

関東大震災から100年

～地震災害への備えを改めて考える～



MS&ADインターリスク総研株式会社
リスクコンサルティング本部 リスクマネジメント第一部
リスクエンジニアリング第一グループ
上席コンサルタント 篠塚 義庸 (左)

リスクエンジニアリング第三グループ
コンサルタント 関 稜也 (中)

コンサルタント 中川 隼 (右)

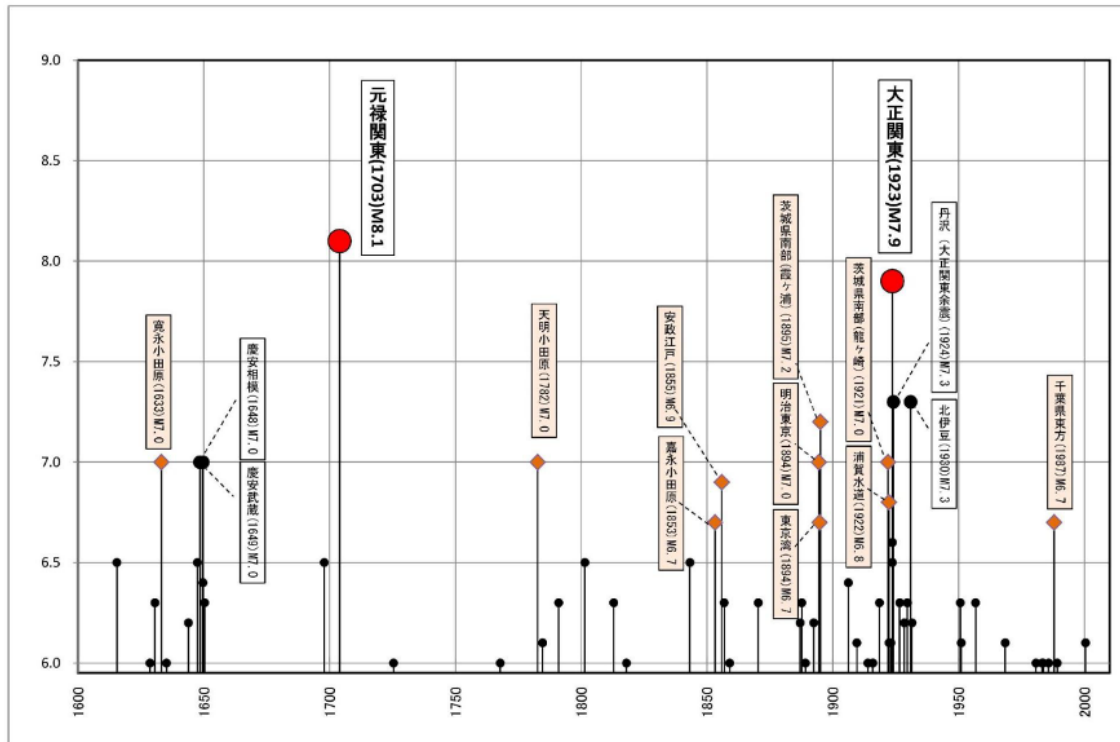
要旨

- 関東大震災から100年が経過した。これは単に節目を迎えただけでなく、地震の周期性の観点からも地震リスクへの認識を改める転換点と考えられる。
- 関東大震災では、地震に対する都市の脆弱性や当時の建築・土木インフラの脆弱性を露呈したが、これをきっかけに都市防災計画や耐震設計の考え方が大幅に進歩し、近年の地震災害においても、その成果が確認されている。一方で、依然として火災延焼リスクが解消されない地域、耐震基準を満たさない建物などが残る状況であり、加えて課題を克服したことによる新たなリスクにも直面している。
- 企業や従業員一人ひとりの備えとして、現在の事業拠点、生活拠点や周辺地域のウィークポイントに着目し、改めて必要な備えを見直すきっかけとされたい。

1923年(大正12年)9月1日11時58分に相模湾を震源として大正関東地震が発生した。その被害は神奈川県、東京都をはじめとする首都圏において建物倒壊や広域の延焼火災を引き起こし、死者・行方不明者は約10万5千人、全壊家屋約8万棟、焼失家屋約21万2千棟という甚大な被害となり、そうした被害を総称して関東大震災と呼ばれている。2023年は関東大震災から100年の節目の年を迎える。本稿では、改めて過去の震災や教訓、日本の地震リスクを取り巻く環境変化を振り返り、過去から克服されつつある課題や残存する問題点に着目し、企業の組織的対策や従業員一人ひとりの対策として求められる地震災害への備えを改めて考える。

