

原総センター NEWS No.88

東京大学原子力研究総合センターニュース May, 2003

<http://www.rcnst.u-tokyo.ac.jp/>

研究紹介 1

有機無機層状ペロブスカイト型化合物のイオン誘起発光

東京大学大学院工学系研究科システム量子工学専攻 澁谷憲悟、越水正典、浅井圭介
 東京大学原子力研究総合センター 柴田裕実

0. はじめに

有機無機層状ペロブスカイト型化合物は、有機アミン（有機絶縁体）とハロゲン化金属（無機半導体）とが自己組織的に交互に積層した、特徴的な構造を持った化合物である（図1）。両層間のバンドギャップの差に起因して、無機層は深い量子井戸となっている。

当該化合物の物理的な諸特性の中で最も興味深いのは、励起子の束縛エネルギーが 300meV にも及ぶ事[1]であり、これは筆者らが知る限りでは、既存の物質中における最大値である。つまり、光子や電離放射線によって伝導帯に励起された電子は、荷電子帯に残された正孔とともに、強く量子井戸層に閉じ込められる。このとき、井戸幅は約 6 Å で、電子のド・ブロイ波長よりも短いため、量子サイズ（閉じ込め）効果が発現し、電子・正孔対（励起子）のクーロン相互作用が増大される。この 300meV という値は、室温における格子振動（フォノン）のエネルギーである数十 meV よりもかなり大きい。そのため、当該励起子のエネルギー準位は、熱的に十分安定であり、室温においてすら、励起子準位からの輻射遷移 励起子発光が観測される。

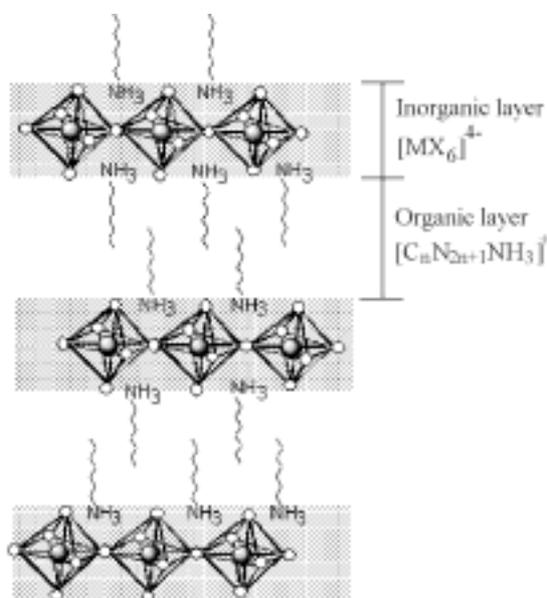


図1：有機無機層状ペロブスカイト型化合物の模式図

1. シンチレーターへの応用

従来の無機シンチレーターの多くは、アルカリハライドなどの絶縁体に、発光中心となる不純物がドーパされたものである。これに対して、半導体の直接励起子発光を電離放射線計測の信号として利用する試みは、今までほとんど行われてこなかった。昨年（2002年）UC Berkeley の Derenzo らが、CuI、HgI₂、PbI₂ 等の半導体材料のシンチレーションを報告しているが、室温では光量が BGO 比 20% ~ 0.1% と暗く、実用的とは言い難い[2]。これに対して我々は、有機無機層状ペロブスカイト型化合物のうち、(C₃H₇NH₃)₂PbBr₄ の化学式で表される化合物のシンチレーション強度が、室温でも BGO 比 80%（25K では 310%）と比較的大きな値を示すことを見出した（図2）。我々の実験結果と、Derenzo らの報告との違いは、励起子の束縛エネルギーの大小に原因があり、我々は量子サイズ効果を利用して Thermal quenching を抑制することにより、半導体シンチレーターから実用的な光量を取り出し得ることを示した[3]。

なお、半導体がシンチレーター材料として注目され始めているのは、励起子の輻射寿命が、発光中心のそれよりも 2 桁程度短いと期待されるからである。今後、我々は当該化合物を、中性子やガンマ線計測用のサブナノ秒超高速シンチレーターに応用するべく、更に研究を推進する予定である。

