

2012.6.28

製造業の地震防災を担う BCP と地震リスクマネジメント

株式会社篠塚研究所

中村孝明

Keyword : BCP, SRM, Seismic risk diagnosis, Risk assessment, Result event, Causing event, Resiliency

キーワード：事業継続計画，地震リスクマネジメント，地震リスク診断，リスクアセスメント，結果事象，原因事象，復元力

要 約

BCP は結果事象型、SRM は原因事象型にそれぞれ分けることができます。結果事象型は、事故や災害が起きた後、適切な行動や対応で、速やかに終息させようとする考え方です。原因事象型は、事故や災害の発生原因を突き止め、起きないようにする考え方です。これらを比較することで、現状の BCP の課題を明らかにします。そして、BCP と SRM を組み合わせ、製造業の防災・減災に資する実効性のあるプログラムを提案します。

－はじめに－

企業の地震防災を検討する上で、BCP の役割、期待は高まっています。一方で、現状の BCP の問題点を指摘する論説^{1),2)}、普及が滞っている理由の実態調査³⁾、東日本大震災時の BCP の課題を指摘する提言⁴⁾なども出されています。具体的には、「バックアップ施設の前にリスクを軽減する予防策が必要」¹⁾「科学的な被害想定技術が活かされていない」²⁾、「策定の効果が期待できない」³⁾、「代替施設（バックアップ）の費用が確保できない」³⁾、「マニュアル通りにはいかない、柔軟な対応が必要」⁴⁾などです。このように課題が指摘される理由はどこにあるのでしょうか。方法論に問題があるのでしょうか。一方、効率的な地震対策を工学的に判断する地震リスクマネジメント（SRM ; Seismic Risk Management）という方法があります。BCP, SRM 共に防災・減災を目的としていますが、それぞれのアプローチは大きく違っています。BCP は、「経営資源が使いなくなった場合にどうするか」、といった結果事象から物事を考える流れが基本にあります。このため、事業停止に至る原因より、事が起きた後の対策、つまり適正な事後対応を重視することになります。一方の SRM は、原因となる事象を見出し、そこに対策を施すことで、原因から取り除こうとする考え方です。BCP は結果事象型、SRM は原因事象型と、それぞれ分けることができます。

本報は、BCP の方法論や考え方に焦点をあて、アプローチの異なる SRM と比較することで、課題を浮き彫りにしたいと考えます。そして、改善すべき点を明らかにした上で、製造業の防災・減災に資する実効性のある方法を提案したいと思います。

－結果事象と原因事象の違い－

製品のリコール問題を取り上げ、結果事象と原因事象の違いについて説明したいと思います。製造業

が欠陥品を出し、その製品が広く出回ってしまった場合、先ず、事実を公知した上で、製品を差し戻します。その後、無償修理、交換、返金などの具体的対策を実施します。このプロセスを、齟齬なく速やかに進められるようにマニュアル化するとします。これが結果事象型の対応になります。一方、なぜこのような欠陥品を出してしまったのか、設計や製造過程、検査過程に至るまで、精緻に調査し、その原因を突き止めます。そして、このような欠陥品を出さないように改善します。これが、原因事象型の対応になります。

結果事象は問題が起きた後、速やかに終息させるにはどのように行動すればよいか、といったアプローチになり、原因事象は原因を突き止め、再び起きないようにするアプローチです。問題を解決するには、それぞれが必要であることは言うまでもありません。

さて、我が国の製造業には、原因を究明し、改善を繰り返し行い、より良い製品を造り上げてきた文化があります。このことは非常に重要であり、物づくりの原点と言えますが、これを裏返せば、より良い製品さえ作れば問題は起きない、堅牢に造っておけば壊れない、といった安全神話へと繋がっていきます。これは、事が起きた後の対応を疎かにし、事態を悪化させる素地となります。福島の原子力事故対応しかり、企業の不祥事しかり、です。同じ轍を踏まないためにも、原因事象と同様に、結果事象の重要性を認識する必要があるでしょう。本題に戻りますが、BCPは結果事象型、SRMは原因事象型です。説明にもあるように、それぞれの考え方、アプローチは対極に位置しています。この違いを理解し、整理することが必要です。

