

平成 19 年度調査報告書

新エネルギー・産業技術総合開発機構 調査委託成果報告書

MEMS の技術戦略マップのローリングに関する調査 報告書

平成 20 年 3 月

新エネルギー・産業技術総合開発機構
委託先

財団法人 マイクロマシンセンター
株式会社 日鉄技術情報センター

概 要

本調査では、事業目的に沿って、「MEMS の技術戦略マップのローリングに関する調査を実施した。具体的には、MEMS 人材育成に関する国内での実態調査、MEMS 人材育成に関する仕組みの検討、異分野融合型次世代デバイス製造技術開発プロジェクトの基本計画等に関する技術戦略等検討委員会の開催、MEMS の技術戦略マップのローリングを行った。概要を以下に記す。

(1) MEMS 人材育成に関する国内での実態調査

現時点での MEMS 関連拠点での人材の確保、育成、強化などについての実態を調査するため、Web を含めた文献調査と MEMS 協議会企業メンバーへの E-mail アンケートにより調査、分析・整理した。

(2) MEMS 人材育成に関する仕組みの検討

実態調査結果をベースに、MEMS の主要企業を含めた産学官の専門家・有識者からなる「MEMS 人材検討委員会」をマイクロマシンセンター内に設置し、人材育成のための仕組みを検討し、MEMS 人材育成に対するロードマップを取りまとめた。

(3) 異分野融合型次世代デバイス製造技術開発プロジェクトの基本計画等に関する技術戦略等検討委員会の開催

国内の専門家・有識者からなる「MEMS の技術戦略等検討委員会」を 3 回実施し、今後 MEMS に必要となる戦略技術としての、平成 20 年度に開始予定の「異分野融合型次世代デバイス製造技術開発プロジェクト」の基本計画（目的、目標、実施内容、成果の普及等で構成）および技術開発課題の素案作成の支援を行った。具体的には、3 つの基盤的プロセス技術と知識データベースの整備について、達成すべき目標数値の決定などを含め、当該プロジェクトの基本計画および技術開発課題の内容検討を行った。

(4) MEMS の技術戦略マップのローリング

産官学の専門家から構成された「MEMS のタスクフォース委員会」を 2 回実施し、平成 18 年度に策定した技術戦略マップのローリングを行った。具体的には、MEMS 人材育成に関する国内での実態調査および仕組みの検討の結果、及び新規プロジェクトの基本計画の検討結果などを反映させる、導入シナリオ・技術マップ・製造技術ロードマップ及び競争力比較のローリングを行い、平成 19 年度版の技術戦略マップとして取りまとめた。

Summary

This report presents a study related to rolling the technological strategy map of MEMS. Under the purpose of registered business, the study work was composed of four items and carried out, which were (1) Study on the present status for bringing up MEMS specialists, (2) Study on the framework for bringing up MEMS specialists, (3) Study on basic plan concerning a new national project developing the production technologies of next generation MEMS devices by combining different scientific knowledges, and (4) Rolling of the technological strategy map of MEMS.

(1) Study on the present status for bringing up MEMS specialists

The present status for bringing up MEMS specialists was studied and analyzed by discussion and making E-Mail inquiries to companies.

(2) Study on the framework for bringing up MEMS specialists

Micro Machine Center (MMC) organized the committee constructed with specialists of the government, academia and industries including main companies concerning to MEMS. The committee studied on the framework for bringing up MEMS specialists and drew up strategic road map for bringing up MEMS specialists.

(3) Study on basic plan concerning a new national project developing the production technologies of next generation MEMS devices by combining different scientific knowledges

The committee for studying on basic plan concerning a new national project was organized with authorities in various fields. Through three times of the committee, basic plan was studied and concrete targets were indicated for research and development of both three fundamental process technologies and a knowledge database necessary to carry out in the national project.

(4) Rolling of the technological strategy map of MEMS

Taskforce committee was organized by specialists of the government, academia and industries. Through two times of the committee, rolling of the technological strategy map of MEMS legislated in 2006 was made. As a result of rolling work, technological strategy map edited in 2007 FY was settled in which introduction scenario, important technological map, road map of MEMS production technologies and comparison of national power of MEMS were composed, reflecting the results of two studies on bringing MEMS specialists and drawing basic plan for a new national project.

概 要 目 次

第1章 調査の実施概要	1
1.1 事業の目的	1
1.2 事業の実施内容	1
1.2.1 MEMS 人材育成に関する国内での実態調査	1
1.2.2 MEMS 人材育成に関する仕組みの検討	1
1.2.3 異分野融合型次世代デバイス製造技術開発プロジェクトの 基本計画等に関する技術戦略等検討委員会の開催	2
1.2.4 MEMS の技術戦略マップのローリング	3
1.2.5 調査報告書の作成	3
1.3 成果の要約	4
Summary	5
第2章 MEMS 人材育成に関する国内での実態調査および仕組みの検討	6
2.1 調査研究の概要	6
2.1.1 調査研究の目的	6
2.1.2 調査研究の内容と方法	6
2.2 MEMS 分野の人材育成ロードマップ策定の基本的考え方	8
2.3 調査項目と内容	9
2.3.1 MEMS 市場規模に対応した MEMS 人材数の目標	9
(1) 製造業を取り巻く人材の一般状況	9
(2) MEMS 産業規模を支える MEMS 従事者数	10
2.3.2 企業における人材育成の状況	12
(1) 産業界で望まれる MEMS 人材像	12
(2) 企業の MEMS 人材育成の実施状況	15
① OJT (On the Job Training) の実施状況	17
② 社内の技術講座・研修講座の実施状況	20
③ 社会人を対象にした大学の講座、教育プログラムの 利用状況	22
④ 国研・公設試などの技術指導、共同研究、実習講座 などの利用状況	24
⑤ 研究会、セミナーの利用状況	25
⑥ 産学共同研究による人材育成の実施状況	26

2.3.3	産学連携による人材育成プログラムの状況	28
(1)	人材育成に関する国の施策の状況	28
(2)	産学連携による MEMS 人材育成プログラムの状況	32
2.3.4	他分野の人材が容易に MEMS 分野に参入可能となる環境に関する状況	36
(1)	シニア人材の活用の状況	36
(2)	MEMS 分野のインフラ整備の状況	37
(3)	MEMS 用インターンシップの状況	38
2.3.5	海外の状況	40
2. 4	MEMS 分野の人材育成ロードマップ	41
2.4.1	MEMS 分野人材育成ロードマップの概要	41
2.4.2	企業内人材育成方策のロードマップ	43
(1)	社内の MEMS 人材育成ステップアップの環境整備	43
(2)	異分野の知識を吸収・習得する方策	45
(3)	MEMS 技能認定制度の創設	45
2.4.3	産学連携による人材育成方策の整備	47
(1)	社会人対象 MEMS 講座・研修コースの拡充	47
(2)	産学連携拠点における MEMS 人材育成の強化	48
2.4.4	他分野の人材が容易に MEMS 分野に参入可能となる環境整備	50
(1)	シニア人材の活用	50
(2)	MEMS 分野のインフラ整備	51
①	MemsONE の導入普及促進と MEMS 知識データベースの整備・充実	51
②	MEMS ファンドリーの充実・整備	53
(3)	MEMS 用インターンシップの拡充	54
2. 5	まとめ	55
	参考資料	56
第 3 章	異分野融合型次世代デバイス製造技術開発プロジェクトの基本計画等に関する技術戦略等検討委員会の開催	65
3. 1	MEMS の技術戦略等検討委員会の活動	65
3.1.1	委員会構成	65
3.1.2	委員会スケジュールと運営	66
3.1.3	審議内容	68
(1)	第 1 回委員会	68
(2)	第 2 回委員会	69
(3)	第 3 回委員会	70

3. 2 異分野融合型次世代デバイス製造技術開発プロジェクトの 基本計画（案）の検討結果	71
第4章 MEMS の技術戦略マップのローリング	83
4. 1 ロードマップのローリングタスクフォース委員会の活動	83
4.1.1 委員会構成	83
4.1.2 委員会スケジュールと運営	84
4.1.3 審議内容	84
(1) 第1回委員会	84
(2) 第2回委員会	86
4. 2 MEMS の技術戦略マップのローリング結果	87
4.2.1 MEMS 分野の技術戦略マップ	87
I. 基本的な考え方	88
II. 導入シナリオ	88
III. 技術マップ及びロードマップ	89
参考資料 10年後のMEMS製品の具体的イメージ	91
20年後のMEMS製品の具体的イメージ	92
4.2.2 MEMS 分野の導入シナリオ	97
4.2.3 MEMS 分野の技術マップ（重要技術課題）	101
4.2.4 ロードマップ	106
4.2.5 競争力比較	113
第5章 MEMS の技術戦略等検討委員会議事録	116
5.1 第1回MEMSの技術戦略等検討委員会	116
5.2 第2回MEMSの技術戦略等検討委員会	131
5.3 第3回MEMSの技術戦略等検討委員会	142
第6章 MEMS のタスクフォース委員会議事録	153
6.1 第1回MEMSのタスクフォース委員会	153
6.2 第2回MEMSのタスクフォース委員会	164

第1章 「MEMSの技術戦略マップのローリングに関する調査」の実施概要

1. 1 事業の目的

MEMS 技術は高付加価値デバイスの創生に大きく寄与するものであり、我が国の製造業を支える新たな基盤技術として貢献してきている。NEDO 技術開発機構（以下、NEDO という）は、我が国の MEMS 産業の更なる活性化、国際競争力の強化に向けて、平成16年度から長期的な視野に立ったMEMSの技術戦略マップのローリングを行ってきている。

一方、経済のグローバル化に伴う製造拠点の海外移転とその結果としての製造業の空洞化が懸念となっており、MEMS の産業化や国内製造業の活性化を強力に推進することが喫緊の課題である。その環境整備のためにも、MEMS 技術戦略マップの重要課題のひとつである、中核となる人材の育成・充実が求められている。

そこで、本事業では、大学での研究者の育成や企業での技術者の早期実戦力化、および技術習熟に関する実態を調査し、MEMS 人材育成の方策を策定する。

また、平成20年度新規プロジェクトとして「異分野融合型次世代デバイス製造技術開発プロジェクト」の開始が予定されており、そのプロジェクト実行のための基本計画（目的、目標、実施内容、成果の普及等で構成）および技術開発課題の策定支援を行う。

さらに、MEMS の技術戦略マップのローリングについては、人材育成方策の策定と平成20年度新規プロジェクトの基本計画の策定結果を織り込むとともに、昨年度までに作成した内容を見直し、今後の総合的な MEMS の技術開発戦略を策定する。

1. 2 事業の実施内容

1.2.1 MEMS 人材育成に関する国内での実態調査【(財) マイクロマシンセンター】

国内のMEMS関連拠点は、大学、国研、地域公設試、大企業、中小企業、ベンチャーなど広範囲にわたっており、ここ数年急速に拠点ごとに拡大傾向である。

したがって、そこで活躍する技術者の数も増加傾向であるが、今後の技術融合を伴うMEMS産業の拡大を考えると、多様な技術者の更なる充実が必要である。

そのため、現時点での各拠点での人材の確保、育成、強化などについての実態について、Web を含めた文献調査と MEMS 協会企業メンバーへの E-mail アンケートにより調査、分析、整理した。

1.2.2 MEMS 人材育成に関する仕組みの検討【(財) マイクロマシンセンター】

MEMS 全体プロセスを俯瞰できるような系統だった人材の育成は、一企業内の社内教育では難しく、企業／産学官が連携した枠組みでなければ実践的ではない。

そこで、MEMS の主要企業を含めた産学官の専門家・有識者からなる「MEMS 人材検討委員会」をマイクロマシンセンター内に設置し、MEMS 人材育成に関する国内で

の実態調査をもとに、MEMS 人材育成システムの概念図をまとめ、MEMS 人材育成を促進させるための環境整備の方策として MEMS 人材育成に関する仕組みを検討し、次の 3 つの観点から、MEMS 分野に係わるロードマップに反映させた。

- ① MEMS 市場の拡大に対応するためには、MEMS 分野の人材確保が急務であり、他分野からの人材が、容易に MEMS 分野に参入可能となるような環境を整備する。
(シニア人材の活用、MEMS 開発製造拠点整備、など)
- ② MEMS 企業における MEMS 人材育成の現状と課題を見極め、企業における MEMS 人材育成の充実をはかる環境を整備する。
(人材育成のステップアップの方策、技術認定制度、など)
- ③ 産学連携による実践的な人材育成や社会人を対象とした MEMS 技術講座・研修コースの拡充など、産官学連携の効果的な MEMS 人材育成のための環境を整備する。
(MEMS 用インターンシップの充実、産学連携研究拠点における人材育成、など)

1.2.3 異分野融合型次世代デバイス製造技術開発プロジェクトの基本計画等に関する

技術戦略等検討委員会の開催【(株)日鉄技術情報センター】

MEMS は、自動車・各種製造機器・情報機器・通信機器を中心に広範囲な分野において、現在の小型・高性能単機能デバイスが既存部品を置き換えた第 1 世代から、2010 年を目指し高集積化・複合化による多機能デバイスの創出を狙う第 2 世代 MEMS の研究開発へと移行しているが、社会に更なる革新的なインパクトを与え、新しいライフスタイルを創造していくためには、第 3 世代 MEMS の実現が求められている。

一方、我が国のアトムプロジェクトに端を発したナノテクノロジーの研究開発は、カーボンナノチューブ・量子ドットなどの新しい材料・技術を生み出しつつあり、また、21 世紀は生命科学の世紀であり、バイオテクノロジーの世紀といわれている。

このような状況の中、最近注目されているのが、トップダウンプロセスである微細加工と、ボトムアッププロセスであるナノ・バイオプロセスとを融合したマイクロ・ナノ融合という概念である。

そこで、国内外のマイクロ・ナノ関連の研究開発の動向等を踏まえて、今後 MEMS に必要となる戦略技術としての、平成 20 年度に開始予定の「異分野融合型次世代デバイス製造技術開発プロジェクト」の基本計画（目的、目標、実施内容、成果の普及等で構成）および技術開発課題の素案作成の支援を行った。

また、この「異分野融合型次世代デバイス製造技術開発プロジェクト」の実行のための基本計画および技術開発課題を策定するために、NEDO と連携の下、国内の専門家・有識者からなる「MEMS の技術戦略等検討委員会」を設置し、①今後の MEMS に必要となる戦略技術としての重要技術の抽出と絞込み、②重要技術の基盤技術と実用化技術とへの分類、③各重要技術の 5 年後に達成すべき数値目標の検討、④当該プロジェクトの基本計画および技術開発課題の素案の検討等を行った。

1.2.4 MEMS の技術戦略マップのローリング【(株) 日鉄技術情報センター】

MEMS の技術戦略マップのローリングのため、産官学の専門家から構成される「MEMS のタスクフォース委員会」を設置し、昨年度までに策定した既存マップにおいて、時間の経過とともに変化した技術環境を勘案し、変化のあるものについてロードマップの見直しを実施した。これらの見直しに際してはプロジェクトの基本計画の検討結果を踏まえて、これを戦略マップに反映させるとともに、MEMS の人材育成に関する調査結果、及び人材育成に関する仕組みの検討結果も反映した。

1.2.5 調査報告書の作成

以上の調査及び委員会の開催結果を、調査報告書として取りまとめた。

1. 3 成果の要約

本調査では、事業目的に沿って、「MEMS の技術戦略マップのローリングに関する調査を実施した。具体的には、MEMS 人材育成に関する国内での実態調査、MEMS 人材育成に関する仕組みの検討、異分野融合型次世代デバイス製造技術開発プロジェクトの基本計画等に関する技術戦略等検討委員会の開催、MEMS の技術戦略マップのローリングを行った。概要を以下に記す。

(1) MEMS 人材育成に関する国内での実態調査

現時点での MEMS 関連拠点での人材の確保、育成、強化などについての実態を調査するため、Web を含めた文献調査と MEMS 協議会企業メンバーへの E-mail アンケートにより調査、分析・整理した。

(2) MEMS 人材育成に関する仕組みの検討

実態調査結果をベースに、MEMS の主要企業を含めた産学官の専門家・有識者からなる「MEMS 人材検討委員会」をマイクロマシンセンター内に設置し、人材育成のための仕組みを検討し、MEMS 人材育成に対するロードマップを取りまとめた。

(3) 異分野融合型次世代デバイス製造技術開発プロジェクトの基本計画等に関する技術戦略等検討委員会の開催

国内の専門家・有識者からなる「MEMS の技術戦略等検討委員会」を 3 回実施し、今後 MEMS に必要となる戦略技術としての、平成 20 年度に開始予定の「異分野融合型次世代デバイス製造技術開発プロジェクト」の基本計画（目的、目標、実施内容、成果の普及等で構成）および技術開発課題の素案作成の支援を行った。具体的には、3 つの基盤的プロセス技術と知識データベースの整備について、達成すべき目標数値の決定などを含め、当該プロジェクトの基本計画および技術開発課題の内容検討を行った。

(4) MEMS の技術戦略マップのローリング

産官学の専門家から構成された「MEMS のタスクフォース委員会」を 2 回実施し、平成 18 年度に策定した技術戦略マップのローリングを行った。具体的には、MEMS 人材育成に関する国内での実態調査および仕組みの検討の結果、及び新規プロジェクトの基本計画の検討結果などを反映させる、導入シナリオ・技術マップ・製造技術ロードマップ及び競争力比較のローリングを行い、平成 19 年度版の技術戦略マップとして取りまとめた。

Summary

This report presents a study related to rolling the technological strategy map of MEMS. Under the purpose of registered business, the study work was composed of four items and carried out, which were (1) Study on the present status for bringing up MEMS specialists, (2) Study on the framework for bringing up MEMS specialists, (3) Study on basic plan concerning a new national project developing the production technologies of next generation MEMS devices by combining different scientific knowledges, and (4) Rolling of the technological strategy map of MEMS.

(1) Study on the present status for bringing up MEMS specialists

The present status for bringing up MEMS specialists was studied and analyzed by discussion and making E-Mail inquiries to companies.

(2) Study on the framework for bringing up MEMS specialists

Micro Machine Center (MMC) organized the committee constructed with authorities of the government, academia and industries including main companies concerning to MEMS. The committee studied on the framework for bringing up MEMS specialists and drew up strategic road map for bringing up MEMS specialists.

(3) Study on basic plan concerning a new national project developing the production technologies of next generation MEMS devices by combining different scientific knowledges

The committee for studying on basic plan concerning a new national project was organized with authorities in various fields. Through three times of the committee, basic plan was studied and concrete targets were indicated for research and development of both three fundamental process technologies and a knowledge database necessary to carry out in the national project.

(4) Rolling of the technological strategy map of MEMS

Taskforce committee was organized by specialists of the government, academia and industries. Through two times of the committee, rolling of the technological strategy map of MEMS legislated in 2006 was made. As a result of rolling work, technological strategy map edited in 2007 FY was settled in which introduction scenario, important technological map, road map of MEMS production technologies and comparison of national power of MEMS were composed, reflecting the results of two studies on bringing MEMS specialists and drawing basic plan for a new national project.

第2章 MEMS 人材育成に関する国内での実態調査および仕組みの検討

2. 1 調査研究の概要

2.1.1 調査研究の目的

MEMS 分野の人材育成については、MEMS が様々な技術分野との融合を進めることによって、幅広い産業分野に展開できるため、MEMS に必要な幅広いカリキュラム構成による大学等高等教育機関での教育が望まれると同時に、企業においても、多方面への応用展開に当たっては、幅広い製造要素技術や、エネルギー、情報通信、バイオといった応用分野の広がりにも対応できるような全体プロセスを俯瞰でき、どの製品に MEMS を応用すればよいかを的確に判断できるリーダー的な技術者も企業では必要とされている。

以上の背景を踏まえ、企業での MEMS 技術者の人材育成に関する現状を調査し、我が国の MEMS 人材育成の活性のための環境整備としての具体的な仕組みを策定し、技術戦略ロードマップ上に反映する。

2.1.2 調査研究の内容と方法

(1) 調査研究の内容

①MEMS 人材育成に関する国内での実態調査

国内の MEMS 関連拠点は、大学、国研、地域公設試、大企業、中小企業、ベンチャーなど広範囲にわたっており、ここ数年急速に拠点ごとに拡大傾向である。そこで活躍する技術者の数も増加傾向であるが、今後の技術融合を伴う MEMS 産業の拡大を考えると、多様な技術者の更なる充実が必要である。

そのため、現時点での各拠点での人材の確保、育成、強化などについての実態について、Web を含めた文献調査と MEMS 関連企業へのアンケート調査により調査、分析、整理する。

②MEMS 人材育成に関する仕組みの検討

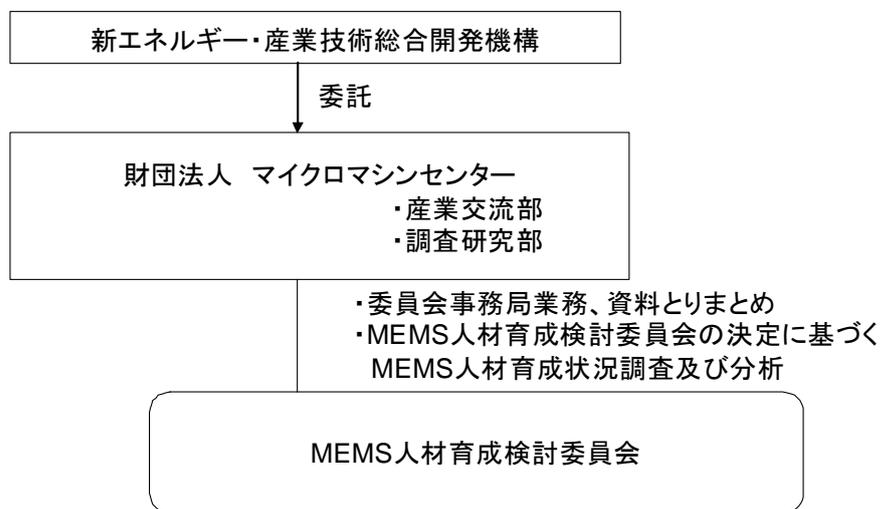
MEMS は高付加価値デバイスの創生に大きく寄与するものであり、MEMS が情報通信、医療・バイオ、自動車等、わが国の主要産業を高付加価値化し、国際競争力をさらに強化する基幹デバイスとして期待されている。また、MEMS 応用製品の拡大に伴い、急激な市場拡大が進むと予測されている。

一方、このような MEMS の開発・製造には、機械、電気、化学、物理、材料、光学、医療など、幅広い分野の知識と技術が必要であるが、そのような人材育成の仕組みは一企業内の社内教育では難しく、他分野からの人材の活用や、産学／産学官が連携した人材育成システムの充実を図る仕組みが望まれている。

このようなことから、MEMS 人材育成に関する国内での実態調査をもとに、効果的な MEMS 人材育成システムの構築に必要な環境整備の方策について検討する。

(2) 調査の実施体制

本調査研究は、マイクロマシンセンター内に設置した有識者からなる「MEMS人材検討委員会」を設置し、実施する。



実施体制

MEMS人材育成検討委員会委員

	氏名	所属・役職
委員長	唐木 幸一	オリンパス株式会社 研究開発センターMEMS 開発本部 本部長 執行役員
委員	庄子 習一	早稲田大学 理工学院電子・光システム学科 教授
委員	高橋 正春	独立行政法人産業技術総合研究所先進製造プロセス研究部門 インプリント製造技術研究グループ グループ長
委員	夏目 高伸	オムロン株式会社 技術本部先端デバイス研究所 技術マーケティンググループ グループ長
委員	宮武 久和	シャープ株式会社 IC 事業本部技術企画室 副参事
委員	毛利 信幸	財団法人新産業創造研究機構 研究第五部長 兵庫県産学官連携イノベーションセンター ナノテク分野コーディネータ
委員	水田 千益	株式会社数理システム 科学技術部長 常務取締役
委員	岡本 剛	松下電工株式会社 微細プロセス開発センター 技師
委員	武田 宗久	三菱電機株式会社 先端技術総合研究所 赤外センサ開発プロジェクトグループ マネージャー

2. 2 MEMS 分野の人材育成ロードマップ策定の基本的考え方

MEMS は高付加価値デバイスの創成に大きく寄与するものであり、MEMS が情報通信、医療・バイオ、自動車等、わが国の主要産業を高付加価値化し、国際競争力をさらに強化する基幹デバイスとして期待されている。また、MEMS 応用製品の拡大に伴い、急激な市場拡大が進むと予測されている。

また、MEMS の技術動向としては、現在、光スイッチ、エアフローセンサ、圧力センサ、加速度センサ、ジャイロセンサ、インクジェットヘッドなどの単機能 MEMS から RF デバイス、DMD スキャナ/スイッチ用ミラーなどの高度化単機能 MEMS、さらには、機能複合化通信機器、生体センシング機器、防災・防犯機器などへ適用される高集積・複合 MEMS、そして、エネルギーハーベスティング、オンサイト環境浄化デバイス、体内埋め込みデバイス、アンビエントインテリジェントデバイスなど、ナノ・バイオ融合・自律分散デバイスとしての革新的 MEMS への進展が予想されている。

このような MEMS の開発・製造には、機械、電気、化学、物理、材料、光学、医療など、幅広い分野の知識と技術が必要であり、それら技術展開の全体プロセスを俯瞰できる中核となる MEMS 人材の充実が望まれている。このような中核人材の育成は、一企業内の社内教育では難しく、他分野からの人材活用の枠組み、産学/産学官が連携した人材育成の枠組みの構築が必要である。

従って、MEMS 分野の人材育成ロードマップの策定にあたっては、次の視点から策定することとした。

- ①MEMS 市場の拡大に対応するためには、MEMS 分野の人材確保が急務であり、他分野からの人材が、容易に MEMS 分野に参入可能となるような環境を整備する。
- ②MEMS 企業における MEMS 人材育成の現状と課題を見極め、企業における MEMS 人材育成の充実をはかる環境を整備する。
- ③産学連携による実践的な人材育成や、社会人を対象とした MEMS 技術講座・研修コースの拡充など、産官学連携の効果的な MEMS 人材育成のための環境を整備する。

以上のことを踏まえ、異分野融合など MEMS 技術の進展を念頭に置き、MEMS 人材育成の環境整備に係わるロードマップを策定した。

2. 3 調査項目と内容

本ロードマップは、我が国の MEMS 産業を活性化させ、その原動力となる MEMS 人材の育成・充実、国際競争力を強化させることを目的に作成する。

そこで、本調査研究においては、前項の基本的考え方で示した①～③の観点から現状と課題を調査し、MEMS 産業界の人材育成システムとしてまとめた。

2.3.1 MEMS 市場規模に対応した MEMS 人材数の目標

(1) 製造業を取り巻く人材の一般状況

我が国の製造業の就業者数は、少子高齢化の傾向もあって大幅な就業者数の増加は望めない状況にある。実際、総務省労働力調査によると、2002 年で約 1,200 万人であったものが、2005 年には約 1,140 万人まで減少したがその後持ち直したものの、2007 年では約 1,165 万人となっている。また、正規の職員・従業員の割合については、2002 年から毎年 1%ほど減少し続け、2006 年からは減少率は少なくなったものの、減少の傾向にある。

(図 2-1)

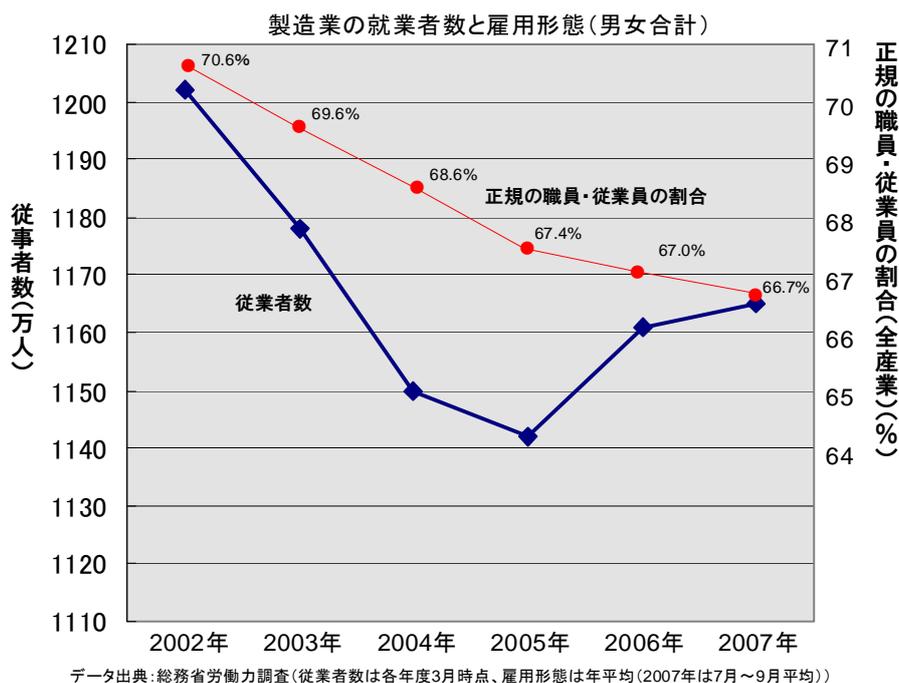


図 2-1 製造業の従業者数と雇用形態

また、年齢別雇用者数の推移をみれば、「団塊の世代」が 2007 年以降順次定年を迎えることから、製造業にとっても技術・ノウハウの伝承を如何に行っていくかが課題の一つになっている。(図 2-2)

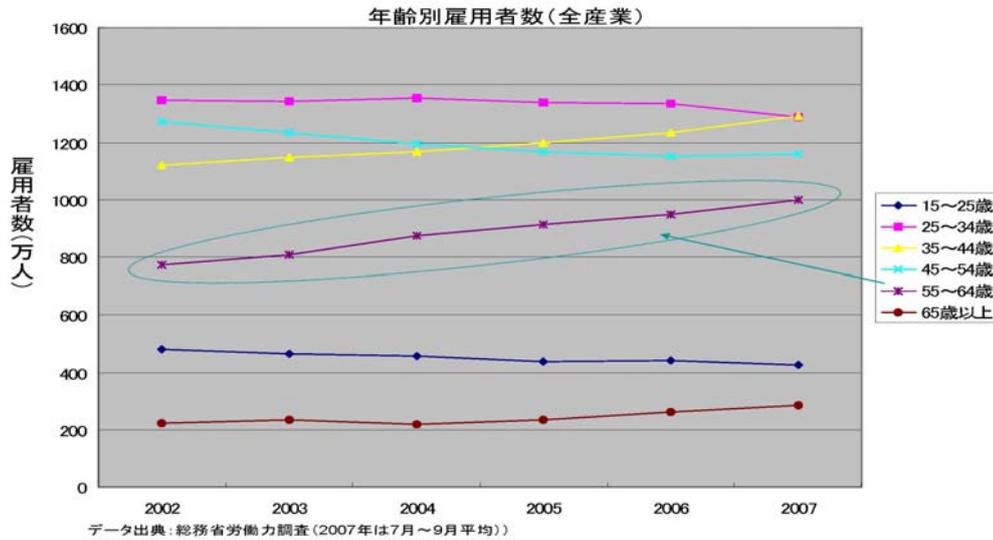


図 2-2 年齢別雇用者数

(2) MEMS 産業規模を支える MEMS 従事者数

マイクロマシンセンターでは、平成 18 年度 MEMS 技術戦略マップのローリング調査の一環として、国内の MEMS 市場規模の予測を行った。この市場規模は、MEMS が、単機能 MEMS → 高度化単機能 MEMS → 高集積 MEMS → 革新的 MEMS と進展していく技術の流れを勘案し、このような MEMS が組み込まれている製品あるいは今後組込まれるであろう製品の生産額をベースとして、それぞれの製品コストの中で MEMS デバイスが占めるコスト比をベースに算出したものである。

この結果、MEMS 市場規模は、2005 年では推定 4,400 億円、2010 年には 1 兆 1,700 億円、2015 年には 2 兆 4,000 億円と市場が拡大していくことが期待されている。

本 MEMS 人材育成検討委員会では、市場規模の予測値が生産額をベースにしていることから、このように拡大する MEMS 市場を支えるに必要な MEMS 従事者数について、一人当たりの生産性を 5,000 万円/人として、MEMS 人材数を割り出し、これを、MEMS 人材の目標数とした。(図 2-3)

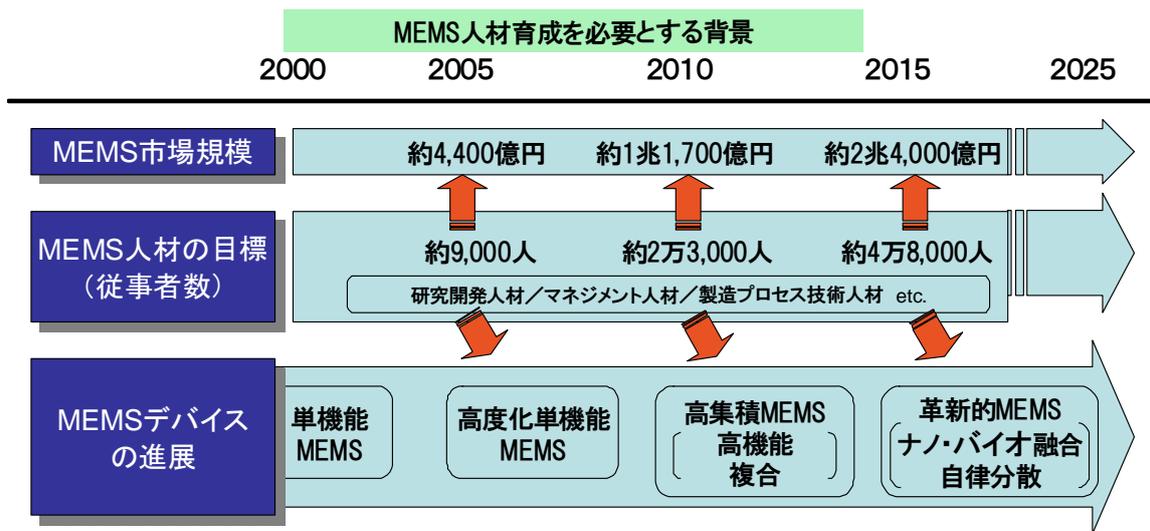


図 2-3 MEMS 人材育成を必要とする背景

2.3.2 企業における人材育成の状況

(1) 産業界で望まれる MEMS 人材像

今後の日本の産業を支える「高付加価値ものづくり」としてナノ製造や微小電気機械システム技術を中心にシステム化（新産業分野へアイデアを具体化する能力）と海外との技術競争（ビジネス化を含む戦略）に取り組める人材、あるいは設計開発に従事する者、最新のものづくり技術（MEMS、精密ナノ加工、設計、評価）を習得し、オペレータとなる者、全体を俯瞰できるマネージャーと幾つかの階層に分かれるが、それぞれ MEMS 産業を支える重要な役割を担っている。

産業界において求められる MEMS 人材像は、MEMS 事業を営む企業の事業内容、研究開発から製造、品質管理、製品企画の各部門での役割によって様々な人材像がある。MEMS 人材とは「MEMS デバイスおよびその関連製品の企画・研究・設計・開発・製造に関わる人材」と広く捉える見方から、「MEMS 分野で世界トップレベルの専門性を有し、社会・事業貢献度の高い斬新な特徴を有する MEMS 製品開発を、自らがリーダーとなって率先垂範する人材」のように、MEMS とは何かその実力を理解して、適切なアプリケーションを企画提案できる技術者を描くなど、事業内容、企業規模等によって様々である。また、そのような人材を育成強化する必要性の程度も同様に様々である。

本調査研究では、MEMS 関連企業で望まれる MEMS 人材像や、そうした企業の人材育成・社員教育がどのような形で行われ、その中で MEMS 分野を対象にしたプログラムがどの程度行われているかを、MEMS 関連企業の MEMS 従事者にアンケートを行い全般的な状況を調査したうえで、MEMS 人材として育成あるいは充実すべき人材像を明らかにし、その人材像を目指して必要となる人材育成の環境整備の方策を検討した。

図 2-4 は、上記の主旨により、MEMS 関連企業の研究開発部門、企画部門等の技術者、管理者に対し、MEMS 人材像及び MEMS 人材育成の考え方についてアンケートにより調査を行った^(注1)結果である。

MEMS デバイス市場の規模は、2005 年は 4,400 億と推定されているが、MEMS 技術の進展により高機能・複合化するに伴い新しいアプリケーション市場の創出が見込まれ、2010 年には 1 兆 7,000 億円、2015 年には 2 兆 4,000 億円程度に拡大すると見込まれている^(注2)が、このような市場拡大の期待に応えるために、MEMS とは何かその実力を理解して、適切なアプリケーションを企画提案できる技術者をはじめとした開発設計人材が最も望まれている。

注1) アンケート調査の内容及び結果については、本報告書【参考資料】を参照。なお、本報告書中で、アンケートにより調査した結果は、【参考資料】の内容を指す。

注2) 平成 18 年度 NEDO 委託調査「MEMS の技術戦略マップのローリング調査」

図 2-5 は、MEMS 事業の研究開発から製品化・販売に至る過程で、MEMS 技術者としてどのような職種に不足、又は育成の必要を感じているかのアンケート結果である。

この結果では、開発設計者の人材育成・確保と同様に、MEMS の新しいアプリケーションの商品企画者の充実の必要性も高い。また、MEMS 製造において製造プロセスを理解し、設計や生産技術との関連も見通せる製造プロセス技術者も育成・強化したいとの結果がでている。

製造部門のオペレータについては、アンケート結果では他の職種に比べれば人材育成・強化の必要性の程度は低くなっているが、研究開発設計者が装置のメンテナンスまでは対応できず、装置能力を把握したオペレータの協力があってこそ、研究開発設計者は職務に専念できる。しかも、オペレータは製造技術者としての資質を習得（加工技術のブラッシュアップ）するためには経験が必要で、短期間でのレベルアップには製造技術者の指導の下、実習を主体とした教育が不可欠でもある。

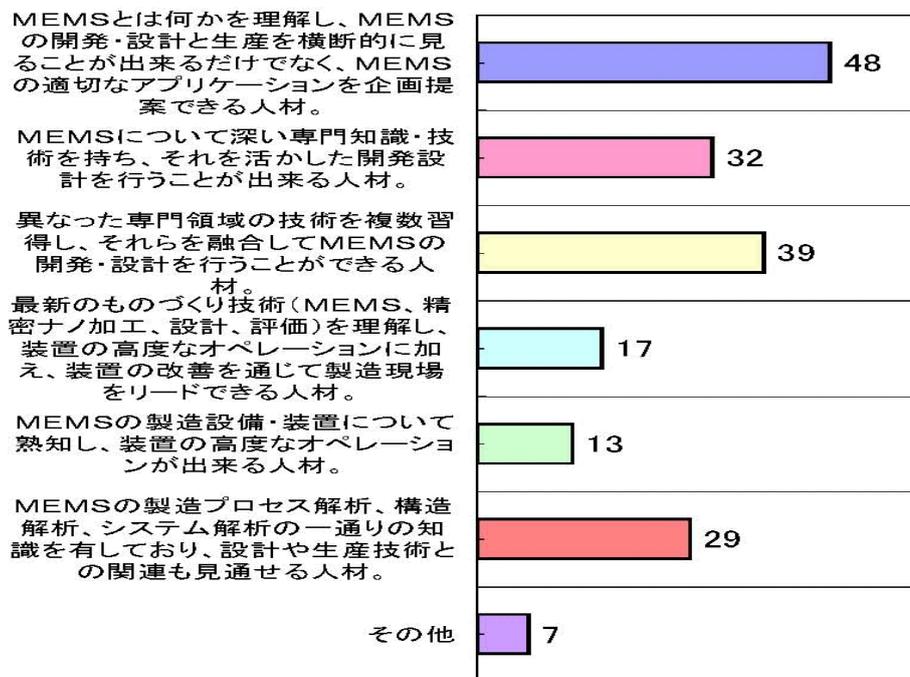


図 2-4 MEMS 人材像のイメージ (アンケート調査結果)

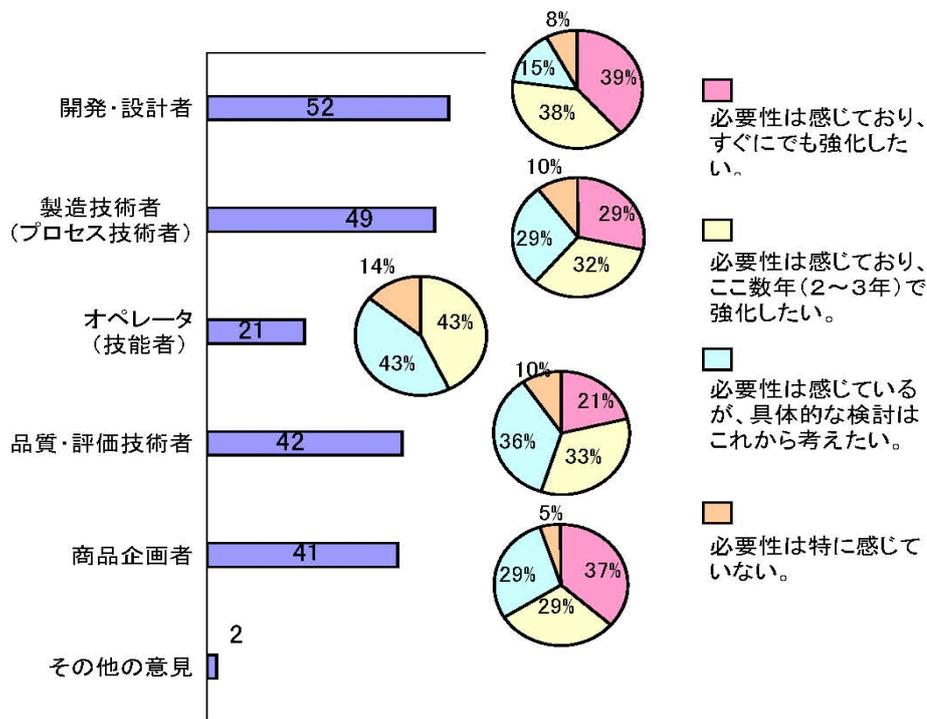


図 2-5 MEMS 従事者の必要性 (アンケート調査結果)

以上の現状を踏まえ、現在、MEMS 分野ではどのような人材像が産業界で望まれているかを図 2-6 のようにまとめた。

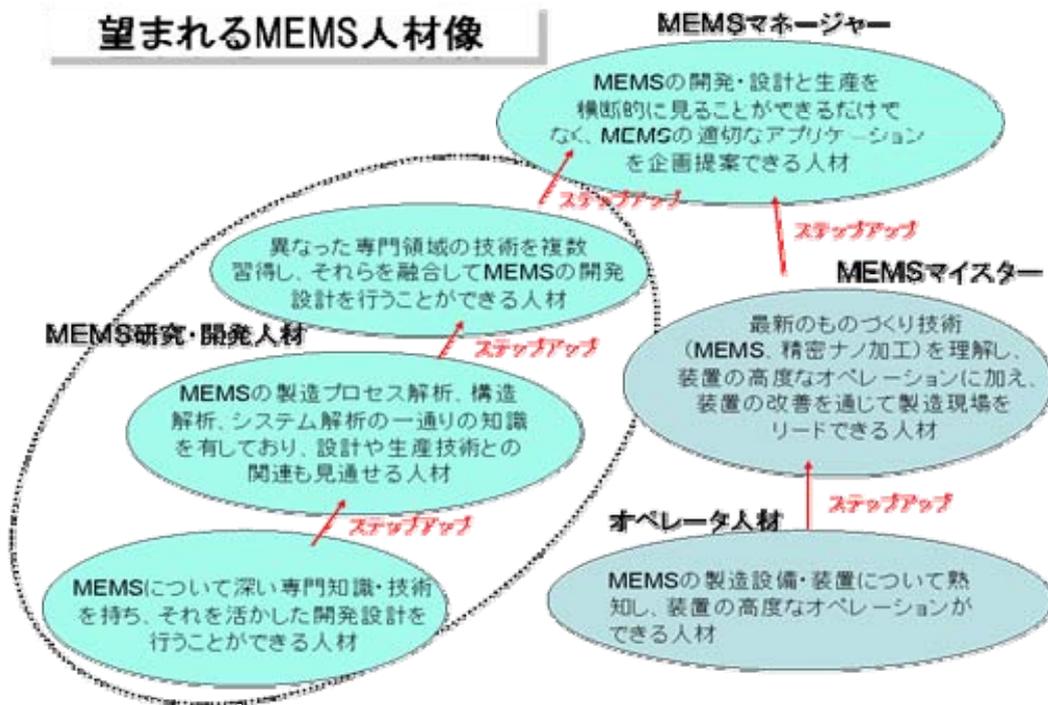
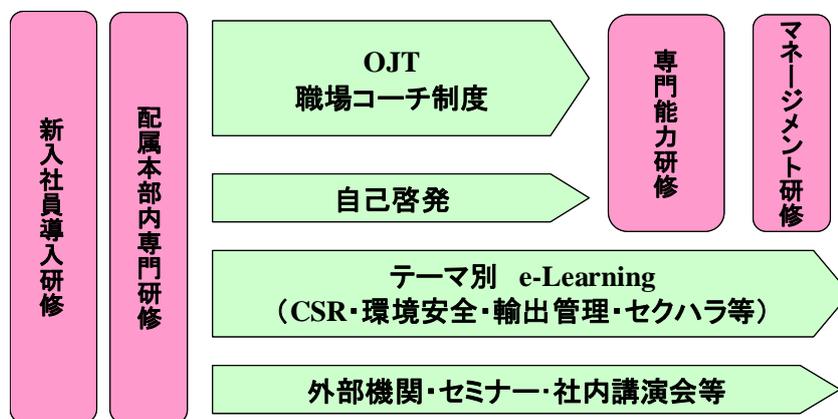


図 2-6 MEMS 産業人材として望まれる人材像とそのステップアップ

(2) 企業の MEMS 人材育成の実施状況

企業においては、新入社員教育から中堅・管理者教育まで、様々な人材育成が行われている。多くの企業では、新入社員を受け入れ、戦力になるまでの人材育成を図 2-7 のようなシステムで行っているのが一般的である。



OJTと主な企業教育制度(全社的制度)の例
(インターンシップは関係者のみ実施)

図 2-7 企業における一般的な社員教育のシステム

このような一般的な社員教育システムの中で、MEMS 分野の人材育成を目的として社内人材育成プログラムを行っている企業は、MEMS 関連企業といえども、図 2-8 に示すごとく、多くはない。

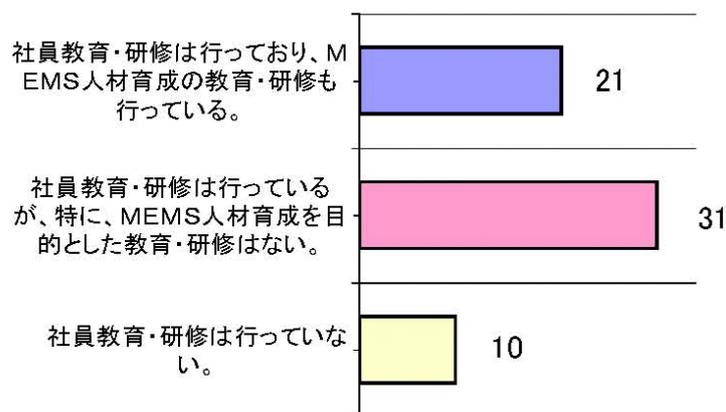


図 2-8 企業での MEMS 人材育成実施の程度
(アンケート調査結果)

また、MEMS 人材育成を行っている場合でも、その方法は図 2-9 のとおりである。

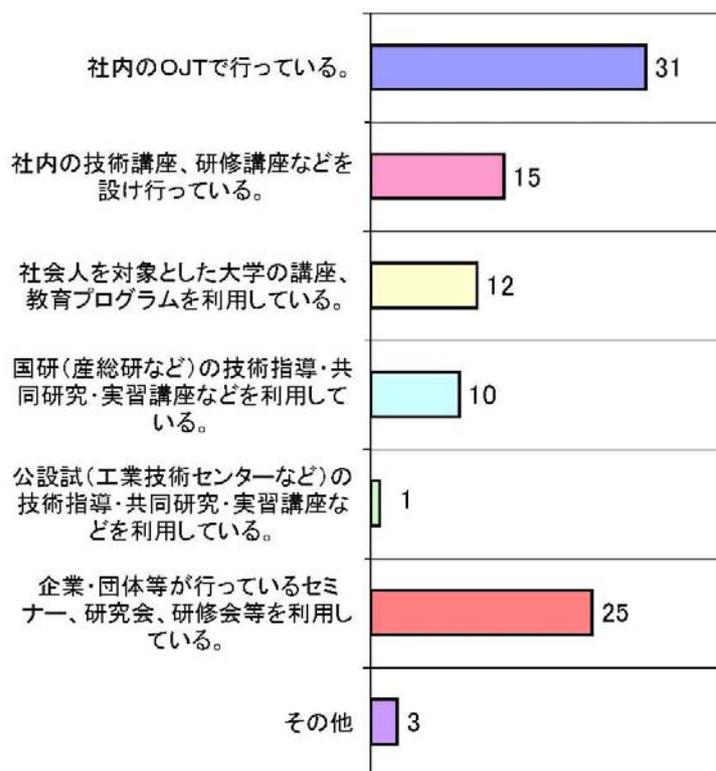


図 2-9 MEMS 人材育成（社員教育・研修）の方法
(アンケート結果)

このように、MEMS 関連企業であっても、全ての企業が MEMS 人材育成を目的とした社員教育・研修制度を行っているわけではなく、またその方法も多岐にわたっている。

以下、MEMS 関連企業で現在行われている MEMS 人材育成の方法別に、具体的な事例をあげて、現在の企業における MEMS 人材育成プログラムの実施状況を述べる。

① OJT (On the Job Training) の実施状況

社内で行われている MEMS 人材育成システムは、図 2-9 に示すとおり、現状では OJT が主流である。MEMS 分野の OJT は、どのような視点で行なわれているか、MEMS 関連企業の事例をあげる。

<事例 1 : MEMS デバイス / 組込製品製造企業>

新事業を遂行して行くに必要な基礎知識を決められたカリキュラムに則り実施した後 OJT が実施されている。

新入社員の場合は、集合研修において最低限の基礎知識を身につけた上で、概ね 3 ヶ月間の実習プログラムが実施される。実習先は配属先とは異なる部門が通常で、技術部門であれば、製造部門や研究部門、商品企画部門など、より広い知識を身につけることができるように配慮されている。

また、入社後 2 年間は新入社員各人にひとりずつの指導者が設けられる。指導者は新入社員の育成プログラム (カリキュラム) を作成し、所属長および人事部門の認可を受けることになっている。

このプログラムの中で、例えば、MEMS 分野の人材であれば、基礎的な知識 (例えば、機械、電気、化学、物理、材料など) の知識が不足であれば自己啓発も併用したカリキュラムとし、実際に設計や製造装置の使い方などを OJT にて習得することとなる。

また、指導者間で格差が生じないように、指導者研修を実施しレベルアップを図るとともに、指導者間でのコミュニケーションも活性化させ共通化できるカリキュラムの抽出と共同実施なども行えるように配慮している。

3 年目以降 (中途採用者含む) は、自らが、年に一度能力開発プログラムを作成し、上司と合意の上、これに従って必要な知識・技術を習得していくこととなる。

なお、MEMS は多種多様な技術習得が必要であることから、企業内での人材育成には限界があり、社外のセミナーや大学の講座を利用することも増えてきている。

<事例 2 : MEMS デバイス / 組込製品製造企業>

『One Process, One MEMS』という言葉で表されるように、MEMS 技術分野は半導体技術分野よりも歴史が浅いため、現状ではデバイスの設計や製造プロセスのルールやレシピが完全に確立されていない。MEMS の商品・技術開発は、設計とプロセスを摺り合わせながら、デバイスに仕上げるといった一品対応の形態にならざるを得ない性質がある。また、特殊な構造・材料設計やプロセスを商品開発に加味することが、競合他社に対する商品の競争優位性を得るための源泉となる側面がある。

そのため、MEMS 商品・技術の開発には、専門性の高い、高度な固有スキルが要求され、その人材育成は主として開発グループ内での OJT に頼らざるを得ないのが企業の現状である。

各々の研究者、技術者は何れかの商品開発テーマや技術開発テーマに属しているが、そのグループの中で、上司や上位者からの指導を受けながら、MEMS に関わる機能素子設計、回路設計、プロセス、実装・パッケージング、解析・評価等を推進するためのスキルを、日常の開発業務を遂行する中で習得している。

更に、次世代を睨んだ革新性のある MEMS 商品・技術を創出するためには、異分野との融合が重要となり、MEMS の開発に携わる技術者には、機械、電気、化学、物理、材料、光学、医療など、幅広い分野の知識とスキルも要求されている。

そのため、企業の人事面においては、他部署への転属を通じて個人の実務経験や職務拡充を促進し、幅広いスキルを形成するためのキャリア開発プログラムの制度が整備されているが、一企業内では限界があると考えている。

企業での MEMS 関連の商品開発は、他社優位性のある商品を先駆けて商品化することで先行者利益を得ることが重要であり、開発に携わる技術者は、常にその開発納期に追われることが宿命となるため、企業内の OJT では専門性の高い高度な固有スキルの開発に特化し、技術者のベースとなる基礎的スキルは大学等高等教育機関での卒業、修了時に既に習得していることが真に望まれる。MEMS の基礎的スキルを身に付けた人材を確保するためには、大学等高等教育機関での MEMS 教育の充実に期待するところが大きい。

また、企業が得意とする事業領域と異なった学問分野を研究する大学等高等教育機関との交流を促進する仕組み作りも必要である。

<事例 3：MEMS デバイス／組込製品製造企業>

MEMS 人材育成としては、まったく知識がない状況からスタートするのが普通なので、半導体プロセスを中心とした研修・社内講座もかなり積極的にやっている。

<事例 4：MEMS 設計ツール／CAD 企業>

OJT は新入社員には必須の過程であり、ベテラン（師匠）をつけて、その裁量で、半年間、プログラミングの実習を行う。課題は通常師匠の仕事に関係することが多い。

制度としての OJT は、これのみであるが、あとは、プロジェクトを組むとき、ベテランと新人を配して、実質的な OJT となるよう配慮している。

<事例 5：半導体企業>

MEMS 産業に比べ半導体産業では歴史が長いため、半導体企業での OJT の例をあげる。

半導体の一般的な基礎知識を配属の本部内で研修を受けた後、専門的な内容の研修を各職場で OJT を行う。これには配属社員に直接指導を行うコーチを当てるいわゆる職場コーチ制度を採用している。

OJT では研究部門、技術開発部門、製造部門でそれぞれの職場にあわせて作業の意義や背景、目的、内容を説明しその後実際の作業を行い、その成果をレポート作成するという

一連の業務を行う。これら一連の業務を職場コーチが指導して進める。OJTは職種の経験が比較的浅い場合に良く用いられる。中堅社員では実際の作業よりむしろ報告書などの文書の作成が多くなり、作業を伴う業務が減少するため、作業に対するOJTは減少する。

半導体製造ラインの場合のOJTとしては以下の表のような作業項目が例として挙げられる。職種・作業内容によって難易度が異なるため、コーチが作業内容を提示して難易度に応じて作業員のスキルを向上させていく育成の方法をとっている。業務上のミスが製品のコストに直接影響するため、コーチの役割は重要である。また半導体製造ラインでは危険な薬品やガスを扱うため、安全管理上の自動化システムが多く採用されておりフェイルセーフのシステムもとられているが、装置・設備の取り扱いには高いスキルや経験を要求されることが多く、人材育成での達成度をコーチが把握しながら慎重に職務を割り当てている。

表 2-1 半導体製造ラインでの職種と OJT 作業項目

製造ライン職種	OJT作業内容
リソグラフィー工程	レジスト塗布・露光・現像
エッチング工程	ドライエッチング(Si絶縁膜・金属膜)
薄膜作成工程	CVD、PVD(各種絶縁膜・金属膜)
酸化拡散工程	高温長時間酸化・拡散、ゲート酸化、イオン注入
洗浄工程	薄膜形成前処理洗浄、CMP
デバイスフロー管理	歩留り向上、設備稼働率管理など
テスト工程	LSIの電気的特性評価、機能試験テスト
ワイヤボンディング工程	LSIチップの配線ボンディング
パッケージ工程	各種モールドパッケージ、セラミックパッケージの組み立て
品質保証管理	信頼性試験(高温・強制通電加速試験、機械的損傷)など
生産管理	デバイス流動ロット管理、デバイスモデルミックス操作(特急ロットなど)
装置・設備管理	製造装置のモニタリング、保守管理
装置搬送系・CIM生産システム管理	CIM搬送システムのソフト管理、装置レシピ管理
ユーティリティー管理	半導体製造用化学薬品・ガス供給(酸・アルカリ液、各種ガス等)、廃液排ガス管理等
クリーンルーム管理	クリーンエア、室内温調、ダスト管理
安全管理	安全点検、災害対策(停電、台風、地震)など

トレーニング期間は半年～1年程度である。研究開発や技術開発の部門では、集積回路デバイスの設計、プロセス技術開発が主な業務となるが、直接の上司がOJTのコーチとして指導するケースが多い。開発ツールの使用方法が主な内容となり、研究開発テーマの内容については、実際の活動を熟練社員と同じ内容で進めて、必要に応じてOJTの指導を行い、最終的に研究報告や技術レポートを提出して一定の指導を終える。

課題としては、職種内容や指導者のレベル、OJTを受ける社員の能力が異なるため、達成度の評価が異なり、主観が入る場合もある。統一した内容の技能試験やペーパーテストで判定すればよいが、そのための手間や費用がかかるため、実施状況や達成度の評価は企業や職場によって異なると思われる。半導体製造の実務については、半導体製品製造技能士の国家試験があり、集積回路チップ製造作業、集積回路組立て作業ともに1級、2級の別があり、これらを活用している企業もある。

② 社内の技術講座・研修講座の実施状況

規模の大きい企業では、技術者向けの社内研修として、技術者共通のベーススキルとして重要な品質管理や設計技術関連の基礎的なプログラムが体系的に整備されており、ベース形成期、専門性確立期の若手社員の受講が必須となっている。また、社内での技術講座・研修講座の一環として、特定の話題について、社外講師を招いての講演会を社内で随時開催している例もある。

MEMS 分野での技術講座・研修講座の実施状況は、図 2-9 に示されたとおり、OJT の事例から比べるとまだ少ない状況にある。社内技術講座・研究講座の具体的なカリキュラム構成などの内容は企業情報管理下におかれているのが普通であるが、概要として事例をあげる。

<事例 1：MEMS デバイス／組込製品製造企業>

この企業は、近年カンパニー制に移行したことから、人材育成についても本社人事部門が実施する研修講座と、各カンパニーにて実施するものに大別されている。

本社主管のものは、「入社〇年目研修」や「資格別研修」などの人事研修と、「プロジェクトマネジメント研修」や「新人向けエレキ設計研修」など広く一般的な公募型研修に分けられている。公募型研修についてはカンパニーを超えて実施するほどの対象者がおり、価値のあるものに限定されるため技術講座や技術研修といったテクニカルなスキルを習得目的とするものは、減少の傾向にある。

一方、企画立案といったコンセプチャルスキルやコミュニケーション能力の向上やリーダーシップ発揮のための研修といったヒューマンスキル、さらには、メンバーを束ね成果を最大限に発揮するためのプロジェクトマネジメントを習得目的とするものが増加の方向にある。

一方、カンパニー主管のものはそれぞれの事業領域に特化した技術習得や文化・風土の醸成を目的とするものまで、幅広く実施されている。ただ、分野によって対象人数が様々であるため、偏りがあつたり不十分な分野があることは事実である。

また、これらを補間する形で e-ラーニングや通信教育（自己啓発）の支援制度を充実させたり、勉強会という形で現場主導の中で補間しているケースもある。

<事例 2：MEMS 設計ツール／CAD 企業>

新入社員全員を対象として、半年間毎日教育のみを行っている。

この企業の新入社員は、ほとんど理学部数学科あるいは物理学の学卒、院卒であり、プログラミングの教育は大学ではほとんど受けていない。ただし、これは悪いことではない。本格的な数学、物理学の訓練の方が、当座の仕事の知識よりはるかに重要である。

新入社員教育の目的は、プログラミングに必要な最低限度の知識を与え、実際にプログラムを作らせて見ることであることから、以下のカリキュラム構成で行っている。

- ・ コンピューターの原理・OS の原理
- ・ UNIX・Windows 環境
- ・ C 言語（文法、書法を教える。）
- ・ データ構造とアルゴリズム
- ・ ソフトウェア開発入門
- ・ CVS・正規表現（UNIX 利用法）
- ・ 総合演習（課題を与えて、実際に作らせる。）

ここまでが集団での教育講座であり、その後仮配属になり、仮配属先で師匠による個人教育（三ヶ月を目途に、師匠が課題を与えて面倒を見る。）

以上が半年の新人教育となっている。

なお、その後は、通常、師匠が引き継いで半年間の OJT を行うことになっている。

<事例 3：半導体企業>

上記の①OJT と同様に、参考として半導体企業の典型的な事例を挙げる。

半導体企業でも、企業によって異なるが入社時点で設計技術とプロセス技術の概論の研修を最低約 1 週間程度は行っている。技術講座や研修講座も各社各様であるが、例えばその典型的な例としては以下のような講座がある。これらの講座は社内の専門分野の第 1 人者が講師として任命され、専用の講義室で 30～40 名程度の新任～中堅技術者を対象にテーマ毎に 2～3 時間で講義を行う。講義の内容は、随時改定され、テーマ自体も年に一度は研究開発の状況や事業内容に応じて見直しを行う。講義全体の運営を行う委員会があり、運営方法や講師を決める。技術テーマだけでなく、特許や資材などの管理やマネージメントのテーマも必修としたり、選択科目として設定している。

表 2-2 社内半導体技術講座の例

技術	講座テーマ
管理技術	特許、環境、資材、法務(契約、輸出貿易管理、下請け法、独占禁止法など)
品質保証	品質工学概論、統計的品質管理、製造物・契約責任(PL・CL法)、信頼性工学、計測管理
設計技術	コンピューター概論、LSI設計、RTL設計、半導体回路とシミュレーション、MOSTランジスタの基礎、バイポーラトランジスタの基礎、IP開発とその利用、LSIテスト技術概論、信頼性と設計、ESD・ラッチアップ・ノイズ、CAD研修、SoC設計など
デバイス技術	半導体の物性と原理、MOSFET、先端半導体デバイス技術、各種メモリー(DRAM、SRAM、フラッシュ、その他の不揮発性メモリー)、TCAD技術
プロセス技術	リソグラフィ技術、ドライエッチング技術、酸化拡散技術、多層配線技術、複合工程技術、Si基板技術、洗浄技術、バイポーラトランジスタプロセス技術
パッケージ技術	パッケージ構造材料・組み立て技術、信頼性評価技術
デバイス応用技術	携帯電話、映像TV技術、各種センサー技術など

このような技術講座、研修講座は欧米の企業でも活発に行われており、IBM やインテルなどは e-Learning を導入して遠隔地教育を行っている。

工場のオペレータの研修もこれに準じた内容で研修室を設置し、オペレータの OJT と共に IC の全容をオペレータが理解できる内容にして、人材育成を行っている。数学や物理・化学などの基礎知識が無い人もいるため、これらの学科の基礎を簡単に指導する場合もある。また半導体製品製造技能士の国家試験を受ける人に対して特別に指導する場合もある。

③ 社会人を対象にした大学の講座、教育プログラムの利用状況

大学・大学院における社会人を対象にした講座は、人文、経済、科学技術など多様な分野で従来から開かれているが、科学技術分野に関しては、文部科学省が平成 16 年度から科学技術振興調整費による「振興分野人材育成プログラム」を取上げたところより、いくつかの大学で充実が図られつつある。しかし、MEMS 分野に関連した講座、教育プログラムは、早稲田大学の「ナノテクノロジー要素技術養成プログラム」、大阪大学の「社会人向けナノテク教育プログラム」など、例はまだ少ない。

MEMS 企業における社会人対象の大学の講座、教育プログラムの利用については、次世代を睨んだ革新性のある MEMS 商品・技術を創出するためには、異分野との融合が重要となり、MEMS の開発に携わる技術者には、機械、電気、化学、物理、材料、光学、医療など、幅広い分野の知識とスキルもますます要求されてきているため、幅広いスキルを形成するためのキャリア開発プログラムの制度として、このような社会人対象の講座、教育プログラムの利用を積極的に行う企業が出てきている。

