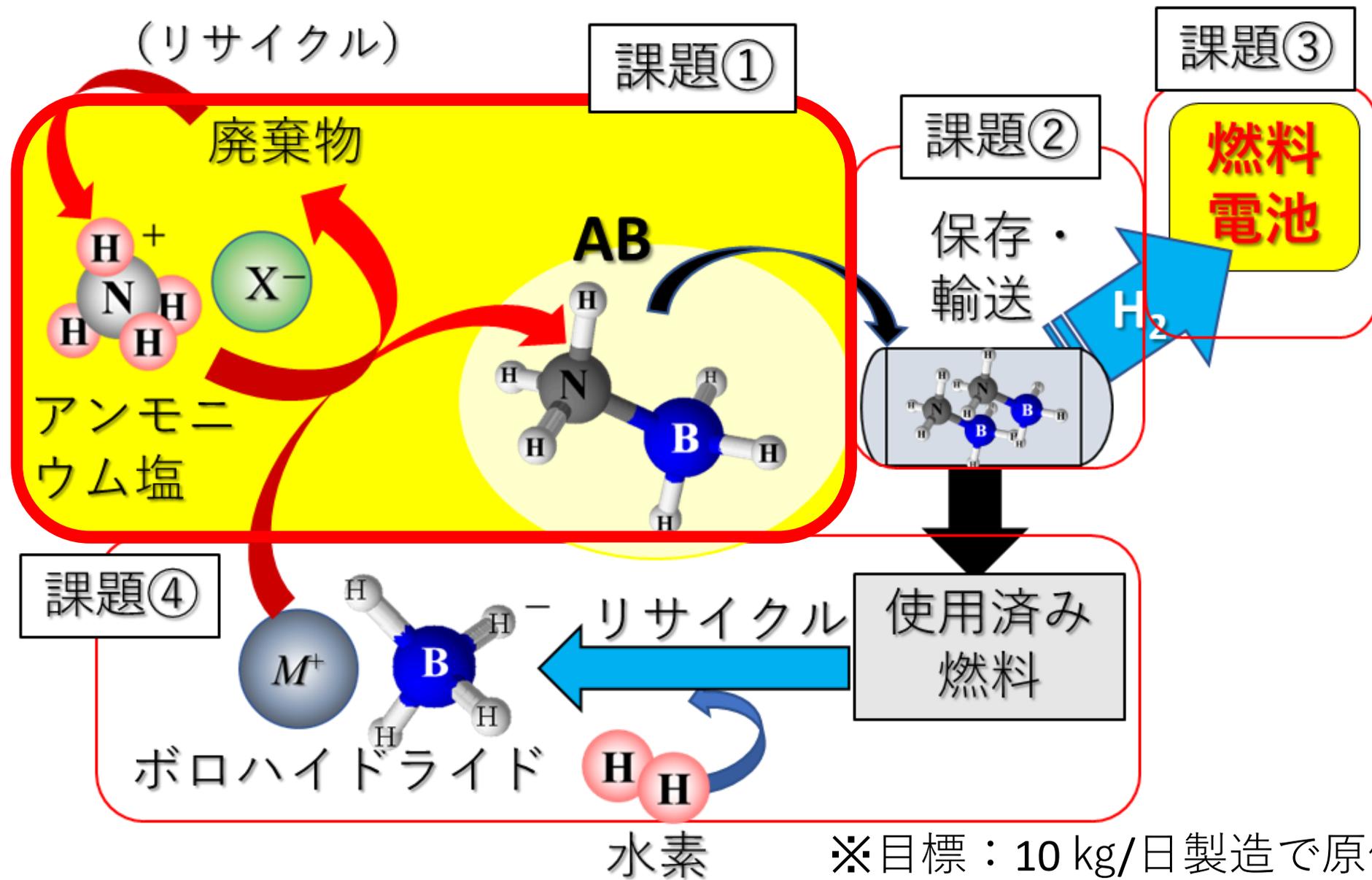
・安全性・物性評価・輸送容器開発支援

**各部門で事業化を狙う企業が参画**

※大量合成の企業は募集中

### 3. 研究開発成果について

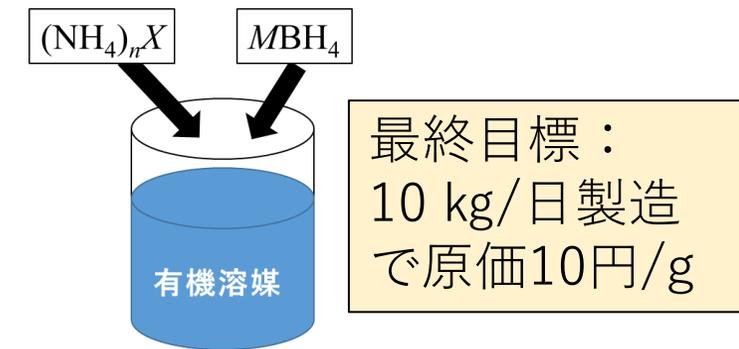
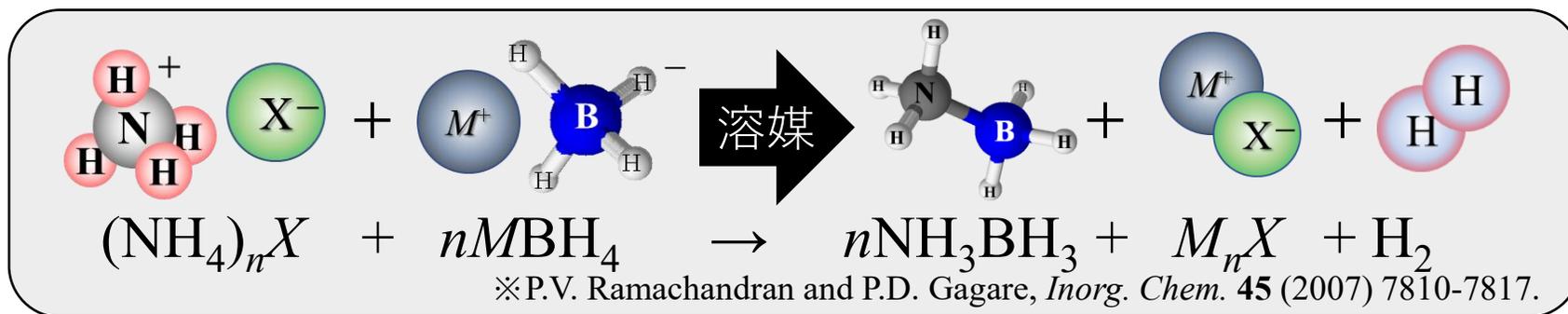
#### 【課題1】 製造



