

THE UNIVERSITY OF TOKYO







CRYOGENIC RESEARCH CENTER





はじめに1
1. 沿革
2. 組織等
 (3) 寒剤の供給
4. 学内共同利用研究室
5. 学内共同利用実験装置20
6. 研究開発部門
委員会委員の構成
建物平面図

目

次

所在地



表紙の絵は、元低温センター長(1979.1.1~1980.12.31)工学部名誉教授國府田隆夫氏の筆によるものです。 要覧の表紙を飾るにあたり、元職員村石みよきさんのご協力を頂きました。

写真下段右より

PPMS 物性測定装置 (共同利用部門):0.5 K という極低温までの比熱、抵抗率、ホール効果などの測定が簡単に行えます。 Floating Zone 単結晶育成装置 (研究開発部門):高温超伝導体やマンガン酸化物などの単結晶を作製しその低温物性を研究しています。

ヘリウム液化機 Linde L280(業務部門):本郷キャンパス内の液体ヘリウム需要増を受け、平成18年度に更新しました。

はじめに

低温センターは、昭和42年に設置された本学で最も歴史のある 全学センターの一つで、その設置目的は次の三つです。

- (1) ヘリウムの液化と寒剤の供給
- (2) 低温実験装置の学内共同利用
- (3) 低温科学分野の開拓的研究

センター設置当初の液化機は毎時25Lの液化能力しかなく、そ の運転・保守には実験装置を扱うような熟練した技術が必要でし た。それがこの40年以上の間に、液化能力も供給量も10倍に増加 し、自動運転もできるようになりました。しかし、実際には今日 でもユーザーの見えないところで大小さまざまなトラブルが起き ており、確かな技術をもつセンター技術職員が適切に対処するこ



とで初めて、液体ヘリウムの安定供給が維持できているのです。液化量が10倍になっても、絶 対温度4ケルビンが極限的な温度であることに変わりはないからです。

液化業務のハード面に関しては、歴代センター長とセンター教職員の尽力の結果、2年前に 液化機が更新され、その後の機器調整を経て、現在は安定状態にあります。一方、いまは技術 職員の世代交代という大きな変革期を迎えています。液化業務と寒剤の取り扱いは特別な知識 と経験を要しますので、ベテランから若い人へのスムースな世代交代を実現することは、この 時期にセンター長を務める者の重要な責務だと考えています。液化供給業務だけでなく、低温 環境を必要とする研究室への技術供与など、ユーザーフレンドリーな支援体制を実現してゆき たいと思います。

設置目的の(2)に目を転じますと、共同利用実験装置の老朽化が進み、全学センターとし て必ずしも本来の機能を果たしているとは申せません。理学、工学、農学、薬学、医学といっ た幅広い構成員の接点である本センターの共同利用部門は、元祖学際研究の場といって過言で ありません。今日的な観点から、その再活性化を計るべきだと感じています。

超伝導マグネット、希釈冷凍機、NMR分析機、MRI、各種小型クライオスタットなど、極 低温という基礎および応用研究にとって貴重な研究環境の必要性は今後も増してゆくでしょう。 ヘリウムは限りある資源です。また、それ自身、超流動など興味深い性質を示す物質です。実 験室でのちょっとした注意でこの貴重で愛すべき資源の散逸を防ぎ、有効活用下さることを 願って止みません。

