

# 評価報告書

平成 26 年 1 月 14 日 中性子共同利用実験審査委員会

課題番号：2014S01

課題名：高分解能チョッパー分光器による物質のダイナミクスの研究

実験代表者：伊藤晋一(KEK 物質構造科学研究所)、益田隆嗣(東京大学物性研究所)

種別：新規

ビームタイム配分:  $\beta=104$  日

評価結果: A

コメント：

本課題は、0.1 eV から 1 eV までの入射中性子エネルギーの中性子に対する高いエネルギー分解能を高分解能チョッパー分光器 (HRC) において実現することにより、強相関電子系における相関効果及び多自由度効果を統一的に理解するとともに、研究分野の拡大を目指すものである。

現段階で、 $E_i \leq 500$  meV の領域で ( $E_i$  は入射中性子エネルギー)、エネルギー最高分解能 ( $\Delta E/E$ ) は、2.5%~3% を達成している。また、小角検出器を用いることで、 $E_i = 100 \sim 300$  meV において  $\Delta E/E = 2.5\% \sim 3\%$  を達成している。これらの成果は、HRC を用いた研究成果とともに、多数の論文として発表されており、装置として建設期から成果創出器に入りつつある。

今後の高度化として、低角領域検出器の増強、フェルミチョッパーの開発による高分解能実験環境の整備、試料環境の整備、高角検出器の整備、計算環境の整備を目指しつつ、研究を推進することを計画している。HRC の性能を生かすものとして適切である。とくに高角領域の検出器の整備については、引き続き、さまざまな実装方法を検討しつつ早期の整備を期すべきである。

口頭発表では、S 型課題で着手した実験についても結果の目処がたったところで、一般課題として実施するといった利用拡大を進めている事も報告されている。今後も、S 型課題として先端的な成果創出を目指しつつ、一般課題時間の拡大ための努力が望まれる。2014A については、J-PARC の停止の影響で 2013B まで一般利用の時間が十分に確保できていないことを鑑み、一般課題の申請日数ベースでの競争率が 2 倍程度となるように  $\beta$  を削減し、52.5 日とする。

本課題は、東京大学物性研究所と共同で運用されており、運用体制は強化されつつあるものと思われる。高度化を進め、更なる先端的成果を得るため、最優先で行なうべき課題と評価する。

# 評価報告書

平成 26 年 1 月 14 日 中性子共同利用実験審査委員会

課題番号：2014S03

課題名：パルス中性子を用いた中性子基礎物理研究

実験代表者：清水 裕彦（名古屋大学大学院理学研究科）

種別：新規

ビームタイム配分： $\beta = 92$  日

評価結果：A

コメント：

本実験課題は、J-PARC が供給する強力なパルス中性子ビームの基礎物理学・中性子光学研究およびその中性子科学デバイス・手法への応用を進めるために建設・整備されたビームライン BL05 について、引き続き整備・改造を進めこの分野における先端的研究の推進にふさわしい装置として高度化していくことを目指すものである。

BL05 は 1 本の上流ビーム孔からのビームをスーパーミラー素子により分岐して偏極ビームブランチ、非偏極ビームブランチ、低発散ビームブランチの 3 ブランチとし、それぞれに際立った特徴をもつビーム中性子を供給する。研究テーマごとに大きく異なる特性の中性子ビームを要請する基礎物理分野の実験に適した構成といえる。各ブランチはその骨子部分がすでに成功裏に建設され実験に供されている。

これまでにこのビームラインでは (i) スピンプリップチョッパーの開発、(ii) 超冷中性子加減速装置の開発、(iii) 高Qc中性子ミラーの開発とそれを用いたドップラーシフター型超冷中性子発生装置の建設、等の装置開発実験が行われ、また(iv) 中性子 $\beta$ 崩壊寿命測定によるビッグバン元素合成理論・標準理論の検証、(v) 希ガス原子からの散乱角分布を通じた未知中距離力の探索に向けた散乱測定実験、が実施されている。装置開発 (i)~(iii) は中性子を用いた基礎物理実験を実施する上で基盤となる重要な開発であるのみならず、広く中性子科学研究における先進的デバイス・手法の研究にも有用である。(iv) の中性子寿命 ( $\tau_n$ ) 測定では本BL独自の装置スピンプリップチョッパーの特徴を生かして、in-flight decay 型  $\tau_n$  実験の弱点であった飛行中性子切り分け不確定性を高確度で回避することを目指しており、現在世界のdecay curve 型実験とin-flight decay 型実験の間に見出されている  $3.8\sigma$  の食い違いの原因を明らかにする極めて意義の高い研究である。(v) と併せ、本ビームラインで今後展開される研究の先駆けとして位置づけられる基礎物理実験である。

