

戦略的創造研究推進事業
- C R E S T プログラム -

研究領域「極限環境状態における現象」

研究領域評価用資料

平成 15 年 3 月 26 日

1．戦略目標

「大きな可能性を秘めた未知領域への挑戦」

我が国が、長引く景気の停滞や国内産業の空洞化を克服し、活力ある社会を維持・発展させていくためには、既存の概念にとらわれず、新たな分野・領域を開拓し、独創的・革新的な技術の創生を通じて、新技術・新産業を創出していかなければならない。また、我が国の国際的立場に鑑みれば、それ自身が価値を有するものとしての、人類の新しい知的資産の拡大にも積極的に貢献していく必要がある。

このような観点から、多くの新たな知見の獲得が期待されてはいるが、未だ知られていないことが多い領域、例えば、複雑で多様な生命現象の解明、分子・原子単位の極微細な領域の解明及び超高圧・超高真空等の極限的な状態における現象の解明、新たな情報技術の探索を通じて、革新的な技術の確立を目指す研究を進めることが不可欠である。

したがって、戦略目標を、以上のような多くの未知を抱えた領域の現象の解明等により知的資産を拡大するとともに、新技術・新産業の創出を目指す「大きな可能性を秘めた未知領域への挑戦」とする。

2．研究領域

「極限環境状態における現象」(平成7年度発足)

本研究領域は、極限環境下における物質のさまざまな現象を研究の対象とするものである。

特に、超高温、極低温、超高圧、極高真空、超強磁場、微小重力場などの極限状態における物質の構造、分子、原子、電子などの挙動、新物質の創製などに関する研究提案を募集する。また、これら以外に、特殊環境下における生物の機能に関する先端的研究も対象とする。

3．研究総括

氏名 立木 昌 (独立行政法人 物質・材料研究機構 特別研究員)

4．採択課題・研究費

(百万円)

採択年度	研究代表者	終了時 所属・役職	研究課題	研究費
平成 7年度	青木 勝敏	物質工学工技研 首席研究官	超高圧下における水素結合の量子力学現象の創出と発現	541
	安彦 兼次	東北大学 助教授	超高純度ベースメタルの科学	635
	門脇 和男	筑波大学 教授	極限環境を用いた超伝導体の臨界状態の解明	714
	北澤 宏一	東京大学 教授	電子波の位相と振幅の微細空間解像	1,658
	近藤 建一	東京工業大学 教授	衝撃波面形成過程と新化学反応プロセス	679
	高野 幹夫	京都大学 教授	反強磁性量子スピン梯子化合物の合成と新奇な物性	660
	常深 博	大阪大学 教授	画素の小さいX線検出用 CCD の開発	572
	森 敏	東京大学 教授	極限ストレス土壌における植物の耐性戦略	561
平成 8年度	石黒 武彦	京都大学 教授	低次元金属・超伝導の超異方性強磁場効果	602
	遠藤 将一	大阪大学 教授	複合極限の生成と新現象の探索 (超高圧・超強磁場・極低温)	704
	蔡 安邦	物材研機構 チーム・リーダー	準結晶の創製とその物性	598
	佐藤 正俊	名古屋大学 教授	低次元異常金属の開発	562
	隅山 兼治	名古屋工業大学 教授	合金クラスター集合体の極限構造・磁性制御	820
	山下 努	東北大学 教授	銅酸化物超伝導体単結晶を用いる超高速集積デバイス	923
平成 9年度	赤石 實	物材研機構 主幹研究員	超高圧プロセスによる天然ダイヤモンド単結晶・多結晶体の成因解明	446
	安宅 光雄	産業技術総合研 グループ長	磁気力を利用した仮想的可変重力場におけるタンパク質の結晶成長	583
	今中 忠行	京都大学 教授	深度地下極限環境微生物の探索と利用	768
	遠藤 康夫	東北大学 教授	新しい量子自由度・軌道の動的構造の解明	528
	戸叶 一正	物材研機構 技術参事	超過冷却状態の実現と新機能材料創製	639
	藤田 博之	東京大学 教授	局所高電界場における極限物理現象の可視化観測と制御	707
	本河 光博	東北大学 名誉教授	強磁場における物質の挙動と新素材の創製	550

5．研究総括のねらい

研究課題提案を選考する際の視点としては提案が下記の要点をなるべく満たすこととした。

- 1) 極限環境と云う特殊環境を利用して物理的、化学的、或いは生物学的現象の本質を電子、原子、分子のレベルで探り、未知の現象を発掘して自然科学基盤の深化、拡大、確立に寄与することを意図した研究課題であること。
- 2) 国際的にも高いレベルの研究課題であり、新研究分野を開拓し、将来の科学技術の大きな衝撃をもたらす様な独創性、先導性を有し、予想される研究成果は海外からも高い評価が期待できること。
- 3) 基礎学問に止どまらず応用への発展も期待できて、新物質の創製、実用材料の開発、極限環境の創出技術開発、或いは生物機能の応用に繋がる研究課題であり、新産業創出への手掛かりをもたらすなど、国力増進に大きな貢献が期待でき国民の期待に応えられること。

即ち、研究課題提案が先ず基礎学問的であり、国際的に独創性・先導性を有し、更には応用面への発展が可能であることを期待した。提案課題の採択には1．研究代表者がその狙いに応え得る様な過去の実績を有すること、2．研究実施期間を通して研究全体に責務を果たせること、3．研究構想の実現に適切な共同研究者を擁すること、4．要求する研究資金額が当「戦略的基礎研究推進事業」の予算規模に鑑みて無理でないこと、5．更には研究の遂行によりチームメンバー（特に若手研究者）が飛躍し成長して将来の科学技術振興に中心的役割を果たすことが期待できる、等を十分に考慮することとした。

6．選考方法

選考は研究総括および領域アドバイザー6名で行なった。先ず、アドバイザーに研究総括の狙いについて説明して同意を得た。

研究総括および領域アドバイザー出席の下に、第一回研究課題選考委員会を開き、研究提案課題の応募書類を全委員に手渡した。各応募書類は専門分野を考慮して査読に最適の委員に振り分けた。各委員は引き受けた応募書類を持ち帰り、上項の吟味要点を考慮して査読し2件乃至3件を選んで第二回選考委員会の席上で採択候補として推薦し、その理由を説明した。委員会はこれを受けて協議し、次回委員会での面接候補を決定した。

第三回選考委員会では、推薦された提案応募者に研究課題の内容を説明させた。その後で採択の作業に掛かって各選考委員が提案課題に点数を付け、総得点の高い順に並べて上から1件1件採択に適するか否かを改めて吟味し論議して、当研究領域に可能な件数を採択した。

7. 領域アドバイザーについて

領域アドバイザー	所属	役職	アドバイザー任期
浅井 彰二郎	(株)日立・基礎研 (株)日立コーポレート エグゼクティブ	元所長 上席常務	H8 年 1 月～15 年 3 月
鈴木 智雄	生命科学研究所 宇都宮大学	元所長 元教授	H8 年 1 月～15 年 3 月
坂東 尚周	京都大学 岡山理科大学	名誉教授 教授	H8 年 1 月～15 年 3 月
藤田 敏三	広島大学	名誉教授	H8 年 1 月～15 年 3 月
前田 弘	金属材料技術研究所 東北大・金研 北見工業大学	元部長 元教授 元教授	H8 年 1 月～15 年 3 月
山岡 信夫	無機材質研究所	特別研究官	H8 年 1 月～12 年 12 月
加茂 睦和	物質・材料研究機構	理事	H13 年 1 月～15 年 3 月

科学技術振興事業団からの依頼を受けて、当研究領域の研究総括に立木 昌(東北大学・金属材料研究所 名誉教授、金属材料技術研究所 客員研究官)が就任した。領域アドバイザーの人選に取り掛かり、当研究領域設立の主旨に適する識者であること、及び専門が偏らないことを考慮して国公立研究所、大学、民間企業から選び、就任を依頼して諒承された。猶、山岡信夫氏は私的事情から途中で辞し、代わって物質材料研究機構の加茂睦和氏が就任した。

8. 研究領域の運営について

採択した研究課題は数十倍の応募の中から選りすぐったものであり、研究代表者はその分野を先導する一級の学者であることから、採択後は成るべく自由に研究推進に励ませることに心掛けた。挙げた研究成果は当研究領域シンポジウム、各研究チーム企画の国際シンポジウム、国内研究集会、チーム内研究会、秋期・春期に開催される各分野での学会発表等を通じて研究総括自身逐次把握することに努め、領域アドバイザーから評価・感想を聴いた。また技術参事を各研究場所に随時派遣して進捗状況の把握、情報収集、現場の要望聴取等に当たらせた。研究遂行途中に開催した研究実施中間評価会議ではそれまでに挙げた成果、その後の見通しについて詳しく説明させ、研究総括および領域アドバイザーの意見および評価を述べて、後半の研究遂行に活かす様にした。

その例として平成7年度採択の研究課題「超高純度ベースメタルの科学」(研究代表者 安彦 兼次)では、金属・合金の高純度化がその物理化学的性質並びに機械的性質に予想外の

効果をもたらす事の発見とその解明を高く評価し、それが金属学上に及ぼす意義の重要性を踏まえ、応用面に必ずしも捉われることなく純学問として研究遂行する様に勧告し、実行された。同じく7年度採択の「超高压下における水素結合の量子力学現象の創出と発現」(研究代表者 青木 勝敏)では、研究遂行途上で物質工学工業技術研究所グループと岐阜大学グループの役割分担が適切で無くなって来ていることを指摘し、後者の規模を縮小して前者の中に組み込むことを勧告し実施させた。

