

JAERI-Review

JP0150815

2001-037



先端基礎研究専門部会評価結果報告書  
(平成 13 年度)

2001 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、お申し越し下さい。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）で複数による実費頒布を行っております。

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 13 年度)

日本原子力研究所  
研究評価委員会

(2001 年 9 月 14 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 12 年度終了研究テーマの事後評価及び平成 14 年度開始研究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 13 年 5 月から平成 13 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 13 年 6 月 26 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 13 年 7 月 12 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  
(Evaluation in Fiscal Year 2001)

Research Evaluation Committee

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

(Received September 14, 2001)

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 2000 and the adequacy of the programs of the research to be started in Fiscal Year 2002 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 2001. 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 26, 2001, 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 July 12, 2001.

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

Keywords : Evaluation of Research, Result Evaluation, In-advance Evaluation,  
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（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12年度終了テーマの事後評価及び平成14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13年5月22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・立命館大学客員教授）、平成13年6月26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13年7月12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13年7月12日に第7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、研究評価委員会委員長は、同報告書を平成13年7月31日付けにて日本原子力研究所理事長に答申した。

## 平成 13 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 埼玉工業大学長 (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㈱取締役会長 (物理化学、核化学)
石榑 順吉	埼玉工業大学先端科学研究所教授 (原子炉化学、放射線化学)
井上 信	京都大学原子炉実験所長・教授 (加速器科学、原子核物理学)
菊田 梶志	(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)
岸 輝雄	独立行政法人物質・材料研究機構理事長 (材料工学)
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)
小林 敏雄	東京大学生産技術研究所教授 (計算科学、原子力工学(構造設計))
田中 知	東京大学大学院工学系研究科教授 (核融合工学、廃棄物工学、界面科学)
友野 勝也	東京電力㈱顧問 (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)
山崎 敏光	東京大学名誉教授 (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 13 年度)

平成 13 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 事後評価及び事前評価対象研究テーマ .....	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. 評価対象研究テーマの概要と評価結果 .....	4
3.1 先端基礎研究センターの全体研究計画との関連について .....	4
3.1.1 先端基礎研究センターの全体研究計画の概要 .....	4
3.1.2 所見 .....	6
3.2 中性子散乱による強相関電子系の研究：事後評価 .....	7
3.2.1 研究実績の概要 .....	7
3.2.2 評価結果 .....	8
3.3 超低温の導入による中性子散乱の研究：事後評価 .....	10
3.3.1 研究実績の概要 .....	10
3.3.2 評価結果 .....	11
3.4 レーザー駆動分子注入の研究：事後評価 .....	13
3.4.1 研究実績の概要 .....	13
3.4.2 評価結果 .....	14
3.5 重元素と微生物との相互作用の解明研究：事前評価 .....	16
3.5.1 研究計画の概要 .....	16
3.5.2 評価結果 .....	16

## 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 Strongly Correlated Electron Systems by Neutron Scattering : Result Evaluation .....	7
3.2.1 Outline of the Research Achievements .....	7
3.2.2 Results of the Evaluation .....	8
3.3 Research on Neutron Scattering at Ultralow Temperatures : Result Evaluation .....	10
3.3.1 Outline of the Research Achievements .....	10
3.3.2 Results of the Evaluation .....	11
3.4 Research on Laser-Driven Molecular Implantation : Result Evaluation .....	13
3.4.1 Outline of the Research Achievements .....	13
3.4.2 Results of the Evaluation .....	14
3.5 Research on Interaction between Actinides and Microorganism : In-advance Evaluation .....	16
3.5.1 Outline of the Research Plans .....	16
3.5.2 Results of the Evaluation .....	16

## はじめに

先端基礎研究センターは、日本原子力研究所の総合原子力科学研究として科学技術の発展に寄与することを目標に、平成13年度において放射場科学領域7テーマ、重元素科学領域5テーマ、基礎原子科学領域5テーマが実施され、進行している。

今回の研究評価委員会先端基礎研究専門部会は、平成12年度に終了した3研究テーマの事後評価及び平成14年度から開始する1新規テーマの事前評価を行った。これらの評価活動に係わる基本要領は、平成13年5月22日、研究評価委員会によって定められた。なお、このように毎年次に研究テーマ（研究グループ）毎の評価を行うことが先端基礎研究部門の特徴である。

当専門部会ではまず原研から各研究テーマに関する評価資料の提出を受け、それを全員でレビューし、記載内容についての質問等を含む1次評価を行い、これを被評価側に提示した。この1次評価では特に専門委員からの追加の説明事項への対応を含めて、被評価者が次の部会会合への準備が従来にもまして的確に行われた。平成13年6月26日に開催された部会会議では、各研究グループリーダーからの詳細な説明を受け、質疑討論を行った。この後部会委員のみによる意見交換を行った。これらの結果をもとに、委員各自が第2次評価に入るという慎重な手続きを経た。各委員は評価結果を6月29日までに事務局に提出した。それらを事務局が取りまとめ、部会長が報告書の原案を作成した。作成に当たっては出来るだけ各委員からのコメントを尊重して、貴重な少数意見も取り入れるよう努力したことは昨年と同じである。その各論での評価所見を要約し、冒頭の総合所見を部会長が取りまとめた。この部会長原案を全員が査読、内容の確認、修正を経て最終報告書とした。

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、研究の成果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化への積極的推進の様子が強く見られた。これは優れた研究成果を背景としなければ出来ることではない。当専門部会の責任の重いことは勿論のことであるが、黎明研究をはじめとするテーマの発掘の場においても慎重な選択を要請したい。事後評価に当たって強くそれを感じた。こうした意向を込めて、本評価結果報告書には幾つかの提言を行った。これらを含めて本評価結果が今後の本研究センターの研究開発の一助となれば幸いである。

今年は例年にもまして限られた評価日程の中で、委員各位には重い負担をお掛けいたしましたが、評価の手順を改めるなどして、円滑に審議を進め、結果として内容の充実も図られたと考えている。委員各位の並々ならぬご尽力とともに、事務局の対応にも厚くお礼を申し上げる次第である。

平成13年7月11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の全体研究計画との関連について

平成13年度の研究テーマの評価に当たって、先端基礎研究センターにおける研究プロジェクト全体の現在及び今後の展開が示された。この中で平成14年度研究方針の理念として、1)重元素マイクロバイオロジー研究、2)中性子散乱研究体制の確立、3)ウラン・超ウラン科学の推進、が述べられた。また、これまでの研究テーマの動き、成果の公表の実績をみると、国際化の具体的行動が着々と積上げられて来ており、本研究センターのCOE化への前進が強く感じられた。日本原子力研究所の研究センターとしての特色と決意を強く印象付けるものである。

「中性子散乱研究体制の確立」は本研究センターの重点研究項目「粒子ビーム科学」の最も重要な研究課題である。来るべき強力なパルス中性子源の実現に備えて着実に研究体制の強化が計画されていることを知ることが出来た。また、新しく生体を含むソフトマターの構造科学を重点項目に設定した点、これまでの固体物理から溶液物性、さらに生命科学への展開と期待される構造改革と理解して高く評価したい。

