【産業競争力懇談会　2013年度　プロジェクト　最終報告】

【国際競争力強化を目指す次世代半導体戦略】

２０１４年３月３日

産業競争力懇談会 COCN

【エクゼクティブサマリ（最終)】

● 本プロジェクトの基本的な考え方

都市化の進展により環境問題、資源・エネルギー問題、交通・輸送システムの問題、大規模自然災害などに対する安心安全や医療、食糧の問題などの「社会的な課題」が問題となっており、2008 年のリーマンショックや東日本大震災以降､地球環境やグローバルな経済環境の悪化により、これら社会問題は、より深刻さを増してきている。この様な状況の中、これまでの「豊かさ」の追求から「社会的課題の解決」へと「社会の価値観」が変わって来た。これに伴い、半導体に対しても高速化や低消費電力化などの「性能」の追求から､「社会的課題の解決」や「人と環境との調和」へ向けた「機能」の追求が求められるようになってきた。大量生産品から個々の顧客に合った商品・サービスへと変わってきており､「産業のコメ」から、社会全体に不可欠な「社会のコメ」となることが求められている。この様な社会的な背景の下、本プロジェクトでは「社会的課題の解決」､「サービスの改善」､「人と環境との調和」の観点から半導体の重要性を訴求する。

● 検討の視点と範囲

世界全体の半導体市場規模は約 30 兆円であるが、成長の伸びは鈍化し、成熟産業の領域に入ったとも思われる。今後、半導体市場を拡大・成長させ、日本の半導体産業の競争力を強化していくためには、新しい市場を開拓・創造していく必要がある。新しい市場とは､「社会的課題の解決」を目指す「スマート社会」である。

そのためには、社会にとっての価値は何か、求められる価値は何かを見つけることが大事である。求められる価値に対応した技術の方向性は､「意味理解」､「無給電」､「100 年耐久」､「自己成長」､「インターオペラビリティ/ディペンダビリティ」などのキーワードで表現される。これら技術の方向性を最終顧客と共有することで、新しいビジネスを創出する「ビジネス革新」と、技術の方向性を実現する技術として、日本の強みを活かし､「性能」の追求だけでなく､「機能の多様性」にも対応した半導体の実現を目指す「技術革新」、さらに、グローバルな競争環境の中で戦っていくために、新市場の開拓・創造に伴う阻害要因や各種規制の排除や緩和のための「政策革新」が必要と考える。これら「ビジネス革新」､「技術革新」､「政策革新」の 3 つが一体となった新たな取り組みを通して、新しい価値を創造し、半導体市場の拡大を図りたい。そのために、アプリ・サービス産業と連携した縦型連携の研究開発体制を指向した、技術開発とビジネス開発を行う場として新会社（｢新会社｣）の設立を提案する。

● 産業競争力強化のための提言とそれを実現するための施策

半導体産業の競争力強化のために以下の提言と施策を提案する。

（１） 「スマート社会」の実現を目指し、技術革新とビジネス革新の両輪により新市場・新産業の開拓・創造を進めると共に、各種規制の緩和を行うための政策革新の 3 つを協調した取り組みを産官学連携して進める。

（２） 2006 年度、2008 年度の COCN の提言の成果として TIA-nano にナノエレクトロニクスに関

する複数のプロジェクトが発足し、高い水準の研究成果を上げている。しかし、これら研究成果は、まだ各企業が実用化できる技術にまで達していないものもあり、いくつかのプロジェクトは、2013/2014 年度で終了する。そこで、これら研究成果を実用化するためのプロジェクトやアプリと連携して各種基準や標準を構築したり、異業種と連携するプロジェクトを実施する組織として「新会社」を提案する。

（３） 「新会社」は、TIA-nano の成果の実用化にもスピード感を持って取り組み、アプリ連携に繋げていくという役割も持つと共に、実用化という観点から TIA-nano に成果に対するフィードバックや、次のシーズ発掘へのリクエストを行い、TIA-nano と連携していく。

（４） 「新会社」は、異業種とのアプリドリブンの縦型連携プロジェクトを指向した研究開発体制の下、継続的かつ自立的な研究開発の母体となり、専任の研究企画部門とマーケティング部門を持ち、多種多様な研究開発を同時並行的に進める仕組みを持つ、国際的に開かれた研究組織とする。さらに、「新会社」は、自ら研究開発を行う事はもちろんのこと、研究開発のコーディネート機能も持ち、研究開発成果の事業化への支援も行う。

（５） 「新会社」で実施するプロジェクトに、オープン・プロジェクトとプライベート・プロジェクトの２つの仕組みを設けることにより、開発テーマに適した技術開発を可能とする。また、新会社の開発成果の出口は、参加会社での事業化とベンチャーのスピンアウトである。「新会社」は、スタート時点では民間と国で費用を分担し、設立 4 年目以降、自立化分の収入を加えていく。

（６） 「新会社」で実施するプロジェクトには、アプリ連携関係の開発プログラムとプロセス・デバイス関係の研究開発プログラムがある（(注)「新会社」が実施する「プロジェクト」の中の個々の開発テーマを「プログラム」と呼ぶ)。

アプリ連携プログラムでは、医療・安心安全・エネルギー・自動車などの各分野での基準や標準（安全基準、テスト/評価方法など）の構築や将来重要となる基盤コア技術などの開発を予定している。プロセス・デバイス関係の研究開発プログラムでは、次世代ストレージクラスメモリのための「新規メモリ材料」の探索とデバイス検証、低抵抗配線および低消費電力デバイス応用を目指した「ナノカーボン」、医療/ヘルスケア/車載応用向けの高感度化/低コスト化を実現する各種集積化センサーやこれらを活用した「インテリジェントセンサー」等の研究開発を予定している。

将来的には、各プログラムで創出されたコア技術を活用して、アプリ連携プログラムとプロセス・デバイス関係の研究開発プログラムを一気通貫のプログラムとして実施していく予定である。

（７） 「新会社」設立へ向けて、2014 年 4 月を目標に「新会社設立準備委員会」を設置し、参加メンバーで、「新会社」で実施するプロジェクト/プログラムを具体化し、さらに事業計画の策定、組織・制度設計の具体化などを進める。

（８） グローバルな競争環境の中で勝ち抜いていくためには、経営環境のイコールフッティングは重要であり、対等な競争環境実現のために、以下の施策を提言する。

「電力」「規制緩和」については、JEITA 半導体部会活動の中で継続・定期的に政策提言

を行い、政府支援を要望していくとともに、特に「規制緩和」については、2014 年 1 月施行の企業実証特例制度を個社で活用することを提言する。「税制」「知的財産」「通商」「環境規制」については、JEITA 半導体部会の各委員会で継続的に活動を進め、政策提言や国際案件では WSC(World Semiconductor Council：世界半導体会議)、GAMS(Government and Authorities Meeting on Semiconductors:半導体における政府当局間会合)等への提言を行っていく。「BCP 対応」については、JEITA 半導体部会内に「特別準備委員会」を新設し、例えば、共通部材に対する共通備蓄倉庫の設立などを提案していく。「長期供給製品」については、今後の対応の仕方を含めて議論を継続する。

（９） 半導体産業を構成する各社は、このような技術革新、政策革新の動きと連動して、自己の強みを磨いていくことによって、個社のビジネス革新に取り組む。

● 提言・施策の実現に向けた関連府省への要請

（１） 「新会社」は、国や自治体の支援を受けた海外の同様の機関と競合していくことになるので、「新会社」が使用するインフラの整備、並びに「新会社」が実施するプロジェクトへの国の支援を要望する。特に、アプリ指向で、技術とビジネスの両面でリスクの大きいプロジェクトに対して、国支援の技術開発と実証実験等を行うことで、実用化を加速し、各社の競争力強化に繋げる。装置・設備インフラについては、「新会社」が利用するだけでなく、国研および大学共用の実験施設としても活用可能としたいので国の支援をお願いしたい。

（２） 「新会社」は、研究ビジネスを目的としており、魅力的な研究コアを持つことが重要である。研究コア創出に関しては、国研および大学に期待するところが大きく、国の支援をお願いしたい。

（３） 産業政策関連のイコールフッティング上の課題である「電力」「規制緩和」「税制」「知的財産」「通商」「環境規制」については、JEITA 半導体部会の継続･定期的な政策提言に対し国の対応・支援をお願いしたい。「BCP 対応」についても、BCP 活動に対する投資減税や補助金など、国の支援をお願いしたい。

【目　次】

第１章　半導体の社会貢献

１－１　半導体の社会への影響

１－２　半導体の産業貢献・GDP への貢献

１－３　半導体がもたらした社会変革

１－４　半導体による社会課題の解決・改善

１－５　新たなアプリ・サービスを創出する新しい「ものづくり国家」

第２章　環境変化

２－１　ビジネスの変化

２－２　技術ニーズの変化

第３章　日本の半導体産業の方向性（１）

研究開発　－スマート社会を目指して－

３－１　TIA-nano ナノエレ総括

３－２　海外コンソーシアムのベンチマーク

３－３　スマート社会

３－４　スマート社会のための技術開発と TIA-nano ナノエレ

第４章　日本の半導体産業の方向性（２）

産業政策　－イコールフッティングを目指して－

４－１　イコールフッティング

４－２　製造関連

４－３　制度

第５章　競争力強化のための提言と施策

付録

TIA-nano ナノエレクトロニクス　５プロジェクトの目標と達成状況

【はじめに】

2006 年度の COCN では、「日本半導体の新たな挑戦　COCN 半導体技術開発プロジェクト」と題する最終報告をまとめ、日本の半導体産業の競争力強化と将来に向けた技術開発について提言を行った。技術開発では提言に基づき、2010 年度から TIA-nano ナノエレクトロニクスプロジェクトを推進してきた。2006 年度の提言以降、リーマンショック、東日本大震災等、日本の半導体産業を取り巻く経営環境及び社会環境が大きく変化しており、業界再編も進行中である。この間の変化を総括したうえで、新たな提言をまとめる時期にきていると考えている。

世界の半導体産業も大きな転換点を迎えている。これまで通信、PC、専用サーバーを中心とする ICT 機器が半導体成長の原動力であり、クラウドコンピューテイングの時代を迎え、スマートフォーンやタブレット PC 等の後継機器が登場しているが、その市場では世界的に飽和感が感じられるようになっている。一方スマート社会に代表される半導体に対する新たな社会的ニーズが湧き出している。車載用半導体をはじめ、センサーネットワーク、スマート社会、医療、農業など、従来の半導体とは違う分野で異なる使われ方をされようとしている。

半導体デバイスの技術開発という観点でも、単なるパターン寸法の微細化だけにとどまらず、半導体製造プロセスと用途の多様化､パワー半導体､MEMS など異種の半導体や素子との融合など、材料的にも構造的にも大きな変化がある。半導体集積回路設計、アーキテクチャの技術開発においても、システム開発の専門家との緊密な連携がより重要になってくる。研究開発規模の増大にともない、研究開発における国際協力・分業、異業種間の共同開発なども増えてきている。

日本の半導体産業が、現ビジネスのグローバル競争をイコールフッティングな環境の下で遂行できるための方策に加えて、社会ニーズに対する半導体の革新的取り組みに対する支援をアプリケーション・サービスの場を含めてお願いしたい。日本の半導体産業が新たな取り組みを通じて新しい付加価値を取り込み､高収益力を回復し､そこから生み出される新産業が世界をリードし、日本の半導体産業並びに日本が世界を再度席巻することを目指したい。

今年度の COCN では、上記のような状況を踏まえたうえで、より広い視点で、半導体産業のあるべき姿、半導体をユーザーとして使う産業・社会への波及効果、新たな革新的取り組みの場などについても議論し、提言に含めたい。　本プロジェクトは、一般社団法人電子情報技術産業協会の半導体部会により検討を行なった。

２０１４年２月

産業競争力懇談会
会長（代表幹事）
西田　厚聰

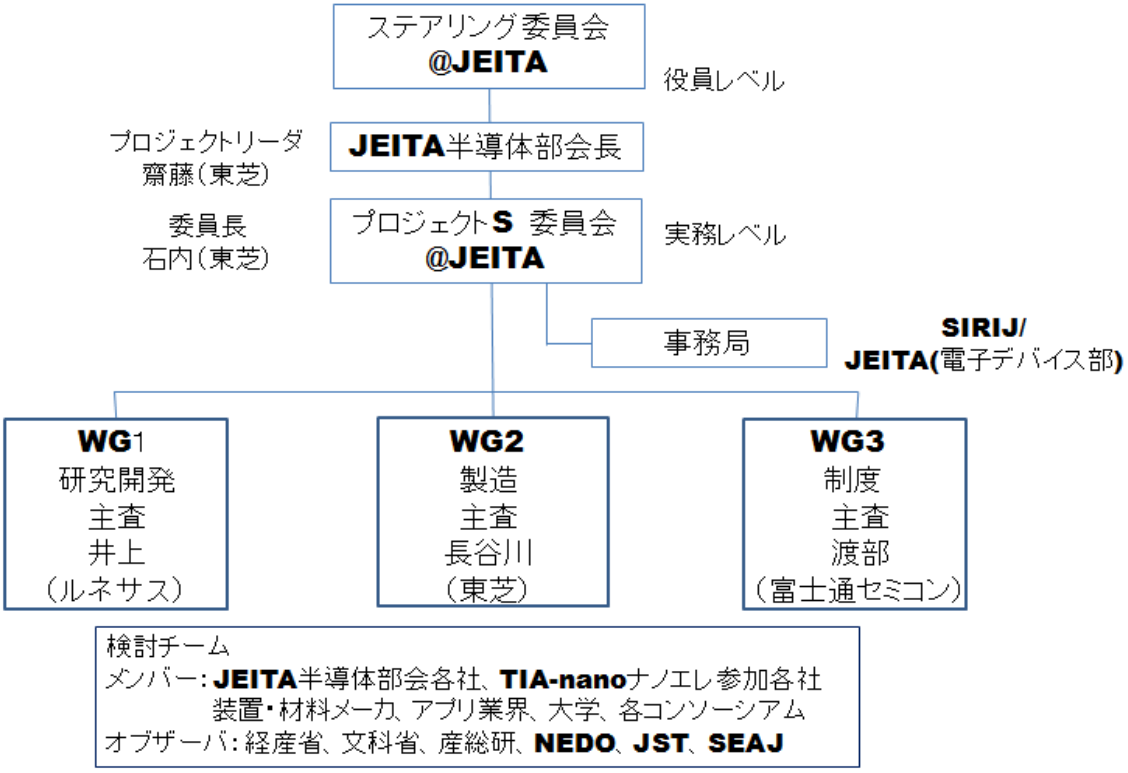
【プロジェクトメンバー】

プロジェクトリーダー	:	齋藤　昇三	（株）東芝
サブリーダー	:	福間　雅夫	（一社）半導体産業研究所
委員長	:	石内　秀美	（株）東芝
WG1 主査	:	井上　修一	ルネサスエレクトロニクス（株）
WG2 主査	:	長谷川　功宏	（株）東芝
WG3 主査	:	渡部　潔	富士通セミコンダクター（株）
メンバー	:	中石　雅文	富士通セミコンダクター（株）
		矢野　映	（株）富士通研究所
		山田　真治	（株）日立製作所
		井上　満夫	三菱電機（株）
		田原　修一	日本電気(株)
		多那瀬　寛	パナソニック（株）
		水野　正之	ルネサスエレクトロニクス（株）
		五十嵐　忠直	ルネサスエレクトロニクス（株）
		上村　卓三	ローム(株)
		山﨑　治	シャープ（株）
		伊藤　信一	ソニー（株）
		柴田　英毅	（株）東芝
		泊　一修	（株）東芝
		山口　知巳	（株）東芝
		鷲野　憲治	東京エレクトロン（株）
		岡本　和也	(株)ニコン
		林　秀樹	住友電気工業（株）
		後藤　孝浩	富士フイルム（株）
		金子 尚史	JSR(株)
		林　直也	大日本印刷（株）
		森本　博明	凸版印刷（株）
		小松崎　常夫	セコム（株）
		戸田　敬二	トヨタ自動車株式会社
		桜井　貴康	東京大学
		平本　俊郎	東京大学
		益　一哉	東京工業大学
		松島　裕一	早稲田大学
		西　宏章	慶應義塾大学
		増原　利明	超低電圧デバイス技術研究組合(LEAP)

		中屋　雅夫	（株）半導体理工学研究センター(STARC)
		渡邊　久恒	（株）EUVL 基盤開発センター（EIDEC）
		稲垣　謙三	（株）EUVL 基盤開発センター（EIDEC）
オブザーバー	:	宮崎　貴哉	経済産業省
		桑山　広司	経済産業省
		前田　豊	文部科学省
		河村　誠一郎	（独）科学技術振興機構
		金山　敏彦	（独）産業技術総合研究所
		榊原　陽一	（独）産業技術総合研究所
		安田　哲二	（独）産業技術総合研究所
		岡田　武	（独）新エネルギー・産業技術総合開発機構
		関根　久	（独）新エネルギー・産業技術総合開発機構
		山崎　光浩	（独）新エネルギー・産業技術総合開発機構
		森岡　國男	(一社)日本半導体製造装置協会
		吉村　隆主	(一社)日本経済団体連合会
ステアリング委員	:	江川　龍太郎	シャープ（株）
		岡本　裕	ソニー（株）
		藤本　佳司	パナソニック（株）
		岡田　晴基	富士通セミコンダクター（株）
		鶴丸　哲哉	ルネサスエレクトロニクス（株）
		高須　秀視	ローム（株）
COCN 担当実行委員、COCN 担当企画小委員：			
		渡辺　裕司	COCN 実行委員、(株)小松製作所
		森安　俊紀	COCN 実行委員、（株）東芝
		金枝上 敦史	COCN 企画小委員、三菱電機（株）
事務局	:	岡村　格太郎	（一社）半導体産業研究所
		上田　潤	（一社）半導体産業研究所
		村方　正美	（一社）半導体産業研究所
		豊島　秀雄	（一社）半導体産業研究所
		桑田　薫	（一社）半導体産業研究所
		関口　浩	（一社）電子情報技術産業協会
		幾見　宣之	（一社）電子情報技術産業協会
		井部　和之	（一社）電子情報技術産業協会
		三井　豊興	（株）東芝（JEITA 半導体部会企画運営委員長）
		下山　章	（株）東芝

Project Sの体制

敬称略



第１章　半導体の社会貢献

１－１　半導体の社会への影響

パソコン、携帯電話、スマートフォンといった電子機器が普及し、国民生活は格段に便利になった。大人から子供まで誰もがモバイルの電子機器を持ち歩き、メールやインターネットを手軽に利用できるようになったが、それは個人の利便性を向上させただけでなく、社会のシステムや人々のライフスタイルにまで大きな影響を与えている。個人がインターネットで商品やサービスを購入するのは、もはや当たり前のこととなり、人と人とのつながりを促進・サポートするSNS（Social Networking Service）といった、新しいコミュニケーション・サービスが世の中に浸透しているのも、そうした社会変化の一例である。こうした変化は、表面的には電子機器の普及が要因であるが、その性能とコストを裏側で支えているのは半導体であり、半導体なくして今日の生活はありえないといっても過言ではない。パソコンや携帯電話といった電子機器は長らく「豊かさ・便利さ」の象徴だったが、半導体の絶え間ない技術革新により、今や物質的な「豊かさ・便利さ」は社会全体にまで広がり、社会のシステムや仕組みまでも変えている。

一方、先進国では経済・社会の成熟化に伴い、様々な課題が出てきている。特に、日本においては世界に先駆けて本格的な少子高齢化社会が進んでおり、エネルギー、医療、防災、防疫といった社会課題の解決が重要なテーマになっている。今まで半導体は「豊かさ・便利さ」の象徴である電子機器を支えてきたが、これからのスマート社会では安全・安心、エネルギー、交通、医療、物流、食糧、防疫といった課題を解決・改善すべく、道路や橋といった社会インフラや、農業・医療といった分野においても積極的に取り込まれることになる。こうした社会では、あらゆるモノに半導体が入り込み、ネットワークとつながるが、半導体はそこでは従来の単なる部品や受動装置ではなく、社会インフラの一部となる。そして、半導体に蓄積された情報やその活用が社会課題を解決・改善する有力な手段となる。つまり、安全で効率的な社会を実現させるためには、半導体をどう使いこなすかが鍵となってくる。

半導体は今までも電子機器の性能向上、コスト削減を通して我々の生活に大きな影響を与えてきたが、今後は社会課題の解決、国民サービスの改善といった観点からも大きな役割を果たすことが期待される。

１－２　半導体の産業貢献・GDPへの貢献

半導体産業はGDPでは1%産業であるが、半導体技術を基盤とする半導体アプリ産業のGDPは製造業の約4割を占める巨大な市場を形成している。又、通信サービスやシステム・インテグレーションなどを通し、第三次産業を含む他産業へも広範な影響を及ぼしている。資源に乏しい日本にとって、半導体アプリ産業による輸出競争力の維持確保は必要不可欠であり、付加価値の高い国際競争力を持つ産業の創出という面において半導体産業は重要な役割を担っている

と考えられる。又、半導体で培われた技術は他の産業にも波及しており、幅広い分野においてイノベーションの創出に深く関わっている。

そして、雇用の面でも半導体産業は、関連産業として材料部品から装置分野まで非常に広い裾野を有しており、社会的に大きな役割を果たしている。半導体技術を基盤とする半導体アプリ産業や、アプリに関連したサービス産業の雇用創出に対しても影響を与えていることを考慮すれば、半導体産業の雇用面における影響はより大きいといえる。

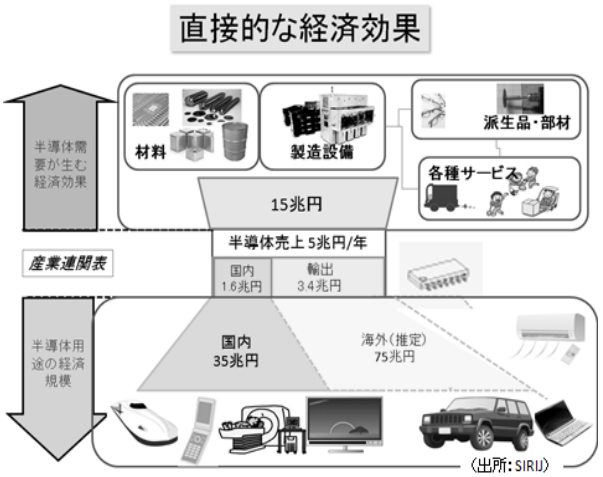


図１－２－１　直接的な経済効果

１－３　半導体がもたらした社会変革

先に述べたように、半導体の技術進歩は新しい製品やサービスを生み出すだけではない。社会システムや人々のライフスタイルにも影響を与えている。IT 革命やデジタル情報革命がもたらした影響として既に語られているように、パソコンや携帯電話が社会の隅々まで普及し、インターネットがあらゆる情報を瞬時に伝えるようになったことは、単に利便性が増したということではなく、世の中の情報の流れを一変させたという意味で革命的である。

