

エネルギー問題を解決するかもしれない高性能電極の作成方法

新潟大学 工学部 工学科 材料科学プログラム
教授 八木 政行

2019年12月12日

従来技術とその問題点

次世代水素製造システムとして水電解と人工光合成が非常に注目されている。

しかし、

- 酸素発生過電圧が高く、酸素発生アノードの効率が悪い。
- 光反応アノード・カソードの光変換効率が悪い

等の問題があり、実用化されるまでには至っていない。

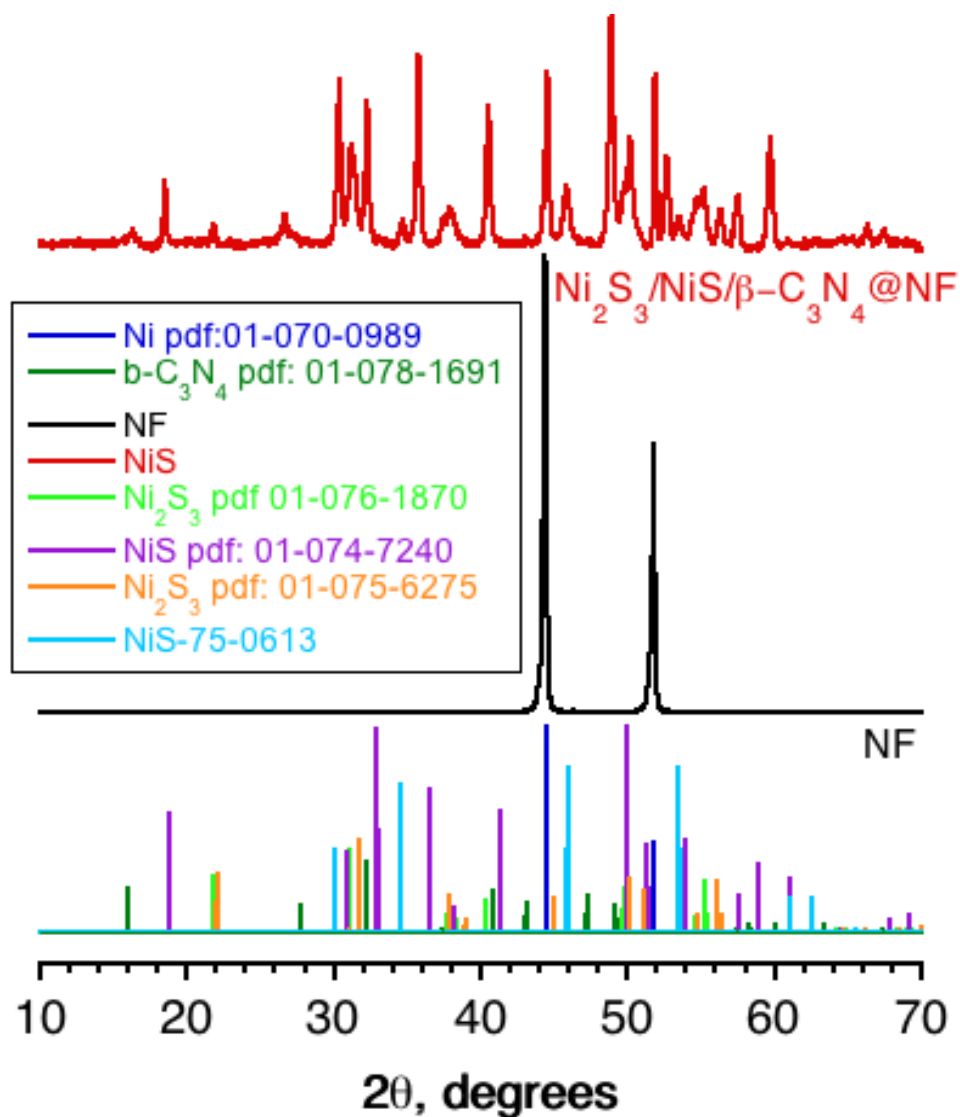
製造方法 1

- 従来は、電極表面に、ディップ法などで材料を塗布したのちに熱処理により、触媒電極が作成されることが多かった。
- しかしこの方法では十分低い酸素発生過電圧 (~ 150 mV) を実現することはできなかった。
- 本技術では、Ni電極をチオ尿素を含む熔融液体の中に入れて反応させる方法を開発した。

