

(主査：鍵裕之 (東大院理) 副査：高橋美和子 (筑波大院数理)、脇本秀一 (JAEA))

課題番号：2010S01

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 (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)
佐藤卓 (東京大学物性研究所・准教授)

種別：継続

ビームタイム配分: $\beta=80\%$ (要求=80%)

評価結果: A

コメント：

高分解能チョッパー分光器 HRC 分光器の高度化と、HRC を用いて固体物理の中心的課題である多種の自由度の相関とそれに伴う物性研究を行うことを目的とした課題である。

HRC 分光器は、世界的なチョッパー分光器の中でも、抜きん出たエネルギー・運動量分解能を持つようデザインされている。特に HRC 分光器を持って初めて可能となる「第1ブリルアンゾーンへのアクセス」と「eV 領域中性子分光」は、中性子利用の新しい研究を開拓するものであり、強力に推進すべきである。

これまでの建設状況、性能評価では、当初の設計どおりの性能を示しており、堅実な進捗が伺える。昨今の³He 価格の高騰により、高角側の検出器の設置が遅れているため、現状で行える研究に大きな制約があることも事実である。今後は新しい検出器の開発などを進める必要があるだろう。

HRC 分光器を用いた研究計画として掲げられている4つのテーマは固体物理における多体電子系の重要課題である。またいずれも高温超伝導に短を發した強相関電子系の研究から派生したテーマであり、お互い密接な関係にあるが、非常に多岐にわたるため、今日ではお互い別々に研究されているものである。これらのテーマをひとつの研究グループで俯瞰的に研究することの意義は大きく、多体電子系の根幹の理解に寄与することが期待される。一方、提案されている実験は測定対象が低次元磁性体・強相関係物質に集中しており、実験内容も従来の測定内容をより詳細に行いより複雑なレベルでの解明を目指している印象もある。申請課題はこのような内容に特化した装置建設として十分評価できるが、今後はより広い分野で新しい研究や測定手段の開拓を目指した実験内容も検討して頂きたい。

(主査：古坂道弘 (北大院工)、副査：佐藤衛 (横浜市大院生命ナノ))

課題番号：2009S02

課題名：生体分子専用 TOF 中性子回折計

実験代表者：茶竹俊行 (京都大学原子炉実験所・准教授)

種別：継続 (平成 22 年度をもって終了)

ビームタイム配分：不要

評価結果：B

コメント：

— この課題は JAEA の黒木氏の提案とかなり近いものであり、提案者より双方のグループを再編成し一つのグループとした上で、新しい装置提案として J-PARC に申請する方向で調整中であること、また来年度は KEK の S 型課題としては「このままの形では継続しない」との説明があった。

・ これを受けて、来年度はこの提案は継続しないとして、これまでの提案に対する評価報告だけをするという観点で以下にまとめた。

— 二つのグループを統合し、JAEA、茨城県、京都大学原子炉実験所 (KUR) の研究者が主となって今後の計画を進めるとするのは大変に良い話で、是非進めていただきたい。

■ 中性子回折計

生体分子専用 TOF 中性子回折計は $200 \times 200 \times 200 \text{ \AA}^3$ までの大きさのユニットセルを持つ大型格子への対応ができるものを建設しようという計画である。

装置自体は現在の iBIX を基本にしたもので、対象となるユニットセルの大きさが大きくなっていることに対応してパラメータが変化しているが、基本的概念はほぼ同等である。

・ 最終的にどの程度の強度が得られるかについては iBIX との相対比較が行われており、妥当な結論が得られている。

・ ガイド管に関しては、水平、垂直の楕円形状の比較的長い 2 枚のミラーだけで構成し、反射回数を 1 回にとどめる設計ができると思われるので、これを検討することを勧める。これは試料の大きさが $1 \times 1 \times 1 \text{ mm}^3$ 前後と比較的小さく、ビームの発散角も 0.2 度、波長も 1.6Å より長いものしか使わないということで筒状のガイド管よりは反射ミラーとして考えたほうが得策であろうとの観点からである。

■ 装置の必要性について

現在の iBIX はユニットセルが $100 \times 100 \times 100 \text{ \AA}^3$ までの物にしか対応できず、また、産業利用に重きを置かれているため、基礎研究を行うには不向きであるとの観点からこの装置の必要性は高い。

■ 試料となる単結晶自身の動的核偏極 (DNP) は、得られる情報量が増え、バックグラウンドの低減にもつながり、サイエンティフィックな観点から興味を持たれる。

・ しかし、相当のマンパワーと長期的な基礎実験が必要であり、その実用化についてはまだまだ未知数である。したがって、中長期的な視野に立って装置を開発すべきであると判断される。

