

内殻励起を利用する
自由クラスターの物性解析法の開発
(課題番号 16201021)

平成16－18年度科学研究費補助金（基盤研究（A））

研究成果報告書

平成19年3月

研究代表者 八尾誠

(京都大学大学院理学研究科教授)

内殻励起を利用する
自由クラスターの物性解析法の開発
(課題番号 16201021)

平成16－18年度科学研究費補助金（基盤研究（A））

研究成果報告書

平成19年3月

研究代表者 八尾誠

(京都大学大学院理学研究科教授)

平成16－18年度科学研究費補助金（基盤研究（A））

内殻励起を利用する自由クラスターの物性解析法の開発

（課題番号 16201021）

研究経費

年度	直接経費	間接経費
平成16年度	20,800 千円	6,240 千円
平成17年度	9,700 千円	2,910 千円
平成18年度	8,300 千円	2,490 千円
合計	38,800 千円	11,640 千円

研究組織

研究代表者 八尾 誠 （京都大学大学院理学研究科教授）

研究分担者 永谷清信 （京都大学大学院理学研究科助手

大政義典 （京都大学大学院理学研究科助手）

研究協力者 村上 仁 （京都大学大学院理学研究科博士後期課程）

梶原行夫 # （京都大学大学院理学研究科博士後期課程）

梶川宏明 \$ （京都大学大学院理学研究科博士後期課程）

岩山洋士 （京都大学大学院理学研究科修士課程）

鈴木一博 （京都大学大学院理学研究科修士課程）

西森裕也 % （京都大学大学院理学研究科修士課程）

石野光昭 & （京都大学大学院理学研究科修士課程）

現 広島大学総合科学部 助手

\$ 現 産業技術総合研究所計測標準研究部門 研究員

% 現 三菱電機株式会社

& 現 三菱商事株式会社

目次

1. 研究の概要

2. 研究発表リスト

学会誌等に発表した論文／著書

学会等での口頭／ポスター発表

3. 主な研究成果

- (1) Coulomb explosion of K-shell ionized krypton clusters studied by multiple-ion coincidence momentum imaging, H. Iwayama, K. Nagaya, H. Murakami, Y. Ohmasa, M. Yao, J. Chem. Phys., 126 (2007) 024305.
- (2) Electron-Ion-Coincidence spectra of K-shell excited Ne, Ar and Kr clusters, H. Murakami, K. Nagaya, Y. Ohmasa, H. Iwayama and M. Yao, J. Chem. Phys., 126 (2007) 054306.
- (3) Electron-Ion-Coincidence Measurements for K-Shell Excited Free Krypton Clusters, K. Nagaya, M. Yao, H. Murakami, A. Mori, Y. Ohmasa, H. Kajikawa, J. Phys. Soc. Jpn., Vol.75, No.11, p.114801 (2006)
- (4) X-ray absorption and de-excitation processes of krypton clusters studied by the XAFS-PEPICO synchronous measurements, K. Nagaya, A. Mori, H. Murakami, M. Yao, Y. Ohmasa, H. Kajikawa, K. Kobayashi, Y. Kajihara, A. Chiba, Y. Nishikawa, M. Ishii, Y. Fujii and E. Hayata, Physica Scripta, T115, (2005) 984-985.
- (5) EICO Measurements of Inner-Core Excited Mixed Rare-Gas Clusters: Direct Observation of Charge Transfer, K. Nagaya, H. Iwayama, H. Murakami, Y. Ohmasa, M. Yao, Eur. Phys. J., accepted.
- (6) Electron-Ion-Coincidence spectra for deep inner-shell excited rare-gas clusters, H. Murakami, H. Iwayama, K. Nagaya, Y. Ohmasa, M. Yao, Eur. Phys. J., accepted.
- (7) Transient Wetting of Liquid Thallium-Selenium Mixtures on a Silica Substrate, Y. Ohmasa, S. Takahashi, K. Fujii, Y. Nishikawa and M. Yao, J. Phys. Soc. Jpn. 75 (2006) 084605-1-5
- (8) Critical point dewetting observed in the liquid Se-Tl system on a quartz substrate, Y. Ohmasa, S. Takahashi, K. Fujii, Y. Nishikawa and M. Yao, J. Phys.: Condens. Matter, 18 (2006) 8449-8469.

- (9) Phase behavior of water confined in Vycor glass at high temperature and pressures,
Y. Hiejima and M. Yao, J. Phys.: Condens. Matter **16** (2004) 7903-7908.
- (10) Sound Velocity and Attenuation in the Semiconductor-Metal Transition Region of
Fluid Selenium, H. Kajikawa, S. Takahashi, M. Iwakoshi, T. Hoshino
and M. Yao, J. Phys. Soc. Jpn. **76** (2007) 14604-1-11.
- (11) Origin of the Exceptional Behaviors of Lower Alcohols in the Supercooled Liquid
State, Y. Hiejima and M. Yao,
AIP Conf. Proc. "*Slow Dynamics in Complex Systems*" **708** (2004) 687-688.
- (12) 未踏科学研究会 ナノ粒子研究会 第37回講演会資料
ナノ構造体の非接触電気伝導測定 八尾 誠

4. 参考資料

ナノ学会第4回大会プログラム (京都大学百周年記念ホール) 2006年5月19日-21日

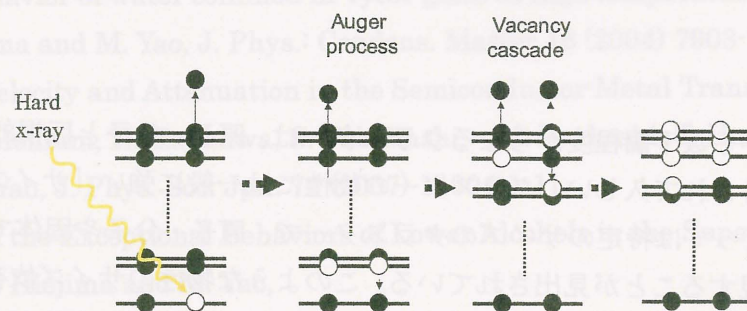
研究の概要

原子数が数個から数千個程度からなる**クラスター**は、原子・分子と巨視的な固体との中間相として注目されて久しい。クラスターの物性には一般に強い「サイズ依存性」がみられ、物質によっては特定のサイズのクラスターで、原子・分子や固体で見られない特異な性質を発現することが見出されている。このような物性のサイズ依存性が、今日のナノテクノロジーにおける新規物質開発の基礎となっている事は周知の通りである。一方で1つのクラスターに着目した場合、同一元素から構成されるクラスター中においても、表面や中心といった「サイト」の異なる原子が存在し、原子スケールで見たそれぞれの性質が異なると考えられる。特にクラスターで大多数を占める表面原子は、その割合が大きいのみでなく、大きな曲率を持つ表面であるために固体表面とも異なった特異な性質を持つことが期待される。近年、実験技術の向上などによってこうしたクラスターにおける物性の「サイト依存性」が観測可能となっており、いわば原子スケールの物性測定が可能となりつつある。

