

TODAY

vol.51

〔特集〕 異常気象が日常になる時

新たな気象リスク・水害に 対処せよ

〔特別企画〕

そのリスクファイナンスで 株主は納得しますか？

RM Search

ゲリラ豪雨にみる企業防災の再考
大和総研

RM+

次世代のリスクマネジメント
「ERM」の行方と期待

株式会社日立製作所 情報・通信グループ 経営戦略室 谷岡 克昭

リスクマネジメントツールとしての
バランス・スコアカード

公認会計士 黒田 雅美

活動報告

2008年度秋季大会 東京からスタート ほか

Information

青山学院大学法学部 リーガルリスクマネジメント論講座 ほか



企業の水害リスクと その被害軽減に向けて

京都大学防災研究所 巨大災害研究センター長 ○ 河田 恵昭

ゲリラ豪雨は
日本全国どこでも発生し得る

図表1を見ていただきたい。今年7月から9月に発生したゲリラ豪雨の中で、住宅の浸水被害を伴った主な事例を示したものである。よく見ると次のことに気が付く。

- 同じ日あるいはその前後に複数の地域で発生していることが多い。
- ピンポイントの被災といえるような局所的集中豪雨災害が多い。
- 最大10分間雨量が14ミリ以上で被害が起ころり、日雨量は最大1時間雨量の約2倍以下であることから、極めて短時間に集中豪雨が降っていることが分かる。

ゲリラ豪雨が発生する要因は次のように考えられる。まず、わが国の上空に前線が停滞し、そこへ南方の台風や低気圧から暖かくて湿った空気が供給され、大気的不安定な状況が存在している状況がある。そこに以下の要因が絡んで局所的な不安定が起これると推定される。今年とくに集中豪雨が多かったのは、地上気温が非常に上昇したためである。全国的に35℃を超える地域が多かったことは記憶に新しい。熱くなった大気は軽くなって上昇する。これと前述した暖かくて湿った空気が合流するような状況で、①急激に冷えるか、あるいは②近くに低温の大気が存在すると、気温の不連続面で不安定な状況が起こる。①は山の存在であり、②は海や湖の影響である。図表1で示した被災市町村はすべてこれらの条件

図表1 2008年に発生した主なゲリラ豪雨災害

	発生 月日	被災市町村名	10分間 雨量	1時間 雨量	日雨量	床上浸水 家屋	床下浸水 家屋	死者・行方 不明者	負傷者
1	7月8日	富山市ほか	14.5mm	110mm	135mm	7棟	197棟	1人	—人
2	7月18日	滋賀・長浜市	17	84	109	11	203	—	—
3	7月28日	神戸市・都賀川 ほか	17	38	49	—	8	5	—
4	7月28日	金沢市・浅野川 ほか	30	76	111	507	1486	—	—
5	7月28日	富山・南砺市	17.5	75	143	92	273	—	3
6	7月28日	京丹後市	16	81	157	22	515	—	—
9	8月5日	千代田区ほか	21	66	112	34	14	5	—
10	8月5・6日	群馬・長野原町 ほか	26	56	115	—	5	—	—
11	8月6日	大阪・枚方市	20	72	74	126	1959	—	—
12	8月14日	茨城・水戸市ほか	19	83	86	—	13	—	—
13	8月16日	富山市ほか	14	31	113	90(床上、床下の合計)		—	—
14	8月19日	佐渡市ほか	3	40	91	1	28	—	—
16	8月26日 ～31日	岡崎市、名古屋市ほか 全国31都道府県	21	147	264	2827	16131	3	3
17	9月3日	福島・会津若松市 ほか		75	76	4	39	—	—

を満たしている。

①では、山に向かって暖かくて湿った風が吹き付けると斜面に沿って上昇し、急激に気温が下がる。すると水蒸気が雲となり、そして雨になる。この過程が急速に進む時、雷を伴う積乱雲（入道雲）が発生する。今年、全国的に落雷が多かったのはこれが原因である。8月4日には山梨県の山岳部で落雷が多発し、東京電力の約60万を数える契約件数（世帯）が停電した。停電どころか落雷による火災が発生したところもある。

