

*MMRC*  
*DISCUSSION PAPER SERIES*

No. 354

サプライチェーンの競争力と頑健性  
—東日本大震災の教訓と供給の「バーチャル・デュアル化」—

東京大学大学院経済学研究科  
藤本 隆宏

2011年5月

 MONOZUKURI 東京大学ものづくり経営研究センター  
Manufacturing Management Research Center (MMRC)

ディスカッション・ペーパー・シリーズは未定稿を議論を目的として公開しているものである。  
引用・複写の際には著者の了解を得られたい。

<http://merc.e.u-tokyo.ac.jp/mmrc/dp/index.html>

**Supply chain competitiveness and robustness:  
A lesson from the 2011 Tohoku Earthquake and ‘virtual dualization’**

Takahiro FUJIMOTO

Faculty of Economics, the University of Tokyo

Abstract: This paper argues that, even after the unprecedented earthquake in Eastern Japan on 2011.3.11, the basic principle of designing industrial supply chains should achieve its competitiveness and robustness simultaneously, as opposed to psychological overreaction that emphasize the latter alone. After critically evaluating proposed changes on the damaged supply chains such as adding inventories, adopting standardized parts, duplicating equipment and tools, and evacuating facilities, the paper argues that, in the era of intensifying global competition, those proposals are appropriate only when it sustains supply chain competitiveness. As an alternative measure to make the chain more robust without significantly adding product cost, the paper proposes making the supply chain “virtual-dual” by enhancing portability of design information.

Key words: 2011 Tohoku Earthquake and Tsunami, supply chain disruption, robustness, design portability, virtual dualization of supply

## サプライチェーンの競争力と頑健性

### —東日本大震災の教訓と供給の「バーチャル・デュアル化」—

藤本隆宏

#### 要約

東日本大震災が日本の（特に自動車の）サプライチェーンに与えた影響について、実態と過去の事例を考察し、サプライチェーンの脆弱性を評価（あるいは脆弱個所を特定）するための、「依存度・可視性・代替可能性・可搬性」からなる分析枠組を提示する。次に、大災害に対して提案されているサプライチェーン強化策、たとえば、在庫の追加、標準部品の採用、ライン・設備・サプライヤーのデュアル化（複線化）、生産拠点の震災地からの転出、といった諸方策について、その得失と成立条件を分析する。その際、東日本大震災を「グローバル競争下の先進国で起きた初めての巨大広域災害」と規定する。そして、次の大災害発生の時や場所は不確実だが、グローバル競争は日々確実に来る、という認識から、サプライチェーンを管理する産業人は、あくまでも、競争力（*competitiveness*）と頑健性（*robustness*）のバランスの良い両立を図るべきだと主張する。とくに円高や不況に直面する近年の日本の貿易財産業が、災害に対する頑健性の強化に注力するあまり、国内の現場や製品の競争力を低下させてしまうならば、日々のグローバル競争で劣勢となり、当該企業・産業は、次の大災害を待たずに衰退・消滅する危険さえある。

こうした発想から、本稿では、相対的に小さなコスト負担で、災害からの復旧の迅速性（たとえば 2～3 週間での全面復旧の実現性）を確保する、もう一つの方策として、「サプライチェーンのバーチャル・デュアル化」を提案する。製品・部品の供給を無理に 2 ラインにはせず、いざという時に、クリティカルな設計情報を他のラインに迅速に移せるように、設計情報の可搬性（*portability*）を確保し、平時より準備や訓練を行うことで、ライン復旧能力（*resilience*）を維持強化するのである。現実には、在庫システムの改変や、標準部品・共通部品の採用、ラインやサプライヤーのデュアル化、工場の海外移転や西日本移転もありうるが、それらの判断は、あくまでもグローバル競争の現実に即して行うべきであり。これを震災対応という基準のみに頼って行ってはいけない。

**キーワード：**東日本大震災、サプライチェーン途絶、頑健性、設計情報の可搬性、供給のバーチャル・デュアル化

## 1 問題設定：大災害によるサプライチェーン寸断とその対策

### 1.1 広域大災害にもグローバル競争にも強いサプライチェーンとは

本稿では、東日本大震災による、多くの産業における内外供給網の寸断という事態をうけて、現在盛んに議論されている、大災害に対するサプライチェーンの頑健性（robustness）強化の諸方策について、実証的、論理的な考察を加える。具体的には、部品点数や必要工程数が多く供給網の複雑な自動車産業を主たる事例として、サプライチェーンを「顧客に至る設計情報の流れ」と解釈する「広義のものづくり論」の観点（藤本 2004、他）から、予備的な分析を行う。

今回の東日本大震災の被害は、我々の想像を絶するものであり、被害の規模も広域性も、第二次大戦の戦災以来と言う他ない。加えて、福島第一原子力発電所の一連の問題、グローバル化の進展による海外拠点・外国企業への影響拡大、製品のデジタル化による災害復旧作業の困難化など、たとえば先年の阪神淡路大震災と比べても、復旧・復興問題は、より複雑かつ不確実である。

福島第一原発における初期対応の失敗や、その後の対策のもたつきから、本部の震災対応能力の不足も指摘されるが、他方で、道路や新幹線や道路の比較的迅速な確保・再開、あるいは被災した自動車サプライチェーンの大部分が 2 週間以内に再稼働したことなど、被害の規模、範囲、複雑度に比すれば極めて迅速な成果も見られ、日本の現場の復旧能力（resilience）は、全体としては高まっていると見てよい。

問題は、この教訓を、将来のサプライチェーン設計にどう生かしていくか、である。その点で、東日本大震災は、「グローバル競争下の先進国における初めての巨大広域災害」と位置付けられる。したがって仮に、今回の大震災への対応として、サプライチェーンの大災害に対する頑健性（robustness：環境急変に対するシステムの機能的・構造的安定性）を強化したとしても、それが当該現場・企業の国際競争力（competitiveness）の弱体化を伴うのであれば、次の大震災が到来する前に、その現場・企業・サプライチェーンは、グローバル競争に敗れて衰退・消滅に向かう可能性が高い。21 世紀初頭の現在、各国の企業や現場は、日々、グローバル競争に直面しているという現実を忘れてはならない。大災害はいつどこに来るか分からないが（disaster someday）、競争は確実に毎日行われているのである（competition everyday）。

すなわち、結論を先取りして言うなら、大震災後の我が国の産業、とりわけ貿易財輸出産業のサプライチェーンは、あくまでも国際競争力の維持強化を大前提とした上で、予測不能な大災害に対する頑健性を高めていく必要がある。たしかに巨大災害の衝撃から、我々は「震災の心理」を「競争の論理」に優先させがちだが、後者を忘れては、サプライチェーンそのものの長期存続が難しいとみるべきだろう。

以上の問題意識を踏まえて、本稿では、主に自動車産業、エレクトロニクス産業等、日

本の代表的な輸出産業のサプライチェーンに対する大震災の影響、チェーンの「弱い輪」が持つ特徴、および実際の対策、今後のサプライチェーン改善の方向性について考察する。その際、「ものづくりとは顧客に向かう設計情報の流れを制御し改善することである」という、ものづくり経営学における「広義のものづくり概念」に依拠し（藤本 2004、藤本・ものづくり経営研究センター 2007、藤本・桑嶋編 2009）、一つのサプライチェーンを、「複数の供給企業によってになわれ、顧客を終結点とする、ある特定の製品に関する設計情報の流れ」と規定することにする。よって、災害後のサプライチェーンの復旧とは、そうした「設計情報の流れの再開」に他ならない。

## 1.2 トヨタ自動車における過去の被災事例

ここで、近年における大災害とサプライチェーンの寸断現象について、自動車産業に絞って振り返ってみよう。

まず、1979年7月11日の東名高速道路日本坂トンネル（下り）で起こった火災事故では、同トンネルが約1週間通行止めとなり、その後片側通行で仮開通、全面復旧は60日後の9月9日となった。当時のトヨタ自動車の組立工場は（生産委託先を除き）豊田市周辺に集中していたため、トンネル以东のサプライヤー65社の部品供給が断絶し、元町工場、高岡工場が一時止まったが、12日の夕刻には通常操業を再開した。サプライヤーのラインの被災ではなかったため、比較的早くに再開した（これら、トヨタのサプライチェーン途絶に関しては、塩見 2011、表13が参考になる）。

1995年1月17日朝の阪神淡路大震災では、阪神地域に立地していた住友電工の伊丹工場（ブレーキ部品）や富士通テンの神戸工場（カーオーディオ）が操業停止となった。この影響で、トヨタ自動車および委託生産企業の29組立工場が、19日（木）から20日（金）にかけて操業停止となったが、連休明けの23日（月）に通常操業を再開した（塩見 2011）。この時は、トヨタ自動車の技術者等が罹災サプライヤーの復旧支援に入り、迅速な再開に貢献したと言われ、この手法は、その後の災害でも踏襲される。

1997年2月1日のアイシン精機・刈谷第1工場の火災では、ブレーキ部品のラインが壊滅的な被害を受けた、トヨタ自動車は、プロポーショニングバルブ等のブレーキ子部品を同工場に8～9割依存していたため、トヨタの国内30ラインのうち22ラインが3日に操業を停止し、通常操業の再開は2月7日となった（減産7万台）。アイシン自体のライン復旧は4月末となるなど、長期の操業停止を余儀なくされたが、主にアイシンおよびトヨタ自動車の取引企業が代替生産要請に応え、組立工場側の完全再開は約1週間で、予想以上に迅速であった（この間の経緯については、西口・ボーデ1999が詳しい）。

2007年7月16日の中越沖地震では、日本の全完成車メーカー（12社）等が新潟のリケン・柏崎工場からのピストンリング他の供給（国内シェア約50%）に依存していたため、トヨタ自動車の全工場（委託生産先を含む）が3日後の19日夕方より操業停止となった。この時も、トヨタ自動車では約500人（他社の応援を含めれば約650人）を被災現場に派遣し、リ

ケンの生産再開に協力したため、柏崎工場は7月23日に生産を再開、これに合わせトヨタも週明けの23日（月）より通常操業を再開した（他の国内自動車メーカーも含め25日までに復旧）。ここでも、自動車メーカーによる短期集中的な復旧支援という災害時のルーチンが繰り返されている。

