



平成 22 年度 研究開発・評価報告書
評価課題「先端原子力科学研究」(事前評価)

Assessment Report of Research and Development Activities
Activity: "Advanced Science Research" (Pre-Review Report)

先端基礎研究センター

Advanced Science Research Center

November 2010

Japan Atomic Energy Agency

日本原子力研究開発機構

JAEA-Evaluation

本レポートは独立行政法人日本原子力研究開発機構が不定期に発行する成果報告書です。
本レポートの入手並びに著作権利用に関するお問い合わせは、下記あてにお問い合わせ下さい。
なお、本レポートの全文は日本原子力研究開発機構ホームページ (<http://www.jaea.go.jp>)
より発信されています。

独立行政法人日本原子力研究開発機構 研究技術情報部 研究技術情報課
〒319-1195 茨城県那珂郡東海村白方白根 2 番地 4
電話 029-282-6387, Fax 029-282-5920, E-mail:ird-support@jaea.go.jp

This report is issued irregularly by Japan Atomic Energy Agency
Inquiries about availability and/or copyright of this report should be addressed to
Intellectual Resources Section, Intellectual Resources Department,
Japan Atomic Energy Agency
2-4 Shirakata Shirane, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken 319-1195 Japan
Tel +81-29-282-6387, Fax +81-29-282-5920, E-mail:ird-support@jaea.go.jp

© Japan Atomic Energy Agency, 2010

平成 22 年度 研究開発・評価報告書
評価課題「先端原子力科学研究」(事前評価)

日本原子力研究開発機構
先端基礎研究センター

(2010 年 10 月 4 日 受理)

独立行政法人日本原子力研究開発機構(以下、「原子力機構」という)は、「国の研究開発評価に関する大綱的指針」(平成 17 年 3 月 29 日内閣総理大臣決定)及びこの大綱的指針を受けて作成された「文部科学省における研究及び開発に関する評価指針」(平成 17 年 9 月 26 日文部科学大臣決定)、並びに原子力機構の「研究開発課題評価実施規程」(平成 17 年 10 月 1 日制定、平成 18 年 1 月 1 日改正)等に基づき、平成 22 年 4 月 6 日に先端基礎研究センターに関する事前評価を先端基礎研究・評価委員会に諮問した。(25 ページ「研究開発課題の事前評価について(諮問)」参照)

これを受けて、先端基礎研究・評価委員会は、本委員会によって定められた評価方法に従い、原子力機構から提出された先端基礎研究センターの運営及び先端基礎研究の実施に関する説明資料の検討及び先端基礎研究センター長並びに研究グループリーダーによる口頭発表と質疑応答を実施した。

本報告書は、先端基礎研究・評価委員会より提出された事前評価の内容をまとめるとともに、7 ページ以降に「評価結果(答申書)」を添付したものである。

本報告書は、研究開発・評価委員会(先端基礎研究・評価委員会)が「国の研究開発評価に関する大綱的指針」等に基づき実施した外部評価の結果を取りまとめたものである。

日本原子力研究開発機構 先端基礎研究センター(事務局)

原子力科学研究所(駐在): 〒319-1195 茨城県那珂郡東海村白方白根 2-4

**Assessment Report of Research and Development Activities
Activity: “Advanced Science Research” (Pre-Review Report)**

Advanced Science Research Center

Japan Atomic Energy Agency
Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken

(Received October 4, 2010)

Japan Atomic Energy Agency (hereinafter referred to as “JAEA”) consulted an assessment committee, “Evaluation Committee of Research Activities for Advanced Science Research” (hereinafter referred to as “Committee”) for prior assessment of “Advanced Science Research,” in accordance with “General Guideline for the Evaluation of Government Research and Development (R&D) Activities” by Cabinet Office, Government of Japan, “Guideline for Evaluation of R&D in Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology” and “Regulation on Conduct for Evaluation of R&D Activities” by JAEA.

In response to the JAEA’s request, the Committee assessed the research program and activities of the Advanced Science Research Center (hereinafter referred to as “ASRC”) for the period of five years from April 2010. The Committee evaluated the management and the research program of the ASRC based on the explanatory documents prepared by the ASRC and the oral presentations with questions-and-answers by the Director and the research group leaders.

This report summarizes the result of the assessment by the Committee with the Committee report attached from page 7.

Keywords: Advanced Science Research

This evaluation report presents the result of third-party evaluation conducted based on “General Guideline for Evaluation of Government R&D Activities” by Japanese Cabinet Office, etc.

目次

1. 概要	1
2. 先端基礎研究・評価委員会の構成	2
3. 審議経過	3
4. 評価方法	4
5. 評価結果（答申書）	7
添付資料（日本原子力研究開発機構）	23
参考資料（日本原子力研究開発機構）	87

Contents

1. Summary	1
2. Evaluation Committee of Research Activities for Advanced Science Research	2
3. Status of assessment	3
4. Procedure of assessment	4
5. Results of assessment (Committee Report)	7
Attachments (documents owned by Japan Atomic Energy Agency)	23
References (documents owned by Japan Atomic Energy Agency)	87

This is a blank page.

1. 概要

独立行政法人日本原子力研究開発機構（以下、「原子力機構」という）は、「国の研究開発評価に関する大綱的指針」（平成 17 年 3 月 29 日内閣総理大臣決定）及びこの大綱的指針を受けて作成された「文部科学省における研究及び開発に関する評価指針」（平成 17 年 9 月 26 日文部科学大臣決定）、並びに原子力機構の「研究開発課題評価実施規程」（平成 17 年 10 月 1 日制定、平成 18 年 1 月 1 日改訂）等に基づき、先端基礎研究センターに関する事前評価を先端基礎研究・評価委員会に諮問した。

これを受けて、先端基礎研究・評価委員会は、本委員会によって定められた評価方法に従い、原子力機構から提出された先端基礎研究センターの運営及び先端原子力科学研究の実施に関する説明資料の検討及び先端基礎研究センター長並びに研究グループリーダーによる口頭発表と質疑応答を実施した。

その結果、本委員会は諮問された第二期中期目標期間におけるセンターの運営ならびに先端基礎研究計画について、適切であると評価した。先端基礎研究センターは原子力機構の中の前衛的な研究組織として設立されたものである。原子力機構は、日本の原子力に関わる事業の開発と安全確保という特定の目的を持ち、その任務遂行を期待される研究機関である。一方、先端基礎研究センターは原子力機構の中心的任務を超えた基礎研究の世界的中枢組織である。そのため、先端基礎研究センターは原子力機構と国内外の学術団体との橋渡し役として重要な役割を果たしている。それは即ち、若い才能を惹きつけるとともに、機構内での信頼を高めることでもある。また、先端基礎研究センターは国際化を先導し、原子力機構の国際性を高めることに貢献している。新センター長として国際的知名度の高い前川教授を抜擢したことは注目すべきことで、内外の学術団体に上記のメッセージを強く発信している。今、先端基礎研究センターは世界最先端の研究組織となる素晴らしい機会をむかえている。当委員会はこの ASRC の目標を強く支持する。

2. 先端基礎研究・評価委員会の構成

本委員会は平成 18 年 1 月 1 日に設置され、以下の 11 名の委員により構成されている。

委員長	Takeshi Egami	UT-ORNL Distinguished Scientist/Professor, Department of Materials Science and Engineering, the University of Tennessee, USA
委員 (五十音順)	家 泰弘	東京大学 物性研究所長
	潮田 資勝	物質・材料研究機構 理事長
	小安 重夫	慶応義塾大学 医学部 教授
	四竈 樹男	東北大学 金属材料研究所 附属量子エネルギー材料科学国際研究センター長
	玉尾 皓平	理化学研究所 基幹研究所長
	土岐 博	大阪大学 名誉教授
	福山 秀敏	東京理科大学 副学長
	Albert Fert	Scientific Director at the CNRS/Thales Joint Physics Unit, Professor of Physics, University of Paris-Sud, Orsay, France (Nobel Prize Winner in Physics 2007)
	Peter Fulde	Director and Scientific Member at Max Planck Institute for the Physics of Complex Systems, Germany, Director of Asia-Pacific Center for Theoretical Physics
	Norbert Trautmann	Honorary Professor at the University of Mainz, Germany

3. 審議経過

- (1) 第5回委員会開催：平成22年4月22日～23日
 - ・先端基礎研究センターの運営方針に関する報告と意見交換
 - ・各研究グループの研究計画についての報告と意見交換
 - ・現場訪問
 - ・評価内容の検討、報告書作成に関する審議

- (2) 評価結果の取りまとめ：平成22年4月下旬～6月
 - ・各委員による評価結果を委員長が取りまとめ、全委員の合意のもと答申書を作成

- (3) 答申：平成22年6月7日

4. 評価方法

以下の評価作業手順及び評価項目に従い、先端基礎研究センターより提出された先端基礎研究センターの運営及び先端原子力科学研究の実施に関する説明資料を検討するとともに、先端基礎研究センター長及び各研究グループリーダーに対するヒアリングを行った。

(1) 評価作業手順

- ① 評価方法、評価基準についての議論
- ② 先端基礎研究センターの運営についての先端基礎研究センター長による口頭発表及び質疑・応答
- ③ 各研究グループの研究計画について各研究グループリーダーによる口頭発表及び質疑・応答
- ④ 現場訪問
- ⑤ 提出資料及び口頭発表に基づき、評価意見の整理
- ⑥ 答申書の取り纏め方針の検討

(2) 評価項目

1) 先端基礎研究センター

センターの運営方針と戦略について評価

2) 先端原子力科学研究の実施 (11 研究グループ)

以下の 11 研究テーマに関して、研究計画を評価

- ・量子物性理論研究グループ
(数値シミュレーションによる新機能材料の創出)
- ・分子スピントロニクス研究グループ
(分子・ナノ炭素系におけるスピン伝導機構の解明)
- ・力学的物質・スピン制御研究グループ
(電子スピンとナノ物体運動を結合させるスピンメカトロニクスの開拓)
- ・重原子核反応フロンティア研究グループ
(核子移行反応による重原子核反応特性の解明)
- ・超重元素研究グループ
(超重元素の価電子状態と超重核の殻構造の解明)
- ・アクチノイド物質開発研究グループ
(アクチノイド化合物の物質開発)

- ・重元素系固体物理研究グループ
(重元素系化合物のための新たな固体物理コンセプトの開拓)
- ・ハドロン物理研究グループ
(ストレンジネスを含む原子核とハドロンの構造解明)
- ・バイオアクチノイド化学研究グループ
(バイオ反応場におけるアクチノイドのナノ粒子化機構の解明)
- ・放射場生体分子科学研究グループ
(放射場における生体分子の変異と生体応答の解明)
- ・スピン偏極陽電子ビーム研究グループ
(スピン偏極陽電子ビーム技術の開発と最表面磁性の解明)

(3) 評価の基準

1) 先端基礎研究センター

先端基礎研究センターが示した研究方針及び戦略の適否を判断し、評価意見をまとめる。

2) 先端原子力科学研究の計画 (11 研究グループ)

各グループの研究計画について適否を判断し、科学的視点により、長所及び短所を考慮した具体的な評価意見をまとめる。

事前評価スケジュール

第1日目 平成22年4月22日(木)

- 10:00~11:00 センター長挨拶
諮問事項の説明
互選による委員長の選出

事前評価委員会 司会(委員長)

先端基礎研究センターの運営方針について

- 11:00~12:00 センター長による運営方針に関する報告

各研究グループからの実施計画について(発表15分+質疑5分)

- 13:00~13:20 量子物性理論研究グループ
13:20~13:40 分子スピントロニクス研究グループ
13:40~14:00 力学的物質・スピン制御研究グループ
14:00~14:20 重原子核反応フロンティア研究グループ
14:20~14:40 超重元素研究グループ
14:40~15:00 アクチノイド物質開発研究グループ
15:00~15:20 重元素系固体物理研究グループ
15:50~16:10 ハドロン物理研究グループ
16:10~16:30 バイオアクチノイド化学研究グループ
16:30~16:50 放射場生体分子科学研究グループ
16:50~17:10 スピン偏極陽電子ビーム研究グループ

第2日目 平成22年4月23日(金)

現場訪問

- 9:30~10:00 現場訪問について
10:00~12:00 実験室等の施設訪問

議論のまとめ

- 13:00~15:00 議論のまとめ、報告書の作成について

評価委員会の総括

- 15:00~15:30 委員会及びアドバイザーからのコメント

(J-PARC 見学 15:30~17:00)

5. 評価結果（答申書）

平成 22 年 6 月 7 日

独立行政法人 日本原子力研究開発機構
理事長 岡崎 俊雄 殿

研究開発・評価委員会
(先端基礎研究・評価委員会)
委員長 Takeshi Egami

研究開発課題の評価結果について（答申）

当委員会に諮問〔22原機（先）001〕のあった下記の研究開発課題の事前評価について、その評価結果を別紙のとおり答申します。

記

研究開発課題「先端原子力科学研究」

以上

This is a blank page.

(別紙)

先端基礎研究・評価委員会報告書
「先端原子力科学研究」の評価結果（事前評価）

※報告書中の和文は先端基礎研究センターにて和訳を行ったものであり、先端基礎研究・評価委員会より提出された英文を正とする。

This is a blank page.

先端基礎研究・評価委員会報告書

委員会開催日：2010年4月22日～23日

報告書提出日：2010年6月7日

委員長：

Takeshi Egami (University of Tennessee and Oak Ridge National Laboratory, USA)

委員：

家 泰弘 (東京大学、日本)

潮田資勝 (物質・材料研究機構、日本) 欠席

小安 重夫 (慶応義塾大学、日本)

四竈 樹男 (東北大学、日本)

玉尾 皓平 (理化学研究所、日本) 欠席・評価意見提出

土岐 博 (大阪大学、日本)

福山秀敏 (東京理科大学、日本) 欠席

Albert Fert (CNRS and University of Paris-Sud, France) 欠席

Peter Fulde (Max-Planck-Institute for Physics of Complex Systems, Germany)

Norbert Trautmann (University of Mainz, Germany) 欠席・評価意見提出

答申 1：先端基礎研究センターの研究方針と戦略

評価：適切

The Advanced Science Research Center (ASRC) of JAEA was created as the avant-garde research organization within JAEA. JAEA is a strongly mission-oriented technical agency with a specific purpose of developing and safe-guarding the atomic energy program in Japan. ASRC, on the other hand, is the world-class center of basic research with goals far transcending the core mission of JAEA. Thus ASRC plays an important role as the gateway for JAEA to the scientific communities in Japan and the rest of the world. It attracts young talents and contributes to enhancing public confidence in the agency. ASRC is also leading the wave of internationalization, and is adding increased international flavor to JAEA. The selection of internationally well-known Prof. Maekawa as new Director is outstanding, and sends the right message to the community. ASRC now has an excellent opportunity to become one of the most prominent world-leading research institutions. The committee enthusiastically endorses the goals of ASRC.

ASRC は JAEA の中の前衛的な研究組織として設立されたものである。JAEA は日本の原子力に関わる事業の開発と安全確保という特定の目的を持ち、その任務遂行を期待される研究機関である。一方 ASRC は JAEA の中心的任務を超えた基礎研究の世界的中枢組織である。ゆえに ASRC は JAEA と国内外の学術団体との橋渡し役として重要な役割を果たしている。それは即ち、若い才能を惹きつけるとともに、機構内での信頼を高めることでもある。また ASRC は国際化を先導し、JAEA の国際的特色を高めるのに貢献している。新センター長として国際的知名度の高い前川教授を抜擢したことは注目すべきことで、内外の学術団体に上記のメッセージを強く発信している。今 ASRC は世界最先端の研究組織となる素晴らしい機会をむかえている。委員会はこの ASRC の目標を強く支持する。

In order for ASRC to fulfill its promise, however, strong and sustained commitment by the leadership of the JAEA organization is essential. The financial burden of ASRC to the entire budget of JAEA is minuscule (0.15% for discretionary budget, 1% even with personnel cost), whereas its impact can be immense. The committee recommends its discretionary budget to be increased at least by 20% in order to maintain the international competitive edge. For instance the budget for travel, foreign travel in particular, does not appear to be adequate. It is vital for young researchers to travel abroad and interact with scientists in the world. Even

though all the institutions under the Japanese government are being scrutinized to reduce spending, the fiscal pressure should not compromise the unique character of ASRC. The administration should restrain itself from weakening ASRC by restricting its freedom and financial agility in an attempt to save a small amount of funding. For instance, when a project is moved from ASRC to other parts of JAEA, the positions and the budget associated with the project should not be taken away from ASRC. The moved project should be replaced with a new project.

しかし ASRC がその使命を達成するためには、組織としての JAEA の指導力に基づく強力かつ継続的な関与が不可欠である。ASRC のもたらすであろう傑出した研究成果に対して、JAEA 全体の予算における ASRC への配分はきわめて小さい（自由に支出できる研究予算は JAEA 全体の 0.15%、人件費を合わせても約 1%）。ASRC が国際的競争力を維持するためにも、本委員会は ASRC 自由裁量の予算を少なくとも 20% 増加することを勧告する。例えば、現在の予算では、旅費、特に海外旅費は十分とは思われない。若い研究者が海外に赴き、世界中の科学者たちと交流することは絶対不可欠である。日本政府の指示下で全ての研究機関が支出削減を強いられているとはいえ、この財政的圧力によって ASRC の特色が損なわれるべきではない。少額の予算節約がために、ASRC の自由度と資金的な機動性を制限することによって ASRC を弱体化させるような管理は避けるべきである。例えば、あるプロジェクトが ASRC から JAEA 内の他の部署に移動する際には、当該プロジェクトの人員枠と予算枠は ASRC から削減するべきでなく、新しいプロジェクトを代わりに採用すべきである。

The last point is immediately relevant, because indeed some of the committee members feel rather strongly that some of the research projects be moved out of ASRC, even though they are scientifically excellent and are very relevant to JAEA. The committee is concerned with the fact that only a minor portion of the projects are genuinely new projects started by the new Director, and other projects are continuation of the old projects with some changes in direction. This situation is not consistent with the idea and goals of ASRC. A number of projects currently supported by ASRC are technically demanding and require long preparation and commitment, beyond the 5 years targeted for ASRC. Even when they are scientifically excellent and are fully consistent with the mission of JAEA as a whole, they are not consistent in nature with the mission of ASRC. They also tend to have weaker interaction and synergy with the rest of the projects. These projects may be continued outside ASRC, provided that appropriate homes can be found. Only new, innovative, high-risk projects should be chosen for ASRC.

最後のポイントは喫緊の課題である。なぜなら、いくつかの研究テーマは科学的にも素晴らしく JAEA との関連性も極めて高いものであるが、ASRC から外部に移した方が良くと何人かの委員が感じている。新センター長が開始したプロジェクトのごく一部が真に新しいものであり、その他は以前からの継続テーマを多少変えたものであるということを懸念している。この状況は ASRC の理念と目標に調和していない。現在 ASRC で進行中のプロジェクトの多くは技術的に困難で、その準備と実施には ASRC が目標とする 5 年間を超える期間を要する。それらが科学的に素晴らしく JAEA の任務に完全に一致していたとしても、ASRC の使命の本質にそぐわないということになる。これらはまた、他のプロジェクトとの相互作用や相乗効果に乏しい。これらのプロジェクトは ASRC 以外で適切な場所があるとなればそちらで継続されるのが望ましく、ASRC では革新的ハイリスクプロジェクトのみが選ばれるべきである。

One of the projects in that category is the project #4, “Research in surrogate reactions by Nucleon-Transfer Reactions Involving Heavy Nuclei” Whereas this project is technically excellent and important to the mission of the JAEA, the nature of this project is not quite consistent with the goal of the ASRC. This project may be better relocated to the rest of the JAEA divisions. Another project which is on the borderline with respect to the mission of ASRC is the project #5, “Study of valence electronic structure and nuclear shell structure of super-heavy elements” This project also is basically a continuation of an old project, even though they now have a new leader from abroad with several new subjects proposed and are innovative and technically excellent In addition the two biological research projects may be seen in the same light. They are not intimately connected to the rest of the activities at ASRC, and appear to be more closely aligned with the traditional main mission of JAEA.

上記の範疇に含まれるプロジェクトの一つは 4 番の「核子移行反応による重原子核反応特性の解明」である。このプロジェクトは技術的には素晴らしく、JAEA の重要な任務だが、その性質は ASRC の目標とは一致しない。このプロジェクトは JAEA の他の部門に移動した方がよいかもしれない。ASRC の使命の境界上にあるもうひとつのプロジェクトは 5 番の「超重元素の価電子状態と超重核の殻構造の解明」である。このプロジェクトも現在は新しいリーダーを海外から迎え、また新たに提案された課題のいくつかは革新的で技術的には素晴らしいが、基本的には以前からの継続である。加えて、生物学に係る二つの研究テーマにも同じことが言えるかもしれない。これらは

ASRC における他の活動との関連が薄く、伝統的な JAEA の任務と深くつながっているように見える。

Because the goals of ASRC are rather distinct from those of the rest of JAEA ASRC runs risk of becoming isolated from the rest. We strongly recommend for ASRC to maintain close contact with the rest of JAEA, not only with the quantum beam physics groups at J-PARC but also with other more technical divisions, so that ASRC truly becomes the gateway for JAEA to the outside scientific community.

ASRC の目的は JAEA の他の研究組織のそれと性質が異なるため、孤立してしまう危険性をはらんでいる。我々は、ASRC が JAEA の他部門、すなわち、J-PARC の量子ビーム物理に関わる部署のみならず、他の研究開発部門とも密接な接触を持ち、本当の意味での外部の学術団体との橋渡し役となることを推奨する。

The REIMEI program is an excellent avenue for bringing young talents into the center. However, it is not clear how each project has been evaluated after the completion of the project and how successful the program as a whole has been. It has been proposed to open this program to international competition. Whereas this is an excellent idea, the present size of the grant has to be greatly increased, by a factor of two to three, to be viable as an international program. This point again is related to the need of increasing the budget of ASRC.

黎明研究制度は、若い才能をセンターに受け入れるためには素晴らしい方法である。しかし、プロジェクト終了後にそれぞれのプロジェクトがどのように評価されるのか、またプログラム全体としての成果をどのように評価するのかについては不明確である。このプログラムは国際的に公募を行っている。これは素晴らしいアイデアではあるが、国際的プログラムとして存立していくためには、現在の交付額の 2~3 倍の規模に増額しなければならない。この点は、ASRC への予算増額の必要性にも関連している。

答申 2 : 研究課題 数値シミュレーションによる新機能材料の創出

評価 : 適切

This group is at the international forefront of this field, and is expected to make significant contributions to the correlated electron physics community. Whereas the

subject matter listed are rather broad, it is expected that the group will focus on a few important subjects within the area. The key to their effectiveness within ASRC is the interaction with experimentalists. It is strongly encouraged that they will take every opportunity to interact with the experimentalists not only within ASRC but also those in the quantum beam physics groups at J-PARC.

このグループはこの研究分野において国際的にも最前線にあり、強相関電子物理の分野に貴重な貢献をすると期待される。提案されている主題はやや広範囲に及ぶが、この分野のなかでいくつかの重要な課題に焦点を絞ることを期待したい。彼らの ASRC における有効性を確保するためのカギとなるものは実験グループとの協力である。彼らが ASRC 内のみならず、J-PARC の量子ビーム物理の実験グループと協力する機会をもつことを強く推奨する。

答申 3 : 研究課題 分子・ナノ炭素系におけるスピン伝導機構の解明

評価：適切

Molecular spintronics is an exciting, highly competitive field. This group has an excellent opportunity to make significant contribution to this field through the use of graphene as spin injector. Although a number of technical difficulties are expected, this project is exemplary as the high-risk high-return project of ASRC.

分子スピントロニクスは刺激的で競争性の高い分野である。このグループはグラフェンをスピン注入に利用することで、その分野に多大な貢献をする機会を有している。多くの技術的な困難は予想されるが、これは ASRC のハイリスク・ハイリターンプロジェクトの範となるものである。

答申 4 : 研究課題 電子スピンとナノ物体運動を結合させるスピンメカトロニクスの開拓

評価：適切

This group utilizes the unique expertise in high-speed rotors at JAEA with the spintronics to develop a totally novel idea of studying the coupling between electron spin and mechanical rotation. The idea is excellent and quite exciting. It is very important, however, that Prof. Saitoh becomes much more closely engaged in

the ASRC research effort with appropriate financial compensation. The current level of two days a month is hardly sufficient to ensure the success. Without his leadership and expertise in spintronics this group will not be able to fulfill its promise.

このグループは、JAEA 特有の高速ローターの専門技術をスピントロニクスに応用して、電子スピンと力学的回転を結合する研究において全く新しいアイデアを展開している。このアイデアは素晴らしく、極めて興味深い。しかしそのためには斎藤教授が適切な資金援助を得て ASRC での研究により密接に従事することが重要である。月 2 回という現状の従事状況は、成功を確実にするには不十分である。彼のリーダーシップとスピントロニクスの専門知識なくしては、このグループの目標は果たされない。

答申 5 : 研究課題 核子移行反応による重原子核反応特性の解明

評価 : 適切

Special techniques which enable the measurement of neutron cross section of unstable heavy nuclei will be developed. The science is excellent and the subject is of great importance to JAEA. However, this project requires long-time commitment to the development of special techniques. Actually it is a continuation of an existing project. In spite of its technical excellence this project does not sit well with the goal of ASRC as an agile cutting-edge research institute, and should be moved to other technical division within JAEA.

