

**先端研究助成基金助成金(最先端・次世代研究開発支援プログラム)  
実施状況報告書(平成23年度)**

本様式の内容は一般に公表されます

|                |                                 |
|----------------|---------------------------------|
| 研究課題名          | ナノプロトニクス燃料電池の創成                 |
| 研究機関・<br>部局・職名 | 北陸先端科学技術大学院大学・マテリアルサイエンス研究科・准教授 |
| 氏名             | 長尾 祐樹                           |

### 1. 当該年度の研究目的

本研究では、本研究者が独自に見出すことができたナノ・サブマイクロ領域で観測されるプロトンキャリアーの高速輸送現象(ナノプロトニクス現象)を利用し、ボトムアップとトップダウンプロセスの融合を通じて、機能性分子の素子化をはかりながら化学素子化燃料電池の開発をめざす。

H23年度は、ナノプロトニクス燃料電池に必要な配向膜の作成やナノスケールに対するプロトン輸送特性を評価することを目的とし、その結果をフィードバックしてインプリント加工と Layer-by-Layer 技術を用いてシングルセルの開発を目指した。高分子の表面加工技術、電極触媒の精密塗布技術および異種材料の接合技術についての検討も課題とした。また、分散していた研究場所の統一や研究体制作り(マンパワーの増加)を行うことで研究の効率化を図った。

### 2. 研究の実施状況

#### A. 配向性プロトン伝導膜の設計、合成、評価

弱酸性基をプロトンキャリア源とした配向膜を作成し、 $2 \times 10^{-2} \text{ S cm}^{-1}$ の超プロトン伝導薄膜を得ることができた。また面内と面外の異方性比が100倍に及ぶ超異方的プロトン伝導膜を得ることができ、プロトン輸送特性の次元制御への道を拓いた。また、低屈折率基板を用いた赤外 MAIR 分光法を確立し、分子配向とプロトン輸送特性の関係を明らかにした。また、Nafion 薄膜のプロトン伝導性低下の起源を見出すことができた。さらに、ナノスケール領域において膜厚が輸送特性と強く相関する現象を見出した。

#### B. ナノプロトニクス燃料電池作成のためのインプリント加工

熱インプリントの精度を高めるための実験を繰り返し、ガスのリーク漏れを改善する研究開発を実施した。また、プラズマを利用した表面接合技術の開発を進めた。

#### C. インクジェット装置による精密触媒塗布技術と Layer-by-Layer (LBL) 技術の融合による化学素子化技術の開発

インクジェット装置を立ち上げ、当該技術を有する企業からノウハウの吸収を実施した。また、錯体化学に LBL を適応し、燃料電池の脱白金化触媒の開発を進めた。

ガスリーク問題の解決のためにナノプロトニクス燃料電池のシングルセル試作にはまだ至っておらず、現在開発を進めている。分散していた研究場所の統一や研究体制作り(マンパワーの増加)により研究推進の効率化を実施した。

