

「多様な物質の探知・識別を可能とする迅速・高精度なマルチガスセンシングシステム技術」に関する研究開発構想（個別研究型）

令和5年12月
内閣府
文部科学省

目次

1 構想の背景、目的、内容.....	2
1.1 構想の目的.....	2
1.1.1 政策的な重要性.....	2
1.1.2 我が国の状況.....	3
1.1.3 世界の取組状況.....	4
1.1.4 構想のねらい.....	5
1.2 構想の目標.....	7
1.2.1 アウトプット目標.....	7
1.2.2 アウトカム目標.....	8
1.3 研究開発の内容.....	9
1.3.1 研究開発の必要性.....	9
1.3.2 研究開発の具体的内容例.....	10
1.3.3 研究開発の達成目標.....	15
2 研究開発の実施方法、実施期間、評価.....	15
2.1 研究開発の実施・体制.....	15
2.2 研究開発の実施期間.....	16
2.3 評価に関する事項.....	17
2.4 社会実装に向けた取組.....	17

1 構想の背景、目的、内容

1.1 構想の目的

1.1.1 政策的な重要性

科学技術・イノベーション基本計画(令和3年3月26日閣議決定)では、持続可能性と強靱性を備え、国民の安全と安心を確保するとともに、一人ひとりが多様な幸せ(well-being)を実現できる社会を目指すことが掲げられている。

これを実現する、安全・安心な国民生活や経済活動の恒常的維持のためには、日常生活や経済活動における環境を継続的にモニタリングし、災害や事故の発生・拡大等に繋がり得る様々な異常を迅速かつ高精度に検知・識別することで、適切な対応につなげていくことが重要である。

中でも、災害現場等での危険物質や、多くの人が集まる駅や空港、工場等における屋内外の空気中に含まれる微量な有害物質や爆発物等の検知・識別は、二次被害や不慮の事故を未然に防ぐために重要であり、微量であっても吸入や接触により人体への影響が大きいものがあることから、物質に応じた適切な対応のため、迅速かつ高精度に行うことが求められている。

他方、災害現場やこのような多くの人が集まる雑多な環境等においては、検知・識別の対象となる物質以外にも、測定環境中に多様な物質が存在する。現在市場に存在するガス分析機器では、このような環境中の多様な物質の処理に時間的・機材的に多くの資源を要し、オンサイトでの分析が困難であるなど使用条件が限られ、その迅速性や精度に限界がある。

このため、空気中の微量な有害物質を対象とする様々な原理の先端センシング技術やデータ解析技術、IoT技術等を統合して研究開発する、いわばガスセンサインフォマティクスにより、オンサイトでの分析等を可能とするマルチガスセンシングシステム技術(多様な検知原理のセンサ素子を組み合わせた測定・解析により、多様なガスを検知・識別するもの)を確立することができれば、我が国の災害・事故等に対する即応力の向上が期待される。また、本マルチガスセンシングシステム技術は、空気中に含まれる様々な物質を迅速・高精度に検知・識別することを目指すものであることから、災害・事故等に対応した危険物質の検知・識別のみならず、食品や農畜産物の生産管理、空港や港湾等での動植物検疫、医療・介護分野での健康管理、おののデジタル化(ガス情報の保存、共有、再生、見える化)などにも幅

広く利用されることが期待される。本マルチガスセンシングシステム技術の研究開発を、今後の様々な社会実装の形も見据えた上で、産学官連携のもと戦略的かつ強力に進めることは、我が国における多様な分野での新たな先端センサ機器の自律的な確保につながる等の意義がある。

こうした背景の下、本構想は、個別研究型として、感染症やテロ等、有事の際の危機管理基盤の構築に資する支援対象とする技術として研究開発ビジョン（第二次）において定められた「多様な物質の探知・識別を可能とする迅速・高精度なマルチガスセンシングシステム技術」について、我が国技術の優位性の獲得を目指すものである。

1.1.2 我が国の状況

従来、我が国はガスセンサ素子の技術開発に強みを持ち、ガスセンサの世界市場シェアでは上位5企業中、日本企業が2社を占める¹他、我が国主導の下、化学センサに関する国際会議（The International Meeting on Chemical Sensors, IMCS）を立ち上げるなど、長年ガスセンサの学術・産業を牽引してきた。

