

# 環境ベテランズファーム Webセミナー (2024年4月)

## 講演テーマ:

ポロンドーフダイヤモンド電極による海水から直接水素製造するシステムの構想

講師: 株式会社エイティーティー  
代表取締役社長 下田 一喜 様

## 講師略歴:

日本大学経済学部卒業

温度調節器メーカー、チラーユニットメーカー、真空機器メーカー勤務を経て、  
2001年 株式会社エイティーティーを設立

## 会社概要

商号 株式会社エイディーディー  
所在地 〒410-0301 静岡県沼津市宮本25番地の1  
連絡先 TEL:055-943-6371 FAX:055-943-6372  
設立 2001年6月13日  
資本金 2000万円  
代表者 下田 一喜  
従業員数 41名 (2023年10月1日現在)



## 営業拠点

### 関西工場

〒523-0063  
滋賀県近江八幡市十王町732

### 熊本営業所

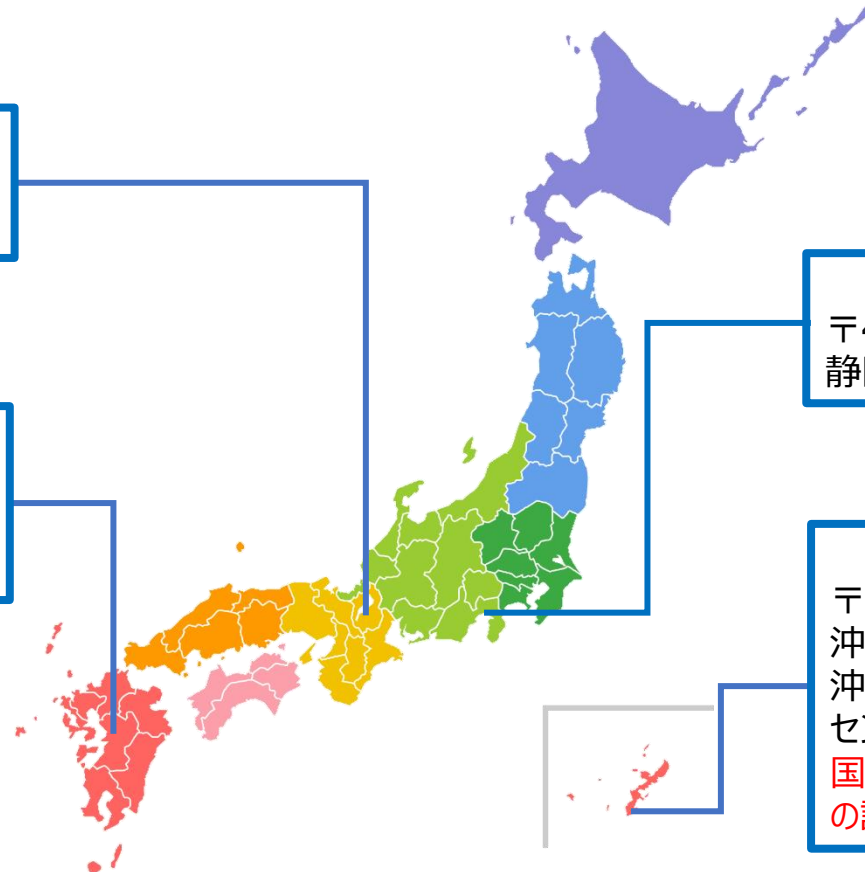
〒860-0834  
熊本県熊本市南区江越  
1丁目14番8号

### 本社

〒410-0301  
静岡県沼津市宮本25番地の1

### FLAP(ADD子会社)

〒901-0142  
沖縄県那覇市鏡水崎原地先  
沖縄グローバルロジスティクス  
センター(サザンゲート)4F  
国内中小企業初の保税工場  
の認可取得



## 事業内容

国内半導体製造メーカーに設備している、チラーの修理、メンテナンス（ルネサス、ソニーetc）半導体製造装置メーカー向けTSV(貫通電極)用超低温チラー製造（次世代3Dメモリ向け）

### ADDの中核事業

半導体製造用チラーの修理、製造及び超低温チラー製造

### 超低温機器

エアーチラー  
クライオ機器

- ・環境試験機用(動粘試験等)
- ・半導体後工程ハンドラ用
- ・凍結洗浄用
- ・**クライオセラピー機器**  
(クライオバス、クライオフット等)

-120℃の超低温フリーザーで凍結させることによりドライアイスの代替となる専用保冷剤を開発  
**物流・食品・医療向けに  
拡販中**

超低温  
フリーザー・  
(ドライアイス  
レス輸送)

ダイヤモンド  
合成

- 【ダイヤモンド合成製品】
- ・**摩耗部品**
  - ・金型
  - ・**電極**
  - ・開発製品etc.
- 【ダイヤモンド合成装置製造】
- ・マイクロ波プラズマCVD法
  - ・熱フィラメント法

# ADD中核事業

## 3元冷凍チラーユニット WUL-4000



- |            |   |
|------------|---|
| 1) 温度制御範囲  | −90~+20℃ ノベック7200 使用時<br>−100~+20℃ ノベック7000 使用時<br>−110~+20℃ ノベック7000 (75%) +<br>ノベック7200 (25%) 混合液 |
| 2) 温度制御方式  | シーソヒータによるPID制御  |
| 3) 温度制御精度  | 無負荷時負荷設定温度 ±1.0℃  |
| 4) 冷却能力    | 4000W at −100℃ 5) の条件時<br>※ノベック7000及び混合液使用時   |
| 5) 循環液流量   | 30ℓ/min at 0.3MPa (−100℃条件)   |
| 6) 最大使用圧力  | 0.8MPa  |
| 7) 必要循環液容量 | 常用リザーブタンク容量約15L<br>最大リザーブタンク容量約25L<br>チラー内部配管容量(ヒータ/熱交換器等)約25L                                      |
| 8) 適用循環液   | ノベック7000もしくはノベック7200及び<br>ノベック7000/7200の混合液<br>※注意 1)の温度制御範囲が異なります。                                 |

対象装置  
TSVエッチャー

# 超低温エアーチラーCW-1221



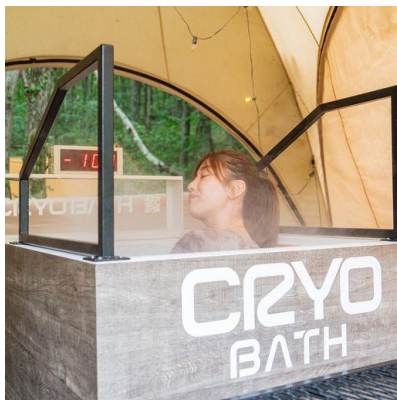
## 対象装置

ウェーハプロパー  
タイヤゴム試験機等液体窒素の代替えとして  
使用されている

- |             |  |
|-------------|--|
| 1) 冷却能力     | — 120℃ at N2流量200LM<br>— 115℃ at N2流量250LM                                   |
| 2) 温度制御範囲   | — 120℃ ~ — 50℃   |
| 3) 温度制御精度   | 設定温度±1.0℃ at N2流量200LM   |
| 4) 温度制御方式   | ホットガス比例制御方式<br><br>通常制御：冷却N2温度を制御対象とするN2制御モード<br>EVA温度制御：設定変更で制御対象をEVA温度に切替可 |
| 5) 温度降下時間   | 常温でチラー起動 ⇒ — 120℃到達まで約60分<br>(at N2流量200LM)                                  |
| 6) 温度復帰時間   | N2流量0LMから200LMに流量変更した際の<br>— 120℃到達までの温度復帰時間 ⇒ 約4分                           |
| 7) 適用流体     | N2   |
| 8) 使用可能流量   | 0LM ~ 250LM  |
| 9) N2最大使用圧力 | 0.7MPa   |
| 10) 運転周囲環境  | Rt : 5℃~35℃ Rh : 75%以下   |

