

局所的・短期的集中豪雨による事業所被害 を対象とした浸水リスク管理方策

A PLAN TO THE FLOODED RISK MANAGEMENT BY A SHORT PERIOD LOCALIZED
TORRENTIAL DOWNPOUR FOR SMALL AND MEDIUM-SIZED ENTERPRISES

高西春二¹・中野晋²・宇野宏司³・仁志祐太⁴
Syunji TAKANISHI, Susumu NAKANO, Kohji UNO, and Yuta NISHI

¹正会員 修(工) 徳島大学大学院先端科学技術教育部 博士後期課程 (〒770-8506 徳島市南常三島町2-1)

²正会員 博(工) 徳島大学教授 環境防災研究センター (〒770-8506 徳島市南常三島町2-1)

³正会員 博(工) 神戸高専准教授 都市工学科 (〒651-2194 神戸市西区学園東町8-3)

⁴学生会員 学(工) 徳島大学大学院先端科学技術教育部 博士前期課程 (〒770-8506 徳島市南常三島町2-1)

In Japan, Many of Small and medium-sized enterprises which damaged by disaster have critical problem. It's go out of business by losing customers to competing companies. Almost all managing directors of Small and medium-sized enterprises in Japan saw something in a new light about a important of Business Continuity Planning by the Tohoku Earthquake disaster. But a plan to management of the flooded risk have been getting fall in spite of frequency of occurrence and risk allowances are both of very likely. It is caused that two problems are as follows; (1) we have not so much passed data of the flooded damage cases at enterprises, and (2) difficulty of measures to the flooded risk because of no case study until now. In this paper, the authors shows three suggestions at Business Continuity Planning for Small and medium-sized enterprises as (i) estimation of flood, (ii)the flooded risk control technique, and (iii) measures to management of the flooded risk.

Key Words : *Business Continuity Plan , short-term local severe rain , place-of-business damage , local heavy rain , flood risk , risk control*

1. はじめに

自然災害が発生した場合でも中小企業が生き残るためには、事業継続計画 (BCP) を策定することが非常に重要である。2011年3月11日に発生した東日本大震災以降にBCPの認知度が高まり、その重要性が再認識されつつある。人と防災未来センターが行ったBCPに関するアンケート結果¹⁾によるとBCP策定企業が想定しているリスクは首都直下地震81.9%、東海・東南海・南海地震70.1%と地震が多く、次いで新型インフルエンザ66.7%、風水害36.1%である。浸水被害に注目すると、その発生頻度と危険性がともに高い割には、浸水被害を対象としたBCP策定はあまり進んでいない。これは、事業所における浸水被災事例の情報が少ない上に、事業継続に必要なリスク分析が難しいことが要因となっていると考えられる。

事業所被害に関しては、地震災害を対象とした被害実態や災害対応の分析は行われている^{2),3)}が、水害を対象

とした事業所被害の分析を行った研究は少ない。また、水害時の事業所の被害額算定に関する研究はなされている⁴⁾が、浸水リスクの管理についてはさらなる研究が必要である。

本研究では、浸水災害を対象として各種事業所がBCPなどの防災対策を策定する際に重要となる被害想定や浸水リスク評価、リスク管理方策等について提案する。

2. 集中豪雨によるはん濫特性の整理

近年に発生した3つの局所的・短期的集中豪雨による浸水被害を取り上げ、以下にその特性を整理する。

(1) 新潟福島豪雨 (2011年, 新潟県)

2011年7月27日から30日にかけて、新潟県と福島県会津を中心に大雨となった。特に、28日から30日にかけては、大気の状態が不安定となり、新潟県と福島県会津を中心に記録的な豪雨となった。

