

3. 21世紀における共生と競争

一清澄化技術と半導体産業の環境管理一

野崎 征彦*・寺田 仁**

地球環境問題が深刻化しつつあるなか、21世紀における企業経営上の課題として、また世界全体が取り組むべき課題としても環境問題が最重要となっている。

図1に「企業を取り巻く4つの圧力」を示した。今や企業にとって、「市民の環境意識の高まり」、「有識者の警鐘」、「行政による環境法規制の強化」、「環境を切り口とした企業間競争」という4つの環境圧力が課せられている。「市民の環境意識の高まり」としては、高濃度のトリクロロエチレンによる土壌汚染が見つかった企業が責任を追及されたことや、所沢市のダイオキシン汚染がマスコミで大きく取り上げられたりしたことは記憶に新しい。また、環境に優しい企業に投資することを特徴とした投資信託である「エコファンド」が1,000億円以上も売れたことなどから見ても、市民が環境に対して強い関心を持っていることは明らかである。

次に、「有識者の警鐘」であるが、これまで「奪われし未来」、「成長の限界」などの有識者の著作によりオゾン層破壊・地球温暖化問題や環境ホルモンなどが警鐘され、環境対策が促進された経緯がある。

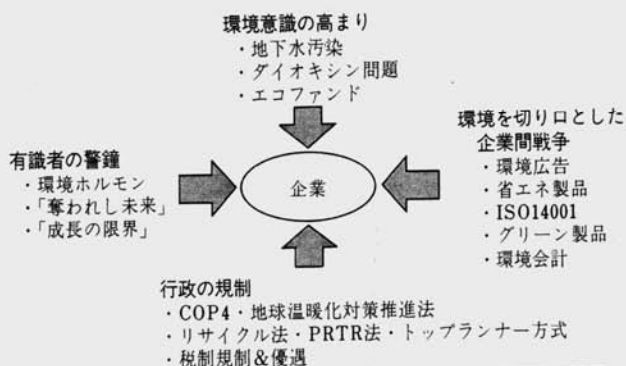
3つめとして「行政の規制」であるが、今年5月に成立した「循環型社会形成推進基本法」は、持続可能な社会の実現を目指すべく、廃棄物削減やリサイクル活動を総合的に推進していくための、基本的な枠組みを定めたもので、このような法規制の整備に素早く対応できない企業は今後市場から排除されることが必至となっている。とくに、これらの法規制の基準は近年「トップランナー方式」で制定されることが通例となり、産業界で先進の対策を行っている企業を基準にして法や規制を定めるもので、企業にとって厳しい状況になっている。

最後に「環境を切り口とした企業間競争」であるが、マーケットでは、環境に配慮した商品を積極的に購入する「グリーン購入」関連の動きが活発化してきている。一例として、「買い物ガイド」（小学館）がある。これは、スーパーマーケットやコンビニエンスストアの環境への取り組みを、店舗ごとにランクわけで評価した「環境通信簿」といえる冊子であり、環境にやさしいスーパーマーケットで食料品を購入（グリーン購入）しようとする人を支援するものである。まさしく、

21世紀は「環境経営」の取り組みが企業価値を左右し、「環境」が商品選別の新たな評価基準の一つとなっている。また、プリウス、エコプロジェクトなど環境をアピールする形でのコマーシャルや広告も非常に増えており、それらによる環境イメージが牽引する形でそのブランド自体が売り上げを伸ばしているケースも出ている。

これまで、最近の環境動向について述べてきたが、半導体産業は従来から環境問題については先進的な取り組みを行い、この分野でも世界のリーディング産業となるべく活動を展開している。本稿ではこれらの活動を含めて、半導体産業における現状の環境対策および今後の環境への取り組み、半導体産業と清澄化技術との係わり、清澄化技術工業会に期待すること等について記す。

* Tadahiko NOZAKI；日本電気（株）NECエレクトロニクス環境管理部
** Hitoshi TERADA；同上



21世紀は「環境経営」の取り組みが企業価値を左右し、「環境」が商品選別の新たな評価基準の一つとなる

図1 企業を取り巻く4つの圧力

1. NEC エレクトロニクスデバイスの環境への取り組み

1-1. 半導体産業と環境との係わり

図2の「半導体産業と環境との関わり」に示すとおり、製造プロセスにおいては清浄な空気、多量の水および電力、さらには化学薬品・高圧ガスなど大量の化学物質を使用しており、またそれらの化学物質には安全衛生や環境等の、多くの法令に係る多種多様のものが使われている。そして、エネルギー多消費型であることから、半導体産業は環境負荷の高い産業と位置付けられている。したがって、Inputに伴う、多種多様の排ガス・排水・廃棄物などのOutputがある（実際には、これらOutputに関しては、除害処理装置の整備を行うとともに法規制より一段厳しい自主管理基準値で管理しており、有害なものは工場から絶対漏らさないという姿勢で対応している）。

