

環境調和型新素材素子製造と 新たな資源循環システムを目指して

Towards Establishing Environmentally Benign Material Synthesis and
Devices and New Material Circulation Systems

This DOWA Holdings Co., Ltd. Sponsored laboratory was inaugurated in FY 2004 and comes under the endowed division of Graduate School of Environmental Studies. The main study aim of our laboratory is to solve the problems for conservation of our environment taking the viewpoints of both manufacturer and high-consumption society into consideration. The researches in this division are categorized mainly into (a) establishing the process of valuable material resources released in the society and control, recycle and dispose of them efficiently and safely, (b) inventing the preparation of functional materials that can nurture environmental friendly engineering applications such as electronic devices to relieve impact on the environment. The research activities of the geosphere environmentalogy division were separation, decomposition and migration control of pollutants such as heavy metals. And technologies related to the development of materials to concentrate and retain rare metals is also being researched. On the other hand, the study of functional materials division focused on the mass production of inorganic materials applicable for the electronic, photonic and energy storage devices. These materials were prepared by a solution synthesis or dry process such as arc discharge evaporation. The research in the control of environmental materials division was on the development of technologies to apply carbon nanotubes for light emitting devices and modified a negative material for the purpose of future Li-ion rechargeable batteries.

地圏環境学分野

本分野では、地圏環境における汚染物質の分離・分解、電子・電気機器廃棄物等からの希少金属資源リサイクル技術などの研究を推進している。2013年以降、大学院修士課程修了生3名を輩出し、現在も白鳥教授、須藤准教授により下記の研究テーマを中心に活気ある研究活動を行っている。

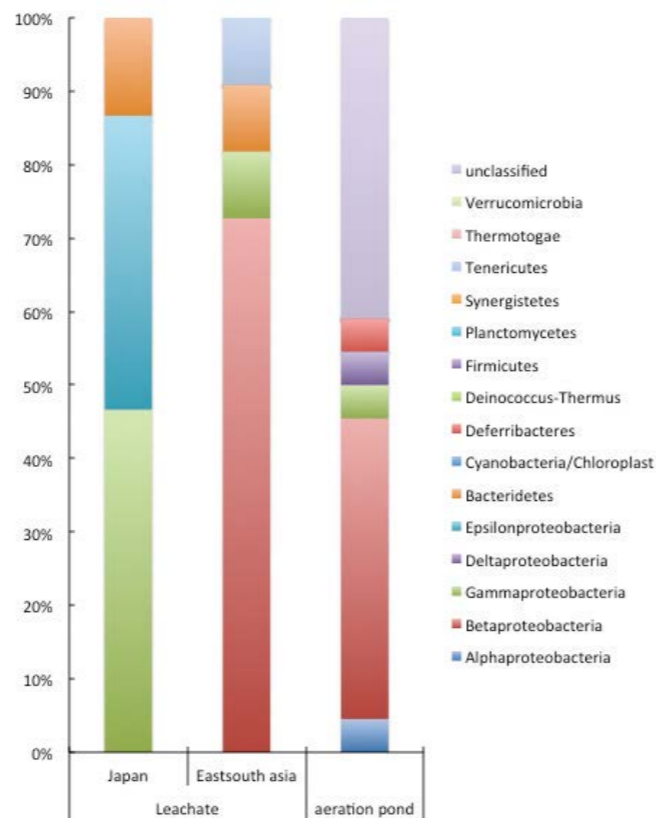
紫外LEDによる環境汚染物質の分解(DOWAホールディングス株式会社との共同研究)

紫外光を放射するLEDの開発が進んでいる一方、その適用拡大については大きな展開に至っていない。本講座では、環境機能材料学分野において紫外LEDの開発を進めており、同分野との連携のもと紫外LEDを利用した環境汚染物質の分解について検討を開始し、昨年は主として1,4-ジオキサンの分解についての検討を行い、本年は6価クロムの還元反応への適用を検討した。光触媒存在下において、蟻酸を添加した6価クロム溶液に紫外LEDを光源として光照射をすると3価クロムへの還元が確認された。本実験条件では3価クロムの再酸化は生じず、反応は不可逆的であった。また、既存の光源と比較して、高い反応効率を示すことがわかった。

