

## 2021 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 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た。なお、実施体制については、別紙を参照のこと。

##### 4. 1 2020 年度（委託）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。

###### 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]

- ・ ファントムによる基礎検討により、ディテクタの仕様を決定し、ディテクタを評価するための光学ファントムを開発した。
- ・ 遠赤外ディテクタとしての音響センサを更に高感度化するため、マイクロ共鳴器を設計・試作し、2019 年度試作の音響センサに組み込んだ。この組み合わせセンサの性能を評価した。また、サンプルに遠赤外光を照射することによって生じた光音響波を計測するセンサを試作・評価した。
- ・ シリコン製中赤外光ディテクタの評価のために、2019 年度末に導入した中赤外白色レーザを利用した、波長感度評価システムを構築した。光吸収構造と低ショットキー障壁を組み合わせることで、波長 3~4 $\mu\text{m}$  の中赤外光検出に対する応答を確認し、感度の評価を実施した。
- ・ 音響素子、中赤外素子構造のプロセス開発を行い、遠・中赤外光ディテクタを試作した。

###### 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

[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、2019 年度に試作を行ったガラス基板上の回折格子の構造や回折効率等の評価を行った。
- ・ 気液バイオ反応系について、ガス透過性、酵素固定化の性能、蛍光ノイズの抑制等の観点から酵素固定化材料と方法の選定を行った。また、気液マイクロ流路についても、微

小孔の孔径等の最適化を行った。

- ・ 極低濃度ガス発生・評価系について、10ppt レベルの標準ガスを安定的に発生させるために懸念される、ガス配管内での吸着やコンタミネーションへの対策手法を検討した。
- ・ 校正ガス用の高精度・極低濃度ガス発生装置を導入し、その性能の確認を行った。また、清浄な気相環境を維持するために、大型ウォークインドラフトを導入した。
- ・ デバイスの小型化を見据えた構造設計を行った。

### 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]

- ・ オートフォーカス機能を実装した試作1号機の操作、画像確認を1画面に集約したユーザーインターフェースとウイルス検知に対応した判定用ソフトウェアを開発した。
- ・ ウイルス検出前処理にあたる、唾液検体を抽出して複数試薬と混合して検出部への送液までの各プロセスを検証し、それらを自動化した試作機を作成し、加えて検体採取用具の自動充填、自動廃棄の追加機構設計を行い、機能検証用試作機を製作した。
- ・ 不活化インフルエンザウイルス及びノロウイルスのウイルス様粒子を含む模擬サンプルに対して、濃度100aMの検出条件を明確にした。
- ・ マイクロウエル技術を導入し、AIE検出試薬と模擬サンプルを混合した後、1分以内で発色が確認できる検出系を確立した。
- ・ 本研究開発に今年度全世界に大きな被害をもたらしている新型コロナウイルスを含めることとし、新型コロナウイルスの検出方法の検討を開始した。

### 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]

- ・ 高感度振動センサ材料とデバイス開発に向けて、ソフトウェアとハードウェアをセンサシステムと一体化させ、さらに外部検査機関におけるセンサの耐環境試験を行った。
- ・ 2019年度に取得した計測データに加えて、2020年度に新たに電柱の振動データを取得した。また、土砂災害の評価指標を検討するための基礎実験を実施した。
- ・ センサの電柱への設置方法及びユーザーインターフェースのソフトウェア試作に関する基本検討を行った。

### 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粘性センサ初号機を設計・製作した。並行して、渦巻き振動子を用いた非ニ

ュートン性、粘弾性の測定原理の検証を行った。製作した圧電 MEMS 粘性センサの初号機を用いて、粘性測定の検証実験を開始した。

- ・ 粘性センサの積層パッケージ化に向けて、積層・接合構造の設計、圧電 MEMS マイクロポンプ及び流路の設計・製作を行った。また、フィルタ実機における隔壁間無線給電・通信の基礎評価を行った。
- ・ 粘性センサの動作試験に向けて、パワーショベル（建機）の調達と粘性センサを設置するための改造を行い、併せて、劣化油の準備と試験を開始した。また、圧電 MEMS 粘性センサの初号機を単体で建機に搭載して、予備的検証実験を行った。