情報の流れが変わったことにより、いわゆる「中抜き」と呼ばれる現象が起こり、個人やユーザーによる情報・意見の発信が当たり前になった。メディアが多様化し、個人・ユーザーのセグメント化が進み、均質だった価値観も分化した。押し付けの価値観や大量生産品に甘んじていた個人やユーザーは、自らの嗜好に合う商品・サービスを追求し、社会の「パーソナル化」に拍車がかかっている。また、社会や企業においてもそれぞれの活動、判断のスピードが上がり、世の中全体で無駄が排除されるようになった。そして、「ボーダーレス化」も急激に進んでいる。個人や企業が国境を越えて容易にアクセスし合い、ビジネスができるようになったが、そうした現象は「国家」という概念までをも希薄化させている。このような社会変化が半導体を中心とする技術革新によって引き起こされていることを考えれば、半導体が現代の社会や国民生活に与える影響は極めて大きいといえる。

１－４　半導体による社会課題の解決・改善

半導体による社会課題の解決・改善で、まず挙げられるのは安全・安心の実現である。スマート社会では社会インフラが進化し、医療・教育などが更に便利で快適なものになっていくが、一方で個人情報の管理やネットワーク・セキュリティが問題になってくる。また、自然災害や食の安全性に対する不安の高まりなど、安全・安心な社会の実現に対する期待はますます大きくなっている。こうした諸課題の解決・改善のためには、情報通信技術を中心とする様々な技術が必要になってくるが、こうした技術の多くは半導体が関与しており、半導体技術の一層の進歩が期待

されている。

次に、高齢化社会の到来への対応がある。今後高齢者や障害者に対し、優しい医療や介護を最先端の機器やサービスを通して提供していくことが可能になる。

又、今後は上記の他に、サービス産業の生産性向上、資源の効率的確保、災害予知・防止・救助といった面でも社会課題の解決・改善が期待されている。

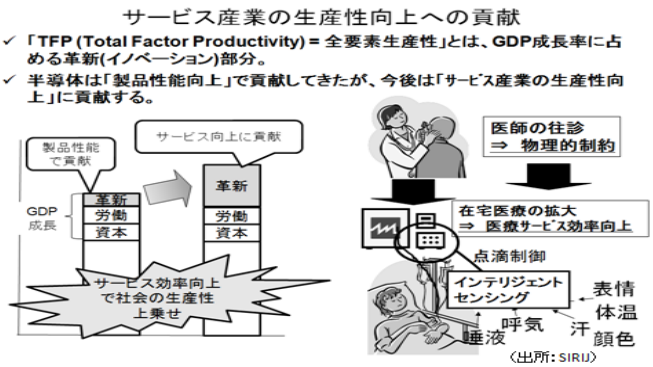


図１－４－１　サービス産業の生産性向上への貢献

１－５　新たなアプリ・サービスを創出する新しい「ものづくり国家」

半導体の重要性とは別に、日本に半導体産業が存在する必要があるのか、という議論が一部にある。確かに、海外から半導体を調達すればいい場合もある。しかし、海外の少数企業が独占的に半導体を製造・販売し、半導体の価格・物量・品質が全て海外企業の支配下に置かれれば、日本の社会・経済は大変なリスクに晒される。なぜならば、半導体はイノベーションの源泉ともいうべき多種多様な技術を有しており、コアとなる半導体技術が無くなれば、アプリ産業を初めとする他産業においても競争優位を失う可能性があるからである。又、日本の産業競争力が低下するということは、基幹となる技術を他国に依存するようになる可能性も出てくる。そうなれば、日本独自の目指す方向性や社会問題への対応のあり方を自力で確立することもできなくなる。日本が技術的主導権を確保しバーゲニングパワーを発揮するためには、やはりコアとなる半導体技術を日本に残すことが必須であり、そのためには個別企業や産業界が努力することは当然だが、官学ともに半導体産業の戦略性、重要性を理解し、課題に取り込んでいくことが必要である。

日本は成熟化に伴う社会課題に直面している一方、半導体のみならず、アプリ・装置・材料といった関連産業を幅広く有しており、社会課題を解決する大きなポテンシャルを持っている。半導体は一時期、「産業のコメ」と言われていたが、「産業のコメ」というよりは社会全体に不可欠な「社会のコメ」である。日本が今後、社会課題をどう解決し、国内外にどのような価値を提供できるかを考えると、半導体をコアとした新たなアプリ・サービスの創出が鍵となる。世界に先駆けて、そうしたアプリ・サービスを誕生させ、新しい社会のあり方を提示できれば、日本のプレゼンスは大きく変わるに違いない。これからは従来のものづくりに、日本ならではの知恵と強みを生かした、新しい「ものづくり国家」を目指すことが重要である。

第２章　環境変化

世界の半導体産業は黎明期には技術ドリブンによる 2 桁成長により、日本の半導体企業は売上高の国際シェアで一時首位を占めた。急激な成長を遂げた世界の半導体産業は、1995 年以降受給バランスの影響を受けるようになり 1 桁の成長率に転じ、2002 年には IT バブル崩壊による半導体不況の洗礼を受けた。その間、日本の一部の半導体企業は先端半導体からの撤退や事業再編を余儀なくされる一方、海外では新興国を中心にビジネスとしての新規参入も相次ぎ、日本の国際シェアは低下を続けた(図２－１－１)。2002 年以降、世界の半導体産業では投資のタイミングや市場戦略が優劣を決めるビジネスドリブンの色彩が明確になった（図２－１－２)。

2006 年 COCN 半導体プロジェクトでは、そういった環境変化を背景に日本の半導体産業の国際競争力低下の要因を分析し、低収益による投資体力不足、国内市場での横並び過当競争、グローバルスタンダード製品の無いこと、プロダクトアウトからマーケットインへの市場変化に遅れたこと、ファブレス・ファンドリー等の水平分業モデルに対して垂直統合型の IDM モデルの優位性を結果的に出せなかったこと等、経営面の課題が大きいことを指摘した。その反省の下に、世界を制する日本の半導体産業のあるべき姿を達成するため、「経営力革新への挑戦」と「技術力革新への挑戦」を提案した。

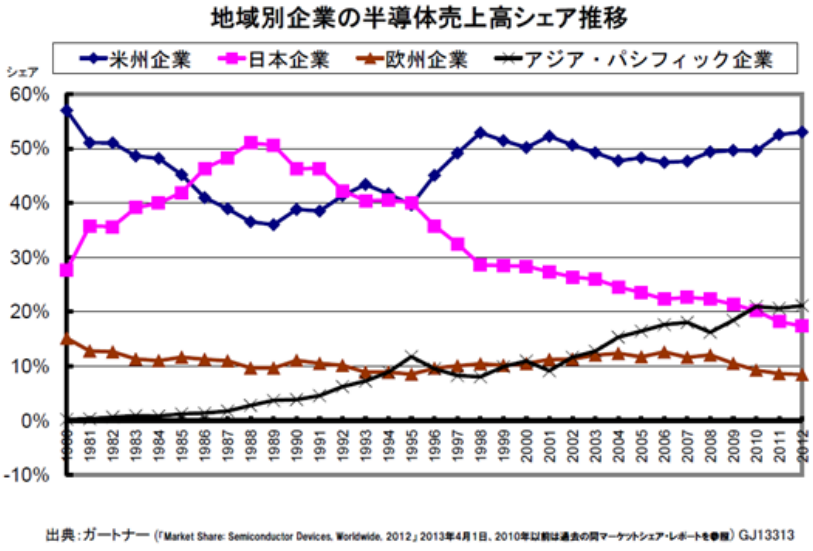


図２－１－１　地域別半導体売上高シェアの推移

２－１　ビジネスの変化

2006 年 COCN 半導体プロジェクトの「経営力革新」提案では、高収益確保のための「付加価値源泉確保に向けた事業構造改革」として、経営資源の集中により何でも自前で行うのではない最適な事業形態、アプリへのシステム提案ができるマーケッティング力強化、アジア市場の攻略等を提案した。しかし IT バブル崩壊以降も、好調な自動車業界の余波や円安に助けられ、経営的観点やマインドの問題から、日本の多くの半導体企業では、ビジネス・スタイルに大きな変化を起こせず、ジリ貧的状態が続いた。

2008 年秋のリーマンショックに端を発する世界経済危機により、株価は急落し、円は急騰、経済環境は悪化し、輸出依存度の高い半導体産業は大きな影響を受けた。これに伴い、日本の半導体企業の抱えてきた構造的課題が顕著となり、淘汰・再編が加速されることとなった。世界市場では、IT 機器・情報家電のデジタル化が進展し、従来摺合せ型製品であったものがモジュール部

品を組み合わせることによって安価に製品作りが可能となり、製品のコモディティ化（汎用品化）が進展、その結果、日本の横並びの半導体企業ではメーカー間の性能の差異が縮小し、価格競争が激化、各社の利益は縮小した。さらに、研究開発から製造まですべてを手掛ける日本的な垂直統合型モデルは、結果的に高コスト体質であり、生産規模でも海外メーカーに劣るため、競争力を失う原因となった。

また、米国、中国、韓国などの競合国企業と比べて、知財戦略や標準化戦略などで立ち遅れ、国際標準化の獲得に遅れを取り、コスト競争で敗北することとなった。さらに、所謂、六重苦の問題（円高の問題、高い法人税、製造業への派遣禁止などの労働規制、震災後の電力不足と高い電気料金、CO2 削減のための環境対策費、TPP などの貿易協定への対応の遅れ）により、コスト競争力が低下し、これを回避するために国内の半導体各社は生産の海外移転の動きを拡大、その結果、国内の雇用機会の減少を招き、産業の空洞化を助長することになり、国際競争力の低下を招いた。

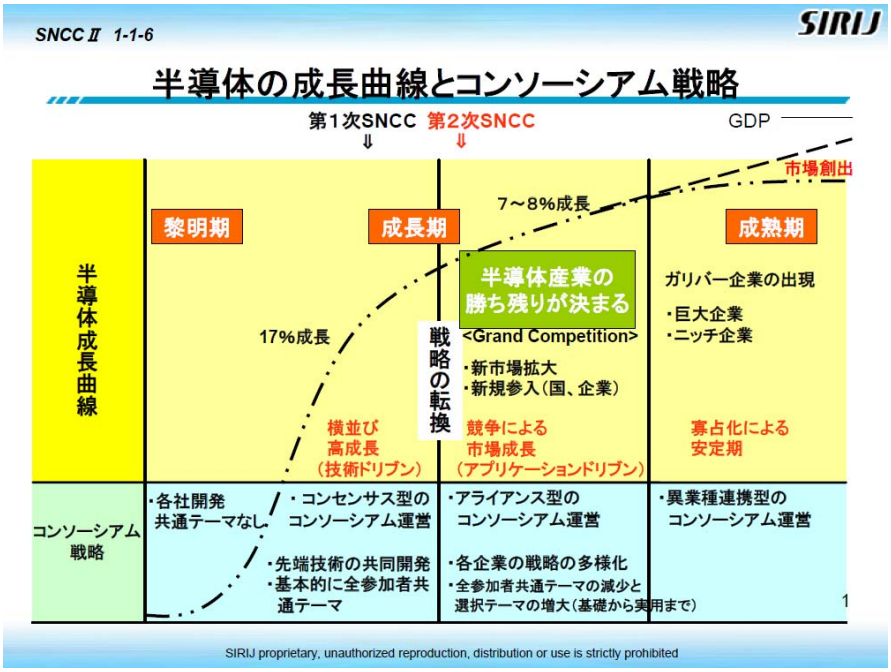


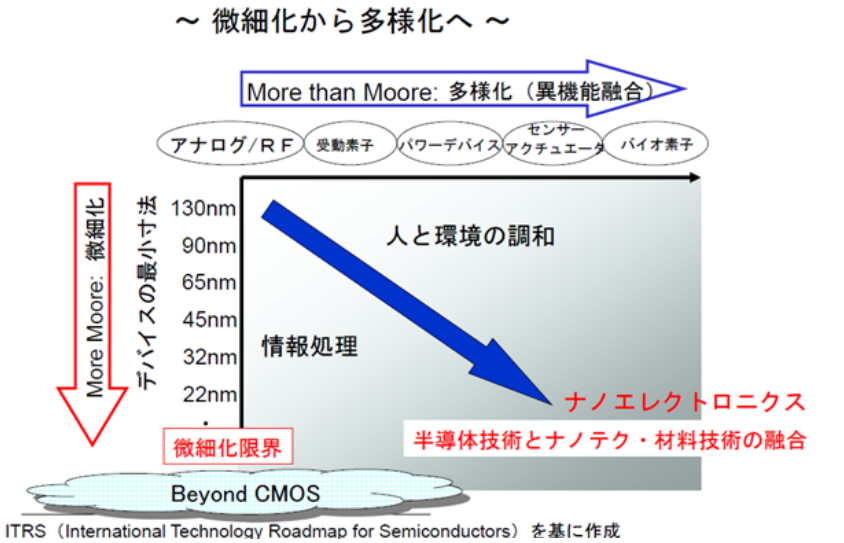
図２－１－２　半導体の成長曲線とコンソーシアム戦略（出所 SIRIJ）

これまでの半導体市場は、IT 機器市場を中心に伸長してきた。しかし、2007 年にスマホが、2010 年にタブレット端末が出現し、携帯電話、PC に代わる新たな商品として急速に売り上げを伸ばしたものの、既存の携帯電話や PC の置き換えであり、その後新興国市場など新たな市場への展開はみられるものの、価格低下も重なり、IT・デジタル情報家電を中心とする半導体市場の成長は約 30 兆円で飽和し、ガリバー企業しか利益の出せない成熟した競争分野となっている（図２－１－２）。

２－２ 技術ニーズの変化

半導体技術分野においては 2006 年以降、先端微細化技術（More Moore）が経済的・技術的な限界が見え始め、欧州を中心に半導体の多様化・多機能化（More than Moore）が提案され、世界的に将来のナノエレクトロニクスの方向がその融合方向であることが提案された（図２－２－１）。2006 年 COCN 半導体プロジェクトでは、「技術力革新への挑戦」として、微細化・CMOS 技術の継続推進とシステム設計力の強化、更に人材育成と世界的設計拠点の創設、ナノエレクトロニクスの深耕を訴えた。製造技術の微細化については、その後技術的な困難度が高まるのに加え、設備投資や研究開発費も膨大となり、これら経済的障壁により半導体各社は、単独で製造設備や研究開

発環境および工場などを持つことが難しくなり、膨大な開発投資を抑えて、微細プロセスを用いた半導体製造のためにファブレス/ファブライト化の動きが加速した。一方、膨大な投資に単独でも対応可能な企業による製造技術の微細化技術開発の寡占化も並行して進行した。また、先端半導体の研究開発についても、先端の技術や人材、研究インフラを活用すべく、欧米の国際研究拠点の利用が加速されたが、一方将来を見越した戦略的な研究・人的投資が不十分で、日本の技術力の観点から問題を残した。2006 年の COCN 提案では「世界的設計拠点」、2008 年の COCN ナノエレ提案では「国際ナノエレクトロニクス研究拠点」を日本に設置提案したが、いずれも海外からの参加が課題になった。



（ITRS 資料を基に SIRIJ で作成）

図２－２－１　半導体 CMOS 技術のパラダイムシフト

2011 年に発生した東日本大震災とそれに伴う原子力発電所の事故では、電力需給逼迫とそれによる電力コストの上昇懸念および製造業に係るサプライチェーンの脆弱性が顕在化した。電力やエネルギー問題に関しては、社会インフラを効率的に運用して，資源やエネルギー消費の無駄を無くすスマートグリッドの実現へ向けた動きが活発化するなど、先進国を中心に、「スマート社会」への動きがグローバルに加速した。エレクトロニクス・半導体のターゲットとして、「民生機器」から「社会インフラ」が注目されるようになると共に、デバイスメーカ主体から、アプリやサービスなど異業種と連携して新市場の創出の動きが加速されることとなった。しかしながら、新市場への参入に際しては、各種規制や既得権益が参入障壁となり、これら阻害要因が課題となっている。

地球環境やグローバルな経済環境の悪化で、社会の価値観にも変化が起きている。すなはち、世界規模で発生する地球温暖化や気象災害などによる環境・エネルギー問題、地球規模での人口爆発による食糧問題、高齢化に伴う医療・介護の問題、安心・安全を脅かす大規模な自然災害、新型ウイルス等の病気、公共インフラの維持・管理、サイバー攻撃や交通輸送システムの安全確保などさまざまな問題が生じてきている。特に、世界の先頭を切って少子高齢化が進む日本では、社会保障費の増大による財政的な問題や生産年齢人口の減少による労働生産性の問題など、解決すべき社会的課題が山積している。この様に、これまでの「豊かさ」の追求から「社会的課題の解決」へと「社会の価値観」が変わって来た。これに伴い、半導体に求められるものも、微細化による「性能」の追求から各種課題の解決に対応するために「機能の多様化」を取り込んだ「知的半導体」が求められるようになった（図２－２－１）。

第３章　日本の半導体産業の方向性（１）

研究開発　－スマート社会を目指して－

３―１　TIA-nano ナノエレ総括

３－１－１　あすか･MIRAI プロジェクト総括

2001 年度より日本の半導体業界は図 3-1-1 に示すように、JEITA 半導体部会を推進役とし民間による「あすかプロジェクト」と、国委託による「半導体 MIRAI プロジェクト」を開始した。「あすか」では、設計技術開発を STARC、プロセスデバイス技術開発を Selete が担当した。Selete と MIRAI は、つくば産総研のスーパークリーンルーム（SCR）を活動の場とした。

「あすか」ではコストシェアとリスクシェアを念頭に、65nm～32nm 対応の SoC 関連基盤技術開発並びに業界としての共同活動を行った。Selete の成果としては、High-k/メタルゲート、Low-k 多層配線、EUVL インテグレーション等の技術開発、TCAD ツール開発、STARC の成果としては、次世代プロセスフレンドリー設計、テスト、Mixed Signal 設計、HiSim 等の技術開発、大学との共同研究・教育である。技術成果の実用化はメンバー企業で行われ、ビジネス環境の激変で成果に繋がらないケースもあったが、技術のスクリーニングや候補技術の可否評価を出す等、メンバー企業の競争力維持に貢献した。

「MIRAI」は、Selete 前段に当たる最先端要素技術研究を遂行した。成果としては、新構造極限 CMOS トランジスタ、新探求配線、特性バラツキに対し耐性の高いデバイス・プロセス、次世代マスク、EUV 光源高信頼化などの最先端技術において、多くの知見を得た。

「あすか」は開始当初、実用化の時期に差はあるが共通の技術ターゲットを有していたが、IT バブル崩壊以降参加企業のビジネスモデルの違いが顕著になり、2006 年以降ニーズ対応のグループ編成を行ったが、横並び･コンセンサス方式の弊害が最後まで影響をした。Selete、STARC とも株主権限が強大なため、路線の変更やメンバー変更ができなかった。「MIRAI」は開始当初、世界の COE の一つを目指したが、IT バブル崩壊以降国の方針が実用化重視となり、2006 年度以降 Selete との一体的ガバナンスを実現するため、Selete 受託となった。

2006 年度以降、海外メーカーを原則排除する方向になり、「あすか」・MIRAI プロジェクトから海外メーカーは離脱した。

欧米では、2006 年以降国際研究拠点が力を付け、世界の有力半導体チップメーカーが集り、日本のチップ企業も製造装置・材料メーカーも必然的に参加し、日本の拠点としての魅力が相対的に損なわれていった。

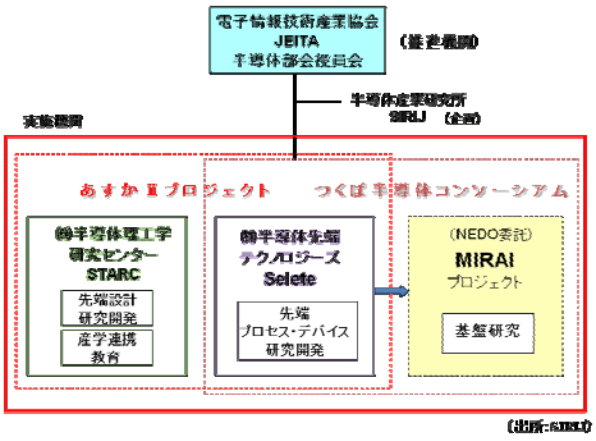


図 3-1-1　あすか・MIRAI プロジェクト

３－１－２　TIA-nano ナノエレプロジェクト

2010 年度に「あすか」、「MIRAI」の両プロジェクトが使命を終えるにあたり、そのインフラ（SCR 等）を活用する「つくばナノエレクトロニクス研究拠点」の設置を、業界研究部門を中心に COCN ナノエレクトロニクスプロジェクト（2008 年度） として提言した。

同提言はその後、経済産業省並びに自民党・経団連などの強い支援を得て、提言内容を大きく拡大する形で、2010 年 2 月「つくばイノベーション・アリーナ」（TIA-nano）として発足した。(設立時:AIST、NIMS、筑波大、経団連のトップが最高委員に就任)。産業界としては TIA-nano のナノエレクトロニクス研究活動を支援するため、産総研傘下に「産総研ナノエレコンソーシアム」を発足（2010～2014 年）させ、SCR 運営等に対し資金拠出等を行っている。

2010 年度発足した TIA-nano ナノエレ分野では、図 3-1-2 に示す多数の国プロジェクトが実施されている。「グリーン・ナノエレクトロニクスのコア技術開発（GNC）」を始めとする内閣府の最先端研究開発支援プログラム（First）、経済産業省の「低炭素社会を実現する超低電圧デバイスプロジェクト（LEAP）」、「次世代半導体微細加工・評価基盤技術の開発（EIDEC）」、及び文部科学省、経済産業省の光関連プロジェクト等が実施されている。個々の研究テーマの水準は極めて高く、産業界からも多くの研究者が参加している。

