



日本銀行ワーキングペーパーシリーズ

水害が企業財務に与える影響に関する定量分析

山本弘樹*

hiroki.yamamoto@boj.or.jp

仲智美*

tomomi.naka@boj.or.jp

No.21-J-3
2021年3月

日本銀行
〒103-8660 日本郵便（株）日本橋郵便局私書箱30号

*金融機構局

日本銀行ワーキングペーパーシリーズは、日本銀行員および外部研究者の研究成果をとりまとめたもので、内外の研究機関、研究者等の有識者から幅広くコメントを頂戴することを意図しています。ただし、論文の中で示された内容や意見は、日本銀行の公式見解を示すものではありません。

なお、ワーキングペーパーシリーズに対するご意見・ご質問や、掲載ファイルに関するお問い合わせは、執筆者までお寄せ下さい。

商用目的で転載・複製を行う場合は、予め日本銀行情報サービス局 (post.prd8@boj.or.jp) までご相談下さい。転載・複製を行う場合は、出所を明記して下さい。

水害が企業財務に与える影響に関する定量分析*

山本 弘樹[†]、仲 智美[‡]

2021年3月

【要旨】

本稿では、水害が多いというわが国の自然災害面のリスク特性を踏まえつつ、気候関連金融リスクの基礎研究の蓄積に貢献する観点から、水害が企業財務に与える影響を定量的に分析する。水害は局地的なイベントであることから、被災企業が財務面でどのような影響を受けたかを的確に分析するには高い精度と細かい粒度のデータが必要であり、先行研究に対しては、データの精度と粒度に課題があるとの指摘がある。本稿では、その課題を踏まえて、わが国のほぼ全ての水害に関して、被災した面積や建物の棟数などの被害状況を市区町村ごとに記録した「水害統計」と、個別企業レベルの財務データを組み合わせることで、先行研究よりも細かい空間スケールから、より高い精度で、水害が企業財務に与える影響を分析した。

分析の結果、水害が企業財務に与える影響について、以下の3点が明らかになった。第一に水害は製造業や中小企業を中心に利益率に負の影響を与える。第二に水害の利益率への影響は短期に収束する。そして、第三に企業利益への負の影響は、水害経験頻度が低い市区町村に所在する企業ほど大きい傾向がみられる。金融機関は、水害による企業財務の悪化が、これまで以上に生じ得る可能性に十分に注意しつつ、そのリスク特性を考える際、貸出先企業の属性が影響することを念頭に、リスク管理の枠組みを整備し、実践していくことが有益である。

JEL 分類番号：C21, D22, Q54, R10

キーワード：気候変動、自然災害、企業財務、物理的リスク、金融システム

* 本稿の分析に際しては、国土交通省水管理・国土保全局河川計画課から水害統計の提供を受けた。また、本稿の作成に当たり、加藤直也氏、小林俊氏、須藤直氏、鈴木公一郎氏、竹内貴紀氏、玉生揚一郎氏、中島上智氏、中山興氏、平木一浩氏、三尾仁志氏、宮川大介氏（一橋大学）、経済産業研究所企業金融・企業行動ダイナミクス研究会の出席者、日本銀行のスタッフから有益なコメントを頂戴した。記して感謝の意を表したい。ただし、論文の中で示された内容や意見は、日本銀行および金融機構局の公式見解を示すものではない。

[†] 日本銀行金融機構局（hiroki.yamamoto@boj.or.jp）

[‡] 日本銀行金融機構局（tomomi.naka@boj.or.jp）

1. はじめに

近年、地球温暖化に伴う気候変動の進行を背景として、その影響と対策を巡る議論が、世界的に活発化している。文部科学省と気象庁が合同で実施した調査によると、地球温暖化に伴う気候変動の一つとして、わが国では、大雨や短時間強雨の頻度が大幅に高まるなど、雨の降り方が極端になってきている（文部科学省・気象庁[2020]）¹。可住地域面積が狭く、かつ河川の勾配が急である地理的条件も手伝って、わが国では、台風や洪水、地滑りといった水害関連の災害件数が自然災害全体の7割以上を占めている（図表1）²。そのもとで、雨の降り方が極端になってきていることと軌を一つにして、単位面積あたりの水害被害額がここ10年増加傾向にある（図表2）^{3,4}。

こうした傾向は、地球温暖化に伴う気候変動の進行に伴い、今後さらに強まる可能性が高い。この点を巡って、気候変動に関する政府間パネルは、温室効果ガス排出量の国際合意（いわゆる「パリ協定」）を達成するような対策がとられる場合（「RCP2.6シナリオ」）や、追加的な対策がとられなかった場合（「RCP8.5シナリオ」）など、4種類の温室効果ガス排出シナリオを想定したシミュレーションを実施し、いずれのシナリオのもとでも、世界の平均気温は今世紀末にかけて上昇すると結論づけている（IPCC[2013]）。わが国では、文部科学省と気象庁がRCP2.6シナリオとRCP8.5シナリオを想定したシミュレーションを共同で実施し、今世紀末にかけて、わが国の年平均気温は約1.4度から4.5度上昇し、豪雨発生回数も有意に増加すると予測している（文部科学省・気象庁[2020]）。国土交通省は、これら2つのシナリオの下では、洪水発生頻度が2倍から4倍程度に増加するとの試算結果を示しており、わが国においても、地球温暖化に伴う水害発生リスクの趨勢的な高まりが懸念される状況にある（国土交通省[2019]）。

¹ 一般的に、気温が高くなると、大気中に含まれ得る水蒸気量が増加することを背景に、降水の回数が減り、その一方、1回当たりの降水量は多くなる。気象庁の高層気象観測（国内13地点）によるデータからも、上空約1,500mの空気中に含まれる水蒸気量は増加傾向にあることが確認されている。2011年から2020年の10年間における短時間強雨の発生頻度は、1976年から1985年の10年間対比で、1.5倍（1時間に50mm以上の短時間強雨の場合）から1.9倍（同80mm以上の短時間強雨の場合）増加している。

² 大規模災害のグローバルなデータベースとしては、ベルギーのルーベンカトリック大学災害疫学研究所（CRED）が提供するEM-DAT（Emergency Events Database）が広く利用されている。EM-DATは、世界の220超の国・地域を対象に、①死者が10人以上、②被災者が100人以上、③非常事態宣言の発令、④国際救援の要請のいずれかに該当する自然災害を収録している。EM-DATによると、過去40年間に発生したわが国の自然災害の発生件数は世界で7番目に多い。

³ それ以外の要因としては、水害の危険性の高い地域への都市の進出がある。秦・前田（2020）が算出した浸水想定区域内の人口割合をみると、1995年時点の26.8%が直近2015年には28%となるなど、一貫して上昇傾向にあり、水害リスクの高い地域の宅地化が進められていることが窺える。

