

福岡水素エネルギー戦略会議 平成23年度第4回研究分科会

～ 高圧水素下における機械要素研究分科会 / 高圧水素貯蔵・輸送研究分科会 ～

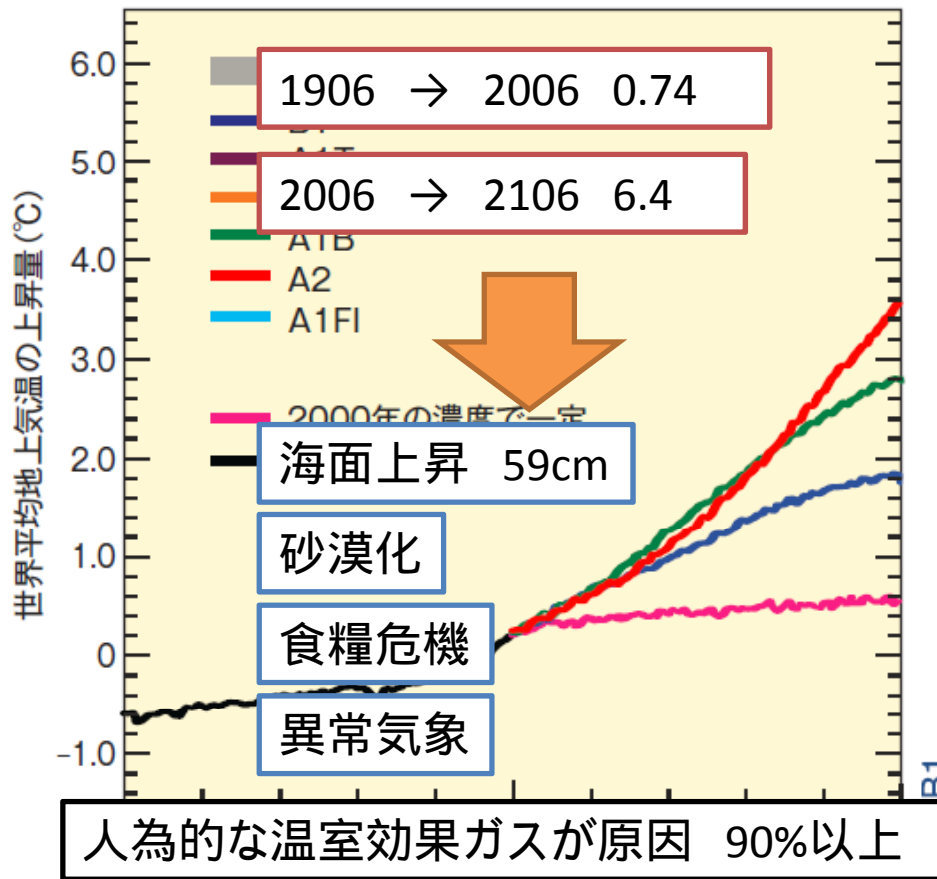
水素エネルギー時代に向けた 水素製造技術

株式会社 バンテック
取締役 技術部長 鈴木 大介

時 2012年1月20日
於 九州大学伊都キャンパス ウエスト4号館910



水素エネルギーの必要性(背景)



出典: IPCC第4次評価報告書統合報告書

原発



<http://gendai.ismedia.jp/articles/-/2459>

「これまでに環境を破壊しながら生き残った文明は一つもない」 - レスター・ブラウン博士

再生可能エネルギー



再生可能エネルギーの特徴

1. 無尽蔵
2. 莫大なエネルギー
3. エネルギー密度が低い
4. 変動が大きい。



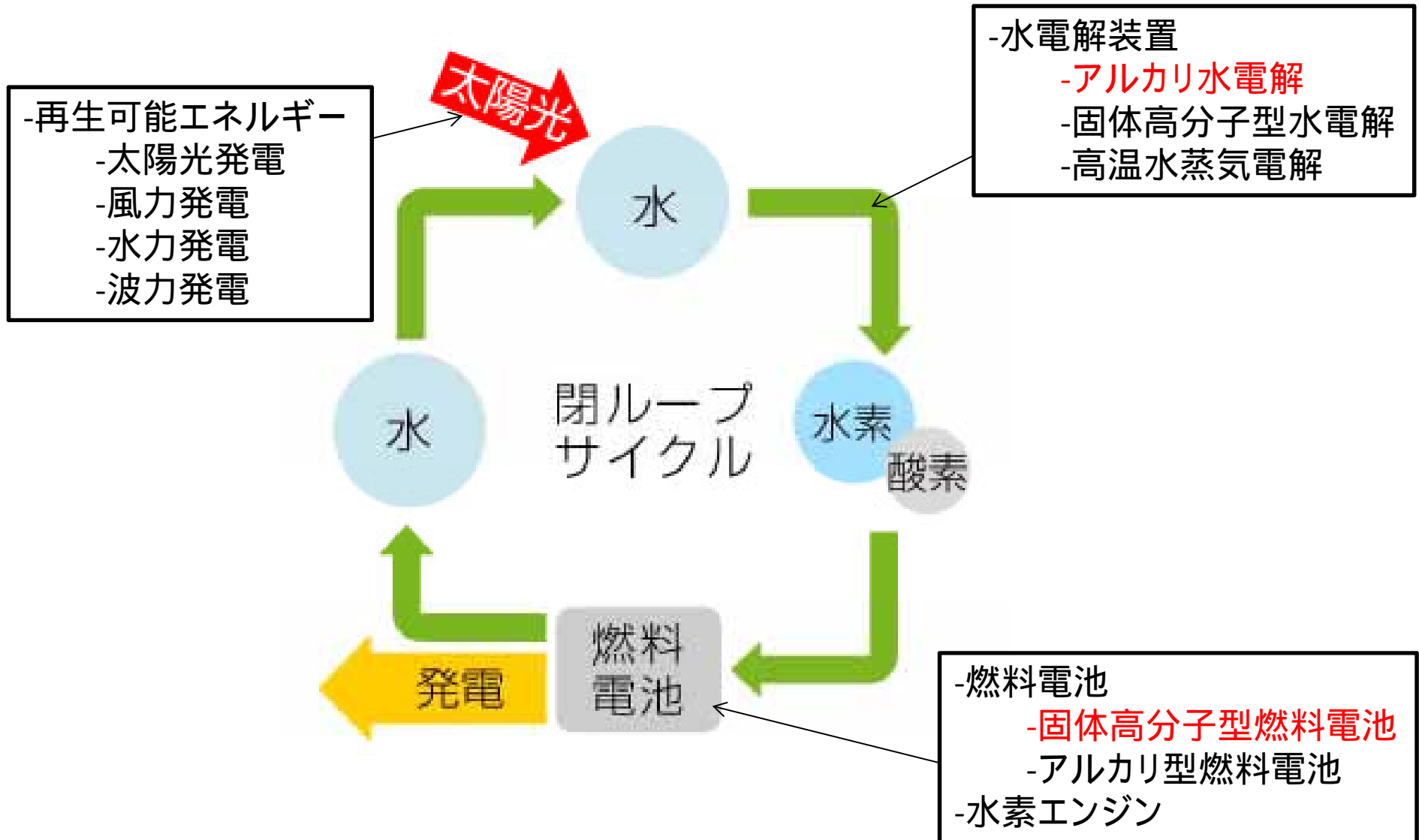
都市のエネルギー消費形体
局所的な高エネルギー消費地

エネルギー集積の概念が必要

理想的なエネルギーシステム

- 1次エネルギー - 再生可能エネルギー
- 2次エネルギー - 水素

閉ループサイクルシステム



背景(水素発生システムの導入)

水力発電



2004年 日光市

風力発電



2005年 稚内市

太陽光発電



2007年 那須塩原市



2008年 室蘭市



2008年 須坂市

稚内システム(2006年)

ガスドライヤー

特徴

- ・吸着剤 ゼオライト
- ・水素ガス露点 -50 ~ -60

水素吸蔵合金

特徴

- ・25 m³貯槽可能
- ・25 m³の水素で2 kW
約18時間出力可能
- ・AB₅型の合金
(NiLa)