図 3-1-2　TIA-nano ナノエレの拠点活用プロジェクト

TIA-nano ナノエレは、EUV 露光技術開発では世界の 3 極の一つに数えられている。2013 年 6 月に開催された VLSI テクノロジーシンポジウムでは、IMEC を上回る発表を行い存在感を示した。技術成果においても、SRAM 0.4V 動作を実証（LEAP）、超格子相変化材料で動作電力を 1/1800 に削減（GNC）、世界最高伝送密度を実現（PECST）、消費電力を 1/100 に削減する検索用論理集積回路（1Mbit TCAM）を実証（CSIS）する等、注目を浴びている。

３－１－３　産業界から見たTIA-nanoナノエレの課題

TIA-nanoナノエレの技術成果にかかわらず、産業界から多くの研究資金が海外の国際研究拠点に拠出されているなど、TIA-nanoナノエレの存在感が産業界ではまだ相対的に低い。またナノエレコンソーシアム発足時に描いた「その後の自立化」のシナリオが見えていない。それらの原因、課題について考察をした。

第１の原因は、国際研究拠点としての位置づけが不明確な点である。2006年以降欧米の共同研究・国プロ等では、オープンな国際研究拠点を活用する形で推進する方向に変化した。IMEC、Albany-Nanotechを代表とする国際研究拠点は、世界の半導体トップ企業を勧誘することで、資金・人・インフラを充実させた。日本にも国際研究拠点を目指したのが、2008年度提案の「つくばナノエレ研究拠点構想」であったが、現在のTIA-nanoナノエレにおいてEIDECを除き、オープン化の建前はあるが、海外からの参加に対する対応や魅力は充分とは言えない。

第２の原因は、研究組織のマネジメントが「あすか・MIRAI」と基本的に変わっていない点で、日本の企業からも参加する魅力に欠けてしまっている。横並びでインフラを持つ従来型の研究コンソーシアムでは、顧客が情報を共有する形で研究を推進する。技術に基盤性・共通性が高い場合、コスト・リスクシェア等で効力を発揮したが、研究成果が出始めると顧客間での牽制により研究の発展がそれ以上望めなくなる。現在海外の標準的な国際研究拠点の考え方は、国の競争力という観点より地域の産業振興策を活用し、魅力ある研究コアまたは研究インフラを自ら持ち、世界の企業を顧客として研究への参加を勧誘する「研究ビジネス」を行っている。ビジネスの視点からは、顧客満足度が第一であり、各顧客の研究ニーズに対し顧客ごとのきめ細やかな対応を行っている。そのため顧客は、よりビジネスに近い領域まで他の顧客への情報漏れを気にすることなく、共同研究または研究委託を行える。

第３の原因は、研究拠点とコンソーシアムの役割りの混在である。欧州のドメスティックなイニシアティブであるENIACやCATRENE等は、アプリや製造装置等と組む「縦型」連携が主流で、自らインフラは持たない。米国のナノエレの大学研究を束ねるNRI等のイニシアティブや、プロセスのコンソーシアム Sematech も自らインフラは持たない。いずれも国際研究拠点や企業・大学・国研等を活動の場としている。世界の潮流として、ターゲット活動を行うコンソーシアム・イニシアティブと、研究インフラを運営する国際研究拠点は分業しつつ、各国においては極めて高い相乗効果を生んでいる。その分業の仕方は国ごとに異なる。日本の特性に合った国際研究拠点とコンソーシアム・イニシアティブの役割分担の議論と戦略が重要になる。

第４の原因は、2006年度以降半導体の産業構造が大きく変貌している。More Mooreによる先端技術開発の軸に加え、More than Mooreという多様化の軸が顕著になりビジネスの幅が拡大している。More Moore も含め各社得意な分野に特化するとともに、新しいビジネスチャンスに果敢に挑戦する必要がある。今後一層多様なアプリ・サービスとの連携を通して新ビジネスの萌芽が産まれるとともに、TIA-nano ナノエレにおいても新しいニーズから新材料・新デバイス・新アーキテクチャの出現も期待され、日本の半導体として新たな方向に対するグローバルな主導権の早期確立が、日本の半導体及び日本の再生に繋がる戦略的アプローチと言える。

３－２　海外コンソーシアムのベンチマーク

３－２－１：欧米の国家プロジェクトと国際研究開発拠点の使い分け

欧米ではEUや政府がナノエレクトロニクス研究に注力し、支援及び新たなプロジェクトが行われている。また、グローバル化した国際研究拠点での活動が盛んな事も特徴である。欧州はEUによる国費投入/テーマ選定によるイニシアティブと集中研（IMEC）によるテーマ設定・企業勧誘、米国は防衛関係が絡む国費による大学・米国企業中心の基礎研究イニシアティブ、及び集中研（Albany）として州による州大学への補助金及び中心企業（IBM）によるコンソーシアム形態での企業勧誘という形が特徴である。

欧州はMore than Mooreに注力。EU資金は従来基礎研究に投じられてきたが、EU資金と各国政府・民間資金を合わせ、ナノエレクトロニクス研究のためのENIAC JUを創設(2008年、総額3000Mﾕｰﾛ/5年）した。また各国政府の組織であるEUREKAでは、各国政府と民間資金で、産業界寄りのナノエレクトロニクス研究のためのCATRENEを創設（ MEDEA+後継： 2008年、総額6000Mﾕｰﾛ/4年）した。ENIAC JU、CATRENEともに、More than Mooreの研究を推進、アプリケーション企業も参加する。欧州のプログラムはファンディングが中心で、100nm 以下をナノエレクトロニクスと定義。IMECは独自にナノエレ・ナノテクの国際研究拠点として研究を推進。フランダース政府の支援の下に欧州の大学間研究組織としてスタート。その後欧州の他、米国・日本・アジアの企業も積極的に勧誘し半導体の国際研究拠点としての地位を確立した。現在カバーする範囲は More MooreからMore than Mooreを含め幅広い。国際研究拠点であると同時に、欧州のプログラムENIAC、CATRENEのテーマにも参加している。(*1)

米国はMore MooreからBeyond CMOSに注力。産業界（SIA）と国（NSF）が協力して、ナノエレクトロニクスに絞ったイニシアティブSRC-NRIを2006年設立。全米に４つの大学グループ(WIN、INDEX、SWAN、MIND）を設置し、20M$/年の資金で産業界のニーズの下に大学のBeyond CMOSを中心としたナノエレクトロニクス研究を支援している。各大学グループは、各大学の研究施設のほか州などからインフラや研究資金を提供されている。また、産業界（SIA）と国防省で、大学のMore Mooreも支援（旧SRC-FCRP（現STARnet PG)、40M$/年)、設計からプロセスに至るまで、産業界のイニシアティブの下に大学を組み合わせて行われている。NY州は国際ナノテク拠点Albany Nanotechを運営(4200M$/7年)。ニューヨーク州Albany校CNSEに国際ナノテク研究拠点を設置、More MooreからBeyond CMOSに跨る研究開発を、欧州・日本・アジアの企業も参画して行っている。Albanyでは、米国の国プロジェクト(NRIのINDEX）や民間コンソーシアム（SEMATECH）も活動している。(*1)

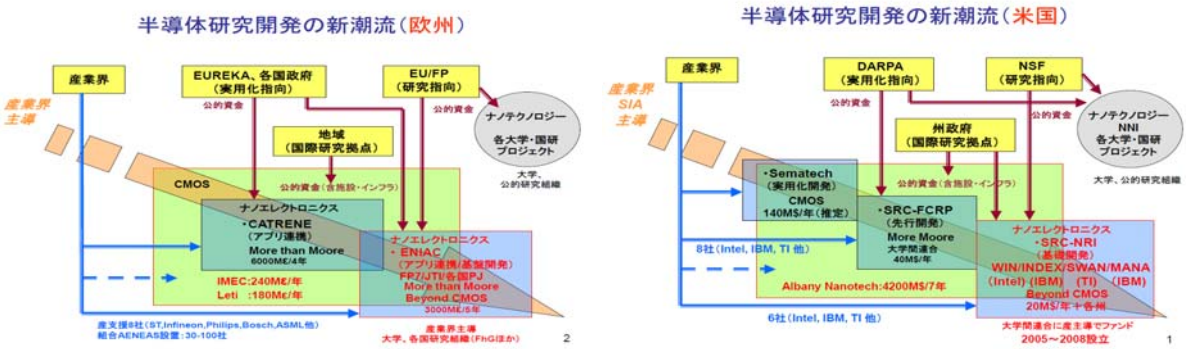


図　３－２－１　欧米の国家プロジェクトと国際研究開発拠点の使い分け(出所:SIRIJ)

３－２－２　欧米の国際開発拠点

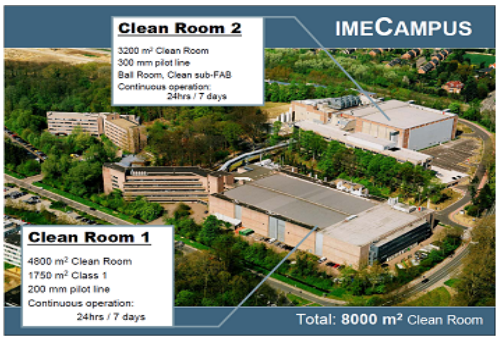


図　３－２－２　欧州の国際開発拠点　IMEC

IMEC（欧）

・ベルギーフランダース政府の支援で 1984 年設立、現在は国際的な独立研究センター。本拠はベルギー・ルーベン、オランダに IMEC-NL、米・中・台に現地事務所がある。

・収入 320M€（2012 年、内、フランダース政府支援 48M€、オランダ政府 8M€)、研究者 75 カ国から 2,051 名。内、IMEC 従業員 122 名)。

・4800m2 の旧 CR と、3200m2 の 300mmCR の他、フランダース州からの 100M€で 450mmCR を建設予定。また、ASML との関係から最先端露光装置を揃える。

・産業界との国際的パートナーシップ、公的支援プロジェクトの運営、内部スキルによる IMEC 独自の研究の仕掛け、ベンチャー企業のスピンアウトが特徴。IIAP(Imec Industrial Affiliation Program)と呼ばれる仕組みで Pg 毎の参加が可能、また、単一企業と IMEC で共同研究（クローズ）も可能、夫々に適した情報管理の仕組みがある。

・研究領域は、More Moore から More than Moore まで。大学の基礎研究と産業界の実用化技術開発の溝を埋める架け橋の役割。半導体製造技術の他、アプリケーション（ワイヤレス分野等）にも強みがある。

Albany Nanotech（米）

・中心は NY 州立大(SUNY)Albany 校 CNSE（2001 年創設)。300mmm の NanoFab 300（３箇所）の他、450mm の NanoFab X を 2013 年に設置。

・2013 年までに 140 億$以上が投資され、現在、参加 300 社以上、3000 名以上の研究者がいる。

・CR は 24 時間･7 日稼動。CR 運営は NY 州 NPO が行い、400 名の作業者/管理者がいる。処理能力は 3,000 枚以上/月。ASML の最先端露光装置を揃え、G450C には Nikon450mmArF 液浸露光装置も納入予定。

・環境・エネルギー関連（太陽電池等）プロジェクトも増加。軍の研究も散見される。

・EUV 開発が主力の SEMATECH、IBM 主体のコンソーシアム、NRI（INDEX)、G450C/F450C の 450mm イニシアチブ、等が行われている。

３－２－３　研究開発拠点ベンチマーク

前節及び前項で述べた通り、各研究開発拠点を比較すると下記となる。

欧米は、コンソーシアムと拠点が独立、研究ビジネスを運営する独立の人材（キーマン含め）／魅力的なテーマ／設備を持ち、海外企業も積極的に勧誘し、情報管理等、顧客が使いやすい仕組み作りをしている。

	IMEC	Albany	Tsukuba（TIA)ナノエレ
研究コア	有り　（IMEC）	有り　（IBM） 無し(Sematech，450mm)	無し　（LEAP，First）
拠点管理	IMEC	SUNY	AIST（SCR）
魅力的な装置	リソ	リソ	
情報管理 （契約、運営管理）	ベース：オープン 1 to 1：クローズ	IBM Aliance：目的管理 Sematech?，450mm?	PJ毎
責任	IMEC	IBM + SUNY＋Pj	PJ
サポート企業	ASML/STMicro	IBM	???
人	G.Declerck	Alain Kaloyelos	???
国際性	オープン	オープン	限定的
自立性	IMEC	SUNY	
永続性	あり	あり（IBM），他は時限	時限
予算	240M€/年	600M＄/年	260億/年

図　３－２－３　研究開発拠点ベンチマーク（出所：SIRIJ/JEITA 作成）

３－２－４　欧米の最新国家プロジェクト

欧州　HORIZON2020

FP、CIP、EIT を統合した HORIZON2020 が 2014 年から開始される。総額 80B€（約 8 兆円）/7 年。（内、ナノエレクトロニクス分野には 5.8B€が投資される見込み）フラッグシッププロジェクトとして脳科学、グラフェン研究を推進するとともに、目玉として低消費電力ロジック（モバイルデバイス開発の大型プロジェクト）を推進。Places2Be プロジェクトと呼ばれ FDSOI を用いた超低消費電力・高性能 CMOS デバイスを開発する計画。

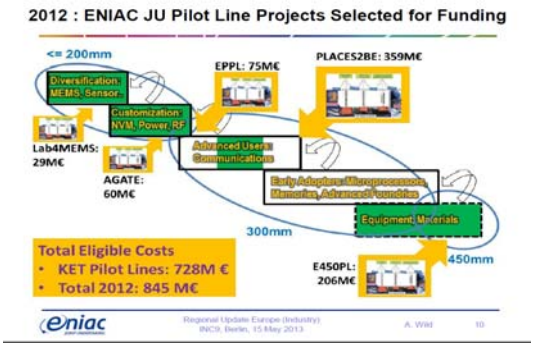


図　３－２－４　欧州の CR 投資計画
（出所：ENIAC　JU　HP http://www.eniac.eu/web/index.php）

携帯などのコンシューマーエレクトロニクスやサーバー用のチップ製造における競争力強化（または競争力奪還）狙い、 3 年間で 360M€。(2013/5/21 報道発表)　比較的大規模な検証ライン建造を主眼としたもので従来の技術開発にとどまらないインパクトを持つ。またソフトウェア開発も含むとされている。ENIAC は技術開発のためのラインだけでなく、パイロットラインなどへも投資をする事を強調し、200mm から 450mm ラインまでの投資を計画。450mm は EEMI450 が 2009 年に設立、18M€の活動費で 65 機関が参加している。

米国　新 SRC-NRI、新 SRC-FRCP、Albany へのニューヨーク州支援・オバマ大統領訪問

SRC-NRI は NRI2.0 を発表（2013/5/8）した。SRC と NIST が second phase of NRI 開始。新

FocusCenter に 5M$/年(最大 5 年間) 出資。従来の「シリコンテクノロジーの限界(2020 年)」までと「それ以降」の技術シーズ研究支援に加え、「新技術の実用化には 12－15 年のインキュベーションが必要」という考えのもと先物研究を支援する。INDEX 新テーマ、CNFD、SWAN2.0 が新規追加された。

SRC-FCRP は、2012 年に DARPA と連携し STARnet Program (194M$/5 年) に改められ、LEAST(低電力スイッチ)、FAME (Spin) 等、超高速・低消費電力デバイスを中心に短レンジ、超レンジ双方の研究の支援を強化している。

米ニューヨーク州知事は 2011/9/27、Albany にて半導体企業 5 社(Intel、IBM、GF、TSMC、Samsung)が 44 億ドルを投資し、次世代コンピュータ Chip の開発、及び 450mm ウエーハ技術開発に取り組むことを発表した。ニューヨーク州は約 7000 人の雇用を見込み、州も CNSE に 4 億ドルを援助する。その後、G450C として 450mm を推進するイニシアチブが開始され、他、450mm の量産 Fab 構築に必要なｲﾝﾌﾗ系企業 10 社が集まり、F450C も開始。G450C と連携して活動を行っている。

翌年、2012/5/8 には、オバマ大統領が Albany を訪問し、「ナノエレ研究の重要性、Albany を例にナノエレ (最先端半導体技術) が雇用を生む事、及びこの Albany の事例を全米に広げたい」とのスピーチをした。米国での製造復権及び、それに必要な最先端技術としてナノエレの重要性を広く訴えた。

*1：2008 年度 COCN 環境調和型ユビキタス社会を実現するナノエレクトロニクスプロジェクト報告書から引用

CATRNE：Cluster for Application and Technology Research in Europe on Nanoelectronics
CIP：The Competitiveness and Innovation Framework Program
CNFD：The Center for NanoFerroic Devices
CNSE：College of Nanoscale Science & Engineering
DARPA：Defense Advanced Research Projects Agency
EEMI450：European 450mm Equipment & Materials Initiative
EIT：European Institute of Innovation and Technology
ENIAC JU：European Nanoelectronics Initiative Advisory Council Joint Undertaking
EUREKA：European Research Coordination Agency
FAME：Center on Function Accelerated nanoMaterial Engineering
FCRP：Focus Center Research Program
FP：Framework Program
F450C：The Facilities 450mm consortium
G450C：Global 450mm Consortium
IMEC：Inter-University Microelectronics Center
INDEX：Institute for Nanoelectronics Discovery and Exploration
LEAST：Low Energy Systems Technology
MEDEA：Microelectronics Development for European Application
MIND：Midwest Institute for Nanoelectronics Discovery
NIST：National Institute of Standards and Technology
NSF：National Science Foundation
NRI：Nanoelectronics Research Initiative
Places2Be ：Pilot Lines for Advanced CMOS Enhanced by SOI in 2x nodes
SEMATECH：Semiconductor Manufacturing Technology
SIA：Semiconductor Industry Association
SRC：Semiconductor Research Corporation
SUNY：State University of New York
SWAN：Southwest Academy of Nanoelectronics
WIN：Western Institute of Nanoelectronics

3−3　スマート社会

3−3−1　スマート社会と半導体の現状

つくばでは、一定の成果をあげたものの、実ビジネスに至らなかった背景を受け、今後、ビジネスに結びつける為の研究開発戦略をどうすべきか、本節ではスマート社会を題材に議論を進める。スマート社会とは、2008 年リーマンショックのテコ入れに、オバマ政権が環境ビジネスから雇用を生むとした「グリーンニューディール政策」を打ち出して以降、賢い社会インフラによる様々な産業を創出するものとして世界的に認知された。日本でも 2010 年の「環境未来都市」構想の発表後、2011 年 3 月 11 日の東日本大震災の教訓を得て、環境対策、効率性、利便性、快適性と、持続性、復元性、安心安全の構成概念を持つ「スマート社会」が、幅広い産業の発展に貢献する点で重視されている。産業発展のみならず、スマート社会の人々への貢献は、社会的課題の解決を達成するところにあると言ってよいであろう。そして、そのあるべき社会の姿に向け、技術の貢献は計り知れない。半導体が持つ可能性は、スマート社会を創る技術の貢献の一翼を担うものとして期待されている。

ところが、半導体産業に目を向けると、世界の出荷金額は、およそ３０兆円近傍で緩やかな伸び率になり、既に成長曲線の形状からは成熟産業領域に入っていると言える。近年の日本の半導体産業の経済状況を見ても、その閉塞感は否めない。新たな発展の可能性を持つスマート社会市場形成の半導体への期待感と半導体業界の現状のギャップを鑑み、半導体業界は、そのギャップを埋めるべく、新たな成長の変化点につながる方向性を見つけ、変わっていくことが急務と理解される。

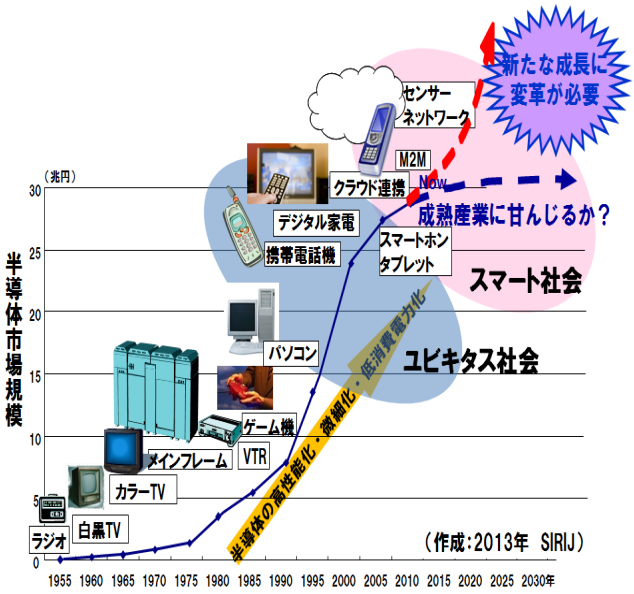


図3−3−1 半導体市場の進化と現状

3−3−2　シーズ指向の脱却とアプリ連携

半導体の研究開発の視点で、まず、大きく変わらなければならないことは、シーズ指向による研究開発からの脱却である。スマート社会が社会的課題解決に注力しており、半導体の研究開発も、課題解決に貢献する価値の創出を目指すべきである。

従来から、半導体産業は、電子機器産業を取引顧客とし、電子機器が求める価値づくりに注力していた。顧客の先に存在する、システム産業、サービス産業、そして、最終顧客の価値に、直接的な貢献を考えることはなかった。電子機器が求める、高性能、高集積度、低コストの半導体をムーアの法則に従い提供することが半導体の役割と信じていた。事実、電子機器の高度化進め、成長を下支えする「産業のコメ」を演じたのであった。しかしながら、電子機器も普及し成熟期になり、真の価値創出について考え直す時期に来ていると言える。最終顧客が何をアプリケーシ

ョンに求めているのかを理解しアプリケーション（サービスを含む）を創ることに、バリューチェーン・メンバーが一丸となって取り組むべきである。このスタイルの研究開発こそが「アプリ連携による技術革新」である。近年、ハーバード・ビジネス・スクールの V.K. ランガン教授のチャネル・スチュアートシップ理論を基に、流通戦略の新しい方向性として、米国中心に多くの産業で、連携による価値創出が行われている。また、農業分野では、第六次産業化の政策により、農業家と最終顧客との接点を重視し成果を出している。半導体産業も More than Moore の動きの中で、アプリケーションの重視と顧客に価値を届ける垂直連携（バリューチェーン連携）による研究開発の重要性を認識してきたが、具体的に、アプリ連携の研究開発を進めるにあたり、業種間に跨るベクトル合わせが課題になる。異業種間連携の成功の知見はまだ蓄積が進んでいない為である。

