

島根大学プロジェクト研究推進機構 『重点研究部門』	平成23年度	年度報告書	提出日 平成24年2月16日
① プロジェクト名	S-グリーン・ライフナノ材料プロジェクト		
② プロジェクトリーダー	藤田 恭久	所属	総合理工学部
ダー		電子メール	fujita@ecs.shimane-u.ac.jp
③ プロジェクトの概要（プロジェクトの最終年度における到達目標を簡潔に記入してください。）			
<p>① 本プロジェクトは、旧重点プロジェクト「S-ナノテク」、 「S-匠ナノメディシン」の取り組みを継承し、更なる発展を目指すプロジェクトである。医・理工・農の連携により遂行され、島根大学発の材料や技術を用いて、低炭素化社会や健康長寿社会の実現に向けたイノベーションの創出を目指す。プロジェクトは、グリーンイノベーション、ライフイノベーション、基盤技術の3つのグループから構成される。</p> <p><u>グリーン</u>では、1) 安価な酸化亜鉛ナノ粒子を用いた低コスト第3世代太陽電池の開発を目指す。酸化亜鉛のバンドギャップ制御や光エネルギー変換技術の研究を行う。2) チタン酸化物系強誘電体と熱電技術で、太陽電池の自律化システムを創製する。特に、スーパーキャパシタの欠点を解決し、高価な蓄電池不要の高性能電力貯蔵用デバイスの開発を目指す。<u>ライフ</u>では、1) 酸化亜鉛などのナノ粒子の蛍光・造影・温熱効果を用いたがんなどの非侵襲的早期診断・治療技術を開発する。2) ナタデココや酸化亜鉛ナノ粒子をバッファに用いたマイクロ流路電気泳動による診断や抗菌剤含有ナタデココによる治療技術などを開発する。<u>基盤技術</u>では、特別経費で導入された結晶評価システムを用いて、新たな物性評価技術の開発に努める。また、評価技術の開発整備により、地域の産業との協力関係や周辺産業の底上げに寄与する。ナノ材料の安全性評価のための技術開発も行う。</p> <p>こうした医・理工・農の連携による研究体制を維持し、その成果を教育に繋ぐ学内拠点として、ナノテク教育研究センターを立ち上げる。</p>			
④ プロジェクトのメンバー及び役割			
氏名	所属（職）	本年度の役割分担	
(プロジェクトリーダー) 藤田 恭久	総理工工・電子制御システム・教授	プロジェクト総括、薄膜・ナノ粒子	
廣光 一郎	総理工工学部・物質科学科・教授	A1Gr.サブリーダー、太陽電池	
半田 真	総理工工学部・物質科学科・教授	近赤外吸収体の開発	
笹井 亮	総理工工・物質科学科・准教授	層状物質の応用	
葉 文昌	総理工工・電子制御・准教授	太陽電池デバイスの作製と評価	
山田 容士	総理工工・物質科学科・教授	酸化亜鉛薄膜の作製と評価	
田中 仙君	総理工工・物質科学科・助教	有機ハイブリッド構造太陽電池	
池上 崇久	総理工工・物質科学科・准教授	近赤外吸収体の開発	
古林 寛	プロジェクト研究推進機構・研究員	酸化亜鉛薄膜の物性改質	
秋重 幸邦	教育学部・自然環境教育講座・教授	Aグループリーダー、強誘電体	
北川 裕之	総理工工・物質科学科・准教授	熱電材料の開発	
塚田 真也	教育学部・自然環境教育・助教	強誘電体材料と蓄電デバイス	
戴 中華	プロジェクト研究推進機構・研究員	強誘電体材料の作製	
磯部 威	医学部・内科がん化学療法・教授	B1Gr.サブリーダー、がん診断	
松本 暁洋	医学部・発生生物学・助教	がん等の可視化技術	
福田 誠司	医学部・小児科・准教授	がん分子標的薬剤の開発	
内田 伸恵	医学部・放射線腫瘍学・教授	がん診断・治療技術の開発	
長井 篤	医学部・臨床検査医学・准教授	アルツハイマー病診断技術	
増田 浩次	総理工工学部・電子制御・教授	光ファイバセンシング技術	
平川 正人	総理工工・数理情報・教授	診断画像処理技術の開発	
原田 守	医学部・免疫学講座・教授	がんの免疫療法の開発	
竹永 啓三	医学部・生命科学講座・准教授	がん分子標的薬剤の開発	
藤井 政俊	医学部・分子科学・准教授	ナノ粒子の表面修飾技術	
吉清 恵介	生物資源・生命工学科・助教	ナノ粒子の表面修飾技術	
竹下 治男	医学部・法医学講座・教授	Bグループリーダー	
関根 浄治	医学部・歯科口腔外科学・教授	ナタデココの歯科口腔外科応用	
藤原 純子	医学部・法医学講座・講師	DNA 診断	
大庭 卓也	総理工工・物質科学科・教授	Cグループリーダー、結晶評価	
森戸 茂一	総理工工・物質科学科・准教授	金属材料の結晶学的評価	
林 泰輔	総合科学研究支援・教務職員	ナノ材料の結晶学的評価	
吉田 俊幸	総理工工・電子制御・助教	薄膜の電気・光学的評価	
Kasilingam Senthilkumar	プロジェクト研究推進機構・研究員	ナノ材料の結晶・光学的評価	
秋吉 英雄	生物資源・生物科学科・准教授	C2 Gr.サブリーダー、安全評価	
山本 達之	生物資源・生命工学科・教授	医用分光学的評価	
頓宮 美樹	総合科学支援・実験動物・助教	安全性評価（動物実験）	
西村 浩二	総合科学支援・遺伝子機能・助教	植物内トレース・食品安全評価	