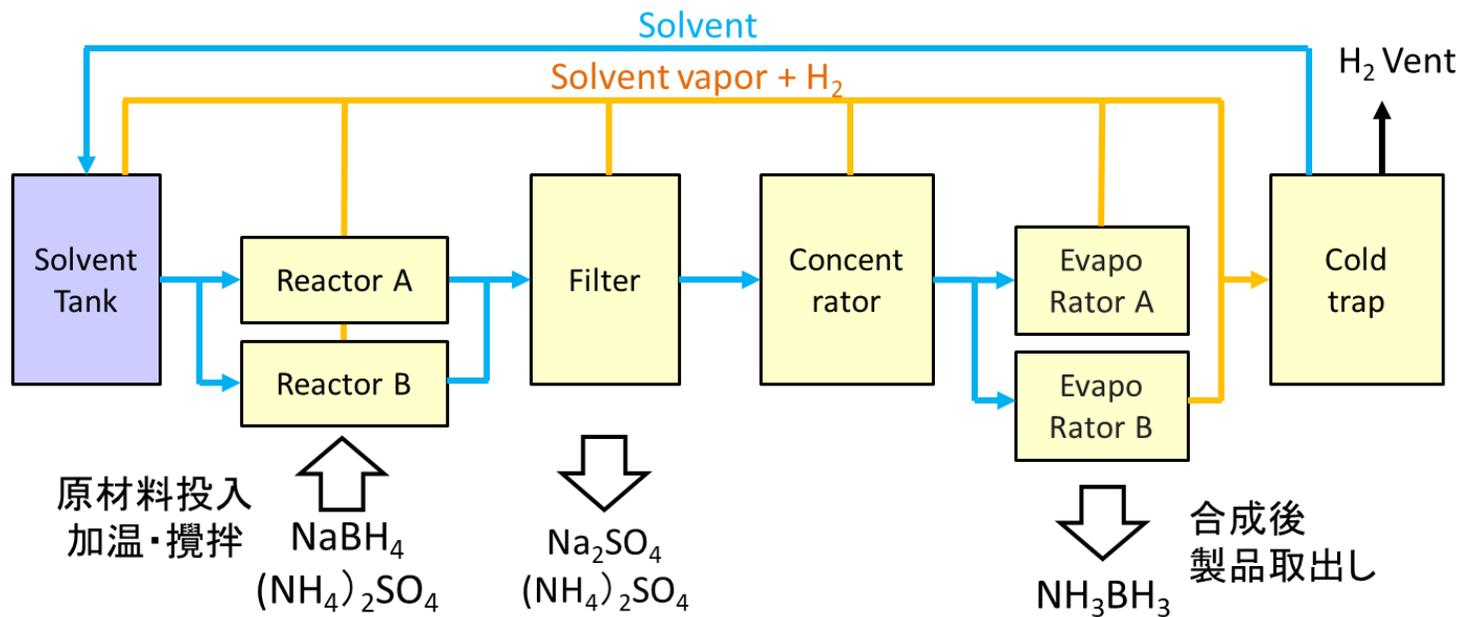
### 3. 研究開発成果について (合成)

目標：10 kg/日製造で原価10円/g

既存合成法：イオン交換反応 (アンモニウム塩 + ボロハイドライド)



◎大量合成システム開発：密閉バッチ式連続工程



AB 10 kg製造時の原価

◎SBH原価 3,000円/kg  
◎THF 繰り返し使用 (200cyc)



