

サプライチェーンリスク評価シミュレータ

早稲田大学創造理工学研究科
経営デザイン専攻
高田祥三

1. 実施概要

1.1 研究概要

1.2 実施体制

1.3 個別実施事項

2. 実施成果

2.1 サプライチェーンリスク事例調査

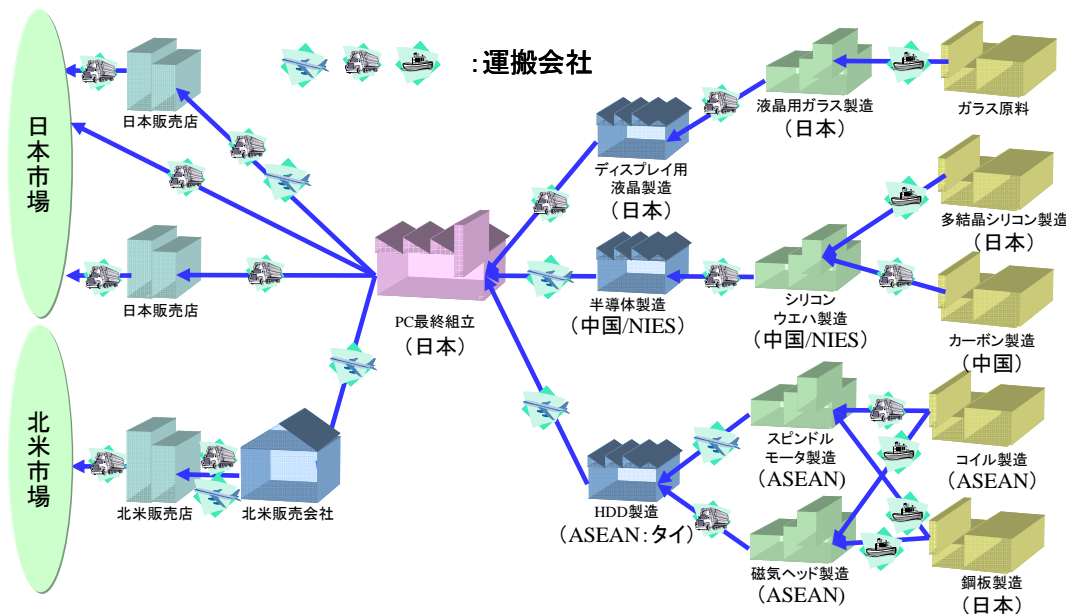
2.2 サプライチェーンリスクに対する対策の列挙

2.3 部品の特性評価に基づくサプライチェーンリスクマネジメント

3. 今後の展開予定

SCの抱える問題

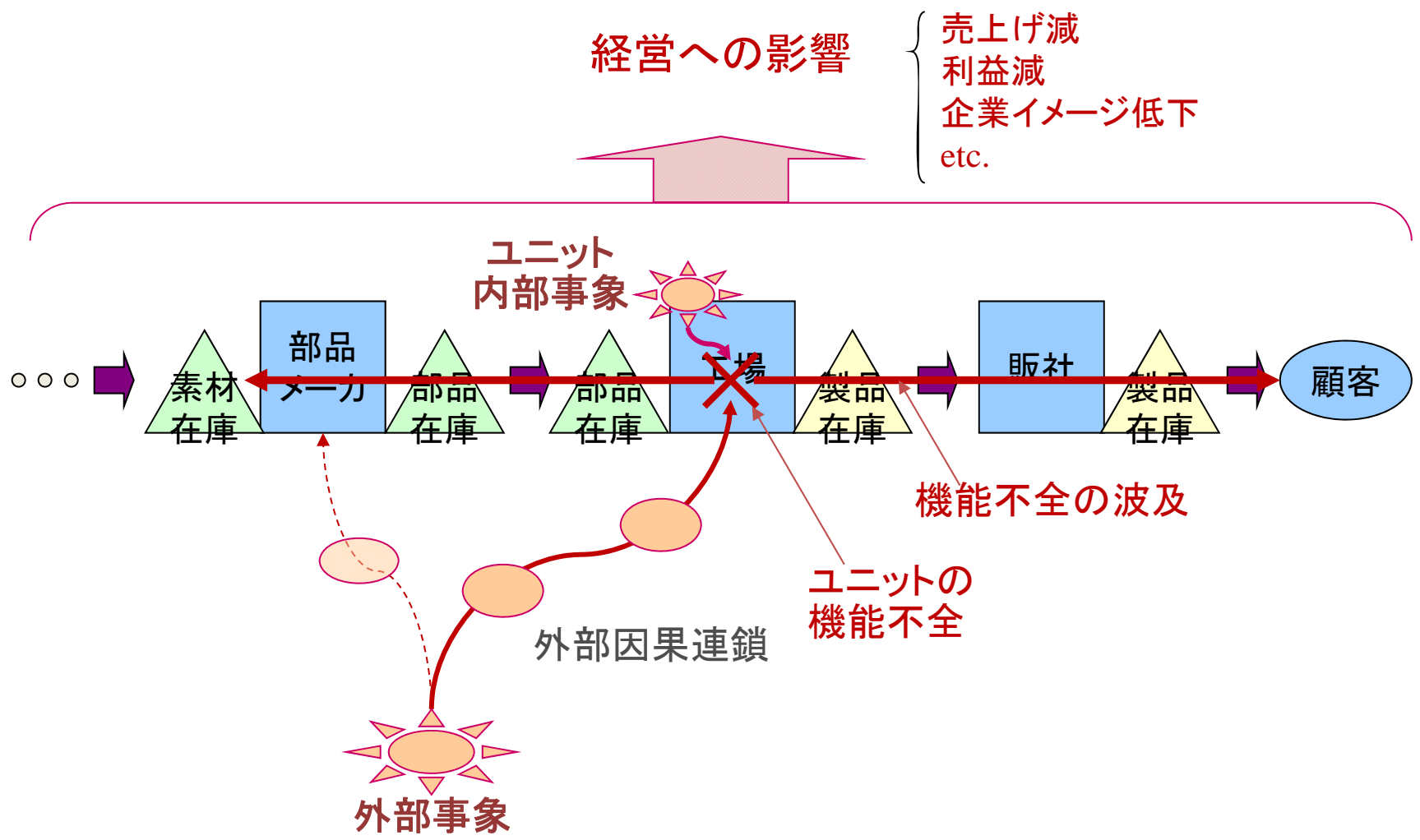
- SCの効率化にともなうSCの脆弱化
 - SCMの進展による効率化の追求, 無駄の排除
 - 在庫最小化 ⇒ 不具合の影響を吸収できない
 - リードタイム短縮 ⇒ 不具合の影響が急速に伝播
- SCのグローバル化にともなうリスクの増大
 - SCのグローバル展開 ⇒ カントリーリスク等のリスク要因の増加



