

研究成果最適展開支援プログラム (A-STEP)  
ステージ I : 戦略テーマ重点タイプ  
研究開発テーマ「ナノレベルの分解能と識別感度をもつイオンセンサの実現に  
向けた技術開発」  
事後評価報告書

総合評価            B

総合所見

A-STEP ステージ I (戦略テーマ重点タイプ) は、これまでの基盤的な研究成果を基に実用化に向けて産業創出の核となりうる技術を確立し、イノベーションの創出を目指すものであるが、実用化、社会実装に向けた取り組みにもいろいろなレベルがある。本プロジェクトがスタートした時点では、高性能なイオンセンサ・イメージングシステムの開発が重要であり、バイオ分野を含め新しい産業創出の核になると期待されていたことは十分に理解できるが、どのレベルを目指すか、やや曖昧なままプロジェクトが終了したと考えられる。

スタート時点で、それぞれのチームの研究責任者は、基盤となる十分な研究成果を有しており、本プロジェクトにおける研究開発は、各チームの研究責任者である大学の研究者が中心となり進められた。産業創出の核となる技術の確立には、大学側を中心に他者が追従できない高いレベルの研究開発が必要であり、社会実装には、企業が目線で市場規模などを考慮した上で明確な製品群や用途を設定した開発戦略の策定が重要であるが、いずれも十分だったとは言えない。大学側と企業側の緊密な意思疎通やいわゆる本気度の不足が感じられる。

各チームの特長を活かす PO の本プロジェクト運営は理解でき、中間評価等を踏まえアドバイザーの陣容を変えたことやチーム間の連携を図り効率的にプロジェクトが進行するように努めたことは評価できる。PO は運営にかなり苦労したことは伺えるが、当初の見通しが甘く目標を達成できなかったチームがあることを考えると、途中で大幅な体制見直しや研究開発が進んでいる研究項目への資源の集中投資も考慮すべきであった。

結果として、本プロジェクトで得られた成果は十分とは言えない。特に、知財に対する取り組みには大きな問題がある。社会実装を目指すなら、周辺特許の取得も含めた知財戦略が必要であるが、真剣に検討された気配は感じられない。また、学術面でも、海外からも注目されるレベルの高い研究論文は見られなかった。中間評価でこれらの点は指摘されていたが、大きな改善がなかったことは残念である。ただ、一部には大きな技術的進展も得られているので、プロジェクト終了後はこの部分を伸ばし、新たな展開を図って欲しい。

## 1. 研究開発テーマのねらい（目標）について

世界的に高精度のイメージングシステムの開発およびその利用が進んでおり、これまでのイオンセンサに関わる基盤的な研究成果を発展させ、新たな産業創出の核となるナノ・マイクロ技術の確立と製品化の見通しを得るという目標自体は妥当でありまた重要である。しかし、将来の社会実装を見据えながらも他者が追従できないような先端的な研究・技術開発を進めるのか、あるいは社会実装を強く意識し、市場規模を基に明確な用途を設定し開発を進めるのか、その方向性がやや曖昧なままプロジェクトが進められた。研究用の機器を目指すのか、汎用機器なのか、どのようなユーザーを想定しているかも明確で無かった。

世界的に見てもイオンを含めた化学物質のナノイメージングは重要な研究開発のテーマであるだけに、この分野の基盤研究、技術開発のスピードは極めて速い。世界の動向を正確に把握し、AIによる解析等の最新技術導入の検討やバイオケミカルな視点からのニーズを研究開発に反映することは重要であるが、本プロジェクトはこうした視点にやや欠けており、これまでの成果に基づく技術の改良に主眼が置かれ、研究開発が進められた。結果として、世界をリードするようなインパクトがある新しいデバイスやシステムが開発されたとは言いがたい。

アドバイザー構成はバランスが取れている。中間評価の結果に基づき、医療系の人材が参加したことは良かった。しかし、社会実装を考えるならば、後半においてデータ処理・情報処理の専門家やユーザー側の企業メンバーを充実し、具体的な商品像を描く工夫が欲しかった。