研究実施中間評価会議のみならず平生に於いても進捗状況に注意し、平成9年度採択の「超過冷却状態の実現と新機能材料創製」(研究代表者 戸叶 一正)では研究遂行上で「Bi-2212 超伝導ひげ結晶の交叉接合型ジョセフソン素子」創製の可能性が発見されてその開発の重要性を認め、当初の研究目標に加えて推進させた。各研究チームの中間評価結果並びに進行状況の把握は研究領域内の予算配分に反映させた。例として平成7年度採択の「極限ストレス土壌における植物の耐性戦略」(研究代表者 森 敏)では一層の研究推進を図るべく「人工植物栽培施設拡充」(費用約 2500 万円)の必要を認め、平成8年度採択の「低次元金属・超伝導の超異方性強磁場効果」(研究代表者 石黒 武彦)では「比熱磁場異方性測定用ヘリウム冷凍機」(900 万円)、8年度採択の「合金クラスター集合体の極限構造・磁性制御」(研究代表者 隅山 兼治)では「太陽エネルギー利用の水素発生ミニプラント」(1 億円)、8年度採択の「銅酸化物超伝導体単結晶を用いる超高速集積デバイス」(研究代表者 山下 努)では「高温超伝導体単結晶加工用の集束イオンビーム装置開発」(1 億円)、9年度採択の「深度地下極限環境微生物の探索と利用」(研究代表者 今中 忠行)では「超好熱始原菌 *Thermococcus kodakaraensis* KOD1 株の全ゲノム解析」(8000 万円)の必要性を認めて優先的に予算配分した。

研究実施終了評価委員会では5年の研究期間に挙げた成果について説明を聴き、提案研究課題の公約を何処まで果たしたか、或いはそれを上回る成果が得られたか何如かを定め、委員会としての評価を下した。上記の様に採択後もその都度研究の進捗状況および挙げた成果の把握に努め、場合によっては指導して来た事は常に研究遂行の責任を明確にする上で効果が有り、研究の重要性と進捗状況を予算に反映したことは比較的優れた多くの成果を挙げることに繋がったと認識している。

9. 研究を実施した結果と所見

当研究領域 21 研究チームの挙げた成果は下掲の件数

論文発表 3272 件、口頭発表 4389 件、特許国内出願 101 件、外国出願 28 件、
報道機関発表 42 件、及び表彰 30 件(つくば賞、Benjamin Franklin 賞(米国)、
仁科記念賞、日本農学会賞・読売農学賞、Van Valkenberg 賞、日本生物工学会賞、
有馬啓記念インダストリー協会賞、政府教育・学術功労勲章シュバリエ(仏国))

本多記念賞等)

から窺える様に膨大な数に上り、学問上並びに実用上重要な研究成果は多数に及ぶが、以下にそのうちの極く主立った例を研究チームの順を追って挙げる。

* 平成7年度採択の安彦兼次研究チームでは比較的普通に使用されている鉄、銅、クロム、ニッケル、チタン、アルミニウム等のいわゆるベースメタルを高純度化した場合にその金属・合金の物理化学的性質、機械的性質がどうなるかを調べた。通常、純金属と云っても純度はさほど高くなくて 2N(99%台)とか精々3N(99.9%台)であり、結構多く含まれている不純物の影響で純粋の金属或いは合金の性質が表れていない可能性がある。当研究チームでは実際に鉄を 99.999%以上に高純度化しての性質を調べた結果、通常云われている事とは異なって塩酸等の酸に反応し難くなるのみならず、熱処理による粒成長の挙動や機械的試験における変形機構が著しく変わって来ることを見出した。また高濃度の鉄-クロム合金は非常に脆いことで知られて来たが、99.98%の高純度の鉄とクロムを合金化すると可塑性を持つことが分かった。この他、鉄鋼材料に破壊をもたらすものとして水素脆性が知られているが、高純度にすることによって水素脆性が起こらないことを示した。この様に金属・合金の諸性質が純度に大きく依存する事の指摘は学問上、実用上重要である。当研究チームが確立した金属高純度化技術並びに炭素、酸素、窒素等のサブ ppm の微量分析技術は注目値する。

* 北澤宏一研究チームでは固体中、特に銅酸化物高温超伝導体中の電子の位相を観測する装置、および振幅を観測する装置を目指し、位相観測用として加速電圧 1MV (100 万ボルト) の高輝度電子顕微鏡を完成し (従来の世界最高は 0.35MV)、線分解能で 49pm (0.49 μ m) の世界記録を達成した。それを用いることにより高温超伝導体の磁束が高コントラストでその場観察することが可能になり、従来の磁束ピン止めの様子との違いが観測された。また、振幅観測用として超高真空・300mK 極低温・強磁場型のその場劈開可能な AST(原子位置指定型トンネル分光装置)を完成し、nm の距離スケールでの磁束ピン止めポテンシャルの空間変調に対する情報が得られるようになった。

* 高野幹夫研究チームでは、層状の六方晶構造を持つ MgB_2 が転移温度 40K の超伝導体であることを発見した。これは金属系超伝導体としては Nb_3Ge の 23K を大きく上回り、材料として可塑性があり安価であることから今後世界的に利用される様になることが期待できる。

* 常深博研究チームでは、天文観測技術向上を目的として入射 X 線のエネルギー、鮮明な画像、時刻を同時に測定できる X 線用 CCD の開発を進めた。これは厚い空乏層、低雑音、小さな画素を持つ CCD を目指したもので、エネルギー毎の X 線画像を取得できる X 線カラ

一撮像装置となる。高エネルギー X 線を捕捉するため空乏層の厚さは $50\text{ }\mu\text{m}$ 程度、雑音レベルは電子換算して 3 個程度で X 線を効率良く検出でき、画素の最小のものは $8\text{ }\mu\text{m}$ 平方である。X 線入射位置を高精度で決定する方法として $2\text{ }\mu\text{m}\phi$ の細孔を多数持つメッシュを用いモアレ模様を利用する巧みな手法を開発して、入射位置精度 $0.6\sim 0.7\text{ }\mu\text{m}$ を達成した。また大面積 CCD の構築を可能にし、画素 $12\text{ }\mu\text{m}$ 平方のもの 360 万個から成る素子を用いた試作では 8 枚をほぼ稠密に並べて $5\times 10\text{cm}^2$ を実現した。本研究で開発した CCD は将来的には宇宙プラズマの観測、更には新型の X 線顕微鏡の開発等への応用が期待できる。

* 森敏研究チームでは、イネ科植物で 3 価鉄イオンのキレーターとして働く「ムギネ酸」の生合成経路を確定し、その経路上の 8 つの関連遺伝子を同定した。その中の一つニコチアミンアミノ基転移酵素遺伝子 (naad) をイネに遺伝子導入して、石灰質アルカリ土壤耐性イネの作出に成功した。一方、コウボの 3 価鉄還元酵素遺伝子 Fre1 の至適 pH をアルカリ側に進化工学的手法で改変し、これを双子葉植物の代表としてタバコに遺伝子導入して石灰質アルカリ土壤耐性タバコの作出に成功した。これにより得られたイネとタバコは今後石灰質アルカリ土壤耐性品種を育成する際の母本の候補となるものである。

* 平成 8 年度採択の石黒武彦研究チームでは、層状超伝導体の層面に沿って強磁場を掛けた場合の超伝導状態を実験的、理論的に解明することに努めた。特筆すべきこととして、2 次元金属物質の Sr_2RuO_4 が三重項超伝導体であることを明らかにした。これは世界初の三重項超伝導体の発見である。

* 遠藤将一研究チームでは、超高压、極低温、超強磁場の極限場発生技術、並びにそれらの極限場の下における物性測定技術を開発し、複合極限環境下での物性研究を行なった。超高压と極低温の組み合わせとして 200GPa (200 万気圧)、 30mK を達成した。また非破壊超強磁場発生装置として世界最高の 80 テスラパルスマグネットを開発した。極低温・超高压下のカルシウム、沃素、臭素、硫黄、酸素、鉄に超伝導が発現することを確認した。固体酸素の超伝導は 120GPa の下で 0.5K で発生した。また常圧下で 5.4K のバナジウムの超伝導臨界温度 T_c が 120GPa の超高压下では 17K に達することを発見した。

* 蔡安邦研究チームでは、新しい準結晶合金の開発と準結晶の構造と物性の解明を行なった。20 種以上の安定な新種の準結晶合金を発見し、特に 2 元系の安定準結晶合金 (Cd-Yb 、 Cd-Ca) の発見は準結晶研究分野に大きなインパクトを与えた。また世界に先駆けて多くの良質単準結晶育成に成功し構造解析および物性解明に貢献した。構造解析では準結晶用おワイセンベルクカメラ自動測定システムおよび解析手法を開発し、高分解能電子顕微鏡と併用して多くの準結晶構造を精密に解析した。単準結晶の物性解明では準結晶に特有な磁気相関および力学的性質を明らかにした。純結晶粉末が高い触媒活性を示すこと、および

単準結晶を基盤に用いて新物質が創製できることを発見した。

* 佐藤正俊研究チームでは低次元遷移金属化合物が持つ特異な物性の発現機構の解明を目的とした。高温超伝導銅酸化物が 1986 年に発見されて以来、その超伝導発現機構の解明が世界中で試みられたが不明に残されて来た。本研究では高温超伝導銅酸化物の異常金属相を表す相図（酸素ドーピング量 δ —温度）を実験的に決定し、その超伝導を含めた特異な物性が、本質的には Cu スピンの反強磁性相関と singlet 電子対相関（擬ギャップ）とが織り成すものであることを結論付けた。さらに理論的にも相図を再現した。これは超伝導発現機構を特定するものである。また、singlet 基底状態に沈み込む多くの低次元量子スピン系、抵抗の巨大圧力効果の $\text{BaCo}_{1-x}\text{Ni}_x\text{S}_2$ 、フラストレーションを持つモット転移系のパイロクロア型酸化物、スピンアイス系、non-trivial な磁気構造と特異な Hall 効果が注目される強磁性物質等々、多種多様な物質と物性の開拓を行なった。

* 隅山兼治研究チームでは、光触媒として CdS 半導体クラスターを用い、それに薬品処理等の改良を重ねて、硫化水素水を太陽エネルギーで効率よく硫黄と水素ガスに分解する技術を開発した。これは化学工業における廃棄物の硫化水素や硫酸の無害化とエネルギー問題緩和を兼ねており、実用上有望である。

