

東日本大震災における食品製造業の被害状況と復旧対応

—専門紙からみた被災実態・被災への対応と 操業停止期間の計量分析—

鎌 田 譲*

要 旨

東日本大震災は、我が国の産業全体に甚大な被害を及ぼし、食料供給に重要な役割を果たしている関東、東北太平洋側の食品製造業の多くが、操業停止や減産に追い込まれた。食品製造業の直接被害としては、東北太平洋側における津波による浸水とともに、間接被害としての計画停電や原材料・包装資材の不足・入手困難、物流障害などが、広範囲で引き起こされている。これら被害への復旧対応として、各企業では商品絞込や他工場への生産移管が行われたが、本稿ではこれら食品製造業の被害状況と復旧対応に焦点を当て、災害時における食料供給の脆弱点と課題を明らかにする。

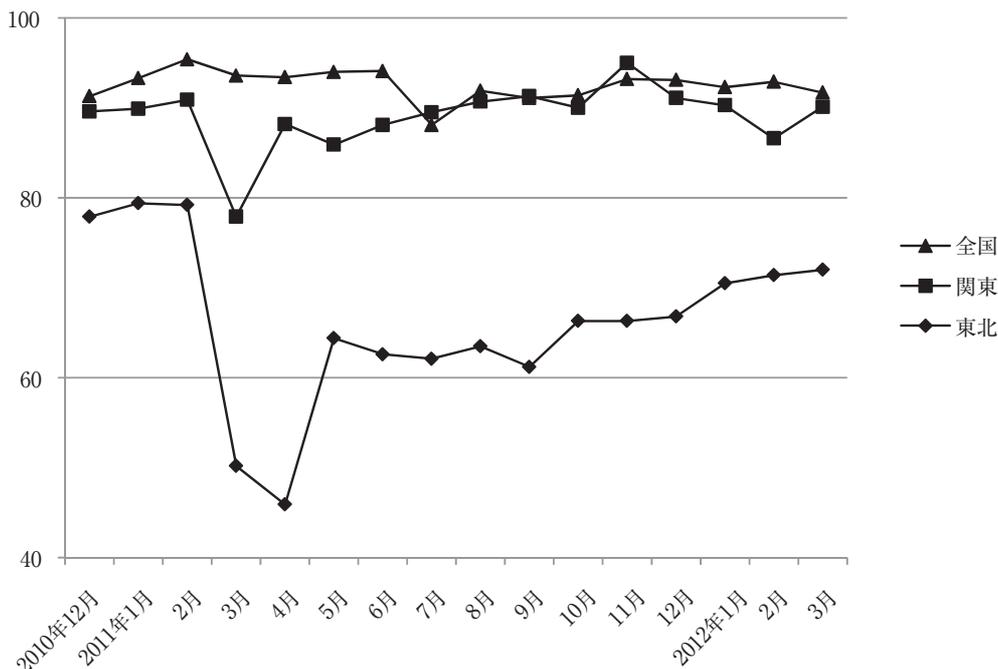
食品製造業の操業停止期間についての計量分析では、建物・設備の被害状況や設備損傷によるライフラインの停止によって長期化する傾向があるとともに、復旧対応では商品絞込が有効であるという結果が示された。今後、災害に強い食料供給体制を構築するためには、食品製造業では耐震化はもとより、被災期間中の生産代替先の確保、原材料調達先の複数化や包装資材の在庫確保、電気・水道等のインフラ被害への対策、輸送手段や代替ルートを検討といった物流上の課題など、被害状況に応じた復旧対策を日常的に想定するとともに、産業全体、政府及び消費者との間での総合的な取り組みが求められる。

1. はじめに

東日本大震災では、東北地方や関東地方の食品製造業が大きな被害を受け、これら地域における食料供給量が一時的に低下した。第1図に示す通り、東日本大震災直後の2011年3月の食料品・たばこ類の生産指数の前月比変化率は、東北地方ではマイナス36.6%、関東地方ではマイナス14.3%と、大きく低下している。東日本大震災では、津波による浸水がまず甚大であり、次にライフラインの停止、原材料・包装資材の不足・入手困難、物流障害などの間接被害が広範囲に生じた。その結果、消費者は一時的に食料入手困難に

陥るなど、危機的な状況に直面した。

今後発生しうる災害に対し、国民の食料確保を保障するためには、東日本大震災における食品製造業の被災状況と復旧対応を詳細に分析し、現在の食料供給体制の脆弱点を洗い出す必要がある。しかし、東日本大震災の被害があまりに甚大であり、広範囲の多くの工場が様々な種類の被害を受けたため、食品製造業の詳しい被災状況の実態を未だ整理できていないのが現状である。本研究は、東日本大震災における食品製造業の被災状況と復旧対応について、各業界の専門紙を精査するとともに、これらのデータの計量経済学的分析によって、災害時の食料供給における脆弱点と今後の課題を明らかにすることを目的とする。



第1図 食料品の生産指数の推移

資料：経済産業省，関東，東北経済局『鉱工業指数』。
 注(1) 食料品・たばこ類の生産の季節調整済鉱工業指数。
 (2) 2005年=100。

震災直後は、各企業は自社の復旧作業とともに被災地への物資支援、あるいは増産対応に追われるなど非常に混乱した状況にあり、正確なデータの収集が極めて困難であった。そこで、本研究では、各業界の詳細な被災状況が記載された専門紙の情報を用いた。さらに、専門紙の情報を補完するため企業のホームページなど広報情報も利用した。これらの情報は2次の情報ではあるが、専門性、正確性が高く被災状況の把握に有用である。

食料と言っても生鮮品から加工食品まであり、その中でも様々な種類がある。本研究では食品産業の中でも食品製造業を分析対象とする。食品製造業は、原材料や技術、工場の立地、産業構造等、様々な特徴がある業種から構成されており、業種により東日本大震災の影響も大きく異なっている。したがって、業種や地域による特徴を踏まえながら食品製造業の被災状況を整理する必要がある。

また、本稿では、被災した工場の操業停止から再開までにかかった期間の要因を計量経済学的に分析する。食品製造業の操業停止期間は、消費者にとって食料供給が途絶する日数であり、食料の

安定供給の重要な指標となる。食品製造業の操業停止期間について、被害状況と復旧対応との関連を明らかにできれば、災害に強い食料供給システム構築への示唆を得ることができるであろう。

本研究の構成は以下の通りである。第2節で既存研究について整理する。第3節で本研究で用いる資料について述べた後、それに基づいて第4節で食品製造業の被災状況について整理する。ここでは直接被害から様々な間接被害までを整理し、被害が生じた要因を食品製造のあり方からも考察する。第5節で食品製造業の復旧を早める復旧対応について整理・考察する。第6節では前節までの観察を踏まえ、食品製造業の操業停止期間の要因を、被害と復旧対応の違いに注目して計量経済学的に分析する。最後に、第7節で結論として災害時の食品製造業における食料供給の脆弱点と課題について述べる。

2. 既存研究

株田〔6〕は、日本、国際機関、イギリスの食料安全保障の概念・議論・政策を整理して、日本

の食料の量的リスクの潜在的危害要因のテーマとして、「日本のサプライチェーン」の中で「日本のフードチェーンの弾力性」を挙げている。具体的な危害要因としては、技術要因として「IT、流通網のインフラ」など、人口・経済要因として「フードチェーンの集中化」など、環境要因として「大規模災害」などを挙げている。そして、フードチェーンの機能低下は、中短期で発生する可能性があると同時に、発生時の影響度合いが高いことから喫緊の課題であるとしている。このような指摘からも、東日本大震災における食品製造業の操業停止期間の分析は重要であることが分かる。

食品産業センター〔17〕は、2011年10月に食品製造業226社（大手40社、中小企業186社）を対象に東日本大震災の被災状況を調査している。そこでは、全体の55%の企業が原材料・包装資材・燃料調達に支障を来したこと、また41%の企業に建物・設備の損害があったことを明らかにしている。BCP（business continuity plans）⁽¹⁾については、大手企業の88%と中小企業の16%が備えており、そのうち34%の大手企業と53%の中小企業が既存のBCPで地震・津波に対応できると回答している。しかし、この調査は企業単位であり、工場単位の立地についての分析がなされていない。また被害内容も全体被害や原材料被害、風評被害の有無などの調査に留まっており、操業停止期間についても分析されていない。

三菱UFJリサーチ&コンサルティング〔10〕は、食品流通業の被災状況について調査している。震災以前、東北地方発着の広域輸送の相手先地域として最も多い地域は、発着ともに関東地方であり、震災直後の輸送が困難となった主な理由は、燃料の確保困難、一般・高速道路の寸断であったことを明らかにしている。

森川〔11〕は、東日本大震災の企業への影響をサプライチェーン視点⁽²⁾から分析して、売上高に対する仕入高の比率が高い企業ほど原材料調達から製造に至るサプライチェーン寸断の直接的影響が大きかったこと、海外から調達を行っている企業であっても必ずしもサプライチェーン寸断の影響を回避できていないこと、サプライチェーンが寸断された企業が現在・今後の対応策として「国

内での調達先の分散」を54.8%と多く挙げていることを明らかにしている。このことから、製造業のサプライチェーンの問題への対策は、現在のところ国内の原材料調達から製造に至るサプライチェーンでの対応となっていることが分かる。しかし、サプライチェーン問題への対策として「海外からの調達拡大」を挙げる企業も20.2%あり、グローバルな調達を検討している企業も少なくない。この対応をとった企業は、大企業の方が中小企業よりも多く、企業規模によって可能な対応が分かれている。

Fujita and Hamaguchi〔3〕は、集積の経済の視点から、東日本大震災における日本の製造業への影響や今後の製造業のあり方について論じている。そこでは震災の製造業への影響が大きかった原因は、サプライチェーンの寸断にあったとしている。企業の立地の集中が、災害発生時の原材料調達から物流、製造に至るサプライチェーンの寸断のリスクを高めるならば、安全な在庫の確保とともに複数の原材料メーカーの確保、あるいは生産拠点の分散化が起きるかもしれないとしている。そして、そういった冗長性（redundancy）⁽³⁾と回復力（resiliency）を高める行動がBCPであるとしている。しかし、企業が日常的に災害のコストを考慮しないのは、災害の発生確率がそもそも低く、過去の経験から学ぶことが困難であったり、それらの発生確率を低く見積もる企業が市場競争に生き残ったりするためとしている。

浜口〔5〕は、一般論として、1次の原材料メーカーにしても2次の原材料メーカーにしても差別化された特定の原材料を製造しているため、災害時においてそれら原材料の代替が困難であるとしている。

以上の既存研究に対し、本研究ではサプライチェーンのうち食品製造業から川上における被害について調査・分析をする。食品製造業について、被災した企業の各工場を、業種や立地などから把握し、あらゆる被害状況を調査・分析をする。また、本研究で明らかにする操業停止期間は、災害時、食料確保を安全に行うための重要な指標であり、食品製造業における効率性と安定性との関係についても被災状況の整理の中で考察する。災害時の差別化された特定の原材料の代替困難性につ

いては、食品製造業でも観察されており、本稿で詳細に説明する。

3. 資料とデータについて

本研究で用いる資料は、食品関連業界の専門紙及び企業の広報情報である。専門紙名は、『食品産業新聞』、『食品新聞』、『日本食糧新聞』、『日刊食品通信』、『食肉速報』、『飼料通信』、『畜産日報』、『酪農経済』、『酪農乳業』、『大豆油糧日報』、『トーヨー新報』、『米麦日報』、『冷食タイムス(週刊)』、『冷食タイムス(日刊)』、『冷食とチルド』、『冷食日報』、『冷凍食品新聞』、『水産経済新聞』、『週刊水産タイムス』、『水産新聞』、『日刊水産タイムス』、『日刊水産通信』、『みなと新聞』である。これら専門紙で被害が確認された企業について、ホームページから広報情報を利用し再確認した。

資料の収集期間は、震災が発生した2011年3月11日から同年5月末までである。その理由は、水産加工業を除けば多くの食品製造業が2011年5月末までに、製造を再開できるまでに復旧していたためである。また調査対象は、食品製造業の事業所のうち被害の確認された工場のみとした。業種は食品製造業の全業種を対象とした⁽⁴⁾。

ここで用いる情報が、業界の動向を報道する専門紙のため大手企業に偏っている点に留意する必

要がある。一方で、市場シェアの大きい企業の被害は、食料供給全体に大きな影響を与えることを考慮すれば、この情報は食料供給上の脆弱性を捉えるのに適している面もある。しかし、東北太平洋側に立地する多くの水産加工業は被害が甚大であった反面で、企業規模が小さかったため、第2図及び付図1、付図2の被害地図に示すようにその被害の大きさが十分に捉えられていない。また被害情報は企業にとって重大な被害のみに偏る傾向があることにも留意しなければならない。

次に、被害に関する情報の被害状況と、復旧対応のデータの分類について説明する。被害に関する情報は工場ごとに記載されているため、工場単位で被害状況を数えた。具体的には、「設備が被害」、「原材料が不足」、「包装資材が不足」などと記述されており、それによって被害状況を分類した⁽⁵⁾。原材料や包装資材、物流に関しては、より細かい被害内容があるが、それぞれ一つにまとめた。建物・設備損壊について、軽微な被害は被害無しとみなし、「被害甚大」、「壊滅的被害」とあった場合や津波による工場の流出や損壊は「被害甚大」とした。被害無し、「被害甚大」以外の場合は、建物・設備損壊が部分的に起きた場合であり、一つの被害にまとめ、第2表、第3表では「部分的被害」、第8表では「建物・設備損壊かつ部分的被害」とした。一つの工場が複数の種類の被害を