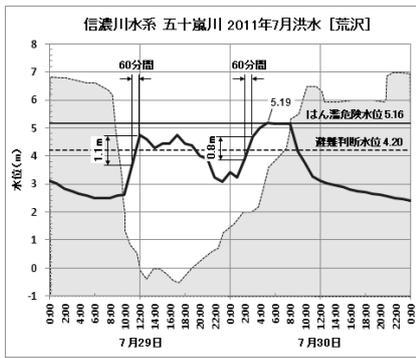


図-1 新潟福島豪雨実績水位

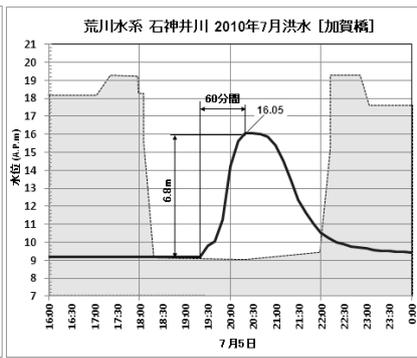


図-2 堀船水害実績水位

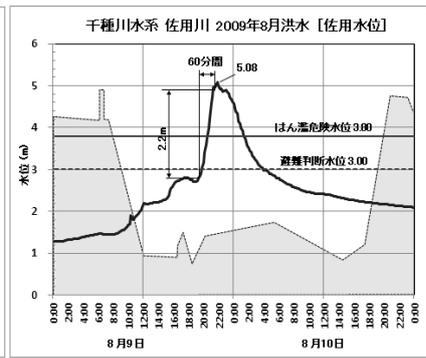


図-3 佐用豪雨実績水位

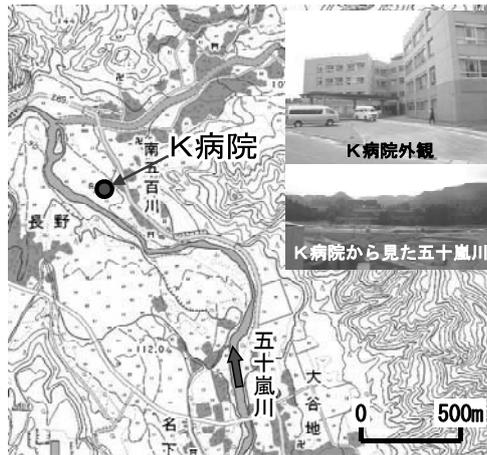


図-4 K病院位置図（五十嵐川）

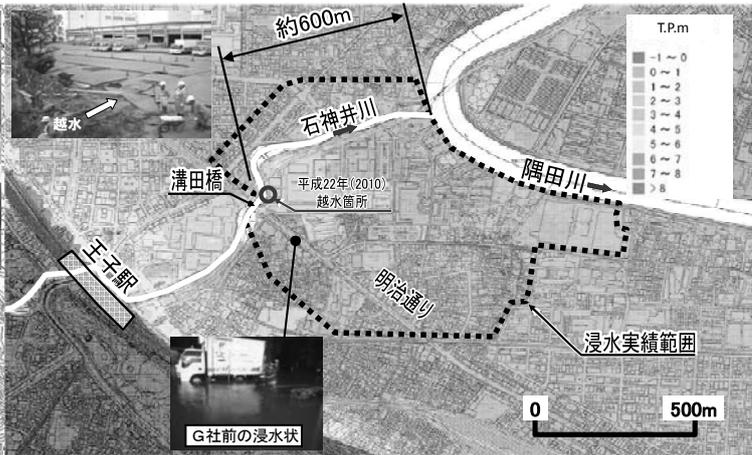


図-5 堀船地区の地盤高と浸水範囲

この期間の雨量は、福島県南会津郡只見町只見（タダミ）で711.5mm、新潟県加茂市宮寄上（ミヤヨリカミ）で626.5mmとなり、それぞれ7月の平均の月降水量の2倍以上（確率規模は100年以上）となった。新潟県では五十嵐川などの信濃川水系の6つの河川で堤防の決壊が相次ぎ、三条市など、広範囲で浸水被害が発生した。鉄道施設の被害も深刻であり、只見線では会津川口駅－会津大塩駅間で橋桁が流出し鉄橋が崩落し、会津坂下駅－大白川駅間が不通となるなどの被害を生じた。

図-1に、五十嵐川の水位波形を示す。ピーク時にははん濫危険水位を超過しており、水位上昇速度は60分間に1m前後であった。後述する五十嵐川沿川の調査対象事業所の一つについて、図-4に位置図を示す。このように、河川沿いの低平地に立地している事業所が被災した。

