

「IoT 社会実現のための革新的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、インフラ維持管理や産業保安の負担増等の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革新的なセンシング技術を導入することによって、人やあらゆる「もの」からの豊富なリアルデータで現状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等が行われている。

また、同じく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／ビッグデータ・AIを活用したサイバー空間基盤技術」において、人とAIの協働に資する高度に洗練されたヒューマン・インタラクション基盤技術や分野間データ連携基盤技術、AI間連携基盤技術の開発が行われている。

このように、サイバー空間とフィジカル空間を高度に融合させる取組がSIPを中心に行

われているが、高精度なリアルデータの取得を可能とするセンシング技術の開発については、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」の枠組みの中でデジタル化やスマート化を強く進める政策目標が掲げられ、「Future & Emerging Technologies」や「Leadership in Enabling and Industrial Technologies」としてマイクロエレクトロニクス・ナノエレクトロニクスの分野の強化が図られるなど、ベルギーのIMECやフランスの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、顕在化する様々な社会課題の早期解決と新産業の創出を両立するSociety 5.0の実現に向けて、日本が強みを有する最先端の材料技術やナノテクノロジー、バイオテクノロジーを利用して、既存のIoT技術では実現困難な超微量の検出や過酷環境下での動作、非接触・非破壊での測定等を可能とする革新的センシングデバイスを世界に先駆けて開発する。併せて、革新的センシングデバイスの信頼性向上に寄与する基盤技術を開発する。

これら技術を核として、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・活用可能とするシステムを新たに構築し、家庭等における手軽な疾病予兆検知や病原体発生状況の早期把握、インフラ設備の遠隔監視、産業機器の故障予知等、個別のニーズにきめ細かく、リアルタイムで対応できる革新的な製品・サービスの創出を目指す。

(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、超微量の検出や過酷環境下での動作、非接触・非破壊での測定等を可能とするための革新的センシングデバイスの要素技術を確立し、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での技術実証・評価等をも

とにデバイスの実用性を実証する。

併せて、超微小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や、材料・回路等における超微小ノイズの定量評価技術といった革新的センシングデバイスの信頼性向上に寄与する基盤技術を確立する。

②アウトカム目標

本プロジェクトで開発する革新的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。

また、革新的センシングデバイスやその基盤技術を核として、これまでにない新たな製品・サービスを創出し、2030年度に約2,000億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、標準化や規制見直し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「革新的センシング技術開発」

研究開発項目②「革新的センシング基盤技術開発」

研究開発項目①の各研究開発テーマ開始3年目までの【フェーズA：要素技術開発】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研究開発であり、委託事業として実施する。また、各研究開発テーマ開始4年目以降の2年間の【フェーズB：技術実証・評価】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、革新的センシングデバイスに対する基盤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、「PMgr」という。）に NEDO 材料・ナノテクノロジー部 中島徹人を任命して、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。

(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

PMgr は、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、2019 年度開始分については 2021 年 12 月頃に、2020 年度開始分については 2022 年 12 月頃に、各研究開発テーマ開始 4 年目以降（フェーズ B）の継続可否を決定する。

(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～2024年度までの6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2022年度、終了時評価を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、超微量検出に係る研究開発項目①のデバイス開発と研究開発項目②の信頼性評価技術の開発は、相互補完的な関係にある研究開発テーマのため、必要に応じて研究開発テーマ間で連携を行う。

③ 標準化等の取組

得られた研究開発の成果については、社会実装の推進を図るため、標準化等の取組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 社会実現のための革新的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

PMgr 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

(2) 2020 年 2 月、プロジェクト名称の変更、研究開発の実施期間の延長及び研究開発内容の拡充等に伴う改訂

(3) 2021 年 6 月、PMgr 変更に伴う改訂

(4) 2023 年 3 月、PMgr 変更に伴う改訂

(5) 2023 年 5 月、PMgr 変更および、事後評価を終了評価に変更に伴う改訂

(6) 2024 年 3 月、研究開発項目②の事業期間延長に伴う改訂

(別紙1) 研究開発計画

研究開発項目①「革新的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、インフラ維持管理や産業保安の負担増等の顕在化する社会課題の早期解決に向けて、家庭等における手軽な疾病予兆検知や病原体発生状況の早期把握、インフラ設備の遠隔監視、産業機器の故障予知等を可能とする新たな製品・サービスの創出が期待されている。