#### 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 イメージセンサプロトタイプチップ（画素数 1 万個程度）の設計、試作を行い、性能を検証した。
- ・ 開発する CMOS イメージセンサの高速・広ダイナミックレンジ信号がリアルタイムに動画出力可能で、データ解析に資する小型カメラモジュールの設計、試作を行った。
- ・ 半導体製造層装置内ガス濃度分布計測に資する紫外光 LED 光源を用いた分光モジュールの設計、試作を行った。
- ・ 様々な方向から撮像することのできる複数の窓を設けた薄膜成膜・エッチング装置を模擬した真空チャンバシステム及びガス供給システムの構築を行った。
- ・ 真空チャンバーの各装置パラメータを制御可能とするための制御システムの構築を行った。

#### 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、レーザチップ及び MEMS 回折格子を試作し、光源モジュールを構成する駆動回路の試作を行った。
- ・ 量子型赤外受光素子の設計試作を行い、裏面入射型構造の組立実装法について検討を行った。
- ・ 受光モジュールの開発及び計測アルゴリズムの検討のために、差動型検出型の受光モジュールを設計試作し、既存製品を利用して差分吸収法の基礎的な検討を行った。
- ・ 低ノイズ計測手法の研究に向けて、受光/発光モジュールの代替品を用いてシステムの最適化を行った。
- ・ 次世代赤外分光装置の開発に向けて、雨天時の降雨を利用して光学窓材の洗浄が行われる構造を考案・設計し、比較的省電力にて計測データが蓄積される技術開発を進めた。

#### 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]

- ・ 4 インチウェハ直接接合のためのプラズマ処理装置等の環境整備及び接合プロセスの開発を行った。
- ・ テストデバイスを用いて、SMS(Silicon Migration Seal)による気密封止を確認した。
- ・ 配線取り出し構造を設計し、テスト構造を用いて、SMS 後の導通と絶縁を確認した。
- ・ 研究開発で得られた知見を取り入れ、SMS で封止する MEMS 共振子の設計を行った。

#### 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]

- ・ 大気中電子放出素子をガスイオン化部に搭載した IMS ガス分析原理検証機を試作し、ガス検知性能として 20ppb の感度目標を酢酸で達成した。
- ・ SN 比改善用 M 系列デコンボリューション処理プログラムは IMS データでの動作確認を完了した。SHASH 分布関数にフィッティングして成分分離するプログラムを作成した。
- ・ IMS 試作機を用いてアセトンと酢酸の混合ガスを分析し、スペクトル分離できることを確認した。スペクトル解釈理論として、水分子の配座計算や衝突断面積計算を実施した。
- ・ 電子放出素子性能の放射光分析のために SPring-8 のビームラインとして X 線吸収微細構造解析 (XAFS) を選定した。質量分析装置による大気中電子放出イオン化分析を実施した。
- ・ マイクロ予備濃縮器にサンプルガスを捕獲させ、GC/MS でガス分析する実験系を確立した。また、実験犬を用いて呼気ガス分析を行い、サンプリング方法の課題を明確化した。

#### 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

- ・ 周波数帯域の異なる 2 つの音圧評価システム (水中定在波発生、光圧発生) の開発を行い、微小圧力を発生させて特性を調べた。

- ・ 光センサ評価システムは、波長感度特性を得られるように、光源の波長可変方法を精査してシステムに組み込んだ。
- 2) 経皮ガス成分計測に係る信頼性評価技術開発
- ・ パーミエーションチューブ法等を用いた揮発性有機標準ガス発生装置を設計し、構築した。
  - ・ 精製空気を加湿し、そのガスで揮発性有機標準ガスを希釈できる流量比混合システムを開発した。
  - ・ 簡易型ガス混合装置を用いて簡易型のセンサ評価システムを構築し、これに開発した加湿装置を導入し、ベンチマーク用途として用意した市販半導体式センサおよび開発品の半導体式センサの評価を行い、課題抽出を実施した。
- 3) ウイルスゲートキーパーに係る信頼性評価技術開発
- ・ 超遠心機によるウイルス精製の最適なパラメータを割り出し、プロトコール化する際に使用する数値を確定させ、精製されたウイルスのゲノムやタンパク質の完全性が保たれていることを、PCR や赤血球凝集反応などによって確認した。
  - ・ RNA 認証標準物質等を用いて既存のチップ型デジタル PCR (dPCR) 装置の低濃度域における RNA 定量性評価を実施し、タンパク質認証標準物質等を用いてデジタル ELISA (dELISA) 装置の定量性を確認した。また、超高機能液体クロマトグラフ (UHPLC) を用いて、RNA の質量分析のための物質分離条件を検討した。
- 4) 微小振動計測に係る信頼性評価技術開発
- ・ 水平方向の微小振動計測を可能とするために、低周波防振技術の導入とレーザ干渉計の低雑音化を行い、1 Hz から 100 Hz における計測可能な変位限界を 100 倍向上させることに成功し、0.01 m/s<sup>2</sup> 程度の微小加速度まで校正範囲を拡大できる見通しを得た。
  - ・ 鉛直方向の微小振動計測を可能とするために、エアベアリング型鉛直加振器の導入に着手し、レーザ干渉式変位計測用の光路制御ステージと低周波防振システム、高剛性グラナイトブロックの設計を完了した。
  - ・ ケースに封入された構造の異なるシート型振動センサに対して、0.1 Hz から 300 Hz までの加振実験を行い、当該周波数に対して出力応答することを確認した。