## 2. 研究開発テーマのマネジメントについて

それぞれのチームの特長を活かしたいという運営方針の下、POは各テーマの進捗状況を適確に把握していた。各チームを適切に指導し、体制見直しや重点課題の再確認や修正を厳しく要求したことは妥当であった。研究開発の進捗状況に応じて、柔軟に目標や体制を変更することは必要であるが、一部、妥協したと見られる点もある。POは運営にかなり苦労したことは伺えるが、結果として、当初の目標を達成できなかったチームがあったことは残念である。目標を達成できないことが明確になった時点で、打ち切りも含めた大胆なチーム再編や成果が出ている研究開発項目への資源の集中投入を考えても良かった。

研究開発に新たな進展はあったものの、各チームの研究責任者が工学系の研究者であるためか、本プロジェクトは技術開発が中心となってしまった。ユーザーからの意見をもっと強く反映できるような枠組みが必要であった。中間評価時に、実応用に必要となる技術の強化の必要性が議論されたが、各チームではそれに対応した企業メンバーの増強やリソース配分の改善が十分になされなかった。

中里チームは、微細配線を含むマスク作製費が高額となり、予定していた研究開発が進められなかったことなど、チームの目標設定や研究計画がやや杜撰であったことは否めない。POがこのチームの研究開発の状況に大きな危機感を持って指導したことが伺える。当初はウイルスを迅速検出できるシステム開発を目指していたが、その目標達成が困難であるため、インピーダンス測定による病原性微生物の検出に計画変更した。安価で高感度な微生物検出法がこれまで多数報告されていることを考えると、ナノレベルの分解能と識別感度をもつイオンセンサの開発という本来の研究開発テーマからはずれている感がある。POの指導により目標を修正したことは理解できるが、打ち切りも含めもう少し厳しい指導があっても良かった。

澤田チームは、このグループのこれまでの研究成果を着実に発展させ、システムの改良を進めた。しかし、世界的にナノイメージングの研究開発が著しく進展している現状を考えると、他のシステムと比べてどのような優位性があるのかを明確に示せていない。POはより高いレベルを要求しても良かったのではないか。

川田チームに関しても、POは適切に指導を行ったが、結果として目標を達成できなかった。チームに企業が関わっているとは言え、川田教授主導で研究開発が進められたと考えられ、企業の本気度が見えなかった。社会実装に向けてPOの指導があっても良かった。

POの指導の下、研究者が会して議論する場が頻繁に持たれ、チーム間での課題の共有や連携が進んだ。また、アドバイザーの適切な配置や新たな研究者の参画によりプロジェクトを円滑に遂行しようとしたことは適切であった。

全体として、実用化・社会実装を目指す努力は見えるものの、これまでの研究成果を基に、ナノイオンイメージングを実現するための研究開発と基盤技術の確立に主眼が置かれたプロジェクトであった。本プロジェクトの事業趣旨からPOがそのような運営方針をたてたとすれば、それは理解できる。しかし、それならば多額の研究費を使用したプロジェクトであるだけに、世界の研究者や技術者が注目するような高いレベルの研究成果を国際的なジャーナルで発表することが求められるが、そのような状況となっていない。また、社会実装を最終的な目標に掲げている以上、知財の創出も重要な課題であったが、不十分な結果となった。各チームに対するPOの指導が必要であった。

### 3. 研究開発テーマとしての産業創出の核となる技術の確立に向けた状況

世界的に高精度のイメージングシステムの開発およびその利用が加速している現状を考えると、本プロジェクトの研究開発により産業創出の核となるインパクトのある技術が創出されたとは言いがたい。

開発しているシステムが、どのような装置として社会実装され、どのようなユーザーがどのような用途で使い、そのキラーアプリがあるか、また、その市場はどの程度の規模であり製品化にはどの程度のコストがかかるか、他の競合手法に比べ圧倒的な優位性があるか、等について企業目線での検討が必要であるが、

真剣に検討されたとは思えない。

中里チームが開発したデバイスは、これまで報告されているデバイスや手法に比較し、高い優位性があるとは思えない。また、大腸菌の生死を識別したとしているが、既にこのような研究は存在し、際だった特長が見えない。