> 平成21年5月13日 東京大学低温センター長 福山 寛

1.沿革

昭和30年代	本学の本郷、駒場地区の理工系教官の間に極低温教育研究施設の
	設置を要望する声が高まる。
昭和38年6月12日	東京大学低温センター設立準備委員会 第一回委員会 開催
昭和39年11月6日	容量3,000リットルの液体窒素貯槽を本郷地区の共同利用のために設置
	し、供給を開始する。
昭和40年12月21日	低温センター規則および低温センター運営委員会規則が本学評議会にお
	いて承認される。
昭和41年3月31日	建物延べ1,721mを新築。
	ヘリウム液化機 設置 液化能力25ℓ/時
	理学部1号館、工学部6号館および教養学部基礎科学科にヘリウムガス
	回収用サブセンターを設置。
昭和42年4月1日	本郷、駒場地区に液体ヘリウムの定常的な供給を開始。
	極低温用の実験装置類を逐次設置。
昭和42年6月1日	東京大学低温センター設置
昭和50年10月17日	ヘリウム液化機 更新 液化能力100ℓ/時
昭和51年3月26日	ヘリウム精製機 更新
昭和51年7月1日	研究開発部門 発足
昭和54年1月31日	学内供給用液体窒素貯槽 更新 6,000リットル型
	これらによって、主要設備は創設当時のほぼ2倍の規模になった。
昭和61年	高温超伝導 発見
	以後の液体ヘリウム需要の増加が著しく、設備の能力・容量に不足が発
	生し、老朽化も進行していたため、早急な更新が必要となった。
平成元年3月30日	学内供給用液体窒素貯槽 更新 17,000リットル型
平成5年7月20日	ヘリウム液化機 更新 液化能力150ℓ/時
平成8年3月25日	SQUID磁化測定システム 導入
平成11年3月29日	新物質低温電子機能評価システム 導入
平成13年3月29日	ヘリウムガス回収用圧縮機 更新 100㎡/時
平成14年3月27日	ヘリウム回収ガスホルダー 更新 60m [*]
平成19年3月30日	ヘリウム液化機 更新 液化能力200ℓ/時

歴代センター長

理学部教授	平 田	森	Ē	昭和41年2月8日	~	昭和41年3月31日
理学部教授	久 保	亮	五.	昭和41年4月1日	~	昭和43年11月30日
工学部教授	大 島	恵	<u> </u>	昭和43年12月1日	~	昭和45年11月30日
理学部教授	佐々木		瓦	昭和45年12月1日	~	昭和47年12月31日
工学部教授	田中	昭	<u> </u>	昭和48年1月1日	\sim	昭和49年12月31日
理学部教授	鈴 木	秀	次	昭和50年1月1日	~	昭和53年12月31日
工学部教授	国府田	隆	夫	昭和54年1月1日	\sim	昭和55年12月31日
教養学部教授	眞 隅	泰	Ē	昭和56年1月1日	~	昭和57年12月31日
理学部教授	二官	敏	行	昭和58年1月1日	\sim	昭和59年12月31日
工学部教授	菅 野	卓	雄	昭和60年1月1日	~	昭和61年12月31日
理学部教授	田隅	Ξ	生	昭和62年1月1日	\sim	昭和63年12月31日
理学部教授	小 林	俊		昭和64年1月1日	~	平成2年12月31日
工学系研究科教授	北澤	宏		平成3年1月1日	~	平成4年12月31日
理学系研究科教授	長澤	信	方	平成5年1月1日	~	平成6年12月31日
総合文化研究科教授	鹿児島	誠	<u> </u>	平成7年1月1日	~	平成8年12月31日
工学系研究科教授	内野倉	或	光	平成9年1月1日	~	平成10年12月31日
工学系研究科教授	内 田	愼		平成11年1月1日	~	平成12年12月31日
理学系研究科教授	川島	隆	幸	平成13年1月1日	~	平成14年12月31日
工学系研究科教授	岸 尾	光	<u> </u>	平成15年1月1日	~	平成16年12月31日
理学系研究科教授	蓑 輪		眞	平成17年1月1日	~	平成18年12月31日
工学系研究科教授	鹿野田		司	平成19年1月1日	\sim	平成20年12月31日
理学系研究科教授	福 山		寛	平成21年1月1日	~	現在に至る







(2)職員

教授(併)	准教授	助教	事務系職員	技術職員	計		
1	1	1	2	5	10		
(平成21年4月現在:現員)							

3. 寒剤の供給

研究に不可欠な2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。液体ヘリウムは昭和42年に寒剤の供給を開始して以来、需要は順調に 伸び続け、この需要増に対応するため平成18年度には3回目の液化機更新を行った(Linde社製 L280 型)。平成20年度の供給量は、16.4万 Lであった。液体窒素の供給量は平成8年以降、45万 L前後で推 移している。

●液体ヘリウム供給先(平成20年度)

医学系研究科	1研究室	理学系研究科	18研究室
工学系研究科	17研究室	薬学系研究科	4研究室
農学系研究科	2研究室	生産技術研究所	1研究室
低温センター	1研究室		



5

●液体窒素供給先(平成20年度)