新規提案の研究テーマ「重元素マイクロバイオロジー研究」は、微生物の有するアクチノイドの濃縮機能の解明に関する基礎科学的研究としては先端的な研究である。前年度の中間評価を受けて、「先端基礎研究センターの枠を超えた新しい研究体制の模索」の結果として、外国の研究者をグループリーダーとするプロジェクトを提案された研究センターの意欲と実行力を高く評価したい。

なお、今回事後評価の対象となったテーマはいずれも優れた成果を残し、高く評価できるが、これらについて事後評価にとどまらず、事後の展開についてさらに積極的な対応を強く期待したい。

### 中性子散乱による強相関電子系の研究（事後評価）

分類された多電子系について、これまでの知識を背景に、強相関電子系としての特質を現す物質を選別し、その物性のミクロ構造について、中性子散乱ならでは得られない情報を抽出しこれの解明を行っている。この結果、世界に誇り得る成果を数多く発表しており、そのなかには新規な発見も含まれている。特に中性子散乱実験の多くが、結晶構造、フォノン、磁気励起などを対象としている中にあって、小角散乱を用いて長周期構造に注目するというアプローチは独自のものと評価できる。このようなことから、本研究プロジェクトの当初の目標は十二分に達成されていると判断する。特に、「金属—非金属相境界を狙え」という着眼は意味深く、これこそ本研究の誇るべき発見の成果といえよう。

優れたグループリーダーの下での目標設定、それに対する研究プロジェクト構成研究者の分担の適切な配分、そして分担課題ごとに独立して研究を遂行しつつ最終的に一つにまとまっている。研究資源環境も、強磁場、高圧、そして超低温等、中性子科学の中で我が国最高の環境（あるものは世界最高の条件）を構築している。中性子ビーム集束機構の設計、集束素子の開発等をふくめて理想的研究推進のあり方を示し、中性子ビームの有用性

を実証した。

今後への波及効果、研究展開への期待が大きいことを強調しておきたい。すなわち金属状態（遍歴化）から絶縁状態（局在化）へと遷移する境界領域において多彩な物性が現われることを見出したこと、強磁場や高圧との組み合わせ条件での散乱実験が可能となったことである。これを大いに宣伝して、今後とも大学の研究者とのハイレベルの共同研究を期待したい。換言すれば、ウラン化合物を含め、相関電子系は間違いなく、21世紀における物質科学の最重要課題の1つである。当研究センターの研究テーマとしては大変ふさわしいものと考えられるので、本研究の成果や問題提起を直接引き継ぎ発展させるチームの育成を期待する。

### 超低温の導入による中性子散乱の研究（事後評価）

世界に誇る中性子散乱に関する研究環境の場を構築することを目標に、研究グループの発想、工夫をいろいろと導入し世界最高の超低温発生装置を開発したことを高く評価したい。すなわち、この中性子散乱測定用の超低温装置は、我が国独自の方式としてヘリウムフリー希釈冷凍機（最低温度 50mK・ヘリウムフリー・低コスト・コンパクトで移動容易）の開発は、システムとして実用レベルにまで完成した。中性子干渉計法の開発と散乱振幅の精密測定は全く地味な仕事かもしれないが大切であり、特に注目したい。また中性子ビーム技術の改良により、材料内部の残留応力の測定など産業応用も視野に入れたことは良い。

また、超低温発生装置をはじめとする装置研究開発において、研究グループの独自の発想工夫に加えて、許される限りの外部の研究者・技術者の経験、知識、技術を幅広く学びつつ研究を推進した人的研究資源の活用においても大きな成果を上げている。

今後の展開については、開発されたすべての測定装置、研究の方法論等いずれも、中性子散乱を利用する純粋学術研究から実用研究に至るあらゆる分野に応用されるものと考えるので、他の研究グループ等によって活用されるのみならず、外部との積極的な共同利用を期待したい。中性子干渉実験の成果はもっと高く評価されるべきである。量子力学の基礎的実験にもつながる重要な研究であるから、大学関係も含めて関連した研究者で良く相談して、しかるべき発展の方策を検討してほしい。

さらには、今回開発された液体ヘリウムフリー希釈冷凍機を中性子散乱実験のみならず、他の基礎研究のためにもメーカーと提携して市販化を考えられる。

### レーザー駆動分子注入の研究（事後評価）

本研究の目標は「有機分子を高分子表面の微小空間に選択的に配置する技術を開発するとともに、その基礎となるレーザーによる有機物質の移動現象の物理化学的理解」であった。有機分子のレーザー駆動の現象の基礎的理解と可能性探求に重点がおかれ、いろいろな種類の有機分子を未分解のまま高分子表面あるいは生体組織上に固定可能であることを見出している。その目標の前半については極めて満足すべき成果を挙げている。しかし、本研究は挑戦的で独創的な研究であり、研究計画の立案は難しかった面もあるが、結果と

して、後半については技術開発の目的の範囲内での解析は試みられているが系統的な基礎研究には届いていない。周辺の研究者との交流、共同研究もよく行っており、理論解析も試みられたが、問題は、研究グループのコアとなるべき人が定着出来なかった研究体制、人的資源の不足によるものと思料する。

本研究課題は突き詰めれば、現在の分光化学の先端的課題の一つである、分子光学はまだ気体分子に関する研究が行われている状態で固体に関する問題はこれからであろう。

本研究については、レーザーの駆動現象の適応の可能性と分子注入技術の方法論の研究に力を入れている。その結果幅広い応用性を示すことに成功している。本研究は、ここで終結し、利用面で今後の展開を期待すべきであると考える。

レーザーマニプレーションやレーザーアブレーションの応用はすでに大きく広がりつつある現状を考え、いわゆる科学技術の急速な展開を考えるとこのサブミクロン領域の技術がいろいろの分野で注目されることは間違いないであろう。レーザーエネルギー源の進歩とあわせて、一般論として、ナノ領域の先端技術の新しい方法論として研究開発の必要性とその有用性を将来に期待したい。

### 重金属と微生物との相互作用の解明研究（事前評価）

主要な研究目的をアクチノイドなどの重金属と微生物との相互作用の機構の解明に置くことは極めて妥当で適切であると評価する。世界を広く考えれば研究課題そのものは新しいものではないようであるが、取り組み方は全く新しく、独創性がある。微生物が何故好んでアクチノイドを体内に取り込むのか、大きいからか、電子軌道のためなのか、あるいは錯形成機能を保持しているのか、とにかくこの変わり者の正体を明らかにすることは自然科学の立場から、意義深く、興味深い現象である。その意味からも本研究は学術上非常に大切であると考える。ただし、将来大きな問題となる放射性廃棄物処理につながる面白いが、現時点ではそのような目的志向ではなく自由な基礎研究が望まれる。

生物に対するアクチノイドの影響を研究することは、重要なことである。このような研究は、まさに原研に相応しいものである。当研究センターのレパートリーとしてこのような生物系の研究を育てていく覚悟が重要であろう。

以上を総括し、取り扱う系が多様かつ複雑であること、研究者人員構成とそれぞれの構成員の専門（得意）分野、研究期間などを考慮し、研究の進め方を再考し、研究の目標を絞り込むことを提言する。或いは、現時点で研究構想を膨らませるのは良いとするが、実際に走り出してみてメンバーその他の境界条件を考慮して焦点を絞り込んでゆく必要がある。2、3年目にナヴィゲーションの確認の機会を持つ、研究開発課題の中間評価を行うことを提言する。

