

島根大学プロジェクト研究推進機構 『重点研究部門』		平成24年度	年度報告書	提出日 平成25年2月15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	総合理工学研究科
			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。）				
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。 グリーンでは、1）安価な酸化亜鉛(ZnO)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。ZnO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。ライフでは、1）ZnO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ZnO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。基盤技術では、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。 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。				
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	総合理工・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	総合理工学部・物質科学科・教授	A1Gr.サブリダー、太陽電池		
半田 真	総合理工学部・物質科学科・教授	近赤外吸収体の開発		
笹井 亮	総合理工・物質科学科・准教授	層状物質の応用		
葉 文昌	総合理工・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	総合理工・物質科学科・教授	酸化亜鉛薄膜の作製と評価		
田中 仙君	総合理工・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	総合理工・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		
北川 裕之	総合理工・物質科学科・准教授	Aグループリーダー、熱電材料の開発		
秋重 幸邦	教育学部・自然環境教育講座・教授	強誘電体と蓄電デバイス		
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		
劉 文鳳	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		
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	総合理工学部・電子制御・教授	光ファイバセンシング技術		
平川 正人	総合理工・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		
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		
秋元 美穂	医学部・生命科学講座・助教	がん分子標的薬剤の開発		
梶 とも子	医学部・法医学講座技術専門職員	酸化亜鉛による生態計測		
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	総合理工・物質科学科・教授	Cグループリーダー、結晶評価		
森戸 茂一	総合理工・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	総合理工・電子制御・助教	薄膜の電気・光学的評価		
舩木 修平	総合理工・物質科学科・助教	酸化物薄膜の結晶構造・特性評価		
橋本 英樹	プロジェクト研究推進機構・研究員	ナノ材料の生成と評価		
秋吉 英雄	生物資源・生物科学科・准教授	C2 Gr.サブリダー、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。

