

---

革新的研究開発推進プログラム (ImPACT)  
「進化を超える極微量物質の  
超迅速多項目センシングシステム」  
全体計画について

プログラム・マネージャー  
宮田 令子

## 解決すべき課題等

我々は常に細菌、ウイルス、化学物質などの危険・有害物質の脅威に晒されている。世界で年一つのペースで発生する新興感染症や抗生物質が効かない薬剤耐性菌など、目に見えない脅威が我々に迫り、これらはヒトや動物を介して伝播、環境中に拡散し、その被害は国境を越え地球規模に及ぶ。また、生物剤や化学剤を使ったテロの脅威も止まるところがない。このような危険・有害物質の脅威から身を守るためには、これらをオンサイトで簡便、迅速に検知し、グローバルに情報共有すると共に各人が危険に備える必要がある。しかし、現在これに資する検知技術はなく、こうした技術の構築が急務となっている。

## PMの挑戦と実現したときのインパクト

### ・PMの挑戦

- ✓ 上記の社会課題を解決するため、細菌・ウイルス、これらの大気中浮遊物のバイオエアロゾル、爆発物や化学剤などの危険・有害物質の他、空間ガスや生体ガスの空気質を簡便に検知できるセンシングシステムeInSECT®を開発、社会実装する。
- ✓ 昆虫が進化の過程で獲得した優れたセンシング能力に学び、従来のセンサ技術では超えられなかった技術障壁を突破することでeInSECT®を実現する。

### ・実現したときに産業や社会に与えるインパクトは何か？

- ✓ eInSECT®によって新興感染症や薬剤耐性菌の発生など、迫り来る脅威を可視化しグローバルに情報共有することで、これまで殆ど得られなかった危険・有害性に関する情報が手軽に入手できるようになる。これにより各人が危険に備えることができるようになり、真に安全、安心を実感できる社会が実現する。
- ✓ また、生活空間の危険有害性や個々人の体の状態が見えるようになり、より快適な空間でより健やかに生活できる社会が実現する。

