



JP0050684

JAERI-Review

2000-012



先端基礎研究専門部会評価結果報告書

2000年7月

研究評価委員会

日本原子力研究所
Japan Atomic Energy Research Institute

**PLEASE BE AWARE THAT
ALL OF THE MISSING PAGES IN THIS DOCUMENT
WERE ORIGINALLY BLANK**

本レポートは、日本原子力研究所が不定期に公開している研究報告書です。
入手の問い合わせは、日本原子力研究所研究情報部研究情報課（〒319-1195 茨城県那珂郡東海村）あて、お申し越してください。なお、このほかに財団法人原子力弘済会資料センター（〒319-1195 茨城県那珂郡東海村日本原子力研究所内）で複写による実費頒布をおこなっております。

This report is issued irregularly.

Inquiries about availability of the reports should be addressed to Research Information Division, Department of Intellectual Resources, Japan Atomic Energy Research Institute, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken, 319-1195, Japan.

© Japan Atomic Energy Research Institute, 2000

編集兼発行 日本原子力研究所

先端基礎研究専門部会評価結果報告書

日本原子力研究所
研究評価委員会

(2000年7月4日受理)

研究評価委員会は、「日本原子力研究所における研究開発評価の基本指針」及び「研究所評価委員会及び研究評価委員会規程」に基づき、先端基礎研究専門部会を設置し、先端基礎研究センターの研究開発課題について、平成10年度終了テーマの事後評価及び平成12年度からの新規テーマの計画の事前評価を実施した。同専門部会は8名の専門家で構成された。

先端基礎研究専門部会は平成11年9月17日に開催された。評価は、事前に提出された評価用資料及び専門部会における被評価者の説明に基づき、研究評価委員会によって定められた評価項目、評価の視点、評価の基準に従って行われた。同専門部会が取りまとめた評価結果報告書は研究評価委員会に提出され、平成12年3月14日に審議された。研究評価委員会はこの評価結果を妥当と判断した。本報告書はその評価結果である。

Report of the Review Committee on Evaluation of the Research Subjects
In the fields of Advanced Science Research

The Research Evaluation Committee

Japan Atomic Energy Research Institute
Uchisaiwai-cho, Chiyoda-ku, Tokyo-to

(Received July 4, 2000)

On the basis of the JAERI's Basic Guidelines for the Research Evaluation Methods, etc. the Ad Hoc Review Committee composed of eight experts was set up under the Research Evaluation Committee of the JAERI in order to review the research theme completed in FY1998 and those planned for five years starting in FY2000 in the Advanced Science Research Center. The Ad Hoc Review Committee meeting was held on September 17, 1999. According to the review methods including review items, points of review and review criteria, determined by the Research Evaluation Committee, the review was conducted based on the research results/plan documents submitted in advance and presentations by the Research Group Leaders. The review report was submitted to the Research Evaluation Committee for further review and discussions in its meeting held on March 14, 2000. As a result, the Research Evaluation Committee acknowledged appropriateness of the review results. This report describes the review results.

Keywords: Research Evaluation, R&D Subjects Evaluation, Pre-review, Post-review, Advanced Science Research

評価の経緯について

研究評価委員会事務局
(企画室 研究評価推進室)

研究評価委員会は、「日本原子力研究所における研究開発評価の基本指針」（平成 10 年 4 月 1 日策定）及び「研究所評価委員会及び研究評価委員会規程」（平成 10 年 4 月 1 日策定、平成 11 年 4 月改正）に基づき、先端基礎研究センターの研究課題について、平成 10 年度に終了した研究結果の事後評価、及び平成 12 年度からの 5 年間の研究計画の事前評価を実施するため、「先端基礎研究専門部会」を平成 11 年 7 月 14 日に設置した。

先端基礎研究専門部会は 8 名の専門家で構成され、平成 11 年 9 月 17 日に開催された。評価は研究評価委員会によって定められた事前評価の方法に従って行われた。同専門部会は評価結果を取りまとめ、平成 12 年 2 月 1 日に池田部会長が「先端基礎研究専門部会評価結果報告書」を研究評価委員会委員長に提出した。研究評価委員会は平成 12 年 3 月 14 日に第 4 回研究評価委員会を開催し、同専門部会の池田会長から「先端基礎研究専門部会評価結果報告書」の説明を受け、審議を行った。審議の結果、本専門部会評価結果は妥当なものだと判断し、同日、研究評価委員長は同報告書を日本原子力研究所理事長に答申した。

平成 11 年度研究評価委員会委員 (13 名)

- | | |
|-----------------|--|
| 西澤 潤一
(委員長) | 岩手県立大学長
(財)半導体研究振興会半導体研究所長
(半導体工学) |
| 秋山 守
(委員長代理) | (財)エネルギー総合工学研究所理事長
日本原子力学会会長
(原子炉熱設計、熱流体工学、安全工学、エネルギー変換) |
| 秋元 勇巳 | 三菱マテリアル㈱取締役社長
(物理化学、核化学) |
| 石樽 顕吉 | 東京大学大学院工学系研究科教授
(原子炉化学、放射線化学) |
| 井上 信 | 京都大学原子炉実験所長
(加速器科学、原子核物理学) |
| 岡田 雅年 | 金属材料技術研究所長
(金属材料・工学、金属科学、原子炉材料) |
| 菊田 惺志 | (財)高輝度光科学研究センター理事、放射光研究所副所長
(X線光学、X線量子光学) |
| 草間 朋子 | 大分県立看護科学大学長
(放射線防護、胎児の放射線影響) |
| 友野 勝也 | 東京電力株式会社フェロー
(原子力発電) |
| 藤原 正巳 | 核融合科学研究所長
(プラズマ物理、核融合) |
| 宮 健三 | 東京大学大学院工学系研究科教授
(核融合工学、電磁現象工学) |
| 矢川 元基 | 東京大学大学院工学系研究科教授
(計算科学、原子力工学(構造設計)) |
| 山崎 敏光 | 日本学術振興会監事
(原子核物理学、素粒子ビーム科学) |

先端基礎研究専門部会
評価結果報告書

平成 12 年 2 月

日本原子力研究所
研究評価委員会
先端基礎研究専門部会

はじめに

先端基礎研究センターが5年まえ設立されて以来、原子力開発・利用の先未来に目を据えて、その幅広い可能性の追求を目指す一方で、自然科学の基礎研究、あるいは新規な科学技術開発の糸口となる応用自然科学研究をも包含して、より広い視野からの原子力科学の立場から研究を行なってこられたその実績は、本専門部会委員全員がすでに認識していることである。本専門部会委員はこのようなこれまでの本研究センターの過去の実績、特に採択されてこられた研究課題を中心とする本センターの在り方をそれぞれの立場に応じて勉強し、自らが抱えている原子力科学研究の在り方との会話を繰り返しつつ、先端基礎研究センターの次への展開を目指す全体目標を伴い、研究の基本的考え方ならびにその具体的内容にも理解を深めるように努力し、更に研究推進のための総合的方針についても学び、本センターの新たな発展の足がかりの一助となるべく、評価の務めを果たすべく努力して来た。本専門部会委員は必ずしもその研究分野が原子力と直接関係するものばかりではない。しかし、原子力科学という言葉は非常に奥深いものである。前世紀末に発見された核壊変に基づく放射能の発見は20世紀になって大きく展開されて今日に到っている微視的自然観を導く源となったといっても過言ではない。その自然観は単に純粋な自然科学の分野のみでなく新しい応用自然科学の分野に広がり、日常の人間生活にきわめて有効なエネルギー源を生み出す技術を生み、さらに今世紀の科学技術の発展を招来するに到っている。原子力科学技術はさらに極微世界から各階層の複雑な相互作用で組み立てられた世界に至るいろいろの分野に拡がって活躍している。その意味では全委員とも原子力科学との掛かり合いは深いと結論づけてよからう。

本委員会はまず第一回の会合で委員会の役割を確認した上で、先端基礎研究センター長から本センターにおける研究の基本方針について直接説明を受けた。その上で平成10年度研究を終了した課題の成果説明を受て、事後評価の参考とした。ついで、新たに先端基礎研究センターの研究プロジェクトとして採択を申請されておられる3研究課題の内容すなわち、その目的ならびに研究達成の目標等について、各プロジェクトのリーダー就任予定者から説明を受けた。本委員会はこれらの聴取資料ならびに付託の参考資料を基に、先ず各委員が別個に独自の立場から評価を行いこれをまとめ、さらに相互に評価機会をもった上で最終的に委員長が報告書としてまとめあげた。

わが国でも近年基礎科学研究重視の風潮が増してきたことはたしかである。基礎研究といってもいろいろある。このなかにあつて、知的重みが大きく、独創的な、原子力科学の学術的あるいは科学技術的発展に寄与する可能性のある、夢をもった研究を如何にして掘り出すかを考え、一方でこれまでにない新規な発想もはじめは小さな個別的な研究から芽生える事を考えると研究評価の重要性をひしひしと感じさせられる。

平成12年2月1日
先端基礎研究専門部会
部会長 池田重良

総合所見

事後評価対象テーマ：ウラン化合物における超伝導の研究

本研究では、研究の目標に対して、まず研究の対象とするウラン化合物の選択、高純度結晶の合成から始めて、それらの物性の精密な測定実験に入り、これに成功して新しい理論概念を構築した。そして電子状態の計算を導入した卓越した解析、そしてそれらの成果を基として重い電子系の超伝導の特異性を証明し、ウラン化合物の示す磁気を媒介にした超伝導の発見に至っている。すべての点で、目的を達成した研究であると高く評価する。

本研究の目標は本センターが研究目標として打ち建てた 3 本の分野の一つである。「重元素科学」の研究の内、当面の目標としている、「ウランおよび超ウラン科学」に関する研究である。

5f 電子のからむ磁性や超伝導に関する物性研究には、ウランを含む物質を使うことが最も効果的である。わが国では唯一核燃料物質を大量に扱える技術と体制が整っている原子力研究所という研究環境の特徴を最大限に活用して、高純度ウラン化合物作成の技術を当センターに根付かせ、中性子散乱の実験を行なってきた。そして同物質系の超伝導が磁性と密接に関係し、さらに奇パリティであるという画期的な発見等その研究成果は、疑いもなく世界第一級のものであると云える。5 年のプロジェクトでこのような高い目的達成度を得るためには周到な計画が必要であるが、本研究のリーダーは本研究を綿密にしかも深く遂行するために、関連する物性研究者を広い視野に立って選び、研究の遂行に応じて順次参加、協力を求めた。これによって、実験と解析の両面において、結果として、全国的に広がった研究体制を形成するに到っている。これには本研究リーダーの卓越した識見と熱意と統率力が大きな力であったと評価する。あえて問題点と云えばサブリーダーの役割が鮮明でなかったと云うことである。この点に関しては基礎研究センターとしてもサブリーダーの位置付けについて統一した考え方が欲しい処である。