アイソトープ総合センター	4研究室	アジア生物資源環境研究センター	2研究室
医学系研究科	31研究室	医学部付属病院	74研究室
海洋研究所	1研究室	環境安全研究センター	4研究室
工学系研究科	87研究室	情報理工学系研究科	3研究室
新領域創成科学研究科	1研究室	生物機能制御化合物ライブラリー機構	1研究室
生物生産工学研究センター	4研究室	総合研究博物館	2研究室
地震研究所	1研究室	農学生命科学研究科・農学部	69研究室
分子細胞生物学研究所	21研究室	放射光連携研究機構	1研究室
薬学系研究科・薬学部	21研究室	理学系研究科	55研究室
低温センター	1研究室		·



(1) 液体ヘリウム

液体ヘリウム供給のため、低温センターに大型ヘリウム液化機が設置されている。学内の液体ヘリ ウムの供給は図のような循環システムによって行われており、ヘリウムガスを大気に放出することな く繰り返し利用している。



液体ヘリウム循環システム

●ヘリウム液化機

- 型式:L280 (Linde) 動圧ガスベアリング式膨張タービン 内部精製器
- 能力:純ヘリウムガス使用時 200 L/h 99%ヘリウムガス使用時 170 L/h



●ヘリウムガス圧縮機

型式:ESD441 (KAESER) パッケージ型油噴射スクリュー式 単段圧縮機 吐出圧:0.95 MPaG 吸入圧:大気圧 電動機容量:250 kW



●液体ヘリウム貯槽

型式: CH5000 (Cryogenics Wessington) 堅立円筒輻射シールドスーパー インシュレーション真空断熱方式 充填容量: 5,000 L 蒸発率: 0.5% / 日以下



●ヘリウムガス乾燥器

型式:堅立円筒自動切換式(ジェック東理社) 処理量:200 Nm²/h×14



●ヘリウムガス回収圧縮機

型式:C5U214.4GEX 空冷式(ブルックハルト) 能力:100 Nm^d/h × 2 台 常用圧:14.7 MPa 電動機:45 kW × 2 台



●ヘリウムガス回収・貯蔵設備

研究室からのヘリウムガス回収のため、理学部1号館、工学部6号館にサブセンターを設けている。 低温センターには容量60mのヘリウムガス回収用ガスホルダー、容量30mの回収用ガスバック及び高 圧のヘリウムガス貯蔵庫がある。理・工学のサブセンターと低温センターとの間に地中配管(約850 m) を埋設してガスの回収を行っている。



(左) ガスホルダー 容量:60 m²
 (下) 長尺ボンベ(回収ヘリウム用)
 内容積:500 L×40本、貯蔵量:3,000 m²



●理学部内サブセンター(理学部新1号館)

圧縮機

型式:5WMC(東亜潜水機) 吐出量:54 m²/h 常用圧:0.9 MPa 電動機:11 kW サージタンク 容積:2 m² ガスバッグ 容積:15 m²



●工学部内サブセンター(工学部6号館)

E編機 型式:5WMC(東亜潜水機) 吐出量:35 ㎡/h 常用圧:0.9 MPa 電動機:11 kW サージタンク 容積:4 ㎡ ガスバッグ

容積:3 ㎡



●薬学部内サブセンター

圧縮機 型式:5.5P-9.5G型(日立) 吐出量:36.3 m²/h×2台 常用圧:0.93 MPa 電動機:5.5 kW×2台 サージタンク 容積:1.5 m² ガスバッグ 容積:6 m²



この他にガス回収用貯蔵設備が理学系研究科生物化学専攻、工学系研究科応用化学専攻・電子工学 専攻、工学部9号館及び農学部第3号館にあり、地中配管によるヘリウムガスの回収が行われている。

●その他の付帯設備

液体窒素貯槽(センター業務用)



ヘリウムガス購入用ミニカードル



7 m高圧ボンベ 12 本組×3基

容量:17,000 L

液体ヘリウム小分け用容器 100 L 31台(他に研究室持ち分18台) 60 L 10台(他に研究室持ち分1台)



(2)液体窒素

液体窒素は、製造業者から購入し一旦大型貯槽(容量17,000 L)に貯蔵する。これを各研究室の小 型容器(既登録容器)に充填し、配達をしている。

【液体窒素供給図】



液体窒素貯槽(学内供給用)