以上のように、被災現場が供給路か供給工場か、被災現場が単数か複数か、被害が軽微か壊滅的か、当該部品供給への依存度が高いか低いか、部品のカスタム性（製品特殊性）が高いか低いか、等々により、過去の部品供給途絶の事例は様々なタイプに分かれるが、全体として、トヨタなど完成車メーカーによる集中的な復旧支援や迅速な代替供給源の確保により、自動車メーカー側のラインストップは、1日～数日であり、サプライチェーンの被害の深刻さの割には、迅速な復旧であったということが言える。

むろん組立ラインがストップしたことをもって、トヨタ自動車の「ジャストインタイム方式の限界」を強調するマスコミや研究者は過去にも少なくなかったが、在庫を積み増すことによるコスト増やリードタイム延長の長期的な逆機能を考えるなら、大災害の発生のみを理由に、在庫の増加を主張することには、合理的な根拠を見出しがたい。そもそも、確率計算ができないような大災害や大事故を漠然と織り込んで、在庫システムを設計してはいけない、というのが、生産管理論やロジスティクスシステム論の常識である。ちなみに、トヨタの豊田市周辺の工場では以前より、たとえば冬場の関ヶ原以西の部品供給に対しては、大雪対策で在庫を積み増していると言われる。確率計算のできる事象に関しては、在庫システムを調整しているわけである。在庫にそれなりの機能がある限り、当然の対応と言えよう（藤本 2001）。

### 1.3 過去の事例との違い：グローバル化とデジタル化の影響

さて、トヨタ・グループに代表される、サプライチェーンの断絶と復旧について、以上のように見てきたが、2011年3月11日の東日本大震災による自動車等のサプライチェーンの被害は、被災サプライヤーの数と広域性、被災供給路の数と広域性、津波や原発事故による被害の壊滅性と長期性、等々、近年におけるサプライチェーンの途絶事案と比べても、その規模は格段に大きい。このため、たとえば日本の自動車メーカーの国内組立ラインは、事実上、約1カ月の稼働停止となった。また、たとえばトヨタ自動車は当初、稼働率の回復には数カ月を要すると予想していたようだ（その後、稼働率の回復は大幅に早まったが）。

こうした被害の甚大性・広域性に加え、東日本大震災によるサプライチェーン寸断には（たとえば20世紀末の阪神淡路大震災と比べた場合）、少なくとも以下の三つの特徴がみられる。

第1は、「高機能自動車の電子制御の複雑化」である。それは1970年代から、エンジンの電子燃料噴射など、機能部品単体の制御という形で、次第に車両全体に浸透したが、その過程で自動車の電子制御系は、多数のECU（Electronic Control Unit：回路基板に個別半導体素子や半導体集積回路を実装し、それらの半導体群を組み込みソフトウェア（embedded

software) で駆動する電子制御ユニット) が連動する複雑なものとなった。

個々の ECU は制御のための回路基板の入った「箱」だが、そこには通常、いわゆる「マイコン」(Micro Controller Unit) と呼ばれる半導体集積回路(チップ)が、他の部品とともに搭載される。そしてマイコンは、中央演算装置(CPU)やメモリーを1枚のチップ上に集積したもので、その多くは、ユーザー企業である自動車メーカーや部品メーカーがカタログ買いする汎用的な半導体製品だが、そこにユーザー企業が製品特種的(product specific)な組み込みソフトを書き込むことによって、「マイコン+組み込みソフト」、さらには ECU が製品特殊化する(立本・藤本・富田 2009)。

こうして自動車の制御システムは、複雑かつ階層的なものとなっていっていった。たとえば 2011 年現在、先進国市場の高級車は、数十以上のマイコンを 1000 万行以上の組み込みソフトで制御する、極めて複雑なものである。そこに東日本大震災が襲来した結果、最も復旧が遅れ、最も影響範囲が大きかった被災工場のひとつは、東日本に立地する、あるマイコン工場となった。これについては後述する。

第 2 は「サプライチェーンのグローバル化」である。日本の自動車産業の場合、海外拠点の拡大は、20 世紀終盤から進行していた現象であるが、大きな機構部品や意匠部品が、組立国にいわば市場立地する傾向があったのに対し、前述のマイコンのような電子部品や、機能性材料を用いる微細な単体部品等の中には、日本で集中生産して、海外の組立工場や機能部品工場に輸出するものが、実はかなり多数ある。その結果、各国組立拠点における部品国産化率上昇の傾向にもかかわらず、日本を拠点とするグローバルな部品供給網も根強く残った。そして今回、それが日本企業の海外拠点における操業停止を招くこととなった。多くの場合、海外拠点は日本との間にパイプライン在庫を持つので、海外組にあつてラインの停止は、5 月以降となると予想された。

さらに、欧州のトヨタ組立拠点の事例をみる限り、仮に、機能部品を現地の欧州企業から調達することにしても、その欧州企業が日本から機能性の単体部品を買っていたため、結局、その欧州サプライヤーの機能部品供給も途絶する、という事態が観察された。日本のマイコン供給途絶の影響は、日本メーカーだけではなく、海外の組立企業や部品企業にも広がっている。

第 3 は、「グローバル競争の激化」である。2008 年のリーマンショックによる米国市場の収縮、組立生産性や製造品質における欧米自動車企業の対日キャッチアップ、韓国自動車企業の競争力上昇、中国など一部の新興国自動車産業の急成長、日本の国内自動車市場の長期停滞、円高のさらなる進行など、日本の国内自動車生産拠点に対しては、厳しい競争環境が続いている。そうした中で、日本の自動車開発・生産現場は、生産性や設計品質のさらなる向上を、とことん目指すしかない。こうした状況で東日本大震災が起こったわけであるから、前述のように、国際競争力を低下させるような形で震災対応のシステム改変を行うことはできない。あくまでも、国内のものづくりシステムの競争力を維持しつつ、大災害に対する頑健性を高めていく必要がある、これは、容易なことではない。

このように、阪神淡路大震の当時と比べても、自動車産業を取りまく状況は変わっており、それが、企業や現場やサプライチェーンの震災対応を、より難しいものになっているのである。

## 2 東日本大震災で顕在化したサプライチェーンの「弱い輪」

### 2.1 半導体集積回路（マイコンと ASIC）

次に、今回の震災で、特に復旧が遅く、組立企業の操業への影響の大きかった代表的な分野を三つ挙げておこう。それは、機器を制御する半導体集積回路（車載マイコンなど）、合成ゴムなどの機能性化学品、そして、材料技術に支えられた微細な単体部品である。順次、簡単に見ておこう。

まず、機器を制御する半導体集積回路について。一般に、自動車、家電、電子機器、事務機械、産業機械など、ある特定の機器（製品）を制御することは、①プリント基板（PCB）の上に個別（ディスクリット）半導体を並べて結線することでも、②顧客製品特殊の（customer-product-specific）な半導体集積回路（ASIC）として一片のシリコン・チップの上に形成することでも、③汎用的な半導体集積回路（マイコン）に顧客製品特殊な組み込みソフトウェアを書き込むことでも、等しく実現可能である（立本・藤本・富田 2009）。

実際には多くの場合、これら 3 つの組み合わせとなるが、近年の自動車が搭載する電子制御ユニット（ECU）が多く用いているのは、方法③であり、そこで必要とされる半導体集積回路（チップ）はマイコンである。マイコンは、現在では日本の製造業（付加価値額にして約 100 兆円）の半分近くが使用していると言われる。一方、方法②を採用し、特定製品の制御に必要な設計情報全体を半導体集積回路に焼きこんでしまう ASIC（たとえば SoC = System on Chip）を用いる電子機器も少なくない。

いずれにせよ、こうした個別機器の制御に用いる ASIC やマイコンといった半導体を製造する大きな工場が、今回の被災地域の中に存在した。茨城県ひたちなか市にあるルネサスエレクトロニクス社の那珂工場である。詳細は他に譲るが、同工場の半導体製造工程は、ウェハーのサイズ別に 200 ミリと 300 ミリのラインの 2 系統に大別され、このうち、200 ミリ・ラインは自動車用その他のマイコン（上記の③に該当）、300 ミリのラインはその他の機器の制御に用いる顧客製品特殊な SoC（ASIC の一種；上記の②に該当）を生産するが、いずれも、約 3 ヶ月間、供給が滞った（当初は 1 年間は供給の混乱が続くと予想されたが、最終的には約 3 カ月でほぼ復旧した）。今回の震災で、多くの産業のサプライチェーンに影響を与えた工場の一つが、ここであった。

そのうち、車載マイコンは、自動車用という意味では用途特種的（application-specific）だが、それ自体は顧客製品特殊（customer-product-specific）ではなく、むしろ、ユーザー企業がカタログ買いきる汎用的な半導体製品である。しかしその一方で、当該工場で生産されていたマイコンは、その開発過程で用いられる設計ルール（機能設計・工程設計・工

程設計の間の翻訳ルール：立本・藤本・富田 2009 参照）や、その開発過程で作られる開発環境（開発ツール、設計ライブラリ、シミュレーション装置など）が那珂工場専用、つまり供給者工程特種的（supplier-process-specific）であったと推定される（兵庫県立大学・立本博文准教授の見解）。したがって、そのマイコンを前提に、ユーザー企業が顧客製品特種的な組み込みソフトウェアを開発すれば、その組み込みソフトが、今度は供給者工程特種的な性格を持つようになり、ソフトとハードを含む制御系全体が、いわば那珂工場特種的ななり、他工場への供給源のスイッチが難しくなる。

一般に、ある部品（たとえばマイコン）の構造設計が、「顧客製品特種的」（つまり買い手特種的）であるか、「供給者工程特種的」（つまり売り手特種的）であるか、いずれか、あるいは両方が成立する時、その部品の「代替可能性」（substitutability）は低下する。那珂工場の場合、ASIC（SoC）はより「顧客製品特種的」、マイコンはより「供給者工程特種的」であったと推測されるが、いずれの場合も、顧客企業から見た当該部品（ASIC あるいはマイコン）の「代替可能性」は低かったのである。