不安定重原子核の中性子反応断面積の測定を可能にする特殊な技術を開発する。この研究は素晴らしく、JAEA にとっても極めて重要な課題である。しかし、このプロジェクトでの特殊な技術の開発には、長期的に関与していくことが必要である。実際これも既存のプロジェクトの継続である。このプロジェクトは技術的に卓越しているものの、最先端研究を行う機関としての ASRC の目標には必ずしも適合せず、JAEA の他の研究開発部門へ移動させるべきである。

答申 6 : 研究課題 超重元素の価電子状態と超重核の殻構造の解明

評価 : 適切

The goal of this project is to study atoms with superheavy nuclei by the atom-by-atom technique. The unique effort of this group is now internationally well recognized. Some of the proposed projects are novel and innovative, and can be finished within 5 years. This project will explore the properties of elements beyond Rf for the first time, and is likely to lead the field for some time. Very detailed comments by Prof. Trautmann, who is an expert in this field, will be of great value to this project. On the other hand, just as Project 4, this project requires long commitment to the development of special techniques. It may be worthwhile to explore the possibility of relocation of this project outside ASRC. The theoretical aspects of many-body physics that could interface with Project 1 is a possible argument to keep this project within ASRC. However, if the JAEA Tandem accelerator is closed and the actual activity is virtually shifted to RIKEN, there will be little ground to keep the team in ASRC.

このプロジェクトの目的は”atom-at-a-time chemistry”による超重原子の研究である。このグループ特有の取り組みは現在国際的にも認められている。いくつかの提案されたプロジェクトは新奇かつ革新的で、5年以内の完了が可能である。このプロジェクトは Rf より原子番号の大きい元素の特性を初めて探求するもので、しばらくこの分野を先導するであろう。この分野の専門家であるトラウトマン教授の詳しいコメントは、このプロジェクトにとって大きな価値のあるものになる。しかしこのプロジェクトの性質は、4番目のプロジェクト同様、特別な技術の開発に長期的に専念する必要がある。そのため、本プロジェクトの ASRC 外への移動の可能性を考慮に入れてもよいかもしれない。1番目のプロジェクトと関連付けることのできる多体論の理論的側面が、このプロジェクトを ASRC に留める理由となり得る。しかし、もし JAEA のタンデム加速器が閉鎖され、実際の活動が実質的に理研に移るとすれば、このグループを ASRC に残す根拠はあまりないだろう。

答申 7 : 研究課題 アクチノイド化合物の物質開発

評価 : 適切

This is a truly outstanding exciting project which fits perfectly well to the

mission of ASRC. Having Prof. Fisk as a leader renders tremendous boost to the team. His deep knowledge and sharp intuition will most likely guide the team to a great height of international prominence, if he dedicates enough time and effort to this project. ASRC and JAEA should make every effort to make this international collaboration a success and a showcase for the future projects.

これは ASRC の任務に完全一致した実にめざましく刺激的なプロジェクトである。フィスク教授をリーダーに迎えたことは、このグループの素晴らしい後押しとなっている。もし彼が十分な時間と労力をこのプロジェクトに注げば、彼の深い知識と鋭い直観力はきっとグループを国際的に傑出するレベルへと引き上げることだろう。ASRC と JAEA は、この国際協力を成功させ、将来のプロジェクトの模範とするために、あらゆる努力を払うべきである。

答申 8 : 研究課題 重元素系化合物のための新たな固体物理コンセプトの開拓

評価 : 適切

This is also an exciting project to investigate the complex condensed matter physics of heavy elements in the new intermediate regime of spin-orbit coupling. The goal of creating new concepts fits very well with the ideal of ASRC. Also their ambitious target of creating new high temperature superconductors should be commended.

この興味深いプロジェクトは、スピン - 軌道結合にもとづく重元素系化合物の新たな固体物理の研究である。新しい概念の創出という目標は ASRC の理想と一致している。新しい高温超伝導体をつくるという彼らの大きな目標は推奨されるべきである。

答申 9 : 研究課題 ストレンジネスを含む原子核とハドロンの構造解明

評価 : 適切

This is an exciting project which makes excellent use of J-PARC. This project has a high potential to grow into a major project. The current level of support at ASRC is inadequate to fully exploit the subject. It should be seen as a seed project,

which, upon initial successes, will attract major external support.

これは J-PARC を有効利用するエキサイティングなプロジェクトである。これは中心的プロジェクトとなるポテンシャルを持っている。このグループに対する現在の ASRC の支援態勢は必ずしも十分ではない。このプロジェクトはシード型プロジェクトと認識されるべきであり、最初の成功によって、外部からの大きな支援を得る可能性を秘めている。

**答申 10：研究課題 バイオ反応場におけるアクチノイドのナノ粒子化機構の
解明**

評価：適切

The goal of this project is to study the biological implications of actinide nano-particles. The detailed comments by Prof. Trautmann and by Prof. Koyasu will be of great value to this project. Although this project is an important component for the mission of JAEA, according to the committee member who is an expert in this field, this project is not truly expanding a novel scientific territory. Then this project can be justified only within the broad mission of JAEA, but is not consistent with the goal of ASRC. This project could be another candidate to be relocated to outside ASRC.

このプロジェクトの目的は、アクチノイド・ナノ粒子生成における生物学的関与の研究である。トラウトマン教授と小安教授の詳しいコメントはこのプロジェクトの遂行において大きな価値のあるものである。このプロジェクトが JAEA の任務の重要な構成要素であるとしても、この分野の専門家である委員によると、これは新奇の科学領域を開拓するものでは必ずしもない。ゆえに、これがもし JAEA 内の広義の任務であれば正当化できるかもしれないが、ASRC の目指すところとは一致していない。このプロジェクトも ASRC 外への移動が考えられるもう一つの候補かもしれない。

答申 11：研究課題 放射場における生体分子の変異と生体応答の解明

評価：適切

This subject is also fully consistent with the core mission of JAEA, but whether

it is qualified as an ASRC project is questionable. The committee is not convinced that this project is at the cutting edge of the field, when there are many similar studies are being carried out elsewhere. Several technical problems have been identified by the committee member (see the comments by Prof. Koyasu*). In addition this project has little scientific and technical overlap with the rest of the ASRC projects. The possibility of continuing this project outside ASRC should be explored.

このテーマも、JAEA の中核となる任務とは完全に一致しているものの、ASRC のプロジェクトとしては疑問の余地が残る。他所でいくつもの類似した研究が行われている現状で、委員会はこのプロジェクトがこの分野の最先端であるという点については確信が持てない。いくつかの技術的な問題が委員によって提示された（小安教授のコメント参照のこと**）。さらにこのプロジェクトは他の ASRC プロジェクトと科学的、技術的に重複する部分がほとんどない。このプロジェクトが ASRC 以外の場所で継続される可能性を探求するべきである。

答申 12 : 研究課題 スピン偏極陽電子ビーム技術の開発と最表面磁性の解明

評価：適切

Spin polarized positron beam has a potential to be a unique tool in the condensed matter research. It will enable direct observation of the spin polarized electronic bands in solids. Exploring this possibility is an exciting project, consistent with the mission of ASRC.

スピン偏極陽電子ビームは凝縮系物質研究のユニークなツールとしての可能性を有している。これによって、固体中でのスピン偏極電子バンドを直接観測することも可能になる。その可能性を探求するとは刺激的なプロジェクトであり、ASRC の任務とも一致している。

*This studies the effect of radiation on a chemical molecule, in this case, DNA. Using purified materials may not tell us the mechanisms happening in the cell. Introduction of modified plasmid may replicate or repaired quickly. In mammalian cells, it is unlikely that the introduced DNA is properly modified by histones etc. to form chromatin structure. There are a lot of studies on DNA repair in both bacteria and mammalian cells. What is a frontier contributing to radiation biology?

**この研究テーマは DNA に対する放射線影響が対象であるが、精製された材料を用いて、細胞内での反応機構を明らかにすることはできないだろう。修飾されたプラスミドの導入では DNA はすばやく複製または修復されるだろうが、哺乳類の細胞においては、導入された DNA がヒストン等により正常に修飾されてクロマチン構造を形成することは考え難い。DNA 修復に関する研究は、細菌及び哺乳類の細胞を対象に広く行われている。この研究テーマの放射線生物学における先端的な貢献はなにか。

This is a blank page.

添付資料

添付資料 1 研究開発課題の事前評価について（諮問）

添付資料 2 事前評価資料

添付資料 3 事前評価報告書の概要と原子力機構の措置

This is a blank page.

添付資料 1

研究開発課題の事前評価について（諮問）

This is a blank page.

22原機（先）001
平成22年4月6日

研究開発・評価委員会
（先端基礎研究・評価委員会）
委員長 殿

独立行政法人 日本原子力研究開発機構
理事長 岡崎 俊雄

研究開発課題の事前評価について （諮問）

「研究開発・評価委員会の設置について」（17（達）第42号）第3条第1項
に基づき、次の事項について諮問します。

〔諮問事項〕

「先端原子力科学研究」に関する事前評価

以上

This is a blank page.

添付資料 2

事前評価資料

This is a blank page.

先端基礎研究センター事前評価資料目次

事前評価資料

Research Programs in Advanced Science Research Center

研究テーマ評価資料

Research Subject (1)

Study on New Functional Materials by Numerical Simulations

Research Subject (2)

Spin-Transport Mechanisms in Molecular Spintronics Materials and Devices

Research Subject (3)

Spin Manipulation and Material Design by Combining Spintronics and High-Speed Rotation Technique

Research Subject (4)

Research in Surrogate Reactions by Nucleon-Transfer Reactions Involving Heavy Nuclei

Research Subject (5)

Study of the Valence Electronic Structure and the Nuclear Shell Structure of Superheavy Elements

Research Subject (6)

Preparation of New Actinide Compounds with Exotic Behavior

Research Subject (7)

Foundation of New Concept in Condensed Matter Physics for Heavy Element Systems

Research Subject (8)

Research on the Structure of Nuclei and Hadrons Containing Strangeness

Research Subject (9)

Study of Formation of Actinides Nano-Particles in Biological Reaction Environments

Research Subject (10)

Biophysical Study of Molecular and Cellular Responses to Radiation

Research Subject (11)

Development of Advanced Positron Beams and Their Application to Materials Research

**Research Programs in Advanced Science Research Center (ASRC),
JAEA
from April 1, 2010 to March 31, 2015**

Research policy

The Japan Atomic Energy Agency (JAEA) has been conducting comprehensive research and development in nuclear energy programs covering the entire range from basic research to practical application including establishment of nuclear fuel cycle systems. It is crucial to promote both project research and basic fundamental research to solve today's and future nuclear energy problems. The Advanced Science Research Center (ASRC) has been conducting new frontier research related to atomic energy sciences to discover new principles and phenomena, and, furthermore, to create new materials and technologies. ASRC aims to be an international center of excellence (COE) for basic research in atomic energy sciences.

Under the strong leadership of the Director of ASRC, advanced basic researches are actively conducted with the advantage of research infrastructure of JAEA. Scientists who have excellent research carriers and strong leadership in the world-wide are invited to promote research subjects. Research subjects are selected carefully from viewpoints of their originality as well as their impacts on research areas. The research duration is limited to five years in maximum. The Director manages research groups to produce prominent achievement and restructures flexibly, if needed, research groups to deal with new subjects. In order to establish the COE in the world, cooperation with laboratories, universities and industries in the world is strengthened. Fostering young talented scientists is also one of the main tasks of ASRC .

Toward international COE

ASRC promotes the following programs to approach toward international COE;

1. Appointment of distinguished scientists as the research advisors
 - S. D. Bader (Chief Scientist, Center for Nanoscale Materials, Argonne National Laboratory, USA)
 - N. Nagaosa (Professor, The University of Tokyo, Japan)

2. Invitation of world-wide leading scientists as group leaders
 - Z. Fisk (Research Group for Actinide Materials Science)
 - M. Schädel (Research Group for Superheavy Elements)

3. Conducting international collaborations through the “Reimei Research Promotion Program” (a funding program of ASRC).

Finding new ideas and innovative subjects and hosting international workshops and symposia related to the ASRC research programs. Exchange and invitation of foreign scientists to enhance research activities of ASRC.

4. Organization of Evaluation Committee to review ASRC from the international viewpoint. The members are listed below.

T. Egami (Professor, University of Tennessee, and Distinguished Scientist, Materials Science and Technology Division, Oak Ridge National Laboratory, USA)

A. Fert (Nobel Prize Winner in Physics 2007, Scientific Director at the CNRS/Thales Joint Physics Unit, France)

H. Fukuyama (Vice President, Tokyo University of Science, Japan)

P. Fulde (Director and Scientific Member at Max Plank Institute for the Physics of Complex Systems, and Director of Asia-Pacific Center for Theoretical Physics, Germany)

Y. Iye (Director, The Institute for Solid State Physics, The University of Tokyo, Japan)

S. Koyasu (Professor, School of Medicine, Keio University, Japan)

T. Shikama (Director, International Research Center for Nuclear Materials Science, Institute for Materials Research, Tohoku University, Japan)

K. Tamao (Director, Advanced Science Institute, RIKEN, Japan)

H. Toki (Professor, Research Center for Nuclear Physics, Osaka University, Japan)

N. Trautmann (Honorary Professor, Mainz University, Germany)

S. Ushioda (President, National Institute for Materials Science, Japan)

Research programs

The following three research areas are taken up at the fiscal year 2010, and each area has several advanced research subjects.

1. Advanced materials research

1-1. Group Leader: Michiyasu Mori

New functional materials by numerical simulation

1-2. Group Leader: Seiji Sakai

Spin-transport mechanism in molecular spintronics materials and devices

1-3. Group Leader: Eiji Saitoh

Spin manipulation and material design by combining spintronics and high-speed rotational technique

2. Frontier research on heavy element systems

2-1. Group Leader: Satoshi Chiba

Surrogate reactions by nucleon-transfer reactions involving heavy nuclei

2-2. Group Leader: Matthias Schädel

Valence electronic structure and nuclear shell structure of superheavy elements

2-3. Group Leader: Zachary Fisk

Preparation of new actinide compounds with exotic behavior

2-4. Group Leader: Shinsaku Kambe

Foundation of new concept in condensed matter physics for heavy element systems

3. Research on radiation field effects

3-1. Group Leader: Ken-ichi Imai

Structure of nuclei and hadrons containing strangeness

3-2. Group Leader: Toshihiko Ohnuki

Formation of actinide nano-particles in biological reaction environments

3-3. Group Leader: Akinari Yokoya

Biophysical study of molecular and cellular responses to radiation

3-4. Group Leader: Atsuo Kawasuso

Development of advanced positron beams and their application to material research

Research Subject (1)**Study on New Functional Materials by Numerical Simulations**

<u>Group</u>	Research Group for Condensed Matter Theory	
<u>Member</u>	(Leader)	Michiyasu Mori
	(Researcher)	Katsunori Kubo, Hiroaki Ohnishi, Jun'ichi Ieda
	(Post doc.)	Jun'ichiro Ohe, Hiroto Adachi, Bo Gu, Mari Matsuo, Mamoru Matsuo

Objectives

We propose new principles and new functions applied to spintronics- and correlated-electronic devices by using various numerical simulation techniques. For this purpose, it is also necessary to reach new functional materials and new concepts of condensed matter physics. The spintronics devices emerging from both spin and charge degrees of freedom is not simply derived from the conventional electronics. The strongly correlated electron systems like as high-Tc superconductor are expected to be new functional material, while we need to understand physics behind the electrons correlation. The electron internal degrees of freedom of spin, charge and orbital is considered to be an origin of colossal thermoelectric power in the strongly correlated electron system. We will quest new physics originating from the electron internal degrees of freedom and the electrons correlation.

Scientific/technical merit

The vast world of condensed matter physics is developing toward new era. In particular, we can expect new physics and new functional materials by exploring physics emerging from the electron internal degrees of freedom and the electrons correlation.

Proposed is the theoretical work, which will be scrutinized by experimental studies. Only after this examination, we will see new concepts and new functional materials. Theorists need much communication with experimentalists and to keep in touch with the latest experimental data. In the advanced science research center (ASRC), many experimentalists relevant to the present research topic actively work. We can collaborate with such experimentalists. This is absolutely big advantage of the ASRC for the theory group.

Goals

We try to clarify physics behind the electrons correlation in high-Tc cuprate, iron-based superconductors, actinides, and to develop new functional materials. New principles and new functions applied to spintronics devices, such as, “non-local spin- and charge current converter at room temperature”, “ferromagnetic Josephson device”, and “spin Seebeck device” will be proposed. Our numerical simulation techniques will overcome various theoretical difficulties. Then, we will discover new functional materials and its application to new devices.

Originality

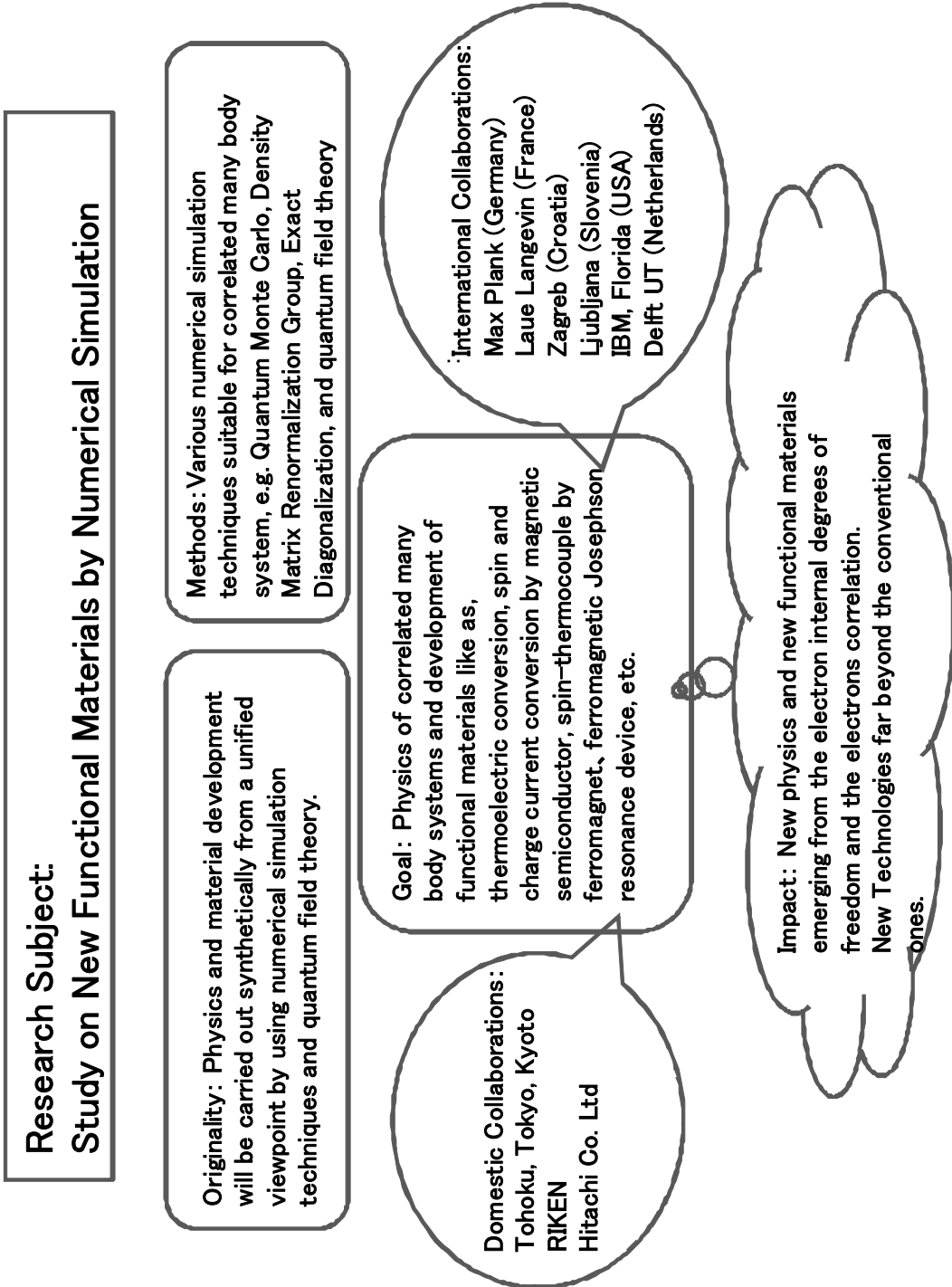
Numerical studies on the spintronics- and the correlated-electronic materials have been done by another group as well, while our simulation technique such as quantum Monte Carlo, exact diagonalization and density matrix renormalization group, which are useful for the quantum many body problems, come up to the highest standard in the world. In addition, uniqueness is that the material development and the device design are simultaneously carried out in this study. By using the next generation supercomputer, a-not-yet-realized numerical simulation will be done.

Scientific and social outcome

The conventional electronics have been developed by controlling the charge degree of freedom. By including the remaining internal degrees of freedom, spin and orbital, and the electron correlation, we can expect new technology beyond the conventional one.

International cooperation

The international collaboration programs by Japan Society for the Promotion of Science, Japan Science and Technology Agency, and Tohoku University, help us to obtain many successful results in collaboration with the following institutes: Delft University and Technology (The Netherlands), University of Miami (USA), Max Plank Institute (Germany), Institute de Laue Langevin (France), Zaragosa University (Spain), Josef Stephan Institute (Slovenia), Institute of Physics (Croatia). We will keep these collaborations and develop much further.



Research Subject (2)

Study for Spin-transport Mechanisms in Molecular Spintronics Materials and Devices

<u>Group</u>	Research Group for Molecular Spintronics	
<u>Member</u>	(Leader)	Seiji Sakai
	(Researcher)	Yoshihiro Matsumoto
	(Post doc.)	Yasuyuki Takahashi, Shiro Entani

Objectives

Studies are conducted for functional designs of molecular spintronics devices focusing on graphene as a key material, which attracts growing attention as a prominent spin-transport medium.

- Realization of highly efficient spin-injection into graphene sheet by employing the hybrid structures of graphene / molecules and ferromagnetic metals.
- Pioneering approach into the boundary region between molecular and semiconductor spintronics (e.g., spin-interconnection between graphene and silicon).
- Development of a new microscopic detection method of spin-polarized current and magnetization in graphene, molecules and the hybrid structures with magnetic metals by using quantum beams (e.g., spin-polarized atomic beam and synchrotron-radiation light).

Scientific/technical merit

Our research group has firstly established an original experimental system to perform comprehensive investigations on the microscopic electronic / spin states and also the spin-dependent transport properties of the graphene- / molecular-based hybrid structures or devices in the field of molecular spintronics. This makes a remarkable contrast to other studies in this field where investigations have been conducted almost biased toward the device properties without knowledge on the microscopic material states which would be indispensable to discuss the process and electronic origin of spin-transport. Our experimental system is composed of the ultra-high vacuum (UHV)-molecular beam (MBE) apparatus equipped with several inorganic and organic evaporation cells, *in-situ* micro-device fabrication system and the UHV-sample transfer system to the synchrotron soft X-ray magnetic circular dichroism and photoemission apparatuses installed in Photon-Factory (KEK, Tsukuba) and UVSOR (IMS, Okazaki). Utilizing this system, we have successfully

found the giant TMR effect (MR~1000%) in the granular structured hybrid films of fullerene and cobalt and, in addition, clarified nearly-complete spin-polarization at the interface layer in the hybrid films during the last a few years.

We also have another important advantageous view point concerning the materials and device designs. As for the designs of graphene spin devices, we propose hybrid structures of graphene / molecules and ferromagnetic metals as a new promising electrode for realizing highly efficient spin-injection into and spin-manipulation on the graphene sheet. We have conceived the present idea stimulated by our recent studies on the electronic / spin states in the hybrid structures or at the interfaces of molecules and ferromagnetic metals, and also the mechanism of the giant TMR effect. From the view point of materials designs, we will challenge to establish a novel growth method of graphene sheets on ferromagnetic metal thin films with large area and by controlling the layer number. This method can facilitate to develop graphene spin devices composed of a well-defined graphene sheet as an ideal spin-transport medium and the hybrid structured electrodes for the well-controlled spin-transport.

Goals

- Realization of highly efficient spin-injection into graphene sheet employing the graphene- / molecule-ferromagnetic metal hybrid structures as electrodes.
- Establishments of new growth methods of the large area graphene sheets on ferromagnetic metals and semiconductors also.
- Elucidation of the spin-transport processes in the molecular spintronics devices by using quantum beams.

Originality

Our idea concerning the hybrid structures of graphene / molecule and ferromagnetic metals stems from our own pioneering approach into the molecular-level materials science in the boundary between organic and inorganic substances. Our research procedure to investigate the spin-transport properties with the cutting-edge spectroscopic techniques provides us original and unique chances. We have already demonstrated the validity of this procedure on ascertaining the spin-transport process about the fullerene-cobalt films.

Our challenges based on the unique ideas and approach will achieve a breakthrough against the problems in the control of spin-transport properties facing the molecular spintronics study and will lead the way to further functionalizations.