1. 「大震災から100年」の解釈

本論に入る前に関東大震災から100年が経過したことの意味合いを今一度確認しておきたい。次頁図1は南関東地域で過去に発生した主な地震の規模(マグニチュード、以下、「M」)と発生年を示している。M8程度の巨大地震に着目すると、1703年元禄関東地震と1923年の大正関東地震が200年程度の間隔を空けて発生していることがわかる。地震の発生メカニズムは地球表面のプレートが徐々に移動することによって、プレート境界部やプレート内部にひずみが蓄積され、そのひずみが解放される際に地震が発生する。そのためプレート運動が継続する限り、地震は周期性を持って発生すると考えられている。南関東地域では近年の地震発生傾向を踏まえると、M8クラスの巨大地震の周期が約200年程度であると解釈することができ、次の巨大地震が起こるまでには時間的猶予があると考えられる。ただし、併せて特徴的であるのが、約200年周期と考えられる巨大地震の間の時期にM7クラスの地震が複数回発生しており、



【図1】南関東で発生した主な地震(縦軸:マグニチュード、横軸:西暦年)
(出典:首都直下のM7クラスの地震及び相模トラフ沿いのM8クラスの地震等の震源断層モデルと震度分布・津波高等に関する報告書図表集、内閣府首都直下地震モデル検討会、2013年12月)

発生時期が巨大地震の前に偏っている点である。内閣府の検討会では、元禄関東地震から大正関東地震までの期間において、前半は比較的静穏、後半は比較的活発な時期と解釈しており、この傾向にも周期性があるとすれば、大正関東地震から100年が経過した現在において、今後M7クラスの地震が南関東地域で発生する可能性は高く、備えのために残された時間的猶予が短いと考えられる。内閣府ではこのような危機感を背景に、首都直下で発生するM7クラスの地震である都心南部直下地震の被害想定を2013年12月に公表しており、その内容は、死者数が最大23,000人(建物倒壊・市街地火災を含む)、全壊家屋・焼失家屋は最大610,000棟、経済的被害は直接損失と間接損失を合わせて約95兆円と、甚大な被害が予想されている。

このような時間的認識と被害想定の大基を踏まえ、以降で

は、関東大震災で発生した具体的な被害や、そこから得られた教訓、現在に残る課題や必要な備えについて考察する。

2.これまでの「大震災」からみた 関東大震災の特徴

日本はこれまで多くの大地震に見舞われ、甚大な人的被害、住家被害が発生している。地震による被害として、最近では東日本大震災の津波が強く印象に残る。しかし、地震による被害は地震の発生場所、気候条件、さらには都市計画等によって被害を発生させる事象が異なる。表1は「大震災」と呼ばれる3つの震災である、関東大震災、阪神・淡路大震災、東日本大震災

【表1】関東大震災、阪神・淡路大震災、東日本大震災による被害状況

	関東大震災	阪神・淡路大震災	東日本大震災
発生年	1923年(大正12年)	1995年(平成7年)	2011年(平成23年)
地震規模	M7.9	M7.3	Mw9.0 (モーメントマグニチュード)
死亡・行方不明者数	約10万5千人 (うち焼死 約9割)	約5,500人 (うち窒息・圧死 約7割)	約1万8千人 (うち溺死 約9割)
全壊・全焼住家	約29万棟	約11万棟	約12万棟

(出典:令和5年版 防災白書 特集1 関東大震災と日本の災害対策、内閣府)

の被害状況であり、各地震で「死亡・行方不明者数」の主要因が異なることがわかる。関東大震災では焼死、つまり地震火災により多くの人的被害が発生している。阪神・淡路大震災では、地震による建物の倒壊、東日本大震災では津波による被害が大層を占めている。

関東大震災が発生した1923年(大正12年)は、明治維新以降の都市整備による耐火造の増加や、ポンプ自動車の導入といった消防対応力の強化により、従来よりも大火が減少していた時期であった。そんな最中に関東大震災では大火が発生し、多数の犠牲者を出すという結果となった。

関東大震災では複数個所で同時に火災が発生し、消防による消火が追いつかない中で、激しい気象変化も重なり延焼範囲が拡大した。当時の都市構造は区画整理されていない(建物間に道路、公園等の延焼防止機能がない)木造住宅密集地域が形成された状態であり、防災のための都市整備が十分ではなく、東京では46時間にわたって延焼が続いた。当時、東京では月に1度しか吹かないほどの強風であり、風向きは地震発生日の昼すぎまで南風、夕方は西風、夜には北風となり、さらに翌朝からは再び南風となった。この強風と風向の変化が避難者の逃げ遅れや逃げ惑いを生じさせ、表2に示す甚大な被害につながった。焼死者数が突出して多い本所被服廠跡では、多くの避難者が集まっているところに火災旋風が発生したことが知られている。地震火災発生時に命を守るためには、どこに避難するのが重要である。

