

季刊

消防防災の科学

秋
2023

特集

地震災害と防災・減災（その2）

■ トピックス

リスクコミュニケーション

—その基本および自然災害に関するコミュニケーションの要点—

放送大学大学院生活健康科学プログラム 教授 奈良 由美子

■ 連載講座

連載（第59回）

公衆の元祖は4千年前 後藤新平（7）…………… 作家 童門冬二

知っておきたい気象用語の豆知識（第2回）

予報円…………… 気象予報士（元気象庁）饒村 曜

154

一般財団法人 消防防災科学センター

この季刊誌は、宝くじの社会貢献広報事業として助成を受け作成されたものです。



実験等により発生した火災旋風の様子



実験で再現した火柱状の火災旋風



野焼きで発生した「炎を含まない火災旋風」(写真の右端)
(提供：消防研究センター 篠原雅彦氏)

消防防災の科学

No.154 2023. 秋

巻頭随想

災害の不確実性と社会の備え

東京経済大学 名誉教授 吉井 博明 2

特集 地震災害と防災・減災（その2）

- 1 首都直下地震の地震像と予想される被害と対策
東京大学 名誉教授 平田 直 5
- 2 首都直下地震と市街地火災からの避難
東京大学先端科学技術研究センター 教授 廣井 悠 10
- 3 同時多発火災で発生する火災旋風の発生予測に向けた基礎研究
消防研究センター大規模火災研究室 主幹研究官 篠原 雅彦 15
- 4 大規模地震に備える建物の耐震化と安全の確保
工学院大学 建築学部 まちづくり学科 教授 久田 嘉章 21
- 5 首都直下地震に対応した支援物資供給システムの構築について
流通経済大学流通情報学部教授 物流科学研究所長 矢野 裕児 30

■トピックス

- リスクコミュニケーションーその基本および自然災害に関するコミュニケーションの要点ー
放送大学大学院生活健康科学プログラム 教授 奈良 由美子 34

■地域防災実戦ノウハウ（117）

- ー時代は「都道府県はもっと前へ」を求めているー
Blog 防災・危機管理トレーニング 日野 宗門 39

火災原因調査シリーズ（110）

電気蓄熱式湯たんぽの火災

横浜市消防局予防課 45

■連載講座

連載（59回）

- 公衆の元祖は4千年前 後藤新平（7）……………作家 童門 冬二 52
- 知っておきたい気象用語の豆知識（第2回）
予報円……………気象予報士（元気象庁） 饒村 曜 54

編集後記

カラーグラビア

実験等により発生した火災旋風の様子

バックナンバー

消防防災の科学バックナンバーは、右記のQRコードからご覧いただけます。



災害の不確実性と社会の備え

東京経済大学 名誉教授
吉井博明

大正関東地震発生から今年で100年。当時、いったい何が起きていたのか、その実態を再確認し教訓を学び直す動きが盛んに行われている。しかし、得られた教訓等を今後発生が想定される大震災に活かすには、2つの不確実性—一次の(巨)大地震はいつ、どこで起きるのか、その時どこでどのような被害が発生するのか—を克服することが求められる。

地震の不確実性：いつ、どこで起きるのか

対象を首都圏の広域にわたって被害をもたらす恐れがある地震に絞って考えてみると、候補となる地震は、関東地震(海溝型、M8クラス)とプレートの沈み込みに伴うM7程度の地震という2つがある。政府の地震調査委員会によると、歴史記録で確認されている関東地震は永仁(1293年)、元禄(1703年)、大正(1923年)の3つだけで発生間隔は約320年(410年と220年)、地形・地質データ(浜堤列、海岸段丘、津波堆積物)から推定すると発生間隔は約390年、ひずみの蓄積速度等から推定すると200~500年とされている。この結果から素人考えでは、次の関東地震は大正関東地震から少なくとも200年以上経過しないと起きないのではないかと思われるが、専門家は発生間隔のばらつきを考慮しBPT(ブラウン運動)分布モデルを適用、30年発生確率をほぼ0~6%と評価してい

る。30年間に発生する確率がほぼ0~6%というのは、解釈が難しく、切迫しているとは言えないが、起きないと断言することもできない、きわめて不確実性の高い状況と言えよう。

他方、プレートの沈み込みに伴うM7程度の地震(活断層を除く)については、元禄関東地震と大正関東地震の220年間に8回(嘉永小田原地震、安政江戸地震、明治東京地震など)発生している。場所も発生間隔もばらつきが大きく、ポアソン過程とみなすことができる。神奈川県西部から茨城県南部、房総半島にかけてのどこかで発生する確率を計算すると、30年間で70%程度になる。発生確率は非常に高いが、広い地域のどこで起きるのかがまったく分かっていないので、この地震もきわめて不確実性が高いことになる。

このように次に首都圏を襲う可能性がある2つのタイプの地震はいずれも時間的もしくは空間的不確実性が非常に大きいのである。

被害の様相の不確実性

想定される被害の様相に関しても不確実性が大きい。大正関東地震の最大の教訓は、延焼火災、とりわけ火災旋風による犠牲者をいかに減らすかという点にあるが、火災旋風の発生メカニズムの解明は進んでいない。その結果、火災旋風の危険性を回避できる、安全な避難路や避難場所につい



錦絵に見る「安政江戸地震」

消防防災博物館より（国立国会図書館所蔵資料）

でもよくわかっていない。現在、広域避難場所に行くための避難路の両側には高層ビルが建てられており、これが延焼遮断帯として機能することが期待されているが、火災旋風によって機能しなくなってしまう恐れがないとは言えない。また、同時多発火災時の避難行動（逃げ惑い）についても想定が難しい。大正関東地震では、揺れで外に飛び出した住民は目視することができる、近くの火災しか認識せず、その結果避難開始が遅れ火災に囲まれて逃げ遅れてしまった。さらにいろいろな方向から来た避難者が橋などに殺到したため、群衆雪崩があらこちらで発生した。現在でも同様の事態が発生する恐れ指摘されているが、どこで起きるのか想定することは難しい。

火災からの避難者に帰宅困難者が加わると、状況は一層複雑になり、状況の予測は困難である。

想定される揺れによる建物被害については、かなりわかってきているが、大正時代にはなかった超高層ビルが長周期地震動にどれほど耐えられるかについては明確な答えを出しにくいのが現実である。

発生時刻や時季によって被害の様相は大きく異なることにも注意が必要である。冬の深夜に大正関東地震と同じ地震が発生すると、津波被害が激増する恐れがある。神奈川県地震被害想定調査（平成27年3月）によると、冬の深夜0時発災の場合、津波による犠牲者が1万2千人と非常に多くなり、冬の18時発災の場合の火災による犠牲者の10倍近くになると想定されている。