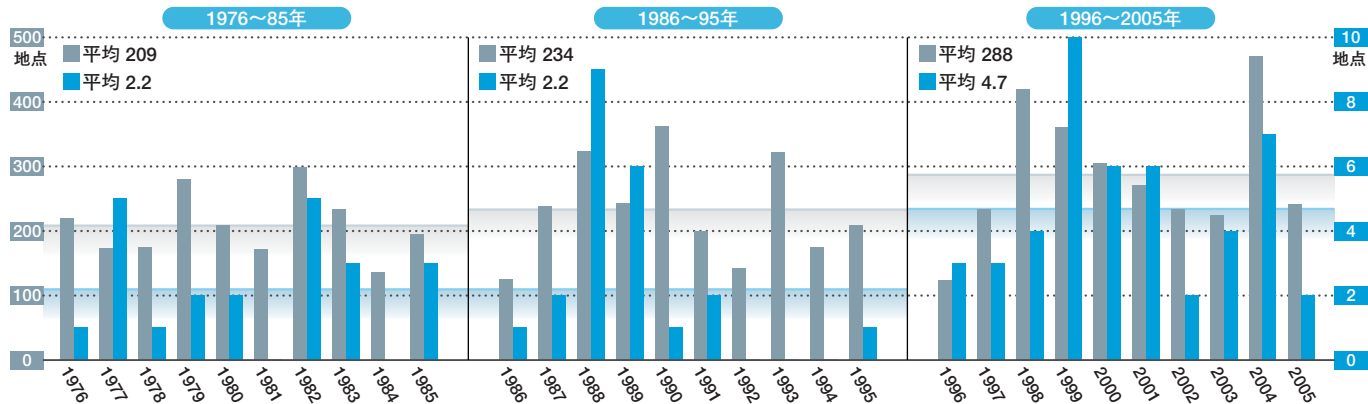
②で指摘した海や湖の影響とは、次のメカニズムを通して顕在化する。海面や湖面に接する大気の気温は水温に支配されるから、盛夏でも30℃を超えることはない。ところが、市街地の気温は35℃から40℃近くまで加熱され、軽くなって上昇する。これを補うために、周辺の湖や海から昼の日なかに市街地に向かって比較的低い大気が供給されると、市街地上空で気温の不連続面ができる。ヒートアイランド現象がそれである。



図表2 1時間に50および100ミリ以上の降雨を観測した地点数の経年変化

1時間に50ミリの雨を超えた観測地点数

1時間に100ミリの雨を超えた観測地点数



以上のような条件は、全国の至るところで満たされる。結論を言えば、わが国ではどこでもゲリラ豪雨は起こるということである。決して他人ごとではないのである。

中小河川といえども氾濫を起こすには1時間に70ミリ程度以上、日雨量で1000ミリ程度以上の降雨が必要であることも分かる(表1の4、6の事例を参照)。このような雨が市街地に降れば、都市河川はあふれ、川がなければ道路が川に変化して流れ下る。

図表2は、1時間に50ミリおよび100ミリ以上を観測したアメダス観測点数である。1976年から95年までの20年間に比べて、96年以降、急激に集中豪雨が増加していることが分かる。この傾向が地球温暖化によるものであるという評価は不動のものになりつつある。集中豪雨の発生確率は着実に増加しており、それに伴って水害リスクも増加傾向にあると断言してよい。

都市型水害の特徴

まず、「都市化」という言葉の意味を確認しておきたい。これは、田畑や湿地帯あるいは丘陵地だったところが造成されて、住宅地や工場団地になることを意味する。当然、道路は舗装され排水路が整備されて、そこを経由して雨水は直接、川に流れ込んだり、下水道網を通じて、最終的にポンプで川や海に排水される。降った雨はほとんど地面に浸透せず、川に流れ込むわけである。都市化によって、川の洪水が変わることは容易に理解できる。

都市化が進むことにより都市化以前に比べて洪水は、「ピークが早く出現し、ピーク流量が大きくなり、全流量が多く」なる。雨の降り方が昔と変わらなくても、洪水氾濫が起こる可能性が大きくなるのが分かるはずだ。そのうえ、地球温暖化によって雨の降り方がより激しくなってきたとすると、ますます川は危険になる。

