

半導体／LCD工場の 省エネ・環境・災害対策

サクセス インターナショナル(株) 沢田 憲一*

Kenichi Sawada

1. はじめに

「CO₂大気中濃度過去最高に!」、「Ecoは最大の企業価値」、「東京圏直下大地震への懸念」等々、新聞・テレビをはじめとするマスメディアでは頻繁にその危機感を報道している。

地球温暖化に対して影響度の大きいといわれる温室効果ガスの大気中濃度は、CO₂が383.1ppm、N₂Oが320.9ppbと、前者においては前年比1.9ppm、後者についても0.8ppb増加し、前年に続く嬉しい記録更新となったという。こういった地球規模の懸念も一般には馴染みにくいppm、ppbという微小単位の議論ゆえか、その深刻さは意外と見過ごされ、多くの分野において利便性や快適性、更には利潤確保のための施策が追求されているのが現状のように感じている。

08年に日本各地を襲った「ゲリラ豪雨」、季節はずれの異常気象など日常的に知覚する現象に対して地球温暖化の影響は無視できない要因として挙げられる。地球温暖化抑止に向けた取り組みに加え、企業を取り巻く懸念材料としての環境負荷低減、多くの専門家から提言されて久しい首都圏直下大地震をはじめとする災害への取り組みは、ますます重要度を増すCSR(Corporate Social Responsibility=企業の社会的責任)高揚に大きく貢献することを確認している。

ここでは産業界において、「省エネ」・「環境」・「災害」に対して大きな影響を及ぼすであろう半導体/LCD工場における対策を俯瞰しながらBCM

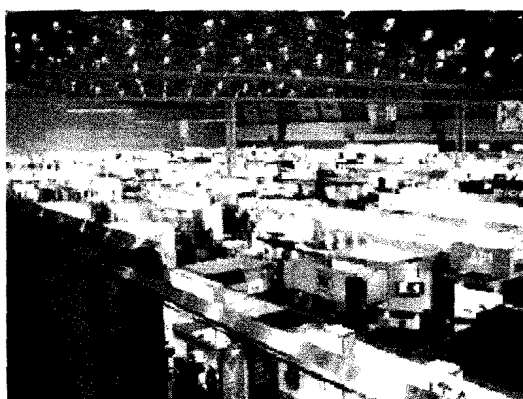


写真1 Semicon Japan 2008の会場風景(千葉・幕張)

(Business Continuity Management=事業継続管理)の視点を一部まじえて提言するものである。

2. 半導体/LCD工場の環境(地球温暖化)・省エネ

2.1 総論

昨今は「地球環境」・「省エネ」に関する頻度の高い報道や、12/3～5に千葉・幕張で開催された“SemiconJapan2008”(写真1)における各社展示へのアピールを目の当たりにするにつけ、地球温暖化やその主要因とされるCO₂(二酸化炭素)排出量抑制や排出量に影響を受けるとされる大気中CO₂濃度削減に対する関心の高さをうかがわせる状況となっている。

が、徐々に進行する温暖化という「地球の危機」に対して、一般的な認識は未だ薄い状態にあるといえる。18世紀のイギリスで起こった産業革命以来、化石燃料の継続的かつ大量の消費により全世