他方で、先端領域では 0.1 ミクロン以下の微細加工が要求され、極めて高額な半導体製造装置を行き来するその工程は数 100 ステップに及ぶ。半導体の中には、工程擦り合わせの部分が設備の内部にカプセル化された結果、工程アーキテクチャが相対的にモジュラー化しているとみられるもの（たとえば DRAM）もあるが、先端的な ASIC（SoC）やマイコンに関しては、「中アーキテクチャ」はインテグラル寄りで見られる（鈴木・湯之上 2008、立本・藤本・富田 2009）。ゆえに、多能工のチームワークを特徴とする日本の設計・生産現場と相性が良い傾向がある。それもあってか、後述のルネサスエレクトロニクスのマイコンにおける世界シェアは約 30%（自動車に限れば 40%）と言われる（収益性に関しては問題が指摘されることも多いが）。また、半導体材料や半導体製造装置も、インテグラル型アーキテクチャの製品が多く、日本企業が高い世界シェアを持つ傾向がある。顧客には日本の完成車メーカーに加えて、デンソー、日立オートモティブなどの部品企業、GM、VW 等の海外自動車企業も含まれる（以下の現状情報の一部は日本政策投資銀行とのディスカッションによる。藤本 2011）。

このように、日本企業の世界シェアが比較的大きいことに加えて、「代替可能性」が比較的低いのが車載マイコンの特徴であり、ルネサスエレクトロニクスの那珂工場は、そうしたマイコンの代表的な工場の一つである。

さらに、設計情報が代替困難であることに加え、生産工程が高度に複雑、かつ装置産業的で、しかもプレス金型や切削工具と違い、設計情報（回路設計情報が転写されたマスク）を装置から引きはがして他の工程に移設することが事実上難しいこと、すなわち設計情報の可搬性（portability）の低さもあり、供給を他に切り替えることが難しかった。となれば、被災した装置全体を復旧させない限り、操業が再開できないが、工程の複雑性ゆえに、それには時間がかかる。

しかも同工場の場合、設備は新鋭ながら建屋が古かったこともあり、東日本大震災では

甚大な被害を受けた。かくして、市場シェアの大きさ、および設備被害の甚大性に加え、当該マイコンの代替可能性が低く（non-substitutable）、可搬性も低い（non-portable）ことの結果、同工場のラインの復旧が、他の部品や工場に比べて相対的に遅れ、また顧客企業のサプライチェーンへの影響が大きかったのである。

しかしながら、事態の深刻さを察知した日本の自動車メーカーは、中越沖地震の際のリケン支援と同様、自動車工業会加盟の完成車メーカー各社が復旧支援に配置、内外の半導体露光装置メーカーも、自社工場とひたちなかを往来しつつ復旧を加速化させた。その結果、完全復旧には1年かかると当初言われていたのが、5月末の段階では、3か月未満で復旧させるめどを立てた。また、同工場で生産する品目の約半分に関しては、設計情報（レシピ）を、連携する他工場（たとえばNECの工場）に移植して代替生産するなど、いわゆるBCP（事業継続計画：Business Continuity Plan）の観点からみて良い動きも見られた。このように、那珂工場の車載マイコンやASICは、上述のようなこの製品の特性ゆえに、復旧遅れの影響の広がり懸念されたが、オールジャパンとも言えるユーザー企業やサプライヤー企業の復旧支援もあって、当初の想定よりは早期の回復が期待されている。

## 2.2 機能性化学品

東日本大震災で被災したもう一つの代表的な自動車資材は、機能性の化学品、たとえばタイヤ・ブレーキ用ゴム関連（例：EPDMの茨城県鹿島・日本合成ゴム、練りの福島県小高・藤倉ゴム工業、添加剤の福島県原町・大内新興科学）、塗料用顔料（例：福島県小名浜のメルク）、コンデンサ用電解液（茨城県高萩の日本ケミコン、福島県大熊の外山薬品工業）などである。

これら化学品の特徴は、装置産業的なプロセス産業であること、他社による代替供給は一部可能だが、そこ自体の市場シェアが高いため限界があること（上記工場の国内シェアは30–100%）である。被災状況としては、鹿島港に立地して津波の被害に遭ったところと、福島第一原発の避難地域に入ってしまった工場が目立つ。ここでは、自動車以外でも、鹿島港の三菱化学やカネカの機能性化学品が被災している。

化学品においては、設備は製品特殊でないことも多いが、レシピ（操作ノウハウ）や一部の設備が製品特殊な設計情報を持っており、これらを別の工場に短期間で移植できるかどうか、つまり設計情報の移動可能性あるいは可搬性（portability）がポイントとなる。たとえば塩化ビニールの生産ラインが鹿島で被災したカネカは、いち早く兵庫県高砂の主力工場にレシピを移植することで、医療機器用の材料供給途絶を回避できている。

## 2.3 微小部品・消耗品

第3に、自動車を3万点にまで分解したときに出てくるような微小な単体部品（ネジ、バネなど）の、そのまた生産工程の一部で使われる消耗品など、完成車メーカーからみれば、普段は全く見えていない末端サプライヤーの中に、東北で罹災した中小企業が、特に

トヨタの場合、実は多数あった。こうした小さなサプライヤーに関しては、製品属性以前の問題として、完成車メーカーから見てのサプライヤーの「可視性」(visibility)が問題となる。たとえば、トヨタ自動車のサプライヤー復旧支援力がどんなに強力であったとしても、そのサプライヤーが見えていなければ、支援のしようがないわけである。

もとより、自動車のサプライチェーンは極めて複雑であり、その全体を、単体部品の生産工程まで遡って完全に把握することは、容易なことではない。また、契約上も、技術的にも、通常の部品取引の中で、完成車メーカーが、2次メーカー以下のサプライヤーの工程の詳細について、常に知っている必要はないかもしれない。基本は、1次サプライヤーは2次を管理、2次は3次を管理、という分権システムである。

しかし、今回の大震災のように、サプライチェーンが寸断され危機に陥った緊急事態においては、比較的短時間のうちに、サプライチェーンの実態把握を実現したい。

過去の災害においても、トヨタなど完成車メーカーは、いったん被災現場を把握すれば、その復旧支援を効果的に行うことができている。しかし今回は、震災後1カ月の段階でも、東北で被災したサプライヤーの全貌を把握できていなかった可能性がある。トヨタの関係者も、震災後1カ月の段階では、被災部品メーカーは100社以上とっており、要するに、正確な数は把握されていなかったようである。

以上のように、東日本大震災で罹災したサプライヤーのうち、復旧が比較的遅く、被害も大きかったのは、第1に代替可能性の低いマイコンなど製品特殊的な電子部品、第2に一部の機能性化学品、第3に可視性の低い微小部品であったと考えられる。そこで次に、大災害に強く、かつ競争力も維持できるサプライチェーンの在り方を考える上で、重要と考えられる諸概念について、考察を加えよう。

### 3 サプライチェーン脆弱性・頑健性の分析枠組

#### 3.1 設計上の流れからみる「広義のものづくり」概念

まず、『ものづくり経営学』の基本概念に戻り、サプライチェーンを「顧客へと向かう設計情報の流れ」として再解釈しておこう。まず必要なことは、対象となるサプライチェーン全体の、広域大災害に対する頑健性(robustness)を評価すること、あるいはそのサプライチェーンの中で脆弱な部分(弱い輪)を特定することである。

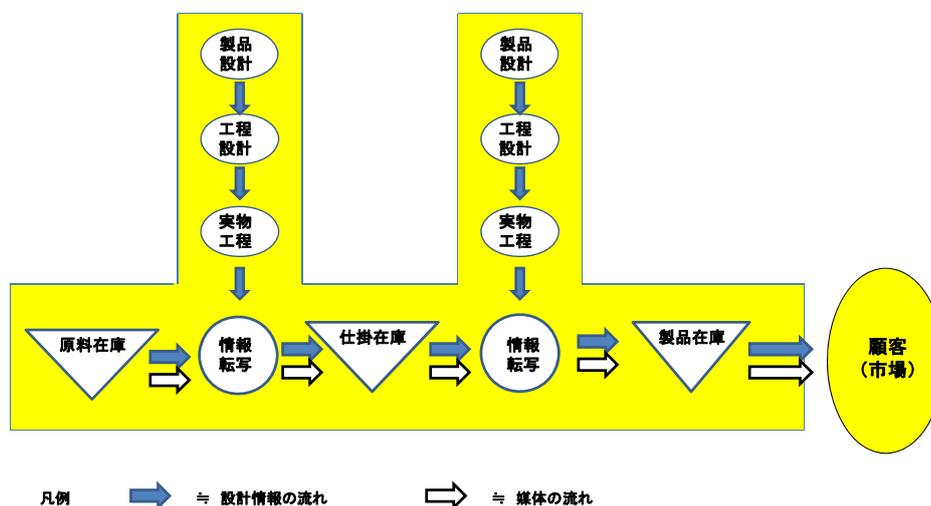
この際、筆者らの「ものづくり経営学」は、「ものづくり」を設計論の観点から広く捉える必要性を主張する。後述のように、ここで言う「広義のものづくり」は、「良い設計」を「良い流れ」で顧客までつなぐ汎用管理技術を指す(藤本 2004、藤本・ものづくり経営研究センター 2007)。言い換えれば、ものづくり経営の鍵は、「ものづくり」を広義に捉える発想にある。広義の「ものづくり」とは、設計情報をモノ(媒体)に作り込み、それを「良い流れ」で顧客まで届けることであり、その基本は「設計」である。

設計情報からもものづくりを広義に再解釈するには、「ものをつくる」というよりは、むしろ

ろ、「設計情報をものにつくり込む」という人工物創造の基本に立ち返ることが必要である。こう考えることによって、開発や購買・販売をも含んだ幅広いものづくり議論ができるようになる。ここでは製品設計情報を創造する活動が「開発」であり、その設計情報を媒体に転写する活動が「生産」であり、その媒体を購入する活動が「購買」、製品を通じ顧客に設計情報を発信する活動が「販売」である。それらは、たとえば図 1 に示すような、設計情報の流れとなっている。

「広義のものづくり論」が考えるサプライチェーンは、単なるモノの流れではなく、製品設計や工程設計も含む、こうした設計情報の流れ全体である。したがって、広域大災害において、復旧の対象とすべきは、こうした、顧客へ向かう設計情報の流れの全体である。