図 2-10 はアンケート結果であるが、現在どのような社会人対象講座が開設されているかわからない、あるいは MEMS 講座の内容を見ないと利用できるかどうかかわからない、とのことから、『わからない』との回答も多くなっている。

MEMS 分野に関連した社会人を対象にした大学の講座、教育プログラムがまだ少ない現状であり、かつ、企業が MEMS 人材育成を図る目的に即した大学のプログラムの内容との兼ね合いもあるが、企業が、社会人を対象にした大学の講座、教育プログラムを利用する場合の条件という視点から利用の事例をあげる。

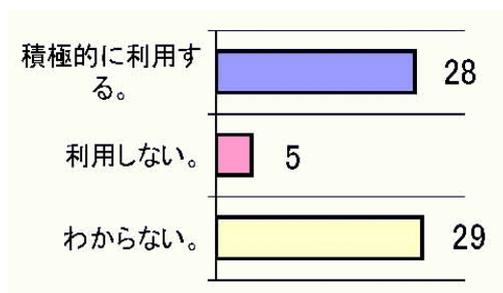


図 2-10 社会人対象 MEMS 講座の利用

<事例 1 : MEMS デバイス／組込製品製造企業>

大阪大学の「ナノ高度学際教育研究訓練プログラム」(社会人再教育プログラム)を活用している。初年度より連続して毎回十数名規模で参加している。ナノテクノロジーの領域

は、既存の学問領域を超えた分野間の連携と融合による新しい領域を狙う分野であり、領域はきわめて広く深いものである。企業においてこのような講座を実施することは非常に難易度が高いものである。また、このプログラムはサテライト会場（教室）を複数設けていることから、弊社からも近隣の教室には参加しやすいといったメリットもあり、積極的にこれらを活用している。

社会人が受講する場合、受講者の本業と重なる、特に平日の授業・実習の出席率が悪くなる問題もある。また、社員暦が長い者ほど、出席率が悪くなる。参加は本人の自主性に任せていることもあるが、如何に業務の効率を上げ、参加できる時間を確保するかが利用する企業の課題となっている。

<事例2：MEMS デバイス／組込製品製造企業>

弊社の技術開発の拠点が置かれている地理的条件により、毎年数名の若手技術者が、大阪大学が文部科学省より受託（科学技術振興調整費新興分野人材養成プロジェクト）された「ナノ高度学際教育研究訓練プログラム」の一環として開催している社会人再教育プログラムを受講している。このプログラムは、1年間の講義（遠隔授業を含む）と短期実習を通じてナノサイエンス・ナノテクノロジーの現状を理解し、次世代産業に役立つ学際的知識と幅広い実践能力を身につけるための大学院修士相当の高度社会人再教育を目的とするものであり、若手技術者が幅広いナノテクの知識をつける場として本プログラムを活用している。プログラム参加者がナノテクに関する体系的な知識を得る事によって、企業における研究成果や開発効率の向上につながることを期待しており、特定のナノ技術テーマを深く追求する前に、まずは広くナノを理解する意味で本プログラムは非常に有用と考えている。更に、将来の新たな価値を創出する新規技術の開発のために、広い視野で、市場・技術の潮流を読み、そこから具体的なターゲットを設定することが重要であるが、これを実践する上で、ナノテク分野の全体図が鳥瞰できる本プログラムは優れている。

MEMS 関連の事業を展開する弊社にとっては、上述のようなナノテク分野だけではなく、MEMS 技術分野における社会人教育プログラムの整備に期待するところである。その際は、MEMS 全体の基礎を体系的に捉えるだけではなく、最先端の MEMS 技術に触れ、共同研究に繋がるようなバランスの取れたプログラムが望まれる。

なお、MEMS 分野ではないが、半導体分野についての現状を参考までにあげる。

半導体業界に関連した社会人を対象に大学が講義を行う例については、半導体の一部について講義をする例はあるが、全体を定型的に講義できる大学が日本では比較的少なくしかも定期的に講義を行う例は非常に少ない。多くはシンポジウム形式で半導体関連の内容を集めて公開することはあるが、社会人を対象に開催する例は日本では限られている。

学生・院生及び社会人を対象に大学で夏期に集中講義を行っている事例として東北大学の例を以下に示す。集積回路の微細化についての話題や半導体表面の清浄化技術などにつ

いて基礎的で学術的な内容の“極限表面制御半導体プロセス工学”、ディスプレイや磁気記録など半導体に密接に関わるデバイスの講義を行う“極限知能デバイスシステム工学”が毎年実施されている。

表 2-3 極限表面制御半導体プロセス工学

日時・会場	講義内容	担当教員
時間割 7月30日(月) 8:50~16:10 7月31日(火) 8:50~16:10 8月1日(水) 8:50~16:10 8月2日(木) 8:50~16:10 8月3日(金) 8:50~16:10 (会場) 未来科学技術共同研究 センター 未来情報産業館 5階 大会議室	<p>今やあらゆる産業の基幹を担っている半導体産業において、集積回路の発明以来50年近くに渡り成し遂げてきた、3年で4倍と言われる定常的な集積度向上(ムーアの法則)は破綻しようとしており、更なる性能向上は困難になろうとしている。素子寸法の微細化は、現状の技術ではほぼ限界に達しており、様々な解決困難な問題点が顕在化してきているからである。さらに、半導体産業の主戦場は、顧客の好みの変化が極めて速く製品寿命は極めて短いデジタル情報家電分野に大きく切り替わろうとしている。必然的に超短期間かつ超多品種少量製品対応が余儀なくされ、これまでの製造業の指導原理であった大量生産による利益率の向上(スケールメリット)は望めず、基本コンセプトの一大転換が必要な状況となっている。</p> <p>以上の様な状況に鑑み、本特論では、シリコン表面の完全制御に基づき、ばらつき・揺らぎ・雑音を徹底的に抑えた製造技術、超高速・超高性能集積回路の超多品種少量生産技術の確立を目指す科学的半導体生産工学の基礎と応用について講義する。なお、単なる技術面だけでなく、経済的側面、戦略的側面、知財管理等、半導体産業の社会的な側面も重視し講義を行う。</p>	西岡幸一 (日本経済新聞社), 田中信義 (キヤノン), 伊藤隆司, 須川成利, 中島一郎, 大見忠弘

東北大学 WEB (<http://www.eeci.tohoku.ac.jp/New/kokaiLec.html>) より掲載

④ 国研・公設試などの技術指導、共同研究、実習講座などの利用状況

国研・公設試などの共同研究や技術指導は、結果として企業側の研究者や技術者のスキル開発や人的ネットワークの拡充に繋がるものであるが、本来は人材育成の観点でテーマ設定しているものではなく、あくまでも、企業単体では自前開発できない技術を国研・公設試より導入し、自社技術と融合することで、経営貢献度の高い商品の早期創出を図ることを主目的として設定されている。

このようなことから、MEMS 人材育成の観点から企業が利用している状況は、図 2-9

に示すごとく、残念ながらほとんど利用できていない。これは、あまりオープンになっていないか、もしくは領域がうまくマッチしていないのではないかとと思われる。

国研・公設試からは、企業側に実益性の高い技術の提供が望まれ、その結果として人材育成が促進されると考えられるため、企業側のニーズと国研・公設試のシーズをマッチングさせる仕組みの構築が必要である。

⑤ 研究会、セミナーの利用状況

研究会、セミナーについては、図 2-9 に示すとおり積極的に利用されているが、その利用目的は企業各社様々である。人材育成目的もあれば、人脈作り（パイプ作り）、あるいは標準化研究会のような業界全体の底上げや、動向を把握するための目的もあると考えられる。

研究会、セミナーの利用についてどのように企業が考えているか、事例を示す。

<事例 1：MEMS デバイス／組込製品製造企業>

人材育成よりも人脈作りやパイプ作りに主眼を置いている。このような研究会の場合、大学が主導となり特定のテーマについて会員と共同研究の企画や調査を行う場合が多い。技術・市場動向の調査や最新の研究成果・技術の情報交換、研究開発テーマの探索・設定、共同研究の企画・立案といった様々な活動を行うことが多い。ここでは、教員との人脈作りや教員をハブ機能としてそこに集まる企業との連携・情報交換が期待できる。さらには、そこから発展させて個別の契約型での共同研究や共同開発にも発展させられる可能性がある。

セミナーについては、新しい事業分野・技術分野への参入を検討する際に、技術やプレーヤーを俯瞰する意味で利用するという場合が多い。

<事例 2：MEMS デバイス／組込製品製造企業>

研究者や技術者にとって技術的に関心の高い内容の研究会やセミナーは積極的に参加できる運営を行っている。社内ネットワークを用いた情報の共有化も促進している

<事例 3：MEMS 設計ツール／CAD 企業>

研究会、セミナーは、外部の状況を知る良い機会なので、情報を流すなどして、積極的に参加するよう促している。

手掛けた仕事で、面白そうなものは、学会、研究会など、外部に発表するよう促している。

<事例 4：半導体企業>

業務に直接関連するテーマの随時開催される研究会・セミナーに参加している。参加に関

しては、内容と参加費用にかなり依存するのが実態である。

人材育成というよりむしろ新規分野の開拓のために異分野の専門家からヒアリングを行い、研究開発の新たな方向付けを行うことがある。この場合は研究分野のマネージャークラスや研究企画、事業戦略部門などのマネージャーが対象となり、小規模の講演会や勉強会などを開催する。半導体分野では微細化技術の追求を進めるいわゆる More Moore の領域から、MEMS、BIO、通信技術などの領域と半導体技術の整合を図る More than Moore の領域を開拓しようとして 6 ヶ月に 12 回のペースで勉強会の開催を行っている例もある。

このように、研究会、セミナーに対して企業は積極的に利用しているが、いくつかの課題もある。

大学が主導となり特定のテーマについて行う研究会の場合、大学からのシーズが先行するケースが多いため、どうしても市場とのマッチングに苦労する。企業側へは事業創造へ向けて、技術の補間のみならず、事業計画の企画立案をも期待される。そのために試験的に生産・販売をしてみたいなどといった要望もあるが一企業だけではなかなか投資に踏み切れない場合も多く、国や地方のインキュベーションの支援が非常に有効と考える。

また、一方、ひとつのシーズに多くの企業が集まる場合、例えば知的財産の契約や権利関係の整理といったところから始まることが多く、共同研究のスタートまでにかかなり障害を取り除く必要があり、実際に開発にこぎつけるのはほんの一握りであるとも想像される。このような障害を取り除ける仕組みの構築が望まれる。

⑥ 産学共同研究による人材育成の実施状況

産学共同研究プロジェクトである MemsONE プロジェクトや、FineMEMS プロジェクトに参加した企業では、『プロジェクトに参加した若手の社員が切磋琢磨の中で非常に刺激になり、知識、技術とも、急速に立ち上がった。』との話も聞かれる。

企業にとって産学共同研究は、本来は人材育成の観点でテーマ設定しているものではなく、企業単体では自前開発できない技術を導入し、自社技術と融合することで、経営貢献度の高い商品の早期創出を図ることを主目的とするものであるが、共同研究を通してその企業側の研究者や技術者のスキル開発や人的ネットワークの拡充に繋がることを期待している企業もある。

人材育成も組み合わせた産学連携のモデルケースとして、オムロン(株)と立命館大学が 2003 年末に 3 年間の産学連携協定を締結し、実施した例がある。従来の一般的な産学連携は、共同研究の遂行、技術の情報交換的な面を主体としているが、両者の産学連携の内容は、技術面だけにとどまらず、人材育成との二本柱が特徴となっている。このため、本格的な人材交流を重視しており、オムロン(株)は大学院に社員を送って共同研究するだけでなく、客員教授の派遣や大学院生の研究支援、研究施設の相互開放にも協力している。オ

ムロン(株)では、人材育成面では実際に数名の博士号取得者を輩出しているなど成果をあげており、この産学連携協定は 2007 年度以降も延長している。

半導体分野の産学共同研究でも、国費を投入している半導体 MIRAI プロジェクト、民間資金では Selete や STARC などの技術コンソーシアムがあり、半導体分野で研究を行う一方、その副次的効果として人材育成にも貢献している。すなわち複数の企業からの研究者が共通のテーマで研究開発を遂行していく過程で、研究や技術の最高水準を自然に目指すようになり、企業間の垣根を取り払った共通の場での切磋琢磨と情報交換により自社の環境で得られない技術を獲得することが可能となる。また研究者や技術者の人脈が形成され、自社に帰任した後にも学会や国際会議などを通じて技術の交流が生まれる。こうした意味での人材育成は非常に大きい効果があると関係者の声から聞くことが多い。

また半導体 MIRAI プロジェクトや Selete では年度ごとに優秀な研究者・技術者や成果のあった研究テーマに対し表彰を行っている。研究者の高度な能力開発を行うためのインセンティブを与える人材育成のひとつの方策であるといえる。

2.3.3 産学連携による人材育成プログラムの状況

(1) 人材育成に関する国の施策の状況

国の人材育成についての施策は、第1期、第2期の科学技術基本計画を通して、産業界を含む我が国の科学技術の振興に必要な人材を養成するとの観点から、連携大学院制度を活用して民間の優れた人材を起用すること、新興分野に係る人材養成を目指した寄附講座の設置を促進することなどにより、基礎的資質と実践的能力とのバランスのとれた柔軟で広い視野を育成するよう教育研究を充実する方針で施策が行われている。

また、第3期科学技術基本計画では、その基本理念として『人材育成と競争的環境の重視～モノから人へ、機関における個人の重視』が掲げられ、科学技術システム改革の重要政策として『人材の育成、確保、活躍の促進』のもとに施策が進められている。

科学技術振興調整費は、総合科学技術会議の方針に沿って文部科学省が運用を行う、政策誘導型の競争的資金であるが、これにより平成16年度、17年度にわたって「振興分野人材育成」の人材育成プログラムをスタートさせている。(表2-4～2-6)

この「振興分野人材育成」は、科学技術の振興にとって重要領域ではあるが人材が不足しており、戦略的な人材養成により、世界における我が国の地位を確保する必要がある新興の研究分野や、産業競争力の強化の観点から人材の養成・拡充が不可欠な研究分野において、プロフェッショナルを早期に育成するための講座・部門規模のユニット（以下「人材養成ユニット」という。）の設置や、また、民間企業等の研究者、技術者が、最先端の科学技術等を修得するための再教育を受けるシステムの構築を支援するものである。

表 2-4 科学技術振興調整費「振興分野人材育成」①大学院修士課程相当の人材養成ユニット

テーマの領域と育成プログラムの名称		実施大学・機関
バイオインフォマティクス、バイオスタティスティクス		
16年度	クリニカル・ゲノム・インフォマティクス	神戸大学
	農学生命情報科学の大学院教育研究ユニット	東京大学
17年度	クリニカルバイオメディカル情報科学マスターコース	東海大学医学部
	バイオ医療オミックス情報学人材養成プログラム	東京医科歯科大学
基盤的ソフトウェア		
16年度	産学融合先端ソフトウェア技術者養成拠点の形成	大学共同利用機関法人情報・システム研究機構(旧:国立情報学研究所)
17年度	ユビキタス&ユニバーサル情報環境の設計技術者養成	東京農工大学大学院
高度環境管理		
16年度	環境リスク管理のための人材養成	大阪大学
17年度	高度環境政策・技術マネジメント人材養成ユニット	東北大学大学院
ナノテクノロジー融合領域		
16年度	医療ナノテクノロジー人材養成ユニット	東京大学
17年度	医歯工連携による人間環境医療工学の構築と人材育成	東京医科歯科大学
知的財産(ライフサイエンス分野に重点を置いて実施するもの等)		
16年度	ライフサイエンス分野知財評価員養成制度	東京医科歯科大学
自然科学と人文・社会科学との融合領域		
16年度	遺伝カウンセリングコース	お茶の水女子大学
	医療政策人材養成	東京大学
17年度	コンテンツ創造科学産学連携教育プログラム	東京大学
	科学技術インタープリター養成プログラム	東京大学大学院
	科学技術コミュニケーター養成ユニット	北海道大学大学院
	科学技術ジャーナリスト養成プログラム	早稲田大学大学院
	先導的デジタルコンテンツ創成支援ユニット	九州大学大学院
	遺伝カウンセラー・コーディネーターユニット	京都大学大学院

表 2-5 科学技術振興調整費「振興分野人材育成」②企業等の研究者・技術者の再教育を行うもの

年度	人材育成プログラムの名称	実施大学・機関
16年度	医療工学技術者創成のための再教育システム	東北大学
	動物実験医学の研究支援者育成システム	慶應義塾大学
	組み込みソフトウェア技術者の人材養成	名古屋大学
	メディア情報処理専修コース	京都大学
	ナノテクノロジー要素技術育成プログラム	早稲田大学
	ナノ・IT・バイオ知財経営戦略講座	早稲田大学
	化学・生物総合管理の再教育講座	お茶の水女子大学
17年度	産業安全保健エキスパート養成コース	(財)労働科学研究所教育・国際協力センター
	システムLSI設計人材養成実践プログラム	九州大学システムLSI研究センター
	生命情報科学技術者養成コース	(独)産業技術総合研究所生命情報科学研究センター
	臨床医工学・情報科学技術者再教育ユニット	大阪大学臨床医工学融合研究教育センター

表 2-6 科学技術振興調整費「振興分野人材育成」③人材養成ユニットと再教育システムの混合型

年度	人材育成プログラムの名称	実施大学・機関
16年度	ナノ高度学際教育研究訓練プログラム	大阪大学
17年度	ナノメディシン融合教育ユニットー課題解決能力育成ー	京都大学

また平成 18 年度からは、若手研究者の自立的な研究環境整備促進や、イノベーションの創出を可能とし、次世代を担う研究者・技術者を育成する機能を備えた産学共同による「先端融合領域イノベーション創出拠点の形成」などのプログラムも始めている。(表 2-7)

表 2-7 科学技術振興調整費「先端融合領域イノベーション創出拠点の形成」

年度	拠点プログラムの名称	拠点機関	連携企業
18年度	生体ゆらぎに学ぶ知的人工物と情報システム	大阪大学	オムロン株式会社、日本電子株式会社、日本電信電話株式会社、ニプロ株式会社、松下電器産業株式会社、三菱重工業株式会社
	高次生体イメージング先端テクノハブ	京都大学	キャノン株式会社
	少子高齢社会と人を支えるIRT基盤の創出	東京大学	トヨタ自動車株式会社、オリンパス株式会社、株式会社セガ、凸版印刷株式会社、株式会社富士通研究所、松下電器産業株式会社、三菱重工業株式会社
	ナノ量子情報エレクトロニクス連携研究拠点	東京大学	シャープ株式会社、日本電気株式会社、株式会社日立製作所、株式会社富士通研究所
	ナノバイオ標的医療の融合的創出拠点の形成	岡山大学	日東電工テクニカルコーポレーション、株式会社林原生物化学研究所、イービーエス株式会社、タカイ医科工業株式会社、オンコリスバイオフィーマ株式会社、株式会社ピークル、株式会社バイオサイエンスリンク
	分析・診断工医学による予防早期医療の創成	名古屋大学	日本ガイシ株式会社、オリンパス株式会社、富士通株式会社、伊藤忠商事株式会社
	未来創薬・医療イノベーション拠点形成	北海道大学	塩野義製薬株式会社、株式会社日立製作所
	半導体・バイオ融合集積化技術の構築	広島大学	エルピーダメモリ株式会社
	再生医療本格化のための最先端技術融合拠点	東京女子医科大学	大日本印刷株式会社、株式会社セルシード
19年度	コ・モビリティ社会の創成	慶應義塾大学	日本電気株式会社、KDDI株式会社、沖電気工業株式会社、大日本印刷株式会社、株式会社エフエム東京
	フォトンクス先端融合研究拠点	大阪大学	株式会社島津製作所、シャープ株式会社、日東電工株式会社、株式会社三菱化学科学技術研究センター、IDEC株式会社
	システム疾患生命科学による先端医療技術開発	東京大学	株式会社未来創薬研究所、セレクター・レキシコ・サイエンス社、ペンタックス株式会社、オリンパス株式会社、富士フイルム株式会社
	マイクロシステム融合研究開発拠点	東北大学	株式会社リコー、株式会社トッパン・テクニカル・デザインセンター、株式会社メムス・コア、株式会社北川鉄工所、住友精密工業株式会社、トヨタ自動車株式会社、日本信号株式会社、日本電産コバル電子株式会社、日本電波工業株式会社、パイオニア株式会社、メムザス株式会社
	先端融合医療レドックスナビ研究拠点	九州大学	株式会社島津製作所、日本電子株式会社、ペンタックス株式会社、三菱ウェルファーマ株式会社、大鵬薬品工業株式会社
	ナノテク高機能ファイバー連携・融合拠点	信州大学	金井重要工業株式会社、株式会社クラレ、住江織物株式会社、ダイワボウノイ株式会社、東洋紡績株式会社、帝人ファイバー株式会社、小松精練株式会社、テクノス株式会社、株式会社ミマキエンジニアリング、ルビコン株式会社、キャノンスター株式会社、日本バイリーン株式会社
	「光医療産業バレー」拠点創出	(独)日本原子力研究開発機構	浜松ホトニクス株式会社、ウシオ電機株式会社、株式会社東芝、兵庫県立粒子線医療センター、株式会社島津製作所、株式会社豊田中央研究所、ペンタックス株式会社、株式会社フジクラ、日本アドバンステクノロジー株式会社、有限会社HOC
	次世代免疫制御を目指す創薬医学融合拠点	京都大学	アステラス製薬株式会社
	海域生物工学の戦略的イノベーション創出	東京海洋大学	日本水産株式会社、三井造船株式会社

経済産業省においても、技術と技能の融合人材や開発・設計と生産の融合人材等、我が国の産業を支える製造現場の中核人材の育成・強化へ向け、必要な知識・スキルの体系化、教育プログラムの開発、製造現場とベテラン人材を活用した実践的な人材育成など、新たな人材育成システムを構築し、我が国産業競争力の強化を図ることを目的とした「中小企業産学連携製造中核人材育成事業」が平成17年度から始まっている。

本事業は産学コンソーシアムからの提案公募方式を採用しており、平成17年度には36団体、平成18年度には10団体が採択され、既にその一部のコンソーシアムでは、本事業で得られた成果を元に、本格的な教育プログラムの開講に向けて準備を開始している。

経済産業省「産学連携製造中核人材育成事業」

http://www.meti.go.jp/policy/innovation_corp/top-page.htm

●目的

製造現場に求められる産業技術に関し、これを有する産業界が技術・ノウハウを提供し、技術の教育体系化／教授法等の教育ノウハウを有する大学等と一体となって、若手技術者等に対する現場技術教育を行うという新たな人材育成システムを実現することが重要である。

こうした製造現場の中核人材の育成のための拠点を全国各地に整備するため、地域の産業集積と大学等がコンソーシアムを形成して実施する、製造現場で求められる技術・ノウハウの教育プログラムの開発プロジェクトを提案公募し、採択案件を支援することとする。

●事業の概要

(1) 地域の産業集積と大学等教育機関がコンソーシアムを形成して実施する、製造現場で求められる技術・ノウハウの教育プログラムの開発プロジェクトを提案公募し、先導的なモデルプロジェクトを採択案件として支援。

(2) カリキュラム開発のイメージ

①産学連携コンソーシアムに対し、協力企業群から必要なスキル・ノウハウ等の提示

②大学教員等を中心に、スキルの分析・体系化

③製造中核人材育成カリキュラムの共同開発

④専門職大学院・専門コース等の開設により、人材育成を実践

(3) 継続的な取組の実施体制

i) 産業界の役割

①教材及びカリキュラム開発のため、保有する技術・ノウハウを提供する。

②カリキュラム開発や研修実施のため、技術指導者を派遣する。

③実習現場・施設を提供し、インターンシップを受け入れる。

ii) 大学等教育機関の役割

①教材及びカリキュラム開発のためのスタッフを提供する。

②当該事業終了後は専門職大学院・専門コース・専攻科等を開設し、自立的・継続的な教育提供体制を構築する。

③施設・場所を提供し、産業界から派遣された技術指導者と協力し、講義を実施する。

MEMS 関連分野としては、次の人材育成プログラムの開講準備が進んでいる。

表 2-8 産学連携製造中核人材育成事業での MEMS 人材育成プログラム

人材育成プログラム	実施機関及び協力体制	履修期間	内容
次世代産業基盤技術となるMEMS関連産業人材育成システム	東北大学 (株)メムス・コア、宮城県産業技術総合センター、(管理法人)(株)インテリジェントコスモス研究機構	3ヶ月	(平成19年度経済産業省中小企業産学連携製造中核人材育成事業—平成20年開講) MEMS開発を自ら企画して実行できる人材であり、開発現場で中核的に働くことができるプロフェッショナルの育成を目指す。 ①MEMSデバイスの原理を理解できる人材 ②作製プロセス、材料の個々の特徴を理解し、デバイスごとに適切な設計が出来る人材 ③フォトマスク作製及びシミュレーションのためにMEMS用のCADを使いこなせる人材 ④プロセス装置の原理を理解し、使いこなせる人材 ⑤デバイスの測定装置を適切に使用し、評価を行える人材 ⑥MEMSの特徴を活かした研究開発、ビジネスを行える人材
マイクロナノ量産技術と応用デバイス製造に関する新事業開拓イノベーション人材育成	産総研 東大、兵庫県立大、(財)新産業創造研究機構、(財)北九州産業学術推進機構、公設試		(平成19年度経済産業省中小企業産学連携製造中核人材育成事業—平成22年開講) 現在限られた大学や研究機関でしか触れることができない、最新のものづくり技術(MEMS、精密ナノ加工、設計シミュレーション・評価技術)について自習を中心に学ぶ。各地域のニーズやポテンシャルを生かし、情報家電や健康管理センシング、人工物モニタリング、光センシングネットワークやロボット応用について、エレクトロニクスやIT、ビジネスにも精通した企業や新事業開拓を目指す国際人材を育てる。

(2) 産学連携による MEMS 人材育成プログラムの状況

企業の人材を対象にした産学連携教育・実習プログラムについては、文部科学省科学技術振興調整費による人材育成プログラム、及び経済産業省の産学連携中核人材育成事業による人材育成プログラムが開発され、実践に移されつつある。しかしながら、MEMS 分野の人材育成プログラムは、まだまだ少ないのが現状である。

前項の例であげた科学技術振興調整費、経済産業省産学連携中核人材育成事業以外で、現在進められている具体的な MEMS 及び関連する人材育成プログラムの状況を調査した。

① 産業技術総合研究所の事例

(独) 産業技術総合研究所では、前項で挙げた例である平成 19 年度経済産業省中小企業産学連携製造中核人材育成事業「マイクロナノ量産技術と応用デバイス製造に関する新事業開拓イノベーション人材育成」の他に、ナノインプリント製造技術（微細構造転写作成技術）の実習・研修講座を開設している。

●研修名称：ナノインプリント製造技術（微細構造転写作成技術）

・研修概要：

機械的コンタクトによる微細構造転写技術について、型の作成方法から、その型を用いたインプリント成型技術まで一連の工程について実習を通してナノインプリント製造技術を習得し、学習した技術を活かして MEMS 微細加工技術の新規展開を図る。

・学習目標：

MEMS 製造装置による微細構造製造用型の作製技術の習得。ナノインプリント成型装置を用いた実習により、装置の取り扱い方法を習得していただき、型の破損を防ぎかつ最適転写条件（加熱温度、加圧力、加圧保持時間の組み合わせ）を設定できるよう修練する。

ナノインプリント技術を応用展開して、新規産業創出を立案できる人材を育成する。

・対象者：

企業、大学・研究機関等で今後 MEMS 応用展開を図ろうとしている技術者を対象。

・定員：

1回の研修にて8名までとする。

(マスターモールド実習においては2班に分け、実習内容について途中交代する)

また、ナノインプリント装置2台を交代で使用した場合、3、4名一組で2組8名まで。

・受講期間と費用：

2日間（型製作実習に1日、熱ナノインプリント実習に1日）

産業技術総合研究所では研修に対する受講料を徴収する制度が無いため、現在無料。

・従来と比較した当研修の新規性（新規開発要素）：

ナノインプリント成形対象材料を比較的低温で成形することが可能なポリマーの他、成形温度の高いガラス（バイオMEMS、マイクロ流体、光MEMSへの用途が期待される材料）まで扱う。

マスターモールド作成方法（レジスト塗布、露光（ステッパーまたはコンタクトアライナー）、現像、D-RIEなどの一連の工程）と、熱・光インプリント技術の基礎を習得。

このプロセス講習会のねらいは、一連のナノインプリントプロセスの体験を通して、ナノインプリントプロセスへの理解を深めること、ナノインプリント成形装置、計測機器等の実際を把握すること、文献・テキストでは見えない課題を実感すること、デバイス開発のヒントを得ること、などが挙げられるが、研修日程が短く（期間を長くすると、

企業の方々には受講できない。)すべての工程を実習することが困難である。そのため、予め準備した試料を用いて工程の流れを理解していただいている。全体の工程を理解してもらうことが狙いで、装置の取り扱い方法を習得することを目的とするのであれば、装置メーカーの講習を受けていただくほうがよい。産業界の人材に対し、MEMS やナノインプリント、光、エレクトロニクス等の最新のプロセス技術を実習中心に体得していただき、新規のプロセスエンジニアを養成すると同時に、ビジネス感覚および新しい市場開拓の能力の醸成を行い、複数の企業との連携による迅速な事業の立ち上げを行える人材を養成することを全体の目標としている。

指導する側としてもいくつか課題はある。指導する側は、自分で各種装置の操作方法については熟知しているが、他人に指導するには操作マニュアルを再度整備する必要がある。また、講習会参加人数が多いと実習に時間が掛かる。限られた時間内で実習を終えるには受講者数はいつも一定がよい。また、講師の目が行き届かないことにより、受講者も注意散漫となり、実習場所（クリーンルーム内）を徘徊する。したがって、適正講習人数を維持するとともに、実習中の事故についての保障制度の整備が必要である。

また、装置の優先使用の問題もある。企業の場合、生産ラインで使用されている装置を研修に使用することは困難と考えられるが、産総研でも研究活動中の装置を優先的に使用する場合も、他の利用者と日程調整するなどして実習日程を決定、装置のタイムテーブルの作成など事前の調整が必要である。

このような課題とともに、準備した実習内容が受講者の望む実習内容と合致しているか、手探り状態であり、実習内容の妥当性については MEMS 関連企業ならびに異分野融合などを考慮し多くの企業より事前調査することが重要であるといえる。

② 公設試の事例

公設試験研究機関(公設試)は従来から中小企業の技術開発、製品開発を支援する機関として立地し、依頼試験、技術相談・指導、技術開発を三本柱として運営されている。発足以来、地域産業や重厚長大型の産業界の底辺を支えてきたが、産業界の軽薄短小型への転換など質的变化に対応して、三本柱の中身も大きく変化し、特に技術開発においてはシーズ指向の方向が多々見られた。

しかし、近年、このような傾向に対する見直しにより、技術開発のニーズ指向への転換が行われ、大学等との共同研究や大学や産総研での研修研究等による先端技術の導入とともに、積極的に企業との共同研究、企業からの受託研究に取り組むとともに、保有設備の全面開放を行い、さまざまな企業ニーズに積極的に応えようとしている。

MEMS をはじめとする先端技術の導入についても、各都道府県の公設試の状況によって千差万別であり、すでに積極的に取り入れて、中小企業にサービスを開始している分野もあればまだ揺籃期の分野もある。

近年、公設試のホームページは整備され、その業務の紹介が詳細になされている。**MEMS**

の講座、研修については、まだ明確なものは少ない。しかし、公設試は、技術開発課題に挙げて技術については、原則的に、当該技術及び関連技術についての研修や共同研究が可能である。また、各機関が保有する設備についても原則的に企業には開放されており、比較利用しやすい料金で利用可能である。

以下、公設試において、実施されている MEMS 関連課題やサービスについてのタイトル例を示す。

○(独)東京都立産業技術研究センター

産学公連携による共同研究、機器の開放、技術相談等 (MEMS 関連 ; リソグラフィ技術、UV-LIGA、シリコンエッチング、マイクロ電鋳、マイクロモールディングなど)

○神奈川県産業技術センター

センサやマイクロマシン研究開発にかかる試験(試作)依頼や共同研究に対応

○大阪府産業技術総合研究所

マイクロデバイス開発支援センターを設置。機器開放、依頼加工、受託研究を実施

○(独)岩手県工業技術センター

単結晶 ZnO 基板を利用したセンサを企業と共同開発、装置は開放。(イエロールーム、ICP-RIE、三次元高真空スパッタなど)

○秋田県産業技術総合研究センター 高度技術研究所

記録用磁気ヘッド、アクチュエータ、磁気ディスク等の開発、超精密薄膜チップ抵抗器、高速・高密度微動アクチュエータの実用化など (クリーンルーム、レンタルラボ、フォトマスク作製装置、成膜装置、ドライエッチング装置、磁気特性評価装置、電機特性評価装置など)

○長野県工業技術センター

圧電ジャイロの開発支援、水晶の加工技術、シリコン微細加工の実習 (1 日)
(両面高精度露光機、三次元加工装置、レーザーアブレーション薄膜形成装置、ICP ドライエッチング装置高真空蒸着装置など)

○山形県工業技術センター

三軸加速度センサ、高周波水晶振動子等を開発。試作設備を設置。

○宮城県

MEMS デバイスの評価、(MEMS パークコンソーシアム)

○福島県ハイテクプラザ

有機赤外線を利用したマイクロデバイス、マイクロ構造を持つプラスチック成形技術、マイクロ構造体を利用した平面的な微細センサの開発

○茨城県工業技術センター

μ -TAS の研究で培ったマイクロ加工技術の展開 (マイクロプラスト加工技術、マイ

- クロ化学/バイオセンサデバイスの開発、タンパク質結晶成長用デバイスの開発)
- 富山県工業技術センター
 - 超小型・高感度静電容量型加速度センサの開発
 - 滋賀県工業技術センター
 - LIGA プロセスも研究開発
 - 京都市産業技術研究所 工業技術センター
 - 電鍍技術を用いた研究開発（電鍍、超精密金型、MEMS、リソグラフィ、LIGA
 - (独)鳥取県産業技術センター
 - モバイル用超小型二軸ジャイロセンサの開発
 - 広島県立総合技術研究所 西部工業技術センター
 - MEMS 技術によるジャイロ、圧力センサ、振動センサの試作。μTAS の開発。
 - 長崎県工業技術センター
 - 長崎技術研究会（MEMS センサと CCD カメラの併用による手話動作計測装置の開発）

なお、MEMS 研究開発産学連携拠点における人材育成の事例として、文部科学省科学技術振興調整費「先端融合領域イノベーション創出拠点」による人材育成ではなく、産業クラスター形成のなかで人材育成を柱の一つにしている事例もある。

経済産業省は平成 13 年度から地域においてイノベーションやベンチャー企業が次々と生み出される産業クラスターの形成を目指す「産業クラスター計画」を推進しているが、この一つに、東北全体で持続的にイノベーションが創出されるイノベティブな地域となることを目指したクラスター形成として『TOHOKU ものづくりコリドー』があり、仙台を中心とした MEMS 人材育成を進めている。

『TOHOKU ものづくりコリドー』は、東北地域全域（特に北上川流域地域、広域仙台地域、山形・米沢地域、広域郡山地域を重点地域とする）を対象として、重点産業分野には、「MEMS 技術分野」、「半導体製造装置関連分野」、「光産業分野」、「医歯工連携・健康福祉分野」、「自動車関連部材等分野」、「非鉄金属リサイクル分野」、「IT 分野」の 7 つの技術・産業分野でのクラスター形成を目指しているものであるが、MEMS 技術分野は、仙台を中心として MEMS のアプリケーションとなる自動車部品、情報通信機器、医療機器等の産業分野のクラスター形成の一翼を担うこと、また、地域の中堅・中小・ベンチャー企業の MEMS 分野参入を促進することに加え、域外から MEMS 関連企業を東北地域に誘致すること、が目的となっている。この MEMS 技術分野の地域クラスターでは、東北大学を核にして、各機関が連携して基礎から応用までの各段階における MEMS 分野の人材教育カリキュラムを作成・実施する（経済産業省の産学連携製造中核人材育成事業「次世代産業基盤技術となる MEMS 関連産業人材育成システム」）と同時に、MEMS 総合支援拠点の整備を目指している。

2.3.4 他分野の人材が容易に MEMS 分野に参入可能となる環境に関する状況

MEMS のアプリケーション分野の裾野を拡げることにより、MEMS 産業の市場拡大および産業の活性化が図れる。このため、他分野の人材が容易に MEMS 分野に参入可能となるような環境を整備していくことは重要である。

MEMS 分野に他分野の人材が参入するケースとして考えられるのは、一つは、半導体分野を中心としたシニア人材の活用があげられる。半導体は MEMS にオーバーラップするところも多く、これらの人たちはまた、教えることを知っており、教え方もうまいはずである。MEMS 事業を立ち上げる際に貢献してくれると思われる。

二つには、MEMS のアプリケーション分野の裾野を拡げるために、多様な産業分野の人達が MEMS を理解し、容易に設計・開発ができるような環境と、多様な MEMS のアプリケーションを想定した MEMS の試作が容易にできるような MEMS ファンドリーの環境を整備して行くことも重要である。

三つには、産学連携による大学教育と、学生を受け入れるインターンシップ制度の充実を図ることがあげられる。

このような、他分野の人材が容易に MEMS 分野に参入可能となる環境として、上記三つの現状を調査した。

(1) シニア人材の活用の状況

わが国の基幹産業である半導体やこれから増加するシニアを迎えた研究技術者群は、わが国の製造業にとって貴重な資源と考えられ、企業においてもシニア人材活用の意識は高まっている。(図 2-11)

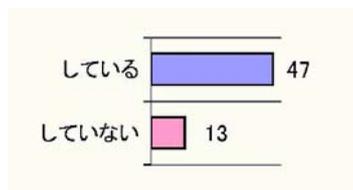


図 2-11 シニア人材活用の状況 (アンケート調査結果)

半導体分野のシニア人材については、専門分野の研修に講師として派遣する例が多い。例えば定年に近い人材を社内の研修機関に配属し、過去の専門分野の経験に基づいて講義を行う例が最も多い。しかし、半導体技術の進歩が激しく先端技術は 2~3 年で技術が変化していくため、技術の基礎的な部分での研修内容に留まる。また専門分野については経験・習熟度のばらつきが多い。こうしたことから専門分野というより、社員の人格形成的な要素で重要性がある。

また技能の伝承については半導体分野では以前ほど伝承が行われていない。その理由は技術のデジタル化が進み、ノウハウによらずにマニュアルなどの文字で伝承ができることが挙げられる。アナログ的な技術では、例えばレンズの表面研磨に職人技が要求され、現在でも光学機器メーカーに数名はきわめて高度な技を有する技術者がいるが、コンピュー

タによる数値計測による作業が進み、この分野でも熟練者を必要としなくなっている。半導体技術についても基礎的で原理的な技術を通り越してコンピュータでの解析でこと足りてしまうことが多い。しかし、原理を知らずには解決できない問題もあるため、基礎や原理をどの程度人材育成として指導するかどうかは議論の余地がありそうである。これはシニア人材の活用にも関係する課題であると考えられる。

なお、半導体から MEMS 分野へ参入する人材の育成については、現状では特別な教育は行っていない。半導体から MEMS への参入は集積化 MEMS をテーマとすることが最も近道であり、多くの場合 IC チップに積層して MEMS を搭載するため、IC の微細加工技術からの発想で技術開発を行うことが可能であると考えられる。

IC の考え方からは生まれにくいような MEMS 独特の技術では、MEMS 技術の人材育成が必要であると思われるが、これについては今後の課題であると思われる。

(2) MEMS 分野のインフラ整備の状況

マイクロマシンセンターは、産学連携の研究コンソーシアム（9企業、13大学、1研究機関、1団体）を結成して、経済産業省／NEDO 技術開発機構の委託を受けて「MEMS 用設計・解析支援システム開発プロジェクト」（MemsONE）の開発を平成16年にスタートし、平成19年3月をもって終了し、その普及に向けての活動を実施している。

MemsONE(MEMS Open Network Engineering System of Design Tools) は、わが国産業の牽引役としての役割が期待されているMEMS の設計・開発を効率的なものとするため、世界に類を見ない最先端でかつ利用しやすいソフトインフラである。

MemsONE は、最先端の習熟した MEMS 研究者・技術者に利用されるのみならず、初心者や経験の乏しい多分野の研究者・技術者であっても MEMS に関する高度な知見やデータをストレスなく利用することが可能なソフトウェアを目指して開発されたものであるため、多くの分野の技術者が MEMS プロセスの深い知識を前提とせず、MEMS 分野に参入するツールとして大いに期待できる。

また、このような MemsONE を、ファンドリーの標準的プロセスメニューと合わせることによって、試作・検証が容易にできるような MEMS ファンドリーの機能強化にもつながる。

平成19年度以降は、当センター内に MemsONE サポートセンターを設置し、開発成果の MemsONE ベータ版の頒布をはじめとして普及促進活動（MemsONE 講習会を行っており、さらに、MemsONE 本格版（一般用、アカデミー用）については、サポートセンターとソフトベンダーが協力して平成20年以降リリースを行っていくこととしている。

(3) MEMS 用インターンシップの状況

企業の多くは、学生を受け入れるインターンシップ制度を設けているが、インターンシップの主な狙いは、地域社会への貢献・産学連携による教育への教育や、採用活動に伴う学校との関係強化、学生への認知度向上、学生の企業理解を促進することである。

アンケートを行った MEMS 関連企業でのインターンシップの受け入れの状況は、図 2-12 のとおりである。しかし、こうした制度は、一般的なインターンシップ制度のもとで実施されており、企業や大学によって期間やテーマ内容などが異なる。したがって、MEMS 用インターンシップとしては、現在行われていないのが現状である。

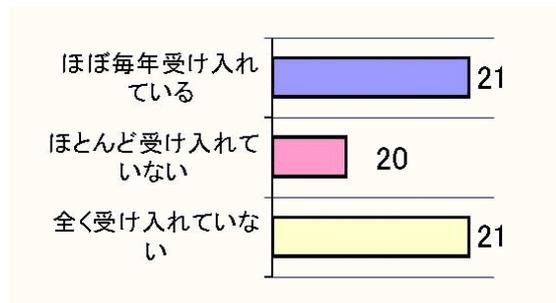


図 2-12 インターンシップの受け入れ状況（アンケート調査結果）

半導体業界では、企業内で学生を受け入れ、研究インターンシップを行っている。

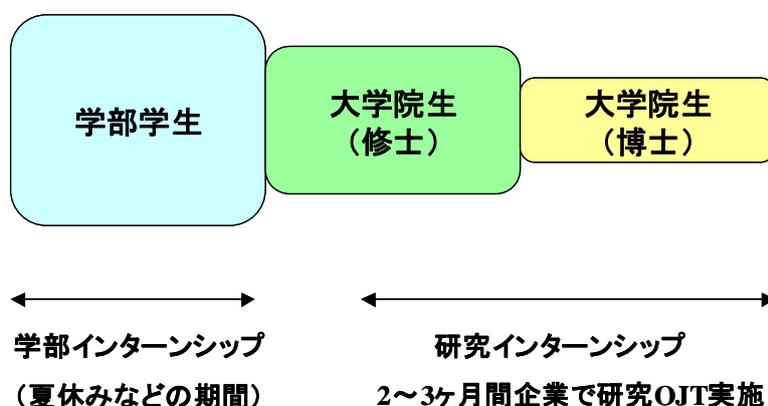


図 2-13 学生インターンシップの例

学部学生は夏休みの期間に 2 週間から 1 ヶ月程度で設計部門やプロセス技術開発の部門で開発の実務を企業の専門家について OJT で作業しレポートにまとめ、大学によっては単位に認定しているところもある。大学院生では期間が少し長く 2~3 ヶ月のところが多い。学生からはチームワークで研究を推進する方法やマネージメントの仕組みがわかり好評であるが、受け入れ側の企業では業務に負担が増加するため、あまり歓迎されないのが実情である。また学生が卒業後その企業に就職する保証はないため企業側からは敬遠されることもある。

このようなことから、企業単位ではなく、業界としてインターンシップを行っている例がある。研究コンソーシアムの Selete（(株) 半導体先端テクノロジーズ）では、2007 年度から東大、東北大、筑波大などから博士、修士及び学生を対象に熊本電波高専などの学生も合わせ計 10 名を受け入れ、先端の半導体プロセス技術について研究インターンシップを行った。大学側から好評であったため、2008 年度は増員して 15 名程度を受け入れる予定である。またインターンシップは OJT となるため、テーマや研究内容の半導体技術全体の中での位置づけや、知識体系の中での関連性、掘り下げた考え方などを補う目的で講義を実施する案も検討している。講義研修とインターンシップを充実させればいわゆる専門職大学院に近づけることも可能と考えられる。

なお、インターンシップ制度は、企業からみれば人材の確保とともに、大学の MEMS 関連教育と、産業界が必要とする人材との間のミスマッチを解消する一つ的手段として有効な手段であると考えられているが（図 2-14）、人材育成との関係については基本的に直接的な影響力を持っていないので、そこを強化する施策が必要なのではないかと思われる。

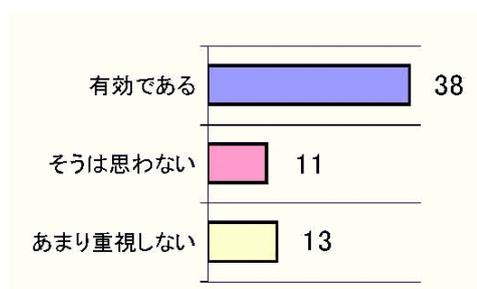


図 2-14 インターンシップの有効性（アンケート調査結果）

2.3.5 海外の状況

MEMS 人材育成の課題は、海外でも盛んに取り上げられてきている。2008 年 1 月には、国際 MEMS 教育ワークショップ (International MEMS Education Workshop) が、IEEE MEMS2008 国際会議に会わせて、米国アリゾナ州ツーソンで開催されている。

(公式ウェブサイト：[Http://memsed.stanford.edu/memsed/Main_Page](http://memsed.stanford.edu/memsed/Main_Page))

これは、米国 MIT、スタンフォード大学などの MEMS 教育関係者が行っていた米国内向けの MEMS 教育ワークショップが発展したものであり、今年、初めて国際ワークショップとして開催されたものである。

このワークショップには、世界各国 (国名も後で入れる予定) から 70 名の参加があり、次のようなグループ討論が行われた。

- ・大学における MEMS 学科、専攻の傾向と特色、
- ・MEMS 教育に有効となるであろう環境整備 (業界団体、ファブ、CAD ツールなど)
- ・大学各課程での MEMS 専攻者の習熟度評価のありかた
- ・大学教員の異分野訓練
- ・MEMS 専攻者の就職
- ・MEMS 教育における国際協力

このワークショップでは、立命館大学・小西聡氏が立命館大学のマイクロ機械システム工学科の紹介、チューリッヒ工科大学 (ETH) の Christofer Hierold 氏がマイクロ・ナノシステム専攻の紹介、スタンフォード大学の Roger Howe 氏がスタンフォード大学の MEMS/NEMS コースを紹介している。いずれも、大学における MEMS 専攻の概要紹介であるが、このように、海外では MEMS 人材育成の重要性が既に認識されており、MEMS 教育の具体的なカリキュラム内容の他に、MEMS 教育を行う環境をどのように整えるかの検討が進んでいる。

2. 4 MEMS 分野の人材育成ロードマップ

2.4.1 MEMS 分野人材育成ロードマップの概要

MEMS 分野人材育成ロードマップを、第2項で述べた策定の基本的考えにより、検討した。

MEMS 分野の人材育成ロードマップの基本的考え方

1. MEMS 市場の拡大への対応

MEMS 市場の拡大に対応するためには、MEMS 分野の人材確保が急務。

	2005年	2010年	2015年
MEMS 市場規模	4,400億円	1兆1,700億円	2兆4,000億円
必要とされるMEMS 人材 (一人当たり生産性約5,000万円)	約9,000人	約2万3,000人	約4万8,000人

2. 企業におけるMEMS 人材の状況と課題

- MEMS を理解し、MEMS 市場拡大・創出に向けたMEMS の適切なアプリケーションを企画提案し、研究・開発をマネジメントできる人材（MEMS マネージャー）が最も望まれている。
- この他、MEMS 研究・開発人材、MEMS マイスター等の人材の層を厚くする必要がある。

3. 効果的な人材育成のための施策

- 他分野からの人材が、容易にMEMS 分野に参入可能となるような環境整備が必要。
- 産学連携による実践的な人材育成や、社会人を対象としたMEMS 技術講座・研修コースの拡充が必要。

以上のことを踏まえ、異分野融合などMEMS 技術の進展を念頭に置き、MEMS 人材育成の環境整備に係わるロードマップを策定した。

この基本的考え方に沿って MEMS 人材育成システムに必要な環境整備として、「企業内人材育成方策の充実」、「産学連携による人材育成方策の環境整備」、「他分野の人材が容易に MEMS 分野に参入可能となる環境整備」の3つの視点から検討を進め、図 2-15 に示す MEMS 人材育成システムの概念図としてまとめた。

また、それぞれの視点において、その方策ないしは環境整備に必要な項目を抽出し、その優先度を検討し、図 2-16 に示す MEMS 人材育成ロードマップとしてまとめた。

ロードマップの作成にあたっては、本調査で行った MEMS 人材育成システムの全体像を整理し、そのうえで、我が国の MEMS シナリオ及び MEMS 産業を支える MEMS 従事者数の目標を掲げ、その下に人材育成の方策・環境整備に必要な項目を年度軸に対応して配置した。

第1の「企業内人材育成方策の充実」については、多くの企業が社内教育システム制度、プログラムを実施していることから、それぞれの人材育成の方策そのものを充実させると

ともに、それらの方策を、望まれる MEMS 人材像へのステップアップとして体系付けられるような運用・環境整備と、人材育成のモチベーションとなるような方策を優先させた。

また、MEMS 人材像のステップアップの要素である「異なった専門領域の技術の習得」のための環境整備についても、今後の検討課題として位置づけた。

第2の「産学連携による人材育成方策の整備」については、既に実施されている人材育成プログラムについて、より充実させるための課題をとりあげた。

第3の「他分野の人材が容易に MEMS 分野に参入可能となる環境整備」については、現在進められている人材活用・確保の枠組みを、MEMS 分野へ適用するための新たな枠組み、課題を取上げた。

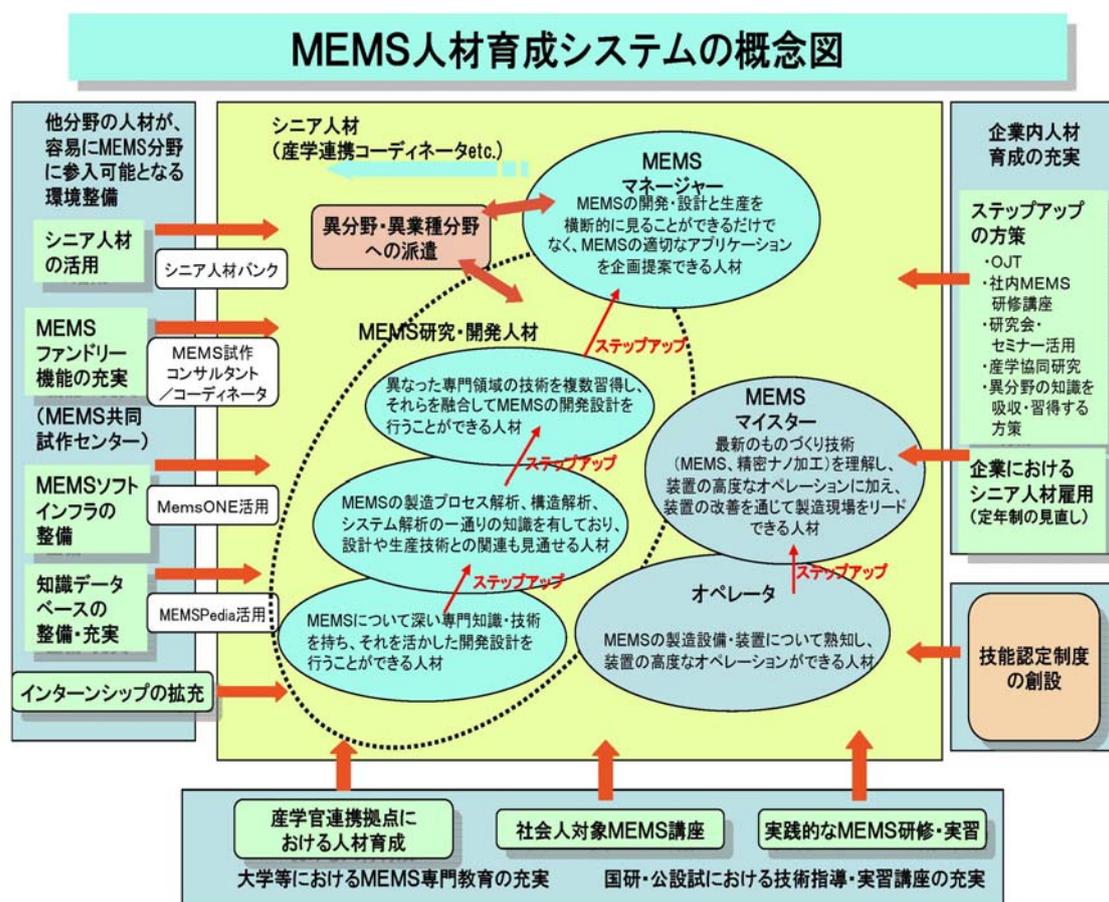


図 2-15 MEMS 人材育成システムの概念図

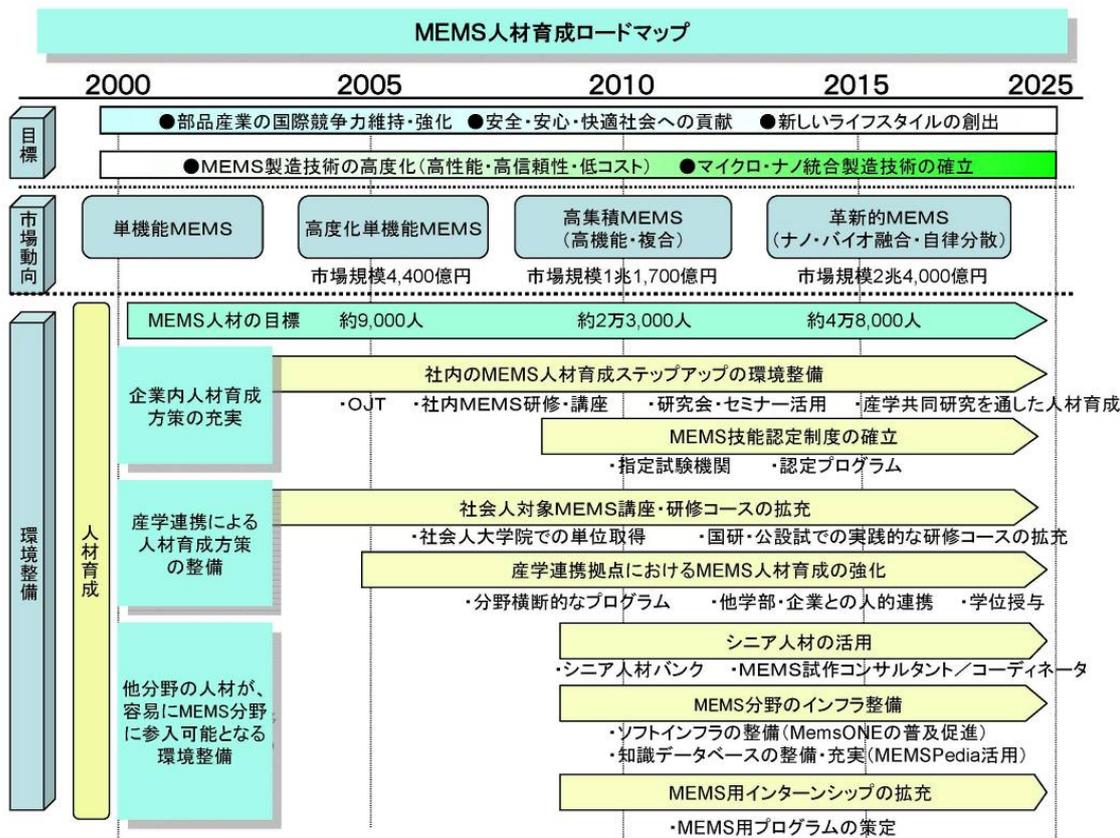


図 2-16 MEMS 人材育成ロードマップ

2.4.2 企業内人材育成方策のロードマップ

(1) 社内の MEMS 人材育成ステップアップの環境整備

企業においては、今まで述べたように OJT、社内講座・研修、研究会・セミナー、産学共同研究による人材育成など、様々な方策を講じて進められているが、企業内人材育成の充実に向けては、これらの人材育成のプログラムの内容の充実とともに利用しやすい環境の整備充実を図ることが必要である。

さらに、その結果を企業内で評価し、人材育成をシステムティックに進めることができるような人材育成体系を整備することが必要である。

企業内の人材育成システムは、ただ受身で研修などを受けるといったものではなく、あくまで自己成長のための機会として、社員の自主的な能力開発を重視して企業内人材育成の充実を図るべきである。

そこでまずは、日々の仕事の中で着実にチャンスを活かしていけるように、日常の業務遂行の中での能力開発 (OJT) を育成の柱とするが、技術習得のステップアップの指標を示すことが必要となる。

企業における人材育成ステップアップの例

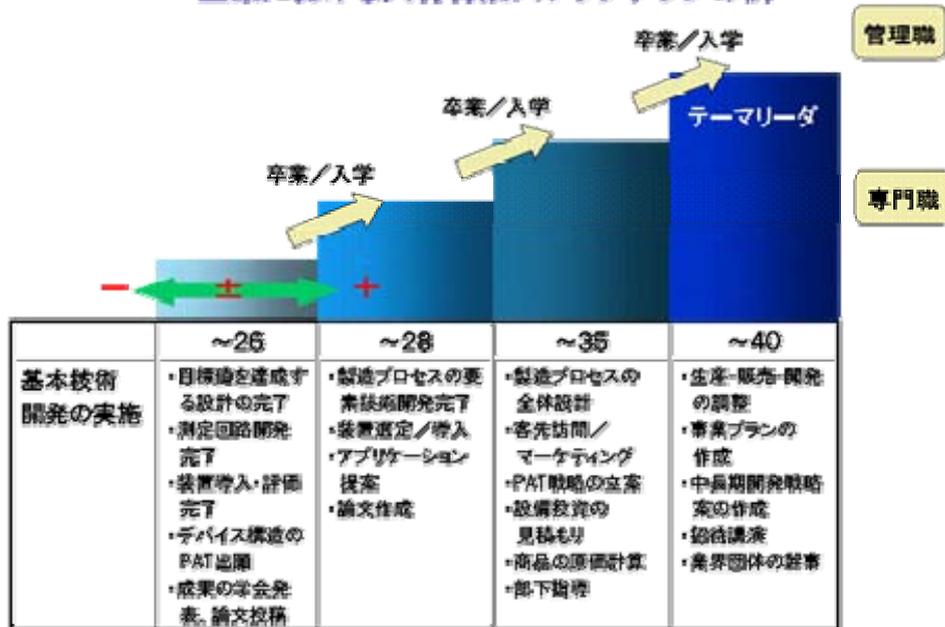


図 2-17 企業における人材育成ステップアップの例

図 2-17 は、日常の業務遂行を通じて能力を高めていく職場内育成のためのツールである職能要件書の例とステップアップのイメージ図である。それぞれの資格（上記の例では数字（年齢をイメージ））に応じて必要な能力（＝会社が必要とする職務遂行能力）が記述されており、さらにそれを具体的な業務内容例と期待レベルにブレークダウンしている。これをベースに、部下と上司が過去を振り返り、今後どのような能力を身につけるべきかを話し合う。また、上司はこれをベースに職場で個別指導を行うとともに、能力の成長に応じた職務拡大や職務充実型の職務の割り当てを実施する。また、自己啓発目標の設定や、能力開発のための指導援助を行うというものである。これにより自主的な能力開発とステップアップを図ることを狙いとしている。

また、将来のキャリアパスも選択できるようにする必要がある。例えば、高度な専門性を活かして企業を成長させる「専門職」制度を設定し、「管理職」と独立した職群として分け、処遇も専門性の高さに応じて設定されているなどの方策も必要である。

さらに、専門的な知識やスキルの向上のために、それぞれの職種や職場でのスキル研修や、また、個人が中長期的なビジョンに基づきキャリアを形成していけるようにステップアップに欠かせないスキルや知識を、インターネットやイントラネットを活用した e-ラーニング形式の自己啓発・教育システムも積極的に活用できる環境を整備する必要がある。

(2) 異分野の知識を吸収・習得する方策

このような幅広いスキルを形成するためのキャリア開発プログラムの制度の整備とともに、企業の人事面においては、他部署への転属を通じて個人の実務経験や職務拡充の促進や、機械、電気・電子、材料、化学、電気化学、バイオ工学、医学などの様々な技術を融合させて新たな MEMS アプリケーションを生み出すために必要な異分野の知識を吸収・習得させる方策を検討する必要がある。

(3) MEMS 技能認定制度の創設

我が国の技術革新を担う高い専門能力を有する技術者は、技術の急速な進歩と経済活動のグローバル化が進む中で、我が国の技術基盤を支え、国境を越えて活躍できる質の高い技術者を十分な数とするよう養成・確保していく必要がある。

MEMS の研究開発人材については、常に最先端の技術・知見の習得が可能となるよう、学協会、大学等における継続的な教育の充実を図ることが必要であるが、技術士等の資格付与、継続的な教育を通じ一貫した技術者の資質と能力の向上を図るシステムの構築を図ることが重要である。

MEMS 関連企業においても、このような技術認定制度の創設は、本調査研究で行った MEMS 従事者へのアンケート結果からも、図 2-18 のとおり要望されている。

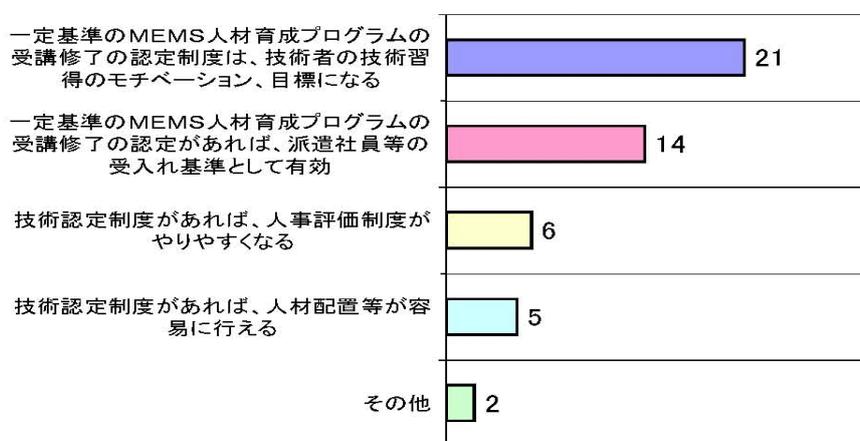


図 2-18 MEMS 人材の技術認定・資格制度の創設が必要である理由
(アンケート調査結果)

技術者の質を社会的に認証するシステムを整備し、その能力が国際水準に適合していることを保証する例として、1999年11月に設立された JABEE (Japan Accreditation Board for Engineering Education の略称：日本技術者教育認定機構) による「日本技術者教育認定制度」がある。JABEE は、技術系学会と密接に連携しながら、技術者教育プログラムの審査・認定を行う非政府団体である。審査・認定の内容は、高等教育機関で行なわれている教育活動の品質が満足すべきレベルにあること、また、その教育成果が技術者とし

て活動するために必要な最低限度の知識や能力(Minimum Requirement)の養成に成功していることを認定することである。

MEMS の技術体系や水準が確定できれば、MEMS 技術者認定制度をつくることが有効であるが、MEMS の技術体系や水準の確立までにはまだまだ時間がかかると思われる。

しかし、MEMS 技術の習熟度や、技術や研究に関する先見性の向上を図るための方策として、MEMS 技術者の質を社会的に認証するシステムを整備することは、仕事への張り合いが増し、仕事の業務内容もレベルアップし、企業への貢献度も高まるものと考えられると同時に、MEMS 分野への人材参入も促進でき、MEMS 産業の活性化につながるものと考えられるのでなるべく早い時期に MEMS 技術者認定制度の創設が望まれる。

