

第 10 章 WG9 ES&H(環境・安全・健康)

10-1 はじめに

今回の年次活動報告は、ITRS の国際活動にフォーカスして行います。これは、参加メンバーの減少と遠方のメンバーの出席が得られないなどの結果、ITRS に絞った活動を行ったためです。

ITRS2009 での大きな改定点の一つに、ESH から他の技術 WG へ明確なメッセージを発信したことが挙げられます。これは、半導体技術開発に大きく

影響する環境規制が、世界の各所で益々厳格に、

様々な分野で行われていること、将来行われるで **Motivation for Prioritization Categories**

あろう事を技術開発に携わる人々に発信する

役目を ES&H WG が担っているためです。

技術ロードマップではありますが、

ES&H は技術以外の重要な側面を持っていると

考えています。すなわち、社会(政府)からの

環境要求と今後の半導体の技術開発の方向性の

間にあって双方向の円滑な情報伝達を行わねば

なりません。

2009 年の ITRS では 2008 年に提案した

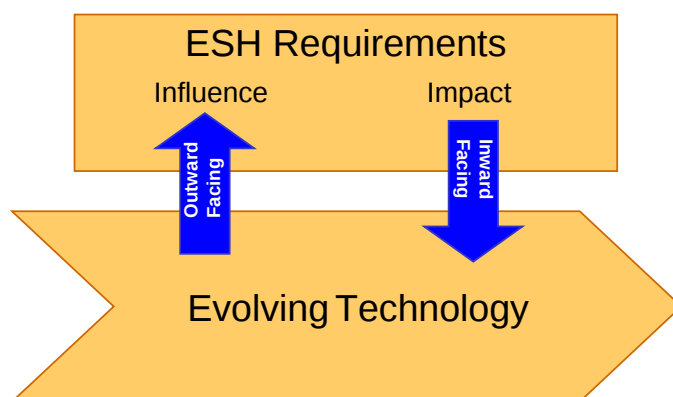
環境と技術の相互影響について

「相互の影響」から「実行すべき優先順位」

に対する動機付け、さらに法規制と経済の要素が技術大きく影響することを記載しました。

2009 年はこの意味で大きな変換点に当たる年であったと考えられます。

図表 10-1 ESH 方針と技術開発の



•Missing the ESH ITRS requirements would not typically result in the technology not performing – but it may inhibit the technology from being implemented due to regulatory or economic factors

10-2 世界の環境規制概観

環境面で大きく取り上げられている項目に地球気候変動(温暖化)、化学物質、資源、生物多様性などがあります。この中で、とりわけ温暖化に関連するエネルギー問題、これは昨年のコペンハーゲンで行われた COP15 へ世界の主要国の元首が全て参加するなど各国とも非常に高い関心を持っています。更に国別にエネルギー起源の CO2 排出抑制を強化する方向に動いています。また化学物質の面では 2014 年の RoHS の改定で砒素やアンチモンといった物質も候補に挙がっており懸念される状態になっています。また昨年5月に行われたストックホルム条約では PFOS が付属書 B へ追加されました。PFOS は 2000 年の 3M 社の製造中止を機に半導体リソグラフ技術開発に大きな影響を及ぼしたことは記憶に新しい事象です。

10-3 ITRS2009 年の特徴

2009 年版の大きな特徴は、他の技術 WG やサプライヤーへのメッセージ発信をより明確にするために、以下の 2 つの項目を追加したことです。

10-3-1 ESH Categories の追加

従来から ESH 章のテーブルには技術的な推進における懸念事項に関連した要件の一覧を掲載していました。しかし、従来版のままでは、一般的な ESH 懸念事項は認識できるものの何が重要であるのか、どの項目を優先すべきか活動項目、あるいは優先課題として取り組むべきかについては、何ら情報を提供できていませんでした。ESH の改善に加えて、利用可能な資源の焦点を合わせるために、すべての ESH 要件について、以下に説明する 3 つカテゴリに分類しました。

■ **Critical**: このカテゴリに分類された全ての要件は、ESH 要件の達成と同時に技術の成功/実現のための不可欠の項目です。問題解決の努力無しには、技術を製造に適用することが非常に困難になる可能性を持っています。そして、少なくとも一箇所の ITRS メンバーの極において、潜在的又は現実の政策/法規制の課題に基づきます。これらの要件は、活動のために最も高いプライオリティーを有しています。