我々はクラスターの「サイト依存性」を研究する上で、波長が原子サイズ以下となる短波長の高エネルギーX線（硬X線）が有効であると考え、世界に先駆けて硬X線を用いて自由クラスターのX線吸収分光の実験を行ってきた。その中で重要な知見として、X線吸収後に得られるイオンの分布が、クラスター内でのX線吸収原子の「サイト」によって異なることや、クラスター中における電荷ダイナミクスを反映している事を強く示唆する結果等が得られた。本研究ではこうした知見をふまえて、**硬X線を利用したクラスターの物性測装置の開発、特に電極を用いない「非接触法」による電気伝導特性測定の原理と測定装置を考案し、典型的なクラスターおよび単一分子での計測を行った。**

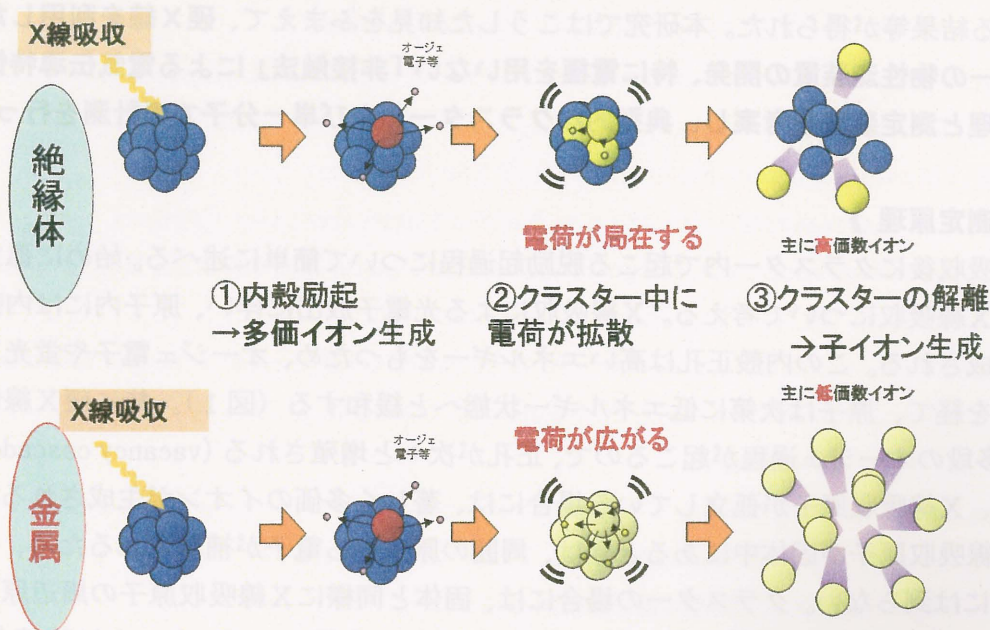
《 1. 測定原理 》

X線吸収後にクラスター内で起こる脱励起過程について簡単に述べる。始めに孤立原子でのX線吸収について考える。X線吸収による光電子放出に伴い、原子内には内殻正孔が形成される。この内殻正孔は高いエネルギーをもつため、オージェ電子や蛍光X線の放出を経て、原子は次第に低エネルギー状態へと緩和する（図1）。特に硬X線領域では、多段のオージェ過程が起こるので、正孔が次々と増殖される（vacancy cascade）。よって、X線吸収原子が孤立している場合には、著しく多価のイオンが生成される。一方、X線吸収原子が固体中にあるときは、周囲の原子から電子が補填されるため、多価イオンには到らない。クラスターの場合には、固体と同様にX線吸収原子の周辺原子から電子が補填されるが、孤立系であるために生成した電荷はクラスター中に蓄積され、最終的には電荷間に働くクーロン斥力による解離（クーロン爆発）を起こす。この時、クラスターの性質に応じてクーロン爆発の様相が異なると考えられる（図2）。即ち、



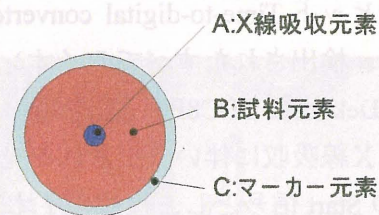
〔図1〕 内殻励起した原子におけるオージェ過程と多価イオン生成

クラスターが絶縁体である場合は、X線吸収原子上で生じた電荷が局在するためクーロン爆発によって生成する解離子イオンは大きな運動エネルギーを持つ（図2の上図）のに対して、クラスターが金属的である場合は、電荷がクラスター全体に速やかに広がるため、解離子イオンの運動エネルギーは小さくなる（図2の下図）と予想される。また、この時に生成する解離子イオンの質量電荷比もクラスターの金属性に応じて異なると予想される。このような傾向はこれまでの我々の実験からも確かめられている。以上の考察から、X線吸収後に生じる多数のイオンの運動エネルギーや質量電荷比を精度よく測定することで、クラスターの電気伝導特性を評価できると考えられる。これがクラスターの電気伝導特性の測定原理である。



〔図2〕 絶縁体、金属クラスターのクーロン爆発の違い

更に我々はクラスターの電気伝導度測定を簡便かつ精度よく行うために、これに適したクラスターの構造についても考察した。我々が測定に用いる硬X線領域では、X線エネルギーを目的とする元素の吸収端近傍で変化させることで、特定の元素で選択的にX線吸収を起こすことが出来る。この特徴を最大限に利用するために、図3に示すような3層構造からなるコア-シェル型合金クラスターを作製することを着想した。即ち、中心のX線吸収原子Aと最外層のマーカ元素Cの間に測定対象となる元素Bからなるクラスターを作製する。X線吸収に伴ってA原子で生成された電荷は、B原子層が十分金属的であればC原子層まで到達し、C原子がイオンとして検出される。一方、B原子層の絶縁性が高くなると、電荷がC原子層まで到達せずにクーロン爆発を起こすためにC原子イオンは観測されない。B原子層の厚みを変化させて測定を行うことで、B原子層の伝導度を精度よく見積もることが可能となる。言うまでもなく、先に述べたイオンの運動エネルギー計測をあわせて行うことで測定精度が向上する。



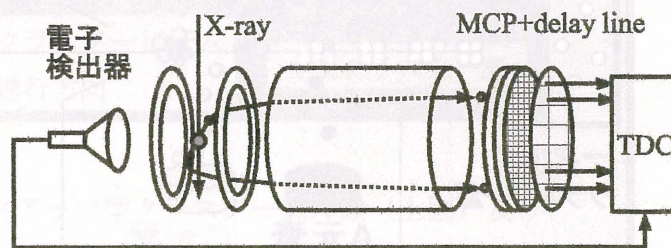
〔図3〕 コア-シェル型合金
クラスター

《 2. 実験装置の概略 》

以上述べた原理に基づいた電気伝導測定と、これに適した構造のクラスター作製を行うために、本研究では主に運動量イメージング計測装置及び逐次ピックアップ法を用いたクラスター作製装置の開発を行った。開発したクラスター作製・計測装置では更に、電子状態の情報を得るための円筒鏡型の電子分光装置（CMA）を備えている。以下で装置の概略を述べる。

