

地圏環境政策学分野 Geosphere Environment
 環境材料政策学分野 Study of Functional Materials
 環境物質政策学分野 Control of Environmental Materials

環境調和型新素材製造と 新たな資源循環システムを目指して

Towards Establishing Environmentally Benign Material
 Synthesis and 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.

地圏環境政策学分野 Geosphere Environment

本分野では、地圏環境における汚染物質の分離・分解、循環型社会を構築する上での電子・電気機器廃棄物等からの資源リサイクル技術・社会システム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4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。

[循環型社会構築に関わる研究]

社会システムの観点から、最新のEUの動きについて、あるいはアジア圏におけるリサイクルについて研究を行っている。EUの動きについては、本年末(12/2)に公表された循環経済パッケージ(Circular Economy Package)に関し、国と共同で専門家を招聘し情報共有などを行うほか、委員会活動に関与している。アジア圏については、現在ものづくりの中心になり、経済的な発展を続ける中で、循環型の社会を構築するための現状や課題などについて、IGES((公)地球環境戦略研究機関)などとも協力して調査している。本年は、日本およびアジア域での電気製品製造の際の有害物質に関する情報提供に関するものや、当該国で処理インフラのないCFC(フロン類)に関する調査などを行った。成果はタイで行われた国際学会EARTH2015(東アジアリサイクル会議)などで発表した。技術的には、従来から参加している、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東北発素材技術先導プロジェクトでの活動を継続している。



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 Suto Koichi



准教授 下位 法弘
Associate Professor Norihiro Shimoi

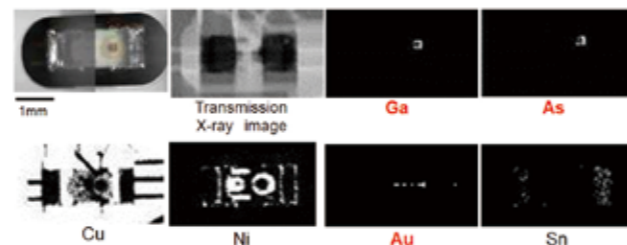


助教 大橋 隆宏
Assistant Professor Takahiro Ohashi



助手 白岩 佳子
Assistant Yoshiko Shiraiwa

XRF microscope image of the LED chip



循環型社会構築のためのインベントリ調査
Inventory Survey for Establishing the Recycling-based Society



CEに関する海外招聘者との協議
Consultation with overseas invitees for Circular Economy, CE

[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、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。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、排水処理系統の変更により微生物生態系が大きく変動していたことが確認された。

環境材料政策学分野 Study of Functional materials

当研究室では、紫外線領域での受発光デバイスの研究開発を行っている。まず、電子線励起深紫外発光デバイスであるが、本年度は内部量子効率の向上のための、発光層の改良を行うとともに、内部量子効率の評価方法の開発を行った。極低温では発光効率を低下させる非発光再結合中心が凍結され、発光再結合が100%となるが、温度上昇とともに非発光再結合中心が活性化してキャリアを補足してしまい発光効率が低下する。極低温時と室温での発光スペクトルの積分強度比が、室温での内部量子効率となる。Fig.1は構築した極低温~室温の範囲での測定が可能なフォトルミネッセンス評価装置である。本装置を用いて発光波長が250nmのAlGaIn MQW 内部量子効率を評

価した結果、約70%という効率を得られており、同じ波長での他機関の報告例の約1.4倍で世界一の効率であることが分かった。

また、本年度からAlGaIn系の受光素子の研究開発に着手し、素子評価装置の構築ならびにデバイスプロセス条件の研究開発を行っている。受光素子はショットキー型、HEMT型のダイオード構造で、可視光は検知せず紫外の特定領域にのみ感度を持たせようとするものである。今後、紫外発光素子との組合せでのマッチングを検討していきたい。

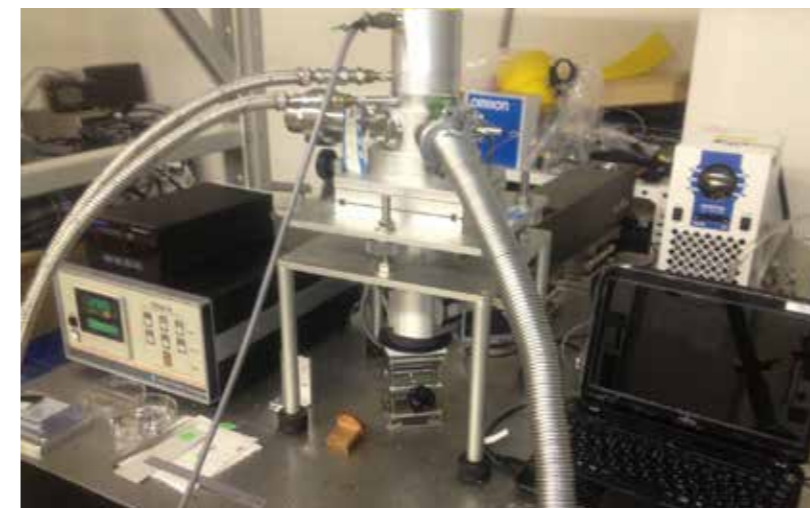


Fig.1 Low temperature PL measurement system.

