

水関連災害が広域経済に与える影響のメカニズムの分析に関する研究

研究予算：運営費交付金

研究機関：平成31-令3

担当チーム：水災害研究グループ

研究担当者：藤兼雅和、大原美保、南雲直子

【要旨】

災害に対する強靱な地域社会の実現には、「致命的な被害を負わない強さ・速やかに回復するしなやかさ・減災のための緊急行動・よりよい復興」という4つの要素が重要である。平成30年（2018年）7月豪雨災害は、西日本の広域に渡る浸水・土砂災害を引き起こし、事業所の建屋・設備等の直接被害や、停電、断水や道路閉塞等により間接被害をもたらした。本研究は、「速やかに回復するしなやかさ」の実態把握を目的として、広島県・岡山県内の事業所を対象としたアンケート調査に基づき、被災状況に応じた本社、支社・支店、生産拠点の営業再開や生産活動の回復の推移を分析し、営業再開曲線や生産活動回復曲線の作成を行った。また、回復曲線に影響を与える要因の把握やそれらによる回復曲線の差異の把握を行った。

キーワード：事業所、直接被害、間接被害

1. はじめに

災害に対する強靱な地域社会の実現には、図-1に示した通り、「致命的な被害を負わない強さ・速やかに回復するしなやかさ・減災のための緊急行動・よりよい復興」という4つの要素が必要である¹⁾。事業所の「致命的な被害を負わない強さ」に関しては、中野ら（2013）²⁾、黒田ら（2020）³⁾による機能的フラジリティ曲線の研究があり、前者は2004年新潟県中越地震災害を対象に、後者は平成30年7月豪雨災害を対象に分析を行っている。「速やかに回復するしなやかさ」に関しては、梶谷ら（2013）⁴⁾が2011年東日本大震災での製造業・非製造業での生産能力の復旧状況を分析しているが、水害での復旧に関する知見は十分とは言えない。

水害時の事業所の被災特性について、筆者らは平成27年9月の関東・東北豪雨災害で被災した茨城県常総市内の事業所⁵⁾や、平成30年7月豪雨災害で被災した広島県・岡山県内の事業所⁶⁾への調査を行っている。平成27年9月の関東・東北豪雨災害での調査は、主に常総市内で浸水により直接被害を受けた事業所を対象とした。一方、中国財務局の調査⁶⁾等から、平成30年7月豪雨災害では西日本で停電、断水や道路閉塞等により広域に渡る間接被害が生じたことが指摘されていた。よって、平成30年7月豪雨災害では、事業所の直接被害・間接被害の実態を把握することを目的とし、広島県・岡山県内の主な被災地及び周辺地域の事業所を対象としたアンケート調査に基づき、本社・支社・生産拠点等での具体的な被害状況や営業停止日数等の分析を行った⁷⁾。しかしながら、本分析では、発災後の時系列からみた「速やかに回復するしなやかさ」の実態解明は十分ではなかった。

そこで本研究では、平成30年7月豪雨災害での調査回答⁷⁾を用いて、更に被災状況に応じた営業再開や生産活動の回復の推移に焦点を当て、更なる分析を行う。

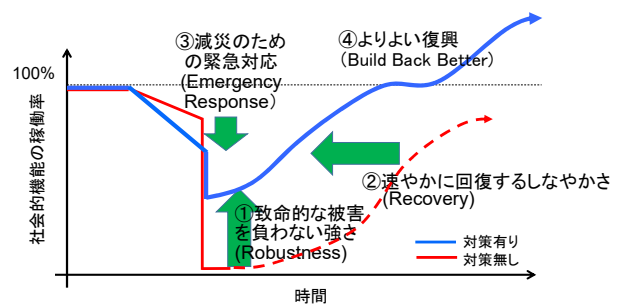


図-1 水災害の社会的影響と4つの要素

2. 平成30年7月豪雨後の事業所向け調査の概要

2.1 平成30年7月豪雨災害後の調査の概要

平成30年（2018年）6月28日から7月8日にかけて、停滞した前線や台風第7号の影響により、西日本を中心に広域に渡る記録的な大雨となった。西日本の各地で河川氾濫や土砂災害等が発生し、これらは死者263名、住家の全壊被害6,783、半壊被害11,346という甚大な被害をもたらした⁷⁾。岡山県倉敷市真備町では、一級水系高梁川の支川の小田川等が広域に氾濫し、死者51名の被害をもたらした⁸⁾。広島県では、三原市で沼田川が氾濫をした他、県内各地で土砂災害が多発した⁹⁾。西日本での被災は広域に渡り、停電、断水や道路閉塞により日常生活への支障が生じた。