この新潟県中越地方北部から福島県にかけての地域では、周知のとおり2004年（平成16年）7月にも豪雨災害が発生している。信濃川水系の五十嵐川・刈谷田川・中之島川の11ヶ所で破堤し、五十嵐川流域の三条市と刈谷田川流域の中之島町を中心に、長岡市、見附市など、広範囲で浸水被害が生じた。

(2) 堀船水害（2010年、東京都北区）

荒川水系石神井川は、JR王子駅の東で隅田川に合流する河川延長25.2km、流域面積約61.6km²の一級河川である。流域には4市4区を擁し、都内の中小河川では比較的規模が大きい河川である。2010年7月5日に石神井川（東

京都北区堀船地区）の下流部に位置する板橋区雨量観測所で114mm/hrを記録する局所的・短期的集中豪雨が発生した。これは100年を越す確率の降雨であった⁶⁾。この豪雨は典型的な雷雨性豪雨であり、時間最大雨量は非常に強いものの、24時間雨量は137mmと少ない。これにより石神井川の水位は、図-2に示すように60分間に約6.8mと急激に上昇した。その結果、石神井川の溝田橋地点右岸から越水はん濫が発生し、堀船地区の住宅・事業所に浸水被害が生じた（図-5）。この豪雨により、都内では床上浸水449戸、床下浸水358戸もの被害があった⁵⁾。

この地区では、2005年9月にも同じ地区で浸水被害が発生している。地区の住民や事業主は、まさかわずか5年で二度の浸水を経験するとは考えていなかった。

(3) 佐用町水害（2009年、兵庫県佐用町）

2009年8月9日15時に日本の南海上で発生した台風9号のもたらした湿った空気の影響で、8月9日から11日にかけて西日本から北日本の広い範囲で大雨となった。特に兵庫県佐用町では24時間雨量326.5mmの観測史上1位となる記録的な集中豪雨で佐用川、幕山川、千種川などがはん濫し、指定避難所に移動中の住民が流されるなど20名の死者・行方不明者を出した。また、住家被害は全壊139棟をはじめ、大規模半壊、半壊、床上浸水の被害は合計1048棟にのぼった⁶⁾。さらに佐用町役場をはじめとした公共施設、佐用中央病院などの医療機関、製造業、個人商店など種々の事業所でも深刻な浸水被害が発生し

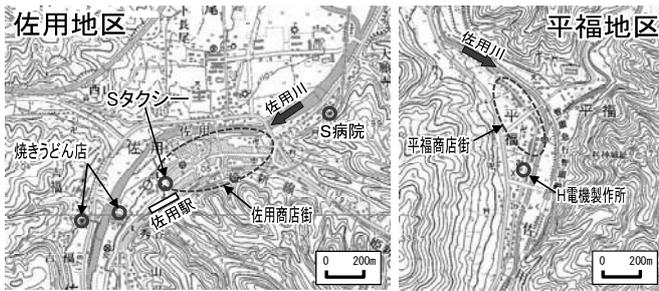


図-6 佐用川沿川の事業所位置図

表-1 対象河川の河川整備計画規模

水害名	左記水害の発生頻度(年確率)	水系名 河川名 地点名	計画高水流量 計画規模	被災時の河川整備レベル
新潟福島豪雨	約1/300	信濃川水系 五十嵐川 [荒沢]地点	1300m ³ /s H16.7洪水規模 (約1/300)	K病院地点は約500m ³ /sの流下能力であったが、約1,000m ³ /sの洪水が発生した。
堀船水害	1/50～ 1/100	荒川水系 石神井川 [加賀橋]地点	480m ³ /s 50mm/hr規模 (1/3)	堀船地区では50mm/hr規模(480m ³ /s)の整備が終了していたが、これを超える洪水が発生した。
佐用町水害	1/200～ 1/300	千種川水系 佐用川 [佐用水位]地点	560m ³ /s (1/20～1/30)	被災箇所の現況流下能力は約400m ³ /sであったが、約900m ³ /sの洪水が発生した。

たため、泥出しから、建屋や設備の修復など長期間にわたる復旧対応を余儀なくされた。佐用川の水位は、図-3に示すようにはん濫危険水位を大きく超過しており、水位上昇速度は、60分間に約2mであった。

