

白金ナノスポンジ電極のオゾン生成能評価および 微細構造解析とオゾン生成装置への応用

落合 剛（川崎技術支援部 材料解析グループ）

1. はじめに

新型コロナウイルスの感染拡大をうけ、オゾンを用いた感染対策が注目されている。従来のオゾン発生方法として、気相中での UV-C 照射や放電、ホウ素ドープダイヤモンド (BDD) 電極等を用いた液相中での電気分解によるオゾン水生成などが実用化されている。しかしながら、いずれも大きなエネルギーや高コストな材料を必要とする。本稿では、簡便な手法で、それら従来技術よりも高効率かつ低コストにオゾンを生産できる白金ナノスポンジ電極について、その作製法から、オゾン生成能評価および微細構造解析、オゾン生成装置への応用まで報告する。

2. 実験及び結果

電解液中にチタン板と白金棒を浸漬し、チタン板を陽極、白金棒を陰極として 7.5 V の直流電圧を印加した状態でこすり合わせた (図 1 左上) ¹。両極を離すと、チタン板の白金棒をこすりあわせた部分から、高濃度のオゾンが生じた

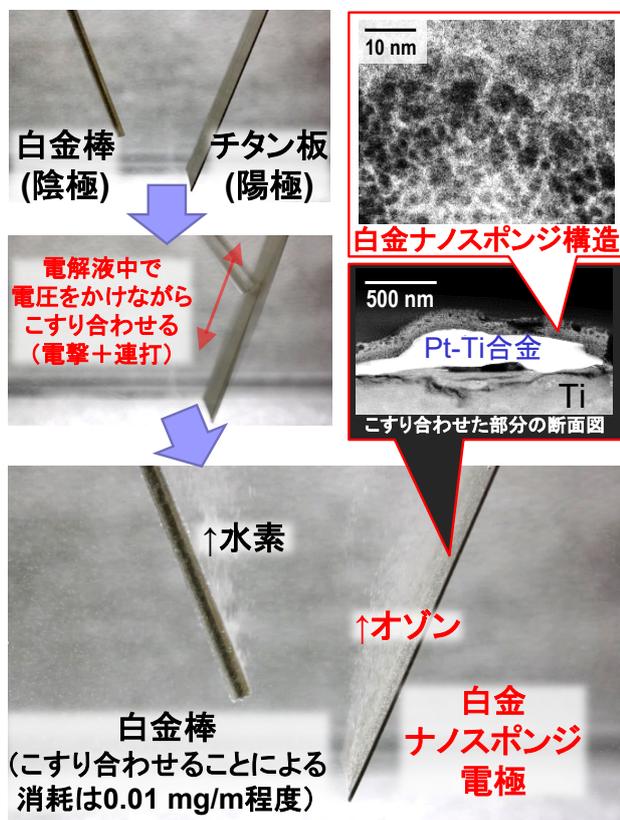


図 1 白金ナノスポンジ電極の作製と微細構造解析

(図 1 下)。走査型透過電子顕微鏡 (STEM) を用いてこの部分を解析したところ、白金とチタンの合金の表面に、直径数 nm の白金粒子が集まったスポンジ状の構造体が形成されていることを確認した (図 1 右上)。この電極作製法を、「電撃連打法」と命名した。

この白金ナノスポンジ電極のオゾン生成能を、図 2 上に示す小型電解セルで評価した。その結果、従来の BDD 電極の 10 倍以上のオゾン生成効率が得られたが、次第にオゾン生成能は低下していった (図 2 下)。実験後に電極表面の微細構造を再度解析すると、白金ナノスポンジ構造は剥離・消失していた。この白金ナノスポンジ構造の剥離がオゾン生成能の低下の原因と考えられた。

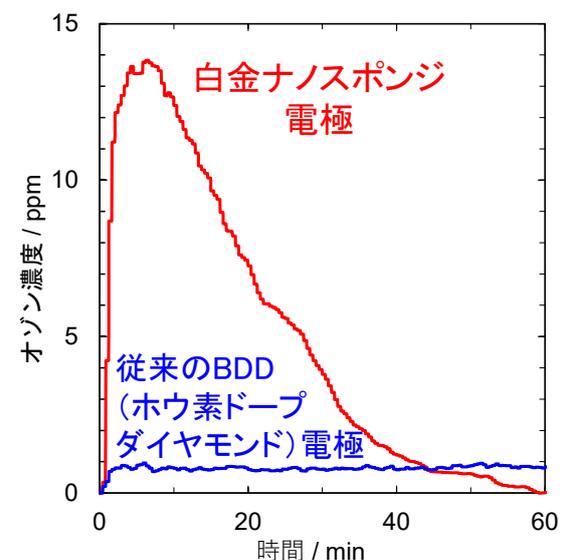
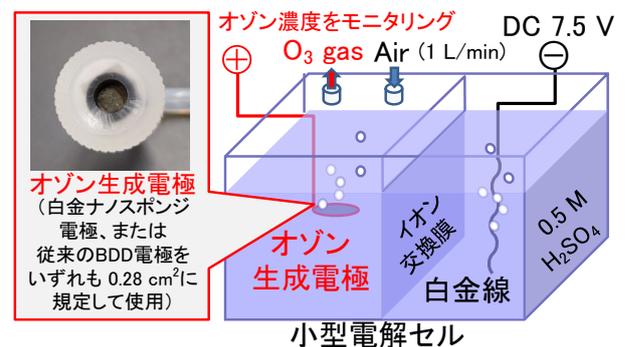