3. 研究発表等

|                      |  |
|----------------------|--|
| <p>雑誌論文<br/>計3件</p>  | <p>(掲載済み一査読有り) 計3件<br/>                 1. C. H. Chang, T. S. Yuen, Y. Nagao, H. Yugami<br/>                 Catalytic activity of carbon-supported iridium oxide for oxygen reduction reaction as a Pt-free catalyst in polymer electrolyte fuel cell,<br/>                 Solid State Ionics, 197, 49 – 51 (2011). <a href="http://dx.doi.org/10.1016/j.ssi.2011.06.015">http://dx.doi.org/10.1016/j.ssi.2011.06.015</a><br/>                 2. Y. Nagao, T. Iwadera, N. Sata, F. Iguchi, H. Yugami<br/>                 Photocurable electrolyte based on sulfonated poly(ether ether ketone)<br/>                 Solid State Ionics, 204-205, 35 – 40 (2011). <a href="http://dx.doi.org/10.1016/j.ssi.2011.09.013">http://dx.doi.org/10.1016/j.ssi.2011.09.013</a><br/>                 3. Y. Nagao<br/>                 Proton Transport Property of Nafion Thin Films on MgO(100) with Anisotropic Molecular Structure<br/>                 e-Journal of Surface Science and Nanotechnology, 10, 114 – 116 (2012).<br/> <a href="http://dx.doi.org/10.1380/ejsnt.2012.114">http://dx.doi.org/10.1380/ejsnt.2012.114</a><br/>                 (掲載済み一査読無し) 計0件<br/>                 (未掲載) 計0件</p>  |
| <p>会議発表<br/>計14件</p> | <p>専門家向け 計13件<br/>                 1. T. Higuchi, F. Iguchi, H. Fukawa, W. Yang, Y. S. Liu, J. Guo, Y. Nagao, N. Sata, H. Yugami<br/>                 ELECTRONIC STRUCTURE OF BaZr<sub>1-x</sub>Y<sub>x</sub>O<sub>3</sub> BY SOFT-X-RAY SPECTROSCOPY<br/>                 18th International Conference on Solid State Ionics, Warsaw, 2011/7/5, 2011/7/3-9,<br/>                 International Society for Solid-State Ionics<br/>                 2. N. Sata, K. Ooba, Y. Sugawara, R. Mihara, Y. Nagao, F. Iguchi, H. Yugami<br/>                 STUDY OF ALCOHOL FUELLED SINGLE-CHAMBER SOFC<br/>                 18th International Conference on Solid State Ionics, Warsaw, 2011/7/5, 2011/7/3-9,<br/>                 International Society for Solid-State Ionics<br/>                 3. 長尾祐樹<br/>                 プロトン伝導性アミドポリマー薄膜における分子配向と輸送特性<br/>                 日本実験力学会 2011 年度年次講演会、奈良、2011年8月30日、2011年8月29-9月1日、<br/>                 日本実験力学会<br/>                 4. 菅原 勇、佐多教子、大羽航平、三原龍介、長尾祐樹、井口史匡、湯上浩雄<br/>                 メタノール空気混合ガス中におけるペロブスカイト型酸化物カソード材料の特性評価<br/>                 2011 年電気化学秋季大会、新潟、2011年9月10日、2011年9月9-11日、電気化学会<br/>                 5. 佐多教子、田村奨、小峰えりか、長尾祐樹、蔭山博之、野村勝裕、半田克己、鶴井隆雄、井口<br/>                 史匡、湯上浩雄<br/>                 PLD によるペロブスカイト型酸化物薄膜の結晶化プロセスと構造<br/>                 2011 年電気化学秋季大会、新潟、2011年9月10日、2011年9月9-11日、電気化学会<br/>                 6. 大羽航平、佐多教子、菅原 勇、三原龍介、長尾祐樹、井口史匡、湯上浩雄<br/>                 メタノールを燃料に用いた中低温作動一室型 SOFC の研究<br/>                 2011 年電気化学秋季大会、新潟、2011年9月10日、2011年9月9-11日、電気化学会<br/>                 7. K. Oba, Y. Sugawara, R. Mihara, N. Sata, Y. Nagao, F. Iguchi, H. Yugami<br/>                 Study of Methanol Fueled Single-chamber SOFC for Intermediate-temperature Operation<br/>                 62nd Annual Meeting of the International Society of Electrochemistry, Niigata, 2011/9/12<br/>                 9/11-16, International Society of Electrochemistry<br/>                 8. 佐多教子、田村奨、藤原雄太、柴田佳和、長尾祐樹、蔭山博之、野村勝裕、半田克己、鶴井<br/>                 隆雄、井口史匡、湯上浩雄<br/>                 PLD 室温成膜とその結晶化過程の研究<br/>                 第 37 回固体イオニクス討論会、鳥取、2011年12月7日、2011年12月7-9日、固体イオニクス<br/>                 学会<br/>                 9. 三原龍介、佐多教子、大羽航平、菅原 勇、長尾祐樹、井口史匡、湯上浩雄<br/>                 液体燃料を用いた一室型固体酸化物燃料電池の研究<br/>                 第 37 回固体イオニクス討論会、鳥取、2011年12月7日、2011年12月7-9日、固体イオニクス<br/>                 学会<br/>                 10. Y. Nagao</p> |

様式19 別紙1

|                                  |   |
|----------------------------------|---|
|                                  | <p>Oriented Nafion thin film and its proton transport property<br/>         6th International Symposium on Surface Science, Tokyo, 2011/12/12, 2011/12/11-15, The Surface Science Society of Japan</p> <p>11. 長尾祐樹<br/>         ナノプロトニクス<br/>         奈良先端未来開拓コロキウム「環境課題に挑戦するサステナブル分子科学」、奈良先端大、2012年3月13日、奈良先端大</p> <p>12. 長尾祐樹<br/>         ポリアスパラギン酸の薄膜化とプロトン輸送特性の向上<br/>         日本化学会第92春季年会、慶応大学、2012年3月27日、2012年3月25-28日、日本化学会</p> <p>自ら企画した会議<br/>         1. ナノ空間におけるプロトン伝導の促進<br/>         長尾祐樹<br/>         第1回ナノシステム若手交流会ミニワークショップ、京都大学、2011年11月2日、ナノシステム若手交流会</p> <p>一般向け 計1件<br/>         1. 長尾祐樹、燃料電池の未来について語ろう、科学・技術フェスタ in 京都 2011、2011年12月17日、京都国際会館、内閣府</p> |
| <p>図書<br/>計0件</p>                |   |
| <p>産業財産権<br/>出願・取得状況<br/>計0件</p> | <p>(取得済み) 計0件<br/>(出願中) 計0件</p>   |
| <p>Webページ<br/>(URL)</p>          | <p>JSPS 最先端・次世代研究開発支援プログラムナノプロトニクス燃料電池の創成、<br/>         ナノプロトニクス燃料電池の創成<br/> <a href="http://www.nanoprotonics.jp/">http://www.nanoprotonics.jp/</a></p>  |
| <p>国民との科学・技術対話の実施状況</p>          | <p>内閣府主催 科学・技術フェスタ in 京都 2011(京都国際会館)で主に小中高生を対象に「燃料電池の未来について語ろう」というタイトルで科学・技術対話を実施した。京都大学 コンテンツ作成室との共同研究で絵付カードを多数用いて理解しやすくし、小学生等とコタツを囲んで対話を実施した。</p>  |
| <p>新聞・一般雑誌等掲載<br/>計0件</p>        |   |
| <p>その他</p>                       |   |

