

「IoT 社会実現のための超微量センシング技術開発」基本計画

材料・ナノテクノロジー部

1. 研究開発の目的・目標・内容

(1) 研究開発の目的

①政策的な重要性

近年、情報通信技術の急激な進化によりネットワーク化が進み、従来は個別に機能していた「もの」がサイバー空間を利活用してシステム化され、さらには、分野の異なる個別のシステム同士が連携協調することにより、自律化・自動化の範囲が広がり、社会の至るところで新たな価値が生み出されている。これら Internet of Things (以下、「IoT」という。) 化の動きは、生産・流通・販売、交通、健康・医療、金融、公共サービス等の幅広い産業構造の変革や人々の働き方・ライフスタイルの変化を引き起こし、国民にとって豊かで質の高い生活の実現の原動力になると予見されている。

一方で、我が国においては、人口減少や少子高齢化、エネルギー・資源の制約等により、医療・介護費の増大、地域の人手不足や移動弱者の増加、インフラ維持管理の負担増といった様々な社会課題が顕在化している。そのため、サイバー空間（仮想空間）とフィジカル空間（現実空間）を高度に融合させるセンシング技術に革新をもたらすことで、人やあらゆる「もの」からの豊富なリアルデータで課題を精緻に見える化し、社会課題の早期解決と新たな価値創造を実現することが期待されている。

これらは、「第5期科学技術基本計画」（2016年1月22日閣議決定）において、将来的に目指すべき未来社会「Society 5.0」として、また、その実現に向けた「未来投資戦略2018」（2018年6月15日閣議決定）において、IoT等によるデジタル革命として重要性が謳われており、同様のことが経済産業省の政策「Connected Industries」でも提唱されている。

②我が国の状況

2018年度まで内閣府の「革新的研究開発推進プログラム（ImPACT）／進化を超える極微量物質の超迅速多項目センシングシステム」において、生物進化のプロセスで獲得した昆虫の驚くべき生物能力に学ぶことにより、細菌、ウイルス、有害化学物質、PM2.5等を高感度に捉えるセンシング技術の開発が行われている。

また、2018年度より内閣府の「戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）第2期／フィジカル空間デジタルデータ処理基盤」において、専門的なIT人材でなくても容易にサイバー空間とフィジカル空間を連携させることができるエッジに重点をおいたプラットフォームの開発が行われており、併せて、超低消費電力IoTチップや革新的センサの社会実装に向けた取組が行われている。

この他にもセンシング技術の開発を含む取組は幾つか存在するものの、山積する社会課題に鑑みるとその取組は未だ十分とは言い難く、更なる取組の強化が求められている。

③世界の取組状況

米国では、20省庁が参加する省庁横断の国家イニシアティブ「National Nanotechnology Initiative」の中で「Nanotechnology for Sensors and Sensors for Nanotechnology」としてセンサに関するナノテクノロジーの重要性が謳われ、多額の研究開発投資が行われている。

欧州では、科学技術・イノベーション政策である「Horizon 2020」の枠組みの中で「Leadership in Enabling and Industrial Technologies」としてナノテクノロジーやバイオテクノロジー、マイクロ・ナノエレクトロニクス等が取り上げられるなど、ベルギーのIMECやドイツのFraunhofer研究機構、フランスのLETI等の研究拠点も活用しながら精力的にセンサ開発が推進されている。

この他、シンガポール科学技術研究庁(A*STAR)が「Pico-IoT for a Smart Nation」と称して、デバイスの小型化によって消費電力を極限まで小さくする技術開発を推進するなど、世界各国でセンサ開発が積極的に行われている。

④本事業のねらい

本プロジェクトでは、社会課題が顕在化する健康・モビリティ・インフラの分野を対象に、日本が強みを有する最先端のナノテクノロジーやバイオテクノロジーをイノベーションの起点として、既存の大型で、消費電力が大きく、高額で、長い測定時間を要する超高精度な計測・分析装置等以外では到底検出できないようなpptやfmol/L、 μV 等の超微量を、小型・軽量、省エネルギーかつ低コストで安定的に検出可能とする技術を世界に先駆けて開発する。