—BCP と SRM の経緯—

2001年の米国同時多発テロでは、ハドソン川を隔てたニュージャージー州にバックアップ・サイトを設けていた Lehman Brothers Inc. は、いち早く業務を再開させることに成功しました。この経験は、我が国での BCP の認知度を上げるきっかけになったと言えますが、その始まりは 1999 年に英国規格協会が発行した情報セキュリティマネジメントシステム (BS7799) にあります。図 1 に BCP と SRM の経緯を年表形式で示しているのので、参照下さい。その後、事業全体を包括した概念として、様々な組織に対応した事業継続マネジメントシステム (BS 25999) に発展しました。また、2012 年 5 月には、国際標準化機構 (ISO) から、「事業継続マネジメントシステム—要求事項」として、ISO 22301 が発行されました。BCP の目的を要約すると、「平常時から緊急時において事業の継続、あるいは復旧を迅速に進めるために、準備、訓練、教育を含め、どのような手順で緊急時対応を行えばよいかを、決めておくこと」となります。BCP は自然災害やテロなどの突発的な事象に限らず、感染症、情報漏洩、電力不足など、企業が抱える様々なリスクに対応しようとするものですが、世界的にも稀な地震危険地域に位置する我が国では、地震時の事業継続が特に重要とされています。このため、内閣府から出されている「事業継続ガイドライン」⁵⁾は、地震災害への対応を念頭に置いた内容となっています。ここで、地震は突然的に発生し、あらゆる施設や設備が同時に被災し、その範囲は広域に及びます。このため地震時の BCP は、風水害やテロ、感染症などとは異なり、突発的、広域被災、同時被災といった特異な問題を抱えていることに注意が必要です。

SRM は、「地震による逸失資産額、事業停止期間、逸失利益 (地震が起きなければ得られたはずの利益) 等、いわゆる地震リスクを推計し、企業や事業体のリスク管理という観点から、効率的な対策の意思決定支援を行う、管理技術」となります。我が国固有の技術として 1995 年に提案^{6),7)}されました。そこに

は、非専門家でも判断できる分かりやすい情報を示すことで、経営者の能動的な意思決定を支援する、といった考え方があります。この点、マネジメントと言うより、リスク評価、あるいはリスク診断と言った方がじっくりいくかもしれません。SRMの核となるのはリスクの定量化技術です。これは地震保険、ならびに原子力施設を対象とした安全性評価技術に起源を求めることができます。前者は災害対策を扱う米国の緊急事態管理庁（Federal Emergency Management Agency）⁸⁾が取りまとめた諸施設の地震被害統計により定量化のベースが整備されました。後者は信頼性工学をベースとした地震PSA（Probability Safety Assessment）技術を背景に、特に学術分野において技術面での整備が進められました。SRMは、これら技術を踏襲しつつ、一貫して確率・統計的アプローチが採られています。2002年には方法論と事例集⁹⁾、2009年には体系化された学術書¹⁰⁾が出版されています。また、これまでも多くの研究論文が出され、適用限界や範囲、留意点など、細部の議論がなされています。この点、実務の供するに足る完成度を伴った手法といえます。