今後の活動として、本課題では偏極度・その精度の向上とビーム強度の増強、遮蔽・データ収集系の整備（以上、偏極ビームブランチ）、ビームの水平方向化と実験装置架台・真空散乱槽・検出器の整備（以上、非偏極ビームブランチ）、除振台・温度調整機構の整備、中性子干渉計の構築（以上、低発散ビームブランチ）等の基盤設備開発整備を計画している。BL05 で今後展開されると期待される中性子 $\beta$ 崩壊スピン-運動量相関係数を通じた標準理論の検証、中性子 EDM を通じた CP 非保存研究、重力理論の検証等を念頭においた適切な計画と判断される。これら BL05 で期待される研究テーマはいずれも全日本的・全世界的英知を集めて臨むべき挑戦的な課題であるだけに、J-PARC 中性子施設がこの分野の若手研究者の関心をひきつけ優秀な人材を育成していく上で非常に有効であると同時に、これを成功裏に実施していくためには本ビームラインを外部の研究者に広く開かれた施設として運営することが必須と思われる。そのため、装置グループがこれまで以上に外部に向けて成果公開および設備の概要、諸元、性能等の開示に努めるとともに、外部研究者からの新規提案がある場合にはビームライン・装置の整備方針策定にあたってこれを適切に取り込んでいく仕組みと体制の整備が望まれる。

2014A については、J-PARC の停止の影響で 2013B まで一般利用の時間が十分に確保できていないことを鑑み、一般課題の申請日数ベースでの競争率が 2 倍程度となるように  $\beta$  を削減し、50.5 日とする。

# 評価報告書

平成 26 年 1 月 14 日 中性子共同利用実験審査委員会

課題番号：2014S04

課題名：加速器中性子源を最大限に活かす高性能中間領域中性子散乱装置とその基盤技術の開発

実験代表者：古坂道弘（北海道大学大学院工学研究院）

種別：新規

ビームタイム配分： $\beta = 0\%$

評価結果：B

コメント：

鉄鋼材料のナノスケールの析出物を中間角度領域の中性子散乱で評価する、という視点は、小型中性子源の応用可能性の一つとして **reasonable** である。またこれまで申請者が進めてきた課題の成果である集光ミラーを活用すれば、通常中性子小角散乱装置で測定できる **low-Q** までアクセスできる、との提案も評価できる。更に新しい小型中性子源を開発する、というテーマも重要である。J-PARC に装置建設提案をするまでの **strategy** が明確でないという問題はあるが、中性子利用の裾野を広げるための研究と言う意味で意義がある。研究費の要求額もわずか（300 万円弱）なので、採択することが望ましい。

ただし S 型課題と言う観点からすれば、サイエンスとしてのテーマをもう少しはっきりさせる必要がある。また、このような申請を受け付けるための S 型課題以外の枠組みを作るべきなのではないか、との意見もあった。

# 評価報告書

平成 26 年 1 月 14 日 中性子共同利用実験審査委員会

課題番号：2014S05

課題名：SuperHRPD による高分解能粉末中性子構造解析法の開発と機能性物質の構造科学研究

実験代表者：神山 崇 (KEK 物質構造科学研究所)