⑤ (1) 本年度の研究計画目標の達成状況及び自己評価

(本年度当初の計画書に書かれた内容に沿って、計画と達成目標を箇条書きにしてください。また、その達成目標の項目ごとにその達成状況を記入し、以下の基準に従って自己評価して下さい。A:目標以上に成果をあげた B:ほぼ目標通りの達成度で予定した成果をあげている C:計画より遅れ気味であるが年度末には目標達成が可能である D:年度末までに目標達成は不可能である。自己評価がB以外の場合には、その原因についても記載して下さい。2～3月に行う計画のため未執行の場合には評価を空欄にして下さい。)

計画と達成目標	達成状況と自己評価
<p>A-1. 次々世代低コスト太陽電池の開発</p> <ul style="list-style-type: none"> 酸化亜鉛ナノ粒子を用いた塗布型太陽電池構造を作製する。 低抵抗で耐久性の高い太陽電池用透明導電膜を作製するためのスパッタリングの特性改善のための条件を明らかにする。 酸化亜鉛ナノ粒子を用いた無機-有機複合太陽電池を作製し、その整流性と光起電力特性を調べる。 太陽光の可視、近赤外成分を有効に利用した発電を実現するために、酸化亜鉛の狭バンドギャップ化、表面プラズモン共鳴や近赤外領域に分光感度を持つ新しい金属錯体など可能性を調べる。 層状無機/有機複合材料の光電変換特性を調べ、この材料の太陽電池への応用可能性を明らかにする。 シリコン-ゲルマニウム系太陽電池の可能性を調べる。 	<p>(自己評価 A)</p> <ul style="list-style-type: none"> MOCVDによるp型酸化亜鉛薄膜の形成に成功した。(特許出願準備中のため非公開)(A) 酸化亜鉛透明導電膜の化学的耐久性を向上させるため、その表面に酸化チタン薄膜を積層させたところ、酸化亜鉛単層膜よりも低抵抗化することを発見した。(特許出願のため一部非公開)(A) 化学的に合成したn型酸化亜鉛ナノ粒子とp型有機半導体であるフタロシアニンを複合させた太陽電池について、短絡の問題を解決し、その整流性と光起電力特性を調べた。(B) アルミニウムとインジウムの微粒子を利用した太陽電池を作製して表面プラズモン共鳴を利用した太陽電池の可能性を調べた。近赤外域に強い光吸収帯を持つ可溶性フタロシアニン2核錯体の合成法を確立し、さらに、大量生産のために合成法の改良を行った。(特許出願のため一部非公開)(B) 層状半導体であるコバルト酸リチウムナノシートとポルフィリンの複合化に成功すると共に、ナノシートとポルフィリン間の光誘起電子移動を示唆する現象を観測し、太陽電池への応用可能性があることを明らかにした。(B) シリコン基板上にゲルマニウムをヘテロエピタキシャル成長させるための装置を立ち上げ、試料を作製した。これにより太陽光スペクトルの90%を有効利用することを可能にした。(B)
<p>A-2. 高性能電力貯蔵用デバイスの開発</p> <ul style="list-style-type: none"> Li電池の代替や併用のための一つの方法として、大容量キャパシタの利用がある。電解液を利用した電気2重層キャパシタ(スーパーキャパシタ)は、電気自動車や家庭用発電のための蓄電装置として、利用され始めている。しかし、この方法は電解液を利用しており、高電圧では水の電気分解が起こるため、低い電圧での利用に限られている。新しい巨大誘電率材料の開発にあたって、本学独自の固体強誘電性物質を用い、それらに電子を注入し、バリアー・レイヤー構造を作り出すことで、温度安定性が良く、誘電率が$10^5 \sim 10^6$の巨大キャパシタ材料を開発する。 その巨大誘電率をもつ材料を用い、実験室で作製可能な10cm角の多層平板キャパシタを簡易ゾルゲル法で作製し大面積化のための基礎データを得る。 本学独自の材料作製技術を用いて、熱電材料の開発を行う。得られた材料を用いた熱電モジュール作製の試作・性能評価を行う。 	<p>(自己評価 A)</p> <ul style="list-style-type: none"> Ni添加KTaO₃単結晶と銀電極を用いた固体キャパシタを作製し、見かけの誘電率が約200,000で、広い温度域、広い周波数域で安定なバリアー・レイヤー構造の巨大キャパシタ材料を開発した。従来報告されている材料と比べても優れた特性を持っている。C-1グループと協力して論文にまとめた。論文は、Applied Physics Letter誌に掲載された。また、マルチフェロイック物質であるBiFeO₃に関しては、BaTiO₃との混晶の室温でのメカノケミカル合成に成功した。(A) ゾルゲル法で大面積のキャパシタを作製するため、チタン酸バリウムをベースにスラリーの作製など試みている。基礎的データが出始めているところである。(B) スライドポート法によるビスマス-テルル系材料作製プロセスの検討を行った。p型、n型材ともに、キャリア濃度制御による高性能化を達成した。さらに、材料を用いたモジュール作製のための検討を行い、一部着手した。(B)
<p>B-1. ナノ粒子の医療・食品応用</p> <ul style="list-style-type: none"> ナノ粒子を生体適合分子で修飾し、その物理・化学的特性を評価する。 抗体などの生体分子による上記ナノ粒子の修飾を行う。 生体適合分子で修飾したナノ粒子を細胞あるいは動物生体に適用し、蛍光・X線CTおよびMRIを用いたがん細胞あるいはβアミロイドなどの検出の可能性を評価する。 正常造血幹細胞と白血病細胞の細胞遊走と浸潤能の違いを明らかにし、その責任分子を同定する。 高転移性大腸がん細胞の高転移能と腫瘍血管新生に関わる分子を同定し、その機能解析を行う。 乳がん細胞の細胞質内アジュバント受容体を介する細胞死と増殖抑制の制御機構解析を行う。 	<p>(自己評価 B)</p> <ul style="list-style-type: none"> アミノ基修飾型シリカコート酸化亜鉛ナノ粒子を開発し、酸化亜鉛系ナノ粒子と抗体との架橋反応を可能にした。(B) 上記抗体の抗原抗体反応が阻害されないことを確認した。(B) 免疫組織化学と金コロイドナノ粒子による抗体標識を組み合わせ、マイクロCTを用いて標的タンパクの局在を3次元的に明らかにする手法を確立した。βアミロイドが島根大学で開発した近赤外蛍光体である水溶性フタロシアニンと結合することを確認した。(B) 白血病の原因遺伝子ITD-Fit3によって生ずる細胞遊走の亢進に伴って転写因子Runx1が上昇することを明らかにし、Runx1が骨髄性白血病細胞の浸潤に関わる可能性を示した。(B) 大腸がんの腫瘍血管新生に関わる分子を同定できた。この分子の機能解析や、特異的に認識するモノクローナル抗体の作製が進行中である。(B) ヒト乳がん細胞の細胞質内アジュバント受容体であるMDA5を標

