

最先端研究開発支援プログラム推進チーム会合

最先端研究開発支援プログラム(FIRST)「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」(外村プロジェクト)の今後の取扱いに係る検討

1. 日時 平成24年5月23日(水)14:00~16:10

2. 場所 中央合同庁舎4号館 共用1208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

今榮東洋子 総合科学技術会議議員

青木 玲子 総合科学技術会議議員

有信 睦弘 外部有識者(東京大学 監事)

石出 孝 外部有識者(三菱重工株式会社技術本部先進技術研究センター
センター長)

松井 良夫 外部有識者(物質・材料研究機構ナノ計測センター先端電子顕微鏡
グループ・リーダー)

松木 則夫 外部有識者(産業技術総合研究所四国センター所長)

倉持 隆雄 政策統括官(科学技術政策・イノベーション担当)

中野 節 大臣官房審議官(科学技術政策担当)

川本 憲一 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)

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

4. 説明者

中村 道治 科学技術振興機構理事長

石田 秋生 科学技術振興機構戦略研究推進部研究支援統括

坂本 祥純 科学技術振興機構研究プロジェクト推進部調査役

長我部信行 株式会社日立製作所中央研究所所長

品田 博之 株式会社日立製作所中央研究所主管研究員超電顕プロジェクト・プロジェクトリーダー

川合 真紀 理化学研究所理事

玉尾 皓平 理化学研究所基幹研究所所長

朴 賢洵 理化学研究所基幹研究所量子現象観測技術研究チーム・チームリーダー

5. 議事

【有識者議員】

それでは、定刻になりましたので、最先端研究開発支援プログラム推進チームの会合を開催させていただきます。

大変お忙しい中ご出席いただきまして、まことにありがとうございます。

既にご案内のとおり、最先端研究開発支援プログラム(FIRST)の中心研究者のお一人でございました新たな電子顕微鏡開発に係るプロジェクトを主導されておりました外村博士、日立製作所のフェローでございますが、5月2日にご病気のためにお亡くなりになりました。FIRSTの推進上はもとより、我が国の科学技術の発展上、痛恨の極みでございます。同博士のこれまでのご業績に改めて敬意を表するとともに、心よりご冥福をお祈り申し上げたいと思います。

つきましては、外村プロジェクトに係る今後の取扱いに関し、総合科学技術会議として判断をしていく必要がございます。

なお、最先端研究開発支援プログラム運営につきましては、総合科学技術会議から科学技術政策担当大臣等政務三役と総合科学技術会議有識者議員で構成する最先端研究開発支援推進会議にゆだねられております。このため、総合科学技術会議としては、推進会議において判断を行っていくこととなります。また、推進会議での判断に当たりまして有識者議員で構成する最先端研究開発支援プログラム推進チームにおいて外部有識者の方々の参画、協力を得て、外村プロジェクトの今後の取扱いについて検討することとしております。

それでは、これより最先端研究開発支援プログラム推進チーム会合を開催いたしますが、本日は外

村プロジェクトの研究開発の進捗状況及び目標の達成見通し、今後のプロジェクト実施に係る補助事業者としての対応案について、補助事業者から説明を受けることとしております。

なお、本日のヒアリングに先立ちまして、先週16日ですが、プロジェクトの実施サイトであります埼玉県鳩山町で現地調査も実施しております。本日ご出席の方々にもご参加いただきましたことを厚く御礼申し上げます。

それでは、最初の議題であります、外村プロジェクトの今後の取扱いに係る検討の進め方についてということで、事務局より説明をお願いいたします。

【事務局】

それでは、議事に先立ちまして、本日のご出席者の紹介をさせていただきたいと思っております。

総合科学技術会議側、今、有識者議員からお話がありました最先端研究開発支援プログラム推進チームメンバーということで、相澤議員、奥村議員、今榮議員、青木議員にご出席をいただいております。

また、外部有識者ということで、有信先生、石出先生、松井先生、松木先生にご出席をいただいております。

引き続きまして、資料についてご確認をさせていただきたいと思っておりますが、お手元の議事次第の1枚紙をご覧いただきたいと思っております。

その真ん中あたりに配布資料ということで載せておりますが、資料の1から3、それと参考資料1、2ということでございます。

それで、この参考資料1につきましては、そこに括弧で書いておりますが、機密保持ということもございますので、この会議終了後、回収をさせていただきたいと思っております。

なお、本日のメインの資料でございます資料2、これは補助事業者から出された説明資料でございますが、これについては事前にお送りさせていただいた資料と異なっております。簡単に異なったところを申し上げれば、1つは構成の変更ということで、研究開発の進捗状況、目標の達成見通しの後に、今後のプロジェクトの実施に係る対応を説明するという形で資料のスライドの順番が変わっております。2つ目としましては、補足資料ということで、内容の充実が図られております。そういったことで事前にお配りさせていただいた資料と本日の資料とは内容が異なっているということについてご理解を賜りたいというふうに思っております。

それでは、外村プロジェクトの今後の取扱いに係る検討の進め方ということで簡単にご説明をさせていただきたいと思っております。

資料1をごらんいただきたいと思います。

これにつきましては、事前に各先生方には送付させていただいておりますので、既にご案内かとは思いますが、確認の意味でご説明させていただきたいと思います。

それで、冒頭書いておりますのは、先ほど有識者議員のほうから説明がございましたように、この取扱いの検討主体ということで、FIRSTにつきましては、総合科学技術会議から有識者議員からなる推進会議というものに運営がゆだねられておりますので、ここで判断していく。それに先立ちまして、推進チームで外部有識者の方々の参画、ご協力を得た上で検討していくということでございます。

まず、検討していただく際の論点ということで2つ掲げさせていただいております。

1つは、研究開発の進捗状況についてということで、これまでの研究開発が計画に沿って順調に進捗しているかということを確認していただく。

2つ目は、今後の話として、研究開発の目標の達成見通しがどうなのか、3つの構成要素からそこに整理しておりますが、1つはプロジェクトの特性、2つ目として先ほどの進捗状況と残された技術課題、3つ目として研究実施体制と事業推進体制、こういったことから見てプロジェクトの所期の目標の達成は可能と見込めるかどうか。

なお、ここでプロジェクトの特性と申し上げたのは、一律の判断基準ではなくて、プロジェクトごとによって判断が異なるということで、今回のプロジェクトにつきましては、ご案内のとおり電子線ホログラフィーにより原子レベルで電磁場を可視化する電子顕微鏡の開発という装置開発が一義的な目標とされているということで、その特性を考慮するということで書かせていただいております。

併せて、このプロジェクトが終了したときに世界トップ水準の研究成果になると見通せるかということも確認する必要があるということでもう一つ書かせていただいております。

以上が、この外村プロジェクトの今後の取扱い、端的に申し上げれば、継続の可否を判断していくときの論点ということで整理をさせていただいております。

次に、検討のスケジュールですが、次のページをご覧くださいと思います。

先ほど申し上げましたように、推進チームでご検討していただくわけですが、16日に現地調査を実施させていただいております。本日が補助事業者からのヒアリングということで、それらを踏まえて、推進チームのメンバー、また外部有識者の方々から、欠席の方も含めてご所見をいただくことにしております。それらを基に取りまとめて、31日にプログラム推進チーム、このときには推進チームのメンバーだけということになりますが、そこで今後の取扱い案を取りまとめていただく。その案を基に、今のところ6月上旬ということで想定しておりますが、推進会議で取扱いの決定をする、そのような手順で考えております。

なお、以上ご説明したことにつきましては、5月10日に推進会議として決定されたものでございます。
外村プロジェクトの今後の取扱いの検討の進め方については、以上でございます。

【有識者議員】

ありがとうございました。

それでは、ただいまの説明に対して何かご質問がございますでしょうか。よろしいでしょうか。

特段ございませんようですので、これから第2の議題であります外村プロジェクトの実施に係る補助事業者からの説明に移りたいと思います。

このヒアリングには2つポイントがございます。第1は、研究開発の進捗状況及び目標の達成見通し、第2が、今後のプログラム実施に係る補助事業者としての対応案でございます。

それでは、補助事業者関係3団体ございますが、入っていただいたところで、ただいまの2つの点を中心に説明をお願いすることになります。

(説明者 入室)

【有識者議員】

どうぞご着席ください。

大変お忙しいところをご説明にお越しいただきまして、まことにありがとうございます。ただいまから外村プロジェクトの実施に係る補助事業者からの説明ということでご説明いただき、そして、その後質疑とさせていただきます。

ヒアリングの進め方でございますけれども、2つの点を重点にお願いしたいと思います。

第1は、研究開発の進捗状況及び目標の達成見通し、第2が、今後のプロジェクト実施に係る補助事業者としての対応案でございます。全体として30分程度でご説明いただき、その後質疑応答ということにさせていただきます。

なお、本日のヒアリングは非公開という扱いにさせていただきますが、会議資料につきましては、会議終了後に原則公表するということにさせていただきたいと思います。したがって、非公表の扱いが必要であるものにつきましては、説明の中でご指摘いただければと思います。また、議事概要についても公表することにしております。発言者に対しては公表前に十分な確認をいただいた上で公表させていただきますので、よろしくお願いいたします。

それでは、説明をお願い申し上げます。

【説明者】

それでは、始めさせていただきます。

私は、外村プロジェクトの研究支援統括者を務めております。本日の説明の進行役をさせていただきます。よろしくお願いいたします。

本日は内容が多岐にわたっておりますこと、3機関の合同の説明ということでございますので、途中で何回か説明者がかわることをご容赦いただきたいというふうに存じます。

それでは始めさせていただきます。

最初に、JSTの説明者のほうから説明させていただきます。

【説明者】

日ごろ、外村FIRSTプロジェクトへのご理解とご支援をいただきましてまことにありがとうございます。また、特に今回、中心研究者が亡くなられたということで、大変ご心配をおかけしておりますこと、ありがとうございます。我々としては最大限努力して、当初想定した以上の成果を上げていきたいと3機関総意で今日は臨ませていただいておりますので、何とぞよろしくご審議お願いいたします。

資料2をご覧くださいと思いますが、この資料に沿ってこれからご説明します。

早速資料をめくっていただいて、1. 研究目標でございますように、このプロジェクトは数Åの原子の姿を捉える世界最高の空間分解能を持つ電子顕微鏡をつくるということでございまして、世の中に存在しないような高い性能を実現するという、とりわけ微細な3次元電磁場分布を電子の位相情報によって可視化する、こういうまさに電子線ホログラフィー電顕でないといけないことでございます。これをあわせて実現することによって、原子レベルでゲージ場を可視化するという、そういう観察装置の開発をお願いするものでございます。

これにつきましては、先日9日、10日に開催しました外村FIRSTプロジェクトに関するシンポジウムでも、海外のノーベル賞学者を含めて著名な研究者に来ていただき、国内の研究者とあわせてこのプロジェクトの期待と申しますか、この意義について十分にご認識いただき、激励の言葉をいただいたということで、我々としても非常に責任を感じているところでございます。

