

ファインバブル基盤技術研究開発事業 事前評価報告書

平成 2 5 年 8 月

産業構造審議会産業技術環境分科会
研究開発・評価小委員会評価ワーキンググループ

はじめに

研究開発の評価は、研究開発活動の効率化・活性化、優れた成果の獲得や社会・経済への還元等を図るとともに、国民に対して説明責任を果たすために、極めて重要な活動であり、このため、経済産業省では、「国の研究開発評価に関する大綱的指針」（平成24年12月6日内閣総理大臣決定）等に沿った適切な評価を実施すべく、「経済産業省技術評価指針」（平成21年3月31日改正）を定め、産業構造審議会産業技術環境分科会研究開発・評価小委員会評価ワーキンググループ（座長：渡部俊也 東京大学教授）の場において、経済産業省が実施する研究開発プロジェクト等の技術評価を実施しているところである。

今般、経済産業省から、「ファインバブル基盤技術研究開発事業」を新たに創設することに関し、当該技術分野の省外専門家の評価コメント等を取り纏めた「事前評価報告書（案）」の付議提出があったので、当WGにおいてこれを審議し、内容了承することとしたところである。

本書は、上記評価結果及びその経緯等を取り纏めたものである。

平成25年8月

産業構造審議会産業技術環境分科会

研究開発・評価小委員会評価ワーキンググループ

産業構造審議会産業技術環境分科会
研究開発・評価小委員会評価WG
委 員 名 簿

座長	渡部 俊也	東京大学政策ビジョン研究センター 教授
	大島 まり	東京大学大学院情報学環 教授 東京大学生産技術研究所 教授
	太田 健一郎	横浜国立大学工学研究院グリーン水素研究センター センター長・特任教授
	菊池 純一	青山学院大学 法学部長・大学院法学研究科長・教授
	小林 直人	早稲田大学研究戦略センター 副所長・教授
	鈴木 潤	政策研究大学院大学 教授
	森 俊介	東京理科大学 理工学研究科長・教授
	吉本 陽子	三菱UFJリサーチ&コンサルティング株式会社 経済・社会政策部経済・産業調査グループ 主席研究員

(委員敬称略、五十音順)

事務局：経済産業省産業技術環境局技術評価室

ファインバブル基盤技術研究開発事業の事前評価に当たり
意見をいただいた外部有識者

井上 剛良 東京工業大学大学院理工学研究科 教授

西山 秀哉 東北大学流体科学研究所 教授

松本 洋一郎 東京大学大学院工学系研究科 教授

(敬称略、五十音順)

事務局：産業技術環境局基準認証政策課、産業基盤標準化推進室

ファインバブル基盤技術研究開発事業の評価に係る省内関係者

【事前評価時】

産業技術環境局 基準認証ユニット 基準認証政策課長 土井 良治（事業担当課長）
産業技術環境局 基準認証ユニット 産業基盤標準化推進室長 山本 健一（事業担当室長）

産業技術環境局 産業技術政策課 技術評価室長 飯村 亜紀子

ファインバブル基盤技術研究開発事業事前評価
審 議 経 過

○新規研究開発事業の創設の妥当性に関する意見の聴取（平成25年7月）

○産業構造審議会産業技術環境分科会研究開発・評価小委員会評価ワーキンググループ（平成25年8月21日）
・事前評価報告書(案)について

目 次

はじめに

評価小委員会 委員名簿

意見をいただいた外部有識者 名簿

事前評価に係る省内関係者

審議経過

第1章 技術に関する施策及び新規研究開発事業の概要

1. 技術に関する施策の概要 1

2. 新規研究開発事業の概要について 3

3. 新規研究開発事業の創設の妥当性等について 6

第2章 評価コメント11

第3章 評価ワーキンググループのコメント及びコメントに対する対処方針21

参考資料 PR資料

第1章 技術に関する施策及び新規研究開発事業の概要

1. 技術に関する施策の概要

「日本再興戦略(平成25年6月14日閣議決定)」の「日本産業再興プラン」において「これまで優位を誇ってきた日本のものづくり産業が新興国との競争で苦戦するなど、「技術で勝ってビジネスで負け」、さらに一部では「技術でも負ける」状況になっている」とされている。

また、成長戦略の実現の鍵となる「科学技術イノベーション総合戦略(平成25年6月7日閣議決定)」において「イノベーションの創出のためには、研究開発に着手する当初から、将来的な国際標準化や知的財産の取扱いを見据えた戦略的な取組を推進することが必要」とされている。

さらに、「日本再興戦略」の「戦略市場創造プラン」において「日本の農業は、生産者の減少と高齢化の進展、耕作放棄地の増加等の構造的な問題を抱えており、課題を解決するためにも、強みを引き上げ、弱みを克服する非連続的な施策を導入し、農業の構造改革を進める必要があること」及び「農林水産業の競争力を強化する観点から、新技術の活用、異業種連携等により農業のイノベーションを起こすための農商工連携等による6次産業化の推進」が掲げられている。

上記を受け、ファインバブル技術を用いた「イノベーションの創出」及び「6次産業化の推進」を図るため、ファインバブル基盤技術研究開発事業を実施する。

具体的には、我が国が世界的に先行して技術力を有するファインバブル技術(百マイクロメートル以下の微細な気泡を扱う技術)は、農業分野で生育促進や有害な細菌等の抑制効果を同時に図る高効率植物栽培技術開発、医学分野で生体組織細胞の培養技術開発、パワーエレクトロニクス分野で積層ウエハ分離装置での利用、環境分野で洗剤の要らない高性能な洗浄水としての利用等、広範な分野で適用可能な技術であり、ファインバブル技術の研究開発と研究開発当初から同技術の国際標準化を見据えた戦略的な取組の推進を図る。

～研究開発と国際標準化の一体的推進～

- ◆ファインバブル技術については、我が国が世界的に先行する新しい技術分野であり、これまで本技術分野の国際標準を議論する場がなかったため、我が国より迅速な国際標準化提案を図る新制度である「トップスタンダード制度」を活用し、国際標準化機構(ISO)に新しい専門委員会(TC)設立の提案を行い、平成25年6月に加盟国の投票を経て、新TCの設立と我が国を幹事国とすることが承認された。
- ◆ファインバブル技術の国際規格体系は、幹事国である我が国が主導する新TCにおいて三層構造で進めることになっており、ファインバブルに関する基本規格(A規格)、計測方法規格(B規格)が平成27年度までに順次開発される予定となっている。これと並行して、応用分野の基盤技術開発を進めることで、アプリケーション応用規格(C規格)についても我が国が国際標準化を先導していく。

我が国主導によるファインバブル技術の三層構造型国際規格体系

【A規格】

＜基本規格＞

ファインバブルに関する定義等の共通基本要素の規格



【B規格】

＜計測方法規格＞

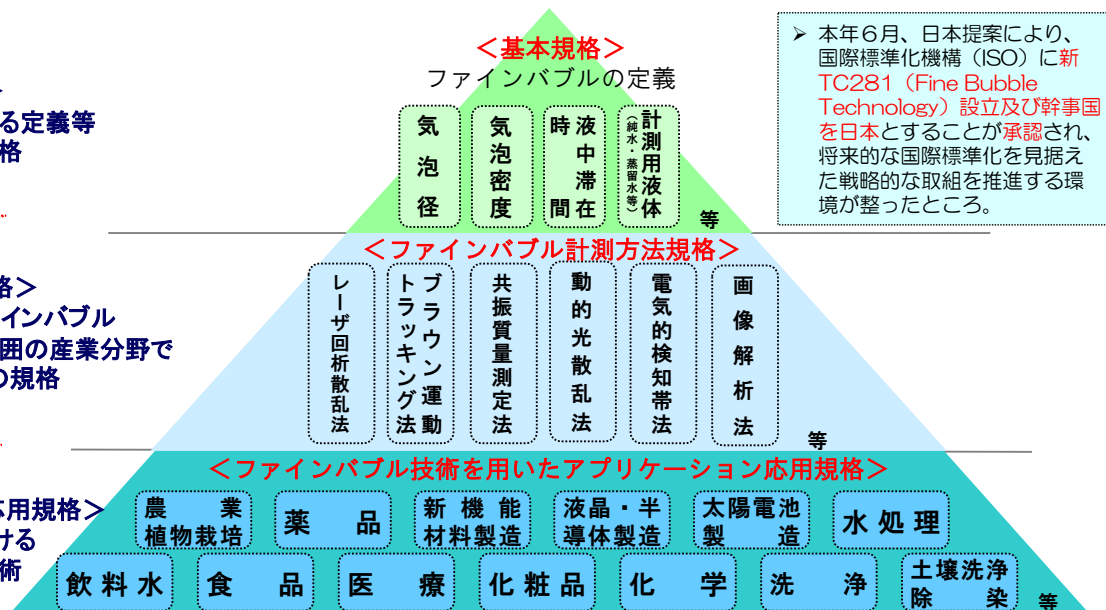
複数の手法によりファインバブル計測を可能とし、広範囲の産業分野で利用可能とするための規格



