

2022 年度実施方針

材料・ナノテクノロジー部

1. 件名：IoT 社会実現のための革新的センシング技術開発

2. 根拠法

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

3. 背景及び目的・目標

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。

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。

[委託事業、助成事業（助成率：1/2 又は 2/3）]

研究開発項目①「革新的センシング技術開発」

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。

[委託事業]

研究開発項目②「革新的センシング基盤技術開発」

(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（2023 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。

(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。

4. 実施内容及び進捗（達成）状況

プロジェクトマネージャー（以下、「PM」という。）に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。）材料・ナノテクノロジー部 大石 嘉彦を任命して、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た。なお、実施体制については、別紙を参照のこと。

4. 1 2021年度 事業内容

研究開発項目①「革新的センシング技術開発」

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んだ。具体的には、以下9つの研究開発テーマを実施した。

2019年度開始分について、2021年11月及び12月に外部有識者によるステージゲート審査を行い、1)及び3)の研究開発テーマの開始4年目以降（フェーズB）の継続を決定した。

[委託事業]

1) 血中成分の非侵襲連続超高感度計測デバイス及び行動変容促進システムの研究開発

[実施体制：株式会社タニタ、公立大学法人富山県立大学、国立大学法人電気通信大学、一般財団法人マイクロマシンセンター]

- ・ 開発したディテクタ及びモジュールを組み合わせ、デモンストレーション可能な試作機を作製した。この試作機を用いて血中成分（血糖や脂質）を高精度に模擬した光学ファントムの評価を実施した。また、ヒトによる評価を開始した。
- ・ 音響センサとマイクロ共鳴器とを集積することで、1mPaの光音波を計測可能な高感度・マイクロ光音響センサを試作した。この試作センサを用いて非侵襲な血糖（グルコース）濃度変化の計測・評価を行った。
- ・ 小型一体化構造の計測系にシリコン製赤外光ディテクタを導入し、ファントム計測可能な計測系を実現した。背面照射と低障壁化、そして低面積を組み合わせることで、中赤外領域（3～4 μm ）において検出限界を1/1000の目標を達成し、脂質濃度変化を計測した。
- ・ 設計仕様を踏まえた気中一体型光音響遠赤外ディテクタ、埋め込み型中赤外ディテクタの開発プロセスによる複数回のディテクタ試作を実施し、8インチMEMS試作プロセスを確立した。

2) 薄膜ナノ増強蛍光による経皮ガス成分の超高感度バイオ計測端末の開発

※本研究開発テーマは、2021年9月30日で終了

[実施体制：国立大学法人東京医科歯科大学、技術研究組合 NMEMS 技術研究機構]

- ・ 蛍光出力増幅のためのナノ光学系について、さらにグレーティングチップを含めたナノ光学系を改良し、感度向上とサイズの小型化の検討を進めた。
- ・ 揮発性成分の酵素固定化膜への拡散、試薬濃度、緩衝溶液の pH の最適化を行い、対象物質の超高感度な計測が可能な実験系の構築を行った。また、気液マイクロ流路において、高感度アセトンセンシングのために必要なバッファ溶液の安定供給（毎分数 μL ）を実現した。
- ・ 前年度導入した高精度・極低濃度ガス発生装置の性能評価を行った。
- ・ 高感度アセトン計測端末の設計並びに動作モデルの作製を行った。

3) 1分で感染リスクを検知可能なウイルスゲートキーパーの研究開発

[実施体制：国立研究開発法人産業技術総合研究所、コニカミノルタ株式会社、株式会社ワイエシイダステック、国立大学法人埼玉大学]

- ・ 新型コロナウイルス、ノロウイルス、インフルエンザウイルスセンサ用に液セル搬送、測定画像取込検出オペレーション、ウイルス検出ソフトが自動化された、使い勝手がよく操作性が高いオペレーションパネルを実装した試作機を開発した。
- ・ 高齢者施設用と食品工場用の仕様の比較検討を行い、共通化可能と個別開発が必要な部分の仕様を明確にした上で試作機を作製し、高齢者施設用（小規模施設用）及び食品工場用（中／大規模施設用）のプロトタイプ動作検証を行った。
- ・ AIE 検出試薬による高速発色法に加え、高輝度蛍光微粒子、酵素、人工ルシフェリン等を用いた検出方法の開発も試み、試作機及び試薬キットにて新型コロナウイルス、インフルエンザウイルス及びノロウイルス検出実験を行った。
- ・ 模擬試料から各ウイルス検出が可能なことを確認した。また、インフルエンザウイルスに対して、ウイルス濃度 100aM の 1 分検出、ウイルス濃度 1aM の 20 分検出を実証した。