これまでの研究推進支援体制は、4ページ目にありますとおりでございまして、中心研究者のもとに共同事業機関として日立製作所が、本体開発、要素開発を主に行って、総括責任者が今日出席していただいております日立中央研究所所長の長我部信行さんでございます。共同事業機関、理化学研究所でございますが、こちらは予備実験とありますが、実際にこの装置ができることを想定して、今から応

用技術開発を進めていくということが中心でございまして、これは外村彰さんがチームリーダーを務めてこられたところでございます。研究支援担当機関としては、JSTがお世話させていただいているという構造になってございます。

以下、実際にプロジェクトでどこまで進捗したのか、今どういう問題があるのか、FIRSTプロジェクト期間中に技術的に大きな問題はないのか、あるいは克服できるのかといった点を含めて、現状をまず担当していただいています中央研究所並びに理化学研究所のほうから説明をしたいと思います。

【説明者】

5ページ目でございますけれども、研究の背景からご説明申し上げます。

これまで私ども、外村を中心としまして4世代のホログラフィー電子顕微鏡を開発してまいりました。このグラフの縦軸にございますように、電子線の輝度、干渉性の一つのパラメータですが、これを高めてまいりました。そして装置が新しくなるたびに新しい応用の世界を切り開いてまいりました。

まずいちばん最初に、磁気記録状態の磁力線を可視化させることによって記録密度を上げる、こういう研究のスタイルを確立し、次の電子顕微鏡では、長い間、物理の論争になっておりましたAB効果、アハロノフーボーム効果の検証実験を行いました。また次の装置におきましては、金属超伝導体の磁束量子の振る舞い、これを世界で初めて明らかにし、またさらに次の装置によりまして、より産業的に重要な高温超伝導体、これは磁束量子のピン止め、これによって実用上、磁石にもなり得る超伝導体ができますけれども、こういった物理を明らかにしてまいりました。今回のご提案は、こうした電子顕微鏡の輝度をさらに高めて原子レベルの観察に適用しようとするものでございます。

6ページに開発する装置のイメージと目標とする仕様の一部をご覧いただいております。その図にございますような3つの大きなタンクからなる電子顕微鏡でございまして、特徴は、そこにございますように、原子レベルでゲージ場を可視化できる、分解能が世界最高の0.040nm、それからホログラフィーを利用した位相の検出なども、これも世界最高レベル、さらに、3次元再構築というような特徴を有する装置でございます。

7ページ目に移らせていただきまして、ここで目標として掲げました0.040nmを実現するためにはどういう技術課題が必要かということをご説明してございます。

そこにグラフがございます。ここに情報伝達性能とございますけれども、これはその電子顕微鏡が横軸にございます空間サイズ、どこまで分解できるかという図でございまして、黒線にご注目いただきますと、これまで世界最高記録をつくっておりました300kVの電子顕微鏡の情報伝達性能です。これ、縦軸がほぼコントラストでございまして、世界記録0.05nmというところだったのですけれども、ぎりぎりです

か分解できるということでしたが、これを0.04nmにするには緑の線のような性能に変えていくということになります。それをさらに現実的な振動を勘案いたしますと、赤のような情報伝達性能を実現することによりまして、0.04nmという目標を達成するということになります。右の表のような技術課題を解決してまいります。

次のページをご覧ください。

情報伝達性能をどうやって引き上げるかというところは、右側の矢印の図でお示してございます。実はこのカーブは3つの要素で決まっております、一番上の縦軸 ΔE 低減と書いてございます。電子源のばらつきを極力小さくするというので、コールドフィールドエミッションというタイプの電子銃を実現いたします。

それから、右側の加速電圧アップ、加速電圧をできるだけ高くする。それから、さらに高くするだけではなくて、もう一軸電源の安定度を高くするというので、この3つの技術を備えまして新しい性能を実現いたします。

次のページに移りますと、先ほど申し上げましたような技術ブレークスルーをどのように解決していくかということをやや詳細に書いてございます。詳細はここでは申し上げませんが、例えば、中ほどの電子銃では、極高真空、二桁従来以上に真空度を向上させることによりまして安定なエミッションと輝度を上げるというようなことを実現してまいります。

その次の8ページでございますけれども、こうした性能を国際的なプロジェクトによる結果とベンチマークしてございます。

一番右のところにTEAMプロジェクト、ちょっと字が小さくて恐縮でございますけれども、これまでこのアメリカのプロジェクトと日本のCRESTでやりましたプロジェクト、この2つで世界最高の分解能、0.05nmというものが実現されておりました。本開発はそれをさらに上回るとともに、右端に表がございまして、輝度、電子線の干渉性をあらゆるパラメーターのベンチマークも書いてございます。したがって、分解能世界一であって、微細な3次元の電磁場を見るための干渉性能も世界一の性能を実現して、さらに加速電圧を高めることによってミクロンオーダーの厚い試料、また重元素も観察可能であるというものでございます。

次のページに移っていただきまして、では、こういった性能がこういった意義があるのかということをご説明しております。

分解能に関しましては、まず1つは、こういった装置の限界に挑戦することによって、日本の電子顕微鏡、世界の電子顕微鏡の技術が上がってきたということ、それから分解能が上がるということは、像コントラストが向上するというのでございまして、例えば0.06nmにおいては従来の世界記録より2倍コン

トラストが向上いたします。さらに幾つかその下に実用的に重要な応用に使えるというようなことを示してございます。

さらに、世界最高輝度に関しましては、この輝度(干渉性)によりましてホログラフィーを実現して、ゲージ場、すなわち電磁場がよく見えるようになります。数字で申しますと、例えば0.2nmというような分解能で電磁場が見られるというようなことでございます。これに必要なブレークスルーを実現してまいります。

次のページに、こうしたものをどういった計画のもとに進めているかということをお示ししてございます。

このページは、当初の提案書に書いてあるページでございまして、このコンセプトをもう少しわかりやすくブレークダウンいたしましたものが次の10ページにございます。日立製作所、理化学研究所の2共同研究機関が分担してやっております。特に理化学研究所、提案書には予備実験という書き方をしておりましたが、この概念を整理しまして解析手法の高度化電子顕微鏡で観察するための手法です、この高度化。それから、完成後の将来の装置活用に向けた応用実験というような形で進めるという整理をしてございます。日立製作所の分に関しましては、後ほど申し上げますけれども、津波の影響でございますとか、電子銃で課題が新たに出てまいりました。それを克服するために一部計画を組み換えてございますけれども、基本的には線表どおり進めまして、最終、平成25年度におきまして性能確認のための応用研究ということで成果を出して終了する予定でございます。

次のページに、その最終年度の、右下のほうになりますけれども、性能確認のための応用研究におきまして、具体的に、先ほど申し上げた分解能でございますとか位相の精度であるとか3次元であるとか、それをどういった順番で検証していくかということをややブレークダウンして書いてございます。ややビジーで申しわけございません。

次のページに移っていただきますと、予算計画・執行状況を示してございます。

イニシャルでいただきましたのが50億円、加速・強化事業として12億円ちょうだいしてございますけれども、既に基金という形でございますので、平成25年度分も含めて85%手配済みで順調に進行しております。

次の12ページが全体の進捗概況でございます。

次のスライドをお願いします。

震災が我々にとって一番大きな障害でございましたけれども、おおむね順調に推移しております。平成22年度、設計完了しまして、解析手法の高度化実験もかなりのめどがつかしました。震災の影響も克服いたしまして、その下にいろいろ写真ございますけれども、基本的には順調に進んでおります。

次のページに、ご参考でございますけれども、津波による被害状況でございます。

これは高圧ケーブルという部品でございますけれども、ちょうど日立港という震源に面している港に工場がございます。この震災によりまして冠水いたしましたけれども、その後、テストですとか分析を行いまして、やや計画を組み換えましたけれども、最終的な目標は達成できるということで進んでおります。

次のページに、これからの主要な課題をお示してございます。特に先ほどの高圧ケーブルに関しまして、高圧の放電という課題が発生いたしました。これを何とか克服するということと、さらに分解能を高くということで、ステージをさらに見直して、これを改良してまいります。計画及び見通しのところがございますように、ステージにつきましては9月、それから放電のトラブルについては6月にそれぞれ見通しをつける予定でございます。

次のページをお願いいたします。

ここに全体の概況を示しております、全体、先ほどお示した大きな装置でございますけれども、ここがございますように、高圧の発生タンクでございますとかケーブル、鏡体あるいは電子銃、こういったものが順調に組上がっております。

次の16ページに本体開発の状況が書いてございます。

黒字が既に終了したものでございまして、ブルーが今後やるもの、それから赤が今トラブルが発生したところでございますが、これも原因を特定いたしまして対策実施中でございますので、6月に完了する見通しでございます。

次の17ページから要素別にいろいろ書いてございます。

高圧ケーブルでございます。この特徴は、加速電圧を安定するというところで、抵抗ケーブルということを書いてございますけれども、芯線に樹脂の中にナノカーบอนを包埋しまして新しい材料を使いまして、その下の回路図がお示してございますけれども、高圧の発生源のノイズをこのフィルターで消し去るという技術でございます。これを完成させてまいります。

次の18ページは、さらに要素開発の様子をお示してございます。

電子銃でございますとかステージ、こういった要素の技術でございます。これも黒字に関しましては、23年度中に完成いたしまして、ブルーでお示しましたところを進めてまいります。

個別には、次のページからご説明いたします。

まず、19ページの試料ステージでございますけれども、これは現在、その写真にございますようなプロトタイプを完成いたしまして、このプロトタイプによりまして改善点を抽出いたしまして、剛性をやや強化すべきパーツが何点か見つかりました。現在改造を実施中でございます。これも計画の範囲でございます。

次のページに移っていただきまして、収差補正器でございます。

ここは、ドイツのCEOS社と共同でやっております。非常に重要な光学の設計、これはCEOS社、日立、両社でやりまして、さらにメカニカルな設計まで予定どおり進んでおります。

右のほうに図を示してございますけれども、光学的に収差の補正ができるという確認をシミュレーションいたしまして、その下に図がございまして、そこにはございますような6極の補正レンズを使いまして現在装置を組み上げているところでございます。今年度中に装置が組み上がりまして、それで本体とドッキングして性能を確認するというので、これも予定どおり進んでございます。

【説明者】

それでは、理研が担当しております部分につきまして、理研の説明者のほうから説明をさせていただきます。

【説明者】

それでは、先ほどの10ページから10-2ページでお示しましたとおり、理化学研究所は解析手法の高度化と将来の装置活用に向けた応用実験を担っておりますけれども、現在その中心で研究を率いてもらっておりますチームリーダーに5ページにわたって現在の進捗状況を説明してもらいます。

