

2009

Annual Report 2009

*Cryogenic Research Center
University of Tokyo*



平成 21 年度 低温センター年次報告

東京大学低温センター



巻頭言

低温センター長 福山 寛

平成 21 年度（2009 年度）の低温センターの活動報告書をお届けします。低温センターは昭和 42 年（1967 年）に設置された、東京大学でも 3 番目に歴史の長い全学センターです。その設置目的は、「センターは、その低温施設を整備して、これを管理運営し、学内各部局研究者の共同利用に供するとともに、全学の低温研究の推進に必要な研究開発を行うことを目的する。（東大規則第 87 号）」とある通り、ヘリウムの液化・供給と液体窒素の供給だけに止まらず、広く低温研究すなわち極低温環境を利用した研究を推進することにあります。

昨年度は、そうした目的に照らして重要かつ初めての活動を二つ行いました。一つは、年度末に開催した「成果報告会」です。初回ということで、共同利用装置と共同利用研究室（実験室）のユーザーを中心に、若手研究者に研究成果を発表いただきました。若手とくに大学院生が異分野の聴き手に自分の研究の内容や意義を伝える経験の一助になればと、ベスト・プレゼンテーション賞も設けました。今後は学内寒剤ユーザーまで対象を拡げつつ、分野横断の研究交流の場として定着することを願っています。もう一つは、一般市民への基礎科学の啓蒙とセンターの活動紹介を兼ねた「公開講演会」の開催です。今回は低温物理学分野のノーベル賞受賞者が来日した機会を捉えた企画でしたが、こうしたアウトリーチ活動は税金を使う研究組織の責任でもありますし、住宅地に隣接した当センターの立地からすれば、「ご近所づきあい」も大切だと思うのです。

極低温の寒剤製造にトラブルはつきものです。幸い平成 21 年度は更新後 3 年目のヘリウム液化機がほぼ通年大きなトラブルなく稼働し、本郷・浅野・弥生の 3 キャンパスに安定して液体ヘリウムを供給することができました。センター技術職員の世代交代の最中という困難な時期ではありますが、逆に危機意識のもとにベテランと若手職員が補い合い、教員と事務職員を含めた全構成員が力を合わせてセンター運営に当たった結果だと思えます。今年度は、寒剤 web 申込システムの運用開始や共同利用装置の web 予約など、ユーザーの皆様にとって目に見える利便性の向上を目指すとともに、部局内低温サブセンター機器の遠隔モニターシステムの拡充など、見えないところでも寒剤供給・回収システムの信頼性を向上する予定です。そして、技術職員の養成と確保という長期的視点に立って、昨年度同様、職員の技術研修参加を積極的に進めたいと思えます。

6 年前の国立大学法人化以後、センターの運営交付金は毎年 2%削減される一方、液体ヘリウムの供給量は多少の増減こそあれ基本的に右肩上がりに増加し、ヘリウムガス単価も上昇しています。持続可能なセンターの経営方針あるいは運営形態の構築、老朽化した液化機周辺設備や共同利用実験設備の更新（概算要求中）などが避けて通れない課題となっています。低温センターはいま 20 年に一度の大きな変革期にあることは間違いありません。このような時期においては、当センターの利用者各位そして学内外の関係者の皆様のご理解とご支援が本質的に重要です。そのためにはセンターの活動状況を今まで以上に知っていただく必要があります。その一助とすべく、年次報告書という形でまとめたのがこの冊子です。どうかご一読下さり、忌憚のないご意見をお寄せ下さるよう、お願い申し上げます。

目次

巻頭言	1
低温センターセンター長 福山 寛	
共同利用研究報告	5
IV族ベース磁性半導体 Mn ドープ Ge 薄膜の構造と磁性の評価	6
工学系研究科電気系工学専攻： 矢田慎介, 岡崎亮平, 田中雅明	
MnAs 強磁性微粒子を含む半導体ヘテロ接合	
—スピン起電力と巨大磁気抵抗効果—	8
工学系研究科電気系工学専攻： 秋山了太, ファムナム・ハイ, 田中雅明	
凍結技法による植物の新しい細胞像：鉄栄養に応答するムギネ酸小胞	10
大学院農学生命科学研究科： 西澤直子、野副朋子、長坂征治、長澤寛道	
エピタキシャル EuTiO ₃ 薄膜の合成と磁気誘電カップリング	12
理学系研究科化学専攻： 廣瀬 靖, 畑林邦忠, 長谷川哲也	
ペロブスカイト型酸化物層を持つ鉄系超伝導体群	14
工学系研究科応用科学専攻： 荻野 拓 , 岸尾光二, 下山淳一	
自然超格子構造を用いた機能融合材料の創成	16
工学系研究科電気系/バイオエンジニアリング専攻： 関 宗俊, 岩本藤行,	
小埜洋輔, 松井裕章, 横田紘子, 田畑 仁	
超伝導体を用いた放射線検出器の研究	18
工学系研究科原子力国際専攻： 大野雅史	
マイクロ SQUID 磁束計による微小磁性体の磁化測定	20
理学系研究科化学専攻： 武田啓司	
共役多座配位子からなる希土類ネットワーク錯体	22
理学系研究科化学専攻： 中林耕二	
ネルンスト効果を用いた電荷秩序の観測	23
低温センター： 藤井武則、朝光 敦	

2009 年共同利用成果発表リスト.....	25
低温センター成果報告会	32
成果報告会開催報告	32
第 1 回低温センター公開講演会	34
低温センター公開講演会の舞台裏から	37
低温センター技術専門職員 市原 博	
寒剤供給活動報告	38
技術研修活動報告	42
液化業務従事者保安教育（千葉大学）	42
第 4 回極低温技術スクール参加報告	44
2009 年度秋季低温工学・超電導学会参加報告.....	47
平成 21 年度機器・分析技術研究会実験・実習技術研究会 in 琉球参加報告	49
平成 21 年度高エネルギー加速器研究機構技術研究会参加報告書	51
自然科学研究機構 岡崎共通研究施設 技術研修報告書	54
分子科学研究所ヘリウム液化設備 見学報告	57
各種委員会の構成	59
編集後記	60
低温センター准教授 朝光 敦	

共同利用研究報告

IV 族ベース磁性半導体 Mn ドープ Ge 薄膜の構造と磁性

工学系研究科電気系工学専攻

矢田 慎介, 岡崎亮平, 田中雅明

1. はじめに

本研究で扱う Mn ドープ Ge ($\text{Ge}_{1-x}\text{Mn}_x$) は, 2002 年に分子線エピタキシー(MBE)法により作製された $\text{Ge}_{1-x}\text{Mn}_x$ 薄膜で強磁性発現が報告[1]されて以来, 強磁性を有する半導体(強磁性半導体:FS)として注目を集め, 電子デバイスにスピンによる新たな機能の付加を目指すスピントロニクスへの応用を目指して広く研究が行われている.

FS としては GaMnAs や, InMnAs 等がさかんに研究されているが, $\text{Ge}_{1-x}\text{Mn}_x$ が注目を浴びたのは, IV 族半導体 Ge をベースとしていることによる. Si ベース集積エレクトロニクスでスピントロニクスを展開していくためには, Si や Ge といった IV 族半導体に整合性の高い磁性材料が必要である. Ge をベースとした $\text{Ge}_{1-x}\text{Mn}_x$ はそのニーズに合う材料の 1 つとして期待されている.

2. $\text{Ge}_{1-x}\text{Mn}_x$ の研究動向

$\text{Ge}_{1-x}\text{Mn}_x$ は Si テクノロジーと整合性の高い IV 族ベース FS として期待されるが, その微視的構造や強磁性の起源については, 研究が十分に行われたとは言えない. すなわちその起源が $\text{Ge}_{1-x}\text{Mn}_x$ の本質的な性質によるものなのか, それとも単に Mn が Ge 結晶内で凝集して生じた強磁性化合物クラスタであるのか, について解明されていなかった. そのため最初の発見の後, 強磁性発現の報告と共に, 磁性の起源を Mn_5Ge_3 , $\text{Mn}_{11}\text{Ge}_8$ などの化合物クラスタに求める報告も徐々に現れ始めた. 2005 年にわれわれのグループは, 磁性半導体的な性質を持つアモルファス Mn ドープ Ge ($\alpha\text{-Ge}_{1-x}\text{Mn}_x$) クラスタが $\text{Ge}_{1-x}\text{Mn}_x$ 薄膜内に形成される事を示し[2, 3], これらのクラスタの磁性により $\text{Ge}_{1-x}\text{Mn}_x$ 薄膜の強磁性の起

源を説明した.

理論的にも $\text{Ge}_{1-x}\text{Mn}_x$ 薄膜内での Mn の凝集を抑える事が難しいと示される中[4], クラスタ自体を評価し, 利用する事を目指す動きも現れた[5]. $\text{Ge}_{1-x}\text{Mn}_x$ 薄膜内では Mn は柱状に凝集し, ナノカラム構造を形成することが観測され, そういった構造で高い強磁性転移温度(T_C)が発現した例[6]もあり, 注目が集まっている. 我々の研究室でも $\alpha\text{-Ge}_{1-x}\text{Mn}_x$ のナノカラムの制御を試み, ナノカラム構造を保ったままカラム内の Mn 濃度を変調し, 薄膜の磁気特性を制御できる事を示した[7].

このように $\text{Ge}_{1-x}\text{Mn}_x$ のクラスタ系では様々な興味深い結果が示されているが, その一方で FS としての $\text{Ge}_{1-x}\text{Mn}_x$ は, 材料としての重要性にもかかわらず, クラスタの形成に阻まれ作製に成功した例がない. 我々もナノカラムの制御を試みた際に, Ge(100)基板上への $\text{Ge}_{1-x}\text{Mn}_x$ の成長において, ナノカラム形成が避けられないことを示したが, 成長の面方位を変える事で成長カイネティクスが大きく変化し, Mn の偏析及びナノカラム形成を抑止できる可能性はある. 本報告では均一な Mn 組成を有する $\text{Ge}_{1-x}\text{Mn}_x$ 薄膜の作製を目指し, Ge(111)基板上に様々な条件で成長した $\text{Ge}_{1-x}\text{Mn}_x$ 薄膜について行った磁気光学測定(MCD)と透過型電子顕微鏡(TEM)による評価の結果を示す.

3. Ge(111)基板への $\text{Ge}_{1-x}\text{Mn}_x$ 薄膜の成長

低温 MBE 法により Ge(111)基板上に成長時の基板温度 $T_S = 150^\circ\text{C}$ または 180°C , 成長速度 $R_G = 30 \text{ nm/h}$ で Ge バッファ層を 12 nm 成長し, その後図 1 にプロットした複数の成長条件($T_S = 100 - 180^\circ\text{C}$, $R_G = 30 - 150 \text{ nm/h}$)で $\text{Ge}_{0.94}\text{Mn}_{0.06}$ 薄膜を

24 nm 成長した. 成長後の RHEED 像では欠陥を示す高次のスポットも確認されたがストリークを保っており, 単結晶薄膜のエピタキシャル成長に成功したことを確認した.

4. 磁気円二色性(MCD)による評価

また, 図 1 は MCD 測定により評価した薄膜の磁性相の様子も示している. MCD は左右円偏光の吸収もしくは反射の差により定義され, バンドのスピンスplitを観測する測定である. MCD 測定では, 強磁性半導体の場合, ホストの半導体のバンド構造を反映した信号が観測されるが, クラスタ系ではそれを反映せず, 強磁性クラスタのバンド構造を反映した信号が観測されるため, 強磁性半導体の同定における強力な判断材料となる.

図 1 において MCD 薄膜の T_S が高い, または R_G が低い場合は Mn_3Ge_3 クラスタの偏析が確認され(図 1 の△プロット), そこから薄膜の T_S が下がる, または R_G が上がっていくと, 強磁性相と Ge 結晶を起源とする非強磁性相が混ざった状態が観測された(図 1 の◎プロット). また $T_S = 130^\circ C$, $R_G = 150$ nm/h(図 1 の●プロット)で成長した $Ge_{0.94}Mn_{0.06}$ 薄膜では, 単相の強磁性が確認された.

図 2 に $T_S = 130^\circ C$, $R_G = 150$ nm/h で成長した $Ge_{0.94}Mn_{0.06}$ 薄膜の 10 K における 0.25 T, 0.5 T, 1 T の磁場印加時の MCD スペクトルをピーク位置で規格化したものを示す(1 T でのスペクトルの大きさは等倍). 比較のため Ge(111)基板の MCD スペクトルも示してある. Ge の遷移の特異点 $E_1(2.3$ eV)に近い位置にピークが確認され, また MCD の磁場依存性から薄膜全体が単一の

強磁性を有していることがわかる.

5. 透過型電子顕微鏡(TEM)による構造評価

単相強磁性が観測された $Ge_{0.94}Mn_{0.06}$ 薄膜の断面 TEM 像を図 3 に示す. 表面近辺では一部がアモルファス化しているが, バッファ層より 10 nm 程度の領域は, 転移や結晶欠陥は存在するものの単結晶薄膜が成長できていることがわかる. さらにエネルギー分散型蛍光 X 線分析(EDX)での点分析の結果, 単結晶の領域の Mn 濃度は 5~7%であり, ほぼ均一な $Ge_{0.94}Mn_{0.06}$ 結晶が成長できていることがわかった. $Ge_{1-x}Mn_x$ でこのようにクラスタがない均一な単結晶の混晶が得られたのは初めてである.

6. まとめ

Ge(111)基板上に $T_S = 130^\circ C$, $R_G = 150$ nm/h で成長した $Ge_{0.94}Mn_{0.06}$ 薄膜は Mn がほぼ均一に分布し, 単相の強磁性相を有する単結晶薄膜であることを示した. この薄膜は強磁性半導体である可能性が高く, 今後より詳細な評価が必要である.

【謝辞】本研究は科学研究費, 科学技術振興調整費, 次世代 IT から一部援助を受けた.

【文献】

- [1] Y. D. Park *et al.*, Science, **295**, 651 (2002)
- [2] S. Sugahara *et al.* JJAP, **44**, 1426 (2005)
- [3] S. Yada *et al.*, APL, **93**, 190108 (2008)
- [4] A. Continenza *et al.*, APL, **89**, 202510 (2006)
- [5] C. Bihler *et al.*, APL, **88**, 112506 (2006)等
- [6] M. Jamet *et al.*, Nature Mater., **5**, 653 (2006)
- [7] S. Yada *et al.*, SSDM2008, C-3-2 (2008)

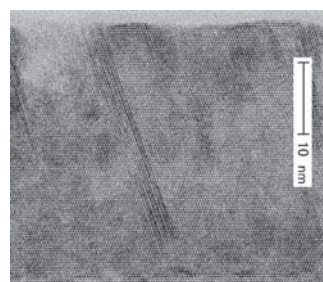
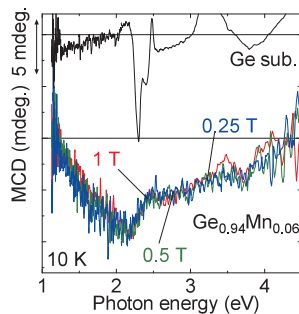
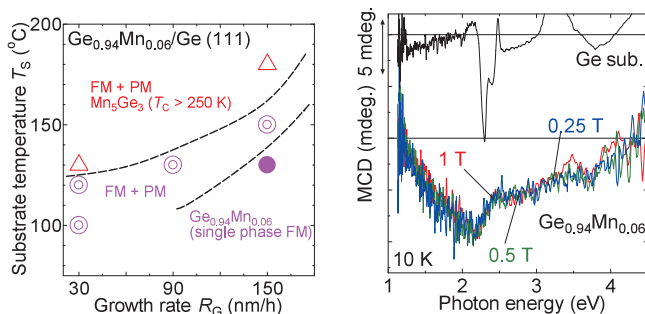


図 1(左): Ge(111)基板上に成長した $Ge_{0.94}Mn_{0.06}$ の MBE 成長相図. 図 2(中央): $T_S = 130^\circ C$, $R_G = 150$ nm/h で成長した $Ge_{0.94}Mn_{0.06}$ 薄膜の MCD スペクトル. 図 3(右): 同薄膜の断面 TEM 格子像.

MnAs 強磁性微粒子を含む半導体ヘテロ接合 — スピン起電力と巨大磁気抵抗効果 —

工学系研究科 電気系工学専攻 田中研究室
秋山 了太, ファム ナム ハイ, 田中 雅明

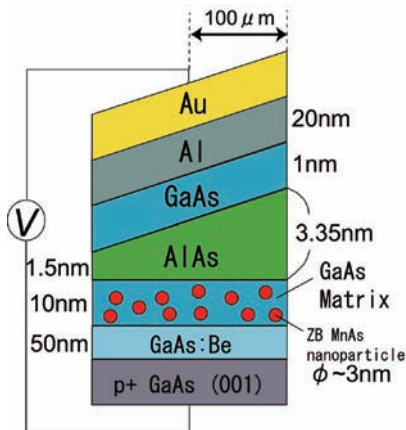


図 1 Al 上部電極を有する ZB 型 MnAs スピンバッテリーの断面構造図.

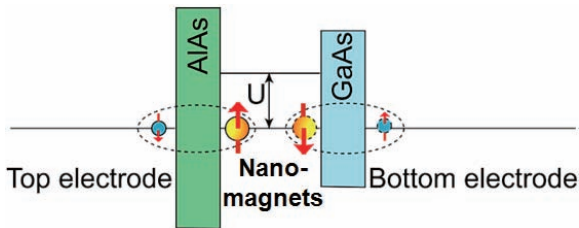


図 2 スピンバッテリー-MTJ のバンド構造.

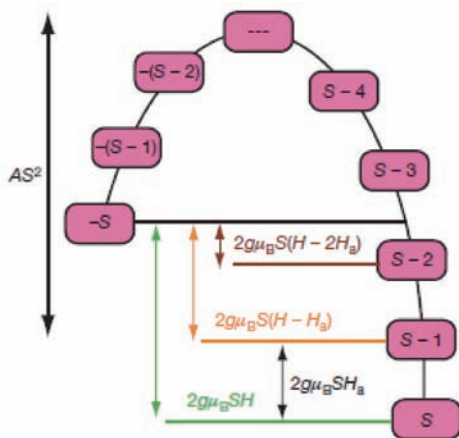


図 3 ナノマグネットにおけるトンネル前後のエネルギー状態. 外部磁場がない時、 $|S\rangle$ から $|S\rangle$ へと直接トンネルするが、外部磁場が印加されるとトンネルの終状態は $|S-1\rangle, |S-2\rangle, |S-3\rangle \dots$ と変化してゆく. 縦軸は異方性エネルギー.

【はじめに】磁束が時間的に変化する場においては電磁誘導が発生し、そこに金属などを置くと誘導起電力が発生することは Faraday の電磁誘導の法則として古くから知られている. 一方で、静磁場においては誘導起電力が発生することはないように、静磁場から電気的エネルギーを取り出す方法は存在しなかった. しかしながら我々は分子線エピタキシー (MBE) によって閃亜鉛鋳型(ZB)MnAs 微粒子を含む磁気トンネル接合(Magnetic Tunnel Junction ; MTJ)を作製し、微粒子の磁気的なエネルギーを電気的なエネルギーとして取り出すことに成功した[1]. これをスピンバッテリーと呼ぶ. このスピンバッテリーは、クーロンブロッケード(CB)効果と起電力の効果によって 100,000%に及ぶ巨大な磁気抵抗効果をもたらすことが分かっている. 今回はその概要と、さらに磁気抵抗比の起電力・トンネル抵抗依存特性を、上部電極を非磁性金属 Al に替えて行った実験を交えながら紹介する.

【構造】具体的な素子構造は図 1 に示すように、GaAs のマトリックス中に ZB の MnAs 微粒子を生成させグラニューラーとし、AlAs 障壁を成長し、GaAs スペーサーを挟み上部に電極を成長させたものである. 従来は上部電極として強磁性金属の MnAs を採用していたが、非磁性体でも起電力が得られる可能性を考慮し、Al を上部電極として採用してその特性をトンネル障壁膜 AlAs の膜厚を変化させながら調べ、スピンバッテリーの回路構造について検証を行った.

【スピン起電力】図 2 のように、キャリアが上部電極から微粒子へ、微粒子から下部電極へとトンネルする過程において、微粒子とキャリア自身のスピンの反転することで、微粒子からエネルギーを受け取りながらトンネルする (コトンネリング) ときにその増分のエネルギーが起電力 (スピン起電力とよぶ) として観測

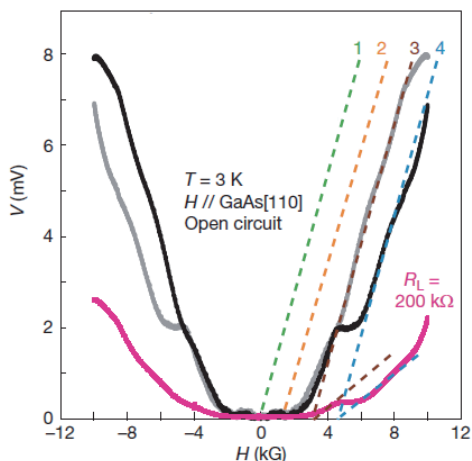


図 4 スピン起電力の磁場依存特性. 色付きの破線はそれぞれ図 3 の起電力のチャンネルに対応している.

