

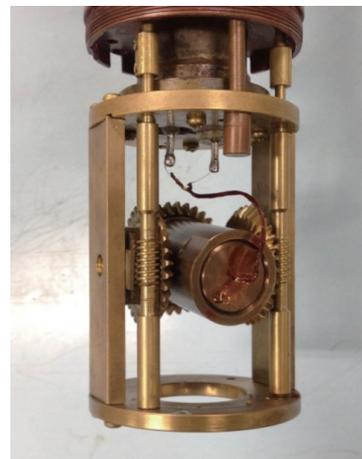
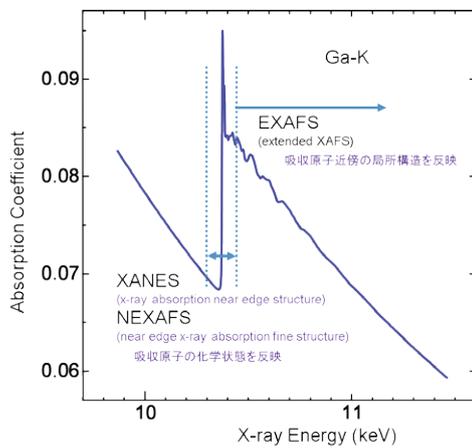
名古屋大学ベンチャー・ビジネス・ラボラトリー ニュース

平成29年2月1日発行

第21巻第2号

〒464-8603 名古屋市千種区不老町 TEL (052)789-5447 FAX (052)789-5448 <http://www.vbl.nagoya-u.ac.jp>

ISSN 1342-8640



2軸回転機構とNMR用高圧セル

CONTENTS

ベンチャービジネス特論I実施報告	2
最先端理工学実験報告	2
研究紹介(1) あいちSRで展開される硬X線吸収分光、蛍光X線分析研究	3
研究紹介(2) 強相関電子系の核磁気共鳴	4
研究紹介(3) 共役系高分子の伝導状態における超高速発光現象	5
第20回VBLシンポジウム	6
平成28年度第1回VBLセミナー報告	7
平成28年度第2回VBLセミナー報告	8
平成28年度第3回VBLセミナー報告	8

ベンチャービジネス特論Ⅰ 実施報告

「ベンチャービジネス特論Ⅰ」は、理科系大学院生を対象としたアントレプレナー教育の最も基礎として行う講義です。この講義は、社会としての起業や新規事業の必要性の認識、起業や事業化を考える時に必要な最も基本的な知識の習得を目的としています。本年度は、二人の新しい講師の先生をお迎えして講義を行いました。一人目は 本学の卒業生でもあり、先進的かつかわいい電動車いすを生産・販売する株式会社 WHILL の福岡宗明先生にスタートアップをエンカレッジする授業を行っていただきました。二人目の京都大学の山口栄一先生は、青色 LED や IPS 細胞の事例を含め、現在のブレークスルー・イノベーションが



いかにして起こっているのか、その考え方に関しての講義をいただきました。また、従来の豊田合成(株)の太田先生、メジエップ(株)名古屋大学名誉教授の山口先生の講義をはじめとしたより具体的な大学発の起業・新規事業の取り組みも聴講できます。本講義を通じて、学生達にベンチャー魂が芽生えれば幸いと考えております。(写真は、株式会社 WHILL の福岡先生の講義風景)

最先端理工学実験実施報告

最先端の高度な知識と技術を習得する学生実験カリキュラムである「最先端理工学実験」を実施しています。現代科学では欠かせなくなった科学シミュレーションを行う CAD 分野とデバイスプロセスやその解析を学ぶナノプロセス分野の二つの分野からなり、本学 VBL の設備を学生自らで利用し、最先端の研究実験が行えます。CAD 分野では、VBL が保有する計算シミュレーションソフトウェア(ダッソー・システムズ社 Materials Studio および Discovery Studio) を学生が実際に研究しているテーマに応用する実験を行います。本年度は、マテリアルサイエンス系 6 名、ライフサイエンス系 3 名の受講者に基礎と応用の 2 度の講習を実施し、各自の研究に直結したテーマで



