

最先端研究開発支援プログラム（FIRST）中間評価に係るヒアリング
（原子分解能・ホログラフィー電子顕微鏡の開発とその応用）

1. 日時 平成24年10月15日（月）14:00～14:50

2. 場所 中央合同庁舎4号館4階 共用第2特別会議室

3. 出席者

相澤 益男 総合科学技術会議議員

奥村 直樹 総合科学技術会議議員

大西 隆 総合科学技術会議議員

有信 睦弘 東京大学 監事（外部有識者）

石出 孝 三菱重工株式会社 技術本部 先進技術研究センター長（外部有識者）

佐藤 正明 東北大学大学院医工学研究科 教授（外部有識者）

松井 良夫 独立行政法人物質・材料研究機構 外部連携部門 連携コーディネーター
（外部有識者）

松木 則夫 独立行政法人産業技術総合研究所 四国センター 所長（外部有識者）

中野 節 内閣府官房審議官（科学技術政策担当）

中川 健朗 政策統括官（科学技術政策・イノベーション担当）付参事官（総括担当）

河内 幸男 政策統括官（科学技術政策・イノベーション担当）付参事官（最先端研究
開発支援プログラム担当）

4. 説明者

長我部 信行 株式会社日立製作所 中央研究所・所長（中心研究者代行）

品田 博之 株式会社日立製作所 中央研究所・主管研究員

朴 賢洵 独立行政法人理化学研究所 量子現象観測技術研究チーム・チームリーダー

石田 秋生 独立行政法人科学技術振興機構 戦略研究推進部上席主任調査員
（研究支援統括者）

5. 議事

【事務局】

それでは、少し時間が早いのですけれども、皆さんお揃いですので始めさせていただきたいと思えます。

これより、研究課題「原子分解能・ホログラフィー電子顕微鏡の開発とその応用」の中間評価に係るヒアリングを始めたいと思えます。

被評価側からは、中心研究者の長我部先生をはじめ、ご足労どうもありがとうございます。

本日の出席者はお手元の座席表のとおりでございます。どうぞご確認ください。また、本日の配布資料はお手元の一覧のとおりでございます。

まず、ヒアリングに先立ちまして、事務局より幾つかご注意を申し上げさせていただきます。このヒアリングは非公開で行いますが、後日今後の研究発表や知的財産権等に支障がないことを確認した上で議事概要を公開します。

また、時間配分は研究課題側からのご説明が15分、質疑応答は35分をお願いしたいと思えます。また、時間厳守をお願いします。なお、ご説明に当たっては、課題全体の研究の進捗度合いと目標の達成見通しについて、国際的な優位性とサブテーマの役割、相互関係を含めて簡潔で明瞭なご説明をお願いしたいと思えます。ご説明では終了5分前に予鈴、終了時間に本鈴を鳴らさせていただきます。また、時間がきましたらご説明の途中であってもご説明を終了してください。質疑応答では終了3分前に予鈴を鳴らさせていただきます。

それでは、ご説明をお願いします。

【説明者】

前に出て説明させていただいてもよろしいでしょうか。

中心研究者代行の長我部でございます。それでは、本テーマの進捗に関しまして説明させていただきます。この目次に従って説明いたします。

まず、研究目標でございますけれども、ここがございますように、世界最高の空間分解能を持つ電子顕微鏡技術、それからこういった電磁場を3次元的に見る電子線ホログラフィーの技術、これをあわせまして電子レベルでゲージ場を可視化する世界初の観察装置を開発するというのが研究目標でございます。

2ページ目、右下のページで4ページ目でございます。「2. 研究体制・支援体制」です。

5月の外村博士の逝去に伴いまして、私が中心研究者代行ということで全体を見ております。また、逝去されました外村博士の穴を埋めるためにこういったFIRST外村プロジェクト支援チームというのを日立製作所のチームの下につくり、また理化学研究所のチームは外村博士がチームリーダーをしておりましたが、朴先生がその後を継いで、さらに強化のためにこの分野のトップ研究者でございます東北大学の進藤大輔教授が10月1日より、理研創発機能物性研究Gのチームリーダーとして赴任して、さらにこの朴博士のチーム員ともなり、このプロジェクトを支えてまいります。

次が研究の概要でございます。これまで私どもはここにございますように4世代にわたってホログラフィー電子顕微鏡を開発してまいりました。新しい装置を開発するたびにここにございますように磁気記録あるいは物理の基本原則であるAB効果、あるいは金属超伝導の中の磁束量子、高温超伝導の磁束ピン止めの様子など、新しい物理をいろいろ解明してまいりました。今回も新しい装置を開発することによって材料あるいは産業に貢献していくという目標でございます。

これがつくろうとしている装置の概要でございます。ここに目標とする数字が書いてございます。世界最高の分解能、世界最高の位相検出感度、これによって電磁場が詳細に見えます。そして、3次元の再構成可能なホログラフィー機能という、この三つの指標を達成してまいります。

