

”半導体の環境課題と地球温暖化対策 ～半導体工場省エネガイドについて～”

WG9 : Environment Safety and Health(ESH) WG

委員 遠峰 徹
(セイコーエプソン)

IEC (International Electrotechnical Commission) 国際電気標準会議は、電気工学、電子工学、および関連した技術を扱う国際的な標準化団体、その標準の一部はISOと共同で開発されている。

EuP: Energy using Products

RoHS: Restriction of Hazardous Substances

JIG: Joint Industry Guide

J-Moss: Japan the marking for presence of the specific chemical substances

APP: Asia Pacific Partnership

REACH: Registration, Evaluation and Authorization of Chemical

WEEE: Waste Electrical and Electronic Equipment

POPs: Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants 残留性有機汚染物質に関するストックホルム条約

PFOS: Perfluorooctyl sulfonates

AB2202: Another Bill Electronic Hazardous Waste (E-Waste)

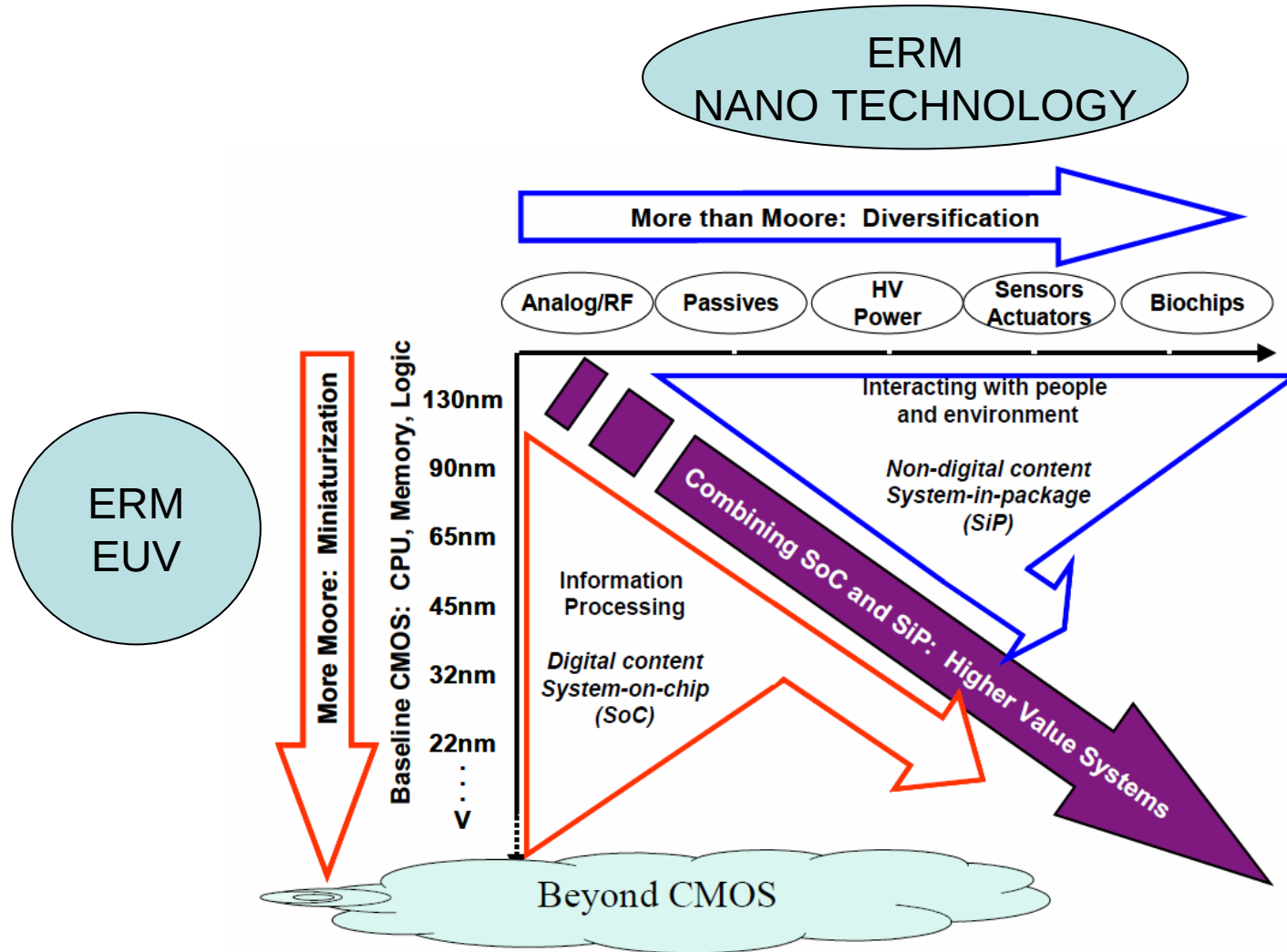
ITRS-ESHの領域

- 半導体“**技術の高度化**”に伴う環境リスク
- 製品及び製造に対する“**Global環境課題**”
 - 化学物質規制
 - 地球温暖化（PFC、省エネルギー）
 - 資源枯渇（活用）、廃棄物管理
- （Sustainability：環境適合生産方式）

ITRS-ESHの目的

- 技術的リスク及び要求の明確化
- 解決候補及び時期の提示
 - ✓エンジニアの意見交換
 - ✓SEMI標準への布石

“技術の高度化”に伴う環境課題



出典: ITRS 2005 Edition Executive Summary

ナノパーティクルの安全性

Nano製造と安全考慮の領域

Nano材料供給－Nano材料の搬送－Nano製造－Nano材料副産物－Nano材料の廃却

➤ Nano材料(テクノロジー)の適応

微細化⇒暴露表面の増大⇒化学的活性化⇒機能性、毒性？

Ex. カーボンナノチューブの肺毒性、二酸化チタン・シリコンの毒性

➤ 発生パーティクルのNanoスケール化

パターンルールの微細化に伴い、製造工程で発生するパーティクルの微細化における安全性

Ex.CMPにおけるサブパーティクルの微細化

安全性に対する議論

■2007/2 国連環境プログラム(UNEP)の年次報告書「ナノテクの環境影響がほとんど分からず、公的法規制がない事を鑑み、ナノテク安全に関するより系統的な研究分野特有の政策が必要である」