容量:17,000 L

なお、低温センターは高圧ガス第一種製造事業者として監督官庁の許可を受け、上記の設備の保守 管理に当たっている。

4. 学内共同利用研究室

ヘリウムガスをリサイクル使用するために、液体ヘリウムを用いる実験には蒸発ヘリウムガスの回 収設備が不可欠である。このような設備を持たない研究者、あるいは大量の液体ヘリウムを使用する 研究者に実験の場を確保するために、低温センター内に共同利用研究室を設け、開放している。

本学における教職員および学生が使用可能で、基礎物性科学、材料科学から生命科学までを含む自 然科学系の広い分野にわたって利用されている。平成21年1月現在、延べ床面積106mのスペースを、 5グループが利用し研究を行っている。

●理学系研究科化学専攻 長谷川哲也教授

研究テーマ:ガーネット系磁気光学材料のコンビナトリアル探索

1. 緒言

ガーネットは実用磁気光学材料であるが、組成や合成条件などにより磁気光学特性は敏感に変化する。本研究では、パルスレーザー蒸着(PLD)と磁気光学効果イメージング装置を用いたコンビナト リアル手法を適用し、各種実験パラメータの最適化を試みた。

2. 実験

GGG(Gd₃Ga₅O₁₂)基板上にBi_xY_{3x}Fe₅O₁₂系コンビナトリアル薄膜をPLD合成した。同薄膜では、一 方向にBi/Y組成を、それと直行する方向に基板温度Tsを連続的に変化させた。 コンビナトリアル薄膜の局所的な磁気光学効果(ファラデー効果および楕円率)は、磁気光学効果イ メージング装置により一括評価した。

3. 結果

 $Bi_x Y_{3x} Fe_5 O_{12}$ 薄膜は基板のアニール処理を行わないと、十分なファラデー回転角を示さない(図1)。 この原因を明らかにするため、EPMA測定を行った結果、高Bi領域で、Biが欠損していることを見出 した(図2)。さらに、局所的なX線結晶解を行ったところ、Bi₃Fe₅O₁₂に近い領域で高いX線回折強 度が得られたものの、Bi₃Fe₅O₁₂組成の部分では、結晶性の大きな低下がみられた(図3)。以上により、 組成変化(特にBiの欠損)ならびにそれにともなう結晶性の低下が、ファラデー回転角の減少を招い たと結論できる。



4. 結言

コンビナトリアル手法を用いることで、ガーネット系材料の磁気光学特性劣化の機構を明らかにすることができた。現在、TiO2系を中心に、新規磁性半導体材料の探索を行っている。

●工学系研究科電子工学専攻 田中雅明 教授 研究テーマ:スピン機能半導体材料とスピントロニクス

半導体デバイスにおいて、電子の電荷のみならずスピンを使うことができれば、新しいエレクトロ ニクスの分野が開ける可能性がある。そのためには旧来の半導体材料や磁性体材料を用いるよりも、 磁性体と半導体を一体化した新しい材料を開発する必要がある。当研究室では、半導体と磁性体を結 晶学的・原子的に一体化した構造を作製し、両者の機能をあわせ持つ(さらには新しい機能をもつ) 新材料の研究を行ってきた。分子線エピタキシー(MBE)という原子レベルの制御が可能な結晶成 長技術を用いて、従来は不可能であった強磁性体と半導体との異種物質へテロエピタキシーを実現し、 原子レベルで構造・膜厚を制御した磁性体/半導体から成る様々な複合構造を作製している。また、 それらのスピン機能をもつ半導体材料の物性を極低温~室温までの様々な温度領域で明らかにし、将 来のスピンエレクトロニクスに必要とされる機能のいくつかを実現しつつある。以下、本年度の研究 成果の一部「スピン起電力と巨大磁気抵抗効果の観測」(Nature 458, pp.489-492 (2009))について 述べる。