澤田チームの開発したイメージセンサには技術的な進展が認められるが、ピッチが $1\mu\text{m}$ ではナノレベルとは言いがたい。大学や企業の研究開発用途には使用される可能性があり、そこでキラアプリアが見いだされる可能性はあるが、現状では産業創出の核となる技術が確立したとは思えない。

川田チームに関しては、LAPS で用いる光を電子線に置き換えた点は学術的にもユニークで評価できるが、手法は異なるものの既に他の手法で生きた細胞の単一イオンチャンネルのイオン流および分布が可視化されており、他の手法に比べ圧倒的な優位性が感じられない。

研究成果として、それぞれのチームがプロトタイプシステムを作製しているが、実用に供するには大幅な改良が必要であろう。また、知財に対する取り組みには大きな問題がある。社会実装を目指すなら、応用展開先に特有の課題に対応した知財、センサの新たな使われ方やシステムを想定した知財戦略が必要であるが、真剣に検討された気配が無い。特に、川田チームから特許出願がないことは、本プロジェクトの趣旨から考えると遺憾である。

また、学術的な側面でも、学会発表等はあるものの、海外の研究者も注目するインパクトのある研究論文は見られなかった。レベルの高い研究であれば、当然レベルの高い研究論文を発表すべきである。日本の研究能力が低下していると言われて久しいが、国の資金を投入したプロジェクトから質の高い成果が論文として発表されることは、日本の存在感を高めるためにも重要である。

チーム間で研究開発の達成度は異なるが、それぞれに新しい技術的成果も見られる。プロジェクト終了後は、新たに得られた成果を基にした大きな展開を期待したい。

#### 4. その他

多額の国費を投入した以上、世界から注目される研究成果を出すか、これまでに無い新しい用途が期待できるような成果が欲しかった。アドバイザーからかなり厳しい指摘が出ていたようであるが、コロナ禍により終盤の活動が大きく制限されたこともあり、PO も対応に苦慮したことが推察される。進捗状況やアドバイザーの指摘を考慮して大胆に軌道修正を行う権限がPO に与えられていると思うが、PO は厳しい処置を行いきにくい現状がある。今回のプロジェクトでもみられるように、PO には大きな負担がかかっている。PO の役割やその選出法、サポート体制の見直しも必要であろう。JST は豊富な経験や情報を有しているので、プロジェクトを成功させるため適切な企業や研究者の選考に積極的に関与してもいいのではないだろうか。

一方で、プロジェクト終了後に予想できなかった新しい展開が起こることが

あり、長期的な視点での評価も必要である。JST は長期的な追跡をしているが、その結果を適切に PO や実施者に知らせるとともに、PO や実施者が新たなプロジェクトに応募した際には、その結果を審査の参考にしてもいいと考える。また、投入した国費に見合う見返りが認められないならば、この種のプロジェクトの再整備が必要であろう。

人材育成もこの種のプロジェクトに課せられた課題である。今回のプロジェクトでも多くの若手研究者や技術者が関わっていたと思うが、これら若手人材の活動が見えなかったことは残念である。JST には、プロジェクト期間中に、若手が活動をアピールできる場や相互に意見交換できる場を提供してほしい。また、若手を含め意欲のある人材がこれまでの研究成果を産業につなげるような仕組みを構築する必要がある。

報告書の様式や報告方法は再検討すべきである。長文の報告書の他に 2 ページくらいの各チームのサマリーがあると、概要を把握しやすい。また、あらかじめ作ったプレゼンテーションの動画を評価者が見ることができるようにするなどの工夫があってもいい。A-STEP ステージ I（戦略テーマ重点タイプ）であるが、中長期的な視野での社会実装を見据え、より高いレベルの先端的な研究開発を進めるのか、市場規模などを考慮した上で比較的短期の社会実装を目指すのか、プロジェクト開始当初に明確に示すべきである。前者ならば、その研究が世界に与えたインパクトの大きさが評価のポイントになるであろうし、社会実装に重点を置くならば、実用化に向けた具体的取組に関する評価を更に厳しくすることが必要である。

以上