種別：新規

ビームタイム配分:  $\beta = 72$  日

評価結果: A

コメント：

超高分解能粉末中性子回折装置は、日本の産業競争力の源泉である新材料や、新しい物理を拓く新物質の研究に不可欠である。SuperHRPD は現状でも世界最高の分解能を誇るが、予算の制限から旧 Sirius から真空槽や検出器を流用して建設されたため、本来持っている設計性能は得られていない。最高の成果を生み出すため、あるべき姿にするための検出器の改良は不可欠である。また、外場下での構造解析を可能とするアタッチメントの整備、ユーザーの負担を軽減するためのソフトウェアの開発や人員の配置も、どれも妥当であると共に高い費用対効果が見込める。特に強磁場システムについては超伝導マグネットの調達が済んでいるので、早急に立ち上げる事が望まれる。既に重要な成果が多数出ている上、蓄電池材料や元素戦略など、今後の重要なテーマに関する研究計画もきちんと立案されており、最優先で推進すべき課題である。ただし、この装置の利点については、低角度側の分解能の向上なのか、バックグラウンドの減少による S/N の向上なのか、測定対象に合わせて検討する必要がある。

2014A については、J-PARC の停止の影響で 2013B まで一般利用の時間が十分に確保できていないことを鑑み、一般課題の申請日数ベースでの競争率が 2 倍程度となるように  $\beta$  を削減し、41.2 日とする。

# 評価報告書

平成 26 年 1 月 14 日 中性子共同利用実験審査委員会

課題番号：2014S06

課題名：全散乱法による水素化物の規則—不規則構造解析

実験代表者：大友季哉（KEK 物質構造科学研究所）

種別：新規

ビームタイム配分： $\beta = 98$  日

評価結果：A

コメント：

本課題は J-PARC MLF-BL21 に設置された高強度全散乱装置 NOVA において、全散乱法を用いて規則—不規則構造の観測により、水素貯蔵材料の水素貯蔵メカニズム明らかにし、多彩な物質の物性・機能の構造的な起源を水素の存在状態の理解を中心に全散乱法により解明することを目的とする。NEDO の委託研究により、着実に装置整備、コミッショニングが進められ、高圧実験、水素ガス雰囲気実験などの環境整備もほぼ完了し、2011 年に終了したものを受けて、試料環境や構造モデリングを中心に NOVA の高度化を目指している。

局所構造解析分解能、微量試料測定を検証、軽水素化物の平均構造、局所構造解析で NaH を用いた検討、高圧水素ガス実験環境による水素急増放出過程のその場測定などに取り組んでいる。これらをベースに水素位置情報の精密解析手法の確立、PDF 解析法による物質中水素の構造解析、薄膜での PDF 解析、結晶 PDF 解析法の高度化、構造モデリング高度化による非晶質・液体の構造解析などハード、ソフト、解析手法の開発などに取り組む予定であり、装置の高性能化に合わせた的確な計画である。また、S 型課題以外の元素戦略プロジェクトの申請もあるが、S 課題枠と元素戦略枠の合計の配分も調整されたい。

25 年度から多くの一般課題の申請も出てきており、一般課題にマシンタイムを割く工夫、それに合わせた様々な系における測定、解析に耐えられるハード、ソフトの整備にも力を注ぐことも望まれる。S 型課題内における結晶、ガラス、液体などの様々な物質の先端的な研究を推進すると共に、より幅広い分野にも門戸を広げ、多くの成果を挙げていくことが望まれる。世界最高性能の装置になってきているので、その性能を最大限に引き出すためにも今後は信頼できる  $S(Q)$ 、そして  $g(r)$  を迅速にユーザーに渡すプロセスを早急に確立するなど実験・解析手法を開拓、確立していくことを目指していただきたい。このような全散乱強度の定量的評価、二体分布関数や動径分布関数を求める解析手法やソフトウェア開発は MLF の中でも先駆的に行い、他の装置にも提供していくことも役割の一つと考えられる。また、NOVA 以外にはできない実験や解析の実現と一般ユーザーへの還元にも邁進して

欲しい。これらを踏まえて、アクセサリーの整備を基礎とする本課題の予算計画との整合もとれている。

また、世界最高性能に達する確かな見込みが得られたことで、建設終了後のS型課題のあり方として、今後は従来のグループだけにとどまらず多くの大学、機関等との連携を強化しNOVAで特色あるサイエンスを展開する方向を打ち出していただくことも望んでいる。