計画と達成目標	達成状況と自己評価
A-1. 次々世代低コスト太陽電池の開発 - 酸化亜鉛の pn 接合を用いた太陽電池を試作する。 - ZnO/GaN 構造による狭バンドギャップ化を行う。 - 酸化亜鉛系透明導電膜の作製プロセスを吟味し、抵抗率 $5 \times 10^{-4} \Omega \text{ cm}$ 以下、膜面内の最大抵抗率と最低抵抗率の比 2 以下を実現する。 - 可溶性フタロシアニンをを用いた有機薄膜太陽電池を試作し、効率向上のための問題点を明らかにする。 - コバルト酸ナノシート/ポルフィリン複合積層膜を作製し、光誘起電子移動反応を実現する。 - エピタキシャル成長法によりシリコン pin 太陽電池及びゲルマニウム pin 太陽電池を実現する。	(自己評価 B) - 酸化亜鉛ナノ粒子塗布型 pn 接合を用いた太陽電池を試作し、光電流を得ることに成功した。(B) - ZnO/GaN ナノ粒子混合系で狭バンドギャップ化を確認した。(B) - 酸化亜鉛透明導電膜に添加する元素を Ga から Al に代えと共に膜厚を厚くすることで、膜面内の最低抵抗率 $4 \times 10^{-4} \Omega \text{ cm}$ を実現し、面内の最高／最低抵抗比を従来の 5 から 2 程度にまで低減させることに成功した。また、Gaドープ ZnO と Niドープ TiO_2 の積層膜についても、昨年の $7 \times 10^{-4} \Omega \text{ cm}$ から $4 \times 10^{-4} \Omega \text{ cm}$ にまで抵抗率を低減できた。(A) 4 種類の可溶性フタロシアニンをドーパントとして用いた有機薄膜太陽電池を試作し、光電変換波長領域の増大を実現した。膜内ナノ構造の制御が今後の課題である。(B) - コバルト酸ナノシート/ポルフィリン交互積層膜の作製に成功し、メチルピオロゲンを滴下による光誘起電子移動を確認した。(B) - スパッタエピタキシャル成長法により、シリコン pin 薄膜太陽電池を作製した。光吸収層が 1000 nm と薄いにも関わらずエネルギー変換効率 $\eta=2.5\%$ という高い特性が得られた。また、ゲルマニウムの pn 型の作製にのみ成功した。(B)
A-2. 高性能電力貯蔵用デバイスの開発 - 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。 - 顕微ラマン散乱や表面 X 線構造回折の実験を他大学との連携で行い、界面の物性を評価する手法を開発する。 - 本学独自の作製技術を用いた、熱電材料について、成分系、作製条件を検討し、性能向上を図る。熱電モジュール作製の試作・性能評価についても昨年度に引き続き検討する。	(自己評価 B) 10^5 をこえる誘電応答を実現したバリアー・レイヤーの性質を誘電測定や IV 測定、顕微ラマン散乱で調べ、バリアーの大きさや界面層が誘電率に与える影響等の基礎的なデータを得た。(B) - 顕微ラマン散乱・顕微ブリルアン散乱に関する他大学との共同研究を進展させ、偏光を回転させてラマン散乱を測定することで結晶の点群を決定できる装置を導入した。(B) - メカノケミカル合成とスパークプラズマ焼結法を用いて BiFeO_3-BaTiO_3 セラミックスを作製し、アニール条件や Mn 添加により良質のセラミックスを作製した。(B) - スライドポート法による p 型及び n 型 Bi-Sb-Te 系材料において、高い出力因子(p 型は単結晶に匹敵)を達成した。(A)
B-1. ナノ粒子の医療・食品応用 - 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り上記ナノ粒子を修飾し、修飾後の生体分子の特性を評価する。 - 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、近赤外線検出デバイス、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。 - 白血病細胞の遊走異常を制御する責任分子の機能を明らかにする。 - 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。 - ヒト前立腺癌細胞に対する温熱療法に新規熱ショック蛋白 70 阻害剤を併用した場合の抗癌効果とその作用機序を明らかにする。	(自己評価 B) - ナノ粒子を抗体(CEA、SL-X)で修飾し、ヌードマウスに移植したヒト肺癌細胞(PC-14、A549)組織を用いた免疫組織学的検討を開始した。指摘条件の設定が今後の課題である。(B) - 新規合成ナノ粒子のフタロシアニン錯体は β アミロイド蛋白に結合し、アミロイド重合を抑制することが確認された。近赤外領域 852nm のレーザーがラット頭蓋骨を透過することを実験的に確認し、近赤外線領域に吸収帯を持つフタロシアニンの脳表検出をターゲットとして研究を推進していく必要性が確認された。 - 急性骨髄性白血病の原因分子 ITD-Flt3 により引き起こされる過剰な細胞遊走の原因分子が、Rock1 であることを見出した。これは、治療抵抗性の原因となる微小残存病変に対する標的分子となりうる可能性を示している。(B) - 昨年度見出したマウス及びヒト大腸がん培養細胞の腫瘍増殖と転移を抑制する分子の機能解析を進めた、血管新生の抑制と腫瘍微小環境内の炎症反応の抑制に基づくことを示した。ヒトの大腸がんでもこの分子が発現していることもわかった。(B) 3 種類のヒト前立腺がん細胞株に対して、温熱療法により熱ショック蛋白 70(HSP70)が増加し、また、新規 HSP70 阻害剤である pifithrin-mu を温熱療法に併用することによりがん細胞の増殖やコロニー形成能が抑制され、細胞死が増強され、さらに、増殖抑制が生じることを明らかにした。(B)