図1 「設計情報の流れ」としてのサプライチェーン

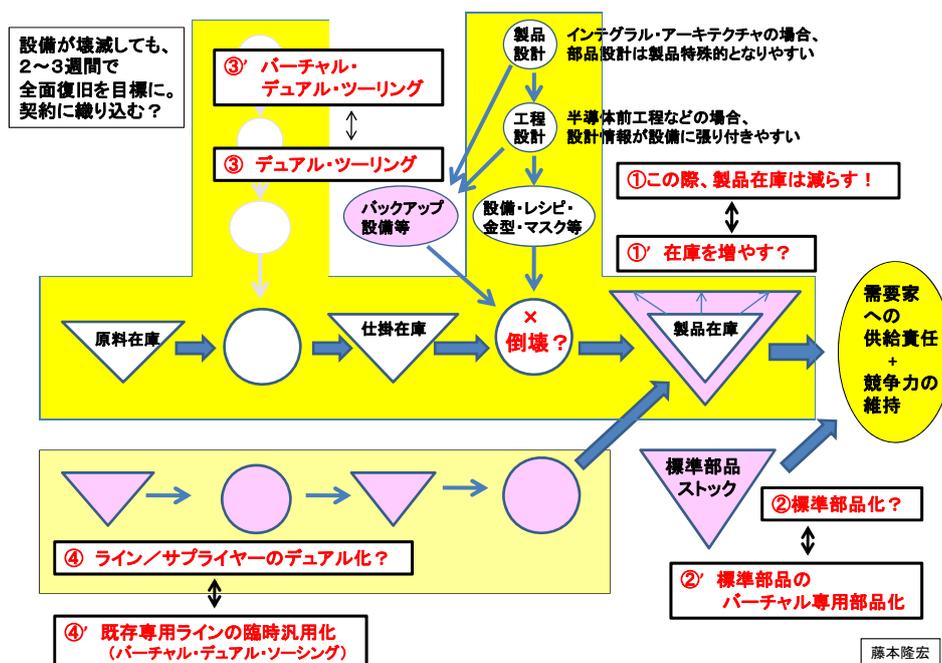


こうした、設計論を起点とする「広義のものづくり」論の観点から災害対策を再考するならば、サプライチェーンに関して目標とすべきは、市場に到達する「設計情報の流れ」の確保である。たとえば、ある生産工程が災害で倒壊し、サプライチェーンがそこで遮断されたとしよう。この場合、顧客へ向かう設計情報の流れを確保する方策は、情報転写ポイントの下流での措置と、上流での措置に大別される。

すなわち、①前者は、転写済みの設計情報（つまり製品・仕掛品）を情報遮断工程の下流で早急に確保することで、下流の製品在庫・仕掛品在庫の増加や、同一設計情報を確保しやすい標準部品・共通部品への切り替えが、これに該当する。②後者は、遮断個所の上流で、転写すべき設計情報（設備、金型、工具、レシピなど）を早急に確保し、設計情報の「迂回路」を作ることであり、たとえば同一設計情報を持つ設備や金型を常に複数準備するデュアル・ツーリング、生産ラインそのものを社内か社外に複数系統確保するデュア

ル・ソーシングがこれに該当する。あるいは、さらに上流に設計情報のストックを確保し、緊急時にはそれを起点に設計情報の流れを事後的に再構築あるいは再配置するという「仮想デュアル・ソーシング（後述）」も考えられる（図2）。

図2 大災害に対するサプライチェーンの対応策



これらを組み合わせて、競争力と頑健性が両立するサプライチェーンを構築するのが、グローバル競争時代の大災害対策であると筆者は考える。具体的にどの方策を選択するかは、当該製品の必需性、復旧までの目標リードタイム、国内市場の規模や成長性、国際競争の厳しさ、在庫や設備の価値と陳腐化の可能性、等々の総合判断となる。

たとえば、必需的な医療機器など、供給途絶が1日たりとも許されないものに関しては、備蓄的な在庫を供給企業側も持つ必要があるだろう。しかし、長期の受注残を抱える受注製品や、すでに流通業界が大量の製品在庫を抱える業界などでは、たとえば2~3週間での復旧は許容範囲である可能性が高い。まずは、それぞれのサプライチェーンに関して、社会や市場が許容する復旧期間はどのぐらいであるかについて、当事者間で合意を形成し、それを目標として全体最適のサプライチェーン頑健化を目指すべきであろう。

次に、製品や工程の特性と、サプライチェーン脆弱性との関係を、依存度 (dependence)、可視性 (visibility)、代替可能性 (substitutability)、可搬性 (portability) といった諸属性に関して見ておこう。

### 3.2 サプライヤーへの依存度 (dependence)

まず、特定のサプライヤーへの依存度の高い製品が、サプライチェーンにおける「弱い輪」になりうることは、過去の事例（アイシン火災でのブレーキ部品、中越沖地震でのピストンリングなど）を見ても明らかであろう。

とりわけ、今回の東日本大震災で、トヨタ自動車などが再認識したのは、たとえば1次・2次部品（機能部品）は複数サプライヤーに分散化しているが、その先3次部品（単体部品）が、特殊な工程技術を持つ特定の1企業に集中しているという「ダイヤモンド構造」である。そうした「代えの利かないサプライヤー」が存在すること自体は、日本の産業競争力の基盤でもあり、無理やりそれを分散化することは、差別化効果や量産効果を低下させる可能性があり、得策ではないだろう。

つまり、技術力や競争力の必然的な結果として1社に集中すること自体は、決して悪いことではなく、むしろ、無理にそれを分散化させることの競争戦略上のリスクの方が大きい。ただ、そうした依存度の高い工程や部品は、サプライチェーンの「弱い輪」となりやすいことを日頃から自覚し、しかるべき予防策や復旧策を集中的に考えておくことが、下流の組立企業の側にとっては必要なのである。

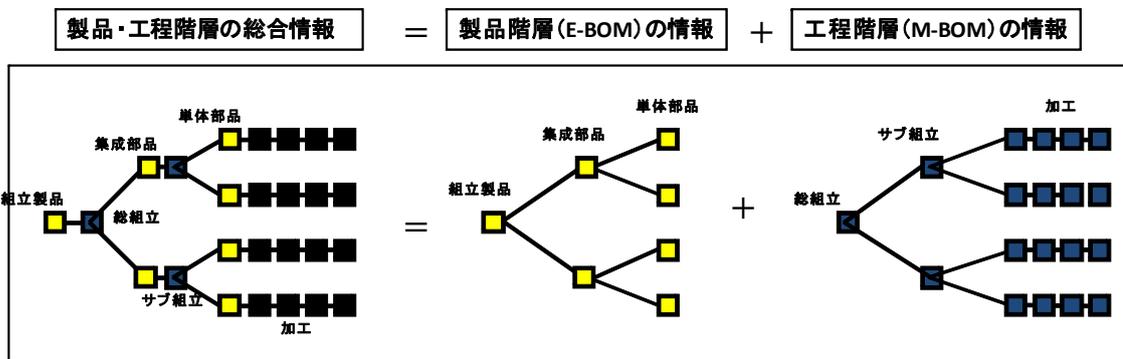
### 3.3 サプライチェーンの可視性 (visibility)

第2に、東日本大震災でも顕在化したのが、下流の顧客企業やセットメーカーから見て、可視的 (visible) になっていない部分が、じつは重大なボトルネック (隘路) になりうる、という点に、日ごろから留意する必要がある。

特に、構成部品点数の多い自動車や、通過工程数の多い半導体などの複雑な製品の場合、クリティカルな工程が見落とされがちである。たとえば、最終製品の中に残らない消耗品、たとえば洗浄液や触媒などの製造工程の中に、復旧や代替の難しい資材や、特定の企業に集中的に依存している資材が混じっている可能性がある。

設計情報の下流にある最終財メーカーがこれらの「弱い輪」を事前に把握するには、たとえば自動車の場合、約3万点と言われる単体部品まで分解した「設計部品表」(E-BOM: Engineering Bill of Materials) だけでは不十分であり、各層における個々の部品の製造に必要な設備、工具、消耗品などの情報を含む「製造部品表」(M-BOM: Manufacturing Bill of Materials) の情報も把握している必要がある。こうした製品階層情報と工程階層情報は、図3に示したように、たがいに嵌め合い構造になっているが、設計情報の下流にある組立企業は、その全体像を、いざという時にすぐに把握できるようにしておく必要がある。

図3 製品階層情報と工程階層情報の総合的な把握



ただ、日本の自動車産業における従来のサプライヤー・システムをみると、2次部品メーカーの管理は1次メーカー、3次メーカーの管理は2次メーカーが行う、という階層別管理が基本であり、複雑なサプライチェーンに対しては、それなりに効率的であったと言われる。このシステムの強みを維持しつつ、緊急時のサプライチェーン情報の透明性を確保することは容易ではなく、今後の課題の一つであろう。

### 3.4 設計情報の代替不可能性 (substitutability)

第3に、その部品が、前述のように、特定の顧客製品にのみ使われる特殊設計の (customer-product-specific) 部品である場合 (とくにサプライヤーの設計資源に依存する場合)、あるいはサプライヤーの開発プロセスや生産プロセスの特異性に基づくサプライヤー工程特殊性がある場合 (supplier-process-specific)、その部品の買い手の側から見れば、いざという時に、標準部品にスイッチしたり、サプライヤー自体をスイッチしたりすることが難しいという意味で、代替不可能性 (non-substitutability) が高く、よって、比較的供給リスクの大きなアイテムとなる。

多能工のチームワークを特徴とする日本の多くのものづくり現場は、複雑に絡み合う製品機能と製品構造を相互調整し最適設計する「インテグラル型 (擦り合わせ型) アーキテクチャ」の製品で「設計の比較優位」を持ちやすいと筆者らは主張してきたが (藤本 2003、藤本 2004)、こうした製品の構成部品は、製品特殊なカスタム部品になりやすい。戦後の日本は、そのようなカスタム部品を効率的かつ迅速に開発するため、組立メーカーと部品メーカーの間の緊密な連携調整と共同問題解決の仕組みを発達させ、それが産業競争力の一つの源泉でもあった (Nishiguchi 1994、浅沼 1997、武石 2003)。

つまり、日本が産業競争力を持つ製品は、その構成要素に「代えがきかない特殊設計部品」が多いわけだが、大災害時には、それがサプライチェーンの脆弱性を生みやすい、というジレンマが存在するわけである。さらに、前述のマイコンの例でも触れた、供給者側のプロセスの特異性 (これも多くの場合、サプライヤーの競争力の源泉となっている) が加わって、日本が得意とする製品の場合、部品の代替不可能性が、相対的に高い傾向があ

