

# 水素の話と トクヤマの水素利活用について

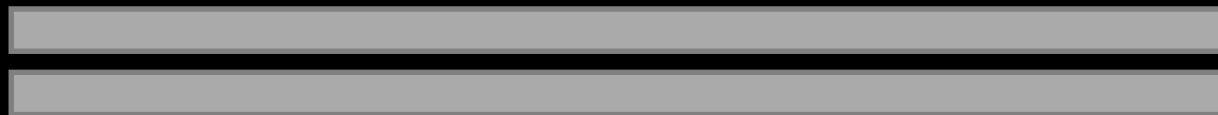
2019年10月26日  
株式会社トクヤマ  
河村浩次

## ～本日の内容～

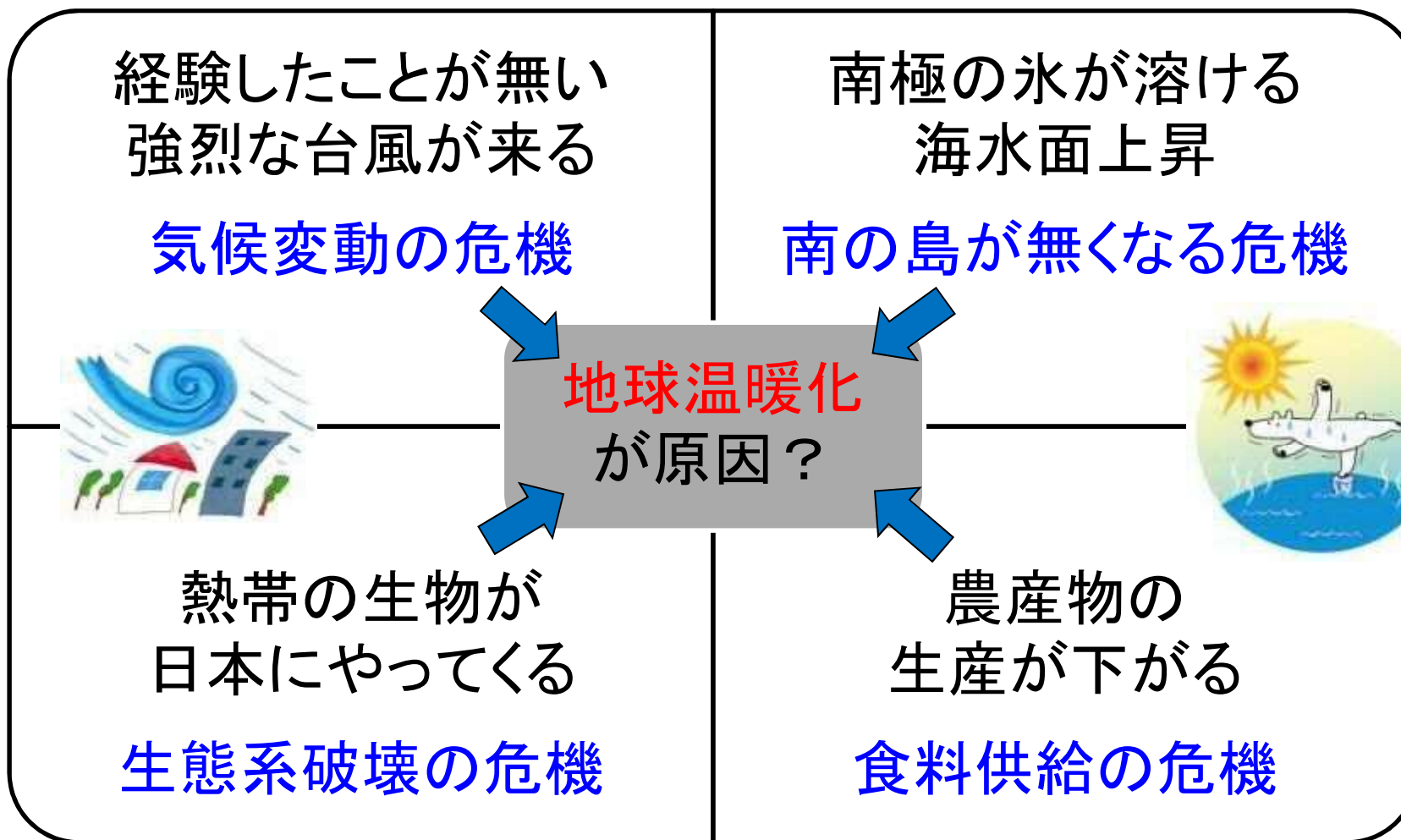
- なぜ今水素が注目されている？
- 水素ってどんなものか？
- トクヤマの水素への取り組み



なぜ今水素が  
注目されている？



# 1. なぜ今、水素が？ (1)地球温暖化？



だから、CO<sub>2</sub>を排出しない水素エネルギーを使う??  
CO<sub>2</sub>を排出しないエネルギー＝水素なのか？原発は??

# 1. なぜ今、水素が？ (1)地球温暖化？

## ◆ 地球温暖化の原因は何だ？

- 化石燃料を燃やして出る二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)が悪者だ、とする意見が大多数。
- 他にも、メタン(発酵で発生)、フロン(エアコンやスプレー)が悪者に。  
 ？→フロンはオゾン層破壊の側面もあり、大幅に対策が進んだ。

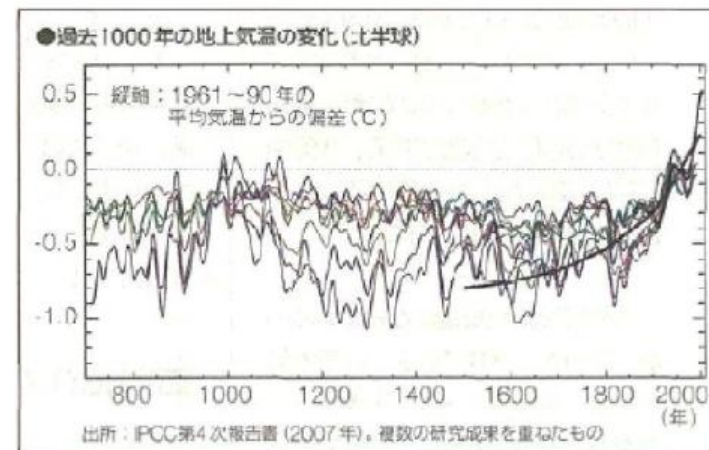
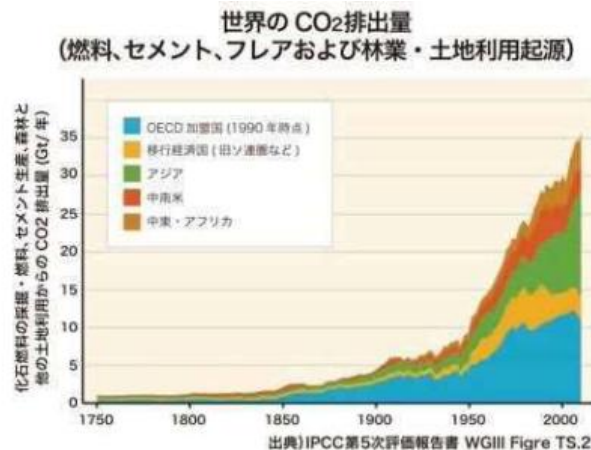
## ◆ 一方で温暖化懐疑論もある

懐疑論者の言い分(代表例)