水素発生装置

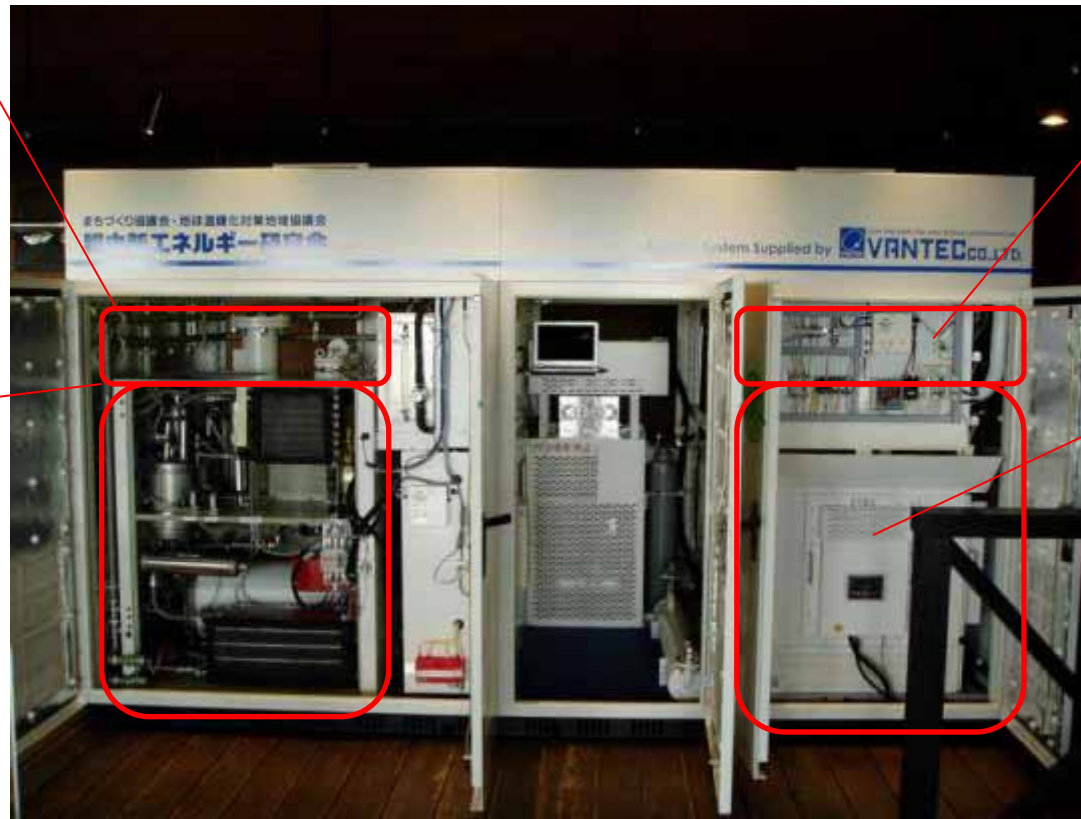
特徴

- ・NaOH水溶液を電解液
- ・最大入力電力13.5 kW
- ・水素出力圧力 0.5 MPa
- ・最大水素発生量3.5 m³/h
- ・水素純度 99.9%
- ・水素ガス露点 室温

燃料電池

特徴

- ・固体高分子型



風と燃料電池で築く環境最先端のまちづくりプロジェクト

北海道室蘭市 稚内公園 (2005年)



+

スペック

最大燃料電池出力	4.8kw
最大水素発生量	3.5m ³ /h
最大水素貯蔵量	32.5m ³
利用自然エネルギー	風車
遠隔オペレーティングシステム搭載	



本プロジェクトは、2005年12月に環境省「平成17年度環境と経済の好循環のまちモデル事業」に選定された北海道稚内市のモデル事業の一環として実施され、稚内新エネルギー研究会(代表:長谷川伸一氏)へ納入、稚内公園に設置後、一般公開される予定です。

本システムには、バンテックが長年培ってきた制御技術を駆使した遠隔オペレーティングシステムを搭載しました。この技術により、燃料電池システムの遠隔地からのモニタリング及び操作が可能となり、刻々と変化する環境に対応できる柔軟な運用を実現しました。

杉並木公園自然エネルギー利用プロジェクト

栃木県今市市杉並木公園(2004年)



■ スペック

燃料電池出力	4kw
水素発生量	2m ³ /h
水素貯蔵量	25m ³
利用自然エネルギー	水車



本プロジェクトは、国土交通省モデル事業として2004年12月に実施されました。栃木県今市市の杉並木公園にて、公園内の水車から取り出した電力をシステムに水素の状態に貯蔵し、夜間のイルミネーション点灯に利用する実証試験を行いました。

最低気温-7℃に達する過酷な環境下でのシステム全体の稼働を確認し、燃料電池の外部環境への順応性の高さを実証しました。

熱等を有効利用した地球に優しい北国の居住携帯創出に関する調査 北海道開発局委託調査 北海道室蘭市 室蘭工業大学 (2008年)



✦ スペック

最大燃料電池出力	3kW
最大水素発生量	4.0m ³ /h
最大水素貯蔵量	30m ³
利用自然エネルギー	風力発電
24時間稼動・寒冷地仕様	



本プロジェクトは北海道開発局(国土交通省)の委託事業として、「熱等を有効利用した地球に優しい北国の居住形態創出に関する調査」テーマをテーマとしています。この事業の一環として室蘭工業大学の学生寮に当社の燃料電池システムを設置、各寮生部屋へ暖房用コンベクタ温水と燃料電池の電気を供給します。期間は2008年12月～2009年の2月となっています。

今回設置したシステムは水電解により水素を製造、燃料電池で発電します。余剰水素は水素吸蔵合金に貯蔵し、風力発電の不安定な発電を安定して供給できるシステムとして設計をしています。

太陽光発電新技術等フィールドテスト事業

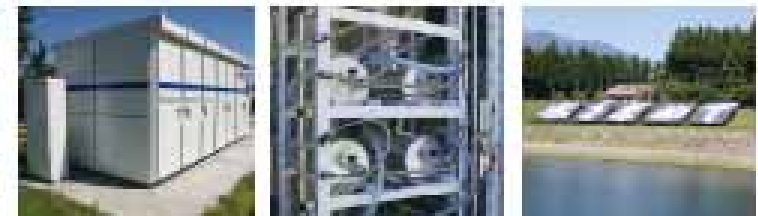
平成18年度NEDO事業 栃木県那須塩原市 戸田調整池(2007年)



スペック

最大エネルギー貯蔵量*	20kWh
最大水素発生量	2.4m ³ /h
最大水素貯蔵量	28m ³
利用自然エネルギー	太陽光

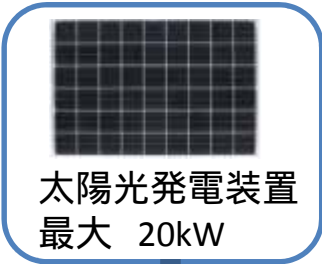
*燃料電池で発電した場合の電力量



平成18年度太陽光フィールドテスト事業により、栃木県那須塩原市戸田に太陽光パネル20kWを利用した水素発生システムを設置しました。NEDO事業において初の太陽光からの水素発生・貯蔵です。

本システムは太陽光の不安定なエネルギーを効率よく水素へ変換する仕組みを兼ね備えており、急激に変動する太陽光でも安定した水素発生を可能としています。

また、水素貯蔵には水素吸蔵合金と圧力タンクを使用して、水素発生装置からの圧力約0.5MPaで最大水素貯蔵が28m³可能となっています。



DC

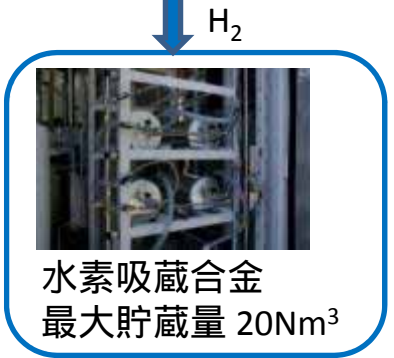
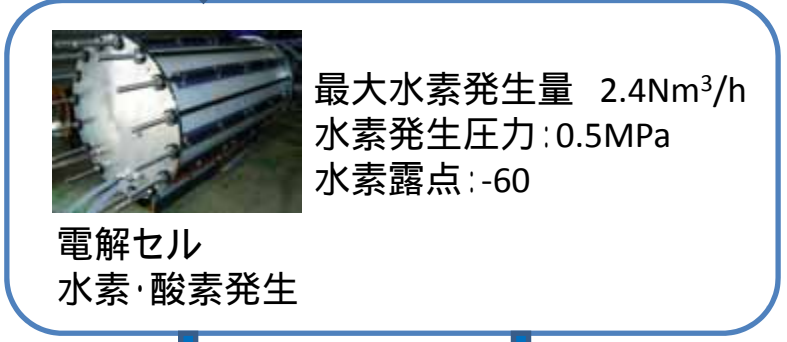