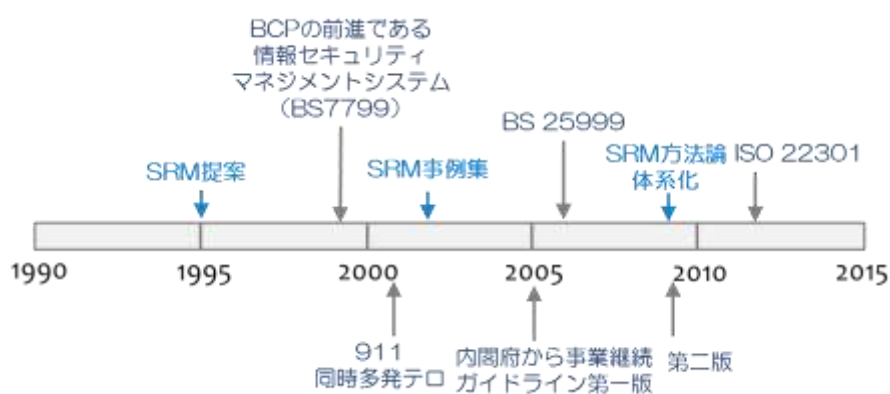


図1 BCPとSRMの経緯

－現状把握から見たBCPとSRM－

製造業を対象としたBCPとSRMの作業フローを図2に示します。大地震が発生した際、事業停止は何日に及ぶのか、我が社はどうなるのか、多くの経営者が知りたい情報です。いわゆる現状把握ですが、この作業を比較することで、BCPとSRMの違いを鮮明にしたいと思います。

BCPの現状把握では、ビジネスインパクト分析（BIA：Business Impact Analysis）を推奨しています。BIAは、営業活動から受注、製品製造、製品発送までの各業務プロセスの中で、それぞれ何日以上停止したら企業として深刻な状況（業務の継続が困難になる状況）に至るかをステークホルダーへの影響を含め、見積ります。その際、影響評価の範囲を広く取ると、必然的に不確定な要因が入り込むことになり、結果は蓋然性を伴うこととなります。そして、最大許容停止期間（MTPD：Maximum Tolerable Period of Disruption）やその手前の目標復旧期間（RTO：Recovery Time Objective）などを決め、併せて、各業務を行う上で必要な経営資源の相互依存を分析することで、重要な経営資源を選定します。次に、最大許容停止期間、あるいは目標復旧期間までに回復、あるいは調達できない経営資源の被害シナリオを想定します。被害シナリオの想定では、リスクアセスメント（RA：Risk Assessment）手法を使うこともあります。この手法は、被害シナリオの脅威と発生頻度を分析し、リスクマップ（頻度と脅威の大きさを両軸とした図）に落とし込むことで、対処すべき被害シナリオを視覚的に把握します。BIA→RA→被害シナ

リオの想定などの一連の作業が現状把握のプロセスです。現状把握が完了すると、例えば「交通網が寸断され目標復旧期間までに物品輸送ができない」、などの被害シナリオに対処するための BCP を検討することになります。

SRM では、現状把握は地震被害を見積もる作業が中心となります。この作業は、地震危険度の分析、地盤増幅、モデル化、施設の耐震性能評価など、地震リスクの定量化方法に則り、科学的に進められます。その際、地震被害の発生原因はどこになるのか、これを客観的に探れるように配慮します。原因事象型の SRM の特徴と言えますが、地震被害はメカニズムがはっきりした物理現象であることが根本的な理由です。そして、リスクとして数値化するのには事業停止期間、逸失資産額、逸失利益となります。財務影響分析を行うため、逸失資産は再調達価格と簿価額（資産の除去損）に分けて計算します。財務影響分析では、ブランド価値や株価の低下、市場の喪失など客観的に捉えることが難しい項目については考慮しません。これらは不確定な要素が大きく、場合によっては先入観や直感が入る込む余地があるからです。SRM では、あくまでも客観的な情報を提供し、経営者の意思決定を支援する立場を堅持しています。この財務影響分析までが、現状把握のプロセスになります。そして、これらプロセスの中で、被害の発生原因やボトルネックとなる要素を選定し、被害を起こさない、あるいは軽減するための対策を検討することになります。



図2 BCPとSRMの作業フロー

BCPの現状把握は、業務プロセス、財務、ステークホルダーへの影響等を踏まえ、企業としてどこまでなら耐えられるか、といった企業の耐性を見積る作業が中心になります。これは、問題が起き、これを終息しなければならない目標時期を、企業の耐性から溯って見積る、結果事象型の特徴的なアプローチと言えます。一方のSRMは、事業停止期間や損害額など、地震被害を見積る作業が中心になります。これは、どこが弱いか、どこに問題があるのかなど、原因を突き止めることを優先する、原因事象型の特徴と言えます。

－被害シナリオから見たBCPとSRM－

BCPの作業フロー（図2）にある被害想定は、一般的には経営資源の喪失や、目標復旧期間までにその資源を調達できない原因、いわゆるインシデントを想定する作業です。東日本大震災の経験を踏まえたBCPの有効性への提言⁴⁾では、想定を超える事態に対処できなかった、被害想定が甘かった、といった

