

JAERI-Review



JP0250514

2002-025



先端基礎研究専門部会評価結果報告書
(平成14年度事後・中間・事前評価)

2002年11月

研究評価委員会

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

本レポートは、日本原子力研究所が不定期に公刊している研究報告書です。

入手の問合せは、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.

先端基礎研究専門部会評価結果報告書
(平成 14 年度事後・中間・事前評価)

日本原子力研究所
研究評価委員会

(2002 年 8 月 29 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平成 13 年度終了テーマの事後評価、平成 12 年度開始テーマの中間評価及び平成 15 年度開始テーマの事前評価を実施した。同専門部会は、8 名の外部専門家で構成された。

先端基礎研究専門部会は、平成 14 年 5 月から平成 14 年 7 月にかけて、当該部門の研究評価活動を実施した。評価は、事前に提出された評価用資料及び専門部会（平成 14 年 6 月 4 日開催）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 14 年 8 月 5 日に審議された。審議の結果、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 Evaluation by the Ad Hoc Review Committee
on Advance Science Research
(Result Evaluation, Interim Evaluation,
In-advance Evaluation in Fiscal Year 2002)

Research Evaluation Committee

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

(Received August 29, 2002)

The Research Evaluation Committee, which consisted of 13 members from outside of the Japan Atomic Energy Research Institute (JAERI), set up an Ad Hoc Review Committee on Advanced Science Research in accordance with the "Fundamental Guideline for the Evaluation of Research and Development (R&D) at JAERI" and its subsidiary regulations in order to evaluate the accomplishments of the research completed in Fiscal Year 2001, the accomplishments of the research started in Fiscal Year 2000, and the adequacy of the programs of the research to be started in Fiscal Year 2003 at Advanced Science Research Center of JAERI. The Ad Hoc Review Committee consisted of eight specialists from outside of JAERI.

The Ad Hoc Review Committee conducted its activities from May to July 2002. The evaluation was performed on the basis of the materials submitted in advance and of the oral presentations made at the Ad Hoc Review Committee meeting which was held on June 4, 2002, in line with the items, viewpoints, and criteria for the evaluation specified by the Research Evaluation Committee.

The result of the evaluation by the Ad Hoc Review Committee was submitted to the Research Evaluation Committee, and was judged to be appropriate at its meeting held on August 5, 2002.

This report describes the result of the evaluation by the Ad Hoc Review Committee on Advanced Science Research.

Keywords : Evaluation of Research, Research Evaluation Committee, Advanced Science Research, Result Evaluation, Interim Evaluation, In-advance Evaluation

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（委員長：西澤潤一・岩手県立大学長）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テーマについて、平成13年度終了テーマの事後評価、平成12年度開始テーマの中間評価及び平成15年度開始テーマの事前評価を実施するために、「先端基礎研究専門部会」を平成14年3月29日に設置した。

先端基礎研究専門部会は、8名の外部専門家で構成され（部会長：池田重良・立命館大学総合理工学研究機構SRセンター顧問）、平成14年6月4日に開催された。同専門部会による評価は、研究評価委員会によって定められた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14年8月5日に「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14年8月5日に第9回研究評価委員会を開催し、同専門部会部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。その結果、研究評価委員会は、同専門部会の評価結果が妥当なものと判断し、同報告書を平成14年8月9日付けにて日本原子力研究所理事長に答申した。

平成 14 年度研究評価委員会委員(13 名)

委員長 西澤 潤一 岩手県立大学長

委員長代理 秋山 守 (財)エネルギー総合工学研究所理事長

委 員 秋元 勇巳 三菱マテリアル(株)取締役会長

〃 石榑 順吉 埼玉工業大学先端科学研究所教授

〃 井上 信 京都大学原子炉実験所長・教授

〃 菊田 惺志 (財)高輝度光科学研究センター理事

〃 草間 朋子 大分県立看護科学大学長

〃 小林 敏雄 東京大学生産技術研究所教授

〃 斎藤 鐵哉 物質・材料研究機構理事

〃 田中 知 東京大学大学院工学系研究科教授

〃 友野 勝也 東京電力(株)顧問

〃 藤原 正巳 核融合科学研究所長

〃 山崎 敏光 東京大学名誉教授

(委員については五十音順、敬称略)

(平成 14 年 4 月 1 日現在)

先端基礎研究専門部会評価結果報告書
(平成 14 年度事後・中間・事前評価)

平成 14 年 7 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

This is a blank page.

目 次

はじめに

総合所見

1. 専門部会の目的	1
2. 評価方法	1
2.1 専門部会の構成	1
2.2 事後評価、中間評価及び事前評価対象テーマ	1
2.3 専門部会の開催	1
2.4 評価項目及び評価基準	2
3. 評価対象テーマの概要と評価結果	4
3.1 先端基礎研究センターにおける研究開発	4
3.1.1 先端基礎研究センターにおける研究計画の全体概要	4
3.1.2 所見	6
3.2 植物の形態形形成分子機構の研究：事後評価	8
3.2.1 研究実績の概要	8
3.2.2 評価結果	9
3.3 磁気顕微鏡による極微磁気構造の研究：中間評価	11
3.3.1 研究実績の概要	11
3.3.2 評価結果	11
3.4 多体ハドロン理論によるマクロ現象の研究：事前評価	14
3.4.1 研究計画の概要	14
3.4.2 評価結果	14
3.5 単一原子による重元素核化学の研究：事前評価	17
3.5.1 研究計画の概要	17
3.5.2 評価結果	18
3.6 中性子散乱によるソフトマターの構造と機能の研究：事前評価	20
3.6.1 研究計画の概要	20
3.6.2 評価結果	20
3.7 中性子光学素子の開発と中性子分光法の研究：事前評価	23
3.7.1 研究計画の概要	23
3.7.2 評価結果	23
3.8 超ウラン化合物の物理と化学の研究：事前評価	26
3.8.1 研究計画の概要	26
3.8.2 評価結果	27
3.9 反射高速陽電子回析による最表面物性の研究：事前評価	29
3.9.1 研究計画の概要	29
3.9.2 評価結果	29

Contents

Introduction

Executive Summary

1. Purpose of the Ad Hoc Review Committee	1
2. Evaluation Method	1
2.1 Organization of the Ad Hoc Review Committee	1
2.2 Research Subjects for Result Evaluation and In-advance Evaluation	1
2.3 Ad Hoc Review Committee Meeting	1
2.4 Items and Criteria for the Evaluation	2
3. Outline of the Research Subjects for Evaluation and Results of the Evaluation	4
3.1 Relation between the Research Program at Advanced Science Research Center and the Research Subjects for Evaluation	4
3.1.1 Outline of the Research Program at Advanced Science Research Center	4
3.1.2 Comments	6
3.2 Research on Molecular Mechanism of Plant Morphogenesis : Result Evaluation	8
3.2.1 Outline of the Research Achievements	8
3.2.2 Results of the Evaluation	9
3.3 Research on Local Magnetic Structure by Nanosensing SQUID Microscopy : Interim Evaluation	11
3.3.1 Outline of the Research Achievements	11
3.3.2 Results of the Evaluation	11
3.4 Research on Macroscopic Phenomena by Many-body Hadron Theory : In-advance Evaluation	14
3.4.1 Outline of the Research Plans	14
3.4.2 Results of the Evaluation	14
3.5 Research on Atom-at-a-Time Chemistry of Heavy Elements : In-advance Evaluation	17
3.5.1 Outline of the Research Plans	17
3.5.2 Results of the Evaluation	18
3.6 Research on Structure and Function of Soft Matter by Neutron Scattering : In-advance Evaluation	20
3.6.1 Outline of the Research Plans	20
3.6.2 Results of the Evaluation	20

3.7 Research and Development of Neutron Optics :	
In-advance Evaluation	23
3.7.1 Outline of the Research Plans	23
3.7.2 Results of the Evaluation	23
3.8 Research on the Physics and Chemistry of Transuranium(TRU) compounds : In-advance Evaluation	26
3.8.1 Outline of the Research Plans	26
3.8.2 Results of the Evaluation	27
3.9 Research on Topmost Surface Physics by Reflection High-Energy Positron Diffraction : In-advance Evaluation	29
3.9.1 Outline of the Research Plans	29
3.9.2 Results of the Evaluation	29

This is a blank page.

はじめに

先端基礎研究センターは来年で10周年を迎えるという。この10年間で何をしてきたか、その各論的功績はその折々の評価が物語っているので云う必要もあるまい。我々はこの研究センターの研究の視点、3研究分野の主題そして研究課題を通して、原子力というものをエネルギー源としてのみでなく、その根源から考えて、自然科学における原子力科学研究のつながりの広さ・深さを見直すようになった。

本専門部会は、今年度は平成13年度に終了した1研究テーマの事後評価及び平成12年度に開始した1研究テーマの中間評価、ならびに平成15年度開始予定の新規6テーマの事前評価を行った。これらの評価活動に関わる基本要領は、平成14年3月29日の研究評価委員会によって定められたものに従った。

まず各研究テーマに関する評価資料の提出を受け、それによって、記載内容についての質問等を含む1次評価を行った。平成14年6月4日に開催された部会会議では、各研究グループのリーダーおよびその予定者からの詳細な説明を受け、質疑討論を行った。その後、部会委員のみによる意見交換を充分な時間を掛けて行った。これらの結果をもとに委員各自が2次評価を行う、という慎重な手続きを経た。各委員は評価結果を6月12日までに事務局に提出し、部会長が報告書の原案を作成した。作成に当たっては各委員からの評価を尊重して、貴重な意見は少数でも取り入れるように努力した。

今回の評価審議に関連して、先端基礎研究センターの目標、これまでの動きと研究の成果、ならびにセンター全体の研究計画についてセンター長より説明を受けたが、国際交流の促進と研究のCOE化への推進は着実に進行しており、センターの国際的重みは、その学術的成果とともに増して来ているのを感じた。また時代の動きにも十分に配慮して、目標としている新しい物質、現象、技術の探求と新原理の構築を目指しながら、弾力的・機動的運営を心掛けておられることが平成15年度の研究計画の中からも伺うことが出来た。専門部会は事後評価、中間評価、並びに平成15年度開始予定の研究テーマの事前評価について、いざれもその研究内容の学術的価値ならびに先端基礎研究センターの役割とを重んじつつ評価を行った。一方で評価の充実に留意しつつ、また一方で専門部会の役割を超えることのないように自省を繰り返しつつ慎重に評価を行った。本評価がセンターの研究の発展の一助となれば幸いである。

本年度も非常に限られた期限の中で、例年より多い数の研究テーマの評価を強いることになった。委員各位の貴重な時間を費やしての、並々ならぬ御尽力と、事務局の適切な対応に厚く御礼を申し上げる次第である。

平成14年7月1日
先端基礎研究専門部会
部会長 池田 重良

総合所見

先端基礎研究センターにおける研究計画の全体概要

先端基礎研究センターは、この10年間に放射場科学、重元素科学及び基礎原子科学の3つの分野を大きな柱として、特色ある、活発な研究活動を続けており、研究計画の全体に亘り、国際化をも含めた柔軟で弾力性のある人材登用の方針が次第に効果を現し、研究の活性化を進めているという印象が強い。かつての原研には欠けていたもので先端基礎研究センターが開いた新しい流れである。このように先端基礎研究センターが築いてきた新しい形は、是非護って貰いたいと思う。とりわけ、原子力二法人の統合による新組織の運営理念・方針の中では基礎研究センターの理念を護っていく努力が尚一層重要になるのではないかと思う。

平成15年度からの研究計画の内容は、いずれも本研究センター重点研究項目の中で、その特色を表す重要な位置を占める先端的基礎研究である。研究開発分野として特に「ナノテク関連先端研究の推進」という我が国としても最も重要視している先端的科学・技術である項目が独立して計画されている。新しい物質や現象の探求の過程で創作される新規な技術を、ナノテクノロジーという、より先端的な観点から取り上げて、その分野の研究態勢を強化していくとする積極的姿勢を高く評価したい。国際的研究拠点(COE)化を目指すセンターの特色ある個性的な研究の展開を望むものである。