このように地震による被害の様相も地震の規模、発生場所、時刻、曜日、時季等により大きく異なることが予測されており実に多様で、不確実性が

大きいのである。その結果、地震による被害の様相についても人々の受け止め方はばらばらになり、社会全体として共通のイメージを形成することが難しくなっているのである。

不確実性が大きいことの影響と対策

このような大きな不確実性は、人々の地震に対する考え方に大きく影響する。「自分が生きていく間には来ないので、特別な対策はしない」という人もいれば、「明日起きてもおかしくないのだから万全の備えをしておくべき」と考える人までいる。その結果、地震対策に関する社会的合意形成が難しくなり、地震対策に対する社会の優先度は低下し、コストがかからない、合意形成が容易な対策に留まることになる。実際、きわめて有効な地震対策である、都市構造そのものを改変する防災まちづくり（延焼遮断帯づくり、木密対策、津波浸水想定区域からの住居移転等）がなかなか進まない背景には、住民の合意形成ができないという問題がある。建築基準法では、地方公共団体は条例で災害危険区域を指定し、住居の用に供する建築物の建築の禁止その他建築物の建築に関する制限が可能となっているが、災害発生前に指定されることはほとんどない。

それでは、このような不確実性にどのように対処していくべきか。ひとつは、不確実性そのものを減らす対策である。地震の予知・予測、火災旋風など科学的に解明されていないことに関しては、長期的視点に立ちしっかり研究を行う仕組みづく

りが重要と考えられる。

災害発生前の段階で不確実性を減らすことは難しくても、発災直後の対応によって不確実性を減らす対策も有効である。たとえば、延焼火災時の逃げまどいによる犠牲者を減らすには、発災直後の的確な避難誘導が有効である。現場での誘導は難しいとしても同時多発火災の現状を正確に（できれば地図上に落として）知らせることによって、早めの避難を促し、的確な避難方向を示唆することは、現在の技術でも十分可能であるが、そのようなシステムは現在まで造られていない。

不確実性を乗り越えるもっとも有効な方策は政治的リーダーシップである。地震対策は短期的視点からみれば、他の政策課題より優先度が低いかもしれないが、長期的には優先度が高く、多くの住民の支持が得られる社会的課題である。そこで期待されるのが長期的視点も合わせ持ったトップによるリーダーシップである。熊本地震で震度7に見舞われた熊本県西原村の日置前村長さんは、地震本部による活断層の長期評価結果をみて、大地震が来ることを確信し事前対策に力を入れた結果、被害を大幅に軽減することができた。また、古い事例ではあるが、東海地震説を受け地震対策に本格的に取り組み、大規模地震対策基本法や財政特例法の制定に中心的な役割を果たした、静岡県知事（当時）、山本敬三郎氏のリーダーシップには目を見張るものがあった。不確実性が高い、地震対策はトップのリーダーシップなしには進まないのである。

□首都直下地震の地震像と予想される被害と対策

東京大学 名誉教授 平田 直

1. はじめに

東京都は令和4年(2022年)5月に10年ぶりに地震被害想定を修正した。10年を経て、首都圏での地震の発生可能性、東京都の人口・建築物・社会基盤がどのように変化して、地震災害の可能性がどのようになったかを調べ、地震への備えを具体化するための被害想定である。

首都圏で発生が懸念されている大地震の発生可能性は、10年前と現在とで大きく変わることはない。しかし、都市の構造は大きく変わった。特に、大都市東京の建物分布は、湾岸地域での高層マンションの増加など大きく変わった。一方、以前から指摘されている古い住宅の地震災害への脆弱性がどの程度解消され、都市は安全になったのかどうか最大の関心事である。

2. 令和4年(2022年)の東京都地震被害想定

東京都を含めすべての自治体は、災害対策基本法の規定により、地域防災計画を作らなければならない。計画を作るためには、どのような被害が発生するかをあらかじめ予測して、対策の前提を決める。この前提が被害想定である。最初の前提が、どこで地震が起きるかの想定である。地震学的に地震が起きて不思議のない南関東の各地に地

震を想定して、被害を調べた。令和4年(2022年)の東京都地震被害想定⁽¹⁾では、8つの地震を想定して揺れを予測し、その内5つの地震について被害も予測し、地震被害想定とした。5つの地震のうち最大の被害が予想されるのが**都心南部直下地震**である。実は、10年前の想定では、最大の被害が予想されるのは、**東京湾北部地震**であったので、想定された地震も変わった。この事情についても解説する。

2.1 平成24年(2012年)被害想定

東京都は平成24年(2012年)に、平成23年(2011年)東日本大震災を受けて地震被害想定を修正し、地域防災計画を改定した⁽²⁾。当時の被害想定では、東日本大震災では津波災害が大きかったため、東京都への津波の影響を評価することが重要であった。東京湾内での津波高は防潮堤が機能すれば防げる程度の高さであったが、島嶼部での影響は非常に大きいことが改めて分かった。

一方、当時の最新の科学的な知見によればフィリピン海プレートの位置が従来の学説より浅くなることで、想定される強い揺れの範囲が広がったため、一つ前の平成18年(2006年)の被害想定に比べ、被害が大きくなった。例えば、東京湾北部地震によって、平成18年(2006年)想定では23区の約5割が震度6強以上の揺れに見舞われると考えられていたが、平成24年(2012年)想定では約

7割が震度6強以上になるとされた。その結果として、死者の想定も約5,700人から約9,700人に増えた。ただし、事態はやや複雑である。平成18年（2006年）想定と平成24年（2012年）想定を比較すると、全壊棟数は約12.6万棟から11.6万棟へ、焼失棟数も31万棟から18.8万棟に減っている。これは、6年間で建物数が増えたにもかかわらず、耐震性の低い建物が減ったことによる。一方、東京都の人口が増えて影響を受ける場所にいる人数（滞留人口）が増加したために、結果として死者数が増えた。

2.2 令和4年（2022年）被害想定

さて、令和4年（2022年）の東京都の被害想定では、最近10年間での変化がどの様に反映されたであろうか。まず、自然現象としての地震については、平成24年（2012年）と令和4年（2022年）では想定する地震が変わった。つまり、前者ではフィリピン海プレート上面のプレート境界の地震（東京湾北部地震）であったのが、後者ではフィリピン海プレートの内部の地震（都心南部直下地震）になった。東京都の平成24年（2012年）想定では平成18年（2006年）想定と同じ東京湾北部地震を想定して、フィリピン海プレートの位置が浅くなったことだけを考慮したが、平成25年（2013年）の内閣府中央防災会議の想定では、想定する地震自体を都心南部直下地震に変更した⁽³⁾。令和4年（2022年）の東京都の地震被害想定では内閣府中央防災会議平成25年（2013年）想定と同じ都心南部直下地震を想定した。