■調査優先手順 2005年半導体と化学品業界代表者による

SRC(Semiconductor Research Corporation)、Chemical Vision 2020

➤ 毒性評価の為のテスト方針

➤ 粒子毒性評価の為の最良計測

➤ 汚染監視手順

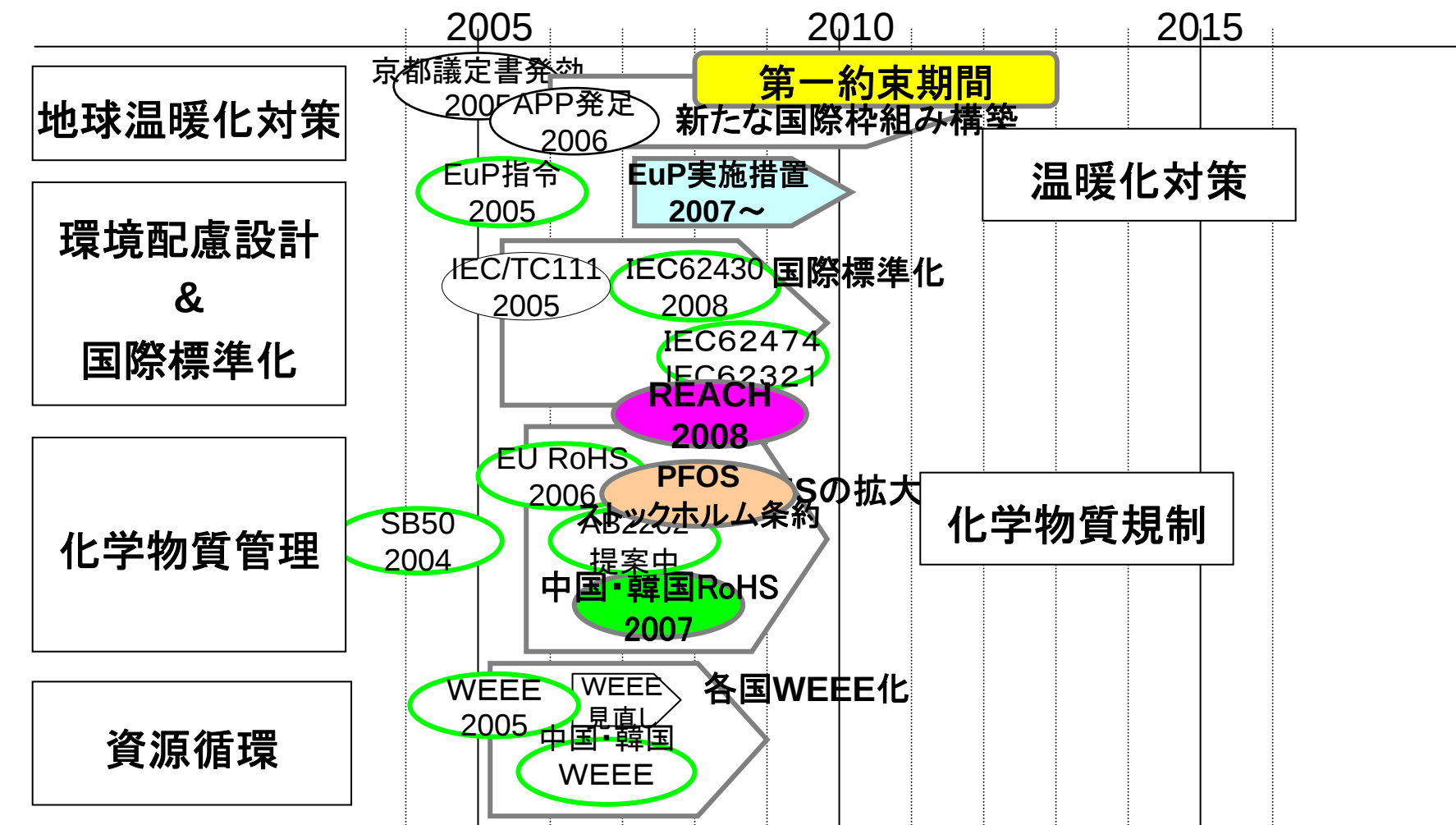
➤ リスク評価手順

➤ ESH及び社会影響に関する情報交換

“Global環境課題”

分野	環境課題	経済的課題
地球温暖化	PFC エネルギー	(CO ₂ 排出コスト) 燃料・輸送コスト (OIL PEAK)
化学物質規制	生体への毒性 越境 法律規制	訴訟コスト
廃棄物	公害 廃棄方法	対処コスト 廃棄コスト
資源枯渇	資源効率	資源コスト

国際的環境規制動向



WEEE: Waste Electrical and Electronic Equipment APP: Asia Pacific Partnership

主なEU化学物質規制

■**WEEE指令** 廃電気電子機器に関する欧州議会および理事会指令

■**Rohs指令** 電気電子機器に含まれる特定有害物質の使用制限に関する指令

➤鉛、水銀、六角クロム、PBB、PBBD <1000PPM, カドミウム <100PPM

➤チャイナ,韓国,日本Rohs(J-Moss)

■**Reach規則** 化学物質の登録、評価、認可の略称

要求事項; (1)既存物質/新規物質の区別なく登録義務(年間1t以上)