現在も多くの先端的なセンサ技術の研究開発が進められており、世界に先駆けた味覚センサの開発や、MEMS（Micro Electro Mechanical Systems）技術を用いた超高感度においセンサなど、化学物質のセンシングにおいて、世界をリードする研究成果を挙げている。

一方で、我が国では機器開発においてオープンイノベーションが不十分であるという課題が存在する。先端的研究の成果であるセンサ素子を取り込み易くするためのモジュール化及びその下地となるセンサシステムの共通化が遅れている他、迅速性や精度の向上を図る上で有効な手法となり得る、IoT技術を活用し異なるガスセンシング技術を統合して解析するような先端的なセンサ機器の開発やネットワーク化は進んでいない。加えて、オンサイトで多様な物質の検知・識別を迅速・高精度に行うガスセンシングシステム技術を実現する上で必要となる革新的なセンシングに関する要素技術の開発も遅れている。実際、国内各地で起こる異臭騒ぎでは、発生源や原因

¹ 出典：Mordor Intelligence -- Gas Sensors Market Size & Share Analysis -- Growth Trends & Forecasts (2023-2028)

物質の特定に長い時間と多くの人的リソースを要しており、これらの改善に IoT 技術等の活用や革新的なセンシング技術の開発が期待されている。

1.1.3 世界の取組状況

2013年にトリリオンセンサ構想が米国で提唱され、現在、世界的に研究開発が行われている。この構想では、医療・ヘルスケア、産業、環境、社会インフラ、教育など様々な分野で使用されている年間1兆個のセンサが大規模センサネットワークで繋がり、AIの活用などにより最適な判断やサービスを提供することで現代社会が抱える諸課題の解決を図ることが目標として掲げられている。この目標の実現に向けては、センサを高機能化、小型化、低消費電力化、低コスト化、ネットワーク化等するための技術革新が必要であり、現在、世界的に多くの分野で研究開発が進展する中、これを実現する有効手段として、我が国が強みを持っている MEMS 技術が注目されている。

ガスセンサ機器としては、近年、欧米企業において一部の有毒ガスに対応した新たな携帯型ワイヤレス検出器や、室内環境の空気質のオンライン常時モニタリング機器など、小型センサに IoT 技術を組み合わせた製品が上市されており、環境の継続的なモニタリングによる様々な異常検知にも活用され得るコンセプトを持った機器の開発が進んでいる。米国の大都市の重要ビル・空港・地下鉄等においては、アルゴンヌ国立研究所が関連企業と開発した PROTECT (Program of Response Options and Technology Enhancements for Chemical/Biological Terrorism) という監視システムが2002年から稼働している。これは赤外分光法 (IR)、イオンモビリティ分光法 (IMS)、表面弾性波法 (SAW) など様々な検知原理の分析機器と全方位監視カメラを組み合わせてネットワークを組み、一定の誤報を伴いながらも、災害や事故の発生・拡大等に繋がり得る様々な異常を迅速に検知・識別することで、適切な対応を可能としている。

一方で、さまざまなガスが混合した各種においの検知・識別については、複数のセンサ素子から成るセンサアレイによるアプローチが古くから存在するものの、基本的には単一の検知原理を用いたものが多い。この場合、検知原理に由来する特徴的なノイズ (温度や湿度等に対する応答含む) や交差感度を排除することは難しく、高精度に識別する技術は世界でも確立され

ていない。

1.1.4 構想のねらい

「1.3.3 研究開発の達成目標」に示すとおり、本構想の達成目標は、多様な検知原理から成る多種多様のセンサ素子を、データサイエンスに基づいて最適に組み合わせ使用できるマルチガスセンシングシステムを構築し、さまざまなガスが混合した環境下であっても高度な検知・識別を実現する技術の実証を目指すことである。

これにより、我が国技術の優位性の獲得や、社会ニーズに対応する新たな先端センサ機器の開発を加速し、駅、空港、大規模施設等における有毒ガス等の有害物質や爆発物等の検知による利用者の安全確保、災害現場等における空気中の迅速・高精度なガス種の検知・識別、食品・農畜産物の生産管理、動植物検疫、医療・介護分野での健康管理、にのデジタル化（ガス情報の保存、共有、再生、見える化）といった多様な分野に貢献する。また、将来的には、どのような物質がどのような原因により拡散するか不明な状況下などにおいても、雑多な環境を継続的にモニタリングしながら、迅速・高精度に様々な微量物質を検知・識別し、多用途に活用できるシステムの確立が期待される。