Feasibility

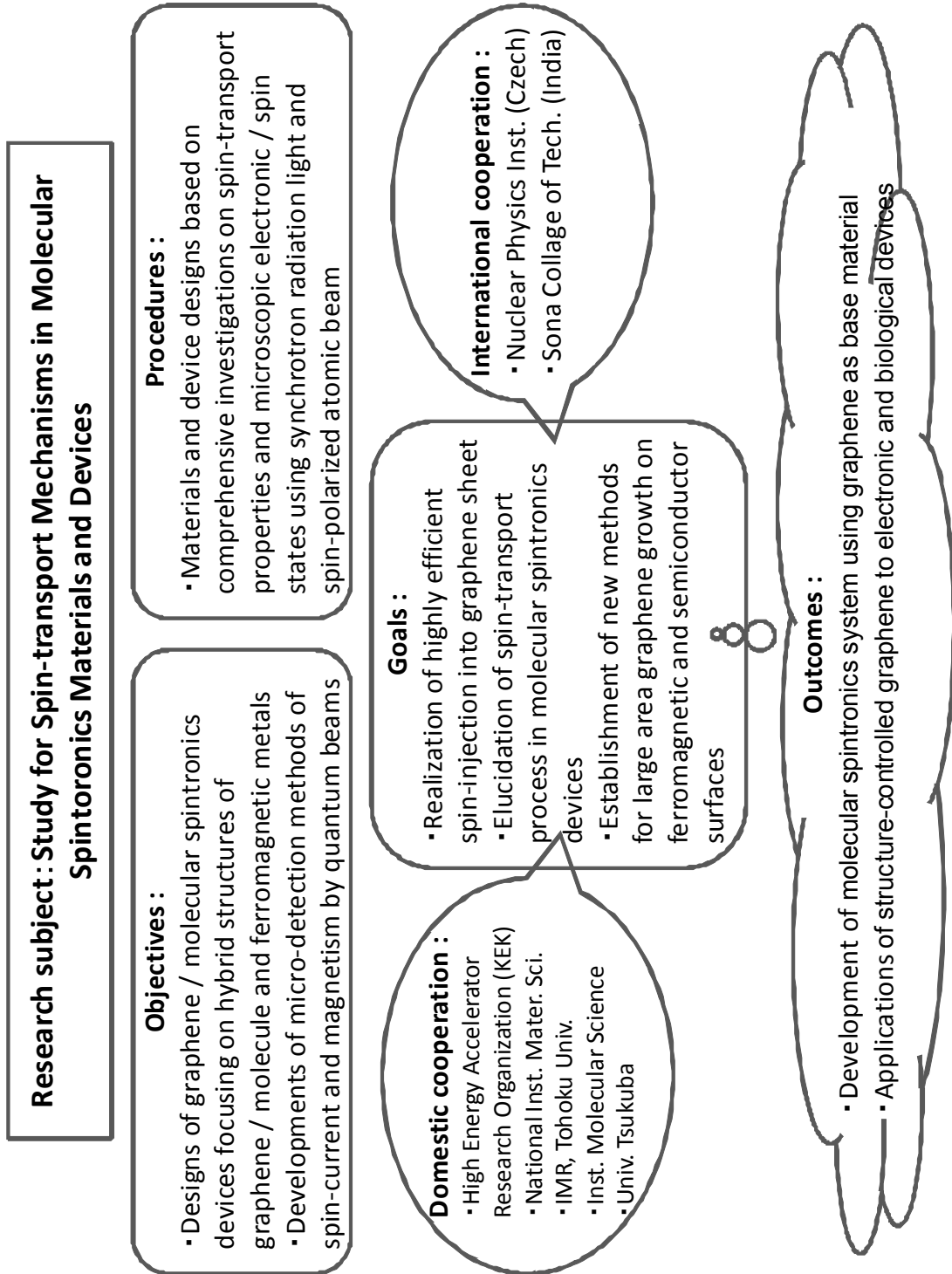
Our group has a unique potential based on the abundant experiences on materials science, especially about the investigation of structure evolutions in the molecule-metal systems, their electronic structures and the device properties is a unique feature to our group, which allows us to conduct challenging studies going ahead of the field of molecular spintronics.

Scientific and social outcomes

Molecular spintronics study is reasonably believed to contribute to the advancement of information technologies by developing highly functional and high density spintronics devices beyond the present limits in future. From the fundamental view point, the success of the large area growth of the graphene sheet will conduce to wide ranged applications of graphene as a foundational electronic substance like silicon.

International cooperation

Our group is ready to open for international cooperation at any time, and we have already cooperated with two research groups in Russia and India concerning the studies on the ion-irradiation effects to the fullerene-related materials and the structural characterizations of oxide nanoparticles. One Russian theoretical scientist is applying to JAEA fellowship to join our group as a research fellow. Furthermore, we intend to consider new cooperation particularly about spectroscopic study on molecular spintronics.



Research Subject (3)**Spin Manipulation and Material Design by Combining Spintronics and High-Speed Rotation Technique****Group** **Mechanical control of spin and material property**

<u>Member</u>	(Leader)	Eiji Saitoh (visiting researcher)
	(Researcher)	Satoru Okayasu, Masao Ono, Rie Haruki
	(Post doc.)	Hiroyuki Chudo

Objectives

Interaction between mechanical rotation and electron-spin dynamics in solids will be investigated in this group. This interaction may enable an actuator for sub-micron scale objects using spin currents as well as a mechanical generator of spin currents.

Spintronics is one of the subjects of great current interest that will be essential in next-generation electronics. Spintronics exploits both electron charge and electron spin simultaneously so as to produce novel function and property of electronics devices. The central concept of spintronics is quantum relativistic effects of conduction electrons and transfer of spin-angular momentum. The former includes the inverse/direct spin-Hall effects, which allow us to generate and detect spin currents flowing in solids. The later is the utilization of angular-momentum conservation, which has allowed us to transfer the spin-angular momentum among conduction-electron spin, local magnetization, and photon polarization. These phenomena give birth to a variety of material functions such as current-induced magnetization reversal, and have already been applied to magnetic random access memories (MRAMs).

Another angular momentum carried by solids is mechanical angular momentum due to rotation of a body. By introducing this momentum into spintronics, a nano-scale actuator and a spin-current mechanical generator will be enabled in terms of the spintronics. We call this spintronics “spinmechatronics.” This, on the other hand, requires us to expand the physics of spintronics and macro magnetism into noninertial frame, namely, into the new system of spintronics based on the generalized angular-momentum conservation. In contrast, to investigate such a mechanical effect experimentally, high-speed rotation technique is required. In Japan Atomic Energy Agency (JAEA), we have developed high-speed rotation technique for isotope separation in condensed matter. This technique has originally aimed to control the diffusion of atoms in liquids and solids at high temperatures, and we already

enabled the rotation of a small element at 10^3G . In this study, by combiningg this developed high-speed rotation technique and spintronics, the physics for mechanical control of spin and material properties will be investigated.

First, the rotation technique will be further improved and applied to magnets at critical point of magnetic-phase transition as well as to nano-scale magnetic structures. Next, spin-current generation from a mechanical rotation and spin-current-induced mechanical motion will be investigated. We will also apply NMR to nano-structured magnets and spin-Hall systems and investigate the nano-scale spin dynamics.

Scientific/technical merit

Physics of spintronics and micro magnetism will be expanded into noninertial frame and the new system of spintronics based on the generalized angular-momentum conservation will be established. This will also enable an actuator for sub-micron scale objects using spin currents as well as a mechanical generator of spin currents.

Goals

1. Control of magnetization direction at the critical point of magnetic transition
Magnetization of Ni-Fe alloy is controlled using pseudo-magnetic field effects (Barnett effect) of a mechanical rotation affected by the critical enhancement of the spin susceptibility at ferromagnetic transition.
2. Spin-current generation from mechanical rotation
Quantum-mechanical Barnett effect, which is now being constructed in Mori group and this group at JAEA, predicts that a spin current can be generated from a mechanical rotation. We try to detect this generation using, e.g., magnetization reversal in small ferromagnets attached to a metal.
3. Mechanical control of a compositional gradient in an alloy
The gradient of composition in a Pt alloy is generated by using high-speed rotation technique. This gradient will allow us to generate the directivity of spin Hall effect in the alloy.
4. NMR study on the nano-scale magnetization dynamics and spin pumping
Magnetic domain-wall and vortex dynamics in nanostructured magnet is investigated in terms of NMR. Also, spin pumping from nuclear spins is detected in Pt isotope-hetero junction.

Originality

This is the first trial to expand the physics of spin current into noninertial frame.

Feasibility

The classical Barnett effect was already established. We are now developing the theory on quantum mechanical Barnett effect with Mori's group. We design our experiments using the results of this theory.

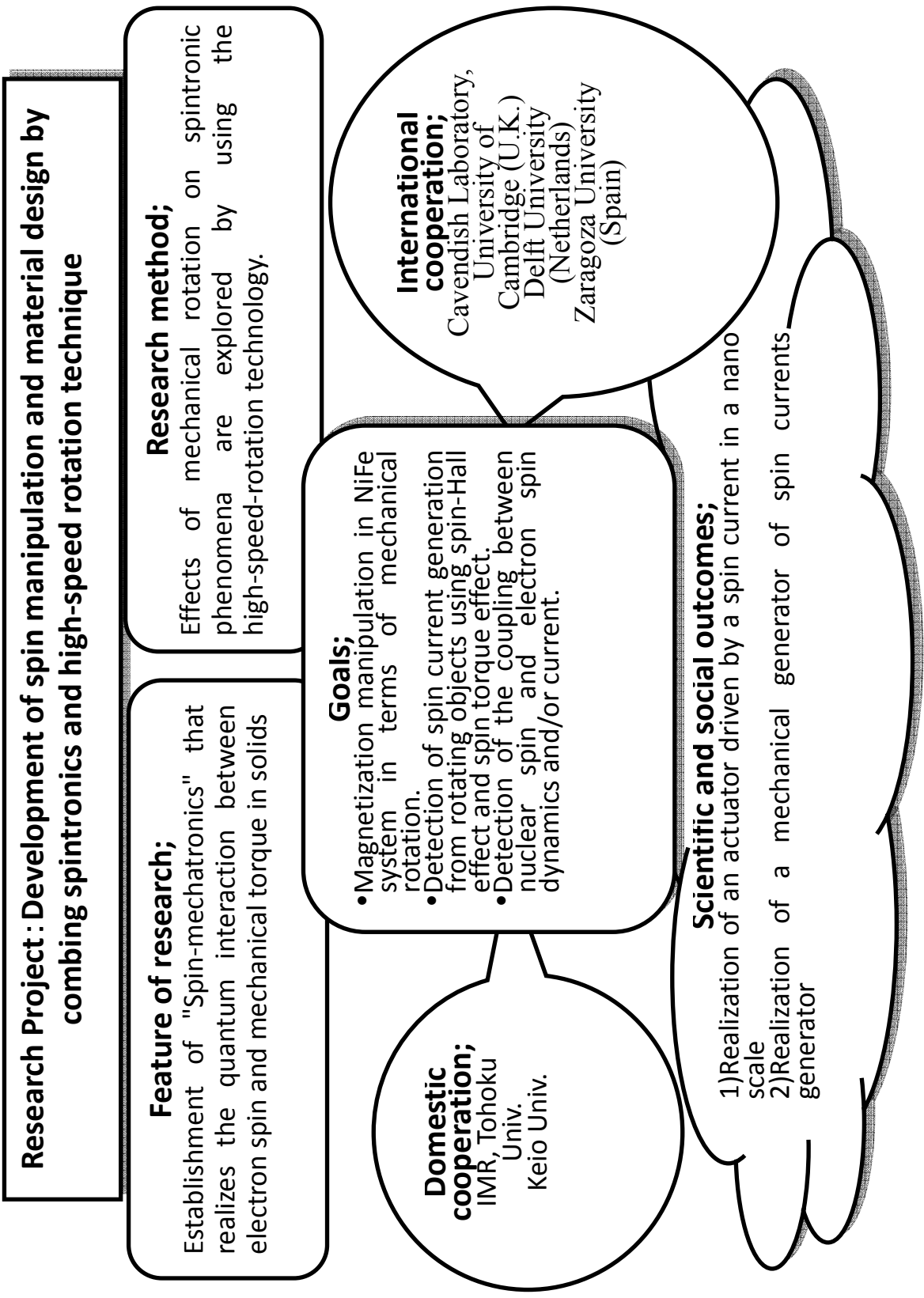
Scientific and social outcomes

The theory of the spintronics is enhanced by our present study, and a new study system that the spintronics unites with the Nano mechanics is constructed. As a result, the following two effects are born in electronics, the spintronics, and the Nano mechanics.

- (1) The generation technique with new spin current that grips the key to the spintronics application is achieved.
- (2) The basic data which is desired in nanotechnology for the efficient drive of the movement in a minute area is obtained.

International cooperation

Collaborative researches with the Cavendish Laboratory in University of Cambridge (Britain), Delft University (Netherlands), and the Zaragoza university (Spain) are running.



Research Subject (4)**Research in Surrogate Reactions by Nucleon-transfer Reactions involving Heavy Nuclei****Group Research Group for Reactions involving Heavy Nuclei**

<u>Members</u>	(Leader)	S. Chiba (Principal Researcher)
	(Researcher)	S. Mitsuoka, I. Nishinaka, K. Nishio, H. Koura, Y. Utsuno, H. Makii
	(Special Topic Researcher)	Y. Aritomo
	(Post doc.)	S. Hashimoto, Y. Wakabayashi
	(Student)	R. Takahashi

Objectives

Physical basis of measuring neutron cross sections of unstable nuclei of minor actinides, e.g., isotopes of Np, Am and Cm which are highly relevant to advanced nuclear energy systems, will be established in terms of surrogate method based on multi-nucleon transfer reactions. By means of this, we will support the main mission of Japan Atomic Energy Agency, namely, research and development in nuclear energy technologies, from the viewpoint of nuclear physics in a unique manner.

Scientific/technical merit

Measurement of neutron cross sections of unstable nuclei has been a long standing problem in nuclear physics, nuclear-astronomy and nuclear technology. Especially, such quantities are necessary for design of next-generation nuclear reactors which may act as a transmuter of minor actinides and/or radioactive fission products to facilitate treatment of nuclear wastes as a part of the advanced nuclear fuel cycle. At the same time, high burn-up reactors inevitably generates elements heavier than uranium and plutonium to a considerable amount. Therefore, responses of these heavy nuclei against neutron irradiation have to be understood well for a safe operation of these facilities. However, direct measurements of neutron cross sections of these nuclei are extremely difficult or practically impossible because enough amount of target cannot be prepared. We will develop a method applicable to measure the neutron cross sections of unstable nuclei for the fast neutron energy region (above 0.1 MeV) by a method called surrogate technique. It will produce the

same compound nuclei as the desired neutron reactions by using different combination of target and projectile, mostly by multi-nucleon transfer reactions, and measure the decay probability to specific channels (such as fission and capture) and number of fission neutrons. By multiplying the total reaction cross section, the decay probabilities can be used to deduce the corresponding neutron cross sections. It will lead to a design of various nuclear facilities with a high accuracy that is otherwise unable to be achieved. They are also important for researches in nucleosynthesis.

Goals

We will clarify the difference of the compound systems generated by the surrogate and neutron-induced reactions. For this aim, we will investigate the surrogate reactions (multi-nucleon transfer reactions and decay of produced nuclei) from various viewpoints. More specifically, we will investigate if the nuclei produced by the surrogate reactions reach to the thermal equilibrium (compound nuclei), and what the spin-parity distribution of them is. By means of them, relations of the decay probabilities of composite nuclei produced by the surrogate and neutron-induced reactions will be made clear, and we aim to understand in which condition the surrogate method will work to simulate neutron-induced reactions.

Originality

Surrogate reaction method has come to be applied to measure neutron cross sections of unstable nuclei in a couple of foreign institutes such as Orsay, Bordeaux and LBNL. However, they are trying to obtain experimental results without sound physical foundation for the validity of it. In contrast, we aim to give a foundation of this method which will make the surrogate method as a universal technique of obtaining neutron cross sections of unstable nuclei. In order to do this, we will investigate the mechanisms of the surrogate reactions (multi-nucleon transfer reactions), relevant nuclear structure effects, spin-parity distributions, and thermalization process of the produced nuclei experimentally and theoretically.

Feasibility

The surrogate reaction method is based on experimental techniques developed in the field of heavy-ion nuclear physics together with handling techniques of highly radioactive actinide targets. Theoretical interpretations are also necessary to convert the result of surrogate measurements to neutron cross sections due to difference of the properties of compound nuclei produced in the surrogate and neutron-induced reactions. Therefore, it is highly a matter of basic science in which advanced

knowledge of nuclear physics is required. Such activities can be conducted only by the staff members in the nuclear physics group of advanced science research center, who are enough experienced in this field.

Our research itself is a basic physics activity. However, it is highly relevant to development of future nuclear energy in a unique manner. From experimental point of view, we can utilize the Tokai Tandem accelerator, which is most suited to the surrogate method because it can provide various ion beams with high energy accuracy at various energies. It will give our activity a superb advantage. At the same time, our group is consisted of several theorists, in both nuclear reaction and structure, who can provide theoretical supports to interpret the results of surrogate measurements to convert to the neutron cross sections.

Scientific and social outcomes

The method to obtain neutron cross sections of unstable nuclei that are essentially important for development of advanced reactors, and nuclear fuel cycle systems with high efficiency will be established by it. It will allow the whole nuclear technologies to step further. The method will also be applied to measure neutron cross sections necessary for calculation of nucleosynthesis in stars, namely slow-neutron capture process. Production mechanisms of exotic nuclei by the multi-nucleon transfer reactions and subsequent decay mechanisms will be investigated. This will make the heavy-ion reactions a unique tool to measure and manipulate properties of nuclei which do not exist in nature.

International cooperation

(1) International Collaboration

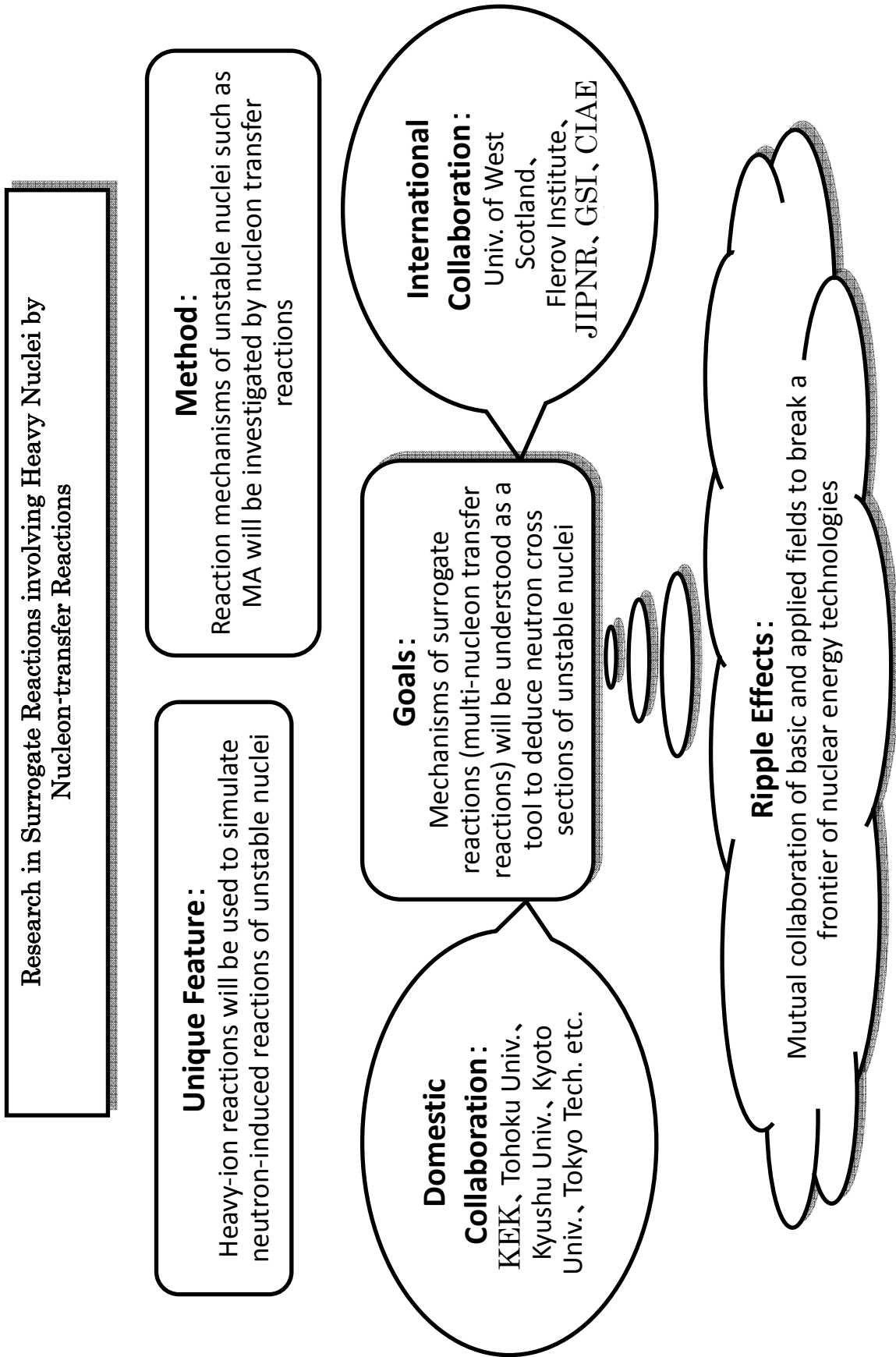
Collaborations with University of the West Scotland, Flerov Laboratory of Nuclear Reactions (Dubna), Joint Institute for Power and Nuclear Research (Belarus), GSI and China Institute of Atomic Energy will be established and we make JAEA Tokai Tandem facility as an international center of the surrogate method.

(2) Foreign Collaborators

Valery Zagrebaev, Deputy Director of Flerov Laboratory of Nuclear Reactions ,
Joint Institute for Nuclear Research, Flerov Laboratory of Nuclear
Reactions, Theoretical study of nucleon transfer reaction

Andrei Andreyev, University of the West Scotland, Experimental study of nucleon
transfer reaction

Efrem Soukhovitskij, Head of nuclear data group, Joint Institute for Power and Nuclear Research (Belarus): Theoretical research in nucleon-induced reaction mechanisms



Research Subject (5)**Study of the Valence Electronic Structure and the Nuclear Shell Structure of Superheavy Elements****Group** **Research Group for Superheavy Elements**

<u>Member</u>	(Leader)	Matthias Schädel
	(Researcher)	Kazuaki Tsukada, Masato Asai, Tetsuya Sato
	(Post doc.)	Atsushi Toyoshima, Zijie Li, Nozomi Sato

Objectives

The research program aims at understanding chemical and nuclear properties of superheavy elements (SHEs) placed at the uppermost end of the Periodic Table as well as on the heaviest frontier of the nuclear chart. We focus on the valence electronic structure of SHEs that is experimentally evaluated from their ionic radii, redox potentials, ionization potentials and compound formations. To elucidate the limits of stability of superheavy nuclei (SHN), the shell structure of SHN is investigated through proton and neutron single-particle structures and through the evolution of nuclear deformation at the highest proton and neutron numbers.

Scientific/technical merit

Discovering new elements and clarifying their unknown chemical and physical properties are most interesting and challenging subjects in both chemistry and physics. How many chemical elements can exist and can be produced? How long can they live? Which properties determine their stability? What are their chemical and physical properties? How well do their chemical properties follow the Periodic Table? And how are their orbital electron configurations affected by increasingly strong relativistic effects? These are some of the most fundamental questions in science.

Strong electric fields of a highly charged SHN lead to pronounced relativistic effects on orbital electrons. Strongly contracted spherical s and $p_{1/2}$ orbitals in SHEs screen the nuclear charge and make d and f orbitals expand. This induces drastic rearrangements of the ground-state electron configuration of SHEs as compared to their lighter homologues. As the electron configuration determines the chemical behavior of an element, such a rearrangement can lead to unexpected chemical properties. Explorations of unknown and unexpected properties of SHEs expand our

knowledge on atoms, molecules and nuclei as the basic constituents of the universe.

The strong Coulomb repulsion between a large number of protons makes SHN unstable against fission. They can exist only due to stabilizing nuclear shell effects. Current theoretical models predict the existence of doubly closed-shell spherical SHN but they vary about the exact location. While closed proton shells are predicted at $Z = 114, 120$ and 126 all models consistently predict a neutron shell closure at $N = 184$; some also at $N = 172$. The limits of stability of SHN are of fundamental interest not only for understanding the atomic nucleus but also for our knowledge of the limits of matter. The nuclei studied in this program represent the gateway to the predicted doubly closed-shell SHN.

Goals

Redox potentials of Md and Lr from trivalent to divalent or monovalent states and ionic radii of Md^{3+} , No^{3+} and Lr^{3+} will be determined by a newly developed electrochemistry chromatography technique. This clarifies open questions about the stability and the structure of valence electrons in the heaviest actinides.

The first ionization potential of Lr atom will be measured by a surface ionization technique coupled to an on-line isotope separator (ISOL). This provides direct information on the stability of valence electrons in the Lr atom.

The complex formation of Db in the aqueous phase and in the gas phase will be studied by liquid and gas chromatography techniques. This enlightens characteristic chemical properties of 6d transition elements.

The proton and neutron single-particle structure in neutron-excess ($N > 153$) nuclei of Lr, Db and Sg will be determined from nuclear spectroscopy. This elucidates the deformation and the shell structure of SHN.

Originality

Measurements of redox potentials in solution and ionization potentials in vacuum are new approaches to obtaining direct information on the valence electronic structure of SHEs. Due to the stability of the $5f^{14}$ and $5f^{14}7s^2$ closed-shell configurations, heaviest actinides potentially show unique oxidation states such as Md^+ and Lr^+ ; No^{2+} is actually stable in aqueous solution. The electrochemistry apparatus we are developing has a unique ability to reduce and oxidize SHEs as well as to measure their redox potentials under single-atom conditions. This apparatus can also maintain the oxidation state of interest even if it is unstable, which enables us to measure ionic radius of naturally unstable No^{3+} . This measurement is a key to understanding the

unexpectedly large ionic radius of Lr^{3+} . The first ionization potential of Lr atom is influenced by strongly bound $7s^2$ electrons and loosely bound $7p$ or $6d$ electron, leading to a considerably low ionization potential. Measurements of ionization potentials as well as redox potentials of Md, No and Lr will reveal the stability and structure of valence electrons in the heaviest actinides.