【表2】関東大震災における焼死者発生場所

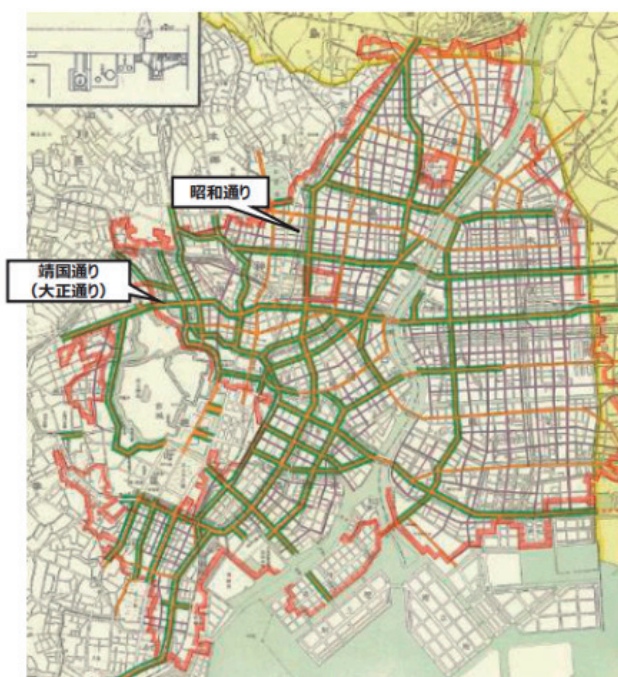
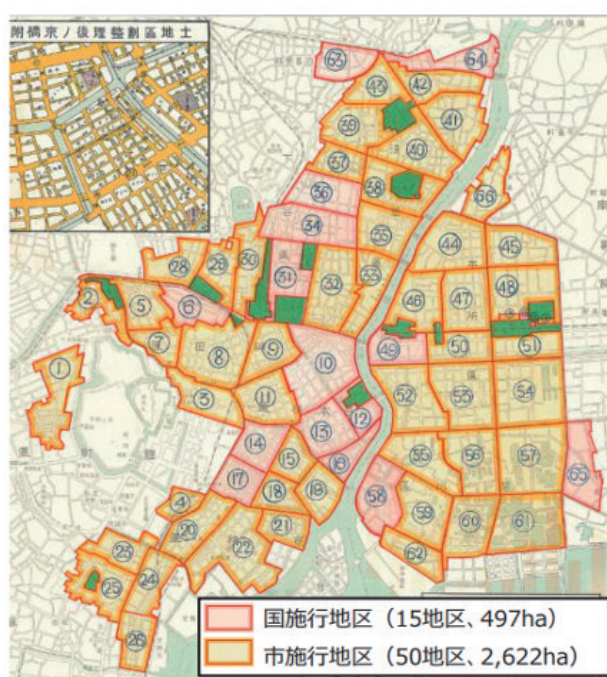
場所	焼死者数[人]
本所被服廠跡	44,030
浅草区田中小学校敷地内	1,081
本所区太平町1丁目46番地先横川橋北詰	773
本所区錦糸町駅	630
浅草区吉原公園	490

(出典:災害教訓の継承に関する専門調査会報告書(1923年関東大震災)、平成18年7月、内閣府)