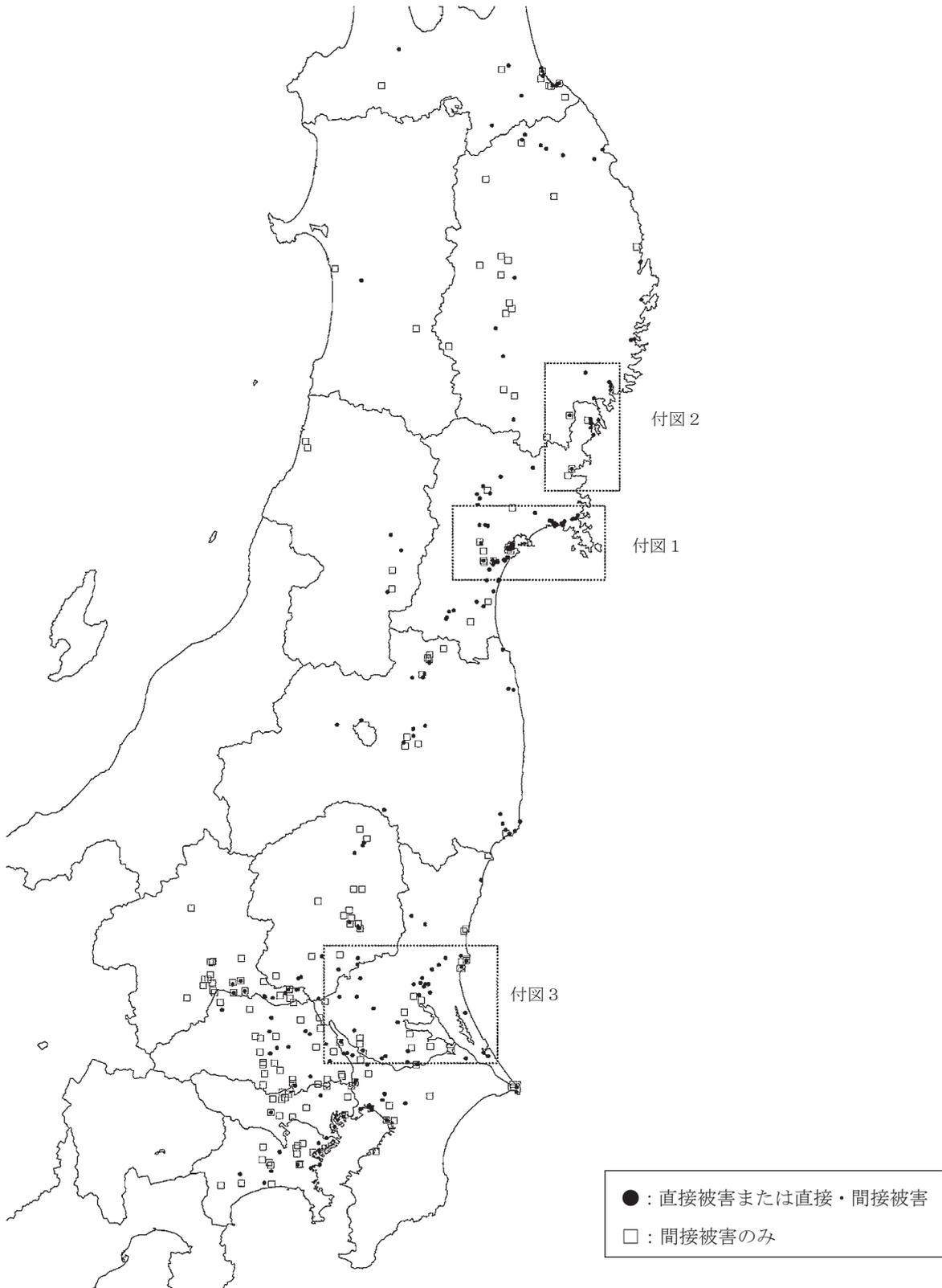
第1表 業種別・立地別の被害状況

(単位：工場数)

業種	北海道	東北太平洋側	東北日本海側	北関東	南関東	中部・西日本	計
a. 肉一次加工業		14		1			15
b. 肉最終製品製造業		6	1	5	6		18
c. 乳製品製造業	5	16		19	25	9	74
d. 水産加工業	6	98		16	6	2	128
e. 大豆加工業		14	1	19	4	11	49
f. 調味料製造業		7		17	10	13	47
g. 米卸売業		12		1	8		21
h. 小麦粉製造業	1	3		2	7		13
i. パン製造業	4	6		3	20	1	34
j. 菓子類製造業			1	8	10	1	20
k. 米加工業		2	4			2	8
l. 植物油脂製造業		1		4	7	1	13
m. めん類製造業		9		11	7	3	30
n. 冷凍調理食品製造業		5	2	4	5		16
o. 清涼飲料製造業		10	1	9	6	5	31
p. ビール・酒類製造業	1	4		6	5	2	18
計	17	207	10	125	126	50	535

資料：専門紙（本文参照）。

注. 東北太平洋側は、青森県、岩手県、宮城県、福島県、東北日本海側は、秋田県、山形県、北関東は、群馬県、栃木県、茨城県、南関東は、埼玉県、千葉県、東京都、神奈川県、中部・西日本は、前述以外の府県を指す。



第2図 被害が確認された工場（東北・関東地方）

資料：第1表に同じ。

受けた場合、複数の被害に該当するものとして数える。被害のあった工場の総数は535である。被害のあった工場の立地場所と業種は第1表の通りである。

復旧対応のデータの分類は、震災後にとられた復旧対応を数えた。生産移管以外は、記載通りに振り分け、生産移管については、「生産の他の工場への完全移転」や、被害を受けた工場に対する「西日本の工場での増産・支援」及び「OEM⁽⁶⁾」を「生産移管」として分類した。

津波による浸水に関しては『東日本大震災復興支援地図』(旺文社〔15])を用いて、被災した工場の立地場所から浸水の有無を調べた。浸水による被害は、津波による工場の流出や損壊を被った被害甚大の場合、被害甚大ではないものの部分的な建物・設備損壊がみられた場合、建物・設備の被害が軽微かみられない場合がある。

これらの情報とともに、別途行った被災企業

第2表 種類別の被害状況

被害の種類	(単位：工場数、%)	
	被害数	割合
直接被害		
①建物・設備損壊	231	43.2
(a) 被害甚大	42	7.9
(i) うち浸水	38	7.1
(b) 部分的被害	189	35.3
(i) うち浸水	34	6.4
②倉庫損壊	79	14.8
間接被害		
④原材料不足・入手困難	175	32.7
⑤包装資材不足・入手困難	168	31.4
⑥ライフライン停止	255	47.7
(a) 設備損傷停電	74	13.8
(b) 計画停電	162	30.3
(c) 断水	57	10.7
(d) 重油不足	40	7.5
⑦物流障害	171	32.0
(a) ガソリン不足	71	13.3
被害を受けた工場数の合計	535	100.0

資料：第1表に同じ。

注(1) その他数の少ない被害は非掲載。

(2) 割合は被害を受けた工場数の合計に対する割合。

(3) 本文で説明した通り、建物・設備損壊の「部分的被害」とは、被害軽微を指すのではなく、被害が部分的にあったことを指す。

(4) 浸水は津波による。浸水があっても被害が無かった場合もあるが、数は非掲載。被害合計数535には含まれる。

(5) 放射性物質拡散の影響については、直接被害が明確でないこと、間接被害数を把握できないことから表から除外。

(6) ライフライン停止には、上記の他に、ガス停止がある。

20社、1団体、1市町村へのヒアリング調査の結果(2社は書面回答)も考察に用いる。これらのヒアリング調査からも各企業の被害状況と復旧対応の詳細な実態が把握できた。

4. 食品製造業の被災状況

(1) 全体の被害数

第1表より、食品製造業の被害が、東北太平洋側、北関東、南関東の工場に集中しているのがわかる。一方、中部・西日本でも被害が確認された工場は50もある⁽⁷⁾。業種別では、水産加工業が最も多く、次いで乳製品製造業、大豆加工業、調味料製造業が多くなっている。

食品製造業の全体の被害数を集計したものが第2表である。ここで、直接被害とは工場の建物・設備、倉庫等が破損・損壊したことを指す。一方、間接被害とは、工場の建物・設備は被害を受けなかったものの、原材料不足やライフラインの停止などその他の部分で被害を受けたことを指す。また、設備損傷停電や断水あるいはガスの停止は、共用の送電設備や水道管、ガス管等が被害を受けたと考えて、間接被害とみなした。

各被害の発生頻度についてみると、最も多かった被害は間接被害のライフラインの停止であり、全体の47.7%を占めている。ここでは設備損傷停電、計画停電、断水、重油不足などが発生している。次いで、直接被害として、建物・設備損壊の割合が多く、全体の43.2%を占めており、ここからも東日本大震災の被害の大きさが理解できる。一方で、食品製造業の半数以上は、この様な建物・設備損壊が無かったことにも留意すべきである。次いで、原材料の不足・入手困難、物流障害、包装資材の不足・入手困難がそれぞれ32.7%、32.0%、31.4%と多くなっている。これらにより、間接被害もかなりの割合で発生していたことが分かる。その他の被害として、倉庫損壊、津波による甚大な被害、浸水が発生している。また表には掲載しないが、地盤の液状化、放射性物質拡散の影響等の被害も発生した。

第2図は、第1表を地図上で確認したものである。第2図に示すように、被害が確認された工場は、関東地方や東北太平洋側とともに、東北と関

東を結ぶ東北自動車道沿いに分布している⁽⁸⁾。また第2図では、第2表の直接被害及び間接被害の工場も図示している。直接被害を受けた工場は、間接被害のみを受けた工場に較べて東側に位置している。また、これら直接被害を受けた工場は首都圏、宮城県、三陸地方の沿岸部に多い。ただし先述した通り、このデータは大手企業のみであり、小規模な多数の水産加工業の被害は捉えられていない。

被害が集中したとみられる仙台市周辺地域、岩手・宮城両県の気仙地域、茨城県南部の拡大図を付図1～3に示す。付図1、付図2からは、津波により被害の最も大きかった東北太平洋側の沿岸部では、水産加工業が多く被害を受けていることが分かる。付図3からは、茨城県南部では、ほぼすべての業種が直接被害または間接被害を受けていることが読み取れる。

(2) 直接被害について

1) 建物・設備損壊

建物・設備損壊の内容と特徴は以下の通りである。建物・設備損壊には、主に浸水被害と地震の

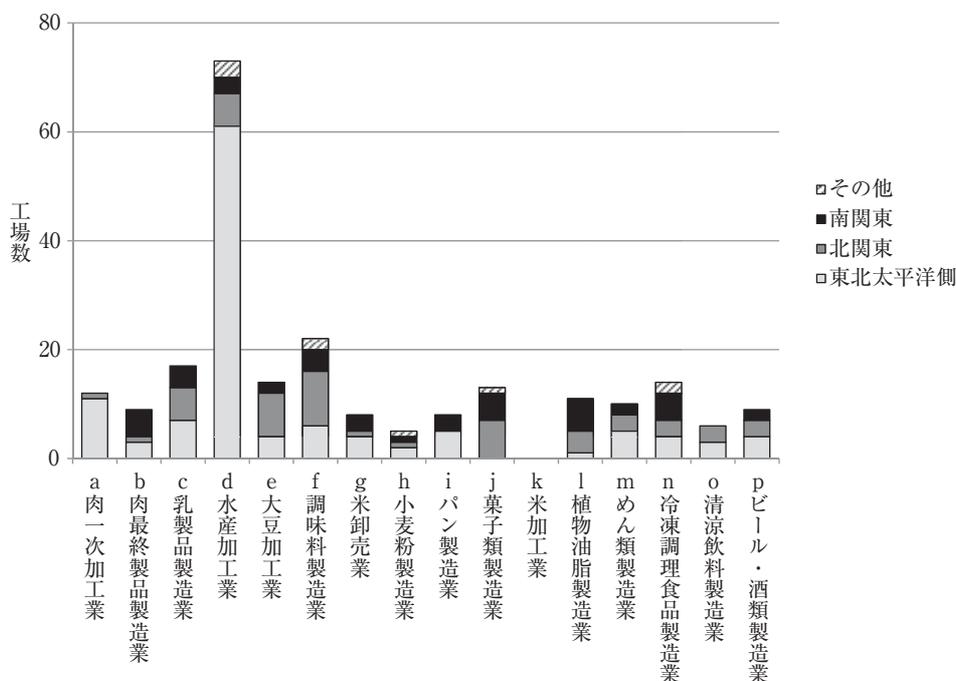
揺れによる被害がある。また、工場集積地・工業団地に被害が集中したという側面もある⁽⁹⁾。建物・設備損壊数を第3図に整理する。

(i) 浸水被害

第3図から明らかなように水産加工業の被害が圧倒的に多い。しかも、水産加工業の工場の多くが沿岸部の中でも港湾部に立地・集積していたため、湾内で高くなった津波によって甚大な被害が発生している。第3表より、水産加工業の建物・設備損壊を受けた工場のうち、8割が浸水被害によるものであり、その半数以上は建物・設備がすべて流される程甚大な被害であった。食品製造業全体をみると、被害甚大は建物・設備損壊の2割弱であるが、水産加工業では5割弱にのぼり水産加工業の被害の大きさが分かる。

(ii) 地震の揺れによる建物・設備の被害

第3図より、水産加工業以外の業種では、調味料製造業、乳製品製造業、大豆加工業、冷凍調理食品製造業、菓子類製造業、肉一次加工業の建物・設備損壊数が、他の業種に較べてやや多くなっている。これは調味料製造業、乳製品製造業、大豆加工業、菓子類製造業は、北関東の工場



第3図 建物・設備損壊の内訳

資料：第1表に同じ。

注。その他は、北海道、東北日本海側、中部・西日本。

第3表 水産加工業の直接被害
(単位：工場数、%)

直接被害	水産加工業		食品製造業計	
	被害数	割合	被害数	割合
①建物・設備損壊	73	100.0	231	100.0
(a) 被害甚大	35	47.9	42	18.2
(i) うち浸水	34	46.6	38	16.5
(b) 部分的被害	38	52.1	189	81.8
(i) うち浸水	25	34.2	34	14.7
②倉庫損壊	23		79	

資料：第1表に同じ。

注(1) 被害の番号は第2表に対応。

(2) 割合は、建物・設備損壊に対する割合。

において、地震の揺れによって建物・設備損壊を多く受けているためである。乳製品製造業は東北太平洋側において、地震の揺れによって建物・設備損壊も多い。冷凍調理食品製造業は、南関東特に臨海の埋立地で被害が確認されている。肉一次加工業は、東北太平洋側で建物・設備損壊が多いが、これは岩手県や青森県に大規模なブロイラー産地が形成されており、その一次加工場が近隣に集積しており、地震の揺れによる被害を受けたためである。

(iii) 工場集積地・工業団地での被害

建物・設備損壊数は、工場集積地・工業団地において多くみられる。北関東や南関東には、内陸にも沿岸部にも工業団地や工場集積地がいくつもあり、それらの地域で建物・設備損壊が多く発生している。被害数の多かった地域として、植物油製造業、水産加工業、小麦粉製造業などが集積する鹿島地区（茨城県神栖市）、菓子類製造業、大豆加工業、めん類製造業などが集積する栃木県宇都宮市、肉最終製品製造業、小麦粉製造業、冷凍食品製造業などが集積する千葉県船橋市が挙げられる⁽¹⁰⁾。