指摘が多く見られます。これを受け、被害シナリオの想定では、最悪と考えられる状況を想定する傾向が強まっています。例えば、「〇〇の生産ラインが壊滅的な被害を受ける」、「インフラの被災により資材や製品の輸送は1カ月間停止する」、「金型が破損し再調達に6カ月要する」といった具合です。一見乱暴な想定のように見えますが、あながち否定することはできません。なぜなら、BCPは結果事象型ですから、最悪を想定しておけば被害の見積もりを誤ることはなく、結果として確かな事業継続に資するからです。しかしながら、製造業の場合は特に、最悪の被害シナリオを想定すると現実的な対策から乖離する可能性があります。製造業の経営資源は、工場建屋や製造設備、Utilityなど、いわゆる製造のための有形固定資産が主役ですが、最悪の事態を想定すると、「バックアップの製造ラインを別途設けておく」、「金型を別途用意しておく」、といった高コスト対策に至ってしまうからです。情報セキュリティのマネジメントでは、バックアップの情報センターやデータ管理はごく普通の考えですが、この対処方法を製造業に転用するのは、経済的にも現実的な対策とは言えません。この点は文献1)でも強調しています。

SRMは確率・統計的アプローチを採ることで、無数の被害シナリオを想定することになります。無数と言っても、実際は数十万、数百万程度です。これは、被害想定には様々な不確実性を伴うことが理由ですが、もう一つは、無被害から最悪の被害に至るまで、全てを網羅する、という発想があるからです。図3に示しているのは、無数の被害シナリオを想定するために使われるイベントツリー解析と呼ばれる方法です。被害要因（例えば液状化被害、建屋被害、製造設備被害など）の組み合わせが被害シナリオです。このツリーに被害要因の発生確率を考慮することで、どの被害シナリオが起きやすいかが判ります。また、被害シナリオが細かく示されているので、それぞれに対応した被害額、事業停止期間も把握することができます。

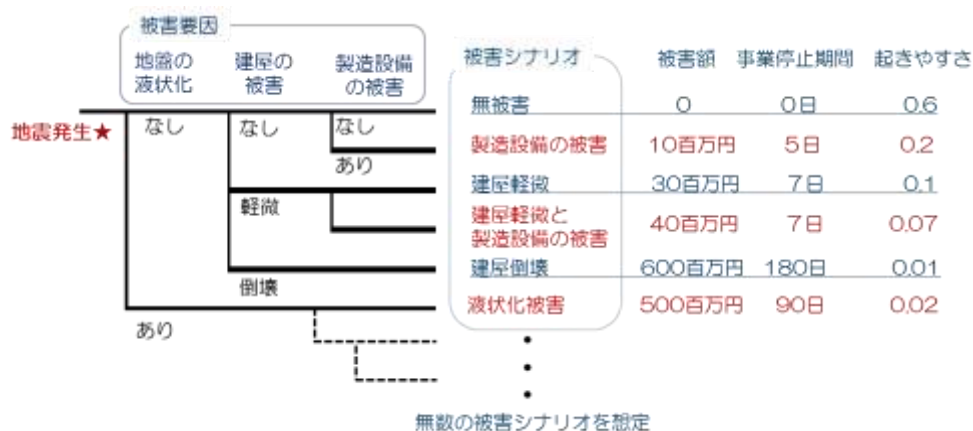


図3 被害想定に使われるイベントツリー解析

図の例では、最悪と考えられる建屋倒壊は1%の可能性、事業停止が7日以下である可能性は97%になります。建屋倒壊といった最悪の被害シナリオを想定することは、1%を100%と見込むことになり、明らかに過剰な想定と言えます。被害シナリオとしては、事業停止期間は7日を上限とする、この方が現実的であり、経済的な対策が採れるはずですが、これは、最悪の被害シナリオを認識しつつ、対策の軸足を「事業停止期間7日」に置く、ということです。また、被害シナリオごとに、被害額とその起きやすさを乗じて足し合わせると、企業としての平均的な損害額を求めることができます。同様に、事業停止期間とその起きやすさを乗じて足し合わせると、平均的な事業停止期間が求められます。これらは前述