これが国際的なベンチマークに基づきましたこの研究目標の意義でございます。こちらのグラフにございますように、縦軸は輝度と申しまして干渉性の良さです。干渉性が高いと電磁場が非常に詳細に見える。それから、空間的な分解能が横軸でございます。この二つにおいて世界最高の装置をつくるという、それに加えてさらに加速電圧が高く、非常に厚い試料を通すということで、重元素でありますとか非常に産業的にも意味がある実際の試料を観察できる、そういう位置づけにございます。

これが研究分担と開発状況でございます。詳細はご説明いたしませんけれども、研究課題の分担といたしまして、共同研究者である日立製作所が本体開発、それから要素開発を実施いたします。そして、理化学研究所がこうした装置の解析手法の高度化、そしてこの装置ができ上がった後の将来の装置活用に向けた応用の実験を推進してまいります。

進捗状況でございますけれども、この上のように要約してございます。ケーブル放電対策という問題がございましたが、これは対策を完了いたしました。現在、高電圧関係で課題がござ

います。約3カ月を要する見通しでございますが、最後の性能評価の効率化で挽回するという
ことで、この赤い線の進捗線が約3カ月遅れておりますが、最後に挽回をするという計画で
ございます。

これが進捗状況全体概要、ただいまの若干繰り返しでございますけれども、それまでの経緯
を含めて述べますと、震災の影響はあったのですけれども、その遅れは挽回いたしました。そ
れと、現在新しい課題によりまして約3カ月その対策にかかるというふうに思っておりますが、
既存の点検などを並行活用いたしまして、最終的な性能確認を効率化して、期限どおりに終わ
らせるという予定でございます。

新たな技術課題というのはここにございます。後ほどご説明申し上げますが、高電圧関係の
ノイズ、それからステージの安定度でございます。この下の部分はこれまでに完了している部
分またはその参考の写真でございます。

これが、日立製作所が進めております本体開発の状況でございます。幾つか項目がございま
すが、この進捗状況のところ、青が課題をクリアした部分、赤が現在課題になっている部分で
す。この2点につきまして次の2枚のスライドでご説明申し上げます。

まず、高電圧、それからレンズ関係のノイズでございます。ここに書いてございますように、
高電圧関係のノイズを0.5 p p mに抑える、これによって非常に干渉性の高い電子線を出す
ということが目標でございますが、現在1.2MVかけますと、十数 p p mのノイズがございま
す。そのノイズの内容はここにグラフをお示ししてございますけれども、ここのゆらぎのほかにひ
げが何本も立ってございます。これが十数 p p mのノイズでございまして、そのベースとなる
こちらの部分は0.5 p p m以内におさまっております。

したがって、なぜこのようなスパイク状のノイズが出るか、その原因を特定して、これ
を対策していくと、そういう作業に入っております。現在、その原因の究明はほぼ終了いた
しまして、この使用しております抵抗のモールドにボイドが存在して、それが微小放電を起
しているという原因、仮説をつくりました。現在、その仮説に基づきまして対策を打って
おります。10月中に対策完了の予定でございます。

これは課題を終了したほうでございます。高圧ケーブル、前回のフォローアップで高圧の放
電という問題をご報告いたしました。この写真にございますように、これは1.2MVのケーブ
ルの末端でございますが、この赤い丸印のポイントから放電が起こって、この黒いのは放電痕
と申しまして、ここに沿って放電電流が流れたわけでございます。これは詳細なダイナミカル

な電場分布を計算いたしまして、確かにここで瞬間的にダイナミックに大きな電界がかかる時間があるという原因が特定できましたので、そういった電界を抑制するシールドリングの構造を考案いたしまして、このような対策を打つことによりまして現在は問題を解決することができました。

これはもう一つの要素技術、要素開発のほうでございます。ここに主要課題がございますが、おおむね順調にしておりますが、この2番、試料ステージに関して現在課題を抱えております。それが次の右下のページ、15ページでございます。

この一番上の技術課題と現状というふうでございますように、例えば安定性、これはステージがドリフトとって1方向に流れていってしまう状況がございますが、1分当たり20 p m、20ピコメートルという目標でございますが、現在30 p mという状態、50%ほど大きい。それから、振動あるいは駆動制御の機構に関しましてここがございますような目標の数値をまだ達成してございません。

これも現在いろいろな原因推定に基づきまして対策案はできております。この2番目の開発状況でございますように、ドリフトに関しましては断熱材のカバーによりまして温度変動を小さく抑えるということと、さらに現在用いられているものよりも熱膨張係数の小さい、やや加工が難しいのですが、そういった材料を導入するという事でドリフトを対策するとか。あるいは振動に関しましては動作の視点等々を改良していくということで対策を進めております。

これは理化学研究所のチームが進めます解析手法の高度化でございます。3次元の再構成に関しましては1.5 nmで再構成の手法を完成してございます。さらに、位相計測に関しましては1,000分の1波長の精度での位相計測のめどが立ってございます。