(2)化学物質のリスク評価義務(年間10t以上)。

(3)懸念物質(発癌,内分泌かく乱物質等)について上市を禁止用途毎に認可

■**EuP指令** エネルギー使用製品の環境設計要求事項を設定するための枠組みに関する欧州議会および欧州理事会指令

要求事項; (1)製品設計の仕組みの要求

(2)「エコロジカルプロフィール」の作成

(3) 製品環境パフォーマンスの改善・要求水準への適合

(4) 製品適合評価と必要資料の提出・保管

(5) ユーザーへの情報開示

Chemical Restrictions Screen



	Show Stopper	High Restriction Potential	Medium Restriction Potential
Rohs	ポリ臭化ビフェニール類 (PBB)、ポリ臭化ジフェニルエーテル (PBDE) カドミウム 鉛 水銀 6価クロム	(カドミウム) (鉛) (水銀) (6価クロム)	
オゾン層破壊	全ハロゲン化クロロフルオロカーボン 1,1,1-トリクロロエタン ハロン ハイドロブロモフルオロカーボン (メタン、エタン、プロパン) ハイドロクロロフルオロカーボン HCFC 141b	ハイドロクロロフルオロカーボン (HCFCs)	
温暖化	四塩化炭素 (毒性)		PFC - SF6 - C4F10 - C2F6 - C5F12 - CF4 - C6F14 - NF3 - C4F8 - CHF3 - C3F8 ハイドロフルオロカーボン (HFCs)
ダイオキシン	PCB:ポリ塩化ビフェニール類 (PCB) ポリ塩化ビフェニール、(PCT)ポリ塩化ターフェニル (PCN) ポリ塩化ナフテン 短鎖型塩化パラフィン		
発ガン物質	アスベスト 一部のアゾ染料・顔料	パーフルオロオクタンスルホン酸 (PFOS)	エチレンクロライド エチレンオキシド パーフルオロオクタンスルホン酸とその塩 (PFOA) パーフルオロアルキルスルホン酸 (PFAS)
環境ホルモン	グリコールエーテル (TBT)トリブチルスズ、(TPT)トリフェニールスズ		フタル酸類 フェノール

PFOS問題

- ✓撥油・撥水性から多くの機能デバイス製造用途に適応
- ✓毒性、高蓄積性、難分解性、拡散性(長距離)があるという学術的報告
⇒POP_sへの追加提案

* POP_s : 残留性有機汚染物質に関するストックホルム条約

PFOS半導体用途及び規制

- クリティカルユース : フォトレジスト、反射防止膜
⇒ エッセンシャルユースとして規制適応除外活動
- ノンクリティカルユース: 現像液、洗浄剤、ポリイミド ⇒ PFOS使用廃止

最近の国際検討状況

- ✓2007年12月 POPRC(残留性有機汚染物質評価委員会)
 - 原則廃絶 or 制限 の議論
- ✓2008年12月のLRTAP(長距離越境大気汚染条約)の決議
- ✓2009年5月のストックホルム条約COPでの決議
- ✓国内: 化審法に基づき早ければ平成21年11月に製造・輸入・使用が禁止

* 国際的な影響

- PFOSの日本の生産量は世界シェアの約7割
- 日本の半導体材料メーカーの生産量は世界シェアの約6割
- 外注生産において日本のマスク製造メーカーの生産量は世界シェアの約7割

半導体工場省エネガイドについて

生産エネルギー消費指標RoadMap

Year of Production		2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Table 103a&b ESH Difficult Challenges																	
Table 104 ESH Intrinsic Requirements																	
II.. Process and Equipment Technology Requirements																	
Energy Consumption																	
Total fab tools (kWh/cm ²) [2]		0.40–0.35		0.35-0.30		0.30-0.25		0.25									
Tool energy usage (% of 2005 baseline)		90		80		Functional Area Goals TBD		Functional Area Goals TBD									
Tool total equivalent energy* (% of 2007 baseline)		100		80		70		60		50							
III.. Facilities Technology Requirements																	
Energy Consumption																	
Total fab energy usage (kWh/cm2)		1.5-1.3		1.3-1.1		1.1-1.0		1.0-0.75									
Total fab support systems energy usage (kWh/cm ²) [2]		0.8–0.6		0.6–0.5		0.5-0.4		0.4-0.25									
Reduce total fab energy usage (% of 2007 baseline)		100		90		80		70		50							
Table 105 Chemicals and Materials Management Technology Requirements																	
Table 106 Process and Equipment Technology Requirements																	
Table 107 Facilities Technology Requirements (ALL NUMERICAL VALUES IN TABLE MIGHT CHANGE)																	
Energy (electricity, natural gas, etc.)																	
Energy (electricity, natural gas, etc.)																	
Total fab* energy consumption (kwh per cm2) [1]		1.9		1.6		1.35		1.2		1.1							
Total site energy consumption reduction		Establi sh baseli ne	Reduce total consumption 10% from baseline levels	Reduce total consumption additional 10%		Reduce total consumption additional 10%		Reduce total consumption by additional 5%		Reduce total consumption by additional 5%							
Cleanroom thermal management		Establish baseline		Reduce heat rejection from process and ancillary equipment to cleanroom air by 15%		Reduce heat rejection from process and ancillary equipment to cleanroom air by		Reduce heat rejection from process and ancillary equipment to cleanroom air by		Reduce heat rejection from process and ancillary equipment to cleanroom air by additional 15%							
Table 108a&b Sustainability and Product Stewardship Technology Requirements (Some words may chnage)																	

地球温暖化対策

■PFC削減目標

- WSC2010年目標 総量10%削減、BM1995
- WSC2020年目標_案（総量20%削減、BM1995）

■エネルギー起因CO2削減目標

- COP3先進国削減目標 総量5.2%削減（BM 1990年）
- COP3日本目標 総量6%削減
 - ◇JEITA自主目標 実質生産高原単位35%削減（BM 1990年）

* 実質生産高原単位＝原油換算エネルギー消費(KL)／実質生産高(売上高)

JEITA環境安全委員会省エネ活動

(エネルギー起因CO2削減)