# 研究開発プログラムの出口目標

## 産業や社会のあり方を変革するシナリオ

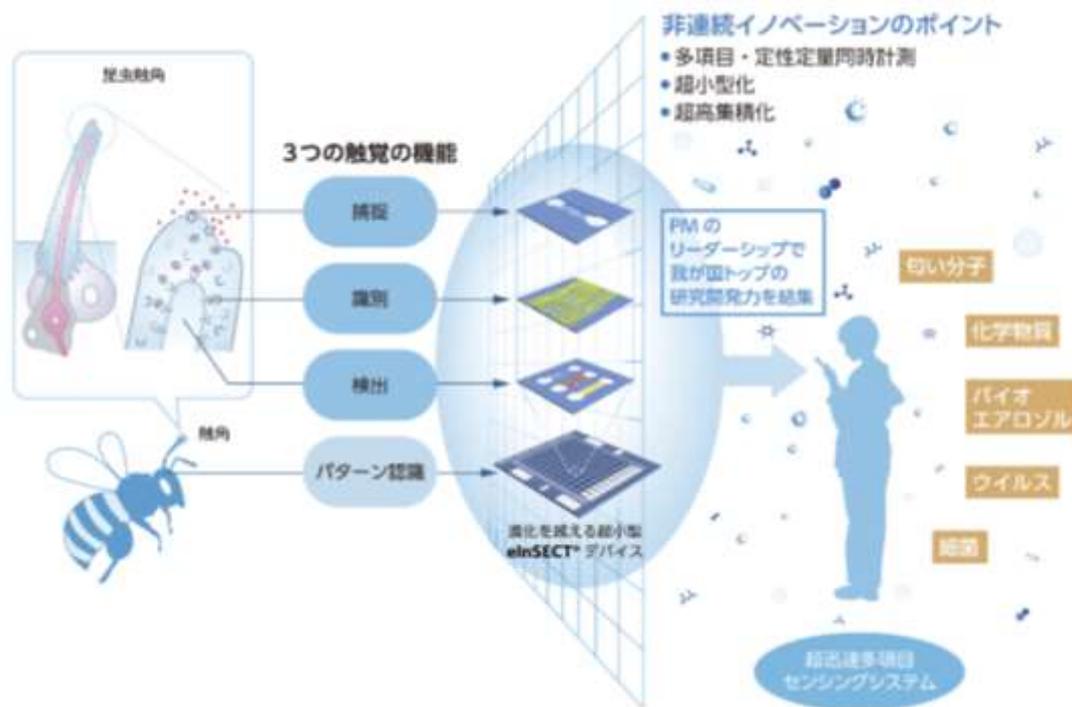
- ✓ 我々を取り巻く目に見えない危険・有害物質（細菌、ウイルス、バイオエアロゾル、有害化学物質等）から身を守るためには、これらを可視化するための効果的な方法が必要である。すなわち、いつでも、どこでも、誰でも使え、簡便、迅速に高感度で計測できる小型のセンシングシステムが必要となる。また、対象物質が多岐にわたるため、使用目的に応じて多項目の対象物を検知することが求められる。
- ✓ 昆虫は生物進化で獲得した数mm程度の触角と知覚中枢によって、物質を1分子レベルで超高感度に検出し、数十万種類の物質を識別するという驚嘆すべき能力を有する。本プログラムでは、この能力を超微細加工技術によって小型のデバイスに落とし込み、上記の課題を解決したセンシングシステムeInSECT®を創製する。
- ✓ eInSECT®は多項目の細菌、ウイルス、バイオエアロゾル、爆発物や化学剤などの危険・有害物質を可視化し、これにより、新興感染症や薬剤耐性菌などの迫り来る脅威、テロの脅威への備えを可能とする。
- ✓ 空間ガスや生体ガスの空気質を検知するeInSECT®も開発する。空気質は空間の危険有害性や個々人の体の状態を反映する重要な情報源であり、空気質を検知することによって生活環境の危険性や体調を可視化する。
- ✓ eInSECT®の実現はこれまでのセンサ技術の延長線上にはなく、全く新しい原理に基づくセンシング技術が必要となる。本プログラムでは新原理のセンシング技術を開発し、プロトタイプによりその原理を実証して技術の確立を目指す。一部プロジェクトは製品試作まで行う。
- ✓ ImPACT終了時までには民間企業への橋渡し等、社会実装への道筋をつける。ImPACT終了後数年で市場導入が始まり、eInSECT®が医療機関、福祉施設、空港等の公共施設に次第に普及、また、家電、自動車等へ実装が進む。
- ✓ さらに極めて多数のデバイスから得られるビッグデータをシステム化することにより、革新的な個人向け予報・予防・体調管理システムの構築が可能となる。
- ✓ このように身の回りの有害・危険物質や空気質がオンサイトで検知可能になることで、これまで殆ど得られなかった危険・有害性に関する情報が手軽に入手できるようになり、危険・有害性に備えることで科学的に裏付けられた安全・安心が確保される。また、生活空間の状態や個々人の体の状態が見えるようになり、より快適でより健やかに生活できる社会が実現し、人々の意識と社会のあり方が大きく変革する。

# プログラム構想のブレイクスルー

## 非連続イノベーション、リスクの大きさ

極微量物質を検出する従来のセンサは、装置が大きい、測定時間が長い、感度が不十分、多項目計測や定性定量の同時測定が困難など、大きさ、性能面で多くの課題が残っている。そこで本プログラムでは、全く新しい原理に基づくセンシングシステムを開発する。昆虫はわずか数mm程度の小さな触角と知覚中枢の中に、超高感度で物質を検出したり、数万種類の物質を識別できる驚異のセンシング能力を備えている。新原理のセンシング技術によって、このような昆虫の能力を超えるセンシングシステムを実現し上記課題を解決する。

非連続イノベーションのポイントは、昆虫の触角、知覚中枢の機能を超微細エレクトロニクスによって実現し、超小型化、多項目、定性定量計測、超高集積化を同時に実現することである。人工触角を実現するために、物質を捕捉、識別、検出するシステムを超小型デバイスに落とし込んだセンサ素子を開発する。また、人工知覚中枢を実現するために、センサ出力のパターン認識技術を開発する。さらに、試作から製品化までの過程では微細加工技術やエレクトロニクスにおける原理的な技術障壁も突破しなければならない。企業や公的施設も積極的に活用し、将来の量産化に向けた研究開発を併せて進めていく。研究開発の進捗状況によって前倒しで進む場合には、開発費を集中させて早期実用化を具現化していく。