B-2. ナタデココの臨床医療応用 • 蛍光色素、ナタデココおよび酸化亜鉛の単独または複合超高感度DNA診断技術を用いて、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超早期迅速判定システム応用に供する。 • 開発したナタデココペーパーポイントの材料学的・生物学的評価を行う。	(自己評価 A) • ZnO 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蛍光増強効果の原理を見出し、マイクロチップ電気泳動への応用を試みた。(A) • 開発したナタデココポイントについての成果をまとめ、論文発表した。骨補填材としてのナタデココの適用性評価に着手した。(A)
C-1. 材料の結晶学的評価 • 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。 • ZnO 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。 • ZnO 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。	(自己評価 B) • ナノサイズの結晶組織をもつマルテンサイト組織に対して、結晶方位関係を考慮した解析法を考案した。これを微細析出物を含む相や炭素鋼などの系に対して応用し、歪などを評価した。(B) • ZnO ナノ粒子のX線回折、電子顕微鏡観察等により、塗布型デバイスにおける結晶の配向やp型化に寄与する窒素の含有、粒子径等を確認しA,B グループへフィードバックした。(B) • p型 ZnO 薄膜の低温 Hall 効果測定を行い、正孔が半導体的挙動を示すことを確認した。(B) • ZnO 表面の洗浄法や熱処理法、電子捕獲中心の密度との関係を MIS C-V 法により評価し、強い相関があることを示した。(B)
C-2. ナノ物質の安全性評価 • ZnO ナノ粒子および新規チタン酸バリウム等の動物実験と培養細胞への影響を精査し、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分裂酵母をモデル生物として検討する。 • 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を目指す。 • 共焦点レーザー顕微鏡と ZnO ナノ粒子の技術を組み合わせた植物組織の新規イメージング技術の開発を開始する。 • B-1 グループとの連携により、ZnO ナノ粒子に側鎖を導入し、その機能の向上を図る。	(自己評価 A) • 動物実験により、ZnO ナノ粒子の生体への影響を精査し、医療・食品応用を目指したナノ物質の安全性評価の指針を得た(B)。 • 分裂酵母をモデル生物としたレーザーラマンイメージング技術による安全評価方法の診断技術の確立を行った。さらにシクロデキストリンを使用した生細胞への新規の安全性影響評価方法を考案し、実験検討を開始した(A)。 • 動物内臓および組織中の細胞内外における脂肪蓄積動態を立体観察(3D 動画)により識別する技術検討を行った。低濃度 IPE/ZnO 粒子による生細胞への安全性評価を開始した(A)。 • ZnO ナノ粒子で標識したリガンド分子を作成し、植物体内全域および細胞内における標識分子の輸送形態を共焦点レーザー顕微鏡で観察する植物組織の新規イメージングトレース技術の実験系を立ち上げるとともに標識する ZnO ナノ粒子の観察条件の検討を行った(A)。 • B-1 グループが作成した癌細胞抗体共役 ZnO ナノ粒子による培養細胞株における腫瘍細胞の検出を行った(B)。
(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。)	
●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) 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。 H24 年度は研究面では次々世代太陽電池、高誘電率固体キャパシタ構造の開発の要素技術、医療関係では臨床との連携、ナノ材料の物性・安全性の評価技術の進展など、ほぼ目標通りに進行できた。特に次々世代太陽電池については、低コスト化と高効率化について革新的な技術に繋がる可能性が示された(特許性があるため詳細は記載していない)。このような技術開発についてプロジェクト内の技術が有機的に繋がるものとして発展した。 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の初めての地方開催の成功、若手研究者のポスト獲得、予算獲得、受賞、活発な国際交流など人材育成も含めて大きな成果が得られた。これらの取り組みから、プロジェクトの大きな目標の一つである拠点形成としてナノテクプロジェクトセンターの開設(H25 年 1 月)を達成することができた。このセンターではプロジェクトを超えた裾がりが期待でき、センター機能整備のための教育研究力強化基盤整備費獲得や大手企業・地域企業 23 社を集めた産学連携により地域資源等を活用した産学連携による国際科学イノベーション拠点整備事業に「革新的塗付型半導体プロセス研究開発拠点」を提案するなど極めて高いアクティビティを発揮することができた。 ●各グループ間の連携状況 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、医用ラマン研究会、展示会などにグループの垣根をなく参加し連携を深めた。これらの取り組みは共同での論文発表や国際特許出願、予算申請、学会受賞、ナノテク共同実験設備の整備のための教育研究力強化基盤整備費獲得など具体的な成果を示し、ナノテクプロジェクトセンターの開設(H25 年 1 月)へと繋げることができた。	

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）	62
学会発表（総件数）	189（内国際会議 62 件）
特許出願（総件数）	5

【内訳】

●論文

1. K Senthilkumar, O Senthilkumar, S Morito, T Ohba, and Y Fujita, "Synthesis of Zinc Oxide Nanoparticles by DC Arc Dusty Plasma", *Journal of Nanoparticle Research* (2012) 14:1205, DOI 10.1007/s11051-012-1205-x
2. 藤田 恭久, 山田 容土, 中村 守彦, 塩村 隆信, 吉野 勝美, 「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の開発」, *マテリアルインテグレーション*, 第 25 巻 第 08, 09 号, 41-47 (2012).
3. S. Tsukada and Y. Akishige, "Thickness dependence of Extrinsic Dielectric Response in Reduced Ni-doped KTaO_3 ", *Japanese Journal of Applied Physics*, 51, 09LC01 (2012).
4. Aya Yoshino, Mari Tabuchi, Motohiro Uo, Hiroto Tatsumi, Katsumi Hideshima, Seiji Kondo, Joji Sekine: Applicability of bacterial cellulose as an alternative to paper points in endodontic treatment. *Acta biomaterialia*, 2012 (in Press).
5. Shigekazu MORITO, Yuma EDAMATSU, Kenta ICHINOTANI, Takuya OHBA, Taisuke HAYASHI, Yoshitaka ADACHI, Tadashi FURUHARA, Goro YIYAMOTO, Naoki TAKAYAMA; Quantitative Analysis of Three-Dimensional Morphology of Martensite Packets and Blocks in Iron-Carbon-Manganese Steel. *J. Alloy and Compounds*, 2012, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jalcom.2012.02.004>.
6. Fukuda S. Fighting against the CNS Invasion of Pediatric Leukemia *Pediatrics & Therapeutics* 2:5 1000e114. 2012.
7. Harashima N, Inao T, Imamura R, Okano S, Suda T, Harada M., "Roles of the PI3K/Akt pathway and autophagy in TLR3 signaling-induced apoptosis and growth arrest of human prostate cancer cells", *Cancer Immunology Immunotherapy*, 61: 667-676 (2012).
8. Hiroyuki Kitagawa, Kazuhei Yoshida, Yasuji Yamada, Shugo Kubo, "Preparation of Al-doped ZnO Sputtering Target for Transparent Conductive Films by Pulse-Current Sintering", *Transactions of the Materials Research Society of Japan*, (in Press).
9. S. Kurahashi, T. Ikeue, T. Sugimori, M. Takahashi, M. Mikuriya, M. Handa, A. Ikezaki, and M. Nakamura, Formation and characterization of five- and six-coordinate iron(III) corrolazine complexes, *J. Porphyrins Phthalocyanines*, 16, (2012), pp.518-529.