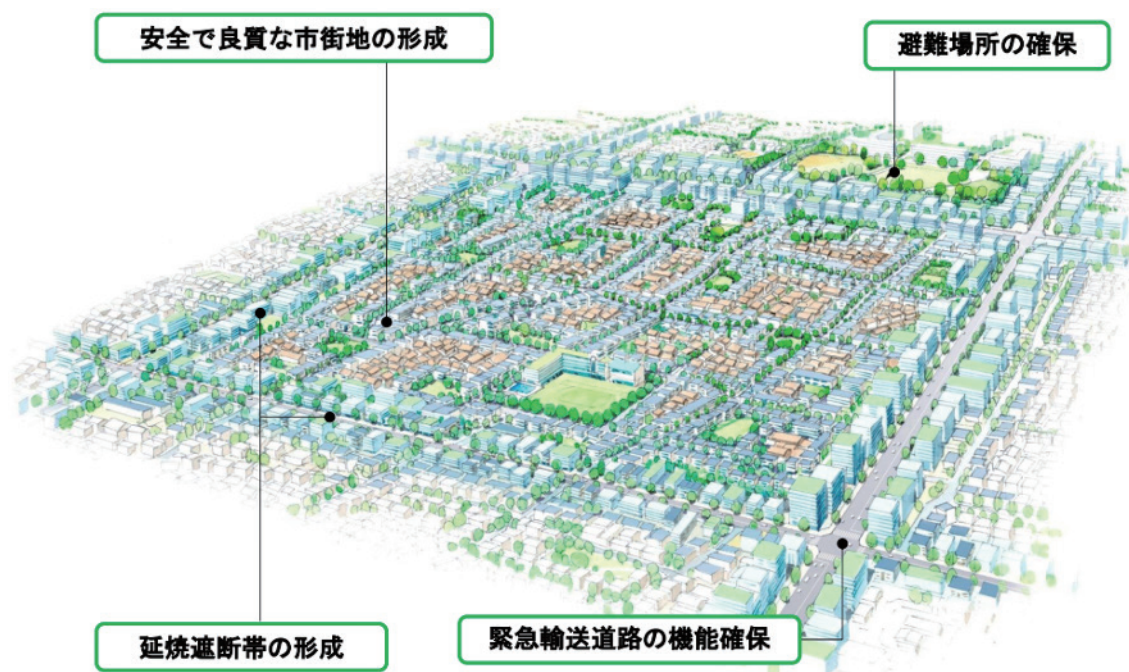
3. 現代に生きる都市防災と課題

関東大震災の大火による被災範囲は約4,500haに及んだ。震災直後に国は帝都復興計画を策定し、震災翌年の1924年(大正13年)1月に施行され、東京市は1930年(昭和5年)、横浜市は1929年(昭和4年)に復興事業がほぼ完了した。区画整理や街路の拡幅、橋梁の建設、公園の新設などが実施され、その都市構造は現在も基本的に引き継がれている。昭和通りなどの幹線道路の多くはグリーンベルトを伴ったもので、都市景観の観点からも都市防災の観点からも評価されるものであった(図2)。帝都復興計画の考え方は、第二次世界大戦後の戦災復興でも活用され、広島市の平和通り、名古屋市の大通り公園など100m道路を設置した地方都市の復興が進められた。

現在でも延焼遮断帯としての区画整理、避難場所の確保、



【図2】帝都復興計画に関わる土地区画整理図(左)および街路計画図(右) (出典:令和5年版 防災白書 特集1 関東大震災と日本の災害対策、内閣府)



【図3】防災都市づくりのイメージ(出典:防災都市づくり推進計画、東京都、令和5(2023)年3月31日時点、<https://www.toshiseibi.metro.tokyo.lg.jp/bosai/pdf/bosai4_02.pdf>)

木造住宅密集地域の整備などが地域ごとに実施されている(図3)。継続した都市整備の結果として、1946年～1970年ごろまで大火がほぼ毎年発生していた状況から、数年に1度まで減少している¹⁾。

都市整備が進み大火が減少していることは事実だが、依然として日本の都市構造、気候から都市防災としての課題はいくつも残っている。特に近年で大火や大規模火災につながった原因として、木造住宅密集地域や強風が挙げられる。

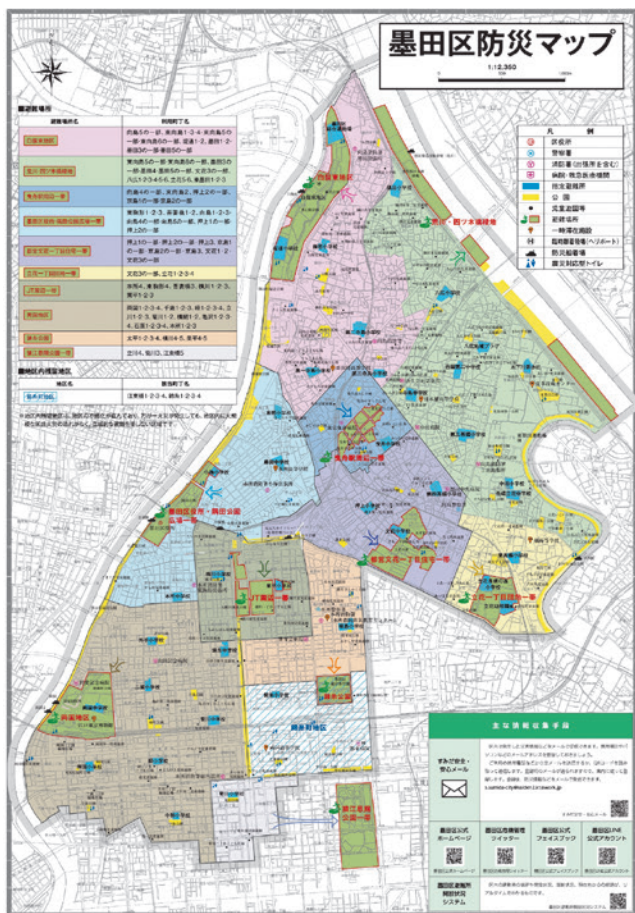
木造住宅密集地域は大都市周辺に形成されており、マンパワーが必要な震災や戦後の復興時に都市計画を考慮せず無秩序に住宅が建てられていった結果、延焼リスクの高い地域となった。阪神・淡路大震災では、木造住宅密集地域で地震火災が発生し延焼したことにより複数箇所で大規模火災となった。これを受けて延焼遮断帯を設置する線の整備だけでなく、木造住宅密集地域全体をカバーする面的整備推進の重要性が認識された。順次整備が進められているものの、現在でも木造住宅密集地域は存在しており、事業所や従業員の住居も木造住宅密集地域に該当している、あるいは隣接している可能性があるため注意が必要である。