本研究にによって生み出された研究成果は、76 編もの学術論文、4 編の総説さらに 3 度の招待講演等によって公開されている。この分野の海外の研究者の反響は大きいと聴いている。今後ともこの方面の研究を押し進めることが非常に大事な時期であると考えられる。一方この成果は今後の物性研究の飛躍的進展、特に酸化物超伝導機構の解明に大きな影響を及ぼすことであろう。

また、研究に参加した博士課程の学生が当該研究で立派な成果を挙げ、それを基として新たな研究活動に進まれて行かれたことは、若手研究者の育成の面から、当研究プロジェクトの別の面の大きな成果であると云える。

本研究は、その表題の研究目標を達成して、ウラン化合物の持つ特異的な物性の発現の機構の解明に成功したばかりでなく、その研究グループの構成、研究協力体制の規模そして研究の進め方、取り入れた研究方法等いろいろな面で研究プロジェクトの在り方の一つのモデルを示してくれたと感じている。

事前評価対象テーマ：超重力場を用いた物質制御研究

本研究は遠心機を利用して、重力加速度の 10^6 倍程度の加速度を発生する装置を開発して、それを高温で稼働させて物質に軸方向の圧力を加えて、その中の原子の挙動を解明して行くと共に新たな構造を持つ物質群の創製を行なうことを目的としている。新規性、独創性豊かな基礎研究である。同位体分離の方法論のブレークスルーをも計画に入っており、新規な材料開発の立場からも「原子力開発および利用の今後の発展に不可欠であり、かつ科学技術一般の発展にも寄与し得る先端性の富んだ基礎研究を行なう」という本研究センターの基本目標に適合した研究である。冒険的要素が強いが、予備的研究実験で行なわれた成果に対する評価は高い。超重力傾斜場における物質中の原子の拡散の問題や、新しい非平衡状態での固体物性や化学反応など、学術的にも研究を進める意義は大きいと考えられる。このようなことを考えると、物性物理や新物質創製、さらには宇宙、天体における物質の存在態様の研究など、他の科学、技術の研究分野に対する波及効果も大きいことが期待される。以上のことから本研究プロジェクトが先端基礎研究センターが推進することは極めて意義深く妥当であると評価する。

研究予算等については概ね妥当と考える。しかし、グループリーダー予定者は装置の開発にもかなりの実績があり、既に超重力下での研究の実績も有しておられるが、本研究の実施に際し、リーダーは主として当先端基礎研究センターより遠隔の地に居られることになる。本研究計画が、センターの重要な研究プロジェクトの一つとなることを重く観て、研究者の数とその配置等、サブリーダーの役割をも加えて十分に考慮して、センターでの研究が円滑に進むように支援すべきである。

全く新規な分野であるので、研究の推進に当たっては理論研究者等の参加も範囲に入れて、基礎研究を十分に行なった上で同位体分離や極低温実験を行なうのが適切ではないか、そのためには中間評価の必要があるろうという意見が多かったことを付記する。

事前評価対象テーマ：超流動反応場の原子・分子の研究

この研究は量子液体であるヘリウム中での原子、分子の形態、化学反応に関するものである。液体ヘリウム超流動は物理の世界と云うイメージが強く化学反応の研究とはかけ離れていた。低温で中間反応物質を固定化する等のことは行なわれていたが、極低温における液体ヘリウムの超流動状態を反応場として、積極的に利用するアイデアはこれまでに現れてこなかった。まさに新規な研究計画である。この点については、当専門部会委員の中でその発想を高く評価する者がかなりあった。研究は、始めに、ヘリウムを中性子で照射することによって生成される陽子の超流動場での形態に関して行なう計画になっている。この第一段階の実験では原研の原子炉からの中性子線を利用することになっており、施設の特徴を活かした妥当な計画である。この後、実験はリチウム原子等のより重い原子の反応を目指している。種々の放射線、光を利用した実験も計画されている。最終段階では、固相反応研究へ進もうと云うわけである。研究の流れも妥当である。また応用としては、水素やリチウムの同位体分離を意図している。この研究に関して、これを独創的と見る評価が多かったが、一方で新規性は認めても画期的な発展を疑問視する意見も見られた。研究は対象化学種として水素同位体やリチウム同位体など比較的軽い原子が挙げられている

が、将来より複雑な炭素原子を含む有機化合物系の反応に拡張の可能性等が見えない等の意見が出ている。

本研究は超流動状態ならびに常流動状態の液体ヘリウムという極低温での化学反応に関する研究として他に見られない基礎的研究である。この溶媒の中では溶存種間の相互作用が非常に弱いと考えられる。超流動がどんな役割を果たすのか、そのような中でどのように化学種間の反応が進むのか、実験法も含めて学術上から見ても研究の実施は意義深いと判断する。一見地味な研究であるが、中性子照射による新しい化学種の生成、同位体分離の新手法発見の可能性も考えられるので、基礎原子科学の研究課題としてこれを推進、育成する評価を認めたい。

ただし、本研究について上にも触れたように、今後の可能性を考える資料に定量的な分析が少なく未明な点があることは否めない。グループリーダー予定者はこの分野に関連した研究ではかなりの実績を有しており、本研究発想の動機となった実験も見えており、基礎研究センターに流れは作られていることでもあるので、研究計画の内容を慎重に練られて量子場化学という化学の新分野を切り開いて欲しい。(研究費についても当初から大きなプロジェクトを考えずに中間で内(自己)外の評価を行ないつつ拡張していく方針の提案があったことを付記しておく。)

事前評価対象テーマ：磁気顕微鏡による極微磁気構造の研究

超伝導量子干渉素子 (SQUID) による磁束量子の観測は最近注目を集めている。本研究では SQUID を用いた空間分解能 50nm の磁気顕微鏡の開発を行い、これによって、主に中性子小角散乱でも観測が困難である磁束格子の融解、無秩序状態の研究を行なおうとしている。開発される装置は、中性子散乱の実験と相補的な技術を提供するし、ウラン化合物の磁性や超伝導研究にも強力な手助けとなることは確かである。その意味では世界で初めてであり、先端的な技術開発研究と云える。本基礎研究センターにおいても極めて有用であり、学術的にも十分価値のあることは当部会全員の一致した意見であり、研究の重要性、必要性ならびその成果の波及効果の極めて大きいことから、原則としてこのような先端科学技術の装置の開発研究プロジェクトを実施することは意義深いと考える。

しかし、研究の方向性、進め方ならびに研究グループの本研究に対する姿勢については殆んどどの委員が疑問を感じている。すなわち、研究の目的、主体を本当はどこに置いているのか、ナノメータの分解能を実現するための独創的アイデアを具体的に発信し、実施できる研究者が本研究グループの構成組織の中に見えない。磁気物性の研究については、グループリーダーを始めとして申し分のない組織であるが、必要に応じて民間企業の研究者、技術者を組織の構成員に加えて基礎研究を推進していくことは開かれた基礎研究センターとして許されることであろう。

これらの点を考慮して、「原子力研究所らしい、原子力研究所でなければならない研究を」という本先端基礎研究センターの「研究の基本的考え方」を念頭に置いて、この学術的にも非常に価値の高い研究の裾を広げていくよう期待する。

目次

はじめに
総合所見

1. 専門部会の設置	1
2. 評価方法	1
2.1 専門部会の構成	1
2.2 事後評価及び事前評価対象研究開発課題	1
2.3 専門部会開催	1
2.4 評価の具体的な方法	2
2.4.1 事後評価	2
2.4.2 事前評価	2
3. 研究開発課題の事後評価及び事前評価の結果	3
3.1 先端基礎研究センターにおける研究の基本方針についての所見	3
3.1.1 先端基礎研究センターにおける研究の基本方針の概要	3
3.1.2 所見	4
3.2 事後評価：ウラン化合物における超伝導の研究	6
3.2.1 「ウラン化合物における超伝導の研究」結果の概要	6
3.2.2 評価結果	7
3.2.2.1 項目別評価	7
3.2.2.2 総合評価	9
3.3 事前評価：超重力場を用いた物質制御研究	11
3.3.1 「超重力場を用いた物質制御研究」計画の概要	11
3.3.2 評価結果	12
3.3.2.1 項目別評価	12
3.3.2.2 総合評価	14
3.4 事前評価：超流動反応場の原子・分子研究	15
3.4.1 「超流動反応場の原子・分子研究」計画の概要	15
3.4.2 評価結果	16
3.4.2.1 項目別評価	16
3.4.2.2 総合評価	17
3.5 事前評価：磁気顕微鏡による極微磁気構造の研究	19
3.5.1 「磁気顕微鏡による極微磁気構造の研究」計画の概要	19
3.5.2 評価結果	20
3.5.2.1 項目別評価	20
3.5.2.2 総合評価	21

1. 専門部会の設置

「日本原子力研究所における研究開発評価の基本指針」及び「研究所評価委員会及び研究評価委員会規程」に基づき、先端基礎研究センターの研究テーマについて、平成10年度終了テーマの事後評価及び平成12年度に開始する新規研究テーマの5年間の計画の事前評価のため、平成11年7月12日、研究評価委員会の下に先端基礎研究専門部会が設置された。

2. 評価方法

2.1 専門部会の構成

部会長：池田 重良 立命館大学客員教授
評価委員：山崎 敏光 日本学術振興会監事
専門委員：新井 正敏 高エネルギー加速器研究機構教授
上田 和夫 東京大学物性研究所教授
勝又 紘一 理化学研究所主任研究員 磁性研究室長
佐藤 衛 横浜市立大学大学院総合理工学研究科教授
庄野 安彦 東北大学金属材料研究所
中井 浩二 東京理科大学理工学部教授