Beyond actinides, there is the frontier of $6d$ transition elements. Characterization of their chemical properties in the Periodic Table is of fundamental interest. In dilute hydrofluoric acid solution, the lighter group-5 element Nb forms the NbOF_5^- oxofluoro complex, while the heavier homologue Ta forms TaF_6^- , a different complex. It is of interest what kind of complex Db forms. This depends sensitively on molecular orbitals involving valence $6d$ electrons. Volatile oxochloro compounds of group-5 elements in the gas phase also exhibit some differences. Complex-formation studies for Db in both the aqueous phase and the gas phase are a unique approach to reveal characteristic chemical properties of $6d$ transition elements.

Energy spacings and the order of proton and neutron single-particle orbitals are one of the most sensitive probes to elucidate the shell structure of SHN. Although productions of SHN have been reported up to $Z = 118$, level energies and spin-parities of the nuclei at $Z > 102$ and $N > 153$ are completely unknown except for our recent studies for $^{259,261}\text{Rf}$. α - γ spectroscopy of neutron-excess ($N > 153$) Lr, Db and Sg nuclei will reveal the proton and neutron single-particle structure in this heaviest frontier region. Another new approach to elucidating the shell structure of SHN is to investigate the evolution of nuclear deformation. Decreasing quadrupole deformation (β_2) towards the spherical closed shell and a drastic shape change involving higher-order terms (β_4 and β_6) are expected in the $Z > 102$ and $N > 153$ region. These deformation changes are strongly influenced by the shell structure, especially by the location of proton and neutron closed shells.

Feasibility

SHEs can be produced only by using heavy-ion accelerators. We plan to use best suited accelerators worldwide concentrating on the JAEA tandem accelerator, accelerators at RIKEN and at GSI. Because of very low production rates and short half-lives of SHEs, all experiments will be performed “atom-at-a-time”, and unique apparatuses and techniques applicable to short-lived single atom must be developed.

Presently, our research activities are leading on a global scale in electrochemistry and in the aqueous chemistry of SHEs. We have developed an electrochemistry apparatus applicable for single atoms, and we have successfully oxidized No^{2+} to

No³⁺ and have reduced Md³⁺ to Md²⁺. Developments towards an even more efficient electrochemistry apparatus is in progress for the measurement of redox potentials and ionic radii of the heaviest actinides.

The surface ionization technique is well-established to measure ionization potentials of lanthanide atoms. We will apply this technique to determine the ionization potential of Lr exploiting our experience from the ionization and mass-separation of heavy actinides up to No using a gas-jet coupled ISOL system.

We have successfully investigated the halide complex formation of Rf by ion-exchange techniques using a rapid chemistry apparatus. A similar technique will be used to study the Db complex formation applying a newly improved apparatus. A new gas chemistry device based on isothermal gas chromatography is now being tested. It worked well for Nb and Ta and will be used to study formation and volatility of Db compounds.

Our spectroscopic studies of SHN are also at the forefront in this field. We have already carried out α - γ spectroscopy of No and Rf nuclei. These nuclei are the heaviest and the most neutron-rich whose neutron single-particle configurations have been established experimentally. These nuclei are produced in hot-fusion reactions with highly-radioactive actinide targets with the essential advantage to allow studies of neutron-rich SHN. Experiments are performed coupling a gas-jet with an α - γ detection system. A similar technique will be applied for heavier Db and Sg nuclei.

Scientific and social outcomes

The present program will advance our knowledge at and about the frontiers of matter: an understanding of the ultimate limit of proton-rich chemical elements.

International cooperation

A close cooperation with GSI and the University of Mainz is established. Experiments with the gas-filled recoil separator TASCA at GSI are planned. A joint collaboration with the Lawrence Berkeley National Laboratory (LBNL) and the Argonne National Laboratory (ANL) will be pursued. Collaborative work will also be conducted with the Institute of Modern Physics (IMP), China, and the Saha Institute of Nuclear Physics (SINP), India.

We plan to organize the renowned International Workshop on the Chemistry of Superheavy Elements in 2013.

Study of the valence electronic structure and the nuclear shell structure of superheavy elements

Objectives:
Understanding chemical and nuclear properties of superheavy elements

Research subjects:

- (1) Electrochemistry and measurement of ionization potential of the heaviest actinides Md, No and Lr
- (2) Aqueous- and gas-phase chemistry of the 6d transition element Db
- (3) α - γ spectroscopy of the heaviest frontier nuclei Lr, Db and Sg

Domestic collaborations:
Kanazawa Univ.,
Kitazato Univ., Niigata Univ.,
Osaka Univ., RIKEN,
Saitama Univ.,
Tokyo Metropolitan Univ.,
Tsukuba Univ.,

Goals of the program:

- (1) Stability and structure of valence electrons in the heaviest actinides
- (2) Characteristic chemical properties of 6d transition elements
- (3) Deformation and shell structure of superheavy nuclei

International collaborations:
GSI, Univ. Mainz,
LBNL, ANL
IMP, PSI, SINP

Outcomes:
The present program will advance our knowledge at and about the frontiers of matter: an understanding of the ultimate limit of proton-rich chemical elements.

Research Subject (6)**Preparation of New Actinide Compounds with Exotic Behavior**

<u>Group</u>	Research Group for Actinide Materials Science	
<u>Member</u>	(Leader)	Zachary Fisk
	(Researcher)	Yoshinori Haga, Etsuji Yamamoto, Naoyuki Tateiwa, Tatsuma Matsuda
	(Student)	Takashi Sugai

Objectives

Actinide elements are characterized by 5f electrons that show a variety of physical phenomena. The combination of large angular momentum, the spin-orbit interactions and the itinerant character lead to the formation of the multipolar moment, valence instabilities and heavy fermion state. When actinide elements are located in a solid, the 5f electrons hybridize with ligand atoms to form unexpected physical state. In this group, we try to prepare new actinide compounds using various techniques to find new physical phenomena emerging in such new compounds. We also develop sample preparation facilities specialized for actinides that can be accessible from many scientists in this field.

Scientific/technical merit

5f electrons in actinides show a variety of phenomena that attract scientists' interests. However, because of their radioactivity and toxicity of transuranium elements, such material can only be handled in atomic energy research facilities. In Japan, JAEA and Tohoku university can perform actinide research using a macroscopic amount of sample. We also have a big advantage for the high-quality single crystal growth technique that is indispensable to study strongly correlated phenomena at low temperatures. Hydrostatic pressure will be used to modify the electronic state by tuning the interatomic distances.

Goals

Heavy fermion superconductivity in 5f electrons

Investigate the nature of unconventional superconductivity in NpPd_5Al_2 , URu_2Si_2 and UCoGe . Grow high-quality single crystals of these compounds.

Study of plutonium compounds

Because of the radioactivity of Pu, the radiation damage is a serious problem in studying these interesting systems. We develop a sample preparation technique using a ^{242}Pu isotope.

New phenomena in new compound

Try to find new compounds with exotic behavior. Actinide chalcogenide showing large magnetoresistance effect is one of the candidates.

Development of high-pressure technique

Application of pressure can modify the electronic state of actinide compounds. We develop high-pressure useful for low-temperature study.

Database for actinide properties

Originality

Our group can grow the best high-quality single crystals in the world. We can also access transuranium facilities.

Feasibility

We have developed the sample preparation facilities for a variety of samples from intermetallics to insulators. The techniques involve arc-melting, Bridgman method, vapor transport and flux growth. The characterization facilities like EPMA and single-crystal XRD enable us to determine the composition and structure of new compounds. The high-pressure apparatus is ready for 10 GPa and cryogenic temperatures. Transuranium facilities are also accessible. All these infrastructures make the systematic actinide research possible.

Scientific and social outcomes

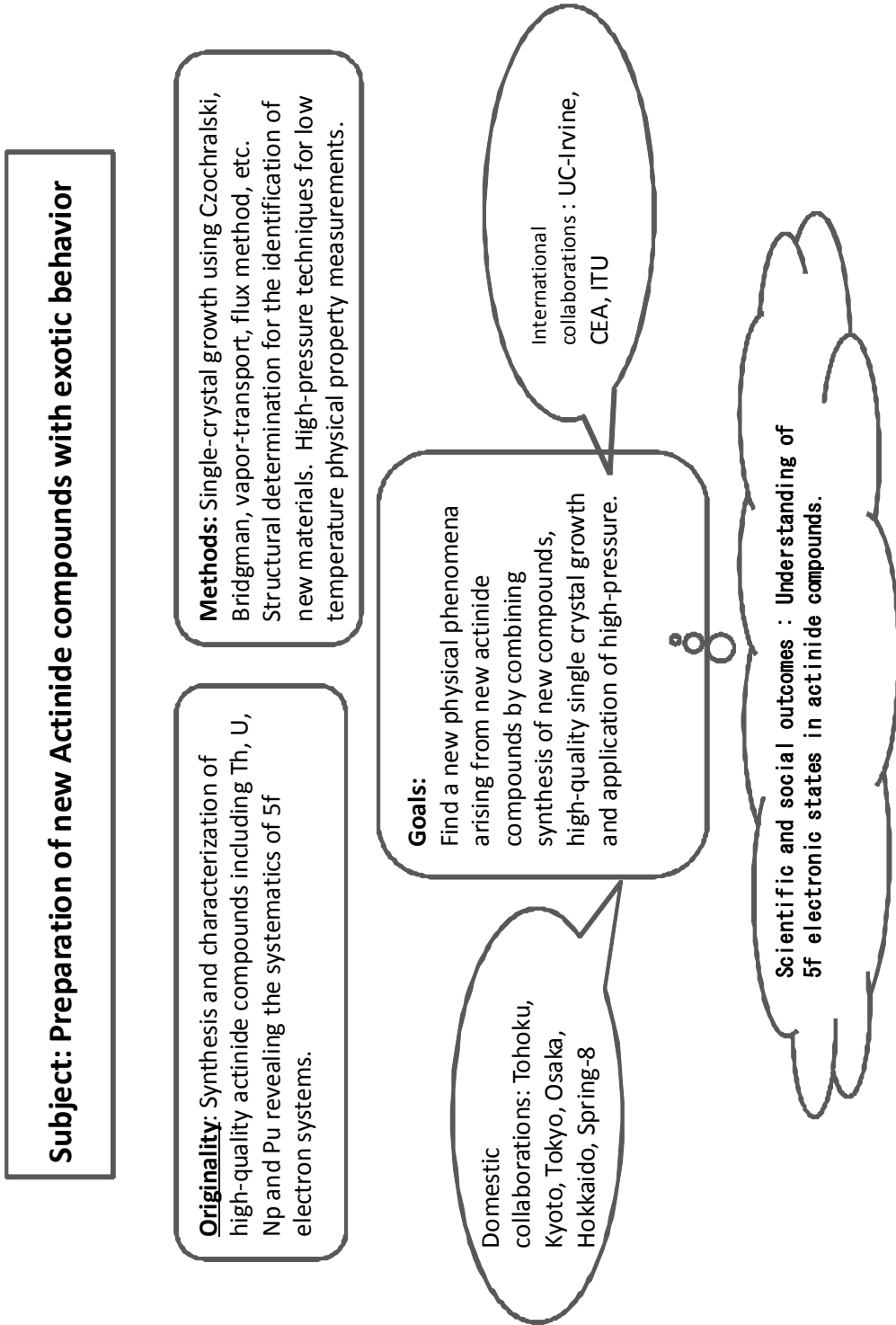
Condensed matter science has been developed through discoveries of new phenomena in new materials. We will promote actinide science by providing the samples to researchers working in this field including neutron reactor and SPring-8 groups in JAEA and universities.

International cooperation

We promote international collaboration among JAEA, ITU (Karlsruhe, Germany) and CEA (Grenoble, France).

Group Leader, Guest Scientist

Zachary Fisk (Professor, University of California, Irvine)



Research Subject (7)**Foundation of New Concept in Condensed Matter Physics for Heavy Element Systems****Group** **Research Group for Condensed Matter Physics of Heavy Element Systems**

<u>Member</u>	(Leader)	Shinsaku Kambe
	(Researcher)	Hironori Sakai, Yo Tokunaga, Takashi U. Ito, Wataru Higemoto
	(Post doc.)	Kazuhiko Ninomiya
	(MS student)	Yo Saito

Objectives

In heavy element (f-electron) systems, valence fluctuations, the Kondo effect, and the RKKY interaction compete with one another. Because of this, exotic behaviors such as quantum critical points, heavy fermions, non-Fermi liquids, anisotropic superconductivity and multipole ordering appear when such competition is strong.

Recently, it has become clear that these exotic behaviors for 5f-electron systems are different from those for 4f-electrons. This is because electrons with different spin and orbital character (different j-j coupling states, so to speak) can coexist in 5f actinide systems, in contrast to the case of 4f electrons.

In the present study, we try to clarify these exotic behaviors due to the “many-fold” character of 5f actinide compounds, including transuranium systems (f-electron number larger than 3). Up to now, 3d-electron systems (e.g., copper and iron arsenic high temperature superconductors) and 4f-electron systems (e.g., Ce based superconductors) are only treated using widely different descriptions. 5f-electron systems are thus regarded to possess properties intermediate between those of 3d and 4f-electrons systems. The final scientific goal of our project is to unify the concept of magnetism and superconductivity for 3d through 5f systems.

Scientific/technical merit

The clarification of exotic behaviors in heavy element compounds is currently one of the high-priority issues in solid-state physics. In their current advanced form, the nuclear magnetic resonance (NMR) spectrometers at ASRC enable measurements of

exotic behaviors under extreme environments (e.g. high magnetic field, high pressure, and high radioactivity). Moreover, a new μ SR spectrometer for this group will be developed and operated at J-PARC. Neutron scattering investigations can be performed in close cooperation with researchers in the quantum beam science directorate at JAEA. At ASRC, we continue to collaborate with the materials group and the solid state theory group, which is highly effective for the progress of our research.

Goals

1) A: Complementary studies using different microscopic measurements (NMR, μ SR, and neutron scattering).

B: To achieve world leadership in development of the above measurements under extreme environments (high pressure, strong magnetic field, and intense radioactivity).

Based on these two strategies, elucidation and understanding of excitation spectra in exotic states will be achieved, creating a conceptually novel and unified picture of correlated electrons in 3d to 5f systems.

2) Development of μ SR: The pulsed μ SR spectrometer at J-PARC, currently with the highest pulse strength in the world, will be further optimized. Advanced experimental techniques will be implemented for the new spectrometer.

Originality

Order parameter fluctuations are enhanced in the vicinity of a phase transition. Therefore, clarifying the properties of such fluctuations is essential for the understanding of related exotic behaviors. Because the static and dynamic properties of both the spin and orbital degrees of freedom can be detected, NMR is especially effective for the investigation of fluctuations. Moreover, μ SR can detect the static and dynamic behaviors of small internal magnetic fields with high sensitivity on a time scale that is complementary to NMR. Using neutron scattering, magnetic correlations can be investigated over wide ranges of space and time.

Research on the microscopic physical properties of actinide compounds, including transuranium systems, is a unique capability that very few groups, including our group, possess in the world today. In addition, our ability to perform experiments under extreme environmental conditions will also be unique throughout the world.

Feasibility

Experimental facilities for NMR and μ SR have been developed during the first 5-year project. Thus, basic measurement techniques are on hand for achieving scientific results and for developing experiments under extreme conditions. With our extensive experience in handling radioactive samples, all measurements can be performed safely.

Scientific and social outcomes

Magnetic fluctuation-induced superconductivity with a high critical temperature may be realized in an unconventional superconductor. Therefore, clarification of the relation between magnetic fluctuations and unconventional superconductivity is an important step in the development of a high temperature superconductor. Understanding basic physical properties of actinide compounds, especially of the actinide dioxides, is essential for the fundamental engineering of nuclear power using, e.g., MOX fuel development, etc.

International cooperation

International joint research will be conducted in cooperation with the European institute for transuranium elements, CEA-Grenoble, Institute Laue-Langevin (ILL), Los Alamos laboratory (LANL) and Paul Scherrer Institute (PSI). In collaborations such as these, research is conducted on the basis of an international treaty that has already been established, and in terms of a pre-planned JAEA Pioneering international research project. For effective collaboration, long-term stay for visiting researchers is encouraged.

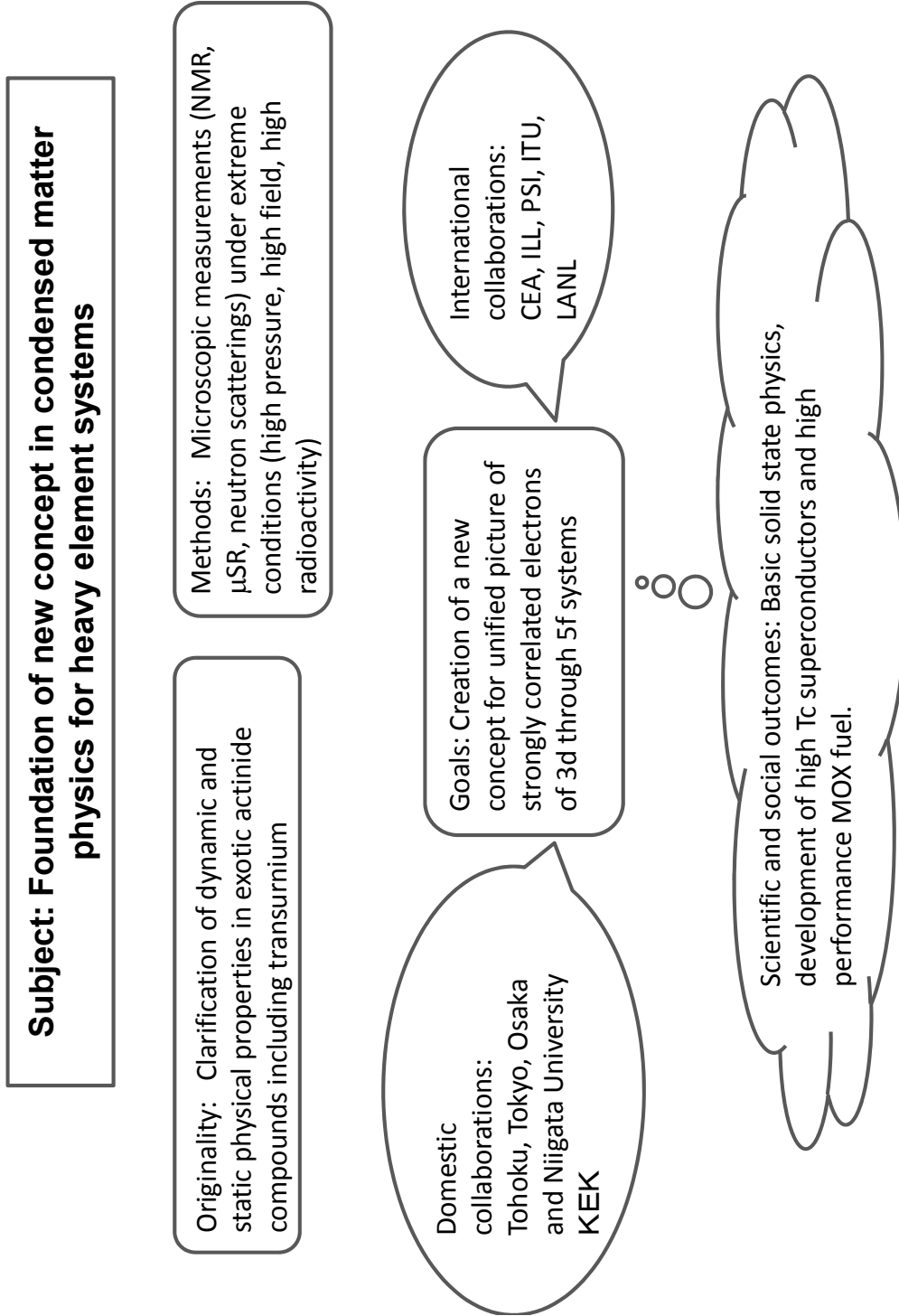
Expected Foreign researcher

Robert Heffner (visiting fellow), Los Alamos laboratory, Research for magnetism and superconductivity by μ SR.

Roberto Caciuffo (visiting fellow), Europe institute for transuranium, Research for magnetism and superconductivity by neutron and synchrotron radiation.

Gerry H. Lander (visiting fellow), Institute Laue-Langevin. Research for magnetism and superconductivity by neutron and synchrotron radiation.

Russell E. Walstedt (visiting fellow), University of Michigan, Research for magnetism and superconductivity by NMR.



Research Subject (8)

Research on the Structure of Nuclei and Hadrons Containing Strangeness

Group Hadron Physics Research Group

Member (Leader) Kenichi Imai (Kyoto Univ. Professor, Invited researcher)
(Researcher) Toshiki Maruyama, Susumu Sato,
Hiroyuki Sako (concurrent)

Objectives

To discover and to study the structure and the interaction of nuclei and hadrons containing strangeness by utilizing the beam of hadrons, which is for example the world-highest intensity of K-meson beam. And then to clarify the hierarchical structure of quarks, hadrons, and nuclei.

Scientific/technical merit

Researching at JAEA where the world-most advanced facility J-PARC is located, has coign of vantage and is capable to attract superior scientists in the world to make international research frontiers.

Goals

To observe X-rays from Ξ -atoms for the first time in the world.

To identify the existence of Ξ -nuclei, and to determine its potential.

To discover as many double-hyper nuclei as possible and to clarify their systematic features.

To complete γ -spectroscopy for lighter hyper nuclei, and also to make γ -spectroscopy for some medium/heavy hyper nuclei in order to determine their structure.

To identify the existence of penta-quarks Θ^+ by high-resolution high-statistics experiments.

To explore the structure of $\Lambda(1405)$ particle, which is relevant to K-meson nuclei.

To develop experimental devices for the studies above, and also to make a next plan of the J-PARC.

Originality

Researches on hyper nuclei have been led by Japanese groups. In J-PARC a lot of new discoveries are expected by forefront researches utilizing the world-highest intensity of K-meson beam. Also in the general hadron physics, J-PARC is the global center and lots of foreign scientists are coming to participate in.

Scientific and social outcomes

Understanding and progress of theoretical treatments of nuclei and hadrons with strangeness as many-body systems, have ripple effects on material science and the related fields, as well as astrophysics. Developing new measurement devices for radiation will contribute to medical applications and also to environmental affairs.

International cooperation

(1) Approach for internationalization

A group from Seoul National University will participate as joint researchers, who are staying in a long term.

Collaborators from the USA, Italy, Germany, China, and Russia are already filling roles to develop some experimental devices. We are discussing how to make further collaboration with them.

More than ten foreign scientists per year will participate in this research program.

(2) Foreign researchers (Name, Affiliation, Title, Role in the research)

H.Bhang: Seoul National Univ., Professor.

Experiment, detector development, and data analysis for measurement of Ξ X-rays, double hyper nuclei, and related states.

Choi Seonho: Seoul National Univ., Associate Professor.

Experiment, detector development, and data analysis for measurement of Ξ X-rays, double hyper nuclei, and related states.

C.J.Yoon: Seoul National Univ., Scientist.

Experiment, detector development, and data analysis for measurement of Ξ X-rays, double hyper nuclei, and related states.

E. Botta: Torino Univ., Associate Professor.

Experiment, detector development, and data analysis for measurement of Ξ nuclei, hyper nuclei γ -rays, and related states.

S. Marchello: Torino Univ., Associate Professor.

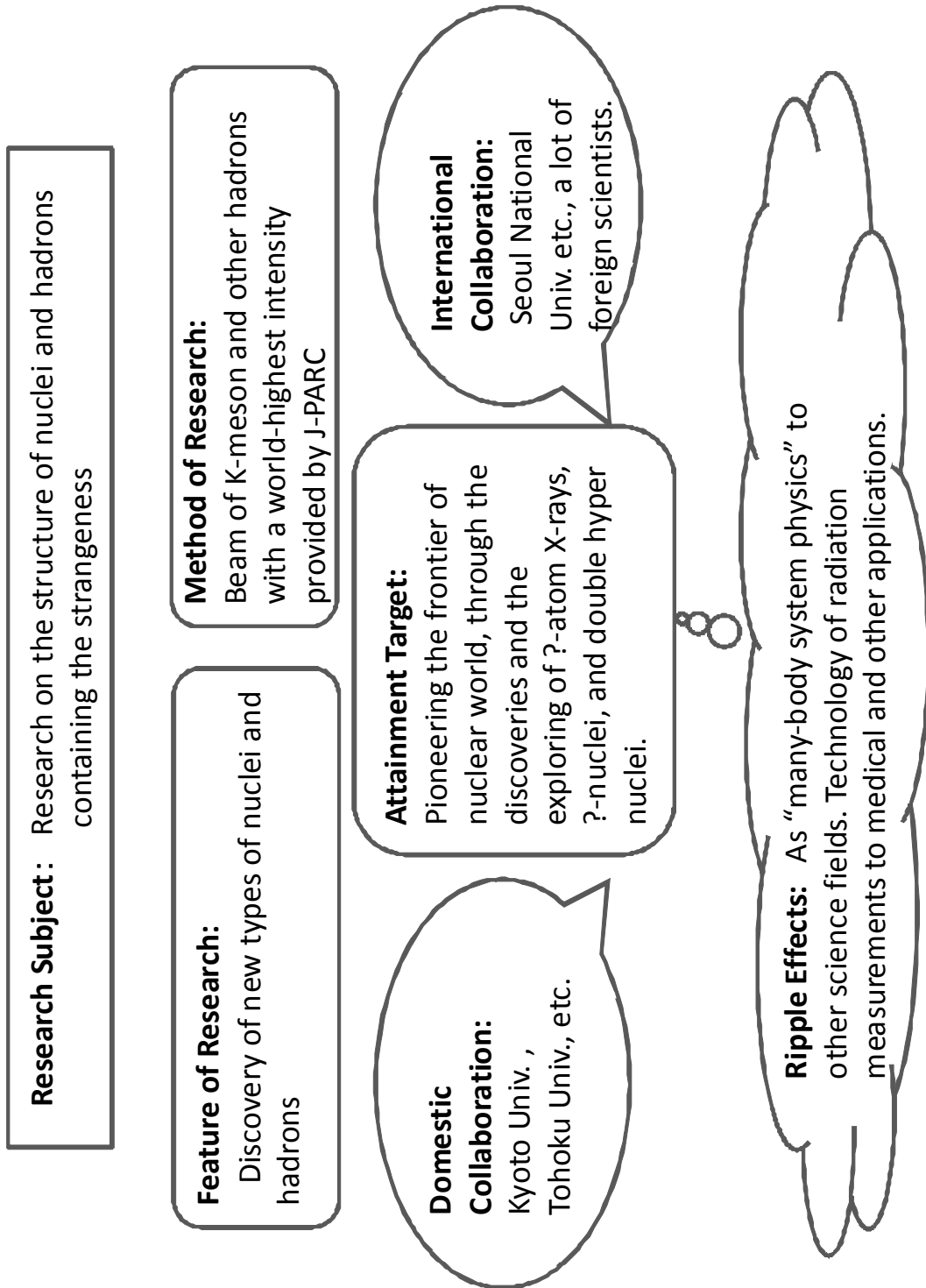
Experiment, detector development, and data analysis for measurement of Ξ nuclei, hyper nuclei γ -rays, and related states.