それでは、よろしく。

【説明者】

現在、理化学研究所で担当している解析手法の高度化について説明いたします。

開発項目として3次元再構成実験と高精度位相検出があります。

第1の3次元再構成実験の目標は、三次元ホルダーの安定性を300kVホログラフィー電子顕微鏡で検証することです。下の図で示したように、白金ナノ粒子の三次元位相像で空間分解能1.5nmを達成しました。今後開発した3次元再構成技術を1.2MVの制御システムに反映し、原子分解能を実現することを目指します。

第2開発項目である高精度位相検出の目標は、 $1/1000$ 波長に相当する位相変化を検出することです。原子レベルのゲージ場を可視化するためには、 $1/1000$ 波長に相当する小さい位相変化を検出できるように高輝度、高安定な電子顕微鏡開発が必要であり、位相ノイズを軽減する技術が必要です。本研究では今まで $1/300$ 波長に相当する位相変化まで検出可能であった位相シフト法に対し、新たに開発した電子線の強度、干渉縞のコントラストの変動を補正する手法を適用することで、 $1/1000$ 波長に相当する位相ノイズで真空領域の電場を観察しました。

次のページで、今説明したように、23年度までの技術を用いて、24年度からはホログラフィー観察の機能・性能を拡大するための新たな干渉技術を確立し、実サンプルを用いて実験、評価、観察技術高度化を目指します。25年度には日立と理研が共同で1.2MVで以下の項目の4つの実験を行う計画であります。

次のスライドに移りますと、それでは、将来の装置活用に向けた応用実験を説明したいと思います。

左側が理研の十倉研との共同研究、右側が東北大学の進藤研との共同研究成果であります。

まず、ナノスケールのスピン渦、すなわちスキルミオンの観察について説明いたします。

最近、電子のスピンを活用する電子技術、すなわちスピントロニクスでは、特徴・機能を持つデバイスを実現するための研究が進んでおります。一般的に電子のスピンは物質の磁気的な振る舞いに深く関係しており、例えば、スピンがすべて同じ方向にそろっている場合は、磁石としての性質があらわれません。これに対して、一部の特殊な磁性体の中では、電子のスピンが自発的にスキルミオンと呼ばれるナノスケールの渦巻き状の構造をつくるのが最近になって明らかにされました。本研究では、これまで観察されたスキルミオンの半径がより小さいMn-Si薄膜試料でもスキルミオンが安定に存在することがわかりました。

右側のナノ領域での磁性特性の解明について説明いたします。

エネルギー利用の飛躍的な効率化実現のため、相界面現象の解明は必要不可欠であります。特に電子線ホログラフィーは相界面での電磁気学的な現象をその場で可視化することが可能で、超高精度計測技術として非常に有効です。本研究では、その技術を用い、ホイスラー合金に不可避免的に導入される面状の格子欠陥、いわゆる逆位相境界、APB、近傍の磁化分布解析を行いました。図で示したように、数nmのAPB幅、例えば3nmと180°磁壁幅が完全に一致することが初めて明らかになりました。このように、界面近傍では局所的に磁性が変調することが予想され、今後構造揺らぎと磁性の関わりに興味もたれています。今後1.2MVで次のような研究が期待されます。

次のページに移ります。

次のスライドは、磁気記録材料の磁気特性評価及び磁気渦構造の三次元電磁場分布の可視化についての研究結果です。

次のページに移りますと、23年度まではごらんのように、5つの論文が掲載されました。24年度からは300kVを用いて、よりインパクトの高い成果の創出、そして300kVで得られた成果などから1.2MVに適用するテーマを検討する予定です。

以上です。

【説明者】

外村プロジェクトでは、応用研究会、シンポジウム等を開催しております。また、昨年度のフォローアップ調査のときの指摘事項に対してのご説明もあわせてさせていただきたいと思います。

【説明者】

次のページで、応用研究会の開催について述べております。過去3回開きましたけれども、この外側でさらに個々の研究者の皆様と応用に関していろいろ議論を進めているところでございます。

また、その次のページに広報活動といたしまして、プロジェクト開始早々にホームページを立ち上げまして、国民の皆様へ情報発信をするとともに、過去2回シンポジウムを開きました。1回目は、装置の目標スペック、あるいはフィジビリティ、こういったものを専門家に議論していただき、2回目は、その応用について、世界の第一人者に集まっていただき議論を展開いたしました。

次のページに、2回目の国際シンポジウム、ことし5月、残念ながら、外村中心研究者の死去の後でございましたけれども、国内外の著名研究者から、このプロジェクトに対する期待をいただいておりますとともに、何人もの研究者から、ぜひ手伝いたいという人があらわれております。

次のページに、昨年行われましたフォローアップへの対応状況をお示してございます。

まず1点目が、理研の予備実験、応用実験の位置づけをクリアにしないということでございますけれども、これは先ほどお示ししています解析手法の高度化、将来の装置活用に向けた応用実験ということで概念を整理しまして研究を進めてございます。

さらに、その次のページでございますけれども、電子顕微鏡をより多くの用途、ニーズにあわせて使っていくなさいということございまして、先ほどの応用研究会等々を開きましてJST、理研、日立が協力しましてベストな使い方を探っております。

さらにもう一点、知財に関しまして、これまでの特許出願件数がゼロ件ということでご指摘いただきましたけれども、1件出願済み、今後8件出願の予定がございまして。これも特許でブロックして日本の技術を高めてまいります。

【説明者】

それでは、これから外村プロジェクトの今後の展開ということでご説明をさせていただきたいと思いません。

では、最初にJSTのほうから説明させていただきます。

【説明者】

28ページをご覧いただきたいと思いますが、中心研究者が亡くなられたということで、この影響を軽減して研究開発を加速したいと考えております。

これまでいろいろな懸念される影響というのを分析いたしまして、それを克服する方法というのをこの三者で検討してまいりました。プロジェクト全体につきましては、なんといっても中心研究者がいなくてどうするのだということでございます。これにつきましては、今日も出席していただいておりますけれども、長我部さんに中心研究者代行という形で、このプロジェクト期間中、全体を統率していただくということが一番いいのではないかと思います、本日提案させていただきたいと思っております。また、この三者がとにかく一体となって協力してやるということがこれから国民や社会に理解していただく上でも、あるいは精神的な支柱がなくなったというのを克服するためにも非常に重要であるということ改めて認識しているところでございます。

装置開発につきましては、日立グループの経営を含めまして、あらゆる力を総動員して、これは予定どおり完成するという意思表示を私のところにいただいている状況でございまして、実際の統括責任者はこれまでどおり長我部さんがやってくださるというふうに確認しているところでございます。

実験につきましては、本日出席していただいております朴さんが、中心研究者、外村さんが勤めていたチームリーダーにかわるということで研究のほうは滞りなく進む。これまでも朴さんは外村さんと極めて近いところにあつてよいコミュニケーションを果たしてこられて、この期間内に少なくともどこまでやるかとか、そういうことについては十分意思疎通を図った上でやってこられましたので、期待にこたえられるのではないかと考えております。

加えて、将来のことも考えて新たなトップ研究者を理研に招聘するというのも理研の中で確認していただいているところでございます。全体にそういうことでございます。終了後につきましては、まだ少し時間がありますので、三者協議の上、強化する方向でいきたいと思いますが、何と言ったってやはりいいテーマをここでつくるということ、走らせるということと、それから運用体制をしっかりしたものにするのを、全員で検討する必要があるというふうに考えてございます。

そういうことで、29ページにございますけれども、今まで縷々述べてきたことをまとめてみますと、プロジェクトの状況でございますけれども、中心研究者である故外村博士の研究構想、研究計画に沿って研究開発が進められ、現時点では東日本大震災の遅れ等もありましたけれども、これは克服した上でほぼ計画どおりに進むというふうに我々は認識しているということでございます。

今後の対応、このプロジェクトの期間中の対応でございますが、先ほど申しましたように、中心研究者代行を置くということ、それから理研の研究分担につきましては、中心研究者のもとで1年以上にわた

って研究を実施してきた朴チームリーダーを責任者として研究開発を進める。JST、日立、理研の三者が継続的に協議を重ねて、このプロジェクトの完成並びに、その後の研究テーマ、体制について具体化していく、そういう思いであります。

30ページが、以上述べましたことを盛り込んだ新体制案でございまして、この赤字で示したところが今回ご提案させていただいている変更部分でございます。

この外村さんを代行する長我部さんというのはどういう方であるかというのを31ページ、32ページに載せてございますけれども、実は長我部さんはAB効果の検証並びに超伝導で磁石を遮蔽した完璧な検証を外村さんと一緒にやってこられた研究者でございます。中央研究所長の仕事よりもこっちのほうがいいんじゃないかなというような思いもするんですが、そういう方でございます。32ページに少し詳細なご経歴等を示させていただいております。もともとJSTとは非常に因縁があって、ERATO外村位相情報プロジェクト時代から長我部さんにも参加していただいていた、そういう関係でございます。

朴賢洵博士、朴さんにつきましては、33ページに簡単にご経歴等を挙げさせていただいております、電子線ホログラフィーの世界的主要研究者の一人が東北大学の進藤先生でございます。ここで学位をとられて、その後、カリフォルニア工科大学のZewail教授のもとで上席博士研究員として4次元電子顕微鏡の開発、その応用研究を遂行しています。昨年外村の願いで理研に来ていただいて、外村中心研究者と一緒に研究を進めてこられた、そういう方ございまして、この分野の研究をリードするのにふさわしい方であると思います。

【説明者】

それでは、理研の新しい体制につきまして、理研の説明者よりご説明をお願いいたします。

【説明者】

34ページに理研の研究体制の強化策を示してございます。3つのポイントを申し上げたいと思います。

下の移行図の右側が現在の体制です。それを使ってご説明いたしますが、今も説明がございましたように、その下のほうに少し色付けであってFIRST外村プロジェクトへの参画ということが書いてありますけれども、これが左を見ていただきますと、外村チームリーダーが率いておられました量子現象観測技術研究チームでございますが、そこの副チームリーダーであった朴さんをチームリーダーとしてここでリードしていただくという体制にしております。

2つ目のポイントは、その上の右上のところに赤い文字で書いてあります、赤矢印です。トップ研究者の招聘と書いてあり、進藤大輔東北大学教授を客員主管研究員で、もう既に招聘済みでございます。

今もご説明ありましたとおり、進藤教授は朴さんの元指導教官ということで、非常にチームの構成も大変よいというふうに思っております。

これが今のところですが、もう一つ、理研の第3期、来年度からですけれども、その中にこの観測チームを入れてしっかりとした研究体制を組みたいということを考えています。その中で、新たにこの分野のトップ研究者を招聘し、研究体制を強化する予定であるという、そういう体制を今組もうとしています。

それから3つ目ですけれども、小野義正さんに関してですが、以前は、この4月末まではグループ全体、4つのチームを見る副グループディレクターという役割でマネジメント中心にやっていたいておりましたけれども、この5月からJSTに移ってFIRSTプログラムプロジェクトに100%参画いただくということで、その支援体制もしっかりと強化できているという、そういう体制でございますので、外村さんの亡くなった後の抜けた穴をしっかりと強化するという体制を理研としては考えているということでございます。