平成25年（2013年）の想定で中央防災会議が想定地震を変えたのは、フィリピン海プレートの位置が従来の学説より浅くなるという知見を取り入れて、1923年関東地震の震源断層の評価を修正した結果である。修正された考えでは、従来東京湾北部のフィリピン海プレート境界で起きると考えられていた東京湾北部地震の震源域は、1923年関東地震時に破壊されたので、次に東京湾北部のプ

レート境界で地震が起きるのは、次の関東地震（プレート境界地震）が起きる時であると評価された。そこで、首都圏に影響を及ぼす地震として、フィリピン海プレートの内部（スラブ内）の地震として、あらたに都心南部直下地震を想定した。

東京都の地震被害想定で想定地震が変わったので、厳密には揺れの分布は令和4年（2022年）と平成24年（2012年）の想定では多少異なる。令和4年（2022年）の想定では23区の約6割以上が強い揺れに見舞われる。これは、平成24年想定（約7割）より若干減ったが、23区のほぼ全域で震度6弱以上となる点では変わりはない（図1）。

一方、建物の耐震化、不燃化が進み、強い揺れで倒壊する建物は、平成24年（2012年）想定では約11.6万棟から令和4年（2022年）想定では約8.2

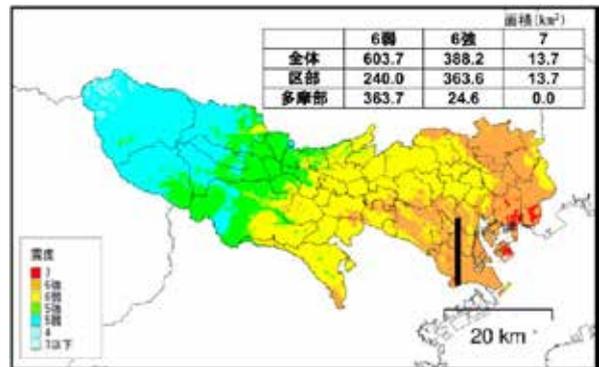


図1. 都心南部直下地震（M7.3）の震度分布。太い実線が想定され震源断層の位置。鉛直の断層。

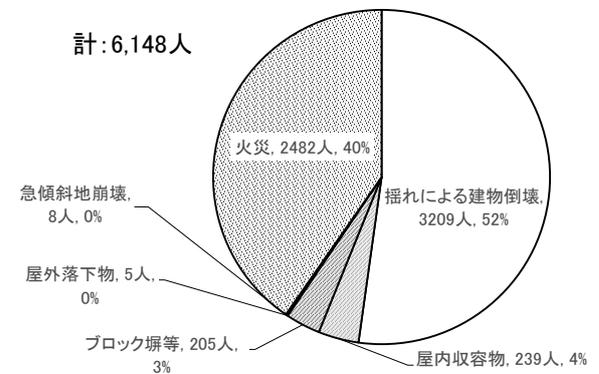


図2. 都心南部直下地震の死者数（冬の夕方、風速8 m/s時）、構成比（%）は四捨五入のため、合計が100%にならない。

万棟に、焼失する住家は最悪のシナリオで20.1万棟から約11.8万棟に減った。これらの効果によって、東京都で地震によって亡くなる人は、平成24年（2012年）想定約9700人から、令和4年（2022年）想定では約6100人に減った。このうち52%が揺れによる建物倒壊、40%が火災による死者である（図2）。消失する家屋が減少したことが、死者の減少に大きく寄与している。

2.3 災害シナリオ

令和4年（2022年）被害想定では、定性的な被害想定として、災害シナリオを示した。災害シナリオの一例として、耐震化され、家具の固定、非常時の水や食料の備蓄が行われている場合の避難生活がどうなるかをみてみよう。

自宅は、発災直後には強い揺れが襲い、ライフラインも不通となったが、幸いにも自宅に大きな被害もなく、周囲も火災などの危険はない。また、備蓄もある程度していたため、住み慣れた自宅での在宅避難を開始することにする。

発災時には、大きな揺れや長周期地震動により、中高層階を中心に歩くことが困難になるような強い揺れに見舞われる。未固定の本棚の転倒や、キャスター付きの家具やコピー機等が移動し、人に衝突すると死傷者が出る。発災1日後位はマンションの中高層階ではエレベータの停止により地上との往復が困難となり、十分な備えがない場合、在宅避難が困難になる。液状化が発生した地域では、住宅の傾斜や断水の発生等により居住が困難となる。自宅の片づけ等のために一時帰宅した際に、大きな余震が発生すると、本震で損傷を受けていた建物の倒壊等により、死傷者が増加する可能性がある。

3日後～1週間後には、家庭内備蓄が枯渇し、時間経過とともに避難所への避難者が増加する。大きな余震が続く場合、在宅避難者が不安等を感じ、屋外に避難するが、冬季は体調悪化による被害の拡大が懸念される。生活ごみや片付けごみが、

回収されずに取り残されたり、不法に捨てられたりして、悪臭などの問題が発生し、生活環境が悪化する。

1週間を経過すると、心身機能の低下により、生活不活発病となるなど、体調を崩す人が増加する。電力が復旧しても、保守業者による点検が終了するまでは、エレベータが使用できず、復旧が長期化する可能性がある。

1か月を経過すると、さらに心身機能の低下により、生活不活発病が増え、体調を崩す人がさらに増加する。自宅の再建や修繕を望んでいても、建設業者や職人等が確保できない可能性が高い。

つまり、自宅が安全な場合、日頃から十分に備えておくことで住み慣れた自宅に留まることは有効だが、ライフラインやエレベータの停止が長期化した場合、生活が徐々に困難化していくことが懸念される。地域での共助の仕組みによって、助け合うことが必要となる。

3. 地震火災対策の必要性

図3に令和4年（2022年）東京都地震被害想定での消失する建物の分布を示す。基本的に東京は10年前に比べて安全になったと言える。しかし、図3を見てわかる通り、建物被害の多い地域は依然として山手線の外側で、環状7号線の内側の環状の地域に分布していることが分かる。ここには、狭隘な道路沿いに木造住宅が密集している地域（いわゆる木密地域）が分布している。

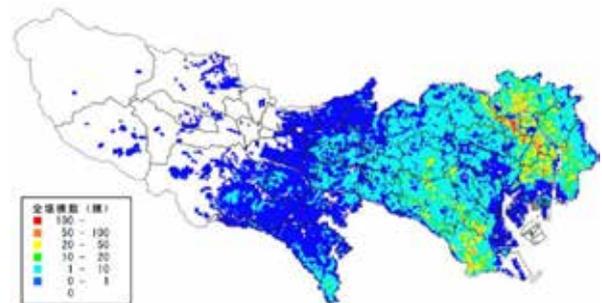


図3. 都心南部直下地震による焼失棟数分布（冬の夕方、風速8m/sの時、出典：文献1）

都心南部直下地震が発生すると火気器具や電気器具などから多数の出火が予想され、最大で915件と推定された。この内、初期消火できない火災は623件となる。通常の都内の出火数は年間約4000件、1日あたりにすれば約10件強であることを考えると、甚大な数の出火が予想される。