	<p>的として、そのリガンドである poly(I:C)を細胞質内に導入すると、すべての乳癌細胞に細胞死を誘導できた。この時、細胞死に対して拮抗的に働くオートファジーが生じていることを観察したが、オートファジーを抑制することによりヒト乳癌細胞の細胞死がさらに増強できることを明らかにした。(B)</p>
<p>B-2. ナタデココの臨床医療応用</p> <ul style="list-style-type: none"> • 蛍光色素、ナタデココおよび酸化亜鉛の複合超高感度 DNA 診断技術を評価し、心筋梗塞等急性期疾患のマーカーとなりうる DNA 分解酵素を用いての該疾患の超早期迅速判定システムの応用に供する。 • ナタデココペーパーポイントの材料学的・生物学的評価を行い、作製法を確立する。 	<p>(自己評価 B)</p> <ul style="list-style-type: none"> • 酸化亜鉛ナノ粒子や酸化チタンナノ粒子が電気泳動に用いるエチジウムブロマイドやサイバーゴールドの発光強度を増強することを見出し、疾患関連酵素 (DNase I 等) の高感度迅速簡便定量を可能にできるものとした。(特許出願準備中のため非公開)(B) • これまでに検討してきた作製法を統合し、吸水膨張性に優れるナタデココペーパーポイントを製造し、材料学的評価およびラットを用いての生体安全性の評価を行い、良好な評価を得た。(B)
<p>C-1. 材料の結晶学的評価</p> <ul style="list-style-type: none"> • ナノサイズの結晶組織をもつ金属材料の結晶学的評価を行い、ナノ構造が果たす材料科学へ寄与を明らかにする。 • ナノ材料の結晶学的評価を行い、A,B グループへフィードバックする。 • 酸化亜鉛系薄膜のイオン化不純物の活性化エネルギーを低温ホール効果測定で調べる。 • 酸化亜鉛の p 型化や電気特性の改善に役立つ電子の捕獲中心の挙動を調べる。 	<p>(自己評価 B)</p> <ul style="list-style-type: none"> • ナノサイズの構造を持つ金属組織の構造評価を行っている。実用材に現れる微細析出物の材料強度へ寄与に関して評価を行った。さらに走査電子顕微鏡を用いた新しい構造評価技術の開発も行っている。(B) • A グループの酸化亜鉛に含まれる不純物等の構造解析を行い、新しい機能の可能性を示した。(A) • 酸化亜鉛系薄膜中のアクセプタの活性化率を上げることに成功したが、再現性の問題から評価は進行中。(C) • C-V 測定により電子捕獲中心の挙動を調べた。(B)
<p>C-2. ナノ物質の安全性評価</p> <ul style="list-style-type: none"> • 酸化亜鉛ナノ粒子および新規チタン酸バリウム等の動物実験とそのフィードバックを通し、医療・食品応用を目指したナノ物質の安全性評価指針を得る。 • ナノ粒子の生きた細胞への影響を明らかにする先導的技術開発として、レーザーラマンイメージング技術を核とした安全評価方法を検討する。 • 食品および食肉分野における社会的課題(食品衛生・脂質蓄積等)を地域産業界との連携強化によって明らかにし、課題を克服する技術開発のプランの作成を行う。 	<p>(自己評価) A</p> <ul style="list-style-type: none"> • 酸化亜鉛ナノ粒子のマウス静脈内投与実験を、単回および反復投与して、心臓、肺、肝臓、脾臓、腎臓、脳などの臓器ごとに影響評価した。いずれもうっ血などの影響が認められた。これらの結果を基に、ナノ粒子の安全性を確認するために必要な実験課題を検討した。酸化亜鉛ナノ粒子の生細胞への影響評価を目的として、ヒト皮膚繊維芽細胞の培地に、種々の濃度のナノ粒子を添加する実験を行なった。その結果、安全な使用濃度が明らかになった。(特許出願検討中のため一部非公開)(A) • 酸化亜鉛ナノ粒子の安全評価に必要な、レーザーラマン顕微鏡を本学の共同機器として導入(2月以降に予定)し、本重点プロジェクトに活用するための体制整備を行った。(A) • 地域食品産業界との連携を開始し、酸化亜鉛ナノ粒子を用いるイメージング技術課題として食肉の評価や植物組織のイメージングを蛍光顕微鏡や共焦点顕微鏡と組み合わせ技術開発を開始した。(B)
<p>(2)プロジェクト全体の自己評価(プロジェクト全体としての達成目標から、今年度の研究成果がこれまでの経過・成果にもとづいてどの段階にあるのかを明示して下さい。また、各グループ間での連携状況についても記入してください。)</p>	
<p>●プロジェクト全体評価(自己評価) プロジェクト全体としての達成目標に対する今年度の研究成果の達成状況について(自己評価 A)</p> <p>本プロジェクトでは島根大学が開発した独自のナノ材料技術をもとに超安価な次々世代塗布型太陽電池、高性能電力貯蔵用デバイス、ナノ材料による早期診断・治療技術、食品応用技術などのグリーン・ライフイノベーションと材料・評価の基盤技術を開発し、それらを継続的に発展させる産学官連携、大学院医理工農連携プログラム、国際交流に関する学内拠点形成を目指している。</p> <p>H23 年度は研究面では次々世代太陽電池の要素技術、高誘電率固体キャパシタ構造の開発、ナノ材料の表面修飾と臨床・食品応用性の評価、及びナノ材料の物性・安全性の総合的評価システムの形成を目指し、ほぼ目標通りに進行できた。目標に付け加えて世界的にも意義のある MOCVD による p 型酸化亜鉛薄膜の形成、酸化亜鉛/酸化チタン積層膜における低抵抗化の発見、各グループでの特許出願など島根大学の特徴となる要素技術を着実に固めることができた。</p> <p>その他として、地域の産学官連携や医理工農連携プログラムの発展への貢献、ナノメディシン国際シンポジウム、医用分光学会の初めての地方開催の誘致の成功、国際交流など人材育成も含めてプロジェクトの役割を果たせた。</p> <p>●各グループ間の連携状況</p> <p>A,B グループで開発した材料について、Cグループにおいて構造や安全評価を行うなど活発な連携を行い、共同での論文発表や特許出願、予算申請などに発展した。また、ナノ材料の生成・評価のための共同実験室の各グループでの利用や、医用ラマン研究会、公開研究会などにグループの垣根をなく参加し連携を深めた。</p>	