以上です。

【説明者】

それでは、その次にFIRST終了後の展開ということでございますが、最初に、科学的成果、産業応用等につきまして日立の説明者のほうから説明させていただきます。

【説明者】

この装置の応用成果ということで、中心研究者が外村博士ということで、サイエンティフィックにやはりノーベル賞級の成果を出してほしいという、ご期待、それから計測装置でございますから、これが産業応用となってイノベーションの引き金になってほしいというようなご期待があるかと存じます。科学的成果に関しましては、外村博士が築いてまいりました海外、国内を含めます研究者ネットワークの中で英知を結集して本装置を使ったインパクトの高いものを今後探索するということかと存じます。産業応用に関しましては、そこに例示してございますけれども、今非常に日本にとって喫緊の課題でございます、例えば永久磁石の稀少元素レス化、これは国際的な材料リスクの回避でございますけれども、これはまさに何がわからないかという、粒界近傍の磁化反転機構ということで、まさにこの電子顕微鏡はそういったものの解明に使えるというようなこととございますとか、あるいは電気自動車を普及するにあたってはバッテリー容量が足りないというような問題であるとか、あるいは超低消費電力の素子をつくりたい、こういった課題に関しまして、極微細領域のゲージ場が見えるという本装置がお役に立ってイノベーションの一つの足がかりになるのではないかというふうに考えてございます。

以上です。

【説明者】

それでは、最後でございますが、終了後の展開をどのように考えているかということをおうから説明させていただきます。

【説明者】

36ページ目でございますが、FIRST終了後に関して、中心研究者の思いが研究計画書の中にもう既に書き込まれておりまして、完成の暁には、別途プロジェクトによって応用研究を継続したい、そのために国内外の研究者、研究機関との共同研究を行い、利用の輪を広げたい、将来に向けてはSPring-8のように内外に開かれた共同利用施設とすることで社会還元を目指したい、そういう思いが書かれているところでございます。我々としては、これをぜひ尊重して中心研究者の意思に沿って進めたいということでございますが、一言で申しますと、プロジェクト終了後も日立、理研が共同して他の研究機関や国家プロジェクトとの共同研究を通じて研究を進め、さらに共同利用施設化を目指すということでございます。

このプロジェクトの期間中にその関連で何をするかということについては、既に述べましたので、その下段のいちばん最後に、プロジェクト終了後というところについて触れたいと思っておりますが、日立製作所は開発中の1.2MVに加えて1MVの電頭を有しておりまして、そのさらにその周りに350kV等の電頭もでございます。これらの電頭群を維持管理するとともに、外部ユーザーにも開放する。社内の基礎研究、開発研究に活用して日本の産業活性化に会社として貢献するというを日立側の経営の意思として確認しております。理研側は、先ほどご説明していただいたとおりでございますが、強力な研究チーム体制で日立と協力して装置のさらなる高度化に取り組むとともに、最先端研究を推進するというを経営の意志として表明していただいております。私どもといたしましては、世界に冠たるホログラフィー電子顕微鏡群をフル活用するには、理研、日立体制をコアとして内外の研究者、産業界の研究者との共同研究体制の構築が非常に重要であり、ここを国際的な拠点に持っていきたいという強い思いを持っております。この拠点化のために国レベルでの研究プロジェクト体制の構築が今後有効ではないかということいろいろご相談させていただくというふうを考えているところでございます。

説明は以上でございます。

【有識者議員】

ありがとうございました。

それでは、ただいまから質疑に移ります。

2つ項目がございました。第1は、研究開発の進捗状況及び目標の達成の見通し、第2番目が、今後のプロジェクトの実施に係る対応であります。

前般の質疑はなるべく第1の課題について行って、それから今後の対応というふうにさせていただきます。もちろん相互に関連するところがありますので、そのあたりのところはあまり厳格な区別ではございませんので、どうぞ、いろいろな角度からご質問をお願いいたします。

はい、どうぞ。

【外部有識者】

幾つか確認させてください。

最初に、7ページ、長我部さんの説明のときに、たしか赤を目指すというふうに言われた気がしたのですが、これは緑と理解していいわけですね。

【説明者】

目指しているのは赤でございまして、緑の線というのが振動も全くないときの状態。

【外部有識者】

それは実現できないから、一応そういう意味ですか。

【説明者】

はい。

【外部有識者】

緑のほうがむしろ進んでいるので、緑を目指しているのかと思っていたのですが、そういう意味ではなくて。

【説明者】

目指す方向は緑でございまして……

【外部有識者】

ですけども、振動が完全には除去できないので、最終的には赤のところを目指す形になると。

【説明者】

できるだけ赤を超えたいと思っております。赤になれば、お約束しました0.04nmというところが見える限界でございまして、これは7pmという振動を仮定してございます。現在予備実験で、実は20pmを超えるものまで見えるぐらいの振動に抑えられるということが確認しております、したがって、それから推定して7pmに振動が抑えられるだろう。今後さらに実は手を打ちまして、これをできるだけ緑に近づきたいとは思ってございます。

【外部有識者】

ということですね。わかりました。それで理解いたします。

それから7ページのところ、7-3ですけれども、真空度を二桁向上させると書いてありますけれども、この真空度二桁というのは実際にどのぐらいの値になるわけですか。

【説明者】

私から答えさせていただきます。

10^{-10} パスカルでございます。

【外部有識者】

これは素人の質問で申しわけないのですが、8ページに輝度のことが書いてあって、輝度を上げることが目標になっていますけれども、輝度を上げるためには何をやって輝度を上げようとしているのですか。

【説明者】

まず基本的には、電子源のタイプが幾つかございまして、その中の一番輝度の高い冷陰極放電という方式がございます。これをまず実現する。これは今までなかなか超高圧ではできていなかったんですが、まずその方式をとるということが一つ。

それから、先ほどの真空度を上げるという話がございましたけれども、実は真空が悪い状態でございますと、だんだん電流が暗くなってしまう、ガスが吸着いたします。その問題を先ほどの真空度を二桁上げまして、 10^{-10} (パスカル)にしますと、電流が減衰しないということで、従来よりも輝度が上がる、こ

ういったようなことを総合いたしまして、従来を超える輝度を実現するというごさいます。

【外部有識者】

これは少なくとも両方が達成できないと上がらないということですね。

【説明者】

おっしゃるとおりでございます。

【外部有識者】

では、冷陰極放電でなおかつ真空度を上げるということ。

【説明者】

はい。

【外部有識者】

それから、14ページですけれども、このトラブルの中で高圧放電が発生したということで、一応原因もわかったというご説明だったわけですけれども、その原因の説明がなかったもので、本当に修復できるかということで、もう少し説明いただけると。

【説明者】

私から説明させていただきます。

この放電の原因でございますが、ケーブルの先端に樹脂のケーブルヘッドというものが、樹脂が露出しているところがございます。その樹脂の根元を金属、グラウンドの電位を持った金属でもって保持しております。金属と空間と絶縁物、この三重接合部分のところに電界が発生するということが過渡的なシミュレーションでわかりました。そこの電界を集中させないようにグラウンド電極を追加して、問題の部分に電界がそもそも発生しないようにしてしまうという対策を施すということでございます。

【外部有識者】

いろいろ聞いて申しわけないのですが、確認のために、今度は19枚目のスライドですけれども、試料ステージの剛性を上げるという対策がありますけれども、具体的にはどうやって剛性を上げるわけです

か。

【説明者】

非常にシンプルでございまして、部品をまず厚みを厚くする、あと構造を梁があるような構造にする。力学的にも剛性を強調するという事です。そもそもドリフトを気にするためにタングステンという非常に熱膨張率の小さい金属を使いました。それをまずとにかくプロトタイプで検証しようということで、部品がちょっと細分化されすぎたり、部品にちょっと小さ過ぎたというところがいろいろございまして、その部分に手を入れてシミュレーションを使いながら部品を変えていくというふうな取り組みをやっていきます。

【外部有識者】

一応目標の剛性はそれによって達成できるのは確認できていると考えていいのですか。

【説明者】

今、その見通しは、部品のシミュレーションレベルではできています。

【外部有識者】

シミュレーションでは確認できているわけですね。わかりました。

それでは最後ですけれども、20枚目、今度は理研の部分だと思えますけれども、1/1000波長に相当する位相変化の検出見通しができましたということですが、さっきの説明でよくわからなかったんですけれども、今までの位相の検出限界が幾らで、現在どこに来ていて、それが1.2MVになると1/1000波長になるという辺のところ、先の見通しの部分は結構ですけれども、今までの限界の検出波長の精度と、それから今回達成できた部分の値がわかったら教えてください。

【説明者】

今回使った位相シフト法によっては、今まででは他のグループで1/300波長が達成されました。それに対して今回は1/1000波長の位相ノイズレベルで真空領域での電場が確認できました。

【外部有識者】

それは300kVレベルで観測できたということですか。

【説明者】

そうです。

【外部有識者】

はい、わかりました。

【外部有識者】

19-2のスライドのところでお伺いしたいのですが、フェーズのところではCEOS社単独で担当されているところというのはどこかございますか。

【説明者】

これは製作、あと制御系インターフェースの設計、このフェーズで言いますとメカニカル設計、制御系インターフェース設計、補正器製造、この3つでございます。

【外部有識者】

この部分で仮に課題が発生した場合に、それを解決する体制というのはどのようにされる予定でしょうか。

【説明者】

基本的にはCEOS社でございますが、我々としては、それを定期的にフォローして、我々もそちらに向かって、あと製作、加工に関してのトラブルでありましたら、我々のほうの精密製作の技術も融合して解決していくということでございます。

【外部有識者】

前回の計画のときに、日立さんもこの部分はある程度やられているということを伺ったんですけれども、大体どういうところで問題が起きそうで、どういう解決方法があるということは理解されているという理解でよろしいのでしょうか。

【説明者】

基本的には理解しております。やはり精密加工、あとその、我々のほうでつくったレンズとこちらの

収差補正器とのすり合わせの部分になります。その辺をどういうふうにすり合わせるかという非常に現場レベルのノウハウでございますが、そのあたりは我々も保持しており、問題を解決するためにはそれを使っていくという所存でございます。

【外部有識者】

わかりました。

【説明者】

補足いたしますと、契約の形をそれぞれの技術マイルストーンを達成するごとにちゃんとチェックをいれていくという形になってございまして、見えない形では進行しないようになっておりまして、必ず我々の技術者が社内でやっている技術の目をもって先方に組み立てとか製作を含めました前後にチェックしていくということで、ほとんど自分のところにつくっているのと同じような気持ちで臨んでおります。

【外部有識者】

ありがとうございました。

【有識者議員】

2つほど質問させていただきますが、先ほどの8ページの今回のどこが改良点かということで、分解能と輝度の話がありまして、輝度の点に関しまして、2つの改良があったということですが、実際には日立の180から500というのはかなりのアップだと思うのですが、このステップで既にどういう点で改良があったのでしょうか。