■ 目指すサイエンスに対する評価

中性子の最大の特長はプロトンが観測できることである。この特長を最大限に生かしたサイエンスを強力に推進すべきである。そのような観点からこれまで行ってきたヘモグロビンや各種プロテアーゼ (トロンビンや HIV プロテアーゼなど) の中性子構造解析によるプロトン移動を伴う反応機構の解明は生化学的に非常に重要であると判断される。今後は膜の内外にプロトンを輸送する機能を有するチトクロム酸化酵素などの巨大膜タンパク質の中性子構造解析を目指した中性子回折計の開発が必要であると判断される。

(主査：山本昇 (KEK))

課題番号：2009S03

課題名：パルス冷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 (高エネルギー加速器研究機構物質構造科学研究所・教授)

種別：継続

ビームタイム配分： $\beta=100\%$ (要求=100%)

評価結果：A

コメント：

本研究課題「パルス冷中性子を用いた中性子基礎物理研究」は、中性子のベータ崩壊寿命の精密測定などを通じて宇宙における物質生成の謎の解明に対する基本的パラメータを提供するなど、十分な物理的意義をもった研究である。この研究を実施するための BL05 ビームラインは建設がほぼ終了し、生成されるビームの評価が始まったところである。ビームライン調整のスケジュール等の見直し等によって、速やかに所定の目標のビームを達成し、早期に物理的なデータを収集することが望まれる。

(主査：高原淳 (九大先導物質科学研)、副査：金谷利治 (京大化学研))

課題番号：2009S04

課題名：小型集束型中性子小角装置の技術実証研究

実験代表者：古坂道弘 (北海道大学大学院工学研究科・教授)

種別：継続

ビームタイム配分： $\beta = XX\%$ (BLなし)

評価結果：A

コメント：

本研究課題は小型集束型中性子小角散乱装置 (mfSANS) を開発しその性能を実証するものである。mfSANS では中性子集束ミラーを用いて小角散乱装置を小型化し、究極的には1本のビームラインに数十台の装置を設置し、金属、生体分子、ソフトマテリアルなどの非常に広い分野の研究者に中性子散乱の利用の機会を提供できるようになり、中性子科学の発展とそれを利用した産業利用への展開が期待できる。

mfSANS においては要素技術としての集束用ミラーの開発、集光素子の開発などいくつかの問題点はあるもののほぼ順調に進み、北海道大学、JRR-3 においてそれぞれ原型器が稼働している。しかし、この装置を実用化し、J-PARC への設置を現実のものにするためには、さらに高性能のデバイス開発が必要である。マルチピンホールによる SANS 測定は世界的にも極めてユニークで位置分解能の高い SANS 測定の実現が期待できる。装置の開発目標を立案するための基礎研究ではタンパク溶液散乱に関しては mfSANS で中角領域の高精度測定ができれば局所構造の評価が可能となるが、よりオリジナリティの高い研究提案が望まれる。金属材料に関しては mfSANS により異方解析の予備的データが得られており、さら階層的な不均一性の評価、クリープに伴う組織変化などの測定が可能であり、産業界への寄与も明確で材料科学への貢献が期待される。一方、すでに J-PARC/MLF には大観 (小角散乱装置) が建設中であり、また JRR-3 にも2台の小角散乱装置が稼働している。その中で、長時間の装置占有や教育等の mfSANS の意味付けは理解できるが、より mfSANS に適したサイエンスや産業応用が具体的に提案されることが望まれる。

以上、mfSANS の高性能化と J-PARC への設置のために優先的な研究課題の実施が望まれる。

なお J-PARC のビームタイムに関しては、申請グループの準備が整い次第改めて確保を目指すこととする。

(主査：村上洋一 (KEK))

課題番号：2009S05

課題名：SuperHRPD を用いた機能性物質の構造研究と方法論の開発

実験代表者：野田幸男 (東北大学多元物質科学研究所・教授)

種別：継続

ビームタイム配分： $\beta=50\%$ (最低 55 日は確保する) (要求=55 日/ 50%)

評価結果: A

コメント：

本課題は SuperHRPD の高分解能を利用して、1. 強誘電体や強相関電子系物質を中心とした機能性材料の構造研究、2. 電池やイオン伝導に関する予備実験、3. 有機物質・高分子物質・生体物質の粉末回折実験の方法論開発を目指すもので、学問的意義は極めて高い。J-PARC での研究成果を世界にアピールするためにも、本課題は最優先に行われるべきものである。研究組織メンバーの学問的レベルも非常に高く、この組織内で緊密な研究協力を行うことにより、質の高い研究成果が大いに期待できる。また、研究計画書の中に書かれている来年度以降の研究計画も妥当なものである。その実験装置整備計画において、中角・高角領域における検出器整備、低温や磁場などの試料環境の整備を早く進めることが、良い成果を出していくために是非とも必要である。