さらにこれは解析手法の高度化といたしまして、これまでどうしても問題のあった参照波のとり方、ここに図が書いてございますけれども、これに対して分離照射電子線ホログラフィーという新しい技術を開発します。これはアプライドフィジックスレターの表紙になってございますが、こういったことで非常に使いやすい方法で、これは世界中の技術者が渴望していた手法でございます。

それから、さらに将来の装置に向けました応用実験といたしまして、ここがございますようなスピントロニクス関係でございますと、十倉先生のチームと共同研究をすることによりまして、一番小さいスキルミオンという非常にスピンがローテーションしたような新しい情報の単体として期待されるような、そういったものがリアルスペースでちゃんと見えるようになりま

した。

そのほか、ここにございますような1MVの電子顕微鏡を使って磁気ヘッドの磁性の構造を見る等々、将来に向けた応用実験が進んでございます。

8番目でございますが、知的財産に関する取組ということで、上のほうは契約の状況を書いておりますが、知財に関しましてはブレインストーミングと特許調査を行いました。それに基づきまして特許マップをつくりまして、どの部分を出願強化するかということで戦略を固めました。それに基づいてこれまで3件特許を出願しておりますが、さらに特に電子銃周りにつきましては世界的に非常に競争が激しい領域ですので、そこに向けて出願を強化してまいります。

9番目、若手研究者の育成状況ということで、ここにございますような応用研究会の開催、それからものづくりの伝統の継承ということも外村中心研究者の大きな目的でございましたので、開発チームの中にベテランと若手を入れて、若手に技術を継承するということをやっております。また、これ5月の国際会議においてはいろいろ大学の若手研究者にポスター発表をしてもらいました。ノーベル賞の受賞者をはじめとして、世界の一流の研究者と議論をするという機会をつくりました。また、装置をやっている若手に関しましても、来年度の日本顕微鏡学会でセッションをつくりまして、そこで発表するとともに、チュートリアルを企画する予定でございます。

社会への還元ということでは、いろいろな国際、国内のシンポジウム等々でいろいろな形でお話しするとともに、ここにございますような幾つかの産業応用を目指した検討を重ねております。

また、この10月4日には利用検討委員会を立ち上げまして、日本顕微鏡学会の会長で、また大阪大学で電子顕微鏡の公開利用に詳しい森先生に委員長になっていただきまして、NIMSの曾根理事等、あるいは企業から人をお招きしまして、この完成後の利用検討は進めております。

それから、科学・技術対話の取組ということで、公開講演会、それからこの夏には小学生のお子さまですけれども、これをこの開発サイトに集めまして、電子顕微鏡の説明ですとか科学の楽しさ、これを知っていただくという試みを行いました。そのほか、ホームページによる発信でございますとか、国際ワークショップを開催してございます。

それから最後に、本プロジェクト終了後の展開ということでございますけれども、ここに中

心研究者、外村が描いていた提案がございます。応用研究を継続するというのと、共同研究の利用の場を広げて共同利用施設ということで社会還元を目指すということを計画書にうたいました。基本的にはこの精神に基づいて、ここに書いてございますように、本プロジェクトだけではなくて、さらに日本が重点投資するほかのプロジェクト、あるいは研究機関との共同研究を通じてS P r i n g - 8並みの共同利用施設化を目指すということで進めております。

特にプロジェクト期間中におきましては、先ほど申し上げましたけれども、この分野のトップ研究者でございます東北大学の進藤先生を理研でお招きいたしまして、強力に応用実験を推進するというのと。さらにプロジェクト終了後に関しましては日立製作所が持ちます電子顕微鏡はこの1.2MVだけではなくて、同サイトに1.0MV、これもJ S TのC R E S Tのプロジェクトでつくった電子顕微鏡でございますが、こういった一連の電子顕微鏡群を維持管理して、これをさらに外部ユーザーとのイノベーションの営みに使っていくということを考えてございます。理化学研究所はこうしたものをサポートしていくということと。さらに、こういったチームで有効な利用の体制をこの期間考えていくということで進めてございます。

説明は以上でございます。

【事務局】

長我部先生、ご説明どうもありがとうございました。

それでは、質疑応答に入ります。大西先生、進行をよろしく申し上げます。

【有識者議員】

それでは、質疑応答に移ります。ご質問のある方はどうぞお願いします。どうぞ。

【外部有識者】

ついこの間、説明を伺ったばかりなので、その後も幾つかの問題は発生したけれども、一応めどがついているということで理解をさせていただきました。ただちょっと気になるのは、特許の件ですけれども、現在までに3件というのは何となく少ない印象なんですね。つまり、これだけの限界的な性能のものをつくるということで、結構さまざまなトラブルが発生しているはずなんですよ。今回のトラブルもそうですけれども。こういうものというのはその対策を含めて実は非常に貴重な資産になるわけで、こういうものの特許化というのは一体どうなっ