ガスセンシング技術は、過去数十年にわたって世界中で研究開発が行われてきているものの、現場において継続的に課題解決に貢献できているものは極めて限定的である。そのため、本構想ではこのような歴史的背景や技術的な難しさを踏まえ、真の社会実装に向けて、着実かつ客観的な研究開発が実施できるよう、国内の大学や研究開発法人、企業などの研究開発機関と密接な関係を図る必要がある。特に、ガスセンサ素子は、それぞれ動作原理や測定方法が異なるため、特定の方式のガスセンサ素子だけでは多くの現場のニーズをカバーすることが困難であると考えられる。そのため、各種ガスセンサ素子の専門家が一堂に会し、それぞれのセンサ素子の強みや弱みを共有しながら、本構想で得られるガスセンシングデータの解釈に有用となる測定環境の各種メタ情報、およびそれらを最新のデータサイエンスによって解析した結果などを多角的に検証することで、各種現場に最も適したセンサ素子を選定し、これまで困難であった高精度な複合的分析を可能とする基盤を構築していくことが重要となる。従って、本構想では、現場の

ニーズやその実現可能性を検証する産学官の体制を構築して的確な研究開発を推進することが求められる。

また、本構想では、このマルチガスセンシングシステムに加えて、現状のセンシング技術では対応が困難な現場や測定条件、あるいは未踏のアプリケーションの実現に向けて、新たなセンサ素子をはじめとする革新的センシング技術の研究開発も並行して推進する。なお、本開発には多角的かつ学際的なアプローチが考えられるため、複数の研究開発課題を募るなど、幅広い分野の研究者の参画を促すための措置を講じることが求められる。

これらの研究開発を通じて、ひとつでも多くの実際の現場での課題解決に資するマルチガスセンシングの事例を技術的に実証し、マルチガスセンシングシステムのコンセプトを実証することが本構想のねらいである。

なお、本構想でコンセプトを実証するマルチガスセンシングシステムは、様々なセンサ素子について、どこで測定しても再現性良く同等の結果が得られる環境を実現するものであり、本構想においてその初期設計を行い、研究開発・原理実証を通して、様々な現場ニーズを解決するセンシング技術の社会実装を着実に進めることが可能となる、次のような環境の構築に向けた取組となることが期待される。

- ① 任意のセンサ素子が搭載可能なマルチガスセンシングシステムとすることで、国内の大学や研究開発法人、企業などの研究開発機関において、各種センサ素子の技術的要素の検証・評価と、応答シグナルの継続的な共有・蓄積が可能となる。また、本システムを各種現場に設置することで、研究開発機関で有効性が認められたセンサ素子やそれらの組合せについて、複数の現場ですぐに実証実験を実施できる体制が構築される。これにより、各種現場で求められるニーズに対して有効なセンサ素子や複数センサ素子の組合せを各研究開発機関で連携しながら戦略的に探索・実証していくことが可能となる。更に、現在利用可能なガスセンサでは対応できない現場ニーズに応じ、従来技術を凌駕する革新的なセンシング技術の研究開発を進め、本システムを活用することで、対応するアプリケーションの速やかな実現に繋がりが得る。
- ② このマルチガスセンシングシステムによって蓄積される様々なセンサ

素子のビッグデータから、複数センサ素子による測定データの統合的な解析はもとより、各アプリケーションに適したセンサ素子の組合せも自動的に抽出可能な AI 解析システムの整備を進めることで、各アプリケーションの社会実装に向けた効率的・効果的な研究開発が見込まれる。

このように、本構想でコンセプトを実証するマルチガスセンシングシステムが確立することによって、現場ニーズと現在のガスセンサの技術水準との差を客観的かつ定量的に明らかにしつつ、有望なセンサ素子を用いた現場での実証実験を即実施可能なインフラが整備されることとなり、過去数十年にわたる研究開発でも成し得なかった、マルチガスセンシングシステムの真の社会実装の実現を目指すことが可能となる。

