

東京大学大学院理学系研究科附属 スペクトル化学研究センター

Research Centre for Spectrochemistry,
School of Science, the University of Tokyo

最先端の光で物質と対話する



本センターは昭和51年(1976年)4月理学部附属分光化学センターとして創設された。平成3年(1991年)4月にスペクトル化学研究センターに改組され、現在に至っている。本センターでは、レーザーや放射光などによる研究活動を化学専攻と協力しながら行っている。

シンクロトロン放射光の利用

シンクロトロン放射光は、光速に近い荷電粒子に磁場を加えて発生させる人工的な光で、赤外線からX線までの幅広い波長領域をカバーする輝度の高い光源である。スペクトル化学研究センターは、高エネルギー加速器研究機構・放射光施設に真空紫外・軟X線領域のビームラインを建設し、偏向電磁石を用いた高輝度放射光による実験が可能となった。3種類の回折格子(150, 300, 650 l/mm)を切り替えることで、500-1500 eVにわたって大強度のX線を高いエネルギー分解能で得ることができる。BL-7Aエンドステーション(図1)には、高分解能光電子分光装置およびX線吸収分光(XAS)・X線磁気円二色性(XMCD)測定装置を設置し、物質の化学結合状態、電子状態の解明、元素選択的磁気構造の解明、X線吸収微細構造(XAFS)測定により、分子の構造解析等に利用されている。このビームラインは全国共同利用にも供されており、全国の表面界面・磁性研究者によって、磁性薄膜の磁気構造、有機薄膜の電子状態と構造、選択的な光イオン化解離などの研究が行われている。

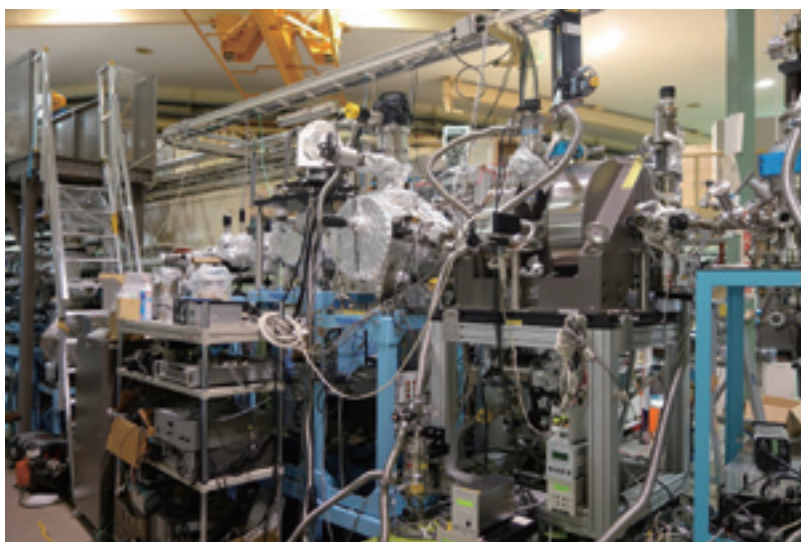


図1. 高エネルギー加速器研究機構・放射光施設(Photon Factory)にあるスペクトル化学研究センターのビームラインBL-7Aのエンドステーション

X線磁気円二色性(XMCD), 角度分解光電子分光(ARPES)を用いた表面・界面科学

上記のビームラインにおいて、スピントロニクス素子開発に用いられる強磁性体と非磁性体の界面での電子・磁気構造を元素別に調べている。一例として、測定されたCoフェライト(CoFe_2O_4)のXASおよびXMCDスペクトルを図2に示す。左右円偏光に対する吸収スペクトルの差分からXMCDが得られ、ピーク形状の解析から元素別スピン・軌道磁気モーメントを導出できる有力な実験手法であり、物性解明に向けた電子状態、磁気状態の精密測定を進めている。配位子場理論計算および第一原理電子状態計算を用い、スペクトルの再現も進めている。特に、軌道磁気モーメントの関わる化学、物理学の研究を精力的に進めている。

さらに、高分解能ARPESを用いてフェルミ準位近傍の精密なバンド分散の計測を進めている。一例として、Au(111)表面のバンド分散を図3に示す。表面準位に起因する明瞭な2次関数の分散が観測され、高分解能測定により、バンド分散が2本に分裂している様子も観測できる。これは、Au(111)表面でのRashba型スピン軌道相互作用によるものである。このように、高分解能ARPESによって始めて判る物性研究を進めている。