今回、事前評価の対象となった新規テーマは6件であったが、その一つであるハドロン理論の研究は、これまでの極限条件における理論の研究を強化して新しい発展を求める多体ハドロン系の理論の展開を目指している。中性子散乱に関する課題が2件提案されているが、強力な中性子源の実現を視野に入れた強力な実験体制の充実はセンターとして必須且つ緊急の課題である。また重元素科学の研究領域から提案された課題は、いずれも核化学と関係が深く原子力研究所の特色の表れた研究テーマである。いずれも慎重に検討された研究課題で高く評価したい。

今回事後評価の対象となった研究テーマは1件であったが、研究内容は2種類あった。いずれもイオンビームに関わる研究であったが、植物分子生物学的視点に立った基礎研究として立派な成果を挙げられたことを高く評価し、これをもって本研究を終了することが妥当であると判断した。生命科学的研究に対するセンターの事後の展開に期待する。

中間評価対象の研究テーマについては初期の目標と現時点の研究の進捗状況を慎重に対応して評価を行ったが迷うところが多かったというのが実情である。

植物の形態形成分子機構の研究（事後評価）

本研究は、植物形態形成機構研究において最も重要なオーキシンの作用機構と植物細胞の死に焦点を絞り、突然変異体の分離解析や遺伝子の単離を目標として実施された研究で、オーキシンに関する研究、植物細胞死に関する研究、共に優れた研究成果を挙げている。オーキシンに関する研究成果の論文は非常に数多く学術誌に掲載され、また特許も出願さ

れていて、目的達成度は高い。重イオンビームの植物形態形成の細胞死に対する効果についても、変異遺伝子の単離手法の開発、それによるアポトーシス制御遺伝子の発見など、新たな優れた研究成果を挙げている。実験室の構築からはじめて、これだけの研究成果を挙げたことを高く評価したい。植物細胞が強固な細胞壁に覆われているため非常に遅れていた研究分野において、イオンビームを利用して、植物細胞に動物のアポトーシスと類似した細胞死を誘引することを見出したことは、原研の特徴を充分生かした大きな成果であり、細胞死抑制遺伝子の単離の成功、非破壊的発現部位の検出法の確立等、波及効果が期待できる。本プロジェクトを通じて若手研究者が育ったことも成果の一つである。大変効率的に研究が進み、コストパフォーマンスも極めて良いものであった。

本研究は、遺伝子解析をメインにした分子遺伝学的な研究であるが、分子遺伝学的研究から構造生物学的研究に発展させていかれることを強く要望したい。幸いにも、本研究は東大分子細胞研究所・内宮研究室で継続されるとともに、原研・高崎研植物資源利用研究室でも継続されるとのことで、先端基礎研究センターの適正な判断であると高く評価したい。

磁気顕微鏡による極微磁気構造の研究（中間評価）

本研究では、磁気顕微鏡の高分解能化と極微磁気構造観察への応用研究を実施している。応用研究は、種々の超伝導体における量子化磁束観察を中心に進められている。これまでには磁気顕微鏡の高分解能化の研究が中心で、検出コイルの設計に工夫を凝らすなど、ある程度の進展は認められるが、本来目的としていた50nm領域の分解能を達成することはまだできず、中間報告段階ではその進捗状況が順調であるとは判断できない。今後目標が達成できるかについての指針も明瞭ではなく、走査SQUID顕微鏡の技術開発に関して全面的にメーカーに依存している点も問題である。一方、既存の磁気顕微鏡を利用した磁気構造の研究については、これまで試験的性格が強かったために発表論文数は多くはないが、これまでよりはより微視的観察が可能となり、それに見合う成果は得ていると判断する。しかし、2年間の研究としては不十分である。

目標どおりの高分解能磁気顕微鏡が開発されれば、これをを利用して、先端基礎研究センターにおける極限物性研究は中性子散乱実験と相俟って、理論、実験両面においてナノレベルの研究がより深く進展することが期待できると予想される。しかし本研究の目標を達成するためには装置上の問題解決が必須である。既存の技術の改造ではない、新しい基本的なアイディアに基づく根本的な開発が必要で、装置の製作を外注するような形で進めている現在の態勢では成果を期待できない。今後、局所磁場の絶対値に関する情報が得られるという走査SQUID顕微鏡の特徴を生かしたテーマを探るなど、今後の研究戦略を考える必要がある。一方、超伝導体における量子化磁束の配列の観測は大変興味深く、物性物理学分野へのインパクトは大きいと考える。生体分子の磁気機能解析への応用は新しい試みで、注目に値する。生命科学の分野においては、磁気と生体機能との関連は定性的にもほとんど明らかにされていないのが現状で、生体分子の機能及び物性研究に新しい展開が期

待される。

専門部会では、磁気顕微鏡の高分解能化について初期の目標通りの達成は困難であるとするも、磁束観察に既にある程度の優れた成果が得られているので研究は継続するのが妥当であるとする意見と、技術開発の目標、研究の方針、それに対する体制を見直さない限り継続するべきではないとする意見とが相半ばした。

結論として、本研究グループとしては、走査 SQUID 顕微鏡の空間分解能の向上のための技術開発は、本年度到達可能限度までで終了させて、それまでに達成された性能を用いて磁束観測に重点を置いた研究を継続するのが妥当であると考える。そのために、目標としている物質に関する極微磁気構造の本格的研究をどこまで探求するか、中性子散乱研究どう対応していくか、研究の方針、それに対する体制の見直し等を早急に進めることを強く要望する。

多体ハドロン理論によるマクロ現象の研究（事前評価）

これまでの「極限条件におけるハドロン科学の研究」に代わるもので、研究の方向性・目的並びに目標も極めて妥当である。大強度陽子加速器計画に対し原研がイニシアティブを取って貢献する絶好のテーマ設定である。新規性・独創性が非常に高いとは思えないが、研究内容の学術的意義は極めて高く、世界の研究者が求めているものである。このような基礎的・原理的テーマの研究が原研で推進できるということは、先端基礎研究センターを運営する理念によく合致するものと言えよう。国内外に同様な研究を行っているグループがあり、競争が激しい分野であるので、競争相手を意識して、原研の特徴を生かした独自性のある研究を期待したい。ただ、掲げられたテーマは非常に大きなものばかりで、限られたグループで5年間の研究期間内に成果を出すにはもっと研究目標を絞る必要があると感ずる。また、先端基礎研究センターの中に、原子核・素粒子の理論グループを設けることは大賛成であるが、国際性も豊かで、活力のあるグループを育てることが必要条件である。本研究においては、研究組織のグループリーダーもサブリーダーも先端基礎研究センターの研究員で構成されており、人材活用の面では妥当であるが、視野を広げて研究を開拓する為には、原研外の優れた研究者を導き入れることが大切で、国内外を問わず活発に研究を進めるグループが育つことを期待する。

単一原子による重元素核化学の研究（事前評価）

本研究グループは原研の重元素合成装置を有効に使用して、生成された超微量の短寿命超重元素を化学的に捕獲分離しその化学的性質を解析する新しい方法論を確立し、これによって超重元素の特異的な化学反応性を明らかにすることを目的としている。そして重元素核化学研究の国際研究拠点の形成を目指している。超重元素の化学的研究は既に2、3の外国の研究機関でも始められているものの、研究テーマは重元素科学及び基礎原子科学の立場から極めて妥当であり重要な課題であると評価する。極めて短寿命の超重元素の合

成から分離、そして化学的性質の解明までを、独創的新構想に基づく単一原子化学操作と組み合わせて迅速且つ高能率で行う方法論の確立や、重元素領域の原子内電子の挙動に対する相対論効果を精密に把握して、その化学結合に対する寄与を解明する研究、ならびに新しい化学分離法を応用した重核の壊変研究等は非常に独創性が高く、基礎無機化学、核化学分析化学の分野においてはこれから研究が成長する分野で、学術的な意義は大きい。海外の国々の研究機関との共同実験も計画に入っており、研究の進め方としては妥当である。外国の研究所との人事交流を積極的に進めて欲しい。人員構成については、原研、協力機関ともに特徴が発揮できる構成になっており妥当な数であるが、新規装置の開発を含む研究項目が多いので、研究の進捗状況や装置の開発状況を適切に判断して、研究項目を絞り込み、その中で新規性・独創性のある成果を挙げるような柔軟な運営を期待したい。

中性子散乱によるソフトマターの構造と機能の研究（事前評価）

本研究は動的自然科学研究の対象となる生体高分子や合成高分子のナノ構造と化学反応の理解により、生体物質に見られる局所的機能化を中性子小角散乱法により理解しようとする研究であり、「粒子（中性子）ビーム物性の研究」として重要な位置を占めるものである。そのテーマおよび手法は、中性子小角散乱の特徴を生かした原研で実施するのにふさわしい大変妥当な研究テーマである。ソフトマターの中性子散乱による物性研究は欧米に遅れをとっているが、本研究はソフトマターのナノ構造に注目して機能と結びつけようとするもので、研究目的・方向性としては、合成高分子だけでなく生体物質を含む高分子物質を念頭にした独創的で新規性の高い研究であり、学術的に意義がある。研究手法は、原研内外の研究体制を効果的に活用しており、きわめて妥当であるが、生体模倣を視野にした新規材料開発に関しては、研究のスタンスをはっきりさせる必要がある。また、研究をより積極的に遂行するためには、提案された研究者構成に合成化学の専門家、生物物理等の専門家を加える必要を感じる。原研としては中性子散乱の技術開発に十分な人員を配して、合成化学については外部との共同研究という考え方も検討すべきであろう。

中性子光学素子の開発と中性子分光法の研究（事前評価）

本研究は中性子光学素子とその周辺技術の開発により中性子強度のさらなる増強を目指すもので、きわめて重要な技術開発のための基礎研究である。この中性子分光法の高度化研究は原研にふさわしいテーマで、時宜を得た極めて妥当なテーマである。同様の研究はその開発価値の高さから欧米においても精力的に行われており、研究の新規性はそれほど高くないが、本研究は研究代表者がこれまでに開発してきた中性子光学素子の成果を発展させようとするもので、独創性はきわめて高い。中性子ビーム科学の基盤技術を拡充・増強する研究の意義は大きく、世界のCOEの確立が十分に期待できる。ただ、先端基礎研究センターとしては、原研の研究としての位置づけ、科学技術振興調整費に基づいた研究プロジェクトNOPによる研究とセンターによる研究との役割や、切り分けを明確にし、光学素

子の開発に力点をおいて、最も収束効率が高く、付加価値・波及効果のある光学系に目的を絞った研究開発を目指すか、基礎的な部分を重点的に推進するか、メリハリをつけても良いように思われる。また、この研究の重要性を考えれば、若い研究者や技術者の育成も本研究の重要な課題であり、積極的に次世代の中性子散乱研究を担う若い人を参加させた研究体制を組まれることを要望したい。

超ウラン化合物の物理と化学の研究（事前評価）

本研究は従来から先端基礎研究センターで最重要課題として一貫して精力的に行われてきたウラン化合物の極限物性に関する研究の延長上に位置するものとして、また超ウラン元素の研究における原研の役割を考えると、是非進めるべき研究テーマである。計画では、超ウラン化合物の物理的性質ならびに化学的性質をより深く理解して、アクチノイド凝縮相科学に新たな光を当てようとしている。本研究は高い付加価値や広い波及効果を期待できるプロジェクト性の強い研究とは異なって、この研究が許される研究機関が腰を据えて積極的に取り組むべき学術的研究と受け止め、先端基礎研究として極めて妥当なテーマである。進め方も、試料の生成、基礎物性測定、ミクロスコーピックな観点からの解明、海外の研究所・研究者との協力など、妥当な計画であり、施設利用計画、安全面等の考慮もされていて、適切な資源配分がなされている。本研究はこれまでの延長上にある研究のため新規性は認められないが、ネプツニウムの濃縮、金属の製造、精製等が、本研究のグループリーダーの所属する研究所で長い経験を有していること、超ウラン化合物の基礎電子物性の研究をしているのは米国の研究所と EU の研究所の 2箇所のみであることから独創性は高いと言える。また、強相関電子状態の物性研究などは学問的意義がきわめて高い研究である。計画内容はこれまで以上に厳密な研究であり、取り扱う物質も多様で、他の研究機関では実施が不可能な研究である。種々の制約が多い対象物質を取り扱うためにはそれなりの初期投資が必要であり、投資する以上は、ある程度長期間腰を据えて研究に取り組む姿勢を強調する必要があろう。