ているのか、もしわかったら教えていただきたいと思います。

【説明者】

ご指摘ありがとうございます。まさにおっしゃるとおりだと思いますが、特許、権利の保持の仕方に2通りあると思っておりまして。特許というあらわな形で自分たちの権利を保持するというのと、あるいはもう一つブラックボックス化するという考え方もあると思っておりません。特許を出願いたしますと公開されますので、さらにその公開されたことをヒントにさらに世界各国でものを考えるということがございますので、適切にブラックボックス化するところと公開して権利として守るところを区分けすべきだと思っております。

ただし、ご指摘のように3件という数は十分だとは思っておりませんので、今後いろいろな高電圧のケーブルの問題もそうでございますけれども、非常に有益な知識を得ましたので、それに基づいた出願は強化してまいる所存でございます。

【外部有識者】

別にブラックボックス化でも構わないと思うのですが、いわばそのブラックボックス化した知識が共有財産になるような形できちんと文書化をしておいてという点は、一応は問題なくなされていると理解していいわけですか。

【説明者】

はい、ドキュメンテーションはきちんと行っておりまして、原因の推定から解決方法含めまして、しっかりしたドキュメントの形で残そうと思っておりますし。ちょっと公開、非公開最終的にするかどうかは別ですけれども、しっかりまとめた形でこのプロジェクトの成果として出していく予定でございます。

【有識者議員】

どうぞ。

【有識者議員】

全体説明については十分理解できるような状況になっていると思います。伺いたいことは、

理研のほうのチームの構成が進藤先生を加えられたことであります。そのことと8ページのスライドの全体の研究分担・開発計画のここです、一番下に、この前の検討のときにいろいろと修正を求めたことに対してどういう形で整理され、そして、現在の進捗状況がどうなのかというところが先ほどのご説明で余り具体的ではなかったのではと思うのですが。そこはいかがでしょうか。

【説明者】

10月1日付でまさにちょうど進藤先生が入られてまだ1カ月未満という状況でございますので、その効果がこの中に反映するのはこれからというふうに考えてございますけれども。基本的にはこの中のテーマの選択でございますとか、どういった方向に進んでいくべきか、それを進藤先生入りまして、朴先生とともにチームで相当意見を練っておりますので、そういったものを反映した将来の使い方に向けたテーマの推進と、そこに今後反映していく予定でございます、現在のところでそのテーマの進め方がどう変わったというようなものはもう少し時間をいただきたいというふうに考えております。

【有識者議員】

そうではあるのですが、進藤先生は朴博士の研究をいろいろな意味でバックアップしていかられるという立場です。研究の進め方においてはこの前の認識は、朴博士が今までどおりまづやっていただけということで、進藤先生の存在いかにかわらずできるのだと。これから検討をとというのはこの前の申し合わせとはちょっと違うのではないかというように思います。そこでどういう成果が進捗しているのかということはご説明いただく必要があるのではないかと思います。

もう一つは、8ページの一番下の右端に、インパクトの高い成果の創出ということを強くお願いしたわけでありまして。ここについては多少時間がかかるのかもしれませんが、ここが大きな変更点なので、そこに対しての進捗はやはり明確にさせていただかないと、この間の進捗ということではちょっと説明不足ではなかろうかというふうに思うのですが、いかがでしょうか。

【説明者】

おっしゃるとおりだと思います。私がこれからというのはまさに最後におっしゃったインパ

クトの大きい、特に完成後を含めてどういうふうにこの装置を使うべきかというところでござ
いまして、このプロジェクト期間中に朴博士を中心としてしっかりした成果を出していくとい
うことはもちろん進めてございます。少しそのところをわかりやすく表現できておりません
で、そのように努めさせていただきます。

【有識者議員】

どうぞ。

【有識者議員】

ご説明ありがとうございました。伺っていますと、装置そのものはいろいろ個別の課題があ
るようではけれども、何か克服できそうかなという印象は持っている。むしろ私は、まさに外
村先生のこの当初の計画どおり、この後この機能をどう使うんだという、今のインパクトの強
いという話もそれに関係するのですけれども、そこが極めて重要で、この装置が完成して初め
てできることと、それから今ある手持ちの装置でできることの差はあるにせよ、このいわゆる
ホログラフィーあるいはゲージ場を見るということがどこまで多くの対象をとらえ得るのかと
いう非常に重要な局面にきていると思います。そういう意味で、この装置開発とは別に応用研
究と言っている部分、ここをできたら私はもっと加速していただきたい。論文の数もやや少な
いというのが私の印象です。これはある非常に最高性能の装置を持っている我々の基本的な
考え方は、これもそうですし、それからS P r i n g - 8という話もありましたけれども、あ
の隣にS A C L Aができてますよね。それからあとは神戸に京ができています。やはり汎用化
も大事なのですが、同時にインパクトの高い成果を出していただくと、それにつられて汎用化
も広まっていく可能性があるということなのです。この電頭についてもそういう意味で新しい
世界が見えるということをごぜひもっと多く出していただきたい。そういう面で見ると、あとも
う残り1年ちょっとしかないのですが、朴先生はじめ、進藤先生も入ってこられたようなので、
今まで以上に進展できると私は期待しているのです。チーム側としてはいかがなお考えを持っ
ているのかと、あれば教えていただきたい。