A.Feliciello: Torino INFN, Principal Scientist.

Experiment, detector development, and data analysis for measurement of Ξ nuclei, hyper nuclei γ -rays, and related states.

B.Bassalleck: New Mexico Univ., Professor.

Experiment, detector development, and data analysis for measurement of Ξ nuclei, double hyper nuclei, and related states.



Research Subject (9)

Study of Formation of Actinides Nano-Particles in Biological Reaction Environments

Group **Research Group for Bioactinides chemistry**

Members (Leader) Toshihiko Ohnuki
 (Researcher) Naofumi Kozai, Fuminori Sakamoto
 (Post doc.) Kazuya Tanaka

Objectives

This research subject is focused on the formation of actinides nano-particles (NP) in the biological reaction environments. The central objectives are to elucidate the biological and chemical processes of the NPs formation by analyzing change on chemical states of actinides by advanced analytical methods.

Scientific/technical merit

Fundamental understandings of the formation of actinides NPs in biological reaction environments advance actinides geochemistry, nano-technology, biology, and mineralogy. The fundamental understandings also provide the knowledge to develop new techniques for separation of An in nuclear fuel recycle, and to develop estimation model of An migration in groundwater, which is important in the performance assessment of geological disposal. Research group for bioactinides chemistry in Advanced Science Research Center of JAEA has experts of actinides chemistry, geochemistry, electrochemistry and molecular biology. Therefore, this research group is the one the most suitable for the research to elucidate the formation of actinides nano-particles in biological reaction environments.

Goals

The NPs of actinides are formed on the microbial cells and bio molecules. The physico-chemical properties of the nano-particles are characterized by using advanced analytical techniques of XAFS, SANS, SAXS, SEC-ICPMS, SEM-TEM, and UV/VIS spectroscopy. The bio molecules to accumulated actinides and to be template for developing nano-particles are identified. Finally, the biological and chemical processes of the formation of the NPs in the biological reaction environments are elucidated.

Originality

The research subject is based on our findings of the formation of NPs of heavy elements on the cell surface of microorganisms, showing high originality. The analytical techniques to examine the chemical states of actinides transformed by the interaction with microorganisms and bio molecules are well established in this research group, and the analytical apparatus are equipped in JAEA. The facility where we use actinides including Np and Pu are advantage of this research group.

The fundamental aspect gives clear distinct from the objectives in the foreign research institutes i.e. the contractors of DOE to facilitate the application of bioremediation to metal and radionuclide contamination on DOE lands. In addition, the foreign research programs are organized mainly by the experts of microbiologists. Members of this research group are experts of actinides chemistry, causing in advantage in the research approach.

Scientific and social outcomes

The results would advance to understand actinides solution chemistry especially in environmental neutral pH solution, and to explore a new function of microorganisms and bio molecules. The research of biological NP formation is developing new research area of actinides bio-geo chemistry, where the effects of microorganisms on the environmental behavior of actinides are elucidated. The research results lead to develop new techniques of environmental remediation and waste treatments. In addition the results also contribute to develop economical methods of formation of NP.

International cooperation

At present, we have collaborated with Moscow State University on the research of the effect of microorganisms on the migration of actinides around Karachay, one of the disposal ponds of nuclear facility in Russia.

International collaboration on the interaction of actinides with bacteria is discussed with the scientists at international conferences.

Plan to collaborate with University of Birmingham and Notre-Dame University on the research of the interaction of actinides with microorganisms. We will invite Prof. Lynne Macaskie of UB, and Prof. J. Fein of NDU.

Foreign research scientists may be involved in the research

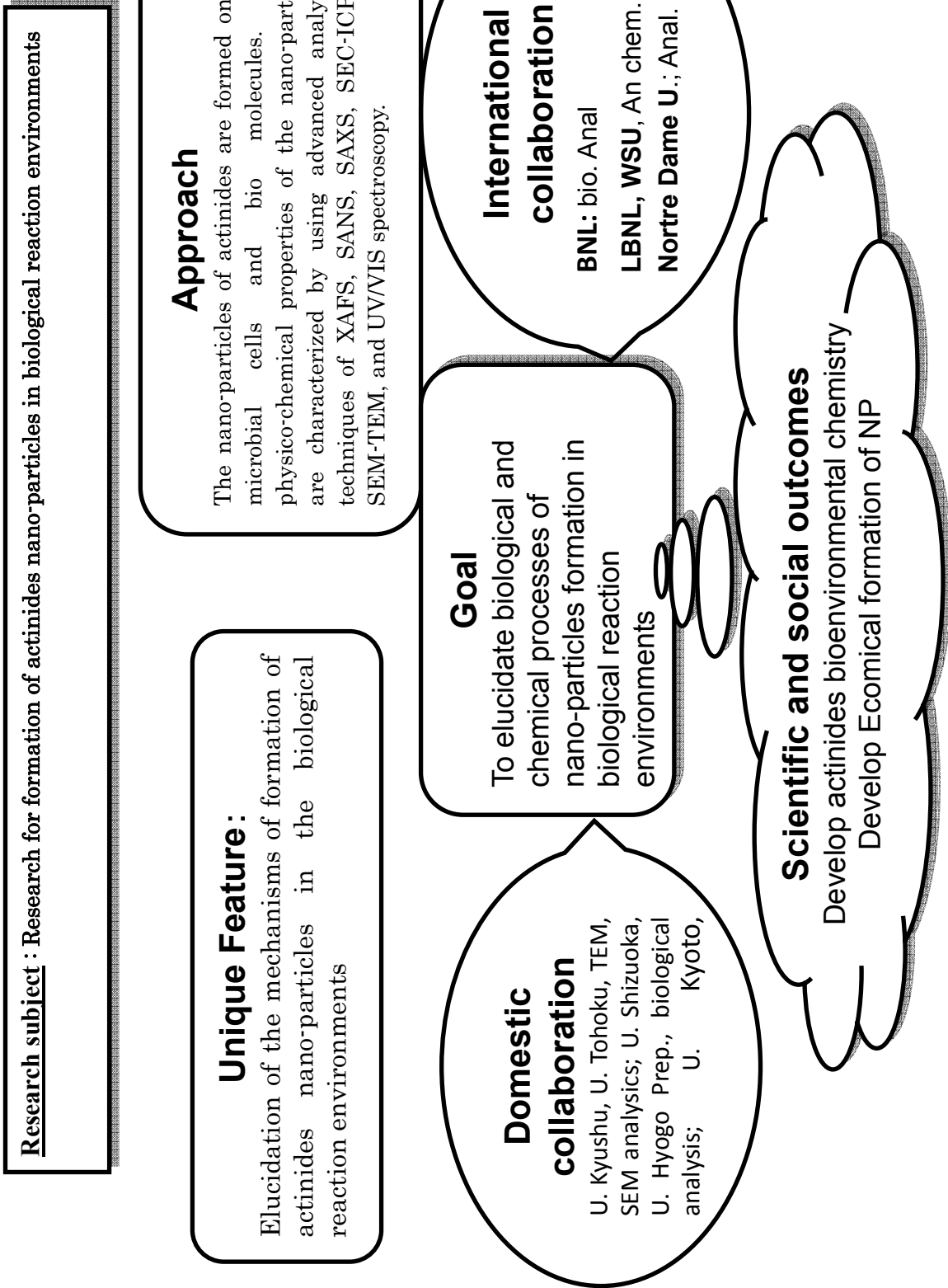
J. Fein, Professor of Notre Dame University, Director, Center for Environmental Science and Technology, Adsorption of metal ions by bacterial cells

Lynne Macaskie, Professor of University of Birmingham, Birmingham, UK., biology.

H.Nitsche, Professor of University of California Berkeley, Actinides chemistry

S. B. Clark, Professor of Washington State University, Environmental Actinides chemistry

L. Rao, Senior Research scientist, LBL, Thermodynamic analysis of interaction of actinides on microorganism



Research Subject (10)

Biophysical Study of Molecular and Cellular Responses to Radiation

Group **Research Group for Radiation and Biomolecular Science**

Members (Leader) Akinari Yokoya
(Researcher) Kentaro Fujii, Miho Noguchi, Ayumi Urushibara
(fixed-term employment), Naoya Shikazono
(additional post)
(Post doc.) Shinichi Yamashita, Toshitaka Oka
(Student) Kuniki Hata (Dphil), Takuya Shiina (Undergraduate), Iyo
Shiraishi (Undergraduate), Yuki Sugaya (Undergraduate)

Objectives

The aim of our research program is to fully characterize the molecular processes by which ionizing radiation alters the chemical structure of biomolecules, particularly genetic material (DNA), in cells. The proposed study consists of two approaches to address the main objective:

- 1) Determine the physicochemical processes of DNA alteration induced by radiation in terms of electron/hole transfer within DNA and between DNA and the hydrated water layer surrounding DNA.
- 2) Obtain experimental evidence of cellular responses to radiation, including DNA repair processes to various types of DNA alteration in living cells, such as DNA strand breaks, base lesions, and complex damage sites consisting of two or more individual lesions.

Scientific/technical merit

The repair susceptibility of altered biomolecules is fundamental to understanding cellular responses to radiation. We will focus on strand breaks and nucleobase modifications in DNA, which may potentially be repaired by different repair proteins. If such DNA aberrations are not removed or corrected by the cellular protein repair systems, harmful mutations in the genetic code resulting in impaired function or even cell death may occur.

Our research approach involves the use of soft X-rays generated from synchrotron facilities as the main radiation source. In order to clarify the physicochemical

processes of biomolecular alteration, K-shell electrons of carbon, nitrogen, and oxygen will be selectively ionized by exposing thin films of biomolecules, particularly DNA and its related molecules, to monochromatic soft X-rays as determined by X-ray absorption near edge structure (XANES) of the target molecules. An electron paramagnetic resonance (EPR) apparatus and quadrupole mass spectrometer (QMS) installed in a synchrotron beamline will be used to investigate the radical formation and fragmentation processes *in situ*. These measurements will provide the position of chemical bond scission and oxidative/reductive modifications of functional moieties in targeted biomolecules. Thus, this approach has the potential to allow the discovery of the mechanisms by which the initial ionization of a selected atom results in a specific type of DNA alteration after electron/hole migration in DNA.

Another technique for examining the effects of radiation is to use densely ionizing radiations, such as ion beams obtained from accelerators dedicated for radiation therapy. It has been hypothesized that two or more individual strand breaks or nucleobase modifications arise within a few nanometers along ion-induced tracks in cellular nuclei. The removal of these complex lesion sites by enzymatic repair systems is thought to be limited in living cells and may lead to cellular inactivation, which is a consequence of considerable importance in radiotherapy. Using a variety of biochemical analyses, we aim to fully characterize the cellular processes at complex lesions induced by densely ionizing radiation in either genomic or transformed DNA in *Escherichia coli* cells. In particular, we anticipate finding evidence of non-linear responses of living systems to radiation in terms of interference between different DNA-repair pathways, particularly those involving several base excision repairs.

Goals

The ultimate goal of this study is to identify a reliable set of predictors for the cellular responses to radiation and will be accomplished by the following two approaches:

- 1) Characterization of the physicochemical processes of DNA alteration by radiation in terms of electron/hole transfer within DNA and associated molecules, including the hydrated water layer surrounding DNA.
- 2) Finding evidence of cellular responses, particularly DNA repair processes, to various types of DNA alteration and their inhibition at complex DNA lesion sites.

Originality

The two approaches of this planned research, as described above, are to use a variety of spectroscopic and biological techniques to analyze biomolecular modifications from a biophysical standpoint. This will enable us to propose a complete model of radiobiological responses which includes the physicochemical processes of ionization to the final biological effects, such as cell inactivation and genomic mutation. The ability to induce specific types of DNA alteration by the selective ionization of atoms using synchrotron soft X-rays represents a powerful tool for the analysis of the complex processes induced in irradiated cells.

Feasibility

Spectroscopic apparatuses (EPR and QMS) have been constructed in a SPring-8 beamline (BL23SU) which provide soft X-rays in the energy region from 300-1,800 eV. Our group also has experience performing irradiation experiments using the ion beam accelerator facilities TIARA and HIMAC. In addition, at the Tokai Research Center, we have biological laboratories which are capable of processing biochemical samples, including recombinant DNA and living bacterial cells. A series of existing DNA repair-deficient *E. coli* cell lines will be used to examine the biological responses at complex DNA lesion sites.

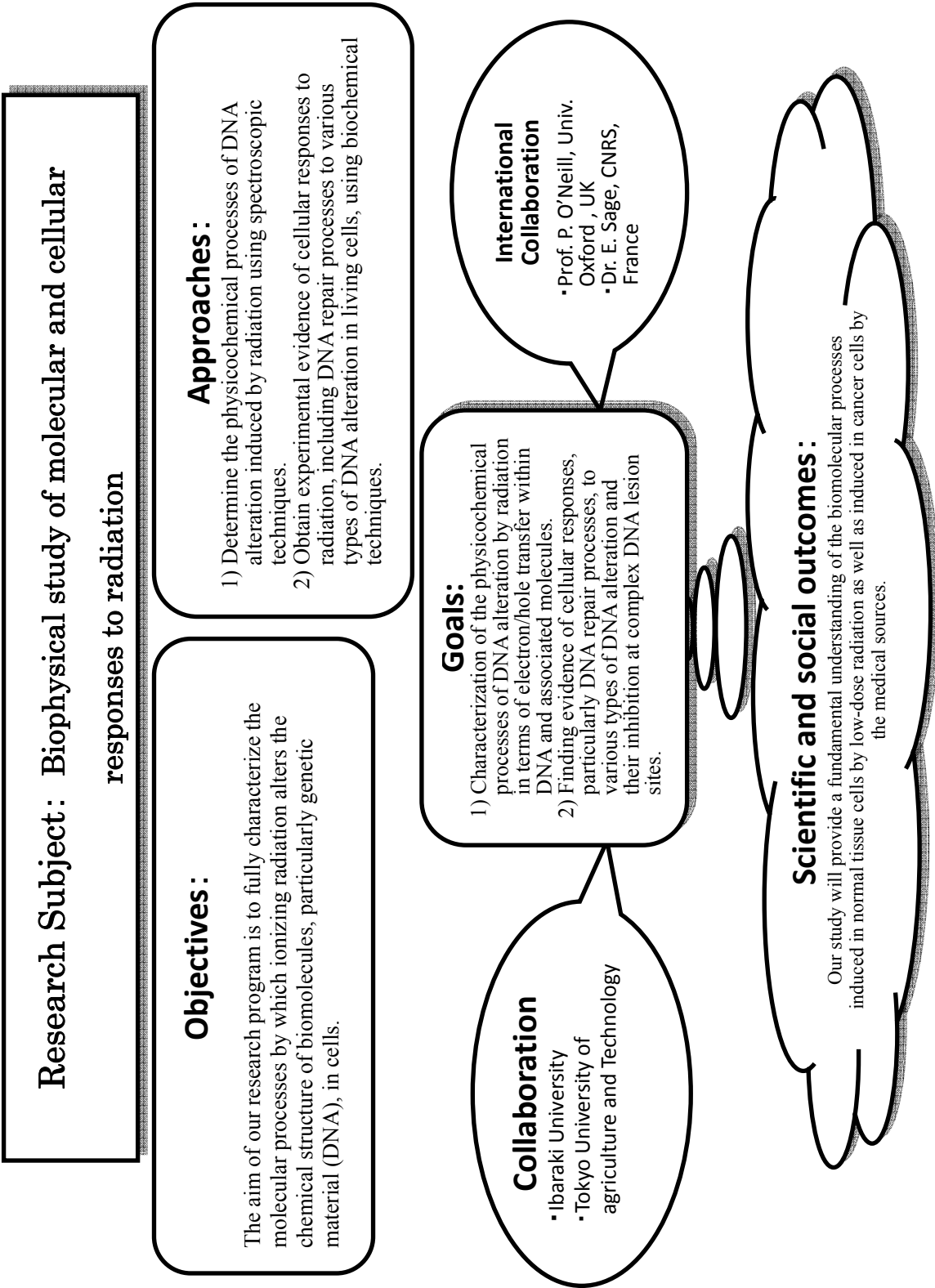
Scientific and social outcomes

Humans are continually exposed to low dose radiation from environmental sources, including radioisotopes present in soil and cosmic rays. Even at low doses, certain types of DNA alterations induced by environmental radiation may be less repairable than others resulting in harmful effects, such as genomic mutations leading to cancer or severe late effects such as genetic instability in tissues. Although radiation is also intentionally administered to inactivate tumor cells during radiotherapy, damage to normal tissue is unavoidable. Our study will provide a fundamental understanding of the biomolecular processes induced in normal tissue cells by low-dose from environmental sources as well as induced in cancer cells by the medical sources.

International collaboration

We are currently engaged in two lines of international collaborative research. The first project involves the analysis of radiation-induced DNA alteration both *in vitro* and *ex vivo*. We are collaborating with Professor Peter O'Neill of Oxford University, U.K., who is highly skilled in the use of several biochemical techniques for the study

of nucleobase modifications artificially incorporated into DNA and their subsequent enzymatic repair. We will advance our collaboration program by incorporating the study of DNA strand breaks and their repair in terms of the biological effects of complex DNA damage sites. The second program is a new collaboration with Dr. Evelyne Sage of the CNRS-Institut Curie, France, who is also extremely capable of applying a variety of molecular biological techniques to analyze the effects of radiation in living cells. Dr. Sage is also interested in the application of synchrotron radiation to this research area and has visited our laboratory through the Invitation Fellowship Program by Japan Society for the Promotion of Science (JSPS). A possible collaboration at the new French synchrotron facility SOLEIL between our two research groups has also been proposed which would give us access to the two beamlines (DESIRS and PLEIADES). These beamlines would provide us with soft X-rays in lower energy regions (from a few to 1,000 eV) than those available at SPring-8. Using these low energy photons, photoelectron and fluorescent X-ray spectroscopy could be performed in order to investigate the modification of the electronic structure of biological molecules upon radiation impact. The dedicated EPR system that we have in place at SPring-8 could be also installed at SOLEIL to detect the primary ionizations in biomolecules.



Research Subject (11)

Development of Advanced Positron Beams and Their Application to Materials Research

<u>Group</u>	Research group for Spin-Polarized Positron Beam	
<u>Member</u>	(Group leader)	A. Kawasuso
	(Researcher)	M. Maekawa, Y. Fukaya
	(Post-doctoral researcher)	A. Yabuuchi, I. Mochizuki

Research contents

We promote the following three sub-projects:

- ***Development of Spin-Polarized Positron Beam***
 We develop the first practical spin-polarized positron beam using a β^+ -emitter produced through nuclear reactions. We demonstrate a new application of positron beam as electron spin probe in magnetic substances.
- ***Investigation of strongly-correlated electron systems on surfaces using Total Reflection Positron Diffraction***
 We investigate a series of strongly-correlated electron systems on surfaces using the total reflection positron diffraction. We reveal the charge order formation and the surface magnetism from the viewpoint of structural analysis.
- ***Materials research using Positron Microscope***
 We study the stress-induced corrosion cracking (SCC) of nuclear stainless steels using our positron microscope. We reveal the microscopic mechanism of SCC under extreme conditions.

Aim of project

Our persistent aim is to demonstrate advantage of positron beam techniques in materials research. The aim of this five-year project is as follows:

By developing the first practical spin-polarized positron beam, we initiate the positron research of magnetic substances. Using total reflection positron diffraction and positron microscope developed in our laboratory, we reveal the novel properties of low-dimensional materials on surfaces and the SCC degradation mechanisms of nuclear stainless steels that are important issues in the modern solid-state physics and the nuclear engineering, respectively.

Originality

Practical spin-polarized positron beam has not yet been developed. Current major trend of positron R&D field in the world is the enhancement of positron beam intensity based on large-scale facilities. Therefore, the development of practical spin-polarized positron beam will give a new research axis in the positron community and hence it should be an important strategy of JAEA. Using the broad knowledge and experience about high-energy accelerators and radioactive materials of JAEA, the spin-polarized positron beam will be developed efficiently.

The total reflection positron diffraction experiment, which can determine the structure of the first surface layer in detail, can be performed only in our laboratory. Therefore, the research on the strongly-correlated electron systems on surfaces with this method is very unique and important in the surface science community. Similarly, our positron microscope has the highest performance in the world. The study of SCC degradation of nuclear stainless steels using the positron microscope is well suited to the JAEA mission.

Goals

- Development of a spin-polarized positron beam with a highly polarized source (~90%) and demonstration of positron research on magnetic substances.
- Revealing the mechanisms of charge order formation and the giant Rashba effect associated with low dimensional materials on surfaces and exploration of ways to control the band-gaps and spin-splitting widths of low-dimensional materials on surfaces.
- Revealing the mechanisms of stress-induced corrosion cracking of nuclear stainless steel in an atomic scale and contribute to the construction of the tight-crack model.

Scientific and social outcomes

The spin-polarized positron beam will be applied to the study of half-metals, diluted-magnetic semiconductors and other magnetic materials and hence will be a useful tool in the spin-electronics field. The obtained knowledge about surface magnetisms and metal-insulator transitions of low-dimensional materials using the total reflection positron diffraction will be important in the future novel device fabrications. The positron microscope will be applied to a broad area of research such as material physics under extreme conditions, real electronic devices, bio-materials etc.

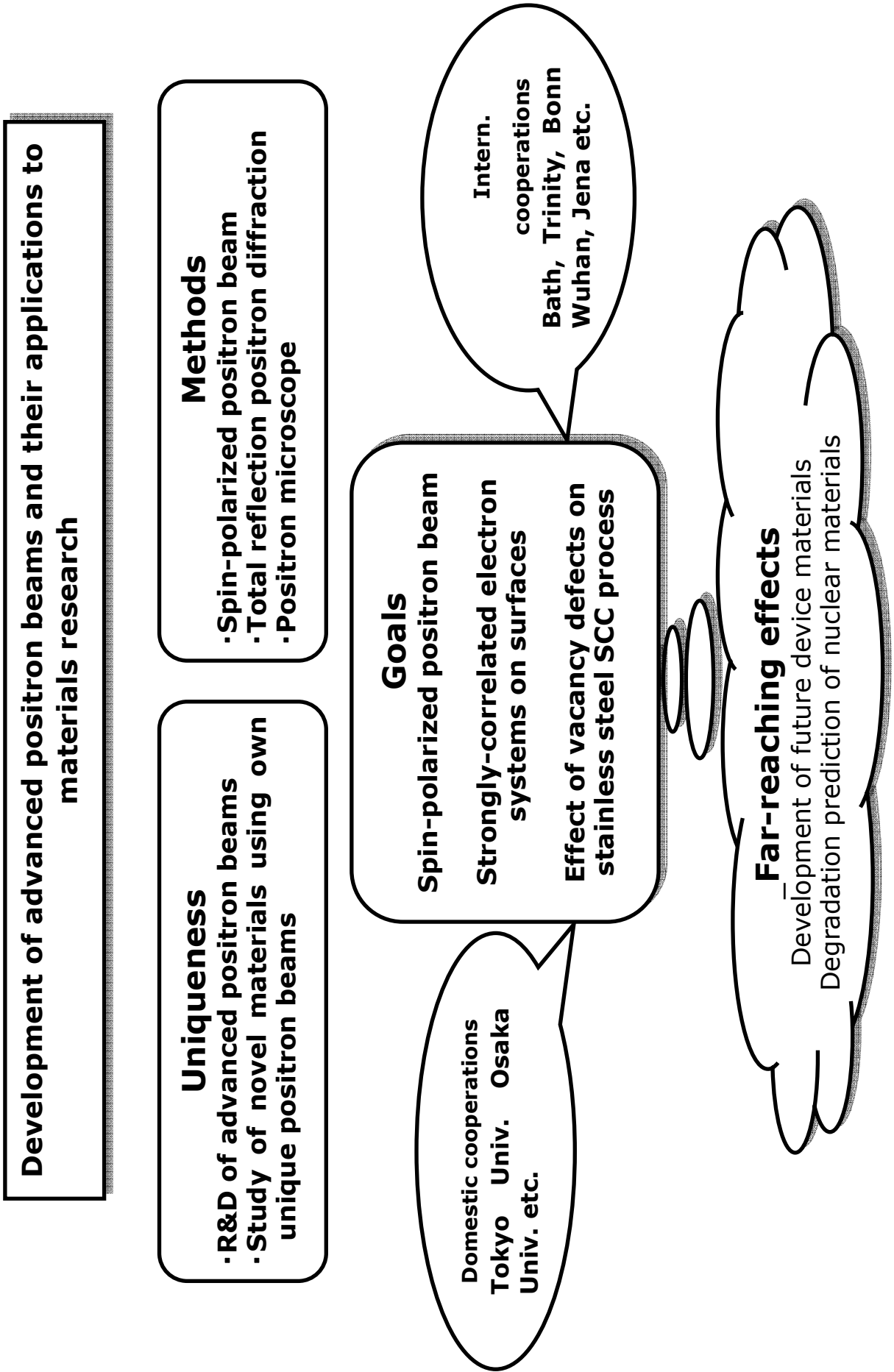
International cooperation

(1) Internationalization

- Accept foreign researchers
- Dispatch researchers to abroad
- Promote international collaborations
- Host international meetings

(2) Foreign researchers (will be invited for short-term if enough budget is provided.)

