

量子化学 I 分野

寺寄 亨 教授、荒川 雅 助教

教育について

〈教育目標〉

原子や分子を記述する量子化学の考え方を軸として、物質の成り立ちとその性質をミクロな視点から理解し、これら物理化学の素養を基礎に広く社会で活躍できる人材の育成を中心目標とする。講義では、化学結合の形成、振動・回転など分子の運動、原子集合体の形成とその構造・物性など、物質の成り立ちについて理解を深めるとともに、物質の性質を調べる強力な実験手段である分光学について、光の性質や物質と光との相互作用を扱う。これらを題材に、学部学生・大学院生を対象として、現代の最先端科学技術の重要な鍵である量子化学の考え方の基礎とその発展動向を講義する。学生実験では、講義で扱った事柄のいくつかを、実験と結果の解析を通して体験することを目的とする。研究室では、さらに実践的な経験を積み、挑戦的な研究課題を成し遂げることを目標に、種々の実験技術の修得、ならびに、問題を解決しながら研究を遂行する実行力の養成を重視した教育を行う。また、国際的な協力関係の下に、文化的にも幅広い視野を持った人材の育成に注力する。

〈教育内容〉

講義では、学部 2 年生の全学教育「基礎化学結合論」および学部 3 年生の「分子構造論」を担当した。「基礎化学結合論」では、シュレーディンガーの波動方程式の導入から原子軌道、分子軌道の理解へと展開する化学結合の量子化学的な考え方を講義した。学生にとっては大変難解な科目と思われるが、期末試験の結果から、講義内容は概ね学生の身についたものと判断している。一方、「分子構造論」では、分子の振動と回転運動について量子化学的な取り扱いを述べ、分光データから如何にして分子構造の情報を導き出すかを講義した。

大学院教育では「構造化学特論 I」を担当し、光の性質を題材に、マクスウェル方程式から導かれる光の伝播について、物質境界面での透過、屈折、反射、偏光、さらにはいくつかの光学素子の原理などを題材に講義した。光学は化学研究の種々の場面で重要性を増しており、光学実験に携わる学生にその基礎を修得させる場とした。

学部 3 年生向けの学生実験では、新規課題「窒素レーザーの製作」を立ち上げ、高電圧を印加して空気中の窒素分子を励起してレーザー発振させる装置を、学生それぞれが組み上げて体験する課題を新設した。さらに、組み立てた窒素レーザーを励起光源として色素の蛍光観察も行い、レーザーの発振原理や光の回折・干渉を学ぶ課題とした。昨年度に新設した課題「エレクトロニクス」も継続し、化学実験の測定手段として不可欠な電子回路の初歩を学ぶ課題として、演算増幅器を用いた回路の作製、オシロスコープを用いた回路特性の測定、加算回路や積分回路・微分回路の組み立て・理解、などの課

題を課した。

研究室では、学部4年生(2名)、修士1年生(3名)、博士1年生(1名)を対象に教育を行った。新規配属の学部生には、まず、真空装置と電子機器からなる実験装置の操作を習得させ、一人で実験作業を行えるように訓練した。また、理学部工場の実習に全員が参加し、自ら金属加工をして実験に必要な部品を自作できるようになった。それぞれに、金属クラスターの気相化学反応や真空中への液体導入などの課題を与え、卒業論文をまとめた。修士1年の学生は、それぞれ卒業研究の成果をさらに発展させる研究に取り組んだ。他大学から転入した博士1年の学生は、レーザーを使った分光研究を開始した。これらの成果のいくつかを、6月の化学反応討論会、9月の分子科学討論会、3月の日本化学会春季年会等で発表した。一方、これら研究と並行して、原子・分子と光の基礎を丁寧に扱った英文教科書「The Physics of Atoms and Quanta: Introduction to Experiments and Theory (Haken and Wolf)」の輪読を昨年度に引き続き行い、量子化学・量子力学の基本とともに英文の読解力を養った。