従って、本構想は、現在と未来の多種多様なセンサ素子をさまざまな現場で迅速かつ的確に適用可能にする、これまでに無い大規模ガスセンシングインフラを構築する上で不可欠なシステムの原理実証を目的としていることから、特定のセンサ素子や特定の測定対象に特化した個別デバイスの開発を志向したものでは無いことに注意が必要である。

1.2 構想の目標

1.2.1 アウトプット目標

本構想では、現場*ニーズに応じて多種多様な任意のセンサ素子を組み合わせ、実環境にて、観測対象とする複数物質の迅速・高精度な検知・識別を可能とする「マルチガスセンシングシステム」のコンセプトの原理実証を目標とする。

※行政機関、交通機関（駅、空港、港湾等）、商業施設（競技場、ショッピングモール等）、医療介護施設（病院等）、農林水産現場（農場、畜舎、洋上施設等）、動植物検疫現場（空港、港湾）、製造現場（工場、輸送施設、倉庫等）、住環境空間等

原理実証を行うマルチガスセンシングシステムは、広く基盤として用いられることを目指し、その構成要素は以下の通りとする。

<構成要素>

① 汎用計測システム

多種多様な検知原理^{*}のセンサ素子を複数装着・交換して使用でき、リアルタイムで実環境中に含まれる複数の既知ガスの検知・識別が可能なこと。また、大人一人で運べる程度の十分な可搬性がある小型のものであること。

※電気伝導度、電流、周波数、電圧-電流特性、誘電率、光、屈折率等主要なもの

② 評価・校正

汎用計測システム及びシステムに搭載するセンサ素子の評価・校正方法を確立していること。

③ 推論ソフトウェア

既知の学習データに基づいて任意の予測モデルを構築可能とするものであり、現場ニーズ（測定環境）に最適なセンサ素子の組合せを提案する機能を備えること。また、新たな学習データを取り込んで、アップデートし続けるものであること。

④ データサーバ

システム及び評価・校正でのセンシングデータ及びセンシング状況のメタ情報を一元管理し、検知・識別精度の高度化に恒常的に活用できる仕組みとすること。

また、マルチガスセンシングシステムに搭載する革新的センシング技術の開発については、多角的かつ学際的なアプローチが考えられるため、幅広い分野の研究者の参画を促す措置を講じた上で、原理的に手のひらサイズ程度以下の小型化や量産化が見込め、原料調達において過度に他国への依存がないものを開発すること。

ただし、革新的センシング技術の開発については、最終的にマルチガスセンシングシステムに搭載するものを開発することが求められることから、システムの基本設計が明らかとなり、プログラム・オフィサー（PO）がその内容が妥当であると判断した場合に限り実施する。

1.2.2 アウトカム目標

本構想で開発する技術をベースとして、今後開発が期待される多様な革新的センシング技術等を組み合わせ、日常生活や経済活動の大気環境中に含まれる多様な成分を、非侵襲/非接触で継続的にオンサイトモニタリング

することにより、迅速かつ高精度に異常の検知・識別や発生源の特定等が可能となることで、テロ・犯罪等に対してロバストな安全・安心な社会の実現、介護・農畜産・検疫・インフラ維持、飲食の安全と価値向上等の効率化による人手不足・社会負担の軽減や、健康状態の定常モニタリングによる健康寿命の延長や社会医療費の削減、探知犬に代わるセンサシステムなどを実現する。また、その際、センサ素子・無線通信などのハードや、データ解析技術などのソフトの両面において産学の国内リソースを可能な限り利用し、その技術向上を図ることで、我が国における技術の優位性の獲得や国際規格の先導、及びこれに繋がり得る自律性の確保に資する。

1.3 研究開発の内容

1.3.1 研究開発の必要性

安全・安心な国民生活や経済活動の維持のためには、日常生活や経済活動における環境を継続的にモニタリングしつつ、迅速かつ高精度に異常を検知・識別し、適切な対応につなげていくことが必要である。他方、環境中には、検知・識別対象となる物質以外にも多様な物質が存在する。既存のガス分析器では、このような環境中の多様な物質の処理に時間的・機材的に多くの資源を要し、オンサイトでの分析が困難、空間濃度分布の評価が行えないなど使用条件が限られ、その迅速性や精度に限界がある。このため、微量な複数の物質を迅速かつ高精度に検知・識別できるオンサイト分析システム（現場環境にネットワーク化されたシステムを設置しリアルタイムで常時物質の検知・識別を行うことや、ネットワーク化された可搬型システムを現場環境に持ち込み、機動的に物質の検知・識別を行うことを想定する。なお、ネットワーク接続ができない現場環境においても物質の検知・識別を行うことも想定する。）の実現を目指した、マルチガスセンシングシステム技術の開発が求められる。