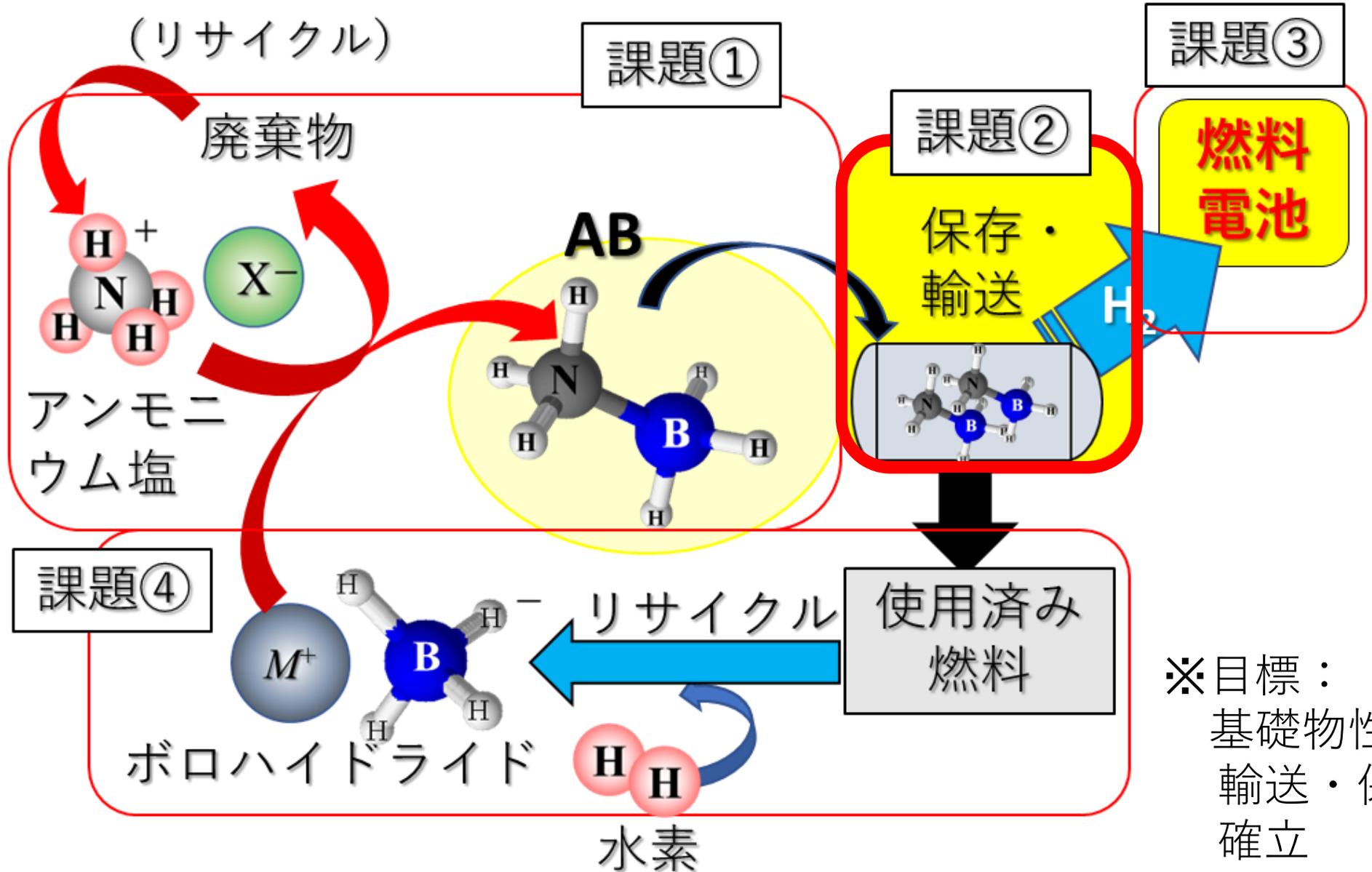
• 100 gスケール製造：純度90%以上で合成成功

• 10kg/日製造で10円/g → 自動化等改良で更に低価格下

※乾固方法に課題

### 3. 研究開発成果について

#### 【課題2】 保存・輸送



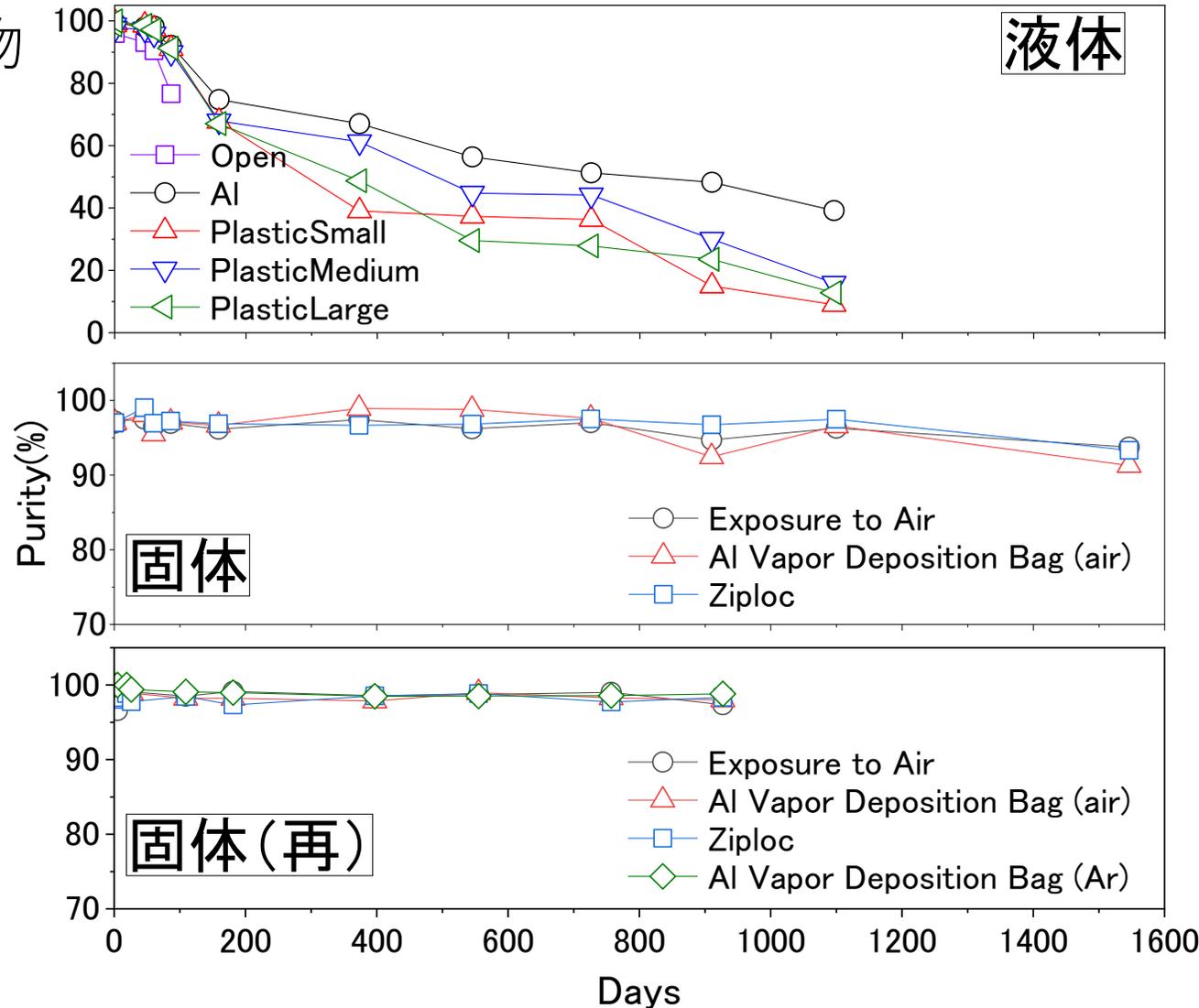
※目標：  
基礎物性解明、  
輸送・保存技術  
確立

### 3. 研究開発成果について

※目標：基礎物性解明、輸送・保存技術確立

- 安全性：
  - ✓ 可燃物（すぐ自然鎮火）・非危険物
  - ✓ 体内吸収のみ毒性有
  - ✓ 素材への腐食性ややあり
- 保存：
  - ✓ 固体：**空气中4年 > 90%維持**
  - ✓ 水溶液：1か月で劣化開始
  - ✓ 液体アンモニア中：常温8か月以上劣化無し、60 °C約3日 > 90%保持
- 基礎物性：
  - ✓ 水・有機溶媒の相図作成
  - ✓ 湿度70%から急に吸湿
- 輸送：温湿度条件決定
  - ✓ 容積絶対湿度  $\leq 4.4 \text{ g/m}^3$
  - ✓ 容器内温度  $\leq 50 \text{ }^\circ\text{C}$
  - ✓ 真夏 (<55 °C) 1週間劣化無し