で計算機実験を行ないました。ナノプロセス分野では、2 名の受講者がありました。全受講者の成果発表会は、12 月 1 日に行われ、異分野の学生間で活発に討論を行いました(写真は本年度の成果発表会の風景)。

研究紹介(1)

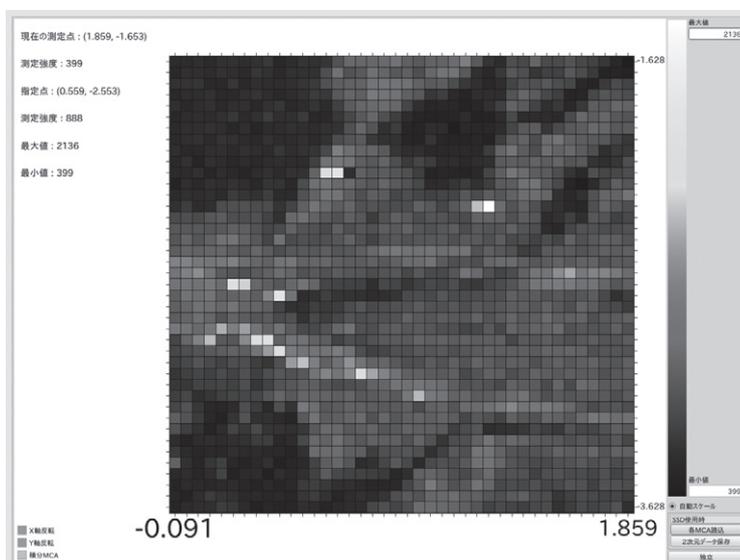
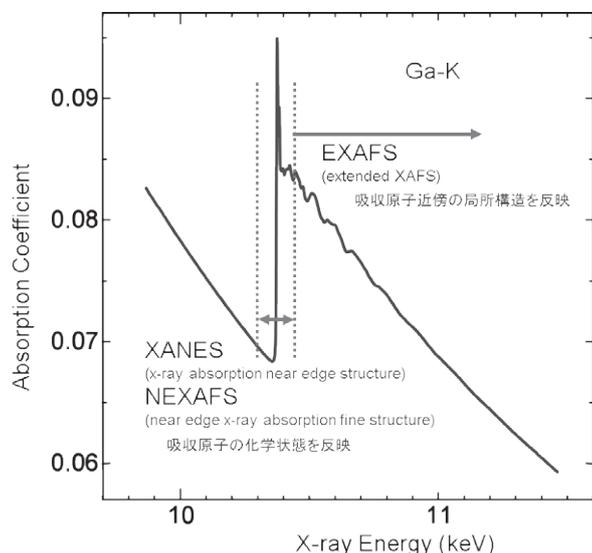
あいち SR で展開される硬 X 線吸収分光、蛍光 X 線分析研究

名古屋大学シンクロトロン光研究センター 田渕 雅夫

X線の吸収分光スペクトルには独特の微細構造が現れることが知られていて、一般的にはXAFS(x-ray absorption fine structure)と呼ばれる。図1は、例としてGaAsを対象にXAFSスペクトルの測定を行った結果で、GaのK殻の電子を励起できるエネルギー(約10.4keV)で吸収が階段状に立ち上がっていることが分かる。XAFSスペクトルは吸収端近傍のXANES(x-ray absorption near edge structure)領域と、吸収端から高エネルギー側に数100eVのEXAFS(extended XAFS)領域に区別される。XANES領域は対象元素(吸収を起こしている元素)の化学状態を反映し、EXAFS領域は対象元素周辺1nm程度以下の局所領域の原子配置に関する情報を与える。この測定は、材料開発の研究に有用で、特に材料中で長距離の秩序構造を作っていない原子(例えば、不純物や微粒子、吸着分子/原子等)について選択的に情報を得ることができる。名古屋大学のシンクロトロン光研究センターと協力しながら運営されている愛知県の放射光利用施設、あいちシンクロトロン、でもTi~Mo、Cs~Uが測定対象元素となる硬X線XAFS測定ビームライン(BL5S1)は当初から多くの利用希望があり、その実績を受けて本年度、同等の能力を持つ硬X線XAFSビームラインBL11S2が増設された。

