

**MMRC**  
**DISCUSSION PAPER SERIES**

No. 434

サプライチェーンの途絶リスクとその復旧パターン  
—調達の一時的な分散化とその限界—

マサチューセッツ工科大学 (MIT)

ダニエル・E・ホイットニー

新加坡科技设计大学

ジアンシ・ルオ (罗建曦)

横浜国立大学 (YNU)

東京大学ものづくり経営研究センター

ダニエル・A・ヘラー

2013年3月

 **MONOZUKURI** 東京大学ものづくり経営研究センター  
**MMRC** 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 Disruption Risk and Recovery: Temporary Diversification and Its Limits

**Daniel E. Whitney**

Massachusetts Institute of Technology

[dwhitney@mit.edu](mailto:dwhitney@mit.edu)

**Jianxi Luo**

Singapore University of Technology and Design

[luo@sutd.edu.sg](mailto:luo@sutd.edu.sg)

**Daniel A. Heller**

Yokohama National University

[daheller@ynu.ac.jp](mailto:daheller@ynu.ac.jp)

March 2013

## Abstract

Diversification is the preferred hedge to supply chain risks, but many companies use sole sources anyway for long-term strategic benefits. The enormous damage caused by the March 2011 magnitude 9.0 earthquake in Japan to industrial supply chains warns again that sole sourcing is risky, as many companies or industries around the world were halted due to the loss of their sole suppliers in Eastern Japan. In the literature on contingency actions, temporary diversification has been seen as a feasible response, especially for rare-but-long disruptions. However, little is known about the limits of this approach and the situations where it is applicable. This paper describes and compares two disaster recoveries: the well-known Aisin Seiki fire and the less well-known Riken earthquake, first systematically documented in this paper. Numerous suppliers and competitors volunteered to make parts for Aisin Seiki whereas no such response occurred in the Riken case, despite important similarities in day-to-day operations strategy: sole or nearly sole sourcing, deep supplier relations, low inventory, and severe disruption. Our comparative analysis suggests that characteristics of the affected product and/or its production methods (i.e. generic or asset-specific) limit the recovery alternatives. Temporary diversification was and remains impossible at Riken due to the high degree of specificity required in the design and production methods of the disrupted item. Unawareness of such limits to temporary diversification may result in over-optimism regarding its availability and insufficient disaster preparedness. We also briefly describe two other European cases.

サプライチェーンの途絶リスクと  
その復旧パターン：  
調達の一時的な分散化とその限界

ダニエル・E・ホイットニー

マサチューセッツ工科大学 (MIT)

[dwhitney@mit.edu](mailto:dwhitney@mit.edu)

ジアンシ・ルオ (罗建曦)

新加坡科技设计大学

(Singapore University of Technology and Design, SUTD)

[luo@sutd.edu.sg](mailto:luo@sutd.edu.sg)

ダニエル・A・ヘラー

横浜国立大学 (YNU)

[daheller@ynu.ac.jp](mailto:daheller@ynu.ac.jp)

2013年3月

**キーワード**：サプライチェーンの途絶、リスクマネジメント、資産特殊性、協働、災害

## 要約

調達分散化は、好ましいサプライチェーンのリスク回避策とされているが、多くの企業は長期的な戦略上の便益があるために単社発注に頼る。2011年3月の東日本大震災の際、サプライヤーを失い世界中の企業や産業の機能が停止したという、サプライチェーンへの甚大な被害は、単一の調達先に頼る危険性について改めて警鐘を鳴らした。企業のリスクへの対応行動に関する研究において、単社発注の供給関係では稀に起こる中長期的な途絶に対して、一時的な供給分散化は実現可能な対応として見なされてきた。しかし、この方法と実現する条件がどのように限定されているのかは明らかにされていない。本稿は、災害からの復旧に関する2つの事例——よく知られたアイシン精機株式会社の火災事故と、海外ではさほど知られていない株式会社リケンの2007年の新潟県中越沖地震の時の事例——を比較検討する。前者では、多数のサプライヤーと競合メーカーが、急きょアイシン精機の代わりに部品生産を引き受けた。しかし後者では、多くの重要な共通点（単一ないしほぼ単一の会社に発注、深いサプライヤー関係、在庫の少なさ、深刻な被害）があるにもかかわらず、リケンの事例においてアイシン精機の事例のような対応が見られなかった。これはなぜなのか。筆者らの比較分析によると、製品およびその生産方法の特性（資産の汎用性・特殊性）が復旧パターンの選択肢を制限することが示唆された。被害を受けた部品の設計と生産方法の関係の特殊性が高いほど、供給の一時的な分散化は困難であり、リケンでは当時も今も不可能であった。企業のリスクマネジメントにおいて、一時的な分散化へのこうした制約の存在が理解されないと、その実現可能性に関する過剰な楽観主義と災害に対する準備不足を引き起こしてしまう。なお、本稿では、以上の2つの日本の事例に加えて、他の2つのヨーロッパの事例を簡単に取り上げる。

## 1. イントロダクション

サプライチェーンの途絶は、地震や火事などの自然その他の災害の結果として発生することがある (Kleindorfer and Van Wassenhove, 2004)。最近、最も深刻であったのは 2011 年 3 月に発生したマグニチュード 9.0 の東日本大震災とそれに続く津波と原発事故であり、多くの工場に損害を与え、数か月間にわたって世界のエレクトロニクス産業や自動車産業のサプライチェーンを途絶させた。ルネサスエレクトロニクス株式会社という一企業をとっても、マグニチュード 8.0 まで耐えるように設計された那珂工場が被災したことにより、1 億 5600 万ドルもの損害が発生し、操業を再開するまでに 3 か月を要したと報道された (Courtland, 2011)。2011 年秋にタイで発生した未曾有の洪水に遭ったハードディスク産業や自動車産業などは、2012 年に至るまで対応に追われている。こうした災害によるリスクは、品質や納期に影響するサプライヤーの平時の不確かさによる操業上のリスクよりも深刻であることが多い。

稀だが壊滅的な災害によるサプライチェーンの途絶リスクがますます増大していることと、分散化の戦略がそうしたリスクを抑制できることが一般的に考えられている (Wang, 2006; Wang and Tomlin, 2010)。それにもかかわらず、依然として多くの企業は、特定のコンポーネントや部品の集中的な調達を行なっている。筆者らは、このような戦略を緊密な関係の強化 (fortification) と呼ぶ。多くの企業では、こうした少数のサプライヤーの利用と、それを活かした素早く徹底的な復旧活動に依存している。この方法がとられるのは、絶え間なく深化する関係性による長期的な便益と明確な短期的リスクとのトレードオフが背景にある (Sheffi, 2005 [シェフィー, 2007]; Nakamoto, 2007)。サプライヤーの分散と緊密な関係の強化のという対立する問題において後者を重視する企業は、災害発生時に海外のマスコミからの激しい批判を受けることが多い (Allbusiness, 2007; Reitman, 1997a; Chozik, 2007a)。

危機の発生時、効果的な復旧活動により損害を小さく抑制できる (Sheffi, 2005; Tomlin, 2006; Tomlin and Wang, 2010)。トヨタ車のブレーキプロポーションバルブ (P-バルブ) のサプライヤーであるアイシン精機株式会社 (以下、アイシン精機) の刈谷工場で 1997 年に発生した火災の際は、完全に復旧するまでの間、多くの自発的に協力を申し出たサプライヤーが加工した P-バルブを入手した。このような一時的な分散化の活用 (一時的に代替サプライヤーを活用すること) による復旧活動は注目に値する。アイシン精機の火災の事例は、サプライチェーンのリスクマネジメントの研究において、半ば伝説的なものとなっている。このことから、途絶が起こった際に損害を抑制するという点で、一時的な分散化が可能であり、ジャストインタイム (少ない在庫、低コストでの素早い反応など) と単一の供給源で成り立つサプライチェーンには必然的に復元力があるという安易な考え方を生みだした。しかし、深刻な災害からの復旧において、多くのサプライヤーが関与する一時的な分散化ばかりが見られるのではなく、しばしば違う方法によって損失した部品の生産を立ち上げる。つまり、ある状況下においては、一時的

な分散化は不可能なこともある。サプライチェーンの途絶への対応としての一時的な分散を可能にする条件については、まだ十分に明らかにされていない。

本稿は、複数の事例を用いて、経済的（技術的）要因、とりわけ災害対応を可能にしたり制約したりする資産特殊性について詳細に検討する。これにより、異なる災害に対応するためのシナリオの比較が可能になる。これを通じて、サプライチェーンのリスクマネジメントの研究に貢献することを本稿の目的とする。

まず、本稿では、アイシン精機の事例と、海外ではあまり知られていない2007年の新潟県中越沖地震の際の株式会社リケン（以下、リケン）のピストンリングの生産停止からの復旧の事例を比較する。この比較は、筆者らがアイシン精機とリケンに対して行った現場調査から収集されたデータにもとづく。この2つの事例は多くの前提で共通しているにもかかわらず、異なる対応がみられた。2つの事例とも、深刻な途絶に直面した時に、1社ないしごく少数のサプライヤーからの調達、少ない在庫、サプライヤーとの深い関係、いった日々のオペレーション上の緊密な協力関係に伴う条件は共通していた。しかし、地震によるリケンの操業停止の後では、ピストンリングの生産を代替するサプライヤーは現れなかった。筆者らの現場調査によると、ピストンリングは個々のエンジンに対して専用設計され、専用設備で製造される資産特殊性の高い（Williamson, 1981）ものであったため、リケンの場合は一時的な分散化が不可能であったし、今もなお不可能であることが分かった。筆者らは、多くの複雑な製品の中の部品は特殊な設備を必要とするため、アイシン精機のような対応よりもリケンのような対応の方が起こる可能性が高いと考えるが、この点については今後の研究課題とする。