「人類がCO<sub>2</sub>を大幅に排出するより以前から、気温は上がり始めている」

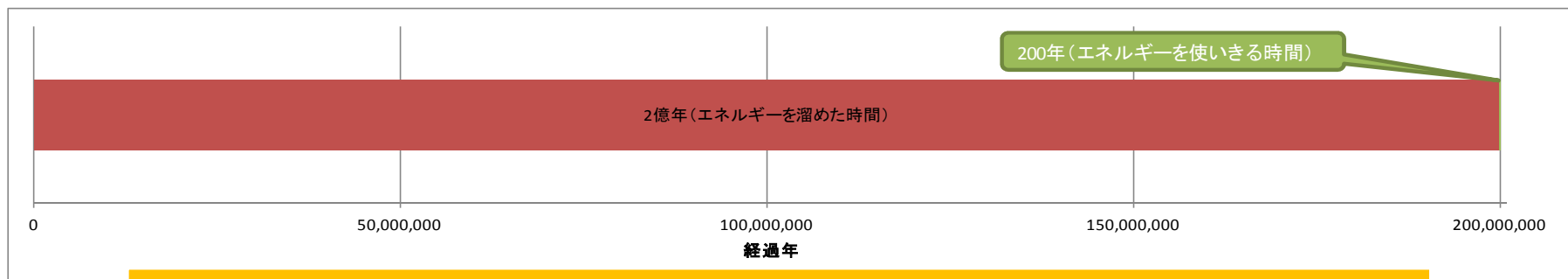
産業革命は1800年前後だが、それは西ヨーロッパのごく一部であり、CO<sub>2</sub>排出量も多くない。

気温が上がり始めたのは1800年代に入った直後。逆にCO<sub>2</sub>排出量が増え始めたのは、1850年以降。急激に増えたのは1950年以降である。



## 1. なぜ今、水素が？ (2)それは持続可能な社会か？

- ◆ もし、CO<sub>2</sub>が地球温暖化の犯人ではないなら、今行っている色々な対策は、無駄なのか？
- ◆ 仮に無駄だとして、化石燃料を燃やし続ける社会はあと何年続けられる？
  - 石油: いつ枯渇してもおかしくない  
(新油田が見つかるので、いつまでも無くならないように見えている)
  - 石炭: 100年以上はあると言われている。
  - 天然ガス: メタンハイドレートとして100年以上採掘可能と言われている
  - ウラン: 100年くらい。
- ◆ 地球の体積は有限なので、必ず枯渇する時は来るはず。  
つまり、これらの資源はいつかは無くなる。  
無くなったら他の星へ移住？ 他の星から調達？ どうやって？
- ◆ もはやCO<sub>2</sub>削減とか何が原因などと言う議論の結果を待っていたら、近い将来地球には住めなくなるかもしれない。
- ◆ エネルギーを溜めるのに2億年、使うのに200年では、持続できると思う方がおかしい。



**使い続けられるエネルギーが必要だ！**



# 1. なぜ今、水素が？ (3) そうだ、再エネを使おう！

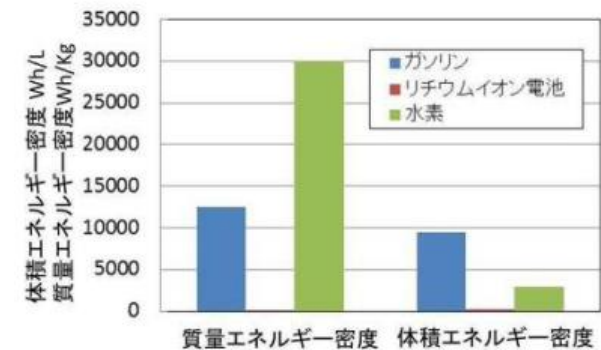
## ◆再生可能エネルギー（再エネ=電気）

- 太陽光（熱）発電、風力発電、水力発電・・・（太陽が源）
- 他に地熱発電や潮流発電も再エネ・・・（地球や月が源）

## ◆再エネ電気の特徴

- 電気としてそのまま活用できる
  - 産業で使う。家庭で使う。電気自動車で使う
- 発電量を制御できない（変動分は化石燃料の発電で制御）
- 熱に変換するとロス（損失）が大きい
- 蓄えるのが難しい
  - バッテリー（蓄電池）を使えば不可能ではないが、エネルギー密度が低いので非常に高価。
  - 超伝導バッテリーも作動させるだけで大きなエネルギー（極低温）が必要。常温超電導はまだ実用化されていない。

電池、ガソリン、水素のエネルギー密度 比較



出典：電池の情報サイト  
[http://kenkou888.com/category18/enedensity\\_lib\\_gas.html](http://kenkou888.com/category18/enedensity_lib_gas.html)

再エネ電気は色々な仮題を抱えている  
今は化石燃料がこれを解決している・・・

# 1. なぜ今、水素が？ (4)再エネの課題を水素で解決

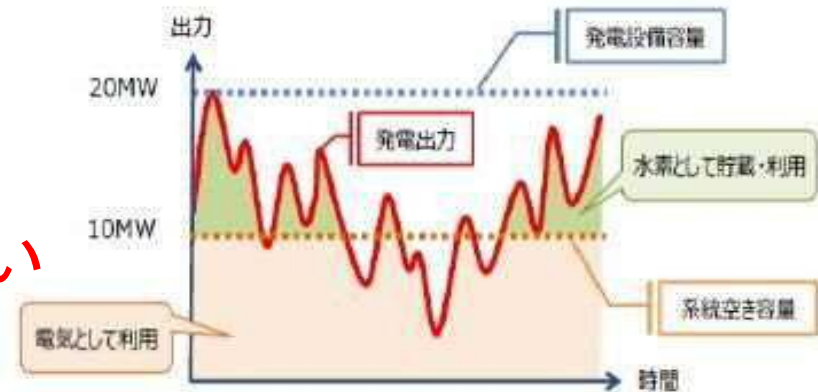
◆ 再エネ電気は人間が発電量を制御できない

◆ 蓄えるのが難しい?→水素で解決

- 余分な発電電力を水素にして貯蔵(水電解)
- 水素は遠くに運んでも劣化しない
- 圧縮or液化すればコンパクトに貯蔵可能
- 再エネ発電が少ない時は、水素?→電気に変換(燃料電池)して使う

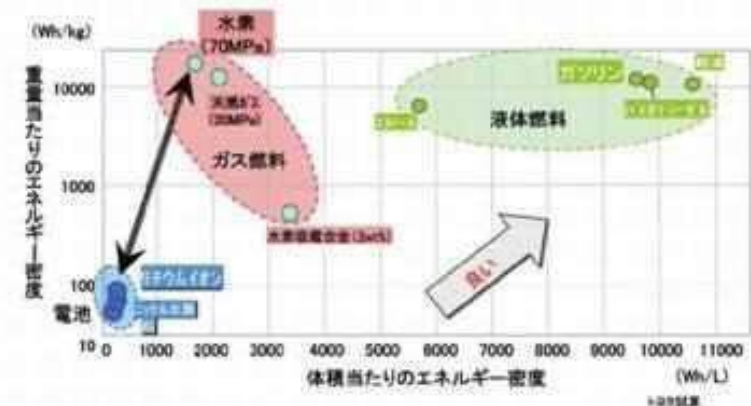
◆ 電気は熱に変換するとロス(損失)が大きい

- ◆ 水素は燃やすと、2,500~3,000°C くらいの炎になる
- ◆ 水素とCO<sub>2</sub>を反応させてメタン(天然ガス=燃料)を作る技術は既に存在する。



