

研究評価委員会
「次世代半導体材料・プロセス基盤(MIRAI)プロジェクト」(事後評価)分科会
議事録

日 時：平成 23 年 4 月 14 日 (木) 10:00 ～ 17:10

平成 23 年 4 月 18 日 (月) 9:40 ～ 17:30

場 所：全国町村議員会館 (2 階 第 1 ～ 3 会議室)

〒102-0082 東京都千代田区一番町 25 番地

出席者 (敬称略、順不同)

＜分科会委員＞

分科会長	白木 靖寛	東京都市大学 総合研究所 教授	東京大学 名誉教授
分科会長代理	杉山 進	立命館大学 立命館グローバル・イノベーション研究機構	教授
委員	安達 隆郎	エルピーダメモリ株式会社取締役	
委員	岡田 龍雄	九州大学 大学院システム情報科学研究所	電気システム工学部門 教授
委員	鉄田 博	日新イオン機器株式会社 新事業推進室	室長
委員	笹子 勝	パナソニック (株) セミコンダクター社 生産本部	プロセス開発センター 次世代技術グループ チームリーダー
委員	佐野 伸行	筑波大学 大学院 数理物質科学研究科	電子・物理工学専攻 教授
委員	塩野 登	(財)日本電子部品信頼性センター	理事
委員	角南 英夫	広島大学	名誉教授
委員	平井 義彦	大阪府立大学 大学院工学研究科	電子・数物系専攻 教授
委員	渡部 俊太郎	東京理科大学 総合研究機構	教授

＜推進者＞

中山 亨	NEDO	電子・材料・ナノテクノロジー部	部長
古室 昌徳	NEDO	電子・材料・ナノテクノロジー部	プログラムマネージャー
宮田 典幸	NEDO	電子・材料・ナノテクノロジー部	主任研究員
小野 英輝	NEDO	電子・材料・ナノテクノロジー部	主査
河本 滋	NEDO	電子・材料・ナノテクノロジー部	主査
吉木 政行	NEDO	電子・材料・ナノテクノロジー部	主幹
寺澤 伸二	NEDO	電子・材料・ナノテクノロジー部	主査
島津 高行	NEDO	電子・材料・ナノテクノロジー部	主査
宇佐美 典也	NEDO	電子・材料・ナノテクノロジー部	主査
一色 俊之	NEDO	電子・材料・ナノテクノロジー部	職員
佐藤 義竜	NEDO	電子・材料・ナノテクノロジー部	職員

＜オブザーバー＞

矢野 友三郎	経済産業省	産業技術環境局 研究開発課	研究開発調整官
小竹 幸浩	経済産業省	商務情報政策局 情報通信機器課	課長補佐

山森 英史 経済産業省 商務情報政策局 情報通信機器課 係長

<実施者>

渡辺 久恒 株式会社 半導体先端テクノロジーズ (Selete) 代表取締役社長 (PL)
金山 敏彦 独立行政法人 産業技術総合研究所 ナノ電子デバイス研究センター 理事
太田 裕之 独立行政法人 産業技術総合研究所 ナノ電子デバイス研究センター 研究チーム長
手塚 勉 株式会社 東芝 研究開発センター LSI 基盤技術ラボラトリー 主任研究員
最上 徹 株式会社 半導体先端テクノロジーズ (Selete) 第四研究部 部長
熊代 成孝 株式会社 半導体先端テクノロジーズ (Selete) 第四研究部 NSI プロジェクト
耐外部擾乱デバイスプログラム プログラムマネージャー
栗野 祐二 株式会社 半導体先端テクノロジーズ (Selete) 第四研究部 NSI プロジェクト
カーボン配線プログラム プログラムマネージャー
大橋 啓之 株式会社 半導体先端テクノロジーズ (Selete) 第四研究部 NSI プロジェクト
光配線プログラム プログラムマネージャー
平本 俊郎 株式会社 半導体先端テクノロジーズ (Selete) 第四研究部 NSI プロジェクト
ロバスト Tr プログラム プログラムマネージャー
西田 彰男 株式会社 半導体先端テクノロジーズ (Selete) 第四研究部 NSI プロジェクト
ロバスト Tr プログラム グループリーダー
二瓶 瑞久 株式会社 半導体先端テクノロジーズ (Selete) 第四研究部 NSI プロジェクト
カーボン配線プログラム グループリーダー
酒井 忠司 株式会社 半導体先端テクノロジーズ (Selete) 第四研究部 NSI プロジェクト
カーボン配線プログラム グループリーダー
森 一郎 株式会社 半導体先端テクノロジーズ (Selete) 第三研究部 取締役部長
茂村 弘之 株式会社 半導体先端テクノロジーズ (Selete) 第三研究部 次世代マスクプロジェクト
EUV マスクプログラム 主管研究員
井谷 俊郎 株式会社 半導体先端テクノロジーズ (Selete) 第三研究部 次世代マスクプロジェクト
EUV リソプログラム 主管研究員
笠間 邦彦 技術研究組合 極端紫外線露光システム技術開発機構 (EUV) 研究部 部長
小川 眞佐志 技術研究組合 極端紫外線露光システム技術開発機構 (EUV) 専務理事
高木 宏 株式会社 半導体先端テクノロジーズ (Selete) 企画部 国プロジェクト課 担当課長
湊 修 株式会社 半導体先端テクノロジーズ (Selete) 企画部 取締役部長
岡崎 信次 技術研究組合 極端紫外線露光システム技術開発機構 (EUV) 総務部 部長
栗原 啓志郎 技術研究組合 極端紫外線露光システム技術開発機構 (EUV) 光源戦略策定会議 議長
住谷 明 技術研究組合 極端紫外線露光システム技術開発機構 (EUV) 研究部 平塚研究室 室長
堀田 和明 技術研究組合 極端紫外線露光システム技術開発機構 (EUV) 研究部 御殿場研究室 室長

<企画調整>

田島 義守 NEDO 総務企画部 課長代理

<事務局>

竹下 満	NEDO	評価部	部長
寺門 守	NEDO	評価部	主幹
吉崎 真由美	NEDO	評価部	主査
松下 智子	NEDO	評価部	職員
室井 和幸	NEDO	評価部	主査

<一般傍聴者> 4名

議事次第

(公開セッション)

1. 開会、分科会の設置について、資料の確認
2. 分科会の公開について
3. 評価の実施方法
4. 評価報告書の構成について
5. プロジェクトの概要説明
 - 5.1 MIRAI プロジェクト第 I～III 期全体概要
 - 5.2 第 III 期の概要

(非公開セッション)

- 5.3 第 I・II 期成果の実用化・事業化の見通し
6. プロジェクトの詳細説明
 - 6.1. 次世代半導体材料・プロセス基盤技術開発
 - 新構造極限 CMOS トランジスタ関連技術開発
 - 新探究配線技術開発
 - 特性ばらつきに対し耐性の高いデバイス・プロセス技術開発
 - 6.2. 次世代半導体露光プロセス基盤技術開発
 - 次世代マスク基盤技術開発
 - EUV 光源高信頼化技術開発
7. 全体を通しての質疑

(公開セッション)

8. まとめ・講評
9. 今後の予定
10. 閉会

議事内容

<1日目 4月14日(木)>

【公開セッション】

1. 開会、分科会の設置について、資料の確認

- ・開会宣言(事務局)
- ・事務局室井主査より、分科会の設置について資料1-1及び1-2に基づき説明があった。
- ・白木分科会長挨拶
- ・出席者(委員、推進者、実施者、事務局)の紹介(事務局、推進者)
- ・配布資料の確認(事務局)

2. 分科会の公開について

事務局より資料2-1に基づき説明し、今回の議題のうち議題5.3「第I・II期成果の実用化・事業化の見通し」、議題6「プロジェクトの詳細説明」および議題7「全体を通しての質疑」を非公開とすることが了承された。

3. 評価の実施方法

4. 評価報告書の構成について

評価の手順、および評価報告書の構成を事務局より資料3-1～3-5、資料4の内容に基づき説明し、事務局案どおり了承された。

5. プロジェクトの概要説明

5.1 MIRAIプロジェクト第I～III期全体概要

推進者(NEDO古室PM)より資料6-1に基づき説明が行われた。

5.2 第III期の概要

推進者(NEDO古室PM)及び実施者(Selete渡辺PL)より資料6-1に基づき説明が行われた。

- (1) 事業の位置付け・必要性
- (2) 研究開発マネジメント
- (3) 研究開発成果
- (4) 実用化、事業化の見通し

説明に対し以下の質疑応答が行われた。

【白木分科会長】 ご説明、ありがとうございました。それでは、ただいまのご説明に関しましてご質問、ご意見を承りたいと思います。技術の詳細につきましては、午後に担当者から聞けるとしますので、まずは、進め方、体制等々、このMIRAIプロジェクトの進め方に関しましてご質問、あるいはご意見を賜りたいと思います。