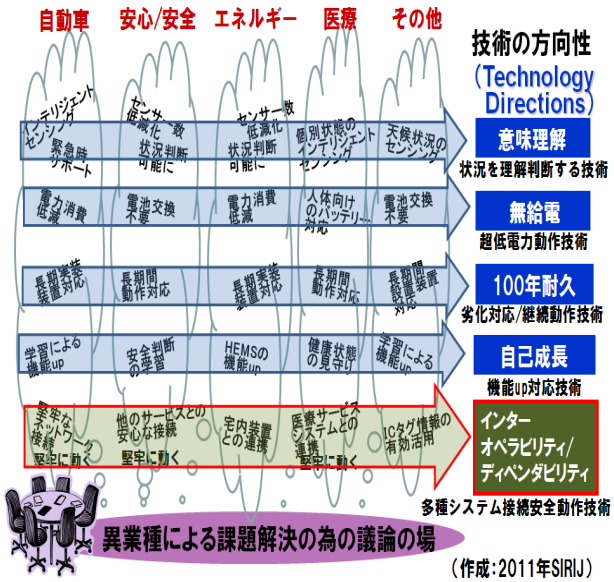


図3-3-2 スマート社会アプリケーションに求められる技術の方向性

アプリ連携の研究開発を進める一つの手法として、半導体業界では、複数の業界企業とスマート社会の課題解決に向けた議論を通して、共有化する技術の方向性を抽出することで、連携を進めることができることを実証した。図 3-3-2 に示すように、「意味理解」「無給電」「100 年耐久」「自己成長」「インターオペラビリティ/ディペンダビリティ」であり、例えば、この連携手法で、自動車の安全制御や、ヘルスケアの見守り処理等に、関連業界が連携して研究開発プロジェクトを立ち上げる動きが進んでいる。

図 3-3-3 に示す通り、技術の方向性（Technology Directions）の共有によるアプリ連携活動は、今後の半導体業界と関連技術業界として、価値を創出するのに適した技術革新の一つであると言えよう。

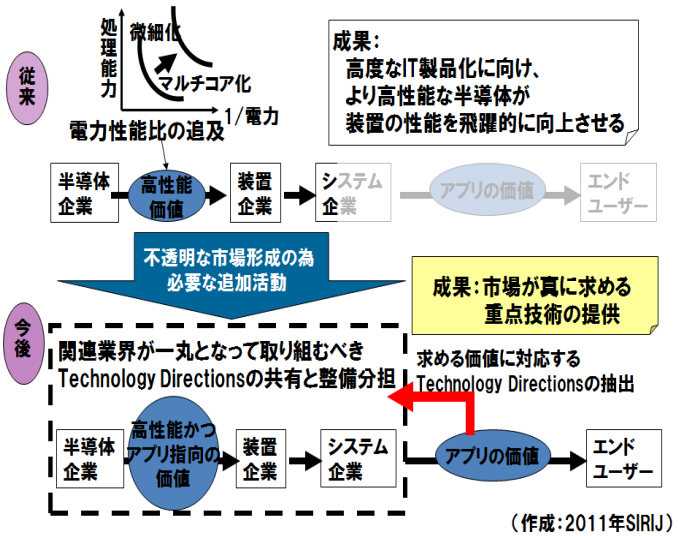


図3-3-3 アプリ連携で真の価値を生む研究開発

3−3−3　ビジネス課題と克服

一方、スマート社会市場形成をリードしようとすると、技術で勝ち、ビジネスで負ける日本企業の課題は必ず指摘される。日本の半導体を大きく世界に躍進させるためには、技術開発の議論に必ずビジネスの議論を付随させるべきである。現状のビジネスの弱点を克服し、更にビジネスのやり方に新しい方法を導入するビジネス革新を並行して整える必要がある。

半導体産業は、電子機器産業との取引で事業が成立している。1970 年代から 2000 年に至るまで、電子機器は高性能化を進めることで、新しい社会を創造してきた。例えば、パーソナルコンピュータの出現、携帯電話の出現、デジタル家電の出現等は、我々の生活を大きく変えて行った。半導体産業は、電子機器の求めに応じて半導体を進化させ提供する、依存性の高い取引関係を形成していった。しかし、半導体の変革の視点では、２つの悪い点を指摘せざるを得ない。一つ目は、依存性からくる市場開拓活動力の欠落である。日本の半導体産業は、求められる価値がムーアの法則に従った製品開発である限りは、新たな付加価値の開拓を目指す必要が無かった。高性能でコストメリットの出る半導体を作り出すことに重点を置き、真に求められる開発に必要な、企画、調査、戦略に係るマーケティングのスキル育成や、体制整備を相対的に軽視していた。そして、新しい市場を開拓、創造していくことができない企業群になっていき、取引先の景気と連動して経営状況を悪くしていったと言える。この弱点を克服し、新市場を自ら開拓、創造することで、新しい事業を起こすことが必要なビジネス革新と言える。更に、二つ目の弱点として、電子機器産業とのみ連動するリスクが挙げられる。つまり、電気機器市場が飽和すると連動して半導体産業の成長が止まる。リーマンショック以降の日本の半導体はまさにこの状態である。この状況を打破する為には、日本の半導体企業は、新しい業種市場との取引を選択肢とする戦略オプションも持つべきではないだろうか。図 3-3-4 に示すように、スマート社会関連装置との取引で、2020 年度半導体は２兆円の市場に成長することが見込める。一方、GDP 推計からスマート社会関連のサービス市場の伸びは大きく、半導体を部品とする IT 機器を使い多くのサービスが成立していることに注目すると、半導体がサービス業界との連動事業を行う可能性を全く否定はできない。むしろ、技術の方向性を共有する新しい価値づくりで連携し、サービス市場が持つ資金力の循環の一部を半導体産業へも還流することが出来れば、半導体産業の弱点克服につながる可能性がある。例えば、サービス機能を実現する為に必要な、処理アルゴリズムを半導体 IP に込めて、サービス企業から電子機器企業へ要求として半導体の付加価値販売を進めるプル型マーケティングを実行できないだろうか。或いは、処理アルゴリズムをライブラリにして、直接サービスのアプリケーションを動かすサービス企業へ販売できないだろうか。半導体業界では、実際に多くの業種とアプリ連携の可否を議論し、サービス企業とも連携の可能性を否定できないとの結論に至った。この新しいビジネスモデルの考えも一つのビジネス革新になり得ると考える。

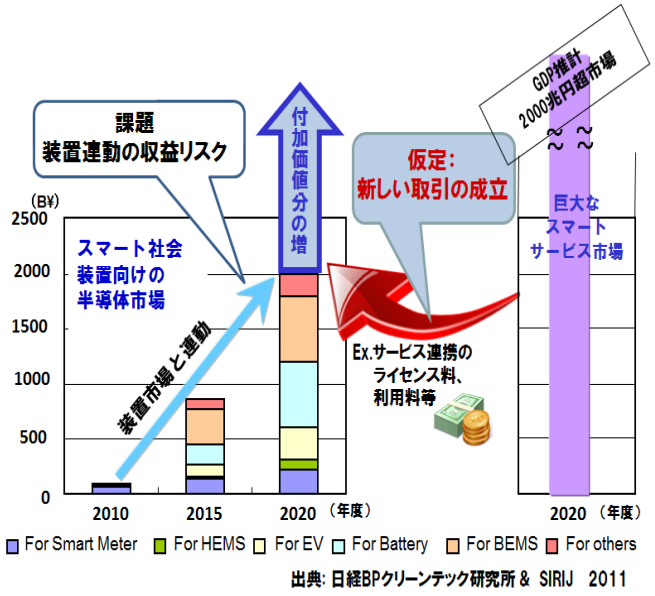


図3-3-4 日本の半導体のビジネス課題

以上のようにビジネス革新による日本の半導体の課題克服こそが、研究開発を推進し産業競争

力強化を進める基盤作りには必須となることを忘れてはならない。

3−3−4　日本の半導体が目指す市場展開と必要な革新

スマート社会の到来を機に、半導体は技術とビジネスの革新を進める必要性に言及したが、これからの日本の半導体が目指す市場展開とはなにか。図 3-3-5 に示すように、技術革新を重視すると同一市場の高度化に力を注ぐことになる。一方、ビジネス革新だけでは、高度な課題解決に向ける市場展開は望めない。日本の半導体が目指すべき市場は、技術とビジネス革新の両輪により推進される革新的市場展開である。つまり、スマート社会として求められる環境対策、効率性、利便性、快適性と、持続性、復元性、安心安全の全ての課題解決を目指し、新たな産業が生まれる社会形成へのアプローチである。そして、革新的市場展開に伴う阻害要因の排除、推進力の増強に不可欠な政策支援を、政策革新と呼び提案したい。例えば、新たな市場進出に伴う規制緩和や、税制優遇による新しい取り組みへの後押し、そして、アプリ連携による価値ある技術作りの支援や、異業種間の連携による新しいビジネスモデルを実行する為に、複数の専門分野にまたがり整合と統合を推進できる複眼的視野を持つディレクター型人材の育成推進など、政策による推進力は、民間の努力で限界がある変革に必須である。最終的には、半導体の新しい成長が、新産業創出と共に、雇用を創出し、経済の好循環を作り出すことで、日本経済の成長を進めることになる。

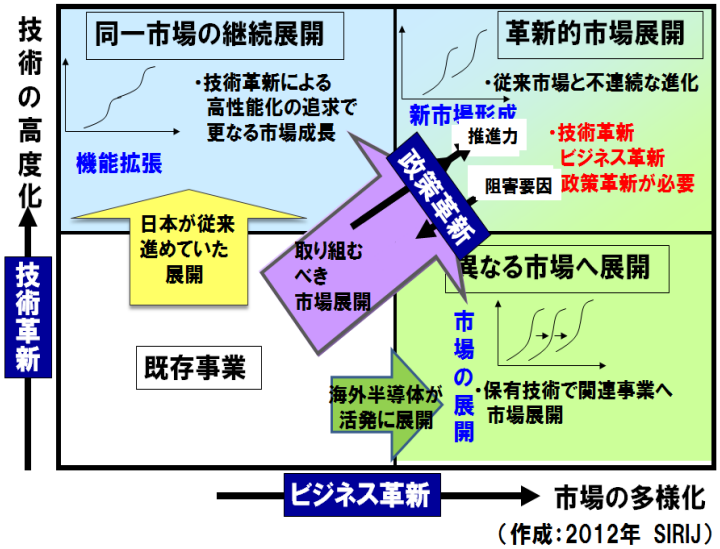


図3-3-5 半導体産業の変革と目指す市場展開

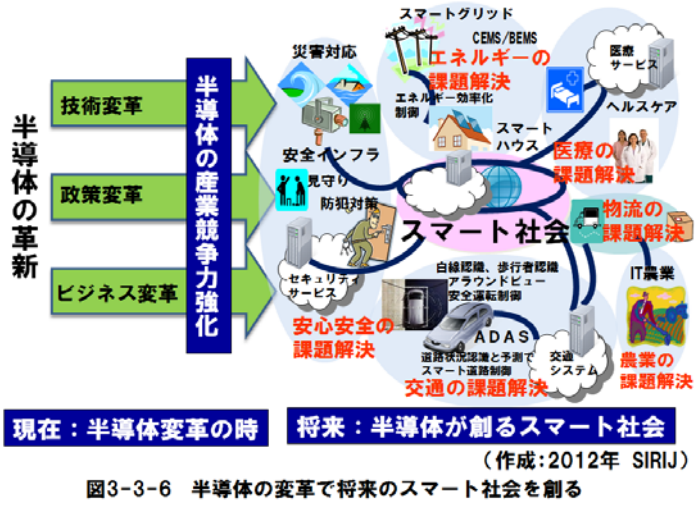


図3-3-6　半導体の変革で将来のスマート社会を創る

スマート社会が求めるあるべき姿の実現には、多くの課題を解決する技術革新と共通の意向で価値を創出するバリューチェーン連携に基づくビジネス革新、そして、民間の変革を推進/支援する政策変革の協調がベストな解を導くと考える。技術、ビジネス、政策の革新こそが、スマート社会における日本の半導体の産業競争力強化の原動力となると確信している。

３－４　スマート社会のための技術開発と TIA-nano ナノエレ

３－４－１　概論

はじめに

前節で、これからの半導体の役割は、今まで同様に高性能で低価格の電子機器をより多くの人々に提供する事のみならず、社会課題の解決、すなわちスマート社会の実現を担うべきであることを述べた。そのためには、その半導体の使われ方から発想する事、また、解くべき課題を捉える事から研究が始まるべきである。だが、マーケティング論から出発しニーズ調査を実施すると、声の大きなマーケットセグメント、発言者が目立ち、誤ったニーズ、稀なニーズを捕捉する危険性がある。一方で、ニーズは新たな技術が存在して初めて作られる事も真実である。例えば、グーグルのサービスは高速の CPU と通信技術、データベース技術が出現して初めて具現化したサービスである。このサービスが更なる高度化を求めて、汎用 MPU ではない高性能 CPU の創生を始める。このように技術がニーズを作り、ニーズが更なるイノベーティブな新技術を求めてゆくのが現実世界である。

ムーアの法則の限界

現在までの半導体を支えてきたのは微細化、すなわちシュリンク技術であった。フォトリソグラフィー技術を中心に、1958 年のキルビーの集積回路技術発明以来、半導体の発展を支えてきたのは微細化であった。微細化により、シリコンという安定で豊富な材料をベースにコストダウン、高速化、低電力化という重要な性能が同時に実現されてきた。しかしながら、シュリンク技術に関しては、ロジックの 22nm ルール以降その様相に変化が現れた。いわゆる材料の持つ性能の限界である。28nm ルール以降採用された HKMG（High-k メタルゲート）のみならず、Fin-FET のような立体構造を持つトランジスタ構造を採用しなければ、高速化（高性能化）ができない世代となった。インテルでは 22nm 世代から Fin-FET を実用化したが、それ以外のロジックメーカーでは従来構造のバルクシリコンの平面トランジスタ（プレーナ）の採用を決めたため、28nm からの性能向上が微増にとどまった。シュリンクの重要な目的である性能向上が大きくないため、22nm 世代（大量に使われるハーフノードでは 20nm 世代）は、実質的にはこの世代の量産をスキップし、Fin-FET が標準的に採用される 16nm が次期実用世代であるとのコンセンサスが構築されている。

ほぼ同時に、22nm ではリソグラフィー技術の限界が訪れた。実用化されている ArF（フッ化アルゴン）のエキシマー液浸露光技術が微細化の限界に達した。次の露光技術は EUV 露光技術であるが、その技術の障壁の高さからズルズルと実用化時期が遅れている。期待されていた 22nm からの実用化は叶わず、更に 16nm をスキップし、実用化は 10nm からと言われている。替わって採用されたのが、ArF 液浸露光技術の多重露光技術である。従来、一回の露光で一層の構造を作っていた露光技術を 2 回、あるいはそれ以上の露光回数に分割してパターン形成を行うが、露光コストが露光回数分上昇してしまう。一回の液浸露光コストですら高額であるが、この方法ではそれを多用するため、シュリンクの重要な目的であるコストダウンが不十分になり、シュリンクの効果が失われる。

半導体の黄金期を築いてきた微細化（シュリンク）は早晩大きな壁に当たる（レッドブリック）

と言われてきたが、以上のような理由から 2020 年には本当に微細化が停止するだろうというのが業界のコンセンサスになりつつある。2 年でその集積度は 2 倍になるというムーアの法則の終焉である。半導体の基本指針となってきたロードマップの終焉ともいえる。

変化の予兆（微振動）

2020 年、微細化が停止した後、半導体の進歩を支える技術は何か？

本節、冒頭に述べたように技術（シーズ）とニーズは互いに相互作用しながら萌芽し大きなビジネスへと開花してゆく。初めはふつふつとした小さな動きが、急激に立ち上がり実用化され、社会すら変えてゆく大きなうねりとなってゆく。この小さな動き（微振動）を数多く作ってゆくことが研究である。また、こういう微振動（予兆）を見逃さず育てて行く事が研究とビジネスの芽となる。研究者には微振動をいくつも生み出す発案とエネルギーと情熱を、また事業家（起業家）にはこの予兆を見逃さないタカの目、素性を見切る目利き、事業化を試みる情熱、やりきるタフネスが求められる。

ニーズと技術の両者が共鳴してこそ、初めてこの性能ギャップが埋まるサービス・システム・製品が登場できると考える。研究者と同等、あるいはそれ以上に事業（起業）家の育成が重要となる。

これからの半導体

これまで半導体はムーアの法則に則り微細化を進めてきた。極論すれば微細化だけを進めて来たといってもよい。だが、半導体が微細化によってもたらした 3 つの恩恵（コスト、性能、省電力）を越えて半導体が貢献できる地平が大きく広がっているのではないかというのが、半導体の新たな展開である。新材料、新アセンブリ技術、新システム、新アーキテクチャー、新ソフト、新データベースなどにより大きな貢献ができると考える。研究者にはこれらの研究エリアで変化の微振動を作り続けることが求められている。

３－４－２　研究の現状

TIA-nano ナノエレ

ここでは各社の個別研究には言及せず、半導体・ナノエレの中核研究機関であるつくばの産総研のコンソーシアム研究である TIA-nano ナノエレにつき簡単に言及する。前述の総括にもあるように、半導体産業界の利用と言う点では大変限定的と言わざるを得ない。4500m2 のクリーンルームを保有しており、24 時間・年間を通じての運転には電力を始め莫大な費用がかかり、半導体各社がそれを負担するより、自社の研究開発を優先するようになった事は否めない。一方で、学、国家研究の成果は技術的には多くの注目すべき研究成果を出している。この意味において TIA ナノ構想は成功であったが、日本の半導体産業の弱体化を止める事はできなかった。

しかし、今 TIA-nano ナノエレの産業界利用にも変化がみられる。EUV のマスク検査とレジスト開発を主導する EIDEC の存在である。EIDEC は世界と分担（連携）して重要技術であるのマスク検査とレジスト開発を実施している。オープン型の研究を標榜し、インテル・三星・TSMC など海

外大手半導体メーカーと共同開発を実施している。海外半導体メーカーの研究者がつくばに駐在し世界の叡智を日本に結集できている。研究ビジネスとみれば、研究で外貨の獲得に成功し、研究ビジネスが成立している。
更に課題とされてきた今までの国内コンソーシアムとの対比で比較すれば
・デバイスメーカーの参加は、東芝・ルネサス・サンディスクのみであり、デバイスメーカー主導、横並び、全員参加を前提としていない。
・マスク検査、レジスト開発など複数の研究をテーマ（クラスター）化しており、研究テーマ間で秘密保持が実行されている。
・日本が強いとされる、マスクメーカー、レジストメーカー、マスクブランクスメーカが参画しており確固たる研究コアが存在していて日本で実施する意義が発揮されている。
このEIDECの成功パターンを踏襲すべきである。

３－４－３　今後の日本の共同研究

今後の日本の共同研究のあり方

概論でも述べたように、ムーアの法則が指示したようなシンプルなロードマップが消失しつつある今、研究テーマはニーズと共鳴する微振動から想起すべきである。そのためには研究とその成果の使い手、事業家・起業家が刺激しあえる場としての研究所が必要と考える。国際研究都市であり、かつスパークリーンルーム（SCR）を保有するつくばは産官学が集う好適な場所である。研究内容をオープンに話せる場と、事業化・起業に際しクローズで相談（密談）ができる場が必要である。研究内容はいわゆる従来型のハードウエアのプロセス・デバイスのみならず、それを実用化するアプリ、システム、ことによるとビジネスの研究でさえありうる。従来型のハードー辺倒からの脱却が必要である。

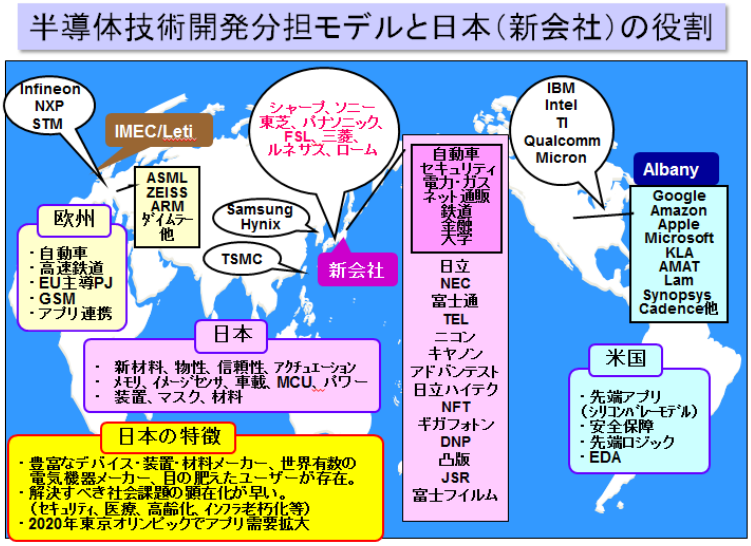
研究成果の実証実験

今まで日本国内の研究は技術成果が出れば十分という色合いが強かった。研究が全て実用化される事はありえず、事業化を強要するのは誤りであるが、中には事業化に近い物、あるいは事業化のポテンシャルを有する研究が含まれるはずである。こういう技術を抽出して実用検証、実証実験ができる場が有るべきである。プロセス・デバイスではスーパークリーンルーム、アプリでは縦型連携のアプリ実用化プロジェクトが実証の場になりうる。共同研究の場が各社単独での実証実施に勝る点は各々の研究で累積的に積み増しされてくるコア後術が次の実証実験、あるいは別の実証実験の前提となり有機的に連結したコア技術が拡大可能な点であり、マーケット拡大に重要な標準化を主導できる点である。

一方で、日本の企業は事業化のスピードが遅く、自身の事業にネガティブな影響を与える技術やイノベーションは埋没させる傾向が有る。例えばGoogleのストリートビューなどは肖像権抵触のギリギリを攻めた新技術である。しかしながらその利便性・有用性は言うまでもない。日本ではコンプライアンスの名の下に検証、実用化がなされない技術である。スモールでリーンなインキュベーションをサポートするメカニズムが構築されるべきである。