製造技術者・技能者については、資質と能力の向上を図る有効な施策として、職業能力開発促進法による指定試験機関が実施する国家資格である技能検定制度がある（例：半導体製品製造技能士）が、MEMS 分野についてはこのような資格・検定制度はない。まずは、図 2-19 に示すとおり、MEMS 企業で要望の高い MEMS 製造技能者を対象とした認定制度を創設することから始める必要があると考える。

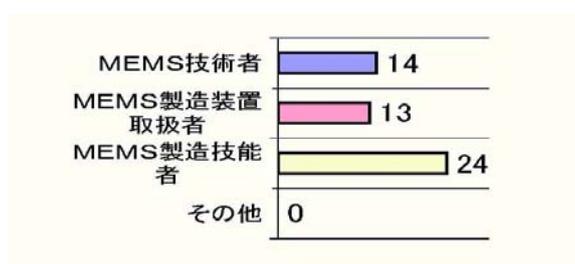


図 2-19 アンケート結果による技術認定・資格制度を創設する場合の対象者

2.4.3 産学連携による人材育成方策の整備

(1) 社会人対象 MEMS 講座・研修コースの拡充

社会人対象の MEMS 講座・研修コースについては、文部科学省科学技術振興調整費による人材育成プログラム、及び経済産業省の産学連携中核人材育成事業による人材育成プログラムが開発されつつあるが、まだまだ少ないのが現状である。

大学・大学院での「社会人対象 MEMS 講座」の充実について、実際に講座を提供する大学側からみた必要な課題と対応は、以下のとおりである。

- ①大学・大学院での社会人対象 MEMS 講座の実施に際しては、半導体産業を基盤とした設備・施設の準備が不可欠であり、座学は別として、実技に関しては「常に最新鋭の設備」を導入してプログラムを運営することが望ましい。しかしながら、半導体関連の製造装置、観察装置はどれも一つが数千万円以上するものであり、単独の大学で常に設備更新を行うというのは非現実的である。同様に、半導体関連の製造装置、観察装置を設置する場所である「クリーンルーム」も、年間数百万から数千万円の維持費がかかるが、この費用を大学単独でまかなうのも現実的でない。
- ②通常、大学の MEMS 関連の研究室には「専門分野」があり、MEMS に関する特定の分野の事のみしか学習できない。一連のプロセスを指導することは大学の研究室の体制では手に余ることであり、「MEMS 共用施設」で行われることが望ましいが、全ての大学がこのような機能を有しているわけではない。
- ③「知的財産権」の扱いに関して、大学が持っているノウハウを何処まで企業に教えるかは常に問題となる。同様に、既に「共同研究」関係にある企業を指導する場合と、講座として企業を指導する場合の教えるノウハウの線引きも大学にとっては困難な問題である。
- ④「半導体関連の製造装置、観察装置」及びそれを設置する「クリーンルーム」を維持管理するためには、専門性の高い「スタッフ」を、出来れば常勤で配属することが望ましいが、人件費等の負担は大学にとっては非常に重いものである。
- ⑤資金面での対応
 - ・各種公的資金の獲得

現状では各大学は、MEMS 設備・施設維持のための資金面の不足を補うために、各種大型公的資金に応募して、自助努力で資金不足を補おうとしているが、限界がある事は言うまでもない。
 - ・企業からの受講料の徴収

例えば文部科学省の振興調整費を元に組まれたプログラムでは、実費以外は徴収不可で、現状では受講料で実費（消耗品費、テキスト代等）以外の各種費用（維持管理費、人件費等）をまかなうことは出来ない。又、仮に受講料で各種費用をまかなうとして試算すると、数十万円／人の費用となり、企業として簡単には支払う事

の出来ない金額となる。

以上のように、大学側では、大学・大学院における社会人対象 MEMS 講座の運営においては、「人、物、金、場所」のあらゆる点に関して、現状では現場の努力に全てがゆだねられており、国家規模での戦略とサポートが望まれている。

また、社会人対象 MEMS 講座・研修コースを受講する企業側からみれば、例えば、中小企業とベンチャーでは、講座や研修に対しての取り組みの前提条件が異なる。ベンチャーは、MEMS 関連事業に対して既に課題意識を持っており、MEMS 講座・研修コースの情報提供がされれば、企業サイドでの活用が可能と考えられる。

他方、中小企業は、大企業のもとでの下請け企業、協力企業として、部品製造等を担当し、技術を磨いてきた。MEMS を構成する個々の要素技術については、すばらしい技術を持っている場合がある。

しかし、個々の企業の保有技術の MEMS 技術への応用の可能性についての認識が不十分な場合が多く、MEMS 技術に対する理解のための支援が最初の重要な行動になると考えられる。

したがって、中小企業に対しては、技術的な研修の前に、経営者に MEMS 技術のできる出口のイメージを認識してもらうことが重要であり、また、完成品ではなく、部品生産のできることのイメージを把握していただくことが大切である。出口や、部品のイメージの把握を経営者が認識できれば、社会人対象 MEMS 講座・研修コースを受講することが容易になると考えられる。

国研・公設試における MEMS 講座・研修コースで、指導する側からの課題もある。

準備した実習内容が受講者の望む実習内容と合致しているか、MEMS 関連企業ならびに異分野融合などを考慮し多くの企業より事前調査することが重要であるといえる。また、指導する側にとっては、自分で各種装置の操作方法については熟知しているが、他人に指導するには操作マニュアルを再度整備する必要がある。実習中の事故についての保障制度の整備が必要である。

(2) 産学連携拠点における MEMS 人材育成の強化

文部科学省科学技術振興調整費による「先端融合領域イノベーション創出拠点の形成」プログラムが平成 18 年度から始まっている。このプログラムは、イノベーションの創出を可能とし、次世代を担う研究者・技術者を育成する機能を備えたシステムを実現することを通じ、10～15 年後に新たな産業の芽となる先端技術を確立するため、実用化を見据えた基礎的段階から、産学が協働して先端融合領域における研究開発を推進するものであり、MEMS に関連すると思われるプログラムが採択されている。

○ナノバイオ標的医療の融合的創出拠点の形成（18年度～）

岡山大学

日東電工テクニカルコーポレーション、株式会社林原生物化学研究所、
イーピーエス株式会社、タカイ医科工業株式会社、
オンコリスバイオフーマ株式会社、株式会社ビークル、
株式会社バイオサイエンスリンク

○半導体・バイオ融合集積化技術の構築（18年度～）

広島大学、エルピーダメモリ株式会社

○マイクロシステム融合研究開発拠点（19年度～）

東北大学

株式会社リコー、株式会社トッパン・テクニカル・デザインセンター、
株式会社メムス・コア、株式会社北川鉄工所、住友精密工業株式会社、
トヨタ自動車株式会社、日本信号株式会社、日本電産コパル電子株式会社、
日本電波工業株式会社、パイオニア株式会社、メムザス株式会社

これらのプログラムは、人材育成の視点からみれば、多くの産業領域にわたる企業が参加して研究開発拠点での人材の相互乗り入れが可能であり、分野融合の促進と分野横断的な人材育成プログラムが効率的に図られるものと期待できる。

特に MEMS 分野においては、多品種少量型製品でも実用化に持っていけるような新しい産学連携モデルとして整備していく必要があると思われる。

また、産学連携拠点では、企業の人材育成だけでなく、大学等における MEMS 専門教育の充実にも大きな効果があるものと期待される。

大学等における MEMS 専門教育の充実の例としては、工学部の学生でも他学部の学科も受けられるような柔軟な選択も可能にするような環境整備も有効ではあるが、特に大学院の教育は、学生に、研究のやり方や研究企画と推進などの方法を身につける、いわゆる II 型、T 型人材を目指すことが必要とされており、このように企業の人と大学と一緒に研究をする産学連携拠点での教育は、単に研究だけでなく、ナノ理工学、バイオ知識、それらを応用して社会へ出していく（貢献していく）考え方、意識を共有できる。これからプロジェクトが開始されるであろう「異分野融合型次世代デバイス製造技術開発プロジェクト」(BEANS プロジェクト)においても、BEANS の中で人材を育てて行くシステムを検討すべきと思われる。

2.4.4 他分野の人材が容易に MEMS 分野に参入可能となる環境整備

「他分野の人材が容易に MEMS 分野に参入可能となる環境整備」については、現在進められている人材活用・確保の枠組みを、MEMS 分野へ適用するための新たな枠組み、課題を取上げた。

(1) シニア人材の活用

わが国の基幹産業である半導体やこれから増加するシニアを迎えた研究技術者群は、わが国の製造業にとって貴重な資源と考えられ、企業においてもシニア人材活用の意識は高まっている。MEMS 関連企業の MEMS 従事者へのアンケートの結果では (図 2-20) のとおり、シニア人材の活用を考えている。

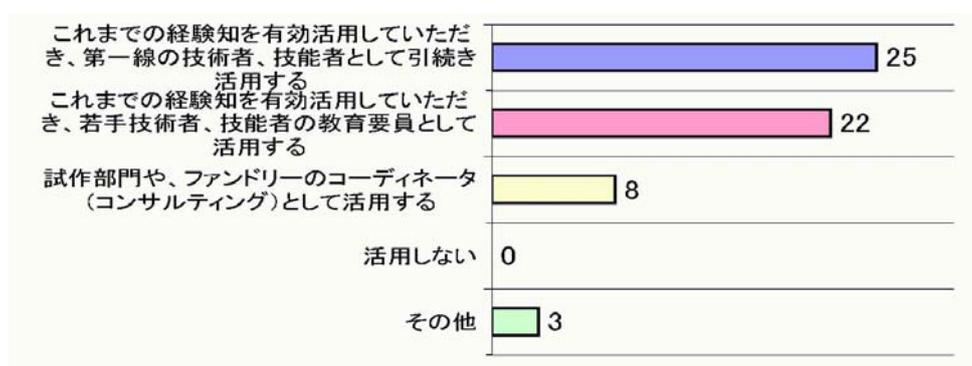


図 2-20 シニア人材の活用 (アンケート調査結果)

これまでの経験知を活かして引続き第一線で活躍していく道や、若手技術者、技能者の教育要員として活用していく道は、企業独自に検討していくものであるが、他分野の人材が容易に MEMS 分野に参入可能となる環境整備としては、シニア人材の多様な活用の道を開く方策として、シニア MEMS 人材のスキルを登録・閲覧できる仕組み (シニア MEMS 人材バンク) を作ることを有効であると思われる。MEMS 関連従事者へのアンケート結果からも、図 2-21 のとおりの要望が高い。

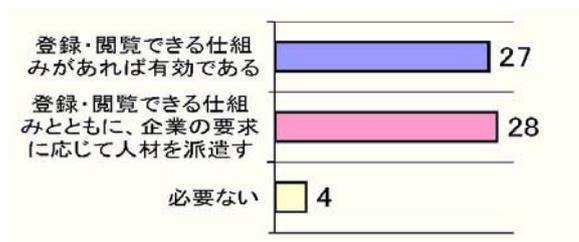


図 2-21 シニア人材バンクの有効性 (アンケート調査結果)

MEMS 関連企業にとっては新商品開発の場合に、異分野情報・技術は重要であり、シニア MEMS 人材バンクといったような組織をおき、企業の要求に応じて人材を派遣するような仕組みがあれば、アプリケーション分野での MEMS 人材は貴重ではないかと考えられる。

また、MEMS 分野のインフラ整備の重要課題のひとつとして挙げられる MEMS ファンドリー機能強化のための MEMS 試作拠点として、共同利用ができる「MEMS 試作センター」を設け、このようなセンターでノウハウを持ったシニア人材を活用する考えに対しても MEMS 企業関係者は賛同しており（図 2-22）、このような環境整備もシニア人材活用の環境整備につながるものと思われる。

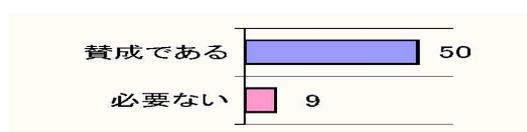


図 2-22 シニア人材バンクの創設（アンケート調査結果）

（2）MEMS 分野のインフラ整備

MEMS のアプリケーション分野の裾野を拡げることにより、MEMS 産業の市場拡大および産業の活性化が図れる。MEMS のアプリケーション分野の裾野を拡げるために、多様な産業分野の人達が MEMS を理解し、容易に設計・開発ができるような環境と、多様な MEMS のアプリケーションを想定した MEMS の試作が容易にできるような MEMS ファンドリーの環境を整備して行くことも重要である。

① MemsONE の導入普及促進と MEMS 知識データベースの整備・充実

MemsONE(MEMS Open Network Engineering System of Design Tools) は、わが国産業の牽引役としての役割が期待されている MEMS の設計・開発を効率的なものとするため、世界に類を見ない最先端でかつ利用しやすいソフトインフラである。また、MemsONE は、最先端の習熟した MEMS 研究者・技術者に利用されるのみならず、初心者や経験の乏しい多分野の研究者・技術者であっても MEMS に関する高度な知見やデータをストレスなく利用することが可能なソフトウェアを目指して開発されたものであるため、多くの分野の技術者が MEMS プロセスの深い知識を前提とせずに、MEMS 分野に参入するツールとして大いに期待できる。

このような観点から、普及・充実に向けての活動を図 2-23、図 2-24 に示す。

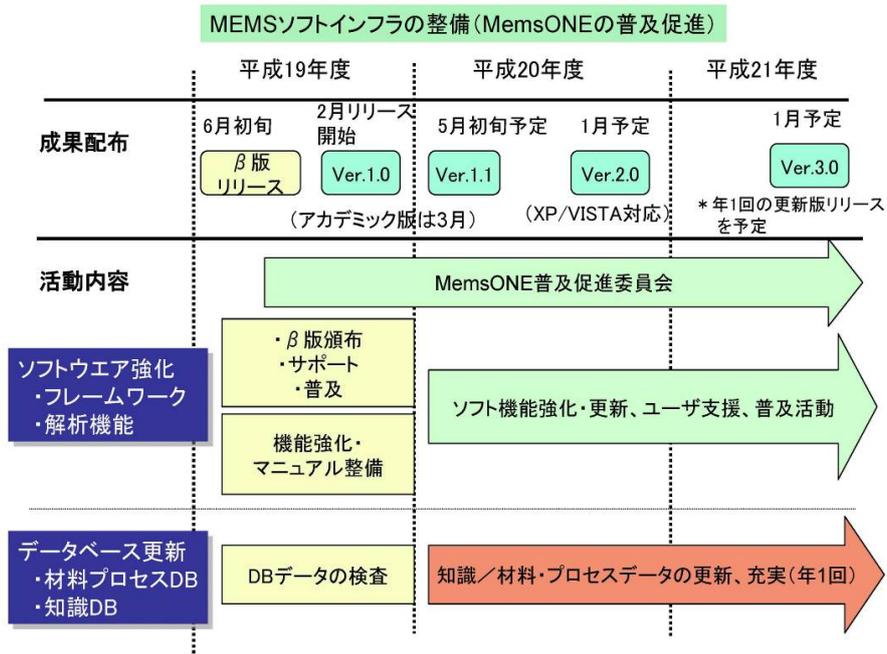


図 2-23 MEMS ソフトインフラの整備

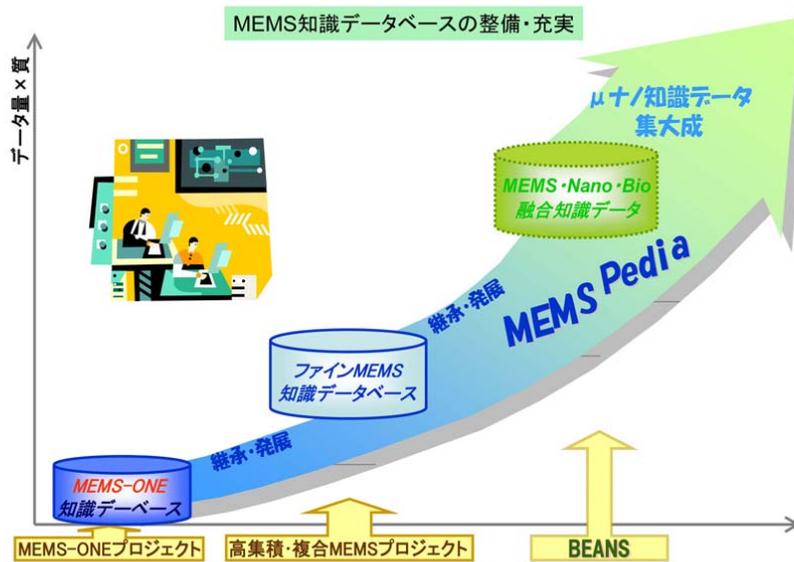


図 2-24 MEMS 知識データベースの整備・充実

補足説明 BEANS異分野融合オープン統合知識DB: MEMSPediaの構築

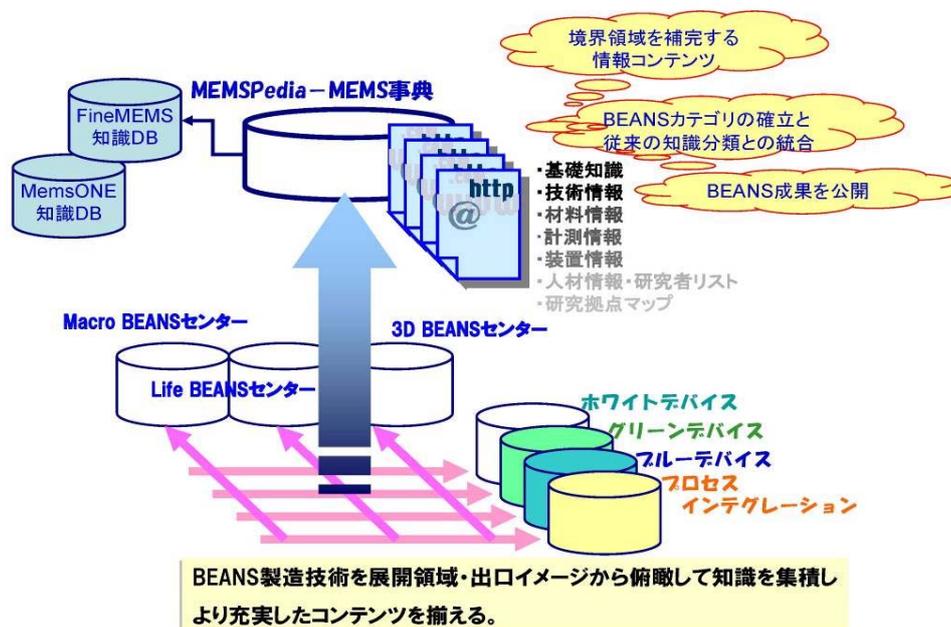


図 2-25 MEMSPedia の構築

② MEMS ファンドリーの充実・整備

他分野の人材が容易に MEMS 分野に参入可能となる環境整備として、多様な MEMS のアプリケーションを想定した MEMS の試作が容易にできるような MEMS ファンドリーの環境を整備して行くことも重要である。

MEMS 関連事業は、設備に多大な投資が必要である。中小企業ではこのような投資は到底無理である。先に述べたように、中小企業はかつて大企業の下請けあるいは協力企業として部品製造で産業を支えてきた。他方、製品製造型の MEMS 産業は、設備に多大の投資を必要とする。したがって、中小企業が、MEMS 技術で産業を支えるには、部品製造が活路を見出す方向ではなかろうか。このためには、中小企業が進出しやすくするために、ハード面を備えた拠点として、MEMS 製造拠点としての MEMS ファンドリーの整備を展開する必要があるのではないか。この機能を提供する拠点をどの程度設けるかは今後の課題であろうが、各府県に設置されている公設試は拠点として重要な役割を果たすことができると考えられる。

また、このような MEMS 製造拠点（ファンドリー）では、中小企業が進出しやすいように、新しい MEMS アプリケーションの試作・検証についてのコンサルティング機能も併せ持つことによって、アプリケーションの裾野の拡大を図ることが出来ると思われる。例として図 2-26 に MemsONE 普及のサポート体制を示す。

なお、このような MEMS 製造拠点（ファンドリー）でのコンサルティング要員、技術者・技能者にシニア人材の活用を図れば、人材育成の環境整備として大きな効果が期待できると考えられる。



図 2-26 MemsONE 普及のサポート体制

(3) MEMS 用インターンシップの拡充

企業の多くは、学生を受け入れるインターンシップ制度を設けているが、企業や大学によって期間やテーマ内容などが異なることや、インターンシップの主な狙いが、地域社会への貢献・産学連携による教育や、採用活動に伴う学校との関係強化、学生への認知度向上、学生の企業理解を促進することが現状であることから、MEMS 用インターンシップとしては、現在行われていないのが現状である。

学生にとってインターンシップは将来の自分の仕事の品定めになり、会社にとっては有効な人材獲得手段となるが、これは典型的な Match-making となるので、かなり組織立った方法が必要となる。責任ある組織が、WEB を中心とするメディアを整え、企業を集めるような環境を整備する必要がある。現状調査で記述した半導体業界（コンソーシアム）としてのインターンシップの事例のように、MEMS 用インターンシップの拡充として MEMS 関連企業コンソーシアムで標準的な MEMS 用インターンシッププログラムの策定を行うなど「MEMS 用インターンシップ」制度の構築を図ることは必要であると思われる。

2. 5 まとめ

MEMSは一企業内での人材育成の枠組みでは十分な効果が得られない。また、我が国のMEMS産業活性化と国際競争力強化には、MEMS産業全体の基盤強化が必要で、根幹となる人材強化は、我が国全体の問題でもある。平成10年には1兆1,700億円、平成15年には2兆4,000億円と予想されるMEMS市場規模を支える人材を質・量ともに充実させていくことは、我が国のこれからの国際競争力強化のために極めて重要である。

本調査では、我が国全体のMEMS人材育成・強化を、企業内人材育成の充実、産学連携による人材育成の充実、他分野の人材が容易にMEMS分野に参入可能となる環境整備の3つの視点から、産業界が望むMEMS人材像へのステップアップ方策も加味して、我が国のMEMS産業人材育成システム全体を整理し、ロードマップを策定した。

MEMS技術者は半導体技術者に比べて圧倒的に少ない。日本がMEMS分野で国際競争力を確保するためには、まずMEMS技術者の数を増やす必要がある。そのためには、企業の個々のMEMS技術者はもちろんのこと、企業自身あるいは他分野の企業の技術者もMEMSについてもっと理解し、MEMSを自社製品に組み込むことで商品価値を高めることができるなど、応用の可能性に気づいてもらう必要がある。

さらに、次代のMEMS技術を担う人材の裾野の拡大や、大学におけるMEMS関連教育機能の強化も大きな課題であり、このためには、MEMS技術に触れ、理解し、応用の可能性を探るチャンスを増やすことが重要である。本調査で示したMEMS産業人材の育成確保と併せ、MEMS分野について高等教育からの一貫した人材育成システムの構築が今後望まれる。

【参考資料】

MEMS人材育成に関する調査票

MEMSの開発・製造には、機械、電気、化学、物理、材料、光学、医療など、幅広い分野の知識と技術が必要であり、それら技術展開の全体プロセスを俯瞰できる中核となるMEMS人材の充実が重要とされています。また、このような中核人材の育成は、一企業内の社内教育では難しく、産学／産学官が連携した枠組みが必要とも言われています。

MEMS人材の充実を図るために必要な方策を検討するにあたり、MEMSを事業とされる企業皆様のMEMS人材育成に対するお考えと人材育成の現状についてお聞かせ願いたく、下記の問いにお答えください。

MEMSは、情報通信機器分野、自動車機器分野、医療機器関連分野などのアプリケーション製品にどのように組み込むか次第で、製品の付加価値を高めることができるため、製造においても事業化にあたって、幅広い知識を持つ人材が必要と言われています。このようなMEMS人材の必要性和MEMS人材像についてお聞きします。

Q1.

あなたは現在、どのようなMEMS人材の必要性を感じていますか。
該当項目の口をクリックして、チェック印をお付けください。(複数選択可)
また、選択項目に合致しない、あなたが描くMEMS人材像があれば、「その他」の欄にご記入ください。

- MEMSとは何かを理解し、MEMSの開発・設計と生産を横断的に見ることが出来るだけでなく、MEMSの適切なアプリケーションを企画提案できる人材。
- MEMSについて深い専門知識・技術を持ち、それを活かした開発設計を行うことが出来る人材。
- 異なった専門領域の技術を複数習得し、それらを融合してMEMSの開発・設計を行うことができる人材。
- 最新のものづくり技術(MEMS、精密ナノ加工、設計、評価)を理解し、装置の高度なオペレーションに加え、装置の改善を通じて製造現場をリードできる人材。
- MEMSの製造設備・装置について熟知し、装置の高度なオペレーションが出来る人材。
- MEMSの製造プロセス解析、構造解析、システム解析の一通りの知識を有しており、設計や生産技術との関連も見通せる人材。
- その他

Q2.

あなたは、貴社のMEMS事業において、研究開発から製品化・販売にいたる過程で、MEMS技術者としてどの職種に不足、又は育成の必要を感じていますか。不足又は人材育成の必要があると思われる職種の口をクリックして、チェック印をお付けください。(複数選択可)。

また、必要性の程度の番号をクリックしてください。

なお、「その他」の場合は、その職種内容をご記入ください。

必要性の程度
 1: 必要性は感じており、すぐにも強化したい。
 2: 必要性は感じており、ここ数年(2~3年)で強化したい。
 3: 必要性は感じているが、具体的な検討はこれから考えたい。
 4: 必要性は特に感じていない。

職 種	必要性の程度
<input type="checkbox"/> 開発・設計者	<input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4
<input type="checkbox"/> 製造技術者(プロセス技術者)	<input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4
<input type="checkbox"/> オペレータ(技能者)	<input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4
<input type="checkbox"/> 品質・評価技術者	<input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4
<input type="checkbox"/> 商品企画者	<input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4
<input type="checkbox"/> その他 <input type="text"/>	<input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4

あなたの企業でのMEMS人材育成を目的とした人材育成プログラムについてお聞きます。

Q3.

あなたの企業では、MEMS人材育成を目的とした社員教育を行っていますか。

- 社員教育・研修は行っており、MEMS人材育成の教育・研修も行っている。
- 社員教育・研修は行っているが、特に、MEMS人材育成を目的とした教育・研修はない。
- 社員教育・研修は行っていない。

Q4.

MEMS人材育成の教育・研修を行っている場合、それはどんな方法で行っていますか。(複数選択可)
 その他の場合は、内容をご記入ください。

- 社内のOJTで行っている。
- 社内の技術講座、研修講座などを設け行っている。
- 社会人を対象とした大学の講座、教育プログラムを利用している。
- 国研(産総研など)の技術指導・共同研究・実習講座などを利用している。
- 公設試(工業技術センターなど)の技術指導・共同研究・実習講座などを利用している。
- 企業・団体等が行っているセミナー、研究会、研修会等を利用している。
- その他

Q5.

MEMS人材育成の教育・研修を行っている場合、受講対象者は誰ですか。(複数選択可)

- 研究・開発部門の (新人 中堅 管理者(マネージャー))
- 製造・試作部門の (新人 中堅 管理者(マネージャー))
- 企画部門の (新人 中堅 管理者(マネージャー))
- 営業部門の (新人 中堅 管理者(マネージャー))

Q6.

MEMS人材育成を行う場合の課題には、どのようなものがあるとあなたは思いますか。
該当する項目の口をクリックして、チェック印をお付けください。(複数選択可)
その他の課題がある場合は、内容をご記入ください。

- 社内で行う場合、優秀なトレーナー・講師の確保が難しい。
- 社会人を対象とした大学の講座・教育プログラムには、自社が望むようなプログラムが無い。
- 国研、公設試の技術指導・実習講座には、自社が望むようなプログラムが無い。
- 社会人を対象とした大学の講座・教育プログラムは、知識・技術を広げるためには良いが、深掘りするには、まだ、課題がある。
- 技術者が社外の教育インフラを活用する時間が無い。
- 社外の教育インフラを活用する費用の確保が十分出来ない。
- その他

企業の人材を対象にした産学連携教育・実習プログラムについては、現在、経済産業省の産学連携中核人材育成事により産業界と教育機関(大学等)との連携により人材育成プログラムが開発され、実践に移されていきつつあります。また、大学においても、社会人を対象としたマイクロナノ・MEMS分野及び異分野との融合教育・実習プログラムが実施されている例があります。

しかしながら、MEMS分野の人材育成プログラムは、まだまだ少ないのが現状です。
このような、企業の人材を対象にしたMEMS分野の産学連携人材育成プログラムについてお聞きます。

例)

- ・ MEMS関連産業人材育成システム(東北大学/宮城県産業技術総合センター、他)
- ・ マイクロナノ量産技術と応用デバイス製造に関する新事業開拓イノベーション人材育成(産総研/東京大学/兵庫県立大学、東京都産業技術研究センター、神奈川県産業技術センター、他)
- ・ 大阪大学「ナノ高度学際教育訓練プログラム」
- ・ 早稲田大学「ナノテクノロジー要素技術養成プログラム」
- ・ 京都大学「ナノメディケーション融合教育」

Q7.

あなたは、このような産学連携人材育成プログラムを、今後利用していきたいとお考えですか。(一つ選択)

- 積極的に利用する。
- 利用しない。
- わからない。

Q8.

あなたの企業の場合、MEMSの人材育成プログラムでは、どのような内容のプログラムが一番望まれているとあなたは思いますか。(一つ選択)

- 基礎的な学力
- 基礎的なMEMSの技術知識・技能
- 専門的な深いMEMSの技術知識・技能
- 横断的な広いMEMSの技術知識・技能
- MEMS、精密加工装置の技術知識・技能
- 技術経営(MOT)の知識/ビジネスセンス
- その他

大学のMEMS関連教育と、産業界の必要とする人材との間にミスマッチがあるのではないかとのお見込みがあります。
このようなミスマッチを解消する一つ的手段として産学連携のインターンシップ制度についてお聞きます。

Q9.

大学のMEMS関連教育と産業界の必要とするMEMS人材とのマッチングをはかるための方策として、学生のインターンシップ制度の活用は有効とお考えですか。(一つ選択)

- 有効である
- そうは思わない
- インターンシップは大学の就職活動の一環として行っており、大学のMEMS関連教育内容はあまり重視しない。

Q10.

学生を対象にしたインターンシップのMEMS関連部門での受け入れの現状はどうか。(一つ選択)

- ほぼ毎年受け入れている。
- ほとんど受け入れていない。
- 全く受け入れていない。

我が国では、職業能力開発促進法による指定試験機関が実施する国家資格である技能検定制度があります。(例:半導体製品製造技能士)。
MEMS人材についても、MEMS技術の習熟度や、技術や研究に関する先見性の向上を図るための方策として、「技術認定制度」の創設が考えられます。このことについてお聞きます。

Q11.

あなたは技術認定・資格制度の創設は必要と思いますか。

- 必要である。
- 必要でない。
- わからない。

Q12.

上記Q11で必要であると答えた方におたずねします。

技術認定・資格制度の創設が必要であるとお考えの理由は何ですか。該当項目が無い場合は、「その他」の欄にその理由をご記入ください。(複数選択)

- 一定基準のMEMS人材育成プログラムの受講修了の認定制度は、技術者の技術習得のモチベーション、目標になる。
- 一定基準のMEMS人材育成プログラムの受講修了の認定があれば、派遣社員等の受入れ基準として有効
- 技術認定制度があれば、人事評価制度がやりやすくなる。
- 技術認定制度があれば、人材配置等が容易に行える。
- その他の意見

Q13.

技術認定・資格制度を創設する場合、どのようなMEMS技術者を対象とするのが妥当とお考えですか。(一つ選択)

「その他」の場合は、対象と考えるMEMS技術者の内容をご記入ください。

- MEMS技術者
(MEMS分野でトップレベルの専門性を有し、適切なアプリケーションを企画提案できる技術者)
- MEMS製造装置取扱者
(MEMS製造プロセス・装置を理解し、装置の操作、装置選定・導入に必要な知識・技術を持つ技術者)
- MEMS製造技能者
(MEMS製造プロセス・装置を理解し、高度な装置操作ができる技能者)
- その他

Q14.

Q11で必要でないと答えた方におたずねします。

技術認定・資格制度の創設は必要でないとお考えの理由は何ですか。(複数選択可)

該当項目が無い場合は、「その他」の欄にその理由をご記入ください。

- 企業の人事・能力評価で十分対応できる。
- 各種の認定制度があるが、社会的に認知・評価されない限り必要ない。
- 各種のセミナー、講習会、研修などで主催者が発行する「修了証」があれば、技術認定・資格制度の創設は必要ない。
- その他

MEMS人材の技術認定・資格制度の創設について、ご意見があれば、「ご意見欄」にご記入願います。

ご意見欄:

わが国の基幹産業である半導体やこれから増加するシニアを迎えた研究技術者群は、わが国の製造業にとって貴重な資源と考えられ、それを有効に活用できる仕組みが望まれます。このようなシニア人材の活用についてお聞きします。

Q15.

あなたの企業では、シニア人材を活用していますか。

- している。
- していない。

Q16.

あなたの企業の場合、シニア人材をどのように活用している／活用したいとお考えですか。(一つ選択)

「その他」の場合は、活用したい内容をご記入ください。

- これまでの経験知を有効活用していただき、第一線の技術者、技能者として引続き活用する。
- これまでの経験知を有効活用していただき、若手技術者、技能者の教育要員として活用する。
- 試作部門や、ファンドリーのコーディネータ(コンサルティング)として活用する。
- 活用しない。
- その他

Q17.

シニア人材の多様な活用の道を開く方策として、シニアMEMS人材のスキルを登録・閲覧できる仕組み(シニアMEMS人材バンク)を作ることについて、あなたはどのように思いますか。

また、このような仕組みについてご意見があれば、「ご意見欄」にその内容をご記入ください。

- 登録・閲覧できる仕組みがあれば有効である。
- 登録・閲覧できる仕組みとともに、企業の要求に応じて人材を派遣するような仕組みがあれば有効である。
- 必要ない。

ご意見欄:

Q18.

シニア人材の活用方法として、共同利用ができる「MEMS試作センター」を設け、このようなセンターでノウハウを持ったシニア人材を活用する考えに対して、あなたはどのように思われますか。

また、このような仕組みについてご意見があれば、「ご意見欄」にその内容をご記入ください。

- 賛成である。
- 必要ない。

ご意見欄:

幅広い分野の知識が必要とされるMEMS分野においては、それぞれの分野の研究者が集結し共同して研究開発を行う集中研究方式も実践的かつ幅広い技術の習得の場として効果的と考えられます。このような実践的な共同研究プログラムにおける人材育成の仕組みについてお聞きします。

Q19.

国家プロジェクトのような産学官連携共同研究プログラムにおいて、若手研究者の人材育成を目的とした受け入れ研究員制度を併設することに対して、あなたはどのように考えますか。(一つ選択)

- 産学官共同研究の場は、技術者の実践的な育成の場として有効であるので、このような場を借りた人材育成の枠組みは制度的にも有効である。
- 共同研究に参加する研究者自身が、そのまま人材育成にもつながるので、特別な人材育成制度を併設する必要はない。
- 共同研究はお互いの良いものを持ち合って、研究成果を最大限に引き出すのが目的であるので、人材育成目的の制度を併設する必要はない。
- なんともいえない。

自由意見欄:

(財)マイクロマシンセンターでは、MEMS産業の更なる活性化、国際競争力の強化に向けてMEMS人材の充実に図るために必要な方策を検討しています。
本アンケートでお聞きした以外で、MEMS人材育成についてのご意見がありましたら、下欄にご記入願います。

Q20.
自由意見欄

最後にご回答いただいたあなた自身についてお伺いします。該当事項をチェックください。

●あなたの年齢

- 60歳台以上
- 50歳台
- 40歳台
- 30歳台
- 20歳台

●あなたの職種

- 経営・管理
- 研究・開発・設計
- 生産技術・製造
- 開発企画・管理
- 販売・営業

●あなたの所属する企業の事業分野は(複数選択可)

- 情報通信分野
- 民生用電子・電気機器分野
- アミューズメント分野
- 製造技術分野(産業用機械、一般機械、微細加工・製造装置)
- 精密機器分野
- 医療機器・福祉機器分野
- バイオテクノロジー関連分野
- エネルギー関連分野
- 環境計測機器分野
- 自動車関連機器分野
- 都市環境整備関連分野
- 航空宇宙関連分野
- 農林水産関連分野

●あなたの所属する企業のMEMS関連事業(複数選択可)

- MEMS設計ツール
- MEMS製造装置・超精密・微細加工装置
- 評価・計測機器
- MEMSデバイス
- MEMSデバイス組込製品
- MEMSファブリーサービス

●あなたの所属する企業の従業員数

- 100人未満
- 100人 ~ 1,000人未満
- 1,000人 ~ 5,000人未満
- 5,000人 ~ 1万人未満
- 1万人以上

以上でアンケートは終了です。 ご協力ありがとうございました。

ご回答いただきました内容は、(財)マイクロマシンセンターが行うMEMS人材育成のための方策を検討するための基礎資料としてのみ利用し、アンケートにおける個別の回答内容を公表することは一切ありません。

また、このアンケートを他の目的に利用することは一切ありません。

下記 [送信] ボタンを クリックして アンケートをご送信お願いいたします。

送信

第3章 異分野融合型次世代デバイス製造技術開発プロジェクトの基本計画等に関する技術戦略等検討委員会の開催

3.1 MEMS の技術戦略等検討委員会の活動

3.1.1 委員会構成

MEMS 産業は高付加価値で高機能な製品を実現する知識集約的な産業であり、今後の我が国製造業の担い手となる大きな可能性を有しており、我が国 MEMS 産業の活性化や標準化も含めた国際競争力強化を図って行くことが非常に重要な課題となっている。

そのため、MEMS 産業の将来展望を明確にし、平成20年度新規プロジェクトとして予定されている「異分野融合型次世代デバイス製造技術開発プロジェクト」の委託先を公募により選定する為の基本計画（技術開発の目的、技術開発の目標および技術開発内容等で構成）を策定していくことが必要である。

以上の背景を踏まえ、大学、公的研究機関、MEMS 開発企業等の有識者で構成する委員会（下表）を設置し、以下を検討・討議した。

①革新的次世代デバイス(BEANS)の創出に必要な、新たな基盤的プロセス技術として

- 1) バイオ融合（応用）プロセス
- 2) 3次元ナノ構造形成プロセス
- 3) 大面積・連続プロセス

の3つ戦略技術に対する妥当性の検討

②戦略技術毎に実施すべき要素技術の掘り下げと絞込み

③最重要要素技術の5年後に達成すべき数値目標の決定

④以上を踏まえた、基本計画原案の検討

また、この委員会には、この委員会での検討結果を、別途行われている MEMS のタスクフォース委員会での技術戦略マップのローリングに反映させるため、(財) マイクロマシンセンターの安達部長 (MEMS のタスクフォース委員会での委員) をオブザーバーとして参画を得て行われた。

表 3.1-1 MEMS の技術戦略等検討委員会構成

分類	氏名	所属・役職
委員長	下山 勲	東京大学大学院 情報理工学系研究科 教授・研究科長
副委員長	藤田 博之	東京大学 生産技術研究所 教授
委員	寒川 誠二	東北大学 流体科学研究所 教授
	竹内 昌治	東京大学 生産技術研究所 准教授
	三木 則尚	慶応義塾大学 理工学部 専任講師
	伊藤 寿浩	(独)産業技術総合研究所 先進製造プロセス研究部門 ネットワーク MEMS グループ グループ長
	遊佐 厚	オリンパス(株) 未来創造研究所 取締役・研究所長
	武田 宗久	三菱電機(株) 先端技術総合研究所 マネージャー
	古田 一吉	セイコーインスツル(株) 技術本部 新事業企画推進部 部長
	三宅 常之	(株)日経 BP 社 日経マイクロデバイス編集 副編集長
青柳 桂一	(財) マイクロマシンセンター 専務理事	

3.1.2 委員会スケジュールと運営

委員会は3回の開催を予定し、第1回目の委員会では、委員間の認識レベルの平準化を図るため、今後のMEMS技術開発の方向性の中で、計画されている「異分野融合型次世代デバイス製造技術開発プロジェクト」についての説明が行われた。それと共に5人の委員からMEMS戦略技術と重要要素技術に関するプレゼンテーションが行われた。

第2回目の委員会では、NEDOが作成した「異分野融合型次世代デバイス製造技術開発プロジェクト」の基本計画(案)および第1回目後にNEDOが実施したNEDO POSTO 2の意見集約結果が紹介され、それをもとにして、①研究開発の目的、目標及び内容の妥当性、②プロジェクトの実施方式などの妥当性、③(別紙)研究開発計画における研究開発の必要性および具体的内容の妥当性、④(別紙)研究開発計画における達成目標の妥当性、などについて総合討議を行った。また、第3回目の委員会までの間に、今日の討議を含め、更に基本計画(案)のブラッシュアップをして頂くため、それぞれの専門に応じて検討分担を決めた。

第3回目の委員会では、検討体制に基づいた各委員からの見直しの提案をNEDOにて整理・集約した基本計画(案)改定版の紹介があり、この改定版をもとに総合討議を行った。第3回目の委員会後に、この結果を踏まえ、基本計画(案)最終版をNEDOにて作成し、委員の了解を得て基本計画(案)を確定した。

開催した委員会の日程及び審議内容は以下の通りである。

i) 第1回委員会

日時：平成19年11月27日（月）16：00～18：40

場所：NEDO 日比谷オフィス内（第1+第2）会議室

議事内容

- ・ 出席者挨拶
- ・ 新規MEMS技術開発プロジェクトについて
- ・ 委員会のミッションとスケジュールについて
- ・ MEMS戦略技術と重要要素技術に関する委員意見の発表
 - ① 遊佐委員
 - ② 竹内委員
 - ③ 古田委員
 - ④ 武田委員
 - ⑤ 青柳委員
- ・ 自由討議

ii) 第2回委員会

日時：平成20年1月9日（水）15：00～17：20

場所：東京国際フォーラム 4F G407 会議室

議事内容

- ・ 挨拶
- ・ 「異分野融合型次世代デバイス製造技術開発プロジェクト」の基本計画（案）の説明 およびNEDOPOST2の意見集約結果の紹介
- ・ 総合討議
 - ① 研究開発の目的、目標及び内容の妥当性
 - ② プロジェクトの実施方式などの妥当性
 - ③ （別紙）研究開発計画における研究開発の必要性および具体的内容の妥当性（特に、絞り込んだ技術の妥当性）
 - ④ （別紙）研究開発計画における達成目標の決定

iii) 第3回委員会

日時：平成20年2月6日（水）13：30～15：00

場所：東京商工会議所 5F 502 会議室

議事内容

- ・ 挨拶
- ・ 「異分野融合型次世代デバイス製造技術開発プロジェクト」の基本計画（案）改定版の説明
- ・ 総合討議

3.1.3 審議内容

(1) 第1回委員会

議題1. 出席者挨拶

議題2. 新規MEMS技術開発プロジェクトについて

MEMS産業政策の全体像の概要と、新規MEMS技術開発プロジェクトである「異分野融合型次世代デバイス製造技術開発プロジェクト」の概要と、開発する基盤的製造技術を構成する、①バイオ融合プロセス技術、②3次元ナノ構造形成プロセス技術、③大面積・連続プロセス技術、の3つ技術の概要説明が行われた。

このプロジェクトは、2008年度（平成20年度）から2012年度までの5年間のプロジェクトであり、初年度の平成20年度は概算要求レベルで16億円であり、交付金事業で行うなどの説明があった。

議題3. 委員会のミッションとスケジュールについて

平成20年度新規プロジェクトとして予定されている「異分野融合型次世代デバイス製造技術開発プロジェクト」の委託先を公募により選定するための基本計画（技術開発の目的、技術開発の目標および技術開発内容等で構成）を策定していくことが必要で、有識者で構成する委員会を設置し、委員会のミッションは、①バイオ融合（応用）プロセス、3次元ナノ構造形成プロセス、大面積・連続プロセスの3つの戦略技術に対する妥当性の検討、②戦略技術毎に実施すべき要素技術の掘り下げと絞込み、③各最重要要素技術の5年後に達成すべき数値目標の決定、④以上を踏まえた、基本計画原案の検討、の4つであり、3回の委員会のスケジュールと各委員会での討議内容の説明があった。

議題4. MEMS戦略技術と重要要素技術に関する委員意見の発表

MEMS戦略技術と重要要素技術に関して、5人の委員から意見の発表がなされ、その後に質疑応答が行われた。その意見の発表は以下である。

- ① 遊佐委員：異分野融合型次世代デバイス創製のための基盤プロセスの構築について
- ② 竹内委員：BEANS バイオ融合プロセス
- ③ 古田委員：異分野融合型次世代デバイス創製における3次元ナノ構造形成技術の重要性について
- ④ 武田委員：大面積・連続プロセス
- ⑤ 青柳委員：BEANSプロジェクト成果普及の考え方（メモ）

議題5. 自由討議

「プロジェクトの全体スキーム」と「MEMSの戦略技術としての重点分野、重点プロセスインテグレーション、重点技術について、これらに絞ることの妥当性」などについて自由討議を行った。それらは、この新プロジェクトを進めるに当たって文科省との連携や、開発する3つの基盤的製造技術の妥当性の1つの考え方としての技術的不連続性や、アジア地域との競争が激しくなっていく中、および技術革新における停滞感の中での、不連続な新しい分野の必要性や、目標設定の考え方などについての討議であった。

(2) 第2回委員会

議題1. 「異分野融合型次世代デバイス製造技術開発プロジェクト」の基本計画（案）の 説明 およびNEDO POST 2の意見集約結果の紹介

まず、基本計画（案）の説明は、以下の5つのブロックに分けられ説明が行われた後、内容的に分かりにくい箇所などについて質疑応答が行われ、言葉や文章の修正を行った。

1 番目のブロック：「1. 研究開発の目的、目標及び内容」、「2. プロジェクトの実施方式」、「研究開発の実施期間」、「4. 評価に関する項目」、「5. その他の重要事項」、「6. 基本計画の改訂履歴」

2 番目のブロック：（別紙）研究開発計画 研究開発項目①「バイオ・有機材料融合プロセス技術の開発」、研究開発項目②「3次元ナノ構造形成プロセス技術の開発」

3 番目のブロック：研究開発項目②「3次元ナノ構造形成プロセス技術の開発」

4 番目のブロック：研究開発項目③「マイクロ・ナノ構造大面積・連続製造プロセス技術の開発」

5 番目のブロック：研究開発項目④「異分野融合型次世代デバイス製造技術知識データベースの整備」

基本計画（案）の説明と質疑応答が一通り終わった後、次回の委員会までの間に、担当分野についての見直しを更にお願ひする検討体制（案）の説明が行われ、了承された。

	担当者
バイオ融合 WG	東大 竹内、慶大 三木、オリンパス 遊佐
3D ナノ WG	東北大 寒川、SII 古田島津 中西
大面積 WG	産総研 伊藤、三菱電機 武田
知識 DB WG	日経 BP 三宅、MMC 青柳

続いて NEDO POST 2 の意見の集約結果の説明が行われた。NEDO POST 2 は平成 19 年 12 月 7 日から 12 月 20 まで行われ、17 機関から 27 件の意見の応募を頂いた。集中研方式の支持の意見ばかりであった、およびその代表的な意見の説明があった。

議題2. 総合討議

委員長の議事進行のもと、研究開発の目的、目標及び内容の妥当性、プロジェクトの実施方式などの妥当性、（別紙）研究開発計画における研究開発の必要性及び具体的内容の妥当性（特に絞り込んだ技術の妥当性）、（別紙）研究開発計画における達成目標の決定の4つのテーマについて討議が行われた。

この討議では、言葉の不統一や公募時に内容が分かりやすく明確な文章とすべきである箇所の指摘や、目標とする数値のレベル（目標数値の細かさ）や、研究成果の取り扱いなどが主に討議された。

(3) 第3回委員会

議題1. 「異分野融合型次世代デバイス製造技術開発プロジェクト」の基本計画（案）

改定版の説明

議題2. 総合討議

基本計画（案）改定版を以下のようにブロックに分け、NEDO からその説明が行われ、それに続いて委員長の議事進行のもと、総合討議が行われた。

1 番目のブロック：「1. 研究開発の目的、目標及び内容」、「2. プロジェクトの実施方式」、「研究開発の実施期間」、「4. 評価に関する項目」、「5. その他の重要事項」、「6. 基本計画の改訂履歴」

2 番目のブロック：(別紙) 研究開発計画 研究開発項目①「バイオ・有機材料融合プロセス技術の開発」、研究開発項目②「3次元ナノ構造形成プロセス技術の開発」

3 番目のブロック：研究開発項目③「マイクロ・ナノ構造大面積・連続製造プロセス技術の開発」、研究開発項目④「異分野融合型次世代デバイス製造技術知識データベースの整備」

この総合討議では、文脈の分かりにくい箇所についての語句、「てにおは」の修正や、説明不足の文章には文字や文章の追加や、言葉の統一などを行った。

特に、研究開発項目□「3次元ナノ構造形成プロセス技術の開発」の中の、「(3) 特殊環境対応3次元ナノ構造形成技術」に関しては、その記述の不適切さが指摘され、多くの意見が出たが、最終的にとりまとめが出来なかった。この技術については持ち帰りとなり、委員会後に、この部分の書き直したものを委員に送付し、改めてご意見や承認を頂くこととなった。

3. 2 異分野融合型次世代デバイス製造技術開発プロジェクトの基本計画（案）の検討結果

以下に最終的に確定した基本計画（案）を示す。

（新製造技術プログラム）

「異分野融合型次世代デバイス製造技術開発プロジェクト」基本計画（案）

1. 研究開発の目的、目標及び内容

（1）研究開発の目的

我が国は、強力な競争力を有する製造業を柱に成長してきたが、情報ネットワーク技術の進展や経済のグローバル化によって、世界レベルでの激しい経済競争にさらされており、更に少子高齢化による技術伝承の困難さ、地球環境問題への取り組みなど、新たな構造の下で競争力を失いつつある。我が国製造業は、我が国を支える基幹産業として今後も持続した発展を可能とさせる産業競争力を維持していかなければならない。そのためには、新しい産業を創出し、製造業での高付加価値化を更に進めることが必要である。この高付加価値を創出していくためには、これまでの縦割りの技術の深耕ではなく、様々な分野の技術、科学的知見を融合し、イノベーションを起こし、新しい製造技術を創り上げていくことが必要である。

代表的な新しい製造技術として、90年代に世界に先駆け我が国では産官学でMEMS (Micro Electro Mechanical Systems：微小電気機械システム) 技術への挑戦が始まり、この技術が、2000年以降自動車、各種製造機器、情報機器、通信機器等の小型・高性能・多機能化をもたらし、現在わが国の産業競争力強化に貢献している。

現在は、更なる付加価値を追求するために、MEMS技術と半導体技術、ナノ技術とを融合させる「高集積・複合MEMS製造技術開発プロジェクト」が大学、産業界を中心に進められている。これら技術は非常に重要な技術であるが、更に大きく飛躍するためには、従来電子・機械製造技術と完全に異分野とされてきた技術とを融合させる等により、これまでの製造技術の概念・常識を打ち破った技術を創出することが肝要である。

経済産業省の技術戦略マップ2007年版では、「MEMSはトップダウンプロセスである微細加工とボトムアッププロセスであるナノ・バイオプロセスとを融合させたマイクロ・ナノ統合製造技術の確立により、その応用範囲を急速に広げ国家・社会的課題である「環境・エネルギー」、「医療・福祉」、「安全・安心」分野で新しいライフスタイルを創出する革新的デバイスとして広く浸透する。」と記載している。例えば、「医療・福祉」分野では、人体に与える負荷を極小化させる医療診断システムや、「安全・安心」分野として、広くセンサネットワークを構築し、災害監視や地球観測に適用可能な宇宙で使えるような革新的デバイスの創出が望まれている。この革新的デバイスを創出するためには、その基盤技術であるプロセス技術の確立が必須である。

このように、本プロジェクトは、サイエンスとエンジニアリングを融合させ、将来の革新的次世代デバイスの創出に必要な新しいコンセプトに基づき、基盤的プロセス技術群を開発し、かつ、そのプラットフォームを確立することを目的とする。そのため、新たな高付加価値産業を生み出すプロダクトイノベーション活性化の環境を整えることを目的とした「新製造技術プログラム」の一環として行う。

(2) 研究開発の目標

技術戦略マップ 2007年版 MEMS 分野のロードマップによる 2025 年以降の技術等を見越し、研究開発の目的に即した革新的製造プロセス技術を抽出し、その技術を確立することを目標とする。更に、本技術開発を通じて得られた共通基盤製造技術に関わる知識を集約し、データベースを整備する。

具体的な目標としては、プロジェクト終了時において別紙の研究開発計画の研究開発項目①から④の達成目標を、プロジェクト 3 年経過時点において別紙の研究開発計画項目の①から④の中間目標を達成することとする。

(3) 研究開発の内容

上記目標を達成するために以下の研究開発項目について、別紙の研究開発計画に基づき研究開発を実施する。

- ① バイオ・有機材料融合プロセス技術の開発
- ② 3次元ナノ構造形成プロセス技術の開発
- ③ マイクロ・ナノ構造大面積・連続製造プロセス技術の開発
- ④ 異分野融合型次世代デバイス製造技術知識データベースの整備

2. プロジェクトの実施方式

(1) 研究開発の実施体制

本研究開発では、バイオ・有機材料融合プロセス技術、3次元ナノ構造形成プロセス技術、及びマイクロ・ナノ構造大面積・連続製造プロセス技術の開発を行うが、研究課題の解決には3つのプロセス技術の連携が必要となる。そのため異分野融合が可能で、産官学が連携し研究開発に従事できる集中研方式の研究体を構築する。そこで、NEDO 技術開発機構が、原則、本邦の企業、大学、研究組合、公益法人等の研究機関（原則、国内に研究開発拠点を有していること。ただし、国外企業の特別な研究開発能力、研究施設等の活用あるいは国際標準獲得の観点からの国外企業との連携が必要な場合はこの限りではない。）から公募によって研究体を選定後、委託して実施する。研究開発に参加する各研究開発グループの有する研究開発ポテンシャルの最大限の活用により、効率的な研究開発の推進を図る観点から、研究体には NEDO 技術開発機構が委託先決定後に指名する研究開発責任

者（プロジェクトリーダー）を置き、その下に研究者を可能な限り結集して効果的な研究開発を実施する。

（２）研究開発の運営管理

研究開発全体の管理・執行に責任を有する NEDO 技術開発機構は、経済産業省及び研究開発責任者と密接な関係を維持しつつ、プログラムの目的及び目標、並びに本研究開発の目的及び目標に照らして適切な運営管理を実施する。具体的には、必要に応じて、研究体にプロジェクトの総合調整を行う NEDO 技術開発機構職員を配置すること、NEDO 技術開発機構に設置する委員会及び技術検討会等の外部有識者の意見を運営管理に反映させる他、プロジェクトリーダー等を通じてプロジェクトの進捗について報告を受けること等を行う。

３．研究開発の実施期間

本研究開発の期間は、平成 20 年度から平成 24 年度までの 5 年間とする。

４．評価に関する項目

NEDO 技術開発機構は、技術的及び政策的観点から、研究開発の意義、目標達成度、成果の技術的意義ならびに将来の産業への波及効果等について、外部有識者による研究開発の中間評価を平成 22 年度に、事後評価を平成 25 年度に実施し、中間評価結果を踏まえ、必要に応じその結果を後年度の研究開発に反映することとする。なお、平成 24 年度までの各年度末に推進委員会等で各研究開発内容を内部評価し、必要に応じ、プロジェクトの加速・縮小・中止等見直しを迅速に行う。評価の時期については、当該研究開発に係る技術動向、政策動向や当該研究開発の進捗状況等に応じて、前倒しする等、適宜見直すものとする。

５．その他の重要事項

（１）研究開発成果の取扱い

①成果の普及

得られた研究開発の成果については、学術論文、公開技術報告書、公開作業手順書等として取りまとめ、NEDO 技術開発機構、研究開発実施者とも普及に努めるものとする。さらに得られた知見を逐次データベース化するとともに、MEMS 用設計・解析支援システム開発プロジェクトや高集積・複合 MEMS 製造技術開発プロジェクトによる知識データベースと連動しつつ公開する仕組みを構築し、産業界に広く普及させる。

同時に委託研究成果の普及による産業化促進の観点から知的財産を広くライセンスする等の仕組みを構築する。

②知的基盤整備事業又は標準化等との連携

得られた研究開発の成果については、知的基盤整備または標準化等との連携を図るため、データベースへのデータ提供、標準情報（TR）制度への提案等を積極的に行う。

また、先端分野での国際標準化活動を重要視するという観点から、研究開発成果の国際標準化を戦略的に推進する仕組みを構築する。

③知的財産権の帰属

委託研究開発の成果に関わる知的財産権については、「独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構新エネルギー・産業技術業務方法書」第 27 条の規定等に基づき、原則として、すべて委託先に帰属させることとする。

（2）基本計画の変更

NEDO 技術開発機構は、研究開発内容の妥当性を確保するため、社会・経済的状況、内外の研究開発動向、政策動向、プログラム基本計画の変更、第三者の視点からの評価結果、研究開発費の確保状況、当該研究開発の進捗状況等を総合的に勘案し、達成目標、実施期間、研究開発体制等、基本計画の見直しを弾力的に行うものとする。

（3）根拠法

本プロジェクトは、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構法第 15 条第 1 項第 2 号に基づき実施する。

（4）人材育成

将来の研究開発リーダーの育成を図るため、若手研究者等の研究参加を促進する環境を整備する。

（5）成果の産業化

本プロジェクトは、将来の革新的次世代デバイスの創出に必要な新たな基盤的プロセス技術を開発することを目指すものであるが、そこに至る途中段階でも実用化が可能な研究成果については、円滑で迅速な実用化を促進する。

6. 基本計画の改訂履歴

（1）平成 20 年 3 月、制定。

(別紙) 研究開発計画

研究開発項目①「バイオ・有機材料融合プロセス技術の開発」

1. 研究開発の必要性

(1) 健康・医療・環境分野で、将来必要とされている次世代デバイスとして、常時健康管理のための体内埋め込みデバイス、超高感度オンサイト予防・診断デバイス、環境改善及び保全のためのオンサイト環境制御デバイス、環境エネルギー有効活用のためのエネルギーハーベスティングデバイスなどが挙げられている。

(2) これらのデバイス開発には、高感度、高効率、生体・環境適合などの機能や機構を実現する必要がある。このためには、従来のシリコンを中心とする無機材料に加え、生体分子、細胞、組織、微生物や合成有機分子などのバイオ・有機材料の持つ特異的な機能を活かす融合プロセスの研究開発が不可欠である。具体的には、各種材料の融合の際に、各々の優れた機能を発揮させるため、界面及びナノ間隙における制御プロセス技術が必要である。またデバイスとして機能するためには、バイオ・有機材料を体内などの使用環境において長期間安定させるためのプロセス開発が必要である。さらに、人工細胞・組織や高効率エネルギーハーベスティングを実現するために、同種または異種のバイオ・有機材料を高次構造化させるプロセスの開発が不可欠である。これには、微小器官や細胞の3次元ヘテロ組織化、有機材料のナノピラー構造やナノポーラス構造を形成するプロセスなどが含まれる。

(3) 本研究開発項目は上記を踏まえ、ナノ界面融合プロセス技術、及びバイオ・有機高次構造化形成プロセス技術を開発することにある。

2. 研究開発の具体的内容

(1) ナノ界面融合プロセス技術

バイオ・有機材料特有の生体適合性、特異的分子認識能、高効率多段階反応能、高効率エネルギーハーベスティングなどの機能を最大限に活用するために、材料の配向や選択的配置、固定化、高密度被覆を実現する界面制御プロセス、及びナノ間隙への材料の高密度充填プロセスと充填後の平坦化プロセスを研究開発する。また、生体組織内、体表面、体外でのハイドロゲルや人工脂質二重膜などのバイオ・有機材料の長期間安定形成プロセスを研究開発する。さらに、上記のプロセスをモデル化し、界面構造の最適化に向けた解析を実施する。

(2) バイオ・有機高次構造化形成プロセス技術

人工細胞や人工組織、高性能有機半導体など、バイオ・有機材料を構造化することで高度な機能を発現させるために、材料の相互作用を利用した3次元構造の組み立プロセス、微小器官・細胞の3次元ヘテロ組織化プロセス、材料の自己組織化能を利用した3次元ナノピラー構造やナノポーラス構造などのナノ構造化形成プロセスの研究開発を行う。さらに、

上記バイオ・有機材料を高次構造化するプロセスを評価し、モデル化する。

3. 研究開発の目標

(1) 最終目標

① ナノ界面融合プロセス技術

ナノ構造体表面で、生体分子、細胞、組織、微生物や合成有機分子の生体適合性、特異的分子認識能、高効率多段階反応能を発現させる。有機半導体のキャリア拡散距離である200nm以下の間隔を有するナノ構造体表面に低分子有機材料の配向・高分子材料の被覆プロセス、そのナノ間隙への材料充填及び表面平坦化プロセスを開発する。体内で連続3ヶ月以上機能するハイドロゲルなどのバイオ・有機材料、及び一日以上安定して高感度に生体分子計測を行う人工脂質二重膜の形成プロセスを開発する。界面構造最適化に向けたナノ界面融合プロセスのモデル化と解析を実施する。

② バイオ・有機高次構造形成プロセス技術

バイオ・有機異種材料による3次元組立プロセス技術を開発する。また、径50nm以下の有機分子ナノピラー構造、100nm以下の均一ポアを有する有機分子ナノポーラス構造、 $L/S=100$ nm以下の網目や直線構造などのナノ構造を自己組織的に形成するプロセスを実現する。さらに、バイオ・有機高次構造形成プロセスのモデルを構築する。

(2) 中間目標

① ナノ界面融合プロセス技術

最終目標に示されている生体適合性、特異的分子認識能、高効率多段階反応能を発現させるための、材料及び手法を選定する。配向や被覆プロセス、材料充填プロセス、表面平坦化プロセスを実現するための材料や手法を確定する。体内で機能するハイドロゲルなどのバイオ・有機材料及び人工脂質二重膜を安定形成する基本技術を確立し、最終目標値を達成するための手法を決定する。ナノ界面融合プロセスモデル構築のための、基本パラメータ群を導出する。

② バイオ・有機高次構造形成プロセス技術

バイオ・有機異種材料の組立プロセス技術を開発し、最終目標を達成するための手法を決定する。有機分子ナノピラー構造、有機分子ナノポーラス構造、直線及び網目構造などのナノ構造形成のための手法を選定する。バイオ・有機高次構造形成プロセスモデル構築のための、基本パラメータ群を導出する。

研究開発項目②「3次元ナノ構造形成プロセス技術の開発」

1. 研究開発の必要性

(1) 安全・安心・健康な社会を実現するためには、効果的なセンサネットワークを構築する必要があり、そのためには、センサの感度向上、省電力化、自立電源化、高い耐環境性が重要となる。さらに、効率的に広域を観測するためには、センサネットワークを拡大し、宇宙空間から観測網を実現することが重要である。そのための基盤技術として、シリコン等の3次元構造にナノ構造材料を集積し、シリコンのみでは得られない機能を発現させる必要がある。これら3次元ナノ構造そのものや、ナノ構造によって実現できる超高感度センシング、高密度エネルギー貯蔵・変換、複雑な3次元アクチュエーションなどの機能をMEMSに付与し革新的次世代デバイスを創出できる。

(2) 上記のデバイスを製造するためには、高アスペクト比・高密度の複雑な3次元ナノ構造を形成する革新的構造形成技術、及びトップダウン手法により形成された構造にナノ粒子等のナノ材料の自己組織化を利用したボトムアップ手法により形成された構造を組み合わせた集積構造の形成が必要となる。さらに、これらナノ構造が革新的機能をデバイスに付与するためには、構造の表面物理・化学が重要である。例えば、原子層レベルでの表面平滑性は、電子移動度や励起子輸送特性の向上、あるいは光学散乱の低減に寄与する。また、ナノ領域における表面修飾やトライボロジーの制御はナノオーダーのギャップを利用した電気・機械特性の向上に、複数周期を有する3次元ナノ構造はマルチバンドの光に対する透過性向上にそれぞれ寄与する。

一方、技術の工業化には、高アスペクト比・高密度3次元ナノ構造を超低損傷かつ十分なスループットで製造する技術、必要とされる部位に選択的にナノ材料を自己組織化させる技術、3次元ナノ構造表面を局所的に修飾する技術、3次元構造表面に均一にナノ構造を転写形成する技術、さらにこれらのプロセスを理論的に設計・制御する技術の確立が必要である。

(3) 本研究開発項目は上記を踏まえ、超低損傷・高密度3次元ナノ構造形成技術、異種機能集積3次元ナノ構造形成技術、宇宙適用3次元ナノ構造形成技術を開発することにある。