【角南委員】 角南でございます。MIRAIのフレームワークとして2つ、非常に大きな問題だと思っておりますので、お聞きしたいと思います。最初ですが、パテント、知財権の問題です。ここで得られた知財権は、参加企業に対して、例えば、ロイヤリティ、あるいはオープンにするのかとか、あるいは、例えば、CMOSデバイスですと東芝さんがコミットしているようですが、東芝に対するインセンティブとか、そういうストラテジーはようになっておりますでしょうか。

【Selete・渡辺】 基本的には、日本型バイドール法と言われますように、発明者の帰属元、東芝さんの出

向者が発明されたら東芝さんのご判断で出すか出さないかを決めます。それで、もし取れましたら、東芝さんの特許ですが、そのときに一緒にパートナーに関しては無償で解放します。それ以外の方には、原則的にはライセンスします。ライセンスの条件に関しては相手次第になりますが、基本的には公開し、ライセンスする方向で行います。

【角南委員】 それは、国内企業だけじゃなくて外国企業も含むということですね。

【Selete・渡辺】 特に差をつけておりません。メンバーかどうかというのは非常に大事なことです、それは交渉次第です。外国でも。

【角南委員】 それは、個別の特許にケース・バイ・ケースで対応するということですか。

【Selete・渡辺】 各社さんの判断であり、我々、プロジェクト側とかNEDOがこうなさいとかという指導は多分しないということだと思います。

【角南委員】 ありがとうございます。それからもう一つですが、このプロジェクトが、相対的には非常に基礎的な部分に志向しているということ踏まえて、あえてご質問したいのですが、例えば、リソグラフィですと、いわゆるメインストリームというのは光リソグラフィですよね、今でも。その部分が、過去の話ではありませんけれども、日本の2社が世界を席巻していたわけですし、昨今では、その相対的な地位低下が言われておりますが、その部分に対しての、NEDOと申しますか、国としての取り組みと、相対的に、EUVと申しますか、この分野を選んでそこに注力するというふうなストラテジーをどのように決められたかということをお聞きしたいと思います。

【NEDO・古室】 プレゼン資料の25ページに、EUV関係のさまざまなプロジェクトがありました。この中で、露光装置技術というところで、2002年から2007年の間にかけて、EUVAがウシオ、コマツ、ニコン、キヤノン等の企業と一緒に露光システムの開発を行っておりまして、ニコン、キヤノンさんは、反射ミラーの磨きとか、計測精度とか、そういうことに集中してまいりました。その7年間の成果として、ニコンさんは機を作り、それからキヤノンさんはSFETという装置を作って、MIRAIプロジェクト(EUVマスク)のほうにお渡しして、そこで使っていただいています。今後は、露光装置をさらにブラッシュアップして2014年頃にそ量産機第1号を出したいというメッセージは出しております。ただし、現在、ArFの液浸での巻き返しを図るために、事業としてはそちらに集中している状況でございます。

【角南委員】 ありがとうございます。

【白木分科会長】 今の内容に関連しますが、同じように、配線技術のほうで、当然メインストリームは金属配線、その部分はこのMIRAIでは取り上げなかった、つまり、そのものについては、ちゃんと他に対処する部隊、あるいは組織があるから、このMIRAIではカーボンナノチューブと光配線のほうに注力したと理解してよろしいでしょうか。

【Selete・渡辺】 そのとおりです。今日ご紹介しませんが、Selete では、銅（銅）の界面問題、劣化問題、TDDB 問題を検討しまして、ルテニウムバリアであるとか、表面の変調層抑制技術であるとかというのをモジュール技術として開発しておりまして、それをプログラム参加者に提供しております。直接、金属配線そのものは、今回はテーマにしておりません。第Ⅰ期はありますね、Ⅲ期はありません。

【産総研・金山】 今回、10年間の全体を俯瞰していますので、今のご質問について少しだけ補足させていただきます。MIRAI プロジェクトの2005年までの第Ⅱ期の時期には、その中の重要なテーマとして、Low-k 銅の配線のトータルの技術として、主に Low-k 材料に重点を置きながら、銅のめっき、あるいは、いろいろな界面材料の開発等も含めた成果を MIRAI プロジェクトで実施し、それは当初の予定では2007年に終了予定でしたけれども、先ほどご説明がありましたように、2005年までで終了して、Selete に移管して、その後、Selete から現在もいろいろな個別企業での開発が続いているという、こういうスキームになっております。

【Selete・渡辺】 Ⅰ期、Ⅱ期からの成果を、Ⅲ期目のときに Selete で技術移管をして High-k や Low-k 膜関連技術をベースに開発を実施しました。

【鉄田委員】 先ほどからのプロジェクトの第Ⅰ期から第Ⅲ期の全体概要ですとか、第Ⅲ期の概要とか、あと個別のテーマの中でいろいろ言葉が出てくるのですが、もともと、第Ⅲ期の、例えば、後半のところで6つのテーマがありますと、そのときに、目標としているデザインルールというのは、それぞれどうなっているのかというのがすこしわかりにくい。これをじっくり読めば書いてあるのだらうと思いますが、例えば、全体概要だと、32ナノぐらいとか書いてありましたよね。65から32ナノぐらいを MIRAI でやると。次のページになると、第Ⅲ期基本計画、2005年12月だと、45ナノを超える技術領域という形になっていて、今、最終的に結局どこを狙っていたのでしょうか。それによって、例えば、実用化の見通しというのもコメントは変わってくると思うのです。そこを明確に説明してください。

【NEDO・古室】 いろいろ経緯がありまして、当初は45ナノ以細という、そこが当初、10年後の、あるいは7年後ですね、最初の、MIRAI が始まった7年後にどこまで行くかはなかなか見えていなかったもので、表現としては、45ナノ以細とか、45ナノを超えてというように、ぼかしていたと捉えてください。ただ、研究開発が進むにつれて、だんだんその技術の先行きも見えてきて、次の技術は何をしたらいかがが分かってきたので、基本計画の変遷を見ますと、きちんと最終目標、ハーフピッチ32ナノに対応する技術をやるということであつたわけしております。それから、もう一つ、基本的には、テーマによってもその表現が違いますが、全体として、メジャーとしてはハーフピッチ32ナノを目標にしています。ただし、中間評価等の提言で、例えば、EUV に関しては22ナノに向けても対応すべきところは対応すべしという提言を受けておりますので、EUV 等では22ナノに対してどの程度の適応性があるかというところを検証する実験も成果として挙げております。

【鉄田委員】 例えば、その新構造極限トランジスタ、UCMOS の目標としているデザインルールというの

が幾つかという質問です。それぞれどうなっているのでしょうか。例えば、カーボンナノチューブもそうですし、光配線もそうですし、多分、それぞれ違うと思うのですね。それが、現時点、2011年3月に終わった時点で、次に実用化に入るとというのが、それぞれデザインルールが変わっていれば、全然時期も違うでしょうし、そういうところを明確にしてからコメントが出来るのだと思います。

【Selete・渡辺】 繰り返しになりますが、当初、ともかく45以細というのは、基本計画の第1行に書いてありますので、全体を通しての思想はそれ以上のものではないのですが、それで、基本計画を立てたときはそういう目標でオーソライズされたのですが、45でよいのかという時代になってきたということがありまして、そうすると、課題は何かと。ハーフピッチで言えば、32に変えたのもありますし、EUVのように、ほぼ22をねらいなさいと変えたのもあるということなので、一言では言えませんが、例えば、UCMOSなどですと、確かに32の次に22とありますけれども、それとは、軸は確かにそういう言葉を使うのですけれども、コンタクト問題でいえばバリスティック性とか、それが問題として見えてきます。それを理解して制御するということのほうが重要だという議論があります。しかし、世代で言えば、22、あるいはそれ以下の話ですが。

【鉄田委員】 だから、新構造極限トランジスタに関しては、32ナノ以細で、22、もしくはそれ以降のを狙っていたということですね。

【Selete・渡辺】 その時代固有の、22テクノロジーとしてターゲットを決めてやるということはあまりしていません。やはりその基本物性としての重要性をとらえています。ただし、45の時代に出てこなかった問題ですよ、32、あるいはそれ以細のときに出てくる問題ですよ。そういう認識で、そこをきちんとやるべきであるという提言を受けてやってきました。