●学会発表（代表的なものを数件記入して下さい。）

1. Yasuhisa Fujita, "Development of Simple and Novel materials for Nanomedicine, Zinc Oxide", 6th International Symposium on Nanomedicine, November 29, 2012, Matsue (Plenary Talk).
2. M. Tongu, H. Hashimoto, T. Yamada, K. Nishimura, K. Yoshikiyo, H. Akiyoshi, T. Yamamoto, and Y. Fujita, "Toxicity Test of Zinc Oxide Nanoparticles with Mouse Models", 6th International Symposium on Nanomedicine, November 29, 2012, Matsue (Invited).
3. Tatsuyuki Yamamoto, Tatsuro Nishida, Ryo Ikarashi, Keiji Terao, Daisuke Nakata, Naoko Ikuta, Tomohiro Kaino, Makoto Kawamukai, Chuan-Keng Huang, Shinsuke Shigeto, Hiro-o Hamaguchi, Masahiro Ando and Yasuhisa Fujita, "The effects on the metabolism of fission yeast mutants brought by some anti-oxidative reagents stabilized by cyclodextrin as a molecular capsule", 6th International Symposium on Nanomedicine, November 29, 2012, Matsue (Invited).
4. 磯部 威:「COPD 合併肺癌:診療の問題点と展望」COPD 合併肺癌の分子生物学と予防の展望. 第 52 回日本呼吸器学会学術講演会 2012 年 4 月 21 日 神戸 (Invited)
5. S. Morito, T. Kuniyori, Y. Edamatsu, T. Ohba, T. Hayashi, Y. Adachi, "Approach to getting effective grain for plastic deformation in lath martensite with three dimensional observations", ISAEM2012, 6 Nov. 2012, Loisir Hotel Toyohashi, Aichi, Japan (Invited).

●特許出願

1. グナワルダナ ケナントゥダワゲ サンジエワ ラシ, 平川正人, 「3 次元水中インタラクティブ装置」, 特願 2012-034751.
2. 葉文昌, 「N 型ゲルマニウム—金属間のオーミック接触方法」, 2012 年 8 月.
3. 葉文昌, 「Si 膜のレーザー結晶化方法」, 2013/2 頃出願予定.
4. 藤田恭久, 「発光素子及びその製造方法」, PCT 出願 (JST 特許出願支援制度採択, H25 年 2 月に出願予定).
5. 藤田恭久, 竹下治男, 藤原純子, 福井裕, 田淵眞理, 「マイクロ流路チップ」, PCT 出願 (JST 特許出願支援制度採択, H25 年 2 月に出願予定).

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)		13	配分額 33,080
(2) 科研費以外の外部資金	教育研究力強化 基盤整備費	1	95,130
	受託研究	5	22,704
	共同研究	10	5,390
	寄附金・助成金	3	1,099
	合 計	32	124,323

【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。)

- 基盤(B)「南極オゾンホール経由の紫外線がペンギンの目に及ぼす影響のリアルタイム分光分析」(研究代表者: 山本達之), 10,140 千円。
- 若手研究(B)「可溶性IL-33受容体の大腸がん転移抑制効果と予後予測因子としての有用性の検討」(研究代表者: 秋元 美穂) 4,290 千円。
- 若手研究(B)「ナノインデンテーションとマルチスケール解析を用いた複相金属材料の変形機構解明」(研究代表者: 林泰輔) 3,380 千円。
- 挑戦的萌芽「光増感色素-半導体ナノシートヘテロ積層型光エネルギー変換系の構築」(研究代表者: 笹井 亮) 4,160 千円。
- 挑戦的萌芽「金属修飾有機薄膜表面における近紫外光誘起電子放出現象のフォトカソードへの応用」(研究代表者: 田中 仙君) 3,120 千円。
- 基盤 B「ナノ粒子とアミロイド親和・抑制物質によるアルツハイマー病早期診断・治療法開発研究」(長井 篤) 3,000 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。)

