

# スペクトル化学研究センター Research Center for Spectrochemistry

## 先端分光技術を駆使した物理化学イノベーション

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( $\text{CoFe}_2\text{O}_4$ )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二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によってはじめて判る物性研究を進めている。

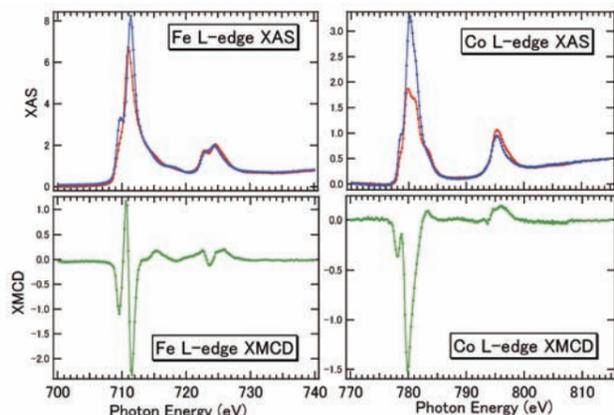


図2. FeCo化合物のX線吸収スペクトルと内殻磁気円二色性スペクトル

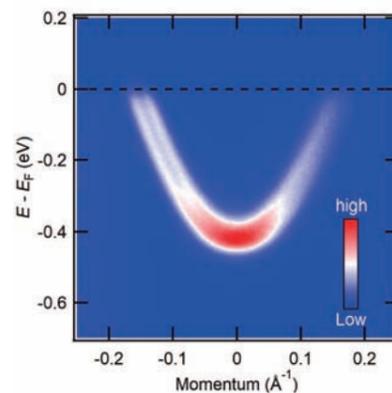


図3. Au(111)表面の高分解能角度分解光電子分光(ARPES)



准教授 岡林 潤  
Jun Okabayashi

2002年:東京大学大学院理学系研究科物理学専攻  
博士課程修了(博士(理学))  
日本学術振興会特別研究員(DC1.PD)、東京大学助手、  
東京工業大学大学助教を経て、2009年より現職  
研究室 :化学東館226号室  
E-MAIL :jun@chem.s.u-tokyo.ac.jp  
TEL :03-5841-4418

センター長  
教授 菅 裕明 (化学専攻教授)  
Hiroaki Suga

助教 平松 光太郎  
Kotaro Hiramatsu  
研究室 :化学東館213号室  
E-MAIL :hiramatsu@chem.s.u-tokyo.ac.jp  
TEL :03-5841-7649

### 高速分光技術の開発と生命科学研究への応用

生体機能を理解するためには、広い時空間スケールで分子レベルの動態解析を生細胞の中で行う必要がある。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し、細胞内分子の計測へと応用している。

これまでの研究で、細胞内分子を高速・無標識測定でき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(図4)を開発し[4,5]、1秒間に2,000細胞以上の測定を可能にする大規模一細胞解析(図5)へと応用した[6]。これらの手法を用いることで、様々な細胞の代謝メカニズムの解明といった基礎科学への貢献に加え、血中循環がん細胞の検出や藻類細胞を用いた物質生産(スマートセル)の効率化といった産業応用が期待される(図6)。

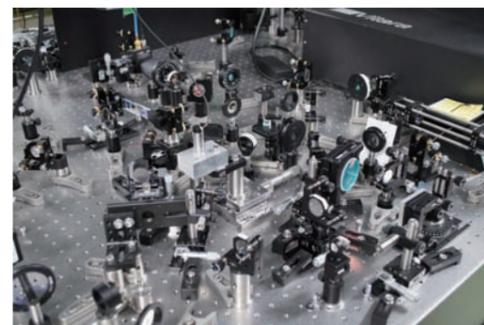


図4. 開発した高速フーリエ変換コヒーレントアンチストークスラマン分光装置



図5. 多数の細胞のスペクトルを高速測定することで細胞内分子の定量を行う



図6. 大規模・無標識一細胞解析法的应用によって期待される様々な波及効果

### 共通利用装置の整備

スペクトル化学研究センターでは、学内共同利用に供している一般測定機器を管理しています。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。

[共同利用測定機器の一例]