【鉄田委員】 いわゆる基盤プロセス技術として、デザインルールフリーとは言っていないでしょうけれども、ある程度以上の微細なところで検討してきたということでしょうか。

【NEDO・古室】 プレゼン資料の28ページ、29ページをごらんください。ここにテーマごとの目標の内容と根拠を基本計画から抜粋して示しておりまして、右側の根拠のところ、ハーフピッチ32ナノを超えとか、以細とか、45ナノを超えとかというような、ある程度のノードを示しながら、それに対応する技術の目標が左側という形になっています。

【鉄田委員】 分かりました。この資料をじっくり見ないと分からないですね。難しい。

【Selete・渡辺】 ノウハウの塊である成果より、技術の底にあるユニバーサルに適用できる知見を得ることが、私としては最上位の意義であると考えています。

【笹子委員】 事業目的で確認ですが、ファブライトとか、外に委託するというのが増えている、これは事実だと思うのですが、事後評価として、それをポジティブに思われているのか、ネガティブに思われているのか、それをまずお答えいただきたい。2点目は、国内を中心に実施されたのですが、

海外のコンソーシアムとのベンチマークについてもコメントもいただければと思います。

【NEDO・中山】 ファブライト化が進んでいることに対して、NEDO ないしは実施者としてどう評価するかというのは、その質問のご趣旨がどこにあるのか分からないところがありますが、産業論的に言えば、各半導体メーカーの事業戦略として、そういったことが起こっていくということは、これは、現実の問題として起こっているのだろうと言わざるを得ません。それから、プロジェクトの成果では、ファブライト化が進んでいく中で、どのように生かされていくのか、また本当に役に立つものだったと自分で思っているかというご質問だとすれば、これはファブライト化といっても、各社とも、我々が聞いている限りでは、国内に最先端の技術は残し、国内に先導的なファブは残して、そこで、自動車で言えば F1 マシンみたいなところは日本で作るというように聞いておりますので、我々が今回のプロジェクトで得てきた知見というのは、まさにそこで生み出され、かつ、その先、大衆車に相当するところの設計にも適用されて、実際のものづくりの部分では海外を手足として使うというように理解をしております。

【Selete・渡辺】 この議論は、個別に時間をかけてやりたいところなのです。各社の経営姿勢に関しては MIRAI の成果評価会で議論すべき話でないかもしれませんが。やはり、MIRAI プロジェクトとは日本の何のためだったのかということですが、この図に示すように、横軸が消費電力、縦軸が処理速度として、日本の携帯からスパコンまでを配置した図面ですが、成果を搭載するチップが日本のエレクトロニクス製品の低消費電力化、同時に高速化に貢献することが一番大事なことであると思います。問題は、これらの技術を使ってどこに生産委託をするかという点について最近盛んに議論されるようになってきているわけです。このままでは、日本には最先端工場がなくなるかもしれません。しかし、各社の経営者がそう言っているのならそうなるでしょう。一方、SoC というのは、それ自身の市場規模よりも、システム性能の差別化要素のキーコンポーネントとして重要ですから、実際その方向で成果が活かされているかどうか重要だと思います。現在の日本の各社経営方針をみると、デザインルールの、32nm だ、22nm だという最先端技術は、日本が最初に絶対量産しなければいけないという前提を取るべきだったかもしれないけれども、そんなことは言っていなかったのではないかと思います。メモリ分野では日本も負けずに微細化開発を進めていますので、やはり日本の競争力という点に関しては、結局はこういうことのために貢献していると思います。

【鉄田委員】 ただ、前提としては、これは基本的には日本の産業に寄与するのですよね。先ほどの図も日本の産業への適用という意味ですね。

【Selete・渡辺】 おっしゃるとおりです。だから、日本の携帯からスパコン、というふうに整理したのですが、半導体は日本のエレクトロニクス製品の競争力強化に欠かせない産業のキーコンポーネントだと思います。

【笹子委員】 応援するコメントではないのですが、62 ページにはそういう思いが伝わったので、ちょっと英語で書いてあるのは別ですね、そういうことをおっしゃりたかったのかという確認を含めましてお伺いしたということです。2 番目は、海外とのベンチマーク。

【Selete・渡辺】 これは、実は、成果報告書には幾つか記載しております。例えば、リーク電流の少なさの競争では、海外のコンソーシアムのものはいっぱい出てまいります。MIRAIの成果が全部1番だとは決して言いませんけれども、そういうデータはございます。しかしながら、私としては、トップであることよりも、特に得られた知見が使えるものなのかがよほど重要だと思っております。例えば、モビリティが世界最高のものがでたと言っても、なぜそうなったのか分からないような成果ではしようがないのではないかと思います。そうではなくて、例えば、界面をこうするとトラップが減ったり、ピンニングが外れたり、いろいろな理由でこういうことが起きるといふ知見のほうが、大事で、ノウハウのかたまりで、モビリティが最高という成果は、税金を使う国家プロジェクトにはふさわしくないだろうと、日ごろ主張しております。その意味で、ユニバーサルというか、なるべく基盤となる基礎的で活用できる知見というものを成果の前面に出したい。

【白木分科会長】 ありがとうございます。佐野委員、どうぞ。

【佐野委員】 一般的な質問なのですが、NEDOの方にお答えしていただければありがたいと思います。このような国家プロジェクトですと、プロジェクトの研究のテーマとゴールの設定が非常に重要になってくると思うのですが、どのようなプロセスというか過程でこのような研究テーマが設定されているのかということをお教えいただければと思います。具体的な例を言いますと、今のお話にありましたように、第Ⅲ期の中間評価を経まして、1つのテーマで新構造のCMOSトランジスタが終わり、新たにバリスティック輸送というテーマが立ち上がっています。ここで目指しているのは、バリスティック性を実現しようということをおっしゃっていたのだと思うのですが、この中間評価をされているのが2007年です。それまでの新構造トランジスタに関連したテーマは、ひずみとか、シリゲルといった、いわば世界的な時流に乗った研究テーマと言えると思うのですが、2007年ごろにバリスティックCMOSとなりますと、この当時、バリスティックCMOSというのは、果たして本当に実現可能なかどうかという議論がふつふつとわき上がっていったころになると思います。そのころにあえてこういう野心的なテーマを立ち上げたということに、いささか不思議な感じもしまして、それで、どのような過程、どのようなプロセスでこの研究テーマが設定されたのかということをお教えいただければと思います。

【NEDO・古室】 一般論で言えば、まず、そういうプロジェクトを起こそうというときには、産業界のヒアリング等で情報収集、我々、日ごろから心がけておりますので、そういう希望をお聞きした上で、それでは、きちんとその辺の技術問題を整理しましょうということで、例えば、調査委員会や、先導研究調査などの調査をまず公式に行って、しかるべき結果を得たのちに、ここでどうところが本当に産業界は欲しているか、さらにそれを突っ込んだ形で議論して、有識者の先生方のご意見も伺いながら、経産省の方々にもいろいろご相談して、あるいはご意見を聞きながら進めていくという形になります。具体的なテーマというときに、先ほど申し上げたように、その調査の中で、ある程度の大きな項目でなるべくそろえていきます。その中で、ある程度自由度を入れて、一般には公募でありますから、自由な雰囲気、いろいろなテーマ、新しいテーマを出来るような形で公募して、それを有識者の採択審査委員会の中できちんと判断していただいて、

取り上げていく。これが一般的なプロセスでございます。

【佐野委員】 ありがとうございます。そういう委員会の中に、例えば、それぞれの分野の海外の研究リーダーの方々は入られているのですか。

【NEDO・中山】 今の話で出てきたのは、もう少しスペシフィックな名前で言うと、基本計画策定委員会という名前で我々は呼んでいますけれども、基本計画策定委員会に海外の有識者を入れないというルールはありませんが、今まで現実的には、事務的な手間、その他の問題で、入れた例は極めて少ないと思います。

【塩野委員】 成果の移転関係について NEDO 側にお伺いしたいのですが、各参加企業は、国際コンソーシアムということで、いろいろな成果をその場に持ち込んでいろいろと議論していくという話がありますが、その際に、ここで得られた成果の開示制限といいますか、そういう国際コンソーシアムに出ている外国の企業に対して制限といいますか、そういうものは何かあるのでしょうか。

【NEDO・古室】 少なくとも NEDO 事業が終了した後にしましては、そういう制限はございません。それは、もちろん、それを承継していただいた企業さんの自主判断になるかと思えます。それは、当然、企業さんとしては、自分たちのビジネスにとって有益かどうかということで判断されると思えます。

