

水素発生装置使用法概要

平成 27 年
(株) つくば燃料電池研究所

概 要

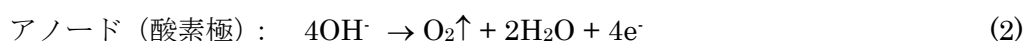
電気化学実験その他各種化学実験のように、実験室内で水素ガスを用いた小規模実験を行いたい場合、水素ガスボンベを室内に設置することは危険を伴うばかりでなく、ボンベ設置場所や専用の配管工事などスペースの問題に配慮する必要があります。このようなときに、設置場所を簡単に移動でき、またスペースの小さな水素発生装置が威力を発揮します。

本製品は、Faraday の法則に基づいて水電解セルから外部電流によって制御された水素量を発生するもので、維持管理のしやすい廉価な水素発生装置を提供します。

透明アクリル樹脂製のセル内にアルカリ電解質を満たし、水素発生部と酸素発生部をアニオン交換膜で隔て、それぞれに電極を設置し外部電源（定電流電源）に接続することで、希望する流量の水素ガスを発生させることができ、また腐食などの問題が生じないため維持管理のしやすい構造となっています。

原 理

アルカリ電解質水溶液において、外部から電流を供給することにより水電解を行います。



即ち、水が消費されて水素ガスと酸素ガスがそれぞれカソード及びアノードから発生します。この際、発生する水素量 q_{H_2} (ml min^{-1}) は、供給する電流 I (A) とすれば、Faraday の法則に従って概略次式で表されます (室温の理想気体を仮定)。

$$q_{\text{H}_2} = 22400 \times (298/273) \times 60 \times I / (2 \times 96487) \\ = 7.6 \times I (\text{A}) \quad (q_{\text{H}_2} \text{の単位は } \text{ml min}^{-1})$$

図 1 は水電解装置から発生する水素量と供給した電流との実測値を Faraday 式と重ねたもので、電流に比例した水素量が得られることが分かります (注 1)。

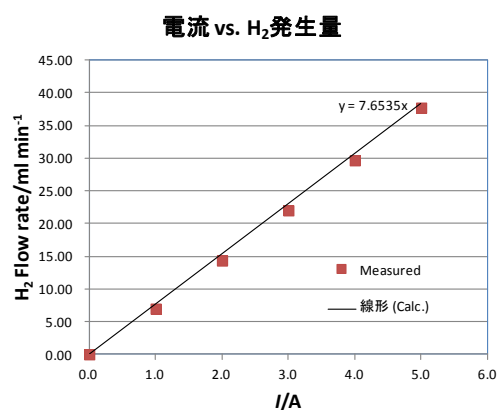


図 1 実測した水素発生量と印加電流の関係、及び Faraday 則による理論直線。電極は水素極、酸素極とも Pt メッシュ。

装置仕様

1. 温度： 室温（運転時の自然温度上昇があります）
2. 電源： AC100
3. 発生水素量： 最大 30 ml min^{-1} （可変）
4. 水素純度：
5. 初期運転： カソード室内の空気を N_2 ガスなどにより置換した後、運転開始
6. 電解質： 2M NaOH
7. 電極： Ni メッシュ水素極、及び Ni メッシュ酸素極
8. 水素極と酸素極間の隔膜： アニオン交換膜（開発品）

水素発生装置使用法

1. 装置の準備

セルの準備

- i) アニオン交換膜を 2M NaOH に約 1 時間浸漬し膨潤させた後、セル内筒底に固定リングを用いて固定する（写真 1）。
- ii) 2M NaOH 溶液 500ml を内筒及び外筒に注ぎ入れる。その際、内筒からの液漏れがないことを確認する。続いて、内筒を外筒内に固定する。
- iii) 内筒の液面は、外筒の液面より約 1cm 高くなるように設定する（注 2）。
- iv) 内筒上部に蓋を取り付け、蓋からの気体漏れがないことを確認する。

水素極の脱気

- i) 初期運転時に、水素極内に残存する空気を内筒蓋の上部中央にあるガス吹き込み口から N_2 ガス等により脱気する（約 15 分、注 3）。
- ii) 水素極の電極に外部電源の一極を、酸素極の電極に+極を接続する（写真 2）。
- iii) 水素極の出口に、専用のミストトラップを接続する。乾燥水素ガスが必要な場合は、乾燥剤入りトラップを接続する（注 4）。更にゴム管などを用いて、水素の供給を受ける装置に接続する。

2. 運転開始と停止

- i) 定電流電源を ON。スイッチランプが点灯し、操作パネルに電源が投入される。
- ii) 暖機運転の後電源出力を設定し、電解セルに電流を供給する。



写真 1 アニオン交換膜（矢印）を内筒（倒立の状態）の底に固定リングによりセット

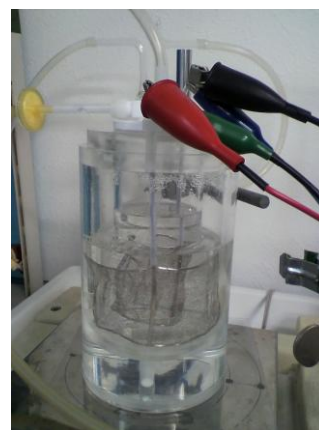


写真 2 水素発生装置の水素極、酸素極に外部電源の端子を接続

- iii) 水素ガス供給量は、図 1 などの電流値を参考に設定する。Ni メッシュ極の場合、分極により H₂ 発生量は Pt メッシュ極の場合（図 1）よりも低下する傾向があります。
- iv) 実験終了後、定電流電源を OFF にする。