これに輪をかけるのが洪水氾濫常襲地域における地下空間の活用である。わが国のように浸水危険性の高い地域で約110万平方メートルも地下空間が開発されている国は、世界にほかにない。札幌、東京、横浜、名古屋、大阪、福岡など、日本の大都市では例外なく地下空間がショッピングモール、地下鉄網、通路などに利用されている。しかし、地下空間の安全性について法的規制があるのはガス爆発事故と火災発生についてであり、浸水や水没に関するものはない。高潮の市街地への氾濫を対象とした対策はあるが、これは台風の接近という時間的余裕があることが前提となった防災システムであって、ゲリラ豪雨のような都市水害は視野に入っていない。

もし地下空間に水が入ることを想定しているならば、部屋のドアは内開きになっているはずだし(外開き扉の場合、50センチの水深で成人男子が押ししても開かなくなる)、電気のコンセントは床から30センチ以上とする(ココンセントが水に浸かると漏電してブレーカーが落ちて停電する)などの配慮があるはずだ。ところが、そうならないため、地下空間が浸水すればすぐに

都市化が進むことにより都市化以前に比べて洪水は、「ピークが早く出現し、ピーク流量が大きくなり、全流量が多く」なる。雨の降り方が昔と変わらなくても、洪水氾濫が起こる可能性が大きくなるのが分かるはずだ。そのうえ、地球温暖化によって雨の降り方がより激しくなってきたとすると、ますます川は危険になる。

これに輪をかけるのが洪水氾濫常襲地域における地下空間の活用である。わが国のように浸水危険性の高い地域で約110万平方メートルも地下空間が開発されている国は、世界にほかにない。札幌、東京、横浜、名古屋、大阪、福岡など、日本の大都市では例外なく地下空間がショッピングモール、地下鉄網、通路などに利用されている。しかし、地下空間の安全性について法的規制があるのはガス爆発事故と火災発生についてであり、浸水や水没に関するものはない。高潮の市街地への氾濫を対象とした対策はあるが、これは台風の接近という時間的余裕があることが前提となった防災システムであって、ゲリラ豪雨のような都市水害は視野に入っていない。

もし地下空間に水が入ることを想定しているならば、部屋のドアは内開きになっているはずだし(外開き扉の場合、50センチの水深で成人男子が押ししても開かなくなる)、電気のコンセントは床から30センチ以上とする(ココンセントが水に浸かると漏電してブレーカーが落ちて停電する)などの配慮があるはずだ。ところが、そうならないため、地下空間が浸水すればすぐに

都市化が進むことにより都市化以前に比べて洪水は、「ピークが早く出現し、ピーク流量が大きくなり、全流量が多く」なる。雨の降り方が昔と変わらなくても、洪水氾濫が起こる可能性が大きくなるのが分かるはずだ。そのうえ、地球温暖化によって雨の降り方がより激しくなってきたとすると、ますます川は危険になる。

これに輪をかけるのが洪水氾濫常襲地域における地下空間の活用である。わが国のように浸水危険性の高い地域で約110万平方メートルも地下空間が開発されている国は、世界にほかにない。札幌、東京、横浜、名古屋、大阪、福岡など、日本の大都市では例外なく地下空間がショッピングモール、地下鉄網、通路などに利用されている。しかし、地下空間の安全性について法的規制があるのはガス爆発事故と火災発生についてであり、浸水や水没に関するものはない。高潮の市街地への氾濫を対象とした対策はあるが、これは台風の接近という時間的余裕があることが前提となった防災システムであって、ゲリラ豪雨のような都市水害は視野に入っていない。

もし地下空間に水が入ることを想定しているならば、部屋のドアは内開きになっているはずだし(外開き扉の場合、50センチの水深で成人男子が押ししても開かなくなる)、電気のコンセントは床から30センチ以上とする(ココンセントが水に浸かると漏電してブレーカーが落ちて停電する)などの配慮があるはずだ。ところが、そうならないため、地下空間が浸水すればすぐに