反射高速陽電子回析による最表面物性の研究（事前評価）

陽電子ビームを用いた表面研究は、原研・高崎研が1998年に開発・実用化に成功したRHEPD技術を活用した装置を使用して初めて可能となる研究テーマであり、グループリーダー自らが基礎理論を確立した反射高速陽電子回折法を物質の表面解析に適用し、これまでの物質表面観察手段では得られなかった表面情報を得ることを目的としている。他では実施できない、新規性・独創性がきわめて高い研究であり、物質表面の研究に大きな進展が期待できる学術的にも意義がある研究で、先端基礎研究センターにふさわしいテーマである。本研究の進め方は、これまでに開発した反射高速陽電子回折装置の高度化をはかるとともに、走査電子顕微鏡やオージェ電子分光などの表面分析技術を複合的に利用するなど、研究の種類に応じて陽電子ビームの利用法を選び、また他の既存の表面観測法とも組み合

わせて研究目的を達成しようとしており、きわめて妥当である。新しい表面物性プローブとして期待される本手法の開発には大きな意義があり、「ナノテク関連先端研究の推進」課題として早急に取り組むべきである。比較的簡単に取り組める手法なので世界中に競争相手が生まれてくると思われるが、その中でイニシアティブを譲って行く為にはセンターの支援が必要である。一方、若手の研究者の育成も本研究に課された重要な課題である。現在の研究者構成でも若手研究者が登用され、グループの一員になっているが、さらなる増員と若手研究者の育成に力を入れていただきたい。

その他

研究テーマの事前評価に当たって、提案された研究テーマに対して、研究チームの研究遂行能力の適否は評価の重要な要素である。そのために、研究員自身、あるいは研究グループのこれまでの研究実績に関する説明ならびに研究成果公表事項等（論文リスト、主な論文別刷り、論文の被引用数等）に関する資料の充実を要望したい。また、事後評価結果は該当する研究グループの新たな提案を評価する際に有効な判断材料となりうるが、日程上の問題および事前評価とのかかわり合い等を考慮する必要もある。事後評価に対する部会としての対応については、さらに十分な検討を要すると考えてここに付記しておくこととする。

This is a blank page.

1. 専門部会の目的

「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、研究評価委員会先端基礎研究専門部会において、先端基礎研究センターの平成13年度終了テーマの事後評価、平成12年度開始テーマの中間評価及び平成15年度開始テーマの事前評価を行う。

2. 評価方法

2.1 専門部会の構成

部会長	池田 重良	立命館大学総合理工学研究機構 SR センター顧問
評価委員	山崎 敏光	東京大学名誉教授
専門委員	新井 正敏 家 泰弘 勝又 純一 佐藤 衛 中井 浩二 前川 祯通	高エネルギー加速器研究機構教授 東京大学物性研究所教授 理化学研究所播磨研究所量子磁性材料研究チームリーダ 横浜市立大学大学院総合理学研究科教授 東京理科大学理工学部教授 東北大学金属材料研究所教授

2.2 事後評価、中間評価及び事前評価対象テーマ

- 2.2.1 事後評価対象テーマ [平成13年度終了テーマ]
 - (1) 植物の形態形分子機構の研究
- 2.2.2 中間評価対象テーマ [平成12年度開始テーマ]
 - (1) 磁気顕微鏡による極微磁気構造の研究
- 2.2.3 事前評価対象テーマ [平成15年度開始テーマ]
 - (1) 多体ハドロン理論によるマクロ現象の研究
 - (2) 単一原子による重元素核化学の研究
 - (3) 中性子散乱によるソフトマターの構造と機能の研究
 - (4) 中性子光学素子の開発と中性子分光法の研究
 - (5) 超ウラン化合物の物理と化学の研究
 - (6) 反射高速陽電子回析による最表面物性の研究

2.3 専門部会の開催

1. 日時 平成14年6月4日(火) 10:30~17:00
2. 場所 富国生命ビル 28階 第1会議室
3. 議事
 - (1) 専門部会の審議について
 - 1) 部会長挨拶

- 2) 審議の進め方
- (2) 先端基礎研究センターにおける研究計画の全体概要
(説明者：安岡先端基礎研究センター長)
 - (3) 植物の形態形成分子機構の研究：事後評価
(説明者：内宮グループリーダー)
 - (4) 磁気顕微鏡による極微磁気構造の研究：中間評価
(説明者：門脇グループリーダー)
 - (5) 多体ハドロン理論によるマクロ現象の研究：事前評価
(説明者：千葉グループリーダー)
 - (6) 単一原子による重元素核化学の研究：事前評価
(説明者：永目グループリーダー)
 - (7) 中性子散乱によるソフトマターの構造と機能の研究：事前評価
(説明者：橋本グループリーダー)
 - (8) 中性子光学素子の開発と中性子分光法の研究：事前評価
(説明者：清水グループリーダー)
 - (9) 超ウラン化合物の物理と化学の研究：事前評価
(説明者：塩川グループリーダー)
 - (10) 反射高速電子回析による最表面物性の研究：事前評価
(説明者：一宮グループリーダー)
 - (11) 専門部会総括討議
 - 1) 評価結果について
 - 2) 今後のとりまとめについて

2.4 評価項目及び評価基準

事後評価、中間評価及び事前評価は、全て1次評価及び2次評価の2段階をとった。

1次評価においては、被評価部門から提出された評価用資料に基づき、下記の評価項目、評価の視点に沿った項目別の暫定的評価を行い、また必要に応じてその他の所見を示すとともに、被評価部門に対する質問事項があれば、これを示した。

2次評価においては、上記の評価用資料、説明用OHP資料、補足資料及び専門部会における被評価部門からの説明に基づき、下記の評価項目、評価の視点、評価の基準に沿った項目別の最終的評価を行い、また必要に応じて、その他の所見を示し、これらを踏まえて総合所見を取りまとめた。

2.4.1 事後評価に係る評価項目及び評価基準

- (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) 研究テーマの目的達成度（「成果の内容、成果の発表状況」）
 - 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等」）
- d) 将来への研究開発の展開の可能性

2) 評価の基準

上記の項目別評価に対して、5段階評価（5：優れている、4：やや優れている、3：普通、2：やや劣っている、1：劣っている）を行う。

(2) その他の所見

上記の視点以外の特記すべき所感、問題点、提言等を示す。

2. 4. 2 中間評価に係る評価項目及び評価基準

(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) 研究テーマの進捗度（「成果の内容、成果の発表状況」）
 - 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等」）
 - d) 将来への研究開発の展開の可能性
 - e) 研究を継続ないし終了する妥当性

2) 評価の基準

上記の項目別評価に対して、5段階評価（5：優れている、4：やや優れている、3：普通、2：やや劣っている、1：劣っている）を行う。

(2) その他の所見

上記の視点以外の特記すべき所感、問題点、提言等を示す。

2. 4. 3 事前評価に係る評価項目及び評価基準

(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) 研究テーマの妥当性（「方向性・目的・目標等」）
 - b) 研究の新規性・独創性、学術的意義
 - c) 研究の進め方の妥当性（「スケジュール・研究手法」）
 - d) 資源配分の妥当性（「研究予算、人員構成、使用装置等」）
 - e) 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等」）

2) 評価の基準

上記の項目別評価に対して、5段階評価（5：優れている、4：やや優れている、3：普通、2：やや劣っている、1：劣っている）を行う。

(2) その他の所見

上記の視点以外の特記すべき所感、問題点、提言等を示す。

3. 評価対象テーマの概要と評価結果

3.1 先端基礎研究センターにおける研究開発

3.1.1 先端基礎研究センターにおける研究計画の全体概要

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、放射場科学、重元素科学及び基礎原子科学の分野において研究を展開してきているが、その目標は“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研究拠点（COE）を目指す”ことである。この目的のために、国内外の人材を積極的に登用し、研究の進歩に迅速に対応した弾力的・機動的運営を行うことにより、新しい物質、現象、技術の探求と新原理の構築を目指した研究を展開している。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グループリーダーとして登用し研究の活性化をはかる事や、センターの研究プロジェクトに関連する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している。また、黎明研究制度を活用し、国内の原子力分野の基礎研究の活性化を促している。

当面の研究の重点項目として、①ウラン及び超ウラン科学、②重元素合成と核化学、③生体を含むソフトマターの構造科学及び、④粒子ビーム物性の研究を推進している。研究手法としては、超臨界溶液化学、超流動反応場化学、核磁気共鳴法、メスバウア一分光法、ウラン化合物新物質合成等センター自前の技術群に加え、東海研原子炉からの中性子ビームや、SPring-8 の電子・放射光、東海研タンデム加速器や高崎研 TIARA の重イオンビーム等原研ならではの施設・設備を利用した研究を推進している。

平成15年度はセンター発足10周年の節目で、14年度末には17テーマのうち7テーマが終了する。従って、終了テーマのうち中性子構造生物学や変形核重元素合成研究グループの東海研での発展的継承を図るとともに、新規に以下の研究開発分野について、研究計画の策定と具現化を図る。（基礎研究推進委員会（平成14年3月8日）了承済み）

更に、特殊法人改革の一環として、原子力二法人の統合が決定され平成16年度には所要の法案が提出されることを前提として各種委員会でその準備が始まっているが、先端基礎研究センターとしては従来の基本的な方針を堅持しつつ15年度の研究計画を策定することにした。

本専門部会での研究評価対象テーマは前述のとおり、事後評価1テーマ、中間評価1テーマ、事前評価6テーマである。

このうち事前評価に関わるテーマに関しては、平成14年3月8日開催された第14回基礎研究推進委員会での審議の結果、理事長宛てに答申された「日本原子力研究所における基礎研究の推進方策について」の方針に基づき、15年度開始テーマとして評価を受けるものである。本答申における研究計画案は以下のとおりである。

平成15年度「先端基礎研究センター」研究計画（案）

平成15年度からの先端基礎研究推進に関し、以下の研究開発分野について、具体的な研究計画を策定し、研究計画の具現化を図る。

1. 中性子散乱研究体制の確立

大強度陽子加速器計画における大強度パルス中性子源の実現を視野に入れ、中性子散乱研究体制を確立し、同計画の推移に呼応した機動的対応を図る。新規に、技術開発系として中性子分光法の開発研究を、研究系として中性子散乱によるソフトマターの構造と機能に関する研究を開始する。

2. ウラン・超ウラン科学の推進

これまでのウラン化合物の磁性・超伝導の研究を基盤として、ネプツニウム、プルトニウム等の超ウラン元素化合物を対象とした研究への展開を図り、新たに超ウラン化合物の物理と化学に関する研究を開始する。更に、米国ロスアラモス国立研究所、ヨーロッパ超ウラン元素研究所等と国際共同研究を展開する。

3. ナノテク関連先端研究の推進

これまでのビーム誘起による新物質状態の研究、及び、超重力場下での物質制御研究に加え、高崎研の施設を利用して反射高速陽電子を用いた最表面物性研究に着手する。

4. 重元素核化学研究の推進

東海研タンデム加速器を利用した超アクチノイド元素核化学研究を更に発展させ、新規に原子番号100を超える重アクチノイドならびに超アクチノイド元素の化学的性質を単一原子レベルで明らかにする研究を開始する。

5. 原子核及び物性関連理論研究の推進

センターでの種々の実験的研究を直接支援し独自の先端研究を展開する理論グループが原子核、物性の分野でそれぞれ少なくとも一つ存在することが、センター全体の研究を活性化させるために重要である。多体電子系理論研究と対を成す多体ハドロン系の理論的研究を開始する。

