



「IoT社会実現のための革新的センシング技術開発」 (中間評価)

プロジェクトの概要 (公開)

(2019年度～2024年度 6年間)

2022年9月13日

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構
材料・ナノテクノロジー部

1. 事業の位置付け・必要性
 - (1)事業目的の妥当性
 - (2)NEDOの事業としての妥当性
2. 研究開発マネジメント
 - (1)研究開発目標の妥当性
 - (2)研究開発計画の妥当性
 - (3)研究開発の実施体制の妥当性
 - (4)研究開発の進捗管理の妥当性
 - (5)知的財産等に関する戦略の妥当性
3. 研究開発成果
 - (1)研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義
 - (2)成果の最終目標の達成可能性
 - (3)成果の普及
 - (4)知的財産権の確保に向けた取組
4. 成果の実用化に向けた取組及び見通し

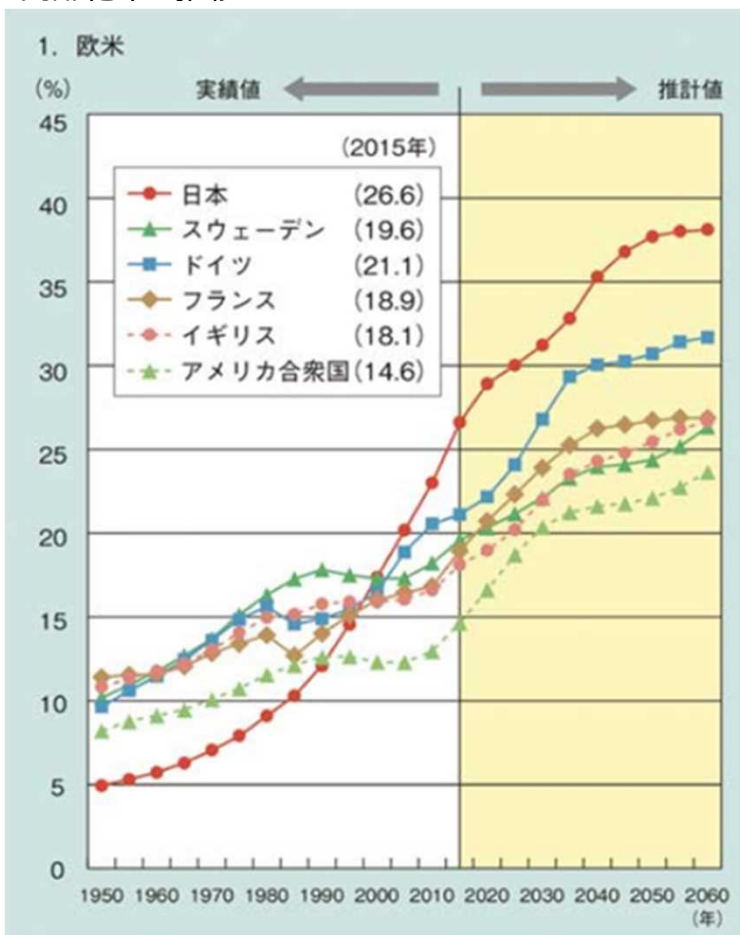
1. 事業の位置付け・必要性

1. 事業の位置付け・必要性 (1) 事業目的の妥当性

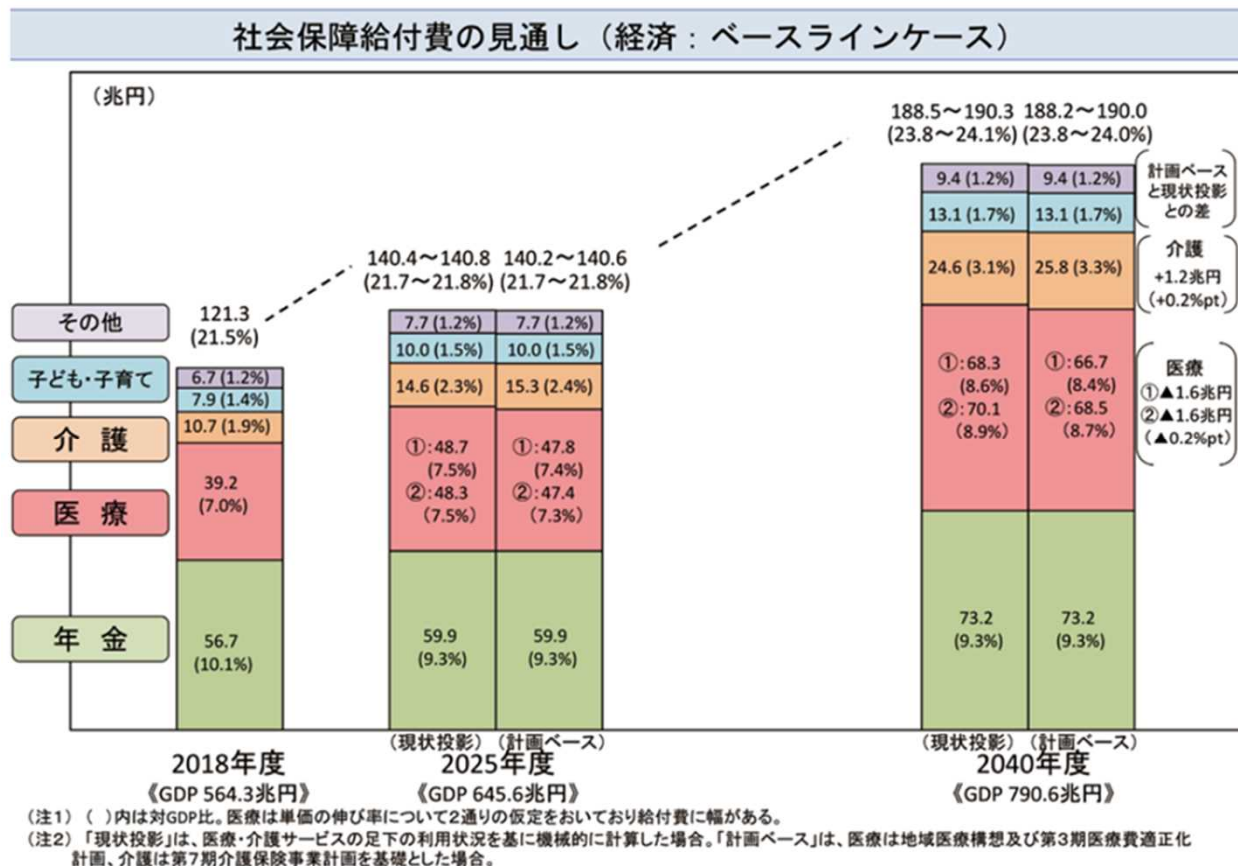
◆ 事業実施の背景

- 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**。

高齢化率の推移



出所：令和元年伴高齢社会白書（内閣府）



出所：2040年を見据えた社会保障の将来見通し（内閣官房・内閣府・財務省・厚生労働省、2019）

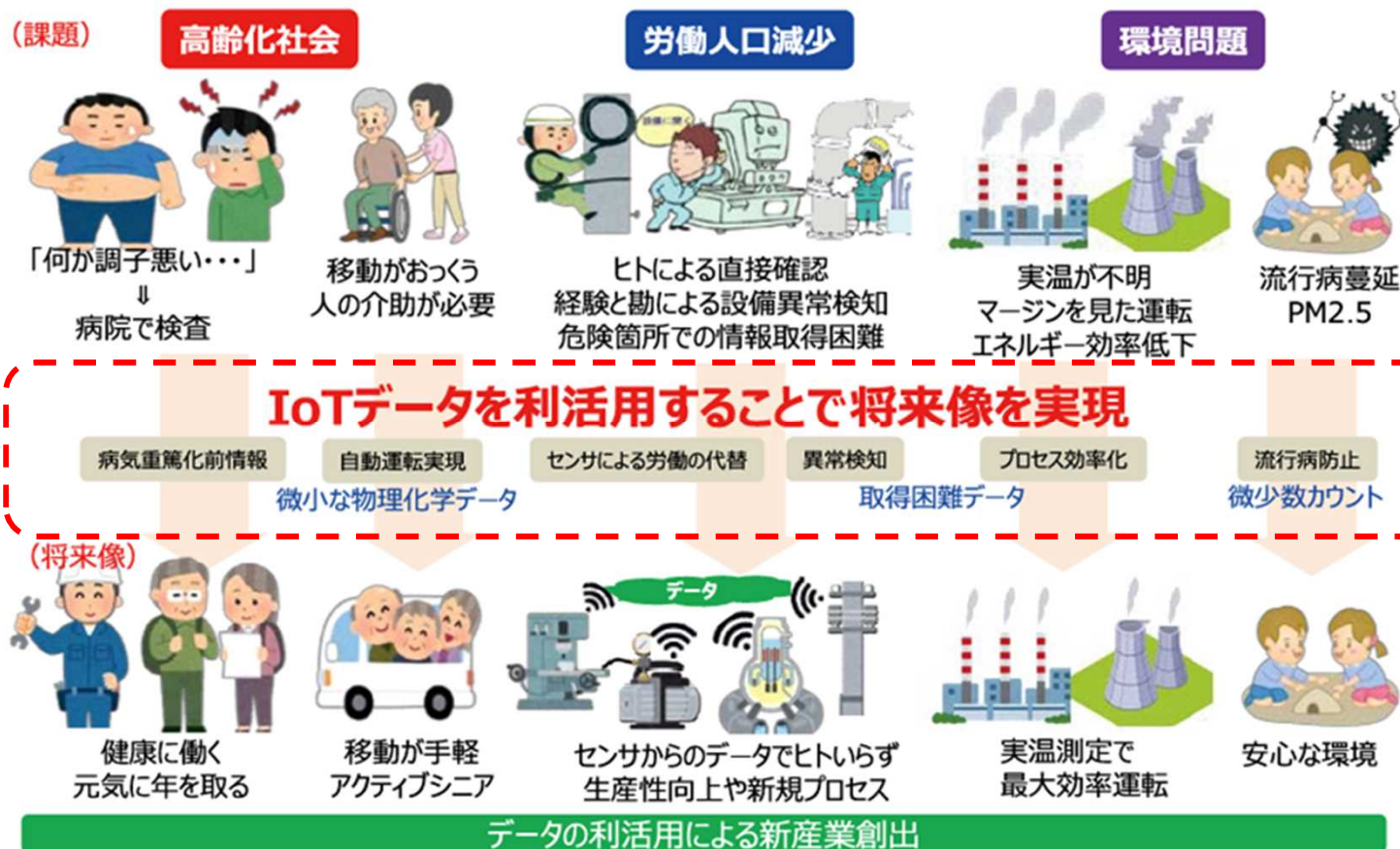
1. 事業の位置付け・必要性 (1) 事業目的の妥当性

◆ 事業実施の背景

Society5.0 :

