

混合原子価鉄酸化物を用いた新規な薄膜太陽電池の開発

岡山大学大学院自然科学研究科 教授 藤井 達生

近年、結晶中の電荷の不均化とその秩序化により出現する新電子相が注目されており、超高速応答性誘電体や高効率太陽電池、非線形光学素子などの新しい電子デバイスへの応用が期待されている。しかし、材料開発にあたって周期表上の元素を網羅的に利用する従来型の手法は、材料の優れた機能性を生み出す一方で、有害元素等による環境汚染など負の側面も生んでいる。くわえて、現在研究されている新電子相材料の多くは、資源的に希少性の高い元素を利用しており、経済的、地政学的に問題が多い。そこで我々の研究グループでは、究極の環境調和型ユビキタス材料として、環境に対して全く無害であり、かつ、地球上に豊富に存在する酸化鉄に注目し、これまで材料開発を進めてきた。なぜなら、鉄イオンは磁性イオンであると同時に、 Fe^{2+} 、 Fe^{3+} などの様々な原子価状態を安定に持つため、その混合原子価状態が磁性と協奏し、様々な機能性を生み出すからである。

本研究では、 $\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{3+}$ の混合原子価状態を有する酸化物の中でも希土類鉄酸化物 (RFe_2O_4 , $\text{R}=\text{Y}, \text{Ho-Lu}$) に着目し、新電子相を利用した新規な薄膜太陽電池を実現することを目指している。 RFe_2O_4 は 1970 年代に日本人により発

見された化合物であり、その結晶構造を図 1 に示す。その特徴は、2 組の鉄の三角格子の層 (W-layer) の存在と、その三角格子上に分布する同数の Fe^{2+} イオンと Fe^{3+} イオンにある。その幾何学配置は、鉄イオン間で電氣的、磁氣的フラストレーションを誘起し、特異な電荷秩序と磁性が常温領域近傍で出現させることから、 RFe_2O_4 は、近年、非常に注目を集めている材料の一つである。共同研究者の一人である本学の池田直教授らの研究によると、 RFe_2O_4 は可視から赤外線領域に及ぶ大きな光吸収係数を持ち、内部光電効果に伴う電荷揺動の結果、1 光子多電子励起を生む。すなわち、従来の太陽電池と比較して、非常に高い変換効率が理論的に期待されている。くわえて、その電子遷移は 0.5eV 以上の光で起こるため、可視光のみならず、排熱源等からの赤外線輻射で発電する可能性もある。