3.1.2 所見

先端基礎研究センターは、この 10 年の間に放射場科学、重元素科学及び基礎原子科学の 3 つの分野を大きな柱として、特色ある、活発な研究活動を続けておられることは、その成果から国の中でも高く評価され、注目されているところである。研究計画の全体に亘り、国際化をも含めた柔軟で弾力性のある人材登用の方針が次第に効果を現し、研究の活性化を進めているという印象が強い。かつての原研には欠けていたもので先端基礎研究センターが開いた新しい流れである。このように先端基礎研究センターが築いてきた新しい形は、是非護って貰いたいと思う。とりわけ、原子力二法人の統合による新組織の運営理念・方針の中では基礎研究センターの理念を護っていく努力が尚一層重要になるのではないかと思う。

これらセンターにおける研究活動高揚のために、新しい物質、現象、技術の探求と新原理の構築を目指した研究の推進と、研究の進行に迅速に対応した弾力的・機動的運営を心掛けておられるセンター長の自然科学研究に対する理念と先端的科学研究尊重の積極的姿勢を高く評価したい。基礎研究センターとして存在感のあるグループの育成を望むものである。

当面のセンターにおける研究目標の重点項目として 4 項目を挙げておられるが、これまでにあった、ウラン及び超ウラン元素の分離・濃縮科学が消えている。それは平成 15 年度においてはウラン及び超ウラン科学に組み入れられているものと理解する。

平成 15 年度研究計画の内容は、いずれも本研究センター重点研究項目の中で、その特色を表す重要な位置を占める先端的基礎研究であると理解する。研究開発分野として特に「ナノテク関連先端研究の推進」という項目が独立して計画されている。ナノサイエンス、ナノテクノロジーという言葉は国の中でも拡がっており、我が国としても最も重要視している先端的科学・技術である。

今回上記の分野から提出された開発研究の内容は粒子ビーム物性に関わるものであって、新規な物質解析の最先端の方法論の発信であると感じている。この計画は、新しい物質や現象の探求の過程で創作される新規な技術を、ナノテクノロジーというより先端的な観点から取り上げて、その分野の研究態勢を強化していくこうというセンター長の本センター運営に対する積極的姿勢の現れであると理解した。提出された研究テーマの内容の評価に当たっては、センターにおける研究のパラダイムは変わっていないものとして対応した。

平成 14 年度で 7 グループの研究が終了の予定であるという。それらのフォローアップについても十分に考慮しておられることがあるが、COE 化を目指すセンターの特色ある個性的な研究の展開を望むものである。今回、新規に事前評価に提案された研究テーマは 6 件である。いずれも平成 15 年度の先端基礎研究センターの研究計画に企画されている 5 分野のそれぞれから出されており慎重に検討された提案研究課題であると受け止めている。その一つであるハドロン理論の研究は、これまでの極限条件における理論の研究を強化して新しい発展を求め多体ハドロン系の理論の展開を目指そうとしている。中性子散乱に関する課題が 2 件提案されているが、強力な中性子源の実現を視野に入れた強力な実験体制の充実はセンターとして必須且つ緊急の課題であると理解している。また重元素科学

の研究領域から提案された課題は、いずれも核化学と関係が深く原子力研究所の特色の表れた研究テーマであると認識して評価を行った。

今回事後評価の対象となったテーマは一つであったが、研究内容は2種類あった。いずれもイオンビームに関わる研究であったが、植物分子生物学的視点に立った基礎研究として立派な成果を挙げられたことを高く評価し、これをもって本研究を終了することが妥当であると判断した。生命科学的研究に対するセンターの事後の展開に期待する。中間評価対象の研究については初期の目標と現時点の研究の進捗状況を慎重に対応して評価を行つたが迷うところが多かったというのが実情である。

3.2 植物の形態形成分子機構の研究：事後評価

3.2.1 研究実績の概要

グループ名：植物形態形成研究グループ

予算総額：118,506千円（5年間）

内訳	研究設備費	58,920千円
	試験研究費	57,500千円

グループ構成員：

グループリーダー 内宮博文（東京大学教授、前客員研究員）

サブリーダー 兼務 渡辺宏（原研 環境・資源利用研究部次長 現上級特別研究員）

兼務 小林泰彦（原研 バイオ技術研究室 副主任研究員 現室長）

大野豊（博士研究員 現植物資源利用研究室）

川合真紀（博士研究員 現東京大学 助手）

劉進元（リサーチフェロー 現中国清華大学教授）

研究目的：

植物形態形成機構研究において最も重要な命題である植物ホルモン・オーキシンの作用機構と植物細胞の死に焦点を絞り、分子遺伝学的手法やイオンビームなどによる原子力研究所の特徴を生かした新しいアプローチで、突然変異体の分離解析や遺伝子の単離をすることを目標として研究を進めた。

主な成果：

オーキシン作用の初期過程に的を絞った研究を行うため、オーキシンにより短時間で誘導されるオーキシン初期応答遺伝子の発現制御 DNA 領域（プロモーター）にマーカー遺伝子をつなぎシロイヌナズナに導入し、オーキシンのみにしか反応しない非常に特異的で、短時間にかつ簡単に遺伝子発現をモニターできる系を作成した。この実験系を用い、光形態形成変異体におけるオーキシン遺伝子発現制御を解析し、光応答とオーキシン応答のクロストークが遺伝子発現制御のレベルで起こっていることを明らかにした。または古典的な生理学研究からオーキシンの生理活性を阻害することが知られていたパラクロロフェノキシイソ酪酸 (PCIB) が、オーキシンの作用の初期段階を阻害することが明らかとなった。さらに PCIB に対して耐性を持つシロイヌナズナ突然変異体や、野生型よりも低濃度のオーキシンでもマーカー遺伝子の発現が見られる新規のオーキシン突然変異体 *agel* の分離に成功した。

電子線や X 線などに比べて LET (linear energy transfer) が高く、局所的に多量のエネルギーを細胞に与えることができるイオンビームを利用し、植物細胞に動物のアポトーシスと類似した細胞死を誘引することを見出した。また、動物細胞において細胞死促進因子としての機能を有す *Bax* 遺伝子の機能を阻害し細胞死抑制因子として働く *BI-1* 遺伝子をアラビドプシス及びイネより単離した。これにより、進化の過程において保存された共通の細胞死抑制の機構が生物界に広く存在することが明かとなった。

3.2.2 評価結果

3.2.2.1 項目別評価

a) 研究テーマの目的達成度（評価点 4.7）

この研究は2種類の研究から成っている。その一つであるオーキシンに関する研究では、目標の一つであったマイクロイオンビーム照射技術開発についての記述が乏しく、植物形態形成分子機構の研究のなかで原研のイオンビームの役割分析に欠けている点があったが、オーキシンそのものに関する研究成果の論文は非常に数多く学術誌に掲載され、また特許も出願されていて、目的達成度は高い。重イオンビームの植物形態形成の細胞死に対する効果についても、変異遺伝子の単離手法の開発、それによるアポトーシス制御遺伝子の発見など、新たな優れた研究成果を挙げている。植物細胞の研究は動物細胞に比べて非常に遅れているのが現状である。その主な理由は植物細胞が強固な細胞壁に覆われているためであるが、その困難をLETが高く局所的に多量のエネルギーを細胞に与えることができるイオンビームを照射して克服したことは独創性で、原研の特徴を充分生かしている。この研究を契機にして植物細胞の研究が大きく進展することが期待され、その波及効果もきわめて大きいと判断される。実験室の構築からはじめて、これだけの研究成果を挙げたことを高く評価したい。本プロジェクトを通じて若手研究者が育ったことも成果の一つである。

b) 当初の研究計画の妥当性（評価点 4.3）

動物細胞に比べて植物細胞の研究は非常に遅れていて、多くの問題が未解決のまま残されている。その中でも研究目的を生化学的にきわめて重要な植物の形態形成やアポトーシスに的を絞っている点が注目される。本研究はイオンビームの特性をよく理解した上で研究計画を立案しており、当初の研究計画はきわめて妥当であると判断される。大変効率的に研究が進み、コストパフォーマンスも極めて良いものであった。

c) 成果の波及効果の有無（評価点 4.4）

重イオンビームの植物の細胞死に対する効果を明らかにしたことは大きな成果であり、細胞死抑制遺伝子の単離の成功、非破壊的発現部位の検出法の確立等、波及効果が期待できる。動物細胞に比べて著しく遅れていた植物細胞の研究が本研究を通じて大きく進展するものと期待され、植物細胞研究全般への波及効果はきわめて大きいと判断される。また、本研究は先端基礎研究センターで萌芽した独創性の高い研究で、イオンビームの新しい利用として原研全体の将来への波及効果も期待できる。

高エネルギーの物理粒子が生命体に及ぼす効果を分子レベルから探求していくことは、自然科学的立場からも安全科学的立場からも大事な問題である。このような研究に原研の研究員が参加して経験を積上げることによって、原研が注目しているテーマについて分子生物学的レベルから研究する基盤が形成されたと考える。

d) 将来への研究開発の展開の可能性（評価点 4.4）

本研究は、東大分子細胞研究所・内宮研究室で継続されるとともに、原研・高崎研植物

資源利用研究室でも継続されるとのことで、先端基礎研究センターの適正な判断であると高く評価したい。今後の研究において、この種の研究以外にも応用発展の可能性があるマイクロイオンビーム照射技術の開発、イオンビーム照射による制御という方法論の確立などが、どの程度のウエイトを占めるのか興味がある。本研究は、遺伝子解析をメインにした分子遺伝学的な研究であるが、分子遺伝学的研究から構造生物学的研究に発展させていかれることを強く要望したい。植物細胞の構造生物学的研究は分子遺伝学的研究とともにたいへん遅れていて、結果次第ではきわめてインパクトのある研究成果が期待できる。

分子生物学、遺伝子生物学といった生命科学の研究は自然科学研究を自然の仕組みから當みへと歩を進める大きな転換の先導をしていると理解している。生物の形態形成や老化や死、突然変異等の研究は、これから益々多彩な研究がこぞって行われ発展していくと思われる。21世紀の自然科学研究は生物学的自然観、動的自然観のもとに新しい展開を見せることであろう。

3.2.2.2 その他の所見

各委員の個別的所見等を以下に記す。

- 今回の研究をより進めることにより、ミクロスコピックな観点からの研究が望まれる。
- 生命科学に関する研究に対しては、先端基礎研究センターとして特色ある視点から対応して頂きたい。
- 生命科学を先端基礎研究センターの課題として、今後とも取り組んでいただきたい。
- イオンビームによる研究を今後進めるとしても、さらに新しい展開を求め異なった視点からの研究が展開することを期待する。

3.3 磁気顕微鏡による極微磁気構造の研究：中間評価

3.3.1 研究実績の概要

グループ名：ナノセンシング磁気顕微鏡研究グループ

予算総額：97,098 千円（3年間）

内訳 研究設備費	74,998 千円
試験研究費・運営経費	16,458 千円

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)
	畠 慶明	(原研 先端研 博士研究員)
	渡辺 学	(原研 先端研 特別研究生)
兼務	北條 喜一	(原研 物質科学研究所 主任研究員)

研究目的：

極めて高感度な磁気検出素子である超伝導量子干渉素子(SQUID)をナノメートル級の極微サイズセンサーとして利用した磁気顕微鏡を開発し、超伝導体における量子化磁束などのナノメートル級の極微磁気構造の解明を試みることを目的とする。

主な成果：

検出コイルのサイズおよび検出コイルと試料表面の間隔を小さくすることにより、磁気顕微鏡の空間分解能を $10\mu\text{m}$ から $5\mu\text{m}$ まで向上させることに成功した。そして、この磁気顕微鏡を用いて、種々の超伝導体における量子化磁束観察を行なった。微小超伝導体における量子化磁束の秩序化の観察では、高温超伝導体 $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ 微小円盤(直径 = $50\mu\text{m}$)において、印加磁場の増加に伴い、量子化磁束が円盤内部に1本ずつ侵入する様子が明瞭に観測された。量子化磁束数は、ほぼ一定の磁場間隔でステップ状に増加するが、この様子は、超伝導円盤のコヒーレンス長が直径に比べて十分小さい場合の振舞いとして理解された。また、磁性超伝導体 $\text{HoNi}_2\text{B}_2\text{C}$ においては、特異な量子化磁束の存在を明らかにした。この量子化磁束は、正負逆符号の磁束がペアとなり、しかも、ペアそれぞれの磁束強度の和が ϕ_0 の整数倍となるように構成されたものである。これは、磁気モーメントが大きい場合、局所的な磁束は ϕ_0 を越えてしまうので、それを補うように反対向きの遮蔽電流が量子化磁束の周りに遠巻きに誘起され、結果として反対向きの磁束が発生したものとして理解された。