■ **Important**: このカテゴリに分類された全ての要件は ESH 要件の達成と同時に技術の成功/実現のためのキーとなる項目です。問題解決の努力無しには、製造におけるスループットや、歩留まりや、化学物質/材料や、そしてその他の、治工具などの項目(廃棄処分/除害を含む)で、多くの技術のコストを必要とする可能性があります。これらの要件は、活動のために二番目のプライオリティーを有しています。

■ **Useful**: このカテゴリに分類された全ての要件は、ESH 要件の達成(ベストプラクティス)のためのキーとなる項目ですが、明確な追加要素がなければ上の 2 つのカテゴリのどちらかにそれを分類することは出来ません。問題解決の努力の無い場合、その技術を製造に導入するときに、それほど大きな ESH の影響が発生しないと考えられます。これらの要件は、活動に対して低いプライオリティーです。

図表 10-2 ESH 優先順位カテゴリ表の例

Table 4a. Chemicals and Materials Management Technology Requirements—Near-term Years									
The Environment, Safety, and Health new chemical screening tool (Chemical Restrictions Table) is linked online									
Year of Production	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Interconnect									
Low-k materials—spin-on and CVD Important	Establish PCU* and PE* baselines		Improve PCU and PE by 10% (relative) from baselines		Improve PCU and PE by 10% (relative) from previous values				
Copper deposition processes (conventional and alternative) Important	85% copper reclaimed/recycled		90% copper reclaimed/recycled		95% copper reclaimed/recycled				
Planarization methods Important	Establish consumables and emissions baselines		> 15% improvement in consumables***		2% reduction in consumables*** per year				
Plasma etch Critical	Establish PCU* and PE* baselines, and investigate alternatives with improved ESH impacts.		Improve PCU and PE by 10% (relative) from baselines, including potential use of alternatives with improved ESH impacts		Improve PCU and PE by 10% (relative) from previous values, including potential use of alternatives with improved ESH impacts.				
CVD chamber clean (plasma) Critical	Establish PCU* and PE* baselines, and investigate alternatives with improved ESH impacts.		Improve PCU and PE by 10% (relative) from baselines, including potential use of alternatives with improved ESH impacts.		Improve PCU and PE by 10% (relative) from previous values, including potential use of alternatives with improved ESH impacts.				
	Reduce Global Warming Impact (lower GWP emissions; improved utilization*) without increasing ESH risk		Reduce Global Warming Impact (lower GWP emissions; improved PCU*) without increasing ESH risk		Reduce Global Warming Impact (lower GWP emissions; improved CU*) without increasing ESH risk				

10-3-2 ESH ドメインによる分類

ITRS2009 年版には、以下の ESH ドメインに従って容易に ESH 要件が参照できるように新規の表が準備されています(従来、各技術分野毎に表記されていた ESH 要件を ESH ドメインにまとめ直しています)。この表は、Restricted Chemicals(制限された化学物質)、New chemicals(新規化学物質)、Nanotechnology(ナノテクノロジー)、Utilization/Waste Reduction(利用(効率)/廃棄物の削減)、Energy(エネルギー)、Green Fab(グリーンファブ)の合計 6 つに分類しています。

■ **Restricted Chemicals**(制限された化学物質): 本来、このドメインは、Critical に分類する化学物質をハイライトします

■ **New chemicals**(新規化学物質): 今後その使用が検討される新探求の化学物質と材料です。これらが新プロセスへの導入の検討時においても、その正確な情報と ESH の特性は必ずしも完全には確立されていないという意味において新規です

■ **Nanotechnology**(ナノテクノロジー): 正式には新規化学物質の一部分では有りますが、ナノメートルスケールの化学物質、材料として単独の ESH 課題のドメインに分離しました。また、多くの分野で単独に議論されていることを考慮しています

■ **Utilization/Waste Reduction(利用(効率)/廃棄物の削減)**: この考慮範囲で定められる 4 つの基本的な ESH 戦略は、このドメインにおいての優れた役割があります

■ **Energy(エネルギー)**: 温室効果ガスの排出抑制、カーボンフットプリント、エネルギーの測定基準などの注目度の増加を考えると、この領域は一つのドメインにふさわしいレベルとして際立っています

■ **Green Fab(グリーンファブ)**: これは、事業が最小の ESH インパクトで行われることを表す幅広い語です(現在、明確な定義はありません)。このドメインは、化学物質/材料、治工具、プロセスなどの完全なライフサイクルの配慮、完全な工場の基幹施設、そしてそこから生み出される製品群などの課題を含みます