【説明者】

具体的には朴さんのほうからお話しいただいたほうがいいのかもしいずれにしても、ま

さにおっしゃったように、公開利用といっても一般的に使うというよりは、まずは中心になってインパクトのある成果を出してということが最初であろうと思っていますので、それに向かって、いろいろ今検討を重ねております。その中で必ずやいいテーマをやり上げていきたいというふうに思っています。

朴さん、何かコメントがあれば。

【説明者】

理研の朴と申します。

さっき先生がおっしゃったような、インパクトが高い成果と論文の数が少ないというご指摘、ありがとうございます。その点について私も検討しています。理研チームとして、2012年まで論文の数は10報を出しています。そして、最近は数だけでは無く、本当によりインパクトの高い成果を出すためにアイデアをチームメンバー全体に全力で今考えております。

以上です。

【有識者議員】

どうぞ。

【外部有識者】

300kV電顕によるスキルミオン観察や3次元観察など非常にすばらしい結果で、材料科学的におもしろい研究をされているとは思うのですが、ただこのプロジェクトで300kV電顕で行う実験というのは、現在開発中の新しい超高压電顕で将来行う研究内容を想定した「予備実験」を優先するべきと私は思っております。

例えばスキルミオンの観察ですけれども、前回のご説明では、新しい超高压電顕では、スキルミオンを観察するのに必要な機能はないというお話だったように思います。ですから、このスキルミオン観察が無意味というわけではないのですけれども、むしろ新しい超高压電顕でどいうインパクトのある実験を行うのかを明確に提示して、300キロ電顕ではそれを想定した予備的な実験をするべきではないでしょうか？そうすれば、いずれ新超高压電顕の結果が出たときに、現在の300kV電顕とこれだけレベルの違う結果が得られたということを実証して、アピールすることができるのではないかと思います。

そういった観点から、新しい超高压電顕でどういう実験を将来されるのかをやはり念頭に置いた上で、現在の300キロの実験を進めていただきたいというのがまず最初のコメントです。

それから、2番目はかなり細かいことになりますが、高電圧にリップル成分が乗っているということ、また試料ホルダーにまだドリフトが残っているということですね。どちらも解決の見通しはついているということなのですが、しかし、高電圧と試料微動の安定性というのは、これはもう電子顕微鏡の性能にかかわる心臓部分ですね。これが万が一解決しなかったらもう世界最高性能は絶対出ないわけですので、これはぜひ解決していただきたいと思うのですが、重要なのは原因の特定ですね。たとえばこの高電圧安定度のデータを見ますと、リップルが非常に定期的に出ていますね。ボイドが原因の放電で、はたしてこんなにきれいな周期でリップルが出るものなのかどうか、ちょっと私は疑問に思うのですが如何でしょうか？

【説明者】

これはですね、前例はございます。定期的に、コンデンサーに電荷がたまり、それがこれ以上たまらなくなると放電するというその繰り返しで、ボイドの構造、あと印加されている電圧に応じてそれなりに定期的に発生するというそういう報告とか、モールドの経験のある部隊にも入ってもらって、一応そういう現象は前例があると。その対策にのっとってやっていくということで進めております。

【外部有識者】

ということは、ボイドの大きさとか密度などによってもリップルの生じ方は違って来るわけですね。

【説明者】

はい、そういうふう考えております。

【外部有識者】

もう一ついいですか。3次元観察のことなのですがけれども、今回ご紹介頂いたデータというのは微粒子（プラチナですか）の、形態的な3次元観察で、はっきり言えば、今やごく普通のものだと思います。やはり私共が本プロジェクトとに期待しているのは、磁気構造あるいはスピ

ン配列の三次元観察で、もしスキルミオンの3次元観察が実現したら本当にすばらしく、私は朴さんに大いに期待するわけですが、現状での見通しはどのようなのでしょうか？磁気構造の三次元観察の見通しについて、ホログラフィー法でもローレンツ法でもどちらでも構いませんので、お考えがありましたら教えて下さい。

【説明者】

現在スキルミオンの3次元観察がなぜ重要かという点、3次元構造を知りたいからです。それで、理研チームでは300 kVを使って、磁性材料のダイナミクスの3次元観察を、ローレンツ法及び電子線ホログラフィーを用いて行っている所です。

