

事業継続マネジメントの観点から見た 半導体・LCD工場の地震対策

沢 田 憲 一*

東海地震、東京直下地震をはじめとする巨大地震の発生が危惧されている。高い付加価値でグローバル社会に貢献する半導体・LCD業界ではあるが、ひとたび巨大地震を被災した時、半導体・LCD工場を取り巻く環境は一変する。本稿では、対策事例を交えながら事業継続マネジメントの観点から半導体・LCD工場の地震対策を概観するものである。

2009年11月、東京ミッドタウン（東京・六本木）において、Business Continuity Management（BCM）Conference 2009が開催された。各会場で展開される講演には立錫の余地もないほどの聴講者が押し寄せ、多くの企業における事業継続マネジメント（BCM）への関心の高さをうかがわせるものであった。2008年後半のリーマン・ショックに端を発する世界同時不況の長期化で混迷を続けていた産業界も政府の講ずる諸施策が奏功してか、半導体・LCD業界にしても多くの調査機関が今後の右肩上がりの予測数値を提示している。

本稿ではこうした予測を現実のものとするべく、「事業継続マネジメントの観点から見た半導体・LCD工場の地震対策」と題し、対象を地震にフォーカスしてその対策を俯瞰する。

「事業継続マネジメント」の概念

「事業継続マネジメント」とは、地震、新型インフルエンザ、風水害、火災、テロなどの予期せぬ自然災害や、人的災害の発生によって中断される企業の事業活動において、その影響を最小限

とすることを目的に、想定される被害レベルを予め予測しながら被災時の行動計画を立案し、訓練を通して備えるものである。行動計画は事業を継続するために必要な基幹事業を中心とした被害想定に対して、発災直後の目標操業度レベルRLO（Recovery Level Objective）、および、操業度復帰への目標復帰時間RTO（Recovery Time Objective）を設定するのが一般的である。

目標操業度レベル、目標復帰時間はそれぞれの許容限界に比して、より軽微に、より短期間に設定され、基幹事業継続への致命的なダメージを回避することが重要である（図1）。

前述した通り、事業継続に甚大な影響を与える自然災害、人的災害は多岐に渡るが、災害の発生頻度や予知の難易度、さらには発生した場合の被害の大きさ、半導体・LCD工場におけるプロセスの微細化に伴う加工装置の要求精度、社会に与える影響度の大きさを考慮して対象とする災害事例を「地震」とする結論とした。

「地震大国・日本」の現状

地球規模で営まれる複雑な地殻変動の分水嶺に位置する日本は、規模の大小の議論を離れて、地震発生頻度の高さから多くの場面で「地震大国」と表現されている。

*Sawada Kenichi

サクセスインターナショナル(株) 技術顧問

地震の議論で中心的役割を果たすプレートの移動は地球規模で日々確実に進行しているが、入り組むプレートがお互いに影響し合う複雑さは想像を越えるもので、専門家をもってしてもその発生を予知することの難しさを物語っているようである。世界中に存在するプレートは地震発生への潜在的恐怖を常に与え続け、震源分布と併せて企業をはじめとする事業継続マネジメント体制構築へのトリガーとなっている(図2)。

日本列島が隠されるほど複雑に分布するプレートは「地震大国・日本」といわれる所以であろう。

地球規模から日本列島に話題を移すと、すでに報告されている「日本で今後30年以内に震度6弱以上の揺れの発生確率」を目の当たりにすることで地震大国としての懸念は一層深刻さを増す(図3)。

しかし、発生確率の低い地域においても巨大地震が発生している事実から、データにとらわれることのない日常的・継続的な備えが必要という示唆と受け止めることができる。

巨大地震として記憶に新しい阪神・淡路大震災(1995年1月)、新潟県中越地震(2004年10月)、新潟県中越沖地震(2007年7月)では一般建物を含めた甚大な被災状況と共に、企業における操業度への影響が報道されて事業継続マネジメントの重要性を訴求する機運が加速された。特に、新潟県中越地震により甚大な被害を被った半導体製造会社では、被災状況と共に被災時の対応策、さらには事業継続マネジメントへの取り組みについて広く情報公開し、震災に備えた体制構築の重要性を説きながら警鐘を鳴らしている。