古典的な電磁気学では、磁場の中に電気回路を置いたとき、磁場の時間的な変化が回路に起電力を もたらす。これは1831年にファラデーが発見した電磁誘導の法則である。このファラデーの電磁誘導 の法則は、さまざまな電気機器の動作原理となっている。この起電力は磁場が電子の「電荷」に作用 する力(ローレンツ力)を反映している。一方、ミクロな世界を扱う量子力学では、磁場が電子の「ス ピン」にも力を及ぼす。磁性材料を含むナノ構造においては時間的に変化しない静磁場の中でも起電 力を発現できることが2年前に理論的に予測されている。このスピンに起因する起電力をスピン起電 力という。しかし、このスピン起電力効果は過度現象であるため、実験的な実証は非常に難しく、観 測された例はなかった。本研究では、磁気異方性エネルギーが大きい閃亜鉛鉱型(Zinc blende; ZB) 結晶構造をもつナノメータ・スケールの強磁性MnAs微粒子を電極とする磁気トンネル接合を作製し、 これに静磁場(時間的に変化しない一定の大きさの磁場)を印加し、起電力の発生を観測することに 初めて成功した。この現象は、静磁場によりMnAs微粒子の磁化を反転させることによって、MnAs の磁気的なゼーマンエネルギーが電子スピンを反転させながら電子を駆動し電気的なエネルギーに転 化されるという、新しいタイプのスピン起電力によって引き起こされることを明らかにした。さらに、 「スピン起電力」と微粒子のクーロンブロッケード効果により、100,000%を超えるきわめて大きな磁 気抵抗効果を実現した。

ここで観測された「静磁場による起電力の発生」は、古典的な電磁気学で説明できるものではなく、 巨視的な量子トンネリングによってMnAs微粒子の磁化が回転し、同時に電子スピンが反転しながら トンネルするというコトンネリングが起こることによって、磁気的なゼーマンエネルギーが電子系の 電気的なエネルギーに転換される、という理論モデルで説明できる。本研究は、磁気エネルギーを電 気エネルギーに変換する新しい原理を実証するとともに、1831年に発見されたファラデーの電磁誘導 の法則が成り立たない実験結果を初めて明瞭に示したものであり、このような磁性ナノ構造で観測さ れる量子力学的なスピンの効果を説明するためには、ファラデーの電磁誘導の法則を拡張する必要が あることを示唆している。また、同時に発見された100,000%を超えるきわめて大きな磁気抵抗効果は、 まったく新しい磁気センサやスピン起電力を用いた新しいデバイス応用への道を拓くものである。



図1 a 作製した磁気トンネル接合素子の構造 b 磁気トンネル接合素子を高分解能の透過型電子線顕 微鏡で断面観察した格子像。白丸が直径約2 nm-3 nm 程度の閃亜鉛鉱型MnAs微粒子



図2 a 素子の電流-電圧(I-V)特性 b 起電力 V の磁場 H 依存性(V-H 特性)。

●工学系研究科原子力国際専攻 高橋浩之教授

研究テーマ:超伝導転移端センサを用いた超高分解能X線・ガンマ線マイクロカロリメータの開発

高橋研究室では、従来の放射線検出器のエネルギー分解能を1桁から2桁改善することを目指して、 TES型マイクロカロリメータを開発している。マイクロカロリメータによる超高分解能分光は、X線 天体観測などの他、放射光を用いた微量元素分析、化学結合状態分析、XAFS、材料非破壊検査など 先端科学計測においてその実現が期待されている。

マイクロカロリメータは入射光子のエネルギーを検出器の温度上昇として検出するので、通常の放 射線検出器のようなキャリアの統計揺らぎによるエネルギー分解能の制限を受けない。いっぽうで熱 雑音の影響を充分に小さくする必要があるため、極低温での動作が求められる。また、わずかな入射 エネルギーで大きな温度変化を起こせるように、検出器の熱容量を非常に小さくする必要がある。比 熱は温度に強く依存するので、この意味でも極低温での動作が必要である。そこで、本研究室が所有 する希釈冷凍機を低温センターに設置して、液体窒素と液体へリウムで予冷した上で希釈冷凍により 100 mKまで冷却して、マイクロカロリメータを動作させている。

入射光子によって生じた温度変化は、TES(Transition-Edge Sensor)すなわち超伝導転移端温度 計で測定して、SQUID(Superconducting QUantum Interference Device,超伝導量子干渉計)で読 み出す。高橋研究室ではイリジウム薄膜を利用したTES型マイクロカロリメータを武田先端知ビルの VDECにおいて微細加工技術により製作して、低温センターにおいて検出器の電気的特性ならびに信 号応答特性を計測して性能評価している。