図表 10-3 ESH 要求事項の領域と分類

Table ESH2 ESH Requirements by Domain and Category		
Restricted Chemicals Assembly & Packaging 3D via etch C FEP Plasma Etch C Doping C Interconnect Plasma etch C CVD chamber clean C 3D via etch C Lithography PFOS/PFAS/PFOA materials C	New chemicals Intrinsic Chemical risk assessments U ERM Materials for novel logic & memory C FEP High-k & gate materials I Alternative surface prep U Non-silicon, active substrates [channel] C Novel memory materials I Interconnect Low-k materials I Copper dep processes I Advanced conductors U Planarization I Surface prep I Lithography 193 immersion resists U EUV resists U Imprint materials U	Nanotechnology Intrinsic Nanomaterials risk assessment methods U ERM Nanomaterials C

10-4 ITRS2009 年で残された課題

■ ESH 領域における ESH 自体の技術に関して

2009 年版の改定に向けて、ITRS における ESH の領域、目的の明確化を行ってきました。その結果、外部からの環境要求と技術開発の相互影響についての情報発信は前進を見ましたが、ESH 自体の課題に関する議論が不足しています。ESH の領域においては、現行のラインも領域内の課題です。ステークホルダーからの要求や法規制は新規技術のみに対するものではないからです。少なくとも短期の ESH 課題として取り上げ ESH 技術のロードマップを整備する必要があると考えます。一度作られ稼働中のラインに適合させる技術は、新規のそれよりも数倍の困難さを伴います。そしてこのことが、環境適合生産の解となり事業の継続性を確保するものと考えます。

■ 内在する課題・技術領域の明確化

これまで、ESH は各分野における課題抽出を主に行ってきました。しかしロードマップの目的の一つである解決案の候補に関する議論には取り掛かる必要性を理解はしていますが未だ不十分です。しかも今後の議論においては半導体産業において特に重要なエネルギーの需給見通しを配慮しなくてはなりません。特に高騰していくであろうエネルギーコストをどう見るか、これによって技術開発へ大きなインパクトを及ぼすことは必至です。

■ 数値・KEPIs の見直し

上記議論を踏まえて、数値・KEPIs の見直しの必要性があります。既に、技術の物差しが、DRAM、フラッシュ、ロジックの 3 つに定義されています。また 3 次元実装に見られるように従来の技術の枠組みが変化をしようとしています。このような中で、例えば面積あたりのファクターなどの表記方法が今後においても適切であるか、考え直さねばなりませんし、外部の要求が絶対値であるときに効率の議論もふさわしくありません。

短期、長期の課題を議論し適切な環境性能、回答を示すための数値と指標の両面の見直しが重要です。

10-5 2010 年以降の達成すべき課題

■増加する化学物質、期間的・地理的に複雑化する規制に関する管理

化学物質規制は今後の半導体の技術の方向性を決定付ける大きな要因のひとつです。これまでは欧米がこの規制の中心的な発信地域でしたがこの地域以外での法規制も進行しています。しかも内容的に近いものでは有りますが、細部では異なる部分が多く、グローバル化が進んでいる半導体産業にとってこれらの法規制に対して製品や工場を如何に管理していくかが大きな課題です。現実の規制への対処は当然にしても更に進化するであろう化学物質規制に対しての先見がポイントになります。

■化学物質のアセスメントデータ・解析手法の有効性の確保

これまでに蓄えてきた化学物質のアセスメントデータ、解析手法を今後如何に発展させさせるかがポイントです。新技術分野における、今後必要とされる化学物質/材料(具体的な個体が判っていても、要求される性能・特性)を、既存のアセスメントデータと解析手法から如何に新しく有効なアセスメントを行えるかが重要です。特に前述した ESH ドメインの新規化学物質がこの課題解決へのヒントを与えると考えます。

■省エネルギーに関する新技術の視点

省エネは、従来にまして今後更なる重要性を増してきます。従来の「省エネ」は、効率向上の議論が中心であったと思います。しかしこれから将来は、絶対値も加味した新技術開発が求められます。着眼点の例として、「プロセス装置へ投入されたエネルギーと、そこで実際に加工(ウエハーやチップ)にかかったエネルギーには大きなギャップがある」などです。このギャップは、例えば加工に必要な環境空間の作成、機械的、化学的なロスなどになっていると考えています。更に着目に値するロスが未だ数多く存在しています。