筆者の専門である化合物半導体結晶の分野でもXAFS測定によって、半導体結晶構造の局所的な乱れに関する研究や、半導体に添加された不純物原子が活性化する機構の研究、半導体構成元素の偏析や自然超格子形成の研究が行われている。これらの研究は主にEXAFS領域から情報を得ようとする研究であるが、一方でXANES領域の測定では、比較的時間が短い(数分~10数秒)測定でも、対象元素の価数変化や電子軌道の変化(主に配位の変化による)などを明らかにできるため、化学、生物、環境など幅広い分野で応用されている。さらに、X線の吸収が起こるときにはその緩和過程で必ず特性蛍光X線が放出されるが、特性蛍光X線は元素ごとに異なったエネルギーを持つため、元素分析が可能になる。

筆者はあいちSRの硬X線XAFSビームラインの立ち上げと運営に協力する中で、より多くのユーザーが利用できるよう、XAFS測定の簡易化を進めると同時に、蛍光X線分析との統合的な利用が可能になる様尽力してきた。図2はその一例で、植物の根の先端(図中央部左右に延びたU字型の領域の内部)を含んだ土壌を対象にして2次元的な蛍光X線分析を行い、土壌中のFe原子の量で規格化したAs原子の量を示している。その分解能は30μ程度ある。このように一度に複数の元素(濃度的にはppmオーダー)の情報を含んだマップを数分~数十分の時間で得ることができ、その結果をみて特定の場所のXAFS測定を行うようなこともすぐに行うため、不均質な対象の研究には非常に有力な武器となる。



研究紹介(2)

強相関電子系の核磁気共鳴

理学研究科 物質理学専攻(物理系) 伊藤 正行

固体物理学の分野では、電子間相互作用が強い強相関電子系で発現する新奇な磁性や超伝導などが主要課題として興味を持たれている。私たちの研究グループでは、主として核磁気共鳴(NMR)法を用いて、強相関電子系の新奇物性の発現機構を解明することを目指した研究をNMR測定技術の開発とともに進めている。NMRの特徴は、局所的なプローブであり、電気抵抗や帯磁率などの巨視的物性の測定では得ることができない局所情報を与えてくれる。

強相関電子系の物性を研究する上で、圧力は、温度や磁場とともに、物性を制御する重要な外部パラメータである。これまで、圧力下のNMR実験は、特殊な高压技術が必要とする難しい実験であったが、最近、約10GPaの圧力下での実験が可能になってきた[1]。私たちは、現在、約3GPaの圧力を発生させることが可能なピストン型圧力セルと約10GPaまでの実験が可能ブリッジマンアンビル型圧力セルと対向アンビル型圧力セルを用いて、NMR実験を行っている。これらの高压セルを2軸回転機構に取り付け(図1)、磁場中で単結晶試料の精密な角度回転の実験を行うことができるようになっている。スピネル型構造を持つ LiV_2O_4 は3d電子系として特異な重い電子系的な振る舞いを示し、その物性に興味を持たれている。私たちは、最近、高压NMR実験によって、この物質の温度圧力相図(図2)を決定した[2]。その結果、重い電子系的振る舞いは、反強磁性揺らぎが発達した低温低圧領域で出現し、圧力増加とともに弱相関金属へとクロスオーバーし、約7GPa以上で、金属相から絶縁体相へ転移することを明らかにした。さらに、この絶縁体相では、4量体が形成され、非磁性基底状態をとっていることを示した。この研究以外にも、有機三角格子反強磁性体 $\kappa\text{-(ET)}_2\text{Ag}_2(\text{CN})_3$ に対して、圧力によって交換相互作用定数をコントロールした静的・動的帯磁率の測定から、量子スピン液体の磁気励起について調べた[3]。このように、約10GPaまでのNMR用高压セルの開発によって、これまで不可能であった高压領域までNMR実験が可能になり、研究対象とする新奇物性の研究領域が広がってきた。常圧下においても、強磁性半金属 CrO_2 における結晶の対称性を破った電子状態を観測し、これと局所的な軌道状態が関係することを見出した[4]。さらに、軌道分解NMR法[5]を用いて、擬一次元導体 V_6O_{13} におけるサイト選択的な金属絶縁体転移と軌道状態を明らかにした[6]。

