

論文 / 著書情報
Article / Book Information

論題(和文)	気液可逆反応を利用したガス圧アクチュエータ- 第8報: 機能膜圧迫型化学反応モジュールの試作 -
Title(English)	
著者(和文)	謝孟飛, 難波江裕之, 鈴森康一
Authors(English)	Mengfei Xie, Hiroyuki Nabae, Koichi Suzumori
出典(和文)	第42回日本ロボット学会学術講演会講演論文集, , ,
Citation(English)	Proceedings of the 42nd Annual Conference of the Robotics Society of Japan, , ,
発行日 / Pub. date	2024, 9
Note	このファイルは著者（最終）版です。 This file is author (final) version.

気液可逆反応を利用したガス圧アクチュエータ

- 第8報: 機能膜圧迫型化学反応モジュールの試作 -

○謝 孟飛（東工大） 難波江 裕之（東工大） 鈴森 康一（東工大）

固体高分子形燃料電池の機能膜圧迫型化学反応モジュールを製作し、電圧を印加および回路をショートさせることにより、モジュールにおける水の分解、合成反応時の電流・電圧を確認した。測定の結果、同様の機能膜を用いた先行研究と比較して、応答性が向上していることが確認された。

1. 緒言

空圧ラバーアクチュエータは、柔軟かつ構造が簡単で小型化が容易といった特長を持っており、多自由度の複雑で柔らかい動きや、壊れやすい対象物の把持といった、従来の剛体のメカニズムでは難しい動作が可能となる [1]。しかし、空圧アクチュエータの駆動には、通常コンプレッサや送気チューブを必要とするため、重量やサイズの観点から、自立したシステムの構築が難しい。

筆者らのグループでは、空圧アクチュエータの自立性を向上させるため、固体高分子形燃料電池 (PEFC) をアクチュエータの内部に組み込むことで、水の電気分解・合成反応を利用して、気体の発生・吸収が可能となるコンプレッサレス空圧アクチュエータを開発してきた [2, 3, 4, 5, 6]。しかし、これらのアクチュエータの応答性は低く、実用的なロボットの動力源としては未だ不十分である。アクチュエータの応答性を向上させるためには

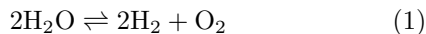
(i)PEFC に高電圧をかける

(ii)PEFC の電極と機能膜の密着性を高める

の2つの方法が挙げられる。しかし、PEFC に推奨使用範囲を超える電圧をかけると、応答性が著しく低下する傾向が確認されている [3]。そこで本稿では、アクチュエータの応答性を向上させるため、改善策 (ii) に基づいた機能膜圧迫型化学反応モジュールを提案する。また、実験により提案したモジュールの応答性の評価を行う。

2. モジュールの駆動原理

提案するモジュールに使用する PEFC の気液可逆反応を式 (1) に示す。本アクチュエータでは、水を電気分解することによって発生する水素と酸素をガス圧力源として利用する。また、発生した水素と酸素から再び水を合成することで、気体の回収を行う。



機能膜の構造および気液可逆反応のメカニズムを図 1 に示す。機能膜は白金メッシュ、ガス拡散層、プロトン交換膜から構成され、水素イオンをアノードからカソードへ搬送する役割を果たしている。本稿では可逆式燃料電池 (FCSU-023, Horizon Fuel Cell Technologies Co Ltd) の機能膜を使用する。