る、というジレンマが生じる。

むろん、その供給途絶リスクを見込んで、同一設計部品を複数のサプライヤーに発注する慣行（複社発注）も観察されるが、それは、買い手の組立企業が部品の詳細設計までを行う「貸与図方式」の場合が多い。一方、売り手の部品企業に詳細設計を任せる「承認図方式」や、売り手企業と買い手企業が部品を共同設計する場合には、図面の所有権などの関係で、1社に集中発注することが多い（藤本 1997、藤本・西口・伊藤 1998）。量産効果から、1社発注がコスト競争力的に望ましい場合もある。

その結果、1社集中発注となると、当然ながら、標準設計部品ではないので、いざという時の代替品に供給企業は存在しない。このリスクに対して、どのようにして復旧能力を確保するかが、下流企業にとっての課題となる。

### 3.5 設計情報の可搬性 (portability)

最後に、ある生産設備に体化した設計情報を、いざという時に、当の生産設備から、いざ引きはがして、他の生産設備に移し替えることができるかが問題になる。

一般に、メカニカルな製品の場合は、倒壊したプレス機から金型を取り外して他のプレス機に移す、罹災した機械工場からドリル工具を拾って、図面や数値制御情報と共に他工場に移すなど、設計情報（この場合は金型や工具）が比較的可搬的（ポータブル）である。

化学工場の場合も、事故や災害で操業停止したプラントから、設計情報であるレシピ（操業手順）を他のプラントに移して、設備とレシピを再統合する「レシピ合わせ」が良く見られる。

しかしながら、たとえば先端の半導体製造ラインのように、製品特殊な回路設計情報（マスクやレシピ）を設備から切り離して他の設備に緊急避難させることが、技術的に難しい工程も存在する。こうした、設計情報が可搬的でない工程が倒壊すると、設備全体、ライン全体を復旧させない限り、当該製品の生産再開は不可能である。つまり、設計情報の可搬性 (portability) が低く、なおかつ生産が設備に依存する装置産業系の工程は、サプライチェーンの中で「弱い輪」となりやすい。東日本大震災で被災した、前述のマイコン工場は、その典型的な事例と言える。

このように、災害に対するサプライチェーンの脆弱性を事前に分析・評価するためには、製品を構成する個々の部品や工程に関して、発注側の依存度、発注側から見た可視性、設計情報の代替可能性、および設計上の可搬性など関する評価を行い、災害時にサプライチェーンの「弱い輪」となりやすいポイントを、事前に特定しておくことが望ましい。

しかし、極めて複雑なサプライチェーンについて、正確な事前評価を行うことは、実際には容易ではなく、今後の課題である。

## 4 いくつかの事後対策とその問題点

### 4.1 事後対応策を事前に考えること

さて、このようにサプライチェーンの脆弱性・頑強性を細かく分析・評価した上で、サプライチェーンの責任者は、①実際に大災害が起こる前に事前の予防的な対応を考え、それをサプライチェーンの設計に盛り込むか、②災害発生後の事後的な対応の段取りを、次の災害発生の前にルールなどで決めておくことが望ましい。さらに、③次の大災害時に、以上の①②が想定しない事態が起こった時は、実際の災害時に事後的な対応を行うしかない。つまり、次の大災害への備えとしては、①事前対応策を事前に考える、②事後対応策を事前に考える、③事後対応策を事後に考える、の3つの反応がありうる。後述のように、本稿では、このうち特に、②事前の事後対応策を良く考えることが重要だと考える。

以上を念頭に置き、今回の大震災に対して一部で議論されている、いくつかのサプライチェーンの改変案を評価しておこう。具体的には、すでに述べたように、在庫の積み増し、標準部品への切り替え、供給源の複数化（デュアル・ソーシング）、内外拠点への生産移転、などの方策が考えられる。まず、これらの方策について、その得失を簡単に見ておこう。

### 4.2 在庫の積み増し？

サプライチェーン途絶に対する方策としては、まず、原材料・仕掛品・製品の在庫量の増加がありうる。そもそも、ある確率で起こると予想される供給過少リスクや需要過剰リスク、たとえば不意の受注増加、交通渋滞、大雪などに対しては、適量の安全在庫あるいはバッファ在庫を適所に置くことが、在庫理論の基本である（藤本 2001 他）。

その意味では、たとえばトヨタ生産方式のジャストインタイム思想においても、すべての在庫を無くせ、と言っているわけではない。むしろ、その構成要素である「かんばん方式」は、一定の在庫なしには成立しない。つまり、あらゆる生産システムにおいては、その機能要件や制約条件を前提として、競争力の維持や供給責任の観点から適量・適所の在庫というものが想定される。それにしても、そうした機能的な在庫量を超えた、ムダな在庫が産業界には多すぎる、というのが、ジャストインタイムの基本主張である。

グローバル競争が激化する 21 世紀においては、日本で発達したこうしたサプライチェーン思想を堅持することで、はじめて、日本のある種の現場群、すなわち産業が生き残っていけるのではないかと筆者は考える。

仮にそうであるなら、在庫の増加に関しては、以下の原則が適用されるべきであろう。すなわち、生産性・リードタイム・品質などの点で、現場や製品の競争力を低下させる負の効果を持つような在庫増加を、大災害への準備というだけの理由で行ってはいけない、という原則である。これは、在庫理論の常識でもある。確率計算のできるリスクに関しては、当然、在庫システム的设计に織り込むべきだが、確率計算の不可能な数十年・数百年に一度の事象に対応する災害に対して余分な在庫を積み増せば、それは、毎日の競争に対する

負荷となる。

たしかに、東日本大震災の信じがたい惨状を見て、我々は「まずは次の震災対策を最優先で」という考え方に走りがちだ。しかし、グローバル競争が厳しい中で、実際にそれを行えば、次の災害が来る前に、その現場や企業自体が衰退・消滅する確率は、非常に高いと見るべきだろう。大災害は忘れたころにやってくるが、産業競争は毎日起こっていることを、産業人は忘れてはならない。

むろん、製品によっては、たとえば食料、燃料、水、医薬品、医療機器、その他の生活必需品のように、社会に対して重い供給責任を持つ製品もある。その一部は、今回の震災でも、一種の買いだめパニックを引き起こしている。しかし、そうした財の多くに関しては、政府・企業・家計などが、すでにある程度の備蓄や流通在庫を持っており、各経済主体が、現在の在庫備蓄で十分かを、改めて再評価し判断すればよい。

また、流通在庫に関して言うなら、例えば日本の家電産業などは、すでに不況や消費停滞の影響もあって、多くの品目で膨大な製品在庫を抱えている。むしろ、今回の供給力不足は、そうした過剰な在庫を一掃するチャンスと考えるべきかもしれない。

いずれにせよ、生産・納入リードタイムを長期化させるような在庫の積み増しは、極力避けるべきであり、まずはサプライチェーン（設計情報の流れ）の復旧能力をさらに強化することが先決だ。それが「広義のものづくり論」から導き出される結論である。災害のたびに、内外の一部マスコミ等は、「ジャストインタイムの限界が露呈した。もっと在庫を持て」という論調を繰り返す傾向があるが、それは、全体最適の生産思想からも在庫理論の基本からも外れた、安易かつ不適切な提案だと言わざるを得ない。

#### 4.3 標準部品への切り替え？

今回の地震で、マイコンや機能性化学品や一部の高性能単体部品など、代えの利かない製品特殊な資材が、サプライチェーンの脆弱性の一因となっていることが、再び明らかになった。この事実をもって、「だから日本の企業・工場は、災害時に他の供給源を見つけやすい、もっと標準的な部品を使うべきだ」と主張する論説も多くみられる。

たしかに、調整力に富んだ日本企業の設計現場は、その調整力をいわば過剰に使用し、市場の機能要件や制約条件が求める以上に凝った最適設計に走りやすい。こうした反省から、標準部品や社内共通部品を使っても設計品質や製品性能が落ちないような部位に関しては、カスタム設計にこだわらず、もっと積極的にそうした部品を使うべきだ、という声は、1990年代から存在した（藤本・武石 1994）。厳しいグローバル競争にさらされる 21 世紀初頭、こうした製品設計の簡素化・合理化の必要性は高まっている。

しかし、その話と、「次の震災に備えて標準部品の採用を増やそう」という話は、似て異なることである。これは、前述の在庫積み増しの議論と、基本論理は全く一緒である。すなわち、国内の企業や現場がグローバル競争を生き抜くために、設計合理化の一環として部品や資材の標準化・共通化を行うのは、企業行動として正しい。

しかし、市場で存続可能な製品のアーキテクチャは、究極的には市場や社会が決めるものであり、企業や設計者が勝手に決められるものではない（藤本 2009）。よって、顧客の機能要件や社会・技術の制約条件が求める製品アーキテクチャから乖離して、「大災害への備え」というだけの理由で標準部品を採用すれば、結果として、その製品の設計品質が下がり、競争力そのものが落ちてしまう。そうした理由での設計変更は、自らの産業競争力を足元から掘り崩すことになるので、極力避けるべきである。

#### 4.4 サプライチェーンのデュアル化?

今回の大震災では、地震そのものでの建屋・設備の倒壊、津波による工場全体の流失、原発事故による工場敷地への立入禁止、計画停電および非計画停電への準備など、複合的・広域的・壊滅的な形でサプライチェーンの途絶、および途絶リスクの上昇が起こった。これに対し、当然、「同様の設備を二重に持て」（デュアル・ツーリング）あるいは「同等の生産ライン全体を西日本や海外にも複数持て」「特定部品のサプライヤーを複数化せよ」（デュアル・ソーシング）といった議論がなされる。

これについても、「グローバル競争下の大震災」という現状認識が必要である。確かに、同一の設計情報を持つ代替的な設備やラインを複数持つことは、一方の供給途絶に対して、他方がただちに補完対応できる、という意味において、サプライチェーンの頑健性に対し非常に効果的である。よって、前述の分析枠組に従い、サプライチェーンの中でもとくに、依存度が高く、代替可能性や可搬性が低い製品や工程に関し、こうした「設計情報の流れの複数化」を行うことは、ある条件下では有効である。すなわち、それがコスト・品質・リードタイム等に関する現場の産業競争力を低下させない限りにおいて、である。

逆に言うなら、コストや品質を低下させる形で、次の災害への準備という理由だけでサプライチェーンのデュアル化（複線化）を行うのは得策ではない。繰り返すが、次の大災害はいつ来るか分からないが、グローバル競争は確実に毎日行われるからである。