日本の火災件数は近年減る傾向にある。これは、消防能力の向上によっていることが大きい。しかし、首都圏で大地震が発生すれば火災が多発し、現在の消防能力を超えることが予想される。東京都には、JR山手線外周部を中心に木造住宅密集地域（木密地域）が広範に分布しており、首都直下地震が発生した場合に地震火災が同時・多発することが予想されている。東京都は、このような木密地域のうち、特に重点的・集中的に改善を図る地区を「不燃化特区（不燃化推進特定整備地区）」に指定し、都と区が連携して不燃化を推進して「燃え広がらない・燃えない」まちづくりを進めている（図4）。具体的には、令和7年（2025年）度までに全ての重点整備地域（不燃化特区）の不燃率を70%にすることを目指しつつ、各不燃化特区の不燃率を平成28年（2016年）度に比べ10ポイント以上向上させるとしている。



図4. 東京都の不燃化推進特定整備地区（不燃化特区）の位置
（出典：東京都都市整備局）

4. 耐震化と家具の固定

都心南部直下地震による死者の52%は揺れによる建物倒壊が原因である。これを少なくするには建物の耐震化を進めることが必須である。

都内には、島しょ部を除いて約2.8百万棟の建物がある。この内1980年（昭和55年）以前に建てられた木造建物は、全体の建物の約25%、非木造の80年以前の建物は全体の約6%で、全体の約1/3が旧築年・中築年である。これらが、耐震化されていなければ、大きな被害となる。

東京都の建物の耐震化率は、この10年間で進展があった。令和2年（2020年）の東京都のデータで、戸建て住宅の86.9%、共同住宅の93.89%、全体として92.0%（住宅戸数の割合）が耐震化されている。全国平均が約87%であることに比べると優れている。ただし、ここで言っている耐震化とは、昭和56年（1981年）の基準であることに注意する必要がある。

これらの建物の情報に基づいて、揺れによる建物被害が推定された。揺れによって全壊する建物は、都心南部直下地震で、約8万棟と推計された（図5）この内、全壊する建物の約8割は旧耐震基準（昭和56年以前の基準）の建物である。建物被害が多く分布するのは、山手線の外側に環状に広がる。ここは、耐震化されていない古い木造住宅が多数分布する木造住宅密集地域（木密地域）である。木密地域の存在は、依然として首都東京の最大の災害リスク要因である。

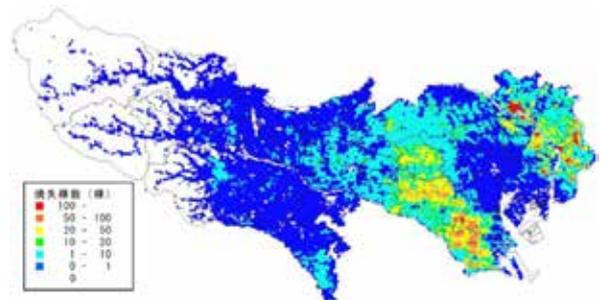


図5. 都心南部直下地震による全壊棟数分布
（出典：文献1）

10年前の想定に比べて耐震化率の向上によって、倒壊する家屋の数は約6割に減ったが、もし、耐震化を1981年基準で100%にすれば4割に、2000年基準で100%にすれば、10年前の想定のおよそ2割に被害が減ることも推定されている。

一方、東京都には、この10年間で、湾岸地域などで大規模超高層ビルが増加し、都市の構造が大きく変化した。令和2年（2020年）度時点で、都内には高層建築物（高さ45mを超える建築物）は約3,500棟で、10年前と比較し、約1,000棟増加した。これらは地震時に直ちに倒壊する恐れは低いが、ライフライン、電力・上下水道の途絶、揺れや停電によってエレベータが使えなくなるなど、新たな問題が生じる。とりわけ、大地震で発生する長周期地震動によって超高層・高層ビルは大きく揺れる。平成23年（2011年）東日本大震災時には震源から数百km離れた新宿のビルが約10分間にわたって片振幅2mで揺れ続けた。室内の家具が適切に固定されていなければ、家具が倒壊して負傷したり命を落したりする。家具の転倒など屋内収容物の移動・転倒による人的被害は、都心南部直下地震で、275人の死者が発生するとされた。東京都の被害想定では、長周期地震動については、過去のデータ不十分で定量的な被害想定を行えなかったが、十分な備えが必要である。

5. おわりに

東京都は令和4年（2022年）5月に10年ぶりに地震被害想定を修正し、令和5年（2023年）5月に地域防災計画・地震編を修正した。倒壊・焼失などの建物被害は約19万棟と、10年前の想定のおよそ30万棟の3分の2程度に減じた。この意味で、東

京都市はハード的には安全になったと言える。この結果として、死者の想定も6100人と10年前の9700人の約6割になった。しかし、それでも死者の想定は、平成7年（1995年）阪神・淡路大震災の被害（死者6,434、行方不明3、負傷者43,792。）に匹敵する。木密地域での被害の大きさが改めて認識できる。同時に、湾岸地域等に増加した超高層マンションの防災力に新たな問題も生じている。東京都は令和5年（2023年）5月に地域防災計画・地震編⁽⁵⁾を修正して、新しい防災対策を進めている。特に、超高層マンションでの防災対策に関して、「マンション防災」として対策への助成や、マンション内での在宅避難を進める施策を進めている。マンション内外の住民の共助の仕組みを確立することが重要である。一方、東京都は住宅の耐震化への補助の対象を2000年基準に満たない住宅へも拡大するなど、従来からの課題への取り組みも強化した。木密地域の従来からの問題と、超高層マンションでの新しい課題に取り組んで、安全で安心な首都となるように努力する必要がある。

【参考文献】

- (1) 東京都防災会議（2022）、首都直下地震等による東京の被害想定 報告書（令和4年5月25日公表）
- (2) 東京都防災会議（2012）、首都直下地震等による東京の被害想定 報告書（平成24年4月4日18日公表）
- (3) 内閣府首都直下地震モデル検討会（2013）、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、平成25年12月。
- (4) 東京都（2023）、東京マイ被害想定（<https://www.higaisoutei.metro.tokyo.lg.jp/mydmgpred.html>）
- (5) 東京都防災会議（2023）、東京都地域防災計画 震災編（令和5年修正）〔本冊〕

□首都直下地震と市街地火災からの避難

東京大学先端科学技術研究センター 教授 廣 井 悠

1. はじめに

2023年は関東大震災から100年が経過する節目の年であった。このため、学会やマスメディア等で関東大震災の教訓を伝える報道やシンポジウムが多数開催されてきた。しかしながら、関東大震災において大量の人的被害が発生した大きな要因である「市街地火災からの避難」という問題について、中心的に扱ったイベントは思ったより少なかったように筆者は感じた。現代都市における地震火災リスクはいまだ小さいものではなく¹⁾、実際にも内閣府における首都直下地震の被害想定で火災に起因する人的被害は数多く見積もられているという現状がある²⁾。このため本稿では、首都直下地震のような大都市大震災時における市街地火災からの避難について、関東大震災から100年間で行われた対策と現在までの到達点、そして今後の課題について詳説する。