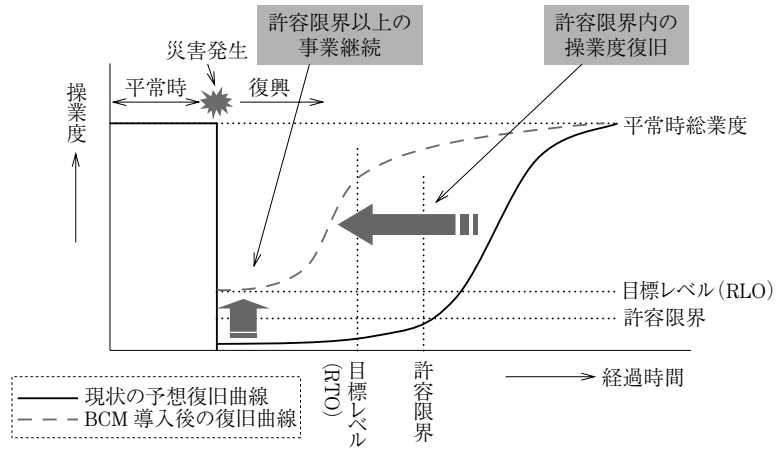


図1 事業継続マネジメント (BCM) の概念

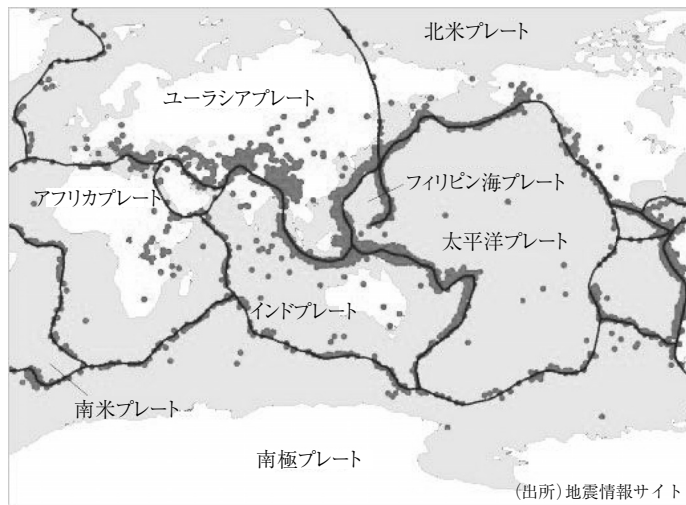


図2 世界の震源分布とプレート

半導体・LCDビジネスの現状

2008年後半のリーマン・ショックに端を発する世界同時不況の波を受けて低迷を続けていた半導体・LCD業界も、徐々に回復の兆しを期待させる数値や指標が公表されている。

半導体ICにおいては2009年が前年比-11.4%、2010年が同+11.8%と復活を見込み、半導体装置では2009年~2011年で年平均成長率40%弱、半導体材料では2009年~2011年で同11%強と今後の成長を予測している(WSTS, SEMIデータより引用)。各分野で今後の成長を予測するこれらの数値を総合すると、ほとんどは2008年レベルに戻ると評価することができる。