SCリスクに関わる事件の例

年	事件
1997	アイシン精機刈谷工場火災
2000	フィリップスセミコンダクタ, アルブクーク工場火災
2001	アメリカ同時多発テロ 狂牛病
2002	台湾大震災 アメリカ西海岸港湾施設閉鎖事件 旭化成レオナ工場火災
2003	新日鉄名古屋製鉄所爆発事故 ブリジストン栃木工場火災 SARS
2004	新潟県中越地震 マツダ宇品第一工場火災
2009	新型インフルエンザ
2011	東日本大震災

SCリスク事象の影響伝播



- 研究目的

- グローバルに展開しているSCに潜む各種のリスクを組織的に洗い出し、定量的に評価することで適切な対策を講じるための、SCリスク評価シミュレータの要求仕様を作成する。

- 研究計画

1. SCリスク管理に関する文献調査, およびSCリスクが顕在化した事例の調査を行う。
2. SCに関するリスク事象を, 地震, 風水害, 交通障害, インフラ障害などの外部リスク事象と, 工場内の火災, 事故などの内部リスク事象に分け, 整理する。
3. これらのリスク事象に関して, 国, 地域の特性を整理する。
4. 各種のリスク事象の因果関係を, 外部および内部リスク事象, SC拠点の機能不全, およびSC全体の機能不全の間の因果連鎖として表現し分析するためのモデル化手法を検討する。
5. 上記の検討を基に, 評価シミュレータの要求仕様を作成する。
6. 作成した要求仕様に基づき, 簡単な事例を扱える評価シミュレータの簡易版を試作し, 設定した仕様の妥当性を確認する。

実施体制

- 高田 祥三 早稲田大学 創造理工学部 経営システム工学科 教授
- 日比野 浩典 (財)機械振興協会 技術研究所 生産技術部 システム課 技術主幹
- 由良 佳之 清水建設(株) エンジニアリング事業本部 物流エンジニアリング部
第2グループ グループ長
- 絹谷 浩晃 (株)東芝 社会インフラシステム社 情報システム企画担当 グループ長
- 斉藤 昭男 (株)日立製作所 横浜研究所 所長付 兼 企画室
- 松下 直久 富士通(株) ものづくり推進本部 エグゼクティブプロダクトエンジニア
- 村木 俊之 ヤマザキマザック(株) 開発設計事業部 新技術開発部
第3グループ グループリーダー
- 山根 審治 (株)富士通総研 第二コンサルティング本部 ビジネスサイエンス事業部
シニア・マネジング・コンサルタント

- キックオフ会議(2011年9月16日)
 - － 研究背景・目的の総意の確認
- 第2回会議(2011年11月8日)
 - － サプライチェーンリスク事例調査結果報告
 - － 事例に基づいた研究指針の検討
- 第3回会議(2011年12月14日)
 - － HDDのサプライチェーンに焦点を当てた検討
 - － 実例に基づいた研究指針の検討
- 第4回会議(2012年3月9日)
 - － サプライチェーンリスクに対する対策の洗い出し
- 第5回会議(2012年5月16日)
 - － 部品の特性評価に基づくサプライチェーンリスクマネジメント
- その他、企業に対するヒアリング等
 - － 富士通株式会社(HDDを例題とする上での検討)
 - － 自動車メーカー訪問(東日本大震災の被害と対策)
 - － 特殊加工工場訪問(東日本大震災の被害と対策)

1. 実施概要

1.1 研究概要

1.2 実施体制

1.3 個別実施事項

2. 実施成果

2.1 サプライチェーンリスク事例調査

2.2 サプライチェーンリスクに対する対策の列挙

2.3 部品の特性評価に基づくサプライチェーンリスクマネジメント

3. 今後の展開予定

- 調査方針

- 地震, 台風, 火災など, 様々なタイプのリスク事象により発生した事例を網羅的に抽出する.