2.2 事後評価及び事前評価対象研究開発課題

事後評価：

(1) ウラン化合物における超伝導の研究（ウラン超伝導研究グループ）

事前評価：

(1) 超重力場を用いた物質制御研究（超重力場物質制御研究グループ）

(2) 超流動反応場の原子・分子研究（超流動反応場研究グループ）

(3) 磁気顕微鏡による極微磁気構造の研究（ナノセンシング磁気顕微鏡研究グループ）

2.3 専門部会開催

日時：平成11年9月17日（金） 13:30～17:30

場所：原研本部（富国生命ビル 28階 小会議室）

議事：

(1) 部会長挨拶、部会の進め方

(2) 先端基礎研究センターの研究の基本方針について

（説明者：安岡弘志先端基礎研究センター長と質疑応答）

(3) 事後評価対象研究テーマについて（40分 x 1件）

（説明者：大貫惇睦グループリーダーと質疑応答）

(4) 事後評価及び事前評価対象研究テーマについて（30分 x 3件）

（説明者：真下茂グループリーダー、荒殿保幸グループリーダー、鈴木純市サブリーダーと質疑応答）

(5) 専門部会内の打ち合わせ（評価についての総合討議及び評価結果のまとめ方針）

2.4 評価の具体的な方法

2.4.1 事後評価

事前に提出される評価用資料及び専門部会における説明に基づき、下記の評価項目、評価の視点、評価の基準に従って、評価を実施する。

1) 項目別評価

(1) 評価項目及び評価の視点（「 」は評価の視点）

a) 研究課題の目的達成度（「成果の内容及び成果の発表」）

b) 当初の研究計画の妥当性（「目標の設定、研究資源の利用、スケジュール等における成功・不成功の原因の把握と分析」）

c) 成果の波及効果の有無（「原研内外の研究者、研究機関へのインパクトなど」）

d) 将来への研究開発の展開の可能性

(2) 評価の基準

上記の1)項目別評価に対して、5段階評価（5：優秀、3：普通、1：劣る）を行う。

2) 総合評価(所感、問題点、提言等)

上記の項目別評価等を基にして、当該研究テーマに対する総合評価(所感、問題点、提言等)を記す。

2.4.2 事前評価

事前に提出される評価用資料（研究計画提案書）及び専門部会における説明に基づき、下記の評価項目、評価の視点、評価の基準に従って、評価を実施する。

1) 項目別評価

(1) 評価項目及び評価の視点（評価の視点は「 」で示す）

a) 研究目的、意義は適切か（「研究テーマの選定（方向性・目的・目標等）の妥当性」）

b) 研究の新規性・独創性は高いか、学術的意義は高いか

c) 研究の進め方は適切か（「スケジュール・研究手法の妥当性」）

d) 資源配分は適切か（「研究予算、人員構成、使用装置等の妥当性」）

e) 成果の他分野への波及効果は期待できるか（「波及効果の有無」）

(2) 評価の基準

上記の1)項目別評価に対して、5段階評価（5：優秀、3：普通、1：劣る）を行う。

2) 総合評価(所感、問題点、提言等)

上記の項目別評価等を基にして、当該研究テーマに対する総合評価(所感、問題点、提言等)を記す。

3. 研究開発課題の事後評価及び事前評価の結果

3.1 先端基礎研究センターにおける研究の基本方針についての所見

3.1.1 先端基礎研究センターにおける研究の基本方針の概要

先端基礎研究センターは、原子力の新しい可能性を求めて世界をリードする創造的、先端的研究を展開してきているが、本年度よりセンター長が交代し新しい体制のもとで更なる発展を遂げようとしているところである。

当センターの新しい目標は“21世紀の原子力関連技術を支える総合的、先導的基礎研究を推進し国際的な COE を目指す”ことである。特に、国際化については、研究プロジェクトに積極的に著名な外国人を登用し研究の活性化を計ることや、平成 11 年 6 月に完成した先端基礎研究交流棟を活用し国際的なシンポジウムやワークショップを企画、開催し国際交流を促進すること等を計画している。

研究の重点項目としては以下の 4 つを取り上げる。

1) ウラン及び超ウラン科学

ウラン化合物の基礎物性を磁性や超伝導、材料科学の分野から実験、理論の両面から追求していく。また、ウラン酸化物の金属化にも取り組む。

従来この分野での研究は 10 年度終了テーマである「ウラン化合物における超伝導研究」グループが大きな成果を残して諸外国からも注目を浴びている。12 年度新規テーマを立案する上でも、新物質の創生技術の開発や局所磁気特性の可視化技術に関する研究は不可欠で、「超重力を用いた物質制御研究」及び「磁気顕微鏡による極微磁気構造の研究」に関するプロジェクト研究を発足させる計画である。

2) ウラン及び超ウラン元素の分離・濃縮科学

この分野に関する科学的、生物学的、更に物理的基礎技術の探求を行う。

12 年度はこれに関連して、超流動ヘリウムを化学反応場とした量子媒体中での化学反応の特質を明らかにする研究、「超流動反応場の原子・分子研究」プロジェクトを発足させる。このグループでは、反応の特殊性を利用する水素同位体やリチウム同位体の分離技術の可能性を探る研究も行う。

3) 重元素合成と核化学

重イオン加速器を用いて新アイソトープを探索し、その核化学的な研究を行う。

4) 粒子ビーム物性

原子、分子、イオンビーム等の加速ビームと物質の表面との相互作用を解明することで、新しい物質や機能を探索していく。

具体的な活動状況については、平成 11 年 5 月 21 日に開催された第 21 回基礎研究推進委員会で提案し了解が得られた国際化についての以下の項目が現実になろうとしている。

1) センター主催の国際シンポジウムの開催

第一回「先端基礎研究国際シンポジウム」として平成 11 年 10 月 31 日から 11 月 2 日に「中性子散乱研究の進歩」というテーマで開催する。

2) 外国人グループリーダーによる「ウラン NMR に関する研究」に関する国際的な研究プロジェクトを計画する。

更に、平成 13 年度概算要求に向けて、中性子グループの活性化、理論グループの新設や新しいビーム物性研究の組織化等検討中である。

3.1.2 所見

1) 「全体目標」について

先端基礎研究センターが原子力開発・利用の今後の展開に不可欠であり、かつ科学技術一般の発展にも寄与し得る先端性に富んだ基礎的研究を重点的、効果的に実施することを大きな目標に掲げて、創造性の研究を大きく育てて、世界に発信させて原子力科学の新たな発展に貢献しようとする考えについては全委員がこれを高く評価している。その意味で放射場科学ならびに重元素科学は原子力研究の先端的広がりを目指すものであり、基礎原子科学については、幅広くより深い、原子力科学研究の創造的発信を目指し、原子力の可能性を追及するものとして日本原子力研究所内に設置された基礎研究センターとしての位置付けを明確に表している。その推進のために、本先端基礎研究センターの設立の趣旨に理解の深い、いろいろの分野の学術研究者によって構成される基礎研究推進委員会の意見を聴き、黎明研究の成果を受け入れる等、幅広い視野にたつて研究課題を選び、目的、目標を明確にしながらも研究者の自主性、創造性を重んじて自由な研究活動の展開を支援する在り方は、今後もこれを維持してより開かれた、学術的にもレベルの高い研究所の道を進むものとして意義深い。

さらに本センター設立5年を経過し、発展の第2期に入るに当たり、全体目標はこれまでと変わらず、放射場科学、重元素科学、ならびに基礎原子科学の3つの分野について原子力の幅広い可能性を求め、創造の芽を世界に先駆けて育てることを目的としているが、特にこの分野における世界的な国際的研究拠点を目指して、運営面の活性化を心掛け、当面の目標として「ウランおよび超ウラン科学」、「重元素合成と核科学」ならびに「粒子ビーム物性」に関する研究の積極的な展開を行なうことを強調している。これは原子力研究所所属の先端基礎研究センターとして、原子力科学研究の先導的役割を果たそうとしていることを考えて極めて当を得た進み方であると高く評価する。研究は5年を限度として実施することも原則的に賛成であるが、柔軟性を保持して欲しい。また今後も研究テーマを20程度に増加させようとしているが慎重に考え、本当に先端的、独創性のある研究ばかりが行なわれるCOEであって欲しい。小粒でもうんと辛ければ良い。

2) 「研究の基本的考え方」について

研究課題の選定に当たって、「原子力研究所らしい、原子力研究所で初めて可能になる基礎科学研究」を基本として振舞うことは、本研究センターの役割を考えて極めて妥当である。その上に立って「原子力の研究開発を基本理念に据えて広い視野のもとに一般基礎科学においても先導的役割を果たす研究を実施する」考えは大切である。しかし、1)放射場科学研究および2)重元素科学研究あるいは3)基礎原子科学研究のそれぞれの分野に分かれていても、研究の内容によっては複数の分野にまたがることは当然ありえることである。現在進行している研究課題等についても核反応を含めて各分野に互って基礎科学の先端的課題であって、原子力科学の研究所としての特色を表している。一般的に基礎原子科学の分野研究課題の選択は難しいが、その選択に当たっては十分な考慮が必要である。上記の

基本的考え方をにらみつつ、これからも純粋に基礎的な研究課題、あるいは独創性がある発展性を内蔵しているような研究の育成を心掛けて、その時点では原子力と直接の関係が見え難い、すなわち、時間的にあるいは空間的に距離があっても、それに余り拘って研究者の自由な発想を摘まないように、これまでの広い視野に立った本先端基礎センターの在り方の特色を伸ばしていくことを期待する。本研究センターが原子力の幅広い活用を目指してその可能性を追及する面と、上の 1)、2)の分野を睨んだより広い自由な科学・技術の基礎研究育成の面を含んでいることは他では得難い在り方である。なお研究課題発掘の場として黎明研究推進制度の活用は意義あることであるが、本制度の位置付けを明確にして置くべきである。今回申請の3課題は基礎原子科学研究に属する研究課題として事前評価を行なった。

3) 「総合的推進方策」について

本研究センターが外部との風通しをよくして、原子力研究所内の他の部局の研究者はもちろんのこと、国内の研究機関からプロジェクトリーダー、客員研究員をはじめとして各種の協同研究者を集めて、一体となってプロジェクト研究を進めていることはすでに高い評価を受けている。研究テーマによっては、国内からの協同研究者の中に民間企業の研究者も受け入れることも考えるべきであろう。より流動性を高めることを望む。

今後、外国からの研究者の研究参加を促進させて、本研究センターを国際的に原子力基礎科学の先端的研究の中心拠点としようとする計画とその実現へ向けての努力に対しては、これを全面的に支持し強く期待したい。その意味で中性子散乱に関する国際会議を開催することは意義のある、当を得た企画であると評価する。今後さらに外国の優れた、創造性豊かな研究者を発掘して招聘し、本研究センターにおいて研究に没頭出来る制度を増強すべきである。また、センターの研究の真の活性化のためには、それぞれの課題研究の場で本研究センターの研究者が主体となるか、実質上の主役的役割を発揮することが望ましい。そしてまた、センター内部からより多くの創造の芽が伸びることが望ましい。その意味でも職員を減らす理由が見つからない。