国際連携

国内に強い研究基盤と材料・装置など強い技術を保有しているとはいえ、日本の企業、国研、大学のみで研究を進めるのは世界中に存在する強い技術を封印し、手を縛って研究開発を進める事である。社会そのものが国際化している中で、国内に縛られる必要は全くない。強い技術があればこそ、国際研究機関として機能する事を考えなければならない。世界の勝ち組コンソーシアムの特徴は国際的にオープンな事である。世界の叡智を集め、世界と研究を分担する必要がある。これは研究ビジネスという観点で見た場合世界中の優れた人・物・金・情報を日本に呼び込むことであり、EIDECの成功モデルが実現可能であることを証明している。



(出所：SIRIJ/JEITA)

図　３－４－１　半導体技術開発世界分担モデルと日本（新会社）の役割

日本の特徴を活かした研究

プロセス・デバイスにおいては既に More Moore では Albany、More than Moore では IMEC の存在感が際立っている。一方日本では材料・製造装置・マスクの研究で圧倒的な世界的存在感が有る。材料の分野では優秀な学生が大学にも多数存在している。更に、日本は信頼性技術、個別部品技術、高密度実装技術、光通信技術に於いて海外に対し優位であると考えられている。これら強い業種、研究コアの強みを発揮した共同開発を実施すべきである。

アプリ・システム面において、日本は組み込み技術、低電力化技術に目を見張る強さがある。また、課題先進国と揶揄される事が多いが、それはとりもなおさず、スマート社会に対して多様かつ多くのマーケット機会が存在し、変化の微振動が豊富に存在するということに他ならない。また国民の課題への意識が高く、このことは即ちアーキテクチャー、回路、プロセス・デバイスの半導体技術を駆使して「価値」を創造しやすいスマート社会実現の好環境であることを意味する。日本の社会は急速に高齢化するが、教育レベルが高く、デジタルデバイドが無く、新アプリにアレルギーの無い団塊世代以降の高齢者が増えてゆくのが特徴である。よいアプリには必ずマーケットが創生される。

また高度成長時代に多数作られたインフラが寿命を迎え、大量の大規模メンテナンスが必要な時期になっている。健全状態を捕捉し適切にメンテナンスを実行する CBM（状態ベースメンテナンス）が必須である。そのためのインフラモニタ手法、判断アルゴリズムなどが非常に重要な研

究テーマとなる。これらの特徴を活かしたアプリ研究がなされるべきである。

つくば SCR の利用

プロセス・デバイスの研究の場としては、つくばのスーパークリーンルーム（SCR）が必須のインフラとなる。つくば SCR は現在のナノエレ研究に加えて More than Moore のプロセス・デバイスの研究で使うべきである。シリコンに必要材料・必要機能を搭載する X on Si、あるいは X with Si である。ただし、一部老朽タイプの装置もあり、More than Moore で研究、官・学の研究が必用とする装置を除き廃棄・更新が必要となるであろう。結果として、必要装置台数が大幅に減る公算が大きくその際には、適正な電力、用力でクリーンルームが運転できるようにクリーンルーム面積の適正化も実施すべきである。

クリーンルームには特有の運用方法が必要となる。研究実験の再現性を確実にするために、クリーンルーム自体とその施設・設備は安定で良好な状態に維持管理される必要がある。設備の定期点検とメンテナンス、故障時の即時修理、研究テーマに応じた適時の改修、老朽設備の更新は必須の要件である。一方で独法（産総研）がもつ制度制約によりこれら必須の対応が取りにくい事態が発生している。理研の Spring8、スーパーコンピュタの京などは省令などで SCR 同様のニーズへの対応を可能としておりこれを参考にした制度対応が必要と考える。

アジアの重要拠点

日本は半導体生産の重要地域であるアジアに所属する。政情の安定さ、治安の良さ、社会インフラの安定さ、アジア各国からの地理的近さ、アジア各国との経済的結びつきの強さ、いずれをとってもアジア・パシフィックが保有すべき国際研究機関の最適な立地場所になりうる。アジアの国々全ての研究拠点となりうる共同研究機関をイメージすべきである。

図　３－４－２　アジアにおける日本の国際研究拠点の重要性

（出所：SIRIJ/JEITA）

大学との連携

日本には科学研究を担う有数の大学が存在している。

代表的な東大、東工大、東北大学、早稲田、慶応以外にも非常に優秀な研究者を有する分厚い研究陣を擁する国立・公立・私立大学が多数ある。また、前述のアジアの研究センターのポジションが確立できれば、韓国、中国、台湾、シンガポール、インドの大学研究者・学生も招いて共同研究を実行する事ができる。

人材育成

次代の半導体産業を担う人材なくして日本の半導体の復権はありえない。二つの人材育成が重要である。一つは学生を中心とした大学の研究陣、もう一つは半導体企業（デバイスメーカ以外も）の人材の育成である。アプリドリブンの研究に従事する事により、大学（学生）には卒業後、国際的な活躍の場が提供されることになる。企業の研究者は多様な環境におけるアプリドリブン研究により、自社内では経験できない広範囲の連携と責任を経験する事になり、大きな飛躍ができる可能性が広がる。

成果の利用

アプリ、プロセス・デバイスの研究成果は研究ビジネスのクライアントに還流し、クライアントの事業強化に供される。また、クライアントで利用しない、あるいは利用できない成果であっても、小さな事業の芽になりうる成果であれば、小さな起業の技術コアにできる可能性がある。大企業では実行しにくいビジネスを小さな企業は事業にできる可能性がある。日本が弱いと言われる起業家の輩出にも寄与できれば研究ビジネスの意義は大きい。

今回の提言では半導体の創出する新たな社会は課題の解けたスマート社会である。社会課題には大きく２つの課題があり、高人口密度地域で発生する都市課題と、低人口密度地域で発生する地方課題がある。世界で共通な都市課題の解決は重要であるが、加えて日本には東日本大震災の影響で地方課題が色濃く残っている地域もある。これらを解決し課題の解けたスマートな社会（都市、地方）を創生する事を研究の出口として標榜する事は、一つの有効な成果利用方法である。

３－４－４　TIA-nano ナノエレ新会社設立の提案

このような研究開発を行うため、以下のようなコンセプトを持つ、「新会社」の設立を提案したい。

継続的な研究開発の母体となる組織の設立

TIA-nano ナノエレの個々の研究開発プロジェクトは、それぞれの研究ごとに、そのテーマの研究を発案した企業・団体・大学がメンバーとなって、有期限で組織化し設立したものである。プロジェクト発足時に研究期間と目標を定め、当初の期間が終了すれば、組織は解散する。新たな研究開発課題が生じた場合でも、研究プログラムの目標を期間中に臨機応変に変えていくことも難しい。「新会社」は、広い意味での半導体技術の研究開発需要をとらえて、その需要を自発的、積極的に開拓して、継続的な研究開発を行えるものとしたい。

専任の研究企画部門とマーケティング部門をもつこと

「新会社」では将来の半導体技術とその応用のために、どのような研究を誰が（どの企業・団体が）必要としているかを見極めて、具体的な研究計画を提言する専任の研究企画部門を持つ。マーケティング部門は研究開発計画の顧客となりうる企業に対しプロジェクトの参加を呼びかける機能をもつ。従来の TIA-nano ナノエレのプログラムは個々に存在するが、プログラム間の連携

はそれほど緊密ではない。また、新たな研究課題、研究需要があっても、それをすぐに着手する機動性に欠けるところがあった。

多様な研究開発を同時並行的に進める仕組

「新会社」には個々の企業の研究需要に柔軟に応じることができるような仕組みが求められる。特定の企業または企業グループが、それぞれのノウハウや研究成果を他のプロジェクトと共有せずに、「新会社」と共同研究を行う仕組が必要である。このことにより、つくばの研究施設を個々の企業に固有の研究開発のためにも利用することが可能となる。ベルギーの IMEC は、このような個別の研究需要に応じる仕組がある。TIA-nano ナノエレでは、この件に関して統一した仕組みがなく、個々のプロジェクトが独自に情報管理の方法を定めているのが現状である。「新会社」では、共同開発の仕組を整備する必要がある。特に、守秘義務の扱い、研究開発の成果としての知的財産権の扱いなどを定めて運用する必要がある。

国際的に開かれた「新会社」

上記のような運用が定着すれば、海外の半導体関係企業と「新会社」が共同研究を行う際に、「新会社」は海外企業から研究費収入を得ることができる。また、海外からの研究員を受け入れることも日常的に行われるようになる。日本としては、研究ビジネスとして外貨獲得の機会を得るとともに、国際的に価値の高い研究開発テーマに取り組むことになり、「新会社」の研究水準を引き上げる効果をもたらす。

つくばの SCR(スーパークリーンルーム)の活用イメージ

「新会社」の研究プログラムのいくつかはつくばの SCR を使うことを想定している。図３－４－３に示すように、「新会社」は SCR を利用するが、独占的排他的に利用するわけではなく、産総研や大学との共同利用を想定している。SCR はすべての半導体プロセスの試作ができるわけではないので、国内外の提携ファンドリと SCR 間でシリコンウェーハのやり取りを行うことは必要である。

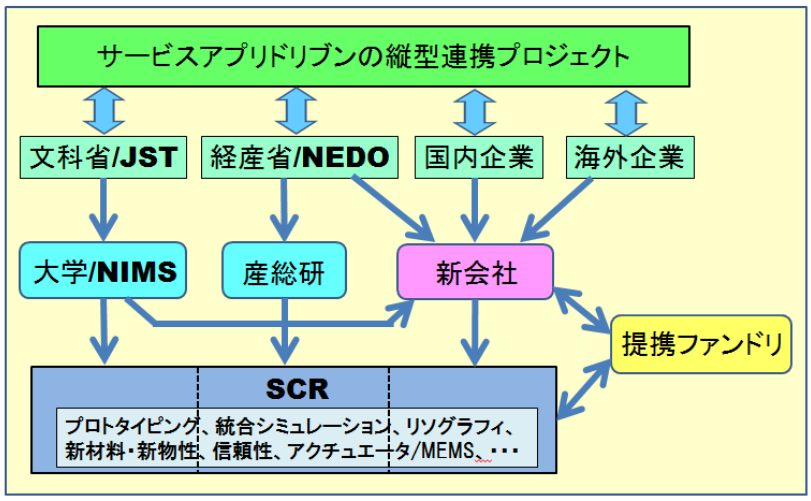


図３－４－３　つくばの SCR と TIA-nano ナノエレ新会社の関係
(出所：SIRIJ/JEITA)

３－４－５　アプリケーションの例とそれに必要な研究開発

アプリ連携研究

アプリ連携の研究開発を進める手法として抽出された技術の方向性は以下であった。「意味理解」は次項の自動車アプリで述べるが、センサーにより状況を検知するだけで

なく、得られた情報を総合的に判断し、危険である、疲れている、などより高位の状況判断を提供する。

「無給電」は、例えばセットが使う電力を桁違いに小さくする、あるいはセットが発電する機能を有し、外部から無線で電力を供給したり、電池交換を不要にする技術である。

「100 年耐久」は常識的に考えられるセットの寿命を大きく超えて、数十年から 100 年近く使えるセットが備える特性である。機械的堅牢性以外に使用環境で腐食・劣化を起こさないという化学的耐性が重要となる。

「自己成長」に関しては製品が有する機能が必要な時期に更新され、新たな性能・機能が付加されるという特性である。製品が生み出された時点で想定していなかった機能が付加されれば、製品が時代を経て最新性能であり最新機能を有する事が可能となる。製品の進化である。

自動車アプリ

自動車では運転者支援、安全安心（外部と繋がる）、高信頼性、環境が重要な特性になる。ここで運転者を支援する意味理解を説明する。運転者状態、例えば疲れている、眠い、頭が痛いという状態は、血圧、心拍数、呼吸、発汗、瞳孔の大きさ、呼気成分で知る事ができる。しかしながら、この状態は運転者自らが最も自覚している状態でもある。所謂大きなお世話である。運転者が真に必要とするのは、眠気で意識を失いそうになる瞬間、シートベルトを軽く引くという車のアシストである。眠気に加えて眠りに落ちる瞬間の眼、顔、頭、上体の動きを捉え、危険な状況が非常に差し迫ったと判断するには意味理解が必須となる。大きなお世話レスである。

例えば自転車が走行する自転車を認識する事は画像認識で比較的簡単に実現できる。ただし、例えばその自転車が潜在的に危険であるかどうかは、例えば自転車が「ふらふら」と走っているか等を判断し「危険な自転車」と意味理解する必要がある。自転車の経時的な動きを捉えなければ意味理解は不可能である。このように「意味理解」とは状況を認知するのみならず、危険防御する必要があるか判定し対応を起こすという高度レベルの判断をするということである。潜在的に多くの危険と共存する自動車アプリにとって意味理解は重要な半導体機能となる。

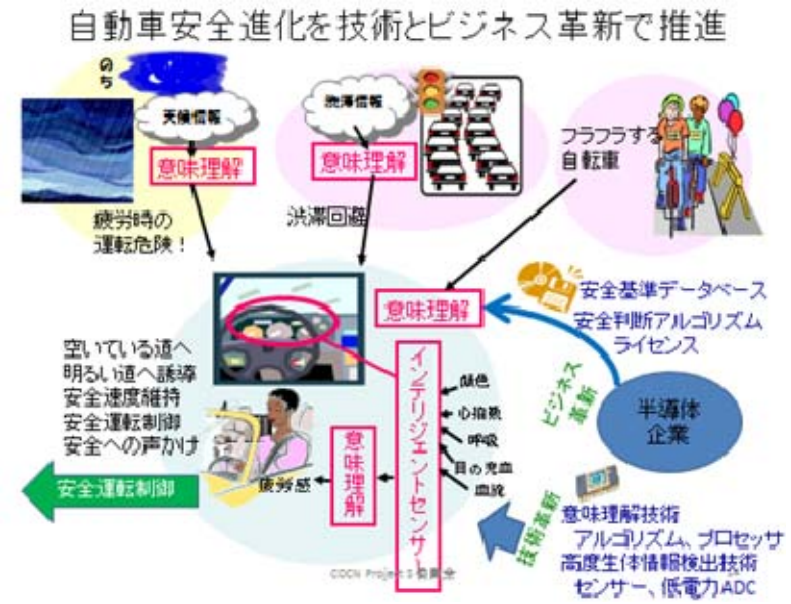


図３－４－４　自動車アプリにおける「意味理解」

（出所：SIRIJ）

アプリ連携の体制例（自動車アプリ）

自動運転を例にとると、欧米では車車間、路車間の情報だけで自動運転を考えるが、歩行者や自転車が多い東アジアでは歩行者の情報なしに自動運転は成り立たない。

すべての歩行者が位置情報を車に伝えられれば、事故は激減する。デバイスだけではなく、システムの付加価値から投資を回収する事を考えると、研究開発は自動運転のプロジェクトと連携した出口直結のプロジェクトとなるべきである。アプリケーションを明確にした垂直統合型プロジェクトの中で半導体の開発を行う体制が必要となる。その場合には、経産省と国交省の連携プロジェクトのようなものを考える必要がある。

半導体のアプリ連携プロジェクトを起こすためには、それを使う製品のメーカーと垂直統合型のプロジェクトを興す必要があるので、ターゲットを決めてアプリメーカーを多数引き入れることが必要となる。非競争領域をオープンでやるという従来の概念は、直接産業につながりにくい。顧客が入った開発のほうが近道なのは自明である。

医療アプリ

医療においては今後増加する高齢者にいかに効率よく医師が対処できるかが大きな課題になる。例えば病院ベッドの制限から在宅医療にならざるをえない患者がいた場合、全員を常時主治医が見る事は不可能である。患者の状態をつぶさにモニターし症状が重篤な状況に陥る前に主治医が対応できれば、医療の効率を大きく改善できる。患者の単純な体温、血圧、心拍数、呼吸、発汗、皮膚の色ではなく、重篤状態に陥る可能性が高いという意味理解が重要になる。

また、医療アプリにおいては体内への電子回路の組み込みが、ペースメーカーで既に実用化されている。だが、ペースメーカーの電池交換のたびに手術を行えば、患者にとっては耐え難い苦痛である。ペースメーカーが無給電であれば患者はこの苦痛から逃れることが可能になる。無給電が非常に重要な半導体機能となる。

安心安全アプリ

セキュリティーにおいて、例えば家屋への空き巣、強盗の侵入と同時に警備員が駆けつけるシステムが大変重宝される。だが、家人が帰宅するだけでシステムが起動してはならない。更に悪意を持った何者かが侵入の機会を伺っているという意味理解ができれば、さらに警備の効率は向上し少人数で多くの家屋の警備が可能になる。

また、ATM と携帯電話の普及に乗じた振り込め詐欺、ネットバンキングの普及に乗じたフィッシング詐欺が頻発しているが、ネットを流れる電子データを即時に分析、データ照合、発信点調査する事により、事前にこの犯罪を防ぐことが可能になりうる。さらには、高齢者の徘徊保護、盗難車回収も、位置情報データと送信機能破壊阻止を可能にすることで実現可能となる。

ストレージアプリ

個人が社会につながる先にはクラウドがある。また各種の機器に搭載されたセンサーからのデータや監視カメラからの画像など、機器同士のデータやり取りもクラウドを介して行われる。今後個人及び機器から発せられ、クラウドに保有されるデータ総量は爆発的に増大するが、これらはビッグデータと呼ばれ、更にはデータマイニング解析による新たな情報提供サービス提供が開始される。ここで通信ともに重要なのはメモリデバイスを中心としたストレージ技術である。個

人が持つ機器のみならずそれを受け取るクラウド側、あるいは通信の途中段階にも高速、低電圧、低電力、不揮発を実現するメモリデバイスとそれを高度に利用するストレージアプリが重要になってくる。

以上述べた自動車アプリ、医療アプリ、安心安全アプリ、ストレージアプリ以外のアプリにおいても、デバイス・プロセスの研究のみならず、各アプリに於いて、ソフトウェア、システム、データベース強化により必要な機能（意味理解、無給電、100 年耐久、自己成長）の付与が非常に重要な研究となる。
新会社における重要研究業務である。

３－４－６　TIA-nano ナノエレの新会社の研究テーマの例：プロセス・デバイス技術

半導体技術の新たなアプリケーションを開拓する際に、既存の半導体技術の組み合わせで実現できるものもあるが、一方で、既存の技術だけでは、消費電力、機器の寸法、重量、コストなどが大きくなりすぎて、製品としては普及しないということが多い。歴史的には、パーソナルコンピュータ、携帯電話などが普及した背景には、半導体技術の進展により、これらの機器が一般消費者にとっても利用可能な価格で提供できるようになり、かつ、小型軽量化が可能となったという事実がある。今後の半導体のプロセス・デバイス技術の進歩は続く。その中で、新たなアプリケーションを実現するためには、アプリケーションやシステムの開発とプロセス・デバイス開発が車の両輪となって共に進化することが必須である。このような視点から、以下に研究を推進すべきプロセス・デバイス技術を例示したい。これらは、TIA-nano ナノエレ新会社の研究テーマの有力候補である。

新構造・新材料の MOS トランジスタ

現在の半導体集積回路のほとんどは MOS トランジスタを集積したものである。このため、MOS トランジスタの高性能化は、どの時代でも重要である。2010 年ごろまでは、平面構造の MOS トランジスタを Si(シリコン)の単結晶基板上に形成したものが主流の技術であった。MOS トランジスタの微細化限界が近づくにつれ、新構造（Fin 型、SOI 構造をつかったもの、Nano Wire のトランジスタなど）や新材料（SiGe、Ge、ⅢⅤ属の化合物半導体）を駆使して微細化限界を乗り越え、高性能と低消費電力を実現する研究が進んでいる。また、MOS トランジスタのオフ電流を抑制するため、TFET（トンネル FET）と呼ばれるトランジスタ構造も盛んに研究されていて、超低消費電力を必要とする電子機器への応用が期待されている。

新規の不揮発性メモリ素子

TIA-nano ナノエレにおいてもナノブリッジ、抵抗変化型の材料の研究が進んでいる。これらの研究を引き継ぐ形で、「新会社」での研究プロジェクト化を検討すべきである。ナノブリッジはロジック集積回路のプログラム素子としての応用も期待できる。抵抗変化型の不揮発メモリのため

の材料は世界中で研究開発が進んでいるが、高密度の不揮発性メモリの実用化のためには、さらなる材料の探索と特性改善が必要である。

微細リソグラフィー技術

半導体集積回路の微細化限界が近づいてきているが、リソグラフィーの限界を見極め、微細加工の限界を見極めることは非常に重要である。つくばでは EIDEC が EUV リソグラフィーのインフラ技術の研究開発を行っていて、国際的にもその成果は高く評価されている。この分野では、国際的な競争が激しい分野であるが、一方、国際分業、国際協調により研究リソースの有効活用が最も必要な分野のひとつでもある。

カーボン系材料とその応用

現在の半導体集積回路の微細配線材料としては Cu（銅）を使うのが主流である。配線の幅が微細化すると、表面での電子散乱の影響が顕著となり、配線抵抗が寸法の微細化とともに急激に増大するという問題がある。これを回避するため、カーボンナノチューブ、グラフェンなどのカーボン（炭素、C）系の材料が期待されていて、半導体集積回路への応用を念頭に TIA-nano ナノエレにおいても研究開発が進んでいる。実用化のためには、さらなる研究の継続が必要である。またカーボン系材料は MOS トランジスタのチャネル材料としての応用が期待されている。

エネルギーハーベスティング

電子機器を動作させるためには電源が必要であるが、電池交換や、電源線の敷設が不要になれば、電子機器の応用分野は一気に広がる。センサーネットワーク、ペースメーカーなどがその例である。外界の環境中の光、振動、熱（温度差）などから効率良く発電するための電子デバイスが必要となる。発電された少ない電力を有効に使って動作する回路、システム技術も重要である。

センサー

センサーネットワークのためには、より高感度、低消費電力、高精度のセンサー開発がポイントである。半導体集積回路の微細加工技術をセンサーに応用して新たなセンサーを開発することが求められている。

パワー素子

スマート社会の実現のためには、より高効率・低損失のパワー素子と、その実用的な実装技術の開発が必要である。Si パワー素子は、微細加工技術の導入による性能の向上が続いており、今後も技術のメインストリームであり続ける。更なる高耐圧化、高効率化、低損失が必要な用途には SiC や GaN など、Si 以外の材料の適用が有効で、今後の研究開発の重要なテーマである。

