

課題番号	GS017
------	-------

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せん

研究課題名	プリント技術によるバイオナノファイバーを用いた低環境負荷・低温エレクトロニクス製造技術の開発
研究機関・ 部局・職名	大阪大学・産業科学研究所・准教授
氏名	能木雅也

1. 当該年度の研究目的

研究代表者は、セルロースナノファイバーを用いた透明な紙、高温熱処理プロセスが不要な有機金属複合体インクなどプリンテッド・エレクトロニクスにおいて世界最先端の技術を有している。本研究課題では、これら世界最先端技術を融合し、プリント技術によるバイオナノファイバーを用いた低環境負荷・低温エレクトロニクス製造技術の実現に取り組む。本研究課題における最終ゴールは、プリント技術を用いてバイオナノシート基板上へ電子デバイスを試作することである。

そこで当該年度は、1) 電子デバイスを搭載するセルロースナノファイバーシートの改良と 2) プリント技術を用いた電子デバイス製造技術の開発という二つの研究課題を重点的に取り組んだ。

2. 研究の実施状況

本年度の主たる研究成果を、以下に示した。

- 1) バイオナノファイバーシートの改良: 成膜プロセスを再検討した結果、従来よりも簡便なプロセスで、より高性能な“透明な紙”(透明性ヘイズ 1/30、熱膨張率40%OFF)が製造可能になった(図1)。
- 2) プリント技術による電子デバイス製造技術の開発: プリント技術を用いた世界最先端の低温実装技術を開発し、それらの技術を用いて、伸縮性配線(図 2a)・折り畳める配線(図 2b)・透明導電膜(図 2c)・印刷アンテナ(図 2d)などを実現した。



図1 より進化した透明な紙

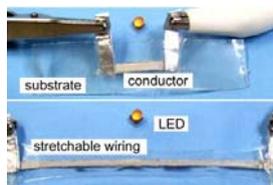


図 2a 伸縮性配線

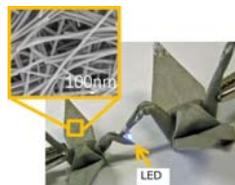


図 2b 折り畳める配線



図 2c 透明導電膜



図 2d 印刷アンテナ

これらの技術は、学術雑誌への投稿ならびに特許出願を行った。そして、国内外の各種シンポジウム・セミナーにおいて研究成果の解説を行っている。また、「国民との科学・技術対話」としてサイエンスカフェを行った(本サイエンスカフェの様子は、産経新聞においても紹介された。)。特に、「バイオナノファイバーシートの改良技術」は、新聞・テレビ・ラジオなど数多くのマスメディアにて紹介された。