本災害後に、筆者らは、事業所の直接被害・間接被害の実態を把握することを目的とし、広島県・岡山県内の主な被災地及び周辺地域内に本社がある事業所を対象と

した郵送アンケート調査を実施した。全半壊住家被害数が多かった岡山県倉敷市真備町・総社市、広島県三原市・呉市・安芸郡坂町を「主な被災市町村」とし、本社がある事業所は全数抽出とした。これらに隣接する岡山県倉敷市の真備町以外・小田郡矢掛町、広島県尾道市・東広島市・竹原市・安芸郡海田町・熊野町を「周辺市町村」とし、従業員が20人以上の事業所は全数抽出、従業員19人以下の事業所は10%サンプリングによる抽出として、市販の企業情報データベース（株式会社東京商工リサーチのTSR企業情報ファイル）を用いた事業所の抽出を行った。この結果、調査対象の事業所として6,686社が抽出され、郵送アンケート調査を令和元年11月26日～令和2年3月13日にかけて実施し、1,146の回答を得た。これらは、日本標準産業分類の農林水産業（A・B類）・医療福祉（P類）・教育（O類）・公務（S類）を除いた、C～N及びQ～R類の事業所である。

2.2 回答した事業所の基本属性

表-1に回答した事業所の詳細を示す。回答した事業所数は、本社が主な被災市町村にある事業所は岡山県内で113、広島県内で578で、計691（60.3%）である。周辺地域にある事業所数は、岡山県内で222、広島県内で233、計455（39.7%）である。従業員数が20人以上の事業所数は407（35.5%）、19人以下は739（64.5%）である。周辺地域では、19人以下の事業所は10%サンプリングを行ったため、従業員数20人以上の事業所の割合は、実際よりも高いと言える。

回答した事業所の直接・間接被害の状況を分析した¹⁾ところ、本社・主な支社・支店、生産拠点のいずれかに直接被害または間接被害を受けた事業所（以下、何らかの被害有り事業所と呼ぶ）は516、本社が直接被害または間接被害を受けた事業所は462、主な支社・支店が直接被害または間接被害を受けた事業所は128、主な生産拠点が直接被害または間接被害を受けた事業所は145と

なった。図-2に、回答した事業所と何らかの被害有り事業所の業種を示す。両方とも、製造業・建設業が20.0～27.6%強と多く、続いて卸売・小売業と不動産業・サービス業が多い。