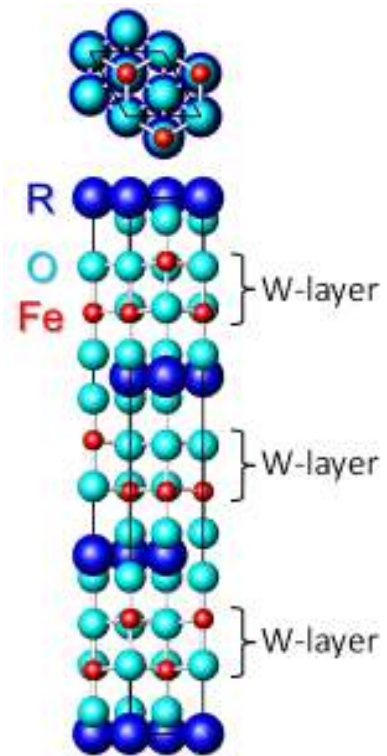


図 1 RFe_2O_4 の結晶構造

我々の研究グループでは、このようにユニークな物性を示す $R\text{Fe}_2\text{O}_4$ について、薄膜太陽電池への応用をめざし、スピコーティング法およびスパッタ法という 2 種類の異なる成膜方法を適用し、その薄膜化を行った。その結果、いずれの方法においても、結晶性に優れたエピタキシャル $R\text{Fe}_2\text{O}_4$ 薄膜を合成することに成功している。その一例として、サファイア単結晶基板上にスピコート法により成膜した YbFe_2O_4 薄膜の表面 SEM 写真と X 線回折パターンを図 2 に示す。クラック等のない平坦かつ均質な薄膜が形成されており、X 線回折においては、わずかに Fe_3O_4 等の不純物相の生成が認められたものの、c 軸配向したほぼ単相の YbFe_2O_4 薄膜が成長していることがわかる。くわえて、N 型透明半導体として知られる TiO_2 と YbFe_2O_4 との接合膜を作製し、その電流-電圧 (I-V) 特性を測定したところ、その接合は図 3 に示すとおり整流作用を示すことも見出している。すなわち、 YbFe_2O_4 薄膜が、太陽電池に求められる基本的特性である PN 接合特性を持つことを初めて実証した。

しかしながら、現段階においては、残念ながらこの PN 接合体薄膜に開放端電圧や短絡電流等の太陽電池特性はほとんど見られず、このことは、空乏層において何かしらのキャリア再結合過程の存在を示唆している。また実測したキャリア寿命は 10ps と非常に短いものであった。この原因として、 $R\text{Fe}_2\text{O}_4$ の電荷秩序構造は、結晶の化学量論性すなわち $\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{3+}$ 比に対して非常に敏感であり、また、半導体として $R\text{Fe}_2\text{O}_4$ を見た場合、導入された非化学量論性、すなわち格子欠陥はキャリア密度、移動度に大きく影響する。よって、高効率な薄膜太陽電池を実現するためには、厳密に化学量論性を制御した $R\text{Fe}_2\text{O}_4$ 薄膜が必要となる。その点において、我々は、種々の混合原子価鉄酸化物において、精密に化学量論性を制御した単結晶状薄膜を作製する技術を有しており、その技術は $R\text{Fe}_2\text{O}_4$ 薄膜にも適応可能である。よって、本研究を通じて最適な成膜条件を確立することにより、 $R\text{Fe}_2\text{O}_4$ による新規な薄膜太陽電池を実現できるものと確信している。