この地区では、2004年の23号台風でも被害があり、二度にわたって被災した事業所があった。住民や事業主のほとんどは、まさか被災するとは考えていなかった。

(4) 3 洪水の特徴

対象洪水の発生頻度、対象河川の計画規模や整備レベルを表-1に整理した。新潟福島豪雨災害は、他の2洪水に比べて浸水範囲が広く、河川の規模も大きい。中小河川である石神井川と佐用川については、河川の整備水準に対して、激しい集中豪雨が発生したために水害が発生した。堀船水害については、越水箇所は50mm/hr対応の整備が終了していたが、局部的集中豪雨によってはん濫した。佐用町水害については、河道が未整備であった上に計画を大きく上回る集中豪雨があったためにはん濫が生じた。

この3地域に共通することは、二度にわたって水害を経験している点である。いずれの洪水でも、住民や事業主には「前回浸水しなかったから今回も大丈夫だと思った」あるいは「前回浸水したから、もう浸水しないだろう」という思い込みがあった。

3. 事業所における浸水被害の実態分析

新潟福島豪雨(2011年,新潟県)と堀船水害(2010年,

表-2 調査対象事業所一覧

日本標準産業分類		事業所	水害
大分類	中分類		
E 製造業	11 繊維工業	F社(織物会社)	N
		Y社(織物会社)	N
	21 窯業・土石製品製造業	A石材株式会社	H
	29 電気機械器具製造業	H電機製作所	S
	31 運送用機械器具製造業	K氏(自動車部品)	H
F 電気・ガス・熱供給・水道業	33 電気業	電気(関西電力)	S
	36 水道業	簡易水道事業	S
H 運輸業、郵便業	43 道路旅客運送業	Sタクシー	S
	47 倉庫業	T社(たばこ卸会社)	H
I 卸売・小売業	59 機械器具小売業	G社(中古車販売、貸しガレージ、レンタカー)	H
		I農機	S
M 宿泊業、飲食サービス業	76 飲食店	中華飯店「N屋」	H
		焼うどん店A,B(2軒)	S
		焼うどん店G(1軒)	S
		焼き肉店	S
		S病院	S
P 医療、福祉	83 医療業	H病院	N
	85 社会保険・社会福祉・介護事業	K病院	N

水害名:N:新潟福島豪雨(2011),H:堀船水害(2010),S:佐用町水害(2009)

東京都北区)について、筆者らは複数の業種の被災した事業所(中小企業)を対象に、被害実態についてヒアリング調査を行った。対象とした事業所の一覧を表-2に示す。

このうち佐用町水害については、筆者らが過去にヒアリング調査した結果⁷⁾を用いた(図-6)。

これらヒアリング調査結果から、各事業所の浸水深と被害の影響度を整理した(図-7)。

影響度については、企業の規模や立地条件(都市部か地方部かなど)に左右されずに評価できるよう、被害額ではなく“復旧日数”を用いた。単に経済損失だけに着目した場合、浸水対策(防災対策)を進めることが困難となるおそれがあるため、BCPなどの防災対策を検討する上では復旧日数を用いることが適切であると考えた。

復旧日数は、業種別に図-7に整理した。例えば製造業の復旧は、水深が概ね1m未満の場合に1ヶ月、水深が1m以上の場合には2ヶ月を要している。製造業以外の業種については、水深と復旧日数についての明瞭な関係はないと考えられる。

また、後述する災害リスク評価でリスクを比較するため、高潮被害の場合と地震被害の場合についても同様に復旧日数を整理した(図-8,9)。

高潮被害については、代表的な被害として、既往研究成果より高松市で甚大な被害が発生した台風0416号(2004)⁸⁾と伊勢湾台風(1959)⁹⁾を取り上げた。図-8に示したとおり高潮災害時では、製造業が他の業種と比較して復旧日数が長い結果となっている。これは1959年当時の伊勢湾台風時の被害であり、伊勢湾の干拓地にある主要工場(大企業)を対象としており、被災面積が大きいことに対して、復旧に必要な重機や設備などが現在ほど整っていなかったことなどが原因と考えられる。