■450mmの影響の評価

2009 年版に至るまでも、450mmラインの評価は行ってきましたが、未だ十分ではありません。今後一層の評価が必要になります。またここで重要なことは、200mmから 300mmの時と同様に多くのデバイスメーカーが 450mmラインを構築していくであろうことが見えていないことです。もしかすると、450mmラインは一部のメーカーに限定されるのではないかということです。この場合でも、時間経過に従って多くのメーカーが追従して 450mmへ移行していくのか、あるいは 300mmと 450mmが混在し相当期間共存するのかシナリオ作りが重要になります。このことは、プロセス開発、製造装置開発に非常に大きな影響をもたらします。

■その他

ITRS2009 年版で残された課題(前述)

10-6 まとめ

これまでの ITRS を振り返ってみると、2005 年版では、エネルギーの話は載っているものの詳しい議論は全く無く、また日本の 3R に相当する廃棄物管理に関する議論はされていませんでした。2007 年版では 2005 年までの問題は少し進展しましたが、ESH の位置付けは非常に曖昧なものでした。今回、ITRS2009 年を作成するに当たり、最初に ITRS の領域と ITRS の目的を国内で議論し、2008 年に技術と ESH の相互影響の関係のイメージを提案・採択しました。特に 2009 年に入ってより ESH の領域と目的を明確にしたと考えます。

今回の版では不十分ながら目的の一部を達成したと考えています。今後は環境委員会の協力を得て間接的ではありますが ITRS の改定へ参加していきます。

10-7 ITRS2009 年活動状況

以下に、2009 年の 3 回の ITRS 会議に出席した際の出張報告を添付します。

第 33 回 ITRS (国際ロードマップ)会議 出張報告

1. 出張全日程 (3/19-3/20)

会議日程: 3/19(木) ITWG/IRC Workshop

3/20(金) ITWG/IRC Workshop

2. ITWG 報告

会議名称:FEP ITWG 会議

時間 : 3/19 9:00-17:40 3/20 9:00-18:00

場所 : Dolce La Hulpe, Brussels, Belgium

出席者 : Jim Jewett [Intel]・ (US) Andreas Neuber [Applied Materials] , Harry Thewissen [NXP]・
(EU)Tetsu Tomine[Seio Epson]・(日本)

3. 会議内容

(1)ESH ITWG ミーティング

① 2009Ver について

日本からロードマップテーブルの形態として Technical Thrust ベースから ESH Topic ベースへの変更を提案していたが、会議前日の IRC ミーティングで、ITRS の従来形態である Technical Thrust ベースを崩すわけには行かないとの指摘を受けた。この指摘に対し、将来的に ESH Topic ベースへの転換を踏まえつつ、今回は Technical Thrust と ESH Topic とのマトリクスを作成し 2009 年 Ver に追加し、Technical な課題と ESH の課題との関係を明確にすることで IRC の理解を得ることができた。これにより、ESH の課題に対して充実した議論ができる体制の一步を踏み出すことになったと考えている。

従来の課題として、Technical Thrust に対し、ESH Topic は共通課題になる場合が多いことから、ロードマップテーブル上で重複が多く、ESH 課題の理解がしにくいという問題があった。また、ESH Intrinsic Requirement に ESH 個別 Topic 毎の解説もないことから、ITRS のロードマップ上で ESH の課題について理解をすることが難しいという現状にある。

なお、既存工場に対する省エネの提案については今回議論できる状況に無く仕切り直しとなる。

2009Ver 構造

- Scope
- Difficulty Challenge
- ESH Topical Matrix (New) …… 今回追加し ESH 課題の共通性の理解を図る
- ESH Intrinsic Requirement(ESH Topics)
- Technical Thrust ESH Technology Requirement
- Chemicals and Materials Management(Technical Thrust):将来的に ESH Topic ベース化を検討
- Process and Equipment Management(Technical Thrust):将来的に ESH Topic ベース化を検討
- Facilities Energy and Water Optimization Technology Requirements
- Sustainability and Product Stewardship
- Potential Solutions