■1999～主な経緯

➤装置電力測定基準

➤エネルギー換算係数

✓SEMI-S23

➤(装置省エネガイドーⅠ)

装置スタンバイ電力削減(Sleep Mode)

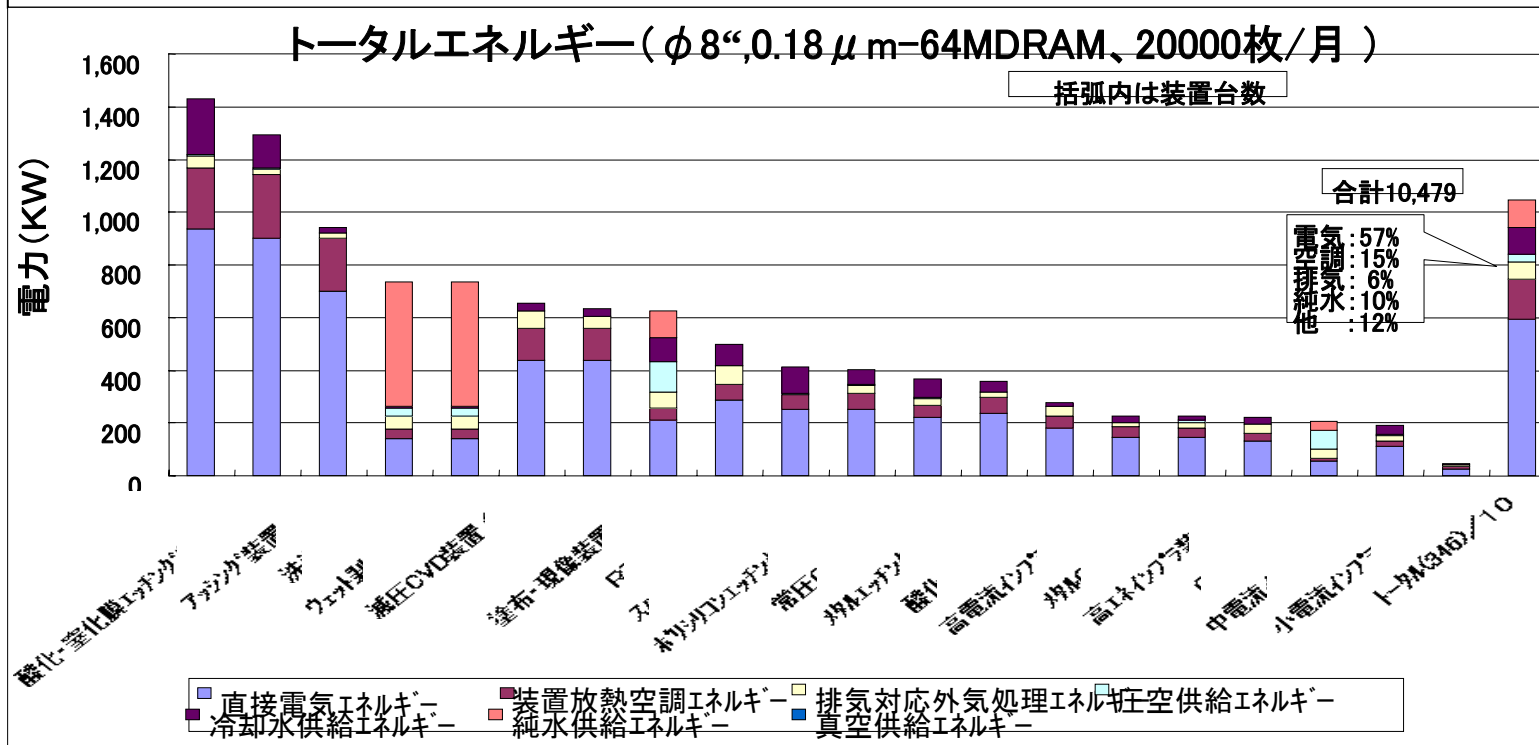
➤(装置省エネガイドーⅡ)

装置用力標準

装置エネルギー換算係数

$$ETE = \sum_{(i,j,k)} A_{i,j} \times B_i \times C_k \quad (\text{Equipment Total Energy})$$

- $A_{i,j}$: 装置稼動モード毎の用力諸元量
- i : 用力諸元種類(電力、排気、冷却水、圧空、真空、純水、排水他)
- j : 装置稼動状態(起動時、待機時、処理時、他)
- B_i : 用力諸元毎のエネルギー変換係数
- C_k : 装置稼動状態毎の時間占有比率



SEMI-S23 (2005.2)

『半導体製造装置で使用するエネルギー、ユーティリティー、および材料の保全のためのガイド』

- 装置の使用段階で提供されたユーティリティーと材料使用量を考慮
- ベースラインプロセス(装置評価の為の処理条件)
- ユーティリティーと材料使用量の測定
- 等価エネルギーへの換算係数(ETE)
- 装置サプライヤは省エネ目標値の設定と計画化(改善ロードマップの作成)
- モニタリングとレポート(装置サプライヤ)

⇒ 2005年、世界的に急激に普及

* ISMI 2007/7 S23 Application Guide, TEE_Tool(装置等価エネルギー計算ツール)の発行・・・(米)ISMI中心に積極普及