新技術の特徴 - 2

製造方法 1

低過電圧酸素発生アノード電極のXRDパターン

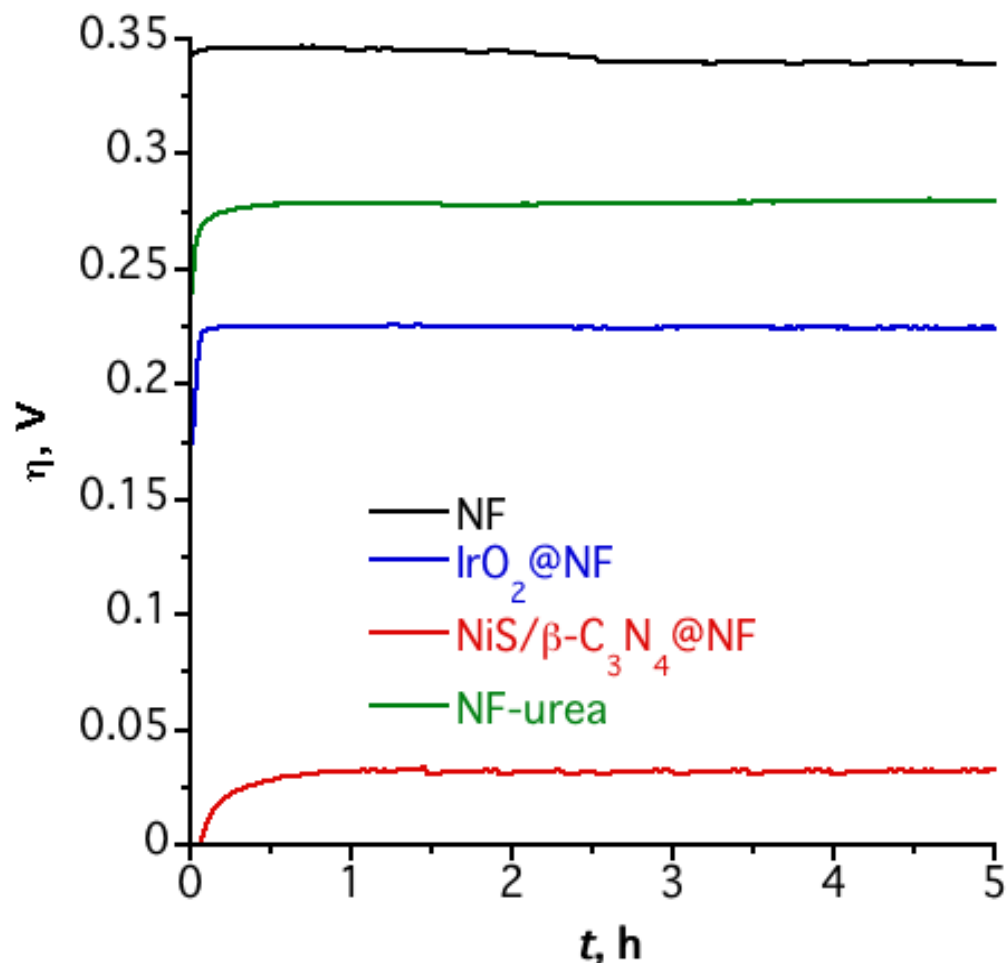


本技術により作成した電極のXRDパターンより、この電極表面には数種の硫化ニッケルとβ-C₃N₄(カーボンナイトライド)が析出していることが確認された。

新技術の特徴 - 3

製造方法 1

種々の電極について、酸素過電圧の時間変化



電流密度 10mA cm^{-2} で酸素生成するのに要する過電圧の時間変化を示している。

本技術による電極 ($\text{NiS}/\beta\text{-C}_3\text{N}_4$) は、 30 mV の過電圧で安定に酸素発生することができ、その過電圧は他の電極と比べ著しく小さいことが示された。

製造方法 2

- 金属イオンおよびイミダゾール誘導体を加えたアルコール溶液を基板上にキャストして、その後焼成する方法により電極を作成した。