3. 2 事後評価：ウラン化合物における超伝導の研究

3. 2. 1 「ウラン化合物における超伝導の研究」結果の概要

グループ名：ウラン化合物超伝導研究グループ

予算総額：128,987千円（5年間）

内訳	研究設備費	77,000千円
	試験研究費・運営経費	51,987千円

グループ構成員：

リーダー	大貫 惇睦 (客員研究員 大阪大学大学院理学研究科教授)
サブリーダー	兼務 中村 彰夫 (原研 物質科学研究部 主任研究員)
	山本 悦嗣、芳賀 芳範 (原研 先端研 研究員)
	樋口 雅彦 (専門研究員)
	中本 忠宏、本間 徹生 (博士研究員)
	筒井 智嗣 (特別研究生)
	兼務 数又 幸生 (原研 物質科学研究部 主任研究員)
	兼務 岡安 悟、正木 信行 (原研 物質科学研究部 研究員)

目的：

磁気秩序と超伝導が共存する特異な化合物 UPt_3 、 UPd_2Al_3 、 URu_2Si_2 、及び U_6Fe 、 UBe_{13} 、 $CeRu_2$ を研究対象とし、原材料のウランの精製から始めて、世界で最高品位の純良単結晶を育成し、NMR、ドハース・ファンアルフェン効果測定、メスバウア分光等を用いて、これらの超伝導の特性を明らかにする。

主な成果：

超高真空エレクトロトランスポート法により精製した原材料ウランを使って、世界最高純度の各種ウラン化合物単結晶の育成に成功し、以下の超伝導研究を可能にした。

UPt_3 では、 ^{195}Pt 核のNMRの測定を行い、電子系ではじめて奇パリティの超伝導が実現していることを発見した。また、ドハース・ファンアルフェン効果を測定し、主要フェルミ面をすべての方位で観測するとともに、重い電子状態が実現していることを直接示すことに成功した。

UPd_2Al_3 の中性子非弾性散乱実験から、超伝導状態において磁気励起ギャップが生じていることを発見し、従来のBCS超伝導理論におけるフォノンとは異なり、クーパー対形成に磁気に関与していることを初めて示した。さらに、新しいプローブとして ^{238}U メスバウア分光測定を行い、反強磁性状態におけるウランサイトの内部磁場を初めて観測した。

本研究グループで育成されたウラン化合物単結晶試料は、国内の10余の拠点大学で研究に使われ、世界的にも認知されるようになった。また、従来のBCS超伝導理論の枠を超えた新しいタイプの超伝導が実現している物質例として、酸化物高温超伝導体と並んでウラン化合物が認知されたことも重要である。 UPd_2Al_3 の中性子非弾性散乱実験では、中性子散乱グループとともに有効賞を受賞した。以上の研究成果は、3度の招待講演を通して国際会議で発表され、76編の莫大な論文として結実した (H. Tou et. al., “Odd-parity superconductivity with parallel spin pairing in UPt_3 : evidence from ^{195}Pt Knight shift study”, Phys.

Rev. Lett. 77 (1996) 1374; N. Metoki et. al., “Superconducting energy gap observed in the magnetic excitation spectra of a heavy fermion superconductor UPd_2Al_3 ”, Phys. Rev. Lett. 80 (1998) 5417 など)。

3. 2. 2 評価結果

3. 2. 2. 1 項目別評価

a) 研究課題の目的達成度 (平均評価点：4.9。 5点満点、以下同様)

5f電子系は、遷移金属化合物のd電子系と希土類金属化合物の4f電子系をつなぐ接点に位置しており、極めて興味深い性質を示す。5f 電子のからむ磁性や超伝導に関する物性研究には、ウランを含む物質を使うことが最も効果的である。ところが、その重要な物質の取り扱いが大学等では核物質・放射性物質取り扱いに関する規制などによって困難である。日本では唯一核燃料物質を大量に扱える技術と体制を整えている原研が、その特徴を最大限に活かした成果であった。

論文等発表数、受賞数など多数で申し分ない業績があがった。世界最高品質の UB_4 , UPt_3 , UPd_2Al_3 , URu_2Si_2 単結晶の育成に成功したことは高く評価される。 UPt_3 の Pt NMR の測定からこの系における超伝導は、従来の BCS 理論で考えられていた s 波によるのではなく、p波またはf波によることを発見したのは重要な成果である。その他、ドハース・ファンアルフエン測定により、重い電子状態を観測するなど、多くの成果が得られた。研究を先端基礎研究センター内に留めずに広く内外の大学研究者と協力研究を押し進めた。それが成功の大きな要因になっていると考える。

さらに、原研が供用している原子炉による中性子散乱実験を強く押し進めており、設定された研究環境の特徴を最大限に活用した結果ともなっている。同物質系の超伝導が磁性と密接に関連し、更に、奇パリティであるという画期的な発見等のこれまでの研究成果は、疑いもなく世界第一級のものであり、研究の目的達成度としては最高のものと言って良い。ウランという原研の環境を生かした物質系の試料作成の技術を当研究センターに根付かせた点は、高く評価される。日本のf電子系の研究は伝統的に高い水準にあるが、その超伝導に関してはオリジナルな貢献が十分とはいえない状況にあったが、当プロジェクトの研究から超伝導に関しても第一級の成果が出たことは大きな業績である。本研究の成果は、76編の原著論文に掲載された。また、専門誌における解説、そして、新聞発表を通して広く関連分野の研究者や一般への啓蒙を行うなど十分な発表が行われている。

b) 当初の研究計画の妥当性 (4.7)

本研究の目標は本センターが研究目標として打ち建てた3本の分野のなかの「重元素科学」の研究の内、当面の目標としている「ウランおよび超ウラン科学」の研究を分担したものである。そして5f電子系であるウラン化合物の超伝導に着目し、研究を従来の考え方とは異なった性質を示す特異なウラン化合物に注目している。この研究の設定の背景には多年の地道な専門的経験と知識の積み上げがあり、緻密な予備的検討が行なわれた様子がうかがえる。本研究では実試料の作製から出発している。テトラアーク炉および高周波

溶融炉の導入(平成 6 年度)、NMR 法の利用(平成 7 年度)、超高真空固相電解装置(平成 7 年度)、中性子散乱装置(平成 8、9 年度)のいずれの研究資源も適切に利用されていると判断される。高温熱処理を必要とするウラン化合物の大型の単結晶の作製はその成功までに、幾多の試行錯誤を繰り返したことと思うがウランの化合物を気兼ねなく取り扱える場はわが国では限られている。本研究は本研究センターの研究課題としてきわめて適切なものであり、さらにこの地味な単結晶づくりに粘りつよく取り組む研究を、本研究センターの所属研究者が分担した事は、本研究成功への道づくりの為に大事な選択であったと評価したい。本研究リーダーは本研究を綿密にしかも深く遂行するために、関連する物性研究者を広い視野に立って選び、研究の進展に応じて順次研究への参加、協力を求め、これによって、実験、解析両面において、結果的に全国に広がった研究態勢を形成するに至っている。これには本研究リーダーの卓越した識見と熱意と統率力が大きな力であったと評価したい。実際、超伝導と中性子散乱を用いて観測される磁気揺らぎの関連など、測定手段でも原研の特徴を生かした研究計画が立てられた。ただ、5f 電子系は超伝導に留まらず、特異な磁氣的性質自体が重要な研究テーマである。実際、この系の超伝導の基本もその磁氣的性質にあることが次第に明らかになってきている。そうした意味で、超伝導が主眼であることには問題はないが、もう少し広がりのある余地のある研究テーマとしておいた方が、その後の展開がより自在になされたのではないだろうか。

c) 成果の波及効果の有無 (4.9)

UPt₃ のドハース・ファンアルフェン効果の測定が英国ケンブリッジ大学のロンザリッチ教授のグループとしのぎを削りつつフェルミ面の全貌を明らかにしたこと、UPd₂Al₃ の中性子非弾性散乱によるスピン揺らぎと超伝導の相関の発見など、国際的にも大きなインパクトを持つ成果を生んだと評価できる。

そして、超伝導と磁気秩序(磁性)の間に新規の関係を見出したこと、ウランの純良化に関して新技術を開発し、ウラン化合物の純良化に大きく貢献したことはたいへん注目され、その成果は、原研内外の研究者のみならず他の国内外の多くの研究機関に対して大きなインパクトを与えたと判断される。特に、超伝導と磁気秩序(磁性)の間に新規の関係は、関連分野の今後の研究に新たな研究開発の発芽を生み出し、これまでまったく予想できなかった新しい発見に繋がるものと期待される。5f 電子の物性を調べる道を開き、新しい発見をするほかいろいろな知見を広げたことによる波及効果は極めて大きい。

今後いろいろ実用的な面でも波及効果がみられると思う。原子力研究所内外を含めてウラン化合物にはまだまだ未知の情報が含まれている事を認識させる一方で、中性子散乱研究の有用性、重要性を確認させて、これからの幅広い応用の展開が期待される。またウラン化合物のような非常に取り扱いが制限されている材料の高純度化合物の単結晶成長は基礎、応用科学の立場ばかりでなく実用の面からも重要な技術としてその波及効果は大きいものと考えられる。本研究の成果に対して賞が授与されたばかりでなく、研究に協力参加した若い研究者の中からも学協会からの研究奨励賞の受賞者がでている。本研究への参加が若い研究者にとって大きな刺激となったことは確かであろう。これにより、同研究グル

ープは、ウラン化合物の研究において世界第一級になったばかりではなく、日本の大学等の同研究分野の大きな活性化に寄与すると共に、我が国の同研究分野のレベルを世界をリードする立場にすることになり、その波及効果はこの上なく大きなものがあったと言える。

d) 将来への研究開発の展開の可能性 (4.6)