系統関係



DC 300V

DC 150V



温水

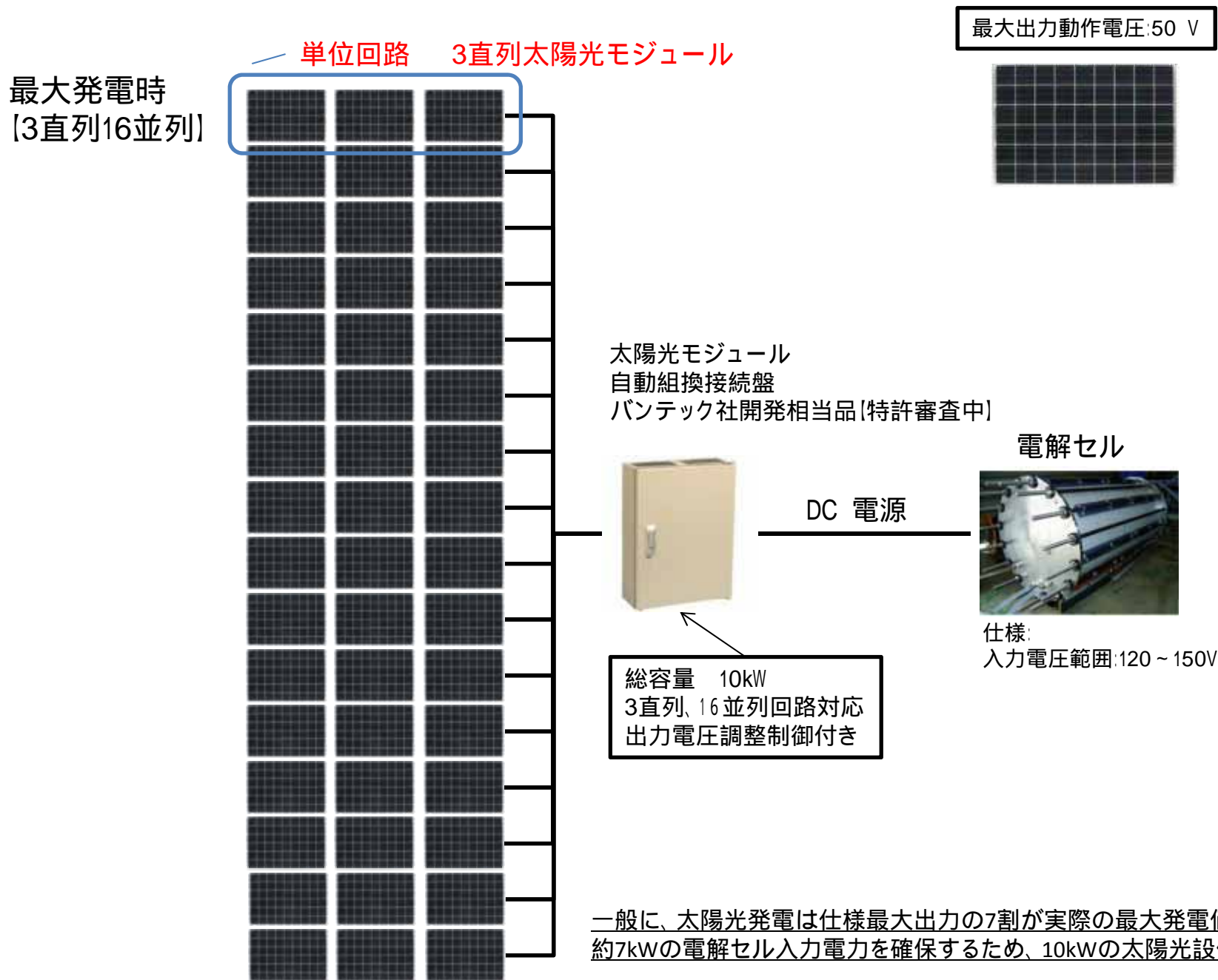
冷水



H₂

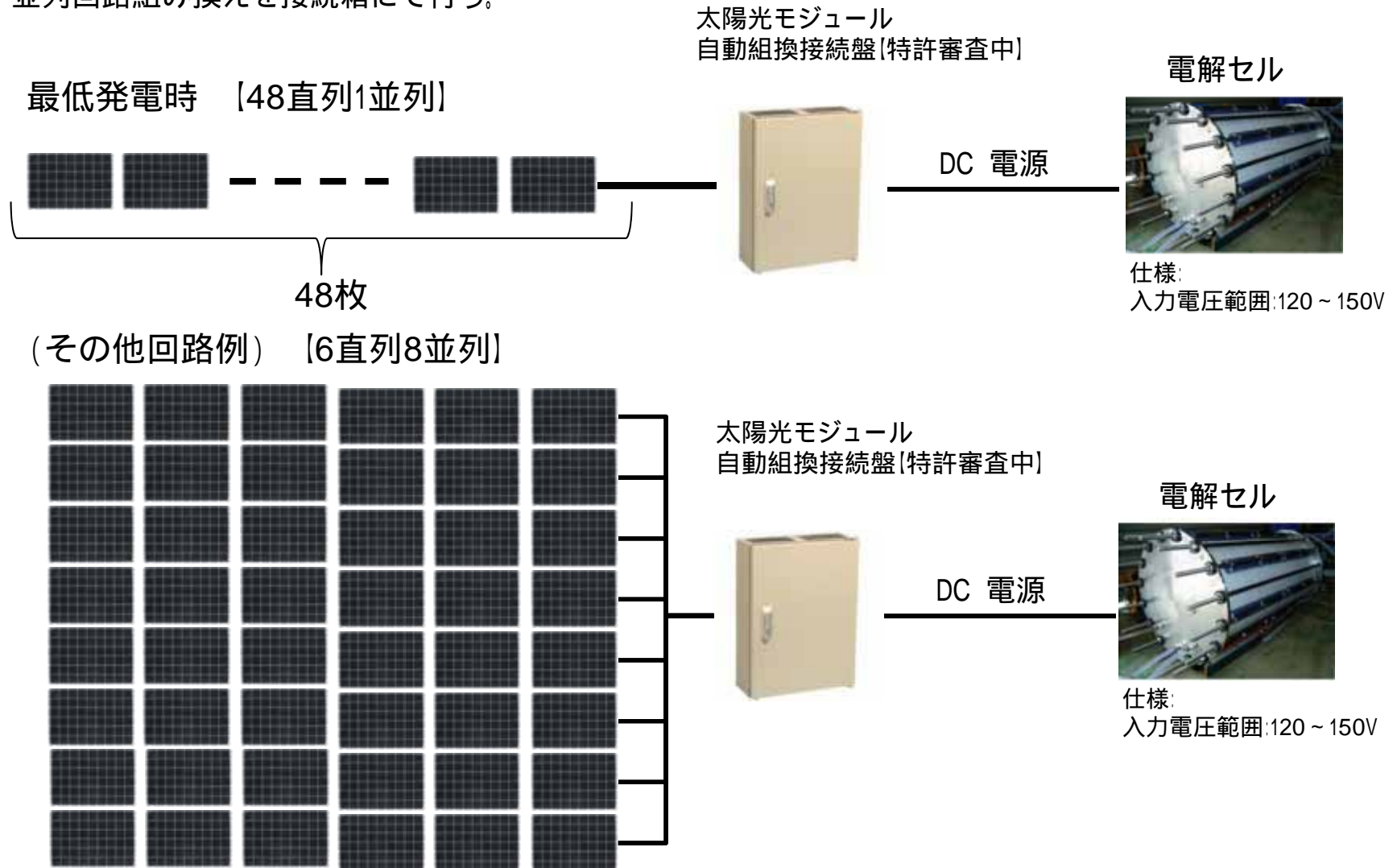


基本設計イメージ



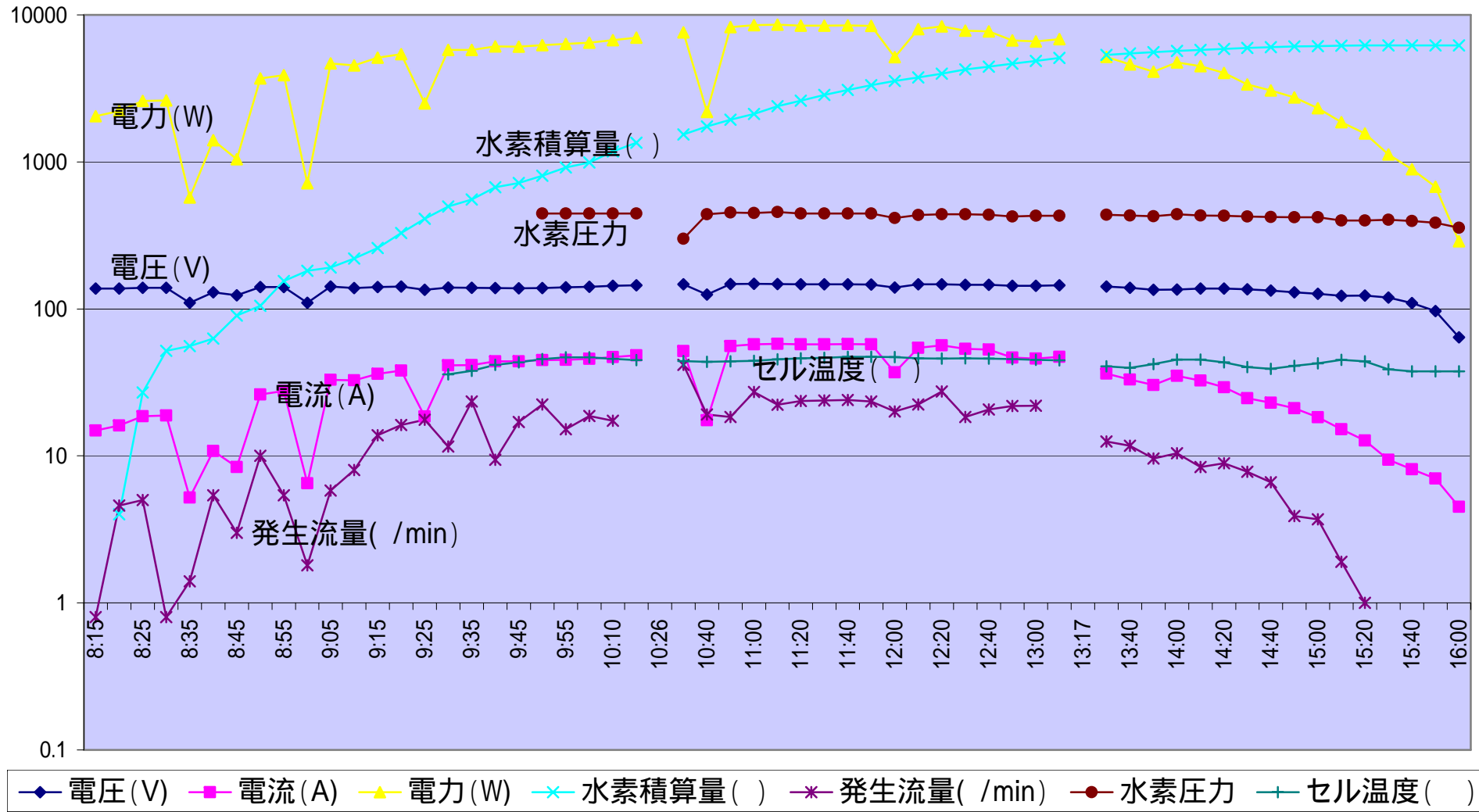
電圧低下時の対応イメージ

日射強度が低下した場合、電圧低下により電解セル最低入力電圧120Vを下回る。
電解セル入力電圧を上昇させるために、太陽光モジュールの直列数を増やし電解セル最低入力電圧を確保する。
直列・並列回路組み換えを接続箱にて行う。