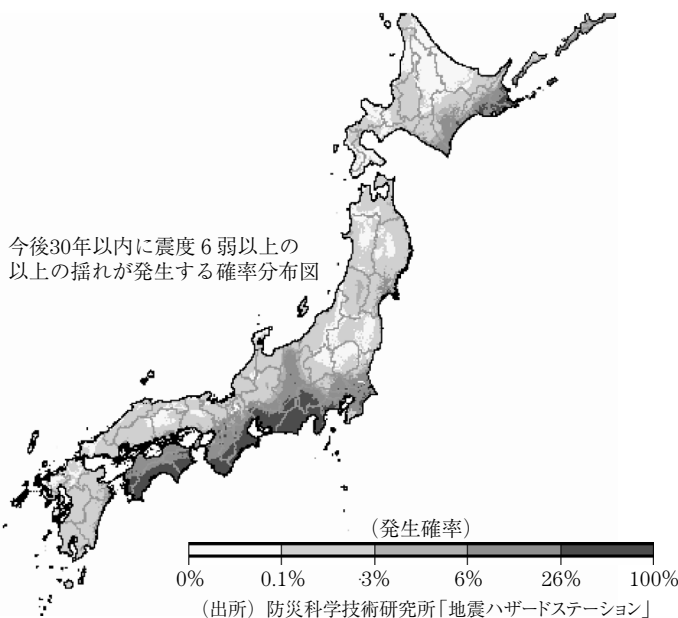


図3 「地震」発生危険度MAP

一方、LCDビジネスでは薄型テレビ、携帯電話端末がそのビジネスを牽引しており、国内出荷ベースで薄型テレビでは2009年（1～10月）で前年比+32.8%、携帯電話端末では2009年～2012年で年平均成長率4%強の成長を予測している（JEITA他のデータを引用）。携帯電話端末は2008年レベルに戻ると予測されているが、薄型テレビにおいては全面的な地上デジタル化（2011年）や省エネ優遇税制の採用などが奏功してか、出荷数量も好調の一途を示しており、今後ともこの傾向がしばらくは継続することを予測する。

省エネや低炭素社会をリードするLED照明、太陽光発電、ハイブリッド車、電気自動車などの製品は今後のグローバル社会の期待に応えながら確実に浸透することが予測されているが、こういった商品への搭載を考えると半導体・LCD業界の果たすべき役割は大きい。

半導体・LCDを取り巻く微細化プロセス、高機能化、ウェハ大口径化、大画面化などへの対応のために企業は巨額な設備投資を余儀なくされるのが一般的であるが、人材をはじめとした経営資源の効率的活用の巧拙は企業自体の盛衰をも左右する命運を握っていると言える。

半導体・LCD工場の地震対策

1. CSRとしての地震対策

巨額な設備投資を伴いながらグローバル社会のあらゆるニーズに応えるための事業運営に取り組む多くの半導体・LCDをビジネスとする企業にとって、天災や人災による事業の停止～事業の縮小～事業撤退と続く負の連鎖を回避することは企業を取り巻く多くのステークホルダーに対するCSR（企業の社会的責任）といっても過言ではない。

半導体・LCD製品を製造する電子デバイス工場では生産装置が総投資額の60～80%を占めるともいわれており、ほぼすべてにわたって一様に超精密精度を要求される生産装置の維持管理を考えた時、巨大地震による被害や影響は計り知れないものがある。

超LSIの生産で危惧されるのはステッパ（縮小投影型露光装置）の狂いであろう。過去においては地震によるレンズ系精度の狂いは正常復帰までに長時間を要した。昨今のプロセスはナノメートル（nm）時代に突入し、合わせ精度も5～2nmが要求される。原子の数で10数個というレベルの2nmプロセスでは、振動により発生するわずかな精度の狂いの修復は困難を極めるとするのがその理由である。

世界の陸地面積のわずか0.2%でしかない日本において、全世界で発生するマグニチュード6以上の地震が22%を占めるという現実を表す報告からも事業継続マネジメントへの取り組みの

必要性・重要性を確信するものである。

巨大地震被害の想定では建屋の倒壊という最大の懸念が議論され、大手ゼネコン各社からは「MIC免振システム」「多層階免振工場」「ビスカス免振構造」等々が提案され、導入されているようであるが、ここではその詳細は割愛する。

2. 一般的な半導体・LCD工場の構成と概要

半導体・LCD工場は、プロセスの微細化を伴う製品特性から鉄骨造、RC造、SRC造などの構造形式を採用した地震に強い堅牢な建物が求められる。この堅牢な建物において、各企業の強みを生かした半導体・LCDの製造ラインを展開することとなるが、ここでは建物に関する議論は専門家に委ねることとする。

半導体・LCD工場はクリーンルーム棟、電気・ガス・純水・薬液供給棟、廃棄物処理棟、および事務棟で構成されるのが一般的である。各種半導体や薄型テレビをはじめとする高付加価値製品を世に送り出す製造ラインはクリーンルームという超清浄環境に巨額な投資を伴う超精密装置群を配置し、供給される電気・ガス・純水・薬液などの動力源や原材料を予め設定されたレシピに従ってプロセス処理を順次施して最終製品が完成する。プロセス処理後の原材料は廃棄物処理棟で法規定を満足するレベルまで除外処理が施されて河川や大気中に排出されることとなる。