〈担当した講義・実験科目〉

寺寄 亨

- (1) 基礎化学結合論 (講義、全学2年前期、2単位)
- (2) 分子構造論 (講義、学部3年前期、2単位)
- (3) 自然科学総合実験 (講義、全学1年後期、2単位)
- (4) 化学特別研究 (実験演習、学部4年通年、8単位)
- (5) 構造化学特論 I (講義、大学院後期、2単位)
- (6) 化学特別研究 I (実験演習、大学院通年、5単位)
- (7) 英語演習 I (演習、修士1年後期、1単位)

荒川 雅

- (1) 構造化学実験 (実験、学部3年後期、2単位)
- (2) 化学実験基本操作法 (実験、学部2年後期)

〈卒業論文〉

安東航太 「液相分子・クラスターの気相分析に向けた装置開発：
真空中への液滴導入法と励起レーザー光源」

伊藤圭樹 「セリウム複合クラスターの生成と反応性：酸素、窒素の導入効果」

研究について

〈研究目標〉

現行のナノ物質科学からさらに微細な物質を扱う次世代への開拓が進む中で、原子の数(サイズ)が数~数十個の原子分子クラスターに注目し、これら極微小な世界に特有

の基礎物性を物理化学的な視点と手段で探究する。極微物質であるクラスターの特質は、原子 1 個の増減で物性や反応性が不規則かつ劇的に変化し（サイズ効果）、従来の常識を超えた新物質の発見が期待されることであり、元素代替等の視点からの期待も高い。我々は、原子数をパラメータとして千変万化するこれらクラスターを新たな物質群と捉え、究極のナノ物質科学の開拓を視野に入れて、物質科学の本質に迫る新たな学問分野の構築を目指して研究を推進する。具体的な研究手段として、質量分析技術で原子 1 個の精度でサイズが制御されたクラスターを生成し、反応動力学法やレーザー分光法など、最先端の実験手段を駆使して特性究明と物質創製に取り組む。

〈研究概要〉

種々の元素の中で、触媒や磁性材料など機能性物質の主たる構成要素である金属元素に特に着目している。研究の着眼点として、第一に、特異な物性・反応性の探索とともに、その基本となる電子構造・幾何構造が原子の数に従って如何に変化するかに注目し、構成原子数が正確に定まった孤立状態の金属クラスターを対象にして、その特性解明を主題に研究を推進する。本年度は、イオントラップを利用した金属クラスターおよび金属酸化物等の複合クラスターの反応追跡実験、放射光 X 線を利用した遷移金属クラスターの磁性測定実験に取り組み、内殻分光による電子状態計測実験にも着手した。

第二に、これらクラスターの機能化を念頭に、クラスターが集合・組織化された新物質創製を目指した基礎研究を推進する。具体的には、気相中で生成した金属クラスターを液相溶媒に注入し、液相中のダイナミクスに立脚したプロセッシング技術の開発に取り組む。クラスター結晶の生成など、組織化されたクラスター集積体の合成法へと発展させるとともに、従来は合金化しないと考えられてきた元素同士の新たな合金相を作り出すなど、物質科学の根幹にも踏み込む革新的な研究を目指す。本年度は、溶媒となる液滴を真空中に導入する実験手段の開発を開始した。

〈研究課題と進展状況〉

本年度に実施した具体的な研究課題は以下の通りである：

- (1) 金属／金属化合物クラスターの反応追跡実験
- (2) 検出効率を高めた質量分析計の開発
- (3) 真空中での液滴生成
- (4) 金属／金属化合物クラスターの電子状態計測
- (5) 金属／金属化合物クラスターの磁性測定

課題(1)「金属／金属化合物クラスターの反応追跡実験」では、クラスターの基本的な性質として、酸素分子や水分子など、簡単な分子との反応性について、種々の金属元素、さらにはその酸化物、窒化物を対象に研究を推進している。