[出典] 資源エネルギー庁作成

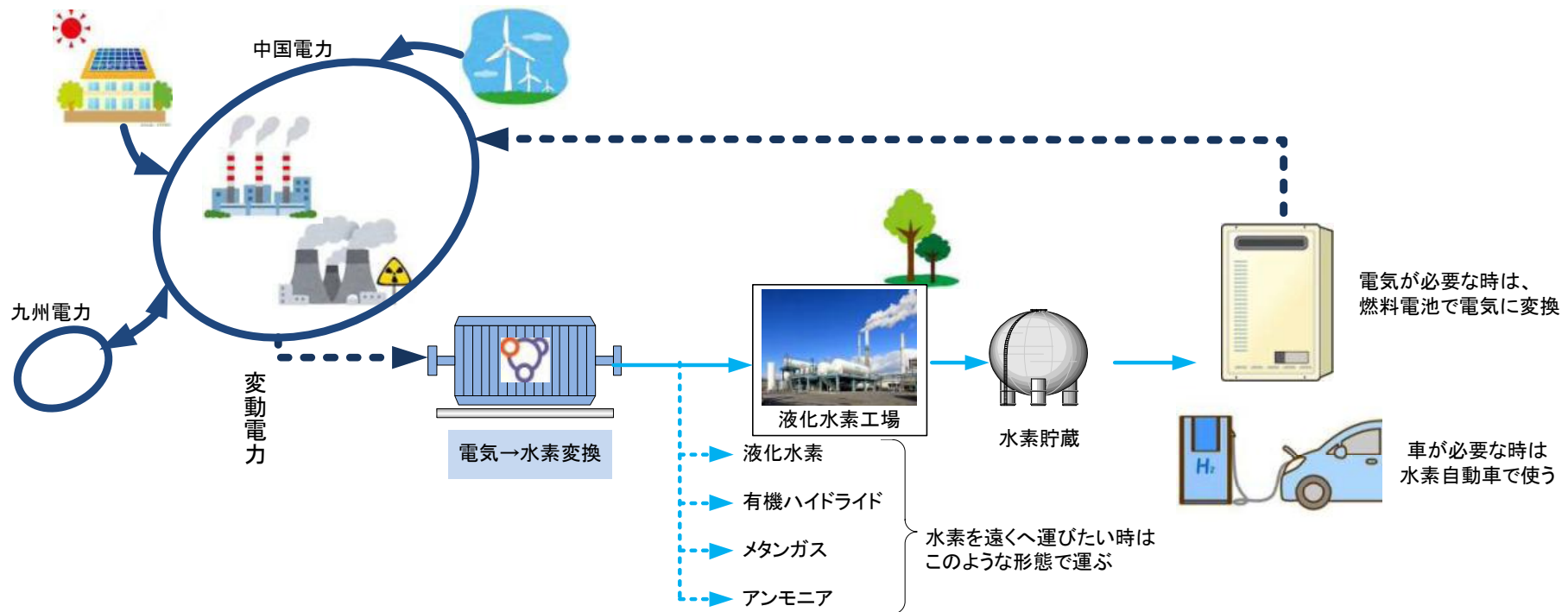
エネルギー密度の比較



水素は、再エネを色々なエネルギーの形に変換できる能力を持っている



# 1. なぜ今、水素が？ (4)再エネの課題を水素で解決

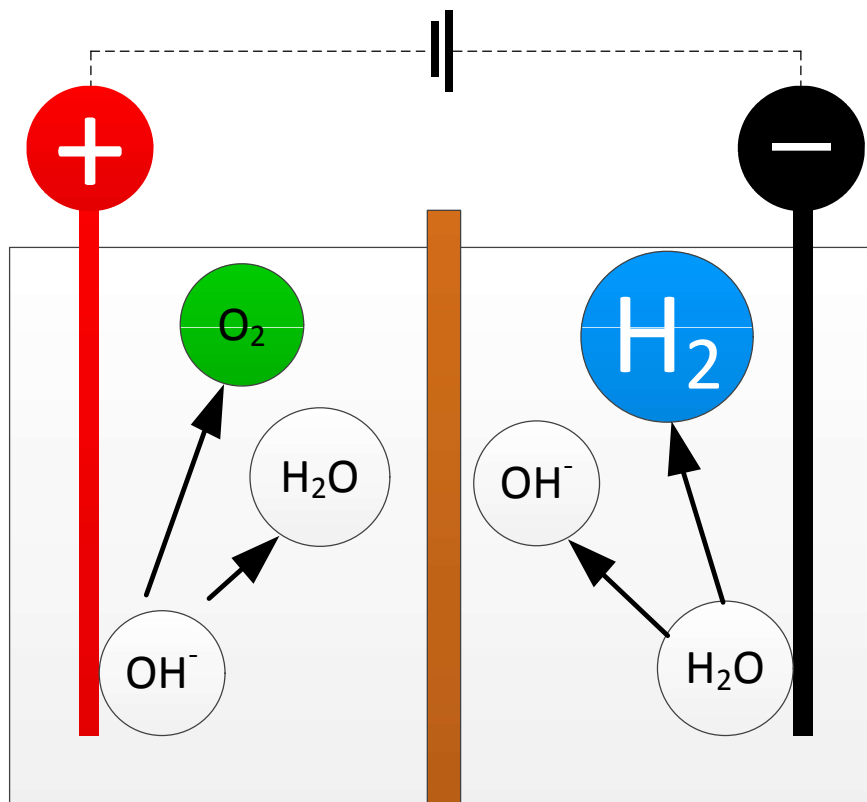


- ◆変動が大きくて使えない**電気を水素に変換**(再エネの発電量が多くなると、変動が大きくて使えない電気が多くなる)
- ◆水素は貯めることが可能(**水素貯蔵**)
- ◆水素はそのまま車で使っても良いし、必要なら**電気に戻す**ことができる。

# 1. なぜ今、水素が？ (4)再エネの課題を水素で解決

## ◆ 再エネ電気から水素を作るには？

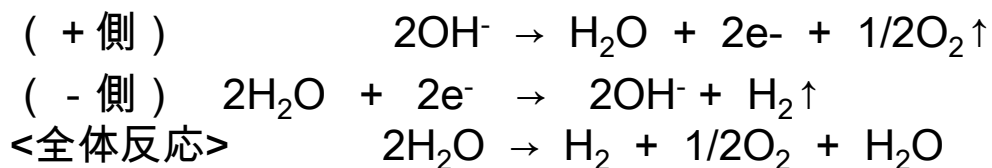
- 水を使った電気分解反応により作ります
- 反応そのものはとても簡単で、小学生でも実験できます。
- 燃料電池も簡単。水素をつくる反対の事をするだけ！



実験映像

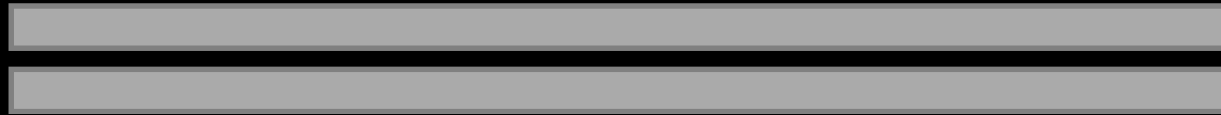
水素は簡単に作ることができる！

燃料電池の実験





水素って  
どんなもの？



## 2. 水素ってどんなもの？(1)基本的な疑問

- ◆ 無色透明・臭いも毒性も無い・・・のが「水素」
- ◆ この世で一番軽く、一番小さい物質  
(原子番号1番。空気の1/14の軽さ！)
- ◆ この世で一番燃えやすい物質  
(だからロケットエンジンの燃料に使われる)
- ◆ この世で一番拡散しやすい物質  
(大気に放出された水素は拡散し続け宇宙まで拡散)
- ◆ 人の手で比較的簡単に作ることができる物質  
(再エネから作ればエネルギー自給率アップ)
- ◆ 電気に変換することが簡単な物質  
(これが燃料電池！排出するのはH<sub>2</sub>Oだけ！！)
- ◆ 熱に変換することが簡単な物質  
(燃やせばOK！排出するのはH<sub>2</sub>Oだけ！！)
- ◆ 貯める事はできるけど、大量に貯める事が難しい物質  
(実は今、世界中で研究が進められている分野)

実験映像

水素は軽い！  
良く燃える！



1 Å = 0.0000001mm

日本のエネルギー自給率4%  
約20兆円の富の流出  
(国民一人当たり15万円)