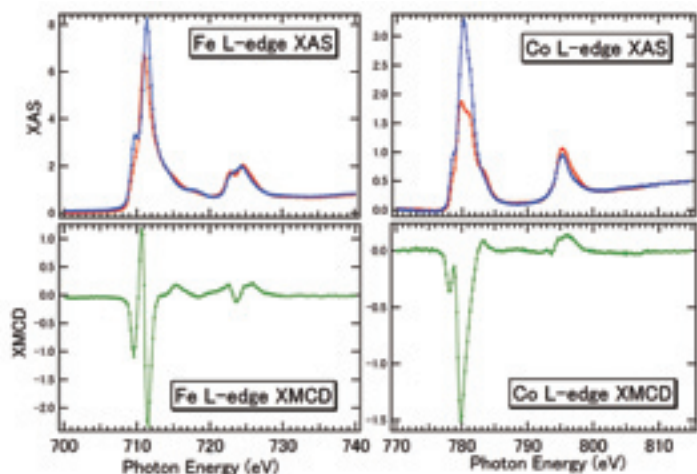


図2. FeCo化合物のX線吸収スペクトルと内殻磁気円二色性スペクトル

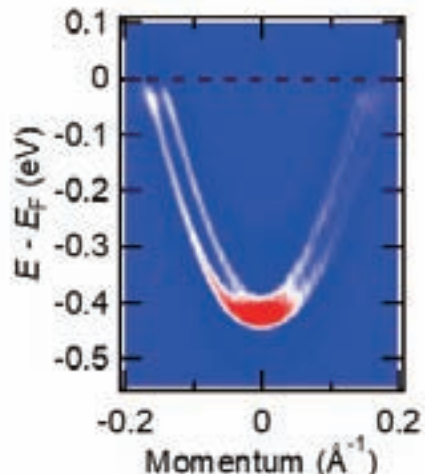


図3. Au(111)表面の高分解能角度分解光電子分光(ARPES)

超短パルスレーザーを用いた高速分光技術の開発と応用

生体分子、およびその集合体である細胞、個体では、レチナールタンパク質の構造変化(10^{-12} 秒程度)から、老化(10^7 秒程度)といった非常に広い時間スケールのイベントが複雑に組み合わせり様々な生体機能が発現している。これらのメカニズムを解明するためには、広い時空間スケールで分子レベルの動態解析を行う必要がある。我々は、超短パルスレーザー技術を用いて分子振動情報を高速、広帯域に測定する手法の開発と生細胞イメージングへの応用を行っている。

これまでに、時間領域で高速ラマン分光を可能にするフーリエ変換コヒーレントアンチストークスラマン分光法の開発(図4)を行い1秒間に数万のラマンスペクトル測定を可能にした。また、精密偏光測定を利用したキラル選択的ラマン分光法の開発も行ってきた。また、さらに詳細な分子動態情報を高速、ラベルフリーに取得すること目的とした新規分光法に必要な新規光源開発にも取り組んでいる(図5)。

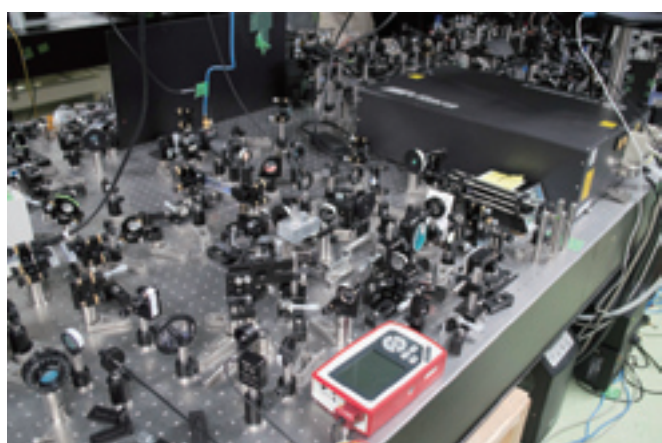


図4. 開発した高速フーリエ変換コヒーレントアンチストークスラマン分光装置

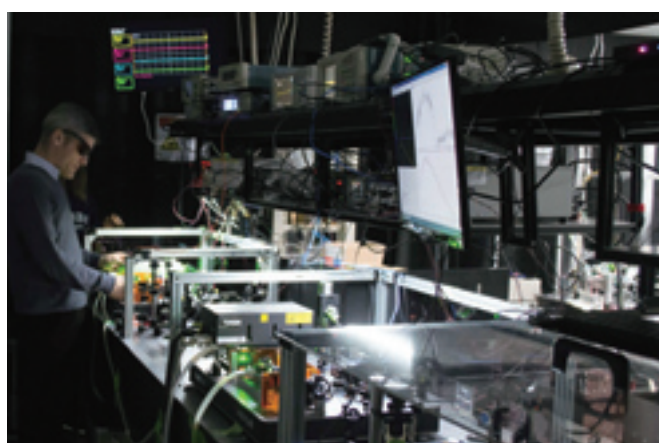


図5. 新規超短パルスレーザー開発の様子

■ スペクトル化学研究センター教員からのメッセージ

センター長 菅裕明 教授



スペクトル化学研究センターでは、様々な波長の分光装置を用いた研究が展開されています。また、多くの分光装置を共通装置として提供することで、多くの学内外の研究者の研究に役立てて頂ければと願っています。スペクトルセンターの分光装置を用いて、研究のスペクトルがより広がることを期待しています。

岡林潤 准教授



スペクトルを読み解くことから様々な情報を得ることができます。ピーク強度から量が判り、ピーク位置から結合状態などの性質が判り、ピーク幅から結晶性などの単一性を議論できます。新しい物質のスペクトル解析からその物性現象を明確にするために、特に放射光を用いた磁気分光による電子・磁気状態の解明を進めています。スペクトルを測って、考えて、性質を暴き出すのは楽しいものです。