- Prof. Coleman, Bath Univ., Spin-polarized positron beam
- Dr. Haaks, Bonn Univ., Positron microscope study
- Prof. Chen, Wuhan Univ., Diluted magnetic semiconductors
- Prof. McGlip, Trinity College, Metal-insulator transition of surface superstructures
- Prof. Bechstedt, Jena Univ. Theoretical study of surface superstructures



This is a blank page.

添付資料 3

事前評価報告書の概要と原子力機構の措置

※84～85 ページに掲載の英文については、先端基礎研究センターにて英訳したものであり、和文を正とする。

This is a blank page.

事前評価報告書の概要と日本原子力研究開発機構の措置

第二期中期計画に向けた期待・課題	措置
<p>国際的競争力を維持するためにも、予算の増額と人材の確保を期待したい。旅費等の削減に伴う予算節約により、センターの自由度と機動性が制限されることを危惧する。また、客員グループリーダーが積極的に関与できるよう、処遇改善を含む環境の構築を望む。</p>	<p>経営企画部や人事部と調整し、資金需要を踏まえた予算を要求するとともに、人員確保並びに客員グループリーダーが積極的に関与できる環境の構築に努める。同時に、外部資金の獲得を積極的に推進する。</p>
<p>研究テーマに関しては、科学的・技術的にも卓越しており、なおかつ機構の研究開発とも密接な関連性を有しているが、長期的な観点からプロジェクトの推進を目指しているテーマやセンター内の他のプロジェクトとの相互協力や相乗効果に乏しいテーマが存在する。これらのテーマについては他部門での研究の継続が望ましい。</p>	<p>計画にある 11 の研究テーマは、すべて科学的・技術的に価値が高い研究であると評価を受けている。指摘された数テーマに限らず、すべてのテーマについて 2 年後の中間評価をもとに、テーマの統廃合を含めた柔軟な対応を考える。</p>
<p>黎明研究制度は、国内外から若い才能をセンターに受け入れる素晴らしい制度であるが、終了テーマのその後の活かされ方や黎明研究制度全体の効果について明確ではない。一方、国際的な公募としてスタートする黎明研究予算の増額も必要である。</p>	<p>平成 22 年度は予算増額、国際公募の新規取り組み等により黎明研究の運用拡充を行った。今後も引き続き、予算措置を含め、黎明研究制度のさらなる発展に努める。終了テーマに関しては、黎明研究評価委員会において厳正に評価するとともに、斬新な成果が得られた課題に関しては、センターでのテーマとして取り上げること考える。</p>
<p>機構の他部門との交流を密にするとともに、センターには機構と外部の学術団体との橋渡しの活動を期待したい。</p>	<p>研究シーズの発掘や人材のインキュベータとしての機能を円滑に推進するため、センターにおいて関係する他部門や機構外機関との情報交換を充実させる。</p>

Response of JAEA regarding the Advanced Science Research Evaluation Committee

Expectation/ Task I

The committee recommends an increase of budget and securing a source of manpower in order to maintain the international competitive edge. The administration should restrain itself from weakening ASRC by restricting its freedom and financial agility in attempt to save funding, i.e. travel expenses. It is also desirable to improve the working environment including a condition of the visiting group leader for their active participation.

Response

By consulting with the Policy Planning and Administration Department and the Personnel Department, we will request a budgetary based on funding requirement and will work on securing a source of manpower by an interaction with the other divisions, together with improvement of the condition for the visiting group leaders. We will also make considerable choices of research themes and balance a concentration on each theme depending on fiscal conditions. Acquisition of outside fund is greatly encouraged.

Expectation/ Task II

With regard to the research themes, although they are scientifically excellent and are fully consistent with the mission of JAEA as a whole, a number of projects currently supported by ASRC are technically demanding and require long preparation and commitment. There are also projects which tend to have weaker interaction and synergy with the rest of the projects. These projects may be continued outside ASRC, provided that appropriate homes can be found.

Response

The eleven proposed research themes have received a high evaluation as scientifically and technically excellent. Regarding not only the mentioned themes but the all themes, the progress situation shall be taken into account in order for us to consider a flexible response including elimination and consolidation of the themes. The issues shall be then determined at the mid-term evaluation in two years time.

Expectation/ Task III

The REIMEI program is an excellent avenue for bringing young talents into the center. However, it is not clear how each project has been evaluated after the completion of the project and how successful the program as a whole has been. An increase of budget of the REIMEI program, which has been proposed to open to international competition, is essential.

Response

The effective operation of the REIMEI program will continue to be promoted.

From FY 2010, the application to the REIMEI program is world-wide open, through which we anticipate internationally active collaborations. With regard to the completed themes, they shall be strictly reviewed by the Evaluation Committee of the REIMEI program, and subjects that obtain novel and/or innovative outcomes will be considered to be adopted as research themes of ASRC.

Expectation/ Task IV

The committee strongly recommend for ASRC to maintain close contact with the rest of JAEA, so that ASRC truly becomes the gateway for JAEA to the outside scientific community.

Response

In order for ASRC to fulfill its role as an incubator of research personnel and to scout future research seeds, we will enhance our information exchange with outside scientific community as well as related divisions in JAEA.

This is a blank page.

参考資料

参考資料 1 先端基礎研究センターアドバイザーによる意見

参考資料 2 「次期研究テーマに関する会議」報告書

参考資料 3 第 3 回先端基礎研究・評価委員会報告書

This is a blank page.

参考資料 1

先端基礎研究センターアドバイザーによる意見※

※先端基礎研究センターの研究運営に国際的な視野を導入し、国際共同研究拠点形成のために、センター長直属のアドバイザー（東京大学 永長直人教授、ANL Dr. S.D. Bader）をおいた。両アドバイザーが第5回先端基礎研究・評価委員会に参加し、提出した意見を参考資料として掲載する。

※参考資料 1 の和文は先端基礎研究センターにて和訳を行ったものであり、各アドバイザーより提出された英文を正とする。

This is a blank page.

Comments and Suggestions

アドバイザー : Samuel Bader

General Comments and Recommendation

総合意見と提案

The JAEA made a visionary decision to appoint Dr. Sadamichi Maekawa as the new Director of the ASRC. Dr. Maekawa has a worldwide reputation as a brilliant theorist in the field of spintronics. He is also a role model for early career researchers to emulate. The next five years will be an exciting time for the ASRC and JAEA.

The ASRC is in a unique position to anticipate the long-term needs of the JAEA. The future of nuclear energy development depends heavily on computer modeling, such as of fuel cell design, fuel cycle systems, and reactor design and systems. Such modeling requires high performance computing, from today's petascale to tomorrow's exoscale computing capabilities. But the future of information technology is at risk due to the semiconductor roadmap coming to an end due to its reaching its fundamental limits. Today's Si-based processor chips are generating heat per unit area at a rate that greatly exceeds that of a nuclear reactor! Continuing the information technology revolution might depend on replacing today's Si-based technology with a new technology, such as spintronics, where dissipationless spin currents are harnessed to perform logic operations.

JAEA is in the position to nurture its premier spintronics programs within ASRC because it might create the future for nuclear reactor development. Such an investment in the new spintronics efforts that Dr. Maekawa brought to JAEA would be modest on the scale of the JAEA budget, but the ultimate payoff could be quite enormous. The JAEA is well positioned to take credit for a potential achievement that could possibly revolutionize the Japanese economy if an invention emerges that competes with the Si field-effect transistor. The stakes are very high here for a very modest investment. Such an investment is highly encouraged.

JAEA は前川禎通博士を ASRC の新しいセンター長に任命するという先見的な決断をした。前川博士はスピントロニクス分野において優秀な理論家として世界的に名高い。彼はまた若手研究者たちの手本となる人物である。ASRC と JAEA にとってこれからの 5 年間はエキサイティングな期間となるだろう。

ASRC は JAEA の長期的なニーズを先見する特異な位置づけにある。原子力エネルギー開発の将来は、燃料電池設計、燃料サイクルシステム、原子炉設計とシステムなどの計算機モデリングへ依存する部分が多い。このようなモデリングは、今日の Peta スケールから将来の Exo スケールにわたる能力を有する高性能計算技術を必要とする。しかし、本質的限界のために半導体ロードマップが終末を迎えることにより、情報技術の将来は危機的な状況にある。なぜなら、今日のケイ素を利用するプロセッ

サ・チップの単位面積あたりの発熱率は原子炉からの発熱率を超えているのである。情報技術改革の継続は今日のケイ素に基づく技術から新しい技術、即ち、論理演算に発熱のないスピン流を利用するスピントロニクスへの移行にかかっているのかもしれない。

JAEA は ASRC で行われる最初のスピントロニクス研究を育む立場にある。なぜなら、その研究が原子炉開発の未来を築く可能性があるからである。前川博士が JAEA にもたらした新たなスピントロニクス研究への投資は、機構の予算においては小さなものでも、最終的な利益は莫大なものになるかもしれない。もし Si 電界効果トランジスタに匹敵する新たな発明があれば、それは日本経済を根本から変える可能性があり、JAEA はその潜在的業績の功労者となり得る位置に在る。小さな投資に対してその見返りはかなり大きい。このような投資は強く奨励される。

1. The research policy and strategy of ASRC

先端基礎研究センターの研究方針と戦略

The policy of the ASRC is simply to encourage world-class basic research. The strategy is to organize into three thematic areas: spintronics, heavy element systems, and radiation-related effects. The three areas work both independently as well as synergistically. The impressive distinguishing feature of the ASRC is its effort to create and sustain a multi-cultural research environment. This approach to the problems it tackles is a singular strength. It manifests itself in its cross-disciplinarity, where condensed matter physicists work under the same roof with hadron physicists, where internationalism is encouraged, where experimentalists and theorists work in close collaboration, where chemists and physicists are found to work side-by-side on the same actinide materials science problems, where localized and itinerant viewpoints are respected as a middle-ground is sought, where j-j and L-S coupling is similarly debated in the quest to unlock the physics of $5f$ and highly correlated electron systems.

The next logical consequence of this productive philosophy would be to more firmly embrace the basic-applied gap, and set goals beyond scientific excellence, goals that address real-world problems, such as to create viable spin transistors.... Another possibility would be to set goals to work to bridge the gender gap in the physical sciences.

ASRC の方針は、純粹に世界レベルの基礎研究を促進することである。その方法は、スピントロニクス、重元素科学、放射場科学の三つの主題分野を組織することである。三つの分野は個々別々にも又、互に協同しても機能する。ASRC の際立った特徴は多種文化の混在した研究環境を創造し維持することである。これは様々な問題に取り組む上で、無二の強みであり、ASRC のもつ学際性は明白である。それは即ち、固体物理学者がハドロン物理学者と同じ屋根の下で活動する、国際化が推進される、実験家

と理論家が密接な協力関係にある、化学者と物理学者が同じアクチノイドの物性科学に共に取り組む、中間的見方を探求するのと同様に“局在と遍歴”の両見方も重んじられる、 $5f$ 電子と強く関連した電子系の物理を解き明かすために $j-j$ 結合と $L-S$ 結合が同じように議論されるなどの環境である。

この建設的方針の次にくる論理的に重要な点は、基礎と応用とのギャップの存在をより確実に把握し、科学的優越性を超えた目標、例えば実用性の高いスピントランジスタの開発など、現実世界の諸問題に呼応した目標を設定することだろう。そしてもうひとつの可能性は、物理科学における性差をなくすための目標を掲げることであろう。

2. New Functional Materials via Numerical Simulation

数値シミュレーションによる新機能材料の創出

This is a program where the ASRC shines! It is already world-class and very exciting. The idea is to explore the new physics associated with coupled charge, spin and orbital degrees of freedom in magnetic nanostructures, mainly in metallic ferromagnetic systems. Examples include pioneering work in generating, transporting, and understanding pure spin currents, and spin-dependent thermal and mechanical rotational effects arising from the spin-orbit interaction. In addition, this group is exploring proximity effects between ferromagnets and superconductors, as well as correlated electron physics of high transition temperature cuprate and iron-pnictide-based superconductors.

Although an obvious strength of the program is that it is very ambitious, the cuprate problem has been around for a very long time, so it is not immediately clear what can be learned that hasn't already been examined, or that others cannot do equally well. While the spintronic component is fresh and the group has a clear leadership role.

このプログラムはまさに ASRC の精華であり、すでに世界レベルで、極めて興味深い。そのアイデアは、主に強磁性金属構造を主とする磁気ナノ構造における電荷、スピン及び軌道自由度の結合に関連する新しい物理学の探求にある。この実例には、純粋なスピン流やスピン軌道相互作用に起因するスピン依存の熱効果やスピンと力学的回転に係る効果の発生、伝播、解明という先駆的研究も含まれる。さらにこのグループは高い転移温度を示す銅酸化物と鉄ニクタイト超伝導体の相関電子物理の他に、強磁性体と超伝導体間の近接効果の研究も行っている。

このプログラムが野心的であることがその明確な強みであるものの、銅酸化物の問題は長期的なもので、これまで未解明なことや他では同様に実施することができなかったことに対して何が明らかになるのかが現時点においては明確ではない。それでもスピントロニクスに係る分野は新鮮で、このグループははっきりとした指導的役割を有している。

3. Molecular Spintronics

研究課題 分子・ナノ炭素系におけるスピン伝導機構の解明

Graphene is a material that has captured the imagine of scientists around the world due to its elemental simplicity (it is just a sheet of carbon one atom thick) and its electronic structural complexity (it's a topological insulator.) Carbon being a low-Z element, the spin-orbit interaction should be weak, leading graphene being a near ideal spin transport medium. But the reality is that there are many materials problems associated with spin injection into graphene from a magnetic electrode, and spin transport across graphene is believed to be limited due to extrinsic origin. This group has done high-quality surface science studies to create hybrid metal-C60 structures with record-setting 80% spin polarization values and 1,000% magnetoresistance at low temperature, and epitaxially grown lattice-matched graphene on Ni(111) films.

These are the type of studies that need to be encouraged to transform the art of molecular spintronics into a science. This is especially important because, in general, molecular spintronics is not well recognized for reproducibility of results. This group is to be lauded for its hard work and fine results!

グラフェンはその要素的な簡素さ（1原子の厚さの炭素シート）と電子構造的な複雑さ（位相的絶縁体）から世界中の科学者の想像をかき立てる素材である。原子番号が小さい炭素のスピン軌道相互作用は弱いため、グラフェンは理想に近いスピン伝導媒体になる。しかし現実には磁性電極からグラフェンへのスピン注入に関連する材料の問題が多々あり、グラフェンを介するスピン伝導は外的起源によって限界があると信じられている。このグループはクオリティの高い表面科学研究を行い、スピン分極値80%、低温での磁気抵抗1,000%を有する金属-C₆₀複合構造を作成するとともに、Ni(111)フィルム上に格子整合グラフェンを結晶成長させるのに成功した。

分子スピントロニクス技術を科学へと変えるために、これらは支援が必要なタイプの研究である。通常分子スピントロニクスは結果の再現性に乏しいため、この支援は特に重要である。このグループは困難な研究とみごとな成果によって称賛に値する。

4. Combining Spintronics & Rotational Techniques

電子スピンとナノ物体運動を結合させるスピนมカトロニクスの開拓

This is high risk, *tour de force* research to harness dynamic angular momentum and nuclear spin momentum into spintronics to generate and control spin currents. Where this might lead is open-ended. But that is the nature of fundamental research. There could be lots

of academic effects of no consequence, so why take the time when we know that there are definitely other important directions that must be pursued? The answer is that this group is in the relatively unique position of having strong theoretical guidance in its explorations. This makes the quest very compelling and worthwhile. It is not likely that they will get lost in the woods. This could be something to watch!

これは動的角運動量と核スピン運動量をスピントロニクスに利用し、スピン流を発生させて操作する、高いリスクをはらんだ“偉業的”研究である。行きつく先には何もないかもしれない。しかしこれは基礎研究の本質である。多くの学術的効果を伴わない結果が得られるかもしれない中で、そこに追及されるべき重要な事が他にあると知りながら、なぜ時間をかけるのか。その答えは、このグループがその探求において強力な理論的指針を有するという特殊な立ち位置にしていることである。これが探求を説得力と価値のあるものにしていく。この先彼らが迷うことはまずないだろう。要注目のプロジェクトである。

5. Surrogate Reactions...involving Heavy Nuclei

核子移行反応による重原子核反応特性の解明

The surrogate method is not new; it is in use at LLNL and Saclay, for example, in addition to at ASRC. But the unique strength of the ASRC approach is in its combined experiment-theory strategy to get a new understanding of the origin of the elements via nucleosynthesis. This is of fundamental interest, and has applications, for example, in fuel reprocessing. Thus, this group provides in microcosm, an example of the overarching multicultural philosophy of the ASRC that demonstrates its value and importance on the world scene.

代理方法は新しいものではない。ASRC の他にも、例えば LLNL や Saclay でも利用されている。しかし ASRC のアプローチの特有の強みは、核合成によって元素の起源の新たな見解を得るための、実験と理論が融合した戦略である。これは根本的な関心事であり、燃料再処理などでの応用がある。ゆえに、このグループは世界の舞台でその価値と重要性を立証する、ASRC の包括的な多文化的学問の縮図を示している。

6. Valence Electron & Nuclear Shell Structure of Super Heavy Elements

超重元素の価電子状態と超重核の殻構造の解明

This group is performing very impressive atom-by-atom chemistry of the elements up to

atomic number 118 where relativistic effects lead to level crossings not observed anywhere else in the periodic table.

I think it would be an interesting exercise once the atomic configuration is determined for an element, such as Db or Sg, to ask an electronic structure theorist to calculate total energies of crystal structures, such as *bcc*, that will surely occur just below the melt, and maybe *hcp* or *fcc*, to determine the lattice constants. Once this is done, superconducting transition temperatures can be estimated, based, say, on the electron-phonon mechanism. Although it might be impossible to ever make such measurements experimentally, it would certainly be interesting to know what one might expect to find if one could retain and cool pure material, assuming material availability, short half-lives and radioactivity (heating and damage) were not issues.

このグループは原子番号 118 までの元素のシングルアトム化学という興味深い研究を行っている。その領域では周期表の他のどこにも見られない相対論的効果が元素の配置に大きな変化をもたらすと予想されている。

Db や Sg などの元素の原子配置が決定したならば、融点直下で必ず発生するであろう *bcc* と、格子定数を定めるための *hcp* か *fcc* などの結晶構造について、その総エネルギーの計算を電子理論家に依頼することは興味深い課題になると考える。これが実現すれば、例えば電子-フォノンのメカニズムに基づいて、超伝導転移温度を評価することが可能となる。このような測定を実験的に実施することは不可能かもしれないが、材料が実際に入手できるか否かや短い半減期や放射能（発熱と損傷）の問題を別にして、この材料を低温に維持したとしたら、何を見つけることができるのかは非常に興味深い。

7. New Actinide Compounds with Exotic Behavior

アクチノイド化合物の物質開発

Actinide crystal chemistry has slowed to a snail's pace due to safety issues at laboratories and major user facilities around the world. This is the case even though it's been known for decades that the physics of the *5f*-electron systems is amongst the most fascinating within the realm of condensed matter physics. Uranium compounds have been known, for example, to support superconductivity even when there are multiple *3d*-magnetic elements present per formula unit. But within the last eight years, the game has changed qualitatively with the introduction of a plutonium-cobalt-gallium compound with a superconducting transition temperature of 18.5 K. This demands a fresh look at the actinides. Unfortunately, many talented, early-career scientists shun single-crystal synthetic research because it is high-risk. One is not always sure that a synthetic strategy will payoff and be successful. Add to that the overhead of working in an actinide lab, and the incentives become almost nonexistent. With

this backdrop, it is almost a miracle that ASRC attracted Zack Fisk, a world leader, to inspire the actinide synthetic efforts. Zack articulated a clear philosophy: search near quantum phase transitions; and a clear strategy: make sure that chemists and physicists work together to bridge the culture gap. In order to understand structure-property relationships requires the insights of both localized and itinerant perspectives.

It would be interesting if the program could some day be expanded to embrace film growth in order to utilize epitaxial stabilization of crystal structures and lattice constants. It would also be interesting to be able to make maximal use of major facilities, such as synchrotron-based electron spectroscopies to explore the exotic properties.

世界中の研究所や主要な施設における安全性の問題に起因して、アクチノイド結晶化学の進歩はスローペースになっている。5f 電子系の物理が物性物理学で最も魅力的であることは何十年もの間周知の事でありながら、これが現状である。例えば、ウラン化合物は多重 3d 磁性素子が各結晶格子単位で存在しているときでさえ超電導を維持することが知られていた。しかし、ここ 8 年の間では、超電導転移温度 18.5 K のプルトニウム-コバルト-ガリウム化合物の発見によって、この分野の研究の質が変わった。これによってアクチノイドの新しい見方が要求されている。しかし、残念なことに、若手の才能ある科学者たちは、そのリスクが高いがゆえに、単結晶合成研究を避けている。合成に係る方針から利益や成果を得ることができるか、だれも確信が持てないのである。さらに、アクチノイド実験室での作業には諸経費がかかり、報奨はほとんどない状態である。そのような背景の中で、ASRC がアクチノイド合成分野の世界的権威である Zack Fisk を、このアクチノイド合成への取り組みへ誘致したことはほぼ奇跡である。同氏は、量子相転移付近の調査というはっきりとした方針と、化学者と物理学者が文化的差異を埋めるために協力するという明確な戦略とを発信している。結晶構造の性質を理解するためには、“局在と偏歴”の両方の洞察力が必要とされる。

もし結晶構造と格子定数のエピタキシャル安定化を利用するための膜成長を包括できるまでプログラムを広げることが出来るとしたら興味深い。エキゾチックな性質を調べるためにシンクトロンを利用した電子分光法などの主要設備の利用もまた面白いだろう。

8. New Concepts in CMP for Heavy Element Systems

重元素系化合物のための新たな固体物理コンセプトの開拓

This program utilizes NMR and μ SR to probe and understand the electronic structure of the 5f-systems. There are excellent synergies with the synthesis group and the theory group to provide samples and conceptual insights, respectively. The unique strength of the program is that the μ SR capability at J-PARC is the highest intensity in the world. Thus, state-of-the-art

spectroscopies are well matched to the state-of-the-art samples that are available to be probed. With this combination, the physics that emerges is unmatched! The problems addressed include superconductivity in Pu-compounds. A nice example of NMR in the $^{239}\text{PuRhGa}_5$ superconductor was presented. Also shortcomings of the j-j coupling in describing the 5f-systems were discussed. The answer seems to be partway between j-j and LS coupling.

このプログラムは NMR と μSR を利用することにより、5f 系の電子構造を解明するものである。合成を担当するグループと理論グループが、試料の作成と理論的洞察の提供をそれぞれ行うという点で、すばらしい相乗効果がある。J-PARCの μSR 性能が世界最高度という点が、このプログラムの特筆すべき強みである。ゆえに、最先端技術の分光法が測定されるべき最先端の試料と合致している。この連携から生まれるであろう物理学は比類なきものとなる。取り組まれている課題には Pu 化合物の超伝導が含まれており、 $^{239}\text{PuRhGa}_5$ 超電導体の NMR がその好例として紹介された。一方で、5f システムを説明する上での j-j 結合の欠点も議論された。その答えはおそらく j-j と LS 結合の間にあると見受けられる。

9. Nucleons & Hadrons containing Strangeness

ストレンジネスを含む原子核とハドロンの構造解明

Not much to say here other than the fact that this group is part of the mix is quite refreshing and uplifting in the cultural sense highlighted in the policy/strategy section at the beginning of the Comments. The presentation was clear and engaging.

このグループが多彩な集まりの内のひとつであるという事実は、冒頭の方針と戦略の部分で記した多文化的環境という面においても新鮮で前向きな効果もたらしている。プレゼンテーションは明瞭で惹きつけるものがあった。

10. Actinide Nanoparticles in Biological Reaction Environments

バイオ反応場におけるアクチノイドのナノ粒子化機構の解明

This group is working on interesting problems in actinide geochemistry and environmental science and is utilizing synchrotron beamlines at KEK and Spring-8. The group is also involved in utilizing nano-bio sensors. It would be interesting to see if synergies develop over time to extend the sensor development to nano-bio-magnetic sensing applications.

このグループはアクチノイドの地球科学と環境科学の興味深い問題に取り組み、

KEK と SPring-8 のシンクロトロンビームラインを使用している。また、ナノ - バイオセンサーの利用にも関わっている。相乗効果が発展していずれセンサー開発がナノ - バイオ - 磁気検出応用にまで至るかどうかは興味深い。

11. Biophysical Study of Molecular & Cellular Response to Radiation

放射場における生体分子の変異と生体応答の解明

The objectives of this group are two-fold: to understand physical and biological processes, such as e/h transfer in DNA, and DNA repair, respectively. The group studies the effects of modified DNA, such as due to exposure to radiation. It also modifies DNA fragments and then introduces it into cells to see how a cell is affected. The group poses intriguing questions, such as how is the self-organization of complexes of DNA and the repair proteins produced under non-equilibrium conditions. There are ambitious plans to use synchrotron and small-angle neutron scattering, and to engage in international collaborations.