もう一つの要因である強風については、関東大震災のほか2016年に新潟県糸魚川市で発生した大規模火災が近年の事例として記憶に新しい。このとき強風により飛火をもたらした火の粉の最大飛散距離は少なくとも150mとされている²⁾。当時の

糸魚川市では裸木造の古い建屋が多かったことも、飛火による延焼が拡大した原因と考えられる。都市整備により建物間で十分な距離を確保していても、強風で想定外の飛火が生じる可能性があり、建物の耐火対策も合わせて検討する必要がある。このような都市防災の課題を踏まえ、以下3点の地震火災対策を検討されることをお勧めする。

1点目は自社の所在地、建屋の特徴を把握することである。地震対策として建物構造の確認、火災対策として耐火性や公設消防の駆けつけやすさの確認等は実施されているが、複合的に災害が発生した際の対策が確認できている企業は少ない。地震と火災が同時に発生した際に、想定している避難行動や初期消火活動が確実に実行できるのか確認することをお勧めする。確認項目としては、自社や周辺建物の木造・非木造の傾向、周辺道路の広さ、消火水源の確保のしやすさなどが挙げられる。

2点目は防災マップ、地域防災計画の確認である。自治体によって整備状況は異なるが、地震発生時の延焼火災を考慮した避難場所、残留区域が明示された防災マップ(次頁図4)がある。また、災害対策基本法により各自治体は地域特性に応じた地域防災計画を作成している。これらの資料を確認し、適切な避難場所を確認しておくことが重要である。さらに、従業員の居住地周辺の特徴も事前に確認しておくことで、避難指示や帰宅可否の判断材料となる。防災マップや地域防災計画から地震火災時の対応が確認できない場合は、所管の消防署に相談



【図4】墨田区防災マップ
 (出典:墨田区防災マップ、令和5年9月改訂、<https://www.city.sumida.lg.jp/anzen_anshin/bousai/pamphlet-map/sumidakubousaitizu.files/map2023.pdf>)

することをお勧めする。

3点目は地震火災発生時の消火活動や避難行動の方針決定・見直しである。企業の持続的活動のため延焼対策は必要だが、安全第一であることはいうまでもない。消火活動から避難行動への切替をどのタイミングで判断するか事前に方針を定めておくことは重要である。地震火災における避難の目安に

ついて、兵庫県立大学大学院の室崎氏によると「一つの目安は、遠く500mくらい先に、煙が2本以上、立ち上がっていると逃げるタイミングだと考えた方が良いと思います」とされている³⁾。従業員の安全を確保するため、使用者は誤った判断をしないよう事前の準備が重要である。

4. 鉄筋コンクリート造耐震設計の変遷と今後の課題

本章では、現在においても広く利用され、関東大震災当時においても実績のある鉄筋コンクリート造建築物について焦点を当てる。震災による被害から耐震設計の変遷を把握し、最後に現代における課題から地震リスクへの正しい理解を広めることを目的とする。

関東大震災発生時の建築物の被害状況に関しては文献によって異なるが、林ら⁴⁾によると鉄筋コンクリート造建築物は東京市内にて約600棟存在したとみられる。当時の建築構造で主流だった木造が約30,000棟存在することから、当時鉄筋コンクリート造は実用化され始めたばかりということが推察される。被害率は、1、2階建が約11%、3、4階建が12.8%、5階建て以上では18.9%となっている。これらの被害事例に対し、直近の地震被害推移として熊本地震を例に挙げて比較を行う。建築学会九州支部熊本地震調査委員会が実施した益城町中心部の被害調査結果を表3に示す。1981年以降(以下、「新耐震」)の鉄筋コンクリート造建築物で「大破」および「倒壊・崩壊」に該当するものはないことがわかる。