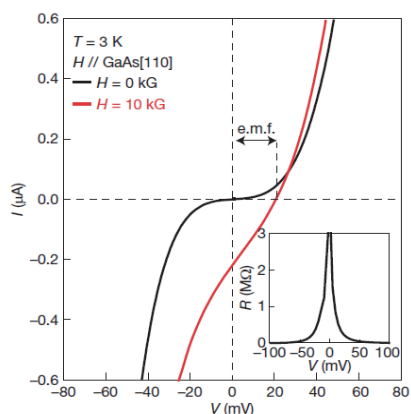


図 5 I - V 特性から見たスピン起電力. $I=0$ のときに 21mV の起電力が現れていることが分かる.

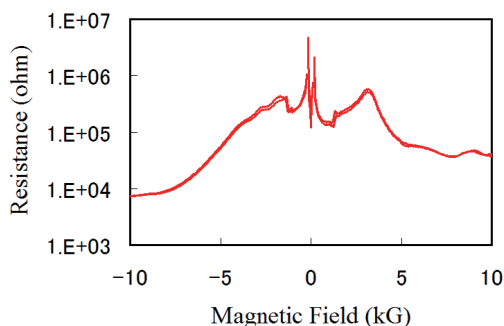


図 6 3.5Kにおける磁気抵抗の様子. この素子は $40,000\%$ の巨大な磁気抵抗比を示した.

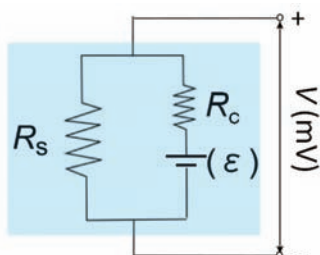


図 7 スピンバッテリー-MTJの等価回路. ε は本質的なスピン起電力, R_S , R_C はそれぞれ CB 抵抗, コトンネリング抵抗(内部抵抗)を示す.

される. エネルギー状態で考えると図 3 で表され, 微粒子のトンネリングの始状態と終状態が外部磁界によってゼーマン分裂し, それらのエネルギー差を起電力として取り出していることを示す. これによると, トンネルの終状態のエネルギーは外部磁界に応じて離散的な値をとるが, それは図 4 のように色で分けられた複数の起電力チャンネルとして現れていることに対応している. また, この起電力は図 5 の I - V 特性において, 10kG 下で電流が 0 のときに 21mV ほどの電位差を生じていることから分かる.

【スピンドバイスとしての可能性】通常, TMR を用いたスピンドバイスにおいては絶縁障壁を挟みこんだ金属電極のスピン偏極率が, その伝導特性を大きく左右しており, ハーフメタルのように如何にスピン偏極率を高めることができるかに焦点を合わせた研究が数多く行われている. しかし, 高スピン偏極材料を用いた巨大 MR 比の実現は現実的には多くの困難を伴っている. それに対して本デバイスは MR 比が本質的に CB 効果とスピン起電力に依っているため, 高 MR 比を実現するためには電極のスピン偏極率は大きな問題とならない. そのため, 上部電極が非磁性の Al でも起電力が得られ, 図 6 のように MR 比 $40,000\%$ というきわめて大きな値を観測した. これは, 新しい観点からの巨大 MR 比の概念を提供するものであり, また, 最近のわれわれの研究では, スピンバッテリーの等価回路が図 7 のようになっており, 高 MR 比の達成には高い起電力 ε に加え, 内部抵抗 R_C に対する CB 抵抗 R_S が高いことの両方が必要であることを示している[2].

References

- [1]Pham Nam Hai *et al.*, Nature **458**, 489-492 (2009), and Suppl.Information
<http://www.nature.com/nature/journal/v458/n7237/extref/nature07879-s1.pdf>
 [2]Ryota Akiyama *et al.* “Structure-parameter dependence of the electromotive force in spin batteries”, Spin Currents and Spin Caloritronics, Tohoku Univ. (8-10, Feb, 2010)

凍結技法による植物の新しい細胞像： 鉄栄養に応答するムギネ酸小胞

大学院農学生命科学研究科

西澤直子、野副朋子、長坂征治、長澤寛道

電子顕微鏡観察のための試料作成法のひとつとして凍結技法がある。液体ヘリウム温度に冷却した純銅ブロックに生体試料を圧着し、104K/secと言う速さで凍結することによって細胞を固定する手法が液体ヘリウム急速凍結法である。生体を急速に凍結することによって、細胞内のダイナミックな動きを瞬間的に止めて観察することが可能となり、空間分解能も時間分解能も高い優れた細胞像を得ることができる。また、液体窒素温度においても高圧下で凍結することによって氷晶の形成速度を抑制し、細胞内の氷晶形成を防ぐ高圧凍結法も用いられている。これらの凍結技法によって得られた植物の新しい像を紹介したい。

鉄は生体内の酸化還元反応系において不可欠な元素であり、生命の維持に必須であるため、植物のみならず全ての生物にとって必須元素となっている。地殻中の元素として4番目に存在量が多いにもかかわらず、鉄は好氣的な条件では三価の鉄化合物である $\text{Fe}(\text{OH})_3$ などの難溶態となっているために、イオンとして溶け出す量は非常にわずかである。土壌中の難溶性の鉄を吸収して利用するために、イネ、ムギ、トウモロコシなど主要な作物が属するイネ科の植物は、キレート物質であるムギネ酸類を根から分泌して、三価鉄を水に溶けやすいキレート化合物「三価鉄・ムギネ酸類」として、土壌溶液中に溶けた「三価鉄・ムギネ酸類」を吸収する。鉄が不足することによって、ムギネ酸類の合成と分泌は、飛躍的に上昇する。私達はムギネ酸類の生合成経路を解明し、それぞれのステップを触媒する全ての酵素の遺伝子を単離してきた。

これらの遺伝子はいずれも鉄欠乏によって強くその発現が誘導され、その結果ムギネ酸類の合成と分泌が高まる。

ムギネ酸類の分泌は夜明け後2〜3時間にピークを示した後に停止し、次の日の夜明け後に分泌を始めるという日周変動を示す。生合成されたムギネ酸類が分泌されるまでの間、根の細胞内のどこかに貯えられていると推定された。そこでオオムギやイネの根を凍結法によって固定し、電子顕微鏡により観察した。その結果、ムギネ酸顆粒と名付けた細胞内小胞が鉄欠乏処理によって増加することが明らかとなった。またこれらの小胞はムギネ酸類が分泌される直前の夜明け前には、根の細胞の表層側に局在することも観察された。ムギネ酸類合成に関与する酵素タンパク質はこの小胞内に存在することも明らかにした。これによりムギネ酸類生合成は、ムギネ酸顆粒と名付けた細胞内小胞において行われ、分泌直前には表層側に運ばれて夜明けを待つことが示唆された。

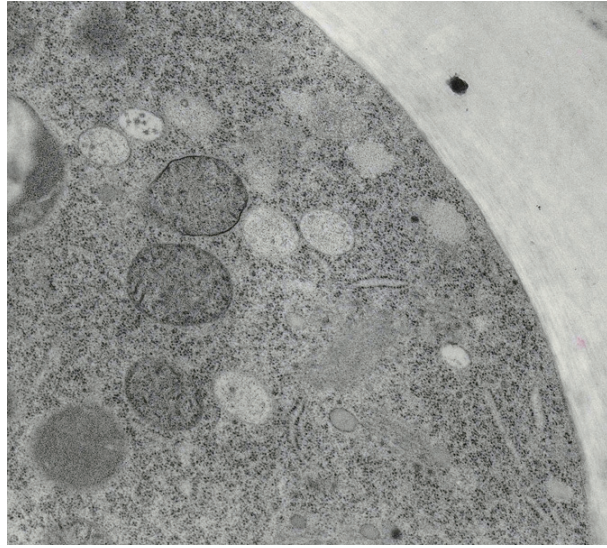
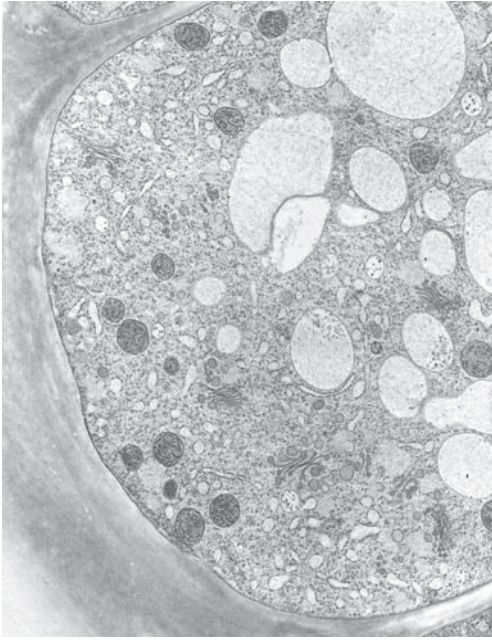


図1 鉄欠乏植物の根の表皮細胞におけるムギネ酸顆粒
左はオオムギ、右はイネの細胞像

エピタキシャル EuTiO₃ 薄膜の合成と磁気誘電カップリング

理学系研究科化学専攻 固体化学研究室

廣瀬靖, 畑林邦忠, 長谷川哲也

【背景】 立方晶ペロブスカイト構造を有する EuTiO₃ (ETO) は、Eu²⁺に由来する 4f 軌道の局在スピン(S=7/2)を持ち、無歪みではネール温度 5.5 K の反強磁性体である。ETO の反強磁性秩序は外部磁場によって強磁性秩序に容易に転移するが、その際に数%以上の大きな誘電率増大(磁気誘電効果)を示す[1]ことから注目されている。近年の第一原理計算により、ETO の磁気・誘電物性は格子体積や歪みに非常に敏感なことが予想されているが[2]、実験的には明らかにされていない。そこで我々は、単結晶基板上でのヘテロエピタキシャル成長を利用して人工的に格子定数を変化させた ETO 単結晶薄膜を作製し、格子定数と磁気・誘電物性の関係を探索することを試みた。

【試料作製】 ETO(001)薄膜は格子不整合のない Nb:SrTiO₃(001)単結晶基板($a = 3.905\text{\AA}$)上にパルスレーザー蒸着法にて成長させた。薄膜成長時の基板温度 (T_s)、酸素分圧 (P_{O_2})およびレーザーフルエンスを微調整することで、面内格子定数 a が一定で面直格子定数 c が異なる (すなわち、格子体積と格子歪みを同時に変化させた) 一連の ETO 薄膜を作製することに成功した。

【ETO 薄膜の磁気・誘電物性】 $c/a = 1 - 1.021$ の薄膜について磁化-温度曲線を測定した。薄膜の面直方向に磁場を印加したところ(H_{\perp})、全ての薄膜で 4.2 - 5.4 K の間で反強磁性秩序を示すカusp形状が観測された。一方、薄膜面内方向に磁場を印加したところ(H_{\parallel})、 c 軸長の増大に伴ってカusp形状は消失した(図 1)。これは、格子体積あるいは格子歪みの増大が反強磁性秩序を不安定化することを明確に示しており、理論計算による予想と定性的に一致する。

これらの薄膜の誘電率-温度曲線を評価したところ、バルク ETO と同様に低温での誘電率 ϵ_r の増大と飽和 (量子常誘電性)、および磁場印加による ϵ_r の増大が観測された。格子定数と磁気誘電効果の関係を詳しく調べるために、磁気誘電効果の磁場依存性 ($\Delta\epsilon_r(H) = (\epsilon_r(H) - \epsilon_r(0T))/\epsilon_r(0T)$) を評価した。その結果、 c 軸長の増加に伴って磁気誘電効果の大きさ($\Delta\epsilon_r(H)$)が減少することが明らかになった(図 2a)。さらに、磁場印加方向を変えて測定を行ったところ、興味深いことに H_{\perp} 条件と H_{\parallel} 条件で $\Delta\epsilon_r(H)$ は異なる値をとり、その比は全ての薄膜で一定値(~ 1.2)に飽和した(図 2b)。ETO の磁気誘電効果は Eu²⁺ の最隣接スピン対相関 $\langle S_i \cdot S_j \rangle$ に依存しており、スピン-フォノン結合定数 λ を介して TO ソフトフォノンモードの周波数がシフトすることで説明される。以上の結果は λ が 1) 格子定数変化に敏感であること、2) Eu²⁺ のスピン対の TO ソフトフォノンモードに対する相対的な方向に依存す

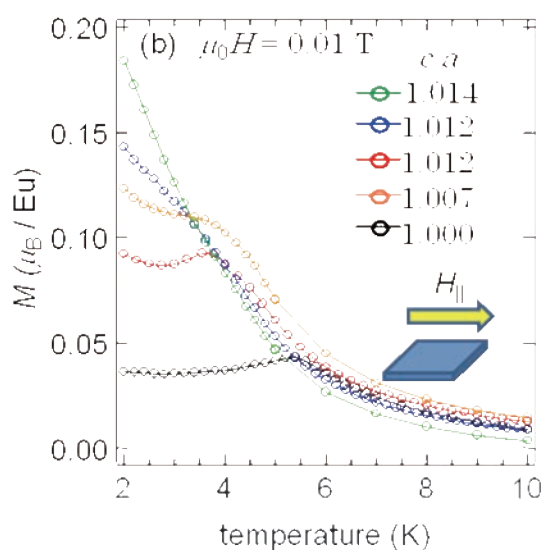


図 1. ETO エピタキシャル薄膜の磁化-温度曲線 ($\mu_0 H = 0.01\text{T}$)

る項を含むことを示しており、磁気誘電効果のメカニズムについて新たな知見を与えるものである。

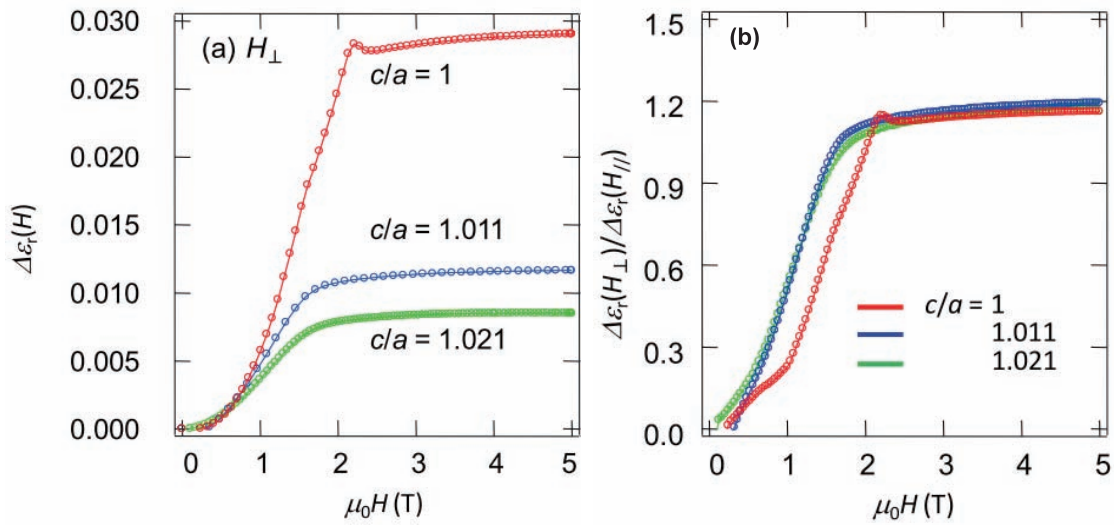


図 2. ETO エピタキシャル薄膜の磁気誘電効果(a)およびその磁場印加方向依存性(b) ($T = 2\text{K}$)

- [1] T. Katsufuji and H. Takagi, Phys. Rev. B **64**, 054415 (2001).
 [2] C. F. Fennie *et al.*, Phys. Rev. Lett. **96** (2006) 205505 and R. Ranjan *et al.*, J. Phys.: Cond. Matter **19** (2007) 406217.

ペロブスカイト型酸化物層を持つ鉄系超伝導体群

工学系研究科応用科学専攻
荻野拓，岸尾光二，下山淳一

近年 $\text{LaFeAs}(\text{O},\text{F})$ において 26 K の超伝導転移 [1] が報告され、アンチフルオライト型の FeAs 層を有する鉄系超伝導体が銅酸化物に次ぐ新たな高温超伝導体群として注目を集めている。これまでにこの系に属する結晶構造として、 REFePnO , AEFeAsF (以下 1111 系、 RE : 希土類金属、 AE : アルカリ土類金属、 Pn : ニクタイト)・ $\text{AEFe}_2\text{As}_2 \cdot \text{AFeAs}$ (A : アルカリ金属)・ FeCh (Ch : カルコゲン) などが発見されている。高 T_c 化の指針としては、経験的な面からは結晶構造の二次元性が高いこと及び FeAs_4 四面体の対称性が高いことが、理論的な面からは Fe 面からの As 原子の高さ(Pnictogen height)が高いこと [2] が挙げられている。以上の背景のもと本講演では、高 T_c の可能性を秘めた鉄系超伝導体の新物質群として、鉄ニクタイト層間へのペロブスカイト酸化物層の導入を試みた我々の研究経過を報告する。

アンチフルオライト型構造の砒化物・硫化物層とペロブスカイト型酸化物層の積層構造を持つ一連の系は、マンガン砒化物・銅硫化物などで多くの物質が報告されており、図 1 のようにペロブスカイト酸化物層が様々な構造を取りうることで、ペロブスカイト層の B サイト金属として $\text{Mn} \cdot \text{Sc} \cdot \text{Cu}$ など複数の金属元素が入りうること [3] が知られている。我々は過去の本系における物質探索の経験から、この系の相生成においては構成元素のイオン半径・安定価数・カチオン・アニオンの選択性などが重要であ

ることを見出しており、これらの条件を満たす元素の組み合わせを用いて新物質を探索した。その結果、新超伝導体群として $(\text{M}_2\text{Pn}_2)(\text{Sr}_4\text{M}'_2\text{O}_6)$ を見出し、 $\text{M} = \text{Fe}, \text{Ni}$, $\text{M}' = \text{Sc}, \text{Cr}, (\text{MgTi})$ 等の新物質を発見した [4]。これらペロブスカイト層を有する Fe ニクタイトの新物質は、厚いブロック層を反映して c 軸長は 15~16Å 程度と 1111 系の 2 倍近い値で、非常に二次元性の強い結晶構造を有している。また図 2 のようにペロブスカイト層を有する系は、ニクタイト層の Pn-Fe-Pn 角が小さく、同時に Pnictogen height が高いことが分かった。この理由としては、ニクタイト層の最近接原子が RE より電気陰性度の低い AE であること、構造的にアニオン間の反発が弱いことが挙げられる。

これら新物質のうち $(\text{Fe}_2\text{P}_2)(\text{Sr}_4\text{Sc}_2\text{O}_6)$ は LaFePO などと同様に、意図的なドーピングを行わなくともバルクの超伝導を発現した。超伝導転移温度は 17~19 K と、 FeP 層を有する物質としては最も高い値であり、 LaFePO の T_c が 4~9 K と報告されているのと比較すると 2 倍以上の値