たとえば、ある製品の東日本の生産ラインが被災したことを受けて、同一製品を生産するラインを、西日本あるいは海外にもう一本作るのは、経済的に合理的だろうか。それは条件によるが、たとえば、国内向け中心の自動車部品の生産ラインが被災した場合はどうか。国内向けゆえに生産・販売の成長が見込めない品目の内製分の生産ラインや設備・金型をデュアル化して生産能力を拡大することは、とくに資本集約的で最小最適規模の大きいラインの場合、ただちに、稼働率の低下、製品当たりの固定費アップに跳ね返る。新興国などとのコスト競争の厳しい中では、いくら震災に懲りたからと言って、こうした状況での「増産なしでのサプライチェーンのデュアル化」は、確実に国内ものづくり拠点の競争力を低下させる。また、以上の論理は、外製部品のサプライヤーのデュアル化についても同様である。

逆に言えば、たとえば以下のような条件下では、内製ラインやサプライヤーのデュアル化が正当化されるかもしれない。第 1 に、当該品目の世界需要が伸びており、その増分に

よってライン複数化による生産能力の増加を吸収できる場合。第 2 に、生産革新により、ラインの最小最適規模 (minimum efficient scale) を大幅に圧縮できる目処が立っている場合。第 3 に、当該品目が技術や特許により圧倒的な非価格競争力をもち、デュアル化による固定費アップを価格に転嫁しても、それは崩れないと確信できる場合。そして第 4 に、以上に加えて、何らかの理由で当該品目が社会にとって必需的で、製品在庫を勘案してもなお供給責任が厳しく要求されるため、大災害があってもほぼ即日、生産能力を復旧させる必要がある場合。

いずれにしても、こうした条件が整わない場合、後述のように、ラインを実際にデュアル化する代わりに、被災時に、クリティカルな設計情報を他製品の既存生産ラインに移設する「バーチャル・デュアル化」が代替案として考えられるが、これについては後述する。

#### 4.5 被災地以外の拠点への移転?

最後に、東日本大震災を受けて、生産ラインそのものを、まるごと西日本や海外に移設するという選択肢がある。とくに、生産設備が原発事故による立入禁止区域に位置している場合は、選択の余地はなく、工場移転が一時的あるいは恒久的に必要となる。また、震災により、中短期的に東日本の停電リスクや節電規制が高まった場合、連続操業が必須とされる一部のプロセス産業や医薬品産業などでは、自発的な一時操業停止や予備発電設備の増設とともに、工場そのものの東日本脱出を検討する企業も出てくるかもしれない。

しかし、こうした工場移転に関しても、「競争力基準を災害対策基準に優先させるべきである」という本稿の主張は、そのまま適用される。すなわち、長期的な競争力維持の基準から、被災した当該生産ラインの海外移転がすでに検討されていたのであれば、それを加速化させることに何の問題もない。むしろ、グローバル競争が激化する中で、国内生産拠点を海外に移す意思決定は、昨今珍しくない。マクロ的に見れば、貿易財には必ず比較優位財と比較劣位財があるのだから、競争優位を失ったと判断される産業は思い切って海外に移転させた方が、国内の現場や産業がかえって活性化しやすい、との実証結果もある (天野 2005)。いずれにせよ、あくまでも、競争戦略上の判断が優先されるべきである。

また国内でも、被災設備がすでに償却済みの古い設備であり、かつ、技術的な陳腐化、その他の理由により、震災に関わりなく工場の新設が検討されていたのであれば、この際、西日本に拠点を移すという選択肢はありうる。

ただし、繰り返すが、競争戦略的な判断を置き去りにし、大震災の発生のみを理由に、工場の東北脱出を考えるとすれば、それは多くの場合、一時的な心理的要因による行動であり、長期的な合理性は認めがたい。要するに、東北の被災地域で、再び巨大な震災が起こる確率と、脱出先の海外拠点が戦災・内戦・接収といった「壊滅的な被害」を受ける確率と、どちらが高いかを、企業は冷静に考える必要がある。リスクは世界中どこへいっても存在するのである。

さらに、貿易財の大企業を中心に、グローバルな生産拠点の展開が進む中で、長期的に

企業は、「売れるところで作る」という市場立地と、「強みのあるところで作る」という競争優位立地という二つのロジックを組み合わせるべきだが（藤本・天野・新宅 2007）、その際、競争優位の判定基準としては、各国の賃金率や為替レートを勘案した「比較優位基準」のみならず、現場の生産性や品質などを内外工場と比較した上での「絶対優位基準」も、長期的に考慮に入れるべきである（竹森 1995 他）。なぜなら、賃金も生産性も為替レートも、環境変化や組織学習に影響されつつ長期的に変化していくのがグローバル経営の現実であり、そうした中で、長期的にグローバル全体最適の比較優位立地を維持していくためには、物的生産性など現場力で海外拠点に勝る、国内の「絶対優位」工場は、仮に現在の為替レートや相対賃金率のため製品当たりの生産費では負けている比較劣位工場だとしても、国内に残すのが、長期全体最適の観点から合理的だからである（藤本・塩沢 2001）。海外工場の生産性向上を支援するマザー工場（ただし自ら市場で競争する「戦うマザー工場」）、作りやすい設計を支援する開発工場、あるいはリードタイムで勝負する国内市場専用工場などとして存続させるべきである（山口 2006）。

西日本への工場脱出案も同様である。もともと震災前から、東日本の既存生産ラインの老朽化や、東日本の生産条件の悪化があったのであれば、競争力の観点から、ラインを西日本に移すことはあって良い。しかし、東日本で今回大震災があったから西日本に移るという案は、心理的には理解できるが、論理的には説得力がない。地震国日本では、当然、東でも西でも次の震災は起こりうるのだ。

また、自動車産業では、震災直前まで、トヨタなどの自動車組立拠点の東北移設が進行していたが（トヨタ東北、関東自動車、セントラル自動車など）、一般に自動車工場の東北立地は、有力部品工場の不在や、港湾の分散など、サプライチェーン上の不利を未だ抱えるが、粘り強く優秀な労働力の存在などが魅力であり、こうした生産条件の得失は、震災前も震災後も基本的には変わらない。

要するに、海外移転であれ、西日本移転であれ、東日本大震災の前からの、熟慮の上での移転方針であれば、それを妨げる理由はなく、むしろ移転を加速化してもよい。しかしながら、大震災の発生のみを動機とした、論理的というよりは心理的な理由による脱東北立地は、長期的な観点から見て望ましい企業行動とは思えない。震災後の立地選択に関しても、あくまでも、競争対応を震災対応に優先させるべきと筆者は考える。

## 5 競争力維持を前提とした頑健性の向上

### 5.1 グローバル競争を大前提とした大災害対策

以上、東日本大震災を踏まえ、日本企業は、自らのサプライチェーンの頑健化を目指し、まずは供給源への依存度とその可視性、および設計情報の代替可能性と可搬性といった観点から、従来のサプライチェーンを再評価し、脆弱なポイントを特定し、その頑健化を集中的に行うべきである。また、今回の震災後、対応策として検討されている、①在庫の積

み増し、②標準部品への切り替え、③サプライチェーンのデュアル化、④生産拠点の脱東北・脱東日本化などの可否については、個々の条件ごとに、是々非々で判断すべきである。筆者は、無条件で可である方策も否である対策もないと考える。

しかし、少なくとも、それらの方策が共通に考慮すべきは、冒頭述べたように、今回の震災が、「グローバル競争下における巨大広域災害」であった、という認識である。つまり、日々展開するグローバル競争への対応力を犠牲にして、震災対策の生産システム改変のみを独走させても、結果はおそらく競争劣位の顕在化であり、次の大災害の前に、企業や現場の存続そのものが危機に瀕する、と我々は考えるべきである。それがサプライチェーンの震災対応の出発点でもあり、したがって、目標とすべきは、競争力 (competitiveness) を維持しつつ、可視性 (visibility) と頑健性 (robustness) を強化した、ポスト大震災のサプライチェーンの構築である。

言い換えれば、広域大災害時において、被災サプライチェーンの復旧あるいは代替供給の確保に要する期間の目標を定め、サプライチェーン全体でその目標に関するコンセンサスを持った上で、それを前提にしつつも、サプライチェーンの能力構築の主眼は、あくまでも長期的な国際競争力の維持。強化に置くのである。震災後の議論の多くは、巨大災害の結果の凄まじさに圧倒されるあまり、グローバル競争の現実を看過しがちである。しかし、我々が今持つべき視点は、震災に対するサプライチェーンの頑強性 (robustness) と、グローバル競争を生き抜くサプライチェーンの競争力 (competitiveness) を同時に追求するバランス感覚だと、筆者は考える。

## 5.2 サプライチェーン復旧の期間目標をどう設定するか

繰り返すが、「ものづくり経営学」の観点から言うなら、大災害によるサプライチェーンの途絶に対して、確保すべきは、顧客へ向かう設計情報の流れである。復旧目標の期間は、被害の甚大さや財の必需性等により異なるが、多くの耐久消費財に関しては、当座をしのぐ流通在庫や家庭備蓄が確保されている、という定型的事実を前提にするなら、貿易財であれ非貿易財であれ、大災害後、生産ラインの即日復旧が求められることはなかろう。

たとえば、今回の大震災で被災したトヨタ自動車の東北立地サプライヤーの数は、2次以下のサプライヤーを中心に、100社以上とトヨタ関係者は被災当初語っていたが（東北に立地するサプライヤーの合計は数百社）、そのほとんどは、2週間以内に復旧し、2ヶ月後の5月中旬には数社を残してすべて、何らかの形で生産を復旧させたと言われる。また、2～3週間の生産停止であれば、24時間360日操業のプラントでない限り、半年間の残業や休日出勤で、年間生産量は挽回できるだろう。したがって、国内自動車産業における、サプライチェーンの回復までの目標期間の目安は、復旧の必要性和能力を総合的に勘案して、業種ごと、製品ごとにきめ細かく考える必要があるだろうが、たとえば国内自動車産業の場合、総合的に判断して、たとえば「2～3週間」と見るのが、一つの考え方であろう。今回はそれが達成できていないので、それが今後の課題となる。

言い換えるなら、広域大災害時において、サプライチェーンを即日あるいは翌日に復旧させる、というような目標は、多くの場合、現実性が乏しいし、その必要もないだろう。たとえば「大災害時であっても即日、部品供給を回復せよ」との強迫観念から、在庫や生産ラインを普段から多めに持ち、実際に大災害時に、当該部品の即日供給を実現したとしても、顧客製品を構成する他の部品が供給途絶状態にあれば、結局、その製品は生産できない。つまり、「うちの部品だけは即日供給」という目標は、サプライチェーン全体にとってはあまり意味がない。それよりは、たとえば「この製品の生産に必要なすべての構成部品は2週間で『全員集合』せよ」といった、より現実的な目標を立て、それに関して、サプライチェーン全体でコンセンサスを持つことの方が、よほど重要ではなからうか。