2) 倉庫損壊について

倉庫損壊は、被害全体の14.8%で発生している。沿岸部に立地する水産加工業では、倉庫が津波で流されたケースが多くみられた。業種全体では、倉庫の被害の実態はこの割合よりも大きく、大規模な立体自動倉庫での荷崩れや設備破損等の被害がヒアリング調査から確認された。立体自動倉庫は、棚やラックが高層化しているとともに、搬入・搬出が自動化された精密機器であることか

ら、構造上、地震の揺れに脆弱であることが明らかになった。

(3) 間接被害について

1) 原材料不足・入手困難

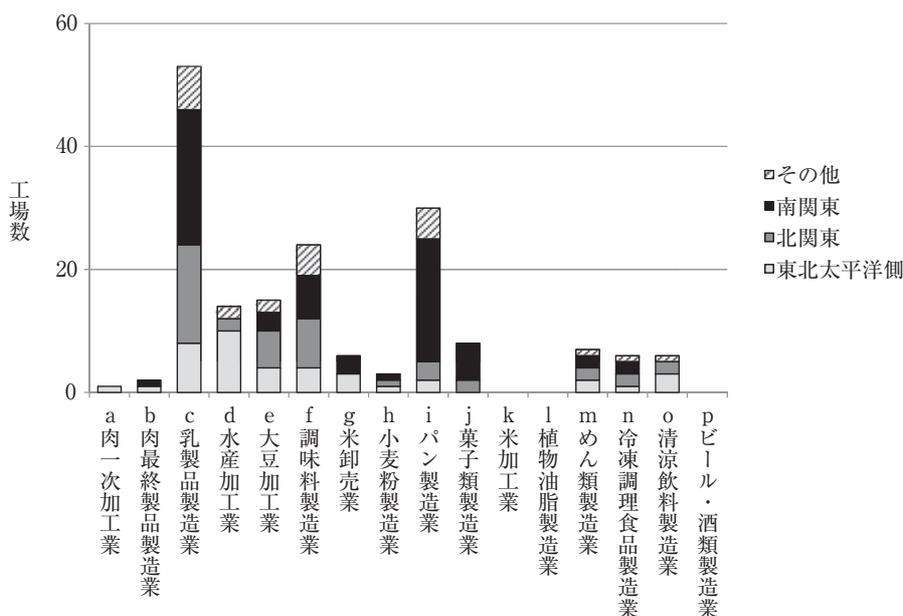
原材料の不足・入手困難には、主原材料の調達問題、副原材料の調達問題、原材料の特殊性と仕入先の集中の影響、1社購買という複合的な原因がある⁽¹¹⁾。第4図より、原材料の不足・入手困難は、乳製品製造業で最も多く発生しており、次いでパン製造業、調味料製造業、大豆加工業、水産加工業で多くみられた。

(i) 主原材料の調達問題

乳製品製造業の被害が多いのは、原料乳仕入れから加工製造、パック詰めまでの製造過程全体が被災したためである。震災直後、農家段階では計画停電によって搾乳機やバルククーラー⁽¹²⁾の使用が困難になるとともに、集乳段階ではガソリン不足により輸送車が手配できず、原料乳の調達が困難であったメーカーもある。また、北海道産生乳を原料乳として利用する乳業メーカーは、輸送ルートである釧路港-日立港間の船舶輸送が、日立港の閉鎖により一時的に停止するという船舶輸送の途絶の問題もあった。さらに、3月後半には原発事故による放射性物質の拡散により、関東地方の一部地域の原料乳が4月中旬まで出荷規制を受けたことも、原料乳不足の問題を長引かせた。このように生乳では、その商品特性上、在庫を多く持てないことと同時に、ライフラインの停止や燃料の不足、輸送の障害といった間接被害の影響を受けやすいという特徴が確認された。

米穀においては、高速道路の寸断など物流障害から、南関東の米卸売業が東北地方から米を調達困難になった事例が報告されている。これによりサプライチェーンの下流に位置する小売業や外食・中食業は、東北産の米を一時的に利用できなくなったと考えられる。水産加工業の原材料の不足・入手困難も、在庫としていた水産物などの浸水被害や、水産業そのものの被害によって、主原材料の調達が困難になったものである。

このように主原材料メーカーの被害は、物流から加工、製品販売に至る、サプライチェーンすべての企業に影響する。



第4図 原材料の不足・入手困難の内訳

資料：第1表に同じ。

注(1) 主原材料，副原材料ともに含む。

(2) その他は，北海道，東北日本海側，中部・西日本。

(ii) 副原材料の調達問題

第4図で乳製品製造業に次いで原材料の不足・入手困難が多く報告された業種はパン製造業である。パン製造業では，主原材料である小麦粉の不足は無かったものの，パンに詰めるクリームや生地に練り込む油脂原材料などの，副原材料の不足・入手困難が起きたことが確認されている。特に，消費地に近い南関東での被害が多く報告されている。関東地方に工場を多く持つ大手パン製造業のA社は，工場に関わらず副原材料の調達先が基本的に同じであるため，その原材料メーカーが被害によって，すべての関東地方の工場での副原材料の調達が困難になり，被害が拡大する性質を持っていた。

また，調味料製造業の原材料の調達困難も副原材料によると考えられる。例として，醤油メーカーB社のつゆの原材料である，水産物由来のエキス類が，水産加工業の被災により入手できなくなった。めん類製造業のC社でも，水産物由来のエキスや乾燥かまぼこを使用していたが，東北地方の水産加工業の原材料メーカーの被災によって，それらの利用が難しくなった。

このように，食品製造業では多くの主原材料と

第4表 原材料不足の事例

原材料名	被害の及んだ業種
油脂	菓子，乳製品製造業
水産物由来のエキス	調味料（醤油），めん類製造業（カップ麺）
野菜などのシーズンパック原材料	調味料製造業（ドレッシング）
濃縮乳（油脂）	パン製造業
脱脂濃縮乳	乳製品製造業
乾燥かまぼこ	めん類製造業（カップ麺）
異性化糖	清涼飲料製造業
チキンミンチ	肉最終製品製造業
特保食品・粉ミルクの原材料	乳製品製造業

資料：ヒアリング調査。

注：「特保商品」とは，特定保健用食品の略。

ともに様々な副原材料を用いるため，それら原材料メーカーの被害は広範な影響を及ぼす。例えば，東北太平洋側の原材料メーカーの被災が，関東や関西地方の工場での原材料の不足・入手困難を引き起こす事例もみられ，原材料調達から物流，製造に至るサプライチェーンの寸断は広範囲に影響した。

(iii) 原材料の特殊性と仕入先集中の影響

ヒアリング調査より明らかになった，原材料の不足・入手困難の例を第4表に挙げる。原材料の入手停止は，多くの業種で，特定の原材料を使用しているために引き起こされていることが確認さ

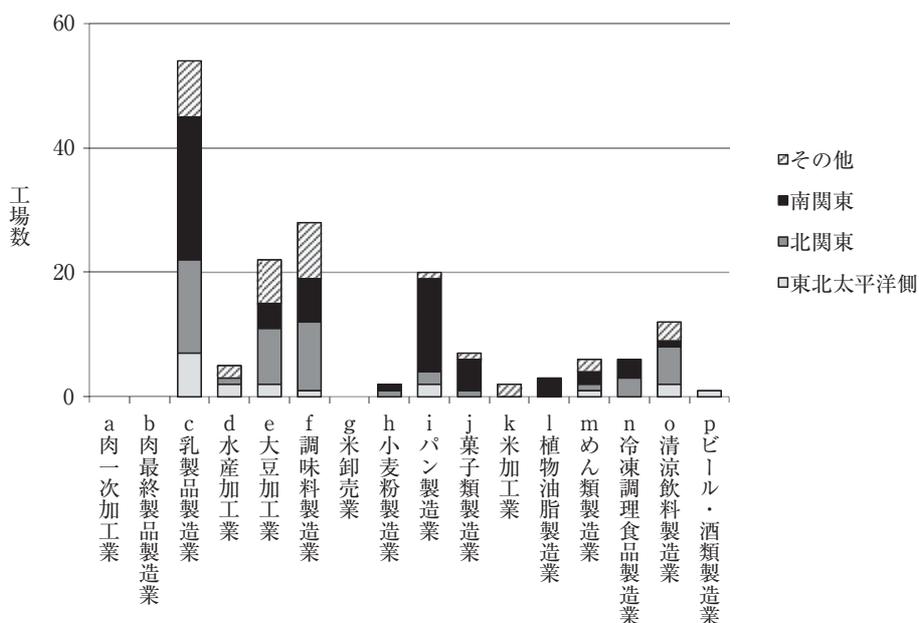
れる。それら特定の原材料を製造できるメーカーが限定されていたため、原材料メーカーの被災によって、最終的な商品生産を中止せざるを得なくなった。例えば、めん類製造業C社では、主力カップ麺商品では約150種類の原材料を用いており、取引先の原材料メーカーもそれと同数存在する。スープの原材料は主に水産加工品であり、それら原材料メーカーには2次、3次のメーカーもいることから、水産加工業の被災がスープの原材料不足・入手困難を引き起こすこととなった。このような、原材料調達による連鎖的な被害の拡大は、製造業では全般的に発生したことがよく知られたが、食品製造業でも同様のことが起きていたのである。

食品製造業が、特定の原材料を用いる理由は、製品差別化に起因する面が大きい。これら原材料によって、特徴的な成分や味の商品が作り上げられることから、急な原材料の変更は極めて難しい。それと合わせて、食品製造業は原材料メーカーに特定の規格の原材料の製造を委託しているため、災害時に代替的な原材料メーカーの確保は難しい。このため、商品生産にとってわずかな原材料でも、原材料メーカーの被災によって、最終製品が製造停止に陥る可能性がある。また、商品

規格と成分表示の点からも災害時の原材料の変更は極めて難しい。それらの原材料メーカーは食品供給のサプライチェーン上のボトルネックになっており、災害時には食品供給を停止させる要因となりうる。

(iv) 1社購買の影響

原材料の特殊性と関連して、多くの企業では原材料を1社から購買する取引慣行があることもヒアリング調査から明らかになっている。平常時、企業にとって2社購買は仕入数量のリスク分散になり、2社間で仕入価格を比較できるというメリットもある。一方で、2社購買は仕入コストの上昇につながる面があり、その点ではデメリットの方が大きいと判断されている⁽¹³⁾。加えて、原材料の種類が多ければ2社購買は原材料メーカーとの取引の管理や手続きを増大させ、原材料調達の手間を急激に高める。一方、上述のように特定の規格を持つ原材料の製造技術を持つ原材料メーカーも限られているため、1社購買の傾向は一層強くなる。現在の企業の取引慣行は、コスト削減といった企業の経営原則と一致するが、一方で災害時製造が停止するリスクを高める構造になっている。



第5図 包装資材不足・入手困難の内訳

資料：第1表に同じ。

注. その他は、北海道、東北日本海側、中部・西日本。

2) 包装資材・その他資材の不足・入手困難

(i) 包装資材の不足・入手困難

第5図より包装資材の不足・入手困難は、乳製品製造業が最も多くみられ、次いで調味料製造業、大豆加工業、パン製造業、清涼飲料水製造業で多くみられた。それらは樹脂包装資材、紙パック、ペットボトルのキャップの不足など、包装資材を使用するあらゆる業種に被害が及んでいることがヒアリング調査でも確認されている（第5表）。

大手乳業メーカーが使用する牛乳パックは、事実上、紙製容器メーカー大手2社の製品に限られている。このうち茨城県内にある1社の工場が被災によって、紙パックの供給量が大きく減少した。また、牛乳パックは、紙製容器メーカー別に充填機との組み合わせが固定されているため、他社製紙パックへの変更は不可能である。このように乳業メーカーにとっては牛乳パックの供給元は実質的には1社に限定されているのである。結果として、紙パックにより乳業メーカーの生産量が制約されたため、各社は製品を主力の2、3種類に絞り込む対応をとった。牛乳におけるこのような深刻な包装資材の不足・入手困難は、3月下旬まで続いた。

樹脂包装資材は、パンなどに使う薄い包装資材や、ヨーグルトなどの硬い包装資材などがある。第5表に示す様に、エチレン樹脂は鹿島工場を主力とする大手化学品メーカーが地震と津波により被災するとともに、塩化ビニールについても市場シェア45.1%を持つ2社の鹿島工場の被災が確認されている。包装資材の不足はそれら原料となる化学品メーカーの被災も大きく影響している。包装資材の種類として、パン製造業は軟質の包装資材、調味料製造業や大豆加工業では軟質・硬質の

包装資材、乳製品製造業ではヨーグルトのカップなど硬質の包装資材が不足した。また、調味料製造業、大豆加工業では西日本でも包装資材の不足・入手困難が報告されており、鹿島地区の包装資材メーカーなどの被害が西日本に及んでいる。一方、清涼飲料水製造業では、全国の3割の生産量を占める茨城県内のペットボトルのキャップメーカーが被災したために全国的な影響が出た。

このように包装資材は多様な規格が存在するため代替が困難である。また、包装資材の原材料を供給する化学品メーカーでは、市場の寡占度の高さとともに立地が集中していたため、被害の影響は大きくなった。これらの理由により、震災後包装資材の不足・入手困難が多く発生した。

(ii) 工業原材料の不足・入手困難

乳業メーカーD社では、牛乳の生産工程で苛性ソーダ等の設備の洗浄剤の不足が報告されている。また、植物油脂製造業E社では、食用油の製造において搾油した油を脱色するために使用する薬剤（活性白土）の不足もみられた。これらの事例にみるように、食品の原材料のみならず工業原材料の調達が困難になることも食品供給に影響を及ぼす。