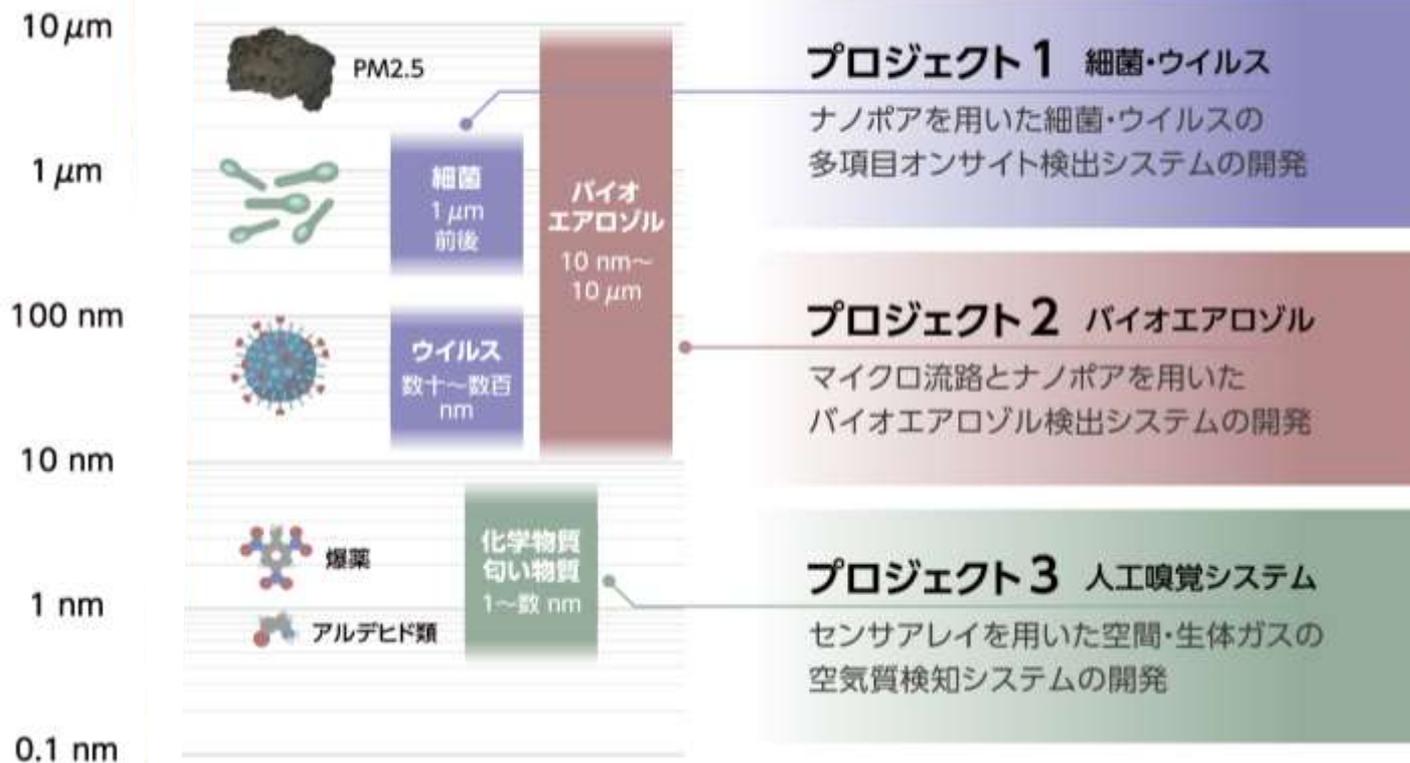


# 達成目標

## 達成目標（プログラム終了時の具体的アウトプット）

検知対象物のカテゴリー別に下図のとおり三つのプロジェクトを立ち上げ、高感度・迅速・多項目計測が可能なセンシングシステムを開発する。プログラム終了時まで下記の実現目標を達成する。

- ・プロジェクト1、2は、高感度、迅速、多項目計測に必要な全く新しい原理に基づくセンサ技術を開発し、プロトタイプ・デバイスを用いてその原理を実証する。
- ・プロジェクト3は、人工嗅覚システムのプラットフォームを完成させ、製品試作を行い実使用環境でその価値を実証する。
- ・各プロジェクトとも民間企業への橋渡しあるいはベンチャー企業の設立など、社会実装への道筋をつける。