図 2 (上) オゾン生成能評価試験の概略 (下) 白金ナノスポンジ電極と BDD 電極との性能比較

3. 考察及び今後の展開

以上の結果から、白金ナノスポンジ電極の形成とオゾン生成のメカニズムについて、下記のように考察した。

1. ショートのエネルギーによって、白金とチタンが融けあって合金ができる。
2. 電解によって、合金の最表面の白金とチタンが溶解・再析出を起こし、白金ナノスポンジ構造が形成される。
3. 白金ナノスポンジ構造が、水を電解する際に電極触媒としてはたらき、効率よくオゾンを生産する。
4. 溶解・再析出が進むにつれ、白金ナノスポンジ構造が剥離して、オゾンの生成効率が低下する。

新しいオゾン生成法として提案するためには、安定してオゾンを生産させつづける必要がある。しかし、上記4の剥離をおさえ、安定してオゾンを生産させつづけることには、今のところ成功していない。そこで「簡単につくれるのだから、剥離したらまたつくれば良い」と発想を転換し、図3に示すオゾン生成装置を試作した。

この装置は、図2の小型電解セルをベースにした設計である。ドラム状のチタン電極と、棒状の白金電極が、設定電流値を維持するよう「電撃連打」を繰り返し、所定のオゾン濃度（この例では10 ppmに設定）をキープする（図中のQRコードから、JST 新技術説明会の公式YouTubeチャンネル²にアクセスすると、実際に動かしながら説明している講演動画が閲覧可能）。このとき消費電力は約50W程度であり、一般的な電気機器のACアダプタ等で駆動可能といえる。

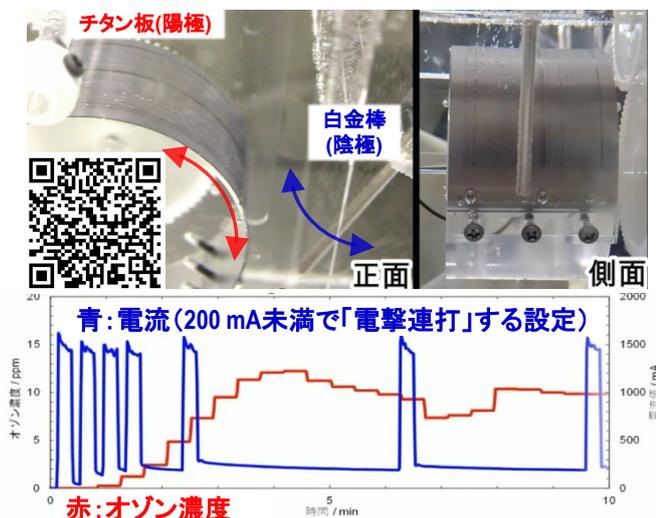


図3 試作オゾン生成装置の外観と駆動データ

昨年末に、この研究の特許が公開された（特開 2022-190270「電極、電極の製造方法、オゾン発生装置」³）。今後は、この特許をベースに、オゾン発生装置を実用化し、さまざまな分野・場面での応用をめざすことが課題となる。具体例としては以下の通りである。

- 新型コロナウイルス感染症をはじめとした各種感染対策・消毒・殺菌
- 空気浄化・脱臭・水処理
- 繊維製品などの漂白

これらの場面で、従来のオゾン発生方法を本研究の方法に置き換えるだけで、コスト削減や省エネルギー化につながる可能性がある。また、本研究の方法は、大面積の電極でも安く簡単につくれるので、従来の方法では困難だった、大量の物質のオゾン処理や、迅速な脱臭・消毒なども可能になると期待できる。

このように川崎技術支援部では、機能材料の性能評価と微細構造評価を組み合わせ、その応用展開も提案できる。関心をお持ちの方は、お気軽にお問い合わせいただければ幸いです。

4. 謝辞

オゾン生成装置は、株式会社エス・イー・イー（旧・盛和环境エンジニアリング株式会社）様に作製していただきました。ここに厚く御礼申し上げます。

【参考文献】

1. M. Hayashi, T. Ochiai, S. Tago, H. Saito, T. Yahagi, A. Fujishima, *Chem. Lett.*, 48, 574-577(2019).
2. 落合剛「白金ナノスポンジ電極の作製とオゾン生成装置への応用」, JST ものづくり技術 ～首都圏テクノレレッジ・フリーウェイ～ 新技術説明会 公式 YouTube チャンネル, 2023/02/13 公開。
https://www.youtube.com/watch?v=A_8HCif3KNU
3. 落合剛, 佐々木萌, 矢矧束穂, 濱田健吾, 「電極、電極の製造方法、オゾン発生装置」 特開 2022-190270, 2022/12/26 公開。

【外部発表】 口頭発表 5件