2. 関東大震災と市街地火災からの火災避難

1923年9月1日午前11時58分に関東地方を中心として発生した関東大震災では、105,000人にも及ぶ甚大な人的被害が記録されたが、特に甚大な被害の要因となったのが市街地火災による被害である。表は関東地震による住家被害の棟数と死者数の推計結果を示したものの^{3),4)}、建物被害

については東京市の多くが、もしくは横浜市の半分以上が火災によるものであり、両市ともに死者・行方不明者のほとんどが火災に伴って発生している。横浜市はともかくとして、東京市は震源から離れていることもあり、神奈川県ほど揺れは大きくなかったと一般に考えられているが⁵⁾、それではなぜ相対的に揺れが小さかった東京市で、これほどまでに甚大な人的被害が発生したのだろうか。これは地震発生時の時刻や気象条件、さらには東京市における木造建物の多さやその密度など様々な原因が考えられるが、特に大きな原因のひとつとして挙げられるのが「避難」に関する課題である。例えば関東大震災で最大の犠牲者を出した場所が、東京市本所区本所横網町の陸軍本所被服廠跡である。ここには多くの住民が発災後に避難していたが、大量の可燃物が持ち込まれていたほか、周囲から迫ってきた火災および火災旋風等が発生することにより、約4万人もの人命が失われた。また、13時から14時には地震発生直後の逃げ遅れで犠牲者が発生し、また神田駅などを代表として、東京市の主に東部地域において周囲を火災に囲まれることで、多数の焼死者もしくは溺死者が発生している。このような被災事例を通じて我々は、避難方法に関する教訓¹⁾や避難途上に発生した逃げまどいに関する教訓²⁾に加え、市街地火災から命を守る避難場所の安全性に関する教訓³⁾等を得ることとなった。

表 関東地震による住家被害棟数および死者数の推計^{3,4)}より引用

府 県	住家被害棟数						死者数(行方不明者含む)					
	全潰	(うち)非焼失	半潰	(うち)非焼失	焼失	流失埋没	合計	住家全潰	火災	流失埋没	工場等の被害	合計
神奈川県	63577	46621	54035	43047	35412	497	125577	5795	25201	836	1006	32838
東京府	24469	11842	29525	17231	176505	2	205580	3546	66521	6	314	70387
千葉県	13767	13444	6093	6030	431	71	19976	1255	59	0	32	1346
埼玉県	4759	4759	4086	4086	0	0	8845	315	0	0	28	343
山梨県	577	577	2225	2225	0	0	2802	20	0	0	2	22
静岡県	2383	2309	6370	6214	5	731	9259	150	0	171	123	444
茨城県	141	141	342	342	0	0	483	5	0	0	0	5
長野県	13	13	75	75	0	0	88	0	0	0	0	0
栃木県	3	3	1	1	0	0	4	0	0	0	0	0
群馬県	24	24	21	21	0	0	45	0	0	0	0	0
合 計	109713	79733	102773	79272	212353	1301	372659	11086	91781	1013	1505	105385
(うち)												
東京市	12192	1458	11122	1253	166191	0	168902	2758	65902	0	0	68660
横浜市	15537	5332	12542	4380	25324	0	35036	1977	24646	0	0	26623
横浜賀賀市	7227	3740	2514	1301	4700	0	9741	495	170	0	0	665

3. 関東大震災から100年の市街地火災避難対策

この災害から今年で100年が経つ。この間、多数の戦災や都市大火による被害を経て、わが国では不燃都市を強く希求しつつも市街地火災への対応を考えながら市街地整備や消防力を充実させてきた。特に本稿で話題とする「市街地火災からの避難」については、避難路の確保や避難場所の設計に関する研究が精力的に行われているが、後者については火災から命を守る最後の砦という認識のもとで、周囲を全面火災に囲まれても計画人口を輻射熱から守るような工学的根拠を基にして設計がされており、これをもとに避難場所の避難有効面積と計画人口が算定されている。そしてこれらの研究は昭和30年代後半から実際の施設整備にも本格的に生かされはじめ、地震や戦災からの復興計画をはじめとした各都市におけるハード整備を通して、安全な避難場所が市街地内に用意され、橋が焼失する可能性も少なくなり、また都市防火区画の形成とあわせて避難路の沿道も不燃化が進み、一部の都市ではこれらの整備を前提とした市街地火災時特有の避難計画（段階避難など）も作られることになった。上記のような研究とその実装を通じて、わが国の都市は市街地火災からの避

難に関するハード性能を100年で劇的に改善してきた⁶⁾。

4. 市街地火災からの避難に関する現在の課題

しかしながら現代都市においても、市街地火災からの避難についてはいまだ大きな課題を残している。この課題は、避難者が建物に閉じ込められて移動困難となる可能性、要配慮者の避難支援、そして同時多発火災からの逃げまどい避難に関するリスクなど様々なものが挙げられるが、筆者は特に下記の2点が重要と考えている。

1つめは、都市の拡大と人口の増加に伴う課題である。例えば首都圏を対象にすると、関東大震災当時に約400万人（東京都人口、東京市は220万人）であった人口は現在の東京都で約1400万人を数え、大都市部への人口密集は100年前と比べて格段に加速している。このように、大都市への極端な集積のもとでは、避難場所の容量が足りなくなる、避難路で過密空間と避難速度の遅れが生じる、群集パニックが起るといった様々な問題が発生する恐れがある。特に2011年3月に発生した東日本大震災では約500万人の帰宅困難者が発生しているが、大規模地震によって平日の昼間に突

発的に電車が運休した場合、発生した帰宅困難者が避難圏域を超えて移動することにより、計画人口に含まれていない避難者が広域避難場所に向かうことで計算された火災安全性能が発揮できない、あるいは大量の徒歩帰宅者の存在が市街地火災からの避難行動に悪影響を与えるなどの問題が発生する可能性も否定できない。