⑥ 公表論文、学会発表など(当該研究に関連した本年度の公表論文、学会発表、特許申請の件数を一覧表に記入して下さい。発明等に関しては、差し支えない範囲で記載して下さい。)

論文掲載 (総件数)	56
学会発表 (総件数)	130
特許出願 (総件数)	9+(登録 4)

【内訳】

●論文(別途添付して頂く個人調書の中から年度末までに発行される学術雑誌等(紀要も含む)に掲載が確定しているものも含め、代表的なものを10件程度選んで記入してください。)

1. B. Urban, P. B. Neogi, S. J. Butler, Y. Fujita, and A. Neogi, "Second harmonic imaging of plants tissues and cell implosion using two-photon process in ZnO nanoparticles", Journal of Biophotonics, in press.
2. S. Tsukada, T. Hayashi, T. Ohba, Y. Akishige, "Dielectric effect induced by the barrier layers in Ni-doped KTaO₃", Appl. Phys. Lett., 99, (2011), 082902; doi:10.1063/1.3629771.
3. I. Hiromitsu, A. Kawami, S. Tanaka, S. Morito, R. Sasai, T. Ikeue, Y. Fujita, M. Handa: "Luminescence of tetraphenylporphyrin by an energy transfer from photoexcited ZnO nanoparticle", Chemical Physics Letters, 501, (2011), 385-389.
4. S. Morito, K. Oh-ishi, K. Hono, T. Ohba, "Carbon Enrichment in Retained Austenite Films in Low Carbon Lath Martensite Steel", ISIJ Int., 51, (2011) 1200-1202.
5. Inao T, Harashima N, Monma H, Okano S, Itakura M, Tanaka T, Tajima J, Harada M. Antitumor effects of cytoplasmic delivery of an innate adjuvant receptor ligand, poly(I:C), on human breast cancer. Breast Cancer Research and Treatment, in press.
6. Rafiq AM, Udagawa J, Lundth T, Jahan E, Matsumoto A, Sekine J, Otani H. Mathematical analysis of mandibular morphogenesis by micro-CT-based mouse and alizarin red S-stained-based human studies during development.
7. Moriyama M, Kawaguchi A, Yokokawa M, Ikeda S, Kitagaki H, Uchida N: Design of Hemispherical Radio Frequency (RF) Capacitive-type Electrode Free of Edge Effects for Treatment of Intracavitary Tumors. Acta Medica Okayama (in press), 2011.
8. Fujihara J, Tabuchi M, Inoue T, Yasuda T, Fujita Y, Takeshita H. Rapid measurement of deoxyribonuclease I activity with the use of microchip electrophoresis based on DNA degradation. Anal Biochem. 2011;413:78-9.
9. Sheikh AM, Nagai A. Lysophosphatidylcholine modulates fibril formation of amyloid beta peptide. The FEBS journal 2011;278:634-642.
10. Fukuda S, Onishi C, Pelus LM, Trafficking of Acute Leukemia Cells: Chemokine Receptor Pathways that Modulate Leukemia Cell Dissemination (Acute Leukemia) InTech - Open Access Publisher (in press).