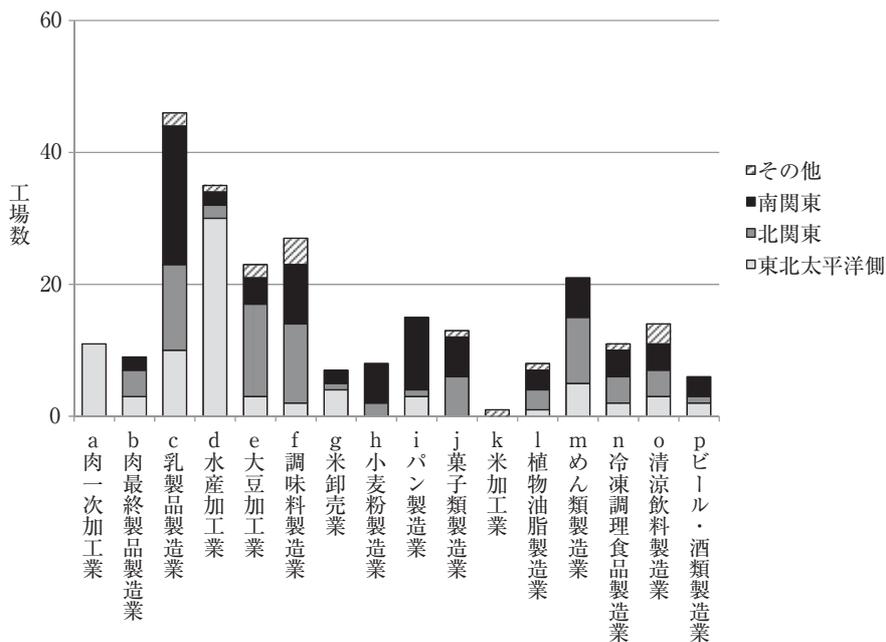
3) ライフライン停止

次に、電気、水道、重油、ガス等のライフライン停止の影響をみていく。ライフラインの停止による被害は、被害の中で最も多く発生しており、すべての業種にわたっている。第6図よりライフライン停止は、乳製品製造業が最も多く、次いで、水産加工業、調味料製造業、大豆加工業、めん類製造業の順が多い。乳製品製造業の被害数が多いのは、関東地方に工場が多いのも一つの理由であるが、同様に関東地方に工場が多いパン製造業の被害数が多いことをみると、乳製品製造業は、生乳という鮮度管理が重要な原材料を使用していたことが影響したと考えられる。地域的な特徴をみると、ほとんどの業種のライフライン被害は関東地方に多い一方、水産加工業のライフライン被害は東北太平洋側に多く、地震の揺れによる設備損傷によってライフライン停止が起きたことが分かる。

第5表 包装資材不足の事例

包材・包材原料	メーカー	
	市場シェア	被災した工場
牛乳紙パック	大手2社	茨城県内の工場(1社)
樹脂		
エチレン	1社で14.5%	鹿島の工場
塩化ビニール	2社で45.1%	鹿島の工場
ペットボトルのキャップ	1社で約3割	茨城県内の工場

資料：ヒアリング調査。樹脂については『日経シェア調査(2013年)』(日本経済新聞社)を参照。



第6図 ライフライン停止の内訳

資料：第1表に同じ。

注(1) 設備損傷停電，計画停電，断水，重油不足，ガス停止のいずれかが起きた場合の被害数。

(2) その他は，北海道，東北日本海側，中部・西日本。

(i) 停電

電力は食品製造業にとって，設備，原材料と同等に必要な生産資源である。停電の被害は，工場内の設備が損傷したことによる停電と，地区ごとに割り当てられた計画停電に分けられる。設備損傷による停電は，東北太平洋側や茨城県で多くみられる。水産加工業や肉一次加工業といった，東北太平洋側に多く立地する業種での被害が多い。一方，計画停電は関東地方全域と山梨県，静岡県で実施されたため，ここに立地する乳製品製造業，調味料製造業，大豆加工業などの業種で，影響が多くみられる。

計画停電の影響は，生産品目によっても大きく異なる。例えば，ヨーグルト生産では温度管理が重要で，長時間を要する発酵過程を経るため，操業中の停電は商品生産に大きく影響する。南関東に工場を持つ乳製品製造業のF社では，計画停電が実施された3月のヨーグルトの生産量が通常の5割にまで減少している。また，パスタの製造は乾燥過程を必要とするため，一時的な計画停電でも生産には大きく影響する。他の業種でも一時的な停電はその前後の時間を含めて操業を停止する

ことを要した。

(ii) 断水

断水は，東北太平洋側の水産加工業や肉一次加工業で，多く確認される。水産加工業では，断水の洗浄過程への影響が大きかったと考えられ，加工を再開できなかった工場があった。肉一次加工業の断水被害は，前述の通り岩手県や青森県にブローラーなどの肉一次加工業が多く立地しているためである。肉一次加工業は，食鳥処理場でもあり，養鶏企業の周りに肉一次加工業が集積していた。また肉一次加工業では，脱羽，洗浄の過程において大量の水を使用するために断水の影響は大きい。このように断水の影響は，ライフラインの設備被害の大きかった東北太平洋側で，水を大量に使用する業種において大きく生じた。

(iii) 重油不足

重油不足が食品製造業に及ぼした影響も見逃すことはできない。重油は，主に工場内のスチームなどの熱源としてボイラーの燃料に使用され，その供給停止も商品生産に大きな影響を与える。第6図には掲載していないが，重油不足が多く発生した業種は，乳製品製造業，肉一次加工業，大豆

加工業である。乳製品製造業では殺菌・洗浄を行う過程で、肉一次加工業では食鶏を脱羽する過程で温水を使用する。また、大豆加工業では、醤油・味噌製造業の被害が多くみられ、蒸し・殺菌などの工程でスチームが使用される。このように殺菌などの工程に対して、熱源としてボイラーを使用する業種では被害数が多くなり、東北太平洋側の工場が多く被害が発生した。

4) 物流障害

第2表より、物流障害は被害を受けた工場の約3割で発生している。その内容としては、ガソリン不足、物流拠点の被害、道路寸断・通行規制・通行止め、輸送船舶の停止、配送便・配送企業の確保困難などがある⁽¹⁴⁾。第7図より被害が多かった業種は、乳製品製造業、水産加工業、大豆加工業、調味料製造業、ビール・酒類製造業、米卸売業などであるが、被害を受けた工場は、いずれも北関東や東北自動車道等の幹線道路沿いに立地しており、近辺に立地する各社共通の問題であった。

(i) ガソリン不足

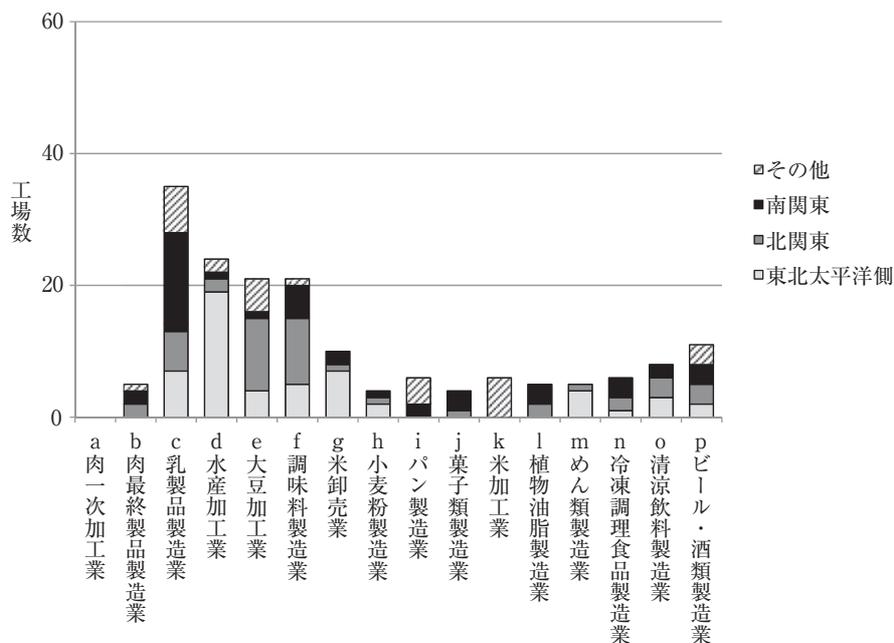
第2表より、ガソリン不足は物流障害の42%

を占め内訳として最も多い。地域は東北太平洋側、北関東が多く、業種は大豆加工業、調味料製造業、水産加工業、米卸売業、ビール・酒類製造業、乳製品製造業が多い。特に、東北太平洋側の水産加工業、米卸売業、北関東の大豆加工業、調味料製造業の被害数が多い。これは、東北太平洋側や北関東においてガソリンの流通が停滞したためであり、それらの地域に工場が多かった業種の被害が大きかったことによると考えられる。

その他の被害例として、原材料の不足・入手困難被害でも説明したように、ガソリン不足は、乳業メーカーの原料乳の運搬を妨げ、酪農家と乳業工場との間のサプライチェーンを寸断した。

(ii) 物流拠点の被害

物流拠点の被害は、倉庫の損壊でも述べたが、立体自動倉庫の被害があったことが確認されている。被害内容としては、製品在庫、原材料在庫ともに被害を受けている。調味料製造業G社では、製品・原材料の物流マザーセンターが全国で神奈川県1カ所のみであり、自社及び他社向けの原材料や製品の物流網の中心拠点となっており、オートメーション設備の壊滅的被害によって自社及び他社に及ぶG社の物流全体が大きな影響を受け



第7図 物流障害の内訳

資料：第1表に同じ。

注。その他は、北海道、東北日本海側、中部・西日本。

た。

このように、原材料や製品を集配する物流拠点の中には、物流全体を寸断するボトルネックとなる箇所がある。物流の効率化が進んだ企業ほど物流拠点の集中化と大規模化が図られており、災害時にはこれら主要拠点の被害によって物流システム全体が停止するリスクを内包している。また、大手食品製造業は物流部門をグループ企業として持つ場合も多く、自社の製品や原材料を管理するとともに他社のものも請け負っている。このため、災害時における物流拠点の被害は、自社のみならず他社の物流にも多大な損害を与えることになる。

(iii) 荷揚げ施設

小麦粉製造業の多くは、輸入原材料を使用するため港湾部に立地している。茨城県に工場を持つ小麦粉製造業H社では地震による直接被害はなかったものの、輸送船が津波の勢いで荷揚げ施設に衝突し、一部岸壁が使用できなくなった。このように荷揚げ施設は、小麦加工食品の供給システムの上流部分にあるため、小麦加工食品のサプライチェーンの流れ全体を停止させる危険を有している。

その他、植物油製造業でも、大豆や菜種、トウモロコシなどそのほとんどを輸入原材料に依存するが、特に目立った被害は報告されていない。

(iv) 道路寸断・通行規制・通行止め

道路寸断・通行規制・通行止めであるが、東北地方と関東地方を結ぶ主要物流ルートである東北自動車道が、3月終わりまで通行規制が実施された。これに対して、多くの企業で代替ルートとして新潟を迂回する国道が使用された。関東地方と東北地方の間で輸送量が多い米卸売業、水産加工業、清涼飲料水製造業などは、東北自動車道の通行規制の影響を強く受けたと考えられる。もっとも清涼飲料水製造業は、工場が集約化され少数であるためか、第7図では被害数は少なくなっている。

(v) 船舶輸送の停止

前述した通り、日立港が地震による岸壁損壊の被害を受けて閉鎖され、日立港と釧路港を結ぶ輸送ルートが閉鎖された。これにより乳製品製造業などの北海道産の原材料を常時利用する企業は被

害を受けた。また、鹿島港も3月後半まで閉鎖されここを利用する企業も同様の被害を受けた。

5) 放射性物質拡散の影響

放射性物質拡散による被害数は不確定であるため第2表からは除外したが、収集した資料から、(a) 国内における食料品の風評被害、(b) 外国政府や外国企業の日本の輸出品の輸入拒否や、放射能検査の義務化、(c) 国内における農水産物原材料の放射能汚染、(d) 放射能汚染に対する避難区域で作業する従業員の退避が確認された。このうち、(a) と (b) が国内外での風評被害や必要以上の安全性の検査であり、放射性物質拡散の間接的影響である。(c) と (d) が放射性物質拡散の直接的影響である。調味料メーカーが福島県内のトマト生産農家との契約生産を停止した例、原料乳の汚染、福島県産水産物や農産物の風評被害など、食料供給への影響は大きかった。

5. 復旧対応について

食品製造業の復旧対応は、個々の企業にとって経営再開の問題とともに、社会全体への食料供給力の回復という重要な意味を持っている。ここでは食品製造業が、どのように復旧上の対応をとったのかを分析する。

(1) 企業の一般的な災害対応

企業の一般的な災害対応については、既存研究の節で述べた様に、Fujita and Hamaguchi〔3〕は、在庫の確保、多数の原材料メーカーの確保、生産拠点の分散が考えられるとした。森川〔11〕は、被災した企業の今後の対応策として、国内での仕入先分散、海外からの調達拡大、部品等の在庫増加を挙げた。三菱UFJリサーチ&コンサルティング〔10〕は、流通面でとられた対応として輸送ルートの迂回、他の仕入先からの調達が多いとした。災害対応の方向性として、物流インフラの構築、輸送サービス及び食品流通の災害対応力、各関係主体におけるBCP・BCM⁽¹⁵⁾の推進、被災地の産業復興戦略と一体になった食品流通の再構築を挙げている。

企業の一般的なBCPの例として、内閣府の中央

防災会議が作った「事業継続ガイドライン」がある（丸谷・指田〔13〕）。このガイドラインでは、まず①基本方針、②想定リスク、③影響度評価（重要業務、目標復旧時間）、④被害想定、⑤重要な要素（サプライチェーン、生産設備・金型・建屋、要員（マンパワー・技術）、倉庫・物流網、原材料調達）を考慮し、対策として①指揮命令系統、②重要拠点の確保、③情報発信、④バックアップ、⑤製品・サービス供給（サプライチェーンの二重化、拠点・設備の二重化、要員の二重化、製品在庫の積み増し、OEM、海外調達原材料の荷揚先変更）などを検討することとしている。これは基本的なBCPの内容であると考えられるが、他の例としては、化学メーカーが10年以上前から主要製品の生産拠点を東西に分散させた例、東海地震に備えて自動車部品メーカーや電機メーカーが耐震化・免震化を行った例、建設業が顧客企業に対して早期支援の取り決めを行った例が報告されている（野田〔14〕）。

（2）東日本大震災における食品製造業の復旧対応

次に、東日本大震災における食品製造業の被害状況と復旧対応との因果関係を考察し、統計的に検証する。第6表は、食品製造業の被害と復旧対応を集計したものである。統計的な検証の方法は、被害を表す変数と復旧対応を表す変数との間の相関係数を調べ、相関の有無を統計的に検定した。印の付いた数字は帰無仮説：母集団相関係数 = 0 に対し5%有意水準で棄却したことを示す。符号は相関係数の符号を表す。被害と復旧対応との間に統計的に有意な正の相関がある場合、ある被害に対してある復旧対応がとられたことを示す⁽¹⁶⁾。復旧対応は、業種ごとに共通した特徴があるので、第7表に業種別に復旧対応を集計した。被害への復旧対応は、主に生産面の対応と商品・流通面の対応に分けられる。生産面の対応は直接被害、間接被害への対応がともに含まれるのに対し、商品・流通面の対応は間接被害への対応となる。しかし、災害に対して生産面と流通面の復旧対応は一体であり、原材料調達から製品出荷に至るサプライチェーンに対し総合的な対策が必要となる。