後者について、具体的な影響を試算した結果が図である。ここでは延焼危険性の高い東京都墨田区北部を対象に、対象地域内の平日昼間での滞在者（PT 調査により算出し、総計4.5万人）が各建物から指定された避難場所（広域避難場所）へ移動するような行動ルールを設定し、首都圏の帰宅困難者が一斉帰宅するものと仮定したうえで⁷⁾、様々なケースのもとで避難場所までの避難完了時間分布を計算したものである⁸⁾。Case Aは混雑の影響がなく、かつ道路が閉塞しない場合を仮定しており、平常時に避難場所へ任意の住民が建物から移動することを想定しているが、この状況下では99%以上が30分以内に避難場所まで避難を完了することができる。Case Bは混雑を考慮しないが道路閉塞があるパターンを示したものである。ここでは、道路閉塞する場合は閉塞確率を細街路に限り1リンクあたり5%と設定しているが、Case Aと比べてやや避難完了時間が遅くなるが、それでも97%以上が一時間以内での避難が可能となる。Case Cは、道路閉塞したうえで、震災直後に地域住民全員が避難を開始するケースである。この状況下では、30分以内に避難を完了できる人が49.5%であり、1時間以内は71.2%、2時間以内でも89.7%しか避難場所に到達できない。Case Dは、道路閉塞したうえで、震災から2時間後に地域住民全員が避難を開始するケースである。ここでは震災直後に帰宅困難者が一斉帰宅するものとしているため、帰宅困難者の移動と市街地火災からの避難者が錯綜して大混雑を起こすケースを検証するもので、30分以内に避難を完了できる人は46.9%、1時間以内は65.9%、2時間以内でも

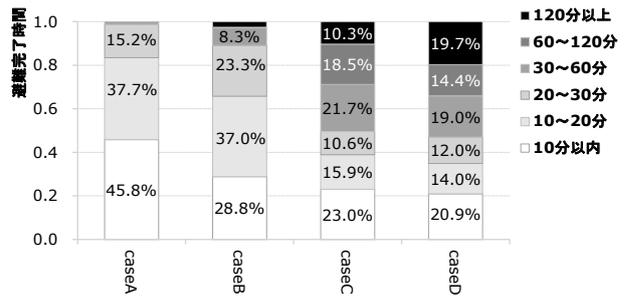


図 それぞれのケースにおける避難完了時間

80.3%しか避難場所に到達できない。これらからも、避難場所周辺における細街路の閉塞や帰宅困難者の一斉帰宅が市街地火災からの避難行動を大きく阻害することがシミュレーション上で再現されており、避難場所で計画人口を火災から守るためには、避難場所の設計のみならず、周辺の道路整備や広域的な人流管理政策が必須となる。

2011年に発生した東日本大震災では首都圏で515万人にもおよぶ大量の帰宅困難者が発生し、以降ではわが国の大都市で帰宅困難者対策が精力的にすすめられているが、帰宅困難者対策を行う意義として、群集事故の発生防止や緊急車両の円滑な活動のみが挙げられることが多い。このため、大都市においては社会全体で「一斉に帰らない」、「一斉に迎えに行かない」ための環境整備を行う必要があるが⁸⁾、帰宅困難者の移動が避難行動を阻害する可能性が示唆されたいま、この点も考慮した広域的な人流管理の実施と、帰宅困難者の広域的な移動を前提とした避難行動ルールの設定等が今後求められるのではないかと考えられる。

2点めは、都市火災経験の希薄化に伴う課題である。現段階においては、1976年に発生した酒田大火を最後に、約50年間平常時の大火は発生しておらず、甚大な市街地火災の発生は都市部における地震時のケースが主に懸念されているところである。しかしながら地震火災による大規模な市街地延焼は再現期間が長い現象であり、常備消防の充実に伴って、一般の住民は都市火災リスクが根絶されたような錯覚に陥っている可能性もある。

それゆえ、市街地火災からの避難行動は風水害や津波など他の災害と比べて、避難情報が出しにくいという課題のみならず、教訓や経験が相対的に積みあがりやすく、住民の対策意識も希薄化し、防災教育もほとんど行われておらず、その教訓も伝わりにくい傾向は否めない。さらに、市街地火災からの避難は風水害や津波からの避難と大きく異なり、同時に延焼防止活動や初期消火、要支援者の避難誘導なども必要とされることから、「早めの避難」が必ずしも被害の最小化に繋がるとは言いきれず、これは避難情報発表の是非をも左右するほど、避難開始のタイミングが難しい。そして、実際に避難を開始したとしても、段階避難をはじめとした複雑な避難行動を求められることが多く、またこの目的地についても「一時避難場所」、「一時集合場所」、「広域避難所」などの用語に関する理解が十分にされていない現状がある。筆者はこれらの問題意識に基づき、地震火災からの避難行動（を含めた発災時の地震火災対応）を考えるワークショップツールを開発しており、いくつかの地域でこれを用いた避難行動の検討を行っている（写真）。市街地火災を経験することが少なくなっただけ、このような取り組みを通じて、地域の地震火災に対するイメージ力や災害対応力を高める必要があるものと考えられる。



写真 市街地火災からの避難を考えるワークショップツール（同時多発火災）

5. おわりに

本稿では、関東大震災における避難の状況について東京市を中心として概説したうえで、市街地火災からの避難対策の進捗と現代の課題について概説した。総じて、市街地火災避難に関するハード性能は目覚ましく進展しているものの、大都市への過剰な集積に伴う問題と、都市火災経験の希薄化に伴う問題を代表として、いまだ大きな課題も残されており、100年が経過しても大都市の地震火災リスクが抜本的に改善したわけではない。関東大震災100年という節目を迎えるにあたり、発災時の人的被害の多寡を大きく左右する避難行動に関する課題はいまだ深刻であることを社会で再認識し、101年目を以降も継続的に啓発・対策を行う必要があると考えられる。

【参考文献】

- 1) 廣井悠：関東地震の火災被害に関する教訓とそれから100年後の現代都市に与える示唆，地震予知総合研究振興会，地震ジャーナル，Vol.75，pp.43-52，2023.
- 2) 中央防災会議：首都直下地震の被害想定と対策について（最終報告），2013.
- 3) 諸井孝文，武村雅之：関東地震（1923年9月1日）による被害要因別死者数の推定，日本地震工学会論文集，第4巻，第4号，pp.21-45，2004.
- 4) 内閣府：災害教訓の継承に関する専門調査会1923関東大震災報告書，2006.
- 5) 武村雅之：関東大震災がつくった東京，中公選書，2023.
- 6) 中島直人，村山頭人，高見淳史，樋野公宏，寺田徹，廣井悠，瀬田史彦：都市計画学 - 変化に対応するプランニング - 学芸出版社，2018.09.
- 7) 廣井悠，大森高樹，新海仁：大都市避難シミュレーションの構築と混雑危険度の提案，日本地震工学会論文集第16巻第5号，pp.111-126，2016.04.
- 8) 廣井悠，大森高樹，新海仁，大都市複合災害避難シミュレーションの提案，日本災害情報学会第16回研究発表大会概要集，pp.14-15，2015.
- 9) 廣井悠，大都市大震災時の帰宅困難者対策，新都市，第77巻，第9号，2023.09.