●学会発表(代表的なものを数件記入して下さい)

1. Y. Furubayashi, Y. Hiragino, Y. Deguchi, N. Nishimoto, and Y. Fujita, "Controllability of Mg substitution for ZnMgO films by using MOCVD under moderate conditions", 15th International Conference on II-VI compounds, 2011-08-25, Mayan Riviera, Mexico.
2. 磯部威 BIT's 4th World Cancer Congress-Inaugurate: Symposium Series: Lung Cancer-2011.
3. George Sekine: Surgical Management of osseointegrated implant. Comprehensive lecture and clinical workshop, Faculty of Odontology University of São Paulo, Brazil 2011.
4. "The effect of Zinc Oxide nanoparticles on human skin fibroblast cells", T. Yamamoto, K. Uejima, H. Akiyoshi, H. Hashimoto and Y. Fujita, 5th International Symposium on Nanomedicine, 2012年3月15日, 名古屋(予定)

●特許出願

1. 北川裕之 他3名, 「熱電変換材料製造装置及び熱電変換材料製造方法」, 特許出願 2011-103693.
 2. 津森登志子, 内田伸恵, 特許出願 2011-119862 出願日 2011年5月30日
 3. 山田容土, 一柳成治, 久保衆伍, 北川裕之, 船木修平, 「透明導電膜作成方法および透明導電膜素材」, 特許出願 2011-166506.
 4. 北川裕之, 山田容土, 出願準備中(大学承継済み, H24年2月に出願予定)
 5. 田中仙君, 廣光一郎, 出願準備中(大学承継済み, H24年2月に出願予定)
 6. 藤田恭久, 竹下治男, 藤原純子, 福井裕, 田淵眞理, 出願準備中(大学承継済み, H24年2月に出願予定)
- その他3件出願準備中(大学承継済み, H24年2月に出願予定)

●特許登録(プロジェクトに関係するもの)

1. 藤田恭久, 田淵眞理, 「電気泳動用バッファ及び電気泳動法」, 特願 2007-77325, 特許第 4839449号(H23年10月14日)
2. 藤田恭久, 中村守彦, 「蛍光標識剤および蛍光標識方法」, 特願 2008-547040, 特許第 4873576号(H23年12月2日),
3. Y. Fujita, M. Nakamura, 2007JP073114, FLUORESCENT LABELING AGENT AND FLUORESCENT LABELING METHOD, 欧州特許査定
4. 福島英子, 栗田ふみ, 藤田恭久, 「セラミックス膜, 発光素子及びセラミックス膜の製造方法」, 特願 2007-129294, 特許査定(H24年1月12日)

⑦外部資金獲得状況（当該プロジェクトに関連した外部資金について一覧の各項目に総件数、金額を記入して下さい。）

■外部資金獲得状況一覧		件数	金額(千円)
(1) 科研費 (配分額は間接経費を含む)		21	22,538
(2) 科研費以外の外部資金	受託研究	7	111,613
	共同研究	7	5,321
	寄附金・助成金	9	5,740
	合計	44	145,212

【一覧内訳】

(1) 科研費(科目ごとに、テーマ、研究者、金額をそれぞれ列挙してください。)

1. 新学術領域研究「がん微小環境における IL-33/ST2L 発現と悪性度進展への影響の解析」(研究者：竹永啓三) 3,000 千円
2. 科学研究費若手研究(B)「バクテリアルセルロースを用いた新規根管治療材「ナタデココポイント」の開発」(吉野 綾) 3,000 千円
3. 基盤(C)「高分子フタロシアニンを用いた袋小路のないホール輸送路を持つ有機薄膜太陽電池の開発」(研究代表者：廣光一郎, 研究分担者：半田 真, 連携研究者：田中仙君) 910 千円
4. 若手研究(B)「強誘電体におけるポーラーナノリージョンの成長過程」(研究者：塚田真也) 3600 千円
5. 研究活動スタート支援「X線回折と電子顕微鏡によるマルチスケール解析を用いた高強度構造材料の変形機構解明」(研究者：林泰輔) 1,508 千円。

(2) その他外部資金(一覧の項目別に、テーマ、研究者、金額を列挙してください。)

1. 受託研究「環境にやさしい材料を用いた次世代照明デバイス・新エネルギー関連技術による新産業の創出」(しまね産業振興財団地域イノベーション戦略支援プログラム(都市エリア型)) (藤田恭久, 山田容士, 広光一郎, 半田真, 北川裕之, 田中仙君, 池上崇久, 竹下治男, 秋吉英雄, 藤原純子 他) 56,000 千円
2. 受託研究「シリコン/ゲルマニウム新型積層構造太陽電池の開発」(科学技術振興機構 先端的低炭素化技術開発(JST-ALCA)) (葉文昌) 37,686 千円
3. 増田浩次, 神宮寺要, 「革新的光通信インフラの研究開発」, 受託研究, 情報通信研究機構(NICT)(総務省所管の独立行政法人), 23年度 15,250 千円

⑧・その他特筆すべき成果(受賞、シンポジウムの開催、産学連携・地域連携に関する各種見本市、展示会への出展等も含む)

1.シンポジウム開催

●6th International Symposium on Nanomedicine

日本ナノメディシン交流協会主催のナノメディシン国際シンポジウム(2013年3月)の島根開催が決定した。これは東京大学や京都大学に先んじたもので、本学のナノメディシン分野でのアクティビティの高さが評価されたことを示している。

●第9回医用分光学会(平成23年11月11日～13日)

島根大学が初めての地方開催地に選ばれ、本プロジェクトのメンバーが中心に開催した。

●S-グリーン・ライフナノ材料プロジェクト研究講演会(平成23年12月17日)

A1グループ：次々世代低コスト太陽電池の開発「スマート光-エネルギー変換システム構築に向けた最新の取組」を開催。(2011年12月17日、島根大学総合理工学部1号館11番講義室)学内の関連教員ならびに学生のべ30名超に参加し、人類の夢の光-エネルギー変換技術の一つである「人工光合成系構築」に向けた取り組みに対して活発な議論が展開された。

●「中国・四国・北九州地区誘電体セミナー

島根大学で開催した。プロジェクト関係者など多数の参加があった。

●島根大学医生物理ラマン研究会第3回講演会(平成23年6月16日)

本学の松江キャンパスで開催した。東京大学大学院理学系研究科の安藤正浩氏を招いて「近赤外励起ラマン分光法の医用応用」の題目で講演会が行われ、80名以上の参加者を集めた。



第9回医用分光学会



S-グリーン・ライフナノ材料プロジェクト研究講演会

2.受賞

- 福田誠司, 7th Asian Society of Pediatric Research Congress, ASPR Best Research Award (ITD-Flt3 Regulates CXCR4 Signaling Pathways Functionally Distinct From Normal Hematopoietic Cells)
- 吉野綾, 4th International Symposium on Nanomedicine ベストポスター賞受賞
- 第9回医用分光学会のポスター賞
- 日本鉄鋼協会・日本金属学会中国四国支部優秀発表賞, 日本鉄鋼協会・日本金属学会中国四国支部, 2011年.