3.3.2 評価結果

3.3.2.1 項目別評価

a) 研究テーマの進捗度 (評価点 2.9)

これまでには磁気顕微鏡の高分解能化の研究が中心であって、検出コイルの設計に工夫を凝らすなど、ある程度の進展は認められるが、本来目的としていた 50nm 領域の分解能を十分に達成することはまだできず、中間報告段階ではその進捗状況が順調であるとは判断で

きない。今後目標が達成できるかについての指針も明瞭ではなく、走査 SQUID 顕微鏡の技術開発に関して全面的にメーカーに依存している点も問題である。一方、既存の磁気顕微鏡を利用した磁気構造の研究については、これまで試験的性格が強かったために発表論文数は多くはないが、これまでよりはより微視的観察が可能となり、それに見合う成果は得ていると判断する。しかし、2年間の研究としては不十分である。目標を達成するためには大きなブレークスルーが必要で、今後のさらなる考察と努力を期待したい。

b) 当初の研究計画の妥当性（評価点 2.6）

走査 SQUID 顕微鏡の空間分解能をナノメートル・スケールにするという目標は非常に野心的であると同時に、誰が考えても極めて困難な課題である。それに対して、技術的なブレークスルーの見通しがあるようには残念ながら見受けられない。目標設定に関するそれまでの技術状況の分析や開発の指針が十分であったかどうか、既存の技術の単なる改良で良かったのか、疑問が残る。センサーのサイズを小さくすることは比較的容易だが、問題はそこではなく観察対象にいかに接近させて走査できるかにあることは、当初から当然予想できることである。

c) 成果の波及効果の有無（評価点 2.9）

当初の装置開発の目標が達成できれば、研究目的に挙げられた量子化磁束に関する新しい物理現象の開拓が期待でき、磁性物性研究へ大きな波及効果をもたらすものと期待される。このような高分解能磁気顕微鏡の出現は純粹、応用磁性物質研究者や技術者の渴望するところであり、技術開発の努力が必要であることに異論はないが、センサー部分の精密加工を含む技術開発はセイコーインスツルメンツ社の技術に頼っており、果たして原研で実施すべき研究であるかどうかは疑問なしとしない。一方、超伝導体における量子化磁束の配列の観測は大変興味深く、物性物理学分野へのインパクトは大きいと考える。生体分子の磁気機能解析への応用は新しい試みで、注目に値する。生命科学の分野においては、磁気と生体機能との関連は定性的にもほとんど明らかにされていないのが現状で、生体分子の機能及び物性研究に新しい展開が期待される。

d) 将来への研究開発の展開の可能性（評価点 2.6）

ここまで技術開発で $5 \mu\text{m}$ の分解能を実現した。この後、 $1/100$ の分解能を目指しナノセンシングの言葉に恥じないものを作るには、尚大きな困難が予想される。目標どおりの高分解能磁気顕微鏡が開発されれば、これをを利用して、先端基礎研究センターにおける極限物性研究は中性子散乱実験と相俟って、理論、実験両面においてナノレベルの研究がより深く進展することが期待できると予想される。しかし本研究の目標を達成するためには装置上の問題解決が必須である。既存の技術の改造ではない、新しい基本的なアイディアに基づく根本的な開発が必要で、装置の製作を外注するような形で進めている現在の態勢では成果を期待できない。一方、走査 SQUID 顕微鏡は分解能の点から言えば STM 等と太刀打ちすることは難しく、 $5 \mu\text{m}$ や $1 \mu\text{m}$ 程度の分解能ではボルテックスの観測に不十分で

ある（例えば、ボルテックスの観測だけであればもっと高分解能のSTMで行われており、 $1 \mu\text{m}$ 程度の分解能では勝負にならない）。今後、局所磁場の絶対値に関する情報が得られという走査SQUID顕微鏡の特徴を生かしたテーマを探るなど、今後の研究戦略を考える必要がある。

e) 研究を継続ないし終了する妥当性（評価点 2.8）

専門部会では、磁気顕微鏡の高分解能化について初期の目標通りの達成は困難であるとするも、磁束観察に既にある程度の優れた成果が得られているので研究は継続するのが妥当であるとする意見と、技術開発の目標、研究の方針、それに対する体制を見直さない限り継続するべきではないとする意見とが相半ばした。

結論として、本研究グループとしては、走査SQUID顕微鏡の空間分解能の向上のための技術開発は、本年度到達可能限度までで終了させて、それまでに達成された性能を用いて磁束観測に重点を置いた研究を継続するのが妥当であると考える。そのために、目標としている物質に関する極微磁気構造の本格的研究をどこまで探求するか、中性子散乱研究はどう対応していくか、研究の方針、それに対する体制の見直し等を早急に進めることを強く要望する。

3.3.2.2 その他の所見

各委員の個別的所見等を以下に記す。

○これまでに開発してきた装置を使って、かなりの成果が出てきている。今後、目標達成に向けたさらなる装置開発と並行して、優れた研究成果を積極的に発表していく姿勢を望みたい。

○この研究計画については、提案の段階からセイコーアイノベーションズ社の関与の大きさとその形が気になっていた。同社の研究者の力を借りて開発を進めるのならば共同研究の形をとるべきで、それが科学を進める姿勢であると考える。

先端基礎研究センターでも、産官学協同研究を積極的に推進するべきである。国際化と並んで大切なことである。今後この点に関しての活発な議論が必要であろう。

○原研で、これ以上の投資を重ねて行うべき研究かどうか疑問を感じます。今までに行われてきたことは技術開発であると考えますが、原研としての寄与がどの程度であったのか理解に苦します。

○あくまで空間分解能の追求を主眼とする場合、センター長は研究資源投資の判断を行うために、メーカー側の担当者の熱意・技術的見通しなどについて調査を行うことも必要ではないか。

3.4 多体ハドロン理論によるマクロ現象の研究：事前評価

3.4.1 研究計画の概要

グループ名：多体ハドロン理論研究グループ

グループ構成員：

リーダー	千葉 敏	(原研 先端研 主任研究員)
サブリーダー	丸山 敏毅	(原研 先端研 副主任研究員)
兼務	市原 晃	(原研 エネルギーシステム研究部 研究員)
兼務	宇都野 穂	(原研 物質科学研究所 研究員)
博士研究員	福島 昌宏	
科学技術特別研究員	谷川 知憲	
新規	(原研研究員 1名、博士研究員 1名、リサーチフェロー 1名、客員研究員 1名、研究嘱託 7名)	

研究の目的：

超新星爆発や中性子星の構造および進化、宇宙初期に生成されたストレンジクォーク物質の構造やダイナミクスなどのマクロ現象を原子核、核子、クォークといったフェムトメーターオーダーのミクロなレベルから議論し、原子核現象から天体现象までを多体ハドロン物理として包括的に理解し、さらには原子力科学の新展開を含むフェムト事象の新たな応用形態を探る。

研究内容：

量子色力学、相対論的平均場理論、分子動力学などの多体ハドロン理論の手法を用いて原子核やハドロン多体系が支配的な役割を果たしているマクロ現象（超新星爆発、中性子星物質構造とダイナミクス、バリオン及びクォークの超伝導、クォーク物質など）を核子及びクォークのレベルから記述し、ハドロンの多体系としての性質がこれらのマクロ現象に及ぼす役割を解明する。また、天体における元素合成やそれを用いる宇宙年齢研究を行うための基礎的原子核データ生成に必要な原子核理論及び計算手法を構築する。

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
7,900	7,900	6,900	6,900	5,900	35,500
(主な装置) 専用パラレル計算機、周辺装置、端末装置					
(研究の主な実施場所) 東海研究所					

中間評価：なし

3.4.2 評価結果

3.4.2.1 項目別評価

a) 研究テーマの妥当性 (評価点 4.0)

先端基礎研究センターの目指している、新しい物質、現象、技術の探求と新原理の構築を目指した研究を展開するという主旨に適った基礎原子科学領域の研究で、これまでの「極

限条件におけるハドロン科学の研究」に代わるものであり、研究の方向性・目的並びに目標も極めて妥当である。大強度陽子加速器計画に対し原研がイニシアティブを取って貢献する絶好のテーマ設定である。原子核理論が通常の原子核状態に留まらず、中性子星やクオーク物質など極限的な核物質の存在形態に研究を展開することは自然な方向である。ただ、掲げられたテーマは非常に大きなものばかりで、限られたグループで5年間の研究期間内に成果を出すにはもっと研究目標を絞る必要があると感ずる。また、先端基礎研究センターの中に、原子核・素粒子の理論グループを設けることは大賛成であるが、国際性も豊かで、活力のあるグループを育てることが必要条件である。

b) 研究の新規性・独創性、学術的意義（評価点 3.8）

新規性・独創性が非常に高いとは思えないが、研究内容の学術的意義は極めて高く、世界の研究者が求めているものであると言える。このような基礎的・原理的テーマの研究が原研で推進できるということは、先端基礎研究センターを運営する理念によく合致するものと言えよう。研究の方向性を高く評価し発展を期待したい。国内外に同様な研究を行っているグループがあり、競争が激しい分野であるので、競争相手を意識して、原研の特徴を生かした独自性のある研究を期待したい。

c) 研究の進め方の妥当性（評価点 3.7）

先端基礎研究センターの物性関係グループと密度の高い連携関係を築き上げることを中心がけており、進め方は概ね妥当であるが、非常に大きな問題の研究であるので、研究の進展状況、スタッフの状態などを適切に判断して、研究テーマを絞り込むなどの柔軟な運営を期待したい。また、掲げられたテーマのうちクオーク物質の研究は新規増員のメンバーが中心的役割を果たすことが想定されており、スタッフの充実という大きな課題が残されているので、早急に対処する必要がある。視野を広げて研究を展開する為には、原研外の優れた研究者を導き入れることが大切で、国内外を問わず活発に研究を進めるグループが育つことを期待する。

d) 資源配分の妥当性（評価点 4.1）

本研究においては、研究組織のグループリーダーもサブリーダーも先端基礎研究センターの研究員で構成されており、人材活用の面では妥当である。しかし、これまでにこのグループは「極限条件におけるハドロン科学の研究」を進めてきたが、残念ながらグループの存在感はうすい。また、今回の提案で、現段階の研究の準備状況及びスタッフの専門性などを考慮して、研究テーマを遂行する上での課題・問題点などを指摘している。このことから、本研究については、平成14年度に終了する上記「極限条件におけるハドロン科学の研究」の事後評価を行った後に、当グループが指摘している点について、柔軟且つ適切に対応し、国際的な舞台で存在感のあるグループになるような人員構成にすることを提言する。

e) 成果の波及効果の有無（評価点 3.9）

学術的成果のみならず、各データの根本的理解と作成という応用面でも十分な波及効果が期待できる。また、近未来に実現される大強度陽子加速器統合計画の理論系の礎を築く意味での波及効果が期待できる。さらに、国内外の実験グループとのタイアップを強化することにより、理論と実験の密接かつ建設的な相互関係が達成され、国際的な COE 形成の核になる研究になると判断される。

3.4.2.2 その他の所見

各委員の個別的所見等を以下に記す。

○充実した研究成果を挙げて、計画した目的を達成するために、国内外の多くの研究者に嘱託研究員として参加を求めるることは、研究の閉鎖性を除き、深さと幅を増して、グループ研究の活性化に繋がると感じました。研究チーム間の強い連携を期待します。

○研究テーマは極めて多岐にわたっており、どれも重要であるが、このグループがどういう特徴を生かしてこれらに取り組むのかが、明確でない。たとえば、原子核のクオーク物質相の問題は、これまで未解決の重要な問題であるが、計算すれば解けるようなものではないように思われる。