*サクセス インターナショナル(株) 技術顧問
〒243-0406 神奈川県海老名市国分北2-9-43-4

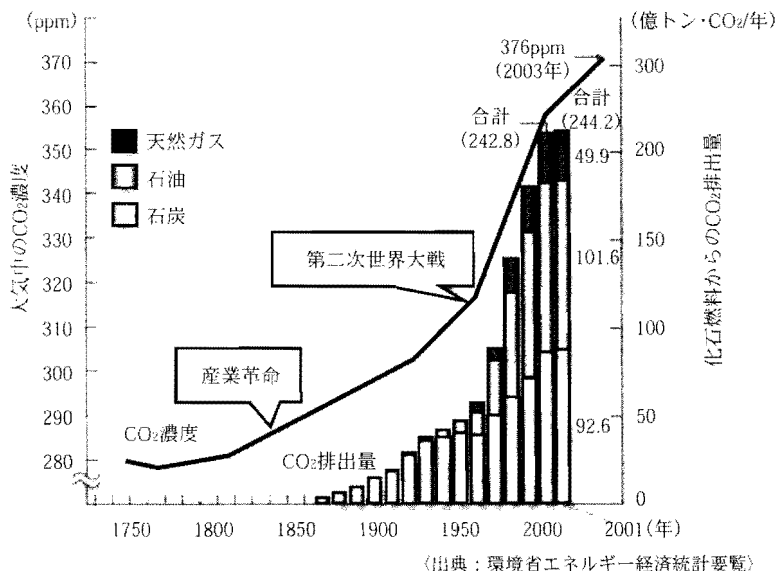


図1 CO₂排出量と大気中CO₂濃度推移

界規模の産業の発展は、確実な大気圏内CO₂濃度の上昇と地球規模の平均気温を押し上げてきたといえる。環境省レポートによれば、化石燃料の燃焼により発生する温室効果ガスCO₂濃度は産業革命時のおよそ280ppmから継続的に増加傾向を示し、2001年には371ppm、CO₂ガス排出量はおおよそ240億トン/年という天文学的数字を記録している(図1)。

化石燃料の消費を主要因とする地球温暖化に関し、産業革命の頃まで微増微減を繰り返しながらも安定していた平均気温は産業革命を契機に上昇傾向に転じることとなり、今後100年間の予測では2000年を基準とした場合、最小1.4℃から最大5.8℃まで上昇するとIPCC(気象変動に関する政府間パネル)から報告されている(図2)。

IPCCはこれまで継続的に増加傾向を示してきた地球温暖化を防止するためには大気中CO₂濃度を450ppm以下に安定させることが必須であり、化石燃料に起因する人為的排出量を現状比57%の削減が必要であると警鐘を鳴らしている。CO₂に関しては、アマゾン河流域をはじめ全世界に散在する森林の炭酸同化作用を主とする自然吸収量30億トン/年に対して、排出量70億トン/年という現状試算からすると、今後も継続的にCO₂濃度が上昇するとする予測は説得力が強い。

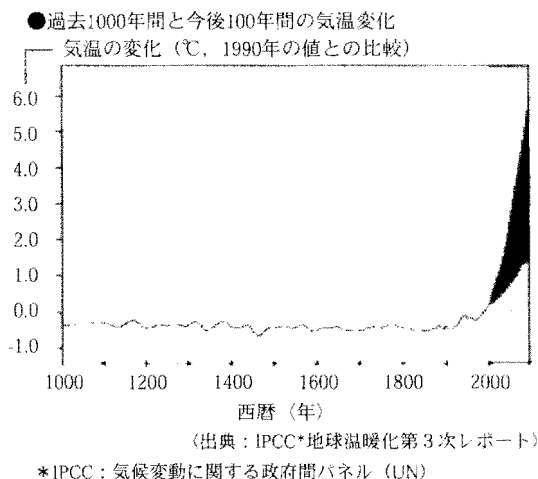


図2 過去1000年間と今後100年間の気温変化予測

記憶に新しい全世界的な投機マネーによる原油価格の高騰では、その動向に誰もが一喜一憂した。低燃費のハイブリッドカーへの車種変更、遠地旅行の回避、自家用車利用から公的機関への転換等々による化石燃料への依存度低減などは人為的排出量削減施策の代表であろう。一般的な企業において日々繰返されるビジネスマンの出張に伴う移動がCO₂排出量に与える影響も無視できず、一説では総排出量の20%近くを占めるとも…。しかし、化石燃料の使用量削減もさることながら、石

油採掘可能年数69年（既確認埋蔵量38年分，技術革新+17年分，未発見+14年分）という予測（石油鉱業連盟）と開発途上国55億人が日米欧並みのエネルギー消費を想定した場合の石油枯渇時期前倒しを考慮すると，更なる使用量削減に向けた対策と手段を早急に講じる必要がある。

