

ファイナブル基盤技術研究開発事業 事後評価報告書

平成28年1月
産業構造審議会産業技術環境分科会
研究開発・イノベーション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26年4月改正）を定め、これに基づいて研究開発の評価を実施している。

ファインバブル基盤技術研究開発事業は、ファインバブル技術の早期の産業化につなげるため、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や生成制御等の基盤技術開発をするために、経済産業省において平成26年度に実施したものである。

今回の評価は、このファインバブル基盤技術研究開発事業の事後評価であり、実際の評価に際しては、省外の有識者からなるファインバブル基盤技術研究開発事業事後評価検討会（座長：松本洋一郎 国立研究開発法人理化学研究所 理事）を開催した。

今般、当該検討会における検討結果が評価報告書の原案として産業構造審議会産業技術環境分科会研究開発・イノベーション小委員会評価ワーキンググループ（座長：小林 直人 早稲田大学研究戦略センター副所長・教授）に付議され、内容を審議し、了承された。

本書は、これらの評価結果を取りまとめたものである。

平成28年1月

産業構造審議会産業技術環境分科会

研究開発・イノベーション小委員会評価ワーキンググループ

産構審構造審議会産業技術環境分科会研究開発・イノベーション小委員会
評価ワーキンググループ

委員名簿

座長	小林 直人	早稲田大学研究戦略センター副所長・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長 ・特任教授
	亀井 信一	株式会社三菱総合研究所政策・経済研究センター長
	高橋 真木子	金沢工業大学工学研究科教授
	津川 若子	東京農工大学大学院工学研究院准教授
	西尾 好司	株式会社富士通総研経済研究所主任研究員
	森 俊介	東京理科大学理工学研究科長 東京理科大学理工学部経営工学科教授

(座長除き、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事後評価検討会
委員名簿

井上 剛良 東京工業大学大学院理工学研究科 教授
功刀 資彰 京都大学大学院工学研究科原子核工学専攻 教授
西山 秀哉 東北大学流体科学研究所 教授
堀田 国元 一般財団法人機能水研究振興財団 理事長
松本 充弘 京都大学大学院工学研究科機械理工学専攻 准教授
(座長) 松本 洋一郎 国立研究開発法人理化学研究所 理事

(敬称略、五十音順)

事務局：経済産業省産業技術環境局国際標準課

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

【事後評価時】

産業技術環境局 基準認証ユニット 国際標準課長 福田 泰和（事業担当課長）

大臣官房参事官（イノベーション推進担当）

産業技術環境局 研究開発課 技術評価室長 岩松 潤

【事前評価時】（事業初年度予算要求時）

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

ファイナバブル基盤技術研究開発事業事後評価

審議経過

○第1回事後評価検討会（平成27年11月9日）

- ・評価の方法等について
- ・プロジェクトの概要について
- ・評価の進め方について

○第2回事後評価検討会（平成27年12月7日～平成27年12月14日）書面審議

- ・評価報告書(案)について

○産業構造審議会産業技術環境分科会研究開発・イノベーション小委員会評価ワーキンググループ

（平成28年1月26日）

- ・評価報告書(案)について

目 次

はじめに

産業構造審議会産業技術環境分科会研究開発・イノベーション小委員会評価ワーキンググループ
委員名簿

フィンバブル基盤技術研究開発事業事後評価検討会 委員名簿

フィ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

フィンバブル基盤技術研究開発事業事後評価 審議経過

	ページ
事後評価報告書概要	i
第1章 評価の実施方法	
1. 評価目的	1
2. 評価者	1
3. 評価対象	2
4. 評価方法	2
5. プロジェクト評価における標準的な評価項目・評価基準	2
第2章 プロジェクトの概要	
1. 事業の目的・政策的位置付け	5
2. 研究開発等の目標	7
3. 成果、目標の達成度	10
4. 事業化、波及効果について	20
5. 研究開発マネジメント・体制等	29
6. 費用対効果	32
第3章 評価	
1. 事業の目的・政策的位置付けの妥当性	34
2. 研究開発等の目標の妥当性	36
3. 成果、目標の達成度の妥当性	38
4. 事業化、波及効果についての妥当性	41
5. 研究開発マネジメント・体制等の妥当性	43
6. 費用対効果の妥当性	45
7. 総合評価	46
8. 今後の研究開発の方向等に関する提言	49
第4章 評点法による評点結果	51
第5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	53
参考資料	
参考資料1 経済産業省技術評価指針	
参考資料2 経済産業省技術評価指針に基づく標準的評価項目・評価基準	
参考資料3 ファインバブル基盤技術研究開発事業 事前評価報告書	

事後評価報告書概要

プロジェクト名

ファインバブル基盤技術研究開発事業

事業担当課

経済産業省産業技術環境局基準認証ユニット国際標準課

事業実施者

一般社団法人ファインバブル産業会

プロジェクトの目的・概要

液体中に安定的に溶存するファインバブル（直径約100μm程度以下の気泡）は、洗浄、殺菌、水質浄化などの機能を有し、広範囲の産業応用が期待されている。しかしその発生機構や作用メカニズムといった基礎的・基盤的な技術の解明・開発について課題が残っており、本格的な産業応用には至っていない。したがって、本事業では、ファインバブルの様々な機能・効果のメカニズムの解析や生成制御等の基盤技術開発を実施する。

予算額等

2億円（委託）／平成26年度

目標に対する成果・達成度

（1）全体の目標及び成果

ファインバブル技術の早期の産業化につなげるため、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や生成制御等の基盤技術開発を実施し、個別要素技術について一定の成果を得た。

（2）個別要素技術

要素技術	研究開発目標	成果	達成度
共通基盤技術	ファインバブルの生成・制御に係る諸要因の解明や、基礎的・共通的な課題の解決を図る。 研究開発等の内容： ① 生成制御に関する研究開発、 ② 基本的な作用メカニズムの解明、 ③ リスク評価方法の検討	○生成制御の基盤技術に関しては圧力刺激および流路サイズによりファインバブルを高密度化する指針が得られた。 ○基本的な作用メカニズム解析に関しては高分解能でのリアルタイム観察装置の開発に成功した。 ○リスク評価に関してはヒト細胞に対するファインバブルの影響を評価する試験系を構築した。	達成
洗浄技術	ファインバブルを利用した洗浄は対象物や環境への負荷が少ない技術として期待されていることから、洗浄作用のメカニズムや最適条件を明らかにする。 研究開発等の内容： ① モデル汚染物質の選定、	○モデル汚染物質の選定については、洗浄機能を評価するに当たり、必要となる各種パラメータ（密度、サイズ、被洗浄サンプルとの接触速度・剪断速度、液の物性など）を検討し、容易に入手可能で、基板—汚染物質の付着力、汚染除去量を正確に定量的に評価すること	達成

	<p>② 汚染微粒子の洗浄基盤技術の開発、</p> <p>③ 油脂・高分子類の洗浄基盤技術の開発</p>	<p>が可能となり得るモデル汚染物質を選定した。</p> <p>○汚染微粒子洗浄基盤技術に関しては、半導体製造レベルでの応用に向けたクリーンウルトラファインバブル水の生成装置を開発し、ウルトラファインバブルによる洗浄力向上を確認した。</p> <p>○油脂洗浄基盤技術の開発では市販のウルトラファインバブル発生装置より遥かに小型化が可能なウルトラファインバブル発生手法を開発するとともに、ウルトラファインバブルの各種物性を評価し基礎データを得た。</p>	
殺菌技術	<p>ファインバブルを利用した殺菌は、ファインバブル自体に一定の殺菌効果がある他、殺菌剤の効果も高めるため、対象物や環境への負荷が少ない殺菌技術として期待されていることから、オゾン等反応性気体種を活用したファインバブルの生成、仕様の検討及び、殺菌効果を明らかにする。</p> <p>研究開発等の内容：</p> <p>① 医療、および関連機器殺菌技術の開発、</p> <p>② 食品、および飲料設備殺菌技術の開発</p>	<p>○医療、および関連機器殺菌技術に関しては安全で短時間処理が可能な反応性化学種対応ウルトラファインバブル発生装置を開発し、プラズマ処理水による細菌（<i>B. subtilis</i>）に対する殺菌効果を検証した。</p> <p>○食品、および飲料設備殺菌技術に関しては各種食品プラントへのCO2ウルトラファインバブル水の適用可能性評価を行い、カット野菜製造プラントへの評価が高いことを実証した。</p>	達成
水質浄化技術	<p>水質浄化技術は、排水処理に伴う余剰汚泥の発生を低減するものとして期待されていることから、水質浄化の機能等を明らかにする。</p> <p>① ファインバブルを利用した水質浄化の機能評価、</p> <p>② 排水処理における余剰汚泥減容化技術の開発</p>	<p>○酸素（O2）ファインバブル処理により排水中の油滴が超微細化し、油脂分解菌と細胞壁分解菌が増加することを確認できた。</p> <p>○オゾン（O3）ウルトラファインバブルにより活性汚泥菌の高効率な死滅が可能であることを確認するとともに、実証実験に向けたモデル排水処理施設を構築した。</p>	達成
<p><u>評価概要</u></p> <p>1. 事業の目的・政策的位置付けの妥当性</p> <p>国際標準化を見据え、本研究開発事業でファインバブルの基盤要素技術開発を実施し</p>			

たことは時宜を得ている。ファインバブルは洗浄、殺菌、水質浄化などの機能を応用した広範囲な分野での産業応用が期待されており、国の事業として産学官が協力したプロジェクトを立ち上げたことは評価できる。

一方で、ファインバブルの生成方法、制御方法、ハンドリング方法、計測方法などの基礎研究の解明も並行して進めていくことも重要であり、生活環境に関わる本技術の実用展開のためには、官民連携で信頼性のある盤石の共通基盤技術の確立が期待される。

2. 研究開発等の目標の妥当性

ファインバブル技術を応用した分野の産業化を加速するため、基盤技術開発や人体に対する安全性を研究テーマに設定している点は目標設定として評価できる。

一方で、さらなる基盤技術の研究開発や標準化を視野に入れたデータの取得、定量的な目標の設定が期待される。

3. 成果、目標の達成度の妥当性

基盤技術開発について、多方面からの評価検討が行われ、技術の蓄積も進み、ファインバブル技術の将来展望を開くための十分な成果が挙げられていると評価できる。

一方で、本事業の実施期間が短期間であったことから、まだ途中段階と評価せざるを得ない技術開発があること、基礎的なデータや普遍的な定量評価の不足、成果公表も少なかつたことより、今後の標準化のための調査等の中で実施することが必要とされる。

4. 事業化、波及効果の妥当性

事業化にむけた妥当な見通しが立てられており、いくつかの要素技術については、すでに実証実験や装置の開発が行われるなど、成果の波及が期待できる。事業化はファインバブル技術の国際標準化を後押しすることになり、さらに多くの分野への波及効果が期待される。

一方で、リスク評価法の確立、ファインバブルのハンドリング方法、医療や農業への応用展開のための関係省庁とのすり合わせが必要である。

5. 研究開発マネジメント・体制等の妥当性

1年という短い事業期間にしては、多くのテーマを効率よく実施し、今後の発展につながる十分な成果が得られていることから、研究開発のマネジメント及び体制は適切であったといえる。

一方で、共通基盤技術の開発には、基礎研究力のある大学等をもっと参画させるべきであり、外部評価の構築や、真に必要なテーマの選択と資金の集中に検討の余地があったといえる。

6. 費用対効果の妥当性

基盤技術開発について目標を達成しており、今後の事業化や波及効果の見通しが明確であることから、将来的にも大きな費用対効果が期待できる。

一方で、本事業では検討されていなかった応用分野（宇宙関連産業）へ展開したほうが費用対効果は高くなる可能性があることや、本事業の実施期間が長ければより大きな費用対効果を期待できたのではないかと考えられる。

7. 総合評価

日本がリードしているファインバブル技術について産官学が連携して技術の共通基盤を形成し、事業化を目指すという本事業は、短期間であったにも関わらず妥当な成果が得られた。また、日本が世界に先駆けて標準化を目指すためには、基盤要素技術開発

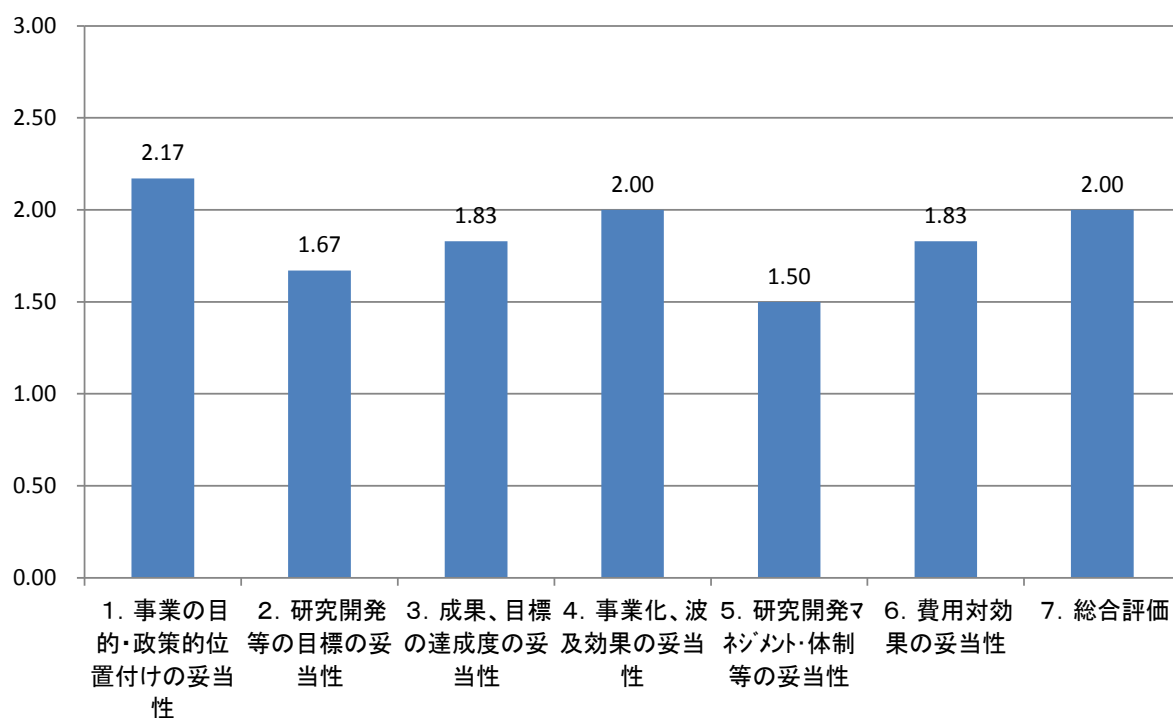
という黎明期で国が事業に関与することは妥当であった。

一方で、信頼できる技術として発展するためには、さらなるメカニズムの解明、研究開発の深掘りや定量的評価が必要である。

評点結果

	評点	A	B	C	D	E	F
		委員	委員	委員	委員	委員	委員
1. 事業の目的・政策的位置付けの妥当性	2.17	2	2	3	2	2	2
2. 研究開発等の目標の妥当性	1.67	1	2	2	2	2	1
3. 成果、目標の達成度の妥当性	1.83	2	2	2	2	2	1
4. 事業化、波及効果の妥当性	2.00	2	2	3	2	1	2
5. 研究開発マネジメント体制等の妥当性	1.50	1	2	2	1	2	1
6. 費用対効果の妥当性	1.83	1	2	3	2	1	2
7. 総合評価	2.00	1	2	3	2	2	2

評点



第 1 章 評価の実施方法

第1章 評価の実施方法

本プロジェクト評価は、「経済産業省技術評価指針」（平成26年4月改定、以下「評価指針」という。）に基づき、以下のとおり行われた。

1. 評価目的

評価指針においては、評価の基本的考え方として、評価実施する目的として

- (1) より良い政策・施策への反映
- (2) より効率的・効果的な研究開発の実施
- (3) 国民への技術に関する施策・事業等の開示
- (4) 資源の重点的・効率的配分への反映

を定めるとともに、評価の実施にあたっては、

- (1) 透明性の確保
- (2) 中立性の確保
- (3) 継続性の確保
- (4) 実効性の確保

を基本理念としている。

プロジェクト評価とは、評価指針における評価類型の一つとして位置付けられ、プロジェクトそのものについて、同評価指針に基づき、事業の目的・政策的位置付けの妥当性、研究開発等の目標の妥当性、成果、目標の達成度の妥当性、事業化、波及効果についての妥当性、研究開発マネジメント・体制・資金・費用対効果等の妥当性の評価項目について、評価を実施するものである。

その評価結果は、本プロジェクトの実施、運営等の改善や技術開発の効果、効率性の改善、更には予算等の資源配分に反映させることになるものである。

2. 評価者

評価を実施するにあたり、評価指針に定められた「評価を行う場合には、被評価者に直接利害を有しない中立的な者である外部評価者の導入等により、中立性の確保に努めること」との規定に基づき、外部の有識者・専門家で構成する検討会を設置し、評価を行うこととした。

これに基づき、評価検討会を設置し、プロジェクトの目的や研究内容に即

した専門家や経済・社会ニーズについて指摘できる有識者等から評価検討会委員名簿にある6名が選任された。

なお、本評価検討会の事務局については、指針に基づき経済産業省基準認証ユニット国際標準課が担当した。

3. 評価対象

ファインバブル基盤技術研究開発事業（実施期間：平成26年度）を評価対象として、研究開発実施者（一般社団法人ファインバブル産業会）から提出されたプロジェクトの内容・成果等に関する資料及び説明に基づき評価した。

4. 評価方法

第1回評価検討会においては、研究開発実施者からの資料提供、説明及び質疑応答、並びに委員による意見交換が行われた。

第2回評価検討会においては、それらを踏まえて「プロジェクト評価における標準的評価項目・評価基準」、今後の研究開発の方向等に関する提言等及び要素技術について評価を実施し、併せて4段階評点法による評価を行い、評価報告書(案)を審議、確定した。

また、評価の透明性の確保の観点から、知的財産保護、個人情報で支障が生じると認められる場合等を除き、評価検討会を公開として実施した。

5. プロジェクト評価における標準的な評価項目・評価基準

評価検討会においては、経済産業省産業技術環境局技術評価室において平成25年4月に策定した「経済産業省技術評価指針に基づく標準的評価項目・評価基準について」のプロジェクト評価（中間・事後評価）に沿った評価項目・評価基準とした。

1. 事業の目的・政策的位置付けの妥当性

- (1) 事業目的は妥当で、政策的位置付けは明確か。
 - ・事業の政策的意義（上位の施策との関連付け等）
 - ・事業の科学的・技術的意義（新規性・先進性・独創性・革新性・先導性等）
 - ・社会的・経済的意義（実用性等）
- (2) 国の事業として妥当であるか、国の関与が必要とされる事業か。

- ・国民や社会のニーズに合っているか。
- ・官民の役割分担は適切か。

2. 研究開発等の目標の妥当性

- (1) 研究開発等の目標は適切かつ妥当か。
- ・目的達成のために具体的かつ明確な研究開発等の目標及び目標水準を設定しているか。特に、中間評価の場合、中間評価時点で、達成すべき水準（基準値）が設定されているか。
 - ・目標達成度を測定・判断するための適切な指標が設定されているか。

3. 成果、目標の達成度の妥当性

- (1) 成果は妥当か。
- ・得られた成果は何か。
 - ・設定された目標以外に得られた成果はあるか。
 - ・共通指標である、論文の発表、特許の出願、国際標準の形成、プロトタイプの作製等があったか。
- (2) 目標の達成度は妥当か。
- ・設定された目標の達成度はどうか。

4. 事業化、波及効果についての妥当性

- (1) 事業化については妥当か。
- ・事業化の見通し（事業化に向けてのシナリオ、事業化に関する問題点及び解決方策の明確化等）は立っているか。
- (2) 波及効果は妥当か。
- ・成果に基づいた波及効果を生じたか、期待できるか。
 - ・当初想定していなかった波及効果を生じたか、期待できるか。

5. 研究開発マネジメント・体制等の妥当性

- (1) 研究開発計画は適切かつ妥当か。
- ・事業の目標を達成するために本計画は適切であったか（想定された課題への対応の妥当性）。
 - ・採択された実施者は妥当であったか。
- (2) 研究開発実施者の実施体制・運営は適切かつ妥当か。

- ・適切な研究開発チーム構成での実施体制になっていたか。
- ・全体を統括するプロジェクトリーダー等が選任され、十分に活躍できる環境が整備されていたか。
- ・目標達成及び効率的実施のために必要な、実施者間の連携が十分に行われる体制となっていたか。
- ・成果の利用主体に対して、成果を普及し関与を求める取組を積極的に実施していたか。

(3) 資金配分は妥当か。

- ・資金の過不足はなかったか。
- ・資金の内部配分は妥当か。

(4) 変化への対応は妥当か。

- ・社会経済情勢等周辺の状況変化に柔軟に対応しているか（新たな課題への対応の妥当性）。
- ・代替手段との比較を適切に行ったか。

6. 費用対効果の妥当性

(1) 費用対効果等は妥当か。

- ・投入された資源量に見合った効果が生じたか、期待できるか。
- ・必要な効果がより少ない資源量で得られるものが他にないか。

7. 総合評価

8. 今後の研究開発の方向等に関する提言

第2章 プロジェクトの概要

2-1. 事業の目的・政策的位置付け

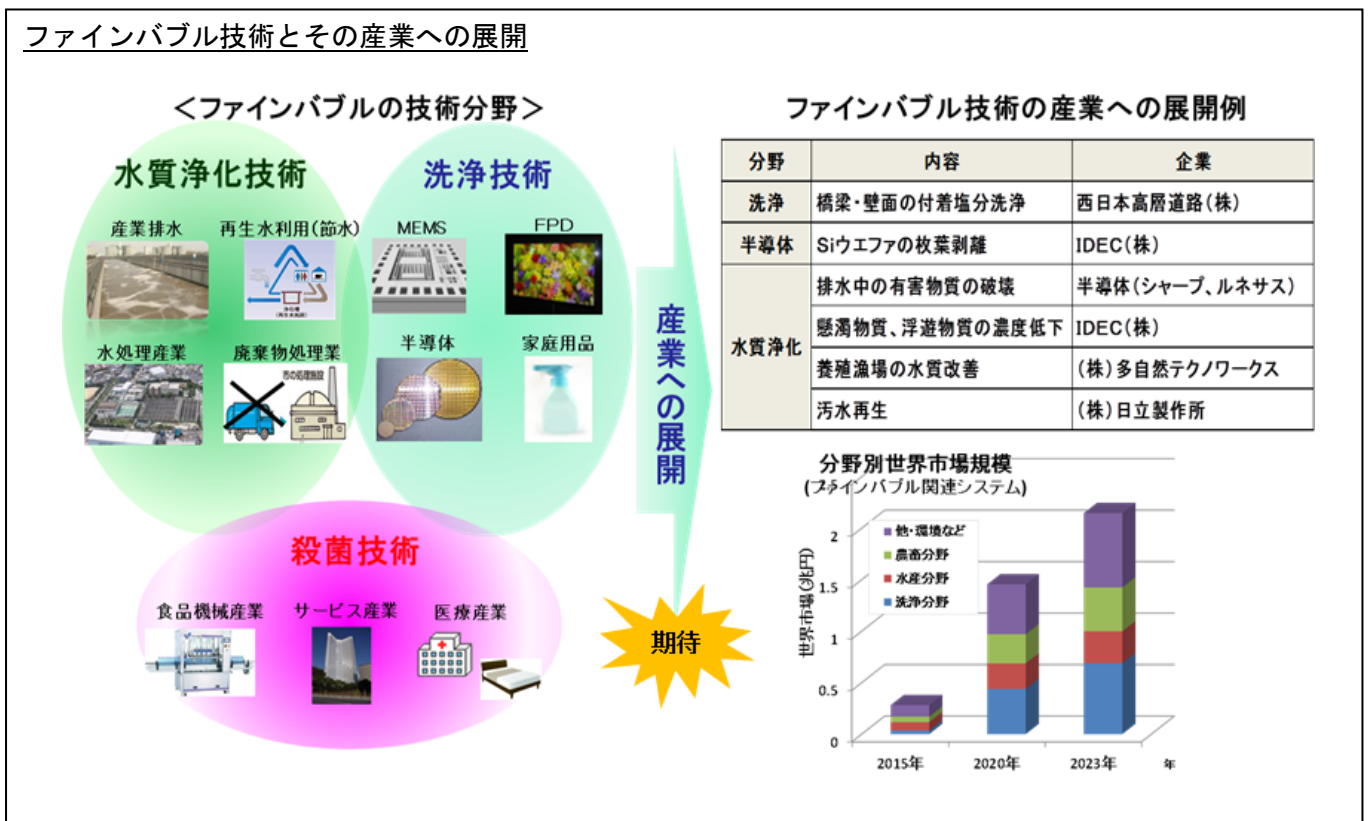
2-1-1 事業目的

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（ミクロンからナノオーダーにわたる特殊な機能を有する気泡）技術は、工業分野では洗剤の要らない高機能な洗浄水としての利用、環境負荷を軽減する水質浄化技術としての利用、農業分野では植物の生育促進技術、農産物の洗浄・殺菌、機能性農産物・食品等の創生など、広範囲の産業応用が期待されている技術である。

ファインバブルを利用した実用化の試みは既にあるものの、これまではファインバブルの測定技術の開発が不十分であり、ファインバブルの生成・制御メカニズムやファインバブルによる作用メカニズムも解明されていなかったため、本格的な産業応用には至っていない状況にあった。

最近になって、ファインバブルの測定技術の開発が進み、更には国際標準化も開始されたため、今後は我が国を始め各国で急速にファインバブルを利用する技術開発が進むと考えられる。しかしながら、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。

そこで、ファインバブル技術の早期の産業化につなげるため、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や生成制御等の基盤技術開発を実施した。



2-1-2 政策的位置付け

「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」とされた。

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」とされた。

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」が掲げられた。

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、本ファインバブル基盤技術研究開発事業を実施した。

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ることから、ファインバブル技術のこれら分野における研究開発と、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が図られた。

なお、ファインバブル技術の標準化の取組は、標準化官民戦略(平成26年5月15日)でも「世界に通用する認証基盤の強化のため、ファインバブル等の認証基盤については、標準化の進展、市場の成長などを踏まえながら、官民が連携して、随時整備を進める」ことが掲げられている。

2-1-3 国の関与の必要性

2-1-1の事業目的でも述べたように、ファインバブル技術については、洗浄水や植物の生育促進用など広範囲で産業応用が期待されており、今後、各国で急速に利用が進む技術であると考えられているものの、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・開発について課題が残っており、本格的な産業応用には至っていない。

本技術を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産官学が連携し、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。また国際標準化については、国際標準化機構におけるファインバブル技術の専門委員会で我が国が幹事国となるなど、今後の国際提案に向けて我が国が国際標準活動を牽引している¹⁾ことから、一層の官民連携が必要である。

2-2. 研究開発目標

2-2-1 全体の目標設定

ファインバブル技術の早期の産業化につなげるため、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や生成制御等の基盤技術開発を実施する。

2-2-2 個別要素技術の目標設定

(1) ファインバブルの共通基盤技術の研究開発【九工大】【慶応大】【産総研】【(株)生体分子計測研究所】

ファインバブルの生成・制御に係る諸要因の解明や、基礎的・共通的な課題の解決を図るため、以下の内容について研究開発を行う。

① 生成制御に関する研究開発

加圧酸素を所定の過飽和度で溶存させた水中に、局所の圧力刺激を付与するファインバブル生成の実験系を構築し、準静的な加圧・減圧が、バブル数密度とサイズの変化に及ぼす影響について実験により確認する。また、単一ハニカム径管路を活用した場合について、ハニカム径がファインバブルの生成に与える効果を調べる。

さらに、固体表面上においてファインバブルが安定化する機構を数値シミュ

¹⁾ ファインバブル技術について、これまで国際標準を議論する場がなかったため、迅速な国際標準化提案を図る我が国の制度「トップスタンダード制度」を活用し、国際標準化機構に新しい専門委員会設立(TC)の提案を行っており、その結果、平成25年6月に加盟国の投票を経て、我が国を幹事国とする新TCの設立がなされ、現在、我が国提案の国際標準を策定中である。

レーションにより解析する。

② 基本的な作用メカニズムの解明

ファインバブルの界面への電氣的な吸着現象を観察し、ファインバブルと吸着物質の電氣的特性との関係を調べる。また、ファインバブルが液体に溶けて収縮を続けた際に発現する作用をシミュレーション解析する。さらに、ファインバブルの動的挙動の観察を可能とする高速可視化計測装置を開発する。