(1-1) アルミニウムクラスターイオンと水分子、酸素分子との反応

アルミニウムやその合金による水の還元は効率的な水素生成法の一つとして注目を集

めているが、アルミニウムは大気中で直ちに酸化されて酸化被膜を形成するため、表面の不動態化が効率低下の要因の一つとなっており、この不動態化について、その構造や反応機構の解明が待たれている。そこで本研究では、金属表面と分子との相互作用を原子レベルで解明するモデル物質としてサイズ制御されたクラスターに着目し、質量選別したアルミニウムクラスター正イオンと水および酸素分子との反応を研究した。

水分子との反応は、 Al_N^+ ($N = 3-19$) を室温の水蒸気中に通し、反応生成物を調べた。 $N = 3-5$ では反応が全く見られなかったのに対し、 $N = 6-13$ では単純な吸着生成物 $\text{Al}_N(\text{H}_2\text{O})^+$ 、もしくはさらに反応が進んだ酸化物クラスター Al_NO^+ のどちらかが選択的に生成された。後者の生成は、中性種として水素が同時に発生したことを示唆している。 $N = 14-19$ では両者が観測された。反応条件を制御した実験をさらに行って、このような水 1 分子からの水素発生が、クラスターの内部エネルギーが十分に高い時にだけ進行することを明らかにした。

一方、酸素分子との反応では、大きなクラスターがエッチングされて Al 原子を放出する反応が主に進行した。これら反応物に水分子を合わせて導入したところ、質量数 157 のイオン種とその水分子付加物 (質量数 157+18) が、 Al^+ を除くすべての Al_N^+ ($2 \leq N \leq 14$) から生成されることを見出した。これら安定化学種の同定を行った結果、 Al_2^+ が核となった $\text{Al}_2\text{O}_3(\text{H}_2\text{O})_3\text{H}^+$ および $\text{Al}_2\text{O}_3(\text{H}_2\text{O})_4\text{H}^+$ であると判明した。固相におけるボーキサイト形成との類似性に着目して、その生成機構についてさらに解析を進めている。

(1-2) 金クラスターイオンへの酸素分子の吸着反応：水分子の共吸着効果

金属酸化物基板に担持された金ナノ粒子は、低温条件下でも一酸化炭素の酸化反応を触媒することが知られており、ナノ粒子の大きさと反応性との関係に興味を持たれている。この反応では前駆体と考えられている活性 O_2 の生成が高効率化の重要な鍵を握っている。そこで、金ナノ粒子のサイズ効果とともに、異分子の共吸着効果によって反応環境を制御して、こうした錯合前駆体の生成速度について研究を進めている。本研究では、反応系の原子数が正確に規定できる気相中で、金 2 量体正イオン (Au_2^+) に関して水分子の共吸着効果を調べる実験を行った。

実験では、クラスター生成装置で Au_2^+ と $\text{Au}_2(\text{H}_2\text{O})^+$ をそれぞれ選別し、100 K に冷却したイオントラップの中で微量の酸素ガスと反応させ、反応時間を変えながら生成物のイオン量を測定して反応速度を求めた。その結果、水分子を付加していない Au_2^+ には O_2 が全く吸着しないのに対して、水分子を付加した $\text{Au}_2(\text{H}_2\text{O})^+$ では多段階の反応が進行し、最終的に酸素分子が二つ吸着した $\text{Au}_2(\text{H}_2\text{O})(\text{O}_2)_2^+$ が生成されるという興味深い結果を得た。水分子が Au_2^+ に電子を供与する効果が働いて酸素分子吸着が誘発されるものと推測して、生成物の構造と電荷分布について理論解析を進めている。この成果は、従来、反応性が低いと思われていた反応を第三の分子で活性化できることを示した点で注目されている。

(1-3) セリウム酸化物・窒化物クラスターイオンの生成と酸素分子、水分子との反応

酸化触媒としての有用性が知られている Ce 酸化物に注目し、酸化 Ce クラスタ $Ce_NO_M^+$ を取り上げて研究を進めた。Ce の酸化数に応じて、酸素原子 O の貯蔵と放出が進む点で、電子状態と反応性との関連の研究に適した材料と考えている。一方で、還元剤としての視点から、窒化物 $Ce_NN_M^+$ にも着目して研究を進めた。