* 山下努研究チームでは、集束イオンビーム(FIB)を用いる試料両面加工技術を開発し、それを高温超伝導体単結晶に適用して集積回路とテラヘルツデバイスを作製した。150 μm $\times$ 170 μm の小面積に積層スタックを 256 個直列接続したものを作製することにより、10,000 以上もの固有ジョセフソン接合を形成させた。さらにそれらの成果を基にしてテラヘルツデバイスを試作した。それにより 2.5THz まで観測されたシャピロステップはテラヘルツ帯の電波天文観測に利用でき、また 3V 迄観測されたゼロ交差ステップは高温動作電圧標準器の実現を可能にする。さらに 10,000 もの固有ジョセフソン接合から成る大規模配列は、コヒーレント放射に基づく連続発振テラヘルツレーザーとして特に有望視されている。

* 平成 9 年度採択の赤石實研究チームでは、世界トップレベルの超高压合成装置を駆使し、5 ~ 10GPa, 1000 ~ 3000 の広範囲の圧力温度領域で天然ダイヤモンド単結晶・多結晶の成因解明研究を行った。その結果、天然ダイヤモンド単結晶の成因をほぼ解明するとともに、成果を発展させて、天然の高純度ダイヤモンド多結晶 “バラス” 類似の高純度透光性ダイヤモンド多結晶を合成した。

* 安宅光雄研究チームでは、強磁場中の反磁性物質に働く磁気力を上向きに掛けて重力 G を仮想的に軽減させる研究を行なった。その目的は軽減重力場の中でタンパク質等の結晶成長を行なって良質単結晶を得ることにある。その為の超伝導マグネットを設計・開発し、

長さ 10cm、径 10cm の空間に 0.4G の仮想重力場を作り出した。更にその場の中に、強磁性体のリング 2 個からなるブースターを入れることにより、長さ 1cm の仮想重力ゼロの空間を作り出すことに成功した。

* 今中忠行研究チーム

深度地下極限環境から新規微生物の探索を進め、-10℃でも生育可能な低温菌、至適生育温度が 95℃で酸素を利用する好気性超好熱始原菌など計 10 種に上る新しい細菌を採取した。当研究チーム発見の超好熱始原菌 *Thermococcus kodakaraensis* KOD1 株由来タンパク質の諸特性を解析することにより、新規構造を有する酵素や新しい代謝経路を発見した。また耐熱性酵素特有の熱成熟という現象を見出すとともにタンパク質の耐熱化機構を解明することができた。KOD1 株に関してさらに全ゲノムの塩基配列を決定するとともに、原核生物では余り起こらないとされていた double crossover 法により KOD1 株の遺伝子破壊系の構築に成功した。これにより遺伝子の機能の同定が可能になった。超好熱菌として KOD1 株の遺伝子破壊系構築は初めてで、超好熱菌研究における milestone として国際的に高く評価されている。現在多数の超好熱菌ゲノムが解読されているが、遺伝学的手法を用いて未知遺伝子の機能を解析できるのは現在 KOD1 株のみである。

* 藤田博之研究チームでは、位相検出顕微法を用いた超高分解能電子顕微鏡を作製した。その狭い試料室内に収まる数 mm 角のチップ中に、マイクロマシンの技術を用いて、精密なナノ構造とその動きを nm の精度で自在に制御するアクチュエータ、外部への接続端子などを全て集積化したデバイスを新たに創出した。これを用いて局所高電界場に特有の量子現象である電界電子放出現象、真空トンネル現象などを、構造や電界分布の可視化手法および電気計測を用いて観測した。さらに第一原理に基づく計算手法を開発し、局所高電界場における新規の現象の予測と、実験結果の正しい解釈を可能にした。位相検出顕微法の原理をレーザ光学顕微鏡に利用して、従来のものより飛躍的に優れた性能の透過型光干渉顕微鏡を開発し、製品として世に出した。

* 本河光博研究チームでは、強磁場を物質合成、物性制御、結晶成長、化学反応等に利用する研究を行なった。磁場 30 T(テスラ)のハイブリッド磁石および 8T の無冷媒型超伝導磁石を用いて 1)磁気浮上効果による塩化アンモニウムの無容器結晶成長、2) 同じく磁気浮上効果によるガラスの無容器溶融と球状微粒子作成、3)磁場配向効果による高温超伝導体特性改善、4)タンパク質の良質単結晶育成、5)ポリマーの磁気電解重合、6)有機半導体の結晶成長、7)磁性薄膜の創製、等を行なった。それぞれに強磁場の有効性が確認されたが、特にガラスの球状微粒子作成、高温超伝導体の臨界電流特性改善、タンパク質の良質単結晶育成において有効性が顕著であった。アメリカでは内臓癌の治療用として、放射性物質を含有させたガラス球状微粒子を宇宙空間で作製することを試みているが、磁気浮上効果を用い

てガラス球状微粒子の作成が地上で可能である。また、当研究チームでは強磁場技術として高強度 Nb₃Sn 線材開発と無冷媒型 23T ハイブリッド磁石の開発を行なった。高強度 Nb₃Sn 線材の開発によって、強磁場発生に伴う応力で線材が破断することを抑制し、より高い強磁場が発生可能となった。無冷媒型 23T ハイブリッド磁石の開発では冷却用液体ヘリウムを外部から供給することなく、長期間の強磁場実験が可能になった。

以上の主な成果の他にも基礎学問上、実用上の注目に値するものは数々有り、例えば、

* 青木勝敏研究チームによる「仮説：水の一次相転移とその臨界点の存在」を証明する世界初の実験結果、量子トンネル効果による水素結合対称化とそれに伴う氷（ ic_1 ） - 相転移の観察。

* 門脇和男研究チームによる銅酸化物高温超伝導体 Bi₂Sr₂CaCu₂O_{8+δ} の長さ数 cm、幅約 1cm、厚さ数 mm の大型高品質単結晶育成技術の開発、高温超伝導体の磁気相図の確立。

* 北澤宏一研究チームによる高温超伝導体の相図に関するスケール則の発見、高圧ガス中の浮力を利用して重力軽減を可能にする「アルキメデス法」の発明。

* 近藤建一研究チームによる卓上型繰り返しレーザー衝撃圧縮技術およびナノ・ピコ秒時間分解型測定技術の開発、テラパスカル(1000 万気圧)高圧科学の開拓。

* 高野幹夫研究チームによる梯子型物質 SrCu₂O₃ および Sr_{14-x}Ca_xCu₂₄O₄₁ における新奇な磁性と超伝導の機構解明、高濃度鉛置換 Bi-2212 超伝導体の臨界電流密度改善、電子ドーブ系 Nd_{2-x}Ce_xCuO₄ の超伝導ギャップ直接観測、LiV₂O₄ おける 3d 遷移金属化合物初のヘビーフエルミオン状態発見。

* 石黒武彦研究チームによる Ru 酸化物、分子性導体の新物質開発。

* 遠藤将一研究チームによる超高圧・極低温下の極微小試料電気抵抗、精密磁化測定法開発、超高圧・極低温・磁場下のメスバウアー分光法開発、水素結合型結晶 KDP、DKDP の強誘電相転移機構解明。

* 隅山兼治研究チームによる 1~5nm のサイズの揃ったクラスター作製技術の確立、種々クラスター集合体の諸物性のサイズ依存性、温度依存性の観測。

* 遠藤康夫研究チームによる Spring8 での高分解能 X 線非弾性散乱装置建設、中性子線放射光 X 線による遷移金属化合物のスピン、軌道、電荷、原子配列等の観測技術の開発、共鳴 X 線非弾性散乱による Mn 酸化物中の電子励起の観測、中性子散乱による高温超伝導銅酸化物のスピン の 1 次元的ゆらぎ構造と運動の観測。

* 戸叶一正研究チームによる Bi-2212 超伝導ひげ結晶の交叉接合型ジョセフソン素子開発、過冷却用の静電浮遊溶解装置開発、浮遊溶解法による Nb、Mo 高品質球状単結晶作製、Nd-123 系超伝導体、YIG 光学材料、Nd₂Fe₁₄B 強磁性体など包晶反応系機能材料の調和成長と単相化。

等が挙げられる。

以上の成果の要点を更に掻い摘んで整理すれば、

@物理・化学上の基礎学問的成果として、

超伝導に関しては、

- ・ 1MV 電子顕微鏡による銅酸化物高温超伝導体中の磁束直接観察
- ・ 2次元金属物質 Sr_2RuO_4 における三重項超伝導現象の発見
- ・ 極低温・超高压下の Ca、I、Br、S、O、Fe の超伝導現象発見
- ・ 高温超伝導体異常金属相の相図決定とその超伝導発現機構の究明

が有り、物質化学では、

- ・ 高純度化に伴う純金属・合金本来の物性並びに機械的性質の発現
- ・ 2元系の安定準結晶合金(Cd-Yb、Cd-Ca)の発見
- ・ 天然ダイヤモンド結晶の成因解明

また、分子生物学上の成果としては、

- ・ イネ科植物の3価鉄イオンキレーター「ムギネ酸」の生合成経路確定と、その経路上の8関連遺伝子の同定、
- ・ 耐熱性酵素特有の熱成熟現象の発見とタンパク質の耐熱化機構解明
- ・ -10℃でも生育可能な低温菌、
- ・ 至適生育温度が95℃の好気性超好熱始原菌。
- ・ 超好熱始原菌 KOD1 株の全ゲノム塩基配列決定、同株由来の諸タンパク質特性解析、同株の遺伝子破壊系構築

実用に関わる物質材料としては、

- ・ 耐熱性、高温強度に優れ且つ可塑性を有する高純度 Cr-Fe 合金の創出
- ・ 超伝導転移温度 40K を持つ MgB_2 の発見
- ・ 高効率で硫化水素水を分解する光触媒 CdS 半導体クラスターの開発
- ・ 多結晶体“バラス”類似の高純度透光性ダイヤモンド多結晶体を合成

が有る。

@新発明・新開発の機器、素子、技術等として、上記のものと一部重複するが、

- ・ 電子波位相観測用加速電圧 1MV (100万ボルト)の高輝度電子顕微鏡、
- ・ 電子波振幅観測用の超高真空・300mK 極低温・強磁場型且つ
その場試料劈開可能な AST(原子位置指定型トンネル分光装置)
- ・ 試料両面加工用集束イオンビーム(FIB)、
- ・ 高温超伝導体単結晶上の集積回路とテラヘルツデバイス
- ・ 高性能透過型光干渉顕微鏡
- ・ 無冷媒型 23T ハイブリッド磁石
- ・ 仮想軽減重力場発生用の超伝導マグネット