サイバー（仮想）空間とフィジカル（現実）空間を高度に融合させたシステムにより、経済発展と社会的課題の解決を両立する、人間中心の社会（Society）

- **サイバー（仮想）空間とフィジカル（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。

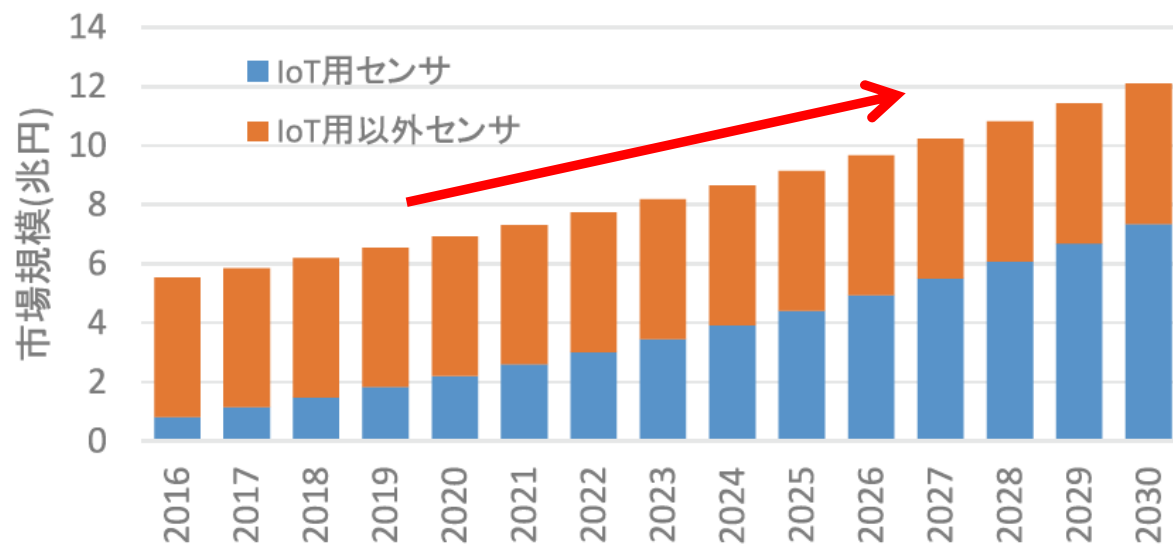


◆ 事業実施の背景

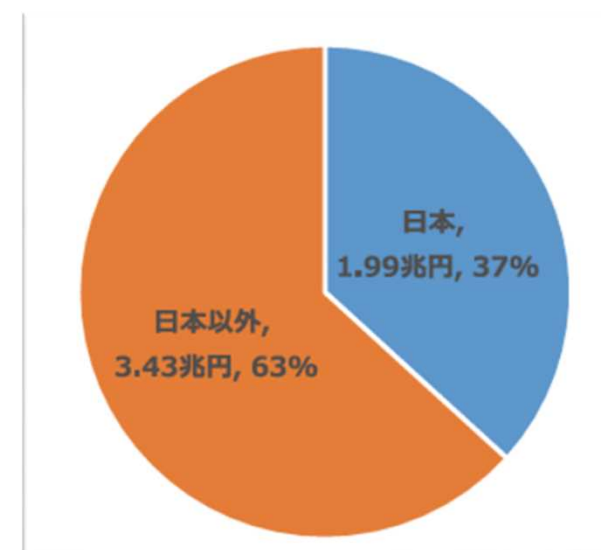
- **センサ市場**は増加傾向にあり、**2030年で約12兆円**が見込まれる。
- 特に、**IoT用センサ**がIoT市場に牽引され**大きく伸びる**と予測
- **IoT/CPS市場全体***では、**2030年度で約400兆円**の見込み
- センサの**日本シェアは37% (2017)**と極めて高い

*システム（ハードウェア）からソフトウェアの販売ビジネス、データを活用したサービス、ソリューションビジネス

世界のセンサ市場規模年推移



センサの日本シェア (2017)



出所：TSC Foresight Vol. 102 (NEDO)

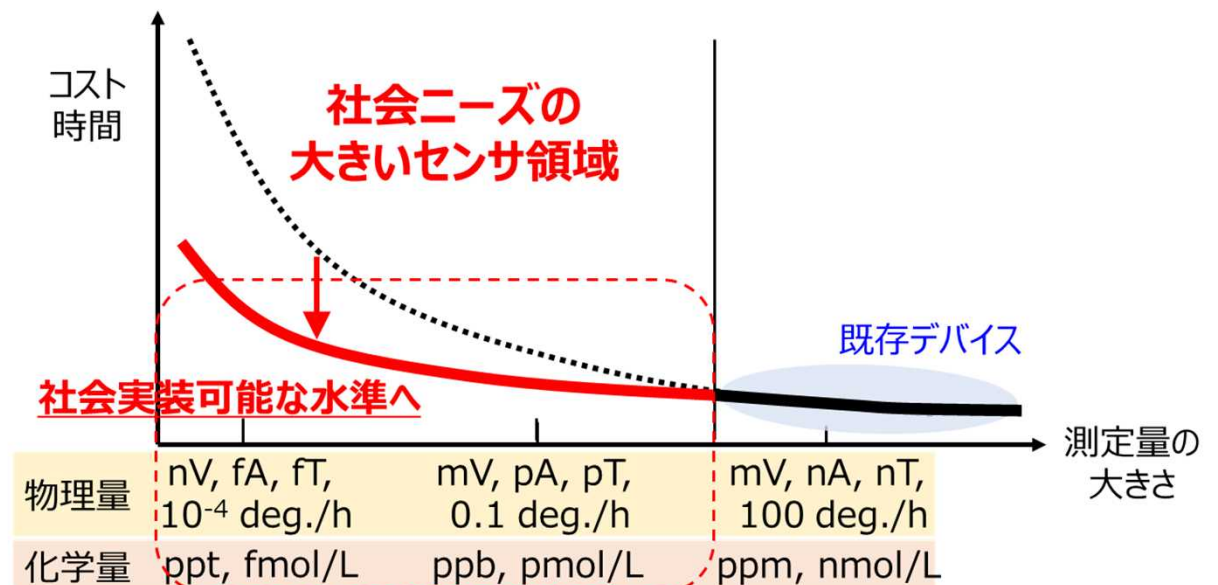
IoT用センサ市場は大きく伸びていくものと推測され、センサの日本シェアは高い

◆ 事業の目的

- **Society 5.0の実現を目指し**、日本が強みを有する最先端の材料・ナノテク、バイオ技術を利用して、**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**を開発。
- 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。
- 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。



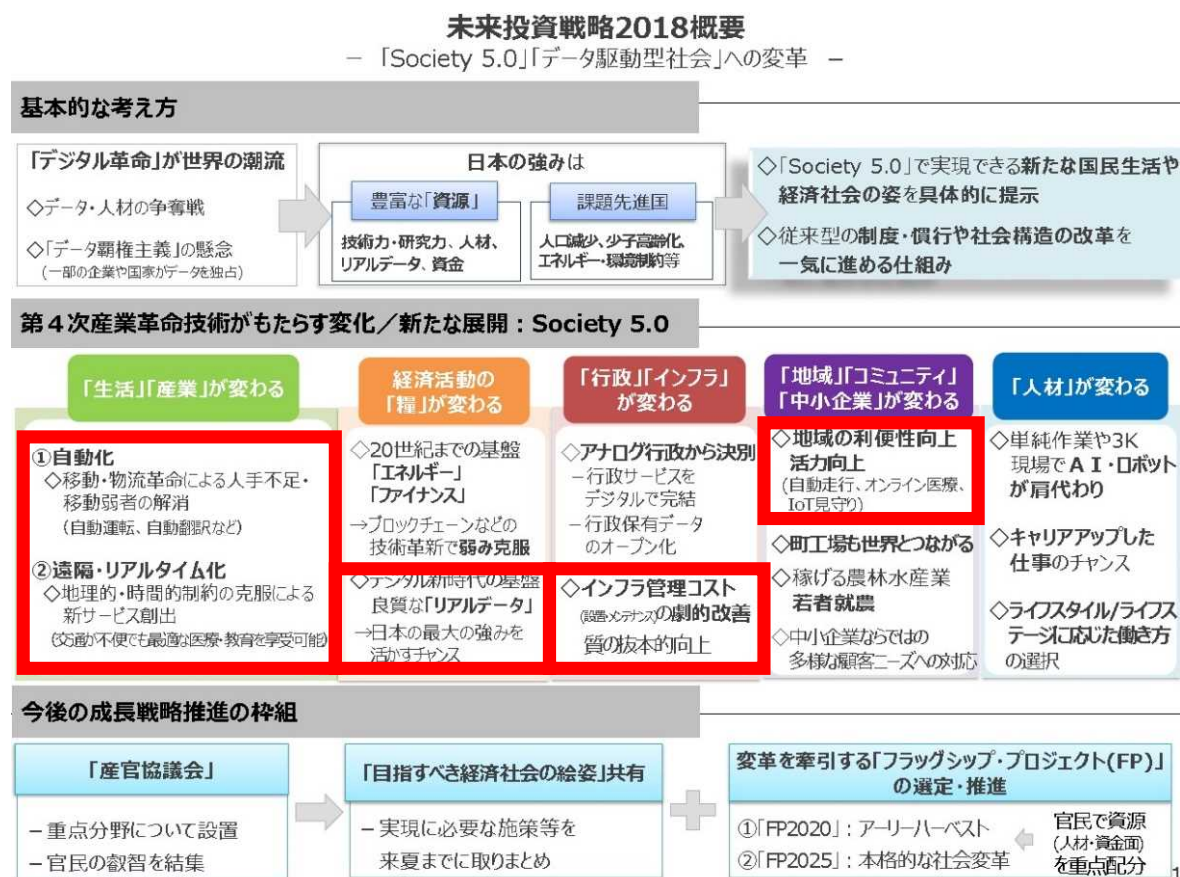
既存技術で実現困難な超微量の検出



1. 事業の位置付け・必要性 (1) 事業目的の妥当性

◆政策的な位置付け

「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の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。



1. 事業の位置付け・必要性 (1) 事業目的の妥当性

◆ 技術戦略上の位置付け

- 本プロジェクトは「**次世代IoT社会に向けたナノテクノロジー・材料分野の技術戦略**」で必要とされる技術開発の大部分を担う
- 革新的センシング技術により**取得困難なデータを取得・活用することで、新産業、サービスを創出**