3. 装置の維持管理及び注意事項

- i) 反応式(3)で示されるように、H₂ ガス発生とともに内筒中の水が消費されます。内筒（水素極）の液面が外筒の液面より 0.5～1cm 高くなるように、適宜内筒及び外筒に純水を追加して下さい（注 5）。式(3)の概算で、20 ml min⁻¹ の H₂ 発生量の場合、0.88g(H₂O) h⁻¹ の割合で水が消費されることになります。
- ii) 水素は無色無臭の可燃性ガスで、発火温度は 500°C と高いにもかかわらず、空気中において 4.0～75 vol% と広い範囲の爆発限界を持つガスです。特に酸素ガス（空気）共存下で触媒作用のある金属（白金、パラジウム、ニッケル等の微粉末）等との接触がないように、取り扱いには十分注意して下さい。
- iii) ミストトラップ、及び乾燥用の除湿トラップは、運転時間に応じて交換するか適宜再生して下さい。乾燥剤入りトラップ内にはシリカゲル乾燥剤を用います。
- iv) 水素ガス流量を校正する必要があるときは、マスフロー流量計、石鹼膜流量計、電子式（圧力計量）流量計などを用いて測定することができますが、大まかな値のみでよい場合は、メスシリンダーに水を満たし水を張った洗面器などに倒立した後、水素ガスをメスシリンダーの口側から導入し、一定体積のガスがたまったところの時間をストップウォッチなどで計測し計算することも可能です。
- v) アニオン交換膜は消耗品です。3 ヶ月に 1 回は状態を調べ、劣化の恐れのあるときには交換して下さい。
- vi) 電解質溶液は 2M 以上の濃度の NaOH 水溶液を用いて下さい。濃度が低いと水素ガス発生効率が低下する恐れがあります。
- vii) 2M NaOH は強塩基です。取り扱いの際にはポリエチレン手袋などを着用し、また目に入らないようにゴーグルを着用して下さい。万一肌に触れた場合には、大量の水道水で洗い流して下さい。

4. 構成部品及び消耗品（消耗品の補充についてはご相談下さい）

- i) アクリル樹脂製外筒及び内筒（アニオン交換膜装着用リング、及び上部の蓋）
- ii) 電極（水素極用 Ni メッシュ、酸素極用 Ni メッシュ）
- iii) N₂ ガス導入管、H₂ ガス導出管、O₂ ガス導出管
- iv) 消耗品： ミストトラップ、乾燥剤入り除湿トラップ（オプション）
- v) 消耗品： アニオン交換膜（膜厚約 80µm）
- vi) 消耗品： 電解質溶液（2M NaOH）
- vii) 外部電源（最大 18V、5A 定電流電源）

5. 注

(注1) 水素極、酸素極とも白金メッシュの場合、 $q_{H_2} = 7.4 \times I$ (25°C) と観測されますが、Niメッシュを用いた場合は、これより少なくなります。

なお、 H_2 発生量は水素発生装置の溶液温度にも依存し、温度が上がると増大する傾向があります。予め暖機運転を行ってから H_2 発生を開始することが推奨されます。溶液温度が25°C前後では、 H_2 発生量 ($ml\ min^{-1}$) と電流 (A) との間の比例式 $q_{H_2} = k \times I$ における k 値はおおよそ以下の表のように観測されています。

表1 H_2 発生量対電流の関係式における傾き k

電解質溶液	水素極－酸素極	アニオン交換膜膜厚/ μm		
		40	80	120
2M KOH	Pt-Pt			6.4-7.4
	Pt-Ni			
	Ni-Ni			
2.5M KOH	Pt-Pt			6.3-6.6
	Pt-Ni			
	Ni-Ni	6.1-6.5		5.6-5.8
2M NaOH	Pt-Pt			
	Pt-Ni		6.0-6.6	
	Ni-Ni	6.0-6.7	5.9-6.0	
2.5M NaOH	Pt-Pt			
	Pt-Ni		6.8-6.9	
	Ni-Ni	6.0-6.2	6.2-6.9	

(注2) 万一アニオン交換膜が破損した場合、液面が下がることで検知することができません。

(注3) N_2 ガスの供給がない場合は、3~4Aの電流を流して水素極から H_2 ガスを発生させながら15分間くらいの暖機運転を行うことによって、水素極側の溶存空気を脱気して下さい。

(注4) 電気化学実験で水素電極や試験溶液中に H_2 ガスをバブリングさせる場合は、乾燥用の除湿カラムを通す必要はなく、ミストトラップのみを通したガスを溶液などに供給して下さい。

(注5) 水素極側に純水を追加しない場合は、NaOH濃度が水素極で高くなるため、浸透圧により酸素極から水素極に H_2O が浸透し、水素極の液面が前より高くなって止まります。