一方、国内外におけるガスセンサ開発は、企業や大学、研究開発法人等が個別に進めており、それらの性能の評価方法（濃度単位、キャリアガス及び流量、温度・湿度情報等）は統一されておらず、仕様や文献情報等から性能を直接比較することですら困難である。また、大学や研究開発法人等ではセンサ素子の基本性能の評価までは行えるものの、モジュール化を含むシステムの共通化やネットワーク化に大きなハードルがあり、想定されるアプ

リケーションに対しての実証実験まで到達しない場合が多い。前述のような喫緊の社会ニーズに応えるためには、産学の国内リソースを可能な限り利用・集結・共有することが肝要であり、そのためにはモジュール化を前提にしたうえで、検出原理や開発者・開発時期が異なる多様なセンサ素子を組み合わせたマルチガスセンシングシステム技術を構築し、センサ素子、サンプルガス制御、データ解析アルゴリズム、通信技術などの要素技術の向上とネットワーク化を統合的に進めることが重要である。

また、計測結果を組み合わせた実用的な解析アルゴリズムを開発するためには、様々なセンサ素子の比較可能な良質データを集積することが大前提であり、そのために多種類のセンサ素子に対応した計測システムの開発が必要となる。また、当計測システムは、実環境で使用可能なものであり、クラウド化、小型化、環境適応、セキュリティ対応、コストダウン等を図り、公的/民生ニーズに対応した製品のベースとなることが必要不可欠である。これにより、同一の計測システムを用いてセンサ素子のデータ集積や解析アルゴリズム開発から各ニーズに対応した実証実験までを一気通貫で行うことが可能となる。さらに、現有のセンサ素子の組合せでは対応できない公的/民生ニーズに向けては革新的なセンシング技術の開発を並行して進め、これらをマルチガスセンシングシステムへと統合することにより解決を図ることも必要である。

1.3.2 研究開発の具体的内容例

アウトプット目標の構成要素からなるマルチガスセンシングシステムの基本設計を明確にした上で、各要素等については、以下のように進めることが考えられる。

【汎用計測システム】

- マルチガスセンシングシステムの初期概念実証に向けて、汎用計測システムの原理試作機を研究開始からなるべく早い時期に開発し、国内の大学や研究開発法人、企業など、ガスセンサの性能評価試験を実施可能な研究機関に配付して、異なる研究機関においても、測定条件を揃えれば同様のガスセンシングデータが得られることを確認する。その後、各研究機関からのフィードバックに基づいて改良を加えたシステムを製作し、研究機関に加え、マルチガスセンシングが求められる各現場に設置

してネットワーク化し、汎用性やセンシングデータの共有可能性など、システムの基本概念を現場レベルで確認する。

- 検知・識別の難易度が高い状況においては、一定流量での測定対象ガスの輸送や不活性ガスとの交互曝露など、測定を補助するシステムが必要となる場合も多く想定され、そのような補助システムも含めた総合的な開発が望まれる。

【推論ソフトウェア】

- 上記と並行し、多様な夾雑物が存在し、かつ温度や湿度が異なる環境での様々な微量物質の迅速かつ高精度な検知・識別に向けて、検出原理や開発者・開発時期が異なる多様なセンサ素子を汎用計測システムの試作機に接続して、多様なガスに対する応答データを集積し、これらのビッグデータから測定データを統合的に解析するソフトウェアを開発する。

ソフトウェアには、各種現場に最適なセンサ素子の組合せの選定を可能とするために、集積されたデータから、各種測定条件における最適な組合せや、その際に期待される性能を予測可能な機能も備える。