サービス、新産業の創出度合い =
 従来のデータ群 × 未踏領域 (取得困難) データ群

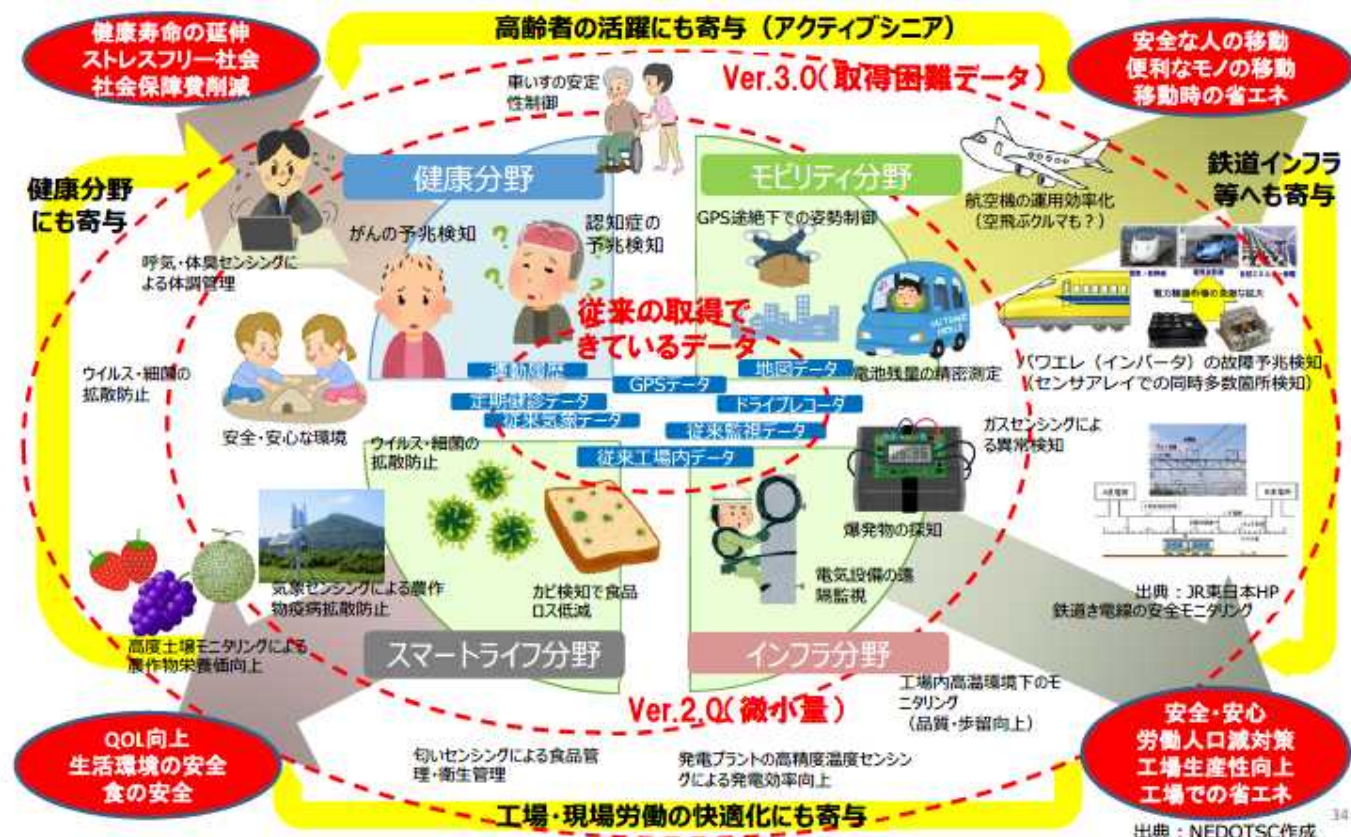
NEDO

技術戦略研究センターレポート

TSC Foresight Vol.102

次世代のIoT社会に向けた
 ナノテクノロジー・材料分野の技術戦略策定に向けて

はじめに	2
1章 解決すべき社会課題と実現したい将来像	4
1-1 解決すべき社会課題と実現したい将来像	4
1-2 解決・実現のための方法	7
1-3 戦略分野とイノベーション	12
2章 解決・実現手段の統括	26
2-1 解決・実現に向けた課題	26
2-2 分野等から見た具体的な実現手段の統括	26
2-3 技術開発の方向性	28
3章 おわりに	30

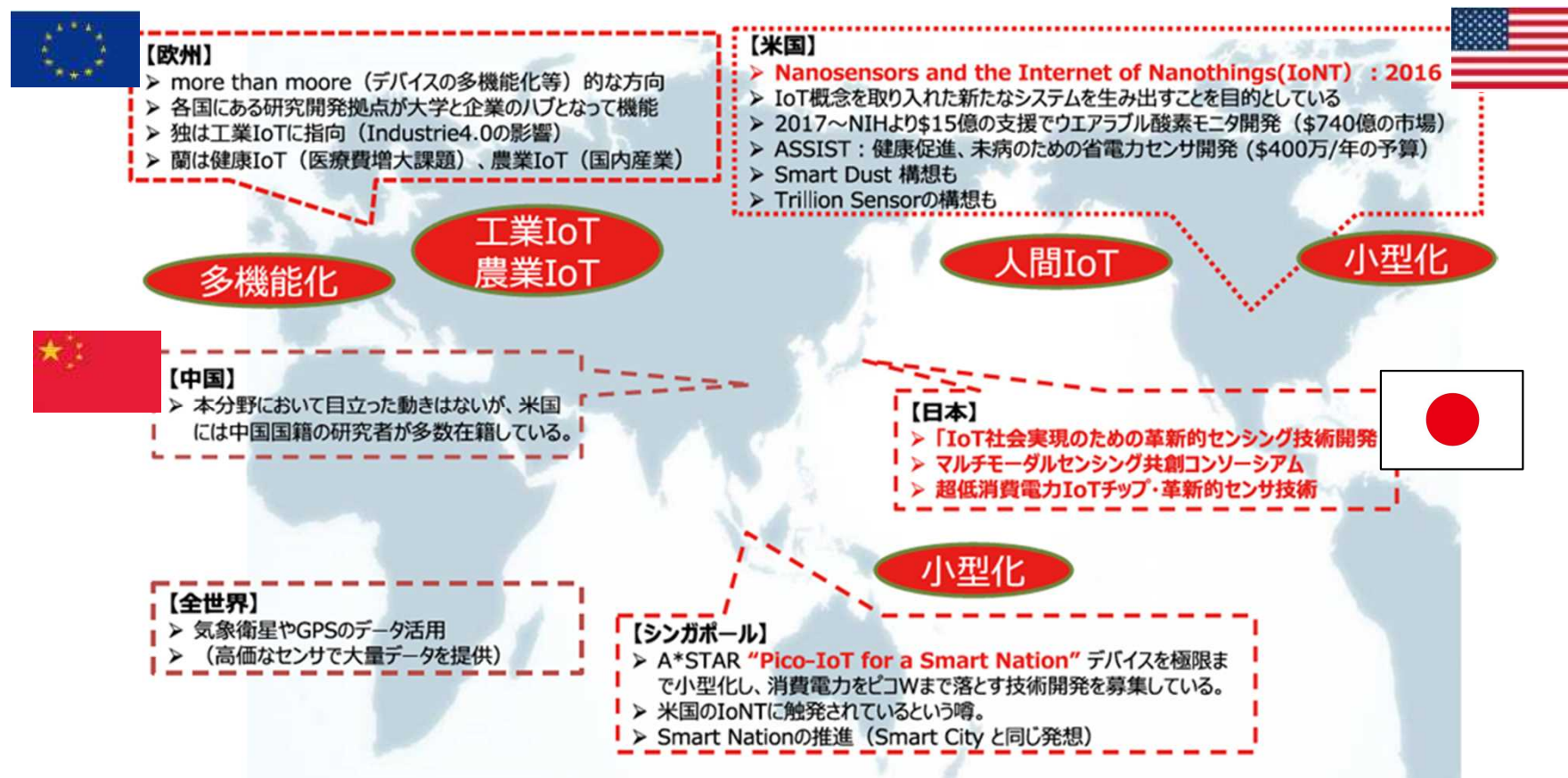


1. 事業の位置付け・必要性 (1) 事業目的の妥当性

◆ 国内外の研究開発の動向と比較

- 【米国】 **超小型デバイス**に関する開発を本格化。
- 【欧州】 センサの**多機能化**を目指した研究が多く、**工業IoT**、**農業IoT**指向。
- 【日本】 戦略的イノベーション創造プログラム (SIP) /「**フィジカル空間デジタルデータ処理基盤**」
→ 本PJとは**フェーズの違いで差別化**
(SIPは**社会実装に近い領域**、本PJは**基礎技術から実用化**)

* SIP : 総合科学技術・イノベーション会議(CSTI) による国家プロジェクト



◆NEDOが関与することの意義

- 国が実現を目指す**未来社会「Society5.0」において、サイバー空間とフィジカル空間を高度に融合させる革新的センシング技術は極めて重要。**人やあらゆるものからの豊富なリアルデータ取得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。
- 本プロジェクトの目的達成には、既存技術では実現困難な超微小量の検出や極限環境下でも動作可能とするなど、**従来の延長線上に無い画期的な技術を核とした“非連続な”研究開発が必要。**材料工学や機械工学、電子工学等の**異分野融合が不可欠**で、民間企業等が単独で実現することは難しく、国主導で民間企業・大学・国研等が有する優れた技術・知見・ノウハウを集約して**産学官が一体となって開発を加速させることが必要。**
- 信頼性評価技術等の基盤技術については、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**公共性の高い開発であり、評価技術等の標準化も検討し得る**ことから、国が積極的に関与すべき。

◆実施の効果 (費用対効果)

本プロジェクトの総費用	約37億円* ¹ (2019~2024年)
2030年での市場創出効果	約2000億円* ² (2030年)

* 1 2019~2021年度は執行額、2022年度は契約額、2023、2024年度は契約見込み額より算出

* 2 取得困難なセンシングによるIoTシステムに係わる分野を健康分野、モビリティ分野、インフラ分野、産業分野に特定し、試算

2. 研究開発マネジメント

2. 研究開発マネジメント (1) 研究開発目標の妥当性

◆ 研究開発目標と開発内容

アウトプット目標：

- 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。
- 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。

研究開発項目	開発内容	中間目標	最終目標
① 革新的センシング技術開発	<p>・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。</p> <p>・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、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。</p>	<p>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。</p>	<p>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。</p>

上記の目標を基本としつつ、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、**具体的な目標は研究開発テーマ毎において定める。**