（次頁につづく）

2. スペクトル形状の解析

図2に示した有機無機層状ペロブスカイト型化合物の室温におけるシンチレーションスペクトル (Perovskite 300K) において、ピークから長波長側の形状に着目すると、その強度が光子のエネルギー (E) の関数として指数関数的 (縦軸はログスケール) に減少していることに気が付く。これは、励起子が格子振動の作る局所的な格子歪に束縛されるために生じた裾であり、その形状は下記の式で表されることが知られている[4]。

$$I(E, T) = I_0 \exp \left\{ \left(-1 \right) E / k T \right\},$$

$$= 2k T \omega_0 / \hbar \omega_0 \times \tanh(\hbar \omega_0 / 2k T)$$

ここで、 ω_0 はスティープネス因子と呼ばれる物質定数で、この値が小さいほど電子格子相互作用が大きい。また、 $\hbar \omega_0$ は励起子と相互作用するフォノンのエネルギーである。この2つのパラメーターは、一般的な吸収・発光スペクトルから求めることができ、予め、それぞれ $\omega_0 = 1.38$ 、および $\hbar \omega_0 = 50.5 \text{ meV}$ と求めておいた。

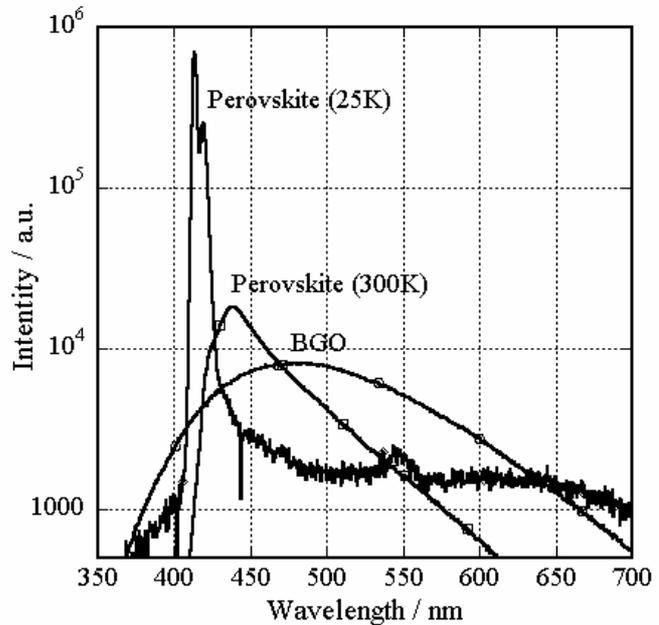


図2：BGO と有機無機層状ペロブスカイト型化合物のシンチレーションスペクトル

次に、シンチレーションスペクトルに対するフィッティングを行い、イオントラック内の局所温度 (T) を求めたところ、 $\text{He}^+(2.0 \text{ MeV})$ 照射では 1500K、 $\text{H}^+(1.0 \text{ MeV})$ 照射では 1300K、 $\text{H}^+(2.0 \text{ MeV})$ 照射では 980K であることが分った。TRIM コードで LET を計算すると、それぞれ 250、46、32 eV/nm であることから、LET が大きいほど、観測される局所温度が高いことが分った。

これまで、イオントラック内に引き起こされる高密度励起状態からフォノンが拡散する過程を、定量的に評価するための有効な手段は無かったが、当該化合物の励起子輻射寿命が極めて短い ($\sim 10 \text{ ps}$ [5]) 性質を利用し、イオン照射直後のシンチレーションスペクトルを取得することで、はじめて非平衡状態におけるフォノン占有数に関する情報を得ることに成功した。

なお、照射線量が増大するにつれて、発光強度の減少と、局所温度の上昇とが観測された (図3)。これは、イオン照射によって生じた欠陥の密度が増大するにつれて、欠陥サイトに起因する無輻射遷移の割合が増大するためであると考えられる。即ち、観測される時間積分発光スペクトルでは、イオン照射直後の、より早い時間帯における発光の寄与分が相対的に大きくなるため、フォノン拡散現象の初期における、より高密度な励起状態が強く反映された結果であると考えられる[6]。