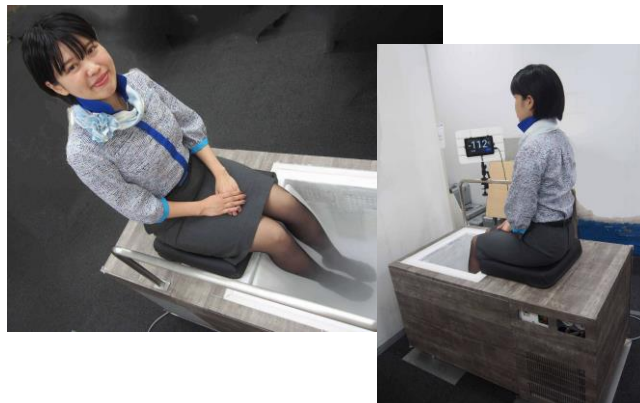
# クライオ機器

## ラインナップ



**CRYO BATH**  
クライオバス

全身を-100℃以下に冷却する超低温アイシングマシンです。全身に負荷がかかるトップアスリートからの人気が高く、リフレッシュ効果も高い製品です。



**CRYO BATH for foot**  
クライオバス フォー フット

足のみを-100℃以下に冷却する足湯タイプのアイシングマシンです。足先を冷やすだけで、全身の血流改善等、クライオバスと同等の効果が期待できます。



**CRYO BATH for sole**  
クライオバス フォー ソール

-120℃のフリーザーで凍結させた保冷剤で足裏のみを冷却します。一度に複数名でご利用可能、クライオバスと同等の効果が期待できます。

疲労回復等の効果が認められ、プロスポーツ業界、企業の福利厚生向けに採用されています。



# クライオバスニュース

クライオバスのニュースをご紹介致します。下記番組にて取り上げて頂きました。

**【グッド！モーニング】【リアルスコープ】【1/365のマニアさん】**





# 超低温フリーザーによるドライアイスレス輸送

世界初、液体窒素を使用しない-120℃の超低温冷凍庫[ウルトラディープフリーザー]で凍結させることにより、長時間の保冷を可能とする専用蓄冷材[アドコールド-45]を活用したサービスです。

ドライアイス未使用で冷凍車両も使用せず、既存のコンテナ等資材で長時間の冷凍輸送や保管を可能とします。

ファイザー社製の新型コロナワクチン輸送に採用され、3日間-60℃以下で輸送することを可能としました。

この技術を活用し、-20℃以下をドライアイスとほぼ同量の蓄冷剤で、ほぼ同等の保冷時間を可能とし、すでに大手物流会社様にて、離島への航空および船舶輸送やセンターにおけるラストワンマイルのドライアイスレス冷凍輸送に活用されております。

## ゼロドライアイスサービスとは

### -120℃超低温冷凍庫[ウルトラディープフリーザー]



型式	YFZ-1423
冷却性能	-100℃ ~ -120℃
内容積 (L)	147
内寸法 (mm)	W620×D460×H470
外寸法 (mm)	W920×D935×H1036
重量 (kg)	200
消費電力 (W)	2200
冷媒	特殊混合冷媒 (HFC)
電源	三相AC200V(50/60Hz)

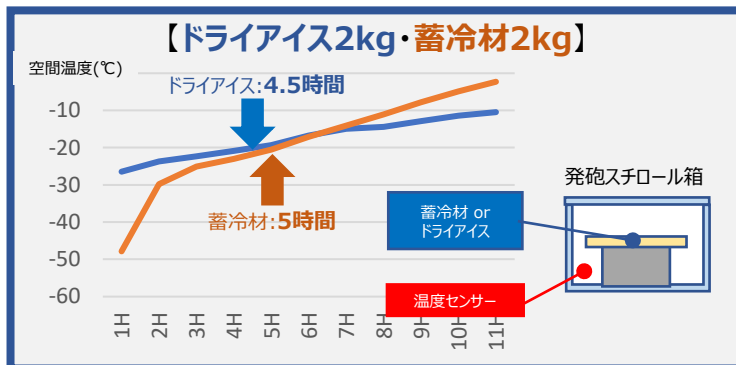
### -120℃専用蓄冷材[アドコールド-45]



Sタイプ	
サイズ (mm)	100×150×25
内容量 (g)	280

Mタイプ	
サイズ (mm)	140×200×25
内容量 (g)	580

Lタイプ	
サイズ (mm)	200×280×25
内容量 (g)	1,120



# ダイヤモンド合成技術の製品化

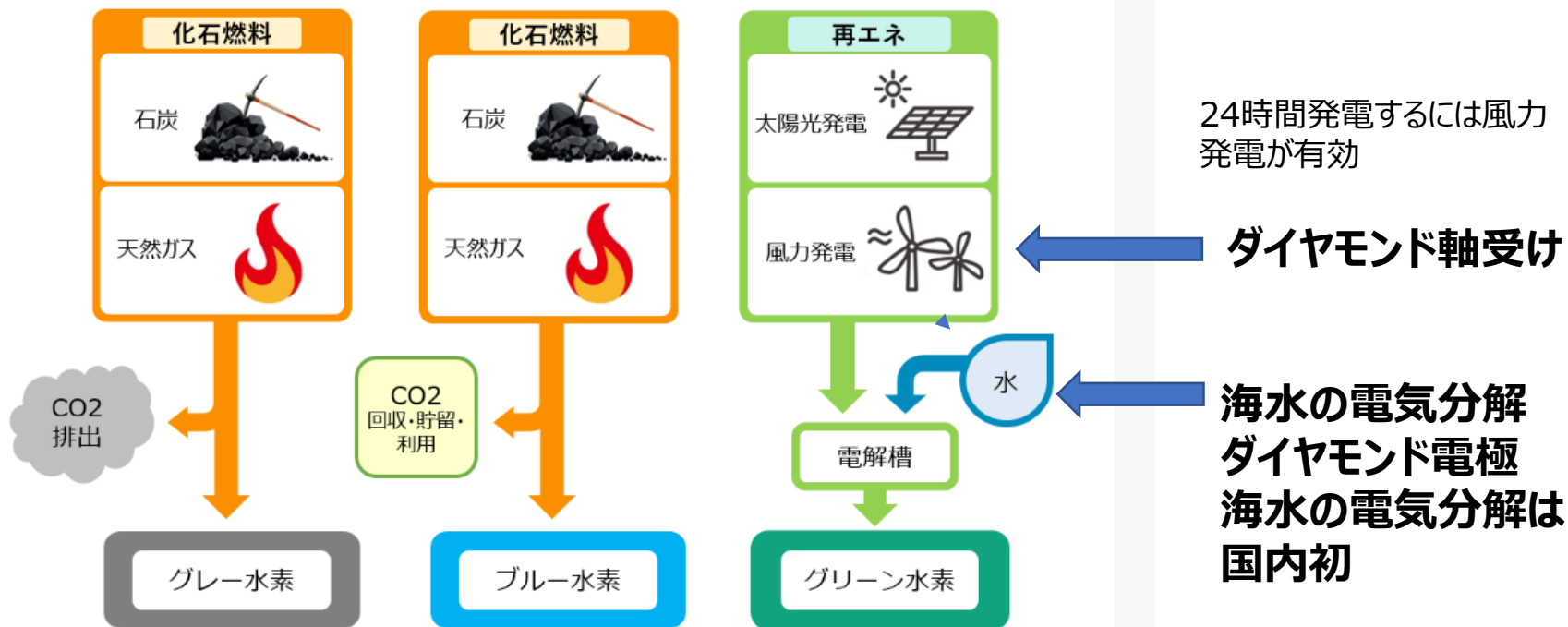
1 : ダイヤモンド軸受け  
(風力発電機向け等)