これらを実現するためには、リアルデータで現状を精緻に見える化することが重要となるが、既存のIoT技術では計測できない領域が未だ数多く存在しており、これまで計測が極めて困難とされた超微量の検出や過酷環境下での動作、非接触・非破壊での測定等を可能とする革新的センシング技術の開発が今後益々重要となる。その際、IoT技術として様々な現場で実際に使用可能なものとするためには、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であることが求められる。

2. 具体的研究内容

顕在化する様々な社会課題の早期解決と新産業の創出を両立する Society 5.0 の実現に向けて、日本が強みを有する最先端の材料技術やナノテクノロジー、バイオテクノロジーを利用した、これまでにない革新的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、各研究開発テーマ開始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技術の開発、検出素子を介して伝達される信号の増幅・ノイズ低減・解析技術の開発を行う。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。

また、各研究開発テーマ開始4年目以降の2年間の【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環境耐性、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（フェーズ A 終了時点）】

従来の測定限界を超えて 1/1,000 以下の超微小量を検出可能とする、これまで十分に測定し得なかった高温・高圧環境下等での動作を可能とする、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も体積比 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技術や信号増幅・ノイズ低減・解析技術等の要素技術を確立する。

【最終目標（フェーズ B 終了時点）】

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、革新的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「革新的センシング基盤技術開発」

1. 研究開発の必要性

本プロジェクトで開発を行う革新的センシングデバイスのうち超微量の検出技術については、極めて僅かな物理量・化学量等を測定対象とするため、検出素子に到達・反応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る。

また、革新的センシングデバイスにおいては、材料・プロセス・回路・デバイス等の各開発段階や製品使用時に生じるノイズがデバイスの性能・信頼性に大きく影響を与える。一方で、僅かなノイズを正しく評価し有用な情報を取得するためには、高価で大型な計測・分析装置を用いた専用の評価環境を構築する必要があり、多くの開発者・ユーザーにとって抜本的なノイズ低減対策や簡便な性能検査・校正が困難な状況が生まれている。

こうした状況を打破し、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向上に寄与する基盤技術の開発に取り組むことが非常に重要となる。その際、標準化も視野に入れながら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

超微量の検出技術に係る研究開発項目①の各研究開発テーマと連携して、微小音圧や微量濃度等の測定技術、標準物質の開発等、デバイスの検出素子に到達・反応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。

また、高精度な超微小ノイズ評価技術の開発と、幅広い開発者・ユーザーが利用可能な汎用型の超微小ノイズ評価機器・システムの開発を行い、両者のトレーサビリティを確保する。

なお、本項目で開発する技術については、必要に応じて標準化を検討する。

3. 達成目標

(1) 超微量センシング信頼性評価技術開発

【中間目標 (2021 年度)】

微小音圧や微量濃度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（2024年度）】

超微量センシングデバイスの検出素子に到達・反応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。

但し、研究開発項目①のうち生体ガス成分計測に係る項目のみ2024年度までとし、他の項目は2023年度までとする。

（2）超微小ノイズ評価技術開発

【中間目標（2022年度）】

高精度な超微小ノイズ評価技術の開発と、幅広い開発者・ユーザーが利用可能な汎用型の超微小ノイズ評価機器・システムの開発を行い、両者のトレーサビリティを確保しつつ、それぞれの技術確立の見通しを得る。

【最終目標（2024年度）】

トレーサビリティが十分に確保された、高精度な超微小ノイズ評価技術及び汎用型の超微小ノイズ評価機器・システムを確立し、幅広い開発者・ユーザーを巻き込みながらその実用性を実証する。

(別紙2) 研究開発スケジュール