○原研として、このような理論グループは必要だと思いますが、研究テーマが広く、何を目指すのかが、必ずしも明確ではないように思いました。

センターの世界の COE としての一翼を荷うためには、研究テーマを選んで集中的に取り組むことが必要ではないでしょうか。

3.5 単一原子による重元素核化学の研究：事前評価

3.5.1 研究計画の概要

グループ名：重元素単一原子化学研究グループ

グループ構成員：

リーダー 永目諭一郎 (原研 先端研 主任研究員)

市川進一 (原研 先端研 副主任研究員)

塚田和明 (原研 先端研 副主任研究員)

西中一朗 (原研 先端研 研究員)

浅井雅人 (原研 先端研 研究員)

兼務 平田 勝 (原研 物質科学研究部 副主任研究員)

新規 (研究員 1名、博士研究員 1名、客員研究員 1名、研究嘱託 6名)

研究目的：

重イオン核反応で合成される原子番号 100 を超える重アクチノイドならびに超アクチノイド元素の化学的性質を単一原子レベルで明らかにし、重い極限領域における原子の電子状態に関する知見を得る。また、超重元素の安定性に重要な役割を果たす重・超アクチノイド核領域での変形した殻構造の寄与を解明する。

研究内容：

重・超アクチノイド元素を、キュリウム (Cm) などの高放射性アクチノイドターゲットにタンデム加速器から得られる重イオンビームを照射して合成する。ここで合成される重原子（核）は数分間に 1 原子の割合でしか生成せず、しかも数秒から数十秒の半減期で壊変してしまう。このため単一原子を対象に迅速に化学的・核的性質を調べる。本研究では、まず気相系、溶液系での迅速化学分離装置を開発し、単一原子レベルでの実験手法を確立する。そして重・超アクチノイド元素の気相中での錯形成反応あるいは溶液中での溶存状態などに関する情報を得て、化学的性質を明らかにする。また実験と平行して、重元素領域で特徴的な相対論効果を導入した電子状態計算を進め、化学結合に関する相対論効果の影響を明らかにする。一方、重・超アクチノイド核の核分光実験から自発核分裂、 α 、 γ 壊変特性などの核情報を得て、超重元素の安定性に関する変形殻構造の寄与を明らかにする。

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
65,000	48,000	31,000	35,000	20,000	183,000

(主な装置) 単一原子を対象とした迅速化学分離装置、短寿命重核 $\alpha - \gamma$ 核分光装置、オンライン同位体分離装置等

(研究の主な実施場所) 東海研究所

中間評価：なし

3.5.2 評価結果

3.5.2.1 項目別評価

a) 研究テーマの妥当性（評価点 4.6）

この方面の研究はまさにこれから本格的になってくる研究で、重元素の合成は原研が最も得意とする技術の一つである。本研究グループは原研の重元素合成装置を有効に使用して、生成された超微量の短寿命超重元素を化学的に捕獲分離しその化学的性質を解析する新しい方法論を確立し、これによって超重元素の特異的な化学反応性を明らかにすることを目的としている。そして重元素核化学研究の国際研究拠点の形成を目指している。研究テーマは重元素科学及び基礎原子科学の立場から極めて妥当であり重要な課題であると評価する。ただ、研究期間の5年間に具体的になにが達成されるのか、何を目標とするのかが、計画書からは読みとれなかった。また、手法の開発も研究の目的として重要な要素であると考えるべきである。

b) 研究の新規性・独創性、学術的意義（評価点 4.2）

超重元素の化学的研究は既に2、3の外国の研究機関でも始められている。その意味で研究の新規性はない。しかし極めて短寿命の超重元素の合成から分離、そして化学的性質の解明までを、独創的な新構想に基づく単一原子化学操作と組み合わせて迅速且つ高能率で行う方法論の確立や、重元素領域の原子内電子の挙動に対する相対論効果を精密に把握して、その化学結合に対する寄与を解明する研究、ならびに新しい化学分離法を応用した重核の壊変研究等は非常に独創性が高く、基礎無機化学、核化学分析化学の分野においてはこれから研究が成長する分野で、学術的な意義は大きい。超重元素の研究は、これまで専ら新元素の発見に注目が集まり、過剰な国際競争が研究の姿を歪ませていた。超重元素の研究にはもっと基本的に大切なものがある。本研究の目指すものはその代表的な例であり、独創的な研究成果を期待したい。

c) 研究の進め方の妥当性（評価点 4.1）

海外の国々の研究機関との共同実験も計画に入っており、研究の進め方としては妥当であるが、新規装置の開発を含む研究項目が多いので、研究の進捗状況や装置の開発状況を適切に判断して、研究項目を絞り込み、その中で新規性・独創性のある成果を挙げるような柔軟な運営を期待したい。ただ、研究計画に、新規化学操作手法（例えば核モーメントの利用など）、化学処理の短時間化に関する考察や記述が全く無いのは若干不安を感じさせる。化学操作は時間との競争があるので、厳しく制御した化学環境の維持に特に留意する必要がある。

d) 資源配分の妥当性（評価点 4.4）

人員構成については、多数の研究嘱託が認められれば、いずれの研究項目に対しても妥当な数であり、原研、協力機関ともに特徴が發揮できる構成である。ただ、外国の研究所との人事交流がほしい。装置については、既存の装置を生かした計画であり、妥当と思わ

れるが、新規開発の装置も多い点に不安は残る。研究期間内にすべての新規装置を開発し、性能を詳しく評価して、新規のデータを収集するためには、緻密な計画を立てることを要望したい。

e) 成果の波及効果の有無（評価点 4.0）

原子番号 100 を超える重核元素の化学的性質の解明は 21 世紀における新しい化学研究として位置付けられると言える。本研究はタンデム加速器を利用した超重元素の合成という化学の最も基本的な問題を明らかにする基礎研究で、世界的に見ても困難な独創的研究である。その研究成果は、世界の核化学者の注目している処であり、原研内は勿論のこと、国内外の核化学研究者、放射化学研究者ならびに基礎無機化学者及び分析化学者に対して、実験の手法を含めて学術的波及効果は非常に大きいと期待される。

3.5.2.2 その他の所見

各委員の個別的所見等を以下に記す。

- 原子力のことについては、社会的にいろいろな意見が交錯しておりますが、原子力科学は今世紀においても非常に重要な課題と考えています。核化学はそのなかにあって、さらに地味な分野ですが、このような純粋な基礎研究こそ継続して大切に育てるべきではなかろうかと考えております。
- 近隣の大学から学生を受け入れ、この分野の専門家を育てるようにしてはどうか？
- 重元素核化学研究が全世界的な協力体制にあるとはいえ、原研の特長を生かした独創性が高く学術的に意義が高い研究を強力に推進していただきたい。
- 世界的に見て、どの程度独創性がある研究であるかは、必ずしも十分には理解できなかったが、原研として是非取り組んでもらいたい、学術的意義の大きい研究であると思います。
- 研究実績の記述がみられない。また、重元素の領域における化学結合に対する相対論的效果を反映する現象についての具体的なことが分かり難い。

3.6 中性子散乱によるソフトマターの構造と機能の研究：事前評価

3.6.1 研究計画の概要

グループ名：ソフトマター中性子散乱研究グループ

グループ構成員：

リーダー 橋本竹治（京都大学大学院工学研究科教授）

サブリーダー 小泉 智（原研 先端研 副主任研究員）

兼務 相澤一也（原研 大強度陽子加速器施設開発センター 副主任研究員）

新規（研究員2名、博士研究員2名、特別研究生3名）

研究目的：

高分子などのソフトマターで構成する分子集合体（ナノ秩序構造）の力学（静的、動的挙動、またその形成機構）を中性子小角散乱法を用いて研究する。得られた知見は、生体模倣（バイオミメティック）の視点に立ち、超分子としての新しい材料開発に還元する。

研究内容：

ソフトマターの熱平衡系における従来の物性研究に加えて、ナノ秩序構造を生体モデル系として理解するために、化学反応が共存する非平衡系を積極的に取り扱う。すなわち低分子の拡散と化学反応のもとでのナノ秩序構造の構造と機能の関係を中性子小角散乱によって解明する。中性子小角散乱では化学反応過程やこれに応答するナノ秩序構造のその場観察が可能である。得られた成果は、合成化学の先端分野がめざす「ナノ秩序構造を利用した精密合成法」と関連させ、新規な化学物質合成に活用する。また分子集合体に、生体機能を担う特殊分子を局所的に導入した複合系も積極的に取り扱い、生体模倣系として超分子と総称される新しい材料開発を行う。また本研究グループでは、これらの目的を達成するための次世代型中性子小角散乱装置の開発を行う。

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	70,000	70,000	30,000	30,000	240,000

（主な装置）ピンホール型中性子小角散乱装置、2結晶型中性子小角散乱装置

（研究の主な実施場所）東海研究所 JRR-3M、京都大学工学研究科

中間評価：なし

3.6.2 評価結果

3.6.2.1 項目別評価

a) 研究テーマの妥当性（評価点 4.8）

本研究は動的自然科学研究の対象となる生体高分子や合成高分子のナノ構造と化学反応の理解により、生体物質に見られる局所的機能化を中性子小角散乱法により理解しようとする研究であり、「粒子（中性子）ビーム物性の研究」として重要な位置を占めるものである。そのテーマおよび手法は、中性子小角散乱の特徴を生かした原研で実施するにふさわしい大変妥当な研究テーマである。生体模倣の視点から新しい材料を創製すること

は近年その重要性が認識され、精力的に研究が始まっているが、研究の方向性・目的・視点としては、生分解性ポリマーの開発のような生体模倣を無視した次元の低い研究ではなく、生体内の中の細胞組織や器官の物性を模倣した新しい機能性材料の開発を目指して欲しい。

b) 研究の新規性・独創性、学術的意義（評価点 4.1）

ソフトマターの中性子散乱による物性研究は欧米に遅れをとっているが、本研究はソフトマターのナノ構造に注目して機能と結びつけようとするもので、研究目的・方向性としては、合成高分子だけでなく生体物質を含む高分子物質を念頭にした独創的で新規性の高い研究であり、学術的に意義ある研究成果を生むものと期待できる。ただ、今日の先端的テーマに取り組むという姿勢は評価するが、具体的な研究内容となるとこれまでの研究の延長上にある内容で、中性子散乱法を積極的に利用した系統立った合成高分子の物性研究の域を出ない研究であることが気になる。

c) 研究の進め方の妥当性（評価点 4.1）

中性子散乱による研究に比べて、化学合成のウエイトが大きいように思われるが、原研内外の研究体制を効果的に活用しており、スケジュールや研究手法はきわめて妥当性が高く、着実に研究成果が得られるものと判断される。ただ、研究目的・方向性として挙げられている生体模倣を視野にした新規材料開発に関しては、具体的にどのような系を取り扱い、どのように研究を進めるのかはつきりしない点もある。本研究の新規性・独自性を強調するためにも、生体系に対する研究のスタンスをはつきりさせる必要がある。また、装置の改良をもう少し短期間で完了し、目的とする研究に早期に取りかかれるようにすべきと感ずる。

d) 資源配分の妥当性（評価点 4.1）

研究予算、人員構成などの資源配分は、中性子小角散乱装置の高度化を含め、具体的な研究内容を遂行するために必要な配分であり概ね妥当である。ただ、研究をより積極的に遂行するためには、提案された研究者構成に合成化学の専門家、生物物理等の専門家を加える必要を感じる。原研としては中性子散乱の技術開発に十分な人員を配して、合成化学については外部との共同研究という考え方も検討すべきであろう。

e) 成果の波及効果の有無（評価点 4.5）

目的としている研究が十分なされた場合、基礎的学術的知見のみならず、局所機能物質等の合成にも道を開くものであり、先端的な合成高分子の物性研究に大きく寄与することは間違いない、非常に大きな波及効果が期待できる。また、ソフトマター研究の手法としての中性子利用が確立することは、大きな波及効果がある。生体高分子の分野は機能重視で物性研究はほとんど行われていないので、合成高分子の物性研究をベースにして、生体高分子の物性研究に研究が展開されると大きな波及効果が期待できる。そのような意味に