【C規格】

＜アプリケーション応用規格＞

特定の産業分野におけるファインバブル応用技術要件を規定する規格



➤ 本年6月、日本提案により、国際標準化機構（ISO）に新TC281（Fine Bubble Technology）設立及び幹事国を日本とすることが承認され、将来的な国際標準化を見据えた戦略的な取組を推進する環境が整ったところ。

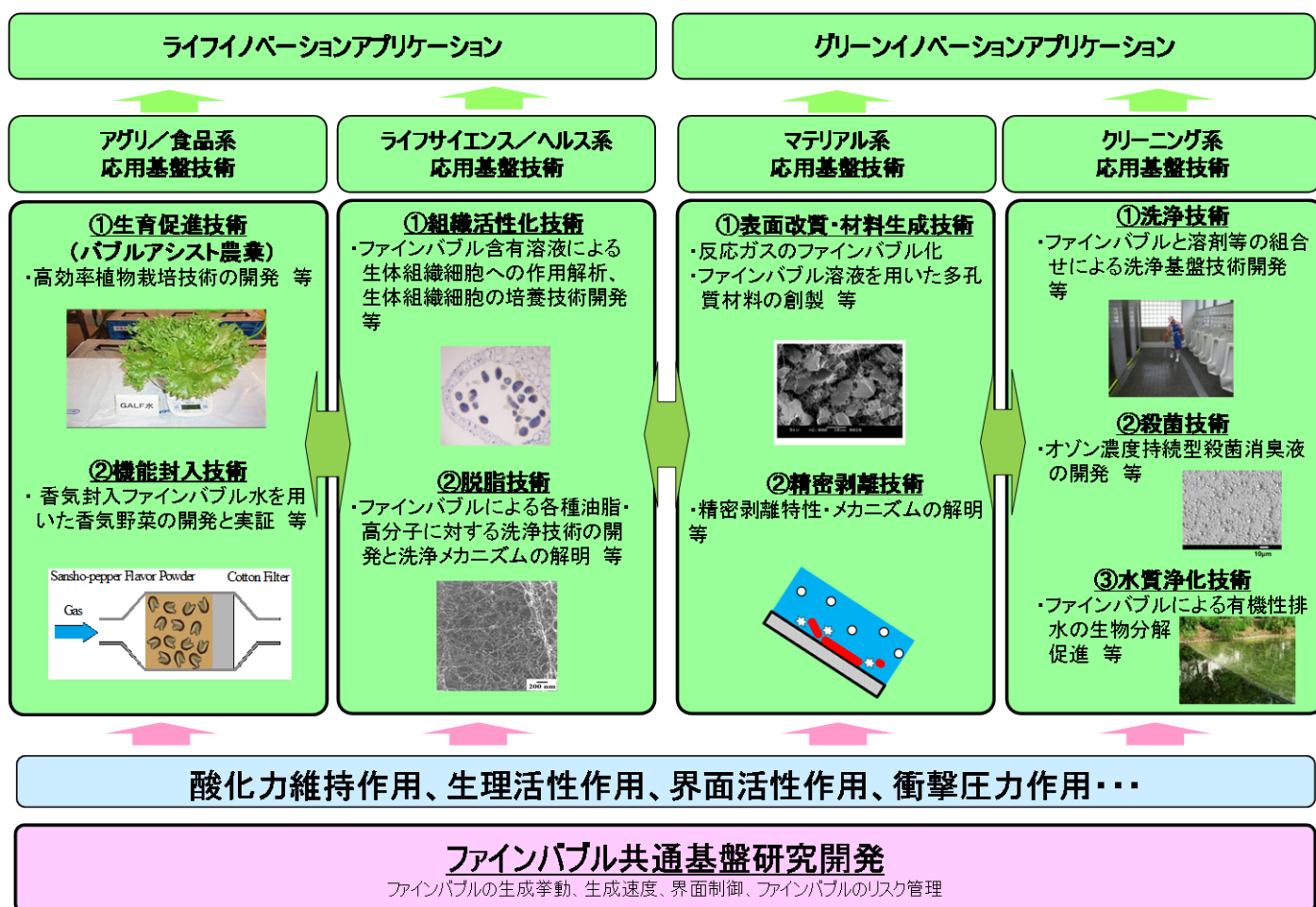
2. 新規研究開発事業の概要について

(1) 開発する技術のサイエンス、テクノロジーの概要

ファインバブル技術は、我が国が世界に先行して研究開発を行っている技術であり、当該技術は、幅広い産業分野で利用される可能性を秘めている。

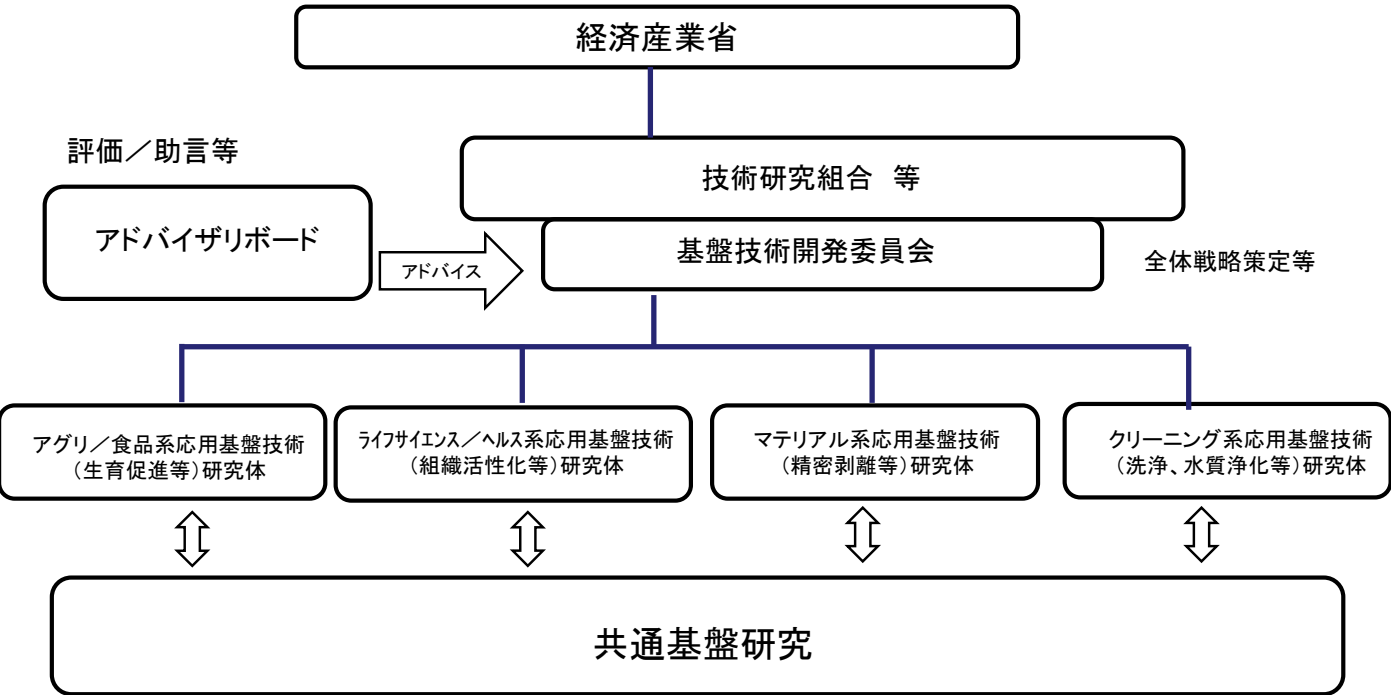
一方、様々な分野においてファインバブル技術の利用が試されはじめているところ、その機能・効果等について原理が十分に解明できておらず、実用化にあたっての障壁となっている。また、ファインバブル技術に関する研究開発は一部の企業や研究機関等で行われており、それぞれ個別に取り組まれているため、体系的な研究開発が行われていない状況となっている。