まず、セリウム酸化物クラスタ $Ce_NO_M^+$ について、酸素導入量を変えながら生成を試み、その組成を $M=0-(2N+1)$ もしくは $(2N+2)$ までの範囲で作り分けることができることを示した。この中で、Ce の酸化数が+4 価と考えられる $N:M=1:2$ の組成では、CO の酸化など、酸化剤としての働きが報告されている。そこで、還元作用に焦点を当て、Ce がほぼ+3 価と考えられる $N:M=2:3$ の組成を中心に H_2O 分子との反応を試みた。このように酸素数が少ない $Ce_NO_M^+$ ではクラスタが H_2O の酸素原子と結合して $Ce_NO_{M+1}^+$ となり、それに伴って H_2 が発生することを期待したが、実際には H_2O 吸着物が観測されただけであった。一方、窒化物クラスタ $Ce_NN_M^+$ では、 $M=N$ もしくは $N-1$ が多く生成されることを見出し、+3 価の Ce を含む一連のクラスタ種を発生した。これらの中で、 Ce_2N^+ が H_2O から酸素原子を引き抜き、還元作用を示す結果を得た。以上のように、 $Ce_NO_M^+$ では $1:2$ 組成 (Ce^{4+})、 $Ce_NN_M^+$ では $1:1$ (Ce^{3+}) がそれぞれ優先的に生成され、前者が酸化剤として働く一方で、後者は還元剤として働くことを見出された。

課題(2)「検出効率を高めた質量分析計の開発」では、金属クラスタの生成条件の探索を迅速化するために、特に連続的なイオンビームに対して検出効率を高めた飛行時間型質量分析計の開発を行った。我々が用いている輝度の高いマグネトロンスパッタ法で発生される金属クラスタの分析では、クラスタビームが連続的に発生されるため、通常、四重極質量分析計が使用される。ところが、広い質量範囲にわたって生成量の分布を測定するためには、数十秒もの長い時間を要し、生成条件の最適化を迅速に行うことが困難であった。そこで、サイズ分布をリアルタイムにモニタする目的で、連続的なイオンビームの分析に適した、数 kHz の高繰り返し測定が可能な飛行時間型 (TOF) 質量分析計の設計・開発に着手した。一番の課題は、空間的に広く分布したイオンを如何に集束して良い質量分解能を得るかにあったが、TOF 加速電極の開口部の設計を工夫して、加速領域の電場に適切な非線形性を与えることによって効果的なイオン集束を行い、質量分解能を向上できることを見出した。質量分解能 $m/\Delta m$ を、従来の 100 から 300 にまで改善することに成功し、実用化した。

課題(3)「真空中での液滴生成」では、可溶性の不揮発性分子を溶液として真空中に導入し、質量分析法など気相分析に展開するために、真空中の液滴生成法の開発を行った。これは、マトリックス支援レーザー脱離イオン化法 (MALDI) やエレクトロスプレーイオン化法 (ESI) と同様に、生体関連分子の分析法として開発要請が高まっている実験技術である。とりわけ、生理条件と同等の水溶液として試料を導入できることが大きな特長となる。

具体的には、開口径 $50\ \mu\text{m}$ のキャピラリー状のノズルを真空槽に差し込み、ピエゾ素子でノズルを収縮させてパルス状に液滴を噴出させた。真空槽を減圧すると液体試料が大気圧で押され、ノズルの先端から真空槽内に引き込まれるため、試料容器も同時に減圧し、それを回避した。