地震被害については、これも既往研究成果より阪神・

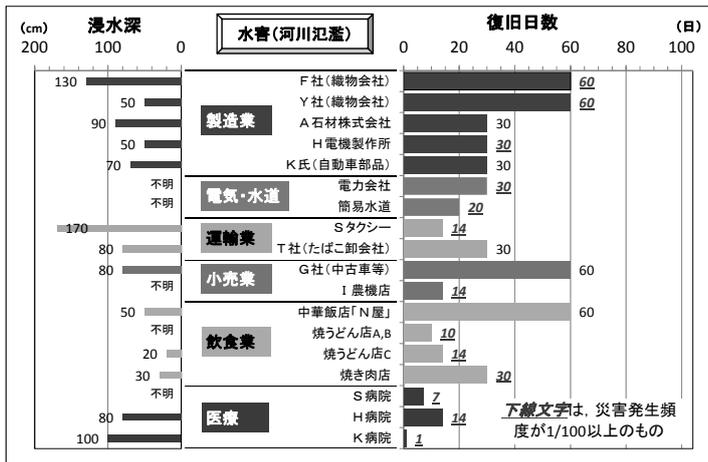


図-7 水害時における浸水深と実績復旧日数

淡路大震災(1995)¹⁰⁾、新潟県中越地震(2004)^{2,11)}、新潟県中越沖地震(2007)¹¹⁾を取り上げた。

これらを比較すると、水害時(河川はん濫)が最も復旧に時間を要していることがわかる。これは、以下の理由によるものと考えられる。

【水害】

- ・泥出し作業を行うためには、水道・電気の復旧を待つ必要があり、操業に至るまでに時間を要するケースが多い。
- ・浸水によっては、損壊せずとも製品価値がゼロになるケースが多い。
- ・同じ高さの敷地内が一様に被害を受ける。
- ・自動車が冠水すると運搬が困難となる。
- ・降雨が長期的に続けば、浸水が長期化する。

【地震】

- ・直ちに復旧作業に向かえる。
- ・水害と比較すれば清掃作業等に要する日数が短い。
- ・すべてが使えなくなるわけではなく、損壊していない商品・機械が活用できるケースが多い。

【高潮】

- ・沿岸部に上水施設があることは稀であり、河川水害のように断水は発生しにくい。
- ・被害が沿岸部に限られるため、電気は比較的早く復旧することが多い。
- ・低気圧が通過し、潮位が下がれば浸水は比較的短時間で解消する。

4. 浸水リスクの評価

(1) 水害時(河川はん濫)のリスク

水害時の浸水リスクを可視化するため、横軸に上記発生頻度、縦軸に影響度(復旧に要した日数)をとり、各事業所の復旧日数を被害リスクマトリックスにプロットした(図-10)。