【安達委員】 きょう午前中の部は、今回の MIRAI のマネジメントの部分についてということでしたので、2 点ほどコメントさせていただきます。この MIRAI は、基本的に基礎研究が主ということで、これがどのように使われていくか、多分これからの話だと思います。研究開発という話に絞らせていただきますと、1 つは、他の委員の方からお話が出ていましたが、世界中に IMEC や SEMATECH という機関もありますし、大きな企業の研究所もございますけれども、そういうところとの、今回のこの MIRAI のプロジェクトのテーマ、並びに成果、さっき電流自体の値にはあまり意味がないというお話がありましたが、テーマと成果の観点でポジショニングはどう変わっていったのか。特に長いプロジェクトですので、最初はいいテーマだったけれども、だんだん追いつかれてしまったとか、マネジメントという観点ではそういうことをきちんと見定めていく必要があるのではないかと思いますので、ご説明をいただきたいと思えます。基本的に、開発といえども、研究といえども、競争環境下にありますので、必ずしもいつも一番というわけにはなかなかいかない、けれども、これは重要だから追いかけるのだとか、そのようなポジショニングのご説明が必要かと思えます。もう一点は、これもどなたかから話が今、出ましたけれども、技術テーマの絞り込みで、どの技術も、最初から始めて最後までずっと生き延びることはないと思えます。たくさんいろいろな選択肢の中から、取捨選択されながらだんだん 1 つに絞られると思えますけれども、その過程と、そのときのどういうクライテリアというか、どういう目標値を達成しなかったらこれはだめになったとか、例えば、トランジスタの技術といっても、たくさん構造は提案されているながら、最終的には 1 つになったように見えましたけれども、そういうような、研究開発の場合、やってみたけれども、うまくいかなかったということは多々あると思うので、

その辺の過程を、10年間という長い中でどうマネジメントされたのかというご説明が必要ではないかと思っております。

【Selete・渡辺】 ご質問の趣旨は、絞り込む過程をどうマネジメントされてきたかということですね。私は、Ⅲ期しかやっていないので、Ⅰ期、Ⅱ期のことは分かりませんが、ともかく我々の言葉で言うと、スクリーニングとあって、つまり、仮に10個の材料、おもしろそうな材料からそれぞれの特徴がどうなるかを調べる作業からやりました。しかし、その中の9個は、「いい特性が出ない」とか、あるいは、「インテグレーションすると、作りにくい」とか、そういう問題で落ちています。そのデータ自身が、貴重な知見としてたくさんあります。そういう意味では、確かに絞り込んでいますが、だめなデータもたくさんあります。例えば、特にHigh-kの材料に関しては、ご存じのように、もうさまざまな材料が提案されてきて、今はハフニウム系のものが主流となっておりますが、それ以前にはいろいろな材料があったのはよくご存じだと思います。そういうのは、確かにMIRAIプロジェクトでは、相当な数に着手したけれども、これはうまくいかないというようなことも成果として過去の報告書を見ると分かります。ただ、いまだにHigh-kで言うと、ハフニウムシリコンオキシナイトライド系に集約されたのかどうか断定できません。私も、その中で、強引にこれ1個に絞るよりも、たくさんの知見を提供したほうが、少なくともコンソーシアムの成果として喜ばれるのではないかという思いがあります。つまり、MIRAI成果をベースにSeleteで開発したモジュール化技術にしても、High-k、Low-kだと、当時の4社が、まったく同じテクノロジーを使うとはとても思えませんでした。特にLow-kは各社全員が違うLow-k材料が使われていましたから、1つの材料で、これが使えるはずですよと試みてみたところで、過去の整合性が悪くて、それは使えませんとはっきり言われました。そういう意味では、結局、「このLow-k材料・プロセスが最高です」と言ってもいいのだけれども、それよりも、これにはこういう問題があるという知見群を出すほうが喜ばれました。というわけで、5つから1つに絞り込んで、「はい、成果です」ということは必ずしもやってきませんでした。そうでないほうがいいのではないかという信念でございます。

【NEDO・中山】 今の点でもう一つ補足すれば、1つの技術領域についてどういう技術候補を絞り込むかというのは、まさにPLの説明のとおりですけれども、もう少し自由度の大きいマクロな話として、このサブテーマはさらに続けるか、このサブテーマは中断するかというのは、基本的にはNEDOがイニシアチブを取って判断します。一番大きな外部要因として、予算の制約ということはもちろんありますが、その中で極めて近い分野を他の財源のプロジェクトで並行して始めているというようなことが分かったケース、こういう場合には、予算の制約がある場合は、そちらにお任せして、こちらの方はシュリンクしていこうというような判断をします。それから、その技術分野に対する、例えば、5年先の期待というものを見ていったときに、実際に産業界、または使おうというところからの声が、相対的に以前ほど聞かなくなったというときには、少しプライオリティを下げさせていただく、というような判断をしていきます。

【杉山分科会長代理】 杉山でございます。2つ、お聞きしたいのですが、1つは、先ほどのお話の中で、ファブレス、ファブライト化している流れの中で、このプロジェクトで投下した資産を、回収するという表現は適切ではないかもしれませんが、我々がこの技術を開発した後、そこで投下したも

のを回収する、すなわちプロフィットをどこで得るかということですが、先ほどの説明の中で、システムコンポーネントとして、セットメーカーのところを回収するというのが1つかもしれませんが、それは、世界にセットが出て、システムコンポーネントとして日本が利益を得るということだと思っておりますが、一方、ファブレス、ファブライト化しているということで、海外にどんどん工場が行ってしまうということであれば、生産拠点としては、海外にシフトしていると。そうすると、雇用の問題だとか、それから今の生産技術という問題からすると、例えば、機械が出ると、その機械を使えば、もう技術もその機械の中に入ってしまっていて、どこでも出来るようになるという話も聞いております。そうすると、先ほどの露光装置等の問題もありますが、あるいは製造機器の問題もありますが、そういう製造設備、機器で回収するという方法もあります。それからもう一つ、最後、先ほども技術知見というお話がありますので、IPで回収する方法も考えられます。どのぐらいの比率になるのか難しいと思いますが、我々の技術、日本が技術立国としてどこをもってプロフィットを得るかというのはどのような観点で考えればいいのかということをご説明いただくと大変ありがたいです。もう一つの質問は、先ほど第Ⅰ期、第Ⅱ期のご説明の中で、研究者、人材のところ、11ページですか、スタッフの数が出ていましたが、これは、実施者と、それから再委託を含めた人数でしょうか。と申しますのは、先ほどのお話の中にもありましたように、技術という観点で言いますと、当然、技術は人であるということでもありますので、これらのプロジェクトに参加してこられた研究者は、その後、どういう形で活躍されるのかというところを、人材育成という観点で、大変大事な話だと思っておりますので、お聞きしたいのですが。

【NEDO・古室】 簡単なほうから答えさせていただきます。まず、11ページのスタッフ、研究者の人数というのは、これは再委託先の研究者は含まれておりません。筑波に集合した研究者、ASETとAISTの人数とお考えください。それから、MIRAIに参加された研究者がその後どうなったかというのは、多分、金山理事のように長年このプロジェクトにかかわってきた方がある程度の印象は持ってらっしゃるのではないかと思いますけれども、NEDOとしては、残念ながら、人材のフォローということは組織だてではやっておりません。あとは、ビジネスモデルですね。これは、雑ぱくとしたものは、皆さん、何とでも言えると思うのですが、精密に、どこにどういうふうなところで回収するかということ、綿密なプランが立てられるならば、これは素晴らしいことで、それに沿って計画を立てることができます。本当にこれは、事業上の問題でございますから、NEDOとしては、産業界のある程度のマジョリティの意見の方向性を勘案しながらこのプロジェクトを組んでいるということで、その後、どう投資を回収するか、もちろんフォローアップのデータは取っていきますけれども、実際に動くのは、やはり企業でございまして、企業がどういう判断で、その成果をどのように使っていくか、あるいは捨っていくのか、そのあたりが企業自身の判断であるので、なかなかそこに対してこうすべきであると、我々が言うことで企業がよくなるかどうかというのは、それは分かりません。すみません、ちょっと明確なお答えが出来なくて。

【白木分科会長】 ただ、MIRAIプロジェクトが10年前にスタートしたときは、これを日本の産業にどういう形で役立てていくつもりであったかというのは当然あったはずですよ。しかし、それは、今ご質問があったように、時代とともに産業構造が変わってきたために変化してきた、そうすると、MIRAIプロジェクトの位置づけも、その都度、どういう形で投資したものを回収するかというのは、当然変えてきたと思うし、それで結構だと思うのです。そのあたりをもう少し明確に言