- 文部科学省教育研究力強化基盤整備費「ナノテクによる学際領域の教育研究活性化に必要な先端レーザーラマン分光システムの整備」(藤田 恭久) 95,130 千円。
- 受託研究「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), (増田 浩次), 11,135 千円。
- 受託研究「新型 Si/Ge-Ge 並直列太陽電池の開発」, JST-ALCA, (葉 文昌) 9,000 千円。
- 共同研究「窒化物化学気相成長プロセスにおけるシミュレーション技術の開発」, 企業との共同研究 (吉田 俊幸) 3,205 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、研究会等の開催

● 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を松江くにびきメッセで開催した (2012 年 11 月)。会議は高く評価され、島根大学のアクティビティの紹介ができ、多くの新しいコネクションをつくることができた。



ナノメディシン国際シンポジウム

● 島根大学医生物ラマン研究会第 4 回講演会 (平成 23 年 7 月 6 日)

全学から約 40 名が参加し、ラマン分光の新しい可能性について討論した。この取り組みは医学部との新たな連携に発展するなど全学的な広がりをめせている。

2. 受賞

- 藤原純子, 第 96 年次日本法医学会 学術奨励賞 (右写真 山陰中央新報報道より)
- 福田誠司, 第 13 回小児川野医学賞 小児基礎医学分野 (内定) (造血幹細胞の機能解析に基づく、小児白血病の病態解明と治療開発)
- 吉清恵介, 6th International Symposium on Nanomedicine ベストポスター賞
- 塚田 真也, 島根大学研究功労賞「高性能圧電材料・誘電材料の新規物性探索に関する研究」
- 藤原純子, 島根大学研究功労賞「マイクロチップ電気泳動を用いた高感度迅速簡便な血清 D Nase I 活性定量法に関する研究」



3.展示会出展

- イノベーション・ジャパン 2011—大学見本市(9月27日～28日)東京国際フォーラム
- 出雲産業フェア 2012年 11月3～4日, 出雲ドーム.
- nano tech 2013 国際ナノテクノロジー総合展・技術会議 1月30日～2月1日, 東京ビックサイト

4.国際連携

- 「(財)交流協会の若手研究者交流事業」の支援を受け, 山本達之教授と学生が台湾国立交通大学, 国立台湾大学等を訪問した。また, 葉准教授, 増田教授が台湾科技大学を訪問した。更に松江開催の国際シンポジウムに先方の学生を招待して, 台湾の大学と本学複数学部学生との相互交流を進展させた。
- 島根大学総合理工学部とハラン大学(トルコ)との共同研究契約に基づき, トルコ人研究者を受け入れた。
- Finland からの医学生(Anette Maata)の指導 1ヶ月間を行った。
- テキサス大学ダラス校, 北テキサス大学, テキサスクリスティアン大学の教員が本学を訪問し, ナノテクの連携を深めた。



台湾との若手研究者交流事業

5.その他

BSフジ「ガリレオX」平成24年12月9日放送分「鉄と刀～時空を超えた鉄の謎～」に大庭卓也が出演した。

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

塗布型 ZnO 太陽電池

p型ZnOナノ粒子をn型GZO薄膜上に塗布し太陽電池を試作した(図1)。この素子の電流-電圧特性を図2に示す(オーミック性の電流成分を差し引いている)。波長365nmの紫外線を照射することで, 最大20 μ Aの光電流が観測された。この系で明瞭な光電流が観測されたのは世界初であり, イノベーションに繋がることを期待される。