まず、純水の液滴生成を試みたところ、大気圧から $10^4\ \text{Pa}$ までは容易に液滴の生成が確認されたが、これより低圧では水に溶解した気体がノズル内に気泡を作り、液滴の生成が停止した。そこで試料を予め脱気したところ、水の蒸気圧 ($= 3,000\ \text{Pa}, 25\ ^\circ\text{C}$) 程度の圧力まで減圧しても液滴を発生することができた。さらに低圧では、水の凍結と沸騰を避けながら慎重に減圧すると、最終的に $120\ \text{Pa}$ の真空下でも水滴を生成できた。一方で、純水よりも蒸気圧や凝固点の低いエチレングリコールでは、 $120\ \text{Pa}$ でも容易に液滴を生成できた。また、ピエゾ素子に印加するパルス電圧とパルス幅を調整し、液滴の大きさを $50\text{--}100\ \mu\text{m}$ の範囲で制御可能なことを確認した。この技術は、生体分野ばかりでなく、金属ナノ粒子やクラスターなどを扱う物質科学においても、気相で生成した材料を液相中で組織化するなど、新しい材料創製技術として重要になると考えている。

課題(4)「金属／金属化合物クラスターの電子状態計測」では、クラスターの触媒性能の解析の視点から、構成原子の酸化数など電子状態測定の手段として、放射光を利用した内殻分光の重要性が高いとの認識の下、株式会社コンボン研究所との共同研究で新たな実験を開始した。具体的には、クラスターイオン源、質量選別部、イオントラップ、X線解離検出部からなる装置の設計・製作をコンボン研究所で進め、我々九州大学チームは、主に、イオンガイドのRF駆動電源の製作・改良や、実験を効率よく進める装置制御・測定プログラムの開発を担当した。放射光の利用は、前年に提出したビームタイム申請が非常に高い評価で採択され、セリウム酸化物クラスターの電子状態測定に向けて実験を開始した。高エネルギー加速器研究機構フォトンファクトリーにて、11月下旬からの10日間および2月下旬の7日間にわたって、初めてのビームタイムに臨んだ。明瞭なX線吸収信号を捉えるには至らなかったが、イオントラップ内反応の抑制やトラップ効率の向上など、改善のための指針が明らかになり、実験の成功に向けて大きく前進した。

課題(5)「金属／金属化合物クラスターの磁性測定」では、昨年度に引き続き金属クラスターの磁性に着目し、サイズを選別した金属クラスターについて、我々独自のX線磁気円二色性分光実験(XMCD)を、ベルリンの放射光施設BESSY IIチームと共同で推進した。本年は、不純物磁性金属のモデルとしてCr原子をドーピングしたAuクラスター CrAu_N^+ に特に着目して実験と解析を進め、Au原子の数に依存して磁気モーメントが特徴的に変化することを見出した。

実験は、 $N = 2\text{--}6$ の CrAu_N^+ について、Cr原子の2p電子が3d軌道に励起されるL吸収端の円偏光吸収を測定して行った。これらのサイズの中で、 $N = 2, 6$ のXMCDスペクトルは、単原子 Cr^+ のスペクトルとほぼ一致する結果となった。このことは、Au

原子が 2 個または 6 個の場合には、Cr の d 電子と Au の s 電子との相互作用が弱く、Cr⁺の磁気モーメントがそのまま保持されていることを示唆している。一方、 $N=3, 4, 5$ では信号強度が弱く、 $N=2, 6$ に比べて磁気モーメントを小さいことがわかった。つまり、 $N=3, 4, 5$ では Au_N内の自由電子との相互作用が増し、d 電子のスピンが遮蔽されて磁気モーメントが低下したものと理解することができる。このように、Au 原子の数によって局在電子と自由電子との相互作用の強さが顕著に変わり、磁気モーメントの大きさが変化するクラスターに特有の現象を見出した。なお、 $N=2, 6$ では、Au_Nの自由電子が電子的な閉殻構造を形成する結果、d 電子との相互作用が抑制されるものと考えられる。以上の結果は、磁性原子上の局在電子とホスト金属内の伝導電子との相互作用の強さを伝導電子の数（つまり Au 原子の数）で制御できることを示しており、新たな電子デバイスの着想に結び付く成果と考えている。

2.1 研究分野

物理化学、原子分子クラスター科学、ナノ物質科学、レーザー分光学

2.2 研究課題

少数の原子・分子で構成されるクラスターの物性・反応性研究。とりわけ、原子の数（サイズ）に依存して劇的に変化する特性を、質量分析法や分光学を基本とした実験で探究する。