《 2. 1. 運動量イメージング装置 》

運動量イメージング装置には、X線照射によって生成するすべてのイオンの質量電荷比と運動量を計測可能な、多重同期計測システム（図4）を製作した。具体的には、飛行時間型質量分析器のイオン検出器として、Multi-channel plate (MCP)とディレイライン・アノード（RoentDek 社製 DLD040 型）を組み合わせ、イオンの飛行時間と MCP 上でイオンが検出される位置を同時に決定する。ディレイライン・アノードからの出力を、

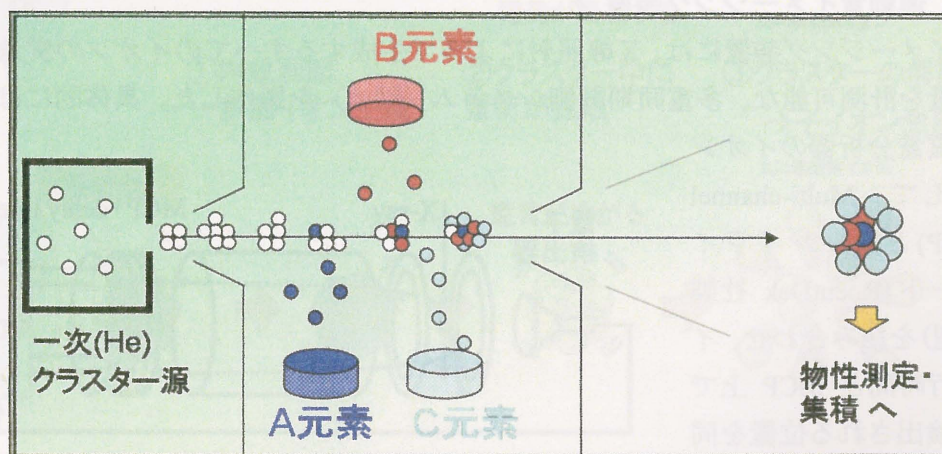


〔図4〕 運動量イメージング計測装置 模式図

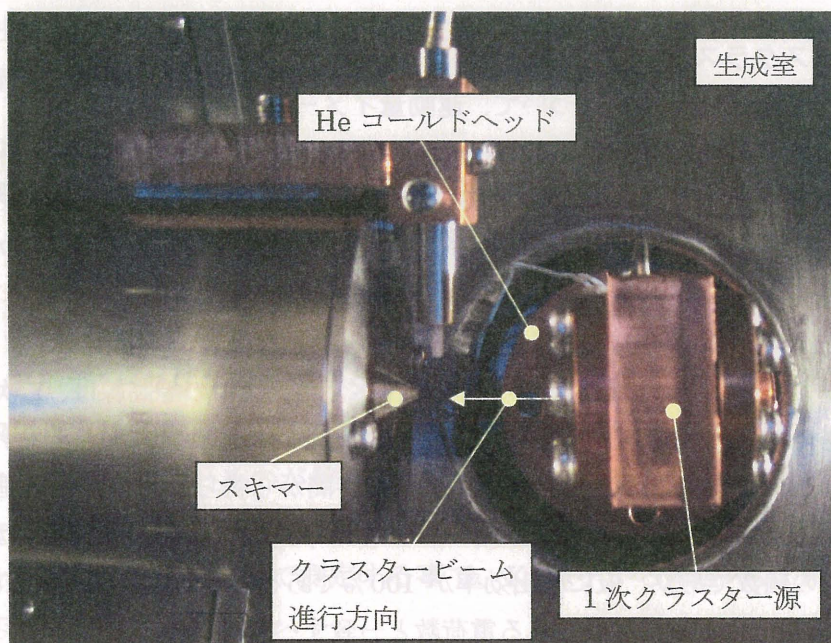
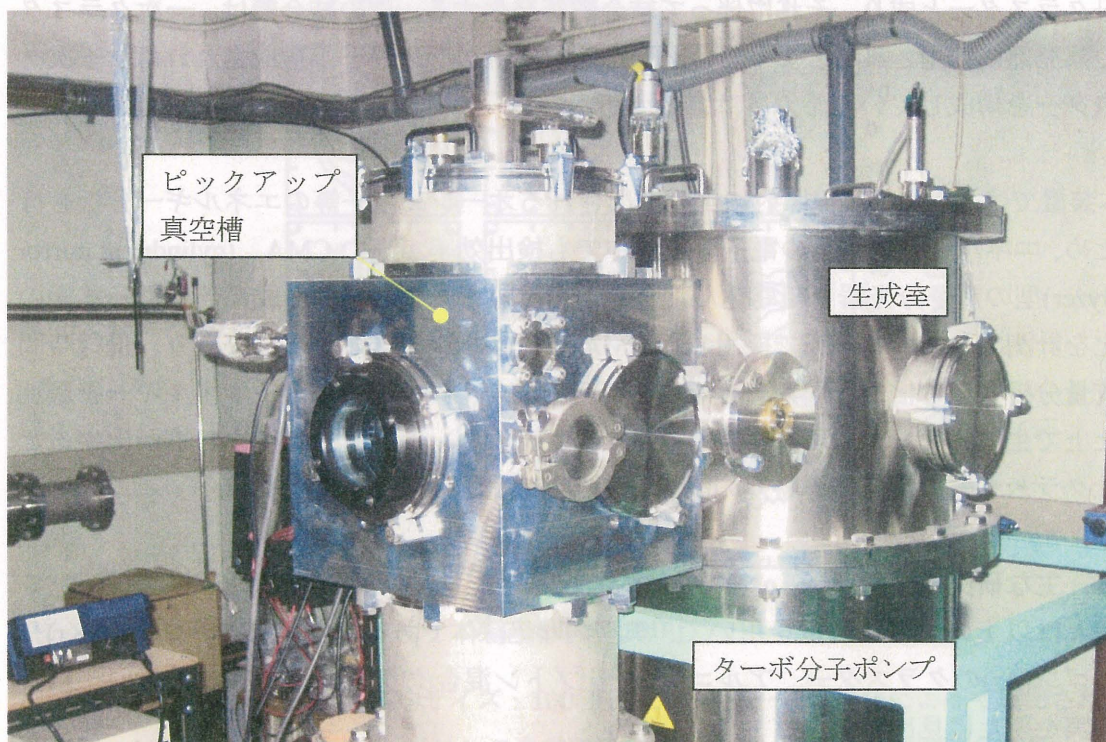
マルチヒット Time-to-digital converter (TDC)に入力して、イオンの飛行時間を測定することで、検出されたすべてのイオンの質量電荷比を決定する。専用の TDC モジュール (RoentDek 社製 TDC8PCI 型)を用いることで高効率なデータ収集を実現している。測定時は、X線吸収に伴い放出される光電子を、電子増倍管(channeltron)によって検出して TDC の Start 信号とし、複数のイオン検出による MCP の信号を Stop 信号とする。これにより、光電子-n-光イオン同期 (PE-n-PICO)計測を行う。クラスターはイオン化領域でX線を照射され、電子とイオンを放出する。電子の飛行時間は、イオンの飛行時間に比べて十分小さいため、PE-n-PICO 計測からは生成したイオンの質量電荷比が得られる。更に、イオンが MCP に到達した時の位置を正確に測定し、PE-n-PICO 測定で得られる飛行時間の情報と合わせることで、イオンの持つ運動量が計測可能である。また、同一イベント中に検出されるイオン間の相関から、多価イオンクラスターのクーロン爆発時における相関や解離の反応経路についても定量的に見積もることが可能である。