2. 研究開発の具体的内容

(1) 超低損傷・高密度3次元ナノ構造形成技術

原子層レベルで平坦かつダメージフリーな被エッチング面を有し、従来のMEMS技術では不可能であった複雑な3次元ナノ構造を形成できる技術を開発する。材料はシリコンに限定せず化合物半導体や誘電材料・光学材料等への展開を図る。あわせてこれらの新規プロセスを設計・制御するためのシミュレーション技術を開発する。さらに、大規模3次元構造のウエハレベルでの作製が可能なまでに高速化、かつウエハ面内の均一性を確保する。

(2) 異種機能集積 3次元ナノ構造形成技術

超低損傷シリコン 3次元構造表面に機能性ナノ構造を形成するために、ナノトライボロジー、改質など表面の物理・化学的性質を評価・制御してナノ粒子を規則的に配列する技術を開発する。また、同様な機能性ナノ構造を成膜プロセスにおいて自己組織化的に形成する技術を併せて開発する。

高アスペクト比 3次元ナノ構造に機能性材料層を形成するために、3次元ナノ構造深部まで原料を供給し、かつ界面張力による微細構造のスティッキングを防止するコーティング技術、成膜技術を開発する。さらに、スループットやウエハ面内均一性の向上を図る。

このように形成した異種機能集積 3次元ナノ構造を解析し、機能のモデル化・予測を可能にする。

(3) 宇宙適用 3次元ナノ構造形成技術

宇宙空間でのマルチバンド観測のために、トップダウンにより形成された 3次元構造に均一にナノ構造を転写形成する技術を開発する。

さらに、その効果を検証する手法を確立し実証する。

3. 研究開発の目標

(1) 最終目標

① 超低損傷・高密度 3次元ナノ構造形成技術

被エッチング面の粗さが原子層レベルの超低損傷シリコン 3次元ナノ構造（ナノサイズの開口でアスペクト比が 100 以上）を実用的なエッチング速度により形成し、側壁の傾斜角や等方性・異方性をデバイス構造に対応して高精度に制御する。さらに化合物半導体や誘電材料、光学材料等に本技術を適用する指針を得る。

超低損傷 3次元ナノ構造の形状をプロセス変数から予測・設計できるシミュレーション技術を構築し、工業化に対応した大面積基板において均一性を達成する技術指針と装置の基本設計を提供する。

② 異種機能集積 3次元ナノ構造形成技術

3次元構造表面の特定箇所に対し、100 nm 以下の径のナノ粒子・自己組織化ドット等を配置し、粒子間隔・密度をデバイス構造に対応して高精度に制御する。その際必要となるナノ構造の接触物間作用力を実用的な精度で測定し、ナノトライボロジーモデルを構築する。また、3次元ナノ構造の微細溝や孔（ナノサイズの開口でアスペクト比が 100 以上）に、金属あるいは酸化膜を空隙なく埋め込む技術を確立する。

③ 宇宙適用 3次元ナノ構造形成技術

宇宙空間でのマルチバンド観測のために、トップダウンにより形成された 3次元構造に均一に 100nm レベルのナノ構造を転写形成する技術を確立する。

さらに、その効果を検証する手法を確立し実証する。

(2) 中間目標

①超低損傷・高密度3次元ナノ構造形成技術

被エッチング面の粗さが原子層レベルの超低損傷シリコン3次元ナノ構造（ナノサイズの開口でアスペクト比が30以上）をエッチングにより形成し、側壁の傾斜角や等方性・異方性を制御する。また、超低損傷3次元ナノ構造の形状を予測・設計できるシミュレーションモデルを構築する。

②異種機能集積3次元ナノ構造形成技術

3次元構造表面の特定箇所に対し、100 nm以下の径のナノ粒子・自己組織化ドット等を配置するための表面制御技術を構築する。その際必要となるナノ構造の接触物間作用力を実用的な精度で測定する技術を開発する。また、3次元ナノ構造の微細溝や孔（ナノサイズの開口でアスペクト比が30以上）に、金属あるいは酸化膜を埋め込む。

③宇宙適用3次元ナノ構造形成技術

宇宙空間でのマルチバンド観測のために、トップダウンにより形成された3次元構造に均一に100nmレベルのナノ構造を転写形成する基本プロセスを構築する。

さらに、その効果を検証する基本手法を確立する。

研究開発項目③「マイクロ・ナノ構造大面積・連続製造プロセス技術の開発」

1. 研究開発の必要性

(1) 環境・エネルギー、健康・医療分野では、メートル級大面積エネルギーハーベスティングデバイスの大幅な低コスト化とともにマイクロ・ナノ構造搭載による高機能化が期待されている。また、ウェアラブル発電、安全安心ジャケット、シート型健康管理デバイス等の3次元自由曲面に装着可能な新形態のフレキシブルシートデバイスの実現が望まれている。これらの製造に際し、従来の半導体製造装置をベースとした製造技術の延長では、真空プロセス装置の大型化の限界、基板の大面積化の限界などの問題が顕在化してきている。将来のメートル級大面積デバイスの高機能化、低コスト化のためには、マイクロ・ナノ構造を有する高品位機能膜をメートル級の基板に真空プロセス装置を用いずに形成する製造技術の創出が必要となる。また、基板の大面積化を伴うことなく、メートル級のフレキシブルシートデバイスを実現する、製織技術などを活用した新たな製造技術の創出が重要である。

(2) メーター級の大面積基板にマイクロ・ナノ構造を有する高品位機能膜を高速直接形成する技術として、ナノ粒子など機能材料の塗布プロセスをベースに雰囲気ガスや温度などの局所環境制御によりナノ機能材料を活性化する技術、ナノ機能材料の密度や配列を制御する技術などを融合した革新的次世代非真空プロセスが必要である。さらに、基板の大面積化を伴うことなくメートル級のフレキシブルシートデバイスを実現するため、繊維状基材に上記非真空プロセスによる高品位機能膜を高速に連続形成する技術、ならびにこの繊維状基材を新たな製織集積化プロセスにより機能化・大面積化する技術が必要である。

(3) 本研究開発項目は上記を踏まえ、非真空高品位ナノ機能膜大面積形成プロセス技術、繊維状基材連続微細加工・集積化プロセス技術を開発することにある。

2. 研究開発の具体的内容

(1) 非真空高品位ナノ機能膜大面積形成プロセス技術

局所雰囲気制御下でのナノ材料の塗布プロセスや自己組織化プロセスなどの非真空薄膜堆積プロセスにより、電子的、機械的、光学的な機能を発現する機能膜、すなわち、MEMSのみならず電子デバイス全般に適用可能なマイクロ・ナノ構造の高品位機能膜を形成するプロセスを開発するとともに、その高速化に関する研究開発を行う。

また、この高品位機能膜形成プロセスをスケラブルにメートル級の大面積基板に拡張するために、大面積基板の全面に亘り、局所雰囲気を維持したまま高品位機能膜形成装置を相対移動させるスキヤニング技術、高品位機能膜をむら無く形成させる均質塗布技術、及びその装置化要素技術を開発する。さらに、高品位機能膜形成プロセスとメートルレベルのスキヤニングとのナノ・マクロ連成解析モデルを構築し、上記プロセスの最適化に向けた解析を実施する。

(2) 繊維状基材連続微細加工・集積化プロセス技術

上記非真空高品位ナノ機能膜形成プロセスなどを用いて、繊維状基材上に連続的に均質な高品位機能膜を被覆することが可能なプロセスを開発する。

また、高品位機能膜が被覆された繊維状基材に3次元ナノ構造を高速連続形成する加工技術と、それら多数の異種繊維状基材を製織によって機能化・集積化する技術とを開発することにより、メーター級のフレキシブルシートデバイスを実現する一連の新規製造プロセスを開発する。

3. 研究開発の目標

(1) 最終目標

①非真空高品位ナノ機能膜大面積形成プロセス技術

局所雰囲気制御下での材料の塗布プロセスや自己組織化プロセスなどの非真空薄膜堆積プロセスにより電子移動度 $1 \text{ cm}^2/\text{V}\cdot\text{sec}$ 以上の電子的機能膜、マイクロ・ナノ構造を構成する機械的機能膜を、実用的な成膜レートで形成可能とするプロセスを確立する。また、この高品位機能膜形成装置をメーター級の大面積基板上にスキヤニングして、上記高品位機能膜を膜厚均一性 $\pm 10\%$ 以下、パターンニング分解能 $200\mu\text{m}$ 以下、及び現行真空装置による製造時間以下で大面積基板に形成可能とするプロセスを確立する。さらに、それを実現する装置仕様を決定する。

②繊維状基材連続微細加工・集積化プロセス技術

繊維状基材上に、上記非真空薄膜堆積プロセスにより、電子的機能膜、マイクロ・ナノ構造を構成する機械的機能膜、及び発光、反射・屈折率などを制御する光学的機能膜を、実用的な速度で形成するプロセスを確立する。また、ナノ機能膜が被覆された繊維状基材に3次元ナノ構造を加工速度 20 m/min 以上で形成するプロセスを実現する。さらに、3次元的に変形させても機能するシート型デバイスを実現する製織集積化プロセスを確立する。

(2) 中間目標

①非真空高品位ナノ機能膜大面積形成プロセス技術

最終目標に示される電子的機能膜、機械的機能膜を形成する基本プロセスを開発する。また、大面積化に関しては、最終目標の膜厚均一性、パターンニング分解能、及び成膜速度を達成する手法を決定する。

②繊維状基材連続微細加工・集積化プロセス技術

繊維状基材上に、上記非真空薄膜堆積プロセスにより、最終目標に示される電子的機能膜、機械的機能膜、及び光学的機能膜を形成する基本プロセスを開発する。また、ナノ機能膜が被覆された繊維状基材に3次元ナノ構造を形成するプロセスを構築する。さらに、シート型デバイスを実現する製織集積化基本プロセスを開発する。

研究開発項目④「異分野融合型次世代デバイス製造技術知識データベースの整備」

1. 研究開発の必要性

(1) 現状において異分野融合型次世代デバイス製造技術に関しては未知の分野であり、科学技術的知見の蓄積・整理が強く望まれている。

(2) 異分野融合型次世代デバイス製造技術の開発の成果あるいはこれに関連する新たな知見については、これら革新的次世代デバイスの開発を目指す企業研究者・技術者が容易に利用できるようにすることにより、新製品開発・実用化や新たな産業の創造に資することが期待される。

(3) 本研究開発項目は上記を踏まえ、異分野融合型次世代デバイス製造技術知識データベースの整備を行うことにある。

2. 研究開発の具体的内容

異分野融合型次世代デバイス製造技術の研究開発項目①～③にかかわる新たな知見を系統的に収集・蓄積し、データベース化する。

3. 研究開発の目標

(1) 最終目標

異分野融合型次世代デバイス製造技術の研究開発項目①～③にかかわる新たな知見（文献情報、特許情報、及び研究成果を含めて）を系統的に蓄積してデータベース化するとともに、MEMS 用設計・解析支援システム開発プロジェクトや高集積・複合 MEMS 製造技術開発プロジェクトなどでこれまで蓄積した技術情報を統合的に取り扱える知識データベースシステムを開発する。また、蓄積するデータ数は 1,500 件以上とし、この知識情報を MEMS 用設計・解析支援システムで活用できるようにする。

(2) 中間目標

異分野融合型次世代デバイス製造技術の研究開発項目①～③にかかわる新たな知見（文献情報、特許情報、及び研究成果を含めて）を系統的に蓄積してデータベース化するとともに、MEMS 用設計・解析支援システム開発プロジェクトや高集積・複合 MEMS 製造技術開発プロジェクトなどでこれまで蓄積した技術情報を統合的に取り扱える知識データベースシステムを開発する。また、蓄積するデータ数は 500 件以上とし、この知識情報を MEMS 用設計・解析支援システムで活用できるようにする。

第4章 MEMSの技術戦略マップのローリング

4.1 技術戦略マップのローリングタスクフォース委員会の活動

4.1.1 委員会構成

MEMS分野の技術戦略マップは重要技術課題（技術マップ）とロードマップが平成16年度に最初に策定されたが、この時には導入シナリオができていなかった。導入シナリオはその後平成17年度に策定された。技術戦略はその基本戦略とともに導入シナリオとロードマップ、技術マップの三体がそろって初めて技術戦略としての体裁が整う。これを政策に生かすためには絶えず、最新の情報を加味してローリングする必要がある。今回、平成18年度に続いて、このローリングを行うために、タスクフォース委員会を組織した。

本委員会の委員長にはMEMSに関して国際的にも著名な藤田博之東京大学生産技術研究所教授をお願いした。また委員には大学・研究所関係4名、企業関係者4名に加え、MEMSの人材育成に関する国内での実態調査および仕組みの検討結果を踏まえ技術戦略マップに反映させるため、(財)マイクロマシンセンターの阿出川部長をオブザーバーとして迎えるとともに、MEMS関連の国内唯一の組織体である(財)マイクロマシンセンターからも参画を得た。委員会の構成は以下の通りである。

表 4.1-1 戦略マップローリングタスクフォース委員会構成

分類	氏名	所属・役職
委員長	藤田 博之	東京大学 生産技術研究所 教授
委員	高橋 正春	(独)産業技術総合研究所 先進製造プロセス研究部門 インプリント製造技術研究グループ グループ長
	橋口 原	静岡大学 電子工学研究所 教授
	芳賀 洋一	東北大学 先進医工学研究機構 ナノメディシン分野 准教授
	染谷 隆夫	東京大学大学院 工学系研究科 准教授
	太田 亮	オリンパス株式会社 研究開発センター MEMS 開発本部 MEMS 開発部 部長
	川原 伸章	株式会社デンソー 基礎研究所 部長
	福本 宏	三菱電機株式会社 先端技術総合研究所 センシング技術部 部長
	中西 博昭	株式会社島津製作所 基盤技術研究所 主幹研究員
	安達 淳治	(財) マイクロマシンセンター 調査研究部 担当部長

4.1.2 委員会スケジュールと運営

委員会は2回の開催を予定し、第1回目の委員会では、審議内容について打ち合わせを行うとともに、周辺技術情報を交換して、委員間の認識レベルの平準化を図り、第2回目で審議する技術戦略マップの見直しを検討し提案して頂くため、それぞれの専門に応じて検討分担を決めた。

第2回目の委員会では、それまでに各委員から上がってきた見直しの提案を事務局において整理、集約して、このデータをもとに審議し技術戦略マップのローリングを完成した。開催した委員会の日程及び審議内容は以下の通りである。

i) 第1回委員会

日時：平成19年12月21日（木）10：00～12：00

場所：東京国際フォーラム（有楽町）4F G403 会議室

議事内容

- ・ 出席者挨拶
- ・ 平成19年度の技術戦略マップのローリングについての説明
- ・ 前年度までに作成したMEMS分野の技術戦略マップについての紹介
- ・ 新規MEMS技術開発プロジェクトについての概要説明
- ・ MEMS人材育成に関する国内での実態調査および仕組みの検討についての紹介
- ・ ローリングについての全体討議

ii) 第2回委員会

日時：平成20年2月20日（水）13：30～17：00

場所：東京ステーションコンファレンス 6F 605C 会議室

議事内容

- ・ 出席者挨拶
- ・ MEMS人材育成ロードマップ検討状況（中間検討結果）の紹介
- ・ MEMSの技術戦略マップの見直しについての委員からの説明および討議
 - ① MEMS製造技術のロードマップ
 - ② 技術マップ
 - ③ 導入シナリオ
 - ④ 本文
 - ⑤ 競争力比較

4.1.3 審議内容

審議内容の詳細は議事録に譲るがその概要を以下に記す。

(1) 第1回委員会

議題1. 平成19年度の技術戦略マップのローリングについての説明

新しくタスクフォース委員会に出られた委員もおられたので、「技術ロードマップの役

割」、「技術戦略マップとは」では目的とその構成（導入シナリオ+技術マップ+ロードマップ）などを含め、技術戦略マップの全体像の説明と、「2008 技術戦略マップの改定方針」として、MEMS の場合には、昨年度と同様に変化のあった又はある点の見直しとともに、特に人材育成の仕組みの検討結果の技術戦略マップへの反映であるとの説明があった。

議題2. 前年度までに作成した MEMS 分野の技術戦略マップについての紹介

主として、昨年度、MEMS 分野の技術戦略マップのローリングにおいて実施したローリングの内容についての説明が行われた。

議題3. 新規 MEMS 技術開発プロジェクトについての概要説明

MEMS 産業政策の全体像の概要と、新規 MEMS 技術開発プロジェクトである「異分野融合型次世代デバイス製造技術開発プロジェクト」の概要と、開発する基盤的製造技術を構成する、①バイオ融合プロセス技術、②3次元ナノ構造形成プロセス技術、③大面積・連続プロセス技術、の3つ技術の概要説明が行われた。

議題4. MEMS 人材育成に関する国内での実態調査および仕組みの検討についての紹介

MEMS の人材育成に関する国内での実態調査および仕組みの検討についての調査・検討の目的、方法、実施体制の説明のあと、具体的な調査・検討内容の説明があり、実態調査はアンケート調査で、そのデータをもとに MMC 内に設置する MEMS 人材検討委員会（4回開催の予定）で人材育成に関する仕組みを検討する予定である。その結果は技術戦略マップに反映される。

議題5. ローリングについての全体討議

ファウンドリーの重要性や必要性についての討議が行われ、もし可能であれば書き込んで行く方向となった。

また、MEMS マップローリング検討体制（案）の説明が行われ、この体制で見直しが実行されることが了承された。委員長から、進めるに当たって、担当が当たっているところ以外はやらないとか、担当内についても、あまり専門と違ってしまうと、かえっておかしなことになるので、その辺はある程度融通を利かせてやって頂きたいという願いがあった。検討結果の回収のやり方は後に事務局から連絡することとした。

	担当分野	担当者
全体取りまとめ	全体、検査・評価技術、設計・解析技術	MMC 安達
Bio WG	形成技術、異種融合技術、前・後処理技術	東北大 芳賀、リソパス 太田 島津 中西
3D ナノ WG	エッチング技術、成膜技術、成形技術	静岡大 橋口、デソール 川原
大面積 WG	プロセス連続化、実装技術、製造システム	産総研 高橋、東大 染谷 三菱電機 福本

また、海外での取り組み状況がマップに入っていないが、今後、入れて行った方が良いのではとの話も出た。

(2) 第2回委員会

議題1. MEMS 人材育成ロードマップ検討状況（中間検討結果）の紹介

MEMS の人材育成に関する中間検討結果の説明が行われ、その内容は以下であった。

現在までに3回の委員会を開催した。

MEMS 分野人材育成に関する現状については、①企業での MEMS 人材育成の現状、②技術認定・資格制度の現状、③産学連携による MEMS 人材育成の現状、④シニア人材の状況（他分野からの人材確保）、⑤MEMS 分野のインフラ整備の状況を、アンケートと委員会の審議により、とりまとめを行った。

MEMS 人材育成のロードマップについては、①MEMS 分野の人材育成ロードマップの基本的考え方、②企業で必要とされる MEMS 人材像、③MEMS 人材育成システムの概念図の検討をもとに、MEMS 人材育成ロードマップを作成した。

議題2. MEMS の技術戦略マップの見直しについての委員からの説明および討議

委員長の議事進行のもと、各担当委員からの説明の後に討議をするということで、MEMS 製造技術のロードマップ、技術マップ、導入シナリオ、本文、競争力比較の順番で、進められた。

特にロードマップについては、技術戦略マップのベースとなるものであるため、長時間をかけ、技術項目の位置付けも含め、変更・追加のあった技術項目について逐条審議して決めて行った。

4. 2 MEMS の技術戦略マップのローリング結果

4.2.1 MEMS 分野の技術戦略マップ

今回の見直しでは、全体の構成などについて大幅に変更したところはないが、以下が大きく見直した部分である。

- ・Ⅱ．導入シナリオの説明の（3）に、「教育」の内容として「(実習を中心とした人材育成)」と、「試作環境の充実」の内容として「(海外に負けない研究環境の整備)」を追加した。

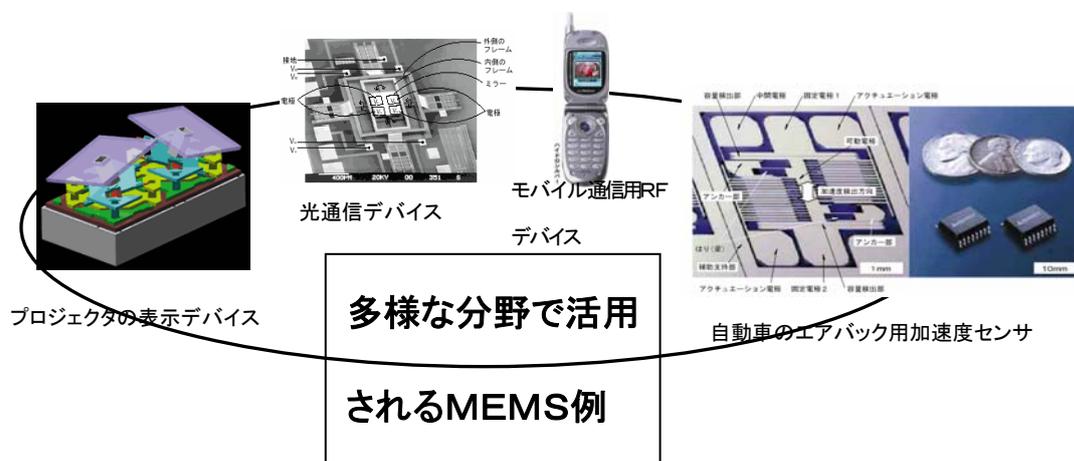
また、製造拠点の強化が重要であるので、「製造拠点の強化など」と最後に「これらの取り組みは、MEMS の新たな製造技術開発の進捗に合わせて、いち早く実行することが重要である」と、継続的に取り組む必要性を追加した。

- ・「10年後のMEMS製品の具体的イメージ」の「センサMEMS」の項目で、ユビキタスセンサネットワークに関連するものとして、「また、携帯電話をはじめとする通信分野、アミューズメント分野、セキュリティ分野、宇宙分野など幅広い分野で小型・高機能センサが使用される」を追加した。
- ・「10年後のMEMS製品の具体的イメージ」の「バイオMEMS」の項目で、最近のバイオ関係は携帯電話等と繋がるという話がだいぶ出ているので、「携帯電話やインターネットに接続した情報端末との組み合わせによりその効果は更に大きくなる」と追加した。
- ・「20年後のMEMS製品の具体的イメージ」の◆医療・福祉分野の「超小型体内留置デバイス」の項目は、内容は大きく変えずに読みやすくしたことと、「高周波給電によるワイヤレス駆動」を追加した。
また、「シート型健康管理デバイス」も「バイオMEMS」と同様に、ウェアラブルデバイスとして「携帯電話やインターネットに接続した情報端末との組み合わせにより・・・効果は更に大きくなる」という記述を付け加えた。
- ・「20年後のMEMS製品の具体的イメージ」の◆安心・安全分野に、安心・安全な社会を実現するためには、効果的なセンサネットワークを構築する必要があるとの考えから、「ユビキタスセンサネットワーク用多機能センサデバイス」の項目とその説明を追加した。

尚、今回、見直しを行った箇所は赤字で示している。

I. 基本的な考え方

- (1) MEMS (Micro Electro Mechanical System 微小電気機械システム) とは、電気回路 (制御部) と微細な機械構造 (駆動部) を一つの基板上に集積させた部品をいい、半導体製造技術やレーザー加工技術等各種の微細加工技術を用いて製造される。情報通信、医療・バイオ、自動車、ロボット、航空・宇宙、福祉など多様な分野における小型・高精度で省エネルギー性に優れた高性能のキーデバイスとして期待されており、我が国製造業の基幹部品の国際競争力強化等の観点から、重要な分野である。
- (2) このため、今後20年程度を見据えて、日本の MEMS 産業の国際競争力維持・強化のために必要となる高機能化、小型化、低コスト化等に資する MEMS 製造技術を俯瞰し、技術戦略マップを作成する。



II. 導入シナリオ

- (1) 既に実用化されている単機能 MEMS については、自動車用センサやインクジェットプリンタヘッド等の分野で日本企業も健闘しているが、通信やプロジェクタ等に使われる光MEMSや、今後の実用化が期待されるバイオ MEMS の分野では欧米諸国が一部先行している。我が国製造業の国際競争力を確保するためには、製造業の基盤を支えるキーテクノロジーの1つとなるMEMSの製造技術を一層高度化する必要がある。
- (2) 一方、MEMS 技術の高度化のためには、その基盤を強化する必要があるため、MEMS 産業の裾野を拡大し、多様な分野において多様な主体が MEMS 製品の開発・実用化に取り組むことが重要である。特に、製造設備を有する大手企業のみならず、MEMS を活用した製品アイデアを有する異業種のベンチャー企業等が容易に MEMS 開発に取り組める環境を整備することが必要である。
- (3) このため、MEMS の一層の高度化に資する技術開発 (高集積・複合化・ナノ機能付加技術、革新的デバイス基盤技術、等) を実施する。また、MEMS の一層の実用化促進を図るため、異分野や製造設備を有していない企業でも容易に MEMS ビ

ビジネスに参入できるように、教育（実習を中心とした人材育成）および試作環境の充実（海外に負けない研究環境の整備）、製造拠点の強化、など MEMS 産業全体の基盤技術力の維持・強化を図っていくことが重要である。これらの取り組みは、MEMS の新たな製造技術開発の進捗に合わせていち早く実行することが重要である。

- (4) さらに、我が国の MEMS 技術・製品が世界市場において優位性を獲得するためには、我が国産業界の競争力を強化すべく、各種デバイスや基盤技術の国際標準化を先導的に進めることが重要である。このためには、標準化ロードマップによる MEMS 標準化戦略の策定、国際規格案の開発、提案、推進、等の標準化活動を継続的に取り組むことが必要である。

III. 技術マップ及びロードマップ

(1) 技術マップ

- MEMS は、小型で省エネルギー性に優れた高性能の部品を作ることが出来るため、通信、自動車等の既存の産業分野における部品の小型化・高機能化・省エネルギー化のための代替部品やバイオ分野における部品の小型化による新規部品としてのニーズが高まると見込まれている。

また、MEMS は、トップダウンプロセスである微細加工と、ボトムアッププロセスであるナノ・バイオプロセスとを融合したマイクロ・ナノ統合製造技術の確立により、その応用範囲を急速に広げ国家・社会的課題である「環境・エネルギー」、「医療・福祉」、「安心・安全」分野で新しいライフスタイルを創出する革新的キーデバイスとして広く浸透すると予測される。

（参考：10年後および20年後の MEMS 製品の具体的イメージを別添）

- このようなニーズに対応するためには、MEMS 製品の高機能化（高速スイッチング、小型化等）及び MEMS 製造プロセスにおける低コスト化と、設計・解析技術等の基盤技術の確立が喫緊の課題であり、技術マップにおいて、技術課題をエッチング技術、成膜技術、成形技術、形成技術、異種融合技術、プロセス連続化・大面積化技術、前・後処理技術、実装技術、検査・評価技術、設計・解析技術、製造システム技術等に大別した上で、それぞれについて詳細に示した。個々の技術の「出口」については、MEMS 製品が非常に広範囲に応用されうるものであることを踏まえ、主として想定される応用分野を技術ごとに示した。

(2) 重要技術の考え方

上記 I、II を踏まえれば、

① MEMS の高機能化、または低コスト化に大きく貢献する技術

② MEMS 全般に広く貢献する基盤技術

が重要技術の評価の視点として挙げられる。

また、2025 年までを考えると、その技術が中期的な視点で重要なものか、長期的な視点で重要なものかを評価しておくことが必要である。

そこで、この両方の視点から評価し、重要技術として色分けして示した。

(3) ロードマップ

技術マップに示した技術課題ごとに、研究開発により達成されるべきスペックを示した。

【光 MEMS】

- ・MEMS 技術を用いることにより、光通信網で用いられる小型、高性能の光スイッチが実現し、従来の光電変換型のスイッチに比べ、省スペース、省エネルギー、低コスト化の効果が得られる。これにより、通信速度の向上とともに災害時のバイパス回路の冗長度が増すなど高度情報通信社会の一層の高速化、信頼性向上に貢献することが期待される。

さらに、AO (Adaptive Optics) やイメージング装置等の光の計測の高分解能・高機能およびマイクロ波フォトニック分野での応用が期待される。

このような光 MEMS の実現には、立体構造上へのパターン形成技術と機能性材料の開発とその厚膜形成技術と制御用素子との集積化などが重要と考えられる。

【RF-MEMS】

- ・携帯電話等のモバイル機器に用いられている高周波部品の多くが MEMS 部品に置き換わることにより、低消費電力、低コストでの数十 GHz の通信帯域が利用可能になり、有線LAN並みの情報伝達能力が実現される。また同時に高周波部品の一体化製造が可能となり、携帯電話の省電力、省スペース化、高機能化が図られる。このような RF-MEMS の実現には、機能性材料の開発とその厚膜形成技術とナノ材料局所形成技術などが重要と考えられる。

【センサ MEMS】

- ・自動車のエアバッグ作動スイッチとして既に用いられている加速度センサ等の MEMS が、より小型化、低コスト化、高機能化することで、現状では高級車にしか採用されていないようなセンサ (各種姿勢制御用センサ、赤外線センサアレイ、障害物探知用のレーザーレーダ等) を小型の一般車に採用することができ、交通のより一層の快適性、安全性の向上に資する。また、携帯電話をはじめとする通信分野、アミューズメント分野、セキュリティ分野、宇宙分野等幅広い分野で小型・高機能センサが使用される。このようなセンサ MEMS の実現には、MEMS・半導体共存構造の成形技術と MEMS・半導体共存の接合・組立技術などが重要と考えられる。

【バイオ MEMS】

- ・携帯可能な安価で小型の生体成分検査キット・バイオセンサを用いたウェアラブル MEMS デバイスが開発され、病院外(在宅や屋外)での診断や予防医療が広く行われるようになる。携帯電話やインターネットに接続した情報端末との組み合わせによりその効果は更に大きくなる。各種バイオ MEMS の実現には、化学的・バイオ的表面修飾技術とナノインプリンティング技術、MEMS をプラットフォームとした細胞・生体高分子の研究用デバイスおよび細胞・組織両方を対象とする再生医療用プラットフォームの実用化が重要と考えられる。この実現には、分子・細胞と融合した計測方法技術および MEMS 構造の構築やマニピュレーション技術等と生体適合性材料の技術が重要

と考える。

上記に加え、それぞれの MEMS が他の MEMS や CMOS-LSI などの半導体回路と一体集積化され、一層の小型・高機能化、及びトータルとしてのコストパフォーマンスの向上が図られることにより、自動車分野での用途拡大や情報・通信分野、医療・福祉分野、食品分野でのコンシューマ用途への展開などを主として、広範囲なアプリケーションの拡大が予想される。

20年後のMEMS製品の具体的イメージ

(参考)

MEMS はトップダウンプロセスである微細加工と、ボトムアッププロセスであるナノ・バイオプロセスとを融合したマイクロ・ナノ統合製造技術の確立により、その応用範囲を急速に広げ国家・社会的課題である「環境・エネルギー」、「医療・福祉」、「安心・安全」分野で新しいライフスタイルを創出する革新的キーデバイスとして広く浸透している。

◆環境・エネルギー分野

【エネルギー・ハーベスティングデバイス】

光・熱・振動・生体物質等周辺環境からエネルギーを吸収し、蓄電する小型デバイスが、マイクロ加工とナノ・バイオ融合によるエネルギー変換効率の向上と、実効表面積の向上の両立によって実現する。このデバイスは未利用エネルギーを有効に利用できる優れた環境性を有するが、さらに省電力・高効率化が進んだ各種センサ、アクチュエータと組み合わせられ、大きな波及効果を生む。例えば、ワイヤレスセンサネットワークを構築する際に、本デバイスを各ノードに組み込むことで、電池交換等のメンテナンスフリーとなり、社会全体に広がり快適・安心・安全な社会が実現される。また、体内埋込機器のエネルギー自給が可能となり、健康・医療分野での QOL 革新に寄与する。このデバイスの実現には、3次元ナノ構造形成技術と、新規の有機機能材料、バイオ材料に加え、それら材料とナノ構造表面との界面制御技術が必要となる。また、実用化に際し、十分な電力供給を可能とするためメーターオーダーの面積が必要となる場合もあるが、マイクロ・ナノ構造を広い面積全体に実現していく大面積化もポイントとなる。

【オンサイト環境浄化デバイス】

大気、及び水質の浄化は人口の急速な増加が現実のものとなる 21 世紀半ばにおける世界規模の課題である。大気浄化に関しては自動車、湯沸かし器、メタノール使用小型燃料電池などから排出される二酸化炭素、窒素酸化物、硫黄酸化物などの大気汚染物質を、発生源に極めて近い場所、すなわちオンサイトで固定し、大気中への排出を防ぐ小型デバイスが実現される。一方水質浄化は水の有効利用ニーズの高まりに対応し、使用後の上水を浄

化した中水を利用する小型オンサイト水浄化システムが一般家庭に普及する。これらデバイス、システムはマイクロ加工と、ナノ構造製作技術、微生物を利用するナノ・バイオ融合、により実現する。これらの汚染物質は、いったん排出されれば極めて低濃度となり回収が不可能となる。しかし、高濃度である排出源近傍において高効率に汚染物質を固定することができる本デバイスは、大きな優位性を有する。例えば二酸化炭素においては、これまで排出量のほぼ半数を占めておりながら、回収が全く不可能であった分散排出源からの二酸化炭素を回収することで、地球温暖化防止に対し極めて大きな貢献となる。このデバイスの実現には、汚染物質を分離するフィルタ製作のためのナノ構造製作技術、汚染物質を吸収・固定するナノ構造をもつ新規材料及びその加工技術、また有害物質固定を実現する微生物や生体物質をナノ構造表面上で機能させるためのナノ・バイオ界面制御技術が重要となる。実用化に際しては、汚染物質排出量に応じ、cmオーダーにまで大面積化する技術、およびパッケージング技術がポイントとなる

【超高感度環境物質検出デバイス】

極微量の環境物質を、高感度に、かつオンサイトで検出する小型デバイスが実現される。金属ナノ構造による表面電場増強の利用、自己組織単分子膜 (SAM) の選択的成膜などによる表面機能付加による検体の選択的吸着、マススペクトロメータや THz 分光分析装置のような高性能であるが大型、高価な装置をダウンサイズしてコモディティ化するような技術開発により実現する。本デバイスは特にマイクロ加工により小型化された流路、反応チャンバなどの化学分析システムと組み合わせることによりオンサイト計測が可能となり大きな波及効果をもつ。例えばセンサネットワークのセンサとして機能し、各地の環境汚染物質をリアルタイムで高感度に検出することで、安心安全な社会へとつながる。実用化に際しては、再現性が高く、また使い捨てが可能な安価な製作プロセスの開発が不可欠である。

◆医療・福祉分野

【超小型体内留置デバイス】

体内局所に長期間留置可能な超小型デバイスが実現される。腹腔や皮下、消化器官内・血管内などに滞在し長期間の物理センシングおよび生体成分センシングを可能にする。一定の場所に位置する他、受動的な移動、自ら能動的に移動することでがんなどの病変部を高い確率で発見し、必要に応じて病変部を治療することもできる。このため早期発見率、治癒率が向上する。バッテリーにより電氣的に駆動されるデバイスの他、高周波給電によるワイヤレス駆動や、電源を必要としない原理の超小型デバイスも考えられる。例えば微粒子型デバイスとして体外からの X 線や超音波、磁気などの働きかけによって周囲の環境によって造影状態が変化する造影剤のように機能し、デバイス周辺の血糖値や温度、圧力などの情報を 24 時間モニタリングできる。血液循環において肝臓の門脈などに小型のデバイスを長期間滞在させることが可能であり、糖尿病患者の血糖管理などに役立つ。これら

の体内留置デバイスの実現には、異種材料により構成される3次元構造形成と、長期間の体内留置を可能とするナノ界面制御技術が不可欠である。

【生体機械ハイブリッドデバイス】

生体分子や細胞などが融合したハイブリッドなデバイスが実現される。生体材料や機能的な高分子材料を用いることで生体情報や環境情報を、従来のセンサに比べ、高速・高感度にセンシングすることができる。これらは、生体に馴染む材料や機構から成り立っているため、生体と機械とのインタフェース（BMI（Brain Machine Interface）など）の強力なツールとなる。たとえば、生体分子として膜タンパク質などが活性を維持したまま人工膜上に再構成され、匂いセンサや味センサなどの超高感度化学量センサとして機能する。また、フレキシブル基板上に神経細胞が3次元培養され、これらを脳表面に当てることで、神経細胞が脳内に軸索を伸ばし、所望の細胞とシナプス結合できるようになる。人工デバイスで制御可能な細胞を通じて、フレキシブル基板から電気・化学的な信号を計測したり、刺激が行なえるようなインタフェースが実現する。これらのデバイスの実現には、生体材料の活性を維持したまま組み込むナノ界面制御技術が必要となる。

【シート型健康管理デバイス】

体表面に湿布のように貼り付けることによって、健康を管理するウェアラブルデバイスが実現される。フレキシブルな多層構造の中に無数のセンサやアクチュエータが分布し、貼った部分の組織表層ばかりでなく内部の情報をセンシングし、裏面ディスプレイに可視化表示したり、貼った部分からのセンシングに基づいた、きめ細かい体内への投薬操作や傷口の治癒促進など簡単な作用を施すことができる。このようなウェアラブルデバイスは携帯電話やインターネットに接続した情報端末との組み合わせにより情報の集積分析、リアルタイムな診断が可能となりその効果は更に大きくなる。たとえば画像診断においては、シート表面に薄型超音波センサアレイが集積化され裏面には平面フレキシブルディスプレイがあるデバイスでは、取得した超音波エコー画像を素人でも2次元の大面积で観察できる。侵襲なく貼り付けることができるため、健康者でも血流や心臓の様子などを判断でき、健康管理に利用できる。また、手術時に医師が容易に体内を観察できるツールにもなる。このようなデバイスの実現には、伸縮性のある配線やデバイス技術、大面积集積化技術が重要となる。

◆安心・安全分野

【ユビキタスセンサネットワーク用多機能センサデバイス】

多数で多様なセンサが分散配置され、センサ同士がアドホックネットワークを形成して、ネットワークを通じて様々な状況や情報の入手が可能となり、防犯・セキュリティ、環境リスクへの対応、農産物のトレーサビリティの向上が図れ、安心・安全な社会を実現するユビキタスセンサネットワークを構成する多機能センサデバイスが実現される。さらに、

効率的に広域を観測するために、センサネットワークを拡大し、宇宙空間からの災害監視や地球観測が可能な革新的なセンサデバイスが実現される。これらデバイスの実現には、高アスペクト比・高密度3次元ナノ構造を低損傷かつ十分なスループットで製造する技術、必要とされる部位に選択的にナノ材料を自己組織化させる技術、3次元ナノ構造表面を局所的に修飾する技術、3次元構造表面に均一にナノ構造を転写形成する技術等が必要となる。

【雰囲気伝送・再生デバイス】

人と人とのコミュニケーションをよりやさしく容易にする未来デバイスが実現される。例えば人間の五感のうち、20世紀よりすでに実用化されている聴覚、視覚伝送デバイスに加え、臨場感の元になるにおいや触覚のセンシングと伝送を可能とするデバイスが出現する。本デバイスは化学物質や触感などを検知するセンサと、再生のためのアクチュエータを基礎部品とし、それらを携帯端末に実装した「集積化タイプ」と、壁紙並みに薄くて軽量大面積シート中にちりばめられた「壁紙タイプ」として実装され、視覚や聴覚素子と組み合わせることで超臨場感を手軽に、いつでも、どこでも得ることができるようになる。

【壁紙型アンビエントインテリジェンスデバイス】

壁紙のように軽量かつ大面積を覆うシートエレクトロニクスデバイスが、視覚、聴覚、触覚、嗅覚などの雰囲気伝送に重要な役割を果たすとともに、安心・安全・豊かな生活に貢献する。たとえば、シール状のデバイスを張り合わせるだけで作製可能なインタラクティブ掲示板により、見る人に合わせた情報をリアルタイムで提供するとともに、ネットワーク検索機能や翻訳機能により人と人とのコミュニケーションをより自然に行う手助けをしてくれる。また、壁紙デバイスが環境の異常を検知し、携帯端末と連動して安心・安全な暮らしをサポートする。

このようなデバイスの実現には、大面積シートの加工技術や機能素子のシートへの埋め込み技術、量販店で購入した部品をシール貼りの要領で重ねるだけで配線が自動的に形成される自己組織的配線技術、その場で柔軟に状況認識を行うことのできる集積回路システム技術、などが必要となる。

【万能携帯】

壁紙型デバイスと連携して、視覚、聴覚、触覚、嗅覚などの雰囲気伝送に重要な役割を果たすとともに、安心・安全・豊かな生活に貢献する。顔と名前的一致しない人の記憶を呼び覚ましてくれたり、翻訳機能により言葉や習慣の違う人々の交流を容易にしたりと、人と人とのコミュニケーションをより自然に行う手助けをしてくれる。また、携帯端末に実装可能に小型化されたレーダー、環境センシングデバイス、ヘルスケアデバイスがすべて「万能携帯」に実装されることにより、暴漢・自動車などの接近、危険な化学物質濃度の上昇などの危険な状態を避けることを可能にし、急病や急な事故などを自動的に検知し救

助を求めることができるようにする。これらにより、安心・安全・豊かな生活に貢献する。デバイスの実現のためには、マスペクトロメータや THz 分光分析装置のような、高性能であるが大型、高価な装置をダウンサイズしてコモディティ化するための技術開発、特に深掘り 3 次元構造と、3 次元構造上への成膜技術、その場で柔軟に状況認識を行うことのできる集積回路システム技術、などが必要となる。

4.2.2 MEMS 分野の導入シナリオ

今回、大きく見直した点は、関連施策の取組みの中の環境整備の一つである人材育成の部分について、マイクロマシンセンター内に設置した「MEMS 人材検討委員会」で検討した結果を反映させ充実させた点にある。

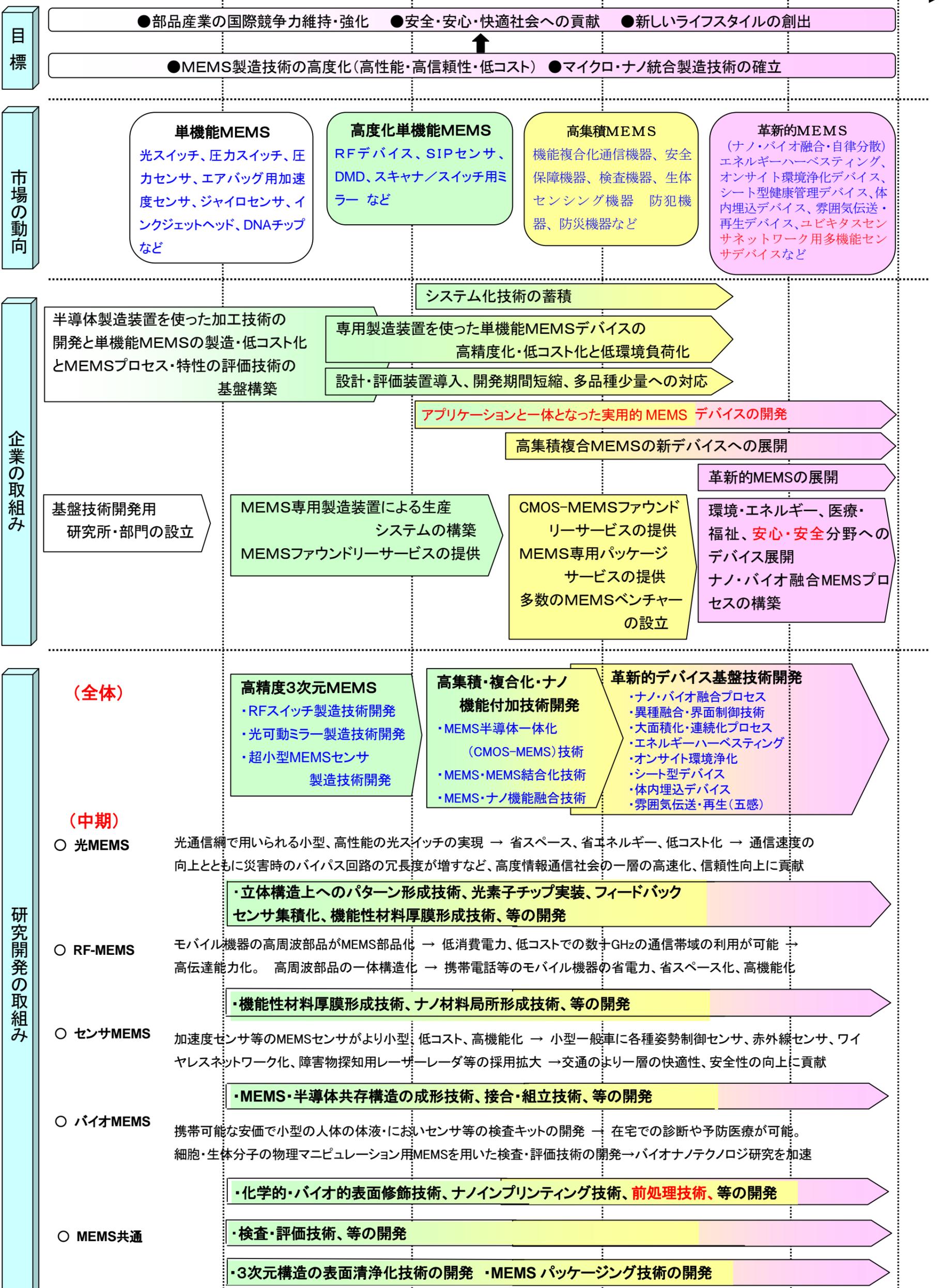
その他で見直しを行った部分については、導入シナリオの中で、赤字で示しているが、今回新たに 2 つの項目を追加している。

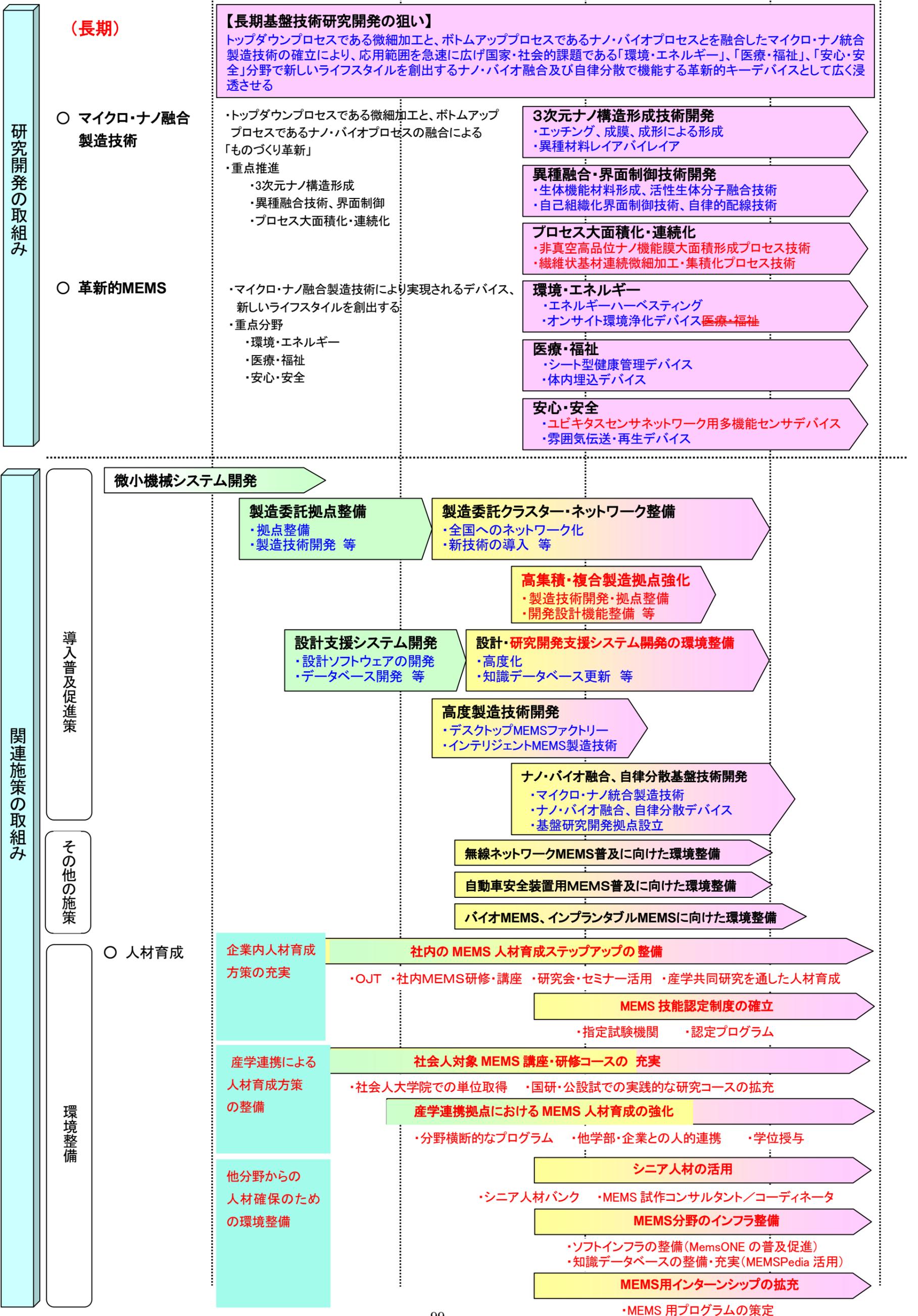
その一つは、企業の取組みの中に、「アプリケーションと一体となった実用的 MEMS デバイスの開発」を追加した。このような軸があっても良いのではとの考えからであった。

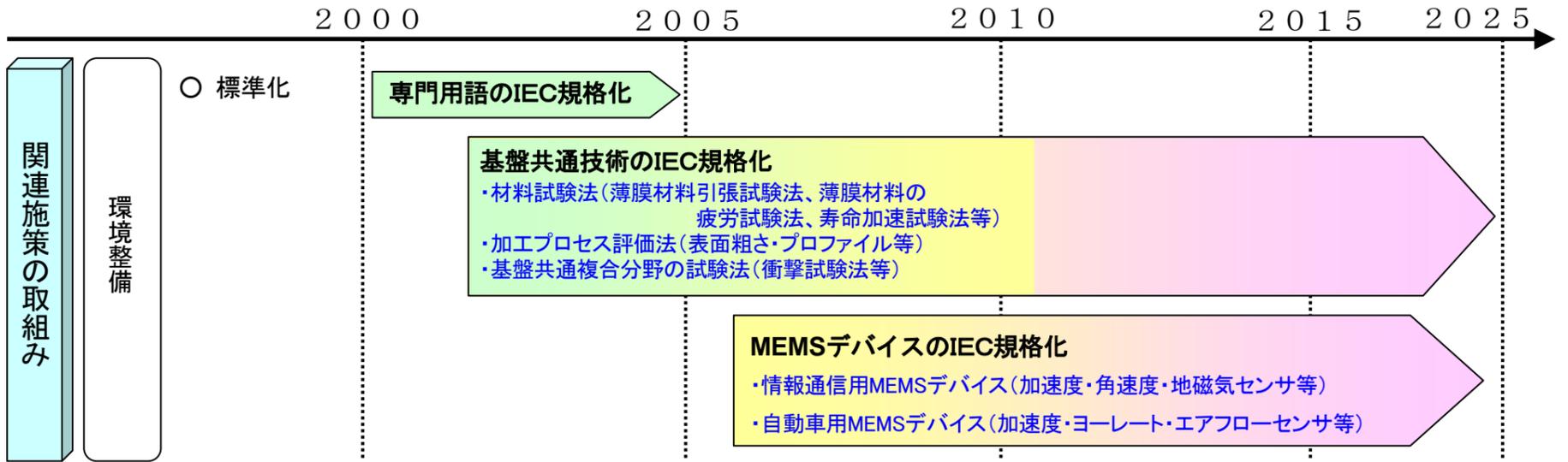
また、もう一つは、関連施策の取組みの中に、「高集積・複合製造拠点強化」を追加した。平成 20 年度終了予定のファイン MEMS で開発した技術の普及促進が必要であろうとの考えからであった。

MEMS分野の導入シナリオH19年度見直し（見直し部を赤字で示す）

(~2000) 2000 2005 2010 2015 2025







4.2.3 MEMS 分野の技術マップ（重要技術課題）

この技術マップはロードマップの要素技術の分類－１と分類－２と重要技術課題と分野の項目をリスト化したものである。

今回、ロードマップの見直しで、既存の技術の名称が変更されたり、新たに技術が追加されたので、それに伴って、技術マップが変更された。この項目の変更・追加は、平成 20 年度から進められる新プロジェクトの基本計画の内容を主として反映したものである。そこで、新たに追加された技術は「長期的な視点での重要技術」として整理された。

以下に前年度からの変更分を示す。

分類－１の「エッチング技術」

- ・分類－２の「高精度・微細エッチング技術」の重要技術課題の中の、「大面積均一エッチング技術」は「ウエハレベル均一エッチング技術」に名称変更された。

それは、後に出て来る分類－１の「プロセス連続化・大面積化技術」の名称の中にも大面積の言葉が出てくるので、その違いを明確化するためである。

分類－１の「成膜技術」

- ・分類－２の「高品位厚・薄膜成膜技術」の重要技術課題の中に新たに、「非真空薄膜形成技術」が追加された。その理由は新プロジェクトの基本計画の中に含まれるようになったことの反映である。
- ・分類－２の「３次元ナノ構造形成技術」の中の、「３次元形状表面上成膜技術」は、平成 18 年度までは「中期的な視点での重要技術」として整理していたが、新プロジェクトの基本計画の中に含まれることになったことの反映として、「長期的な視点での重要技術」に変更された。
- ・分類－２の「３次元ナノ構造形成技術」の中の、「ナノピラー形成技術」は、「ナノピラー／ドット形成技術」に名称変更されるとともに、「中期的な視点での重要技術」から「長期的な視点での重要技術」に変更された。

それは、ドット形成技術が新プロジェクトの基本計画の中に含まれることになったことの反映である。

分類－１の「成形技術」

- ・変更なし

分類－１の「形成技術（機能化・表面改質）」

- ・分類－２の「ナノ機能材料選択的形成技術」の中の、「ナノ材料ビルドアップ技術」は、「マーキングなしの重要技術」から「長期的な視点での重要技術」に変更された。その技術が新プロジェクトの基本計画の中に含まれることになったことの反映である。
- ・分類－２の「機能性表面形成技術（界面制御・表面修飾技術、加工損傷回復技術）」の中の「化学的・バイオ的表面修飾技術」は、「マーキングなしの重要技術」から「長期的な視点での重要技術」に変更された。

その技術が新プロジェクトの基本計画の中に含まれることになったことの反映である。

分類－１の「異種融合技術」

- ・分類－２の中に新たに、「ナノ・有機材料融合技術」が追加され、その中の重要技術課題として、「有機ナノピラー形成技術」と「有機ナノポーラス形成技術」と「ナノ間隙への有機充填技術」の３つが新たに加えられ、「長期的な視点での重要技術」として整理された。

それらの技術が新プロジェクトの基本計画の中に含まれることになったことの反映である。

分類－１の「プロセス連続化・大面積化技術」

- ・分類－２の「印刷による成膜技術」は、「非真空プロセスによる成膜技術」に名称変更され、その中の「印刷方式表面修飾技術」は「高品位ナノ機能膜形成技術」に変更されるとともに、「マーキングなしの重要技術」から「長期的な視点での重要技術」に変更された。

その技術が新プロジェクトの基本計画の中に含まれることになったことの反映である。

- ・分類－２の「プロセス大面積化技術」の中の、「高品位厚膜の大面積・連続プロセス化（m オーダ）技術」は、「高品位機能膜のメータ級大面積形成技術」に名称変更されるとともに、「中期的な視点での重要技術」から「長期的な視点での重要技術」に変更された。名称変更はメータ級を明確にした。

その技術が新プロジェクトの基本計画の中に含まれることになったことの反映である。

- ・分類－２の「プロセス大面積化技術」の中の、「繊維状基材の製織集積化技術」は新たに追加されるとともに、「長期的な視点での重要技術」として整理された。

その技術が新プロジェクトの基本計画の中に含まれることになったことの反映である。

- ・分類－２の「プロセス大面積化技術」の中の、「高精度アライメント：大面積（m オーダ）サブ mm 精度アライメント技術」は、「メータ級大面積アライメント技術」に名称変更されるとともに、「中期的な視点での重要技術」から「長期的な視点での重要技術」に変更された。名称変更はメータ級を強く出すとともに、言葉の明確化のため。

その技術が新プロジェクトの基本計画の中に含まれることになったことの反映である。

- ・分類－２の「プロセス大面積化技術」の中の、「大面積高密度マルチプローブ加工技術」はメータ級でないので、この分類－２の「プロセス大面積化技術」から外れ、分類－１の「エッチング技術」の中の、分類－２の「ナノプローブ加工技術」の中に整理された。

- ・分類－２の「プロセス大面積化技術」の中の、「大面積ナノパターン加工技術（ナノ・マイクロ加工技術）」もメータ級でないので、この分類－２の「プロセス大面積化技術」から外れ、分類－１の「エッチング技術」の中の、分類－２の「高精度・微細エッチング技術」の中の、「ウエハレベル均一エッチング技術」の中に整理された。

- ・分類－２の「プロセス連続化技術」の中の、「繊維状基材連続微細加工技術」は新たに

追加されるとともに、「長期的な視点での重要技術」として整理された。

その技術が新プロジェクトの基本計画の中に含まれることになったことの反映である。

- ・分類-2の「プロセス連続化技術」の中の、「連続 EB プロセス技術」と「連続 FIB プロセス技術」は見直しにより、「長期的な視点での重要技術」から「中期的な視点での重要技術」に変更された。

分類-1の「前・後処理技術」

- ・変更なし

分類-1の「実装技術」

- ・変更なし

分類-1の「検査・評価技術」

- ・変更なし

分類-1の「設計・解析技術」

- ・分類-2の「MEMS シミュレーション技術」の中の、「プロセス解析技術」は「中期的な視点での重要技術」から「長期的な視点での重要技術」に変更された。

この「プロセス解析技術」の指標の中に新たに、「プロセス解析の高度化」が追加されたことによる。

その追加は、その内容が新プロジェクトの基本計画の中に含まれることになったことの反映である。

- ・分類-2の「分子オーダーメゾオーダーまでの解析技術」は、上の「マルチスケールシミュレーション技術」に含まれるので、削除された。
- ・分類-2の「データベース構築」の中の、「材料・界面・プロセス・知識」は、技術がどんどん広がるのに対応し知識データベースも対応していくことが必要であるとのことから、「材料・界面・プロセス」と「知識」の2つに分割され、「知識」は「中期的な視点での重要技術」から「長期的な視点での重要技術」に変更された。

分類-1の「製造システム技術」

- ・変更なし

MEMS 分野の技術マップ

MEMS要素技術			分野
エッチング技術	高精度・微細エッチング技術	高アスペクト比貫通孔形成技術	共通
		高アスペクト比ナノトレンチ加工技術	共通
		ディープドライエッチング技術	共通
		高精度微細エッチング技術	共通
		ウエハレベル均一エッチング技術	無線通信、バイオ、共通
		非シリコン材料加工技術	共通
		無損傷加工技術	共通
	3次元ナノ構造形成技術	3次元表面加工技術	無線通信
		自由曲面加工技術	エネルギー
		立体構造上へのパターン形成技術	共通
シングルポイントプロセス技術		共通	
ナノピラー形成技術		共通	
ナノプローブ加工技術	ナノプローブ・エッチング加工技術	バイオ、情報通信、共通	
	MEMS・半導体共存構造の低損傷エッチング技術	共通	
成膜技術	高品位厚・薄膜成膜技術	機能性材料厚膜形成技術	共通、無線通信
		非真空薄膜形成技術	安心・安全、環境、エネルギー
		機能性材料ナノ薄膜多層形成技術	安心・安全、環境、エネルギー
		平滑・低残留応力薄膜形成技術・3次元低温成膜技術	光、無線通信、共通
		3次元形状表面上成膜技術	光、共通
	3次元ナノ構造形成技術	シングルポイントプロセス技術	共通
		ナノポーラス膜形成技術	共通
		ナノピラー/ドット形成技術	共通
	LSIプロセス融合成膜技術	MEMS・半導体共存構造の低ストレス・高耐久性薄膜形成技術	共通
	成形技術	マイクロプレス成形技術	ナノインプリンティング技術・低損傷パターンニング技術
ナノフォーミング技術			共通
ナノ転写・形成複合プロセス技術			共通
マイクロエンボス加工技術			光
マイクロ粉体成形技術		ナノ粉体成形加工技術	共通、バイオ
マイクロ鑄造技術		貫通孔埋め戻し技術	共通
3次元ナノ構造形成技術		3次元マイクロ立体型成形技術	共通
		3次元表面ナノ加工技術	共通
		3次元自由曲面エンボス加工技術	共通
		3次元表面修飾技術	共通
	3次元形状めっき成形技術	共通	

は、中期的な視点での重要技術
 は、長期的な視点での重要技術

MEMS要素技術			分野
形成技術 (機能化表面改質)	ナノ機能材料選択的成形技術	ナノ材料局所形成技術	無線通信、バイオ
		ナノ材料ウエハレベル形成技術	共通
		ナノ材料ビルドアップ技術	共通
	生体機能材料形成技術	生体分子配向技術	エネルギー、環境、医療・福祉
		細胞配置・カプセル化技術	エネルギー、環境、医療・福祉
		細胞の組織化技術	医療・福祉
	機能性表面形成技術 (界面制御・表面修飾技術、加工損傷回復技術)	化学的・バイオ的の表面修飾技術	エネルギー、環境、医療・福祉
		分子の自己組織化現象応用界面制御技術	安心・安全
		ナノ粒子自己整列技術	共通
		脂質二重層形成技術	共通
金属・有機半導体の界面制御技術		共通	
有機・絶縁膜の界面制御技術		共通	
印刷方式表面修飾技術		共通	
加工損傷回復技術	共通		
LSIプロセス融合成形技術	MEMS・半導体共存構造の成形技術	共通	
	可動ナノ構造形成技術	共通	
異種融合技術	ナノ・バイオ融合技術	界面制御技術	環境、医療・福祉
		活性細胞融合技術	環境、医療・福祉
		活性生体分子融合技術	環境、医療・福祉
	ナノ・有機材料融合技術	有機ナノピラー形成技術	エネルギー、環境、医療・福祉
		有機ナノポーラス形成技術	エネルギー、環境、医療・福祉
		ナノ間隙への有機充填技術	エネルギー、環境、医療・福祉
	3次元構造形成技術	異種材料レイアバイレイア積層技術	共通
		異種材料の厚膜積層技術	共通
	自己組織化技術	パターン付き成膜および多層化技術	共通
		メカノバイオ/半導体ハイブリッド積層技術	共通
3次元ナノ構造移植・積層技術		共通	
配線技術	セルフアライメントによる位置決め技術	共通	
	マルチCNTプローブ製造技術	共通	
	ナノホール選択金属成長技術	共通	
	ナノワイヤ選択配線技術	共通	
組立技術	CNT成長用触媒粒子の自己組織化配列技術	共通	
	CNT配線技術	共通	
	自律的配線形成技術	共通	
	伸縮性導体形成技術	共通	
界面物性評価技術	界面制御を利用した自律組立技術	共通	
	界面物理化学評価技術	共通	
ナノ領域におけるトライボロジー評価技術		共通	

MEMS要素技術		分野	
プロセス連続化・大面積化技術	非真空プロセスによる成膜技術	高品位ナノ機能膜形成技術	共通
		マイクロナノ印刷技術	共通
	プロセス大面積化技術	高品位機能膜のメータ級大面積形成技術	共通
		繊維状基材の製織集積化技術	共通
		メータ級大面積アライメント技術	共通
	プロセス連続化技術	繊維状基材連続微細加工技術	共通
		大面積印刷のレジストレーション(重ね合わせ)技術	共通
		ナノインプリント連続成形技術(含むローラー式転写技術)	共通
		連続EBプロセス技術	共通
		連続FIBプロセス技術	共通
前・後処理技術	表面清浄化技術	構造表面洗浄技術	共通
実装技術	組立技術	高精度位置決め技術	共通
		MEMS・半導体共存の接合・組立技術	共通
	接合技術	低温・低応力接合技術	光、無線通信、バイオ、共通
	パッケージ技術	封止技術	光、エネルギー、センサ、共通
		高度実装技術	共通
		トリミング技術	センサ
カッティング技術	共通		
検査・評価技術	各種検査・評価技術	形状測定技術	共通
		強度等デバイス特性評価技術	共通
		システム信頼性評価技術	無線通信
		生体情報評価技術	バイオ、医療・福祉
		微小領域における物理量計測技術	共通
		検査評価用解析技術	共通
設計・解析技術	MEMSシミュレーション技術	機構解析技術	共通
		プロセス解析技術	共通
		システム化解析技術	共通
	マルチスケールシミュレーション技術	ナノ/マイクロ/マクロ解析モデリング技術	共通
	マルチフィジクスシミュレーション技術	電場・磁場・構造・熱・流体の連成解析技術	共通
	データベース構築	材料・界面・プロセス	共通
		知識	共通
製造システム技術		多品種少量・省エネ・フレキシブル加工システム技術	共通