粉末X線回折装置 / 蛍光X線分析装置 / 単結晶X線構造解析装置 / 紫外可視赤外分光光度計 / 分光蛍光光度計 / 赤外吸収分光光度計及び赤外顕微鏡 / 核磁気共鳴測定装置 / ガスクロマトグラム質量分析計 /

図6. 共通利用装置の一例

(左上)電子スピン共鳴装置、(右上)核磁気共鳴測定装置、(左下)赤外吸収分光光度計及び赤外顕微鏡、(右下)蛍光X線分析装置



#### 主な参考文献

1. Anatomy of interfacial spin-orbit coupling in Co/Pd multilayers, Jun Okabayashi et al., *Scientific Reports* **8**, 8303 (2018).
2. Induced perpendicular magnetization in a Cu layer inserted between Co and Pt layers revealed by x-ray magnetic circular Dichroism, Jun Okabayashi et al., *Scientific Reports* **7**, 46132 (2017).
3. Perpendicular magnetic anisotropy at the interface between ultrathin Fe film and MgO studied by angular-dependent x-ray magnetic circular dichroism, J. Okabayashi et al., *Applied Physics Letters* **105**, 122408 (2014).
4. Large anisotropic Fe orbital moments in perpendicularly magnetized  $\text{Co}_2\text{FeAl}$  Heusler alloy thin films revealed by angular-dependent x-ray magnetic circular dichroism, Jun Okabayashi, Hiroaki Sukegawa, Zhenchao Wen, Koichiro Inomata, and Seiji Mitani, *Appl. Phys. Lett.* **103**, 102402 (2013).
5. K. Hashimoto, et al., "Broadband coherent Raman spectroscopy running at 24,000 spectra per second," *Sci. Rep.* **6**, 21036 (2016).
6. K. Hiramatsu, et al., "Rapid-scan Fourier-transform coherent anti-Stokes Raman scattering spectroscopy with heterodyne detection," *Opt. Lett.* **42**, 4335 (2017).
7. K. Hiramatsu, et al., "High-throughput label-free molecular fingerprinting flow cytometry," *Sci. Adv.* **5**, eaau0241 (2019).

# 沿革

- 文久 2年 (1861) 徳川幕府蕃書調所精錬方が発足  
洋書調所化学所、開成学校、東京開成学校へと変遷
- 明治10年 (1877) 東京医学校と合併して東京大学と称し、理学部化学科が発足
- 明治13年 (1880) 大学院の前身となる学士研究科を設置
- 明治19年 (1886) 帝国大学理科大学と改称、大学院を設置
- 明治21年 (1888) 初めての博士号 (理学は10名) を授与
- 明治30年 (1897) 東京帝国大学理科大学と改称
- 大正 8年 (1919) 東京帝国大学理学部と改称
- 昭和22年 (1947) 東京大学と改称
- 昭和26年 (1951) 理学部を、化学科を含む5学科に改編
- 昭和28年 (1953) 新制東京大学大学院が発足
- 昭和40年 (1965) 大学院を改組し、理学系研究科を含む5研究科を設置
- 昭和51年 (1976) 分光化学センターを新設
- 昭和53年 (1978) 地殻化学実験施設を新設
- 平成 3年 (1991) 分光化学センターをスペクトル化学研究センターに転換
- 平成 5年 (1993) 理学系研究科を改組 (大学院重点化)
- 平成10年 (1998) 新領域創成科学研究科を設置
- 平成14年 (2002) 21世紀COEプログラム (フロンティア基礎化学) が開始
- 平成17年 (2005) 超高速強光子場科学研究センター設置
- 平成19年 (2007) グローバルCOEプログラム「理工連携による化学イノベーション」開始
- 平成23年 (2011) 化学教室発祥150周年記念式典を挙行  
「フォトンサイエンスリーディング大学院」開始
- 平成24年 (2012) 「統合物質科学リーダー養成プログラム リーディング大学院」開始
- 平成26年 (2014) 「グローバルサイエンスコース (GSC)」開始
- 平成28年 (2016) 「国際卓越大学院コース (GSGC)」開始
- 平成30年 (2018) 生体分子化学研究室を新設