(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。

- ・ 一次標準器と同じ原理のジョセフソン効果を利用した小型標準器のプロトタイプを開発し、微小電圧信号の出力を確認した。並行して、新たな設計のジョセフソン素子を作製し、その動作検証を行った。また、そのための素子キャリアの設計・作製を行った。
- ・ 汎用型センサ評価機のシステム構成を検討した。具体的には、アナログデジタルコンバーター (ADC)、デジタルアナログコンバーター (DAC)、基準電圧 IC、精密抵抗等によって構成される微小電圧計測、出力部分の構成について検討した。
- ・ 微細加工技術により、金属薄膜のパターン形成を行い、抵抗値 100 MΩ、抵抗値温度係数 ±100 ppm/°C、抵抗値範囲 ±0.5 %、カテゴリ温度範囲 0 °C～50 °C の抵抗を開発した。
- ・ 標準器を用いた汎用型センサ評価機のキャリブレーションと、標準器に接続されない汎用型センサ評価機のキャリブレーション（自己キャリブレーション）の校正精度を定量的に比較し、両者の因果関係を明らかにするためのアルゴリズムの基礎設計を検討した。

#### 4. 2 実績推移

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

#### 5. 事業内容

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 2021 年度（委託）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 9 つの研究開発テーマを実施する。



### 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する。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する。また、ヒトによる評価を開始する。
- ・ 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する。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・評価を行う。
- ・ 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する。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 $\mu$ m）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する。
- ・ 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する。

### 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

[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、感度の向上とサイズの小型化を進める。
- ・ 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う。また、毎分数  $\mu$ L の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を実現する。
- ・ 前年度導入した高精度・極低濃度ガス発生装置のガス供給の安定化を図る。
- ・ 前年度導入した清浄な気相環境下で、開発したセンサの有用性評価を行う。
- ・ 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う。

### 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開発を実施する。
- ・ 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、高齢者施設及び食品工場にてプロトタイプ of 動作検証を行う。

- ・ 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う。
- ・ 模擬試料から各ウイルス検出が可能なことを確認する。また、各ウイルスに対して、ウイルス濃度 10aM の 1 分検出を実証する。

#### 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う。
- ・ 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を検討する。
- ・ 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う。

#### 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、ヤマシンフィルタ株式会社]

- ・ 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う。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する。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う。
- ・ 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・評価を行う。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する。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する。
- ・ 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る。また、センサ等設置方法の改修も行う。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、過酷条件ベンチ試験装置を用いた実験を開始する。また、粘性センサの電気的特性等の基本性能試験を行う。

#### 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する。
- ・ 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イス及び EtherCAT 通信に対応したイメージングモジュールの構築を行う。
- ・ 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、その動作を確認する。
- ・ 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する。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する。
- ・ 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する。また、プラズマ形成に資する高真空系の制御、計測機器を構築する。

#### 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う。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する。
- ・ 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む。また、受光素子とレンズの集積化技術を開発する。
- ・ 応答帯域プリアンプ、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う。さらに、サンプルガスを用いてセンサ及び回路の最適化を行う。
- ・ 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う。
- ・ 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・試作を行う。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 技術を開発する。

#### 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) プロセスを開発する。
- ・ MEMS 共振子を用いて封止圧の評価を行う。

- ・ 6 インチウェハを用いた SMS(Silicon Migration Seal)プロセスを構築する。
- ・ SMS(Silicon Migration Seal)プロセスを用いたジャイロセンサの設計を行う。