本稿の構成は以下のとおりである。2章では関連する先行研究を参照する。3章では、2010年から2011年にかけて筆者らが行った聞き取り調査から得られた新情報をまじえて、アイシン精機の事例を取り上げる。4章では、2010年に行った聞き取り調査にもとづき、リケンの操業停止の事例を詳細に取り上げる。5章では、資産特殊性が比較的低かったヨーロッパの2つの事例を、アイシン精機の事例を補うかたちで簡単に取り上げる。6章では、アイシン精機とリケンの途絶への対応の違いを、基本的な経済的、技術的要因の共通点や相違点と関連づける。7章では、筆者らが明らかにした点、本稿の貢献、今後の研究の方向性を述べ、結論とする。

## 2. 先行研究

### 2.1 サプライチェーンの途絶リスクのマネジメント

サプライチェーンのリスクは大きく2種類に分けることができる。一つはサプライヤーの不確かさから来る日常のオペレーションのリスクや、それに伴う余計な需給調整コストである。もう一つは、ストライキ、テロ、火事、自然災害、その他の災害による操

業の停止のリスクである (Kleindorfer and Saad, 2005; Van Wassenhove, 2006)。主に本稿は、後者つまり「途絶リスク」に着目する。

一般的に途絶リスクのマネジメントは、リスクの抑制すなわち途絶前の備え (risk mitigation) と、途絶後の不測の事態に対応する行動 (responsiveness) に分けられる (Tomlin, 2006; Van Wassenhove, 2006)。これまで、マネジャーがサプライチェーンの途絶リスクを管理するための戦略が研究されてきた。こうした研究によると、リスク抑制策としては、バッファー在庫を抱えること (Song and Zipkin, 1996; Tomlin, 2006)、サプライヤーの分散化 (Tomlin and Wang, 2005; Dada et al, 2007; Tomlin, 2009)、顧客とサプライヤーの関係の強化 (Krause, 1997; Handfield et al. 2000; Liker and Choi, 2004; Krause et al, 2007) がある。リスクの対応策としては、代替あるいは予備のサプライヤーの活用 (Tomlin, 2006; Chopra et al., 2007; Tomlin, 2009)、需要の変更や管理 (Tomlin, 2009) がある。

これらの戦略はそれぞれ長所と短所があるが、Tomlin and Wang (2010) が俯瞰的な論点を提示している。場合によって、これらの戦略を組み合わせることが大きな効果を生む可能性があるという。例えば、Wang et al. (2010) はサプライヤーとの関係強化とデュアルソーシングの組みあわせを提唱している。一方、Tomlin (2006) は一定の条件下で在庫を持つこととバックアップのサプライヤーを持つことの組み合わせを提唱している。加えて、サプライチェーンの包括的なリスク管理制度には、リスクの特定・監視・評価も必要である (Kleindorfer and Saad, 2005)。しかし、リスクがどの程度存在するかを測定するにも、どのようにリスクを抑制するのかを明らかにするにも、リスクへの対応策を講ずるにも、必ずコストが発生すること (Van Wassenhove, 2006) に留意する必要がある。

しかし実際には、リスク抑制策と対応策は密接に絡み合っているため、両者を切り離すことはできない。例えば、途絶前のより良い準備が、途絶後のより効果的な対応を可能にする (Van Wassenhove, 2006)。さらに、リスクを抑制する要素 (在庫、供給源の分散、メーカー・サプライヤーの関係強化など) は、日々のサプライチェーンの運営においても重要であり、生産性や学習といった全体的な便益にも影響する。しかし、これまでのサプライチェーンのリスクマネジメントに関する先行研究は、企業のオペレーション戦略全体に方針を与える長期的な便益にあまり注意を払ってこなかった。本章の以下の節では、サプライチェーン戦略の便益とリスク、およびリスク抑制に伴うコストに関して参照する。これによって、3章と4章でふれる本稿の2つの主要な事例の文脈を規定することができる。

## 2.2 リスク管理に関するサプライチェーン戦略

第一に、サプライチェーンの途絶を予想して在庫量を多く維持することは、操業停止の期間を短くする可能性がある (Tomlin and Wang, 2010)。しかし、平常時は、在庫量が多いと運転資金が減少し、操業上の問題が隠れてしまう。これは、途絶が頻繁でない場

合、特に好ましくないことである (Tomlin, 2006)。第二に、リスク抑制に関する先行研究では、調達先の集中化あるいは緊密な関係の強化 (持っている卵をすべて1つのバスケットに入れ、注意深く管理すること) よりも、分散化 (持っている卵すべてを1つのバスケットに入れないこと) の方が優れているとされることが多い。確かに、分散化は災害ですべての資源を失うリスクを減らし、途絶期間中に資源を失うことによる損失を抑制する (Tomlin and Wang, 2010)。また、分散化によって、代替供給源からの学習機会が生まれ、調達先の切り替えがより容易になることから競争が活発化する。しかし、分散化によって、操業上、組織上の複雑性の増大によってコストが増加するうえに、サプライヤーとの相互の信頼や関係の深化を制約する。そして、規模の経済をはじめとする集中によって生み出される価値が減少する (Sheffi, 2005)。

分散化よりも緊密な関係の強化を選択すると、災害が発生した場合にすべての資源を失うリスクは高くなる。また、緊密な関係の強化と、それに伴う追加的なリスクとしては、知識と技術においてサプライヤーに依存すること (Fine and Whitney, 1999) やホールドアップの問題 (Williamson, 1981) がある。一方、緊密な関係の強化によって得られる潜在的な便益は、規模の経済のような典型的な効果に加え、Whitney (1993) が指摘したような製品設計と生産方法や事業戦略との整合性を高めやすくなることと、整合性に関する相互学習の機会が提供されることがある。

当該部品が他の部品や最終製品と強い相互依存性をもつ場合、緊密な関係の強化が特に重要になる。なぜなら、このような場合は品質、価格、サービスで競争力を持つためには、メーカーとサプライヤー間における設計と生産の調整が必要となる (MacDuffie, 2008; Handfield et al. 2000; Wang, Gilland and Tomlin, 2010)。また、メーカーとサプライヤーの調整過程において、特定の2社の関係にのみ価値をもつ能力、資産、資源に投資する必要が出てくる (Asanuma, 1998; Sako, 1992; Fujimoto, 2007; Luo et al., 2011)。このような場合は、緊密な関係の強化が必要になる。一方、比較的モジュラーで (Baldwin and Clark, 2000)、一般的な代替資源や能力から容易に作れる部品については、分散化は比較的簡単に実現できる。

したがって、リスク抑制の観点からすると、長期的な操業上の便益を享受するために少量の在庫と関係強化が意図的に選択されているからこそ、「リーン」やJITのようなサプライチェーンは災害発生時の途絶リスクが高い。リーン生産方式 (Womack et al, 1990) では、コストの最小化 (在庫を少なくすること)、問題解決、長期的関係、協調的な学習と能力構築が強調され、それらすべてが緊密な関係の強化によって促進される。本稿の2つの主要な事例としてとりあげた日本の自動車産業において、一般的にトヨタ自動車株式会社 (以下、トヨタ) や他の自動車メーカーは、サプライチェーンの途絶リスクとそれに伴う損失 (Sheffi, 2005; Nakamoto, 2007) よりも、在庫の最小化と緊密で強力な関係の構築 (専用設計された自動車コンポーネント・部品を単一のサプライヤーから調達すること) による便益をはるかに重視している (こうした議論に関しては、

MacDuffie (1995)、Hopp and Spearman(2004)、Fujimoto (2001; 2007)を参照されたい)。このため、災害が発生し、ムダのない（リーンな）サプライチェーンが途絶するたびに、マスコミから批判されるが、日本の自動車メーカーは一貫して緊密な関係の強化という戦略を取り続けている（Reitman, 1997a; Chozik, 2007a,b; Allbusiness, 2007; Nakamoto, 2007）。

実は、緊密な関係の強化と少量在庫を持つことはリスクマネジメントにおいて悪い影響を与えると限らない。途絶後の対応効率の点で良い影響を与える可能性もある。長期にわたってメーカーとサプライヤーの密接な関係を強化することが、復旧活動における効果的な協力や調整に役立つ（Kleindorfer and Saad, 2005）。加えて、在庫が少量であると、サプライチェーンにおいて途絶が発生したときに早期に問題が顕在化するので、素早い対応が可能である（Nakamoto, 2007）。

### 2.3 一時的な分散化とその限界

途絶への対応が効果的であれば、途絶期間と経済的損失を減らすことができる。途絶後の対応に関する研究では、一時的な分散化（代替サプライヤーを活用）が注目されてきた（Sheffi, 2005; Tomlin and Wang, 2010）。Tomlin (2006)では、途絶が頻繁ではないが長期の場合、「臨時の調達先の変更（contingent rerouting）」（筆者らはこれを一時的な分散化と呼ぶ）がリスク軽減策として適切であることを示唆している。Tomlin and Wang (2010)では、同様の戦略をバックアップ供給と呼んでいる。しかし、こうした研究では途絶期間中の一時的な手段として単一の代替供給源しか想定していない。さらに、こうした研究では、代替サプライヤーが途絶以前に決定され契約されることと、十分な予備の能力を有することを想定している。アイシン精機の事例において、P-バルブの調達は、完全に復旧する前に備えのないサプライヤーに一時的に分散していた（Reitman, 1997b; Nishiguchi and Beaudet, 1998 [西口・ボーデ,1999 参照]; Sheffi, 2005, pp. 211-215）。