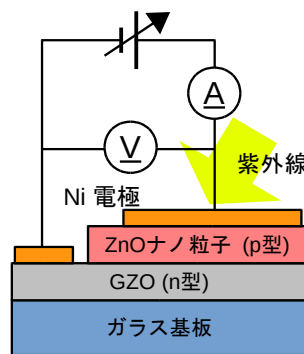


図1 塗布型 ZnO 太陽電池の概略図。

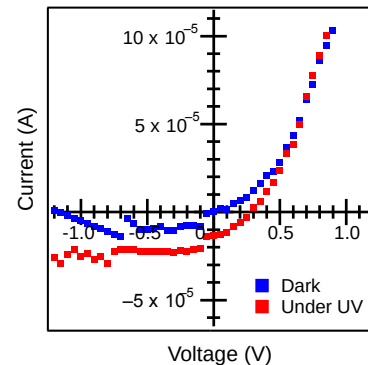


図2 塗布型 ZnO 太陽電池の暗状態(青)および明状態(赤)における電流-電圧特性。

シリコン pin 型太陽電池

スパッタエピタキシャル成長法により, pin-Si 薄膜太陽電池の作製に成功した。図3にその構造と, 電流-電圧特性を示す。光吸収層膜厚が1000nmと薄いにもかかわらず, エネルギー変換効率 $\eta=2.5\%$ という高い特性が得られた。一方, スパッタエピタキシャル成長法により作製したpn-Geバルク太陽電池では $\eta=0.73\%$ の特性が得られた。

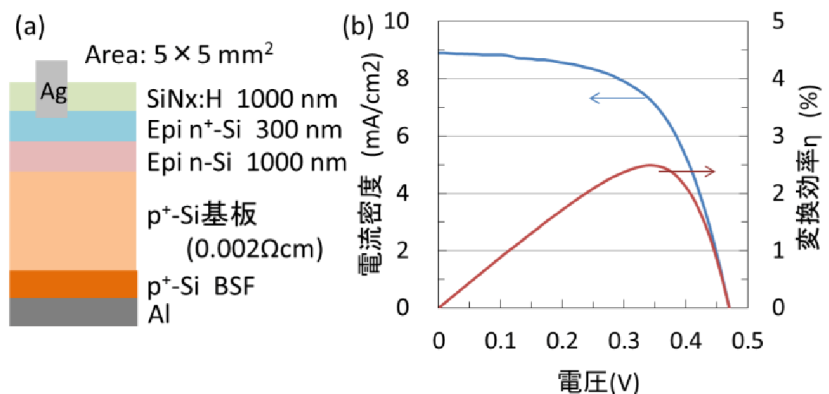


図3 スパッタエピタキシャル成長法で作製した Si 太陽電池の構造(a)とその電流-電圧特性(b)。

A-2. 高性能電力貯蔵用デバイスの開発

次世代大容量キャパシタの開発

次世代大容量キャパシタ材料の候補として注目しているNi添加KTaO₃で観られた大きな誘電応答の原因を調べた。「電極-試料界面」の効果であることが分かり, 界面に関する情報を得るために IV 測定装置やラマン散乱を顕微鏡下で測るシステムを立ち上げた。図に示したのは IV 測定の結果であり, 界面におけるエネルギー障壁の大きさや温度による変化を明らかにした。

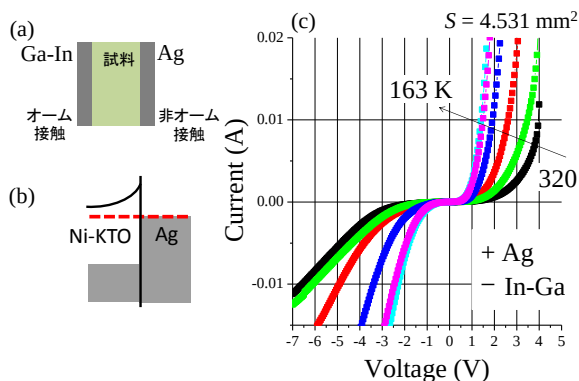


図 4
(a) 試料(黒色の 1mol% Ni 添加 KTaO₃ 結晶)と電極の配置.
(b) 電極界面におけるエネルギー障壁のモデル.
(c) 電流-電圧特性の温度変化.

B-1. ナノ粒子の医療・食品応用
抗肺腺癌細胞抗体とアミノ基修飾シリカコート酸化亜鉛ナノ粒子の架橋結合
 アミノ基修飾シリカコート酸化亜鉛ナノ粒子と抗肺腺癌細胞抗体 MX-KM231 anti-sialyl lewis antibody (mouse monoclonal, 協和メデックス社製)および MX-KM432 anti-lung adenocarcinoma antibody (mouse monoclonal, 協和メデックス社製)を架橋剤(SMCC)を用いて架橋した(図 5)。蛍光顕微鏡観察により, 抗体架橋後のナノ粒子が蛍光特性を維持していることを確認した(図 6)。