⁴ なお、浸水面積は、治水事業の進展などを受けて、減少傾向にある（図表2）。

世界の金融関係者の間では、こうした気候変動の進行が、金融機関の健全性や経営、ひいては金融システムの安定性にとって重大なリスクになり得るとの認識が急速に広がりつつある。こうしたリスクは、一般に「気候関連金融リスク」と呼ばれ、その波及経路や計測手法などを巡る議論が、金融関係者の中で活発に行われるようになってきている⁵。気候関連金融リスクは、気候変動による物理的な変化が、企業や家計に経済的損失をもたらす「物理的リスク」と、気候変動問題に対応する政策・技術・消費者の選好の変化等が企業や家計に経済的損失をもたらす「移行リスク」に大別される。水害は、被災した借り手（企業や家計）の返済能力を低下させることなどを通じ、貸し手の金融機関の健全性に悪影響を及ぼし得ることから、物理的リスクの代表例と整理されている。先に述べたとおり、水害はわが国で発生する自然災害件数全体の7割以上を占め、かつその発生リスクが気候変動によって趨勢的に高まることが懸念される状況にあることから、一部の金融機関は、重要な気候関連金融リスクの分析として、水害に伴い想定される与信関係費用を試算し、公表し始めている⁶。

気候関連金融リスクの分析は世界的にも緒に就いたばかりであり、その特性を的確に把握し、管理していくことを目標に、新たな知見が蓄積されている段階にある。こうした流れのなかで、本稿では、自然災害の中でも水害が多いというわが国のリスク特性を踏まえつつ、気候関連金融リスクの基礎研究の蓄積に貢献する観点から、水害が企業財務に与える影響を定量的に分析する。

後述するように、水害は局地的なイベントであることから、被災企業が財務面でどのような影響を受けたかを的確に分析するには、高い精度と細かい粒度のデータが必要となる。この点、わが国には、市区町村レベルという細かな空間スケールで、高い精度で水害の被災状況を長期間調査している国土交通省の「水害統計」が存在する。この統計と、個別企業レベルの財務データを組み合わせることで、海外の既存研究と比べると、より高い精度と細かい粒度で水害の経済的影響を分析することが可能になっている。

本稿の主要な結論は以下の3点である。第一に水害は製造業や中小企業を中心に利益率に負の影響を与える。第二に水害の利益率への影響は短期に収束する。そして、第三に企業利益への負の影響は、水害経験頻度が低い市区町村に所在する企業ほど大きい傾向がみられる。本稿の分析で定量的に識別された影響の大きさについては、水

⁵ 日本銀行は2019年、気候関連金融リスクの分析や対応の検討等を目的とした、中央銀行及び金融監督当局の自主的な集まりである「気候変動リスク等に係る金融当局ネットワーク（NGFS、Network for Greening the Financial System）」に新たに参加し、気候変動を巡る議論への一層の貢献に努める方針である。気候関連金融リスクを巡るこれまでの国際的な議論や先行研究の概要については、芝川・仲・小林[2020]、Furukawa et al[2020]を参照。

⁶ 例えば、3メガ行は水害等を対象に物理的リスクが与信ポートフォリオに与える影響等をシナリオ分析して試算した結果を対外公表している。

害の発生により、企業向け与信の信用コストがどの程度上昇するかを推計する際の基礎情報の一部として、今後活用できると考えられる。

本稿の構成は以下のとおりである。2章では先行研究をサーベイしつつ、本分析の特長を述べる。3章では本分析で用いた水害統計と企業財務データベースについて、その概要を説明する。4章では推計に用いたモデルと、その結果を中心に述べる。5章では本稿の分析結果を纏める。

2. 先行研究のサーベイ

自然災害が経済に及ぼす影響が経済学の分野において研究され始めたのは、比較的最近の2000年代頃からであると言われている（例えば、Lazzaroni and Bergeijk [2014]）。近年、自然災害の頻発や、気候変動による災害強度増加から関心が高まり、実証研究が大幅に増加している。こうした分析はマクロ経済への影響を対象とするものと、企業や家計など個別の主体への影響を対象とするものに大別される。

前者のマクロ経済への影響を対象とする研究は、クロスカントリーのパネルデータを用いたものが中心で、代表的な研究として Skidmore and Toya [2002]、Kahn [2005]、Noy [2009]、Strobl [2012]、Hsiang and Jina [2014]、Felbermayr and Gröschl [2014]などが挙げられる。マクロ経済への影響を分析した64本の論文を対象にメタ分析を行った Lazzaroni and Bergeijk [2014]は、建物や生産設備などの資産の損壊、人的被害などの直接損失については平均して負の影響があることを報告している。もっとも、被災による事業停止や供給網への影響等に起因する間接損失をマクロ経済全体のパフォーマンス等で測った場合については有意ではなかったと指摘している。このほか、GDPへの影響のみを対象にしたメタ分析としては Klomp and Valckx [2014]がある。25本の論文について分析した結果、自然災害は経済成長に有意に負の影響を与えるという結論を得ている。

なお、自然災害は局地的な事象であるため、粒度の粗いデータを用いた分析には限界があり、個別の主体への影響を分析することも重要である。しかし、個別の主体の被災状況を特定するデータは、きわめて入手が困難であることもあって、個別の主体への影響を分析する研究は、マクロ経済への影響を分析する研究に比べて少ない。

なかでも、本分析の射程である水害が企業財務に与える影響を扱ったものは Leiter et al. [2009]、Noth and Rehbein [2019]が挙げられる程度である。Leiter et al. [2009]は、2000年に欧州で起きた洪水を対象に、被災地域に所在する企業と非被災地域に所在する企業における、被災後の雇用、総資産、生産性の平均的なパフォーマンスの違いを分析した。その結果、被災地域に所在する企業は、非被災地域に所在する企業対比、被災後の雇用や総資産の伸びが有意に大きいが、生産性については、有意な差はなかったとしている。Noth and Rehbein [2019]は、2013年にエルベ川で発生した洪水を対象に、被災地域に所在した企業と非被災地域に所在した企業における被災後の売上高、

有形固定資産、レバレッジ比率、現金残高の差異を分析した。有形固定資産への影響は有意差がなかったものの、被災地域に所在した企業は、非被災地域に所在した企業対比で、被災後の売上高が増加し、レバレッジ比率は低下し、現金は増加した。全体として、被災地域に所在した企業のパフォーマンスは、非被災地域に所在した企業対比で良いとしている。

興味深い点として、これらの先行研究では、水害が企業活動に与える影響はマイナスとはなっていない。その要因の一つとして、専門家からは、説明変数として用いる自然災害の特定に用いるデータの精度や、説明変数・被説明変数に用いるデータ粒度に限界があることが指摘されている⁷。