③ リスク評価法の検討

ファインバブルのばくろ経路として、食品・飲料からの経口ばくろ及び入浴・化粧品使用時の経皮ばくろを想定し、ヒト腸管上皮由来細胞及びヒト表皮角化細胞を用いて生体に及ぼす影響を評価するための試験系を検討する。

(2) ファインバブルの洗浄基盤技術の研究開発【IDEC（株）】【(株)資生堂】【パナソニック（株）】【大阪大】

ファインバブルを利用した洗浄は対象物や環境への負荷が少ない技術として期待されている。そこで、洗浄作用のメカニズムや最適条件を明らかにするため、以下の研究開発を行う。

① モデル汚染物質の選定

洗浄機能を評価するに当たり、必要となる各種パラメータ（密度、サイズ、被洗浄サンプルとの接触速度・剪断速度、液の物性など）を検討する。また、容易に入手可能で、基板—汚染物質の付着力、汚染除去量を正確に定量的に評価することが可能となり得るモデル汚染物質を選定する（例えば、でんぷん、脂質、ポリマー粒子など）。

② 汚染微細粒子の洗浄基盤技術の開発

ファインバブルのサイズ・濃度、洗浄対象物質のサイズの影響などを変動させることによってファインバブルの挙動を確認するとともに、影響を与えるパラメータを調査し、ファインバブルの洗浄技術に欠かせない特性であるファインバブルの剥離性能を解明する。また、半導体ウェハ洗浄やファインバブルの発生・評価・解析を行うための装置設計・構築、評価手法検討、汚染物を付着させたテストウェハの作成やダメージ評価用試料の仕様検討などを行い、洗浄技術の実験環境を構築し、汚染微細粒子の洗浄効果について確認する。

③ 油脂・高分子類の洗浄基盤技術の開発

界面活性剤水溶液に対して効率的にファインバブルを内包していく条件を開発し、高感度静的光散乱法による計測手法を中心として界面活性水溶液に内包

されたファインバブルの定量評価技術を確立するとともに、簡易に評価できる洗浄試験・評価法（案）を設定する。また、界面活性剤とファインバブルを含む水溶液について（動的）表面張力や、極性油脂に対する（動的）界面張力、接触角等の基礎物性データの取得を行う。

（３）ファインバブルの殺菌技術の研究開発【IDEC（株）】【大和サービス（株）】【三菱重工業（株）】【（株）メニコン】【大阪大】

ファインバブルを利用した殺菌は、ファインバブル自体に一定の殺菌効果がある他、殺菌剤の効果も高めるため、対象物や環境への負荷が少ない殺菌技術として期待されている。そこで、オゾン等反応性気体種を活用したファインバブルの生成、仕様の検討及び、効果の検証について研究開発を行う。

① 殺菌機能の評価

殺菌対象・ガス種等に適したファインバブルの発生方式と、反応性化学種等と複合した場合のファインバブル発生機構の検討・製作を行い、ファインバブルのサイズ・発生量等の基本特性を把握する。明確にしたファインバブル溶液特性の条件において、比較的耐性の低い無芽胞菌を数種選定し、殺菌評価試験法に基づき殺菌評価テストを実施する。同評価作業を他の選定菌種に順次拡大し、評価を進める。

（４）ファインバブルの水質浄化基盤技術の研究開発【西日本高速道路（株）】【（株）ワイビーエム】【佐賀大】【広島大】

水質浄化技術は、排水処理に伴う余剰汚泥の発生を低減するものとして期待されていることから、ファインバブルを利用した水質浄化の機能評価、排水処理における余剰汚泥減容化技術の開発を行う。

① 水質浄化技術の機能評価

実排水処理施設に試験装置を設置し、水質浄化のプロセスとファインバブル作用の相関関係についてデータ蓄積を行うとともに、同施設の排水をモデル排水として利用し、実証レベルでの汚泥の減容化及び難分解性油脂の易分解化等への有効性を評価し、課題等の抽出を行う。また、活性汚泥フロックとオゾンファインバブル水との混合方法または、活性汚泥フロック水へのファインバブルの直接導入方法により、反応時間等を決定する。得られた結果を踏まえて、ファインバブル処理効果の定量化手法を開発する。

なお、定量化方法については、生細菌と死細菌の割合から評価する手法を開発する。

② 排水処理における余剰汚泥減容化技術の開発

余剰汚泥濃度、フロックサイズ、沈降性、汚泥中の有機物・無機物の割合、繊維質の割合等を考慮して余剰汚泥を標準化し、オゾンファインバブル水との混合方法または、活性汚泥フロック水へのファインバブルの直接導入方法によって反応時間等を決定する。得られた結果を踏まえて、ファインバブル処理効果の定量化手法を開発する。

なお、定量化方法については、生細菌と死細菌の割合から評価する手法を開発する。

2-3. 成果、目標の達成度

2-3-1 全体成果

ファインバブル技術の早期の産業化につなげるため、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や生成制御等の基盤技術が構築された。

2-3-2 個別要素技術成果

(1) ファインバブルの共通基盤技術の研究開発【九工大】【慶応大】【産総研】
【(株)生体分子計測研究所】

ファインバブルの生成・制御に係る諸要因の解明や、基礎的・共通的な課題の解決に向けた以下の成果を得た。

生成制御の基盤技術に関しては圧力刺激および流路サイズによりファインバブルを高密度化する指針が得られた。

共通基盤技術成果1（生成制御の基盤技術）

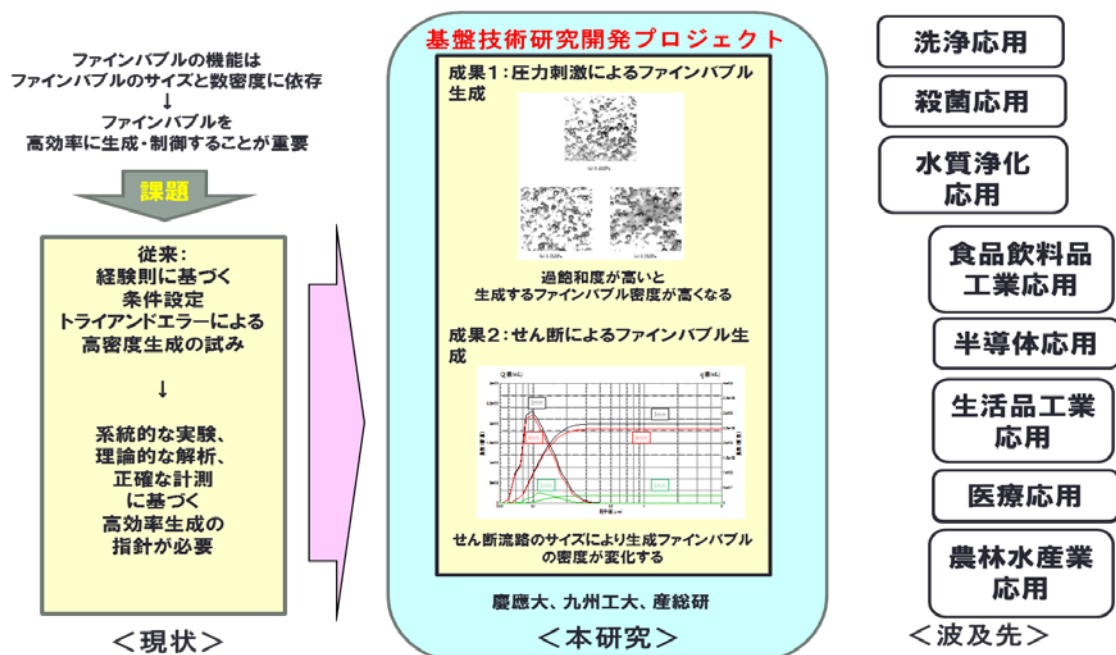


図1. 共通基盤技術開発（生成制御）の概念図

また、基本的作用メカニズム解析に関しては高分解能でのリアルタイム観察装置の開発に成功し、リスク評価に関してはヒト細胞に対するファインバブルの影響を評価する試験系を構築した。

共通基盤技術成果2（基本的作用メカニズム解析、リスク評価）

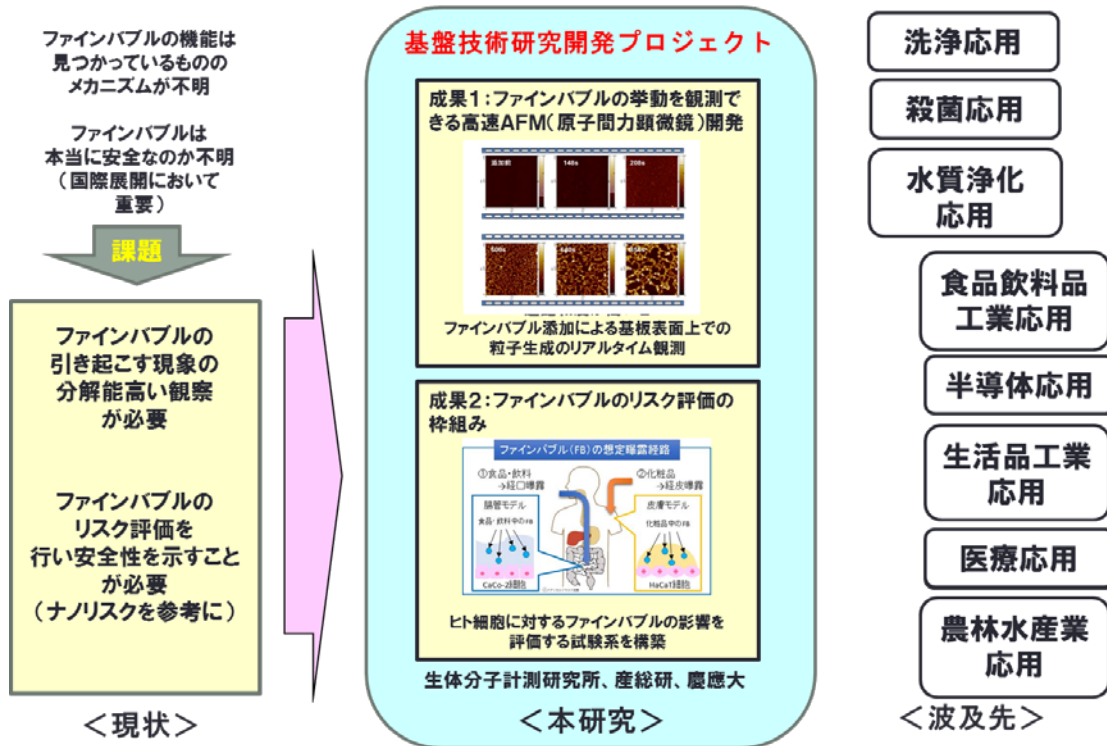


図2. 共通基盤技術開発（基本的作用メカニズム解析、リスク評価）の概念図

(2) ファインバブルの洗浄基盤技術の研究開発【IDEC (株)】【(株) 資生堂】
【パナソニック (株)】【大阪大】

対象物や環境への負荷が少ない技術として期待されているファインバブルを利用した洗浄の作用メカニズムや最適条件を明らかにするための以下の成果が得られた。

汚染微粒子洗浄基盤技術に関しては、半導体製造レベルでの応用に向けたクリーンウルトラファインバブル水の生成装置を開発し、ウルトラファインバブルによる洗浄力向上を確認した。

洗浄基盤技術成果 1 (汚染微粒子洗浄基盤技術)

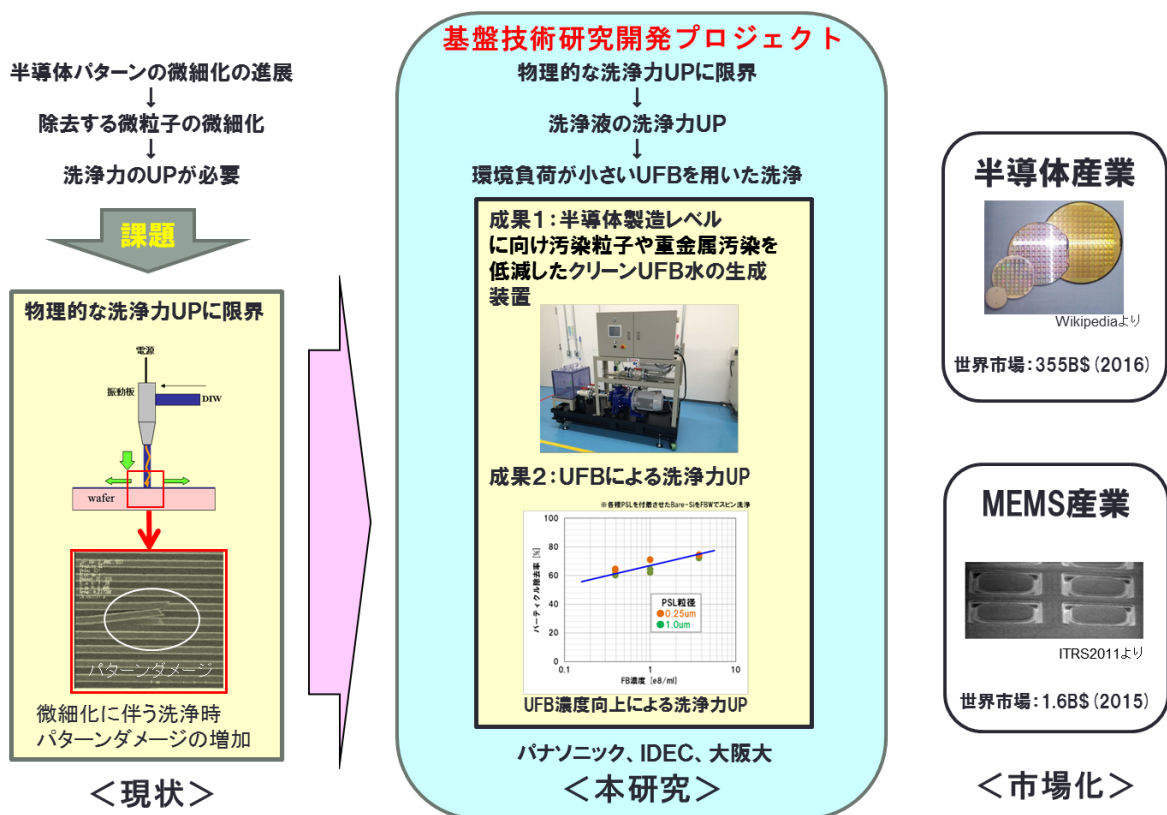
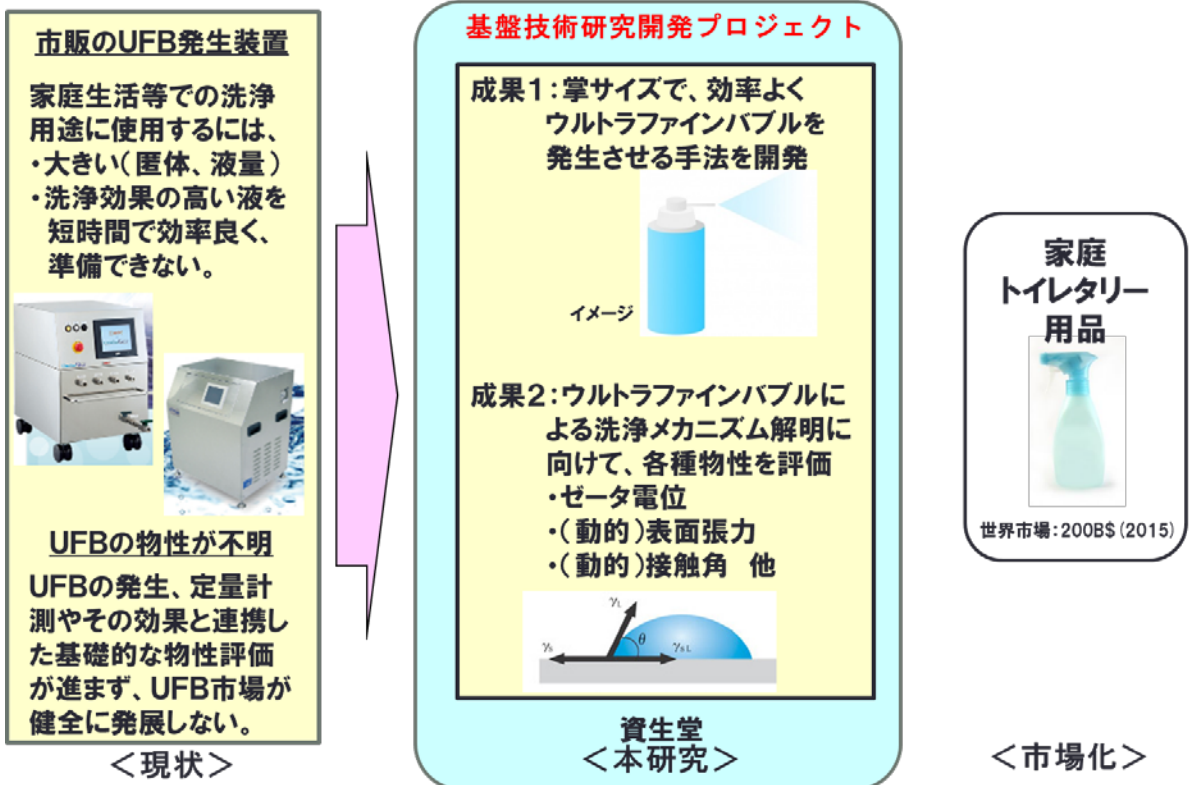


図3. 洗浄基盤技術開発 (汚染粒子洗浄) の概念図

また、油脂洗浄基盤技術の開発では市販のウルトラファインバブル発生装置より遥かに小型化が可能なウルトラファインバブル発生手法を開発するとともに、ウルトラファインバブルの各種物性を評価し基礎データを得た。

洗浄基盤技術成果 2（油脂洗浄基盤技術）



(3) ファインバブルの殺菌技術の研究開発【IDEC (株)】【大和サービス (株)】【三菱重工業 (株)】【(株) メニコン】【大阪大】

オゾン等反応性気体種を活用したファインバブルの生成、仕様の検討及び、殺菌効果の検証について研究開発を行い、以下の成果を得た。

医療、および関連機器殺菌技術に関しては安全で短時間処理が可能な反応性化学種対応ウルトラファインバブル発生装置を開発し、プラズマ処理水による細菌 (*B. subtilis*) に対する殺菌効果を検証した。

殺菌基盤技術成果 1 (医療、および関連機器殺菌技術)

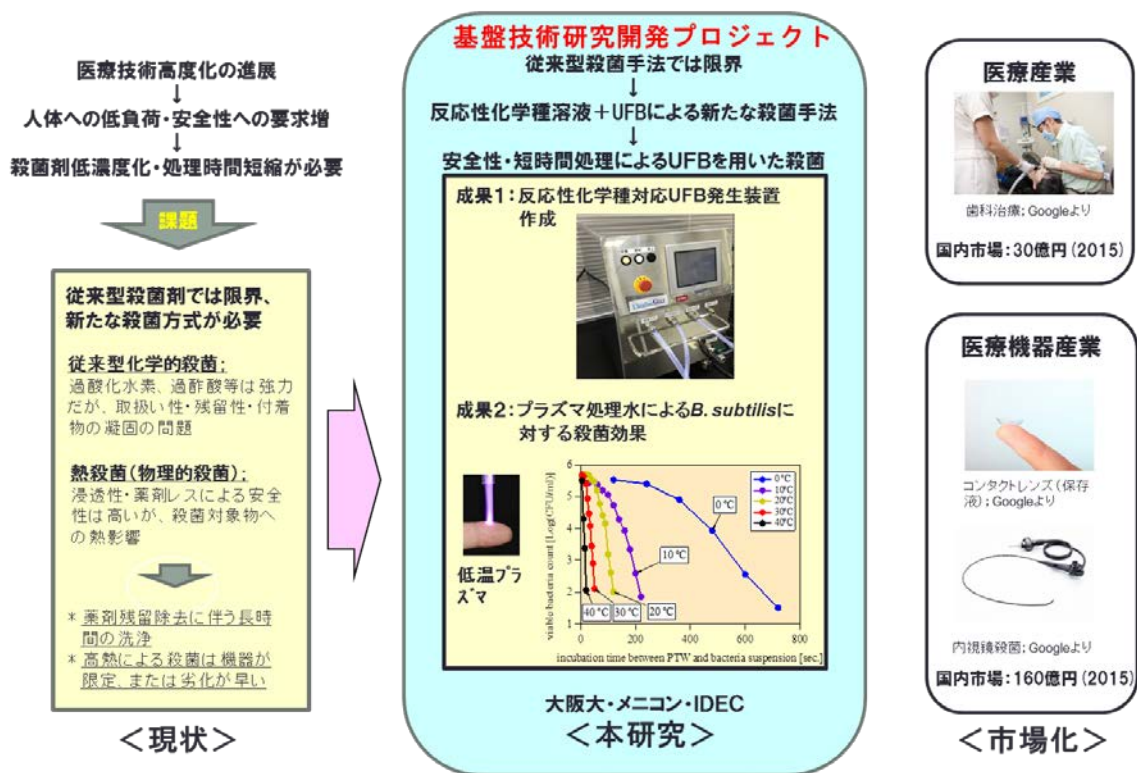


図5. 殺菌基盤技術開発 (医療及び関連機器) の概念図

また、食品、および飲料設備殺菌技術に関しては各種食品プラントへの CO₂ ウルトラファインバブル水の適用可能性評価を行い、カット野菜製造プラントへの評価が高いことを実証した。

殺菌基盤技術成果 2（食品、および飲料設備殺菌技術）

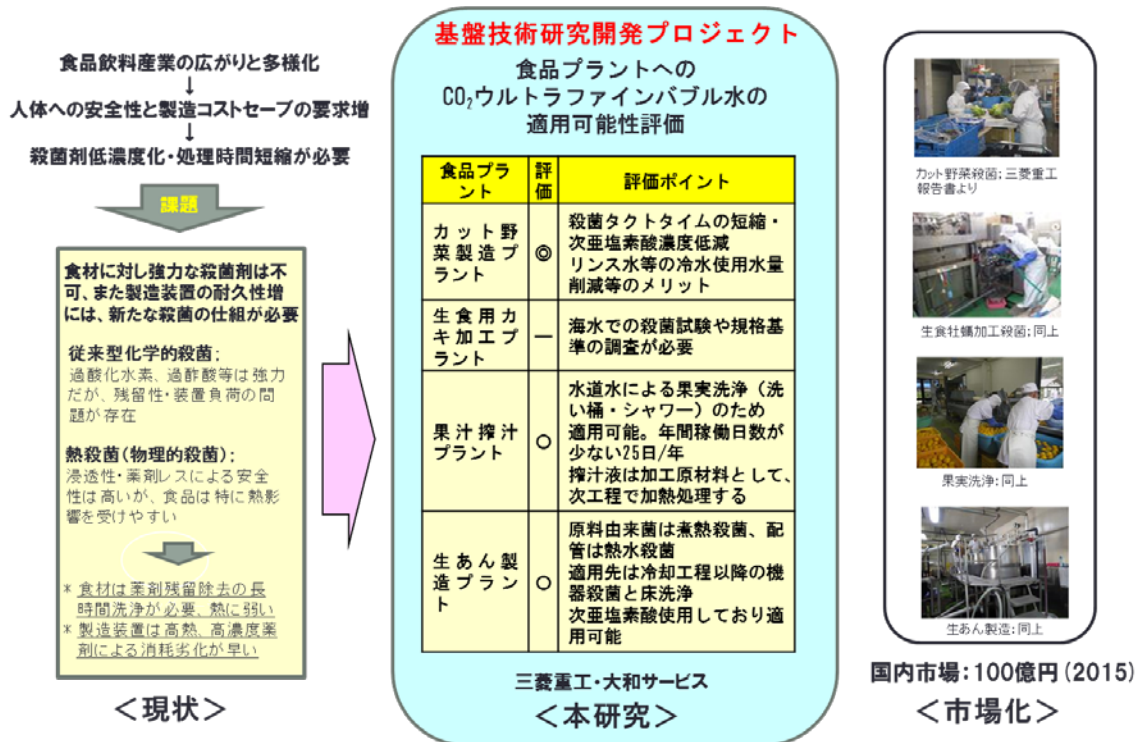


図 6. 殺菌基盤技術開発（食品及び医療設備殺菌）の概念

(4) ファインバブルの水質浄化基盤技術の研究開発【西日本高速道路(株)】【(株)ワイビーエム】【佐賀大】【広島大】

ファインバブルを利用した水質浄化の機能評価、排水処理における余剰汚泥減容化技術の開発を行い、以下の成果を得た。

酸素(O₂)ファインバブル処理により排水中の油滴が超微細化し、油脂分解菌と細胞壁分解菌が増加することを確認できた。

水質浄化基盤技術成果1 (余剰汚泥減容化技術の開発)

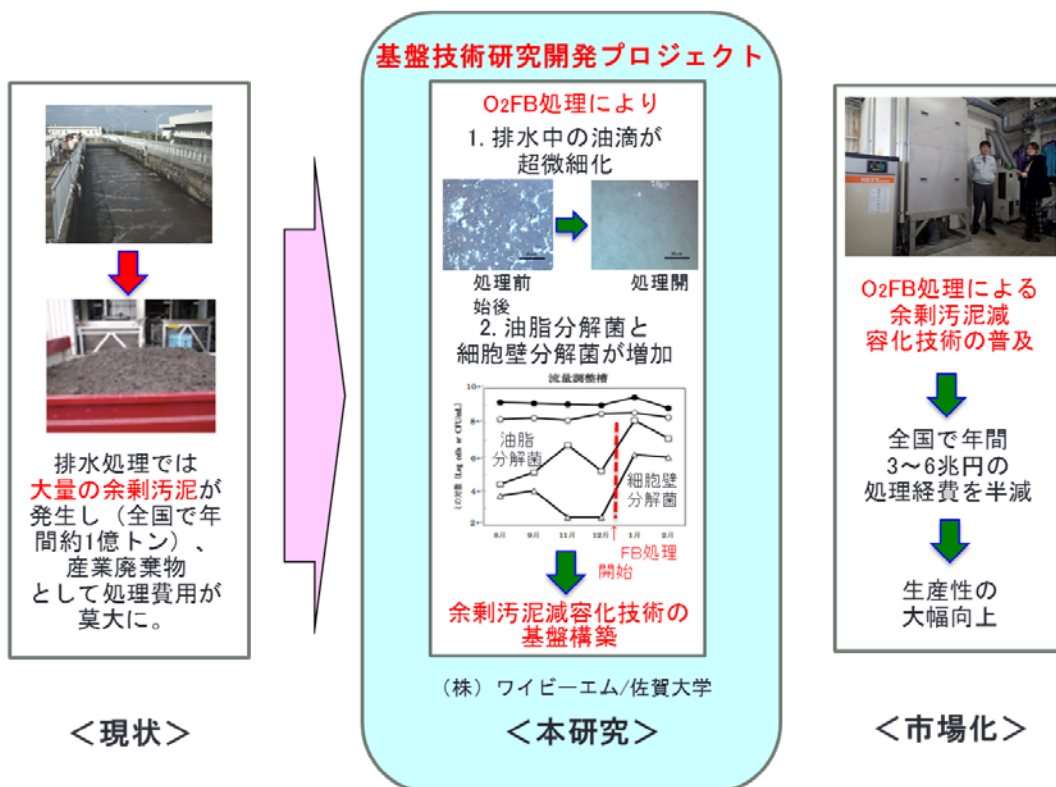


図7. 水質浄化基盤技術開発(余剰汚泥減容化技術)の概念図

また、オゾン（O₃）ウルトラファインバブルにより活性汚泥菌の高効率な死滅が可能であることを確認するとともに、実証実験に向けたモデル排水処理施設を構築した。

水質浄化基盤技術成果 2（余剰汚泥減容化技術）

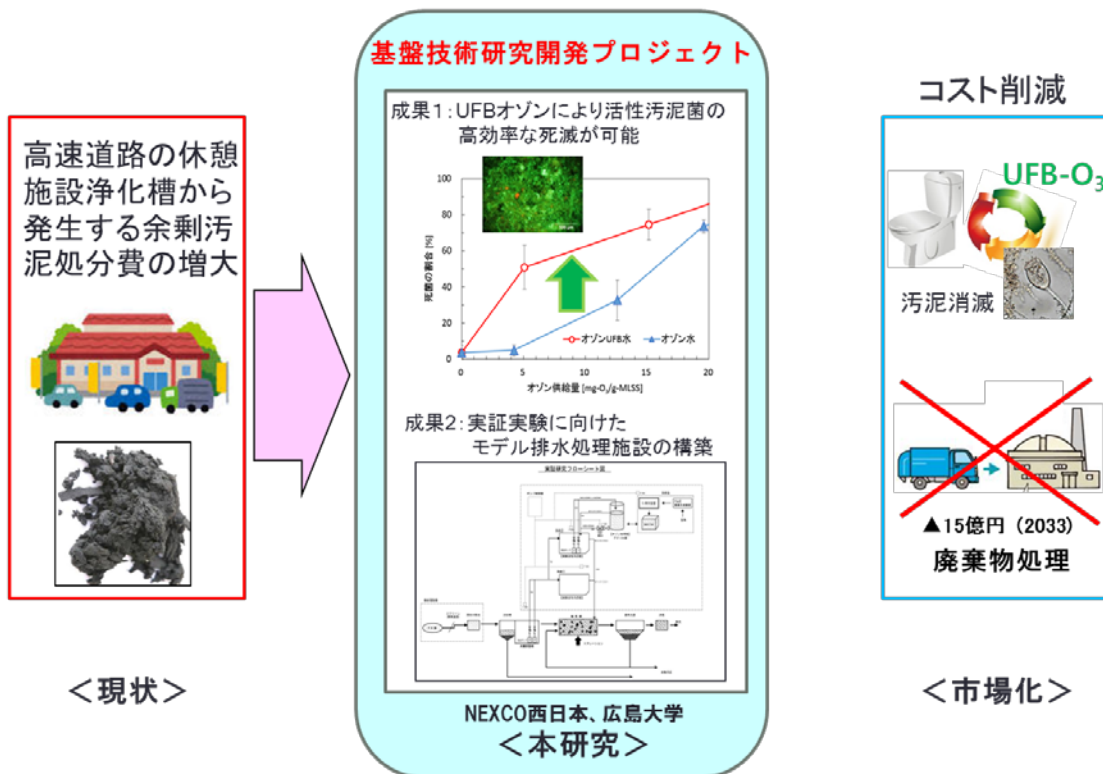


図8. 水質浄化基盤技術開発（余剰汚泥減容化技術）の概念図

2-3-3 特許出願状況等

実績報告書作成時点では、実質事業期間が半年に満たない時期であったため特許・論文の件数ではまだ成果が認められないが、表1に示すように、発表件数が5件となっている。これら5件の発表に今後続くと期待される関連発表が加わることにより、特許や論文等に必要とされるある程度まとまった成果に発展していくと思われる。