このように、強相関電子系における新奇物性の物性発現機構を解明する上で、私たちが開発を進めている高压NMRや軌道分解NMRなどの先進的なNMR法は有効な測定手段である。

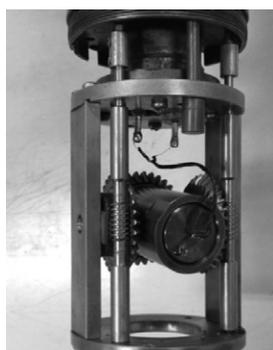


図1. 2軸回転機構とNMR用高压セル

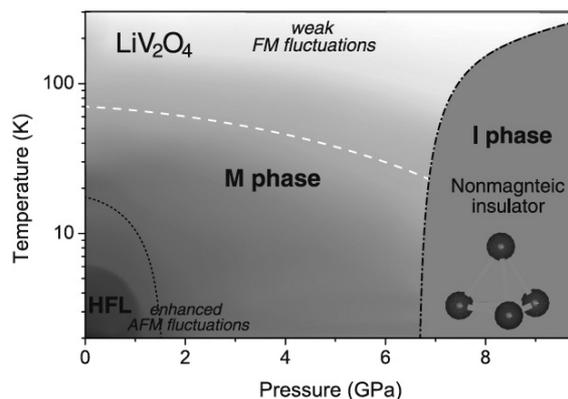


図2. 重い電子系 LiV_2O_4 の温度圧力相図[2]。図中の略号は、HFL(重い電子系フェルミ液体)、AFM fluctuations(反強磁性揺らぎ)、FM fluctuations(強磁性揺らぎ)、M phase(金属相)、I Phase(絶縁体相)を意味する。

- [1] M. Itoh, J. Phys. Soc. Jpn. News Comments 7, 03 (2010).
- [2] H. Takeda, Y. Kato, M. Yoshimura, Y. Shimizu, M. Itoh, S. Niitaka, and H. Takagi, Phys. Rev. B **92**, 045103 (2015).
- [3] Y. Shimizu, T. Hiramatsu, M. Maesato, A. Otsuka, H. Yamochi, A. Ono, M. Itoh, M. Yoshida, M. Takigawa, Y. Yoshida, and G. Saito, Phys. Rev. Lett. **117**, 107203 (2016).
- [4] H. Takeda, Y. Shimizu, Y. Kobayashi, M. Itoh, T. Jin-no, M. Isobe, Y. Ueda, S. Yoshida, Y. Muraoak, and T. Yokoya, Phys. Rev. B **93**, 235129 (2016).
- [5] Y. Shimizu, H. Takeda, M. Tanaka, M. Itoh, S. Niitaka, and H. Takagi, Nat. Commun. **3**, 981 (2012).
- [6] Y. Shimizu, S. Aoyama, T. Jinno, M. Itoh, and Y. Ueda, Phys. Rev. Lett. **114**, 166403 (2015).