した事業停止期間や逸失資産額に相当します。

これまでの地震災害を振り返ると、地震災害が起きる度に、新たに生じた脅威と対峙する構図が繰り返して起きています。これは社会や企業が日々変容し、それと共に、被害の様態が変化していることに原因があります。私たちの防災・減災技術は、地震災害の経験と教訓を学習し、確かに向上してきましたが、社会や企業の変容に応じて発生する新たな被害の様態を予見する努力を怠ってはいけません。そのためには、一定の科学的根拠の下で、可能性のある被害シナリオを網羅的に想定することが必要になります。これはまた、現実的で経済的な対策を見出す素地となります。

－対策から見た BCP と SRM－

様々な地震対策を系統的に分類したものを図4に示します。まず、原因事象型の対策ですが、これは建物や設備の補強、防消火設備の拡充、製造設備や Utility の冗長性確保など、被害を起こさない、あるいは抑制する対策です。費用は嵩むものの効果は高く、確実な対策と言えます。さらに、バックアップ機能の整備や在庫調整等を含め、一般的にハード対策と呼んでいます。一方、結果事象型の対策は、バックアップ機能の整備や在庫調整等を除けば、事後対応や人々の行動の適正化を促す対策になります。これらはソフト対策と呼ばれています。ソフト対策は、2次的に発生する火災・延焼、危険物質の漏洩などを抑制し、人命救助や事業再開の早期化などにも役立つと考えられています。金融対策は、被害の発生を抑止することはできませんが、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ます。

結果事象型の BCP では、発災後の人々の行動や適切な事後対応を促す対策が中心になります。事後対応は〇〇が起きたらこのように行動する、といった約束事になりますが、計画通りに事が運ぶとは限りません。また、実際に発生する災害が、日頃から実施している訓練や防災教育の範囲内であるとは限りません。想定を超える事態や予期せぬ事態が起きると、人々は混乱し被害を拡大するような事態も考えられます。特に地震災害は広域・同時被災となります。事後対応には一定の限界があることを認識しなければなりません。一方、BCP の作業フロー（図2）を見ると、地震被害を起こさないようにする耐震化策は、BCP と共に求められる事項として脇に置かれています。結果事象型の BCP では、原因を取り除くことは主役ではないと考えているからです。

SRM は原因事象型ですから、被害を起こさないようにするハード対策が中心になります。東日本大震災での生産施設の被災状況を調査した奈良岡ら¹¹⁾の研究によると、地震動はそれほど大きくなくても（震度5程度）、素材・エネルギー関連施設は20日程度、自動車・機械の生産施設は10日程度、操業が停止している、と報告しています。その主な原因は、建屋や製造設備の損傷であり、このため補強対策が重要であると論じています。また、震災後、高速道路や新幹線が早期に再開し、救援や復興に貢献したことは記憶に新しいと思います。これは地道に行ってきた補強対策によるところが大きいと言えます。耐震補強に代表される原因事象型の対策は、確かな効果を期待できます。

一方、SRM のスタートは、そもそも地震保険料率の評価にあります。このため金融対策も SRM の枠内で提案することができます。具体的には、逸失資産額、逸失利益等を定量的に推計し、これを財務諸表に取り込む、いわゆる財務影響分析を行います。この分析によって、被災末期の流動比率、自己資本比率、ROA 等の業績指標を求め、運営資金や再建資金などの必要資金を把握します。これにより地震保険の上限やキャットボンドの集金範囲などを設定することができます。