表1. 論文、投稿、発表、特許リスト

	題目・メディア等	時期
論文	—	—
投稿	—	—
発表	2014年度 第23回 ソノケミストリー討論会「固体上ウルトラファインバブル（ナノバブル）の動的平衡モデル」	H26.10
	9th IWA International Symposium on Waste Management Problems in Agro-Industries, Function of Wood chips for Composting of Sewage Sludge by the Thermophilic and Aerobic Digestion	H26.11
	第6回 ファインバブル技術講習会「ウルトラファインバブルの安定化機構について」	H26.11
	日本微生物生態学会第30回大会「ファインバブル処理が活性汚泥の細菌群集に及ぼす影響」	H27.10
	日本微生物生態学会第30回大会「細胞壁分解菌の選択分離培地の開発及び分離」	H27.10
特許	—	—

2-3-4 目標の達成度

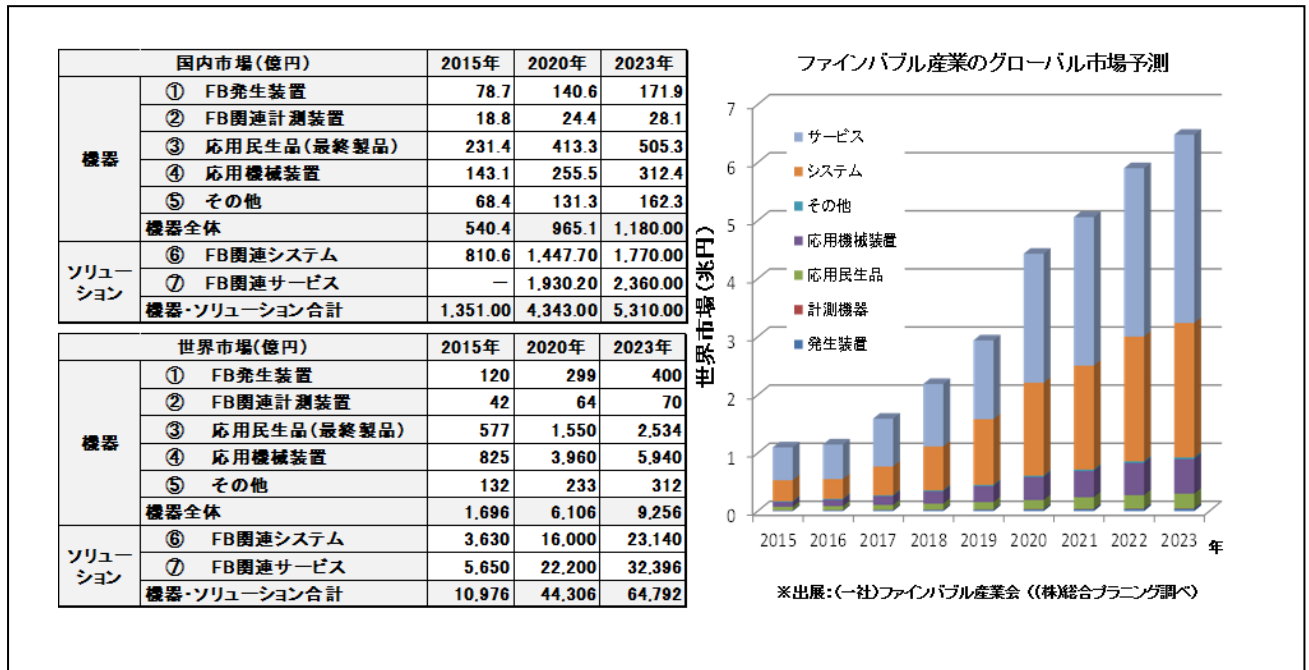
各要素技術の単年度目標は概ね達成されている。次年度以降に実施する、民間の独自事業としての目標に繋げるための、一定の成果を得ている。(表2)

表2. 目標に対する成果・達成度の一覧表

要素技術	目標・指標	成果	達成度
共通基盤技術	<ul style="list-style-type: none"> ・生成制御 ・基本的作用メカニズム ・リスク評価法 	<ul style="list-style-type: none"> ・圧力刺激および流路サイズよりFBの密度制御に成功した。 ・ヒト細胞へのFB評価試験系を構築した。 	達成
洗浄技術	<ul style="list-style-type: none"> ・モデル汚染物質 ・汚染微細粒子 ・油脂・高分子類 	<ul style="list-style-type: none"> ・半導体製造レベルに向け汚染粒子や重金属汚染を低減したクリーンUFB水の生成装置を開発した。 ・掌サイズのUFB発生手法を開発した。 	達成
殺菌技術	<ul style="list-style-type: none"> ・機能評価 	<ul style="list-style-type: none"> ・安全で短時間処理可能な殺菌装置を開発し効果を実証した。 ・食品プラントでのUFB適用可能性が良好であることを実証した。 	達成
水質浄化技術	<ul style="list-style-type: none"> ・機能評価 ・余剰汚泥減容化 	<ul style="list-style-type: none"> ・O2FB処理による油滴の分解メカニズムを解明した。 ・実証用モデル排水処理施設を構築した。 	達成

2-4. 事業化、波及効果

(一社) ファインバブル産業会 (FBIA) 関連シンクタンクの調査によると、現在のファインバブルの国内市場規模は90億円程度で、今後10年程度で5千億円超に成長する可能性があるとされている。



2-4-1 事業化の見通し

(1) 全体方針

「水質浄化」、「洗浄」、「殺菌」の各応用分野を中心に、再委託先企業自身、または株式会社の新設分割や(株)産業革新機構等よりの出資受入を含めて、事業化スキームを検討し、ファインバブル技術の早期の産業化につなげる。

(2) 水質浄化分野：ファインバブル制御ユニットの開発と販売・エンジニアリング会社の設立

ファインバブルを、生物学的排水処理に用いることで、余剰汚泥を大幅に減容可能とする高効率水質浄化の技術を応用して、汚泥減容に最適化された「ファインバブル制御ユニット」の開発と販売・エンジニアリングを目的とした株式会社を設立する。

下水道施設の汚泥処理費用は、日本全国で546億円(平成15年度、国土交通省)と推計されている(図9)。汚泥処理にファインバブル技術を応用することにより、余剰汚泥を70%以上削減することによって、400億円以上の直接的経済効果が見込まれる(図10)。

したがってファインバブルの発生を汚泥減容に最適化した「ファインバブル

制御ユニット」を開発・販売する事業を中核とする株式会社を設立することで、国際的にも競争力のある事業展開が可能となると見込まれる。

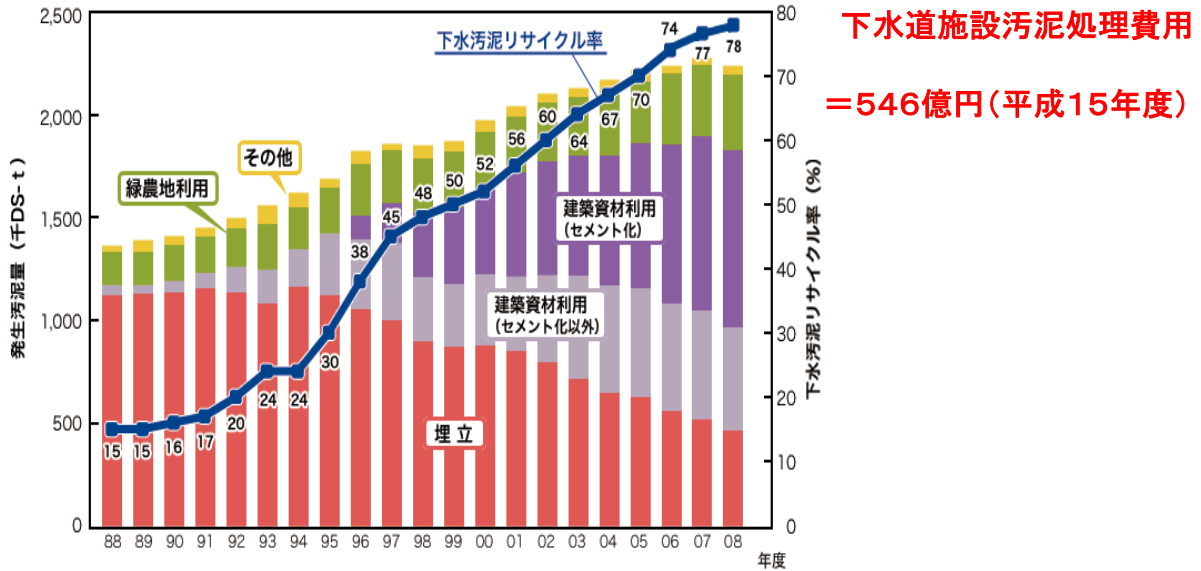


図9. 下水汚泥発生量（固形物量）とリサイクル率の推移(国土交通省)

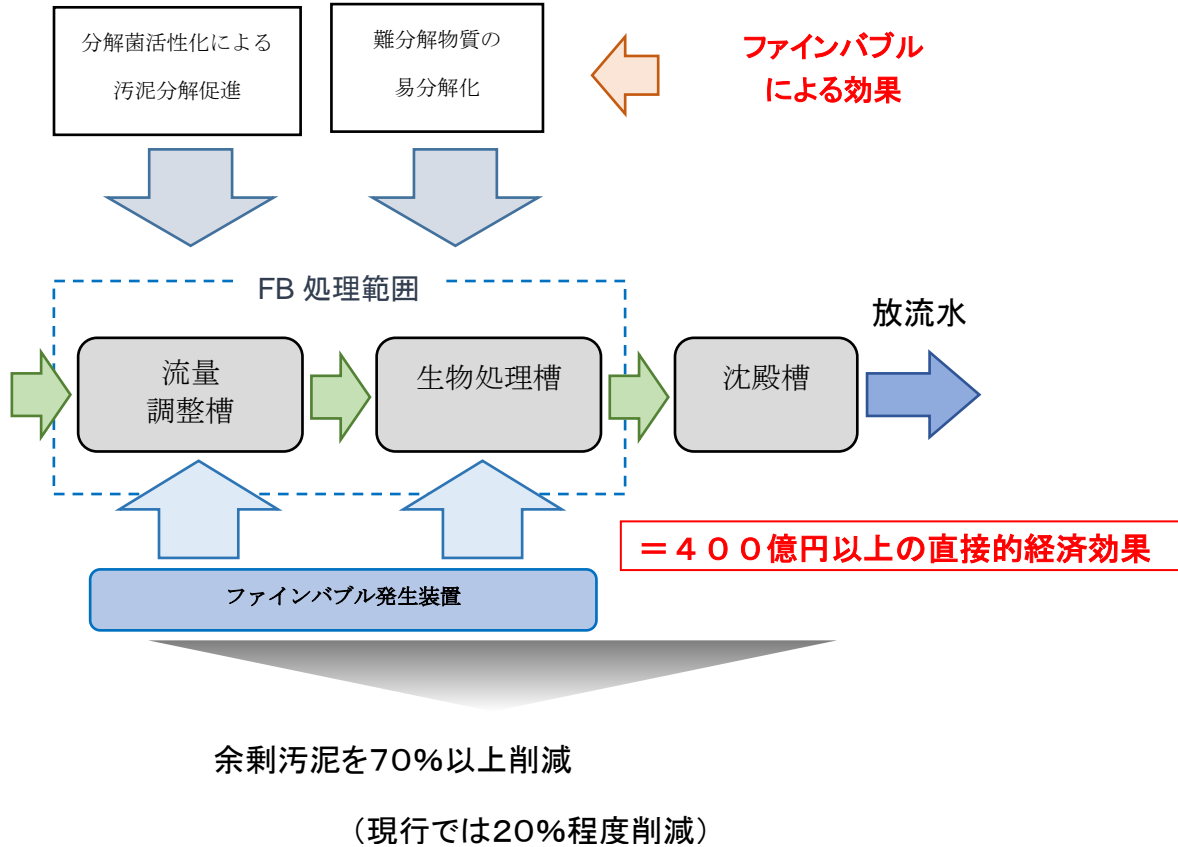


図10. 汚泥処理へのファイバブル技術応用による経済効果

(3) 洗浄分野：生産技術として自社にて実証実験後に、ファインバブル制御ユニットの開発・販売とエンジニアリングに関して事業化

①汚染微粒子の高度清浄化基盤技術

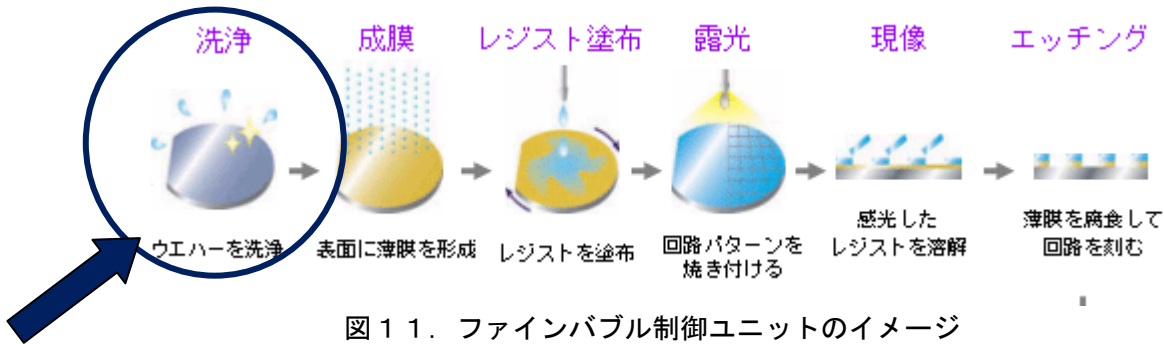


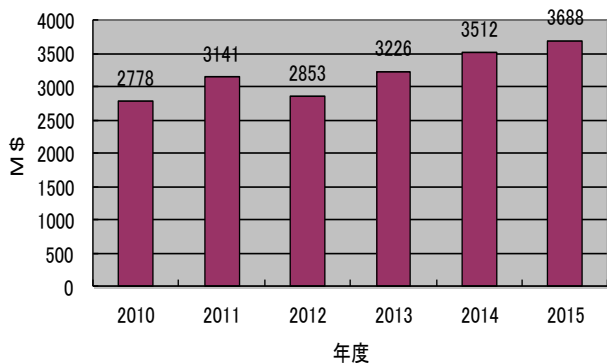
図 1 1. ファインバブル制御ユニットのイメージ

微細パターンを有する半導体やMEMSデバイスを品質良く製造するための、パターンマスクとして用いるレジスト膜やパターン表面上に付着する金属膜等のパーティクルを、パターンにダメージを与えずに除去する洗浄技術を応用して、汚染微粒子の高度清浄に最適化された「ファインバブル制御ユニット」の開発と販売・エンジニアリングを目的とした事業化を実現する。

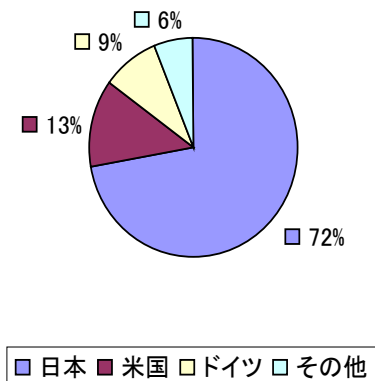
将来的な市場ポテンシャル

- ◆微細化の進展に伴い、洗浄技術における高度清浄化とダメージ抑制の両立は益々厳しくなる
- ◆半導体洗浄装置市場は、大口径化、微細化に伴い今後も新規投資が継続
- ◆2015年度に約3.7B\$のグローバル市場規模を見込む。
- ◆日系メーカーが約7割のグローバルシェアを維持。

半導体洗浄装置のグローバル市場動向



国別メーカーのシェア (2011年度)



(出典) 電子ジャーナル社「2012半導体製造装置データブック」

②油脂・高分子類の高効率洗浄基盤技術

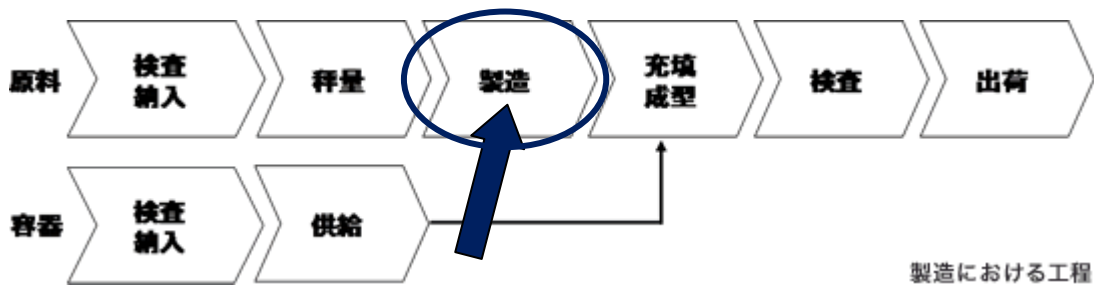


図12. ファインバブル制御ユニットのイメージ

食品・医薬品・化粧品等の各種製造設備での洗浄では、界面活性剤水溶液が使用されている。これらの洗浄場面において、ウルトラファインバブルを加えることで、油脂・高分子類の高効率洗浄に最適化された「ファインバブル制御ユニット」の開発と販売・エンジニアリングを目的とした事業化を実現する。

将来的な市場ポテンシャル

- ◆日本国内の界面活性剤は、生産93万4319トン、出荷金額は2151億円と試算されている。(平成24年、日本界面活性剤工業会調べ)
- ◆界面活性剤は、洗浄用途の他、乳化・分散等に用いられているため、洗浄用途の使用量は試算できていない。ウルトラファインバブルを加えることで、界面活性剤を減らすことが可能になり、その購入や洗浄液の排水処理の費用負担を軽減してだけでなく、洗浄液の液温度も下げていくことが可能になり、エネルギーコストも軽減できることを想定している。
- ◆家庭生活でも、種々の場面で、界面活性剤を用いた洗浄が行われている。これらに、簡易かつ安価な「ファインバブル制御ユニット」の開発と販売を目的とした事業化を実現する。

(4) 殺菌分野：生産技術として自社にて実証実験後に、ファインバブル制御ユニットの開発・販売とエンジニアリングに関して事業化

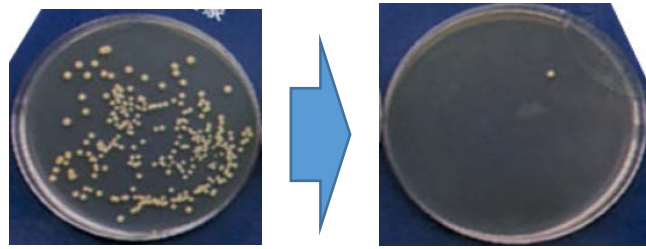


図 13. 高濃度ウルトラファインバブルによる殺菌効果

飲料設備を含む食品プラント、及び医療機器等の殺菌プロセスへの適用を想定し、反応性の高いオゾンや殺菌性化学種を誘起するCO₂等を含有する高濃度ウルトラファインバブルを発生する技術、同ファインバブルの制御技術、同ウルトラファインバブルを用いて環境負荷や残留薬剤、洗浄ダメージ等の低減をはかりつつ既存の殺菌方法と同等もしくはそれ以上の殺菌性能を実現する技術、ならびに、医療分野等について取扱い等における安全への配慮技術などを応用して、殺菌に最適化された「ファインバブル制御ユニット」の開発と販売・エンジニアリングを目的とした事業化を実現する。

将来的な市場ポテンシャル

- ◆ペット飲料業界で、オゾンファインバブルに変えることで約 20 億円の経済効果。
- ◆蒸気や薬剤を使用しないことによるオペレーターの環境改善
- ◆薬剤を使用しないことによる、残留薬剤臭の問題回避
- ◆熱や薬剤による設備寿命とメンテナンスサイクルの延長

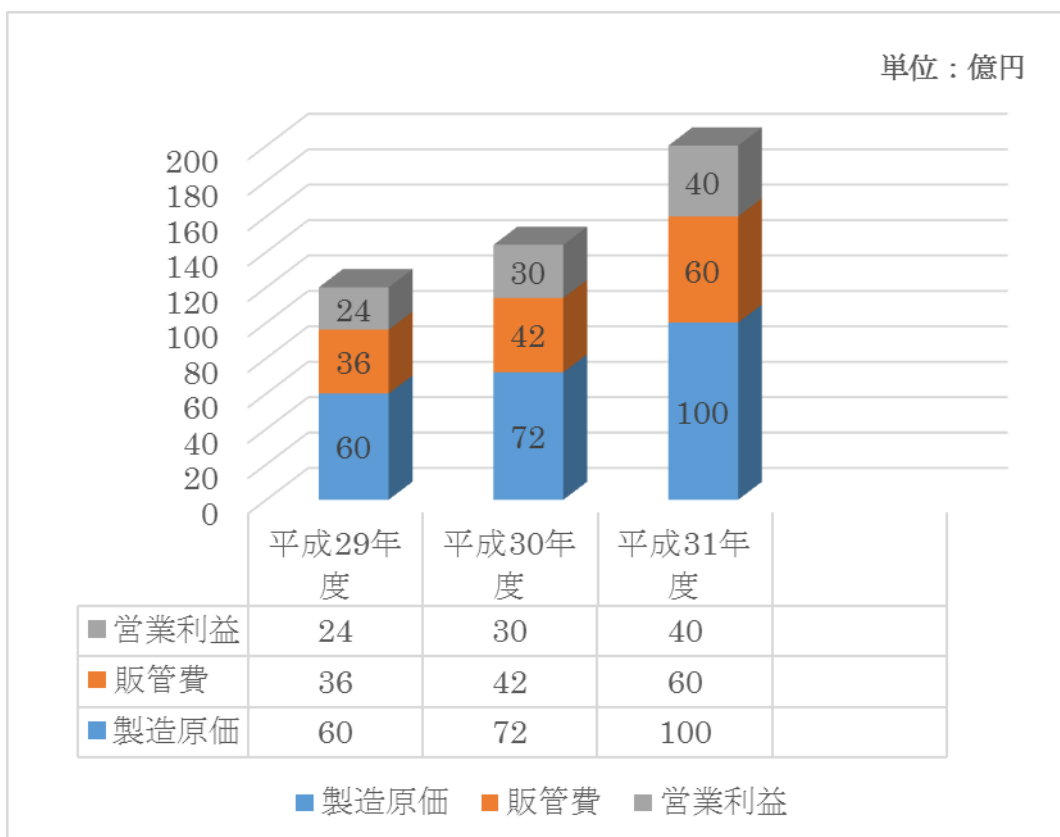
<経済効果の補足説明>

- ① ペットボトル飲料ラインを想定し、熱と薬剤による設備殺菌工程をオゾンFBへ置換した場合を想定。
- ② 熱水製造工程で20時間運転/日として160,000kg/日の蒸気を製造する。
- ③ 蒸気を作るのに都市ガス約440m³使用するとして(蒸気は水温20度を120度に加熱するものとして計算)都市ガス代70円/m³で計算すると30,800円。また、薬剤は60L/日×225円/kgで計算して13,500円。30,800+13,500=44,300円が1組の製造ラインで殺菌にかかる費用。
- ④ 年間稼働日数を300日として年間13,290千円。このうちオゾンファインバブルに変更した場合、その80%を節約できると仮定して10,632千円。
- ⑤ 現在国内にペット飲料ラインその他が約200ラインある(ほぼ間違いない)とすると10,632千円×200=2,126,400千円となり、オゾンファインバブルに変えることで、ペット飲料業界で約20億円の経済効果となる。

(5) 事業規模の見込み

以下、事業化が最も早いと考えられる水質浄化分野において、「ファインバブル制御ユニットの開発と販売・エンジニアリング会社の設立」に関して事業規模の算定を行った（グラフ1）。

なお本提案においては、設立企業が扱うべきビジネスの「国内規模」を算定、現実的には競合が出現しシェアを分け合う状況に推移するが、当初は技術的先行性から高いシェアでの事業化が可能であるという前提で試算している。



グラフ1. 事業（売上・損益）見通しの前提

(出典等)

- ① 下水道処理施設は、全国で1,192か所（社団法人 日本下水道処理施設管理業協会の“受託環境調査報告書”平成22年10月より）
- ② 全、1,192か所の施設の平均投資額（機械系、電機系、土木系の合計）を15億円と想定。
- ③ 機械系の投資額は、全体の20%（機械系投資額合計3,576億円）と想定。
- ④ 機械系の耐用年数（＝更新サイクル）は10年と想定。
- ⑤ ”下水汚泥処理制御ユニット”（バブル発生機構・センサー機構・制御機構・コントロールソフト・導入サービスなど）1台当たりの平均売価10,000千円、全体コントロールの制御系の組み込みモジュールとして提供。

- ⑥ 毎年、全体の20%の施設に、1施設平均5台の” 下水汚泥処理制御ユニット ”を導入とするものと想定。
- ⑦ 原価率50%、販売費および一般管理費率30%と想定。

(6) 事業化のスケジュール

水質浄化、洗浄、殺菌の各技術に基づく事業化の見通しを次に示す。

事業化スケジュール

応用分野	26年度	27年度	28年度	29年度	30年度
1. 水質浄化	本 研 究				
1-1. 基本データ収集 評価と機構の解明		→			
1-2. 高度技術の確立		→	→	事業化へ	
2. 洗浄					
2-1. 基本データ収集 評価と機構の解明		→	→		
2-2. 高度技術の確立			→	→	事業化へ
3. 殺菌					
3-1. 基本データ収集 評価と機構の解明	→	→	→		
3-2. 高度技術の確立			→	→	事業化へ

2-4-2 波及効果

(1) 洗浄技術の成果に基づく波及効果の事例

- ・半導体産業、MEMS 産業でのウェハ等の洗浄工程にクリーン UFB 水生成装置を導入することが将来期待できる。現状、運転条件によっては水温の上昇も観測されるため、今後は水温の上昇を抑制する手段の検討も必要である。さらに不純物の溶出を低減するために、現在の循環方式から今後は連続方式によるバブル生成技術の検討も必要である。
- ・家庭用トイレタリー用品の容器として、掌サイズで効率よくウルトラファインバブルを発生させる機構を応用した商品が現れることが予想される。小型で安価なファインバブルの発生法は新規なアプリケーション創出に向け大きな可能性を秘めている。