- ・ 均一磁気力発生用強磁性体リングブースター
- ・ Spring8 設置の高分解能 X 線非弾性散乱装置
- ・ 超高圧・極低温・超強磁場の極限場発生技術
- ・ 複合極限場下の物性測定技術
- ・ 数 mm 角チップのマイクロマシン作製技術
- ・ 金属高純度化技術とサブ ppm 微量不純物分析技術
- ・ 磁気浮上による無容器結晶成長
- ・ 遺伝子導入による石灰質アルカリ土壌耐性イネ、双子葉植物の作出
- ・ KOD1 株の遺伝子破壊系の構築
- ・ 高強度 Nb₃Sn 線材
- ・ 画素 8 μm X 線 CCD

@上記の中で社会経済上の比較的有效性が期待できるものは、

- ・ 遺伝石灰質アルカリ土壌耐性イネ、双子葉植物
- ・ 超好熱始原菌 KOD1 株由来耐熱性高性能酵素群
- ・ 転移温度 40K の MgB₂、
- ・ 天然 “ バラス ” 類似の合成ダイヤモンド多結晶体
- ・ 高純度 CrFe 合金
- ・ 高強度 Nb₃Sn 線材
- ・ 無冷媒型 23T ハイブリッド磁石
- ・ 試料両面加工用集束イオンビーム(FIB)
- ・ 高温超伝導体単結晶上の集積回路とテラヘルツデバイス
- ・ 数 mm 角チップ上マイクロマシン作製技術
- ・ 高性能透過型光干渉顕微鏡
- ・ 0.4G 仮想重力場発生用超伝導マグネット及び強磁性体リングブースター
- ・ 小画素 X 線 CCD
- ・ 水素発生用光触媒 CdS 半導体クラスター

@また、国民生活に比較的直接するものとしては、

- ・ 遺伝石灰質アルカリ土壌耐性イネ、双子葉植物
- ・ 超好熱始原菌 KOD1 株由来耐熱性高性能酵素群
- ・ 水素発生用光触媒 CdS 半導体クラスター

が考えられる。

21 研究チームは5年間の実施期間を終えたが、無論、各研究が終了した訳では無く、今後も更に発展して行くことが充分期待できる。

21 研究チームは5年間の実施期間を終えて、そのうちの7年度採択の北澤研究チームおよび8年度採択の蔡研究チームは事業団の発展事業に引き続き採択された。その他の研究チーム或いは共同研究グループは無論研究が終了した訳では無く、それぞれ今後とも活躍することが十分に期待できる。例えば安彦研究チームの‘高純度化による新しい金属学の展開’を始め、高野研究チーム・秋光グループの‘MgB₂超伝導体の応用技術開発’、常深研究チームの‘高性能CCDを利用した新天文学観測技術の開発’、森研究チームの‘アルカリ土壌耐性作物の創製’、石黒研究チームの‘極低温下の精密磁場方位制御・精密物性測定による新量子現象の発掘’、遠藤将一研究チームの‘複合極限環境発生技術と測定技術の展開’、佐藤研究チームの‘遷移金属化合物の異常物性の発現機構解明とその応用’、今中研究チームの‘超好熱始原菌の発掘並びに耐熱高機能酵素の開発’、隅山研究チームの‘機能性ナノクラスターの創製’、同チーム・東北大学グループの‘太陽エネルギー利用の水素製造方法の発展’、山下研究チームの‘高温超伝導体単結晶を用いた各種電子デバイス創製’、赤石チームの‘高硬度人工ダイヤモンド切削材の開発’、安宅研究チーム及び本河研究チームによる‘超強磁場による微小重力場発生装置’、藤田研究チームの‘シリコン単結晶蒸着膜を用いたマイクロマシンの開発’、本河研究チームの‘ヘリウム循環式大型超伝導磁石の開発’、等である。

研究実施を終えたチームについて懸念されることは大型設備の維持・管理費である。例として近藤研究チームの‘レーザー衝撃波発生・計測装置’が挙げられる。事業団が引き続きその費用を供給することはできず、各研究チームに捻出の努力を期待する他無い。

10．総合所見

先述の様に数十倍の応募の中から厳選した研究課題の推進は代表者を初め、その道を専門とする共同研究者集団の自由な研究活動になるべく委せる一方、進捗状況および挙げた成果は研究実施中間評価会議のみならず機会を捉えてその都度把握することに努め、必要に応じて指導して来た。このことは常に研究遂行の責任を明確にする上で効果が有り、研究の重要性和進捗状況を予算に反映させたことと相俟って比較的優れた多くの成果を挙げることに繋がったと認識している。

当研究領域「極限環境状態における現象」では応募研究課題の幅が広く、採択した課題も固体物理化学から天体観測、農学、古細菌学に及んだ。他の研究領域と異なる切り口を提供したと云う点に於いて異色の研究課題を拾い上げることができたと言える。基礎研究への貢献の仕方は多様で、極低温、超高压、超強磁場、及びそれらを複合した極限環境の発生技術、その環境下での測定技術の開発、極限環境下の物理・化学或いは生物学的な新現象の発掘と究明等々である。21 採択研究課題が異色に富むと云う利点の反面として、専門が散らばったことから領域シンポジウム等での聴衆動員力にやや難が有った点

は否めないが、都合 7 年間に及ぶ研究実施によって多くの優れた成果を挙げることができて大いに喜ぶべきことと思っている。改めて 21 研究チームの努力に敬意を表したい。

領域評価用資料 添付資料 (C R E S T プログラム)

研究領域「極限環境状態における現象」

1 . 応募件数・採択件数

応募件数・採択件数一覧表

採択年度	(A)応募件数	(B)採択件数	(C) 倍率
7 年度	2 1 4 件	8 件	2 6 . 8 倍
8 年度	1 6 6 件	6 件	2 7 . 7 倍
9 年度	1 1 5 件	7 件	1 6 . 4 倍

2. 主要業績

平成7年度採択研究課題 成果広報用参考資料

研究代表者名	論文発表		学会発表		外部発表計	特許出願件数
	英文	和文	国際	国内		
青木 勝敏	7 4	2 0	5 9	1 3 0	2 8 3	0
安彦 兼次	5 8	2 7	5 8	6 7	2 1 0	1 1
門脇 和男	3 3 5	5	1 8 3	4 2 1	9 4 4	0
北澤 宏一	1 9 9	2 5	7 8	2 0 7	5 0 9	1 1
近藤 建一	5 0	2 0	5 2	1 4 4	2 6 6	4
高野 幹夫	4 0 6	1 5	1 0 8	2 8 3	8 1 2	4
常深 博	5 8	2 9	3 8	7 0	1 9 5	4
森 敏	7 0	4 4	6 0	1 7 4	3 4 8	1 3

代表的な発表論文

研究代表者名「研究課題名」

青木勝敏「超高压下における水素結合の量子力学現象の創出と発現機構の解明」

O. Mishima, H. E. Stanley

Decompression-induced melting of ice IV and the liquid-liquid transition in water

Nature, 392, 164 (1998).

低温 - 高压下で各種高压氷の融解曲線を測定した。氷 相の融解曲線が、予測された液相 - 液相転移上で不連続な振る舞いを示すことが見出され、水の液相 2 状態仮説を支持する初めての実験結果が得られた。

T. Ikeda, M. Sprik, K. Terakura and M. Parrinello,

Pressure-induced structural and chemical changes of solid HBr

J. Chem. Phys. 111, 1595-1607 (1999).

第一原理分子動力学計算法を用いて、固体 HBr の高压下の構造転移と化学反応機構を研究した。水素結合対称化に伴い H₂ 分子が形成される過程を電子状態、分子・原子運動から明らかにした。

M. Song, H. Yamawaki, M. Sakashita, H. Fujihisa, K. Aoki,

Infrared Absorption Study of Fermi Resonance and Hydrogen-Bond Symmetrization of Ice up to 141 GPa

Phys. Rev. B, 60, 12644-12650(1999).

H₂O、D₂O 氷の赤外振動スペクトルを室温下、141GPa まで測定した。水素結合対称化が起こる圧力とその同位体効果の観測から、対称化転移がトンネル運動によって支配されることを明らかにした。

安彦 兼次「超高純度ベースメタルの科学」

K.Abiko,T.Nakajima,N.Harima,and S.Takaki

Preparation of 10kg Ingot of Ultra-Pure Iron

phys. stat. sol. (a)167, (1998), p.347 - 355

超高真空コールドクルーシブル溶解装置を開発し、超高真空雰囲気で高純度電解鉄 10kg を溶解することに成功したオリジナルな論文。この技術で、総不純物量は 25.2 から 12.6 質量 ppm に低減できた。この手法はガス成分、特に酸素の低減に有効である。

K.Abiko and Y.Kato

Properties of a High-Purity Fe-50mass% Cr Alloy

phys. stat. sol. (a)167, (1998), p. 449 - 461

高純度 Fe-50Cr 合金の機械的特性と物理的特性を室温から 1300 までの温度範囲で調べた。この合金は、高強度を保ちつつ高温でも高い変形能を有すること、304 鋼に比べて熱膨張率や熱伝導率が低いことが特徴で、高温材料として有望である。

Kenji Abiko

Why Do We Study Ultra-High Purity Base Metals?