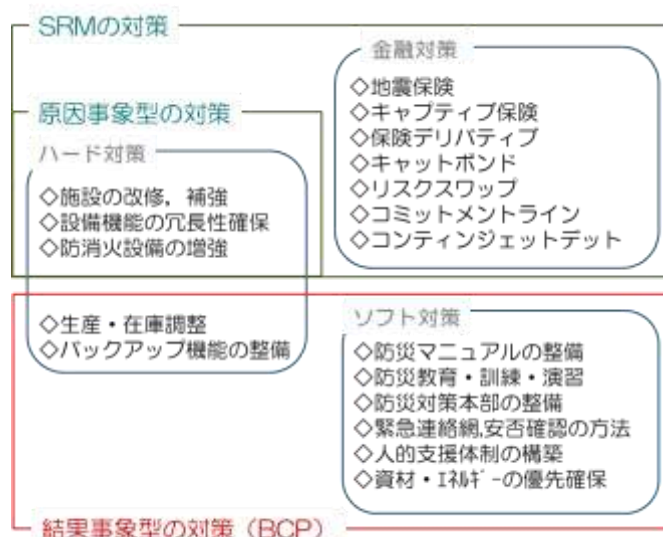


図4 様々な地震対策と分類

人々の事後行動の適正化を促すソフト対策は、事前の防災訓練や教育を、如何に実施したかに関わってきますが、疑似的に被災を経験することは、防災意識を高める意味でも重要になります。またコストはあまり必要としません。このような観点から対策の在り方を考察すると、「ソフト対策はしっかり準備し、併せて効果が確かなハード対策を適所に実施する。ハード対策を行っても資金面で心配なら金融対策を行う」といったように、対策の優先性をはっきりさせ、無駄がなく実施することが、防災・減災を実現する近道と考えます。しかしながら、BCPは事後対策やソフト対策に、SRMはハード・金融対策に傾注しているのが実態です。このような対策の偏りは、コンサルを受ける企業や事業体にとっては、明らかにマイナスです。ソフト対策から、ハード・金融対策まで、一貫して検討できるプログラムや方法論が必要であると考えます。

－復旧曲線を具体的に算定－

当初公開されたSRM^(6,7)には、散在する工場間の製品輸送障害を含めた生産停止期間の算定方法が示されています。いわゆるサプライチェーンの停止期間の問題です。その後、この種の方法はシステム信頼性手法をベースに高度化し、現在では、業務再開に至る経時的な過程を描画した、いわゆる復旧曲線、さらに上水道や道路ネットワークの復旧曲線の算定など、応用範囲は広がっています。しかしながら、算定した復旧曲線はあまり活用されていないのが事態です。BCPでは復旧曲線を概念として捉え、科学的に計算する枠組みになっていながらです。ここでは、この復旧曲線の効果的な使い方について紹介します。

SRMの作業フロー（図2）の中に、リスク評価モデル、とあります。これは、前述したイベントツリーの作成もそうですが、図5に示すように、生産活動に必要な資源（要素と呼びます）の物理的、機能的連関性をシステムとしてモデル化する作業も含まれています。このシステムモデルに、地震が起きた場合を想定し、要素の再調達期間を取り込むことで、図6に示すような復旧曲線を計算することができます。復旧曲線の縦軸は、製品の出荷量、売上、種々の業務など、目的に応じて変えることができます。また、この図ではステップ上に復旧していく様子が見てとれますが、このステップは各業務、製品、あ

るいは製造ラインなどに相当し、どの業務、どの製造ラインが何時ごろ復旧するかが把握できます。計算過程では、ボトルネックとなる要素の抽出作業も行われます。そして、ボトルネックとなる要素の補強、生産管理システムの多重化などを行ったと仮定し、計算し直すと、図のように改善された復旧曲線が求められます。現状の復旧曲線と比較することで、対策の効果を視覚的に把握することができます。なお、図5のリスク評価モデルの各要素は、さらに細かな作業工程、製造装置などに細分化されます。細分化によって「〇〇装置の支持不足」、「室素の供給経路の破断対応」などの仔細な判断ができるようになります。

図6には、最大許容停止期間やその手前の目標復旧期間、重要業務の回復すべきレベルなどを併せて示しています。これらは、BCPの作業フロー(図2)の現状把握で得られる、いわゆる企業の耐性レベルです。そして許容停止期間と現状の復旧曲線を突き合わせ、「許容停止期間>現状の復旧曲線」の関係であれば問題ありませんが、逆の関係であれば何らかの対策が必要になります。このように、BCPとSRMの現状把握のプロセスで得られる情報を併せて示し、比較することで、対策の要否、許容停止期間内に復旧できるかなどの判断ができるようになります。確かな事業継続、早期復旧を目指すには、復旧曲線の算定作業を現状把握の一環として取り入れることが必要です。