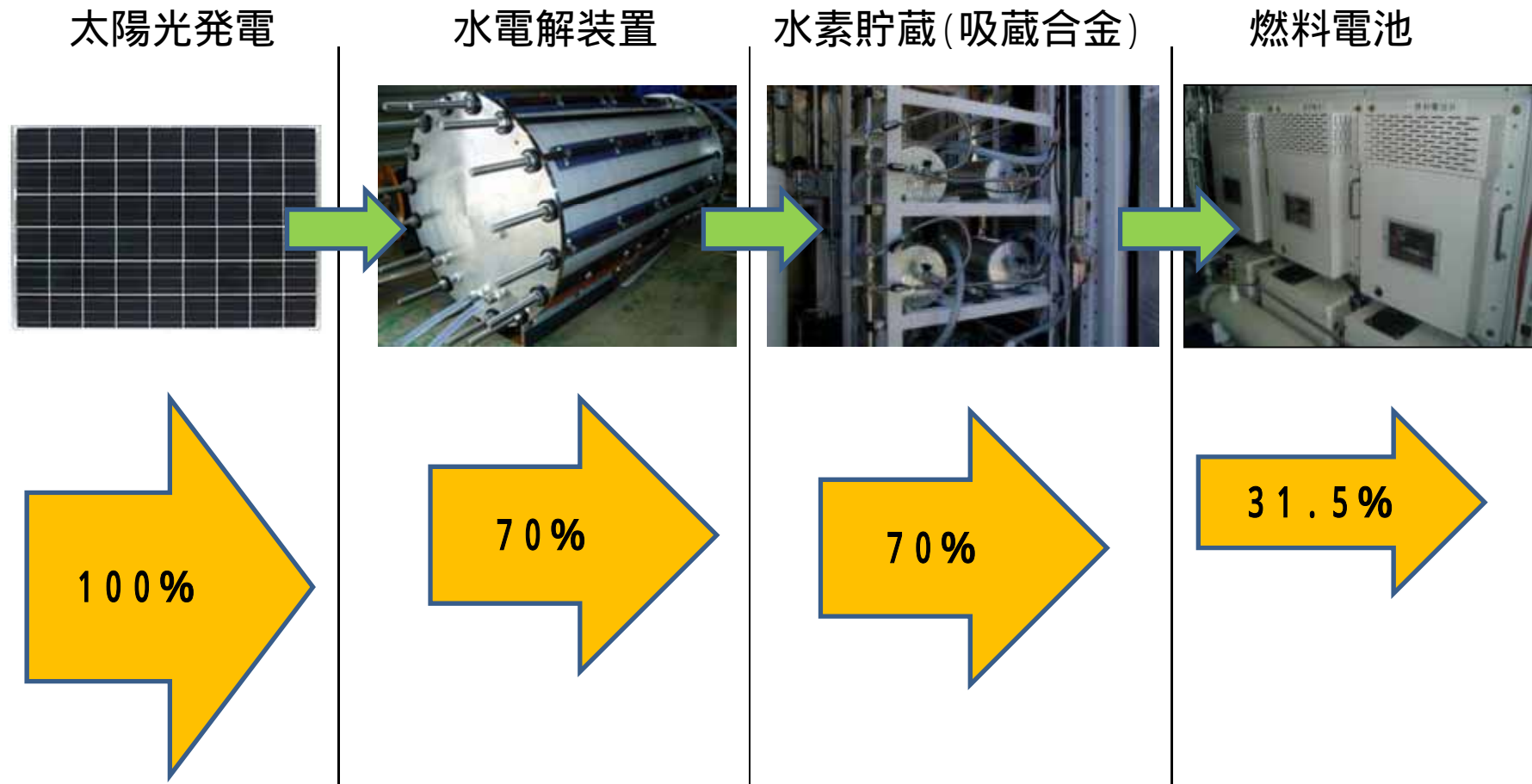


太陽光発電の状況により直列・並列回路を組換え、電解セルに必要な120 ~ 150Vに制御する。

1月23日水素発生



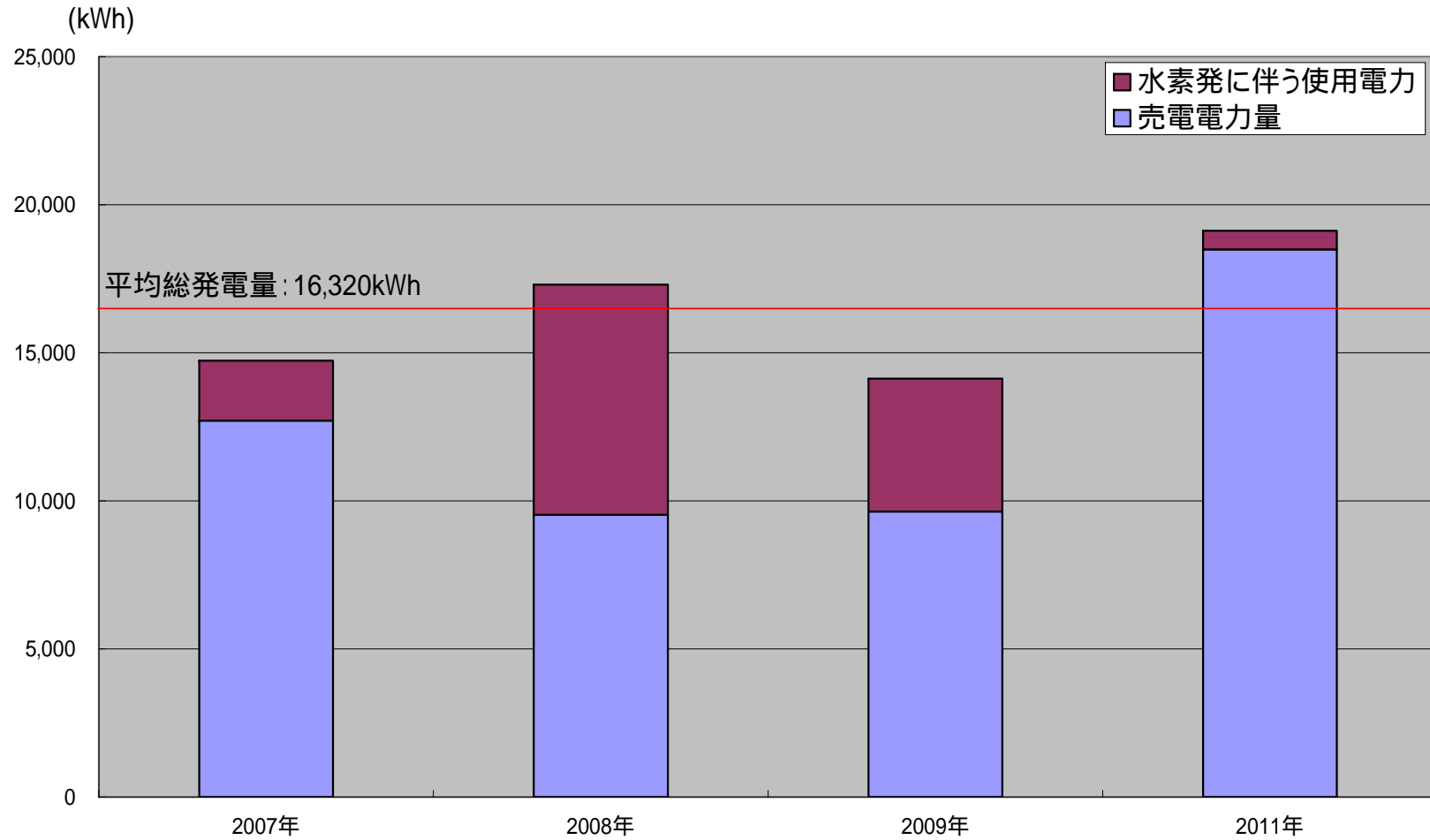
エネルギーバランス



高圧貯蔵を行うと補器類による電力消費が大きい

システム管理のエネルギー消費量を小さくする。

総発電量及び電力使用状況



4年間にわたる太陽光発電のデータ収集を行った。
総水素発生量: 2269.838Nm³

水電解システム

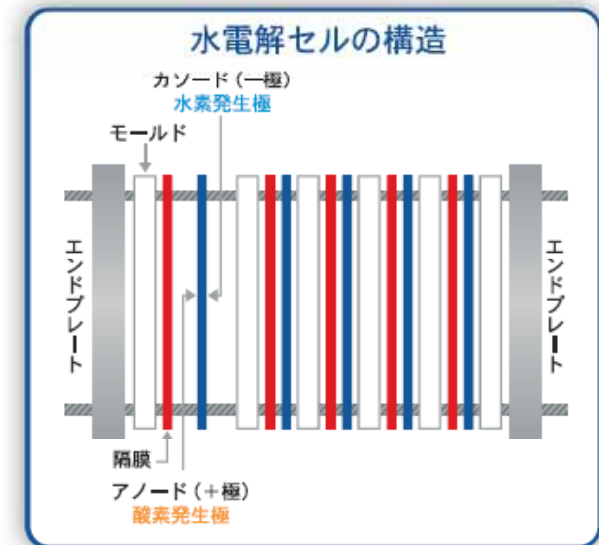
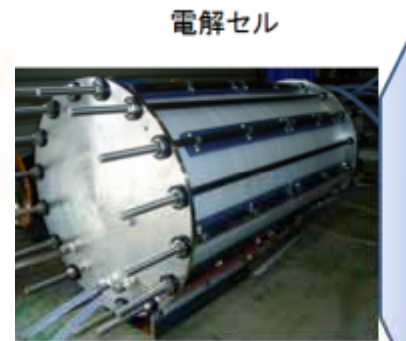
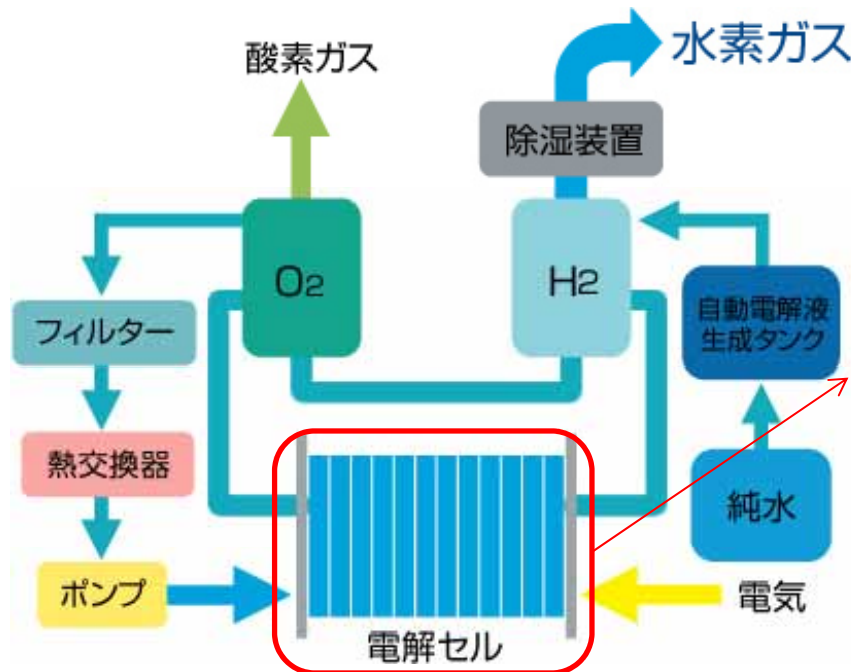
アルカリ型・PEM型の比較

	アルカリ型	PEM型
イニシャルコスト	低い	高い
ランニングコスト	4.5 ~ 7.0 kWh/Nm ³	5.0 ~ 6.5kWh/Nm ³
大型化	適合 (33,000Nm ³ /h)	不適合 (50Nm ³ /h)
原材料	KOH水溶液, NaOH水溶液	純水
水素純度	99.500%	99.999%
不純物	酸素・水分・アルカリミスト	酸素・水分

精製装置により99.999%の高純度水素製造可能

一般的なアルカリ型水電解の条件

カソード材料	鉄, ニッケル
アノード材料	ニッケル ニッケルめっきした鉄板
温度()	60 ~ 90