2 : ダイヤモンド電極

ダイヤモンド電極は、海水電気分解の電極及び二酸化炭素からギ酸生成用の電極として使用する

# グリーン水素製造に係る技術開発 当社のダイヤモンド合成技術を核とした製品化

図) 水素の種類



出典) 経済産業省資源エネルギー庁



ダイヤモンド軸受け  
を使用したメンテナンス  
フリーの風力発電機

① 主軸

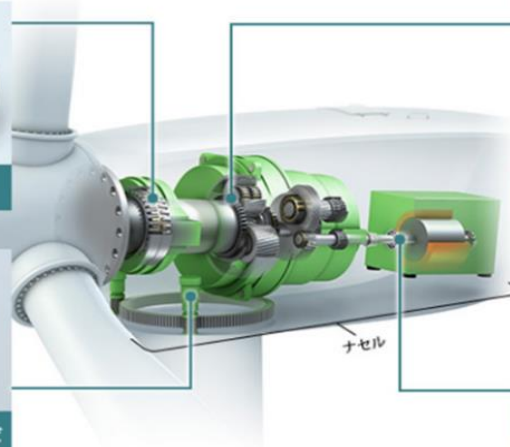


超大形自動調心  
ころ軸受など

■ 減速機



円すいころ軸受など



■ 増速機



円筒ころ軸受など

② 発電機



絶縁軸受  
(メガオーム) など



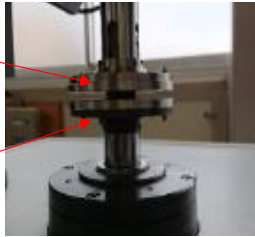
# 摩擦係数評価

## 本テーマの背景

機密 / Confidential

ダイヤモンドの物性として最も知られている硬度と摩擦係数の低さ、物質中安定的な性質を活用  
摩擦係数実測値は0.01以下

装置：固定側



装置：回転側

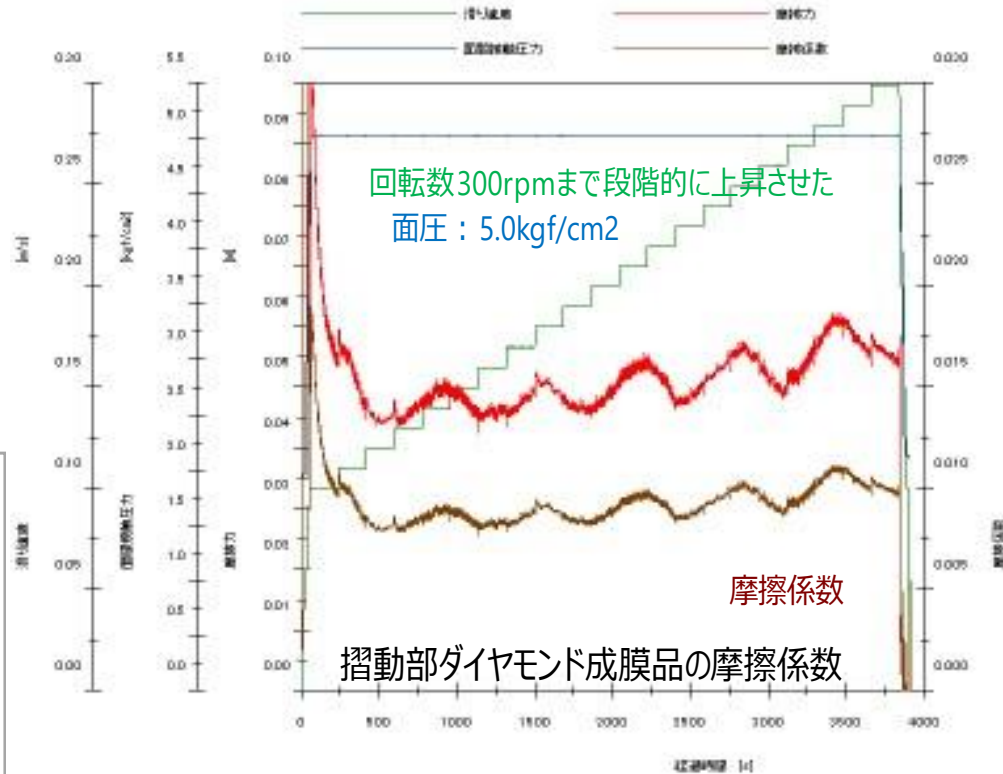


回転側設置サンプル

固定側設置サンプル

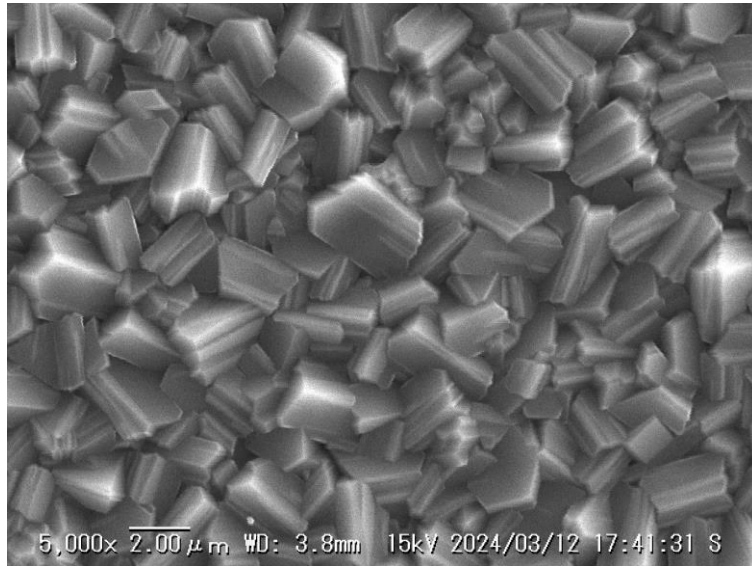
参考:各材料の摩擦係数(設計便覧より転載)

鉄と各材料との摩擦係数			
炭素	0.15	タンタル	0.58
チタン	0.59	タングステン	0.47
鉄	0.52	白金	0.56
コバルト	0.46	金	0.54
ニッケル	0.58	マグネシウム	0.34
モリブデン	0.47	鉛	0.52

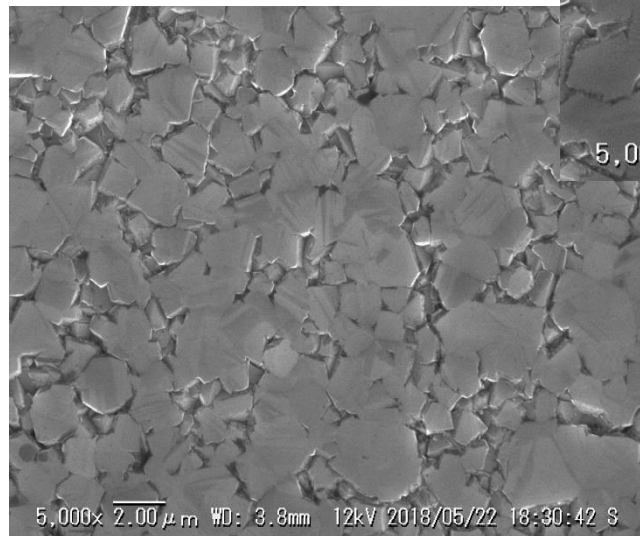
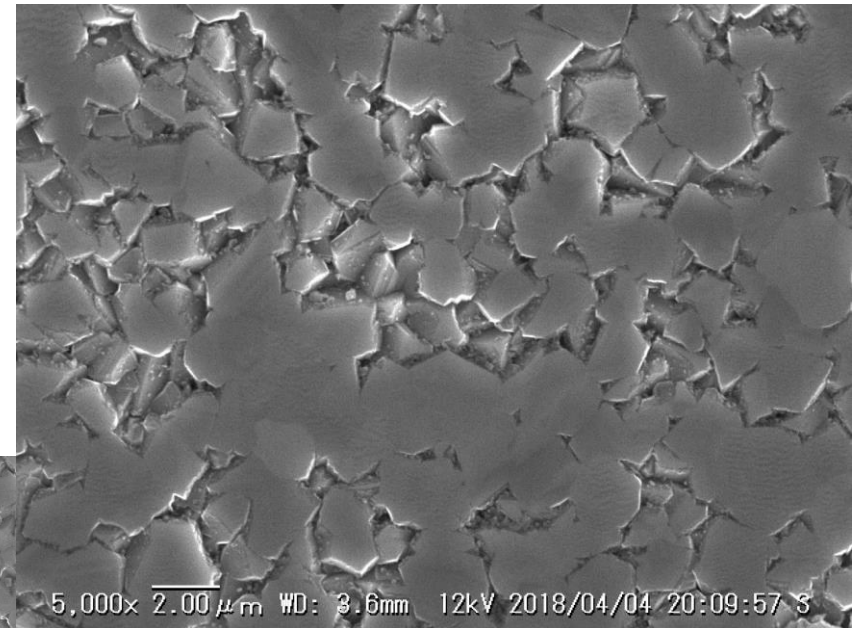


他材料では達成できない摩擦係数の低さ、強度をダイヤモンド膜で生かせる

ダイヤモンド合成時SEM

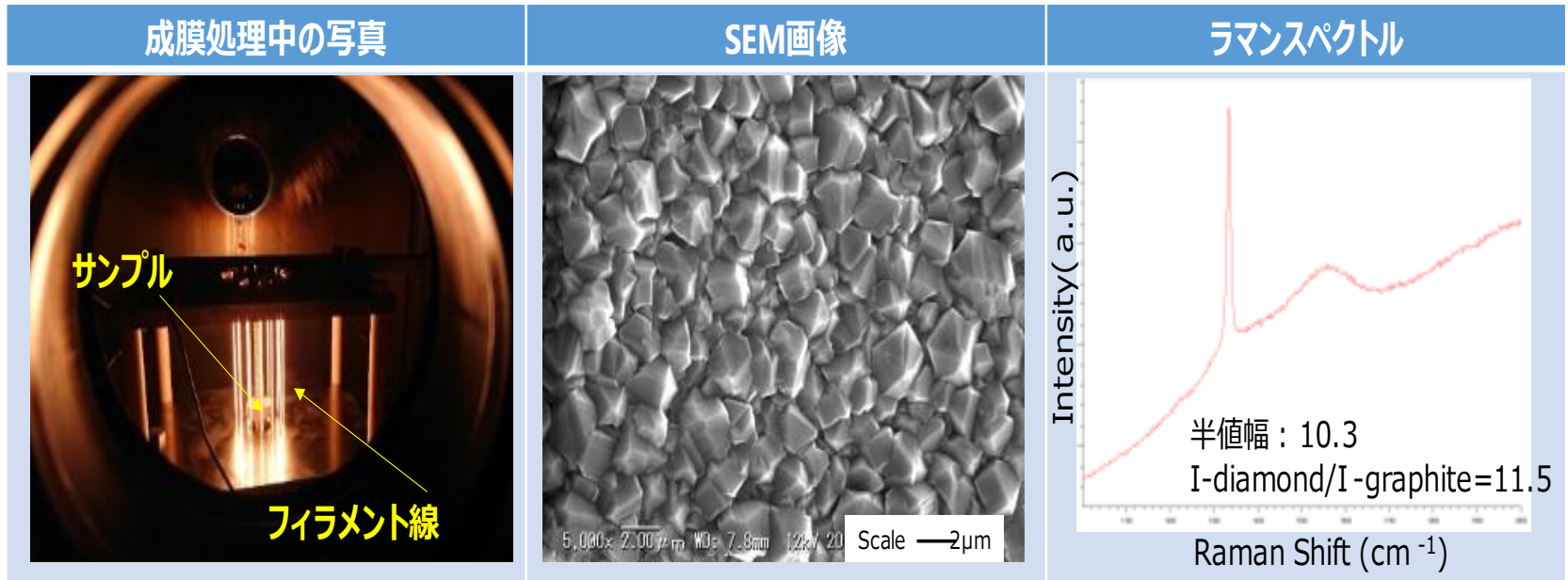


ダイヤモンド平坦化後SEM



# ダイヤモンド合成方法

## 弊社の設備構造（側面成膜）



- SEM画像 : 2μm程度の粒子で構成された膜
- ラマンスペクトル: ダイヤモンドのピーク(1333cm<sup>-1</sup>)