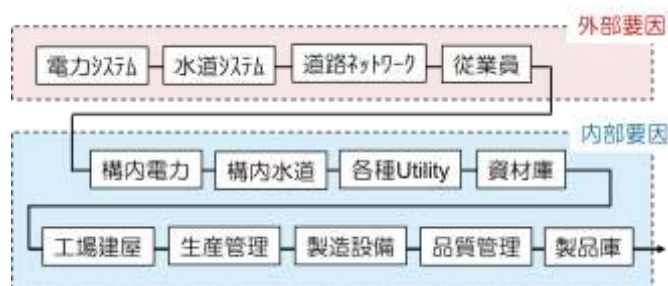


図5 システムリスク算定モデルの要約

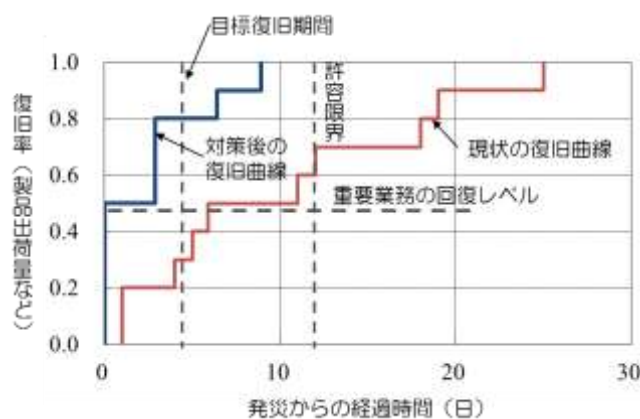


図6 復旧曲線と目標復旧期間

—実効性のあるプログラムの提案—

現状把握、被害シナリオの想定、対策を取り上げ、BCPとSRMの違いを明らかにしました。表1にまとめたので参照ください。

表1 BCPとSRMの違い

| | BCP | SRM |
|----------|------------------|------------------|
| 理念, 方針 | 戦略的, 継続的 | 防災対策の判断を支援 |
| アプローチの方法 | 事後どうするか 結果事象型 | 原因を取り除く 原因事象型 |
| 現状把握 | 企業の耐性を見積る | 地震による被害を見積る |
| 被害想定 | 最悪の被害シナリオを特定 | 様々な被害シナリオを推計 |
| 主な対策 | ソフト対策 (事後対応) | ハード対策, 金融対策 |

BCPを進める上で、若干の違和感を覚えた企業は少なくないと思います。これは結果事象型のBCPに、原因事象型の対応も併せて期待しているからではないでしょうか。これはまた、BCPを進めるコンサルタントなどが、過大な期待を持つような説明を行ってきたことにも問題の一端があったと考えられます。

製造業にとっては、地震被害の原因を断ち、被害を軽減したい、と考えるのは当然の目標です。また、期せずして発生した経営資源の喪失を、速やかに回復させたいと考えるのも当然です。つまり、企業の期待に応えるべく、効果的な防災・減災を実現するには、結果事象型と原因事象型をバランスよく組み合わせ、総合的な対応を取ることが望ましいと考えます。そのためには、表1に○を付記したように、BCP、SRM双方の良い所を組み合わせるはどうでしょうか。これを踏まえ、図7に示すように製造業の地震防災・減災を目指した新たなプログラムを提案したいと思います。