4) 次世代公共インフラ実現へ向けた高密度センサ配置による微量信号計測技術の研究開発

[実施体制：国立大学法人大阪大学、国立大学法人神戸大学、東電設計株式会社、東電タウンプランニング株式会社]

- ・ 電柱を用いた屋外試験を通して環境耐性確認並びに振動センサ、機械学習判定、通信の一連の動作検証を行った。
- ・ 2019、2020 年度に取得した計測データの分析結果に基づいて、災害及び被害における評価指標とアルゴリズムに関する検討を行い、システムの基本動作の検討を行った。
- ・ センサの電柱への設置方法の検討を行うとともに、ユーザーインターフェースの表示ソフトウェアの試作を行った。

5) 極限環境の液体管理を IoT 化する革新的粘性センサの開発

[実施体制：国立研究開発法人産業技術総合研究所、ヤマシンプィルタ株式会社]

- ・ 圧電 MEMS 粘性センサの初号機を用いて、ニュートン流体、非ニュートン流体、粘弾性液体と、実際の劣化油等の粘性測定の検証実験を行った。評価結果をもとに、改良した粘性センサを製作し、レーザ変位顕微鏡プローバーを用いて評価した。粘性センサのサイズを 2 mm 角まで縮小するための基礎設計を行った。
- ・ 圧電 MEMS マイクロポンプの基礎性能の評価を継続し、さらにサイズを縮小するための基礎検討を行い、改良版の製作・評価を行った。粘性センサの積層パッケージ化のため、フィルム材料を用いた接合方法を開発した。また、隔壁間無線給電・通信の基礎評価を継続し、センサ回路の必要電力等の仕様を再検討し、給電と通信の仕様を適合化した改良版を作製した。
- ・ 建機内部で粘性センサを設置した実証試験を継続し、不具合等を改良に反映させた。また、センサ等設置方法の改修も行った。振動や温度、圧力等の基本試験項目に対する適応性試験、耐久試験の条件設定を検討し、実機に近い条件での実験を開始した。また、粘性センサの電気的特性等の基本性能試験を行った。

6) 高速・高 SNR 撮像素子による流体濃度分布その場計測デバイスの開発

[実施体制：国立大学法人東北大学、アストロデザイン株式会社、株式会社フジキン]

- ・ 広ダイナミックレンジ多段横型オーバーフロー蓄積容量を有するグローバルシャッタ CMOS イメージセンサ (画素数 1 万個程度) の性能最適化を図り、中間目標と定める 70dB 超の SNR と 1000 枚/秒の撮像速度を実証した。
- ・ 半導体製造チャンバーに取り付け可能とする光学インターフェースに対応したイメージングモジュールと EtherCAT 通信に対応した制御システムを構築した。
- ・ 開発するイメージセンサと同期して駆動する光源モジュールを開発し、その動作を確認した。
- ・ イメージングモジュールを試験チャンバーに取り付けて簡易的な撮像が行えることを確認した。また、真空チャンバーにプラズマシステムを搭載して、エッチング装置や CVD 装置を模したプラズマを形成できるようにした。
- ・ ガス濃度を変更して取得した画像データから検量線を取得し、取得された二次元画像から二次元のガス濃度分布を可視化するためのデータ解析フローを構築した。また、プラズマ形成に資する高真空系の制御、計測機器を構築した。

7) 波長掃引中赤外レーザによる次世代火山ガス防災技術の研究開発

[実施体制：浜松ホトニクス株式会社、国立研究開発法人産業技術総合研究所]

- ・ 波長掃引パルス QCL モジュール光源の開発に向けて、QCL チップの高温動作に向けた改良、波長掃引パルス QCL の基本的特性の把握や課題の抽出を行った。また、光源モジュ