* JEITA 2008/3 生産装置グリーン購入ガイドライン_省エネ項に引用

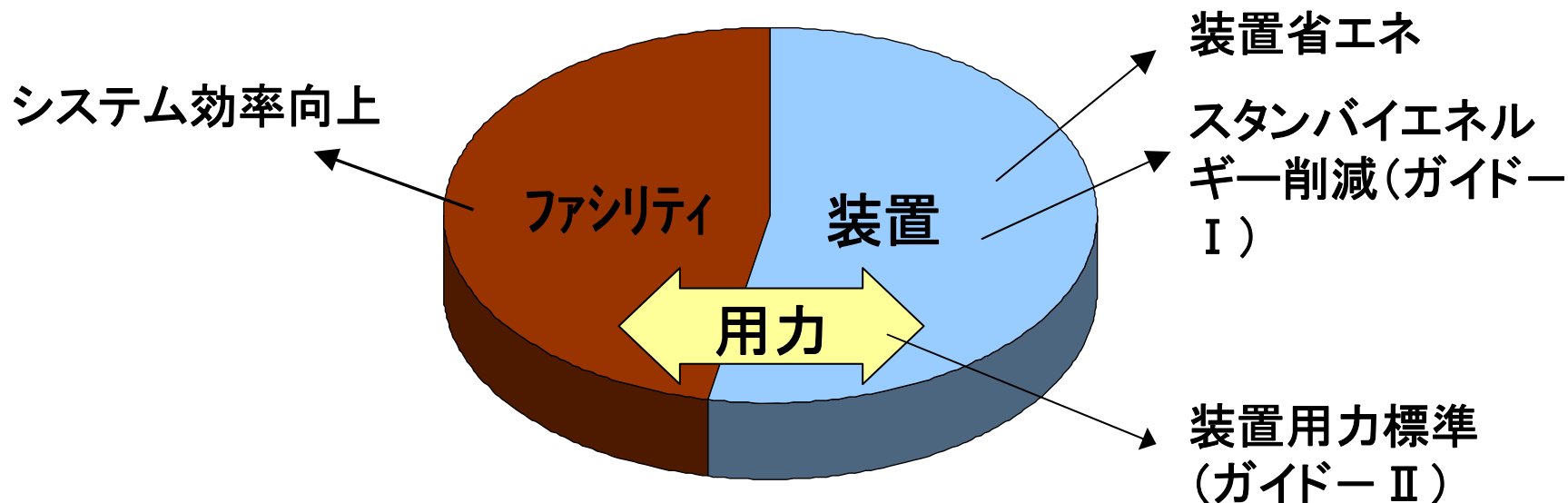
工場エネルギー削減の方向

■ 装置のエネルギー効率

- 装置スタンバイエネルギー削減(省エネガイドーⅡ)
- 装置用力標準(省エネガイドーⅡ)