1) 生産面の復旧対応

生産面での復旧対応で最も多いのは生産移管であり、全体の17.8%で実施されている。生産移管は、建物・設備損壊により設備の稼働が停止することから、西日本などの同商品を製造する工場で、生産を代替する形で行われた。特に津波によって被害が甚大であった場合、被災地での即座の操業再開は困難であることから、他地域の工場に業務を完全に移管するか、他地域に工場を新設することが、早期再開の最善の手段であった。また原材料の不足・入手困難によっても生産量が低下するため、西日本などの工場への生産移管が行われた。建物・設備損壊との相関係数は、統計的に有意な正の相関が認められる。その他に、倉庫損壊、計画停電、物流障害との間にも、有意な正の相関が確認される。これらの要因によっても生産量が減少し生産移管が行われたことがうかがわれる。業種の特徴として、水産加工業では、工場が津波により壊滅的な被害を受けて、他の地域の工場に完全に生産移管をした工場が多く確認される。水産加工業は、生産機能や流通機能の低下に対し、生産計画を他の工場に移したり、別の工場を再建設したりして、生産量の低下を補完した。また他の多くの業種でも、間接被害に対応して、中部・西日本の工場へ生産の一部移管が行われている。

増産については、他の復旧対応とは性質が異なり、工場の被災、被災地への物資支援、消費者の買いだめ行動などによる需要増加への対応を示しているが、とられた対応としては多い。

稼働時間変更は、全体の6.4%の工場で復旧対応としてとられている。計画停電に対しては、その実施時間が2～3時間であったため、稼働時間帯を変更すれば対応できた。ただし、長時間連続して稼働する必要があるヨーグルト生産などでは、稼働時間を変更しても対応できない。また設備の稼働再開には準備時間が必要であり、計画停電の実施時間よりも、大幅な稼働時間帯の変更が必要であった。実際、計画停電との相関関係を調べると、有意な正の相関が確認される。その他に、包装資材不足・入手困難との間に正の相関がみられるが、見かけ上の相関である可能性が高い⁽¹⁷⁾。稼働時間変更を行った業種は、調味料製

第6表 被害と復旧対応

(単位：工場数、%)

復旧対応	直接被害				間接被害								被害を受けた工場数		
	①建物・設備	②被害拡大	③在庫増大	④洪水	⑤包装資材不足・入手困難	⑥原材料不足・入手困難	⑦労力不足・停止	⑧認識相違	⑨計画停電	⑩断水	⑪重油不足	⑫燃料不足		⑬対応できない工場	
①生産移管	63 ⁺⁺	16 ⁺⁺	27 ⁺⁺	22	40 ⁺⁺	31	54	10	43 ⁺⁺	10	8	43 ⁺⁺	13	95	17.8
②増産	14		3	2	20	27	24	3	21	1	2	20	7	50	9.3
③稼働時間変更	11	3	7	4	9	16 ⁺⁺	28 ⁺⁺	2	27 ⁺⁺	2	2	14	6	34	6.4
④原材料変更	8	1	3	1 ⁺⁻	26 ⁺⁺	23 ⁺⁺	14	3	12	3	8	8	3	27	5.0
(a) 原材料仕入先の変更	5	1		1	18	16	7	2	5	2	1	1		19	3.6
(b) 原材料の変更代替	3		3		8	7	7	1	7	1	7	7	3	8	1.5
⑤包装資材変更	4 ⁺⁻		6	1 ⁺⁻	15 ⁺⁺	24 ⁺⁺	5 ⁺⁻	1	5	1	5	5	1 ⁺⁻	24	4.5
(a) 包装資材の標準化	2		1		12	14	2	2	2		2	2		14	2.6
(b) 包装資材の変更代替	3		6		3	10	3	1	3	1	4	4		10	1.9
(c) 包装資材仕入先の変更						1								1	0.2
⑥自家発電	12	2	4	2	11 ⁺⁺	9	14 ⁺⁺	7 ⁺⁺	8	3	2	10	2	20	3.7
⑦商品絞込	37 ⁺⁻	2 ⁺⁻	10 ⁺⁻	4 ⁺⁻	74 ⁺⁺	88 ⁺⁺	59	15	47 ⁺⁺	7	12	52 ⁺⁺	16	109	20.4
⑧在庫利用	18 ⁺⁻	3	7	12	11 ⁺⁻	15	33	10	14	14	2	20	14 ⁺⁺	54	10.1
⑨物流変更	8		3	1	11 ⁺⁺	14 ⁺⁺	10	4	8	4	9	15 ⁺⁺	2	18	3.4
(a) 陸揚げ港の変更	2		1		1							2	1	2	0.4
(b) 輸送ルートの変更	5		1	1	11	11	10	4	8	4	9	14	2	14	2.6
(c) 物流拠点の変更	2		2		3	3								3	0.6
(d) 販売先・販売チャネルの選別					2	2					2	2		2	0.4
被害を受けた工場数	231	42	79	98	175	168	255	74	162	57	40	171	71	535	100.0

資料：第1表に同じ。

注(1) 上は、帰無仮説：相関係数=0を5%有意水準で棄却。符号は相関係数の符号を表す。

(2) 相関係数の検定は、サンプル数の多い被害と復旧対応に対して行った(網掛部分)。

(3) 上記表は、各工場について、被害と復旧対応を調べ、数えたもの。一つの工場が複数の被害や復旧対応に該当し得る。

(4) 被害を受けた工場数は、第2表と同じ。

(5) 該当数ゼロかつ負の相関も見られるが、被害に対し対応をとらない場合、負の相関が表れることを意味する。

第7表 業種別復旧対応

(単位：工場数)

復旧対応	a. 肉・魚加工業 業種別数	b. 肉類加工業 業種別数	c. 乳・卵加工業 業種別数	d. 水産加工業 業種別数	e. 大豆加工業 業種別数	f. 調味料加工業 業種別数	g. 米卸売業 業種別数	h. 小麦粉加工業 業種別数	i. パン加工業 業種別数	j. 菓子類加工業 業種別数	k. 米加工業 業種別数	l. 植物油類加工業 業種別数	m. めん類加工業 業種別数	n. 肉類加工業 業種別数	o. 清涼飲料加工業 業種別数	p. 清涼飲料加工業 業種別数	q. 飲料加工業 業種別数	r. 飲料加工業 業種別数
①生産移管	1	6	14	20	3	11	2	3	9	4	2	6	4	3	7	95	178	
②増産			14	2	8	8	3					4	4	7	4	50	9.3	
③稼働時間変更			7	4	7	8	1					1	2	1	3	34	6.4	
④原材料変更			4	3				11	4	4		2	3			27	5.0	
生産面			1	3				11	4	4		2	3			19	3.6	
(a) 原料仕入先の変更			3	3				11				2	3			8	1.5	
(b) 原材料の変更代替			3	1	2	3		11			1	1		2		24	4.5	
⑤包装資材変更			3					11				1		2		14	2.6	
(a) 包装資材の標準化			3		2	3						1				10	1.9	
(b) 包装資材の変更代替																		
(c) 包装資材仕入先の変更				1														
⑥自家発電			4	5	1	4		1				2		1	2	20	3.7	
⑦商品絞込	1		45	3	3	11			22	5	2	2	1	4	10	109	20.4	
⑧在庫活用			5	17	11	5	3					3	5	5	5	54	10.1	
⑨物流変更			8	2	1	4	1				2					18	3.4	
流通面								1	1							2	0.4	
(a) 陸揚げ港の変更																		
(b) 輸送ルートの変更																		
(c) 物流拠点の変更			8	2	1		1				2					14	2.6	
(d) 販売先・販売チャネルの選別						3										3	0.6	
被害を受けた工場数	15	18	74	128	49	47	21	13	34	20	8	13	30	16	31	18	535	100.0

資料：第1表に同じ。

注：数え方は、第6表と同様。

造業、乳製品製造業、大豆加工業が多い。

原材料変更は、全体の5.0%で行われている。これは原材料の不足・入手困難への対応である。具体的方法は、仕入先の変更や、種類の変更が実施された。ただし、前述した通り、原材料の特殊性や原材料表示の問題により、仕入先の変更や原材料の変更は容易ではなかった。原材料不足・入手困難との相関係数を調べると、統計的に有意な正の相関が認められる。この他に、包装資材不足・入手困難との正の相関が認められるが、包装資材の不足・入手困難は、原材料不足・入手困難と相関が強いため、見かけ上の相関を引き起こしている⁽¹⁸⁾。原材料変更がうまくできた企業では、原材料の仕入先の変更の方が原材料の変更・代替よりも多い。例えば、パン製造業A社が、種々の副原材料の不足に対し、仕入先変更で対応しようとした。一方、原材料の変更・代替の例は、菓子類製造業I社が菓子の原材料の代替品を見つかったり、めん類製造業C社がカップ麺のスープの代替品を以前から研究開発したりしていたりすることで、原材料不足に陥らなかった。業種別の特徴として、パン製造業の対応数が多いが、これは大手のパン製造業の工場が、消費地である関東地方に多いためであり、関東全域で対応しなければならなかったことを示している。

包装資材変更は、全体の4.5%の工場で実施されている。これは包装資材の不足・入手困難に対する対応だが、包装資材の種類や企業によって対応は異なる。ヒアリング調査によれば、他社や西日本など、他工場からの調達、無地包材への変更などが、対応としてとられた。仕入先の代替は2社購買していた場合と1社購買していた場合とで容易さが異なる。また、包装資材は商品に特定の材質と寡占的な供給構造によって、原材料に比べて代替がより困難であった。包装資材不足との相関係数を調べると、有意な正の相関が確認される。その他に、原材料の不足・入手困難とも有意な正の相関があるが、見かけ上の相関である。業種間の特徴として、特に清涼飲料製造業ではペットボトルのキャップの無地化や仕入先の他企業への変更が実施された。

自家発電は、全体の3.7%で復旧対応としてとられている。これは震災直後の設備損傷停電に対

してとられた対応で、企業によって、工場や工業団地内に元々設置されていた場合と震災後新たに設置した場合とがあり、効果は異なっていた。ヒアリング調査によれば、既存設備の場合、発電量が工場の稼働を賄える様に設計されており、停電の影響は小さかった。設備損傷停電との相関係数を調べると、有意な正の相関が確認される。計画停電と統計的に有意な相関が無かった理由は、計画停電に対しては稼働時間変更が有効であったためと考えられる。また、一時的な計画停電に対しては、自家発電設備の導入意欲は低いと考えられる。その他に原材料の不足・入手困難の間にも正の相関が認められるが見かけ上の相関である。業種は、水産加工業、調味料製造業、乳製品製造業で多くとられているが、乳製品製造業や水産加工業では低温管理が重要なため、元々工場内に自家発電設備を所有していたと考えられる。他の業種では例えば、神奈川県に工場を持つ調味料製造業の大手G社は、東日本に工場と物流拠点のマザーセンターが一つしかないため元々発電設備を所有しており、自家発電で対応できた。また、茨城県内に工場を持つ小麦粉製造業J社が、震災以前から自家発電のみで操業しており、設備損傷停電の影響を回避できた事例もみられた。これらの事例から、自家発電を導入する理由は、停電回避や低コスト化など様々であるが、東日本大震災の経験から、停電回避の効果はより強く認識されるようになったと考えられる。

第6表以外の復旧対応として、ライン編成の変更が商品絞込のために行われている。また業務受託、地下水の利用、燃料の自主調達、BCPの利用、水の搬入、工場の移転が復旧対応として確認される。BCPによる対応については、ヒアリング調査によれば、パン製造業K社では、阪神大震災で神戸の工場や原材料メーカーが被災し、主力パン製品の原材料を1社購買から2社購買に変更して、原材料の不足・入手困難を免れた例や、小麦粉製造業J社では、鹿島の工場ですり護岸工事を行っておいたことで、地震による岸壁の損壊を免れた例が確認された。実際にBCPについては、食品産業センター〔17〕の調査では、大企業ではほとんどが策定している。しかし、BCPによる対応があまり確認できなかった点から、今回の被害想

定は容易ではなかったと考えられる。

2) 商品・流通面での復旧対応

商品・流通面での復旧対応として、最も多いのは商品絞込であり、全体の20.4%で実施されている。商品絞込は、原材料の不足・入手困難に対し、使用可能な原材料で作れる商品や主要商品へ生産を集中するために行われた。一部の原材料のみが不足したため、それらを使用しない商品に絞り込めば、商品供給を維持することができた。また商品絞込は、包装資材の不足・入手困難に対する包装資材使用量の削減のためにも行われた。それらの被害との相関関係を調べても有意な正の関係が確認される。多くの工場では、原材料や包装資材の不足・入手困難によって減産を強いられる中、主要商品に絞り込んで生産が継続されたことを示している。また、関東地方では、断続的に実施された計画停電に対しても、商品の絞り込みが行われたことが確認されている。業種の特徴として、乳製品製造業とパン製造業の対応数が多い。これは、一つには乳製品製造業、パン製造業の関東地方の工場数が多く、これら業種が商品の特性上、長期間の在庫を持たず、急増した需要に対し商品絞込をせざるを得なかったためと考えられる。

在庫活用は、全体の10.1%で復旧対応としてとられている。在庫活用は原材料不足・入手困難に対してとられた対応であるが、日常的にはどの企業も在庫を最小化しているため、震災直後の対応に限定される。原材料不足・入手困難との相関関係を調べると、有意な負の相関が確認されるのはこのためである。震災直後に在庫活用で対応した工場は、原材料不足を起こさなかったが、それ以降は原材料不足・入手困難に対して、在庫活用では対応できなかったのである。その他、ガソリン不足との有意な正の相関も見られるがあまり意味は無い。業種の特徴として、水産加工業が多いが、水産加工業は津波を受け倉庫が流された所が多かったが、甚大な被害を免れた所では在庫を活用して早期操業再開を図る工場もあり、在庫の保全が操業再開を早めた。