## 具体的達成目標の実現に向けた戦略・シナリオ

上述の研究開発目標を達成するために、以下の戦略・シナリオに従い研究開発を進める。

### 研究開発体制の構築

- ワークショップや研究会を開催することにより、ナノテクノロジー、半導体、人工知能、分子認識、集積化、モジュール化等の技術領域において世界トップレベルの技術を有する機関（大学、企業、公的研究機関）を選定し、研究開発体制を構築する。新規に他の優良技術が開発された場合は、速やかに組織に取り込み優位性を確保する。
- 原理実証では実サンプルによって実使用環境でプロトタイプを評価するため、病原体が扱える医学系研究機関や国研、ユーザー候補を組織に取り込む。

### 研究開発の推進

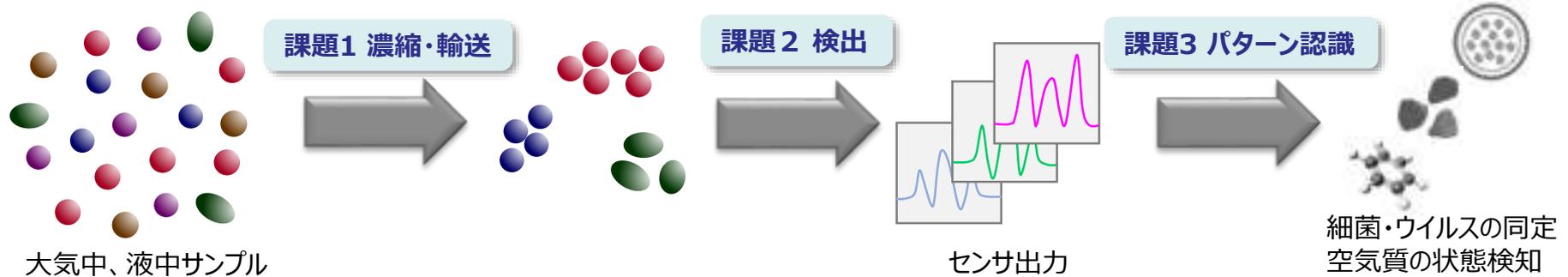
- 研究開発目標を課題に落とし込み、各機関はこれを分担すると共に相互に連携して課題解決に取り組む。
- 複数の可能性のある技術を試行する体制で臨み、競争によって1～2年で技術の絞り込みを検討する。
- 開発段階に即して設定したスペックのプロトタイプを試作し、動作検証を行いながら課題解決を進めていく。プロトタイプ試作を開発ロードマップにおけるマイルストーンとし、その達成状況を評価し、状況に応じ軌道修正、加速化を図っていく。
- 四半期毎に全機関による研究進捗状況報告会等を開催することで、各機関の研究進捗状況を把握するとともに、機関間の連携強化を図る。さらにサイトビジットによって機関との意識共有を図り、また、開発を進める上での改善点を抽出し解決に当たる。これにより目標達成に向けたPDCAを確実に回していく。
- 市場調査、技術動向調査結果やアドバイザーの意見を参考に、課題設定、ロードマップを柔軟に見直す。
- eInSECT®の試作開発では先進微細加工プロセスが必須なため、大学の微細加工施設のみならず、企業や公的施設も積極的に活用し、将来の量産化を想定した研究開発を進める。
- 持ち運び可能なプロトタイプを開発して実使用環境で評価する。その結果を要求仕様の策定に結びつけ社会実装に繋げる。

# プログラム構想・全体像の明確化

## 戦略・シナリオを克服すべき課題へブレイクダウン

目標達成のため、三つのプロジェクトに共通するセンシングの基礎技術として課題1～3に取り組む。また、最終的には課題4でプロジェクト1、2は原理実証を、プロジェクト3は製品試作を実施する。

- ▶ **課題1 濃縮・輸送**：大気中や液中の対象物を濃縮し、検出部まで輸送するシステムの開発
- ▶ **課題2 検出**：粒子のサイズ・形状・表面の情報や、分子の特性を信号に変換するセンサ技術の開発
- ▶ **課題3 パターン認識**：検出信号のパターンから機械学習により対象物を識別する技術の開発
- ▶ **課題4 原理実証 (PJ1,2)**：課題1～3で開発したセンサ技術の原理をプロトタイプによって実証  
**製品試作 (PJ3)**：製品試作を行い実使用環境で人工嗅覚システムの価値を実証