このグループの目標は物理的・生物学的過程の解明の二つの要素、即ち、DNA 中の e/h 移動と DNA 修復である。放射線照射などによる変異 DNA の効果を研究している。また DNA フラグメントも変異させ、それを細胞内に導入して細胞がどのように影響されるかも観察する。このグループは、DNA 複合体の自己組織化や非平衡条件下で作られた修復たんぱく質がどのように自己組織化するのか、という興味深い課題に取り組んでいる。シンクロトロンや中性子小角散乱を使い、国際協力を進めるという意欲的な計画である。

12. Development of Positron Beams & Applications to Materials Science

スピン偏極陽電子ビーム技術の開発と最表面磁性の解明

This group provided an historical tutorial on the development of the positron microscope over the last fifteen years, with applications, most dramatically to study cracks in stainless steels. Positrons have been focused to 1.9 microns and can be focused to ~ 100 nm, and can be spin-polarized. Positrons can provide the z-component of the momentum distribution in electronic structure studies. They can be used to study the giant surface Rashba effect, and also CDW formation at the surface of low dimensional materials. These are all exciting possibilities.

What was missing in the presentation was a comparison of the projected capabilities of the spin-polarized positron microscope to other spin-polarized imaging systems, of which there are many. Also, synergies with other ASRC groups seemed to be lacking, in that none of the spintronics groups seemed to be echoing the need for the positron microscope or waiting

or yearning for its advent to tackle their problems. So it seems like there could be better communication between the groups. Since the spintronics groups are newly arrived, maybe the two sets of groups just need time to find and appreciate each other.

このグループはこれまで 15 年間以上、陽電子顕微鏡の開発、応用、特筆すべきはステンレス鋼のひび割れの研究について、歴史的な役割を果たした。陽電子は 1.9 μm までビーム化され、さらに 100nm 程度への収束とスピン偏極化が可能である。陽電子は電子構造研究における運動量分布の z -コンポーネントを提供できる。それらは巨大表面 Rashba 効果や、また低次元材料の表面における電荷密度波の形成の研究に利用することができる。これらはみなエキサイティングな可能性を有する。

プレゼンテーションで欠けていたのは、スピン偏極陽電子顕微鏡の予想される能力と多数存在すると思われる他のスピン偏極イメージングシステムとの比較である。また、他のスピントロニクスグループの誰も陽電子顕微鏡の必要性に呼応しなかった、もしくはその出現によって彼らの抱える問題に取り組んでくれることへの期待という点において、ASRC の他のグループとの相乗効果が欠けていた。グループ間のコミュニケーション改善が望まれる。スピントロニクスグループは着任したばかりなので、これら二組のグループはまず互いを知り、正しく認識し合うことが必要である。

Endnote:

エンドノート

The program was extremely impressive scientifically, and was well organized managerially. The entire staff of ASRC and those from JAEA who participated in the Review all deserve the warmest thanks!

プログラムは科学的に極めてすばらしく、よく組織的に運営されている。ASRC のスタッフ全員と、レビューに参加した JAEA の人々に心より感謝する！

Comments and Suggestions

アドバイザー : Naoto Nagaosa

General Comments and Recommendation

総合意見と提案

評価 : 適切

This is an important and appropriate project aiming at the top of the basic science and internalization of the institute. The director is the world leading scientist in the condensed matter theory who has the experience of leading many successful projects in the past. Therefore, it is important that he will be able to show the strong leadership and freedom for the administration of the center and to support him financially. For example, it is desirable that he can keep the certain amount of the budget, e.g., 1/4 to 1/3, which can be distributed by his own decision. This will also reduce the number of administrative meetings for the team leaders and they can focus on their own research.

For the team leaders coming from the outside of JAEA, it is highly desirable that they can get reasonable incentives. Also it is important to have the sub-team leader, who belongs to JAEA and stays there 5 days per week, who will take care of the safety problems in the labs, which should be considered most seriously. For example, the safety patrol by the members of labs. every week would be recommended.

Since the project is limited for 5 years, it is desirable that the young researchers can stay for this whole period since it takes some time for the new comers to understand and catch up with the research going on.

I think it is a good idea to submit the monthly report, and have the evaluation every year. But it should be “light” since the innovative work takes time, and the evaluation should not depress the long term project.

The “Reimei” program is also very important for the internationalization, should be supported more strongly from JAEA.

Since this center includes some of the new teams, JAEA should supply the start-up funds to them in addition to the usual budgets.

ここで提案された方針と戦略はセンターが基礎科学の最先端と国際化を目指す上で、重要かつ適切なプロジェクトである。新センター長はこれまで数々のプロジェクトで成功を収めてきた経験のある量子物性理論の世界的権威である。ゆえに彼がセンターの運営において強いリーダーシップと自主性を発揮できるようにすることと、資金的に彼をサポートすることが重要である。例えば、彼が予算の 1/4 から 1/3 の定額を管理し、独自の判断で配当できるようにするなどの制度が望ましい。これによって

グループリーダーたちの運営会議の頻度を減らすことにつながり、彼らが研究により集中できるようになる。

JAEA の外部から来ているチームリーダーたちへ、妥当な報奨金の賦与が望まれる。またその場合、JAEA に所属し週 5 日勤務するサブ・リーダーを置き、考慮されるべき実験室の安全管理などに対応することが重要である。例えば実験室メンバーによる毎週の安全パトロールなどを推奨する。

プロジェクト期間は 5 年間と限られているが、若い研究員はこの全期間をとおして従事できることが望ましい。途中からチームに合流して進行中の研究を理解し、追いつくには時間を要するからである。

毎月レポートを提出することと、年一回の評価は良いアイデアだと思う。

しかし革新的な研究は時間を要し、その評価が長期的なプロジェクトの妨げになってはならないので、飽くまで“軽い”ものにすべきである。

黎明研究は国際化という面でも重要であり、JAEA からより積極的なサポートを受けるべきである。このセンターにいくつかの新しいチームがあることを考慮し、JAEA は彼らに対し通常の予算の他に立ち上げ費用を配分するべきである。

1. New Functional Materials via Numerical Simulation

数値シミュレーションによる新機能材料の創出

評価：適切

This is the flag-ship theory team leading the whole project, giving the direction of researches in this center. This team aims at many problems of condensed matter theory, ranging from high T_c superconductivity, thermoelectric materials, and spintronics. These themes are relevant also to atomic energy and nuclear science in the long run, and fit the mission of ASRC together with the other groups of spintronics. The methods include most of the modern numerical techniques and should be powerful enough to achieve the proposed projects, and will be applicable also to the design of the various processes in the nuclear phenomena. The collaboration with other experimental groups will be also fruitful, and the seminars among many groups are encouraged. Also since the themes show some diversity, the strong leadership of the team leader is requested to keep the coherency of the team.

この理論チームはセンターの研究の方向を示し、プロジェクト全体をリードする重要なチームである。このチームは、高温超電導、熱電材料、スピントロニクスなど、量子物性理論における多くの問題に取り組もうとしている。これらのテーマは長い目で見ると原子力にも原子核科学にも関連し、他のスピントロニクスのグループとともに ASRC の任務とも一致している。最新の数値計算を用いる手法は提案された課題を達成するのに十分に効果的で、さらには原子力にかかわる様々な過程の構築にも適

用できるであろう。他の実験グループとの協力も有益であり、多くのグループとのセミナーも推奨される。また、テーマが多岐に渡るので、チームの統一のためチームリーダーの強いリーダーシップが要求される。

2. Molecular Spintronics

研究課題 研究課題 分子・ナノ炭素系におけるスピン伝導機構の解明

評価：適切

It is important to develop the appropriate materials for spintronics, and graphene is one of the most promising candidates, and this research proposal is quite timely and important. Molecular spintronics is a topic attracting great expectation, but does not show so remarkable outcome. Hopefully, this project gives a breakthrough in this field. Their experiences on the surface physics will be a firm background for this project, and I can expect the fruitful results. The communication with Mori's group is recommended to design the experiments.

スピントロニクスにおいて適切な材料を開発することは重要なことで、グラフェンはその中でも最も有望な候補の一つであり、この研究提案はきわめて時宜を得た重要なものである。分子スピントロニクスは大きな期待を背負ったトピックであるが、目立った成果を見せていない。願わくば、このプロジェクトにそのブレークスルーを期待したい。表面物理における彼らの経験はこのプロジェクトの確固たるバックグラウンドとなり、実りある結果が期待できる。実験の計画には森グループ（量子物性理論グループ）との協力が推奨される。

3. Combining Spintronics & Rotational Techniques

電子スピンとナノ物体運動を結合させるスピンメカトロニクスの開拓

評価：適切

This is an ambitious project trying to explore (i) the nuclear spin spintronics and (ii) spin-mechatronics. These are the unique proposal possible only in JAEA possibly opening up the new directions both in the spintronics and atomic sciences. This seems to be a challenging and may not be successful within 5 years, but ASRC should try this kind of new ideas. The team-leader should come as often as possible to ASRC.

これは(i)核スピンに係るスピントロニクスと(ii)スピンメカトロニクス研究に挑戦する野心的なプロジェクトである。これらのようなユニークな提案はJAEAでのみ可

能であり、スピントロニクスと原子力科学の両方の分野に新たな道を切り開く可能性がある。困難な挑戦で、5年以内で成果を出すことは出来ないかもしれないが、ASRCはこのような新しいアイデアに挑むべきである。チームリーダーは出来るだけ頻繁にASRCを訪れるべきである。

4. Surrogate Reactions...involving Heavy Nuclei

研究課題 核子移行反応による重原子核反応特性の解明

評価：適切

I am not an expert in this field, but understand this is most directly related to the main mission of JAEA and is the continued program. It is desirable that the director of the center has the freedom to decide to keep this team within ASRC or not.

私自身はこの分野の専門ではないが、これが継続的なプログラムで、JAEAの主要任務と最も直接的関わりがあると理解する。センター長がこのグループをASRCに残留させるか否かの決定権を持つことが望まれる。

5. Valence Electron & Nuclear Shell Structure of Super Heavy Elements

研究課題 超重元素の価電子状態と超重核の殻構造の解明

評価：適切

I find this project interesting also from the viewpoint of the condensed matter physics, i.e., electron correlation and the spin-orbit interaction. Therefore, the communication with Mori's group would be fruitful for both of them. Also the comparison with actinide compounds, which are intensively studied in ASRC, might be fruitful.

このプロジェクトは電子相関やスピン軌道相互作用など、固体物理学の観点からみても興味深い。それゆえ森グループとの協力が、両者にとって有意義なものとなるだろう。また、ASRCで集中的に研究されているアクチノイド化合物との比較も有益かもしれない。

6. New Actinide Compounds with Exotic Behavior

研究課題 アクチノイド化合物の物質開発

評価：適切

This is an important and interesting project, which should be strongly supported. This theme bridges the spintronics and atomic science, including many intriguing issues such as electron correlation, strong spin-orbit interaction, quantum criticality, and superconductivity. The team leader is the world top researcher in this field, and it is wonderful that JAEA can have him. The strong support for his visit/stay at JAEA is desired.

これも重要かつ興味深いプロジェクトで、強力な支援が必要である。このテーマは、電子相関、強いスピン軌道相互作用、量子臨界、および超伝導などの魅力的な課題を含む、スピントロニクスと原子力科学の橋渡しとなる。チームリーダーはこの分野で世界トップの研究者で、JAEA が彼を迎えるということは素晴らしい。彼の来所や滞在に関する JAEA の強力な援助が望まれる。

7. New Concepts in CMP for Heavy Element Systems

研究課題 重元素系化合物のための新たな固体物理コンセプトの開拓

評価：適切

Combined with the above project No.6, this project aims to explore the physical properties of 5f electrons. In addition to the coordination within JAEA, the collaboration with the various experimental groups even outside of the JAEA focusing on the charge dynamics, photo-emission, or tunneling might be useful.

6 番目のプロジェクト（アクチノイド化合物の物質開発）と共に、このテーマも 5f 電子の物理的性質の研究を目的としている。この JAEA 内での協力関係以外にも、電荷ダイナミクス、光子放出、トンネル現象などに焦点を当てる外部の実験グループとの協力も役立つかもしれない。

8. Nucleons & Hadrons containing Strangeness

研究課題 ストレンジネスを含む原子核とハドロンの構造解明

評価：適切

This project is aiming at the high energy nuclear physics. This is very interesting also from the viewpoint of condensed matter physics and fits to the scheme of ASRC. Because the team-leader is from Kyoto University, and needs the start-up money, it is strongly suggested that JAEA supplies this extra budget in addition to the usual running cost of the lab.

このプロジェクトは高エネルギー原子核物理に照準を合わせている。これは物性物理学の観点から見ても興味深く、ASRCの構想にも一致している。チームリーダーを京都大学から招へいしている。必要な立ち上げ費用を、通常の研究室運営費の他にJAEAから追加配分することを提案する。

9. Actinide Nanoparticles in Biological Reaction Environments

研究課題 バイオ反応場におけるアクチノイドのナノ粒子化機構の解明

評価：適切

I cannot say much on this project since it is rather far from my major. However, the viewpoint that “learning from the nature or living creatures” is an important idea to develop the nano-science. Therefore, I would like to encourage this project, and suggest them to communicate with the theory group working on the large-scale quantum chemistry calculations of molecules.

私自身の専門とはかなり隔たりがあるため、あまり多くを述べることはできない。しかし、“自然や生物から学ぶ”という観点はナノ・サイエンスの発展にとって重要である。ゆえに私はこのプロジェクトを奨励し、大規模な分子の量子化学計算を行う理論グループとの情報交換を提案する。

10. Biophysical Study of Molecular & Cellular Response to Radiation

研究課題 放射場における生体分子の変異と生体応答の解明

評価：適切

The response of the DNA to radiation must have been the subject of intensive studies,

and it is desirable to clarify what is unique to this project. For example, it is essential to study the response in the living cell, not in the artificial environment. This important issue should be addressed in the plan for the research.

放射線照射に対する DNA の反応は集中的に研究されてきており、このプロジェクトの特徴を明確にすることが望まれる。例えば、人工的環境ではなく、生細胞での反応の研究は不可欠である。この重要な課題は研究計画に取り込まれるべきである。

11. Development of Positron Beams & Applications to Materials Science

研究課題 スピン偏極陽電子ビーム技術の開発と最表面磁性の解明

評価：適切

He explained clearly his plan including the background, which is very interesting to me. The spin polarized positron beam would be a powerful tool to study the magnetic properties of materials and fits the aim of this center. It is suggested that this group will communicate with the experimental groups working on the ARPES, STM, and electron microscope to identify the advantage and disadvantage of this technique.

研究の背景を含めた明快な説明はとても興味深かった。スピン偏極陽電子ビームは材料の磁気的特性の研究では強力なツールとなり得るし、このセンターの任務とも一致している。この技法の長所と短所を識別するために ARPES、STM、電子顕微鏡を使用する実験グループとの情報交換を提案する。

This is a blank page.

参考資料 2

「次期研究テーマに関する会議」報告書※

※本報告書は、次期中期計画期間（平成 22 年度～平成 26 年度）における先端基礎研究センターのテーマ案について、機構内外の有識者のご意見を伺うため、横溝英明理事を議長として平成 21 年 10 月 29 日に会議を開催し、その評価意見を取りまとめたものである。

This is a blank page.

先端基礎研究センター
平成 21 年 11 月 24 日

「次期研究テーマに関する会議」報告書

先端基礎研究センターでは現中期計画期間（平成 17 年度－21 年度）に実施中の 8 つの研究テーマはすべて 21 年度で終了する予定である。このため、22 年度から開始される次期中期計画期間に実施する研究計画を策定するため、21 年 4 月より前川禎通教授（東北大学金属材料研究所）を次期センター長として迎え、同教授のリーダーシップの下で検討を行ってきた。先端基礎研究センター内の各研究グループから現在の研究内容についてヒアリングを行うとともに、原子力機構内の研究部門・拠点に対して次期研究テーマに関する調査を行った。その結果、先端基礎研究センターより 9 研究テーマ、J-PARC センターより 1 研究テーマ、東北大学より 2 研究テーマの提案があった。提案された研究テーマに対して研究提案者からヒアリングを実施し、以下の 11 研究テーマからなる次期研究計画案が作成された。10 月 29 日に原子力機構内の関連した研究部門長・拠点長および原子力機構外の有識者で構成される会議を開催し、次期研究計画案について意見を聴取した。本報告書はその会議で出された意見と意見への対応をまとめたものである。

11 研究テーマ

研究分野	テーマ提案者	テーマ名
先端材料基礎科学分野	森 道康（東北大学）	数値シミュレーションによる新機能材料の創出
	境 誠司（先端基礎）	分子・ナノ炭素系におけるスピン伝導機構の解明
	齊藤 英治（東北大学）	超重力スピンメカトロニクスの開拓
重元素基礎科学分野	千葉 敏（先端基礎）	核子移行反応による重原子核反応特性の解明
	永目 諭一郎（先端基礎）	超重元素の価電子状態と超重核の殻構造の解明
	芳賀 芳範（先端基礎）	物質開発によるアクチノイド異常物性の解明
	神戸 振作（先端基礎）	複数 5f 電子系に起因する新奇量子物性の解明
放射場基礎科学分野	今井 憲一（京都大学）	ストレンジネスを含む原子核とハドロンの構造解明
	大貫 敏彦（先端基礎）	バイオ反応場におけるアクチノイドのナノ粒子化機構の解明
	横谷 明德（先端基礎）	放射場における生体分子の変異と生体応答の解明
	河裾 厚男（先端基礎）	スピン偏極陽電子ビーム技術の開発と最表面磁性の解明

1. 会議の概要

会議は横溝英明理事（先端基礎研究センター担当理事）を議長とし、原子力機構内の関連研究部門長・拠点長 3 名および原子力機構外の有識者 3 名で構成した。委員には事前に説明資料（資料 1 から資料 5）を配布し、議事次第（資料 1）に従って議事を進めた。研究テーマ提案者はオブザーバーとして会議に参加した。

原子力機構内委員

藤井保彦（量子ビーム応用研究部門長）

小川 徹（原子力基礎工学研究部門長）

永宮正治（J-PARC センター長）

原子力機構外委員

玉尾皓平（理化学研究所基幹研究所長）

潮田資勝（物質・材料研究機構理事長）

家 泰弘（東京大学物性研究所長）

委員の意見の聴取は、以下の評価項目について 3 段階評価を行うとともに、評価に関する意見を記述する方式とした（資料 5）。委員の個別意見は付録に収録した。

評価項目

- (1) 次期計画の基本方針について
- (2) 次期研究テーマについて
 - (a) 先端材料基礎科学分野
 - (b) 重元素基礎科学分野
 - (c) 放射場基礎科学分野

3 段階評価

- A 妥当である。
- B 一部修正が必要である。
- C 見直しが必要である。

2. 意見のまとめ

(1) 次期計画の基本方針について

評価： 委員全員から妥当の評価を得た。

- ・原子力科学技術のわが国唯一の COE 的研究機関における基礎研究の推進をミッションとする研究センターとして、妥当な計画である。
- ・センター長の強力な裁量、ダイナミックな運営の下で、世界最先端の独創性のある研究を推進し、国際的な研究拠点形成を目指す方向は、きわめて魅力的である。
- ・国際化促進に向けた「国際黎明研究」の取り組みも効果的である。

(2) 次期研究テーマについて

(a) 先端材料基礎科学分野

評価： 5名の委員より妥当、1名の委員より一部修正の評価を得た。

- ・前川次期センター長が最もリーダーシップを発揮できる分野であるので、成果を期待したい。
- ・超重力の名称は変えるべき。

(b)重元素基礎科学分野

評価： 5名の委員より妥当、1名の委員より一部修正の評価を得た。

- ・原子力機構で特に可能な研究で非常によいグルーピングだと思う。
- ・面白いテーマは多いが、タンデムの将来をどう考えるか等、今後解決すべき課題もある。

(c)放射場基礎科学分野

評価： 4名の委員より妥当、2名の委員より一部修正の評価を得た。

- ・ここも原子力機構で使える施設を有効に活用する研究がグルーピングされていて、他所ではやりにくい研究である。
- ・スピン偏極陽電子ビームの実現に関しては詳しい記述があるが、それを用いて具体的にどういう新しいことが可能になるかの説明は物足りない。
- ・陽電子顕微鏡については高度化に合わせて、もっと広い応用先を探すべきである。バイオ反応場は機構解明そのものに注力して欲しい。

(3) その他のコメントについて

- ・定年制職員 50 名、博士研究員 20 名規模の研究センターの研究費として 3 億円は相当厳しいと思われる。基礎研究の重要性を強調して予算増にがんばってほしい。
- ・研究テーマは固定せず、テーマ間で情報交換をしつつ、再編強化していく方がよい。
- ・原子力機構外から客員の力を借りるのは良いが、長期的には機構内の人材が育ってリーダーになれるようにすることが肝要である。
- ・原子力機構の中で先端基礎研究センターは重要であることを再認識した。是非ともこれを続ける努力をしてほしい。
- ・新センター長に期待するところ大であり、原子力機構の研究者が、ややもすれば原子力エネルギーへの貢献に自分自身を縛っている自主規制を解き放ってほしい。

3. 意見への対応

会議で出された意見への対応方針は付録に記載した。

付録

委員個別意見および意見への対応

(1) 次期計画の基本方針について

委員	評価	意見	対応
A	妥当	非常に基礎的・科学的研究を基本方針としている点が良いと思う。ピュアサイエンスをやるという点がうらやましい。	研究者の自由な研究活動を尊重しながら、ダイナミックな先端基礎研究センターの運営を行っていききたい。そのためにも、研究グループ間の連携を進め、研究テーマの改廃を柔軟に行う。また、国際的な研究拠点形成を推進するために、著名な研究者の招へいに努めるとともに、黎明研究の国際化（国際黎明研究プロジェクト）を中心に、国際共同研究を展開する。
B	妥当	前川次期センター長のカラーが出ている。完全にフリーハンドではないことほどのような組織でもやむをえない。「出口」をあまり気にすることなく、しっかりとした基礎研究が行えるようにJAEAとしての強力な支援を望みたい。	
C	妥当	原子力科学技術のわが国唯一のCOE的研究機関における基礎研究の推進をミッションとする研究センターとして、妥当な計画である。特に国際化促進に向けた「国際黎明研究」の取り組みも効果的。現8グループの改編に前川次期センター長の専門の新テーマも加え、強化しており、期待できる。	
D	妥当	国際黎明研究を創始することは良いことだと思う。3つに研究重点を絞ってはいるが、11研究テーマを独立に走らせる努力と全体の連携を図るといった方向もありうるのでは？	
E	妥当	新しい国際黎明研究制度を有効に活用する仕組みを構築してもらいたい。従来より客員を積極採用するという方向性は期待できる。	
F	妥当	センター長の強力な裁量、ダイナミックな運営の下で、世界最先端の獨創性のある研究を推進し、国際的な研究拠点形成を目指す方向は、きわめて魅力的である。ただし、3つに分類した研究分野・11研究テーマの遂行に当たっては、グループ間の連携に拘らず、先端基礎研究センター内のグループならではの思い切った独立独歩させてはどうか。（他の研究部門・センターでは、組織としてまとまっていることを常に問われるので、各グループ間の連携に神経をとがらせているが、自由奔放なグループ活動ができるセンターとして）	

(2) 次期研究テーマについて

先端材料基礎科学分野

委員	評価	意見	対応
A	妥当	基礎物性の理論と実験の両面でユニークなテーマがあってよいと思う。(例えば、スピントロニクス、スピンホール効果の実験等)。超重力の名称は変えるべき。	超重力スピネカトロニクスの開拓については、テーマ名を「力学的物質・スピン制御に関する研究」に変更する。
B	妥当	前川次期センター長が最もリーダーシップを発揮できる分野であるので、成果を期待したい。「超重力」というタイトルは再考したほうが良いだろう。	委員 A への対応参照
C	妥当	物性理論とスピントロニクスの新テーマを強化。炭素系ナノ物質を含めた方が研究センターに推進。基礎の基礎として重要、妥当。(ただし、「超重力」は改名必要。)	委員 A への対応参照
D	妥当	前川氏自身のリーダーシップを最も反映できる分野である。東北大学より多くの方が参加されるよう心強い。	
E	妥当		
F	妥当、一部修正	数値シミュレーション、スピン伝導の 2 グループについては妥当である、超重力については一部修正が必要である。しかし、上述の理由により「先端基礎研究センターでは、単打や二・三塁打は狙わず、ホームランか三振でよい」とすればやってみる価値あり。	委員 A への対応参照。

重元素基礎科学分野

委員	評価	意見	対応
A	妥当	ここは原子力機構で特に可能な研究で非常に良いグループングだと思う。	
B	妥当	単なる思いつきであるが、「重元素」という括りではなく、例えば「エキゾチック物質」というような括りにすれば「ダブルハイパー核」のテーマも自然に包摂できるかもしれない。	重原子核反応のグループとハドロン物理のグループはともに原子核物理の領域に属しており協力関係をもって研究を進める。

C	妥当	超ウラン物質、超重元素物質の新しいサイエンス開拓の4テーマ設定。基礎の重要性に加え、高機能物質科学への展開にも期待したい。	
D	一部修正	面白いテーマは多いが、タンデムの将来をどう考えるか等、今後解決すべき課題もある。当面はいいと思うが・・・。	核変換に関する基礎研究をベースにタンデム加速器での研究から将来的には J-PARC MLF 施設、及びハドロン実験施設での研究にシフトしていく。超重元素化学に関する研究では他の加速器施設も積極的に利用する計画である。
E	妥当		
F	妥当		

放射場基礎科学分野

委員	評価	意見	対応
A	妥当	ここも原子力機構で使える施設を有効に活用する研究がグルーピングされていて、他所ではやりにくい研究である。	
B	一部修正	異常なものを無理やり括ったという感がある。3分野の括りがそれほど実質的な意味は無いようなのでどちらでも良いが・・・ スピントラップ電子ビームの実現に関しては詳しい記述があるが、それを用いて具体的にどういった新しいことが可能になるかの説明は物足りない。	分野の括りは実質的な意味はなく、各研究テーマは独立して運営される。 スピントラップ電子ビーム技術の開発と最表面磁性の解明については、研究計画書に具体的応用例に関する記述を加えた。即ち、電子運動量分布の磁場非対称性を用いた電子スピントラップ率の決定、表面磁化率の決定、磁性中心の検出、スピントラップ効果やラシユバ効果の観測など他の手法では難しい斬新な応用が期待される。

C	妥当	放射場下における生体物質や超微量元素などの化学や物理現象探索研究。アクチノイドの原子核研究も含む。新しい分野開拓、新分野形成に期待したい。	
D	妥当	全く新しいグループの参加があり、期待できる。	
E	一部修正	陽電子顕微鏡については高度化に合わせて、もっと広い応用先を探すべきである。バイオ反応場は機構解明そのものに注力して欲しい。	陽電子顕微鏡については高温・高圧などの極限環境下で発現する新規物性に主眼をおいた研究を展開する。原子力材料のタイトトラック現象の研究は、この一環として行う。バイオ反応場におけるアクチノイドのナノ粒子化機構の解明についてはご指摘のように波及効果にこだわらずに機構解明に集中して研究を進める。
F	妥当	この分野には放射場というキーワードでグループを集めたように見えるが、ある意味でセンターらしい雑多なグループ集合である。無理な存在理由づけや原子力エネルギーへの貢献などを標榜する必要はなく、もっと大きな眼をもった自由奔放な研究展開を期待する。	

(3) その他、コメント

コメント	
委員	
A	
B	所外から客員の力を借りるのは良いが、長期的には所内の人材（サブリーダー）が育ってリーダーとなれるようにすることが肝要である。
C	定年制職員 50 名、ポストドク約 20 名規模の研究センターの研究費予算として 3 億円程度というのは相当厳しいと思われる。基礎研究の重要性を強調し、予算増に頑張っていたきたい。（個別概算要求しないそうなので、機構内での存在意義の強調が必要。前川センター長、頑張ってください。） 研究テーマは 5 年間固定せず、テーマ間で情報交換しつつ、再編強化していく方が良かろう。11 テーマから 2、3 のピークを育てるのも重要だろう。
D	前川氏は新たな息吹きを入れて新生先端基礎研究センターを作ろうとされている。是非とも頑張っていたきたいと思う。 原子力機構の中で先端基礎研究は重要であることを再認識した。是非ともこれを超える努力をしてほしい。
E	
F	新センター長に期待するところ大であり、原子力機構内の研究者が、ややもすれば原子力エネルギーへの貢献に自分自身を縛っている自主規制を解き放ってやって欲しい。科技庁時代の特殊法人であった理研、原研両機関における基礎研究能力の余りの違いを憂えて、先端基礎研究センターが設立されたのであるから、最近の研究独法への圧力（原子力機構は原子力エネルギー事業（研究）に専念すべしという内外からの圧力）はあるものの、設立理念を生かして欲しい。

This is a blank page.