これまで世の中に分散し眠っていた現場の豊富なリアルデータを一気に収集・分析・活用することで、生産・サービスの現場やマーケティングの劇的な精緻化・効率化を図り、画一的ではない、個別のニーズにきめ細かく、かつリアルタイムで対応できる製品やサービス提供を可能にする。これにより、社会課題の早期解決と新産業の創出を同時に実現することを目指す。

(2) 研究開発の目標

①アウトプット目標

本プロジェクトを通じて、pptやfmol/L、 μV 等の超微量を検出可能とする基盤技術を確立し、試作デバイスの作製・動作検証を行い、想定ユーザーを巻き込んだ実使用環境下の技術実証・評価とデバイスの最適化検討等をもとにデバイスの実用性を実証する。

また、デバイスの開発と並行して、超微量を正確かつ精密に測定できているか検証する

ための信頼性評価技術を開発する。

②アウトカム目標

本プロジェクトで開発する超微量センシングデバイスに関して、プロジェクト終了後5年以内の実用化率25%以上の達成を目指す。

これにより、家庭等において誰でも手軽に低価格で疾病の予兆検知やストレスマネジメントの実施を可能とする、移動体・飛行体の制御性向上や航続距離の延伸を可能とする、公共インフラや産業インフラ等の様々なインフラ設備の遠隔監視を可能とするなどの新たな製品・サービスを創出し、2030年度に約650億円の新規市場形成に資する。

③アウトカム目標達成に向けての取組

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（以下、「NEDO」という。）は、開発するデバイスの円滑な社会実装を推進するため、研究開発実施者と連携してユーザーに広く受け入れられる製品・サービスを検討する。また、必要に応じて、規制見直しや標準化に向けた取組も検討する。

加えて、本プロジェクトで開発した成果を広く社会に普及させるために、展示会やシンポジウム等を通じた成果発信を積極的に行う。

（3）研究開発の内容

上記目標を達成するために、以下の研究開発項目について、別紙1の研究開発計画及び別紙2の研究開発スケジュールに基づき研究開発を実施する。

研究開発項目①「超微量センシング技術開発」

研究開発項目②「超微量センシング信頼性評価技術開発」

研究開発項目①のプロジェクト開始3年目までは、実用化まで長期間を要するハイリスクな基盤的技術に対して、産学官の複数事業者が互いのノウハウ等を持ちより協調して実施するフェーズであり、委託事業として実施する。また、プロジェクト開始4年目以降のフェーズは、実用化に向けて企業の積極的な関与により推進されるべき研究開発であり、助成事業として実施する（NEDO負担率：大企業1/2助成、中堅・中小・ベンチャー企業2/3助成）。

研究開発項目②は、超微量センシングデバイスに対する信頼性評価技術を開発するもので、国民経済的には大きな便益がありながらも、研究開発成果が直接的に市場性と結び付かない公共性の高い事業であり、委託事業として実施する。

2. 研究開発の実施方式

(1) 研究開発の実施体制

プロジェクトマネージャー（以下、「PM」という。）に NEDO 材料・ナノテクノロジー部 北川 和也を任命して、プロジェクトの進行全体を企画・管理し、そのプロジェクトに求められる技術的成果及び政策的効果を最大化させる。

NEDO は、公募により研究開発実施者を選定する。研究開発実施者は、企業や大学等の研究機関等（以下、「団体」という。）のうち、原則として日本国内に研究開発拠点を有するものを対象とし、単独又は複数で研究開発に参加するものとする。ただし、国外の団体の特別の研究開発能力や研究施設等の活用又は国際標準獲得の観点から必要な場合は、当該の研究開発等に限り国外の団体と連携して実施することができるものとする。

なお、各実施者の研究開発能力を最大限に活用し、効率的かつ効果的に研究開発を推進する観点から、NEDO は研究開発責任者（プロジェクトリーダー（以下、「PL」という。)) を選定し、各実施者は PL の下で研究開発を実施する。

(2) 研究開発の運営管理

NEDO は、研究開発全体の管理、執行に責任を負い、研究開発の進捗のほか、外部環境の変化等を適時に把握し、必要な措置を講じるものとする。運営管理は、効率的かつ効果的な方法を取り入れることとし、次に掲げる事項を実施する。