っていただけると、我々もなるほどと言えるのですが。

【Selete・渡辺】 その問題は、引き受けるときに経産省と議論したのですけれども、プロジェクト総費用が460億円ですと言われても、だれの責任で回収するのですか是非常に重要なことです。開発した成果・知見が波及するであろう将来市場が、何兆円という言い方をすれば幾らでもなりますけれども、成果を活用して売り上げを立てた会社の利益率を5%とすれば、利益としていくら回収できたかを計算すると、投資した450億円なんてものではなく、利益のほうがはるかに大きいので、簡単に回収出来るシナリオができます。しかし、このロジックに飛躍がある感じがすると思われたかもしれませんが例えば、このHigh-kのテーマに1億円かけたとして、これをどうやって回収するかということを明確にすることはかなり難しいと思います。やっぱり市場の大きさや適用製品に本当にこの技術が関与しているかということをしっかり見ていただきたいという思いです。450億円を将来、50億円ずつ9年で回収できるという計算にはたいした意味がないのではないかと私は思っております。

【杉山分科会長代理】 いや、具体的に数字を出せという話ではなくて、日本がこれから半導体業界としてどこにどういう支点を置いて展開するのが、この研究、10年間通して、ご提言いただけるとありがたいということです。

【NEDO・中山】 なかなか、これから先、日本の半導体産業がどういう形になるのかというのは、我々NEDOとしても答えるに相当荷が重いのですけれども、ただ1つ、今、願っていることは、完全にファブレスで一切ものづくりはしないぞと宣言した方は、何とか落とし前をつけてほしいのですけれども、そうでない以上、ファブライトとはいえ、まだこの技術を最先端のものについては生かし、我々はまだ最先端の技術について挑戦しますと、Seleteの参加メンバーが言っている以上、大変、情緒的な言い方で申しわけないのですけれども、我々としてはそれを信じる、そこで回収してくださいというふうに思います。また、その力を持っているからこそ、海外のファウンダリとの取引も優位に、多分、実施出来るのだろうということで、自社ブランド製品をどこで作るかということまで含めて、技術を持っていることというのが付加価値になっていくはずだという立場で、我々はプロジェクトを推進しています。

【Selete・渡辺】 先ほどご説明しましたように、MIRAI第3期では、ファブレスとかファブライトになるのかとは関係ないテーマも数多くやっています、特にばらつき問題などは、きょうの、あすの生産に寄与しているテーマであると思います。微細トランジスタの国内での実用化に関するシナリオが不透明なことは認めざるを得ませんが、EUVにしても、このMIRAIプロジェクトでやったのは、マスクの検査、修正、あるいはその周辺の技術でして、これらに関してはレジストメーカー、検査機器メーカーがともに受けて、本当に実用化しようと思われていると思います。確かに話題性のあるファブレス化問題は、議論はおもしろいのですけれども、このMIRAIプロジェクトでないところで是非議論していただきたいと思います。

【白木分科会長】 杉山委員の2番目の質問に対するお答えが、私はちょっと不満なのですが、こういうプロジェクトをやる場合には、人材育成というのは非常に大きな話なのです。企業から若手なり、

人たちを集めてやったわけです。ですから、その人たちが、企業に戻って、そのやったことを生かしたポジションにちゃんとついて、企業に貢献しているのかどうかというのをフォローする義務は、僕はこの NEDO にもあるのではないかと思っているのですが、今のお答えは、私は大変不満を持って聞いていたのです。どうも私の印象では、必ずしも企業に帰って、ここで育った人が中心になって企業を支えているというところにどんどん入っていつているような印象は必ずしも持っていない。それは、甚だ困ったなど、私自身も、大学人ですから、なおさらそう思うのですが、何かしらもったいないな、せっかく育てている人が企業を支える中枢の人材に育ってくれて、そこまで NEDO がプロジェクトを起こすときには心がけてやるべきではないかと私は昔から思っているのですけれども、いかがでしょうか。

【Selete・渡辺】 人材育成の目標はあったかあまり明確でなかったと思いますが、博士号を何名取るとか、一流雑誌に幾つ出るとか、そういうのは一切ありません。人材育成したか、しないか、出来たか出来ないかというのは、彼らがどう活かされていくのかというのは次の議論だと思います。今、先生がおっしゃったように、MIRAI プロジェクトからたくさん世界に通ずる人が出たと思うのだけれども、世界に通ずるままの舞台を与えられているかということ、必ずしも十分でなく、私も不満ですね。一番活躍されるのは、やはり大学に戻った方ですね。この方々は文字通り世界でどんどん通用しています。企業に入ると、企業組織は大きいですから目立ちにくいのですが、それなりにキーパーソンになっているようです。一方、戻った企業から別の企業に移った方も非常に多い。それが、外国の企業だったり、外国のコンソーシアムだったり、もちろん大学も含んではいるけれども、大いに活躍している方も沢山いらっしゃると思います。

【白木分科会長】 ないですね。NEDO はそれをどういうふうに見ているのですか。渡辺さんの感触は分かります。NEDO が一体、それはどのように考えて、現状に満足しているのか、これでよかったと思っておられるのかどうかというのについてはちょっとお聞きしたい。

【NEDO・中山】 short answer は、「不満」です。我々、こういうプロジェクトを進めるときに、技術そのものが生まれてくるということも大変期待しておりますけれども、そこに多数の会社からの人が集まって、共通の言葉で仕事が出来ようになり、共通のコンセプトを持つようになって、それを持ってそれぞれの会社に戻って、プロジェクト OB が活躍してもらうということ。古い例で超 LSI 組合を持ち出すまでもなく、そういったこともあった時代もあったわけですし、我々もまたそれを期待して始めています。ただ、大変残念ながら、これはまた先ほどのファブレス、ファブライト問題とも一脈通じるのですけれども、今、それを受けとめていただける受け皿のほうが、ややそういう状況でなくなってしまうということを、大変遺憾に思っています。

【角南委員】 今の話に関連するのですが、集積回路の技術というのは、昔は、1つの技術を開発すれば、それがほとんどの集積回路に使われました。極めてユニバーサルな技術がほとんどだったのですが、最近では、集積回路そのものの役割、ターゲットが違って、多様化してきたために、技術のターゲットと異なりますか、必要な技術が違ってきて、非常に多様化していますね。例えば、ワークメモリなり、ファイルメモリなり、プロセッサなり、アナログ SoC なりが、違ってきていて、すべてに同じようにコントリビュートする技術というのは、多分、だんだんなくなっています。で

すから、今ここで、MIRAI で研究開発してきた技術というのが、どの分野にどのくらい使われそうか、どの分野に役割として役に立ちそうかというそのスコープを聞いていただくと、かなり分かるのではないかとこのように思います。例えば、エルピーダさんだったら 22 が要らない、この技術は欲しいが、この技術は要らないということになるのではないかと思います。ですから、グローバルに見て、これが成功か、不成功かという話ではなくて、この分野にはこのくらいコントリビュート出来るという、そういう絵を出していただくと、かなり個別に議論出来るのではないかとこのように感じます。午後、そういう話が出てくるのかもしれませんが、是非そういう見方を、恐らく会社の開発者の方は、この技術は、例えばメモリに使う、この技術は何かに使う、このトランジスタは電流駆動率が高いから、多分、プロセッサに使うだろうというふうなお考えをお持ちだろうと思いますけれども、それを見える形で出していただくと、個別に非常に理解しやすいし、判断しやすいのだろうと思います。質問というよりはコメントです。

【Selete・渡辺】 みんなが共通に使える技術というものはないというのは、とっくに分かっていたので、このテーマをこの会社、この人で進めて、あとはこの指とまれ方式です。EUV 関連に最初に興味を持つのはメモリ屋さんですので、SoC と言っているのに矛盾があるのではないかとこのように私の最初の印象でした。ただし、時代的に見れば、いつかその SoC にも適用されるだろうという。東芝さんがこの成果を出す上では、後ろというか、横で協力していただきました。一方、ばらつきのテーマでは、ルネサスさんにリーダーシップを発揮していただきました。しかし、国家プロジェクトが特定の 1 社のためにだけにあるという図式は許されません。今回のように、この指とまれ方式で開発を進めるというやり方が適切だったのではないかとこのように思います。

【白木分科会長】 どうもありがとうございました。だいぶ議論が進んでいるのですが、予定の時間を少し過ぎております。個別の議論は午後開始されますので、午前中の議論はとりあえずここで打ち切らせていただきたいと思います。それでは、午後は 1 時 20 分から再開したいと思います。どうもありがとうございました。