Materials Transactions, JIM, Vol.41, No.1(2000) p.233 - 237

CREST「超高純度ベースメタルの科学」研究プロジェクトから得られた成果を「超高純度ベースメタル国際会議」に報告し、超高純度鉄、超高純度 Cr-Fe 合金に関する研究成果として総括した。超高純度化によって、鉄は今までにない性質が発現されること、鉄クロム合金は高温で優れた延性、加工性を示すことを実例で紹介した。

門脇 和男「極限環境を用いた超伝導体の臨界状態の解明」

J. Mirkovic, S. E. Savel'ev, E. Sugihara and K. Kadowaki

Step-wise Behavior of Vortex-Lattice Melting Transition in Tilted Magnetic Fields in Single Crystals

Bi₂Sr₂CaCu₇O_{8+δ}

高温超伝導体 Bi₂Sr₂CaCu₇O_{8+δ} の磁束格子融解転移を詳細に調べることを目的とし、単結晶を用いて磁場方向を ab 面内から c 軸方向に傾けながら面内電気抵抗測定を行なった。測定には Corbino 法を用いた。この実験によって Bi₂Sr₂CaCu₇O_{8+δ} の融解転移における完全な H^c-H^{ab} 相図を世界で初めて得ることができた。

Terukazu Nishizaki, Tomoyuki Naito and Norio Kobayashi

Anomalous Magnetization and Field-Driven Disorder Transition of a Vortex Lattice in Untwinned YBa₂Cu₃O_y

Physical Review B 58 (1998) 11169-11172

非双晶純良単結晶 $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_y$ の磁化を 27 テスラの磁場中で測定し、第 2 ピークと呼ばれる異常磁化の性質を調べ、この結果に基づいて、この異常が磁束が超伝導体内で周期的に並んだ磁束格子状態から、不規則に乱れた磁束ガラス状態への変化によるものであることを明らかにした。この結果は、高温超伝導発見直後から知られていた磁化異常の原因を明らかにするものとして注目された。

M.B. Gaifullin, Y. Matsuda, N. Chikumoto, J. Shimoyama and K. Kishio

Abrupt Change of Josephson Plasma Frequency at the Phase Boundary of the Bragg Glass in $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$

Phys. Rev. Lett. 84, (2000) 2945-2948.

マイクロ波の Josephson plasma 共鳴実験によって、 $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+d}$ 単結晶のブラッグ・ガラス相から磁束ガラス相への転移における c 軸方向の超伝導位相差の変化を測定した。その結果、この転移に伴って位相差が不連続的に変化することから、この転移が 1 次の相転移であることを明らかにし、高温超伝導体の磁束相図の理解に対し、新しい概念を導入した。

北澤宏一「電子波の位相と振幅の微細解像」

Tomomura, A. Kasai, H. Kamimura, O. Matsuda, T. Harada, K. Shimoyama, J. Kishio, K. Kitazawa, K.

.Motion of vortices in superconductors

Nature (1999) Vol.397 pp.308-309

超高圧干渉型電子顕微鏡の開発を行い、それを用いてコントラストの低かった高温超伝導体中のボルテックスのその場観測に成功した。これにより、動いているボルテックスの直接観測が可能となり、ボルテックス・ダイナミクスの多様性が見出された。

Nakao, S. Ueno, K. Hanaguri, T. Kitazawa, K. T. Nakayama, Y. Motohashi, T. Shimoyama, J. Kishio, K. and T. Hasegawa

Electronic Structures of Two-Phase Microstructures in Pb-doped $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_y$

Journal of Low Temperature Physics (1999) vol.117, pp341-6

高濃度に鉛をドーブしたピスマス系超伝導体において特異的に臨界電流が大きくなることを見出していたが、開発された超高真空極低温型 STM を用いて、その原因が超伝導ギャップ構造および擬ギャップ構造が異なる 2 つの析出相の微細構造にあることを見出した。

Sasagawa, T. Togawa, Y. Shimoyama, J. Kapitulnik, A. Kitazawa, K. and Kishio, K. Magnetization and resistivity measurements of the first-order vortex phase transition in $(\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x)_2\text{CuO}_4$

Physical Review B (2000) Vol.61 pp.1610-1617

組成を制御した多数の単結晶試料を用い、高温超伝導のボルテックス相図とその異方性

との関連を系統的に調べ、すべての高温超伝導体にユニバーサルに適用されるスケーリング則を見出し、それを定量化した。これにより、高温超伝導体の相図の予測が可能となった。

研究代表者 近藤 建一

K. WAKABAYASHI, K. G. NAKAMURA, K. KONDO and M. YOSHIDA

Time-resolved Raman spectroscopy of polytetrafluoroethylene under laser driven shock-compression.

Appl. Phys. Lett., 75 [7], 947-949 (1999).

ナノ秒 YAG レーザを用いたポンプ・プローブ型時間分解ラマン測定システムを開発し、テフロン中の衝撃波進展の観測に応用したところ、出現した新たなラマンピークと量子化学計算との対比から、過渡的・可逆的な化学結合切断現象を見出した。

Y. HIRONAKA, A. YAZAKI, F. SAITO, K. G. NAKAMURA, K. KONDO, H. TAKENAKA and M. YOSHIDA

Evolving shock-wave profiles measured in a silicon crystal by picosecond time-resolved x-ray diffraction.

Appl. Phys. Lett., 77 [13], 1967-1969 (2000).

フェムト秒テラワットレーザを用いたピコ秒時間分解X線回折システムを開発し、シリコン結晶格子のレーザ照射に伴う歪み分布の時間変化測定へ応用し、衝撃波の進展を擾乱なく観測した。衝撃波面の厚さは 9 ps 以下であった。

T. MORITOH, N. KAWAI, K. G. NAKAMURA and K. KONDO

Optimization of a compact two-stage light-gas gun aiming at a velocity of 9 km/s.

Rev. Sci. Instr., 72[11], 4270-4272 (2001).

二段式軽ガス衝撃銃の動作原理を再検討し、飛翔体重量と作動ガス量の動作モードを最適化することによって、NASA の大型装置に匹敵する 9 km/s の飛翔体速度を小型装置で得ることができた。

高野幹夫「反強磁性量子スピン梯子化合物の合成と新奇な物性」

I. Chong, Z. Hiroi, M. Izumi, J. Shimoyama, Y. Nakayama, K. Kishio, T. Terashima, Y. Bando and M. Takano

High Critical Current Density in the Heavily Pb-Doped $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+d}$ Superconductor: Generation of Efficient Pinning Centers,

Science 276 (1997) 770-773.

Bi_{2212} 相につき、鉛を高濃度置換して高温域での臨界電流密度を大幅に向上させた。電子顕微鏡観察から鉛濃度に数百 の周期の濃淡を見出し、その不均一性が特性の向上を生んでいる可能性を指摘した。

J. Nagamatsu, N. Nakagawa, T. Muranaka, Y. Zenitani and J. Akimitsu
Superconductivity at 39K in magnesium diboride,
Nature 410 (2001) 63-64.

MgB₂ が金属化合物系では 20 年ぶりの更新記録である T_C=39.8K をもつ超伝導体であることを発見した。Mg と B は安価で軽く取り扱いやすいので、超伝導材料として期待が大きい。

C. Urano, M. Nohara, S. Kondo, F. Sakai, H. Takagi, T. Shiraki and T. Okubo
LiV₂O₄ Spinel as a Heavy-Mass Fermi Liquid: Anomalous Transport and Role of Geometrical Frustration
Phys. Rev. Lett. 85 (2000) 1052-1055.

水熱合成法で LiV₂O₄ 単結晶を育成し、比熱や輸送現象の測定からこの酸化物が重い電子状態を持つことを発見した。3d 遷移金属酸化物としては初めての例である。また、Li_xZn_{1-x}V₂O₄ 固溶体についての実験から、幾何学的フラストレーションと重い電子状態形成の密接な関連を示した。

研究代表者 常深 博

「画素の小さい X 線検出用 CCD の開発」

H. Tsunemi, K. Yoshita and S. Kitamoto
New Technique of the X-Ray Efficiency Measurement of a Charge-Coupled Device with a Subpixel Resolution
Jpn. J. Appl. Phys. 1997, 36, 2906-2911

CCD の画素よりも小さい精度で、その内部の X 線検出効率を測定するための、メッシュ実験を導入し、その実験手法を実際の結果を使って実証したもの。CCD の仮想電極構造の厚さを測定した。

Hiroshi Tomida, Hironori Matsumoto, Masanobu Ozaki, Yuji Tazawa, Hisamitsu Awaki, Takeshi Tsuru, Katsuji Koyama, Hiroshi Tsunemi, Koei Yamamoto
Radiation Damage on X-Ray CCDs and Restoration Technique for Space Astronomy
Publ. Astron. Soc. Japan, 1997, 49, 405-412

宇宙空間で使用する X 線用 CCD がどのように放射線損傷で性能を劣化するかを陽子ビームを使って模擬した。また、損傷した素子の性能回復する手法として、電荷注入法を具体的に示した。

H. Tsunemi, K. Mori, E. Miyata, C. Baluta, D. N. Burrows, G. P. Garmire and G. Chartas
Improvement of the Spatial Resolution of the ACIS Using Split Pixel Events
Astrophysical Journal, 2001, 554, 496-504

アメリカの X 線衛星チャンドラに搭載された CCD のスプリットイベントを使うことにより、位置分解能が改善されることを実証した。これにより、望遠鏡の角度分解能は X 線鏡で決まる極限值まで達成できた。

森 敏「極限ストレス土壌における植物の耐性戦略」

Higuchi K., Watanabe S., Takahashi M., Kawasaki S., Nakanishi H., Nishizawa N. K., Mori S.

Nicotianamine synthase gene expression differs in barley and rice under Fe-deficient conditions.

Plant Journal 25: 159-168(2001)

オオムギのニコチアナミン合成酵素の遺伝子 (Hvna1) をイネに遺伝子導入して形質転換体を得た。鉄欠乏条件下での遺伝子発現を観察したところ、イネのニコチアナミン合成酵素の遺伝子 (Osna1) と同じく根と茎葉部で共に発現するノーザンのパターンを示した。Hvna1 は、オオムギでは、根でのみ特異的に発現し茎葉部では発現しないので根でのムギネ酸合成のキー酵素とのみ考えられてきた。しかしこのイネでの結果は、イネでは葉でもニコチアナミンが合成されておりそれが根に移行してデオキシムギネ酸に合成されることと、地上部でも別の機能、たとえば鉄や重金属のキャリアーとして体内移行に関係していること、また鉄欠乏応答トランス因子がイネでは地上部でも発現していることを示唆していた。

Kobayashi T., Nakanishi H., Takahashi M., Kawasaki S., Nishizawa N. K., Mori S.
In-vivo evidence that Ids3 from *Hordeum vulgare* encodes a dioxygenase that converts 2'-deoxymugineic acid to mugineic acid in transgenic rice.