前者の説明変数として用いる災害特定データの精度に係る問題については、先行研究で頻繁に利用されてきた上述の EM-DAT の限界が指摘されている (Felbermayr and Gröschl [2014]、Strobl [2012])。EM-DAT は、世界各国で発生した自然災害について、その発生時期・場所や死傷者数、保険金の支払額などから推定された被害額などを公開しており、データの収録期間と利用可能性などの点で他の自然災害関連のデータベースにはない長所がある。このため、先行研究では、自然災害の有無や強度を表す代理変数として EM-DAT に収録されたデータが頻繁に用いられており、Lazzaroni and Bergeijk [2014]はメタ分析の対象とした論文のうち、6割以上が EM-DAT を利用していると報告している。ただし、EM-DAT は、報道や保険金の支払いに関するデータ等の様々な情報源を収集可能な範囲で収集・構築されており、異なる国と地域を比較する際、データの一貫性や捕捉範囲の充分性が確保できていないという問題が指摘されている。例えば、先進国と途上国を比較した場合には、先進国において報道体制が充実していることや、保険加入率が高いことから、先進国で発生した自然災害は EM-DAT に収録されやすいという傾向がある。加えて、先進国は、一人当たり GDP の水準が高いという傾向があるため、国単位でみた EM-DAT による自然災害の捕捉率と一人あたり GDP には正の相関がある (Felbermayr and Gröschl [2014])。EM-DAT にはこうしたセレクションバイアスがあり得るため、多くの先行研究で行われてきたように、災害を特定する際の変数として EM-DAT を利用し、生産性への影響を単純に最小二乗推計すると、「先進国とそれ以外の国におけるデータ捕捉力の違い」という潜在変数の影響が混入し、パラメータ推計値が上方バイアスを持つリスクがある。

こうした問題点を踏まえて、近年の研究では、気象データ等の一次データが災害特定のためのデータとして利用される傾向があり、EM-DAT と気象データ等を使った推

⁷ このほか、自然災害が実際に経済活動にプラスの要素があることも指摘されている。災害で毀損した設備を最新のものに入れ替えることによる技術刷新の影響があり、こうした影響が強いと推計結果が有意に負とならないこともあり得る (例えば Skidmore and Toya [2002])。今回の分析では、これらの影響も含めて企業財務に対する影響を推計しているため、こうした要素が支配的かどうかを推計結果から確認できる。

計結果を比較することで、EM-DAT の活用上の留意点を指摘する研究もみられている。例えば、Strobl [2012]は、ハリケーンが中央アメリカ諸国の GDP 成長率に与えた影響を分析する際、災害を特定するデータとして、風速を用いた場合と、EM-DAT に収録されている被害額や死者数を用いた場合の推計結果を比較し、前者では影響が有意に負となるが、後者では有意な差が得られないことを示した⁸。Felbermayr and Gröschl [2014]は、最大 108 か国を対象に、自然災害が一人あたり GDP 成長率に与える影響を分析し、災害の特定に気象データ等を用いると、影響は有意に負となるが、EM-DAT を利用した場合は有意に正となることを示した。

後者の説明変数・被説明変数に用いるデータの粒度、すなわち空間スケールの細かさに関する問題点について、Botzen et al. [2019]は、局地的なイベントである自然災害の経済的影響について、地域や国単位の分析にとどまっており、データの空間的な細かさが不足している点を今後の分析課題として指摘している⁹。

特に、企業など個別の主体への影響を分析する際には、マクロ経済への影響を分析する場合と比べ、説明変数、被説明変数の両者についてより細かい空間スケールのデータを利用することで、観測誤差がもたらすパラメータの推計誤差をなるべく小さくすることが重要だと考えられる。理想的には、個別の主体レベルで災害影響を特定し、その主体の置かれた経済的状況がどのように推移したかを経過観察できるような状態が実証分析には最も適している。もっとも、実際には、個別の企業レベルで災害の影響を特定可能なデータベースは、入手がきわめて困難である。そこで、先行研究では、災害が特定された地域に属する企業が全て被災したとみなして分析を行うことが一般的である。こうした変数処理により、個別の企業が被災しているかどうか、という本来の情報を代表値で近似してしまい、観測誤差が生じる。なお、こうした観測誤差は、災害を特定する際の空間スケールを小さくすればするほど、小さくなる。

先行研究で用いられた災害を特定する際の空間スケールを確認すると、Leiter et al. [2009]では、EU における地域統計分類単位のレベル 2 (NUTS2) を用いている。これは各地域における人口の平均値が 80 万から 300 万人の範囲にあり、わが国でいえば、概ね都道府県程度の大きさである¹⁰。Noth and Rehbein [2019]においては、EU における地域統計分類単位のレベル 3 (NUTS3) に該当するドイツの郡 (“Kreise”) 単位で水

⁸ これに加えて、両者のデータを直接比較した場合に、EM-DAT には大きな被害を発生させたハリケーンが含まれていないことなどから、少なくとも EM-DAT で中央アメリカのハリケーンが GDP 成長率に与える影響を分析する上では留意が必要である指摘している。

⁹ 加えて、Botzen et al. [2019]では、5 年以上といった長期の自然災害の影響を分析した研究が不足していることも課題として挙げている。この点を踏まえ、本稿では、10 年に亘る長期の影響分析も試みている。

¹⁰ わが国の 47 都道府県のうち、約 7 割が人口 80 万から 300 万人の地域に該当する。

害を特定しており、NUTS3 に該当する地域における人口の平均値は、15 万から 80 万人の範囲にある。

以上述べてきたような先行研究の課題に対処するべく、本稿では、わが国のほぼ全ての水害に関して、被災した面積や建物の棟数などの被害状況を、先行研究と比べて大幅に細かい空間スケールである市区町村ごとに記録した「水害統計」と、個別企業レベルの財務データを組み合わせることで、説明変数として用いる自然災害の特定に用いるデータの精度と、説明変数・被説明変数に用いるデータ特定のためのデータの粒度の双方を高めた分析を行う。

3. 分析に用いたデータ

以下では、本稿で災害の特定や企業への影響を把握する際に用いたデータの精度・粒度について詳しく述べる。

3 - 1. 水害統計

本稿では、災害の特定を巡る前章で述べた先行研究の課題を踏まえ、わが国のほぼ全ての水害に関して、被災した面積や建物の棟数などの被害状況を、先行研究と比べて大幅に細かい空間スケールで市区町村ごとに記録した「水害統計」を用いて推計を行う。水害統計は、統計法に基づき治水に係る行政施策の実施に必要な基礎資料を得ることを目的に、規模の大小を問わず水害により発生した被害を、国土交通省が都道府県や市区町村とともに調査した統計で、1961 年以降、毎年継続して調査を実施している。水害統計の調査対象は、①世帯、事業所、農地といった一般資産、②河川や海岸の堤防、砂防設備といった公共土木施設、③鉄道、水道、電力といった公益事業の三種類であり、市区町村単位で、宅地・農地別の被害面積や、浸水の度合い別の被害建物棟数、世帯や事業所の被災数といった被害状況が記録されているほか、資産評価額などの係数を乗ずることで被害額も算出している。例えば、1993 年から 2018 年の 26 年間でみると、平均して年間 5,000 件程度の事業所が被災していることがわかり、わが国の総事業所の約 0.1%程度が毎年被災している計算になる。