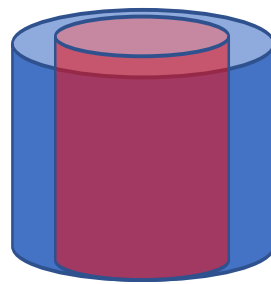
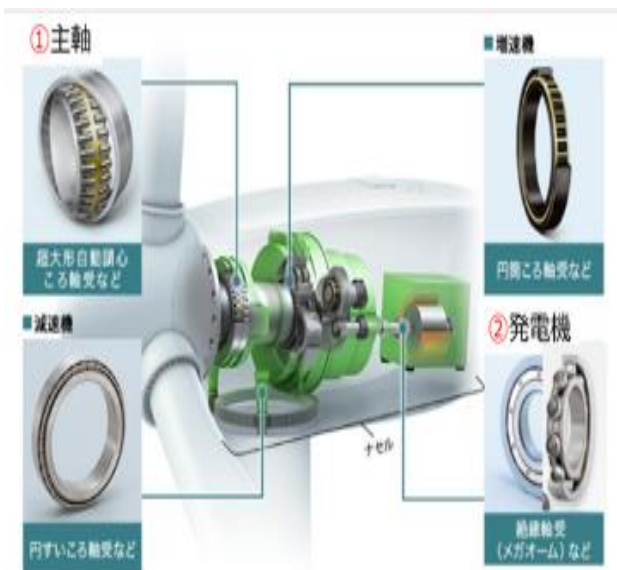
筒状内面・外面にダイヤモンド成膜が可能となっている

今まで蓄積した技術・ノウハウから、ステージ上・下・回転機構、フィラメント設置変更により可能となる

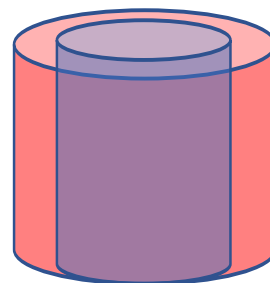
軸受けには当社が従来から持っているダイヤモンド（※）合成技術を応用する。

ダイヤモンドの突出した特性である物質中最高の超硬質性、極低摩耗特性と更には科学的安定性により、軸受の低抵抗化と電食防止が期待できる。

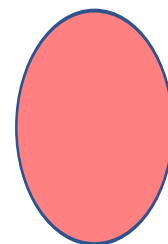
⇒ 将来的には、メンテナンスフリー（定期的な潤滑剤の注入などオイルフリー化）の達成により、洋上設置時等の塩害にも対応できる軸受けの製作技術開発に結実させる。



内側面成膜



外側面成膜



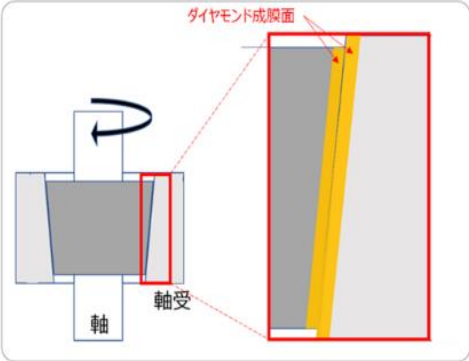


球体表面成膜

軸受けでは、側面・内面・球面等様々な成膜が必要とされる



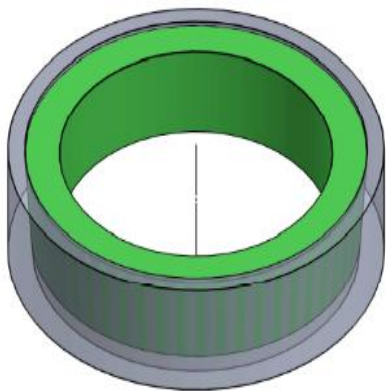
# ダイヤモンド軸受け

	従来技術(従来の軸受け)	新技術(今回開発するダイヤモンド軸受け)
方式	<p>複数部品の組み合わせ 潤滑剤の塗布が必須</p> 	<p>単純な構造(内輪・外輪の2部品(チタン合金製)) 潤滑剤を必要としない(ダイヤモンド被膜)</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>開発する軸受け構造 (組モデル)</p>  <p>内輪      外輪</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>開発するダイヤモンド軸受け(断面)</p>  </div> </div>
従来術の課題  新技術の 課題解決方法	<p>従来技術の技術的課題</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 複数の部品(内輪・外輪・ころ・保持器)の組み合わせで構造が複雑</li> <li>・ 潤滑剤の塗布が必須で、大量の水で流れ出てしまう問題あり</li> <li>・ 機械構造的に給油が難しく、定期的な交換が必要</li> </ul>	<p>新技術の特徴</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 単純な構造となっており、摺動面にダイヤモンド被膜</li> <li>・ 摩擦抵抗が限りなく低くなる為、潤滑剤不要且つ長寿命</li> <li>・ 素材はチタン合金の為、耐食性・熱伝導性・機械的強度・軽量性の観点から、高負荷環境下で使用可能</li> </ul>

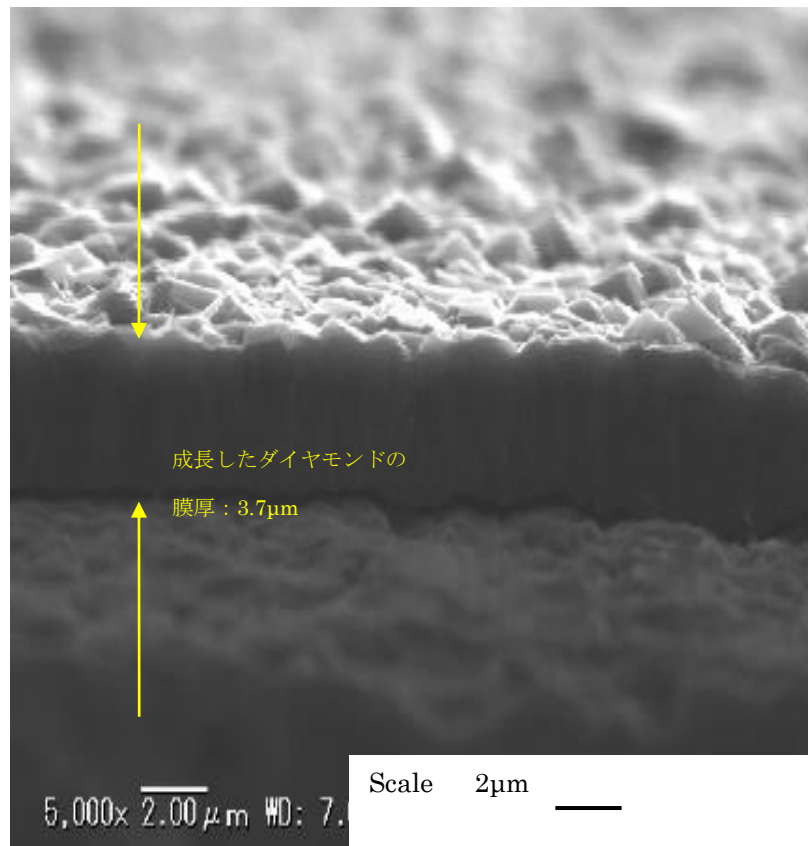
**ダイヤモンド軸受けは摩擦抵抗が0.01以下である事  
その為長寿命化が図れる、また無給油での運転が可能  
でありメンテナンスフリーの機器が出来る**

# ダイヤモンド軸受け

外周側面を成膜するリング(緑色)



内周側面を成膜するリング(灰色)