Planta 212: 864-871(2001)

鉄欠乏のオオムギ根で強く誘導される遺伝子 Ids3 の機能を解明するために、Ids3 遺伝子をイネに導入し形質転換イネを作出した。このイネは鉄欠乏処理下で根からムギネ酸を分泌した。野生株イネは鉄欠乏条件下でもデオキシムギネ酸しか分泌しないので、この Ids3 遺伝子はデオキシムギネ酸の 2' 位を水酸化する酵素、すなわちムギネ酸合成酵素であることを明らかにした。これは高等植物に遺伝子導入することによって未知遺伝子の機能を明らかにした希少な例である。

Takahashi M., Nakanishi H., Kawasaki S., Nishizawa N. K., Mori S.
Enhanced tolerance of rice to low iron availability in alkaline soils using barley nicotianamine aminotransferase genes.

Nature Biotechnology 19: 466-469(2001)

イネは石灰質アルカリ土壌で育てると鉄欠乏クロロシスで枯死する。それは鉄欠乏で根から分泌されるデオキシムギネ酸の量が極端に少ないからである。そこでムギネ酸生合成経路のキー酵素であるニコチアナミンアミノ基転移酵素の遺伝子 (naat) をイネに導入し、石灰質アルカリ土壌で耐性のイネを選抜した。このイネは水耕栽培によると鉄欠乏条件下でのデオキシムギネ酸の分泌量が野生種の 1.8 倍であったが、実際の石灰質アルカリ土壌条件下での生育は良好で穂をつけて稔実した。籾収量は対照区 (ベクターコントロール) の

4 倍であった。これは世界で最初の鉄欠乏耐性形質転換穀物である。

平成 8 年度採択研究課題 成果広報用参考資料

研究代表者名	論文発表		学会発表		外部発表計	特許出願件数
	英文	和文	国際	国内		
石黒 武彦	2 0 5	4	1 4 1	7 4	4 2 4	3
遠藤 将一	8 2	3	9 4	2 4 8	4 2 7	0
蔡 安邦	8 9	0	3 3	2 3 2	3 5 4	0
佐藤 正俊	1 7 2	5	8 2	3 2 0	5 7 9	0
隅山 兼治	1 8 1	2 6	6 4	1 3 9	4 1 0	1 1
山下 努	1 4 0	7	3 1	6 8	2 4 6	2 3

研究代表者 石黒武彦 「低次元金属・超伝導体の超異方性強磁場効果」

K. Ishida, H. Mukuda, Y. Kitaoka, K. Asayama, Z. Q. Mao, Y. Mori, Y. Maeno

Spin-Triplet Superconductivity in Sr_2RuO_4 Identified by ^{17}O Knight Shift

Nature (1988) Volume 396 Page 658 - 660

極めて良質の高純度 Sr_2RuO_4 単結晶の育成に成功し、これを基に NMR 実験を進め、ナイトシフトの温度依存性から、平行スピン対からなる三重項超伝導体であることを確定した。その常伝導状態が電子相関の強い準 2 次元フェルミ流体であることとあわせ、独特の超伝導体となっていることが明らかにされた。

Y. Maeno, T. Ando, Y. Mori, E. Ohmichi, S. Ikeda, S. NishiZaki and S. Nakatsuji

Enhancement of Superconductivity of Sr_2RuO_4 to 3 K by Embedded Metallic Microdomains

Physical Review Letters (1998) Volume 81 Page 3765 - 3768

$\text{Sr}_2\text{RuO}_4\text{Ru}$ 金属の共晶系では Sr_2RuO_4 の $T_c = 1.5\text{K}$ が倍増して 3K に達することを見出した。即ち、Ru が過剰に入った高温熔融液から薄板状の Ru 金属が析出するがその界面近

傍の Sr_2RuO_4 で異方性の強い超伝導が現れた。共晶析出による層状超伝導体の T_c 向上への応用可能性に興味を持たれる。

Z. Q. Mao, Y. Maeno, S. NishiZaki, T. Akima and T. Ishiguro

In-Plane Anisotropy of Upper Critical Field in Sr_2RuO_4

Physical Review Letters (2000) Volume 84 Page 991 – 994

スピン三重項超伝導体では、クーパー対のスピン・軌道の内部自由度のために、温度・磁場によって異なる超伝導相が安定化する可能性がある。磁場を準 2 次元面に平行に掛けたところ、上部臨界磁場付近に超伝導 2 段転移が誘起されることが見出された。これは比熱、交流磁化率、熱伝導によっても確認された。

研究代表者 遠藤将一 超高压・超強磁場・極低温 - 複合極限の生成と物性研究」

M. Ishizuka, M. Iketani, S. Endo, “Pressure effect on superconductivity of vanadium at megabar pressures”, Phys. Rev. B, 2000, 61, R3823.

SQUID コイルを極微量試料の周囲で振動させる超高感度磁束計を開発して、バナジウム元素の超伝導転移温度を 160 GPa まで測定した。 T_c は 120 GPa 付近まで単調に上昇し、これまでの金属元素で最高の 17.2 K を記録した。

K. Shimizu, T. Kimura, S. Furomoto, K. Takeda, K. Kontani, Y. Onuki, K. Amaya, “Superconductivity in the non-magnetic state of iron under pressure”, Nature, 2001, 412, 316.

純鉄を加圧して、稠密六方構造に転移させた非磁性の ϵ -Fe について高压極低温下で電気抵抗と磁化測定を行い、15-30 GPa で T_c が最高 2 K の超伝導相を発見した。他の磁性金属についても高压下での超伝導出現の可能性を示した。

S. Endo, K. Deguchi, M. Tokunaga, “Quantum paraelectricity in DKDP and KDP under high pressure”, Phys. Rev. Lett. 2002, 88, 035503.

水素結合型結晶について誘電率を測定し、DKDP では KDP の 3 倍以上の圧力で強誘電性が消滅すること、途中で秩序-無秩序型から変位型に変換した後、ペルブスカイト型強誘電体で見出されていた量子常誘電性を発現することが確認された。

研究代表者名 蔡 安邦 「準結晶の創製とその物性」

T.J. Sato, H. Takakura, A.P. Tsai, K. Shibata, Anisotropic Spin Correlations in the Zn-Mg-Ho icosahedral Quasicrystal, Physical Review Letters, 1997, 812364.

単準結晶の中性子散乱を用いて磁気構造を解明することによって準結晶の磁性の起源をはじめて明かにした。磁気構造の結果から準結晶構造に関する情報が提示されている。磁性のボゾンピークを観測したことが注目されている。

K. Edagawa, K. Suzuki and S. Takeuchi, High Resolution Transmission Electron Microscopy Observation of Thermally Fluctuating Phasons in Decagonal Al-Cu-Co, Physical Review Letters 85,1674 (2000)

理論的に予測されていた Phason ダイナミックスの現象が高温高分解能電子顕微鏡を用いて観測し、注目された。これは或る原子が特定の2つの位置を可逆的に行来するという現象である。

A.P. Tsai, J.Q. Guo, E. Abe, H. Takakura and T.J. Sato,
A Stable Binary Quasicrystal, Nature 2000, 408,537.

安定な2元系準結晶の存在を初めて報告した。準結晶凝縮機構の根源を解明する鍵として期待される。これ迄の3元系とは異なる構造を有し、準結晶構造に関する新しい概念をもたらした。また2元系合金の類推から多くの合金が発見された。準結晶の安定性、新合金開発および構造研究に新展開を巻き起こした。

研究代表者 佐藤 正俊 「低次元異常金属の開発」

M. Sato

Experimental Studies on Singlet Formation in High- T_c Oxides and Quantum Spin Systems

Physics and Chemistry of Transition Metal Oxides eds. by H. Hukuyama and N. Nagaosa, Springer Series in Solid State Sciences vol. 125 (1999) 192-201.

銅酸化物の高温超伝導体に対して実験的に提案した(超伝導相を含む)異常金属相を表す相図が温度の下降とともにどのように形成されていくかを、多くの種類の実験を行って多方面から調べた結果をまとめて説明した。

A. Kobayashi, A. Tsuruta, T. Matuura and Y. Kuroda
Pseudogap Phenomena and Phase Diagram in the Two-band Hubbard Model
J. Phys. Soc. Jpn. 70 (2001) 1214-1217.

銅酸化物の高温超伝導相を含む異常金属相を簡潔に表すものとして実験的に提案されている相図を、 $d-p$ モデルの $1/N$ 展開理論でほぼ完全な形で再現した。磁氣的機構の超伝導発現を正しく記述し、さらに強相関電子系全体の記述の基盤を与えるものである。

研究代表者 隅山兼治「合金クラスター集合体の極限構造・磁性制御」

.D.L.Peng, K.Sumiyama, S.Yamamuro, T.Hihara and T.J.Konno:

Characteristic Tunneling-Type Conductivity and Magnetoresistance in a CoO-Coated Monodispersive Co Cluster Assembly, Appl.Phys.Lett. (1999) 74, 76 – 79.

Co/CoO クラスター集合体の電気伝導は、高温でホッピング型、低温でトンネル型となる。遷移温度、帯電エネルギーは理論値と一致し、低温で磁気抵抗効果も増強され、単分散サイズクラスター集合化の特徴を示す。

T.Arai, S.Sakima, H.Yoshimura, K.Shinoda, B.Jeyadevan, K.Tohji, A.Kasuya and Y.Nishina:

Synthesis of Stratified Semiconductors for Photocatalytic Hydrogen Generation, Proc. Int. Symp on Cluser Assembled Materials, (2001) 75 – 78.

硫化亜鉛及び硫化カドミウムの中空クラスター集合体を作製し、太陽光により 10%以上の効率で硫化水素を分解して水素を発生する超高効率光触媒効果を確認した。この効率は実用化が期待できる値である。

Q.Wang, Q.Sun, M.Sakurai, J.Z.Yu, G.L.Gu, K.Sumiyama and Y.Kawazoe:

Geometry and Electronic Structure of Magic Iron Oxide Clusters, Phys.Rev. (1999) B59, 12672 – 12677.