出てきたH<sub>2</sub>Oは、再び水素に

## 2. 水素ってどんなもの？(2)水素は安全か？

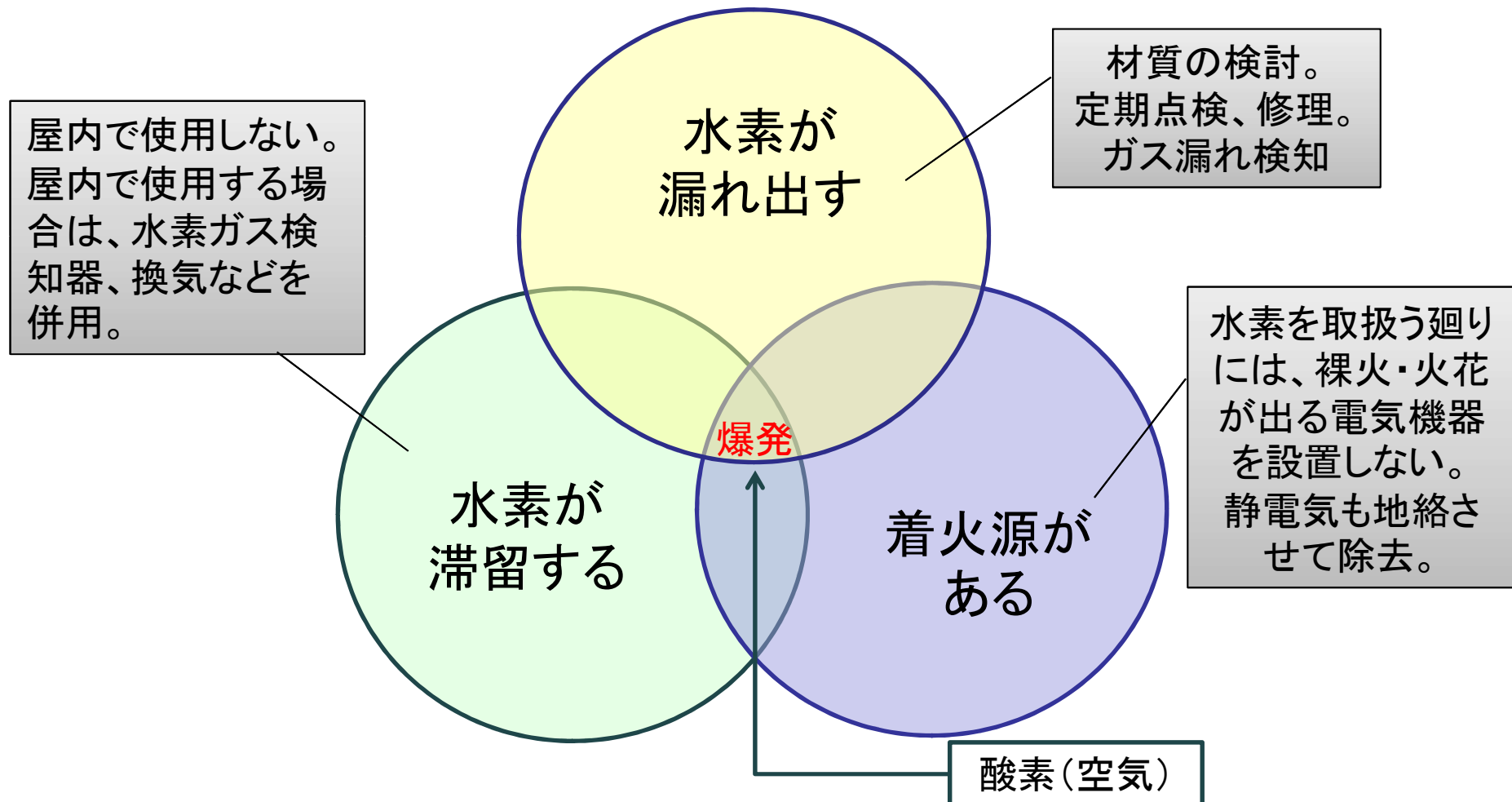
- ◆水素は安全？そんな事は絶対ない！  
ガソリン、LPガスと同じくらい危険な物質。
- ◆ただし、どんなもの(物質)でも、その性質を理解し、使い方を知っていればリスク(危険性)は低くできる。
- ◆「全ての物質は有害である。有害でない使い方があるだけだ」(16世紀 スイスの医師であり錬金術師である パラケルススの言葉)
  - お酒:少量なら安全。大量に飲むと色々な病気の原因に。
  - 水:少量なら必要。大量なら水害や病気の元に。
  - 電子レンジ:食品を温めるなら安全。生物を入れると危険。
- ◆安全とは「許容できるリスク」と言い換える事ができる。つまり、「水素は許容できるリスクだ」と言えるまで使い方を良く考える事が重要である。

「安全」は、「使い方次第」ということ

## 2. 水素ってどんなもの？(2)水素は安全か？

### ◆リスク(危険性)をどうやって下げるか

- 水素が爆発するためには、下記の3つの条件を揃える事が絶対に必要(燃烧だけなら「滞留」は必要ない)