以上のように環境負荷が高い反面、半導体製品は多くの場合、情報通信機器や家電製品などの民需・工業製品の機能向上や低消費電力化に大きく貢献するキーデバイスの位置を占めており、たとえばこの10年間でICの高機能化によりパソコンの消費電力が100分の1になった。このように、最先端技術を駆使して、高機能で高集積なデバイスをセットメーカー（装置メーカー）に供給することにより、省エネ・省資源の面で地球環境保全に貢献しているという側面も合わせもっている。

1-2. 環境ロードマップ

半導体産業の技術動向は、ITRS (International Technology Roadmap for Semiconductors) (1999年版)によれば、今後ウェハの大口径化や微細化技術の進展に伴い、エネルギー使用量や純水・薬品・ガス等の資源の使用量を増大させる傾向にあり、省エネルギー・省資源技術の検討が必要とされている。また、技術の発展に伴い新規化学物質が採用されることが多く、それらの対策についても配慮しておく必要があると指摘されている。

図3の環境ロードマップにこれらの技術動向に対応した環境施策を示した。施策なしでは技術の発展に対応して環境負荷が増大するが、半導体産業では環境負荷の低減に早くから取り組んでおり、この図に示した省エネルギー・省資源・化学物質削減・地球温暖化ガス削減・廃棄物削減等の対策により、環境負荷の大幅な低減を果たしている。これらの活動により予想された右上がりのグラフが、現実には右下がりとなっている。

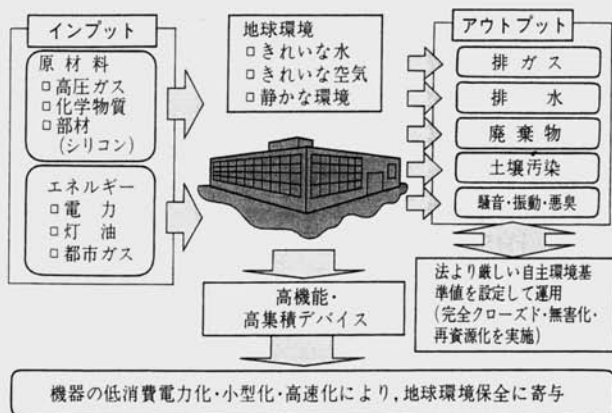


図2 半導体産業と環境との関わり

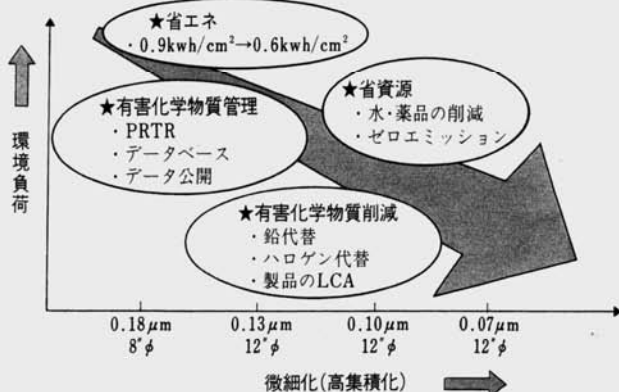


図3 環境ロードマップ

る。

1-3. 半導体産業の環境活動の過去・現状

これまで、環境に係わる取り組みは次に示すようにいくつかの段階を経て今に至っている。古くは19世紀から1960年代にかけて日本を揺り動かした足尾銅毒問題を初めとして水俣病などの4大公害病をピークとした「公害防止」の時代から始まって、環境保全にかかわる憲法として1993年に制定された環境基本法に見られるように「環境保全」という排出管理の時代、近年の環境ISOの制定を発端として始まった効率的なシステムを目指す「環境マネジメント」の時代を経てきている。

現在では、環境が経営の一部として捉えられ「環境経営」の時代となり、組織的・戦略的な要素が高まっている。

NEC エレクトロニクスデバイスでは、地球温暖化防止・化学物質管理ならびに廃棄物管理などの環境負荷低減活動を推進し、循環型社会への寄与と自社の継続発展との共生を目指しているが、それらを実現するため環