補注

- (1) 当時は避難に関する計画や避難場所の指定はなく、また江戸時代の火災避難に関する民衆知も希薄化していたことにより、避難の遅れや盲目的な追従行動、家財の持ち出しが多く犠牲者発生の一因になったと言われている。
- (2) 火災と火災に挟まれて多くの人々が亡くなったほか、「橋の上に衝突して押潰され踏み倒され、橋より落ちて大河に沈むもあり、欄干に押し付けられて絶息するあり（東京市、相生橋）」、「橋上で避難を急ぐ人の流れの中、子供やお年寄りが圧死する悲劇もあった（横浜市、吉田橋）」と手記などで形容される、避難途中における群集事故の発生も記録されている。
- (3) 当時は東京市全体の半数にもものぼる約100万人がオープンスペースに避難しているが、可燃物（家財）が多く、隔離距離がないオープンスペースで多くの人々が亡くなっている。このことから、関東大震災以降はこれら避難空間における被害を検証することにより、如何に火災から安全な場所を都市内に確保すべきかという、大きな都市整備上の示唆を得ることになった。

□同時多発火災で発生する火災旋風の 発生予測に向けた基礎研究

消防研究センター大規模火災研究室 主幹研究官 篠原 雅彦

1. はじめに

首都直下地震では東京23区内で700か所を超える火災の発生が危惧されている¹⁾。100年前の1923年に起きた関東大震災では東京市で134か所から火災が発生し、約5万2千人の人々が火災によって亡くなった²⁾。このうちの7割を超える約3万8千人の人々が、東京市の全焼失面積35km²のわずか0.2%にあたる6ha(0.06km²)の空き地で亡くなった。この空き地は現在の墨田区にあった工場の跡地で被服廠跡と呼ばれていた。この一か所でこれだけの被害が生じた原因は、ここを襲った火災旋風の影響であると考えられている。一方、海外では大規模な林野火災が頻発しており、ここでも火災旋風が被害を拡大している。強風が木を裂いて吹き飛ばし、火災の強度を増大させ、死傷者を出している^{3,4)}。このようなことから火災旋風の研究は火災科学者、気象学者、森林学者らによって国内外で進められている。しかし、いまだにどのような条件下でどの程度の威力、規模を持つ火災旋風が発生するのか解明されていない。そのため被害想定も対策も立てられないでいる。

現在著者は、同時多発火災発生後の延焼火災で発生が危惧される火災旋風の発生阻止を目指して、火災の規模を想定した時に発生し得る最も回転の強い火災旋風の渦の強さと半径を、その発生メカニズムに基づいて予測するモデルの開発を行って

いる⁵⁾。この開発には火災旋風の発生メカニズムだけでなく、火災旋風の渦の強さや規模が、地上風速や火災の規模、発熱速度などによってどのように変わるのかという現象を知る必要があり、これまで実験を中心とした研究を進めてきた。

ここではまず火災旋風とはどのようなものなのかについて概説した後、発生予測モデルの開発に必要な火災旋風の現象について、著者らの最近の実験によって明らかになってきたことを紹介する。

2. 火災旋風とは

火災旋風とは、火災の内部やその周辺で発生して激しく回転する竜巻状の渦のことである。火災旋風は炎を含んだ火柱状の火災旋風(図1)として現れることもあれば、炎を含まない火災旋風(図2)として現れることもある。図1は実験で再現した火柱状の火災旋風である。旋回していない火炎にくらべてはるかに背の高い火炎となる。図2は野焼き時に発生した煙状の火災旋風である。煙や灰、砂ぼこりなどを巻き込んで黒っぽく見えているのだと考えられる。

図1のような炎を含む火災旋風が火災の外に出て図2のような炎を含まない火災旋風になることもあれば、逆に炎を含まない火災旋風が近くにある炎を取り込んだり火災の上を通過したりして、

炎を含む火災旋風になることもある。

火災旋風が引き起こす被害の多くは、火災旋風の猛烈な風に起因しているようである。この風は火の粉を遠くに飛ばしたり、周囲にまき散らしたりすることで出火点が増加し、急速な延焼拡大を引き起こす。被服廠跡での証言の中には、「強烈なる風吹き来り満場の荷物に一時に点々火が付いた、それと同時に河の方から上方に旋風来り」というものがある⁶⁾。また、火災旋風の強風は延焼速度を増加させ、延焼方向を急変させる。さらに人や物を吹きとばして避難を困難にし、死傷者を出すこともある。被服廠跡同様に火災旋風が避難場所を襲った和歌山市大空襲では、「立ち上がることも出来ず、転がされたり、叩きつけられたりして、いつの間にか意識を失ってしまった」という証言がある⁷⁾。被服廠跡では焼けトタンが飛んできて避難者の首を切ったという証言がある⁸⁾。さらに火災旋風は停滞することもあれば、予測不能な動きもするし、数 km 移動することもある。また、燃焼速度、火災の強度も増す。次節では、火災旋風の風の強さに直結する渦の回転の強さに焦点をあてた実験研究の結果をいくつか紹介する。



図1 実験で再現した火柱状の火災旋風

3. 最近の研究でわかってきたこと

3.1 風速と発熱速度が炎を含まない火災旋風に与える影響

「炎を含まない火災旋風」の渦の回転の強さや規模が、風に対する火源の向き、風速、火源の発熱速度によってどのように変わるかを風洞実験によって調べた^{9,10)}。実験では200mm×20mmの細長いバーナーを用いて火災前線を模擬した。バーナーの長辺を風に直交配置した場合と平行に配置した場合について、風速と火源の発熱速度を変え、



図2 野焼きで発生した「炎を含まない火災旋風」(写真の右端)

火源周囲に発生する「炎を含まない火災旋風」の水平面内の速度場をPIV（粒子画像流速測定法）と呼ばれる方法で測定した。得られた全速度場から渦の中心で剛体回転している渦核を抽出し、各速度場の渦核内の循環の絶対値が最大の渦核について、循環、半径、接線速度、空間平均渦度を求めた。ここで渦度とは、流体中の微小部分の回転の強さを示す量、循環とは、ある領域内の渦度を積分した値で、渦の強さを表す量である。結果を図3に示す。

直交配置の場合、図3aに示すように0.28 m/s $\leq U \leq 0.54$ m/sの風速範囲では風速の減少に伴い循環は増加する。循環は渦核内の渦度を積分して求めたので、風速に対する循環の変化が渦核内の渦度と渦核サイズのどちらによって決まっているのかを知るために、両者と循環との間の相関の

強さを調べた。渦度は渦核内の空間平均渦度の絶対値（図3d）によって評価した。その結果、風速に対する渦の循環の変化は、渦度ではなく渦半径によって決まっていることが分かった。つまり風速が減少すると循環の絶対値が大きくなるのは、風速の減少に伴い渦核サイズが増大するためであり、渦核内の空間平均渦度の変化によるものではないということが分かった。