電流密度(mA/cm ²)	100 ~ 300
槽電圧(V)	1.9 ~ 2.2
溶液	NaOHまたはKOH
溶液濃度(%)	20 ~ 40
エネルギー交換効率(%)*	70 ~ 80



水素単価の低減

水素が化石燃料の代替エネルギーであるには

安価な水素が必要！！

$$\begin{aligned} C_p(\text{水素製造単価}) &= \text{設備費} + \text{ランニング製造費} \\ &= [\text{設備費}(\text{¥}) \times \text{年経費率}] / [\text{年間時間数} \times \text{稼働率} \times \text{水素製造量}] + \\ &\quad [\text{電力単価} \times \text{電気量原単} \times \text{セル電圧} \times \text{動力補助係数}] \end{aligned}$$

竹中啓恭; 燃料電池 Vol.6 No.2 P39 (2007)

設備費 - 製造コスト・メンテナンス

ランニング製造費 - 電気代・水道代

一般の電解セルの寿命が4,5年である。

アノード電極の腐食が原因

アモルファス合金が有効



アモルファス合金の特徴と選定

- 高強靱性 - 結晶金属の約2~3倍の強さ
- 高電気抵抗 - 結晶金属の約3~5倍の抵抗
- 耐放射線損傷 - 中性子線により脆化しにくい
- 低音波減衰率 - ガラスと同等程度
- **高耐食性** - **ステンレス鋼の約10万倍の耐食性**
- 高軟磁性 - 高透磁率・低鉄損

....