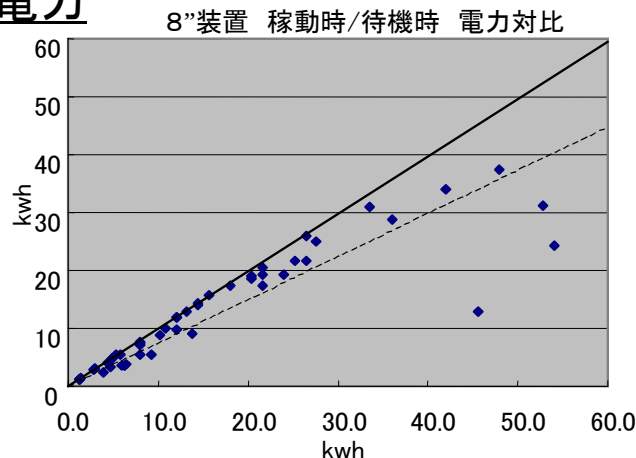
■ ファシリティのエネルギー効率

- システム効率目標



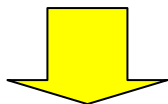
装置省エネガイド- I 装置スタンバイエネルギー削減

待機電力



稼動電力

装置は待機時間が事前に分かれば、待機エネルギーを下げられる？



デバイス: 待時間予知

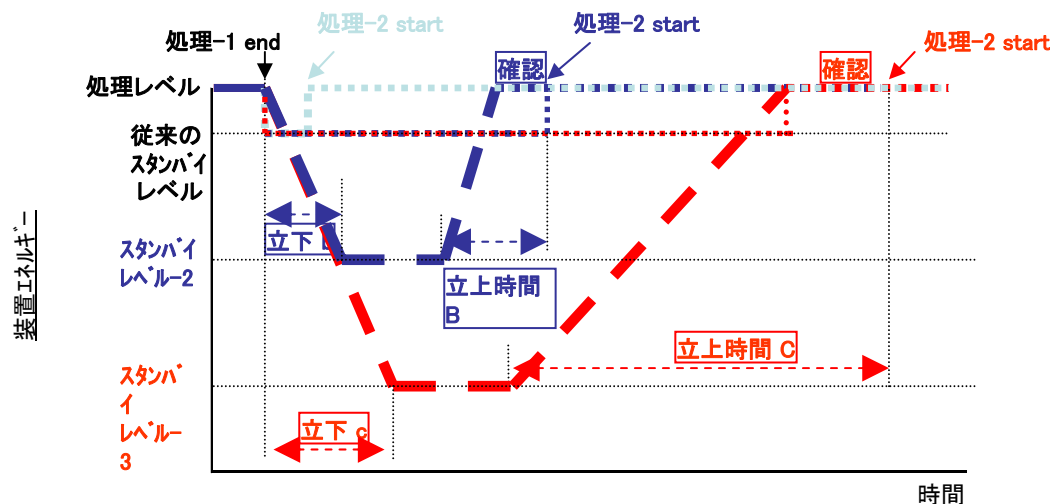
装置 : 自律的スタンバイ

従来待機電力は処理時電力とほとんど変わらない

原因 : 相反する要求

①スタンバイ電力削減

②製品到着と同時の生産

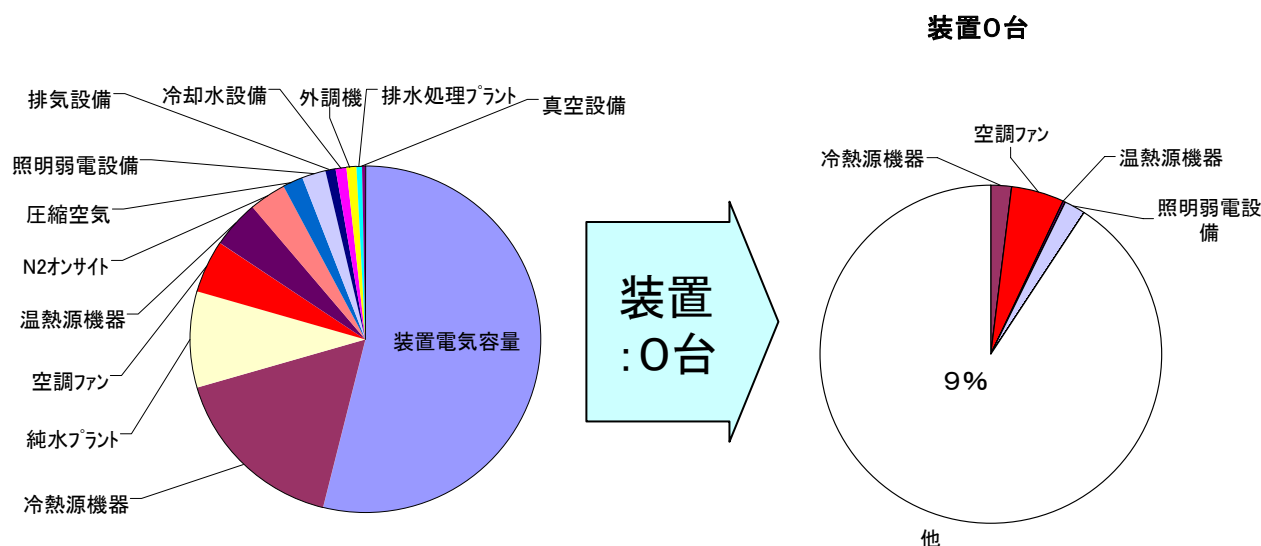


JEITA省エネWG2005年度資料より

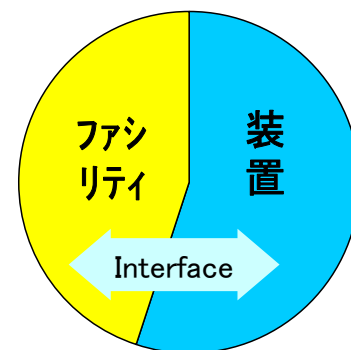
装置省エネガイドーⅡ 用力標準

- 装置がファシリティのエネルギー消費を要求
- 用力仕様は装置とファシリティのエネルギーインターフェース
- ファシリティが省エネになる用力の設定・・・用力標準

CRに装置が一台も無ければエネルギー消費は10%程度



用力仕様は装置とファシリティのエネルギーインターフェース



*『工場消費エネルギー簡易積算プログラム』によるシミュレーション

用力標準(案)

定義：工場(ファシリティ)にとって省エネとなる
装置の用力仕様

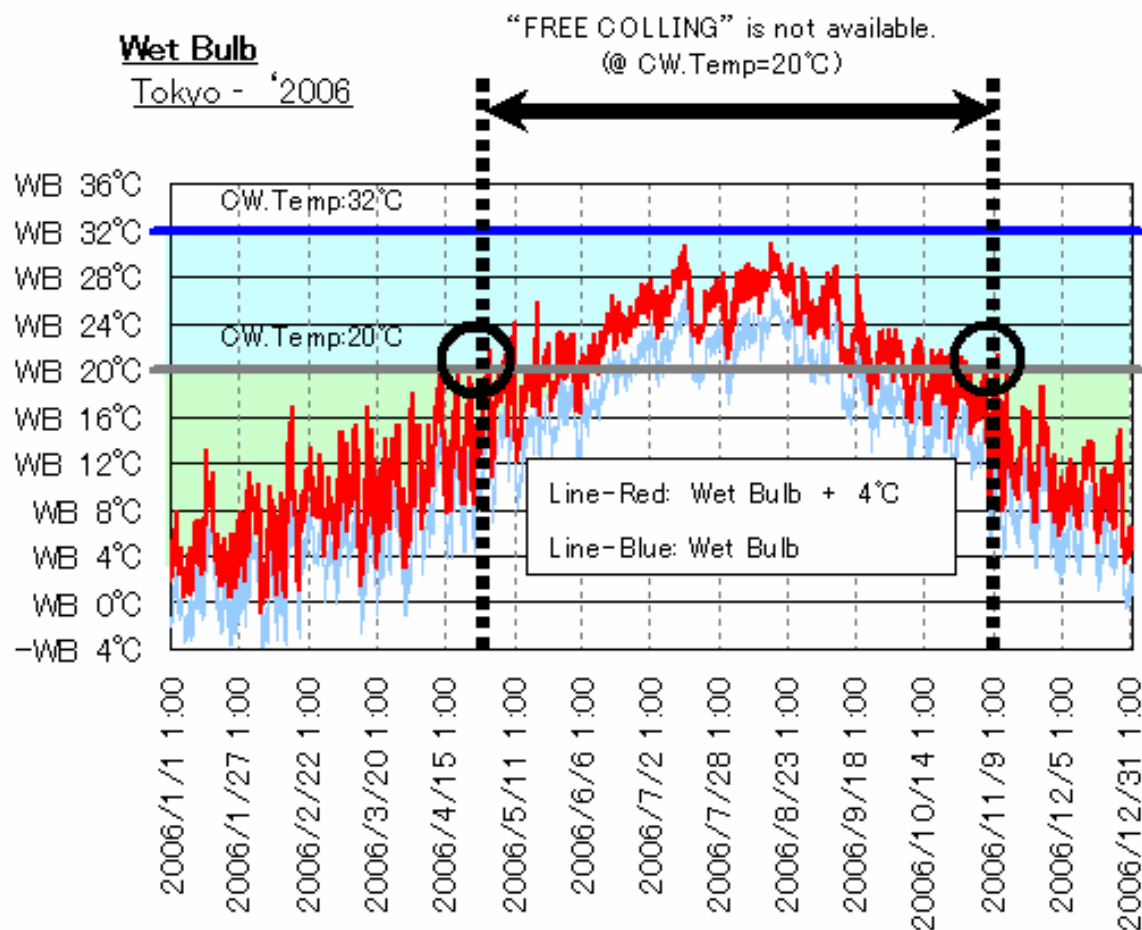
標準用力(参考):