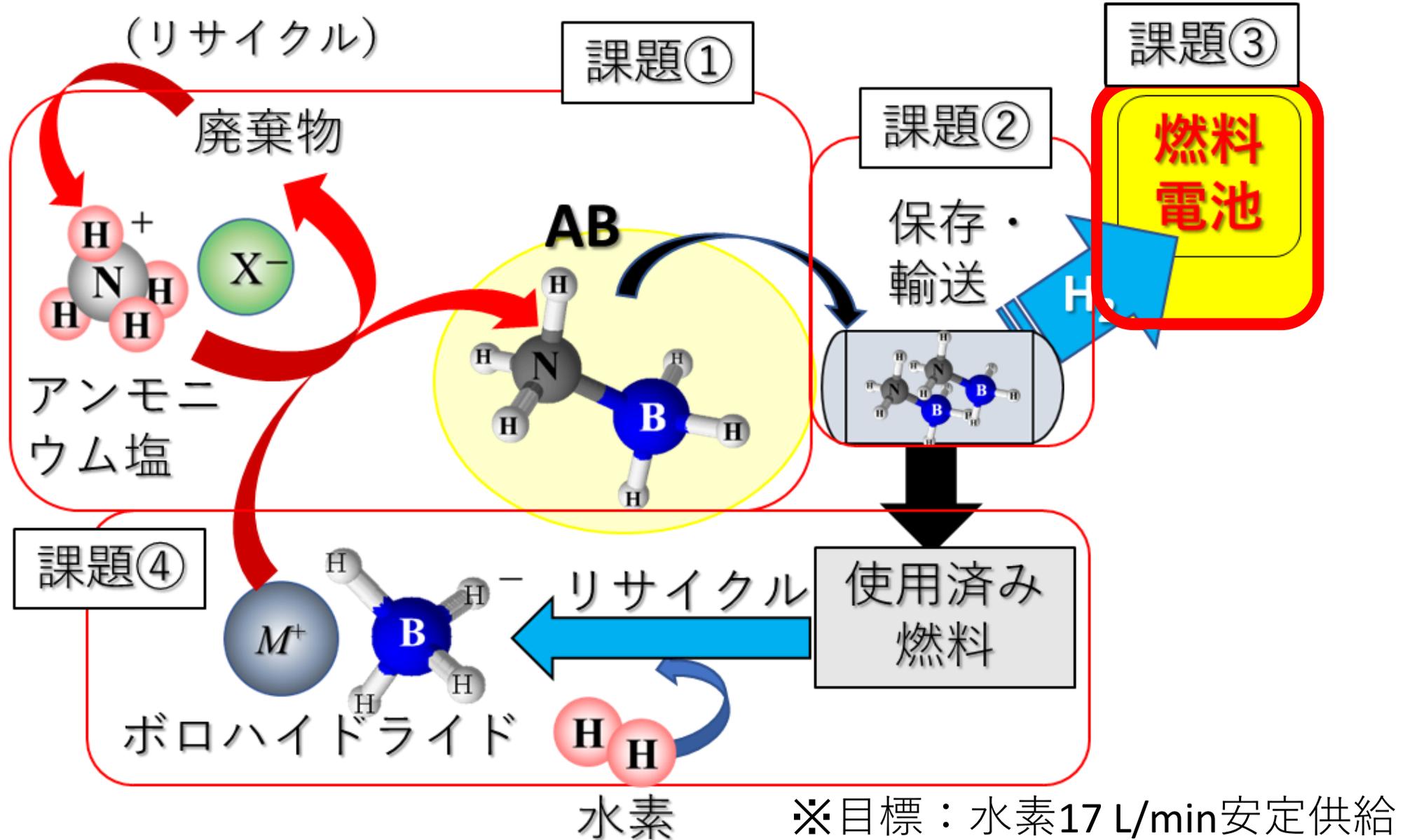
ABの保存性調査結果（固体・水溶液）



最低限の情報（輸送条件含む）を取得

### 3. 研究開発成果について

#### 【課題3】 水素放出



### 3. 研究開発成果について (熱分解)

※目標：水素17 L/min安定供給

- LiH-AB-イオン液体で60℃・1hで12質量%以上放出

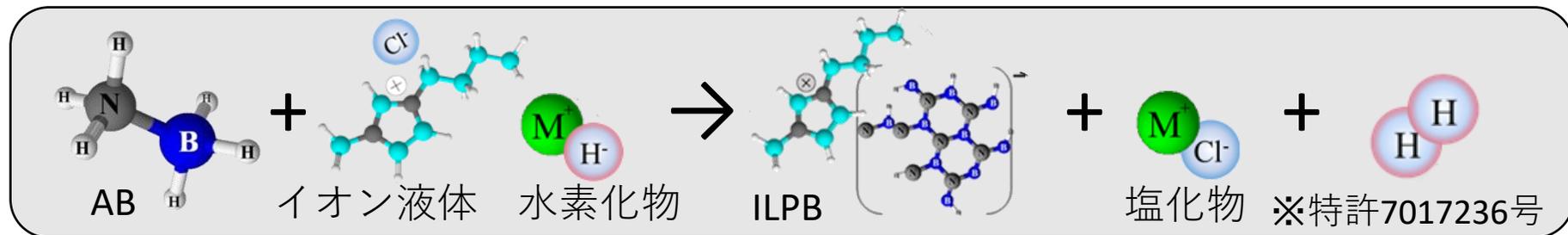
- LiHの経時劣化解決

- メカニズム：反応熱で急激に加熱 → 水素放出促進

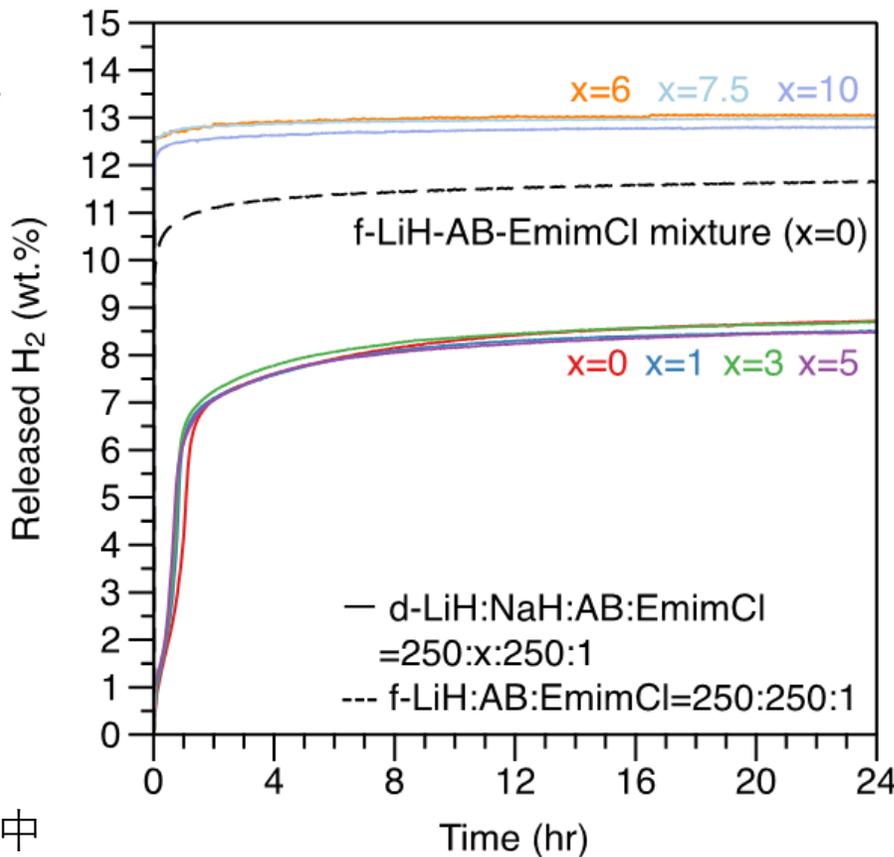
- NH<sub>3</sub>濃度低減
  - ✓ 当初：2.5%
  - ✓ 改良：0.29% (目標：<0.1ppm)