ールを構築し、最終目標に向けた課題を抽出した。

- ・量子型赤外受光素子の、温度特性の向上を行い温度特性向上に取り組んだ。また、受光素子とレンズの集積化技術を開発した。
- ・バランス検出回路、センサを組み合わせた差動検出型受光モジュールの試作を行った。さらに、サンプルガスを用いてセンサ及び回路の最適化に向けた検討を行った。
- ・光信号の強度保持を目的として多重反射デバイス「ガスアンテナ」を開発し、取り扱いやすいセンシングモジュール化を行った。
- ・赤外吸収の無い窓材を利用し、洗浄構造をできるかぎり妨げないシステム設計・試作を行った。また、ネットワーク環境に接続し、計測データが閲覧できる IoT 技術を開発した。

8) 高真空ウェハレベルパッケージングを適用した MEMS センサーの研究開発

[実施体制：国立大学法人東北大学、ソニーセミコンダクタマニュファクチャリング株式会社]

- ・ MEMS 共振子の SMS (Silicon Migration Seal) プロセスを開発した。
- ・ MEMS 共振子を用いて封止圧の評価を行った。
- ・ 6 インチウェハを用いた SMS (Silicon Migration Seal) プロセスを開発した。
- ・ SMS (Silicon Migration Seal) プロセスを用いたジャイロセンサーの設計を行った。

9) 大気中電子放出イオン化による IMS 呼気分析システムの研究開発

[実施体制：シャープ株式会社、株式会社ダイナコム、国立大学法人奈良女子大学、国立研究開発法人理化学研究所、国立大学法人鳥取大学]

- ・ 原理検証機を用いてガス吸着等の課題を抽出し、外乱や変動要因の対策を行い安定性向上した改良機を試作した。IMS 改良機にてガス検知性能 5ppb の感度目標を達成した。
- ・ IMS スペクトルデータを格納するデータベースを構築し、分子衝突断面積シミュレーション精度が上げられるようにデータ同化アルゴリズムによるパラメータ推定を行った。
- ・ 疾病との相関がある揮発性物質 6 種類について、実験及び理論研究を行い、スペクトル解釈理論を応用することで混合ガスの IMS スペクトルから当該分子を分離・推定を行った。
- ・ SPring-8 の高輝度 X 線ビームを素子に照射し、元素の空間分布や物性の静的放射光分析を行った。銀やシリコン元素の分析結果より、素子改良に向けた詳細分析の指針を得た。標的試料ガス検出に最適なドーパントを選択するための実験を行った。
- ・ マイクロ予備濃縮器と IMS を接続し、ppb オーダーのサンプルガスの濃縮と検出を行った。マイクロ予備濃縮器を用いて健康な犬の呼気を捕獲して GCMS 分析を行った。犬の呼気捕獲時、無麻酔でマスク装着のみでの捕獲も行った。

研究開発項目②「革新的センシング基盤技術開発」

(1) 超微小量センシング信頼性評価技術開発

[実施体制：国立研究開発法人産業技術総合研究所]

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った。

具体的には、研究開発項目①の 4 つの研究開発テーマに対応する以下の内容をそれぞれ実施した。

1) 非侵襲血中成分計測に係る信頼性評価技術開発

- ・ ピエゾ抵抗型音響センサ、の水中における 10 kHz～100 kHz の微小音圧検出能力、及び体温で使用される場合のセンサの特性変化の評価技術を確認する見通しを得た。また、1 kHz-100 kHz の周波数帯域において 1 mPa 以下の圧力を安定的に与えられる超微小圧負荷システム構築の見通しを得た。
- ・ 血糖測定の標準試料としてグルコース溶液を用い、自己血糖計測器の規格 20%の差が検出可能な評価技術の確認の見通しを得た。

2) 経皮ガス成分計測に係る信頼性評価技術開発

- ・ 拡散管法等による揮発性有機標準ガス発生装置からの標準ガス濃度の評価を行った。
- ・ 加湿装置を導入した簡易型センサ評価システムを用いて ppb レベルの経皮ガスに対するガスセンサの特性を明らかにした。

3) ウイルスゲートキーパーに係る信頼性評価技術開発

- ・ 確立した 2 段階ウイルス精製法によりウイルスを精製し、形状的観点から評価するとともに、暫定的な評価材料としてウイルスを提供した。
- ・ 2020 年度までに選定したウイルス検出用プライマー・プローブを新たに導入するドロップレット型デジタル PCR (ddPCR) 装置に適用して、既存 d PCR 装置との比較等による測定妥当性評価を実施した。また、ウイルス由来たんぱく質を検出可能な抗体の選定を行い、dELISA 装置を用いたウイルス由来たんぱく質の高感度な定量法を確認した。