《 2. 2. 逐次ピックアップ型クラスター生成装置 》

次に開発した逐次ピックアップ型クラスター生成装置について述べる。図5に模式図、図6に開発した装置の外観図を示す。本装置では、(1)まず超音速ジェット法で、ヘリウム(He)やアルゴン(Ar)など希ガスの大きなクラスター(以後、一次クラスターと呼ぶ)を生成する。(2)次に、実験試料として用いるクラスター(以後、試料クラスターと呼ぶ)を作製するために、上述の一次クラスターを用いて、試料クラスターの原材料である単体元素または化合物をピックアップする。図3のように、X線を吸収する元素を試料クラスターの中心に付着させたいときは、まず、X線吸収元素Aの蒸気中を通過させ、次いで試料クラスターの母体元素B(または化合物)の蒸気に接触させる。最後にマーカ元素Cの蒸気中を通過させることで三層構造クラスターとなる。本装置では、マグネトロン・スパッタにより試料を強制蒸発ことで、金属など高沸点材料のクラスター



〔図5〕 逐次ピックアップ型クラスター源 模式図



〔図6〕 逐次ピックアップ型クラスター源外観（上図）及び
一次クラスター源（下図）

一も生成可能である。(3)ピック・アップされた試料は、一次クラスター内で凝集して試料クラスターと成り、それに伴って結合熱が発生する。この結合熱は、一次クラスターの蒸発熱に転用される。よって、十分大きな試料クラスターが形成されれば、一次クラスターを構成していた希ガスは霧散する。

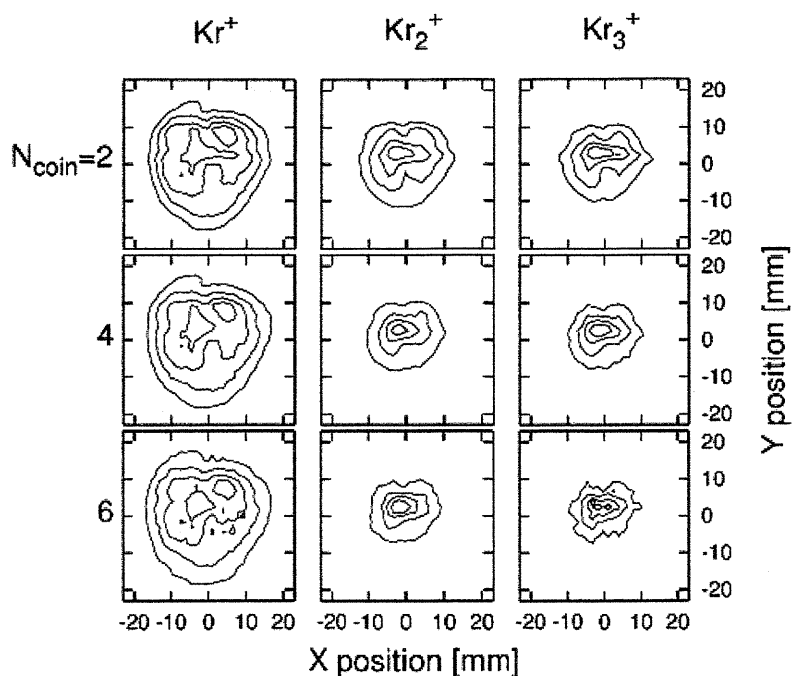
本装置ではさらに、X線照射に伴い放出されるオージェ電子等のエネルギー分析を行うため、エネルギー選別型の電子分光器中でも検出効率が高いCMA (cylindrical mirror analyzer)型の電子分光器を組み込んだ。これを用いてクラスター形成に伴う電子状態の変化を計測できる。本研究で採用したCMA装置はパルス計測が可能であり、飛行時間型質量分析器空の信号と同期をとることが可能である。オージェ電子エネルギーを選別した上で生成イオンとの同期を取ることで、多価イオンの電荷を制御する事が出来るため、クラスターの電気伝導特性の詳細な測定が可能となると期待される。

《 3. 主な研究成果 》

我々は以上のような装置を用いて、典型的な絶縁体である希ガスのクリプトン(Kr)やアルゴン(Ar)のクラスター、アルゴン-クリプトン混合クラスターで実験を行い、以下の事実を新たに見出した。

《 3. 1. 希ガスクラスター 》

まず、希ガスのKrクラスターについて、運動量イメージング計測を行った。多重同期計測から得られた飛行時間スペクトルからは、X線吸収後にKrクラスターが起こすクーロン爆発から得られるイオンがほぼ全て一価のイオンであることが明らかとなった。すなわち、Krクラスター中のX線吸収原子で生成した多数の空孔が、周囲の原子に移動している事を示している。また、これら1価イオンのピーク巾は広く、大きな運動エネルギーを持ったイオンが生成していることが明らかとなった。実際にKrクラスターの運動量イメージングから得られたデータを図7に示す。図中の等高線は、二次元検出器上の検出頻度のイメージを図示している。検出されたイオンの運動量が大きくなれば、周辺への広がりが増大する。この2次元情報に、飛行時間から得られる検出器に垂直な方向の運動量情報を加えて、3次元の運動量イメージングが完成する。図中の N_{coin} は、同時計数されたイオンの個数であり、仮に検出効率が100%である場合には(注:実際には35%程度)、オージェ過程によって生成される電荷数と一致すべき量である。図7において1価のmonomerの運動量分布が、 N_{coin} と共に広がるのは、定性的には、電荷数の増大に伴うクーロン爆発エネルギーの増加に起因すると解釈することができる。また、実験データからmonomerの運動エネルギーは6 eV程度と見積もられた。これに対して、dimerやtrimerでは、 N_{coin} の増加に伴い、明らかに運動量が減少している。この予想外の結果は、dimerやtrimerがクラスター中心部で生成されるため、爆発前に周囲のイオンから受けるクーロ



[図6] Kr クラスタ (平均サイズ: 100 原子) からクーロン爆発によって放出される monomer, dimer, trimer イオンの多重運動量イメージング同期計数測定の結果。二次元検出器上のイメージを等高線で図示しており、運動量が大きくなれば、周辺への広がりが顕著になる。 N_{coin} は、同時計測されたイオンの個数である。

ン力が、対称性のために、部分的にキャンセルされたと考えれば説明がつく。この解釈は、従来我々が行ってきた PEPICO 測定の結果から独立に導いた、脱励起過程のサイト依存性と正に符合するものであった。