【説明者】

この時点で、まず1つ、加速電圧が100万Vということでございます。この時点で先ほど申し上げた冷陰極放電というのを実現いたしまして、それが世界で初めて実現いたしまして、それでステップアップいたしました。今回さらにここからステップアップするために、先ほどの真空度を二桁上げるという話を申し上げましたけれども、NEGという新しいタイプのポンプですね、真空を引くためのポンプですけれども、それを電子源の近くに入れることによってさらに1MVからもうワンステップ上げると、そういう段階になっております。

【有識者議員】

2000年のときも既にこの2つは入れていたのだけれども、さらにそれが……

【説明者】

2つのうち1つだけ2000年のときに入れております。もう一つのほうをさらに今回加えることによって、さらにステップアップしております。

【有識者議員】

ありがとうございます。

もう一つは理研のチームリーダーにお聞きしたいのですが、20ページですが、進捗状況で2つは、既に行われている。でも、これは300kVのホログラフィー電顕でやられているのですが、そのあとで1.2MVの装置で実現したいということだと思のですが、10-2の計画によりますと、25年度にいろいろ分解能の検証実験とかがあって、その下の理研の計画は、24年からずっと続いているので、どこの時点で1.2MVのほうに実験が移るのか、その時間が見えないのですが。下のは、将来に向けての応用研究は300kV、1.2MV両方とも実験にはまだ手をつけないということなのでしょうか。要するに、新しい装置でどこまでデータが出るのかどうか。

【説明者】

10-2ページを見ると、まず将来の装置活用に向けた応用実験は、今も進んでおります。それで1.2MVでの日立との共同研究として平成25年度から収差補正位相計測などの組み調整、それで位相計測評価などを行う計画であります。

【有識者議員】

すみません、ちょっと私の理解が違っているかと思いますが、今既に成果を出されているのは1.2MVとは違いますよね。そちらに移って研究されるのがいつの時期かという質問なのですが。

【説明者】

すみません、線表の細かいところを書きましたのは私でございますので。

これは太い矢印というか太い棒がありますが、位相計測との組み込み調整、これが解析手法の高度化が上に上ったものです。その後の位相計測評価及び3次元化というところの応用として、将来装置の

活用に向けた応用実験、例えばスキルミオン等の計測もその段階で、1.2MVで一緒にできるだろうと考えています。そういう計画でございます。基本的には、まずは解析手法の高度化で完成した技術を1.2MVに組み込む。それはあくまで手法です。その手法を使ってどういうことをやるかという、下にある将来の装置活用に向けた応用実験でやったようなテーマを1.2MVに入れ込んでいく。

【有識者議員】

それは25年度に既に入っている。

【説明者】

入る予定です。そういう計画でございます。ただ、300kVでも平行して新たな応用研究テーマを理研のほうでは検討していくということで、その線は消えてはいません。

【有識者議員】

ただいまのところは、線表でもわかりにくいところであり、また今後の対応のところにもかかわるので、改めて議論させていただきたいと思います。

【有識者議員】

10ページ、スライド番号の10で線表が書かれていますけれども、結局、この顕微鏡の性能を実証する実験をどういうサンプルで、何を見るのかというのが大事だと思うんですね。例えば、情報限界の0.04nmを超えたとか、 $1/1000$ 波長、もう一つ、やはり加速電圧が高いことの一つの意味はどこに書かれてありましたけれども、厚目の試料が見えて実サンプルに、実材、バルク材料に近い状況が見えるのではないかと。そのもろもろのことを考えたときに、どういうサンプルでどのぐらいの厚みのものを、何を見るのかということが私はある意味ではこの研究の評価を決定的に皆さんの印象を決めるのではないかなと思ってまして、この線表で言いますと大分後のほうになるのですが、黄色く10ページに書かれていますよね。ここに何を具体的にでき上がったときに見るのかという計画はもう今の段階で決まっているのでしょうかというのが質問です。

【説明者】

今、立案中でございます。情報伝達の限界と申しますものはアモルファスという物体を使う必要がございますので、それはタングステン系のアモルファスを使って実証するという予定でございますけれども、

ご指摘がございました分解能でございますとかその他もろもろの性能、性能評価と同時に応用として意味があるもの、これを今現在選定中でございます、特に厚い試料でありますとか重元素、重元素と同時に軽元素、リチウムであるとかそういったもの、それが産業上、科学上何を入れれば一番インパクトがあるかと。これを今いろいろ探索して見つけるところでございます。我々だけではなくて、世界中の材料研究者の方々のご意見も伺いまして、一番インパクトのある性能検証のための応用研究という形にしたいと考えております。

【有識者議員】

ありがとうございます。今回、いわゆる収差補正はドイツの会社と一緒にやるということのご説明があったんですが、これまでに1.2MVという電圧に対しては、彼らにとっても今回初めてのトライになるのでしょうか。ですから、設計はできているようなのですが、光学設計ですね。本当にものがそのとおりできるのかと。あるいはできた経験があるのか、実績があるのかということなのですが、いかがでしょうか。

【説明者】

これまでの実績はございません。1.2MVでございますけれども、基本的な光学設計に関しましては、加速電圧が違っても、基本的には同じシミュレーションツールあるいは同じ物理原理の上に乗りますので共通でございます。ものづくりに関しましては、このものを電子顕微鏡の中にどうやって入れるかという段階では、我々の超高压1MVの経験のある人間とCEOS社の人間が共同で設計をいたしましたので、これまでCEOS社は300kVというところまでしか経験もございませんけれども、そこは一緒に設計へ入ることによって、彼らが一緒にやった光学系の設計をどう高加速電圧で実現するかと。X線の問題ですとかいろんな問題が出てまいりますけれども、そこは一緒にやりましたので、それで乗り越えられるというふうに考えておりますし、現状の設計の段階では問題ないのではないかとこのように考えています。

【外部有識者】

開発中の超高压電顕では、球面収差補正を入れること、それから、コールドフィールドエミッション(冷陰極電界放出)の電子銃を入れるということで、非常に挑戦的な課題だと考えておりますが、場の観察における球面収差補正の意義について質問したいと思います。原子像分解能を0.04nmに上げるために収差補正が必要であるということはよくわかりますが、例えば電子線ホログラフィーあるいはローレンツ電顕法で磁場や電場分布を見るとき分解能に関しては、この収差補正というのがどの程度決定

的に重要なものであるのかどうか、教えていただきたいというのが、まず1番目の質問です。

それからもう一つの質問は、今、球面収差補正が現実のものとなったことで、この分野では逆に低加速電圧の電子顕微鏡にこれを活用しようという流れも生じているわけですね。そうした状況下で、このプロジェクトで開発する電子顕微鏡というのは1.2MVという、極めて高い加速電圧を目指しているわけですね？ところがサンプルによっては1.2MVで加速された電子ビームではダメージが多くて、事実上観察できないというケースが多々出てくると予想されるわけです。この問題を解決するためには、例えば1.0MVであるとか0.8MV、0.6MVと、加速電圧を下げて使うということを十分想定した設計になっている必要があります。これは将来この装置をいろいろな研究分野の人に使っていただく上では極めて重要ではないかと考えます。

以上2点、ホログラフィーやローレンツ観察における球面収差補正)の意義、及び、低加速電圧への対応に関して、お答えいただければと思います。

【説明者】

まず、最初の点でございますけれども、ホログラフィーとかローレンツに対してどういうふうにCs補正(球面収差補正)のインパクトがあるかということですが、ホログラフィーで強度のほかに位相の情報をとらえるということでございますけれども、その位相を空間的にどれだけの精度でとらえるかということはやはり点分解能にかかわってまいりますので、そういった意味で位相をしっかりとらえるという意味で、位相の空間分解能を上げる上で重要になると。先ほどコントラストのところでも申し上げましたけれども、やはり分解能の制約でぼけてしまいますと、位相の情報が正しく反映されませんので、小さなところまで正しく位相が反映された像がとれるというメリットがございますのと、それから、これはローレンツ顕微鏡法という言葉が出ましたけれども、対物レンズ、ちょっとやや専門的な議論になりますけれども、対物レンズの磁場フリーの場所にもう一個試料ステージを持っておりまして、その部分で磁場印加をしながらローレンツでとらえると。その部分ですと、当然ながら球面収差が上に上がりますので大きくなりますけれども、その球面収差を補正すると、通常に対物レンズの中における収差補正と同時に、もう一段上がったところのローレンツポジションにおける収差補正というふうにやっております。

【外部有識者】

ローレンツポジションでも収差補正が使えるということですね？

【説明者】

はい。2段でやりますので、したがって、ローレンツの分解能も上がるということを含んでごさいます。

【外部有識者】

先ほどの質問にも関係しますが、ローレンツでは0.2nmの分解能を目指す、即ち2オングストロームですね。しかし、そのような距離に対応する磁気構造があるのかどうか、どうやってローレンツの分解能を実証するのかちょっと気になるのですが。

【説明者】

ローレンツの分解能は、空間分解能のほかに磁場がどれだけ強いかと。位相がどれだけ大きく変わっているかというファクターがございますので、基本的にはかなり磁性の大きいものの例えばドメインホールのように磁化状態が急峻に変わるところ、そういうところでスピンの回転していくかというのをとらえるというような実験をイメージしてございます。

【説明者】

加速電圧ですね。現状400kVまではもう通常のモードとして取り入れられるようにはなっています。それ以下についてはちょっとまだ検討してございません。

【外部有識者】

例えば400kVでしたら、どれくらいの分解能になりますか。

【説明者】

400kVの分解能について今ちょっと明確にこちらで申し上げられませんが、当然落ちますけれども、二、三倍は落ちると思いますが、ちょっと今明確に……

【外部有識者】

収差補正器はやはり400kVに電圧を下げても動作するのですか？

【説明者】

動作できます。動作する予定でございます。

【説明者】

先ほどのご質問でもう一点、収差補正が導入されることによって低加速側の電子顕微鏡が随分出てくるということで、それは私も重要な流れだと思っております、グラフェンとかAISTの末永さんがやっておられるようなああいう研究の方法というのは一つでございますけれども、あれは厚い試料とか例えばこの磁石であるとか電池であるとか、そういったものは逆に見られなくなりますので、うまく計測の手法として違う分野に適用されるというようなことで全体としては材料科学の役に立つのかなというふうに思っております。

【外部有識者】

それでは、2点ほど。先ほど外部有識者の先生がもう大体おっしゃっていただいていたのですけれども、まず、18ページ、19ページのところで、試料ステージのところでドリフト量60pm/minというのが23年度の目標と書かれていまして、それに対して、今実際これ、試料ステージ×駆動とか、こういうのが書かれているのですけれども、実際のところはどういうレベルまで。それとシミュレーションでやられたのか、あるいは実際にどの程度そこまで近づいているというデータが出ているのかというのが1点。