【非公開セッション】（非公開のため省略）

非公開資料取扱説明

5.3 第 I・II 期成果の実用化・事業化の見通し

実施企業 8 社

6. プロジェクトの詳細説明

6.1 次世代半導体材料・プロセス基盤技術開発

新構造極限 CMOS トランジスタ関連技術開発

<2 日目 4 月 18 日（月）>

【非公開セッション】（非公開のため省略）

6. プロジェクトの詳細説明

6.1 次世代半導体材料・プロセス基盤技術開発

新探究配線技術開発

特性ばらつきに対し耐性の高いデバイス・プロセス技術開発

6.2 次世代半導体露光プロセス基盤技術開発

次世代マスク基盤技術開発

EUV 光源高信頼化技術開発

7. 全体を通しての質疑

【公開セッション】

8. まとめ・講評

【白木分科会長】 それでは非公開の審議も終わりましたので、これから公開のセッションになりますが、各委員から講評をいただきたいと思います。それでは渡部委員から順番に始まって、分科会長であります私が最後に発言させていただきますので、よろしくお願いいたします。

【渡部委員】 私自身も何回かこの NEDO のプロジェクトに関しては評価委員をやらせてもらっているわけですが、今回ほど大きいプロジェクトはあまりなかったような気がします。そこで、毎回感じるのですが、非常に皆さんまじめにやっておられて、目標は達成出来ませんというのはほとんどありません。ただ、問題は、場合によっては 3 年とか 5 年のあいだに世の中のトレンドが変わってしまってあまりタイムリーではなかったというようなことはたまにあるにしても、皆さん非常によくがんばってやっておられたと思います。前半のほうはデバイスの話で最先端デバイスとかプロセスとかばらつきの評価とかそういうものを聞かせていただきました。私自身あまり専門家ではないのですが、こちらのほうはすぐに役に立つとか、だれかが持ち帰って役に立つということよりは、プロジェクトリーダーがおっしゃっていたように、要するに知見として皆さんで共有する、そういうものであるような気がするわけです。EUV のほうですが、実は 5 年プロジェクトが EUVA のほうでありまして、今回 MIRAI のほうで 3 年プロジェクトと。最初始まったころは私自身も、これだけに関していうと、大学でやっているような基礎研究がプロジェクトになるのかという感じのことを思っていたわけですが、ここまでくると、だいぶ皆さん見込みが狂ってきたというか、日本で 2 社も光源のほうをやるという、えらい元気なことなんですが、先ほど EUV の評価の中で、いろいろなアセンブルとかインテグレーションの仕事を、Selete のほうでやって、みんなを抱き込んだのだというようなことを総括しておられましたが、たしかにそのとおりだと思います。マスクとかレジストとか、そういったものはどうなるのかということは実は同時に行われたこと、別々のプロジェクトでやっていたけれども非常によかったこと、こちらのほうは世界に全部発信したかどうかは別としても、世界的にこの分野を巻き込んだということはたしかだろうと思います。他にもおそらく、私もあまりよく分かりませんが、非常にインパクトのあるようなこともあったのではないかと思います。総じて、非常によく皆さんがんばっているなと感心しております。以上です。

【平井委員】 私の守備範囲はマスクとか EUV のほうにあるかと思いますが、そちらの細かいところのコメントです。総じて限られた時間、限られた予算の中で非常に多大な成果を出されていたと思います。光源につきましては先ほども申し上げましたが、是非ものになるように。楽観的にとらえているところもありますが、メイドインジャパンとしてもものになるところまでもっていった

きたいと強く思います。マスク技術に関しましても非公開のところでも述べましたが、是非ここで見つけた知見なりを機材メーカーさん等に、こういうことを発見したのはこういけるのではないのでしょうかということで、是非フィードバックしていただきたいと思います。同じようなことですが、デバイスのほうにつきましては、特にばらつきの非常にすばらしいお仕事、これを是非、例えばデータベース化するとか、あるいはソフトウェアのライセンスとして実用化につなげていただければと思います。全体のマネジメントとしましては、いろいろな他の国のプロジェクトも含めまして、けっこうパッチワーク的に NEDO さん、文科省さん、民間さん、いろいろありますので、そのあたりを是非整理した上で、私としてはファブレスという話もありますが、やはりものづくりの日本の新たな技術として、また新しいプロジェクトにうまくパッチワークを向けていって、続けて日本の国の力を示していただけるようなかたちにもっていただければと思います。

【角南委員】 逐一5つのテーマに対してコメントすると時間がありませんので、私の専門に一番近い CMOS デバイスだけに限ってお話いたしますと、モビリティという観点で出した世界トップあるいはトップレベルのデータというのはすばらしいものだと思います。まさにこれは世の中に冠たるものだと思いますが、実を申しますとそれだけでは例えば製品設計者は見向きもしません。なぜかという、モビリティというのはこういう言い方をしているかどうか分かりませんが、F1 レースで優勝するということに近いものでございまして、非常にスピードが出る。ただし運転者は1人しかいない。本当に集積回路の性能を上げるためには、トランジスタのドライバビリティ、 I_{on} といいますが、どのくらい電流を流せるかということに尽きるんですね。もちろん他にもいろいろ信頼性もあるし、VTH のコントラビリティもいろいろありますが、最終的にはドライバビリティ、どのくらい電流を流せるかというものが次の段階にありまして、そこにいってはじめて歯牙にかかるというか俎上に上ることだと思えます。そういう意味でいろいろな方式にトライするのは最初の段階では正解でございまして、渡辺 PL も冒頭におっしゃいましたが、テクノロジーとしての、あるいは知見としての技術開発というのはまさにこの段階では私は成功であるし、正解だと思います。是非次はドライバビリティ、ドライバビリティというのは結局ゲートのチャネルだけの話ではなくて、それに対するコンタクト、ソースドレインの抵抗、あるいはそれにつながる配線の抵抗、すべて総合的にもって初めてトランジスタとして役に立つかどうかということが分かるわけですね。ですからその次の段階に是非進んでいただきたいと思います。1つのドライバビリティという観点からするといわゆる高性能の集積回路、超高速のプロセッサを中心にしたアプリケーションですが、もう1つのアプリケーションはメモリです。メモリの場合はもちろんドライバビリティもあり、いろいろなコントラビリティなりが必要なのですが、第1はやはりパッキング密度、集積密度です。そういう意味からするとここで提案されたデバイスは実をいうと、ゲートのところだけは非常に小さく出来るように一見見える。ただし、自己整合をどういうふうにするか、ソースドレインに対するコンタクトをどうするか。それから、トランジスタ以上に素子分離。アイソレーションと言いますが、アイソレーションが実をいうと全体のパッキング密度を決めてしまうんですね。ですからそこまでいって初めて LSI としてのアプリケーションをどうするかというふうになら板の上に乗るわけでございまして、それが次の段階でございまして。ですからその第2段階をどこでやっていただくかということは非常に問題なのかもしれませんが、少なくとも、もし MIRAI の後継でそういうことをやらないとすればおそらくメーカ

一自身がMIRAIの知見を眺めて、直接的に眺めるかあるいは斜めに眺めるか、いろいろ見方はありますが、その上に次を構築してもらいたいと思います。そういう意味では大変大きな成果であったと思いますが、アプリケーションに関していえば、もう次の段階が必要だと思います。以上です。

【塩野委員】 テーマを見たときに、デバイスの要素技術とか配線の要素技術ということに絞って研究なされていると思います。しかし実際実用化を見たときにはインテグレーションというかそこまで必要だろうと思っていたのですが、先ほどのお話で、MIRAIは基礎研究だと、インテグレーションのほうはSeleteのほうにお願いするという話でしたのでそれは納得しました。そのときSeleteさんのほうはこの研究成果を生かして、本当にインテグレーションとして日本としてやっていただきたいと思っております。それから、それぞれ個別の研究成果は学会とか研究レベルでは世界のトップレベルであると思いますが、共同研究といいますが、1つの目的としましては、標準化活動というものがあると思います。NEDOさんも日本版のロードマップのようなものも以前ご発表されたと思いますが、こういう成果を基に日本版ロードマップといいますが、それを充実させていただきたいと思います。あと、セマティックなどは自分たちのやった報告を成果報告として全部公表していて、自分たちの意見を世界に広めようということやっていらっしゃるということで、今回のこのへんの重要な成果をレポートとしてまとめて世界に発信して日本の意見だということを是非とも主張していただきたいと思っております。以上です。