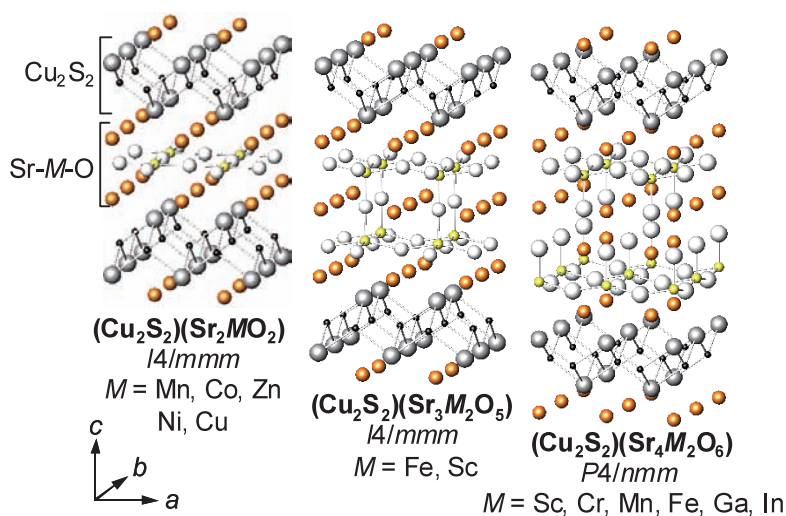


図1 ペロブスカイト酸化物層を有する銅硫化物

となった。またこの物質の砒素置換体である $(\text{Fe}_2\text{As}_2)(\text{Sr}_4\text{Sc}_2\text{O}_6)$ 及び Sc サイトを置換した $(\text{Fe}_2\text{As}_2)(\text{Sr}_4\text{Cr}_2\text{O}_6)$ を発見した。ただし、これらの物質は今のところ信頼性のある超伝導化の報告はない。また、ペロブスカイト層の B サイトカチオンが Mg^{2+} と Ti^{4+} が 1:1 で占めるダブルペロブスカイト層を有する $(\text{Fe}_2\text{As}_2)(\text{Sr}_4(\text{Mg},\text{Ti})_2\text{O}_6)$ を発見した。この物質は常圧下で 40 K 弱の T_c を示し、更に高压下では 43 K まで上昇する。また中国のグループにより報告された $(\text{Fe}_2\text{As}_2)(\text{Sr}_4\text{V}_2\text{O}_6)$ が高压下で T_c が 46 K まで上昇することも明らかにした。この T_c は鉄系超伝導体としては REFeAsO 系に次ぐものである。ただし $(\text{Fe}_2\text{As}_2)(\text{Sr}_4\text{V}_2\text{O}_6)$ は仕込み上は定比で、 $(\text{Fe}_2\text{As}_2)(\text{Sr}_4(\text{Mg},\text{Ti})_2\text{O}_6)$ は Ti 過剰組成で超伝導を発現しており、超伝導化のガイドラインははっきりしていない。なお、これらの Ni 置換体である $(\text{Ni}_2\text{Pn}_2)(\text{AE}_4\text{Sc}_2\text{O}_6)$ も 2~3 K で超伝導を示し、特に $(\text{Ni}_2\text{As}_2)(\text{Ba}_4\text{Sc}_2\text{O}_6)$ は $T_c \sim 4$ K と、NiAs 層を持つ超伝導体では最も高い T_c を示した。

このようにペロブスカイト酸化層を有する金属ニクタイトは、結晶構造の二次元性が高く、局所構造の制御範囲が広いなど、構造的な面での鉄系超伝導体の高 T_c 化の指針を満たしており、実際に $(\text{Fe}_2\text{P}_2)(\text{Sr}_4\text{Sc}_2\text{O}_6)$ 、 $(\text{Fe}_2\text{As}_2)(\text{Sr}_4\text{V}_2\text{O}_6)$ などが比較的高い T_c を有している。ただし超伝導を発現する化学組成のガイドラインははっきりしておらず、磁気秩序が見られないなど従来の鉄系超伝導体とは異なる点も多い。しかしながらブロック層に 3d 遷移金属が導入可能でブロック層自体の物性も制御できること、多元系で新物質開発やキャリアドープの手段が多岐に渡ることな

どから、本系において更なる新物質を探索すること、画期的なキャリアドープ手法を確立することによって、従来の鉄系超伝導体をを超える高い T_c が実現できると考えている。

- [1] Y. Kamihara et al., J. Am. Chem. Soc. 130 (2008) 3296.
- [2] C.H. Lee et al., J. Phys. Soc. Jpn. 77 (2008) 083704, K. Kuroki et al., Phys. Rev. B 79 (2009) 224511 等
- [3] W.J. Zhu and P.H. Hor, J. Solid State Chem. 130 (1997) 319, K. Otszchi et al., J. low Temp. Physics, 117 (1999) 729 等
- [4] H. Ogino et al., Supercond. Sci. Technol. 22 (2009) 075008., S. Sato et al., arXiv: 0909.2945 等

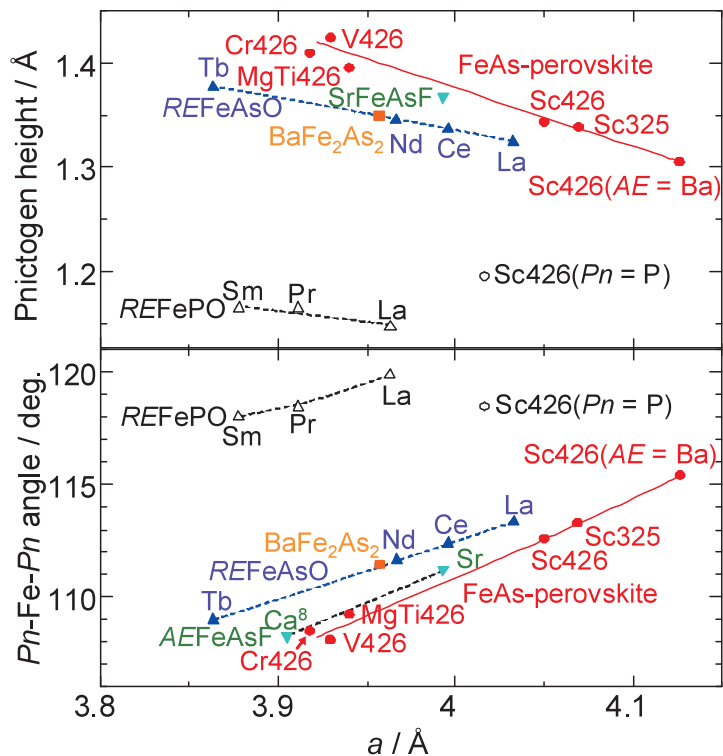


図2 様々なFeニクタイトのPnictogen height及びPn-Fe-Pn角とa軸長($(\text{Fe}_2\text{As}_2)(\text{Sr}_4\text{M}_2\text{O}_6)$ 等をM426などと略)

自然超格子構造を用いた機能融合材料の創成

工学系研究科電気系工学専攻/バイオエンジニアリング専攻

関 宗俊, 岩本 藤行, 小笠 洋輔, 松井 裕章, 横田 紘子, 田畑 仁

遷移金属酸化物は電子スピンの相互作用が強く、高温超伝導や室温強磁性あるいは巨大磁気抵抗などの多彩な物性が発現する。われわれは、異なる複数の副格子からなる自然超格子構造を用いて、一つの材料の中で光・磁気・電子物性が融合した新しい機能性酸化物材料の創出を目指し研究を行っている[1-3]。今年度は特に、二次元三角格子・層状酸化物 $R\text{FeO}_3 \cdot (\text{FeO})_n$ (n : 整数) を対象として実験を行い、スピン秩序と電気双極子秩序の同時発現を目指した。

$n = 1$ の場合の $R\text{Fe}_2\text{O}_4$ (R : 希土類元素など) は菱面体晶系(空間群 $R3m$) に属する層状酸化物であり Fe イオン混合原子価状態 ($R\text{Fe}^{2+}\text{Fe}^{3+}\text{O}_4$) をとるフェリ磁性体 (ネール温度 $\sim 250\text{K}$) である。 Fe イオンは三角格子2層を単位とする積層構造を持ち、また電荷の配置に関してフラストレーションを実現するため、およそ 300K 以下の温度領域において Fe^{2+} と Fe^{3+} の超格子構造が出現する。これによって FeO_x 二層間で電気双極子が生じるため、高温マルチフェロイック特性の発現

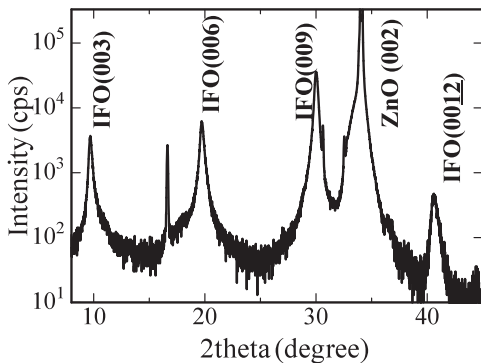


Fig. 1. $\text{InFe}_2\text{O}_4/\text{ZnO}$ 薄膜の X 線回折パターン

が期待されている。このため、近年盛んに研究が進められているが、その殆どがバルク状態の試料を対象とするものであった。電子構造や結晶構造と磁氣的・誘電的性質の相関の解明、あるいは電子デバイスへの応用のためには、単結晶薄膜の作製が必要である。我々は、パルスレーザー堆積法 (PLD 法) を用いて、 InFe_2O_4 エピタキシャル薄膜の作製に初めて成功した(Fig. 1) [4]。この物質系では Fe イオンは $2+$ および $3+$ の混合価数状態をとるため、還元雰囲気中で結晶成長させる必要があるが、高温・低酸素圧力下では In の蒸発が激しく Fe_3O_4 等の不純物相が析出しやすい。そこで基板温度、雰囲気ガス圧力およびターゲット組成を最適化することにより、化学量論組成を持つ高品質な結晶薄膜を得た。 InFe_2O_4 はフェリ磁性を示し、as-depo. の薄膜においては、その転移温度は約 250K となった。その磁気相関は二次元三角格子面内の Fe イオン間の

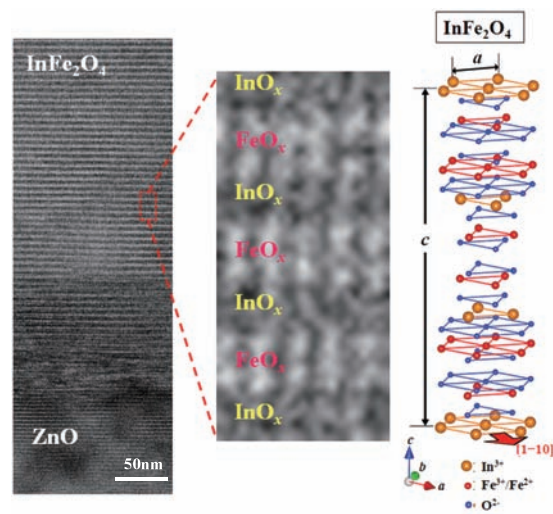


Fig. 2. InFe_2O_4 薄膜/ ZnO 基板界面の断面 TEM 像と InFe_2O_4 の結晶構造

超交換相互作用により支配されるため、酸素欠損や格子歪み、化学ドーピングの導入による格子定数の変調により、転移温度が変化すると考えられる。そこで、製膜後のポストアニールによって酸素欠損量を低減し、Fe イオン間距離を小さくすることによって磁気相関を増大させ、 RFe_2O_4 系では最高となる 280K の磁気転移温度を実現した。電気伝導特性については、半導体的な挙動を示し、特に電荷整列温度以上の高温領域で 2 次元バリアブルレンジホッピングが支配的になることが分かった (Fig.3)。

したがって、キャリアの伝導経路は同一原子層内 (2 次元三角格子面内) に制限されていると考えられる。In 層では、In の 5s 軌道の重なり、Fe 層では Fe^{2+} - Fe^{3+} 間の 3d 電子のホッピングが伝導機構として考えられるが、In サイトを Yb で置換した場合には電気伝導度に変化がないのに対して、 Fe^{2+} を Zn^{2+} で置換した場合は、キャリア数が大幅に減少するという実験事実から、三角格子面内の Fe3d 電子がキャリアとなっていることが示唆された。メスバウアー分光により、約 220K で電荷整列が起こることが確認された。

その他、本発表においては、自然超格子構造であるスピネル型結晶構造を有する酸化物薄膜の磁気特性とその室温光制御についても紹介する。

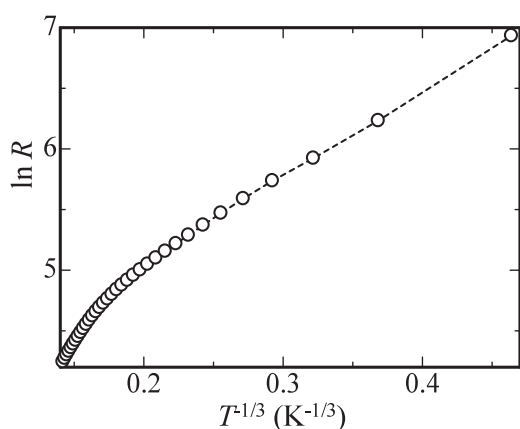


Fig. 3. InFe_2O_4 薄膜の電気抵抗の温度依存性

謝辞

本研究を進める上で、低温センターの朝光先生、藤井先生をはじめ、スタッフの皆様にご多大なるご協力を賜りました。また、実験では低温センターの共同利用装置(MPMS、PPMS)および N303 号室の低温プローバー装置 (電気系グローバル COE 共通装置) を使用させていただきました。ここに記して心より感謝の意を表します。

参考文献

- [1] “High-temperature cluster glass state and photomagnetism in Zn- and Ti-substituted NiFe_2O_4 films” M. Seki et al., J. Appl. Phys. 97 083541 (2005)
- [2] “Room-temperature-photoinduced magnetism and spin-electronic functions of spinel ferrite with a spin-cluster structure” Kanki et al., Appl. Phys. Lett. 92 182505 (2008)
- [3] “Photoemission and x-ray absorption studies of valence states in $(\text{Ni,Zn,Fe,Ti})_3\text{O}_4$ thin films exhibiting photoinduced magnetization” K. Kobayashi et al., Phys. Rev B 92 082502 (2009)
- [4] “Growth of epitaxial TmFeO_4 thin films by pulsed laser deposition” M. Seki et al., J. Cryst. Growth. *in press*
- [5] “Fabrication of Aligned Magnetic Nanoparticles Using Tobamoviruses” M. Kobayashi et al., Nano Lett., *in press*

超伝導を用いた放射線検出器の研究

工学系研究科原子力国際専攻

大野 雅史

放射線計測技術におけるエネルギー分解能と検出効率の向上は、放射光応用あるいは X 線天体観測等、急速に進展しつつある先端科学領域において新たな分野を切り開く可能性を秘めている。本研究では、特に X 線、ガンマ線計測におけるエネルギー分解能と検出効率の飛躍的な向上を図るべく、既存放射線検出器とは全く異なる革新的な検出原理を有する超伝導転移端マイクロカロリメータ(TES: Transition Edge Sensor)の開発を進めてきた。極低温に冷却し比熱を極小化した物質に放射線を吸収させ、生じる比較的大きな温度上昇を電気信号に変換して放射線のエネルギーを測定するのが極低温カロリメータの検出原理である(図 1 参照)。とりわけ、超伝導-常伝導転移領域における急峻な温度抵抗変化を温度センサに用いた TES マイクロカロリメータは、既存半導体検出器に比べ桁違いの優れたエネルギー分解能を実現しうる次世代の X 線、 γ 線リアルタイムスペクトロメータとして期待されている。本学原子力国際専攻高橋研究室ではこれまでに超伝導イリジウム薄膜を用いた TES の開発研究を行い、単ピクセルで 5.9keV の X 線に対し既存半導体放射線検出器より 20 倍以上優れた値に相当する 6.9eV のエネルギー分解能を達成した。そしてイリジウムピクセル 10 個からなる 1 次元アレイ検出器を開発し、全ピクセルに並列バイアスを適用して各ピクセルからの信号を合わせて 1 つの SQUID アレイを用いた回路で合理的に読み出すことにより、13eV の高エネルギー分解能と全イベントの入射ピクセル位置特定にも成功している。これは各ピクセルからの出力信号波形を位置に応じて変化させ、得られた信号波形からその位置を求めようとい

う独創的な発想に基づいたものであり、これまで TES アレイ読み出しに有力とされながら原理的に行き詰まりつつある SQUID マルチプレクスの限界を打開し、大規模 TES アレイイメージングを可能にする画期的手法として注目を浴びている。

現在我々は、以下に示すようなアプローチでさらなる TES の検出特性向上を目指している。(1) TES の優れた分光特性と高速応答を犠牲にせず、放射線吸収効率と有感面積の増大を図ることを目指して、TES 放射線検出部を常伝導体吸収部と超伝導薄膜温度センサに分離し、これらを電氣的に直列接続して吸収体部もジュール発熱させることで、自己温度安定機能の一部を吸収体部に担わせる新規素子構造の提案、実証を進める。さらに温度センサ部の形状を変えて意図的に検出波形を制御し、並列ピクセルバイアスに適用した大規模 TES アレイを提案、実証することで、高エネルギー分解能 X 線イメージング TES の実現を目指す。

(2)開発した TES 検出素子、および信号検出シス

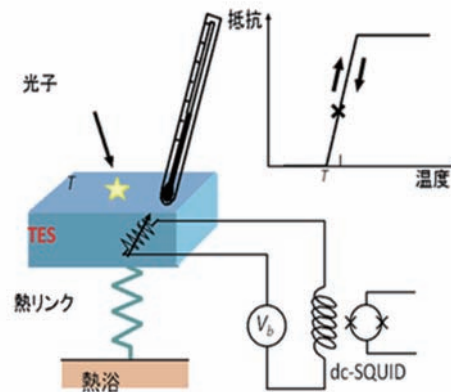


図 1 : TES 動作原理の概略

テムを含む極低温冷凍機システムを SPring-8 や KEK-PF に持ち込み、大強度放射光から生み出される単色 X 線マイクロビームを用いて作成検出素子を走査して有感面における詳細な応答分布を精査する。これにより TES の複雑な電氣的熱的動特性を明らかにし、現在のエネルギー分解能を制限する根本要因をつきつめると同時に、さらなる分光特性向上、応答速度高速化、ピクセル大規模アレイ化等を図るための基礎研究を進める。

(3)高エネルギー X 線およびガンマ線の高エネルギー分解能分光ロスコピーを目指して、X 線やガンマ線の吸収効率を高めるための大型放射線吸収体とイリジウム超伝導転移端センサを組み合わせた検出器を開発する。

以上のようなアプローチにもとづき研究開発を進めることで、本研究は、放射光を用いた蛍光 X 線元素分析(図 2 参照)、化学結合状態分析、XAFS 等の最先端 X 線計測分析はもとより、原子力分野における核燃料サイクル、廃棄物等の検査、測定に適用可能な高エネルギー X 線およびガンマ線検出応用も視野に入れ、TES マイクロカロリメータ検出技術を次世代の基盤放射線検出技術として確立することを目標とする。

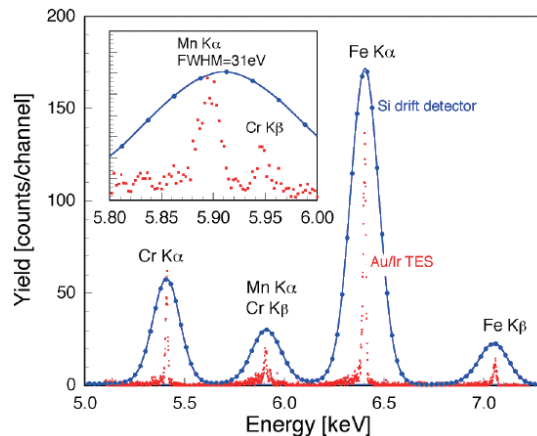


図 2 : SPring-8 放射光を利用したステンレス試料に対する TES 蛍光 X 線分析スペクトル(半導体検出器との比較)

マイクロ SQUID 磁束計による微小磁性体の磁化測定

理学系研究科化学専攻
武田 啓司

【緒言】 マイクロ SQUID (超伝導量子干渉素子) 磁束計はマイクロ～サブマイクロサイズの微小磁性体の単独測定を可能にする非常に高感度な磁束計である。1990 年代に W. Wernsdorfer らによって低温超伝導体マイクロ SQUID 磁束計が開発され、20 kOe までの磁場下で 6 K 以下の温度領域において、 $10^4 \mu_B$ というスピン感度での磁化測定を可能にした。最近、我々のグループは高温超伝導体マイクロ SQUID 磁束計を開発し、8 kOe までの磁場下で 4.2 K - 70 K までの温度領域において、 $10^8 \mu_B$ のスピン感度での磁化測定に成功している。マイクロ SQUID 磁束計の抱える一つの問題として、SQUID ループで検出した磁束量が試料磁化に変換できないという点が挙げられる。各種相転移を示す微小磁性体で磁性の定量的評価を可能にすることは意義深い。今回我々は、高温超伝導体マイクロ SQUID 磁束計を用いて $T_c = 11$ K の分子性強磁性体 $\text{RbMn}[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ [1] のマイクロ結晶を測定し、実験データとダイポール近似計算とを組み合わせることで、高確度で試料磁化の絶対量を決定する試みを行ったので報告する。

【実験】 図 1 のようにホールサイズ $5 \times 10 \mu\text{m}^2$ の SQUID に結晶 ($3.5 \times 4.0 \times 3.0 \mu\text{m}^3$) をマイクロマニピュレータを用いて直にマウントした。SQUID 面に平行な様々な角度 θ の磁場を掃引す

ることで、SQUID による検出磁束量の磁場依存性を観測した。

【結果】 図 2 は転移温度以下の 7 K で、 $\theta = 0^\circ$ の方向 (結晶の a 軸、あるいは b 軸に相当) について ± 1300 Oe の磁場を掃引して得られた測定データである。保磁力は 280 Oe で、参照として同じ温度・磁場範囲で多結晶試料を用いて市販の磁化率測定装置 MPMS で測定したもの (図 2 挿入図) とほぼ同じの妥当な形状のヒステリシス曲線が得られた。次に試料の磁化と SQUID による検出磁束量との関係を計算により求めた。ここでは試料と SQUID との距離が小さいことから点ダイポールによる近似を適用できない。そこで試料および SQUID 検出面をメッシュ分割し、試料の各体積要素の磁化が SQUID の各面積要素に作るダイポール磁場を計算した。この計算結果と様々な角度における検出磁束量の磁場依存性の結果とを組み合わせることで、1300 Oe における試料磁束 $1.55 \mu_B/\text{mol}$ を得た。これは MPMS の磁化値 $1.56 \mu_B/\text{mol}$ と比較しても非常に正確な値であった。

[1] H. Tokoro, S. Ohkoshi, T. Matsuda, K. Hashimoto, *Inorg. Chem.* 43, 5231 (2004).