このように、大災害の際、生産ライン復旧の目標期間が「即日」でなくても良いのだとすれば、今回のように大規模かつ広域的な災害に対して、無理に在庫を積み増したり、膨大なお金をかけて生産ラインや金型をデュアルで持つことを、性急に決める必要はない。まずは、現在の生産ラインを維持しつつ、たとえば2~3週間でどこまで復旧できるかを、時間をかけてでも、全品目の全サプライチェーンに関して精査し、「弱い輪」を特定する。

次に、その「弱い輪」に焦点を当てつつ、たとえば前述の2~3週間を目安に、なるべくお金をかけず、ムダを増やさない形で、サプライチェーンの頑健性を増強する方策を考える。それは、すでに述べた在庫増強、標準部品化、生産ライン・生産設備・サプライヤー等のデュアル化、生産拠点の再配置、そして、これに後述の「サプライチェーンのバーチャル・デュアル化」も加え、個々の状況に合わせて、柔軟に考えていくべきである。

むろん、震災の有無に関係なく、競争戦略上、もともと進める予定であった、生産システムや在庫システムの改変、部品の共通化・標準化、生産拠点の再配置等は、この際前倒しで実施していくべきだろう。ただし、それらを、震災に対する心理的な過剰反応として行うべきではない、と筆者は主張しているだけである。

要するに、広域大災害に対する方策は、①グローバル競争下において現場や商品の競争力の低下を伴わないこと、②たとえば2~3週間程度の全面復旧期間を想定したサプライチェーンの頑健化・可視化をめざすこと、以上の二つの方針を、常に考慮すべきである。

### 5.3 サプライチェーンの可視性 (visibility) の向上

まず、今回、たとえばトヨタ自動車が、2次以下の在東北サプライヤーの被災状況を把握するのに、意外に時間がかかったこと(約1カ月とみられる)を反省材料に、サプライチェーンの可視性を高め、今回のような激甚災害であっても、たとえば2~3日以内に、数次サプライヤーも含め、サプライチェーンの全貌を、少なくとも主な生産品目については把握すべきであろう。被災サプライヤーが特定できなければ、トヨタ自動車の復旧支援能力がいかに優れていても、それは十分に発揮できないのである。

むろん、トヨタが「平時」においても日常的に、サプライチェーン全体の設備状況や生産状況を把握している必要はない。そもそも、そうした階層別の管理が、トヨタ的なサブ

ライヤーシステムの効率性の源泉でもあったと言える。それを捨てて、窮屈な情報管理を行うのは望ましくない。また、購買契約上も、トヨタが、直接契約関係にない 2 次以下のサプライヤーの内部情報を常時持っているのは、おそらく不適切であろう。

しかし、今回のように、サプライチェーンが寸断される大災害時は、話は別である。最終市場に対し財の供給責任を負う最終製品メーカーは、大災害時には、迅速にサプライチェーン全体の被災状況を把握できるように、たとえば購買契約に特記条項を盛り込むなどして、万一の時のサプライチェーンの可視性を確保しておくべきであろう。

#### 5.4 設計情報の「可搬性」(portability) の確保

前述のように、東日本大震災において、複数の産業に最も大きな影響を与えたサプライチェーンの途絶は、茨城県のマイコン工場、すなわちルネサスエレクトロニクス・ひたちなか工場で起こった。そして、マイコンの生産工程（特に前工程）の特徴は、ミクロン単位以下の微細加工の精度を要求されること、そのために高度かつ高価な設備を多用すること、その設備間を往復する工程は極めて長大で複雑なことを、我々は改めて思い知った。

さらに、以上の結果、製品特殊な設計情報、たとえば回路設計情報を担うマスクや工程設計情報を担うレシピが、被災した設備群に、事実上「へばりついて」おり、被災を免れた他の工場への、設計情報の移転と、移転先での再調整が、極めて難しい、という現実も目の当たりにした。つまり、設計情報が十分に可搬的（ポータブル）ではなかったのである。

過去の、たとえば「アイシン火災」の事例（西口・ボーデ 1999）をみても、焼け跡から設計情報の詰まった切削工具などを回収し、部品図面とともに代替サプライヤーに送り、それを使って、汎用的な工作機械（マシニングセンター）や万能的な作業員（工機工場の熟練工）による代替的な生産ラインを早期に確保するなど、災害時に、製品特殊な設計情報を事後的に代替供給源に送る、という行動は、以前にも見られた。今回の大震災でも、他工場への緊急避難的な設計情報（たとえばレシピ）の移転は見られたし、移転先のラインと設計情報の調整（たとえば「レシピ合わせ」）は、今回も諸所で見られた。

一般に、メカニカルな製品の場合は、仮に設備が倒壊しても、製品設計情報の詰まった金型、工具、治具などを設備から取りはずし、別の汎用生産ラインに移設し、代替設備との調整作業を経て、比較的早期に、代替ラインでの生産を復旧することは可能である。つまり、ある程度、設計情報の可搬性（portability）が確保されている。

これに対し、多くが装置産業系であるプロセス製品の場合は、個々の装置にレシピを合わせ込むことが難しい。とくに、製品機能をピンポイントで実現する機能性化学品の場合が難しい（藤本・桑嶋 2009）。それでも、今回は、鹿島港や福島第一原発近辺で被災した化学プラントの多くが、レシピを他の工場のラインに移転し、移転先で設備との調整（レシピ合わせ）を行って、代替供給源を覚悟している。たとえば、医療機器用の塩化ビニール

生産設備が鹿島で被災したカネカは、西日本にある同社の高砂工場の塩化ビニールの設備にレシピを移転し、比較的早期に代替供給を再開したと言われる。

しかし車載マイコンの生産の場合は、基本的に高度な設備を密集的に用いる装置産業であること、超微細加工を行う半導体であるため、事実上設備に設計情報がへばりついており「可搬性」が低いこと、概して工程特殊的な電子部品であったため「代替可能性」が低いこと、などが特徴であり、その結果、被災した全サプライチェーンの中で、今回、最も他産業に影響を与えた「弱い輪」の一つとなってしまった。

もっとも、当事者のルネサスエレクトロニクス社自身の復旧努力、ユーザー企業であるトヨタはじめ複数の国内自動車メーカーの復旧支援、半導体製造装置を提供した国内企業の突貫工事的な設備復旧作業などもあり、ひたちなか工場は、当初、数カ月から1年とみられていた復旧期間を大きく短縮化し、ほぼ3カ月で復旧する目処が立っている(2011年5月末現在)。

またその間、約半分の生産品目については、他の半導体工場への設計情報の移転と、ここでの再調整(レシピ合わせ)によって、代替供給ラインの確保を実現している。つまり、マイコンの設計情報も、ある程度は可搬化(ポータブル化)できたのである。

しかし、これらのオールジャパン的な努力と成果をもってしても、マイコンの供給途絶が最も大きな影響を与えた、という事実は変わらない。むしろ「マイコンとはそのような製品である工程である」という技術的な説明にも、「これだけの震災被害は想定できなかった」と説明にも、ある程度は納得がいく。しかし、今後の国際競争力の維持を考えるならば、今後、あらゆる製品革新・工程革新の努力により、マイコンなど先端的な半導体工程においても、設計情報の可搬性を大幅に高める努力が必要となろう。さもないと、地震国日本へのマイコンの発注が大幅に減ってしまう事態もありうる。

一方、自動制御系を含む高機能製品が、設計品質での差別化を行うには、製品特殊な回路設計が必要であり、マイコンを汎用部品で置き換えることは、技術的に難しいし、戦略的にも望ましくない。したがって、マイコンの「サプライチェーン脆弱性」を是正するには、マイコンの「代替可能性」の向上ではなく、その「可搬性」の向上に集中すべきと筆者は考える。

## 5.5 サプライチェーンの「バーチャル・デュアル」化

さて、以上のように、クリティカルな設計情報の可搬性(portability)をある程度確保できれば、生産ラインや設備やサプライヤーを常時デュアルで持たなくても、いざというときに、別の生産ラインに設計情報をいわば「緊急避難」させ、同一設計情報の製品の代替供給を迅速に行えれば、とりあえずの供給責任は果たせる。これを、サプライチェーンの「バーチャル(事実上の)デュアル化」と呼ぶことにしよう。

一般に、ある品目に対する世界需要が生産ライン1本分しかない場合、生産ラインや設備を常時2系統持つことには、余分な固定費がかかる。グローバル競争に勝つために、そ

うした追加コスト避けたいのであれば、サプライチェーンの「バーチャル・デュアル」化が、一つの有効な災害対策でありうる。つまり、競争力と頑健性を両立させるには、できるだけ、常時 2 系統の「流れ」をリアルに持つことを避け、いざという災害時に第 2 系統を迅速に立ち上げることにより、生産ラインを、「リアルには 1 本だが、いざという時には 2 本あるも同然」という状態に保つのが、コスト競争上、有利である。それが「バーチャル・デュアル化」である。

設計情報を移転する代替ラインは、自社の他工場、提携先の工場、代替サプライヤーの工場などでありうるが、いずれにしても、壊滅的被害から供給再開までの期間目標が、前述のように 2~3 週間なのであれば、その期間内に、とりあえず代替的な設計情報の流れを確保すればよい。その後、被災ラインを復旧させるのか、この際、代替ラインを本ライン化するのか、あるいは、まったく新しいラインを別途引くのかは、競争環境や、設備の償却状況などを見て判断すればよい。

さて、一般に設計情報をデュアル化する場合、常時 2 系統持つ設計情報は、できるだけ上流に置いておく方が、コストはかからない。たとえば、マイコンの半導体製造工程の場合、装置産業的で生産設備が高額であるため、これらを常時 2 系統持つことは、稼働率維持の観点からみても、決して望ましくない。そこで、たとえば回路設計情報を持つマスクを、現ライン用とバックアップ用の 2 系統用意しておき、万一、災害で半導体露光装置が倒壊したら、ただちにバックアップのマスクやレシピを、あらかじめ指定してある代替ラインに持ち込み、ただちに調整を始める。