#### 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基礎データを取得して課題抽出し、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する。ガス検知性能としては 5ppb を感度目標とする。
- ・ 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のパラメータ推定を行う。
- ・ 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・推定を行う。
- ・ 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い素子改良の指針とする。標的試料ガスに対する最適なドーパントを選択する。
- ・ マイクロ予備濃縮器を IMS に接続したガス検出実験と、犬猫呼気の GC/MS 分析を行う。正常な犬猫の呼気ガスをサンプリングし、VOC ガス成分のデータベースを作成する。

#### 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う。

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する。

##### 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立する見通しを得る。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る。
- ・ 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立の見通しを得る。

##### 2) 経皮ガス成分計測に係る信頼性評価技術開発

- ・ パーミエーションチューブ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 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

- ・ 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、標準的な評価材料としてウイルスを提供する。
- ・ 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 dPCR 装置との比較等による測定妥当性評価を実施する。また、ウイルス由来タンパク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タンパク質の精確な定量法を確立する。

### 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する。
- ・ 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する。
- ・ 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。

- ・ 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、実証を行う。
- ・ 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する。
- ・ 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 M $\Omega$ 、抵抗値温度係数 $\pm 100$  ppm/ $^{\circ}\text{C}$ 、抵抗値範囲 $\pm 0.3$  %、カテゴリー温度範囲 0  $^{\circ}\text{C}$ ~50  $^{\circ}\text{C}$ 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を行う。
- ・ 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する。

## 5. 2 2021 年度事業規模

### 委託事業

一般勘定 796 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、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）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、2020 年度開始分は 2020 年度～2022 年度の複数年度契約を行う。