- これにより、高活性、かつ、強固な金属酸化物薄膜が形成された。

新技術の特徴 - 5

製造方法 2

電極触媒の作成例

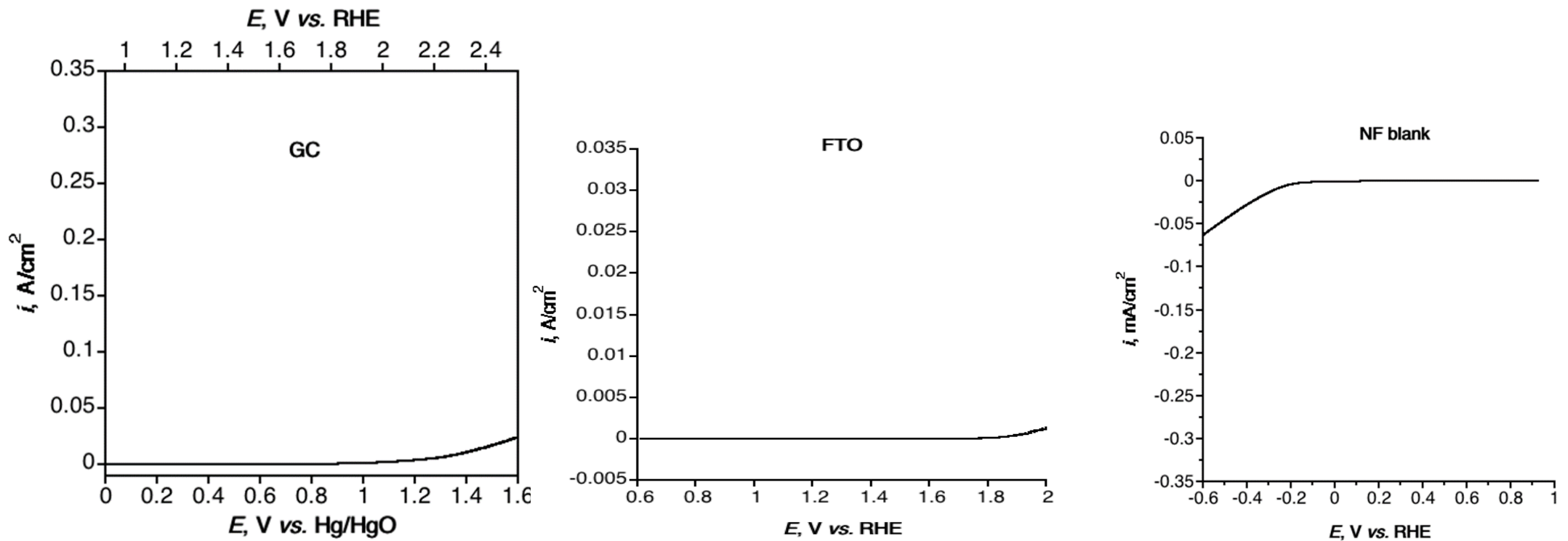
- 電極基板： ガラス状炭素 (GC)
 フッ素ドーパ酸化スズ (FTO)
 金属ニッケル多孔体 (NF)
- 溶液： イミダゾール類：メタノール = 1 : 3
 (1-n-ブチルイミダゾール)
- 金属塩： $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$, NiSO_4 , WCl_4 , MoCl_6 , RuCl_3 ,
 $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$, $\text{Bi}(\text{NO}_3)_3$, SnCl_4 , NH_4VO_3 等
- 焼成： 大気中、300 – 350 °C 加熱