4) 微小振動計測に係る信頼性評価技術開発

- ・ レーザ干渉式変位計測システムと鉛直加振器、低周波防振システムを組み合わせ、鉛直方向の微小振動信頼性評価技術を構築した。
- ・ 微小振動の方向と垂直に働く地球重力の影響を評価して、振動センサの出力信号に重畳する成分を除去するプログラムを開発した。
- ・ トレーサビリティの確保された水平方向と鉛直方向に対する微小振動信頼性評価技術を用いて、シート型振動センサの評価を実施した。

(2) 超微小ノイズ評価技術開発 (量子現象に基づくトレーサビリティが確保されたワイヤ

レス機器校正ネットワークの研究開発)

[実施体制：国立大学法人大阪大学、国立大学法人神戸大学、国立研究開発法人産業技術総合研究所]

高精度な超微小ノイズ評価技術の開発や、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った。

具体的には以下の内容を実施した。

- ・ 二次標準器の製品化を視野に入れた、より小型で使いやすい小型標準器の開発に取り組み、高精度微小電圧信号の出力と評価、実証を行った。
- ・ 2020 年度にブレッドボード上で確立したシステムをもとに回路図を設計し、各構成要素を一つの基板上に実装した。
- ・ 微細加工技術による金属薄膜パターンと金属薄膜の成膜条件の最適化を行うことで、抵抗値分布の最小化を行い、抵抗値 100 MΩ、抵抗値温度係数±100 ppm/℃、抵抗値範囲±0.3 %、カテゴリー温度範囲 0 ℃～50 ℃の抵抗を開発した。
- ・ 汎用型センサ評価機の自己キャリブレーションによるパラメータばらつきと経時変化の測定を行った。
- ・ 汎用型センサ評価機に必要なブロックチェーン技術のアルゴリズムを検討するとともに、サーバにワイヤレスで接続されるのに必要なハードウェア要件と必要なトランザクションの種類を精査した。

4. 2 実績推移

	2019 年度	2020 年度	2021 年度
	委託	委託	委託
実績額推移 一般勘定（百万円）	282	999	864
特許出願件数（件）	1	5	6
論文発表数（報）	3	4	15
フォーラム等（件）	16	16	49

5. 事業内容

引き続き PM に NEDO 材料・ナノテクノロジー部 大石 嘉彦を任命して、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。なお、実施体制については、別紙を参照のこと。

5. 1 2022 年度 事業内容

研究開発項目①「革新的センシング技術開発」

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、以下 2 つの助成事業と 5 つの委託事業における研究開発テーマを実施する。

[助成事業]

1) 血中成分の非侵襲連続超高感度計測デバイス及び行動変容促進システムの研究開発

[実施体制：株式会社タニタ（共同研究先：公立大学法人富山県立大学、国立大学法人電気通信大学、委託先：一般財団法人マイクロマシンセンター）]

- ・ 2021 年度までに開発した試作機をベースに市販光源の検討を含めた量産向け試作機（中赤外、遠赤外の両方をパッケージングした卓上型測定機）を開発する。試作した卓上型測定機の検証を進め、課題を洗い出し、センサ開発やデバイス開発にフィードバックする。課題を改善したセンサやデバイスを量産向け試作機に組み込み、製品化を進める。
- ・ 1mPa 以下の微小音波を計測することが可能な音響センサと光源とを集積することでディテクタの小型化を図り、卓上機への搭載サイズを目指した非侵襲に血糖（グルコースの濃度変化を計測・評価可能なセンサの実現を目指す。
- ・ 卓上機への搭載サイズを目指したディテクタ開発を実施する。2021 年度までに開発した中赤外ディテクタの性能向上を図り、高吸収構造、集光要素の追加による S/N 向上、高効率光電流検出構造により、小型半導体レーザ光源に対して検出可能とする。
- ・ ウェアラブル遠赤外センサプロセス試作開発として、主要工程の再現性の検証を完了する。また、Si 厚数 10nm の超極薄ピエゾカンチレバーの試作も実施し、特性の検証を実施する。
- ・ ウェアラブル中赤外センサプロセス試作開発として、主要工程の再現性を検証する。

