



## (2)実施計画等

### ①【実施体制】

技術開発代表者

那須電機鉄工株式会社

(開発要素A1、A3、実証Cの開発)  
2001年より水素吸蔵合金に関する開発実績(16年間継続中)  
水素吸蔵合金関連特許4件  
ナノFeTi合金・風力発電の関連論文多数(海外発表含む)。

アドバイザー 水素吸蔵合金技術指導

KSP(東海大学) 内田裕久

- ・IAHE(国際水素エネルギー協会) フェロー・副会長・理事
- ・DGM(ドイツ材料学会) 名誉会員
- ・日本エネルギー学会水素部会顧問

水素・再生可能エネルギー  
国際会議の主催(最終年度)

### ②【実施スケジュール】

	H29年度	H30年度	H31年度
A1 空温式水素吸蔵合金システムの開発	→	→	→
	64,300千円		15,000千円
A2 合金タンク単体の反応熱エネルギーの解析	→		
	4,250千円		
A3 合金の耐久性評価	→		
	4,050千円		(国際会議主催・成果発)
A4 MA-FeTi合金の水素貯蔵におけるCO2削減評価	→	→	→
	3,300千円	3,300千円	3,300千円
B,C 空温式水素吸蔵合金システムの実用性実証	→	→	→
	6,500千円	66,500千円	40,000千円
その他経費	2,750千円	5,450千円	6,200千円
合計	85,150千円	75,250千円	64,500千円

共同実施者

足利大学

(開発要素A2、実証Cの開発)

再生可能エネルギー利用技術の開発実績多数。  
水素吸蔵合金タンクの熱解析に関する論文多数。

足利大学教授 牛山泉  
風力エネルギー学会、太陽エネルギー学会等の会長歴任  
World Wind Energy Honorary Award 2016 (日本人初)

外注先

株式会社エノア

(実証Cの開発)  
水電解・燃料電池制御システムの供給事業者

外注先

東京都立産業技術  
研究センター

(開発要素A1の開発)  
那須電機鉄工、東海大とのコンソーシアム事業において合金評価実績あり

外注先

株式会社  
シーエーティー

開発要素A4  
・合金に関わる技術・動向調査  
・学協会連携、会議開催

### ③【事業化・普及の見込み】

○事業化計画

事業化を担う主たる事業者

那須電機鉄工株式会社

- ・2020年までに、離島向けマイクログリッド規模の商品生産・販売を開始
- ・2025年までに、低コスト化を実施し、ウィンドファーム規模の商品生産・販売開始
- ・2030年を目処とし、さらなる低コスト化を実施

○事業展開における普及の見込み

那須電機鉄工(株)では、電力、通信、道路などのインフラ関連事業において各種金属製品を納入しており、電力会社を得意先として事業展開している。2020年までの事業化初期においては、上記顧客との営業情報交換から、主に離島向けの水素貯蔵設備へ支援策も活用して合金量で約290tの年間生産と販売を見込んでいる。

- ・対象市場規模:2020年~2025年=17.4億円/年, 2025年~=74.4億円/年
- ・導入コスト目標:300万円/ton

※貯蔵エネルギー単価=1万円/kWhに相当

○年度別販売見込み

【提案時当初計画】

年度	2020	2025	2030
目標販売量(ton/年)	290t	1,860t	1,860t
目標累積販売量(ton)	290t	3,310t	12,610t
目標販売価格(円/ton)	600万/ton	400万/ton	300万/ton

【現時点見込み】

年度	2020	2022	2030	2050
目標販売量(ton/年)	2	10	300	2,000
目標累積販売量(ton)	2	17	823	24,673
目標販売価格(円/ton)	900万/ton	800万/ton	550万/ton	300万/ton

○普及におけるリスク(課題・障害)

- ・再生可能エネルギー導入の有効な地域の更なる調査
- ・水素設備の保安距離確保(消防法)による設置場所の制限

### (3)技術開発成果

#### ①【これまでの成果】

- ・ 8Nm<sup>3</sup>貯蔵の水素吸蔵合金タンクの低コスト化(タンク構成部品でトータル1/2のコスト削減) 目標の10割達成
  - ・ 貯蔵量72Nm<sup>3</sup>の空温式水素吸蔵合金システムの開発
  - ・ 水素吸蔵・放出速度 : 77L/minで80%以上の連続吸蔵放出(目標の10割達成)
  - ・ エネルギー投入率: 温度環境0℃から35℃の範囲で、20%以下(目標の10割達成(31年度末))
- ※エネルギー投入率=水素吸蔵・放出流量に相当する熱エネルギーに対して、外部から投入される熱エネルギーの比率
- ・ 水素繰り返し吸蔵・放出10000回以上耐久性を確認(目標の10割達成\_31年度末)