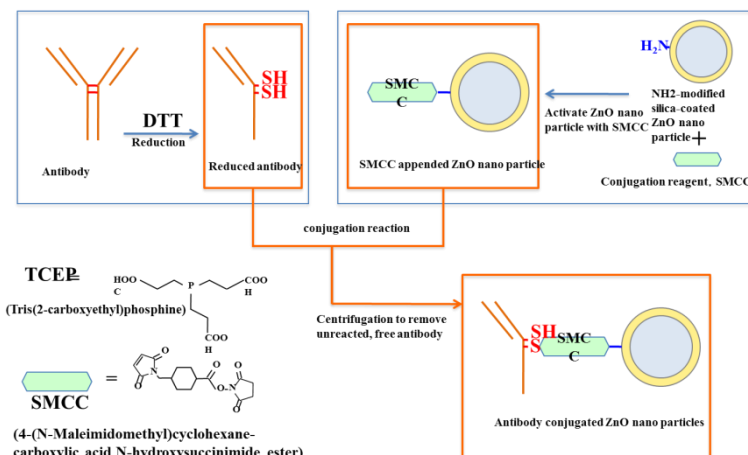


図 5 アミノ基修飾シリカコート酸化亜鉛ナノ粒子の作製手順.

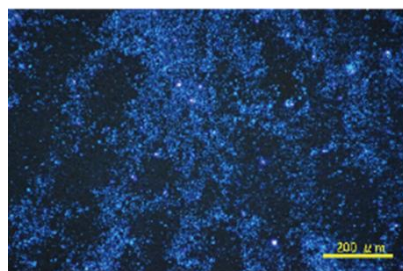


図 6 アミノ基修飾シリカコート酸化亜鉛ナノ粒子の蛍光(励起波長 365 nm).

B-2. ナタデココの臨床医療応用 ナタデココの適用性評価

現行品ペーパーポイントではラット組織中で線維がばらけ、検体中まで炎症細胞が浸潤しているのに対し、ナタデココポイントでは形態はくずれることなく異物反応は検体周囲にとどまっている。

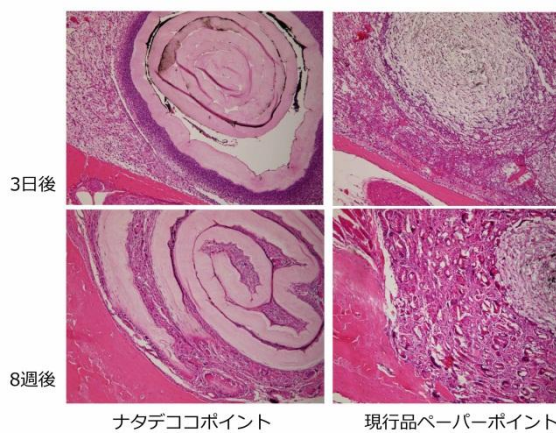


図 7 ラット下顎 骨膜下埋入後 組織像.

C-1. 材料の結晶学的評価

ナノサイズの結晶組織をもつ金属材料の結晶学的評価

鉄鋼材料に現れるマルテンサイト相は微細なナノ組織を作り材料の機械的な性質に影響を与える。このナノ組織は複雑で解析が難しく近年になって詳細が分かってきた。本研究では実験的に測定した結晶方位をもとに、オーステナイト相と生成相マルテンサイト相の結晶方位関係を考慮することによって、相変態時にどのようなずれが導入されているかを可視化できるようにしたものである。図は微細析出物を含むマルテンサイト相の様子を示したものである。(H. A. Pham et al., Science Forum Vols. 738-739. (2013) 25-30.)

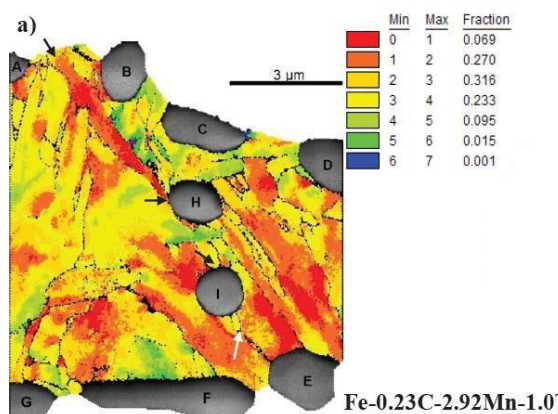


図 8 微細析出物を含むマルテンサイト相.