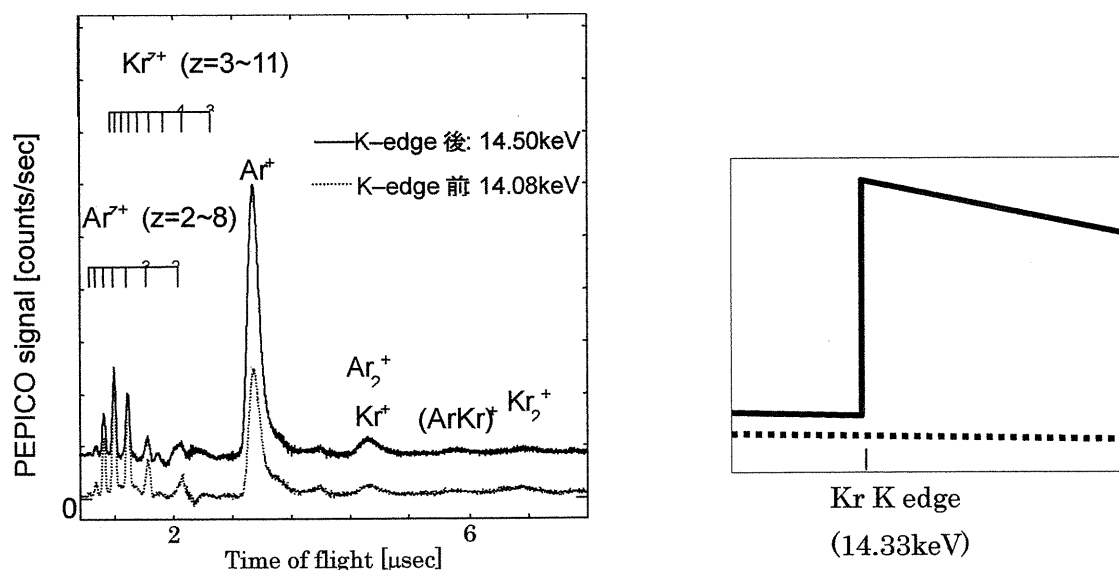
《3. 2. アルゴン・クリプトン混合クラスター》

X線吸収に伴う電子拡散の様相をさらに詳しく調べるためには、図3に示したような三層構造クラスターを用いるのが最適であるが、我々はその前段階として、1個の Kr 原子を含むアルゴン・クラスター (平均サイズ: 100 原子) を作製し、その PEPICO スペクトルを Kr の K 吸収端前後で測定する事で、Kr 原子から周辺の Ar 原子への電荷移動を測定することを試みた。

図7に示すように、吸収端前後の PEPICO スペクトルは著しく異なっている。特に注目すべきことは、Kr 原子によるX線吸収の著しい増大が、Ar イオンの収量の急増をもたらしていることである。この結果は、Kr 原子から周辺の Ar 原子への電荷拡散を如実に反映している。このように、吸収端前後で測定を行ない、その差スペクトルを得ることにより、特定原子内にピンポイントで電荷を生成する際の脱励起過程を抽出すること

ができる。Kr 吸収のみによる PEPICO スペクトルの寄与を取り出し、そのピーク中からクラスター中の電荷間距離を見積もったところ、希ガスクラスターにおける電荷間距離は最大でも第2近接原子程度であった。この値はこれまでに、希ガスクラスターの PEPICO スペクトルのサイズ依存性から推定された値とも符合している。またサイズが大きなクラスターでの電荷間距離は、クラスターの直径よりも十分小さい事が得られており、絶縁体である希ガスクラスターでの電荷局在を反映していると考えられる。

さらに、このような実験で仮に Ar 原子同士が区別できる、あるいは図3に示したように Ar 原子の一部が別の元素に置換できるならば、クーロン爆発の様相から、電荷がどこまで拡散したのかについて、より定量的な見積もりが可能になると期待される。

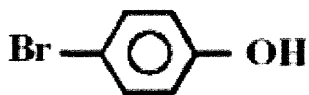


〔図7〕1個のKr原子を含むArクラスターのPEPICOスペクトル。測定はKrのK吸収端前後で行なった。右図は、KrのK吸収端近傍での、Kr（実線）およびAr（点線）のX線吸収係数の模式図。

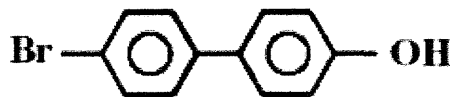
《4. 単一分子への展開》

上に述べた手法は原理的にクラスターに限らず、単一分子への適用も可能である。本研究では分子ビーム生成装置を用い、分子ワイヤとして応用が期待される π 共役電子を有する有機分子、特にビフェニル系化合物のベンゼン環1個を有する4-bromo-phenyl (図8a)と2個連結している4-bromo-4-hydroxybiphenyl (図8b)について、臭素原子がX線を吸収した際の、電荷移動の様相を実験的に調べた。その結果、いずれの分子についてもクーロン爆発後のフラグメントとして、1価の水酸イオン OH^+ が得られた(図9参照)。これは、いずれの分子においても、臭素から酸素へ電荷移動したことを裏付

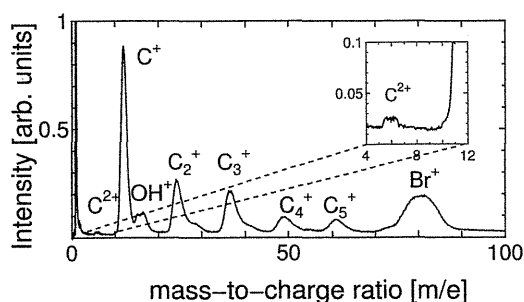
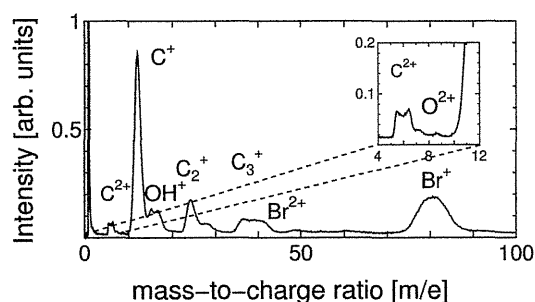
けるものである。しかし、2価の酸素イオン O_2^+ については、4-bromo-phenyl では検出されたが、4-bromo-4-hydroxybiphenyl では検出されなかった（図9挿入図参照）。これらの結果から、ベンゼン環の数の増大に伴って、電荷（正孔）の透過特性、即ち分子内伝導特性が変化していることが示唆される。



〔図8a〕 ブロモフェニールの構造式



〔図8b〕 ブロモビフェニールの構造式



〔図9〕 X線吸収後のフラグメントの質量スペクトル。左がブロモフェニール、右がブロモビフェニール

以上に述べた主たる実験結果から、本研究で開発を行った非接触式の電気伝導特性計測手法を用いて、クラスター中における電荷広がりを実験的に決める事が出来ると考えられる。更に試料に単一分子を用いた実験から、本手法がクラスターにとどまらず、単一分子中の電気伝導特性評価にも適用できる事が示された。本手法がナノ物質の電気伝導特性を評価するための新しい一般的な手法となると期待される。