製造ラインで使用されるガス・純水・薬液はほぼ例外なく配管系統を通して各装置に供給され、化合、分解、化学反応を経てプロセス処理が進行する。半導体・LCD製造ラインで使用されるガス、薬液は有毒性であることが多く、プロセス処理後の排気・廃液処理には細心の注意が必要であることは言うまでもない。また、ガス・薬液供給系統は総合防災システムを活用してその正常レベルを監視され、異常発生時には人命最優先とする迅速な対応を余儀なくされる。

製造ライン環境は製品の微細化、高精細化に伴い超清浄環境が要求されるが、一般的にはクリーンルーム天井に配置したFFU (Fan Filter Unit) を通過して吹き出した空気流を、床に配置したグレーチングという網目構造パネル下に引き込んで作業エリアの気流を上から下への層流を実現し、作業員からの発塵や床からの塵埃の舞い上がりを防止しながらプロセス装置内への塵埃の流入を抑制して超清浄状態を実現している。

製造装置は半導体においてはプロセスの微細化に伴う超高精度、多チャンバ化、LCDにおいては高精細度、大画面化という背景から大型化の傾向を示し、重量も大きい。

製造ライン内には最重要部品ともいわれるパターンニングレチクルの保管庫、半製品や部品などの保管庫、クリーンルーム上部に配置され半製品を搬送する工程間搬送システムなどが日常業務の効率化に貢献している。

以上、半導体・LCD工場の構成と概要と題して説明をしてきたが、クリーンルームという超清浄環境で複数の製造装置、原材料、部品を駆使してプロセスを進めながら半導体チップやLCDパネルを製造すると共に、プロセス処理後の廃棄物処理を万全のものとする一連の施設とまとめておく。

次項以下で事業継続マネジメントの観点から複数の切り口で半導体・LCD工場、および製造ラインを眺めつつ提言をする。

3. 事例からみる半導体・LCD工場／製造ラインの地震被害と対策

阪神・淡路大震災（1995年）、新潟県中越地震（2004年）、新潟県中越沖地震（2007年）をはじめとした巨大地震は地域に展開する多くの企業に甚大な被害を与え、その深刻さを報じる報道は関係者を震撼させた。報道される実態は想像を絶するものであったが、前述したように巨大地震はいつ発生してもおかしくないという現状を再認識すると共に、被った被害を公表された範囲で振り返ってみる。こういった被災事例を真摯に受け止めながらも、総力をあげて復興を実現した被災企業の努力に対して敬意を表するものである。

① 装置内部の石英管、碍子、石英ボートなどの脆弱材質部品の破損

予測要因：装置内部における石英管、石英ボートの衝撃による破損やトランスなどの碍子部への歪による破損

② 高重心装置群の転倒

予測要因：水平方向への応力不足による転倒

③ 薬液、ガス、給排水系統の配管破損

予測要因：重量に対する懸架・固定方式の脆弱性

④ 半導体装置の水平方向移動

予測要因：設備固定金具の外れや浮き

⑤ グレーチング床の上下移動

予測要因：上下振動，水平振動を吸収できない固定方法

⑥ 作業エリア全域にわたる停電

予測要因：電力供給会社の緊急停止

⑦ レチクル，半製品在庫保管庫の転倒，移動

予測要因：定点固定による水平方向への応力不足

⑧ FFUの位置ズレ

予測要因：上下振動，水平振動を吸収できない固定方法

等々，地震による製造ラインおよび周辺設備の被害レベルを記載した。あくまでも被害項目とその概略のみであるが，復興に際しての多大な時間と労力を費やした苦勞が報じられている。被災した企業においては，装置をはじめとしたハード面での被害に加え，内部部品の移動や破損等によるプロセス条件の変動の影響が甚大で，プロセス条件の再条件出しと共に，各装置の電氣的絶縁性や配線系統，水系統の洩れ確認，各種ガス配管のチェックなどに多くの時間を要したことを伝えている。復旧を確信するまでの多くの時間経過は企業の重要ビジネスを直撃することが容易に予測できるものであり，復旧時間の最短化は被災レベルの最小化と併せて事業継続への必要条件であることは言うまでもない。