**課題残すも  
将来性高い技術**

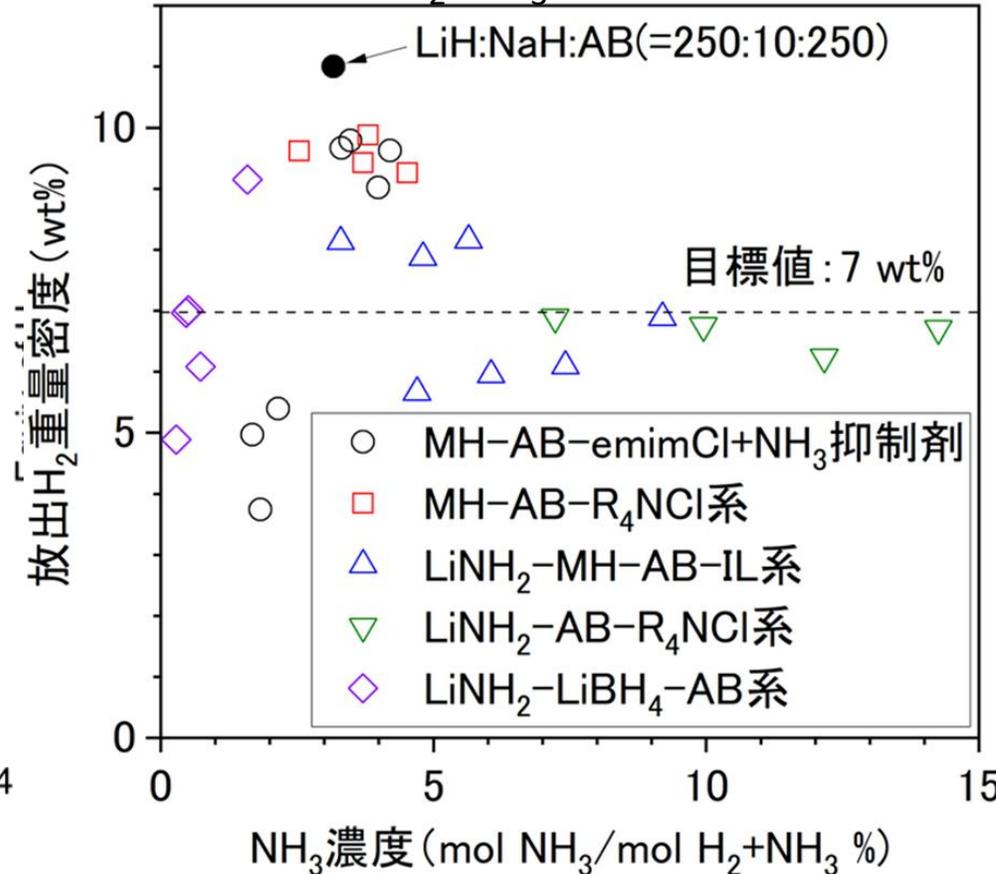
※現在も継続して研究中



LiH-NaH-AB-イオン液体 (IL) の水素放出速度



様々なMH-AB-IL熱分解のH<sub>2</sub>-NH<sub>3</sub>放出量

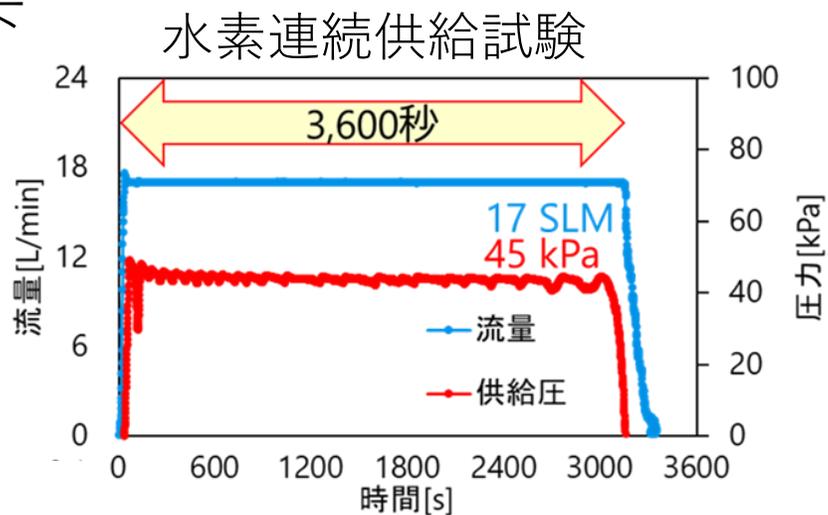
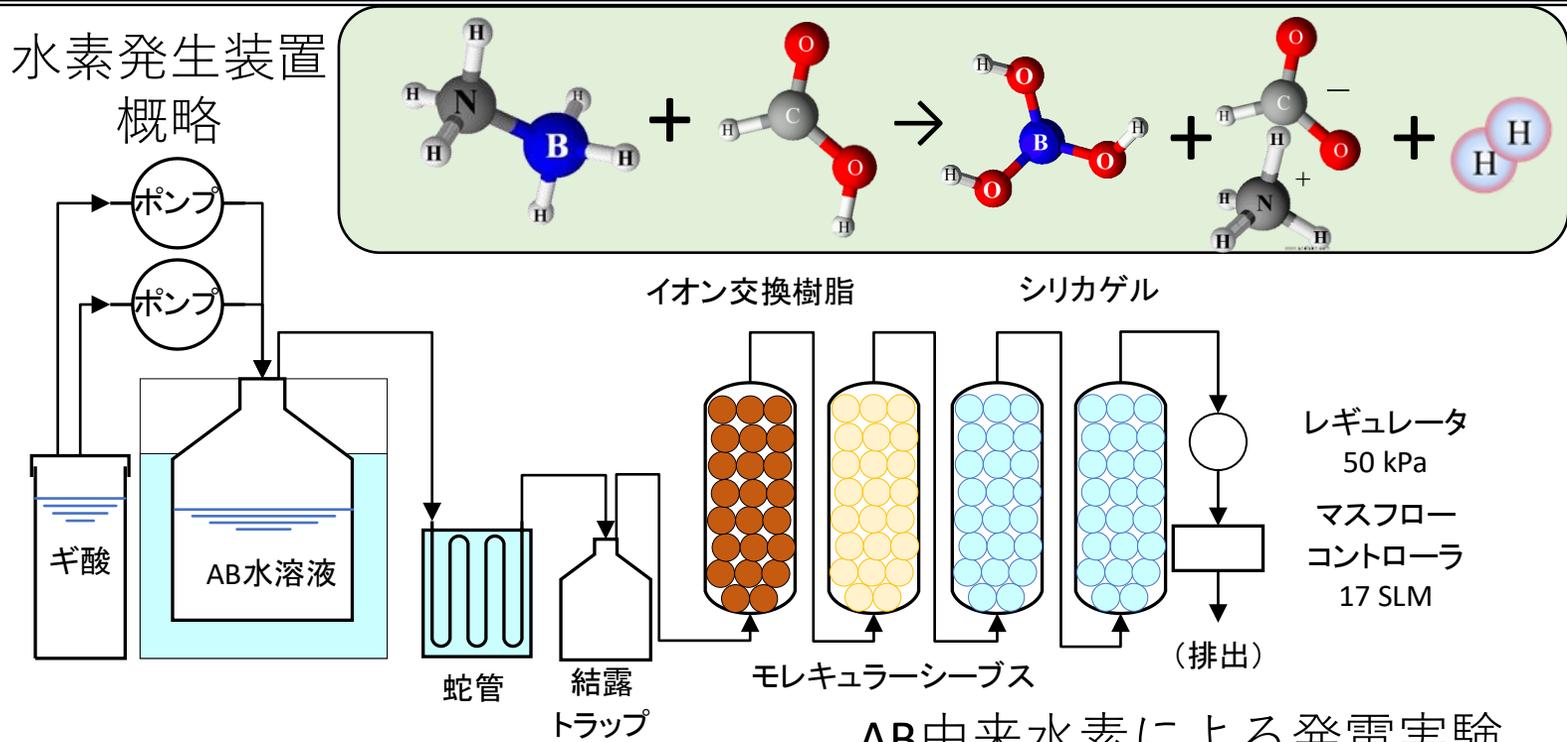