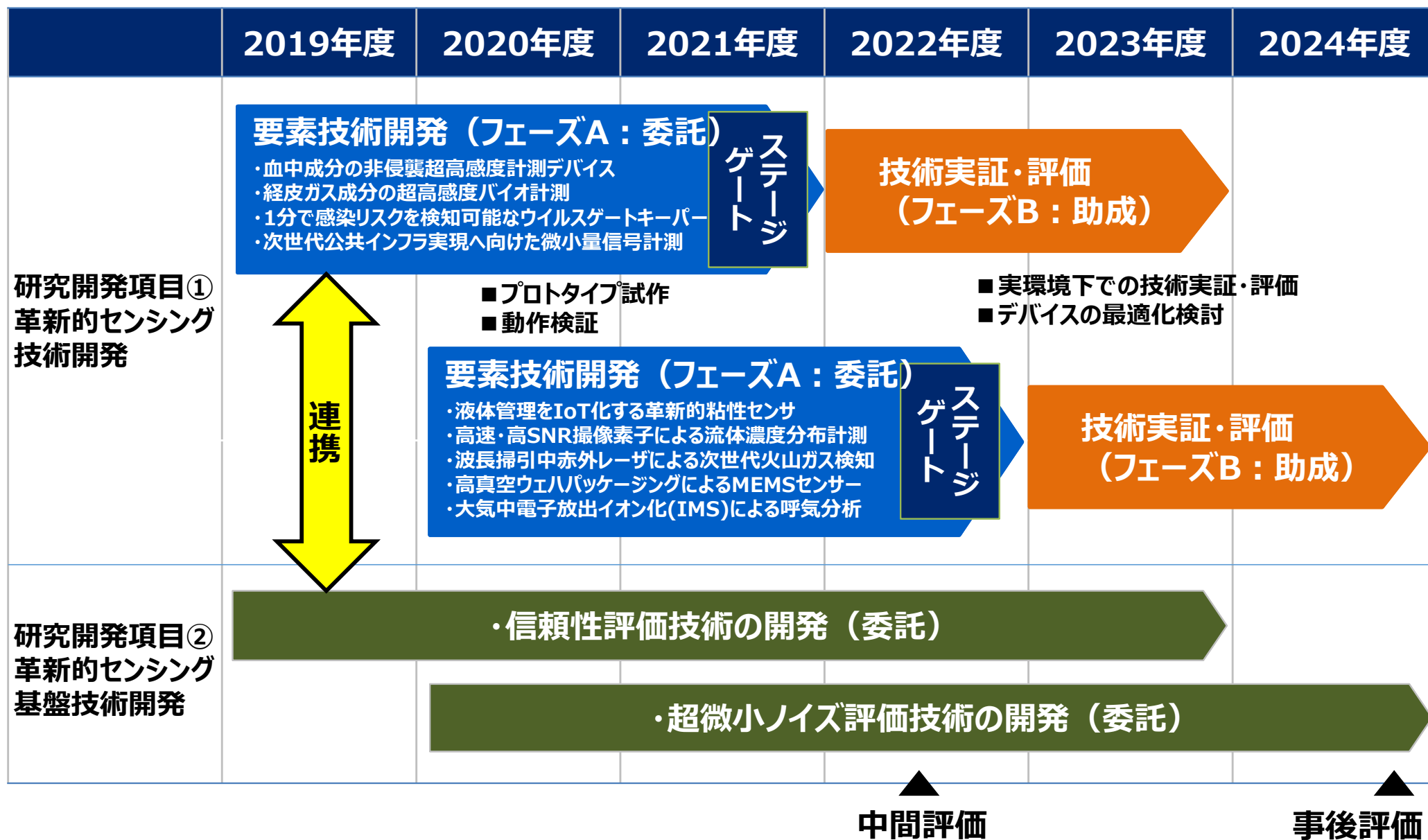
2. 研究開発マネジメント (1) 研究開発目標の妥当性

◆ 研究開発目標と開発内容

研究開発項目	開発内容	中間目標	最終目標
② 革新的センシング基盤技術開発	<p>(1) 超微量センシング信頼性評価技術開発</p> <p>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。</p>	<p>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。</p>	<p>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。</p>
	<p>(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</p> <p>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。</p>	<p>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。</p>	<p>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。</p>

2. 研究開発マネジメント (2) 研究開発計画の妥当性

◆研究開発のスケジュール



2. 研究開発マネジメント (2) 研究開発計画の妥当性

◆プロジェクト費用

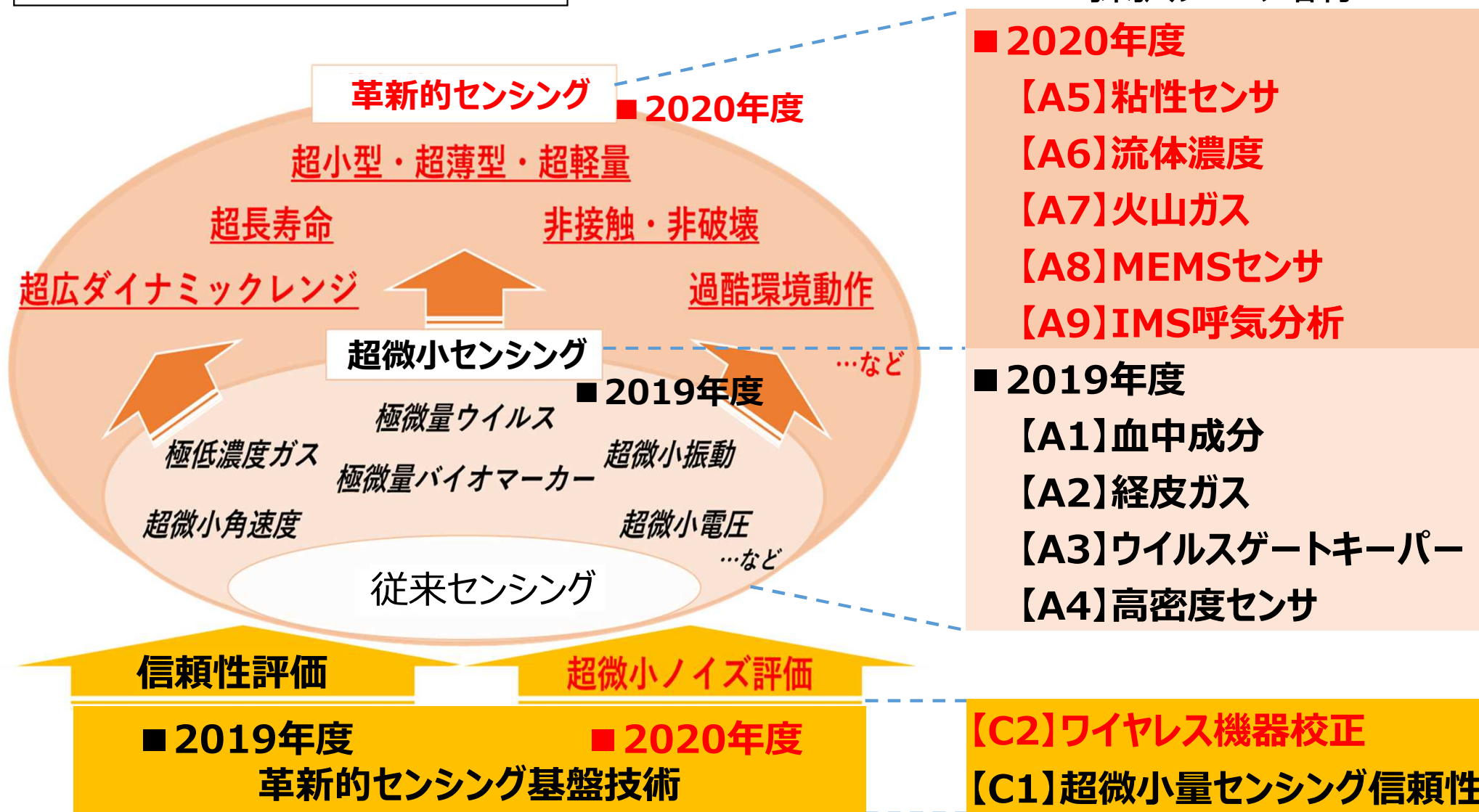
(単位：百万円)

	研究開発テーマ	2019 年度	2020 年度	2021 年度	2022 年度	合計
研究 開 発 項 目 ①	【A1】血中成分の非侵襲超高感度計測デバイス	83	96	84	50	313
	【A2】経皮ガス成分の超高感度バイオ計測	50	89	29	-	168
	【A3】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	45	168	105	50	368
	【A4】次世代公共インフラ実現へ向けた微量信号計測	73	90	55	-	219
	【A5】液体管理をIoT化する革新的粘性センサ	-	48	49	49	147
	【A6】高速・高SNR撮像素子による流体濃度分布計測	-	49	48	58	155
	【A7】波長掃引中赤外レーザによる次世代火山ガス検知	-	50	50	50	150
	【A8】高真空ウェハパッケージングによるMEMSセンサー	-	45	70	50	164
	【A9】大気中電子放出イオン化(IMS)による呼気分析	-	50	62	50	162
②	【C1】信頼性評価技術の開発	31	235	189	212	668
	【C2】超微小ノイズ評価技術の開発	-	70	78	70	218
	合計	282	991	819	639	2732

※2019～2021年度は執行額、2022年度は契約額

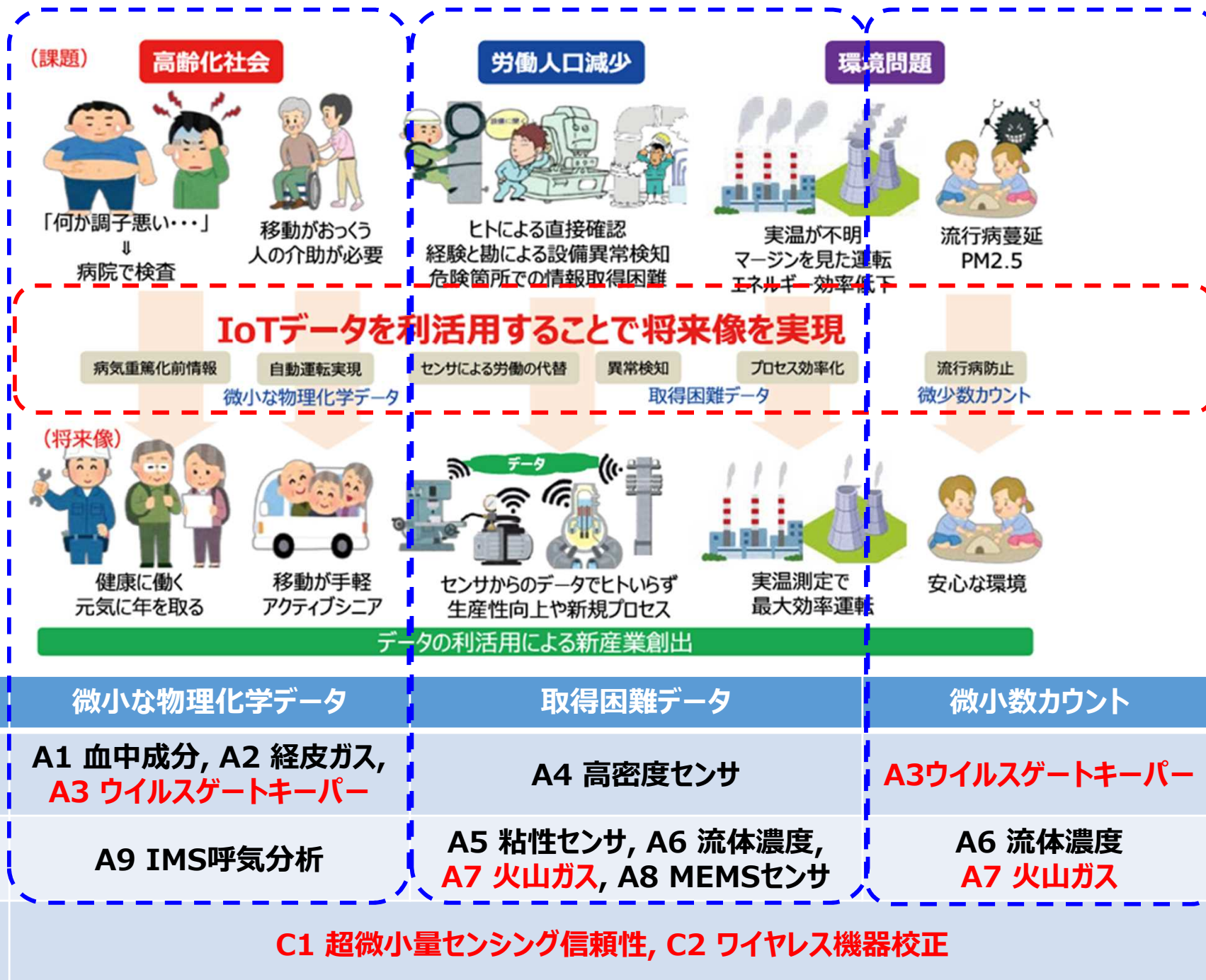
◆ 研究開発の実施体制

採択テーマ略称



2019年度に5件、2020年度に追加で6件採択し、
研究開発を拡充

2. 研究開発マネジメント (3) 研究開発の実施体制の妥当性



2. 研究開発マネジメント (3) 研究開発の実施体制の妥当性

◆ 研究開発の実施体制

2019～2021年度（2019年度採択） フェーズA（委託）

NEDO 材料・ナノテクノロジー部	技術推進委員会 (外部有識者)	研究開発項目 ①	【A1】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	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
			【A2】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	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
			【A3】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	国立研究開発法人産業技術総合研究所
				コニカミルタ株式会社
				株式会社ワイエイシイダステック
				国立大学法人埼玉大学
			【A4】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小量信号計測技術の研究開発	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			
②	【C1】超微小量センシング信頼性評価技術開発	国立研究開発法人産業技術総合研究所		