3. 研究発表等

<p>雑誌論文 計 12 件</p>	<p>(掲載済み一査読有り) 計12件</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. C. J. Kim, <u>M. Nogi</u>, K. Suganuma, Y. Yamato “Inkjet-printed lines with well-defined morphologies and low electrical resistance on repellent pore-structured polyimide films” ACS Applied Materials & Interfaces, 2012, 4, 2168–2173 http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/am300160s 2. N. Komoda, <u>M. Nogi</u>, K. Suganuma, K. Kohno, Y. Akiyama, K. Otsuka “Printed Silver Nanowire Antennas with Low Signal Loss at High-Frequency Radio” Nanoscale, 2012, Advance Article http://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2012/NR/C2NR30485F 3. S. Tanpichai, F. Quero, <u>M. Nogi</u>, H. Yano, R. J. Young, T. Lindstrom, W. W. Sampson, S. J. Eichhorn “The Effective Young’s Modulus of Bacterial and Microfibrillated Cellulose Fibrils in Fibrous Networks” Biomacromolecules, 2012, articles ASAP http://3249238492kljf-pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/bm300042t?journalCode=bomaf6 4. C. J. Kim, <u>M. Nogi</u>, K. Suganuma “Electrical conductivity enhancement in inkjet-printed narrow lines through gradual heating” Journal of Micromechanics and Microengineering, 2012, 22, 035016 http://iopscience.iop.org/0960-1317/22/3/035016 5. M. I. Shams, <u>M. Nogi</u>, L. A. Berglund, H. Yano “The transparent crab: preparation and nanostructural implications for bioinspired optically transparent nanocomposites” Soft Mater, 2012, 8, 1369–1373 http://pubs.rsc.org/en/Content/ArticleLanding/2012/SM/C1SM06785K 6. T. Tokuno, <u>M. Nogi</u>, M. Karakawa, J. Jiu, T. T. Nge, Y. Aso, K. Suganuma “Fabrication of Silver Nanowire Transparent Electrodes at Room Temperature” Nano Research, 2011, 4, 1215–1222 http://www.springerlink.com/content/qk73797390632942/ 7. K. Suganuma, S. Sakamoto, N. Kagami, D. Wakuda, K. S. Kim, <u>M. Nogi</u> “Low-temperature Low-pressure Die Attach with Hybrid Silver Particle Paste” Microelectron. Reliab, 2012, 52, 375–380 http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0026271411003532 8. T. Araki, <u>M. Nogi</u>, K. Suganuma, M. Kogure, O. Kiriara “Printable and Stretchable Conductive Wirings Comprising Silver Flakes and Elastomer” IEEE Electron Device Lett. 2011, 32, 1424–1426 http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0266353811001680 9. Y. Okahisa, K. Abe, <u>M. Nogi</u>, A. N. Nakagaito, T. Nakatani, H. Yano “Effects of Delignification in the Production of Plant-based Cellulose Nanofibers for Optically Transparent Nanocomposites” Compos. Sci. Technol. 2011, 71, 1342–1347 http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0266353811001680 10. 能木雅也、荒木徹平、菅沼克昭、古暮雅朗、桐原修、「伸びる配線 -ポリウレタン・銀フレークコンポジット」高分子、2012、61、118–121 11. 菅沼克昭、能木雅也、酒金婷、徳野剛大、荒木徹平、「プリントド・エレクトロニクスのための低温配線技術」エレクトロニクス実装学会誌、2011、14、471–476 12. 菅沼克昭、能木雅也、「エレクトロニクス分野の導電性接着剤技術」化学と教育、2011、59、496–499 <p>(掲載済み一査読無し) 計 0 件 (未掲載) 計 0 件</p>
<p>会議発表 計32件</p>	<p>専門家向け 計24件</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. C. Kim, <u>M. Nogi</u>, K. Suganuma “Inkjet printing of well-defined and narrow conductive lines on polymeric substrates with chemical treated coating layers” The 15th SANKEN International Symposium / The 10th SANKEN Nanotechnology Symposium (Osaka, Japan, 2012.1.12–13) 2. T. Tokuno, <u>M. Nogi</u>, J. Jiu, K. Suganuma “Transparent electrodes with network structures of silver nanowires” The 15th SANKEN International Symposium / The 10th SANKEN Nanotechnology Symposium (Osaka, Japan, 2012.1.12–13) 3. N. Komoda, <u>M. Nogi</u>, K. Suganuma “Silver nanowire printed line: Relationship of Heating temperature and its conductivity” The 15th SANKEN International Symposium / The 10th SANKEN Nanotechnology Symposium (Osaka, Japan, 2012.1.12–13) 4. T. Araki, <u>M. Nogi</u>, K. Suganuma, K. Kihara, O. Kiriara “Stretchable and conductive wirings having various electrical properties to different volume fraction of silver flakes” 7th Handai Nanoscience and Nanotechnology International Symposium (Osaka, Japan, 2011.11.10–11) 5. C. J. Kim, <u>M. Nogi</u>, K. Suganuma “Inkjet Printing of Conductive Lines : Improvement of Line Morphology and Electrical Conductivity” 7th Handai Nanoscience and Nanotechnology International Symposium (Osaka, Japan, 2011.11.10–11) 6. T. Tokuno, <u>M. Nogi</u>, J. Jiu, K. Suganuma “Electrical conductivity enhancement of silver nanowire transparent electrodes at low temperature” 7th Handai Nanoscience and

