

東日本大震災と地震リスクマネジメント

— 巨大地震に対する企業の備え —

中村 孝明*

東日本で発生した大地震は、東北から関東にかけた広い範囲に甚大な被害を与えた。このような広域被災では企業努力の及ばないところで事業停止を余儀なくされ、また長期化する事実を知った。一方、企業の経営的リスク管理という視点から、意思決定支援を行う体系化された情報技術として地震リスクマネジメントがある。近年では事業継続計画（BCP）への関心の高まりとともに、地震リスクマネジメントの評価項目の一つである事業停止期間を指標に、防災対策を検討する企業が増加している。本報は、東日本大震災の教訓を踏まえ、広域被災に対する備えとして、事業の早期再開を実現するための2案について提示する。一つは自己完結型の復旧を目指すこと、二つ目は地震リスクを相互に持ち寄り共考すること、である。それぞれ地震リスクマネジメントの援用による具現化の道筋を示す。

キーワード：東日本大震災、広域被災、事業継続、地震リスクマネジメント

1. はじめに

大地震の発生は極稀であり、何時起きるかも不明である。また、地震はまったくの負け戦であるため、どれほど防災投資を行っても、マイナスが減ることはあっても利益には繋がらない。防災投資に積極的な企業が少ない理由である。しかしながら、一度発生すると施設被害のみならず、人命や社会的信頼の喪失、資金不足など、企業活動に深刻な影響を与える。このため、どこまでの地震に、どの程度備えればよいか、どのような対策が経済的かなど、企業は難しい判断を迫られることになる。そこで、原子力施設の地震 PSA (Probable Safety Assessment) 技術をベースとした、地震リスクマネジメント (Seismic Risk Management, 以下 SRM) が 1995 年に提唱^{1, 2)}された。SRM は、どのような地震が想定され、その地震による施設被害はどうなるのか、その時の復旧費用 (財物損失) や事業停止期間は、さらに資金は足りるのか、などを定量的に把握し、企業の経営的リスク管理という視点から、意思決定支援を行う情報ツールである。1995 年の兵庫県南部地震以降、地震リスク評価に必要な被災統計情報の整備が進み、さらにさまざまな技術的変遷を経て、体系化された情報技術として現在に至っている³⁾。近年では、事業継続計画 (Business Continuity Planning, 以下 BCP)⁴⁾への関心の高まりとともに、SRM の評価項目の一つである事業停止期

間を材料に、防災対策を検討する企業が増加している。

さて、東日本で発生した大地震は、東北から関東にかけた広い範囲に甚大な被害を与えた。このような想定を越えた広域被災の経験は戦後初めてであり、また先進国においても、初めての経験といえよう。このような広域被災では、企業努力の及ばないところで事業停止を余儀なくされ、また長期化する現実を知ることとなった。これは、私たちの社会が高度に組織化されたネットワーク社会であること、一箇所の復旧の遅れが、物流や情報の長期停滞を引き起こすこと、さらに、広域被災では人・物・エネルギーは十分行き渡らず復旧の遅れを助長すること、などが理由である。広域被災に対し企業はどのような備えをすればよいか、大きな課題を突きつけられている。

本報は、地震リスクマネジメントの手順を示し、対策の多様性と優先順位を解説する。そして東日本大震災の教訓を踏まえ、広域被災に対する備えとして、事業の早期再開を実現するための2案を提示する。これを具現化するため、SRM の利用が有効であることを、企業防災の視点から考察する。

2. 地震リスクマネジメント

一般家庭から企業に至るまで、思想的な考察や経験的な知識に基づき、これまでもリスクマネジメントは行われてきた。しかしながら近年、これまでの経験則的な判断から、科学的な根拠を前提とした定量的な情報による判断が時代の要請となってきた。その理由は、一つは意思決定が利害関係者間に複雑に影響する今日、これまで以上に説明責任が重要になってきたからである。SRM では地震の発生や被害の発生を蓋然事象として捉え、確率・統計手法を使いリスクを数値化している。リスクを数値化することにより、対策の優劣や妥当性の説明性が向上し、また関係者間で情報共有できる。これは減災計画を具体的に進めるうえでの大きなインセンティブとなる。以下では、SRM の手順、財務影響分析、対策の多様性と優先性について解