【外部有識者】

そうですか。

【説明者】

その結果は今後論文を考えています。

【外部有識者】

大いに期待しておりますので、よろしくお願いたします。私としてはここが三次元観察の成果の鍵と思っていますので。

【説明者】

1番目のご指摘事項でございますけれども、おっしゃる様に1.2MVが完成した先を見ずえてということで、スキルミオンの話は冷却していますので、冷却ステージの話でございます、1.2MVでできないというよりは1.2MV用の冷却ステージを持ってくればできるということでございますので、それも当然ながら。

【外部有識者】

磁場印加は可能なのですか。

【説明者】

それもステージ側でつけられますので、可能です。それは考慮してございます。

【外部有識者】

そうですか。

【説明者】

それから、やはりそういった意味では磁石というのは一つのターゲットだというふうに考えておきまして、それも産業的に非常に重要なだけではなくて、物理的にもバウンダリの非常に小さな領域の中で磁化反転がどうやって起こるかという物理が全く解明されておりませんので、そのところは現在NIMSで元素戦略の拠点で廣澤拠点長を中心にプロジェクトが走っておりまして、そのチームと既に我々のチームの間で、この新しい計測手法を使ってその物理を解明できないかという作戦をいろいろ練ってございます。

そういう形で、やはりほかに非常に日本としてお金を投じて優秀な先生がいらっしゃるのと一緒アイデアを出して問題解決するということだと思っていますので、そういった仕掛けを幾つか今玉をこめているところでございます。

【外部有識者】

ディスプレイウム (Dy) なしでより高性能の磁石をつくるためにはバウンダリ即ち粒界の制御が鍵と言われていますが、これは電頭が最も得意とする領域のはずですので、ぜひ磁石の高性能化に寄与するようなデータが得られることを期待しておりますので、よろしくお願ひします。

【説明者】

バウンダリのところにまさに3次元的な構造になっていて、まさにそのゲージ場のふるまいとか、もっと言えばダイナミクス含めてその物理が解明できると恐らく大きく前進できると思っています。そこは一つ大きなインパクトのあるターゲットだと思っています。

【外部有識者】

私は以上です。

【有識者議員】

ほかにございますでしょうか。どうぞ。

【有識者議員】

高温超伝導のほうをターゲットに入れて、研究されますか。高温超伝導のほうについても今後何かこの分野で研究されるという。というのは、ご案内のようにメカニズムがよくわかってませんよね。人によっては全然と言っていいぐらい異なる意見なので、何か新たなメカニズム解明に向けて貢献できると、私は大変いいかなと思って期待している分野なのですが。いかがでしょうか。

【説明者】

この前の装置で当然ながら金属超伝導と酸化物超伝導の中のピン止めの機構、それをやってきましたので、そこも当然必須スコープだと思っております。まだまだ実用化の上では臨界電流密度が足りない、それはボルテックスのフィジックスが未解明だということにも起因しますので、それは大きなターゲットだと思っています。ただし、幾つかのテーマがある中でどれを優先すべきかということをよく内部で検討いたしまして、産業的にインパクトがあり、かつサイエンスを解明することによってその産業が進むというテーマを選んで優先度をぜひこの中でつけてやってまいりたいと思います。ご指摘ありがとうございます。まさに重要なテーマだと思っています。

【有識者議員】

ほかにありますか。

では、私から。どこかにS P r i n g - 8のような、これは外村さんがおっしゃっていたのですかね、のような格好で将来の利用を考えていると。共同利用施設ということだと思いますが。結果としてはそれほど高い製品になって共同利用施設としてしか使えないのか、あるいはもう少し日本国内に幾つかこういうものができてそれぞれが使えるというような価格というかものになるのか、そのあたりの出口についてはどういうふうにお考えですか。

【説明者】

このプロジェクト、加速資金もあわせまして62億円ということで観察も含めてやっておりますので、数十億円ということで、いろいろなS P r i n g - 8、1,000億円級でメンテナンス費用も100億近くかかるというものとは大いに違っていると思います。今現在有力な大学には加速電圧の高い、超高圧電子顕微鏡と呼んでおりますけれども、電子顕微鏡がございまして、これは電子源の性質も2桁ぐらい違うのですが、そういう装置が将来拠点の大学に入っていつて使われるということも一つ選択肢としてあるというふうに思っております。

S P r i n g - 8はご存じのようにビームラインが多数あって、多くのユーザーが同時並行的に使いますが、どうしても電子顕微鏡ですとそんなに多くのユーザーが同時に使えるというものではないという性格がございまして、やはりその前にこのプロジェクトで有効性を示して、この装置があることによって産業なり科学が進むというインパクトをお示しして、拠点にそういったものが入っていくという順番が大事なかなというふうに今考えてございます。

【有識者議員】

よろしいでしょうか。どうぞ。

【外部有識者】

既に一番最初の質問で出た事項とちょっとダブっちゃうのですが、特許のブラックボックス化というところで。このまま進めていって、日本が得意とするところだということなんでしょうけれども。これは海外戦略として海外に持って行って、その部分が逆にオープンになってデメリットになってくるようなケースというのは想定できないのでしょうか。