	<p>Nanotechnology International Symposium (Osaka, Japan, 2011.11.10-11)</p> <ol style="list-style-type: none"> 7. N. Komoda, <u>M. Nogi</u>, K. Kohno, K. Otsuka, K. Suganuma “Silver nanowire flexible antenna for printed electronics” 7th Handai Nanoscience and Nanotechnology International Symposium (Osaka, Japan, 2011.11.10-11) 8. J. Jiu, T. Tokuno, <u>M. Nogi</u>, K. Suganuma “Preparation of Ag Nanowires and Application in Optoelectronic Devices” BIT’s 1st Annual World Congress of Nano-S&T-2011 (Dalian, China, 2011.10.23-26) 9. T. Tokuno, <u>M. Nogi</u>, M. Karakawa, J. Jiu, Y. Aso, K. Suganuma “Room temperature fabrication of silver nanowire transparent electrodes” International Conference of Solid State Devices and Materials 2011 (Nagoya Japan, 2011.9.28-30) 10. T. T. Nge, <u>M. Nogi</u>, H. Yano, J. Sugiyama “Preparation and characterization of bacterial cellulose/chitosan porous scaffolds” IAWS 2011 (Stockholm, Sweden, 2011.8.31-9.2) 11. T. Tokuno, <u>M. Nogi</u>, K. Suganuma “Properties of Silver Nanowire Transparent Electrodes Fabricated by a Coating Method” IEEE Nano 2011 (Portland, U.S.A, 2011.8.15-19) 12. C. J. Kim, <u>M. Nogi</u>, K. Suganuma “Effect of Ink Viscosity on Electrical Resistivity of Narrow Printed Silver Lines” IEEE Nano 2011 (Portland, U.S.A, 2011.8.15-19) 13. N. Komoda, K. Suganuma, <u>M. Nogi</u> ”Return Loss of Printed Silver Paste Lines with Different Filler Sizes and Their Surface Roughness” IEEE Nano 2011 (Portland, U.S.A, 2011.8.15-19) 14. J. Jiu, <u>M. Nogi</u>, K. Suganuma ”Preparation of rod-shaped and spherical Silvernanoparticles and application for Packaging materials” ICEPT-HDP2011 (Shanghai, China, 2011. 8. 8-11 2011) 15. C. J. Kim, <u>M. Nogi</u>, K. Suganuma “Size Effect on Resistivity of Narrow Printed Tracks” ICEP2011 (Nara, Japan, 2011.4.13-15) 16. <u>能木雅也</u>、<u>菟田夏樹</u>、Thi Thi Nge、辛川誠、謝明君、菅沼克昭 “銀ナノワイヤとセルローズ基板を用いたプリントド・エレクトロニクスデバイスの開発” 第 62 回日本木材学会、北海道、2012 年 3 月 15-17 日 17. Thi Thi Nge、<u>能木雅也</u>、菅沼克昭 “Influence of cellulose fiber dimension on propertires of inkjet-printed conductive line by using silver nanoparticles ink” 第 62 回日本木材学会、北海道、2012 年 3 月 15-17 日 18. 徳野剛大、<u>能木雅也</u>、菅原徹、Jinting Jiu、菅沼克昭 “銀ナノワイヤの自己組織化現象を利用した透明導電膜の作製” 2012 年春季 第 59 回 応用物理学関係連合講演会、2012 年 3 月 15-19 日 19. 金昌宰、<u>能木雅也</u>、菅沼克昭、大和洋 “インクジェット印刷配線のためのプラスチック基板への受理層設計” 第 26 回 エレクトロニクス実装学会 春季講演大会、東京、2012 年 3 月 7-9 日 20. 荒木徹平、<u>能木雅也</u>、菅沼克昭 “繰り返しひずみを与えた銀フィラー伸縮性導体の電気抵抗評価” 第 26 回 エレクトロニクス実装学会 春季講演大会、東京、2012 年 3 月 7-9 日 21. <u>菟田夏樹</u>、<u>能木雅也</u>、菅沼克昭 “銀ナノワイヤー印刷配線の導電性評価”第 26 回 エレクトロニクス実装学会 春季講演大会、東京、2012 年 3 月 7-9 日 22. 徳野剛大、辛川誠、<u>能木雅也</u>、Jinting Jiu、安蘇芳雄、菅沼克昭 “銀ナノワイヤ透明導電膜を用いた有機太陽電池の作製” 応用物理学会、山形、2011 年 8 月 30 日-9 月 3 日 23. <u>能木雅也</u>、Thi Thi Nge、菅沼克昭 “Printed Electronics on Nano-Paper に向けた取り組み” セルローズ学会、長野、2011 年 7 月 13-15 日 24. <u>能木雅也</u>、矢野浩之、阿部賢太郎、伊福伸介 “銀ナノインクのバイオナノファイバー基板への印刷特性評価” 京都大学生存圏研究所 第 175 回生存圏シンポジウム、京都、2011 年 6 月 15 日 <p>一般向け 計8件</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. <u>能木雅也</u>、“透明な紙”、東京、2012 年 2 月 17 日、nanotech 実行委員会主催 第 11 回国際ナノテクノロジー総合点・技術会議 nano tech 2012 nanoweek フレキシブルエレクトロニクス 2. <u>能木雅也</u>、“プリントド・エレクトロニクスにおけるセルローズナノファイバーの可能性”、京都、2012 年 1 月 27 日、セルローズ学会関西支部第 17 回ミクロシンポジウム 3. <u>能木雅也</u>、“21 世紀の紙が実現する次世代プリントド・エレクトロニクス”、東京、2012 年 1 月 19 日、リードエグジビジョン ジャパン主催 ネプコン ジャパン 2012 第 13 回 プリント配線板 EXPO 4. <u>能木雅也</u>、“バイオナノファイバーを用いたプリントド・エレクトロニクスへの取り組み”、愛知、2011 年 11 月 8 日、愛知県産業技術研究所 ナノ粒子・技術応用研究会 5. <u>能木雅也</u>、“樹木からセルローズナノファイバー、そして透明な紙”、東京、2011 年 10 月 20 日、
--	--