- 調査手順

1. 調査対象とするリスクのタイプ(リスクカテゴリー)の選定
2. リスクカテゴリーごとに、日経各紙における関連記事掲載数を調査
3. 掲載記事数が多い年を特定
4. その年に関連記事が多く掲載された原因を特定
5. 原因となったリスク事象についての調査

1. 調査対象とするリスクのタイプ(リスクカテゴリー)の選定

- 以下の20カテゴリーを調査対象とした。

1. 地震	5. 戦争	9. 不買運動	13. 火災	17. 情報漏えい
2. 台風	6. 伝染病	10. 不正アクセス	14. ストライキ	18. 設備故障
3. 洪水	7. テロ	11. 法令規制	15. リコール	19. 企業(事業)買収
4. 落雷	8. 原料価格高騰	12. 為替変動	16. システム障害	20. 事業撤退

2. リスクカテゴリーごとに日経各紙^[1]における記事掲載数を調査

- 以下の2語で年ごとに検索し、該当件数を記録した。

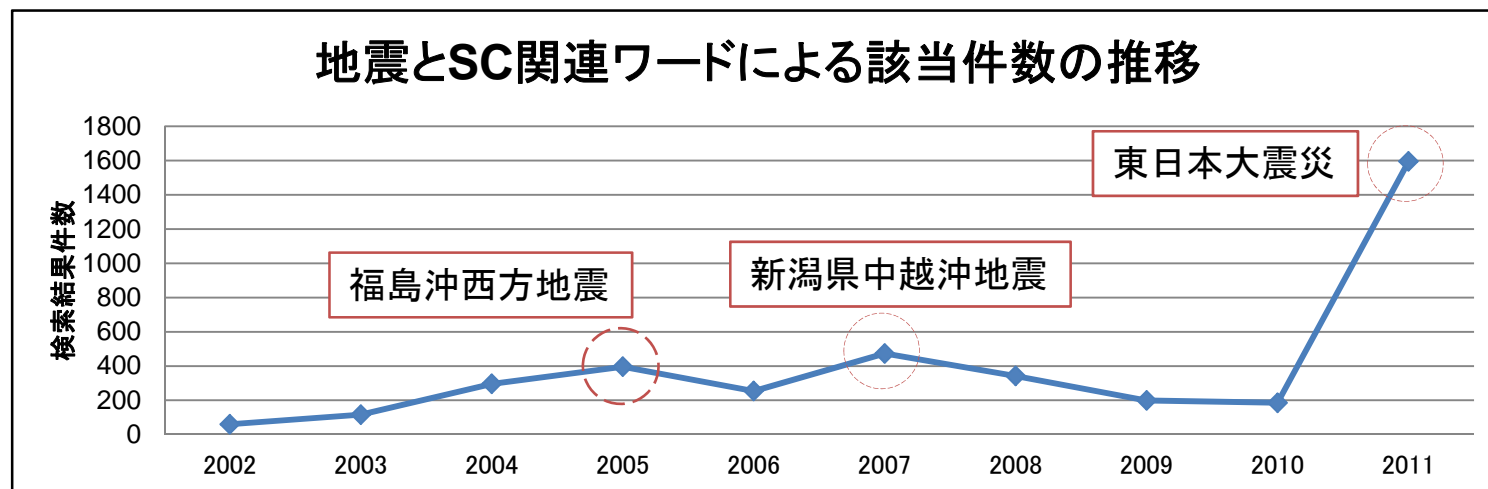
- リスクカテゴリー名称
- SC関連キーワード(“供給”, “製造”, “サプライチェーン”の内いずれか)

第一検索ワード	第二検索ワード	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	計
地震	供給	34	60	161	190	128	279	193	110	102	1079	2336
地震	製造	25	53	134	203	120	189	146	86	80	398	1434
地震	サプライチェーン	1	3	1	3	6	5	3	3	3	118	146
台風	供給	14	13	80	87	29	29	28	27	18	65	390
:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:

[1]<http://t21.nikkei.co.jp/> 日経各紙データベース。取扱紙：日本経済新聞朝刊，日本経済新聞夕刊，日経産業新聞、日経MJ，日経金融新聞，日経地方経済面，日経プラスワン，日経マガジン