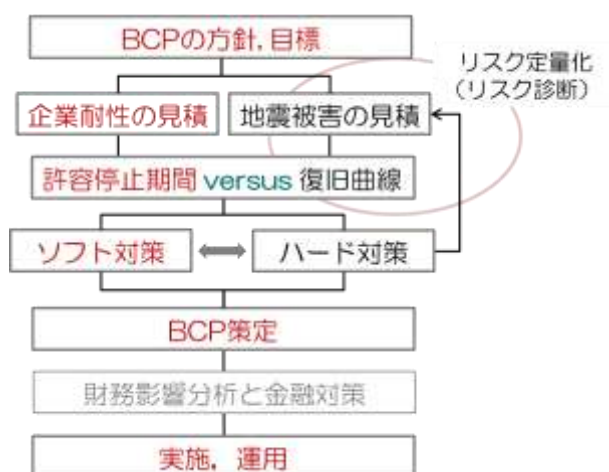


図7 製造業の地震防災・減災を目指したプログラムのフロー

BCPには、戦略的な行動規範、これを完備するための継続対応など、企業活動の継続に資する優れた点があります。PDCAサイクルもその一つです。そこで、BCPの理念、方針を上位に置き、BIAなどの手法を使い企業の耐性を見積り、併せてSRMのリスク評価手法を使い地震被害を見積ります。それぞれのアウトプットを図6のように突き合わせ、比較します。算定した復旧曲線と許容停止期間の乖離が大

きい場合には、乖離を埋めるため、耐震補強などのハード対策を検討します。復旧曲線の改善効果を確認した後、事後対応としてのソフト対策を検討します。この時、ハード対策とソフト対策を独立に考えるのではなく、例えばハード対策はここまで対応し、その残余をソフト対策で対応する、など相互の役割や影響を考え、検討するのがポイントです。そして、ソフト・ハード対策を踏まえ BCP 策定へと進みます。財務影響分析と金融対策の検討は、必要に応じて実施するのが望ましいでしょう。実施・運用については、ハード対策の実施確認、計画書やマニュアルの文書化、チェックリスト作成、教育・訓練の実施など BCP の手順に従い進めます。

図に示したフローは、事業継続プログラムに、SRM の地震リスクの定量化（リスク診断）手法を組み入れたもので、地震時の事業継続に資する合理的なプログラムと考えます。

－おわりに－

東日本大震災以降、災害時における企業のレジリエンシ（Resiliency）の強化を主張する論説や提言が多く出されています。これは「原因事象から、結果事象へ」といった流れと重なっています。この方向性は間違っていないが、この流れが過渡に進むと、結果事象型の対策さえ準備しておけば大丈夫、といった危険な思い込みに発展する可能性があります。繰り返しになりますが、地震災害は広域・同時被災です。また、高度に組織化され社会では、被害は連鎖的に広がり、拡大していきます。被害が起きる原因を見つけ、そこを改善するという対策は、忘れてはならない防災の基本です。これはまた、被害の拡大を抑え、復旧を早期化するための強力な支援対策になります。原因事象、結果事象、それぞれの目指すところをうまく組み合わせることが、これからの事業継続には不可欠となるでしょう。提案したプログラムは、これを具現化する上で、一定の役割を担うものと期待しています。

参考文献

- 1) 宗裕二；事業停止を想定したビジネスインパクト分析は有効か，知的資産創造，pp.20-31, 2008.4
- 2) 土木学会地震工学委員会 地震リスクマネジメントと事業継続小委員会；SRM と BCP の現状と課題，地震リスクマネジメントと事業継続シンポジウム報告集，pp.99-170, 2009.11
- 3) 内閣府；企業の事業継続及び防災の取組に関する実態調査について，P.8, 2010.3
- 4) BCI（The Business Continuity Institute；事業継続協会）日本支部，その他：東日本大震災後の教訓を踏まえた事業継続マネジメント（BCM）有効性向上への提言，P.126, 2011 .12
- 5) 内閣府；事業継続ガイドライン第二版，P.28, 2009.11
- 6) 篠塚研究所，東京海上火災保険；Seismic Risk Management 方法論及び適用例，P48., 1995.8
- 7) 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、JCOSSAR'95, pp.75-80, 1995.11
- 8) Federal Emergency Management Agency: Earthquake Damage Evolution Data for California, ATC-13, p.492, 1985.
- 9) 星谷勝，中村孝明；構造物の地震リスクマネジメント，山海堂，P.180, 2002.4
- 10) 中村孝明，宇賀田健；地震リスクマネジメント，技報堂出版，P290, 2009.1
- 11) 奈良岡浩二，高橋邦夫；2011 東北地方太平洋沖地震における生産施設の被災状況分布，東日本大震災の教訓，これからの新しい国づくり，日本建築学会，pp.491-494, 2012.3