【佐野委員】 先週と今日とさまざまな研究成果についてお話をうかがいまして、いろいろ出てくるデータも世界トップレベル、また含まれている情報も非常にユニークで貴重な情報がたくさん含まれていて、すばらしい成果を挙げられたのではないかと思います。ただ一方では個別のデータなどはトップレベルですばらしいのですが、やはり各プロジェクトで、全体として見たときにどういう方向、最終的には何をターゲットにして何を明確にしたいのかというところがあいまいなところがあったのではないかと思います。そういうことを解決するためには、先週も少し触れましたが、やはり研究のテーマの設定やターゲット、あとは研究に携わる人材、そのあたりのところを、研究動向というものをしっかり調べて、まさに先ほども触れられていましたが、適切な人材を充てるということが非常に重要ではないかと思います。こういうようなコメントをする根拠は、私の専門に近いところで見てみますと、全てではありませんが、一部では目新しいものはどこにあるのだろうかというようなものも含まれていた気もします。プロジェクトを開始する上でテーマ設定とか人材というものをしっかりと考慮されてプロジェクトを立ち上げることがもっと大切ではないかという気がしました。

【笹子委員】 まず技術的には時代に合った、先端をいったと思います。大変な成果が出たと認識しております。特にハイライト的にはロバスト、トランジスタ関係ですね。それとEUVのマスク等は非常にいい結果ではないかと認識しております。副次的にはそれぞれメンバーが出て、技術者は育ったのだろうと認識しています。一方でローライト的には具体的に言いますとCNTとUCMOSですね。これが将来本当にメインストリームにいくのかということが少し懸念が残っております。いつもEUVの光源パワーなのですが、今年こそ、今年こそと待って10年たっていますので、これで終わっていいのだろうかという不安はまだぬぐえません。あと成果についていろいろファブ

ライト、ファブレスということで議論になりましたが、私個人的には NEDO あるいは渡辺 PL のおっしゃるとおりで、たとえファブライト、ファブレスになっても技術というものは持っていないと絶対だめだと私も思いますので同意見でありますし、いろいろな場でそのように意見を言うていただければと思います。お願いしましたが、テーマ設定には常にタイムリーに見直して、半年くらいで見直すことも重要だと思います。最後ですが、今回マッチングで産業界の意見でテーラリングされましたが、私も分からないのですが、全体的にはもっと先の基礎研究、このへんは本当に大丈夫なのだろうかということで、そのあたりは NEDO にフォローをお願いしたいと思います。以上です。

【鉄田委員】 外国の研究者や技術者とよく話す機会があるのですが、日本の技術者研究者というのは非常に優秀です。どことは言いませんが、これで本当に 15 ナノをやっているのという人が外国に行くところ出てくるわけです。そういう意味では非常にレベルが高い。そういうレベルの高い方たちがやられた成果を今回聞かせていただきましたが、非常に技術的な成果としては素晴らしいものがあるのではないかと思います。テーマ的には 5 つありましたが、1 つはプロセス開発的な話、それからトランジスタと配線がそうですね。解析とか計測という意味ではばらつき関係ということになるのでしょうか。EUV はアプリケーション・スペシフィックな感じだと思うのですが、そういう意味では解析、計測的な技術というのは割とデザインルールに依存しなくて、ある微細なデザインルール以降にユニバーサルに実用化出来るという意味で非常に意味があると思いました。プロセス関係では、配線に関してはいま配線でテーマというところとあれくらいが妥当だと思うので、他に何も無いという気もしますが。あとは先ほどからお話に出ているトランジスタ関係ですね。トランジスタ関係は先ほども申し上げましたようにインテグレーションと一緒にやる。そうするとやはり出てくる課題も違うし、解決するものが違ってくるというものがあると思うので、Selete さんが次もやるのでしょうか。よく分からなかったのですが、32 の次というのは Selete さんがモジュール開発するのでしょうか。

【Selete・渡辺】 Selete はこの 4 月ですべてのプログラムを終了して、後継のコンソーシアムは検討しておりません。

【鉄田委員】 ということは、いまやられた今回の新構造極限 CMOS トランジスタというのは基本的には要素技術で終わりです。

【Selete・渡辺】 国内でこれまでの Selete のような形式でやる活動はいまは計画されていませんが、いくつかの後継の国家プロジェクト等で個別の企業がそれぞれの中で取り組まれるものと考えております。

【鉄田委員】 そういう意味ではもったいないと思います。やはりモジュール開発までいって初めてプロセスとしての開発ということになると思うので。最後に、こういうコンソーシアム、10 年で 455 億ですか。この前先ほど出たアルバニー・ナノテク・コンプレックスというところに行ってきて、どのくらい金をかけているのかという話を聞いてきました。そうすると 2001 年くらいだと思うのですが、ニューヨーク州プラスメーカーが 7,000 億金を出していると言っていました。もちろん

半導体だけではなくてナノシリコンとかナノデバイスとかいろいろあるらしいですが、7,000 億という高額な額を出しているというのはすごいなと。そういう意味ではいま日本の中でこういうコンソーシアムをもう1回やる場合に、日本のデバイスメーカーだけではなくて、当然海外も、TSMCとかグローバルファウンドリーズとかそういうものも含めて。やるとなるとそういうのを呼ばないと金も集まらないし、それだけの金を集めないときとなかなか難しいだろうと思います。今後どうなるか分かりませんが、そういうものが日本にあればいいなと思います。

【岡田委員】 いろいろなサブテーマがあつてみなそれぞれすばらしい結果が出ていると思いますが、私が特に理解出来るところということでは、EUV 関係ですとマスクの検査技術や修正については各社がお互いに競争するようなフェーズにきているということで、実用化の出口の見える成果が出ていると思います。それから光源のほうについては私自身が文科省のプロジェクトに一時かかわったので、2方式で競争的にやられていますが、是非どちらの方式も実際に実用化になっていくことを期待しています。パワーの問題とかがあるということでしたが、最後までがんばっていただきたいと思います。他の半導体のプロセスなどについても、いろいろな解析の方法や検査技術については非常にすばらしい成果が出ていて非常に感動しました。いまから言うことはMIRAIの評価とは何も関係ないとは思いますが、一応MIRAIのプロジェクト自身は日本の半導体技術の競争力強化に向けてということで10年間くらい走ってきたのですが、残念ながらその間、いろいろ話は出ましたが、日本の半導体のほうを見ると、ファブレス化など必ずしも掲げられた目標に合致していないのが少し残念に思います。それは例えば大学の立場から言うと、大学の中でいまでも非常にたくさん半導体のシリコンのプロセスなどをやっている方がおられますが、最近、学生の就職を考えたときに、企業とのマッチングが難しくなっているという話も、いろいろ聞きますので、これからも製造技術として是非がんばっていただきたいと思いました。以上です。

【安達委員】 今回のMIRAIプロジェクトの事後評価ということでコメントさせていただきます。個々の成果はどれもこれも世界一流かもっと先を行っているということでもかなりすばらしいと評価いたします。しかし、皆さんおっしゃられているようにここ10年間、ここ数年間をとってみても日本の半導体業界を取り巻く環境が大きく変わってしまったために、せっかくの成果が生かされないかどうなるか分からないようなことになってしまうというのは非常に残念だと思っています。そういう意味で、半導体業界はけっこう動きが早い分野でございますので、プロジェクトのテーマの決め方に少し課題があるかと思えます。プロジェクトを始めたときは当然それがいいと思って始めても、半年もすると成果というよりもそのターゲット自体がずれてきてしまうことが多々あるのがこの業界でございますので、こういうプロジェクトをする場合のテーマ目標値とかゴールを見直していくというスキームが必要かと思えます。そうしないと、だれかさんが使ってくれと思っていたのにいなくなってしまったという話も出てくるのですが、それでもやめずにがんばりましたというのは美しいのですが、それだともっともったいないということがあります。それから外国勢もいろいろがんばっていますから、その動向も踏まえてそのへんが必要かと思えます。今後この種のプロジェクトはないということでしたが、MIRAIではないですけど、NEDOのほうにはR&Dファウンダリーは非常に期待するところであります。弊社はまだ半導体プロセスを細々ながら独自で開発していますので、こういうR&Dファウンダリーを日本にも作っていただくということは非常に期待するところがあります。昔は中央研究所と工場というかたちでや