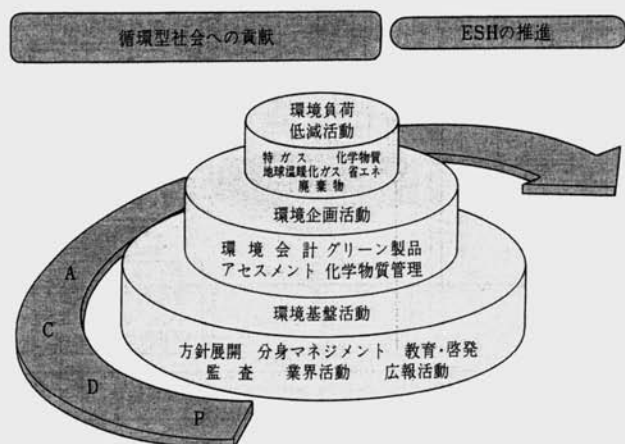


図4 エレクトロニクスデバイスの環境マネジメント活動

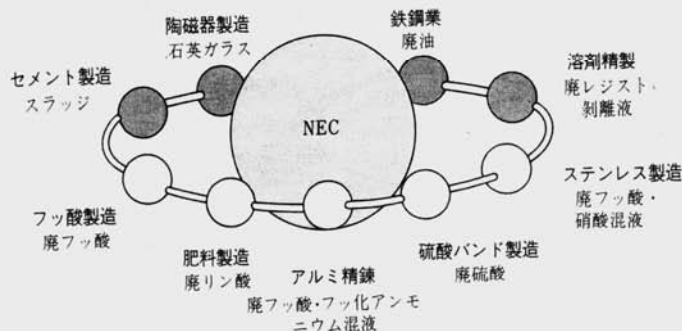


図5 NECと異業種の技術結合

環境会計・グリーン製品・アセスメント・化学物質管理などの“環境企画活動”を行い、さらにそれらを全体的な活動とするために方針展開・監査・教育・啓発・広報・分身会社のマネジメントなどの“環境基盤活動”を推進している。このイメージを図4のエレクトロニクスデバイスの環境マネジメント活動に示した。

1-4. 半導体産業における環境活動の事例

図4でNECエレクトロニクスデバイスにおける環境マネジメント活動の全体を示したが、この最上層にある環境負荷低減活動の中で廃棄物対策は、これまでNECエレクトロニクスデバイスがとくに力を入れて取り組んできた事柄である。この取り組みの特徴を図5に示した。従来より、廃棄物には、廃酸・廃アルカリ・廃油・廃有機・スラッジなどがあるが、そのままでは再資源化が難しいため、再資源化や再利用できる先を丹念に調査したり、異業種と協同で評価・検討を行って再資源化する技術を開発した。

たとえば、同じ廃酸でもフッ酸混合物とリン酸・硫酸・その他に分別して回収することにより、リン酸は肥料製造業に、硫酸は排水処理施設で使用される硫酸バンドに、廃酸で生じるスラッジもフッ酸を別に回収

して分離することによりセメント製造業がセメント改質剤として使いやすい成分にするなど、異業種での再資源化を可能にしている。これらの再資源化技術の推進によって、本年度上期にNECエレクトロニクスデバイスの全拠点で「ゼロエミッション」を達成した。

グリーン製品を端的にいうと「地球にやさしい製品」ということであり、「環境への取り組み姿勢がしっかりしているか」、「有害化学物質の含有と製造工程での使用」の2つの側面で評価される。われわれ半導体メーカーはユーザーである装置メーカーから環境配慮型製品の供給を要求されるが、そのためには、部材メーカーに同様の要求をすることになる。さらには近い将来、設備メーカーへも要求することになるだろう。

図6に当社の「グリーン製品活動」を示した。グリーン購入の側面では、部材メーカーからは環境への取り組みの姿勢、有害性化学物質の情報について入手し、審査した後、必要に応じて部材メーカーへ改善要請をしたりフォローアップをする。データベースは、自社のグリーン製品開発やグリーンプロセス開発の他、化学物質管理など

で使用し、グリーン製品を産み出す。販売の側面では、お客さま（装置メーカーなど）からのグリーン要求や問い合わせの対応に使用する。

半導体の製造におけるグリーン化は、半導体製造において多種多様の化学物質を使用しているため、非常に多くの費用と検討を重ねてきた。たとえば、オゾン層破壊物質（ODC）は1993年度に全廃、有機塩素系溶剤は1988年に全廃している。最近では鉛（Pb）や、モールド樹脂の難燃剤として含まれる変位原性物質のアンチモン（Sb）やハロゲンである臭素（Br）が相当する。当社では、このような場合、横断的なプロジェクトチームを編成し集中的に対策を行う体制にしている。その結果、鉛フリーについては、昨年10月から鉛フリー品のサンプル対応を実施しており、モールドについては難燃剤を使わなくても高い難燃性を示す新プラスチック（自己消火型モールド樹脂）を開発し、実用化を推進中である。