研究紹介(3)

共役系高分子の伝導状態における超高速発光現象

大学院工学研究科 マテリアル理工学専攻 小山 剛史、岸田 英夫

共役系高分子はドーピングにより電気伝導性を示し、有機導体として応用可能である。また、様々な光機能性、例えば電界発光、光起電力効果などを示す。さらに伝導特性を外場で制御しトランジスタ動作を実現できることなどから、幅広い研究が行われている。これらの機能性の利用においては、伝導状態におけるキャリアのふるまいの理解が重要である。伝導状態は化学的なドーピングにより実現するが、我々のグループでは、この共役系高分子の化学ドーピング状態に関して光学的な手法を用いて研究を行っている [1-6]。ここでは、化学ドーピング状態の発光に関する研究について紹介する。

一般に電気伝導状態の物質に光を照射しても、そのエネルギーは様々な過程を経て物質内で緩和するため、強い発光は期待できない。しかし、その緩和過程が起こる時間スケールでは発光が観測されることがある。この緩和過程中の発光現象の時間変化を観測すると、どのように光励起状態が緩和していくかを明らかにすることができる。

我々は、化学ドーピング状態にある共役系高分子ポリチオフェンのキャリアから生じる発光を観測し、共役鎖内におけるキャリア伝導 (図 1) について調べた [5]。観測された発光強度の時間発展を図 2 に示す。ドーピングを 1 分間施した試料と 6 分間施した試料 (ドーピングレベルが低い試料と高い試料) の発光減衰を比べると、後者の方が速い。この結果は、光励起状態の緩和の起源がドーピングによって生じることを示している。発光減衰のふるまいは拡張指数関数によって再現され、その関数形から、光励起状態は一次元的な拡散運動後に失活することがわかる。失活の起源が共役鎖上のキャリア間の相互作用によるバイポーラロンの形成であるとして、発光減衰時定数および THz 領域の光吸収測定から得られたキャリア密度 [2] を用いてキャリアの拡散係数を求め、移動度を計算した。得られた移動度は $2 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$ であり、電界効果トランジスタ構造の試料の伝導測定によって得られた最大移動度 $\sim 0.1 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$ と比べて一桁大きい。この値の違いは、共役鎖内における微視的伝導の移動度が共役領域を越える巨視的伝導の移動度より桁違いに大きいことを示している。本研究は、伝導状態にある共役系高分子の微視的伝導特性を発光測定によって調べることが可能であることを示した例である。

参考文献:

- [1] T. Unuma, K. Fujii, H. Kishida, and A. Nakamura, *Appl. Phys. Lett.* **97**, 033308 (2010).
- [2] H. Kishida, K. Hibino, and A. Nakamura, *Appl. Phys. Lett.* **97**, 103302 (2010).
- [3] T. Unuma, N. Yamada, A. Nakamura, H. Kishida, S.-C. Lee, E.-Y. Hong, S.-H. Lee, and O.-P. Kwon, *Appl. Phys. Lett.* **103**, 053303 (2013).
- [4] T. Unuma, A. Umemoto, and H. Kishida, *Appl. Phys. Lett.* **103**, 213305 (2013).
- [5] T. Koyama, A. Nakamura, and H. Kishida, *ACS Photonics* **1**, 655 (2014).
- [6] T. Koyama, T. Matsuno, Y. Yokoyama, and H. Kishida, *J. Mater. Chem. C* **3**, 8307 (2015).

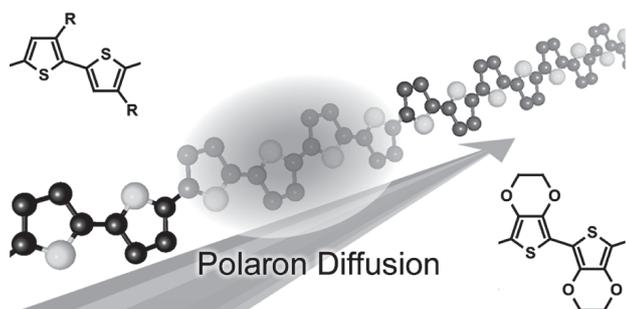


図1 共役系高分子ポリチオフェンのポーラロンダイナミクス (Adapted with permission from T. Koyama, A. Nakamura, and H. Kishida, *ACS Photonics* **1**, 655-661 (2014). Copyright 2014 American Chemical Society.)