製造方法 2

分極特性測定結果

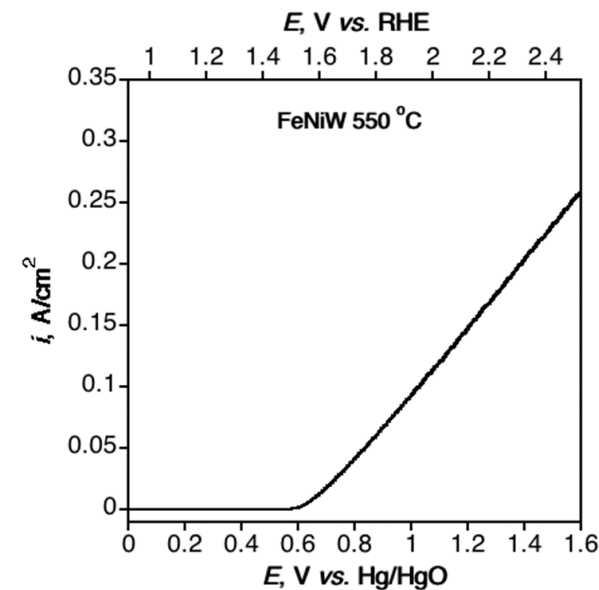
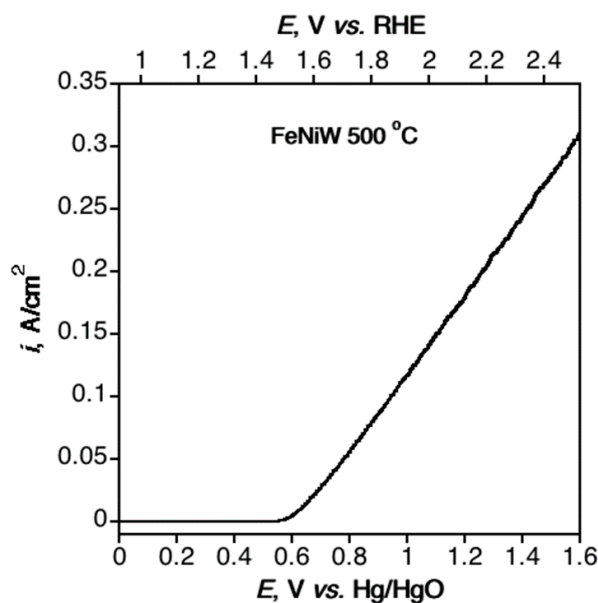
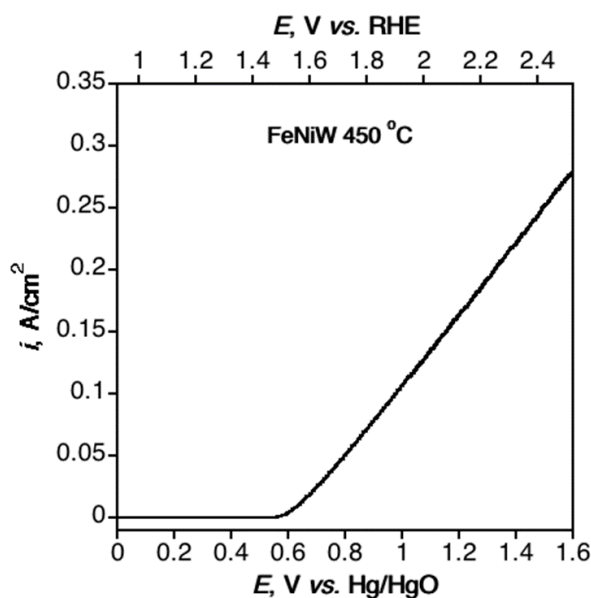
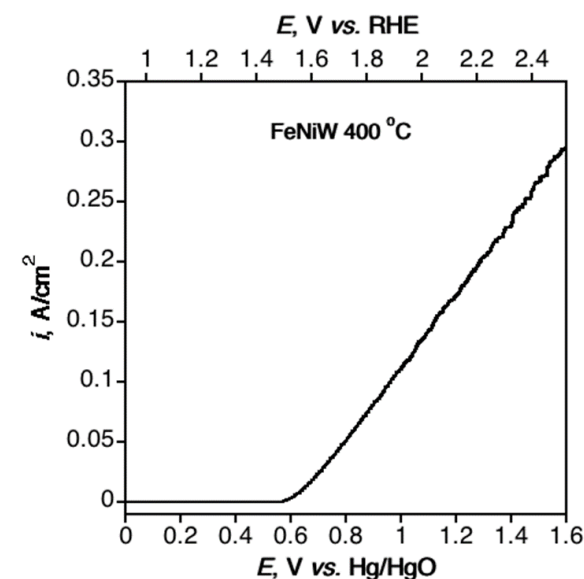
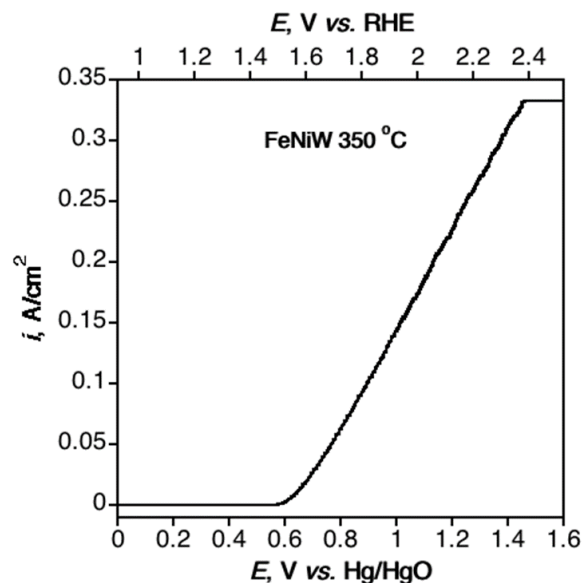
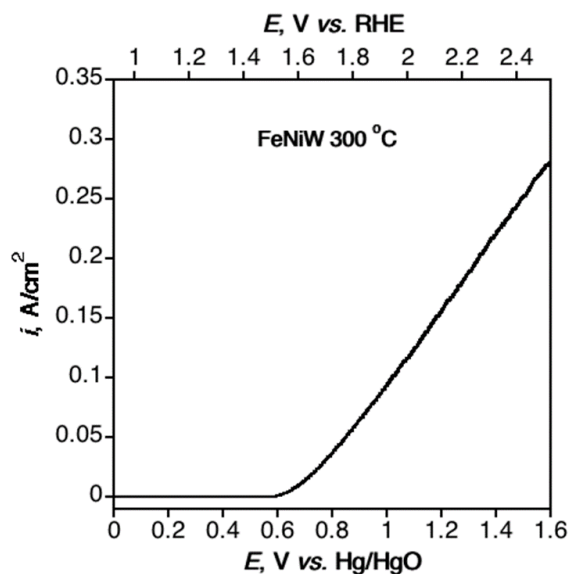
0.1 MのKPi緩衝液 (pH7.0) 中、
10mV/s、25°C