においても、ソフトマターを合成高分子と生体高分子の両面で捉え、研究の重心を生体高分子へと大きく移行してもらいたい。

3.6.2.2 その他の所見

各委員の個別的所見等を以下に記す。

○本研究は、中性子散乱研究体制の確立という、原研の先端基礎研究センターとして特色のある研究目標の中の一つとしての「ソフトマターの構造化学的研究」への応用の研究と理解したい。

○研究目的・方向性と具体的な研究内容が整合していない感がある。研究の目標や重要性において生体高分子を強調しながら、実際の研究は合成高分子の物性研究に終始している。本研究を期にここで大きな舵取りの変更を要望したい。

○原研の中性子研究の発展の1つの方向として大いに期待したいと思います。

3.7 中性子光学素子の開発と中性子分光法の研究：事前評価

3.7.1 研究計画の概要

グループ名： 中性子光学研究グループ

グループ構成員：

リーダー	清水裕彦	(客員研究員 理化学研究所 副主任研究員)
サブリーダー	鈴木淳市	(原研 先端研 副主任研究員)
兼務	加倉井和久	(原研 先端研 主任研究員)
客員研究員	川端祐司	(京都大学原子炉実験所 助教授)
新規	(研究員 2名、博士研究員 2名、リサーチフェロー 1名、特別研究生 2名)	

研究目的：

中性子光学素子とその周辺技術の開発に基づき、中性子散乱実験手法に高い機能を付加したり、新たな概念に基づく実験手法を開拓し、中性子の利用効率の向上を実現する。そして、実験技術により研究対象が制限されがちな現状の発想を転換し、研究対象が要求する実験技術の開拓を総合的に展開することを目指す。また、本研究の具体的成果が、改3号炉や大強度陽子加速器計画において、新たな研究手法を提案する基礎となることを目標とし、国内外の研究拠点となることを目指す。

研究内容：

本研究は、要素技術研究と応用研究により構成される。要素技術研究では、制御可能な反射光学系（自由曲面ミラー）、屈折光学系（レンズ、プリズム）、回折光学系（磁束結晶、ピエゾ結晶）の基礎研究、そして、周辺技術開発として、光学設計技術（複合光学系評価体系の確立）、検出器技術（時間分解型 2 次元検出器）、試料核偏極技術の基礎研究を行なう。応用研究では、要素技術を組み合わせた中性子散乱実験装置の開発を行なう。想定される装置の一つとしては、中性子収束型小角散乱装置があげられる。この装置では、発散ビームを桁違いに高い効率で利用することができ、なおかつ、測定 q 領域の下限をおよそ 1 桁から 2 桁引き下げられる可能性があり、物質の機能を支配するナノスケールからミクロンスケールの内部構造観察、また、薄膜の面内構造観察が極めて容易になるため、応用研究分野への多大な波及効果が期待できる。

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
50,000	30,000	70,000	30,000	20,000	200,000
(主な装置) 中性子光学素子、試料核偏極装置、中性子散乱実験装置等					
(研究の主な実施場所) 日本原子力研究所東海研究所、理化学研究所和光本所					
<u>中間評価</u> ： なし					

3.7.2 評価結果

3.7.2.1 項目別評価

a) 研究テーマの妥当性（評価点 4.9）

本研究は中性子光学素子とその周辺技術の開発により中性子強度のさらなる増強を目指すもので、きわめて重要な技術開発のための基礎研究である。この中性子分光法の高度化研究は原研にふさわしいテーマで、時宜を得た極めて妥当なテーマである。中性子ビーム科学の基盤技術を拡充・増強できれば、優れた特性を持ちながらその利用に関して大きな制限があった中性子線の利用が大幅に緩和され、中性子散乱研究の大きなブレークスルーが期待できる。

b) 研究の新規性・独創性、学術的意義（評価点 4.4）

同様の研究はその開発価値の高さから欧米においても精力的に行われており、研究の新規性はそれほど高くないが、本研究は研究代表者がこれまでに開発してきた中性子光学素子の成果を発展させようとするもので、独創性はきわめて高い。現在すでに科学技術振興調整費に基づいた研究プロジェクトNOPのグループとして独創的な研究が開始されており、本研究はその拡大を意味している。中性子ビーム科学の基盤技術を拡充・増強する研究の意義は大きく、世界のCOEの確立が十分に期待できる。ただ、本研究は、研究の新規性・独創性・学術的意義の次元で議論するものではなく、中性子散乱全体の質的向上を目指すきわめて重要な基礎研究として位置付ける必要があると感ずる。

c) 研究の進め方の妥当性（評価点 4.4）

研究の進め方は概ね妥当であり、原研のほかの中性子グループとの連携を強化して進めることを期待したい。ただ、先端基礎研究センターとしては、光学素子の開発に力点をおいて、最も収束効率が高く、付加価値・波及効果のある光学系に目的を絞った研究開発を目指すか、基礎的な部分を重点的に推進するか、メリハリをつけても良いように思われる。また、NOPの研究と本研究あるいは国内外との協力を進めることは重要なことであり、NOPの成果が十分に利用できるメリットはあるが、原研の研究としての位置づけ、NOPによる研究とセンターによる研究との役割や、切り分けを議論しておく必要があると感ずる。

d) 資源配分の妥当性（評価点 4.5）

人員構成は概ね妥当であるが、この研究の重要性を考えれば、若い研究者や技術者の育成も本研究の重要な課題であり、積極的に次世代の中性子散乱研究を担う若い人を参加させた研究体制を組まれることを要望したい。

e) 成果の波及効果の有無（評価点 4.8）

中性子源の増強のみならず、光学系による有効ビームの増強を行うことは次世代の中性子施設に不可欠であり、中性子散乱研究の将来を左右する重要な研究で、期待通りの成果が得られれば中性子散乱研究の大きなブレークスルーが期待できる。さらに、中性子分光法の高度化は多くの分野にインパクトを与えるものと期待でき、原研内外への波及効果は極めて大きい。

3.7.2.2 その他の所見

各委員の個別的所見等を以下に記す。

- 日本では研究手段の開発が軽視されがちであるので、このような研究の姿勢は高く評価したい。
- 原研に既存の中性子光学系開発グループとの協力についても検討すべきであろう。
- このようなプロジェクトを通して、理研と原研の交流が深まるのは良いことである。
- 戦略的基礎研究というよりも総合的基礎研究の範疇に入れられる研究課題であるが、戦略的基礎研究がともすれば派手で目前の研究成果に目を奪われ、サイエンス全体が砂上の楼閣になる恐れの中で、地に足のついた骨太の研究課題で戦略的基礎研究以上に大いに評価したい。今後も先端基礎研究センターとしてはこのような研究目標としては少々地味ではあるが波及効果が極めて大きい基礎研究に力を入れていてもらいたい。
- このような実験技術の開発は原研では是非とも取り組んでほしいものである。他の中性子グループとの連携を期待したい。

3.8 超ウラン化合物の物理と化学の研究：事前評価

3.8.1 研究計画の概要

グループ名：超ウラン化合物の物理と化学研究グループ

グループ構成員：

リーダー	塩川佳伸	(客員研究員 東北大学金属材料研究所 教授)
サブリーダー	中村彰夫	(原研 物質科学研究部 主任研究員)
	山本悦嗣	(原研 先端研 副主任研究員)
研究嘱託	本間佳哉	(東北大学金属材料研究所 助手)
	李德新	(東北大学金属材料研究所 助手)
兼務	神戸振作	(原研 先端基礎研究センター 副主任研究員)
兼務	芳賀芳範	(原研 先端基礎研究センター 研究員)
兼務	山下利之	(原研 エネルギーシステム研究部 主任研究員)
兼務	中田正美	(原研 物質科学研究部、研究員)
新規	(研究員 1名、博士研究員 1名)	

研究目的：

近年、4f 電子セリウム(Ce)や 5f 電子ウラン(U)の化合物の示す多彩でユニークな低温電子物性(重い電子状態、エキゾチック超伝導等)が明らかにされ、注目を集めている。本研究では、このような強相関 f 電子系物理・化学研究を超ウラン(TRU)、ネプツニウム(Np)系へと展開し、5f 電子系(アクチノイド)の系統的・統一的理解のための知見を得ることを目的とする。

研究内容：

U 化合物研究で培った技術をベースに、高放射能の Np 系に適用可能な研究手法の開発・確立を行なう。グローブボックス(GB)内で、金属間化合物を中心とした高品位の単結晶(及び多結晶)Np 化合物試料を合成し、X 線による構造決定を行う。GB 外に取り出した密封試料について基礎物性(伝導度・磁化率・比熱等)を測定し、また世界初の ^{237}Np -核磁気共鳴法による微視的電子状態評価を行う。これらの実験データに基づき、理論バンド計算結果と合わせ、Np 系の系統的な物性解明を進める。即ち、Ce、U 系とはかなり異なった性質の f 電子(遍歴/局在の双対性)を持つ Np 系で、重い電子系の生成に象徴される強相関電子状態がどのような新たな様相を見せるのか、明らかにする。イオン性化合物(酸化物、錯体等)についても、局在側からのモデルケースとして、平行して研究を進める。

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
48,000	33,000	20,000	20,000	18,000	139,000

(主な装置) Np 化合物結晶合成装置、X 線構造解析装置、Np-NMR 装置等

(研究の主な実施場所) 東北大金属材料研究所大洗施設、東海研究所

中間評価：なし

3.8.2 評価結果

3.8.2.1 項目別評価

a) 研究テーマの妥当性（評価点 4.4）

本研究は従来から先端基礎研究センターで最重要課題として一貫して精力的に行われてきたウラン化合物の極限物性に関する研究の延長上に位置するものとして、また超ウラン元素の研究における原研の役割を考えると、是非進めるべき研究テーマであると考える。テーマの表現は幅広くて漠然としたところがあり、超ウラン化合物研究の環境作りを目指しているだけと受け取られ易いが、内容は超ウラン化合物の物理的性質ならびに化学的性質をより深く理解して、アクチノイド凝縮相科学に新たな光を当てようとしている。本研究は高い付加価値や広い波及効果を期待できるプロジェクト性の強い研究とは異なって、この研究が許される研究機関が腰を据えて積極的に取り組むべき学術的研究と受け止め、先端基礎研究として極めて妥当なテーマであると考える。強相関電子系が織り成す多彩な物性を解明するためにも重要な基礎研究である。

b) 研究の新規性・独創性、学術的意義（評価点 4.1）

本研究はこれまでの先端基礎研究センターで行われてきた研究の延長上にある研究で新規性は認められない。しかし本研究の計画内容はこれまで以上に厳密な研究であり、取り扱う物質も多様で、他の研究機関では実施が不可能な研究である。独創性については、ネプツニウムの濃縮、金属の製造、精製等が、本研究のグループリーダーの所属する研究所で長い経験を有していることや、超ウラン化合物の基礎電子物性の研究をしているのは米国の研究所とEUの研究所の2箇所のみであることからも十分高いと言える。また、強相関電子状態の物性研究などは学問的意義がきわめて高い研究である。超ウラン化合物に関してこれまで得られなかつた学術的に価値の高い物質情報が期待できる。

c) 研究の進め方の妥当性（評価点 4.1）

これまでの先端基礎研究センターで行われてきた一連の研究経過も考慮されており、試料の生成、基礎物性測定、ミクロスコーピックな観点からの解明、海外の研究所・研究者との協力など、進め方は妥当である。また、施設利用計画、安全面等の考慮も妥当である。ただ、物理測定に関する実験技術の開発には相当の努力が必要であると感ずる。

d) 資源配分の妥当性（評価点 4.2）

原研内外、国内外の連携も考慮されていて、適切な資源配分がなされており、概ね妥当であるが、種々の制約が多い対象物質を取り扱うためにはそれなりの初期投資が必要であり、投資する以上は、ある程度長期間腰を据えて研究に取り組む姿勢を強調する必要がある。

e) 成果の波及効果の有無（評価点 4.4）

超ウラン化合物の物性研究は物性物理学の分野に大きなインパクトを与えるもので、重

い電子系のより突っ込んだ研究は強相関電子系の統一的理解に貢献するものと期待される。本研究の成果は、学術的見地から非常に貴重な価値のある資産となり、今後益々重要視されていくであろう原子力技術開発の基礎データとしてその利用価値や有用性はきわめて高く、波及効果が期待できる。また、その研究方法や実験手法も拡がって利用されるものと思われる。今後、超ウラン化合物系の研究が、一部のコミュニティだけの活動に閉じこもらないよう、物性物理における位置づけを常に意識したうえで、積極的に成果をアピールしてゆくことが望まれる。