よって審査担当は、本課題が着実に進捗しているものと認め、引き続き強力で推進することを勧める。

2014Aについては、J-PARCの停止の影響で2013Bまで一般利用の時間が十分に確保できていないことを鑑み、一般課題の申請日数ベースでの競争率が2倍程度となるように $\beta$ を削減し、49日とする。

# 評価報告書

平成 26 年 1 月 14 日 中性子共同利用実験審査委員会

課題番号：2014S07

課題名：中性子スピネコー分光器群(VIN ROSE)の建設と高度化

実験代表者：日野 正裕（京都大学原子炉実験所）

種別：新規

ビームタイム配分： $\beta = 154$  日

評価結果： A:

コメント：

本申請課題はBL06 に建設中の中性子共鳴スピネコー装置群(VIN ROSE)はMIEZE 型とNRSE 型の2 台の建設と、そこから生まれるサイエンスについて提案している。MIEZE では 低分子及び磁性のダイナミクス、NRSE は (生体)高分子等の高分解能ダイナミクスを研究目標としている。どちらも、中性子源であるJ-PARC/MLFの世界最高クラスの中性子輝度と低バックグラウンド、さらにはパルス中性子源の利点を活かした広い立体角での測定実現をめざした世界に類の無い分光器となることが期待される。申請代表者の独創性に基づく画期的な装置であり、装置側、サイエンス側とのバランス、マッチングもよい。

MIEZEは強磁場でも測定可能な世界に類の無いスピネコー装置として新奇分光法開発を行うとともに物質研究に供すことを予定している。すでに実証研究は終わっており、H26年度中もしくはH27年度前期に建設が終了し、その後、コミッシュニング、一般利用に付されることが期待される。

一方、NRSE については集光ミラーを駆使し、高分解能かつ微量試料に対応させようとしているが、いくつか問題がある。

- ・ NRSEの建設目標はいつ頃であるか。開発項目で最大の問題として楕円スーパーミラーの開発がある。机上の空論とならないことを期待したい。
- ・ NRSEは集光系であることから試料サイズが小さいことが特徴である。輝度は上がるが被照射体積が小さくなるため、結果として散乱強度とそのS/Nが対象としているタンパク質溶液の研究に十分であるかが気になる。試料上での中性子強度の見積りや、タンパク質などの研究に十分供せるかどうか、シミュレーションなどによる見積が必要である。

予算について、

H26 年度については、比較的詳細な予算計上があるが、H27年度以降の研究計画がやや雑になっている。サイエンスグループとも協議し、実験環境整備にも注力すべきであろう。また、集光ミラー等の開発については、他のS 課題でも同様の提案をしているので、課題横断的な予算措置を講ずることを期待したい。

# 評価報告書

平成 26 年 1 月 14 日 中性子共同利用実験審査委員会

課題番号：2014S08

課題名：中性子反射率法を用いたソフト界面の先進的ナノ構造評価法の開発と工業材料への応用

実験代表者：山田 悟史 (KEK 物質構造科学研究所)

種別：新規

ビームタイム配分:  $\beta = 60$  日

評価結果: A

コメント：

ソフトマター科学を中心に中性子反射率計の特徴を生かした最先端の研究テーマが集まっており、SOFIA を用いた研究を推進していこうという意欲が大変感じられる応募である。また、申請メンバーのこれまでの実績から言っても十分に成果が得られる事が期待でき、是非実施すべき課題であると考えられる。

しかしながら、S 課題の目的を考慮し、中性子反射率計を用いた研究を発展させ、ブレイクスルーを目指すために来年度以降に以下の 3 点を期待したい。

1. 研究目的の最初に「J-PARC/MLF の BL16 に設置された SOFIA 反射率計を利用したソフト界面の評価法の開発」と「工業材料への応用を目指す」とあるが、提案あれている研究はむしろこれまでの基礎的な学術研究の側面が強い。現在の方向性(基礎的な学術研究)を発展させるならば、最先端の学術的成果を得ることを明言したプロジェクトを志向すべきではないか？
2. 上に関連して、来年度は広範囲の研究の集合体より代表者が志向する最先端の研究テーマを明確にし、それに沿った研究の集合体とするのも良いかと思われる。研究代表者による方向性の熟考を期待したい。
3. 一方、工業応用を目指す場合は、産業界の研究者が PI となるテーマが含まれることを期待する。