1-5. 半導体産業の環境活動の展望

次に、半導体産業の環境対策の展望について述べる。今後の環境対応は次の4点を重点的に推進していく必要がある、またこれは清浄化技術の発展にも通じるも

のでもある。

1) 環境配慮型の開発・設計の推進

半導体産業における循環型経済社会構築には、プロセス設計や回路設計等の「源流」での環境配慮が重要となりつつある（排出管理はすでに十分行われているといってもよい）。環境マインドをもった技術者の育成、開発・設計アセスメント制度の充実および LCA（Life Cycle Assessment）手法等の浸透を図り、源流での環境配慮を徹底する。

2) 情報開示の積極的展開

利害関係者、とくに地域社会とのリスクコミュニケーションが重要である。環境報告書、環境会計等の導入により質の高い情報開示を進める。

3) 環境技術開発の相互交流

環境技術開発には大きな投資を伴う場合が多く、一企業にとっては荷が重い場合がある。このような場合、工業界、あるいは国内外のメーカーと相互交流を図り開発を進めることも考慮したい。場合によっては、PFC の例に見られるような国家プロジェクトの設立を働きかけて対処する必要がある。

4) 環境会計の導入とグレードアップ

環境投資が今後ますます増大し、「経営」に影響を与えるようになってくる。そのため「環境会計」により各種施策の（費用）対（効果）を明確にしつつ推進することが必要である。

2. 半導体と環境と清澄化技術

2-1. 半導体製造と清澄化技術

半導体産業の清澄化技術はこれまで、品質面で重要なファクタであった。半導体製造ではごみが素子の欠陥に直結するので、使用する純水や薬品のパーティクルレベルに厳しい要求がなされてきた。そのため、純水製造装置の他、薬液を納入しているメーカーの製造工程や洗浄・エッチングなどのウェット処理装置で高度のフィルタリング技術などが導入され、今日に至っている。

IC から LSI、そして超 LSI と進展してきた半導体デバイスの高集積化実現の背景には清澄化技術が大きく貢献しており、清澄化技術の発展なしに半導体産業の発展はなかったといっても過言ではない。

また、素子製造局面だけでなく、半導体製造に関わる付帯設備としての処理施設の一つとして排水処理施設などでも清澄化技術が多く使用されている。したがって、半導体産業が成長してきた当初から、半導体産

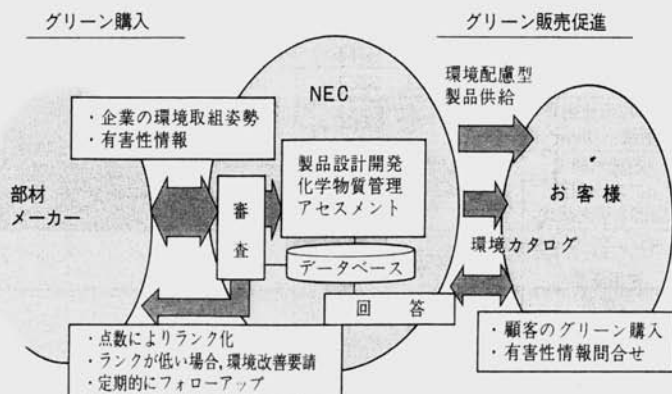


図6 グリーン製品活動

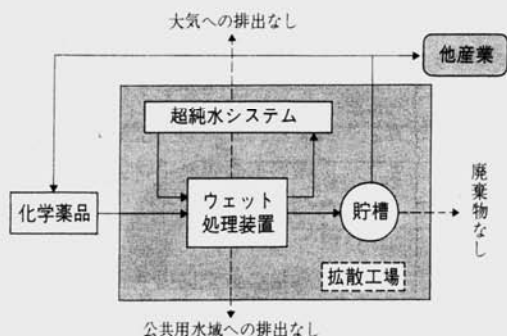


図7 ウェット処理関連の展望

業と清澄化技術は製造と環境の両面で係わりがあったといえる。今後、半導体が大型化・微細化になるとともに、まさに清澄化技術も発展を期待するわけであるが、その際に品質性能だけでなく環境面でもやさしい技術が必要とされる。

2-2. ウェット処理関連の展望

半導体製造に使われる清澄化技術の一つの例として、ウェット処理関連の設備を述べる。図7に、「ウェット処理関連の展望」を示した。まず、純水はクロードシステムになっており、公共用水域や下水道へは一切排出なしとなっている。現に、ほとんどの半導体工場は95%以上の水の再使用率を達成している。