### 3. 研究開発成果について (加水分解)

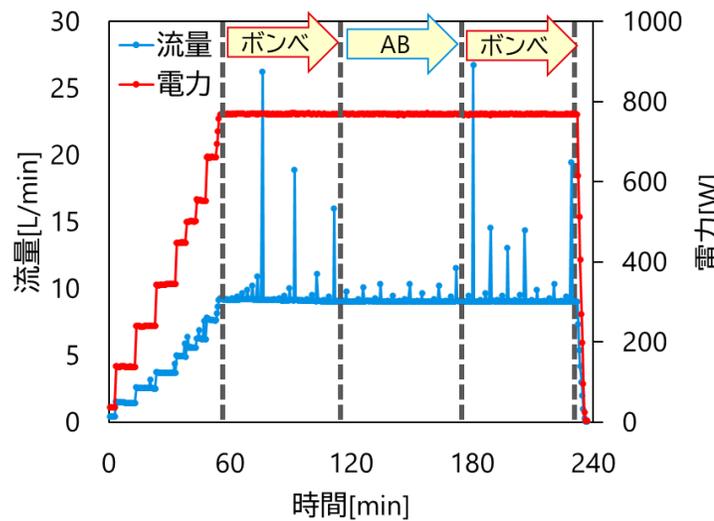
※目標：水素17 L/min安定供給

- ギ酸：1分以内に8割放出
- 最適条件：モル比1：1、AB 5 mol/L
- $\text{NH}_3$ 濃度 $\leq 2.5\text{ppm}$
- 反応後ホウ酸析出 → 再生簡単
- 目標 (17 SLM・1 h) 達成
- 700 W・1 h連続発電成功 (フィルターで $\text{NH}_3 < 0.1\text{ppm}$ )
- 課題：後半に水素発生速度低下
  - ✓ 原因：廃液の緩衝効果
  - ✓ 解決策：廃液を原液と分離し反応

実用可能レベル  
まであと少し



AB由来水素による発電実験



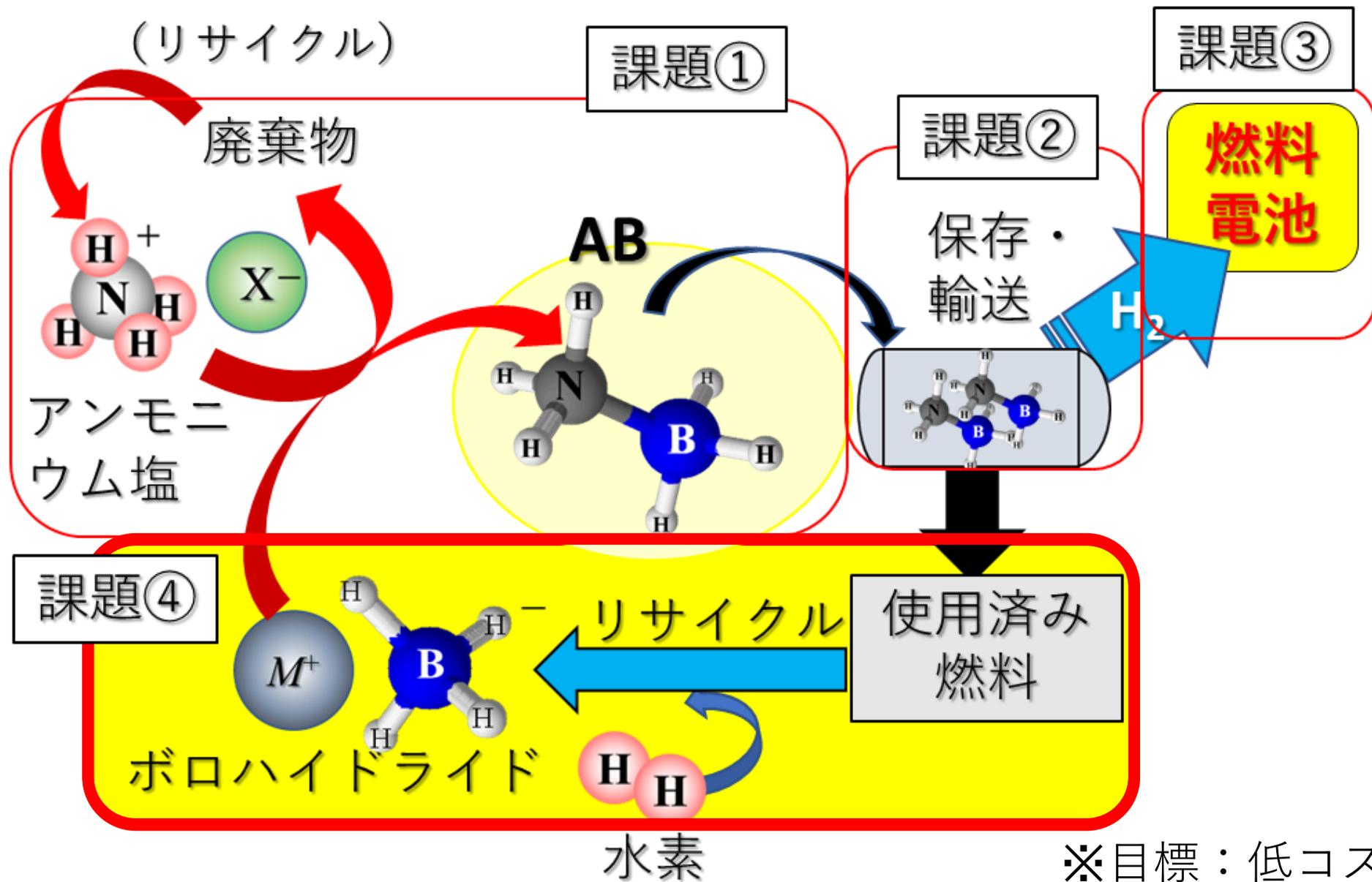
### 3. 研究開発成果について (1 kW級FC発電実験)