様式19 別紙1

	<p>ポリマーフロンティア21(高分子学会)</p> <p>6. 能木雅也、“Road to “Printed Electronics on Nanopaper”、大阪、2011年10月6日、International Seminar for JSPS-LIPI Joint Reserch Program</p> <p>7. M. Nogi, K. Suganuma、“Low temperature wirings and conductive films with Ag nano inks”、Frankfurt, German, 2011.6.30、LOPE-C 2011</p> <p>8. 能木雅也、“透明導電膜:ITOの次と次の次”、大阪、2011年6月23日、プリントド・エレクトロニクス研究会</p>
<p>図書</p> <p>計1件</p>	<p>能木雅也、荒木徹平、菅沼克昭</p> <p>NIKKO Green MOOK=プリントドエレクトロニクスのすべて=</p> <p>「7倍伸ばしても電気を通す超ストレッチャブル配線技術とこの研究分野における開発動向」</p> <p>日本工業出版 2011 108-112</p>
<p>産業財産権 出願・取得状 況</p> <p>計0件</p>	<p>(取得済み) 計0件</p> <p>(出願中) 計0件</p>
<p>Webページ (URL)</p>	<p>大阪大学・最先端・次世代研究開発支援プログラム</p> <p>http://www.osaka-u.ac.jp/ja/research/program_next</p> <p>大阪大学大型教育研究プロジェクト支援室・最先端・次世代研究開発支援プログラム</p> <p>http://www.lserp.osaka-u.ac.jp/index_jisedai.html</p> <p>バイオナノファイバーを用いた低環境負荷・低温エレクトロニクス製造技術の開発</p> <p>http://www.nogimasaya.com/</p>
<p>国民との科 学・技術対 話の実施状 況</p>	<p>1. 第200回生存圏シンポジウム・第7回バイオ材料プロジェクト 未来の自動車は“植物”で創る、2012年3月12日、京都(京都テルサ)、一般、300名、</p> <p>内容:セルロースナノファイバーを用いた高機能で Green な材料の一つとして、研究成果をポスター展示した。</p> <p>2. Printable Electronics 2012、2012年2月15-17日、東京(東京ビックサイト)、一般、45,000名</p> <p>内容:セルロースナノファイバーを用いた透明な紙の革新的製造プロセスに関してポスター展示した。</p> <p>3. 研究ときめき*カフェ「透明な紙で、あなたなら何を作りますか?」、2011年12月16日、大阪(アートエリアB1)、一般、100名</p> <p>内容:市民公開型サイエンスカフェにて、話題提供者として出演。セルロースナノファイバーを用いた材料の現状と未来に関して、国民との対話を行った。</p> <p>http://sankei.jp.msn.com/west/west_life/news/120115/wf12011510070005-n1.htm</p>
<p>新聞・一般雑 誌等掲載 計11件</p>	<p>1. 透明な紙、産経新聞 1面、2012年2月7日</p> <p>http://sankei.jp.msn.com/west/west_life/news/120207/wf12020707060000-n1.htm</p> <p>2. 導電性銅インク、化学工業日報 1面、2012年2月1日</p> <p>http://www.kagakukogyonippo.com/headline/2012/02/01-5251.html</p> <p>3. 「大阪大(1)21世紀懐徳堂 社会貢献活動、市民をつなぐ」、産経新聞、2012年1月14日 朝刊</p> <p>http://sankei.jp.msn.com/west/west_life/news/120115/wf12011510070005-n1.htm</p> <p>4. カニの甲羅から透明材料、2011年11月22日毎日新聞、産経新聞、共同通信、京都新聞、朝日新聞、読売新聞、Materials Today</p> <p>http://mainichi.jp/select/science/news/20111122k0000m040051000c.html</p> <p>http://sankei.jp.msn.com/science/news/111121/scn111121170001-n1.htm</p>