こうした多方面にわたる一時的な分散化を可能にする要因として、自己組織化や社会的ネットワーク（Watts, 2003, pp. 254-260）、知識の創発（Kakihara and Sørensen, 2002）、協働する精神、信頼、能力の共有（Nishiguchi and Beaudet, 1998; Sheffi, 2005）などが考えられてきた。さらに、Nishiguchi and Beaudet (1998)は、サプライヤーの共同体や系列を「自己組織化」するメカニズムとして捉え、一時的な分散化に向けた広範なサプライヤーの活用を可能にする信頼の構築と能力の共有を促すと主張した。

しかし、同じ文化のコンテキスト（日本）、産業のコンテキスト（自動車部品）、操業のコンテキスト（JIT、少ない在庫、単社発注）におけるより最近の途絶の事例（リケン）では、リケンとトヨタの対応行動のなかで、アイシン精機の事例とは対照的に代替サプライヤーが使われなかった。一時的な分散化以外の対応のパターンが明らかに存在し、知識共有や信頼だけが対応能力に影響する要因ではないことを示唆する。Tomlin and Wang (2010)によると、臨時の調達先の変更（contingent rerouting）は、途絶した活動を

担える追加的な能力を供給者が持っている場合に限り、そして必要なときに追加的な能力（量的なフレキシビリティ）（Tomlin, 2005）がある場合に限り実行可能であるという。

一時的な分散化の範囲を制約する条件として、製品設計や生産方法などの要因も考えられる。部品が組み込まれる製品に対して専用設計されるほど、もしくは生産活動が特殊なほど、一時的な供給を担えるサプライヤーを見つけるのが困難になるであろう。製品の複雑性、特殊性（Lamming et al., 2000）、専用設計 vs. 標準設計（Asanuma, 1988）といったサプライチェーンを規定する製品設計の性質は、生産方法や供給リスクに影響を与えると考えられてきた。しかし、サプライチェーンのリスクに関する研究において、製品や生産方法の技術的屬性については、あまりに検討されてこなかった。本稿では、2つの主要な事例の比較を通して、そうした技術的屬性に関わる対応の範囲の違いをもたらす要因を検討する。

以下の章では、まず日本における2つの事例について詳細に検討する。その後、ヨーロッパにおける2つの事例を簡単に検討する。そして、理論的な比較分析を行ない、これらの事例の相違から、途絶への対応を可能にしたり、制約したりする根本的な原因を明らかにする。

### 3. アイシン精機

アイシン精機の刈谷工場で火災が発生した後、自動車のブレーキ用のプロポーショニングバルブ（P-バルブ）のサプライチェーンがどのように復旧したのかについては、Nishiguchi and Beaudet（1998; 2000 [西口・ボーデ, 1999]）が詳細に分析している。後に他の研究者が様々な観点からこのケースを再検討している（Kakihara and Sørensen, 2002; Watts, 2003; Sheffi, 2005）。本稿は、以上の先行研究を踏まえて、筆者らがアイシン精機に対して2010年と2011年に行なった独自の聞き取り調査にもとづくものである。

アイシン精機は世界トップの自動車サプライヤーの一つであり、ブレーキシステムのリーディングサプライヤーの一つでもある。図1に示されるように、P-バルブは機械加工された鋳造品であり、多数のバルブ、バネ、シールが中に挿入されている。この部品の大きさはタバコの箱程度であり、さほど複雑ではないが、安全のためには重要であり、同じ車種の4ドア仕様と5ドア仕様でさえ異なるP-バルブが必要とされる。このように、装着される車種や仕様ごとに専用設計する必要がある。火災で失われた機械加工工程は、似ているものの異なる鋳造品に対して、大きさと角度の異なる穴を切削する工程である。被災した工作機械は、各モデルの異なる要求すべてに対応して作り分けられるものであった。

図1 典型的な P-バルブ。左：ペンの長さと比較。右：断面図。



(出所：2010年のアイシン精機の訪問時に Philipp Mayrl 撮影。)

(この2つのサンプルにおいて、パイプの接続の数や方向が異なること【右の写真で部分的に見える】に注意されたい。)

長年にわたり、アイシン精機は、P-バルブのバラエティが増大する中でも、必要な種類を必要な数だけトヨタに供給する強力なオペレーション能力を構築してきた。アイシン精機がこの能力を高めるにつれて、トヨタはバラエティを増やしてきた。その結果、アイシン精機は、トヨタのバラエティ要求を満足することと、在庫の最小化、低コストで素早く対応することができるようになり、トヨタのP-バルブのほぼすべてを供給するようになった。そして、こうしたトヨタの要求に応じるために、アイシン精機は専用設備を開発した。この専用設備は、少量在庫と短納期サイクルでトヨタの要求する種類のミックスに合わせられる迅速な段取り替え能力があり、多数のバラエティをもつ鋳造品の機械加工が可能であった。この設備が1997年2月1日に焼失した。火事の影響を受けなかったのが鋳造品の供給と、鋳造部品に組み込むコンポーネントの生産工程と、組立エリアであった。

表1で示されるように、1996年には、トヨタの日本でのP-バルブの購入先の89.8%をアイシン精機が占めた。アイシン精機は生産性と規模の経済を追求するため、7棟の建屋からなる刈谷工場の中の1棟の建屋で国内生産の全量のP-バルブを生産していた。1997年の火災発生時には、1日32,500個のP-バルブを生産していた。表1は、1996年の日本のP-バルブ市場における主要サプライヤーと顧客の間の納入数をまとめたものである。

表 1 1996 年の日本市場におけるプロポーショナルバルブ (P-バルブ) の 1 か月の生産数、購買数

| P-value Supplier  | Total Production<br>(1,000 units / Month) | Market Share | Manufacturer           | Purchases<br>(1,000 units / Month) | Percentage |
|-------------------|---|--------------|------------------------|------------------------------------|------------|
| Aisin Seiki       | 365.7                                     | 41.9%        | Toyota Motor           | 237                                | 64.8%      |
|                   |   |              | Mitsubishi Motor       | 76                                 | 20.8%      |
|                   |   |              | Isuzu Motor            | 22.5                               | 6.2%       |
|                   |   |              | Suzuki Motor           | 21                                 | 5.7%       |
|                   |   |              | Daihatsu Motor         | 9.2                                | 2.5%       |
|                   |   |              | Nissan Motor           | 0.01                               | 0.0%       |
| Nissin Kogyo      | 162.8                                     | 18.7%        | Honda Motor            | 104.9                              | 64.4%      |
|                   |   |              | Toyota Motor           | 27                                 | 16.6%      |
|                   |   |              | Daihatsu Motor         | 25.9                               | 15.9%      |
|                   |   |              | Suzuki Motor           | 5                                  | 3.1%       |
| Nabco             | 126.4                                     | 14.5%        | Nissan Motor           | 55                                 | 43.5%      |
|                   |   |              | Fujitsu Heavy Industry | 39.9                               | 31.6%      |
|                   |   |              | Suzuki Motor           | 31.5                               | 24.9%      |
| Tokico            | 88.65                                     | 10.2%        | Nissan Motor           | 62.45                              | 70.4%      |
|                   |   |              | Mazda Motor            | 26.2                               | 29.6%      |
| Shinei Kogyo      | 47  | 5.4%         | Mazda Motor            | 39                                 | 83.0%      |
|                   |   |              | Nissan Motor           | 6                                  | 12.8%      |
|                   |   |              | Suzuki Motor           | 2                                  | 4.3%       |
| Bosch Japan       | 42.99                                     | 4.9%         | Mitsubishi Motor       | 19.6                               | 45.6%      |
|                   |   |              | Suzuki Motor           | 15.5                               | 36.1%      |
|                   |   |              | Nissan Motor           | 6.54                               | 15.2%      |
|                   |   |              | Honda Motor            | 0.6                                | 1.4%       |
|                   |   |              | Nissan Diesel          | 0.5                                | 1.2%       |
| Sumitomo Electric | 33.15                                     | 3.8%         | Isuzu Motor            | 0.25                               | 0.6%       |
|                   |   |              | Daihatsu Motor         | 25.9                               | 78.1%      |
|                   |   |              | Mazda Motor            | 3.8                                | 11.5%      |
|                   |   |              | Isuzu Motor            | 2.25                               | 6.8%       |
|                   |   |              | Mitsubishi Motor       | 1.2                                | 3.6%       |
| Akebono Brake     | 5.3                                       | 0.6%         | Hino Motor             | 2.4                                | 45.3%      |
|                   |   |              | Nissan Diesel          | 1.6                                | 30.2%      |
|                   |   |              | Fujitsu Heavy Industry | 1.1                                | 20.8%      |
|                   |   |              | Mitsubishi Motor       | 0.2                                | 3.8%       |

(出所：IRC (1999))