一方、現時点としては、SuperHRPD を利用した研究成果の創出、論文の出版状況はあまり良くない。新しい真空槽の設置、新 DAQ システムの導入が、実験装置・データ解析システムの整備を遅らせたことがその原因の 1 つであると考えられるが、今後はより効率のよい成果の出し方が求められるだろう。そのためには、高分解能が必要な実験と、そうでない実験をうまくバランスを取りながら実施していくことが重要である。現在計画としては、旬のサイエンスで良い成果を挙げながら、将来計画として重要となる有機物質・生物物質などの実験への準備も堅実に実施していくことが望まれる。

SuperHRPD は放射光と比較しても遜色のない分解能を持ち、世界的にみても特徴のある装置である。今後、本装置を用いて多くの研究成果が挙がっていくと思われるが、この高分解能を用いないと出来なかったという研究成果を 1 つ、出来るだけ早く挙げることを考えてほしい。

(主査：岩佐和晃 (東北大院理)、副査：岩館泰彦 (千葉大院工)、山室修 (東大物性研))

課題番号：2009S06

課題名：高強度全散乱装置による水素貯蔵機構の基本原理解明

実験代表者：大友季哉 (高エネルギー加速器研究機構物質構造科学研究所・教授)

種別：継続

ビームタイム配分： $\beta=90\%$ (要求=90%)

評価結果：A

コメント：

本課題は J-PARC MLF BL21 に設置された全散乱装置 NOVA を用いる構造解析手法によって水素貯蔵物質の機能を明らかにすることを目的とする。NEDO「水素貯蔵材料先端基盤研究事業」(プロジェクトリーダー：秋葉悦男氏 (産総研)) の委託研究による予算措置を踏まえて着実に装置建設が進み、2010 年度には精力的なコミッショニングが進められた。 ^3He ガス検出器の最適化、GEM 検出器の開発、TOF スペクトルの精密化のための装置パラメーターの決定などが研究グループ内の分担により進捗して、装置の本格的実用段階が目前であると言える。MLF 装置群の中でも比較的所定の装備が揃っており、他の装置にも共通する問題点を先駆的に解決する役割も期待される。さらに全散乱強度の定量的評価、すなわち動径分布関数や二体分布関数を求めるための解析手法やソフトウェア開発も行われており、水素貯蔵物質の構造解析に向けて確実に進展しているものと認められる。構造最適化を行う Reverse Monte Carlo 法の汎用化も興味深い。また、実験データから非弾性散乱成分を除去する手法の確立が重要課題であると考えられ、チョッパーによる直接評価などが検討されることを期待する。KEK, JAEA, 京大原子炉, 岡山大, 山形大, 新潟大, 福岡大などから非晶質系・液体系の主要な研究者の参画があり、多様な水素系物質、非晶質物質あるいは微粒子といった詳細な構造解析手法による進展が見込まれるサイエンス計画である。

一方、標準的サイズの結晶性試料であれば 1 秒間での回折測定が可能な強度レベルにあり、今後採択実験課題を実施するときの頻繁な条件変更やユーザーの交替に対応するための体制作りを検討する段階にあることが指摘できる。現在は NEDO 委託研究により装置側独自研究 β 枠が主体の研究であるが、研究代表者の努力により一般課題の受け入れも開始しているので、NOVA グループとしての対応を求めたい。このことに対して、単なる構造解析的テーマだけでなく、物質の状態相図決定のような積み上げ型の物性研究テーマを視野に入れることが示されており、アクセサリーの拡充を基礎とする本課題の予算計画との整合もとれている点からも評価できる。

よって審査担当一同は、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 KEK 側に勧める。

(主査：鬼柳善明（北大院工）)

課題番号：2009S07

課題名：中性子スピネコー分光器群(VIN ROSE)のための高輝度ビームラインの建設

実験代表者：日野正裕（京都大学大学院工学研究系・准教授）

種別：継続

ビームタイム配分:なし

評価結果:A

コメント：

J-PARC に設置予定のスピネコー分光器群（VIN ROSE）のテスト実験が精力的に行われている。

昨年度に行われた BL10 における MIEZE 実験結果の解析によるエコー条件の緩和されることを示している。また、高分解能化と低小角散乱の新型高周波 RSF の開発を行い、JRR-3 で MIEZE、NRSE 実験を成功させている。また、BL05 の分岐ビームラインの一つに本格的 MIEZE 装置を設置し、600kHz の MIEZE 信号の測定に成功している。これらの成果から、本装置を J-PARC へ設置するための十分な準備ができていると考えられる。これらの成果をもとに、実際に BL06 への設置を考えた VIN ROSE ビームライン計算を行っており、今後の本格的遮蔽等の設計のベースもできている。