#### ②【エネルギー起源CO2削減効果】

【提案時当初計画】 ※実施期間中における分科会等で計画変更が認められた場合等はその設定値

開発品 (MH合金)1ton当たりのCO2削減量 (t-CO2/ton・年)	8.3
開発品 (装置/システム)の法定耐用年数	20年

年度	2020	2025	2030
CO2削減量(万t-CO2/年)	0.239	2.72	10.39
累積CO2削減量(万t-CO2)	0.239	6.31	42.94
CO2削減コスト(円/t-CO2) (2020年度は不要) =環境省から受ける補助総額(円) ÷ 当該年度までの累積CO2削減量 (t-CO2)		4,386円/t-CO2	644円/t-CO2

#### 【現時点見込み】

開発品 (MH合金)1ton当たりのCO2削減量 (t-CO2/ton・年)	8.3
開発品 (装置/システム)の法定耐用年数	20年

年度	2020	2022	2030	2050
単年度CO2削減量(万t-CO2/年)	0.00016	0.00134	0.683	20.479
累積CO2削減量(万t-CO2)	0.00016	0.00204	1.725	176.326
CO2削減コスト(円/t-CO2)	175,984,558	13,537,274	16,049	157

現時点見込みの年次は固定

#### ③【成果発表状況】

- ・ 2017年 37回水素エネルギー協会大会(口頭発表)  
ナノ構造化鉄チタン水素吸蔵合金の大量生産と再生可能エネルギーの水素による貯蔵
- ・ 2018年 国際水素エネルギー会議(WHEC2018) ※口頭発表3件、ポスター1件  
Hydrogen generation using super critical liquid for establishing a new hydrogen generation system as "Hydrogen Agriculture"  
Storage of renewable energy by hydrogen using nano-FeTi alloy tank  
Experimental study of the porosity and the effective thermal conductivity in metal hydride packed bed.  
Mass production of FeTi hydrogen storage alloy with nano-structure by commercial ball-milling.
- ・ 2019年 国際ジャーナル「International of hydrogen energy」に論文掲載、  
44(2019) pp.23239-23248  
Experimental study of the porosity and the effective thermal conductivity in packed bed of nano-structured FeTi hydrogen storage alloy.  
など。

#### ○量産化・販売計画

- ・ 2025年までは、分散型水素エネルギーシステムや工業用水素貯蔵用途を中心に事業展開を図る。
- ・ 2025年までに、合金の低コスト化およびシステム大容量化を図る。
- ・ 2025年を目途に、合金製造設備の増強を行う。
- ・ 2026年を目途に、発電設備向けの大型水素エネルギーシステムへの事業展開を図る。
- ・ 2030年を目途に、海外も含めた合金およびタンクの量産設備を構築し、2050年を目途とした事業拡大を図る。

#### ○事業拡大シナリオ

年度	2020	2025	2030	2050 (最終目標)
分散型システムへの事業展開	→	→	→	→
低コスト化・システム大容量化	→	→	→	→
合金製造設備の増強	→	→	→	→
大規模システムへの事業展開	→	→	→	→
量産設備構築・事業拡大	→	→	→	→

#### ○シナリオ実現上の課題

- ・ 水素エネルギー事業関連企業との連携
- ・ CO2フリー水素エネルギー事業の普及度
- ・ 需要予測に基づく、製造設備投資タイミング

# ○参考資料1

## 当該事業におけるCO2削減効果計算方法

### ○計算コンセプト (計算方法パターン その他)

開発品となる「空温式水素吸蔵合金システム」の導入により、再生可能エネルギー由来の余剰電力が有効利用できるといった考えから、当該システムの導入量(ここでは合金量に相当)あたりの余剰電力利用量(kWh)を試算し、そこからCO2削減量を試算した。分散型と大規模設備とで余剰電力利用効果を想定し、CO2排出削減効果を算出。