# ダイヤモンド軸受けの用途

- 1 : 半導体製造装置向け真空ウエハ搬送ロボットの軸受け  
現状は真空ベアリングを使用（高価、パーティクル発生源）
  - 2 : 製紙製造装置用ローラー軸受け  
現行はベアリングを使用  
水分によるグリース流失による齧り（かじり）等問題がある。
  - 3 : 宇宙ステーションでのロボットアームの軸受け
- 等の用途が考えられる。

# 海水の電気分解用ダイヤモンド電極

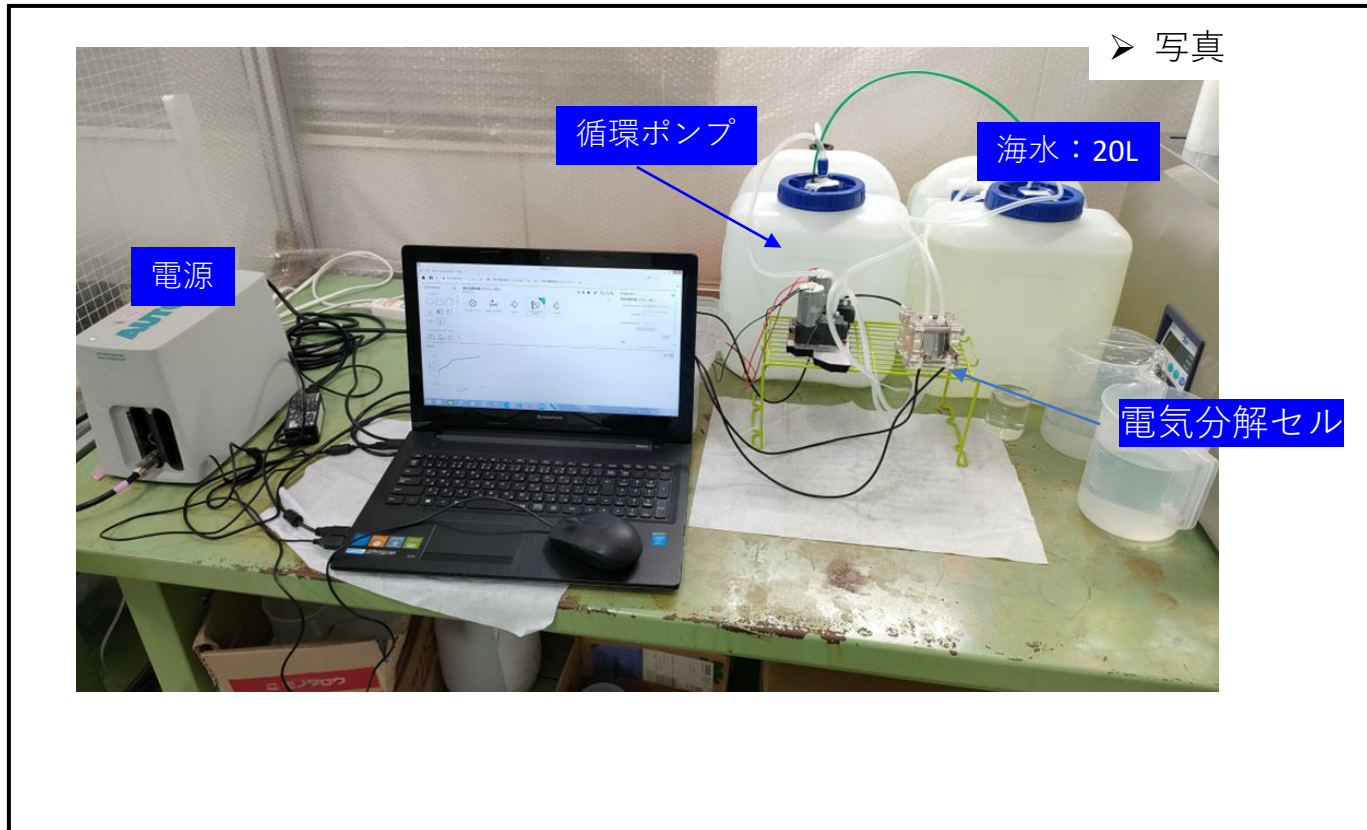
主に電極の対寿命を重点的に測定を行う  
(従来の電極では長時間の使用には適していなかった)



ダイヤモンド電極合成  
HF-CVD

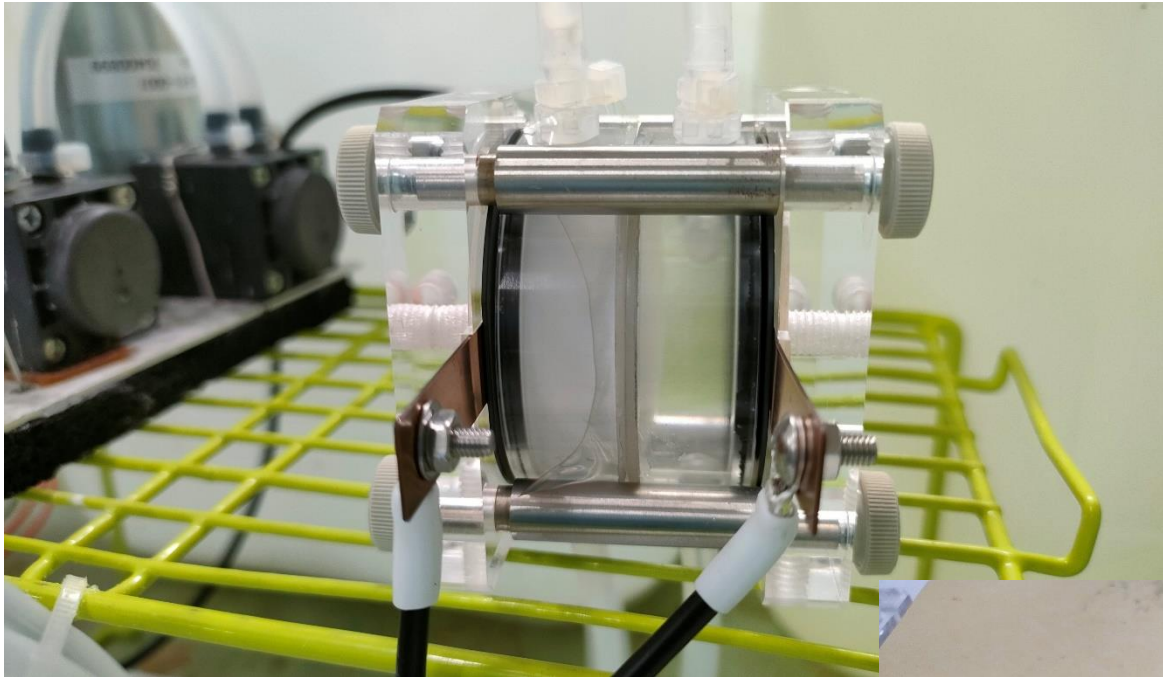


## 海水を用いた電気分解実験



両極にホウ素ドーパダイヤモンドを用いた組み合わせにて実験を開始

# 電位分解セル拡大写真



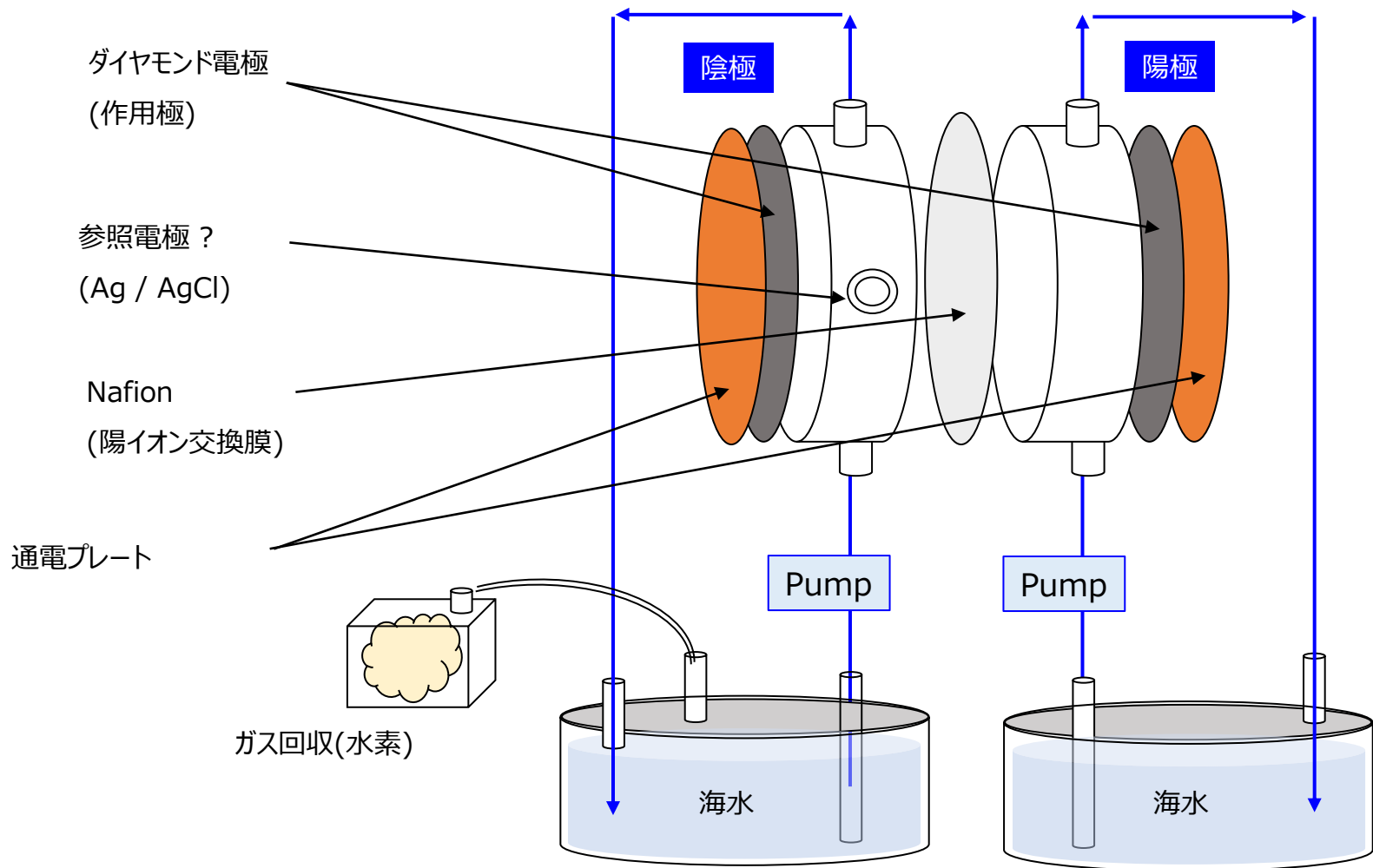
(電極サイズ :  $\Phi 50\text{mm}$ )