そのため、ファインバブルの基盤技術を体系的に確立するため、ファインバブルの生成挙動、生成速度、界面制御及びファインバブルのリスク管理等各応用分野に共通となる基盤技術研究開発を行うとともに、アグリ／食品系、ライフサイエンス／ヘルス系、マテリアル系、クリーニング系の各アプリケーション分野に係る応用基盤技術研究開発を行う。



(2)実施体制図

技術開発の実施体制として、技術横断的な進捗管理等を行うプロジェクトリーダーを置き、共通基盤研究開発事業の実施機関として研究機関及び大学等が参画し、また、ファインバブルの実用化を目的とする応用基盤技術開発にはユーザー企業等が参画して、産学官によるコンソーシアムにより研究開発を進める。

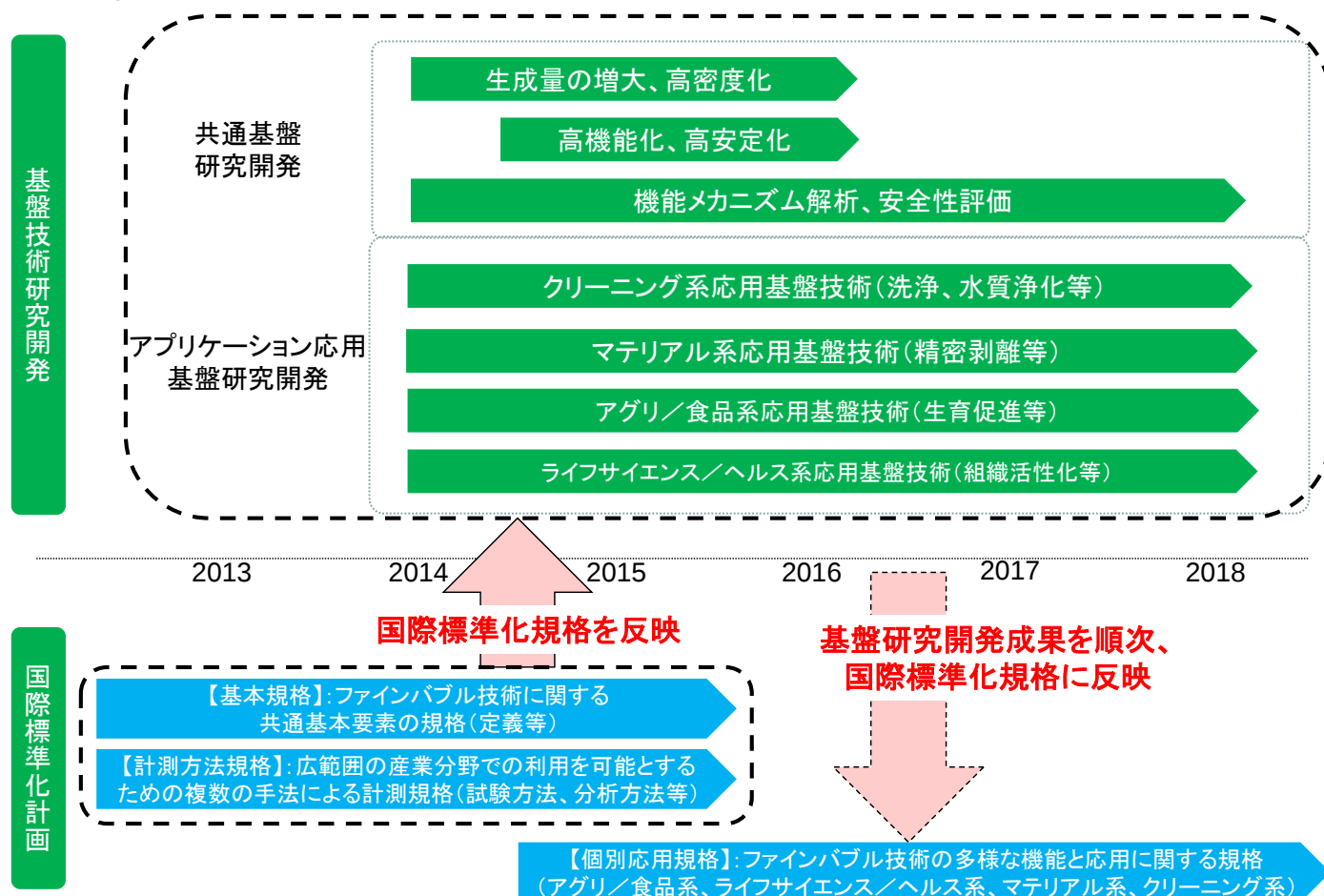


(3)実施スケジュール

ファインバブル技術は、産業利用の前提となる用語・定義、測定方法などの国際標準が確立されておらず、国際的な製品・技術の普及を図る上での課題となっている。このため、本提案事業に先立ち、我が国より迅速な国際標準化提案を図る新制度である「トップスタンダード制度」を活用し、国際標準化機構(ISO)に我が国を幹事国とする新たなTC設立を提案し、平成25年6月に加盟国の投票を経て正式に承認された。これにより、今後、ファインバブル技術の開発・普及が急速に進むと考えられる。そのため、来年度より5ヶ年の計画で研究開発に着手する。

新 TC においては、平成27年度を目処にファインバブルの基本規格(定義等)や計測方法に関する国際規格が開発される予定である。このため、国際標準化される最新のファインバブル計測方法を本事業の共通基盤研究開発と各アプリケーション応用(アグリ系、ライフサイエンス系、マテリアル系、クリーニング系)基盤研究開発に活用し、生育促進、精密剥離、洗浄等それぞれの分野に係る作用条件などの基盤技術を世界に先駆けて確立する。さらに事業の後半では、それらの研究成果を本事業の出口戦略として国際標準化提案の検討も併せて行い、研究開発と国際標準化の一体的な推進を図る。

～基盤技術研究開発と国際標準化の一体的推進～



3. 新規研究開発事業の創設の妥当性等について

(1) 事業の必要性及びアウトカムについて(研究開発の定量的目標、社会的課題の解決や国際競争力強化への対応)

① 事業の必要性

我が国が世界的に先行して技術力を有するファインバブル技術(百マイクロメートル以下の微細な気泡を扱う技術)は、農業分野で生育促進や有害な細菌等の抑制効果を同時に図る高効率植物栽培技術開発、医学分野で生体組織細胞の培養技術開発、パワーエレクトロニクス分野で積層ウエハ分離装置での利用、環境分野で洗剤の要らない高性能な洗浄水としての利用等、幅広い分野で適用可能な新たなイノベーションの創出及び市場の創出を図る技術である。

当該技術について、

1) 環境分野でファインバブル生成技術と電解水生成技術を融合することで、洗剤の要らない高性能な洗浄水として環境負荷の大幅低減が可能な洗浄・殺菌システムの開発

2) エネルギー分野で蓄電池、燃料電池等で高効率な化学反応を実現するために利用されている白金触媒を大幅に削減するため、反応ガスをファインバブル化することによる電気化学反応増進の開発

などといった技術開発を進めることで、グローバルに深刻化する環境・エネルギー・食糧問題の解決に貢献し、併せて、新興国を始めとして世界全体で急速に拡大する環境・エネルギー・食料関連市場の獲得を図る必要がある。