管理型最終処分場における浸出水質と微生物生態系との関係の解明(DOWAホールディングス株式会社との共同研究)

国内外の管理型最終処分場において発生している浸出水およびその処理系統での微生物生態系をそれぞれ解明し、浸出水質との関連性や水処理系統の最適化を実施することを目的とした。本年には、国内の主として消却灰を受け入れている管理型処分場、東南アジアにある有機廃棄物を多量に含む雑多な廃棄物を受け入れている管理型最終処分場について、浸出水および水処理系統各所から試料を採取し、その微生物群集解析を行った。国内処分場浸出水には極めて低濃度の有機物が含まれてい

るだけであり、その微生物群集は単純かつ独立栄養細菌が主体であった。一方、東南アジアの処分場では、多様な微生物の生息が認められ、多くが有機物代謝に寄与する従属栄養細菌であり、受入廃棄物の違いが浸出水中の微生物構造に影響することが示された。また、排水処理系統においては、東南アジアの処分場では好氣的処理が行われていたが、検出された微生物構造では嫌気性細菌が多く、処理プロセスと微生物構造の不一致が見られ、より詳細な検討が求められる。



Microbial structures in leachates from controlled landfill sites in Japan and Southeast Asia.



教授
白鳥 寿一
Professor
Toshikazu Shiratori



教授
鳥羽 隆一
Professor
Ryuichi Toba



准教授
須藤 孝一
Associate Professor
Koichi Suto



准教授
下位 法弘
Associate Professor
Norihiro Shimoi



助教
大橋 隆広
Assistant professor
Takahiro Ohashi



Aeration pond of a controlled landfill site in Southeast Asia.

東北発素材技術先導プロジェクト

希少元素高効率抽出技術領域への参加(多元物質科学研究所と連携)

都市鉱山からの希少元素回収・再生技術の高度化による元素循環の実現を目的として実施されている研究プロジェクトの物理選別グループに白鳥教授が参画した。電子基板および小型電子・電気機器からの元素回収の高効率化を目指した破碎技術の開発に寄与した。

見学会

本講座では、毎年、工場見学会を実施している。2014年においては、12月17日に宮城県岩沼市にある日本製紙株式会社岩沼工場を訪れた。本見学会では、大学院において開講している「環境物質制御学」の受講者をはじめ、大学院博士課程学生3名が参加した。新聞用紙の製作過程の説明を受けた後、実際の工場内を見学し、スケールの大きさに驚くとともに、古紙リサイクルの重要性を改めて実感した。製紙過程だけではなく、場内で実施されている廃棄物処理、廃棄物発電等の施設も見学した。見学後、技術担当者との質疑応答では活発な議論ができ、有意義な時間を持つことができた。



Visiting an industrial factory

学会発表

- 阿彦優樹、須藤孝一、白鳥寿一、鳥羽隆一、井上千弘、「UV LED光源を用いた1,4-ジオキサンの分解効率に関する研究」(一社)資源・素材学会東北支部 平成26年度春季大会、P-26, 2014
- 阿彦優樹、須藤孝一、白鳥寿一、鳥羽隆一、井上千弘、「UV LED光源と光触媒を用いた六価クロムの還元に関する研究」(一社)資源・素材学会東北支部 平成26年度秋季大会、I-6, 2014

環境物質制御学分野

単層カーボンナノチューブ(SWCNT)の面発光デバイスへの応用

照明デバイスの省エネ化への改善に対する要求は依然高く、輝度効率を上げる方法として、我々はCNTを用い線順次型パルス駆動する面発光デバイスを提案する。我々はCNT自体の結晶均一性・処理・ハンドリング技術を確立し、発光面のばらつき・発光ちらつき・低寿命・高電圧駆動等の要因を制御しつつ省エネルギー型面発光デバイスの実用化に向けて応用研究及びプロセス技術開発を推進する。CNT分散及び電界電子放出活性に成功した電子源を用い、真空管として独立したプロトタイプパネルデバイスの面発光駆動の様子をFigure 1(パネル概観)、Figure 2(面発光の様子)に示す。数インチサイズの発光面について、発光