2. 研究開発マネジメント (3) 研究開発の実施体制の妥当性

◆ 研究開発の実施体制

2020～2022年度（2020年度採択） フェーズA（委託）

NEDO 材料・ナノテクノロジー部	研究開発項目①	【A5】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		
		【A6】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		
			【A7】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	
				【A8】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
		【A9】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		
			②	【C2】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	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
					技術推進委員会 (外部有識者)

◆ 研究開発の実施体制

2022～2023年度（2019年度採択）
ステージゲート審査後フェーズB（助成）

NEDO 材料・ナノテクノロジー部	研究開発項目①	【B1】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	株式会社タニタ	委託	一般財団法人マイクロマシンセンター
				共同研究	公立大学法人富山県立大学
				共同研究	国立大学法人電気通信大学
		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	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	※2021.9 終了	
技術推進委員会 (外部有識者)	研究開発項目①	【B3】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	コニカミノルタ株式会社	共同研究	国立大学法人埼玉大学
			ワイエイシイダステックホールディングス株式会社	共同研究	国立研究開発法人産業技術総合研究所
		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	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	※2022.3 終了	

- ・助成事業では実用化を見据えて実施体制を変更
- ・ステージゲート審査で事業継続の妥当性を確認

◆ 動向・情勢の把握と対応

2020年度追加公募の実施

情勢	対応
プロジェクト開始当初（2019年度）、超微量センシングに分野を限定したため、想定していた採択テーマ数を下回った。 センサの重要性が益々高まっており、幅広いシーンが想定されるようになってきた。	2020年度に本PJの拡充のための追加公募を実施。分野限定を外すとともに、センシング対象を拡充し、研究開発項目①を5件、研究開発項目②を1件採択し、研究を開始した。

コロナ禍の状況下での対応

情勢	対応
2020年度新型コロナウイルスが世界的パンデミックを引き起こし、その検出のニーズが高まった。	研究開発項目①の「 <u>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</u> 」テーマについて、期中に加速予算を配賦し、開発当初の検知対象ウイルスであるインフルエンザウイルス、ノロウイルスに加え、「 <u>新型コロナウイルス</u> 」を新たな対象に加え、早期実用化を目指し、全体開発の促進に努めた。

2. 研究開発マネジメント (4) 研究開発の進捗管理の妥当性

◆ 研究開発の進捗管理

会議名	主なメンバー	目的・対象	頻度	主催者
技術推進委員会	・外部有識者 ・NEDO(PM) ・実施者	【目的】 各プロジェクトの研究開発進捗の把握を行い、方向性、目標達成の見通し等を議論。アドバイスの実施。 【対象】 全テーマ	1回 / 年	NEDO
進捗報告会	・実施者 ・NEDO(PM)	【目的】 研究開発の進捗確認等 【対象】 各テーマ	1回 / 1～3ヶ月	実施者
ステージゲート審査委員会	・外部有識者 ・NEDO(PM) ・実施者	【目的】 全事業期間の中間審査として研究開発進捗や計画等を評価し、研究継続の妥当性を見極めを実施。 【対象】 研究開発項目①	委託期間3年目	NEDO
知財運営委員会	知財運営委員会 規定メンバー	【目的】 特許出願・対外発表に関する報告、承認。	随時	実施者

技術推進委員会やステージゲート審査委員会を通じて、PJに関与していない外部有識者の意見を取り込み、客観的な視点も踏まえてプロジェクトマネジメントを実施

◆ 知的財産管理

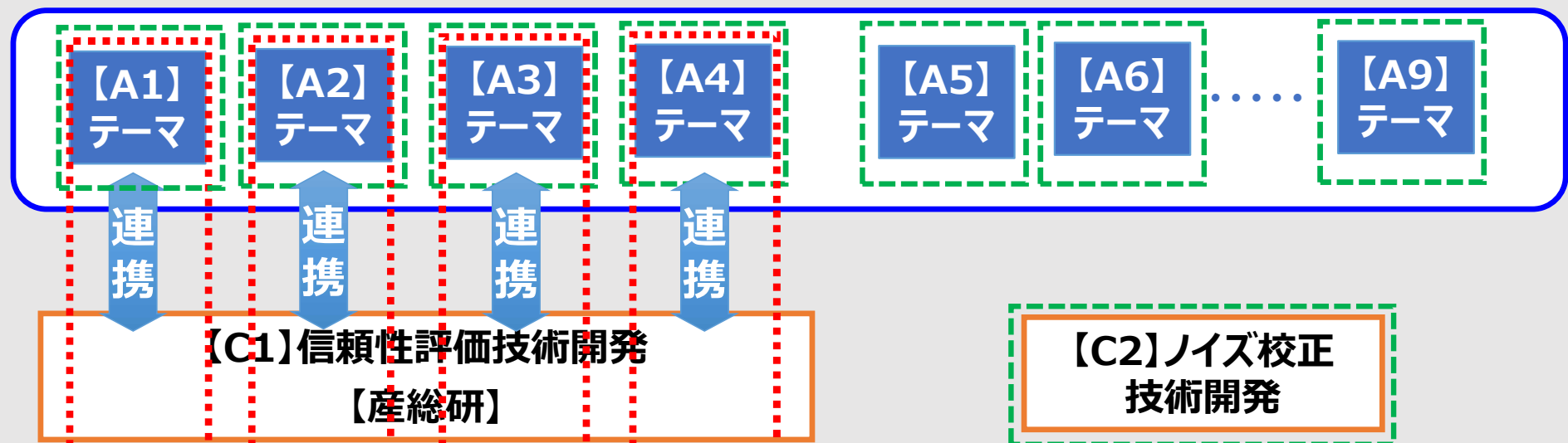
- **本PJに最適化した知財方針**に基づき、各テーマ間にて**知財合意書(I)**を策定
- 合意書では、**知財運営委員会**、知財の帰属、秘密保持、PJ内実施許諾等を規定
→ **PJの出口戦略において重要となる知財ルール**の整備、**体制の構築**

★ **本PJの知財方針**では、**テーマ間連携に関する事項**を記載

【研究開発項目①の各デバイス開発テーマ】と研究開発項目②の信頼性評価技術開発はテーマ間連携があり、**別途、知財合意書(II)**を策定

知財合意書 I

【研究開発項目①：革新的センシング技術開発】



知財合意書 II

【研究開発項目②：革新的センシング基盤技術開発】

3. 研究開発成果

3. 研究開発成果 (1) 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義

◆個別テーマ毎の目標と達成状況

研究開発項目① 革新的センシング技術開発 (2019年度開始)

開発テーマ	中間目標 (代表例)	成果と達成度	備考	
【A1,B1】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	<ul style="list-style-type: none"> ● センサ・モジュール評価用光学ファントム標準器の開発、デバイス設計・開発 ● 10mPa分解能の光音響センサの実現 	<ul style="list-style-type: none"> ● 光学ファントム標準器の開発済み、センサ仕様決定、試作器を開発 ● 10μPa分解能の光音響センサの実現 	○	
【A2】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	<ul style="list-style-type: none"> ● アセトンガス用の超高感度ガス計測デバイスと極低濃度ガス発生・評価系を作製 ● デバイス評価を行うことで、小型ウェアラブル計測端末の動作モデルの構築を行う。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 極低濃度ガス発生・評価系にてアセトンガス濃度：60 ppt、精度±5%を確認(世界初) ● センサモジュールを試作、光学系を除き999 cm³で構築 	○	参画事業者のMEMS事業譲渡の影響で、2021年9月30日をもって事業終了
【A3,B3】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	<ul style="list-style-type: none"> ● 検出から解析まで行うことができる試作機を完成させる。 ● 試作機での1分検出実現に資する検出プロトコルを確立 	<ul style="list-style-type: none"> ● 全自動測定を行う試作機が完成 ● マイクロウエルとAIE試薬を用いた、インフルエンザ、ノロ、新型コロナウイルスの1分検出プロトコルが完成 	○	—
【A4】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	<ul style="list-style-type: none"> ● シート型超微小物理量センサシステムの研究開発 	検出精度は、 <ul style="list-style-type: none"> ● 振動センサについて、高さ4.5m距離15m以内の範囲で振動検出を確認 ● 差分センサについて、各軸間のカップリング誤差目達成 	○	2021年度ステージゲート審査結果を踏まえ、2022年3月31日をもって事業終了

◎ 大きく上回って達成、○達成、△達成見込み (中間) / 一部達成 (事後)、×未達

事業を継続しているテーマについては、研究開発の進捗は順調

3. 研究開発成果 (1) 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義

◆個別テーマ毎の目標と達成状況

研究開発項目① 革新的センシング技術開発 (2020年度開始)

開発テーマ	中間目標 (代表例)	成果と達成度	
【A5】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	<ul style="list-style-type: none"> ● 非ニュートン性、粘弾性の測定が可能な革新的粘性センサの原理の実証 ● 建機を模擬した環境での実証試験 	<ul style="list-style-type: none"> ● ニュートン流体を約3%の精度で測定することに成功 ● 建機の基幹システムへの接続方法の設計、ICTサービスのプロトタイプモデル試作 	△ (2022年12月達成見込み)
【A6】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	<ul style="list-style-type: none"> ● 高速・高SNR撮像素子の開発(1万画素撮像素子) ● 製造装置内流体濃度分布計測の実証 	<ul style="list-style-type: none"> ● 画素数19600のイメージセンサの設計・試作を完了 ● 吸光・発光撮像、およびプラズマ撮像が行えることを確認 	△ (2023年2月達成見込み)
【A7】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	<ul style="list-style-type: none"> ● 波長7~8μm帯の波長掃引パルスQCLモジュール光源、高温環境下でも十分な受光感度を有する赤外受光素子、高速応答な差動検出型の受光モジュールを開発 	<ul style="list-style-type: none"> ● 世界最小の波長掃引パルスQCLを開発し、1次モジュールに搭載し連続動作試験中。 ● 赤外受光素子を開発し、差動検出モジュールに搭載し最適化の検討中。 	△ (2023年2月達成見込み)
【A8】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	<p>基本プロセスの実証</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 1 Pa以下の封止圧力を実現すること ● 高真空セラミック/缶パッケージと比べて1/100以下の体積に小型化 	<ul style="list-style-type: none"> ● 内部にデバイスがない試料で10 Pa以下の封止圧力を確認 ● 内部にデバイスがある試料を完成させ、超小型パッケージの形態を確認 	△ (2023年3月達成見込み)
【A9】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	<ul style="list-style-type: none"> ● IMS分析装置 (検出感度改善 : 目標1ppb) ● 呼気分子のIMS多成分検知 : 10種類以上 ● マイクロ予備濃縮器をIMSに接続し、100pptガスの検出 	<ul style="list-style-type: none"> ● 酢酸にて目標検出感度0.5ppbを前倒しで達成 ● 6種類の分子成分を検知 ● マイクロ予備濃縮器とIMSを用いて 1 ppbガスの濃縮と検出 	△ (2023年3月達成見込み)

◎ 大きく上回って達成、○達成、△達成見込み (中間)