生産冷却水	温度 ΔT 圧力 機内圧損	20→32 °C 2 → 5 °C 5 → 4kg/cm ²
排気	流量 機内圧損	ガスBox緊急システム
圧空	圧力 露点温度	9.5→4kg/cm ² -70→-40 °C
全用力共通	消費量	スタンバイ時削減 負荷変動化

装置用力標準 効果シミュレーション例 生産冷却水

- シミュレーション前提： 8"ウエハ 、 10000枚/月 、 0.18 μ ロジック
- シミュレーションツール ： 工場エネルギー簡易積算プログラム(改) JACA
- 例： 生産冷却水 高温化(20→32℃) 、高 ΔT 化(3→5℃)

* 東京の場合、32℃
の冷却水は年間通じ
て冷凍機なしで、冷却
塔(Cooling Tower)
のみで製造可能

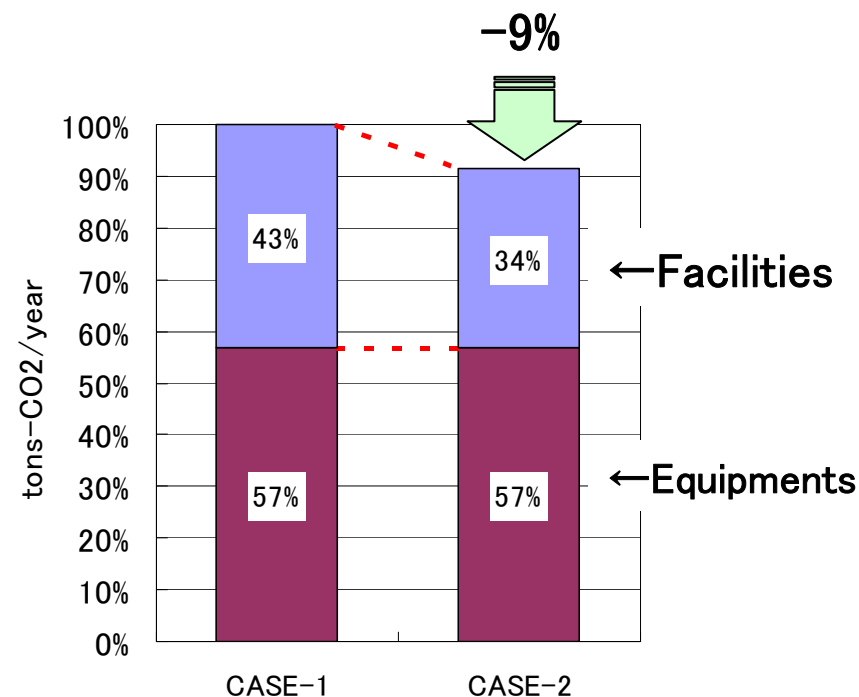


生産冷却水標準_効果シミュレーション結果

- 工場全体で見ると、9%の削減効果が得られる。
- ⇒用力標準は、大きな省エネ効果が得られる。

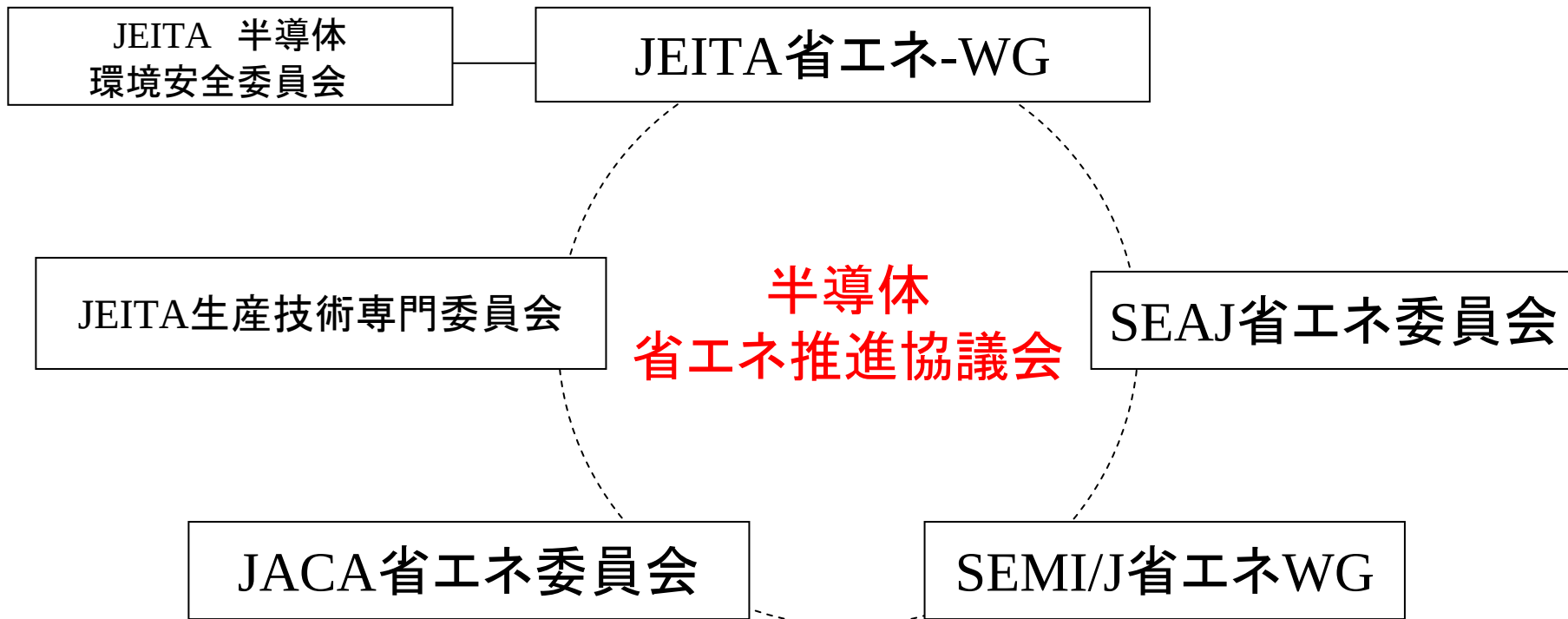
シミュレーション条件

	CASE-1 現状	CASE-2 用力標準
生産冷却水 装置入口温度	20℃ 冷凍機による冷却	32℃ フリークーリングによる冷却