2.3 学術論文

- [1] M. Niemeyer, K. Hirsch, V. Zamudio-Bayer, A. Langenberg, M. Vogel, M. Kossick, C. Ebrecht, K. Egashira, A. Terasaki, T. Möller, B. von Issendorff, and J. T. Lau
Spin coupling and orbital angular momentum quenching in free iron clusters (孤立した鉄クラスターにおけるスピン結合と軌道角運動量消失)
Phys. Rev. Lett. **108**, 057201/1-5 (2012).
- [2] K. Egashira, A. Terasaki, and T. Kondow
Build-up processes of an optical cavity enclosing an absorbent thin film: Computational study by the CIP method (薄膜吸収体が挿入された共振器への光蓄積過程: CIP 法による数値解析)
Eur. Phys. J. D **66**, 92/1-8 (2012).
- [3] T. Majima, G. Santambrogio, C. Bartels, A. Terasaki, T. Kondow, J. Meinen,

and T. Leisner

Spatial distribution of ions in a linear octopole radio-frequency ion trap in the space-charge limit (線形八極子 RF イオントラップに捕捉されたイオン種の空間電荷飽和状態における空間分布)

Phys. Rev. A **85**, 053414/1-7 (2012).

- [4] H. Ishibashi, M. Arakawa, J. Yamamoto, and H. Kagi
Precise determination of Mg/Fe ratio applicable to terrestrial olivine using Raman spectroscopy (顕微ラマン分光法を用いたオリビンの Mg/Fe 組成測定法の開発)
J. Raman Spectrosc. **43**, 331–337 (2012).
- [5] T. Ito, K. Egashira, K. Tsukiyama, and A. Terasaki
Oxidation processes of chromium dimer and trimer cations in an ion trap (イオントラップに捕捉されたクロム 2 量体、3 量体イオンの酸化反応過程)
Chem. Phys. Lett. **538**, 19-23 (2012).
- [6] M. Arakawa, K. Kohara, T. Ito, and A. Terasaki
Size-dependent reactivity of aluminum cluster cations toward water molecules (アルミニウムクラスター正イオンと水分子との反応のサイズ依存性)
Eur. Phys. J. D **67**, 80/1-6 (2013).

2.4 紀要・総説・著書等

- [1] 寺寄 亨
「故近藤保先生の日独研究交流へのご功績を讃えて」
ナノ学会会報 : *Bull. Soc. Nano Sci. Tech.* **11** (1), 1-2 (2012).

2.5 国際会議における学術講演・海外での講義

- [1] A. Terasaki, K. Egashira, M. Niemeyer, K. Hirsch, A. Langenberg, V. Zamudio-Bayer, M. Vogel, M. Kossick, C. Ebrecht, T. Möller, B. von Issendorff, J. T. Lau (Oral presentation)
"Magnetic properties of size-selected free cluster ions studied by X-ray magnetic circular dichroism spectroscopy"
28th Symposium on Chemical Kinetics and Dynamics
Kasuga, Fukuoka, Japan (June 6-8, 2012)