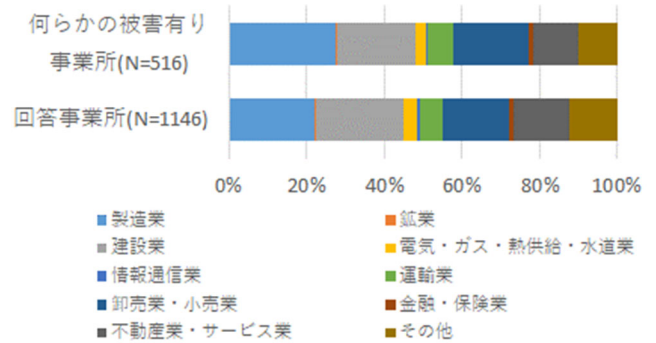


図-2 回答事業所及び何らかの被害あり事業所での業種

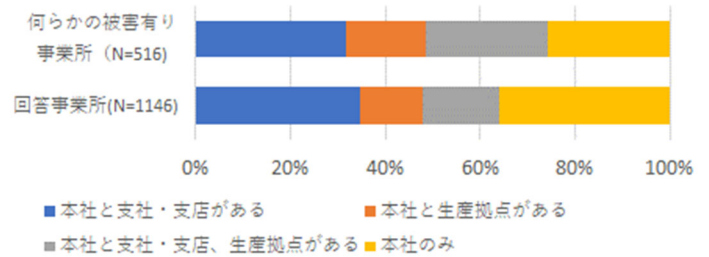


図-3 本社と支社・支店、生産拠点との関係¹⁾

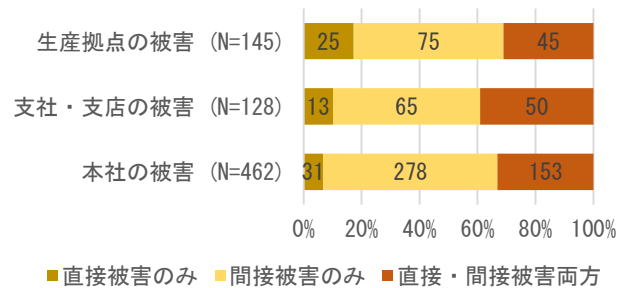


図-4 本社、支社・支店、生産拠点での被害状況¹⁾

表-1 広島県・岡山県内の主な被災市町村の状況とアンケート調査回答の回収数¹⁾

都道府県	区分	市町村	被害状況		回答の回収数			
			全半壊住家被害数	災害事象	従業員19人以下	従業員20人以上	総数	小計
岡山県	主な被災地	倉敷市真備町	5492(倉敷市の値)	小田川の氾濫	23	5	28	113
		総社市	628	小田川沿いの浸水、アルミ工場爆発	64	21	85	
	周辺	倉敷市真備町以外	5492(倉敷市の値)		89	127	216	222
		小田郡矢掛町	243		1	5	6	
広島県	主な被災地	三原市	146(一部損含む)	沼田川の氾濫、土砂災害	140	33	173	578
		呉市	1028	土砂災害	302	76	378	
		安芸郡坂町	882	土砂災害	15	12	27	
	周辺	尾道市	24	土砂災害	36	54	90	233
		東広島市	61	土砂災害の多発	51	54	105	
		竹原市	18	土砂災害	9	7	16	
		安芸郡海田町	51	土砂災害の多発	5	8	13	
		安芸郡熊野町	47	土砂災害の多発	4	5	9	
合計					739	407	1,146	1,146

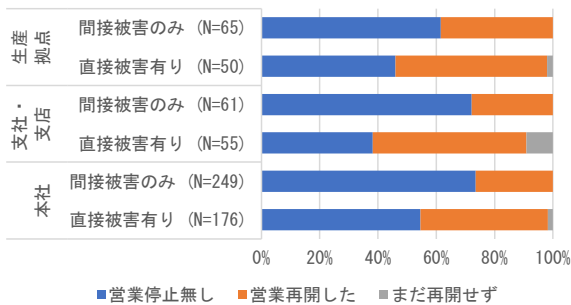


図-5 営業再開状況¹⁾

図-3に、本社と支社・支店・生産拠点との関係を示す。本社のみ、本社と支社・支店がある事業所、生産拠点を持つ事業所は、約 1/3 前後となった。何らかの被害有り事業所では、本社と支社・支店・生産拠点全てを有する事業所の割合が、回答事業所での割合よりも大きかった。何らかの被害有り事業所 516 社では、図-4 の通り、約 4 割弱が直接・間接被害の両方、約半数が間接被害のみを受けており、間接被害の影響も大きかった。

3. 事業所の営業停止・再開状況の分析

3.1 事業所の営業停止及び再開状況

図-5 は、直接被害有り（直接被害のみ、または直接被害・間接被害の両方）、間接被害のみでの回答差に着目して、本社、主な支社・支店、主な生産拠点（工場等）について、営業再開状況と営業停止日数のクロス集計を行った結果¹⁾である。本社、支社・支店、生産拠点ともに、直接被害を受けた場合は営業停止（「営業再開した」および「まだ再開せず」の割合）が多くなり、カイニ乗検定から統計的な有意差も確認された。一方で、間接被害のみで、直接被害を受けていない場合も約 3 割が営業停止した。