(2) 殺菌技術の成果に基づく波及効果の事例

- ・人体への低負荷で安全性の高い反応性化学種対応 UFB 発生装置を歯科治療用に応用されることが期待される。今回は基礎的情報を得るために媒体が蒸留水のみで実施しているという制約が関与していることも考えられるので、今後塩類等、またはその他有効な添加物を加え UFB の補足を強化することにより UFB の高濃度化、あるいはその他添加物による相乗効果などによって殺菌能を向上できるか否か、および長期間の保持性等、殺菌性能を向上に有効な条件等を検証することが求められる。
- ・反応性化学種 UFB 水をコンタクトレンズ保存液へ応用が期待される。現状、UFB の菌液への添加では殺菌効果は認められなかったが、UFB の洗浄効果を期待するなら、レンズに付着した汚染物質や菌を除くことが可能と考える。また期待する UFB の殺菌効果を生じさせるには UFB の高濃度化などが必要になる。
- ・CO₂UFB 水をカット野菜の殺菌用洗浄水に応用が予想される。従来より少量の次亜塩素酸ナトリウムで同等の殺菌効果を達成できるメリットは大きい。その他の応用として生食牡蠣の殺菌用洗浄水、果汁搾汁前の果実洗浄、生あん製造装置の洗浄殺菌も有望である。

(3) 水質浄化技術の成果に基づく波及効果の事例

- ・産業排水の浄化処理槽に応用が始まりつつある。ファインバブル処理効果の定量化及び産業化を前提とした設計仕様モデルの開発が求められる。

(4) 共通基盤技術の成果に基づく波及効果の期待される分野

- ・ファインバブルの生成制御、基本的作用メカニズム、リスク評価は各種応用に共通する基盤技術であり、その成果の波及効果は以下の様々な分野にわたる。

<洗浄応用>

<殺菌応用>

<水質浄化応用>

<食品飲料品工業応用>

<半導体応用>

<生活品工業応用>

<医療応用>

<農林水産業応用>

2-5. 研究開発マネジメント・体制等

2-5-1 研究開発計画

本事業による研究開発期間は平成26年10月から翌年3月末まで、再委託先は翌年2月末までであった。研究開発項目は共通基盤技術、洗浄技術、殺菌技術、水質浄化技術の4つである（表3）。

表3. 研究開発計画

	平成26年度	
	10月～12月	1月～3月
1. ファインバブルの共通基盤技術の開発		
①生成制御に関する研究開発		
・圧力刺激による生成実験・解析		→
・準静的圧力変動の影響評価実験・解析		→
・安定化機構の解析		→
・生成制御における単一ハニカム径管路の効果		→
②基本的な作用メカニズムの解明		
・界面への吸着の評価・解析		→
・気泡収縮時の物理・化学現象のモデル化		→
・プローブスキャン方式高速AFMの試作		→
③リスク評価法の検討		
・評価試験系の選定・構築		→
2. ファインバブルの洗浄基盤技術の開発		
①モデル汚染物質の選定		
・モデル汚染物質の選定		→
②汚染微細粒子の洗浄基盤技術の開発		
・洗浄メカニズム解明のためのファインバブル挙動調査		→
・クリーンファインバブル生成技術の検討		→
③油脂・高分子類の洗浄基盤技術の開発		
・油脂洗浄の効率化に向けた、UFBの発生、計測・評価技術の検討		→
3. ファインバブルの殺菌基盤技術の開発		
①殺菌機能の評価		
・反応性 気体種ファインバブル仕様確定と制作		→
・測定精度向上のための試験環境整備		→
・各種ファインバブル基本物性の特性調査	→	
・ファインバブル水の殺菌実験評価系の構築		→
・選定菌種と各種ファインバブル溶液による殺菌評価試験		→
4. ファインバブルの水質浄化基盤技術の開発		
①水質浄化技術の機能評価		
・実排水処理施設におけるファインバブル処理の実証研究開発		→
②排水処理における余剰汚泥減容化技術の開発		
・ファインバブルの生物活性化作用の評価（細胞壁分解菌、油脂分解菌）		→
・オゾンガスを利用した汚泥の減容化技術開発		→
・細菌の生死判定と生死細菌の定量化法の構築		→
(研究管理)		
①研究の総合管理調整		→
②共通基盤/応用基盤技術の実行調整		→
③計測技術/各種データの相互調整		→

2-5-2 研究開発実施者の実施体制・運営

本研究開発は、公募による選定審査手続きを経て、一般社団法人ファインバブル産業会（FBIA）が経済産業省からの委託を受けて実施した。また、再委託先として15機関（製品評価技術基盤機構 NITE は FBIA の外注先）が参加した。

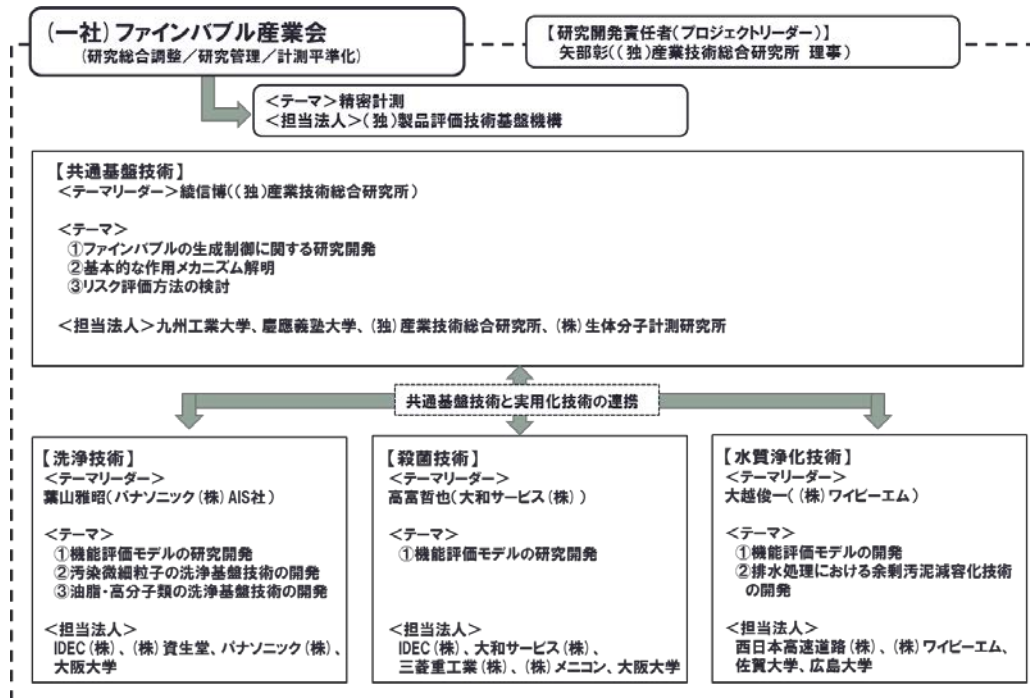


図14. 研究開発実施体制

また、研究開発の実施に当たっては、研究開発を統括するためのプロジェクトリーダー（産総研理事／ファインバブル産業会会長 矢部彰）を設置するとともに、相乗効果による成果の最大化のため、当事業参加機関からなる運営委員会を設置した。

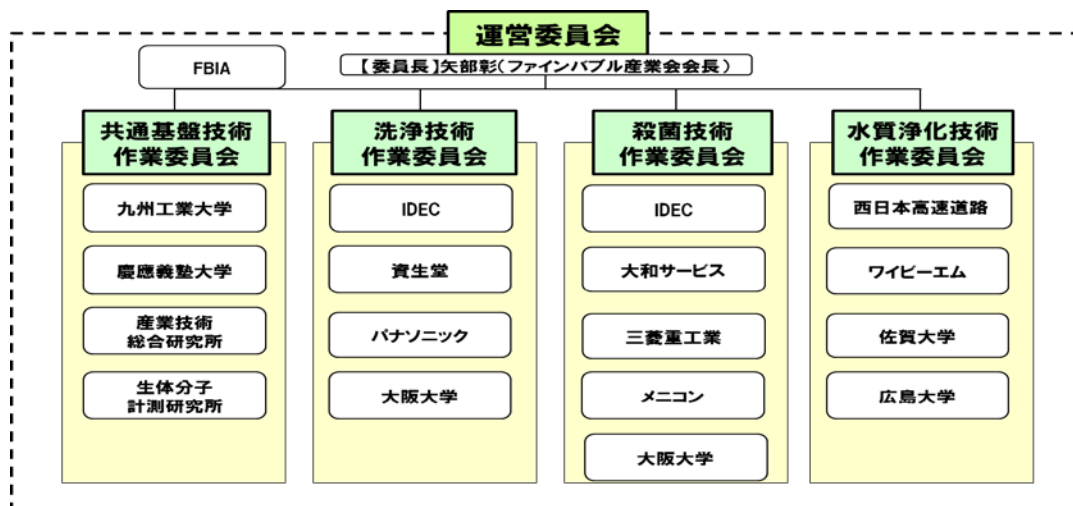


図15. 運営体制

2-5-3 資金配分

各要素技術から目標とする成果は得られており、個別要素技術への内部配分は適切かつ妥当であったものと思われる（表4）。

表4. 資金配分

	要素技術	担当	再委託費 (千円)	各要素技術 合計(千円)
基盤PJ	(総合調整)	FBIA	15761	17997
	(精密計測)	NITE	2236	
	共通基盤	九工大	10000	51432
		慶応大	11232	
		産総研	16200	
		生体分子計測	14000	
	洗浄	IDEC	16671	53864
		資生堂	12960	
		パナソニック	18833	
		大阪大	5400	
	殺菌	IDEC	6048	46467
		大和サービス	14010	
		三菱重工	7560	
		メニコン	13449	
		大阪大	5400	
	水質浄化	西日本高速道路	1404	30240
ワイビーエム		14040		
佐賀大		5400		
広島大		9396		
合計			2億円	2億円

2-5-4 変化への対応

当初、国の支援による本研究開発事業期間は5年間を想定していたが、以下の理由により国の支援事業としては平成26年度を以て終了し、ひきつづき民間が独自に実施する事業段階へと移行した。

- ①基盤技術の研究開発について、産学官連携により加速度的に推進され、当初の目的を達成するに必要な成果が得られている。
- ②今後は個別企業の自主努力での実用化開発段階とするのが適切である。

27年度から、実施機関ごとに平成26年度の成果を元に事業化に向けて引き続き自主研究等を推進していくことになった。

2-6. 費用対効果

一般社団法人ファインバブル産業会（FBIA）が経済産業省からの委託を受けた予算総額2億円の各再委託先15機関（製品評価技術基盤機構 NITE は FBIA の外注先）への配分を図16に示す。研究資金の配分に当たっては、共通基盤、洗浄、殺菌、水質浄化の4つの要素技術ごとに担当機関の研究計画を作成し、資金の見積を行い、各機関間にて十分に調整を行った上で研究資金を配分した。

得られた効果は各要素技術別に投入された予算と共に表5にまとめた。様々な実用化促進および実用化が見込まれるとともに、標準化への貢献も期待されることから妥当な配分であったと考えられる。ファインバブルに深い知見のある産学官の各機関が連携した実施体制を構築することで、非常に効率的かつ実効的に事業を推進することができた。

基盤技術研究開発予算（200,000千円：税込み）

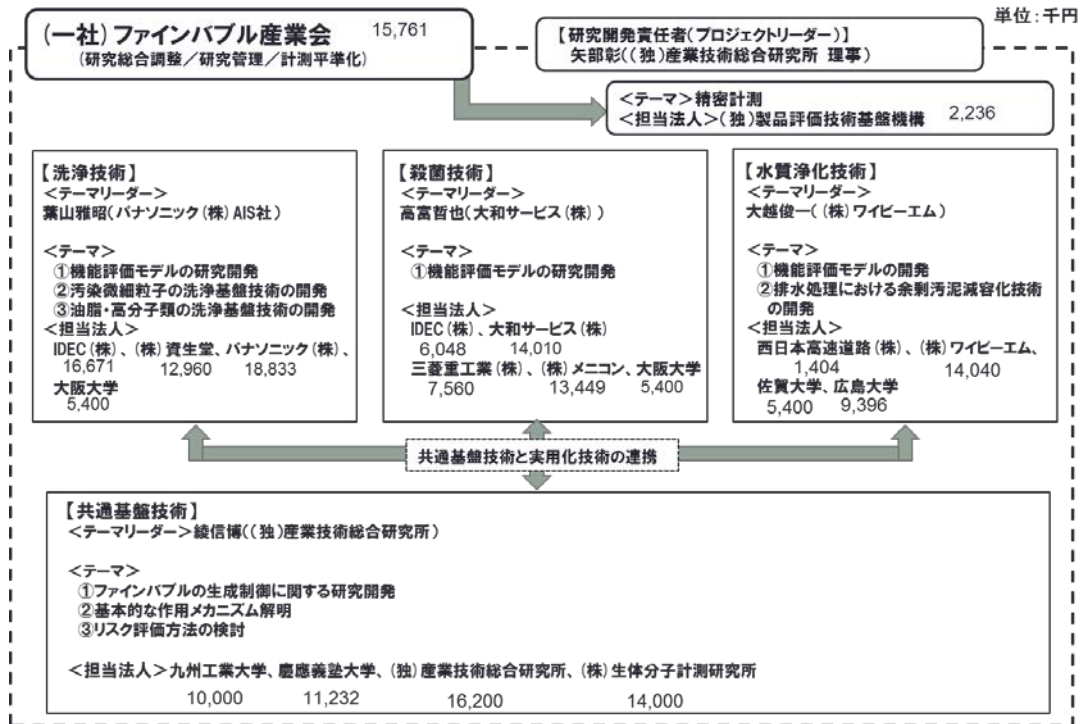


図16. 各機関の予算

表5. 得られた効果

要素技術	予算(千円)	効果
洗浄技術	51,432	<ul style="list-style-type: none"> 半導体製造ライン用クリーン UFB 水生成装置の実用化促進が期待される。 小型安価なウルトラファインバブルの発生法は新規なアプリケーション創出に可能性を秘めている。
殺菌技術	53,864	<ul style="list-style-type: none"> CO2UFB 水により従来より少量の次亜塩素酸ナトリウムで同等の殺菌効果を達成できるメリットは大きく、カット野菜の殺菌用洗浄水として実用化への期待は大きい。
水質浄化技術	46,467	<ul style="list-style-type: none"> ファインバブルは産業排水の浄化処理槽に応用が始まりつつあり、普及の加速が期待される。 開発された活性汚泥の生菌および死菌の蛍光染色法のプロトコルは今後、国際標準化など戦略的取組みが必要である。
共通基盤技術	51,432	<ul style="list-style-type: none"> 得られたファインバブルの高濃度化の指針により、現在の濃度を飛躍的に高められれば各種応用の実用化が一気に進むと期待される。

第 3 章 評価

第3章 評価

1. 事業の目的・政策的位置付けの妥当性

国際標準化を見据え、本研究開発事業でファインバブルの基盤要素技術開発を実施したことは時宜を得ている。ファインバブルは洗浄、殺菌、水質浄化などの機能を応用した広範囲な分野での産業応用が期待されており、国の事業として産学官が協力したプロジェクトを立ち上げたことは評価できる。

一方で、ファインバブルの生成方法、制御方法、ハンドリング方法、計測方法などの基礎研究の解明も並行して進めていくことも重要であり、生活環境に関わる本技術の実用展開のためには、官民連携で信頼性のある盤石の共通基盤技術の確立が期待される。

【肯定的意見】

- ・ ファインバブル技術の国際標準化を日本が主導していくためには、本研究開発事業を国が後押しすることは時宜を得たものであった。【C委員】
- ・ 日本がファインバブル技術の標準化を世界に先駆けて先導しようとする基盤要素技術開発を行うことは意義深い。【A委員】
- ・ 本技術の新規性・独創性については、理工学分野の一部では夙に知られたところであったが、その社会的・経済的意義を総合的に評価することは本事業において初めて可能となったところであり、今後の方向性を決める上でも極めて妥当な目的設定であった。【C委員】
- ・ ファインバブルについては、制御方法、ハンドリング方法など基礎的知見が十分には解明されていない部分があるが、その一方で応用としてどのような効果があるのかを探索することも重要である。本事業の応用分野に設定している、洗浄、殺菌、水質浄化については、ファインバブルの効果が期待できる分野であり、事業化に成功した場合には経済、環境等の面で非常に魅力的なテーマである。日本が世界をリードしている一つの分野として、大学と企業が協力して精力的、迅速にプロジェクトを進めることは重要である。以上の点から、国の事業として産学官が協力したプロジェクトを立ち上げたことは評価できる。【B委員】
- ・ ファインバブルは、洗浄、殺菌、水質浄化などの機能から、広範囲の産業応用が期待されている。しかしながら作用機序など基礎的な技術の解明・開発には課題があり、本格的な産業応用には至っていないとの認識のもと、その様々な機能・効果のメカニズムの解析や生成制御等の基盤技術開発を実施することには意義がある。また、関連市場規模もあるものと期待される。【E委員】
- ・ ファインバブルはわが国で生まれ発展してきた科学技術で、応用に大きな可能性を秘め

ているにもかかわらず、基礎的・基盤的研究が不足していたために開発研究は一定の技術応用に留まってきた観がある。これをブレークスルーするためには、ファインバブルの生成制御や機能・効果に関するメカニズム解析などの基盤研究が不可欠である。こうした観点から、本事業の目的は妥当性が高く、「日本再考戦略」や「科学技術イノベーション総合戦略」を踏まえた標準化官民戦略に基づいて官民が協力して世界に通用するファインバブル認証基盤（国際標準）の確立や市場の成長を促す点でも評価できる。【D委員】

- 水環境に関わる本事業の推進は、国民の生活環境の改善や医療技術の高度化に重要な意義がある。【F委員】

【問題点・改善すべき点】

- 応用分野を探索する必要性は理解できるが、ファインバブルの生成方法、制御方法、ハンドリング方法、計測方法などの基礎研究の解明も並行して進めていくことも重要である。そのような観点からは1年という実施期間短すぎると思われる。【B委員】
- 生活環境に関わる本技術の実用展開のためには、官民連携で信頼性のある盤石の共通基盤技術の確立を必要とする。【F委員】
- 研究組織の構成に関して、専門が工学的な研究組織にバランスがシフトしているように見えるので、今後は生物系や医療系の研究組織の充実を図るよう改善すべきと思われる。【D委員】
- 標準化すべき技術目標を具体的に示すべきである。【A委員】

2. 研究開発等の目標の妥当性

ファインバブル技術を応用した分野の産業化を加速するため、基盤技術開発や人体に対する安全性を研究テーマに設定している点は目標設定として評価できる。

一方で、さらなる基盤技術の研究開発や標準化を視野に入れたデータの取得、定量的な目標の設定が期待される。

【肯定的意見】

- ・ ファインバブルの効果が期待できそうな洗浄、殺菌、水質浄化が応用分野としてリストアップされていること、また、生成制御といった基礎研究も含まれており、ファーストステップのプロジェクトとして目標設定は非常に良いと評価できる。【B委員】
- ・ ファインバブルの人体に対する安全性を研究テーマに設定している点は、事業化においては非常に重要な点であることから、目標設定として評価できる。【B委員】
- ・ ファインバブル技術については、従来、個別の技術の集まりである感が強い中、総合的・統一的な理解をめざし、幅広い応用の可能性を探るといふ本事業の目標設定は適切である。【C委員】
- ・ ファインバブル技術の産業化を加速するため、生成・挙動や様々な機能・効果のメカニズム等の解析や生成制御等の基盤技術開発を実施することは重要である。【E委員】
- ・ 共通基盤技術の3目標については、基盤技術にとって不可欠である。【D委員】
- ・ 洗浄技術、殺菌技術、および水質浄化技術に共通する「機能評価モデルの研究開発」については、ファインバブルの機能や効果の評価にとって不可欠である。その他の研究開発目標も基盤技術を応用していく観点から必要なことである。【D委員】
- ・ ファインバブル技術の標準化は、日本が先導すべき事業であり、その黎明期にあっては国が大きく関与することは妥当と思われる。【A委員】

【問題点・改善すべき点】

- ・ このようにしたらこのような効果が得られたという現象論的なアプローチにとどまることなく、効果が得られたメカニズムを解明し、より効果的な条件、方法を探索することが必要と思われる。そのためには、生成、制御、計測等の基盤研究テーマを増やすことが求められる。特に現場でのファインバブルハンドリング方法の確立が求められる。ファインバブルは目に見えないことが最大の難点であり、これを補う意味からも信頼できるシミュレーション技術の開発を目標に加えるべきと思われる。【B委員】
- ・ 目標として、「新規技術の開発」と「従来技術の評価」の両面が同程度の重みで盛り込まれているように感じられたが、事業期間が非常に短いことを考えると、やや散漫に墮しかねない危うさをおぼえた。【C委員】
- ・ 多くの複雑な要素が絡む問題であり、十分なレベルで解明されたかは検討が必要である。【E委員】

- 殺菌技術に関して、機能評価モデルの開発に留まらず、応用を前提とした殺菌基盤技術に関する研究が望まれる。例えば、有機物など夾雑物存在条件下での殺菌試験や微細管路内での殺菌試験である。【D委員】
- 国際標準化と関連して、できるだけ定量的な数値目標を設定すべきである。【F委員】
- ファインバブルの基礎学理は未だに明確ではなく、標準化推進に耐えうるデータベースの蓄積も乏しいと考えられる。この欠点の克服に関する目標設定が不明確である。【A委員】

3. 成果、目標の達成度の妥当性

基盤技術開発について、多方面からの評価検討が行われ、技術の蓄積も進み、ファインバブル技術の将来展望を開くための十分な成果が挙げられていると評価できる。

一方で、本事業の実施期間が短期間であったことから、まだ途中段階と評価せざるを得ない技術開発があること、基礎的なデータや普遍的な定量評価の不足、成果公表も少なかったことより、今後の標準化のための調査等の中で実施することが必要とされる。

【肯定的意見】

- ・ ファインバブルの新しい生成方法を示したことは評価できる。また、洗浄技術、殺菌技術、水質浄化技術などいくつかの分野について応用可能性が得られている点は評価できる。【B委員】
- ・ 応用技術に関する、洗浄・殺菌・水質浄化の各基盤技術開発については、多方面からの評価検討が行われ、ファインバブル技術の将来展望を開くための十分な成果が挙げられていると評価できる。【C委員】
- ・ おおよそ妥当な成果が得られたものと判断される。今後これらの成果がジャーナル論文、特許となって行くことが期待される。また、国際標準に向けた取り組みが動き始めたことは評価される。【E委員】
- ・ 応用技術では、UFB効果のある程度成果が得られている。【F委員】
- ・ 個別要素技術の目標は達成され、それなりの技術蓄積も進んだものと評価できる。【A委員】
- ・ 共通基盤技術成果に関しては、①圧力刺激および流路サイズよりファインバブル（FB）の密度制御に成功したことは、今後FBの規格基準をつくる上での重要な基盤となると思われる。②FBの挙動を観測することはFBの作用メカニズムを解明する上で必要な要素である。③ヒト細胞を用いてのFBのリスク評価法の確立はFBの安全性を担保する上で重要な成果といえる。【D委員】
- ・ 洗浄技術基盤技術成果に関しては、①半導体製造レベルで使用できるクリーンUFB水生成装置の開発に成功したことは、半導体パターンの微細化の進展に伴って問題となっている極微粒子の除去に威力を発揮することが期待できる。②小型UFB発生装置の開発に成功したことは、従来の装置では使用が困難であった対象や場（人や家庭など）での使用が可能となり、UFBの応用範囲を拡大させるものとして評価できる。③UFBの洗浄メカニズム解明にとって、UFBの各種物性評価は不可欠であるが、ゼータ電位、表面張力などの評価が可能になったことは重要な一歩と評価できる。【D委員】
- ・ 殺菌基盤技術成果に関して、①化学消毒や熱殺菌の限界を克服する方法として化学消毒との組み合わせ使用の可能性が示されたことは、化学消毒剤の使用の低減化につながることで一定の評価をできる。【D委員】
- ・ 水質浄化基盤技術成果に関しては、①02FB処理により排水中の油滴の超微細化ならびに

油脂分解菌と細胞壁分解の増加が明らかになったことは、実用化に直結する余剰汚泥減容化技術開発の基盤研究として評価できる。さらに、②公共施設の浄化槽から発生する余剰汚泥中の微生物の殺菌に関してオゾン水処理よりもオゾンUFB水処理の方が効果的なことが示されたことは実使用における可能性を示すものであり、実証実験に向けたモデル廃水処理施設の構築は実用化技術の確立にとって不可欠のステップとして評価できる。【D委員】

【問題点・改善すべき点】

- 現象論的アプローチだけでなく効果発現のメカニズムが考えられている分野もあるが、一部の分野については現象論的な成果にとどまっている。これらのメカニズムを解明し、効果を最適とする条件やハンドリング技術を明らかにすることが求められる。例えば、洗浄技術分野においては、FB濃度だけでなく圧力の影響も調査すべきと思われる。また、油脂洗浄で示されたUFB発生法は非常に面白い方法であるが、発生したUFBが生存する時間、その大きさ、濃度、圧力などの基礎的データが不足しているように思われる。そのためには1年という事業期間はあまりにも短すぎる。【B委員】
- やはり、実施期間が短いことが最大の原因だと思われるが、共通基盤技術に関してはまだ途中段階と評価せざるを得ない。目標として掲げられていた「安定化の機構」、「作用メカニズムの解明」、「リスク評価法の検討」などは、ファインバブル技術の国際標準化のためにも必須の事項であり、研究者の方々には引き続き追究をお願いしたい。【C委員】
- 単年度（実質は半年程度）の事業について、一般的な評価基準である「論文の発表、特許の出願、国際標準の形成」を求めることは無理があると感じる。【C委員】
- 実質事業期間が短いせいか、特に共通基盤技術の普遍的な定量評価に欠け、成果公表も少ない。【F委員】
- 共通基盤技術に関して、機能や効果のメカニズムについての成果が今一つ不足している。リスク評価に関連して、FBは目の粘膜に対し安全かどうかを評価する方法の確立が望まれる。これは使用者や被使用者がFB使用の際に個人防護具を必要とするかしないかの判断の基盤となる。【D委員】
- 個別要素技術の目標は達成されているが、それぞれがどのように相関しているのかが不明である。個別要素技術の見通しが立てばそれだけで良いのか？ FB基礎学理の深化が真に重要な課題であり、それ無しでの標準化はなかなか難しいと思われる。【A委員】
- 殺菌基盤技術成果に関して、①医療および関連機器殺菌技術に関連する研究として、単なる試験管内試験では応用の基盤として物足りない。内視鏡やカテーテルなど細い管路内を想定した試験が望まれる。また、各種ウイルスに対する不活化試験も必要である。②食品および飲料設備殺菌技術としては、従来の熱殺菌や化学消毒に変る方法として次

亜塩素酸水などによる方法が認可されており、それらの限界を克服する内容であることが望まれる。成果として、CO₂UFB水と次亜塩素酸ナトリウムとの併用効果を上げているが、これは炭酸バブリングによる方法がすでにあるので、UFB水であるメリットがどこにあるか疑問である。【D委員】

4. 事業化、波及効果の妥当性

事業化にむけた妥当な見通しが立てられており、いくつかの要素技術については、すでに実証実験や装置の開発が行われるなど、成果の波及が期待できる。事業化はファインバブル技術の国際標準化を後押しすることになり、さらに多くの分野への波及効果が期待される。

一方で、リスク評価法の確立、ファインバブルのハンドリング方法、医療や農業への応用展開のための関係省庁とのすり合わせが必要である。

【肯定的意見】

- ・ ファインバブルがどのような効果を示すのか、またはその可能性を示した点は評価できる。本プロジェクトの研究結果をさらに進めることによって、各企業において事業化へ道筋が見えてくるであろうと推測できる。【B委員】
- ・ 応用分野ごとに事業化にむけた妥当な見通しが立てられている。特に汚泥減容を中心とする水質浄化分野や界面活性剤を減らす洗浄技術、また食品プラントなどでの殺菌技術など、日本発の独創的な事業を立ち上げられる可能性が高いと評価できる。【C委員】
- ・ こうしたコア技術の事業化はファインバブル技術の国際標準化を後押しすることになり、さらに多くの分野への波及効果が期待される。ただし、そのためにも「リスク評価法」の確立を急ぐべきであろう。【C委員】
- ・ 短時間の実施機関ではあったが、いくつかの実証実験的な取り組みは行われている。今後これらの取り組みが定着し、発展して行くことが期待される。【E委員】
- ・ 洗浄技術や水質浄化に関する事業化の見通しや波及効果は、期待できる。【F委員】
- ・ 洗浄技術（汚染微粒子洗浄と油脂洗浄）に関しては装置の開発が進んでおり、今後短期間のうちに実用、すなわち事業化につなげていけると期待される。【D委員】
- ・ 2. 水質浄化基盤技術（余剰汚泥減容化）については、モデル廃水処理試験施設での実用化実験を実施することにより、事業化につなげることが可能と期待される。【D委員】
- ・ 事業化によって有用性（有効性と安全性）が実証されると当面想定している分野はもちろん、別の分野にも波及していくことが考えられる。例えば、洗浄技術に関しては、自動車のエンジン（内燃室）の洗浄、水質浄化基盤技術に関しては、使用済み農薬処理層への適用が考えられる。【D委員】
- ・ いくつかの要素技術については、すでに事業化の段階にあり、成果の波及が期待できる。【A委員】