4.2.4 ロードマップ

第1回目の委員会で、それぞれの委員の専門に基づき、MEMSのロードマップの見直し検討の分担を決め、第2回目の委員会までに見直しの提案をしてもらい、最終的には第2回目の委員会で見直し提案のあった各項目を逐条審議して決めて行ったものである。

昨年度のロードマップに対し、一番大きな違いは、平成20年度にスタートが計画されている新プロジェクト「異分野融合型次世代デバイス製造技術開発プロジェクト」の基本計画（案）に関連する技術項目が追加されるとともに、その技術項目の指標に対する数値や文字が追加されている。

また、昨年度は2006年がマイルストーンの始めの年であったが、1年が過ぎたので、2007年をマイルストーンの始めの年とした。この時、2007年の指標に対する数値や文字は、2007年の列にもともと数値や文字が有る場合にはそのまま残し、2007年の列に数値や文字が無い場合には2006年の列の数値や文字をスライドさせるという方法を取った。

その他に、技術項目の位置づけや指標に対する数値や文字の見直しも合わせて行った。

MEMS製造技術のロードマップ(総括表)H19年度見直し(最終版)

MEMS要素技術		重要技術課題	分野	指標	2007年	2008年	2009年	2010年	2011年	2012年	2013年	2014年	2015年	2025年	製品 (MEMS技術の通用品)					
分類-1	分類-2				2007年	2008年	2009年	2010年	2011年	2012年	2013年	2014年	2015年	2025年						
エッチング技術	高精度・微細エッチング技術	高アスペクト比貫通孔形成技術	共通	貫通孔形成の狭ピッチ化	加工精度			2 μm			1 μm			0.1 μm	物理量センサ等ICによる信号処理を有するMEMS製品					
					加工誤差	5 μm												誤差低減		
					ウエハレベル貫通孔形成	アスペクト比 (深さ/孔径)	100			150		200/1.5				200			500	ウエハレベルパッケージング構成での共通基盤技術。光分野のユビキタスマイクロ顕微鏡観察可能血流量分布センサ、マイクロナノオーダー変位計測センサ、マイクロミラー応用デバイスも共通に含まれた。
						孔径	5 μm			3 μm				2 μm					0.2 μm	
						ピッチ	5 μm			3 μm				2 μm					0.2 μm	
						加工速度	20 μm/min			25 μm/min				30 μm/min					50 μm/min	
					貫通孔形成の高速化	貫通孔の変形加工	シフト量			500 μm						1000 μm				
						分岐数				1本→2本						1本→4本				
						斜め方向への貫通孔形成	アスペクト比 (深さ/孔径)	5			50		100					250	500	
					高アスペクト比ナノレンチ加工技術	共通	微小ギャップ深掘り	アスペクト比		20		50		100				250	500	縦型静電容量センサー 高性能歯車アクチュエータ
								ギャップ幅			0.2 μm		0.2 μm			0.1 μm		0.1 μm	0.1 μm以下	
					ディープドライエッチング技術	共通	側壁面の粗さ・平面度向上	表面粗さ	λ=例えば680nmと想定											MEMS偏向ミラー、ミラーアレイ (スキャナでなく、位置決めできるタイプ)、MEMS光スキャナ (1次元～3次元)
								rms=λ/20				λ/25				λ/30			λ/50	
					高精度微細エッチング技術	共通	微細ギャップ間隔の縮小化	Line and space	100nm			100nm		100nm					50nm	多機能情報携帯モバイル端末
								アスペクト比	10			50		100					100	
深掘り加工の平滑化	表面平坦性	2-3nm						1nm		原子オーダー										
ウエハレベル均一エッチング技術	無線通信	ウエハ面内のエッチングの均一化	ウエハサイズ (インチ)	8			12			14			20	多機能情報携帯モバイル端末						
			均一度	5%			4%			3%			1%							
ウエハレベル均一エッチング技術	パイオ	大面積化、ナノ構造エッチング (ガラス)	ウエハサイズ (インチ)	8			12			14			20	パイオ分析						
			解像パターン (段差状のステップの解像度)	200nm			50nm			10nm			5nm							
非シリコン材料加工技術	共通	非シリコン系新材料 (金属・セラミックス等)の加工	加工速度	0.1-0.6 μm/min			1 μm/min				2 μm/min		10 μm/min	MEMS光スキャナ (1次元～3次元)、セラミックス表面の3次元加工は直ぐ下に含まれる						
			加工選択比	100:1			150:1			200:1			1000:1							
無損傷加工技術	共通	無損傷不純物導入技術	欠陥密度 (個/cm ² -シリコン)	<10E15			<10E13						0.1nm							
			無損傷有機分子表面処理・加工技術	欠陥密度 (個/cm ² -シリコン)	<10E15			<10E13					<10E11							
			無損傷CNT表面処理・加工技術	欠陥密度 (個/cm ² -シリコン)	<10E15			<10E13					<10E11							
			無損傷クリーニング技術	欠陥密度 (個/cm ² -シリコン)	<10E15			<10E13					<10E11							
3次元ナノ構造形成技術	無線通信	3次元表面加工	表面面精度 (rms)	スキンドepsの1/2以下						スキンドepsの1/3以下			集積RF-MEMS							
			周波数60GHz	表面面精度 (rms)	スキンドepsの1/2以下					スキンドepsの1/3以下										
自由曲面加工技術	エネルギー	自由曲面加工	面精度	曲率半径 (精度は2%以内で) 10 μm			5 μm			1 μm			0.1 μm	マイクロタービン、流体デバイス						
			周波数60GHz	表面面精度 (rms)	スキンドepsの1/2以下					スキンドepsの1/3以下										
立体構造上へのパターン形成技術	共通	立体形状表面へのパターン形成	加工可能な方向 (面)	対象面数 (表裏面) 球面	1軸周り全方位					軸周り+正方位			全方位	MEMS全般 (光、RF、パワー、ファイナ)						
			メカニカルリソグラフィ	立体上への形状転写			立体へのアライメント技術		立体の上平面部		立体の曲面部	立体の底面部	特殊プリズムなど立体的ナノ光学素子							
			3次元光リソグラフィ	加工面の自由度、垂直壁面	斜面にdry異方性エッチング		垂直面にwet等方・異方性エッチング		垂直面にdry異方性エッチング				垂直面にdry異方性エッチング		実装部品					
シングルポイントプロセス技術	共通	マスクレスダイレクトリソグラフィ	最小線幅/スペース	EB:10nm										LSIパターンニング						
			局所 (エッチング) 除去加工	最小加工サイズ	FIB:50nm								つなぎ精度 20nm		つなぎ精度 5nm	LSIマスクパターン修正				
ナノピラー形成技術	共通	サイズの制御性	無欠陥、もしくは欠陥制御	1 μm角			3 μm角			10 μm角			50 μm角	分子認識チップ、ナノ潤滑膜						
			形状の統計的評価	直径8nm、アスペクト10						無損傷Si					深さ、直径、周期のばらつき原子レベル					
ナノボラス形成技術	共通	材料選択の幅	ウェットによるSiなどの知られた材料											機能性材料の組み合わせによるデバイス加工						
			広い機能性材料の組み合わせ																	
ナノプローブ加工技術	パイオ、情報通信	ナノプローブエッチング形成における高密度化・均一化	先端部加工精度 (面内均一性)	±10nm						±5nm			±1nm	プローブメモリ、走査型マルチプローブ顕微鏡						
			同時加工数 (プローブ数)	1E 6本/cm ²							2.5E 9本/cm ²		2.5E 9本/cm ² 以上							
			磨耗	寿命 (時間)	5000秒						25000時間				実用化レベル					
LSIプロセス融合ダメージフリーエッチング技術	MEMS・半導体共存構造の低損傷エッチング技術	共通	被加工領域の損傷の低減	半導体領域の削れ量	10nm		5nm						1nm	ユビキタスセンサーチップ、モバイル機器端末用センサチップ及びRFMEMS、車載用センサ、医療介護用バイタルサインセンサ						
				MEMS加工部の最大アスペクト比	2.5		20			100			250		500					
成膜技術	高品位厚・薄膜成膜技術	機能性材料厚膜形成技術	共通	機能性膜の厚膜化と高速化・高品質化	膜厚	材料によって異なるので何とも言えないが、1mm角程度までハルク材で可能という前提で...									アクチュエータ全般:旧、MEMS偏向ミラー、ミラーアレイ (スキャナでなく、位置決めできるタイプ)、MEMS光スキャナ (1次元～3次元)					
					成膜速度	50 μm		100 μm				50 μm/min				1mm	5mm			
					アスペクト比	10 μm										100 μm/min				
					多層化	量産レベル、磁性材料を想定	3		5							10	50			
					残留応力低減影響	2層			4層							10層	50層			
					高配向化	曲率半径 500mm	曲率半径 1000mm													
					磁性材料の高品質化	1mm/single material	3μm/single material									3μm/multi material	5mm/multi material	人工超格子、メモリ、センサ		
					磁性材料の高品質化	残留磁束密度	バルク材に対し 30%	70%			100%									
					配線材料の高品質化	低応力化と高再現性	曲率半径 500mm	曲率半径 1000mm												
					電気接点の耐久性向上	開閉回数 (高耐久性接点材料)	10億回				100億回							1000億回	多機能情報携帯モバイル端末	

MEMS要素技術		重要技術課題	分野	指標	2007年	2008年	2009年	2010年	2011年	2012年	2013年	2014年	2015年	2025年	製品 (MEMS技術の適用品)	
分類-1	分類-2															
成膜技術	高品位厚・薄膜成膜技術	非真空薄膜形成技術	安心・安全、環境、エネルギー	機能(電子材料)	移動度	1cm ² /Vsec(室温)				5cm ² /Vsec(室温)			10cm ² /Vsec(室温)		ウェアラブル電源 シート型健康管理デバイス 安全安心ジャケット	
				機能(機械、光学)	堆積面積 均一度					1m ² 以上 10%		1m ² 以上 5%				
				基材		シート、プレート					繊維、シート、プレート					
	機能性材料ナノ薄膜多層形成技術	安心・安全、環境、エネルギー	半導体超格子の構造制御	誘電体多層膜による高反射率、低応力膜成膜	膜厚ゆらぎ		<1nm							<0.1nm	<0.1nm	受動素子内蔵基板 蓄電素子
					面積		数100 μm角						数10 cm角	数10 cm角		
					ナノキャパシタの多層化・高誘電率化	層数・誘電率	単層・100		3層・300					5層・500	10層・1000	
	平滑・低残留応力薄膜形成技術-3次元低温成膜技術	光	誘電体多層膜による高反射率、低応力膜成膜	MEMSによる波面変調素子、チューナブル分光素子	平均分光反射率	90%			95%							MEMSによる波面変調素子、 チューナブル分光素子
					膜の内部応力(基板の反りに置き換えて曲率半径で判断)	曲率半径	100mm			1000mm						
					無線通信	膜の表面粗さ(犠牲層含む)	表面粗さ(Ra)	10nm			5nm				0.5nm	
	共通	圧電薄膜形成	膜厚/ひずみ量(d31)	膜厚制御	1%以下			0.1%以下							機能性材料薄膜形成技術の高性能圧電膜の形成もこの中に吸収	
				ギャップ量	1μm			0.3μm				0.1μm				
				高分子圧電薄膜形成	微細化/発生力	3μm/0.001%(-100pm/V)		5μm/0.005%(-300pm/V)					10μm/0.01%(-500pm/V)			
	3次元ナノ構造形成技術	3次元形状表面上成膜技術	光	3次元形状表面への高密度配線	段差											MEMS偏向ミラー、ミラーアレイ(スキャナでなく、位置決めできるタイプ)、MEMS光スキャナ(1次元~3次元)
					最小線幅/スペース	50μm	100μm				300μm			500μm		
					共通	ナノ細孔内壁への薄膜形成	アスペクト比(孔径/深さ)	20/20μm		10/10μm				5/5μm		
シングルポイントプロセス技術		共通	ナノ機械加工(電界酸化)	最小加工サイズ(最小線幅/スペース)											アッセンブリを要するマイクロ機械システム	
					2次元表面分子膜技術	無欠陥、もしくは欠陥制御	1μm角			3μm角			10μm角			50μm角
					ナノポーラス膜形成技術	細孔径制御技術	孔径	400nm	200nm	100nm				自己組織化手法による50nm以下のナノポーラス		1nm
ナノピラー/ドット形成技術		共通	サイズの制御性	形状の統計的評価											フォトニック結晶、薄膜による反応領域の高密度化	
LSIプロセス融合成膜技術		MEMS・半導体共存構造の低ストレス・高耐久性薄膜形成技術	共通	低ストレス(応力)薄膜形成	形成膜厚	0.2~5μm					0.1~10μm			0.1~40μm	エビキタスセンサーチップ、モバイル機器端末用センサーチップ及びRFMEMS、車載用センサ、医療介護用バイタルサインセンサ	
					残留応力	0.2GPa			0.1GPa							
					耐久性薄膜形成	耐疲労・吸湿・透湿性(特性変化率/10年)	1%		0.50%			0.20%		0.10%		
成形成技術		マイクロプレス成形成技術	共通	光学無機レンズ、バイナリレンズエンボシング	最小パターンサイズ	0.8μm		0.6μm			0.3μm				50nm	マイクロナノオーダー変位計測センサ、マイクロミラー応用デバイス、凍結センサ
					レンズ形態	凹折格子レンズ 凹凸形状レンズ	バイナリレンズ									
					面積	2インチ	4インチ							12インチ	20インチ	
	ナノフォーミング技術	共通	マイクロ打抜き加工	最小加工サイズ											在宅診断のためのモバイルヘルスケアシステム、分散型ネットワークによる広域環境モニターシステム、超小型モバイル分析システム、超高速スクリーニングシステム、卓上型化学合成システム	
					マイクロ鑄造	最小加工サイズ	50μm			30μm			10μm			
					ナノ転写・形成複合プロセス技術	転写面積・回数	1mm角・1回			5mm角・5回			10mm角・10回	20mm角・20回		
	マイクロエンボス加工技術	光	アレイレンズエンボシングの面積積化	面積		2インチ	4インチ							12インチ	20インチ	受動素子内蔵基板
					ナノ粉末成形加工技術	ナノ粉末サイズ			1μm			50nm		数nm		
					貫通孔埋め戻し技術	貫通孔の埋め戻し	アスペクト比(孔径/深さ)	50								
	マイクロ鑄造技術	共通	ウエハレベル貫通電極形成	孔径	5μm			2.5μm					0.5μm			
				ピッチ	10μm			5μm				1μm				
				加工温度	100°C		80°C									
	3次元ナノ構造形成技術	共通	高離型性(微細化・高アスペクト比)	加工寸法	2μm			1μm					0.5μm	50nm	ウエハレベルパッケージング構成での共通基盤技術	
					10μm			50μm								
					100μm			50nm			20nm		10nm			
3次元自由曲面エンボス加工技術	共通	ホットエンボス加工寸法	加工寸法	10μm			5μm					1μm	500nm	ウエハレベルパッケージング構成での共通基盤技術		
				曲率半径	∞		10cm				1cm	500μm				
				3次元表面修飾技術	3次元の立体的な離型性向上やホットエンボスされた高分子材料の3次元表面を選択的に修飾	パターン位置合わせ精度	5μm						<1μm		<100nm	
3次元形状めっき成形成技術	共通	選択的に3次元形状をメッキ	パターン寸法	1μm								0.5μm	100nm	多機能情報携帯モバイル端末		
				ナノ機能材料選択的成形成技術	ナノ材料の選択的成形成(位置制御)	位置精度	±2μm	±1μm		±0.5μm		±0.2μm	±100nm			
				ナノ材料の選択的成形成(厚み制御)	厚み精度	<0.2μm	<0.1μm		<0.08μm		<0.05μm	<10nm				
形成技術(機能化・表面改質)	ナノ機能材料選択的成形成技術	無線通信	ナノ材料の選択的成形成(形成領域)	最小領域	φ2μm	φ1μm		φ0.8μm				φ0.5μm	φ100nm	多機能情報携帯モバイル端末		
				選択的ナノインテグレーション	微細化	50nm			20nm			数10nm	数10nm			
				バイオ	選択的ナノインテグレーション	加工密度	プローブ数<1000		プローブ数<100,000,000			プローブ数<2,500,000,000				
	ナノ機能材料選択的成形成技術	共通	選択的に3次元形状をメッキ	パターン寸法	10秒/1本			1秒/1本					0.1秒/1本	より高速化	走査型マルチプローブ顕微鏡	
					集積度	1本/20μm ²		1本/10μm ²						1本/250nm ²		
					処理時間	10秒/1本		1秒/1本								
	ナノ機能材料選択的成形成技術	共通	選択的に3次元形状をメッキ	パターン寸法	10秒/1本			1秒/1本					0.1秒/1本	より高速化	走査型マルチプローブ顕微鏡	
					集積度	1本/20μm ²		1本/10μm ²						1本/250nm ²		
					処理時間	10秒/1本		1秒/1本								
	ナノ機能材料選択的成形成技術	共通	選択的に3次元形状をメッキ	パターン寸法	10秒/1本			1秒/1本					0.1秒/1本	より高速化	走査型マルチプローブ顕微鏡	
					集積度	1本/20μm ²		1本/10μm ²						1本/250nm ²		
					処理時間	10秒/1本		1秒/1本								
	ナノ機能材料選択的成形成技術	共通	選択的に3次元形状をメッキ	パターン寸法	10秒/1本			1秒/1本					0.1秒/1本	より高速化	走査型マルチプローブ顕微鏡	
					集積度	1本/20μm ²		1本/10μm ²						1本/250nm ²		
					処理時間	10秒/1本		1秒/1本								
ナノ機能材料選択的成形成技術	共通	選択的に3次元形状をメッキ	パターン寸法	10秒/1本			1秒/1本					0.1秒/1本	より高速化	走査型マルチプローブ顕微鏡		
				集積度	1本/20μm ²		1本/10μm ²						1本/250nm ²			
				処理時間	10秒/1本		1秒/1本									
ナノ機能材料選択的成形成技術	共通	選択的に3次元形状をメッキ	パターン寸法	10秒/1本			1秒/1本					0.1秒/1本	より高速化	走査型マルチプローブ顕微鏡		
				集積度	1本/20μm ²		1本/10μm ²						1本/250nm ²			
				処理時間	10秒/1本		1秒/1本									
ナノ機能材料選択的成形成技術	共通	選択的に3次元形状をメッキ	パターン寸法	10秒/1本			1秒/1本					0.1秒/1本	より高速化	走査型マルチプローブ顕微鏡		
				集積度	1本/20μm ²		1本/10μm ²						1本/250nm ²			
				処理時間	10秒/1本		1秒/1本									
ナノ機能材料選択的成形成技術	共通	選択的に3次元形状をメッキ	パターン寸法	10秒/1本			1秒/1本					0.1秒/1本	より高速化	走査型マルチプローブ顕微鏡		
				集積度	1本/20μm ²		1本/10μm ²						1本/250nm ²			
				処理時間	10秒/1本		1秒/1本									
ナノ機能材料選択的成形成技術	共通	選択的に3次元形状をメッキ	パターン寸法	10秒/1本			1秒/1本					0.1秒/1本	より高速化	走査型マルチプローブ顕微鏡		
				集積度	1本/20μm ²		1本/10μm ²						1本/250nm ²			
				処理時間	10秒/1本		1秒/1本									
ナノ機能材料選択的成形成技術	共通	選択的に3次元形状をメッキ	パターン寸法	10秒/1本			1秒/1本					0.1秒/1本	より高速化	走査型マルチプローブ顕微鏡		
				集積度	1本/20μm ²		1本/10μm ²						1本/250nm ²			
				処理時間	10秒/1本		1秒/1本									
ナノ機能材料選択的成形成技術	共通	選択的に3次元形状をメッキ	パターン寸法	10秒/1本			1秒/1本					0.1秒/1本	より高速化	走査型マルチプローブ顕微鏡		
				集積度	1本/20μm ²		1本/10μm ²						1本/250nm ²			
				処理時間	10秒/1本		1秒/1本									
ナノ機能材料選択的成形成技術	共通	選択的に3次元形状をメッキ	パターン寸法	10秒/1本			1秒/1本					0.1秒/1本	より高速化	走査型マルチプローブ顕微鏡		
				集積度	1本/20μm ²		1本/10μm ²						1本/250nm ²			
				処理時間	10秒/1本		1秒/1本									
ナノ機能材料選択的成形成技術	共通	選択的に3次元形状をメッキ	パターン寸法	10秒/1本			1秒/1本					0.1秒/1本	より高速化	走査型マルチプローブ顕微鏡		
				集積度	1本/20μm ²		1本/10μm ²						1本/250nm ²			
				処理時間	10秒/1本		1秒/1本									
ナノ機能材料選択的成形成技術	共通	選択的に3次元形状をメッキ	パターン寸法	10秒/1本			1秒/1本					0.1秒/1本	より高速化	走査型マルチプローブ顕微鏡		
				集積度	1本/20μm ²		1本/10μm ²						1本/250nm ²			
				処理時間	10秒/1本		1秒/1本									
ナノ機能材料選択的成形成技術	共通	選択的に3次元形状をメッキ	パターン寸法	10秒/1本			1秒/1本					0.1秒/1本	より高速化	走査型マルチプローブ顕微鏡		
				集積度	1本/20μm ²		1本/10μm ²						1本/250nm ²			
				処理時間	10秒/1本		1秒/1本									
ナノ機能材料選択的成形成技術	共通	選択的に3次元形状をメッキ	パターン寸法	10秒/1本			1秒/1本					0.1秒/1本	より高速化	走査型マルチプローブ顕微鏡		
				集積度	1本/20μm ²		1本/10μm ²						1本/250nm ²			
				処理時間	10秒/1本		1秒/1本									
ナノ機能材料選択的成形成技術	共通	選択的に3次元形状をメッキ	パターン寸法	10秒/1本			1秒/1本					0.1秒/1本	より高速化	走査型マルチプローブ顕微鏡		
				集積度	1本/20μm ²		1本/10μm ²						1本/250nm ²			
				処理時間	10秒/1本		1秒/1本									
ナノ機能材料選択的成形成技術	共通	選択的に3次元形状をメッキ	パターン寸法	10秒/1本			1秒/1本					0.1秒/1本	より高速化	走査型マルチプローブ顕微鏡		
				集積度	1本/20μm ²		1本/10μm ²						1本/250nm ²			
				処理時間	10秒/1本		1秒/1本									
ナノ機能材料選択的成形成技術	共通	選択的に3次元形状をメッキ	パターン寸法	10秒/1本			1秒/1本					0.1秒/1本	より高速化	走査型マルチプローブ顕微鏡		
				集積度	1本/20μm ²		1本/10μm ²						1本/250nm ²			
				処理時間	10秒/1本		1秒/1本									
ナノ機能材料選択的成形成技術	共通	選択的に3次元形状をメッキ	パターン寸法	10秒/1本			1秒/1本					0.1秒/1本	より高速化	走査型マルチプローブ顕微鏡		
				集積度	1本/20μm ²		1本/10μm ²						1本/250nm			

MEMS要素技術		重要技術課題	分野	指標	2007年	2008年	2009年	2010年	2011年	2012年	2013年	2014年	2015年	2025年	製品 (MEMS技術の適用品)			
形成技術 (機能化・表面改質)	分類-1 ナノ機能材料選択的 形成技術	ナノ材料ウエハレベル 形成技術	共通	CNT/ナノSiワイヤのCVD選択形成	位置択性	エリア選択性 直線選択架橋30%	直線選択架橋70%		直線選択架橋100%			CNT:形状制御(直線/コイル)、Si:機能化発現	CNT/Si:形状制御(径/長さ)ができる	機械・電気特性制御性の向上	MEMSパッチ マイクロモビークル			
				位置精度	1 μm	200nm		100nm			数10nm	10nm						
	分類-2 ナノ材料ビルドアップ 技術	共通	多層回路基板形成 技術 DNA分子のハンドリング 位置制御技術	多層化	多層化	3層			5層				10層	20層	ビルドアップ基板 携帯電話用基板・PC用基板 DNA1分子解析、DNA配線、 DNA分子の機能材としての活			
				位置精度		1 μm		100nm			10nm	数nm	複数分子の同時配 向制御					
	生体機能 材料形成 技術	生体分子配向技術	エネルギー、環 境、医療・福祉	配向分子	可溶性タンパク質				脂質分子				膜タンパク 質					
					細胞配置・カプセル 化技術	エネルギー、環 境、医療・福祉	カプセル化細胞数	多細胞			一細胞							
		配置細胞種類	一細胞				複数細胞		組織レベル			臓器レベル	個体レベル					
		配置・制御			2次元配置				3次元配置 と機能発現 制御				3次元組織化制御					
	細胞の組織化技術	医療・福祉	機能組織	組織化		正常培養						動物代替組 織		正常組織	創薬(動物実験の代替) 再生医療			
	機能性表面 形成技術 (界面制 御・表面 修飾技 術、加工 損傷回復 技術)	化学的・バイオ的表 面修飾技術	エネルギー、環 境、医療・福祉	化学・バイオ物質の 表面パターンニング/ 流路内	パターン解像度(親 水性制御、タン パク等の吸着制 御)	流路全体の修飾 mmオーダー	10 μm			複雑パターン					500nm、複雑パターン	マイクロ化学システム共通技術		
					パターン解像度(微 生物)	流路全体の修飾 mmオーダー	10 μm			複雑パターン					500nm、複雑パターン	外出支援システム(微生物利用 マイクロリアクタによる尿分解 装置)		
					親水性・疎水性の 制御	プラズマ処理			10nmオーダ ー構造利 用			2次元配置					生体微量試料のハンドリング 生体微量試料の前処理	
					生体分子機能保持し たパターン形成(ソフ トリソグラフィ)/基 板上	パターン寸法										単分子レ ベル		バイオインターフェース
					適切な官能基を持つ 分子の付加&自己 組織化	付加機能	親・疎水性									機能分子と の選択結合 官能基導入	多機能化	
					生体分子機能保持し た機能分子選択的 付加	付加分子	DNA付加				一部のタン パク						多くのタンパク	
立体構造物への超 精密化学修飾					ディップ位置精度	±50nm				±10nm								バイオ分析マルチプローブシ ステム
分子の自己組織化 現象応用界面制御 技術					安心・安全	SAMアンカー膜形 成・最適技術	配向制御確度	60%			80%						1aL	研究用心臓模擬デバイス
最大面積					50×50mm					200×200m m							1×1m	
ナノ粒子自己整列技 術					共通		収率	60%			80%						90%	99%
脂質二重層形成技 術	共通	再構成膜	安定性	30分程度				2時間		半日			一日	半年				
			膜タンパク質チップ 形成	同時計測チャンネル 数	1チャンネル				4チャンネル			9チャンネル			25チャンネル	超並列同時計測		
金属・有機半導体の 界面制御技術	共通	界面制御による配 置・配向	位置精度				200 nm			50 nm						単一細胞解析		
			有機・絶縁膜の界面 制御技術	共通	細胞親和性の制御	分解能(位置精 度) 選択比	50 μm			1 μm					50nm	再生医療		
印刷方式表面修飾 技術	共通	ナノ化学修飾・ダイレ クトリソグラフィ	生体親和性の制御	機能発現制御可 能な生体	細胞			10					50	高等微生物まで	高機能バイオ実験ツール			
			パターン寸法	100nm			50nm					10nm		増大		フレキシブル構造のMEMS ウエラブルMEMS		
加工損傷回復技術	共通	高分子圧電薄膜形 成	同時処理種類数	2種類		10種類						50種類						
			位置決め精度	±50nm			±10nm						±10nm					
LSIプロセス融合 成形技術	MEMS・半導体共存 構造の成形技術	共通	シリコン/金属3次元 構造成形の平坦化 加工	微細化/発生力	150aL			20aL					1aL		ウエラブルMEMS			
				一般的な高分子圧電体(PVDF)の圧電定数d31	<30pC/N			35pC/N							40pC/N			
可動ナノ 構造形成 技術	可動ナノ構造の形成 技術	共通	立体ナノ構造と駆動	回復解像度	100nm			10 nm					1 nm		原子レベル			
				成膜厚	5 μm		10 μm			20 μm				40 μm		膜厚増大	ユビキタスセンサーチップ、モ バイル機器端用センサチップ 及びRFMEMS、車載用センサ、 医療介護用バイタルサイセン サ	
平坦性	100nm		50nm			20nm						10nm		平坦性向上				
	混載LSI加工寸法	350nm		180nm			90nm					45nm		混載LSIの多機能化				
Q値	80000(真空中)				100000(真空中)		300 (大気中)					500 (大気中)		150000(真空中) 1000 (大気中)	MEMS発振器 ビデオレートAFM			
駆動周波数	125MHz(真空中)				500MHz (真空中)		50MHz (大気中)					100MHz (大気中)		500MHz (大気中)				
異種融合 技術	ナノ・バイ オ融合技 術	環境、医療・福祉	細胞親和性の制御	分解能	50 μm			1 μm						50nm	細胞機能の解析装置			
				選択比	1			10						50				
				生体親和性の制御	機能発現制御可 能な生体	細胞			細菌					酵母		高等微生物まで		
活性細胞融合技 術	環境、医療・福祉	活性寿命	種類	1種類			半日						1週間	半年				
			細胞個数	多細胞									複数細胞	臓器レベル				
活性生体分子融合 技術	環境、医療・福祉	寿命	個数・種類・配向	多分子									1分子		創薬分野の研究用装置			
			個数・種類・配向	多分子														
ナノ・有機 材料融合 技術	有機ナノピラー形成 技術	エネルギー、環 境、医療・福祉	サイズの制御性	直径の制御		デモ 径 制御なし				直径50 nm 以下				直径50 nm	エネルギーハーベスティング環 境物質センシング			
				均一性		均一性 制御なし					均一性 制御なし				均一性20%以内			
				有機ナノポーラス形 成技術	エネルギー、環 境、医療・福祉	サイズの制御性	直径の制御		直径1000 nm				直径100 nm 以下			直径100 nm	エネルギーハーベスティング環 境物質センシング	
ナノ間隙への有機充 填技術	エネルギー、環 境、医療・福祉	間隙サイズ	間隙径	均一性		均一性 制御なし				均一性 制御なし			直径20 nm以下	エネルギーハーベスティング環 境物質センシング				
				直径の制御														
3次元構 造形成技 術	異種材料レイア イア積層技 術	共通	分解能	種類	数100 μm			数10 μm					1 μm	分子レベル				
				温度:実用強度を 確保	300°C			4種類 有機材料 200°C					10種類 たんぱく質 100°C		20種類 バイオ材料 常温			
	異種材料の厚膜積 層技術	共通	膜厚	膜厚	50 μm			100 μm						2mm				
				横分解能	5 μm			1 μm						100nm				
	パターン付き成膜お よび多層化技術	共通	膜厚	材料組合せ・性質	無機/無機 10層		無機/有機			無機/ハイ イ				50層				
				層間アライメント 精度	10 μm			2 μm						200nm				
横分解能	2 μm			2 μm								1mm						
層間アライメント 精度	20 μm			4 μm								400nm						

MEMS要素技術		重要技術課題	分野	指標	2007年	2008年	2009年	2010年	2011年	2012年	2013年	2014年	2015年	2025年	製品 (MEMS技術の適用品)				
分類-1	分類-2																		
異種融合技術	3次元構造形成技術	メカ/バイオ/半導体ハイブリッド積層技術	共通	膜厚	200 μm			500 μm						10mm	異種材料積層デバイス、フォトニック結晶、バイオフィルタ、立体配線				
					横分解能	10 μm			1 μm					500nm					
					層間アライメント精度	50 μm			10 μm					1 μm					
		3次元ナノ構造移植・積層技術	共通	モールド/移植材料間の密着力制御	パターン寸法	50 μm			10 μm				1 μm	500nm		Nano on MEMS			
					アライメント精度	1 μm			500nm				100nm	50nm					
					移植面積	10mm角			50mm角				100mm角	500mm角					
	新機能材料の微細パターンニングと制御	共通	モールド/移植材料間の密着力制御	パターン寸法	50 μm			10 μm				1 μm	500nm	Nano on MEMS					
				アライメント精度	1mm			500nm				100nm	50nm						
				移植面積	10mm角			50mm角				100mm角	500mm角						
	自己組織化技術	セルフアライメントによる位置決め技術	共通	界面結合の形成、パターンニング寸法	10 μm			5 μm						200nm					
					マルチCNTプローブ製造技術	1mm以上			5mm					アレイ化					
	配線技術	ナノホール選択金属成長技術	共通	選択成長可能寸法	ホールサイズ	100nm			50nm					10nm					
					アスペクト	5			10					20					
		ナノワイヤ選択配線技術	共通	選択配線手法	メッキ				カーボンナノチューブ						ワイヤレス				
					CNT成長用触媒粒子の自己組織化配列技術	共通	生体分子の自己組織化利用	配列間隔	タンパク質利用 10nm	1次元配列化 10nm				2次元配列 5nm	電子デバイスへの応用				
CNT配線技術		共通	選択成長技術	密度	電界集中利用 1本/10 μm角			2次元配線 1本/1 μm角				3nm	2次元配線 1本/0.5 μm角	マルチステージデバイスへの応用					
				自律的配線形成技術	共通	生体分子の自己組織化利用	適用デバイス	DNAによる網目配線	DNA利用ひずみゲージ					集積回路への応用					
伸縮性導体形成技術		共通		加工精度	10 μmオーダー								1 μmオーダー	100nmオーダー					
					組立技術	共通	界面制御を利用した自律組立技術	種類	2種類			5種類						種類増大	
界面物性評価技術		界面物理化学評価技術	共通	評価対象	60%						60%				80%	90%	バイオ信号		
					ナノ領域におけるトライボロジー評価技術	共通	プローブ先端磨耗	評価対象	単一Siプローブ 撥水性Siプローブ	CNTプローブ DLCプローブ	アレイ化Siプローブ アレイ化DLCプローブ			高信頼、長寿命マルチプローブ作製指針確立	評価技術の標準化	マルチステージデバイスへの応用			
プロセス連続化・大面積化技術	非真空プロセスによる成膜技術	高品位ナノ機能膜形成技術	共通	電子的機能膜形成 (Si系) 有機圧電薄膜形成	電子移動度		0.2 cm ² /Vs			1 cm ² /Vs			10 cm ² /Vs		Si、酸化物、有機、無機、金属ナノ粒子を含む塗布型ナノコンポジット高機能膜				
					パターン寸法			0.3 mm			0.2 mm		0.1 mm	0.02 mm					
					発生力	1 g		5 g			7 g			10 g					
					パターン寸法	1mm		0.3mm			0.2 mm			0.1mm					
					接触物間作用力	カ分解能					±5 nN以下								
		マイクロナノ印刷技術	共通	グラビア等転写印刷技術 (微細化・高速化)	パターン精度・印刷速度	1 μm/ 1m/min				100nm/ 10m/min				10nm/ 50m/min	10nm/ 100m/min	大型ディスプレイ、テレビ			
						インクジェット印刷技術	パターン寸法	5 μm			1 μm				0.1 μm	50nm			
							印刷スピード	100 mm/s			500 mm/s				2000 mm/s	5000mm/s			
						高精度ロールtoロール印刷	共通	パターン寸法 (インクジェット)	パターン寸法 (オフセット)	5 μm			1 μm				0.1 μm	50nm	
										位置決め精度	20 μm			5 μm				1 μm	
	プロセス連続化技術	高品位機能膜のメータ級大面積形成技術	共通	局所環境制御+スキャンニング	基板サイズ	G8: t=0.65mm		G10: t=0.65mm								大面積エネルギーハーベスティングデバイス			
					(液晶パネル参照)	2.16m × 2.46m		2.8m × 3.0m											
					膜厚均一性	±15%		±15%			±10%			±5%	±2%				
					パターン寸法			0.3 mm			0.2 mm			0.1 mm	0.02 mm				
					柔軟性			(10本 × 10本)			3次元変形			1 m × 1 m	1 m × 10 m		最小曲げ半径: 0.1m 最小曲げ半径: 0.01m		
プロセス連続化技術	繊維状基材の製織集積化技術	共通	被覆パターン加工	スピード		10 m/min				50 m/min			80 m/min	240 m/min	フレキシブルシートデバイス				
				スピード		5 m/min			20 m/min			50 m/min	100 m/min						
				パターン寸法		5 μm			1 μm			0.5 μm	100nm						
				位置精度								1 μm	200nm						
	メータ級大面積アライメント技術	共通	ストローク×位置決め精度 (液晶用位置決め装置参照)	3m × ±0.25 μm				4m × ±0.25 μm						6m × ±100nm					
				連続EBプロセス技術	共通	適用装置								電子ビーム誘発堆積による超高精細ワイヤボンディング技術の確立		10 μmピッチボンディングワイヤ			
							連続FIBプロセス技術	共通	堆積+エッチング連続加工による3次元デバイス形成									微小センサ実現	
前・後処理技術	表面清浄化技術	共通	微細加工3次元形状洗浄	異物数/ウエハ	≤10個/ウエハ	≤10個/ウエハ						≤10個/ウエハ	≤10個/ウエハ	MEMS製品の歩留まり安定化 & 低コスト化実現のための共通基盤技術					
				対象異物サイズ	≥0.3 μm	≥0.1 μm						≥0.01 μm	≥3nm						
実装技術	組立技術	高精度位置決め技術	共通	ウエハレベル高精度アライメント	アライメント精度				0.5 μm				0.1 μm	0.1 μm	MEMS偏向ミラー、ミラーアレ、MEMSによる波面変調素子、MEMS光スキャナ、チューナブル分光素子				
					ボンディング精度 (歩留まり80%以上の場合)	1 μm	1 μm		0.5 μm			0.1 μm	0.1 μm						
					処理時間	1素子あたりの3分		20秒						10秒					
					三次元高精度位置決め	実装後位置精度 (X, Y, Z)	量産適用レベル X,Y 2 μm Z 1 μm	X,Y 1 μm Z 0.5 μm		X,Y 0.5 μm Z 0.5 μm			X,Y 0.1 μm Z 0.1 μm						
					セルファアセンブルによるチップレベルアライメント	光軸アライメント精度	1 μm						0.1 μm						
	MEMS・半導体共存の接合・組立技術	共通	電氣的・熱的に低ダメージの小型化・一体化の接合・組立	集積形態	ウエハレベル集積			モノリシック集積						3Dモノリシック集積	全てのMEMS製品				
					チップレベル高精度アライメント	アライメント精度	2 μm	1 μm	0.5 μm				0.1 μm						
					処理時間	1素子あたりの1分								10sec					
					処理時間	1素子あたりの1分													
					処理時間	1素子あたりの1分													

MEMS要素技術		重要技術課題	分野	指標	2007年	2008年	2009年	2010年	2011年	2012年	2013年	2014年	2015年	2025年	製品 (MEMS技術の適用品)		
分類-1	分類-2				2007年	2008年	2009年	2010年	2011年	2012年	2013年	2014年	2015年	2025年			
実装技術	接合技術	低温・低応力接合技術	光	低温での低応力接合	接合後平面度 (p-v値)	有効範囲口10mmの面精度(量産適用レベル)			1μm (1.5λ at 680nm)				0.5μm (0.7λ at 680nm)	0.1μm (0.25λ at 680nm)	MEMS偏向ミラー、ミラーアレイ、MEMSによる波面変調素子、MEMS光スキャナ、チューナブル分光素子		
			無線通信	チップレベルでの低温接合	最大プロセス温度	300°C				200°C	以降	リフロー温度と協調			室温	多機能情報携帯モバイル端末	
				異種基板チップ接合	可変段階の細分、多段階化	1段階 (ON,OFF)		4段階 (1,2,4,8)					無段階可変	無段階可変	多機能情報携帯モバイル端末		
			バイオ	非Si材料の高精度接着・組立	耐圧	高精度接着材料開発 多種材料汎用接着可能、低温(〜100°C以下)、薄層化可能材料	1MPa		10MPa					20MPa	在宅診断のためのモバイルヘルスケアシステム、分散型ネットワークによる広域環境モニタリングシステム、超小型モバイル分析システム、超高速スクリーニングシステム、卓上型化学合成システム		
				薄層接着層形成技術	薄層化 (〜1μm以下)									〜1μm以下			
			共通	低温ウエハ接合	接合温度	常温(30°C)								常温(30°C)	物理量センサ等のパッケージング時の応力を問題とするMEMS製品		
				低温パンプ接合	接合温度	常温(30°C)								常温(30°C)	物理量センサ等ICによる信号処理を有するMEMS製品		
				非シリコン材料接合	接触抵抗/電極										物理量センサ等ICによる信号処理を有するMEMS製品		
				接合電極接合部の低接触抵抗化	接触抵抗	5mΩ		1mΩ			0.1mΩ			0.1mΩ			
				ウエハレベル多層基板の低応力接合	基板反り量	50μm	10μm		5μm					1μm	多機能情報携帯モバイル端末に搭載するMEMS製品		
				熱サイクル耐久性 (-40〜125°C)	熱サイクル耐久性 (-40〜125°C)	1000回 (2層)	1000回 (4層)		1000回 (6層)					10000回 (6層)			
				素子厚み	素子厚み	≤0.8mm		〜0.5mm						〜0.1mm			
				対応基板厚さ	対応基板厚さ	20μm								20μm			
				3次元低温成膜	バイオ向け成膜温度		100°C							室温	バイオ向けMEMS製品		
					バイオ以外成膜温度			80°C						室温	バイオ以外のMEMS製品		
					100°C		80°C							室温			
パッケージ技術	封止技術	光	気密(真空、耐湿)封止	封止耐久年数	3年	10年							10年(常温接合)	10年(常温接合)	MEMS偏向ミラー、ミラーアレイ、MEMSによる波面変調素子、チューナブル分光素子		
			エネルギー	耐高温・高圧接合・封止	使用限度又は規格の温度/圧力	パワーMEMS							800°C、100atm		800°C、100atm	高温、高圧対応MEMS製品(マイクロエンジン、マイクロガスタービン、マイクロバルブ、マイクロポンプ)	
			センサ	遮光性	遮光性vs波長								99.9%		99.9%	電子回路集積or光学的に影響を受けるデバイス	
			共通	高放熱パッケージ	素子最高温度	80°C	50°C										多機能情報携帯モバイル端末に搭載するMEMS製品
	高度実装技術	共通	共通	アクチュエータ集積化	機能数×集積個数	2機能×2個	3機能×3個		4機能×4個						8機能×8個	マイクロ化学システム共通技術	
				ナノスケール部品のMEMS基板上へのアセンブル	パターン形成の自由度	単種部品のセルフアセンブリによる複雑パターン形成			複数種部品の確率的アセンブリによる単純パターン形成			複数種部品のセルフアセンブリによる複雑パターン形成				同左。更に、高速、高密度化、3次元化が加速	
				CNTの物理的マニピュレーションによるアセンブル	機能スループット	MEMSによるCNT1本のマニピュレーション	MEMSによるCNTの電気的・機械的特性評価	MEMSによる機能デバイスへのCNTアセンブル	複数MEMSの並列動作によるCNTデバイス形成	MEMSによる自動化CNTデバイス製造システム	自己組織化						
				ナノ材料・部品の精密組立・操作	位置精度/速度	基本技術 ±10nm			高速化 ±10nm、10s/本					量産対応 ±10nm、10ms/本		±1nm <1sec (1ウエハ当たり)	MEMSパッチ マイクロモビークル
				分子機能を維持・制御する集積システムの実装	単位面積当たりデバイス(分子機能)個数	1cm ² 5			1cm ² 100					1mm ² 100		1mm ² 100	ファイナバイオMEMSデバイス
				自己発電&蓄電素子集積化	μキャパシタ容量	10μW			10mW					100mW		100mW	ファイナMEMS
			振動発電量	100μm振動で0.1μW			0.1mW					10mW	10mW				
			生化学発電量	0.1μW			0.1mW						10mW	10mW			
トリミング技術	センサ	高精度・高速化	加工精度	加工精度	1μm	0.5μm									トリミング不要		
			処理時間/チップ	処理時間/チップ	10秒							1秒				トリミング不要	
カッティング技術	共通	MEMS部品のウエハダイシング	破損確率	破損確率	数%	1%					0.5%		<100ppm	ウエハレベルパッケージング困難なMEMS製品等:低電力的・低機械的ダメージ接合も含めた			
検査・評価技術	形状測定技術	共通	非接触3次元形状計測・評価	アスペクト比	10(深さ100μm、溝幅10μm)	50(深さ500μm、溝幅10μm)		50(深さ500μm、孔径10μm)					100(深さ500μm、孔径5μm)	500(深さ500μm、孔径1μm)	3次元構造を有するMEMSセンサ、アクチュエータ共通技術		
			3次元形状表面の非破壊膜厚分布計測・評価	側壁膜厚測定精度	mm幅、mm深さ、μm膜厚				100μm幅、数10μm深さ、0.1μm膜厚				10μm幅、数10μm深さ、0.1μm膜厚	1μm幅、数100μm深さ、1nm膜厚			
			3次元形状表面の非破壊粗さ分布計測・評価	側壁粗さ測定精度	できていない				100μm幅、数10μm深さ、100nm rms				100μm幅、数10μm深さ、50nm rms	100μm幅、数10μm深さ、10nm rms			
	強度等デバイス特性評価技術	共通	共通	気密封止評価	検出レベル	できていない			デバイス寸法					ウエハレベル 8インチ	ウエハレベル 12インチ		
				ウエハレベル接合評価	計測感度	ボイドサイズ				1cm ³					0.1μm	0.01μm	
				接合後のギャップ精度評価	接合後のギャップ精度					0.5μm	0.2μm				1μmキヤップが±0.1%で	1μmキヤップが±0.03%で	
				ウエハレベル接合応力分布評価	測定精度	単結晶材料 平面分解能 10μm 応力測定精度 1Mpa									非晶質材料 平面分解能 10μm 応力測定精度 1Mpa	非晶質材料 空間分解能 10μm 応力測定精度 1Mpa 非破壊3次元分布	
				疲労試験	試験法策定	引張り試験法策定(Si)					曲げ試験法策定(Si)				振れ試験法策定(Si)		
衝撃試験	試験法策定	研究レベル					規格化開始							Si系材料、金属、プラスチック材料疲労試験規格成立			

MEMS要素技術		重要技術課題	分野	指標	2007年	2008年	2009年	2010年	2011年	2012年	2013年	2014年	2015年	2025年	製品 (MEMS技術の適用品)		
分類-1	分類-2																
検査・評価技術	各種検査・評価技術	システム信頼性評価技術	無線通信	高周波対応システムの信頼性評価	規格の制定	評価法確立									集積RF-MEMS		
		生体情報評価技術	バイオ、医療・福祉	生体情報のその場観察装置&計測操作	計測可能細胞、分子寸法・計測時間	1S 100nm					1S 50nm		1S 10nm	1S 1nm	ファインMEMS		
					計測温度制御	0.5°C					0.1°C			0.01°C			
					電氣的計測分解能	複数チャネル					単一チャネル						
					化学的計測分解能	単一細胞				複数レセプタ	単一レセプタ						
					細胞操作	溶液中細胞のMEMSによる物理的ソフト	把持力検出機構の導入					複数MEMSによる多自由度細胞操作					
					掌性(キラリティ)構造計測	バルク材		薄膜レベル						単分子レベル	原子分子レベル	薬剤・生理活性物質の識別	
				微小領域における物理量計測技術	共通	分子レベルでの温度計測	光による温度計測	光ファイバ+AFM	極細光ファイバによる集光			AFMプローブ(光ファイバ)先端の微細化			分子レベルでの計測	光強度を測定できる原子間力顕微鏡、熱伝導率を測定できる顕微鏡、定量測定可能な走査型熱顕微鏡(STHM)、無配線で圧力を送信できるシステム	
						温度・圧力等の分布	走査型熱顕微鏡	温度センサ付AFM(STHM)プローブの先鋭化	温度計測の定量化(マイクロヒータの付加)			AFMプローブ(STHM)先端の微細化(~20nm)					
						ひずみセンサ	半導体による測定	センサの微細化			センサと増幅回路、送信回路の一体化						
				マクロの平均値	サブミリメータ、微小流路の平均値	非接触計測			μm空間分解能			サブミクロン領域の温度、圧力、流速分布などの計測					
		検査評価用解析技術	共通	検査評価用解析技術のシステム化	対象材料/プロセス		MEMS材料/プロセス			ナノ材料/プロセス			バイオ材料/プロセス				
設計・解析技術	MEMSシミュレーション技術	機構解析技術	共通	連成解析のシステム化、高度化	対応可能な解析対象	パッケージレベル連成解析	信頼性試験解析(疲労、破壊、耐環境)		チップ内多機能連成解析				バイオ・分子連成解析		MEMS製品全般		
		プロセス解析技術	共通	MEMS材料加工をインテグレートしたマルチプロセスの解析	対応可能なプロセス種	シリコンプロセス解析				ナノ材料・MEMS統合プロセス解析			バイオ材料・MEMS統合プロセス解析		MEMS製品全般		
				プロセス解析の高度化	装置出力データとの連携					単一MEMSプロセス			ナノ材料プロセス対応	バイオ材料プロセス対応	MEMS製品全般		
				実装信頼性評価	試算誤差		50%							10%			
				システム化解析技術	共通	システム化技術の高度化	対応可能な素子	複数MEMS/IC		ナノ材料/MEMS素子					バイオ材料/MEMS素子		
				マルチスケールシミュレーション技術	共通	各スケールおよび各スケール間のモデル化技術	解析対象	単一分子・格子レベル	無機材料とのモデリング			有機材料を含むモデリング			バイオ材料を含むモデリング		
						対象境界		マイクロ/マクロ連成		ナノ/マイクロ連成					ナノ/マイクロ/マクロ連成		
				マルチフィジクスシミュレーション	共通	強連成・弱連成を含めたモデル化および解析手法の確立	計算精度と計算時間	微小領域におけるシステムレベルでの解析			数部品から数十部品レベルでのシステムシミュレーション				回路を含むシステムレベルでの解析		
				データベース構築	共通	MEMS材料の試験評価法と材料特性データベース	対応可能なDB対象	シリコン系材料DB	高分子系材料DB	ナノ材料DB				バイオ材料DB	DB充実	MEMS製品全般	
				知識	共通	MEMS製造・評価技術に関する知識DB	対応可能なDB対象	高精度3DMEMS製造技術知識DB	高集積複合MEMS製造技術知識DB	ナノ機能付加製造技術知識DB				ナノバイオ融合製造技術知識DB	DB充実	MEMS製品全般	
製造システム技術	多品種少量・省エネ・フレキシブル加工システム	共通	MEMS製造技術の小型化・省エネ化・フレキシブル化	装置寸法	(1800x1800上に4ユニット連動)プロトタイプ			1800x900に6ユニット(精度も同等)					1800x900で通常MEMSシステム同等(精度も同等)	小型化	製造システム 医療用等現場製造・単品製造品目		
				消費電力	15kW以下			5kW以下				2kW以下	1kW以下				
				生産スループット	10min/デバイス			5min/デバイス				1min/デバイス	0.1min/デバイス				

4.2.5 競争力比較

MEMS の競争力比較に関連して、学術動向調査として、特許動向調査と論文発表動向調査を行い、前年度の競争力比較に対し、1年分を最新のデータとした。

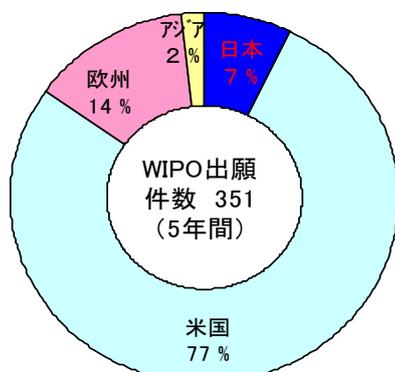
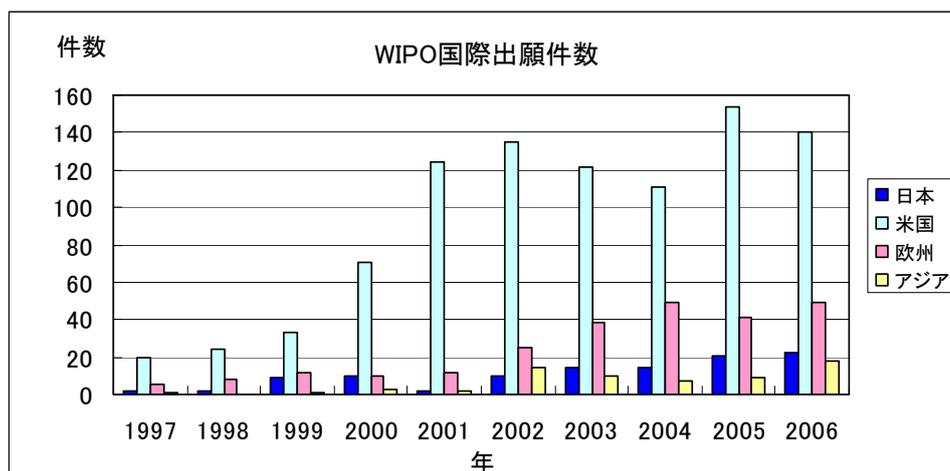
(1) 特許動向調査

MEMS 関連特許の世界的な趨勢を調べるために、WIPO（世界知的所有権機関）のデータベースを使用し、昨年度と同様に1997年以後の国際特許出願件数を調べた。ここで用いられた論理式は以下の通りで、論文調査を行った時も同じ論理式を使用した。

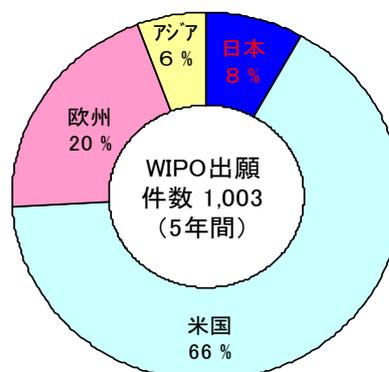
検索論理式

"micro machine" or micromachining or "micro machining" or mems or "microsystem technology" or liga or microactuator or "micro actuator"

また、地域としては北米、欧州、アジア、日本を取り上げた。ここでアジアは中国、韓国、台湾、シンガポールである。その結果を下図に示す。



(1997～2001年の累計件数)



(2002～2006年の累計件数)

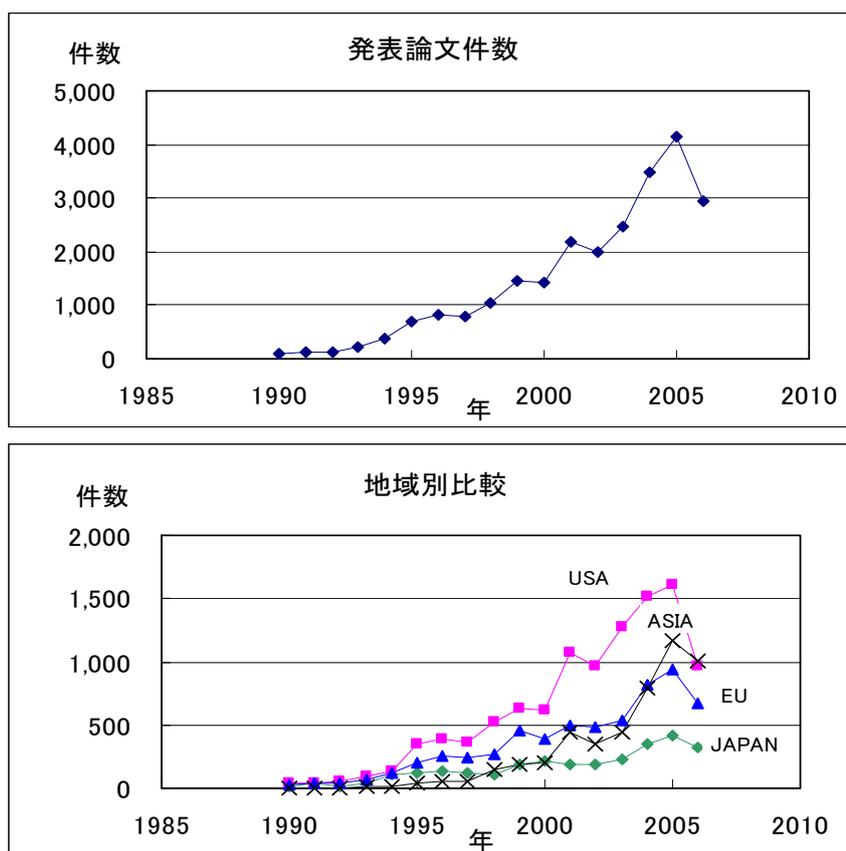
この図より、WIPO 国際特許出願件数をみると、1997～2001年の5年間の累計件数に対し、近年（2002～2006年）の5年間の累計件数が3倍程度となり、大きな伸びを示している。また、WIPO 国際特許出願件数の地域別割合をみると、近年（2002～2006年）では、日本、アジアで若干の伸びがあるが、欧州の伸びが著しく、その分、米国がその割合を落としていくと言える。

近年の地域別の比率は米国が66%、欧州が20%、日本が8%、アジアが6%の構成をしている。なおここで調査対象になっているのは権利化された特許である。

(2) 論文発表動向調査

Conpendex のデータベースを使用し、特許の時と同じ検索式を用いて、発表論文件数を調査した。検索式からわかるように検索対象は MEMS 及び MEMS 関連技術であり、対象論文は特にジャーナルを対象にせず、データベースにある全ての文献を対象とした。

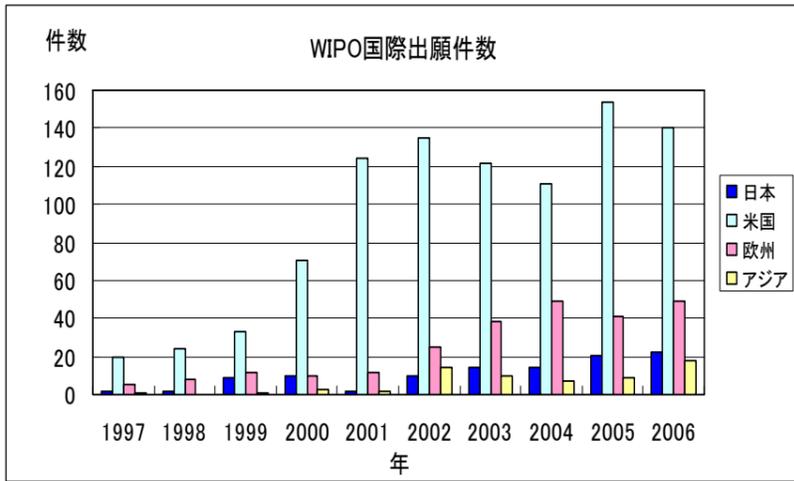
また、文献の地域別特徴を出すために筆頭著者の所属研究機関の国別の分類も行った。その結果を下図に示す。



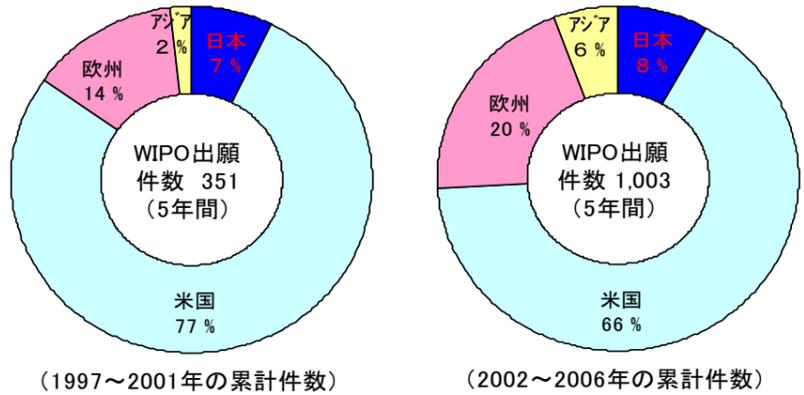
この図より、発表論文数を見ると、概ね右肩上がり増加している。地域別では米国が常にトップを占めているが、近年ではアジア（中国・韓国・台湾・シンガポール）の伸びが著しいと言える。尚、2006年はやや減少したがその原因はつかめていない。

MEMSの競争力比較

1. MEMSに関する特許動向



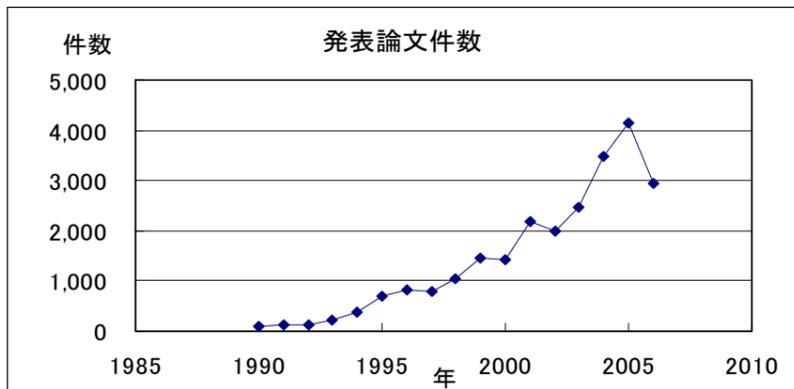
◆WIPO 国際特許出願件数をみると、1997～2001年の5年間の累計件数に対し、近年（2002～2006年）の5年間の累計件数が3倍程度となり、大きな伸びを示している。



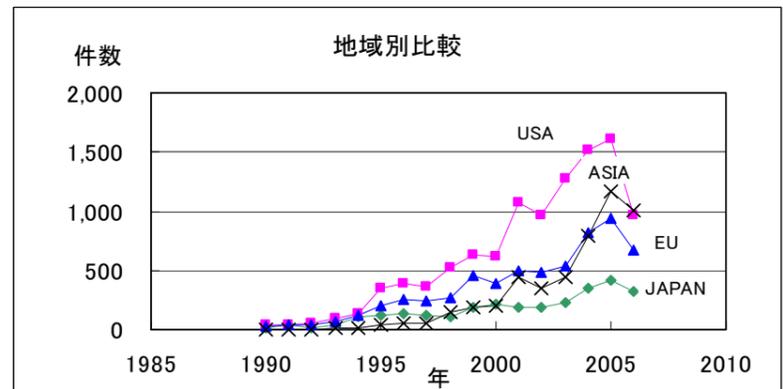
出典：平成19年度 MEMS の技術戦略マップのローリングに関する調査「学術動向調査」

◆WIPO 国際特許出願件数の地域別割合をみると、近年（2002～2006年）では、日本、アジアで若干の伸びがあるが、欧州の伸びが著しく、その分、米国がその割合を落としている。

2. MEMSに関する論文発表動向



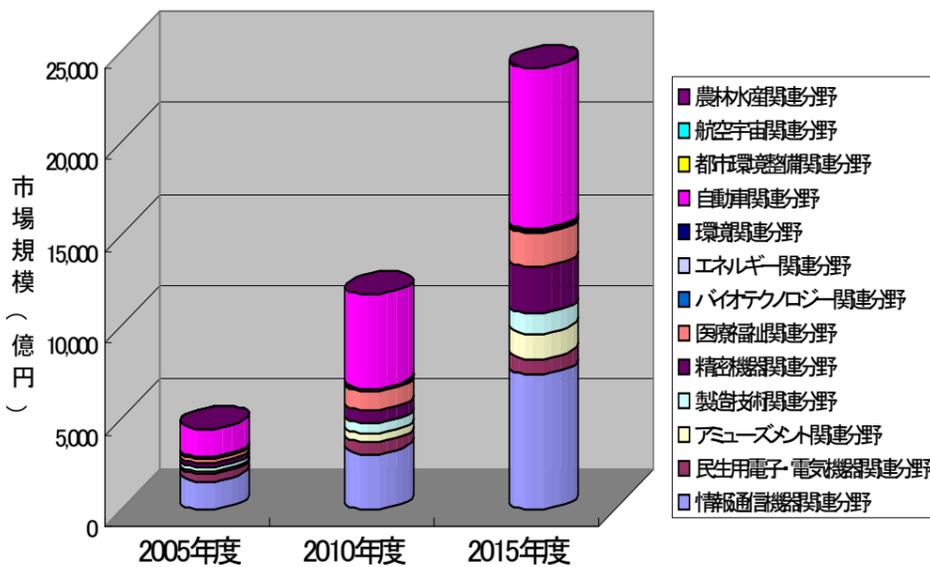
◆発表論文数をみると、2006年はやや減少したが、右肩上がりで増加しており、米国が常にトップを占めているが、近年ではアジア（中国・韓国・台湾・シンガポール）の伸びが著しい。