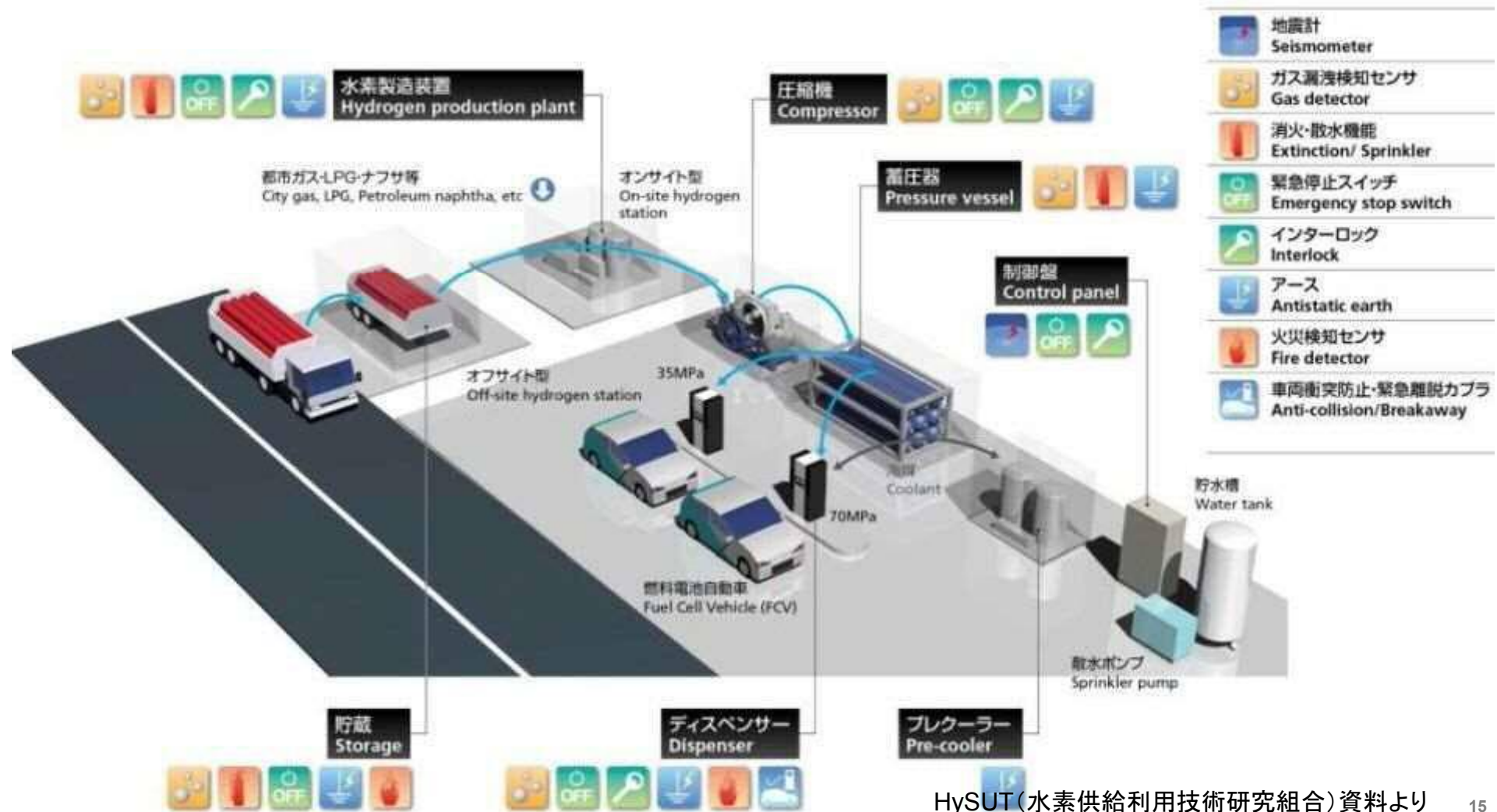




## 2. 水素ってどんなもの？(3)水素はどこで売ってる？

### ◆ 水素ステーションの安全対策(危険低減対策)

- 現在考えられる様々な安全対策を講じている。  
水素に人類が知らない隠れた性質があれば、今の安全対策ではダメかもしれないが、その可能性は極めて低い。



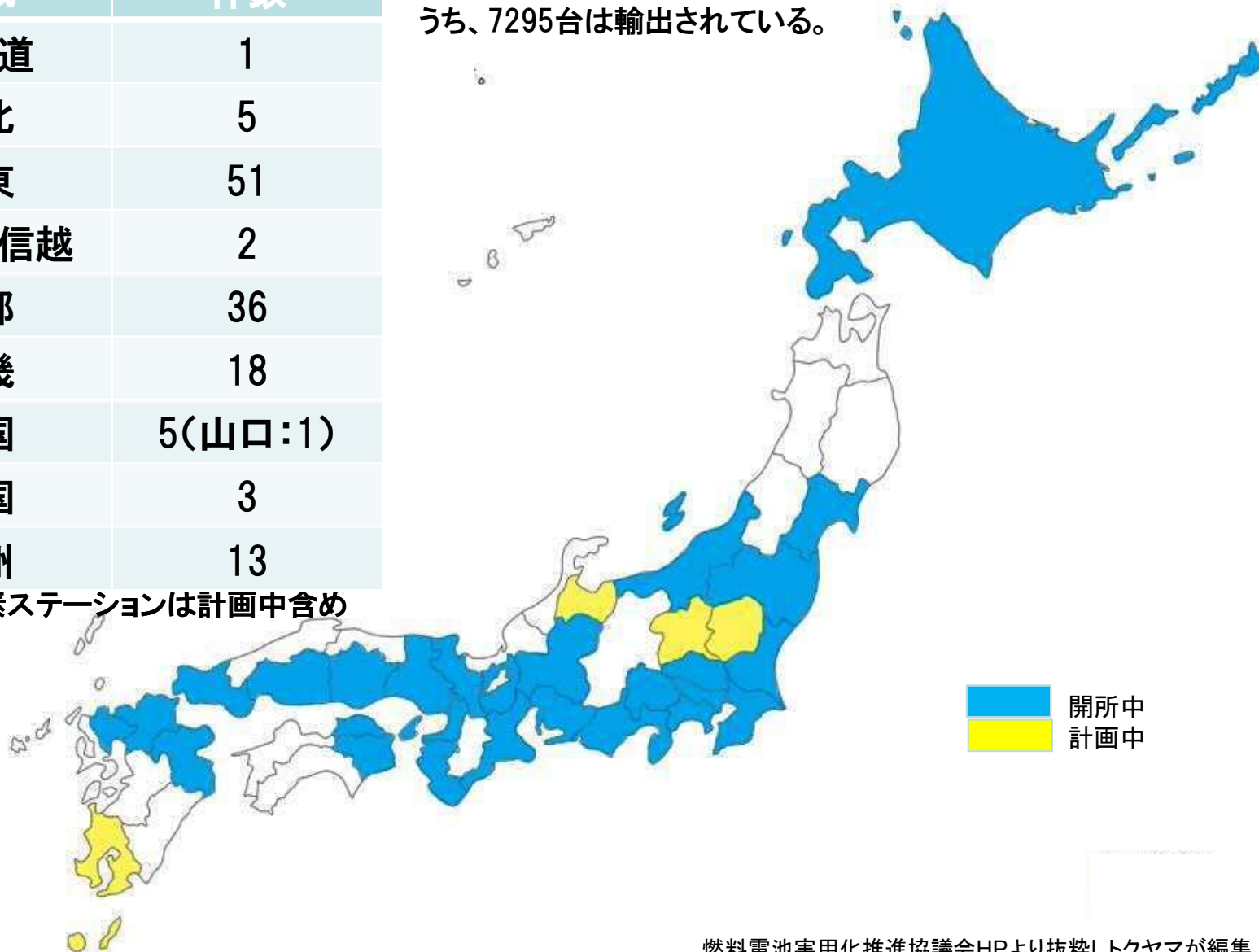
## 2. 水素ってどんなもの？(3)水素はどこで売ってる？

地域	件数
北海道	1
東北	5
関東	51
北陸甲信越	2
中部	36
近畿	18
中国	5(山口:1)
四国	3
九州	13

全国の水素ステーションは計画中含めて134箇所

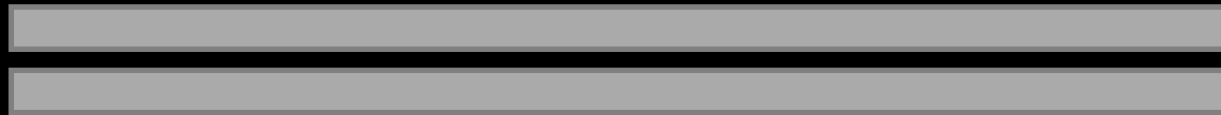
MIRAIの累計生産台数10,554台(2019年8月末)  
うち、7295台は輸出されている。