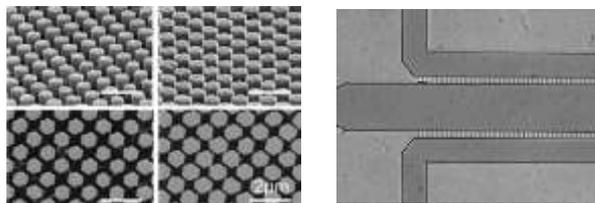
## 克服すべき課題目標の達成アプローチ

以下のアプローチにより新原理に基づくセンサシステムを構築する。

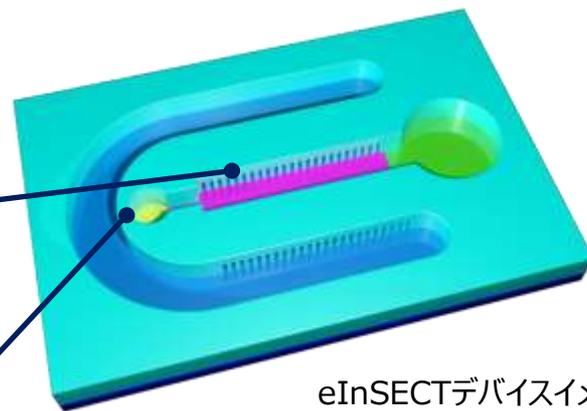
- ▶ **課題1 濃縮・輸送**  
ナノ流路、ナノピラー、ナノワイヤー等の微細構造により対象物を効率良く捕捉・濃縮し、センサ部に誘導することで高感度化とシステムの小型化を両立させる。
- ▶ **課題2 検出**  
粒子状物質(PJ1、2)は、ナノサイズの貫通孔(ナノポア)に対象物が通過するときの電流波形を計測することにより、1粒子レベルで物質を検出する。空気質(PJ3)は、応答特性の異なる多数の微小センサをアレイ化し、多成分から成る空気質の識別性を確保する。
- ▶ **課題3 パターン認識**  
検出部の信号パターンから対象物を高精度に判別する機械学習アルゴリズムを確立する。

# 研究開発プログラム全体構成 (プロジェクト1,2)

## 課題1：濃縮・輸送



- ・微粒子を濃縮・輸送するナノ流路やナノワイヤ等の微細構造の開発
- ・選択的に捕捉する認識材料の開発



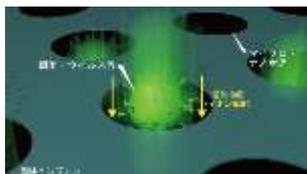
eInSECTデバイスイメージ

## 課題2：検出

### 分子認識

弱い分子間相互作用をもたらす分子材料の取得

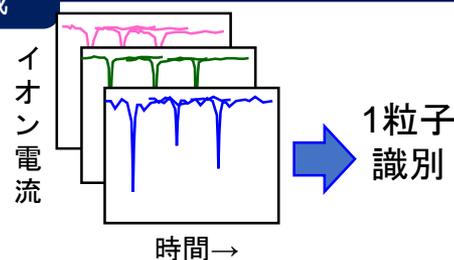
### ナノポアセンサ



粒子サイズ・形状・表面電荷に敏感なイオン電流パターンを出力するナノポアの開発

## 課題3：パターン認識

イオン電流波形から1粒子の物性の違いを判別するアルゴリズムの開発



## 課題4：原理実証

実サンプルを用いた計測原理の実証

### 各克服すべき課題の実施時期

FY2014

FY2015

FY2016

FY2017

FY2018

PJ1-細菌・ウイルス  
PJ2-バイオエアロゾル

基本設計・各要素動作検証

機能性向上・各要素統合

原理実証

# 研究開発プログラム全体構成 (プロジェクト3)

## 課題1 濃縮・輸送

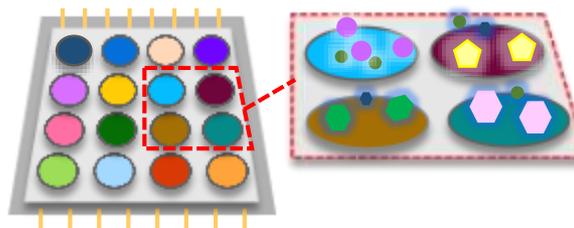
- ・ナノワイヤによる濃縮・分離技術の確立
- ・選択的に捕捉する認識材料の開発