これらのデータを用いて、積み上げグラフ形式により、本社、主な支社・支店、主な生産拠点（工場等）の営業再開曲線を作成した。図-5 に示した通り、本社、支社・支店、生産拠点ともに、直接被害を受けた場合は営業再開が遅い。表-2 には、被害状況に応じた本社、支社・支店、生産拠点の営業再開状況を示す。間接被害のみの場合は、直接被害のみの場合に比べて、発災直後から営業再開している事業所の割合が大きい。図-5 の営業再開曲線から、事業所数の 50%、80%、90%が営業再開している状況に至るまでの発災からの日数を算出したところ、80%の営業再開には約 1-2 か月、90%の営業再開には 2 か月～1 年程度かかったことがわかった。なお、支社・支店の 90%が営業再開するには 331 日かかっており、10%は 1 年以内に営業再開していない。図-6 の横軸は 1 年

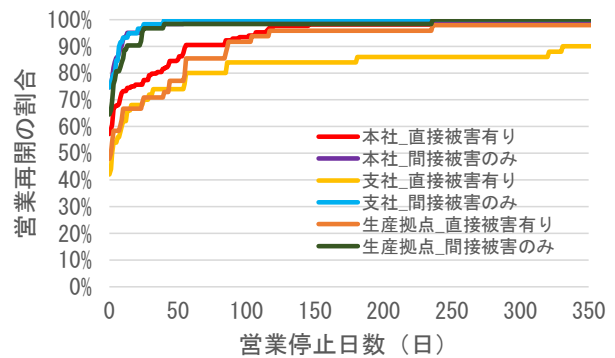


図-6 本社、支社・支店、生産拠点の営業再開曲線

表-2 本社、支社・支店、生産拠点での営業再開状況

分類	被害状況	発災直後の営業再開 (%)	営業再開に要した日数 (日)		
			営業再開率 50%	営業再開率 80%	営業再開率 90%
本社	直接被害有り	57.1	-	35	56
	間接被害のみ	74.7	-	3	9
支社・支店	直接被害有り	42	3	56	331
	間接被害のみ	74.6	-	5	8
生産拠点	直接被害有り	47.9	2	56	87
	間接被害のみ	64.5	-	5	13

(365 日) としているが、支社・支店の全てが営業再開したのは 419 日後となった。支社・支店は、被害の甚大さや顧客の状況等に応じて早期に再開せず、他支社・支店で機能を代替させることも可能と考えられ、一部に早期の回復をあきらめるケースがあると推測された。

3.2 事業所の営業停止及び再開状況への影響要因

図-7 は、本社、支社・支店、生産拠点での具体的な被害¹⁾である。建屋の床上被害や設備被害等の直接被害は約 2 割前後であるのに対し、断水や周辺道路の途絶による影響は半数前後となり、間接被害の影響も大きかった。建屋の床上被害は、約 3 割程度がそれぞれ床上 20cm 未満、20-100cm、101-300cm の被害を受けており、1 割程度が 300cm 以上の被害であった。断水は、直接被害がある場合の方が断水の期間が長くなるが、間接被害のみでも、過半数が 1 週間以上、約 2 割前後は 2 週間以上の断水となった。周辺道路の途絶には、約 4 割前後が 2 週間以上の影響を受けたと回答した。

また、営業継続・再開の妨げになった要因を尋ねたところ、断水、物流の途絶、道路の復旧が進まなかった、従業員が出勤できなかった、停電、取引先（顧客等）が被災した、の順に回答が多くなった¹⁾。

よって、被害状況、図-7 に示した各被害の有無、従業員数、業種、営業継続・再開の妨げになった要因が、どのように営業再開までの日数の大小に影響を及ぼしたのかを把握するため、等分散を仮定した 2 標本による t 検定を実施した。この結果を表-3 及び表-4 に示す。濃い

黄色はp値が0.01未満、薄い黄色はp値が0.05未満により、統計的な平均の有意差があることが確認された項目である。本社、支社・支店、生産拠点のいずれにおいても、直接被害有り・間接被害のみでは、営業再開までの日数に統計的な有意差が確認された。各被害に目を向けると、本社では、建屋の床上被害、設備被害、車両被害（片側検定時のみ）、ガスの途絶の有無により、営業再開までの日数に差が見られた。支社・支店では、建屋の床上被害（片側検定時のみ）、設備被害、停電の有無により、営業再開までの日数に差が見られた。生産拠点では、建屋の床上被害、設備被害、車両被害の有無により、営業再開までの日数に差が見られた。