温暖化による地球規模での懸念として，多くの専門家から指摘されている，

- ①極地の氷融解による海面上昇やヒマラヤをはじめとする氷河の退化
- ②海面上昇によるツバル島（オセアニア地域）の沈没
- ③世界的な気象変動による洪水や干ばつの発生
- ④米国ルイジアナ州に上陸したカトリーナレベルの巨大台風襲来

等々は，いろいろな場面で議論されるとともに，人類共通の懸念材料として説明を要しない。WW規模レベルのCO₂増加による想定被害額はGDPの約20％と予測されており，地球温暖化対策がGDPの約1％とする専門家試算や切迫した「地球の危機」回避策実行については，今後2～3年間で最後の決断時期である！とする背景を考慮すると，すべての企業はもちろん一人一人の個々が高い意識を持つと同時に，待ったなしの対応を迫られるものと判断する。

2.2 半導体/LCD工場の現状

半導体/LCD業界は，国の内外を問わず熾烈な企業競争を伴いながら事業展開している。産業界を牽引する半導体業界はプロセスの微細化，ウェーハの大口径化を，また一方の雄であるLCD業界は高精細化，大画面化をはじめとする技術の進歩を遂げ，それぞれが高付加価値製品を世に送り出し，多くの顧客満足に貢献している。

しかし，半導体製品やLCD製品は顧客から求められる高い品質，製品固有の高機能を実現するために，生産過程では想像を絶する高品質な生産環境が求められている。高額な製造設備への初期投資に加え，高品質な生産環境維持に向けた電気・水をはじめとする膨大なエネルギー消費によるランニングコストが必要であり，多くの半導体関連企業の経営課題として論じられるのが実情である。こういった高付加価値製品の生産活動におけるエ

ネルギー消費は，そのまま地球温暖化をはじめとする環境保全への弊害要因として位置づけられ，半導体/LCD生産工場においては常に継続的改善課題として「地球の危機」回避への取組みがなされている。ここでは環境劣化（地球温暖化）の主要因とされるCO₂排出量低減への貢献を目標とした「省エネ」施策に焦点を当てて，半導体/LCD工場の対策について考えてみる。

2.2.1 半導体/LCD工場の環境改善・省エネの必要性

前述した「地球の危機」回避に向けて多くの企業が取組む省エネであるが，大量のエネルギー消費を伴いながらも地球温暖化防止に向けた省エネへ真摯に取り組む半導体/LCD工場を維持・運営する関係者の姿勢や考え方は，他の企業の道標として大いに参考になるものと確信している。以下に半導体/LCD工場のエネルギー消費の現状を把握しながら各社が取組む省エネ対策について考察する。

規模の大小，製造製品による差はあるが，一般的な半導体工場のエネルギー年間消費構成は電気と重油でほぼすべてを占めており，圧倒的に電気を主たるエネルギー源として活用している現状が見える。また，電気エネルギーを電力という視点でみると，製品生産用設備と生産環境維持のための空調設備でその多くを消費している（図3）。

ちなみに半導体業界のシリコンウェーハ大口径化（φ200mm→φ300mm）に伴い，動力設備との比率において製造設備のエネルギー消費は7ポイント上昇するとの報告もある。LCD業界においても液晶テレビの大画面化傾向を考慮すると，今後はますます製造設備のエネルギー消費は増加するこ

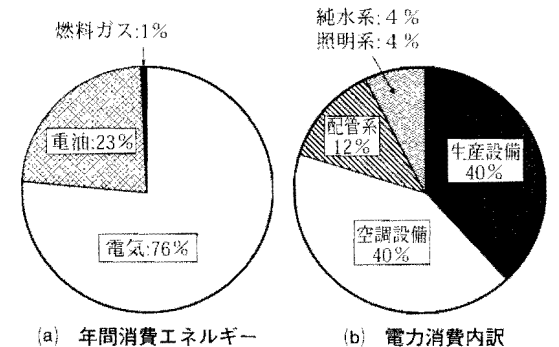


図3 一般的な半導体工場のエネルギー年間消費構成

とが予測される。

2.2.2 半導体/LCD工場の環境・省エネ対策事例

こういった現状からみると、省エネへの取組みの対象が電気エネルギー消費量低減に向かうことが必然的に予測できる。また、各種省エネ対策の導入に際しては製品に求められる高い要求品質や、最優先すべき人的側面への影響を十二分に吟味、検討することが重要である。