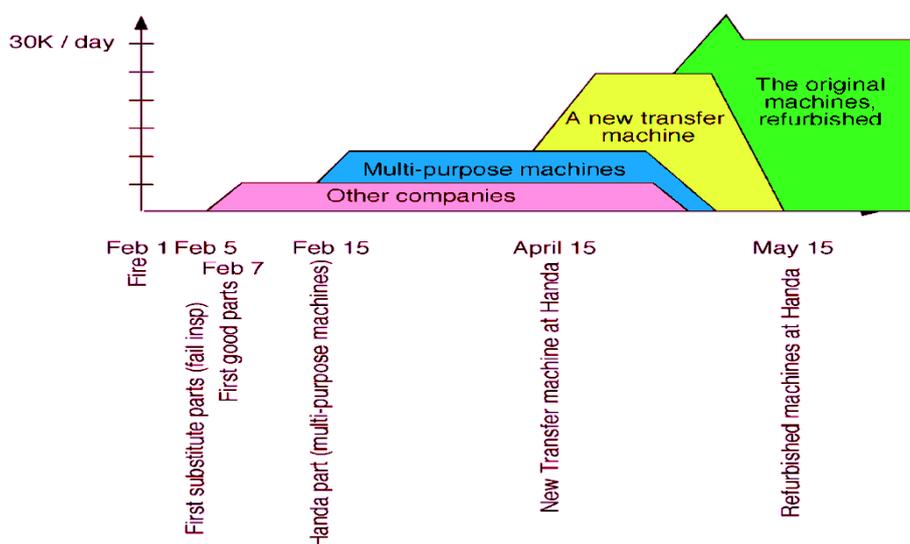
1997 年 2 月 1 日午前 4 時、刈谷第 1 工場から出火し、木製のパレットに燃え広がり、建屋は全焼した。出火の原因は特定できていないが、工場の現在の管理層によると、当時床に置いてあったモーターの過熱が原因である可能性が最も高いという。P-バルブ専用の特殊な機械加工設備は焼失した。同日午前 9 時までアイシン精機の P-バルブの生産能力はほぼすべて失われた。トヨタとアイシン精機は、JIT 生産の原則に従い、2~3 日分の在庫しか持っていなかった。2 月 4 日火曜日には、P-バルブの在庫が払底したため、トヨタは国内の 30 の車両組み立てラインの 20 ラインを停止せざるを得なくなった。そして、2 月 5 日水曜日には、すべての生産ラインが停止した。その結果、数百のトヨタのサプライヤーも生産を停止せざるを得なくなった。

当時、トヨタは国内で 1 日約 1 万 5000 台の自動車を生産していた。代替の機械加工設備や新たな生産場所が必要なため、復旧には何か月もかかると考えられた。しかし、

P-バルブの供給を補うためにトヨタグループ内外のサプライヤーがすぐに対処したことによって、当初想定された甚大な損害の大部分は防ぐことができた。平常時は単社発注で、緊密な関係を強化する戦略であったが、このときの対応は一時的な分散化であると見なせる。

元の設備で生産が完全に復旧するまでに、アイシン精機とトヨタは、すぐにアイシン精機グループ内で代替生産設備を立ち上げ、大半のP-バルブを機械加工するための善後策を講じた（図2参照。筆者らの聞き取り調査。）同時に、しかも火災から1日以内に、他のサプライヤー（P-バルブ生産の経験の少ない企業も含む）は、援助の要請に応じ、アイシン精機から設計図と技術情報を入手し、鋳造品の代替機械加工の生産場所とタスクフォースを立ち上げた。これらの機械加工された鋳造部品は、アイシン精機が検査、承認した後、他のコンポーネントと組み立て、トヨタや他のアイシン精機の顧客企業に発送された。許容範囲の品質の内製P-バルブは、2月5日にほんのわずかだけ作られはじめ、そして一時的なサプライヤーによる許容範囲の品質のP-バルブは2月7日から供給されはじめた。火災後の最初の1か月間を除いて、元の機械が修復され生産現場に戻るまで、大半のP-バルブの鋳造品の機械加工がアイシン精機自身によって効率の低い方法が用いながら生産されたことは注目に値する。一時的な代替サプライヤーは、アイシン精機の需要量の30%以下の水準で生産を行なった（筆者らの聞き取り調査。）

図2 アイシン精機の火災からの復旧の経過（イメージ図）



（出所：筆者らの聞き取り調査）

200社以上が臨時の鋳造品の機械加工の供給のために関与し、そのうち62社が直接P-バルブを生産した。このような自発的な協働作業は、スケジュールや納入順序の管理を含めてアイシン精機が編成した。

2月6日木曜日までに、トヨタの組立工場2カ所の生産が再開された。火災発生後9日目の2月10日月曜日には、すべてのトヨタグループの工場では火災前の生産量の水準に戻った。最終的に、アイシン精機が少なくとも5週間分の生産量を失ったにもかかわらず、トヨタは4.5日分の生産量を失っただけで済んだ。アイシン精機とトヨタは数百億円の損失を受けたと推定される。仮にサプライヤーの協力がなければ、損害はより莫大なものとなっていたに違いない。

アイシン精機のこの火災への長期的な対応は、火災発生時に7棟で構成されていた工場建屋を、火災の発生と延焼を防ぐ設備をフルに備えた新しい1棟の建屋に建て替えたことである。毎年2月1日を「アイシン防火の日」とし、火災訓練は頻繁に行われている。2010年には、アイシン精機はこの刈谷工場を関連会社の株式会社アドヴィックスに移管し、他の製品に集中することとした。今日、P-バルブの機能の多くは他のブレーキシステムのコンポーネントに組み込まれ、1997年と比べて生産量は半分程度になっている。

#### 4. リケン

2007年の新潟県中越沖地震の際にリケンがピストンリングの生産を停止した事例を取り上げる。筆者らは、2010年の工場訪問と聞き取り調査、新聞記事、出版物、プレスリリース、リケンおよびこの地震に関するデータなどから情報収集を行なったうえで、リケンのピストンリングの生産が、災害後どのように復旧したのかを説明していく。

リケンは、日本の最大手の自動車エンジン用ピストンリングのサプライヤーである。ピストンリングは内燃機関の中の小さな機能部品であり、その精度がエンジンの効率性と耐久性にとって重要である（図3参照）。そのため、ピストンリングの生産には、特殊な工程や機械が必要となる。自動車エンジン用ピストンリングの主要量産サプライヤーは、日本では3社のみである。

図3 典型的なピストンリング。各ピストンには通常3つのリングがあり、それらは異なる設計と機能を持つ。



(出所：リケン)

1926年に財団法人理化学研究所大河内研究室の海老原敬吉博士がピストンリングの新製造法を発明し、特許を取得、商業化した（リケンのホームページ）。以来、リケンはピストンリングの設計と製造に特化したため、他のサプライヤーがリケンを模倣するのは困難である。このため、自動車メーカーが、日本国内でピストンリングの調達先を分散させるのも困難だった（Nakamoto, 2007）。表2に示されるように、2005年にリケンは国内の自動車エンジン用ピストンリング市場の49.9%（量）を占めており、日本の主要自動車メーカー12社すべてに供給していた。

表2 2005年の自動車エンジン用ピストンリングの月平均生産量と購買数

| Piston Ring Supplier | Total Production (1,000 units / Month) | Share | Manufacturer           | Purchases (1,000 units / Month) | Percentage |
|----------------------|--|-------|------------------------|---------------------------------|------------|
| Riken Corporation    | 485.2                                  | 49.9% | Honda Motor            | 93.3                            | 19.2%      |
|                      |  |       | Toyota Motor           | 81.2                            | 16.7%      |
|                      |  |       | Suzuki Motor           | 76.1                            | 15.7%      |
|                      |  |       | Mazda Motor            | 71.4                            | 14.7%      |
|                      |  |       | Nissan Motor           | 69.2                            | 14.3%      |
|                      |  |       | Fujitsu Heavy Industry | 29.2                            | 6.0%       |
|                      |  |       | Mitsubishi Motor       | 23.9                            | 4.9%       |
|                      |  |       | Daihatsu Motor         | 18.8                            | 3.9%       |
|                      |  |       | Nissan Diesel          | 10.9                            | 2.2%       |
|                      |  |       | Mitsubishi Fuso        | 9.4                             | 1.9%       |
|                      |  |       | Isuzu Motor            | 1.0                             | 0.2%       |
|                      |  |       | Hino Motor             | 0.9                             | 0.2%       |
| Teikoku Piston Ring  | 294.3                                  | 30.2% | Toyota Motor           | 141.3                           | 48.0%      |
|                      |  |       | Daihatsu Motor         | 59.3                            | 20.1%      |
|                      |  |       | Mitsubishi Motor       | 41.6                            | 14.1%      |
|                      |  |       | Suzuki Motor           | 21.3                            | 7.2%       |
|                      |  |       | Honda Motor            | 16.5                            | 5.6%       |
|                      |  |       | Isuzu Motor            | 6.5                             | 2.2%       |
|                      |  |       | Nissan Motor           | 3.0                             | 1.0%       |
|                      |  |       | Hino Motor             | 2.4                             | 0.8%       |
|                      |  |       | Mitsubishi Fuso        | 2.3                             | 0.8%       |
|                      |  |       | Nissan Diesel          | small quantity                  | 0.0%       |
| Nippon Piston Ring   | 193.6                                  | 19.9% | Toyota Motor           | 78.2                            | 40.4%      |
|                      |  |       | Nissan Motor           | 31.0                            | 16.0%      |
|                      |  |       | Daihatsu Motor         | 26.1                            | 13.5%      |
|                      |  |       | Mazda Motor            | 17.8                            | 9.2%       |
|                      |  |       | Isuzu Motor            | 12.7                            | 6.6%       |
|                      |  |       | Fujitsu Heavy Industry | 10.2                            | 5.3%       |
|                      |  |       | Hino Motor             | 9.8                             | 5.1%       |
|                      |  |       | Suzuki Motor           | 4.1                             | 2.1%       |
|                      |  |       | Mitsubishi Motor       | 2.7                             | 1.4%       |
|                      |  |       | Nissan Diesel          | 0.5                             | 0.3%       |
|                      |  |       | Mitsubishi Fuso        | 0.5                             | 0.3%       |