物流変更は、全体の3.4%で行われている。物流ルート寸断に対しては物流ルートの変更や荷揚げ港の変更とともに、船舶停止・鉄道停止などに

対しては代替的輸送手段の確保、拠点被害に対しては代替的物流拠点の確保という対応がとられた。物流障害との相関関係を調べると、有意な正の相関が確認される。他に、原材料の不足・入手困難、包装資材の不足・入手困難と正の相関がみられるが、これらの間接被害は物流障害とともに関東地方で多く発生したため、物流変更と見かけ上の相関が生じていると考えられる。業種の特徴として、乳製品製造業や調味料製造業の対応数が多いが、乳製品製造業では、釧路港から日立港への輸送ルートの被害では品川港への輸送ルートの変更が行われた。

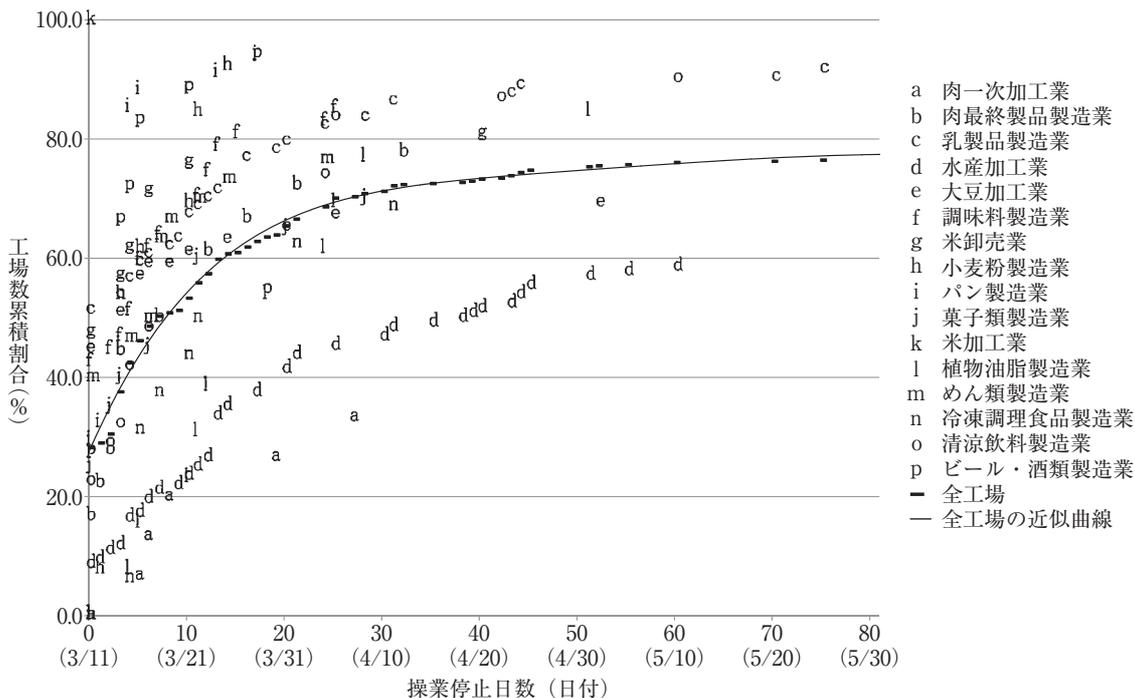
その他の商品・流通面の復旧対応として、放射能検査が行われ、多くの企業が自ら検査機器を購入したり、検査機関に検査を依頼したりした。その他に、清涼飲料水製造業が、包装資材の不足や需要急増への対応として、海外のグループ企業や提携企業から、ミネラルウォーターを緊急輸入するといった対応もとられた。

6. 操業停止期間の要因に関する計量分析

本節では、食品製造業の操業停止期間が、被害状況と復旧対応によってどう関連するのかを分析する。はじめに述べたように、操業停止期間は、消費者にとって食料供給が途絶する日数であり、食料の安定供給の重要な指標である。また当該企業にとっては、操業再開は事業継続や経営に関わる重要な課題であり、この日数を短くするためにBCP等を策定しておく必要がある。

(1) 操業停止期間

被害状況と復旧対応は業種によって特徴があるため、第8図では業種別に操業停止期間を整理した。ここでは操業停止期間の増加に伴う工場数の累積割合を取っている。横軸は操業停止期間を示しており、起点は3月11日の震災当日である。最大値は81日で5月31日時点を示している。各業種の点の描く軌跡が、右下にあるほど操業再開が遅く、反対に、各業種の点の描く曲線が左上にあるほど操業再開が早かったことを表している。軌跡が縦軸の途中から始まっているのは、震災直後でも操業を継続した工場が一定割合あったこと



第8図 操業停止期間

資料：第1表に同じ。

注. 一部でも再開した場合の日数。また生産移管した場合、生産移管までの日数。

を示している。

右下に位置する曲線は、肉一次加工業や水産加工業であり、これら業種での操業再開が遅かったことを示している。これまでみた通り、これらの業種は東北太平洋側の工場が甚大な被害を受けており、なかでも水産加工業は、津波による浸水被害が甚大で、第8図から震災2ヶ月後までに操業再開した工場の割合は、6割台の水準にとどまっている。

左上に位置する曲線は、操業再開が比較的早かった業種であり、パン製造業や小麦粉製造業、ビール・酒類製造業、米卸売業が位置している。先にみたようにこれらの業種は、間接被害は大きかったものの、直接被害は相対的に軽微だったことから操業再開は早くなった。例外として、ビール・酒類製造業の大手L社の仙台工場は、ビール貯蔵タンク4基が倒壊し操業再開に時間がかかったものの、他の工場の復旧は比較的早かった。パン製造業や小麦粉製造業は、半数以上の工場では1週間以内に操業が再開されており、重要な食料の生産は確保されていた。一方、操業再開まで1週間以上要した工場も全体の5割を占め、操業再

開まで3週間以上かかった工場は全体の3割にも上り、食品製造業全体で見ると、食料供給力の低下は決して小さくはなかった。

(2) 分析手法

本節では、工場の操業停止期間の決定要因について計量経済学的に分析する。被説明変数として、被災した工場の操業停止期間をとる。説明変数として、被害状況と復旧対応をとる。

ここでの推計手法として、トービット法、継続期間分析法、最小二乗法を用いる。被説明変数である操業停止期間には、操業継続を表す0日と、操業が停止したことを示す1日以上の日数が混在する。このようにゼロとそれより大きい数を含むデータを被説明変数に取る場合、分析手法としてトービット法が適している。また、継続期間分析法を用いれば、工場が操業再開する時点が分からなくても、状況把握が終了した時点で操業状態を停止中としてデータに取り込むことが可能であり、より多くの情報を利用できる利点がある。ただし、操業停止期間が0日、すなわち震災後も操業継続の場合、サンプルは除外される。一方、最

小二乗法を用いる場合、その両方とも考慮できない。この三つの方法の中では、トービット法が、震災後操業継続した工場もサンプルに取り入れられるため、課題に最適な手法と考えられるが、計量経済学的には継続期間分析法との間に優劣を付けることはできない。

推定式は以下の通りである。

$$y_i = \beta_0 + \beta_d \times x_{d,i} + \beta_m \times x_{m,i} + \beta_{industry} \times x_{industry,i} + u_i$$

ここで y_i ：操業停止期間、 $x_{d,i}$ ：被害 d を表すダミー変数、 $x_{m,i}$ ：復旧対応 m を表すダミー変数、 $x_{industry,i}$ ：業種ダミー変数、 β_0 、 β_d 、 β_m 、 $\beta_{industry}$ は推定する係数、 β_0 は定数項、 u_i ：誤差項、 i ：工場番号である。ダミー変数はすべて、1：該当、0：非該当である。各推定係数の大きさ・符号の解釈は、重回帰分析の解釈と同様である⁽¹⁹⁾。

(3) データ、変数、記述統計量

操業停止期間、被害状況、復旧対応、業種ダミーの各変数はこれまで使用してきたデータベースから作成した。被説明変数として用いる「操業停止期間」の変数は、操業を停止していた工場が生産移管をして操業再開した場合は、生産移管までの日数とした。一方、継続期間分析法では操業再開日が分からない場合、最後に操業状態が確認された日の状態を付与した上で、それまでの日数をデータとして用いた。なお、企業の広報情報等において、6月以降の操業再開日が分かった場合はデータとして推計に利用している。計量分析では操業停止期間が把握できる工場のみをサンプルとするため、サンプル数は被害を受けた工場 535 のうち 344 となる。

説明変数として、被害状況、復旧対応の有無をダミー変数として用いた。被害状況の変数は第2表の被害状況を用い、復旧対応の変数は第6表の復旧対応を用いた。ただし、米加工業はサンプル数が非常に少ないため推計から除外した。被害甚大は建物・設備損壊の内数であるので交差項を用いている。またライフライン停止については、ライフライン停止と計画停電との交差項を取り、計画停電とそれ以外のライフライン停止とを区別し

た。また、被害の軽微な工場の影響を除くため、北海道、東北日本海側、中部・西日本のサンプルは推計から除外した。また、震度の影響も考慮して、震度の小数点以下を四捨五入して震度4～震度6に分け、それぞれのダミー変数を作成して、トービット法(ii)式の推計に用いた。

なお、被害状況と復旧対応との交差項は、組み合わせが多くなり過ぎるため除外した。このことにより、復旧対応の効果の推定は限定的なものとなる。復旧対応の効果は、被害の有無に関わらず対応をとったときの効果を表す⁽²⁰⁾。

なお、被害のあった工場のみを推計する影響は、計量分析において、サンプルセレクションバイアスを引き起こす可能性があるが、食品製造業の全工場のデータは入手できず、入手できたとしても被害状況が分かるわけではない。しかし、操業停止期間の長さを、被害状況や復旧対応によって説明することに、それ程問題は無いと考えられる。

また、操業再開日数に影響する被害の程度は、建物・設備の被害の有無を表すダミー変数では、十分に捉えられない。これが除外変数となって、間接被害の変数と相関を引き起こし、推定係数にバイアスを引き起こす可能性がある。トービット法(ii)では、建物・設備の被害の有無の代わりに、震度の変数を入れ、除外変数によるバイアスを緩和する。しかし、この他にも、操業再開日数に影響する要因はあり、バイアスを引き起こす可能性がある。

業種ダミー変数を、被害状況・復旧対応の変数では捉えられない業種特有の効果を見るために導入する。この変数により、例えば、ヨーグルトを製造する乳製品製造業では、計画停電がその発酵過程に大きな被害を与えたことや、清涼飲料水製造業ではペットボトルのキャップの不足が甚大であったことなどが把握できる。

計量分析に用いるデータの記述統計量を付表2に示す。

(4) 推定結果と考察

推定結果を第8表に示す。上で述べた通りトービット法が最も分析課題に適合した手法と考えられ、この結果を中心に考察する。ただしトービッ

第8表 被災した食品製造業の工場の操業停止期間の要因分析

説明変数	トービット法				継続期間分析法		最小二乗法		
	(i)		(ii)		推定係数	標準誤差	推定係数	標準誤差	
震度	震度6		16.332 ***	3.903					
	震度5		9.006 ***	3.463					
直接被害	①建物・設備損壊かつ被害甚大でない	17.214 ***	2.473		0.430 ***	0.121	9.191 ***	1.969	
	①建物・設備損壊かつ被害甚大である	35.743 ***	5.470		1.388 ***	0.239	29.625 ***	4.686	
	②倉庫損壊	0.917	3.477	-0.151	3.670	-0.096	0.166	1.759	2.861
	③浸水	14.231 ***	4.429	27.335 ***	4.230	0.996 ***	0.193	15.598 ***	3.780
間接被害	④原材料の不足・入手困難	-1.326	3.211	-2.445	3.411	0.193	0.159	-0.661	2.551
	⑤包装資材の不足・入手困難	-2.947	3.325	-1.452	3.520	-0.115	0.151	-3.015	2.620
	⑥ライフライン停止かつ計画停電でない	8.464 ***	3.182	5.964 *	3.422	-0.222 *	0.131	5.105 *	2.654
	⑥ライフライン停止かつ計画停電である	-2.860	2.870	-2.625	3.152	-0.558 ***	0.132	-1.206	2.306
生産面の対応	⑦物流障害	-4.864 *	2.618	-3.737	2.767	-0.269 **	0.126	-4.461 **	2.086
	①生産移管	0.656	2.728	4.864 *	2.822	-0.045	0.119	-0.155	2.242
	③稼働時間変更	-2.802	4.377	-0.889	4.657	-0.110	0.273	0.292	3.336
	④原材料変更	6.587	6.526	5.078	6.971	-0.578 **	0.288	1.130	5.595
	⑤包装資材変更	6.981	8.144	3.801	8.723	0.274	0.371	3.754	6.885
	⑥自家発電	11.884 **	4.862	13.792 ***	5.158	0.486 **	0.233	9.210 **	4.059
	⑦商品絞込	-7.515 *	4.096	-5.594	4.329	-0.504 ***	0.186	-2.730	3.225
流通面の対応	⑧在庫活用	-1.200	3.778	-5.161	4.043	0.033	0.168	-0.001	3.030
	⑨物流変更	-8.736	7.118	-7.368	7.318	-0.169	0.316	-4.167	5.368
	a. 肉一次加工業	-3.063	10.208	-8.776	10.982	0.496	0.412	0.407	8.830
業種	b. 肉最終製品製造業	-7.149	7.962	-7.726	8.512	0.502	0.340	-0.358	6.738
	c. 乳製品製造業	3.413	7.055	0.420	7.528	1.436 ***	0.296	8.881	5.932
	d. 水産加工業	-0.554	6.641	-2.206	7.169	0.842 ***	0.286	4.246	5.701
	f. 大豆加工業	-9.449	7.268	-7.868	7.786	0.561 *	0.314	0.469	5.974
	g. 調味料製造業	-7.476	7.230	-5.715	7.642	0.603 *	0.312	0.962	5.975
	h. 米卸売業	-16.612 **	8.137	-20.222 **	8.686	0.395	0.373	-2.418	6.466
	i. パン製造業	-6.670	8.284	-7.877	8.847	-0.199	0.359	-1.746	6.861
	j. 菓子類製造業	-11.884	8.073	-8.121	8.494	0.311	0.353	-1.021	6.558
	l. 植物油脂製造業	-0.585	8.328	10.455	8.818	1.073 ***	0.350	6.948	7.178
	m. めん類製造業	-14.078 *	7.464	-11.785	7.930	0.955 ***	0.325	-2.275	6.109
	n. 冷凍調理食品製造業	-0.370	8.473	7.933	9.074	0.638 *	0.342	6.221	7.313
	o. 清涼飲料製造業	8.402	6.973	5.413	7.501	1.168 ***	0.300	10.272 *	5.999
	p. ビール・酒類製造業	-9.819	7.975	-11.387	8.507	-0.157	0.345	-5.281	6.748
	定数項	4.638	6.235	1.714	7.213	2.074 ***	0.276	4.776	5.350
	ln(p)					0.391 ***	0.049		
	サンプル数	344		344		315		344	
adjusted R ² , pseudo R ²	0.090		0.069		0.324		0.408		
F検定, LR検定のP値	0.000		0.000		0.000		0.000		