アノード

- 優れた耐食性を有する。
- 製作管理が簡単。

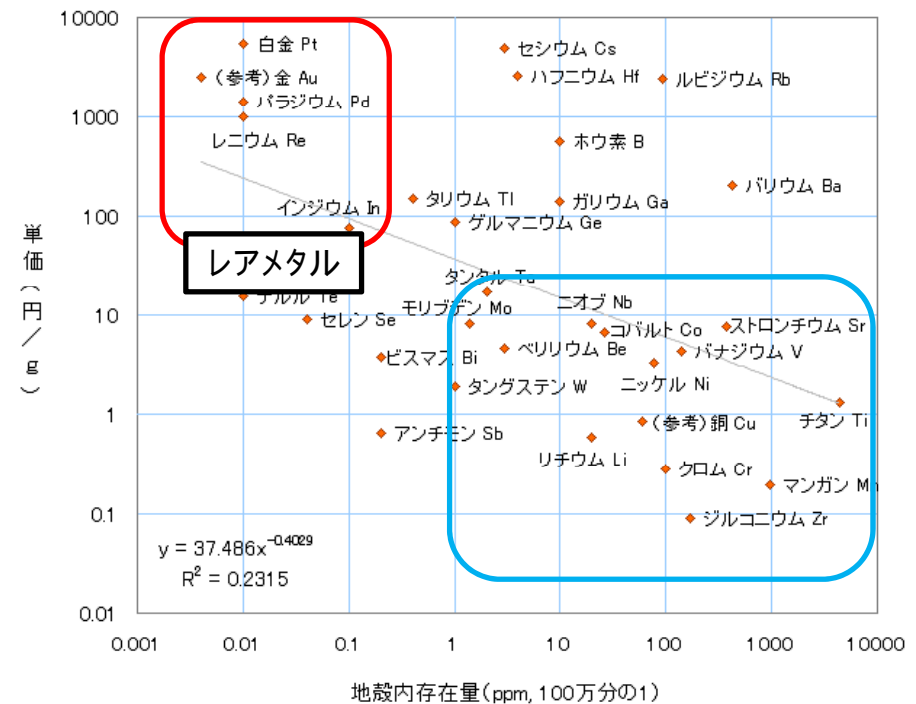
→ Ni-P

カソード

- Ni-Sは実用例がある。
- Ni及びWの合金は触媒設計上有効である。

→ Ni-W-S

レアメタルの存在量と価格

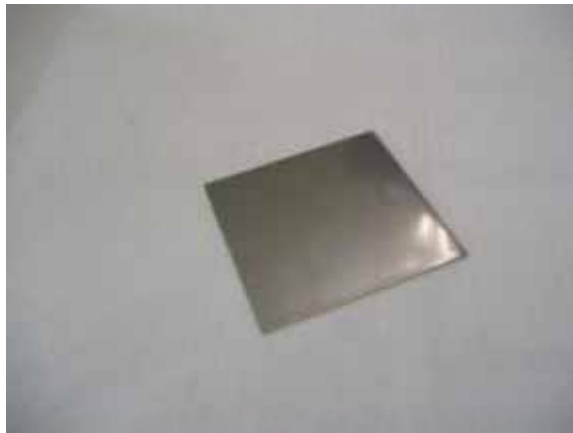


(注) 存在量は地殻内存在量。希土類は省略。x軸、y軸ともに対数目盛。価格は化合物の場合もある。
(資料) 小谷太郎「宇宙で一番美しい周期表入門」2007年

<http://www2.ttcn.ne.jp/honkawa/4735.html>

酸素発生触媒能及び水素発生触媒能は物質固有の特性である。
理想的な材料の組み合わせにより、安価な触媒材料を開発。

アモルファス電極 (アノード)



Ni-Pアモルファス電極

8wt%以上Pを含有したNi-P合金はアモルファス構造をとることが知られている。

比較検討

Ni
P:0wt%

Ni-P1
P:9.64wt%

Ni-P2
P:17.5wt%

QCM (耐食性試験)

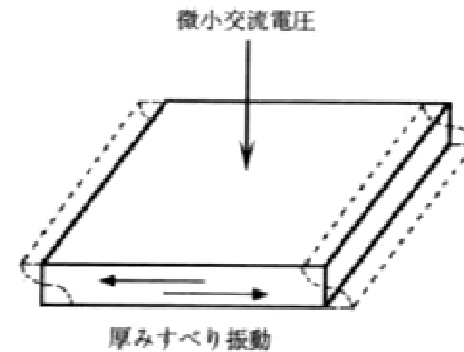
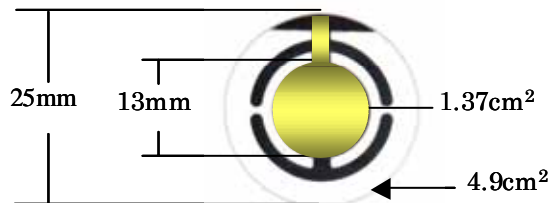
Quartz Crystal Microbalance 水晶振動子微小天秤法

水晶の**圧電効果**による共振現象を利用した微小天秤

特徴

高感度、ナノグラムオーダーの測定が可能。

溶液中で使用できるため、電気化学的測定と併用ができる。



【厚み方向の微小交流電圧による水晶のせん断方向の厚みすべり振動】

Sauerbrey の式

$$\Delta m / f = - (\mu\rho)^{1/2} / (2f_0^2)$$

Δm : 質量変化 Δf : 共振周波数変化

f_0 : 基本周波数 (= 5×10^6 Hz)

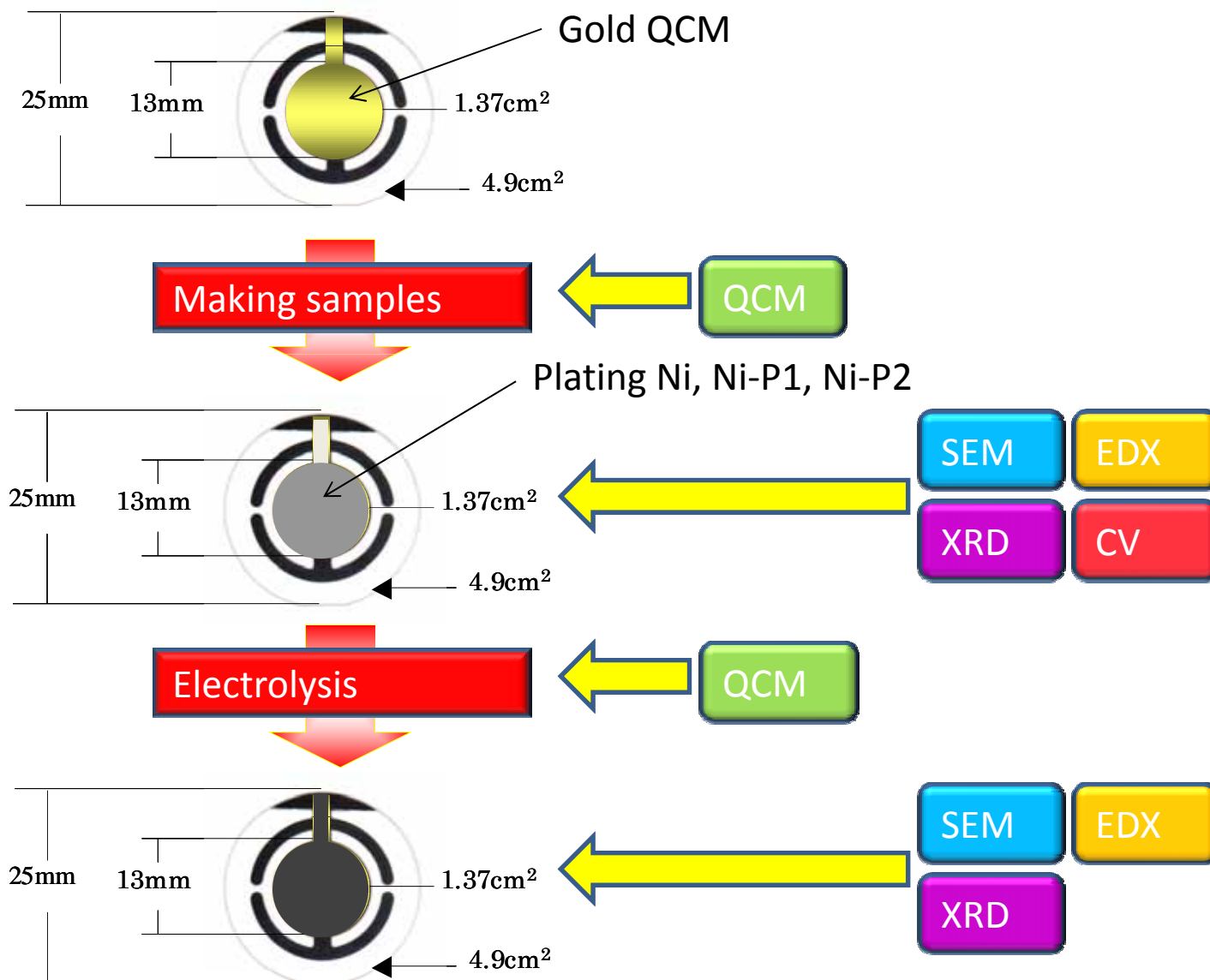
μ : 水晶の剛性率 (= 2.95×10^{11} g cm⁻¹ s⁻²)

ρ : 水晶の密度 (= 2.65 g cm⁻³)

5MHz, ATカット水晶は単位面積あたり
共振周波数1Hzが

1.77×10^{-8} gの質量変化に相当する。

実験

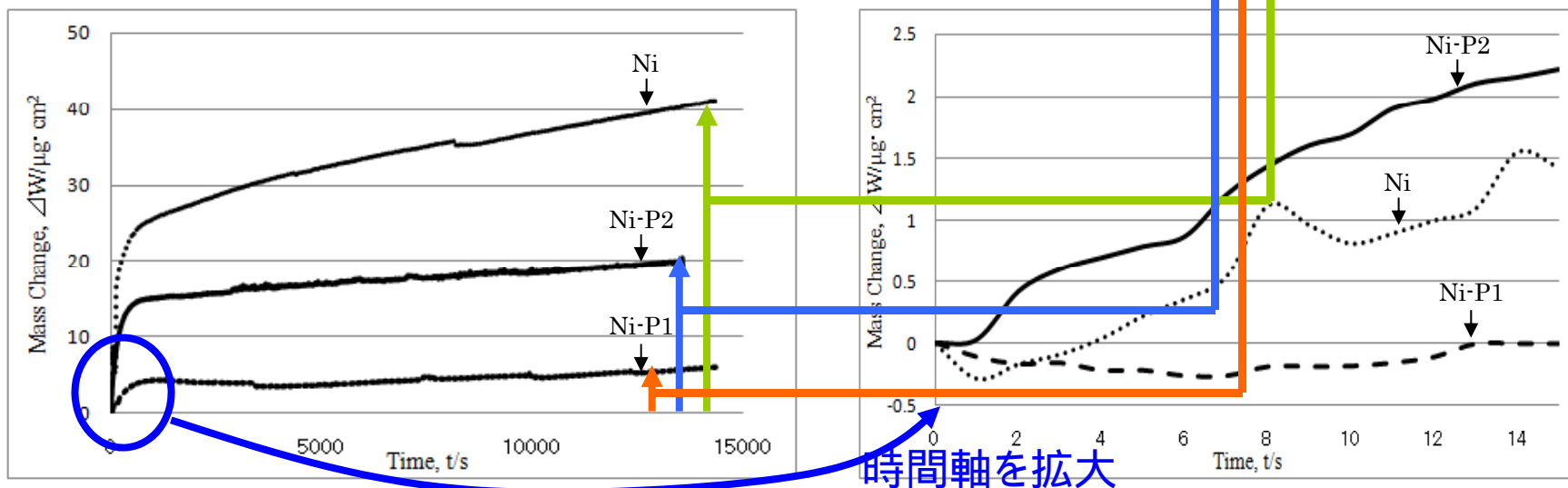


QCM: Quarts Crystal Microbalance

アノード電極の開発 (Ni-P)