3. 合計数をグラフ化し、掲載記事数が多い年を特定

- 下記の地震の推移の場合、2005年、2007年、2011年に、地震とSCに関する記事が多く掲載されるような重要事件・事例が発生したと推定される。



4. その年に関連記事が多く掲載された原因を特定

- 検索結果一覧を見ることでその年に何があったのかを特定
 - 地震の例の場合、2005年は福島県西方沖地震、2007年は新潟県中越地震、2011年は東日本大震災が多く掲載された原因となっている。

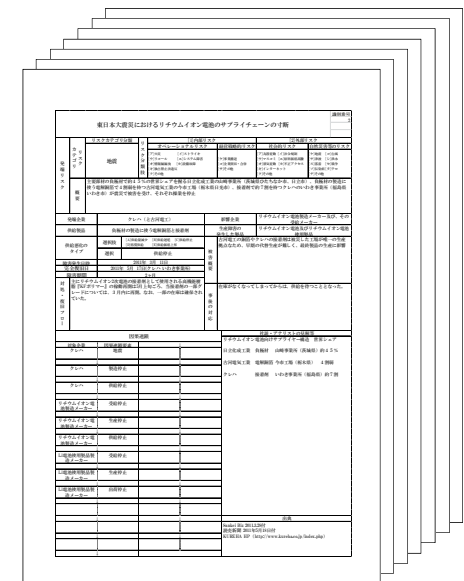
5. 原因となったリスク事象についての調査

– 抽出されたリスク事象を原因とした事例を調査

- 例えば, 地震に関する調査では,
 - リケン柏崎工場被災
 - リチウムイオン電池のチェーンの寸断
 - 日立オートモティブシステムズ被災など

– 調査フォーマットの主な項目

- リスク事象によって最初に被害を受けた企業の被害日時・復旧日時, 対処・復旧に関するフロー
- 被害を受けた企業の供給障害によって被害を受けた企業の被害概要, 対処方法
- 影響伝播の概要

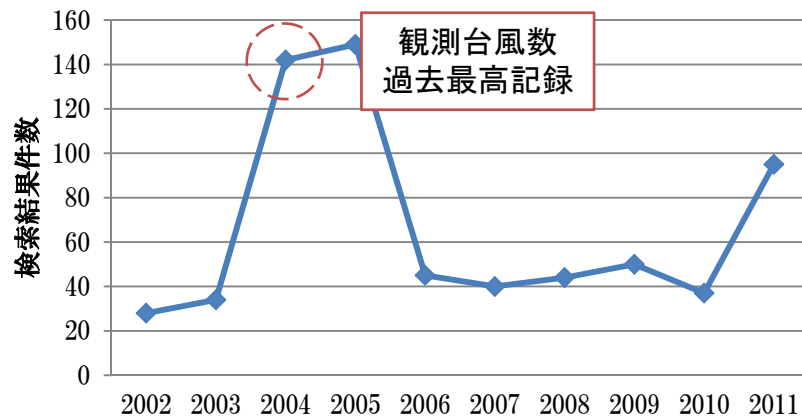


The image shows a stack of survey forms. The top form is a detailed template for investigating supply chain incidents, specifically related to the Great East Japan Earthquake and lithium-ion batteries. It includes sections for:

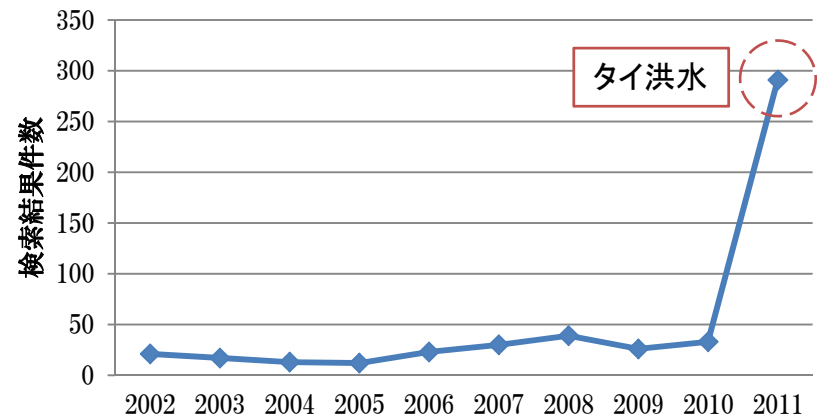
- 調査対象 (Investigation Target): Name, address, and contact information.
- 調査内容 (Investigation Content): Details of the incident, including date and time of occurrence and recovery.
- 調査手順 (Investigation Procedure): A flowchart showing the steps from incident identification to final reporting.
- 調査結果 (Investigation Results): A table for recording findings, including the type of incident, affected companies, and the impact.