## 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、研究評価委員会の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研究テーマについて、平成12年度終了テーマの事後評価及び平成14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 立命館大学客員教授  
評価委員：山崎 敏光 東京大学名誉教授  
専門委員：新井 正敏 高エネルギー加速器研究機構教授  
家 泰弘 東京大学物性研究所教授  
勝又 紘一 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ー  
佐藤 衛 横浜市立大学大学院総合理学研究科教授  
中井 浩二 東京理科大学理工学部教授  
前川 祐通 東北大学金属材料研究所教授

### 2.2 事後評価及び事前評価対象研究テーマ

#### 2.2.1 事後評価対象研究テーマ [平成12年度終了テーマ]

- (1) 中性子散乱による強相関電子系の研究
- (2) 超低温の導入による中性子散乱の研究
- (3) レーザー駆動分子注入の研究

#### 2.2.2 事前評価対象研究テーマ [平成14年度開始テーマ]

- (1) 重元素と微生物との相互作用の解明研究

### 2.3 専門部会の開催

1. 日時 平成13年6月26日(火) 13:00～17:00

2. 場所 富国生命ビル 21階 第7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の全体研究計画との関連について  
(説明者：安岡先端基礎研究センター長)
- 3) 中性子散乱による強相関電子系の研究  
(説明者：山田グループリーダー)

- 4) 超低温の導入による中性子散乱の研究  
(説明者：森井グループリーダー)
- 5) レーザー駆動分子注入に関する研究  
(説明者：福村グループリーダー)
- 6) 重元素と微生物との相互作用の解明研究  
(説明者：大貫サブリーダー)
- 7) 専門部会打ち合わせ
  - (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

### 2.4.1 事後評価に係る評価項目及び評価基準

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、評価の基準に沿った項目別評価を行い、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 事前評価に係る評価項目及び評価基準

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、評価の基準に沿った項目別評価を行い、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. 評価対象研究テーマの概要と評価結果

#### 3.1 先端基礎研究センターの全体研究計画との関連について

##### 3.1.1 先端基礎研究センターの全体研究計画の概要

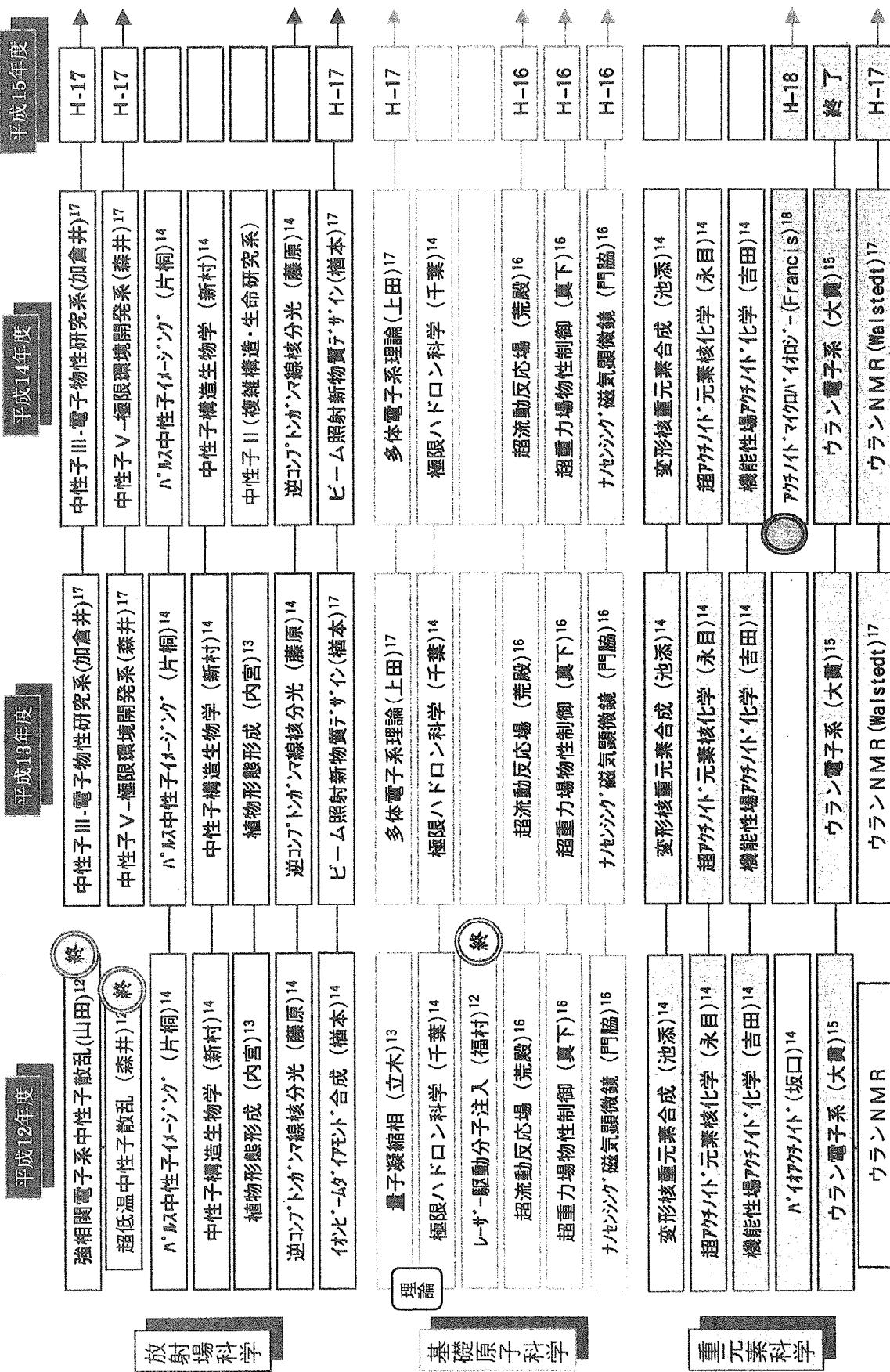
先端基礎研究センターは、原子力の新しい可能性を求めて、放射場科学、重元素科学及び基礎原子科学の分野において研究を展開してきているが、その目標は“21世紀の原子力関連技術を支える総合的、先導的基礎研究を推進し国際的なCOEを目指す”ことである。この目的のために、国内外の人材を積極的に登用し、研究の進歩に迅速に対応した弾力的・機動的運営を行うことにより、新しい物質、現象、技術の探求と新原理の構築を目指した研究を展開している。特に、国際化については、研究プロジェクトに積極的に著名な外国人をグループリーダーとして登用し研究の活性化をはかる事や、センターの研究プロジェクトに関連する国際的なシンポジウムや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ウラン及び超ウラン元素の分離・濃縮科学、③重元素合成と核化学、④生体を含むソフトマターの構造科学及び、⑤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の重イオンビームなど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。これらの研究から、平成12年度には6件のプレス発表がなされ、約250報の学術論文が受理されるか既に公表されている。学術論文に関してはセンター研究員及び博士研究員（合計81名）が平均1.5報の第1著者論文を公表しており、研究のアクセティビティーは極めて高いと言える。

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3テーマ、事前評価1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13年3月5日開催された第13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、14年度開始テーマとして評価を受けるものである。