- [2] Y. Taniguchi, T. Ito, M. Arakawa, and A. Terasaki (Poster presentation)
"Structural and kinetics studies of nitrogen adsorption on silver cluster cations"
28th Symposium on Chemical Kinetics and Dynamics
Kasuga, Fukuoka, Japan (June 6-8, 2012)
- [3] K. Kohara, T. Ito, M. Arakawa, and A. Terasaki (Poster presentation)
"Reaction of size-selected aluminum cluster cations with water molecules"
28th Symposium on Chemical Kinetics and Dynamics
Kasuga, Fukuoka, Japan (June 6-8, 2012)
- [4] S. Sarugaku, M. Arakawa, and A. Terasaki (Poster presentation)
"Design of a TOF spectrometer for a continuous cluster ion beam"
28th Symposium on Chemical Kinetics and Dynamics
Kasuga, Fukuoka, Japan (June 6-8, 2012)
- [5] A. Terasaki (Invited talk)
"Advances in high-sensitivity laser spectroscopy for clusters and nanostructures"
Sixteenth International Symposium on Small Particles and Inorganic Clusters (ISSPIC 16)
Leuven, Belgium (July 8-13, 2012)
- [6] M. Arakawa, K. Kohara, T. Ito, and A. Terasaki (Poster presentation)
"Size-dependent reactivity and stability of aluminum cluster cations toward water molecules"
Sixteenth International Symposium on Small Particles and Inorganic Clusters (ISSPIC 16)
Leuven, Belgium (July 8-13, 2012)
- [7] K. Egashira and A. Terasaki (Poster presentation)
"Light modulation by an ultrathin absorbent in an optical cavity: a computational study"
Sixteenth International Symposium on Small Particles and Inorganic Clusters (ISSPIC 16)
Leuven, Belgium (July 8-13, 2012)

- [8] K. Hirsch, A. Ławicki, M. Niemeyer, A. Langenberg, V. Zamudio-Bayer, M. Vogel, M. Kossick, C. Ebrecht, K. Egashira, A. Terasaki, T. Möller, B. von Issendorff, T. Lau (Poster presentation)
"Electronic structure and magnetic properties of doped gold clusters"
Sixteenth International Symposium on Small Particles and Inorganic Clusters (ISSPIC 16)
Leuven, Belgium (July 8-13, 2012)
- [9] V. Zamudio-Bayer, K. Hirsch, A. Langenberg, A. Ławicki, J. Rittmann, M. Kossick, M. Niemeyer, A. Terasaki, T. Möller, B. von Issendorff, T. Lau (Poster presentation)
"Electronic and magnetic properties of pure manganese and of manganese doped silicon clusters"
Sixteenth International Symposium on Small Particles and Inorganic Clusters (ISSPIC 16)
Leuven, Belgium (July 8-13, 2012)
- [10] A. Ławicki, M. Niemeyer, K. Hirsch, A. Langenberg, V. Zamudio-Bayer, M. Vogel, M. Kossick, C. Ebrecht, K. Egashira, A. Terasaki, T. Möller, B. von Issendorff, T. Lau (Poster presentation)
"Spin coupling and orbital angular momentum quenching in size selected free iron and cobalt clusters: XMCD study"
Sixteenth International Symposium on Small Particles and Inorganic Clusters (ISSPIC 16)
Leuven, Belgium (July 8-13, 2012)
- [11] K. Hirsch, M. Niemeyer, V. Zamudio-Bayer, A. Langenberg, A. Ławicki, B. Langbehn, M. Kossick, A. Terasaki, T. Möller, B. von Issendorff, and J. T. Lau (Invited talk)
"Spin coupling, orbital angular momentum quenching, and electron localization in size-selected free transition metal clusters"
19th International Conference on Magnetism
Busan, Korea (July 8-13, 2012)
- [12] J. T. Lau, K. Hirsch, V. Zamudio-Bayer, A. Langenberg, M. Niemeyer, M. Kossick, B. Langbehn, A. Terasaki, T. Möller, and B. von Issendorff (Oral presentation)
"Spin coupling, orbital angular momentum quenching, and electron