出典：同上

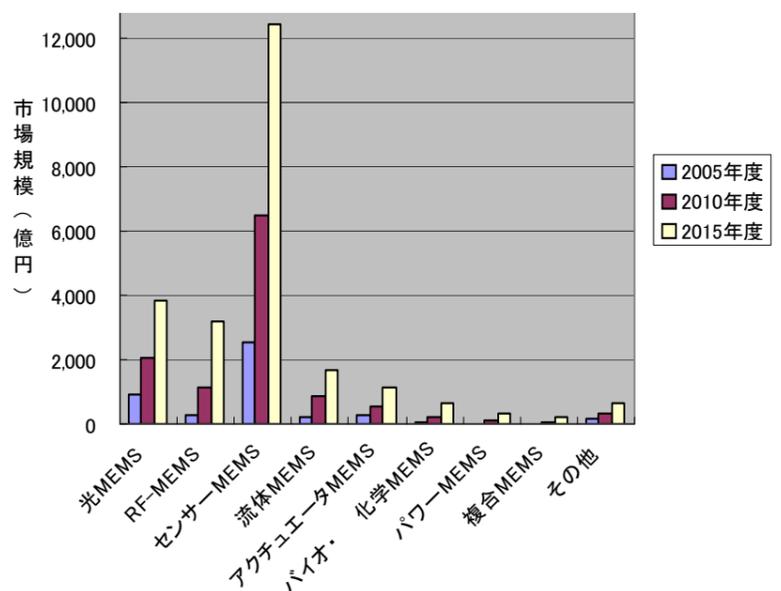
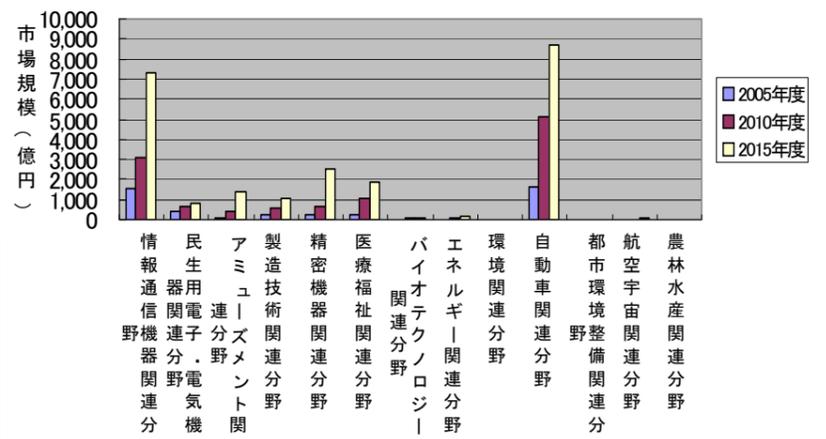
3. MEMSの市場動向

現在市場規模（2005年度） 4,397.3億円
 2010年度予想 1兆1,743.4億円
 2015年度予想 2兆4,074.3億円



出典：平成18年度 MEMS の技術戦略マップのローリングに関する調査「市場動向調査」

◆MEMSの市場は順調に拡大しており、2010年度には1兆円を超えると予想されている。
 市場としては自動車関連分野と情報通信機器関連分野で大きく伸び、今後ともセンサー・光・RF-MEMS等を中心に市場を形成していく。



第5章 MEMSの技術戦略等検討委員会

5.1 第1回MEMSの技術戦略等検討委員会議事録

日時：平成19年11月27日（月）16：00～18：40

場所：NEDO 日比谷オフィス内（第1+第2）会議室

出席者（25名 以下敬称略）

委員長	下山 勲	東京大学大学院 情報理工学系研究科 教授・研究科長
副委員長	藤田 博之	東京大学 生産技術研究所 教授
委員	寒川 誠二	東北大学 流体科学研究所 教授 (代理 久保田 智広)
	竹内 昌治	東京大学 生産技術研究所 准教授
	三木 則尚	慶応義塾大学 理工学部 専任講師
	伊藤 寿浩	(独)産業技術総合研究所 先進製造プロセス研究部門 ネットワーク MEMS グループ グループ長
	遊佐 厚	オリンパス(株) 未来創造研究所 取締役・研究所長
	武田 宗久	三菱電機(株) 先端技術総合研究所 マネージャー
	古田 一吉	セイコーインスツル(株) 技術本部 新事業企画推進部 部長
	三宅 常之	(株)日経 BP 社 日経マイクロデバイス編集 副編集長
	青柳 桂一	(財)マイクロマシンセンター 専務理事
METI	岡橋 寛明	製造産業局 産業機械課 課長補佐
	加賀 義弘	製造産業局 産業機械課 技術係長
NEDO	小澤 純夫	機械システム技術開発部 部長
	小寺 秀俊	機械システム技術開発部 PM (プログラムマネージャ)
	松田 均	機械システム技術開発部 主任研究員
	金山 恒二	機械システム技術開発部 主任
	浅海 一志	機械システム技術開発部 主査
	渡辺 秀明	機械システム技術開発部 主査
オブザーバー		
	安達 淳治	(財)マイクロマシンセンター 調査研究部 部長
事務局	日野 俊喜	(株)日鉄技術情報センター 調査研究第一部長
	加藤 正彦	(株)日鉄技術情報センター 特別研究員
	矢田 恒二	(株)日鉄技術情報センター 研究員
	伊藤 有子	(株)日鉄技術情報センター
	中原 洋二	(株)ワードクラフト 速記

欠席者

委員 寒川 誠二 東北大学 流体科学研究所 教授

METI 藤原 達也 製造産業局 研究開発課 研究開発調整官

配付資料

議事次第

配布資料リスト

資料 1

委員名簿（案）

座席表

資料 2

異分野融合型次世代デバイス製造技術開発プロジェクト

資料 3

委員会ミッションとスケジュールについて

資料 4

MEMS 戦略技術と重要要素技術に関する委員意見

参考資料 1

MEMS 分野の技術戦略マップ

議事次第

1. 出席者挨拶

- ・経済産業省 製造産業局 産業機械課 岡橋課長補佐
- ・NEDO 機械システム技術開発部 小澤部長
- ・委員長および各委員、経済産業省、NEDO、事務局

2. 新規 MEMS 技術開発プロジェクトについて（経済産業省 産業機械課）

3. 委員会のミッションとスケジュールについて（NEDO 機械システム技術開発部）

4. MEMS 戦略技術と重要要素技術に関する委員意見の発表（下山委員長）

- ・遊佐委員
- ・竹内委員
- ・古田委員
- ・武田委員
- ・青柳委員

5. 自由討議（下山委員長）

6. 今後の予定（事務局）

議 事

議題 0. 委員長に下山教授・研究科長、副委員長に藤田教授を選出した。

議題 1. 挨拶

- ・経済産業省 岡橋課長補佐

これまで行ってきた MEMS の技術開発プロジェクトをさらに高度化し、異分野のナノテク、バイオなども融合して展開することで、平成 20 年度から「異分野融合型次世代デバイス製造技術開発プロジェクト」と題して、5 カ年、約 100 億円弱の国家プロジェクトとして、現在鋭意予算要求などを行っているところである。そこで、基本計画の策定などに反映していきたく、よろしく審議をお願いしたいと思っている。

- ・NEDO 小澤部長

平成 20 年度の新規プロジェクトとなる BEANS プロジェクトの基本計画の策定に向けて、重要なポイントの議論を中心に審議をお願いしたいと考えている。

- ・委員長の自己紹介および各委員の紹介を行った。

議題 2. 新規 MEMS 技術開発プロジェクトについて（経済産業省岡橋課長補佐）

資料 2 を使用しての説明があった。

新規 MEMS 技術開発プロジェクトについての説明があり、1 頁目では、今まで、MEMS プロジェクト、MEMS-ONE 開発、ファイン MEMS などの流れがあり、そのような流れを絶やさないためにも、平成 20 年度からナノテク、バイオ領域を融合した形で「異分野融合型次世代デバイス製造技術開発プロジェクト」という技術開発予算事業を行うことになったこと、2 頁目では、今までの情報通信分野や自動車分野が主体であったが、2015 年、2025 年という将来を展望すると、医療やナノテク、バイオ分野などで MEMS の製造技術の確立が必要であり、MEMS 市場でそのような分野の拡大が期待されること、3 頁目では、平成 20 年度から 5 カ年で行う予定で、初年度の平成 20 年度は概算要求ベースで 16 億円、NEDO の交付金事業で行うこと、4 頁目では、3 つの基盤的プロセス（バイオ融合プロセス技術、3 次元ナノ構造形成プロセス技術、大面積・連続プロセス技術）に注力して技術開発を行うこと、5 頁目では本技術開発により達成される「アウトカム」のイメージ例の紹介と、最後の 6 頁目では内閣府の中の総合科学技術会議における平成 20 年度の予算事業の優先度判定に関し、特記事項で「既に経済産業省で推進されている MEMS 関連施策や、文部科学省の先端融合拠点での研究開発とのシナジー効果を十分に発揮させるべきである」というご下間があったことと、この点については、いま行っているファイン MEMS の成果を十分活用することや、文科省の CREST 事業との情報共有や、連携をしっかりとって初年度に十分成果を出すことで、平成 21 年度以降さらに予算を確保できる情勢になると考えている。

議題 3. 委員会のミッションとスケジュールについて（NEDO 渡辺主査）

資料 3 を使用しての説明があった。

委員会のミッションは、①バイオ融合（応用）プロセス、3 次元ナノ構造形成プロセス、大面積・連続プロセスの 3 つの戦略技術に対する妥当性の検討、②戦略技術毎に実施すべき要素技術の掘り下げと絞込み、③各最重要要素技術の 5 年後に達成すべき数値目標の決

定、④以上を踏まえた、基本計画原案の検討、の4つである。

スケジュールとしては、第1回委員会では、プロジェクトの概要説明と全体的なスキーム及び戦略技術についての自由討議およびMEMS戦略技術と重要技術に関する委員意見の発表（5名）を行うことで考えている。

第2回委員会までの間に、第1回委員会の自由討議を踏まえて、基本計画（案）を作成し、またNEDOPOST2を実施し、

第2回委員会では、基本計画（案）の説明とNEDOPOST2からの意見を紹介して、それらを基に総合討議を行い、

第3回委員会までの間に、第2回委員会の総合討議を踏まえて、基本計画（案）を改定し、またNEDOPOST3を実施し、一般からの意見を聞き、

第3回委員会では、基本計画改定版（案）の説明とNEDOPOST3からの意見を紹介して、それらを基に総合討議を行い、その後、基本計画をフィックスし、NEDO内の手続きを経て、このプロジェクトを3月下旬に公募する予定である。

議題4. MEMS戦略技術と重要要素技術に関する委員意見の発表

発表委員の作成したものを綴じた資料4をベースとして、東大教授の下山委員長の司会のもと、それぞれ発表時間は10分とその後の質疑応答を5分程度とし、プロジェクトで投射しながら、発表および質疑応答が行なわれた。

1) 遊佐委員：異分野融合型次世代デバイス創製のための基盤プロセスの構築について（発表）

- ・全体的なプロジェクトの構想等についてお話しするとともに、産業界、企業という立場から、いかに早くプロジェクトを新産業創出、実用化に結びつけるかというマネジメント体制に対する意見を述べる。
- ・MEMSのロードマップでは、第1、第2世代の説明の後、第3世代(BEANS)では従来のMEMSにバイオとナノの融合が加わり、従来の半導体技術の延長では開かれない新しい応用分野が開けて来るという意味で革新的デバイスの創出だと言える。
- ・今回のプロジェクトはデバイスそのものを開発することが目的ではなく、環境・エネルギー、医療・福祉、安全・安心から代表的なデバイスを1~2想定して、それに必要な基盤プロセス技術を開発して行くが、特定デバイスだけでなく多様なデバイスに適用できるような骨太の基盤プロセス技術を確立して行きたいと思っている。
- ・第1、第2世代の研究開発ではプロジェクトが終わって基礎技術の研究開発が終わると商品開発、応用技術開発に移るというシリーズ的な研究を取って来ましたが、今回は少し発想を変えて、イノベーションスーパーハイウェイ構想の実現を踏まえた新しい形の研究開発（企業、ベンチャー企業、大学、産総研の産官学、異分野、異業種の連合で、プロセス基盤技術は集中研でやり、実用化研究への応用は企業が持ち帰って分散研でやり、これも双方向で行う）を行うことで考えている。
- ・技術の融合とオープン化の視点から、Life BEANS、Macro BEANS、3D BEANS

の 3 つの研究開発拠点を設け、それらを統括する研究本部を設け、一括したマネジメントと研究開発拠点の連携を図っていくことを特徴とし、また出口（実用化）を意識して、研究開発マネジメントは産業界出身のマネジメント経験者を置くことによって、産主導型の産学連携を進めたいと思っている。

- ・ 10～20 年続くことを想定してリーダークラスは若手の研究者を抜擢し、グローバルな話もあるので異分野融合の人材を育成していきたいと考えている。
- ・ マネジメントにおいては、パテントおよび国際標準をどうしていくかも重要である。

（質疑）

- ・ 出口を意識すると、ややもすると近視眼的になりかねないが、その兼ね合いをどう考えておられるのか？
→ 出口を意識しないと革新的なデバイス BEANS を作り上げるプロセス基盤技術が出来ないので、代表的なデバイスを 1～2 想定して進めたいと思うが、汎用性があって、コストが安くて、量産性のある技術をどうやって評価するのかをなんらかの形で作って行きたいと思っている。
- ・ 特許やノウハウなど知財の管理、それが産業に出ていく筋道をどう考えておられるのか？
→ 後に、この件の考え方について青柳委員から発表があるので、その時の説明で回答としたいと思っている。

2) 竹内委員：BEANS バイオ融合プロセス

（発表）

- ・ 健康・医療や環境について、体内埋め込みデバイスなど、高感度、高効率、生体・環境適合型のデバイスの実現が 20 年後には必須であり、そのためには生体の材料や合成有機材料を利用したデバイスの製造プロセスの創出が必要である。
- ・ そのために、生体分子、細胞など生体由来の材料と合成有機材料などのウェットな材料の機能を活かすプロセス技術を確認したいと考えており、それらは、①有機・無機ナノ界面制御、②有機 3 次元構造の形成、③有機分子活用ナノ加工、などのプロセス技術であると思っている。
- ・ このプロセスが確立すると、次世代のドライプロセスへの応用も考えられる。

（質疑）

- ・ シリコン側から有機の情報を取り込むという発想について、日本は世界での研究レベルと特許の取得のレベルはどうであると考えておられるのか？
→ 特許はコメントできないが、有機のコアの技術は日本でもかなりピークが出ているので、これをうまく MEMS にコンバインして進めていくという意味で、日本独自の研究体制が取れると考える。
- ・ 基本計画で数値目標は書けると考えておられるのか？
→ エネルギーの変換効率などでなんとか数値目標を出せるよう検討している。

(他の委員の意見)

- デバイスの機能特性はきちんと書けるが、今回はそれが最終目標ではなく、それを実現するためのプロセス基盤技術としてどういう目標を挙げるかが大事である。デバイスの機能的な目標だけでもいけないし、プロセス技術としての構造的な目標だけでもいけないので、両方を加味した設定が必要である。
- 形で規定できるプロセスも、プロセス技術の機能でしか言えないものもあると思うので、個別に考える必要があると思うし、それに加えてデバイスとして何が達成できるかも少し入れることが必要である。

3) 古田委員：異分野融合次世代デバイス創製における3次元ナノ構造形成技術の重要性について

(発表)

- ・ユビキタスあるいはセンサーネットワークの世界は、将来の生活様式を変える重要な要素の一つである。これらのための要素技術自体はあるが、センサーの感度が足りないとか、エネルギーが足りないとか、必要なときにエネルギーを取り出せないとか、ちっとも自立分散型のシステムになっていないとか、大きくて使えないとかの課題があり、実際には使えていないところである。
- ・そのための重要技術課題として、①3次元ナノ構造形成技術、②構造表面への機能性材料の修飾技術、③表面欠陥防止技術、の3つがある。
- ・トップダウン（高密度アスペクト機能性ナノ構造製造）とボトムアップ（異種機能集積3Dナノ構造の自己組織化形成）の融合によってネットワークのための次世代デバイスを実現したいと思っているが、そのためには3Dナノ構造プロセスシミュレーションや材料設計（高分子・ナノ粒子）にまで踏み込んでいく必要がある。

(質疑)

- ・センシング感度1000倍というのは何に対してであるのか？ 数値目標にはその条件も必要であると思われるが。
→検討しているので、それらの条件は決めている。
- ・ユビキタスセンサーネットワークのためのデバイスのアプリケーションレベルから機能レベルに落とし込むことが、数値目標を作る上での必要な要件と思われる。
→アプリケーションレベルからセンサーを特定して、機能をブレイクダウンすることは可能である。

(他の委員の意見)

- もちろん個々のデバイスの機能はある程度考える必要があるが、加えて、どれをプロセスとしてやれば、他のデバイスにも使えるのかという発想も必要である。
- なぜ感度や変換効率が上がるかという物理あるいはロジックにも多少踏み込む必要がある。
- いちばん難しいセンシング機能を実現するための設定をし、これができれば幅広

い応用が展開できるということが言えれば、比較的分かりやすい目標になる。

4) 武田委員：大面積・連続プロセス

(発表)

- ・大面積・シート型デバイスのことを総称して **Macro BEANS** と呼ぶことにする。第1、第2世代の **MEMS** はチップレベルのデバイスを扱って来たが、新しい分野の環境・エネルギー等に使うためには、**Macro BEANS** を考えることで、大きな発展が期待できる。
- ・今まで **Macro BEANS** が製造出来なかった理由は、半導体製造技術をベースとしたシリコンウエハによる真空バッチプロセスが中心であったことによる。
- ・ナノ・マイクロな構造を大面積で、高速、低コストで連続形成するプロセスが **Macro BEANS** には必要だと考えており、実現のためのキーワードは大面積、非真空、そして連続プロセスであると考えている。
- ・**MEMS** ではないが、大面積のデバイスの例に液晶がある。液晶は基板大面積化により製造コストの低減を図ってきたが、高価な真空プロセス装置の大型化によりそのコスト低減効果は飽和傾向にある。そのため、製造プロセスの革新を図るためには、非真空の連続プロセスが必要である。
- ・大面積・連続プロセスの重要要素技術としては、①非真空高品位ナノ機能膜形成プロセス、②大型基板直接高速加工プロセス、③繊維状基材の連続微細加工・集積化プロセスが挙げられる。
- ・これらの技術開発ができれば、現状の映像、通信、エネルギーのデバイスもさらに高品位で低コストなものができるようになるし、また将来的には **MEMS** 埋め込み型クロスのようなものとか、環境・医療に適用できるようなパッチ型のシートデバイスなど、色々なところに展開できる。

(質疑)

- ・液晶ディスプレイで非真空、大面積、低コスト化という開発は各ディスプレイメーカーが取り組んでいると思うが、他分野での研究開発成果との整合をどう考えておられるのか？
→現状では有機エレクトロニクスなどがあるが、ナノ構造を作って3次元的にやっていくアプローチは、あまりやられていないと思っている。
- ・面積・連続プロセスは非常に重要だと思うが、これ以外にも革新的になりうる技術があるのではと思われるが。
→他については思い浮かばないので、ご意見があれば頂きたいと思っている。

(他の委員の意見)

- スマートスキンみたいなイメージ、センシングとアクチュエーションがうまく大面積に広がっているというイメージが増えると、もっとおもしろくなると思うし、1枚だけではなくてラミネーションしてパッケージするというところが入って来

ると、もっと夢が膨らむように思われる。

- ・ **Reel to Reel** ナノ加工プロセスの図はよく見ますが、今までのものとの違いが見えて来ないのではと思える。

→確かに絵が少しプアで、どんな 3 次元構造を作り込むかを示さないと説明できないと思っている。

5) 青柳委員：BEANS プロジェクト成果普及の考え方（メモ）

（発表）

- ・ プロジェクトを始めるに当って、パテントの扱い、標準化をどう考えるかなどの成果普及について考えておくことは重要である。
- ・ 本プロジェクトの成果については、参加企業がそれぞれ事業化を進めることになるが、同時に **BEANS** デバイスをどんどん広げて、産業の裾野を拡大することが極めて大事な視点で、中小・ベンチャー企業を含めた関係企業に速やかに普及させるための仕組みをビルトインする必要がある。
その仕組みとして、パテントプール方式の導入と、知識データベースの構築・公開を考えている。
- ・ もう一つのポイントは、本プロジェクトに関連して戦略的に国際標準化を推進し、今後のこの分野の産業化におけるわが国の優位性をきちんと確保する必要がある。
- ・ パテントプール方式の導入については、パテントプール機関を設置し、一括してライセンスできるワンストップサービスを行う機関をつくることである。知財の権利者はパテントプール機関にサブライセンス権を提出して、その代わりにロイヤリティの分配を受けるという方式である。
- ・ 知識データベースの構築・公開については、中小企業やベンチャー企業など、体力がなくて参加できないところも多いので、知財になる前の知識、研究論文のレベルも速やかに公開して成果を提供したらどうかということであり、**MEMS-ONE** や **ファインMEMS** の知識データベースと共通のプラットフォームの下で利用できるようにし、長期的には **MEMS** 分野の知識 **DB** を集大成して「**MEMS** ペディア」を構築することを目指している。
- ・ 国際標準化については、日本が主導して進めているところであるが、今後、プロジェクトの中で委員会の形などで検討を進め、どんどん切り出して国際標準につなげる努力が必要である。

（質疑）

- ・ 知的財産は国際特許出願が前提になると思うが、ライセンス先はどういう基準で決めるとかのルール作りを考えておられるのか？
→国際特許にすべきかはそれぞれの権利者が判断するものであるが、基本的には使いたい者に等しくライセンスを与える仕組みにすべきだと思っている。
- ・ 特許取得による技術流出の問題についてどう考えておられるのか？

→少し時間をかけて検討していこうと思っている。

議題5. 自由討議

「プロジェクトの全体スキーム」と「MEMSの戦略技術としての重点分野、重点プロセスインテグレーション、重点技術について、これらに絞ることの妥当性」などについて自由討議を行った。

[遊佐委員] 岡橋課長補佐にお聞きしたいと思うが、総合科学技術会議の優先度判定の特記事項で、他の政策、施策を含めてのシナジー効果ということで文科省の先端融合拠点の例も出ているが、本プロジェクトは異業種・異分野のできるだけ多くの技術を融合していくというので、私が座長として検討する中で、三つの研究拠点外の多くの先生方から「ぜひ、うちでもやりたい」「こういう技術がある」という声がある。

先生方から見るとそこで必要な設備が買えるということもあるし、もちろんそこでなければならぬ研究もあって、どんどん分散していかざるを得ないという意味で矛盾を抱えている。

もちろん大学なので、JSTなり文科省で、今回のプロジェクトにリンクした形で予算が取れば、文科省の予算は経済産業省よりたくさんあるので、いろいろな大学の施設を見ると、ほとんどの設備がそろっており、それをプロジェクトの費用で高額な設備を買っても重複することもあるし、また分散するということもある。JST、CREST等とプログラムの提案段階でうまくシナジーが取れば、先生方にもメリットがあると思われる。必ずしもBEANSプロジェクトに全部集中しなくても、設備はJSTの予算で買って、研究は融合でやるという方式も取れるのではと思っている。シナジーという言葉はきれいであるが、どういうところでシナジー効果を図れば良いか悩んでいる。

もう1点はプロジェクトが進展する中で、たとえば下山先生の先端融合イノベーションのIRT(ITとロボット技術の融合領域)、東北大学の江刺先生の今回JSTで通ったMEMSとテーマの連携は進めることはできるが、現実的には予算や人の交流はかなり難しいところもあり、その点で何か知恵を頂ければと思っている。

[岡橋(METI)] 文科省との連携の方策については、いま文科省の担当官と議論をしている。CREST事業は3事業年度ぐらい先を見て、3年分の研究開発の重点領域を内局で複数示して、それを受けてJSTの中で、その領域で研究している方を提案・公募するというシステムだと思っている。

BEANSの異分野融合プロジェクトが来年の4月から正式にスタートするのに伴って、文部科学省の内局予算事業としては立てないものの、異分野ナノテク・バイオ融合型の次世代MEMS分野をJSTの重点研究開発領域として柱立てして、20年度の夏ごろに提案・公募して、予算を確保してBEANSを補完する形で協力したいということで調整している。

これは財務省の予算要求での説明と同じであるが、経済産業省・NEDOは基盤的プロセス技術の開発とはいえ、ある程度アプリケーション先が見えて産業化に資するものを対象に予算支援をし、文科省のJSTの事業の給付対象は基盤研究、基礎研究に近いものにするという役割分担にしようと考えている。

われわれの方にも「このプロジェクトに参画したい」「関心がある」という意向を示される先生方や研究員の方がいるので、BEANS プロジェクトで拾えない分は、手を挙げる段階で意欲的な方がいたら、JST あるいは文科省の担当部局にご紹介して、そこで拾って頂くという協力はしていこうと思っている。

文科省の旧科技庁系のナノテク室の調査官と、差し支えない範囲で議論の内容を共有しているが、平成 20 年度の JST の CREST 事業の一つの柱になることはほぼ内定している。向こうは予算も豊富にあるので、装置の購入など基礎的な手当てはぜひ文科省で見てもらい、われわれはビジネス化、事業化のより出口が見える方法で、ということである。

基盤プロセス技術の開発は事業自体が基礎的なところなので、理念上は整理ができてても役割分担は難しいのであるが、両省の考え方としてはそういうふうに仕切れている。

[下山委員長] 他の御質問はありますか。

[小澤 (NEDO)] ただ今の遊佐委員の集中研との関係をどうするかという議論とも少しリンクするかも知れないが、私自身、MEMS は勉強しているところであり、まだまだ素人であるが、バイオ融合、3次元ナノ構造形成、大面積・連続プロセスの3つの戦略技術に対する妥当性の検討をお願いしており、小寺先生や渡辺さん、浅海さんに聞いても、MEMS を知っている人たちは「間違いなくこの方向だ」と言われる。そこに疑問があるわけではないのであるが、MEMS を知らない一般国民への「この3つだ」という説明をどう整理すれば良いのかと思っている。

隣の電子部は半導体で、これは世界でコンペティションしているので、歩留りを上げるとか、集積度を上げるとか、連続の延長線上の応援をしている。幸い日本の機械分野は強いので、歩留りを上げるとか、連続線上の自動車加速度センサのコストを若干ダウンするとか、そういうところもあるが、電子部と違って機械部は歩留りとかコストではなくて、不連続なところを応援するのかなと考えている。

不連続には技術的な不連続とビジネスモデルとしての不連続性との2種類ある。機械部は今年初めて産学官連携表彰を二つ受賞しましたが、一つは科学技術大臣賞で、セラミックスを粉体で高速で吹き付けると低温で膜ができるという産総研が開発したもので、国内外の人が「この基本特許を買いたい」とたくさん来ましたが、これは技術的な不連続性がある、すばらしいプレーヤーがいたということである。

もう一つは筑波大学の山海先生の介護用ロボットで、いままで人間とロボットは非接触だったのを接触にしている。しかも介護分野で安全倫理問題を克服し、筋電図を取りながらという意味での、ビジネスモデルとしての不連続性である。

そういう意味でバイオは、キーワードとして倫理、安全、生体親和性という分野の不連続性であろうし、3次元ナノ構造はスケールダウン、大面積・連続はコストダウンで、方向性としては連続ですが、ファイン MEMS が1~2割のスケールダウン、コストダウンだったのに対して何十倍のスケールダウン、コストダウンを図るという意味で技術的な不連続性があると考えている。

それでもまだじっくり来ないところがある。比喩的に言えば、日本全体としてはスポー

ツ振興でも、経済産業省の振興はプロスポーツで金が稼げ、最高レベルの研究開発成果を出して実用化、事業化に結びつけられるということである。女子のフィギュアスケートとか相撲はいいけど、アイスダンスとかバスケットをやってはいけないということではないかと思っている。

馬車の代わりに自動車が出てきたという比喻で言うと、馬車に置き換わる機能の自動車の部分は民間企業に任せて、馬車でできなかった高速道路を走るとか、重いものを運べるとか、悪い道を動けるというところである。プロセスであってデバイスではないということかも知れませんが、どういうアウトカムをやるかによって必要なプロセスは違うはずなので、これがプロスポーツになって、ビジネスになって、国内外のライバルと競合して、しかも経済成長して雇用を生み出すという意味で、何でこの3つなのかがもう少しうまく説明できれば良いかなと思っている。

そういう観点で言うと、集中研方式は大賛成ではある。しかし参考資料に「限られた企業だけではなくて新しい、強いプレイヤーの参画をいっそう検討すべき」とある。比喩的に恐縮であるが、経済産業省がプロ野球全体の発展を目指すとするならば、NEDOは球団経営で、優勝して観客を集めるためには、優れた監督、リーダーと、優れた選手を選ばなければいけないと思っている。

ただ松坂とか松井、浅田真央、監督で言えば星野監督のように「この人にかけて大丈夫」という姿が見えてこないところがあり、集中研で良いのか、初めのうちは広めに分室とかでリスクヘッジをかけて、コケても大丈夫なようにしておかなくて本当に大丈夫なのかという部分も、検討して行くべきであると思っている。

後はNEDOの仕事として、産業技術の開発と企業化を促進するという観点で、産学官の総力を結集して行くということだと思っているが、民間企業の厳しいマネジメントをしていくべきである。民間企業は研究を継続する時に非常に厳しくマネージされていると思うが、財政が厳しい中で、たぶん「1年目でここまでの成果を出したから次の予算を取れる」ということになって行くべきであると思っている。

経済産業省・NEDOのプロジェクトが産業化を意識している以上、明確なマネジメントとゲートを1年ぐらいの単位で設定しておく必要があるように思っている。

〔下山委員長〕 何かご意見はいかがでしょう。

〔小寺(NEDO)〕 総合科学技術会議の話が出て、特記事項に「文部科学省の先端融合拠点での研究開発とのシナジー効果を十分に発揮させるべき」とあるが、先端融合拠点は単一企業または複数企業と大学とのマッチングファンドで出来ており、半分ずつ予算が出ているシステムであり、いまここで検討されているものがそことリンクすると、それぞれ参加している企業との話になってしまうと考える。

文科省のナノテク材料部がやっているナノ支援は全国13拠点で、ああいうものの設備をナノの合成とか材料の合成でうまく利用しなさいという話ならよく分かるが、先端融合拠点は特定目的のために企業とマッチングで研究開発をやっているという話ですから、先端融合拠点とのリンクという点はどうことになるのであろうか。

[加賀 (METI)] これは総合科学技術会議のヒアリングの際にあった、先端融合拠点に関係のある有識者の方からのご指摘で、どこまで詳しく考えて言ったのか分からないところはあるが、まったく別物としてやってしまうのは避けた方が良いのではないかと、同じ内容で研究するという重複を避けて行けば良いのではないかとというサジェスションと受け取っている。

情報共有などの連携の仕方もあるので、緩い連携という形で検討して行けば良いのではと考えている。

[下山委員長] さっき小澤さんが言われた「分かりにくい」というのは、3次元ナノとかバイオ融合という技術の話が、世間一般のタックスを払う人に分かりにくいのは事実なので、広報の時には努力しなければいけないと思っている。ただ技術レベルについて、ここが重要なのは事実かも知れないと考えている。

球団経営も大変で、松井も放出の話が出ているが、改めてシビアだと思いました。それではスキームについてはご意見が出たということで、MEMSの戦略技術についての討議に入りたいのであるが、先ほどのプロジェクトの説明にあったように、20年後の社会に革新的なインパクトを与える分野として、環境・エネルギー、健康・医療、快適・安心・安全の分野でのデバイスが企画されて、その実現に必要なプロセス技術はプロセスインテグレーションとして、3次元ナノ構造形成、バイオ融合プロセス、大面積・連続プロセスの三つが挙げられている。

そこで重点分野、重点プロセスインテグレーション、重点技術をこれらに絞ることの妥当性についてご意見を頂きたい。はっきりと、わかりやすく説明しなければいけないというのはおっしゃる通りだと思っている。

[小澤 (NEDO)] 三宅委員が言われたように、ここをやれば競争に勝ってビジネスになるとか。バイオが世界で本当に強いのかとか。NEDOはライフサイエンスということでやっているが、ライフサイエンスが相撲だとすれば、やれば良いということかも知れないが、そのあたりの評価が必要ではないかと思っている。

[下山委員長] ご意見はいかがでしょう。

[三宅委員] 日本の産業の強さを教科書的に言うと、素材を買って、付加価値を与えて輸出するということである。それを実践してきたのがICT、情報通信産業の分野で、シリコン、石を買って付加価値を与えて来ましたが、今はICTの技術革新にいろいろな意味で停滞感がある。

一つは技術的に既存の延長では停滞して来ていること、もう一つは特にアジア地域との競合が激しくなって、日本で付ける付加価値と同じようなことをアジア企業が付けられるようになったことがある。それからマーケティングの点で見ると、それが陳腐化して来ている。例えば携帯電話、自動車という第2次のMEMS分野はだれがどう見ても重要だと分かるので、そこにリソースを投入して来たわけである。

ですから不連続な新しい分野を作らなくてはいけない。おそらくコアになって行くのは従来にない要素で、バイオや3次元プロセスなどである。例えば製造プロセスで、真空の

ものの中で大型化してきたという流れを打ち切る新しい提案が必要になると思っている。今までの日本の成功体験がかなり停滞して来ている中で、それをもう一度ドライブするような役割になるという印象がある。

[遊佐委員] 我々の意図をうまく説明して頂き感心している。私もまったく同感である。ものづくりの技術では中国をはじめアジアがどんどん追いついて来て、連続の技術を進めるという意味では日本のものづくりだけがお家芸ではなくて、例えばサムスンが資金を圧倒的に投入して一気に追いつき、追い越そうとしている中で、日本のものづくりとして何か特長を出さなければいけない。そうすると連続というよりは不連続ということである。

そこで不連続にするにはどうするか。特に MEMS は 1990 年代からずっと培ってきた技術で、ヨーロッパ、アメリカに次いで日本は 3 大拠点であるが、これだけを追求すると連続の延長になる。BEANS の名のとおり、バイオ、ナノを融合することで一気に不連続性を上げて、なおかつそれをものづくりのレベルまで落とさないといけないと思っている。

もちろんチャンピオンのなデバイスを出すことも大事であるが、日本の特長は装置も含めてそれをきちんと作る製造インフラがあることである。今日は装置の提案は無いが、プロジェクトの中には装置メーカーが 2 社入っている。プロジェクトの仕事としてはすぐには参画できないけれども、実用化の段階においては特に汎用の装置としてやって行きたいということもある。

ものづくりのレベルまできちんとやらないと、アジアの趨勢ではすぐに追い越される可能性もあるが、そういう意味でバイオと MEMS の融合は、韓国など他のアジアではものづくりという観点からは取り組まれていない。今日はわれわれの言いたいことを三宅委員から頂き、非常にありがたいと思っている。

あと私は個人的にオリンパスという企業の関係で、ライフサイエンス、バイオに非常に力を入れているが、いまの日本のバイオ産業は創薬など医療産業、創薬産業に特化している。ただ医療の先端的な診断、観察技術は欧米が進んでいるので、この分野で発揮するのはなかなか難しいところである。バイオの技術は細胞のハンドリング技術などいろいろ持っているが、それだけではなかなか細胞にならない。

かといって、これからはバイオが重要なので、バイオ単独で欧米と戦うのではなく、日本が得意とする MEMS のようなものと組み合わせることで、産業という観点から欧米に対して優位に立てるのではないかと思うので、私はこのプロジェクトの提案を聞いた時に BEANS の B は「バイオ」というところに着目すべきだと思いました。

[下山委員長] 3 重点技術に絞る妥当性について、他にいかがでしょうか。特に否定的なご意見があれば、お聞かせ頂きたい。

委員の発表の時にご意見を伺い、いまもご意見を伺って、また技術的なところで「分りにくい」という注文もついているので、今日の議事録を読んで NEDO でまとめる作業を進めて頂きたい。この絞ることの妥当性はあったということによろしいでしょうか。どうもありがとうございました。

その他、何かご意見はいかがでしょうか。

[安達 (オブザーバー)] 目標設定のところでは、どうしてもあるデバイスを想定した目標設定についてどうだという話になり、例えばセンシング感度が1000倍という話になると、それを数値目標でどう提示するのかという話になるが、一方で物理的に感度が上げるにはこういった構造が必要だという知見があって、それを実現するためのプロセス化をしていくことも非常に重要だと考えているが、結論的にどうしたら良いかは、まだ議論ができていないところがあると思っている。

あとは渡辺主査からもあったように、数カ月でまとめることになるが、5年後の数値目標をどのように設定するのかという、非常に大きい課題が出て来ました。そういったところについて、全体を進めていく上で何らかの形のサゼスションを頂きたい。今日の議論で行くとバランスを取ってという話になると思うが、できれば具体的に、どちらの方向が良いのかという形で意見を頂ければありがたいと思っている。

[三宅委員] 半導体の例ですが、最先端のプロセスを作った時にちゃんと機能するかどうかの判定で、SRAMを開発して、それが機能すれば他の回路もちゃんと動くという話がある。これがそのまま当てはまるかどうか分かりませんが、同じようなスキームで、かなり厳しめに具体的なデバイスを想定して、それが動けばより汎用性のあるいろいろなデバイスに展開できるという判断ではどうでしょうかというのが私の提案である。

[下山委員長] 他にいかがでしょうか。

[青柳委員] テクニカルな話で恐縮であるが、目標設定は基本計画の中で具体的な数値目標を作るのが必要なのであろうか。実施計画段階になると、毎年の実施方針の中になんか具体的に書かれると思われるが、今回のケースは対象デバイスもはっきりしていないので、基本計画で具体的な数値目標というのは難しいと思うので、その辺の書き方を工夫されると良いのではと考えている。

[小澤 (NEDO)] おっしゃる通りであるが、ただ NEDO 全体の中では基本計画の中でも大事なところはできるだけ定量的な目標を掲げている。中間評価や事後評価で、目標値が達成できたかどうか、計画を継続していいのか、変更すべきなのか、加速すべきなのか、縮小すべきなのかのメルクマールになる客観的なものがあればと思っている。

定量的にするのが困難だとしても、今回の方式は集中研とは言いながら産業界的な研究開発マネジメントを行うということなので、企業のお金でチャレンジングな研究開発をした時に、翌年も続けるのかどうか、変更すべきか、加速すべきかという時に、どういう設定をするのか。産学官の総力を結集するが、マネジメントとしては、できるだけ民間企業に近いやり方で出来ればと思うのである。

[下山委員長] 他にいかがでしょうか。球団経営側からすると何割何分とかであろうし、社長からすると株価が評価になるとか、そういう数値目標がうまく設定できればというのは理解できるところである。

[藤田副委員長] 一番最初の出口とは何かという質問とかかわるが、長いレンジで、しかも集中研でやるということは、みんなで技術を共有することであるので、各社が独り占めできるプロセスを開発するのではなくて、今後こういう基盤に立って各社が結実

するものを育てられる土壌を作ることになるのである。だからこそ、それを支えるインフラとプロセス、設備、技術ノウハウ等があるところに集まってみんなでやるという意味で集中研になっていると理解している。

そこで土壌がどれだけ肥えているかを数値化しなければいけなくて、何が生えたとか、トマトがいくつ取れたということの数値化してはいけなく、そこに注意しなければいけないというのが私の思っているところである。

ただ少しテクニカルに入れば、三つの技術のうち大面積はまったく新しい技術で、今まで1mだったのが数メートルになるとか、連続した長いシートが作れるようになるという意味での数値化はある程度できるような気がする。バイオは千差万別で、あまりに一つのものに特化したスペックを描くと、チャンピオンとは言いながらも転用が利かない恐れもある。だから何を目標にするかである。

出来るかどうか分からないが、例えばバイオ・コンパチビリティは何にでも問題になるので、そういうことに集中して、血栓が何日できないという形で書くということもある。機能もダイオキシンが何ppmまで測れると言ってしまうと、そのためのことをやらなければいけなくなるので、その辺は非常に注意して設定すべきである。

このプロジェクトは、どれだけ肥沃な土壌がどれだけ広い範囲にできたかを評価すべきで、何が出来たかはあまり評価しない方が良いと思っている。いま直接アイデアは無いが、そういう意味での汎用性なり広がりやをうまく書き込めるようにした方が良いと思うので、大面積はロール・ツー・ロールなり Reel to Reel で何十メートルのものを作れるというのは今までに無くて、それが出来ることで非常に安く、広い面積が出来るようになるだろうから、そこは質的に違うことを数で書きやすいし、他に関しても、そういう形をうまく出せるように考えるべきではないかと思っている。

[下山委員長] 今日貴重なご意見をたくさん頂きました。どうもありがとうございます。

議題6. 今後の予定

下山委員長の予定をもとに、委員の挙手により委員の出席の多い時間帯を決め、第2回委員会は平成20年1月9日(水)15:00~17:00の開催と決定された。
尚、開催場所については追ってご連絡することとした。

以上

5. 2 第2回 MEMS の技術戦略等検討委員会議事録

日時：平成 20 年 1 月 9 日（水）15：00～17：20

場所：東京国際フォーラム 4F G407 会議室

出席者（30 名 以下敬称略）

委員長	下山 勲	東京大学大学院 情報理工学系研究科 教授・研究科長
副委員長	藤田 博之	東京大学 生産技術研究所 教授
委員	寒川 誠二	東北大学 流体科学研究所 教授
	竹内 昌治	東京大学 生産技術研究所 准教授
	三木 則尚	慶応義塾大学 理工学部 専任講師
	伊藤 寿浩	(独)産業技術総合研究所 先進製造プロセス研究部門 ネットワーク MEMS グループ グループ長
	遊佐 厚	オリンパス(株) 取締役 未来創造研究所長
	武田 宗久	三菱電機(株) 先端技術総合研究所 マネージャー
	古田 一吉	セイコーインスツル(株) 技術本部 新事業企画推進部 部長
	三宅 常之	(株)日経 BP 社 日経マイクロデバイス編集 副編集長
	青柳 桂一	(財)マイクロマシンセンター 専務理事
METI	岡橋 寛明	製造産業局 産業機械課 課長補佐
	加賀 義弘	製造産業局 産業機械課 技術係長
	藤原 達也	製造産業局 研究開発課 研究開発調整官
	増田 光俊	製造産業局 研究開発課 研究開発専門職
NEDO	小澤 純夫	機械システム技術開発部 部長
	小寺 秀俊	機械システム技術開発部 PM（プログラムマネージャ）
	松田 均	機械システム技術開発部 主任研究員
	金山 恒二	機械システム技術開発部 主任
	浅海 一志	機械システム技術開発部 主査
	渡辺 秀明	機械システム技術開発部 主査
	松本 秀茂	企画調整部 課長代理
オブザーバー		
	佐伯 徳彦	METI 航空機武器宇宙産業課 宇宙産業室 室長補佐
	樫福 錠治	METI 航空機武器宇宙産業課 宇宙産業室 宇宙企画一係長
	安達 淳治	(財)マイクロマシンセンター 調査研究部 部長
事務局	日野 俊喜	(株)日鉄技術情報センター 調査研究第一部長
	加藤 正彦	(株)日鉄技術情報センター 特別研究員
	矢田 恒二	(株)日鉄技術情報センター 研究員
	伊藤 有子	(株)日鉄技術情報センター

配付資料

- 議事次第
- 配布資料リスト
- 座席表
- 資料 1-1 (新製造技術プログラム)「異分野融合型次世代デバイス製造技術開発プロジェクト」基本計画 (案)
- 資料 1-1-1 異分野融合型次世代デバイス製造技術検討体制 (案)
- 資料 1-2 NEDOPOST2 20年度新規研究開発プロジェクト
(案) 概要に対する意見の集約結果
- 参考資料-1 第1回委員会議事録

議事次第

0. 挨拶 (経済産業省 産業機械課 岡橋 課長補佐)
1. 「異分野融合型次世代デバイス製造技術開発プロジェクト」の基本計画 (案) の説明
およびNEDOPOST2の意見集約結果の紹介
(NEDO 機械システム技術開発部 渡辺主査)
2. 総合討議 (東京大学 下山 委員長)
 - ・ 研究開発の目的、目標及び内容の妥当性
 - ・ プロジェクトの実施方式などの妥当性
 - ・ (別紙) 研究開発計画における研究開発の必要性および具体的内容の妥当性
(特に、絞り込んだ技術の妥当性)
 - ・ (別紙) 研究開発計画における達成目標の決定
3. 今後について (事務局)

議 事

議題0. 挨拶 (経済産業省 岡橋課長補佐)

年末ギリギリのタイミングでしたが、異分野融合型次世代デバイス製造技術開発プロジェクト (通称 BEANS プロジェクト) の予算の内示があり、総額で 11.5 億円の予算規模を確保することが出来、また NEDO 交付金事業で行うことを前提に基本計画作り、その他事務作業を進めて来ましたが、平成 20 年度は経済産業省産業機械課、研究開発課の直執行事業として行うことが確定した。

その変更に伴って若干の事務手続き、契約上の追加的な作業をお願いすることになるかも知れませんが、基本骨格は変えなくて済むことになっているので、基本計画の内容については引き続き協力をお願いしたいと思っている。

議題 1. 「異分野融合型次世代デバイス製造技術開発プロジェクト」の基本計画（案）の説明および NEDOPOST 2 の意見集約結果の紹介（NEDO 渡辺主査）

まず、NEDO/機械システム技術開発部の渡辺主査より、資料 1-1 に基づき、基本計画（案）の説明が行われた。

その資料の「1. 研究開発の目的、目標及び内容」、「2. プロジェクトの実施方式」、「研究開発の実施期間」、「4. 評価に関する項目」、「5. その他の重要事項」、「6. 基本計画の改訂履歴」のところまで説明を行い、内容的に理解しにくい箇所などについての質疑応答が行われた。

（質疑応答）

- ・ 3 ページの 5. の「②知的基盤整備事業又は標準化等との連携」のところで「研究開発成果の国際標準化を戦略的に推進する仕組みを構築する」とあるが、具体的にはどういふものを想定しているのか。
→ 集中研の所長の下に国際標準化も含めた戦略を推進する部隊を作って、そこを中心に国際標準化推進の活動も併せてやって行くと言うことで考えている。

次に、「(別紙) 研究開発計画」の研究開発項目①「バイオ・有機材料融合プロセス技術の開発」についての説明が行われ、質疑応答が行われた。

（質疑応答）

- ・ 語句の統一を取られた方が良いのではないかと考えている。①のタイトルでは「バイオ・有機材料融合プロセス技術の開発」、5 ページの (1) は「バイオ・有機・無機融合ナノ界面形成プロセス技術」と書かれており、その上の「研究開発の必要性」の (3) は「バイオ・有機・無機融合ナノプロセス」となっている。
同じように 6 ページの①では「融合」ではなく「複合」になっており、このページでは「プロセス」の後に「技術」が付いていない。
→ 統一する。
- ・ 6 ページの①に「1 μ m 以下のハイドロゲル膜の形成」、また中間目標の①にも「5 μ m 以下のハイドロゲル膜の形成」というものがあり、厚みだろうと思うが、何を指すのかを定義しておくことが必要である。
また、②の下から 3 行目に「100nm 以下の等間隔ドット形成プロセス、および網目など、バイオ・有機材料による高次構造形成プロセスの実現を目指す」とあるが、「および網目など、」がどこにどうかかるのか、読みにくいので説明して頂きたい。
→ 網目などは高次構造形成にかかるので、「100nm 以下の等間隔ドット形成プロセス、およびバイオ・有機材料による網目などの高次構造形成プロセスの実現を目指す」とする。

次に、研究開発項目②「3次元ナノ構造形成プロセス技術の開発」についての説明が行わ

れ、質疑応答が行われた。

説明に当り、8ページの2.の(2)「異種機能集積3Dナノ構造の自己組織化形成技術」は余分な言葉「の自己組織化」を削除して「異種機能集積3Dナノ構造形成技術」に変更することの説明があった。

(質疑応答)

- ・9ページの②の「異種機能集積3Dナノ構造形成技術」の下の方、「微細構造埋め込みを5分以内」は、微細構造に何を埋め込むのかなど、説明が分かりにくいと思う。
→「微細孔に金属あるいは酸化膜を埋め込む時間を5分以内」という意味合いに加筆修正する。
- ・8ページの2.の(1)の下から2行目の「MEMS製造技術として」では従来のMEMS製造技術とごっちゃになる。
→「未来デバイス製造技術として」とか、「革新的次世代デバイス製造技術として」とか、他のところと合わせた表現に統一する。
- ・打ち間違いと思うので、8ページ1.の(2)の下から3行目で「トライボロジー」は「トライボロジー」に直されたい。
→了解。

次に、研究開発項目③「マイクロ・ナノ構造大面積・連続製造技術の開発」についての説明が行われ、質疑応答が行われた。(13ページは当日配布の差し替え分を使用)

(質疑応答)

- ・11ページのタイトルは「マイクロ・ナノ構造大面積・連続製造技術の開発」であるのに対し、2.研究開発の具体的内容には「・・プロセス技術」となっており、統一が取れていない。また、2ページでは「③ ナノ・マイクロ構造・・・」となっている。
→「マイクロ・ナノ構造大面積・連続製造プロセス技術の開発」とする。
- ・12ページの電子移動度が $1\text{ cm}^2/\text{Vs}$ と $1\text{ cm}^2/\text{V}\cdot\text{sec}$ と混在している。また $1\text{ cm}^2/\text{Vs}$ のように平方がすべて上付きとなっていない。
→併せて見直したい。

次に、研究開発項目④「異分野融合型次世代デバイス製造技術知識データベースの整備」についての説明が行われ、質疑応答が行われた。

(質疑応答)

- ・達成目標の最終目標と中間目標に蓄積するデータ数の1500件、700件はどういう根拠から来ているのか。
→現在走っている高集積・複合MEMS知識データベースの3年のプロジェクトがあって、そこでの目標値が1,500件で、それに合わせている。
- ・14ページの「最終目標」5行目で「この知識情報をMEMSONE設計解析支援システムで活用できるようにする。」とあって、「中間目標」のところでは「MEMS用設計・

解析支援システム」と言い換えている。統一が取れていない。

→「MEMS 用設計・解析支援システム」に統一する。

基本計画（案）の説明と質疑応答が一通り終わったが、資料 1-1-1 を使用して、次回の委員会までの間に、担当分野についての見直しを更にお願ひする検討体制（案）の説明が行われ、了承された。

（休憩）

続いて、資料 1-2 を使って、NEDO POST 2 の意見の集約結果の説明が行われた。平成 19 年 12 月 7 日から 12 月 20 まで行われ、17 機関から 27 件の意見の応募を頂いた。集中研方式の支持の意見ばかりであった、およびその代表的な意見の説明があった。2 ページ以降に項目ごとの体制・プロジェクト全般に関する意見、研究開発課題に関する意見などがあるが、基本計画（案）の作成の参考としたことが報告された。

議題 2. 総合討議（東京大学 下山委員長）

下山委員長の進行のもと、研究開発の目的、目標及び内容の妥当性、プロジェクトの実施方式などの妥当性、（別紙）研究開発計画における研究開発の必要性及び具体的内容の妥当性（特に絞り込んだ技術の妥当性）、（別紙）研究開発計画における達成目標の決定の 4 つのテーマについて討議が行われた。

〔遊佐委員〕 今回のプロジェクトの特徴として、社会・経済的状況や途中での進捗状況など総合的に勘案して、基本計画を変更して、達成目標、実施期間、その他を弾力的に見直すことがうたわれている。

そういう観点から見ると、目標のレベルはこの位の細かさが良いのか。もう少し漠然とした目標でも良いような気がする。もちろん目標が明確であることは大事であるが、長期の研究であり、もう少し目標をぼかすところはぼかし、はっきりしなければいけないところははっきりするとか、メリハリがあっても良いような気がするので、皆さんの意見も聞かせて頂きたいと思っている。

〔下山委員長〕 この件についていかがですか。

〔青柳委員〕 遊佐委員のお話をもっともだと思うが、例えば 3 ページの下の「基本計画の変更」で弾力的に見直すという項目が入っている。推察するに、プロジェクトとしてある程度の目標を掲げて走って行かないと「いったい何をやっているのか」という話になりかねないところがあるので、現時点で想定し得るものはここで掲げて、「基本計画の変更」のところでもう少し手を入れて弾力的にすると良いと思う。

〔遊佐委員〕 より詳細な話は実施計画の中に盛り込むことも必要で、その方がやりやすいのではないかと思うが、こういう国のプロジェクトはいったん数値を置くと数値達成だ

けが目標になって、そこに精力を費やしがちである。例えばバラつきや誤差も、±20%とか10%という数値の妥当性についてはそんなに分かっていないと思う。もっと緩くても良いかも知れないし、もっと厳しくしないと意味がないのかも知れない。その辺を実施計画の変更の中でいじれるぐらいの自由度があった方が目標として良いような気がした。

〔藤田副委員長〕 ある意味で青柳委員の意見に近いのであるが、いま考えられる数値として何か挙げておく。基本計画は公募をするために使うので、その時に目処が無いと、より微細化するという言葉だけでは、100 μ m が微細なのか 1nm なのか分からないと言うことがあって、何かの数を入れたいと思っている。

逆に言うと基本計画の変更で、いまの数字をより妥当な数字に変える手順がもう少し見えるようにして、「こういう理由でこう変えた」というのを中間評価なりできちんと見て頂くとすることも含めて評価すると言うのが分かれば、いま最善の努力をして決めた数値目標と、2~3年研究を進めて、社会情勢も変わった上で、要請が変わって来て、より明らかになった数値を使うと言うことは意味があるような気がする。

「今の基本計画の変更の文章だけでは、どこまでコントロール可能かどうか心配だ」と言うのが遊佐委員の話だと思うので、計画に書くべきなのか、書かなくても当然と言うことになっているのか、そういうことも含めて議論をして頂ければ良いと思う。

〔下山委員長〕 これについて、他に意見はありますか。

〔武田委員〕 私は遊佐委員の意見に近く、それほど多くのプロジェクトにかかわっている訳ではないが、基本計画の段階ではここまで厳密に数値が出ているものは無いような気がする。実施計画の段階では最善の数値目標を記載すべきだと思う。しかし公募する段階ではある程度狙っているレベルが分からないと公募できないと思うが、均一性±3パーセントと言うことは基本計画では出さなくても良いのではないか。むしろ実施計画で出すべきではないかと思っている。

〔下山委員長〕 他の意見はどうですか。

〔藤田副委員長〕 実施計画はどの時点で、だれが、どのようにして決めるものか。言葉をきちんと定義して議論しないと間違えるといけないので。

〔松本（NEDO）〕 基本計画はプロジェクト全期間を通してあるもので、他に今年度は何をするかを毎年定める実施方針がある。あとは詳細と言うか契約に近いが、どこまでに何をやるのかを細かく定めた、契約書につける実施計画書がある。

企画調整部としては公募の時にどれ位を目指すのかと言う情報提供をしているが、評価の基準、達成を測る尺度と言うことで、出来るだけ当初から定量的に具体的な数字が出る方が望ましいという指導を各推進部にしている。あまりにも漠とした目標だと、達成しているのか、していないのかが分からなくなり、NEDO としても管理が難しくなる。

ただ最初の目標がずっと生きていて、外部環境の変化や競合他社の状況によってフレキシブルに変わらないのでは融通が利かないので、そのために基本計画の変更についての文言を作っている。

〔下山委員長〕 それではまとめると、この基本計画を見て応募する訳ですから、誤解を生まないように数値を定める。ただ、それがあまりにも細かくなって、基本計画に特に書く必要が無いところも有るだろうと言うことで、今の意見を参考に、そこから先は NEDO に作業をしてもらうと言うこととなった。

それでは、基本計画の目的、目標及び内容について、委員の皆様の意見はどうですか。では私からも一言。2 ページ「研究開発の内容」の①～④で、①がバイオ・有機材料で、バイオのファンクションを使おうとすると有機材料と親和性が良いので、それをうまく融合したプロセスにしたい。②は3次元のナノ構造から発現するファンクションを利用したい。③の面積も重要である。④はそこで得られたものをデータベースに、と読めるが、具体的な記述で、「バイオ・有機・無機」や「バイオ・有機」などの言葉の統一が出来ていなく、それによると思うが、①と②の切り分けが分かりにくくなっているような気がする。もう少しスッと読めるように整理されると良いと思う。

〔藤田副委員長〕 私の感じで言うと、実際に研究する内容が界面になったり、高次構造を作るとかで狭くなっているが、バイオ・有機をくっつけると、一番のポイントは界面である。そういうものをうまく高次構造として秩序立てて作らなければ、ただべろっと塗っただけでは仕方がないと言うあたりが一番のキーだと。その辺の繋がりが必要性で読み取りにくいので、そこを書き込めば良いのではないかと思う。

〔下山委員長〕 もし界面が重要だったら、無機という言葉は落としても良いのでは。キーワードがたくさんあるから、何が必要なのかわからなくなってしまう。

〔藤田副委員長〕 無機と書いてなくて無機をやることになった時に、それはいけないんじゃないかという意味で付けたのだと思うが、どこまで厳密にとらえるかという話である。もともとシリコンかガラスから始まるのだから、記述が無くても当然入ると言うことであれば、そのキーワードを抜いてしまうのも一つのやり方だと思うので、そこは議論すれば良いと思う。

〔下山委員長〕 「目的、目標及び内容の妥当性」について、他の方はどうでしょうか。

〔古田委員〕 中間目標と最終目標の関係は、例えばデータベースの蓄積件数が中間目標で750件、最終目標で1500件というのは非常に分かりやすいのであるが、研究開発項目のところでは中間目標と最終目標で同じ目標指標を無理に取っているように思える。あまり無理に取る必要は無いのではないかと思う。例えば中間目標ではA法、B法、C法とある中のこれを選ぶとかの基本的な要素を決めて、設定値を達成するのは最終目標でというステップがあった方がより自然だと思う。

〔下山委員長〕 他にいかがでしょうか。

〔三宅委員〕 日本の国際競争力を優位にするという点で、このプログラムにどういう工夫がなされているのか確認したいと思う。例えば知識データベースは日本語であるとか、研究に参加できる機関は原則国内に拠点を有しているということが考えられるが、一方で知識データベースを公開することは他にも広く情報を伝えることになるし、外資であって

も国内に研究拠点が置ければ情報が取れる。

「こうした方が良い」という意見がなくて漠然とした質問になっているが、そのあたりで納得できる考えがあれば、教えて頂きたい。

[渡辺 (NEDO)] 三宅委員のご指摘の通りで、公開の原則もあり、ここで仕入れた知識は基本的に日本語で公開すると言うことで日本の底力を上げることが一つの狙いである。あとは国際標準化への取り組みと併せて、何らかの標準が取れば国際競争力強化に繋がるものと考えている。

[下山委員長] それでは「研究開発の目的、目標及び内容の妥当性」は指摘の点を含めてアップデートを NEDO にお願いします。次に「プロジェクトの実施方式などの妥当性」について、委員の方からの意見をお願いしたい。

[藤田副委員長] 4 ページの 5 の (4) 「人材育成」は、競争力の面でもこういうことを共有できる人材が日本の中で育つのは大事なことだと思うが、これをどのように反映すべきか、どう実際に実施して行くのかと言うあたりはどういう見込みで書いているのか教えて頂きたい。

[渡辺 (NEDO)] これは集中研方式で行うが、技術分野は大きく分けて三つ、知識データベースを入れると四つある。その技術分野ごとに、技術全体を取りまとめるようなリーダーを、比較的若手の先生なり民間の研究者かも知れないが、そういう人を据えてはどうかと考えている。

[藤田副委員長] そのような人材育成のところをちゃんと見ているかどうか、提案のところをチェックすべきだと言うことで考えておいて良いのか。

[渡辺 (NEDO)] その通りである。

[下山委員長] 他の意見はいかがですか。

[遊佐委員] 今回のプロジェクトの特徴は非競争領域での基盤技術の獲得と言うことで、国のプロジェクトで得られた成果は広く産業界に普及するという意味では、データベースを作ったり、設計ソフトウェアのシステムを作ったりしたものを公開するのが原則になる。逆に企業から見ると、何のためにこのプロジェクトに参画するのか。企業なりのリスクを負ってプロジェクトに参画して、なおかつ集中研方式となる。従来の持ち帰りなら企業にとっても設備やノウハウが残る等の比較的直接のメリットがあるが、集中研方式はそれが薄い訳である。それをあえてリスクを取りながら、企業が一番乗りで手を挙げて、人を出して参画する訳であるので、やはり何らかのアドバンテージは欲しいと思う。例えば 3 ページの「成果の普及」に「知的財産を広くライセンスする等の仕組みを構築する」とあるが、このプロジェクトに参画する企業に対しては、何かのアドバンテージがあるように、産業側にとって非常に大事なところであるので、その辺をもう少し強調しても良いような気がする。

[渡辺 (NEDO)] 今後検討させて頂きたい。

[藤原 (METI)] 知的財産権の扱いの話でしたが、原則は集中研でも分散研でも研究者

が研究するので、研究した人のところにバイドール法で成果が行くことになっている。集中研に人を出さなかったところにはノウハウは来ないが、人を出して大学の先生と一緒に苦労されていれば、ちゃんと企業に戻って来てくれれば、ノウハウとして入ってくる訳である。そのあたりは逆にどういう心配をすれば良いのかを、もう少し具体的に教えてもらえればと思う。

[遊佐委員] 製造プロセスはノウハウをきちんと持たないと公開したことにはならないような気がする。ノウハウの部分はかなりあると思うので、従来のようなパテントだけの公開ではなくて、少しノウハウも入れないと、本来の役に立つ知識データベースにはならないような気がする。

[藤原 (METI)] よく言うレシピみたいな話の中で、どういう条件でやるかというのはプロジェクトとして表に出て行くものでしょうか。逆にそういうものは出さないような気がする。そこまで公開しろとはだれも言っていないような気がするが、どうでしょうか。冒頭に岡橋課長補佐からもあったように、経済産業省のプロジェクトで出発することになるので、NEDO さんも含めて相談したいと思う。もし参画されるのであれば、是非とも良い人材を集中研に出して頂くとしか言えないと思う。

[遊佐委員] 逆に企業が良い人材を出してプロジェクトを成功させるには、知的財産権やノウハウの扱いで、企業側にとって「これは出しても良い」という仕組みや制度が必要ではないかと思う。

[藤原 (METI)] 基本計画に書くのではなくて、公募して、手を挙げた方の中で具体的なプロジェクト・フォーメーションの話が出て来ると思うので、その中で知財の取り扱いの議論も当然出て来ると思う。

[遊佐委員] 基本計画の段階でどこまで担保できるかは有ると思うが、ある程度担保した方が、企業は積極的に良い人材やテーマを出すとと思っている。

[下山委員長] 逆に言うと、どれぐらいのことが書かれていると良いのでしょうか。

[遊佐委員] この文面を読むと、「広くライセンスする」と言うと、だれでも使えるのではないかという印象を受けるが。

[藤原 (METI)] ライセンスすると言う時に、プロジェクトで集まっている人だけでクローズドしてしまうというやり方ではなくて、MEMS 技術、BEANS 技術を広めるためにはある程度出して行かないといけないが、その範囲は当然検討しなければいけないと思う。それから、装置メーカーがどう関与してくるかは良く分かりませんが、プロセスは装置に入っていきますので、装置メーカーとの関係も議論しておかないと「実際は作った装置メーカーのところに全部レシピが行ってしまった」と言うことになり兼ねない危険性もあるので、知財の話は別途に相談させて頂きたい。

[下山委員長] 研究成果の取り扱いについては、また NEDO の宿題になるが、企業や大学の意見も聞きながら、今の議論を土台として次へ進んで頂きたいと思う。

[藤田副委員長] 今のところで思いつきであるが、「普及による産業化促進の観点から」

のところに競争力という言葉を入れるとか、「産業として発展させるけれども、個々の企業の競争力なり日本の国際的競争力がきちんと確保される形で広くライセンスする」ということを少し入れておくという手が有るかも知れない。