# 先端基礎研究センター、プロジェクト年次計画（平成14年4月1日）



### 3.1.2 所見

先端基礎研究センターでは、放射場科学、重元素科学及び基礎原子科学の三つの分野における研究を展開している。今回の本研究センターの全体計画の説明により、改めて年ごとにその方向がより濃縮されて来たと見受けられる。また、これまでの研究テーマの動き、成果の公表の実績をみると、国際化の具体的行動が着々と積上げられて来ており、本研究センターの COE 化への前進が強く感じられた。特に、ウラン・超ウラン物性研究に関するドイツ、フランスおよび米国の各研究所との国際協力については、これから発展に期待したい。さらに中性子散乱の研究体制の強化計画も着実に成果を挙げており、いずれも日本原子力研究所の研究センターとしての特色と決意を強く印象付けるものである。

平成 14 年度への研究展開は簡潔にして要を得ている。「中性子散乱研究体制の確立」は本研究センターの重点研究項目「粒子ビーム科学」の最も重要な研究課題であり、また、新しく生体を含むソフトマターの構造科学を重点項目に設定した点、これまでの固体物理から溶液物性、さらに生命科学への展開と期待される構造改革と理解して高く評価したい。

一方、東海研究所には大型タンデムのような強力な加速器があり、加速器ビームを用いた「粒子ビーム物性」を展開する潜在力が備わっている。中性子散乱に限定せず幅広い手法の開拓も併行して進めるべきである。

新規提案の研究テーマ「重元素マイクロバイオロジー研究」は重点項目の「ウラン及び超ウラン元素の分離・濃縮科学」に属するものである。アクチノイドの集積化を有する微生物種のスクリーニングを主眼とした研究は最近世界各国でも始まっているが、微生物の有するアクチノイドの濃縮機能の解明に関する基礎科学的研究としては先端的な研究であるといえよう。泥臭い、大変手間のかかる研究になると思うが微生物と重元素とのかかり合いの研究として重要である。前年度の中間評価において「微生物によるアクチノイドの分離研究」を閉じる際に約束された「先端基礎研究センターの枠を超えた新しい研究体制の模索」を実行されて、外国の研究者をグループリーダーとするプロジェクトを提案されたセンターの意欲と実行力を高く評価したい。

国際化が進み、国際協力が増加している中で問題となるのは、グループリーダーの指導力、総括力とそれに対するサブリーダーの役割分担のあり方であろう。これは国内外の如何を問わず外部リーダー全般に関わることであるが、グループ研究のあり方については自覚と反省を繰り返しつつ常に活性化を心がけるべきである。

なお、今回事後評価の対象となったテーマはいずれも優れた成果を残し、高く評価できるが、これらについて事後評価にとどまらず、事後の展開について積極的な対応が必要であると考える。詳細は、後述の各研究テーマの事後評価に関連して述べる。

### 3.2 中性子散乱による強相関電子系の研究：事後評価

#### 3.2.1 研究実績の概要

グループ名 強相関電子系中性子散乱研究グループ

予算総額 427,165 千円（5年間）

内訳	研究設備費	305,411 千円
	試験研究費・運営経費	121,754 千円

#### グループ構成員

リーダー 山田 安定（客員研究員 早稲田大学理工学総合研究センター教授）

サブリーダー 片野 進（原研 先端研 主任研究員）

鈴木 淳市（原研 先端研 副主任研究員）

小泉 智（原研 先端研 研究員）

長壁 豊隆（原研 先端研 研究員）

下条 豊（原研 先端研）

稻見俊哉（専門研究員、現 原研 関西研究所 研究員）

及川健一（博士研究員、現 高エネルギー加速器研究機構）

佐藤真直（博士研究員、現 高輝度光科学研究所センター）

#### 研究目的

現在の物性物理学における最大の課題の一つである、電子間の相関をあらわに考える必要のある系－強相関電子系－に対して、中性子散乱を実験手段として、その複雑な磁性、超伝導、巨大磁気抵抗効果等の発現機構の解明を目指す。

#### 主な成果

3d電子強相関系では、磁場、圧力などの外部環境の変化で絶縁体と金属間を移り変るモット転移や、スピンドルスビンと格子が結合して磁気的に非磁性となるスピンドルスビン転移などが起る。これに伴う電荷秩序、軌道秩序、磁気秩序形成など多彩な物性を、Mn酸化物 $[(La, Sr)MnO_3, (Pr, Ca)MnO_3]$ 、Fe酸化物 $[LuFe_2O_4]$ 、Cu酸化物 $[CuGeO_3, (Sr, Ca)_{14}Cu_{24}O_{41}]$ 等に対して系統的に研究した。Mn酸化物ではこの物質群に現れる巨大磁気抵抗の起源に関して、特異なポーラロン秩序状態を発見した (Y. Yamada et al. "Neutron Diffraction of Hole Polaron Ordering in  $La_{1-x}Sr_xMnO_3$  ( $x=1/8$ )" Phys. Rev. B 62 (2000) 11600)。また時分割中性子散乱、中性子小角散乱の手法を駆使して研究し、セミマクロなスケールで分布する強磁性状態と反強磁性状態の二相共存が巨大磁気抵抗を発現させる鍵であることを見出した。銅酸化物では、わずかな不純物がこの物質の磁性にコヒーレントな秩序をもたらす様相を調べ、理論との良い一致を得た。

「重い」電子系の代表的な物質群であるCe化合物系を研究した結果、結晶場中で局在化した4f電子と少数の伝導電子が強く混成して、特徴あるスピンドルスビンの不整合長距離秩序を作ること、また、圧力や磁場によってスピンドルスビンに関する複雑多彩な磁気相転移をすることを見出した。これによって相関の強い重い電子の性質を解明する手がかりを得た。

銅酸化物高温超伝導体の磁束格子では、強い二次元性のために、これまでにない多様な混合状態を生じる。 $Bi_{2212}$  ( $Bi_2Sr_2CaCu_2O_{8+\delta}$ )に対する中性子小角散乱実験によって、磁束

構造が低温の三角格子から、温度の上昇とともに融解する現象を直接的に観測し、磁束格子の相転移という新たな問題の理解に貢献した。

### 3.2.2 評価結果

#### 3.2.2.1 項目別評価

##### a) 研究テーマの達成度（評価点 4.4）

分類された多電子系について、これまでの知識を背景に、強相関電子系としての特質を現す物質を選別し、その物性のミクロ構造について、中性子散乱ならでは得られない情報を抽出しこれの解明を行っている。この結果、世界に誇り得る成果を数多く発表しており、そのなかには新規な発見も含まれている。特に中性子散乱実験の多くが、結晶構造、フォノン、磁気励起などを対象としている中にあって、小角散乱を用いて長周期構造に注目するというアプローチは独自のものと評価できる。このようなことから、本研究プロジェクトの当初の目標は十二分に達成されていると判断する。

なお、TCNQ に代表される有機物質の物性研究において十分な結果が得られなかつたことは残念である。ただ、この点については、研究代表者がその理由を適切に把握しており、試料作成（合成）者との共同研究体制について、きわめて重要な問題を提起されて、今後の研究体制を組織する上で参考になるだろう。また、新しく「長距離情報伝達機構」の存在を考えるという問題提起をしているが、その解明は今後の研究に委ねている。新しく研究班を組織することを提案する。換言すれば、ウラン化合物を含め、今日、相関電子系は間違いなく、21世紀における物質科学の最重要課題の1つである。当研究センターの研究テーマとしては大変ふさわしいものである。