2) 1 分で感染リスクを検知可能なウイルスゲートキーパーの研究開発

[実施体制：コニカミノルタ株式会社（共同研究先：国立大学法人埼玉大学）、株式会社ワイエイシイダステック（共同研究先：国立研究開発法人産業技術総合研究所）]

- ・ 小規模施設用及び中／大規模施設用として商品化を意識した試作機を開発し、それらを用いた自動化プロセスの全体評価、及び顧客先での装置デモを実施し、不具合や改良点を抽出して実製品への設計にフィードバックする。
- ・ ウイルス保有リスク判定解析ソフトウェアを、対象となる新型コロナ、インフルエンザ、ノロウイルスに合わせ改良を実施し、並行して検査試薬の開発及び検出プロトコル開発を実施することにより、偽陽性率低減を達成する。
- ・ ウイルス保有リスク判定解析ソフトウェアをベースに、測定ログデータの出力を検討

するとともに、出力データの通信方法、クラウドシステム化を検討する。

- ・ センサチップ上のウエルへの測定液導入性やウエル封止性を向上させた改良チップを作製するとともに、ウエル封止方法の更なる迅速化や導入率向上などのための改良を進める。また、量産化を見据えてセンサチップを樹脂化する検討を実施し、樹脂チップの課題、及び樹脂チップを試作機に搭載する上での課題を明確化する。

[委託事業]

1) 極限環境の液体管理を IoT 化する革新的粘性センサの開発

[実施体制：国立研究開発法人産業技術総合研究所、ヤマシンフィルタ株式会社]

- ・ 圧電 MEMS 粘性センサについて、建機内部での予備実証試験結果をもとに、改良版プロトタイプの製作と粘性計測の性能試験を進める。粘性センサの測定性能の向上を進め、ずり速度 $1\sim 50\text{ s}^{-1}$ 、ずり応力 $0.01\text{ Pa}\sim 1\text{ Pa}$ の範囲での非ニュートン性測定と、周波数 $0.1\text{ Hz}\sim 50\text{ Hz}$ の範囲での粘弾性測定を実現する。また、振動、高圧、高温の条件について、上記の粘性センサの性能に与える影響を、振動試験装置、高圧・高温試験装置を用いて実験的に検証する。
- ・ 圧電 MEMS 粘性センサ、圧電 MEMS マイクロポンプを積層し、回路モジュール及び隔壁間無線給電モジュールを一体化した粘性センサユニットを建機のオイルフィルタケースに設置した状態で動作を実証する。
- ・ 建機内での粘性測定試験や基本性能試験を継続し、フィルタケース等のハード部の改良に反映させる。粘性センサ通信試験装置と通信ソフトを製作し、粘性センサのシステムを建機の内部コンピュータへ接続する方法と、粘性センサによる劣化検出とフィルタの交換を介した ICT サービスのプロトタイプモデルを試作する。センサ自体が物理的に破壊されたことを、測定信号から判断する故障診断機能をソフトウェアに付与する。

2) 高速・高 SNR 撮像素子による流体濃度分布その場計測デバイスの開発

[実施体制：国立大学法人東北大学、アストロデザイン株式会社、株式会社フジキン]

- ・ 高 SNR 性能を維持したまま画素数を 100 万画素に増やすために、高密度キャパシタ技術および画素毎の電氣的接続を有する 3 次元積層化プロセスを活用した撮像素子要素技術開発を行う。
- ・ 多分野に展開可能な高汎用性イメージングモジュールの開発を行う。
- ・ ALD, CVD 成膜装置等で用いられるガスについて圧力、流量を変化させながら動画撮像を行い、ガス濃度分布およびその動的変化の可視化を実証する。さらに光源とカメラモジュールを多方向に増やすことでガス濃度の三次元分布の計測に資するデータを取得する。
- ・ 薬液の濃度分布計測向けの光源モジュールを設計・試作し、洗浄装置を模擬した試験装

置を構築し、薬液濃度分布計測の実証実験を実施する。

- ・ 実際に取得された画像データから二次元濃度分布の可視化を行う。また、複数の方向から撮像した 2 次元吸光像を再構成して 3 次元流体濃度分布を分析するデータ解析フローの開発を行う。

3) 波長掃引中赤外レーザによる次世代火山ガス防災技術の研究開発

[実施体制：浜松ホトニクス株式会社、国立研究開発法人産業技術総合研究所]