スピネコー装置は唯一 $I(Q,t)$ を測定できる装置であり、緩和現象を扱う広い研究分野に応用可能である。具体的には、

- ・制約空間内の水とプロトンのダイナミクス
- ・イオン液体の階層的ダイナミクス
- ・単分子磁石のスロースピンダイナミクス
- ・クラスレート物質のラットリング緩和
- ・化学反応のダイナミクス

などが挙げられている。

パルス中性子源におけるスピネコー装置の設置は KENS の時代からの懸案であり、J-PARC においても設置が切望される。すでに、JRR-3 の SANS-J-II におけるテスト実験の結果もあるので、その建設にあたっては、今日的な主要研究テーマを挙げ、その進展に対してどのように貢献していくかをより具体的に示していくことが重要である。S 型課題で平行して研究が進められている mfSANS とのカップリングが効率的であれば、パラレルにそれを設置することも考慮すべき事項である。

これらの検討を早急に行うとともに、既に認められている J-PARC BL06 への設置のための、ビームライン設計、遮蔽計算などの実務を進めていくことが必要である。また、予算措置についても、KEK 側とより詰めた検討が望まれる。

(主査：片岡幹雄 (奈良先端大院物創)、副査：平井光博 (群大工)、大友季哉 (KEK))

課題番号：2009S08

課題名：高機能ソフトマターのナノ界面ダイナミクス評価

実験代表者：高原淳 (九州大学先端物質化学研究所・教授)

種別：継続

ビームタイム配分： $\beta=50\%$ (最低 75 日は確保する) (要求=50%)

評価結果: A

コメント：

高分子薄膜および界面のナノスケールでの構造特性の解明は、学術的観点のみならず、デバイス開発や燃料電池の機能向上、燃料電池薄膜開発など多くの産業分野において重要な課題となっている。そうした中で、軽元素である水素を含む物質やプロトンの輸送・拡散現象を実験的に観測可能な中性子反射率を用いた研究の戦略的な展開が望まれているが、本申請課題はまさにそのことを具現化したプロジェクトである。各研究の進捗状況報告は、良好であった。

水平型反射率計 ARISA-II の高度化を行い、強度で 10^{-7} 、Q 領域で 4.6nm^{-1} までを達成している。現在、測定可能な二つの角度のうち、一つしか選ぶことができないが、後継機では二つの角度を測定できるようになり、Q 領域が格段に広がる。また、二次元検出器を用意し、深さ方向のみならず、面内構造情報を得ることを可能にするなど、高性能化が進められており、本研究の推進を支えている。

高分子薄膜のガラス転移、ポリマーブラシの構造動態と溶媒効果等、反射率計でなければできない優れた研究が推進されている。一方で、反射率計の使用が不可欠であるとは思えない(他にも有効な手段があると考えられる)ような研究も含まれており、これらについては測定対象や手法に関してより深い考察が望まれる。また、実際の測定対象に求められる分光器の性能以上の性能が出ているが、高性能の分光器ならではの測定対象の開発も期待したい。

欧米においては既に中性子反射率測定を用いた活発な基礎・応用研究が展開されている。我が国においても、今後、十分なビームタイムの配分によって、関連学術分野および産業応用におけるパルス中性子反射率測定の有用性を示すことが要求されている。本課題は、その先鞭を付け得る重要な課題であると判断できる。

ARISAII の後継の開発を含んでおり、装置の高性能化と研究推進のために、要求されているビームタイム配分 ($\beta=50\%$) は妥当であると考えられる。

研究経費に関しては、消耗品関係が多く、本審査会ではその妥当性は判断しかねる。KEK 担当にまかせたい。

(主査：門野良典 (KEK)、副査：中島健次 (JAEA))

課題番号：2009S09

課題名：「機能性材料中性子解析システム」による動的・静的構造物性研究

実験代表者：大山研司 (東北大学金属材料研究所・准教授)

種別：継続

ビームタイム配分： β =未定 (BLなし)