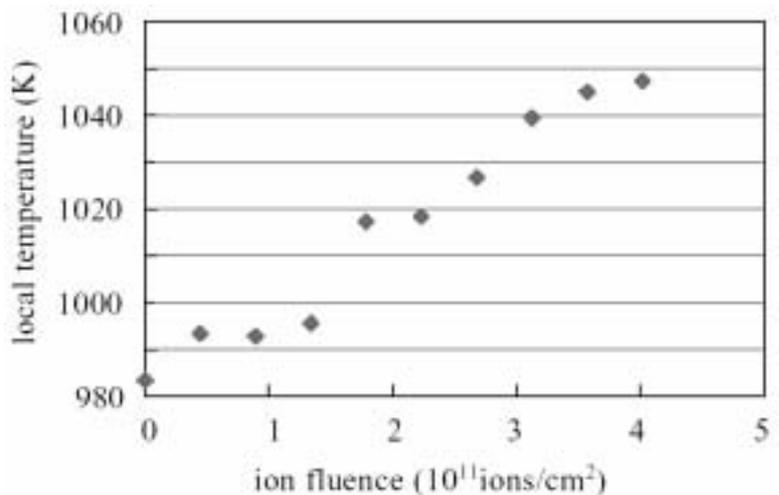


図3：照射線量と観測される局所温度との関係

(次頁につづく)

研究紹介 1, 2

3. まとめ

本研究室では、東京大学原子力研究総合センターのバン・デ・グラフ型加速器を利用し、半導体材料における励起キャリアとフォノンの相互作用に関する研究を積み重ねてきた。そのうち、2000年度より行っている、有機無機層状ペロブスカイト型化合物のイオン誘起発光スペクトルの測定実験においては、半導体シンチレーターの開発と放射線物理・化学の基礎研究に関して、重要な知見が得られた。

従来のシンチレーターの開発に関しては、輻射遷移の断面積を拡大させることに主眼を置いていたが、それとは反対に、フォノンに起因する無輻射遷移の断面積を縮小することでも、十分にシンチレーション効率を高められるという事が明らかとなった。その結果、発光中心を利用しない、新たな高速シンチレーターの概念が示唆された。

また、放射線物理・化学の観点においては、従来の研究の多くが放射線照射後の平衡状態を解析したものであったが、それとは異なり、キャリアが拡散する非平衡ダイナミクスをシンチレーションスペクトルにより *in situ* で観測することで、イオントラックからエネルギーが付与される範囲と密度について、電子格子相互作用の強さが極めて重要な因子であることが確認された。

4. 参考文献

- [1] T. Ishihara, Jun Takahashi, and T. Goto: "Exciton state in two-dimensional perovskite semiconductor ($C_{10}H_{21}NH_3$)₂PbI₄", *Solid State Commun.*, 69 (1989) 933-936.
- [2] S. E. Derenzo, M. J. Weber, and M. K. Klintonberg: "Temperature dependence of the fast, near-band-edge scintillation from CuI, HgI₂, PbI₂, ZnO:Ga, and CdS:In", *Nucl. Instrum. & Methods*, A486 (2002) 214-219.
- [3] K. Shibuya, M. Koshimizu, Y. Takeoka and K. Asai: "Scintillation properties of ($C_6H_{13}NH_3$)₂PbI₄: Exciton luminescence of an organic/inorganic multiple quantum well structure compound induced by 2.0 MeV protons", *Nucl. Instrum. & Methods*, B194 (2002) 207-212.
- [4] J. Takeda, T. Ishihara, and T. Goto: "Low-energy tail of the exciton luminescence band in 2H-PbI₂ and its relation to Urbach rule", *Solid State Commun.*, 56 (1985) 101-103.
- [5] T. Kondo, S. Iwamoto, S. Hayase, K. Tanaka, J. Ishi, M. Mizuno, K. Ema, and R. Ito: "Resonant third-order optical nonlinearity in the layered perovskite-type material ($C_6H_{13}NH_3$)₂PbI₄", *Solid State Commun.*, 105 (1998) 503-506.
- [6] M. Koshimizu, K. Shibuya, K. Asai, and H. Shibata: "Measurement of the local temperature in an ion track using low-dimensional quantum confinement structure", *Radiation Phys. & Chem.* 66 (2003) 35-38.