事業所被害のサンプルが3洪水のみであるため、発生

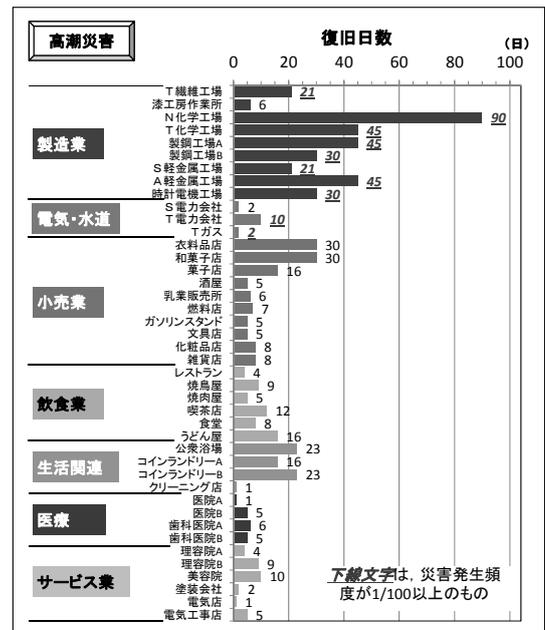


図-8 高潮災害時における実績復旧日数

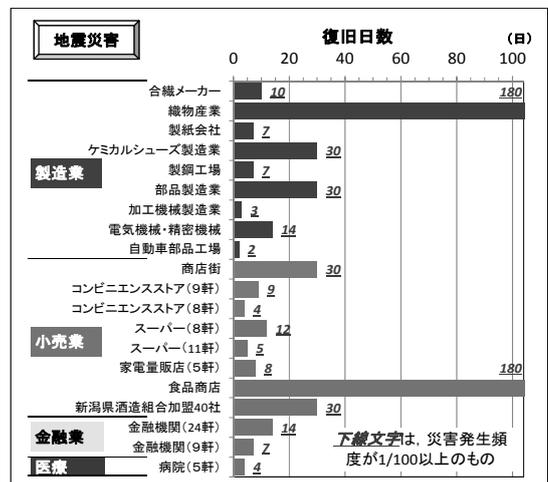


図-9 震災時における実績復旧日数

頻度が低い側(左側)へ偏ったマトリックスとなった。サンプル数を増やすことは今後の課題であるが、仮にサンプルを増やした場合でも、都市部等における中小河川の整備水準は向上しつつあるため、データが左側へ偏る傾向はさほど変化しないと考えられる。

次に業種別の傾向を見ると、製造業は1/30~1/100において1~2ヶ月、1/100以上において2ヶ月以上の復旧日数を要する。

小売業については、1/100以上であっても10日で復旧した店舗があったが、1/30~1/100で1ヶ月を要した店舗もあった。多種多様な店舗があり、立地条件もさまざまであるため、サンプル数を増やした場合、製造業よりも広い範囲にプロットされる可能性がある。

医療業については、最長で14日であり、比較的早く復旧している。ヒアリングの結果、病院はその重要度を常時から認識しているため、他業種よりも比較的防災意識が高いことがうかがえる。



図-10 水害時における被害リスクマトリックス

(2) 他の災害リスクとの比較

水害時（河川はん濫）のリスクを他の災害と比較するため、高潮災害と地震災害についても同様に整理した。高潮災害で取り上げた災害の発生頻度（確率）は、下記の通りとした。

- 伊勢湾台風（1959, 名古屋市） 1/100以上
 - 台風0416号（2004, 高松市） 1/30～1/100未満
- 地震災害で取り上げた災害の発生頻度（確率）は、いずれも1/100以上である。
- 阪神淡路大震災（1995, 兵庫県） 1/100以上
 - 新潟県中越地震（2004, 新潟県） 1/100以上
 - 新潟県中越沖地震（2007, 新潟県） 1/100以上

高潮災害におけるリスクマトリックスを図-11に、地震災害におけるリスクマトリックスを図-12に示す。これらも発生頻度が低いサンプルであるため、左側に偏ったものになっている。これらも今後、サンプル数を増やしていく必要がある。

高潮災害については、水害（河川はん濫）とほぼ同様な分布である。ただし、水害よりも復旧日数が若干短い傾向がある。今後サンプルを増やせば、水害と同様な分布を示す可能性があり、同一のリスクマトリックス図を用いることができる可能性がある。

高潮被害や地震被害についても、医療業は比較的早く復旧している。人命には直接関係がない歯科医院においても最大6日で復旧している。

河川はん濫被害は、高潮・地震被害と比較して、同じ発生頻度であっても復旧に要する日数が長い傾向にある。これは、同じ発生頻度であっても、河川はん濫被害を重視して災害対策を進める必要があることを示している。

(3) 業種ごとの復旧日数の長短要因

同じ発生頻度の災害であっても、復旧日数は業種によって異なる。例えば自動車産業のようにサプライチェーンが複雑に関わっている業種は、飲食業のように個人事業主が多い業種よりも復旧日数が長いと考えられる。また、復旧日数がライフラインの回復に左右されや