* Takaaki NAKAMURA

(株) 篠塚研究所

説する。

2.1 地震リスク評価の流れ

SRMでは数値情報は強力な説明手段であるとの観点に立ち、まず、対象施設の地震リスクを定量化することを第一義としている。リスクはシナリオ地震が発生したことを条件に、財物損失、事業停止期間、事業停止に伴う営業損失を評価する。SRMの流れを図-1に示すので参照されたい。

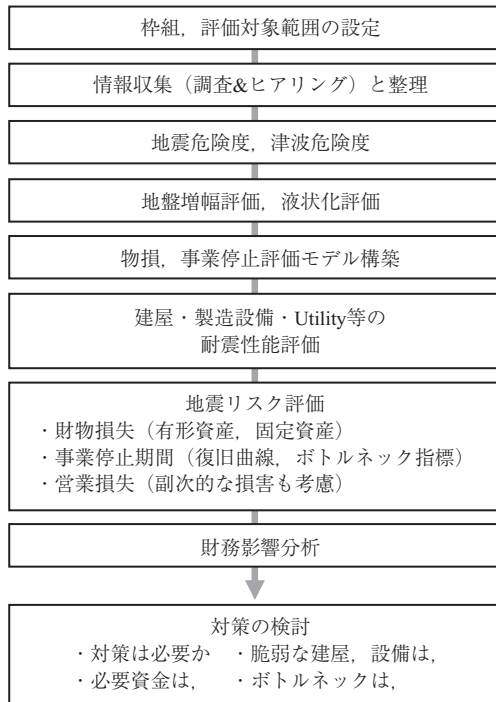


図-1 地震リスク評価の流れ

SRMは評価の枠組や範囲、目的を明確にし、目的に応じて各種の情報を収集・整理する。情報は製造プロセスや仕掛品、製品に関するものが主で、これは財物損失や事業停止期間を評価するモデルに利用される。また、工場建屋、製造設備、Utility等の耐震性能を評価するため、関連する設計図書類を調べ、必要に応じて耐震解析を行う。耐震解析は軽微や大破など、各被害モードの発生限界を地震動の大きさと一律評価する。地震リスク評価では財務影響分析を効率的に実施するため、被災による財物損失は有形資産と固定資産に分けて評価する。事業停止期間については復旧過程を視覚化した復旧曲線、ボトルネック指標等を評価する。営業損失は事業停止期間に日あたりの売上（粗利）を乗じ求めるが、事業停止が長期化する場合には副次的な損害を加味する必要がある。

2.2 財務影響分析

被害地震が発生すると、通常業務に復帰するまでには多くの時間と多額の資金が必要となる。ところが必要資金を内部調達できず、さらに外部からの調達も難しい場合には現金あるいは現金同等物が不足し、運営資金の枯渇、債務不履行などの可能性がある。そこで、災害時に現金あるいは現金同等物がどれほど不足するのか、どの程度の資金調

達を考慮しておかなければならないか、などを把握するために、財務影響分析がある。財務影響分析は企業にとって最悪となる地震、あるいは頻度が高い地震などを選定し、金銭価値として評価した地震リスク（財物損失額、事業停止期間に伴う営業損失額）を財務3表（貸借対照表、損益計算書、キャッシュフロー計算書）に取り込み、発災期末の財務3表を予測する。具体的には流動比率、当座比率、さらに自己資本比率、ROA（総資産利益率）、ROE（自己資産利益率）などを見ることになる。また、地震保険や後述する金融対策を実施するには財務影響分析は不可欠となる。

一方、企業は一定のリスクを受け入れた上で投資を行い、その見返りとして利益を得る。ところが地震災害はまったくの負け戦であり、企業業績や企業価値は確実に低下する。そこで低下する企業価値の幅を少なくすることを目標に、防災投資を位置付ける。投資対効果の検討では、企業の財務諸表に防災投資と投資によって低下した地震リスクを取り込むことで、企業活動の将来を見据えた合理的かつ説明性の高い投資判断ができるようになる。

2.3 地震対策

さまざまな地震対策を効果や確実性などから類型したものが図-2である。まず、対策の効果からはリスク低減（Risk Reduction）とリスク転嫁（Risk Transfer）に大別することができる。リスク低減策はハード対策とソフト対策に分けられ、ハード対策は建物や設備の補強、防火設備の拡充、バックアップ機能の確保など費用は高むものの効果は高く、確実な対策である。一方、ソフト対策は防災マニュアルの整備や防災教育・訓練、風評・マスコミ対策など、主に事後対応や人々の行動の適正化を促す対策となる。一方で、想定を上回るような被害が発生すると、人々の行動は往々にして冷静さを欠いたものになる。このためソフト対策の効果には一定の不確実性を伴うことを認識する必要がある。リスク転嫁策は一定のコストを他者に支払い、損害額を肩代わりしてもらうことで経営上（財務上）のリスクを減らすことができる。