3.展示会出展

- イノベーション・ジャパン 2011-大学見本市(平成23年9月21日~22日)東京国際フォーラム
- BioOpto Japan 2011(平成23年9月28日~30日)パシフィコ横浜
- 出雲産業フェア 2010年11月, 出雲ドーム.
- 中国地域太陽電池フォーラム「産学官ビジネスマッチング交流会」, 2011年12月, 広島
- nano tech 2012 第11回国際ナノテクノロジー総合展・技術会議 2012年2月15~17日

4.産学連携・地域連携

「環境にやさしい材料を用いた次世代照明デバイス・新エネルギー関連技術による新産業の創出」, 受託研究, しまね産業振興財団(文科省地域イノベーション戦略支援プログラム(都市エリア型)宍道湖・中海地域, H21~23年度)において, ナノテクノロジーによる地域の産学官連携において紫外線 LED, 太陽電池用透明導電膜, 医療食品応用ナノ粒子などの開発を支援した。

5.国際連携

北テキサス大学との共同研究の成果として, 島根大学で作製した酸化亜鉛ナノ粒子を用いた研究成果が米国物理学会ホームページで紹介された。

6.その他

- ・ 第10回 Russian-CIS-Baltic-Japanese Symposium on Ferroelectricity (RCBJSF-10)のプローシング集を, Editorとして Ferroelectrics 誌から出版した。
- ・ J-sore セラミックスに関する技術の特許マップの上位に島根大学が掲載された。



nano tech 2012 世界最大のナノテクノロジー総合展に出展。イタリア・トスカーナ州の訪問を受けるなど注目を集めた。

⑨ 本年度の主要な研究成果 (図, 表, ポンチ絵などを多用して, 2ページ以内にわかりやすくまとめてください)

A-1. 次々世代低コスト太陽電池の開発

酸化亜鉛系(特許出願準備中の項目を除く).

有機金属気相成長法(MOCVD)で石英基板上に成長した窒素ドープ酸化亜鉛薄膜にフラッシュランプアニールを適用し, p型化に成功した. これらの成果は太陽電池や白色LEDなど世界的にインパクトが高いイノベーションに繋がる。

Nb 添加 TiO₂(NTO)膜と Ga 添加 ZnO(GZO)膜による積層膜をガラス基板上にスパッタリング法で形成(図1)し, その電気的特性を測定した. 上層である NTO 膜は化学的安定性に優れた透明導電膜であるので, 下層である GZO 膜を保護する役割を期待して形成したものである. 図2は, 抵抗率の測定結果である. 積層膜をアニール処理することにより, GZO 単層膜よりも低抵抗な膜が得られることを発見した. 実用的な

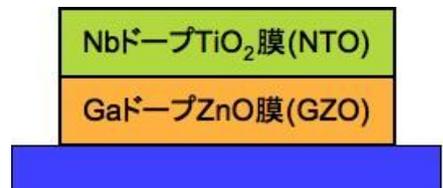


図1 ZnO膜の化学的耐性向上のための積層構造

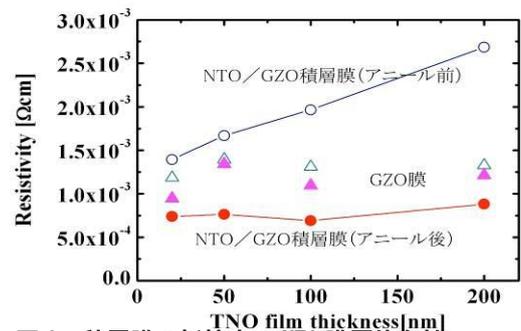


図2 積層膜の抵抗率のNTO膜厚依存性

低抵抗透明導電膜形成技術への発展が大いに期待できる。

Si/Ge 関係

Si 基板上に Ge をヘテロエピタキシャル成長させることにより, 光吸収端を Si 基板単独の場合の 1050nm から 1600nm にまで拡大できることを見出した, これにより太陽光スペクトルの 90% を有効利用できる太陽電池の開発が可能となった。

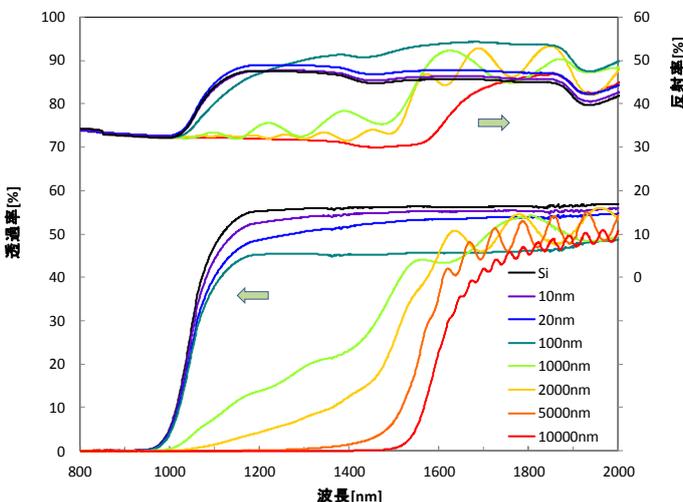
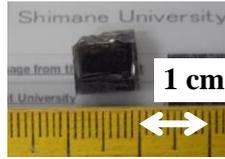