本研究はウラン化合物の物性研究のなかで超伝導に的を絞って進めて来た。そしてその結果ウランの持つ磁性との深い関係を発見しその機構を明快に解明した。ウラン化合物と限らず、物質の持つ性質を研究することによりその成果が、他の研究の発展を大きく進める場合が多々ある。ことにウラン化合物の超伝導の機構がこれまで知られてきたフォノンを媒介とする伝導電子の対生成とまったく異なる機構による可能性が同研究により理解されつつあり、さらに、奇パリティというこれまで想定されなかった対称性であることを指摘したことは大変大きな成果である。この成果は、今後の物性研究の飛躍的進展、特に酸化超伝導機構の解明に大きな影響を及ぼすことは確かなことである。

しかしながら、同研究による結果に対して海外の研究グループからの反論も出ていることもあり、今後とも同研究を押し進めることが非常に大事な時期に来ている。また、関連する物質系に対しても世界で最高品質の単結晶を作成し、系統的な研究の推進が大変期待されている。また、本研究により、5f 化合物の物性の本質が明瞭な形で示されたといえることができる。また、物性研究における 5f 元素の取り扱いの点でもモデルケースとして、将来の研究開発に役立つものと思われる。ウラン化合物の物性はまだまだ未知のものを秘めていると考えて良いであろう。未知の部分が多いと考えられるが、それこそが(先端)基礎研究であり、当該研究を核に大きな良質の単結晶に成長していくことを期待したい。それは、当該研究が試料作りに重点をおいた地道な研究の上に立って定量的かつ系統的に行われたことから判断すると、その確率は決して低くはないはずである。超伝導を含めて、ウラン化合物の持つ特異的物性、反応性の発見とその機構解明の為の努力は今後も続けられ、大きく広がっていくものと考えられる。それは純粋な学術的立場からのみならず、ウランと常に付き合う原子力研究所として、いつ必要とならないとも限らない知識の蓄積の上からもきわめて重要なことと考える。このような基礎研究の先に広がる可能性は極めて広い。ウラン化合物の精製や試料作成の技術的な開発は、将来さらに大きな研究開発の展開を期待させる。

3. 2. 2. 2 総合評価 (所感、問題点、提言等)

本研究では、研究の目標に対して、まず研究の対象とするウラン化合物の選択、高純度結晶の合成から始めて、それらの物性の精密な測定実験に入り、これに成功して新しい理論概念を構築した。そして電子状態の計算を導入した卓越した解析、そしてそれらの成果を基として重い電子系の超伝導の特異性を証明し、ウラン化合物の示す磁気を媒介にした超伝導の発見に至っている。すべての点で、目的を達成した研究であると高く評価する。

本研究の目標は本センターが研究目標として打ち建てた 3 本の分野の一つである。「重元素科学」の研究の内、当面の目標としている、「ウランおよび超ウラン科学」に関する研

究である。

わが国では唯一核燃料物質を大量に扱える技術と体制が整っている原子力研究所という研究環境の特徴を最大限に活用して、高純度ウラン化合物作成の技術を当センターに根付かせ、中性子散乱の実験を行なってきた。そして同物質系の超伝導が磁性と密接に関係し、さらに奇パリティであるという画期的な発見等その研究成果は、疑いもなく世界第一級のものであると云える。5年のプロジェクトでこのような高い目的達成度を得るためには周到な計画が必要であるが、本研究のリーダーは本研究を綿密にしかも深く遂行するために、関連する物性研究者を広い視野に立って選び、研究の遂行に応じて順次参加、協力を求めた。これによって、実験と解析の両面において、結果として、全国的に広がった研究体制を形成するに到っている。これには本研究リーダーの卓越した識見と熱意と統率力が大きな力であったと評価する。あえて問題点と云えばサブリーダーの役割が鮮明でなかったと云うことである。この点に関しては基礎研究センターとしてもサブリーダーの位置付けについて統一した考え方が欲しい処である。

本研究にによって生み出された研究成果は、76編もの学術論文との4編の総説さらに3度の招待講演等によって公開されている。この分野の海外の研究者の反響は大きいと聴いている。今後ともこの方面の研究を押し進めることが非常に大事な時期であると考えられる。一方この成果は今後の物性研究の飛躍的進展、特に酸化物超伝導機構の解明に大きな影響を及ぼすことであろう。

また、研究に参加した博士課程の学生が当該研究で立派な成果を挙げ、それを基として新たな研究活動に進んで行ったことは、若手研究者の育成の面での当研究プロジェクトの大きな成果であると云える。

本研究は、その表題の研究目標を達成して、ウラン化合物の持つ特異的な物性発現の機構の解明に成功したばかりでなく、その研究グループの構成、研究協力体制の規模そして研究の進め方、取り入れた研究方法等いろいろな面で研究プロジェクトの在り方の一つのモデルを示してくれたと感じている。

3. 3 事前評価：超重力場を用いた物質制御研究

3. 3. 1 「超重力場を用いた物質制御研究」計画の概要

グループ構成員：

リーダー	真下 茂 (客員研究員 熊本大学工学部 助教授)
	長壁 豊隆 (原研 先端研 研究員)
兼務	柴田 猛順 (原研 物質科学研究部 主任研究員)
兼務	大場 弘則 (原研 物質科学研究部 研究員)
	岸川 俊明 (熊本大学工学部 助教授)
	毛利 信男 (客員研究員 東京大学物性研究所 教授)
	竹下 直 (客員研究員 東京大学物性研究所 助手)
	高橋 博樹 (客員研究員 日本大学文理学部 助教授)
	伊原 博隆 (客員研究員 熊本大学工学部 教授)

研究目的：

極低温から高温までの温度領域で超重力場の実現を可能にし、超重力場下で生じる凝集物質中の原子や同位体の挙動やその構造を解明するとともに、超重力場を用いた新物質創製プロセスや新しい極限物性研究の開拓を図る。

研究内容：

500°Cまでの高温で、遠心力により 100 万 g レベルの超重力場を発生できる世界最高性能の高温型超重力場発生装置を開発し、超重力場下での金属・半導体合金、化合物や高分子の相分離、組成の傾斜化、結晶成長等の研究を行い、原子スケールの傾斜構造、複合構造の形成や分子、結晶の配列配向、不定比化合物、非平衡相の合成など新しい物質創製プロセスの開拓を目指す。また、超重力場下における同位体分離・濃縮の可能性を探る。

さらに、全温度、特に極低温でのその場観察が可能で、200°C万 g レベルの超重力場を発生できるその場観察用全温度超重力場発生装置を開発し、結晶の各元素原子に選択的にかかる重力による特殊な結晶状態を実現させ、固体の格子力学や電子物性の新しい展開を図る。

新規所要予算：

初年度	第2年度	第3年度	第4年度	第5年度	合計
40,000	40,000	50,000	40,000	20,000	190,000 千円

(主な装置) 超重力場発生装置、同位体重力分離装置、全温度超重力発生器、相分離自動測定器

(研究の主な実施場所) 東海研究所

基礎研究推進委員会のコメント：

${}^6\text{Li}$ 、 ${}^7\text{Li}$ 同位体の分離などの可能性もあり興味ある研究であり、本テーマの研究計画(案)は了承する。

中間評価：無し

3. 3. 2 評価結果

3. 3. 2. 1 項目別評価

a) 研究目的、意義は適切か (4.4)

超遠心機技術からヒントを得た、大きな加速度を発生する装置を開発し、それを高温で運転することによって、遠心力により各原子にかかる体積力により物質に一軸方向の特殊変位を加え、物質の改質、生成を試みようとする研究であり、原子スケールの傾斜構造その他の新たな構造を持つ物質群を作ってみようというのは、確かに独創的な研究といえる。大胆な発想であるが、未開の研究である。極限状態における原子階層の動向に関する基礎原子科学的研究として意義のある研究と評価する。リーダーが期待している目標にどこまで到達するかは別として、自然科学の基礎、応用の両面から見て、試みる価値のある研究と考え、遂行は妥当であると判断する。

しかし、その分だけ冒険的要素が強いこともまた事実である。特に、極低温下での超重力場発生装置の開発がどのような意義を持つ研究に繋がるかについては、格子力学や電子物性などへの展開が予想されるとしているが、また、超高压物理学との比較研究についても、どこに接点を見い出せるか今後の課題であろう。新しい材料を作るならば、当然その材料評価が必要であるが、どのようにするのか不明である。ただし、前半の目標である同位体分離の研究は原研らしいテーマである。

b) 研究の新規性・創造性は高いか、学術的意義は高いか (4.6)

等方的に圧力をかけるのではなく、遠心分離器により一方向へ加速度をつけて一軸的な力を物体に与え、物質中の原子配置を傾斜させるアイデアは凝集力に関する新しい知見が得られると期待される。研究の新規性・創造性については極めて高いと評価でき、技術開発としては直ちに意味を持つであろう。超重力場の発生の方法論の確立ならびにそのような極限状態の環境における物質の性質に関する情報が得られることは、基礎科学の分野において、学術的にきわめて意義ある大切な事項と考える。熱エネルギーに匹敵する超重力場が原子、分子に直接作用することにより、拡散、格子力学などに関連した新しい固体物性分野が発展することを期待したい。発展の方向は、宇宙天体における物質の存在態様、新物質創成などの研究や、物性科学の新分野の展開などが考えられよう。

しかし、同位体分離については、既存の技術を超えるような可能性を見通した上で考えて良いのではないか。もっと面白い可能性があるのに力を分散させることはないと思う。

c) 研究の進め方は適切か (3.9)

高温型超重力場発生装置の開発とそれを用いた新しい物質プロセスの開拓については、既に予備実験もされた状態であり、順調な研究の展開が予想される。研究の推進には、十分広い範囲の理論家等からの助言を得ることも必要である。

装置の製作状況に応じて研究テーマの絞り出しが必要であろう。平成 12 年に大容量高温型超重力場発生装置の装置を製作し、同年内に同位体分離の可能性の可否を決定し、直ちに翌年同位体分離専用の装置を製作する計画になっているが、研究者数も考慮して着実な計

画を建てて、超重力場と云う新しい極限の世界に萌芽した基礎科学がしっかりと根付き、その上で同位体分離の花が咲くことを望む。

後半に計画している極低温での観察を可能にする技術は大変難しそうに思う。この部分は、中間評価を行なうことによって計画を認めるか否かを定めるべきであろう。研究の進捗状況によっては、既に芽の出ている物質開発の面に特化する選択肢もある得る。物性物理への発展には、実験的に解決すべきことも多いと思われるが、この物性現象を取り扱う理論の展開が鍵となる気がする。非平衡現象を扱う必要がある。実験・理論両面での戦略を建てる必要がある。グループリーダーが熊本大学所属であることが、本計画の推進を困難にする可能性は小さくないであろう。人的資源(研究員、博士研究員、特別研究生等)と経費(旅費・交通費等)の支援に充分配慮することが強く望まれる。

d) 資源配分は適切か (3.4)