### （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。

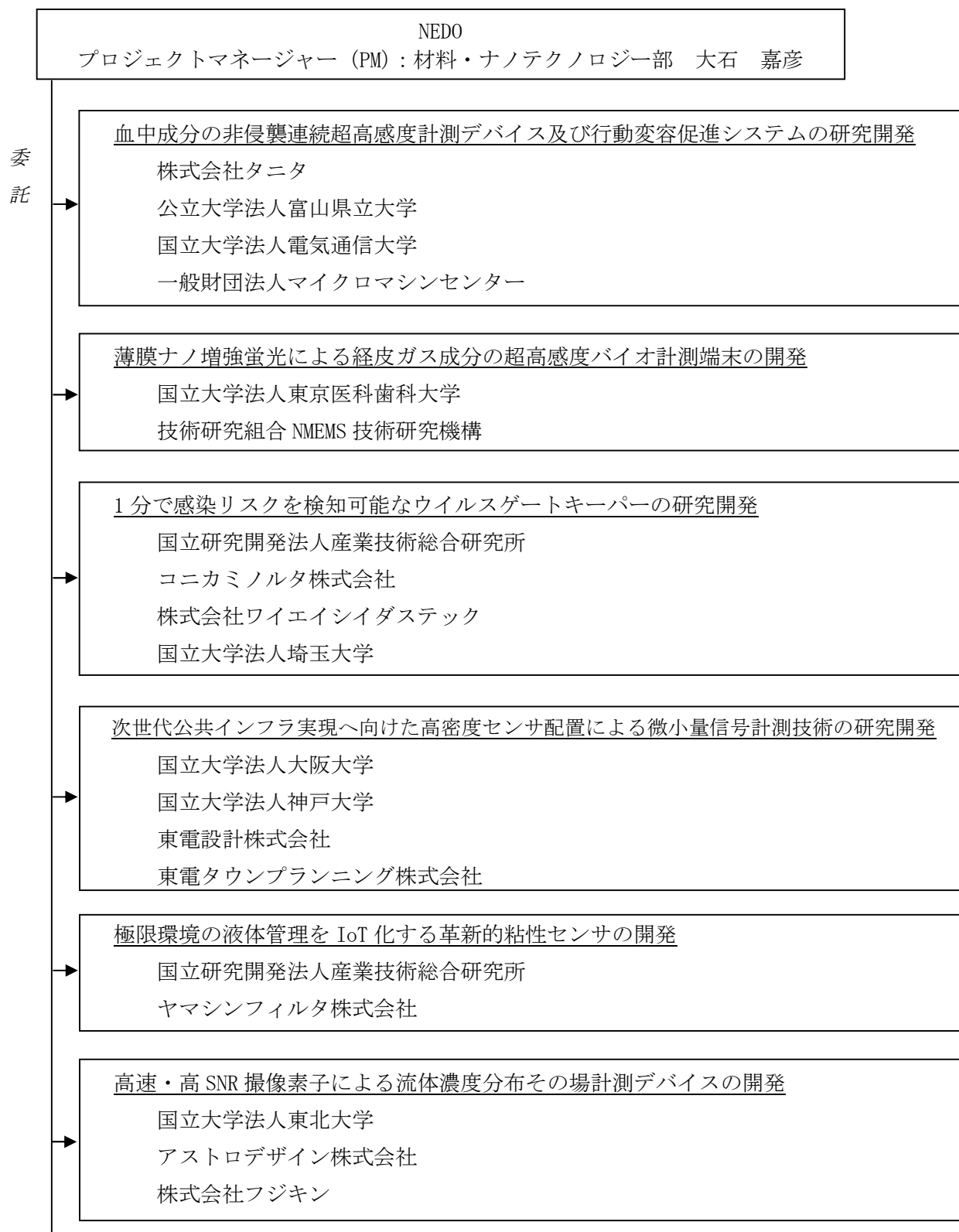
## 7. 実施方針の改訂履歴

（1）2021 年 3 月、制定

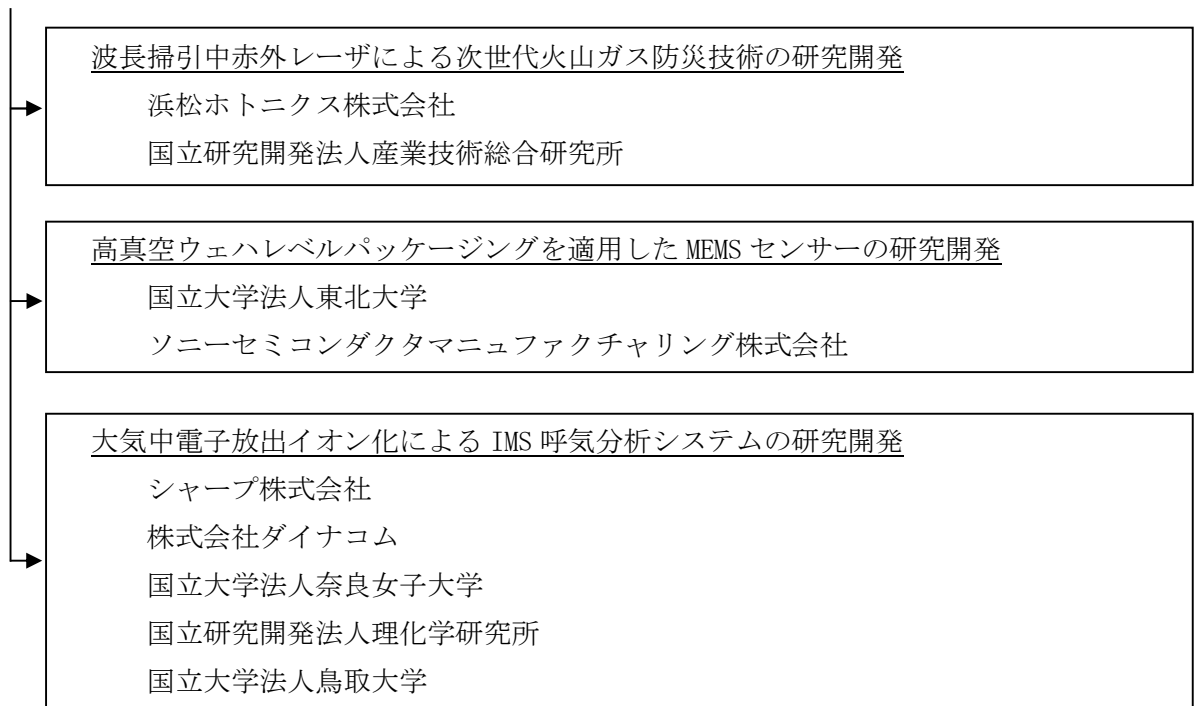
（2）2021 年 6 月、PM 変更及び 2021 年度事業規模の変更に伴う改訂

(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」







研究開発項目②「革新的センシング基盤技術開発」