図3 Si/Geヘテロエピタキシャル膜の反射/透過率のGe膜厚依存性

A-2. 高性能電力貯蔵用デバイスの開発

Niを添加した
タンタル酸カリウム結晶



銀電極

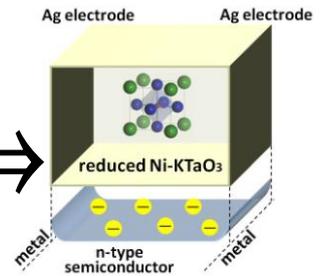
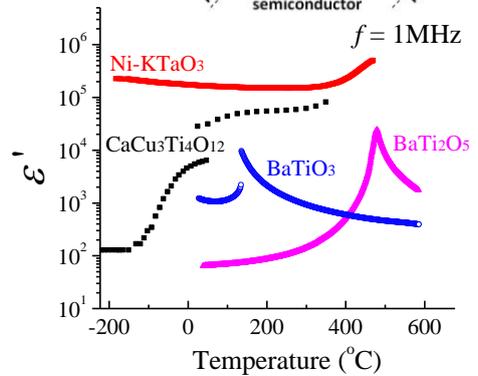


図-4 固体キャパシタ

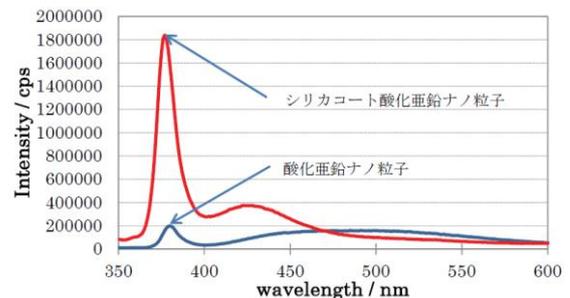
[上：本研究で用いた方法]Niを添加した KTaO_3 結晶に銀電極を付けた結果、電気を貯めるバリアが結晶の両端に生じる。
[右：誘電率の温度依存性(測定周波数:1 MHz)]
 Ni-KTaO_3 とあるのが、本研究の成果で、比較のために、応用で使われている BaTiO_3 、島根大学で誘電性が発見された Ba_2TiO_5 、最近注目されている $\text{CaCu}_3\text{Ti}_4\text{O}_{12}$ を載せている。この図から、「 $\text{KTaO}_3:\text{Ni}$ の電気を貯める性質が他の物質よりも優れている」「温度に対して安定である」ことが分かる。



B-1. ナノ粒子の医療・食品応用

酸化亜鉛ナノ粒子をシリカでコーティングすることにより、酸化亜鉛の励起子に由来する発光強度が約 10 倍向上することが明らかになった。

図 5 酸化亜鉛ナノ粒子およびシリカコート酸化亜鉛ナノ粒子の発光特性 (励起光波長: 325 nm)



抗インスリン抗体とアミノ基修飾シリカコート酸化亜鉛ナノ粒子との架橋実験を行った (図 6)。

合成した抗体修飾酸化亜鉛ナノ粒子を用いて免疫染色を行い、酸化亜鉛ナノ粒子結合により抗体の抗原抗体反応が阻害されないことを確認した。

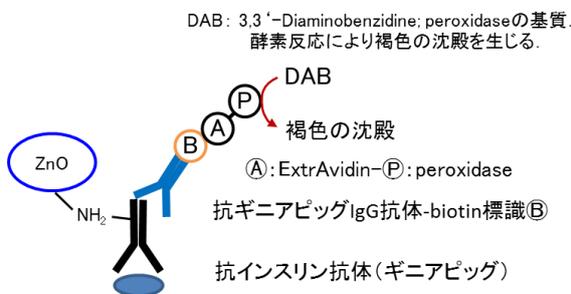


図 6 酸化亜鉛ナノ粒子と抗体の結合および免疫組織化学的検出法 (ABC 法) の概略と顕微鏡像

S. Tsukada, T. Hayashi, T. Ohba, and Y. Akishige, Applied Physics Letters, 99, 082902, (2011).

生体安全性の評価を得た

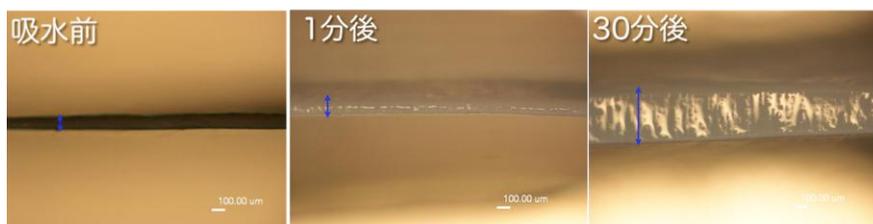
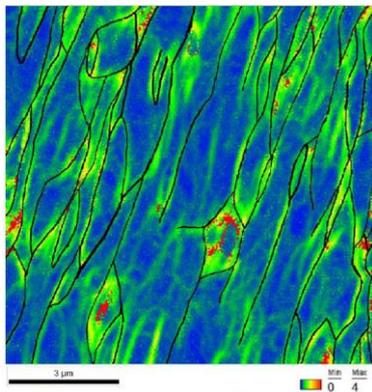