研究予算については、極低温でのその場観察用の超重力場発生装置の開発と物性物理への適用が具体的目標として成立するかどうかで判断が分かれよう。前半2年間に関しては、申請者のこれまでの経験によるところであり、問題は無いであろう。しかし、後半3年間に関しては、c)でも述べたが、どの様な研究をメインに進めて行くかによって異なるであろう。全温度超重力発生装置を作るのであれば、12年度から予備研究を始めなければ無理であろう。

人員構成については、熊大工と東大物性研と原研で3極構造を形成しているので、この3者がどれだけ密に協力して研究を行なっていくかが大切であろう。グループリーダーと先端研メンバーとの協力関係が十分明示されていない。特に遠隔地に拠点があることを考慮して、原研側の柔軟な対応が必要となろう。

対象物質の選択、実験条件の設定などで、理論家の助言が有効なことが考えられる。グループリーダーが先端基礎研究センターから離れた処に居られる。このような場合こそ本当にサブリーダーの役割が大切と感じる。出来ればさらにリーダーの直属の研究者が一人、原研に長期滞在して研究し、サブリーダーとリーダーの間の研究連絡がとれることが望ましい。

e) 成果の他分野への波及効果は期待できるか (4.1)

超重力場はまさに未踏の領域である。その場における物質科学の研究は本研究グループをもって創始とするといつて良いであろう。当分は基礎研究が続く。しかしこの研究が引き金となって一方で純粋科学のいろいろの分野で本研究の成果に注目して超重力場を利用する基礎研究、応用研究が芽生えて来ることが期待される。新しい非平衡状態での固体物性や化学反応など、興味ある展開が期待できよう。これは、準結晶が発見された時同様に、結晶性物質と非晶質物質のある種の間物質、或いは、準2次元、準1次元物質となりうるからである。また、高分子、生命物質の分野にも波及効果をもたらすことが大変期待できると思う。物質制御の研究成果は直接材料科学の分野の新技术として、物質分離、材料改質や新物質創製への応用が多方面へ拡散して行くものと期待している。同位体分離など

原子力に関連した技術開発につながる可能性もある。さらに天体の極限物質に及ぶ研究に発展すれば素晴らしいと考える。

3. 3. 2. 2 総合評価（所感、問題点、提言等）

本研究は遠心機を利用して、重力加速度の 10^6 倍程度の加速度を発生する装置を開発して、それを高温で稼働させて物質に軸方向の圧力を加えて、中の原子の挙動を解明して行くと共に新たな構造を持つ物質群の創製を行なうことを目的としている。新規性、独創性豊かな基礎研究である。同位体分離の方法論のブレークスルーをも計画に入っており、新規な材料開発の立場からも「原子力開発および利用の今後の発展に不可欠であり、かつ科学技術一般の発展にも寄与し得る先端性の富んだ基礎研究を行なう」という本研究センターの基本目標に適合した研究である。冒険的要素が強いが、予備的研究実験で行なわれた成果に対する評価は高い。超重力傾斜場における物質中の原子の拡散の問題や、新しい非平衡状態での固体物性や化学反応など、学術的にも研究を進める意義は大きいと考えられる。このようなことを考えると、物性物理や新物質創製、さらには宇宙、天体における物質の存在態様の研究など、他の科学、技術の研究分野に対する波及効果も大きいことが期待される。以上のことから本研究プロジェクトが先端基礎研究センターが推進することは極めて意義深く妥当であると評価する。

研究予算等については概ね妥当と考える。しかし、グループリーダー予定者は装置の開発にもかなりの実績があり、既に超重力下での研究の実績も有しておられるが、本研究の実施に際し、リーダーは主として当先端基礎研究センターより遠隔の地に居られることになる。本研究計画が、センターの重要な研究プロジェクトの一つとなることを重く観て、研究者の数とその配置等、サブリーダーの役割をも加えて十分に考慮して、センターでの研究が円滑に進むように支援すべきである。

全く新規な分野であるので、研究の推進に当たっては理論研究者等の参加も範囲に入れて、基礎研究を十分に行なった上で同位体分離や極低温実験を行なうのが適切ではないか、そのためには中間評価の必要があろうという意見が多かったことを付記する。

3. 4 事前評価：超流動反応場の原子・分子研究

3. 4. 1 「超流動反応場の原子・分子研究」計画の概要

グループ構成員：

リーダー	荒殿 保幸 (原研 先端研 主任研究員)
	高柳 敏幸 (原研 先端研 副主任研究員)
	熊田 高之 (原研 先端研 研究員)
兼務	黒崎 優 (原研 光量子科学センター 研究員)
	宮崎 哲郎 (客員研究員 名古屋大学区大学院工学研究科 教授)
	塩谷 優 (研究嘱託 広島大学工学部 教授)
	駒口 健治 (研究嘱託 広島大学工学部 助手)
	熊谷 純 (研究嘱託 名古屋大学区大学院工学研究科 助手)
	(研究嘱託 低温物性物理分野)
	(博士研究員)

研究目的：

従来、物理の範疇であった超流動ヘリウムを、化学反応等の化学現象の観察の場として利用し、常流動、固体ヘリウムも含めて、新しい化学分野の開拓を目指す。すなわち、超・常流動液体ヘリウム及び固体ヘリウムを主たる反応場として、バブル原子、バブル電子やスノーボール等の関与する化学反応機構を実験及び反応理論の両面から検討し、量子媒体中での化学反応の特質を明らかにする。

研究内容：

レーザーアブレーションや原子炉照射等により、バブル原子、スノーボール等を超・常流動液体ヘリウム中に導入し、光・磁気 (ESR) 分光や放射化学的方法により反応速度や反応機構を実験的に検討するとともに理論的研究を行う。これらにより、量子性がマクロに発現される超流動状態下での化学反応の特質を、常流動状態や固体ヘリウム及び他の希ガス媒体中での反応との関連により明らかにする。また、液体ヘリウム中での反応の特殊性を利用する水素同位体 (^1H 、 ^2H 、 ^3H) やリチウム同位体 (^6Li 、 ^7Li) 等の同位体分離の可能性を探る。

新規所要予算：

初年度	第2年度	第3年度	第4年度	第5年度	合計
51,100	35,000	25,000	35,000	13,000	159,000 千円

(主な装置) 原子導入装置、ESR周辺装置、同位体比分離装置、ヘリウム再凝縮装置、同位体分離試験装置

(研究の主な実施場所) 東海研究所

基礎研究推進委員会のコメント：

本テーマの研究計画 (案) は了承する。

中間評価：無し

3. 4. 2 評価結果

3. 4. 2. 1 項目別評価

a) 研究目的、意義は適切か (4.3)

液体ヘリウム超流動場は物理の世界と云うイメージが強く化学反応の研究分野とはかけ離れていた。本研究は超流動場を、全く新しい化学種溶存の場と定めて、そこでの溶質—溶媒相互作用、溶質間相互作用、化学反応等がどのようなものかを探求しようとするもので、全く新しい化学反応場の開拓である。極限低温化学の先端的研究として意義深い。量子液体である液体ヘリウム中での原子、分子の形態、反応について研究を行うものである。低温に於ける量子液体の存在が、原子、分子を孤立させ、そのおかれるエネルギー状態を原子質量に応じて規定してしまうことが根本にある。この種の研究はこれまでほとんどなく、化学反応の実時間分析が可能になるものであり、また、同位体分離の新たな可能性も含んでいると思われる。このようなことから、原子力開発及び利用の今後の発展に不可欠であり、かつ科学技術一般の発展にも寄与しうる先端性に富んだ基礎研究を行う」という原研・先端基礎研究センターの基本的目標と合致していると考えられる。

しかしながら、この研究期間内に何を何処まで明らかにするのが漠然としていて明確でない。また、本研究を申請するにあたっての事前の基礎研究やその成果についての説明は十分ではないように思われる。化学反応に利用する対象物質として水素同位体やリチウム同位体など比較的軽い原子が挙げられているが、将来、有機化学反応で必須の炭素原子まで拡張するのは評価するにあたって非常に重要なポイントである。世界であまり研究がないという意味では新規性があるかもしれないが、この研究によって画期的なことが展開するかどうか不安定である。大きなプロジェクトとして研究を進めることが適切とは思えない処がある。

b) 研究の新規性・創造性は高いか、学術的意義は高いか (4.1)

これまで物理学の対象であった超流動現象を、これまでの研究成果を踏まえた上で超流動現象を起こす液体ヘリウムの利点を最大限に生かして化学反応の場として利用する点で研究の新規性・創造性が認められる。また、学術的な意義も、新しい化学反応の分野を開拓する意味において高いと判断される。この研究の本質はヘリウム中の荷電粒子がヘリウム原子に包囲されるため他のイオンや原子・分子との相互作用が弱められるということを利用して反応過程を調べようということと理解した。低温で中間反応物質を固定する等のことは行われていたが、極低温における液体ヘリウムの超流動状態を反応場として積極的に利用するアイデアは新しく、極めて独創的である。ヘリウムを用いた低温物理と原子炉照射との接点にある、化学分野として新たな展開が期待できる。発見的なテーマと考えられる。学問的意義は大きい。応用面では、水素やリチウムの同位体分離がうまくいけば、社会的インパクトは大きいであろう。

c) 研究の進め方は適切か (3.9)

本研究は、始めヘリウムを中性子で照射することにより生成される陽子の超流動ヘリウ

ム中の形態から始める。その後、より複雑な実験に進む。この第一段階の実験では日本原子力研究所の原子炉からの中性子線を利用するもので、施設の特徴を十分に活用した妥当なものと考えられる。さらに、リチウム原子等のより重い原子の研究に進み、最終段階では固相の研究へと進むもので、研究の進展の仕方としては自然な流れとなっている。理論研究との関連については明確でない。多岐にわたりすぎているような感じをうける。基礎研究の推進という観点からはそのようなテーマも取り上げるべきかも知れないが、もっと小規模の計画から始めて、成果を見ながら段階的に進める研究計画を立てるべきである。

スケジュールと研究手法に関しては概ね妥当と思われる。ただ、最終的には炭素原子を含む化合物(有機化合物)までを想定してこの超流動場を化学反応の場として利用するのが明白でない。このことは非常に重要で、炭素原子を含む化合物(有機化合物)までを想定して、本研究の手法・進め方を検討すべきであろう。

d) 資源配分は適切か (3.5)