SCリスク事例調査 - 件数推移

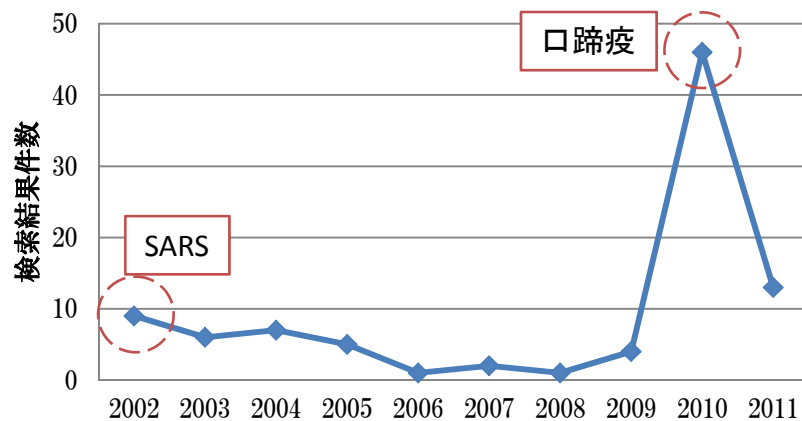
台風



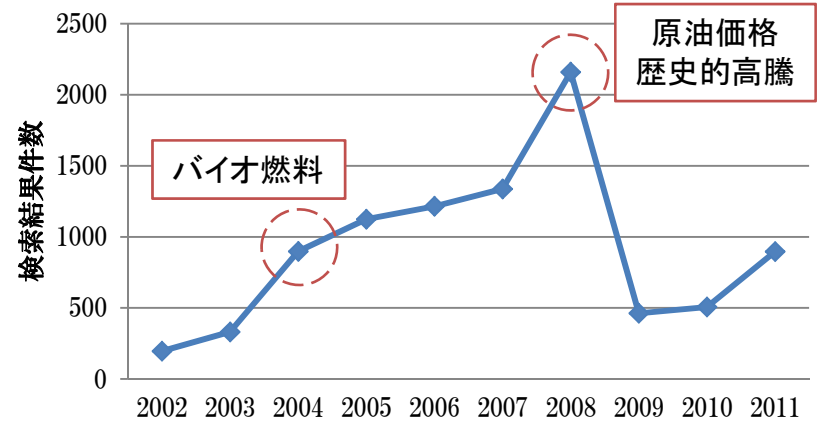
洪水



伝染病

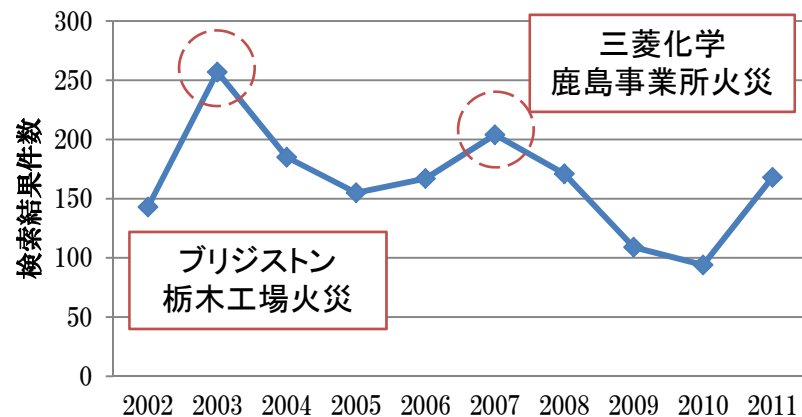


原料価格高騰

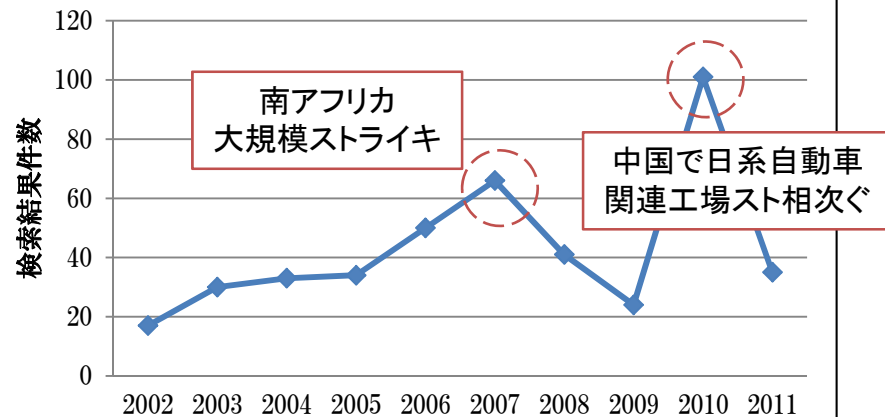


SCリスク事例調査 - 件数推移

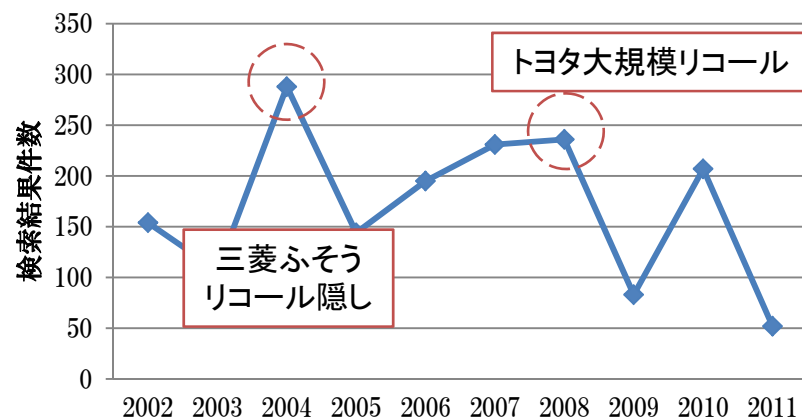
火災



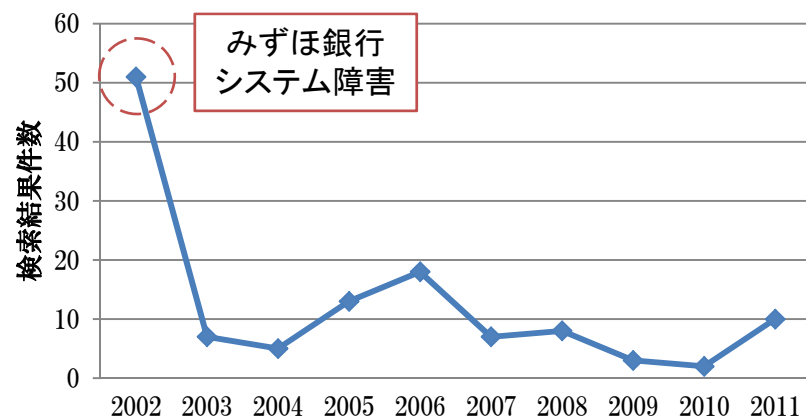
ストライキ



リコール



システム障害



SCリスク事例調査 - 調査結果例

東日本大震災におけるリチウムイオン電池のサプライチェーンの寸断				識別番号
				2
発端リスク	リスク	リスクカテゴリ分類	リスク分類肢	[1]内部リスク オペレーショナルリスク 経営戦略的リスク [ア]火災 [イ]ストライキ [ウ]リコール [エ]システム障害 [オ]情報漏洩 [カ]設備故障 [キ]独占禁止法違反 [ク]その他 [ケ]事業撤退 [コ]企業買収・合併 [サ]その他 [ア]為替変動 [イ]法令規制 [ウ]マスコミ [エ]原料価格高騰 [オ]景気変動 [カ]不正アクセス [キ]インターネット [ク]その他 [ケ]地震 [コ]台風 [サ]津波 [シ]洪水 [ス]落雷 [セ]戦争 [ソ]伝染病 [タ]テロ [チ]その他
	概要	リチウムイオン電池で主要部材の負極材で高いシェアを握る日立化成工業の山崎事業所（茨城県ひたちなか市、日立市）が東日本大震災によって生産拠点が被災した。また、負極材の製造に使う電解銅箔を製造する古河電気工業の今市工場（栃木県日光市）や、リチウムイオン電池の層膜の接着に使用される接着剤を製造するクレハのいわき事業所（福島県いわき市）も震災で被害を受け、それぞれ操業を停止した。		
発端企業	クレハ（と古河電工）		影響企業	リチウムイオン電池製造メーカー及び、その受給メーカー