レーザー蒸発法で発生したクラスターの質量分析で観測されるマジックナンバー Fe_{13}O_8 につき、第一原理計算を行なった。D_{4h} 対称性の Fe 原子コア表面の 3 配位位置に O 原子が存在する構造が最適と考えられる。

研究代表者 山下努「銅酸化物超伝導体単結晶を用いる超高速集積デバイス」

Yu . I . Latyshev , S . - J . Kim , and T . Yamashita . "Experimental Evidence for Coulomb Charging Effects in the Submicron Bi - 2212 Stacks" . JETP Letters . Vol . 60 , №1 , 10 . January . 1999 . pp.84 - 90 .

高温超伝導物質の単結晶を集束イオンビームで加工し、世界で初めて 1mm² 以下の接合面を持つ単結晶素子を開発した。サブ mm² の素子の接合面を通過する電子を一個ずつ制御できる上、実用可能な液体ヘリウム（絶対温度 4 K = - 269 ）温度で作動する単電子対トンネル効果を発見した。

H. B. Wang , P. H. Wu , and T. Yamashita , "Stacks of intrinsic Josephson junctions singled out from inside Bi₂Sr₂CaCu₂O_{8+x} single crystals" , Appl . Phys . Lett . , 78 (25) , 4010 (2001) .

BSCCO 単結晶の薄片の内部から固有ジョセフソン接合のスタックを取り出すことを可能にした、両面加工プロセスを新たに開発した。これにより、作製した固有ジョセフソン接合は非常に均一な特性を示した。また、 $150\mu\text{m} \times 170\mu\text{m}$ の領域に、256 個のスタックに分布した 10,000 以上の固有ジョセフソン接合の 3 次元アレーを作製することができた。

H. B. Wang, P. H. Wu, and T. Yamashita, "Terahertz responses of intrinsic Josephson junction in high T_c superconductors", Phys. Rev. Lett, 87, Vol.107002 (2001).

単結晶両面加工プロセスを用いて、ポータリアンテナ、チョークフィルターとともに接合スタックを集積化し、2.5 THZ までの明瞭なシャピロステップと、1.6 THZ までの零交差ステップを初めて観測した。我々の結果は、接合に照射される電磁波の分布が一様であり、接合が、照射したテラヘルツ電磁波にすべて同期して応答することが可能であることを示した。

平成 9 年度採択研究課題 成果広報用参考資料

研究代表者名	論文発表		学会発表		外部発表計	特許出願件数
	英文	和文	国際	国内		
赤石 實	16	4	5	33	58	6
安宅 光雄	43	3	35	89	170	3
今中 忠行	94	0	31	205	330	1
遠藤 康夫	187	5	244	389	825	
戸叶 一正	76	4	44	64	188	1
藤田 博之	66	18	54	58	196	14
本河 光博	104	12	84	51	251	2

代表的な発表論文

研究代表者名「研究課題名」

赤石 實「超高压プロセスによる天然ダイヤモンド単結晶・多結晶体の成因解明」

M. Akaishi and S. Yamaoka, "Crystallization of diamond from C-O-H fluids under high pressure and high temperature conditions", J. Crystal Growth, **209**, 999-1003 (2000).

シュウ酸二水和物の熱分解生成物からなる C-O-H 流体がダイヤモンド合成触媒となること初めて明らかにした。ダイヤモンド結晶が天然のダイヤモンド結晶と同等の八面体のモルフォロジーを持っていることから、天然ダイヤモンドの一部は、地球深部のダイヤモンドの熱力学的安定条件で C-O-H 流体から結晶化したと

考えられる。

M. Akaishi, M. D. Shaji Kumar, Hisao Kanda and S. Yamaoka, “ Reactions between carbon and a reduced C-O-H fluid under diamond-stable HP-HT condition ”, *Diamond and Related Materials*, **10**, 2125-2130 (2001).

黒鉛質の炭素と還元性 C-O-H 流体との反応を 7.7GPa, 1500 の条件下で調べた。還元性流体源にステアリン酸とシュウ酸二水和物の混合粉末を用いた。上記高圧高温条件下で、メタンと水からなる還元性 C-O-H 流体がダイヤモンド合成触媒となることを示した。

S. Yamaoka, M. D. Shaji Kumar, H. Kanda and M. Akaishi, “ Thermal decomposition of glucose and diamond formation under diamond-stable high pressure-high temperature conditions ”, **11**, 118-124 (2002).

グルコースの熱分解を 7.7GPa, 1500 の条件で調べた。グルコースは最初に非晶質の炭素と水に分解し、非晶質の炭素は 1 時間後には黒鉛質に変換する。10 時間と長い潜伏期間を経て、僅かなダイヤモンドが生成し、33 時間後には完全にダイヤモンドに変換した。

研究代表者名「研究課題名」

安宅 光雄「磁気力を利用した仮想的可変重力場におけるタンパク質の結晶成長」

著者名、論文タイトル、雑誌名、発行年、巻数、ページ

X. S. Lin, M. Zhou, A. Azzi, G. J. Xu, N. I. Wakayama and M. Ataka, “Magnet used for protein crystallization: novel attempts to improve the crystal quality” *Biochem. Biophys. Res. Commun.* (2000) 275, 274.

血糖値のレベルに関係するタンパク質、フルクトース・ビスホスファターゼの結晶は、超伝導マグネットを用い、磁気力が上向きに作用する環境で作った場合に最も高品質化し、その結晶を使えば、かつてなく精密な構造決定が可能となったことを報告した。

J. W. Qi, N. I. Wakayama and A. Yabe, “Attenuation of natural convection by magnetic force in electro-nonconducting fluids” (1999) *J. Cryst. Growth* 204, 408.

電氣的に非伝導性の流体を対象に、磁気力を上向きに印加すれば対流の抑制や制御が可能であることを示して、そのような流体の対流を制御する新たな原理と方法を見つけたことを報じた。

T. Kiyoshi, O. Ozaki, H. Nakayama, B. I. Jin and H. Wada, “Superconducting magnets for generating uniform magnetic force field” (1999) *IEEE Trans. Applied Supercond.* 9, 362.

磁気力均一超伝導マグネットの設計という課題を設定し取り組んだことを述べ、そのような磁石は、複数のコイルの配置で可能なこと、とくに内側のコイルが外側より長いという

特異な配置で実現できることを述べた。

研究代表者名 「研究課題名」

今中 忠行「深度地下極限環境微生物の探索と利用」

Takeshi Tanaka, Toshiaki Fukui and Tadayuki Imanaka :“Different cleavage specificities of the dual catalytic domains in chitinase from the hyperthermophilic archaeon *Thermococcus kodakaraensis* KOD1.” J. Biol. Chem., 276(38), 35629-35635, 2001.

KOD1 株由来 chitinase は分子量 134KDa の巨大タンパク質であり、1 分子内に 2 つの chitinase 触媒ドメインと 3 つの chitin 結合ドメイン領域が存在する構造的に新規な chitinase である。2 つの触媒ドメインの諸性質を検討した結果、一方は chitin 鎖の末端から分解を進める exochitinase であり、もう一方は chitin 鎖内部を切断する endochitinase であることが明らかとなった。したがって本酵素は単一ポリペプチド鎖上に異なる切断様式の触媒ドメインを有し、これらの相乗作用によって chitin の分解を効率良く行っていることが判明した。

Norihiro Maeda, Tamotsu Kanai, Haruyuki Atomi, and Tadayuki Imanaka :
“The unique pentagonal structure of an archaeal Rubisco is essential for its high thermostability” J. Biol. Chem., 277(35), 31656-31662, 2002.

KOD1 株由来 Rubisco は高活性、高 carboxylase 特異性を示し、五角形構造を有する新型 Rubisco である。部位特異的変異により様々な変異タンパク質を作製し、これらを解析した結果、五角形構造が本酵素の高度な耐熱性に必須であることが判明した。したがって本酵素は特異な 4 次構造を形成することにより超好熱菌内で安定に機能するための耐熱性を獲得していることが明らかとなった。

Naeem Rashid, Hiroyuki Imanaka, Tamotsu Kanai, Toshiaki Fukui, Haruyuki Atomi and Tadayuki Imanaka: “A novel candidate for the true fructose 1,6-bisphosphatase in archaea” J. Biol. Chem., 277(34), 30649-30655, 2002.

始原菌において、糖新生に必要な fructose 1,6-bisphosphatase (FBPase) 活性は検出されていたものの、fructose 1,6-bisphosphate に対して基質特異性の高い FBPase タンパク質は同定されていなかった。本論文では KOD1 株から構造的に新規な FBPase を同定し、本酵素が fructose 1,6-bisphosphate に対して基質特異性が高いこと、糖新生が必要な条件下でのみ発現していることを明らかにした。他の始原菌内にも相同性の高い遺伝子が存在することから、本酵素が始原菌内での真の FBPase であることが示唆

された。

研究代表者名 「研究課題名」

遠藤 康夫 「新しい量子自由度・軌道の動的構造の解明」

Y.Murakami, J.P.Hill, D.Gibbs, M.Blume, I.Koyama, M.Tanaka, H.Kawata, T.Arima, Y.Tokura, K.Hirota, Y.Endoh: “ Resonant X-ray Scattering from orbital Ordering in LaMnO_3 ” Physical Review Letters, 1999, 81, 582 – 585

共鳴 X 線散乱によるモット反強磁性絶縁体である LaMnO_3 の軌道秩序相の反強軌道秩序の直接観測の最初の報告例。共鳴散乱公式の第一原理を基にして「軌道」整列による共鳴散乱の解析を行って散乱機構を明らかにした。

M.Matsuda, M.Fuita, K.Yamada, R.J.Birgeneau, Y.Endoh, G.Shirane: “Electronic Phase Separation in lightly doped $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_4$ ” Physical Review B, 2002, 65 , 134516 - 134522

高分解能中性子散乱によって、従来反強磁性絶縁体とされていた Sr の薄い領域は実は反強磁性相と非整合の長周期磁気反射を与える金属相とが相分離していることを初めて明らかにした。この実験により、高温超伝導を示す低濃度ホール領域は全て電子相分離が支配していることが明らかになった。

遠藤 康夫、X 線非弾性散乱によって知る電子構造、固体物理、2002、37、679 –704

放射光利用施設 SPring8 に設置した高分解能放射光 X 線非弾性散乱装置とこれを用いたモット絶縁体にホールをドーピングして得られる超巨大磁気抵抗金属であるマンガンペロブスカイト酸化物の共鳴非弾性散乱実験の紹介。

研究代表者名「研究課題名」

戸叶 一正 「超過冷却状態の実現と新機能材料創製」

Y.S. Sung, H. Takeya and K. Togano, “Containerless solidification of Si, Zr, Nb, and Mo by electrostatic levitation”, Rev. Sci. Instrum. 72(2001), 4419.