還元側に生成物あり(水素発生側)

セル内部にも白色の付着物がある

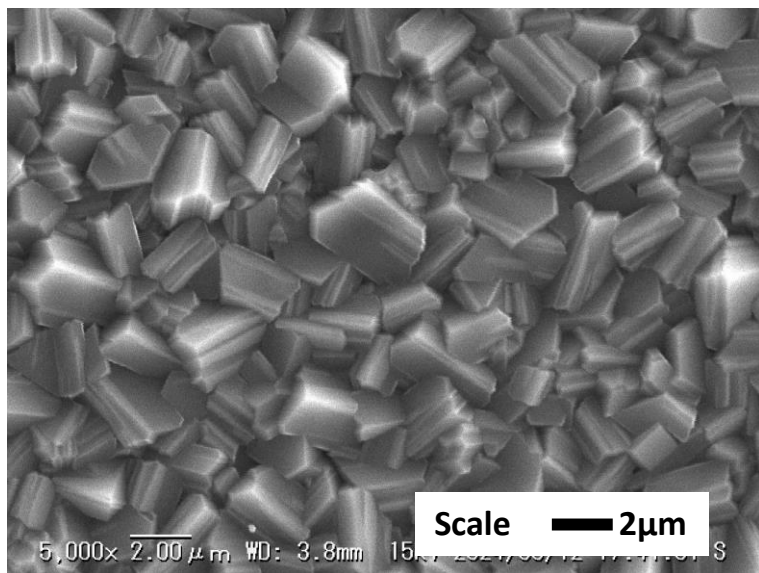


# セル構成図

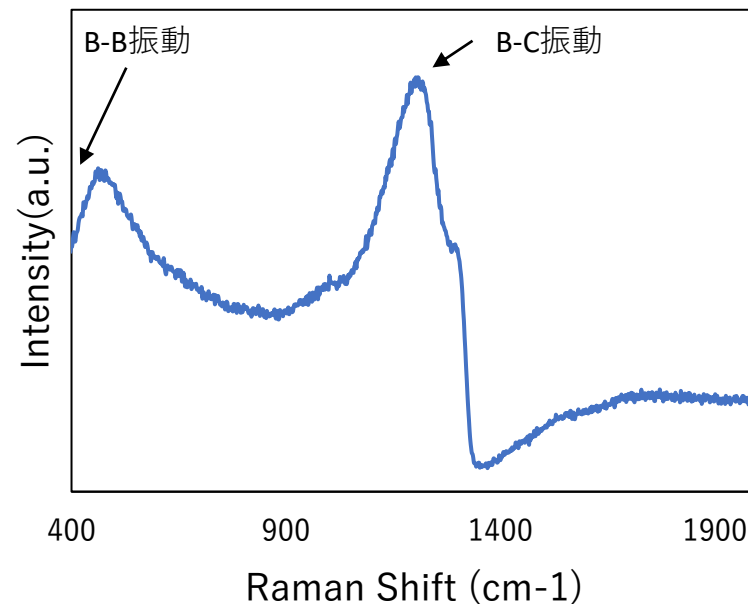


## 使用する電極評価：SEM，Raman

電極No.1のSEM画像(基板中央)



電極No.1のラマンスペクトル(基板中央)



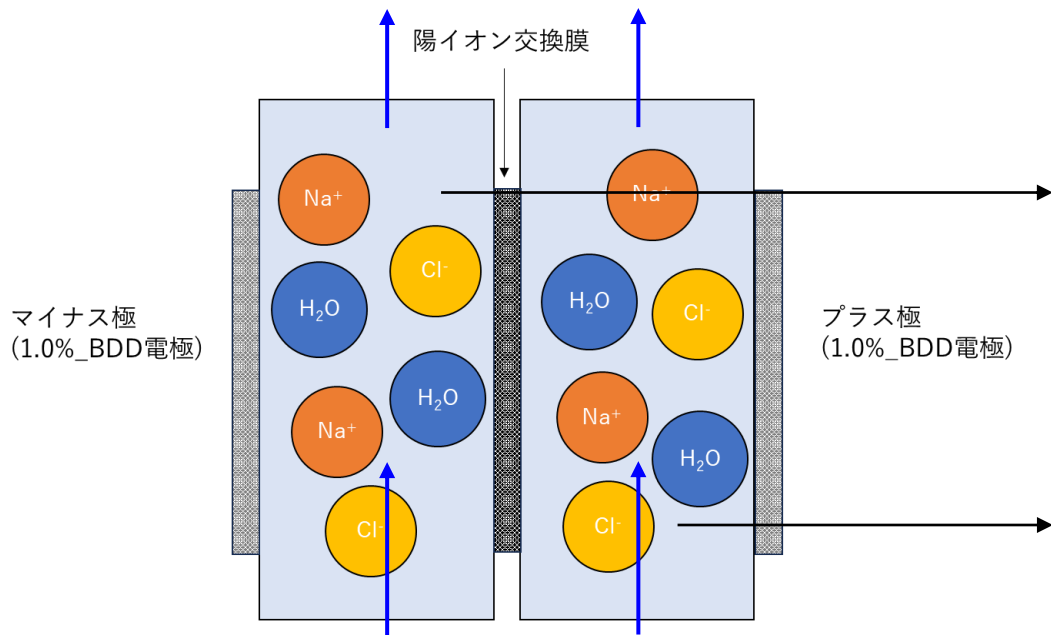
SEM画像 → 2μm程度粒子で構成された膜，(100)面が多数存在している

ラマンスペクトル → ホウ素がドーピングされた典型的なスペクトル



# 海水を用いた電気分解：推測反応

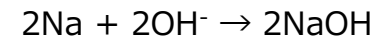
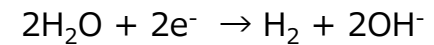
電気分解セルの内部状態(イメージ図)