次の点は、KEK としても考えて頂きたい。

4. 検出器の開発は非常に重要であるが、一般的なテーマであり、同様の本課題以外でも行われている。将来的には基礎的な機器の開発プロジェクトは別に設けるべきではないか？

# 評価報告書

平成 26 年 1 月 14 日 中性子共同利用実験審査委員会

課題番号： 2014S09

課題名： 偏極中性子散乱装置 POLANO による静的・動的スピン構造物性の研究

実験代表者： 大山研司（東北大学金属材料研究所）

種別： 新規

ビームタイム配分:ビームを用いたコミッショニングを平成 27 年度より開始予定

評価結果: A

この計画は KEK と東北大学との連携で大強度の偏極中性子チョッパー型分光器である POLANO を J-PARC の BL23 に建設し、動的・静的なスピンおよび格子相関解明により強相関電子系、機能性材料研究でのブレークスルーを目指したものである。すでに装置建設はかなり進んでおり、H27 年度にはコミッショニングを開始できる予定とのことである。

多極子秩序構造の偏極中性子回折による回折、選択的多極子励起過程の検証、マルチフェロイクス系での電気・磁気・光交差相関物性の機構解明、高温超伝導体の多重励起の分離測定と起源解明などの研究を推進しようとしており、S 型課題として意欲的に取り組む姿勢が見える。

装置としても、偏極解析のできるチョッパー型分光器として非常に期待が高い。SNS の Hyspec では PSI 製偏極アナライザーミラー ( $m=3.2$ ) を用いており  $E_f < 20\text{meV}$  であることから、エネルギー領域で Hyspec を凌駕し、世界のトップの性能が期待できる。また、偏極子には SEOP 型のものを、偏極解析には第一段階としてスーパーミラー型のものを作成しており、現時点では最適な選択であるとともに、さらに高エネルギー励起の測定のために大立体角の SEOP、DNP 偏極子などの開発も行おうとしており、その方向性は評価できる。

人的にも非常に強力な推進体制になっており、総合的に見て、このプロジェクトは重要性が高く、最優先で取り組むべきものである。

# 評価報告書

平成 26 年 1 月 14 日 中性子共同利用実験審査委員会

課題番号：2014S10

課題名：特殊環境中性子回折装置を使った *in situ* 測定による蓄電池材料の構造学的研究

実験代表者：米村雅雄（KEK 物質構造科学研究所）

種別：新規

ビームタイム配分： $\beta = 154$  日（NEDO プロジェクト期間中のため 100%）

評価結果： A

コメント：

特殊環境中性子回折装置（SPICA）を用いた研究展開を S 型課題の中で図っていくことを目的としており、装置の設置母体である NEDO 革新型蓄電池先端科学基礎研究事業（RIGING）プロジェクトと不可分な研究課題である。リチウム二次電池を中心にし、ナノ界面制御蓄電池、フッ化物イオン蓄電池、固体化蓄電池、金属空気蓄電池、金属硫黄蓄電池、多電子負極蓄電池など、次世代蓄電池をも視野に入れており、蓄電池開発拠点、構造学的研究を SPICA を利用して担うこの S 型課題チーム、さらには SPring-8 放射光が一体となって、研究体制を築いていくことで、産業利用に直接つながる成果創出が大いに期待される。

装置がほぼ完成した状況で、NEDO プロジェクトがまだ 2 年以上の期間があり、本来の研究目的に沿った利用研究が展開できることは、非常に大きなメリットである。一方、S 型課題としては 5 年のプロジェクトがこれから始まるということを考慮すると、NEDO 後の出口戦略を綿密に練っていく時期に差し掛かっている。研究という意味では、NEDO プロジェクトと矛盾しない範囲で、S 型課題のコアチームが主体的に取り組んでいく研究テーマの明確化が望まれる。体制面では、物質構造科学研究所が、人的にも予算的にもはっきりとした将来像を持ち、それに向かった計画とその実践に取り組む必要がある。

NEDO の制約がある中でも、一般課題受け入れへの道が拓かれるよう、継続的な努力をお願いしたい。