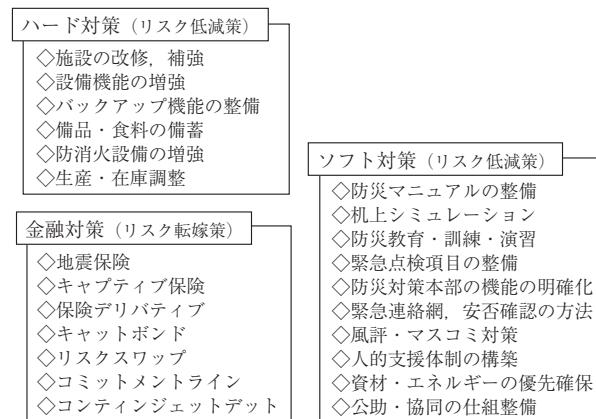


図-2 さまざまな地震対策

金融対策で一番に思いつくのが地震保険であるが、SPC法（資産流動化法）などの施行により、金融派生商品

(derivative) の方法を利用したさまざまなリスクファイナンス手法が作られるようになった。具体的には、保険デリバティブ、キャットボンド (catastrophe bond)、コンティンジェント・デット (contingent debt) 等である。これにキャプティブ保険やファイナイト保険を加え、総称して代替的リスク移転策 (ART: Alternative Risk Transfer) と呼ぶ。SRM では多様な対策の組合せを含め、企業にとって現実的かつ効率的と考えられる対策を科学的論拠に基づき提示する。

2.4 地震対策の優先順位

地震対策の優先順位を検討する流れを示したのが図 - 3 である。まず、ソフト対策は可能なかぎり実施しておく必要がある。ソフト対策は費用が比較的低いから、また従業員の防災意識、当事者意識を高める意味でも重要である。そして、地震が発生した際の自社の状況を正しく把握するために地震リスクを評価する。その結果、とくに事業停止期間が長期になり“問題あり”と判断される場合には、迷わずハード対策を検討する。ソフト対策だけでは復旧期間を早めることは難しいのが理由である。次に、財務影響分析を実施し、流動比率や当座比率等を睨みつつ、金融対策の方法を含め適切な資金調達範囲を検討する。なお、必要に応じてハード対策に戻って検討することも重要である。企業の経営資源は、基本的には人、ブランド、信用であり、製造業では建屋や製造装置などの有形固定資産が加わる。これらを地震から守るためには、被害そのものが起きないように、水際で防止できるハード対策は有効な手段となる。一方の金融対策はリスクを外部に転嫁するもので、人や資産を直接守ることはできず、また事業停止期間を早めることもできない。つまり、金融対策は「ハード対策ではカバーしきれないリスクへの備え」と位置付けることができる。このように、対策の効果や確実性などを考慮しつつ、図のようなフローにのっとり優先順位を設けることは、現実的で無駄のない防災計画の基本となる。