沼津港から採取した海水  
 {海水の主成分 ⇒ Na<sup>+</sup>(10.8%) , Cl<sup>-</sup>(19.4%)}

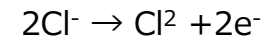
海水を用いた一般的な電気分解での反応

✓ マイナス極での反応



→ 水素 & 水酸化ナトリウムが生成

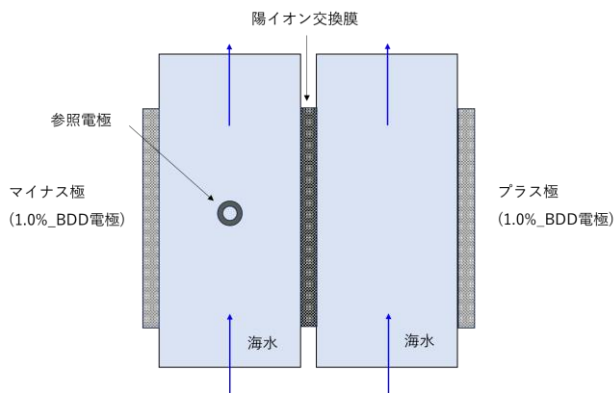
✓ プラス極での反応



→ 塩素 & 次亜塩素酸が生成



# 電解実験時の電位変化調査

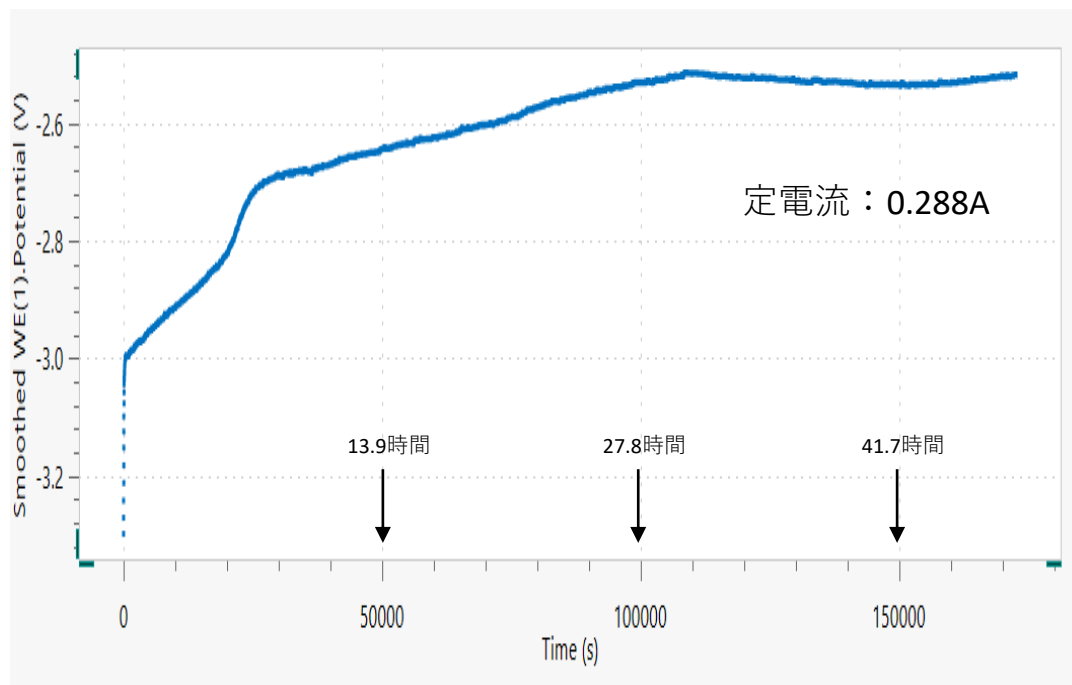


マイナス極と参照極の電位変化をプロット

時間(h)	電圧(V)
1	7.16
2	7.13
3	7.08
20	7.02
30	7.01
45	7.25
48	7.23

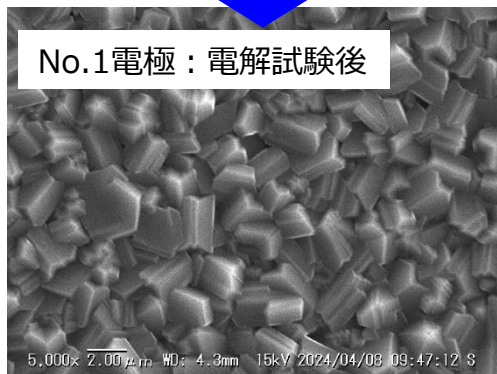
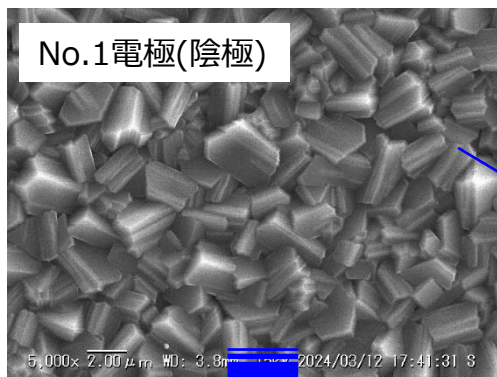
テスターで測定した電圧

時間経過に伴う電位変化グラフ

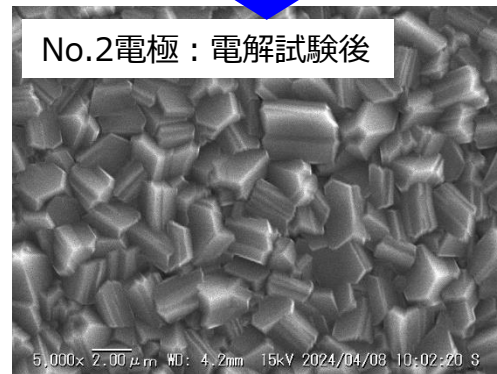
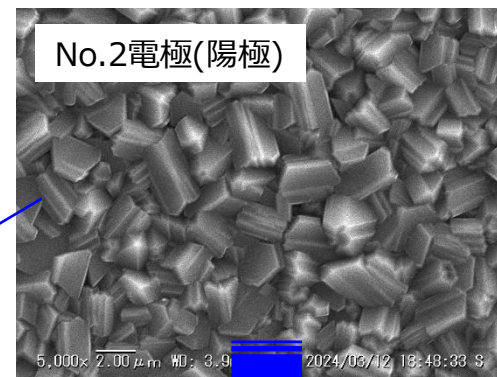
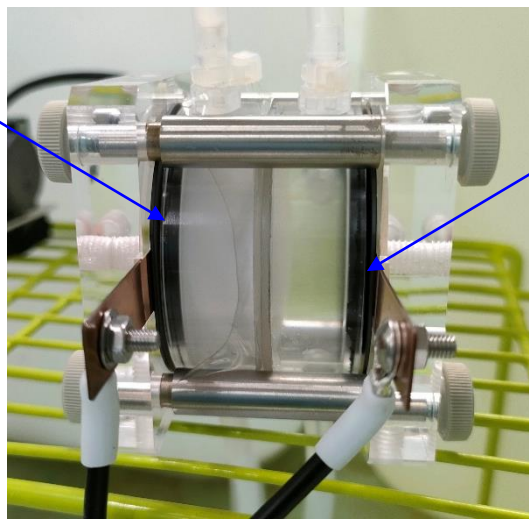