2019年8月時点



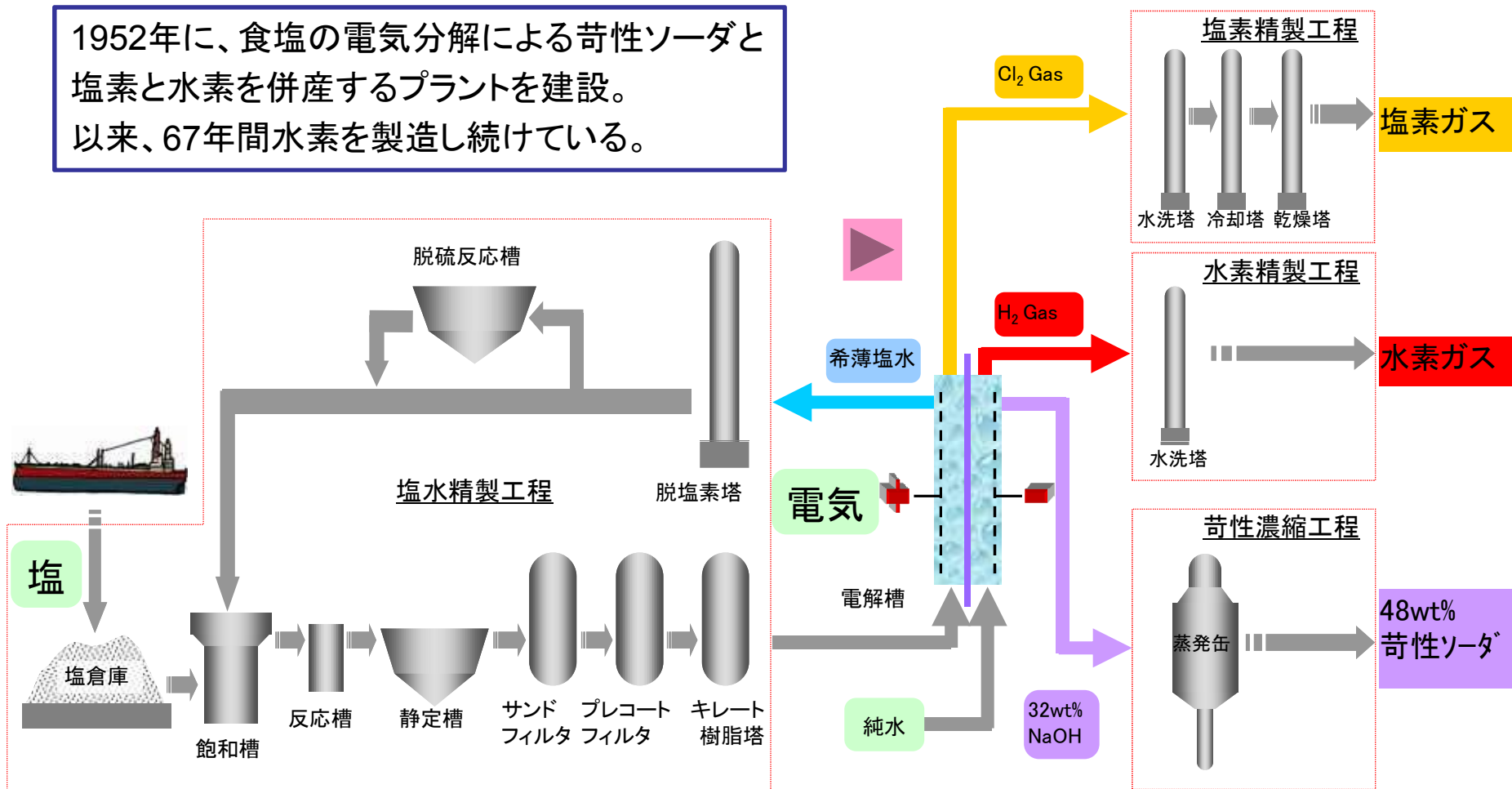


# トクヤマの 水素への取り組み



### 3. トクヤマの水素への取り組み(1)食塩電解の紹介

1952年に、食塩の電気分解による苛性ソーダと塩素と水素を併産するプラントを建設。以来、67年間水素を製造し続けている。



水素生産量: 18,000Nm<sup>3</sup>/h  
13,000t/年



### 3. トクヤマの水素への取り組み(3)水素事業 水素製造装置開発



ラボ装置



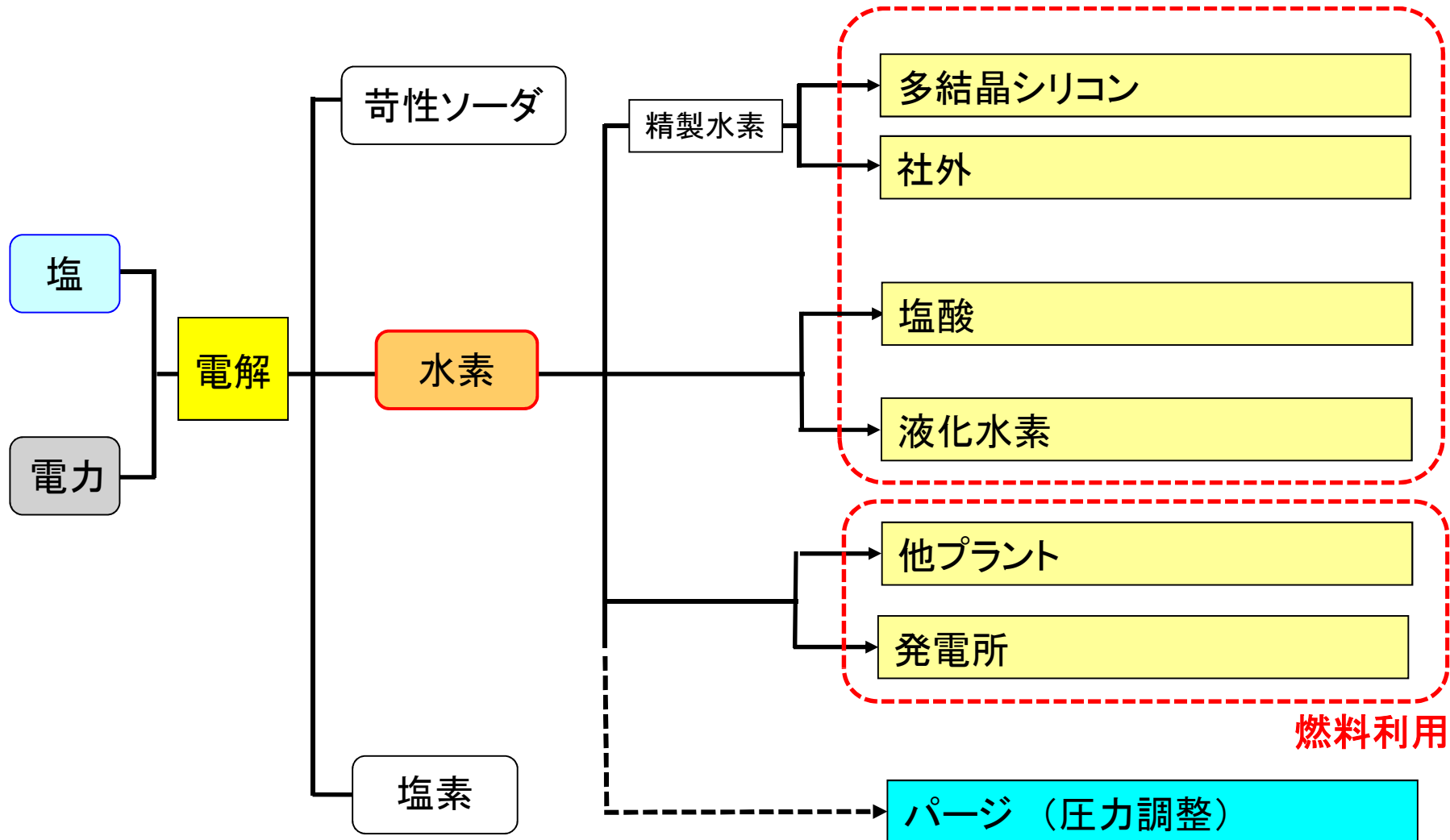
パイロットプラント設備



再エネ対応オンサイト型  
水素製造システム

## 未利用水素は何故発生するのか

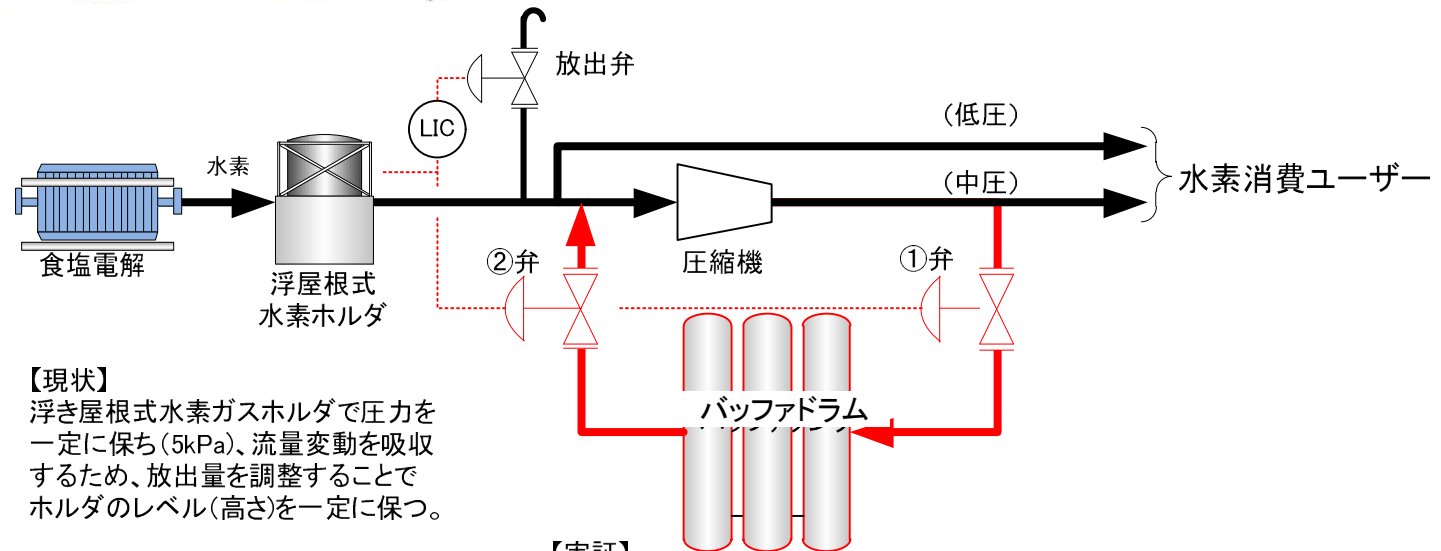
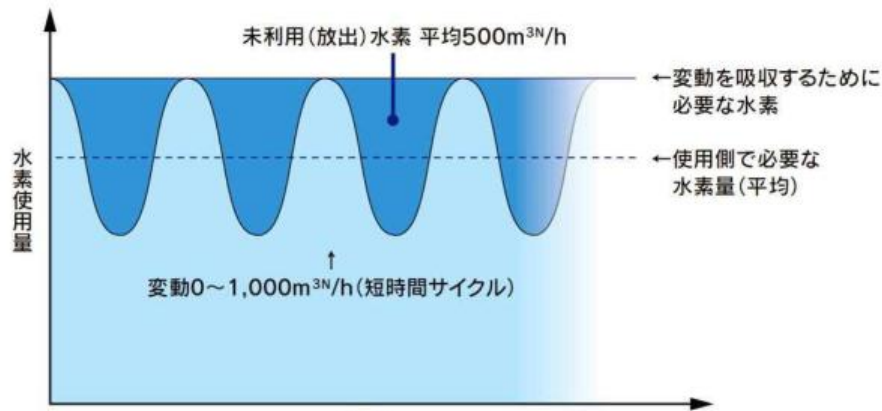
- ◆副生水素は需給バランス調整が困難。
- ◆なので、調整のためのパージ(大気放出)が必要?→未利用水素の発生 **原料利用**