【問題点・改善すべき点】

- ・ まだ現象論的な成果が多く、すぐに事業化に結び付くことは難しいと思われる。今回の成果を基にして、各企業がそれぞれの研究成果をさらに深化させることが求められる。

やはりなぜこのような効果が得られたのかというメカニズムを明らかにすることが必須であろう。【B委員】

- ファインバブルをどのようにハンドリングすれば長い生存期間を確保できるのかを明確にしなければ、ファインバブルがすでに消滅していて予想していた効果が得られない、ということもあり得るであろう。事業化するに際してはこのようなハンドリング条件を明らかにすることは非常に重要と思われる。【B委員】
- 殺菌技術の事業化や期待できる波及効果にあたっては、厚生労働省や農林水産省との擦り合わせが必要と考える。【F委員】
- 殺菌基盤技術に関しては、一見実用につなげることが可能のように見えるが、薬事認可（医療機器や食品添加物）を取得していく必要があると思われ、事業化にはかなりの時間が必要と思われる。【D委員】
- 単年度事業としては実施項目が多岐に亘っており、各要素技術の拠り所となる基礎学理の深化へのベクトルが弱いため、全く新たな展開が見込めないことに問題がある。【A委員】

5. 研究開発マネジメント・体制等の妥当性

1年という短い事業期間には、多くのテーマを効率よく実施し、今後の発展につながる十分な成果が得られていることから、研究開発のマネジメント及び体制は適切であったといえる。

一方で、共通基盤技術の開発には、基礎研究力のある大学等をもっと参画させるべきであり、外部評価の構築や、真に必要なテーマの選択と資金の集中に検討の余地があったといえる。

【肯定的意見】

- ・ 1年という短い事業期間を考えると、かなりの成果が得られていると評価できる。この成果から、研究開発計画、実施体制、運営は非常に良かったと判断できる。資金の内部配分はおおむね適切と思われる。【B委員】
- ・ 当初予定の「5年事業」から実質半年の大幅な期間短縮にも関わらず、柔軟な対応により、特に応用分野については今後の発展につながる十分な成果が挙げられたことを高く評価したい。【C委員】
- ・ プロジェクトの実施期間は単年度に過ぎないが、妥当な運営が行われたものと判断される。【E委員】
- ・ 多くのテーマを並行して効率よく実施するための体制は構築されていたと思われる。【A委員】
- ・ 殺菌基盤技術研究を除いて、共通基盤技術、洗浄技術および水質浄化技術は、(1)、(2)、および(4)に関して妥当であったと判断できる。(3)の資金配分についても、ほぼ均等に配分された範囲で成果が挙げられたように思われる。【D委員】

【問題点・改善すべき点】

- ・ 基盤技術の開発についてのみは、やはり当初の目的が達成できたとするには無理がある。ただ、今後の方向性が見えてきたということは言えるだろう。【C委員】
- ・ これまでの成果の蓄積はあるものの、実質事業期間が短く、特に共通基盤技術の開発には、基礎研究力のある大学等をもっと参画させるべきである。【F委員】
- ・ 外部評価体制が構築されておらず、独善的な事業展開になっていなかったのかチェックするメカニズムが必要であった。【A委員】
- ・ 殺菌基盤技術研究に関しては、代替手段との比較の中に、薬事認可されている次亜塩素酸水やオゾン水などの情報や考察が欠落しているために、一見事業化が短期のうちに見えるように見えているが、基盤研究をやり直す必要があると思われる。また、今回得られた成果をあげるために5千万円の予算が必要であったか疑問が残る。以上ことから、(1)～(4)についての妥当性に疑問が残る。【D委員】

- 事業資金の割に、実施テーマが多く、本当に必要なテーマの選択と資金の集中がなされたのか明確でない。【A委員】

6. 費用対効果の妥当性

基盤技術開発について目標を達成しており、今後の事業化や波及効果の見通しが明確であることから、将来的にも大きな費用対効果が期待できる。

一方で、本事業では検討されていなかった応用分野（宇宙関連産業）へ展開したほうが費用対効果は高くなる可能性があることや、本事業の実施期間が長ければより大きな費用対効果を期待できたのではないかと考えられる。

【肯定的意見】

- 予算総額は2億円と必ずしも小さな額ではないが、委託先が15機関であることを考えると得られた成果に対する費用対効果は十分と評価できる。事業化による今後の展開次第では、優れた費用対効果になる可能性があると思われる。【B委員】
- 費用対効果として、本技術に特有な効果は、将来期待できる。【F委員】
- 共通基盤技術、洗浄技術、および水質浄化技術に関しては投入された資源量に見合った効果が出ており、今後も更なる効果が期待できると思われる。【D委員】
- 各要素技術開発については、目標を達成していることから、適切な費用配分に応じた成果が得られたと思われる。【A委員】
- 各応用分野の代表例（水質浄化、洗浄、殺菌）を重点的に取り上げることで今後の事業化や波及分野の見通しが明確になったことは、投入された人員と予算に対して最大限の成果が得られたものと高く評価したい。【C委員】
- 短時間で多くの機関に委託をしているが、おおよそ妥当な研究成果が得られたものと判断される。【E委員】

【問題点・改善すべき点】

- 1年という事業実施期間がもう少し長ければ、同じ予算総額でもより大きな費用対効果が得られる可能性があったのではないかと思われる。【B委員】
- 殺菌技術に関しては、費用対効果は不十分と感ずる。医療機器や食品添加物としての薬事認可を考慮していかなければならない。むしろオゾンUFB水などの酸化力を考慮して脱臭効果を必要とする使用対象や環境（例えば、宇宙船や宇宙飛行士）への応用を考えていくことの方が有用性は高いと思われる。【D委員】
- 各要素技術開発項目への費用配分がほぼ一様であることは極めて不自然である。事業目標に照らして、技術目標にメリハリを付けなかったのではないかと、すなわち、目標設定の絞り込み（開発すべき技術の順位づけ）が不十分であったとの疑念を抱かせる。【A委員】

7. 総合評価

日本がリードしているファインバブル技術について産官学が連携して技術の共通基盤を形成し、事業化を目指すという本事業は、短期間であったにも関わらず妥当な成果が得られた。また、日本が世界に先駆けて標準化を目指すためには、基盤要素技術開発という黎明期で国が事業に関与することは妥当であった。

一方で、信頼できる技術として発展するためには、さらなるメカニズムの解明、研究開発の深掘りや定量的評価が必要である。

【肯定的意見】

- ・ ファインバブルは我が国がリードしている分野の1つである。本プロジェクトには、その優位性を強固にするという点からも事業化を目指す本プロジェクトは非常に有意義であると判断できる。洗浄、殺菌、水質浄化などファインバブルが効果を有すると思われる分野について研究成果が得られており、事業化への可能性が示された点は評価できる。また新しい生成方法が示されるなど基礎的成果も得られている。【B委員】
- ・ 国際標準化を後押しするために産官学を結集してファインバブル技術の共通基盤を形成し、事業化への展望を明らかにするという本事業の目的は極めて重要・妥当なものである。学問的にも、また今後の各種事業化においても、本事業が1つのメルクマークとなると思われる。【C委員】
- ・ 26年度のみのも事業であったが、良く計画され、妥当な成果が得られたものと判断される。今後は更に科学的な視点から、現象の解明を図り、事業化に向けた取り組みが進んで行くことを期待したい。【E委員】
- ・ UFBを用いた先進技術研究開発の事業化は、意義がある。【F委員】
- ・ 共通基盤技術、洗浄技術、および水質浄化技術に関しては、FBの特徴を生かした有用な実用技術に必要な成果が得られていると判断される。【D委員】
- ・ 日本がFB技術標準化を世界に先駆けて先導しようとするFB基盤要素技術開発を行うことは意義深く、その黎明期にあっては国が大きく関与することは妥当と思われる。【A委員】
- ・ 個別要素技術の目標は達成され、それなりの技術蓄積も進んだものと評価できる。また、いくつかの要素技術については、すでに事業化の段階にあり、成果の波及が期待できる。【A委員】
- ・ 多くのテーマを並行して効率よく実施するための体制は構築されていたと思われ、各要素技術開発については、目標を達成していることから、適切な費用配分に応じた成果が得られたと思われる。【A委員】

【問題点・改善すべき点】

- ・ いくつかの応用研究については現象論的なレベルにとどまっており、それらの効果が生

じるメカニズムの解明にまでは至っていない。この原因の1つとして事業期間が1年と短かったことが挙げられるが、ファインバブルについての基礎研究の遅れも原因の1つであると思われる。応用研究と並行して生成方法、ハンドリング方法、計測方法等の基礎研究を進めることが重要であろう。【B委員】

- ・ 「5年事業」と「単年度（実質は半年）」では、研究開発への取り組み方が大きく異なるはずで、事業者は評価資料のとりまとめ等いろいろ苦労されたと思う。研究開発への国の支援のあり方は、検討の余地があるだろう。【C委員】
- ・ 事業を進めるに当って、より広範囲な事前調査が行われていれば、更に成果が得られたものと思われる。今後のこの分野の発展に期待したい。【E委員】
- ・ 国民に信頼される技術として普及するためには、定量的評価や顕著な効果を積極的に公表していくことである。【F委員】
- ・ 殺菌技術に関しては、熱殺菌や化学消毒の限界を克服する技術として薬事認可等を取得している機能水（次亜塩素酸水やオゾン水）などとの比較を行った上で前に進めるようにする必要がある。【D委員】
- ・ 標準化すべき技術目標を具体的に示すべきである。FBの基礎学理は未だに明確ではなく、標準化推進に耐えうるデータベースの蓄積も乏しいと考えられる。この欠点の克服に関する目標設定が不明確である。個別要素技術の目標は達成されているが、それぞれがどのように相関しているのか不明である。個別要素技術の見通しが立てばそれだけで良いのか不明である。FB基礎学理の深化が真に重要な課題であり、それ無しでの標準化はなかなか難しいと思われる。【A委員】
- ・ 単年度事業としては実施項目が多岐に亘っており、各要素技術の拠り所となる基礎学理の深化へのベクトルが弱いため、全く新たな展開が見込めないことに問題がある。【A委員】
- ・ 外部評価体制が構築されておらず、独善的な事業展開になっていなかったのかチェックするメカニズムが必要であった。【A委員】
- ・ 事業資金の割に、実施テーマが多く、本当に必要なテーマの選択と資金の集中がなされたのか明確でない。すなわち、各要素技術開発項目への費用配分がほぼ一様であることは極めて不自然である。事業目標に照らして、開発すべき技術目標にメリハリを付けなかった、すなわち、目標設定の絞り込み（開発すべき技術の順位づけ）が不十分であったとの疑念を抱かせる。【A委員】

【評点を付けるに当たり、考慮した（重要視した）点】

- ・ 事業期間が1年と短かったこと。成果を得るには短すぎると思われるが、その割には成果を得られていると思う。【B委員】
- ・ 国が支援する研究開発事業として、民間による事業化の可能性や波及効果をどのように評価検討したかを最重視した。【C委員】

- 普遍性と定量化【F委員】
- 事業の目的、目標の妥当性と成果の内容、および事業化についての妥当性【D委員】

8. 今後の研究開発の方向等に関する提言

ファインバブル技術の国際標準化への取り組みはもとより、今後は民間主導で進んでいくとされている各分野での事業展開や国際化を国としてバックアップする体制整備が望まれる。また、本事業に携わった研究者は、引き続き、基礎的分野への取り組む必要がある。

また、物理的視点だけでなく化学的視点からの考察や検証もエビデンスとして必要であり、信頼できる定量評価とその積極的な公表が求められる。他の技術の代替ではなく、UFBしかできない応用の視点が必要であることから、先端的FB技術の適用対象や場を選定し、チャレンジしていくことが望まれる。

今後、ファインバブル技術の標準化を図るにあたっては、FB技術の標準化すべき技術目標を具体的に示すべきである。

【各委員の提言】

ファインバブルについては、私も一研究者としてそのscienceには長らく強い関心を抱いてきました。このため、本基盤技術研究開発事業における取組みに対して大きな期待を寄せており、こうして評価に携わることができたことをありがたく思います。

本事業自体は豊かな将来性を示唆していったん終了したわけですが、そこで提言された各種応用分野、特に界面活性剤を減らした洗浄技術、食品や医療産業などにおける殺菌技術、汚泥減容につながる水質浄化技術などは、日本から世界に発信できる付加価値の高い技術として大いに期待できます。国の機関としても、ファインバブル技術の国際標準化への取り組みはもとより、今後は民間主導で進んでいくとされている各分野での事業展開や国際化を国としてバックアップする体制をぜひとも整えていただくことが強く望まれます。一方で、これは基礎学問分野としての課題でもありますが、ファインバブルが有効に働くとされる作用機序等の原理的理解は未解決のままであり、ファインバブル技術が世の中に広く認知されるための阻害要因となりかねません。本事業に携わった研究者の方々には、引き続き、こうした基礎的分野への取り組みも継続していただく必要があります。

最後に、このようなファインバブル技術は、かつてマイクロバブル・ナノバブルと呼ばれていた頃から既に10年、20年が経過してようやく国が支援する事業に取り上げられたわけですが、このようなシーズ技術の開発は、今後とも迅速に支援する体制を引き続き維持していただくことが、国家戦略にとっても重要なことだと思います。【C委員】

UFBを今後、種々な物理化学環境下で使用する際、気泡径、数密度だけでなく、寿命（溶存時間）やUFBの存在する溶媒の物性（pH、導電率、汚れ等）との相関の解明およびUFBの効果については、物理的視点だけでなく化学的視点からの考察や検証もエビデンスとして必要になると思われる。

殺菌技術のように医療や農水産分野に応用する場合に、医薬やバイオ領域との研究開発のオーバーラッピングも必要と考える。

また、いずれの技術でもエビデンスとして信頼できる定量評価とその積極的な公表が波及拡大のための重要因子になるものとする。

事業規模にあたっては、他の技術の代替ではなく、UFBしかできない応用の視点から評価すべきである。【F委員】

FBに関する研究事業は、FBが日本で生まれ育ってきた科学技術で、応用に関して大きな可能性を秘めており、各種の基盤研究や応用研究により、各種の事業化やFB技術の普及が期待されてきたところである。しかしながら、従来の研究ではFB研究の基盤となる信頼性の高いFB測定法など研究開発の進展に不可欠ないろいろなことが確立されていなかった。

そうした中、本研究事業では、FBの様々な機能や効果のメカニズム解析に必要な基盤技術としてFB密度制御法、クリーンUFB水生成装置、超小型UFB発生法の開発に成功したことは、今後の応用研究にとって大きな基盤となるものとする。

一方で、FBの国際標準化が進むことによってFB技術が日本生まれの国際貢献をもたらす技術として評価されるものとする。

こうした新しい先端研究を基盤とする科学技術の応用は、従来の手法ではできない問題の解決や改善に向けられるべきと思われる。すなわち、先端的FB技術の適用対象や場を選定し、チャレンジしていくことが望まれる。例えば、殺菌技術に関しては各種ウイルスの不活化や可能であればプリオンの不活化試験にチャレンジすべきであろう。また、医療分野の応用としてカテーテルや硬性内視鏡など従来の消毒剤や技術では解決のできていない極細な管路内消毒への適用にチャレンジすべきと思われる。

さらには、宇宙船内での活用なども視野に入れた事業化研究が望まれる。【D委員】

FB技術の標準化すべき技術目標を具体的に示すべきである。標準化推進に耐えうるデータベースの蓄積も未だに乏しいと考えられるため、FBの基礎学理をさらに深化させるべきであろう。

また、個別要素技術がどのように関連し、全体としてどのようなFB技術標準化に貢献したのかを明確に示すべきであろう。

さらに、単年度事業としては実施項目が多岐に亘っており、各要素技術の拠り所となる基礎学理の深化へのベクトルが弱いこと、全く新たな展開が見込めないことは問題がある。【A委員】

第4章 評点法による評点結果

第4章 評点法による評点結果

「ファインバブル基盤技術研究開発事業」に係るプロジェクト評価の実施に併せて、以下に基づき、本評価検討会委員による「評点法による評価」を実施した。その結果は「3. 評点結果」のとおりである。

1. 趣 旨

評点法による評価については、産業技術審議会評価部会の下で平成 11 年度に評価を行った研究開発事業（39 プロジェクト）について「試行」を行い、本格的導入の是非について評価部会において検討を行ってきたところである。その結果、第 9 回評価部会（平成 12 年 5 月 12 日開催）において、評価手法としての評点法について、

(1) 数値での提示は評価結果の全体的傾向の把握に有効である、

(2) 個々のプロジェクト毎に評価者は異なっても相対評価はある程度可能である、との判断がなされ、これを受けて今後のプロジェクト評価において評点法による評価を行っていくことが確認されている。

これらを踏まえ、プロジェクトの中間・事後評価においては、

(1) 評価結果をできる限りわかりやすく提示すること、

(2) プロジェクト間の相対評価がある程度可能となるようにすること、

を目的として、評価委員全員による評点法による評価を実施することとする。

本評点法は、各評価委員の概括的な判断に基づき点数による評価を行うもので、評価報告書を取りまとめる際の議論の参考に供するとともに、それ自体評価報告書を補足する資料とする。また、評点法は研究開発制度評価にも活用する。

2. 評価方法

- ・各項目ごとに 4 段階（A（優）、B（良）、C（可）、D（不可）〈a, b, c, d も同様〉）で評価する。
- ・4 段階はそれぞれ、A (a) = 3 点、B (b) = 2 点、C (c) = 1 点、D (d) = 0 点に該当する。
- ・評価シートの記入に際しては、評価シートの《判定基準》に示された基準を参照し、該当と思われる段階に○を付ける。
- ・大項目（A, B, C, D）及び小項目（a, b, c, d）は、それぞれ別に評点を付ける。
- ・総合評価は、各項目の評点とは別に、プロジェクト全体に総合点を付ける。

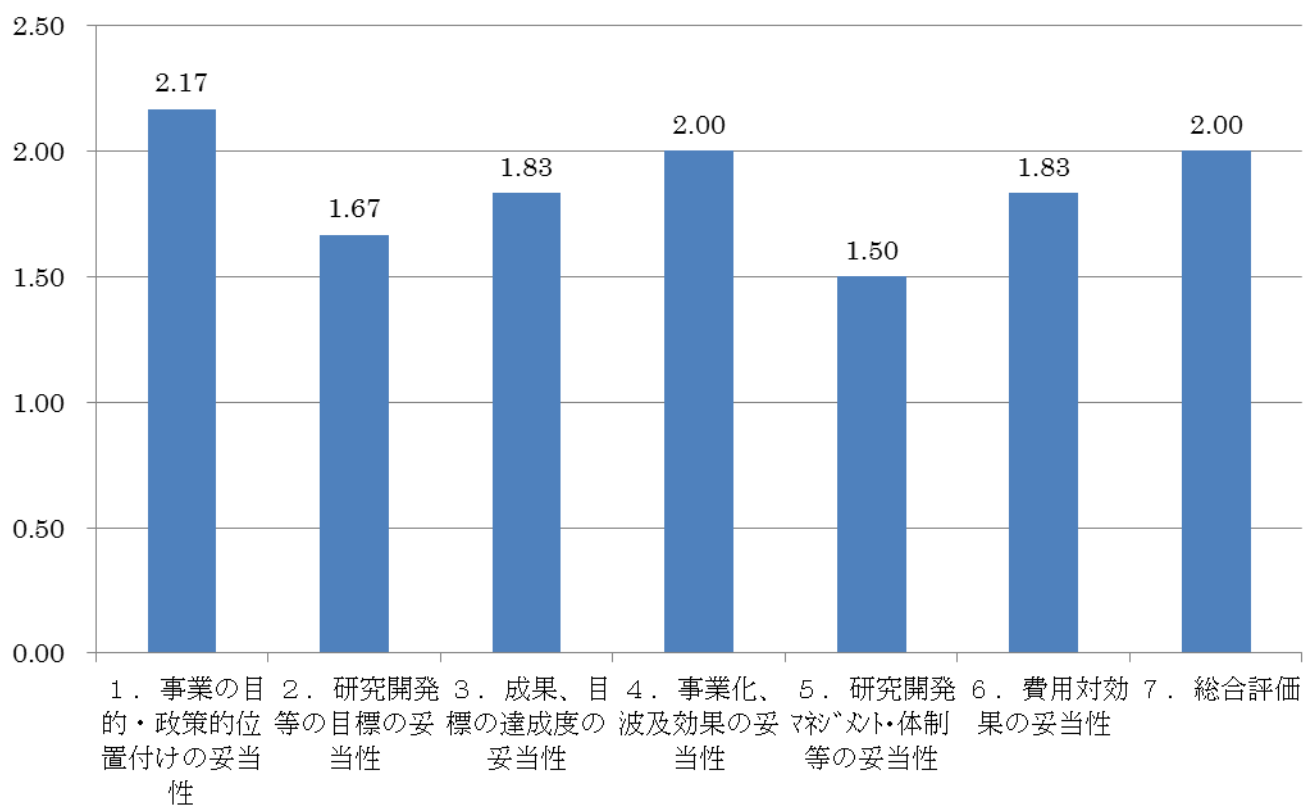
3. 評点結果

評点法による評点結果

(ファインバブル基盤技術研究開発事業)

	評点	A 委員	B 委員	C 委員	D 委員	E 委員	F 委員
1. 事業の目的・政策的位置付けの妥当性	2.17	2	2	3	2	2	2
2. 研究開発等の目標の妥当性	1.67	1	2	2	2	2	1
3. 成果、目標の達成度の妥当性	1.83	2	2	2	2	2	1
4. 事業化、波及効果の妥当性	2.00	2	2	3	2	1	2
5. 研究開発マネジメント・体制等の妥当性	1.50	1	2	2	1	2	1
6. 費用対効果の妥当性	1.83	1	2	3	2	1	2
7. 総合評価	2.00	1	2	3	2	2	2

評点



第5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

第5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。

(研究開発内容及び事業アウトプットの妥当性)

・事業のP D C Aを徹底するため、当初5年間の事業目標の妥当性、1年間の事業の達成度合い、及び1年間で終了した理由を明確化し、1年間の成果の評価をまとめること。

(事業アウトカム達成に至までのロードマップの妥当性)

・TRLを高めるための技術開発、標準化に向けた調査、及び国内外市場への展開のための事業化支援等、ファインバブルに係る今後の施策をまとめること。

対処方針

指摘を踏まえて、研究開発内容及び事業アウトプットの妥当性、ロードマップの妥当性について整理し、平成28年3月10日の評価ワーキンググループにおいて、再度説明する。

經濟產業省技術評価指針

平成 2 6 年 4 月

目次	1
経済産業省技術評価指針の位置付け	2
I. 評価の基本的考え方	6
1. 評価目的	6
2. 評価の基本理念	6
3. 指針の適用範囲	7
4. 評価の類型・階層構造及びリンクージ	7
5. 評価方法等	8
6. 評価結果の取扱い等	9
7. 評価システムの不断の見直し	9
8. 評価体制の充実	9
9. 評価者（外部有識者）データベースの整備	9
10. 評価における留意事項	10
II. 評価の類型と実施方法	12
1. 研究開発プログラムの評価	12
1-1. 複数の研究開発課題によって構成されるプログラムの評価	12
(1) 事前評価	12
(2) 中間評価	12
(3) 終了時評価	13
1-2. 競争的資金制度等の研究資金制度プログラムの評価	14
(1) 事前評価	14
(2) 中間評価	14
(3) 終了時評価	15
2. 研究開発課題（プロジェクト）の評価	16
(1) 事前評価	16
(2) 中間評価	16
(3) 終了時評価	17
3. 追跡調査・追跡評価	18
3-1. 追跡調査	18
3-2. 追跡評価	18

経済産業省技術評価指針の位置付け

経済産業省技術評価指針（以下、「本指針」という。）は、経済産業省が、経済産業省における研究開発プログラム及び研究開発課題（以下、「研究開発プログラム・課題」という。）の評価を行うに当たって配慮しなければならない事項を取りまとめたものである。

本指針は、「産業技術力強化法」（平成12年法律第44号）第10条の規定、「科学技術基本計画」（平成23年8月閣議決定）、「研究開発システムの改革の推進等による研究開発能力の強化及び研究開発等の効率的推進等に関する法律」（平成20年法律第63号）第34条の規定及び「国の研究開発評価に関する大綱的指針」（平成24年12月内閣総理大臣決定）（以下、「大綱的指針」という。）に沿った適切な評価を遂行するための方針を示す。

同時に、「行政機関が行う政策の評価に関する法律」（平成13年法律第86号）（以下、「政策評価法」という。）に基づく「経済産業省政策評価基本計画」（以下、「政策評価基本計画」という。）に沿った、経済産業省政策評価のうち研究開発に関する部分の実施要領としての性格を持つ。したがって、研究開発プログラム・課題についての評価の結果は、政策評価基本計画に基づき実施される事前評価及び事後評価に適切に反映・活用を図る。

技術評価は、政策評価法上要請される評価を含め政策評価の一環としての位置付けを有することから、本指針は、研究開発プログラム・課題の成果や実績等を厳正に評価し、それを後の研究開発プログラム・課題の企画立案等に反映させる政策サイクルの一環としての評価の在り方について定めるものである。

ただし、研究開発プログラム・課題に係る評価は、研究開発の内容や性格、実施体制等の態様に応じた評価方法に拠るべきであるとともに、評価の厳正さと効率性を両立するためには、評価をとりまく様々な状況に応じた臨機応変な評価手順を設定する必要がある。さらに、評価手法は日進月歩であり、今後よりよい評価手法が提案されることも十分考えられる。したがって、本指針では共通的なルール及び配慮事項を取り上げることとし、より詳細な実施のプロトコルは評価マニュアルの作成等により記述することで、機動的な実施を図ることとする。

当省研究開発機関が自ら実施する評価をその機関の自己改革の契機とするような自律的なシステムの構築に努め、研究開発を実施する当省研究開発機関が、大綱的指針及び本指針に沿って、研究開発評価の実施に関する事項について、明確なルールを定め、研究開発評価の実施及び評価結果の活用が適切かつ責任を持って行うよう、所管官庁としての責務を果たすものとする。

◎本指針における用語については、次に定めるところによる。

- ・研究開発プログラム： 「上位施策の目標達成に向けて複数の研究開発課題を含む各手段を組み立てた計画や手順に基づく取組」及び「上位施策目標との関連性を明確にし、検証可能な目標を設定した研究資金制度」をいう。

(注1)「政策評価の実施に関するガイドライン」(平成17年12月16日政策評価各府省連絡会議了承。以下「政評ガイドライン」という。)においては、各行政機関が所掌する政策を、「政策(狭義)」、「施策」及び「事務事業」の三階層に区分整理するところであり、その定義は次のとおり。

- ・政策(狭義)： 特定の行政課題に対応するための基本的な方針の実現を目的とする行政活動の大きなまとまり。
- ・施策： 上記の「基本的な方針」に基づく具体的な方針の実現を目的とする行政活動のまとまりであり、「政策(狭義)」を実現するための具体的な方策や対策ととらえられるもの。
- ・事務事業： 上記の「具体的な方策や対策」を具現化するための個々の行政手段としての事務及び事業であり、行政活動の基礎的な単位となるもの。

(注2)第4期科学技術基本計画においては、研究開発の政策体系は、「政策」、「施策」、「プログラム・制度」及び「研究開発課題」の四階層に区分整理するところである。政評ガイドラインとの関係では、当該「プログラム・制度」及び「研究開発課題」は、ともに政評ガイドラインにおける「事務事業」に該当するものと整理されているところである。

- ・研究開発課題(プロジェクト)： 具体的に研究開発を行う個別の実施単位であり、当省が定めた明確な目的や目標に沿って実施されるものをいう。

なお、大綱的指針においては、競争的資金制度等の「研究資金制度」における個々の採択課題も「研究開発課題」と称呼されているところであるが、本指針においては、混同を避けるため、当該各採択課題は「研究課題」と称呼するものとする。

- ・研究資金制度： 資金を配分する主体が研究課題を募り、提案された中から採択した研究課題に研究開発資金を配分する制度をいう。競争的資金制度は、これに含まれる。

なお、「上位施策目標との関連性を明確にし、検証可能な目標を設定した研究資金制度(以下、「研究資金制度プログラム」という)」については、大綱的指針における整理に従い、本指針においても「研究開発プログラム」の一つとして取り扱うものとする。