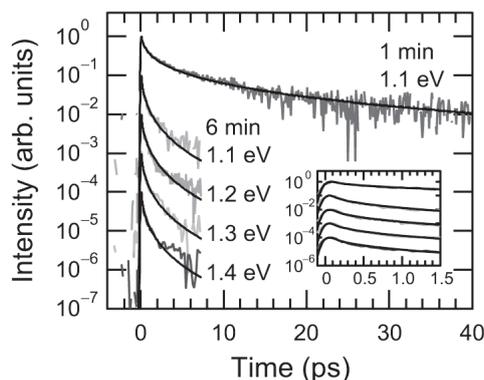


図2 共役系高分子ポリチオフェンの発光強度の時間発展 (ドーピング時間依存性と観測光子エネルギー依存性) (Adapted in part with permission from T. Koyama, A. Nakamura, and H. Kishida, *ACS*

Photonics **1**, 655-661 (2014). Copyright 2014 American Chemical Society.)

第20回VBLシンポジウム

ベンチャー・ビジネス・ラボラトリー (VBL) では、2016年11月29日(火)に、VBL フロンティアプラザにおいて、VBL シンポジウム「VBL 設立20周年企画 挑戦する人たちに」(共催：日比科学技術振興財団)を開催した。今回は、VBL 設立20周年を記念し、ベンチャースピリッツの原点に戻り、第一部「挑戦への想い」、第二部「挑戦の方法論」、第三部「挑戦したい人へ」の三部構成で、VBLの20年を振り返りながら、過去のチャレンジの事例からの将来への提言、現在進行形の大学発ベンチャーの事例、これから学生ベンチャーとしてチャレンジを始めたばかりの人からのメッセージを紹介した。

第一部では、初代VBL長の後藤俊夫氏(中部大学)「大学研究力の社会還元に向けた改革の流れー名大VBLの創設を中心としてー」と題して、VBL 設立当時の学内外の背景から立ち上げまでの経緯や思いについて、当事者としての貴重な話をいただいた。神原秀記氏(早稲田大学)から「新分野開拓と事業化」として自身が日立製作所で開発したDNAシーケンサーについて、開発から事業化までの経緯から、その楽しさから困難さまでを伝えていただいた。小玉秀男氏(快友国際特許事務所)からは「3Dプリンターの発明の顛末」として、日本最初の3Dプリンターの発明について、その成功談と失敗談を非常に親しみやすく紹介いただいた。第二部では、ベンチャー・ビジネス特論を長年担当いただいている富田茂氏(キャリアオ技研)から「進化を伴う危機の意識的管理(追い詰められると湧いてくるアイデアと実践例)」として、危機意識こそが新たな挑戦を決意させる、という力強いメッセージをいただいた。坂田利弥氏(東京大学)からは「半導体バイオセンサの現状と展望」として、研究開発の現状と自ら立ち上げたベンチャーでの事業内容について、お話をいただいた。伊藤耕三氏(東京大学)からは「しなやかなタフポリマーを実現する分子設計・材料設計戦略」として、長年研究開発を続けているポリマー材料について、さらにはその材料をもとにしたベンチャー設立から継続の困難さとその克服の経緯を紹介いただいた。第三部では、最初に安達宏昭氏(榊創晶)から、「大学発ベンチャーの醍醐味」と題して、自身のベンチャー設立からこれまでの発展を紹介しつつ、様々な局面での選択や決心の経緯、また、それらにおけるメンタルの重要性を紹介いただいた。続いて、松下健氏(合同会社オプティマインド)と柘植千佳氏(Kodawari)から、名古屋大学学生ベンチャーとして、生の意見を紹介してもらった。最後に、河野廉氏(名古屋大学)より名大が中心として行われているアントレプレナー教育に関して情報提供をいただいた。当日は、非常に多くの学生にも参加いただいたが、本シンポジウムが、学生や若手研究者の挑戦のきっかけとなれば幸いである。