最初に比較例として、**電極基板 (触媒担持前)** について測定

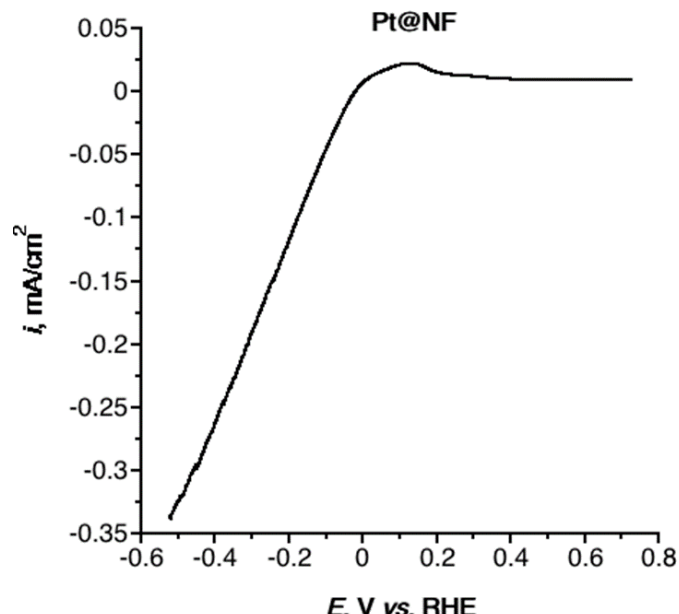
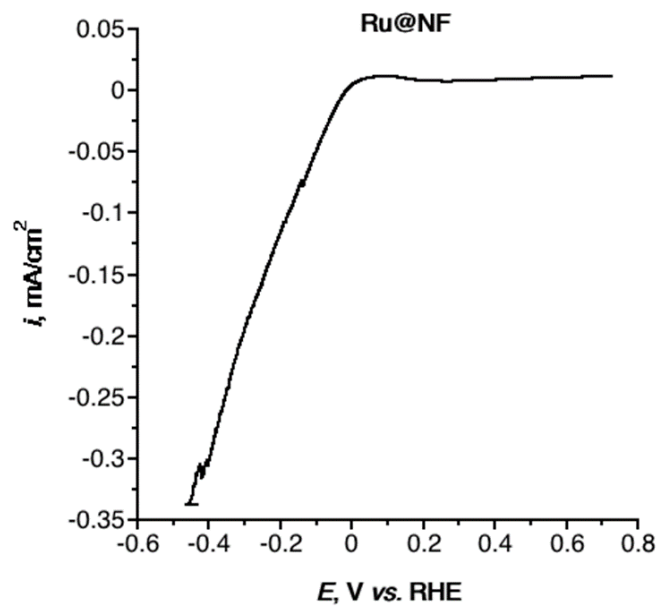
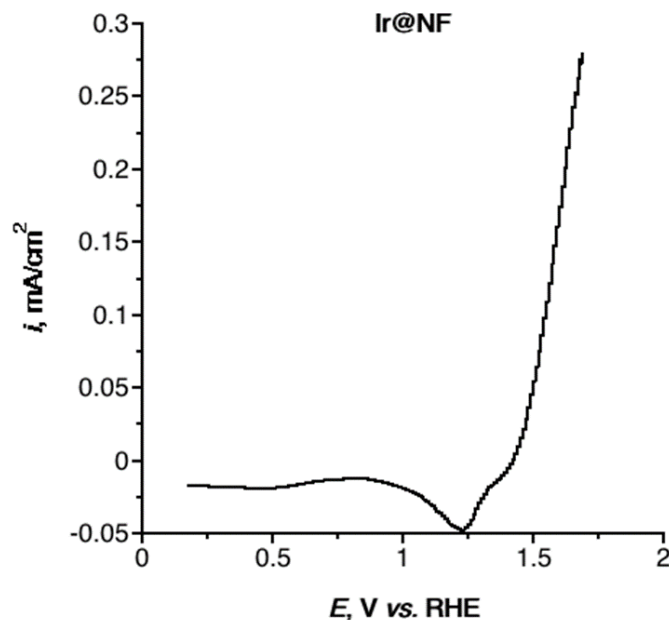
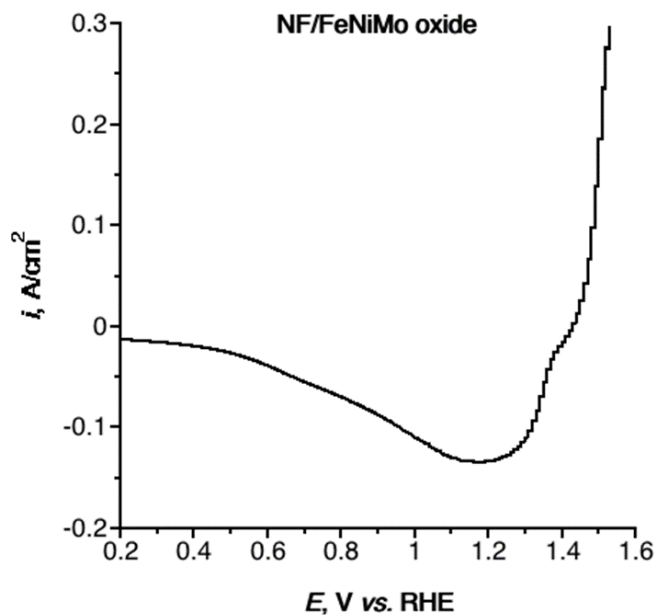