以上より、前述の通り、間接被害のみでの営業停止が生じたものの、営業再開までの日数に関しては、建屋の床上被害、設備被害、車両被害の有無が大きく影響を及ぼしていることがわかった。

従業員の規模、業種（製造業かそれ以外か）も影響を及ぼしているのではないかと推測したが、本分析結果からは統計的な有意差は見られなかった。従業員規模・業種よりも、被害程度の影響の方が大きいと考えられた。

また、営業継続・再開の妨げになった要因に関しては、本社において物流の途絶の影響、支社・支店において取引先（顧客等）が被災したことの影響が大きく、営業再開までの日数に関して統計的な有意差が見られた。

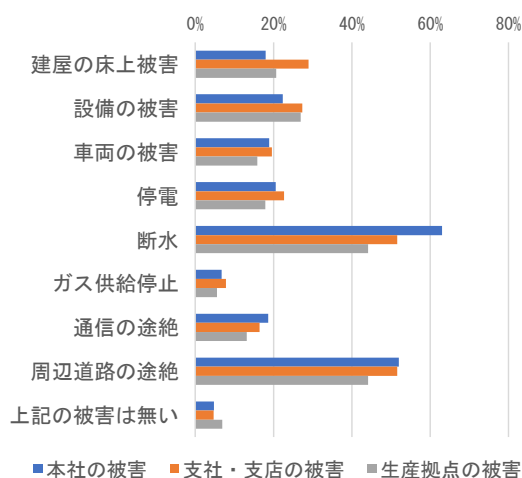


図-7 本社、支社・支店、生産拠点の被害の内容¹⁾

表-3 本社、支社・支店、生産拠点での営業再開に影響を与えた要因に関するt検定の結果（その1）

対象	t検定結果	直接被害・ 間接被害の有無	各被害の有無							
			建屋の床上被害	設備被害	車両被害	停電	断水	ガス途絶	通信途絶	周辺道路
本社	自由度	136	135	132	132	130	131	130	131	130
	t	2.735	3.170	2.427	1.835	1.616	0.638	2.987	1.436	1.011
	P(T<=t) 片側	0.004	0.001	0.008	0.034	0.054	0.262	0.002	0.077	0.157
	P(T<=t) 両側	0.007	0.002	0.017	0.069	0.109	0.524	0.003	0.153	0.314
支社・支店	自由度	41	42	41	42	42	42	42	42	42
	t	2.6635	1.9347	3.4608	1.2747	2.7083	-0.2796	0.7274	0.5046	-0.5479
	P(T<=t) 片側	0.0055	0.0299	0.0006	0.1047	0.0049	0.3906	0.2355	0.3082	0.2933
	P(T<=t) 両側	0.0110	0.0598	0.0013	0.2094	0.0097	0.7812	0.4710	0.6165	0.5867
生産拠点	自由度	44	45	44	45	45	45	44	45	45
	t	2.032	3.075	2.732	2.601	0.223	-0.214	0.397	-0.211	0.172
	P(T<=t) 片側	0.024	0.002	0.005	0.006	0.412	0.416	0.347	0.417	0.432
	P(T<=t) 両側	0.048	0.004	0.009	0.013	0.825	0.832	0.693	0.833	0.864

表-4 本社、支社・支店、生産拠点での営業再開に影響を与えた要因に関するt検定の結果（その2）

対象	t検定結果	従業員20人 以上・19人以下	業種（製造業・ それ以外）	営業活動に影響を与えた要因		
				物流の途絶	従業員が出勤できず	取引先が被災した
本社	自由度	131	132	131	131	132
	t	0.240	-1.373	-2.587	-0.072	1.321
	P(T<=t) 片側	0.405	0.086	0.005	0.471	0.094
	P(T<=t) 両側	0.810	0.172	0.011	0.942	0.189
支社・支店	自由度	42	41	42	42	41
	t	1.6887	-0.9173	-1.0325	0.3321	2.8625
	P(T<=t) 片側	0.0493	0.1822	0.1539	0.3707	0.0033
	P(T<=t) 両側	0.0987	0.3644	0.3077	0.7415	0.0066
生産拠点	自由度	44	44	45	45	45
	t	-0.684	-0.855	-1.191	-1.508	-0.619
	P(T<=t) 片側	0.249	0.199	0.120	0.069	0.270
	P(T<=t) 両側	0.497	0.397	0.240	0.139	0.539