参考資料 3

第 3 回先端基礎研究・評価委員会報告書*

*本報告書は以下の委員からなる評価委員会による、先端基礎研究の事前評価に係るものである。(所属、職名は平成 21 年 3 月 31 日現在)

委員長	井口 道生	アルゴン国立研究所 名誉主任研究員
委員	安斎 昭夫	日立情報通信エンジニアリング株式会社 技師長
(五十音順)	市川 行和	独立行政法人宇宙航空研究開発機構 名誉教授
	榎 敏明	東京工業大学大学院理工学研究科 教授
	菊池 龍三郎	茨城大学 学長
	北原 和夫	国際基督教大学教養学部 教授
	小林 克己	高エネルギー加速器研究機構物質構造科学研究所 准教授
	後藤 俊夫	中部大学 副学長
	田川 精一	大阪大学産業科学研究所 教授
	福山 秀敏	東京理科大学理学部応用物理学科 教授
	村井 眞二	独立行政法人科学技術振興機構 イノベーションプラザ大阪 館長
	本林 透	独立行政法人理化学研究所 仁科加速器研究センター 主任研究員

This is a blank page.

平成 21 年 3 月 31 日

独立行政法人 日本原子力研究開発機構
理事長 岡崎 俊雄 殿

研究開発・評価委員会
(先端基礎研究・評価委員会)
委員長 井口 道生

研究開発課題の評価結果について (答申)

当委員会に諮問〔20原機(先)039〕のあった下記の研究開発課題の事前評価について、その評価結果を別紙のとおり答申します。

記

研究開発課題「先端基礎研究」

以上

This is a blank page.

(別紙)

先端基礎研究・評価委員会報告書
「先端基礎研究」の評価結果（事前評価）

This is a blank page.

目次

1. 5人の科学者による報告	129
2. 組織・運営	129
3. 基本方針	130
4. 次期研究テーマ	130
4-1. 重原子核フロンティア	130
4-2. 重元素核化学	130
4-3. アクチノイド物質科学	131
4-4. ミューオン科学	131
4-5. 陽電子ビーム物性科学	131
4-6. 分子スピントロニクス	131
4-7. 表面・界面物質科学	131
4-8. 放射線作用基礎過程科学	131
4-9. DNA 損傷生物物理学	132
4-10. 原子衝突科学	132

This is a blank page.

第3回先端基礎研究・評価委員会 報告書

(以下、日本原子力研究開発機構を「機構」と略記することがある。先端基礎研究センターを「センター」と略記することがある。)

1. 5人の科学者による報告

今回の会合で特筆すべきことは、センターの5人の科学者による口頭報告である。十分に時間を予定し、おそらくはセンター長の適切な指示もあって、質の良い講演会となった。良く選ばれたテーマと報告者とは、センターの花を現すもので、内容はおおむね解りやすく、科学的な実質と研究者の熱意を効果的に伝えた。

2. 組織・運営

第2回の委員会の報告書で指摘された諸問題に対応する措置は、文書と会議の口頭報告でかなり詳しく説明された。これまでに実現された措置は、おおむね了承できる。そのうち多くは、センター長の指導力と熱意によることが推察される。しかし、解決にいたっていない諸問題の説明には一部解りにくい部分があった。例えば、女性の正規職員が増えていないという印象を受けたが、実際にはこの問題に多くの努力を捧げた結果、改善が行われつつあるということで、今後のさらなる改善が期待される。他の例を挙げれば、出張手続きや物品の購入などについて、センター指導部はさらに改善に努力すべきであると同時に、研究者も自分の属する組織を徹底的に良くしようという意欲を持つことが重要である。この問題は、第2回の委員会の報告書で指摘された問題のうち、センターの研究の質を上げるために長期的におそらく最も重要な問題であろう。

機構内外の交流および国際交流の活発化は進んでいるものの、さらに創意と努力が望ましい。

どのような「創意と努力」をすべきかは、センター指導部が考えるべき問題であるが、例えば、研究員の見識を広め、将来の活動の方向付けにも役立てようという、センター長主催のコロキウムは良い創意の例である。しかし、開催の回数が少ない。また、かならずしもこのコロキウムの意義を認めている研究者ばかりではない。ASR2007のように短期間で多くの参加者があり会期の主な部分を講演に宛てる集会に加え、小規模なセミナーを頻繁に開催していることは評価できるが、センターの研究者がその主旨をよく理解して積極的に参加するようセンター指導部のさらなる努力が必要である。

裁量労働制の導入が急速に行われていることは、高く評価する。

平成20年度の科学研究費が減っていることに、懸念を示した委員もあった。中

規模までの 科学研究費は多数採択されているけれども、 科学研究費を含めて、大規模の外部資金の獲得が殆ど見られないのは、センターの規模の組織としては寂しい感じを与える。原子力科学の先端基礎を担って世界の関連学界をリードすると謳っているからには、財政的な基礎を強化することが相応しい。

3. 基本方針

次期中期計画案のなかの「原子力科学があらゆる科学・工学分野の基礎を形成する」という表現は、誇張であって説得力を欠く。この部分は除いて「原子力科学はわが国における社会基盤を支える科学技術の基礎を成すものである」とすれば、適切であろう。

第2回の評価報告書でも指摘したように、「機構の物的・人的資源を生かした研究」が「原子力の基礎研究」なのであろうか。「原子力の基礎研究」とは何を意味するかをまず明確に定義したうえで、機構あるいはセンターはどのような活動をするのが適切で有効であるかを考えるべきであろう。

4. 次期研究テーマ

まず総論を述べれば、下に記してある、10項の次期研究テーマはすべて了承できる。削除すべきものは見いだせない。

将来の研究テーマの選び方で決定的に大事なものは、指導者の見識であり、組織の構成など枠組みなどではない。当面の研究テーマの選び方が適切と考えられるのは、まずセンター長の健全な判断に因っている。

4-1. 重原子核フロンティア

センターによる説明は了承できる。特に、東海タンデム加速器による「代理反応」の研究を当面の課題とし、ついで J-PARC の利用により研究対象の範囲を広げて行くのは、適切な方針である。

4-2. 重元素核化学

センターによる説明は了承できる。これらの元素の水溶液中での錯イオンの研究を中心とするのは、明確な方針である。

4-3. アクチノイド物質科学

この種の研究は、アメリカなどではもはや絶えてしまった。組織的にこの種の研究を実施できるのは、フランスと日本（それも機構のみ）であろう。従ってこの分野は、国として大事に扱うべきである。

4-4. ミューオン科学

特殊ではあるけれども、ミューオン科学は学問として一定の魅力をもっている。若い研究者を誘うことに留意して進めて欲しい。J-PARC での MuSR などの運営に関しては、KEK との緊密な協力が望ましい。KEK と機構との文化の差が障害にならないように注意されたい。

4-5. 陽電子ビーム物性科学

開発中の陽電子顕微鏡も、計画中のスピン偏極陽電子源の利用も、固体物性研究で先駆的な役割を占めるものである。原子力科学の基礎としての側面を、大切に保持されることを希望する。

4-6. 分子スピントロニクス

C₆₀-Co 系の研究はセンターの独自の研究の好例であるし、学問的に魅力的な分野なので、多くの委員が熱心な支持を表明した。同時に、この研究が原子力科学の先端基礎と呼ぶことができるかに、疑問を表明する委員もあった。センターがこれを萌芽研究としてさしあたりは大切に育てようという方針は、まことに適切である。将来は大学あるいは他の研究機関に移らせるという可能性を展望に含めてよいであろう。

4-7. 表面・界面物質科学

この分野の学問的な魅力と発展性には議論の余地がない。研究する物質を選ぶことにより、原子力科学の先端基礎としての側面を保持することは容易であろう。

4-8. 放射線作用基礎過程科学

東京大学教授を兼ねるリーダーは、この分野の世界的な権威であり、超臨界状態の水と有機液体の研究で有名である。同時に、次の世代の原子炉の設計、開発に関

わる化学の問題でも活動している。このような活動の一部を、センターの仕事の一部として行うことは、機構にとっても大いに有意義である。

4-9. DNA 損傷生物物理学

この分野の研究が、センターの事業として適切であることは、疑いない。実は、旧原研がこの方面で極めて弱体だったのは、長年理解に苦しむところであった。

しかし、このグループの現在の体制と状況をみると、まだ独り立ちして世界の一流の研究グループに伍して行く力はない。これに対する方策は二つ考えられる。第一は、研究テーマを巧みに限定して、その範囲では世界から文句無く尊敬されるような実績を挙げるのは、二三年でできるかもしれない。第二は、少なくとも2名程度の教授級の研究者と協力者を加え、それに見合う予算を確保することである。センター指導部が考えるべき問題である。

4-10. 原子衝突科学

原子衝突科学は極めて広範な分野であり、基礎物理、化学、プラズマ、天文、宇宙開発、材料加工、医学（診療と治療）に接している。さしあたり、機構としての立場から考えられる仕事は、ITER の関連で核融合関係であろう。特に、機構内のダイバータ試験体の高熱負荷試験に成果を挙げているグループとの協力は有用であろう。さらに、核融合科学研究所のほか既存の研究機関との連携も望ましいが、そのための折衝、調整は簡単ではなかろう。医学関連の仕事となれば、放射線医学総合研究所との連携を図らなければならない。新しいグループの発足に関しては、上のような諸問題に関する、詳しい説明を聞くまでは責任をもって意見を述べる事ができない。

(別添)

先端基礎研究・第3回評価委員会における委員の個別意見

・研究環境の改善について

出張手続きや物品の購入などが満足に行われるようになったかについて、研究者の中には、旧原研時代との比較で改善されたといって満足していることが認められた。これは、研究者に自分の属する組織を徹底的に良くしようという意欲が薄いという、重大な問題を示している。この問題は、第2回の委員会の報告書で指摘された問題のうち、センターの研究の質を上げるために長期的におそらく最も重要な問題であろう。

・機構内外の交流について

機構内外の交流および国際交流の活発化にむけた創意と努力の具体例として、例えば、研究員の見識を広め、将来の活動の方向付けにも役立てようという、センター長主催のコロキウムは良い創意の例である。しかし、研究者の中には、このコロキウムの意義を認めておらず、時間つぶしと考えている者もあるようで、執行部は開催にあたり、研究者の意識にも注意すべきである。

近頃アメリカで見かける例を紹介すると、miniworkshop と呼ばれるものがある。まず狭く注意深く限定されたテーマを選び、そこにセンターの研究者を少なくとも3名程度含む、全部で数名の参加者を招く。全員で10名以下とし、会期は2週間程度とする。こうして選んだテーマについて徹底的に議論して、最終的には論文を発表することを目標とする。理想的にはセンターのある研究者がテーマを持っていて、中心的な著者になるのがよいけれども、他の人が中心になってもよい。センター長は、この企画を研究者全員に説明した後、グループリーダーのみの会議を主催して、テーマと参加者を決める。ここで個々のグループリーダーの資質と競争力を観察することができる。miniworkshop が、センターと機構の visibility に寄与することはいうまでもない。従来開かれて来た、ASR2007 のように短期間で多くの参加者があり会期の主な部分を講演に宛てる集会よりも、予算の効率的な使い方でもあろう。

This is a blank page.

国際単位系 (SI)

表1. SI基本単位

基本量	SI基本単位	
	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
物質の量	モル	mol
光度	カンデラ	cd

表2. 基本単位を用いて表されるSI組立単位の例

組立量	SI基本単位	
	名称	記号
面積	平方メートル	m ²
体積	立方メートル	m ³
速度	メートル毎秒	m/s
加速度	メートル毎秒毎秒	m/s ²
波数	毎メートル	m ⁻¹
密度, 質量密度	キログラム毎立方メートル	kg/m ³
面積密度	キログラム毎平方メートル	kg/m ²
比体積	立方メートル毎キログラム	m ³ /kg
電流密度	アンペア毎平方メートル	A/m ²
磁界の強さ	アンペア毎メートル	A/m
量濃度 ^(a) , 濃度	モル毎立方メートル	mol/m ³
質量濃度	キログラム毎立方メートル	kg/m ³
輝度	カンデラ毎平方メートル	cd/m ²
屈折率 ^(b)	(数字の)	1
比透磁率 ^(b)	(数字の)	1

(a) 量濃度 (amount concentration) は臨床化学の分野では物質濃度 (substance concentration) ともよばれる。
 (b) これらは無次元量あるいは次元1をもつ量であるが、そのことを表す単位記号である数字の1は通常は表記しない。

表3. 固有の名称と記号で表されるSI組立単位

組立量	SI組立単位			
	名称	記号	他のSI単位による表し方	SI基本単位による表し方
平面角	ラジアン ^(b)	rad	1 ^(b)	m/m
立体角	ステラジアン ^(b)	sr ^(c)	1 ^(b)	m ² /m ²
周波数	ヘルツ ^(d)	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	m ⁻¹ kg s ⁻²
エネルギー, 仕事, 熱量	ジュール	J	N m	m ² kg s ⁻²
仕事率, 工率, 放射束	ワット	W	J/s	m ² kg s ⁻³
電荷, 電流量	クーロン	C		s A
電位差 (電圧), 起電力	ボルト	V	W/A	m ² kg s ⁻³ A ⁻¹
静電容量	ファラド	F	C/V	m ⁻² kg ⁻¹ s ⁴ A ²
電気抵抗	オーム	Ω	V/A	m ² kg s ⁻³ A ⁻²
コンダクタンス	ジーメンズ	S	A/V	m ⁻² kg ⁻¹ s ³ A ²
磁束	ウエーバ	Wb	Vs	m ² kg s ⁻² A ⁻¹
磁束密度	テスラ	T	Wb/m ²	kg s ⁻² A ⁻¹
インダクタンス	ヘンリー	H	Wb/A	m ² kg s ⁻² A ⁻²
セルシウス温度	セルシウス度 ^(e)	°C		K
光照度	ルーメン	lm	cd sr ^(c)	cd
放射線量	ルクス	lx	lm/m ²	m ² cd
放射線種の放射能 ^(f)	ベクレル ^(d)	Bq		s ⁻¹
吸収線量, 比エネルギー分与, カーマ	グレイ	Gy	J/kg	m ² s ⁻²
線量当量, 周辺線量当量, 方向線量当量, 個人線量当量	シーベルト ^(g)	Sv	J/kg	m ² s ⁻²
酸素活性化	カタール	kat		s ⁻¹ mol

(a) SI接頭語は固有の名称と記号を持つ組立単位と組み合わせても使用できる。しかし接頭語を付した単位はもはやコヒーレントではない。
 (b) ラジアンとステラジアンは数字の1に対する単位の特別な名称で、量についての情報をつたえるために使われる。実際には、使用する時には記号rad及びsrが用いられるが、習慣として組立単位としての記号である数字の1は明示されない。
 (c) 測光学ではステラジアンという名称と記号srを単位の表し方の中に、そのまま維持している。
 (d) ヘルツは周期現象についての、ベクレルは放射性核種の統計的過程についてのみ使用される。
 (e) セルシウス度はケルビンの特別な名称で、セルシウス温度を表すために使用される。セルシウス度とケルビンの単位の大きさは同一である。したがって、温度差や温度間隔を表す数値はどちらの単位で表しても同じである。
 (f) 放射性核種の放射能 (activity referred to a radionuclide) は、しばしば誤った用語で「radioactivity」と記される。
 (g) 単位シーベルト (PV,2002,70,205) についてはCIPM勧告2 (CI-2002) を参照。

表4. 単位の中に固有の名称と記号を含むSI組立単位の例

組立量	SI組立単位		
	名称	記号	SI基本単位による表し方
粘力のモーメント	パスカル秒	Pa s	m ⁻¹ kg s ⁻¹
表面張力	ニュートンメートル	N m	m ² kg s ⁻²
角速度	ニュートン毎メートル	N/m	kg s ⁻²
角加速度	ラジアン毎秒	rad/s	m m ⁻¹ s ⁻¹ =s ⁻¹
熱流密度, 放射照度	ラジアン毎秒毎秒	rad/s ²	m m ⁻¹ s ⁻² =s ⁻²
熱容量, エントロピー	ワット毎平方メートル	W/m ²	kg s ⁻³
比熱容量, 比エントロピー	ジュール毎立方メートル	J/m ³	m ³ kg s ⁻² K ⁻¹
比エネルギー	ジュール毎キログラム毎ケルビン	J/(kg K)	m ² s ⁻² K ⁻¹
熱伝導率	ジュール毎キログラム	J/kg	m ² s ⁻²
体積エネルギー	ワット毎メートル毎ケルビン	W/(m K)	m kg s ⁻³ K ⁻¹
電界の強さ	ジュール毎立方メートル	J/m ³	m ³ kg s ⁻²
電荷密度	ジュール毎平方メートル	J/m ²	m kg s ⁻³ A ⁻¹
表面電荷	クーロン毎立方メートル	C/m ³	m ³ s A
電束密度, 電気変位	クーロン毎平方メートル	C/m ²	m ² s A
誘電率	クーロン毎平方メートル	C/m ²	m ² s A
透磁率	ファラド毎メートル	F/m	m ³ kg ⁻¹ s ⁴ A ²
モルエネルギー	ヘンリー毎メートル	H/m	m kg s ⁻² A ⁻²
モルエントロピー, モル熱容量	ジュール毎モル	J/mol	m ² kg s ⁻² mol ⁻¹
照射線量 (X線及びγ線)	ジュール毎モル毎ケルビン	J/(mol K)	m ² kg s ⁻² K ⁻¹ mol ⁻¹
吸収線量率	クーロン毎キログラム	C/kg	kg ⁻¹ s A
放射線強度	グレイ毎秒	Gy/s	m ² s ⁻³
放射線輝度	ワット毎ステラジアン	W/sr	m ³ m ⁻² kg s ⁻³ =m ² kg s ⁻³
酵素活性濃度	ワット毎平方メートル毎ステラジアン	W/(m ² sr)	m ² m ⁻² kg s ⁻³ =kg s ⁻³
	カタール毎立方メートル	kat/m ³	m ³ s ⁻¹ mol

表5. SI接頭語

乗数	接頭語	記号	乗数	接頭語	記号
10 ²⁴	ヨタ	Y	10 ⁻¹	デシ	d
10 ²¹	ゼタ	Z	10 ⁻²	センチ	c
10 ¹⁸	エクサ	E	10 ⁻³	ミリ	m
10 ¹⁵	ペタ	P	10 ⁻⁶	マイクロ	μ
10 ¹²	テラ	T	10 ⁻⁹	ナノ	n
10 ⁹	ギガ	G	10 ⁻¹²	ピコ	p
10 ⁶	メガ	M	10 ⁻¹⁵	フェムト	f
10 ³	キロ	k	10 ⁻¹⁸	アト	a
10 ²	ヘクト	h	10 ⁻²¹	ゼプト	z
10 ¹	デカ	da	10 ⁻²⁴	ヨクト	y

表6. SIに属さないが、SIと併用される単位

名称	記号	SI単位による値
分	min	1 min=60s
時	h	1h=60 min=3600 s
日	d	1 d=24 h=86 400 s
度	°	1°=(π/180) rad
分	'	1'=(1/60)°=(π/10800) rad
秒	"	1"=(1/60)'=(π/648000) rad
ヘクタール	ha	1ha=1hm ² =10 ⁴ m ²
リットル	L, l	1L=1l=1dm ³ =10 ³ cm ³ =10 ⁻³ m ³
トン	t	1t=10 ³ kg

表7. SIに属さないが、SIと併用される単位で、SI単位で表される数値が実験的に得られるもの

名称	記号	SI単位で表される数値
電子ボルト	eV	1eV=1.602 176 53(14)×10 ⁻¹⁹ J
ダルトン	Da	1Da=1.660 538 86(28)×10 ⁻²⁷ kg
統一原子質量単位	u	1u=1 Da
天文単位	ua	1ua=1.495 978 706 91(6)×10 ¹¹ m

表8. SIに属さないが、SIと併用されるその他の単位

名称	記号	SI単位で表される数値
バール	bar	1 bar=0.1MPa=100kPa=10 ⁵ Pa
水銀柱ミリメートル	mmHg	1mmHg=133.322Pa
オングストローム	Å	1 Å=0.1nm=100pm=10 ⁻¹⁰ m
海里	M	1 M=1852m
バイン	b	1 b=100fm ² =(10 ⁻¹² cm) ² =10 ⁻²⁸ m ²
ノット	kn	1 kn=(1852/3600)m/s
ネーパ	Np	SI単位との数値的な関係は、 対数量の定義に依存。
ベベル	B	
デジベル	dB	

表9. 固有の名称をもつCGS組立単位

名称	記号	SI単位で表される数値
エルグ	erg	1 erg=10 ⁻⁷ J
ダイン	dyn	1 dyn=10 ⁻⁵ N
ポアズ	P	1 P=1 dyn s cm ⁻² =0.1Pa s
ストークス	St	1 St=1cm ² s ⁻¹ =10 ⁻⁴ m ² s ⁻¹
スチルブ	sb	1 sb=1cd cm ⁻² =10 ⁻⁴ cd m ⁻²
ファ	ph	1 ph=1cd sr cm ⁻² 10 ⁴ lx
ガラ	Gal	1 Gal=1cm s ⁻² =10 ⁻² ms ⁻²
マクスウェル	Mx	1 Mx=1G cm ² =10 ⁻⁸ Wb
ガウス	G	1 G=1Mx cm ⁻² =10 ⁻⁴ T
エルステッド ^(c)	Oe	1 Oe ≐ (10 ³ /4π)A m ⁻¹

(c) 3元系のCGS単位系とSIでは直接比較できないため、等号「≐」は対応関係を示すものである。

表10. SIに属さないその他の単位の例

名称	記号	SI単位で表される数値
キュリー	Ci	1 Ci=3.7×10 ¹⁰ Bq
レントゲン	R	1 R = 2.58×10 ⁻⁴ C/kg
ラド	rad	1 rad=1cGy=10 ⁻² Gy
レム	rem	1 rem=1 cSv=10 ⁻² Sv
ガンマ	γ	1 γ=1 nT=10 ⁻⁹ T
フェルミ	f	1フェルミ=1 fm=10 ⁻¹⁵ m
メートル系カラット		1メートル系カラット = 200 mg = 2×10 ⁻⁴ kg
トル	Torr	1 Torr = (101 325/760) Pa
標準大気圧	atm	1 atm = 101 325 Pa
カロリ	cal	1cal=4.1858J (「15°C」カロリ), 4.1868J (「IT」カロリ), 4.184J (「熱化学」カロリ)
マイクロン	μ	1 μ=1μm=10 ⁻⁶ m