前回の報告書ではシングルピクセルの検出器で5.9 keVのX線に対して6.9 keVのエネルギー分解能 を達成したことと、10ピクセルからなる1次元アレイ検出器では13eVのエネルギー分解能と入射ピ クセル位置特定に成功したことを報告した。

その後はさらに、X線領域ではX線吸収体とTES温度計を直列に配置した「ヤッコ型」のTES型マ イクロカロリメータの開発を行ない、低温センターでの性能評価を経て、SPring-8へ持ち込み詳細 な検出特性評価実験と蛍光X線分析による微量元素分析を試みている。並行して、ガンマ線検出用の TES型マイクロカロリメータ(図1)を開発して、662 keV(図2)や1173 keVのガンマ線の検出に 成功している。



図1:TES型ガンマ線マイクロカロリメータの写真



●工学系研究科バイオエンジニアリング専攻 田畑 仁教授 研究テーマ:機能融合・室温フェロトロニクスと生体ゆらぎナノデバイス

トップダウン型の手法による半導体デバイスの微細化・高性能化が極限にまで進みつつあり、デバ イス動作の物理的限界を迎えようとしている現在、革新的なボトムアップ型ナノデバイス開発技術の 確立、および高次機能や新規物性を発現する材料の開発、更にはシリコン系材料との融合・複合化に よる既存半導体デバイスのさらなるの性能向上がのぞまれている。このような状況を踏まえて、我々 は自己組織化プロセスを利用した、新しいナノ構造形成技術の開発とナノデバイスの構築を目指し研 究を推進している。また、省エネルギー、高集積化、高速演算を可能にする次世代エレクトロニクス の有望な基幹材料として、電気双極子秩序(強誘電性)とスピン秩序(強磁性)を単一相の中で融合 したマルチフェロイック物質の創製を行うとともに、シリコン系材料との融合による高次機能調和デ バイスや、生体の優れた機能(環境順応性や自律性)を模倣した"生体ゆらぎ"デバイスの開発を目指 している。特に我々は最近、ガーネットフェライト薄膜において、基板との格子不整合による面内引 張り歪効果を導入することにより、室温で双極子 – スピン秩序が同時発現することを見出した。また、 膜面直方向の歪の導入とスピン軌道相互作用の増大による巨大磁気光学効果の発現を狙い、Rサイト をBi置換して電気磁気特性とその構造相関を詳細に調べた。試料作製では、下部電極層としてITO (膜 厚10 nm)をGd₃Ga₅O₁₂(100) 基板上に蒸着後、その上からPLD法によりY_{3-x}Lu_vBi_xFe₅O₁₂(膜厚96 nm)を堆積した。基板 - 薄膜間の格子歪はBiの濃度増加に伴い0.1-1.9%と増加し、YIG結晶格子が 膜面直方向に伸張して反転対称性が破れ、自発分極が発現した。また、磁場印加により残留分極が約 4% 増加することを見出した。この電気磁気効果は、磁歪効果に基づくモデルでは説明できず(計算 値では0.03%)、また格子歪やBi濃度に強く依存することから、基板 – 薄膜界面の歪効果によるスピ ン配列の変調による内部電界の発生が影響していると考えられる。これらの成果をもとに、自己整合・ 強磁性酸化物ナノワイヤと巨大電気磁気物質の融合によるマルチフェロゲートスピンFETの開発を 進めていて



図:Bi および Lu 置換イットリウム鉄ガーネット(YIG)薄膜における格子定数の膜厚依存性(左)と、磁場引加(H = 1T)前後における D-E ヒステリシス曲線の変化(右)

●農学生命科学研究科・応用生命化学専攻・生物有機化学研究室 研究テーマ:円石藻におけるココリス形成の生理学的・形態学的研究

海洋単細胞藻類である円石藻は、細胞表面に炭酸カルシウムからなる円石(ココリス)を形成する。 円石藻は、海洋で時として大繁殖し、多量の炭酸カルシウムを生成、沈降させることから、炭素循環 に関わる生物と考えられている。これまでに、円石藻の石灰化機構について多くの生化学的、生理学 的研究がなされ、酸性多糖類がココリス形成に関与する有機基質として単離されてきた。また、形態 観察からは、ココリス形成におけるゴルジ体由来の小胞、炭酸カルシウム結晶の形成過程などが明ら かにされてきた。しかしながら、ココリス形成の詳細な機構についての研究は進んでいない。円石藻 の培養は、海水に栄養素を添加した強化培地を用いるのが一般的であるが、天然の海水を用いた場合、 個々の栄養素と円石形成との関わりを解析するのは困難である。本研究は、人工海水を用いて単純な 系での培養を試み、円石形成と培養液中のカルシウム(Ca)濃度との関係を、主に形態的な側面か ら解析し、円石の形成機構を解明することを目的としている。