なお、ファインバブル技術は、産業利用の前提となる用語・定義、測定方法などの国際標準が確立されておらず、国際的な製品・技術の普及を図る上での課題となっていたが、我が国が国際標準化機構(ISO)に我が国を幹事国とする新たなTC設立を提案し、平成25年6月に加盟国の投票を経て正式に承認された。これにより、今後、ファインバブル技術の開発・普及が急速に進むと考えられる。

このような状況にある中で、我が国が当該技術の研究開発と国際標準化を引き続きリードしていくとともに、世界に先駆けて実用化を促進していくことが必要である。

② アウトカム(目指している社会の姿)の具体的内容及び検証可能なアウトカム指標とその時期

本提案事業では、合成化学洗剤等による水質汚染への懸念を払拭するための洗剤の要らない高性能な洗浄水としてのファインバブル水の利用、半導体機器の精密化による微細(ナノミクロン)な機器の剥離洗浄、水耕栽培へのファインバブル水の利用や香気ガス封入による加工食品等の新たな高付加価値化などファインバブル基盤技術の研究開発の推進を平成26年度から5年間で取り組む。

目標達成度を推し量るためのアウトカム指標については、ファインバブル基盤技術研究開発事業の技術開発の結果を洗浄、精密剥離、生育促進など各種基盤技術の9項目毎で学会・論文発表、シンポジウム等に報告するとともに、その研究成果を踏まえて、各基盤技術を事業化するために行う民間企業等の実用化研究計画数20件、国際標準化提案4件程度を達成することとする。

③アウトカムが実現した場合の日本経済や国際競争力、問題解決に与える効果の程度

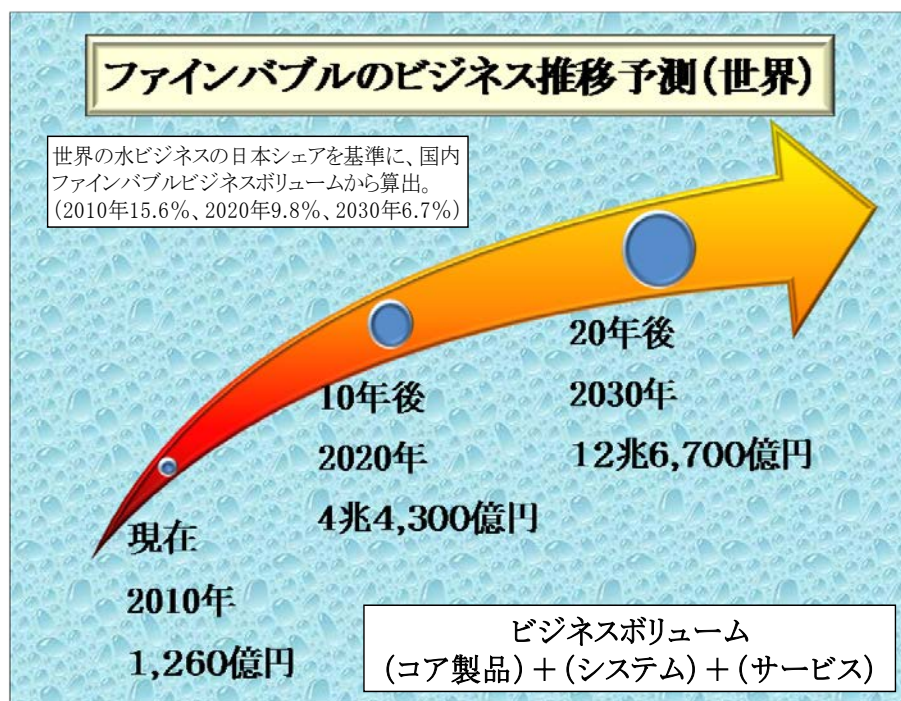
アウトカムが実現した場合の問題解決が予測される領域は、ファインバブル技術の応用分野の多様性から、例えば、

- 環境負荷のない高機能農作物の生産
- 組織培養の効率化／医薬品開発への応用
- 洗剤、薬品等による人の健康への負荷低減及び排水処理等の環境負荷軽減技術
- 高機能多孔質材料
- 微細半導体の精密剥離
- 洗剤、薬剤未使用洗浄による健康・環境面での改善

などが上げられる。

また、その効果の程度としては、本事業で得られた成果を国際標準規格に反映させることなどを通じ、経済成長著しい新興国を始め、世界全体で急速に拡大する環境・エネルギー・食料関連市場へ拡大することが期待される。なお、ファインバブルの世界規模でのビジネス推移予測として、2030年には約13兆円規模という民間のマーケット調査の推計もある。

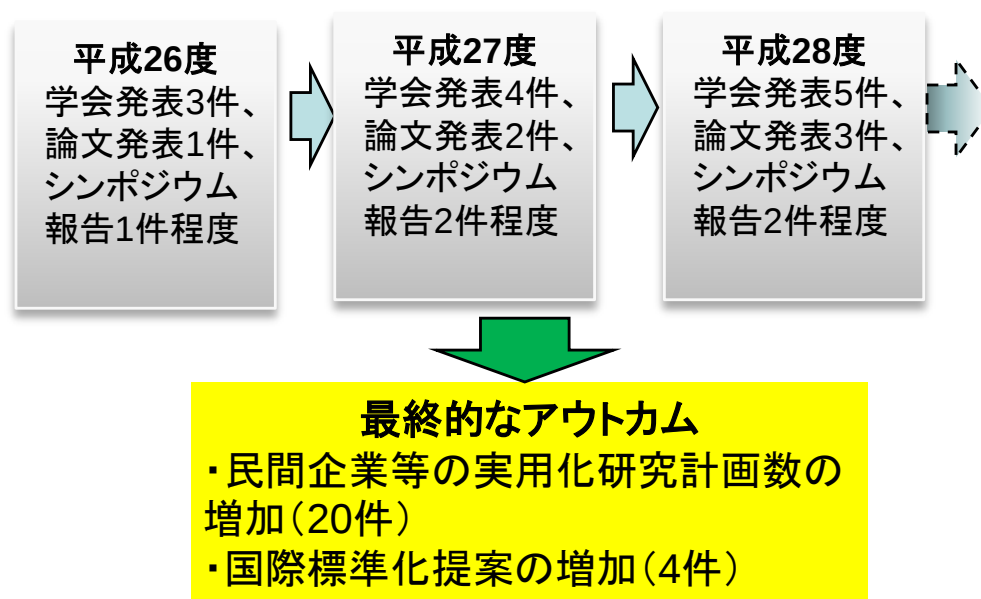
波及効果



株式会社ベンチャーラボによる推計
(平成24年度国際標準化推進事業委託費より)

④アウトカムに至るまでに達成すべきいくつかの中間段階の目標(技術的成果等)の具体的内容とその時期

民間企業等の実用化研究計画数の増加や国際標準化提案の増加というアウトカムに至るためには、ファインバブル技術に関する知見を広く共有することが前提となるため、中間段階の目標とその時期については、以下のように、共通基盤研究及びファインバブル技術を活用したアグリ／食品系、ライフサイエンス／ヘルス系、マテリアル系、クリーニング系の応用基盤技術研究の中から、年度ごとに学会発表等を行っていくこととする。



(2)アウトカムに至るまでの戦略

①アウトカムに至るまでの戦略

(a)アウトカムに至るまでのスケジュール

ファインバブルの世界規模でのビジネス推移予測として、2010年の1260億円から2020年には約4.4兆円(2010年比で約35倍)、2030年には約13兆円規模(2010年比で約100倍)という民間のマーケット調査の推計があることから、世界に先行して技術力を有する我が国発のファインバブル技術を利用したアグリ／食品系応用基盤技術、ライフサイエンス／ヘルス系応用基盤技術、マテリアル系応用基盤技術、クリーニング系応用基盤技術の早期実用化のため、平成26年度から5年間で事業を実施する計画である。併せて、本提案事業では、出口戦略として農林水産省等とも初期の段階から連携し、基礎研究から実用化研究までの協力体制の構築を検討している。具体的には、「食品産業技術ロードマップ集(平成23年3月)」の中で、加工技術の高度化としてファインバブル技術を取り上げている公益社団法人農林水産・食品産業技術振興協会(JATAFF)や農林水産・食品産業マイクロ・ナノバブル技術研究組合との協力体制を検討している。