本稿では、Leiter et al. [2009]や Noth and Rehbein [2019]のように、あるタイミングで発生した特定のイベントだけに注目するのではなく、1993 年以降に発生したほぼ全ての水害を対象に、水害統計によって、①当該市区町村に（世帯や事業所、公共土木施設といった対象は問わず）水害被害が生じたかどうか、②当該市区町村に所在する事業所において水害被害が生じたかどうか、③事業所において水害被害が生じた場合、水害の規模はどの程度だったかを特定している。筆者らの知る限り、これだけ細かな空間スケールで、大規模かつ広範な水害の事例を扱った実証分析は存在しない。

なお、本稿では、③の水害の規模を測る変数として、事業所の被災数を経済センサス等に収録されている総事業所数¹¹で除した値を用いている。本稿ではこれを「事業所被災率」と呼んでおり、各年について市区町村ごとに算出している。

3-2. 企業財務

水害を受けた企業への影響を分析するための財務データについては、帝国データバンクが提供する「COSMOS2」を使用する。COSMOS2は、数百万社に上る国内法人企業について、売上高や最終利益といった財務情報や所在地、業種といった属性情報などを含み、1976年からデータが収録されている。ただし、法人を収録対象としているため、水害の影響を大きく受けると予想される農業部門のうち、法人ではない農業従事者は本稿の分析の対象とならない点には留意が必要である¹²。

先に述べたように、個別の企業レベルで災害の影響を特定可能なデータベースは、入手がきわめて困難であり、本稿の分析も、その例外ではない。もっとも、本分析で災害特定に用いた水害統計は、わが国の市区町村レベルで水害を特定している。市区町村の人口の平均値は6万人程度であり、Leiter et al. [2009]やNoth and Rehbein [2019]といった先行研究と比べて、より細かい空間スケールで説明変数・被説明変数を作成出来ている点が特長である¹³。

4. 水害が企業財務に与える影響

4-1. 推計手法の枠組み

推計の際には、COSMOS2に収録されている企業の所在地情報と、水害統計の市区町村別の事業所被災率をマッチングして構築したパネルデータを用いる。事業所被災率を利用して水害が企業財務に与える影響を推計することで、水害の規模を考慮した分析が可能となる。なお、事業所の被災と企業の被災は厳密には対応していないが、一般的には事業所は企業を構成する一部または全部であり、事業所被災率と企業の被災率の関係は密接であることが想定されるため、事業所被災率を企業の被災率の代理変数として利用している。

推計式に関して、先述のLeiter et al. [2009]やNoth and Rehbein [2019]ではDID (Difference-in-Differences) により影響を推計しており、本稿もこれに従う。DIDとは、処置群と対照群に含まれるサンプルの平均値の差を二時点の差で比較することによりイベントの効果を推計する手法である(図表3)。ここで、処置群とは特定のイ

¹¹ 総事業所数には、2009年以降は経済センサス、それより以前は事業所・企業統計を用いている。なお、事業所数が調査されていない年については、該当年より過去で最も該当年に近い調査時点の値と同一とした。

¹² なお、本稿での「企業」との表記は、法人企業を意味している。

¹³ 例えば、東京都23区における1区あたり平均人口が40万人程度である。

イベントの影響を受けたサンプル群、対照群とは特定のイベントの影響を受けていないサンプル群と定義される。処置群と対照群には両者共通の時間の変化による効果が含まれ、処置群にのみ、イベントを経験した効果が含まれると仮定する。今回の分析に当てはめると、水害を経験した市区町村に企業が所在しているかどうかで推計対象の企業を処置群と対照群に分け、水害発生前後での両群の財務変数の平均値の変化幅を比較することで、水害の影響を推計する。

ただし、Leiter et al. [2009] や Noth and Rehbein [2019] では、分析対象となる水害が一時点のみであるのに対して、本稿では、複数時点の水害を分析対象とする。このため Wooldridge [2007] に従い、二時点の DID を拡張した二方向固定効果モデルにより推計する。本稿での推計式は、以下のとおりである。

$$y_{i,t} = c + \alpha D_{i,t}^0 + \beta D_{i,t} + \gamma H_{i,t} + \nu_i + \nu_t + \varepsilon_{i,t}. \quad (1)$$

なお、この推計式は Felbermayr and Gröschl [2014] などでも利用されており、Botzen et al. [2019] で述べられているように自然災害が経済活動に与える影響に関する実証分析において頻繁に利用される、一般的な定式化である。 $y_{i,t}$ は COSMOS2 に収録されている企業 i の各時点 t における財務データである。分析対象の財務データには、長期時系列でのデータが利用可能な、最終利益を売上高で除した値（以下、利益率）と売上高前年比の値を利用した¹⁴。 $D_{i,t}^0$ は、時点 t において企業 i が所在する市区町村が、水害を経験して、かつ事業所の被災がない場合に 1、そうでない場合は 0 をとるダミー変数である。 $D_{i,t}^0$ は、市区町村内の事業所は被災していないものの、家計や公共施設が被災している場合に、水害が間接的に企業に与える影響をコントロールしている。 $D_{i,t}$ は、企業 i が所在する市区町村の事業所被災率（算出方法は 3-1. を参照）の時点 t における値がゼロより大きい場合に 1、そうでない場合に 0 をとるダミー変数である¹⁵。 $H_{i,t}$ は企業 i が所在する市区町村の時点 t における事業所被災率であり、これにより、市区町村レベルでみた水害の規模に応じた企業財務への影響を捉えることが可能となる。 ν_i は企業 i の固定効果で、 ν_t は同時点 t のトレンドをコントロールするための時間効果である。推計期間は、水害統計がスプレッドシート形式で利用可能な 1993 年から 2018 年の 26 年間とした。なお、水害の影響は単年で収束するとは限らず、複数年間残存する場合もあり得る。この場合には t 時点で水害を経験した効果と t 時点よりも過去に水害を経験した効果が $y_{i,t}$ に含まれてしまい、影響を正しく推計できない可能

¹⁴ 外れ値の影響を取り除くために、売上高前年比と利益率に関しては、全サンプルのうち、1 パーセント以上かつ 99 パーセント以下値の値を推計対象としている。

¹⁵ この推計式においては、 $D_{i,t}$ は事業所被災率 ($H_{i,t}$) がゼロの場合の対照群との処置群の企業財務の平均的な差を示しており、規模の大きな災害の効果を測る上では、殆ど影響がないと考えられるが、定式化の誤りを避けるために変数として含んでいる。推計結果から、その影響が僅少であることは、確認できている。具体的には、4-3. において 25% 程度の事業所被災率を想定した場合は、水害における利益率の変化幅のうち、 $D_{i,t}$ の寄与度は業種別にみても 0.03% 前後であった。