水害による企業被害例と対策

水害の発生はどのような被害を企業にもたらすのだろうか。具体的に示して対策を考えてみよう。

工場施設

重い工作機械類はコンクリートの床に直接、据え付けられている。自動車の組み立てラインやエアコンなどの家電製品、あるいは瓶詰や縫製作業などのラインがそうである。もし水害で浸水すれば、まずスイッチやモーター類はそのままでは使えないので、専門家による分解清掃あるいは取り替え作業が必須となる。電子部品は基盤ごと交換することになる。1950年にジェーン台風による高潮氾濫災害を被った大阪の日立造船の工場では、それ以後、モーター類はすべて床上2メートル以上の位置に設置するよう変更したそうである。30センチ程度の浸水では被害が大きくないように、機械類のレイアウトや電源のコンセントの位置に対する配慮が必要である。

河川の氾濫水で浸水すれば当然水だけで

はなく泥も堆積するため、清掃の負担は大きい。浸水した場合の復旧作業まで視野に入れるのであれば、コンクリート床の排水のために施工時に床全体にわずかに傾斜をつけておくとか、排水用のピットを設けておく、底に溜まった泥水を可搬式ポンプで容易に排出できるような工夫が必要である。

化学薬品を扱うメッキ工場などの場合はとくに、事前の慎重な取り扱いが求められる。1998年に発生した高知市の豪雨災害ではメッキ工場が浸水し、猛毒のシアンを含む溶液の入ったコンクリート槽に氾濫水が入るほどの水深となり、工場外にこの溶液が漏出して大騒ぎになったことがある。幸い、量が少なかったために氾濫水で希釈され、大きな被害にはつながらなかったが、氾濫による浸水を想定した貯蔵・作業槽の寸法の決定が重要であることを物語る事例である。

海外に進出する際には、その土地の風土を理解しなければならない。例えば、バン格拉デシュはメキシコ湾に面した米国南部海岸地帯と同じく、高潮による潮位偏差（実測潮位と予測潮位の差）が5メートルを超える場合がある。日本ではこれほど大きな高潮は発生しない。バン格拉デシュの臨海地帯に工場を建設する場合、受電盤や電話交換機などを地上から5メートル以上のところに設置するのは自社だけの努力でできる。しかし、自由貿易地区への送電施設でもそのような対策がとられている保証はない。

1991年にバン格拉デシュ第2の都市

であるチッタゴンで高潮災害が発生した時、自由貿易地区に進出していたわが国や韓国企業への送電が6カ月間停止する事態となった。高潮で地上3・5メートルの位置に設置してあった変電・給電施設が水没し、修理に長期を要したからである。相手国や地域の誘致に従って企業進出する場合、このような潜在的な原因の洗い出しを怠ると、とんでもない被害に見舞われることになる。途上国、とくに中国などはこれらの情報を開示しない場合がほとんどであるから、モンスーン地帯に位置する国には必ず水害常襲地帯が存在することを認識し、自衛能力を持たなければいけない。あるいは損害保険を活用するなど、リスクファイナンスを検討することも必要となる。

倉庫

倉庫が浸水すれば大量の製品、半製品が使い物にならなくなり、そのまま水害ごみになる。これは一般の家庭から出る水害ごみではないので、処理費用は企業の自己負担となる。2000年の東海豪雨で被災したスーパーマーケットでは、店の商品が水損しただけでなく、倉庫内にあった在庫もすべてダメになり、被災地の災害対応の役に立つことができなかった。また病院でも包帯や脱脂綿、衛生材料、薬類が大量に廃棄され、機能障害を引き起こした。

オフィスビル

地下に駐車場がある場合は水没対策が必須である。浸水経路としては、道路からつ

ながる斜路を経由するものが圧倒的に多いので、道路が30センチ程度冠水しても、駐車場に入ってこないような構造の斜路にしておく必要がある。

1999年の博多豪雨の際、地下のレストランで開店準備中の女性従業員が水圧でドアが開かず、部屋に閉じ込められて水死した。水は地下駐車場の斜路の出入口から入ったのである。反省からこのビルでは、数千万円かけてステンレス製の防水扉を斜路の2箇所の出入口に設置した。ところが、2003年の豪雨の際にまた水没した。夜中に豪雨があったため、防水扉を閉める人がいなかったのだ。無人になる夜間でも、少々の浸水は防ぐことができるような構造にしておくことが重要である。自動化に頼り切ると停電の際に機能しないなどの問題が起こる。