(b)知財管理の取扱

特許等の知的財産については、産学連携である企業、大学等が個々に取得するが、知的財産の戦略、産学連携体制内等での実施については、産学連携体制のコンソーシアム(技術研究組合を想定)において、プロジェクトリーダーを中核としたメンバー等による基盤技術開発委員会を設置して、知財取扱いのルール策定を行うなど、出口戦略を見据えた知財管理を行う。

(c)実証や国際標準化

我が国がISOに新しい専門委員会の設立提案を行い、平成25年6月に加盟国の投票を経て承認されているため、平成27年度を目途にファインバブルの基本規格(定義等)や計測方法に関する国際規格が開発される予定である。このため、国際標準化される最新のファインバブル計測方法を共通基盤研究開発と各応用分野(アグリ／食品系、ライフサイエンス／ヘルス系、マテリアル系、クリーニング系)の研究開発に活用し、生育促進、精密剥離、洗浄等それぞれの分野にかかる作用条件などの基盤技術を世界に先駆けて確立する。

併せて、本事業の出口戦略として国際標準化提案の検討も併せて行い、研究開発と国際標準化の一体的な推進を図る。

(d)性能や安全性基準の策定

ファインバブルを利用したアプリケーションそれぞれで実用化が図られる段階においては、関係法規に照らして、性能基準や安全性基準の素案についての検討を行う予定である。

(e)規制緩和等を含む実用化に向けた取組

ファインバブルを利用したアプリケーションの実用化段階においては、国内の普及に向け課題となりうる食品衛生法や薬事法等に対して開発製品の円滑な認可取得のために、関係省庁(農林水産省、厚生労働省等)に働きかけをする予定である。

②成果とユーザーの段階的イメージ・仮説

(a)技術開発成果の直接的受け手

技術開発の実施体制として、技術横断的な進捗管理等を行うプロジェクトリーダーを置き、共通基盤研究開発の実施機関として研究機関及び大学等が参画し、また、ファインバブルの実用化を目的とする応用基盤研究開発にはユーザー企業等が参画して、産学官によるコンソーシアムにより研究に取り組む体制を想定している。これらの参画者が成果の第一の直接的受け手となり、さらにシンポジウム等の基盤研究結果の報告等により、幅広い事業者による成果活用を図る。

(b)社会的インパクトの実現までのカギとなるプレイヤー

ファインバブル技術については、一般消費者及び事業者のいずれもがユーザーとなり得る。したがって、社会的インパクトの実現までのカギとなるプレイヤーは、消費者は勿論であるが、消費者に商品（農作物、医薬品等）の形態として、直接提供する農業、食品加工メーカー、医薬品・化粧品メーカー等がカギとなるプレイヤーであると想定している。

また、事業系ユーザーについては、特に大きな社会的インパクトのある分野として、環境保全の面から洗浄、殺菌、浄化システム等の導入先として、公共交通機関などの社会的インフラシステムを整備する事業者（高速道路株式会社など）等を想定している。

(3)次年度以降に技術開発を実施する緊急性について

これまで、ファインバブル技術は、産業利用の前提となる用語・定義、測定方法などの国際標準が確立されておらず、国際的な製品・技術の普及を図る上での課題となっていたが、我が国が国際標準化機構(ISO)に我が国を幹事国とする新たなTC設立を提案し、平成25年6月に加盟国の投票を経て正式に承認された。これにより、今後、ファインバブル技術の開発・普及が急速に進むと考えられる。

このような中、ファインバブル技術で世界的に先行する我が国としては、国際標準化と同時並行で早急にファインバブル技術の開発を進める必要がある。

(4)国が実施する必要性について

ファインバブル技術については、洗浄、生育促進など様々な機能・効果についての科学的な原理が十分に解明されておらず、実用化の課題となっている。早期に実用化するためには、各応用基盤技術分野において大学、企業や研究機関等を連携させ、分野を超えた研究成果と高度な知識の集約が必要であるため、国が実施する。

(5)当該事業のアウトカムと関連性のある省内外の事業について

関連する事業としては、公益社団法人農林水産・食品産業技術振興協会(JATAFF)（農林水産省所管）が平成23年3月に公表した「食品産業技術ロードマップ集」において、ファインバブル技術は、水資源の有効利用や省エネ・CO2削減といった課題解決に大きな役割を果たすと考えられるものの、科学的根拠が不明なため技術導入の障壁となっていることが記されている。そのため、公益社団法人農林水産・食品産業技術振興協会(JATAFF)や農林水産・食品産業マイクロ・ナノバブル技術研究組合との連携も検討している。

第2章 評価コメント

新規研究開発事業の創設の妥当性に対するコメント

(1) 事業の必要性及びアウトカムについて(研究開発の定量的目標、社会的課題の解決や国際競争力強化への対応)

(1) ①事業の必要性

- ・これまでの研究と技術成果は蓄積しており、幅広く応用展開可能で、事業の必要性はある。
- ・ナノに近いサイズを持つ気泡生成には相当なエネルギーを要するため、応用分野の選定においては採算性を考慮すべき。その点から考えれば付加価値の高い分野での技術革新を目指す部分については妥当である。
- ・これまで我が国の研究は、それぞれの分野で進められ、それぞれの分野で成果は出てきているが、総合的展開、実用化には至っていない。本事業は各分野で必要となる基盤技術を開発しようとするものであり、ISOに新しい専門委員会が発足した現時点において、新規事業を創設することは妥当である。

○問題点・改善すべき点

- ・アグリ・ライフ系とマテリアル・クリーニング系では、産業基盤構造や体質が異なるため、横並びでなく大きく2分化すべき。
- ・水質浄化技術等への応用はこれまでも検討されているが、エネルギー収支がプラスにならず実用化に至っていない。単純な酸素等溶解促進による水質浄化といった活用では採算がとれず、技術開発要素もないことから、この種の研究開発には投資効率上、問題点が多いと考える。他方、具体的目標がはっきりしない点も問題である。学術的にも技術的困難さが理解される内容に取り組むべきであり、かつそれが科学的根拠を持った形で具体的研究課題として取り上げられるべきである。応用技術に関しては、科学的根拠が薄弱な内容も散見されるため、十分な科学的根拠を得るべく、合理的な研究手法の開発を含めて構築するべきである。こういった点に関し、信頼のおける学会等の学術界の意見を十分踏まえ応用技術課題の設定を実施すべきである。
- ・産官学の緊密な連携が必要と思われるが、「3. 実施体制図」では、提案している施策における学の役割が不明確である。

○肯定的意見

- (A氏) これまでの研究および技術成果は蓄積しており、農水産・医療・半導体・環境分野へ幅広く応用展開可能で事業の必要性はある。
- (B氏) ナノに近いサイズを持つ気泡生成には相当なエネルギーを要することから、付加価値の高い領域での利用でなければ採算が取れないことを良く理解すべきである。応用分野の選定においては常に採算性を考慮すべきであり、その点から考えれば医療分野等への応用など付加価値の高い分野での技術革新を目指す部分については妥当である。
- (C氏) これまで我が国においてファインバブルに関する研究は、それぞれの分野で関心のある大学研究者、企業技術者らによって進められてきている。それぞれの分野で成果は出てきているが、総合的展開、実用化には至っていない。本事業は各分野で必要となる基盤技術を開発しようとするものであり、ISOに新しい専門委員会が発足し我が国が幹事国となった現時点において、世界をリードするべく新規事業を創設することは極めて妥当であると言える。

○問題点・改善すべき点

(A 氏) アグリ・ライフ系とマテリアル・クリーニング系では、産業基盤構造や体質が異なるため、横並びでなく大きく2分化すべきである。

(B 氏) マイクロバブルの水質浄化技術等への応用はこれまで NEDO や民間企業等の技術開発で様々な形で検討されているが、結果的にエネルギー収支がプラスにならない。既存の装置を代替するほどの利点がないといったことで実用化に至っていない。単純な酸素等溶解促進による水質浄化といった活用では採算がとれないことは明白であり、技術開発要素もないことから、この種の研究開発には投資効率上、問題点が多いと考える。