【説明者】

あり得ると思っておりますし、この中でつくる幾つかの要素技術というのはこの装置だけではなくて、恐らくほかの装置にも反映してまいりますので、当然ながらそういった部分はプロテクトしなくてはいけないと思っております。私がブラックボックス化と言ったのは超高圧電子顕微鏡というのは今日本の2メーカーがやっております、日本電子とそれから日立ハイテクノロジーズ、二つのメーカーでございまして、そこの部分はかなりブラックボックス化したほうがいいのかなど。

ただし、汎用の電子顕微鏡でございますとかいろいろな検査装置、そこはアメリカのメーカーもございますし、ヨーロッパのメーカーもございますし、かなり競争が厳しいので、そこはブラックボックスというよりはむしろ明示的に特許化しないといけないかなというふうに思っています。

分解するとかなりわかる場所もございますので、そういった意味ではご指摘のとおりのところも多かろうと思います。

【外部有識者】

超高压に関しては海外のメーカーというのは今のところないのですか。

【説明者】

はい、現在ございません。日本2社だけでございます。

【外部有識者】

わかりました。

【有識者議員】

どうぞ。

【有識者議員】

全然違う側面なのですけれども、若手研究者の育成状況についてというところを拝見しますと、我々の期待と違う記述になっていまして。我々の期待値は、むしろポストドクがいれば次のステップに常勤職にどう移るかとか、成果を上げてキャリアアップされていくということを期待して書いていただいているのです。そういう感じになっていないのですが。もしおわかりになれば何名ぐらい非常勤の方がおられて、このプロジェクト1年ちょっとしか残ってませんが、その後の見通し感ですね、就職の、何かあれば教えていただけるとありがたいのですが。

【説明者】

それでは調べまして、別途ご報告するようにいたします。

【有識者議員】

それで結構です。それでは、事務局のほうに後で出していただくと。

【有識者議員】

はい。

【有識者議員】

こういう説明資料には書きにくいことなのですが、継続を決定するとき、外形的にはなかなかわかりにくいことの一つに、外村博士の精神的支柱というか、全体の研究チームにおけるそういうカリスマ性とはちょっと違うのかもしれませんが、そういう中心力があつたと思います。今のような新しい体制で進めていかれるときに、いかがでしょうか。亡くなられた直後はむしろ亡くなられたということ大きなモチベーションにしてチーム全体が盛り上がるという、こういうムードもあつたのではないかと思うのですが、今現実にこういう形で新しい体制で進んでいるときに、そこがどんな状況かという、これは表現しにくいことかもしれませんが、もし具体的にコメントしていただければ。

【説明者】

大事な点だというふうに認識しております。なかなか余人をもって代えがたいところはあるのですが、おっしゃっていただいたように、まずは急逝されたということバネにかなり団結してまいりました。それからもう一つは、現時点ですとあと1年少々ということで、もう目標を掲げておりますので、その目標に向かって走るといってかなり一致団結していると思います。終わり方がわからないとあれなのですけれども、終わりの要件定義をかなりはっきりしましたので、それに向けて一致団結というところだと思います。

それから、内部だけではなくて、やはり一番心配なのは外部に対して、やはりこれはこの装置といいアイデアを持った人をちゃんと結びつけて今後も使っていくというところで、そこはやはり少しカリスマ性があつた外村さんがいないということで、やはりちょっと求心力が弱くなる、そこは十分心配しておりますので、そこを組織的に解決するとか、あるいは今のうち日本、特に国内の有力な研究機関なり大きなプロジェクト、そういうところとの連携体制をつく

っておくというところで何とかカバーしてまいりたいと思いますし。

国際的にも外村さんがつくった国際的なネットワーク、5月に会議をやりましたけれども、そことそのネットワークをキープするような形をして、いろいろ国際的にも応用、それから装置に関しても意見を言っていただくような関係は維持するというので何とか、外村さんは亡くなりましたけれども、何とかそれに比肩するぐらいの活動ができるようにというふうに思っております。

【有識者議員】

ちょっと今の点に関連して、特に応用実験のところで見直しするとき国際的なチームも参加してもらって体制を補強するということがあったと思うのですけれども、それについては何か具体的な動きがあるのでしょうか。

【説明者】

いろいろな、まだ具体的に共同研究とかテーマの策定には至っておりませんが、幾つかの課題に対して意見の交換ということはやっているレベルでございます。

【有識者議員】

それはこの期間の中で、国際チームも参加して一部の実験を行うということを考えておられると。

【説明者】

それは多分この電子顕微鏡が完成した後になると思います、そういうことがあるとしましたら。あと1年半ですので、この期間、特に理研のチームを中心としてやりますことに関してはある程度の計画がございますので、基本的にはそれにのっとってやるということですが、さらにその後のインパクトのある成果、特に産業応用だけではなくて科学的に大きなインパクトのある成果ということに関しましては、そういう国際的なコミュニティの中でいろいろもんでいくのが、よかろうかなというふうに思っております。