(単位電力あたりの水素使用量 = 400m<sup>3</sup>/MWh ※メーカー技術資料より、当社MHの単位重量あたりの水素充填量 = 110m<sup>3</sup>/ton ※当社測定値より)

分散型水素システム規模: 発電容量10kW、貯蔵量200Nm<sup>3</sup>(合金2トン)、想定余剰電力2700kW/year, 想定余剰電力由来水素製造量1080Nm<sup>3</sup>/year

大規模水素システム = システム規模: 発電容量2MW、貯蔵量6000Nm<sup>3</sup>(合金58トン) 想定余剰電力832MW/day, 想定余剰電力由来水素製造量332,800Nm<sup>3</sup>/year

### ○2020年時点の削減効果

- ・2020年度については、システム自体が下期中の販売開始予定となることから、分散型1ユニット分の販売を予測。
- ・開発機器(システム、モデル)1台当たりのCO2削減量: 1.573t/年
- ・削減原単位: 例: 商用電力 CO2排出係数H27年代替値=0.000579t-CO2/kWh
- ・累積CO2削減量: 1.573t/年
- ・CO2削減コスト: 175,984,558円/t-CO2

### ○2022年時点の削減効果

- ・2022年度については、分散型2.5ユニット分の販売を予測。累計販売台数=8.5台と予測。 ※0.5ユニットは、タンク単体販売も考慮した数値
- ・開発機器(システム、モデル)1台当たりのCO2削減量: 1.573t-CO2/年
- ・年間CO2排出削減量 = 8.5台 × 1.573 = 13.37t-CO2/年
- ・削減原単位: 例: 商用電力 CO2排出係数H27年代替値=0.000579t-CO2/kWh
- ・累積CO2削減量: 20.45t/年
- ・CO2削減コスト: 13,537,274円/t-CO2

### ○2030年時点の削減効果

- ・2025年までは、分散型水素エネルギーシステムへの導入となり、2025年を目標に発電事業者向けとして数kWワット級の水素製造設備が上市される。(メーカー発表)
- ・当該システムへの当社MHの導入について2026年度に普及開始年として1システム/年とし、2030年には大容量化の事業が主体となり、5システム/年の販売を想定。
- ・開発機器(システム、モデル)1台当たりのCO2削減量: 482t-CO2/年
- ・2030年時点での想定導入システム数 = 分散型: 50台、大型システム = 14台と想定。
- ・年間CO2排出削減量 = 6,830t-CO2/年
- ・削減原単位: 例: 商用電力 CO2排出係数H27年代替値=0.000579t-CO2/kWh
- ・累積CO2削減量: 17,250t/年
- ・CO2削減コスト: 16,049円/t-CO2