次に、エレベーターの動力部と自家発電機の水没対策である。最近建設されるビルでは地震対策の一環として制震機能をもたせるために、わざわざ重い動力部をエレベーターの搭屋上部に据え付ける例が増えている。まず、地下の動力部が容易に浸水しない構造に改める必要がある。

さらに、エレベーターそのものが地下階で日常的に停止し、待機状態にならないようなオペレーションの工夫が必要である。例えば、エレベーターの半数は1階で停止した状態にして利用者の便宜を図り、そのほかのエレベーターは途中階や最上階で停止させて客の待機状態にしておくことはそれほど難しいことではない。要は、地下階

でエレベーターが漫然と止まっている状態を避けることが必要なのである。

地下室に据え付けてある自家発電機の水没対策も忘れがちである。通常はディーゼル発電であるから、排気ガス対策上、換気のダクトは自家発電機が据え付けられた部屋に設けられている。防水扉になっていても水没に近い状態になれば、ここから浸水する。地下の自家発電機が設置してある部屋は完全に水没しても浸水しないような工夫が必要である。一見、とてつもないコストがかかるように考えられるが、被災した場合も、水を排除した後、外部からの電力線はここで接続すれば建物内に電力が供給できるので、復旧は早い。

さらに、忘れてならないのは地下室の排水系統である。逆流によって浸水が起らないように、逆流弁付きのマンホールの蓋に変更するなどの工夫が必要である。福岡豪雨の際に12のビルの地下階が浸水したと前述したが、逆流弁付きの蓋を備えていたビルは浸水を免れている。

地下街

JR東京、横浜、名古屋、大阪駅前などに広大に展開している地下のショッピングモールでは、地上の浸水が床上浸水レベルに達した場合、地下への浸水を防ぐことは不可能である。なぜなら、地下空間の管理主体が複雑すぎて、現状では足並みが揃わないからである。例えば、建物1階の銀行のロビーが浸水した場合、建物内の階段を経由して、浸水が地下空間に広がる。ここ



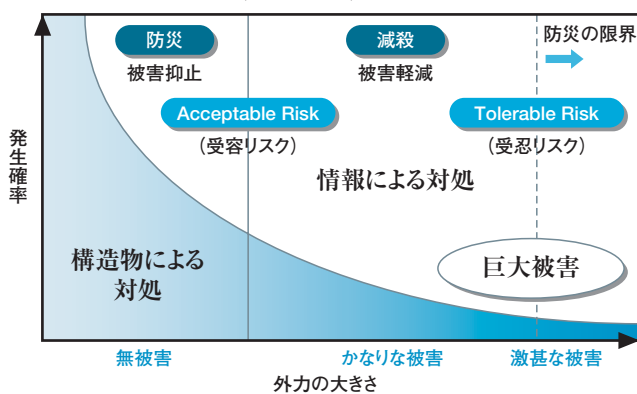
企業にとっては、事業活動をいかに継続して、どれだけ利益を上げられるかが最重要課題である。

知事が管理している全国の2723水系（7071河川）の二級河川の治水水準では、5から10年に一度、川から水があふれることを想定している（これを再現期間5から10年の洪水と呼ぶ）。これまで長い間、河川があふれなかったので、将来も氾濫しないだろうと考えるのは住民や企業の思い違いで、全国の河川を概観した場合、この再現年は正しい。ということ、工場の寿命を30年とした場合、平均5、6回は川があふれるということである。再現期間が30年の比較的大きな洪水氾濫に遭遇する確率は1である。