ソフトウェアは、マルチガスセンシングシステムにおいてオフラインでも利用可能であることが望ましいが、学習データや解析アルゴリズムなど機微な情報に対するセキュリティや計算負荷に課題がある場合には、詳細な解析はオンライン（クラウド上）で行うことも考えられる。解析アルゴリズムは、機械学習によるデータ解析により、各種ガスセンサ素子のセンシングデータから必要最小限の特徴量を抽出し、それに基づいた予測モデルの構築や、データベースに保存されているセンシングデータやメタデータなどと連動した予測モデルの構築を行えることが求められる。また、新たなセンシングデータによってモデルのアップデートが可能なものとなることが必要である。

- 雑多な実環境となる各種現場での測定可能性を実証するため、上記ソフトウェアによって予測された最適なガスセンサ素子の組合せを現場に設置し、実際の現場で求められるニーズに対応可能か否かを検証する。
- この他、空間濃度分布の評価や発生源探索を可能とする機能（空間の可視化、AI イメージングなど）を備えることも考えられる。

【データサーバ（計測データ収集、機械学習等）】

- 高精度な検知・識別に向けて、学習データの収集やオンサイトでの継続的なモニタリングを実施し、センシングデータや各種メタデータ、判別結果等のデータを蓄積するためのデータサーバを構築する。データサーバは、ポータルサイトにより、どこからでも OS 等の環境によらずデータの閲覧や、リアルタイムグラフ表示、予測モデルの構築・評価等が可能なものとする。これらについては、ゼロから開発するのではなく、既存の IoT システム等をセンサ用途に転用・改修するなどの方法で、我が国の現有リソースを有効に利活用できることが望ましい。

【評価・校正】

- 多様なセンサ素子の中には、本来の検知・識別対象以外のガスに対しても敏感に応答するものや、検知原理の異なる他のセンサ素子との組合せによって高精度なガス識別アルゴリズムを構築できる可能性があるものが多数存在すると考えられ、その組合せは複雑かつ膨大である。そのため、既存／新規センサ素子をいつでもシステムに搭載出来るような評価・校正方法を確立し、ガスセンシングデータベースの継続的拡充を図る。
- なお、開発者や開発時期が異なるセンサの相互比較を可能とするため、ガスの発生や制御方法を含めた評価条件の規格統一化や、センサ素子の評価を自動で行うシステムやロボットなどの開発によるデータ取得の効率化を図ることも望ましい。

【原理実証等】

- マルチガスセンシングシステムを活用する現場ニーズを踏まえ、複数のモデルケースとその際の性能目標を設定した上で、各実環境にて観測対象とする複数の既知ガスを検知・識別する実証試験を行う。これにより、マルチガスセンシングシステムのコンセプトを確立する。
- なお、実証試験にあたっては、発生した不具合や課題を明確化し、最終的な社会実装を視野に入れ、今後の研究開発に活かすことが肝要である。
- 特定の重要な用途に対して有用であることが実証されたセンサアレイ（組合せ）については、製品化に向けて、用途に特化した機器開発を平

行して進めることも考えられる。

【革新的センシング技術の開発】

革新的センシング技術の開発については、検知・識別対象は気体のみならず、エアロゾル粒子となった微小な化学物質やバイオ関連物質（ウイルス等）などを含むものとし、

- ・ 新規な材料、デバイス構造、検知・識別原理等を含む独自性の高いセンシング技術であって、検出対象や、感度（定量範囲）、検知・識別限界、選択性、可逆性、湿度環境、過酷環境耐性などの性能において、従来技術にはない突出した性能を備え、
- ・ 原理的に手のひらサイズ程度以下の小型化と量産が見込まれ、原料調達において過度に他国への依存がないこと

などを要件として、例えば以下に例示する技術等の開発に取り組むことが考えられるが、あくまで、最終的にマルチガスセンシングシステムに搭載することを前提とし、PO がその内容が妥当であると判断した場合に限る。

<新規センシング関連技術>

- ・ 新規な材料、デバイス構造、検知原理等を含む独自性の高いセンシング技術
- ・ 物理的、光学的な手法（ラマン分光法、テラヘルツ分光分析などを含む）、量子効果を用いた手法によってガスを測定する技術
- ・ 嗅覚、味覚、触覚など生体の分子認識機能を模したセンサ素子
- ・ 電気信号の時系列データから成るガスセンシングデータのデータベース化や解析に特化したアルゴリズムや AI を活用したソフトウェアの開発
- ・ 空間濃度分布・発生源探知の評価のためのソフトウェア開発