「平成 27 年度特別研究 (内山勇三科学技術賞) 受賞者」

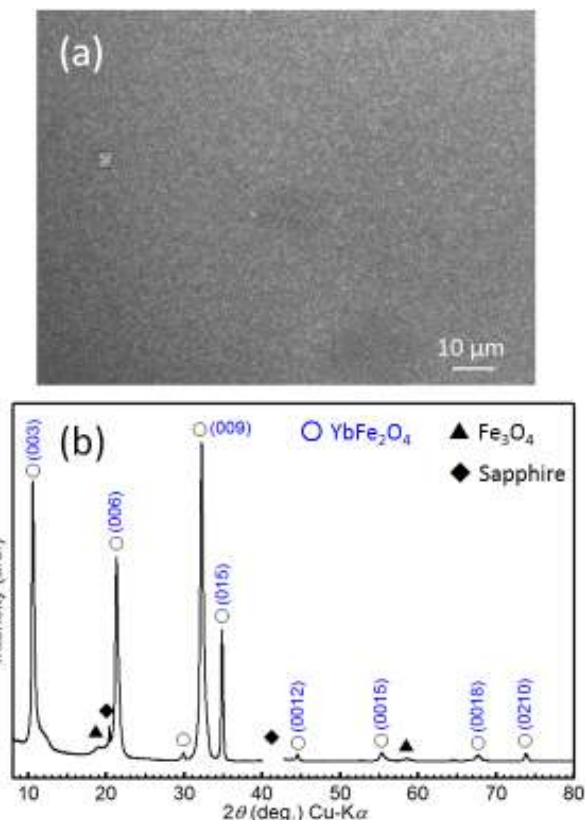


図 2 作製した YbFe_2O_4 薄膜の(a)表面 SEM 写真と(b)X 線回折パターン

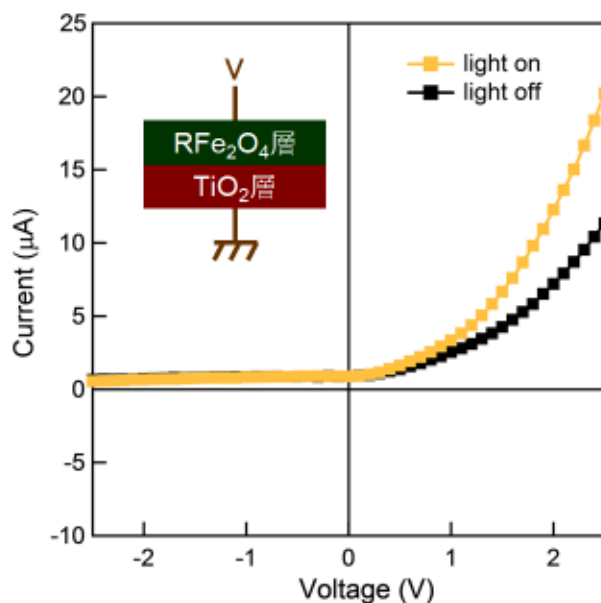


図 3 $\text{YbFe}_2\text{O}_4/\text{TiO}_2$ 接合膜の電流-電圧特性

1. 学術研究集会学術講演会の助成

平成 27 年度の学術研究集会・学術講演会の助成（第 3 回分）の申請件数は 8 件でした。この分野の選考は、研究助成選考委員会（委員長 太田 勲 兵庫県立大学副学長）により行われ、下表のとおり決定いたしました。

研究集会名称	主催団体	世話人
第 35 回キャピラリー電気泳動シンポジウム	日本分析化学会電気泳動分析研究懇談会	岡山大学 金田 隆
2015 年日本化学会中国四国支部大会	2015 年日本化学会中国四国支部大会実行委員会・日本化学会	岡山大学 久保園 芳博
電気加工懇話会 第 80 回例会	電気加工懇話会	岡山大学 岡田 晃
日本生産管理学会中国・四国支部支部研究会	日本生産管理学会中国・四国支部	岡山大学 柳川 佳也
第 38 回情報理論とその応用シンポジウム (SITA2015)	電子情報通信学会 基礎・境界ソサイエティ SITA サブソサイエティ	岡山大学 横平 徳美
IEEE 広島支部学生シンポジウム	IEEE 広島支部	岡山大学 船曳 信生
第 33 回イーストワークショップ	イーストワークショップ	岡山大学 守屋 央朗
第 8 回スペースガード研究会	NPO 法人 日本スペースガード協会	NPO 法人日本スペースガード協会 奥村 真一郎

2. 学術研究集会等のお知らせ

☆ 名称 第 35 回キャピラリー電気泳動シンポジウム

主催 日本分析化学会電気泳動分析研究懇談会

内容 本シンポジウムは、1981 年に第 1 回が開催され、2015 年度に第 35 回を迎える歴史ある学術研究集会である。電気泳動法やクロマトグラフ法、フロー分析法等に関する研究発表と討論を通じて研究の活性化を図り、化学計測における社会的なニーズに貢献する。

日時 平成 27 年 11 月 4 日（水）～11 月 6 日（金）

場所 岡山大学創立五十周年記念館

問合せ先 岡山市北区津島中 3-1-1 〒700-8530 電話 (086) 251-7847

岡山大学大学院自然科学研究科（理学系） 金田 隆

HP : <http://chem.okayama-u.ac.jp/~analytical/SCE2015/SCE2015.html>

☆ 名称 第 33 回イーストワークショップ

主催 イーストワークショップ

内容 （特に西日本を中心とする）日本国内の酵母を研究対象として用いている大学教職員・大学院生・大学生による研究発表会と交流会よりなる。年次開催で本年度 33 回目となる伝統ある学術集会である。