その際、倒壊した現ラインと、バックアップのラインでは、たとえば露光装置（設計情報の転写装置）の品番も、ウェハー（設計情報を転写する媒体）のサイズも異質であるかもしれない。その場合、転写すべきチップごとの回路設計情報は同じであっても、ウェハーに転写する設計情報は、2 系統で同一ではない。したがって、あらかじめ、災害時のバックアップ工程を相互に指名し、その工程を代替ラインとして使うことを前提に、必要な設計情報を用意し、所定期間内に設備との調整が可能かを確認するなど、いわば設計上の「避難訓練」を定期的に行うことが、特に脆弱性の高いクリティカル工程に関しては必要だろう。

さらに、設計情報を遡り、マスクではなく、マスクの製造に必要な回路設計情報の段階でデュアル化しておくことができれば、さらにコストは削減できよう。一般に、製品設計情報の複製化のコストは、上流の生産資源ほど安い傾向がある。つまり、生産ライン全体のデュアル化に比べれば、個別設備のデュアル化、さらにはマスクのデュアル化、さらには上流の回路設計情報の段階で複製した方が、一般には安上がりである。

一方、たとえば 2~3 週間で、既存ラインからバックアップラインに設計情報を移し、代替的な流れを立ち上げるとすれば、そのための設計情報の翻訳や転写（たとえば回路図から工程設計を経てのマスクの生産と調整）にかかるリードタイムから逆算して、どの段階の設計情報をデュアルで持つのが最も効率的かを、事前に慎重に検討しておくことが、少

なくともクリティカルな工程に関しては望ましい。そこには、設計情報の翻訳・転写にかかるリードタイムと、デュアルに生産資源を持つことの追加コストとの間の、トレードオフが存在するわけである。

たとえば、工場が東日本の特定地域に集中するある大企業は、大震災と余震を受けて、西日本での新ラインの建設案を検討した。しかし、国内事情が飽和的であり、また新興国の市場成長分は海外工場が吸収するので、ライン新設はペイしない。このような場合、たとえば西日本で自らの需要をもち稼働率を維持している他社工場と提携するか、あるいはそうした「市場のついた西日本工場」を買収し、その工場と自社の既存工場の間で、設計情報を互いに短期間に動かせるようにすることで、事実上、稼働率を下げずに、サプライチェーンのバーチャル・デュアル化が可能になるかもしれない。

## 5.6 バックアップラインの指名・バックアップ条項・「避難訓練」

以上のような「サプライチェーンのバーチャル・デュアル化」の実効性を確保するには、購買契約や工場の組織ルーチンの中に、若干の仕掛けをしておく必要があるかもしれない。

たとえば、複雑なサプライチェーンを支える個々の購買契約、とくに、前述の脆弱性分析によってクリティカルと認定される部品や工程については、バックアップ条項のようなものを追加し、そこにおいて、①大災害によって壊滅的被害を受けた時に代替的に使う「バックアップライン」を事前に指名し、②そこで一定期間（たとえば2～3週間）でバックアップラインを立ち上げるための手順を示し、③そうしたバックアップラインの構築を実行的なものにするための定期的な「設計情報の避難訓練」を義務付ける。④さらにその前提として、緊急時には各サプライヤーが、自社が担当する上流サプライチェーンとその被害状況を短期間のうちに把握し、下流の企業に報告することを義務付ける。

以上のような仕掛けにより、サプライチェーンのクリティカルな部分において、設計情報の可搬性と可視性が確保され、一定期間内に設計情報の代替ルートが確保される「サプライチェーンのバーチャル・デュアル化」が可能になる。これに、従来の方策である、在庫増加、標準部品の採用、リアルなデュアル化、生産拠点の移転などを、必要に応じて組み合わせることによって、全体として、サプライチェーンの競争力と頑健性を両立させよう、というのが、本稿における、一つの提案である。

## 6 まとめ

本稿では、東日本大震災が日本のサプライチェーン、とりわけ複雑な自動車産業のそれに与えた影響について、実際の供給途絶の実態と過去の事例を考察し、そこから、サプライチェーンの脆弱性を評価するための、依存度・可視性・代替可能性・可搬性からなる、簡単な分析枠組を導出した。

次いで、今回のサプライチェーン問題でも議論された、大災害に対するサプライチェーン強化策について、その得失と成立条件を分析した。ここでは、在庫の追加、標準部品の

採用、ライン・設備・サプライヤーのデュアル化、生産拠点の移転、といった諸方策を検討したが、これらの多くは、今日のグローバル競争に対する対抗策とも考えられている。

ここで重要なことは、今回の大震災が「グローバル競争下の先進国で起きた広域激甚災害」だという認識である。次の大災害は、いつどこで起こるか分からないが、グローバル競争の圧力には、企業は日々直面する。

こうした中で、サプライチェーンを管理する産業人は、被害の凄まじさと複雑さに圧倒されるあまり、論理的対応に心理的対応を優先させ、競争力を低下させてまで、大災害に対する頑健性に偏したサプライチェーンの改造を行ってはいけなないと、筆者は考える。必要なことは、あくまでも、競争力（competitiveness）と頑健性（robustness）の両立である。

たしかに、これまでの日本のサプライチェーンは、今回のような広域の激甚災害はあまり想定しておらず、その意味では競争力に偏していたかもしれない。しかし、とくに円高や不況に直面する近年の日本の貿易財産業においては、国内の現場や製品の競争力を低下させながら、ひたすら災害に対する頑健性を強化したのでは、日々のグローバル競争で劣勢となり、次の大災害を待たずに衰退・消滅する危険さもある。つまり、競争力強化の視野を欠いた頑健性の追求は、長期的には得策ではない。

こうした発想から、本稿では、相対的に小さなコスト負担で、災害からの復旧速度（たとえば 2~3 週間での全面復旧という目標）を確保する、もう一つの方策として、「サプライチェーンのバーチャル・デュアル化」を提案した。つまり、供給途絶を恐れるあまり、常時、過剰在庫や重複した供給ルートを確認し、結果としてコストやリードタイムで不利になることがあってはならない。むしろ、ある製品・部品の供給を 1 ラインで行うことが、競争上望ましいのであれば、それを無理に 2 ラインにはせず、いざという時に、クリティカルな設計情報を他のラインに迅速に移せるように、設計情報の可搬性（portability）を確保し、平時より準備や訓練を行うことで、ライン復旧得力を維持強化する。

こうして、各企業がサプライチェーンの復旧能力を高めることによって、各企業は、ひたすら頑健性の強化のために、在庫増加、標準部品採用、供給ルートの常時デュアル化、競争戦略に反する工場移転など、競争上無理のある方策を選択する必要がなくなるかもしれない。むしろ現実には、必要に応じて、在庫システムの改変や、標準部品・共通部品の採用、ラインやサプライヤーのデュアル化、工場の海外移転や西日本移転も生じるだろう。しかしそれらの判断は、あくまでもグローバル競争の現実に即して行うべきであり、これを震災対応という基準のみに頼って行ってはいけなないのである。それが、グローバル競争時代の大災害に対する、我々の心構えであるべきだと、筆者は考える

## 文献

- 天野倫文 (2005) 『東アジアの国際分業と日本企業』 有斐閣.
- 浅沼万里 (1997) 『日本の企業組織・革新的適応のメカニズム』 東洋経済新報社.
- 藤本隆宏 (1997) 『生産システムの進化論：トヨタ自動車にみる組織能力と創発プロセス』 有斐閣.
- 藤本隆宏 (2001) 『生産マネジメント入門 (I) (II)』 日本経済新聞社.
- 藤本隆宏 (2003) 『能力構築競争—日本の自動車産業はなぜ強いのか』 中公新書.
- 藤本隆宏 (2004) 『日本のもの造り哲学』 日本経済新聞社.
- 藤本隆宏 (2009) 「アーキテクチャとコーディネーションの経済分析に関する試論」『経済学論集』 第 75 巻第 3 号, pp. 2–39.
- 藤本隆宏 (2011) 「復興に強い日本の「現場力」を活かす政策を」日本政策投資銀行設備投資研究所編『東日本大震災からの復興に向けた提言』 pp. 229–249.
- 藤本隆宏, 天野倫文, 新宅純二郎 (2007) 「アーキテクチャにもとづく比較優位と国際分業：ものづくりの観点からの多国籍企業論の再検討」『組織科学』 第 40 巻 4 号, pp. 51–64.
- 藤本隆宏, 桑嶋健一 (2009) 「日本型プロセス産業」 有斐閣.
- 藤本隆宏, 東京大学 21 世紀 COE ものづくり経営研究センター (2007) 『ものづくり経営学』 光文社.
- 藤本隆宏, 西口敏宏, 伊藤秀史 (1998) 『サプライヤー・システム：新しい企業間関係を創る』 有斐閣.
- 藤本隆宏, 塩沢由典 (2010) 「世界競争時代における企業間・企業内競争—リカード貿易論のミクロ・マクロ解釈をめぐって」『経済学論集』 第 76 巻 3 号, pp. 22–63.
- 藤本隆宏, 武石彰 (1994) 『自動車産業 21 世紀へのシナリオ』 生産性出版.
- Nishiguchi, Toshihiro (1994) *Strategic Industrial Sourcing: The Japanese Advantage*. New York: Oxford University Press.
- 西口敏宏, アレクサンダ・ボーデ (1999) 「カオスにおける自己組織化：トヨタ・グループとアイシン精機火災」『組織科学誌』 第 32 巻第 4 号, pp. 58–72.
- 塩見治人 (2011) 「トヨタショックの重層的構造—コスト・品質・納期・フレキシビリティの伝説と現実」『名古屋外国語大学現代国際学部紀要』 第 7 号, pp. 83–11.
- 鈴木良始, 湯之上隆 (2008) 「半導体製造プロセス開発と工程アーキテクチャー装置を購入すれば半導体は製造できるか?」『同志社商学』 第 60 巻第 3・4 号, pp. 54–154.
- 武石彰 (2003) 『分業と競争：競争優位のアウトソーシング・マネジメント』 有斐閣.
- 竹森俊平 (1995) 『国際経済学』 東洋経済新報社.
- 立本博文, 藤本隆宏, 富田純一 (2009) 「プロセス産業としての半導体前工程」『日本型プロセス産業』 pp. 206–251. 有斐閣.
- 山口隆英 (2006) 『多国籍企業の組織能力』 白桃書房.