## 未利用水素の回収方法

- 本事業の起点は、未利用水素を回収するシステムを構築すること。
- これがないと、すべてが始まらない。



**【現状】**  
 浮き屋根式水素ガスホルダで圧力を一定に保ち(5kPa)、流量変動を吸収するため、放出量を調整することでホルダのレベル(高さ)を一定に保つ。

**【実証】**  
 水素ホルダレベルが下がれば(水素不足)、②弁を開いて水素を供給。  
 水素ホルダレベルが上がれば(水素過剰)、①弁を開いてバッファドラムへ回収。

### 3. トクヤマの水素への取り組み(4)水素事業 環境省委託事業

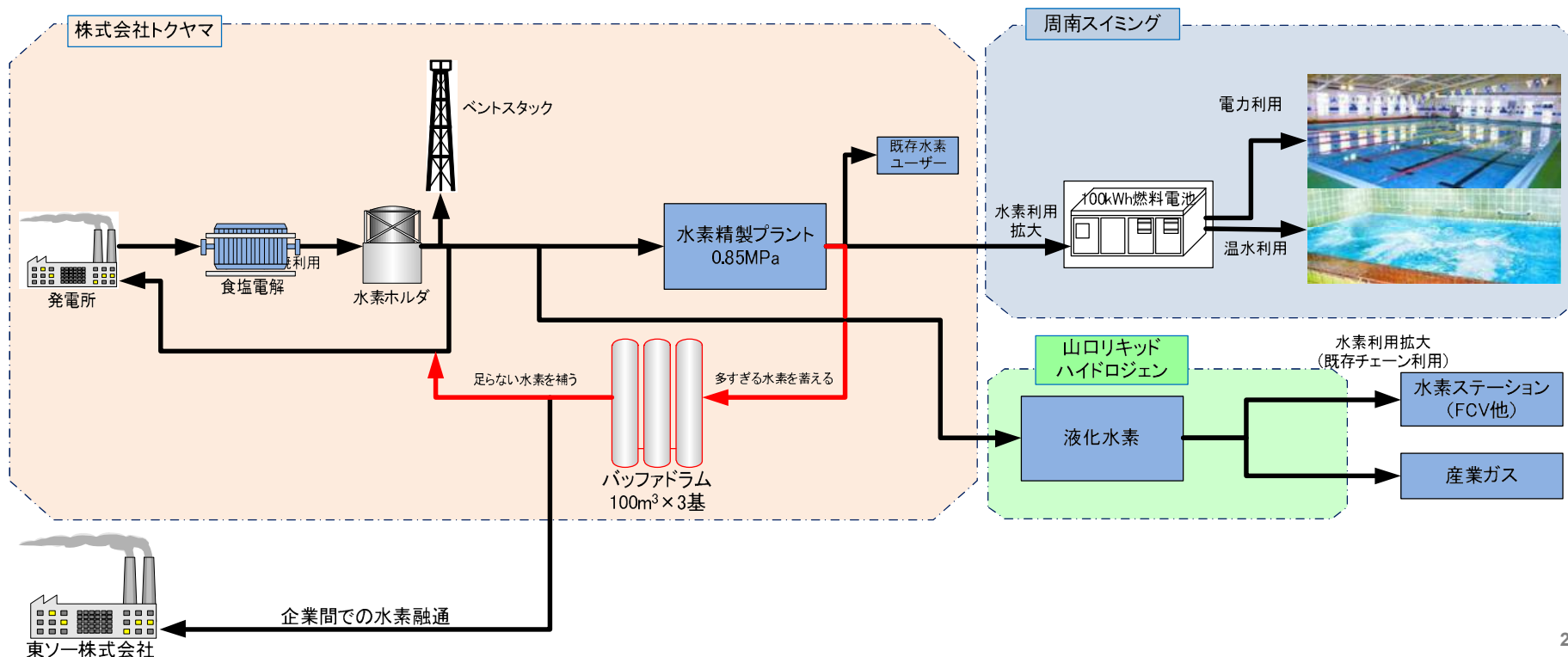
## 回収水素の流通イメージ

水素バッファドラム設置＝未利用水素の回収

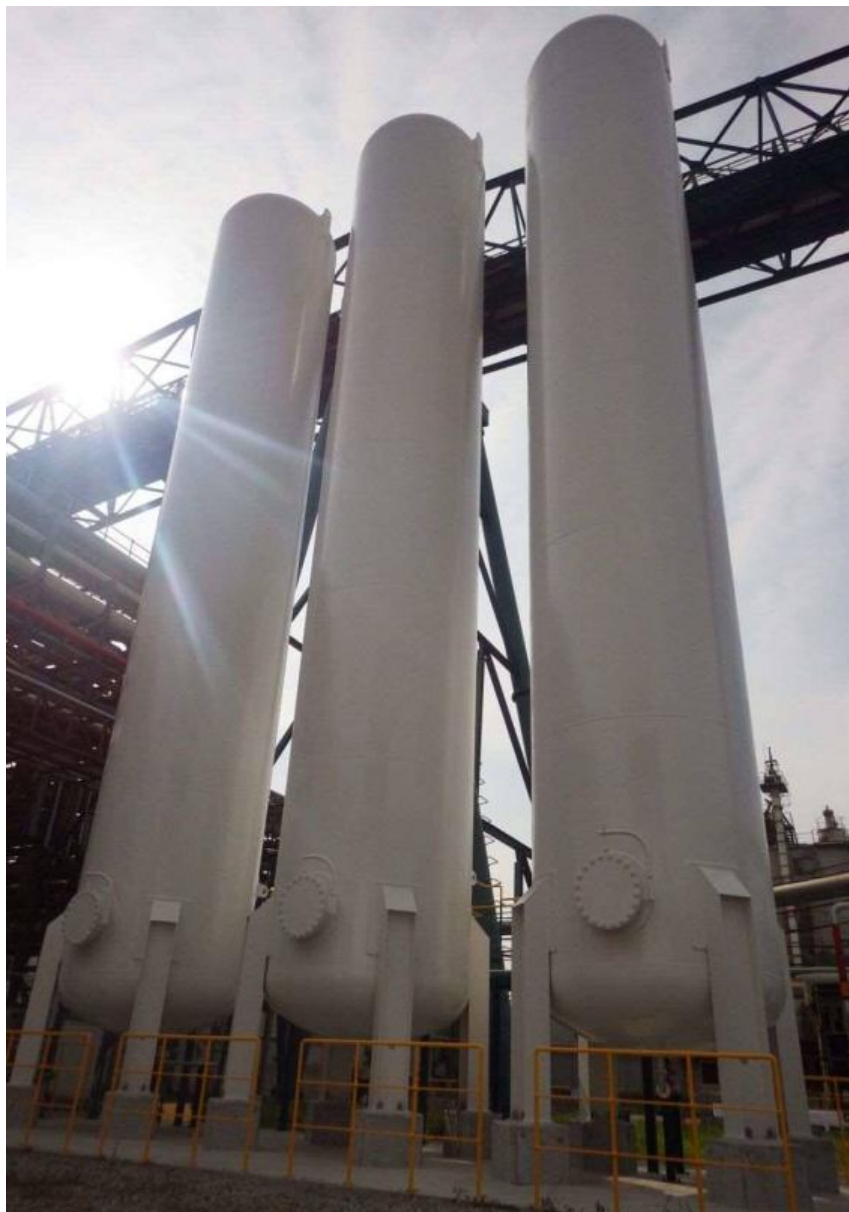
運転変動による未利用水素を回収するためバッファドラムを設置。

回収した水素の一部は、直接配管で燃料電池へ、一部は液化(山口リキッドハイドロジェン)もしくは圧縮(東ソー)して既存の物流システムで流通させる。

流通した水素はFCV、FCフォークリフト等(周南市、下関市)で活用。  
また、液化水素貯槽から発生するBOGも燃料電池により有効に活用。



### 3. トクヤマの水素への取り組み(4)水素事業 環境省委託事業



ドラム北側より



ドラム南側より

### 3. トクヤマの水素への取り組み(4)水素事業 環境省委託事業

#### スポーツジムに100kW燃料電池設置



(株)トクヤマ  
徳山製造所

水素

(目的)

- ・未利用水素(CO<sub>2</sub>フリー)を使用して、燃料電池を動かした時のCO<sub>2</sub>削減効果を確認する

- ・燃料電池で電気をつくると熱が発生する。この熱を温水として利用する。  
電気と温水を大量に使うスポーツジムで燃料電池の効率を確認する

スポーツジムへ  
電気と温水を送る

100kW燃料電池  
東芝製  
世界初の100kW  
純水素型燃料電池第1号

再エネ水素ではないが、捨てていた水素を有効利用！



## トクヤマの実証内容

### トクヤマ

#### 未利用副生水素の回収

- ◎運転変動により放出する未利用水素をバッファドラム(2400m<sup>3N</sup>)で回収。
- ◎生産変動により放出する未利用水素は、変動量が大きく、長時間に渡ることからコンビナート立地を利用し、2事業所間で水素利用量の変動をバッファリングするシステムを構築。



#### 工場から隣接地へ直接水素を供給する純水素燃料電池実証

- ◎隣接するスポーツジムへ100kW純水素燃料電池を設置し、発生する電気(施設内電力)と熱(温水)を利用。
- ◎実現可能性の高い工場隣接地での純水素燃料電池の利活用モデル。