## 課題2 検出

**分子認識** 多様な吸着特性を示す吸着材料の取得

**トランスデューサ** 空気質に応じた特徴ある信号パターンを出力するセンサ素子の開発



## 課題3 パターン認識

- ・センサ出力パターンから空気質の状態を識別するアルゴリズムの開発



## 課題4 製品試作

気流制御技術開発 / 捕集～解析の一連動作の制御回路の開発 / モジュール化

eInSECT  
デバイスイメージ

各克服すべき課題の実施時期

FY2014

FY2015

FY2016

FY2017

FY2018

PJ3-人工嗅覚システム

基本設計・各要素動作検証

機能性向上・各要素総合・原理実証

実用化  
検討

# 各プロジェクトで選定する実施機関の考え方

## 研究開発機関選定に際して重要視するポイント等

### 濃縮・輸送(課題1)

課題1の目標達成のためには、物質の捕集、捕捉・濃縮のために、ナノ材料開発とデバイス融合及び会社の事業化方針に適合していることが重要。これが可能な機関は、名大・馬場教授、九大・柳田准教授、開発のポテンシャルと事業化方針に適合している企業である。ワークショップ・研究会でのプレゼン及びPMIによる直接ヒアリングを実施し、PMと外部識者により評価する。以上の考え方から、本技術において、基本特許を有し、世界的に優れた論文を出している名大・馬場教授、九大・柳田准教授および会社の事業化方針に適合している企業、を選定候補にし、提案書の提出を求め決定。



## 選定に至る考え方・理由

選定方法: 非公募指名、研究機関: 名大、阪大、候補企業  
PMが複数の者をワークショップ・研究会で指名の後、被指名者に提案書の提出を求め、競争させる方法。

PMが、複数の者をワークショップ・研究会において発表させ、各機関が有する技術を検討し、外部識者の意見を聴取した。その結果、物質捕捉・濃縮のための世界最高性能ナノ材料開発とデバイス融合の基本特許を有し、世界的に優れた論文を出している名大・馬場教授、阪大・柳田准教授および会社の事業化方針に適合している企業を選定候補にし、提案書の提出を求め、選定した。

### 分子認識(課題1、2)

課題1、2の目標達成のためには、分子認識のために、機能性分子開発とデバイス融合が重要。これが可能な機関に、ワークショップ・研究会でのプレゼン及びPMIによる直接ヒアリングを実施し、PMと外部識者により評価する。プロトタイプ試作の初期段階で評価し、絞り込む。以上の考え方から東京医科歯科大・宮原教授、東工大・大河内教授、九大・都甲教授、阪大・谷口教授を選定候補にし、提案書の提出を求め決定する。



選定方法: 非公募指名、研究機関: 東京医科歯科大、東工大、九大、阪大

PMが複数の者をワークショップ・研究会で指名の後、被指名者に提案書の提出を求め、競争させる方法。

PMが、複数の者をワークショップ・研究会において発表させ、各機関が有する技術を検討し、外部識者の意見を聴取した。その結果、分子認識のための世界最高性能の機能性分子開発とデバイス融合の基本特許を有し、世界的に優れた論文を出している東京医科歯科大・宮原教授、東工大・大河内教授、九大・都甲教授、阪大・谷口教授を選定候補にし、提案書の提出を求め、選定した。

# 各プロジェクトで選定する実施機関の考え方

## 研究開発機関選定に際して重要視するポイント等

### 検出(課題2)

課題2の目標達成のためには、サイズ・形状・数計測のために、ナノポア技術開発とデバイス融合及び会社の事業化方針に適合していることが重要。これが可能な機関に、ワークショップ・研究会でのプレゼン及びPMIによる直接ヒアリングを実施し、PMと外部識者により評価する。以上の考え方から、本技術において、基本特許を有し、世界的に優れた論文を出している阪大・川合教授・谷口教授、および会社の事業化方針に適合しているクオantumバイオシステムズを選定候補にし、提案書の提出を求め決定する。