### ○2050年時点の削減効果

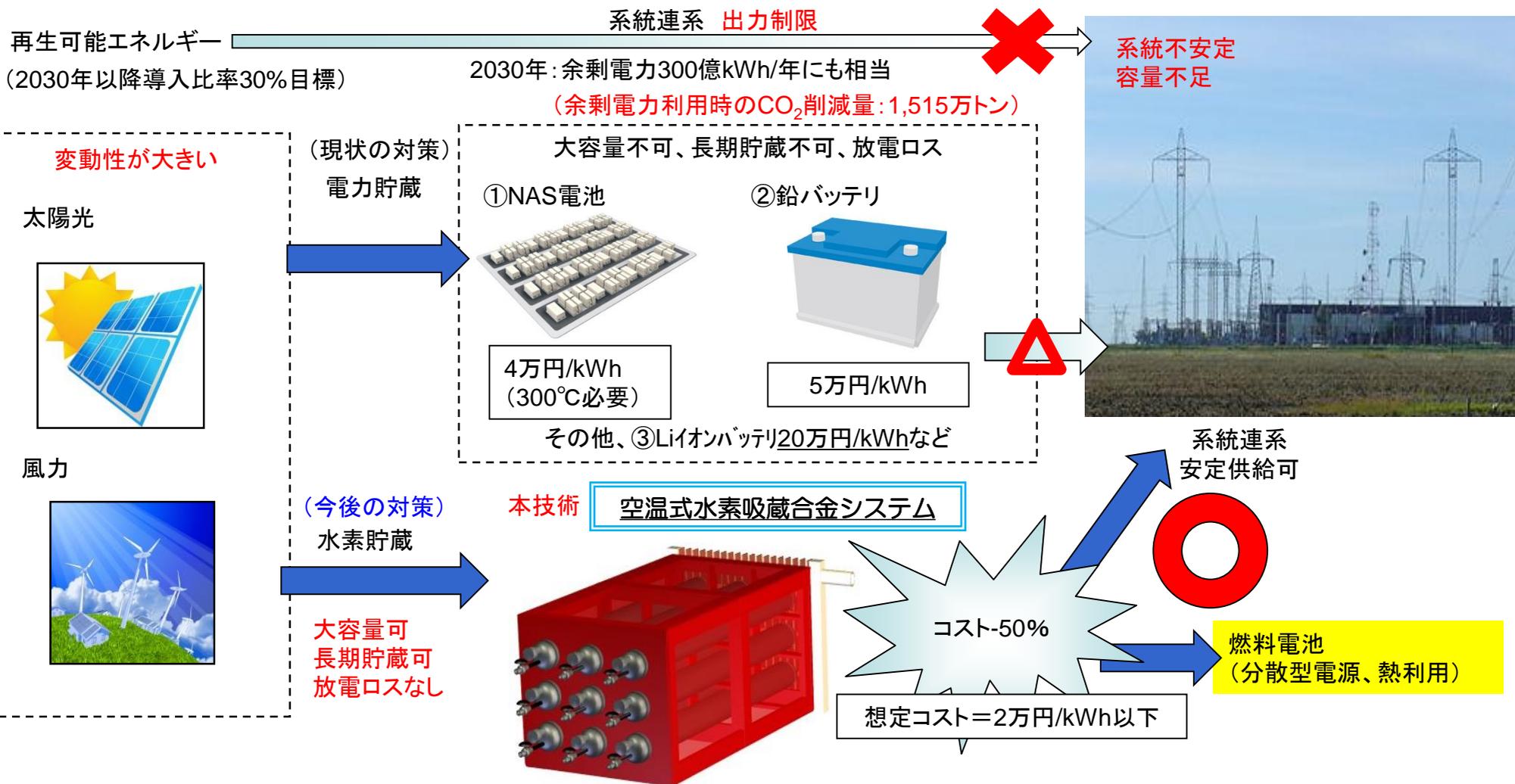
- ・開発機器(システム、モデル)1台当たりのCO2削減量: 482t-CO2/年
- ・2030年時点での想定導入システム数 = 大型システム = 35台と想定。
- ・年間CO2排出削減量 = 20,479t-CO2/年
- ・削減原単位: 例: 商用電力 CO2排出係数H27年代替値=0.000579t-CO2/kWh
- ・累積CO2削減量: 176,326t/年
- ・CO2削減コスト: 157円/t-CO2

## ○参考資料2 事業化計画について

- タンク単品としては、2019年度より販売を開始しており、今年度上期後半より、事業で実施した低コスト改良を加えたものを販売開始する。システムについては、現在製品化を進めており、今年度下期中には市場投入予定である。単品については、現在まで十数本といった極少量ながら販売実績が出始めているものの、事業としての実働はシステムの製品化完了後の来年度になるものと考えている。
- 合金製造については、すでに技術部門から製造事業部門に引き継がれ、製造体制が整った。タンクおよびシステムの製品化に関するアセンブリ体制も整い、下期中のシステム商品のリリースに向けて関連企業も含めて生産体制を構築中。
- 当面は、昨年度までの実証事業で構築した貯蔵規模相当の数百Nm<sup>3</sup>規模までに絞った中、分散型水素エネルギーシステムへの導入に向けて、水素関連企業へ販促活動を行う。現在まで、水素製造および利用に関わる様々な企業に、開発した水素貯蔵システムについてヒアリングを実施している。安価で非危険物であるといった合金特長、および空温システムの低コスト設計および省エネ効果について評価されているので、来年度に向けて販促活動を強化する。
- 需要調査に基づき、2025年を目途に設備増強計画を立てる。合わせて、低コスト・安定調達原料の選定、合金製造効率化、量産化に伴うタンク製造効率化もまた2024年を目途に進める。さらに、システムについては、ユニットとしての大型化およびユニットの並列連携による大容量貯蔵化を行う。
- 2026年から、発電事業者向けの大規模水素エネルギー施設にむけた、数千Nm<sup>3</sup>貯蔵システムの導入を図る。2030年以降、さらなる合金製造設備の増強、およびタンク製造システムの量産製造設備の導入を図り、さらなるシステムの低コスト化および安定供給体制を整備し、事業拡大・安定化を目指す。
- 開発要素Aで、2018年度、2019年度でそれぞれ一件ずつ特許出願済み。2020年度中にさらに一件の特許出願予定。これらすべて空温式水素吸蔵合金システムに関係するものであり、本開発システムにて他社との差別化を図り、定置式水素貯蔵設備のシェア拡大を目指す。