GC上のFeNiW触媒電極の焼成温度依存性

触媒担持電極の分極特性



各種触媒を担持した電極の分極特性



新技術の特徴 - 9

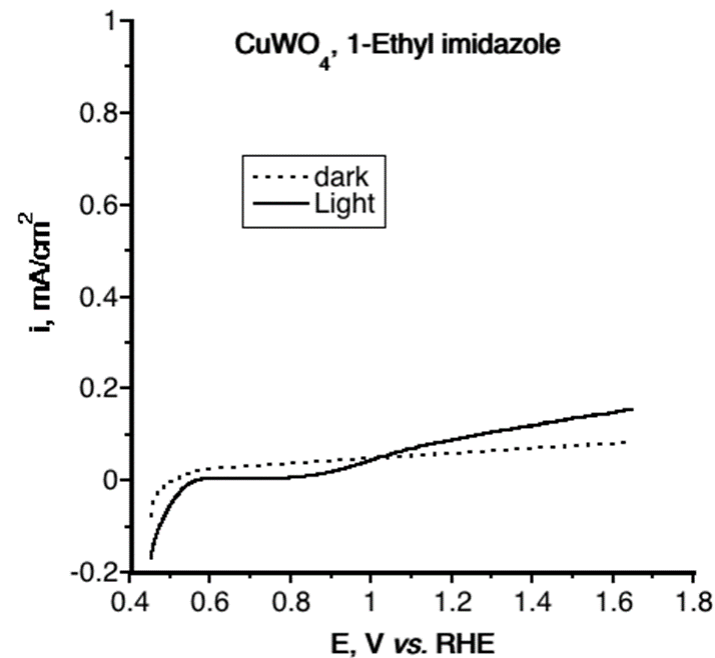
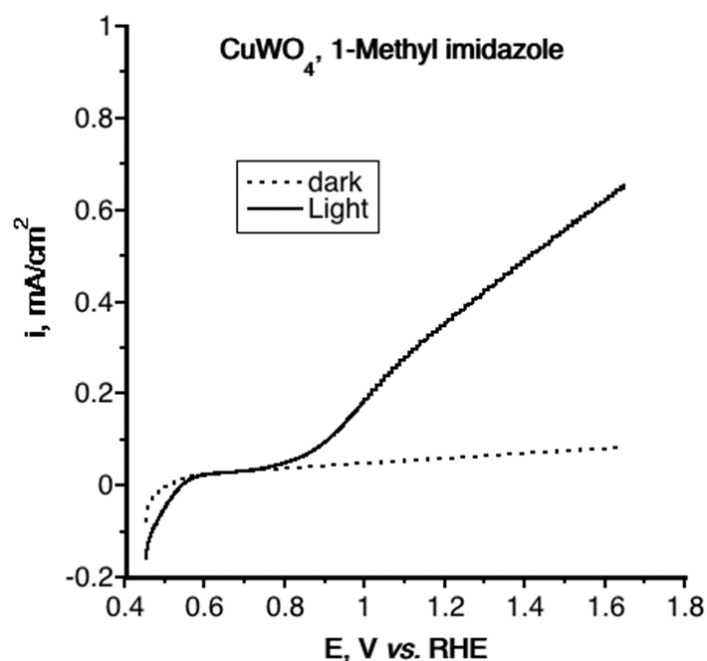
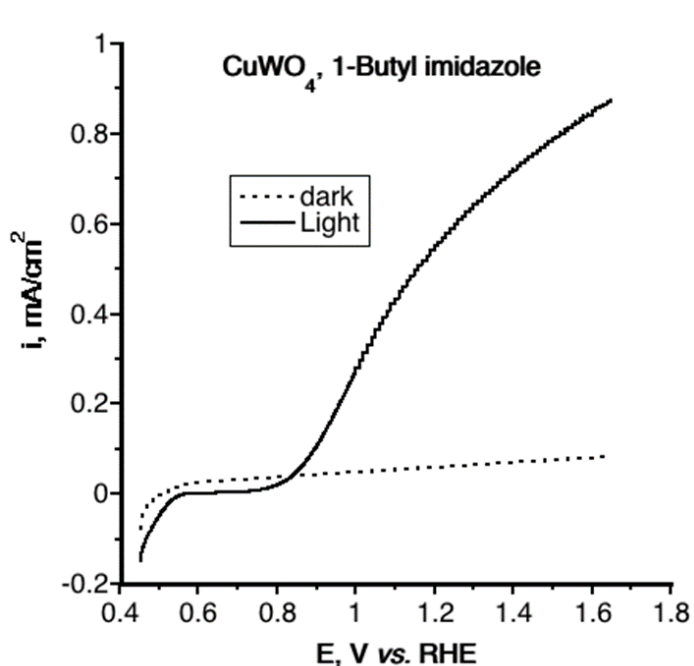
製造方法 2

結果のまとめ

| | |
|-------------|--|
| 電極の種類 | - 0.4 vにおける反応電流密度 mA cm ⁻² |
| 触媒担持電極 | - 0.3 |
| 比較例(触媒担持なし) | - 0.03 ~ 0.03 |