##### b) 当初の研究計画の妥当性（評価点 4.6）

優れたグループリーダーの下での目標設定、それに対する研究プロジェクト構成研究者の分担の適切な配分、そして分担課題ごとに独立して研究を遂行しつつ最終的に一つにまとまっている。研究資源環境も、強磁場発生、高圧条件、そして超低温等、我が国最高の環境（あるものは世界最高の条件）を利用されている。中性子ビーム集束機構の設計、集束素子の開発等をふくめて理想的研究推進のあり方を示し、中性子ビームの有用性を実証した。

##### c) 成果の波及効果の有無（評価点 4.6）

物性の研究の面からも、中性子散乱に関する研究分野においても極めて大きいと評価する。すなわち、金属状態（非局在化）から絶縁状態（局在化）へと遷移する境界領域において多彩な物性が現われることを見出した点で、今後の物性研究への波及効果は大きいと判断される。また、強磁場や高圧との組み合わせ条件での散乱実験が可能となったことである。これを大いに宣伝して、今後とも大学の研究者とのハイレベル共同研究を期待したい。前述の「強相関電子系」の新しい問題の提起に応えることで、今後の展開は更に大き

いものになると考える。

#### d) 将来への研究開発の展開の可能性（評価点 4.5）

前項に記したことに加え、強相関電子系の研究は21世紀の固体物理の最大の課題のひとつである、と提言していることに注目したい。これから、より複雑な未開の系へさらに深く進むこと、より微視的な自然の営みの理解と、巨視的な物性や反応性とのつながりの理解に研究が拡がるものと考える。特に、「金属—非金属相境界を狙え」という着眼は意味深く、これこそ本研究の誇るべき発見の成果といえよう。

今後、ビーム集束などの技術開発によって、極限条件下の実験技術がさらに生かされることを期待できる。

但し、本研究センターとして本研究がここで終わってしまうことは残念である。その成果は、現在の他の研究グループによって引き継がれるであろうが、本研究の成果や問題提起を直接引き継ぎ発展させるチームの育成を期待する。全体のリーダーシップはセンター長の下に確固として護られるものと期待したい。

##### 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。

○研究対象をじっくりと考えて、よく選択して、それぞれの問題点を把握し、欲張らず、ひとつひとつを地道に研究をされた感がします。報告書の文も無駄がなく明快な表現で、専門知識のない当委員にも分かり易かった。添付された研究論文についても同様のことを感じました。

○試料作製に関して先端基礎センターがどのようなスタンスをとるかは内部で大いに議論してほしい。自前で試料作製もという気持ちはわかるが、試料作製を研究支援グループとして位置づける考え方では決してうまく行かないだろう。やるのならば物質開発に取り組むある程度のまとまった人員を擁するグループを立ち上げるべきであろう。「試料は共同研究に頼る」と割り切るのも一策であろう。

強相関系の中性子散乱研究は他のグループで継続されるものと思うが、そこではスピン構造や磁気励起に主たる関心があるように見受けられるので、本プロジェクトで行われたようなメソスケールの構造に関する研究を継続発展させる仕組みを考えても良いのではないか。

### 3.3 超低温の導入による中性子散乱の研究：事後評価

#### 3.3.1 研究実績の概要

グループ名 超低温中性子散乱研究グループ

予算総額 260,849 千円（5年間）

内訳	研究設備費	211,880 千円
	試験研究費・運営経費	48,969 千円

#### グループ構成員

リーダー	森井幸生	(原研 先端研 主任研究員)
サブリーダー	皆川宣明	(原研 先端研 調査役)
	石井慶信	(原研 先端研 副主任研究員)
	富満 広	(原研 先端研 副主任研究員)
	相澤一也	(原研 先端研 研究員)
	土屋佳則	(専門研究員、現 筑波大学附属病院核医学検査室)
	小池良浩	(博士研究員、現 新技術協会科学技術特別研究員)

#### 研究の目的

極限条件のうち 50mKまでの超低温を簡便に発生させる超低温冷凍機を開発し、それを強磁場マグネットなどとともに使う極限条件中性子散乱実験を可能とする。また、中性子回折法、中性子極小角散乱法、中性子干渉計法などの開発を行って、中性子ビーム制御技術や検出技術を開発する。

#### 主な成果

液体ヘリウムを使わない超低温冷凍機の開発を行ない、最低温度 41mK を冷却開始から約 34 時間後に得た。冷却能力は 100 mK で 43mW を得、液体ヘリウム無しでの超低温中性子散乱実験を世界で初めて可能にした。続いて、操作の自動化に成功した。(Y. Koike et al.

“A dilution refrigerator using the pulse tube and GM hybrid cryocooler for neutron scattering” Cryogenics 39 (1999)579-583 )。また、液体ヘリウムフリー超低温冷凍機や高磁場マグネットを使用できるように、既存の中性子分光器 TAS-2 を改造をし、構造材料の非磁性化、中性子ビーム集束化、遮蔽強化、制御高速化を実現して極限条件下での中性子散乱研究の技術的基礎を確立した。

開発した超低温冷凍機を用いて、UPd<sub>2</sub>Al<sub>3</sub>の非弾性散乱を広い運動量空間で丁寧に調べ、この物質の超伝導ギャップが異方性を有していることを証明した。さらに、強磁場マグネットに組み込んで利用できる超低温冷凍機を開発し、液体ヘリウム無しで 10 T、150mK の二重極限環境を達成して、センター内の他研究グループの一次元磁性体の研究に供した。

中性子回折によって材料内部の残留応力を解析する技術を日本で初めて確立した。U 字型に塑性変形された炭素鋼板状試料の残留応力分布を 3 次元的に測定した。この装置開発と測定結果に関する論文が平成 10 年度日本材料学会論文賞を受賞し、工学界、産業界におけるその後の各種の材料研究を促進する契機となった。中性子極小角散乱法の開発により、これまでの中性子散乱ではカバー出来なかった  $2 \times 10^{-4} \text{ nm}^{-1}$  の極小運動量領域が測定可能となり、ガスターイン用 Ni 基超耐熱合金における 1mm オーダーの析出相構造などの観測に

成功した。さらに、中性子干渉計法の開発に成功し、これまで報告の無かった $^{202}\text{Hg}$ の中性子散乱振幅値を決定して基礎物理の進展に寄与した。

### 3.3.2 評価結果

#### 3.3.2.1 項目別評価

##### a) 研究テーマの目的達成度（評価点 4.6）

超低温の導入による中性子散乱に対しては、担当研究グループの発想、工夫をいろいろと導入し世界最高の超低温発生装置が開発されている。そして世界に誇る中性子散乱に関する研究環境の場を構築することを目標に、その目的とするところを達成したことを高く評価したい。中性子散乱測定用の超低温装置は既にドイツやフランスで稼働中であるが、我が国独自の方式としてヘリウムフリー希釈冷凍機（最低温度 50mK・ヘリウムフリー・低コスト・コンパクトで移動容易）の開発は、システムとして実用レベルにまで完成した点が高く評価される。中性子干渉計法の開発と散乱振幅の精密測定は全く地味な仕事かもしれないが大切であり、特に注目したい。