全体として研究開発の進捗は順調

3. 研究開発成果 (1) 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義

◆個別テーマ毎の目標と達成状況

研究開発項目② 革新的センシング基盤技術開発

開発テーマ	中間目標(代表例)	成果と達成度	
【C1】超微量センシング信頼性評価技術開発	● 1 kHz-10 kHzにおいて、大気圧下で1 mPa以下の圧力を放射圧により負荷するシステムの構築	● 目標範囲を超える10 Hz-20 kHzにおいて、大気圧下で1 mPa以下の圧力分解能が達成できていることを実証	○
	● 相対湿度ほぼ100%である空気希釈したppb濃度レベルのVOC標準ガス発生装置を開発	● 露点約35℃の空気を調製 ● ppb濃度レベルのVOC (アセトン) 標準ガスの発生を確認	
	● 標準的なウイルスの精密分離精製手法を確立し、ウイルスRNAおよびたんぱく質の正確な定量によりウイルス粒子の個数評価を可能にする見通しを得る。	● 2段階超遠心法によるウイルス精製法を確立 ● ドロップレット型デジタルPCRを新規導入し、ウイルスRNAの測定条件を確立	
	● 1-100 Hzにおいて従来の100倍程度性能が向上した高精度・高確度な低周波振動測定装置を開発し、微小な振動変位を検証する見通しを得る。	● 防振装置の導入とレーザ干渉計の改良により、1-100 Hzにおけるレーザ干渉式振動測定装置のノイズレベルを1/100以下に低減	
【C2】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	● ジョセフソン効果を用いた小型標準器のプロトタイプを作製 ● 汎用型センサ評価機の直流電圧計測精度 (1 mV ± 50 nV)	● プロトタイプ2号機作製 ● 一次標準器を用いて校正 (安定性評価) を行い、約5.17mVに対して標準偏差 (1σ) 0.4nV達成	○

◎ 大きく上回って達成、○達成、△達成見込み (中間)

全体として研究開発の進捗は順調

3. 研究開発成果 (1) 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義

◆ 個別テーマの成果例と意義

研究開発項目①【A3】

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

● プロジェクトの目的

■ 世界中で大きな課題となっているウイルス感染症の拡大防止を実現するため、1分でウイルス感染リスクを検知できるウイルスゲートキーパー（門番）を開発

- ・施設入口などに設置し、来訪者全員を「その場検査」することで、ウイルスを保有している可能性のある人が施設内に入らないようにするといった感染対策を取ることが可能になる。
- ・その場検査を実現するための迅速性、および不顕性患者からのウイルス検知を実現するための高感度性を両立した装置の実現を目指す。



ウイルスゲートキーパーの導入イメージ

● 技術開発の内容

■ 高速ウイルス検出試薬の開発

・ウイルスと結合することで蛍光を発するようになる凝集誘起発光（AIE）の原理に基づき、インフルエンザウイルス、ノロウイルス、および新型コロナウイルス用検出試薬の開発

■ 高感度ウイルス検出プロトコルの開発

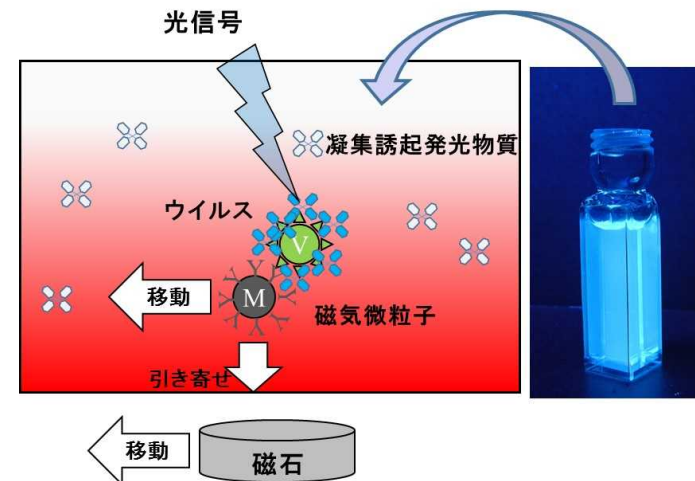
・デジタルバイオ測定（磁気微粒子＋酵素試薬）の原理に基づいた検出感度10 aM : 10^{-18} mol/L を達成するための検出プロトコルの開発

■ 検査キットおよびサンプル抽出機構の開発

・誰もが簡単に検査を実施できる検査キット、およびそれを装置にセットするだけで自動で検査用サンプルが抽出できる抽出機構を開発

■ 全自動検査装置の開発

・前項のサンプル抽出から試薬混合、光学測定、およびソフトウェアによるウイルス検知までを自動で行う全自動検査装置の試作機を開発



3. 研究開発成果 (1) 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義

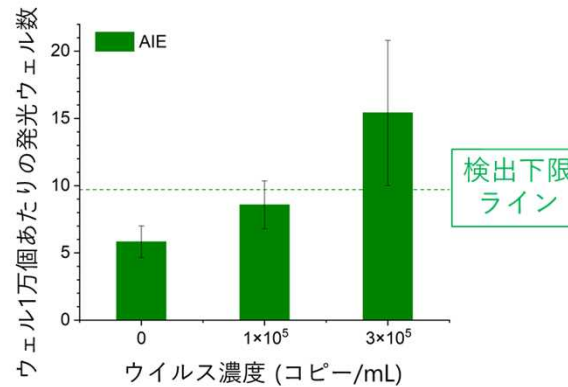
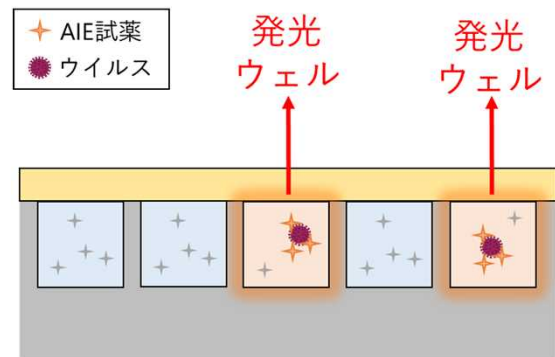
◆ 個別テーマの成果例と意義

● 技術開発内容と成果

2022/5/9 ニュースリリース
(NEDO&産総研)

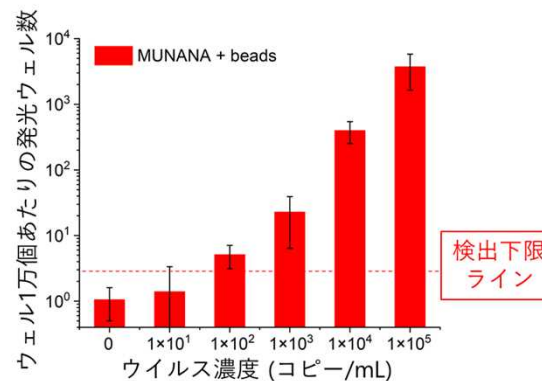
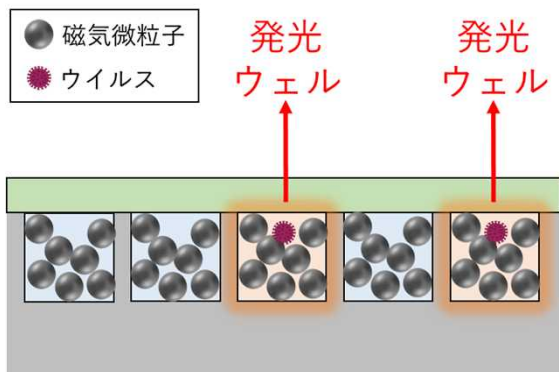
■ AIE試薬 (迅速)

測定時間1分で、簡易検査キットの10倍以上の検出感度



■ 磁気微粒子 + 酵素試薬 (高感度)

測定時間30分で、PCRの10倍の検出感度



■ 全自動検査装置の試作機



小規模施設用
(高齢者施設など
インフルエンザ検知)



中規模施設用
(食品工場など
ノロウイルス検知)

意義：ウイルス感染拡大防止のためのゲートキーパーとして十分な性能を達成

3. 研究開発成果 (1) 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義

◆ 個別テーマの成果例と意義

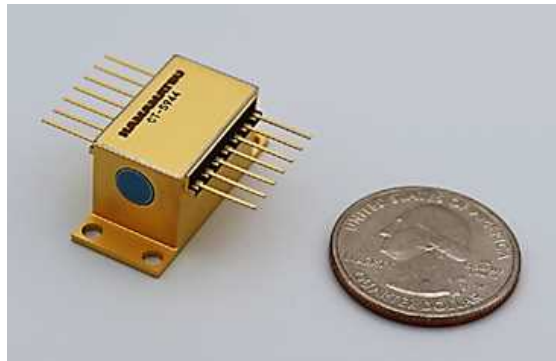
研究開発項目①【A7】

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

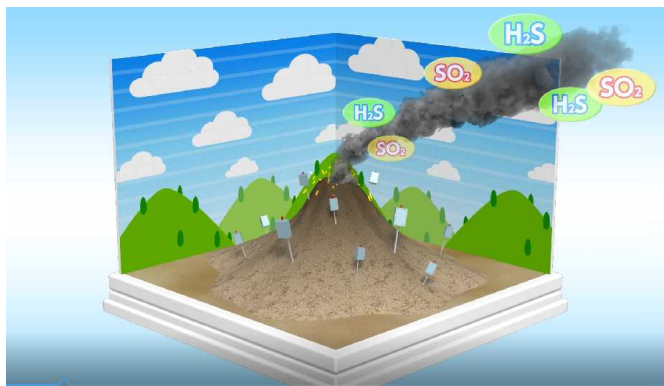
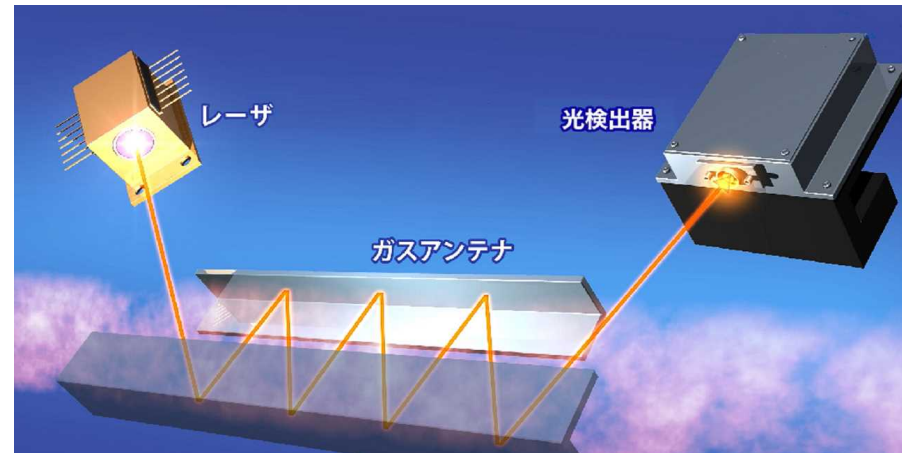
中赤外レーザで火山ガスを可視化 高速波長掃引レーザで一網打尽

本研究開発で開発するレーザを光源としたガスの光吸収を利用した分光分析法は、非接触計測であるため過酷環境下でのメンテナンスフリーの動作を可能にします。また、レーザビームの通過域が計測可能となる特徴を活かしたオープンパス方式のリモート計測による、火山ガス成分の詳細な空間分布の把握（火山マッピング）への展開が期待されます。