② Energy の SEMI とのコラボについて

IRC ミーティングで、ITRS と SEMI が将来のエネルギー削減のロードマップを共同で作成することが報道され(Peter Clarke EE Times Europe 03/06/2009 6:28 AM EST) 今年 7 月の SEMICON-WEST で共同のパネルディスカッションが行われることが知らされた。また、それまでに ITRS 内で Energy についての検討が必要との意見が出され、ITRS 米中心に準備が進められる事と思われる。検討の為の Virtual Fab Platform の必要性が語られたが、誰がどの様に進めるかまでの具体的な検討まではなかった。

(2)Cross ミーティング

- ① Interconnect:PFC(SF₆、NH₃)の削減についての議論がされた
- ② FEP:イオン注入における砒素の削減の要望及び、PFC(SF₆、NH₃)の削減の議論がされた
- ③ Assembly & Packaging:ナノパーティクルに付いての意見交換がされた
- ④ ERM:ナノテクノロジーについての議論は不可解にもESH議長が敬遠した感となり議論が進まなかった。08 年度の夏の会議で ERM と ESH でナノ技術についてのホワイトペーパーの作成をすることとなっていたが、進んでいない。
- ⑤ Yield:ナノパーティクルの測定で 4～5nm 以下はクラスター状態になっているので、測定上大きな問題は内と Andreas 氏からあったが、研究室レベルの測定に対し、工場レベルでの数 nm のパーティクル測定の課題が指摘された。
- ⑥ Litho:EUV は 2013 年頃から量産適応が開始予定でその時のエネルギー増加は現状の×2～10 程度とされているが、ここ数年の省エネ化の進展しており×2 倍程度という意見もあった。

第 34 回 ITRS (国際ロードマップ)会議 出張報告

1. 出張全日程 (7/12-7/15)

会議日程: 7/12(日) ITWG/IRC Workshop	10:00～16:00
7/13(月) ITWG/IRC Workshop	9:00～17:00
7/14(火) ITWG/IRC Workshop	8:00～18:00
7/15(水) ITRS Summer Public Conference	8:00～16:00

2. ITWG 報告

会議名称:ESH ITWG

場所 :San Francisco Marriott Hotel

出席者 : (US)Jim Jewett - Intel / Mike Mocella - DuPont (EU)Hans-Peter Bipp /Infineon
(Taiwan)Joey Lu - TSIA(ITRI) (日本)Takayuki Ohgoshi / NEC Electronics

Advisors: (US) Andreas Neuber – Applied Materials / James Beasley – ISMI
(日本)Minoru Kagino – Toshiba / Shigehito Ibuka - TEL

3. 会議内容

3-1 概要

今回の大きな話題は、ESH からの情報発信で「何が重要か」を明確に意識したこと。そのための優先順位を以下の 3 カテゴリーに定義し、その定義についての確認を行った。優先順は「Critical」「Important」「Useful」の名称で表記する。各 WG やサプライヤーの方々が ESH「困難な挑戦」表で優先度の高い項目を容易に識別可能となる。もう一点は ERM と ESH のジョイントホワイトペーパーについて議論、特にレーダマップ(何時ごろ、どの分野で、どのような新物質が必要となるかを示す表)について別途時間を取り検討した。

3-2 個別の論点

- ①ESH 要求事項と技術革新のポリシー図において、両者のハーモナイズの重要性について議論、昨年日本から提案した「相互影響」→「調和の重要性」ということで一歩進めた
- ②上述 3-1 の ESH に関する特徴付け「Critical」は主として、法規制が対象、「Important」はコスト関係と技術の整合が重要な課題、「Useful」は上の二つのカテゴリーに入らない課題
- ③化学物質制限テーブルのアップデート、現在は米国からの提案が提示されている(9 月の 2009 年版に向けてメール審議)、PFC の温室効果ガスに関して、カリフォルニアの規制や連邦での米国版温対法の影響を受けて High にランクされている。
- ④2009 年の主要成果
ー技術要求事項(困難な挑戦)の重要性区分、内的要因、外的要因のバランス

－上記② 化学物質制限テーブルの改定

－450mm の初期評価

⑤2010 年の課題

－如何に、ESH カテゴリーと技術要求に関して調和をとっていくか

－エネルギーとカーボンフットプリント、更に増加が見込まれるエネルギーと温室効果ガスをどうするか

－化学物質アセスメントデータと方法論に関して適時に可能にすること、

－450mm より精緻に影響を把握する

3-3 クロスカット

Interconnect / Assy&Pkg / ERM / Yield / Litho / FEP / Factory Integration

今回は、相手の状況を聞くのではなく ESH 側から ESH テーブルの優先順位付けと、定義付けと説明を実施

3-4 今後の宿題

「困難な挑戦」に関して 7 月 31 日、最終の総合コメントに関して 9 月 7 日までにメール審議を行い、2009 年版を完成させる

4. 所感

2009 年改定で、ESH 情報の見易さや判り易さを目指し、表そのものを ESH の項目をキーにする提案を行ったが、壁が厚く一挙に表の全面改訂には至らなかった。しかし、米・欧メンバーへの理解を深め一歩前進は認められた。今回の重要性の分類、ESH と技術の相関ポリシーのブラッシュアップなど成果は大きい。