- ・競争的資金制度： 資金を配分する主体が、広く一般の研究者(研究開発に従事している者又はそれらの者から構成されるグループをいう)、企業等又は特定の研究者、企業等を対象に、特定の研究開発領域を定め、又は特定の研究開発領域を定めずに研究課題を募り、研究者、企業等か

ら提案された研究課題の中から、当該課題が属する分野の専門家（当該分野での研究開発に従事した経験を有する者をいう。）を含む複数の者による、研究開発の着想の独創性、研究開発成果の先導性、研究開発手法の斬新性その他の科学的・技術評価又は経済的・社会的評価に基づき研究課題を採択し、当該研究課題の研究開発を実施する研究者等又は研究者等が属する組織若しくは企業等に研究開発資金を配分する制度をいう。

- ・当省研究開発機関： 国からの出資、補助等の交付を受けて研究開発を実施し、又は研究開発の運営管理を行う機関のうち、当省所管の独立行政法人をいう。
- ・政策評価書： 本指針において用いる「政策評価書」とは経済産業省政策評価実施要領を踏まえた評価書をいう。
- ・政策サイクル： 政策の企画立案・実施・評価・改善（plan-do-check-action）の循環過程をいう。
- ・評価システム： 評価目的、評価時期、評価対象、評価方法等、評価に係るあらゆる概念、要素を包含した制度、体制の全体をいう。
- ・推進課： 研究開発プログラム・課題を推進する課室（研究開発担当課室）をいう。
- ・主管課： 研究開発プログラム・課題の企画立案を主管する課室及び予算等の要求事項を主管する課室をいう。
- ・査定課： 予算等の査定を行う課室（大臣官房会計課、資源エネルギー庁総合政策課等）をいう。
- ・有識者： 評価対象となる研究開発プログラム・課題について知見を有する者及び研究開発成果の経済的・社会的意義につき評価できる者（マスコミ、ユーザ、人文・社会学者、投資家等）をいう。
- ・外部評価者： 経済産業省に属さない外部の有識者であって、評価対象となる研究開発プログラム・課題の推進に携わっていない者をいう。
- ・外部評価： 外部評価者による評価をいい、評価コメントのとりまとめ方法としてパネルレビュー（評価者からなる委員会を設置（インターネット等を利用した電子会議を含む。）して評価を行う形態）による場合とメールレビュー（評価者に対して郵便・FAX・電子メール等の手段を利用して情報を提供し、評価を行う形態）による場合とがある。
- ・評価事務局： 研究開発プログラム・課題の評価の事務局となる部署をいい、評価者の行う評価

の取りまとめ責任を負う。

- ・ 評価者： 評価の責任主体をいい、パネルレビューによる場合には外部評価者からなる委員会が責任主体となり、メールレビューによる場合には、各外部評価者がそれぞれ責任主体となる。また、評価の結果を踏まえて、資源配分の停止や変更、研究開発プログラム・課題の内容の変更に責任を有するのは研究開発プログラム・課題の推進課及び主管課である。
- ・ 終了時評価： 事業終了時に行う評価であり、事業が終了する前の適切な時期に行う終了前評価と事業の終了直後に行う事後評価がある。
- ・ アウトプット指標： 成果の現象的又は形式的側面であり、主として定量的に評価できる、活動した結果の水準を測る指標をいう。
- ・ アウトカム指標： 成果の本質的又は内容的側面であり、活動の意図した結果として、定量的又は定性的に評価できる、目標の達成度を測る指標をいう。

I. 評価の基本的考え方

1. 評価目的

(1) より良い政策・施策への反映

評価を適切かつ公正に行うことにより、研究者の創造性が十分に発揮されるような、柔軟かつ競争的で開かれた研究開発環境の創出など、より良い政策・施策の形成等につなげること。

(2) より効率的・効果的な研究開発の実施

評価を支援的に行うことにより、研究開発の前進や質の向上、独創的で有望な優れた研究開発や研究者の発掘、研究者の意欲の向上を促すことにより、研究開発を効果的・効率的に推進すること。

(3) 国民への技術に関する施策・事業の開示

高度かつ専門的な内容を含む研究開発プログラム・課題の意義や内容について、一般国民にわかりやすく開示すること。

(4) 資源の重点的・効率的配分への反映

評価の結果を研究開発プログラム・課題の継続、拡大・縮小・中止など資源の配分へ反映させることにより資源の重点化及び効率化を促進すること。

また、評価の結果に基づく適切な資源配分等を通じて、研究開発を次の段階に連続してつなげることなどにより、その成果の利用、活用に至るまでの一体的、総合的な取組を推進し、研究開発成果の国民・社会への還元効率化・迅速化に資すること。

2. 評価の基本理念

評価の実施に当たっては、以下の考え方を基本理念とする。

(1) 透明性の確保

推進課、主管課及び当省研究開発機関は、積極的に研究開発成果を公開し、その内容について広く有識者等の意見を聴くこと。評価事務局においては、透明で公正な評価システムの形成、定着を図るため、評価手続、評価項目・評価基準を含めた評価システム全般についてあらかじめ明確に定め、これを公開することにより、評価システム自体を誰にも分かるものとするとともに、評価結果のみならず評価の過程についても可能な限り公開すること。

(2) 中立性の確保

評価を行う場合には、被評価者に直接利害を有しない中立的な者による外部評価の導入等により、中立性の確保に努めること。

(3) 継続性の確保

研究開発プログラム・課題においては、個々の評価がそれ自体意義を持つだけでなく、評価とそれを反映した研究開発プログラム・課題の推進というプロセスを繰り返していく時系列のつながりにも意義がある。したがって、推進課及び主管課にとって評価結果を後の研究開発プログラム・課題の企画立案等に反映させる際に有用な知見を抽出し、継続性のある評価方法で評価を行うこと。

(4) 実効性の確保

政策目的に照らし、効果的な研究開発プログラム・課題が行われているか判断するための効率的評価が行われるよう、明確で実効性のある評価システムを確立・維持するとともに、研究開発プログラム・課題の運営に支障が生じたり、評価者及び被評価者双方に過重な負担をかけることのない費用対効果の高い評価を行うこと。

3. 指針の適用範囲

(1) 本指針においては、多面的・階層的な評価を行う観点から、経済産業省における研究開発プログラム・課題を基本的な評価対象とする。

(2) 国費（当省予算）の支出を受けて研究開発プログラム・課題を実施する当省研究開発機関、民間企業、大学・公設試験研究機関等について、当該研究開発プログラム・課題の評価の際に、これら機関における当該研究開発プログラム・課題に係る研究開発実施体制・運営面等に関し、国費の効果的・効率的執行を確保する観点から、必要な範囲で評価を行う。

(3) 上記(1)及び(2)の規定にかかわらず、当省研究開発機関が運営費交付金により自ら実施し、又は運営管理する研究開発プログラム・課題については、独立行政法人通則法（平成11年法律第103号）及び大綱的指針に基づいて実施されるものであることから、原則として本指針による評価の対象としない。その他、公的第三者機関において技術的事項も含めて事業内容の評価検討等がなされることとなった研究開発プログラム・課題についても、原則として本指針による評価の対象としない。

(4) 評価の種類としては、この他に当省研究開発機関における研究者等の業績の評価が存在するが、これは当該機関の長が評価のためのルールを整備した上で、責任を持って実施することが基本であり、本指針による評価の対象としない。

4. 評価の類型・階層構造及びリンクージ

(1) 実施時期による類型

評価はその実施時期により、事前評価、中間評価、終了時評価及び追跡評価に類型化される。

(2) 評価の階層構造及び施策階層における評価

経済産業省における技術評価は、「研究開発プログラム」階層又は「研究開発課題」階層における評価を基本とするが、政策効果をあげるために特に必要があると認められるときには、「施策」階層において、関連する複数の研究開発プログラム・課題が有機的に連携をとって体系的に政策効果をあげているかを評価することとする。当該「施策（階層における）評価」は、それを構成する研究開発プログラム又は研究開発課題における評価結果を活用し、研究開発プログラムの評価に準じて実施するものとする。

(3) 実施時期による評価のリンケージ

中間評価、終了時評価は、研究開発プログラム・課題の達成状況や社会経済情勢の変化を判断し、計画の見直しや後継事業への展開等の是非を判断するものである。また、事前評価での予想が実際にどのような結果となったか、予算措置は妥当であったか等を確認することにより、事前評価の方法を検証し得るものである。したがって、中間評価、終了時評価の結果をその後の産業技術政策・戦略の企画立案や、より効果的な事前評価の評価手法の確立に反映させるよう努めるものとする。

5. 評価方法等

厳正な評価を行うためには、評価方法、評価項目等に客観性を持たせることが必要であることから、本指針をはじめ評価実施に係る諸規程等を整備の上、公開するものとする。

技術評価室は本指針を踏まえ、評価マニュアル等を策定するとともに、円滑な評価の実施のための指導及び評価システムの維持管理を行う。

(1) 事業原簿

研究開発プログラム・課題の基本実施計画書、政策評価書等をもって事業原簿とする。推進課又は主管課は、事業原簿を作成・改定した場合は、速やかにその写しを技術評価室へ提出する。

(2) 評価項目・評価基準

評価の類型及び研究開発プログラム・課題の態様に応じて標準的な評価項目・評価基準を技術評価室が別に定めることとする。

(3) 評価手法

評価の類型に応じて適切な評価手法を用いるものとする。

(4) 評価の簡略化

評価の実施に当たっては、評価コストや被評価者側の過重な負担を回避するため、研究開発プログラムの評価においては、合理的と考えられる場合には、研究開発課題の評価を省略又は簡略化することができるものとする。また、評価対象となる事業に係る予算額が比較的少額である場合には、評価項目を限定する等の簡略化を行うことができるものとする。

なお、省略及び簡略化の標準的な方法については技術評価室が別に定める。

6. 評価結果の取扱い等

(1) 評価結果の取扱い

評価事務局は、評価終了後速やかに評価書の写しを技術評価室に提出する。技術評価室は全ての評価結果について、これまでに実施された関連調査及び評価の結果、評価の実施状況等を踏まえつつ意見をまとめ、査定課及び政策評価広報課に報告する。

主管課、推進課は、評価結果を踏まえ、必要に応じ、研究開発プログラム・課題の運営見直し・改善等を図るものとする。

(2) 予算査定との関係

査定課は、技術評価室から事前評価、中間評価及び終了前評価の評価書の提出を受けた場合は、技術評価室の意見を踏まえつつ研究開発プログラム・課題の査定等を行う。

(3) 評価結果等の公開の在り方

評価結果及びこれに基づいて講ずる又は講じた措置については、機密の保持が必要な場合を除き、個人情報や企業秘密の保護、知的財産権の取得等に配慮しつつ、一般に公開することとする。

なお、事前評価については、政策立案過程の透明化を図る観点から、評価事務局は予算が経済産業省の案として確定した後に、公開するものとする。

7. 評価システムの不断の見直し

いかなる評価システムにおいても、評価は評価者の主観的判断によってなされるものであり、その限りにおいては、完璧な客観性、公平性を求めることは困難である。したがって、評価作業が終了するごとにその評価方法を点検し、より精度の高いものとしていく努力が必要である。また、本指針については、こうした一連の作業を踏まえ、原則として毎年度見直しの要否を検討する。

8. 評価体制の充実

評価体制の充実を図るため、研究者を評価者として活用するなどにより、評価業務に携わる人材を育成・確保するとともに、評価の実施やそれに必要な調査・分析、評価体制の整備等に要する予算を確保する。

9. 評価者（外部有識者）データベースの整備

技術評価室は、国内外の適切な評価者を選任できるようにするため、及び個々の評価において普遍性・信頼性の高い評価を実現するため、研究開発プログラム・課題に係る外部有識者（評価者）データベースを整備する。

10. 評価における留意事項

(1) 評価者と被評価者との対等性

① 評価者と被評価者との関係

評価作業を効果的に機能させるためには、評価者と被評価者の双方が積極的にその知見と情報を提供し合うという協調的関係と、評価者もその評価能力を評価されるという意味で、評価者と被評価者とが相互に相手进行评估するという緊張関係を構築し、この中で、討論を行い、評価を確定していく必要がある。この際、評価者は、不十分な成果等を被評価者が自ら進んで提示しない事実があるかどうかを見極める能力が要求される。一方、被評価者は、評価対象の研究開発プログラム・課題の位置付けを明確に認識するとともに、評価結果を正確に理解し、確実にその後の研究開発プログラム・課題の創設、運営等に反映させていくものとする。

② 評価者に係る留意事項

研究開発成果を、イノベーションを通じて国民・社会に迅速に還元していく観点から、産業界の専門家等を積極的に評価者に選任する。

③ 被評価者に係る留意事項

被評価者は、評価を事業の質をより高めるものとして積極的に捉え、評価は評価者と被評価者の双方の共同作業であるとの認識の下、真摯な対応を図ることが必要である。

(2) 評価の不確実性

評価時点では見通し得なかった技術、社会情勢の変化が将来的に発生し得るという点で評価作業は常に不確実性を伴うものである。したがって、評価者は評価の精度の向上には、必然的に限界があることを認識した上で、評価時点で最良と考えられる評価手法をとるよう努めることが必要である。かかる観点からは、厳正さを追求するあまりネガティブな面のみを過度に減点法で評価を行うこととなると、将来大きな発展をもたらす技術を阻害するおそれがある点にも留意する必要がある。また、成果に係る評価において、目標の達成度合いを評価の判定基準にすることが原則であるが、併せて、副次的成果等、次につながる成果を幅広い視野からとらえる。

(3) その他の留意事項

① 評価人材としての研究者の活用

研究者には、研究開発の発展を図る上で専門的見地からの評価が重要な役割を果たすものであることから、評価者としての評価への積極的参加が求められる。一方、特定の研究者に評価実施の依頼が集中する場合には、評価への参加が大きな負担となり、また、評価者となる幅広い人材の養成確保にもつながらないことから、海外の研究者や若手研究者も評価者として積極的に参加させることなどにより評価者確保の対象について裾野の拡大を図るよう努める。

② 所期の成果を上げられなかった研究開発

研究開発は必ずしも成功するとは限らず、また、失敗から貴重な教訓が得られることもある。したがって、失敗した場合には、まずその原因を究明し、今後の研究開発にこれを活かすことが重要であり、成果を上げられなかったことをもって短絡的に従事した研究者や組織、機関を否定的に評価すべきものではない。また、評価が野心的な研究開発の実施の阻害要因とならないよう留意しなければならない。

③ アウトプット指標及びアウトカム指標の活用等

評価の客観性を確保する観点から、アウトプット指標やアウトカム指標による評価手法を用いるよう努める。ただし、論文の被引用度数、特許の申請状況等による成果の定量的評価は一定の客観性を有するが、研究開発プログラム・課題においては研究分野や内容により、その意味は大きく異なり得るものであり、必ずしも研究開発成果の価値を一義的に表すものではない。したがって、これらを参考資料として有効に活用しつつも、偏重しないよう留意すべきである。

④ 評価結果の制度間での相互活用

研究開発をその評価の結果に基づく適切な資源配分等を通じて次の段階の研究開発に連続してつなげるなどの観点から、関係府省、研究開発機関及び制度を越えて相互活用するよう努める。

⑤ 自己点検の活用

評価への被評価者等の主体的な取組を促進し、また、評価の効率的な実施を推進するため、推進課及び主管課は、自ら研究開発プログラム・課題の計画段階において具体的かつ明確な目標とその達成状況の判定基準等を明示し、研究開発プログラム・課題の開始後には目標の達成状況、今後の発展見込み等の自己点検を行い、評価者はその内容の確認などを行うことにより評価を行う。

⑥ 評価の国際的な水準の向上

研究開発の国際化への対応に伴い、評価者として海外の専門家を参加させる、評価項目に国際的なベンチマーク等を積極的に取り入れるなど評価に関して、実施体制や実施方法などの全般にわたり、評価が国際的にも高い水準で実施されるよう取り組む。

Ⅱ. 評価の種類と実施方法

1. 研究開発プログラムの評価

1-1. 複数の研究開発課題によって構成される研究開発プログラム（以下「複数課題プログラム」）の評価

(1) 事前評価

① 評価者

外部評価者

② 被評価者

推進課及び主管課

③ 評価事務局

推進課及び主管課。ただし、必要に応じて技術評価室が行うこともできる。

④ 評価手法

外部評価を行う。

⑤ 評価項目・評価基準

技術評価室が定める標準的な評価項目・評価基準又は評価者が定めるものとする。

⑥ 実施時期

「複数課題プログラム」の創設時（プログラム構成要素として最初に実施する「研究開発課題（プロジェクト）」の初年度予算要求時）に、当該プログラム全体に係る「事前評価」を実施する。

これに加え、既に実施中の複数課題プログラムにおいて、新たな「研究開発課題」を実施する前（初年度予算要求時）に、当該研究開発課題に係る「事前評価」を実施するものとする。

(2) 中間評価

① 評価者

外部評価者

② 被評価者

推進課及び主管課

③ 評価事務局

推進課及び主管課。ただし、必要に応じて技術評価室が行うこともできる。

④ 評価手法

外部評価を行う。

⑤ 評価項目・評価基準

技術評価室が定める標準的な評価項目・評価基準又は評価者が定めるものとする。

⑥ 実施時期

複数課題プログラムを構成する各「研究開発課題」が終了する各年度中に、当該プログラム全体に係る中間評価を実施する。(ただし、当該研究開発課題の終了をもって複数課題プログラム全体が終了する場合にあっては、当該プログラム全体の終了時評価(終了前評価又は事後評価)を行うものとし、前記中間評価は実施しない。)

なお、複数課題プログラムを構成する一の「研究開発課題」の実施期間が5年以上である場合にあっては、必要に応じ、上記中間評価の実施に加え、当該研究開発課題事業の開始から3年程度ごとを目安として、当該プログラム全体に係る中間評価を行うものとする。

(3) 終了時評価

① 評価者

外部評価者

② 被評価者

推進課及び主管課

③ 評価事務局

推進課及び主管課。ただし、必要に応じて技術評価室が行うこともできる。

④ 評価手法

外部評価を行う。

⑤ 評価項目・評価基準

技術評価室が定める標準的な評価項目・評価基準又は評価者が定めるものとする。

⑥ 実施時期

複数課題プログラム全体の終了時に実施する。

ただし、当該プログラムの成果を切れ目なく次の研究開発プログラム等につなげていく場合には、当該プログラムが終了する前の適切な時期に終了時評価(終了前評価)を行うこととし、その他の場合には、当該プログラムの終了直後に終了時評価(事後評価)を行うものとする。

1－2．競争的資金制度等の研究資金制度プログラムの評価

(1) 事前評価

- ① 評価者
外部評価者
- ② 被評価者
推進課及び主管課
- ③ 評価事務局
推進課及び主管課。ただし、必要に応じて技術評価室が行うこともできる。
- ④ 評価手法
外部評価を行う。
- ⑤ 評価項目・評価基準
技術評価室が定める標準的な評価項目・評価基準又は評価者が定めるものとする。
- ⑥ 実施時期
新規の研究資金制度プログラムの創設時（初年度予算要求時）に行う。

(2) 中間評価

- ① 評価者
外部評価者
- ② 被評価者
推進課及び主管課
- ③ 評価事務局
推進課及び主管課。ただし、必要に応じて技術評価室が行うこともできる。
- ④ 評価手法
外部評価を行う。
- ⑤ 評価項目・評価基準
技術評価室が定める標準的な評価項目・評価基準又は評価者が定めるものとする。
- ⑥ 実施時期
実施期間が5年以上の研究資金制度プログラム又は実施期間の定めのない研究資金制度プログラムについて、3年程度ごとに行う。

(3) 終了時評価

① 評価者

外部評価者

② 被評価者

推進課及び主管課

③ 評価事務局

推進課及び主管課。ただし、必要に応じて技術評価室が行うこともできる。

④ 評価手法

外部評価を行う。

⑤ 評価項目・評価基準

技術評価室が定める標準的な評価項目・評価基準又は評価者が定めるものとする。

⑥ 実施時期

研究資金制度プログラムの終了時に実施する。

ただし、当該研究資金制度プログラムの成果を切れ目なく次の研究資金制度プログラム等につなげていく場合には、当該研究資金制度プログラムが終了する前の適切な時期に終了時評価（終了前評価）を行うこととし、その他の場合には、当該研究資金制度プログラム終了直後に終了時評価（事後評価）を行うものとする。

2. 研究開発課題（プロジェクト）の評価

(1) 事前評価

- ① 評価者
外部評価者
- ② 被評価者
推進課及び主管課
- ③ 評価事務局
推進課及び主管課。ただし、必要に応じて技術評価室が行うこともできる。
- ④ 評価手法
外部評価を行う。
- ⑤ 評価項目・評価基準
技術評価室が定める標準的な評価項目・評価基準又は評価者が定めるものとする。
- ⑥ 実施時期
新規の研究開発課題（プロジェクト）の創設時（初年度予算要求時）に行う。

(2) 中間評価

- ① 評価者
外部評価者
- ② 被評価者
推進課及び主管課
- ③ 評価事務局
推進課及び主管課。ただし、必要に応じて技術評価室が行うこともできる。
- ④ 評価手法
外部評価を行う。
- ⑤ 評価項目・評価基準
技術評価室が定める標準的な評価項目・評価基準又は評価者が定めるものとする。
- ⑥ 実施時期
実施期間が5年以上の研究開発課題（プロジェクト）又は実施期間の定めのない研究開発課題（プロジェクト）について、3年程度ごとに行う。

(3) 終了時評価

① 評価者

外部評価者

② 被評価者

推進課及び主管課

③ 評価事務局

推進課及び主管課。ただし、必要に応じて技術評価室が行うこともできる。

④ 評価手法

外部評価を行う。

⑤ 評価項目・評価基準

技術評価室が定める標準的な評価項目・評価基準又は評価者が定めるものとする。

⑥ 実施時期

研究開発課題（プロジェクト）の終了時に実施する。

ただし、当該研究開発課題（プロジェクト）の成果を切れ目なく次の研究開発課題（プロジェクト）等につなげていく場合には、当該研究開発課題（プロジェクト）が終了する前の適切な時期に終了時評価（終了前評価）を行うこととし、その他の場合には、当該研究開発課題（プロジェクト）終了直後に終了時評価（事後評価）を行うものとする。

3. 追跡調査・追跡評価

3-1. 追跡調査

終了した研究開発プログラム・課題を対象として、終了後数年間にわたり、その研究開発活動や研究開発成果が産業、社会に及ぼした効果等について調査を行う。

3-2. 追跡評価

終了して数年経った国費（当省予算）投入額の大きな研究開発プログラム・課題を対象として、その研究開発活動や研究開発成果が産業、社会に及ぼした効果等について外部評価を行う。

(1) 評価者

外部評価者

(2) 被評価者

評価対象となる研究開発プログラム・課題に携わった推進課及び主管課

(3) 評価事務局

推進課及び主管課。ただし、必要に応じて技術評価室が行うこともできる。

(4) 評価手続・評価手法

過去の事業原簿等の文献データ、関連部署・機関及びその他関係者等からの聞き取り調査等による情報を基にパネルレビュー又は第三者機関への委託による外部評価を行う。

(5) 評価項目・評価基準

技術評価室が定める標準的な評価項目・評価基準又は評価者が定めるものとする。

(6) 実施時期

研究開発プログラム・課題終了後、成果の産業社会への波及が見極められる時点とする。

経済産業省技術評価指針に基づく
標準的評価項目・評価基準

平成27年4月

経済産業省産業技術環境局

技術評価室

目次

	ページ
はじめに	1
I. 研究開発プログラム(複数課題プログラム、研究資金制度プログラム) の評価項目・評価基準	3
I-1. 複数課題プログラムの評価項目・評価基準	3
I-1-1(1) 事前評価	3
I-1-1(2) 中間評価	4
I-1-1(3) 終了時評価	6
I-2. 研究資金制度プログラムの評価項目・評価基準.....	8
I-2-1(1) 事前評価	8
I-2-1(2) 中間評価	9
I-2-1(3) 終了時評価	10
II. 研究開発課題(プロジェクト)の評価項目・評価基準	13
II-1(1) 事前評価	13
II-1(2) 中間評価	14
II-1(3) 終了時評価	16
III. 追跡評価の評価項目・評価基準	18

はじめに

研究開発評価に当たっては、公正性、信頼性さらには実効性の観点から、その対象となる研究開発の特性や評価の目的等に応じて、適切な評価項目・評価基準を設定して実施することが必要である。

本標準的評価項目・評価基準は、経済産業省における技術に関する施策及び技術に関する事業の評価を行うに当たって配慮しなければならない事項を取りまとめたガイドラインである経済産業省技術評価指針に基づき、評価方法、評価項目等に一貫性を持たせるために、標準的なものとして、技術評価室が定めるものである。

用語の解説

本規程における用語については、「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)及び同解説書並びに「経済産業省技術評価指針」(平成26年4月)に従い、次に定めるところによる。

・研究開発プログラム:「上位施策の目標達成に向けて複数の研究開発課題を含む各手段を組み立てた計画や手順に基づく取組」及び「上位施策目標との関連性を明確にし、検証可能な目標を設定した研究資金制度」をいう。

・研究開発課題(プロジェクト):具体的に研究開発を行う個別の実施単位であり、本省が定めた明確な目的や目標に沿って実施されるものをいう。

なお、大綱的指針においては、競争的資金制度等の「研究資金制度」における個々の採択課題も「研究開発課題」と称呼されているところであるが、混同を避けるため、当該各採択課題は「研究課題」と称呼するものとする。

・研究資金制度:資金を配分する主体が研究課題を募り、提案された中から採択した研究課題に研究開発資金を配分する制度をいう。競争的資金制度は、これに含まれる。

なお、「上位施策目標との関連性を明確にし、検証可能な目標を設定した研究資金制度(以下「研究資金制度プログラム」という。)」については、大綱的指針における整理に従い、「研究開発プログラム」の一つとして取り扱うものとする。

・競争的資金制度:資金を配分する主体が、広く一般の研究者(研究開発に従事している者又はそれらの者から構成されるグループをいう。)、企業等又は特定の研究者、企業等を対象に、特定の研究開発領域を定め、又は特定の研究開発領域を定めずに研究課題を募り、研究者、企業等から提案された研究課題の中から、当該課題が属する分野の専門家(当該分野での研究開発に従事した経験を有する者をいう。)を含む複数の者による、研究開発の着想の独創性、研究開発成果の先導性、研究開発手法の斬新性その他の科学的・技術評価又は経済的・社会的評価に基づき研究課題を採択し、当該研究課題の研究開発を実施する研究者等又は研究者等が属する組織若しくは企業等に研究開発資金を配分する制度をいう。

(注1)「政策評価の実施に関するガイドライン」(平成17年12月16日政策評価各府省連絡会議了承。以下「政評ガイドライン」という。)においては、各行政機関が所掌する政策を、「政策(狭義)」、「施策」及び「事務事業」の三階層に区分整理するところであり、その定義は次のとおり。

・政策(狭義):特定の行政課題に対応するための基本的な方針の実現を目的とする行政活動の大きなまとまり。

・施策:上記の「基本的な方針」に基づく具体的な方針の実現を目的とする行政活動のまとまりであり、「政策(狭義)」を実現するための具体的な方策や対策ととらえられるもの。

・事務事業:上記の「具体的な方策や対策」を具現化するための個々の行政手段としての事務及び事業であり、行政活動の基礎的な単位となるもの。

(注2)第4期科学技術基本計画においては、研究開発の政策体系は、「政策」、「施策」、「プログラム・制度」及び「研究開発課題」の四階層に区分整理するところである。政評ガイドラインとの関係では、当該「プログラム・制度」及び「研究開発課題」は、ともに政評ガイドラインにおける「事務事業」に該当するものと整理されている。

I. 研究開発プログラム(複数課題プログラム、研究資金制度プログラム)の評価項目・評価基準

I-1. 複数課題プログラムの評価項目・評価基準

研究開発プログラム(複数課題プログラム)の評価については、以下によるものの他、当該プログラムの構成要素である個別の研究開発課題の評価については、「II. 研究開発課題(プロジェクト)の評価項目・評価基準」によるものとする。

I-1-1(1) 事前評価

【事前評価項目1】	事業アウトカムの妥当性
事前評価基準1-1	複数課題プログラムの目的を踏まえた事業アウトカム(指標及び目標値)が明確であり妥当であること。
	(注)事業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が優れていること。 当該複数課題プログラムの事業アウトカムと関連性のある省内外の事業と重複がなく、適切に連携等が取れていること。 事業アウトカムを踏まえ、次年度以降に技術開発を実施することが合理的であること。
	(注)市場規模・シェア、エネルギー・CO2削減量などの事業アウトカムを計測できる定量的な指標が設定されるとともに、目標値及び達成時期が適切に設定されていること。