[単層カーボンナノチューブ (SWCNT) の平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、我々は単層カーボンナノチューブ (SWCNT) を用いた電界電子放出 (Field Emission ; FE) 駆動による平面発光デバイスを提案する。省エネルギー型平面発光デバイスの実用化に向けて高信頼性・省電力駆動を達成するため、我々は新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) 平成 26-27 年度「エネルギー・環境新技術先導プログラム/超省電力発光デバイスの開発」FS 研究プログラムに参画し、デバイスの実用化を大幅に推進する多くの成果を得ることに成功した。

従来、FE 駆動型電子デバイスにおいて CNT の電子放出寿命の短さが実用化に対する阻害要因になっていた。そこで我々は高結晶化した SWCNT を用い、FE 電子放出寿命を直流電圧駆動で 1000 時間

超を達成することに成功した (Figure.1)。CNT を用いた電子デバイス開発において本結果は非常に意義のある成果であり、今後高結晶化 CNT の電子デバイスへの応用開発が進展するものと期待する。さらにジェットミル技術を応用して (Figure.2)、高結晶化 SWCNT を均一分散した薄膜を塗膜で形成するための湿式プロセス技術を開発した。さらに上記湿式プロセスを応用した超省電力駆動かつ高輝度発光を実現する平面発光デバイス基礎設計指針を提案する。デバイスのプロトタイプ試作を遂行し、現時点で LED 同等の輝度効率を有するデバイスの基礎設計構築に成功した。Figure.3 にその成果を示す。NEDO プログラム参画により、平面発光デバイス構築に関わる研究・開発を大幅に推進でき、デバイス構築のための基礎設計指針を明確に示す段階に到達した。

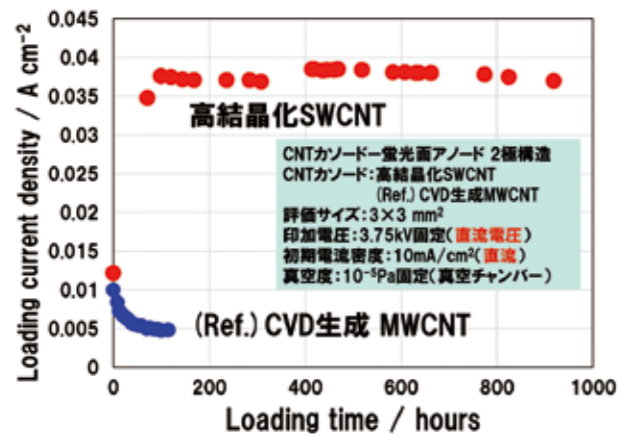


Figure.1 Comparison of field emission life employing highly crystalline SWCNTs and poor crystallized MWCNTs as a reference, respectively.

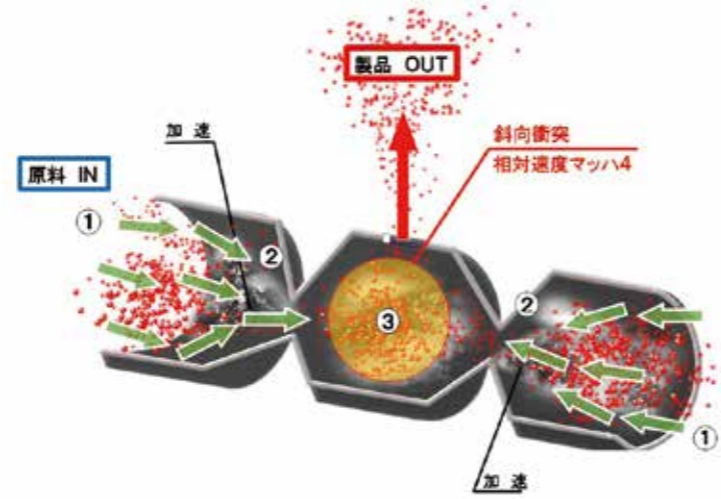


Figure.2 Image of SWCNTs dispersion by a jet milling process.