企業活動に壊滅的な被害を与えかねない巨大地震を考える時，水平方向，垂直方向への揺れの程度が予測しにくい状況下で対策を一概に議論することは難しいが，事業を継続し，多くのステークホルダーの期待に応えるために，企業の事情に合わせた多岐にわたるポイントを抑えた事前対策を可及的速やかに講ずることは必須条件である。

上記に巨大地震に伴う半導体・LCD製造ラインの被災状況を記したが，ここでいくつかの事例に関する対策を考えてみる。

(1) グレーチング床の固定

約60cm□で網目構造のグレーチングを広い面積に敷き詰める方式のグレーチング床は，おのこの四隅に固定金具を配して上から落とし込むように固定されている。

が，地震の上下振動により個々のグレーチングは固定金具の落とし込み範囲を越えた時に位置ズレを起こすことが想定される。この状況を回避するために，四隅の固定金具への水平に差し込む固定ピンの採用や隣接する複数のグレーチング同士

の縦横固定なども効果が期待できよう。グレーチング床は生産装置という重量物を支える基盤であり，グレーチング床の位置ズレはそのまま装置や保管庫などの水平移動や転倒に直結するだけに慎重かつ迅速な対応が求められる。

(2) 薬液，ガス系統の配管固定

薬液やガスの配管は供給過程での反応による異物生成を回避する目的で塩化ビニル製が多く採用されている。この塩化ビニル製配管は供給系統の複雑さから配管同士の溶着によるつなぎ目が多いのが一般的である。巨大地震の強烈な衝撃により，塩化ビニル製配管のつなぎ目を中心とした部分に発生する大きな歪の影響で配管自体の破損を招くことが多いとされている。

発生する大きな歪を吸収し，配管系統および供給装置との接続を現実化するために系統途中にフレキシブル（蛇腹）部分を配置することが効果的といわれているが，フレキシブル配管の効果をさらに高め，製造ラインはもちろん近隣職場への薬液，ガス漏洩による危険性を低減するために緊急遮断装置の併用が有効である。

(3) レチクル，半製品在庫保管庫の転倒防止

半導体・LCD製造において重要な役割を担うレチクルは，専用のレチクルボックスにて管理され，出し入れはコンピュータ管理されている場合が多いが，時として大型の保管庫を利用して運用される場合もある。半製品在庫保管庫と共に地震動により移動したり，転倒したりして甚大な被害を与える事態が発生する。

新潟県中越地震で被災した企業では直後の対策として，キャスター方式を採用したことが紹介されたが，その後の新潟県中越沖地震では保管庫の多少の移動はあっても転倒を免れたという対策の有効性を訴えている。地震対策を考える時，経費負担増による実行の躊躇が議論されるが，知恵を使った簡便な対策例として大いに評価される内容である。

(4) 半導体装置の水平方向移動抑止

投資金額の大きさ，長時間を要する復帰作業，周辺設備への衝撃等々を考えると最も影響の大きいテーマであり，確実な対策が求められる案件である。重量が大きく，超高精密度を要求され，固有のプロセス条件を考慮した場合，短時間では代替対応の難しい半導体・LCD装置であるがために事業継続的側面からはその対策に最も注力すべ

きものであろう。過去の被害事例では多くの装置群で水平方向への数十cmの位置ズレが報告されているのが現状であるが、復興への大きな課題として位置づけられる。

水平移動の弊害について、保管庫への対策同様のキャスター設置を考えやすいが、重量物であるだけに通常のキャスターでは効果を期待することが難しい。

日常作業に必要な装置の水平度を維持しながら、地震発生時の水平移動を最小限とすることを考慮すると、従来型の強固な固定方式への再検討に加え、装置本体脚部に硬質金属ボールを配置し、床面におわん型台座を設けて台座上の移動で地震発生時の水平移動を吸収する方法も検討してみる価値はありそうである（図4）。ただし、おわん型台座の形状は振動による想定移動範囲を吸収するための工夫が必要ではある。