他方、本技術開発の具体的目標がはっきりしない点も問題である。共通基盤研究開発においても、応用技術開発においても具体的目標を明確にすべきである。例えば、気泡生成技術に関していえば、単に 100 ミクロン以下の気泡を生成するのであれば、それは容易にでき、技術的課題は無い。気泡サイズ幅の狭い気泡群を生成する技術開発など、学術的にも技術的困難さが理解される内容に取り組むべきであり、かつそれが科学的根拠を持った形で具体的研究課題として取り上げられるべきである。また応用技術に関しては、科学的根拠が薄弱な内容となっているものが散見される。例えば、植物生長促進に効果が期待されるとあるが、植物の成長速度を一義的に決定するのは葉の二酸化炭素固定速度であり、それと気泡効果との因果関係に合理性を認めることは容易ではない。十分な科学的根拠を得るべく、合理的な研究手法の開発を含めて構築するべきである。こういった点に関しては、信頼のおける学会等の学術界の意見を十分踏まえた上で応用技術課題の設定を実施すべきである。

(C 氏) 産官学の緊密な連携が必要と思われるが、「3. 実施体制図」では、提案している施策における学役割が不明確である。

(1) ②アウトカム（目指している社会の姿）の具体的内容及び検証可能なアウトカム指標とその時期

- ・アグリやライフ系、マテリアル・クリーニング系の内容は、具体的な内容で検証可能なアウトカム指標である。
- ・具体的な目標が設定されていないことから判断できないが、付加価値の高い分野での活用を目指している点については妥当と思われる。
- ・本事業で開発する共通基盤技術、アプリケーション応用基盤技術をもとに、各分野のアウトカムとして具体的な応用が示されている。

○問題点・改善すべき点

- ・時期に関しては、四つの応用系の基盤構造や発展性が異なるため、不確定要素がある。
- ・学会・論文発表、シンポジウム等での報告件数はアウトプットであり、同様に実用化研究計画件数もアウトカムではない上、重要な指標ではない。目指している社会の姿を明らかにするという点からいえば、どういった分野でどのように技術が導入され、それがどのような効果を及ぼすかについて具体的に記載すべき。学会・論文発表をするのであれば、グローバルな観点で学術的に影響力が高いものを視野に入れるべき。
- ・本施策の最終的なアウトカムの実現時期は本事業の完了時と思われるが、本企画書では少し不明確である。

○肯定的意見

- (A 氏) 人間生活が深く関わるアグリやライフ系、さらには工業が関わるマテリアル・クリーニング系の内容は、具体的な内容で検証可能なアウトカム指標である。
- (B 氏) 具体的な目標が設定されていないことから判断できないが、付加価値の高い分野での活用を目指している点については妥当と思われる。
- (C 氏) 本事業で開発する共通基盤技術、アプリケーション応用基盤技術をもとに、各分野のアウトカムとして、農業における植物栽培の高効率化、環境にやさしい洗浄技術、殺菌技術、水の浄化技術など具体的な応用が示されている。何れも将来的に重要な応用分野である。

○問題点・改善すべき点

- (A 氏) 時期に関しては、四つの応用系の基盤構造や発展性が異なるため、不確定要素がある。
- (B 氏) 学会・論文発表、シンポジウム等での報告件数はアウトプットであり、同様に実用化研究計画件数もアウトカムではない上、重要な指標ではない。目指している社会の姿を明らかにするという点からいえば、どういった分野でどのように技術が導入され、それがどのような効果を及ぼすかについて具体的に記載すべきである。さらに、学会・論文発表をするのであれば、グローバルな観点で学術的に影響力が高いものを視野に入れるべきである。
- (C 氏) 本施策の最終的な検証可能なアウトカムとして民間企業等の実用化研究計画数 20 件、国際標準提案数 4 件が提示されている。これらの実現時期は本事業の完了時と思われるが、本企画書では少し不明確である。

- (1) ③アウトカムが実現した場合の日本経済や国際競争力、問題解決に与える効果の程度
- ・ファインバブルがマテリアル系、クリーニング系で基盤技術となり、スケールアップ（水処理でのプラント化等）可能であれば、日本経済や国際競争力、問題解決に与える効果の程度は優れている。
 - ・例えば医療等の分野は規制があり、日本初の技術を国内のみならず、グローバルに認可承認させることは容易ではない。良い技術であるとの前提ではあるが、厳しい規制を突破し医療等の分野で技術が活用されれば、その波及効果は大きいと思われる。
 - ・特に、植物栽培の高効率化、水の浄化技術などは人類にとって最重要課題の1つである。これがいくらの波及効果を生むか予測は難しいが、将来的な食糧問題、水問題、環境問題を考えると20年後には約13兆円規模との予測も十分あり得ると思われる。

○問題点・改善すべき点

- ・ファインバブル技術が特にアグリやライフ系で単なる付加技術でとどまるならば、大きな効果は期待できない。結果を示す普遍的なエビデンスを要する。
- ・ファインバブルの市場規模予測は、これまで多くのマイクロ・ナノバブル応用技術について検討がされてきた中で、実用化に至った技術がほとんどないことを考えるとその根拠は薄弱である。学术界では科学的根拠が乏しい、いわゆる「怪しい技術」と認識されている部分も多く、波及効果の推定は慎重に実施すべきである。

○肯定的意見

- (A氏) ファインバブルがマテリアル系、クリーニング系で基盤技術となり、スケールアップ（水処理でのプラント化等）可能であれば、日本経済や国際競争力、問題解決に与える効果の程度が優れている。
- (B氏) 例えば医療等の分野は規制があり、日本初の技術を国内のみならず、グローバルに認可承認させることは容易ではない。良い技術であるとの前提ではあるが、厳しい規制を突破し医療等の分野で技術が活用されれば、その波及効果は大きいと思われる。
- (C氏) 農業、食品、バイオ、半導体産業など多くの分野で新たな技術が開発され我が国の国際競争力は非常に強化されることは予想できる。特に、植物栽培の高効率化、水の浄化技術などは人類にとって最重要課題の1つである。これがいくらの波及効果を生むか予測するのは難しいが、将来的な食糧問題、水問題、環境問題を考えると20年後には約13兆円規模との予測も十分あり得ると思われる。

○問題点・改善すべき点

- (A氏) ファインバブル技術が特にアグリやライフ系で単なる付加技術でとどまるならば、大きな効果は期待できない。結果を示す普遍的なエビデンスを要する。
- (B氏) ファインバブルの市場規模の予測についての記載があるが、これまで多くのマイクロ・ナノバブル応用技術について検討されてきた中で、実用化に至った技術がほとんどないことを考えるとその根拠は薄弱である。学术界では科学的根拠が乏しい、いわゆる「怪しい技術」と認識されている部分も多く存在することから、波及効果の推定については慎重に実施すべきである。
- (C氏) なし

(1) ④アウトカムに至るまでに達成すべきいくつかの中間段階の目標（技術的成果等）の具体的内容とその時期

- ・技術的成果の内容や時期は、概ね適切であるが、エネルギー系で液体燃料改質も可能性はある。
- ・本事業の各年度におけるアウトカムとして、具体的な学会発表件数、論文発表件数、シンポジウム報告件数が明示されている。

○問題点・改善すべき点

- ・直接アウトカムの成果公表が少なすぎ、応用分野を統合した国際会議を日本主導で定期的開催し、世界の信頼を得るべきである。
- ・具体的な目標が設定されていないことから判断は難しい。科学的根拠が乏しいと思われる研究内容も含まれているので、関連学会等に内容も含めて目標を精査してもらうべきであると考え。
- ・最終目標と中間段階の目標が一見すると関係ないように見える。中間目標の達成を積み重ねていくことにより、最終目標をクリアするというシナリオを明示すべき。

○肯定的意見

- (A 氏) 技術的成果の内容や時期は、概ね適切であるが、エネルギー系で液体燃料改質も可能性はある。
- (B 氏) なし
- (C 氏) 本事業の各年度におけるアウトカムとして、具体的な学会発表件数、論文発表件数、シンポジウム報告件数が明示されている。その内容としては、「ファインバブル生成量の増大、高密度化、安定化」、「生成促進技術」、「組織活性化技術」、「洗浄技術」「水質浄化技術」などが考えられている。