【有識者議員】

どうぞ。

【有識者議員】

ただいまのところは、理研で行うインパクトの高い研究成果が、先ほどの計画表だと300 kVでということですが、むしろそうではなく、新しい装置が仕上がるところで最初にデモンストレーションをするようなその実験が研究インパクトの非常に高いものでぜひ設定してほしい。これを前倒しでやっていただきたい。そのときに長我部さんは、国際的なブレーンをいろいろ活用してということをおっしゃった。先ほどの何か組織をつくって云々はその後でも結構なのですが、そういう研究インパクトの強いものを設計するというかデザインするところにそういう国際ブレーンをうまく活用して、国際的にもインパクトが強いところをぜひ構築して、とにかく前倒しで実現していただくということが極めて重要だと思いますので、よろしく願いしたいと思います。

【説明者】

努力いたします。

【有識者議員】

どうぞ。

【外部有識者】

すみません、一つだけ。産業応用のほうでスピントロニクスデバイスとかあるいは希少元素というのは非常によくわかるのですけれども、リチウムイオンですね、私たちなんかも考えていると、太陽電池とかリチウムイオンとかもう投資産業の部類に入ってしまう、そういうところでこれをやることによってどういうふうに日本が取り戻すことができるかと、そういうところをちょっと一つ、二つ言っていただくとうれしいのですが。

【説明者】

そうですね、なかなか難しい、産業的な問題もございますし、これだという研究テーマとそれにインパクトが結びつく形にまでは今のところはなかなか言えない状況でございます。それ

は性能につきましてはこういう性能が達成したらうれしいという目標は掲げられますけれども、まだ具体的な研究テーマにまで、あるいはこれが解明できたらそれが達成できるというようなシナリオ、まだ電池に関しては立っていない状況でございます。

【外部有識者】

そうしますと、磁石については既に先ほどのNIMSの元素戦略プロジェクトなどと共同でやっておられるようですが、電池についてはまだ具体的に何か研究を始めているという状況ではないということですか？。

【説明者】

はい、そういう意味では大分若いフェーズというか、具体的なところまではまだ落とせていないです、これは。

【外部有識者】

リチウム電池に関しては、リチウムをどうやって見るかということ自体が非常に難しいですね。リチウムがやっと見えたということで今論文がいくつか出ているところですから、その動きを見るということになると非常に難しいと思いますし。さらに、既にリチウム電池はいろいろなプロジェクトが走っていますから、仮にやるとしてもでは実際どこのグループと組むのか、そういう体制をどう組むかということも含めて結構これは難しいのではないかという気がしますけれども。ぜひ新しい超高压電頭でリチウムの動きをくっきりとらえることがもしできれば、これは非常にインパクトがあると思います。

【説明者】

ライジングのプロジェクトもございますし、京大中心に元素戦略も動いておりますし、各企業、やはり韓国メーカーかなり台頭している中で研究やっていますので、ちょっとどういう形になるかということも含めてよく考えていきたいと思えます。

ただし、この辺に土地勘がある研究者というのは理研のチームの中に入れてまして、そういう意味でリチウムイオン電池を使って観察をしたことがあるという研究者は入れておりますので、考える体制はできておりますが、ちょっと具体的な戦略は、すみません、今はまだという段階

でございます。

【有識者議員】

どうぞ。

【外部有識者】

皆様の意見とそんなに変わらないのですけれども、見たいものと見る装置というのは一体だと思しますので、やはり見たいものをしっかり定めていただいて、それで微調整をするときに方向が少しそれで変わるのではないかと。今のお話だと装置は装置で最適化しますと。いいものについてはまた今考えますということだと、ちょっとそこは心配なので、見るものをフォーカスされて、それに合わせたような最適化を考えていただければなというふうに思います。

【説明者】

ありがとうございます。そういう意味ではかなりファンダメンタルな性能指標を挙げてございまして、先ほどのスキルミオン、スピントロニクスに走るのであればそれなりのモディフィケーションが必要ですし、あるいは永久磁石のバウンダリの磁化反転機構を解明するならそれなりということ。おっしゃるように、インパクトあるテーマの設計、それに向けた装置の持っていく方、そういったことを少し固めてまいりたいと思います。おっしゃるとおりだと思っております。

【有識者議員】

よろしいでしょうか。

それでは、多少時間が残っていますけれども、もう大体質問出尽くしたので、以上で終わりにしたいと思います。

どうもありがとうございました。

それで、本日質問があった事項で別途回答をいただくものについては、3日後の10月18日、木曜まで、さっき若手研究者について回答を後ほどということがありましたので、事務局まで電子メールにて回答していただくようお願いいたします。

どうもありがとうございました。

【説明者】

どうもありがとうございました。