4. その他特記事項

## 実施状況報告書(平成23年度) 助成金の執行状況

本様式の内容は一般に公表されます

## 1. 助成金の受領状況(累計)

(単位:円)

|      | ①交付決定額     | ②既受領額<br>(前年度迄の<br>累計) | ③当該年度受<br>領額 | ④(=①-②-<br>③)未受領額 | 既返還額(前<br>年度迄の累<br>計) |
|------|------------|------------------------|--------------|-------------------|-----------------------|
| 直接経費 | 66,000,000 | 24,390,000             | 0            | 41,610,000        | 0                     |
| 間接経費 | 19,800,000 | 7,317,000              | 0            | 12,483,000        | 0                     |
| 合計   | 85,800,000 | 31,707,000             | 0            | 54,093,000        | 0                     |

## 2. 当該年度の収支状況

(単位:円)

|      | ①前年度未執行<br>額 | ②当該年度受<br>領額 | ③当該年度受<br>取利息等額<br>(未収利息を<br>除く) | ④(=①+②+<br>③)当該年度<br>合計収入 | ⑤当該年度執<br>行額 | ⑥(=④-⑤)<br>当該年度未執<br>行額 | 当該年度返還<br>額 |
|------|--------------|--------------|----------------------------------|---------------------------|--------------|-------------------------|-------------|
| 直接経費 | 24,173,219   | 0            | 0                                | 24,173,219                | 20,472,389   | 3,700,830               | 0           |
| 間接経費 | 7,317,000    | 0            | 0                                | 7,317,000                 | 7,317,000    | 0                       | 0           |
| 合計   | 31,490,219   | 0            | 0                                | 31,490,219                | 27,789,389   | 3,700,830               | 0           |

## 3. 当該年度の執行額内訳

(単位:円)

|         | 金額         | 備考            |
|---------|------------|---------------|
| 物品費     | 15,394,592 | 評価装置購入費、消耗品費等 |
| 旅費      | 681,860    | 研究発表旅費等       |
| 謝金・人件費等 | 3,607,607  | 研究支援者人件費      |
| その他     | 788,330    | 学会参加費、英文校正等   |
| 直接経費計   | 20,472,389 |               |
| 間接経費計   | 7,317,000  |               |
| 合計      | 27,789,389 |               |

## 4. 当該年度の主な購入物品(1品又は1組若しくは1式の価格が50万円以上のもの)

| 物品名                        | 仕様・型・性能等                            | 数量 | 単価<br>(単位:円) | 金額<br>(単位:円) | 納入<br>年月日 | 設置研究機関<br>名       |
|----------------------------|-------------------------------------|----|--------------|--------------|-----------|-------------------|
| プラズマ装置Cute<br>1MP/D        | φ108mm×<br>L250mm                   | 1  | 1,310,400    | 1,310,400    | 2011/6/28 | 北陸先端科学技<br>術大学院大学 |
| LC-2000plus GPC測定<br>システム  | PU2089, CO2065,<br>UV2075, RI2031   | 1  | 3,373,650    | 3,373,650    | 2011/8/3  | 北陸先端科学技<br>術大学院大学 |
| ダクトレスヒュームフ<br>ード           | OM391S<br>W1000*D620*H115<br>8-1340 | 2  | 735,677      | 1,471,354    | 2011/8/23 | 北陸先端科学技<br>術大学院大学 |
| SOL-MTSモジュール式<br>誘電体測定システム | 4スロットシャシー I-<br>V 10μ-1MHZ          | 1  | 4,233,600    | 4,233,600    | 2011/9/30 | 北陸先端科学技<br>術大学院大学 |
| 一回反射型水平状ATR<br>(SmartIR)   | 22-247100                           | 1  | 696,150      | 696,150      | 2012/3/5  | 北陸先端科学技<br>術大学院大学 |
|                            |                                     |    |              | 0            |           |                   |