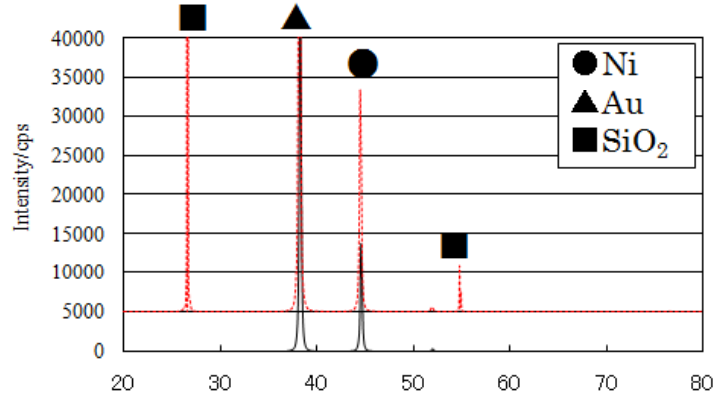
【EDX】		Wt%		
		Ni	P	O
Ni	Before electrolysis	100	0	0
	After electrolysis	93.80	0	6.20
Ni-P1	Before electrolysis	90.36	9.64	0
	After electrolysis	88.68	9.42	1.90
Ni-P2	Before electrolysis	82.50	17.50	0
	After electrolysis	78.20	16.59	5.21

Measuring time : 100sec
 Accelerating voltage: 15.00kV
 Probe current: 0.200nA

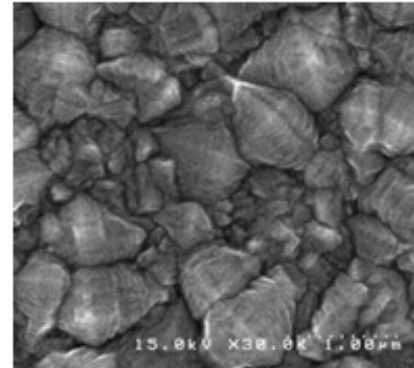


- Ni 酸化皮膜の形成速度が遅い。酸化皮膜が増加していく。
- Ni-P1 酸化皮膜の形成速度が遅い。酸化皮膜の増加傾向は小さい。
- Ni-P2 酸化皮膜の形成速度が速く、酸化皮膜の増加傾向も小さい。

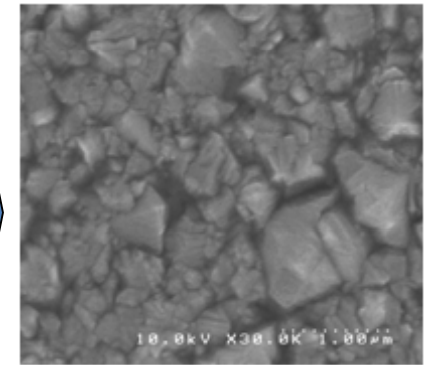
Ni



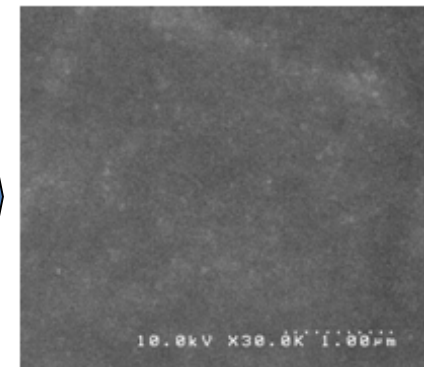
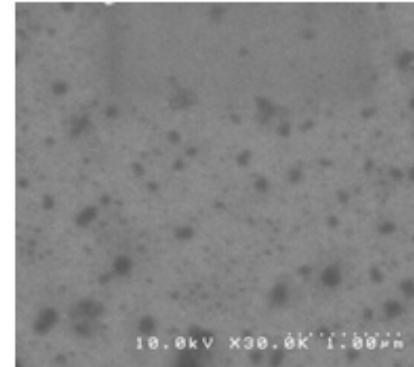
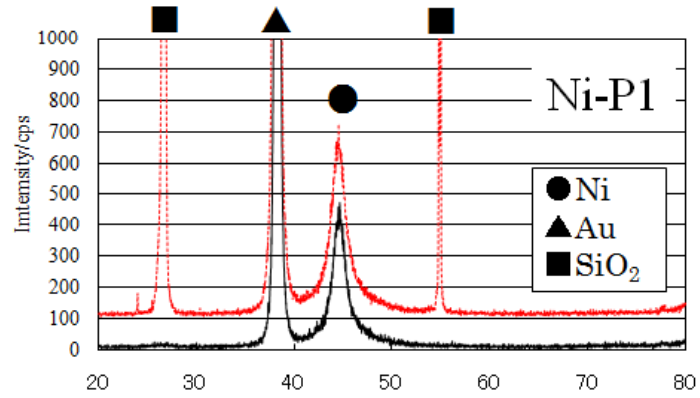
電解前 SEM像