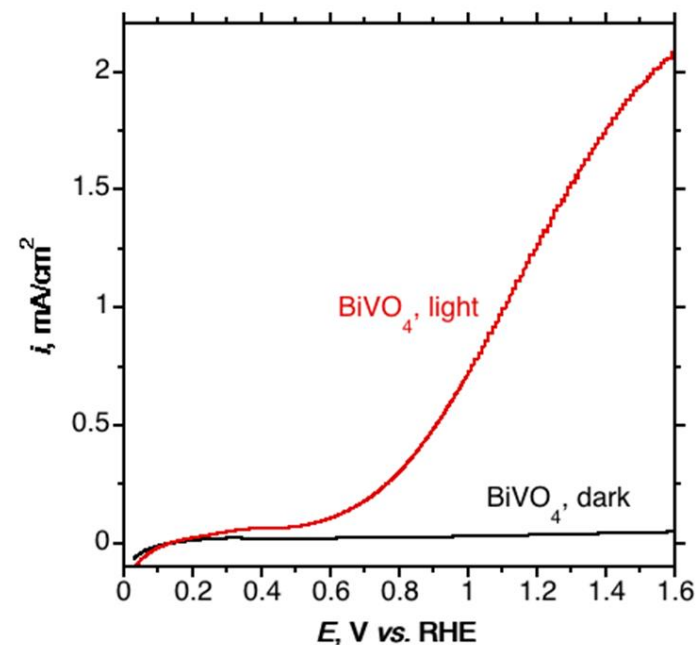
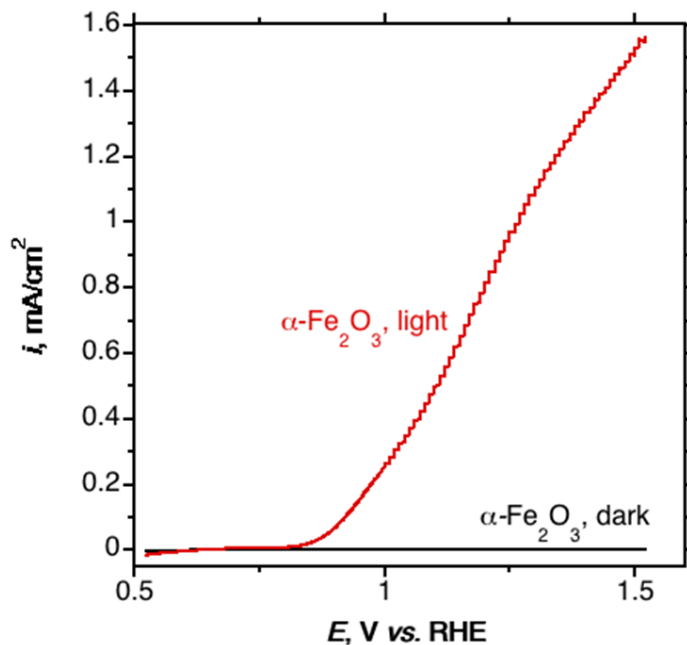
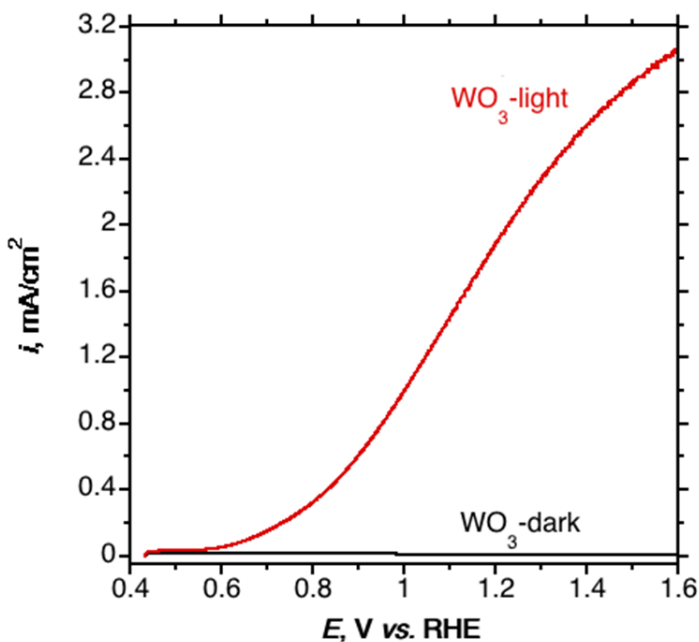
光応答性測定結果