研究紹介 2

メダカを使った放射線影響の研究

東京大学大学院理学系研究科 桑原義和、島田敦子
東京大学大学院新領域創成科学研究科 三谷啓志、嶋 昭紘

古くから日本人には馴染み深い小型硬骨魚類のメダカ(*Oryzias latipes*)が、今、発生学や遺伝学の分野において世界の注目を集めている。また、メダカは江上信雄らの電離放射線影響の研究に実験動物として多用されていたということもあり、放射線影響を研究する上で、数々の基礎的知見を提供することが出来る。当研究室(東京大学大学院 新領域創成科学研究科 先端生命科学専攻 動物生殖システム分野、前 東京大学大学院 理学系研究科 生物科学専攻 放射線生物学研究室)では、日本各地の野生メダカやトランスジェニックメダカの系統維持を行いつつ、突然変異メダカを用いた分子生物学的解析や、個体・細胞・分子に及ぼす電離放射線の影響を解析している。本稿では、メダカ雄生殖細胞に及ぼす 線の影響に関して、今までに我々が明らかにした知見の概要を紹介する。

(次頁につづく)

研究紹介 2

マウスなどの哺乳類では、分子マーカーを用いずに組織学的に精原幹細胞を同定することは極めて困難である。しかし、メダカの精巣では、その組織構築上の特徴から精原幹細胞を含む全ての分化段階の生殖細胞を組織学的に明確に識別することができる。このことを利用して、 γ 線で誘発されるメダカ雄生殖細胞のアポトーシスを調べた。その結果、幹細胞から分化して間もない分化型精原細胞(TA 細胞; Transient amplifying cell)が γ 線に致死高感受性を示すことを明らかにした。さらに、 γ 線に致死高感受性を示す初期の分化型精原細胞には、 γ 線照射後 p53 タンパク質の発現が上昇することを確認した。これらの結果は、マウスを用いた解析とは異なるものであった。しかし、精巣と同様の細胞再生系組織である小腸のクリプトでの放射線感受性細胞集団は、幹細胞から分化して間もない細胞(TA 細胞)であり、これらの細胞には放射線照射後 p53 の発現が上昇することが知られている。我々は、 γ 線照射後に TA 細胞が死ぬことによって、ゲノム損傷を排除しているのではないかと考えている。実際、小腸での低発ガン率は、TA 細胞の死によるものであると考えられている。

次に、最近明らかにした興味深い現象は、 γ 線照射後に分化型精原細胞では、細胞周期進行の遅延は起こらず、さらに、これらの細胞が精子へ分化する過程が早まっている、ということである。 γ 線による主な細胞致死作用は DNA の 2 本鎖切断によると一般的に考えられている。我々の研究により精原幹細胞には γ 線誘発細胞死に関して閾値が存在し、分化型精原細胞に比べて γ 線に耐性であることが示されている。また、一般的に幹細胞は DNA 修復能が高いことも示唆されている。 γ 線照射を受けた細胞では、細胞周期の進行が停止し DNA の損傷を修復するが、分化期にある哺乳類の雄生殖細胞では顕著な細胞周期進行の遅延は生じないと一般的に考えられている。我々は、精原幹細胞及び分化型精原細胞と一次精母細胞に関して、 γ 線照射後の細胞周期進行の遅延を、BrdU 標識率により調べた。この結果から、 γ 線照射を受けた精原幹細胞では細胞周期進行の遅延がおこるが、分化型精原細胞と一次精母細胞にはおこらないことが示唆された。次に、4.75Gy の γ 線照射後に分化型精原細胞と一次精母細胞を BrdU で標識し、標識細胞の分化段階を経時的に調べることで、アポトーシスでは排除されずに生き残った分化型精原細胞と一次精母細胞の精子形成に至る過程を解析した。その結果、標識細胞の 90% 以上が精子に分化するには通常は 17 日を要するが、照射した場合には 5 日以内に精子へ分化することがわかった。一般に、雄生殖細胞の分化過程は放射線の影響を受けないと考えられていたが、我々の研究により、 γ 線照射を受けた分化型精原細胞期以降の細胞は、精子への分化が促進されることが示された。現在、雄生殖細胞分化過程において、どの段階が促進されているのか、またはどの段階をスキップしているのかなどを解析中である。