C-2. ナノ物質の安全性評価

シクロデキストリンを使用した生細胞への酸化亜鉛ナノ粒子の安全評価技術の開発

分裂酵母をモデル生物としたレーザーラマンイメージング技術による安全評価方法の診断技術を確立した。さらにシクロデキストリンを使用した生細胞への新規の安全性影響評価方法を考案した。

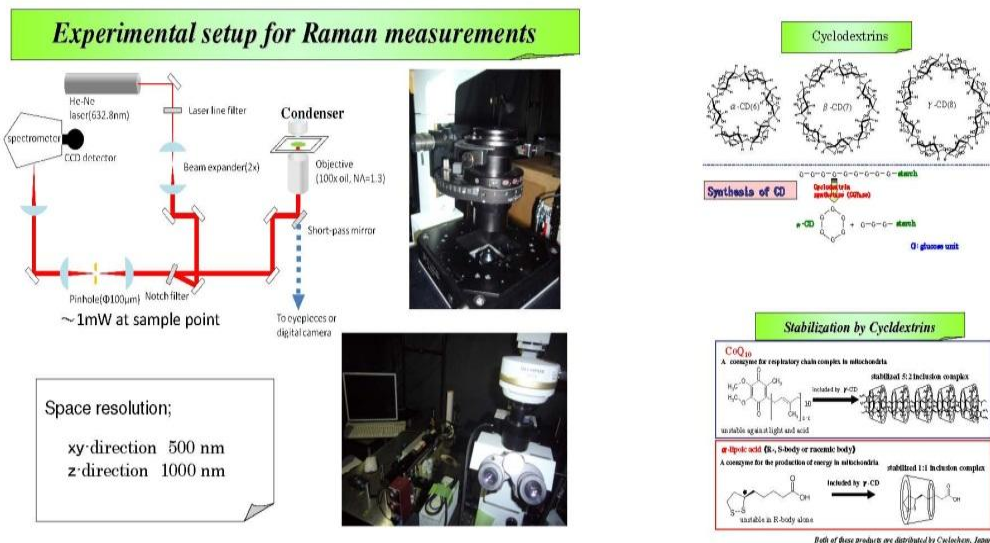


図9 レーザーラマンイメージングと生細胞への新規の安全性影響評価。

⑩ 研究成果の教育への還元について

(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、医理工農連携プログラムの学生の研究環境を提供し、両キャンパスをまたがり研究を行う学生を支援している。H24 年度は総合理工学研究科の産学官教育推進センターが提供する実践教育プロジェクトの授業において理工・医連携コースの学生が附属病院の検査部の課題を解決するためのプロジェクト実習を指導するなど新しい試みをスタートさせた。

2. 産学連携・地域連携教育

- 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」(前期 2 単位)開講した。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及び研究員, 島根三洋電機社長, 三菱化学研究員
- 地域企業数社から学生を派遣した体験学習の受け入れについて同意を得た。
- 出前授業 塚田真也, 出張講義, 松江東高校, 「エネルギーについて考えよう」, 5 月 18 日。

3. 教材作成

別木政彦, 塚田真也, 秋重幸邦, “発電・蓄電・エネルギー変換教材「電気自動車」の開発” 応用物理教育, 36, 27-32 (2012)。

⑪ 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、今年度取り組んだ育成プランについての取り組みの結果を記入してください。)

1. 若手研究者育成プラン

- 研究発表機会の提供: ナノメディシン国際シンポジウムにおいて助教を招待講演に抜擢する等, 多くの研究発表機会を提供した。また, 国際展示会においても若手研究者主体で派遣する等, 研究交流や国際交流の機会を提供した。
- マネジメント能力の育成: 若手研究者にプロジェクトのサブグループリーダー, 国際会議の Secretary, 講演会, パンケット司会, 応用物理学会のプログラム編集委員, 論文編集委員等責任ある役職を担当させて経験を積ませた。

2. 若手研究者育成の成果

- 若手研究員の進路: 本学総合理工学研究科理工・医連携プログラムで博士を取得した本プロジェクトの Kasilingam Senthilkumar 研究員が National Institute of Technology (インド) の Assistant Professor に着任した。また, Zhonghua Dai 研究員が南昌航空大学(中国)の副教授に着任した。前身の S-匠ナノメディシンプロジェクトから名古屋大学に異動した O. Senthilkumar 研究員もインドで Assistant Professor の地位を得ており, ナノテクプロジェクトの若手研究者育成が大きな成果を上げていることが証明された。

● その他の成果:

- ・本プロジェクトの若手研究者 2 名が H24 年度島根大学研究功労賞を受賞した。また, 学会賞, 国際会議におけるベストポスター賞など多くの受賞があった。指導した学生の学会奨励賞も 3 件あった。
- ・科研費の若手研究や挑戦的萌芽研究, 学内の若手奨励研究など若手研究者が多くの研究費を獲得した。



nano tech 2013 世界最大のナノテク展示会に出展。若手研究者を派遣して産業界や海外研究機関と交流した。