様式19 別紙1

	<p>http://www.47news.jp/CN/201111/CN2011112101002387.html</p> <p>http://kyoto-np.co.jp/education/article/20111121000113</p> <p>http://www.asahi.com/kansai/news/OSK201111220030.html</p> <p>http://osaka.yomiuri.co.jp/e-news/20111122-OYO1T00701.htm?from=main1</p> <p>http://www.materialstoday.com/view/22753/nanocomposite-sheets/</p> <p>5. 銀ナノワイヤ透明導電膜、半導体産業新聞、「応用物理学会学術講演会 2011 年秋 レビュー」にて紹介、2011 年 10 月 12 日</p>
<p>その他</p>	<p>1. CBC ラジオ、2012 年 2 月 20 日 ”多田しげおの気分爽快!!～朝から P・O・N” 「情報サプリメント・透明な紙」</p> <p>2. よみうりテレビ、2012 年 2 月 10 日 ”かんさい情報ネット ten!” 「大阪発！歴史を変える！？”透明な紙”ってナニ・・・？」</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ず

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 (前年度迄の 累計)	③当該年度受 領額	④(=①-②- ③)未受領額	既返還額(前 年度迄の累 計)
直接経費	129,000,000	43,000,000	0	86,000,000	0
間接経費	38,700,000	12,900,000	0	25,800,000	0
合計	167,700,000	55,900,000	0	111,800,000	0

2. 当該年度の収支状況

(単位:円)

	①前年度未執 行額	②当該年度受 領額	③当該年度受 取利息等額 (未取利息を除 く)	④(=①+②+ ③)当該年度 合計収入	⑤当該年度執 行額	⑥(=④-⑤) 当該年度未執 行額	当該年度返還 額
直接経費	42,863,884	0	0	42,863,884	42,831,186	32,698	0
間接経費	12,900,000	0	0	12,900,000	3,972,575	8,927,425	0
合計	55,763,884	0	0	55,763,884	46,803,761	8,960,123	0

3. 当該年度の執行額内訳

(単位:円)

	金額	備考
物品費	31,933,531	有機蒸着装置、微粉砕器等、試薬など実験消耗品費等
旅費	919,260	研究成果発表旅費等
謝金・人件費等	8,088,643	博士研究員人件費、研究員人件費等
その他	1,889,752	攪拌反応システム修理、学会参加費、英文校正等
直接経費計	42,831,186	
間接経費計	3,972,575	
合計	46,803,761	

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 (単位:円)	金額 (単位:円)	納入 年月日	設置研究機関 名
下方電子検出器	JSM-6700F用 SM-34080	1	735,000	735,000	2011/4/22	大阪大学
ヒュームフード(ドラ フトチャンバー)	三進金属工業(株) 製 HAS-1800E	2	935,550	1,871,100	2011/6/27	大阪大学
走査型プローブ顕 微鏡システム Nanocute	エスアイ・ナノテクノ ロジー(株)製 NanoNavi II sプロ ブステーション、 Nanocute(自己 検知方式)	1	4,499,250	4,499,250	2011/7/19	大阪大学
熱機械分析装置 (全自動ガス冷却ユ ニット・Museステーション 付)	エスアイ・ナノテクノ ロジー(株)製 TMA/SS7100	1	4,956,000	4,956,000	2011/7/28	大阪大学
有機蒸着装置	(株)エイコー・エンジニア リング製 E0-5SK	1	12,180,000	12,180,000	2011/11/14	大阪大学
スターバースト ラ ボ機	(株)スキマシヨ製 HJP-25005E	1	4,987,500	4,987,500	2012/3/23	大阪大学