図 7 開発中のナタデココシート 吸水膨張時断面 光学顕微鏡写真

B-2. ナタデココの臨床医療応用

吸水膨張性に優れるナタデココペーパーポイントを製造し、材料学的評価およびラットを用いた評価を行い、良好な評

C-1. 材料の結晶学的評価



走査型電子顕微鏡を用いた金属材料の評価法。金属材料の加工組織の評価は例えば透過電子顕微鏡を用いた転位の観察やX線を用いてその反射の半値幅などから転位密度などの評価などが行われている。透過電子顕微鏡では、直接観察できるという利点がある一方で、観察領域が狭く、また試料の調整が難しいなどの困難がある。またX線では広い領域からの平均としての情報が比較的手軽に得られる一方で微細な部分の情報を得ることが難しいなどの問題点もある。本研究では走査型電子顕微鏡を用いて転位の評価法を開発しており、ある程度の定量性を得ることができている。図は走査電子顕微鏡と電子後方散乱回折を利用して加工した金属材料の結晶方位の違いを色分けし、結晶粒界を示したものである。

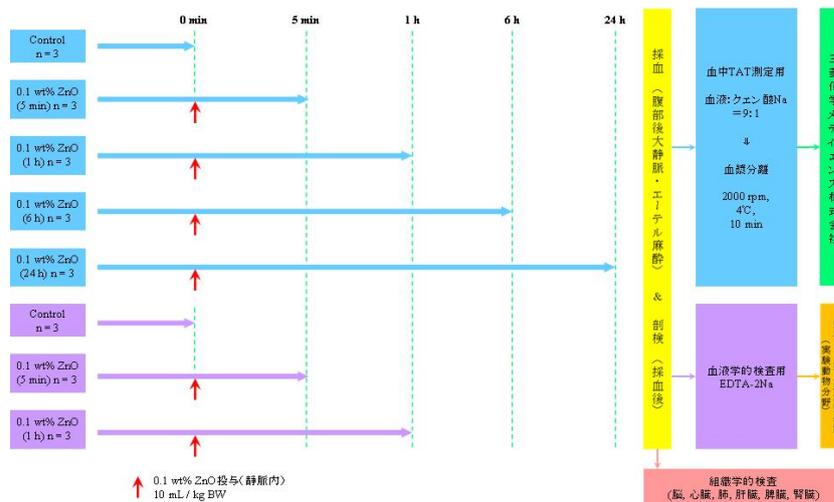
ZnO単回投与毒性試験(静脈内投与)

図 8 金属材料の結晶粒界(結晶方位の違いを色分けした)

C-2. ナノ物質の安全性評価

酸化亜鉛ナノ粒子のマウス静脈内投与実験を、単回および反復投与して、心臓、肺、肝臓、脾臓、腎臓、脳などの臓器ごとに影響評価した。いずれもうっ血などの影響が認められた。これらの結果を基に、ナノ粒子の安全性を確認するために必要な実験課題を検討した。

図 9 ZnO ナノ粒子のマウスへの投与試験スケジュール



⑩研究成果の教育への還元、若手研究者育成プランについて

(計画書の内容を踏まえて、今年度取り組んだ内容を記入して下さい。)

1. 医理工農連携プログラム

本プロジェクトでは、S-匠ナノメディシンプロジェクトに引き続き、医理工農連携プログラムの学生の研究環境を提供してきた。その結果、H23年度は松江キャンパスでも20名以上の履修者を集め、H24年度には総合理工学研究科の独立コース(理工・医連携コース)となるなど本学の新しい境界教育分野の形成に貢献した。特に、両キャンパスをまたがり研究を行った学生は、ユニークな活躍が企業でも評価された。

2. 専門教育への貢献

産学官連携による総合理工学部専門教育科目「太陽電池工学」の立ち上げ(開講は来年度から)、授業担当:廣光一郎、葉文昌、田中仙君、島根県産業技術センター所長、島根三洋電機、三菱化学

3. 実践的な研究環境の提供

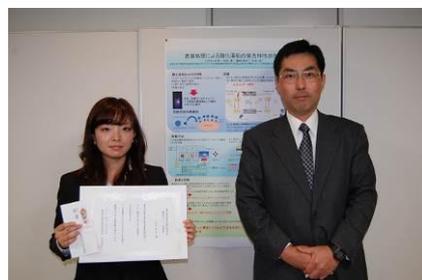
太陽電池作製をするために学生が5台のスパッタ装置組立てた。上流の装置の組立てから下流のデバイスの作製評価まで学生が各々の研究テーマを実施する中で携わることができ、大きな教育効果が期待できる。このようにプロジェクト内では材料・デバイス・評価・応用まで、いろいろな分野の学生が広く体験できる環境を整えた。

4. 小中高生向け教育

ひらめき☆ときめきサイエンス~ようこそ大学の研究室へ~ KAKENHI(研究成果の社会還元・普及事業)の資金援助を受け、「電子セラミックスを用いたエネルギーの生成と蓄電技術」と題して、子供向けの実験講座を開講した。科研費で得られた研究成果を、子どもに分かりやすく伝えた。その他、出前授業などの要請にも積極的に対応した。その他、出前講義や展示会等を通してナノテクノロジーの紹介をおこなった。

5. 国際交流

米国 NSF の助成 International Research Experience for Students により北テキサス大学の学生2名を2か月間受け入れた。また、島根大学の学生が北テキサス大学を訪問し、UNT-Shimane University Student Exchange Workshop on Nanoscale photonic materials で研究発表を行うなどナノテクに関する学生の研究交流が進んだ。この研究の成果は米国物理学会のホームページに掲載された。その他、トルコ共和国高等教育委員会など多くの国際交流が行われた。



第9回医用分光学会で医理工農連携プログラムの学生がポスター賞受賞



スパッタ3号機(手前)と4号機(奥)