供給製品	負極材の製造に使う電解銅箔と接着剤		生産障害の発生した製品	リチウムイオン電池及びリチウムイオン電池使用製品
供給悪化のタイプ	選択肢	[A]供給量減少 [B]供給遅延 [C]供給停止 [D]低質供給 [E]供給価格上昇	被害概要	古河電工の銅箔やクレハの接着剤は被災した工場が唯一の生産拠点なため、早期の代替生産が難しく、最終製品の生産に影響
	選択	供給停止		
障害発生日時	2011年 3月 11日			
完全復旧日	2011年 5月 17日(クレハいわき事業所)			
障害期間	2ヶ月			
対処・復旧フロー	主にリチウムイオン2次電池の接着剤として使用される高機能樹脂『KFポリマー』の稼動再開は5月上旬ごろ、当接着剤の一部グレードについては、3月内に再開。なお、一部の在庫は確保されていた。			事後の対応
				在庫がなくなってしまうてからは、供給を待つこととなった。

SCリスク事例調査 - 調査結果例

因果連鎖			社説・アナリストの見解等
対象企業	因果連鎖要素	↓	リチウムイオン電池向けサプライヤー構造 世界シェア
クレハ	地震	↓	日立化成工業 負極材 山崎事業所（茨城県）約4.5%
↓	↓	↓	古河電気工業 電解銅箔 今市工場（栃木県） 4割弱
クレハ	製造停止	↓	クレハ 接着剤 いわき事業所（福島県）約7割
↓	↓	↓	
クレハ	供給停止	↓	
↓	↓	↓	
リチウムイオン電池製造メーカー	受給停止	↓	
↓	↓	↓	
リチウムイオン電池製造メーカー	生産停止	↓	
↓	↓	↓	
リチウムイオン電池製造メーカー	供給停止	↓	
↓	↓	↓	
Li電池使用製品製造メーカー	受給停止	↓	
↓	↓	↓	
Li電池使用製品製造メーカー	生産停止	↓	
↓	↓	↓	
Li電池使用製品製造メーカー	出荷停止	↓	
↓	↓	↓	
↓	↓	↓	
↓	↓	↓	
↓	↓	↓	
↓	↓	↓	
			出典
			Sankei Biz 2011.3.28付
			読売新聞 2011年5月18日付
			KUREHA HP (http://www.kureha.co.jp/index.php)