## 化学教室の施設



核磁気共鳴装置



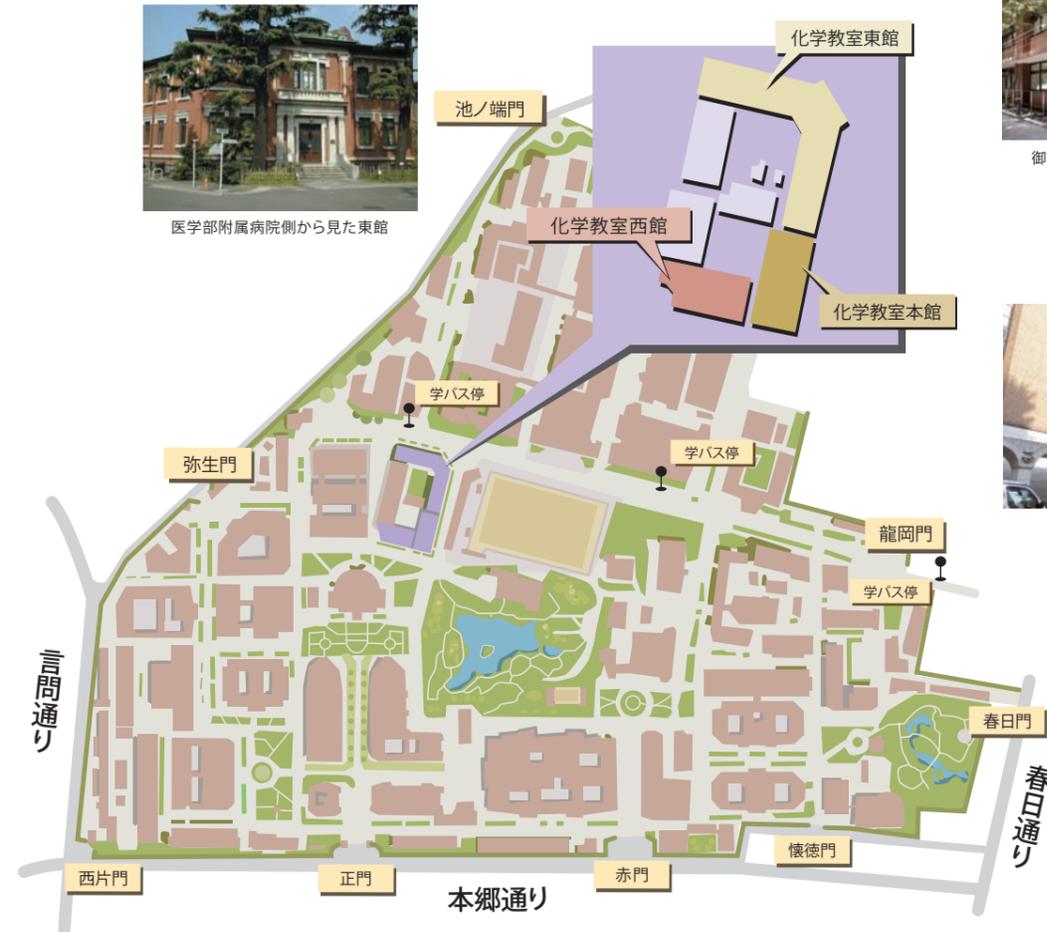
化学図書室



学生実験室



講堂



医学部附属病院側から見た東館



御殿下グランド側から見た本館



安田講堂側から見た西館



バス	
行き先	東大構内行き
乗り場	J R上野駅 浅草口 (学01) J R御茶ノ水駅 聖橋の上 (学07) (いずれも終点[東大構内]で下車)

地下鉄	路線	下車時間
東京メトロ丸の内線	本郷三丁目駅	下車15分
都営地下鉄大江戸線	本郷三丁目駅	下車15分
東京メトロ千代田線	根津駅	下車10分
東京メトロ南北線	東大前駅	下車15分

## 東京大学 本郷キャンパス

113-0033 東京都文京区本郷 7-3-1  
 東京大学大学院理学系研究科化学専攻事務室  
 Tel : 03-5841-4321, 4322  
 Fax : 03-5841-8324  
 E-Mail : kagaku@chem.s.u-tokyo.ac.jp  
 Homepage : <http://www.chem.s.u-tokyo.ac.jp/>