グループリーダー予定者はこの分野の研究でかなりの実績があり、妥当な人選である。液体ヘリウムの超流動中の原子や分子の研究に関して、物理分野で優れた研究者がおり、これを活用すれば更に良い成果が期待できる。先端研のグループリーダーを中心に関連のある外部研究者との協力体制を整えており、バランスの良い計画と思われる。理論家の参画も予定されており、実験の解釈、計画立案に役立つものと期待される。実験研究員数が十分とは云えない。空白になっている博士研究員の補充が必要。本研究のポイントとして指摘した炭素原子を含む化合物(有機化合物)を化学反応物として想定することに関して、それを実行に移すためにも有機合成化学の専門家の参加が必要ではないだろうか。

e) 成果の他分野への波及効果は期待できるか (4.1)

本研究は量子媒体中での化学反応の研究であるが、また、化学者が求めている相互作用の極めて弱い溶媒和環境での化学の研究としても学術的に非常に価値ある試みであると考えている。したがって、反応物理化学の研究分野への波及効果は大きく、多くの研究者を呼び寄せるようになるだろう。有機化学の分野でも注目されるようになるであろう。本研究グループが実施計画している同位体化学の面では、基礎研究から応用研究への距離もそう長くはないことを期待する。水素やリチウムの同位体分離がうまくいけば、社会的インパクトは大きいであろう。バブルやスノーボールは、ヘリウムのとり得る特異な状態として低温物理としても面白いテーマとなる可能性がある。

3.4.2.2 総合評価(所感、問題点、提言等)

この研究は量子液体であるヘリウム中での原子、分子の形態、化学反応について研究を行なうものである。液体ヘリウム超流動は物理の世界と云うイメージが強く化学反応の研究とはかけ離れていた。低温で中間反応物質を固定化する等のことは行なわれていたが、極低温における液体ヘリウムの超流動状態を反応場として、積極的に利用するアイデアはこれまでに現れてこなかった。まさに新規な研究計画である。この点については、当専門

部会委員の中で、その発想を高く評価する者がかなりあった。研究は、はじめに、ヘリウムを中性子で照射することによって生成される陽子の超流動場での形態に行なう計画になっている。この第一段階の実験では原子力研究所の原子炉からの中性子線を利用することになっており、施設の特徴を活かした妥当な計画である。このあと、実験はリチウム原子等のより重い原子の反応を目指している。種々の放射線、光を利用した実験も計画されている。最終段階では、固相研究へ進もうというわけである。研究の流れも妥当である。また応用としては、水素やリチウムの同位体分離を意図している。この研究に関して、これを独創的と見る評価が多かったが、一方で新規性は認めても画期的な発展を疑問視する意見も見られた。研究は対象化学種として水素同位体やリチウム同位体など比較的軽い原子が挙げられているが、将来より複雑な炭素原子を含む有機化合物系の反応に拡張の可能性等が見えない等の意見が出ている。

本研究は超流動状態ならびに常流動状態の液体ヘリウムという極低温での化学反応に関する研究として他に見られない基礎的研究である。この溶媒の中では溶存種間の相互作用が非常に弱いと考えられる。超流動がどんな役割を果たすのか、そのような中でどのように化学種間の反応が進むのか、実験法も含めて学術上から見ても研究の実施は意義深いと判断する。一見地味な研究であるが、中性子照射による新しい化学種の生成、同位体分離の新手法発見の可能性も考えられるので、基礎原子科学の研究課題としてこれを推進、育成する評価を認めたい。

ただし、本研究について上にもふれたように、今後の可能性を考える資料に定量的な分析が少なく未明な点があることは否めない。グループリーダー予定者はこの分野に関連した研究ではかなりの実績を有しており、本研究発想の動機となった実験も見えており、基礎研究センターに流れは作られていることでもあるので、研究計画の内容を慎重に練られて量子場化学という化学の新分野を切り開いて欲しい。(研究費についても当初から大きなプロジェクトを考えずに中間で内(自己)外の評価を行ないつつ拡張していく方針の提案があったことを付記しておく。)

3. 5 事前評価：磁気顕微鏡による極微磁気構造の研究

3. 5. 1 「磁気顕微鏡による極微磁気構造の研究」計画の概要

グループ構成員：

リーダー 門脇 和男 (客員研究員 筑波大学物質工学系 教授)
 サブリーダー 鈴木 淳市 (原研 先端研 副主任研究員)
 掛谷 一弘 (研究嘱託 筑波大学 助手)
 兼務 北條 喜一 (原研 物質科学研究部 主任研究員)
 (博士研究員)

研究目的：

高感度でかつ高空間分解能の磁気顕微鏡を開発し、ナノメートルサイズでの磁束量子の可視化を可能にすることにより、高温超伝導体の量子磁束挙動や磁気記憶デバイスの高密度化機構などの解明を行うとともに、歪み誘導磁気の検出による構造物の非破壊評価への応用を試みる。

研究内容：

超伝導素子を用いた、極めて高感度なSQUID (超伝導量子干渉素子) を極微サイズセンサーとして利用することにより、現在マイクロメートル級の空間分解能にとどまっている磁束観察技術を進展させ、ナノメートル級の分解能を持つ磁気顕微鏡を開発する。

この磁気顕微鏡を使って、最近注目されている高温超伝導体における磁束融解やその流れの直接観察による量子磁束挙動の解明や、磁気記憶デバイスの高密度化機構の解明等を行うとともに、高感度で時間分析型の革新的ナノセンシング基礎技術を創生し、磁気光学素子や生化学反応などの局所ダイナミックスの研究に応用する。

新規所要予算：

初年度	第2年度	第3年度	第4年度	第5年度	合計
55,000	30,000	40,000	40,000	20,000	185,000 千円

(主な装置) 磁気顕微鏡、新顕微鏡設計、新顕微鏡試作

(研究の主な実施場所) 東海研究所

基礎研究推進委員会のコメント：

平面だけではなく、3次元の磁気をも観測できる顕微鏡の開発を進めることを考慮に入れて、本テーマの研究計画 (案) は了承する。

中間評価：平成14年度に実施予定。

3. 5. 2 評価結果

3. 5. 2. 1 項目別評価

a) 研究目的、意義は適切か (3.9)

SQUIDによる磁束量子の観測は、最近注目を集めている。SQUIDを用いた磁気顕微鏡の開発がこのプロジェクトの主要目的と考えられる。SQUIDを用いた空間分解能50nmの磁気顕微鏡の開発を主たる開発項目とし、それを用いて、主に超伝導体の磁束格子の研究を行おうと言うものである。とくに、中性子小角散乱(SANS)でも観測が困難である磁束格子の融解、無秩序状態の研究を行うことを目的としている。顕微鏡法の利点は実空間が直接観察できるところにあり、SANS法から得られる逆空間の情報に比べると、磁気顕微鏡の有効性は非常に高く、STMなどの新技術により可能になったナノスケールの技術は、X線や中性子の干渉散乱による間接的観察と違って、実空間における観測を可能にした点で大きな意義がある。

提案されている磁気顕微鏡もその意味で意義は大きい。しかしながら、局所的な部分のみの観測から、直ちに全体の相互作用の状態が分かるわけではないので(例えば磁束の深さ方向の情報)、両者の相補的な利用も進めるべきであると考え。本装置の完成、稼働は原子力研究所にとって非常に意義あることであろう。研究の達成目標は磁気物性研究のいろいろの問題を取り上げているが、高温超伝導体の磁束量子挙動や磁気記録デバイスの高密度化機構の解明"を目的とする本研究が、“原子力開発及び利用の今後の発展に不可欠であり、かつ科学技術一般の発展にも寄与しうる先端性に富んだ基礎研究を行う”原研・先端基礎研究センターの基本的目標と合致する方向に進んで、磁気構造に関する研究の現状のブレークスルーを達成することを期待する。

b) 研究の新規性・創造性は高いか、学術的意義は高いか (3.9)

高分解能・極微磁気顕微鏡によって現状の磁気構造解析の障壁をブレークスルー出来ることが期待され、すでに本研究グループによって他に先駆けて試作が行なわれている。その意味で新規な、創作的な開発研究といえよう。本研究によって磁気顕微鏡が完成した折りには明らかに世界的にも非常にユニークな測定結果を生むことが期待できる。従来は、中性子小角散乱法により研究がされてきたが、不規則な構造は中性子では観測できない。STMを応用した、磁気顕微鏡(MFM)の利用により、これが可能となろう。この点で、本提案は独創的であり、学術的価値は高い。しかしながら、磁束の単なる位置のみならず、磁気侵入長等に依存した磁束の形状、長さ方向のつながり具合等に関しては、やはり、中性子小角散乱の併用が必要となろう。これらの相補的な研究が一つのグループでなされて初めて世界的にも独創性があることになると思われる。

c) 研究の進め方は適切か (2.9)

このプロジェクトの第一段階はSQUIDを用いた磁気顕微鏡の技術開発であり、この第一段階の目標達成を見計らうことから計画の第3年次に中間評価を予定している。5カ年の研究の進め方と研究予算の年次計画を対比してみると多点同時計測型顕微鏡とSXXM

の製作は平成 15 年まで平行している。研究目標ではこれらの装置で多彩な測定が予定されているが、装置の開発と測定利用の項目、内容について整理する必要がある。

第一段階での磁気顕微鏡の技術開発であるが、50nm の分解能を実現するためにどのような独創的アイデアがあるのかの説明が十分ではないと思われた。外部企業の技術に頼り、その技術を“他にないカード”として磁束量子の振るまいを調べ、微細磁気構造を明らかにするというところに新規性・創造性を主張しておられるように思える。

それを用いた研究成果を挙げるには対象とする研究テーマの選択と、それに必要な良質のサンプルの準備が問題となる。現在の研究計画では、後者の側面について具体的なことは不足しているが、リーダー予定者は超伝導体材料作製では世界のトップレベルの実績をもっておられる。磁束量子および極微磁気構造の観察研究に専念する良き研究者を得られて、本研究センターの目標とする研究が達成されることを期待する。

d) 資源配分は適切か (3.0)

予算についてはともかく、構成組織人員に問題があると思う。同組織の方達はそれぞれの研究分野では世界的にも第一人者であるが、磁気顕微鏡の開発については全くの素人である。同プロジェクトを進めるにあたり、磁気顕微鏡の分野の専門家が必要であろう。企業との共同研究に重点を置かれているようなので、両者の間でスムーズな共同研究体制が築かれるよう努力していただきたい。

e) 成果の他分野への波及効果は期待できるか (4.6)