日時 平成 27 年 11 月 13 日（金）～11 月 14 日（土）

場所 せとうち児島ホテルア

問合せ先 岡山市北区津島中 3-1-1 〒700-8530 電話 (086) 251-8712

岡山大学異分野融合先端研究コア 守屋 央朗

- ☆ 名 称 **2015 年日本化学会中国四国支部大会**
 主 催 2015 年日本化学会中国四国支部大会実行委員会・日本化学会
 内 容 主として中国四国地方から化学ならびに関連する研究分野を専攻する研究者、学生・大学院生が参加して研究発表を行う。若手シンポジウム、特別企画シンポジウムも開催され、全国からその分野の第一線の研究者が参加し研究発表を行う。なお、日本化学会会長の特別講演、高校生・中学生によるポスター講演も行われる。
- 日 時 **平成 27 年 11 月 14 日 (土) ～11 月 15 日 (日)**
 場 所 岡山大学津島キャンパス (理学部、工学部、自然科学研究科の各教室)
 問合せ先 2015 年日本化学会中国四国支部大会実行委員会 (岡山大学理学部内)
 e-mail: csjw2015@okayama-u.ac.jp 電話 (086) 251-7850
 岡山市北区津島中 3-1-1 〒700-8530
 岡山大学大学院自然科学研究科 (理学系) 久保園 芳博
- ☆ 名 称 **第 8 回スペースガード研究会**
 主 催 NPO 法人 日本スペースガード協会
 内 容 日本スペースガード協会では毎年「スペースガード研究会」と称する研究会を開催し、地球への天体衝突問題(スペースガード)に関連する分野の議論の場を提供してきた。今年はその 8 回目にあたり、活動の拠点である岡山県内で初めての開催となる。集会後には県内の天文観測施設の見学をエクスカッションとして予定している。
- 日 時 **平成 27 年 11 月 17 日 (火) ～11 月 18 日 (水)**
 場 所 倉敷物語館会議室
 問合せ先 井原市美星町大倉 1716-3 美星スペースガードセンター 〒714-1411
 電話 (0866) 87-9071
 NPO 法人 日本スペースガード協会 スペースガード研究センター 奥村 真一郎
- ☆ 名 称 **IEEE 広島支部学生シンポジウム**
 主 催 IEEE 広島支部
 内 容 IEEE 広島支部の主催により、企画や運営を中国 5 県の大学生が主体となって行う「学生の学生による社会のためのシンポジウム」である。運営の学会とは異なり、高校生や電気・電子に馴染みの少ない方にも大学での専門的な研究を理解し、実際に見て触れて体験することが出来るシンポジウムを目指している。
- 日 時 **平成 27 年 11 月 21 日 (土) ～11 月 22 日 (日)**
 場 所 岡山大学津島キャンパス 大学院自然科学研究科棟
 問合せ先 岡山市北区津島中 3-1-1 〒700-8530 電話 (086) 251-8147
 岡山大学大学院自然科学研究科 (工学系) 船曳 信生
 HP : <http://hiss17th.sakura.ne.jp/index.html>
- ☆ 名 称 **第 38 回情報理論とその応用シンポジウム (SITA2015)**
 主 催 電子情報通信学会 基礎・境界ソサイエティ SITA サブソサイエティ
 内 容 電子情報通信学会の基礎・境界ソサイエティ SITA サブソサイエティが主催して年 1 回開催される情報理論とその応用に関する国内最大級のシンポジウムであり、その第 38 回目を岡山県倉敷市児島で開催する。
- 日 時 **平成 27 年 11 月 24 日 (火) ～11 月 27 日 (金)**
 場 所 倉敷市児島 下電ホテル
 問合せ先 岡山市北区津島中 3-1-1 〒700-8530 電話 (086) 251-8182
 岡山大学大学院自然科学研究科 (工学系) 横平 徳美

☆ 名 称 日本生産管理学会中国・四国支部 支部研究会
主 催 日本生産管理学会中国・四国支部
内 容 支部研究会として、「生産およびサービス業効率化」というタイトルで、生産管理に精通したコンサルタントおよび大学関係者を招き、講演・質疑応答を通じて、生産管理技術についての見識を深める。
日 時 平成 27 年 11 月 27 日 (金)
場 所 岡山大学大学院自然研究科棟 第 2 講義室
問合せ先 岡山市北区津島中 3-1-1 〒700-8530 電話 (086) 251-8168
岡山大学大学院自然科学研究科 (工学系) 柳川 佳也

