

産学共創基礎基盤研究プログラム
技術テーマ
「テラヘルツ波新時代を切り拓く革新的基盤技術の創出」
テーマ中間評価報告書

総合所見

- (1) 各研究代表者とも研究計画を着実に実行して成果を挙げつつあり、POは産業界との連携を強めるアクションを積極的に推進（共創の場の活用のほか、海外動向調査、TTPによる試作デバイスの供与、中間評価に基づく研究期間、研究予算の柔軟な運用など）、している。その結果各テーマ間の協業や産学連携が生まれてきており、全体的に優れたプロジェクト運営が実施されていると判断する。
- (2) ただし産業競争力強化への道のりは平坦ではない。POの現状認識と方向性（『成果をすぐに産業に移転し、生産に繋がるものを求めることは容易ではないが、その流れは少しずつ出ている。我々は目に見える成果とともに近い将来に大きな変革をもたらすような成果を基礎の学術成果からきちんと橋渡しができる形に仕上げるように努めている』）、に賛同する。この点を踏み込んで以下にコメントする。産業界に受け容れられるには、①既存技術で実現できないことがテラヘルツ技術で初めて実現できること、②テラヘルツ技術が既存技術を補完してパフォーマンスが顕著に向上すること、が考えられる。①の場合、新技術は受け入れられ易いが、導入価格が課題になる。②の場合、既存技術と比較して明確に優れた成果を出す必要がある。たとえば透視観察の需要に対しては殆どの場合、X線検査装置で対応できてしまう。また、テラヘルツ透視法は安全性が高いとの主張があるが、現用のX線検査装置は安全基準を満たしている。さらに、テラヘルツ装置には電波法をクリアする必要もあるなどの課題がある。既存技術との比較を行うことにより用途の見極めを行い、わかりやすい形で広範囲の産業界への広報・普及を図ることが重要と考える。
- (3) 本プロジェクトで達成されたテラヘルツ波デバイス技術は、世界のトップを走る成果である（浅田氏、RTDテラヘルツ発振器；川瀬氏、南出氏、非線形波長変換テラヘルツ発生・検出装置）。使える装置の出現は産業界へ強いインパクトを与えるものである。
- (4) 本技術が社会（産業）にとって真に有用な技術であると認知されるためには、テラヘルツ波で本当は何が分かるのか、その基礎情報が重要となる。テラヘルツ領域でのスペクトル情報の収集と理解（富永氏 凝縮相のテラヘルツ分光）は長期的観点から極めて重要なアプローチである。他の研究機関の中赤外—THz波—マイクロ波をつなぐ分光計測環境および物質データベース構築との連携を視野に入れることも有効であろう。
- (5) プロジェクトのマネジメントに関して、POはアドバイザーの協力を得てリーダーシップを発揮し、研究者を指導してきた。ただし、これまでに作成されたテラヘルツ産業化へのロードマップに縛られていると飛躍の機会を逸する恐れもある。これまで本プロジェクトに参画・協力してきたテラヘルツ分野の専門家（“テラヘルツコミュニティー”）以外の広い範囲の専門家、起業家等からのインプット、相互協力の模索も重要である。アドバイザーに製薬分野の専門家を招致したことを高く評価する。さらにひろく展開することを要望する。

1. 技術テーマのねらい（目標）と課題の選考

本プログラムは、アーリーステージの技術テーマであるとの認識のもとに、産業に展開するために必要な要素技術の創出を目指し、「光源・検出」「スペクトルの解明」「計測法・デバイス開発」「新分野応

用」の観点から推進するとのP Oの目標設定、ねらいは明確であり適切である。

研究課題公募の範囲を準備する際にテラヘルツテクノロジーフォーラム（以下「TTF」という）の提案を土台としたこととの関連性は不明であるが、結果として採択研究代表者の多くが同フォーラムの中核メンバーになっている。今後はより広い視野・分野で課題を募集し、多様な課題が採択されることが望ましい。

アドバイザーの構成については、産業界と大学関係がほぼ半数ずつであり、適切である。ただし、将来の広い産業展開を期待するにはユーザー側の企業・研究者の参画が望ましく、製薬関係の専門家に中途より参画願ったP Oの判断は適切であった。分析機器メーカーや医療機器メーカーの専門家も有力候補と考えられよう。また採択課題の構成についても技術テーマにおける4つの狙いに対し研究者がバランス良く採択されている。さらに欲をいえば、「スペクトルの解明」に関する課題として、例えば理論・計算科学を専門とする研究者の参入も期待したい。これまでの追加課題の採択については、課題数を増やして長期的な観点からサイエンスの発展に寄与するテーマを採択されたことを評価する。

2. 技術テーマのマネジメント

テーマ運営については全体的に適切な運営がなされている。研究課題間での連携促進は産学共創の場での議論の成果であり、P Oの貢献は大きい。応用面を強化するため、産業界からアドバイザーを追加したこともP Oの判断は適切であった。採択にあたり若い研究者にチャンスを与えたことも評価できる。

研究費の配分などについては、開始2年後の中間評価後にその実績や研究フェーズに応じて、研究期間を3～5年間に分類し、ある程度の予算の調整を実施している点は、評価される。予算配分のP Oの裁量を増してさらにメリハリのついた研究費配分ができれば、P Oがプログラムに求める意思が明確に反映されると思われる。産学共創の場については、課題参加者、アドバイザー、TTF、学振