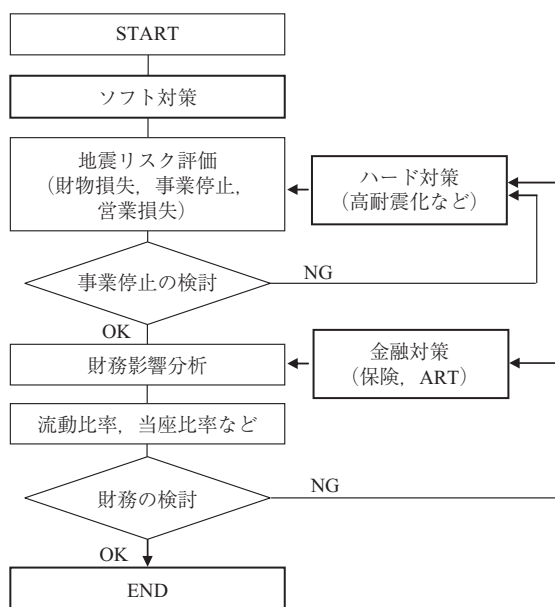


図 - 3 地震対策の検討フローと優先順位

3. 東日本大震災の教訓と企業の事業継続

3.1 自己完結型の復旧を目指せ

災害復旧には人や資材、重機や電力など、人・物・エネルギーが必要になる。局所的な災害の場合、周辺地域や関連企業から多くの手が差し伸べられ、早期の復旧が可能になる。ところが今回のような広域被災では、人・物・エネルギーは行き渡らず、被災企業から見れば時間ばかりが経過する、歯痒い状況になる。そこで、企業内の人や資材を使って復旧を目指す、いわゆる自己完結型の復旧戦略が必要になる。そのためには、建物の倒壊、あるいは調達に時間が掛かる製造装置の損壊など、他者の手を借りなければ復旧できない致命的な被害は回避しなければならない。また、従業員が発災後速やかに参集できる仕組みを整備しておくことも重要である。致命的な被害を回避するには、建物の補強、製造装置や釣り設備の支持、各種 Utility の耐震化、代替の生産機能の整備など、ハード対策を確実に行うことが必要であるが、闇雲に行くと過剰な出費となる。このような場合、SRM で使われるボトルネック指標 (Bottleneck Index) が役に立つ。ボトルネック指標は、生産活動への影響度 (重要性)、耐震脆弱性、復旧難易度の積で表されるもので、耐震化の優先順位を知ることができる。図 - 4 はその例を示したもので、縦軸に示した製造設備、建屋等は、復旧曲線を求める際の構成要素である。各種 Utility も含まれる。

図の例では、屋内変電所、工場 2 と 3 の建屋、プレス工程が要対策施設であることが分かる。これらの施設を補強することで、指標は均一化され、ボトルネックは解消することになる。その結果、復旧期間は短縮され、自己完結型の復旧が可能になる。

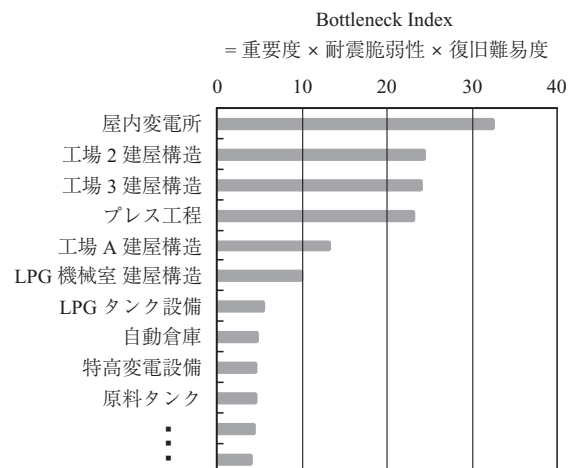


図 - 4 ボトルネック指標の例

3.2 互いの地震リスクを持ち寄り共考しよう

SRM では、企業の事業停止期間を表記するグラフとして復旧曲線 (Recovery Curve) を用いている。図 - 5 にその例を示す。復旧曲線は事業が復旧するプロセスを描いた曲線であり、縦軸は通常時の生産量を 1.0 とした復旧率である。図の例では、□□地震による震度 5 弱程度であれば

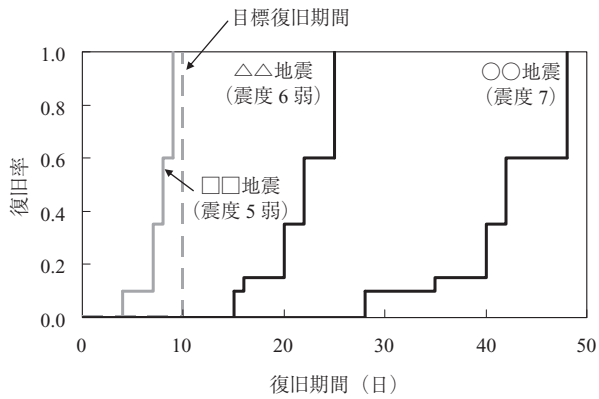


図 - 5 復旧曲線と目標復旧期間

目標復旧期間を満たすことができるが、△△地震や○○地震ではこれを超える。このことから△△地震や○○地震に対しては何らかの対策が必要であることが分かる。

復旧曲線は工場建屋を含む製造設備の機能的な連結性を考慮したシステムモデルを構築し、システム信頼性手法を使い、評価する⁵⁾。図 - 6 にシステムモデルの概念図を示す。工場の生産工程は直列システムが多く、この場合一箇所の停止によりすべてが停止するといった最弱なシステムとなる。さらに、電力や上水の供給可否、道路網の健全性、部品や資材を供給する他工場の健全性（サプライチェーン）などの外部要因も、直列システムの構成要素として生産活動に影響を与える。一方で、外部要因の評価には限界があるため、一定の想定の下で簡便に評価せざるを得ない。このため実際との乖離は否めない。