我々は、精原幹細胞では、(1) γ 線誘発アポトーシスに関して閾値が存在すること、(2) DNA の 2 本鎖切断は分化型精原細胞・一次精母細胞に比べてより速やかに再結合されること、および(3)細胞周期進行の遅延が生じることを新たに明らかにしてきた。従って、精原幹細胞に生じたゲノム損傷は、まず修復されるが、修復しきれなかった細胞はアポトーシスにより排除されると考えられる。 γ 線照射後に生き残った大部分の分化型精原細胞期以降の雄生殖細胞は精子へ急速に分化することにより精巣内から一掃され、そのあと、ゲノム損傷の少ない精原幹細胞からの分化が新たに始まるというリセット機能の存在を考えている。

謝辞

本研究を進めるにあたり、東京大学原子力研究総合センターの江口星雄氏にお世話になりました。また、メダカ系統維持に関して、東京大学大学院新領域創成科学研究科の高田静子氏にお世話になりました。この場を借りて、両氏に深く感謝します。

参考文献

- Kuwahara Y, Shimada A, Mitani H and Shima A. A critical stage in spermatogenesis for radiation-induced cell death in the medaka fish, *Oryzias latipes*. Radiation Research. 157:386-392, 2002.
 - Kuwahara Y, Shimada A, Mitani H and Shima A. γ -ray exposure accelerates spermatogenesis of medaka fish, *Oryzias latipes*. Molecular Reproduction and Development. (in press)
 - Shima A, Himmelbauer H, Mitani H, Furutani-Seiki M, Wittbrodt J and Schartl M. Fish genomes flying. EMBO Reports. 4:121-125, 2003.
 - Wittbrodt J, Shima A and Schartl M. Medaka--a model organism from the Far East. Nature Reviews Genetics. 3:53-64, 2002.
-

部門便り

共用設備管理部門 <http://www.rcnst.u-tokyo.ac.jp/kyousetu/>

平成 14 年度共同利用：放射線基礎科学 17 件、粒子ビーム基礎科学 10 件、原子力基礎科学 13 件、共同利用実験室 8 件、学生実験 1 件でした。

平成 15 年度共同利用申込：放射線基礎科学 9 件、粒子ビーム基礎科学 6 件、原子力基礎科学 8 件、共同利用実験室 7 件の申込がでています。

以降の申込は、随時受け付けますが、申込前に必ず装置担当者と利用についてお打ち合せ下さい。

後方散乱分析装置の分担金：後方散乱分析装置は、設置以来 10 年経ち、平成 15 年度から維持費が減額される予定となっています。これまで通りに装置を維持するためには、利用者に維持費の負担をお願いせざるを得ませんので、15 年度利用から分担金をお願いすることを検討しています。

別館耐震補強工事：別館の耐震補強工事は、外壁工事が終了して、更に内部壁面の補修等を行い 3 月末には完了の予定です。

長く職員でありました川西助手が 3 月末に退官、4 月より石川助手が着任しました。

重照射管理部門 <http://www.tokai.t.u-tokyo.ac.jp/~hit/>

平成 15 年度上半期の重照射研究設備共同利用としてプロジェクト研究 2 件、一般共同利用研究 12 件のテーマが応募されました。3 月 17 日に重照射委員会、4 月 4 日重照射棟・設備安全管理委員会にて審査されます。

平成 15 年度下半期の共同利用公募は平成 15 年 8 月 1 日より 31 日までになります。詳しくは原総センター共同利用掛（内線 22904）あるいは重照射管理部門（029-287-8475）にお問い合わせ下さい。

申請書はホームページ（<http://www.tokai.t.u-tokyo.ac.jp/~hit/>）の中の「ダウンロード（共同利用申請書等）」の項からダウンロードできますのでご利用下さい。申請書のフォーマットは Microsoft Word 6.0 です。

なお、ホームページからは共同利用申請書の他、放射線業務従事者証明書、定時外責任者認定願、加速器運転資格認定願、作業計画書、マシンタイム変更願等の書類もダウンロードできますのでご利用下さい。

e-mail でお問い合わせの場合は次のアドレスにご連絡下さい。

HIT 管理部門 hit@tokai.t.u-tokyo.ac.jp

柴田 裕実 shibata@tokai.t.u-tokyo.ac.jp（5 月まで）

岩井 岳夫 iwai@tokai.t.u-tokyo.ac.jp

タンデム加速器研究部門 <http://www.malt.rcnst.u-tokyo.ac.jp/indexj.html>

平成 15 年度上半期共同利用研究課題(39 件)が採択されました。採択課題一覧および、マシンタイムスケジュールについては、ホームページをご覧ください。

MALT セミナーでは、MALT ユーザー(および潜在的ユーザー)の研究者の皆様を中心に、研究の HOT な話題提供をお願いしています。ここでは、「MALT を利用した採れたてのデータの紹介」「将来 MALT を利用してこんな研究ができるのでは、といった提案」また、MALT 利用分析(AMS、NRA、PIXE)に限らず、「関連分野の研究紹介」等をもとに、自由な討論の場をつくることを目的としています。どうぞお気軽に参加ください。