1. 実施概要

1.1 研究概要

1.2 実施体制

1.3 個別実施事項

2. 実施成果

2.1 サプライチェーンリスク事例調査

2.2 サプライチェーンリスクに対する対策の列挙

2.3 部品の特性評価に基づくサプライチェーンリスクマネジメント

3. 今後の展開予定

1. 対策を検討する上で対象とするリスクカテゴリの選定

- リスクカテゴリを被害原因のタイプと被害の範囲で分類し、代表的なカテゴリを選定
 - 被害原因のタイプ: 人的資源の欠落 / 設備故障
 - 被害範囲: 単一ノード / 複数ノード

		被害の範囲	
		単一ノード	複数ノード
被害原因のタイプ	設備	火災	地震
	人	ストライキ	伝染病

* ノードとは、サプライチェーンを構成する製造、流通などの拠点を指す。

2. 各リスクカテゴリに対する対策を以下の分類の下で洗い出す

- 発生確率を下げる対策
- 被害の度合いを下げる対策
- 復旧を早める対策

各リスクカテゴリ共通の対策例

発生確率を下げる対策	初期被害度を下げる対策	復旧を早める対策
なし	<ol style="list-style-type: none"> 1. 施設、設備等の代替を確保 2. 同一の生産拠点内で、生産設備の冗長化を図っておく 3. 代替生産拠点を確保しておく 4. 別の拠点に配置するための人員の確保方法を確立しておく 5. 他社での代替を考える場合、他社との協定を締結しておく 6. 代替輸送手段を確保しておく 7. 調達困難時の仕様変更案の検討をしておく <p style="text-align: center;">:</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 被災状況を把握する方法を策定しておく 2. 不測の出費額を想定し、その額を緊急時に調達できるようにしておく 3. 復旧にともなう費用を確保するため、保険に加入しておく 4. 復旧に必要な資機材を検討し、準備しておく 5. 各対策本部の通信回線・電話回線の信頼性を高めておく 6. サプライヤが同時多発的に被災した際に、支援に行くサプライヤの優先順位を決めておく <p style="text-align: center;">:</p>

地震に対する対策例

発生確率を下げる対策	初期被害度を下げる対策	復旧を早める対策
なし	<ol style="list-style-type: none"> 1. 社員を対象とした大規模地震発生時の事故防止のための訓練を定期的実施する 2. 建築物の耐震改修を実施する 3. 機械・設備、什器・備品等は床、あるいは壁にボルト等で固定する 4. 無停電電源装置を設置する。 5. 自社およびサプライヤの被災状況を迅速に把握する方法を策定する 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 地元の自治体、自主防災組織などと、非常時の協力、応援などについて定期的に話し合いを実施する 2. 社員の緊急時の行動基準を予め明確に定めておく

1. 実施概要

1.1 研究概要

1.2 実施体制

1.3 個別実施事項

2. 実施成果

2.1 サプライチェーンリスク事例調査

2.2 サプライチェーンリスクに対する対策の列挙

2.3 部品の特性評価に基づくサプライチェーンリスクマネジメント

3. 今後の展開予定

従来のSCRMの基本的方針

- SC構造に着目し, SCを構成する各ノードを評価し対策を策定する

SC構造に着目することの問題

1. サプライチェーンの特定が困難
 - ▶ サプライヤには, 基本的にその配下のサプライヤに関する情報を開示する義務がない.
 - ▶ そのため, 最終組み立てメーカーは1次サプライヤしか确实には把握が困難.
2. チェーンの構造は変化する
 - ▶ 特別な契約や調査によって現状のSC構造を特定できたとしても, SC構造は, 常に変化する可能性がある.

SC構造特定を前提とした対策検討の方針を改める必要がある

- 視点をSC構造から製品を構成する部品に切り替え, 個々の部品の特性評価に基づいてSCRMの方針を立てる.
- このようなアプローチをB-SCRM (BOM Based Supply Chain Risk Management) と呼ぶことにする.
- B-SCRMのマネジメントステップ
 - ① 製品を構成する各部品の特性に基き, 部品の欠品による影響度を評価.
 - ② 供給停止リスクに対して適用可能な対応策を検討.
 - ③ 対応策の優先度付けを行い, それに基づき必要な対応策を講じる.
- B-SCRMの前提
 - 自社の製品を構成する部品の仕様は, すべて把握していることを前提とする.
 - ステップ①, ②については, 部品特性のみに基づき評価することで, SC構造が既知でなくても実施可能にする.
 - ステップ③では, 該当部品のサプライヤを特定する必要があるが, ①, ②で対策が必要な部品とその対策案を絞っているため, SC構造の把握を出発点としている従来のアプローチより現実的である.