①研究開発の進捗把握・管理

PM は、PL や研究開発実施者と緊密に連携し、研究開発の進捗状況を把握する。また、外部有識者で構成する技術推進委員会等を組織し、材料・プロセス技術やバイオ技術、回路設計・デバイス化技術、信号処理・解析技術、サービスデザイン等の様々な観点から定期的に技術的評価を受け、目標達成の見通しを常に把握することに努める。

②技術分野における動向の把握・分析

プロジェクトで取り組む技術分野について、必要に応じて国内外の技術開発動向、政策動向、市場動向等を調査し、技術の普及方策を分析・検討する。なお、調査の効率化の観点から、本プロジェクトにおいて委託事業として実施する。

③研究開発テーマの評価

研究開発を効率的に推進するため、研究開発項目①を対象として、ステージゲート方式を適用する。その際、外部有識者による審査を活用し、2022 年度以降の研究開発テーマの継続可否を 2021 年 12 月頃に決定する。

(3) その他

本プロジェクトは非連続ナショナルプロジェクトとして取扱う。

3. 研究開発の実施期間

2019年度～2023年度までの5年間とする。

4. 評価に関する事項

NEDOは、技術評価実施規程に基づき、技術的及び政策的観点から研究開発の意義、目標達成度、成果の技術的意義並びに将来の産業への波及効果等について、プロジェクト評価を実施する。

評価の時期は、中間評価を2021年度、事後評価を2024年度とし、当該研究開発に係る技術動向、政策動向や当該研究開発の進捗状況等に応じて、前倒しするなど、適宜見直すものとする。

また、中間評価結果を踏まえ必要に応じて研究開発の加速・縮小・中止等の見直しを迅速に行う。

5. その他重要事項

(1) 研究開発成果の取扱い

①成果の普及

研究開発実施者は、研究成果を広範に普及するよう努めるものとする。NEDOは、研究開発実施者による研究成果の広範な普及を促進する。

②研究開発テーマ間の連携

研究開発実施者は、他の研究開発テーマに裨益する共通基盤技術について、研究開発テーマの垣根を越えてプロジェクト全体として研究成果の最大化を図るよう努めるものとする。特に、研究開発項目①及び②は、デバイス開発とその信頼性評価技術の開発という相互補完的な関係にある研究開発テーマのため、研究開発テーマ間の連携を必須とする。

③標準化等との連携

得られた研究開発の成果については、標準化等との連携を図るため、標準案の提案等を必要に応じて実施する。

④知的財産権の帰属、管理等取扱い

研究開発成果に関わる知的財産権については、「国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 新エネルギー・産業技術業務方法書」第25条の規定等に基づき、原則として、全て委託先に帰属させることとする。なお、プロジェクトの初期段階から、事業化を見

据えた知財戦略を構築し、適切な知財管理を実施する。

⑤知財マネジメントに係る運用

「『IoT 社会実現のための超微小量センシング技術開発』における知財マネジメント基本方針」を適用する。

⑥データマネジメントに係る運用

「NEDO プロジェクトにおけるデータマネジメント基本方針（委託者指定データを指定しない場合）」を適用する。

（2）基本計画の変更

PM は、当該研究開発の進捗状況及びその評価結果、社会・経済的状況、国内外の研究開発動向、政策動向、研究開発費の確保状況等、プロジェクト内外の情勢変化を総合的に勘案し、必要に応じて目標達成に向けた改善策を検討し、達成目標、実施期間、実施体制等、プロジェクト基本計画を見直すなどの対応を行う。

（3）根拠法

本プロジェクトは、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構法第 15 条第 2 号、第 3 号及び第 9 号に基づき実施する。

6. 基本計画の改訂履歴

（1）2019 年 2 月、制定

(別紙1) 研究開発計画

研究開発項目①「超微量センシング技術開発」

1. 研究開発の必要性

医療・介護費の増大、地域の人手不足や移動弱者の増加、インフラ維持管理の負担増といった顕在化する社会課題の早期解決に向けて、家庭等において誰でも手軽に低価格で疾病の予兆検知やストレスマネジメントの実施を可能とする、移動体・飛行体の制御性向上や航続距離の延伸を可能とする、公共インフラや産業インフラ等の様々なインフラ設備の遠隔監視を可能とするなどの新たな製品・サービスの創出が期待されている。