<突出した性能を有するセンシング技術>

- ・ 検出対象、感度、検知限界、選択性、応答挙動、可逆性、過酷環境耐性などの性能において、従来技術にはない突出した性能を備える小型センサ素子

<検知・識別対象を拡張するセンシング技術>

- ・ ガス及びエアロゾル粒子となった微小な化学物質やバイオ関連物質（ウイルス等）などを迅速に検知・識別することのできるセンシング技術
- ・ 従来のセンサでは検知・識別が難しかったガス種等を、高感度に検出・識別するセンサ素子
- ・ 空気中に飛散した難揮発性液体を高感度に検知・識別する技術
- ・ 検知・識別対象のガス等を分離することのできる膜などの開発や、それらをセンサ素子へ搭載するための技術
- ・ 探知犬のように対象ガス成分を特異認識し発生源を特定する、移動体型ガスセンサ及び情報処理システム

<現状のガスセンサのボトルネック課題を解決するセンシング技術>

- ・ 温度や湿度などの影響や、感度変化、ドリフト等を軽減又は補正することのできるシステム（センサ素子、回路、ソフトウェア等）
- ・ センサ素子の寿命や被毒・不可逆的な吸着等による不具合を自動的に検知し、誤応答（偽陽性、偽陰性）を未然に防いだり、交換を促したりするシステム
- ・ センサ素子の安定性を向上させる技術
- ・ 過酷な環境下でも使用可能なセンサ素子、または、使用不可となったセンサを自動で判定して交換する小型システム
- ・ 酵素・抗体・細胞・受容体など生体物質を用いたセンサ素子を、室温下で長期的に安定して使用することができるようにするための技術
- ・ 濃縮や分離などの前処理を小型の装置で可能とする技術

<低コスト化・量産化を可能とするセンシング技術>

- ・ 既存のセンサを飛躍的に低コスト化（量産化技術の導入など）・小型化（駆動回路の新規設計など）・省エネ化（高性能電源による長時間連続駆動化など）する技術
- ・ センサ素子に用いられる希少元素を汎用元素からなる材料で代替する技術
- ・ センサ素子の感応部分の塗布などの工程の効率や再現性を高める技術

※これらの研究開発について効率的・効果的に進めるため、共用可能な先端研究施設・設備の有効活用（NanoTerasu などの放射光施設や最先端のスーパーコンピュータの活用等）も視野に入れること。

1.3.3 研究開発の達成目標

本構想の達成目標は、現場ニーズに基づく複数の重要なアプリケーション（駅、空港、大規模施設等における有毒ガス等の有害物質や爆発物等の検知による利用者の安全確保、災害現場等における空気中の迅速・高精度なガス種の検知・識別、食品・農畜産物の生産管理、動植物検疫、医療・介護分野での健康管理、住環境空間評価（アレルゲン、シックハウス成分）など）を想定した実環境において、ネットワーク化したマルチガスセンシングシステムの実証試験を行い、日常生活や経済活動における環境や特定の対象物質を継続的にオンサイトでモニタリングしつつ、迅速かつ高精度に異常等を検知・識別し、その情報を外部に発信できることを実証することで、マルチガスセンシングシステムのコンセプトを確立することである。

ただし、各アプリケーションで測定対象となるガスの濃度は、文字どおり桁違いに異なる場合があるため、実現可能性を客観的に評価しながら、各種現場のニーズとのマッチングを図っていくことが重要となる。そのため、ガスセンサの実力からかけ離れた非現実的な目標や、実質的にニーズが存在しないアプリケーションなどに振り回される事が無いように、技術的な側面と、現場ニーズに関する側面の両面に関する専門家の意見を踏まえつつ研究開発を行うことが必要である。

以上について、より具体的には、提案者の設定した達成目標を基本としつつ、文部科学省及び JST のサポートの下、採択後、研究開発を開始するにあたって行う研究計画の調整にて定めるとともに、研究開発開始後においては、協議会における意見交換（脅威情報等の共有・分析、対策情報等の作出・共有等を含む）の結果も踏まえ、必要な場合、見直しを行う。