☆ 名 称 電気加工懇話会 第 80 回例会
主 催 電気加工懇話会
内 容 電気加工全般の新しい技術、研究等の情報交換および勉学を目的とした研究会であり、本例会では、国内外の最新学術研究の紹介、製造現場における電気加工技術に関する討論、および曲がり穴電解加工等の最新生産技術に関して講師を招いての特別講演などを行う。
日 時 平成 27 年 12 月 10 日 (木)
場 所 岡山国際交流センター (国際会議場)
問合せ先 岡山市北区津島中 3-1-1 〒700-8530 電話 (086) 251-8038
岡山大学大学院自然科学研究科 (工学系) 岡田 晃

《事務局よりお知らせ》

学術研究集会、学術講演会への助成について

第 4 回 (平成 28 年 1 月～3 月開催) 11 月 13 日 (金) 申請締切り

※ 平成 28 年度公募要項は財団ニュース 3 月号に掲載します。

《ほっと交流会》

「岡振サロン」では毎月第 2 金曜日に色々な方に「ほっとな話題」を提供していただき、気軽に意見を交わす「ほっと交流会」を開催しています。お気軽にご参加下さい。

日時：平成 27 年 11 月 13 日 (金) 18:00～

場所：岡山大学新技術研究センター 1F

講師：二見 淳一郎 (岡山大学大学院 自然科学研究科 准教授)

話題：変性タンパク質の可溶化技術のがん免疫治療への応用

概要：生命体をつくる万能素材のタンパク質は、特定の立体構造を形成して多彩な機能を発現するが、この立体構造が壊れた変性タンパク質は生理機能を喪失する。それ故に「生もの」のタンパク質は壊れない様に細心の注意を払って取り扱うが、その固定観念を取り外すと変性タンパク質にも利用価値が見えてくる。本講演では最も実用化に近い、がん免疫治療におけるコンパニオン診断薬開発についてご紹介したい。

参加費 (軽食付)：賛助会員、非会員共：1,000円

学術交流推進事業公募

1. 目 的

この助成は、岡山県内における理工学に関する学術ならびに先端技術の向上を目指した優れた学術研究および学術集会開催等を助成し、その振興を図ることにより、岡山県における科学技術の発展に寄与することを目的としている。

2. 研究助成等の対象 理工系の基礎及び応用研究または、これらに関わる学術集会等。

3. 研究助成等の種目

(1) 学術研究推進助成 特色ある成果を挙げている研究者等がさらに高水準を目指して取り組む、学術的あるいは先端技術に関する研究。

(2) 学術集会開催推進助成 岡山県内の理工学の発展と先端技術の向上に寄与する学術集会、学術講演会。

4. 研究助成等の費用 学術研究推進助成等申請書の研究内容等に賛同する企業等の寄附金をもって充てる。

5. 研究助成件数及び金額 概ね 30 件程度 (1 件 1 万円以上)

6. 研究助成の申請

(1) 応募資格 理工学分野の基礎及び応用研究に従事している研究者または研究グループで岡山県下の大学、高専等教育研究機関に所属する者。

(2) 申請手続 申請者は研究の目的、性格、必要性等を十分に考慮し、学術研究推進助成申請書(様式1-1)を、または学術集会開催推進助成申請書(様式1-2)を作成し下記8に郵送またはメールで提出してください。

(3) 申請書類 申請用紙は当財団のホームページからダウンロードできます。また、財団事務局に請求くだされば、電子データの様式を差し上げます。

(4) 受付開始 平成 27 年 4 月 1 日から

7. 提出期限 **毎月月末**

8. 提出先・お問い合わせ先 〒700-8530 岡山市北区津島中三丁目1番1号

公益財団法人岡山工学振興会事務局

Tel・Fax : (086) 255-8311

E-mail: ofst@cc.okayama-u.ac.jp,

URL: <http://www1a.biglobe.ne.jp/ofst/>

9. 選考結果

選考委員会で選考(審査)し、申請者及び寄附者に採否、助成金額、交付期日等を通知する。

10. 研究・集会終了後の手続

助成期間終了後1年以内に学術研究推進助成実績報告書(研究継続中の場合は中間報告書)(様式5)または学術集会終了報告書(様式6)を提出して下さい。

11. 研究成果等の公表 財団 HP において公表する。