次に化学薬品であるが、ウェット処理装置で使用された後、分別回収の貯槽に入り、再利用するか他産業で使用して、廃棄物なしとなっている。これも近い将来半導体産業では当たり前のことになるであろう、すでに NEC エレクトロニクスデバイスでは、ゼロエミッションという再資源化率の向上を達成し、マテリアルリサイクルやケミカルリサイクルという質の向上に目標を転換している。

参考として、図8の純水・薬品関係：環境ロードマップに、ITRS の抜粋を示した。2000 年度でも、超純

	到達レベル				
	1999	2000	2005	2008	2011
	180 nm	130 nm	100 nm	70 nm	50 nm
超純水使用量削減 [L/cm ²]	11	10	9		
超純水製造コスト削減 (1997年実績比)	90%	80%			
使用薬品の削減	薬品使用効率の向上 (槽の形状)	薬品使用効率の向上 (洗浄・エッチング方式変更)			
ゼロエミッション (再資源化率)	徹底したリユース・リサイクルの仕組み作り	法律の整備 (再資源化業者の保護・育成)	再資源化技術の向上		
	60%	65%	70%	80%	90%

図8 純水・薬品関係：環境ロードマップ

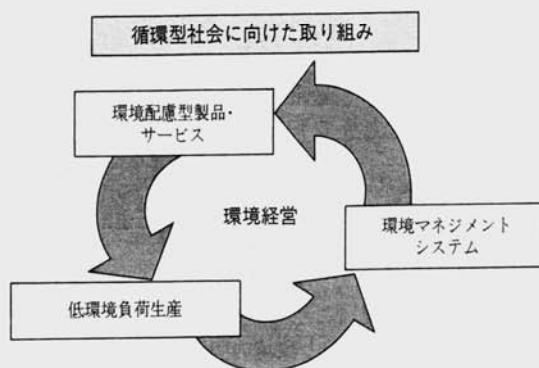


図9 企業に求められていること

水の製造コストが1997年度比80%、薬品の再資源化率65%などが目標として取り上げられている。

4. 清澄化技術工業会に期待すること

10月5、6日に行われた清澄化技術工業会の「2000年記念シンポジウム」で以下の期待を述べた。

企業に求められている事項のイメージを図9に示したが、それらを含めて以下の4点があげられる。

- ① 21世紀における企業経営上、環境問題が最重要課題であるという認識
 - ② 環境マネジメントシステムを確立し、環境事故を絶対に起こさない体制と仕組みづくり
 - ③ 環境配慮型製品・サービスの提供
 - ④ 低環境負荷生産
- ①、③、④に関しては冒頭の環境動向の話等でご理

解いただけたものと思う。②に関しては、この一年間に放射能漏れ、化学物質爆発事故、ダイオキシン放流、食中毒などの事故が相次いでマスコミに取り上げられたことから説明は不要かと思うが、事故を起こした会社は責任が追求され、トップの引責辞任・賠償・工場移転・株価暴落など大きなインパクトがあった。環境事故は企業の死活問題であり、われわれに対するサプライヤーとして設備・部材などを供給していただく意味でも重要なことである。十二分の対応をお願いしたい。

そして、今後の半導体の技術発展にともない清澄化技術も発展してゆくが、その開発において環境面の配慮が必要である。具体的に述べると下記3点を期待している。

- ① 設備の省エネ・省スペース
- ② 設備・部品のリサイクル性向上
- ③ 薬液におけるリユース技術の提供

冒頭に述べたとおり、21世紀は環境問題が最重要なテーマとなる。国・企業・個人のおのおのがそれぞれの立場で循環型社会の形成を強く推進して行かねばならないが、その中でも、その牽引役は企業が率先して行う必要がある。企業の立場としては、「持続可能な開発」(Sustainable Development)を図るうえからも、真に『事業』と『環境』の共生を強く推進していかなければならない。

参考文献

- 1) 早川, 環境対策の現状と今後の取り組み, クリーンテクノロジー (1999.2)
- 2) SEAJ FORUM 2000 (2000.1)
- 3) ITRS, 1999
- 4) 環境白書 平成11年版 (環境庁)
- 5) 山岸, 野崎, 半導体工場における環境対策, 電子材料 (1998.11.別冊)
- 6) 小林, 野崎, NECにおける半導体産業の環境対策の現状と今後の対応, クリーンテクノロジー (2000.8)
- 7) 野崎: 清澄化技術工業会「2000年記念シンポジウム」