※目標：水素17 L/min安定供給

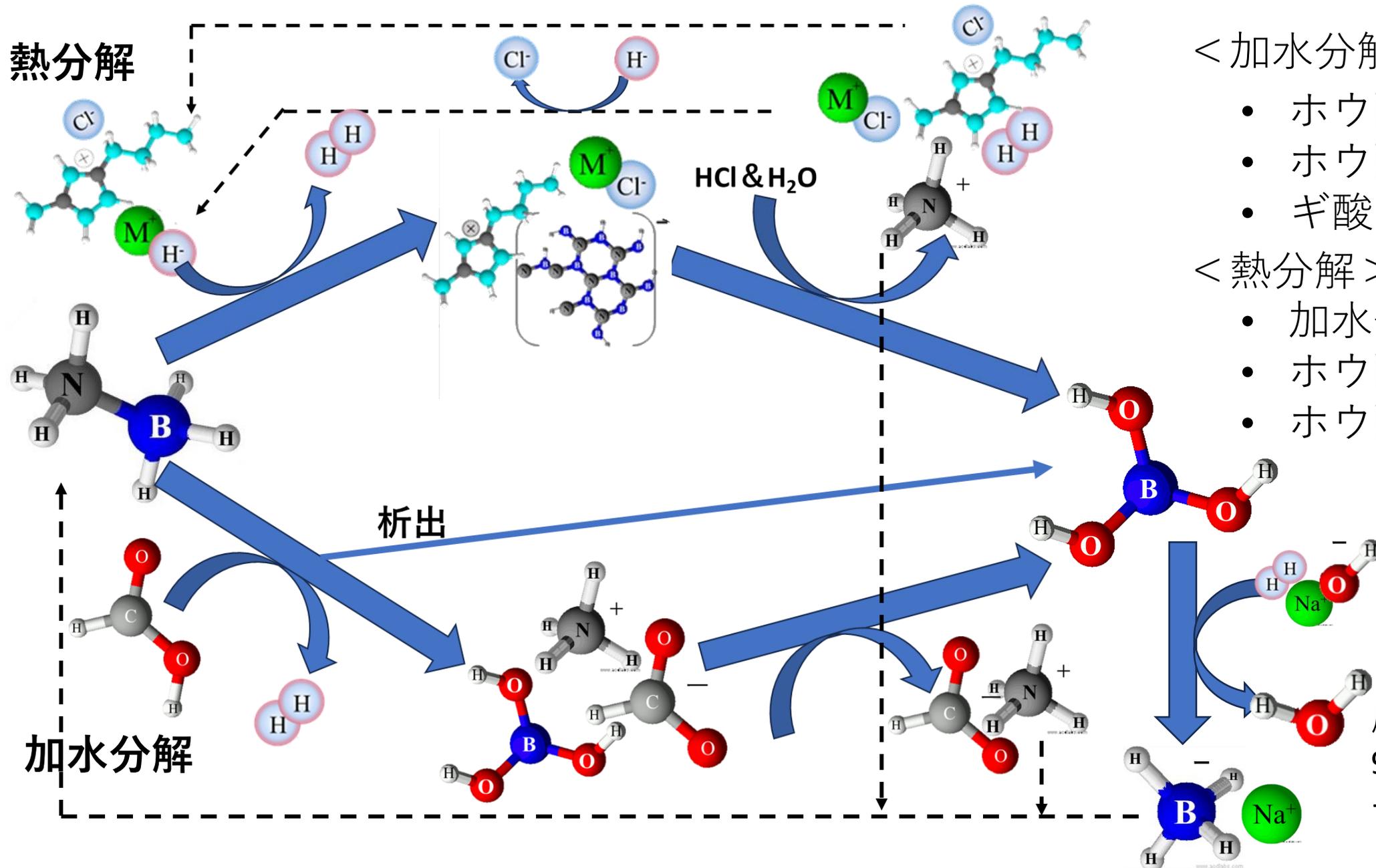


### 3. 研究開発成果について

#### 【課題4】 リサイクル



### 3. 研究開発成果について (リサイクル)



#### < 加水分解 >

- ホウ酸を分離
- ホウ酸からNaBH<sub>4</sub>へ
- ギ酸は分解or再利用

#### < 熱分解 >

- 加水分解でホウ酸へ
- ホウ酸からNaBH<sub>4</sub>へ
- ホウ酸以外も再生

**各基本技術は  
確立**

#### < LCA計算 >

原料は(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>が  
9割CO<sub>2</sub>排出  
→ 自然発生NH<sub>3</sub>回収  
or 再利用で解決

## 4. 今後の見通しについて（まとめ）

- 実用化・事業化に対する今後の課題と対応方針
  - 製造：10 kg/日で10円/gの技術確立（乾固に課題）
  - 保存・輸送：
    - ✓ 最低限の必要なデータ取得済み & 劣化しない保存条件特定（4年以上保存可）
    - ✓ 非危険物、比較的安全（毒性含む）
  - 水素放出
    - ✓ 熱分解：60 °C・1 hで12質量%達成（更なるNH<sub>3</sub>放出低減必要）
    - ✓ 加水分解：ギ酸で17 SLM・1 h & 700 W 1 h達成
  - リサイクル：ホウ酸 → NaBH<sub>4</sub> → ABのサイクル確立
- 実用化・事業化に向けた具体的な取り組み（計画や戦略等）
  - 加水分解システムをNEDO補助事業に応募
  - 連携企業（特に製造）を模索：海外も視野に入れて声掛け
  - 認知度向上・ニーズ掘り起こし：講演会・Web・メディアで啓蒙活動

**実用化へ向けて着実に前進**