### パターン認識(課題3)

課題3の目標達成のためには、超高次元パターン認識技術・アルゴリズム開発、及び会社の事業化方針に適合していることが重要。これが可能な機関に、ワークショップ・研究会でのプレゼン及びPMIによる直接ヒアリングを実施し、PMと外部識者により評価する。以上の考え方から、本技術において世界最速のアルゴリズム開発能力を有する阪大・鷲尾教授、会社の事業化方針に適合している企業を選定候補にし、提案書の提出を求め決定する。

## 選定に至る考え方・理由

### 選定方法: 非公募指名、研究機関: 阪大

PMが複数の者をワークショップ・研究会で指名の後、被指名者に提案書の提出を求め、競争させる方法。

PMが、複数の者をワークショップ・研究会において発表させ、各機関が有する技術を検討し、外部識者の意見を聴取した。その結果、トンネル電流ナノポアを世界に先駆けて実現し、ナノポア技術によるサイズ・形状・数計測の基本特許を有し、世界的に優れた論文を出している阪大・川合教授・谷口教授を選定候補にし、提案書の提出を求め、選定した。

### 選定方法: 非公募指名、研究機関: 阪大、候補企業

PMが複数の者をワークショップ・研究会で指名の後、被指名者に提案書の提出を求め、競争させる方法。

PMが、複数の者をワークショップ・研究会において発表させ、各機関が有する技術を検討し、外部識者の意見を聴取した。その結果、世界最速の超高次元パターン認識アルゴリズム開発能力を有し、世界的に優れた論文を出している阪大・鷲尾教授、会社の事業化方針に適合している企業を選定候補にし、提案書の提出を求め選定した。

# 各プロジェクトで選定する実施機関の考え方

## 研究開発機関選定に際して重要視するポイント等

製品試作(課題4)  
高度集積化、モジュール化、製品試作の目標達成のためには、半導体プロセス技術・センサ開発能力・生産能力、及び会社の事業化方針に適合していることが重要。これが可能な機関は、東芝、Panasonicである。ワークショップ・研究会でのプレゼン及びPMによる直接ヒアリングを実施し、PMと外部識者により評価し、指名する。

原理実証(課題4)  
課題4の目標達成のためには、プロトタイプを試作と実証評価が重要。これが可能な機関に、研究会でのプレゼン及びPMによる直接ヒアリングを実施し、PMと外部識者により評価し、指名する。

## 選定に至る考え方・理由

選定方法: 非公募指名、研究機関: 東芝、Panasonic  
PMがワークショップ・研究会で評価し、指名する。

PMが、複数の者をワークショップ・研究会において発表させ、各機関が有する技術を検討し、外部識者の意見を聴取した。その結果、世界最高・我が国では随一の半導体プロセス技術・センサ開発・生産能力を有し会社の事業化方針に適合している東芝および世界最高のセンサ開発能力・生産能力を有し会社の事業化方針に適合しているPanasonicを指名した。

選定方法: 非公募指名、研究機関: 名古屋大学、大阪大学、Panasonic、実証評価施設(将来指名予定)

PMと外部識者で評価し、指名する。細菌・ウイルス・空気質等を検出するデバイスのプロトタイプを試作する機関は、課題1~3に密接に関係するため、その中心実施機関の一つである名古屋大学、大阪大学、Panasonicを指名する。実証評価を実施できる機関はH28年度に指名し、外部機関も活用する。

# 研究開発プログラム全体の体制図

宮田プログラム・マネージャー

PM補佐(マネジメント担当)  
PM補佐(運営担当)

プログラムアドバイザー

電子デバイス、バイオ、医療、  
知財、事業化専門家

プロジェクト1  
細菌・ウイルス

PL 川合(大阪大学)

プロジェクト2  
バイオエアロゾル

PL 馬場(名古屋大学)

プロジェクト3  
人工嗅覚システム

PL 都甲(九州大学)

課題1  
濃縮・輸送

大阪大学(川合・谷口)・名古屋大学(馬場)・東芝※1

パナソニック

東京工業大学(大河内)・九州大学(柳田)

課題2  
検出

大阪大学(川合・谷口)・名古屋大学(馬場)・東芝※1

九州大学(都甲)・パナソニック

東京医科歯科大学(宮原)・東京工業大学(大河内)

課題3  
パターン認識

大阪大学(鷺尾)