3.8.2.2 その他の所見

各委員の個別的所見等を以下に記す。

○とにかく安全に十分に留意して模範的な実験を示して欲しい。

○放射性物質を扱える専門家が少なくなっている現在、このようなプロジェクトで人材を養成することの意義は大きいと思われる。

○研究テーマの妥当性のところでも述べたが、先端基礎研究センターが行う基礎研究を、短期間に多額の予算を集中して投入することによりその研究分野におけるブレークスルーを期待し、付加価値及び波及効果が高い成果を求めるものであるとすれば、本研究を含めこれまでの一連のウラン化合物の物性研究は、先端基礎研究センターが積極的に行うプロジェクト性の強い基礎研究の課題としてはその性格上あまり相応しい研究であるとは思えない。原研の施設を利用して東北大・金研や東大物性研等の研究機関が研究所の大きな柱として積極的に取り組む研究課題ではないだろうか。ご検討をお願いしたい。

○超ウラン化合物を既成の物性概念でとらえるなら、魅力に乏しい研究になる心配があると思います。むしろ、全く新しい物質科学の構築という視点で取り組んでほしいと思います。

3.9 反射高速陽電子回折による最表面物性の研究：事前評価

3.9.1 研究計画の概要

グループ名：陽電子ビーム表面研究グループ

グループ構成員：

リーダー 一宮彪彦（客員研究員 名古屋大学大学院工学研究科 教授）

サブリーダー 河裾厚男（原研 材料開発部 副主任研究員）

前川雅樹（原研 材料開発部 研究員）

石本貴幸（原研 材料開発部 業務協力員）

新規（博士研究員1名、リサーチフェロー2名、特別研究生1名、特別研究生1名、学生実習生1名、嘱託研究員1名）

研究目的：

高感度表面プローブとして有望視される高輝度陽電子ビームの表面回折（反射高速陽電子回折、略称 RHEPD）を駆使し、物質表面第一層の原子構造と吸着構造、さらに、それらの相転移や振動状態といった動的過程を解明する。また、表面電子の量子力学的偏在効果を明らかにし、表面障壁と触媒効果に対する従来理論の有効性と適用限界を明示し新たな理論を誘導する。表面科学の知的基盤を整備することで、新機能材料として注目される超薄膜、ナノ材料そして表面触媒材料の開発に資する。

研究内容：

半導体清浄表面に吸着させた金属原子層に対して、反射高速陽電子回折測定を行い、動力学回折理論に基づき結果を解析することで、吸着原子の結合長を決定する。また、極低温から高温までの広い温度範囲で陽電子回折強度を測定し、表面原子及び吸着原子のデバイ温度を決定するとともに、顕微鏡法によって得られる吸着層の構造相転移と吸着原子結合長の関係を解明する。金属清浄表面における陽電子反射強度測定から表面ダイポール障壁を決定し、理論計算の結果と比較検討する他、吸着や面方位の違いによるダイポール障壁の変化を調べる。

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
30,000	50,000	30,000	20,000	20,000	150,000
(主な装置) 反射高速陽電子回折装置、真空蒸着源、オージェ電子分光器					
走査プローブ顕微鏡、高輝度陽電子ビーム発生装置、電子回折装置					

(研究の主な実施場所) 高崎研究所

中間評価： なし

3.9.2 評価結果

3.9.2.1 項目別評価

a) 研究テーマの妥当性（評価点 4.7）

陽電子ビームを用いた表面研究は、原研・高崎研が1998年に開発・実用化に成功した

RHEPD技術を活用した装置を使用して初めて可能となる研究テーマである。研究の目的・方向性ともに妥当で、先端基礎研究センターにふさわしいテーマである。新しい表面物性プローブとして期待される本手法の開発には大きな意義があり、「ナノテク関連先端研究の推進」課題として早急に取り組むべき研究テーマである。

b) 研究の新規性・独創性、学術的意義（評価点 4.9）

グループリーダー自らが基礎理論を確立した反射高速陽電子回折法を物質の表面解析に適用し、これまでの物質表面観察手段では得られなかつた表面情報を得ることを目的としており、研究の新規性・独創性がきわめて高い、他では実施できない研究である。物質表面の研究に大きな進展が期待され、学術的にも大きな意義がある。グループリーダーが先鞭をつけた手法が、表面研究のツールとして確立するところまで行くことを期待する。比較的簡単に取り組める手法なので世界中に競争相手が生まれてくると思われるが、その中でイニシアティブを護って行く為にセンターは是非支援することが必要である。

c) 研究の進め方の妥当性（評価点 4.7）

これまでに開発した反射高速陽電子回折装置の高度化をはかるとともに、走査電子顕微鏡やオージェ電子分光などの表面分析技術を複合的に利用するなど、研究の種類に応じて陽電子ビームの利用法を選び、また他の既存の表面観測法とも組み合わせて研究目的を達成しようとしており、本研究の進め方はきわめて妥当である。

d) 資源配分の妥当性（評価点 4.4）

若手研究者もグループの一員として積極的に研究に参加できる体制になっており、人員構成の考え方は妥当である。若手の研究者の育成も本研究に課された重要な課題である。現在の研究者構成でも若手研究者が登用され、グループの一員になっているが、さらなる増員と若手研究者の育成に力を入れていただきたい。

e) 成果の波及効果の有無（評価点 4.5）

本研究により、これまでの表面観察法では解明できなかつた表面第一層に付随する微細構造の決定やダイポール障壁の決定が可能となるので、物質の表面研究に拍車がかかり、表面物理研究に大きな波及効果が期待できる。また、反射高速陽電子回折法が確立されれば、表面科学の分野に大きなインパクトを与え、新しい表面物理研究の方法論として大きな発展と波及効果が期待できる。本研究の成果次第では反射高速陽電子回折法が表面構造研究の有力な研究手段となるものと思われる。

3.9.2.2 その他の所見

各委員の個別的所見等を以下に記す。

○まさに本邦から発信する新規な方法論の研究であり、最高のナノテクノロジーの研究で

あると感じております。

○本研究の成果次第では反射高速陽電子回折法が表面構造研究の有力な研究手段となることが期待されるので、若手の研究者の育成も本研究に課された重要な課題である。現在の研究者構成でも若手研究者が登用されグループの一員になっているが、さらなる増員と若手研究者の育成にも力を入れていただきたい。

○ナノテク関連先端研究の推進というテーマと原研の特徴をうまくとらえた、すばらしいテーマであると思います。今後とも、このようなうまいテーマを開発されることを期待します。

別表 先端基礎研究専門部会評価結果（評点）一覧

植物の形態形分子機構の研究：事後評価 (5点満点)

(a) 研究テーマの目的達成度	4.7
(b) 当初の研究計画の妥当性	4.3
(c) 成果の波及効果の有無	4.4
(d) 将来への研究開発の展開の可能性	4.4

磁気顕微鏡による極微磁気構造の研究：中間評価

(a) 研究テーマの進捗度	2.9
(b) 当初の研究計画の妥当性	2.6
(c) 成果の波及効果の有無	2.9
(d) 将来への研究開発の展開の可能性	2.6
(e) 研究を継続ないし終了する妥当性	2.8

多体ハドロン理論によるマクロ現象の研究：事前評価

(a) 研究テーマの妥当性	4.0
(b) 研究の新規性・独創性、学術的意義	3.8
(c) 研究の進め方の妥当性	3.7
(d) 資源配分の妥当性	4.1
(e) 成果の波及効果の有無	3.9

単一原子による重元素核化学の研究：事前評価

(a) 研究テーマの妥当性	4.6
(b) 研究の新規性・独創性、学術的意義	4.2
(c) 研究の進め方の妥当性	4.1
(d) 資源配分の妥当性	4.4
(e) 成果の波及効果の有無	4.0

中性子散乱によるソフトマターの構造と機能の研究：事前評価

(a) 研究テーマの妥当性	4.8
(b) 研究の新規性・独創性、学術的意義	4.1
(c) 研究の進め方の妥当性	4.1
(d) 資源配分の妥当性	4.1
(e) 成果の波及効果の有無	4.5

中性子光学素子の開発と中性子分光法の研究：事前評価

(a) 研究テーマの妥当性	4.9
(b) 研究の新規性・独創性、学術的意義	4.4
(c) 研究の進め方の妥当性	4.4
(d) 資源配分の妥当性	4.5
(e) 成果の波及効果の有無	4.8

超ウラン化合物の物理と化学の研究：事前評価

(a) 研究テーマの妥当性	4.4
(b) 研究の新規性・独創性、学術的意義	4.1
(c) 研究の進め方の妥当性	4.1
(d) 資源配分の妥当性	4.2
(e) 成果の波及効果の有無	4.4

反射高速陽電子回析による最表面物性の研究：事前評価

(a) 研究テーマの妥当性	4.7
(b) 研究の新規性・独創性、学術的意義	4.9
(c) 研究の進め方の妥当性	4.7
(d) 資源配分の妥当性	4.4
(e) 成果の波及効果の有無	4.5

This is a blank page.

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
物質量	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	ファラード	F	C/V
電気抵抗	オーム	Ω	V/A
コンダクタンス	ジーメンス	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	
光束度	ルーメン	lm	cd·sr
照度	ルクス	lx	lm/m ²
放射能	ベクレル	Bq	s ⁻¹
吸収線量	グレイ	Gy	J/kg
線量当量	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

$$1 \text{ eV} = 1.60218 \times 10^{-19} \text{ J}$$

$$1 \text{ u} = 1.66054 \times 10^{-27} \text{ kg}$$

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、ヘクタール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わす場合に限り表2のカテゴリーに分類されている。
- EC関係理事会指令では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

$$\text{粘度 } 1 \text{ Pa}\cdot\text{s}(\text{N}\cdot\text{s}/\text{m}^2) = 10 \text{ P(ボアズ)} (\text{g}/(\text{cm}\cdot\text{s}))$$

$$\text{動粘度 } 1 \text{ m}^2/\text{s} = 10^4 \text{ St(ストークス)} (\text{cm}^2/\text{s})$$

圧力	MPa(=10 bar)	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 cal = 4.18605 J(計量法)
	1	0.101972	2.77778 × 10 ⁻⁷	0.238889	9.47813 × 10 ⁻⁴	0.737562	6.24150 × 10 ¹⁸	= 4.184 J(熱化学)
	9.80665	1	2.72407 × 10 ⁻⁶	2.34270	9.29487 × 10 ⁻³	7.23301	6.12082 × 10 ¹⁹	= 4.1855 J(15 °C)
	3.6 × 10 ⁶	3.67098 × 10 ⁵	1	8.59999 × 10 ⁵	3412.13	2.65522 × 10 ⁶	2.24694 × 10 ²⁵	= 4.1868 J(国際蒸気表)
	4.18605	0.426858	1.16279 × 10 ⁻⁶	1	3.96759 × 10 ⁻³	3.08747	2.61272 × 10 ¹⁹	仕事率 1 PS(仏馬力)
	1055.06	107.586	2.93072 × 10 ⁻⁴	252.042	1	778.172	6.58515 × 10 ²¹	= 75 kgf·m/s
	1.35582	0.138255	3.76616 × 10 ⁻⁷	0.323890	1.28506 × 10 ⁻³	1	8.46233 × 10 ¹⁸	= 735.499 W
	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	

放射能	Bq	Ci	吸収線量	Gy	rad
	1	2.70270 × 10 ⁻¹¹		1	100
	3.7 × 10 ¹⁰	1		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

(86年12月26日現在)

先端基礎研究専門部会評価結果報告書（平成14年度事後・中間・事前評価）