しかしながら、これらを実現するためには、既存の大型で、消費電力が大きく、高額で、長い測定時間を要する超高精度な計測・分析装置等以外では到底検出できないような ppt や fmol/L、 μV 等の超微量を、小型・軽量、省エネルギーかつ低コストで安定的に検出可能とする技術が必要不可欠である。

2. 具体的研究内容

社会課題が顕在化する健康・モビリティ・インフラの分野を対象に、日本が強みを有する最先端のナノテクノロジーやバイオテクノロジーを活用した、これまでにない革新的なセンシング技術の中核として、信号増幅やノイズ低減に関する材料・回路技術、得られた信号から有用な情報を取り出す解析技術と併せてデバイスの開発に取り組む。

具体的には、プロジェクト開始3年目までの【フェーズA：要素技術開発】においては、材料特性を最大限引き出すためのナノメートルスケールでの界面制御や構造制御、生物機能と微細加工の融合等による検出素子基盤技術の開発、検出素子を介して伝達される超微小信号の増幅・ノイズ低減・解析基盤技術の開発を行う。なお、必要に応じてデバイスの安定化・多機能化等に資する周辺技術の開発についても取り組む。

プロジェクト開始4年目以降の【フェーズB：技術実証・評価】においては、フェーズAで開発された要素技術をもとに、想定ユーザーを巻き込んだ実使用環境下での試作デバイスの技術実証・評価とデバイスの最適化検討、実用化に向けた量産技術の検討等を行う。

3. 達成目標

以下の内容を基本としつつ、デバイスの原理・特性や応用分野によって検出限界や小型化等の目標が大きく異なることから、具体的な定量目標は研究開発テーマ毎に別途実施計画書において定める。

【中間目標 (2021年度)】

従来の測定限界を超えて 1/1,000 以下の超微量を検出可能とする、又は超高精度な計測・分析装置等の従来技術と同等の性能を有しつつ、体積比 1/100 以下の小型化を可能とす

るなどの革新的な検出素子基盤技術や信号増幅・ノイズ低減・解析基盤技術等の要素技術を確立する。

【最終目標（2023年度）】

想定ユーザーを巻き込んだ実使用環境下での試作デバイスの技術実証・評価をもとに、超微小量センシングデバイスの実用性を実証する。

研究開発項目②「超微量センシング信頼性評価技術開発」

1. 研究開発の必要性

本プロジェクトで開発を行う超微量センシングデバイスは、極めて僅かな物理量・化学量等を測定対象とするため、検出素子に反応・到達する測定対象の量や得られた信号等をノイズに左右されずに正確かつ精密に計測し、応答するデバイスの信頼性を正当に評価することが非常に困難となる。しかも、これらデバイスを世界に先駆けて開発することとなるため、高度に専門的な計測・分析技術の知見をもとに、新たに高精度な評価技術の開発や評価環境の構築を行う必要が生じ、デバイス開発に支障をきたす恐れがある。

そのため、開発成果の速やかな社会実装を実現するためには、デバイス開発と一体となって信頼性評価技術の開発に取り組む必要がある。その際、標準化も視野に入れながら信頼性評価技術を開発することにより、社会実装をより強力に後押しすることが可能となる。

2. 具体的研究内容

研究開発項目①の各研究開発テーマと連携して、微量濃度や微小電圧等の測定技術、標準物質の開発等、デバイスの検出素子に反応・到達する測定対象の量や得られる信号等を正確かつ精密に計測するための評価技術の開発や評価環境の構築を行う。なお、必要に応じて開発する評価技術や評価装置等の標準化を検討する。

3. 達成目標

【中間目標（2021年度）】

微量濃度や微小電圧等の測定技術の開発、標準物質の開発等をもとにデバイスの評価を行い、超微量センシングデバイスに対する信頼性評価技術の確立の見通しを得る。

【最終目標（2023年度）】

超微量センシングデバイスの検出素子に反応・到達する測定対象の量や得られる信号等を正確かつ精密に計測するための信頼性評価技術を確立し、その実用性を実証する。

(別紙2) 研究開発スケジュール