（出所：IRC（2008））

すべてのレシプロエンジンにピストンリングがあり、外見は似ている。しかし、ピストンリングの設計と生産は特殊性が極めて高く、各エンジンに適合させるためにすり合わせられる。各ピストンリングは特定のエンジン専用として開発され、設計・試験・ラインの承認に2~3年を要する。エンジン設計者はリケンを頻繁に訪れ、リングとそのリ

ングを生産する設備の設計者と綿密にやり取りするという（2010年筆者らの聞き取り調査）。

2007年7月16日午前10時13分、マグニチュード6.6の震源の浅い地震が日本海沿岸で発生し、つづいて数時間後にマグニチュード6.8の震源の深い地震が新潟で発生した。リケン製のピストンリングの国内生産拠点は柏崎市内にあり、これらの震源の中心にあったため、大きな被害を受けた。工場設備、とくに比較的重量のある設備に深刻な被害が出たため、ピストンリングの全生産ラインが再稼働するまでに2週間かかった。図4は、地震後の転倒した機械や散乱した在庫の様子である。このリケン製の生産停止によって、自動車産業全体が受けた被害の規模は、約1000億円（約8億2000万米ドル）と推定された（Arup, 2007）<sup>1</sup>。

図4 リケンの被害状況



（出所：リケン）

この事例では、日本の自動車メーカーはピストンリングの在庫を少量しか持っておらず、かつピストンリングの供給の大部分をリケンに依存していた。地震発生時、リケンは自動車メーカーの多くのモデルのピストンリングの唯一の供給源であった（Nakamoto, 2007）。リケンの操業が停止したことにより、自動車メーカーは多くのエンジンと完成車を生産できなくなった。

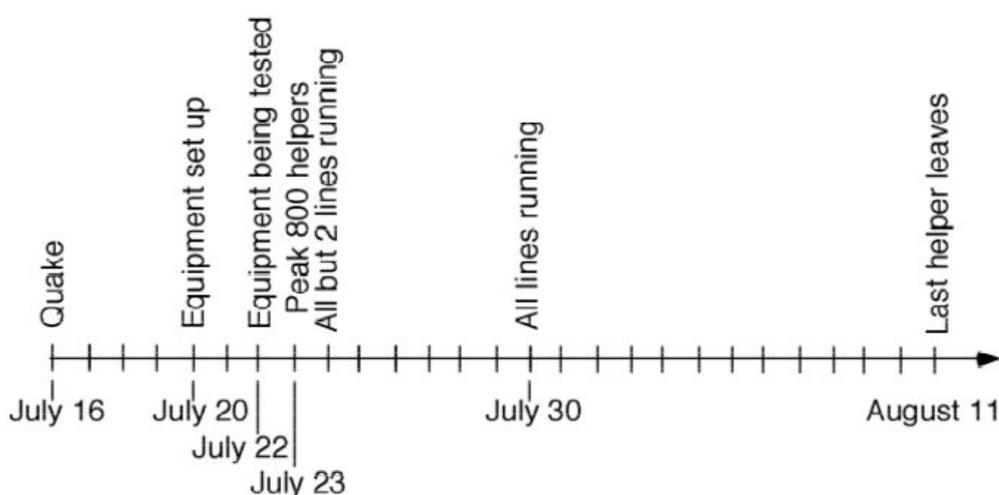
トヨタは、国内工場12拠点の生産を止めることを余儀なくされ、12万台以上の生産に影響した（Global Risk Miyamoto, 2007）。Honda (2007)によると、リケンの生産停止によって、自動車生産の3拠点、エンジン生産の3拠点、2輪車生産の1拠点の計7拠点が停止した。

生産停止後、すぐに自動車メーカーはエンジニアリングや修理を含め様々な形でリケンに対して支援を行なった。7月19日付の「Riken Corporation Press Release」によると、地震後3日間で、顧客企業である自動車メーカーや生産設備メーカーは、復旧支援のために多くの設備エンジニアも含めて約650人を送り込んだという。トヨタが復旧活動の指揮をとったが、その際、復旧活動のどの段階でどんな支援が必要かを判断するのに阪神大震災の経験が活かされた。リケン単独で復旧しようとした場合と比べ、こうしたマ

<sup>1</sup> この2007年の新潟中越沖地震によるリケンの被害額は、15億円（連結）であった（平成19年10月18日付「業績予想の修正及び新潟中越沖地震の影響に関するお知らせ」）。

ネジメントや協力によって、かなり早期にピストンリングの生産を再開することが可能になった。リケンも独自に災害からの復旧計画をもっていたが、すぐにそれが不十分であることが明らかとなった。生産は、地震後 1 週間以内の 7 月 23 日に再開し (Riken Corporation Press Release, 2007)、2 週間以内に完全に復旧した (Global Risk Miyamoto, 2007)。図 5 は復旧の経過を示したものである。

図 5 リケンの復旧の経過



(出所：筆者らによる聞き取り調査)

被災後、この地震の影響のため、リケンは国内の他の拠点や海外にも生産を分散させようと検討し、計画した (Global Risk Miyamoto, 2007)。しかし、この分散化は実施されなかった。むしろ、リケンは建屋を補強し、生産設備を固定するためアンカーを打った。今も同じ生産拠点で国内顧客向けのピストンリングの全量を生産している。ただし、将来の深刻な途絶に備えるバッファとして、顧客企業の工場のより近いところに約 1 週間分の在庫を持つようにした。リケンは、依然として日本の自動車産業のピストンリングの大きなシェアを占めている。また、リケンの災害復旧マニュアルも全面的に刷新された。

## 5. その他のサプライチェーンの災害とその比較

本章では、ヨーロッパでのサプライチェーンの災害とその復旧に関する 2 つの事例を概観する。この 2 つの事例は、ヨーロッパにいる研究者の協力による各社への電話での聞き取り調査と公開データにもとづいている。

## 5.1 ドイツの塗装業者における火災

2010年、ドイツの塗装業者において、ある上層のサプライヤーに納入する、ドイツの自動車メーカー用ドアハンドルの主力の塗装ライン2本が焼失した。当時、このサプライヤーが使用するすべてのドアハンドルの塗装を行っていた。色が製品の魅力度の決定要因の一つとなる自動車のような製品では、色合わせがとても重要である。そのため、ドアハンドルのような塗装部品を単一のサプライヤーに発注するのはめずらしいことではない。フォルクスワーゲンと同サプライヤーからドイツの車両組立工場用のドアハンドルの全量を、アウディ、ダイムラー、オペルもドアハンドルの大半を同社から調達している。このサプライヤーは、数多くの色を用いて年間2000万個、1日7万個のドアハンドルを生産している。

火災後の数時間で、このサプライヤーの社員は電話で代替塗装業者を探し始めた。競合のドアハンドルのサプライヤーの協力による代替供給もあった。色と塗装方法に関する情報は被災した塗装業者から入手する必要がある。また、ドアハンドルを置いた特殊な棚も焼失したので、それらの設計図も入手する必要がある。塗装業者はドアハンドル塗装ラインを臨時に立ち上げたが、必要な数量の一部しかまかなえなかった。代替の塗装業者ですべての色と塗装プロセスが立ち上がるのに3週間を要した。代替の塗装業者同士ではコミュニケーションはとらなかったが、このドアハンドルサプライヤーがそれらを調整した。このサプライヤーは、毎日会議を行ない、スケジュールの調整し、塗装の性質と色の品質確認を行った。そして、代替塗装業者に社員を配置し、生産工程、新しい棚の構造、色の正確性を確認した。やがて、代替塗装業者はドアハンドルの塗装に関する調整および自動車メーカーへの塗装済みのドアハンドルの納入に関わる物流を担うようになった。

場合により、代替塗装業者は元の塗装レシピを使える設備を持っておらず、塗装メーカーは互換性のある内容で色を再現した。何種類かの色に関する秘匿性も障害となった。ほとんどの自動車メーカーは最終的にそうした情報を提供したが、ある自動車メーカーは情報提供せずに、火災時に支援を行なった競合のサプライヤー1社からドアハンドルの購買を切り替えることに決めた。その他の自動車メーカーは従来のサプライヤーとの仕事を継続し、しばらくの間は納期が2週間ほど遅れていたものの、これらの自動車メーカーの塗装のレシピに対する柔軟な対応によって、すべての車種のドアハンドルを比較的早期に調達することができた。被災した塗装業者の復旧作業は2011年現在もつづいており、サプライチェーンの途絶に直面したドアハンドルサプライヤーは、支援を提供した他の塗装業者1社にこの仕事の一部を切り替えた。このドアハンドルサプライヤーはすべての代替塗装業者に対して公平に対応したと考えているが、事後の補償交渉は容易ではなかった。そして、このような問題が再び起こったら、まず補償条件を決めることから始めなくてはならないと感じている。

## 5.2 スイスのロトフレックスにおける火災

2005年、ロトフレックス社（Rotoflex）において設備の80%を焼失する火災が発生した。ロトフレックスは、スイスの小さな企業で、食品包装用フィルムの特種な染料を生産する企業である。この染料は、可燃性で揮発性のある溶剤を用いている。この産業では、火災が他産業と比べて比較的頻りに発生する。そのため、通常、火災が発生した場合、同業他社の間で互いに支援が行われる。スイスではロトフレックスはこの種の染料を供給できる唯一のサプライヤーであり、このため顧客企業にとっては単一の調達先となっている。2005年はこの業界において再編が進んでいた時期で、火災のような事件はよく買収の口実とされるので、この火災はロトフレックスにとって特に脅威であった。実際、火災に対するロトフレックスの最初の対応の1つは競合企業に買収を打診であったが、うまくいかなかった。しかし、この競合企業は買収を断ったものの支援を申し出、もう1社も自発的に支援を申し出た。結局、他の3社に余剰生産能力があったことが判明した。この3社は、その場での法的、金銭的合意なしで生産立ち上げを行なったが、後日、厳しい補償交渉を行なった。ロトフレックスは顧客のロイヤルティがあったため、生き残ることができた。