平松光太郎 助教



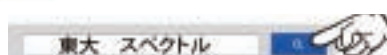
私達は、可視光の反射、吸収や散乱光を感知することで、常に膨大な情報を得ています。一方で、人間の認知出来ないようなさらに広いエネルギー領域（X線、紫外線、赤外線、マイクロ波）や時間領域（ミリ秒よりも短い時間スケール）で吸収・散乱光のスペクトル解析を行うと、さらに詳細な分子構造や電子状態に関する情報を得ることができます。私たちは、スペクトル測定や解析のための新しい手法を編み出し、それによって、観ることの出来る対象を拡げる事を目指して研究を進めています。

■ 所在地

〒113-0033 東京都文京区本郷7-3-1 東京大学理学部化学館



スペクトル化学研究センターのHP



共同利用測定機器

以下の装置は、理学系研究科、理学部を中心に学内共同利用に供している一般用測定機器です。利用にあたっては講習会の受講が必要となります。利用を希望される方はセンターの教員にお尋ねください。

[X線分析装置]



粉末X線回折装置
(化学本館1108号室)

RIGAKU
MiniFlex
Cu K α 封入管球
出力:30 kV 15 mA



蛍光X線分析装置
(化学本館1106号室)

SII Nanotechnology Inc.
SEA2120L
電圧: 5 kV, 15 kV, 50 kV
3段切替
電流: 1~500 μ A
ターゲット: Rh
試料形態: 固体、液体、粉体
(専用容器使用)
雰囲気: 大気、真空



単結晶X線構造解析装置
(化学東館0218号室)

RIGAKU
RU-H3RHF



単結晶X線構造解析装置
(化学東館0218号室)

RIGAKU
R-AXIS RAPID

[分光光度計]



紫外可視赤外分光光度計
(化学東館225号室)

日本分光
V-670
測定波長範囲: 190-2700 nm
付属: 積分球ユニットISV-723
(内径 ϕ 60 mm)、
ペルチェセルホルダEHC-717
(温度制御範囲0-100 $^{\circ}$ C)



日本分光Jasco FP-8500
(化学東館225号室)

様々な蛍光・りん光を発する試料に対応し、高感度測定と広いダイナミックレンジ計測が可能。自動高次光カットフィルタ、波長走査速度による高速3Dスペクトル測定などにも対応。バイオから先端素材まで計測できます。



赤外吸収分光光度計及び赤外顕微鏡
(化学東館225号室)

日本分光
FTIR-420/IRT-30-16
対物レンズ: 16倍カセグレン



円二色性分光装置
(Circular Dichroism)
(化学西館2107室)

測定波長範囲
:163~950nm
スキャンスピード
: 1~10000 nm/min
CDフルスケール
: 18000 mdeg



浜松ホトニクス社製
Quantaurs-Tau
C11367-02型

- 7種類の波長のLED励起光源
280 nm・340 nm・365 nm・405 nm・470 nm・590 nm・630 nm
- 溶液・薄膜のサンプルに対応
- 蛍光波長領域: 380 nm - 1030 nm
- 100 ps~の時間分解能



絶対量子収量測定装置
浜松ホトニクス社製

[核磁気共鳴測定装置]



500MHz超電導核磁気共鳴装置
(化学西館2107号室)

ブルカー・バイオスピン
AVANCE500
測定核種: ^1H , ^{13}C , ^{19}F , ^{29}Si , ^{31}P ,
二次元NMR, 温度可変



400MHz z 超電導核磁気共鳴装置
(化学東館0009号室)

日本電子
ECS-400
測定核種: ^1H , ^{13}C , ^{19}F , ^{29}Si , ^{31}P ,
二次元NMR, 温度可変, オートサンプルチェンジャー

[質量分析計]



ガスクロマトグラム質量分析計
(化学西館2107号室)

島津製作所
GCMS-QP2010
・測定範囲
m/z 50~1000
・キャピラリーカラム



高性能二重収束質量分析計
(化学本館1005号室)

日本電子
JMS-700
イオン源 FAB, EI
分解能 60,000以上



DARTイオン源搭載TLC/MS
システム
(化学本館1005号室)

日本電子
JMS-T100LP
イオン源 ESI, DART
(試料を大気圧下, 接地電位のもとで非接触で迅速に分析可能)



マトリックス支援レーザー
脱離イオン化法 (MALDI)
質量分析装置 (化学西館2107号室)

[その他]



電子スピン共鳴測定装置
(化学東館0008号室)

日本電子
JES-RE2X
基準周波数: 8.8-9.6 GHz
感度: $1.0 \times 10^{14}/\text{T}$,
分解能: 47 mG (100 kHz磁
場変調)
周波数安定度: 1×10^{-6}



差動型示差熱天秤
(化学本館1108号室)

RIGAKU
Thermoplus TG8120
・加熱範囲 室温 ~1000°C
・ N_2 , He, Ar 雰囲気にて
測定可能