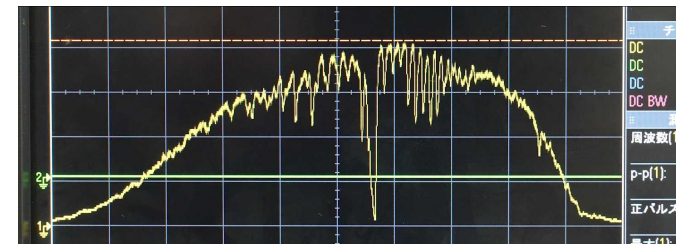
波長掃引・量子カスケードレーザ
(QCL; quantum cascade laser)



ガスの光吸収(吸光度)を利用したガス濃度の計測



波長掃引QCLを用いたガス吸収
スペクトルのリアルタイム計測



3. 研究開発成果 (1) 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義

◆ 個別テーマの成果例と意義

研究開発項目①【A7】
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

21/8/17 ニュースリリース
(NEDO&産総研)

● 成果と目標達成状況

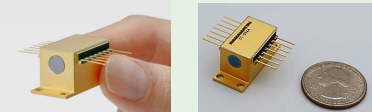
- システム統合における各要素技術の擦り合わせ、システムの成立性の評価が目下の課題となっている。
- 項目①-1においては、**指先サイズの世界最小の小型化を達成した。**
- 項目②-2においては、代替ガスで**0.5 ppm**の検出限界を確認した。
- フェーズBを見据えた、オープンパス方式の**ロングレンジ計測の検証を前倒しで実施**するなど、本研究開発の優位点を活かしたアプリケーション技術の促進も行うことができている。
- 遠距離データ送信の低消費電力化やデータのバラッキ補正など、ネットワーク化における基礎的な検証も進めることができている。

News Release
2021.08.17

産総研・産総研新エネルギー産業技術総合開発機構

世界最小、指先サイズの波長掃引量子カスケードレーザを開発
—光源に搭載し、持ち運び可能な火山ガスモニタリングシステムの実現を目指す—

産総研(株)はこのたび、NEDOが定める「社会実現のための革新的センシング技術開発」において、独自の微小電機システム(MEMS)技術と光学集積技術を活用し、従来製品の約1/50の1となる世界最小サイズの波長掃引量子カスケードレーザ(QCL)を開発しました。これを産業技術総合研究所が開発した駆動システムと組み合わせることで、高速動作と周辺回路の簡略化が実現でき、光源として分析装置などに搭載することが可能になります。これにより、分析装置を持ち運びできるサイズまで小型化できるようになります。



世界最小・超小型波長掃引QCL



● 成果の意義

【世界最小の小型化】 持ち運びできるサイズまでの小型化が可能となり、化学プラントや下水道における有毒ガスの漏えい検出や、大気計測などへの応用展開への見通しを得た。

【ロングレンジ計測の実証】 最終目標（フェーズB）の達成に向けた原理実証が完了した。

- 要素技術開発において、新規性・進歩性のある知見が得られており、知財として成果に表すことができている。システムの成立性の評価においても、進歩性のある課題抽出を行うことができている。
- これらの技術進展は、最終的には広く赤外分光分析の飛躍的な発展に寄与し得るものであると考えられ、火山防災のみならず、広範なアプリケーションに適用可能となることが期待できる。
- 遠距離データ送信技術と組み合わせた実証研究を進めることで、小型/省エネ・リアルタイム・遠隔/非接触・ネットワーク化といった将来の分析機器に期待される機能を併せ持った、次世代の分析機器の形を示すことを目指している。

3. 研究開発成果 (2) 成果の最終目標の達成可能性

◆ 成果の最終目標の達成可能性

研究開発項目②【C1】

超微量センシング信頼性評価技術開発

項目	開発テーマ	現状	最終目標 (代表例)	達成見通し
研究開発項目②	【C1】超微量センシング信頼性評価技術開発	<ul style="list-style-type: none"> ● ピエゾ抵抗型音響センサの、水中における15k-100 kHzの微小音圧検出能力の評価システムを構築 	<ul style="list-style-type: none"> ● 水中10 kHz-100 kHzの微小音圧検出および1 kHz-100 kHzで、放射圧による1 mPa以下の圧力発生。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 水中では低周波側の評価が難しいが、海外研究機関の有する水槽等で低周波校正を行えば、本研究においても評価でき達成可能。
		<ul style="list-style-type: none"> ● 露点約35 °Cの空気を調製。開発中の装置にて、sub ppbレベルのVOC (アセトン) 標準ガスの発生を確認。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 多様な生体ガス、目的成分に対応可能であり、数100 ppt 濃度レベルに対応でき、短時間で濃度を変えられ、複数種の共存成分を含むVOC 標準ガス発生装置を整備する。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 標準ガス発生ラインを追加することにより、多様な成分を含む標準ガスを発生可能であり、数100pptレベルまでアセトンを測定できているので、他のVOCについても十分に測定可能 (達成可能)
		<ul style="list-style-type: none"> ● 2段階超遠心法によるウイルス精製法を確立。デジタルPCRを新規導入し、ウイルスRNAの測定条件を確立。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 当該デバイスを実用適用した場合の分析性能評価を行い、検出可能なウイルス粒子濃度帯を明らかにする。 	<ul style="list-style-type: none"> ● ウイルス標準試料に対して精確なウイルス個数濃度を付与し、センサの分析性能 (感度、精度等) に関する評価手順を確立する (達成可能) 。
		<ul style="list-style-type: none"> ● 1-100 Hzにおけるレーザ干渉式水平振動測定装置のノイズレベルを1/100以下に低減。鉛直方向の装置も開発。デジタル出力型振動センサの評価技術も開発 	<ul style="list-style-type: none"> ● 0.1 Hzから100 Hzにおける振動センサの応答性能を1 %の精度で評価する。振動センサの耐温度環境性試験に関する手法を開発し、その手順書を提示する。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 振動センサを高精度に評価可能な機構を開発する。また、実用的な振動センサの耐温度環境性試験に関する手法を開発する (達成可能) 。

特に大きな遅延はないため、最終目標も達成見込み

3. 研究開発成果 (2) 成果の最終目標の達成可能性

◆ 成果の最終目標の達成可能性

研究開発項目②【C2】

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

項目	開発テーマ	現状	最終目標 (代表例)	達成見通し
研究開発項目②	【C2】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	<ul style="list-style-type: none"> ● 国家標準との整合性 + 30 μV 分解能を実現し、直流での目標達成。交流発生についても目標達成を達成。ジョセフソン素子の試作・評価を繰り返し、シャピローステップの発現に成功。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 二次標準器として使用可能な小型標準器を作製 (小型標準器のサイズ) ● ワイヤレスでの正常動作確認 ● より転移温度の高い超伝導材料 (高温超伝導体など) を用いた量子電圧雑音源の検討 	<ul style="list-style-type: none"> ● 2022年度時点でほぼすべての目標を達成。
		<ul style="list-style-type: none"> ● 一次標準器を用いて校正 (安定性評価) を行い約 5.17 mV に対して標準偏差 (1σ) 0.4 nV を達成 	<ul style="list-style-type: none"> ● ワイヤレス機器校正ネットワークを用いた校正後の直流電圧計測精度 (1 mV \pm 100 nV) ● ワイヤレスでの校正頻度を 1 回/日 	<ul style="list-style-type: none"> ● サンプル校正スキームの確立を見据えた装置設計が課題。すでに回路シミュレーションを組み合わせた装置のばらつき評価に着手し、目標達成の見込み。
		<ul style="list-style-type: none"> ● 抵抗値温度係数が ± 10 ppm/$^{\circ}\text{C}$、抵抗値範囲 ± 0.12 %、カテゴリー温度範囲 $0^{\circ}\text{C} \sim 85^{\circ}\text{C}$ の精密抵抗の開発 (試作段階) 	<ul style="list-style-type: none"> ● 抵抗値温度係数が ± 20 ppm/$^{\circ}\text{C}$、抵抗値範囲 ± 0.1 %、カテゴリー温度範囲 $0^{\circ}\text{C} \sim 50^{\circ}\text{C}$ の精密抵抗の開発 	<ul style="list-style-type: none"> ● 量産可能な微細加工法の開発が課題。フォトリソとプラズマエッチングの導入により確実に目標達成の見込み。
		<ul style="list-style-type: none"> ● 4 台のセンサ評価機で精度ばらつきが大きいことを確認。4 台中 2 台で複数の汎用型センサ評価機の直流電圧出力精度が $1\text{mV} \pm 200\text{nV}$ を満たすことを確認。4 台のセンサ評価機は固有の入出力特性パラメータ特徴量を持つことを確認。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 標準器に接続されない汎用型センサ評価機の直流電圧出力精度 (1 mV \pm 100 nV) ● 汎用型センサ評価機と外部デバイスとのインタフェース構築 	<ul style="list-style-type: none"> ● 精度ばらつきの低減、入出力特性の「経時変化」の測定、汎用型センサ評価機の出力量推定アルゴリズムの構築が課題。数十台規模によるセンサ評価機の入出力特性の測定。様々の測定器とのインタフェースの検討で目標達成の見込み。
		<ul style="list-style-type: none"> ● 固有の入出力特性パラメータ特徴量から汎用型センサ評価機固有 ID 取得方法を検討。ブロックチェーンによる管理システムを構築。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 汎用型センサ評価機のハードウェア改ざん検出を行う。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 大規模な汎用センサ評価機群に対応可能な固有 ID 生成アルゴリズムに対応することが今後の課題。数十台規模によるセンサ評価機の評価および頑健固有 ID 生成アルゴリズムの構築で目標達成の見込み。

特に大きな遅延はないため、最終目標も達成見込み

3. 研究開発成果 (3) 成果の普及

◆ 成果の普及

	2019 年度	2020 年度	2021 年度	2022 年度	計
論文	1	5	11	1	18
研究発表・講演	11	21	54	0	86
受賞実績	0	0	4	0	4
新聞・雑誌等への掲載	4	2	4	1	11
展示会への出展	7	4	16	1	28

※2022年3月時点(予定含む)

成果リリースの発信については積極的な広報活動を展開中

2020年度の追加公募に向けた事業者発掘や本PJの幅広い認知向上を目的に「IoT社会実現のための革新的センシング技術開発シンポジウム」を開催
(2020年1月)

3. 研究開発成果 (4) 知的財産権等の確保に向けた取組

◆ 知的財産権の確保に向けた取組

	2019 年度	2020 年度	2021 年度	2022 年度	計
特許出願（うち外国出願）	1	10(1)	27(10)	0	39件

※2022年3月時点(予定含む)

**着実に件数を積み上げており、
今後の実用化・事業化への促進に期待**

4. 成果の実用化に向けた取組及び見通し

◆本プロジェクトにおける「実用化・事業化」の定義

本事業は、「実用化」を目指すプロジェクトである。

本事業における「実用化」、「事業化」の定義

「実用化」とは、当該研究開発に係る試作品、サービス等の社会的利用(顧客への提供等)が開始されることをいう。

「事業化」とは、当該研究開発に係る商品、製品、サービス等の販売や利用により、企業活動(売り上げ等)に貢献することをいう。

4. 成果の実用化に向けた取組及び見通し

◆ 実用化の見通し

● 商品イメージ

新型コロナ、インフルエンザ、ノロウイルスなどの感染症の発生を抑えたい施設（例えば高齢者施設、食品工場など）をターゲットに、入口で職員・訪問者のウイルス有無のスクリーニングを迅速にできる装置を設置する事で、**施設内のウイルスによる感染リスクを最小化する「ウイルスゲートキーパー」という、全く新しいサービスを提供する。**