以上、地震によって被る被害への対策案の一部を紹介した。いずれにしても、半導体・LCD工場や製造ラインでは巨大地震発生に備えて、被災レベルの最小化および復旧所要時間の最短化を念頭に事前対策や類似企業の対策事例に真摯に目を向けて策を講じることが重要であろう。まさに、事業継続マネジメントの目指すところである。

4. 事業継続マネジメントの観点から見た半導体・LCD工場の地震対策

これまで、「事業マネジメントの概念」から「半導体・LCD工場の地震対策」までを論述してきたが、最終章として「事業継続マネジメントの観点から見た半導体・LCD工場の地震対策」をテーマにしてその本質に迫る。

冒頭にも記したが「事業継続マネジメント」とは、企業が保有するビジネスの中のインパクトの高い製品群を設定し、対象とする製品の事業を継続的に推進するために災害発生時の被害レベルの最小化、復旧所要時間の最短化を目標に被害

想定～行動計画～復旧計画を予め設定する一連のマネジメントシステムである。災害種類としては多々あるが、本稿では災害を「地震」の想定としたということである。

企業にとって扱う製品群はいずれも大切に重要なものであることは言を待たないが、企業業績への影響度、社会への影響度、製品固有の付加価値等々の切り口から継続すべき事業の選択することになる。この一連の選択分析をビジネスインパクト分析（BIA = Business Impact Analysis）という。

半導体・LCD工場では多くの高付加価値製品の開発・製造に日夜取組んでおり、開発・製造に必要な装置、原材料をはじめとして実に多くの企業の協力を得ながら製品を世に送り出している。

こうした現実に関心を向け、事業継続マネジメントを語ろうとする時、装置、原材料などの供給に尽力をいただく多くの企業の存在を抜きにして論ずることは不可能であろう。

また、事業継続マネジメントを確実に成功させるためには、企業のビジネス拠点への意識を高めることも忘れてはならない。日常的な企業活動において少なからず恩恵の授受に関わる近隣住民や自治体への配慮を常に認識すると同時に地震（災害）発生時の協力体制を構築することが望まれる。

本項では装置、原材料供給面からサプライチェ

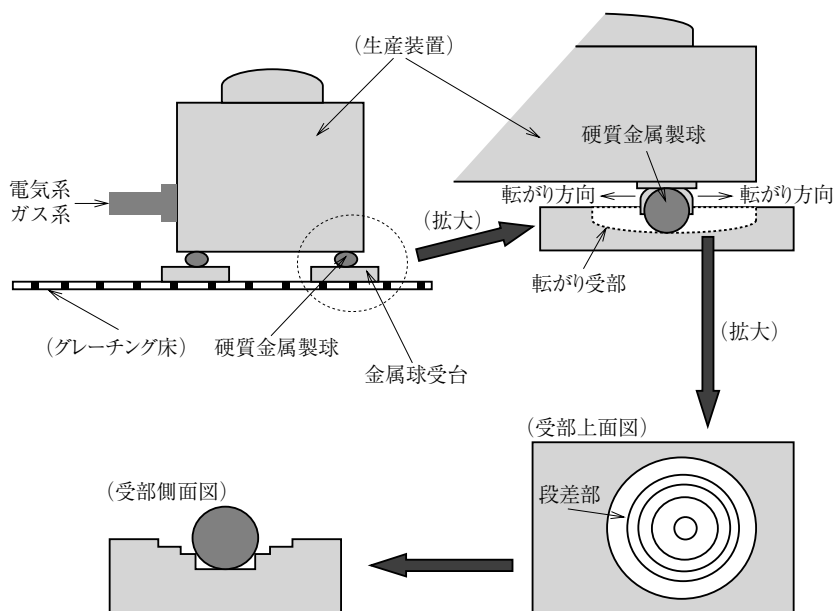


図4 生産装置の地震対策例（イメージ）

ーンのあり方、地域・自治体との協力関係を取り上げて本稿のまとめとする。

(1) 事業継続マネジメントとサプライチェーン

これまで論述したように、巨大地震の発生に伴う半導体・LCD工場が被る被害の大きさや復興に向けての被災企業が体感する艱難辛苦は筆舌にたえない。

昨今ではグローバル規模で装置、原材料の供給が行われており、サプライチェーンの形態も広範囲化がもたらされると同時に、半導体・LCD工場が必要とする多くの装置、原材料が用いられるがゆえに縦横に複雑な対応を迫られることとなる。「サプライチェーンマネジメント」が、製造から顧客までの発注・物流・在庫の全体最適化による高い収益性を作り出す管理体制であり、流通経路が複雑化し、商品サイクルの短縮化が進む業界ではその重要性を増すという論調からすると、あたかも半導体・LCD工場の現状に最も近いものと言える。