3 月 31 日付けで技術補佐員の山下博さんおよび、事務補佐員の豊田喜美子さんが離任しました。

4 月 1 日付け、土屋（春原）陽子技術官が育児休暇から復帰しました。

部門便り

放射線管理室 <http://www.rcnst.u-tokyo.ac.jp/houkan/index.htm>

平成 15 年 1 月～2 月

平成 13 年 4 月の法令改正（障害防止法）に伴う、センター別館及びタンDEM加速器棟に関する使用承認変更申請書の作成、申請手続きを文部科学省に行いました。

平成 15 年 1 月 20 日

平成 14 年度下期の放射線施設自主点検を実施しました。

特に異常はありませんでした。

平成 15 年 1 月 23 日

放射線業務従事者の再教育訓練講習会を開催しました。

平成 15 年 3 月 25 日

文部科学省放射線規制室による立入検査がありました。

特に大きな指摘事項はありませんでした。

文科省の立入検査や施設検査では、1)管理区域内にトイレがあること、2)排水貯留槽が地下埋込型であることの2点が、文書指摘事項とはならないものの、改善の努力目標として毎回話題に上っています。別館は古くに建てられており、建設当時は問題とはならなかったことでしたが、より良い規制を目指すという観点から最近の行政指導ではどこの事業所に対しても行われている事項となっています。

また、法令改正に伴う変更申請では、管理区域境界の線量基準などが厳しくなったのですが、できるだけ使用条件は変えずに遮蔽の強化や管理側の手間で済むような変更申請を目指しましたが、一部、使用数量の減少や使用時間の制限をせざるを得ない部分が生じました。

放射線管理室では、共同利用施設として幅広い利用に応えられるよう法的な対応を適切に行っていくとともに、利用者がより安全に研究を進められるための放射線管理を心がけていきますので、今後とも利用者の皆様のご理解とご協力をよろしくお願いいたします。

事務局 <http://www.rcnst.u-tokyo.ac.jp/jimu/jimubu.html>

人事異動

・着任

平成 15 年 4 月 1 日付	中澤正治	センター長（工学系研究科教授 兼任）
同	菅谷正昭	事務長（放送大学東京文教学習センター事務長から）
同	上野山紀子	会計掛長（史料編纂所 会計掛主任から）
同	石川正純	助手（広島大学原爆放射線医学研究所国際放射線情報センターより）
同	島田知子	事務補佐員（東京医科歯科大学 事務補佐員から）
同	石本光憲	技術官（新規採用）

・離任

平成 14 年 10 月 31 日付	高野武美	辞職
平成 15 年 3 月 31 日付	川西俊男	定年退官
平成 15 年 3 月 30 日付	佐藤貴子	任期満了
平成 15 年 3 月 31 日付	布施絢子	任期満了

平成 15 年 4 月 1 日付	大日方鐵機	（分生研の事務長に）
同	矢野雅彦	（工学部の給与掛長に）

全国共同研究部門 <http://kaihoken.tokai.jaeri.go.jp/Home.htm>

本部門関係の行事

12/03 原研施設利用共同研究委員会

平成15年度課題採択、連携重点研究について

2/5 中性子散乱研究施設運営委員会(物性研)

2/12 BNCT 専門部会(原研)

2/18 大学・原研プロジェクト共同研究 成果発表会(山上会館)

2/18 炉内中性子専門部会

3/11 放射線高度利用専門委員会

(大学・原研プロジェクト共同研究最後の委員会・原研の専門部会と合同)

「大学・原研プロジェクト共同研究 成果発表会」が下記のように開催され、約80名の参加がありました。大学・原研プロジェクト共同研究はこれをもって終了したものの、大学と原研の連携を深める方向については参加者全員の共通の課題として熱心な議論がされました。

2003年2月18日(火) 10:00~19:00

東京大学 山上会館 大会議室

プログラム:

1. 挨拶 原研施設利用共同研究委員会委員長 中沢正治(東大)
2. バックエンド化学 第4期研究成果発表
 - 2.1 バックエンド化学第4期研究のねらい (座長) 館盛勝一(原研)
 - 2.2 アクチノイド元素の核化学的性質と物理化学的性質 篠原伸夫(原研)
 - 2.3 アクチノイド元素の固体化学と燃料工学 中村彰夫(原研)
 - 2.4 アクチノイド元素の溶液化学と分離分析技術
アクチノイドの電気化学的基礎物性 木原壮林(京都工芸繊維大)
 - 2.5 廃棄物処理と環境化学 長崎晋也(東大)
 - 2.6 成果の総括と今後の研究展開 館盛勝一(原研)
3. 放射線高度利用 第4期研究成果発表
 - 3.1 放射線高度利用第4期研究のねらい
(座長) 放射線高度利用研究専門委員会委員長 河出 清(名大)
 - 3.2 陽子加速器施設における放射線安全性に関する研究 山口恭弘(原研)
 - 3.3 材料照射損傷に対する核変換生成物の影響に関する研究 實川資朗(原研)
 - 3.4 劣化環境下における植物の養分吸収機構の研究 森 敏(東大)
 - 3.5 大気マイクロPIXE分析システムの開発とその応用 石井慶造(東北大)
 - 3.6 成果の総括と今後の研究展開 河出 清(名大)

4. パネルディスカッション

大学・原研プロジェクト共同研究の成果と今後の連携の望ましい方向について

座長 河出 清(名大)

パネラー

- ・田中 知(東大) バックエンド化学研究(1~4期)の総括
- ・藤根幸雄(原研) 融合研究としてのバックエンド化学研究の構築
- ・渡辺 宏(原研) 放射線高度利用研究(1~4期)の総括
- ・石井慶造(東北大) マイクロPIXE分析プロジェクトの今後の展開
- ・伊藤泰男(東大) 連携重点研究のねらい
- ・渡辺博正(原研) 連携に対する基本的な考え方

5. 閉会挨拶

原研・大学プロジェクト共同研究検討委員会委員長 岩本 昭(原研)

東海分室(大学開放研究室)の技術官として、石本光憲氏が4月1日に着任しました。

東京大学・原子力研究総合センター・ニュース 目次

研究紹介 1・有機無機層状ペロブスカイト型化合物のイオン誘起発光
 東京大学大学院工学系研究科システム量子工学専攻
 澁谷憲悟、越水正典、浅井圭介
 東京大学原子力研究総合センター 柴田裕実 ……1

研究紹介 2・メダカを使った放射線影響の研究
 東京大学大学院理学系研究科 桑原義和、島田敦子
 東京大学大学院新領域創成科学研究科 三谷啓志、嶋 昭紘 ……3

部門便り ……5

原子力研究総合センターの主な電話番号			
センター長室	03-5841-2900	タンデム加速器研究部門	
事務部 事務長室	03-5841-2901	主任室	03-5841-2961
庶務掛	03-5841-2910	研究室	03-5841-2949
			03-5841-2962
会計掛	03-5841-2907	(FAX)	03-5841-2947
共同利用掛	03-5841-2904	重照射管理部門(東海)	
(FAX)	03-5841-2909	主任室	029-287-8476
放射線管理室	03-5841-2913	事務室	029-287-8475
	~ 2915	研究室	029-287-8477
(FAX)	03-3813-2010	(FAX)	029-287-8490
共用設備管理部門		全国共同研究部門(東海)	
主任室	03-5841-2922	主任室	029-283-2374
研究室	03-5841-2930	事務室	029-282-5516
(FAX)	03-3815-8540	研究室	029-282-5779
		(FAX)	029-287-2464

原子力研究総合センター ホームページ
<http://www.rcnst.u-tokyo.ac.jp>
 センターニュースのバックナンバーもご覧になれます。

平成 14 年度編集委員

柴田裕実(編集長)、伊藤泰男、安本 勝、杉浦紳之、松崎浩之、矢野雅彦

東京大学原子力研究総合センターニュース 88号 Vol.29 No.4 2003年5月発行
 〒113-0032 東京都文京区弥生2丁目11-16 東京大学原子力研究総合センター