第４章　日本の半導体産業の方向性（２）

産業政策　-イコールフッティングを目指して-

4−1　イコールフッティング

今後の半導体産業が果たす役割は、単に装置に組み込まれる部品としての機能のみならず、新たな社会課題の解決手段にも成り得る存在であり、日本の半導体競争力の回復が不可欠であることがこれまでの章で述べられた。しかしながらリーマンショック以降に経営の厳しさが増し、震災などの影響もあって日本の半導体産業は苦しい状況にある。経営を取り巻く環境としても、法人税、電力料金は先進国の中でもとび抜けて高い。円高為替問題は世界の金融政策の結果ではあるが、長く続いた過度の円高は日本の輸出産業を大きく傷つけた。多くの国では政策で半導体産業を強く支援している。韓国、台湾では国策として、また米国、欧州は戦略産業とし継続的に半導体を強化している。産業がグローバル競争の中で戦っていくためには、経営環境のイコールフッティング（対等な競争環境）は基本的な要請であり、国の政策に負うところが大きい。日本半導体産業の復活は、技術とビジネス両面での革新が前提として成されるべきである。しかしながらそれに加えて、政策革新の一つとしてイコールフッティングを目指した国の支援が必要とされる。以下、日本の半導体産業の位置付けと現状を再確認した後に、次節以降で産業政策としてイコールフッティングを目指し、4-2 節では製造とサプライチェーンの視点から、また 4-3 節では制度の視点から課題の抽出と提言を行う。

図 4-1-1 に示す通り、日本の半導体産業は他の産業に比べて海外由来調達比率が比較的に低く、輸出比率が非常に高い特徴を持つ。日本が強い半導体製造装置、ウエハ/マスク、レジスト/薬品類を用いるために国内調達比率が高い。このため次に検証する円高下では、輸入資材を活用した為替ヘッジが困難であった。それに加えて高い輸出比率のために、とりわけ他の産業よりも円高の影響を受けてきた。しかしながら、2013 年に入り極端な円高が是正されつつある局面から見ると、半導体は国産品を用いて製造を行い、高い輸出比率で外貨獲得に貢献する技術立国を支える産業といえる。日本半導体産業の再成長を図る重要性が図4-1-1から改めて確認できる。

図 4-1-2 には、日本と韓国全半導体メーカの世界売り上げ推移を通貨別で示した。2008 年のリーマンショック以降、ドルで見た日本の売上高は横ばいから 2012 年には明らかに落ち込むに到った。世界の売上平均成長率、年率10%と比べ国際競争力の低下は否めない。円ベースではさらに売

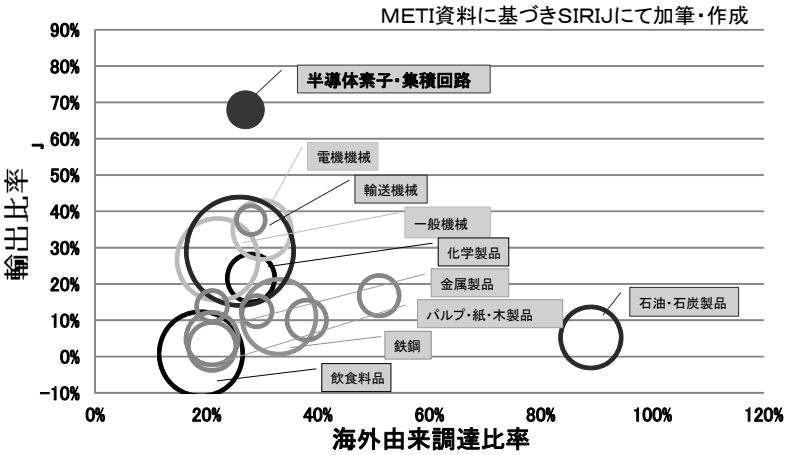


図 4-1-1 日本半導体産業の輸出比率と海外由来調達率。
バブルの大きさは国内生産額規模を表す。

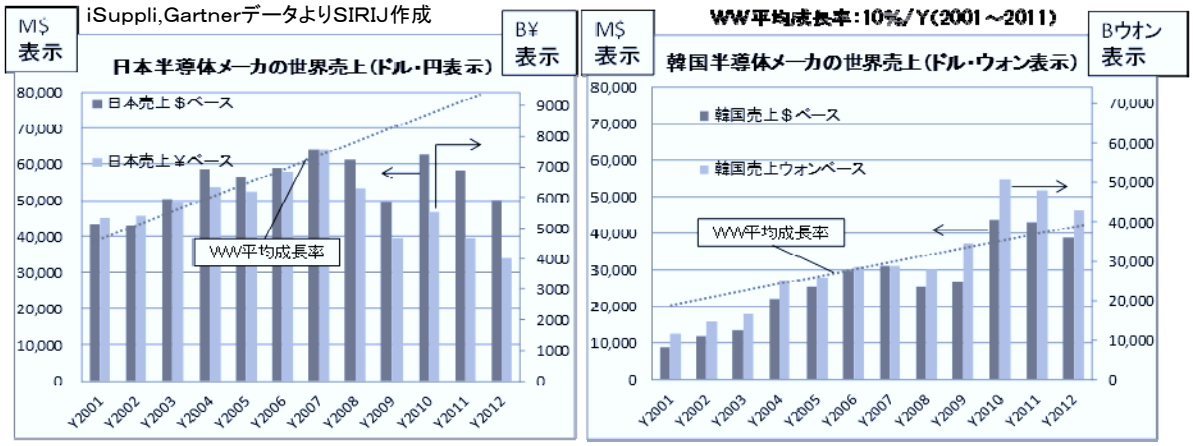


図 4-1-2　日本と韓国半導体の世界売上（ドル、円、ウォン表示）。

り上げが減少し円高が経営環境を極度に悪化させている。一方、韓国企業はドルベースで世界平均成長率に乗って売上拡大を図り、さらにウォンで見ると成長が大きく上振れしている。このように半導体産業が抱えていた問題の一つは、競合企業が存在する米国や韓国のドル／ウォンに対して、リーマンショック後は大きく円高に動いたことがある。円高影響は対ウォンでは最大 40%、また対ドルでは平均 20%に達する為替差変化で競争力を失わせた。円高は国際競争力低下の一要因であったことが数字的にも裏付けられる。2013 年に入って後は政権交代と新しい金融政策で極端な円高は脱したが、今後の為替の安定化にはさらなる国の強い政策支援が必要とされる。

表 4-1-1 には、次節で議論されるイコールフッティングの課題と、それに対する政策的な解決の方向をまとめた。イコールフッティングの課題として六重苦が言われて久しい。半導体にとっての六重苦として、円高、電力、税制は冒頭でも取り上げた。加えてグローバル産業である半導体の国際競争を議論する場合には、必然的に通商の問題が付随してくる。さらに日本の環境に対する取り組みは、1990 年代の公害対策等に始まり、先進国の中でも先駆けた対策を行ってきた。一方で、さらなる対策余地が小さくなった現状では、環境規制は企業のコスト競争力に影響を及ぼすに到っている。なお今回、六重苦の中で労働規制は充分な議論ができず取り上げていない。

六重苦からさらに視野を広げて、イコールフッティングに対する産業政策上の課題として以下が議論された。対売上比で 15%にも及ぶとされる研究開発比率が高い半導体産業にとって、研究開発の成果を権利として保護する知財の重要性は改めていうまでも無い。また 3-3 節では今後の半導体の新市場を考えた場合、新市場を取り巻く各種の規制緩和の重要性が指摘された。さらに従来の半導体産業の企業活動においても、既存の規制が現活動の縛りとなり企業の自由度を妨げる制約となっている。加えて 3.11 以降、震災や災害に対する安心感を海外顧客に向けて担保するため、各企

表 4-1-1 イコールフッティングのための課題。

項目	経営環境への影響	政策的解決の方向	六重苦	分担
円高	国際競争力減退	為替安定化	○	ー
BCP等	高い被災リスク	補助金、優遇税制		WG2
電力	電力コスト負担大	電力政策	○	WG2
規制緩和	企業活動への制約	企業実証特例制度		WG2
税制	税負担大	税制改革	○	WG3
知的財産	実用新案/訴訟リスク大	制度の国際的調和		WG3
通商	模倣品による流通リスク大	トレーサビリティ	○	WG3
環境規制	対策コスト負担大	インセンティブ化	○	WG3

WG2:EOL品に対する新たな議論も提言

業はBCPやサプライチェーン確保に真摯に取り組んでいる。しかしながらそれに伴うコスト負担は収益に影響を与える場合も生じている。よって議論では新たにBCPもイコールフッティングの視点から課題として取り上げている。

4－2　製造関連

4－2－1　ＢＣＰとサプライチェーンの強化

ＢＣＰ(Business Continuity Plan; 事業継続計画)はもともと1999年に英国規格協会が発行した情報セキュリティマネジメントシステム（BS7799）に始まり、その後、事業全体を包括する概念に広がったもので、米国9.11にリスク対応として社会的関心を引き、2003年の新潟地震や2009年の新型インフルエンザなど、各事象への対応として検討されてきた。しかし、2011年3月11日の東日本大震災(いわゆる”3.11”)以前の検討は、主に各社内部の自社被災対策を中心とした、いわば「閉じた」計画の検討･策定が主だったと言える。3.11の大震災や、その秋に発生したタイ水害では、広域同時被災やシェアの高い上流部材の被災影響(ダイヤモンド構造)がサプライチェーンの上流から下流まで全体に及び、各社の閉じたＢＣＰ対策だけで不十分な事態が発生し、サプライチェーン全体を強化する観点での業務継続強化の必要性がクローズアップされる様になった。各社事前の準備に加え、サプライチェーン全体で準備する観点が必要になった。

半導体は多種多様かつ精密な部材や材料を使用し供給者が限られる為、地域被災や上流被災の影響を受け易く、個々企業対応は限度がある。ＢＣＰの事前対策には次の様な対策が考えられる。

（ア）　ハードウェアの耐震化･免震化などの投資（減災対応）
（イ）　重要度や特殊性の高い部材や製品の在庫確保（在庫や備蓄の積み上げ）
（ウ）　非常時に対応を要する事項に関する、規制特例の事前検討（規制特例緩和）
（エ）　供給者・供給地点の分散化（マルチ化）

日本は他国に比べ潜在的に地震被災が多く、南海トラフや東京首都圏直下大震災など、その被災時の影響は広範かつ大規模であると想定されている。ＢＣＰ対策の重要性に疑問の余地はないが、日本に立地する企業はこの為に他国に比べ対策の必要性が高く、特に半導体業界は高度な清浄度保持を必要とする建屋や、被害を受けると長期間稼動停止を余儀なくされる装置を持つ(図4-2-1)。また復旧にも時間のかかる業種であり、減災の為の耐震化･免震化に必要な投資負担額が大変大きく、そのままでは収益の圧迫要因となり、日本に立地する企業は他国と比して不利であると言わざるを得ない。

図4-2-1 建屋･設備の被災時復旧には時間がかかる
（ルネサスエレクトロニクス㈱「東日本大震災での教訓を元にした震災対応」より）

この中でも各企業の国際競争力を保つには、この投資や対策が各企業にとってのイコールフッティングとなるべき政策や業界での検討が必要と考えられる。例えば、

（ア）　建屋･設備の減災投資への減税や、償却制度の見直し（ＢＣＰ設備の投資減税や、柔軟な償却制度の検討）

（イ）　重要度や汎用性の高い上流部材（レアアースや資源）の公的備蓄検討

（ウ）　特殊部材や製品など、各企業のＢＣＰ用在庫・備蓄への減免税や補助金（ＢＣＰ在庫・備蓄減免税や補助金）

（エ）　非常時の規制運用特例の事前検討（業界･企業間情報共有=独禁法の緩和運用、労務届け出手続きの緩和=36 協定の一時的緩和運用、債務・債権の一次的凍結=下請法の緩和運用、輸出入手続きの暫定的簡素化、緊急車両登録の手続き簡素化や、支援品と製品運搬の双方向の柔軟化、など）

（オ）　各社間取引に際し、部品点数の削減・標準化や、マルチ認定の推進、各社新製品開発での上位互換性の留意など

これら施策の実現可能性を、日常より各社・業界で検討すると共に、社会･公共部門にはインフラ強靭化の推進や国内企業の対策負荷低減策の検討をお願いしたい。

4－2－2　電力

半導体は高度な清浄度を保つクリーンルームで製造され、電力使用量が終日ほぼ一定している。図 4-2-2 の様に、日内変動は 5%前後と終日ほぼ変わらず、蓄熱利用によるピーク電力ずらしなどの施策を既にとっている工場もある。継続的な電力供給は産業の要であり、エネルギー政策は安全性・安定性･コストを総合的に勘案したベストミックスを図るべきである。

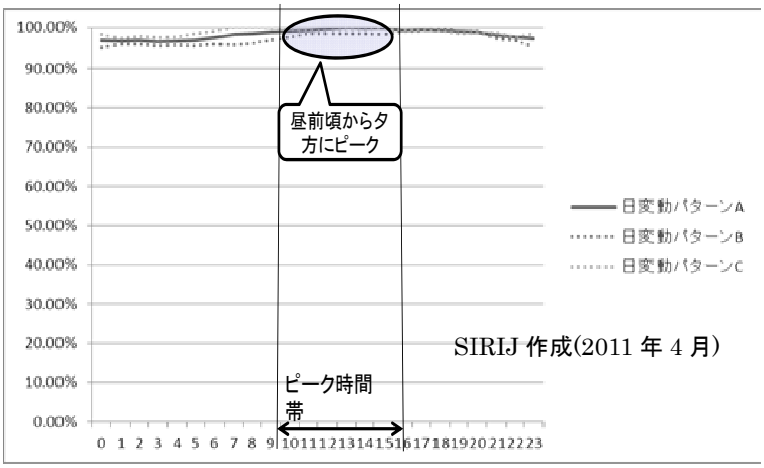


図 4-2-2 半導体の電力消費曲線（日変動）

また、半導体業界は激しい国際競争に晒されている業種でもある中、十数年に亘り継続的に電力使用効率を高める策をとり、近年、効果的な省エネ策が限られてきている。地球環境産業技術研究機構（ＲＩＴＥ）の試算によると、日本は 1 トン当たりの二酸化炭素を削減する為に必要な投資額（限界削減費用）が他国に比べて高いが、ＪＥＩＴＡ半導体部会の国内半導体企業への聞き取りによると削減費用は更に高く、省エネ負荷の大きさが突出している。Bloomberg 社が 2011 年に環境保全と経済性の双方の観点から試算した CO2 排出権取引の妥当な単価は約 70 ドル/CO2-トンだが、その数倍の費用が必要とされるとの計算である（図 4-2-3）。

この中で、国際的に高い日本の電力料金は（図 4-2-4）、省エネ余力が少なく国際競争の厳しいなどの業種では、個社それぞれの施策対応が限界に近く国際競争力に劣後している。例えば半導体産業の主な競合メーカは韓国・台湾だが、産業政策で電力料金が押さえられた競合メーカとの競争では、最大 2～3%の利益率差が生じていたと推定される。この様に国際競争に晒され電力依存度が高く、継続的安定的な電力を必要とする業種へは、省エネ活動に対し削減量に応じた投資減税・補助金などのインセンティブや、削減余地の少なさに鑑みその適用対象の拡大を図るべきである。また、装置・材料メーカなど、複数社・複数業種を含む共同開発スキームや、それら技術開発への補助金・税制の減免などの検討を要望する。

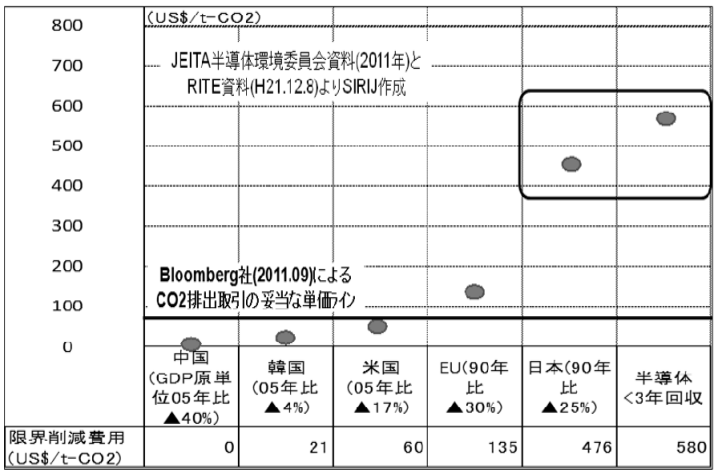


図 4-2-3　高い CO2 削減費用（t-CO2 当たり）

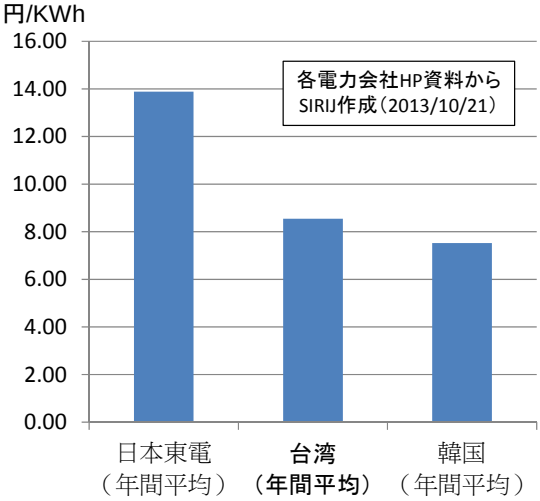


図　4-2-4　国際的に高い日本の電力代

4－2－3　規制緩和

3-3 節では、今後に取り組むべき半導体の新市場開拓を考えた場合、新市場を取り巻く各種の規制緩和の重要性が指摘された。さらに各種規制は、導入時には当然合理的目的を持っていたと考えられるが、長期に亘り適用されているものの中には、その間の各方面の技術進歩により、当初は考えられなかった管理・確認方法のあるものも出ていると考えられる。例えば素材・部材技術の進歩による強度アップや寿命の長期化、センサーやそれを制御するハードウェア・ソフトウェア（ＩＣＴ）の進化など、法令文書を作成した際には存在せずに想定していなかった為に規制対象とされていたり、例外事項から漏れていたりと思われるものも見られる。また、全国標準的に適用されている規制で都市部と山間部などの地域特性を考慮し

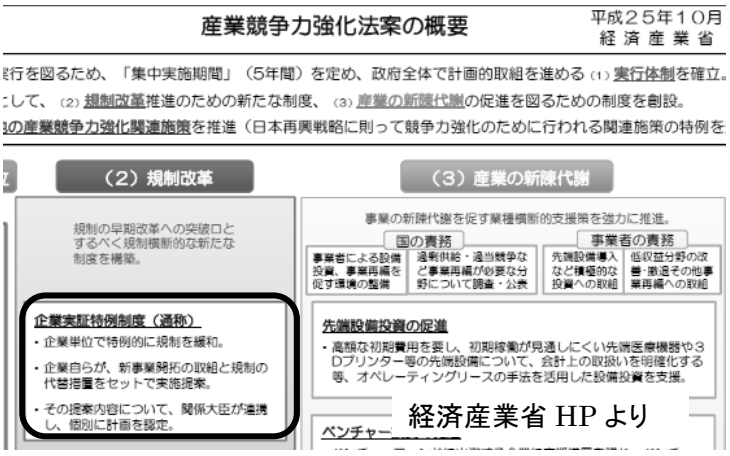


図 4-2-5　企業実証特例制度（通称）

たり、社会情勢の変化により見直したりすべきと思われるものもある。

技術的な進歩に関しては、それらを利用した最新技術動向を不断に注視すると共に、それら技術の応用による簡便かつ安価な方法での既存管理方法の代替を検討していくべきであり、海外の同等規則の動向や、海外適用の先進事例にも目を配り、イコールフッティングの観点からも規制緩和の検討を進めるべきと考える。各社は定期的に規制緩和が妥当と思われる事項を見直して要望し、それらを業界団体を通じて要望するなど、継続的な規制のレビューを図ると共に、政府でも同様の観点での見直しを行うなど、政策に反映すべく情報共有に勤めることが望まれる。また、図 4-2-5 に示す、現在政府で制度検討中と言われる「企業実証特例制度」(通称)(*)や、特区に関しても各社積極的に活用し、規制緩和への不断の活動を行う事で、各社及び業界全体の活性化を図っていくべきである。

(*)企業自らが安全性等を確保する措置を講ずることを前提に、企業単位で規制の特例措置を適用する制度 (平成 25 年 10 月 15 日経済産業省 News Release より)。

4－2－4　長期供給製品への対応

半導体は、例えばメモリ記憶回路製品(ＤＲＡＭ)で、1990 年には１M バイト(バイトは１または０のビットと言われるデジタル情報を８つ集めた単位、Mは百万。８百万ビット)が中心だった記憶容量が、2013 年には２Ｇバイト(同１６億ビット。1990 年に対し容量２千倍)と、目覚しい進化を遂げた製品である。これに代表される半導体製品全般の進化はＰＣの小型化、インターネットの爆発的な普及、携帯通信端末などの登場とその進化などを支えて来たが、その進歩には、設計・製品・製造技術など新規技術やプロセスへの切り替えが欠かせず、その為に、頻繁な設備の切り替えによる特定既存製品の継続的生産の困難さという懸念も常に伴ってきた。その懸念への対応として、長期供給契約を結んだり生産終了に伴い長期保管在庫を取りまとめたりなど、保守廃止(End Of Life = ＥＯＬ)と言われる作業が必要で、半導体業界ではこの対応として、特定製品の在庫の長期確保や、顧客要請により特定旧来製品生産の為の生産設備の保全などをしている。この期間は１０年以上、時として２０年近くにもなる。

ＥＯＬ作業の必要性に国内外の違いはないが、海外半導体各社は主に契約手続きに則る取りまとめや、製品によっては継続供給を本業とする供給会社に移管しての継続供給を行っており、個社それぞれで個別に供給者・顧客間で会話して対応している国内半導体業界との仕組みの違いは、国際的競争力に影響する一つの要因とも考えられる。

長期的スペアパーツ供給確保は顧客企業にとり肝要な話でもある一方、その対応負荷が半導体個社それぞれの競争力に影響を及ぼすとの認識に基づき、ＥＯＬ品の継続的な市場供給を可能にする仕組みや、製品の標準化や上位互換性など、半導体業界とサプライチェーン関連業種間とで議論する場(勉強会などの設置)を検討するべきである。長期的に見た際に、その様な仕組みの構築はサプライチェーンの上流から下流までを通じた強靭化に利するものであると考えられる。