○問題点・改善すべき点

- (A 氏) 直接アウトカムの成果公表が少なすぎ、国際標準化規格に反映するためにも、四つの応用分野を統合した国際会議を日本主導で定期的開催し、世界の信頼を得るべきである。
- (B 氏) 具体的な目標が設定されていないことから判断は難しい。科学的根拠が乏しいと思われる研究内容も含まれているので、関連学会等に内容も含めて目標を精査してもらうべきであると考え。
- (C 氏) 最終的なアウトカムとして、民間企業等の実用化研究計画 20 件と国際標準化提案 4 件が示されているが、この最終目標と中間段階の目標が一見すると関係ないように見える。中間目標の達成を積み重ねていくことにより、最終目標をクリアするというシナリオを明示すべきと思われる。

(2) アウトカムに至るまでの戦略について

(2) ①アウトカムに至るまでの戦略

- ・戦略の実現にあたり組織化、機能化、連携化されており、適切な計画である。
- ・計測技術等の国際標準化を先行して進め、気泡発生装置等の格付け体制を整えることは、気泡発生装置産業の健全な発展には寄与する。知的財産の取り扱いについても問題はない。また、早期実用化に向けて他省関連団体と早い段階で協力体制を敷くことは評価できる。
- ・出口戦略を見据えて、本事業の初期段階から農林水産省等とも連携し、基礎研究から実用化研究までの協力体制の構築が考えられている。ファインバブルの安全性基準、規制緩和なども関係省庁に働きかける予定であり、事業開始時から出口戦略を見据えた戦略が構築できていると判断できる。

○問題点・改善すべき点

- ・技術研究組合では、国際情勢や産業構造の変化をモニタリングし、戦略の修正や国際競争力強化のための専任の人材も必要と考える。ビジネス規模は、不確定要素が多い。
- ・実証等においては、気泡の効果を因果関係も含めて合理的に説明することが困難と予想されることから、関連学会等の意見も十二分に取り入れる形で実施すべきである。
- ・マイクロバブルとナノバブルはかなりその特徴が異なっており、その計測等基盤技術も全く別物と予想される。また応用分野もかなり異なるように思えるが、本事業企画書では、「ファインバブル」とまとめられており、少し大まかな研究開発プラン・戦略になっていると思われる。

○肯定的意見

- (A氏) 戦略の実現にあたり組織化、機能化、連携化されており、適切な計画である。
- (B氏) 計測技術等の国際標準化を先行して進め、気泡発生装置等の格付けをできる体制を整えることは、気泡発生装置産業の健全な発展には寄与する。知的財産の取り扱いについても問題はない。また、早期実用化に向けて他省関連団体と早い段階で協力体制を敷くことは評価できる。
- (C氏) 出口戦略を見据えて、本事業の初期の段階から農林水産省等とも連携し、基礎研究から実用化研究までの協力体制の構築が考えられている。また知財管理については、基盤技術開発委員会を設置して、戦略、取り扱いルールの方策を行い、戦略的な研究開発と国際標準化提案を行うことが予定されている。ファインバブルの安全性基準、規制緩和なども関係省庁に働きかける予定であり、事業開始時から出口戦略を見据えた戦略が構築できていると判断できる。

○問題点・改善すべき点

- (A氏) 技術研究組合では、国際情勢や産業構造の変化をモニタリングし、戦略の修正や国際競争力強化のための専任の人材も必要と考える。ビジネス規模は、不確定要素が多い。
- (B氏) 実証等においては、気泡の効果を因果関係も含めて合理的に説明することが困難と予想されることから、関連学会等の意見も十二分に取り入れる形で実施すべきである。
- (C氏) マイクロバブルとナノバブルはかなりその特徴が異なっており、その計測等基盤技術も全く別物と予想される。また応用分野もかなり異なるように思えるが、本事業企画書では、「ファインバブル」とまとめられており、少し大まかな研究開発プラン・戦略になっていると思われる。

(2) ②成果とユーザーの段階的イメージ・仮説

- ・プロジェクトリーダーの配置、産学官コンソーシアムの形成、鍵となるプレイヤー等、大概妥当である。
- ・科学的議論のしっかりできる研究者を取り込んだ推進体制をとることを望む。
- ・プロジェクトリーダーのもと、計測等の共通基盤技術開発を研究機関・大学が担当し、ユーザー企業が実用化研究を実施する産学官コンソーシアムが考えられている。また、シンポジウムや報告書により、多くの民間企業等が本事業の成果を活用できることが考えられている。最終的には、一般消費者や、消費者に商品を提供する民間企業、公共交通機関等も本事業の成果を享受できることが想定されている。これらのことから、本事業の成果は広く社会に還元できるものと評価できる。

○問題点・改善すべき点

- ・本技術を強力に統合的に広め推進するプロジェクトリーダーの権限を強化すべきである。
- ・微細気泡による効果の因果関係を明確にすることは困難であり、一度いわゆる「怪しい技術」と思われるとその疑念を払拭するのは難しいことから、プレイヤーや成果の受け手の設定は慎重にすべきである。

○肯定的意見

- (A 氏) プロジェクトリーダーの配置、産学官コンソーシアムの形成、鍵となるプレイヤー等、大概妥当である。
- (B 氏) 大学等を含めた産学官によるコンソーシアム体制で研究を推進することは妥当である。科学的議論のしっかりできる研究者を取り込んだ推進体制をとることを望む。
- (C 氏) プロジェクトリーダーのもと、計測等の共通基盤技術開発を研究機関・大学が担当し、ユーザー企業が実用化研究を実施する産学官コンソーシアムが考えられている。また、シンポジウムや報告書により、多くの民間企業等が本事業の成果を活用できることが考えられている。最終的には、一般消費者や、消費者に商品を提供する民間企業、公共交通機関等も本事業の成果を享受できることが想定されている。これらのことから、本事業の成果は広く社会に還元できるものと評価できる。

○問題点・改善すべき点

- (A 氏) 本技術を強力に統合的に広め推進するプロジェクトリーダーの権限を強化すべきである。事業者としては、例えば水処理では他に、上下水担当の役所もあるう。
- (B 氏) 広範な応用範囲を目指せば当然多様な人々が成果の受け手となりうるが、微細気泡による効果の因果関係を明確にすることは困難であり、一度いわゆる「怪しい技術」と思われるとその疑念を払拭するのは難しいことから、プレイヤーや成果の受け手の設定は慎重にすべきである。
- (C 氏) なし

(3) 次年度以降に技術開発を実施する緊急性について

(3) ①次年度以降に技術開発を実施する緊急性

- ・国際標準化機構からファインバブル技術に関する専門委員会の設立が承認され環境が整っているので、緊急的に技術開発を実施するのは、合理的である。
- ・緊急性は感じないが、良い技術を選定して技術開発は実施すべきである。
- ・ファインバブルに関する研究は海外ではあまり多くなく、我が国が技術的な強みを有している分野である。ISO の専門委員会も設立されたことを考えると、できるだけ早く基盤技術を確立し、いち早く国際標準化することで我が国の産業の優位性が確保できると思われる。この点から、早急に事業を開始することは重要である。

○問題点・改善すべき点

- ・国際標準化を見据えた活動において、計測技術に関しては先行して標準化を実施すべきと考えるが、科学的根拠が乏しいことが技術導入の障壁になっていることを考えれば、応用技術については課題の選定も含めて慎重に実施すべきである。

○肯定的意見

- (A 氏) 平成 25 年 6 月に国際標準化機構からファインバブル技術に関する専門委員会の設立が承認され環境が整っているので、緊急的に技術開発を実施するのは、合理的である。
- (B 氏) 緊急性は感じないが、良い技術を選定して技術開発は実施すべきである。
- (C 氏) ファインバブルに関する研究は海外ではあまり多くなく、我が国が技術的な強みを有している分野である。また ISO の専門委員会も設立され、我が国が幹事国となったことを考えると、できるだけ早く基盤技術を確立し、これらをいち早く国際標準化することで我が国の産業の優位性が確保できると思われる。この点から、早急に事業を開始することは重要である。