- ・ 波長掃引 QCL の小容量パッケージの実装技術開発を更に進め、高温動作を可能とする波長掃引光源を開発する、また、小型かつ高温動作を可能とする波長掃引光源モジュールを実現する。システム要件からのフィードバックを得て、最終目標の達成に向けた最適化を行う。
- ・ 低 FOV レンズを集積したパッケージ品の評価および改良を行い、最終目標の達成に向けた最適化を行う。
- ・ 光源モジュールと受光モジュールを統合し、赤外分光分析装置のプロトタイプ機に搭載する。システム開発と連携し計測アルゴリズムに対する最適化の検討を行う。また、展示会などに出展し市場要求の情報収集を行い、火山ガス以外のアプリケーション探索を行う。
- ・ 光源モジュールと受光モジュールを用い、光源に由来する光学ノイズを低減できる計測手法を確立する。SO₂ あるいは H₂S ガス相当の吸収を有するガスにおいて検出感度を検証する。
- ・ シミュレーション環境において無人運転での次世代赤外分光装置のプロトタイプ機を試作する。

4) 高真空ウエハレベルパッケージングを適用した MEMS センサーの研究開発

[実施体制：国立大学法人東北大学、ソニーセミコンダクタマニュファクチャリング株式会社]

- ・ SMS 専用水素アニール装置を用いた SMS (Silicon Migration Seal) ウエハレベルパッケージング開発プラットフォームを構築する。
- ・ 6 インチウエハを用いた SMS (Silicon Migration Seal) ウエハレベルパッケージングプロセスを構築する。
- ・ SMS プロセスによるジャイロセンサーを開発、評価する。
- ・ 温度補正技術を適用したジャイロセンサーを設計、試作し、温度特性を評価する。

5) 大気中電子放出イオン化による IMS 呼気分析システムの研究開発

[実施体制：シャープ株式会社、株式会社ダイナコム、国立大学法人奈良女子大学、国立研究開発法人理化学研究所、国立大学法人鳥取大学]

- ・ 電子放出 IMS の装置性能の向上と最適化を行い、実証機を試作する。各連携機関の研究成果を融合して IMS の検出限界を向上し 1ppb を達成する。多成分検知技術を開発し、ペットの呼気データから疾病を特定する基礎技術を開発する。
- ・ IMS による呼気成分測定結果を利用して、疾患の判別を行う AI モデルを構築する。モデルの判定性能評価には、LOO-CV (Leave One Out Cross-Validation)法を用いる。
- ・ 他のグループで得られたデータから、アセトン、酢酸、プロピオン酸等の、人以外の動物の疾病と相関する分子を特定し、それらに適用可能な理論への拡張を行い、精度が 70%以上であることを確認して有用性を実証する。
- ・ SPring-8 のビームラインにおいて、電子放出素子を通電しながら放射光分析を行い(動的放射光測定)、電子放出機能と構造の相関を解明し、素子の電子放出能、耐久性を最適化する。また、高分解能質量分析計を用いて、生成イオンの分子帰属を行う。
- ・ 2021 年度に引き続き、正常犬の呼気ガスをサンプリングする。さらに協力先の動物病院も加え、疾病を有する動物の VOC ガス成分を加えたデータベースを作成する。がんを含む各種疾患に関連する呼気中 VOC ガス成分を複数確定する。マイクロ予備濃縮器と開発した筐体、IMS と GC/MS を用いて正常犬と疾患犬の呼気分析を行い、特定疾患につながるバイオマーカーを特定する。

研究開発項目②「革新的センシング基盤技術開発」

(1) 超微量センシング信頼性評価技術開発

[実施体制：国立研究開発法人産業技術総合研究所]

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。

具体的には、以下の研究開発項目①の 3 つの研究開発テーマに対応する 1) ～ 3) と 4) 微小振動計測についてそれぞれ実施する。

1) 非侵襲血中成分計測に係る信頼性評価技術開発

- ・ 血中成分の非侵襲連続超高感度計測デバイスのために開発される piezo 抵抗型音響センサの、水中における 10 kHz～100 kHz の微小音圧検出能力、及び体温で使用される場合のセンサの特性変化の評価を実施する。中赤外線の評価は、脂質光吸収を考慮して、イントラリピッドを用いた人体ファントムにおける試料調製と、その 20%変動を検出可能な評価システムを構築する。