生産冷却水 装置入口/出口温度差	$\Delta T = 3^{\circ}\text{C}$	$\Delta T = 5^{\circ}\text{C}$



半導体省エネ推進協議会

■1999年から半導体業界での省エネ活動連携



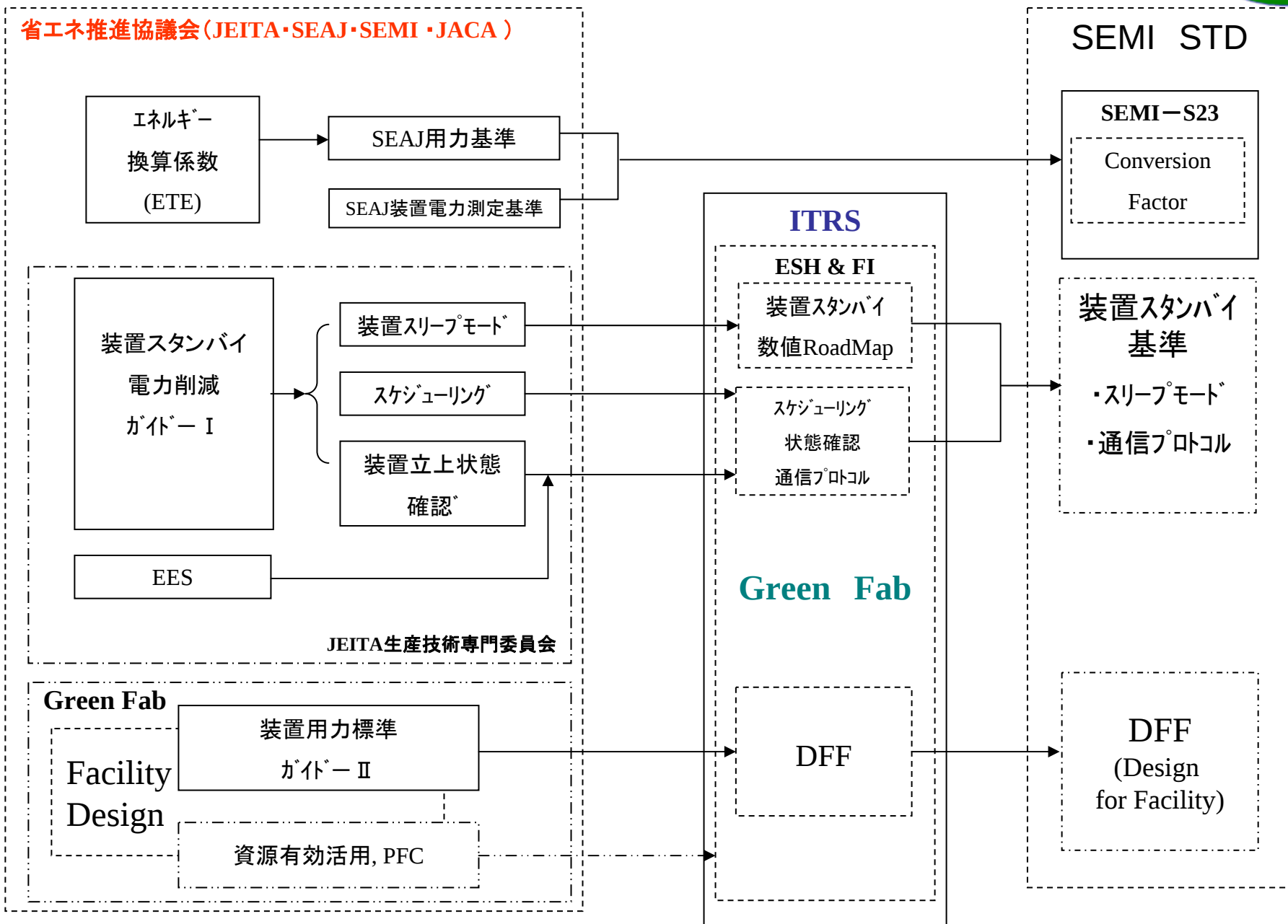
* SEMI/J : セミジャパン

* SEAJ : 日本半導体製造装置境界

* JACA : 日本空気清浄化協会

半導体省エネ国際推進シナリオ

省エネ推進協議会 (JEITA・SEAJ・SEMI・JACA)



まとめ

■技術の高度化・複合化に伴い出現する新規化学物質の安全上リスク、エネルギーなど環境影響の増大リスクを把握と情報提供

✓ナノパーティクルの安全性

✓EUVのエネルギー消費

■温暖化問題を中心とする“地球環境課題”から生じる環境規制・コスト課題を把握し、解決に向けたコンセプトや関連活動

✓化学物質：PFOS

✓エネルギー対策：省エネガイドの提案（今後ITRSへの掲載）

■指標の定義の明確化と項目の適性化により、ITRS掲載内容の明確化を進める

* 指標定義の明確化

✓エネルギー効率、資源活用効率性指標、生産総合環境影響指標 等

END