【説明者】

まず、ステージのことについてお答えいたしますが、現状ではまだ目標の60 pm/minというところはお出しておりません、ミクロンを切ったところであり、まだ全然目標レベルに到達しておりません。それはシミュレーションで大体見通しはできております。ただし、60 pm/minというところについてのそこまでの精度でシミュレーションし切れておりませんので、恐らく100 pm/min、200 pm/minになったあたりからはちょっと実験でカットアンドトライということになるかというふうに考えております。

【外部有識者】

今、これ材料はタングステンとおっしゃっていたのですけれども、使っている。

【説明者】

もちろんタングステンが多用されているということでございまして、この写真を見ると銅の色が出ていますけれども、ちょっと内部の細かい部品がタングステンをたくさん使っているということでございます。

【外部有識者】

わかりました。あと、それと22ページの2のところなのですが、要は先ほどもちょっと同じような質問があったと思うのですが、300kVで得られた成果から1.2MVに行く、そのときの適用するテーマというのがここの中で要は300kVの延長にあるのか。どういう新しい項目が出てくるのか、その辺のところをご説明願いたいと思います。

【説明者】

300kVで得られた成果として、例えば21のスライドで説明しましたように、今まで300kVで観察されたスキルミオンは18nmの周期を持っているスキルミオンでしたね。しかし、1.2MV電顕を使うことによって、より小さい半径のスキルミオンの発見が期待されます。一方、右側のナノ界面近傍での局所的な磁気モーメントを可視化することは今回の論文ではできませんでした。しかし、今後は1.2MVを使うことによって、より詳細な情報が得られると期待されます。

【外部有識者】

项目的には延長的なところを今おっしゃったような気がするのですが、それ以外に1.2MVだからどうだというのは何かあるのでしょうか、考えておられることで。

【説明者】

まず、この開発の目標スペック、先ほどの0.04nmとかそういったものを示すような応用研究というのは恐らく別のサンプルを使ってやることになるかと考えています。それは先ほど有識者議員からご質問があったことにお答えしたような状況でございます。さらに、このプロジェクトの外の今後の展開もにらみましたときに、ここでやっておりますようなスキルミオン、スピントロニクスとして情報をこのスピンの渦に持たせて、これで散逸がなく進むということで期待されているのですが、当然ながら情報を持たせるのは小さくないといけない、そういう研究をこの1.2MVで後々やっていくことでスピントロニクスとかに役立つということと、あと、スキルミオンという概念そのものが素粒子物理のコンセプトでございますから、こういうことで外村がイメージしていたのは一つこういった量子力学の重要なイベントを固体物理の中で発見、実証、検証していくと、そういった方向でこれが展開できないかと。幾つかの可能性を考えていきたいというふうに考えております。

【外部有識者】

1つだけ聞き忘れていたのですが、この前、鳩山サイトに伺ったときに説明に入れてほしいと言っていたので、多分私が十分理解できなかったのかもしれませんが、ここの0.047nmから0.04nmに持っていくところの限界で、例えば8枚目のスライドのところにボア半径という言葉が書いてあって、結局ここのところに何かある種の壁があって、それを乗り越えるということが装置上極めて重要な意味を持つというのですかね。つまりそれによって何が観測できるかということにもものすごく大きくかわると思いますけれども、現時点で0.047nmまでは実現されていて、これを0.04nmに持っていくところの障壁の説明をしていただくと、実はこの成果の偉大さがもう少しよく理解できるのですけれども。

【説明者】

その辺は若干説明不足であったかと思うのですけれども、やはり物質でございますから、ここから先に何か意味があるというはっきりした屈折点があるというわけではございません。1つボア半径というメジャーはあるかと思いますが、その近辺でできるだけそれをプッシュするということで、それは性能的には分解能が上がるというだけではなくて、コントラストが高くなるという効果もございますので、より原子レベルでの解明がやりやすくなるということと、技術的な壁は先ほどご説明しましたように、300kVまででは達成できないというところがございます。

【外部有識者】

0.047nmから0.04nmに行ってもどれだけの進歩かというのを通常ニアで考えればその程度かということになりますので、その部分については、説明上の工夫をしていただいたほうがいいかなと思います。

【説明者】

わかりました。最終的に性能確認の応用研究をするという中で、なぜその分解能がそういった上で意味を持つのかということを含めてご説明できるような成果の形にしたいと考えております。

【有識者議員】

ご提案いただいた計画書には書いてあって、きょうご説明になかったことが電子線の検出効率です。将来この設備をいろいろな人に様々な用途で使っていただこうとしますと、先ほどダメージの話がどなたかから出ましたけれども、一見地味なのですけれども、私は大事だなと、こう思っている。全然ご説明なかったのですけれども、一応計画書には書いてあるんです。100%に近づけるという言い方。これは

どんな状況ですか。

【説明者】

これは18ページの進捗状況要素開発の3、非常にわかりにくい項目名にしてしまっているのですが、高精度位相検出系というところで、電子一個を検出できる高感度、これ具体的にはCCDカメラのトランスファーレンズといって、まず電子を光に変えて、光からCCDに持っていくところのレンズの転送効率が20倍ぐらい上がります。従来のものが非常にロスが多かったというところがございます。そのCCDカメラの検出効率が非常に上がっているということと、あと蛍光体の選択とあわせて効率が上がって、電子一個の検出がロスなくできるというところまでカメラの要素開発までは確認しております。これをそれから組み込んで検証していくというところで、これは順調に進んでいるところもございましたので、この2行だけで済ませてしまいました。

【有識者議員】

大体目標に近いと。

【説明者】

はい、近いところまで来ております。

【有識者議員】

私のほうからも少し質問させていただきますが、先ほど議論のありました8ページの国際比較についてです。この右側の表ですと、ほとんど日本がこういうことだけでイメージできるのですが、これが実際でしょうか。つまり国際的に海外における研究開発状況ということがこれだと見えないんですが、断トツで日本がリードしているのだというふうに言い切ってよろしいんでしょうか。

【説明者】

幾つかのファクターがございまして、分解能では今申し上げましたアメリカのTEAMというプロジェクトが世界で最初にこの0.047nmというところに達成しまして、その後、日本のCRESTの田中先生の領域の中の高柳プロジェクトが到達いたしました。そういった意味では、ちょっとアメリカに遅れたという状況だったと思っておりますが、その輝度、干渉性の高い電子銃という意味では日本がリードしているという状況だと思います。さらに加速電圧の高い電子顕微鏡というのは、これはまさに日本のお家芸でござ

いまして、今国立大学に大体1台ずつございますし、そういった意味では、その点では世界をリードしているというふうに思います。

【有識者議員】

今回の特徴を示すのにも、この単純な表だけではなく、今のようなことを明確にあらわしていただくと、位置づけもはっきりとするのではないかというふうに思います。

それからもう一つは、この専門評価のところにかかわることですが、先ほど来、有識者議員がサンプルの厚さの話をされましたけれども、3次元ホログラフィーにすることによって、今回の深さ方向の分解能とっていいのかわかりませんが、3次元ホログラフィー全体としての2次元方向と、それから3次元の、ここの特性評価はどういう表現になるのでしょうか。

【説明者】

横方向でございますが、これは点分解能という数字で0.04nmということでございますけれども、深さ方向には今、原理実験では1.5nmという数字が出ておりまして、少なくとも1nmは切るようなところを目指してやっていくつもりでございます。

【有識者議員】

それでは、今後の対応についてのところに軸を移して、またご質問をお願いいたします。

はい、どうぞ。

【外部有識者】

研究計画書の様式4の別紙の1ページ目のところに研究組織の体制があるのですがけれども、この部分は新しい体制で朴リーダーが入られてという形に変わるというようなイメージになるのでしょうかという質問と、このときエフォートですね。特に外村先生は90%のエフォートで参画されて引っ張っていただいていたと思うのですがけれども、なかなか所長はお忙しい中、どういふエフォートの形で実施をされようと考えられているのかご説明いただければと思います。

【説明者】

先ほどの34ページでよろしいですかね。先ほどの34ページのこの右の下のところでFIRST外村プロジェクトへの参画のこの朴チームリーダー、これはもうエフォート、これに100%かけているということで

理解いただいてよいと思います。

それから、このトップ研究者を招聘して現在も参画いただいておりますけれども、やはり現所属機関の本部から離れられないというような状況もございますので、やはり併任ということですが、チームリーダー格でもってしっかりと参画いただくという強化体制を近く今年度中にはとりたいと、秋にはとりたいというふうに思っています。それで、ですから外村さんのあいた穴をしっかりと埋める体制ということでやりたいというふうに思っています。

【説明者】

それから、私のエフォート率でございますけれども、現在は、80%以上はこのためにいろいろ変革時でございますから扱っていると思っておりますけれども、現在におきまして、このもともとのFIRSTプロジェクトチーム以外の私どもの研究所の人間を動員いたしまして、私の指揮のもとにいろいろ試料作成を含めて動員してやりました。今後も今のような80%のエフォート率というのはやや無理があるかと思うのですが、問題とかそういうことがあるところは100%に近いような形で私が入って行って見ていくということと同時に、我々の研究所の中の人間、これにいちばん最適な人間をその都度選びまして、このプロジェクトの外ではございますけれども、このプロジェクトのために働かせるというようなこととございますとか、先ほどのリスク管理のところでも申しましたけれども、トラブルがありましたら日立グループのあらゆる力を使って解決に当たらせるということをマネージャーの立場でやってまいります。

【外部有識者】

そうすると、ご質問しました4ページの別紙の1ページ目のところの組織のエフォートのところのメンバーというのは、もう少し大きな人数の形で書かれるような修正がなされるようなイメージでよろしいのでしょうか。

【説明者】

このプロジェクトの中にそういう人数を入れるかというその辺はちょっとご指導いただきたいところなのですが、あるいはその外側でこれをサポートすると、いろいろな形があろうかと思っておりますけれども、ちょっとその辺はどう表現したらいいかというのは逆にご指導いただきたいなと思っております。

【外部有識者】

いや、確かに今の話を聞いていて、長我部さんは中研の所長をやりながら、そこで80%こっちに向け

たら中研はどうなっちゃうのさという話になるので、ここの体制はやっぱり多分だれが考えてもそう思うと思うのですよね。もちろん心情的にはそういう思いでかかわっておられると思いますけれども、そこで具体的な新しい体制の表現としては、今までの日立製作所の電子顕微鏡の実績等々含めて、技術者の層が厚いのはもう十分承知していますので、何らか体制的に表現したほうがいいような気がしますけれども。

【説明者】

わかりました。少し表出ししてお示しするようにいたします。現在でもサポートチームをつくってやっておりますので、少しその辺を表現するようにいたします。

【有識者議員】

35ページに終了後の展開ということで、例えば産業応用(参考例)というのが書いてありまして、こういうことがすぐにできると非常にいいなというふうには思いますけれども、実際として25年度に装置の性能評価とかして、恐らくこのときに同時に理研のほうで研究をされるんだと思うのですが、実際的には例えばこれが外に向けての使用を開かれるというのは、どのぐらいのタームで可能になるということになるのでしょうか。要するに国際でも何でもよろしいんですが、今の理研以外の研究者が加われる時期というのはどれぐらいと想定されていますか。