評価結果：A

コメント：

本課題は、偏極中性子の利用を前提とした汎用的な中性子非弾性散乱装置を建設する計画であり、現在、物質・生命科学実験施設において偏極中性子を利用することのできる非弾性散乱装置が整備されていないことを考えれば、この欠落を埋める重要な装置の建設計画である。また、本課題を通して得られる偏極技術は、物質・生命科学実験施設の他の装置にも応用可能であり、その意味で期待される J-PARC 全体への貢献度も高い。偏極中性子の利用により開かれる研究の可能性は改めて述べるまでもないが、本研究においてはそれらの中でも重要な、例えば磁性研究における当該分野のホットトピックスを中心としたいくつかのテーマに加え、偏極中性子の非干渉性散乱/干渉性散乱の弁別能力を活かして水素含有物質中の水素そのものの状態を (同位体に頼らずに) 見るといった野心的な研究の可能性なども考慮しており、偏極中性子実験装置としてカバーすべき研究内容全般を押さえた検討が行われている。また、これらの研究を遂行する組織・体制についても整備が行われつつある。実験装置 (分光器) そのものの建設については、既存の技術を中心とし、おおむね無理のない計画で着実に開発要素をクリアしながら進めている。心臓部となる偏極技術については、 ^3He フィルターを主体に実現に目処を付けており、不安は少ない。今後は、具体的な実験にまで持ち込む際の周辺技術、試料環境装置等の検討も十分に行っていくべきであろう。

なお、建設時の体制、具体的には建設にかかる人員の充実が急務と考えられるが、この装置の重要性を考えれば、実際の建設が開始される十分前からこの点が手当されるべきである。また、装置仕様の細部についても、まだ概念の段階を出ていない部分も多いので、これまでに同種の装置を建設してきた経験者の意見も取り入れながら、進めていくのが良いと思われる。

(主査：内海渉 (JAEA)、副査：鈴木賢太郎 (JAEA))

課題番号：2009S10

課題名：特殊環境材料構造評価装置の開発

実験代表者：福永俊晴 (京都大学原子炉実験所・教授)

種別：継続

ビームタイム配分: $\beta=100\%$

評価結果: A

コメント：

100%電気自動車 (EV) が市販開始され、排出物ゼロのいわゆる「ゼロエミッション」車の本命として期待が高まっている。その本格的普及のためには航続距離の大幅な改善が必須であり、現在主流のリチウム蓄電池の飛躍的性能向上、さらには、それに代わる革新的な蓄電池の開発が喫緊の課題となっている。従来日本が先導してきたこの分野も、近年韓国等の追い上げが激しく、産学官の連携によって研究開発を推進し、国際競争に勝ち抜く必要がある。この開発を物質・材料科学の基礎的研究サイドから支えるものとして、本計画の位置づけは明確であり、その重要性を鑑みて、専用のビームラインを建設する十分な意義がある。

平成 22 年度までに、ビームライン及び設置装置に関して、入念な仕様検討・設計が行われ、専用建屋の建設 (許認可作業を含む)、検出器・回折装置・遮蔽体・ガイド管等の設計や発注作業が順調に進んでいる。モデレーターを選択、線源・試料間距離、測定波長範囲や分解能等の仕様についても、研究目的に照らして、妥当なものであると評価できる。平成 23 年度中の主要装置の完成及びビームライン試運転の開始を目指し、本計画は継続して着実に進めるべきである。

一方、研究組織に関して、研究計画書には総勢 35 名もの参加者の名前が挙げられているものの、建設フェーズにおいては、実質的に数名の中核メンバーに負担が集中しているように見受けられる。大学所属研究者の J-PARC への長期駐在や KEK との公式な連携協力のあり方も含め、関係者の間で、再度、調整・検討の余地があるのではないかとと思われる。また、運用開始後の一般利用のあり方について、NEDO と綿密な協議を行い、その位置づけと利用体制について、輪郭を明確にしておく必要がある。

(主査：山田和芳（東北大原子分子材料科学研）)

課題番号：2009S11

課題名：中性子透過撮像

実験代表者：鬼柳善明（北海道大学大学院工学研究科・教授）

種別：継続

ビームタイム配分：既存ビームラインを利用

評価結果：B

コメント：

今年度の研究は、中性子イメージング法の新展開、高位置分解検出器開発、小型中性子源開発、いずれをとっても、十分な進展が見られる。来年度の計画は今年度の展開をベースに更なる高度化を目指す研究となっている。

中性子イメージング法に関しては、来年度は原理検証段階から定量的評価を行う応用展開を図るとあるが、具体的にどのような課題や問題点が現実の材料研究を行う上で残されているのかを明確にして欲しい。特に産業応用を視野に入れるなら、その分野の産業界からの研究分担者を入れることも必要ではないか？