2) 生体ガス成分計測に係る信頼性評価技術開発

- ・ 拡散管法等により生体ガスに含まれる水等の成分を含む 0.1ppb レベルの揮発性有機標準ガスを発生させ、その濃度の検証を行う。
- ・ 加湿装置を導入した簡易型センサ評価システムを用いて生体ガスに対する共存物質依

存性・温度依存性などのガスセンサ特性を明らかにする。

3) ウイルスゲートキーパーに係る信頼性評価技術開発

- ・ インフルエンザウイルスについて複数の不活性化処理を検討し、PCR や ELISA での定量に影響を与えないウイルスの不活性化法を確立する。また、不活性化ウイルス試料については、必要に応じて HPLC による分取などのより高度な精製を行った後、本年度導入予定の高分解能質量分析装置を用いた LC/MS 分析のほか、PCR や ELISA 等の方法による純度評価や対象の完全性評価、および均質性試験法や安定性試験法の検討および確立を行う。また、センサー開発側との協議を行いつつ、ウイルス標準試料としての仕様（容器、濃度域、溶媒組成等）についても実験的に検証を行い、条件を選定する。
- ・ 前年度までに確立した条件をもとに、精製インフルエンザウイルス試料、精製ノロ VLP 試料に対して、デジタル PCR、デジタル ELISA を用いた複数の測定系による定量を行い、精確なコピー数濃度あるいは個数濃度の決定法を検討する。

4) 微小振動計測に係る信頼性評価技術開発

- ・ 0.1 Hz から 100 Hz におけるインフラモニタリング用振動センサを評価対象として、微小振動から大被災をもたらす地震動までの幅広いダイナミックレンジをもつ 3 軸振動にかかる設計・検討を行い、所望の仕様を満足する 3 軸振動発生装置を構築する。
- ・ 振動センサの開発メーカーなどのニーズに基づいて、振動センサの実環境における応答性能評価を実施するために、温湿度槽と制御コントローラを分離した実環境評価装置を製作して、振動センサの応答性能の温度評価を行うための見通しを得る。
- ・ 振動センサの実環境評価を行うために、野外における振動センサの評価の実施に着手する。

(2) 超微小ノイズ評価技術開発（量子現象に基づくトレーサビリティが確保されたワイヤレス機器校正ネットワークの研究開発）

[実施体制：国立大学法人大阪大学、国立大学法人神戸大学、国立研究開発法人産業技術総合研究所]

高精度な超微小ノイズ評価技術の開発や、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う。

具体的には以下の内容を実施する。

- ・ 2021 年度に完成させた二次標準器を開発するワイヤレス機器校正ネットワークに組みこみ、狙い通りの機能が発現するかを検証する。
- ・ 2021 年度に開発した汎用型センサ評価機の実装基板を用いて、回路構成要素の再選定、校正アルゴリズムの改良を行い、2022 年度の目標を実現できるように調整を行う。
- ・ 微細加工技術による金属薄膜パターン、金属薄膜の成膜条件、および絶縁基板表面の最適化により、ジュール熱の効果的な拡散を行い、抵抗値温度係数 ± 50 ppm/ $^{\circ}\text{C}$ 、抵抗値

範囲±0.3%、カテゴリー温度範囲0℃～50℃の抵抗を開発する。

- ・汎用型センサ評価機の自己キャリブレーションによるパラメータばらつきと経時変化の測定結果から、ワイヤレス校正スキームの技術的目途を立てる。
- ・汎用型センサ評価機とサーバの両方にブロックチェーン技術を実装し、管理システムの動作実証を行う。

5. 2 2022年度事業規模

委託、及び助成事業（助成率：1/2 又は 2/3）

一般勘定 740 百万円

事業規模については変動があり得る。

6. その他重要事項

（1）評価の方法

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、前倒し事後評価を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。

（2）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、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、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）複数年度契約の実施

原則として、2019年度開始分は2019年度～2021年度の複数年度契約を行い、研究開発項目①で開始4年目以降継続する研究開発テーマは、2022年度～2023年度の複数年度交付を行う。研究開発項目②は、2022年度～2023年度の複数年度継続契約を行う。

