

補助事業番号 2023M-291

補助事業名 2023年度 超高圧力の利用による水電解水素製造の高効率化 補助事業

補助事業者名 名古屋工業大学 石井 陽祐

1 研究の概要

クリーン水素社会の実現に向けて、水の電気分解の高効率化に関する検討を実施しました。具体的には水の電気分解に適した高活性・高耐久性の新規電極触媒を開発し、その高圧力下での活性を評価しました。本事業では、この検証を実施するための新たな高圧実験装置の開発にも取り組みました。

2 研究の目的と背景

クリーンエネルギー社会の実現にむけて「水素」が注目されていますが、現在国内で流通している水素の大部分はメタンなどの化石燃料を利用して合成されており、決してクリーンであるとは言えません。この問題を解決するためには水の電気分解を効率的に行うための新しい技術の開発が必要となります。

本研究では、水の電気分解の高効率化に向けて、「高圧力」の利用に着目し、高圧力下で電気分解実験を行うための新たな装置の開発を目指しました。また、この装置内で使用するための高活性・高耐久性を兼ね備えた新たな電極触媒材料の開発も目指しました。

3 研究内容

(1) 多孔質炭素電極の合成・評価

<http://kawasaki.web.nitech.ac.jp/jp/JKA-ishii2023/jka1.shtml>

高圧力下という過酷な環境で使用するためには高い活性をもつのはもちろんのこと、優れた耐久性をもった電極触媒材料の開発が不可欠です。本研究では、このための材料として単層カーボンナノチューブに着目し、欠陥のすくない高耐久電極の合成に取り組みました。

(2) 電極触媒探索

<http://kawasaki.web.nitech.ac.jp/jp/JKA-ishii2023/jka2.shtml>

水の電気分解反応におよぼす圧力の影響について、大気圧～4000気圧(400 MPa)の範囲で調査しました。今回検討した電極では、すべての材料に置いて圧力の上昇とともに電気分解活性が向上することが確認できましたが、高圧力印加に伴う上昇の度合いとしては、黒鉛電極よりも金属電極の方が顕著であることが明らかになりました。

(3) 高圧電気化学実験装置の開発

<http://kawasaki.web.nitech.ac.jp/jp/JKA-ishii2023/jka3.shtml>

これまでに当研究室が開発した高圧実験装置は圧力を一定に保つ機構を備えていなかったため、

長時間の電気化学測定が難しいという問題がありました。この課題を解決するため、電動ポンプによる自動的な保圧機構を備えた新たな実験装置を開発しました。

(4)電極触媒探索、(5)効果検証

(<http://kawasaki.web.nitech.ac.jp/jp/JKA-ishii2023/jka4.shtml>)

(2)で得られた知見を踏まえ、(1)で合成した単層カーボンナノチューブに対する触媒活性点の付与を試みました。単層カーボンナノチューブ表面に触媒活性点として水酸化ニッケルナノシートを付与するとともに、カーボンナノチューブ内に電子吸引力の有機分子を導入することで、水の電気分解触媒活性を向上させられることを明らかにしました。

4 本研究が実社会にどう活かされるか—展望

本研究により水の電気分解を高い圧力下で行うことの有効性が示せました。実用装置としては連続的な原料供給/生成物回収の仕組みなど、まだまだ検討しなければならないことが多々ありますが、この知見を応用して高圧装置の開発を進めれば、省スペースで高効率な新規クリーン水素製造法として利用できる可能性があります。また、水の電気分解だけでなく、CO₂を対象とした電気分解に展開すれば、地球温暖化物質であるCO₂の削減にも貢献できると考えています。

また、本研究は宇宙開発にも貢献できる可能性を有しています。高圧力下で水の電気分解をおこなうと、電極表面への気泡の付着が抑制されます。これを利用すれば、無重力環境でも長期間・安定的に水の電気分解を進められるようになり、宇宙での酸素生成装置としての利用が期待できます。

5 教歴・研究歴の流れにおける今回研究の位置づけ

研究代表者はこれまでカーボンナノチューブをはじめとするナノカーボン材料を対象に、蓄電池電極、光触媒電極などの研究開発を行ってきました。本研究はそのようなナノカーボンの研究を水の電気分解用の触媒開発に展開したものです。

高圧力下における電気化学の研究は先行例のほとんどないもので、科研費の支援を受けて研究代表者が独自に装置開発を進めてきたものです。今回の研究により、従来装置の問題であった圧力保持の問題が解決し、より一層詳細な実験が可能となりました。

6 本研究にかかわる知財・発表論文等

【論文】

Yosuke Ishii, Shunsuke Kondo, Kohei Kondo, Shinji Kawasaki, Naoki Kishi, and Yoshiyuki Hattori.

“Carrier Doping into Single-Walled Carbon Nanotubes through Encapsulation of Fluorinated Fullerenes.” *Journal of Physical Chemistry C*, **127**, 24274–24280 (2023). [DOI: 10.1021/acs.jpcc.3c06501]

【学会発表】

横関美咲, 夫馬正陽, 石井陽祐, 川崎晋司.“遷移金属化合物／カーボンナノチューブ複合体のOER・ORR電極特性”,第60回炭素材料夏季セミナー,ポスター発表,2023/9/4.

石井陽祐, 島本龍馬, 岡村卓実, 川崎晋司.“電気分解による水素発生反応におよぼす圧力の影響”, 第64回高圧討論会 ポスター発表3P47, 2023/11/3.

加藤 瑠菜, 馬越 翠, 石井 陽祐, 川崎 晋司.“単層カーボンナノチューブを利用した太陽光水素生成－電池発電サイクル”,第50回炭素材料学会年会,口頭発表2B08,2023/11/30.

7 補助事業に係る成果物

(1)補助事業により作成したもの

http://kawasaki.web.nitech.ac.jp/jp/JKA-ishii2023/jka-report_web.pdf

(2)(1)以外で当事業において作成したもの

http://kawasaki.web.nitech.ac.jp/jp/JKA-ishii2023/jka2023_index.shtml

8 事業内容についての問い合わせ先

所属機関名: 名古屋工業大学 工学部(ナゴヤコウギョウダイガク コウガクブ)

住 所: 〒466-8555

愛知県名古屋市昭和区御器所町

担 当 者: 准教授 石井 陽祐(イシイ ヨウスケ)

担 当 部 署: 川崎・石井研究室(カワサキ・イシイケンキュウシツ)

E - m a i l: ishii.yosuke@nitech.ac.jp

U R L: <http://kawasaki.web.nitech.ac.jp/jp/>