人工海水中での円石藻の生育は、培養液中のCa濃度が高い場合には天然海水との差は認められな かった。人工海水で培養した場合にも、円石の形成に関わる酸性多糖類は天然海水で培養した場合と 同様に合成されていた。また、多糖類の合成量には、培養液中のCa濃度との相関が認められた。円 石の形成は、人工海水で培養した細胞の表面でも確認されたが、炭酸カルシウム結晶は未成熟なもの が多かった。また、炭酸カルシウム結晶の成長は、培養液中のCa濃度との相関を示した。人工海水 で培養した細胞では、炭酸カルシウム結晶の成長は、培養液中のCa濃度との相関を示した。人工海水 で培養した細胞では、炭酸カルシウム結晶は未成熟であるが結晶は、カルサイトで構成されていた。 円石藻細胞の微細構造を詳細に観察するため、高圧凍結法を用いて円石藻細胞を固定し、凍結置換、 樹脂包埋しサンプルを調製した。人工海水で培養した場合も、円石が形成されていることが観察され、 未熟なまま細胞表面へ輸送されていることが示唆された。さらに円石藻細胞の詳細な観察から、細胞 内小胞で円石が形成される過程で、ココリス基盤上の結晶化が起こらない部位が電子密度の低い物質 で覆われていることが示唆された。ココリス形成過程におけるこの様な構造は、化学固定法では明確 に観察されることは無く、凍結固定法を組み合わせることにより、詳細なココリス形成過程が明 らかになることが期待される。

成果発表

- Seiji Nagasaka, Noriaki Ozaki, Toshihiro Kogure, <u>Hiromichi Nagasawa</u>: The effect of Ca2+ concentration on the coccolith formation in *Pleurochrysis carterae*. Gordon Research Conference, Biomineralization, August 10-15, 2008, New Hampshire, USA.
- 2. 長坂征治、尾崎紀昭、小暮敏博、長澤寛道:円石藻Pleurochrysis carteraeの円石形成と培地中 Ca濃度の関係、第11回マリンバイオテクノロジー学会大会、2008年5月25日、京都.

5. 学内共同利用実験装置

極低温研究に用いる以下の実験装置が整備され、共同利用に供されている。 また、SQUID及びPPMSについては依頼測定サービスが行われている。



●SQUID磁化測定装置

MPMS-5S(Quantum Design) 磁場範囲 : ±5 T 感度 : 1×10⁻⁸ emu(<1T) 5×10⁻⁷ emu(<5T) 測定温度範囲: 1.8 K~800 K 最大試料径 : 9 mm



●物性評価システム

PPMS (Quantum	Design)
磁場範囲	: ± 9T
測定温度範囲	: 0.5 K~400 K
測定可能な物性	:直流電気抵抗
	交流電気抵抗
	ホール抵抗
	磁化率
	比熱



●14T超伝導電磁石

14T Teslatron (Oxford Instruments) 最大磁場 : 14 T (2.2K) 磁場均一度 : 0.1% / 10 mmSVD 試料部分内径: 37 mm 試料温度範囲: 1.5 K~200 K





M21X (マックサイエンス)方式: アウターローター方式連続定格: 21 kW(60 kVmax、450 mAmax)X線検出器: イメージングプレート冷却温度範囲:4 K ~室温





●極低温物性測定装置

≿社)
: 9 T
:0.1%/10 mmSVD
∶ 1.65 K~273 K
: 27 mm

6. 研究開発部門

昭和51年改正のセンター規則に基づき発足した。現在の人員は朝光敦准教授と藤井武則助教であり、 以下のテーマについて研究を行っている。なお、朝光敦准教授は工学系研究科物理工学専攻の担当教 員として大学院学生の指導にも当たっている。