4−3　制度

4−3−1　税制

表 4-3-1　課題として抽出した税制についての日本と諸外国との比較

項目		日本		欧州	米国	中国
法人税※1)	実効税率※2)	35.6%	×	20%台	40.8%	25%
償却資産課税※3)	制度	有	×	無	一部州	無
研究開発促進税制	控除率	最大40%	△	35%~100%	25%	100%
	繰越期間	通常1年	×	3年(英)~無期限	20年	5年
パテントボックス税制	制度	無	×	有	審議中	有

【凡例】 ×:改善が必須、△:改善が望ましい、○:他国と同等
※1) 法人税 = 法人税(国) + 法人事業税(地方) + 法人住民税(地方) + その他
※2) 東京都の場合
※3) 償却資産(事業用資産)にかかる固定資産税

昨今、競合各国は企業の自国回帰、海外企業誘致へ向けた税制改正の競争時代となっているが、国際競争力の観点から、税制について海外と比較してみると日本には特異な部分が多々ある。半導体産業は巨大な設備投資が必要な大規模設備産業の一面を持ち、研究開発によって生み出された多岐にわたる技術を高度に組み合わせた知識集約型産業であることから、イコールフッティングとして国際競争力の観点から課題を検討した。表 4-3-1 は、抽出した税制(法人税、償却資産課税、研究開発促進税制およびパテントボックス税制)についての日本/諸外国比較である。

まず法人税であるが、日本は世界的にみて法人実効税率が著しく高い。例えば、欧州各国は法人税率を下げ積極的に企業の国内誘致を図る施策を行っており、米国でも検討が行われようとしている。法人税の負担の一部は、最終的には労働者に帰着するとの経済学者の意見もあり、企業が高い法人税を避け、安い海外へ生産拠点をシフトすることは、結果的に国内雇用が落ち込み、労働による税収を失うリスクがあることを考慮する必要がある。これら競合国に対する競争力確保と雇用維持のためには、日本でも国際水準である 20%台への法人税の引き下げが必要である。

次に、半導体産業は大規模設備産業であるため、国際的にも稀な償却資産課税(償却資産に係る固定資産税)の制度廃止を訴えたい。これは地方税であるが、行政サービスへの対価としての応益性が欠如しており分権的な自治体に相応しい税制とは言えない。半導体産業は大規模クリーンルームを擁し、生産設備、マスクや治工具に対して比較的短い製品サイクルに起因する設備投資競争を余儀なくされており、しかも収益に関係なく償却資産税として高負担を強いられている。過去 10 年間の償却資産納税額累計（半導体産業）は日本全体で 2,800 億円弱であり、これを設備投資に回した場合には年平均 2,300 億円の売上増につながるとの試算がある。

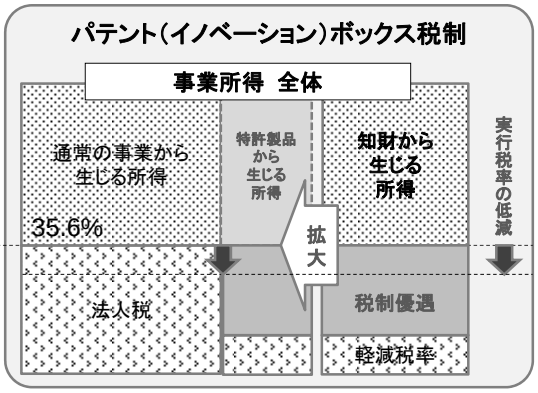


図 4-3-1　パテントボックス税制による税制優遇の模式図

また、半導体産業はグローバル競争の渦中にあり、イノベーションを創出し、支える技術開発力維持のため、研究開発活動へのインセンティブが必要である。

研究開発促進税制は、研究開発への費用投入を活発化させる入口のインセンティブとして半導体産業にとって有効な制度である。しかしながら、控除率、繰越期間には現行制度の改善余地が多大であり、見直しを願いたい。

他方、特に欧州で研究開発の成果である特許などの知財に基づく所得を減税対象とするパテントボックス制度が、出口のインセンティブとして普及しており、これを脅威とした米国でも実施の検討が行われている。半導体産業のように製品の収益のみでは研究開発成果の回収が不十分なことが生じやすい場合、知財等の所得に対して税制優遇され、収益力が好転することは競争力の回復と成長を促すことができる。また、企業活動として次期製品に向けて売上の一部を再投資するが、現在の傾向であるファブレス、ファブライトビジネスモデルのように製造を外部委託する構造では、従来設備投資へも振り分けていた分を研究開発へ振り分ける傾向が強くなるため、同様のビジネスモデルを持つ競合国企業との間に、将来の開発力に差が生じる懸念がある。このような観点から、本税制は日本にも早急に導入すべきである。欧州の制度では、単なる知財のライセンス等による所得だけではなく、技術開発の成果を盛込んだ特許製品による所得も含めて優遇されており同等レベルの制度設計が必要である(図 4-3-1)。産業界は、本制度が税務上最大効果を出せるよう知財経営の見直しを進めて行く。

以上の施策をもって半導体産業を育成･強化することにより、その国際競争力を向上させ、結果的に税収を増やすことができる。半導体産業は他産業への波及効果が高いため、相乗的に税収増も期待できると確信する。なお法人税は、景気対策として消費増税実施とセットで実効税率の引き下げ検討を政府が発表しており、その実現に期待したい。また、償却資産課税および研究開発促進税制については、ここ数年に亙り、それぞれ産業空洞化、成長戦略への対応として、税制改正に関する経済産業省要望に取り上げて戴いており、実現へ向けてなお一層の要請をお願いしたい。

4－3－2　知財

知財は歴史的に、発明者の知的創造物に対するインセンティブとして排他的独占権を付与し、結果イノベーション創出を加速することが期待されてきたものである。しかしながら、半導体産業のように製造に際して数多くの知財を駆使しなければならない場合、行き過ぎた権利行使により、却ってイノベーションが阻害される側面も考慮する必要がある。このため、知財については、イコールフッティングとして制度の国際的調和の観点から課題を検討した。従来から技術の権利化手段として特許と実用新案があるが、特許制度は、WTO 設立に関わる「知的所有権の貿易関連の側面に関する協定」(TRIPS 協定)の対象として制度の国際的調和が図られてきた経緯がある。他方、実用新案制度は、簡便で安価な技術の権利化手段として注目され、特に新興国において国内の技術育成の役割も担ってきた一面もあるが、各国、地域での制度、運用規範に統一性が欠如していることが多く、また TRIPS 協定の対象となっていないため、一部特許庁による自発的研究を除いては、調和についての国際的議論も一切行われていない。

このような中、この数年で権利数が極度に増加し、特許に比肩する数の実用新案が登録されている国では、訴訟件数も増えており、権利の有効性が担保されないまま権利者の思いつきによる権利行使によって差止請求や訴訟のリスクが高まったとの調査結果がある。この制度の課題を整理してみると(表4-3-2)、訴訟リスクが高い要因として、権利行使の責任が希薄な点が見えてくる。具体的には、実体審査がないにも拘らず、技術評価書なしで権利行使でき、無効な権利による賠償責任等、権利行使の抑止がない。また、公開性に乏しくその予見性に課題のある運用となっており、第三者が技術評価の請求ができない、従来技術の同一分野から２件しか引用して評価できない等はその一例である。他方、同様な制度を有しても上記の現象が見られない国もあり、制度の歴史も古く自律的に何らかの抑止効果があるものと思われる。

表 4-3-2　実用新案制度における権利有効性と権利行使の観点からの比較

	日本	米国	ドイツ	中国	韓国
実用新案の登録前実体審査	なし	実用新案制度がない	なし	なし	あり
権利行使前技術評価書提示義務	あり		なし	なし	実体審査により担保
権利無効となった場合の損害賠償	あり		なし	なし	なし

出典：日中韓特許庁における実用新案に関する比較研究(2012)、日本特許情報機構による寄稿集(2012)を基に独自に作成。

このような実用新案制度の不備による訴訟リスクの増大に対して、イコールフッティングを制度の国際的調和として捉え、以下の施策を提言する。まず、実用新案制度において改善が推進されるよう、5極特許庁会議(IP5)等で議論することを強く望みたい。これに向けて、世界半導体会議(WSC)において実用新案制度のあるべき姿を議論しており、政府当局間会議(GAMS)に提言する計画である。また産業界は、自己防衛のために、発明と実用新案の同時出願、特許協力条約(PCT)による国際出願、早期審査制度(PPH)の活用、現地知財担当の雇用等、対策を進めて行く。

4−3−3　通商

通商におけるイコールフッティングとして、公正公平な取引の環境が安定して維持されることが重要である。半導体産業界においては、従来この取り組みのために通商上の課題を国際協議の場で様々取り上げてきた。最近では例えばマルチコンポーネント IC(MCO)と呼ばれる、複数のモノリシック IC や個別半導体素子に加え、受動素子、さらには機能的なセンサーを組み込んだモジュールを、集積回路品目として自由貿易環境で取り引きできるよう働きかけ、効率的な流通の環境を整えるための議論を行っている。

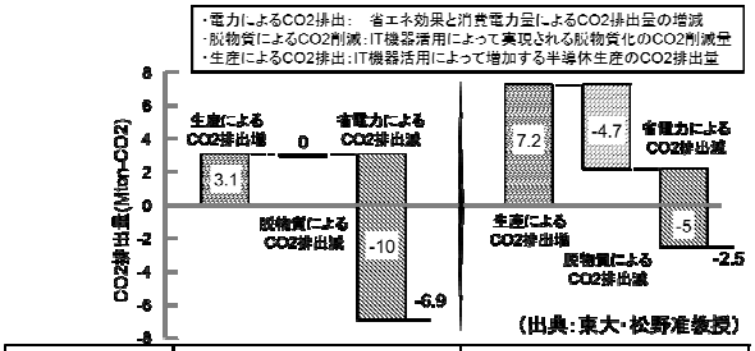
一方、正規品ではない物品の流通を阻止することはさらに重要である。最近注目すべきは、半導体模倣品、特に廃家電等から抜き取られた再生品がある。再生品の使用により機器の信頼性が低下し公共の安全安心を脅かす。また、再生品に捺印された偽商標で企業のブランドが著しく損なわれる。半導体模倣品(再生品)流通の駆逐に向け、イコールフッティングの観点から以下の施策を提言する。まず認証トレーサビリティの標準化の積極的な推進を強く望む。流通経路における監視強化は、例えば米国における国防授権法のように流通段階における責任が問われるため重要である。産業界は、現在も行われている税関での水際対策に模倣品情報の提供等積極的に協力

し、顧客、流通業界への啓発活動および情報提供を進めて行く。

4−3−4　環境規制

環境負荷の削減は、地球規模の環境破壊を防止し社会の安全安心の担保のためには不可欠であり、国際的な責任でもある。半導体の生産現場では様々な化学物質を用いるため、効果的かつ合理的な化学物質の管理が必要である。そこで環境におけるイコールフッティングについて、環境貢献認知度と国際的調和の観点で、環境負荷削減貢献と製品化学物質規制を課題として抽出した。

半導体は、電機・電子機器の機能の向上のみならず、機器そのものの省エネルギーを飛躍的に進歩させてきた。まず、半導体そのものが最終商品に近い LED 電球は、一般白熱電球の 1/8、電球型蛍光ランプの 1/2 に及ぶ省電力を達成し、著しく寿命を伸ばしたものもある。次に半導体の生産に伴うエネルギーと半導体使用による省エネルギーの収支関係を CO_2 排出量として算出した例を挙げる。図 4-3-2 は、勤務形態を現状と週二日の在宅勤務との二つの場合で計算したが、いずれも機器の省エネルギー効果が勝り、半導体産業は社会全体の CO_2 排出削減に大きく貢献していることが判る。



	ケース1	ケース2
勤務形態	現状	テレワークによる週あたり2日の在宅勤務
家庭における冷蔵・電子機器	インバーターなど省エネに貢献する技術が搭載	左記と同様
据置型モニターおよび携帯用PDA	なし	一人一台

図 4-3-2　半導体の生産に伴うエネルギーと半導体使用による省エネルギーの収支関係（CO_2 排出量）

ところで、日本における排出権取引制度の制度設計の検討は、一時期、盛んに検討されたが現在は凍結されている。この検討が再開されれば、環境への貢献度が高い半導体産業には削減貢献製品と同様にインセンティブを与えられるべきであると考える。さらに、半導体は輸出入比率が高く国際競争の厳しい産業であるため、インセンティブ対象産業にもなりうる。しかしながら、半導体は部品であり、貢献配分の定量化が困難との理由で、このままでは無償排出割り当ては難しい。このため、貢献配分を定量化する必要があるので、一案として産業連関表を用いた定量化ガイドラインの作成や関連団体との協議活動を進めている。一例として民生用インバータエアコンにおける半導体関連部品の貢献配分の試算結果を図 4-3-3 に示す。このガイドラインは現在、電機・電子４団

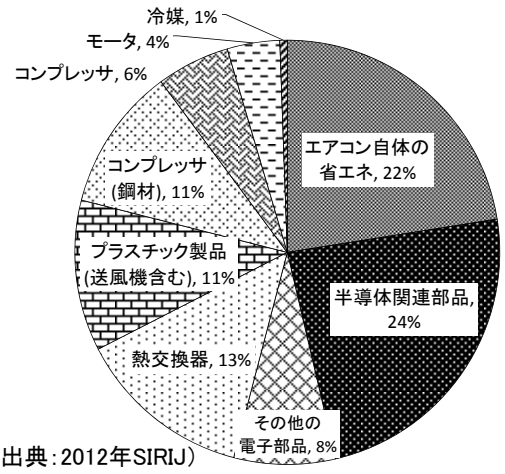


図 4-3-3 産業連関表を用いて算出した半導体の環境負荷削減貢献配分（民生用インバータエアコンでの試算結果）

体の温暖化対策連絡会にて協議を行い、その考え方に一定の理解を得たところであるが、まだ精度に議論の余地を残し、今後検討していく場をさらに拡大して行く必要がある。

さて、先に述べたように半導体の生産現場では極めて高度な化学反応を駆使して微細な構造を形成するため、様々な化学物質を用いる。製造工程におけるこれら化学物質の扱い方についても、他産業に先駆けて実践してきた自負があり、そこで培われた技術が他産業に波及している一例でもある(第 1 章 1-2)。一方、世界における化学物質規制の気運がこの十数年間盛り上がり、欧州先導で特定地域での規制化を皮切りとして、国連の会議体(SAICM)等で討議されるようになった。しかし、SAICM は民間団体や非営利団体でも参加できる会議体のため、要求事項が様々で概念的になっている。このため、具体的な計画策定・実施は各国で個別に行わざるを得ず、必ずしも調和のとれた状況ではないという課題を抱えている。

環境規制においては、イコールフッティングの観点から以下の施策を提言する。環境負荷削減への貢献に関しては、日本の排出権取引制度への利用を可能にするため、半導体を使用する他の産業界に、定量化ガイドラインの作成への協力を強く望む。製品化学物質規制に関しては、各国が新たに化学物質規制を法制化する際には、できる限り国際的調和が図られることを強く望む。産業界は、この要望を WSC として繰返し政府に働きかけて行く。また、各国実施状況をいち早く入手し、対応するための体制を整備する努力を行うことを進めて行く。

第５章　競争力強化のための提言と施策

前章までの検討を踏まえ、以下の提言と施策を提案する。

５－１　新会社の構想・概要

世界の半導体市場は約 30 兆円で成長の伸びは鈍化し、成熟産業の領域に入ったと思われる。今後、半導体市場を拡大・成長させ、日本の半導体産業の競争力を強化していくためには、新アプリの開拓が必要である。そのためにはスマート社会戦略（社会課題解決のアプローチ）が重要である。都市化の進展により環境問題、資源・エネルギー問題、大規模自然災害などに対する安心安全や医療、食糧の問題などの「社会的な課題」が問題となっている。この様な社会的な背景の下、「社会的課題の解決」、「サービスの改善」、「人と環境との調和」の観点からも半導体は重要である。

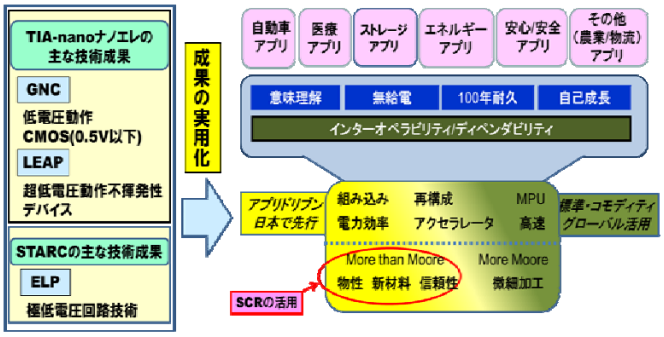


図　５－１－１　新会社のコンセプト①

「スマート社会」を実現するためには、技術革新とビジネス革新の両輪により新市場・新産業の開拓・創造を進めると共に、各種規制の緩和を行うための政策革新の 3 つを協調した取り組みを産官学連携して進める必要がある。アプリ・サービス産業と連携した縦型連携の研究開発体制を構築することで世界に先駆けてスマート社会の実現を目指す。組み込みアーキテクチャ、低電力回路、新材料、新物性、製造装置、マスク分野および信頼性技術は、日本の強みであり、縦型連携の強化により日本の強みを活かし半導体の競争力強化に繋げる。

① 自立性のある責任の取れる組織

② 研究ビジネスのスキーム（顧客ごとの対応）
- －研究テーマの自由度と選択眼
- －情報管理（契約・運営）
- －プロパーのスタッフ

③ 魅力的な装置と研究コア

④ 期待するテーマ
- －ナノエレ、－More than Moore
- －新メモリ、－実装
- －医療、自動車、安心・安全、エネルギー分野とのアプリ連携

図　５－１－２　新会社のコンセプト②

TIA-nano 傘下に発足したナノエレクトロニクスに関係する複数のプロジェクト（TIA-nano ナノエレ）では、優れた研究成果を上げている。しかしながら、TIA-nano ナノエレの自立化のシナリオが見えないこと、国際研究拠点としての位置付けが不明確なこと、異業種との縦型連携が不十分であることなどが課題であった。また、TIA-nano ナノエレの研究成果は、

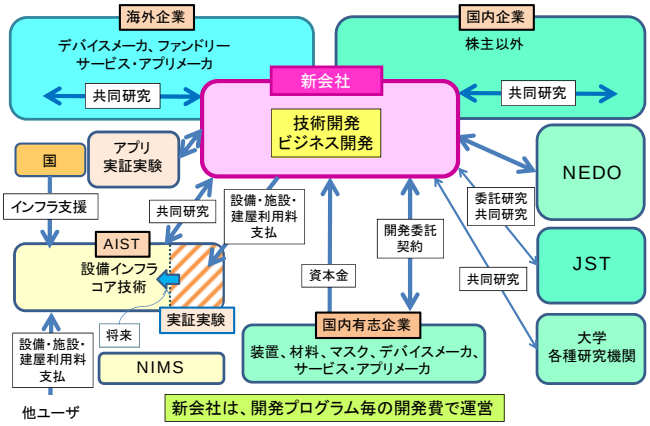
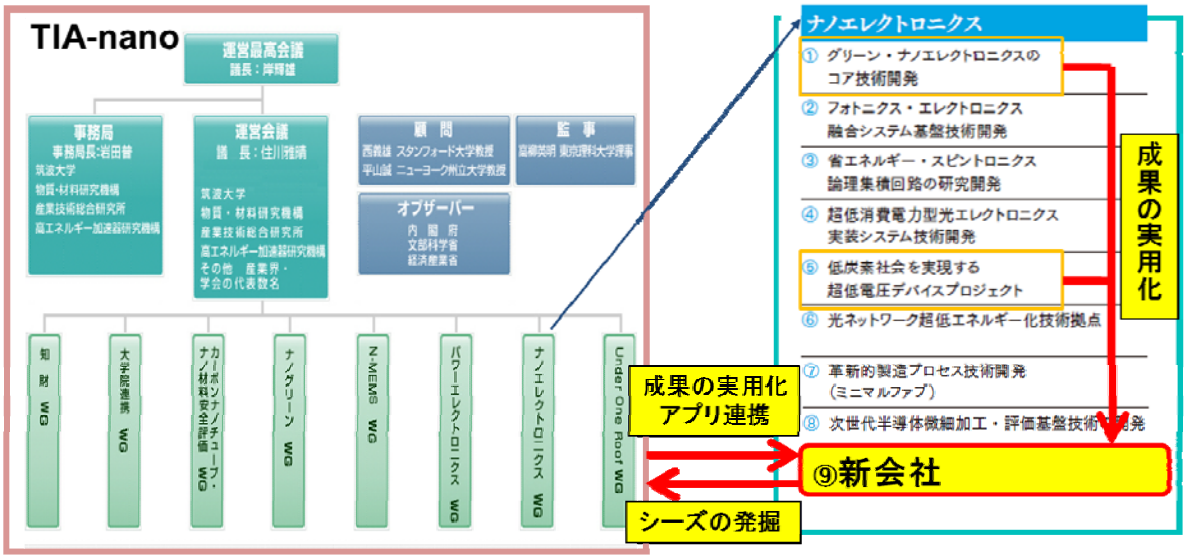


図　５－１－３　新会社運営の仕組み



注:グリーンナノエレクトロニクスのコア技術開発(GNC;上記①):2013年度終了
低炭素社会を実現する超低電圧デバイスプロジェクト(LEAP;上記⑤):2014年度終了

TIA-nano HPより引用、コメント記載　http://tia-nano.jp/about/index3.html、http://tia-nano.jp/pamphlet/index.html

図　5－1－4　TIA-nano での新会社の位置付けと役割

まだ各企業で実用化出来る技術に達していないものもあり、いくつかのプロジェクトは、2013/2014 年度で終了する。そこで、これら研究成果を実用化するためのプロジェクトやアプリと連携して各種基準や標準の構築や異業種と連携するプロジェクトを実施する組織として「新会社」の設立を提案する。

「新会社」は、TIA-nano ナノエレクトロニクス WG にも参画し、TIA-nano と連携・協力関係を持つ。また、TIA-nano で実施中のプロジェクトとの連携、およびアプリ連携から見た研究テーマの発掘も行う（図５－１－４）。