[2] K. Takeda, H. Tokoro, A. Yamaguchi, S. Ohkoshi, *Supercond. Sci. Technol.*, in press.

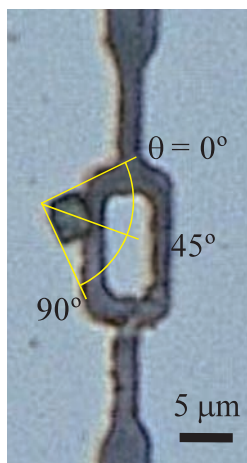


図 1 RbMn[Fe(CN)₆]結晶と SQUID ループの配置。

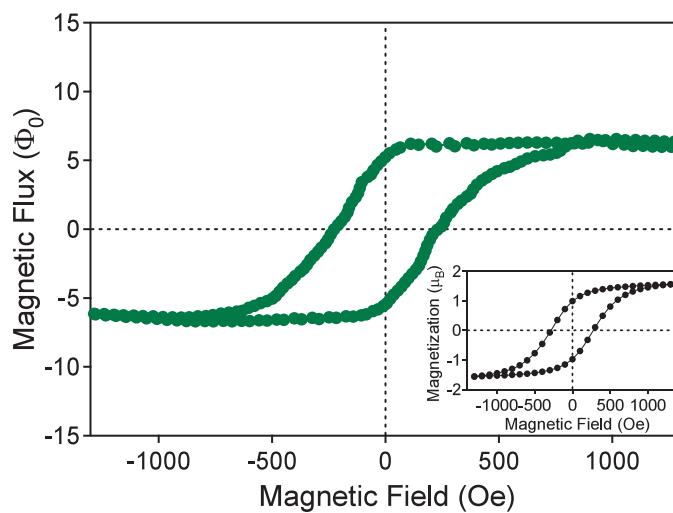


図 2 RbMn[Fe(CN)₆]マイクロ結晶について、7 K で $\theta=0^\circ$ 方向に磁場を掃引して得られた SQUID による検出磁束量の磁場依存性。挿入図は市販装置による粉末試料の磁化曲線。

共役多座配位子からなる希土類ネットワーク錯体

理学系研究科化学専攻
中林耕二

【緒言】当研究室ではすでに、ランタノイドイオンおよび遷移金属イオンを含む異種金属シアノ架橋型強磁性錯体 $\text{Sm}_x\text{Tb}_{1-x}[\text{Cr}^{\text{III}}(\text{CN})_6] \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, $\text{Sm}^{\text{III}}(\text{H}_2\text{O})_5[\text{W}^{\text{V}}(\text{CN})_8]$ や $\text{Sm}^{\text{III}}_{0.52}\text{Gd}^{\text{III}}_{0.48}[\text{Cr}^{\text{III}}(\text{CN})_6] \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ を報告している[1,2,3]。一方、これまでにランタノイドイオンのみを含む錯体では強磁性は観測されていない。本研究では、共役多座配位子である 1,2,4,5-tetrahydroxybenzene (THB) を用い、これとホルミウムイオンとを錯形成させることにより新規ランタノイド錯体化合物を合成し、その磁気特性を調べた。

【実験】アルゴン雰囲気下において、THB と $\text{Ho}^{\text{III}}(\text{NO}_3)_3$ の混合溶液をゆっくりと塩基性条件にすることにより、目的のホルミウム錯体単結晶を得た。同定は、ICP-MS, CHN 元素分析および単結晶 X 線構造解析により行った。磁気特性は SQUID により行った。

【結果と考察】得られた錯体の組成は、 $\text{Na}_5[\text{Ho}^{\text{III}}(\text{THB}^{4-})_2] \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ であることが元素分析より明らかになった。単結晶 X 線構造解析より、各ランタノイドイオンには4つの THB が二座配

位子として配位し、それらが三次元的に連なった構造をとっていることが明らかになった (図 1)。外部磁場 10 Oe における FCM 測定より、 $T_c = 11 \text{ K}$ において強磁性転移が観測された。また、2 K における M-H 測定の結果から、磁気ヒステリシスが観測され、その保磁力(Hc)は 170 Oe であることがわかった。このホルミウム錯体において磁気秩序が生じた原因は、ドナー性の強い ($E1/2 = 0.79 \text{ V vs. Ag/Ag}^+$) 配位子の $\text{p}\pi$ 軌道からホルミウムイオンの 5d 軌道への電子供与が起り、4f-5d 間のカップリング、それに付随した 4f-5d- $\text{p}\pi$ -5d-4f 間のカップリングが有効に働いたことによるものと考えている[4]。

[1] T. Hozumi, K. Hashimoto, S. Ohkoshi, Phys. Rev. B, 2006, 73, 092409.

[2] T. Hozumi, S. Ohkoshi, H. Seino, Y. Mizobe, K. Hashimoto, J. Phys. Chem. B, 2003, 107, 11571.

[3] S. Ohkoshi, T. Hozumi, K. Hashimoto, Phys. Rev. B, 2001, 64, 132404.

[4] K. Nakabayashi, S. Ohkoshi, Inorg. Chem., 2009, 48, 8647.

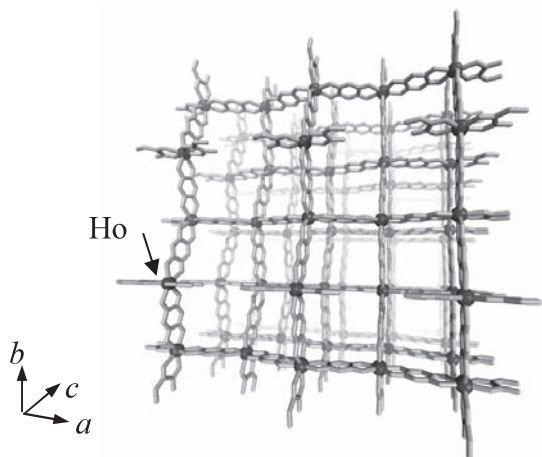


図 1. $\text{Na}_5[\text{Ho}(\text{THB}^{4-})_2] \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ の結晶構造

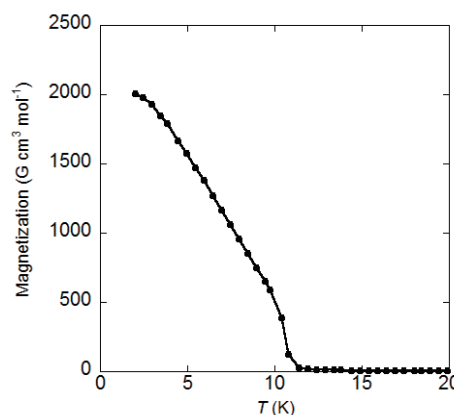


図 2. $\text{Na}_5[\text{Ho}(\text{THB}^{4-})_2] \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ の FCM 曲線

ネルンスト効果を用いた電荷秩序の観測

低温センター

藤井 武則、朝光 敦

銅酸化物高温超伝導体は、母物質である反強磁性絶縁体にキャリアをドーピングすることによって超伝導を示すが、キャリアドーピングとともに超伝導転移温度 T_c が上昇するドーピング領域をアンダードーピング領域と言い、 T_c が減少するドーピング領域をオーバードーピング領域という(図1)。アンダードーピング領域では、特徴的な温度 T^* 以下で擬ギャップと呼ばれる状態密度の減少が観測され、超伝導の発現機構の解明と絡めて現在も活発に議論されている。この擬ギャップの起源については、超伝導由来の電子対形成(超伝導の芽)であると考えられるものと、超伝導と競合する何らかの電荷秩序によるものであると考える2つの立場がある。それぞれの立場によって、超伝導の発現機構の解釈が異なり、前者(図1a)では、擬ギャップ温度 T^* 以下では、超伝導ギャップは開いているが超伝導波動関数の位相が揃っていないために超伝導にならないというシナリオが考えられている。一方、後者(図1b)では、競合する秩序が交わる点(Quantum Critical Point)の近傍で超伝導が起こるといったシナリオが考えられる。そこで、この擬ギャップの起源を突き止める事は、超伝導発現機構の解明にきわめて重要である。

銅酸化物高温超伝導体のネルンスト効果は、 T_c よりはるかに高温からネルンスト電圧が増大することが報告されている[1]。これは vortex が流れることによって起きると解釈されており、すなわち T_c 以上において超伝導由来の電子対が形成されることを意味する。一方、電荷秩序(CDW)によっても大きなネルンスト効果が発現するという報告もあり[2]、その場合、競合する秩序状態が交わる量子臨界点付近で超伝導が起きているというシナリオも考えられる。本研究

では、電荷密度波(CDW)や電荷の自己組織化などの電荷秩序を、ネルンスト効果を用いて観測する方法を確立し、高温超伝導体のネルンスト効果の起源を明らかにするとともに、超伝導の発現機構の解明を目的としている。

今回我々は、Nd をドーピングした $\text{La}_{1.85-y}\text{Nd}_y\text{Sr}_{0.15}\text{CuO}_4$ を用い電荷(ストライプ)秩序とネルンスト効果の関係について調べた[3]。この物質は Nd ドーピングとともに電荷秩序が安定化し T_c が減少することが報告されている[4]

ネルンスト効果とは、熱流と磁場に垂直な方向の電圧のことである。図2の様に、2つの銅板の間にサンプルを張り付け、片方の銅板をヒーターで温め、サンプルに温度勾配をつける。磁場を紙面垂直方向にかけ、熱流に垂直な方向の電圧を測定する。その時の温度差は、両方の銅板に取り付けた Cernox 温度計で読み取る。

図3(a)にネルンスト電圧の温度依存性を示す。超伝導揺らぎの起きる温度(ネルンスト電圧が磁場依存性を示す温度で定義する。) T_B 以下において Nd をドーピングするとネルンスト電圧が劇的に減少している。これは、電荷秩序が超伝導を壊すためだと考えられる。また、 T_B は Nd のドーピングによって変化せず約 50K である。図3(b)に電荷秩序が起きる温度 $T_{ch} \sim 70\text{K}(y=0.4)$ 付近のネ

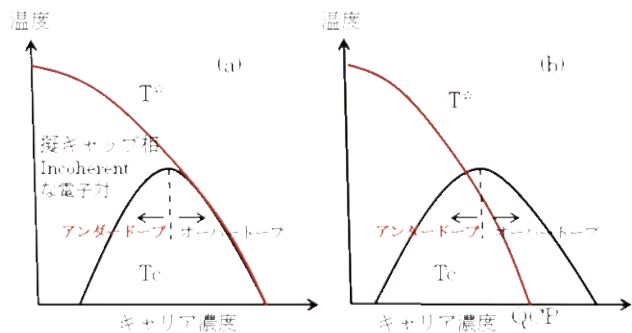


図1 高温超伝導体の電子相図

ルンスト係数を示す。(バックグラウンドは引いてある) $y=0.4$ の 70K 付近で明らかにネルンスト係数が増大している。また、ネルンスト係数が増加し始める温度 T_{onset} は、 T_c が大きく減少するにもかかわらず変化しない。

以上の結果をまとめると 3 つの特徴的な温度が定義することができる。高温から順に、① T_{onset} : 電荷秩序の揺らぎができ始める温度で Nd のドーピング量に依存しない。② T_{ch} : 電荷秩序の起きる温度でここでネルンスト係数が増大する。③ T_B : 超伝導揺らぎの発達する温度で、これも Nd のドーピングによって変化しない。

これらの実験結果から、 T_c より遥かに高温から見られるネルンスト電圧の増大は電荷秩序によるものだと考えられ、電荷秩序の相境界付近(QCP)で超伝導が起きている図 1(b)のような相図が示唆される。

また、高温超伝導体は本質的(自発的)に不均一であり、超伝導の芽が出来始める温度(T_B)は同じでもそれらがつながる温度(T_c)が Nd をドーピングすると減少するものと考えられる。

さらに、Nd ドーピングによって電荷秩序の揺らぎが発達し始める温度(T_{onset})は変化しないが、Nd によってピン止めされる温度(T_{ch})が高くなるものと考えられる。

[1] Z. A. Xu et al., Nature, **406** (2000) 486.

[2] R. Bel et al., Phys. Rev. Lett., **91** (2003) 066602: Olivier Cyr-Choinière et al., Nature, **458** (2009) 743.

[3] T. Fujii et al., cond-nat0912.0095.

[4] N. Ichikawa et al., Phys. Rev. Lett., **85** (2000) 1738.

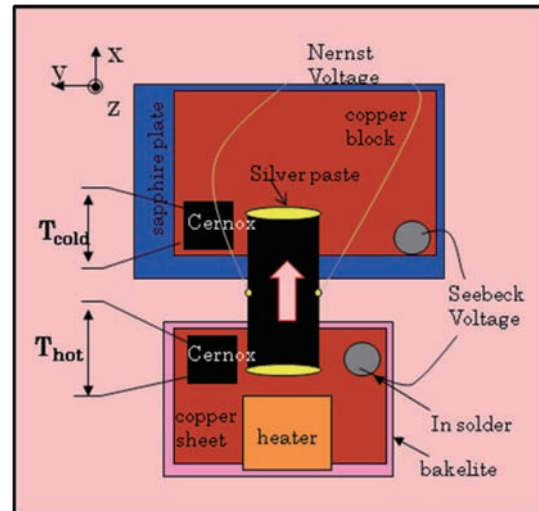


図2 測定装置の模式図

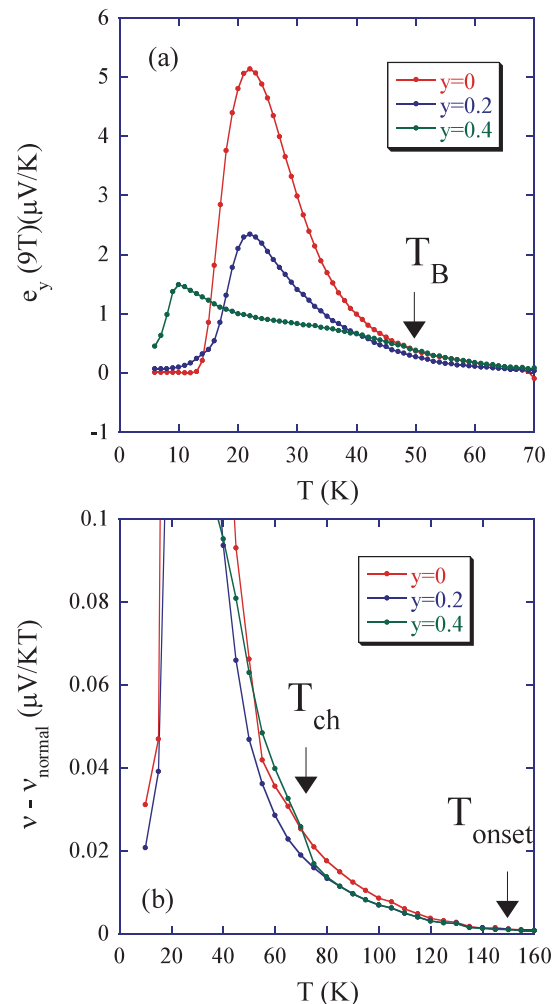


図3 ネルンスト電圧の温度依存性

2009 年共同利用成果発表リスト

低温センター 朝光研究室

1. Spin fluctuations in the antiferromagnetic metal $\text{Nb}_{12}\text{O}_{29}$
J.-G. Cheng, J.-S. Zhou, J. B. Goodenough, H. D. Zhou, C. R. Wiebe, T. Takami, T. Fujii
Phys. Rev. B 80, 134428 (2009).
2. A momentum-dependent perspective on quasiparticle interference in $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$
M. Vishik, E. A. Nowadnick, W. S. Lee, Z. X. Shen, B. Moritz, T. P. Devereaux, K. Tanaka, T. Sasagawa, T. Fujii
Nature Physics 5, 718 (2009).
3. Reconstruction of the Fermi surface and the anisotropic excitation gap of $\text{Na}_{0.5}\text{CoO}_2$
T. Arakane, T. Sato, T. Takahashi, T. Fujii, A. Asamitsu
Phys. Rev. B 80, 081101 (2009).
4. Static magnetic order and anisotropy of the layered cobalt dioxides $\text{Bi}_{1.6}\text{Pb}_{0.4}\text{Sr}_2\text{Co}_2\text{O}_y$ and $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{Co}_2\text{O}_y$
J. Sugiyama, Y. Ikedo, H. Nozaki, P. L. Russo, J. H. Brewer, E. J. Ansaldo, G. D. Morris, K. H. Chow, D. Andreica, A. Amato, T. Fujii, S. Okada, I. Terasaki
PhysicaB 404 (2009) 773.
5. Out-of-plane thermopower of strongly correlated layered systems: an application to $\text{Bi}_2(\text{Sr},\text{La})_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$
T. W. Silk, I. Terasaki, T. Fujii, A. J. Schofield
Phys. Rev. B 79, 134527 (2009).

工学系研究科電気系工学専攻 田中研究室

6. GaMnAs-based magnetic tunnel junctions with an AlMnAs barrier
Shinobu Ohya, Iriya Muneta, Pham Nam Hai, and Masaaki Tanaka
Appl. Phys. Lett. 95, 242503/1-3 (2009).
7. GaMnAs-based magnetic tunnel junctions with an AlMnAs barrier
Shinobu Ohya, Iriya Muneta, Pham Nam Hai, and Masaaki Tanaka
Virtual Journal of Nanoscale Science & Technology 21, No.1,(2010).
8. A new spin-functional MOSFET based on magnetic tunnel junction technology: pseudo-spin-MOSFET
Yusuke Shuto, Ryosho Nakane, Wenhong Wang, Hiroaki Sukegawa, Shuu'ichirou Yamamoto, Masaaki Tanaka, Koichiro Inomata, and Satoshi Sugahara
Applied Physics Express, 3, 013003/1-3 (2010).
9. Quantum-level control in a III-V-based ferromagnetic-semiconductor heterostructure with a GaMnAs quantum well and double barriers
Shinobu Ohya, Iriya Muneta, and Masaaki Tanaka
Appl. Phys. Lett. 96, 052505/1-3 (2010).
10. Quantum-level control in a III-V-based ferromagnetic-semiconductor heterostructure with a GaMnAs quantum well and double barriers

Shinobu Ohya, Iriya Muneta, and Masaaki Tanaka

Virtual Journal of Nanoscale Science & Technology, Volume 21, Issue 7, February 15, 2010.