●強相関電子材料の物性と相制御

強相関電子系とは、固体中の電子が強いクーロン相互作用によって、強い相関を持ちながら運動し ている体系である。したがって、一電子近似描像では捉えられない、「電荷 – スピン – 格子 – 軌道」 の自由度が複雑に絡み合った多彩な物性を示す。代表的な例が、遷移金属酸化物で見られる高温超伝 導や超巨大磁気抵抗現象などである。本研究テーマは、機能性遷移金属酸化物の新規現象の探索とそ の物性制御を目的としている。

1. 銅酸化物超電導体におけるネルンスト効果を用いた電荷秩序の観測

銅酸化物高温超伝導体においては超伝導転移温度Tcよりはるかに高温からネルンスト効果が増大 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Tc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、その発現機構の解明に迫る。実際には銅酸化物 高温超伝導体にdisorderを入れて、Tcを抑制した試料を作製しネルンスト効果の測定を行う。Tcの 抑制が電荷秩序によるものであればネルンスト効果が増大されるはずである。

図にNernst Voltageの磁場依存性((a) La1.85Sr0.15CuO4(b) La1.45Nd04Sr0.15CuO4)を示す。どちら



Nernst Voltageの磁場依存性(a) La_{1.85}Sr_{0.15}CuO₄(b) La_{1.45}Nd_{0.4}Sr_{0.15}CuO₄

も高温において負のネルンスト効果を示し、温度を下げると正の大きなネルンスト効果を示す。また、 ネルンスト係数が増加し始める温度はほぼ変化しないが、その絶対値はdisorderを導入すると減少す る。このことは当初の予想と異なる結果であるが、何らかの電荷秩序の揺らぎが超伝導と関係してい ることを示し、disorderによって揺らぎがピン止めされると超伝導も抑制されると考えられる。更な る理解を深めるために、今後ドープ依存性や広範囲な温度依存性を測定する予定である。

[1] Y. Wang et al., Phys. Rev. B73 (2006) 024510

[2] R. Bel et al., Phys. Rev. Lett., 91 (2003) 066602

2. マンガン酸化物の高温における熱輸送特性

Mn酸化物の熱起電力はホールドープであるにもかかわらず負の値を示し、その起源は高温におい て拡張Heikesの式によってエントロピーのback flowとして説明されている。そこでは、Mn³⁺とMn⁴⁺ の分配の自由度(キャリア濃度に関係する部分)は凍結されており、さらにヤーンテラー効果によっ てeg軌道の縮退が解けるために、高温で熱起電力は約30 V/Kに収束する。しかしドープ量の多い領 域ではヤーンテラー活性のMn³⁺が少ないために、熱起電力が2倍になり80 V/Kに収束すると予測さ れる。今回我々は、ヤーンテラー効果と熱起電力の関係について調べるために、高ドープ領域のMn 酸化物の高温における熱起電力を調べた。



図(a)にPr1-xSrxMnO3の熱起電力のドープ量依存性を示す。低温では様々な相転移に対応して 熱起電力は複雑な振る舞いを示すが、高温においてはすべてのドープ領域において、金属的な熱起電 力を示す。高温極限の熱起電力は80 V/Kに収束せず、ドープ量とともに増加する。このことは高ドー プ領域では凍結されていた分配の自由度が復活している、もしくは拡張Heikesの式が使える様な局在 的な状況が破綻している(金属的な振る舞いが見られる)様に思われる。図(b)に抵抗率の温度依 存性を示すが、高温では熱起電力同様金属的振る舞いを示している。このことより、高温における伝 導がポーラロン伝導のときは、分配の自由度が凍結し、ドープ量に依存せず約30 V/Kに収束すると 考えられる。一方、熱起電力の傾きがx=0.5付近で正から負に変わるが、その時の値が約30 V/Kで あり、単純なバンドモデルとは異なる。このことからすべてのドープ領域において未だHeikesの式が 使えるような局在的な状況にあると考えられる。

委員会委員の構成

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

海洋研究所	势运	シロ	依	$(20.10.1 \sim 21.0.20)$
(低温センター担当総長補佐)	9212	小山	R	(20.10.1 - 21.9.30)

◎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

建物平面図





N





1階



所在地



東京大学低温センター 〒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) teion-info@crc.u-tokyo.ac.jp (業務部門) 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

平成21年6月発行