また中性子ビーム技術の改良により、材料内部の残留応力の測定など産業応用も視野に入れたことは良い。

##### b) 当初の研究計画の妥当性（評価点 4.6）

目的ならびに目標の設定を見ると、本研究の研究題目は「中性子散乱研究環境の極限化ならびに高性能多機能化に関する開発研究」というべきものであって、その意味で、単に超低温系ばかりでなく、より幅広い初期の目的を達して余りある成果と評価したい。特に人的研究資源の利用については、超低温発生装置をはじめとしていろいろの部分で、研究グループの独自の発想工夫に加えて、許される限りの外部の研究者・技術者の経験、知識、技術を幅広く学びつつ世界最高の装置を完成した点、研究推進のあり方として学ぶべきところがある。

##### c) 成果の波及効果の有無（評価点 4.9）

開発されたすべての測定装置、研究の方法論等いずれも、中性子散乱を利用する純粹学術研究から実用研究に至るあらゆる分野に応用されるものと考える。材料の非破壊検査などを通じて産業界への波及効果もある。この施設は広く利用されてこそ意義があるので、他の研究グループ等によって活用されるのみならず、外部との積極的な共同利用を期待したい。

低温関係の実験機器は現在のところオックスフォード・インスツルメンツなど一部の外国企業の寡占状況にある。大量生産に馴染まない実験機器の開発・販売は我が国ではなかなか根付かないが、基礎研究にとって非常に重要なポイントの一つである。今回開発された液体ヘリウムフリー希釈冷凍機を中性子散乱実験のみならず、他の基礎研究のためにもメーカーと提携して市販化を考えても良いのではないか。

d) 将来への研究開発の展開の可能性（評価点 4.7）

本研究で得られたノウハウにさらに磨きをかけて、将来に向けてさらに仕様の優れた実験装置が開発・実用化され、中性子散乱法による物性研究がさらに大きく進展するものと期待される。たとえば、中性子ビームの実効強度の向上化、中性子エネルギーの選別化、時間分解測定等への展開を期待します。

先端技術が産業に応用出来ることは基礎科学振興上大変重要であり、本研究の成果が将来その方向に発展することも期待する。

なお、中性子干渉実験の成果はもっと高く評価されるべきである。原研でこのような研究の芽があることはあまり知られていないのではないだろうか。原研でこの種の研究を継続することは難しいのかもしれないが、量子力学の基礎的実験にもつながる重要な研究であるから、大学関係も含めて関連した研究者で良く相談して、しかるべき発展の方策を検討してほしい。

### 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。

○中性子源の規模はかなわなくとも周辺の設備、装置、測定の方法論等の緻密さ、精巧さで、世界最高の成果を上げようとする意欲を感じました。このような開発研究で発表論文の数をとやかく言うべきではないと思います。中性子干渉計法の成果が、国際的データ集に記載されて、世界の評価を受けつつあるということは本当に地味な仕事かもしれないが、祝福されるべき成果ではなかろうか。

○今後もこのような研究として地味ではあるが、成果の波及効果が極めて大きい研究に対して、センターとして強力に支援し、その支援体制を長く継続されることを強く希望する。

○さらには、大強度陽子加速器計画を視野に入れた研究計画の推進が重要さを増していくことと考えるが、それは「中性子散乱研究」ばかりでなく「粒子ビーム物性研究」においても新展開を期待し、その準備を始めるべきであろう。特に、東海研タンデムは既にそのような研究に適した潜在的能力をもっているので、この方向からの検討を提言する。

### 3.4 レーザー駆動分子注入の研究：事後評価

#### 3.4.1 研究実績の概要

グループ名 レーザー駆動分子注入研究グループ

予算総額 170,223千円（5年間）

内訳 研究設備費	141,708千円
試験研究費・運営経費	28,515千円

#### グループ構成員

リーダー 福村裕史 (客員研究員 東北大学教授)

サブリーダー 河西俊一 (原研 先端研 主任研究員、現 JASRI)

兼務 一ノ瀬暢之 (原研 光量子科学センター 副主任研究員、  
現 京都工芸纖維大学助教授)

岸本 牧 (原研 先端研 研究員)

斎藤健一 (博士研究員、現 千葉大学助手)

後藤真宏 (博士研究員、現 (独) 物質・材料研究機構研究員)

D. M. Karnakis (リサーチフェロー、現 英 Exitech 社研究員)

J. Hobley (STA フェロー、現 東北大学助手)

#### 研究目的

レーザーを用いて有機分子を高分子表面の微小空間に選択的に配置する技術を開発するとともに、その基礎となるレーザー誘起物質移動現象の物理化学的理解を目標とした。

#### 主な成果

パルスレーザー照射により固体ポリマーフィルム間で蛍光色素などの有機分子が未分解でソースフィルムからレシーバーフィルムに注入されることを見出した。この注入法を用いて、紫外線を照射すると着色するという光応答機能を持つ 1, 3-dihydro-1, 3, 3-trimethylspiro-oxazine をPEMA フィルムに空間位置選択的に注入した回折格子を作成した。実際に紫外線のオン・オフに伴って回折格子表面での He-Ne レーザー光の反射強度が大きく変化することが観測され、光スイッチング機能の有効性を確認した。また、顕微鏡の対物レンズでパルスレーザー光を  $1 \mu\text{m}$  以下に集光して、重ねた高分子フィルムに照射し、ミクロンサイズで有機分子をフィルムの任意の位置に注入できることを示した。

走査型プローブ顕微鏡と開口径 100nm のマイクロピペットを組み合わせたナノサイズ有機分子注入システムを作成した。マイクロピペット先端内壁部の有機分子結晶にパルスし、レーザー光を照射し、有機分子クラスターを開口から射出することにより、極微小領域に位置選択的にナノサイズ有機分子クラスターをポリマーフィルム中に注入したり表面に置いたりすることに成功した (M. Goto, S. Kawanishi and H. Fukumura "Laser implantation of dicyanoanthracene in poly(methyl methacrylate) from a 100-nm aperture micropipette" Appl. Surf. Sci. 154-155 (2000) 701)。さらに、ピペットを移動させ複数回注入を行うことにより、有機分子クラスターのパターンを高分子薄膜上に作製することができた。

### 3.4.2 評価結果

#### 3.4.2.1 項目別評価

##### a) 研究テーマの目的達成度（評価点 3.7）

本研究は、当研究センターの放射場科学及び基礎原子科学の分野に関連するものであると理解する。本研究の目標は「有機分子を高分子表面の微小空間に選択的に配置する技術を開発するとともに、その基礎となるレーザーによる有機物質の移動現象の物理化学的理 解」であった。この目標の前半については極めて満足すべき成果を挙げている。有機分子の移動現象に関する物理化学的理 解は技術開発の目的の範囲内での解析は試みられているが系統的な基礎研究には届いていない。しかし、目標達成のための計画は準備されていたものと推察する。そのためにピコ秒レーザーシステムが準備されたものと考えられる。人的資源の不足も基礎的解析実行の障害ではなかったかと思料する。研究については周辺の研究者との交流、共同研究もよく行っており、理論解析も試みられている。この課題は突き詰めれば、現在の分光化学の先端的課題の一つである、レーザー光による分子の運動制御という分子光学につながるのではなかろうか。しかし、分子光学はまだ気体分子に関する研究が行われている状態で固体に関する問題はこれからであろう。