11. 強磁性半導体ヘテロ構造 – スピン依存トンネル現象を中心に –
田中雅明
『スピントロニクス基礎と材料・応用技術の最前線』 CMC出版 (2009年6月30日発行)
 12. ナノテクノロジー・材料分野 科学技術・研究開発の国際比較 2009年版
科学技術振興機構研究開発戦略センター、2009年5月発行。
田中雅明 (分担執筆)
 13. スピントロニクス研究会" 分科会・研究会だより
田中雅明
応用物理 78 巻第 7 号, p.698 (2009).
 14. 軟X線磁気円二色性による希薄磁性半導体 $Ga_{1-x}Mn_xAs$ の Mn イオンの磁氣的相互作用の研究
竹田幸治, 小林正起, 岡根哲夫, 大河内拓雄, 岡本淳, 斎藤祐児, 小林啓介, 山上浩志, 藤森淳, 田中新, 岡林潤, 尾嶋正治, 大矢忍, ファムナムハイ, 田中雅明
放射光 Vol.22 No.4, pp.202-209, July 2009.
- 工学系研究科電気系工学専攻 田畑研究室
15. Band alignment and Excitonic localization in $Cd_{0.08}Zn_{0.92}O/ZnO$ quantum wells
H. Matsui, T. Osone and H. Tabata
J. Appl. Phys. (in press) 2010.
 16. Fabrication of Aligned Magnetic Nanoparticles Using Tobamoviruses
M. Kobayashi, M. Seki, H. Tabata, Y. Watababe and I. Yamashita
Nano Lett., 10, 773 (2010)
 17. In-plane anisotropy of polarized photoluminescence in M -nonpolar ZnO and multiple-quantum wells
H. Matsui and H. Tabata
Appl. Phys. Lett. 94, 161907 (2009).
 18. Experimental observation of bulk band dispersions in the oxide semiconductor ZnO using soft x-ray angle-resolved photoemission spectroscopy
M. Kobayashi, G. S. Song, T. Kataoka, Y. Sakamoto, A. Fujimori, T. Ohkochi, Y. Takeda, T. Okane, Y. Saitoh, H. Yamagami, H. Yamahara H. Saeki, T. Kawai and H. Tabata
J.Appl.Phys.,105, 122403 (2009).
 19. A noise-driven attractor switching device
N. Asakawa, Y. Hotta, T. Kanki, T. Kawai, H. Tabata
Phys.Rev.E., 79, 021902 (2009).
 20. Lateral surface nanowires and quantum structures based on nonpolar ZnO Nanowires
In-Tech publisher
H. Matsui and H. Tabata (in press) 2010.
 21. Electro-magneto-optics in polarity-controlled quantum structures based on ZnO

H. Matsui and H. Tabata

Progress in Nano-Electro-Optics VII, Springer Series in optical sciences 155 (2009) 73-111
total pages 149.

22. 実用薄膜プロセス—機能創製・応用展開—

田畑 仁 (共同執筆)

技術教育出版社 第 10 章 バイオデバイスへの応用 428 ページ (2009.8.5.)

理学系研究科化学専攻 大越研究室

23. High proton conductivity in Prussian blue analogs and the interference effect by magnetic ordering

S. Ohkoshi, K. Nakagawa, K. Tomono, K. Imoto, Y. Tsunobuchi, and H. Tokoro

J. Am. Chem. Soc., 132, 6620-6621 (2010).

24. First observation of phase transformation of all four Fe₂O₃ phases ($\gamma \rightarrow \varepsilon \rightarrow \beta \rightarrow \alpha$ -phase)

S. Sakurai, A. Namai, K. Hashimoto, and S. Ohkoshi

J. Am. Chem. Soc. 131, 18299-18303 (2009).

25. Electric-field-induced charge-transfer phase transition: a promising approach toward electrically switchable devices

T. Mahfoud, G. Molnar, S. Bonhommeau, S. Cobo, L. Salmon, P. Demont, H. Tokoro,

S. Ohkoshi, K. Boukheddaden, and A. Bousseksou

J. Am. Chem. Soc. 131, 15049-15054 (2009).

26. Large magnetization-induced second harmonic generation in an enantiopure chiral magnet

C. Train, T. Nuida, R. Gheorghe, M. Gruselle, and S. Ohkoshi

J. Am. Chem. Soc. 131, 16838-16843 (2009).

27. Spin crossover by encapsulation

K. Ono, M. Yoshizawa, M. Akita, T. Kato, Y. Tsunobuchi, S. Ohkoshi and M. Fujita

J. Am. Chem. Soc. 131, 2782-2783 (2009).

28. Vanadium(II) heptacyanomolybdate(III)-based magnet exhibiting a high Curie temperature of 110 K

K. Tomono, Y. Tsunobuchi, K. Nakabayashi, and S. Ohkoshi

Inorg. Chem. 49, 1298-1300 (2010).

29. Monometallic lanthanoid assembly showing ferromagnetism with a Curie temperature of 11 K

K. Nakabayashi and S. Ohkoshi

Inorg. Chem. 48 8647-8649 (2009).

30. Extremely gradual spin-crossover phenomenon in cyano-bridged Fe-Mo bimetallic assembly

W. Kosaka, H. Tokoro, T. Matsuda, K. Hashimoto, and S. Ohkoshi

J. Phys. Chem. C, 113, 15751-15755 (2009).

31. The origin of ferromagnetism in ε -Fe₂O₃ and ε -Ga_xFe_{2-x}O₃ nanomagnets

S. Ohkoshi, A. Namai, and S. Sakurai

J. Phys. Chem. C, 113, 11235-11238 (2009).

32. Synthesis, crystal structure, and magnetic properties of ε -Ga^{III}_xFe^{III}_{2-x}O₃ nanorods

A. Namai, S. Sakurai, and S. Ohkoshi

- J. Appl. Phys.* 105, 07B516/1-3 (2009)
33. Photomagnetic cobalt hexacyanoferrates from combined magnetic and synchrotron x-ray diffraction measurements
I. Maurin, D. Chernyshov, F. Varret, A. Bleuzen, H. Tokoro, K. Hashimoto, and S. Ohkoshi
Phys. Rev. B, 79, 064420/1-4 (2009).
34. Photoinduced charge-transfer process in rubidium manganese hexacyanoferrate
R. Fukaya, M. Nakajima, H. Tokoro, S. Ohkoshi, and T. Suemoto
J. Chem. Phys. 131, 154505/1-9 (2009).
35. Transcription of optical near-fields by photoinduced structural change in single crystal metal complexes for parallel nanophotonic processing
N. Tate, H. Tokoro, K. Takeda, W. Nomura, T. Yatsui, T. Kawazoe, M. Naruse, S. Ohkoshi, and M. Ohtsu
Appl. Phys. B, 98, 685 (2010).
36. Photoreversible switching of magnetic coupling in a two-dimensional copper octacyano- molybdate
H. Tokoro, K. Nakagawa, K. Nakabayashi, T. Kashiwagi, K. Hashimoto, and S. Ohkoshi
Chem. Lett., 38, 338-339 (2009).
37. Three-dimensional nickel(II) heptacyanomolybdate(III)-based magnet
K. Tomono, Y. Tsunobuchi, K. Nakabayashi, W. Kosaka, T. Matsuda, and S. Ohkoshi
Chem. Lett. 38, 810-811 (2009).
38. Magnetization-induced second harmonic generation in a three dimensional manganese octacyanonitrate-based pyroelectric ferrimagnet
Y. Tsunobuchi, W. Kosaka, T. Nuida, and S. Ohkoshi
Cryst. Eng. Comm. 11, 2051-2053 (2009).
39. Pressure-induced octahedral rotation in RbMn[Fe(CN)₆]
X. Liu, Y. Moritomo, T. Matsuda, H. Kamioka, H. Tokoro, and S. Ohkoshi
J. Phys. Soc. Jpn. 78, 013602/1-4 (2009).
40. Charge transfer processes in cyano-bridged transition metals
H. Kamioka, Y. Moritomo, W. Kosaka, and S. Ohkoshi
Phys. Stat. Sol. C, 6, 116-119 (2009).
41. Dynamics of the charge transferred states relevant to magnetic phase transition in rubidium manganese hexacyanoferrate
T. Suemoto, K. Ohki, R. Fukaya, M. Nakajima, H. Tokoro, and S. Ohkoshi
J. Luminescence, 129, 1775-1778 (2009).
42. Development of micro-SQUID magnetometers for investigation of quantum tunneling of magnetization in nanometer-sized materials
A. Yamaguchi, K. Takeda, T. Matsumoto, G. Motoyama, S. Kuriki, S. Kashiwaya, S. Ohkoshi, A. Sumiyama
J. Low Temp. Phys. 158, 704 (2009).
43. Photoinduced dynamics of Prussian blue type cyanide
Y. Moritomo, T. Nakagawa, Y. Fukuyama, N. Yasuda, H. Oosawa, J. E. Kim, H. Kamioka, K. Kato, Y.

- Tanaka, S. Kimura, F. Nakada, S. Ohkoshi, H. Tanaka, and M. Takata
J. Phys. 148, 012028 (2009).
44. Observation of X-ray-induced phase transition of cesium manganese hexacyanoferrate
K. Ishiji, M. Deguchi, N. Nakajima, T. Matsuda, H. Tokoro, S. Ohkoshi, T. Iwazumi
J. Phys. 148, 012046 (2009).
45. First observation of soft X-ray induced phase transition of RbMn[Fe(CN)₆] studied by Fe L-edge X-ray absorption spectroscopy
Y. Kitajima, K. Ishiji, T. Matsuda, H. Tokoro, S. Ohkoshi and T. Iwazumi
J. Phys. 148, 012032 (2009).
46. Temperature dependence of photoinduced valence changes in rubidium manganese hexacyanoferrate probed by Raman spectroscopy
R. Fuakaya, M. Nakajima, H. Tokoro, S. Ohkoshi and T. Suemoto
J. Phys. 148, 012030 (2009).
47. 光で強磁性相転移を操る
大越慎一
化学と工業, 62 889 (2009).
48. これからの化学のアイデンティティ
大越慎一
化学, 64, 21 (2009).
49. 磁気機能
大越慎一, 所裕子
ナノ空間材料の創製と応用展開, 128 (2009).
50. 次世代高速通信向け電磁波吸収材料の開発
大越慎一
月刊 EMC, 258, 45, (2009).
51. 無限磁性錯体
大越慎一
錯体化学会選書 5 超分子金属錯体, 279 (2009).
52. 外場応答磁性体
大越慎一
配位空間の化学-最新技術と応用-, 148 (2009).
53. 光磁性
大越慎一
光科学研究の最前線 2, 175 (2009).
54. 研究最前線
大越慎一
院ナビ 理工系[逆引き]研究室紹介, 東京図書, 130 (2010).
55. 空想を実現できる化学に魅せられて
大越慎一

工学系研究科電気系工学専攻 染谷研究室

56. Stretchable, Large-area Organic Electronics
Tsuyoshi Sekitani and Takao Someya
Advanced Materials, Mar. 2010.
57. Thermal stability of organic thin-film transistors with self-assembled monolayer dielectrics
Kenjiro Fukuda, Tomoyuki Yokota, Kazunori Kuribara, Tsuyoshi Sekitani, Ute Zschieschang, Hagen Klauk, and Takao Someya
Applied Physics Letters, Vol. 96, 053302 (2010)
58. Flexible Low Voltage Organic Transistors and Circuits Based on a High Mobility Organic Semiconductor with Good Air Stability
Ute Zschieschang, Frederik Ante, Tatsuya Yamamoto, Kazuo Takimiya, Hirokazu Kuwabara, Masaaki Ikeda, Tsuyoshi Sekitani, Takao Someya, Klaus Kern, Hagen Klauk
Advanced Materials, Vol.22, Issue9, pp.982-985, Dec.8th, 2010.
59. A Stretchable EMI Measurement Sheet with 8×8 Coil Array, 2V Organic CMOS Decoder, and 0.18μm Silicon CMOS LSIs for Electric and Magnetic Field Detection
K. Ishida, N. Masunaga, Z. Zhou, T. Yasufuku, T. Sekitani, U. Zschieschang, H. Klauk, M. Takamiya, T. Someya, and T. Sakurai
IEEE Journal of Solid State Circuits, Vol. 45, pp. 249 – 259, Jan. 2010.
60. A 107-pJ/bit 100-kb/s 0.18-μm Capacitive-Coupling Transceiver With Data Edge Signaling and DC Power-Free Pulse Detector for Printable Communication Sheet
Lechang Liu, Makoto Takamiya, Tsuyoshi Sekitani, Yoshiaki Noguchi, Shintaro Nakano, Koichiro Zaitso, Tadahiro Kururoda, Takao Someya, Takayasu Sakurai
IEEE Transactions on Circuits and Systems, Vol, 56, pp. 2511-2518,(ISSN;1549-8328), Nov. 2009
61. Organic Non-volatile Memory Transistors for Flexible Sensor Arrays
Tsuyoshi Sekitani, Tomoyuki Yokota, Ute Zschieschang, Hagen Klauk, Siegfried Bauer, Ken Takeuchi, Makoto Takamiya, Takayasu Sakurai, Takao Someya
Science, Vol. 326, pp.1516-1519 (2009).
62. Effects of the alkyl chain length in phosphonic acid self-assembled monolayer gate dielectrics on the performance and stability of low-voltage organic thin-film transistors
Kenjiro Fukuda, Takanori Hamamoto, Tomoyuki Yokota, Tsuyoshi Sekitani, Ute Zschieschang, Hagen Klauk, and Takao Someya
Applied Physics Letters, Vol. 95, 203301 (2009).
63. Stretchable active-matrix organic light-emitting diode display using printable elastic conductors
Tsuyoshi Sekitani, Hiroyoshi Nakajima, Hiroki Maeda, Takanori Fukushima, Takuzo Aida, Kenji Hata, Takao Someya
Nature Materials, Vol. 8, pp. 494-499 (2009).
64. Printed nonvolatile memory for a sheet-type communication system

Tsuyoshi Sekitani, Koichiro Zaitu, Yoshiaki Noguchi, Kiyoshiro Ishibe, Makoto Takamiya, Takayasu Sakurai, and Takao Someya

IEEE Transactions on Electron devices, Vol. 56, pp. 1027-1035, (2009).

農学生命研究科応用生命科学専攻生物有機化学研究室

65. In vivo analysis of metal distribution and expression of metal transporters in rice seed during germination process by microarray and X-ray Fluorescence Imaging of Fe, Zn, Mn, and Cu

Takahashi M, Nozoye T, Kitajima N, Fukuda N, Hokura A, Terada Y, Nakai I, Ishimaru Y, Kobayashi T, Nakanishi H, Nishizawa NK

Plant and Soil 325:39-51(2009).

工学系研究科原子力国際専攻高橋研究室

66. Development of a new TES structure using a radiation absorber self-adjusting the operating temperature

M. Ohno, H. Takahashi, R. M. Thushara Damayanthi, Y. Minamikawa, K. Nishimura, H. Toyokawa

IEEE Transaction on Applied Superconductivity 2009, 19, 3, 473-476.

67. Development of a Gamma-ray detector with iridium transition edge sensor coupled to a Pb absorber

R. M. T. Damayanthi, S. W. Leman, H. Takahashi, M. Ohno, Y. Minamikawa, K. Nishimura, N. Iyomoto

IEEE Transaction on Applied Superconductivity 2009, 19, 3, 540-543.

68. 低温検出器 -TES(Transition Edge Sensor)-

大野 雅史

電気学会高機能放射線発生利用技術専門委員会技術報告書 (2009)

理学系研究科化学専攻 長谷川研究室

69. Magnetic Domain Structures Governed by Granular Morphology in $\text{La}_{0.6}\text{Sr}_{0.4}\text{MnO}_3$ Thin Films as Probed by Low-Temperature Magnetic Force Microscopy

S. Muranaka, H. Sugaya, T. Yamasaki, T. Fukumura, M. Kawasaki and T. Hasegawa

Appl. Phys. Express, 2, 063002 (2009).

70. Fabrication of EuTiO_3 Epitaxial Thin Films by Pulsed Laser Deposition

K. Hatabayashi, T. Hitosugi, Y. Hirose, X. Cheng, T. Shimada and T. Hasegawa

Jpn. J. Appl. Phys., 48, 100208 (2009).

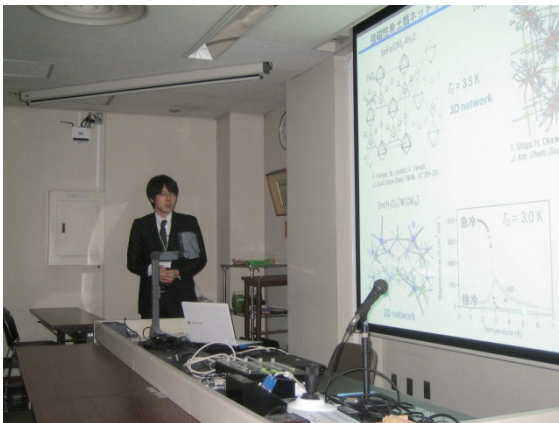
低温センター成果報告会

成果報告会開催報告

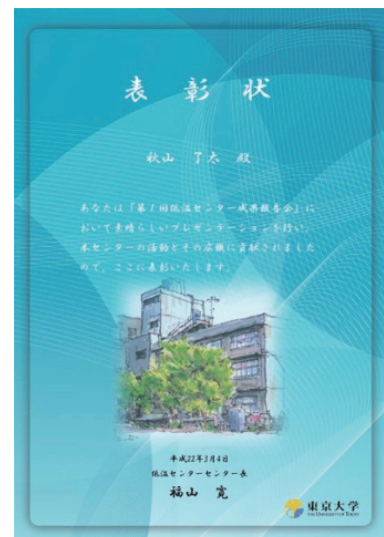
低温センター 研究開発部門 助教 藤井 武則

去る平成 22 年 3 月 4 日（木）、アイソトープ総合センター 2F 講義室において、第 1 回低温センター成果報告会が開催されました。初めての試みということで心配されたのですが、多数の方々に参加していただき、低温センターの活動を知っていただけるための大変有意義な報告会になったと思います。

低温センターは様々な学部、研究内容の人が利用しているため、他分野の人にも分かりやすい報告会にしたいという趣旨をご理解いただき、その意味にでも発表はいずれも非常にレベルが高く、参加者の方々も大変興味を持って聞いていただけたと考えております。本年度は初回ということもあって、発表者は、共同利用研究室を利用しているの方々をお願いしたのですが、次回からは、共同利用だけでなく寒材を利用している全てのユーザーの方々に参加していただけるような報告会にしたいと考えております。



また、報告会後の懇親会において、ベストプレゼンテーション賞の授与が行われ、厳正な審査の結果、記念すべき第 1 回のベストプレゼンテーション賞は、工学系研究科電気系工学専攻の秋山了太さん（田中研究室 D1）に贈られました。



平成 21 年度 低温センター成果報告会

■ 日 程 : 2010 年 3 月 4 日 (木) 13:00~17:30

■ 会 場 : アイソトープ総合センター2F 講義室

13:00-13:10	はじめに	福山 寛 (低温センター・センター長)
13:10-13:30	矢田 慎介	工学系研究科電気電子専攻田中研究室 (D3) IV族ベース磁性半導体 Mn ドープ Ge 薄膜の構造と磁性の評価
13:30-13:50	秋山 了太	工学系研究科電気電子専攻田中研究室 (D1) MnAs 強磁性微粒子を含む半導体ヘテロ接合 - スピン起電力と巨大磁気抵抗効果
13:50-14:15	西澤 直子	農学部 新機能植物開発学研究室 (特任教授) 凍結技法による植物の新しい細胞像; 鉄栄養に応答するムギネ酸小胞
14:15-14:40	廣瀬 靖	理学系研究科化学専攻長谷川研究室 (助教) エピタキシャル EuTiO ₃ 薄膜の合成と磁気誘電カップリング
14:40-15:05	荻野 拓	工学系研究科応用化学専攻岸尾研究室 (助教) ペロブスカイト酸化物層を持つ鉄系超伝導体群
15:05-15:25	休憩	
15:25-15:50	関 宗俊	工学系研究科電気電子専攻田畑研究室 (助教) 自然超格子構造を用いた機能融合材料の創成
15:50-16:15	大野 雅史	工学系研究科原子力国際専攻高橋研究室 (助教) 超伝導体を用いた放射線検出器の研究
16:15-16:35	武田 啓司	理学系研究科化学専攻大越研究室 (特任助教) マイクロ SQUID 磁束計による微小磁性体の磁化測定
16:35-16:55	中林 耕二	理学系研究科化学専攻大越研究室 (助教) 共役多座配位子からなる希土類ネットワーク錯体
16:55-17:20	藤井 武則	低温センター朝光研究室 (助教) ネルンスト効果を用いた電荷秩序の観測
17:20-17:30	おわりに	朝光 敦 (低温センター准教授)
17:45-19:15	懇談会 (表彰式)	

第1回低温センター公開講演会

低温センター初の試みとして、公開講演会「@絶対零度 -ノーベル賞学者が語る絶対零度の世界」を開催しました。当日は幅広い年齢層から165名の参加があり、活発な質疑応答とともに大盛況のうちに終了しました。スタンフォード大学のダグラス・オシェロフ教授（1996年ノーベル物理学賞）を講師の一人にお迎えして、専門性の高い講演内容であったにもかかわらず、参加者の満足度はかなり高かったことがアンケート結果からうかがえます。低温科学の意義と興味、そしてそれを支える低温センターの活動について、今後も工夫を重ねてアウトリーチの機会を設けたいと考えています。