2 研究開発の実施方法、実施期間、評価

2.1 研究開発の実施・体制

多様な物質の探知・識別を可能とする迅速・高精度なマルチガスセンシングシステムのコンセプト実証に向けて、要素技術を統合してシステム開発

を行う研究代表機関を研究公募により決定する。

革新的センシング技術の開発を行う場合は、最終的にマルチガスセンシングシステムの実証の中に組み込むことを前提とするため、研究代表機関が行うシステムの基本設計が明確になった後、関連する技術動向や社会実装ニーズ、実現可能性等を踏まえ、研究代表機関、PO、当該関係分野の有識者、関係府省等による意見交換を経た上で研究公募を行い、研究開発課題を決定する。その場合、研究代表機関から公募を行うことも可能とする。

上記視点を踏まえ、POの指揮・監督の下、研究代表機関又は研究代表者が研究開発構想の実現に向け責任を持って研究開発を推進する。JST等の助言に基づき、研究に参加する機関・研究者のそれぞれが、適切な技術流出対策を行うよう体制を整備するとともに、研究インテグリティの確保に努め、適切な安全保障貿易管理を行うよう、これらを推進すると共に、研究開発に必要な事項を行う。

研究開発成果を民生利用のみならず公的利用につなげていくことを指向し、社会実装や市場の誘導につなげていく視点を重視するという本プログラムの趣旨に則り、研究代表機関、研究代表者はPO及び研究分担者との協議の上、知的財産権の利活用方針を定めることとする。その際には、研究開発途中及び終了後を含め、知的財産権の利活用を円滑に進めることができるように努めることとする。

なお、研究開発成果の利活用にあたりその成果にバックグラウンド知的財産権が含まれる場合には、その利活用についても同様に努めることとする。

2.2 研究開発の実施期間

研究開発開始から5年以内とする。構想全体で最大80億円程度の予算を措置する。

また、「1.3.3 研究開発の達成目標」の成果を踏まえ、企業等と共同でアセスメントを行った上で、早期の社会実装に向けて、5年程度を超えて具体的なニーズに対応するセンシングシステムの研究開発を継続することが適切であるとPOが認めた場合には、関係府省との調整の上、研究開発開始から10年以内を限度に継続することを可能とする。5年程度を超えて継続する場合には、内閣府、文部科学省が、外部評価の結果等を踏まえ、関係府省と

調整の上、当該継続期間に措置する予算及びより具体化されたアウトプット目標を示す。

なお、5年以内にアウトプット目標を達成し、期間を前倒しして具体のセンシングシステムの開発に着手することが期待される。

2.3 評価に関する事項

自己評価は毎年実施する。外部評価については原則、研究開発の開始から3年目に中間評価、5年程度を目途にステージゲート評価を実施する。5年程度を超えて継続する場合には、研究開発終了年までの間にさらに1回以上中間評価を設けるものとする。具体的な時期やステージゲート評価の目標等の設定については、担当するPOが採択時点でマイルストーンを含む研究計画とともに調整した上で、JSTが決定するものとする。

2.4 社会実装に向けた取組

本構想は、多様な物質の検知・識別を可能とする迅速・高精度なマルチガスセンシングシステム技術を構築することにより、日常生活や経済活動の空気中に含まれる多様な成分を、迅速かつ高精度に非侵襲/非接触で継続的にオンサイトモニタリングすることを可能とし、テロ・犯罪等に対してロバストな安全・安心な社会の実現、介護、農畜産、検疫、インフラ維持等の効率化による人手不足・社会負担の軽減や、健康状態の定常モニタリングによる健康寿命の延長や社会医療費の削減などを目指すものである。公的利用と民間利用で活用されるようにするため、可能な限り小型化及び低コスト化、省エネ化を目指す。このためには、研究代表機関又は研究代表者と、潜在的な社会実装の担い手として想定される関係行政機関や民間企業等との間で、マルチガスセンシングシステム技術を用いたセンシングが求められる状況についての情報共有や、社会実装イメージや研究開発の進め方を議論・共有する取組が有用である。

したがって、今後設置される協議会を活用し、参加者間で機微な情報も含め、社会実装に向けて研究開発を進める上での有用な情報の交換や協議を安心して円滑に行うことのできるパートナーシップを確立することが重要であり、関係者において十分にこの仕組みの運用を検討する必要がある。なお、協議会の詳細は別に示す。また、POは研究マネジメントを実施する際

には、協議会における意見交換の結果も踏まえるものとする。