平成 28 年度第 1 回 VBL セミナー報告

報告者：工学研究科 化学・生物工学専攻 分子化学工学分野 後藤 元信

Siti Machmudah 講師（スラバヤ工科大学）のセミナーが平成28年10月17日（月）10時30分から12時00分まで VBL 3階ミーティングルームで開催された。Machmudah 先生は VBL 招聘外国人研究員（客員准教授）として9月18日から10月23日までの36日間滞在し、亜臨界・超臨界流体を利用したナノ粒子の調製法に関する共同研究を行い、学生に対する研究上の指導と議論を行った。

本セミナーでは、「Sub- and Supercritical Fluids for Nano-particles Production」というタイトルで、臨界点近傍の亜臨界流体や超臨界流体を用いた3種類のナノ粒子調製法に関する講演が行われた。

1つ目はポリスチレンの微粒子をテンプレートとして亜臨界水中での水熱反応によりジルコニアあるいはセリア・ジルコニアの多孔体粒子を調製する手法に関するものであり、回分反応と流通反応を用いた場合の多孔体の比較から流通反応が優れていることが示され、メソ孔とマクロ孔が存在することが説明された。これらの微粒子は耐熱性と酸素貯蔵能力が優れていることから固体酸化燃料電池の電極材料として有望であることが紹介された。2つ目は超臨界二酸化炭素中でのレーザーアブレーションに関するものであり、金あるいは銀板に高圧二酸化炭素中でレーザー照射することにより、アブレーションが起こり、金属ナノ粒子が生成する。この際にアブレーションの程度とナノ粒子の形態は圧力に顕著に依存することが示された。典型的な粒子は数百ナノ程度の大きい粒子の周りに小さい粒子がネットワーク状に凝集した形態を有していることが示された。3つ目は超臨界貧溶媒法による微粒子調製法に関するものであり、医薬品や機能性食品素材を有機溶媒に溶解したものを超臨界二酸化炭素と接触させることにより、二酸化炭素の貧溶媒作用により、目的物のナノ粒子が生成し、溶媒も同時に除去される。この手法によりリコピンなどのカロテノイドのナノ粒子が調製されたことが紹介された。

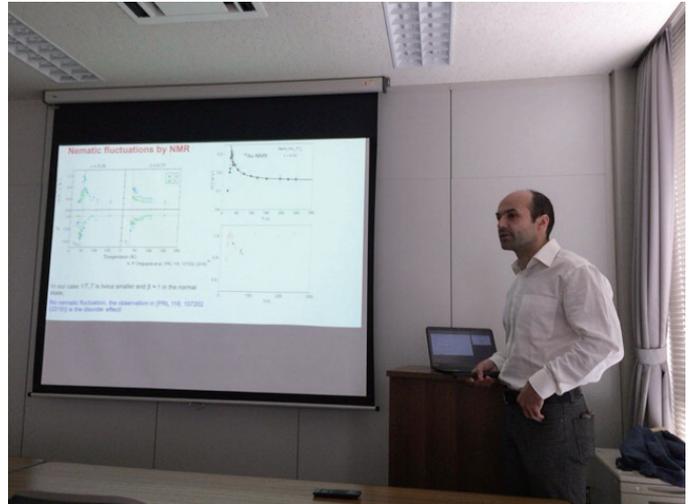
超臨界流体を利用した環境低負荷な手法により各種ナノ材料を調製できるプロセスは、今後重要となる技術であることが説明され、その各種のプロセスについて学ぶことができた。教員と学生計20名余が参加し、活発な議論が行われた。