- ◆ 日時：2010年3月13日（土）13：30～15：40
- ◆ 場所：東京大学 武田ホール（武田先端知ビル5階）



図1. 公開講演会ポスター



図2. オシェロフ教授の講演



図3. 福山センター長の講演

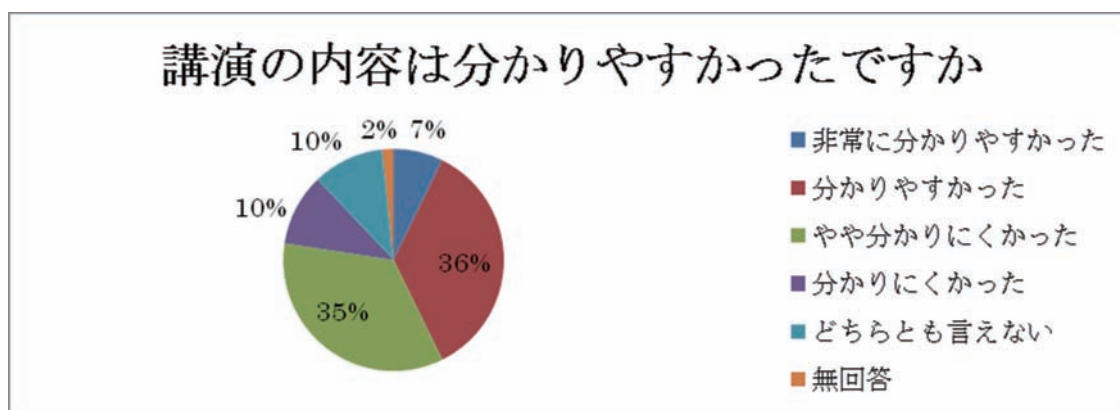
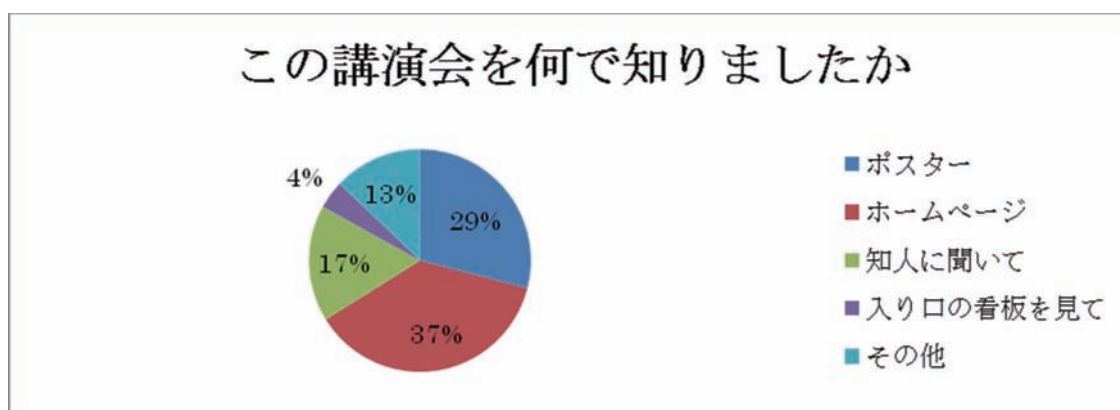
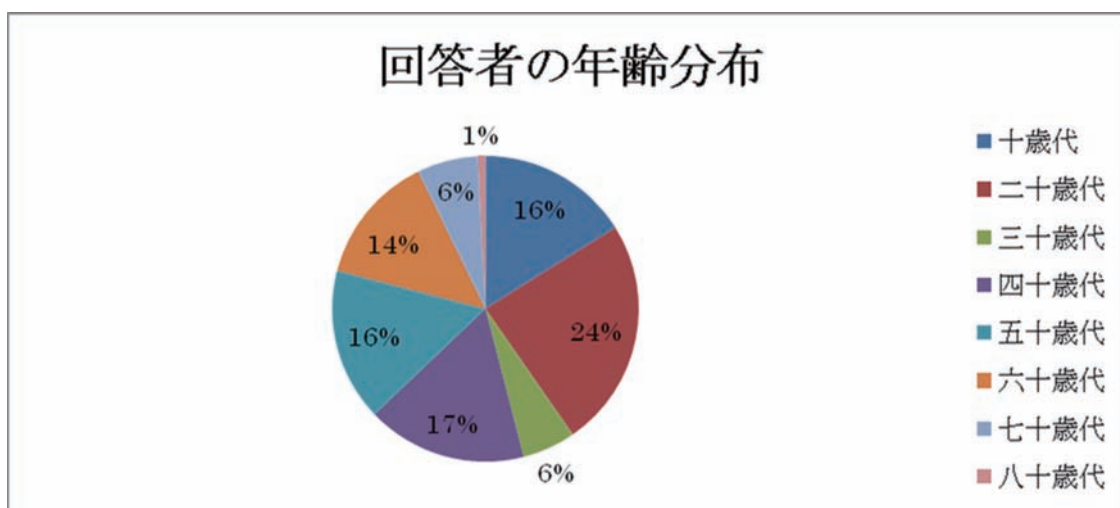


図4. 朝光准教授の講演

公開講演会アンケート集計結果

聴講者数：165人

回答者数：124人（内訳 男性：101 女性：23）



講演の内容に興味が持てましたか



意見・要望

- 1 : 大変良い話であった。ノーベル賞を受けられた人の話を聞くのは大変興味があり内容も良かった。
- 2 : スライド全てを印刷しないのなら後で、インターネットで期間限定でもよいので、ダウンロード出来るようにして欲しい。精細な日本語訳資料はすばらしかった。実験ビデオも面白かった。
- 3 : 日本語のスライドを同時に示していただいたのはありがたかったが、文字が小さく、後部座席からは読解しにくかった。(画面も少し暗かった)
- 4 : 福山先生の事前説明は分かりやすく理解に役立った。
- 5 : オシエロフ先生は気さくでフレンドリーな講演態度で楽しめた。
- 6 : 超伝導現象を理解する上で非常に参考になりました。特にヘリウムの話は面白かった。
- 7 : 学会の紹介講演レベルだと思った。一般の人にはむずかしかったのでは？
- 8 : 次は高温超伝導についての講演を開いて頂きたい。

低温センター公開講演会の舞台裏から

低温センター 技術専門職員 市原 博

一枚のポスターが我が家にある。平成22年3月13日土曜日に行われた公開講演会のポスターである。この一枚は、駅に貼ってもらったらどうかしら、と雨宮はる子さん（低温センター職員）から手渡されたので、駅の構内に貼る試みに迫られたのである。夕方、いつも乗り降りしている駅に降りて、改札口に向かう。豹の絵柄のシャツを着た大阪のおばちゃんのノリで、にいちちゃん、ポスター貼らせてくれへんか。無料で貼れるところがええな。ない？そなかたいこと言わんといて。駅長室の入り口のガラス戸ならただやろ。と押しまくることも出来ず、駅員の「有料です」の一言にあえなく撤退したのである。

公開講演会のポスターは、東京大学の各部局のほかに、限定された数ではあるが、全国の高校にも発送された。町会の掲示板（低温センターの所在地は弥生2丁目にある）に貼ってあるのを見かけた人もいだろう。このポスターの表題は、オシエロフ教授の演題である **So, What Really Happens at Absolute Zero?** の **at** をアットマークに置き換えて、「@絶対零度」としたのだろうか、作者の遊び心が感じられて、おもしろい。

講演会前日の12日には、看板の準備、案内板の準備、会場の点検が行われた。講演会当日の13日午前中には、ホッチキスで留めたものではあるが、講演概要集の製本作業を渡部康子さん、田部久仁生さん、早坂洋さん、佐藤幸一さん、市原博（5人の低温センター職員）がテーブルを囲んで行った。講演概要集の印刷が完了した時刻は、当日13日の午前10時を過ぎていて、概要集の編集・印刷を行った加茂由貴さん（低温センター職員）は、締め切りの迫る編集者の切迫感を十分に味わえたのではないかと想像している。製本作業終了後、前日に準備しておいた看板を言問通り（こととい通りと読みます）に面した門に高々と掲げ、来場者が戸惑わないように案内板を武田先端知ビル5階の会場まで要所要所に配置する。準備は万端整った。



図. 会場入口看板前にて

講演会当日の13日午後、聴講者が会場に現れ始める。公開講演会の名にふさわしく、老若男女の来場である。受付で概要集とアンケート用紙を手渡す。講演者の一人であるオシエロフ教授は令夫人を伴って現れた。ご夫妻には定刻まで控室で待機していただく。

定刻からプログラムに従って講演が行われた。その講演資料は、低温センターの Web サイト <http://www.crc.u-tokyo.ac.jp/PL/2010-1/100313.html> から入手が可能になっている。オシエロフ教授の講演後、質疑応答が行われた。通訳は福山寛低温センター長が務めた。東に質問者の手が挙げれば、行ってマイクを向け、西に手が挙がるのを見れば、行ってマイクを手渡したのは雨宮さんである。講演内容に即した質問もあれば、講演内容に関係なさそうな質問もあったが、盛況のうちに講演会は幕を閉じた。

寒剤供給活動報告

1. はじめに

研究に不可欠な二大寒剤、液体ヘリウムと液体窒素を安価にかつ安定的に供給することは低温センターの重要な任務である。低温センターでは現在技術職員 5 名の体制で本郷キャンパス内への寒剤供給業務などを担当している。平成 21 年度の寒剤供給実績と技術職員の活動を報告する。

2. 寒剤供給実績（本郷キャンパス）

液体ヘリウムの供給量は、昭和 42 年に供給を開始して以来、年毎の多少の増減はあるものの、総じて順調に伸び続けている。一方、液体窒素（昭和 46 年供給開始）の方は、最近 10 年間以上にわたって供給量に大きな変動はなく、需要がほぼ飽和状態にあることを示している。

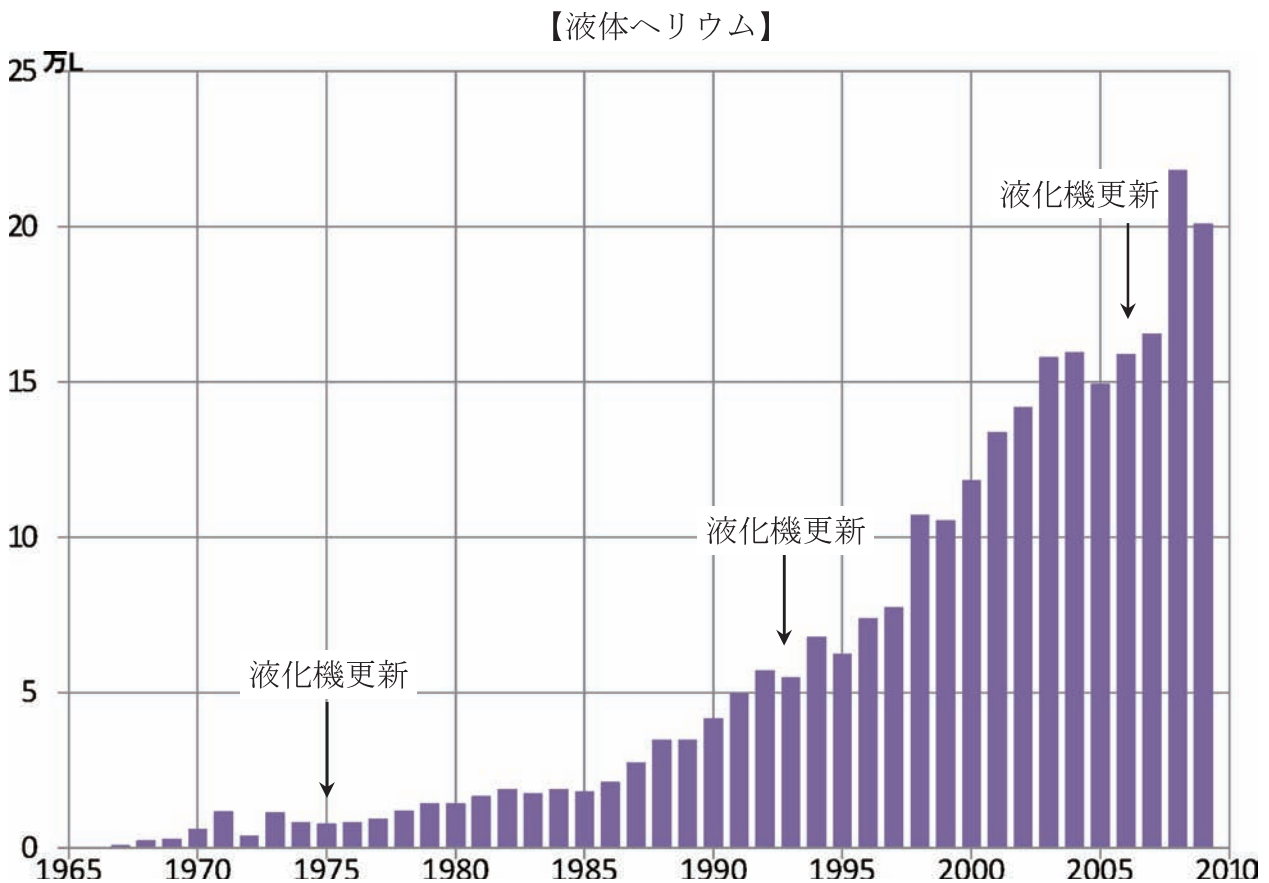


図 1 液体ヘリウム供給量(年度別)

表 1 平成 21 年度液体ヘリウム供給先

医学系研究科	1 研究室	理学系研究科	17 研究室
工学系研究科	16 研究室	薬学系研究科	2 研究室
農学生命科学研究科	2 研究室	低温センター	1 研究室
合計			39 研究室

【液体窒素】

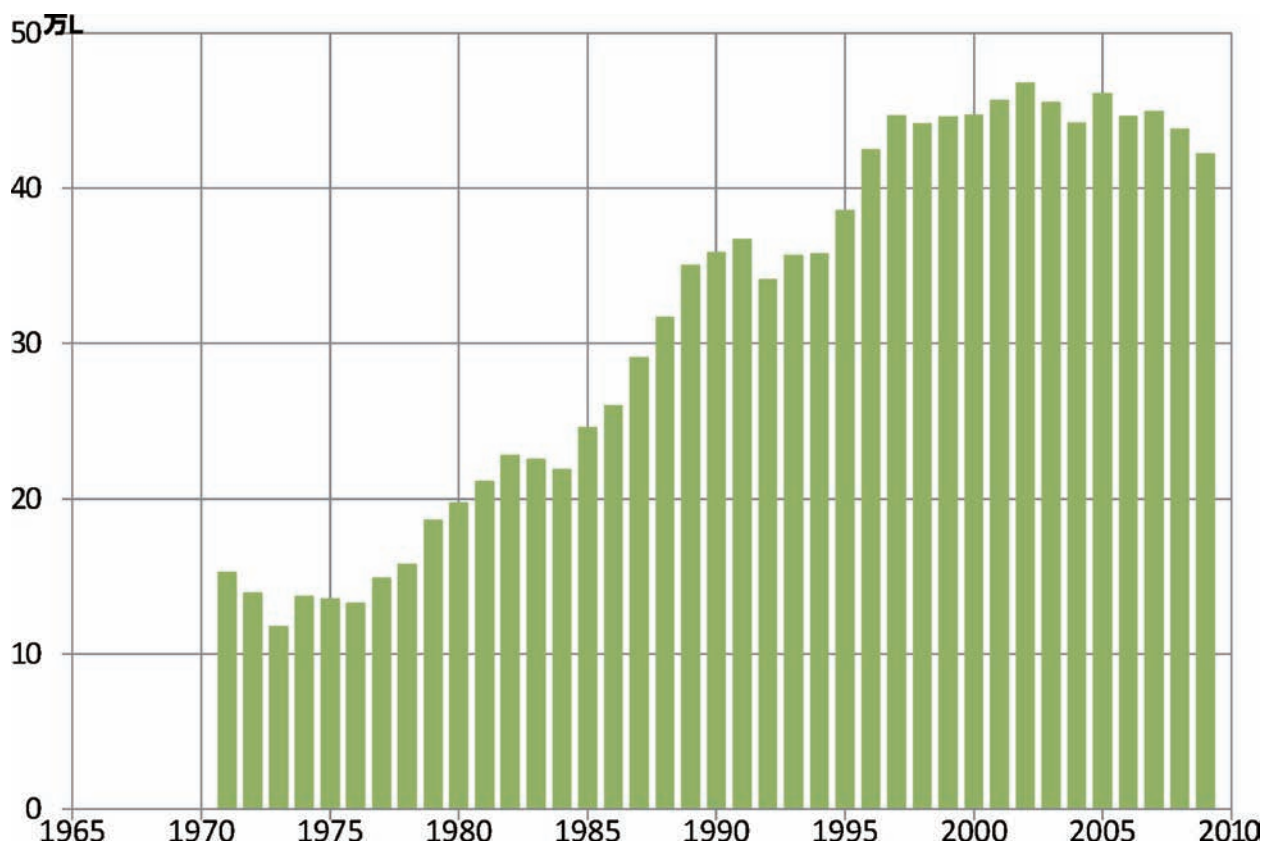


図2 液体窒素供給量(年度別)

表2 平成21年度液体窒素供給先

アイソトープ総合センター	4 研究室	生物生産工学研究センター	4 研究室
アジア生物資源環境研究センター	2 研究室	総合研究博物館	2 研究室
医学系	37 研究室	地震研	2 研究室
海洋研究所	1 研究室	農学生命科学	68 研究室
環境安全研究センター	2 研究室	附属病院	71 研究室
工学系	86 研究室	分生研	21 研究室
情報理工学系	3 研究室	放射光連携研究機構	1 研究室
新領域創成科学	2 研究室	薬学系	22 研究室
生物機能制御化合物ライブラリー機構	1 研究室	理学系	58 研究室
低温センター	1 研究室	合計	388 研究室

本郷キャンパスの大きな特徴のひとつとして利用者の研究環境の多様性が挙げられる。各分野の技術の進歩、研究対象の多様化、世代交代などに伴って日々変化していく寒剤使用状況を改めて把握し、利用者により使いやすいセンターを目指すため、低温センターでは平成21年度から各研究室における寒剤使用状況の調査を始めている。今後はこの情報をデータベース化し、各種申し込みのシステム化などサービス向上を進めていく予定である。

3. 活動状況

本郷キャンパス内では、各研究室で使われた液体ヘリウムの蒸発ガスを回収・液化して供給している。また、研究室へ供給する液体窒素は大型の CE(貯槽)に貯蔵している。これらの業務は高圧ガス保安法に定められた高圧ガス製造行為に当たる。低温センターは高圧ガス第一種製造者として、高圧ガス製造の他、設備維持管理・利用者向け及び従業者向けの保安教育、環境安全本部など学内外への技術協力など、さまざまな活動を行っている。平成 21 年度の保安管理体制を表 3 にまとめた。

上述の他にも、環境安全研究センターが行っている実験系廃試薬排出など、各部局に求められる低温以外の各種業務にも可能な限り協力している。さらに、各種研究会等への参加を通じた情報交換、各種資格・免許取得や講習受講などを通じて、学内各部局への技術協力や各人の技術向上にも努めている。平成 21 年度の主な活動を表 5 にまとめた。

表 3 低温センター保安管理体制

保安統括者	センター長	福山 寛
保安統括者代理者	准教授	朝光 敦
保安係員	技術職員	阿部 美玲
保安係員代理者	助教	藤井 武則
	技術専門職員	市原 博
	技術職員	早坂 洋
	技術職員	佐藤 幸一

表 4 高圧ガス保安教育【低温講習会】

部局別参加人数
(全 2 回合計、順不同)

研究科	人数	研究科	人数
医学系	15	分生研	6
医科研	4	新領域	1
農学系	70	教養	2
薬学系	16	情報理工	1
工学系	78	研究所他	13
理学系	79	協力会社	1
		合計	286



図 3 【低温講習会】の様子

4. 人事

- 2009 年 3 月 31 日付で佐藤幸一技術専門員が定年を迎えた。また、4 月 1 日より技術職員(再雇用)として着任した。
- 2009 年 3 月 31 日付で大野善啓技術専門員が定年を迎えた。
- 2009 年 4 月 1 日付で加茂由貴技術職員が着任した。
- 2009 年 4 月 1 日より阿部美玲技術職員が物性研究所業務着任期間を終え、低温センター業務に復帰した。