っていたのが、そのうち工場に集約されましたが、やはりそれでは都合が悪いということで、そういうファウンダリーが日本にも必要だと。日本でプロセスを開発するところは少なくなっているのが旗色は悪いですが、我々としてはそういうものを希望するところでもあります。最後に言い訳みたいで申し訳ありませんが、弊社も一時 MIRAI プロジェクトに誘われた時期がありまして、断ったのは何を隠そう私ですが、なぜ断ったかということ、日本の中で DRAM をやっていたのは弊社だけだったので、例えばトランジスタ 1 つとっても、ロジックは普通熱履歴が全然違うのです。400 以下のところではがんばられる方と、700、800 かかる世界とではまるで全然違うということで、そういうところからやめたと。ではなぜ IMEC にいったかということ、あちらには当時 DRAM を開発していた 5 社が全部いまして、当社を入れてですが、相当トランジスタ開発も熱履歴ありというのがロットで半分流れてくれるのです。熱履歴なしというのはロジック屋さん向けですが、というくらいのことがあって、DRAM を開発する会社としてはあちらがよかったということで、実際 MIRAI とは、3、4 年前にお誘いいただきましたがお断りした経緯がありますので、この場をもちましてご説明しておきます。

【杉山分科会長代理】 この MIRAI のプロジェクトは、やらなければいけないプロジェクトということで、日本の半導体産業というのは基幹技術の粹たるものだと思っておりますので、このプロジェクトは何がなんでも国がやるという、そういうプロジェクトであると私は思っております。先週、今日とその成果をご発表いただいて、大変すばらしい成果が多々あり、世界のトップの技術がここで成果として出ているということで大変うれしく思いますが、その中で「次世代半導体材料プロセス基盤技術」という題目からして、今回 6 つのテーマがあったわけですが、個々のテーマで言いますとその 6 つの中で 1 番と 2 番の極限トランジスタと配線について、これはまさに半導体材料プロセス基盤技術ということですが、他の、3 番、4 番の構造依存、ばらつき、外部擾乱ばらつき、これは評価技術、解析技術ということだと思えますし、それから 5 番、6 番、特に 6 番に関しましては一般にいう装置開発という観点で見られると思えます。先ほども言いましたように、テーマの題目からすると 1 番、2 番が、技術屋からするとここが勝負どころでここに期待をしているわけです。全体の成果の出方からいって、1 番 2 番は、例えば 1 番でいいますと極限トランジスタ、これは CMOS という構造開発ということでもありますし、それから計画の中に実証というところまでありますので、是非 CMOS 構造にして新しい集積化をにらんだ構造を出してほしかったという感じがいたします。当然ストレスをかけて新しい観点でモビリティを高めて高速デバイスを、駆動力の高いデバイスが出来たというところは大変新しい技術だと思っておりますが、是非やりきっていただきたい。それから CNT 配線についても目標をクリアしていただいたかったというのが感想であります。それからばらつき関係ですと、これはすばらしい成果が出ているということですし、このプロジェクトだけではなく、次に続く技術開発にとっても大変有意義な成果であって、利用価値が大変高いわけですから、これを、どのようなかたちで利用するか、あるいは日本の技術としてどのようなまとめ方をするかということが今後の課題だと思っております。最後の EUV の光源の話ですが、これは半導体技術というよりも、機械技術あるいは総合技術というような、光と機械と電気の総合技術ということになると思えます。その観点からしますと、例えばこの半導体材料プロセス基盤技術という MIRAI プロジェクトを構成するテーマ設定のところで、少し領域が広くなりすぎているのではないかと思います。例えば EUV 光源開発だけでも 1 つの大きなテーマですから、これで 1 つの大プロジェクトが出来るのではないかと、世界をリー

ドして世界ナンバーワンの技術になるのではないかと感じておりますので、そういう意味ではテーマ設定のところ、選択のところでは工夫が必要かなという感じがいたします。最後ですが、半導体に関する研究開発というのは先ほど来皆さん評価委員の方々からお話がありましたように、経営の戦略に大変大きく影響されている。逆にいうと経営戦略と技術戦略が表裏一体であるということでもありますので、例えばこういうプロジェクトを設定するときに、技術屋だけが集まって開発研究を行うのでは少し不足しているのではないかと思います。ですから経営戦略も、これは国の経産省のお仕事かと思いますが、その視点が入らないとせつかくの5年かけたプロジェクトの次に続く活用、展開というものが、いろいろなかたちで残念な部分が残ってしまうということでもあります。是非、ビジネスモデルを作り出すという観点で経営戦略を含めた研究開発というプロジェクトの組み方が必要かなという感じがいたします。最後はとりとめのない話になりましたが、以上、私の感想でございます。

【白木分科会長】 最後になりましたが、分科会長を務めさせていただきました白木が簡単な講評をさせていただきます。最後ですので、皆さま方もうすでにお話があったこととダブる部分は多々あるかと思いますが、まずこういうMIRAIというプロジェクトが第3期を設定して日本の半導体産業における技術のプレゼンスを上げるという意味でスタートしたことは非常によかったのではないかと、まず制度設計としてはよかったと感じております。また、実際に運営するにあたっては渡辺プロジェクトリーダーの実行力と哲学に基づくリーディングが今日の成果をもたらしたのだらうと見ております。もちろん、このMIRAIプロジェクトというのは何も最終的なLSIにまできちっと仕上げるということを約束したプロジェクトではありませんから、要素技術ということでやっておるわけです。その関係ですべての項目は前回、今日と見させていただきますと、どれも目標達成ということになっておるわけです。ですから、学生の成績でいうとオール優なわけです。オール優の学生というのは往々にして危ないんですね。あちこちに何か良か可というものがついていないと社会に出したときに心配でございます。そんなわけで、それを受け取ってくれるSeleteがなくなったことは非常に残念に感じております。せつかくMIRAIでやって、インテグレーションはSeleteでやりますよという非常にいいスキームを作っておられたにもかかわらず、最後のころにMIRAIとSeleteが合体するようなかたちで行われたために、先ほどからご指摘がいろいろあるように、個別技術としては、あるいは成果としてはいいねと、しかしインテグレーションについては何も検討が終わってないねというご指摘があるように、そこはSeleteの役目だったはずなのですが、それがどうもうやむやのうちに終わってしまった。もちろん社会的な変化もあるかと思いますが、そういうことになったのは残念だと思っています。テーマ設定で、渡部委員でしょうか、だいたいこんなものは大学でやるようなものじゃないか、それをよく経産省の系列のNEDOでやるなというようなことをおっしゃいましたが、私も全く同じ感想を、光配線およびカーボンナノチューブの配線で思いました。ある意味では少し怒ったんです。なぜかという、まさに大学が科研費を申請して研究をやりはじめたばかりのころにNEDOが始める、何を考えているんだと。NEDOはもう少しきちっと実用になるところをやるものだらうと思っていたのですが、こうして結果を見てみますと、やはり相当大きなお金をかけてある程度実証実験までやるということは科研費ではまず出来ません。それをきちんとやったことに対しては私は大変よかったと思っています。大学のレベルでちまちまやっていたのではこういう実験は絶対出来なかつたらうと思っています。そういう意味で、終わってみるとなかなかいいことをやってくれ

たということで、私はいま反省している次第でございます。そんなわけで、今後どうなっていくかが一番心配でございますが、プロジェクトとしては当初の目標を達成したということでございますので、オール優の学生にならないように、是非今後ともひとつよろしく願いいたします。これが私の講評でございます。

9. 今後の予定、その他

10. 閉会

配布資料

- 資料 1-1 研究評価委員会分科会の設置について
- 資料 1-2 NEDO技術委員・技術委員会等規程
- 資料 2-1 研究評価委員会分科会の公開について（案）
- 資料 2-2 研究評価委員会関係の公開について
- 資料 2-3 研究評価委員会分科会における秘密情報の守秘について
- 資料 2-4 研究評価委員会分科会における非公開資料の取り扱いについて
- 資料 3-1 NEDOにおける研究評価について
- 資料 3-2 技術評価実施規程
- 資料 3-3 評価項目・評価基準
- 資料 3-4 評点法の実施について（案）
- 資料 3-5 評価コメント及び評点票（案）
- 資料 4 評価報告書の構成について（案）
- 資料 5-1 事業原簿（公開）
- 資料 5-2 事業原簿（非公開）
- 資料 6-1 プロジェクトの概要説明資料（公開）
- 資料 6-2 第 1 期成果の実用化・事業化の見通し（非公開）
- 資料 7-1 プロジェクトの詳細（非公開）
新構造極限 CMOS トランジスタ関連技術開発
- 資料 7-2 プロジェクトの詳細（非公開）
新探究配線技術開発
- 資料 7-3 プロジェクトの詳細（非公開）
特性ばらつきに対し耐性の高いデバイス・プロセス技術開発
- 資料 7-4 プロジェクトの詳細（非公開）
次世代マスク基盤技術開発
- 資料 7-5 プロジェクトの詳細（非公開）
EUV 光源高信頼化技術開発
- 資料 8 今後の予定

以上