3. モジュールの駆動実験

3.1 提案するモジュールの構造

提案するモジュールの構造を図 2 に示す。機能膜の密着性を高めるため、Horizon 社の可逆式燃料電池はア

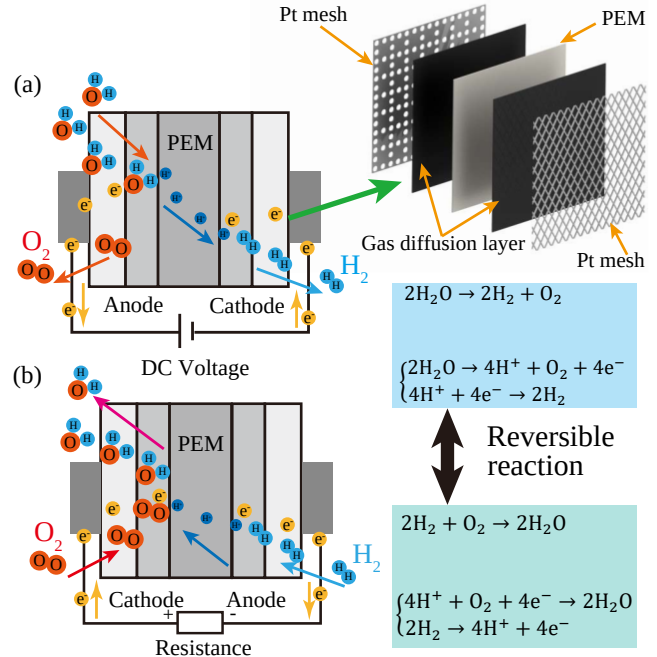


図 1 Proton-exchange membrane device. (a)Working for electrolysis of water. (b)Working for synthesis of water.

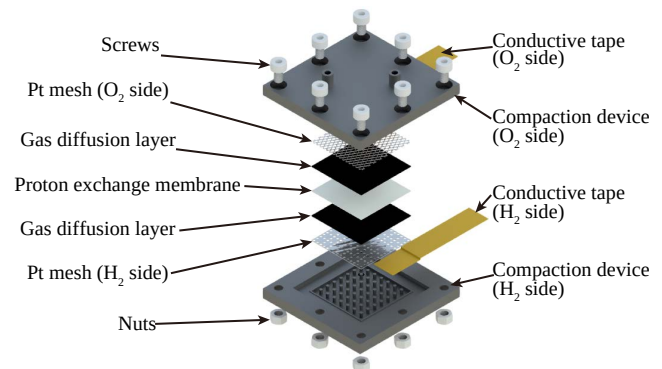


図 2 Structure of proposed actuator with compaction device and gas generation/absorption module.

クリル板によって圧迫されている。本研究では作動流体の流路などを最適化するため、このアクリル板の代わりに新たに圧迫用の部材を 3D プリンタ (Mark two, Markforged, Material: Onyx) によって製作した。導線には幅 5 mm の導電性テープをカットしたもの使用

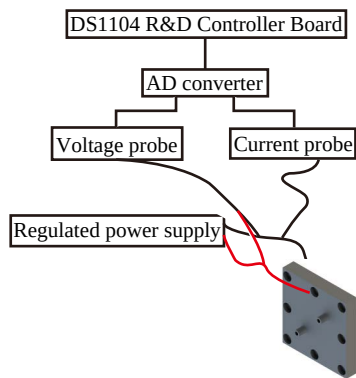


図3 Experimental setup for measuring voltage and current characteristics.

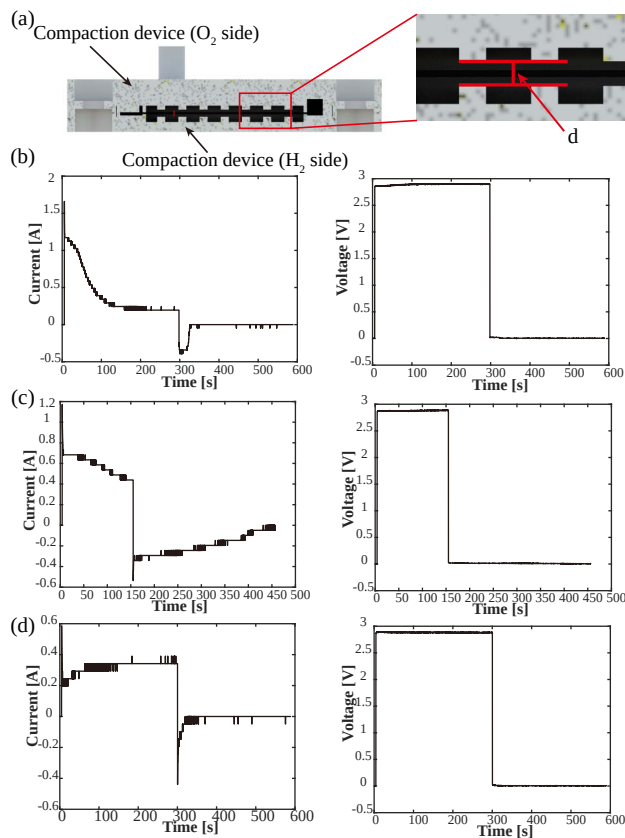


図4 Experiment result of actuator compaction device under different compacting structures. (a) Definition of d . (b) $d = 0.8\text{mm}$. (c) $d = 1.0\text{mm}$. (d) $d = 1.5\text{mm}$.