0.1 MのKPi緩衝液 (pH7.0) 中、10mV/s、
25°C、390nm以上の可視光照射



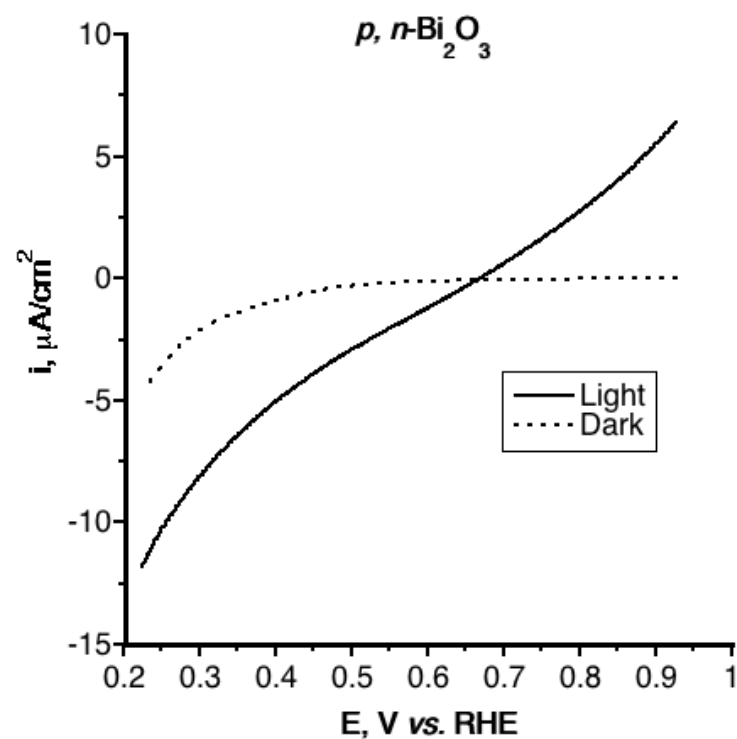
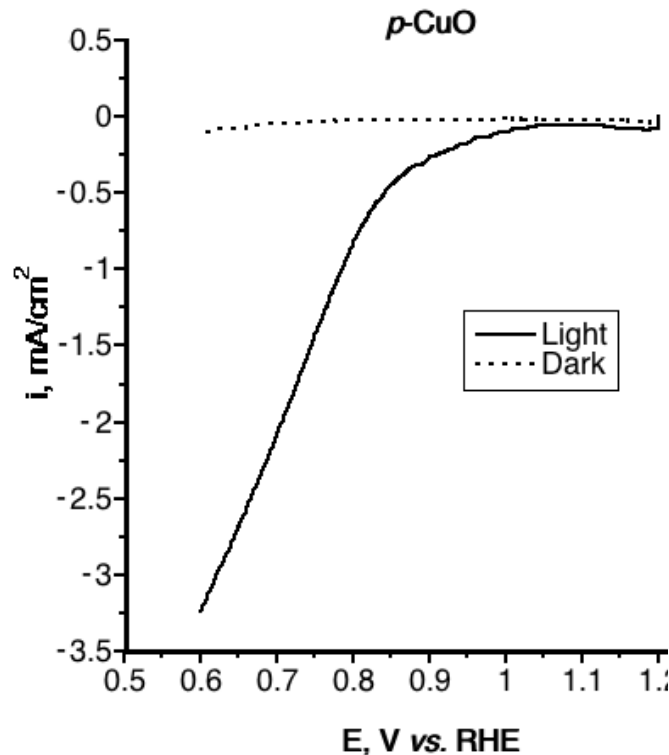
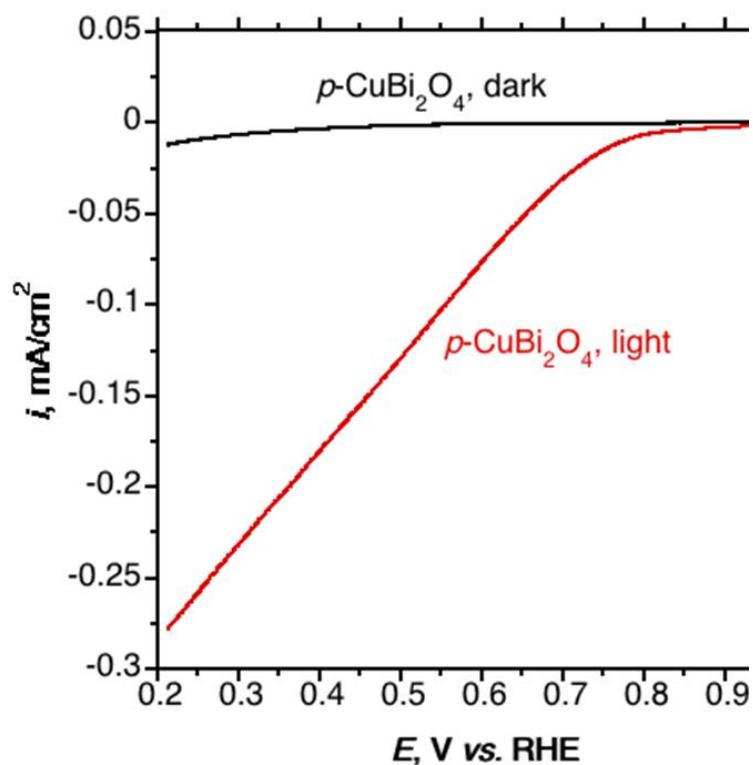
光応答性測定結果

0.1 MのKPi緩衝液 (pH7.0) 中、10mV/s、
25°C、390nm以上の可視光照射



光応答性測定結果

0.1 MのKPi緩衝液 (pH7.0) 中、10mV/s、
25°C、390nm以上の可視光照射



新技術の特徴 - 13

製造方法 2

結果のまとめ

| | |
|-------|--|
| 電極の種類 | 1.2 v における光反応電流密度 mA cm ⁻² |
| 可視光照射 | 0.1 ~ 50 |
| 光照射なし | - 0.01 ~ 0.01 |

想定される用途

- 本技術により作成した電極を装備した水電解装置を、再生可能エネルギー（太陽光発電や風力発電）由来の電源で作動させる用途。

実用化に向けた課題

- 他の電極についても網羅的に特性測定を行い、さらに高性能の電極触媒を見いだしたい。
- 今後、実用化に向けて、水分解装置を開発したい。

企業への期待

- 電極を量産して、販売への道筋をつけてほしい。
- 実用化に向けた、水分解装置の共同開発に参加してほしい。

本技術に関する知的財産権

- 発明の名称: 触媒および触媒の製造方法
- 出願番号: 特願 2019-090888
- 出願人: 国立大学法人新潟大学
- 発明者: 八木 政行、ザキ ナビホ アハメド ザハラン

- 発明の名称: 触媒の製造方法、金属酸化物の製造方法
および触媒
- 出願番号: 特願 2019-095465
- 出願人: 国立大学法人新潟大学
- 発明者: 八木 政行、ザキ ナビホ アハメド ザハラン

お問い合わせ先

新潟大学

地域創生推進機構 ワンストップカウンター

TEL 025-262-7554

FAX 025-262-7513

e-mail onestop@adm.niigata-u.ac.jp