(1) 一般的な省エネ

業態のいかんに関わらず、身近な対象として挙げられる照明器具の消灯や適正照度設定、1人1台に近くなったパソコンの電源オフや待機モード設定等である。多くの企業が取り入れている内容でもあり、ここでは詳細説明を割愛する。

(2) 生産環境の省エネ

半導体/LCD製品生産において重要な位置を占めるクリーンルーム環境、生産設備制御を中心としたユーティリティ関連における省エネ対策である。

(i) 電気室、ポンプ室をはじめとするユーティリティ室の空調適正化

ユーティリティ環境は付帯設備の機能維持やポンプをはじめとする設備からの油成分排出による汚染、設備への塵埃混入防止を目的に空調管理されている。生産現場と異なり、日常的には設備管理担当者の入室に限定されているのが一般的だが、ややもすると必要以上の低温、風量で管理されている実態が見過されがちな現状に注目した省エネ対策である。

(ii) 空調システム改善

システムに不可欠な配管系統における空気循環において、圧力損失を極力小さくしてエネルギー負荷を低減しようとするものであり、屈曲配管の削減や配管内面の平滑度向上が効果的である。

(iii) クリーンルーム換気回数の適正化

一般的にクリーンルームは環境変動防止を目的に一定比率の空気を定期的に換気して仕様に合致した生産環境を維持している。生産現場において日常的に展開される5S活動効果、設備自動化による配置人材の減少等の背景から、製品や設備の機能に悪影響を与えないレベルでの換気回数の見直しによる省エネ対策

が講じられている。が、製品機能に直接的影響を与えかねない本対策には、十二分の事前検討による検証が必要であることを付け加えておく。

(iv) 冬季の低温外気の活用

設備等の過熱防止や適正温度維持を目的に供給される冷却水をより低温化するために冬季の低外気温を活用しようとする試みである。冷却水配管の一部を屋外配置することで低温冷却水の確保は可能であるが、寒冷地における想定以上の低温によって懸念される配管内凍結には十分な配慮が必要である。

(v) 動力設備のインバータ化

一般的な電化製品のアピールとしてよく耳にするインバータ化だが、大電力を消費する半導体/LCD製造設備のインバータ化は大きな省エネ成果が期待できる。昨今、世に送り出されるエアコンのほぼすべてがインバータ化されたという話題もその効果の高さをうかがわせるトピックスである。

(3) 生産プロセスの省エネ

(i) 段取替え時間の短縮

生産ラインにおける生産製品変更等に際して生じる段取り替えであるが、段取り替え時間の長期化による設備可動率の低下とともに、設備が継続的に消費するエネルギーを削減しようとするものである。この施策は、省エネはもとより経営的視点からも改善が必要である。

(ii) 製造プロセス最適化

半導体・LCDともに生産活動においては数十～数百のプロセスを繰返して製品が完成することになるが、プロセス作業の統合や削減を通して製造プロセス全体の最適化を確立しようとするものである。が、製品の機能・品質を維持するための根幹を成す製造プロセス変更を伴う本施策は、慎重の上に慎重を重ねた十二分の技術検討および検証が必要であることは言を待たない。

(iii) 生産設備の排熱方法の改善

稼動に伴う設備自体の発熱、生産プロセス進行による更なる発熱について設備の機能維持

のための熱排気を目的とした設備構造はごく一般的である。クリーンルーム等の生産環境における気流の活用や生産設備の適正配置等々の綿密な検討を通して、設備に対する熱負荷低減しようとする対策である。

以上、半導体/LCD向上の地球温暖化防止及び省エネに関する現状と取り組みについて述べてきた。地球規模の課題であり、日常的な実感としては意外にも実感しにくい地球温暖化ではあるが、その傾向はますます確実性を増している。温暖化による「地球の危機」が現実化する後世において「なぜ決断しなかったか！と問われるよりも多くの困難にどう取り組み、解決したか？と問われるように今を大切にしたい」とする意識を高めるとともに維持しながら本編を閉じることとする。