また、2020年度開始分は2020年度～2022年度の複数年度契約を行い、研究開発項目①で開始4年目以降継続する研究開発テーマは、2023年度～2024年度の複数年度交付を行う。研究開発項目②は、2023年度～2024年度の複数年度継続契約を行う。

（4）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。

（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。

（7）その他

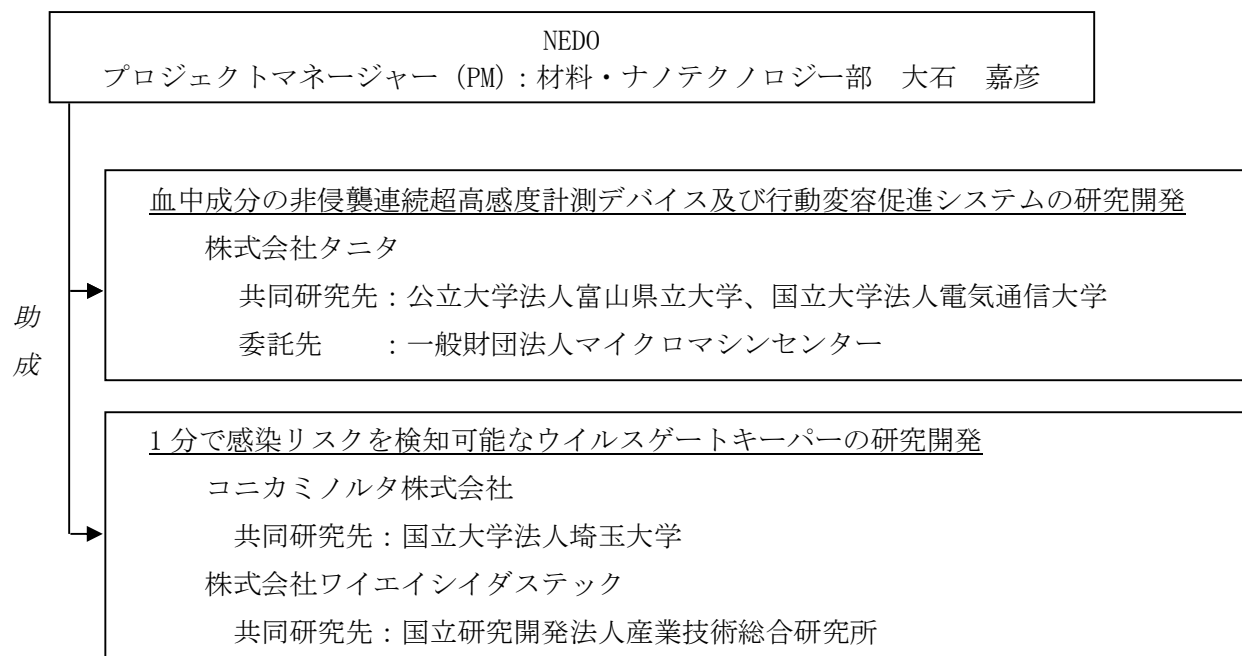
本プロジェクトは非連続ナショナルプロジェクトとして取扱う。

7. 実施方針の改訂履歴

（1）2022年3月、制定

(別紙) 実施体制図

研究開発項目①「革新的センシング技術開発」



NEDO
プロジェクトマネージャー (PM) : 材料・ナノテクノロジー部 大石 嘉彦

委
託

→ 極限環境の液体管理を IoT 化する革新的粘性センサの開発
国立研究開発法人産業技術総合研究所
ヤマシンフィルタ株式会社

→ 高速・高 SNR 撮像素子による流体濃度分布その場計測デバイスの開発
国立大学法人東北大学
アストロデザイン株式会社
株式会社フジキン

→ 波長掃引中赤外レーザによる次世代火山ガス防災技術の研究開発
浜松ホトニクス株式会社
国立研究開発法人産業技術総合研究所

→ 高真空ウェハレベルパッケージングを適用した MEMS センサーの研究開発
国立大学法人東北大学
ソニーセミコンダクタマニュファクチャリング株式会社

→ 大気中電子放出イオン化による IMS 呼気分析システムの研究開発
シャープ株式会社
株式会社ダイナコム
国立大学法人奈良女子大学
国立研究開発法人理化学研究所
国立大学法人鳥取大学

研究開発項目②「革新的センシング基盤技術開発」