性がある。このため、本稿の推計では特に明示しない限り、水害の影響は水害発生時点の翌年から起算して5年で影響が収束すると仮定¹⁶し、 t 時点を含まない過去5年間で複数回水害を経験したケースは推計対象から除いた。以下、本稿においては、「過去 h 年間」は、 $t-1$ 時点から $t-h$ 時点までを指し、「水害発生から h 年間」は $t+1$ 時点から $t+h$ 時点までを指す。

4-2. 記述統計量の特徴点

推計に用いた被説明変数の記述統計量を図表4に示した。売上高の平均値は、水害を経験している地域は-1.6%程度である一方、水害を経験していない地域に属している企業は-1.3%程度であり、後者の方がマイナス幅がやや小さい。売上高の標準偏差は、両者ともほぼ同様に、22%程度である。利益率の平均値は、水害を経験している地域に属している企業と水害を経験していない地域に属している企業では、両者共に、0.8%程度である。利益率の標準偏差は、それぞれ5.4%と5.7%と後者の方が大きい。推計に用いた説明変数の記述統計量を図表5に示した。水害を経験していない地域に属するデータの観測数は約1,700万で、水害を経験している地域に属するデータの観測数は約1,500万であり、両者でバランスのよいサンプルサイズを確保できている。

4-3. 短期的な影響

「短期的な影響」とは、1年単位でのデータを分析している本稿において、分析が可能な最も短い期間である、水害が発生した年の企業財務への影響を指す。Leiter et al. [2009]では、水害が発生した年を含む3年間で短期と扱っているが、本稿では、水害が発生した翌年以降も対象とする場合は長期として扱う。

推計においては、全サンプルを対象とした全企業規模・全産業（以下、全規模・全産業）での推計に加えて、対照群と処置群の属性を揃えるために、業種別や企業規模別でのサブサンプル推計も実施した。ここでは、相応に規模の大きい水害がどの程度の経済的インパクトがあるのかを確認するために、パラメータを推計した上で、年最大事業所被災率の1993年から2018年の平均値に相当する、25%程度の事業所被災率を想定した結果を示す。

・売上高前年比への影響

売上高前年比への影響を確認すると、全規模・全産業を対象とした推計では、点推定値からは負の影響がみてとれる。業種別の推計結果でも、建設業を除き、売上高前年比の点推定値はマイナスである。ただし、いずれも、統計的に有意な差ではない。規模別についても結果は同様である（図表6）。

¹⁶ この推計結果は、水害発生から5年間のうちに影響が収束している場合において妥当となるが、この点は脚注18を参照されたい。

・ 利益率への影響

利益率への影響を確認すると、全規模・全産業を対象とした推計では、統計的に有意に負の影響が確認できる。業種別の推計結果では、製造業やサービス業でも有意に負の影響が確認できる。水害の負の影響がどの程度のインパクトかを評価するために、推計された各企業の誤差項 ($\varepsilon_{i,t}$) を水害以外のショックと解釈し、市区町村別に平均した誤差項の分布と 25%の事業所被災率を想定した際の点推定値を比較すると、特に製造業では、水害が製造業に与える影響は下位 1% タイル値に近い非常に大きな負の影響があるほか、サービス業でも、下位 10% タイルを超える大きな負の影響がある¹⁷。企業規模別に確認すると、中堅・中小企業では有意に負の影響があり、同様に各企業の誤差項 ($\varepsilon_{i,t}$) を市区町村別に平均した分布と比較すると、下位 5% タイル値に近いインパクトであり、大きな負の影響だと評価できる (図表 7)。

・ 水害発生頻度と利益率への影響の関係

全規模・全産業のサンプルを推計対象として、統計的に有意な差となった利益率に関して、水害発生頻度と利益率低下の関係を確認した。具体的には、 t 時点よりも過去 10 年間、過去 15 年間、過去 20 年間において、複数回水害を経験したサンプルを推計対象から除き、全規模・全産業のサンプルを対象に推計を行った。図表 8 で結果を確認すると、水害経験頻度が低い程、利益率への負の影響が大きいことがわかる。

4 - 4. 長期的な影響

次に、長期的な影響については、Jordà [2005] による LLP (Local Linear Projection) の枠組みでインパルス応答を確認する。LLP は、モデルを推計する際の、説明変数やラグ数の選択といった定式化の誤りに対して頑健性が高いといった利点がある。推計式は、(1) 式の被説明変数の時点を h 進めた

$$y_{i,t+h} = c_h + \alpha_h D_{i,t}^0 + \beta_h D_{i,t} + \gamma_h H_{i,t} + v_i + v_t + \varepsilon_{i,t+h} , \quad (2)$$

を用いる。全産業、製造業、建設業のサンプルを対象に、 h が 0 から 10 のケースで推計して得たパラメータ γ_h を図表 9 に示した。全産業の結果を確認すると、水害が発生した年に有意に負の影響が確認されて以降は、有意な影響がみられない。業種別に確認しても、水害が発生した年に負の影響がある製造業や、正の影響がある建設業で、

¹⁷ 25%の事業所被災率を想定した際の点推定値は、市区町村内で被災した 25%の企業への影響と、被災していない 75%の企業への影響とを平均した結果が得られている。被災した企業のみに影響があり、被災していない企業には影響がないと仮定すると、市区町村が 100%被災した場合は個別企業への影響を表していると近似的に解釈が可能である。企業 1 社への影響は、図表 6 から図表 8 に示した結果の 4 倍程度の影響があると試算できる。

影響は水害発生から1年間のうちに有意でなくなり、水害の反動とみられる影響も水害発生から6年間のうちに有意でなくなる¹⁸。

4-5. 結果の考察

財務変数別の結果を比較すると、売上高前年比への影響は点推定値ではマイナスに出る傾向がみられたが、いずれの場合も統計的に有意でない一方、利益率への影響は有意となる場合が多かった。利益率への影響は減損が主に負の影響を与えていると考えれば、Lazzaroni and Bergeijk [2014]で整理されるような直接損失と整理でき、売上高に関しては、生産停止等の影響を捉えていることから、間接損失と整理できる。こうした解釈の下では、Lazzaroni and Bergeijk [2014]で得られたメタ分析の結果である、直接損失に対しては有意に負の影響が得られるが、間接損失に対しては有意な差が得られなかったという結果と、本分析の結果は整合的である。こうした差が生じる要因としては売上高と利益の代替可能性の違いが可能性として考えられる。売上高に関しては、被災した企業が一定期間営業できないことによる売上高の減少分が、自らの異時点間（但し、後述する通り数か月間程度）の代替的な供給で補われたり、同一市区町村内の同業他社による代替的な供給で補われたりしている可能性がある。

一方で、利益率については、保有資産の毀損による減損損失や現状復旧までの費用として、主に特別損失への計上の影響すると考えられる。特別損失においては、売上高で想定されるような代替が生じるとは考え難い。