# ○参考資料3 その他

本技術が解決する課題(余剰電力の有効利用)

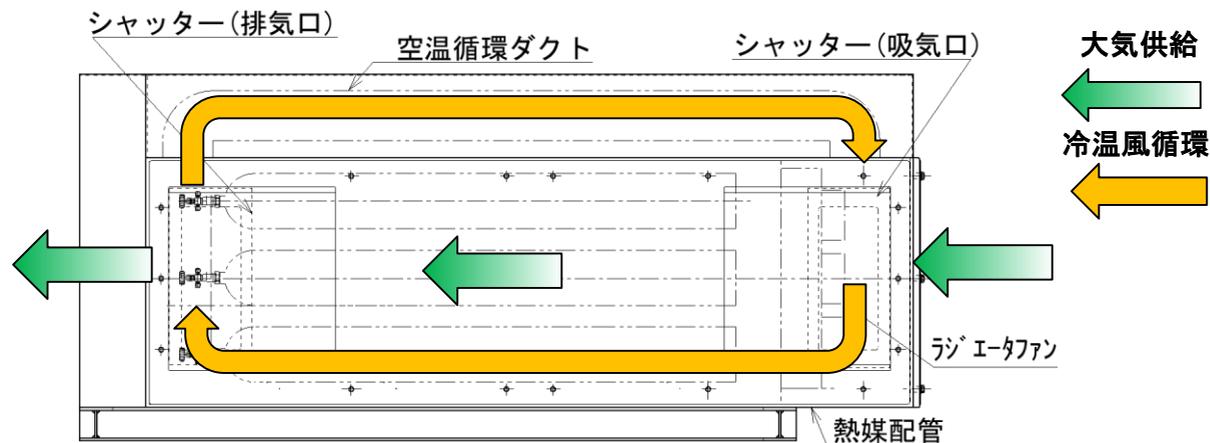


- OMA-TiFe合金 (希少金属を使用せず従来合金の半額以下)
- 空温式熱交換器の採用 (20~30°Cの環境温度で外部熱源不要)

- 10気圧未満で貯蔵 (高圧ガス規制にかからない)
- 10,000回以上の繰り返し水素吸放出耐久性を実証済み

# ○参考資料3 その他

## 空温式水素吸蔵合金システム



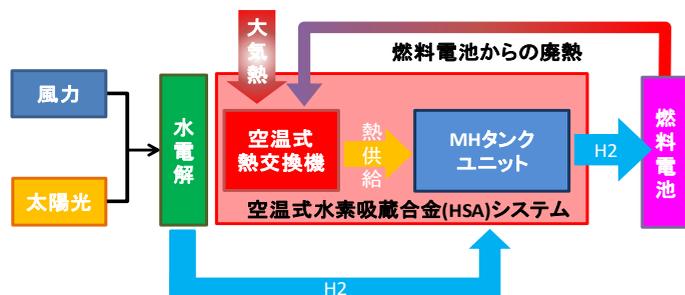
カードル内に大気および外部熱源からの温風を適宜供給することで、外気温度環境の変化にかかわらず合金の反応熱を大気に放出でき、安定した水素吸蔵・放出が行える。

**MH反応熱の放熱に対して、大気熱を有効に活用できる省エネ型水素吸蔵合金システム**



寸法: W900 × L2500 × H1100  
 貯蔵量: 72Nm<sup>3</sup>, 定格吸蔵・放出速度: 77L/min  
 吸蔵圧: 0.99MPaG未満、放出圧: 1MPaG以下  
 ※常温

## 実証試験設備



風力・太陽光発電の電力および対象施設の消費電力信号を模擬電源装置に通信し、演算余剰電力分を水電解装置に供給することで、再エネ由来の変動流量水素をダイレクトに開発システムに投入。消費過多の場合は、相当水素を燃料電池に供給。