3. 半導体/LCD工場の環境(有害物質)編

3.1 総論

地球温暖化の側面からの環境改善および改善への主要因としての省エネについて述べてきたが、欧州圏を中心とした環境改善ニーズとして、半導体/LCD工場に対する化学物質・有害物質に関する規制強化が提言され、その対策が企業の緊急課題としてクローズアップされてきた。

電気・電子機器への特定有害物質の含有を禁止するRoHS（Restriction of Hazardous Substances）規制^{*}、EU圏内で流通するほぼすべての化学物質の安全評価を義務化し、当該化学物質の情報登録を求めるREACH（Resistration＝登録、Evaluation＝評価、Authorization＝認可、Chemical＝化学、の略）、一定重量パーセント以上の指定化学物質のEU圏内への持込みを禁止するPFOS（Per Fluoro Octane Sulfonate）規制と半導体/LCD工場を含めた企業は規制への対応を余儀なくされているのが現状である。対応における企業の困惑とは裏腹に、日常的な接点の薄さからか一般的には表現や認識される機会が少ないように感じている。

「ものづくり」において、世界のものづくりのリーダー的役割を果たすためにも迅速かつ計画的な

対応が全世界の企業からの信頼確保につながるものと確信する。

3.2 半導体/LCD工場の環境（有害物質）改善への対策

企業にとって大切なステークホルダーからのニーズに応えることを真摯に受け止めて改善に取り組んでいる企業も数多い。外観からは認識できない場合が多い製品への規制物質含有という背景はあるものの、企業や製造事業所においては確実な管理体制構築を通して確実な対応を期待するものである。以下に対策のいくつかを紹介する。

(1) 関連法規内容の理解

ステークホルダーが求める法規制の内容を理解することで現状を把握し、改善施策の妥当性を検証できることとなる。多くの関係者が長時間を要して取組む方向の正確性を確立することが重要である。

(2) 商品企画～設計段階からのリスクアセスメントの実施

製品のライフサイクルにおいて上流段階からセルフアセスメントを実行し、規制物質の排除を最優先した製品づくりの意識と体制構築が効果的である。

(3) 対象となる化学物質を使わない考え方

対象物質使用を根底から回避した商品設計、機能面において同等の効果を享受できる代替物質の活用等が効果的である。

(4) 対象となる化学物質を排出しない

対象物質の除害化を含む徹底した排出管理体制構築を通じ、製品への含有はもちろん、事業場外への排出を抑止することが重要である。

以上、有害物質の側面から環境対策を論じてきたが、各半導体/LCD工場を保有する企業の関係者には可及的速やかに取組みを開始するとともに、各社の事情にあった継続的改善対策を現実化していただくことを切に願いながら本編を閉じる。

4. 半導体/LCD工場の災害対策

4.1 総論

「東京圏直下大地震への懸念」、「ゲリラ豪雨の頻発」、「新型インフルエンザ大流行の兆し」と発生確率の議論は別として、重大な日常的懸念材料と

^{*} RoHS規制6物質：Pb(鉛)、Cd(カドミウム)、Hg(水銀)、Cr(クロム)、PBB(ポリ臭化ビフェニル)、PBDE(ポリ臭化ジフェニルエーテル)