平成19年3月

八尾 誠

研究発表リスト

学会誌等に発表した論文／著書

A. 論文

1. Dynamic structure of liquid Se, Te and Se-Te mixtures by neutron scattering measurements, A. Chiba, M. Yao, Y. Ohmasa, J. Taylor and S.M. Bennington, AIP Conf. Proc. *"Slow Dynamics in Complex Systems"* 708 (2004) 436-437.
2. Slow dynamics induced by the metal-nonmetal transition in liquids, H. Kajikawa, M. Yao, H. Kohno and K. Kobayashi, AIP Conf. Proc. *"Slow Dynamics in Complex Systems"* 708 (2004) 438-439.
3. Origin of the Exceptional Behaviors of Lower Alcohols in the Supercooled Liquid State, Y. Hiejima and M. Yao, AIP Conf. Proc. *"Slow Dynamics in Complex Systems"* 708 (2004) 687-688.
4. X-ray absorption and de-excitation processes of krypton clusters studied by the XAFS-PEPICO synchronous measurements, K. Nagaya, A. Mori, H. Murakami, M. Yao, Y. Ohmasa, H. Kajikawa, K. Kobayashi, Y. Kajihara, A. Chiba, Y. Nishikawa, M. Ishii, Y. Fujii and E. Hayata, Physica Scripta T115 (2005) 984-985.
5. Phase behavior of water confined in Vycor glass at high temperature and pressures, Y. Hiejima and M. Yao, J. Phys.: Condens. Matter 16 (2004) 7903-7908.
6. Optic-type Vibrational Modes of Liquid Chalcogens, A. Chiba, Y. Ohmasa, M. Yao and S.M. Bennington, J. Neutron Research, 12 (2004) 301-304.
7. Dielectric Properties of Lower Alcohols: from Vapor to Glass, M. Yao and Y. Hiejima, *"Water, Steam, and Aqueous Solutions for Electric Power"* (2005) 148-153.
8. Apparatus for Dielectric Relaxation Measurements under High Pressure and Temperature, Y. Hiejima and M. Yao, *"Water, Steam, and Aqueous Solutions for Electric Power"* (2005) 424-428.
9. Dynamic Structure of Liquid Chalcogens in the Semiconductor-to-Metal Transition Range, A. Chiba, M. Yao, Y. Ohmasa, Y. Hiejima, Y. Kawakita and S.M. Bennington, J. Neutron Research, 13 (2005) 149-152.
10. Critical point dewetting observed in the liquid Se-Tl system on a quartz substrate, Y. Ohmasa, S. Takahashi, K. Fujii, Y. Nishikawa and M. Yao, J. Phys.: Condens. Matter, 18 (2006) 8449-8469.

11. Inter- and intra-molecular dynamics in liquid Se_2Br_2 ,
Y. Kawakita, A. Chiba, Y. Yokota, M. Yao, K. Shibata, Y. Ohmasa, S. Takeda
Physica B (2006) 256-258.
12. Transient Wetting of Liquid Thallium-Selenium Mixtures on a Silica Substrate,
Y. Ohmasa, S. Takahashi, K. Fujii, Y. Nishikawa and M. Yao,
J. Phys. Soc. Jpn. **75** (2006) 084605-1-5
13. Electron-Ion-Coincidence Spectra for K-Shell Excited Free Krypton Clusters,
K. Nagaya, M. Yao, H. Murakami, A. Mori, Y. Ohmasa and H. Kajikawa,
J. Phys. Soc. Jpn. **75** (2006) 11480-1-5.
14. Sound Velocity and Attenuation in the Semiconductor-Metal Transition Region of
Fluid Selenium, H. Kajikawa, S. Takahashi, M. Iwakoshi, T. Hoshino and M. Yao,
J. Phys. Soc. Jpn. **76** (2007) 14604-1-11.
15. Coulomb Explosion of K-Shell Ionized Krypton Clusters Studied by Multiple-Ion
Coincidence Momentum Imaging, H. Iwayama, K. Nagaya, H. Murakami,
Y. Ohmasa and M. Yao, *J. Chem. Phys.* **126** (2007) 024305-1-8.
16. Electron-Ion-Coincidence Spectra for K-Shell Excited Ne, Ar and Kr Clusters,
H. Murakami, K. Nagaya, Y. Ohmasa, H. Iwayama and M. Yao,
J. Chem. Phys. **126** (2007) 054306-1-7.
17. Electron-Ion-Coincidence spectra for deep inner-shell excited rare-gas clusters,
H. Murakami, H. Iwayama, K. Nagaya, Y. Ohmasa and M. Yao, (ISSPIC13)
(accepted).
18. EICO Measurement of Inner-Core Excited Mixed Rare-Gas Clusters
—Direct Observation of Charge Transfer—, K. Nagaya, H. Murakami,
H. Iwayama, Y. Ohmasa and M. Yao, (ISSPIC13) (accepted).
19. A precursor of liquid-liquid coexistence in the Metal-Nonmetal transition range of
fluid mercury, K. Kobayashi, H. Kajikawa, Y. Hiejima, T. Hoshino and M. Yao,
J. Non-Cryst. Solids. (accepted)
20. Precise sound velocity measurements of liquid Se-Te alloys,
H. Kajikawa, K. Kobayashi, Y. Hiejima, T. Hoshino and M. Yao,
J. Non-Cryst. Solids. (accepted)
21. Equilibrium and non-equilibrium wetting phenomena of liquid Se-Tl system
on a quartz substrate, M. Ohmasa, Y. Nishikawa and M. Yao,
J. Non-Cryst. Solids. (to be published)
22. Dynamics of mercury wetting film near the prewetting critical point,
Y. Ohmasa, T. Hoshino, H. Kajikawa, K. Kobayashi and M. Yao,
J. Non-Cryst. Solids. (to be published)

B. 解説など

23. 21世紀の物理学、

八尾 誠、日本中性子科学会誌「波紋」(2004)、特集 *J-PARC* への夢.