○問題点・改善すべき点

(A 氏) なし

(B 氏) 国際標準化を見据えた活動において、計測技術に関しては先行して標準化を実施すべきであると考えますが、科学的根拠が乏しいことが技術導入の障壁になっていることを考えれば、応用技術については課題の選定も含めて慎重に実施すべきである。

(C 氏) なし

(4) 国が実施する必要性について

(4) ①科学技術的価値の観点からみた卓越性、先導性

- ・ファインバブル技術の応用効果は認知されているが、基礎から応用への体系化、普遍化が強固に確立すれば、世界を先導でき、他の研究分野への波及効果も大きい。
- ・我が国における気泡に関する研究は歴史も古く、研究者の裾野も広いことから、網羅的な組織化が達成されれば、知識の集約といった点においては強みを持っている。
- ・ファインバブルに関する研究は、各分野で実施されてきているが、それらに共通する計測技術、高密度化技術、安定化技術等はまだまだ十分には確立できていない。一方、各分野における研究成果を集約し、他の分野にも応用することは、新しい産業技術を創出していくためには重要である。この点で、国として実施する必要性は大きいと判断される。省庁横断的に事業をすることが極めて重要である。

○問題点・改善すべき点

- ・本分野の研究・開発に専念できる研究者や技術者の確保および育成、さらには、応用する異分野をオーバービューできる組織が必要である。
- ・現象の科学的根拠を明らかにするといっても、気泡の効果が現象を劇的に変化させる要因にはならない中で、十分定量性のある結論が得られずに実用化まで至らない可能性も懸念され、合理的かつ信頼性の高い組織を立ち上げることが重要である。

○肯定的意見

- (A氏) ファインバブル技術の応用効果は認知されているが、基礎から応用への体系化、普遍化が強固に確立すれば、世界で先導でき、他の研究分野への波及効果も大きい。
- (B氏) 我が国における気泡に関する研究は歴史も古く、研究者の裾野も広いことから、網羅的な組織化が達成されれば、知識の集約といった点においては強みを持っている。
- (C氏) ファインバブルに関する研究は、各分野で実施されてきているが、それらに共通する計測技術、高密度化技術、安定化技術等はまだまだ十分には確立できていない。一方で、植物生育促進、水質浄化技術、洗浄技術等の各分野における研究成果を集約し、他の分野にも応用することは、新しい産業技術を創出していくためには重要である。この点で、国として実施する必要性は大きいと判断される。経済産業省だけでなく、農林水産省等も含めた省庁横断的な事業することが極めて重要である。

○問題点・改善すべき点

- (A氏) 本分野の研究・開発に専念できる研究者や技術者の確保および育成、さらには、4つの応用する異分野をオーバービューできる組織が必要である。
- (B氏) 懸念材料としては、現象の科学的根拠を明らかにするといっても、気泡の効果が現象を劇的に変化させる要因にはならない中で、十分定量性のある結論が得られずに実用化まで至らない可能性も懸念され、合理的かつ信頼性の高い組織を立ち上げることが重要である。
- (C氏) なし

(5) 当該事業のアウトカムと関連性のある省内外の事業について

(5) ①当該事業のアウトカムと関連性のある省内外の事業との関係性

- ・農林水産・食品産業マイクロ・ナノバブル技術研究組合との連携は適切である。
- ・他省の事業が結果的にうまく実用化に結びつけられていない中で、他省庁関連団体との連携を図ることは重要である。他省事業において科学的根拠が不明なため技術導入の障壁となっている部分を十分踏まえた内容を実施すべきである。
- ・農林水産・食品産業技術振興協会が「食品産業技術ロードマップ集」を公表しているが、基盤技術が不明確なことが技術導入の障壁となっていると述べている。一方、本事業では、農林水産・食品産業マイクロ・ナノバブル技術研究組合との連携も検討していることから省庁横断的な協力が期待できる。

○問題点・改善すべき点

- ・特に農林水産は、マーケットも不確定なので、半導体関係や水処理を想定した土木関係との連携技術研究事業も模索してはどうか。
- ・医療分野への応用を目指すのであれば、厚生労働省関連団体とも連携すべきである。また、マイクロバブル関連事業を実施した NEDO 等の意見も取り入れるべきである。

○肯定的意見

- (A 氏) 農林水産・食品産業マイクロ・ナノバブル技術研究組合との連携は適切である。
- (B 氏) 他省の事業が結果的にうまく実用化に結びつけられていない中で、他省庁関連団体との連携を図ることは重要である。他省事業において科学的根拠が不明なため技術導入の障壁となっている部分を十分踏まえた内容を実施すべきである。
- (C 氏) 農林水産・食品産業技術振興協会が「食品産業技術ロードマップ集」を公表しているが、基盤技術が不明確なことが技術導入の障壁となっていると述べている。これより、重複する事業は特にはないと思われる。一方、本事業では、農林水産・食品産業マイクロ・ナノバブル技術研究組合との連携も検討していることから省庁横断的な協力が期待できる。

○問題点・改善すべき点

- (A 氏) 特に農林水産は、保守的でマーケットも不確定なので、半導体関係や水処理を想定した土木関係との連携技術研究事業も模索してはどうか。
- (B 氏) 医療分野への応用を目指すのであれば、厚生労働省関連団体とも連携すべきである。また、マイクロバブル関連の事業を実施した経験のある NEDO 等の意見も取り入れるべきである。
- (C 氏) なし

第3章 評価ワーキンググループのコメント及びコメントに対する対処方針

本事業に対する評価ワーキンググループのコメント及びコメントに対する推進課の対処方針は、以下のとおり。

(事業の必要性及びアウトカムについて)

- ◇ 本件プロジェクトにおいて実際に行う事業内容を、事業計画書等において明確・具体的に記載すること。
- ◇ 「計測規格」のみならず、「安全規格」の策定の視点も重要であり、当初からこのような視点も盛り込むべきではないか。
- ◇ 科学的根拠の薄い、いわゆる怪しい技術の研究開発とならないよう、本件プロジェクトにおいては基盤技術と応用基盤技術の早期開発に焦点を絞り、スピーディーに研究開発を進めるべき。

対処方針

- ◇ 本事業については、ファインバブルの基盤技術を体系的に確立するため、ファインバブルの生成・挙動や様々な機能・効果のメカニズム等の解析及び、応用分野における基盤技術開発を実施することとしている。具体的な実施内容等については、事業計画等において示すこととする。
- ◇ ファインバブルの安全性の観点についても検討するため、本研究開発においては、ファインバブルのばくろ経路として、経口ばくろ及び経皮ばくろの2つの経路について検証する予定。なお、本事業では規格開発は行わないが、ファインバブル技術の国際規格体系として、基本規格(A 規格)、計測方法規格(B 規格)、アプリケーション規格(C 規格)の三層構造となる予定と聞いている。
- ◇ ファインバブル技術については、最近、測定技術の開発が進んではいるものの、依然として、ファインバブルの生成・挙動や作用のメカニズムといった基礎的・基盤的な技術の解明・開発について多くの課題が残っている。本事業においては、ファインバブルの基盤技術と応用基盤技術の双方の連携を図りつつ、早期開発を目指して研究開発を実施することとしたい。

ファインバブル基盤技術研究開発事業

平成26年度概算要求額 5.0億円（新規）
【うち優先課題推進枠5.0億円】

産業技術環境局 基準認証政策課、産業基盤標準化推進室
研究開発課
製造産業局 ナノテクノロジー・材料戦略室、産業機械課
03-3501-9232（基準認証政策課）
03-3501-9277（産業基盤標準化推進室）

事業の内容

事業の概要・目的

- ミクロンからナノオーダーにわたる微細気泡が液体中に安定的に溶存するファインバブルは、浄化、剥離、生理活性など固有の新機能を発現し、広範囲の産業応用が期待されています。
- しかし、それらの新機能の発現メカニズムが必ずしも解明されていないこと、評価・試験方法が標準化されていないことが、本格的な産業応用に向けての課題となっています。
- 本事業では、ファインバブル技術の原理研究、用途開拓、国際標準化の一体的推進を図り、ファインバブル基盤技術を確立することを目指します。

条件（対象者、対象行為、補助率等）



委託

民間団体等

事業イメージ