第1ステップ

部品の欠品影響度の評価

様々な観点から影響を評価

- ✓ 売上減少額
 - ・ 部品を使用している製品数
 - ・ 製品の販売数
 - ・ 製品の販売価格
- ✓ ビジネス遂行上の影響
 - ・ 製品ポートフォリオ上の位置づけ
 - ・ ブランド戦略
 - ・ etc.

第2ステップ

部品特性に基づく対応策の適用可能性の検討

製品特性から適用不能な対応策を排除

- ✓ 開発困難性
- ✓ 製造困難性
- ✓ 製造設備, 作業者に関する困難性
- ✓ 在庫上の困難性

第3ステップ

対応策の優先度付と実施

様々な観点から対応策を優先付

- ✓ リスク低減効果
- ✓ 対応策のコスト
- ✓ 経営方針
- ✓ etc.

- サプライヤの複数化
 - － 同一部品を複数のサプライヤから供給してもらう
- 単一サプライヤ内の複数拠点での生産
 - － 単一サプライヤが有する複数の異なった生産拠点で同一部品の生産を行ってもらう
- 代替部品の使用
 - － 緊急時に該当部品の代わりに使用できる部品を特定しておき、あらかじめ耐久試験等を実施しておく
 - 既製品:すでに市場に存在する部品をそのまま使用する
 - カスタマイズ品:市場にある既製品を一部カスタマイズして使用する
- 生産拠点の移転
 - － 緊急時に、設備・人員などを別の拠点に移動することで、生産を継続できるように準備しておく
- 在庫の保持
 - － 緊急時に直ちに欠品を起こさないように常時一定量の在庫を保持しておく

- 以下の2軸の組み合わせで部品特性を評価
 - － 開発, 製造工程, 製造設備・作業員, 在庫
 - － コスト, 規模, 時間, 技術, 知財・ライセンス

	コスト	規模	時間	技術	知財・ライセンス
開発	開発コストが高い	大規模な開発体制が必要	開発期間が長い	開発に特殊な技術が必要	開発に特別な特許やライセンスが必要
製造工程	製造コストが高い	大量生産効果が高い	製造リードタイムが長い	製造工程に特殊な技術が必要	製造に特別な特許やライセンスが必要
製造設備・作業員	製造設備が高価	設備規模が大きい	製造設備の納入・設置に時間がかかる	特殊な製造設備, あるいは特殊技能を有した作業員が必要	
在庫	単価が高い	かさばる	長期保存が困難		

- サプライヤの複数化
- 代替部品の使用(カスタマイズ品)

	コスト	規模	時間	技術	知財・ライセンス
開発	開発コストが高い	大規模な開発体制が必要	開発期間が長い	開発に特殊な技術が必要	開発に特別な特許やライセンスが必要
製造工程	製造コストが高い	大量生産効果が高い	製造リードタイムが長い	製造工程に特殊な技術が必要	製造に特別な特許やライセンスが必要
製造設備・作業	製造設備が高価	設備規模が大きい	製造設備の納入・設置に時間がかかる	特殊な製造設備、あるいは特殊技能を有した作業が必要	—
在庫	単価が高い	かさばる	長期保存が困難	—	—

- サプライヤ内の複数拠点での生産
- 生産拠点の移転

	コスト	規模	時間	技術	知財・ライセンス
開発	開発コストが高い	大規模な開発体制が必要	開発期間が長い	開発に特殊な技術が必要	開発に特別な特許やライセンスが必要
製造工程	製造コストが高い	大量生産効果が高い	製造リードタイムが長い	製造工程に特殊な技術が必要	製造に特別な特許やライセンスが必要
製造設備・作業者	製造設備が高価	設備規模が大きい	製造設備の納入・設置に時間がかかる	特殊な製造設備、あるいは特殊技能を有した作業者が必要	—
在庫	単価が高い	かさばる	長期保存が困難	—	—

- 在庫の保持

	コスト	規模	時間	技術	知財・ライセンス
開発	開発コストが高い	大規模な開発体制が必要	開発期間が長い	開発に特殊な技術が必要	開発に特別な特許やライセンスが必要
製造工程	製造コストが高い	大量生産効果が高い	製造リードタイムが長い	製造工程に特殊な技術が必要	製造に特別な特許やライセンスが必要
製造設備・作業者	製造設備が高価	設備規模が大きい	製造設備の納入・設置に時間がかかる	特殊な製造設備、あるいは特殊技能を有した作業者が必要	—
在庫	単価が高い	かさばる	長期保存が困難	—	—

- HDDへの適用を例題としたB-SCRMのための評価方法の検討
 - 1. 部品の欠品影響度の評価法の確立
 - 部品の分割単位の決定方法
 - ビジネス遂行上の影響の評価方法
 - 2. 対応策の導入可能性の検討
 - 部品特性評価における評価基準の検討
 - 3. 対応策の優先度付法の検討
 - リスク低減効果の評価方法
 - 対応策のコストの推定方法
 - 評価の使用方法
- シミュレータを含む評価支援ツールの要求仕様の作成
 - － 支援ツールの機能
 - － 評価に必要なデータベース
- アイデアファクトリ終了後の研究の展開方法の検討