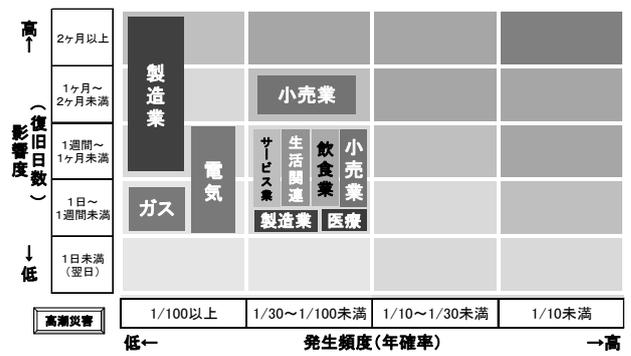


図-11 高潮災害時における被害リスクマトリックス

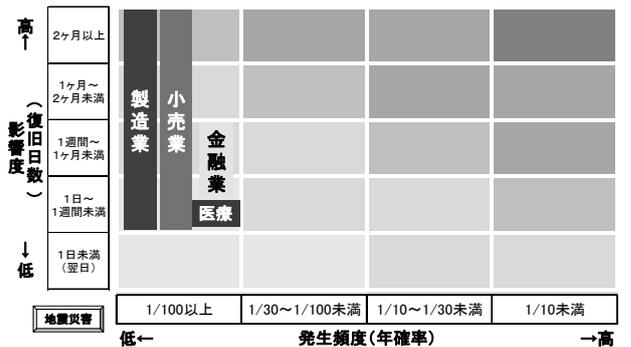


図-12 震災時における被害リスクマトリックス

すい業種は、左右されない業種よりも復旧日数が長くなる。さらに、自家発電施設を整備していることが多い業種（病院など）は短く、風評被害が影響する業種（飲食業など）は長いといった傾向も考えられる。今後の研究において、復旧のネックとなった要因と復旧日数を業種ごとに整理・比較し、考察を行いたい。

5. 浸水被害のリスクコントロール方策

リスクマトリックスは、今後サンプルを増やすことによって業種ごとに分布するリスク領域の精度を向上させることができる。業種によって領域の広さに違いはあるが、頻度が高い災害ほど復旧日数が短いと考えられるため、おそらく右下下りの領域に分布するものと考えられる。

事業主が防災対策を考える（BCPを策定するなど）場合に、このリスクマトリックスを活用することができる。例えば図-13に示したように自社と同じ業種のリスクが黒線枠内に集中して分布していたとする。自社の限界復旧日数（復旧がこの日数を超えれば廃業に追い込まれる日数）の横線を引き、その線が黒線枠と交わる領域の頻度以上の災害に備える必要がある、といった防災対策検討の参考として使用できると考える。

また、各業種のリスクが仮に図-14（イメージ）に示すように分布していた場合、BCP策定などの対策を施すことにより、将来は少しでもリスクの領域を小さく（復旧日数を少なく）していくべきである。対策後には、

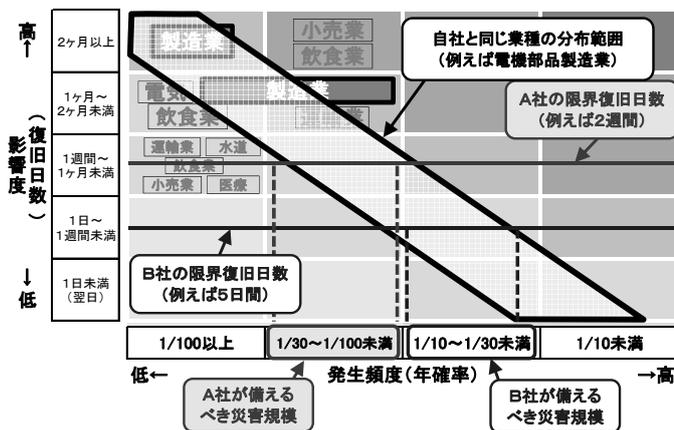


図-13 リスクマトリックスの活用例

図-15 (イメージ) に示したように左下の領域に分布するように防災対策を策定することを目指すべきである。

特に電気・ガス・水道などのライフラインについては、他業種の復旧日数を大きく左右することから、他業種よりも防災対策が重要である。さらに医療業については、人命に関わる業種であるため、発生頻度が低い大規模な災害であっても翌日程度には稼働できるよう対策を講じるべきである (図-15)。

6. おわりに

本論文では、被災後のヒアリング調査結果より、復旧日数などを整理した。水害 (河川はん濫) 時は、高潮時や地震時よりも復旧日数が長いことがわかった。

また、事業所がBCP策定などの防災対策を検討する場合に、どの程度の発生頻度の災害に対して備えるべきかを検討する際に、リスクマトリックス図を活用できることを示した。これは、今後の防災対策に有用性があると考えられる。ただし、災害時の復旧日数のサンプル数が不足している (特に発生頻度が高い災害) ことが課題である。今後発生する災害についてはヒアリング調査等により、近年発生した過去の災害については新聞情報などをとくに調査を進めたい。また、本論文では業種を大分類で整理したが、中分類に細分化して整理したい。