182委員会（テラヘルツ波科学技術と産業開拓）等の交流を通じた意見交換は意義がある。ただし既存のテラヘルツ研究コミュニティの中での交流に留まらず、広い分野からの意見、批評が得られるような運営ができればさらに良い（医学、薬学、バイオ系の関連の企業、学協会、研究者など）。

産学共創の場での交流をもとにテラヘルツ・テクノロジー・プラットフォーム（以下TTPという）を設け、試作デバイスのリストを作成し、試用に供することで創造的な連携を促進している点は特に期待が持てる活動である。

テーマの進捗、各研究課題の指導、管理の面では、当初5年で申請された課題であっても研究進捗に応じて3年、4年に期間短縮変更し、より発展的に巣立たせる課題、終了する課題等に振分けることで、活性化と緊張感を持たせている点は評価できる。中間審査における評価S、A、Bに応じ、後半の期間変更（当初の3年から2年または1年に短縮）や予算の増減が実施されており、P Oとして進捗状況の把握ならびに評価結果に基づく指導が実施されていると判断する。また、光産業国際コンサルタントへの委嘱による海外動向調査は、研究者に貴重な情報になったと思われる。「海外を見本に」という意味ではなく、テラヘルツ産業育成の鍵となる「テラヘルツ技術ならでは」と言える適用分野の探索が諸外国の研究者の間でも強く認識されていることが分る有意義な調査であった。

3. 技術テーマとしての産業競争力強化につながる技術の確立に向けた状況

技術テーマの達成状況の点では、現在の当該分野の技術レベルを考えると、世界的トップレベルを超える目標に設定されているが、多くの課題では達成が期待できる状況になっている。7課題が終了し、13課題が継続中であるが、終了課題については終了後の展開（企業との共同研究など）に関するヒアリングを実施し、研究成果を生かすような働きかけがなされている。

特筆すべきテーマとして以下を取り上げることに評価委員の意見が一致した。

(1) 「共鳴トンネルダイオード(RTD)による小型・高効率室温テラヘルツ発振器」(浅田氏ら)

RTDの出力として620GHzで610μWを達成し、この方式では世界トップである。ただし、真空デバイスTWT (travelling-wave tube) より出力は小さく、小型・集積性を活かし

た展開戦略が望まれる。

(2) 「非線形フォトニクス・テラヘルツ波の発生・検出」(川瀬氏、南出氏ら)

光注入パラメトリック発生において、出力を従来比で5桁高めた。この方式では周波数可変であることも大きな利点であり、さらに和周波変換を行うことで高感度な短波長光検出器を利用したテラヘルツ信号検出にも成功している。広い適用候補が考えられる。

(3) 「凝縮相テラヘルツ分子科学の深化」(富永氏ら)

テラヘルツスペクトルに現れる振動モードの分光学的理解を進め、データベースを充実させることを目的に、アデノシン、カーボンナノチューブ、水和タンパク質等についてテラヘルツスペクトルと他の分析手法を併用して新たな知見を得つつあり、既に分析機器企業、製薬企業等から注目されている。

このほか注目すべき研究としてテラヘルツ波帯の周波数標準(安井氏ら)、テラヘルツ帯での複素誘電率計測法(水津氏ら)、レーザーテラヘルツ放射顕微鏡(LTEW)(紀和氏ら)、薄膜電子物性の非破壊計測(山下氏ら)、水を含む生体物質のイメージング及びバイオセンサ(小川氏ら)、高強度テラヘルツパルス光源(永井氏ら)、が挙げられる。

産業競争力強化につながる技術開発に向けた活動として、大学、研究所の研究者が実施した研究の成果を産業界の専門家とともに検討できる場として「産学共創の場」を積極的に活用した。連携を強めるためにTTPを設け、試作デバイス等を試用に供する流れを作ったことは高く評価できる。特に優れた成果が得られつつある上記のテラヘルツ発振器、検出器、スペクトル解析と生体分子への適用、国際標準の推進についてはそれぞれの状況に即して産官学の連携強化を図っており、更なる積極展開が期待できる。産業力強化を加速するにはテラヘルツ波でなければ獲得できない物質情報を明らかにすることが重要である。そのために、テラヘルツ領域でのスペクトル解析、緩和過程の理解を広い範囲の物質について実施し、信頼できるデータベースを構築することも重要である。その萌芽となる研究が実施されている点は高く評価できる。

現在設定されている目標については、達成の可能性はあると思われる。しかし、現状で掲げられている達成目標は、従来から認識されているもの、当該分野で平素から議論されている延長線上にあると思われる、これらが達成されればただちにテラヘルツ産業が勃興するとは考えにくい。

POが指摘しているように我が国産業界の新規事業への参入意欲が十分でない現状の下では、テラヘルツ関連技術の質を高めてゆくと同時に企業の意欲を高めるような広報活動も重要である。

4. その他

例えば有力な新デバイスについてTTPを通じて広い範囲のエンドユーザーに試用に供すると新しい産学連携が誘発される可能性がある。そのためにPOによる重点化した予算配分などの運用を期待したい。

1990年代以来のテラヘルツ製品産業化の困難には不十分な性能の要素技術の組合せでシステム化を急いだという側面も強い。先を急ぐばかりでなく、しっかりとした科学原理・メカニズムに基づいた技術開発が不可欠である。その観点でテラヘルツ波技術は、21世紀の光技術としての可能性を十分に有している。

以上