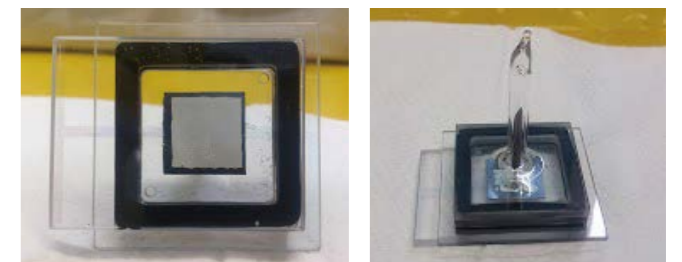


Figure 1 Overview of a stand-alone flat plane-emission diode panel.

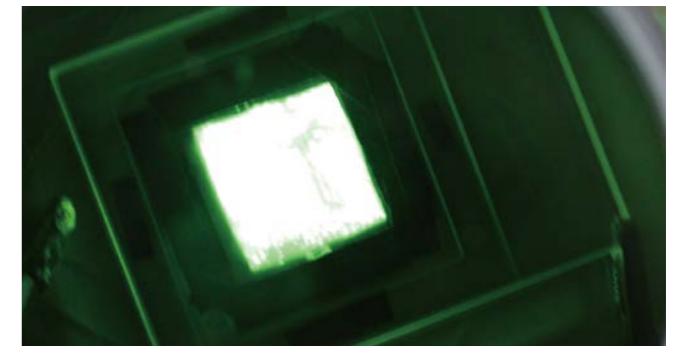


Figure 2 Plane-lighting homogeneity image of a stand-alone panel through a neutral density filter.

面均一性の向上・ちらつき低減・長寿命化を達成するCNT搭載平面発光デバイスの構築に成功している。

Siを利用したリチウムイオン二次電池活物質の創製

本研究は、リチウムイオン二次電池の電極材としてSi素材を活用し、コンポジット化によって理論的に導き出されている、容量限界までの高速充放電を何回でも可能にするための電気特性を持った二次電池を創製することを目的としている。

電池容量を多く、かつ多数回の繰り返し充放電を可能にするためには、Siを主材料として活用することは必要不可欠である。そこで、粉末SiとCuOをメカノケミカル法で作成された合成物がSi単体に匹敵する高容量かつ高繰り返し充放電を達成する電極活物質材料合成基礎技術の確立に成功した。当該合成物がSi-Cu₃Si-SiOコンポジット構造を形成していることが判明し (Figure 3: STEM画像, Figure 4: 構造イメージ図参照)、高容量長寿命メカニズムを解析する一端の解明に成功した。今後は実用化に向けたテストセル試作技術の確立を目指す。

成果 文献

- Norihiro Shimoi, Daisuke Abe, Toshimasa Hojo, Sharon Bahena-Garrido, Yasumitsu Tanaka, Kazuyuki Tohji "Properties of flat plane-emission panel with diode structure employing highly crystallized SWNTs as a field emitter" the LS14 Conference Proceedings, 2014.

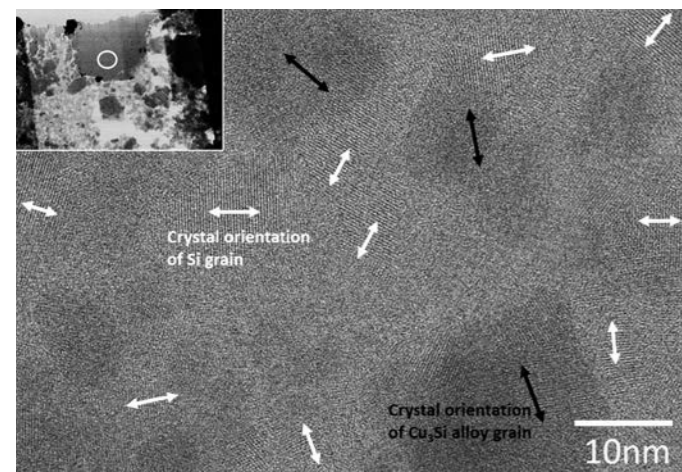


Figure 3 A high resolution image of the composite indicated in the inset by STEM. The arrow directions express the crystal orientation of Si or Cu₃Si alloy grains.

