

メソ多孔体 TiO₂/BDD 複合電極を用いた水処理における相乗効果

(東理大) ○鈴木孝宗・原愛我・平野裕衣里・中林志達・Roy Nitish・寺島千晶・中田一弥・勝又健一・近藤剛史・湯浅真・藤嶋昭、((株) オーク製作所) 岡崎晟大・栗山晴男・芹澤和泉

Synergetic effect observed in the water treatment with mesoporous TiO₂/BDD hybrid electrode / Norihiro Suzuki, Aiga Hara, Yuiri Hirano, Yukihiko Nakabayashi, Nitish Roy, Chiaki Terashima, Kazuya Nakata, Ken-ichi Katsumata, Takeshi Kondo, Makoto Yuasa, Akira Fujishima (Tokyo University of Science), Akihiro Okazaki, Haruo Kuriyama, Izumi Serizawa, (ORC Manufacturing Co., Ltd.)/

Boron-doped diamond (BDD) electrode has a wide potential window and can produce ozone from water electrolysis at high voltage. Though ozone has a strong oxidative power (2.07 eV), it cannot decompose several recalcitrant organic matters completely. Therefore, we focused on an advanced oxidation process (AOP), in which hydroxy radical with stronger oxidative power (2.85 eV) is formed through a combination of ozone, photocatalyst and UV. In this study, we fabricated mesoporous TiO₂/BDD hybrid electrode and examined its potential to achieve AOP. Interestingly, synergetic effect between electrochemical water treatment and photocatalytic water treatment was observed.

問合せ先：suzuki.norihiro@rs.tus.ac.jp

ボロンドープダイヤモンド (BDD) 電極は広い電位窓を持ち、水を高電圧下で電気分解することでオゾンを生産することが可能である。オゾンは強い酸化力 (酸化還元電位 2.07 eV) を持つ上、最終的には無害な酸素に戻るため、環境に優しい浄化技術として注目されており水処理にも使われている。しかし、農薬、医薬品、染料、工業材料など様々な用途で難分解性有機物が使われており、これらの分解にはオゾンの酸化力では不十分なことも多い。

そこで、オゾン処理に光触媒や紫外線などを組み合わせ、オゾンや過酸化水素 (酸化還元電位 1.77 eV) を分解させることでより強力な酸化力を持つヒドロキシラジカル (酸化還元電位 2.85 eV) を効果的に作成する促進酸化法に着目した。深紫外線 (波長 222 nm) と BDD 電極と酸化チタンを組み合わせた複合電極からなる簡易水処理システムを構築し、染色廃液 (メチレンブルー (MB) 水溶液) を用いた実証実験を行った。

複合電極は、両親媒性界の界面活性剤を有機鋳型としたゾル-ゲル法により BDD 電極上に多孔性酸化チタン薄膜を成膜することで作成した。SEM 像から直径約 20 nm 程度のナノ細孔が充填した酸化チタン薄膜が形成され、XRD 測定から酸化チタン骨格がアナターゼ型に結晶化していることを確認した。また、電流-電圧測定により整流作用が見られたことから p/n ヘテロ界面が形成されていることが確認できた。この電極の光触媒活性を評価したところ、「BDD (バンドギャップ: 5.5 eV) 内でも光キャリアが形成されること」及び「ヘテロ界面における電位勾配により光キャリア分離が促進されること」などにより、深紫外線 (波長 222 nm (5.6 eV)) 照射下で顕著な活性向上が実現できた (N. Suzuki *et al.*, *Molecules*, **23**, 3095 (2018))。

作製した複合電極を水中に設置し、電圧を印加したところ水の電気分解反応によりオゾンガスが発生し、その生成量は電流値に比例した。水中には溶存オゾンは検出されなかった一方、過酸化水素が検出された。これは加水分解によりオゾンが分解されることで形成されたヒドロキシラジカル同士が結合することで形成されたものと考えられる。

複合電極がもたらす浄水能力は、メチレンブルー (MB) の分解能から調査した。作製した電極にオゾンを生産する定電流を印加しながら、光源として BDD 電極と酸化チタンの双方を光励起する深紫外線 (222 nm) を照射した。MB 濃度の経時変化は、吸収極大波長 (664 nm) における吸光度の変化から算出した。図 1 に結果を示すが、興味深いことに電気化学的效果と光触媒効果を併用した際に分解した MB の量 (●) は、電気化学的效果のみ (△) と光触媒効果のみ (□) により分解した MB の単純和 (点線) に比べ多くなった。作成したシステムにおいては、電気化学的效果 (オゾン生成等) による効果と光触媒による効果の相乗効果が見られたことから、促進酸化による水処理が起きていることが実証された。当日は、想定される反応メカニズムの詳細の他、残留医薬品を含む水処理の結果についても簡単に紹介したい。

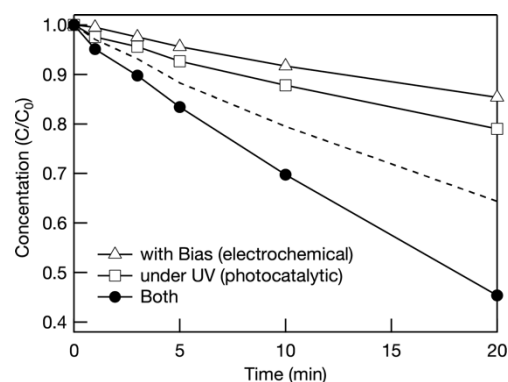


図 1. 各種条件下における MB 分解量の経時変化