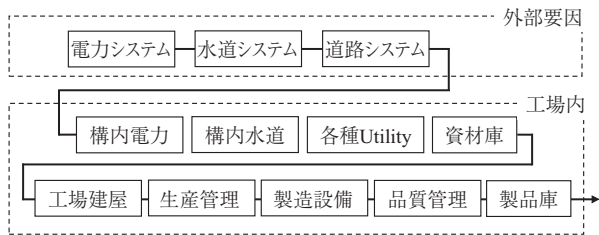


図 - 6 復旧曲線を評価するシステムモデルの概念

東日本大震災では、電気がこない、水がでない、資材が搬入されない、道路が使えない、港湾が停止している、など、企業努力の及ばないところで事業停止は長期化した。これは、私たちの社会が高度に組織化されたネットワーク社会であること、一方で、一箇所の復旧の遅れが物流や情報を長期に渡って遮断するといった、システム上の弱点を有していること、などが理由である。つまり、インフラを含めた社会全体が一定の防災性能をもち、また代替機能を有する冗長性をもたなければ、一企業が十分な備えをして必ずしも業務の早期再開に結びつかない。組織化された社会においては、企業努力の及ばないところで事業停止を

余儀なくされる現実を理解する必要がある。

そこで、事業所や工場、物流拠点やデータセンター、さらに鉄道や道路、港湾や空港施設等のインフラ、電力や情報通信等のライフラインなど、民間資本から社会資本にいたるまで、それぞれの組織、立場で、大地震が発生した際に予想される復旧曲線を推計し、互いに共有することが必要となる。そして、企業はインフラやサプライチェーンなどの外部要因を自社の復旧曲線に反映させることで、より精緻な事業停止期間の評価が可能となる。これにより、原料や中間品等の輸送経路、発注先の地域分散、自家発電を含めた電力確保の方法、情報通信機能の多重化など、さまざまな備えを検討することができる。また、共有情報を議論できる開かれた場をもつことで、互いの依存度や影響範囲を把握することができ、さらに耐震性に関する過不足を指摘し合うこともできる。

想定を越える広域被災に対しては、事業所や企業、国や自治体が個別に防災対策を検討するのではなく、互いの地震リスクを持ち寄り、協同して地域あるいは国全体としての減災対策を議論することが必要である。

4. おわりに

地震リスクマネジメントの概説を行ったうえで、東日本大震災の教訓を踏まえ事業の早期再開を実現するための2案を示した。一つは自己完結型の復旧を目指すこと、二つ目は地震リスクを相互に持ち寄り共考すること、である。これらを具現化するために、地震リスクマネジメントで使われているボトルネック指標、ならびに復旧曲線が役立つことを示した。

製造業にとって自己完結型の復旧は必ずしも容易ではない。しかしながら、生産の早期再開は従業員のみならず周辺の罹災者にも希望を与えると同時に、地域の復興に大きく貢献する。また、広域被災に対しては、地域社会、国全体としての取り組みが必要であることはいうまでもないが、さらに地震リスクの共有化を行うことで、実効性のある防災対策の立案に貢献するとともに、地域住民への説明性の向上にも役立つ。地震リスクマネジメントはその素地を提供するものと考えられる。

参考文献

- 1) 中村孝明, 水谷守: 地震リスクマネジメントにおけるイベントツリー解析, JCOSSAR95, pp.75-80, 1995.11
- 2) M. Mizutani: Basic Methodology of a Seismic Risk Management Procedures, ICOSSAR97, pp.1581-1588, 1997.11
- 3) 中村孝明, 宇賀田健: 地震リスクマネジメント, 技報告堂出版, 2009.1
- 4) 内閣府: 中央省庁業務継続ガイドライン第一版, 2007
- 5) 中村孝明, 境茂樹, 吉川弘道: 損傷相関を考慮した地震時システム性能評価に関する研究, 日本建築学会構造系論文集, 第76巻, 第661号, pp.713-719, 2011.3

【2011年8月9日受付】