- Sharon Bahena-Garrido, Norihiro Shimoi, Daisuke Abe, Toshimasa Hojo, Yasumitsu Tanaka, Kazuyuki Tohji "Plannar light source using a phosphor screen with single-walled carbon nanotubes as field emitters" Review of Scientific Instruments, 2014, 85, 104704.

学会発表

- 招待講演 下位法弘「CNTsを活用した省エネルギー未来照明技術」社団法人エレクトロニクス実装学会 (JIEP) 環境調和型実装技術委員会、環境配慮設計技術研究会 平成26年度第1回公開研究会。
- 一般講演 & ポスター発表 Daisuke Abe, Norihiro Shimoi "Properties of flat plane-emission panel with diode structure employing highly crystallized SWNTs as a field emitter" The 14th International Symposium on the Science and Technology of Lighting (LS14@Italia Como), June 2014.
- ポスター発表 Norihiro Shimoi "Influences of crystallization and purification of single-walled carbon nanotubes for a field emitter" International Conference on Diamond and Carbon Materials 2014 (@Spain Madrid), September 2014. (The US Navy Award for Researchers of the Futureを受賞。)
- 一般講演 下位法弘、張其武、田中泰光、田路和幸「メカノケミカルプロセスによるケイ素-金属酸化物コンポジット負極活物質の合成」第75回応用物理学会秋季学術講演会。

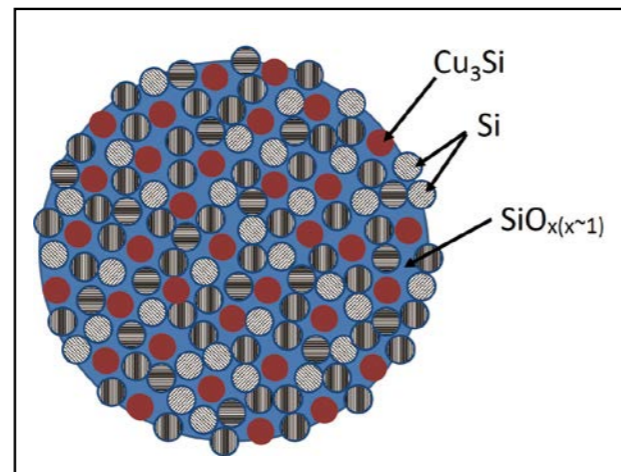


Figure 4 Structural image of the composite with Si and CuO modeled by the aggregation of Si, Cu₃Si nano-scale grains into amorphous silicon monoxide.

環境機能材料学分野

昨年度は、電子線励起型の紫外発光デバイスの基礎試験を開始したが、今年度は実用化を見据え、デバイスを構成する特殊重要部品の作製方法にも研究開発の幅を広げた。研究室のメンバーとして、大橋隆宏助教ならびに技術補佐員2名が加わりとともに、デバイス製造プロセス装置を学内解放している西澤潤一記念研究センター内に実験室を移設した。

Fig.1は紫外発光層の特性評価として用いているカソードルミネッセンス評価装置であり、電子線のDC照射による励起に加え、パルス照射励起も可能なシステムを増設した。引き続き電子線励起型発光デバイスに適した動作モードを検討していく。

また、寿命評価用のシステムを構築中であり、各種動作モードと寿命の関係を明らかにして行く予定である。

CNT電子放出源から低電圧で大電流密度の電子線を引き出すための引出電極の製造プロセスを検討している。1mA/cm²の電流密度を得るための電界として約2V/μmであるため1kVで引き出すにはギャップとして500μm程度となる。メッシュ状電極とCNT電子放出源間のギャップの均一性が大面積な面内で保障される必要があるため、平坦基板上にメッシュ電極を選択めっきする手法を開発している。Fig.2は手製のニッケルめっき装置であり、6インチ口径までワークに対応できる。めっき条件の適正化により、めっき膜応力によるそり・変形の問題は回避されている。Fig.3はパターンめっきの一例を示したものである。次年度は、CNT電子源、引出電極、発光層基板を真空容器内に組み込み、発光管としての完成度を上げることとしたい。