連続運転における電位増加は確認されていない

## 表面観察：腐食等がないかを確認

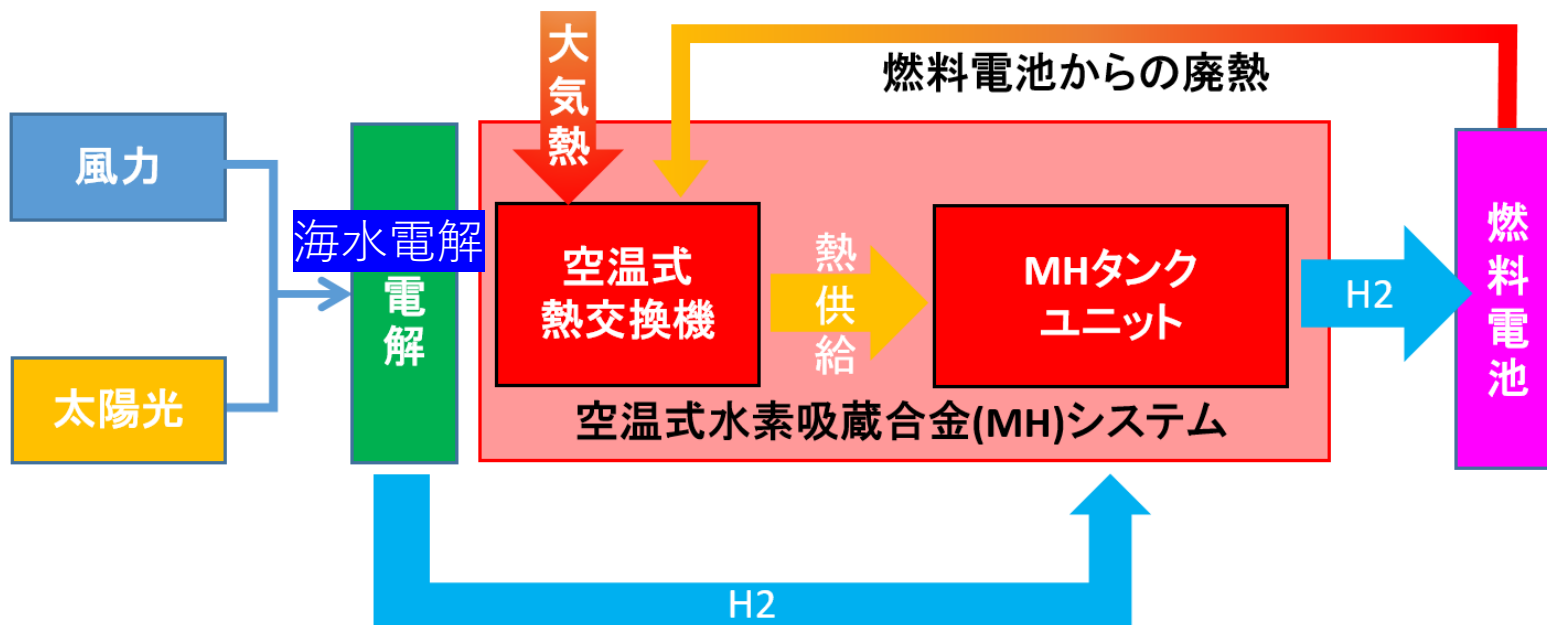


1回目の実験後に洗浄を行わずに  
表面観察を実施



ダイヤモンド粒子が腐食しているような部分は観察されていない

## 水素製造、貯蔵構想





**足利大学（風力40kw、太陽光20kW）**  
再生可能エネルギーにより製造した水素の長期、  
安定貯蔵に利用



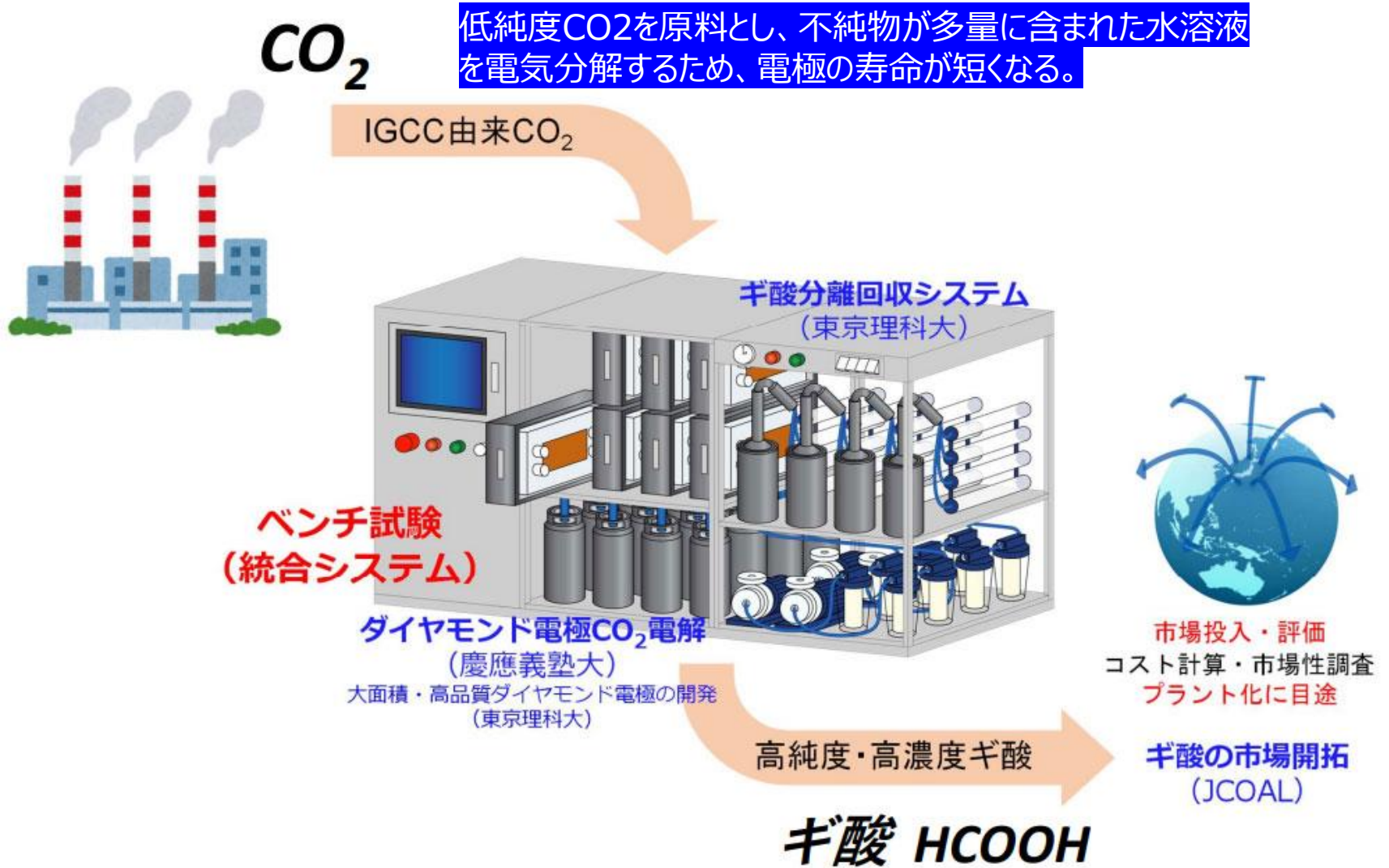
**水素吸蔵合金システム（QUON 72m<sup>3</sup>）**

那須電機鉄工株式会社システム

# CO<sub>2</sub>からのギ酸生成及び ギ酸燃料電池

## ダイヤモンド電極の応用

# ギ酸生成イメージ





# 製造したギ酸の利用促進に向けた市場開拓

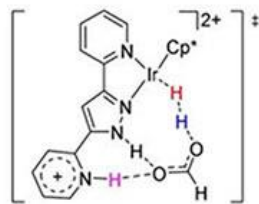
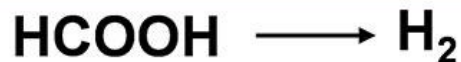
## 化学原料として

用途

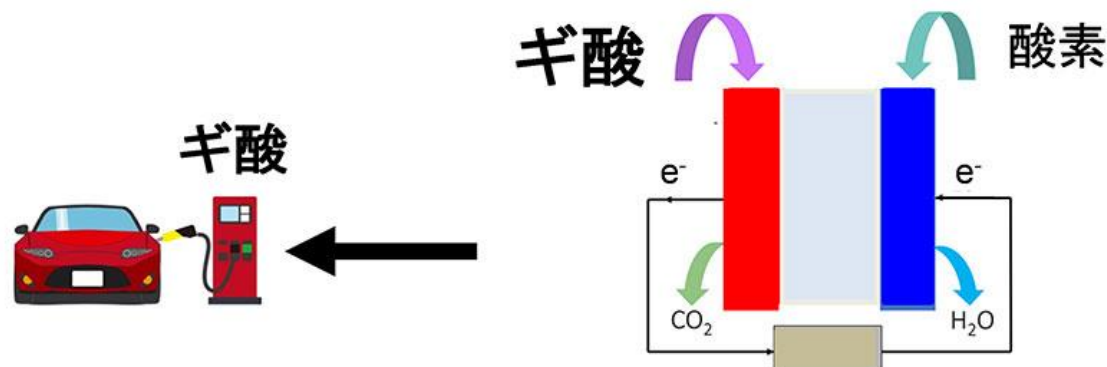
- 皮なめし業
- サイレージ業
- 繊維業
- 電子業
- 医薬品業
- 養蜂業
- 養鶏業

新市場開拓

## 水素エネルギーキャリアとして

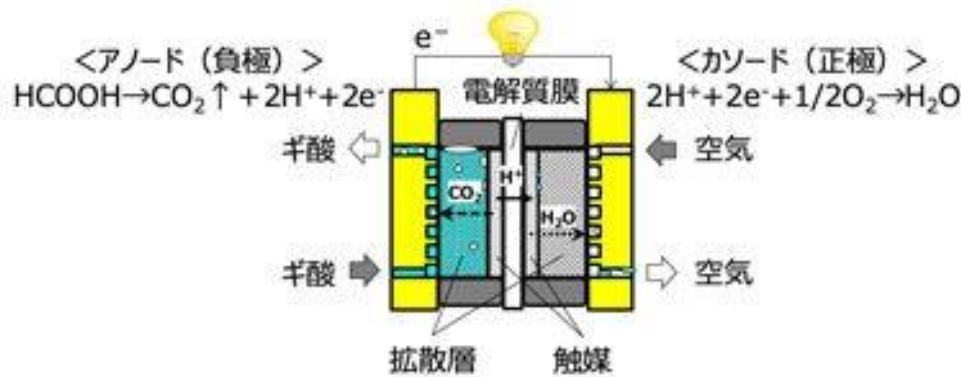


## ギ酸直接型燃料電池として



# ギ酸燃料電池概念

- ジェイテクトは、ギ酸を活用した国内初の50W級実証機を開発した。2018年より、金沢大学の辻口准教授と直接ギ酸形燃料電池の共同研究を進めてきた。
- 今回の実証機では、金沢大学のパラジウム触媒技術を用いてギ酸をCO<sub>2</sub>に分解し、水素イオンは電解質膜を通りカソードに達し水を生成する。これらの化学反応により電力が発生する。
- 電池サイズを9cm角、セルを複数枚積層した構造で、メタノールを利用した燃料電池よりも高い、最大出力密度290mW/cm<sup>2</sup>を達成した。



<直接ギ酸形燃料電池の機能実証機 (50 W級) >