参考文献

- 1) 人と防災未来センター：企業防災アンケート調査報告書<企業の防災・事業継続計画・新型インフルエンザ対策>，33p.，2009.
- 2) 多々納裕一，梶谷義雄，土屋哲：新潟中越沖地震の社会的影響，京都大学防災研究所年報第48号A平成17年4月，2005.
- 3) 梶谷義雄，中野一慶，多々納裕一，朱佳慶：2007年新潟中越沖地震による産業部門への経済的影響—企業の被害実態と災害対応効果—，地域安全学会論文集，No.10，pp.161-168，2008.

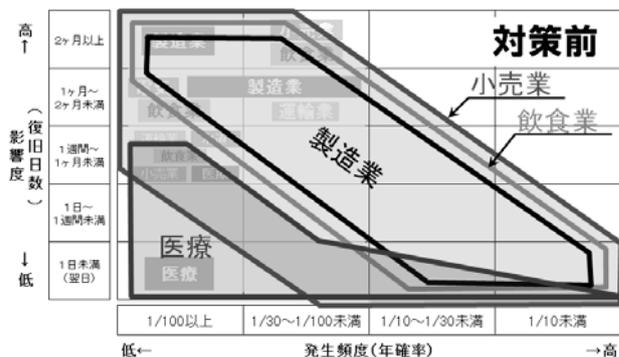


図-14 対策前のマトリックス (イメージ)

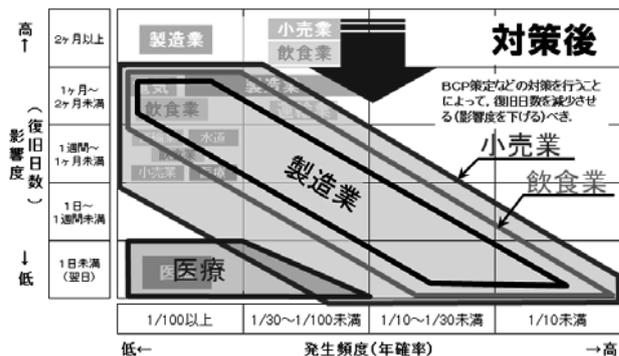


図-15 対策後のマトリックス (イメージ)

- 4) 木村秀治，石川良文，片田敏孝，浅野和広，佐藤尚：都市型水害における事業所被害の構造的特質に関する研究，土木学会論文集D，Vol.63 No.2，pp.88-100，2007.
- 5) 東京都 (中小河川における今後の整備のあり方検討委員会)：東京都内の中小河川における今後の整備のあり方について 中間報告書，2011
- 6) 佐用町：台風第9号災害検証委員会報告書，228p.，2010.
- 7) 中野晋，宇野宏司，高西春二，騎馬貴子：平成21年台風9号の豪雨災害による事業所等の被災と対応，土木学会安全問題研究論文集，Vol.5，2010.
- 8) 国土交通省国土技術政策総合研究所：台風0416号高潮による家屋・公益施設の被害の状況—高松市を中心にした整理—，国土技術政策総合研究所資料，No.268，2005.
- 9) 科学技術庁資源調査会：伊勢湾台風と臨海都市—名古屋市部災害の対策と問題点—，科学技術庁資源調査会報告第17号伊勢湾台風災害調査報告 附属資料 I，1960.
- 10) 中小企業庁：中小企業BCP策定運用指針—緊急事態を生き抜くために—，
<http://www.chusho.meti.go.jp/bcp/index.html>，(参照 2012-04-01)。
- 11) 星野公男，安達俊夫，宮村正光，太田 宏地形：地盤条件に着目した事業継続性の評価手法に関する研究 (その1. 新潟県中越地震，新潟県中越沖地震の被害調査)，平成22年度日本大学理工学部 学術講演会論文集，pp.193-194，2011.

(2012. 4. 5受付)