売上高と利益率のように、代替が生じる変数と代替が生じない変数を比較した場合に、本稿の推計では前者は有意となり難い。例えば、被災して供給活動を停止した同一企業による異時点間の代替的な供給が、数か月程度といった比較的早期に行われるのであれば、財務データは一年単位であるため、一年間の売上高の減少は殆ど観察されず、パラメータの絶対値は小さくなる。加えて、同一市区町村内の代替が大きく働く場合は、同一市区町村内において、売上高が水害により減少する企業と、その代替により増加する企業に分かれる。仮に市区町村内で完全に代替が発生している場合は、水害の影響は市区町村内全体ではゼロとなることに加え、企業の間での分散が大きくなることから、やはり推計結果は有意な差となり難い¹⁹。この点を確認するために、売上高前年比と利益率の市区町村内の標準偏差が水害を経験した市区町村で上昇す

¹⁸ 前節の推計結果は過去5年間水害を複数回経験しているケースを推計対象外としたが、この結果から得られたように、建設業以外は4年間のうちに影響が有意でなくなる。建設業は5年後に有意に負の影響があるため、厳密には前節で示した建設業の結果とそれを含む全規模・全産業ベースの結果は若干バイアスを有する可能性がある。ただし、過去10年間で水害を複数経験しているケースを対象外として推計した場合でも前節で得られた結果は殆ど変わらなかったことを確認している。

¹⁹ 今回の推計で用いた事業所被災率 ($H_{i,t}$) は市区町村内全体での被災率を表しているため、各水害においては、 $H_{i,t}$ がゼロより大きかったとしても、被災していない企業と被災している企業の両方が含まれている点には注意が必要である。

るかどうかを推計した²⁰。推計結果を確認すると、売上高前年比に関しては、水害を経験した市区町村において、10%有意水準で有意な標準偏差の上昇が確認され、利益率に関しては、10%有意水準で有意な差が得られなかった。両者の結果から、水害発生時に同一市区町村内で代替が発生している可能性をデータからも確認できた。このほか、図表6と図表7の業種別の結果を比較すると、売上高前年比の影響度の大小関係は利益率の大小関係と一致していることから、売上高は個別企業の水害による影響を測る上では、適切な指標の一つであり、個別企業の被災状況について、より粒度の細かなデータがあれば、マイナスの影響が識別できる可能性もある。水害の被害を受けた地域での売上高前年比が上昇することや、業種別にみた水害の影響は売上高前年比でも、利益率でも同様の傾向があることから、個別企業単位で見れば、売上についても水害による負の影響を受けている可能性は相応にあると考えられる。

利益率における業種別の結果について、製造業で大きな負の影響が確認される背景には、製造業が装置産業であることから、生産設備に対して、減損や復旧費用が発生しやすいことがあると考えられる。こうした解釈は、利益率の押し下げが主に特別損失によるものとした上記の考察と整合的である。これに加えて、製造業の方がサービス業や卸・小売業に比べて、同一市区町村内の同業他社による代替的な供給が発生しにくい性質をもった業種と考えられることも、製造業で負の影響が他業種対比で大きくなる要因の一つとして働いている可能性がある。建設業での影響が有意でないもののプラスとなるのは、復興需要が発生するためと推察される。このほか、中堅・中小企業において有意な影響が確認される背景には、大企業対比で営業・生産拠点が集約されており、局地的なイベントである水害の影響を強く受けるためと考えられる。

なお、水害経験頻度と利益率の低下幅の関係を確認すると、水害経験頻度が低い企業の方が、利益率の下落幅が大きい傾向にある。この結果は、被災を経験した企業が水害への備えを強化すると仮定すれば、水害の経験頻度が高い市区町村に所在する企業の方が、備えによって被害を軽減させている可能性を示唆すると解釈できる。

最後に、図表9において確認できるように、水害による利益率への負の影響は比較的短期で収束することが確認できる。特別損失は例外的な損失であり、経常的に計上されるものでないことから、利益率の押し下げは主に特別損失によるものとした先述の考察とも整合的である。

²⁰ 被説明変数には個別企業の売上高前年比、利益率のそれぞれにおいて、(1)式で示した、時間効果と固定効果を業種ごとに計算し、差し引いた値に対して、各市区町村の各年の各業種で標準偏差を計算した値を使用した。説明変数には、市区町村が水害を経験したかどうかのダミー変数 ($D_{i,t}$) を使用した。推計は市区町村別かつ業種の属性による個別効果と時間効果を考慮した二方向固定効果モデルにより行った。推計対象は被説明変数が計算可能な観測値の全てとし、観測数は142,308である。

5. まとめ

本稿では、水害が企業財務に与える影響について、水害統計と個別企業の財務データを組み合わせて分析し、先行研究では確認されていなかった、水害が企業財務にマイナスの影響を与えるという点を統計的に確認した。具体的な結果は以下の3点である。第一に水害は製造業や中小企業を中心に利益率に負の影響を与える。第二に水害の利益率への影響は短期に収束する。第三に企業利益への負の影響は、水害経験頻度が低い市区町村に所在する企業ほど大きい傾向がみられる。

その上で、業種や企業規模などの企業の属性によって、負の影響の大きさが異なることも明らかにした。水害が企業財務に与える影響は負であるという結果は、金融機関は物理的リスクの管理に取り組む必要があることを示唆する。さらに、水害が企業財務に与える影響が企業の属性によって異なるという結果は、貸出先の企業が直面する物理的リスクは、企業の属性によって異なることを意味し、リスク特性に応じたリスク管理を金融機関が行う上で、重要な結果である。気候変動が進めば、水害の頻度が増加すると予測されているわが国において、金融機関は、物理的リスクに対するリスク特性が企業の属性により異なるということを認識し、地球温暖化に伴う気候変動の進行を背景として、水害による企業財務の悪化が、これまで以上に生じ得る可能性に、十分に注意する必要がある。

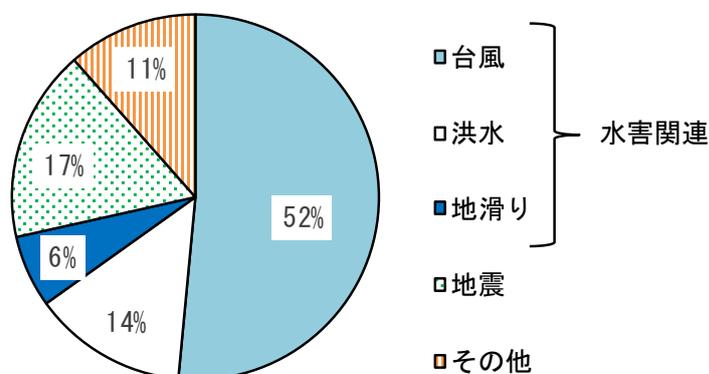
今後の課題として、水害の発生により、企業向け与信の信用コストがどの程度上昇するかを推計する際には、本稿で得られた定量的な結果を参考にしつつ、水害が与信先の債務返済能力に与える影響や、保有資産価値に与える影響を含めたきめ細かな分析を積み重ねていくことが挙げられる。