風力: 40kW, 太陽光: 20kW, 模擬電源: 10kW, 水電解水素製造: 10kW, 燃料電池: 10kW



実証試験により、開発システムの変動水素吸蔵応答性および年間を通した水素吸蔵放出状況および水素貯蔵運転効率を評価。

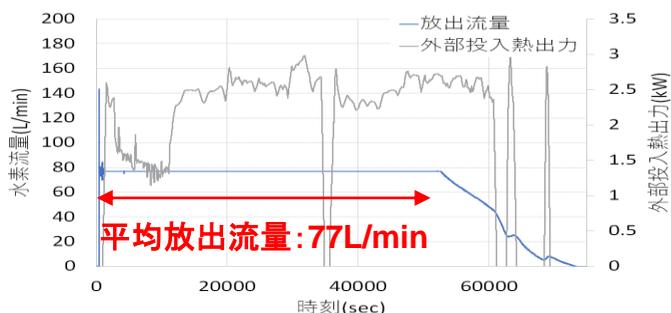
# ○参考資料3 その他

## 空温式水素吸蔵合金システム性能評価

### 公的試験機関でのシステム環境試験



大型恒温槽での環境試験(水素エネルギー製品研究試験センター)

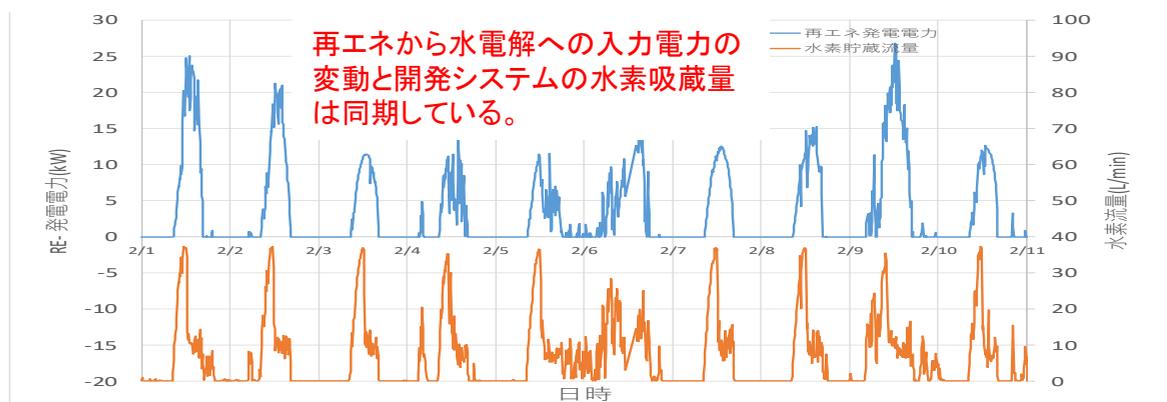


気温0°Cの環境でも、水素77L/min放出におけるエネルギー投入率は18%となり、目標値(30%以下)を大幅にクリアした。

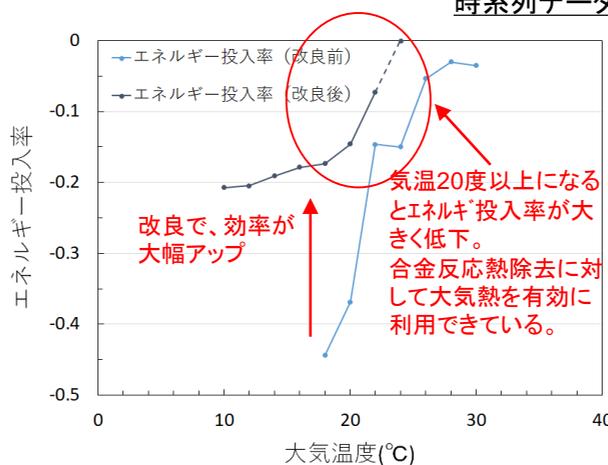
※エネルギー投入率

「外部投入熱エネルギー／流量相当の水素熱エネルギー」

### 実証試験(足利大学でのフィールド試験)



再エネから水電解への入力電力の変動と開発システムの水素吸蔵量は同期している。



気温とシステムエネルギー投入率との関係(水素放出時)