##### b) 当初の研究計画の妥当性（評価点 3.9）

本研究は挑戦的で独創的な研究であり、研究計画の立案は難しいと思われるが、当初の目的設定および計画は妥当なところであろう。

結果として、現象の基礎的理 解についてはもう少し系統的な、深みのある実験および解析が欲しかった。これは、研究グループのコアとなるべき人が定着出来なかった研究体制の問題があったと推察する。

##### c) 成果の波及効果の有無（評価点 3.9）

本研究では有機分子のレーザー駆動の現象の基礎的理 解と可能性探求に重点がおかれ、いろいろな種類の有機分子を未分解のまま高分子表面あるいは生体組織上に固定可能であることが示されたことは確かであるが、ここで実験に取り上げられた試料分子の機能性や選択の理由は明確に説明されていない。生体組織上への固定化もまだ実験回数も不足ではないかと感じた。しかしレーザーマニプレーションやレーザーアブレーションの応用はすでに大きく広がりつつある現状を考え、いわゆる科学技術の急速な展開を考えるとこのサブミクロン領域の技術がいろいろの分野で注目されることは間違いないであろう。

国際会議での招待講演が複数あり、受賞もあるので国際的に評価されていると判断する。

##### d) 将来への研究開発の展開の可能性（評価点 4.1）

本研究は技術面に力を入れられた。そのため反応機構や、適応分子、ターゲット高分子材料の適応性、エネルギーの閾値の問題等に情報不足の点が見られる。またそれはこの現象に未開の力の存在の可能性を含むといえよう。レーザーエネルギー源の進歩とあわせて、一般論として、ナノ領域の先端技術の新しい方法論として研究開発の必要性とその有用性

を将来に期待したい。

本研究は基礎研究としての深みを求めるより幅広い応用の可能性を示したことを高く評価すべきであると考える。その意味で本研究はここで終結し実用化の努力に重点を置いて今後の発展を期待すべきであると考える。

### 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。

○グループ研究の共同研究者が、プロジェクト期間の途中で抜けたり、兼務のためプロジェクト研究のほうが留守勝ちになったりすることのないように、資源の有効活用を考えて、グループリーダーを支援するようにしたいとしみじみと感じた。この研究の報告を伺っているうちに、高村光太郎の詩の中にあった「僕の前に道は無い。僕の後に道が出来る」の言葉を思い出しました。黎明研究からの新星の発見、グループ研究への育成を考え合わせながら。

○研究代表者の意図したとおりには必ずしも進まなかったように見受けられた。しかしせっかくのテーマが思うように進展させられなかつた原因がどこにあるか良く分析して今後に生かしてほしい。

○本研究は、これからが基礎研究の段階を迎える。研究は先端的であると判断されるので、何らかの形で、研究が継続できる支援体制を期待したい。

○この優れた研究は発展性は大いにあるテーマであると思われる。先端研における一過性の研究として終わらせるのは惜しい。例えば、幅広い可能性をもつ応用の開拓にはベンチャー企業化を考えることもできよう。

### 3.5 重元素と微生物との相互作用の解明研究：事前評価

#### 3.5.1 研究計画の概要

##### グループ構成員

リーダー Arokiasamy J. Francis (客員研究員 米国ブルックヘブン国立研究所)  
 サブリーダー 大貫敏彦 (原研、現 環境科学研究所 主任研究員)  
 兼務 尾崎卓郎 (原研 先端研 研究員)  
 兼務 木村貴海 (原研 先端研 主任研究員)  
 兼務 鳴海一成 (原研 環境・資源利用研究部 副主任研究員)  
 兼務 白井 理 (原研 エネルギーシステム研究部 研究員)  
 予定 (原研 研究員1名、博士研究員2名)

##### 研究目的

本研究では、アクチノイドなどの重元素と微生物との直接的作用として微生物体周囲への吸着、微生物体内部への吸收・外部への排出機構を解明すること、及び間接的相互作用として、錯形成能を有する代謝生成物との反応機構を解明することを主要な目的とする。

##### 研究内容

微生物及び代謝生成物に吸着・吸収されたアクチノイド、ランタノイドイオンの状態を、時間分解レーザー誘起蛍光分光法 (TRLFS)、X-ray Absorption Fine Structure (XAFS) 法、電子顕微鏡法、マイクロ-PIXE 法などにより調べるとともに、アクチノイドと特異的に結合する生体物質及び代謝生成物を高速液体クロマトグラフィー (HPLC) およびキャピラリーエレクトロ泳動法などにより単離し、NMR によって化学形、構造を解析する。さらに、電気化学的手法及び計算手法により、微視的構造レベルでの膜の透過機構の解明及び結合部位の構造解析を行う。これらの結果から、重元素と微生物との直接的相互作用と間接的相互作用の機構を解明する。

##### 新規所用予算

初年度	第2年度	第3年度	第4年度	第5年度	合計
59,000	55,000	25,000	25,000	25,000	189,000
(主な装置) 錯体状態・構造解析装置、生体膜電気化学測定装置					
NMR、時間分解レーザー誘起蛍光分光装置、XAFS 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 4.1)

主要な研究目的をアクチノイドなどの重元素と微生物との相互作用の機構の解明に置くことは極めて妥当で適切であると評価する。アクチノイド等の重元素を選択的に取り込

む微生物の特性を把握していただきたい。将来大きな問題となる放射性廃棄物処理につながると面白いが、現時点ではそのような目的志向ではなく自由な基礎研究が望まれる。

生物に対するアクチノイドの影響を研究することは、重要なことである。このような研究は、まさに原研に相応しいものである。ただ、当研究センターのレパートリーとしてこのような生物系の研究を育てていく覚悟が重要であろう。

但し、方向性および目的は妥当であるが、達成目標が多すぎると言わざるを得ない。限られた研究期間でその目標すべてを達成することは難しいと思われる。方向性と目的を十分考慮して、目標を絞り込んでいただきたい。

#### b) 研究の新規性・独創性、学術的意義（評価点 4.1）

提出資料によると、世界を広く考えれば研究課題そのものは新しいものではないようであるが、取り組み方は全く新しく、独創性がある。微生物が何故好んでアクチノイドを体内に取り込むのか、放射性だからか、大きいからか、電子軌道のためなのか、とにかくこの変わり者の正体を明らかにすることは自然科学の立場から、意義深く、興味深い現象である。その意味からも本研究は学術上非常に大切であると考える。

但し、原研としての取り組みのどこがユニークでオリジナル点なのか、また、計算科学的手法がどのように有力であるのか、などについて更に明確にする必要があろう。

#### c) 研究の進め方の妥当性（評価点 3.6）

アクチノイドの生物効果の研究には多角的なアプローチが有効であるとの観点から、種々の測定手法を駆使して研究を進めようとする計画は、総論的には妥当と認められる。

しかし、溶液化学的研究は取り扱う系が複雑である。その化学実験は大変な手作業が含まれることが考えられる。資料によれば、アクチノイド金属元素の種類と対応する官能基との組み合わせだけでも大変な数の実験が予想される。実験材料の有効な選択と的を絞った実験計画を行って研究を進めて頂きたい。