【事前評価項目2】	複数課題プログラムの内容及び事業アウトプットの妥当性
事前評価基準2-1	複数課題プログラムの内容が明確かつ妥当であること。
	(注)当該複数課題プログラムを構成する個々の事業それぞれの研究開発要素が明確であること。 国内外他者において実施されている類似の研究開発や競合する研究開発等の現状が把握されており、本事業によって、技術的優位性(特許取得等)及び経済的優位性(上市・製品化、市場規模・シェア等)を確保できるものであること。
事前評価基準2-2	事業アウトプット指標及び目標値が明確かつ妥当であること。
	(注)中間評価時点及び終了評価時点において、複数課題プログラムの進捗状況を客観的に評価検証し得る、定量的な事業アウトプット指標が提示されるとともに、目標値が適切に設定されていること。

【事前評価項目3】	当省(国)が実施することの必要性
事前評価基準3	次の①から⑤のいずれかを満たすものであるなど、当省(国)において、当該複数課題プログラムを実施することが必要であることが明確であること。 ①多額の研究開発費、長期にわたる研究開発期間、高い技術的難度等から、民間企業のみでは十分な研究開発が実施されない場合。 ②環境問題への先進的対応等、民間企業には市場原理に基づく研究開発実施インセンティブが期待できない場合。 ③標準の策定、データベース整備等のうち社会的性格が強いもの(知的基盤)の形成に資する研究開発の場合。 ④国の関与による異分野連携、産学官連携等の実現によって、研究開発活動に新たな

	付加価値をもたらすことが見込まれる場合。 ⑤その他、科学技術的価値の観点からみた卓越性、先導性を有しているなど、国が主体的役割を果たすべき特段の理由がある場合。
--	---

【事前評価項目4】	事業アウトカム達成に至るまでのロードマップの妥当性
事前評価基準4	事業アウトカム達成に至るまでのロードマップは、以下の点を踏まえて作成されていること。 ・知財管理の取扱 ・実証や国際標準化 ・性能や安全性基準の策定 ・規制緩和等を含む実用化に向けた取組 ・成果のユーザー

【事前評価項目5】	複数課題プログラムの実施・マネジメント体制等の妥当性
事前評価基準5-1	複数課題プログラムの実施・マネジメント体制が明確かつ妥当であること。
事前評価基準5-2	事業の目的及び事業アウトカムを踏まえ、知財の取扱いについての戦略及びルールが十分検討されていること。

【事前評価項目6】	費用対効果の妥当性
事前評価基準6	投入する予定の国費総額に対して、事業アウトプット及び事業アウトカムが妥当であること。

I-1-(2) 中間評価

【中間評価項目1】	事業アウトカムの妥当性
中間評価基準1-1	中間評価時点においてなお、複数課題プログラムの目的を踏まえた事業アウトカムが明確であり妥当であること。 (注)事業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が優れていること。
中間評価基準1-2	中間評価時点においてなお、事業アウトカム指標及び目標値が明確かつ妥当であること。 (注)市場規模・シェア、エネルギー・CO2削減量などの事業アウトカムを計測できる定量的な指標が設定されるとともに、目標値及び達成時期が適切に設定されていること。

【中間評価項目2】	複数課題プログラムの内容及び事業アウトプットの妥当性
中間評価基準2-1	中間評価時点においてなお、複数課題プログラムの内容が明確かつ妥当であること。 (注)研究開発要素が明確であること。 国内外他者において実施されている類似の研究開発や競合する研究開発等の現状が把握されており、本事業によって、技術的優位性(特許取得等)及び経済的優位性(上市・製品化、市場規模・シェア等)を確保できるものであること。
中間評価基準2-2	中間評価時点においてなお、事業アウトプット指標及び目標値が明確かつ妥当であること。
中間評価基準2-3	中間評価時点での事業アウトプットの目標値が達成されているとともに、関連する論文

	発表、特許出願、国際標準の形成、プロトタイプ作成等が実施されていること。
	(注)未達成の場合はその原因や今後の見通しについて適切に説明されていること。

【中間評価項目3】	当省(国)が実施することの必要性
中間評価基準3	<p>中間評価時点においてなお、次の①から⑤のいずれかを満たすなど、当省(国)において、当該複数課題プログラムを実施することが必要であることが明確であること。</p> <p>①多額の研究開発費、長期にわたる研究開発期間、高い技術的難度等から、民間企業のみでは十分な研究開発が実施されない場合。</p> <p>②環境問題への先進的対応等、民間企業には市場原理に基づく研究開発実施インセンティブが期待できない場合。</p> <p>③標準の策定、データベース整備等のうち社会的性格が強いもの(知的基盤)の形成に資する研究開発の場合。</p> <p>④国の関与による異分野連携、産学官連携等の実現によって、研究開発活動に新たな付加価値をもたらすことが見込まれる場合。</p> <p>⑤その他、科学技術的価値の観点からみた卓越性、先導性を有しているなど、国が主体的役割を果たすべき特段の理由がある場合。</p>

【中間評価項目4】	事業アウトカム達成に至るまでのロードマップの妥当性
中間評価基準4	<p>中間評価時点においてなお、事業アウトカム達成に至るまでのロードマップは、以下の点を踏まえて作成され、必要に応じて改定されていること。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・知財管理の取扱 ・実証や国際標準化 ・性能や安全性基準の策定 ・規制緩和等を含む実用化に向けた取組 ・成果のユーザー

【中間評価項目5】	複数課題プログラムの実施・マネジメント体制等の妥当性
中間評価基準5-1	<p>複数課題プログラムの実施・マネジメント体制等が、事業の目的及び事業アウトカムを踏まえ、以下の点について明確かつ妥当であること。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・研究開発計画 ・研究開発実施者の適格性 ・研究開発の実施体制(チーム構成、プロジェクトリーダー、連携や競争を図るためのフォーメーション等) ・国民との科学・技術対話の実施などのコミュニケーション活動 ・資金配分 ・社会経済情勢等周囲の状況変化への柔軟な対応
中間評価基準5-2	<p>事業の目的及び事業アウトカムを踏まえ、知財の取扱いについての戦略及びルールが十分検討され、具体化されていること。</p>

【中間評価項目6】	費用対効果の妥当性
中間評価基準6	<p>中間評価時点においてなお、投入する予定の国費総額に対して、事業アウトプット及び事業アウトカムが妥当であること。</p>

I-1-(3) 終了時評価

【終了評価項目1】	事業アウトカムの妥当性
終了時評価基準1-1	終了時評価時点においてなお、複数課題プログラムの目的を踏まえた事業アウトカムが明確であり妥当であること。
	(注)事業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が優れていること。
終了時評価基準1-2	終了時評価時点においてなお、事業アウトカム指標及び目標値が明確かつ妥当であること。
	(注)市場規模・シェア、エネルギー・CO2削減量などの事業アウトカムを計測できる定量的な指標が設定されるとともに、目標値及び達成時期が適切に設定されていること。

【終了時評価項目2】	複数課題プログラムの内容及び事業アウトプットの妥当性
終了時評価基準2-1	終了評価時点においてなお、複数課題プログラムの内容が明確かつ妥当であること。
	(注)研究開発要素が明確であること。 国内外他者において実施されている類似の研究開発や競合する研究開発等の現状が把握されており、本事業によって、技術的優位性(特許取得等)及び経済的優位性(上市・製品化、市場規模・シェア等)を確保できるものであること。
終了時評価基準2-2	終了評価時点においてなお、事業アウトプット指標及び目標値が明確かつ妥当であること。
終了時評価基準2-3	終了時評価時点での事業アウトプットの目標値が達成されているとともに、関連する論文発表、特許出願、国際標準の形成、プロトタイプ作成等が実施されていること。
	(注)未達成の場合はその原因や今後の見通しについて適切に説明されていること。

【終了時評価項目3】	当省(国)が実施することの必要性
終了時評価基準3	<p>終了時評価時点においてなお、次の①から⑤のいずれかを満たすなど、当省(国)において、当該複数課題プログラムを実施することが必要であることが明確であること。</p> <p>①多額の研究開発費、長期にわたる研究開発期間、高い技術的難度等から、民間企業のみでは十分な研究開発が実施されない場合。</p> <p>②環境問題への先進的対応等、民間企業には市場原理に基づく研究開発実施インセンティブが期待できない場合。</p> <p>③標準の策定、データベース整備等のうち社会的性格が強いもの(知的基盤)の形成に資する研究開発の場合。</p> <p>④国の関与による異分野連携、産学官連携等の実現によって、研究開発活動に新たな付加価値をもたらすことが見込まれる場合。</p> <p>⑤その他、科学技術的価値の観点からみた卓越性、先導性を有しているなど、国が主体的役割を果たすべき特段の理由がある場合。</p>

【終了時評価項目4】	事業アウトカム達成に至るまでのロードマップの妥当性
終了時評価基準4-1	<p>終了時評価時点においてなお、事業アウトカム達成に至るまでのロードマップは、以下の点を踏まえて作成され、必要に応じて改定されていること。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・知財管理の取扱 ・実証や国際標準化 ・性能や安全性基準の策定 ・規制緩和等を含む実用化に向けた取組 ・成果のユーザー

【終了時評価項目5】	複数課題プログラムの実施・マネジメント体制等の妥当性
終了時評価基準5-1	<p>事業実施中における、複数課題プログラムの実施・マネジメント体制等が、事業の目的及び事業アウトカムを踏まえ、以下の点について明確かつ妥当であること。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・研究開発計画 ・研究開発実施者の適格性 ・研究開発の実施体制(チーム構成、プロジェクトリーダー、連携や競争を図るためのフォーメーション等) ・国民との科学・技術対話の実施などのコミュニケーション活動 ・資金配分 ・社会経済情勢等周囲の状況変化への柔軟な対応
終了時評価基準5-2	<p>事業の目的及び事業アウトカムを踏まえ、知財の取扱いについての戦略及びルールが十分検討され、事業アウトカム達成までの間も含め、具体化されていること。</p>

【終了時評価項目6】	費用対効果の妥当性
終了時評価基準6	<p>投入された国費総額に対して、事業アウトプット及び事業アウトカムが妥当であること。</p>

I-2. 研究資金制度プログラムの評価項目・評価基準

I-2-(1) 事前評価

【事前評価項目1】	事業アウトカムの妥当性
事前評価基準1-1	制度の目的を踏まえた事業アウトカムが明確であり妥当であること。
	(注)事業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が優れていること。 当該「制度」の事業アウトカムと関連性のある省内外の事業と重複がなく、適切に連携等が取れていること。 事業アウトカムを踏まえ、次年度以降に技術開発を実施することが合理的であること。
事前評価基準1-2	事業アウトカム指標及び目標値が明確かつ妥当であること。
	(注)市場規模・シェア、エネルギー・CO2削減量などの事業アウトカムを計測できる定量的な指標が設定されるとともに、目標値及び達成時期が適切に設定されていること。

【事前評価項目2】	制度内容及び事業アウトプットの妥当性
事前評価基準2	事業アウトプット指標及び目標値が明確かつ妥当であること。
	(注)中間評価時点及び終了評価時点において、事業の進捗状況を客観的に評価検証し得る、定量的な事業アウトプット指標が提示されるとともに、目標値が適切に設定されていること。

【事前評価項目3】	当省(国)が実施することの必要性
事前評価基準3	次の①から⑤のいずれかを満たすものであるなど、当省(国)において、当該制度を実施することが必要であることが明確であること。 ①多額の研究開発費、長期にわたる研究開発期間、高い技術的難度等から、民間企業のみでは十分な研究開発が実施されない場合。 ②環境問題への先進的対応等、民間企業には市場原理に基づく研究開発実施インセンティブが期待できない場合。 ③標準の策定、データベース整備等のうち社会的性格が強いもの(知的基盤)の形成に資する研究開発の場合。 ④国の関与による異分野連携、産学官連携等の実現によって、研究開発活動に新たな付加価値をもたらすことが見込まれる場合。 ⑤その他、科学技術的価値の観点からみた卓越性、先導性を有しているなど、国が主体的役割を果たすべき特段の理由がある場合。

【事前評価項目4】	事業アウトカム達成に至るまでのロードマップの妥当性
事前評価基準4	事業アウトカム達成に至るまでのロードマップは、以下の点を踏まえて作成されていること。 ・知財管理の取扱 ・実証や国際標準化 ・性能や安全性基準の策定 ・規制緩和等を含む実用化に向けた取組 ・成果のユーザー

【事前評価項目5】 当該制度の実施・マネジメント体制等の妥当性	
事前評価基準5-1	<p>制度の実施・マネジメント体制等が、事業の目的及び事業アウトカムを踏まえ、以下の点について明確かつ妥当であること。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・制度の運営体制・組織 ・個々のテーマの採択プロセス ・事業の進捗管理(モニタリングの実施、制度関係者間の調整等) ・制度を利用する対象者 ・個々の制度運用の結果が制度全体の運営の改善にフィードバックされる仕組み ・成果の利用主体に対して、成果を普及し関与を求める取組 ・国民との科学・技術対話の実施などのコミュニケーション活動 ・資金配分 ・社会経済情勢等周囲の状況変化への対応
事前評価基準5-2	<p>事業の目的及び事業アウトカムを踏まえ、知財の取扱いについての戦略及びルールが十分検討され、具体化されていること。</p>

【事前評価項目6】 費用対効果の妥当性	
事前評価基準6	<p>投入する予定の国費総額に対して、事業アウトプット及び事業アウトカムが妥当であること。</p>

I-2-(2) 中間評価

【中間評価項目1】 事業アウトカムの妥当性	
中間評価基準1-1	<p>中間評価時点においてなお、制度の目的を踏まえた事業アウトカムが明確であり妥当であること。</p>
	<p>(注)事業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が優れていること。</p>
中間評価基準1-2	<p>中間評価時点においてなお、事業アウトカム指標及び目標値が明確かつ妥当であること。</p>
	<p>(注)市場規模・シェア、エネルギー・CO2削減量などの事業アウトカムを計測できる定量的な指標が設定されるとともに、目標値及び達成時期が適切に設定されていること。</p>

【中間評価項目2】 制度内容及び事業アウトプットの妥当性	
中間評価基準2-1	<p>中間評価時点においてなお、事業アウトプット指標及び目標値が明確かつ妥当であること。</p>
	<p>(注)中間評価時点及び終了評価時点において、研究開発の進捗状況を客観的に評価検証し得る、定量的な事業アウトプット指標が提示されるとともに、目標値が適切に設定されていること。</p>
中間評価基準2-2	<p>中間評価時点での事業アウトプットの目標値が達成されているとともに、関連する論文発表、特許出願、国際標準の形成、プロトタイプ作成等が実施されていること。</p>
	<p>(注)未達成の場合はその原因や今後の見通しについて適切に説明されていること。</p>

【中間評価項目3】 当省(国)が実施することの必要性	
中間評価基準3	<p>中間評価時点においてなお、次の①から⑤のいずれかを満たすものであるなど、当</p>

	<p>省(国)において、当該制度を実施することが必要であることが明確であること。</p> <p>①多額の研究開発費、長期にわたる研究開発期間、高い技術的難度等から、民間企業のみでは十分な研究開発が実施されない場合。</p> <p>②環境問題への先進的対応等、民間企業には市場原理に基づく研究開発実施インセンティブが期待できない場合。</p> <p>③標準の策定、データベース整備等のうち社会的性格が強いもの(知的基盤)の形成に資する研究開発の場合。</p> <p>④国の関与による異分野連携、産学官連携等の実現によって、研究開発活動に新たな付加価値をもたらすことが見込まれる場合。</p> <p>⑤その他、科学技術的価値の観点からみた卓越性、先導性を有しているなど、国が主体的役割を果たすべき特段の理由がある場合。</p>
--	---

【中間評価項目4】 事業アウトカム達成に至るまでのロードマップの妥当性	
中間評価基準4	<p>中間評価時点においてなお、事業アウトカム達成に至るまでのロードマップは、以下の点を踏まえて作成され、必要に応じて改定されていること。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・知財管理の取扱 ・実証や国際標準化 ・性能や安全性基準の策定 ・規制緩和等を含む実用化に向けた取組 ・成果のユーザー

【中間評価項目5】 制度の実施・マネジメント体制等の妥当性	
中間評価基準5-1	<p>中間評価時点においてなお、制度の実施・マネジメント体制等が、事業の目的及び事業アウトカムを踏まえ、以下の点について明確かつ妥当であること。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・制度の運営体制・組織 ・個々のテーマの採択プロセス ・事業の進捗管理(モニタリングの実施、制度関係者間の調整等) ・制度を利用する対象者 ・個々の制度運用の結果が制度全体の運営の改善にフィードバックされる仕組み ・成果の利用主体に対して、成果を普及し関与を求める取組 ・国民との科学・技術対話の実施などのコミュニケーション活動 ・資金配分 ・社会経済情勢等周囲の状況変化への対応
中間評価基準5-2	<p>事業の目的及び事業アウトカムを踏まえ、知財の取扱いについての戦略及びルールが十分検討され、具体化されていること。</p>

【中間評価項目6】 費用対効果の妥当性	
中間評価基準6	<p>中間評価時点においてなお、投入する予定の国費総額に対して、事業アウトプット及び事業アウトカムが妥当であること。</p>

I-2-(3) 終了時評価

【終了時評価項目1】	事業アウトカムの妥当性
終了時評価基準1-1	終了時評価時点においてなお、制度の目的を踏まえた事業アウトカムが明確であり妥当であること。
	(注)事業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が優れていること。
終了時評価基準1-2	終了時評価時点においてなお、事業アウトカム指標及び目標値が明確かつ妥当であること。
	(注)市場規模・シェア、エネルギー・CO2削減量などの事業アウトカムを計測できる定量的な指標が設定されるとともに、目標値及び達成時期が適切に設定されていること。

【終了時評価項目2】	制度内容及び事業アウトプットの妥当性
終了時評価基準2-1	終了評価時点においてなお、事業アウトプット指標及び目標値が明確かつ妥当であること。
	(注)中間評価時点及び終了評価時点において、研究開発の進捗状況を客観的に評価検証し得る、定量的な事業アウトプット指標が提示されるとともに、目標値が適切に設定されていること。
終了時評価基準2-2	終了時評価時点での事業アウトプットの目標値が達成されているとともに、関連する論文発表、特許出願、国際標準の形成、プロトタイプの実成等が実施されていること。
	(注)未達成の場合はその原因や今後の見通しについて適切に説明されていること。

【終了時評価項目3】	当省(国)が実施することの必要性
終了時評価基準3	<p>終了時評価時点においてなお、次の①から⑤のいずれかを満たすものであるなど、当省(国)において、当該制度を実施することが必要であることが明確であること。</p> <p>①多額の研究開発費、長期にわたる研究開発期間、高い技術的難度等から、民間企業のみでは十分な研究開発が実施されない場合。</p> <p>②環境問題への先進的対応等、民間企業には市場原理に基づく研究開発実施インセンティブが期待できない場合。</p> <p>③標準の策定、データベース整備等のうち社会的性格が強いもの(知的基盤)の形成に資する研究開発の場合。</p> <p>④国の関与による異分野連携、産学官連携等の実現によって、研究開発活動に新たな付加価値をもたらすことが見込まれる場合。</p> <p>⑤その他、科学技術的価値の観点からみた卓越性、先導性を有しているなど、国が主体的役割を果たすべき特段の理由がある場合。</p>

【終了時評価項目4】	事業アウトカム達成に至るまでのロードマップの妥当性
終了時評価基準4-1	<p>終了時評価時点においてなお、事業アウトカム達成に至るまでのロードマップは、以下の点を踏まえて作成され、必要に応じて改定されていること。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・知財管理の取扱 ・実証や国際標準化 ・性能や安全性基準の策定

	<ul style="list-style-type: none"> ・規制緩和等を含む実用化に向けた取組 ・成果のユーザー
終了時評価基準4-2	あらかじめ設定されていた事業アウトカムの達成時期における目標値の達成が見込まれていること。
	(注)達成が見込めない場合はその原因や今後の見通しについて適切に説明されていること。

【終了時評価項目5】	制度の実施・マネジメント体制等の妥当性
終了時評価基準5-1	<p>終了時評価時点においてなお、制度の実施・マネジメント体制等が、事業の目的及び事業アウトカムを踏まえ、以下の点について明確かつ妥当であること。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・制度の運営体制・組織 ・個々のテーマの採択プロセス ・事業の進捗管理(モニタリングの実施、制度関係者間の調整等) ・制度を利用する対象者 ・個々の制度運用の結果が制度全体の運営の改善にフィードバックされる仕組み ・成果の利用主体に対して、成果を普及し関与を求める取組 ・国民との科学・技術対話の実施などのコミュニケーション活動 ・資金配分 ・社会経済情勢等周囲の状況変化への対応
終了時評価基準5-2	事業の目的及び事業アウトカムを踏まえ、知財の取扱いについての戦略及びルールが十分検討され、事業アウトカム達成までの間も含め、具体化されていること。
終了時評価基準5-3	事業終了後における、事業アウトカム達成までの間の研究開発の実施・マネジメント体制等が明確かつ妥当であること。

【終了時評価項目6】	費用対効果の妥当性
終了時評価基準6	投入された国費総額に対して、事業アウトプット及び事業アウトカムが妥当であること。

Ⅱ. 研究開発課題(プロジェクト)の評価項目・評価基準

Ⅱ-1 事前評価

【事前評価項目1】	事業アウトカムの妥当性
事前評価基準1-1	事業の目的を踏まえた事業アウトカムが明確であり妥当であること。
	(注)事業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が優れていること。 当該事業の事業アウトカムと関連性のある省内外の事業と重複がなく、適切に連携等が取れていること。 事業アウトカムを踏まえ、次年度以降に技術開発を実施することが合理的であること。
事前評価基準1-2	事業アウトカム指標及び目標値が明確かつ妥当であること。
	(注)市場規模・シェア、エネルギー・CO2削減量などの事業アウトカムを計測できる定量的な指標が設定されるとともに、目標値及び達成時期が適切に設定されていること。

【事前評価項目2】	研究開発内容及び事業アウトプットの妥当性
事前評価基準2-1	研究開発内容が明確かつ妥当であること。
	(注)研究開発要素が明確であること。 国内外他者において実施されている類似の研究開発や競合する研究開発等の現状が把握されており、本事業によって、技術的優位性(特許取得等)及び経済的優位性(上市・製品化、市場規模・シェア等)を確保できるものであること。
事前評価基準2-2	事業アウトプット指標及び目標値が明確かつ妥当であること。
	(注)中間評価時点及び終了評価時点において、研究開発の進捗状況を客観的に評価検証し得る、定量的な事業アウトプット指標が提示されるとともに、目標値が適切に設定されていること。

【事前評価項目3】	当省(国)が実施することの必要性
事前評価基準3	次の①から⑤のいずれかを満たすものであるなど、当省(国)において、当該研究開発課題(プロジェクト)を実施することが必要であることが明確であること。 ①多額の研究開発費、長期にわたる研究開発期間、高い技術的難度等から、民間企業のみでは十分な研究開発が実施されない場合。 ②環境問題への先進的対応等、民間企業には市場原理に基づく研究開発実施インセンティブが期待できない場合。 ③標準の策定、データベース整備等のうち社会的性格が強いもの(知的基盤)の形成に資する研究開発の場合。 ④国の関与による異分野連携、産学官連携等の実現によって、研究開発活動に新たな付加価値をもたらすことが見込まれる場合。 ⑤その他、科学技術的価値の観点からみた卓越性、先導性を有しているなど、国が主体的役割を果たすべき特段の理由がある場合。

【事前評価項目4】	事業アウトカム達成に至るまでのロードマップの妥当性
事前評価基準4	事業アウトカム達成に至るまでのロードマップは、以下の点を踏まえて作成されていること。 ・知財管理の取扱 ・実証や国際標準化 ・性能や安全性基準の策定 ・規制緩和等を含む実用化に向けた取組 ・成果のユーザー

【事前評価項目5】	研究開発の実施・マネジメント体制等の妥当性
事前評価基準5-1	研究開発の実施・マネジメント体制等が明確かつ妥当であること。
事前評価基準5-2	事業の目的及び事業アウトカムを踏まえ、知財の取扱いについての戦略及びルールが十分検討されていること。

【事前評価項目6】	費用対効果の妥当性
事前評価基準6	投入する予定の国費総額に対して、事業アウトプット及び事業アウトカムが妥当であること。

II-(2) 中間評価

【中間評価項目1】	事業アウトカムの妥当性
中間評価基準1-1	中間評価時点においてなお、事業の目的を踏まえた事業アウトカムが明確であり妥当であること。 (注)事業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が優れていること。
中間評価基準1-2	中間評価時点においてなお、事業アウトカム指標及び目標値が明確かつ妥当であること。 (注)市場規模・シェア、エネルギー・CO2削減量などの事業アウトカムを計測できる定量的な指標が設定されるとともに、目標値及び達成時期が適切に設定されていること。

【中間評価項目2】	研究開発内容及び事業アウトプットの妥当性
中間評価基準2-1	中間評価時点においてなお、研究開発内容が明確かつ妥当であること。 (注)研究開発要素が明確であること。 国内外他者において実施されている類似の研究開発や競合する研究開発等の現状が把握されており、本事業によって、技術的優位性(特許取得等)及び経済的優位性(上市・製品化、市場規模・シェア等)を確保できるものであること。
中間評価基準2-2	中間評価時点においてなお、事業アウトプット指標及び目標値が明確かつ妥当であること。 (注)中間評価時点及び終了評価時点において、研究開発の進捗状況を客観的に評価検証し得る、定量的な事業アウトプット指標が提示されるとともに、目標値が適切に設定されていること。
中間評価基準2-3	中間評価時点での事業アウトプットの目標値が達成されているとともに、関連する論文発表、特許出願、国際標準の形成、プロトタイプ作成等が実施されていること。 (注)未達成の場合はその原因や今後の見通しについて適切に説明されていること。

	と。
--	----

【中間評価項目3】 当省(国)が実施することの必要性	
中間評価基準3	<p>中間評価時点においてなお、次の①から⑤のいずれかを満たすものであるなど、当省(国)において、当該研究開発課題(プロジェクト)を実施することが必要であることが明確であること。</p> <p>①多額の研究開発費、長期にわたる研究開発期間、高い技術的難度等から、民間企業のみでは十分な研究開発が実施されない場合。</p> <p>②環境問題への先進的対応等、民間企業には市場原理に基づく研究開発実施インセンティブが期待できない場合。</p> <p>③標準の策定、データベース整備等のうち社会的性格が強いもの(知的基盤)の形成に資する研究開発の場合。</p> <p>④国の関与による異分野連携、産学官連携等の実現によって、研究開発活動に新たな付加価値をもたらすことが見込まれる場合。</p> <p>⑤その他、科学技術的価値の観点からみた卓越性、先導性を有しているなど、国が主体的役割を果たすべき特段の理由がある場合。</p>

【中間評価項目4】 事業アウトカム達成に至るまでのロードマップの妥当性	
中間評価基準4	<p>中間評価時点においてなお、事業アウトカム達成に至るまでのロードマップは、以下の点を踏まえて作成され、必要に応じて改定されていること。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・知財管理の取扱 ・実証や国際標準化 ・性能や安全性基準の策定 ・規制緩和等を含む実用化に向けた取組 ・成果のユーザー

【中間評価項目5】 研究開発の実施・マネジメント体制等の妥当性	
中間評価基準5-1	<p>研究開発の実施・マネジメント体制等が、事業の目的及び事業アウトカムを踏まえ、以下の点について明確かつ妥当であること。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・研究開発計画 ・研究開発実施者の適格性 ・研究開発の実施体制(チーム構成、プロジェクトリーダー、連携や競争を図るためのフォーメーション等) ・国民との科学・技術対話の実施などのコミュニケーション活動 ・資金配分 ・社会経済情勢等周囲の状況変化への柔軟な対応
中間評価基準5-2	<p>事業の目的及び事業アウトカムを踏まえ、知財の取扱についての戦略及びルールが十分検討され、具体化されていること。</p>

【中間評価項目6】 費用対効果の妥当性	
中間評価基準6	<p>中間評価時点においてなお、投入する予定の国費総額に対して、事業アウトプット及び事業アウトカムが妥当であること。</p>

II-(3) 終了時評価

【終了評価項目1】	事業アウトカムの妥当性
終了時評価基準1-1	終了時評価時点においてなお、事業の目的を踏まえた事業アウトカムが明確であり妥当であること。
	(注)事業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が優れていること。
終了時評価基準1-2	終了時評価時点においてなお、事業アウトカム指標及び目標値が明確かつ妥当であること。
	(注)市場規模・シェア、エネルギー・CO2削減量などの事業アウトカムを計測できる定量的な指標が設定されるとともに、目標値及び達成時期が適切に設定されていること。