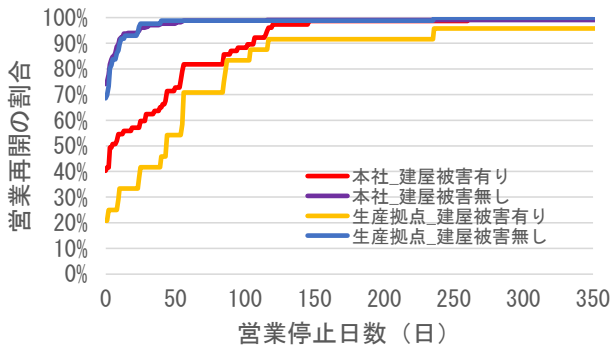


図-8 本社、生産拠点での建屋被害別の営業再開曲線

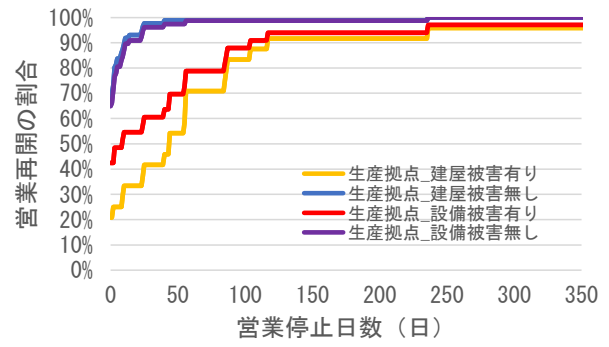


図-9 生産拠点の建屋・設備被害別の営業再開曲線

3.3 被害状況に応じた営業再開曲線

前節の分析に基づき、図-6と同様に、それぞれの被害状況に応じた営業再開曲線を作成した。図-8は本社、生産拠点での建屋の床上被害の有無別の営業再開曲線である。また、表-5に、営業再開に要した日数も示した。建屋の床上被害がある場合、本社の80%の営業再開には約2か月、90%の営業再開には約4か月かかった。生産拠点の50%の営業再開には、建屋の床上被害、設備被害がある場合でそれぞれ約1か月半、9日かかった。生産拠点の80%の営業再開には約3か月、90%の営業再開には約4か月弱かかった。図-9に示した通り、建屋被害・設備被害の有無での営業再開には差があるが、80%再開時点での差は小さくなった。

3.4 浸水深に応じた営業停止日数

国土交通省の治水経済調査マニュアル（案）（令和2年4月版）¹⁰では、浸水深に応じた事業所の営業停止日数を設定しており、床下浸水、床上50cm未満、50-99cm、100-199cm、200-299cm、300cm以上で、それぞれ4.9日、6.4日、13.5日、20.0日、41.2日、56.1日である。事業所の営業停止日数は、令和2年4月版での治水経済調査マニュアルで改訂されているため、図-10に、本調査で得られた被害深さと営業停止日数の関係をプロットするとともに、その図に改訂前後のマニュアルでの営業停止日数を重ね合わせた。直接被害有りの事業所は、概ね紫色の線の上下にプロットされているが、一方で、営業停止日数が半年以上に及ぶ事例も見られた。直接被害が無い間接被害のみの場合は、本マニュアルでは営業停止や停滞を想定しないが、本調査結果では、長期の営業停止の事例が把握された。治水経済調査マニュアルは事業所の平均的な営業停止日数を設定しており、50%営業再開相当を示すと想定すると、おおむね、生産拠点の建屋被害有りの50%営業再開までの日数である44日（表-5）には近い値と言える。

表-5 建屋・設備被害の有無に応じた営業再開状況

分類	被害状況	発災直後の営業再開 (%)	営業再開に要した日数 (日)		
			営業再開率 50%	営業再開率 80%	営業再開率 90%
本社	建屋被害有り	40.3	5	56	107
	建屋被害無し	74.1	-	3	10
生産拠点	建屋被害有り	20.8	44	87	117
	建屋被害無し	68.6	-	3	11
生産拠点	設備被害有り	47.9	9	85	104
	設備被害無し	64.9	-	5	14