下表の比較から関東大震災から100年間で被害が飛躍的に低減していることがわかる。この要因として、耐震設計方法が確立されたことが挙げられる。関東大震災当時建築物へ適用され

【表3】熊本地震 鉄筋コンクリート造建築物被害推移

建築物の被害レベル	建築時期			統計
	～1981年5年	1981年6月～2000年5月	2000年6月～	
無災害	5	33	0	38
軽微・小破・中破	8	4	0	12
大破	0	0	0	0
倒壊・崩壊	2	0	0	2
小計	15	37	0	52

(国土交通省「熊本地震における建物被害の原因分析を行う委員会報告書」を基にMS&ADインターリスク総研作成)

ていた規定として市街地建築物法があり、コンクリートや鉄筋の強度、建物高さに応じた配筋などが定められていた。しかし、当時は地震荷重に対する設計強度の規定はなかったため、鉄筋コンクリート造建築物では耐震設計がなされていない建物が大部分を占め、結果として被害を大きくしていると考えられる。一方で、当時においても耐震設計を実施していた建築物があり、当該建築物においては被害がなかったという事例もあった。

上記被害要因を考慮して、市街地建築物法の改正時に耐震設計が盛り込まれるようになり、水平震度0.1が採用された。1981年には弾性範囲内の許容応力度として標準せん断力係数を $C0=0.3$ として地震力を算定する方法が確立され、加えて非弾性変形時の安全性を確保する目的で保有水平耐力計算が採用されている。言い換えると、関東大震災時には鉄筋コンクリート造建築物の設計時に地震力を想定していなかったが、現在においては中程度の地震については可逆的な変形に対処できるよう計算を行い、大きな地震については不可逆的な変形でエネルギーを吸収して脆性的な破壊が起こらないように設計する規定が適用されているということになり、技術的に飛躍的な進歩を遂げていることがわかる。

これらの変化を踏まえて、関東大震災当時と比較し、現在においては建物に関する地震のリスクは低下しているといえる。しかしながら、現在においても建物に関する地震リスクに関して注視すべきポイントが存在する。

まず、新規定の普及に時間を要する点である。建築物の規定は例外を除き設計図が承認された時点の規定に準拠する為、新規定が施行される前に施工された建築物に関しては旧規定のまま存続することが許容されている。したがって、新耐震基準が採用され40年ほど経過している現在においても、旧耐震基準の建築物はいまだ多く存在し、これらの建築物の地震リスクは引き続き高い状況となっている。この状況を改善するべく耐震改修促進法が1995年に施行されているが、耐震改修実施に関しては努力義務に留まっている。したがって、建築物の所有主自身が自発的に改築または改修を行わない限り、旧耐震基準の建築物における地震リスクは改善されないということになる。これらの状況を踏まえ、保有する事業所の竣工年を確認することをお勧めする。竣工年が1981年以前の場合、地震による倒壊リスクが比較的高い旧耐震基準の建築物であることから、耐震診断を行い、現基準と比較し、耐震性能がどの程度不足しているか明確にすることが求められる。

第二に、構造体の耐震性向上に伴い、非構造部材の破損による人的被害の甚大化が顕著になっている点が挙げられる。関東大震災当時においては、天井や外壁などの非構造部材が破損する前に構造体に損傷が生じ、倒壊または大破する事例が

多くみられた。一方、近年では天井の落下や外壁のガラスの破損などによって被害が発生する事例が頻発しており、新耐震基準に準拠し、構造体の耐震性が向上することで地震リスクがなくなるわけではないということがわかる。この非構造部材の損傷に伴う人的被害を低減するためには、地震発生時の初動対応が重要となる。非構造部材は構造部材と比較して軽量なため、机の下への退避やヘルメット等の防護具の装着によって身を守ることが可能である。したがって、被災時において迅速に使用できるような位置で防護具を保管し、実際に使用できるよう繰り返し防災訓練を行うことが重要である。