7 月の会合は、SEMICON WEST に合わせたもので SEMI、ISMI などのワークショップ、カンファレンスなど出席すべき(参加を要求されるもの)が多い。

第 35 回 ITRS (国際ロードマップ)会議 出張報告

1. 出張全日程 (12/14-12/16)

会議日程: 12/14(月) ITWG/IRC Workshop	9:00----17:20
12/15(火) ITWG/IRC Workshop	9:00----18:15
12/16(水) ITRS Winter Public Conference	8:00----18:00

2. ITWG 報告

会議名称: ESH ITWG

場所 : Taiwan Hsin-chu Ambassador Hotel

出席者 : (US) Jim Jewett - Intel / Mike Mocella - DuPont (Taiwan) Chia-Ho Lee - ITRI

(Japan) Shigehito Ibuka - TEL / Takayuki Ohgoshi - NEC Electronics E-SIA / K-SIA NO participant

3. 会議内容

3-1 概要

IRC への報告事項検討(ESH のアップデート)

- ・新規化学物質の認識と、新規化学物質を半導体製造技術へ導入する環境が不十分の懸念事項
- ・JEITA から ESH ITWG への参加が無くなる事への議論(現在 STRJ の特別委員をお願いしている TEL 井深氏をリエゾンとして情報交流を継続する)
- ・ESH 技術テーブルのリバイズへの留意点/リソースの必要性の表明

ITWG での議論

- ・課題項目の優先順位付け
- ・化学物質の制限テーブルの見直しなど
- ・2010 年次回以降への課題のまとめ など

3-2 個別の論点

- ① ESH ポリシー図のタイトルについて検討、「ESH 要求事項と技術革新のハーモナイズ」を「優先順位づけカテゴリに関する動機」に変更、改めて ESH が技術革新と密接に関連していることを確認
- ② ESH の優先順位に関する定義付けの確認、特に「Critical」は法規制(内部的または外部的な基盤上、少なくとも ITRS メンバー領域の 1 つで)を含め技術実現の不可欠な要素であること
- ③ 化学物質制限テーブル、特に CNT, ナノ材料、ナノパーティクルに関してフォーカスして議論
- ④ 2009 年の主要成果
 - － 技術要求事項(困難な挑戦)の重要性区分、内的要因、外的要因のバランス
 - － 化学物質制限テーブルの改定に関する確認の議論
 - － 450mm の初期評価

3-3 クロスカット

Interconnect / Assy&Pkg / ERM / Yield / FEP / Litho / Factory Integration

全般の議論として ESH から、CNT などのナノマテリアル(ナノパーティクル)のケミカルリスクに関して提起を行った。インターコネクトに関しては Cu の代替、CMP のスラリーレスに関しては水使用の観点にも言及

3-4 2010 年及び今後の挑戦すべき課題

- － 化学物質の制限、潜在的制限のマネジメントについて
- － 化学物質アセスメントデータと方法の適時性の有用性について
- － 技術要件を伴った ESH カテゴリーの認証
- － エネルギー消費(エネルギー消費が技術展望に与える影響)
- － 450mm より精緻に影響を把握する(新技術の見通しを含めて)
- － メモリーとロジックの差に関する ESH の要求事項の決定(精査し、両者の差が明確な場合)

4. 所感

2009 年改定で、不十分ながら ESH 情報の見易さや判り易さを実現、また ESH 要求事項と技術開発との関連について表現することも実現できた。これまで、化学物質中心の ESH ロードマップにエネルギーを含めたグリーンファブの提案を継続し結果が出てきた状況下でチェアーの米国と協調して運営してきたが、STRJ の休止に伴う ITRS へ日本からの不参加のため今後の協調に関して環境委員会で検討する。また上述したが、リエゾンとして TEL 社に協力願えることも完全に無縁化を防ぐことに有用と考える。

以上