- localization in size-selected free transition metal clusters"
Joint European Magnetic Symposia
Parma, Italy (September 9-14, 2012)
- [13] J. T. Lau, K. Hirsch, V. Zamudio-Bayer, A. Langenberg, M. Niemeyer, M. Kossick, B. Langbehn, A. Terasaki, T. Möller, and B. von Issendorff
(Oral presentation)
"X-ray magnetic circular dichroism spectroscopy of size-selected molecules, clusters, and complexes in a cryogenic linear ion trap"
Joint European Magnetic Symposia
Parma, Italy (September 9-14, 2012)
- [14] A. Terasaki (Invited talk)
"Atomic and molecular clusters: Novel material properties in finite-size regime"
The 2nd International Congress on Natural Sciences with Sisterhood Universities (ICNS2012)
Kaohsiung, Taiwan (October 23-25, 2012)
- [15] A. Terasaki (Invited talk)
"Solvation and reaction of metal clusters: Toward cluster assembly"
Symposium on Size Selected Clusters 2013
Davos, Switzerland (March 3-8, 2013)
- [16] M. Arakawa, K. Kohara, T. Ito, and A. Terasaki (Poster presentation)
"Selectivity in the reaction channels of aluminum cluster cations toward H₂O"
Symposium on Size Selected Clusters 2013
Davos, Switzerland (March 3-8, 2013)
- [17] T. Ito, M. Arakawa, and A. Terasaki (Poster presentation)
"Water-promoted molecular adsorption of O₂ and CO on the gold dimer cation"
Symposium on Size Selected Clusters 2013
Davos, Switzerland (March 3-8, 2013)
- [18] K. Hirsch, V. Zamudio-Bayer, A. Langenberg, M. Niemeyer, B. Langbehn, T. Möller, A. Terasaki, B. von Issendorff, and J. T. Lau (Poster presentation)

"Magnetic moments of chromium-doped gold clusters: The Anderson impurity model in finite systems"

Symposium on Size Selected Clusters 2013

Davos, Switzerland (March 3-8, 2013)

- [19] A. Langenberg, K. Hirsch, V. Zamudio-Bayer, A. Ławicki, M. Niemeyer, P. Chmiela, B. Langbehn, A. Terasaki, T. Möller, B. von Issendorff, and J. T. Lau (Poster presentation)

"Spin and orbital magnetic moments of size-selected free iron, cobalt, and nickel clusters from x-ray magnetic circular dichroism spectroscopy"

Symposium on Size Selected Clusters 2013

Davos, Switzerland (March 3-8, 2013)

- [20] L. Leppert, V. Zamudio-Bayer, K. Hirsch, A. Langenberg, J. Rittmann, M. ossick, M. Vogel, R. Richter, A. Terasaki, T. Möller, B. von Issendorff, S. Kümmel, and J. T. Lau (Poster presentation)

"Coordination-driven magnetic-to-nonmagnetic transition in manganese doped silicon clusters"

Symposium on Size Selected Clusters 2013

Davos, Switzerland (March 3-8, 2013)

2.8 海外研究者の訪問

- [1] Prof. Thorsten M. Bernhardt

Universität Ulm, Germany

2013年3月28日

2.10 文部科学省科学研究費の採択

- [1] 基盤研究A

気相クラスターの液相注入法の開発と反応・集積過程の探究

代表：寺寄 亨

2.12 受託研究・民間との共同研究

- [1] 株式会社コンポン研究所

金属酸化物クラスターの生成と反応・電子状態計測

寺寄 亨

2.13 他大学での集中講義

- [1] 寺寄 亨
東京大学 教養学部および大学院総合文化研究科
「原子分子クラスターの科学」
2013 年 1 月 10 日～12 日

2.15 学外における学界活動

- [1] 豊田工業大学 併任 (寺寄 亨)
- [2] 分子科学研究所 運営会議委員 (寺寄 亨)
- [3] ナノ学会 理事 (寺寄 亨)
- [4] 分子科学会 運営委員 (寺寄 亨)
- [5] Member of International Advisory Committee of “Symposium on Size Selected Clusters” (寺寄 亨)
- [6] Member of International Advisory Committee of “International Symposium on Small Particles and Inorganic Clusters” (寺寄 亨)

2.16 学内における活動 (各種委員会委員)

- [1] 理学研究院 研究支援対策検討専門委員会委員 (寺寄 亨)
- [2] 化学部門 FD・HD 委員長 (寺寄 亨)
- [3] 化学部門 点検・評価専門委員会委員 (寺寄 亨)
- [4] 化学部門 カリキュラム委員 (寺寄 亨)
- [5] 化学部門 談話会委員 (荒川雅)
- [6] 化学部門 「第73回 化学への招待」 実行委員 (荒川雅)