資料：本文参照。

注(1) ***は1%有意, **は5%有意, *は10%有意。

- (2) 業種ダミーの基準は小麦粉製造業。
- (3) 継続期間分析法のln(p)は計測している「ハザード関数」の形状を表すパラメーター。
- (4) 説明変数はすべて0, 1のダミー変数。1が該当を示す。
- (5) 震度ダミー変数の基準は震度4。
- (6) 被害, 対応, 業種の番号は, それぞれ第2表, 第6表, 第1表に対応。
- (7) 被害①, ⑥は交差項の計測結果。
- (8) 第6表の復旧対応②増産は, 増産を行った工場の復旧を早めるための対応ではないので, 説明変数には含めない。
- (9) 本文中で述べたように計量分析のサンプルは, 被害を受けた工場のうち, 操業再開までの日数が分かる工場のみである。
- (10) 「⑥ライフライン停止かつ計画停電でない」とは, 第2表から, 設備損傷停電または断水または重油不足またはガス停止を指す。

ト法のR²値は低く当てはまりが悪い。これは一つには, トービット法の計算方法である最尤法と最小二乗法とでは, R²値の定義が異なり, 比較できないことにある。二つには, 被説明変数の操

業再開日数をゼロのグループとそれより大きいグループに分ける問題もある。操業再開日数はゼロから連続的な値をとる可能性もある。しかしR²値は通常それ程重視されないので修正せず, 以下

トービット法の推定結果を解釈していく。

まず、直接被害の影響について、建物・設備損壊は、いずれの推定結果でも統計的に有意な正の係数で、操業停止期間を長くしている。トービット法 (i) の結果から、建物・設備損壊があった場合は無かった場合に比べ、操業停止期間が17.2日長いことが分かる。さらに、被害甚大であった場合、交差項の推定係数から、建物・設備損壊があり被害甚大では無かった場合よりも、操業停止期間が35.7日長いことが分かる。最小二乗法、継続期間分析法でも、推定値の符号はトービット法と同様であり、手法による大きな相違は無い。倉庫損壊は、いずれの式でも有意ではなかった。これは、倉庫が損壊しても代替的拠点を利用することが容易であることや、工場そのものが被害を受けたわけではないためと考えられる。浸水の影響は、トービット法 (i) の推定係数から、浸水があった場合は浸水が無かった場合に比べ、操業停止期間が14.2日長くなる。この点では、浸水よりも建物・設備が被害甚大であることの方が、操業停止期間への影響は大きいことが分かる。継続期間分析法、最小二乗法の結果も同様の結果が示されている。

トービット法 (ii) では、震度のダミー変数を入れているが、震度6、震度5が有意で正の係数となっており、震度6、震度5であった工場は震度4であった工場に比べ、操業停止期間が有意に長くなっている。また、浸水の推定係数も有意で正の値であり、浸水が操業停止期間を長くしている。しかも、その大きさは震度6のダミー変数の推定係数よりも大きいことから、浸水の影響は地震の揺れよりも操業停止期間に与える影響は大きいことが分かる。この結果とトービット法 (i) の結果より、建物・設備の被害甚大は浸水の影響であることも読み取れる。

次に間接被害の影響について、原材料の不足・入手困難は、すべての式で有意ではなく、これは工場の操業を完全に停止させる程の被害では無かったと言える。包装資材の不足・入手困難も、すべての式で有意ではなく、同様のことが言える。計画停電以外のライフライン停止は、継続期間分析法を除いて有意で正になっており、断水、設備損傷停電、重油不足またはガス停止が、操業

停止期間を長くしている。計画停電については、最小二乗法、トービット法では有意ではないが、継続期間分析法では有意で負になっている。計画停電を受けた場合は、計画停電以外のライフライン停止よりも、操業再開日数への影響が小さかったことを意味する。物流障害については、最小二乗法、トービット法 (i)、継続期間分析法では推定値が有意で負となっている。物流障害のあった工場は無かった工場に比べ、操業停止期間が短かったことを意味する。これは、操業再開日数に影響する被害の程度が除外変数として物流障害の変数と相関し、推定値にバイアスを引き起こしていると考えられる。その証拠にトービット法 (ii) の建物・設備損壊変数の代わりに震度変数を入れた推計式では、物流障害の推定値のバイアスは小さくなっている。

次に生産面での復旧対応の効果として、生産移管は、トービット法 (ii) の結果から、有意で正であり、生産移管をした方が、復旧が遅かったことを意味しており、予想に反する結果になっている。これも計画停電、物流障害と同様に、除外変数バイアスの影響と考えられる。稼働時間変更の効果も、全推計式で有意ではなかった。稼働時間変更は、計画停電に対する対応なので、操業停止期間には影響しなかったと考えられる。また原材料変更については、継続期間分析法で推定係数が有意で負となっており、この復旧対応を実施した場合、操業停止期間が短いことを示している。包装資材変更の効果も全推計式で有意ではなかった。包装資材不足・入手困難は、操業停止よりも生産量の低下を引き起こしており、それへの対応は操業停止期間を短くしなかったと考えられる。自家発電については、すべての式で有意で正になっている。この対応をとった方が、操業停止期間が長くなることを示す。これも上記の推定バイアスと同様に、操業再開日数に影響する要因が除外されているため、バイアスが生じていると考えられる。

次に商品・流通面での復旧対応の効果について、商品絞込については、トービット法 (i)、継続期間分析法の推定値は有意で負となっている。原材料・包装資材が不足したことに対して、商品絞込をすることで操業再開が早まったことを表して

いる。在庫活用の効果は、全推計式で有意ではなかった。在庫はどの企業でも最低限は保有しており、データとして捉えられず、推計に影響したと考えられる。物流変更の影響は、どの式でも有意ではなかった。物流障害は生産水準には影響するものの操業停止までは引き起こさなかったためと考えられる。

最後に、業種ダミーについて、被害状況と復旧対応の変数では捉えきれない、業種の効果をもるために取り入れた。トービット法(i)と(ii)では米卸売業の業種特有の影響が小麦粉製造業よりも有意に小さくなっている。米卸売業では、一部工場の甚大な被害や物流の影響以外、業種に特徴的な影響は小さかったためと考えられる。一方、継続期間分析法では多くの業種が小麦粉製造業よりも操業停止期間が長くなっている。例えば、乳製品製造業が小麦粉製造業よりも操業停止期間が長くなっており、計画停電の発酵過程への影響が表れている。あるいは清涼飲料製造業では、立体自動倉庫の被害が他業種よりも甚大であった効果が表れていると考えられる。同様に、最小二乗法でも、清涼飲料製造業が小麦粉製造業よりも、業種の特徴によって操業再開日数が長くなっている。

7. 結論

東日本大震災では、東北から関東地方に立地していた多くの食品製造業が被災した。その内容は、沿岸部に立地していた水産加工業の津波による建物・設備損壊といった直接被害のみならず、関東地方での計画停電や原材料・包装資材の不足入手困難、物流障害など間接被害にまで及んでいる。

業種間の被害の特徴として、直接被害に関しては、北関東から東北太平洋側にかけて立地していた水産加工業、調味料製造業、乳製品製造業、大豆加工業、菓子類製造業、肉一次加工業の被害が、大きかった。冷凍食品製造業などでは東京湾臨海の埋立地における直接被害も見られた。また、津波の被害は地震の被害に較べ甚大で、津波浸水域に立地する水産加工業の被害は大きくなる傾向があった。

間接被害に関しては、乳製品製造業、パン製造業、大豆加工業、調味料製造業は、原材料不足・入手困難の被害を受けたが、被害の程度は、業種により異なり、主原材料によるものから副原材料の被害まで様々であった。ライフラインの被害として、計画停電が広く発生し、乳製品製造業を始めとした関東に工場のある多くの業種が被害を受けた。物流障害に関しては、長距離輸送を行う業種として乳製品製造業や調味料製造業、大豆加工業、津波浸水地域の水産加工業の被害が大きい。

操業停止期間は、食品製造業からの食料供給が途絶する期間として重要であるが、計量分析により、建物・設備損壊、浸水、設備損傷停電によって長くなっていた。復旧対応の効果は、商品絞込の効果が認められた。さらに建物・設備損壊が甚大であると、被害が軽微な場合に較べて、操業停止期間はさらに1ヶ月程度長くなる。食品製造業は様々な間接被害も受けたが、操業停止期間の点からは、直接被害やインフラへの地震被害の影響が大きかったと言える。

これらの結果を踏まえれば、今後の各企業の災害対応について、第一に、建物・設備への直接被害への対策が必要である。直接被害のみならず間接被害も大きかった建物・設備の耐震化が重要である。それと同時に、被害を受けた建物・設備の復旧には相応の時間を要するため、操業停止した場合の対策が重要である。操業停止期間中、本来の生産を代替する対応が重要で、そのためには被災していない他の工場で生産を支援することが、比較的即座に採れる方法である。工場ごとに生産品目は異なるため、BCP等の中で代替工場や方法を検討しておく必要がある。間接被害でも、インフラ被害によるライフライン停止に対する対策も重要である。設備損傷による停電、断水等は、操業停止期間を長期化させる傾向がある。停電に対しては自家発電があり、実際効果を上げた企業もある。水、ガス、重油は備蓄が考えられるが、対応は容易ではない。

第二に、操業停止には至らないものの、生産量を大きく低下させる間接被害への対応も検討すべきである。原材料の多くは1社購買の取引慣行があり、仕入先の被害が当該商品の生産停止に直結する。既に実施している企業もあるが、主要商品

の原材料について2社購買に変更することも検討すべきである。各加工食品の原材料は非常に多様であり、加えてそれら規格も限定的であるとともに、原材料メーカーは細分化・重層化されている。このため、それらの原材料メーカーとの間で日常的な情報共有体制を構築すべきである。包装資材に関しては、メーカーが寡占的で代替が困難であることから、一定量の備蓄が適切なのではないか。また、輸送手段の確保や主要物流ルートに代替するルートの検討も重要である。

第三に、今後の災害対応として、企業の枠を超えたバックアップが挙げられる。東日本大震災の実際の対応では自社グループ内での対応がほとんどであったが、今後は企業の枠を超えた連携の強化が考えうる。

ヒアリング調査では、多くの企業が、同業他社の被災状況を把握していないことも明らかになった。震災時は企業活動の原則を変更し、企業間で情報共有を行い、連携して復旧活動を行うことで、復旧を早められる可能性がある。震災時は、国民や被災者への食料供給が優先課題となるため、企業の枠を超えた取り組みが一層有効に働くのではないかと考えられる。現実には、企業の独自の流通網、取引先、物流管理システム、情報管理システム、原材料・包装資材の規格、生産に関する意思決定があり、企業間の調整は非常に困難である。災害時の企業間連携を実現するためには、業界や政府の支援や調整が必要であろう。

これらの対策を実行可能にするためには、各企業においてBCPの策定が必要であるが、各企業での対応のみならず、業界、消費者、政府での事前の対応と連携も必要となる。本課題の目的は、災害時国民が食料を安定的に確保することであり、食品製造業の事業継続のみならず、流通業・小売業の対応や国民自身による備蓄、政府による食料支援などの対応も重要となる。そして、それらの量的、時期的な内容が事前に計画されて、うまく組み合わせられなければならない。これらの計画・調整を行うためには政府の役割が不可欠であり、今後政府が取り組むべき課題となるであろう。

注(1) BCPとは、企業が災害等によって事業を停止したとき、すぐに再開するための計画のことで、事業継続計画

(business continuity plan) の略である。

- (2) サプライチェーンとは、顧客—小売—卸—製造業—部品・資材メーカーなどを結ぶ供給活動の連鎖構造を指す(藤野〔2〕, 黒田〔8〕など)。本稿では、サプライチェーンのうち、主に原材料・資材調達から物流、製造までを対象とする。
- (3) 「冗長性 (redundancy)」とは、被害に備えていくらかの資源を備蓄しておく概念を言う。よくとられる方法は、安全なレベルの在庫の保有、多数の原材料メーカーとの取引、稼働率の抑制などである (Sheffi and Rice Jr. [16], pp.44)。「冗長性」の訳語は、藤井等〔1〕で使われている。
- (4) 業種の区分方法は、筆者が『工業統計表』の産業分類(日本標準産業分類)を元に作成した。筆者区分の「肉一次加工業」は『工業統計表』の「部分肉・冷凍肉製造業」に、「肉最終製品製造業」は「肉加工品製造業」に、「乳製品製造業」は「処理牛乳・乳飲料製造業」, 「乳製品製造業 (処理牛乳, 乳飲料を除く)」に、「水産加工業」は「水産食品製造業」に、「大豆加工業」は「味噌製造業」, 「醤油・食用アミノ酸製造業」, 「豆腐・油揚げ製造業」に、「調味料製造業」は「ソース製造業」, 「食酢製造業」, 「その他の調味料製造業」に、対応している。ただし、「大豆加工業」は、大豆を使用する企業のみである。続けて、「米卸売業」は「精米・精麦業」, 「小麦卸売業」(『商業統計表』)に、「小麦粉製造業」は「小麦粉製造業」に、「パン製造業」は「パン製造業」に、「菓子類製造業」は「生菓子製造業」, 「ビスケット・干菓子製造業」, 「その他のパン・菓子製造業」に、「米加工業」は「米菓製造業」, 「他に分類されない食品品製造業」の一部に、「植物油脂製造業」は「動植物油脂製造業」に、「めん類製造業」は「めん類製造業」に、「冷凍調理食品製造業」は「冷凍調理食品製造業」に、「清涼飲料製造業」は「清涼飲料製造業」に、「ビール・酒類製造業」は「酒類製造業」に、対応している。米卸売業、肉一次加工業は、加工兼卸売業者であるため、本研究では食品製造業に含めた。
- (5) ただし、間接被害について、企業名のみで工場名が明らかでない場合、被害が及んだと推測される、東北太平洋側、北関東、南関東の工場に被害があったものとみなした。例えば、ある企業全体の情報として、「原材料に不足・入手困難」などとあれば、関東地方全域、東北太平洋側のすべての工場で被害が発生したとみなして数える。実際、間接被害は一つの工場で起きるといよりも、多くの工場で共通して起きる。企業の広報情報においても、会社全体で被害が起きているものとして公表している。
- (6) OEMとはoriginal equipment manufacturingの略で、自社の生産能力を活用するために、相手先のブランドで製品を生産し、供給することを指す。
- (7) 中部・西日本で多く確認された被害は、包装・資材の