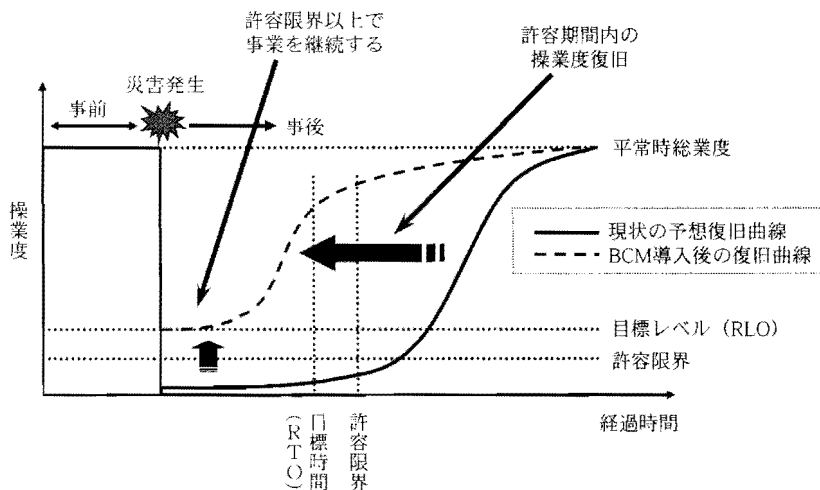


図4 事業継続管理 (BCM) の概念

して話題を提供している。こういった懸念に対しては多くの企業がBCM (Business Continuity Management = 事業継続管理) の分野でその対策に取り組んでいるものと推察する。

BCMとは、地震、風水害、新型インフルエンザ、テロ等が発災した際に企業が展開する主要事業の被災レベルを軽減するとともに、いかに早く平常時の操業状態に回復させるかというのが簡易的概要である (図4)。ゲリラ豪雨により、1日で1年分の降雨量を記録し、その影響で土砂崩れが発生したことや、鳥からのウイルス感染によりインドネシアでは死者が100人を越えたというのが最近の報道であるが、ウイルス変異によってヒトからヒトへの感染によって引き起こされる新型インフルエンザのパンデミック (流行爆発) は大いに危惧されるところである。予防対策はうがいと手洗いの励行が効果的ということを見ると、基本が大事ということか。

災害という概念は多岐にわたる事象があり、想定される災害全般にわたって説明を加えたいところであるが、紙面の制約もあることを考慮して発生した場合、広範囲にわたる甚大な被害発生が予測される地震災害について論じることとする。あらためて紹介するまでもなく、日本中には地震発生につながる活断層の存在を伴う危険域が網の目のように分布している (図5)。発生予知が難しく (低い予測性)、発生すると甚大な被害 (高い影響

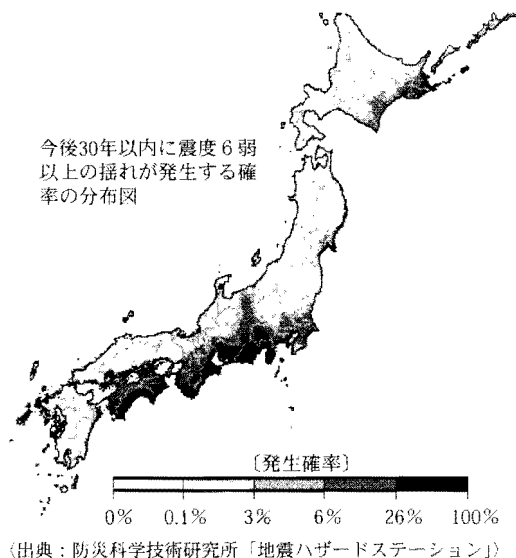


図5 「地震」発生危険度MAP

度)を与える巨大地震を想定しながら、高精度・高機能を要求される高付加価値設備を保有し、一般的には危険といわれる多くのガス・薬品を大量に使用する半導体/LCD工場にスポットを当ててその概要と対策を考察してみた。

4.2 半導体/LCD工場の地震災害と対策

4.2.1 半導体/LCD工場の地震災害の実情

半導体/LCD工場の地震災害を語るとき、避けて通れない話題がある。それは2004年10月23日 (土) 17時56分に新潟県中越地方を襲った「新潟

県中越地震」である。

震源地から6kmの位置で操業を続けていた三洋半導体製造(株)(旧:新潟三洋電子(株))は、半導体を生産する企業として過去に経験のないほどの半導体史上で未曾有の甚大な被害を被ったという事実は記憶に新しい。想定を超えた規模の地震発生と余震の連続により、復旧作業の遅れを招いたと当時を振り返りながら切々と話す当時の責任者の言葉は説得性があり、受ける感慨は強い。長時間にわたる上下振動(1500ガル)を伴う巨大地震発生から復旧完了までの被害額は423億円に上ったというが、人的被害は数名の軽症者を出すに留まったと、厳しい中にも安堵の表情を浮かべての説明は人命最優先という観点から印象深い。