いくつかの特種な配合設備が焼失したため、設備メーカーは復旧にむけて代替設備を急いで作った。残りの設備は修理された。建屋は修復され、6か月後には生産能力が復旧したことに加え、同社は事業拡大の希望を持ち、火災前と比べて生産能力を50%増した。修復された施設は安全性と火災を抑える機能を大幅に高め、その後に発生した小規模な出火はすぐにくい止められた。火災とその復旧プロセスは金銭的な支出が大きく、いまでも当時の借金の返済を行なっている。また、ロトフレックスに供給するある化学メーカーが支援策として6か月間の前貸しを行なった。

## 5.3 事例の小括

ここまで、日本の2つの事例を詳細に述べ、2つのヨーロッパの事例を概観してきた。表3はこれらの事例の要点をまとめ、共通点と相違点を明らかにするものである。

表3 災害で途絶した単一調達サプライチェーンに関する4つの事例のまとめと比較

|                            | 事例1   | 事例2  | 事例3   | 事例4   |
|----------------------------|---|--|---|---|
| 顧客                         | トヨタ(日本)   | トヨタ(日本)                                    | 自動車サプライヤー(ドイツ)  | 食品包装フィルム用染料製造企業(ヨーロッパ)  |
| サプライヤー                     | アイシン精機(日本)  | リケン(日本)                                    | 塗装業者(ドイツ)   | ロフレックス(スイス)   |
| 時期                         | 1997  | 2007                                       | 2010  | 2005  |
| 被害                         | 火事による専用の加工機械の焼失   | 地震による機械の倒壊                                 | 火事による塗装設備と備品の焼失   | 火事による染料の配合設備と工場建屋の焼失  |
| 被災した製品、設備                  | ブレーキのプロポーションングバルブ   | ピストンリング                                    | 複数のメーカー向け自動車用ドアハンドル   | 包装フィルム用の特殊染料  |
| 製品の重要性                     | トヨタが日本国内で生産するほぼすべての車に必要。車種ごとに単一の調達先。                                  | トヨタが日本国内で生産する27%の車に必要。車種ごとに単一の調達先。         | 自動車部品サプライヤーの顧客企業の需要の90%に及ぶドアハンドルの塗装。年間2000万個分の塗装。自動車メーカー1社にとっては単一の調達先。        | スイス国内では、同様の配合が可能な塗料メーカーは他に存在しない。すべての顧客が同社に依存している。                                     |
| 被災した工程                     | バルブ鑄造の機械加工工程。   | 特殊な機械加工、熱処理、仕上げ工程。                         | 塗装工程  | 可燃性の配合物からなる塗料の合成。   |
| 製品の特殊性                     | モデルごとに専用設計され、何種類もあり、JITの原則を満たすのに複雑な管理。                                | エンジンに合うリングの設計と生産工程設計に2~3年間を要する。            | OEMが設計する部品をOEM専用色で塗装する。   | 顧客特殊的な色と配合。   |
| 生産方法の特殊性                   | 一般的な機械加工;必要な機械を用いて多くの生産現場で可能。   | ピストンリングの生産に特化されている;他のピストンリングメーカーのみ生産可能。    | 多くの塗装業者で可能。しかし、同一の塗装方法を使えない業者もあるが、代替は可能。                                      | 近隣のいくつかの競合企業で可能。  |
| とられた対応                     | 多くの競合企業や他の生産現場が、自らの現場で機械加工を代替した。1つの現場だけでは、さまざまな種類と膨大な需要に応じることはできなかった。 | リケンの機械は元に戻された;この業界に余剰能力も、開発にかける時間的余裕はなかった。 | 競合社の支援、塗装業者が代替塗装することで支援した。火事にあつた塗装業者は被害の無かつた小さなラインを立ち上げた;最初は塗装レシピに関する困難に直面した。 | ある競合企業1社が自発的に支援した。他の企業は要請に応じて支援した。焼失した設備のメーカーは入れ替える設備の生産を加速した。                        |
| 停止期間                       | 3か月間  | 1か月;スケジュール上の影響は数ヶ月続いた                      | 未だ完全復旧していない。しかし、ほとんどの生産工程は修復された。単一の調達先の関係が見直された。                              | 6か月間  |
| 代替あるいは復旧オペレーションが立ち上がるまでの期間 | 4日間   | 6日間  | 2週間   | 代替サプライヤーで2週間、ロフレックスで4週間。  |
| 備考                         | トヨタは今もこの部品の単一の調達先の関係を継続している。  | トヨタが復旧活動を主導したが、リケンはスケジュールおよび顧客間の優先順位を管理した。 | 部品サプライヤーが復旧活動を仕切った。いくつかの新たな塗装業者は、競合企業と契約した。あるOEMは他のドアハンドルメーカーに切り替えた。          | 同業他社は火事のリスクを理解しており、相互に助け合うことがよくある。調達を切り替えた顧客はいない。競合の設備を利用すること <b>ホールドアップ</b> 問題が発生した。 |

(出所:事例1・2は、公刊データ、記事、および各企業に対する筆者らの現場訪問と聞き取り調査にもとづく。事例3・4は、公刊データ、および各企業に対する電話インタビューにもとづく。)

これらの事例ではすべて、国際的な単社供給のサプライチェーンにおいて深刻な被害があった。どの事例も、復旧はある程度すぐに行なわれたこと、いくつかの特殊な技術が被災した製品の生産に影響していること、復旧には創意工夫が必要であったことを示していた。唯一の大きな相違点は、リケン（事例2）の場合のみ復旧期間内に生産を一時的に分散させるのが非現実であった。他の事例では代替サプライヤーや競合企業が自発的ないし進んで要請に応じ、一時的な分散を行なったことである。

特に、ヨーロッパの2つの事例は、本質的にアイシン精機の実例とさほど変わらない。今までの研究においてアイシン精機の実例の要点（日本の顧客—サプライヤー関係の密接さ、自律的な組織能力、組織学習の過程、JITや少量在庫システムの実践など）は、称賛に値するものか、あるいは日本特有の現象であると考えられてきた。しかし、ヨーロッパの実例はこれらがより幅広く適用できることを示している。アイシン精機の実例が際立っている点は、毎日要求される部品数量の膨大さ、代替サプライヤーの多さである。この2点は、効率的な代替加工プロセスの無さ、そしてそのかわりに細やかな組織力が必要であることから生じている。この見方は、アイシン精機の実例で見られた危機に直面した際の成果や対応能力に関する教訓を決して否定するものではない。

逆に、事例2からは対応パターンの「変数」を明らかにする例外が示された。リケンで失われた資産は、代替不可能という点で特殊である。この観点からすると、ヨーロッパの実例は、資産がさほど特殊性を必要としなかった点でアイシン精機の実例に類する事例であったといえる。本来、塗装は汎用的なものではないが、代替サプライヤーにおいて代替の塗装方法を見つけることができた。以下の章で、このことに焦点を当てた分析を行なう。

## 6. ディスカッション

### 6.1 途絶への対応と限界

本稿で取りあげた事例に対する問題意識は、途絶への対応がなぜ異なったのかということである。本章では、これらの異なる対応を、製品、生産方法、調達集中による便益／費用に関わる経済的（技術的）条件の違いから説明する。

本稿の主要な2つ事例において、被災したサプライヤーはトヨタ車用の特定の部品の単一の供給源であった。アイシン精機の実例は、機械加工できる現場があるため、すぐにP-バルブの鋳造部品の機械加工ができ、P-バルブの需要を満たすことが可能である点が、最大の特徴である。自動車産業以外の企業を含む多くの企業が急速にP-バルブの生産を立ち上げられた。この事実は、対応した企業の大半にとって、最初の1~2日は苦労したものの、P-バルブの機械加工を習得し正確に行なうことがさほど難しくないことの証左である。通常の生産立ち上げにおいても、1~2日間の困難はある。しかし、特

定のエンジンの中で適切に機能するピストンリングを即座に作ることは、他のピストンリングメーカーでも困難である。ピストンリングとエンジンは、正確な設計と生産技術を実現し、量産時の最終製品が正確に設計要求を満たしているかを確かめるため、各設計者が頻繁かつ密接な調整を 2~3 年程度にわたり協働して設計されるものだからである（2010 年のリケンに対する筆者らの聞き取り調査）。

P-バルブの生産方法と生産工程は、完成車の生産からは割と独立している。一方、P-バルブの設計は特定の車種の設計と関連がある。自動車と P-バルブの関連性は、基本的な生産方法に影響しない微妙な形状やインターフェースの違いを生む。1997 年の火災時の支援においては、代替サプライヤーは、アイシン精機が行っていた加工方法を利用しなかったし、アイシン精機と同等の低コスト、高フレキシビリティ、大量生産による成果までは実現しなかった。しかし、量と種類のコンビネーションが異なる代替的な加工方法はすぐ（数時間ないし数日間で）習得できる程度に、P-バルブの加工工程は十分に標準的である。災害対応において、膨大な量や種類の要求があったからこそ、割と非効率的な代替加工方法を採用していた代替サプライヤーも数多く必要とされた。アイシン精機のように 1 社だけが P-バルブの全種類の必要な量を供給する必要がなかったうえに、1 社だけで賄えるような代替サプライヤーは存在しなかったと考えられる。