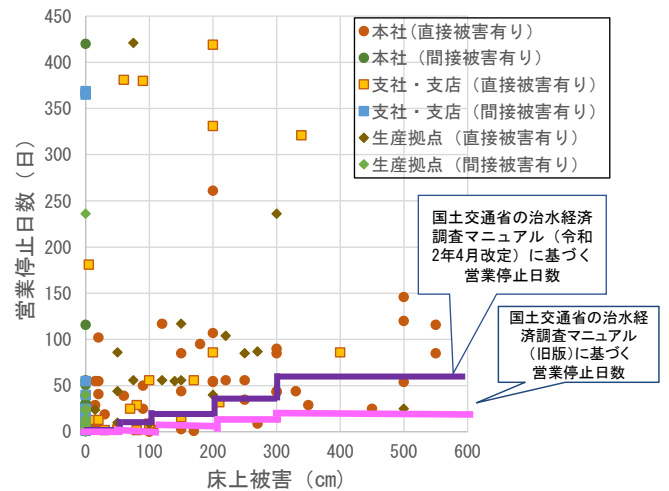


図-10 生産拠点の建屋・設備被害別の営業再開曲線

4. 事業所の生産能力・売上額・職場の環境の回復状況

本節では、さらに 事業所の生産能力・売上額・職場の環境（設備等）に焦点を当てる。何らかの被害のあった事業所に対して、被災直後、2週間後、1か月後、2か月後、半年後、1年後のタイミングにおいて、被災前を100%として比較して、生産能力・売上額・職場の環境がどのように変化したかを尋ねた。

図-11~13は、何らかの被害有り事業所516社、このうち、本社、支社・支店、生産拠点のいずれかの直接被害があった事業所259社、生産拠点に直接被害があった事業所70社、間接被害のみがあった事業所257社での各時期での平均値をプロットした結果である。これより、直接被害有りの場合は、間接被害のみの場合より

も、回復が遅いことが確認された。なお、本社、支社・支店、生産拠点のいずれかに直接被害があった場合、生産拠点に直接被害があった場合では、回復にはそれほど大きな差は見られなかったが、職場の環境は差が見られた。以上より、直接被害・間接被害の状況に応じて、生産能力・売上額・職場の環境の回復には差が生じることが確認された。