#### 回収水素を山口リキッドハイドロジェンに供給して各地へ輸送

## 周南市の実証内容

### 周南市地方卸売市場 (水素ステーション所在地)

#### 水素ステーションでのBOG回収と再利用

#### 純水素燃料電池実証

- ◎100kW純水素燃料電池を設置し、発生する電気(施設内電力)と熱(施設内冷暖房)を利用。

#### 移動体実証

- ◎燃料電池自動車の市民向けカーシェアリング。
- ◎燃料電池フォークリフトの運用等。





東ソー、周南市の実証内容

## 東ソー

### 生産変動により発生する未利用水素を活用

◎パイプラインによる水素供給が困難な場所へ水素ポンペによる圧縮水素を供給。



水素ポンペへの輸送

## 道の駅「ソレーネ周南」

### 純水素燃料電池実証

◎周南市の道の駅に3.5kW純水素燃料電池を設置し、発生する電気(施設内電力)と熱(レストラン給湯)を利用。



### 3. トクヤマの水素への取り組み(4)水素事業 環境省委託事業 下関地域の実証内容

## 下関地域

### 液化水素の広域輸送

- ◎近隣県を想定した広域輸送を実証。
- ◎CO<sub>2</sub>削減効果の高い最適な輸送距離・輸送量モデルの検証。

### 広域輸送した水素の供給

- ◎下関漁港エリアへ簡易型水素充填設備を整備。
- ◎BOGの回収と再利用。

### 純水素燃料電池実証

- ◎漁港内福利厚生施設に3.5kW純水素燃料電池を設置し、発生する電気(施設内電力)と熱(風呂)を利用。

### 移動体実証

- ◎燃料電池自動車の運用。
- ◎漁港内における燃料電池フォークリフトの運用。

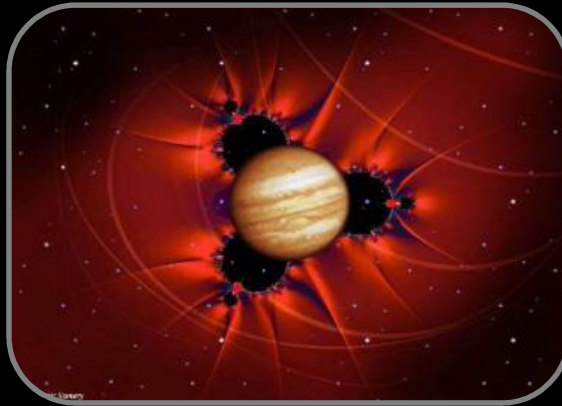


## 他地域への展開

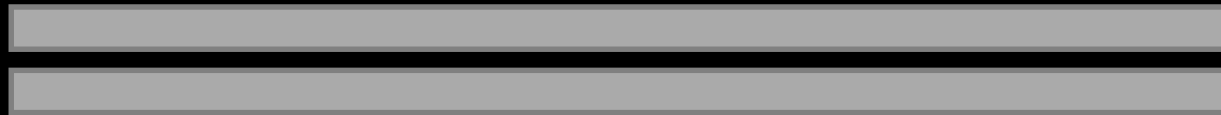
副生水素は、日本全国の食塩電解工場で製造されています。  
周南コンビナートで完成した水素サプライチェーンは  
日本全国への展開も視野に入れています。

全国展開は、本実証モデルとの類似性、  
地域特性の類似性、地域の水素への取組動向、  
普及によるCO<sub>2</sub>の削減効果の観点から、  
3ステップでの展開を想定しています。





最後に





## ◆今日のまとめ

- 人類が未来に向かって永く地球に暮らすために絶対不可欠な事は、**持続可能な社会をつくる事**。
- 水素はそのためのツールの一つに過ぎない**。
- 水素がだめなら他の物でも良い。  
今のところ、水素以外に持続可能な社会を作る事ができるツールは見当たらない。
- 水素を扱う世界中の技術者は、**水素をいかに安く作るか、水素をいかに安全に取り扱うか**、という研究・開発を行っています。
- 先は長いかもしれませんが、水素社会が来るようにトクヤマもがんばります。

生活を奏でる化学です

**TOKUYAMA**