平成 28 年度第 2 回 VBL セミナー報告

報告者：工学研究科 結晶材料工学専攻 電子物性工学講座 飯田 和昌

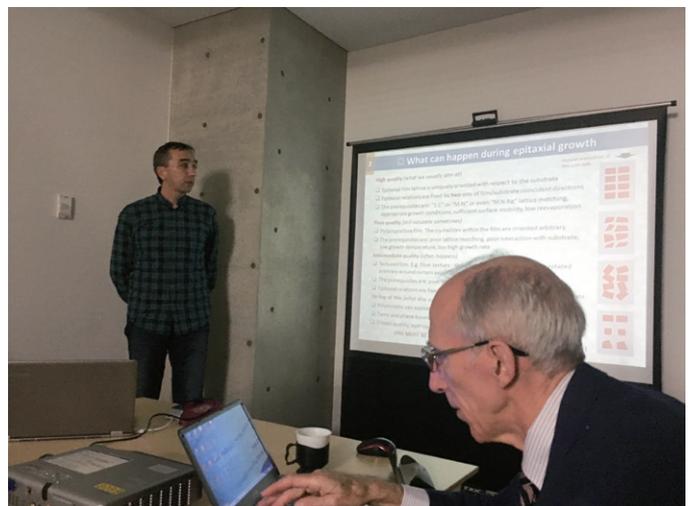
平成 28 年 10 月 18 日より Vadim Grinenko 博士 (Technische Universität Dresden) が, VBL に 11 月 15 日まで滞在した。期間中, 同博士は工学研究科結晶材料工学専攻の生田研究室と共同研究を行うと共に, 平成 28 年 11 月 10 日 (木) 10 時 00 分から 12 時 00 分まで VBL ミーティングルームにてセミナーを行った。本セミナーで Grinenko 博士は, 「Novel phase transition in Fe-based superconductors」というタイトルで, リン置換された BaFe_2As_2 薄膜における量子臨界点近傍での異常な振る舞いについて講演した。まずこれまでに報告されている文献に基づき量子臨界点における特異的な物性について報告した。次にリン置換 BaFe_2As_2 薄膜を用いた強磁場下における輸送特性の結果について報告した。上部臨界磁場 H_{c2} の超伝導転移温度 T_c 近傍における傾き $|H_{c2}/T_c|$ はリン置換量に対して緩やかに変化するだけで, 量子臨界点近傍でも大きな変化は観測されなかった。この結果から, 量子臨界点近傍では少なくとも 2 つの電子状態が存在することを報告した。一連の成果は共著論文としてまとめ, 現在, 投稿中である。



平成 28 年度第 3 回 VBL セミナー報告

報告者：名古屋大学 シンクロトロン光研究センター 田淵 雅夫

平成 28 年度に VBL 招聘外国人研究員として名古屋大学に 2 ヶ月間滞在されたロシア ヨッフエ物理工学研究所の N. Sokolov 氏と S. Suturin 氏を講師にお招きした VBL セミナーが, 11 月 21 日 (月) に開催されました。ご講演タイトルはそれぞれ, "Growth and properties of CoFeB - MgO heterostructures for spintronics applications", "Rare ϵ -Fe $_2$ O $_3$ multiferroic phase stabilization in epitaxial layers: structural studies by RHEED/XRD three dimensional reciprocal space mapping" でした。前者は, レーザー MBE を使用した磁性薄膜結晶成長のレビューとヨッフエ研究所での最新研究状況についてのご講演で, 様々なヘテロ材料系を研究してこられた Sokolov 先生の最新の研究成果を聞かせていただくことができました。後者は, 様々な相があってそれぞれに異なる性質を示す鉄酸化物の中で, ϵ -Fe $_2$ O $_3$ 薄膜単結晶を再現性良く作製することに成功されたことと, その結晶を RHEED/XRD の二つの方法で詳細に評価された結果の報告でした。独自の手法で再現され 3 次元的に視覚化された逆格子空間マップには非常な迫力がありました。お二人が日本滞在中に展開された研究の主たる部分が放射光を利用した薄膜結晶の評価であったこと, 同評価のためにあいち SR をご利用になったこと, などの理由から開催場所はすこし変則ですが, あいち SR の小会議室とさせて頂きました。結果的に, 参加人数は 10 名前後と少し少なめでしたが, 内容豊かなご講演を頂けたおかげで, 議論にも熱がこもり充実したセミナーとなりました。



講演中の S. Suturin 氏 (写真左) と, ご講演を終えられた後の N. Sokolov 氏