P-バルブの生産方法の非特殊的な性質と、即座にサプライヤーを代替できる容易さは、製造される部品として一般的ではないと考えられる。自動車においては、汎用のファスナーを最も特殊性の低い部品とみなすことができる。サイズや内部構造がある程度標準的であるため、タイヤも一定の互換性がある。しかし、その他のほぼすべての部品は、オルタネータやラジエータからインパネに至るまで、特定の車種に専用設計されるものである。こうした部品をそれぞれ生産できるメーカーがあるとしても、特定の車種に適合するように各部品を作り分けるのに、設計がそれぞれ数か月ないし数年を要する。大量に、膨大なバリエーションの部品を災害後の短期間で一時的に分散させることができるのは、稀な場合のみであると考えられる。

ピストンリングのような部品の場合、一時的な分散化は不可能である。ピストンリングは、設計と生産方法においてエンジンとの緊密なすり合わせが求められるため、自動車部品の中で最も特殊性の高い部品の一つである。このすり合わせは、災害後の代替サプライヤーを見つけることを困難にさせるだけでなく、ある 1 つのエンジン用のピストンリングの生産を 2 社以上のサプライヤーから調達することを非現実なものとする。なぜなら、長期の設計プロセスと正確な生産方法の検証を複製するために、費用と時間がかさむためである。このことは、サプライヤーと組立メーカーの間で高い資産特殊性（Williamson, 1981; 1985）を生む。資産特殊性は、経済理論と取引コスト論において重要な概念である。資産特殊性が高いと、必要なときに必要な能力を獲得あるいは習得することが難しくなる。日本のピストンリング産業の歴史的な進化過程、つまり現在では

3社の自動車用ピストンリングの量産メーカーしか日本に存在していないことは、一時的な調達分散化の可能性をさらに減らすものである。

加えて、2つの事例では偶然も重要な意味を持った。仮に、アイシン精機の火災がブレーキ用マスターシリンダーの大半の生産を行っていた隣の現場で起こっていたら、マスターシリンダーは加工がより難しいため、事例で観察されたような素早い対応を取るとは困難であったと考えられる（アイシン精機に対する筆者らの聞き取り調査）。同様に、もしマグニチュード6.6ではなく、マグニチュード9.0（2011年3月の東日本大震災の規模）であったなら、リケン専用設備への損害は一時的ではなく、恒久的なものとなり、途絶が数か月に及んだと考えられる。

本稿の主要な事例として取り上げた企業は、基本的な方針を変えていない。トヨタのサプライチェーン戦略は、単社発注とサプライヤーとの長期的関係を維持している。そして、トヨタは設計における相乗効果とオペレーションにおける便益の両方の成果を大いに上げている。ADVICS（アイシン精機のP-バルブ生産を引き継いだ関連会社）は依然としてトヨタのP-バルブのほぼ全量を供給しており、リケンは日本国内に他のピストンリング工場を建てていない。地震を避けることはできないが、壊滅的な被害に遭うことは稀であり（マグニチュードが1大きくなると、地震が起こる可能性は10分の1になる）、通常、直径数十km以内で地震が起こる間隔は長い。大地震や大火事といったリスクへの対策として、大量の在庫や予備の余剰能力を持つことは、経済的に決して現実的な選択ではないであろう。そのかわり、2011年3月の地震時の対応でみられたように、集中して復旧に取り組むことが唯一の現実的な方策である。

## 6.2 サプライチェーン戦略と緊密な協力関係の耐久性

アイシン精機とリケンの事例を取り上げたことにより、サプライチェーン戦略が似ている場合の災害対応を比較することができた。平常時のオペレーションに関して、トヨタ、アイシン精機、リケンは、調達戦略として緊密な関係の強化を行っていたし、災害後も同様である。筆者らのインタビューにおいて、この3社はすべて、この一見リスクな選択からの便益を享受していたと強調していた。

資産特殊性が製品と製造の洗練性のカギとなる自動車用ピストンリングの事例では、調達を分散化することは、オペレーションと組織の複雑性を増大させ、集約化により得られる価値（品質、コスト、納期）を失わせるため、調達の集約化を行なっている競合企業と比べて不利になってしまう。ピストンリング産業全体としては、日本国内では集約化している（表2）。アメリカの同部品のサプライヤー数は多いものの、アメリカの自動車メーカーも特定のエンジン用のピストンリングに関しては単社発注の戦略もとっている。

P-バルブの機械加工の資産特殊性が比較的 low、アイシン精機の復旧における一時的な代替が成功したことから、この部品については、平常時でも調達の分散化が可能であ

ると考えられる。このことは、供給の途絶リスクを低減させ、災害後の復旧コストや利益の喪失を低減できる可能性を示したと言える。簡単に言うと、P-バルブの調達分散化は実現可能な選択肢であるが、トヨタは日々のオペレーションでそれを実行しているわけではない。なぜなのだろうか？

一般的に、調達において緊密な連携を行なうことにより、製品設計と生産方法の整合性を高めることができ、そうした整合性に関する相互学習を促進し、規模の経済を実現することができる。トヨタの P-バルブの調達の事例では、トヨタ車が膨大な種類の P-バルブを使うため、競合企業よりも高いパフォーマンスを示したサプライヤーはフレキシブルなオペレーションと効率的なオペレーションを併せ持つ必要があった。トヨタの要求するバラエティに応じるため、アイシン精機はトヨタの JIT 原則に合致するような、段取り替えコストが低いかゼロのフレキシブルな設備を開発し、使用した。アイシン精機以外のメーカーも P-バルブの生産を行なう能力はあったにもかかわらず、トヨタが P-バルブの種類を増加させたときに複雑な要求を満足させることはできなかった。これにより、アイシン精機は競合企業と比べて圧倒的なコスト優位となり、1997 年までに日本国内のトヨタ向け P-バルブのほぼ全量を担うまでになった。

リケンがそうであったように、アイシン精機も特殊性の高い資産をつくりあげた。両社の違いは、P-バルブの一時的な代替サプライヤーはアイシン精機の特殊な設備をまねる必要がなかったことである。それぞれの代替サプライヤーはある程度の種類と量の P-バルブの加工さえができれば十分だったのである（ヨーロッパの 2 つの事例と同様である）。こうした代替の設備は相対的に非効率的であったため、多くの代替サプライヤーが必要とされた。トヨタとアイシン精機が立地する日本の三河地区は、近隣にトヨタや三菱自動車の工場などがあり、長い間、航空機の生産の中心地であった歴史もあるため、機械加工を行なう現場が豊富に存在している。

まとめると、特定の能力の必要性が低く、代替を入手しやすい資産の分散化は比較的容易である。アイシン精機の P-バルブはこれに当てはまる。特殊な資産や代替手段が乏しいとき、分散化を行なうのは困難になる。リケンのピストンリングはこれに当てはまる。しかし、いずれの場合においても、トヨタは、学習および品質や生産の向上、という長期的な便益が途絶リスクをはるかに上回ると見ているため、過去も現在も日々の調達に関して分散よりも緊密な連携の強化を選択している。

## 7. 結論

本稿では、日本における 2 つの災害への対応事例の共通点と相違点を明らかにし、さらにヨーロッパの 2 つの事例を加えた。そして、一般的な経済理論の体系と関連付けた。本稿の主な結論は、被災した製品や生産工程で必要とされる資産特殊性がサプライチェーンの途絶への対応の範囲を制約するという点である。しかし、サプライヤーとの緊密な連

携の強化の戦略による長期的な便益が、途絶リスクを上回ると考えられているため、トヨタ（他のリーンな企業も同様）は、緊密な連携による調達戦略にこだわっていることが分かった。筆者らは、競争的な産業では、即時の一時的な分散化が可能な程度に生産方法が汎用的な製品が比較的少ないと考える。したがって、アイシン精機のような対応と比べ、リケンのような対応が災害後の対応としてより多く見られると考えられる。

本研究は、災害対応に影響する経済的（技術的）要因を明らかにすることにより、サプライチェーンのリスクマネジメントに関する研究に貢献するものである。実務者に対しては、一時的な代替を制約する基本的条件の無理解、あるいは一時的な代替の可能性への過剰な楽観主義によって、災害への準備が不十分なし不適當なものとなる可能性が高いと本稿が示唆する。したがって、途絶したサプライチェーンの復旧のために現実的に可能な対応の範囲と、特にそれぞれの対応の仕方を可能にする（制約する）条件を理解することが、サプライチェーンのマネジャーにとって重要なこととなる。本稿では、こうした可能にする（制約する）要因として資産特殊性を明らかにした。

今後は、以上の理解をさらに深めるために、他の事例（より多くの国、産業、製品）を検討することが必要である。より多くの事例を比較することにより、サプライチェーンの途絶への対応の選択肢や、対応に影響する隠れた他の要因を明らかにすることができると思われる。

## 謝辞

アイシン精機とリケンの皆様のインタビューや情報提供へのご協力に感謝いたします。藤本隆宏教授と李澤建氏には大場紀章氏を紹介していただき、大場氏から吉田元治氏を紹介していただきました。吉田氏には最初のアイシン精機への訪問機会を設けていただきました。東秀忠氏、石崎真太朗氏、Maria Carmen Perez 氏には筆者らのアイシン精機への訪問に同行し、メモを整理してもらいました。望戸實氏には、リケンへの最初の訪問の機会を設けていただきました。Philipp Mayrl 氏も同行し、本稿で用いた写真を撮影してもらいました。Jan Rys 氏には、ヨーロッパの2つの事例に関する情報を得るために、電話取材をしてもらいました。

※本稿は向井悠一郎（東京大学大学院経済学研究科）が英語から翻訳したものである。

## 参考文献

Allbusiness. 2007. Despite Riken rings shortage, Japan's auto-industry managers cling to JIT. August 10, 2007. <http://www.allbusiness.com/manufacturing/transportation-equipmentmfg-automotive/514121-1.html>. Retrieved on March 29, 2009.