5. 土木インフラ工事における100年間の変遷

1923年関東大震災発生当時において、東京市内には各河川に対して多数の橋が存在し、大きな被害を受けた。当時の橋は、木造のものが多く存在した為、火災による焼失が多くみられた。また、鉄橋においても橋底や橋板に木材を使用していたことから、火災により大部分が焼失した。一方で隅田川に架かる「新大橋」は当時唯一の耐火鉄橋であった為、被害を免れたという記録がある。被災後、帝都復興事業の一環として隅田川を中心に近代的な鉄橋が再建されている。これらの鉄橋は、再び災害に襲われることを考慮して、耐火性、耐震性の確保に重点を置き、橋底や橋板にはコンクリートが利用されている。

しかしながら日本全国の橋梁において耐火性、耐震性の確保がその後進んだわけではなく、1995年の阪神淡路大震災では、再び都市化が進んだ神戸市街地において、多数の橋梁が倒壊、損傷し、救護・救援のための人流・物流の大きな支障となり、再度重要性が認識されることとなった。これらの被害を考慮し、橋梁の耐震補強が進められている。特に、災害時に避難、救助、物資の補給に利用する「緊急輸送道路」については81%で耐震改修が完了している(令和4年3月末現在)。この結果として、表4に示すように、2016年熊本地震においては、落橋に該当するものは2件に低減している。

【表4】落橋数比較

建築物の被害レベル	阪神淡路大震災	熊本地震
発生年	平成7年	平成28年
最大震度	震度7	震度7
落橋数	11橋	2橋

(出典: (報告事項) 橋梁の耐震化、国土交通省、
<https://www.mlit.go.jp/common/001152385.pdf>)

上表の変遷から、関東大震災より100年が経過し、各橋の耐火化、耐震化が急速に進んだことに伴い、落橋する可能性が著しく低減していることがわかる。しかしながら、現在においても被災時に交通インフラをより迅速に利用可能とする目標の中で、以下に挙げる道路への障害物が新たなリスクとして顕在化している。

第一に電柱の倒壊による交通網への影響が問題となっている。表5に近年の震災における震災被害を示す。

【表5】震災による電柱被害推移

災害	電柱倒壊状況	
	電力	通信
阪神淡路大震災 1995年1月	約4,500基	約3,600基
東日本大震災 2011年3月	約28,000基	約28,000基

(出典:国土交通省HP、2023年8月31日時点、
<https://www.mlit.go.jp/road/road/traffic/chicyuka/chi_13_05.html>)

多くの電柱が道路に沿って配置されているため、倒壊することによって車両の通行を阻害する箇所が多く発生している。関東大震災当時は、道路の通行再開を目指す上で、橋の修復に対して時間を要していた。しかし、近年では耐震改修によって橋の損傷が軽微となり、倒壊電柱の除去が最大の課題となり始めている。現在国土交通省では、この課題に対して無電柱化を進めており、2016年4月から緊急輸送道路への電柱の新設を禁止する措置が取られている。

第二に地震時走行車両の転倒が注目されている。2011年東日本大震災では、横浜ベイブリッジ下部にてトラックが横転し、結果として道路が封鎖され、通行再開まで30時間を要した。また、藤野¹¹⁾は高架橋を走行中のトラックを対象に地震による転倒シミュレーションを実施し、ごくまれに生じる最大規模の

地震発生時に、各走行速度、道路形状においても、転倒する可能性があることを報告している。一方で、地震時に減速することによって転倒リスクを低減できることも報告されている。したがって、本課題への適切な対応として、運送業従事者に対して地震被災時に減速を徹底させることが必要となる。また今後の展望として、緊急地震速報と連動した停車システムの実装が望まれる。

6. 関東大震災以降に顕在化したリスク

以上、関東大震災を通じて顕在化した主なリスクを建築や土木インフラ、都市の延焼火災の観点で確認したが、次の観点として関東大震災当時には顕在化していなかった、電気・ガス・水道等のライフラインおよび通信網等の社会基盤の進歩に伴う災害事象に着目する。大正時代にこのようなインフラ関連の設備は皆無ではなかったものの、例えば関東大震災発災当時の通信網については、被災地における通信の要となる電話局・電信局や郵便局のほとんどが建物の焼失や倒壊によって機能を果たせず、被災地内外での通信が果たせたのは横浜港に往来する船舶の無線通線程度であった。しかし、その後の建築や土木分野での耐震設計の考え方が普及するとともに、ライフラインや通信等の機能維持に向けた強靱化も進められてきている。

もし現在においてM7クラスの地震が発生した場合、ライフラインや通信等のインフラ機能停止はどのように想定すべきか。表6は一例であるが、内閣府の首都直下地震対策検討ワーキンググループでまとめられたライフライン被害を時系列でまとめたものである。電力は指標が100%となるとおおむね復旧完了を意味し、その他のライフラインは指標が0%となるとおおむね復旧完了を意味している。本想定では都市ガスの復旧には