【説明者】

物理的には終わり次第可能だと思うのですが、そのためのテーマの選定でございますとか、その人をどうサポートするか。その人が非常に電子顕微鏡をご自分でお使いになれるとかいろいろな諸条件がございますので、その辺を加味しながら今後体制をこの2年間で考えていくということになるかと思っておりますけれども、プロジェクト終了時点で電子顕微鏡そのものは十分何にでも使えるようになるというイメージでございます、装置としてはですね。そのためのテーマ決めであるとかサポートだとか、そこは2年間かけて少し考えさせていただきたいと思っています。

【説明者】

それで、私がいちばん最後に申し上げたんですが、この装置で毎日サンプルを変えて、今日は磁性のほうの測定をやって、次はリチウム電池の測定をやると、それほど器用にはいかないんですよ。ですから、300kVがあって、もっと古いのもありますので、それから1MVがありますから。この辺を最適に

活用していただいて、まず初めのうちはこの辺から出発してもらってここへ持っていくとか、全体をうまく使うような仕組みをつくるのが大事じゃないかと。とにかく人口をそれで増やすことがこの1.2MVの活用にもつながるのではないかと、そういうことを思っています。

【外部有識者】

多くの分野の方が多様なテーマとサンプルを持ってこられることになると、重要なのはやはり試料ステージ、或いは試料ホルダーですね。サンプルによって例えば加熱したり逆に冷やしたり、いろいろな要求がユーザーから出てきて、そのすべてに対応するのは恐らく不可能だろうと思いますが、とりあえずこの装置ができたときにはどういう試料ホルダーがユーザーに提供できますか？ 例えば3次元ホルダーは今300kVで開発されていますが、新しい超高压電源用にも3次元ホルダーは用意されるのかどうか。あるいは朴さんが話された「スキルミオン」のローレンツ観察では、当然液体ヘリウムで極低温に冷却して更に磁場をかけるといった必要が出てくるはずですね。もちろん将来的にはヘリウム冷却が不要な「室温好きルミオン」を目指すのかもしれませんが。そういった様々な要求に対して、どの程度のこととがとれればこの装置で対応可能なのか、教えていただければと思います。

【説明者】

1.2MVの装置に関しましては、ご指摘の3次元のホルダーでございますと、加熱の機構、冷却の機構、磁場印加の機構は対物のレンズの磁場を除きましてはございません。先ほどJSTの説明者からお話がありましたように……

【外部有識者】

冷却や磁場印加機構はないのですか。

【説明者】

ローレンツモード用に磁場印加は試作してはおります。ただ、高分解のところはないということがございます。

【説明者】

その説明者からお話があったように、1MVの電子顕微鏡のほうは冷却ステージ、ヘリウム温度近くということと、3次元的な任意の方向の磁場印加というような機能がございまして、そういった意味では、

まず、最初は総合的に考えると幅が広がるというふうに考えています。

【有識者議員】

プロジェクトの外の話なのですが、ですから、これからご検討いただいたらいいとは思いますが、1つは外村先生も恐らく夢というか、思っておられたのは物理現象の解明という使い方があると思いますね。それから、2つ目はここに参考例と書かれているように、現実的な産業界が直面している技術課題にブレイクスルーを与えるような新たな知見の発見を狙う使い方。

もう一つは、やはり電子顕微鏡そのものの産業としての力というのでしょうかね。皆さん方はもうご案内のように、ドイツから収差補正技術が出て、残念なことに日本勢はシェアを奪われたということで、今回の成果が電子顕微鏡産業そのものの起死回生になるのかどうか。当初の計画書を読みますと、外村先生のそういう熱い思いも表現の中に見え隠れしているのですよね。ですから、その第3番目のことどこかに頭に入れて、これは主に日立さんになるんだろうと思うのですが、あるいは他のメーカーさんでもいいのですが、日本の産業としての展開も考えていただきたい。これが外村先生の意思の一部でも引き継ぐことになるのではないかなと。これはプロジェクトの外の話なので今申し上げるのも何なのですけれども、頭の中に入れてご検討いただくと私は大変ありがたいと、思っています。

【説明者】

ご指摘ありがとうございます。私どもの日立ハイテクノロジーズという会社では、電子顕微鏡関係の事業を行っておりますので、当然ながらそのチームもここにきておりますので、そのものたちの経験を通して科学機器用の電子顕微鏡あるいは半導体の検査装置用の電子顕微鏡、それが主力の事業でございますので、そこでやっぱり競争力をつけて日本の産業力を底上げすることと同時に、これは顧問に志水先生、田中先生というお二方に来ていただきまして、特に志水先生からはここでつくりました要素技術、例えば先ほどの高圧の抵抗ケーブルの技術でございますとか電源の安定度、こういったところは公開できるものは公開して日本全体の底上げをしてほしいというご要望を伺っておりまして、そのような勉強会、研究会を今後開く予定でございますので、それを通しまして業界全体の底上げを図ると同時に、自社のところでやはり海外メーカーに負けないということで、ぜひ利益を得て税金を払いたいと思っています。

【説明者】

例えば7-3のページにございますような低擾乱・高安定化の技術のためにいろいろな部品を製作す

るために協力会社、また部品を製作会社に発注するとか、いろいろやっております。これらの非常に地味な一つ一つがやはり非常に高度だということも電子顕微鏡の事業の底上げという意味で非常に貢献できるであろうというふうに考えながら開発の現場についてございます。

【外部有識者】

外村先生の一番当初の目標は大きく分けて2つあったと思うのですよね。1つは原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こと、これが1つ。それから、その観察する装置によって、いわば原子のベクトルポテンシャルを観測すること。実際には90億の規模で研究計画を立てたものが途中で50億規模になったので、後半部分をごっそりと削除して、それで前半に集中しますという話で進んできたと思うのですね。実際には後半が実証できて初めて前半の達成がわかるという部分もあるので、そこで今までいろんな方々から具体的に何を測定して、どういう結果を得るのかという質問が出ているので、そのところで何かキラークの測定というのが想定されていれば紹介していただきたいし、そうでなければぜひそういうところへの足がかりをつくっておいてほしいなという気がするのですけれども。

【説明者】

わかりました。プロジェクト期間中につきましては、今ちょうど選定中で、一番何が応用的にも価値があって、この性能を評価できるかということで選んでおります。それから、その後につきましては、先ほど申し上げましたように、やはり少しいろいろな意見とかそれを集めまして、先ほどのもとの90億の半分ぐらいになったところ、その説明責任を果たせるようなテーマをぜひいろいろな方のお知恵もかりながら選んでいきたいというふうに思います。

【事務局】

事務局から2点ほど確認をさせていただきたいのですが、1つは34ページの研究推進・支援体制というところの説明で、特に理研の体制について東北大学の進藤先生が客員研究員で来られていると。これについてはいつからかということと、アバウトで結構なのですが、どれぐらいのエフォートをこの外村プロジェクトに協力いただいているのかと。それともう一つは、上のほうに「近くチームリーダーとして招聘し」ということで書かれているのですが、その際の朴チームリーダーとの関係ですね。これが外村プロジェクトの中でどういう関係づけになるのかというのが1点目です。

もう一点は、これは本日ご欠席の先生からも聞かれていることですが、理研で担当されている応用実験開発の部分で、300kVの電顕が使われていると。一方で、既に1MVの電顕が日立さんのほうにある

と。応用実験開発をどうして1MVの電顕でやられなかったのか、300kVの電顕でやられたのか、その理由についてご説明いただければと思います。

【説明者】

理研の現在客員主管研究員ということで参画していただいておりますが、外村プロジェクトでの研究会等にはいつもご参画をいただいているというふうに理解をしておりますので、エフォート率としてご本人が何%と書かれたか、ちょっとそこまでの理解はできていませんが……

【事務局】

いや、招聘というのは単に研究会へ参画というということではなくて、このプロジェクトに実際にかかわられているという意味だと思うのですよね。そういう意味で、いつから大体どれぐらい……

【説明者】

客員主管になっていただいたのは昨年度だと理解しています。それから、今度ここで「近くチームリーダーとして招聘する」というのは、チームを1つ立てる予定で新たにそちらのほうのチームリーダーとして招聘するという計画です。ですから、新設されるチームのチームリーダーとしてこの外村プロジェクトのほうの観測チームに参画いただくと、そういう体制ですので、この朴さんはこのプロジェクトそのもののチームリーダーという位置づけです。だから、2人のチームリーダー体制です。

【事務局】

私が確認したかったのは、この「チームリーダーとして招聘し研究体制を強化する」というところ。これは外村プロジェクトのことについて言及されているというふうに理解したわけですが、そうすると、チームリーダーとしてこの外村プロジェクトにどういう参画になるのかと。そのときに朴チームリーダーとの関係はどうなるのかということが、この研究体制の強化という面で重要な意味を持つのではないかと。それでちょっとその詳細をお聞きしたかったということです。

【説明者】

それは、ですから、実質的には外村チームのリーダーとしての役割を招聘チームリーダーとして担っていただくという位置づけで招聘するという意味合いです。

【事務局】

ということは、この量子現象観測技術研究チームのチームリーダーは将来的というか、近い将来ですか、新たに招聘する方がチームリーダーになられると、そういう理解でよろしいですか。

【説明者】

ここはまだ予算措置もできておりませんので、そのところまでの将来の体制まではまだ十分に立てられる段階には至っておりません。

【有識者議員】

今の質問は、理研の中の新しくできるセンターのチームリーダーということをおられるのか、外村プロジェクトとしてのチームリーダー、要は朴さんが想定されているポジションをおられるのか、そこがあいまいなので、どちらなのかということだと思います。

【説明者】

それは、ですから、今も言いました予算もこれからですから、実現した暁には、これは一体化した、強化した観測チームとして体制をしっかりとつくるという意味合いにおいて今年度後半から招聘のチームリーダーとして参画いただいて、このチームをしっかりと支えていただくと、そういう体制を今年度はそのように。

【有識者議員】

事務局が伺いたいのは、この研究組織として招聘する方は朴さんと並んでチームリーダーなのか、それとも朴さんはチームリーダーとは別格になるのでしょうか。それともチームリーダーがチームリーダーと招聘チームリーダーと2つに分かれる、そういう意味でしょうか。

【説明者】

実質はこの研究をやっていただく体制としては、このチームの中でしっかりやっていただくという仕組みです。

【有識者議員】

しっかりやっていただくのは、それは結構なのですが、恐らく事務局が伺いたいのは、端的に言

えば人件費を含めてどういう体制でこれを運営していくかという意味のチームリーダーというポジションということなので、その辺は後でよくすり合わせてください。

【事務局】

私が申し上げたいのは、そういう事務的なというよりも、今まで外村先生がチームリーダーとしてやられていて、副チームリーダーとして朴さんがやられていたと。それが今後、外村先生がお亡くなりになったことによって、朴さんがチームリーダーになられると。ただ一方で、その体制を強化するということで新しく人が来ると。そうすると、外村先生が亡くなられたところを新しく来る方がどうやってカバーされるのか。ここの読み方によっては、新たなチームリーダーは新しく来る方がおなりになるというふうにもとれるわけですが、そういう理解でいいのか、そこを確認したいということです。