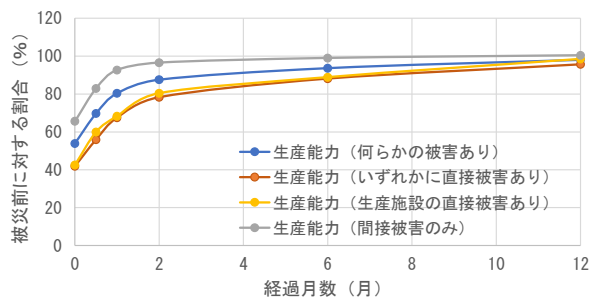


図-11 被害状況に応じた生産能力の回復状況

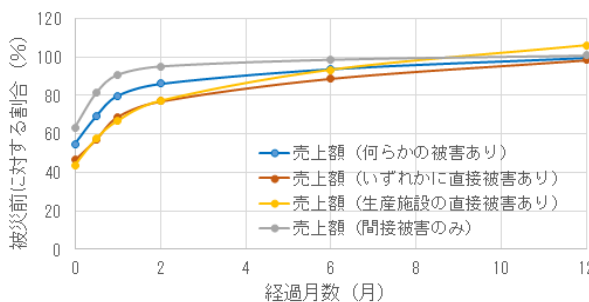


図-12 被害状況に応じた売上額の回復状況

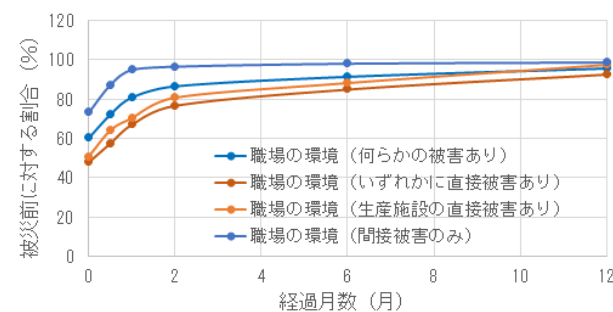


図-13 被害状況に応じた職場の環境（設備等）の回復状況

5. まとめと今後の課題

本研究では、平成 30 年 7 月豪雨災害での広島県・岡山県内の事業所へのアンケート調査に基づき、直接被害・間接被害の状況や被災の詳細に応じた営業再開曲線の作成や、生産能力・売上額・職場の環境などの生産活動に関する回復曲線の作成を行った。これらの分析より、回復曲線に影響を与える要因の把握やそれらによる回復曲線の差異を把握することができた。

営業再開・生産活動等の回復では、ともに、建屋の床

上被害、設備被害、車両被害などの直接被害による影響は大きく、これらの対策の重要性が示唆された。今後は、必要な事前対策や減災のための緊急対応の効果についての更なる分析を続けていく予定である。

謝辞: 本アンケート調査にご回答いただいた事業所の関係者の皆様に感謝の意を表す。また、調査票の作成時には、東北大学災害科学国際研究所の丸谷浩明教授から貴重な助言を頂いた。ここに記して、感謝の意を表す。

参考文献

- 1) 大原美保、南雲直子、藤兼雅和：平成 30 年 7 月豪雨災害による被災事業所の直接被害・間接被害の実態分析、土木学会論文集 B1 (水工学) Vol. 77、No.2、p.I_1387-I_1392、2021.
- 2) 中野一慶、梶谷義雄、多々納裕一：地震災害による産業部門の操業能力の低下を対象とした機能的フラジリティ曲線の推計、土木学会論文集 A1 (構造・地震工学)、Vol.69、No.1、p. 57-68、2013.
- 3) 黒田望、梶谷義雄、多々納裕一：浸水時における事業所資産のフラジリティ曲線の推計：平成 30 年 7 月豪雨を対象として、土木学会論文集 B1(水工学)、Vol.76、No.1、pp.70-80、2020.
- 4) 梶谷義雄、多々納裕一、吉村勇祐：大規模災害時における産業部門の生産能力の推計—東日本大震災を対象として、自然災害科学、Vol. 31-4、pp.283-304、2013.
- 5) 大原美保、南雲直子、澤野久弥：平成 27 年 9 月関東・東北豪雨による常総市内の事業所の被災特性に関する調査研究、土木学会論文集 B1(水工学)、Vol.74、No.4、pp.I_1159-I_1164、2018.
- 6) 中国財務局：平成 30 年 7 月豪雨災害に関する金融機関等からのヒアリング結果等、2018 年 8 月 3 日.
- 7) 消防庁：平成 30 年 7 月豪雨及び台風第 12 号による被害状況及び消防機関等の対応状況 (第 60 報)、令和元年 8 月 20 日版、2019.
- 8) 岡山県：平成 30 年 7 月豪雨災害記録誌、2020.
- 9) 広島県：平成 30 年 7 月豪雨災害による被害等について (第 58 報)、2018.
- 10) 国土交通省水管理・国土保全局：治水経済調査マニュアル (案) (令和 2 年 4 月版)、2020.

ANALYSIS OF MECHANISM OF IMPACT OF WATER-RELATED DISASTERS ON WIDE-AREW LOCAL ECONOMY

Research Period: FY2021-2024

Research Team: River and Dam Hydraulic Engineering Research
Team, Water-related Disaster Research Group

Author: FUJIKANE Masakazu, OHARA Miho, NAGUMO Naoko

“Robustness, Recovery after damage, Emergency response and Build Back Better” are key issues to achieve disaster resilient society. Torrential rainfall in July 2018 affected the enterprises in wide area of the west Japan, bringing direct loss due to inundation and landslides, and indirect loss due to power outage, water outage, road blockage, etc. This paper conducted a questionnaire survey to the affected enterprises in Hiroshima and Okayama Prefectures to understand the actual situation of recovery of their headquarters, branch offices and factories. Recovery curves of their activities and difference of these curves due to direct or indirect loss were identified.