巨大地震による被災企業の復興に際しては、多くの企業が関係協力会社からの多大な人的支援をいただきながらの復興作業を一様に伝えており、日頃からの良きビジネスコミュニケーションの重要性を訴えている（図5）。新潟県中越沖地震の際に、自動車部品メーカーが被災した甚大な被害からの復興に駆けつけて支援していただいた協力会社の話題は記憶に新しい。

(2) 事業継続マネジメントと地域との協力体制

巨大地震が発生すると、企業はもちろん企業のビジネス拠点地域の住民の皆さんが最初に窮するのは飲料水の確保と言われている。日常的に少なからずお互いの恩恵を授受する企業と地域・自治体との信頼関係はこうした困窮する状況下で顕在化し、復旧後の新たな応援姿勢へと形を変えるのである。

ある事業継続マネジメントセミナーで紹介された心温まる話題を紹介する。

新潟県中越地震発災のおり、比較的被害の少なかった企業（ビール製造業）は、地域住民を含めて飲料水が不足することを予見し、製造ラインを流れる瓶に飲料水を充填して住民の皆さんに配布を開始したという。飲料水の配布を受け、水を口にした老人はこう口を開いたという。「これまで何十年と生きてきたが、これまで飲んだ水の中で一番美味しかった。地域住民をこれほど大切にしてくれる企業が近くにあることを誇りに思う。本当に感謝している」と・・・。

企業が目指すべき事業継続マネジメントの本質はこの辺りにあるのかも知れない。

□

半導体・LCD工場の地震対策を事業継続マネジメントの観点から論述してきた。

巨大地震の発生で被る被害を想定しての事業継続マネジメントは個々の企業事情を加味しながら追加検討を通して構築に取り組まれることをお勧めする。

装置、原材料、サプライチェーンなどについて述べてきたが、最終的に事前対策構築から復興に向けて力を発揮し、事業継続マネジメントへの現実化に向けた体制づくりの主役は「人」であることは異論のないところである。

すべてに優先した社員をはじめとする「人」の安全確保、日常的な良きコミュニケーションを通じた帰属意識の高まりこそ事業継続マネジメント構築への重要ツールであることを記して本稿を閉じる。

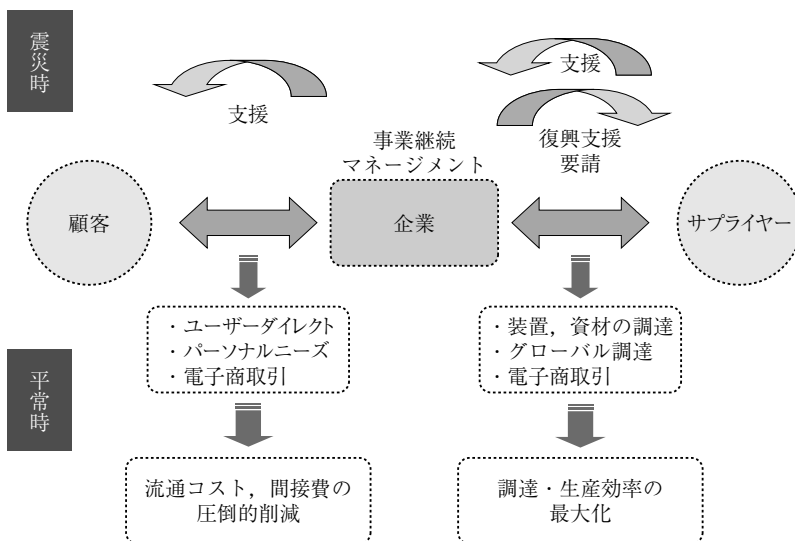


図5 事業継続マネジメントとサプライチェーン