【説明者】

センターが実現した暁には、そのような体制を組むという計画を持っています。

【事務局】

ということは、全体のこの外村先生が引っ張っておられた理研のチームは、そういった暁には新しく来る方が率いられると、そういう理解でよろしいですか。

【説明者】

はい。

【説明者】

後半のご質問については私のほうからお答えさせていただきます。

300kVで進めている実験、これはあくまで手法の開発が中心でございます。手法の開発で300kVと1MVとどれだけ実験の所要時間とか準備期間、どれだけ効率的に進められるかといえば、まず300kVのほうが圧倒的に短時間で効率よくできます。そういう意味でまず300kVをやっています。それと、私も1.2MVの開発の都合もございまして、低擾乱化、つまり外乱をどれだけ減らせるかという実験を1MVで、これはもう1MVでやらざるを得ない。そういう意味で1MVのマシンはそちらにもとられます。この2つの理由から高度化開発というところでは300kVのみを使ってございます。

【有識者議員】

それでは、いろいろとご質問いただきましたが、本日のヒアリングを整理してみますと、進捗状況と、それから研究計画上の今後の進め方については、外村さんが欠けた状態でも目標どおり達成できるということで明確に表現していただいた、というふうに理解させていただいてよろしいでしょうか。

それから、計画期間における研究プロジェクトの終了の仕方が、当初の計画の線表では非常に曖昧でした。きょう新たなバージョンで示していただいておりますけれども、今後の応用展開という部分のところに、性能評価を行うに当たって、これこそ世界にインパクトのある示し方をさせていただきたいということが今日いろいろと出てきた意見の集約ではないかというふうに思います。

そこで、先ほど説明者からご説明のあった28枚目のスライド、この中に中心研究者が欠けた状況での補完すべき内容がいろいろと書かれております。その中で終了後の活用のところに書かれているのですが、外村博士の構想という部分です。この部分は終了後の活用ではなく、研究期間における締めどころにこの一部が反映できるということを明確に出していただく必要があるのではないかとこのように思います。先ほど議論がありましたように、今300kVでやっている実験を単に延長することが性能評価であり、プロジェクトとしての締めだというふうに受け取られております。そうではなく、そこにこの外村構想の第一段階といいたいまいしょうか、そういうふうなものを朴さんが十分に受け継いでいて、それを実現できるように引っ張っていくというような部分が必要ではないかというふうに思われます。その辺のところは私の言っていることが無理なのか、あるいはそういうようなことで少しまとめていただけるとか、その辺はいかがでしょう。これはJSTからでもほかの方からでも。

【説明者】

確かに当初の計画では、最後までまでストレッチするかということはそれほど明確に書いていなかったわけですが、外村さんのことだから、必ず世の中を驚かせてくれるだろうと、そういう期待はみんな持ったわけですね。ですから、彼がいないからといって、やっぱりそういうことはこれに期待されておりますので、我々としてはとにかく可能なことすべて努力してご期待に添えるようにすべきだというふうに思っております。

【有識者議員】

そのことが先日の国際会議等でも世界から外村さんへの期待というようなことで表明されているので、先ほど長我部さんからも中村さんからも今後どういうサンプルで最後を示すかというようなところにもそういうことが反映される。それは、ある意味では世界のコミュニティをそういうところに期待を持たせると

ころまで来ているわけですから、ぜひそのところもうまく活用していただいて最後のパフォーマンスを示すというところに結びつけていただければと。私は今、こういう期待を申しましたが、最終的にこのプログラムとしての継続云々は今後、推進会議で検討させていただきますが、そういうことが含まれていると説得力が出るのではという意味で申し上げました。

それでは、長時間にわたりましてご説明いただきました。まことにありがとうございました。

(説明者 退席)

【有識者議員】

それでは、もう予定した時刻になっておりますけれども、推進チームとしてこれから少し議論をしていただきたいと思います。

ただいまのヒアリングを受けて、本日、これはコメントを書き添えていただく様式を配布させていただいております。これにご意見を書き添えて、今後この研究プロジェクトを推進することが適切なのかどうか等々についてのコメントを出していただきます。それで、これが大変急いでございまして、もう書き込んでいただいている方は、このまま事務局にお渡しいただければと思いますが、この後でという方は、明日の17時までということに、非常に日限が限られておりますので、よろしく願いいたします。

推進チーム会合を木曜日に開催したいので、それに間に合うようにということでございまして、ぜひその期限を厳守いただきたいと思います。

それで、そういうことであとここに書いていただければよろしいのですが、全体でそれを書くに当たって何かご指摘いただくことはありますでしょうか。

【有識者議員】

このコメントを記入する様式のフォーマットを拝見しますと、これは極めて事務的に論点をご記入いただくようになっているのですが、個別の目標を達成するだけでは、最後議論に出ましたように、このプロジェクトの成否を世間は評価しないと思います。全体としてどういうことができるのかというような観点の要望を含めて皆さんお出しになったと思うんですね。そういう点を若干どこかに入れたほうがよろしいのではないかと思う。

【有識者議員】

最後のところに総合判断というところがありますので、そういうことを含めてお書きいただければと思う

のですが。

【有識者議員】

最後のところですね。

【有識者議員】

ここにお書きいただくことで最も重要なことは継続すべきなのかどうかでありまして、その総合判断ですね。それから、その判断の根拠となる点が現在の進捗状況と今後の対応という今日ヒアリングしていただいた点をもとに総合的に判断していただければと。ですから、有識者議員が指摘されたように、前半についてはほどほどに書いていただければよろしいのではないかと思います。

他に指摘いただくことはありますでしょうか。

【外部有識者】

全体に言うと、もともと日立製作所のポテンシャルがあって、装置開発は予定どおりここまで来ているんですけども、その中で最後の壁が1つあると思うのは、多分その冷陰極で 10^{-20} パスカルだったかな、その真空度をあわせて達成するというところですよ。その部分が達成できないと、結局0.047nmから0.040nmまで行かない。ただ、壁が本当にそれだけなのかというのがまだちょっと気になっているところがあって、なかなか明確な答えが出てこないんですよ、壁のところについては。普通感覚で言うと、0.047nmから0.040nmまで行くのにそれほどの困難度があるのか、しかも、加速電圧で言うと1MVが1.2MVになるということですよ。確かに真空度は難しいところではあるんですけども、それを常に維持しておくところが難しいと思いますが、その壁の部分がいま一つちょっと不明確なところはあります。多分日立の全力を挙げてやってくれるというふうに期待はしていますけれども。

【有識者議員】

ただいまの点は現在こういうような状況になって今検討しているのは、このプロジェクトを外村さんが欠けても進めるべきかどうかの判断であって、今のご指摘の点は、今年の夏に予定されている中間評価、プロジェクトとしての中身ですね。今日は、実はかなりそこまで進んでやってしまった部分もあるのですけれども、そこで議論していただければよろしいのではないかと思います。

【外部有識者】

いや、結構です。今の発言に対して言おうと思ったのですが、今と同じなので、言わないほうが良いと思います。結構です。

【有識者議員】

ですから、今回の評価は個別の要素技術についてどういう問題点があるとかということが重点ではなく、プロジェクト全体として外村さんが亡くなられても進められるのかどうかというところに主眼を置いていただければと。それで、私が最後、先ほどのヒアリングの最後のところでまとめたような方向性で、主としては今後の対応のところ、外村さんが亡くなられたのにこのまま何でもかんでもうまく予定どおりいくというのも、またこれ不思議なところもあるもので、その辺のところは欠けても進められるということに今日皆さんが納得されたかどうかということだと思います。

【外部有識者】

それでいきますと、やっぱり日立の研究所の所長がプロジェクトマネジャー、統括になるわけですね。そこは非常に難しいところがあるのではないかなと。僕らも研究所を見ているけれども、研究所はやっぱりマネジャーですから、そういう位置づけと、例えば今60億ぐらいのお金をそういうふうにするということは、またすごく大変なポジションが必要なんじゃないかなと思うのですけれどもね。

【有識者議員】

一般論で言うとその通りなのですが、今回の場合は特例だと思います。彼自身が今は組織の責任者なのですが、その前にはこの研究そのものをやっていた人物であるということで、極めて特殊ケースかなと思って私は理解している。したがって、彼自身のエフォートはそれほど割けないけれども、それを他の人間にやらせるという実質的な指導力は、私はあるのかなと、こう思っている。長我部さんが全く違う分野の研究者でこのプロジェクト研究にまるで経験のない、知見もない方であれば「私が代役をやりま

【外部有識者】

そういう意味では外村さんの思いを割と具体化していた人なのですね。

【有識者議員】

ずっと長い間やっておられたと。ただ、それを概念的にもわかるように組織に、先ほどご指摘いただい

たような形で長我部さんが全体を統括するという事はいいけれども、世間はそう見ないであろうから、しかるべき実質的な体制を反映したようなところを組織上も示してほしいと。これはぜひコメントのところにも記載していただければと思います。

【有識者議員】

すみません、いつ所長になられたのですか。

【有識者議員】

所長ですか。二、三年前ではないですか。

【有識者議員】

中研所長就任はそれ程昔ではないです。

【有識者議員】

任名したことが、日立のコミットメントの表れかなと思ったのですけれども。

【有識者議員】

そのために所長になったわけではないですよ。その前ですよ。

【有識者議員】

日立の中研の組織が大きくなったのですよ。この時期と所長になった時期がいつだか。これは大きくなった中研の所長として11年、去年ですね。だから、今までの基礎研と中研とを合体したんですね。組織がもっと大きくなったから、先ほどのように所長としては大変な……。

【外部有識者】

研究計画のときは所長ではないですよ。

【有識者議員】

研究計画は2年半前ですから、まだ基礎研……

【有識者議員】

基礎研の所長ですね。

【有識者議員】

基礎研の所長ですね。ですから、基礎研の所長という立場だったわけですが、そこにもう一つ本来の中研が加わって、2つが一緒になって……

【外部有識者】

ライフサイエンス研究センター長というふうに書かれていますけれども。

【有識者議員】

そういうような組織上の変更もあり、同時に重い職を背負っていることは事実なのであります。

それでは、以上のような点をご留意いただいて、恐縮ではありますが、明日の17時までにご提出いただきたいと。これは電子ファイルで。

【事務局】

電子ファイルで結構です。

【有識者議員】

それでは、事務局から何かありますでしょうか。

【事務局】

特にございません。

【有識者議員】

よろしいですか。

それでは、これで最先端研究開発支援プログラム推進チーム会合を終了させていただきます。

どうもありがとうございました。

開会