参考文献

- 国土交通省 気候変動を踏まえた治水計画に係る技術検討会（2019）、「気候変動を踏まえた治水計画のあり方 提言」.
- 芝川正・仲智美・小林俊（2020）、「気候関連金融リスクに関する国際的な動向 —金融システム面での新たな議論—」、日銀レビュー・シリーズ、No. 2020-J-16.
- 秦康範・前田真孝（2020）、「全国ならびに都道府県別の洪水浸水想定区域の人口の推移」、災害情報、No.18-1、107-114 頁.
- 文部科学省・気象庁（2020）、「日本の気候変動 2020 — 大気と陸・海洋に関する観測・予測評価報告書 —」（詳細版）.
- Botzen, W. J. W., Deschenes, O., and Sanders, M. 2019. "The economic impacts of natural disasters: A review of models and empirical studies," *Review of Environmental Economics and Policy*, 13(2):167 - 188.
- Felbermayr, G., and J. Gröschl. 2014. "Naturally negative: the growth effects of natural disasters," *Journal of Development Economics*, 111:92 - 106.
- Furukawa, K., I. Ichiue, and N. Shiraki. 2020. "How Does Climate Change Interact with the Financial System? A Survey," Bank of Japan Working Paper Series, No.20-E-8.
- Hsiang, S. M., and A. S. Jina. 2014. The causal effect of environmental catastrophe on long-run economic growth: evidence from 6,700 cyclones. Working Paper 20352, National Bureau of Economic Research.
- IPCC, 2013. "Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change" [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535 pp.
- Jordà, Ò. 2005. "Estimation and Inference of Impulse Responses by Local Projections," *American Economic Review*, 95:161 - 182.
- Kahn, M. E. 2005. The death toll from natural disasters: the role of income, geography and institutions. *Review of Economics and Statistics*, 87:271 - 284.

- Klomp, J., and K. Valckx. 2014. "Natural disasters and economic growth: a meta-analysis," *Global Environmental Change*, 26:183 - 195.
- Lazzaroni, S., and P. A. G. van Bergeijk. 2014. "Natural disasters' impact, factors of resilience and development: A meta-analysis of the macroeconomic literature," *Ecological Economics*, 107:333 - 346.
- Leiter, A. M., H. Oberhofer, and P. A. Raschky. 2009. "Creative disasters? Flooding effects on capital, labour and productivity within European firms," *Environmental and Resource Economics*, 43:333 - 350.
- Noth, F., and O. Rehbein. 2019. "Badly hurt? Natural disasters and direct firm effects," *Finance Research Letters*, 28:254 - 258.
- Noy, I. 2009. The macroeconomic consequences of disasters. *Journal of Development Economics*, 88:221 - 231.
- Skidmore, M., and H. Toya. 2002. "Do natural disasters promote long-run growth?," *Economic Inquiry*, 40:664 - 687.
- Strobl, E. 2012. "The economic growth impact of natural disasters in developing countries: evidence from hurricane strikes in the Central American and Caribbean regions," *Journal of Development Economics*, 97:130 - 141.
- Wooldridge, J. 2007. "What's new in econometrics?," Lecture 10 difference-in-differences estimation. NBER Summer Institute.

(図表 1) 日本における種類別自然災害発生件数

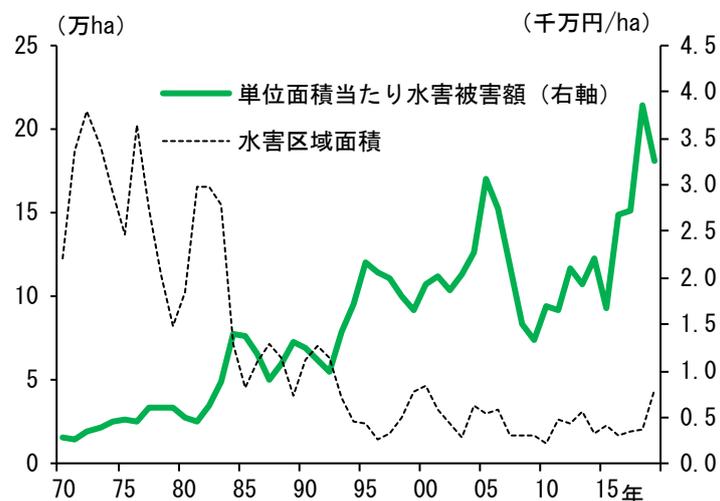


(注 1) EM-DAT は、①死者が 10 人以上、②被災者が 100 人以上、③非常事態宣言の発令、④国際救援の要請のいずれかに該当する世界の自然災害を収録。

(注 2) 1980～2020 年に日本で発生した災害、238 件を集計した。

(資料) EM-DAT, CRED / UCLouvain, Brussels, Belgium - www.emdat.be (D.Guha-Sapir)

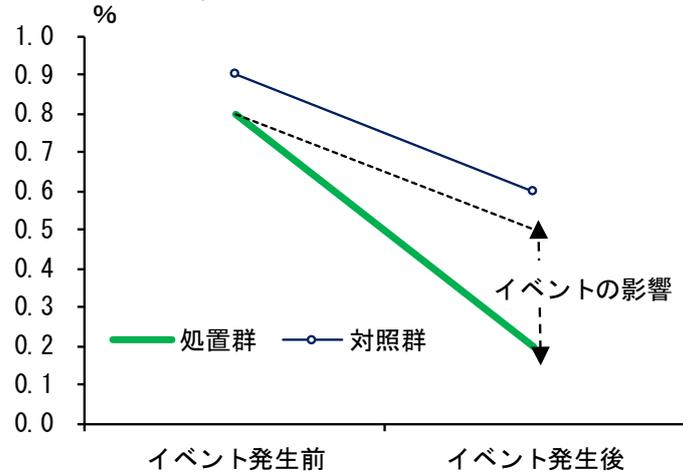
(図表 2) 水害被害の状況



(注) 後方 3 年移動平均。水害被害額は 2011 年価格。直近は 19 年暫定値で、18 年のデフレーターを用いた。水害被害額は、洪水、内水、高潮などの水害により、個人や法人が所有する資産、公共土木施設、運輸・通信などの公益事業施設が受けた被害が対象。