そして、研究グループの構成については、海外からのグループリーダーと、サブリーダーおよび新規研究員が中心で、後は兼務という構成に懸念を感じる。境界領域の研究テーマに取り組む体制としては弱いのではないかと懸念する。

以上を総括し、取り扱う系が多様かつ複雑なので、人員構成とそれぞれの構成員の専門（得意）分野、研究期間などを考慮し、研究の進め方を再考し、研究の目標を絞り込むことを提言する。或いは、現時点で研究構想を膨らませるのは良いとするが、実際に走り出してみてメンバーその他の境界条件を考慮して焦点を絞り込んでゆく必要があろう。2、3年目にナヴィゲーションの確認の機会（中間評価）を持つのが良いと思われる。その際、少し離れた立場からの客観的アドバイスが貴重なものとなろう。

**d) 資源配分の妥当性（評価点 3.6）**

研究予算はほぼ妥当と思われる。このような新しい境界領域の研究であり、幅広い分野の研究スタッフ構成も適切と思われる。種々の測定には既存の施設・設備を活用するものと思われるが、ラマン分光装置とX線顕微鏡も役に立つ。とくにX線顕微鏡は放射光を使えば、動的挙動の微視的観察が可能となる。

但し、前述のように、中間評価において、研究目標の絞り込み、重視した研究目標に見合った人員構成を再考することを提言する。

**e) 成果の波及効果の有無（評価点 4.1）**

生物学、化学等の純粹自然科学研究の立場からも、環境科学研究の立場からも、またアクトノイド元素の分離、濃縮等の応用自然科学研究の立場からも、原研内は勿論学界、一般社会の関心を引く研究であり、その成果のインパクトは大きいと予想される。特に、トランスポータチャネルの分子生物学的解析を研究の柱にすると生化学一般への波及効果とインパクトは極めて大きいといえる。

この研究テーマは当面は基礎を固めることが重要で、基礎的な研究から波及効果が生まれるものと考えられる。

**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。

○研究が発散しないよう研究進捗を点検する必要があると判断する。中間評価を予定すべきである。

○初めから余り実用化を強く意識せずに、多様な自然界の営みの理解を深めようという純粹な自然科学研究の先端的基礎研究の立場を大切にして進んで欲しい。

○この種の学際的研究は発表の場が難しいと想像されるが、情報の積極的な発信を心がけることによって逆に思わぬところからの関連情報や研究協力が寄せられるのではないだろうか。

○中間評価が極めて重要である。中間評価で、1) 研究目標がどの程度絞り込まれたか、2) その絞り込みが妥当であったかを、正確に評価しなければならない。

別表

## 先端基礎研究専門部会評価結果（評点）一覧

## 中性子散乱による強相間電子系の研究：事後評価

(a) 研究テーマの目的達成度	4.4
(b) 当初の研究計画の妥当性	4.6
(c) 成果の波及効果の有無	4.6
(d) 将来への研究開発の展開の可能性	4.5

## 超低温の導入による中性子散乱の研究：事後評価

(a) 研究テーマの目的達成度	4.6
(b) 当初の研究計画の妥当性	4.6
(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	4.7

## レーザー駆動分子注入の研究：事後評価

(a) 研究テーマの目的達成度	3.7
(b) 当初の研究計画の妥当性	3.9
(c) 成果の波及効果の有無	3.9
(d) 将来への研究開発の展開の可能性	4.1

## 重元素と微生物との相互作用の解明研究：事前評価

(a) 研究テーマの目的達成度	4.1
(b) 研究の新規性・独創性・学術意義	4.1
(c) 研究の進め方の妥当性	3.6
(d) 資源配分の妥当性	3.6
(e) 成果の波及効果の有無	4.1

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 <sup>-1</sup>
力	ニュートン	N	m·kg/s <sup>2</sup>
圧力、応力	パスカル	Pa	N/m <sup>2</sup>
エネルギー、仕事、熱量	ジュール	J	N·m
功率、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 <sup>2</sup>
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 <sup>2</sup>
放射能	ベクレル	Bq	s <sup>-1</sup>
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では液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開催理事会指令では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 <sup>5</sup> 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	MPa(=10 bar)	kgf/cm <sup>2</sup>	atm	mmHg(Torr)	lbf/in <sup>2</sup> (psi)
力	1	10.1972	9.86923	$7.50062 \times 10^3$	145.038
	0.0980665	1	0.967841	735.559	14.2233
	0.101325	1.03323	1	760	14.6959
	$1.33322 \times 10^{-4}$	$1.35951 \times 10^{-3}$	$1.31579 \times 10^{-3}$	1	$1.93368 \times 10^{-2}$
	$6.89476 \times 10^{-3}$	$7.03070 \times 10^{-2}$	$6.80460 \times 10^{-2}$	51.7149	1

エネ ル ギ ー 仕 事 ・ 熱 量	J(=10 <sup>7</sup> erg)	kgf·m		kW·h		cal(計量法)		Btu		ft · lbf		eV	
		1	0.101972	$2.77778 \times 10^{-7}$	0.238889	$9.47813 \times 10^{-4}$	0.737562	$6.24150 \times 10^{18}$	= 4.184 J (熱化学)			$6.24150 \times 10^{18}$	= 4.1855 J (15 °C)
	9.80665	1	2.72407	$2.34270 \times 10^{-6}$	2.34270	$9.29487 \times 10^{-3}$	7.23301	$6.12082 \times 10^{19}$	= 4.1868 J (国際蒸気表)				
	$3.6 \times 10^6$	3.67098	$3.67098 \times 10^5$	1	$8.59999 \times 10^5$	3412.13	$2.65522 \times 10^6$	$2.24694 \times 10^{25}$					
	4.18605	0.426858	$1.16279 \times 10^{-6}$	1	$3.96759 \times 10^{-3}$	3.08747	$2.61272 \times 10^{19}$	$2.61272 \times 10^{19}$	仕事率 1 PS (仏馬力)				
	1055.06	107.586	$2.93072 \times 10^{-4}$	252.042	1	778.172	$6.58515 \times 10^{21}$	$6.58515 \times 10^{21}$					
	1.35582	0.138255	$3.76616 \times 10^{-7}$	0.323890	$1.28506 \times 10^{-3}$	1	$8.46233 \times 10^{18}$	$8.46233 \times 10^{18}$					
	$1.60218 \times 10^{-19}$	$1.63377 \times 10^{-20}$	$4.45050 \times 10^{-26}$	$3.82743 \times 10^{-20}$	$1.51857 \times 10^{-22}$	$1.18171 \times 10^{-19}$	1	1					

放 射 能	Bq	Ci		吸 收 線 量	Gy		rad	照 射 線 量	C/kg		R
		1	$2.70270 \times 10^{-11}$		1	100			1	$2.58 \times 10^{-4}$	
	$3.7 \times 10^{10}$	1		0.01	1						

照 射 線 量	C/kg		R
	1	$3876$	
		$2.58 \times 10^{-4}$	1

線 量 當 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13年度）

R100  
古紙配合率100%  
白度70%再生紙を使用しています