し、機能膜の白金メッシュとの接触を安定させるために8本のネジ ($\Phi 3$) により固定している。

3.2 実験結果

試作したモジュールの性能評価として、気液可逆反応の順反応および逆反応時の電圧、電流の測定を行った。図3に実験で用いた測定環境の概要を示す。実験では初めに、モジュールの酸素発生側に水を入れ、電極間に2.9 Vの電圧を印加して水の電気分解を行った。これを

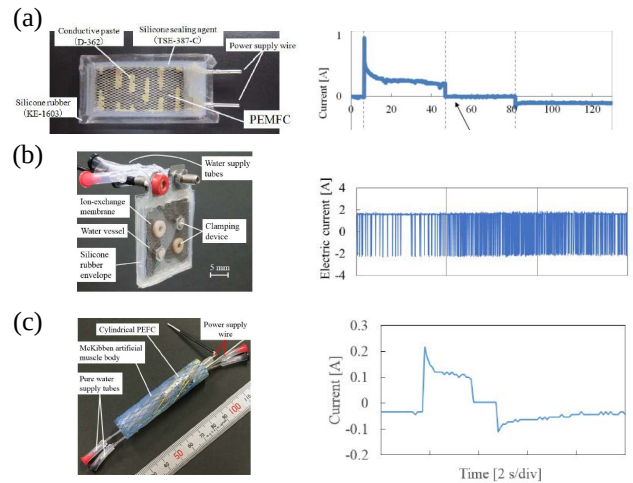


図5 Results of previous works. (a) Using conductive paste[2]. (b) Using plastic screws[5]. (c) Using silicone adhesive[6].

10 cm³の水素が発生するまで行い、その後、発生した水素による合成反応のために電極間をショートさせた水の合成を行った。この過程での電極間の電圧および電流を測定した。結果は図4に示すように、 $d = 1\text{mm}$ のモジュールが500 s以内に10 cm³の水素発生および水合成を確認した。さらに、図5に異なる圧迫方法による先行研究の電流・電圧特性を示す。図4および図5より、本稿で提案したモジュールによってPEFCの応答性が向上したことが確認できた。

4. 結言

本稿では、機能膜圧迫型化学反応モジュールを試作し、駆動実験を行った。その結果、提案するモジュールによってPEFCの応答性が向上したことが確認できた。

参考文献

- [1] K. Suzumori, S. Iikura, H. Tanaka: "Applying a flexible microactuator to robotic mechanisms", IEEE Control Systems, vol. 12, no. 1, pp. 21–27, 1992.
- [2] 亀谷英裕, 和田晃, 鈴森康一: "気液可逆反応を利用したガス圧アクチュエータ-第2報 高分子形燃料電池を組み込んだFMAの試作と駆動実験-", 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会講演概要集 (2014), 2A2-O04.
- [3] 和田晃, 北守隆旺, 鈴森康一, 脇本修一: "気液可逆反応を利用したガス圧アクチュエータ-第3報 電極面積比増加による応答性向上-", 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会講演概要集 (2015), 1A1-A08.
- [4] 北守隆旺, 和田晃, 難波江裕之, 鈴森康一: "気液可逆反応を利用したガス圧アクチュエータ-第4報 ドライ陰極構造による軽量化-", 第16回システムインテグレーション部門講演会講演概要集, pp 1540–1543, 2015.
- [5] 和田晃, 鈴森康一, 脇本修一: "気液可逆反応を利用したガス圧アクチュエータ-第5報 変位フィードバック制御の実現-", 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会講演概要集 (2016), 2A1-05a5.
- [6] 和田晃, 鈴森康一, 難波江裕之, 遠藤玄: "気液可逆反応を利用したガス圧アクチュエータ-第6報 円筒型電極組み込みによるMcKibben型人工筋肉の駆動-", 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会講演概要集 (2017), 2A1-B03.