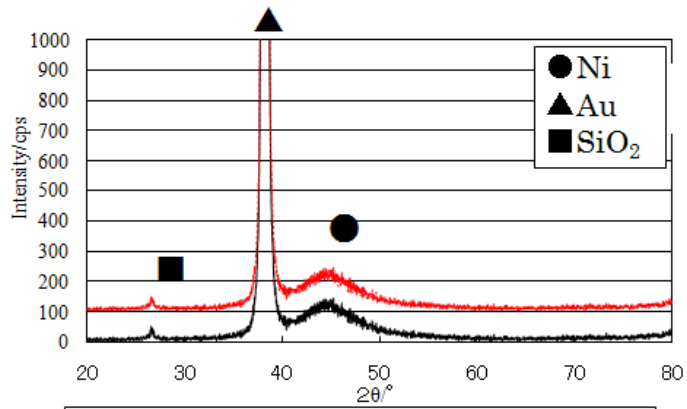
電解後 SEM像



Ni-P1

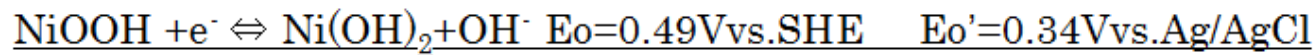
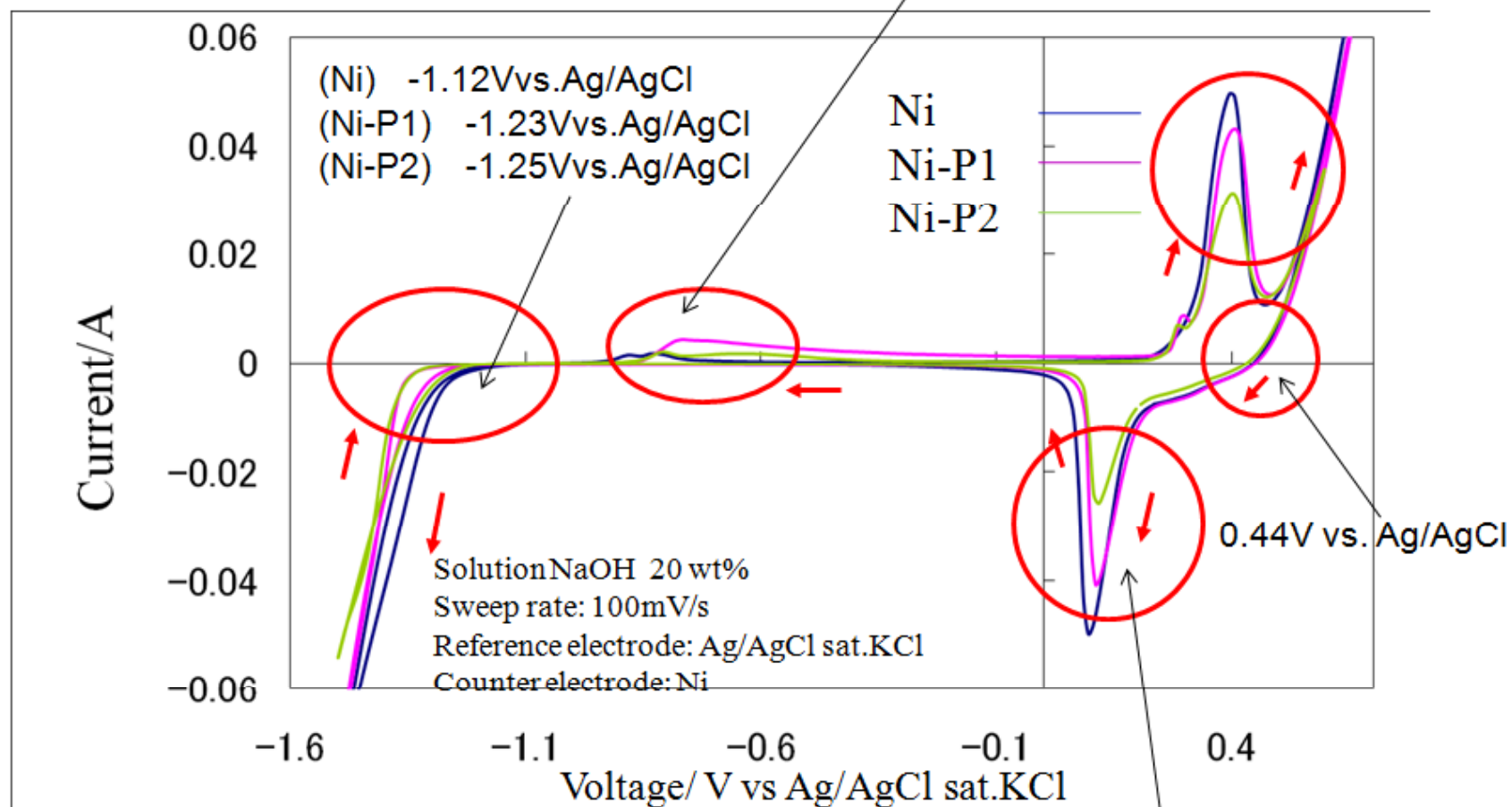
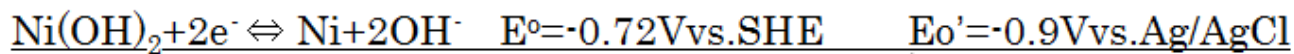


Ni-P2



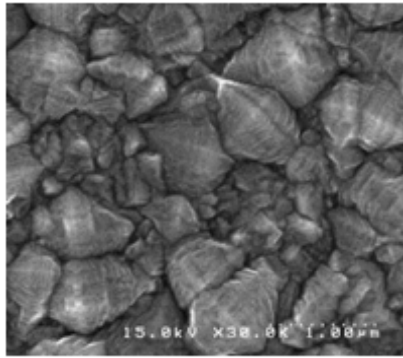
— Before electrolysis — After electrolysis

アノード電極の開発 (Ni-P)

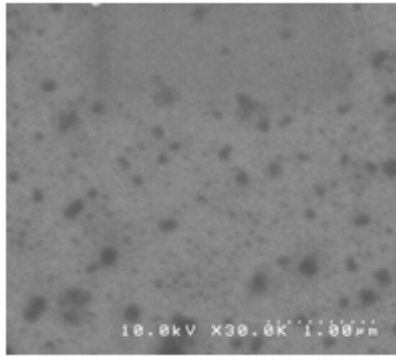


Ni - Pのまとめ

Ni



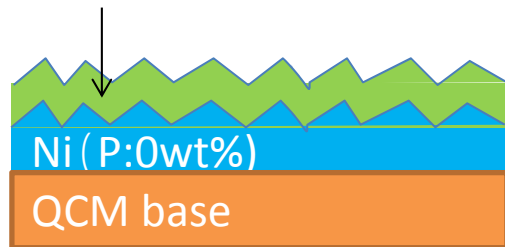
Ni-P1



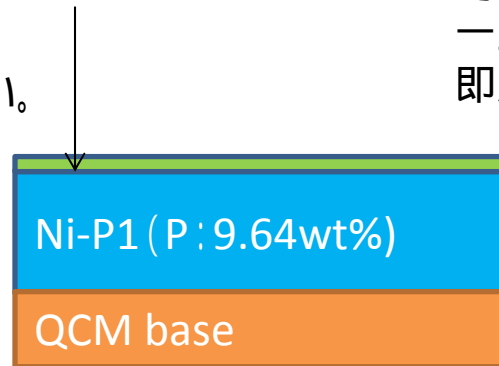
Ni-P2



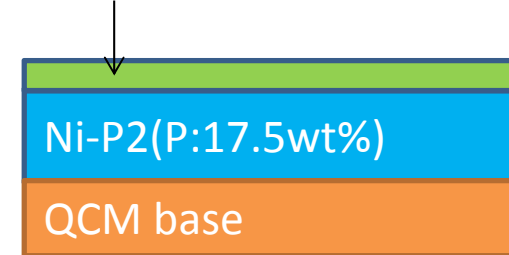
結晶粒界が存在する。
電流が集中するため、腐食しやすい。



酸化皮膜形成速度が遅い。
Ni-Pの表面皮膜は薄く、脆い。



均一な酸化皮膜が形成されている。
一旦、酸化皮膜が破壊されても、
即座に酸化皮膜が形成される。



アモルファス合金を搭載した水素発生装置

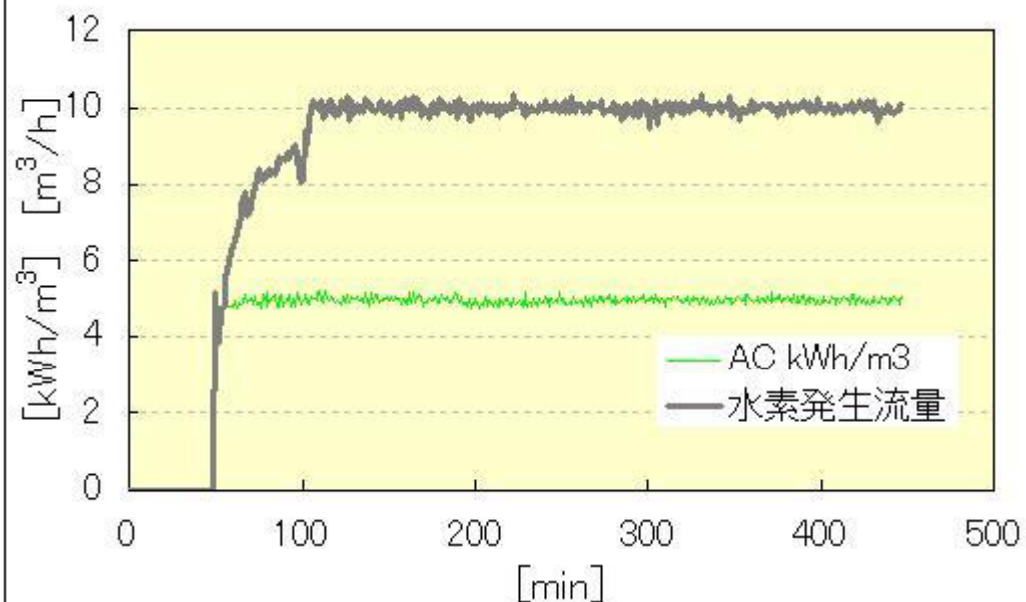


Hydro Cube 10仕様

項目	仕様	備考
製品型式	HC10	Hydro Cube 10N m ³ /h
製品保証	2500h or 1 year	連続 8h/day
定格水素発生容量	10N m ³ /h	
水素発生純度	99.5%	
水素露点	5℃以下	
水素供給圧力	0.4MPa 以下	
設置環境温度	2-40℃	直射日光が当たらないこと
設置環境湿度	5-95%	結露なきこと
電源	3相 .AC200V.80kVA	50Hz/60Hz 兼用
給水(純水)	2uS/cm 以下	
外形寸法	W4500×D850×H1600(mm)	
重量	2400kg 以下	

商用電源による電解性能

水素発生運転試験データ



導入メリット

経済効果

現在ご利用の水素ガス単価よりも低価格な水素ガスをご提案いたします。

安全性

必要な時に、必要な量を水素発生致しますので、水素貯蔵量が無くなり、貯蔵水素による事故が発生しません。

高圧ガス 保安法定期 適応外

高圧ガス保安法適用外の 1MPa 未満の為、わずらわしい手続きが軽減されます。

安心利用

安心してご利用頂くために、充実したバックアップ体制を整えています。また、必要に応じて遠隔監視・制御システムもご提供致します。



社名: 株式会社バンテック

創立: 平成4年8月

代表者: 鈴木和芳

本社・工場: 栃木県那須塩原市二区町321

営業品目: 水素発生システム

制御盤・配電盤・キュービクル

従業員数: 50名

水素が変える未来 (H)(H) バンテックが創る未来

ご清聴有難うございました。