リスクマネジメントに必要な思考

と地下通路がつながっている場合が多いからである。ところが、地下通路は浸水することを想定した構造にはなっていない。大理石のピカピカの通路上に土嚢を積んで、浸水を食い止めようとしたと想像してみよう。水深が深くなると土嚢を3段まで積まざるを得なくなると、土嚢全体が水圧に負けて後退を始める。通路上に何も引つかかるものがないために、容易に滑ってしまふのである。これなどは、地下空間の浸水を全く考えていない証拠である。私たちが実施した地下街の管理者に対するアンケート調査^{※1}によれば、地下街浸水対策はやっと緒についた段階に留まっている。

図表3 防災・減災とAcceptable Risk (受容リスク)と Tolerable Risk (受忍リスク)の関係



再現期間5年から10年の洪水への対策は、Acceptable Risk (受容リスク)を設定すること、また再現期間30年の洪水については、Tolerable Risk (受忍リスク)の範囲内に収めることが基本的な考え方となる。

図表3

受容リスクとは、企業にとって回復が容易なレベルである。水害を被った場合、復旧に要する経費の負担や休業日数には上限がある。前述した高知市の水害では食品工業団地が水没したが、進出していた企業が生産を再開した時には、高知市内の顧客は愛媛県や香川県の同業者に乗り換えており、市場を失ったり、市場回復に長期間を要してしまつた。被災した時、復旧の見通しを正確に評価できることは、市場を失わないための最低条件である。サプライチェーン

ーンを構成しているような生産工程では、その中の1社でも被災すると製品が製造できなくなる。一度サプライチェーンから離脱すると、復活は容易ではない。

一方、受忍リスクとはこれ以上の被害が発生すれば、企業活動の継続が困難なリスクである。こうなつた場合は廃業せざるを得なくなる。そうならないためには、企業にとって最悪の被害シナリオを想定しておくことである。例えば、現在、S社が堺市の、P社が尼崎市の臨海埋立地に大規模なエレクトロニクス製品工場を建設中である。これらの地域はわが国でもっとも大規模な高潮氾濫災害が起こる常襲地帯である。両社は進出にあたって当然そのことを念頭に入れているはずである。ただし、忘れがちなのは、このリスクが将来にわたつてどのように変化するかという視点である。

周知のように、地球温暖化の進行に伴つて海面上昇とハリケーンや台風の勢力が強くなることが想定されている。いずれも高潮の規模を大きくする。筆者が副座長をしている中央防災会議「大規模水害に関する専門調査会」では、東京湾の高潮の見直し作業を実施している。この検討のきっかけは、2005年に発生したハリケーン・カトリナ災害^{※2}である。ニューヨーク市内に入つた高潮氾濫水はおよそ9・5億立方メートルである。日本でも、今後の計画高潮は東京湾、伊勢湾、大阪湾とも1メートル前後高くなると政府は予想している。そうなると、現在の高潮対策はすべてやり直さなければならないことになる。こうし

た情報は確実性が保証されるまでに時間がかかるため原則は非公開であり、その時点では大手のシンクタンクでも把握できない。このような状況下では、社内で時限付きのプロジェクトチームを立ち上げて検討するだけではとうてい対応できない。期間限定の線香花火的なプロジェクトではなく、継続的なプログラムとして社内での日常的な検討が不可欠であり、そのための人材が配置される必要がある。

今年の夏に多発したゲリラ豪雨に対して、これと同じような対応が求められる。地球の温暖化によつて異常な雨が降るような極端現象が発生する状況下では、外力の評価を冷静に実行できるかどうか、企業活動継続のカギを握っている。

ニューヨークで発生した世界的な金融混乱は、サブプライムというリスクの大きな融資が、証券や債券などに形を変えていろいろな金融商品に組み込まれたために、姿が見えなくなり、対応を一層困難にしている。水害のリスクも同様である。現代の水害ではネットワーク的な被害拡大が十分予想され、これへの対処を誤れば、小さな規模の水害でも企業活動の致命傷となる危険をはらんでいる。過去の浸水事例だけを基準に判断するのではなく、被害の伝播や拡大を考慮することが不可欠となっている。

参考文献

※1 河田恵昭・後藤隆一・松尾一郎・我が国の地下街浸水事例とその対策①、京都大学防災研究所年報、第46巻B、pp.919-928、2003

※2 河田恵昭「これからの防災・減災がわかる本」岩波ジュニア新書、2008