〔三宅委員〕 このライセンスを受ける側の企業に対して、このプロジェクトに参加するモチベーションを与えるために、例えばライセンスを受ける時に参加企業には有利なようにするという基準が入れられるかどうか、検討して頂くことは出来ないでしょうか。

〔下山委員長〕 それも NEDO の宿題ということで、よろしくお願ひしたい。時間が無いので、次の「研究開発計画における研究開発の必要性及び具体的内容の妥当性」について、委員の方々の意見を伺いたい。

〔藤田副委員長〕 細かいことであるが、12 ページの(3)の繊維状基材の連続微細加工・集積化プロセス技術の最後の方に、シートデバイス同士をつなぎ合わせてという技術とか、大面積デバイスを封止実装するロールツーロールラミネートプロセスと言うのがやや唐突で、繊維状との関係が良く分からない形で出ている。このシートデバイスは異種繊維状基材を織ってウィービングした結果できたものをまた繋ぎ合わせるのか。それをさらに上からラミネーションしてパッケージングするのか。その繋がりが読み取りにくいので、説明頂ければと思う。

また、繋ぎ合わせてうんぬんの話は目標には一切出て来ない。ラミネートプロセスを開発することは書いてあるが、繋ぐ方はそこだけにポツと出ている感じがする。

〔伊藤委員〕 織ったものをまたつなぎ合わせて、大面積化して、織ったままでは封止が必要なのでラミネートするという意味だと思うが、読み取りにくい部分があるように感じる。しかしながら、目標の方はそれらすべてに目標を設定するのは難しい面があると思う。

〔藤田副委員長〕 目標値の設定ではなくても、目標としてそういうプロセスを確立するというのは、整合性として有った方が良く思う。

〔下山委員長〕 それでは整合性を取って、「研究開発計画における研究開発の必要性及び具体的内容の妥当性」もリバイスをお願ひしたい。

最後は「研究開発計画における達成目標の決定」についてであるが、基本計画（案）に達成目標が示されているので、これらを基に委員の皆様からの意見をお願ひしたい。

一つひとつの数値については、別途ワーキンググループを作ったのブラッシュアップあるいは更にしっかりとした検討が計画されているので、何か全体としての数値、あるいは「これはだめだ」と言うことがあればお願ひしたいと思っている。

私が一つ発言しようと思っていたのが、例えば 6 ページの界面形成プロセスは、どのプロセスなのか読み手がはっきり分かる方が良く思う。高分子被膜するプロセス、平坦化するプロセス、また「脂質二重膜の形成などを検討する」とは何か。それから維持できるデバイス表面の形成プロセス、表面修飾プロセス、界面制御プロセスと、プロセスがずっと有る時に、そのプロセスと、研究開発の具体的内容とがちゃんと対応が取れているのか。それぞれのプロセスに対して、これを最終目標として読んで、提案書を書く段階で形成プ

ロセスで何を提案しなくてはいけないかが明確に分かり提案が出来るように、対応関係をもう一度洗った方が良いと思う。これは先ほどの藤田副委員長の指摘にも通じると思うので、明確に、読解力が要らずに読めるようにして頂きたいと思うとともに、最近は読めない人がたくさんいるので、出来るだけ平易にして頂ければ助かると思う。

〔藤田副委員長〕 後で選定する時も、いろいろな解釈がある文章だとどうやって判断して良いか分からないことがあるので、平易にして頂くのはありがたいと思う。

〔下山委員長〕 それからもう一点、後半に行くに従ってシンプルで読みやすくなっているが、最初はプロセスがたくさんある。これを全部やらなくてはいけないのか。何がポイントなのか。もし全部必要なら必要で良いのであるが、不必要なものまで紛れ込んでいるのなら、もう一度見直して頂ければと思う。

それではまとめると、達成目標については対応を取る等の見直しをして、全体をリバイスして頂く。本日の総合討議の内容を踏まえながら、今後さらに基本計画（案）の内容を深める意味で、先に示された検討体制で検討して行きたいと考えているので、よろしく願いしたい。

〔青柳委員〕 最後の話に関連して、私も知識データベースワーキンググループのところに名前が入っているが、三宅委員と一緒に、14 ページの研究開発項目④についてブラッシュアップするという理解で良いのでしょうか。

〔渡辺（NEDO）〕 それが最低限ということ。

〔青柳委員〕 ここを守備範囲として、他も見て何か有ったらと言うことですね。分かりました。

〔下山委員長〕 今日は貴重な意見をたくさん頂きました。どうもありがとうございました。

議題3. 今後について

今回の討議及び今後の検討体制での結果をまとめてNEDOと事務局で再整理して基本計画の改訂版案を作成する。それを委員長にメールし、了解を頂き、第3回委員会は、この了解を頂いた基本計画の改訂版案を再度議論して頂く予定にしていることを確認した。

下山委員長の予定をもとに、委員の挙手により委員の出席の多い時間帯を決め、第3回委員会は平成20年2月6日（水）13：30～15：30の開催と決定された。

尚、開催場所については追ってご連絡することとした。

以上

5. 3 第3回 MEMS の技術戦略等検討委員会議事録

日時：平成20年2月6日（水）13：30～15：00

場所：東京商工会議所 5F 502 会議室

出席者（28名 以下敬称略）

委員長	下山 勲	東京大学大学院 情報理工学系研究科 教授・研究科長
副委員長	藤田 博之	東京大学 生産技術研究所 教授
委員	寒川 誠二	東北大学 流体科学研究所 教授
	竹内 昌治	東京大学 生産技術研究所 准教授
	三木 則尚	慶応義塾大学 理工学部 専任講師
	伊藤 寿浩	(独)産業技術総合研究所 先進製造プロセス研究部門 ネットワーク MEMS グループ グループ長
	遊佐 厚	オリンパス(株) 取締役 未来創造研究所長
	武田 宗久	三菱電機(株) 先端技術総合研究所 マネージャー
	古田 一吉	セイコーインスツル(株) 技術本部 新事業企画推進部 部長
	三宅 常之	(株)日経 BP 社 日経マイクロデバイス編集 副編集長
	青柳 桂一	(財)マイクロマシンセンター 専務理事
METI	岡橋 寛明	製造産業局 産業機械課 課長補佐
	加賀 義弘	製造産業局 産業機械課 技術係長
	藤原 達也	産業技術環境局 研究開発課 研究開発調整官
	増田 光俊	産業技術環境局 研究開発課 研究開発専門職
	佐伯 徳彦	航空機武器宇宙産業課 宇宙産業室 室長補佐
	檜福 錠治	航空機武器宇宙産業課 宇宙産業室 宇宙企画一係長
NEDO	小澤 純夫	機械システム技術開発部 部長
	小寺 秀俊	機械システム技術開発部 PM (プログラママネージャ)
	松田 均	機械システム技術開発部 主任研究員
	浅海 一志	機械システム技術開発部 主査
	渡辺 秀明	機械システム技術開発部 主査
	松本 秀茂	企画調整部 課長代理
オブザーバー		
	安達 淳治	(財)マイクロマシンセンター 調査研究部 部長
事務局	加藤 正彦	(株)日鉄技術情報センター 特別研究員
	矢田 恒二	(株)日鉄技術情報センター 研究員
	伊藤 有子	(株)日鉄技術情報センター
	中原 洋二	(株)ワードクラフト 速記

配付資料

議事次第

配布資料リスト

座席表

資料－1 (新製造技術プログラム)「異分野融合型次世代デバイス製造技術開発プロジェクト」基本計画(案)改定版

参考資料－1 第2回委員会議事録

議事次第

0. 挨拶(経済産業省 産業機械課 岡橋 課長補佐)

1. 「異分野融合型次世代デバイス製造技術開発プロジェクト」の基本計画(案)改定版の説明(NEDO 機械システム技術開発部 渡辺主査)

2. 総合討議(東京大学 下山 委員長)

3. 今後について(事務局)

議 事

議題0. 挨拶(経済産業省 岡橋課長補佐)

本日の第3回技術戦略等委員会では、基本計画を改定したものについて具体的な中身をご議論頂きたいと考えている。

先日の議論を受けて、11.5億円の予算枠で研究開発を行うに当たって、基本計画改定案8～9ページの研究開発の必要性、目標、あるいは中間目標の③で加筆し、特殊環境対応のナノ構造形成技術について若干変更させて頂いた。

今日のご意見を踏まえて基本計画を更にブラッシュアップして、スケジュールとしては、出来れば3月末までに何とか公募を終わらせ、4月～6月で採択審査し、7月1日頃から実際の研究開発を始めたいと考えている。

今日は基本計画の中で深掘りすべきところ、変更すべきところについて忌憚なくご意見を頂きたいので、よろしくお願ひしたいと思っている。

議題1. 「異分野融合型次世代デバイス製造技術開発プロジェクト」の基本計画(案)改定版の説明(NEDO 渡辺主査)および

議題2. 「総合討議」(東京大学 下山委員長)

資料－1に基づき、それをいくつかのブロックに切って、先ずNEDO/機械システム技術開発部の渡辺主査から改定版の説明が行われ、それに続いて下山委員長の議事進行のもと総合討議が行われた。

資料の見方としては、A3横で左右に枠が付けられ、右側は第2回委員会で総合討議をし

た結果であり、左側はその内容を含め事務局で更に検討を加えた改定版である。

1 番目のブロック：「1. 研究開発の目的、目標及び内容」、「2. プロジェクトの実施方式」、「研究開発の実施期間」、「4. 評価に関する項目」、「5. その他の重要事項」、「6. 基本計画の改訂履歴」について、右側からの変更点を中心に説明が行なわれ、そのブロックについての質疑応答が行われた。

〔下山委員長〕 この文書自体は事前に E メールで皆様に配布されているので見られていると思うが、変更のポイントは国際競争力の強化を受けているということ、MEMS 色を弱く、BEANS 色を強くしたこと、技術戦略マップを書き込んだこと、あとは知財関係の話である。また前回の遊佐委員のご指摘に対し回答が付け加われました。この 4 点がポイントと思うが、ご意見を頂きたいと思っている。

〔遊佐委員〕 今回追加をして頂き、ありがとうございます。MEMS の従来の延長というよりは、産業競争力の強化、プロダクトイノベーションの創出、新しい製造技術の創出という意味で、今回のプロジェクトの背景や、公募の際の提案側からの納得性がより高まった表現になって、非常に格が高くなったという印象を受けている。

一点、細かい話をすると、新しく安全・安心という意味での研究開発項目が加わったことを受けての記載だと思うが、「その応用範囲を急速に広げ国家・社会的課題である『環境・エネルギー』、『医療・福祉』、『安全・安心』分野で新しいライフスタイル」とある。その『安全・安心』分野として、災害監視や地球観測に適用可能な宇宙で使えるような」という文脈で少し分からないところがある。

というのは、いままで安全・安心はセンサネットワークとか人体のセキュリティをターゲットにしている、それに加えて災害監視とか地球観測があると思うので、当初の考えのように「センサネットワークとか安全・安心がターゲットで、加えてこういうこともある」と言う方が、安全・安心という広い意味での表現になるという印象を受けました。

〔下山委員長〕 他にいかがでしょうか。

〔三宅委員〕 細かいことであるが、いま遊佐委員が読まれた部分の前「人体に与える付加を極小化させる」の「付加」は「負荷」ではないかと思う。

〔下山委員長〕 他にいかがですか。前回からずいぶん良くなってポイントも絞られましたが、これでよろしいですか。

〔武田委員〕 「研究開発の目的」の 5 行目は「今後も」が二つあるので、後ろの方は削除しても良いと思う。それから 3 段落 2 行目「産業界中心に」は「産業界を中心に」に、次のページの「研究開発の目標」の最後の行「①から④中間目標」は「①から④の中間目標」にした方が良いのでは。「てにをは」だけである。

〔下山委員長〕 他にいかがですか。

それでは、これで若干の文字の修正があるが、このブロック：基本計画（案）改定版の本文をご承認頂いたと理解致しました。

2 番目のブロック：(別紙) 研究開発計画 研究開発項目①「バイオ・有機材料融合プロセス技術の開発」、研究開発項目②「3次元ナノ構造形成プロセス技術の開発」について、右側からの変更点を中心に説明が行なわれ、そのブロックについての質疑応答が行われた。

尚、改定のポイントは4点である。1番目に同じ意味で使われている用語を統一し、2番目に最先端の分野の研究開発なのでテクニカルタームについては限界があったが、それ以外のところの表現をできるだけ平易にし、3番目に「研究開発の必要性」は必要性をできるだけ丁寧に記載して、なぜこういった分野に取り組む必要があるのか、一般の方に分かるようにし、4番目に目標を短く簡略化し、一部数値目標も削除した。但し目標達成度合いは判定できるように、最低限の数値目標はそれぞれの研究開発目標に記載した。こういったコンセプトで、各プロセス技術の開発についてワーキンググループの先生方を中心に見直した。

[下山委員長] 研究開発項目①と②についてご質問をどうぞ。

[藤田副委員長] 日本語の言い回しの話であるが、8ページの左側に加わった(3)の2～3行目に「トップダウンにより形成された構造にナノ粒子等の～構造形成技術を組み合わせた集積構造を形成する技術を開発する」とある。要するに構造に構造形成技術を組み合わせた集積構造という文章で、構造と構造形成技術は対句にならないので変な気がする。これは構造上に何かを作る技術のことなのか、ちょっと読み取れないので、どなたか説明をお願いしたい。「何重にも同じようなことが重なっているのに、どこに何がかかっているか分からない」という質問である。

[渡辺(NEDO)] 私の理解するところで説明すると。修正点があったらお願いしたいが、先ず「トップダウンにより形成された構造上に」であり、その構造上に、ナノ粒子等のナノ材料の自己組織化を利用したボトムアップ形成……となると思う。

[藤田副委員長] 何と何を組み合わせるのか、さっぱり分からない。

[青柳委員] 内容の詳細は分からないが、文脈からすると、前の方は「トップダウンにより形成された」と書いてあるので、その対比から次は例えば「ボトムアップによりナノ粒子等のナノ材料を自己組織化させる技術」ということではないか。

[藤田副委員長] 「技術と技術は組み合わせられても、構造と技術は組み合わせられない」という素朴な質問で、「読んでいるうちにもっと分からなくなった」と言うのが次の質問である。この文章は3回ぐらい出て来るので。

[武田委員] 「ボトムアップ構造形成技術」を「ボトムアップ手法により形成された構造」、あるいは「トップダウンの構造にナノ構造を形成する」にしてはどうか。

[下山委員長] ちょっと分かりにくいですね。お題が与えられて「提案してみろ」と言われても、何を提案して良いか分からないところがある。

[藤田副委員長] 具体的に何をするのか教えてもらえれば文章はいじれると思うが、文章だけいじって本当の目的と違う文章になってしまうと困る。私は組み合わせではなくて

適用だという気もするので、「構造に対してある技術を適用して、何かを付加して全体の集積構造ができる」と書き直す手はあると思うが、それで良いのかどうかまったく分からないので提案しかねている。

[寒川委員] そもそも特殊環境対応 3次元構造とは何なのか、まったく理解できないが、構造だけで特殊環境に対応できるのかという問題もある。放射線の影響だとか、デバイスによって違う。構造だけで対応できるものではないので、こういう表現ではどうにもならないと思う。特定のデバイスに限定すれば構造や材料で対応できるかも知れないが、このプロジェクトは限定しているわけではない。

そもそも特殊環境対応 3次元ナノ構造そのものが、はっきり言って、だれも理解できないのではないかと。今日初めて見てびっくりしているが、こういうもので公募するわけには行かないと思う。3次元の構造に特殊環境対応を持って来るのが強引な気もして、その辺の意図がよく分からない。

[青柳委員] このプロジェクトで 3次元ナノ構造のプロセス技術を作るところがあるが、それに対して、かなり極限的な状況の中で信頼性を確保して行くという観点で、こういうテーマを入れるのはおかしくは無いという気がする。

[寒川委員] 信頼性とは、どういう信頼性を言うのか。

[青柳委員] そういうところでもちゃんと機能が発揮できるという意味の信頼性だと思う。

[寒川委員] 信頼性がデバイスの電氣的なものか、機械的なものによっても変わる。

[青柳委員] デバイスによるわけであり、そこは提案する方がある一つのことを念頭に置いて、その信頼性をいかに確保するかと言うことで出せば良いと思う。

[寒川委員] 例えば宇宙線に対して強い材料とか、ラディエーション・ダメージに強い構造を作るとか、もっと具体的な話はともかく、もっと限定したのなら良いと思うが。

[下山委員長] 何をやられるかが見えて来ない。これでどんなものが出来るのか具体的なイメージが浮かんで来ない。

[遊佐委員] 私の理解では、特殊環境は例えば温度とか湿度、深度で極限環境に BEANS 未来デバイスを置いた時に、耐久性を持たせなければならないと言うことだと思う。一つのやり方は材料で、材料そのものが高温や放射線に耐えると言うことで、それからデバイスの機能そのものもある。それと同時に同じようなデバイスでも、構造を変えてそう言うものが付加できる可能性があると思う。ただ今回のプロジェクトはデバイスを想定していないので、「このデバイスを使えばなる」とは言いにくい。材料は可能性があればいろいろな材料が使えると思うが、私の推測では「電子デバイスではナノ構造のストラクチャーを取ると変換効率が上がり、センサ機能も上がる。だからナノ構造ストラクチャーを取れば耐久性が上がるだろう」と言うので、このテーマが挙がっていると思う。

でも、それは一つの仮説のような気もする。「では材料も、デバイスもやるか」と言うと、全部やらないと本来は実現出来ないのと、そのうちの一部分を取り出してと言うのは。私がこれを大事だと思うのは、他の異種機能の集積 3次元ナノは信頼性という観点から構造

に取り組んでいないからである。あくまでも機能付加で、構造の形を作るところに取り組んでいるので、構造を信頼性という観点からもう一度見直して見るという意味では、これは非常に意義のあるテーマだと思っているが、それをどう表現するかである。

[竹内委員] 特殊環境対応の位置付けを高信頼性ととらえるのであれば「高信頼性 3次元ナノ構造の形成」というタイトルにすると、よりクリアになると思う。いずれにしろ1番目の必要性のところ、(1)と(2)の2つの形成技術に関する必要性は述べられているような気がするが、(3)で突然、特殊環境対応 3次元ナノ構造が出て来る。寒川先生が言うように、特殊環境は体内、宇宙、極寒地、深海中などいろいろあるので、そこを狙うのであれば「なぜそれが必要か」という文章が必要となる。

それを反映させて次のページ(3)は、トップダウンにより形成された構造に自己組織化のプロセスを使ってナノ粒子を配列させると言う文章に見えるが、(2)に「ナノ粒子を規則的に配列」という言葉があるので同じことをやるように見えてしまう。だから、特殊環境でこのプロセスをやる意義が分かる文章に変えた方が良く思う。

[佐伯(METI)] 先ほど高信頼性という言葉を入れてもらいましたが、経済産業省全体の考え方として、言葉は良くないかも知れないが「信頼性が高く求められている産業、あるいは部品、材料に対して、それをしっかり育成する方向性を出す」と言うことが決まっている。そのプロセスの中で、プロセス技術の中でも、製品として壊れてしまうような物が産業化されるのではなく、局としても高信頼性の観点をMEMSやBEANSのプロジェクトの中に入れるべきではないかという議論があった。

そうした背景を踏まえて、急きょと言うことにはなったが、まさに特殊環境とは何の環境だと言うことはあるが、製品の安定性を極限環境においても担保するということを明示してもらえないかという議論が局内であり、今回このような形で明記している。

目標値についてはナノ構造を使ったもので、特段方針転換は無いのであるが、中身はもう少し整理して、後ほどNEDOの方から「こういう書きぶりですごうでしょうか」と再提案するような格好にさせて頂きたいと思っている。

[藤田副委員長] その時のお願いであるが、9ページ③の目標のところ、第1段落に特殊環境うんぬんの長い文章があって「形成する技術を確認する」とあるが、「何々するためにこういう技術を確認する」と書いてあって、確認した技術をどう評価するかは一つも書かれていない。この値が数値目標だったら、「技術を確認してこういう性能を出す」と書かないといけない。「~のために」はその技術をやるための理由であって目標では無いので、これでは目標としてはふさわしくないと思う。

次の文章「特殊環境で動作可能な素子を」で、一つ「を」があって、「当該技術で活用することのできる効果を検証する手法を」とある。検証するのはどちらの「を」なのか、「素子を当該技術で活用することのできる効果」とは何のことか、まったく分からないので、ここは全面的に書き換える必要があると思う。

[佐伯(METI)] 書きぶりについては修正させて頂く。ここに放射線や振動とあるが、それら高信頼性が求められるものについて「作りました」と言うだけでは、そのプロセス

がちちゃんと出来ているかを評価することはできない。いずれにしても「検証する手法を確立する」と言うことについては間違いないので、そのような形で書き直させて頂きたいと思う。

[藤田副委員長] 一般論として、ナノ構造等は熱力学的に非常に不安定な構造になる場合が多くて、その信頼性の確保は当然プロセスを確立した後に考えなければならない問題である。そこは是非やるべきだと思うが、そういう面での理由づけで行く場合、評価の項目をロジカルにうまく説明できるように考えて頂ければと思う。

[佐伯 (METI)] 分かりました。

[三木委員] この文章を読むと特殊環境で動作可能なものを作る方法が 1 種類しかないので、他の作り方のナノ構造は高信頼性でなくても良いのかという話が聞こえて来ると思う。①②はいろいろなやり方でナノ構造を作るので、その中でなぜナノ粒子の自己組織化にこだわるのか、違和感がある。①②のそれぞれに対して高信頼性を目標にして、極限環境での使用に対する評価を組み込むという方法もあると思う。

[下山委員長] ここで出た意見を踏まえて、技術的にも、書きぶりとしても修正して頂きたい。あとは高信頼性が柱であれば、ナノ構造、ナノ材料の位置付けが唐突な気がして違和感がある。特殊環境、高信頼性、ナノ、どれも重要なキーワードだと思うが、そのつながりが見えればと思う。この部分について、他にはいかがでしょうか。では、貴重なご意見を頂き、どうもありがとうございました。

研究開発項目の①「バイオ・有機材料融合プロセス技術の開発」、②「3次元ナノ構造形成プロセス技術の開発」について、他に意見はありますか。

[武田委員] 書き直し忘れだと思うが、8 ページの 1 行目に「3次元ナノ構造表面に機能性ナノ構造」とある。確か他のところは「3次元構造の表面に機能性ナノ構造」で、ナノにナノはおかしいと言う話が出ていたと思うが、ここだけ忘れていたような気がする。

[渡辺 (NEDO)] 3次元構造表面で、間違いであった。

[下山委員長] 最初のナノが要らなくて「超低損傷シリコン3次元構造表面に」とする。他はいかがでしょうか。よろしいですか。前回かなりいろいろな意見が出て、それが反映されているので、その他では、今回あまり大きな意見は無いと理解致しました。

3番目のブロック：研究開発項目③「マイクロ・ナノ構造大面積・連続製造プロセス技術の開発」、④「異分野融合型次世代デバイス製造技術知識データベースの整備」について、右側からの変更点を中心に説明が行なわれ、そのブロックについての質疑応答が行われた。

[下山委員長] 研究開発項目③と④について、質問および意見ををお願いします。

[古田委員] データベースの件で、一つ解釈で迷うところがある。研究開発の最終目標と中間目標で違うところとして、最終目標では「この知識情報を MEMS 用設計・解析支援システムで活用できるようにする」という記載があるが、中間目標にはない。中間目標の時には MEMS 用設計・解析支援システムでは使えないと解釈すればよろしいのか。

その上に MEMS 用設計・解析支援システム開発プロジェクトと併せてうんぬんと書いてあるので矛盾があるのではないかと思うが、そのままが良いのか教えて頂きたいと思う。

[渡辺 (NEDO)] これは中間目標の時点でも、当然活用できるようになっていなければいけないものである。

[青柳委員] ワーキンググループで私と三宅さんから意見を出しましたが、件数だけに目を取られていて、その表現はあまり気にしなかった。確かに最初から出来るようにするとしておいても何ら問題はないと思う。

[下山委員長] では同様な表現を入れることとする。他にいかがでしょうか。

[遊佐委員] 前回に比べて目標値は数値の羅列ではなくて、数値目標は基本的なものに絞って、なおかつ状態目標をきちんと打ち出して来ていると言う意味では非常に分かりやすいと言う印象を受けた。

ただ開発する、確立する、実現すると、いろいろな言葉が使われています。この三つの言葉を取っても、最終の評価の審議の時にどうとらえるかは人それぞれのような気がする。いかがでしょうか。

[渡辺 (NEDO)] これをまとめた人間から言うと、同じ表現が続くとあまり美しい文章ではないと考えて、基本的な意味合いは同じであるが、日本語で違和感がないように書き直しました。

[小澤 (NEDO)] NEDO でいくつも中間評価、事後評価を受けているが、私が今まで出たものでは、最後の言葉の表現が大きく影響したことはないと思う。数字があって、それにどのぐらいチャレンジ度があるかは専門家の方なら分かるので、それに向けての自己評価が正しいか、残された課題、それにどう取り組むかがしっかり分かっているかどうかは基本的にはポイントになる。

[下山委員長] むしろ私は、まだたくさん書いてあるように思っている。貴重な税金だから良いとは思いますが。

他にいかがですか。他に指摘および質問がないようでしたら、③④のブロックも承認頂いたと理解致しました。どうもありがとうございました。

それでは最後に基本計画（案）改定版の全体に対しての質疑応答に入りますので、皆様から忌憚のないご意見を頂きたいと思う。

[三宅委員] 非常に分かり易くなって良いと思っている。ただ先ほどの高信頼性のための特異環境と言う部分の全体の中での位置付けが、いまの議論だけでは分からないという印象を持っている。

特異環境と言うのは、例えば宇宙で使うことを目的にしていると理解して良いのか。その辺のターゲットが少し明確になると、このプロジェクトに参画しようとする人も分かり易いと思う。あるいは高信頼性も目標値として高いところを求めているのかというあたりが明確になれば良いと思う。

[下山委員長] 他にいかがでしょうか。

[伊藤委員] 細かい点ではあるが、「安全・安心」がいくつか出て来る。「安心・安全」と「安全・安心」があるので統一した方が良いと思う。たぶん普通は「安全・安心」と使われると思う。

[下山委員長] 他に何か言い残していることはありませんか。

[遊佐委員] 産業の立場から、ざっくりばらんな印象となるが、5年間で50億円、年平均ざっと11億円で、テーマを大きく見るとデータベースも含めて8つであり、10億円のうち20%が管理費とすると8億円で、1テーマ1億円になる。企業は一人あたり2000万円から多いところで3000万円ぐらいであるので、フルの要員は5人程度となり、それで本当に最後までやれるのかという疑問を感じている。

ついでにもう一つ、今回は産官学連携で、人材開発がテーマにあると思う。もちろん基本計画の中ではこのレベルの表現で良いが、若手研究者の育成と言うのは、どちらかと言うとアカデミアのイメージが強い。

企業でもエンジニアの育成、もっと言うとプロジェクトのマネジメントの育成があるし、アカデミアの方でも産官学連携のチームレベルのマネジメントを研究と併せて一緒にやれる人材は少ないような気がする。そこの表現は難しいのであるが、今回のプロジェクトの施策レベルでは、そう言うところをもう少し出した方が良いのではないかという印象を受けた。

[下山委員長] いま球が投げられたところで、経済産業省からコメントはありませんか。

[藤原 (METI)] このプロジェクトは当面はNEDOではなくて経済産業省の直轄プロジェクトとして走らせて、早ければ1年でNEDOにバトンタッチしたいと思っている。今日ご審議頂いているのはNEDOの基本計画であるが、これを基に経済産業省側で直させて頂く。NEDOと書いてあるところを経済産業省とするのが主であるが、若干経済産業省なりの文言に変わるところが出て来る。そこはNEDOと相談しながら進めたいと思っている。

遊佐委員が言われた「研究開発費に比べてテーマが多いのではないか」と言うことは、実は私もそう思っている。このプロジェクトの責任課として、研究開発課、産業機械課、宇宙産業課の3つが書かれると思うが、私の思いはプロジェクトリーダーにきっちりやってもらおうと言うことと、非常に最先端と言うか、先をよく分からないプロセスの開発なので、当面はこの位で走って、中間評価の時に3分の1とか半分くらい無くなっても良いと個人的には思っている。

そのぐらい大胆にやって、良い技術、良いプロセスを残せればと思うが、これは私だけの話だけではないので関係者と議論しながらやりたいと思う。

人材開発については、研究開発課の中でもMEMSだけでは無くいろいろな研究開発プロジェクトを通じて何が起きているのか、何が目標なのかと言うことを再度勉強しているところである。

キーワードの一つは人材育成である。理工系の希望者がどんどんいなくなっている中で、どうしたら良いかと言うことも踏まえて、魅力ある人達に学校に入って勉強してもらって、

アカデミアだけではなくて産業界に入って、どんどん再生産をしてもらうことが重要だと思ふ。その辺も良く検討しながら進めて頂くとともに、企業の方も良い人材、若手を是非こう言うプロジェクトに出して、うまく循環するように、そのあたりもプロジェクトリーダーに強い期待を持っている。

〔藤田副委員長〕 COCN の皆さんと討議して、このプロジェクトを挙げた時に、プロジェクトの途中からの技術の実用化への移転をうたっていたと思う。そこで、先ほどの議論の部分は、とても良いもの、早く役に立つものは外に出して実用化する方に、プロジェクトとして別に立てるべきだろうと思う。もちろん見込みのないものは止めた方が良いと思うが、そういう意味での更なるサポートも是非お願いしたいと思う。

〔下山委員長〕 NEDO はどうですか。

〔小澤 (NEDO)〕 いま藤原研究開発調整官から話のあった通りである。具体的には資料-1 の 3 ページ、4 の 4 行目に「なお、平成 24 年度までの各年度末に推進委員会等で各研究開発内容を内部評価し、必要に応じ、プロジェクトの加速・縮小・中止等見直しを迅速に行う」と入れている。本年度スタートした知能化ロボットでも同じ文言を入れたが、今までの NEDO の計画には、こう言うことはあまり書いていない。これは何気なく書いてあるけれども結構厳しくて、毎年入れ替えがあるということを書いたつもりである。

研究開発は生き物であるので、昔は経済産業省で作っていた基本計画を研究の現場に近い NEDO が作って、更にプロジェクトリーダー制度を導入して、状況に応じて基本計画自身も柔軟に変えて行こうとしている。しかもプロジェクトリーダーに強力な方を据えて、リーダーを支える体制も充実して、ますます現場での判断、状況に応じた柔軟な対応を強化して行きたいと思っている。

研究開発マネジメントの高度化という意味で、他のプロジェクトも引っ張るようなベストプラクティスになればという期待が込められていることを補足説明致しました。

〔下山委員長〕 最初にプロジェクトリーダーを指名して、その人が採択委員会にしっかりコミットするという形は無いのですか。そうするとプロジェクトリーダーが一番最初から約束させていろいろ出来ますね。

〔小澤 (NEDO)〕 事前指名制度というやり方をすることもあるが、今回は経済産業省直轄のプロジェクトなので相談をして。

〔下山委員長〕 議論して頂いた方が、たぶんプロジェクトリーダーは、やり易いだろうと思いましたが。他にいかがでしょう。

〔青柳委員〕 随時見直しを行って適宜シャッフルすることが必要だと言うのは、全くその通りである。ただ一つだけ気を付けなければいけないのは、5 年間で漠とした話を具体的にしていこうということでもあるので、あまりにも研究管理が多すぎて思うように進まないという弊害も無きにしもあらずだと思う。そこはプロジェクトの運営上ご配慮頂ければと思う。

もう 1 点、先ほど予算が少ないという話があったが、例えば経済産業省と文科省がうまく連携しながらやるべしと言うことで、JST もこう言った分野で新しいプロジェクトが創

設されるとも聞いている。そことうまく連携できれば、こちらの予算にプラスアルファした形で全体のプロジェクトが推移できるので、是非お願いしたいと思う。

〔下山委員長〕 例えば JST といったものとうまく連携して、装置をシェアするとか、拠点をシェアするとか、いろいろやり方があると思うが、コミュニケーションを密にしてやっていると、日本の MEMS がずいぶん強くなるのではないかと私も期待している。

〔岡橋 (METI)〕 JST の 20 年度の戦略目標として、「プロセスインテグレーションによるナノシステム創成」という広い分野のあらゆる研究と読める戦略目標がつい先日策定された。引き続き、連携を図って行きたいと考えている。

〔下山委員長〕 基本計画 (案) 改定版の全体について、いろいろと貴重な意見を頂き、どうもありがとうございました。それでは議題の 1、2 を終わります。

議題 3. 今後について

今日ご指摘を受けたところの見直しと、先ほどの特殊環境の文章のところが残っており、これは事務局で後でまとめて、もう一度委員の先生方にメールで確認をして頂くこととなりますので、よろしくお願ひ致します。

第6章 MEMS のタスクフォース委員会

6. 1 第1回 MEMS のタスクフォース委員会議事録

日時：平成19年12月21日（金）10：00～12：00

場所：東京国際フォーラム（有楽町）4F G403 会議室

出席者（25名 以下敬称略）

委員長	藤田 博之	東京大学 生産技術研究所 教授
委員	高橋 正春	(独)産業技術総合研究所 先進製造プロセス研究部門 インプリント製造技術研究グループ グループ長
	橋口 原	静岡大学 電子工学研究所 教授
	芳賀 洋一	東北大学 先進医工学研究機構 ナノメディシン分野 准教授
	太田 亮	オリンパス株式会社 研究開発センター MEMS 開発本部 MEMS 開発部 部長
	川原 伸章	株式会社デンソー 基礎研究所 部長
	福本 宏	三菱電機株式会社 先端技術総合研究所 センシング技術部 部長（代理 吉田 幸久）
	中西 博昭	株式会社島津製作所 基盤技術研究所 主幹研究員
	安達 淳治	(財) マイクロマシンセンター 調査研究部 担当部長
METI	藤原 達也	製造産業局 研究開発課 研究開発調整官
	増田 光俊	製造産業局 研究開発課 研究開発専門職
	武本 直士	製造産業局 研究開発課 技術戦略担当
METI	加賀 義弘	製造産業局 産業機械課 技術係長
NEDO	小寺 秀俊	機械システム技術開発部 PM（プログラムマネージャ）
	松田 均	機械システム技術開発部 主任研究員
	金山 恒二	機械システム技術開発部 主任
	浅海 一志	機械システム技術開発部 主査
	渡辺 秀明	機械システム技術開発部 主査
オブザーバー		
	阿出川俊一	(財)マイクロマシンセンター 産業交流部長
事務局	日野 俊喜	(株)日鉄技術情報センター 調査研究第一部長
	加藤 正彦	(株)日鉄技術情報センター 特別研究員
	矢田 恒二	(株)日鉄技術情報センター 研究員
	伊藤 有子	(株)日鉄技術情報センター
	中原 洋二	(株)ワードクラフト 速記

欠席者

委員 染谷 隆夫 東京大学大学院 工学系研究科 准教授
福本 宏 三菱電機株式会社 先端技術総合研究所 センシング技術部

配付資料

議事次第

配布資料リスト

委員名簿

座席表

資料 1-1 平成 19 年度の技術戦略マップのローリングについて
資料 1-2 MEMS 分野の技術戦略マップ (2007)
資料 1-3 今後の MEMS 技術開発の方向性について
資料 1-4 MEMS 人材育成に関する国内での実態調査および仕組みの
検討について (計画)

議事次第

0. 出席者挨拶

- ・経済産業省 研究開発課 藤原 研究開発調整官
- ・NEDO 機械システム技術開発部 松田 主任研究員
- ・委員長および各委員、経済産業省、NEDO

1. 平成 19 年度の技術戦略マップのローリングについての説明

(経済産業省 研究開発課 藤原 研究開発調整官)

2. 前年度までに作成した MEMS 分野の技術戦略マップについての紹介

(日鉄技術情報センター 日野 部長)

3. 新規 MEMS 技術開発プロジェクトについての概要説明

(経済産業省 産業機械課 加賀 係長)

4. MEMS 人材育成に関する国内での実態調査および仕組みの検討についての紹介

(MMC 阿出川 部長)

5. ローリングについての全体討議 (藤田 委員長)

6. 今後の予定

議 事

議題0. 委員長に東京大学生産技術研究所の藤田教授を選出した。

議題0. 出席者挨拶

・経済産業省 研究開発課 藤原研究開発調整官

技術戦略マップのローリングということで、皆様方からご意見を頂きながら改訂させて頂きたいと思っている。

・NEDO 機械システム技術開発部 松田主任研究員

今年は人材育成を中心に議論するということであるので、中長期的な視点で方向性を示すものにして頂ければと思っている。活発なご議論をよろしくお願いいたします。

・藤田委員長

多少情勢も新しくなって、新製造プロジェクトのプログラムでも新しい未来のMEMSのプロセスをやるということが固まりつつあり、人材育成等新しい部分も入って来ている。よく練り直して、さらに良いものにしたいと思うので、皆様のご協力をよろしくお願いいたします。

・各委員、経済産業省、NEDO の出席者の挨拶が続いた。

議題1. 平成19年度の技術戦略マップのローリングについての説明

(経済産業省 研究開発課 藤原 研究開発調整官)

資料1-1を使用して、新しくタスクフォース委員会に出られた方もおられるので、研究開発課の技術戦略マップに対する考え方を簡単にご紹介するという事で、それらの説明があった。

内容的には、「技術ロードマップの役割」、「技術戦略マップとは」では目的とその構成(導入シナリオ+技術マップ+ロードマップ)、「技術戦略マップの策定分野」、「導入シナリオの構造(イメージ)」、「技術マップ例」、「ロードマップ例」、「学会のアカデミック・ロードマップとの連携促進」、「技術ロードマップの活用方法」、「技術戦略マップの意義」、「標準化戦略との一体化」、「技術戦略マップを活用した研究開発マネジメントの年間サイクル」、「2008技術戦略マップの改定方針」などであった。

「2008技術戦略マップの改定方針」においては、分野横断的な改定方針の一つとしてベンチマーキングの強化を強調されたが、MEMSがベンチマーキングをやってきた功績で、他の分野もちゃんとベンチマーキングしろということになったとのこと。MEMSはそのリバイスを行うとともに、今年が目玉である人材育成の仕組みを検討し、技術戦略マップに反映させて頂きたいとの説明があった。

(質疑)

・「2008技術戦略マップの改定方針」の分野横断的な改定方針の一つとして「俯瞰性の

付与」の話がありましたが、これはどこで、だれが、どういうふうに俯瞰性を付与すると考えたらよろしいのか。

→この委員会で汗をかいて頂くものではなく、研究開発課で分析することで考えている。

議題 2. 前年度までに作成した MEMS 分野の技術戦略マップについての紹介

(日鉄技術情報センター 日野 部長)

資料 1-2 を使用して、主として、どのようにローリングをして来たかの説明があった。

MEMS 分野の技術戦略マップの作成およびローリングは平成 16 年度から行われ、「基本的な考え方」、「導入シナリオ」、「技術マップ及びロードマップ」という 3 つからの構成になっており、「導入シナリオ」は 2 年目に追加され、昨年度は標準化の部分が見直された。また、今年度は人材育成の部分を見直す計画である。

「ロードマップ」については、当初は、MEMS 製造技術のそれぞれについての指標と 2015 年までのマイルストーンを検討し表とした。それらの目標数値はチャンピオンデータではなくて、量産を意識しつつ研究開発のプロトタイプレベルで再現性を持って到達できるレベルという定義で決めている。また昨年度は「革新的 MEMS」に関連する要素技術の検討を行なうとともに 2025 年の目標数値も追加した。

「技術マップ」については、「ロードマップ」の第 3 分類までのリストであり、高機能化、低コスト化、基盤技術という観点から、昨年度は 2015 年ぐらいを見た中期的な視点での重要技術と 2025 年ぐらいを見た長期的な視点での重要技術とを、委員の先生方の評点法および討議による総合評価結果として選定した。

なお、MEMS 分野については製造技術のロードマップなので、出口としての製品のイメージが一般の人には分かりづらいということで、10 年後の MEMS 製品の具体的なイメージを先ず作成し、昨年度から 20 年後の MEMS 製品の具体的なイメージを追加した。

ベンチマーキングに関しては、特許動向と論文発表動向と市場動向の調査を行い、特許動向と論文発表動向は毎年ローリングしてきたが、市場動向は昨年度に大々的に調査を行い 2010 年と 2015 年の市場規模予想などを行なった。

議題 3. 新規 MEMS 技術開発プロジェクトについての概要説明

(経済産業省 産業機械課 加賀 係長)

資料 1-3 を使用して、MEMS 産業政策の全体像の概要と、新規 MEMS 技術開発プロジェクトである「異分野融合型次世代デバイス製造技術開発プロジェクト」の概要の説明が行われた。

このプロジェクトは、MEMS 関連産業の現状と今後の方向性の検討を基として、今後広がっていくと予想される安全・安心、医療分野などにおける MEMS の新しい製造技術の基盤の部分を作るものであり、従来の MEMS 技術だけではなくてナノテクノロジー、バイオテクノロジー等異分野の技術を融合することが重要であることに基づいている。

開発する基盤的製造技術としては 3 つの技術を重要と考えており、それらの概要とプロジェクトのイメージとアウトカムのイメージ例および研究体制についての説明が行われた。

MEMS の技術戦略等検討委員会がこの委員会と並行して行われ、具体的に検討されているので、マップのローリングの中で、その結果を反映して欲しい。

<小休憩>

議題 4. MEMS 人材育成に関する国内での実態調査および仕組みの検討についての紹介

(MMC 阿出川 部長)

資料 1-4 を使用して、現在始まったばかりであるが、MEMS の人材育成に関する国内での実態調査および仕組みの検討についての紹介があり、その結果は技術戦略マップに反映される。

それらの調査・検討の目的、方法、実施体制の説明のあと、具体的な調査・検討内容の説明があり、実態調査はアンケート調査で、そのデータをもとに MMC 内に設置する MEMS 人材検討委員会で人材育成に関する仕組みを検討する予定である。

4 回の委員会を開催し、最終の 3 月 6 日の委員会で最終的な結論を出していくスケジュールとなっている。

(質疑)

- ・ 社外機関等を活用した人材育成の中に、学会の役割がやや見えにくくなっているが、その視点も必要であると思っている。
→実態調査のアンケートはこれから出すので、付け加えたい。

(意見)

- ・ 数年前から科学技術振興調整費等でかなりの人材育成プログラムが動いているので、実態調査の一部として利用されるのも良いのではないか。
- ・ 集中研で若い研究者が多く集まる場合に、オープンで技術についての深いディスカッションができる仕組みもあるといいと思う。

議題 5. ローリングについての全体討議

藤田委員長の議事進行のもと、このタスクフォース委員会と並行して新規の MEMS の技術開発プロジェクトの基本計画を検討している MEMS の技術戦略等検討委員会の結果とのマッチングを取る意味合いから、その委員会のスケジュールおよびその検討内容の説明の後、MEMS の技術戦略マップのローリングについての全体討議が行われた。

[藤田委員長] 去年度は 2025 年まで付け加えたが、大変な数であったので、そのあたりもよく吟味して行くとともに、いろいろと状況も変わって来ているでしょうし、見直した方が良いところなどもあると思うので、ご意見を活発にして頂きたいと思っている。今までの話題の中についてのご質問でも結構ですので、よろしくお願ひしたい。

[太田委員] ロードマップの詳細の数値うんぬんについては、次の開発テーマにかかわる部分しか見ていないので、全体的な視点に欠けていて意見を言うことが出来ないが、先ほど「産業化が重要で、ファウンドリーに関する政策も入れる」という言葉があったようなので、それ以降、それにかかわる具体的なご説明が可能であればお願いしたいと思っている。

[藤原 (METI)] いま研究開発をやる中で、研究開発成果がどう世の中に出て行くかということは非常に関心が高くなっている。しかしながら、研究開発が終わった後に、色々な条件がないと商品はできないと思っている。

その時に何が条件なのか、壁が何なのかをきちんと出しておくことが非常に重要で、それがまさしく導入シナリオであり、「アイデアはあるけれども実はだれも作ってくれない。だから、そういうものが必要ではないか」と技術戦略マップの中に書き込めば、色々な方を見て、「やはりこの辺はファウンドリーも必要だ」と。

ファウンドリーにも色々あると思うが、大学の先生方が使ってくれる非常にコストは安くても要素技術を深めるファウンドリーもあれば、企業の人から見て信頼性やテストみたいなところまで評価してくれるようなファウンドリーなど、その辺がきちんと議論が出来れば良いと思っている。

[藤田委員長] そういうことはもう少し書き込んでかまわないという意味でしょうか。

[藤原 (METI)] その辺は是非書き込む方向でやって頂ければ良いと思っている。

「この研究開発をやってどうなったの？」とよく言われるが、例えば標準化がなかったとか、標準で負けてこの技術が使えなくなってしまったなど、色々な要素があり、それを出しておかないと、「趣味で研究開発をやったんじゃないですか？」と言われてお仕舞いになってしまうので、是非その辺も議論して頂きたい。

[加賀 (METI)] ファウンドリーの話が出ましたが、MEMS プロジェクトでも一部取り組んでおり、その結果を踏まえながら、更にどういった点に取り組むのが重要だということも、もし可能であれば入れて頂くと非常に良いものになると思っている。

[浅海 (NEDO)] 今のことに関連して、今年 NEDO の委託の中でマイクロマシンセンターにファウンドリーの調査委託を一部行っている。その中で、ファウンドリーの課題をきちんと見極めて、それに対して我々が今後どうやって行く必要があるのかというところを探ってもらっている。

我々もベーシックな既存のプロセスをファウンドリーで普及するという一方で、例えば新しい技術をいかに早く普及するかという観点で、研究開発の成果をいち早くファウンドリーに波及させて行くというプログラムがあっても良いかなと思っている。そういったところもロードマップに反映して行くことが良いのかなと考えている。

[藤田委員長] 私も付け加えたいことがある。小寺先生と MEMS-ONE という設計開発プログラムを作ったが、その中にプロセスのレシピを書き込んで、それを保存して再利用なり、皆で使えるようにするという機能がある。そこをファウンドリーと結び付け、ファウンドリーが持っている標準的な一番得意なプロセスをレシピとして確立すれば、それに

則って、他のユーザーも考えられるようになる。

CMOS ほどすぐに確立する筈はなく、多様になるとは思いますが、やはり何かの筋道は付けて行かなければならないと思う。それに対する標準化は当然後ろから付いて来る筈で、あるプロセスのシーケンスなり何なりの流れをファウンドリーの得意なところできちんと標準的に確立して行ければ、我々にとって非常に強みになると思っている。

そういう幾つかの施策のフィードバックも大切だし、そこを連携させて何が生まれてくるかという視点も、ロードマップのように全体を見る中で、あるところが関連してスパイラルで成長することが見えたり、書き込んだり出来れば良いと思っている。

〔安達委員〕 先ほど、MEMS は非常に良いベンチマークが出来ているとお褒めの言葉を頂いたが、ただ、競争力強化の比較の中では、ファウンドリーの国際的なベンチマークが出来ていない。私達が入手している調査資料では、まだ欧米あるいは台湾のファウンドリーの方が非常に力があるということが出ている。こういった中で次のファウンドリーのあり方という議論があって、それが日本のファウンドリーが世界的にも競争力を付けていけるような取り組みに繋がれば良いと思っている。

ベンチマークのところも、ファウンドリーの力、あるいは市場のシェアはデータがなかなか難しいところではあるが、そこも加えて行ければ良いと思っている。

〔増田 (METI)〕 それを入れると、色々なデータに基づくと言うことで、「これをしなければいけない」という説得力が生まれる。その意味からベンチマークの方も、データ等を持っているのであれば出して反映して頂きたい。

〔藤田委員長〕 是非、その辺の準備をお願いしたい。

ファウンドリーに話が集中しているが、他の観点も含めてどうでしょうか。

〔橋口委員〕 例年、ローリングを行う担当が決まって、担当者が数値の見直しと導入シナリオを考えて来ましたが、去年度は藤田先生の強力な指導の下で、かなり厳密な数値の見直しをして来た。

今年度の新プロジェクトの基本計画立案の中では、このロードマップがかなり参考になっており、それに基づいて進められている。

恐らく資料 1-5 がそれに対応して今年度の検討体制だと思うが、新プロジェクトに関係するところは検討委員会の方をお願いして、いま有るロードマップの中で若干見直しをして行きたいところもあるので、私の方はそういった観点で、今回の見直しをやって行きたいと思っている。

〔藤田委員長〕 1年経って考えが進んだ部分もあるし、状況が変わったところもあると思うので、項目も含めて、そういうところを考えて頂ければ良いと思っている。

〔渡辺 (NEDO)〕 いま資料 1-5 について橋口先生からコメントがあったので、この資料について説明したい。MEMS のマップローリングのタスクフォースは BEANS、MEMS の技術戦略等検討委員会の親委員会に当たり、その異分野融合の技術の目玉はバイオ融合、3D ナノ、大面積の三つであるが、今回、この分野に造詣の深い先生を委員に指名させて頂いている。

その分野で大所高所の立場から技術戦略マップの数値の見直しをして頂くということで、それぞれのご専門に合わせて、こちらでワーキンググループの案を作成している。

まず、バイオ融合は東北大学の芳賀委員、オリンパスの太田委員、島津の中西委員、それらの取りまとめをオリンパスの太田委員にお願いしたいと考えている。担当する分野は技術戦略マップの大分類の形成技術、異種融合技術、前・後処理技術の三つである。最終的にはこの場の議論で決めれば良いと思っている。

2番目の3Dナノは静岡大学の橋口委員、デンソーの川原委員に担当して頂き、担当分野はエッチング技術、成膜技術、成形技術である。ベテランの橋口委員と、この分野に長く携わっている川原委員の力で、三つの分野をカバーして頂きたい。3番目の大面積は産総研の高橋委員、東大の染谷委員、三菱電機の福本委員で、プロセス連続化、実装技術、製造システムという大面積にかかわる三つの分野を見直して頂きたい。3Dナノは川原委員、大面積は福本委員に取りまとめをお願いしたいと思っている。

大分類は全部で11あるが、ここでカバー出来ていない検査・評価技術、設計・解析技術はマイクロマシンセンターの安達委員に担当して頂き、ローリングを進めたらどうかということである。

〔藤田委員長〕 具体的にどうやったらきちんとローリングできるかという体制に関して、NEDOの案を説明頂きました。これについてご意見を頂きたいと思うが、「自分はこうではない」ということなどはありますか。

〔藤原 (METI)〕 個人的にはこの中の実装技術が非常に重要だと思っている。MEMS商品は世の中に結構出て来ていて、聞いた話ではコンデンサーマイクのところにMEMS技術を使ったものがどんどん入って来ている。なぜかという実装する時にピッタリはまって、他のものは中々はまらなかったようである。それは携帯電話というイメージかも知れないが、そういうものも見ながら、ぜひ実装のところを検討して頂ければと思っている。

〔藤田委員長〕 注意して検討して行きたいと思う。担当分野はあるが、例えば成膜でもバイオがあり得るので、実際にやっていて扱いにくいところがあったら、例えば取りまとめの方々に横に連絡を取って、「この項目のこの部分はよろしく」と。安達オブザーバーに全部まとめて頂いても良いのであるが、大した人数でもなく、電子メールもあるので、うまくやって頂くようお願いしたい。

担当が当たっているところ以外はやらないとか、どうしてもここをやらなければならないとか、あまり専門と違ってしまうと、かえっておかしなことになるので、その辺はある程度融通を利かせてやって頂きたい。

この体制について、これで進めるということに特に異論は無いですか。分担しないとなかなか物事が進まないの、依頼は事務的に、具体的をお願いしてもらって、そういうことで進めるようにしたいと思っている。ご協力、よろしくお願いしたい。まだ時間があるので、もう少し一般的な話でも結構なので、他の委員の方から発言をお願いしたい。

〔高橋委員〕 BEANSプロジェクト、異分野融合が来年度スタートするとして、研究拠点体制が重要だと思う。その中で、企業から技術者が派遣された時に、その技術者がクリー

ンルームに入ってすぐ実践的に活躍できるのかという点を考えると、研究拠点の方で技術者の人材育成をやっておかないといけないと思っている。それぞれの企業で社内教育をやると思うが、実際には生産ラインに入っている装置を止めて使うことはなかなか出来ないと思うので、そういう点で研究拠点となるところで、その教育も含めて考えないといけないと思っている。

それから私は大面積ですが、成形技術の最初にナノインプリントとある。たぶん昔のものでは面積で将来的に 20 インチだったか、ナノインプリントでも一つの型でポンと押す一括転写式だったらそういう話になるのであろうが、大面積化は将来的にはロール・ツー・ロールが入って来るのではないかと思うので、手法が変わると相当数値が変わるという見方をしている。

〔藤田委員長〕 最初の点は人材育成とも関係があると思うが、共同研究とか拠点の実践の中で、より良く技術者が育つ仕組みを考えるというのも良い視点だと思うので、是非ご検討の中に加えて下さい。他にいかがですか。

〔吉田（福本委員代理）〕 ロードマップの見直しで、昨年度は例えばプロセス連続化・大面積化はどの委員が担当されたのでしょうか。個々の技術との繋がりがないと最終的な出口が作れないということが多々あるので、その辺の関係とか、その委員がどう考えてこういう数値にしたのか聞くことが出来ればと思う。可能な範囲で良いので、それは難しいでしょうか。

〔加藤（JATIS）〕 後に昨年のもを見て、担当が分かれば、連絡させて頂きたい。

〔藤田委員長〕 最終的に短い文字に書かなければならないが、本当は色々なイメージがあるので、的確にすべて表せているかどうか、書いたものからイメージしていた技術の全体像が本当に見えるかと言うと、なかなか難しいところもある。その辺は前の方と連絡を取るとか、議事録などで考えて頂くと言うことで、解釈も含めてさせて頂きたいと思っている。他にいかがでしょうか。

〔中西委員〕 今年から参加したので感想であるが、個人的に実装技術は非常に重要だと思っている。私たちはマイクロフルイデックスをやっているが、そこで必要な実装とセンサが必要な実装は全然違っている。真空などは流体では要らないのであるが、藤田委員長が言われるように、完璧に縦割りにしてしまうのではなくて、その応用に対して欲しい実装とか、マトリックス的になってしまうので、今はやる気であるが、各メンバーがなるべく広い範囲をカバーする形で内容を見直したらどうかと思っている。

〔藤田委員長〕 建設的な意見をありがとうございました。よろしくご協力下さい。マップは自分のところだけではなくて、ひととおりの全体を見て理解することから始めて頂く必要がある。大部になっているが、是非よろしくお願ひしたいと思っている。

〔川原委員〕 藤原委員と中西委員の意見と全く一緒である。パッケージングが非常に大事で、基本的に MEMS のデバイスは 1 デバイス、1 プロセス、1 パッケージングではないかと思っているが、やはり機能が違うので、だからメモリのような単一のプロセスではなかなか難しいし、機能に合った実装が要ると思うし、それが出来ないから、物になってい

ない物はたくさんあると思う。

欧米の方はその辺の泥臭いところはあまり技術開発をやらないので、もしかしたら日本の強みはその辺にあるのかも知れないと思う。そこを良く調査できればと思っている。

[芳賀委員] 初めてなのでどういう形で意見を言えばいいのか少し迷っているが、私も MEMS をやっていて、中小企業的な技術の蓄積が形として最後に残ることが大事だと思う。数十人の企業がどこの世界でもやっていない技術を持っていて世界中から注文が来る。ロードマップの中の一部の技術はそういう形で残るべきであるし、逆に既にある企業が持っている技術を発展させて、ロードマップの中にあるような、後に残る技術として持てる仕組みなり出口が何らかの形であると良いと思う。

私自身もベンチャー企業を作っていて、最後に残るのはどこにもない要素技術を持つことではないかと思っている。

[藤田委員長] マップのどこかに特化して、そこに徹することが一つの成功の道であると言うご意見だと思う。そういう指針にもなりうると思いますので、その辺も是非よろしくお願いしたいと思う。他にはいかがですか。

[安達委員] 藤原さんから説明のあったマップの書式を見ると、現在、海外での取り組みが入っていないようである。私はマイクロマシンセンターで国際交流の担当もしていて、入手できる情報の中で取り組みについてまとめているが、世界全体でまとめると、かなりボリュームが大きくなる。その取り組みについてはどのぐらいのボリューム感でやっていけばいいのか、指針というか情報があれば頂きたいと思うし、皆さんからもご協力を頂きたいので、よろしくお願いしたいと思っている。

[藤原 (METI)] 海外の取り組みはどこを対象にするのか、中ではあまり議論できていないが、今まで欧米との比較は良くあるが、MEMS は台湾、韓国、中国との比較も重要になって来る。時間も限られていて、毎年ローリングするという方針もあるので、とりあえず出来るところで、今回は台湾だけやるとか、持っているものをドーンとやるのがよろしいのではないかとと思っている。

[安達委員] そういう意味では、ちょうどタイミングが良かったのかも知れないが、今月初めに台湾、シンガポールのファウンドリー関係を回って来たとし、今年マイクロマシンセンターで2度ほど中国の学会にも出ているので、その情報も踏まえて出来ると思う。

それ以外に調べたものは DARPA のマイクロナノ関連のプロジェクトとか、情報量は少ないのであるが、ヨーロッパで今年から FP7 がスタートしている。東京大学の三田先生がいま欧州に行っているのだから、より詳しい情報が入るかも知れない。そういうレベルで範囲全体を指して頂きたいと思っている。

[藤原 (METI)] MINATEC などでも MEMS 棟を作って研究している。競争力強化で、簡単なベンチマーキングをやったのであるが、うちの中で、日本は MEMS が非常に強かったのじゃないのかと言っているが、結果を見ると全然強くなって、いったいなぜかという疑問がある。データが間違っているのか、本当に弱いのか、強いのか、よく分からないので、そのあたりをうまく書いて頂けると非常にうれしく思う。

MEMS は分野が広くて、どこの MEMS なのかがきちんと出来ていないので、色々な結果が出て来る。その辺がうまく整理できれば良いと思っている。

[藤田委員長] 分野によって集中と選択というやり方や書き方もあると思っている。時間が押して来ましたので、特に意見がなければ議題 5 を終わりたいと思う。十分にお聞き出来ないところもあったので、ローリングについて帰ってからお気づきになった点があれば、事務局の方に集約したいと思っている。あとで事務局からご意見を頂くフォーマットをお送りするかも知れませんが、その時はよろしくご協力をお願いしたい。それでは事務局にお返しする。

議題 6. 今後の予定

METI の藤原研究開発調整官から、研究開発小委員会が 3 月末ごろに行われるということなので、2 月いっぱいにとまとると非常にありがたいという希望もあり、2 月の中旬の線で、藤田委員長の予定をもとに、2 月の 19 日から 22 日の範囲で、追って日程調整表を送り、その回答結果で日程を決めて行くこととなった。

また、本日提案のあった MEMS マップローリング検討体制で、更に議論して頂くことになったが、その回収のやり方等は事務局でまとめ、追ってご連絡することとなった。

以上

6. 2 第2回 MEMS のタスクフォース委員会議事録

日時：平成 20 年 2 月 20 日（水）13：30～17：00

場所：東京ステーションコンファレンス 6F 605C 会議室

出席者（21 名 以下敬称略）

委員長	藤田 博之	東京大学 生産技術研究所 教授
委員	高橋 正春	(独)産業技術総合研究所 先進製造プロセス研究部門 インプリント製造技術研究グループ グループ長
	橋口 原	静岡大学 電子工学研究所 教授
	芳賀 洋一	東北大学 先進医工学研究機構 ナノメディシン分野 准教授
	染谷 隆夫	東京大学大学院 工学系研究科 准教授
	川原 伸章	株式会社デンソー 基礎研究所 部長
	福本 宏	三菱電機株式会社 先端技術総合研究所 センシング技術部 部長
	中西 博昭	株式会社島津製作所 基盤技術研究所 主幹研究員
	安達 淳治	(財) マイクロマシンセンター 調査研究部 担当部長
METI	藤原 達也	産業技術環境局 研究開発課 研究開発調整官
	増田 光俊	産業技術環境局 研究開発課 研究開発専門職
METI	加賀 義弘	製造産業局 産業機械課 技術係長
NEDO	小澤 純夫	機械システム技術開発部 部長
	松田 均	機械システム技術開発部 主任研究員
	渡辺 秀明	機械システム技術開発部 主査

オブザーバー

	阿出川俊一	(財)マイクロマシンセンター 産業交流部長
事務局	日野 俊喜	(株)日鉄技術情報センター 調査研究第一部長
	加藤 正彦	(株)日鉄技術情報センター 特別研究員
	矢田 恒二	(株)日鉄技術情報センター 研究員
	伊藤 有子	(株)日鉄技術情報センター
	中原 洋二	(株)ワードクラフト 速記

欠席者

委員	太田 亮	オリンパス株式会社 研究開発センター MEMS 開発本部 MEMS 開発部 部長
----	------	---

配付資料

議事次第

配布資料リスト

座席表

- 資料 2-1 MEMS 人材育成ロードマップ検討状況（中間検討結果）
- 資料 2-2-1 MEMS 製造技術のロードマップ（総括表）見直しのまとめ
- 資料 2-2-2 MEMS 分野の技術マップ見直しのまとめ
- 資料 2-2-3 MEMS 分野の導入シナリオ見直しのまとめ
- 資料 2-2-4 MEMS 分野の技術戦略マップ本文見直し
- 資料 2-2-5 MEMS の競争力比較
- 参考資料 2-1 第 1 回委員会議事録

議事次第

- 0. 挨拶（METI 藤原 研究開発調整官）
- 1. MEMS 人材育成ロードマップ検討状況（中間検討結果）の説明
(MMC 阿出川 部長)
- 2. MEMS の技術戦略マップの見直しについての委員からの説明および討議
(藤田 委員長)
 - 2-1. MEMS 製造技術のロードマップ
 - 2-2. 技術マップ
 - 2-3. 導入シナリオ
 - 2-4. 本文
 - 2-5. 競争力比較
- 3. 今後について

議 事

議題 0. 挨拶（METI 藤原 研究開発調整官）

今回は技術戦略マップを見やすくして、特に MEMS に関しては人材育成に切り込むこともお願いしているが、今日の資料を見ると、かなり立派なものが出てきているので、今日の審議を非常に楽しみにしている。

これからきちんとやっていく分野を示して行くのがマップの一つの使命だと思うので、是非良いマップを作って行って欲しい。

今後のスケジュールとしては、3月5日に研究開発小委員会が開かれるが、どこまで紹介するのかはまだ決まっていない。

先日の予算委員会で「技術戦略マップがあるのを総理は知っていますか。」と総理に言った代議士の方がいて、その後 METI から総理の秘書官に説明に行ったということもあった。

本日はしっかりと審議をして頂きたい。

議題 1. MEMS 人材育成ロードマップ検討状況（中間検討結果）の説明

(MMC 阿出川 部長)

資料 2-1 を使用して、MEMS 人材育成ロードマップ検討状況（中間検討結果）の説明が行われた。

その内容は以下であった。

1. 調査研究の方式及び実施体制

現在まで 3 回の委員会を開催した。

2. MEMS 分野人材育成に関する現状

アンケートと委員会審議を行い、以下についてとりまとめた。

(1) 企業での MEMS 人材育成の現状

(2) 技術認定・資格制度の現状

(3) 産学連携による MEMS 人材育成の現状

(4) シニア人材の状況（他分野からの人材確保）

(5) MEMS 分野のインフラ整備の状況

3. MEMS 人材育成のロードマップ

以下の (1)、(2)、(3) をもとにして、(4) のロードマップを作成した。

(1) MEMS 分野の人材育成ロードマップの基本的考え方

(2) 企業で必要とされる MEMS 人材像

(3) MEMS 人材育成システムの概念図

一番上にあるのが MEMS マネージャーで、現在一番必要とされている MEMS の人材であり、これに向けて下からステップアップするための環境整備をどうやって行くかを、マップで展開して行くという考え方である。

(4) MEMS 人材育成ロードマップ

(質疑)

- ・報告に対するコメントとして、今、人材育成で検討されている対象は社会人が中心であるが、標準的に MEMS として覚えておかなければいけないことを、産業界の意見も入れながら、大学でやって行くのは良いことかも知れない。

その時、MEMSPedia があるので教材もある程度体系的なものを準備すべきだろうし、ロードマップに文科省の部分を書いていけないことはないと思うので、何らかの要求や「こういうことをすべきだ」と入れておくのも、これから連携する時に良いと思う。