静電浮遊溶解装置の開発に成功した。上下の対向電極型で YAG レーザーで加熱を行い、半導体や高融点金属に対応できる設計となっている。Si、Zr、Nb、Mo の浮遊溶解実験を行い、大きな過冷却を得た。Mo は今までに浮上熔融に成功した最高の融点である。

Y. Takano, T. Hatano, A. Fukuyo, A. Ishii, M. Ohmori, S. Arisawa, K. Togano and M. Tachiki, “d-like symmetry of the order parameter and intrinsic Josephson effects in $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+d}$ cross whisker junction”, Physical Review B, 65(2002) 140513.

非晶質から成長させたウィスカーを2本交叉、熱処理するだけで再現性の良い固有ジョ

セフソン特性が得られること、また交叉角の J_c 依存性が d-波超伝導の挙動を示すことなど、素子応用および超伝導機構解明に興味ある結果が得られた。

K.Nagashio, K. Kuribayashi and Y. Takanuma, "Phase Selection of Peritectic Phase in Undercooled Nb-Based Superconducting Oxides, *Acta mater.*, 48(2000) 3049-3058.

Nd 基超伝導酸化物をガス音波浮遊炉を用いて無容器溶融させることにより、包晶温度以下への大過冷却を実現した。そしてその状態からの凝固により、初晶 + 液相 = 包晶相の包晶反応を回避して、メルトから 123 超伝導相を直接に生成させる方法を確立した。

研究代表者名「研究課題名」

藤田 博之 「局所高電界場における極限物理現象の可視化観測と制御」

Toshiyoshi, M. Goto, M. Mita, H. Fujita, D. Kobayashi, G. Hashiguchi, J. Endo, Y. Wada, "Fabrication of Micromechanical Tunneling Probes and Actuators on a Silicon Chip," *Japanese J. Appl. Phys.* vol. 38, Part 1, No. 12B, Dec. 1999, p.7185-7189.

半導体技術に基づくマイクロ・ナノ加工を用いて、10nm 以下のきわめて鋭い先端曲率を持つ針端を 2 本向き合わせた構造をシリコンチップ上に作った。針と一体形成したマイクロアクチュエータで針先の間隔を縮め、真空トンネル電流を検出し、制御することができた。

Endo, J. Chen, D. Kobayashi, Y. Wada and H. Fujita, "Transmission laser microscope using the phase-shifting technique and its application to measurement of optical waveguides," *Applied Optics* OT Vol.41 (2002) 1308-1314.

バイプリズムによる位相シフト測定ができるレーザ干渉顕微鏡を開発した。光導波路デバイス内部の屈折率計測に応用し、サブ μm 領域の微小な屈折率分布を高精度に可視化定量計測できるという、従来の顕微鏡にない機能を実証した。

Y. Gohda and S. Watanabe, "Total energy distribution of field-emitted electrons from Al(100) surface with single-atom terminated protrusion," *Physical Review Letters*, 87 (2001) pp. 177601-1-177601-4.

先端が単原子で終端されている鋭い突起を持つアルミニウム表面からの電界放出電子のエネルギー分布において、突起サイズが大きい場合には 2 つのピークが現れるのに対し、小さい場合にはピークが一つしか現れないという、顕著な突起サイズ効果を見出した。

研究代表者名「研究課題名」

本河 光博 「強磁場における物質の挙動と新素材の創製」

K.Watanabe, S.Awaji, K.Takahashi, G.Nishijima, M.Motokawa, Y.Sasaki, Y. Ishikawa, K.Jikihara and J. Sakuraba,

論文タイトル：Construction of the Cryogen-Free 23 T Hybrid Magnet

雑誌名：IEEE Trans. Appl. Supercond、発行年：2002、巻数 12、ページ 678-681

世界初の無冷媒ハイブリッドマグネットは、外側の無冷媒大口径超伝導マグネットと 360mm の室温ボア中心に 7.5T を発生させ、内側の 15.5T 大電力水冷マグネットと組み合わせて、52mm の室温ボアに 23T の定常強磁場を発生できる設計である。液体ヘリウムを一切使用しない画期的な 23T ハイブリッドマグネットが実現する予定である。

T.Sato, Y.Yamada, S.Saijo, T.Nakaura, T.Hori, R.Hirose, N.Tanaka, G..Sazaki, K.Nakajima, N.Igarashi, M.Tanaka, Y.Matsuura

Enhancement in the perfection of orthorhombic lysozyme crystals grown in a high magnetic field (10T)

雑誌名：Acta Cryst、発行年：2000、巻数 D56、ページ 1079-1083

鶏卵白リゾチーム（タンパク質）の斜方晶系結晶を 10T の均一磁場中で育成したところ、無磁場下に比べて結晶のモザイシティが顕著に減少すると共に、最大分解能および回折スポット数も格段に向上し、結晶の品質が向上することを初めて見出した。

N. Kitamura, M. Makihara, M. Hamai, T. Sato, I. Mogi, S. Awaji, K. Watanabe and M. Motokawa,

Containerless Melting of Glass by Magnetic Levitation Method

雑誌名：Jpn. J. Appl. Phys. 、発行年：2000、巻数 39、ページ L324

ハイブリッドマグネットと炭酸ガスレーザを用いて、磁気浮遊状態を利用した無容器溶融装置を開発した。球状ガラスの作製に世界で初めて成功し、高純度・高均質な材料創製への可能性を示した。

3 . シンポジウム等

シンポジウム名	日時	場所	入場者数	特記事項
研究領域「極限環境状態における現象」シンポジウム	H9,12,26 ~ 12,27	金属材料技術研究所 (つくば)	約 200 名	研究領域として計 21 課題が決定したことから各チームの研究内容を紹介
研究領域「極限環境状態における現象」シンポジウム	H12,11,24	コクヨホール (東京・品川)	約 180 名	H7 年度、8 年度採択課題の研究発表
研究領域「極限環境状態における現象」シンポジウム	H12,4,10	日本薬学会館 (東京・渋谷)	約 190 名	H7 年度採択課題の研究実施終了シンポジウム

研究領域「極限環境状態における現象」シンポジウム	H13,11,21 ～11,22	コクヨホール (東京・品川)	約 180 名	領域シンポジウム兼 H7 年度採択課題の研究実 施終了シンポジウム
研究領域「極限環境状態における現象」シンポジウム	H14,10,18	日本薬学会館 (東京・渋谷)	約 170 名	H9 年度採択課題の研究 実施終了シンポジウム

4．受賞等

受賞者名	賞の名称	授与者名	受賞日（時期）
青木 勝敏	つくば賞	茨城県科学技術振興 事業団	1997 年
外村 彰	Benjamin Franklin 賞	America Franklin 研究所	1999 年
東 正樹	井上学位奨励賞	井上科学振興財団	1997 年
野原 実	井上学位奨励賞	井上科学振興財団	1997 年
秋光 純	仁科記念賞	仁科記念財団	1997 年
森 敏	日本農学会賞・ 読売農学賞、	日本肥料土壌学会 読売新聞社	2001 年
清水 克哉	Van Valkenberg 賞	America Gordon Research Conference	1999 年
前野 良輝	久保亮五記念賞	井上科学振興財団	2000 年
今中 忠行	日本生物工学会賞	日本生物工学会	2001 年
今中 忠行	有馬啓記念インダスト リー協会賞	有馬啓記念 インダストリー協会	2001 年
藤田 博之	政府教育・学術功労勲章 シュバリエ	フランス政府	2001 年
前田 弘	本多記念賞	本多記念会	2001 年

5．その他の重要事項（新聞・雑誌・テレビ等）

④安彦研究チームによる超高純度金属・合金の意外な優れた諸物性、機械的性質に関する報道として：

NHK 教育 TV サイエンスアイ 1998, 12, 21.
NHK 総合 TV お早う日本「情報ボックス」 2000, 12, 11.

NHK 総合 TV ゆうゆう東北 2001, 3, 7.

NHK 教育 TV フォーラム (70 分間) 2000, 3, 30.

日本経済新聞 超高純度鉄 高温変形 2000, 10, 9.

日本経済新聞 技術創生紀 鉄も水も進化 2001, 3, 15.

他、日本産業新聞 7 件、河北新聞、東京新聞、中日新聞、経済産業新報
ブリタニカ国際年鑑 1998 年版「先端技術」、P.325

専門雑誌掲載 10 件

@北澤研究チームの位相観測用 1MV (100 万ボルト) 高輝度電子顕微鏡に関しては
第 37 回 科学技術映像祭 (科学技術振興事業団)「電子波で見るミクロの世界」
科学技術庁長官賞

第 38 回日本産業映画・ビデオコンクール (日本産業映画協議会)「電子波で
見る量子の世界—外村 彰のフランクリン賞—」通産大臣賞

@高野研究チームの超伝導臨界温度 40K の MgB₂ の発見は 1999 年 2 月以降、全国紙、
国内紙に 80 近くの記事として載り、Nature 誌に紹介された。

@森研究チームの「アルカリ土壌で生育するイネの開発」は 1997 年 7 月に 4 大全国紙、
Nature Biology 誌、Science 誌、及び NHK TV ニュースで紹介された。

@遠藤将一研究チームによる固体酸素の超伝導発見は 1998 年 6 月に朝日新聞及び
Nature 誌に、また鉄の超伝導発見は 2001 年 7 月に毎日新聞及び朝日新聞に紹介さ
れた。

@蔡研究チームによる 2 元系準結晶の発見は 2001 年 2 月に Physics Today 誌に載っ
た。

@今中研究チームによる地下深度からの微生物採取とそれらからの高機能性酵素タン
パク質の抽出・発見は 1999 年 4 月以来、朝日、日本経済、読売の全国紙及び地方紙
に合わせて 40 編の記事として紹介されている。

6 . その他の添付資料

特になし。

7 . 中間評価結果、事後評価結果

[添付資料参照。](#)