50nm の分解能を持つ磁気顕微鏡の実現は申請にもあるように、明らかに新しい局所現象の発見等の利用に威力を発揮することは間違いなく、大きな波及効果があると考えられる。本研究の特徴は、研究の新規性や独創性というよりは、本研究で得られる成果の波及効果が計り知れないほど広範囲に及ぶと言う点にあり、その意味で本研究の意義はたいへん大きいと判断される。高温超伝導体の磁束量子の構造や、その融解現象は最近非常な関心を集めており、その研究は基礎的な面で重要である。特に、不規則な構造は中性子では観測できないので、これが可能となれば、物性物理学の発展に大いに寄与すると期待される。ナノメーター領域の磁気力顕微鏡が実用化されれば、材料の非破壊検査などを通して社会的インパクトは大きい。一般社会でも電子材料をはじめ各種量子工学材料評価の場で日常利用されるようになって来るであろう。

3.5.2.2 総合評価（所感、問題点、提言等）

SQUID による磁束量子の観測は最近注目を集めている。本研究では SQUID を用いた空間分離能 50nm の磁気顕微鏡の開発を行いこれによって、主に中性子小角散乱でも観測が困難である磁束格子の融解、無秩序状態の研究を行なおうとしている。開発される装置は、中性子散乱の実験と相補的な技術を提供するし、ウラン化合物の磁性や超伝導研究にも強力な手助けとなることは確かである。その意味では世界で初めてであり、先端的な技術開発研究と云える。本基礎研究センターでも極めて有用であり、学術的にも十分価値のあ

ることは当部会全員の一致した意見であり、研究の重要性、必要性ならびその成果の波及効果のきわめて大きい事から、原則としてこのような先端科学技術の装置の開発研究プロジェクトを実施することは意義深いと考える。

しかし、研究の方向性、進め方ならびに研究グループの本研究に対する姿勢については殆んど委員が疑問を感じている。この研究をどのように位置付けするかにより、それによって評価が異なって来る。すなわち研究の目的・主体を本当はどこに置いているのか、ナノメータの分解能を実現するための独創的アイデアを具体的に発信し、実施できる研究者が本研究グループの構成組織の中に見えない。磁気物性の研究については、グループリーダーを始めとして申し分のない組織であるが、必要に応じて民間企業の研究者、技術者を組織の構成員に加えて基礎研究を推進していくことは開かれた基礎研究センターとして許されることであろう。

これらの点を考慮して、「原子力研究所らしい、原子力研究所でなければできない研究を」という本先端基礎研究センターの「研究の基本的考え方」を念頭に置いて、この学術的にも非常に価値の高い研究の裾を広げていくよう期待する。

先端基礎研究センターの本評価結果における各項目別評価の評価点数（全委員の平均）を次表に示す。

表 先端基礎研究センターの研究テーマの事後評価及び事前評価の結果

評価項目	評価結果
事後評価：ウラン化合物における超伝導の研究	
a) 研究課題の目的達成度	4.9
b) 当初の研究計画の妥当性	4.7
c) 成果の波及効果の有無	4.9
d) 将来への研究開発の展開の可能性	4.6
事前評価：超重力場を用いた物質制御研究	
a) 研究目的・意義は適切か	4.4
b) 研究の新規性・独創性は高いか、学術的意義は高いか	4.6
c) 研究の進め方は適切か	3.9
d) 資源配分は適切か	3.4
e) 予想される成果の波及効果への期待	4.3
事前評価：超流動反応場の原子・分子研究	
a) 研究目的・意義は適切か	4.3
b) 研究の新規性・独創性は高いか、学術的意義は高いか	4.1
c) 研究の進め方は適切か	3.9
d) 資源配分は適切か	3.5
e) 予想される成果の波及効果への期待	4.1
事前評価：磁気顕微鏡による極微磁気構造の研究	
a) 研究目的・意義は適切か	3.9
b) 研究の新規性・独創性は高いか、学術的意義は高いか	3.9
c) 研究の進め方は適切か	2.9
d) 資源配分は適切か	3.0
e) 予想される成果の波及効果への期待	4.6

国際単位系 (SI) と換算表

表1 SI基本単位および補助単位

量	名称	記号
長さ	メートル	m
質量	キログラム	kg
時間	秒	s
電流	アンペア	A
熱力学温度	ケルビン	K
物質	モル	mol
光度	カンデラ	cd
平面角	ラジアン	rad
立体角	ステラジアン	sr

表3 固有の名称をもつSI組立単位

量	名称	記号	他のSI単位による表現
周波数	ヘルツ	Hz	s ⁻¹
力	ニュートン	N	m·kg/s ²
圧力, 応力	パスカル	Pa	N/m ²
エネルギー, 仕事, 熱量	ジュール	J	N·m
工率, 放射束	ワット	W	J/s
電気量, 電荷	クーロン	C	A·s
電位, 電圧, 起電力	ボルト	V	W/A
静電容量	ファラド	F	C/V
電気抵抗	オーム	Ω	V/A
コンダクタンス	ジーメンズ	S	A/V
磁束	ウェーバ	Wb	V·s
磁束密度	テスラ	T	Wb/m ²
インダクタンス	ヘンリー	H	Wb/A
セルシウス温度	セルシウス度	°C	
光強度	ルーメン	lm	cd·sr
照射度	ルクス	lx	lm/m ²
放射線量	ベクレル	Bq	s ⁻¹
吸収線量	グレイ	Gy	J/kg
線量等量	シーベルト	Sv	J/kg

表2 SIと併用される単位

名称	記号
分, 時, 日	min, h, d
度, 分, 秒	°, ', "
リットル	l, L
トン	t
電子ボルト	eV
原子質量単位	u

1 eV=1.60218×10⁻¹⁹J

1 u=1.66054×10⁻²⁷kg

表4 SIと共に暫定的に維持される単位

名称	記号
オングストローム	Å
バ	b
バ	bar
ガ	Gal
キュ	Ci
レントゲン	R
ラ	rad
レ	rem

1 Å=0.1nm=10⁻¹⁰m

1 b=100fm²=10⁻²⁸m²

1 bar=0.1MPa=10⁵Pa

1 Gal=1cm/s²=10⁻²m/s²

1 Ci=3.7×10¹⁰Bq

1 R=2.58×10⁻⁴C/kg

1 rad=1cGy=10⁻²Gy

1 rem=1cSv=10⁻²Sv

表5 SI接頭語

倍数	接頭語	記号
10 ¹⁸	エクサ	E
10 ¹⁵	ペタ	P
10 ¹²	テラ	T
10 ⁹	ギガ	G
10 ⁶	メガ	M
10 ³	キロ	k
10 ²	ヘクト	h
10 ¹	デカ	da
10 ⁻¹	デシ	d
10 ⁻²	センチ	c
10 ⁻³	ミリ	m
10 ⁻⁶	マイクロ	μ
10 ⁻⁹	ナノ	n
10 ⁻¹²	ピコ	p
10 ⁻¹⁵	フェムト	f
10 ⁻¹⁸	アト	a

(注)

- 表1-5は「国際単位系」第5版、国際度量衡局1985年刊行による。ただし、1eVおよび1uの値はCODATAの1986年推奨値によった。
- 表4には海里、ノット、アール、ヘクターも含まれているが日常の単位なのでここでは省略した。
- barは、JISでは流体の圧力を表す場合に限り表2のカテゴリーに分類されている。
- E C閣僚理事会指令では bar, barnおよび「血圧の単位」mmHgを表2のカテゴリーに入れている。

換算表

力	N(=10 ⁵ dyn)	kgf	lbf
	1	0.101972	0.224809
	9.80665	1	2.20462
	4.44822	0.453592	1

粘度 1 Pa·s(N·s/m²)=10 P(ポアズ)(g/(cm·s))

動粘度 1 m²/s=10⁴St(ストークス)(cm²/s)

圧	MPa(=10bar)	kgf/cm ²	atm	mmHg(Torr)	lbf/in ² (psi)
力	1	10.1972	9.86923	7.50062×10 ³	145.038
	0.0980665	1	0.967841	735.559	14.2233
	0.101325	1.03323	1	760	14.6959
	1.33322×10 ⁻⁴	1.35951×10 ⁻³	1.31579×10 ⁻³	1	1.93368×10 ⁻²
	6.89476×10 ⁻³	7.03070×10 ⁻²	6.80460×10 ⁻²	51.7149	1

エネルギー・仕事・熱量	J(=10 ⁷ erg)	kgf·m	kW·h	cal(計量法)	Btu	ft·lbf	eV
	1	0.101972	2.77778×10 ⁻⁷	0.238889	9.47813×10 ⁻⁴	0.737562	6.24150×10 ¹⁸
	9.80665	1	2.72407×10 ⁻⁶	2.34270	9.29487×10 ⁻³	7.23301	6.12082×10 ¹⁹
	3.6×10 ⁶	3.67098×10 ⁵	1	8.59999×10 ⁵	3412.13	2.65522×10 ⁶	2.24694×10 ²³
	4.18605	0.426858	1.16279×10 ⁻⁶	1	3.96759×10 ⁻³	3.08747	2.61272×10 ¹⁹
	1055.06	107.586	2.93072×10 ⁻⁴	252.042	1	778.172	6.58515×10 ²¹
	1.35582	0.138255	3.76616×10 ⁻⁷	0.323890	1.28506×10 ⁻³	1	8.46233×10 ¹⁸
	1.60218×10 ⁻¹⁹	1.63377×10 ⁻²⁰	4.45050×10 ⁻²⁶	3.82743×10 ⁻²⁰	1.51857×10 ⁻²²	1.18171×10 ¹⁹	1

1 cal= 4.18605J (計量法)
 = 4.184 J (熱化学)
 = 4.1855 J (15°C)
 = 4.1868 J (国際蒸気表)
 仕事率 1 PS(仏馬力)
 = 75 kgf·m/s
 = 735.499W

放射能	Bq	Ci
	1	2.70270×10 ⁻¹¹
	3.7×10 ¹⁰	1

吸収線量	Gy	rad
	1	100
	0.01	1

照射線量	C/kg	R
	1	3876
	2.58×10 ⁻⁴	1

線量当量	Sv	rem
	1	100
	0.01	1

（ここに評価結果の本文が記載される）