また、異分野のことをやる時には、幅を広げることも当然必要であるが、他分野の人と統合して一緒にやれる力を付けることも大事な観点だと思う。

- ・15 ページの図で MEMS マネージャーが一番上にあるが、これは基盤から実践的とか、技術の高度化とか、そういう軸的な意識はあるのでしょうか。

→下の方に書いてある MEMS の専門知識から、ソフト系も含めた生産技術、製造技術、

次は融合分野と、下からステップアップして行くイメージである。

- ・同じ図で横軸としての意味合いはあるのでしょうか。
→時間的などころは表現しにくいと言うことで、ここでは考えていない。
- ・横軸として、基盤的から実践的、実用的と言うことも出来るが。
→当初、検討されたが、最終的にはこの図となった。

議題 2. MEMS の技術戦略マップの見直しについての委員からの説明および討議

藤田委員長の議事進行のもと、各担当委員からの説明の後に討議をするということで、MEMS 製造技術のロードマップ、技術マップ、導入シナリオ、本文、競争力比較の順番で、進められた。

2-1. MEMS 製造技術のロードマップ (資料 2-2-1 と当日配布追加資料を使用)

[藤田委員長] 先ずロードマップの見直しについて委員からの説明と討議を行って、最終的に決めたいと考えているので、適宜説明をお願いしたい。

[橋口委員] 川原委員と私が担当した部分で変更したところをご説明する。「高精度微細エッチング技術」について、昨今の技術動向を見て数値の見直しを行った。特に 2012~2013 年にかけて「Line and space」が 100nm、「アスペクト比」が 100 で、「表面平坦性」が原子オーダーになると見込んで数値を変更した。現状では表面の平坦粗さが 2~3nm であるが、その部分が 2012~2013 年では原子オーダーになるというのが一番大きい部分である。それに合わせて中間の数値も少し変更している。これは 2012 年の数値に合わせて外挿して決めたというのが根拠である。2025 年は「アスペクト比」が 100、「Line and space」が 50nm としている。本当はもう少し良くなると思うが、現実的に想像できる範囲にしている。「表面平坦性」は原子オーダーが続く。

次は「無損傷加工技術」の「無損傷エッチング技術」「原子配列平滑化」で、今説明した「高精度微細エッチング技術」はシリコンを想定して書いているが、その部分が重複しているので除去しても良いのではないかとすることで斜線を引いている。

「立体構造上へのパターン形成技術」は特に変更したわけではないが、現状は平面的には表裏からやっけていても、ボール・セミコンダクターがすでに球面をやっけてるので「球面」を付け加えている。

「ナノピラー形成技術」で、高精度微細エッチング技術の高度化につれて、ナノピラーのサイズ制御性が上がるので、「高精度微細エッチング技術」に合わせて数値の見直しを行っている。現状、東北大学の寒川先生が出しているデータでは直径 8nm でアスペクト比 10 であるが、MEMS 用に直径 100nm、アスペクト比 100、無損傷 Si で、表面が原子オーダーのきれいな形でそういうピラーが出来ると言うように数値を変更している。

「ナノプローブ・エッチング加工技術」は、最初「バイオ」だけだったのであるが、用途としてプローブメモリ、走査型マルチプローブ顕微鏡などが想定されると言うことで「情報通信」を付け足した。

エッチングの平坦性は、プローブメモリで予測されている記録の密度から、だいたい±5nmが必要だろうと。ナノプローブのエッチング技術は進んでいるのでその程度まで行くだろうと言うことで±5nmにして、記録の密度からプローブの密度数もその程度であると言うことで、数値を少し右側にずらしている。

[藤田委員長] これは横線を引いて消すということで良いのですか。1 ページ目の分類-2 の「ナノプローブ加工技術」に「先端部加工精度」、「同時加工数（プローブ数）」とあるが、2010年の±5nm、1E8本/cm²は横線で消して、赤い方に書いてある2012年と少し遅れ気味になったという見方で良いのですね。

[橋口委員] 「ナノプローブ加工技術」で、実際はプローブメモリを想定して書いているが、2006年の「磨耗」の単位が間違っていたので、ここで5000時間を5000秒と修正して欲しい。5000秒程度であるが磨耗が全然観測されていないと言う報告のレベルである。「磨耗」の評価項目は「寿命」で、これは複合的な要素で変わってしまうので、どう言う評価項目が良いのか悩んでいたが、先端のセンサが5nmのレベルということで数値を書いている。2012年に「研究レベルで25000時間」とあるのは、プローブメモリの市販を想定した時に必要な保証レベルである。実現して欲しいという希望的観測もあるが、現状の研究レベルからその程度まで行くと予測している。もう少し早いかも知れないが、2025年にはプローブメモリが世の中に出始めて、ものすごく高密度のメモリが実現されると想定している。

「LSIプロセス融合ダメージフリーエッチング技術」は、「高精度微細エッチング技術」の進歩に合わせてアスペクト比100、最小加工寸法0.1μmの所を変更した。2012年以降は特にアスペクト比がどんどん上がって行く。それも上記の「高アスペクト比ナノトレンチ加工技術」と数値をマッチングさせている。

次のページで黄色が今回新しく足した部分である。最近、「非真空薄膜形成技術」が注目を集めているが、「移動度」「堆積面積」「均一度」の指標を取り、想定している材料はシリコンで、2012年に移動度1cm²/Vs、堆積面積が1m²以上としているが、ここは下の大面積の方と数値を合わせている。均一度は10%であるが、ここはエィヤーのところがある。基板材料は繊維あるいは固体で、どんどんMEMSのフレキシブル化が進んで、2015年には繊維でそのようなことが達成されるという数値にしている。

「3次元ナノ構造形成技術」の「共通」、「ナノ細孔への薄膜形成」は、高精細エッチングで形成した部分にボイドフリーで膜を形成出来るだろうと言うことで、「アスペクト比（孔径/深さ）」を先ほどの「高精度微細エッチング技術」と合わせている。

「ナノポーラス膜形成技術」は、2012年に自己組織化手法で50nm以下のピラーになると予想して少し数値を遅らせてある。100nmが残っているのは、外挿して「その辺でしょう」と言うことで決めている。

「ナノピラー形成技術」も同様に、2012年で高精細エッチングに合わせて100nmで、「ポア」と書いてあるのは間違いで「均一ナノピラー」である。

[藤田委員長] 上下が逆ではないですか。

[橋口委員] 言葉が逆で、数値はこのまま残るが、上がポアで下がピラーである。

[藤田委員長] ピラーとポアは間違いやすいのであるが、上が「自己組織化手法による50nm以下のナノポア」で、下が「100nm以下の均一ナノピラー」であるとのこと。

[橋口委員] 「成形技術」は従来どおりの数値を残している。それから個人的に昨年度やったところの数値を変えた。3ページの「形成技術」の最後のところの「可動ナノ構造形成技術」であるが、ここは振動子を想定しており、最近サイタイム社が水晶振動子の代替としてシリコンナノ振動子をやっているが、現状に合わせながら、将来動向を含めて少し数値を見直した。将来的にはMEMS発振器のみならずビデオレートAFMみたいなものがナノ振動子で出来るだろうと言うことで、現状の研究動向も含めて数値を入れてある。Q値が2011年で一気に300と書いてあるのは、AFMだと空気中に出るので真空中でのQ値とは違うという意味である。

[藤田委員長] (真空中)とか(大気中)とか何か加えないと、これを見ても分からないですね。

[橋口委員] 80000、100000は真空中である。

[藤田委員長] では(真空中)と付け加えないといけない。3ページの「可動ナノ構造の形成技術」の「Q値」は、2007年の80000、2010年の100000に(真空中)と付け加える。2011年の300に(大気中)と、2015年の500に(大気中)と付け加え、2025年の150000と1000とには、上が(真空中)、下が(大気中)として下さい。

[橋口委員] 以上が我々の担当したところである。

[藤田委員長] 「駆動周波数」のところも同じですか。

[川原委員] 同じであり、「高速AFM用」が大気中である。

[藤田委員長] 「大気中高速AFM用」と「大気中」とどちらが良いですか。「高速AFM用」はあまり意味がないので「大気中」と書くべきでしょうか。

[橋口委員] そうですね。

[藤田委員長] 「駆動周波数」のところは2011年の50MHz(高速AFM用)、2015年の100MHz(高速AFM用)、2025年の500MHz(高速AFM用)を(大気中)に改めて下さい。

それから製品にナノ・マニピュレータと書いてあるが、振動子とナノ・マニピュレータはどういう関係がありますか。これは去年の残りですか。あまり一般論ではないのでナノ・マニピュレータは削除して、MEMS発振器とビデオレートAFMが製品の例として出て来る方が良いでしょう。だいたいこんなところですか。川原委員、何かありますか。

[川原委員] 特にありません。

[藤田委員長] では、今のところで質疑、討論をお願いします。

[染谷委員] 2ページの「非真空薄膜形成技術」はシリコン系と言う話でしたが、2006年が空欄である。恐らく相当技術があるのではないかと思われるが、埋めることは難しいのでしょうか。

[橋口委員] いえ、抜けました。

[藤田委員長] 2007年か2008年に埋めましょう。

[染谷委員] 正確な数値は覚えていないが、非真空系のプロセスの場合は高温プロセスが許されれば非常に高い温度が出るかも知れないし、室温や低温プロセスの場合は1けたぐらい見劣りする数字になる。

ここの $1\text{cm}^2/\text{Vs}$ や10%はある程度の温度が許されたり、レーザー加工も含めて良いのであれば既に出来つつある値と思われ兼ねないので、細かく条件をつけた方が正確になると思う。

[福本委員] 基本的には低温プロセスにして頂いた方がありがたい。

[藤田委員長] では染谷委員から数字を頂けますか。2ページが一番上「非真空薄膜形成技術」は「移動度」などでやや控え目な数字であるが、室温プロセスや低温プロセスというカッコ書きを付け加えることと、2007年や2008年でもカッコ書きでかまわないので適当なものを入れて頂ければと思う。

それから基板材料の「繊維あるいは固体」の固体は何を意味するのですか。繊維も固体です。フレキシブルかどうかという問題と硬い基板と、でも繊維はシートと違うし、ここはもう少し検討の余地があるような気がする。どなたか良いアイデアはありませんか。

2012年は「繊維あるいは固体」で2015年は「繊維」となっているが、私のイメージではガラス基板みたいな硬いものにやる場合、ロール to ロールのような柔軟なシートにやる場合、細い繊維にやる場合の三つが基板の分け方だと思う。固体と言うのは硬い基板の意味だと思うが、2015年は繊維しかやらないのかという気もするし、これはどうしましょうか。

[福本委員] 基板の材料というより基板の形態ですね。

[藤田委員長] では指標は「材料」は取って「基板」としますか。それとも全部取ってしまいませんか。

[福本委員] 2012年も2015年も両方あると思う。現状では樹脂はあっても繊維はないかも知れないので、2008年ぐらいに繊維以外の基材を書いて、2012年以降は全部書くというイメージかも知れません。

[橋口委員] 2012年から新たに繊維が加わるというイメージである。

[藤田委員長] 基板材料の「材料」が良いかどうか気になりますが。

[高橋委員] 基礎となる材料の基材ですね。

[藤田委員長] 「板」と「料」を抜いて「基材」にしますか。なるべく片を付けてしまいたいのでアイデアを言って下さい。「基材」として、2008年あたりに硬い基板と言う表現が使えるかどうかですが。

[高橋委員] プレートは硬いイメージで、シートは軟らかいイメージですね。

[藤田委員長] 2007年か2008年に数値を入れて「プレート」という表現を使うことにしましょう。「シート」はどこで入れますか。

[高橋委員] 「プレート」と「シート」は2007～2008年に。

[藤田委員長] 「シート・プレート」は現状のところでもそこそこはある。2012年を「繊維・シート・プレート」とする。2015年は、そのままつながっているので特に書かなくて

も良い。そんな感じでいかがですか。

もう一度確認します。2 ページの一番上「非真空薄膜形成技術」の指標の一番下は「基板材料」をやめて「基材」とする。2007～2008 年あたりに染谷委員などの提案で数値を入れる。

「基材」は「シート・プレート」の二つを書く。2012 年に「繊維・シート・プレート」と 3 つ併記する。2015 年はそれが続くので「繊維」を取り、何も書かない。

もう一つ検討頂きたいのは、染谷委員が提案されたプロセス温度という指標である。ふさわしくなければ結構ですが、うまく入れ込めるようなら検討頂けますか。

[橋口委員] 温度という指標を増やすと。

[染谷委員] あるいはプロセス温度が室温であれば「室温条件下における」と書いて、現状技術は室温でシリコンは無しということで空欄のまま、このままと言うオプションもあり、明示してあればどちらでも良いと思う。

[藤田委員長] それではこうしましょう。2012 年は $1\text{cm}^2/\text{Vs}$ (室温)、2015 年は $10\text{cm}^2/\text{Vs}$ (室温) とする。現状のところでも何も書かないのはつまらないので、現状の高温プロセスの移動度を。しかし、あまり高温で桁が大きいと変だから適当なものを選んで下さい。

その下の「共通」で「ナノ細孔への薄膜形成」は、「ナノ細孔内壁への薄膜形成」としてもられますか。それから「ナノポーラス膜形成技術」の 500nm などの数値で、現状が全部消えてしまうのは良いですか。

[橋口委員] 500、400、200 は残しても良いかも知れない。

[藤田委員長] では復活しましょう。「ナノポーラス膜形成技術」の 2006～2008 年の 500nm、400nm、200nm はそのまま生かして下さい。2009 年で 100nm、2010 年、2011 年の数値は消去して、2012 年に「自己組織化手法による 50nm 以下のナノポア」が入って、2013 年、2014 年は消去、2015 年で 1nm にして下さい。他に何かありますか。

[安達委員] いまのナノピラーのところですが、異分野融合の基本計画にドットの形成が出ているので、重要技術課題は例えば「ナノピラー/ドット形成技術」としたらどうかと思う。

[藤田委員長] それでよろしいですか。では「ナノピラー形成技術」を「ナノピラー/ドット形成技術」にして下さい。数値目標は良いですか。

[安達委員] はい。

[藤田委員長] 他にいかがでしょうか。

[福本委員] 1 ページの重要技術課題「大面積均一エッチング技術」は特に修正はないが、メータ級の面積と混乱すると思う。面積の 8、12、14、20 インチはウエハの推移で、ここはウエハレベルの話なので「ウエハレベル均一エッチング技術」とした方が良いように思う。

[川原委員] シリコンだからそうですね。ディスプレイはものすごく大きくなって、来年は 9 平米という話もあるようである。

[藤田委員長] 面積がインチというのはおかしいですね。

[橋口委員] 「基板サイズ」は？

[藤田委員長] それでも良いですが、「ウエハ」という言葉を使っているから「ウエハサイズ」かな。よろしいですか。では、もう一度確認します。1ページの「大面積均一エッチング技術」は「ウエハレベル均一エッチング技術」にする。3つ右の「面積（インチ）」は「ウエハサイズ（インチ）」にする。その2つ下「バイオ」の「面積（インチ）」も「ウエハサイズ（インチ）」にする。

[藤田委員長] 他にいかがですか。

[中西委員] 「ナノプローブ・エッチング加工技術」の「磨耗」／「寿命（時間）」は研究レベルと実用レベルの2つの概念があるが、他のものは全部研究レベルですね。特に振動子は、プローブの寿命で研究レベルと実用レベルとどこがどう違うのでしょうか。

[藤田委員長] 復習ですが、これは「普通の研究レベルでこの辺まで行ける」という値でよろしいですね。最初に意識合わせをしたのに私もうっかり忘れてしまいました。研究開発のロードマップなので、「工業的に全部、陳腐化する程の値を記入することになっている」という話では無いですね。

[日野（JATIS）] チャンピオンデータではなく、再現性のある研究開発レベルの値である。

[藤田委員長] ここで言っている「研究レベル」はそういうものなので、「実用レベル」をうまく表現できれば良いですね。どうしましょうか。

[橋口委員] 研究レベルで2万5000時間行けば、それ以上数値を上げて意味がないような気がする。

[増田（METI）] 数値を入れずに「実用化」はどうでしょうか。陳腐レベルではないというのは実用化ということですね。

[藤田委員長] 「ナノプローブ・エッチング加工技術」の「磨耗」の「研究レベルで5000秒」は、再現性がある研究レベルを書いているので「研究レベルで」を取る。2012年の「研究レベルで25000時間」も取ってしまう。2025年は「実用化」だけを書く。それで良いですか。

[増田（METI）] プローブとして実用化なのか、磨耗の部分だけ実用化なのか。

[藤田委員長] プローブストレージ自体が製品になるかどうかは別のことがあるから「実用化レベル」としておきましょうか。「25000」が入っていた方が良いですか。

[橋口委員] 数値は取って良いと思う。

[藤田委員長] 他にいかがですか。

[増田（METI）] 今年は2008年で、さすがに2006年は少し古いので、横滑りが可能であればこの数値を2007年に入れても良いと思います。お手を煩わせるかも知れませんが、現状スペックと言うことで、検討して頂けるようならお願いしたいと思う。

[加藤（JATIS）] それでは、横滑りさせて、後に、委員の先生に見て頂くことも出来ませんが。

[藤田委員長] 2007年に数値が入っているところは横滑り出来ませんが、2006年は取ってしまって良いと思う。1年ぐらいの誤差でそれほど変わらないだろうから、現状認識を

2007年でやることにしましょう。他のところも同じなので、よろしく願います。

他によろしいですか。若干宿題が残っているが、そこは詰めることにして、いま私が確認したところは修正をお願いして、この部分は確定とする。

それでは芳賀委員、次のところをお願いします。

[芳賀委員] バイオワーキンググループの芳賀、太田、中西委員の担当部分で、いくつかの追加があるが、直前に太田委員とマイクロマシンセンターの追加部分が出たので、今日追加資料で配布された、吹き出しがついた新しい方を見て頂きたいと思う。追加部分は黄色の帯で示されている。

先ず、重要技術課題「ナノ材料ウエハレベル形成技術」の右端に赤字の「機械・電気特性」を追加して、制御性の向上を具体的に記載している。

その下の「ナノ材料ビルドアップ技術」の「共通」で「DNA分子のハンドリング位置制御技術」を追加している。具体的な製品としてDNA1分子解析、DNA配線、DNA分子の機能材としての活用であって、「位置精度」で2008年に1 μ m、2025年に数nmを目指すと言うことで、その間が埋められている。

「細胞配置・カプセル化技術」の「配置細胞種類」は、2012年に「組織レベル」を付け加えている。2010年の「複数細胞」、2015年の「臓器レベル」の間を埋める形である。

「細胞の組織化」に「機能組織」を付け加えている。これは創薬（動物実験の代替）、再生医療の製品化を目指して、2008年に「正常培養」、2013年に「薬効スクリーニング」、2025年には「正常組織」としている。

「化学的・バイオ的表面修飾技術」の「化学・バイオ物質の表面パターンニング/流路内」に新たに「親水性・疎水性の制御」を追加している。これによって生体微量試料のハンドリング、生体微量試料の前処理を行うと言うことで、2006年に「プラズマ処理」で疎水性・親水性の制御、2008年に「ナノ構造」、2013年に「液滴のハンドリング」が加わっている。

[中西委員] 2013年は少し言葉が不足していると思うが、「自在な液滴のハンドリングができる複雑な構造が入っている」というつもりで書いている。

[藤田委員長] ここは、やや違う趣旨の言葉が入っているようですが、どうしたら良いでしょうね。

[中西委員] 定量的な数字ではなくて、機能のようなものを書いている。

[藤田委員長] 「こういう機能ができる」と言うのも悪くないと思うが、すぐ上の「薬効スクリーニング」も少し言葉足らずだと思うので、ここは工夫して頂けませんか。

[川原委員] 2008年の「ナノ構造」も機能が分からないので、しっくりきませんね。例えば「液滴のハンドリングのための表面処理」と言うふうな書き方と言うのはあるのでしょうか。

[藤田委員長] 親水性、疎水性の制御が狙っているところは、液滴だけでは無くてもう少し広くて、流路内での気液分離とか、色々なことをしなければいけない。

[中西委員] 液滴だけではなくて液体のハンドリングである。

[藤田委員長] そのために複雑なパターンニングをして作り分けなければいけないのなら、

そちらを書く方が良いですね。

[中西委員] 上の「細胞の組織化」で「2次元配置」とあるので、それと同じように「2次元配置」と書きましょうか。

[藤田委員長] 説明の間に考えて下さい。あとは2006年を2007年にするので、2007年の「プラズマ処理」と2008年の「ナノ構造」が並んで格好が良くないかも知れないし、川原委員が言われたように、ナノ構造ももう少し説明をする必要があるかも知れないので、その辺をもう一度戻ってやりたいと思う。では芳賀委員、進めて下さい。

[芳賀委員] 「化学的・バイオ的表面修飾技術」の「立体構造物への超精密化学修飾」の2007年の数値目標で、当初は50nmとなっていた「ディップ位置精度」に、太田委員から「±」の付け足しが入っている。

「分子の自己組織化現象応用界面制御技術」の製品のところに「研究用心臓模擬デバイス」、同様に「ナノ粒子自己整列技術」の製品のところに「チップカラム、微量分離、微量精製」、「脂質二重層形成技術」の「膜タンパク質チップ形成」の「付加分子」の製品のところに「高機能センサ材料」を入れている。

「有機・絶縁膜の界面制御技術」の「細胞親和性の制御」の「分解能」をより具体的に「分解能（位置精度）」としている。

一つ上の「金属・有機半導体の界面制御技術」の「確立」に？マークを付けている。

[藤田委員長] これは何だろうということですね。このラインを全部取ってしまうのも一案かも知れませんが。エレクトロニクスなら大事なものであるが、「金属・有機半導体の界面制御技術」はMEMSで出て来る必要がありますか。

染谷委員、何かアイデアはありますか。こんなものはMEMSには要らないのか、要るなら確立ではなくて、もっともらしいものを入れるかですが。

[染谷委員] 最後に回して頂けますか。考えます。

[藤田委員長] はい。では先に行きましょう。

[芳賀委員] 製品のところでいくつか付け足している。「有機・絶縁膜の界面制御技術」の「細胞親和性の制御」は「単一細胞解析」を入れた。もう一つは「選択比」のところで「再生医療」が、「生体親和性の制御」の「機能発現制御可能な生体」のところで「高機能バイオ実験ツール」を入れた。

「印刷方式表面修飾技術」の「ナノ化学修飾・ダイレクトリソグラフィ」 「高分子圧電薄膜形成」の製品として「ウェアブルMEMS」を入れている。その下は先ほど橋口委員が説明したので省略する。

次のページの「界面制御技術」の「細胞親和性の制御」の製品として「細胞機能の解析装置」、「活性生体分子融合技術」の製品として「創薬分野の研究用装置」が加わっている。その下の黄色い帯、「ナノ・有機材料技術」はマイクロマシンセンターの安達委員から説明する。

[安達委員] 基本計画の重要技術の中にバイオと有機材料の融合という言葉がある。対応する項目として「異種融合技術」の中に「ナノ・バイオ融合技術」があるので、有機に

着目して「ナノ・有機材料融合技術」を入れてはどうかという提案である。

具体的な重要技術課題として「ナノピラー形成技術」「ナノポーラス形成技術」「ナノ間隙への有機充填技術」の3つを挙げている。応用分野はいずれも「エネルギー、環境、医療」である。

「ナノピラー形成技術」の指標は「サイズの制御性」で、「直径の制御」、「均一性」である。2008年にデモンストレーションレベルで径制御なし、2012年に直径50nm以下、2025年に直径50nmで均一性20%以内、それに至るまでは均一性は制御できないということである。

「ナノポーラス形成技術」の指標は同じく「サイズの制御性」で、「直径の制御」、「均一性」である。2008年レベルでは直径1000nmで制御性なしであり、1 μ mと書くべきかどうか分かりませんが、ナノポーラスなので、あえてナノメートルを使っている。2012年は100nm以下のポーラスで制御性なし、2025年はサイズは変わらないが、均一性が上がって20%以内としている。

「ナノ間隙への有機充填技術」は、現状そういう取り組みがされていると言う情報は無いが、2012年に直径200nm以下の間隙に充填、2025年は20nm以下に持って行き、適用商品はエネルギーハーベスティングや環境物質センシングである。

[藤田委員長] コメントがあるが、先に進んでからにしましょう。

[芳賀委員] 「3次元構造形成技術」の「異種材料の厚膜積層技術」の指標の「材料組合せ・性質」に「種類・積層数」を記載してはどうかということが太田委員からあっている。最後に「自己組織化技術」の「マルチCNTプローブ製造技術」の「短尺化(数 μ m)」について、太田委員から？マークが記載されている。

[藤田委員長] では討論をお願いします。先ず、先ほどの宿題の部分をお願いします。

[中西委員] 「細胞の組織化」の「医療・福祉」の部分で、指標は「機能組織」で2008年は「正常培養」であるが、5年後は正常培養を組織にして動物代替ができるレベルという意味で「動物代替組織」にして、2025年は正常組織ができるので再生医療に使うということで時間的にも良いと思う。

「親水性・疎水性の制御」は2008年のナノ構造は早すぎるので、2010年あたりに「ナノ構造利用」とし、10nmぐらいのナノ構造で制御する。2013年は「2次元配置」として複雑な制御が出来るようになる。これでいかがでしょうか。

[藤田委員長] 単に表現だけの問題であるが、サイズはどう書くのが良いのですか。10nm程度のナノ構造利用ですか。「親水性・疎水性の制御」は「プラズマ処理」が2007年に横滑り、2008年の「ナノ構造」は取って、2010年に「10nmオーダーナノ構造利用」が良いですか。では、それでお願いします。2013年は「液滴のハンドリング」をやめて「2次元配置」とする。

3つ上に戻って「機能組織」では「薬効スクリーニング」を「動物代替組織」に変えて下さい。それから2つに増やしたので「細胞の組織化」の黄色いところの上が空白になっている。ここには何かキーワードを入れないと何のカラムか分からないですね。これは細

胞自体をどう配置するかと言う話ですね。

[中西委員] 組織化の概念をボトムアップで考えるかトップダウンで考えるかという感じだと思うが、積み上げて組織を作るというプロセス的な考え方をすると「2次元配置」、「3次元配置」という表現になる。

ただ細胞は機能を持たないと意味がなくて、組織あるいは正常な細胞から始まると思うので、細胞を材料に扱うのだったら組織化という意味では黄色の帯の方が良いと思う。自発的に組織化させるのではなくて1個ずつ並べるという概念で、上に残ってしまったものを「細胞配置・カプセル化技術」の中にうまく落とし込めればと思う。

[藤田委員長] それでも良いですね。「生体機能材料形成技術」には「生体分子配向技術」「細胞配置・カプセル化技術」「細胞の組織化」の3つの重要技術課題があるが、「細胞の組織化」は黄色い部分だけにして、その上の白い部分は「細胞配置・カプセル化技術」に取り込んで、指標は「カプセル化細胞数」「配置細胞種類」、それから「配置の制御性」みたいなキーワードで、「2次元配置」「3次元配置」「3次元組織化制御」などが入って来るようにすると言う案ですね。

どうしても必要なら右の指標を書き換えても良いですが、「配置細胞種類」の下に来るものを考えて頂けますか。

[中西委員] 「集積度」はどうでしょうか。

[藤田委員長] 集積度というと、LSIでは1cm当たり何とかというのを集積度と考えるが。他の先生方、いかがですか。

次のページの「ナノ・有機材料融合技術」にピラーやポラスが入って来ましたね。その辺りを橋口委員のところでやってもらいましたが、重要技術課題は少しキーワードを足した方が分かりやすい気がする。

「ナノ・有機材料融合技術」の下にあるから、それに関するものなのは当たり前だと言われそうですが、パッと見ると一般的なナノピラーの形成技術と混ざってしまう。「有機」を入れれば良いような気がするが、安達さん、どうですか。「有機」を入れても良いですか。

[安達委員] はい。

[藤田委員長] では「ナノ・有機材料融合技術」の重要技術課題は「有機ナノピラー形成技術」「有機ナノポラス形成技術」とする。ナノ間隙のところは「有機充填」と書いてあって明らかに違うと分かるので、そのままとする。

その下の「材料組合せ・性質（種類・積層数?）」は、クエスチョンのままにしておけないので何か案を提示して頂きたい。

[川原委員] 太田委員は「5、10、20」というのは材料の種類なのか。積層数のどちらかな? という意味で書いたのではないですか。

[安達委員] 重要技術課題に「積層」と書いてありますね。

[藤田委員長] これはファインMEMSに関係のあるキーワードだから、私たちに少し関係して来るが、2006年を取ってしまえば良いですか。2007年は10種類というのはあり得そうだから10層でしょうね。「材料組合せ・性質」の下は「積層数」だけ残して下さい。

2006年は消えて、2007年に「無機/無機」というキーワードを入れて10層出来る。「無機/有機」が2008年で、2010年に20層になって、2011年に「無機/バイオ」の組み合わせが出来るようになって、2025年にはそれが50層くらい出来るということだと思う。

[芳賀委員] 数字の後ろに「層」をつけたらどうでしょうか。

[藤田委員長] カッコ書きはやめて2007年は「無機/無機」で10層、2010年は20層、2025年は50層にする。確かに単位を入れれば分かりますね。

「マルチCNTプローブ製造技術」の「大量合成技術、長さの制御」の「短尺化??」も何とかしなければいけませんね。昔のことで忘れてしまいましたが、CNTプローブ1mm以上と5mmというのは何を想定していましたか。

[安達委員] 太田委員の指摘は、「1mmから5mmに増えているのに、将来の目標が小さくなる方向なのはおかしい」と言うことだと思う。

[藤田委員長] それから自己組織化技術としてのマルチCNTプローブ製造技術で1mmとか5mmというのは、何となくピンと来ません。CNTを生やすだけなら長くすると読み取れますが、プローブ製造技術ですから、これは謎ですね。歴史を通じて出来て来ているので書いた人もいなくなるし、私は去年からですが、記憶から抜け落ちてしまっている。

[加藤(JATIS)] 前の決まったいきさつを探してみます。

[藤田委員長] では宿題にして、教えて頂ければ私が適当に直します。

[中西委員] 大量合成とセットで、長くたくさん均一なものを作るというイメージですね。

[藤田委員長] そうすると「マルチCNTプローブ製造技術」という最初のキーワードが謎でしょう。大量合成や長さの制御を考えると産総研のスーパーグロースを意識しているように読めるし、1mmとか5mmというとスーパーグロースとイメージが合うが、マルチCNTプローブ製造技術は全然違うような気がする。それから長くなったものが最後に短尺になるのも変なので、何とかつじつまが合うように直したいので、事務局で調査した結果を教えてください。

では染谷先生、「金属・有機半導体の界面制御技術」について、お願いします。

[染谷委員] 恐らく有機EL素子や有機トランジスタなどとMEMSデバイスを複合化したもののイメージではないかと思うが、結局良いアイデアがありません。特にシリコンと比較すると有機半導体は弱い材料で、プロセスコンパチビリティを考えるとこういうものが大事なので入って来たと思うが、具体的な製品イメージや数値目標を挙げることは困難である。特にMEMS技術として課題を挙げなくても良いので、提案された方が差し支えなければ、削除が良いと思う。

[藤田委員長] 安達さん、ここがなくなっても問題はないですか。

[安達委員] そう思うが、いま思い出しました。Excelのファイルに隠しカラムがありますね。そこにバックグラウンドの情報が入っている筈ですから、それを見て最終判断をすれば良いと思う。

[藤田委員長] では、これも事務局から教えてもらって私の方で対応します。あまり重

要でなければ削除とします。中西さんをお願いしたことはどうでしょう。

[中西委員] 他のカラムの書き方を参考にすると、ここは配置のことを言っているので「配置」もしくは「配置レベル」となるが、2012年に「3次元配置と機能発現制御」とあって配置だけではなくてプラスアルファが含まれるので、指標は「配置レベル」が良いと思う。

[藤田委員長] 芳賀委員、いかがですか。

[芳賀委員] 「細胞配置・カプセル化技術」を3行に変えて、空欄は追加しなければならないが、細胞をどう配置するかと言うことと、機能を制御することが書いてあるので、指標の言葉は「配置レベル」で良いと思う。

[藤田委員長] 後ろの方に「機能発現制御」や「組織化制御」があるので「配置制御」ではいかがですか。

[芳賀委員] 「配置・制御」ですか。

[藤田委員長] 配置だけではなくて他の制御も入るから、そうしましょうか。「配置・制御」でお願いします。繰り返します。少し複雑な変更ですが、「生体機能材料形成技術」の「生体分子配向技術」「細胞配置・カプセル化技術」「細胞の組織化」は、「生体分子配向技術」は何もいじらないで、「細胞の組織化」の上のカラムの指標に「配置・制御」を加えて「細胞配置・カプセル化技術」に取り込み、指標の「2次元配置」「3次元配置と機能発現制御」などはそのままとする。

「細胞の組織化」は機能に着目して指標を見出すべきだと言うことなので、これは黄色い新しいものにつないで、指標は「機能組織」／「組織化」で、「正常培養」「動物代替組織」「正常組織」とする。

他に何かありますか。

[小澤(NEDO)] 資料を直すのではなくて補足で教えて頂きたい。連続的に改善して行くように見えるところと、不連続に改善して行くように見えるところが当然あると思いますが、特におもしろい不連続のところを2、3例示で教えて頂けないでしょうか。不連続な部分を例示的に教えて頂くと、ロードマップが非常に使いやすくなると思うので、お願いしたい。

[藤田委員長] 私が「そうかな」と思うものを話している間に、他の委員も自分の場所から例を探せるかどうか速攻で見てくださいか。

例えばナノポーラス膜やナノピラーのところに自己組織化というキーワードが入っている。これはトップダウンの作り方で、リソグラフィでがっちり決めるのではなくて、何か粒子を入れるとそれが自分で集合してポーラスの種になったり、自分で勝手にナノピラーとして生えて来る。有機ナノピラーの作り方がそうであるが、自然の力をうまく借りながら、より制御されたものを作って行く。

ただ自然に任せておくと、どこにでも出来てしまうが、好きなところに作らなければいけないので、トップダウンの技術で、ある部分だけ選択的に自己組織化を起こさせて、そこだけナノピラーを作ると言うのが、単に巻いたり結晶化させると言うのと大きく違うとこ

ろであると思う。

材料で言うと、バイオを入れると言うのが今回のかなり大きな目論見だと思う。太田委員がクエスチョンをつけた「異種融合技術」「3次元構造形成技術」の「異種材料の厚膜積層技術」では、材料の組み合わせの性質が無機と無機しか出来なかったのが、無機と有機が出来るようになって、その先はバイオまで含むようになる。材料の選択の幅が広がると機能も広がるということである。この2例を私が思いついたところであるが、他の委員から足して頂けますか。

〔染谷委員〕 例えばフレキシブルや大面積のデバイスは、今まで硬い基材が中心だったMEMSとは相補的である。この瞬間には何の製品もないが、最近の新しい技術がここに取り込まれることによる新しい製品を大きく期待している。

〔川原委員〕 これまでのMEMSはシリコンが中心であったが、新しいものにはポリマーや有機材料を使ったものがあると思う。有機材料とシリコンの回路との一体化はこれからであるが、有機半導体もある。「馬車が車に変わる」という話で言うと、そういうものが進んでポリマーで安く出来るとか、フレキシブルなものが出来ると言うことだと思う。

〔藤田委員長〕 では5分間休憩して、50分過ぎから再開する。

(休憩)

〔藤田委員長〕 では次に移ります。福本委員、よろしくお願ひします。

〔福本委員〕 資料2-2-1の4ページ、「プロセス連続化、大面積化技術」で、分類-2の「非真空プロセスによる成膜技術」はウエハレベルの話なので、「プロセス連続化、大面積化技術」の「大面積」がメータレベルという位置付けで考え、非真空プロセスが項目として欲しいということで名称を変えましたが、ここは議論頂きたいと思う。

「高品位ナノ機能膜形成技術(インクジェット応用)」とあるが、カッコは消して下さい。

「印刷方式表面修飾技術」とあったのは「高品位ナノ機能膜形成技術」と改めたいと思う。

従来、シリコン系の非真空プロセスは研究レベルでもほとんどない状況で、それが2009年の次のプロジェクトで始まるというイメージで、「電子移動度」を代表的な指標として書いている。

橋口先生のところは2015年で10で、私の方は5として2025年で10であるが、これは判断がつかないので2015年を10にして合わせても良いと思っている。そうすると2025年は、その上を行かないといけません。

〔藤田委員長〕 パターン寸法が変わるから良いのではないですか。

〔福本委員〕 そういう形で数値は整合したいと思う。パターン寸法はメータ級なので、まだサブミリオオーダーだろうと言うとらえ方で数値を書いている。

「高分子圧電薄膜形成」は「有機圧電薄膜形成」としている。高分子はあまり出ていないので、ここは有機の方が良いと思って変えました。

「マイクロナノ印刷技術」の「グラビア等転写印刷技術」「インクジェット印刷技術」「高

精度ロール to ロール印刷」は現状でもやられていて、それが各年度で推移するという数値をそのまま残している。

分類-2の「プロセス大面積化技術」は、非真空のプロセスをプレートあるいは繊維状の基板の形で大面積化するという項目で、「高品位厚膜の大面積、連続プロセス化（mオーダー）技術」とあったのは「高品位機能膜のメータ級大面積形成技術」の文言に変えている。黄色の「局所環境制御をしながら、それをスキヤニングして大面積のメータ級に広げる」という項目を追加して、メータクラスの大面積での均一性と言うことで、2012年の±10%を中心に前後を設定している。

その下は高橋委員から出ました「繊維状基材の製織集積化」という項目を追加している。面積は、最初は縦糸と横糸の本数で書いてあるが、その後の2012年は0.3m×0.3m、2015年は1m×1m、2025年は幅1mで連続的に100mが可能だと。ここは10mで良いのじゃないでしょうか。

[高橋委員] 100mのものが必要かどうかもあるので、たぶん10mが良いと思う。

[藤田委員長] 2025年は1m×10mですね。

[福本委員] 「柔軟性」は文言で書いているが、製品が抜けているので、「局所環境制御＋スキヤニング」のところには「大面積エネルギーハーベスティングデバイス」を入れたいと思う。具体的には太陽光発電パネルなどである。その下の繊維状の方は「ウェアラブルMEMSなど」と入れて下さい。

その下は「高精度アライメント：大面積（mオーダー）サブmm精度アライメント技術」を「メータ級大面積アライメント技術」に改めたいと思う。その下2項目を見え消しの線で消しているが、これは「消せ」と言っているのではなくて、ここの位置はふさわしくないで移動させたいと言うことである。

「大面積ナノパターン加工技術」の50nm、10nm、5nmはメータ級の大面積を想定したものではなく、「大面積高密度マルチプローブ加工技術」の4インチとか6インチはウエハレベルの話だと思う。前年度、大面積という項目でこちらに動かされたという予測もあって、これは形成技術の項目に動かしたいと思っている。

[藤田委員長] どこへの移動を念頭に置いていますか。どの辺に入れたいのですか。

[福本委員] 「大面積高密度マルチプローブ技術」は3ページの「機能性表面形成技術」の後ぐらいに入れれば良いのかなと。

[橋口委員] 1ページの「ナノプローブ・エッチング加工技術」に密度が書いてあるので、同じ内容ではないかと思う。

[藤田委員長] 1ページの「ナノプローブ加工技術」はエッチングだけであるが、大丈夫ですか。

[橋口委員] ウエハレベルが抜けている感はあるが。

[藤田委員長] 面積を大きくするというイメージはあるが、桁が違いますか。20μmピッチは、マルチプローブのプローブ間隔のことですか。

[橋口委員] プローブ間隔で、最初の頃にしたのが残ってしまったと思う。これはナ

ノプローブ加工技術の密度で統一した方が良いと考える。

〔藤田委員長〕 昔の経緯があるので急に消すのが良いかどうかは難しい判断が要る。確信があれば良いのですが、そうでなければどこかに入れて置いた方が安心である。基板の上で作ると言うイメージで書いてあるので、少しニュアンスが違う。今のエッチングは非常に小さく作るということで、必ずしも整合しないのか、その大面積化なのか。「ナノプローブ・エッチング加工技術」に「ナノプローブ加工のウエハレベル・ナノプローブ加工」という項目を入れて今のものを生かすとか、完全に取らないで何か工夫しなければいけないと思う。

〔高橋委員〕 1ページの「高精度微細エッチング技術」の下は「大面積均一エッチング技術」から「ウエハレベル均一エッチング技術」に名称を変えたと思うが、分野の「無線通信」「バイオ」の下に「共通」という項目を作って入れてはどうですか。

〔藤田委員長〕 フォローができませんでした。どこの場所か、もう一度ゆっくりお願いします。

〔高橋委員〕 1ページ目に「大面積均一エッチング技術」を「ウエハレベル均一エッチング技術」に変えたところがありますね。その分野は「無線通信」「バイオ」であるが、その下に「共通」という項目でそれぞれの数字を入れてはいかがでしょうか。

〔藤田委員長〕 良いかも知れません。「共通」というのは分類学の話で、別のところでもここに対応するかを示しているので、指標とか重要技術課題で何をやるかが読めれば良いのですが、「大面積ナノパターン加工技術」「大面積高密度マルチプローブ加工技術」は、今は重要技術課題というレベルの高いところに入っていますね。今回はもっと低いレベルに押し込むと言うので、このキーワードをどこに入れれば良いですか。指標のあたりでしょうか。

説明を続ける間に考えて頂けますか。私も今の場所で良いような気がするが、表としての整合が取りにくいので、キーワードをどこに入れるか考えて下さい。では先をお願いします。

〔福本委員〕 「プロセス連続化技術」に新たな項目として「繊維状基材連続微細加工技術」を入れている。指標は「被覆スピード」と繊維状の基材上にパターンを加工する「パターン加工スピード」である。製品は繊維状デバイスを入れて下さい。

「連続 EB プロセス技術」「連続 FIB プロセス技術」は消すのではなくて、ここで良いかと言うことである。何を想定しているのか分からないので見え消しにしているが。

〔藤田委員長〕 連続的な基板に EB や FIB をパーツとやって行くのではないですか。基板レベルでパッチリやるのではなくて、流れているものに対して連続的に EB や FIB をすると言うことで、これで良いと思う。

〔福本委員〕 では残して置き、メータ級の面積のイメージで。

〔藤田委員長〕 ですから現実の技術ではなくて先の話ですね。

〔福本委員〕 これは残します。一つ飛んで「実装技術」のところですか。ここは前回の委員の方がきっちりされていて、検討した 3 人からは特に修正・追加項目は出ていない。実

装という形ではどうか、他の分野の担当の方の意見を伺いたいと思う。

[藤田委員長] 意見があれば後で伺いましょう。

[福本委員] 最後の「製造システム技術」も元の通りで追加・修正はしていない。

[藤田委員長] では質疑、討論をお願いしたい。非常に細かいことであるが、4ページの「プロセス連続化・大面積化技術」で、一番上にシリコンが入り、その下が「有機圧電薄膜形成」であるが、ここの「微細化」は上に合わせて「パターン寸法」の方が良くありませんか。他にいかがですか。

[芳賀委員] 「プロセス連続化技術」の「繊維状基材連続微細加工技術」の「パターン加工スピード」は、パターンがある以上はパターン寸法があった方が良いのではないのでしょうか。

[藤田委員長] 指標の左側が「被覆」、右側が「スピード」で 10m/min として、その下は左側が「パターン加工」で、右側を「スピード」「パターン寸法」に分ければ良いですね。数字は考えて頂きたい。

[中西委員] 細かいことであるが、「プロセス大面積化技術」で追加された「局所環境制御＋スキヤニング」の「パターニング」「分解能」という指標は、上に合わせると「パターン寸法」となる。

[藤田委員長] 高橋委員、何か案は出ましたか。

[高橋委員] 見え消しの「大面積高密度マルチプローブ加工技術」は 1 ページの「ナノプローブ加工技術」の「ナノプローブ・エッチング加工技術」の下に「大面積高密度マルチプローブ加工技術」「共通」として収め、「大面積ナノパターン加工技術(ナノ・マイクロ加工技術)」は「ウエハレベル均一エッチング技術」の「無線通信」「バイオ」という項目の下に「共通」とすれば良いと思う。

[福本委員] 一段レベルが下がるわけですね。

[藤田委員長] 「ナノパターン加工技術」はやめて「高段差底部の微細パターン形成」だけにすれば良いですか。これはエッチングではなくてリソグラフィを考えていますね。

[福本委員] 18 年度のロードマップを調べると、1 ページの「ナノプローブ加工技術」と「LSI プロセス融合ダメージフリーエッチング技術」の間にこのまま入っている。昨年大面積が出来たので集合しているようであるが、元に戻した方が良いと思う。

[藤田委員長] そうかも知れません。大面積が出来たので、そちらに統合しようと移したと思うが、どう戻しましょうか。

[福本委員] 「大面積ナノパターン加工技術」は高橋先生の位置で良いと思う。「大面積高密度マルチプローブ加工技術」は、もともと「形成技術」の下に一つの項目としてあったので、2 ページの「形成技術」のどこかにそのまま入れたらどうかと思う。

[藤田委員長] 分類-2 が「プロセス大面積化技術」で、それが二度も三度も出て来ると汚いので動かしましたが、昨年度はメータ級のもの大きな基板というイメージが混在していたわけですね。今年は真面目に考えて、メータ級だけに絞りたいと言うので今の話が出て来ている。どうしましょうか。

[福本委員] 昨年版は「平面形状での大面積ナノパターンニング技術」の下に「大面積ナノパターン加工技術」「共通」「高段差底部の」という形で、上の項目もこれだけに当てはめられている。

[藤田委員長] 私の方で考えるのは難しいので、担当の方に案を出して頂きたい。どうしましょうか。

[福本委員] これはデバイスとして何をイメージしているのかで違うが、メータ級の中でもこういうニーズがあれば残しても良いと思う。

[藤田委員長] それはピッチで、段差 $50\mu\text{m}$ に対して 200nm 、 50nm 、 10nm 、 5nm が切れるとか、パターンニングできると言うことを考えたものですね。

[福本委員] メータ級で縛ると、メータ級で 50nm は少し厳しいと思う。

[藤田委員長] これは明らかに基板を考えていると思うが、厳しいですね。ここは宿題にするしかなさそうですね。急にやろうとするとコンシステントにするのは非常に難しいので、関連を考えてロジカルに収まるどころに入れて頂けますか。

[福本委員] 消すのではなくて、どこかに当てはめる形ですね。

[藤田委員長] ただ消してしまうとまずいので、うまく収まるように工夫してもらえると助かります。高橋委員、福本委員、染谷委員を含めて、ここに入ればスムーズだと言うところを考えて、後で教えて頂けますか。

他にいかがですか。では先に進み、センターの方からお願いします。

[安達委員] 「検査・評価技術」及びシミュレーションで、「微小領域における物理量計測技術」のところに「ナノトライボロジー計測」を入れたが、今、よく見ると 4 ページ目の「界面物性評価技術」に「ナノ領域におけるトライボロジー評価技術」とあるので、「ナノトライボロジー計測」の項目はそこに移したいと思う。

「プローブ先端磨耗」と書いてあるが、こちらは接触物間の作用力を測定するという事なので、例えば指標の右の項目に「接触力」と入れて、目標値を 2012 年で「分解能 $\pm 5\text{nN}$ 以下」を入れたいと思う。

[藤田委員長] 4 ページ「界面物性評価技術」の「ナノ領域におけるトライボロジー評価技術」の「プローブ先端磨耗」の下にもう一つ小さいコラムをつくって「接触物間作用力」という項目を立てると。

[安達委員] 目標値は 2012 年に分解能 $\pm 5\text{nN}$ 以下である。

[藤田委員長] 指標は「力分解能」と書けば良いですね。もう一度言うと。「接触物間作用力」の右隣が「力分解能」と指標になって、2012 年に $\pm 5\text{nN}$ 以下である。ここは現状でも摩擦力顕微鏡があるので、せめて現状の値を入れて頂けませんか。

[安達委員] 分かりました。次に 6 ページの「設計・解析技術」で、「プロセス解析技術」は 2010 年の目標値を 2012 年にシフトさせている。

次に黄色の「プロセス解析の高度化」という項目が新たに加わり、「装置出力データとの連携」で、「単一 MEMS プロセス」が 2012 年、「ナノ材料プロセス対応」が 2015 年、「バイオ材料プロセス対応」が 2025 年である。

重要技術課題「ナノ/マイクロ/マクロ境界領域の解析モデリング技術」は「境界領域の」を抜き、「解析境界領域間パラメータの抽出」という指標は新たに「各スケールおよび各スケール間のモデル化技術」として、右側は「解析対象」で、2008年が「無機材料とのモデリング」、2012年が「有機材料を含むモデリング」、2015年が「バイオ材料を含むモデリング」と変えたいと思う。

「分子オーダーメゾオーダーまでの解析」は上の「マルチスケールシミュレーション技術」に含まれるので、この項目は割愛してはどうかという意見である。

「データベース構築」は、従来の「材料・界面・プロセス・知識」から知識データベースを新たな項目として分離させている。「知識」、「共通」、「MEMS 製造・評価技術に関わる知識 DB」「対応可能な DB 対象」として、「高精度 3DMEMS 製造技術 DB」、2008年が「高集積複合 MEMS 製造技術知識 DB」、2010年が「ナノ機能付加製造技術知識 DB」、2015年が「ナノバイオ融合製造技術知識 DB」である。技術がどんどん広がるのに対し、知識データベースも対応して行くということである。

[藤田委員長] 質問、討論をお願いします。

[中西委員] 本年度「メータ級の大面积」という新しいキーワードが出ているので、それに対応する評価技術を新しく設ける必要はないでしょうか。

[藤田委員長] どうでしょうか。必要か、必要でないかを言って頂き、必要なら宿題とする。

[中西委員] 考えて頂いている間に話をすると、弊社で液晶のインスペクションシステムを作っているが、トラブルも多くてものすごく大変である。よってメータクラスでやることの評価は大切だと思う。

[川原委員] 長さ方向の均一性という話ですか。

[中西委員] ディスプレイは1画素単位の欠陥を見つけないといけない。

[藤田委員長] あった方が良さそうな気がするが、3~4分では書けないので、持ち帰り検討出来そうですか。問題提起があったと言うことで、可能なら入れたいので、有効な指標や目標が出せるようならお願いしたい。

[安達委員] ポイントは大面积でどれくらいバラつきがあるかと言うことですか。

[藤田委員長] 2つあって、大面积でのバラつきの他に、今の液晶の話によると、「大面积の中にたくさん入っている精細なものを見分けてきちんと測る」と言うことがあるような気がする。それは2025年でもいいけれど、材料、均一性、パターン、最後に機能がちゃんと評価できるとか、少なくとも項目ぐらい入れておくと良いと思う。これは宿題でお願いしたい。責任者はだれにしましょうか。

[福本委員] 安達委員に項目を作って頂いたら考えます。

[安達委員] 分かりました。

[藤田委員長] では安達さんがオーガナイズして、どなたかに振って下さい。宿題が多く出ましたが、ロードマップの見直しは概ね認めて頂いたと言うことで、2-1. MEMS 製造技術のロードマップの討議はこれで終わります。

2-2. 技術マップ (資料 2-2-2 と当日配布追加資料を使用)

[藤田委員長] 次に 2-2 「技術マップ」に移ります。資料 2-2-2 「MEMS 分野の技術マップ H19 年度見直しのまとめ」で、技術マップはロードマップから作られているので、特にセルの色分け具合を見て頂きたい。黄色が中期的な視点での重要技術、ピンクが長期的な視点での重要技術、何もついていないのは特段重要技術と認めないということである。資料が 2 つありますね。

[加藤 (JATIS)] 資料 2-2-2 と書いていない方 (当日配布資料) です。

[藤田委員長] 赤字で「記入方法」が書いてある方を見て下さい。

[加藤 (JATIS)] 色の変更があったところは「分野」にカッコで「黄色→ピンク」などと入れている。書けないところは「MEMS 要素技術」に入れている。

[藤田委員長] 上から変わったところだけ見て行きましょう。

[加藤 (JATIS)] 1 ページ左側、真ん中あたりの「3次元ナノ構造形成技術」の「3次元形状表面上成膜技術」が黄色からピンクに変わっている。基本計画との絡みでよろしいでしょうか。

[藤田委員長] 追加もありますね。

[加藤 (JATIS)] 追加は「非真空薄膜形成技術」で、基本計画との絡みで、ピンクでよろしいかと思う。下に行って、「ナノピラー/ドット形成技術」も、基本計画との絡みで黄色からピンクになりました。右側「形成技術」の「ナノ材料ビルドアップ技術」は白から一挙にピンクになっている。これも基本計画との絡みである。

[藤田委員長] 長期的な意味で重要度が増したということだと思う。

[加藤 (JATIS)] その下の「機能性表面形成技術」の「化学的・バイオ的表面修飾技術」が白からピンクになっている。以上が変わったところで、あとは真ん中の「ナノ・有機融合技術」に 3 つが新たに追加されている。

[藤田委員長] 説明をお願いします。

[安達委員] 1 つは名前に「有機」を付けるということを先ほど議論頂いたので、あとで、その言葉が追加されますが。下の 2 つが黄色になっているが、これは私のミスで両方ともピンクである。

[加藤 (JATIS)] 次に 2 ページ目の一番上は、「非真空プロセスによる成膜技術」に名前が変わっている。

[藤田委員長] これは名前の統一ですね。

[福本委員] こちらは資料 2-2-2 の方が新しいようで、最後の「連続 EB プロセス技術」などは消しているが、これは「イキ」で残る。「大面積ナノパターン加工」のあたりをどこに移動するかは宿題で、移動したところに入る形になると思う。

[藤田委員長] 一番上の「(インクジェット技術応用)」は消しますね。

[福本委員] はい。

[藤田委員長] 一番下はマイクロマシンセンターさんですが。

[安達委員] ここは先ほどの「設計・解析技術」の変更を反映している。

[藤田委員長] 「知識」が新しく出来て、そこをピンクに変えたことと、「プロセス解析技術」がピンクになったことですね。全部つけると逆に意味がなくなって、他の色があることに意味があり、長期的に大事なものをピックアップしている。いかがですか。よろしいですか。では認めて頂き、どうもありがとうございました。

2-3. 導入シナリオ（資料 2-2-3 を使用）

[藤田委員長] 次は 2-3 「導入シナリオ」で、文字の変更や追加をした委員から説明を受けて、その後討議をしたいと思う。

[安達委員] では、最初に「市場の動向」で、「革新的 MEMS」のところにデバイスの例をいろいろ書いているが、最後に「ユビキタスセンサネットワーク用多機能センサデバイス」を加えた。次に「企業の取組み」で、ピンクの「環境・エネルギー、医療・福祉、安心・安全分野へのデバイス展開」を加えている。

続いて 2 ページで、「研究開発の取組み（長期）」で「オンサイト環境浄化デバイス医療・福祉」とあるが、誤植だろうと言うことで消している。その 2 つ下の「安心・安全」のところに先ほどの「ユビキタスセンサネットワーク用多機能センサデバイス」を入れている。次に「関連施策の取組み」の「導入普及促進策」で 2 つ変更している。1 つは新たに「高集積・複合製造拠点強化」として「製造技術開発・拠点整備」「開発設計機能整備等」を追加している。取り組みの継続性を考えた場合、平成 20 年度終了予定のファイン MEMS で開発した技術の普及促進が必要だろうという意味で加えている。

もう 1 つは「設計支援システム開発」の項目で、例えば異分野融合の次世代デバイスの取り組みは、研究開発段階からのモデル化の取り組みが非常に重要であると新たに認識されているので、その関係の言葉をここに入れている。「人材育成」については阿出川氏から説明する。

[藤田委員長] これは先ほどの説明を図表化して入れたという理解でよろしいですね。

[安達委員] はい。もう 1 つは書き方の提案である。1 ページは「研究開発の取組み（中期）」とあるが、一番上の「高精度 3 次元 MEMS」「高集積・複合化・ナノ機能付加技術開発」「革新的デバイス基盤技術開発」は全体を表したもので中期の取り組みではありません。ですから、ここに線を引いたらどうかと思う。

[藤田委員長] 線を引くのではなくて柱を分けるのではないですか。

[加藤 (JATIS)] 1 ページ目を「中長期」としますか。

[藤田委員長] そうではなくて「総合」とか「全体」というものなので、「研究開発の取組み（全体）」でしょうか。では「全体」ということで、説明を続けて頂きましょう。中西委員、次をお願いします。

[中西委員] 「企業の取組み」は、企業が「アプリケーションと一体となった実用的 MEMS デバイスの開発」を 2005 年ぐらいから継続するという軸があっても良いと思って書きました。

もう一つは「研究開発の取組み（中期）」の「バイオ MEMS」のところで、これはホワイトデバイスと関係すると思うが、細胞等を相手にするのだったら必ず前処理技術が必要なので書いてはどうかと考えました。

[藤田委員長] 高橋委員、福本委員、お願いします。

[福本委員] 元はもう少し抽象的な言葉となっていたので、非真空高品位ナノ機能膜と繊維状基材としている。

[藤田委員長] より具体的なものに改めたのですね。以上で説明は終わりです。

1点だけ、非常に小さなことですが、中西さんが「企業の取組み」で入れてくれた矢印は後半ピンク色になるようにして下さい。グリーンが近場、黄色が中期、ピンクが長期という色分けなので直して頂きたい。皆さん、もっともな変更だと思いますが、何か意見はありますか。特に製造拠点の強化などはよろしいですか。ご意見がないようなので、いまの変更を取り入れて新しく書き改めたいと思います。

2-4. 本文（資料 2-2-4 を使用）

[藤田委員長] 次は 2-4「本文」で、これも文字の変更及び追加をした委員から説明を受けて、その後討議を行いたいと思います。高橋委員、お願いします。

[高橋委員] 2 ページ目で、「教育」の内容として「(実習を中心とした人材育成)」を追加した。また「試作環境の充実」は「(海外に負けない研究環境の整備)」が重要ではないかということを入れました。

[福本委員] それから 5 ページ目で、「センチメートルオーダー」を「メートルオーダー」に、「マイクロ」を「マイクロ・ナノ構造」とした。

[藤田委員長] ではセンターの安達さん、お願いします。

[安達委員] 2 ページ目で、製造拠点の強化をこちらにも入れるという観点から、「製造拠点の強化など」として、この項目の最後で「これらの取り組みは、MEMS の新たな製造技術開発の進捗に合わせて、いち早く実行することが重要である」と、継続的に取り組む必要があることをうたった。

続いて 4 ページ目で、「10 年後の MEMS 製品の具体的イメージ」の「センサ MEMS」の項目にユビキタスセンサネットワークに関連するものとして、「また、携帯電話をはじめとする通信分野、アミューズメント分野、セキュリティ分野、宇宙分野など幅広い分野で小型・高機能センサが使用される」を付け加えている。

7 ページ目で、「安心・安全分野」に「ユビキタスセンサネットワーク用多機能センサデバイス」で「多数で多様なセンサが分散配置され、センサ同士がアドホックネットワークを形成して、ネットワークを通じて様々な状況や情報の入手が可能となり、防犯・セキュリティ、環境リスクへの対応、農産物のトレーサビリティの向上が図れ、安心・安全な社会を実現するユビキタスセンサネットワークを構成する多機能センサデバイスが実現される。さらに、効率的に広域を観測するために、センサネットワークを拡大し、宇宙空間からの災害監視や地球観測が可能な革新的なセンサデバイスが実現される。これらデバイスの実

現には、高アスペクト比・高密度 3 次元ナノ構造を低損傷かつ十分なスループットで製造する技術、必要とされる部位に選択的にナノ材料を自己組織化させる技術、3 次元ナノ構造表面を局所的に修飾する技術、3 次元構造表面に均一にナノ構造を転写形成する技術等が必要となる」を入れている。位置はいろいろあると思うが、この例では最初に入れている。

〔藤田委員長〕 次は芳賀先生です。

〔芳賀委員〕 私は医療関係で、内容は大きく変えずに読みやすくしたので全部は読まないが、6 ページ目の「超小型体内留置デバイス」のところは「高周波給電によるワイヤレス駆動」を付け足した。内容は大きく変えていない。

4 ページ目の「バイオ MEMS」のところも書き直している。最近のバイオ関係は携帯電話をはじめとしたところとつながるとい話がだいぶ出ているので、「携帯電話やインターネットに接続した情報端末との組み合わせによりその効果は更に大きくなる」と足している。7 ページ目の「シート型健康管理デバイス」も先ほどと同様に、ウェアラブルデバイスとして「携帯電話やインターネットに接続した情報端末との組み合わせにより～効果は更に大きくなる」という記述を付け加えている。あとは微調整をした程度である。

〔藤田委員長〕 直した方全員にご説明頂いたと思いますが、ご意見はありますか。文章のつながり具合まで十分読み切る暇がありませんが、大変良く直っているように思います。では、この線で行きたいと思います。もし「てにをは」等で直すべきところがあれば、メールで事務局に送って頂ければと思います。一読してリファインをお願い致します。

2-5. 競争力比較（資料 2-2-5 を使用）

〔藤田委員長〕 最後に競争力比較です。

〔加藤（JATIS）〕 この図は日鉄技術情報センターで作成しました。昨年度までは 2006 年の数値が途中段階のものでしたが、確定したものに書き換えている。2007 年のデータもあります。まだ途中段階のところがあるので 2006 年で止めている。

特許出願関連については昨年度とほとんど同じ傾向である。論文関連は、全体の傾向は同じであるが、2006 年に若干下がっている。

〔藤田委員長〕 地域別比較ではアジアは急増しているが、日本は思ったほど伸びていなくて、やや寂しいところもありますね。よくまとめられていると思いますが、これについて意見はありますか。少し気合を入れなければいけないというのが読み取れるようです。では、認めて頂いたことにしたいと思います。以上で議題 2 が終了しました。

議題 3. 今後について

〔藤田委員長〕 藤原研究開発調整官から、今後の研究開発小委員会の予定や委員の先生にどんなことをお願いする必要があるかをお話し頂ければと思います。

〔藤原（METI）〕 今後、まだ研究開発小委員会の日程が決まっていないが、それを目指した作業の中で、25 分野でもう少し調整した方が良いのではないかという意見が NEDO さんや METI で議論が出た時に、若干フォーマットのなどの微修正をお願いするかも知

れません。その時は委員長等にご相談しながら進めたいと思いますので、よろしくお願ひ致します。

〔藤田委員長〕 今日宿題がいろいろ出ましたが、いつ頃までに、どうまとめたらいいですか。

〔増田 (METI)〕 3月5日の小委員会でのどのくらい出すか、実はまだ決まっていないものがあるので、今月中に目処を付けて頂ければと思います。

〔加藤 (JATIS)〕 今日の修正点を早急に変更して、また委員の先生にお送りすることに。

〔藤田委員長〕 宿題をお願いしている先生から今週ぐらいか、来週早々には送って頂いて、それを取りまとめたものを皆さんにもう一度フィードバックして確認して頂くという作業になります。出来れば今月一杯にはそれを済ませたいので、少しあわただしくて恐縮ですが、早めに返事を頂きたいと思います。

〔増田 (METI)〕 2点だけよろしいでしょうか。これは公開版として話を進めているということにかまいませんか。分野によっては非公開版と公開版と2つ作っているところもあって、公開版として出す時には委員の承諾が必要になる。もし公開版で良いと言うことで承認頂ければ、早くプロセスが進むと思います。

もう1点、中身の変更はないが、統一感を持たせるために技術に番号を振るとか、見せ方を少し変更することがあるので、その辺は細かな話なので委員長と相談ということでご承諾下さい。

〔藤田委員長〕 公開するかどうかの件は、従来は公開版を作るということでやっていたと思いますが、そういう理解でよろしいですか。

〔加藤 (JATIS)〕 今のフォームで全面的に出すという形で用命頂いているが、今回もそれに倣ってよろしいかどうかです。

〔藤田委員長〕 従来から公開版を前提に進めていたと理解しており、特に異論がなければ公開版で進めます。いかがでしょうか。それでは公開して結構です。それで進めて下さい。

〔増田 (METI)〕 念のために、完成したら最後にもう一度委員の方にお投げします。

〔藤田委員長〕 それはもちろんやります。これで議論は全部終わりましたが、またメール等でお願ひがあるかも知れませんが、最後の承認を頂かなければいけません。是非お忘れなくお願ひしたいと思います。それでは事務局にお返しします。

〔加藤 (JATIS)〕 時間が延びましたが、無事終わることが出来ました。本当にどうもありがとうございました。以上で終わります。

以上