課題4  
原理実証

名古屋大学(医学系研究科)・九州大学(加地)・  
大阪大学微生物病研究所・科学警察研究所※2

パナソニック

製品試作

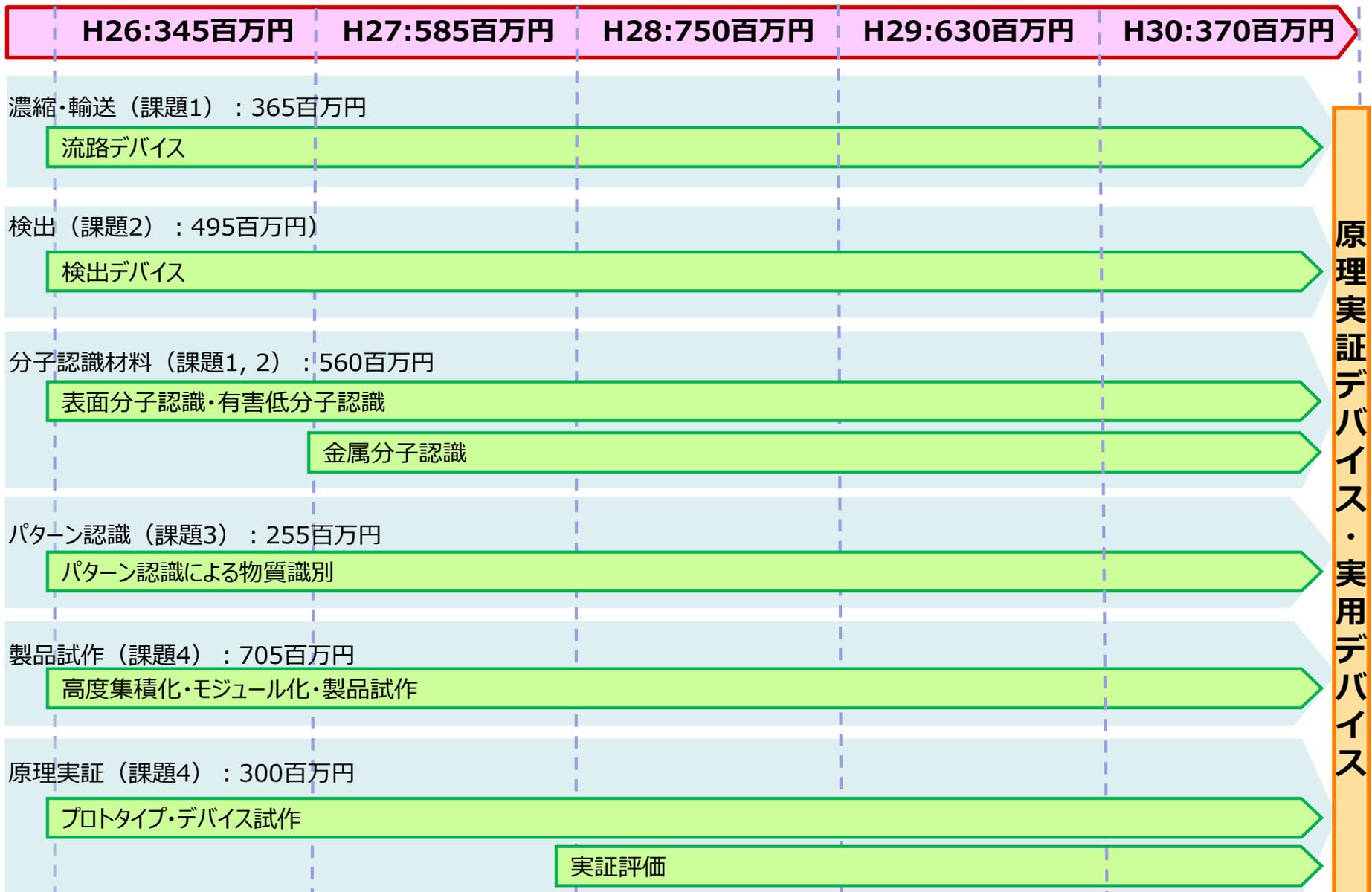
東芝※1

パナソニック

※1 2018年3月まで ※2 協力機関

# 研究開発プログラム予算の想定

## 研究費総額(2680百万円)



原理実証デバイス・実用デバイス