● 競合技術に対する優位性

ウイルスゲートキーパー：**1分でウイルス検出**

(競合技術)

- ・PCR：増幅反応だけで理論的境界で5分以上、更に前処理に数10分
- ・イムノクロマトグラフィ：測定時間15～30分

→ 「1分検出」は、競合技術では到達困難
ウイルスゲートキーパーが唯一となる優位性

研究開発項目①【A3】

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



ウイルスゲートキーパーの導入イメージ

● 実用化に向けた取組

- ・高齢者施設などの小規模施設向け装置
… コニカミノルタ
- ・食品工場などの中規模施設向け装置
… ワイエイシーホールディングス

- 助成事業期間（～2023年度）中に
量産化に向けた製品仕様を確定
- 製品化開発期間を経て、販売開始予定

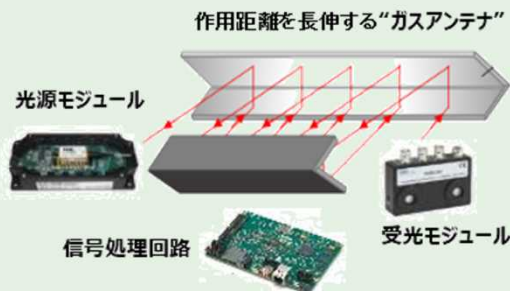
4. 成果の実用化に向けた取組及び見通し

◆ 実用化の見通し

● 実用化における優位性

【製品のイメージ】

- デバイス製品
- モジュール製品
- PFM(注1)製品
- 次世代赤外分析装置

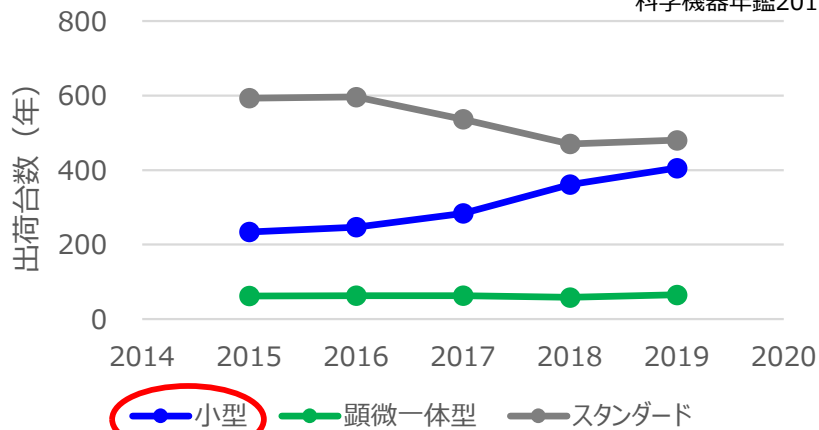


- 小型堅牢・高信頼性
- 瞬時の赤外スペクトル計測
- 遠隔・非接触・リモート計測
- IoTによるセンサネットワーク



タイプ別・FTIR(注2)出荷台数(国内)

科学機器年鑑2019

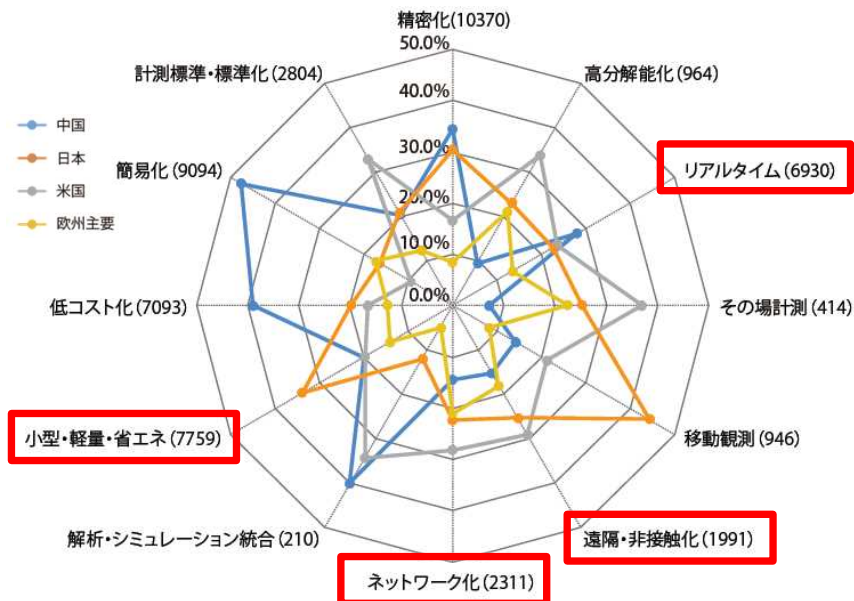


注1) PFM: Platform

注2) FTIR: Fourier Transform Infrared Spectroscopy

● 計測分析器の特許出願件数から見た技術動向

NEDO TSC foresight vol.26 (2018)



● 量産化技術の見通し

- 事業部の製品化スキームの導入
- 生産クリティカルパスの工程開発
- 受発光デバイスの世界トップメーカ
- 世界の分析機器メーカーと取引実績
- 光産業の垂直統合モデル

4. 成果の実用化に向けた取組及び見通し

◆ 実用化に向けた戦略

研究開発項目②【C1】

超微小量センシング信頼性評価技術開発

センシング信頼性評価のねらい →

- ・標準評価技術の開発・整備
- ・比較評価基準の策定
- ・高評価機器の市場普及プロモーション

センサ開発支援フェーズ

産総研がセンサメーカーに向けて提供するサービス

- 技術コンサルティング
(ユースケースに合わせて評価項目選択・評価)

- 成果物提供
(弊所ガイドラインに基づき標準試料を安全に提供)

評価装置・評価技術開発支援ツール

技術移転

ベンチマーキングフェーズ

センサメーカーが評価サービス提供

産総研がセンサユーザ・センサメーカーに向けて提供するサービス

- 計量標準普及センターの依頼試験・校正サービス
(校正証明書 発行)
- 技術コンサルティング
(ユースケースに合わせて評価項目選択・診断・評価、試験成績書発行)

競争力強化フェーズ

産総研がセンサメーカーに向けて支援できること

- センサメーカーおよび業界団体と連携した標準化・規格等の提案

4. 成果の実用化に向けた取組及び見通し

◆ 実用化に向けた戦略

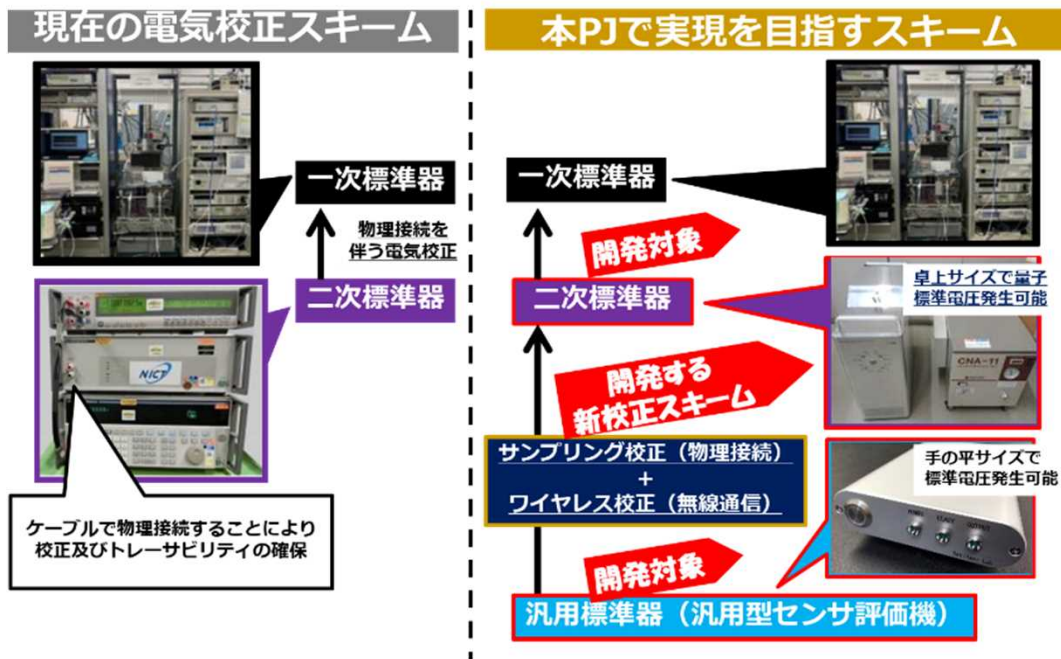
- 2022年度に2022年度にサンプリング校正の方法論を確立し、**NITEの認証(ASNITE認定)の取得に向け開発**
- 2023年度以降は、ワイヤレス校正の校正・補正するアルゴリズム構築
- 2024年度に新会社の設立

◆ 実用化の見通し

サンプリング校正及びワイヤレス校正スキームは、現在の電気校正スキームと一線を画す技術コンセプトで、この技術により、電気校正の在り方が大きく変わり、IoT/DX社会に対応可能な電気校正スキームを確立

研究開発項目②【C2】

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



医療・ヘルスケア



微弱な脳波や心電等の機器の校正
⇒**診断精度の向上**

ウイルス対策



微弱なウイルス信号を検出する装置の校正
⇒**水際対策の強化**

自動車



自動運転を実現するセンサの電氣的な校正
⇒**自動運転の事故を減少**

構造物インフラ



微小な変化等を検出するセンサの校正
⇒**劣化診断の精度を向上**

「IoT社会実現のための革新的センシング技術開発」（中間評価）

1. 事業の位置付け・必要性

- ・Society 5.0の実現を目指し革新的センシングデバイスを開発し、加えてその信頼性向上に寄与する基盤技術も整備し、革新的な製品・サービスの創出を目指す。
- ・従来の延長線上に無い画期的な技術を核とした“非連続な”研究開発のために、優れた技術・知見・ノウハウを集約し、評価技術等の標準化も検討することから産学官が一体となって開発を加速させることが必要。

2. 研究開発マネジメント

- ・2019年度は、超微小センシングとして研究開発項目①:4件+研究開発項目②:1件を採択。
- ・2020年度は、革新的センシングとして研究開発項目①:5件+研究開発項目②:1件を採択。
- ・社会の動向や情勢に対応しつつ技術推進委員会やステージゲート審査委員会を通じて、外部有識者の意見を取り込み、客観的な視点も踏まえてプロジェクトマネジメントを実施。

3. 研究開発成果

- ・研究開発項目①
 - 2019年度採択テーマ（4件）要素技術開発は、おおむね順調に終了。ステージゲート審査を通じて2件が助成事業へ移行。
 - 2020年度採択テーマ（5件）要素技術開発は、進捗は順調で目標達成の見込み。
- ・研究開発項目②
 - 信頼性評価技術の開発（1件）、超微小ノイズ評価技術の開発（1件）の要素技術開発は、進捗は順調で目標達成の見込み。

4. 成果の実用化

- ・2019年度採択テーマで2022年度に助成事業へ移行した2件は、実用化の見通しが明確。
- ・研究開発項目②の2件は、実用化に向けた戦略が明確。