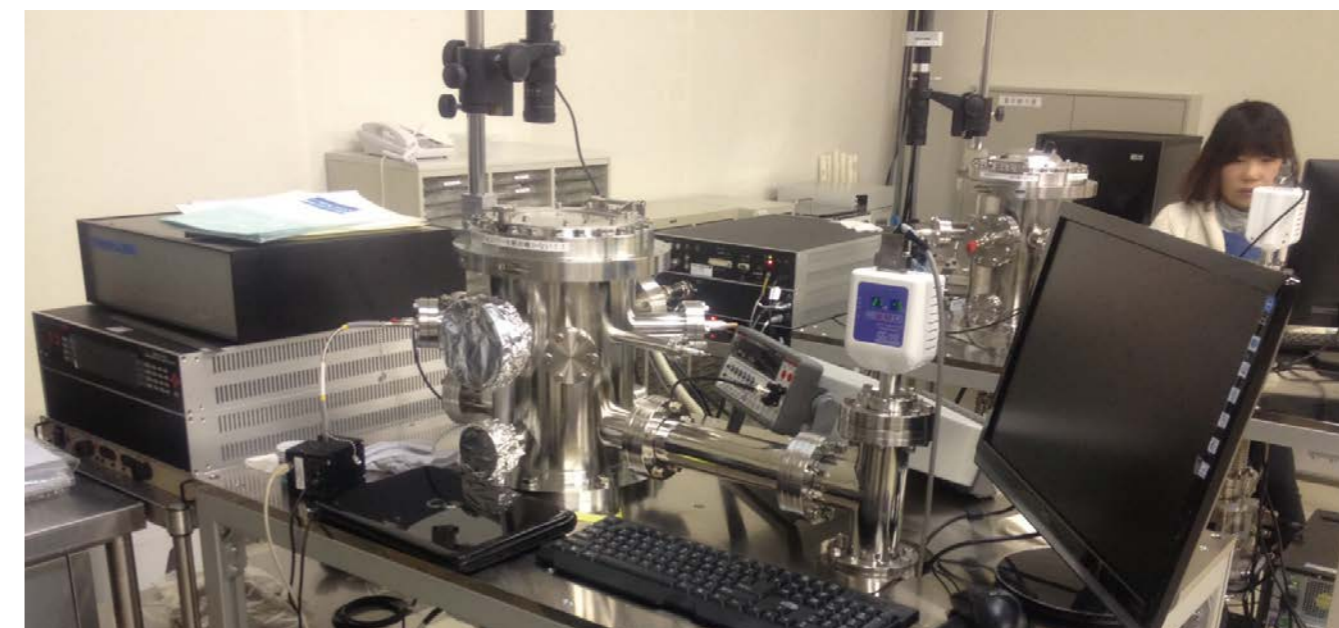


Fig.1 Cathode luminescence (CL) System (DC & Pulse).



Fig.2 Ni electroplating equipment.

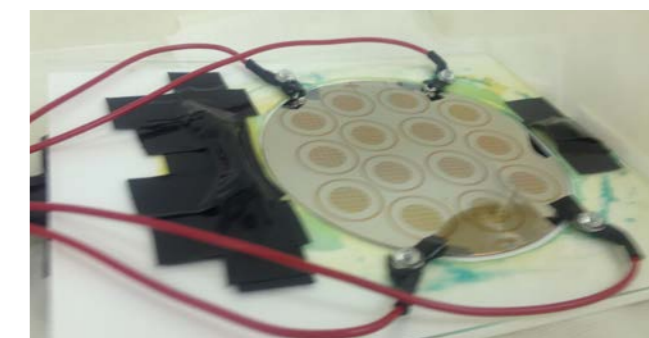


Fig.3 Selective plate patterned by electroplating.