目標値=エネルギー投入率30%以下

①開発システムは、水素発生の変動に対しても応答性よく水素の吸蔵が行われた。

②実証試験においてもラボ試験と同等効率の運転が確認できた。

③MH反応熱に対して、大気エネルギーを有効に活用できることを立証できた。

④一年間の実証試験を完了。システム貯蔵量の13回分に相当する約1000Nm<sup>3</sup>もの水素の吸蔵・放出が安定的に行え、開発システムは、再エネ由来水素の貯蔵に適していることが立証された。

## ○参考資料3 その他

### 普及のための今後の展開



大型MA(メカニカルアロイング)製造設備

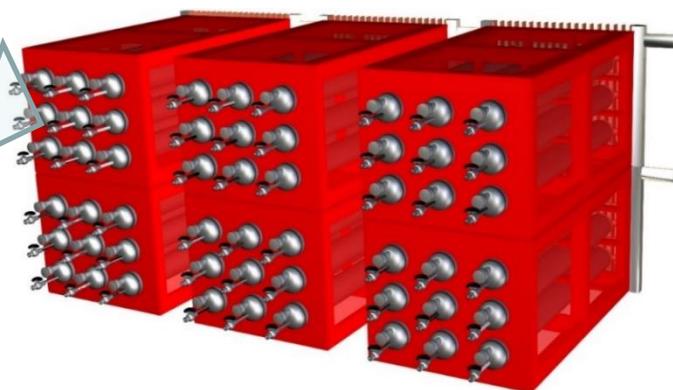


ナノ化鉄チタン合金粉末

メカニカルアロイング: 機械的エネルギーにより、金属を固体のまま合金化する方法  
合金は、微細な結晶構造となる。  
ナノ化鉄チタン合金粉末: 大型MA装置で製造した、ナノオーダーの微細結晶構造をもつ  
鉄チタン合金粉末。  
微細な結晶構造により、水素反応性向上(初期活性処理不要)  
原料に希土類を使用しないため安価  
非危険物(登録済み)  
高耐久性(10,000回以上の繰り返し水素吸放出で劣化なし)



MHタンク



空温式水素吸蔵合金システム 並列連系イメージ

世界的にも稀な大型製造装置によるメカニカルアロイングの工業化に成功し、現在ナノ化鉄チタン合金の生産に入っている。本事業により開発した水素吸蔵合金タンクは、今年度より販売を開始し、また「空温式水素吸蔵合金システム」については、今下期中には販売開始予定である。

当該システムを用いて、タンクの並列構成の変更やシステム自体の連系を行うことで、タウンユースから発電事業者向けまで、様々な水素貯蔵ニーズに対応した販売展開を図る。

# CO<sub>2</sub>排出削減対策技術評価委員会による終了課題事後評価の結果

- ・ 評価点 6.2 点 (10点満点中)

- ・ 評価コメント

## 【評価される点】

- ・ 1万回の耐久試験に合格する水素吸蔵合金タンクを開発するなど設定目標を上回る成果をあげており、水素吸蔵合金の商品化に向けた1つの道筋を示した点は評価できる。
- ・ 個別の要素技術の開発は順調に実施され、社会実装シナリオにおいて本技術の用途を明らかにしたことは、今後の事業化に大きく寄与することが期待される。
- ・ 国際会議発表や査読付きの論文、特許出願など学術的な成果も多い点は評価できる。

## 【今後の課題】

- ・ 技術開発目標が100%達成されているにもかかわらず、目標販売価格が当初計画から乖離した高コストである。当初目標の販売量及び販売価格の見込み額になるのは10年先になる。水素の大規模利用が進む時代において、この目標価格が適正であるかを評価しつつ、商品化の方針を示すことが望まれる。
- ・ 小型分散型システムとして再エネ水素利用の具体的な市場、特に離島での再エネ水素利用システムや再エネ水素利用燃料電池船など新しい市場での経済性を検討することが望まれる。
- ・ 水素吸蔵合金タンクの大きさ(7Nm<sup>3</sup>)は、想定される需要と適合しているのかを見直すことが望まれる。

## 【その他特記事項】

- ・ 離島などで再エネ発電などのエネルギー貯蔵技術と考えるならば、他技術オプションとの競争が必要になる。目標価格2万円/kwhの妥当性を検討することが望まれる。