以下に地震発生から数日間の行動を系列的に紹介する。地震発生～避難誘導(非常放送)～仮設本部設置～安否確認(出社社員分)～地震対策本部設置～電話回線確保～屋内環境測定(ガス検知器)～ガスボンベ元栓閉(屋内)～作業用プレハブ・仮設トイレ設置(装置メーカー応援者分)～排気設備稼働(仮設電源)まで3日間。ライフラインの状況はそれぞれ地震発生後の経過時間として、受電→翌日、電話→4日後、都市ガス・飲料水・工業用水→1週間以上を要し、計画的な復旧活動を通して地震発生後2ヵ月で生産を再開したという。

4.2.2 半導体/LCD工場の地震対策(Ⅰ)

- ①人命最優先を基本とした避難誘導通路の確保
- ②実態に即した避難救助訓練の実践
- ③マニュアル類、初動用緊急用品の持出し可能な場所への配置
- ④安否確認および出社可否確認の為の通信手段確保
- ⑤半製品・部品等の保管棚へのキャスター設置
- ⑥ワーストケースを想定した代替生産、拠点間バックアップの構築
- ⑦初動調査や優先度について迅速な意思決定が可能な運用体制の構築
- ⑧日常的な信頼関係による各メーカーへの協力要請
- ⑨行政、自治体、近隣地域との綿密な連携体制構築

以上、新潟県中越地震を被災された三洋半導体製造株式会社が実体験を通じた対策の項目のみを羅列した。貴重な体験報告とともに復旧事例としての取り組みを通して、半導体/LCD工場の地震被災に警鐘を与えていただいた三洋半導体製造株式会社様に深く感謝する。

4.2.3 半導体/LCD工場の地震対策(Ⅱ)

半導体/LCD工場においては大きい重量物としての製造設備、各種薬液・ガス供給配管、半製品・部品等の保管棚等が配置され、規模にもよるが地震発生時には設備の移動や転倒、供給配管の切断、保管棚の倒壊等の被害想定は容易に想起できる。更に日常の冷静時には可能と思われる初動対応が難しい場合が多い。

情報過多を伴う混乱時においては、一極集中の指揮命令系統が効果的で安全が確認された場所に仮設対策本部の設置が必須である。発災時に備えた代替生産拠点に加え、広域化・グローバル化したサプライチェーンへの対応が重要な位置を占めることを意識する必要がある。半導体・LCDに供される部品・材料はその特殊性から代替ができない場合も想定しておく必要があるといわれている。日頃から生産活動に供される特殊な部品・材料の取扱メーカーや同業他社の調査を充実し、緊急時の協力体制を構築しておくことも必要と判断する。

5. おわりに

半導体/LCD工場環境・省エネ・災害対策と称して論じてきたが、こうした取り組みは企業のCSR(Corporate Social Responsibility=企業の社会的責任)を訴求するために不可欠な重要課題と判断する。

最後にある危機管理セミナーでの感動話を紹介して執筆を終了する。災害発生時、人間を含む動物にとって最も必要なのは飲料水であることは言うまでもない。新潟県中越沖地震(2007年7月)の混乱時、比較的被害の少なかったビール製造会社は急遽生産ラインを停止し、ビール瓶に飲料水を詰めて地域住民の皆さんに配布をしたという。混乱する中、飲料水の配布を受けて口に含んだ老人は「何十年も生きてきたが、この水はこれまで飲んできたどの水よりも美味しかった。地域住民

を思ってくれる企業が近くにあることが嬉しいし感謝したい」と…。

これまで半導体/LCD工場を想定して「環境」・「省エネ」・「災害」に対する対策について記述してきたが、こういった地球規模の課題や発生予測の難しい課題に対しては「悲観的な備えで楽観的

に対応する」という考え方が重要である。

唯我独尊の意識からステークホルダーを大切にしようとする意識がおのずと考え方の転換に奏功するものと確信する。おわりに、この執筆原稿が多少なりとも読者の皆様のお役に立てれば幸甚である。