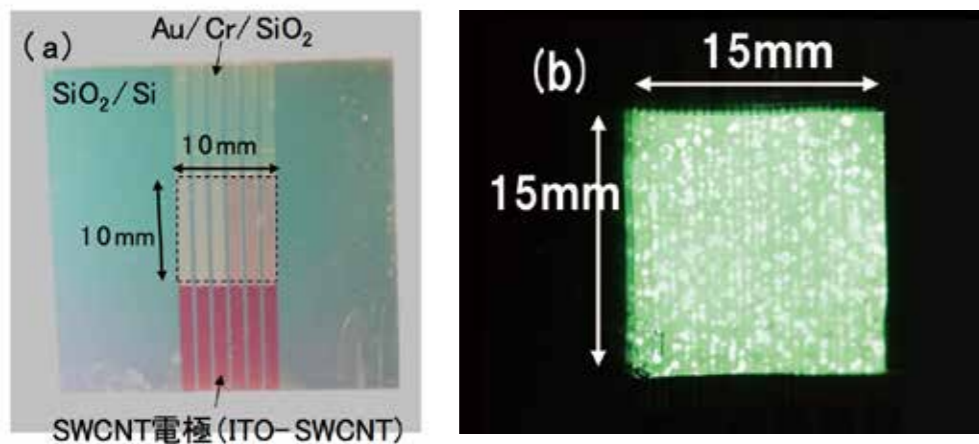


Figure.3 Overview of a prototype pattern designed with field emission device (a) and a light image using a prototype device (b).

[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。

電池を大容量化し、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。我々は Si と CuO をメカノケミカルプロセスで粉砕合成した活物質を用い、2000mAh/g の高容量で 800 サイクル以上安定した充放電を行う組成を発見した。しかし、負荷特性において充放電駆動の長寿命化

に小電流しか対応できず、高速充放電には未だ不向きな特性を示している。そこで今までの知見を応用し、粉末 Si と Li₂O をメカノケミカルプロセスで合成した活物質を創製し、高容量かつ高速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。当該合成物はナノ~サブミクロン径 Si-Li&Si 合金-Si 酸化物コンポジット構造を形成している (Figure.4)。負荷特性において、Si-CuO 粉砕型活物質と比較して高速充放電に適した組成の基礎構造構築に成功し (Figure.5)、今後は大容量長寿命化に向けた評価を推進する。

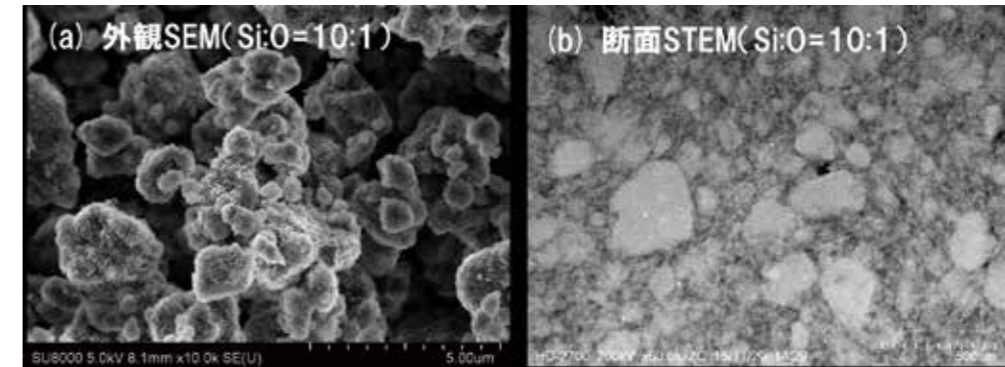


Figure.4 High resolution images of the composite by SEM (a) and STEM (b). The image (a) shows an overview image of aggregated powders by mechano-chemical process. The image (b) shows the cross-sectional view of a composited powder with Si and Li₂O in (a).

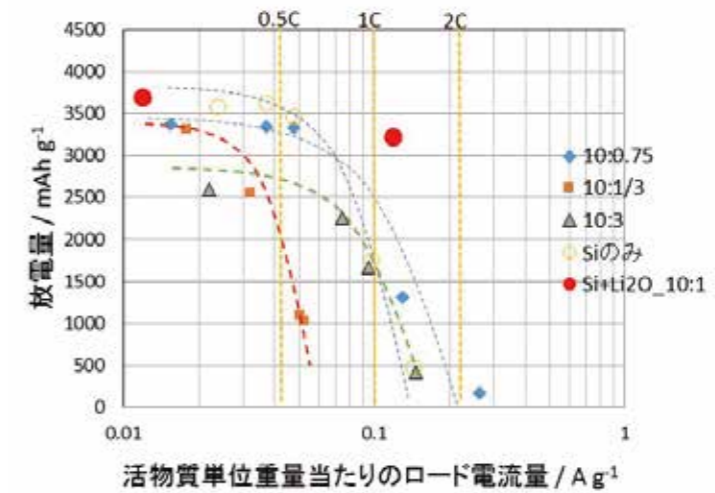


Figure.5 Discharge characteristics of the composites with Si and Li₂O by mechano-chemical process as shown in red circles. Other data show discharge properties of the composites with Si and CuO and a crystalline silicon powder as references.