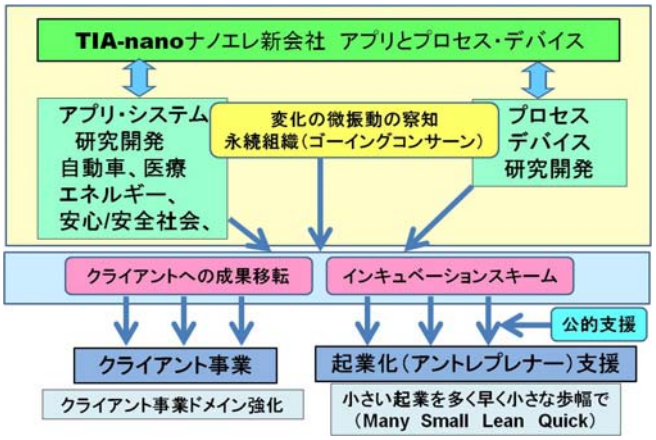


図　5－1－5　開発成果の出口

「新会社」は、TIA-nano の成果の実用化にもスピード感を持って取り組み、アプリ連携に繋げていくという役割も持つと共に、実用化という観点から成果に対するフィードバックや、次のシーズ発掘へのリクエストを行い、TIA-nano と連携していく。

「新会社」は、多種多様な研究開発を同時並行的に進める仕組みを持つ国際的に開かれた研究組織とする。さらに、「新会社」は、研究開発のコーディネート機能も持ち、研究成果の事業化への支援も行う。「新会社」が使用するインフラの整備、並びに「新会社」が実施するプロジェクトは産官学が連携してこれを行う。「新会社」の活動領域の内、プロセス/デバイス技術開発の場として、つくば地区を候補地とする。「新会社」に参加することにより、参加各社は、日本に在る地の利を生かして異業種連携、業界標準・安全基準の確立を推進すると共に、日本に強みのある技

術を基礎として、技術開発の加速、コストシェアを図ることができる。

「新会社」は、オープン・プロジェクトとプライベート・プロジェクトの 2 種類のプロジェクト形態にて運用し、開発テーマ毎にそれぞれ適した形態で行う。知財は海外の研究機関と同等な、いわゆるグローバルスタンダードに準拠する形とし、プライベート・プロジェクトは参加者の自治にて決定する形とする。

「新会社」の開発成果の出口は、①参加会社での事業化、②ベンチャーのスピンアウトである。「新会社」は、スタート時点では民間と国で費用を分担し、設立 4 年目以降、自立化分の収入を加えていく。また、「新会社」は、アプリ指向で、技術とビジネスの両面でリスクの大きいプロジェクトに対して、国支援の技術開発と実証実験等を行うことで実用化を加速し、各社の競争力強化に繋げていく。

５－２　アプリ連携プログラム（案）

「新会社」が実施するプログラムの内、アプリ連携プログラムは、半導体メーカと最終顧客に近いメーカとの連携によるプログラムである。（(注)「新会社」が実施する「プロジェクト」の中の個々の開発テーマを「プログラム」と呼ぶ。）

特に、これまで半導体メーカとは直接的関係が強くなかった異業種のメーカとの連携も視野に入れており、このプログラムにより、お互いの市場を拡大させることを狙いとする。

しかしながら、異業種メーカとの連携体制の構築は一般的には困難を伴う。そこで、「新会社」にはコーディネーション機能を持ち、これらの連携の効率的な実現を目指す。また、このコーディネーション機能は、官・学と企業との連携の効率的な実現も視野に入れる。

さらに、アプリ連携プログラムでは、

- 該当分野での基準や標準となるものを構築する
- 国策と連動（例えば、規制の特区など）させることで、早期かつ低コストに技術開発を実現する

という特徴を有する。基準や標準としては、例えば、業界基準の標準化、安全基準の標準化、価値基準の標準化、モジュール等の仕様の標準化などが考えられる。

なお、成果物としての基準や標準、それを構築するための各種技術は、「新会社」のコア技術として保有させることも考えている。これにより、基準や標準の維持やメンテナンス、さらには、それを他のビジネスへ発展させるようなことが可能になると考える。特に、「新会社」の基準や標準の維持やメンテナンスという機能は、その基準や標準の価値自体を高めるために、非常に重要な機能であると考える。

また、アプリ連携プログラムでは、将来の半導体のアプリケーションを広げるという考え方の中で、以下のリスクを伴い、1 社では担えない技術の開発も目指す。

- 非常に高い目標が、極めて大きな意味を持つような場合や、目標の実現性に対して、世界初の試みを伴う場合など、目標を実現する技術開発自体にリスクを伴う場合
- 商用化するためには長期の継続的な活動が必要で、その連続的な活動を維持すること自体にリスクを伴う場合

これらは、将来の半導体産業にとって重要となる基盤コア技術を先行開発するという位置づけであると考える。

なお、アプリ連携プログラムは、テーマ自体がアイデアであり、価値となる場合がある。つまり、「新会社」で技術開発を行うと、アイデアがオープンになる危険性を伴う。よって、プロジェクトをオープン・プロジェクトとプライベート・プロジェクトに区分することで、非公開で技術開発を企画することを可能にする。

現在、上記の考え方をもとに、医療、安心安全、エネルギー、農業、自動車等の各分野でアプリ連携プログラムの案が出ている。また、将来重要となる基盤コア技術という観点でも案が出ている。今後、プログラムを具体化するとともに、賛同する企業を明確にしていく予定である。

５－３　プロセス・デバイス開発テーマ（案）

５－３－１　テーマ選定の基本的な考え方

自動車、医療、ストレージ、エネルギー、安心／安全社会、その他（農業、物流）の重点 6 領域のアプリケーションを見据えて、海外の有力機関である IMEC や Albany Nanotech Center、ITRI、Stanford Univ. などの研究アクティビティに対して性能・コスト優位性を確保できる「コア技術」を保有する新材料・新プロセス・新デバイスに関するテーマを選定した。また、上記アプリケーションにリンクしたテーマとともに、新デバイスを支える共通基盤技術及びプラットフォーム技術についてもテーマを選定した。さらに、意味理解や無給電などの実現には MEMS/センサーやこれらの高度なセンサーネットワークの構築が益々重要になってくることを受け、テーマ選定の範囲を「ナノエレクトロニクス分野」には限定せず、N-MEMS/センサーやナノバイオを含む「ナノテクノロジー分野」に広げ、ナノエレとナノテクの融合（X on Si、X with Si）による付加価値創出を目指したテーマも選定した。尚、選定した開発テーマの材料・プロセス・デバイス試作・検証につくば SCR を最大限活用することが望ましいが、所有設備群によって制約を受けることになるため、SCR の活用をテーマ選定の前提にはしないことを付記しておく。

５－３－２　具体的なテーマ例

図５-３-１に選定した開発テーマ（図中黄色枠表示）と重点 6 領域のアプリケーションとの相関を示した。ストレージアプリでは、次世代データストレージメモリやストレージクラスメモリ（SCM）のための「新規メモリ材料」（相変化、有機分子、磁壁移動など）探索とデバイス検証、低抵抗配線及び低消費電力デバイス応用を目指した「ナノカーボン」、磁性材料を用いた低電圧・高速多値動

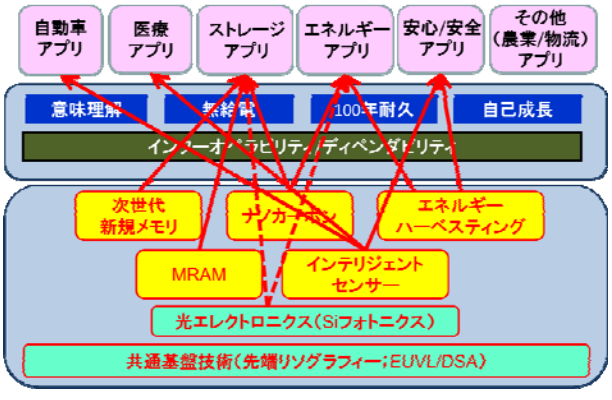


図５－３－１　アプリと開発テーマとの相関

作可能な「MRAM」を選定した。また、エネルギーアプリでは、無給電無線ネットワーク(WSN)向けの発電素子をはじめ、超低消費電力デバイスや WSN システム構築を目指す「エネルギー・ハーベスティング」を選定した。また、自動車や医療／ヘルスケア、社会インフラ（安心／安全）アプリでは、CMOS との混載や SiP 化により単体の MEMS 素子では達成不可能な高感度化や低背化、低コスト化を実現できる各種集積化センサー（圧力・湿度センサー、AE センサー、ウイルス検出チップなど）やこれらを組み込んだ Wearable 機器の PTS 開発を目指す「インテリジェントセンサー」を選定した。

５－４　産業政策　-イコールフッティングを目指して-

中間報告で述べた通り、国際競争が厳しい産業である半導体産業では、他国との競争条件を同等レベルとするイコールフッティングが特に重要である。中間報告後、中間報告で上げた各項目の具体的推進方法について、討議を進めた（図５-４-１）。

この内、全体の前提となる「円高」是正に関しては、2012 年 12 月の自民党安倍政権発足以来、それまでの激しい円高が是正されてきたが、為替安定化は産業界全体の総意として、継続的に政府に要望すべき事項として JEITA 半導体部会でも継続して活動していく。

その他に関しては図に示した通り、それぞれ JEITA の各委員会で継続的に討議･検討を進める様、JEITA 半導体部会に提言し了承された。

「電力」「規制緩和」は、JEITA 半導体部会の継続･定期的な政策提言に入れて政府支援を要望すると共に、「規制緩和」に関しては、2014 年 1 月施行の企業実証特例制度に特に注目し、個社が活用する事を提言する。

また「税制」、「知的財産」、「通商」、「環境規制」は、一部組織横断的な活動を含めて JEITA 半導体部会傘下委員会の既存活動と合致しており、図示のそれぞれの委員会で継続的に活動を進め、国内の政策提言や国際案件では WSC、GAMS 等への提言を行っていく。

項目	経営環境への影響	政策的解決の方向	六重苦	出口案
円高	国際競争力減退	為替安定化	○	--
BCP等	高い被災リスク	補助金、優遇税制		JEITA半導体部会に委員会新設
電力	電力コスト負担大	電力政策	○	JETIA半導体部会
規制緩和	企業活動への制約	企業実証特例制度		JETIA半導体部会
税制	税負担大	税制改革	○	JETIA半導体産業委員会
知的財産	実用新案/訴訟リスク大	制度の国際的調和		JETIA半導体企画運営委員会
通商	模倣品による流通リスク大	トレーサビリティ	○	JETIA半導体企画運営委員会
環境規制	対策コスト負担大	インセンティブ化	○	JETIA半導体環境委員会
長期供給製品	設備保全･在庫確保などの負荷	標準化や継続供給体制の業界討議		継続検討

図５-４-１　イコールフッティングの課題と解決の方向

「BCP」については、本年の COCN「レジリエント・ガバナンス」でも触れられている様に、企業活動の深化が重要である旨を討議。日本においては震災被災の可能性が他国に比べて大きく、国際競争上のイコールフッティングの重要性から BCP 対策に関する「補助金」などの支援を政府にお願いすると共に、JEITA 半導体部会内に「特別準備委員会」の設立を検討する。特別準備委員会では、例えば、被災時被害が大きく、生産にリードタイムがかかる共通的なクリティカル部品・素材(石英部材など)に関

する半導体業界共同在庫の確保や、この予備備蓄への政府支援を仰ぐなどの討議を行う予定である。

「長期供給製品」に関しては、個社の検討案件なども含まれる為、継続検討案件として挙げるに留めるが、本件が半導体業界･顧客業界に取って共に重要な案件であり、情報共有や標準化の可能性の検討を進めるべきである事などについて、業界関係者間で現状認識の共有が図られた。

５－５　まとめ

本プロジェクトでは、スマート社会の実現を目指した研究開発とイコールフッティングを目指した産業政策により、新しい価値を創造し、半導体市場の拡大を図る。そのために、今後以下の施策を行う。

研究開発に関しては、「新会社」設立へ向けて、2014 年 4 月を目標に、「新会社設立準備委員会」を設置して、新会社で行うプロジェクトの具体化、さらに事業計画の策定、組織・制度設計などを具体化していく。

産業政策に関しては、「電力」「規制緩和」「税制」「知的財産」「通商」「環境規制」は、JEITA 半導体部会各委員会における既存の活動へ検討の場を引継ぎ、政府へ支援の要望を継続的に実施していく。「BCP 対応」については、JEITA 半導体部会内に準備委員会として「特別準備委員会」を新設し、業界での BCP 対策の実施や部材の共通備蓄化を取り纏め、政府へ補助金等の支援を要請していく。「長期供給製品」については、半導体業界・顧客業界共に重要案件である現状認識の共有が図られ、今後、対応の仕方を含めて議論を継続する。

付録

TIA-nano　ナノエレクトロニクス　５プロジェクトの状況

２０１３年１０月

グリーン・ナノエレクトロニクスのコア技術開発	横山　直樹 PL
フォトニクス・エレクトロニクス融合システム基盤技術開発	荒川　泰彦 PL
省エネルギー・スピントロニクス論理集積回路の研究開発	大野　英男 PL
低炭素社会を実現する超低電圧デバイスプロジェクト	住広　直孝 PL
次世代半導体微細加工・評価基盤技術の開発	渡辺　久恒 PL

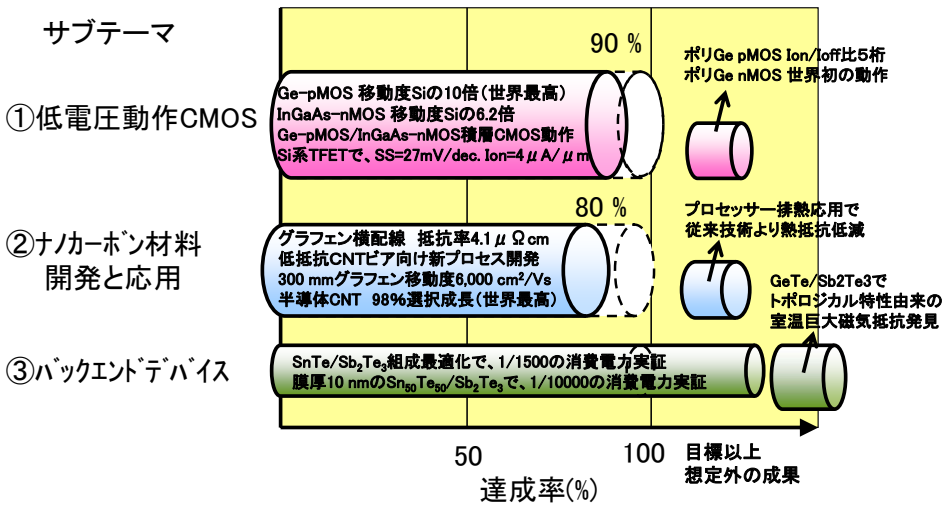
各プロジェクトの目標と現状

グリーン・ナノエレクトロニクスのコア技術開発

（１）プロジェクトの目標

- LSI の低電圧動作化(0.5 V 以下)と高機能・高集積化の実現
- LSI およびエレクトロニクス機器の消費電力を従来技術比で 1/10-1/100 に低減
- ナノテク新材料とシリコン技術を融合して、低電圧 CMOS、ナノカーボン材料との応用、バックエンドデバイスの３コア技術の開発

（２）達成状況

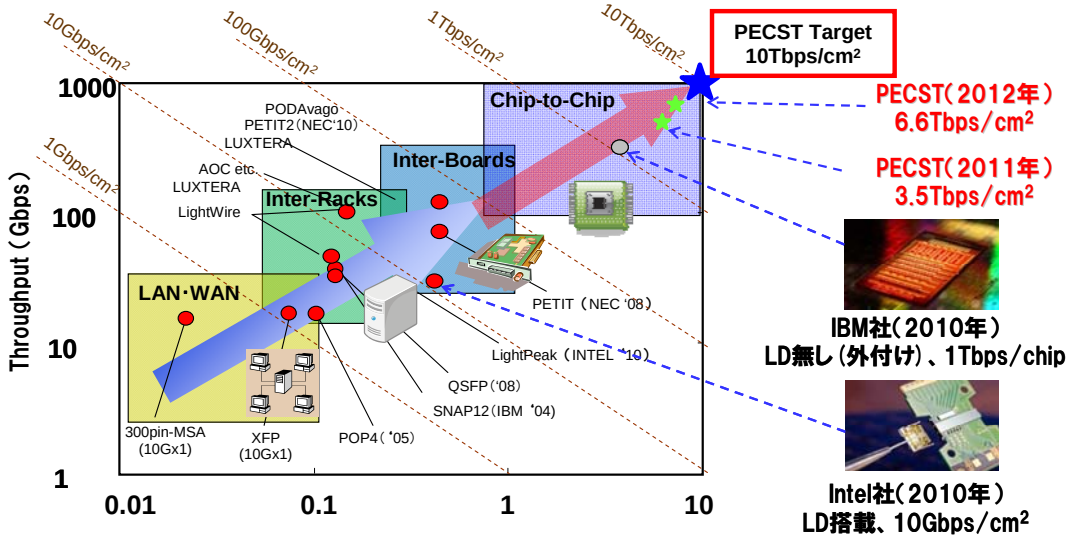


PECST フォトニクス・エレクトロニクス融合システム基盤技術開発

（１）プロジェクトの目標

- LSI チップ間伝送が可能な 10Tbps/cm2 の能力を有する集積化技術
- それらを構築する小型で高性能な先端光デバイス群（光源、光変調器、受光器、導波路）を実現
- 世界初・世界最高伝送密度の LD 搭載チップ間光インタコネクションを実現

（２）達成状況　２０１２年度末時点



※1 年前倒しで目標を超える 30Tbps/cm2 を達成

省エネルギー・スピントロニクス論理集積回路の研究開発

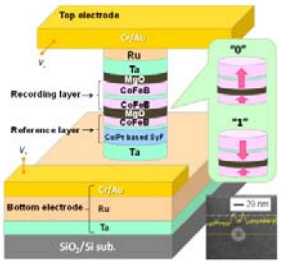
（１）プロジェクトの目標

- スピントロニクス材料・素子・回路の研究・開発を並行して推進し、スピントロニクス論理集積回路の基盤技術体系（研究開発、製造から回路設計までが統合された体系）と、集積回路試作環境を構築・整備
- 既存 CMOS 集積回路と比較して面積比×性能（遅延時間）比×消費電力費比で 1/64 以下となるスピントロニクス論理集積回路を設計・試作し、性能実証
- 不揮発性スピントロニクス素子を適用した待機電力ゼロの集積回路・システムの実現性を検証不揮発性スピントロニクス素子を適用し待機電力ゼロの論理集積回路の開発・実証

（２）達成状況

【材料・素子・製造技術】

- 集積回路に搭載可能な性能・信頼性を有する垂直磁化スピントロニクス素子(直径～29nm)を世界で初めて開発した。
- 開発したスピントロニクス素子を 90nm 世代の製造技術を用いて 300mm ウェハ上に搭載した集積回路を試作する製造基盤を構築した。



垂直磁化 CoFeB/MgO２重接合スピントロニクス素子

【回路技術・設計ツール・実証】

- 標準ＣＭＯＳを用いた設計フローに適用可能なスピントロニクス素子モデル及び自動設計ツールを開発し、設計基盤を構築した。
- 開発した製造・設計基盤を用いて 100 万ゲートを超える集積回路を含むスピントロニクス論理集積回路を設計・試作し、既存技術と比較して 1/100 以下の省エネルギー性および高性能化を実証した。

自動設計フローを用いて設計･試作された動きベクトル抽出処理用スピントロニクス LSI

低炭素社会を実現する超低電圧デバイスプロジェクト

（１）プロジェクトの目標

- 「ロジック集積回路内 1 次メモリを対象とした、高集積・高速特性・高書き換え耐性などの機能を有する超低電圧・不揮発デバイスの開発
- 外部記憶の高速低電力データ転送を実現する、高集積・高速低電力書き込み特性等の機能を有する超低電圧・不揮発デバイスの開発
- 配線切り換えを可能とするスイッチを対象とした低電流・高速書き換え、高オン・オフ抵抗比、小面積等の機能を有する超低電圧・不揮発スイッチデバイスの開発

（２）達成状況

- ナノトランジスタ構造デバイスで世界最高水準の低ばらつき性能と 0.4V LSI 動作実証
- 原子移動型スイッチで面積 1/20 の 0.4V 動作再構成可能 LSI 用不揮発スイッチの集積化と信号伝達に成功
- 磁性変化デバイスで材料開発を通して、0.4V でのデータ書き換えと、1 次メモリとして必須の 1 京回の書き換え耐性を初めて実証

- 相変化デバイスで GeTe/Sb2Te3 超格子構造を堆積し、0.5V 以下動作を実証し、溶融状態を経ない抵抗変化を実現

次世代半導体微細加工・評価基盤技術の開発

（１）プロジェクトの目標

EUVL（極端紫外線リソグラフィ）におけるマスクおよびレジストの基盤技術を確立する。中間目標として平成 25 年度末までに hp16nm 対応技術を、最終目標として平成 27 年度末までに hp11nm 対応技術を確立する。具体的には以下の開発を行う。

- EUV マスクブランクおよびマスクパターンの欠陥検査・評価技術開発
- EUV レジスト材料、プロセスおよび評価技術開発
  （注：平成 25 年度よりサブ 10nm を目指した DSA（Directed Self Assembly、自己組織化）技術開発を追加。）

（２）達成状況

- EUV 光を用いた hp16nm 対応 EUV マスクブランク欠陥検査装置の設計・製作を完了し基本性能を確認。電子ビーム写像投影方式による EUV マスクパターン欠陥検査装置の設計・製作、ならびにサブシステムの性能確認を終了。
- EUV レジスト材料・プロセス開発では、hp16nm の解像性を確認するとともに、LER（Line Edge Roughness）を低減させる付加プロセスの有効性を実証。評価技術として、レジストアウトガス解析・評価手法、ならびにレジストの溶解過程を直接観察する手法を構築。
- 本年度末までに中間目標を達成する見込み。

産業競争力懇談会（ＣＯＣＮ）

東京都千代田区丸の内一丁目６番６号　〒100-8280
日本生命丸の内ビル（株式会社日立製作所内）
Tel：03-4564-2382　Fax：03-4564-2159
E-mail：cocn.office.aj@hitachi.com
URL：http：//www.cocn.jp/
事務局長　中塚隆雄