- Arup N. A. 2007. *An Arup Reconnaissance Report - The July 16, 2007 Niigata Chuetsu-oki Japan Earthquake*, San Francisco, California.
- Asanuma, B. 1989. Manufacturer-supplier relationships in Japan and the concept of relationspecific skill. *Journal of the Japanese and International Economies* 3(1): 1-30.
- Baldwin, C. Y., K. B. Clark. 2000. *Design Rules, Volume 1: The Power of Modularity*. MIT Press, Cambridge, MA.
- Chopra, S., Reinhardt, G., U. Mohan. 2007. The importance of decoupling recurrent and disruption risks in a supply chain. *Naval Research Logistics* 54:544-555.
- Chozik, A. 2007a. A key strategy of Japan's car makers backfires. *Wall Street Journal*, July 24, 2007.
- Chozik, A. 2007b. Toyota sticks by "Just in Time" strategy after quake. *Wall Street Journal*, July 24, 2007.
- Courtland, R. 2011. How Japanese chipmaker Renesas recovered from the earthquake. *IEEE Spectrum*, August. <http://spectrum.ieee.org/semiconductors/processors/how-japanesechipmaker-renesas-recovered-from-the-earthquake>. Retrieved on December 21, 2011
- Dada, M., Petruzzi, N. C., L. B. Schwarz. 2007. A news-vendor's procurement problem when suppliers are unreliable. *Manufacturing & Service Operations Management* 9:9-32.
- Fine, C. H., D. E. Whitney. 1999. Is the make-buy decision a core competence? pp. 31-63, in Muffatto, M. and K. Pawar (eds.), *Logistics in the Information Age*, Servizi Grafici Editoriali, Padova, Italy.
- Fujimoto, T. 2001. The Japanese automobile parts supplier system: The triplet of effective inter-firm routines. *Int' l Journal of Automotive Technology and Management* 1(1): 1-34.
- Fujimoto, T. 2007. *Competing to Be Really, Really Good: The Behind-the-Scenes Drama of Capability-Building Competition in the Automobile Industry*. I-House Press, Tokyo.
- Global Risk Miyamoto. 2007. *2007 Niigata Chuetsu-Oki Japan Earthquake Reconnaissance Report*. Sacramento, California.
- Griffy-Brown, C. 2003. Just-in-time to just-in-case. *Graziadio Bus. Rep.* 6. Handfield, R. B., Krause, D. R., Scannell, T. V., R. M. Monczka. 2000. Avoid the pitfalls in supplier development. *Sloan Management Review* 4: 37-49.
- Honda. 2007. Update on Earthquake Impact to Honda' s Production Activity, on July 20, 23,24, 25, 2007, *Honda News Archive*, <http://world.honda.com/news/2007/>
- Hopp, W. J., M. L. Spearman. 2004. To pull or not to pull: What is the question? *Manufacturing Service Operations Management* 6(2): 133-148.26

- IRC. 1999. *Report on Production and Transactions of 200 Auto Components*, Industry Research and Consulting (IRC), Tokyo, Japan.
- IRC. 2008. *Report on Production and Transactions of 200 Auto Components*, Industry Research and Consulting (IRC), Tokyo, Japan.
- Kakihara, M., C. Sørensen. 2002. Exploring knowledge emergence: From chaos to organizational knowledge. *Journal of Global Info. Tech. Management* 5(3): 48-66.
- Kleindorfer, P. R., G. H. Saad. 2005. Managing Disruption Risks in Supply Chains. *Production and Operations Management* 14(1): 53-68.
- Kleindorfer P. R., LN, Van Wassenhove. 2004. Managing risk in the global supply chain, in Gatignon, H. and J. R. Kimberley (eds). *The INSEAD-Wharton Alliance on Globalizing*. Cambridge University Press, UK.
- Krause, D. R. 1997. Supplier development: Current practices and outcomes. *Journal of Supply Chain Management* 33:12-19.
- Krause, D. R., R. B., Handeld, B. B. Tyler. 2007. The relationships between supplier development, commitment, social capital accumulation and performance improvement. *Journal of Operations Management* 25: 528-545.
- Lamming, R., Johnsen, T., Zheng, J., C. Harland. 2000. An initial classification of supply networks. *International Journal of Operations and Production Management* 20 (6): 675-691
- Liker, J. K., T. Y. Choi. 2004. Building deep supplier relationships. *Harvard Bus. Rev.*82(12): 104-113.
- Luo, J., Whitney, D. E., Baldwin, C. Y., C. L. Magee. 2011. The architecture of transaction networks: A comparative analysis of hierarchy in two sectors. *Industrial and Corporate Change*. Under review and minor revision (final round).
- MacDuffie, J. P. 1995. Human resource bundles and manufacturing performance: Organizational logic and flexible production systems in the world auto industry. *Industrial and labor Relations Review* 48(2): 197-221.
- MacDuffie, J. P. 2008. Technological and organizational barriers to modularity: Persistent integrality in the global automotive industry. *International Motor Vehicle Program Working Paper*, Version 1.5, January 10, 2008.
- Nakamoto, M. 2007. Quake upsets lean supply model, *Financial Times*, July 23, 2007.
- Nishiguchi, T., A. Beaudet. 1998. The Toyota group and the Aisin fire. *MIT Sloan Management Review* 40 (1): 49-59. (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』32(4)、pp.58-72. 参照)

- Nishiguchi, T., A. Beaudet. 2000. Fractal Design: Self-organizing Links in Supply Chain Management, pp.199-230, in *Knowledge Creation: A Source of Value* (eds), von Krogh, G., Nonaka, I., T. Nishiguchi. Macmillan Press, London.
- Reitman, V. 1997a. Toyota ' s factories in Japan grind to a halt. Wall Street Journal, Feb 4, 1997.
- Reitman, V. 1997b. To the rescue: Toyota ' s fast rebound after fire at supplier shows why it is tough. Wall Street Journal, May 8, 1997. 27
- Riken Corporation Press Release (2007). *The Status of Recovery from the Damage of Niigata-Chuetsuoki Earthquake on Riken ' s Kashiwazaki Plant (as of July 19)*, July 19, 2007.
- Riken Corporation Press Release (2007). *Notice of the Resumption of Production at Riken Kashiwazaki Plant after the Niigata-Chuetsuoki Earthquake*, July 23, 2007.
- Riken Corporation Press Release (2007). *Apologies and Gratitude Regarding the Damage Caused by Niigata-Chuetsuoki*, August 2, 2007.
- Sako, M. 1992. *Prices, quality, and trust: inter-firm relations in Britain and Japan*. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Sheffi, Y. 2005. *The Resilient Enterprise: Overcoming Vulnerability for Competitive Advantage*, MIT Press, pp. 211-216. (和訳：シェフィー・ヨッシー著、渡辺研司・黄野吉博監訳 (2007) 『企業のレジリエンシーと事業継続マネジメント：サプライチェーン途絶！その時企業はどうしたか』日刊工業新聞)
- Song, J.-S., P. H. Zipkin. 1996. Inventory control with information about supply conditions. *Management Science* 42:1409-1419.
- Tomlin, B. 2006. On the value of mitigation and contingency strategies for managing supplychain disruption risks. *Management Science* 52:639-657.
- Tomlin, B. 2009. Disruption-management strategies for short life-cycle products. *Naval Research Logistics* 56:318-347.
- Tomlin, B., Y. Wang. 2005. On the value of mix flexibility and dual sourcing in unreliable newsvendor networks. *Manufacturing and Service Operations Management* 7:37-57.
- Tomlin, B., Y. Wang. 2010. Operational strategies for managing supply chain disruption risk, chapter 4 in *Handbook Of Integrated Risk Management In Global Supply Chains* (eds), Kouvelis, P., Dong, L., Boyabatli, O., R. Li. John Wiley and Sons, New York.
- Treece, J. B. 1997. Just-too-much single sourcing spurs Toyota purchasing review. Automotive News, March 3.
- Van Wassenhove, LN. 2006. Humanitarian aid logistics: Supply chain management in high gear. *Journal of the Operational research Society* 57, 475-489.

- Wang, Y. Gilland, W.G., B. Tomlin. 2010. Mitigating supply risk: dual sourcing or process improvement? *Manufacturing and Service Operations Management* 12:489-510.
- Watts, D. J. 2003. *Six Degrees: The Science of a Connected Age*, Norton, pp. 254-260.
- Whitney, D. E. 1993. Nippondenso Co. Ltd: A case study of strategic product design. *Research in Engineering Design* 5: pp 1-20.
- Williamson, O. E. 1981. The economies of organization: the transaction cost approach. *American Journal of Sociology* 87: 548-577.
- Williamson, O. E. 1985. *The Economic Institutions of Capitalism: Firms, Markets, Relational Contracting*. Free Press, New York.
- Womack, J. P., Jones, D.T., D. Roos. 1990. *The Machine That Changed The World: The Story Of Lean Production*. Rawson Associates, New York, NY.