24. The Middle Way, 八尾 誠、ナノ学会会報、4巻2号 (2006) 1-2.

25. ナノ構造体の非接触電気伝導測定、

八尾 誠、ナノ粒子研究会 第37回講演会資料 (2006)

学会等での口頭／ポスター発表

A. 国際会議等

1. 第12回液体およびアモルファス金属国際会議 2004年7月 Metz (フランス)

Precise sound velocity measurement for liquid Se₅₀Te₅₀ under high pressure,
Hiroaki KAJIKAWA, Keisuke KOBAYASHI, Yusuke HIEJIMA, Taiki HOSHINO, and
Makoto YAO

2. 同上

Evidence for a liquid-liquid phase transition in fluid mercury,
Keisuke KOBAYASHI, Hiroaki KAJIKAWA, Yusuke HIEJIMA, Taiki HOSHINO and
Makoto YAO

3. 同上

Dynamics of Mercury Wetting Film near the Prewetting Critical Point,
Yoshinori OHMASA, Taiki HOSHINO, Hiroaki KAJIKAWA, Keisuke KOBAYASHI,
Masaki IWAKOSHI and Makoto YAO

4. 同上

Equilibrium and Non-Equilibrium Wetting Phenomena of Liquid Se-Tl System on
Quartz Substrate,
Yoshinori OHMASA, Yota NISHIKAWA and Makoto YAO

5. XII INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON SMALL PARTICLES AND INORGANIC CLUSTERS

2004年9月 (中国、南京)

Site-dependent de-excitation of inner-core excited krypton clusters,
K. Nagaya, H. Murakami, A. Mori, Y. Ohmasa, H. Kajikawa, M. Yao

6. Kyoto Workshop on Chaos and Complexity

「ミクロ物理とマクロ物理の懸け橋」招待講演

八尾 誠

7. ICAM annual meeting 2005 年 11 月、Santa Fe (アメリカ)
Report on ICAM Kyoto Branch,
八尾 誠
8. International Symposium on Small Particles and Inorganic Clusters,
2006 年, 7 月 Goeteborg (スウェーデン)
EICO Measurements of Inner-Core Excited Mixed Rare-Gas Clusters
-Direct Observation of Charge Transfer,
K. Nagaya, H. Murakami, H. Iwayama, Y. Ohmasa, M. Yao
9. 同上
Electron-Ion-Coincidence spectra for deep inner-shell excited
rare-gas clusters,
H. Murakami, H. Iwayama, K. Nagaya, Y. Ohmasa and M. Yao
10. 国際研究集会 ソフトマターの物理学ー
Beyond Self-Organization and Hierarchical Structures,
京都大学基礎物理学研究所、2006 年 7 月
Critical Point Dewetting: the role of the gravity and the long-range force,
Y Ohmasa, S Takahashi, K Fujii, Y Nishikawa and M Yao

B. 国内の学会等

- a. 日本物理学会 (九州大学箱崎キャンパス) 2004 年 3 月
 1. 内殻励起したクリプトン・クラスターの脱励起過程におけるサイト依存性
永谷清信、村上仁、森新、大政義典、梶川宏明、小林圭介、八尾誠
 2. 水銀/サファイア界面上における濡れ層の動的構造 II
星野大樹、大政義典、梶川宏明、小林圭介、八尾誠
 3. 液体 Se-Tl 混合系における平衡及び非平衡濡れ現象 I
西川洋太、大政義典、井口学、加藤智成、佐藤祐介、八尾誠
 4. 液体 Se-Tl 混合系における平衡及び非平衡濡れ現象 II
大政義典、西川洋太、八尾誠
- b. 日本物理学会 (青森大学) 2004 年 9 月
 1. 内殻励起したクリプトン・クラスターの脱励起過程におけるサイト依存性 II
永谷清信、村上仁、西守裕也、石野光昭、梶川宏明、大政義典、八尾誠
 2. 高温高圧下における液体 Se の音速、音波吸収測定
梶川宏明、岩越雅樹、星野大樹、八尾誠

3. PEPICO 測定を用いた希ガス混合クラスターのX線吸収及び脱励起過程の研究
村上仁、西守祐也、石野光昭、永谷清信、大政義典、梶川宏明、八尾誠
 4. 水銀/サファイア界面上における濡れ層の動的構造 III
京大院理 星野大樹、大政義典、梶川宏明、岩越雅樹、八尾誠
- c. 日本物理学会（東京理科大学）2005 年 3 月
1. 高温高圧下における液体 Se の音速、音波吸収測定 II
梶川宏明、岩越雅樹、星野大樹、八尾誠
 2. PEPICO 測定を用いた希ガス混合クラスターのX線吸収及び脱励起過程の研究 II
村上仁、西守祐也、石野光昭、梶川宏明、永谷清信、大政義典、八尾誠
 3. 半導体-金属転移近傍の液体カルコゲン系における中性子小角散乱
大政義典、梶川宏明、星野大樹、八尾誠、大友季哉
- d. 日本物理学会秋季大会（同志社大学田辺キャンパス）2005 年 9 月
1. 領域 6 シンポジウム 不規則凝縮系研究の最前線
「電荷局在性を利用したナノ・クラスターの相分離挙動の研究」招待講演
永谷清信
 2. 水銀/サファイア界面における濡れ層の動的構造 IV
星野大樹、大政義典、梶川宏明、岩越雅樹、八尾誠
 3. 偏光解析法による液体 Se-Tl 混合系の電子状態の研究
藤井健輔、高橋震、大政義典、八尾誠
 4. 石英基板における液体 Se-Tl 混合系の濡れ現象
高橋震、藤井健輔、大政義典、八尾誠
 5. 石英基板における液体 Se-Tl 混合系の濡れ現象 II
大政義典、高橋震、藤井健輔、八尾誠
 6. 相分離傾向の異なる希ガス混合クラスターのX線吸収分光
村上仁、西森裕也、永谷清信、大政義典、梶川宏明、石野光昭、八尾誠
 7. 金属-非金属転移領域における流体水銀の音速異常
岩越雅樹、梶川宏明、八尾誠
- e. 日本物理学会（愛媛大・松山大）2006 年 3 月
1. 半導体-金属転移近傍の液体カルコゲン系における中性子小角散乱 II
大政義典、藤井健輔、星野大樹、八尾誠、大友季哉
 2. クリプトン K 吸収端近傍における多価イオン分岐比のエネルギー依存性
永谷清信、村上仁、岩山洋士、西森裕也、梶川宏明、大政義典、八尾誠

3. 高温高圧下における液体 Se の音速、音波吸収測定Ⅲ
梶川宏明、高橋震、岩越雅樹、星野大樹、八尾誠
 4. 金属-非金属転移領域における流体水銀の音速異常Ⅱ
梶川宏明、高橋震、岩越雅樹、星野大樹、八尾誠
 5. 水銀/サファイア界面における前駆濡れ転移線近傍での相転移ダイナミクス
星野大樹、大政義典、梶川宏明、岩越雅樹、高橋震、八尾誠
 6. 内殻励起した希ガス (Ne, Ar, Kr) クラスターの脱励起過程の元素依存性
村上仁、西守裕也、岩山洋士、永谷清信、大政義典、梶川宏明、石野光昭、八尾誠
 7. 内殻励起した Kr クラスターから生成した解離子イオンの多重同時計測
岩山洋士、村上仁、西守裕也、永谷清信、大政義典、大政義典、石野光昭、八尾誠
- f. 日本物理学会 (千葉大学西千葉キャンパス) 2006 年 9 月
1. Kr K 吸収端近傍における ArKr クラスターの X 線吸収分光
永谷清信、村上仁、岩山洋士、大政義典、八尾誠
 2. 運動量イメージング法を用いた希ガス・クラスターのクーロン爆発の研究
岩山洋士、永谷清信、村上仁、鈴木一博、大政義典、八尾誠
 3. 多重同期計測による二成分希ガス混合クラスターの脱励起過程の研究
村上仁、岩山洋士、永谷清信、鈴木一博、大政義典、片山拓也、八尾誠
 4. 液体 Se-Tl 混合系の電子状態の研究
藤井健輔、大政義典、片山拓也、牧野航、八尾誠
 5. 半導体-金属転移領域における液体 Se の音速、音波吸収測定
高橋震、梶川宏明(産総研)、星野大樹、八尾誠
- g. 日本物理学会 (鹿児島大学郡元キャンパス) 2007 年 3 月
1. 多粒子の運動量相関を用いた希ガスクラスターのクーロン爆発の研究
村上仁、岩山洋士、永谷清信、鈴木一博、大政義典、片山拓也、八尾誠
 2. 内殻励起された臭化ベンゼンの解離ダイナミクスの研究
岩山洋士、永谷清信、村上仁、鈴木一博、大政義典、八尾誠
 3. 臨界点近傍における水銀/サファイア界面のダイナミクス
星野大樹、大政義典、高橋震、牧野航、八尾誠
 4. 液体 Se-Tl 混合系の相分離領域における p-n 接合
藤井健輔、片山拓也、大政義典、八尾誠
- h. ナノ学会 第2回大会 (東京 一橋記念講堂および学士会館本館) 2004 年 5 月
クリプトン・クラスターにおける電荷移動のサイト依存性 (ポスター)
永谷清信、村上仁、森新、大政義典、梶川宏明、八尾誠