表5 主な活動

日程	活動	参加者	内容
4/9(木)	保安検査(法定)	センター長、 准教授、職員 2名	東京都より担当官2名が来所し、定例の立ち入り検査を実施。指摘事項なく合格。
5/14(木)、 5/19(火)	高圧ガス保安教育【低温講習会】(利用者向け)	低温センター利用者 合計 286 名	低温センター利用者向けの講習会。今年度は計2回開催し、合計286名が参加(表4)。 第一回会場：小柴ホール(理1号館) 第二回会場：武田ホール(武田先端知ビル)
7/30(木)	保安教育(従事者向け)	職員2名	千葉大学理学部極低温室を見学し情報交換を行った ^[*] 。
8/27(木)～ 28(金)	極低温技術スクール	職員1名	低温工学の基礎知識習得のため受講 ^[*] 。主催：低温工学協会 教育・セミナー委員会
11/18(水)～ 20(金)	低温工学・超電導学会	職員2名(1名は技術職員学外研修として参加)	低温工学の最新技術・情報収集のため参加 ^[*] 。主催：低温工学協会 岡山大学低温センターヘリウム液化設備見学会参加。
3/4(木)～ 5(金)	機器・分析技術研究会 実験・実習技術研究会	職員2名	全国の大学・研究機関技術職員と業務に関する知識・技術の意見交換・交流のため参加 ^[1] 。琉球大学極低温センターのヘリウム液化設備・窒素液化設備見学会参加。
3/18(木)～ 19(金)	高エネルギー加速器 研究機構 技術研究会	職員2名	全国の大学・研究機関技術職員と業務に関する知識・技術の意見交換・交流のため参加 ^{[2][3]} 。低温センター見学会参加。
3/24(水)～ 26(金)	Webを使ったデータベースアクセス技術 研修	職員1名	データベースの基礎知識を学習し、SQLServerとIISを用いたWebアプリケーション作成を習得のため参加 ^[*] 、及びヘリウム液化設備見学。主催：自然科学研究機構

報告集掲載等

- [1] 阿部美玲 他、PICNIC を使った回収ヘリウムガスモニタシステム、国立大学法人琉球大学、平成 21 年度機器・分析技術研究会 実験・実習技術研究会 in 琉球 報告集、p214-215、2010
- [2] 阿部美玲 他、ヘリウム管理業務のシステム化(1)、高エネルギー加速器研究機構、KEK Proceedings 2009-013、CD-ROM 収録、2010
- [3] 加茂由貴 他、ヘリウム管理業務のシステム化(2)、高エネルギー加速器研究機構、KEK Proceedings 2009-013、CD-ROM 収録、2010
- [*]の活動についてはそれぞれレポートを添付した。

(低温センター・技術職員 阿部 美玲)

技術研修活動報告

液化業務従事者保安教育（千葉大学）

1. 題 目 千葉大学 理学部極低温室 ヘリウム液化設備見学
（液化業務従事者保安教育）
2. 日 時 平成21年 7月 30日（木） 14:00 ～ 17:00
3. 場 所 千葉大学 西千葉地区（千葉県千葉市）
4. 講師 千葉大学 理学部 極低温室 吉本 佐紀 技術職員
参加者 阿部 美玲、加茂 由貴（低温センター）、鷺山 玲子（東京大学・物性研究所）、
滝澤 勉、芦沢 佳子（同・教養学部）

5. 内 容

今回の保安教育の目的は、千葉大学のヘリウム液化設備を見学し、液化機に対する理解を深めることである。また、液化設備を持つ他機関の技術職員と交流をはかり、高圧ガスの取扱いや保安管理に関する情報・意見交換を行うことも目的の一つである。

千葉大学ではレシプロ式ヘリウム液化機 PSI M1610（図1）を使用している。東京大学の4か所のヘリウム液化設備は全てタービン式液化機を採用しているため、日頃目にする機会の少ない運転中のレシプロ式液化機に興味深く見学した。

ここでは、液化機以外に液化システム内のガスのバッファ方法が異なっていた。千葉大学のシステムでは、系内のガスが増えたとき、ガスをリカバリータンクへいったん戻して、圧縮機の運転に使用するガスはバラストタンクから供給する方法をとっていた。図2はリカバリータンク・バラストタンクの写真である。図2を見ると、リカバリータンクは3基設置されており、他大学から移譲されたタンクを増設するなど少しずつ改良を重ねたため、数が増えたとのことだった。なお、東京大学の各システムではいずれも1基のバッファタンクで前述のリカバリータンクとバラストタンクの両方の役割を担っている。

液体ヘリウムの供給は、利用者が極低温室まで容器を直接取りに来る方法だった。過去にホースをつなぎ忘れてヘリウムガスを大気放出してしまった事例があったため、容器に接続するガス回収用ホースを色違いに整理し、容器のバルブ開閉チェックを日常点検のチェック項目に追加するなどの工夫を取り入れていた。また、webカメラを用いて流量計数値などを、場所を問わず常時監視できるシステムを構築していた。これらは保安管理や業務上の工夫として参考にしていきたい。

今回の見学でレシプロ式液化機をはじめ、設備に対する理解が深まった。加えて、限られた敷地内で、安全で効率的に業務を行うための工夫等様々な情報や意見交換ができ、活発な交流が行えた。今回学んだ知識や経験を今後の高圧ガス保安関連の業務に活かすことに加え、低温に携わる方々と意見交換を行う場を今後も継続して発展させていきたいと考えている。

今回の見学でお世話になった千葉大学の吉本氏に心から感謝いたします。



図1. ヘリウム液化機 PSI 社 M1610



図2. リカバリータンク(左3基),
バラストタンク(右1基)



図3. 液体ヘリウム汲み出しの様子



図4. 集合写真

第4回 極低温技術スクール 参加報告

1. 日 時 平成21年 8月 27日(木) 13:10 ~ 17:40
28日(金) 10:15 ~ 17:30
2. 場 所 27日 高エネルギー加速器研究機構 つくばキャンパス (茨城県つくば市)
28日 筑波大学 つくばキャンパス 中地区 (茨城県つくば市)
3. 主催 低温工学協会 教育・セミナー委員会
参加者 加茂 由貴 (低温センター)、滝澤 勉、石坂 彰 (東京大学・教養学部) 他 全20名

4. 内 容

低温工学の基礎を学習して寒剤と低温技術に対する理解を深めること、液化設備を持つ他機関の教職員および低温工学に携わる教職員と交流を図ることを目的とし、低温工学協会の主催する極低温技術スクールに参加した。

極低温技術スクールは二日間にわたって開催された。初日は高エネルギー加速器研究機構 (KEK) で超伝導の基礎講座を受講し、高温超伝導の実習と KEK の施設見学を行った。

基礎講座の講師は東京工業大学の奥田雄一先生である。この講座では、超伝導を軸においた低温技術の歴史と超伝導の諸性質を学習した。超伝導の諸性質については、永久電流の仕組みや諸金属における電気抵抗の変化、マイスナー効果の発見と活用などがメインにとりあげられた。

高温超伝導の実習では、寒剤用の手袋を着用して凍傷に十分注意しながら、超伝導コースター (図1) および磁気浮上 (図2) で超伝導現象を体験した。

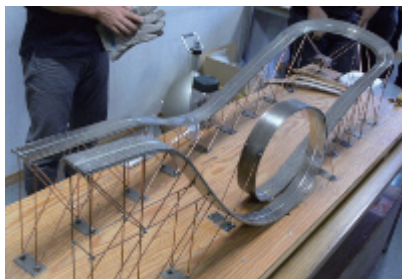


図1. 超伝導コースター



図2. 磁気浮上

実習後は、KEKB 加速器の KEKB トンネル日光直線部 (図3) と超伝導リニアック試験施設棟を見学した。

KEKB 加速器は、電子と陽電子を衝突させ、 B 中間子と反 B 中間子の対を生成するための衝突型加速器である。今回見学した KEKB トンネルは、1 周約 3km 規模の地下 11m に掘られたトンネルで、電子・陽電子を加速させる二つのリングが並んで置かれている。それぞれのリングの中で電子および陽電子ビームが光速に近いスピードで逆方向に加速され、リングの交差する点で衝突するように設計されており、衝突点に設置された測定器がこの衝突によって起こる素粒子反応を捉える。ここでは、普段目にすることのない偏向電磁石・四極電磁石・六極電磁石といった各種電磁石や超伝導空洞、高調波減衰型超伝導加速空洞など様々な装置を間近で見ることができた。

KEKB トンネルの次に見学した超伝導リニアック試験施設棟は、電子と陽電子を作る線形加速器の超伝導加速空洞システムの試験開発を行っている。施設内は、ニオブ製の超伝導加速駆動の試験ができるように、冷却設備、大電力マイクロ波発生装置、試験用電子ビーム発生装置などが備えられている。今回は、ニオブ製の空洞を超伝導状態で運転するための超伝導空洞用クライオスタット (図4) を見学した。この装置は、真空多層断熱方式の高断熱性能を有しており、中に収納したクラブ空洞や同軸結

合機を液体ヘリウムによって極低温に冷却・保持している。



図3. トンネル内の様子



図4. 超伝導空洞用クライオスタット

スクール二日目は筑波大学で基礎講義を受講した後、実習を行った。

基礎講義では、筑波大学の池田博先生から「低温液体と液化技術」、KEKの仲井浩孝先生から「超流動」についての講義を受けた。

池田先生の講義「低温液体と液化技術」で、ヘリウム液化機の仕組みやフローなどヘリウム液化に関する知識・技術と、超流動ヘリウムおよび超伝導材料について学習した。仲井先生の講義「超流動」では、初日と二日目で行われた磁気浮上など実習の説明を中心に、電磁誘導や電気抵抗、電子スピンの極低温下における振る舞いについて学習した。

講義後は、噴水効果（図5）を見学した。始めに参加者が交互に液体窒素を液体窒素容器からクライオスタットに供給し、十分量の液体窒素がクライオスタットに入ったら、池田先生が液体ヘリウムをクライオスタット内に供給した。その際、各種液面計の使用法について、実際に参加者自身が液面計を操作しながら説明を受けた。

噴水効果の見学を行った後、磁石を用いて液体酸素の磁性液体としての性質（図6）を体験し、水と液体酸素を用いたダンシング効果や、液体窒素で冷却した金属材料の収縮度合の変化、電気回路の抵抗値変化（図7）および抵抗変化による電球の明るさの変化（図8）を観察した。



図5. 噴水効果

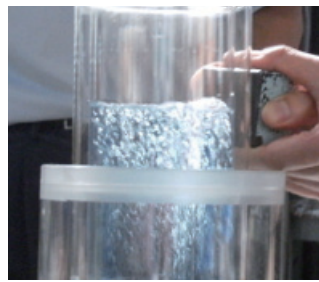


図6. 液体酸素（磁性液体）

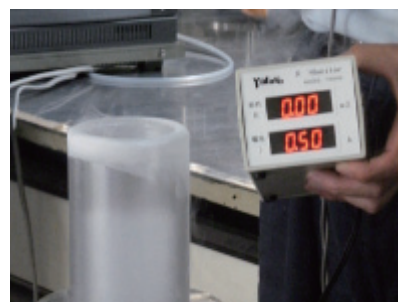


図7. 電気回路の抵抗値変化（左：冷却前、右：冷却後）



図 8. 電球の明るさの変化（左：冷却前、右：冷却後）

実習後は、筑波大学 低温部門の液化設備を見学した。ここでは、PPMS や超伝導重力計（図 9）、希釈冷凍機など、さまざまな測定装置を見ることができた。超伝導重力計は、超伝導磁場による磁気浮上力を復元力とする相対重力計で、マイスナー効果（完全反磁性）による磁気反発力を利用して重力の変化を、永久電流磁場の磁気浮上力とつり合った超伝導体のおもりの位置変化として検出する。池田先生は、第 51 次南極地域観測隊に参加予定で、今回見学した超伝導重力計は、南極で使用する予定の実物である。



図 9. 超伝導重力計

極低温技術スクールへの参加を通じて、低温の基礎を始め、超伝導・超流動など低温工学に関する知識が深まった。実際に超伝導現象を体験して間近で見ることによって、超伝導の原理や仕組みをわかりやすく楽しみながら学習でき、ヘリウム液化機・液化業務についても様々な話を聞くことができた。施設見学では、研究室に供給した液体ヘリウムがこういった装置に使用されているか、液体ヘリウムを使用する装置にはどのようなものがあるかなど、液体ヘリウムの使用用途への理解が浅いことに気づかされた。今後は液体ヘリウム利用研究室で行われている実験・研究にもっと目を向け、液体ヘリウムへの理解を深めながら業務に取り組んでいきたい。

極低温技術スクールを主催された低温工学協会 教育・セミナー委員会 委員長の沼澤健則氏をはじめ、委員会関係各位に心から謝意を表します。

2009 年度秋季 低温工学・超電導学会 参加報告

1. 日 時 平成 21 年 11 月 18 日 (水) 09:30 ~ 18:15
19 日 (木) 09:15 ~ 17:30
20 日 (金) 09:15 ~ 12:00
2. 場 所 岡山大学創立 50 周年記念会館
3. 主催 低温工学協会
参加者 阿部 美玲、加茂 由貴 (低温センター)、鷺山 玲子 (東京大学・物性研究所) 他 全 385 名
4. 内 容

低温工学協会が主催する「2009 年度 秋季 低温工学・超電導学会」に参加した。この学会に参加する目的は、低温工学に関する知識および技術の習得である。また、低温工学分野の先端技術に触れ、最新の情報を収集することも目的の一つである。

会場内では、ポスターセッションの他、低温関係の諸企業・団体によるガラスデュワーその他容器・実験機器の展示や、カタログ・パンフレットの配布、超伝導コースターの体験等、学会併設展示会も開催された。

初日の午後は、ポスター発表者と学会併設展示会の代表者がそれぞれ 1 分間、講演・展示内容を紹介する場も設けられた。タイムスケジュールは非常にシビアで、説明途中であっても、1 分を過ぎると次の発表者へと順番が移る。ここでは、発表内容の要旨を簡潔にわかりやすく話す発表者もいれば、時間内に説明しきれず途中で順番を移る発表者もいた。また、発表時のスクリーンも、見やすいよう図を工夫して配置しているものもあれば、細かい文字の羅列のみで見づらいものもあった。この紹介は口頭発表と同様に、限られた短い時間の中で要旨を明瞭に説明する発表者の姿勢が非常に勉強になった。

この学会に参加することで、「低温カプラと漏れ」や「ヘリウム循環装置による戻りガスの最適化」等、業務に関する発表を始めとして低温分野の様々な研究発表を聞くことができた。学会併設展示会では日常業務で使用しているものとは異なる汲み出し容器や普段目にする機会の少ない実験機器を見ることができた。

学会と関連して、19 日は岡山大学 自然生命科学研究支援センター 低温センターの見学も行った。ここでは、Linde 社製 L70 のヘリウム液化機を使用しており (図 1 参照)、純ガスヘリウムはミニカードルではなくガスボンベから移送するシステムとなっている (図 2 参照)。現在リフトが故障中のため、ポリタンクによる自作のバルンサーでトランスファーチューブの高さを調整して汲み出しを行っている (図 3 参照)。



図 1. 液化機



図 2. ヘリウムガスボンベ



図 3. トランスファーチューブとバランスー

東京大学低温センターではBurckhardt社製の回収用圧縮機を使用しているが、ここではBAUER社製のものを使用しており、カバーを取り外した内部を見せていただいた（図 4 参照）。また、液化用圧縮機は、低温センターと同じKAESER社製のものを使用しており、こちらも内部を見せていただいた（図 5 参照）。

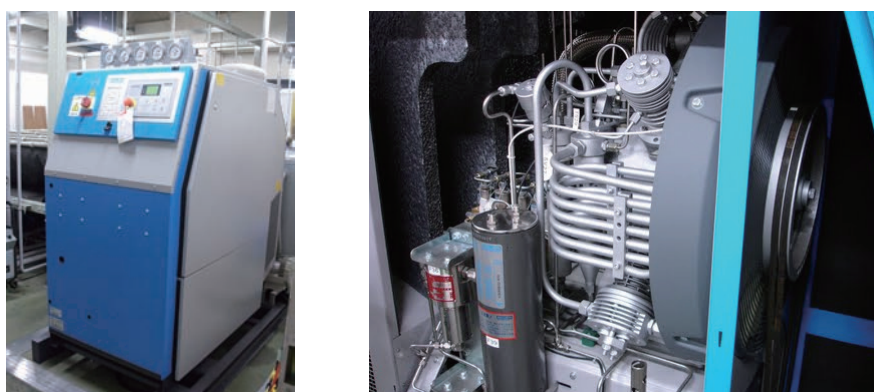


図 4. 回収用圧縮機（左：外観、右：内部）



図 5. 液化用圧縮機（左：外観、中央：電気系統、右：内部）

低温センターの見学では、低温に携わる方々と活発に交流を図り、圧縮機を始めとして設備に対する理解が深めることができた。また、身近な物で様々な業務上の工夫を行えることが分かった。今後は、装置の構造など理解が浅いと分かった部分を補強し、今回学んだことを設備点検や業務改善に活かしていきたいと考えている。

平成 21 年度 機器・分析技術研究会 実験・実習技術研究会 in 琉球 参加報告

1. 日 時 平成 22 年 3 月 4 日 (木) 10 : 00 ~ 17 : 40
5 日 (金) 09 : 00 ~ 16 : 50

2. 場 所 琉球大学

3. 主催 琉球大学

参加者 阿部 美玲、加茂 由貴 (低温センター)、土屋 光、鷺山 玲子 (東京大学・物性研究所)、
滝澤 勉 (同・教養学部) 他 約 600 名

4. 内 容

琉球大学が主催する「平成 21 年度 機器・分析技術研究会、実験・実習技術研究会 in 琉球」に参加した。この学会に参加する目的は、低温工学を始め幅広い分野の知識・技術を習得することと、他の技術職員との交流を通して情報・意見交換を行うことである。

今回は、琉球大学で機器・分析技術研究会と実験・実習技術研究会が合同で開催された。機器・分析技術研究会は、国立大学法人等に所属する技術系職員による実験装置の開発や改良・工夫等が発表され、実験・実習技術研究会は、あらゆる分野での「実験・実習」「ものづくり」「地域貢献」等日常業務から得た技術に関する知識・手法や工夫が発表された。開会式では技術職員の在り方に関する直木秀夫教授 (琉球大学客員教授) の特別講演が行われ (図 1)、口頭・ポスター発表では工作機械の扱い方や小学生を対象とした体験学習の成果報告、職員の安全衛生に対する認識度合いの調査など幅広い分野の発表を聞くことができた。また、低温センターの阿部技術職員も「PICNIC を使った回収ヘリウムガスモニタシステムの構築」という題目で口頭発表を行った (図 2)。



図 1. 特別講演



図 2. 口頭発表

初日の午後は琉球大学極低温センターの見学も行った。ここでは、離島における液体窒素入手の不便さから、窒素液化機で液化した窒素を研究室に供給しており、ヘリウム液化機だけでなく、日頃目にする機会の少ない窒素液化機も見ることができた (図 3)。液体窒素の汲出しでは、ユーザーが操作しやすいように、家庭用の水道ハンドルレバーを取り付けていた (図 4)。沖縄は海に囲まれて一年中風が吹いているため塩害が酷く、センター内の設備も塩害対策としてフィルターを設置していることや (図 5)、回収用圧縮機のドレーンをドレーンタンクでまとめて排出しているなど、低温センターにはない様々な設備を見ることができた。

この見学では低温設備以外に、LN₂ シールドの LHe 容器カットモデル (図 6)、LN₂ 用の断熱真空二重配管のカットモデルを見せていただいた (図 7)。図 6 は 30L の LHe 容器で、中から液体ヘリウム槽、断熱真空槽、液体窒素槽、断熱真空槽の 4 重構造となっている。

極低温センターでは、家庭用の水筒を分解またはカットモデルを作って一般公開の説明に使用していると伺った。また、電磁誘導の理科実験キットで電磁誘導の体験もさせていただいた。この実験キットは、琉球大学理学部 與儀 護助教の特許である。非磁性で高導電率の棒と非磁性で低導電

率の棒を連結して1本の棒にし、リング状の磁石を通して磁石が棒から落ちる速度から構成する材料での電磁誘導の違いを体験する。図8の棒は上から順に銅・鉄・アクリルで構成されている。棒上で磁石を直接動かしてアクリル・鉄・銅の順に磁石が動かしくなくなったことから、材料による電磁誘導の違いを直接体験することができた。



図3. 液体窒素貯槽(左)と窒素液化機(右)



図4. 液体窒素貯槽のハンドル



図5. 塩害対策用のフィルター



図6. LN2 シールドの LHe 容器カットモデル



図7. LN2 用断熱真空二重配管カットモデル



図8. 電磁誘導の実験キット

今回の出張を通じて幅広い分野の技術を学ぶことができ、他大学の低温関連職員と活発な交流をはかることができた。極低温センター見学では、家庭用の水筒を LN2 用として活用しており、病院などで一時的に液体窒素の入れ物に使用していることは知っていたが、一般公開でも液体窒素の容器として十分使えるとは思わず、非常に驚かされた。また、使いやすさ・操作性向上の工夫として水道バルブハンドルを取り付けているなど業務上の工夫として参考になった。今後は、業務でやりにくさを感じる部分に工夫をしていくなどして業務改善に取り組んでいきたい。