【終了時評価項目2】	研究開発内容及び事業アウトプットの妥当性
終了時評価基準2-1	終了評価時点においてなお、研究開発内容が明確かつ妥当であること。
	(注)研究開発要素が明確であること。 国内外他者において実施されている類似の研究開発や競合する研究開発等の現状が把握されており、本事業によって、技術的優位性(特許取得等)及び経済的優位性(上市・製品化、市場規模・シェア等)を確保できるものであること。
終了時評価基準2-2	終了評価時点においてなお、事業アウトプット指標及び目標値が明確かつ妥当であること。
	(注)終了評価時点において、研究開発の進捗状況を客観的に評価検証し得る、定量的な事業アウトプット指標が提示されるとともに、目標値が適切に設定されていること。
終了時評価基準2-3	終了時評価時点での事業アウトプットの目標値が達成されているとともに、関連する論文発表、特許出願、国際標準の形成、プロトタイプの作成等が実施されていること。
	(注)未達成の場合はその原因や今後の見通しについて適切に説明されていること。

【終了時評価項目3】	当省(国)が実施することの必要性
終了時評価基準3	<p>終了時評価時点においてなお、次の①から⑤のいずれかを満たすものであるなど、当省(国)において、当該研究開発課題(プロジェクト)を実施することが必要であることが明確であること。</p> <p>①多額の研究開発費、長期にわたる研究開発期間、高い技術的難度等から、民間企業のみでは十分な研究開発が実施されない場合。</p> <p>②環境問題への先進的対応等、民間企業には市場原理に基づく研究開発実施インセンティブが期待できない場合。</p> <p>③標準の策定、データベース整備等のうち社会的性格が強いもの(知的基盤)の形成に資する研究開発の場合。</p> <p>④国の関与による異分野連携、産学官連携等の実現によって、研究開発活動に新たな付加価値をもたらすことが見込まれる場合。</p>

	⑤その他、科学技術的価値の観点からみた卓越性、先導性を有しているなど、国が主体的役割を果たすべき特段の理由がある場合。
--	---

【終了時評価項目4】	事業アウトカム達成に至るまでのロードマップの妥当性
終了時評価基準4-1	終了時評価時点においてなお、事業アウトカム達成に至るまでのロードマップは、以下の点を踏まえて作成され、必要に応じて改定されていること。 <ul style="list-style-type: none"> ・知財管理の取扱 ・実証や国際標準化 ・性能や安全性基準の策定 ・規制緩和等を含む実用化に向けた取組 ・成果のユーザー
終了時評価基準4-2	あらかじめ設定されていた事業アウトカムの達成時期における目標値の達成が見込まれていること。
	(注)達成が見込めない場合はその原因や今後の見通しについて適切に説明されていること。

【終了時評価項目5】	研究開発の実施・マネジメント体制等の妥当性
終了時評価基準5-1	事業実施中における、研究開発の実施・マネジメント体制等が、事業の目的及び事業アウトカムを踏まえ、以下の点について明確かつ妥当であること。 <ul style="list-style-type: none"> ・研究開発計画 ・研究開発実施者の適格性 ・研究開発の実施体制(チーム構成、プロジェクトリーダー、連携や競争を図るためのフォーメーション等) ・国民との科学・技術対話の実施などのコミュニケーション活動 ・資金配分 ・社会経済情勢等周囲の状況変化への柔軟な対応
終了時評価基準5-2	事業の目的及び事業アウトカムを踏まえ、知財の取扱についての戦略及びルールが十分検討され、事業アウトカム達成までの間も含め、具体化されていること。
終了時評価基準5-3	事業終了後における、事業アウトカム達成までの間の研究開発の実施・マネジメント体制等が明確かつ妥当であること。

【終了時評価項目6】	費用対効果の妥当性
終了時評価基準6	投入された国費総額に対して、事業アウトプット及び事業アウトカムが妥当であること。

Ⅲ. 追跡評価の評価項目・評価基準

【追跡評価項目1】	技術波及効果(事業アウトカムを含む。)
【追跡評価項目1-1】	プロジェクトの直接的・間接的技術成果の実用化の進展度合
追跡評価基準1-1	①プロジェクトの終了後に実用化した又は今後実用化が期待される製品やサービスがあること。 ②具体化された知財の取り扱いについての戦略及びルールに基づき、国内外での特許取得等が行われたこと。
【追跡評価項目1-2】	プロジェクトの直接的・間接的技術成果のインパクト
追跡評価基準1-2	①関連技術分野に非連続なイノベーションをもたらしたこと。 ②多くの派生技術が生み出されていること ③適用分野が多岐にわたっていること。 ④直接的・間接的技術成果を利用した研究主体が多いこと。 ⑤直接的・間接的技術成果を利用した研究主体が産業界や学会に広がりを持っていること。 ⑥研究開発の促進効果や期間短縮効果があったこと。
【追跡評価項目1-3】	国際競争力への影響
追跡評価基準1-3	①我が国における当該分野の技術レベルが向上したこと。 ②外国企業との間で技術的な取引が行われ、それが利益を生み出したこと。 ③外国企業との主導的な技術提携が行われたこと。 ④国際標準等の協議において、我が国がリーダーシップをとれる等のメリットもたらしたこと。 ⑤外国との技術交流の促進や当該分野での我が国のイニシアチブの獲得につながったこと。
【追跡評価項目2】	研究開発力向上効果(事業アウトカムを含む。)
【追跡評価項目2-1】	知的ストックの活用状況
追跡評価基準2-1	①プロジェクトの成果である知的ストックを活用した研究開発が行われていること。 ②知的ストックが画期的な新製品やサービスを生み出す可能性を高める工夫がなされていること。
【追跡評価項目2-2】	研究開発組織・戦略への影響
追跡評価基準2-2	①組織内、更には国内外において高く評価される研究部門となったこと。 ②関連部門の人員・予算の拡充につながったこと。 ③技術管理部門・研究開発部門の再構成等、社内の組織変更につながったこと。 ④組織全体の技術戦略・知財戦略の見直しや強化に寄与したこと。 ⑤他の企業や研究機関との共同研究の推進、ビジネスパートナーとの関係の強化・改善等、オープンイノベーションのきっかけになったこと。 ⑥プロジェクトが学会、フォーラム等の研究交流基盤の整備・強化のきっかけになったこと。
【追跡評価項目2-3】	人材への影響
追跡評価基準2-3	①組織内、更には国内外において高く評価される研究者が生まれたこと。 ②論文発表、博士号取得が活発に行われたこと。 ③他の企業や研究機関との研究者の人的交流のきっかけになったこと。

【追跡評価項目3】	経済効果(事業アウトカムを含む。)
【追跡評価項目3-1】	市場創出への寄与
追跡評価基準3-1	新しい市場の創造及びその拡大に寄与したこと。
【追跡評価項目3-2】	経済的インパクト
追跡評価基準3-2	①製品やサービスの売り上げ及び利益の増加に寄与したこと。 ②雇用創出に寄与したこと。
【追跡評価項目3-3】	産業構造転換・産業活性化の促進
追跡評価基準3-3	①既存市場への新規参入又は既存市場からの撤退等をもたらしたこと。 ②生産性・経済性の向上に寄与したこと。 ③顧客との関係改善に寄与したこと

【追跡評価項目4】	国民生活・社会レベルの向上効果(事業アウトカムを含む。)
評価基準4	①エネルギー問題の解決に寄与したこと。 ②環境問題の解決に寄与したこと。 ③情報化社会の推進に寄与したこと。 ④安全・安心や国民生活の質の向上に寄与したこと。

【追跡評価項目5】	政策へのフィードバック効果
追跡評価基準5-1	プロジェクトの成果、改善提案、反省点等がその後のプロジェクトのテーマ設定や体制構築へ反映されたこと。
追跡評価基準5-2	プロジェクトの直接的・間接的技術成果が産業戦略等に影響したこと。

【追跡評価項目6】	以上の評価結果を踏まえた、プロジェクト終了時の事後評価の妥当性																				
追跡評価基準6	終了時評価(事後評価を含む。)の結果が妥当であること。																				
	(注)今後の終了時評価において改善すべき点、考慮すべき点等があれば提案する。																				
	<p><参考></p> <table border="0"> <tr> <td>(平成25年度までの評価項目)</td> <td>(平成26年度からの評価項目)</td> </tr> <tr> <td>①目的・意義の妥当性</td> <td>①事業アウトカムの妥当性</td> </tr> <tr> <td>②目標の妥当性</td> <td>②研究開発内容及び事業アウトプットの妥当性</td> </tr> <tr> <td>③計画内容の妥当性</td> <td>③当省(国)が実施することの必要性</td> </tr> <tr> <td>④国のプロジェクトであることの妥当性</td> <td>④事業アウトカム達成に至るまでのロードマップの妥当性</td> </tr> <tr> <td>⑤研究開発体制・運営の妥当性</td> <td>⑤研究開発の実施・マネジメント体制等の妥当性</td> </tr> <tr> <td>⑥研究開発成果の計画と比較した達成度</td> <td>⑥費用対効果の妥当性</td> </tr> <tr> <td>⑦実用化の見通し(成果普及、広報体制、波及効果)</td> <td></td> </tr> <tr> <td>⑧総合評価</td> <td></td> </tr> <tr> <td>⑨今後の提言</td> <td></td> </tr> </table>	(平成25年度までの評価項目)	(平成26年度からの評価項目)	①目的・意義の妥当性	①事業アウトカムの妥当性	②目標の妥当性	②研究開発内容及び事業アウトプットの妥当性	③計画内容の妥当性	③当省(国)が実施することの必要性	④国のプロジェクトであることの妥当性	④事業アウトカム達成に至るまでのロードマップの妥当性	⑤研究開発体制・運営の妥当性	⑤研究開発の実施・マネジメント体制等の妥当性	⑥研究開発成果の計画と比較した達成度	⑥費用対効果の妥当性	⑦実用化の見通し(成果普及、広報体制、波及効果)		⑧総合評価		⑨今後の提言	
(平成25年度までの評価項目)	(平成26年度からの評価項目)																				
①目的・意義の妥当性	①事業アウトカムの妥当性																				
②目標の妥当性	②研究開発内容及び事業アウトプットの妥当性																				
③計画内容の妥当性	③当省(国)が実施することの必要性																				
④国のプロジェクトであることの妥当性	④事業アウトカム達成に至るまでのロードマップの妥当性																				
⑤研究開発体制・運営の妥当性	⑤研究開発の実施・マネジメント体制等の妥当性																				
⑥研究開発成果の計画と比較した達成度	⑥費用対効果の妥当性																				
⑦実用化の見通し(成果普及、広報体制、波及効果)																					
⑧総合評価																					
⑨今後の提言																					

【追跡評価項目 7】	プロジェクト終了後のフォローアップ方法
追跡評価基準7	プロジェクトの成果の実用化や普及に向けた、ロードマップや体制、後継事業の検討など、プロジェクト終了後のフォローアップ方法が適切であったこと。
	(注)フォローアップ方法について改善すべき点、より効果的な方策等があれば提案する。

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WG

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WG

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

フィ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WG（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＞

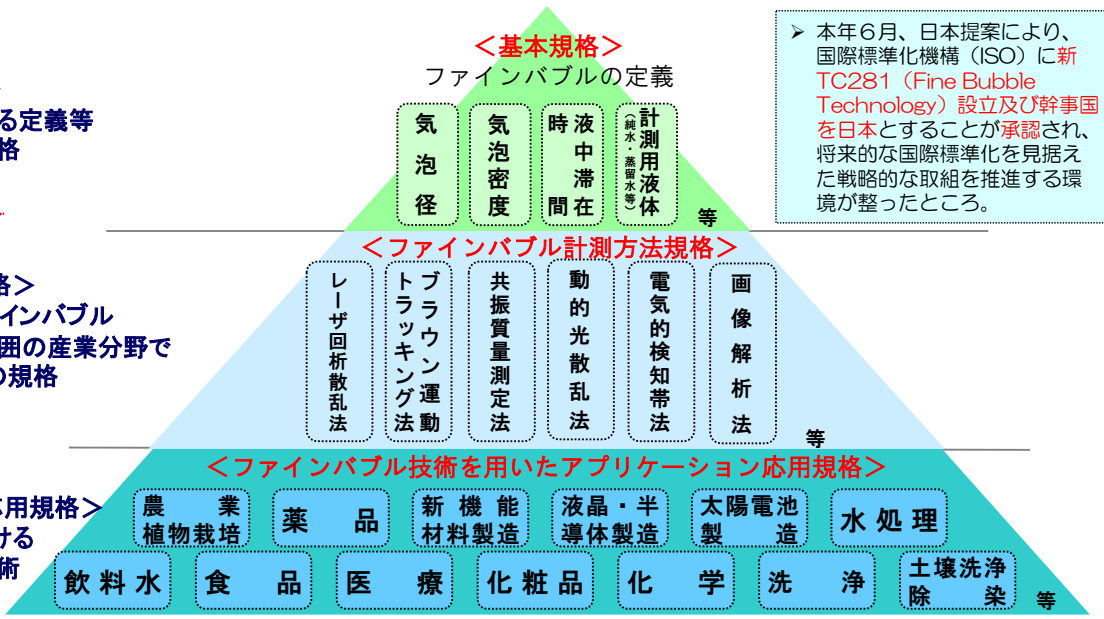
複数の手法によりファインバブル計測を可能とし、広範囲の産業分野で利用可能とするための規格



【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。

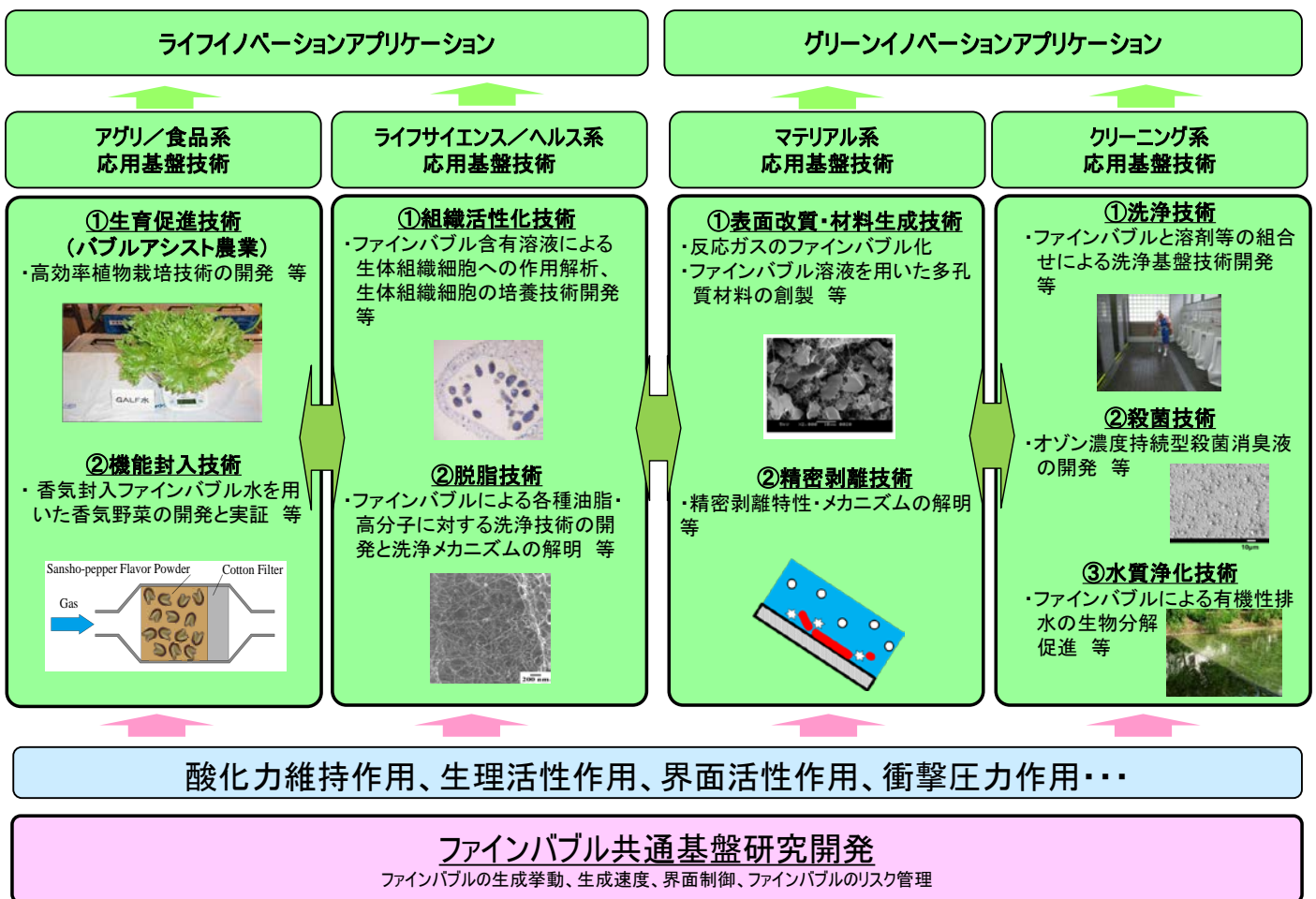
2. 新規研究開発事業の概要について

(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。

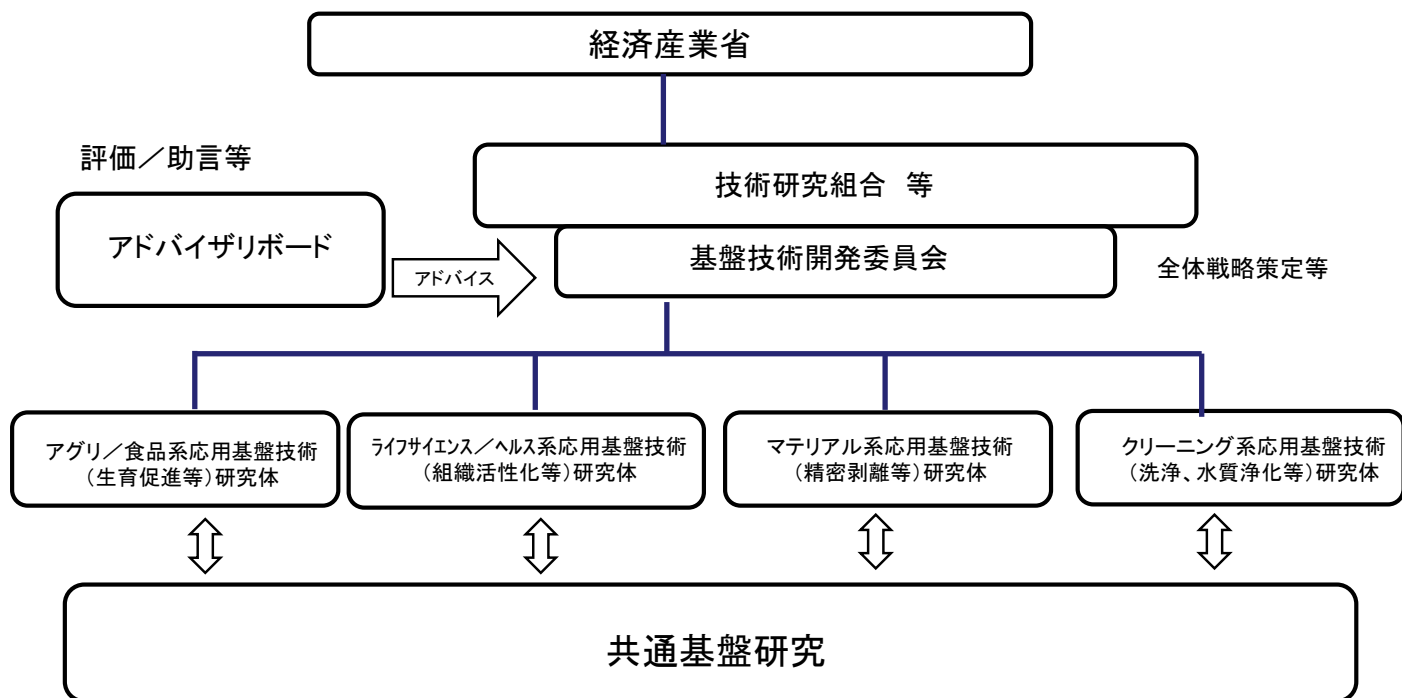
一方、様々な分野においてファインバブル技術の利用が試されはじめているところ、その機能・効果等について原理が十分に解明できておらず、実用化にあたっての障壁となっている。また、ファインバブル技術に関する研究開発は一部の企業や研究機関等で行われており、それぞれ個別に取り組みられているため、体系的な研究開発が行われていない状況となっている。

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、ファイナ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。

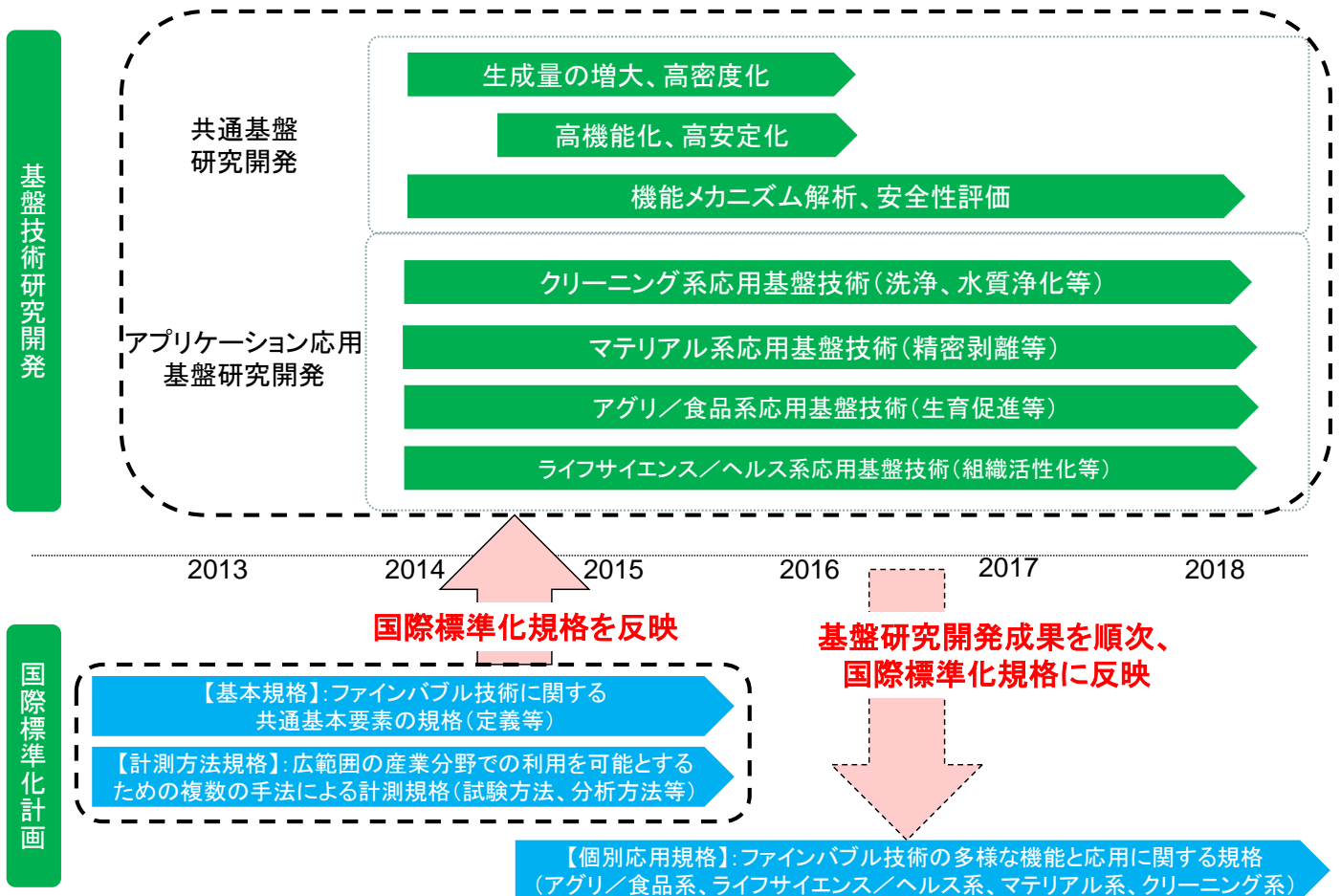


(3)実施スケジュール

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

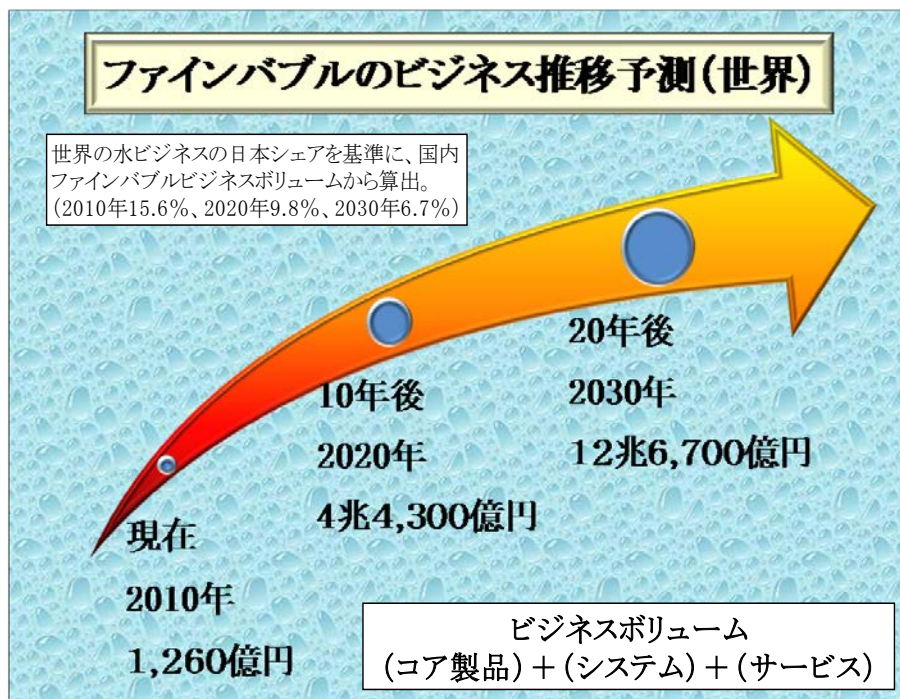
アウトカムが実現した場合の問題解決が予測される領域は、ファインバブル技術の応用分野の多様性から、例えば、

- 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。

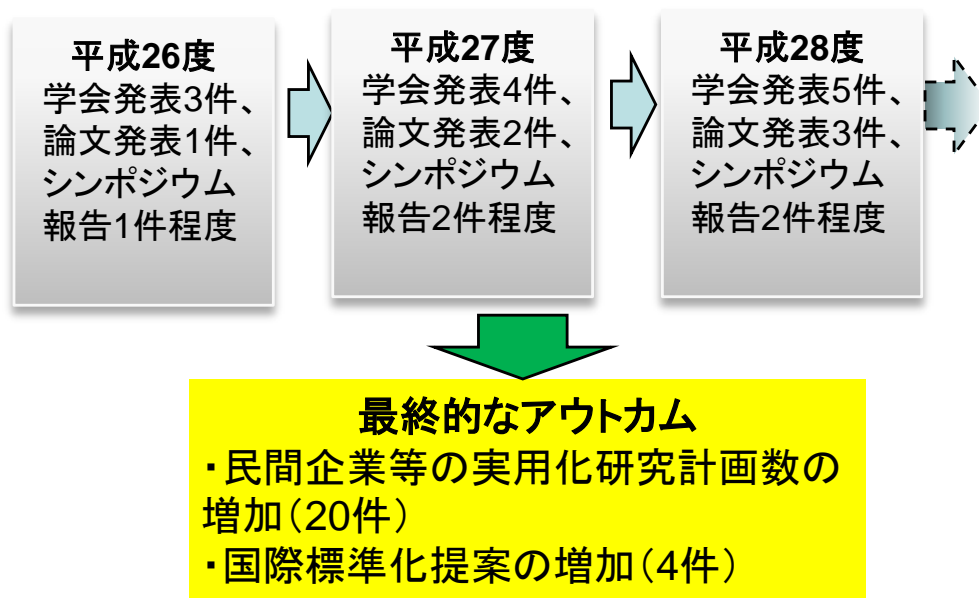
波及効果



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、知財取扱のルールを策定を行うなど、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ずに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の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。学術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。学術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で開催し、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で開催し、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、取り扱いルールの策定を行い、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

- ・本技術を強力的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) 本技術を強力的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ため、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ため、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を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。

【ファインバブル基盤技術開発プロジェクト】

(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