【表6】首都直下地震におけるライフライン被害の想定

ライフライン	復旧指標	地震直後	1日後	1週間後	1か月後
電力	ピーク電力需要に対する割合	51%		52%	94%
上水道	断水率	31%	29%	18%	3%
下水道	機能支障率	4%	4%	3%	ほとんど解消
固定電話	不通回線率	48%	48%		9%
携帯電話	停波基地局率	4%	46%		9%
ガス(都市ガス)	支障率	17%	16%	13%	5%

(出典:内閣府首都直下地震対策検討WG報告書を基にMS&ADインターリスク総研作成)

6週間程度を要し、その他の主要なライフラインの復旧には1カ月程度を要すると予測されている。時系列に確認すると発災直後において多くのライフラインが物理的被害に起因して停止する。唯一携帯電話については、基地局が備える非常用電源に切り替わるため、発災直後すぐに通信不能には至らないものの、大量のアクセスによる輻輳(ふくそう)によりつながりにくい状況が想定される。発災から1日後には携帯電話を含む大半のライフラインが停止する。これは通信基地局の非常用電源が燃料枯渇により停止するためと考えられる。1週間後には、上水道や都市ガスは一部の地域で復旧が期待されるものの、電力や下水道については使用が制限され、また電話等の通信は電力が復旧していない地域では使用が難しいと考えられる。このような発災後の経過において企業が備えておくべきこととして、まずは非常用電源の確保、とりわけ安否確認や被害の把握、二次災害の防止等の初動対応に必要な最低限の電源確保が挙げられる。加えて自助・共助・公助の観点では、発災直後の混乱時において企業組織が自助・共助を発揮することで、本当に必要な人や場所に公助の手が届くことが望ましい。基本的なことではあるが、企業としては従業員分の防災備蓄品を準備、さらに従業員一人ひとりも、家庭内で被災した場合を想定して備蓄品を準備することは、社会全体の復旧をより早めることに寄与すると考えられる。

7. 結び

企業を取り巻くリスクは、地震災害単体で見ても直近の100年で複雑化・多様化している。これにはインフラ社会基盤の整備や情報化社会の進歩等により、さらにリスクが複雑化している側面もあるといえる。関東大震災の後、東京大学地震研究所の設立にも深く関わった物理学者・寺田寅彦は、自身の著書『天災と国防』の中に次のような一節を残している。「しかしここで一つ考えなければならないことで、しかもいつも忘れがちな重大な要項がある。それは、文明が進めば進むほど天然の暴威による災害がその劇烈の度を増すという事実である。」これは現代に生きる我々に対しても、より深く自然災害への備えを考えるきっかけを与えてくれる言葉であろう。今一度、自社の事業がどのような社会基盤や組織内基盤の上に成り立っているかを見直してみてはいかがだろうか。

被害をゼロにする備えが難しい中で、地震対策として何を優先すべきか、リスクマネジメントにおいても企業独自の価値観に基づく選択と集中を行う必要に迫られている。本稿が従業員おののに求められる自助の備えや、企業・組織に求められる共助の備えを進める際の参考となれば幸いである。

参考文献・資料等

- 1) 消防庁:令和4年版 消防白書 昭和21年以降の大火記録
- 2) 消防庁消防大学校 消防研究センター:平成28(2016)年糸魚川市大規模火災調査報告書
- 3) 日本放送協会:地震火災 炎の海と火災旋風からどう生き残る?専門家解説【動画】
- 4) 林 章二、牧原 慎一郎、福和 伸夫、飛田 潤:建築被害調査資料に基づく1923年関東地震における鉄筋コンクリート造建物の被害に関する研究、日本建築学会構造論文集、第75巻 第648号、pp251-260、2010年2月
- 5) 国土交通省:熊本地震における建物被害の原因分析を行う委員会報告書、平成28年9月
- 6) 永田恋郎:鉄筋コンクリート造被害報告、震災予防調査会報告、第100号(丙)下、pp.211-330、1925
- 7) 合資会社 清水組設計部:大正十二年九月一日 関東地方大震災火災による建物被害調査、1924.11
- 8) 東京市:東京市統計年表 第19回 東京市役所、pp56-129、1923
- 9) 内閣府:広報誌「ぼうさい」 関東大震災から100年～あの時その場所では何が起きていたか～、2023年
- 10) 国土交通省:緊急輸送道路の橋梁の耐震補強推進率、令和4年3月
- 11) 藤野 陽三:Lateral Stability of Vehicles Crossing a Bridge during an Earthquake,Journal of Bridge Engineering,2018,04018012.1~12