(資料) 国土交通省

(図表 3) DID のイメージ



(注) 対照群とは分析対象のイベントの影響を受けていない集合のことを指す。処置群とは分析対象のイベントの影響を受けた集合のことを指す。

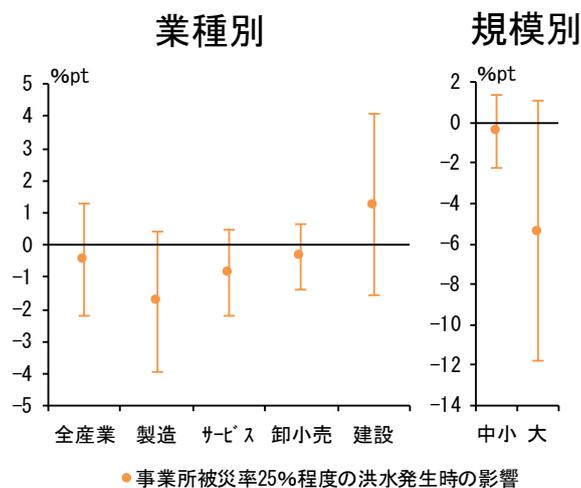
(図表 4) 被説明変数の記述統計量

	水害経験の有無	平均値	標準偏差	最小値	最大値	観測数
売上高前年比	無	-0.0155	0.221	-1.002	1.001	15,859,162
	有	-0.0128	0.220	-1.002	1.001	14,585,636
利益率	無	0.00753	0.0536	-0.326	0.229	10,417,559
	有	0.00790	0.0566	-0.326	0.229	8,688,171

(図表 5) 説明変数の記述統計量

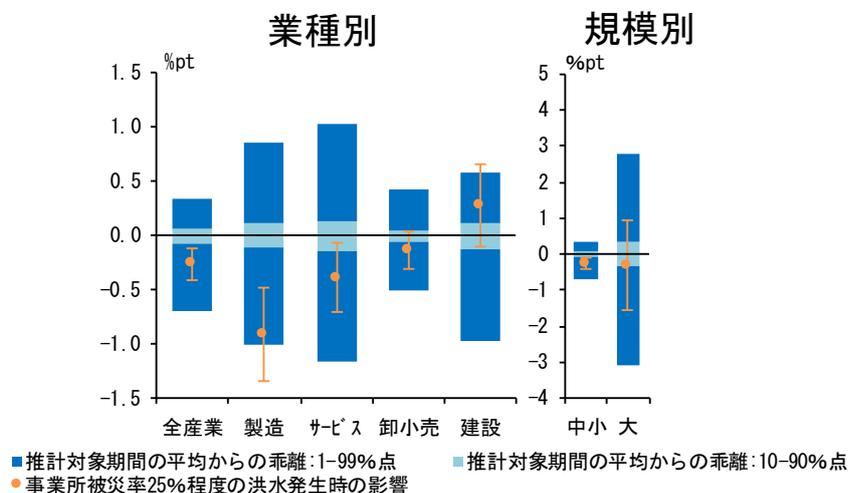
	水害経験の有無	平均値	標準偏差	最小値	最大値	観測数
$D_{i,t}^0$	無	0	0	0	0	17,135,123
	有	0.61	0.49	0	1	15,688,090
$D_{i,t}$	無	0	0	0	0	17,135,123
	有	0.39	0.49	0	1	15,688,090
$H_{i,t}$	無	0	0	0	0	17,135,123
	有	0.00121	0.00837	0	0.50	15,688,090

(図表 6) 売上高前年比に与える影響



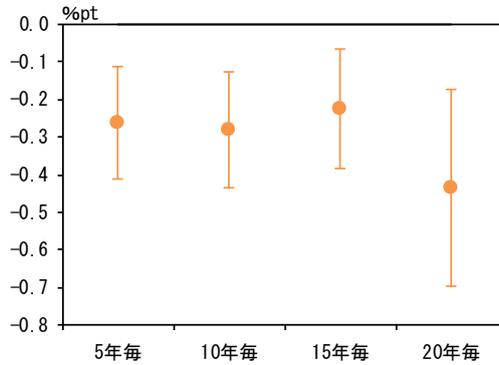
- (注) 1. エラーバンドは 95%信頼区間を示す。
 2. 「卸小売」は飲食業を含む。「中小」は中堅・中小企業（資本金 10 億円未満）、「大」は大企業（資本金 10 億円以上）を指す。
 3. 推計は 1993 年から 2018 年を対象としたアンバランスパネルで実施。観測数は全産業が、14,951,052、製造業が 2,582,313、サービス業が 2,316,850、卸・小売業等が 5,357,883、建設業が 3,199,752、中堅・中小企業が 14,798,335、大企業が 151,163 である。

(図表 7) 売上高利益率に与える影響



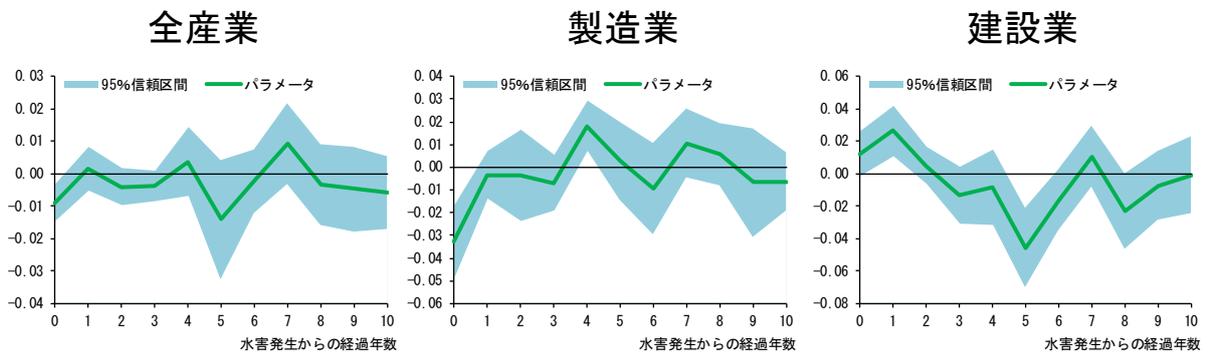
- (注) 1. エラーバンドは 95%信頼区間を示す。
 2. 「卸小売」は飲食業を含む。「中小」は中堅・中小企業（資本金 10 億円未満）、「大」は大企業（資本金 10 億円以上）を指す。
 3. 図中の%タイトル値は、推計された誤差項を過去に経験したショックと解釈し、市区町村別に平均した値の%タイトル値を示している。
 4. 推計は 1993 年から 2018 年を対象としたアンバランスパネルで実施。観測数は全産業が、9,788,026、製造業が 1,774,051、サービス業が 1,305,792、卸・小売業等が 3,315,865、建設業が 2,527,421、中堅・中小企業が 9,658,335、大企業が 128,159 である。

(図表 8) 水害経験頻度と売上高利益率



- (注) 1. エラーバンドは95%信頼区間を示す。
 2. 「5年毎」は、t時点よりも過去5年間で複数回水害を経験していないサンプルを対象に推計した結果。「10年毎」、「15年毎」、「20年毎」も同様。

(図表 9) 事業所被災率のパラメータ (γ_h)



- (注) 推計対象は図表 8 の「5年毎」のうち、各時点の財務変数が存在しているサンプル。