不足・入手困難, 原材料の不足・入手困難, 計画停電, 物流障害などの間接被害であった。計画停電は, 静岡県, 山梨県でも実施され被害が生じた。

- (8) 各業種の元々の立地状況を付表1と比較すると, 必ずしも事業所が多かった地域において, 被害数が多かったと言うわけではない。しかし局所的に被害別にみると, ある被害が発生した地域に大企業の工場が多い業種は, その被害数が多くなっている。
- (9) その他, 液状化の被害は, 千葉県船橋市から東京都江東区の埋立地の工場で確認される。これらの地域には多くの食品製造業が立地しているが, 大きな被害は確認されなかった。地盤沈下は, 東北地方の太平洋沿岸地域で発生しており, 水産加工団地の復旧に影響を与えている。
- (10) ここでいう産業集積地とは北関東, 南関東, 東北太平洋側といった広範囲での集積ではなく, 市町村あるいはもっと狭い地域の産業集積地を指す。広範囲の集積の意味では, 東北太平洋側の沿岸部の水産加工業や岩手県・宮城県鶏肉の一次加工業の被害が, 工場の集積地の被害として大きかった。
- (11) 主原材料, 副原材料の区別は, 原材料として使用割合が高く加工食品の素地となるものを主原材料, それ以外の原材料を副原材料とする。原材料の不足・入手困難には, ここで挙げた原因の他にも, 浸水の影響, 物流障害もある。浸水の影響では, 水産加工業では, 倉庫の原材料が浸水し, 原材料の不足が生じた。
- (12) バルククーラーとは, 搾乳した生乳を農家が出荷前に貯蔵する冷却タンクのこと。
- (13) 水戸〔9〕pp.179によれば, 集中購買の利点は, ①購入数量が大きくなることによる価格・取引条件の有利性, ②共通原材料・資材の管理による在庫量低減, ③手続きが煩雑な輸入資材購入における有利性, ④購買手続きの統一化, ⑤一連の購買業務をまとめて行うことによる購買費用の低減, ⑥購買技術の開発・適用が容易になることによる有利購買である。
- (14) 原材料や製品の配送に運送企業を利用していた企業は, 配送便需要の急増のためか配送便を確保できず, 輸送手段が失われたことが報告されている。
- (15) BCMとは, 事業継続マネジメント (business continuity management) の略である。BCPが計画であるのに対し, BCMはBCPを達成するための経営マネジメントを指す (丸谷〔12〕)。
- (16) 標本相関係数については, 母集団の相関係数が $\rho_{xy} = 0$ との帰無仮説に対し,

$$t = r_{xy} / \sqrt{(1 - r_{xy}^2) / (N - 2)}$$

(r_{xy} : 標本相関係数, N : 標本数)

が t 分布に従うことが分かっているので t 検定する (加納・浅子〔7〕, pp.199)。

- (17) 「見かけ上の相関」とは, 相関係数が大きく, 一見二つの変数に関係があるように見えても, 実際には第3の

変数が二つの変数に影響し, 相関があるように見えることを言う。

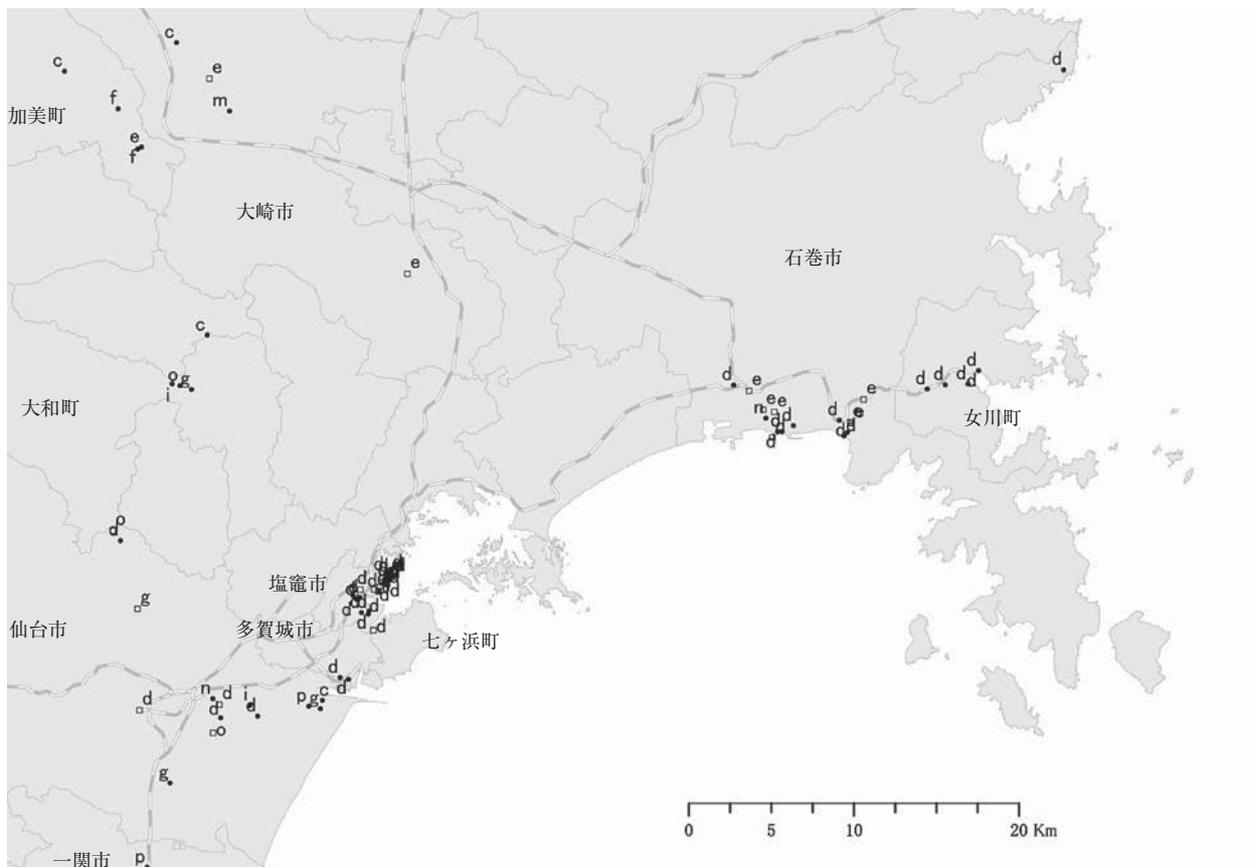
- (18) 負の相関も観察されるが, 被害情報の性質として, 直接被害を受けた工場は間接被害が確認されづらいという点があるためであり, あまり意味はない。
- (19) 継続期間分析法にも様々なタイプがあるが, ワイブル分布を用いたパラメトリックモデルを用いる。継続期間モデルの場合, 推定係数は, 最小二乗法を用いた線形モデルと同様に解釈できない。ただしワイブル分布の場合, $E[t | x_i] = \exp(x_i' \beta) \Gamma [(1/p) + 1]$ となり推定係数 β を, 被説明変数である時間 t の期待値に対する, 説明変数の影響度として解釈できる (Greene〔4〕, pp.908)。
- (20) 復旧対応の効果は本来, 被害状況を表す変数と復旧対応を表す変数との交差項をとり, 被害がありかつ復旧対応をとったときの, 操業停止期間への効果を調べるべきである。しかし本稿の推計では, 交差項の数が多過ぎるため, それぞれ独立した説明変数として導入している。

付記 本研究は平成22年度～24年度に実施されたサプライチェーンプロジェクト研究の一環である。

〔引用文献〕

- 〔1〕 藤井聡・久米功一・松永明・中野剛志 (2012) 「経済の強靱性 (Economic Resilience) に関する研究の展望」, 『RIETI Policy Discussion Paper Series』, 12-P-008, pp.1-40. (http://www.rieti.go.jp/jp/publications/act_pdp.html#jp, 2013年9月14日)
- 〔2〕 藤野直明 (1999) 『サプライチェーン経営入門』, 日経文庫, 日本経済新聞社。
- 〔3〕 Fujita Masahisa and Hamaguchi Nobuaki (2011) “Japan and Economic Integration in East Asia : Post-disaster scenario.” 『RIETI Discussion Paper Series』, 11-E-079, pp.1-20. (<http://www.rieti.go.jp/jp/publications/dp/11e079.pdf>, 2013年9月14日)
- 〔4〕 Greene, W. H. (2012) *Econometric Analysis*. Seventh Edition. Prentice Hall.
- 〔5〕 浜口伸明 (2013) 「震災とサプライチェーン—阪神淡路大震災と東日本大震災の比較から—」, 『経済セミナー』, No.670, pp.76-81, 2・3月号。
- 〔6〕 株田文博 (2012) 「食料の量的リスクと課題

- 一国内外の食料安全保障概念と対応策の系譜を踏まえて一」, 『農業経済研究』, 第84巻第2号, pp.80-94。
- [7] 加納悟・浅子和美 (1992) 『経済のための統計学 (第2版)』, 日本評論社。
- [8] 黒田充編著 (2004) 『サプライチェーン・マネジメント』, 朝倉書店。
- [9] 水戸誠一 (1968) 『購買管理の知識』, 日経文庫, 日本経済新聞社。
- [10] 三菱UFJリサーチ&コンサルティング (2012) 『東日本大震災を踏まえた災害に強い食品流通等のあり方に関する調査』。
- [11] 森川正之 (2012) 「東日本大震災の影響と経済成長政策：企業アンケート調査から」, 『RIETI Policy Discussion Paper Series』, 12-P-010, pp.1-27. (http://www.rieti.go.jp/jp/publications/act_pdp.html#jp, 2013年9月14日)
- [12] 丸谷浩明 (2008) 『事業継続計画の意義と経済効果』, ぎょうせい。
- [13] 丸谷浩明・指田朝久 (2006) 『「事業継続ガイドライン」の解説とQ&A』, 日科技連。
- [14] 野田健太郎 (2006) 『事業継続マネジメントBCMを理解する本』, 日刊工業新聞社。
- [15] 旺文社 (2011) 『東日本大震災復興支援地図』, 旺文社。
- [16] Sheffi, Yossi, and Rice Jr., James B. (2005) “A Supply Chain View of the Resilient Enterprise.”, MIT Sloan Management Review, Vol. 47, No. 1, pp.41-48.
- [17] 食品産業センター (2012) 『6次産業化構造調査報告書』。



付図1 仙台周辺の被害・業種別

資料：第1表に同じ。

注：凡例は第1表、第2図に従う。



付図2 気仙地域の被害・業種別

資料：第1表に同じ。

注. 凡例は第1表, 第2図に従う。

付表2 変数の記述統計量

変数名	サンプル数	平均	標準偏差	最小値	最大値	ダミー変数の値が 1の個数
操業再開までの日数	344	12.439	20.316	0	148	
操業再開までの日数>0の場合	250	17.116	22.095	1	148	
震度						
震度6	344	0.276	0.448	0	1	95
震度5	344	0.547	0.499	0	1	188
震度4	344	0.137	0.344	0	1	47
直接被害						
①建物・設備損壊かつ被害甚大でない	344	0.375	0.485	0	1	129
①建物・設備損壊かつ被害甚大	344	0.058	0.234	0	1	20
②倉庫の被害	344	0.148	0.356	0	1	51
③浸水	344	0.122	0.328	0	1	42
間接被害						
④原材料の不足・入手困難	344	0.390	0.488	0	1	134
⑤包装資材の不足・入手困難	344	0.343	0.475	0	1	118
⑥ライフライン停止かつ計画停電でない	344	0.177	0.383	0	1	61
⑥ライフライン停止かつ計画停電	344	0.410	0.493	0	1	141
⑦物流障害	344	0.355	0.479	0	1	122
生産面の 対応						
①生産移管	344	0.224	0.417	0	1	77
③稼働時間変更	344	0.093	0.291	0	1	32
④原材料変更	344	0.047	0.211	0	1	16
⑤包装資材変更	344	0.064	0.245	0	1	22
⑥自家発電	344	0.052	0.223	0	1	18
商品・流通 面の対応						
⑦商品絞込	344	0.227	0.419	0	1	78
⑧在庫活用	344	0.105	0.307	0	1	36
⑨物流変更	344	0.032	0.176	0	1	11
業種						
a. 肉一次加工業	344	0.015	0.120	0	1	5
b. 肉最終製品製造業	344	0.038	0.191	0	1	13
c. 乳製品製造業	344	0.157	0.364	0	1	54
d. 水産加工業	344	0.218	0.414	0	1	75
e. 大豆加工業	344	0.070	0.255	0	1	24
f. 調味料製造業	344	0.084	0.278	0	1	29
g. 米卸売業	344	0.049	0.217	0	1	17
h. 小麦粉製造業	344	0.032	0.176	0	1	11
i. パン製造業	344	0.078	0.269	0	1	27
j. 菓子類製造業	344	0.038	0.191	0	1	13
l. 植物油脂製造業	344	0.029	0.168	0	1	10
m. めん類製造業	344	0.058	0.234	0	1	20
n. 冷凍調理食品製造業	344	0.029	0.168	0	1	10
o. 清涼飲料製造業	344	0.064	0.245	0	1	22
p. ビール・酒類製造業	344	0.041	0.198	0	1	14

資料：本文参照。

Damage and Recovery of Japanese Food Industries in the Great East Japan Earthquake

Yuzuru KAMATA*

Summary

In the Great East Japan earthquake, food industries suffered from various damages and shut down their operations. As for direct damage, they suffered from a tsunami in the Tohoku pacific area and trembling damage in the Tohoku and Kanto areas. As for indirect damage, they suffered from power cuts, shortage of materials and packages, and paralyzed transportation networks in the Kanto area. The most common countermeasures for those damages were narrowing the product range and outsourcing.

The duration of shutdown is an important measure of the stagnation in the food-supply industry. Econometric analysis showed that the duration tends to be longer for those that suffered from building and machinery damage and power cuts, and shorter for those that took countermeasures by narrowing the product ranges.

* Chiba Prefectural Agricultural and Forestry Research Center