今回の見学でお世話になった琉球大学の宗本氏に心から感謝いたします。

平成 21 年度 高エネルギー加速器研究機構 技術研究会

参加報告書

1. 日 時 平成 22 年 3 月 18 日 (木) 11:00 ~ 17:30
19 日 (金) 09:00 ~ 15:30

2. 場 所 高エネルギー加速器研究機構

3. 主催 高エネルギー加速器研究機構

参加者 阿部 美玲、加茂 由貴 (低温センター)、鷺山 玲子 (東京大学・物性研究所)、滝澤 勉、石坂 彰 (同・教養学部) 他 約 300 名

4. 内 容

高エネルギー加速器研究機構 (以下、KEK) 主催の技術研究会に参加した。これは大学等の技術者が日常業務で携わっている実験装置の維持管理・改善等、広範囲にわたる技術的な研究支援活動について発表する場で、5 つの分科会から構成されている。第 1 分科会は機械工作技術、第 2 分科会は低温技術、第 3 分科会は計測・制御・回路技術、第 4 分科会は装置関連技術、第 5 分科会は情報・ネットワーク技術の分野である。今回、第 2 分科会 (低温技術分野) に参加した。この研究会に参加する目的は、業務に関する様々な知識・技術を学び、低温に携わる他の技術者との意見交換および交流を図ることである。

初日は東大教養学部 滝澤氏を始め (図 1)、各機関のヘリウム液化機の紹介とトラブル事例について発表が行われた。分子研究所 高山氏は、分子研明大寺地区は負圧の He ガス回収ラインになっているため、不純ガスの吸い込みによる純度低下が比較的起こりやすく、その影響で液化機運転中に液化量が内部精製器の精製量を上回ってしまうトラブルが発生していると発表した。また、この対応として、液体窒素無しのヘリウム液化運転を通常運転に交えて行っているとのことだった。低温センターも He ガスは負圧で回収し、同様の内部精製器のトラブルが発生しており液体窒素なし運転を試したことがあった。そのため、センターとの液化システムの違いなど興味深い発表だった。



図 1. 滝澤氏の口頭発表



図 2. 阿部氏の口頭発表

二日目は、東大低温センターの阿部氏・加茂が液体ヘリウム管理業務のシステム化について発表を行った (図 2)。発表の質疑応答では、システム化に伴って導入するバーコードの配置箇所検討案について、バーコードリストを読み取る際の誤読防止にカバーを利用してはどうかなどアイデアをいくつか頂いた。また、東大物性研究所 鷺山氏によるスウェジロックで簡易に作成できる気柱振動液面計などをはじめ、業務上の工夫についての発表も聞くことができた (図 3)。九州大学 今村氏は、一般公開で使うデモンストレーション装置「超伝導磁気浮上列車」について発表を行った。この発表では、強力磁石のレール上に超伝導物質が浮遊する超伝導コースターと異なり、レール側面に超伝導体物質が浮遊してレール沿いに走行しているムービーが再生され、見ていて非常に面白かった。



図 3. 鷲山氏の口頭発表



図 4. 集合写真

閉会式終了後、KEKの超電導低温工学センターを見学した。ここにはヘリウム液化機SULZER社製TCF200(300L/h)と液化冷凍機Air Liquide社製CB20(160L/h)がある(図5、図6)。また、ここでは内部精製器ではなく外部精製器で精製されたガスを使って液化運転を行っており、図7はTCF200のヘリウムガス精製装置である。



図 5. SULZER 社製 TCF200



図 6. Air Liquide 社製 CB 20



図 7. ヘリウムガス精製装置

超電導低温工学センターは、高エネルギー加速器や粒子検出器などで必要とされる超伝導磁石の開発研究や、超流動ヘリウムを用いた冷却技術の研究・冷却機器等各種極低温機器の開発研究を行っている。今回の見学では、茨城県東海村の大強度陽子加速器(J-PARC) で実際に使用されている超電導磁石(図9)、LHC 衝突点用の超電導四極電磁石や、J-PARC ニュートリノビームライン用超電導複合磁場磁石(図10)を見せていただいた。図10は二極・四極複合磁場を形成するコンバインドファンクション型超伝導電磁石で、二極と四極の電磁石を一つの電磁石にまとめた複合型構造である。プラスチックカラーの採用や特殊な保護システムを必要としない安全設計等、経済性を高める様々な工夫が行われている。



図9. 超電導磁石(左:全体図、右:内部)



図10. J-PARC ニュートリノビームライン用 超電導複合磁場磁石(断面模型)

今回の出張では、分子研高山氏の発表にあったガス回収ラインが負圧のため生じるトラブルとその対処法など、他大学の液化機および液化機トラブル・対処法について学ぶことが出来た。また、他大学・諸機関の低温関連職員と交流を図ることができた。今回発表された液化機のトラブルと対応については同じようなトラブルが発生した際の参考にしっかり理解しておきたい。

自然科学研究機構 岡崎共通研究施設 技術研修報告書

低温センター・技術職員 加茂 由貴

1. 日時 平成 22 年 3 月 24 日 (水) 10 : 30 ~ 17 : 40
25 日 (木) 8 : 30 ~ 18 : 00
26 日 (金) 8 : 30 ~ 15 : 30
2. 場所 自然科学研究機構 岡崎共通研究施設 計算科学研究センター
3. 研修タイトル Web を使ったデータベースアクセス技術研修
4. 講師 自然科学研究機構 計算科学研究センター 技術職員 水谷 文保
5. 内容

今回の研修の目的は、データベースの基礎知識を学習し、**SQLServer** と **IIS** を用いた **Web** アプリケーション作成を習得することである。研修では、液体ヘリウム容器の回収日を予約するアプリケーションを作成した。

東京大学 低温センターは本郷キャンパス内の研究室に液体ヘリウム容器をトラックで配達しており、供給容器の受け渡しはキャンパス内の決められた容器集配場所で行っている。供給の申込みはメールか **Web** のヘリウム供給申込みシステム（東大物性研開発）で受け付け、供給容器の回収連絡は電話で受け付けている。定時に供給容器を積んだトラックがキャンパス内の容器集配場所で容器を配達して回り、回収連絡を受けた集配場所で回収容器を引き取る。この容器回収連絡を **Web** 上で行えるようにするため、データベースの学習を兼ねてアプリケーションを作成した。

研修一日目は、データベースサーバー・**Web** サーバー・クライアントの関係性を中心に、データベースの構成や、今回アプリケーションを作成するにあたり使用した **SQLServer** と **IIS** の概略について学んだ。また、必要とするデータとデータベースの設計、アプリケーションの構成（図 1）を決めた。

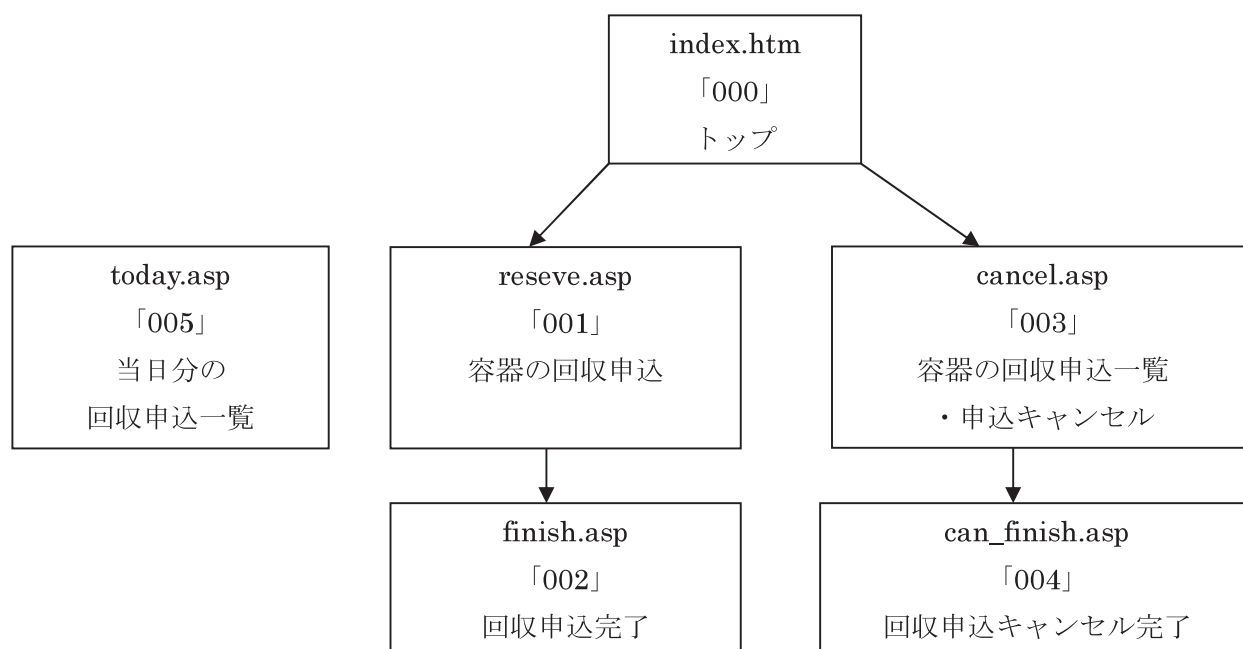


図2の「トップ」のページでは、まず研究室のIDを入力し、「容器回収予約」か、「予約キャンセル」を選択する。図3の「容器の回収申込」のページでは、「トップ」で入力したIDからデータベースで研究室名を参照して表示し、申込者名、内線番号、回収希望日、回収容器のサイズ・本数、集配場所、備考を入力して容器の回収申込をする。一方、図4の「申込キャンセル」のページは、「トップ」で入力されたIDの研究室で申し込まれている容器の回収申込一覧を表示する。各申込の左端にラジオボタンがついており、キャンセルしたい申込のラジオボタンを選択し「キャンセルボタン」を押すことで回収申込を取り消す。「当日分の回収申込一覧 (today.asp)」は、「容器の回収申込一覧」から当日分のみ抜き出しているページで、「トップ」からリンクを貼らず、ダイレクトリンクでスタッフのみが閲覧する。これは、当日トラックで回る集配場所の確認用ページである。

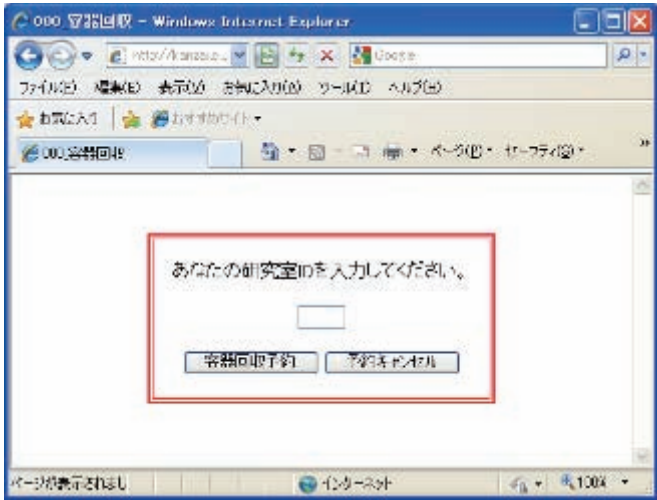


図2. トップページ



図3. 容器の回収申込ページ



図4. 申込キャンセルページ

二日目は、図1の「トップ」「容器の回収申込」「回収申込完了」のページを作成した。始めに、行数が表示されるなどプログラム編集エディタの便利な機能や、プログラム実行エラーはコメント文「'」を使用しながら探すとといったプログラム作成時の留意点について話を聞いた。その後、ASPプログラムで

Web アプリケーションの作成を始めた。ここでは、必須とする入力項目が空欄だったときのエラーや、入力文字数が特定字数を超えたときのエラーなど各種エラー表示の記述を学んだ。また、ASP からデータベースにアクセスしてデータを参照・記録する記述など ASP プログラムの基本的な書き方を学んだ。その他、form タグで method の記述を post と get のどちらにするかでデータ送信方法が異なることや JavaScript の簡単な説明を聞いた。

三日目は、図 1 の「容器の回収申込一覧・申込キャンセル」「回収申込キャンセル完了」「当日分の回収申込一覧」のページを作成した。ここでは、“Update”を使用して既にデータベースに記録されているデータの内容を変更する方法や、function プロシージャを使用して入力された全角数字を半角数字に変換する方法、“Create table”と“Drop table”を使用して ASP からデータベースへ新規にテーブルを追加させる方法や削除する方法について説明を受けた。また、JavaScript を利用したプルダウンの入力フォームや多段プルダウンの記述も実例を参照しながら学んだ。

今回の研修では、データベースの基礎知識と、ASP プログラムを書く際の注意事項、エラー処理を始め、基本的なプログラミングを学ぶことができた。また、html ページの作成においても、form タグや JavaScript によってアプリケーションに様々な工夫が加えられることを学んだ。一方で、Web アプリケーションは必要最低限の機能があるプログラムまでしか作成することができなかった。今回はトップページで研究室 ID を入力する際にパスワードなしで作成したが、今後は ID だけでなくパスワードも入力して次のページに進む形に変更したい。また、ヘリウム供給申込システムのデータを参照して持出登録をした容器を回収申込ページの容器欄に表示して回収容器を選択させるなど、データを連携させて利用者の使い勝手を良くしてプログラムの改良を行っていきたいと考えている。

今回の研修でお世話になった自然科学研究機構の水谷氏、長屋氏に心から感謝いたします。

分子科学研究所ヘリウム液化設備 見学報告

低温センター技術職員 加茂 由貴

1. 日時 平成 22 年 3 月 26 日 (金)
2. 場所 自然科学研究機構 分子科学研究所 明大寺地区 機器センター
3. 内容

3月24日から26日までの三日間、自然科学研究機構 岡崎共通研究施設 計算科学研究センターでWebを使ったデータベースアクセス技術研修を受けた。この研修後、分子科学研究所 明大寺地区 機器センターのヘリウム液化設備を見学させていただいた。

明大寺地区のヘリウム液化機は、2009年5月頃タービンが故障したため運転を停止しており、山手地区から液体ヘリウムを輸送してユーザーに供給している。現在明大寺地区にあるヘリウム液化機は神戸製鋼のLHE-150(図1)で、この液化機の故障したタービンも見せていただいた(図2)。図2の写真に写っている2つのタービンのうち右側が故障したタービンである。故障したタービンは回転軸が固着しており、羽根部分を手で押しても固くて動かなかった(図3)。

明大寺地区では液体ヘリウム供給容器の持出・返却登録はユーザーが行っている。東京大学 物性研究所 低温液化室が開発した液体ヘリウム供給システムを導入して、持出・返却登録に使用するバーコードはQRコードで作成していた。また、液体窒素もユーザーが容器の持出登録を行っており、こちらもQRコードで作成したバーコードで登録を行っていた。液体窒素の汲出しは所定の場所でユーザーが行う方法をとっており、図4は液体窒素の汲出し場である。



図1 ヘリウム液化機



図2 タービン (右: 故障したタービン)

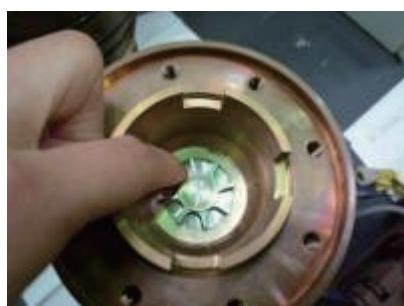


図3 タービンの羽根部分



図4 液体窒素汲出し場

液化機故障以前、液体ヘリウムの汲出しは、リフトで容器を上下させて汲出し配管に繋ぐ方法(図5)と、汲出し配管を上下させて汲出す方法(図1、図6)の2種類で行っていたと話を伺った。図5のリフ

トは、後から増設したため床下埋め込み式ではなく、直接床上に置いている。図 6 は、配管の 2 箇所にもリールが取り付けられており、このリールで自由に高さを変えて配管を容器に取り付けている。低温センターはリフトを使用して液体ヘリウムの汲出しを行っているため、この方法は非常に興味深く感じた。



図 5 リフト (左奥)



図 6 液体ヘリウム汲出し管

また、分子研明大寺地区では、油水分離器からドレーンした廃液の処理に工夫をしていた。廃液を入れるポリタンクは、下端に蛇口が取り付けられたものを使用しており、タンク内で廃液が油層と水層に分離した後、蛇口を捻って下端の水分のみ排出し (図 7)、ポリタンクに残った油分を廃液処理に出す方法を行っていた (図 8)。この方法を取り入れてから、廃液処理を効率よく行えるようになったと伺った。



図 7 廃液 (油水混同)



図 8 廃液 (水分排出後)

今回の見学では、液化機の運転を停止しているため、運転中のヘリウム液化機は見学出来ず残念だったが、神戸製鋼のヘリウム液化機や廃液処理方法など、非常に勉強になる話を数多く聞くことができた。

今回の見学でお世話になった分子科学研究所 明大寺地区 機器センターの高山氏に心から感謝いたします。

各種委員会の構成

平成 22 年 4 月 1 日現在

低温センター運営委員会委員

部局名	職名	氏名	任期
低温センター	低温センター長 (委員長) 教授	福山 寛	21.1.1～22.12.31
大学院工学系研究科	教授	樽茶 清悟	21.4.1～23.3.31
大学院工学系研究科	准教授	三田 吉郎	21.4.1～23.3.31
大学院工学系研究科	准教授	下山 淳一	21.4.1～23.3.31
大学院理学系研究科	教授	山本 智	21.4.1～23.3.31
大学院理学系研究科	教授	藤森 淳	21.4.1～23.3.31
大学院理学系研究科	教授	大越 慎一	21.4.1～23.3.31
大学院総合文化研究科	教授	前田 京剛	21.4.1～23.3.31
大学院医学系研究科	准教授	阿部 修	21.4.1～23.3.31
大学院農学生命科学研究科	准教授	足立 博之	21.4.1～23.3.31
生産技術研究所	教授	平川 一彦	21.4.1～23.3.31
物性研究所	教授	榊原 俊郎	21.4.1～23.3.31
低温センター	准教授	朝光 敦	—

物性研究所 (低温センター担当総長補佐)	教授	常次 宏一	22.4.1～23.3.31
-------------------------	----	-------	----------------

低温センター専門委員会委員

部局名	職名	氏名
低温センター	低温センター長 (委員長) 教授	福山 寛
大学院理学系研究科	准教授	岡本 徹
大学院工学系研究科	准教授	為ヶ井 強
大学院薬学系研究科	助教	上田 卓見
低温センター	准教授	朝光 敦
低温センター	助教	藤井 武則
低温センター	技術職員	阿部 美玲

編集後記

低温センター准教授 朝光 敦

福山寛センター長の下、今年度は新しい試みがいくつかなされました。

最近の低温センターにおけるもっとも大きな状況変化は、長年、液化業務に従事してこられた多くの技術職員の方々の定年退職がここ数年に集中し、現在は人員の大幅な刷新が進行しているところです。専門性の高い低温液化技術の継承、という点では甚だ問題のある状況ですが、これをむしろ好機ととらえ、低温センターの新しい展開と発展を目指しています。たとえば、今まではどちらかというと教員主導の運営体制でしたが、運営面にも技術職員の方々に積極的に参加していただき、予算編成や新規事業の開拓など主導的役割を担っていただくようになりました。技術職員の方々が比較的自由に使える予算などを厚く配分し、事業展開していけるような体制を整えつつあります。また、全学的な高圧ガスの管理や運営体制のワーキンググループにおいても、専門家の立場から助言や協力をお願いしています。

さらに今年度は、ノーベル賞（1996）を受賞されたオシェロフ先生をお招きし、低温センター主催の一般向け講演会を初めて開催いたしました。幸いにして好評を得、情報発信という点からみても有意義なものでした。また、低温センター利用者による成果報告会を開催し、異分野の方々の公演をお聞きすることで今後の学際的共同利用研究の推進を図りたいと考えています。

多くの方々のご協力によってこの成果報告書の発行に至りました。ここに厚く御礼申し上げます。

Annual Report 2009

(Cryogenic Research Center, University of Tokyo)

平成 21 年度低温センター年次報告

東京大学低温センター

第 1 号 2010 年 8 月

Volume 1, August 2010

発行者：東京大学低温センター

編集： 低温センター 准教授 朝光 敦

低温センター 助教 藤井 武則

所在地



東京大学低温センター

住所： 〒113-0032
東京都文京区弥生2丁目11番16号

電話： 03-5841-2851 (事務室)

FAX： 03-5841-2859 (事務室)

E-mail： email@crc.u-tokyo.ac.jp (事務室)
openlab@crc.u-tokyo.ac.jp (共同利用部門)
teion-info@crc.u-tokyo.ac.jp (業務担当)

URL： <http://www.crc.u-tokyo.ac.jp/>

最寄り交通機関

千代田線 「根津駅」谷中口 徒歩7分
南北線 「東大前駅」 徒歩10分