- i. ナノ学会 第3回大会（仙台市民ホール）2005年5月
1. クラスタ研究における硬X線吸収分光の役割（招待講演）
八尾 誠、
 2. クリプトン・クラスターにおける電荷移動のサイト依存性 II（ポスター）
永谷清信、村上仁、大政義典、梶川宏明、八尾誠
 3. X線吸収分光による希ガス混合クラスターの相分離特性の研究（ポスター）
村上仁、永谷清信、西守裕也、大政義典、梶川宏明、石野光明、八尾誠
- j. ナノ学会 第4回大会（京都大学百周年記念ホール）2006年5月
1. ナノ教育の基礎としての不規則系物理学（ポスター）
八尾 誠
 2. ナノ物質の電気伝導特性の非接触測定法の提案（ポスター）
永谷清信、八尾誠、岩山洋士、村上仁
 3. 運動量イメージング法を用いた自由クラスターのクーロン爆発の研究（ポスター）
岩山洋士、永谷清信、村上仁、西守裕也、石野光昭、大政義典、梶川宏明、八尾誠
 4. 内殻励起後の自由クラスターの解離ダイナミクスにおけるサイズ依存性及び元素依存性（ポスター）
村上仁、永谷清信、岩山洋士、西守裕也、大政義典、梶川宏明、石野光昭、八尾誠
 5. 石英基板上での液体 Se-Tl 系の critical point dewetting 現象（ポスター）
大政義典、藤井健輔、高橋震、西川洋太、八尾誠
 6. 水銀/サファイア界面における濡れ層の動的構造（ポスター）
星野大樹、大政義典、梶川宏明、岩越雅俊、高橋震、八尾誠
 7. 偏光解析法による液体 Se-Tl 混合系の電子状態の研究（ポスター）
藤井健輔、高橋震、大政義典、八尾誠
 8. 液体カルコゲン系の半導体—金属転移領域におけるダイナミクス（ポスター）
高橋震、梶川宏明、岩越雅樹、星野大樹、八尾誠
- k. 第19回放射光学会年会（愛知県 名古屋大学）2006年1月
- 硬X線により内殻励起したクリプトン・クラスターの脱励起とそのサイト依存性
永谷清信、村上仁、西守祐也、大政義典、梶川宏明、岩山洋士、八尾誠
- l. 第20回放射光学会年会（広島県 広島国際会議場）2007年1月
1. 硬X線により内殻励起したクラスターの多重同期計測による解離ダイナミクスの研究
村上仁、岩山洋士、永谷清信、大政義典、鈴木一博、八尾誠

2. Kr K 吸収端における自由 ArnKrm クラスターの電子-イオン同期計測と X 線吸収分光
永谷清信、村上仁、岩山洋士、大政義典、八尾誠
- m. 第 7 回 XAFS 討論会 (京都大学吉田キャンパス 京都大学百周年時計台記念館) 2004 年
内殻励起した自由クラスターにおけるサイト依存脱励起過程と電荷移動
永谷清信、村上仁、石野光昭、西守裕也、梶川宏明、大政義典、八尾誠
- n. 21C0E シンポジウム「光と物理学」 2006 年 2 月 (ポスター)
第 3 世代放射光を用いた、自由クラスターの研究
村上仁、西守裕也、岩山洋士、永谷清信、大政義典、梶川宏明、石野光昭、八尾誠
- o. SPring8 研究会 兵庫県 SPring8 2007 年 2 月
硬 X 線を用いた希ガスクラスターの内殻励起分光の研究 (招待講演)
永谷清信
- p. 未踏科学技術協会 ナノ粒子研究会第 37 回公開講演会 (大阪) 2006 年 10 月
ナノ構造体の非接触電気伝導測定 (招待講演)
八尾 誠
- q. 原子衝突研究協会第 31 回研究会 (自然科学研究機構岡崎コンファレンスセンター)
2006 年 8 月
X 線を吸収した希ガス・クラスターの脱励起過程-サイズ依存性とサイト依存性-
(招待講演)
八尾誠、永谷清信、村上仁、岩山洋士
- r. Wine and Cheese Seminar III (京都大学) 2005 年 12 月
「ワインの涙」八尾 誠
- s. 相転移・ソフトマター フォーラム (京都大学) 2006 年 11 月
液体セレン-タリウム系の界面現象 (招待講演)
八尾 誠
- t. FEL インターナルセミナー (播磨研究所 SCSS ミーティングルーム) 2006 年 4 月
硬 X 線を用いた希ガス・クラスターの研究とその応用
岩山洋士

- u. 文部科学省特定領域研究「イオン液体の科学」平成 18 年度 A01 班班会議
(淡路夢舞台) 2006 年 10 月
導電性液体の濡れ現象
大政義典、八尾誠
- v. 文部科学省特定領域研究「イオン液体の科学」平成 18 年度第 2 回公開シンポジウム
(名古屋大学野依記念学術交流館 2 回ホール) 2007 年 2 月
「濡れ」の巨視的観測と「濡れ易さ」の微視的解明
八尾誠、大政義典、片山拓也、牧野航、長田領介、佐藤功一 (ポスター)

研究成果による工業所有権の出願・取得状況

特許出願

名称：クラスタ、クラスタ生成装置及び該方法、クラスタ電気伝導特性測定装置及び
該方法、並びに、クラスタ電気伝導特性演算プログラム及び記録媒体
発明者：八尾誠
出願番号：特願 2006-42840 号
出願日：2006 年 2 月 20 日

その他

学会開催

ナノ学会 第 4 回大会実行委員長 (京都大学百周年記念ホール) 2006 年 5 月 19-21 日
八尾誠
同上 大会事務局長
永谷清信