では、低風速下で渦核が大きくなるのはなぜか。一つの仮説として流れ場の結果に基づいた考察を示す。図3bより、どちらの発熱速度の場合も、 $U = 0.38$ m/sと $U = 0.48$ m/sの間を境に渦核半径が大きく異なっている。渦を可視化して観察した結果と速度場から、渦の動きも $U = 0.38$ m/sと $U = 0.48$ m/sの間を境に大きく異なることが分かった。図4a～cに、発熱速度0.84 kWの場合

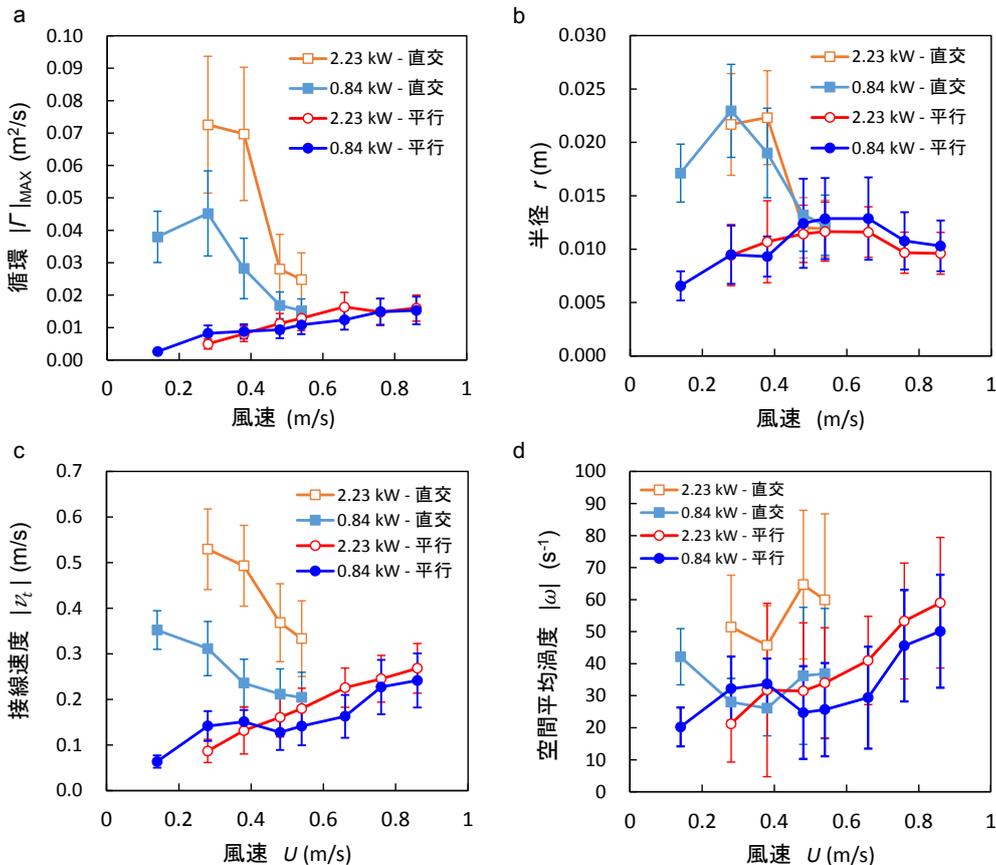


図3 風速・発熱速度・火源の向きが火災旋風に与える影響（文献10を改変）。(a) 渦核の循環の絶対値の最大値、(b) 渦核半径。(c) 渦核の接線速度の絶対値、(d) 渦核内の空間平均渦度の絶対値。図中の各点は56秒間の時間平均値、エラーバーは標準偏差を示す。

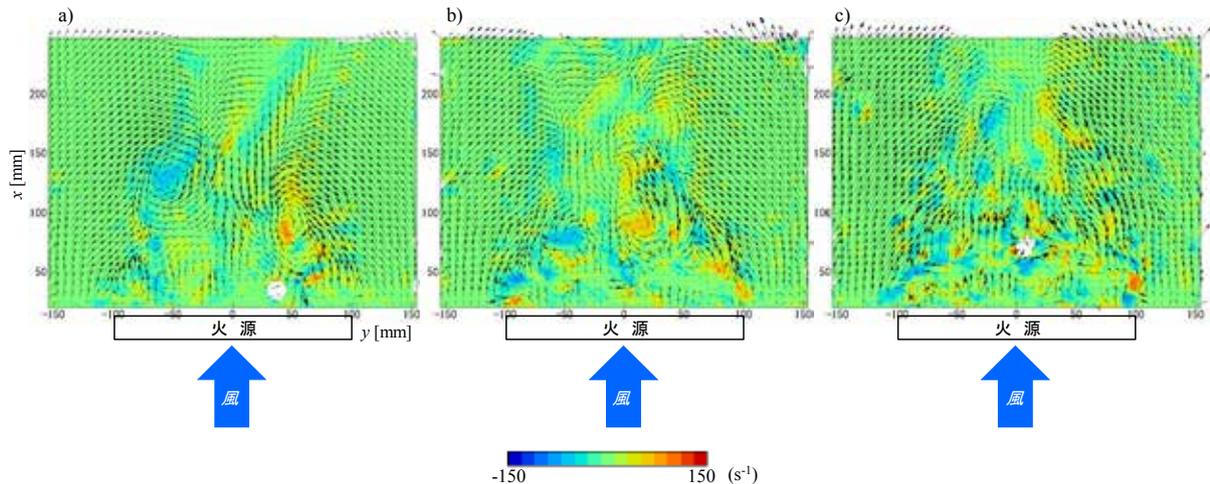


図4 発熱速度0.84 kWの場合の瞬時速度場と渦度：(a) 風速 $U = 0.28$ m/s; (b) $U = 0.38$ m/s; (c) $U = 0.48$ m/s. 図の上が風下。

(a), (c) は文献9を改変)

合について $U = 0.28, 0.38, 0.48$ m/sにおける火源風下の瞬時速度場と渦度場を示す。0.38 m/sまでは渦はバーナー風下に定在する時間が長い、0.48 m/s以上では、渦は定在せずすぐに風下に流される。つまり低風速下では渦はバーナーのすぐ風下に定在しており渦サイズは大きい。高風速下では渦はすぐに流出し渦サイズは小さい。よって高風速下では渦が短時間で流出するため、渦内への渦度の蓄積が少なく渦が大規模化できず、低風速下では渦が流出せず定在するため、渦内への渦度の蓄積が多くなり、渦が大規模化できると考えることができる。ここで渦度が周囲から火源風下にやってくるような説明をしたが、渦度の供給元は床面に接する速度境界層だと過去の研究から考えている。

直交配置の場合、渦の接線速度も循環同様に風速が減少するほど増加する (図3c)。この主な原因も、風速の減少に伴い渦の半径が増加する傾向にあるためである。また、発熱速度が増加すると循環が増加する (図3a)。これは、発熱速度が増加しても渦核サイズは変わらないが、渦核内の空間平均渦度は増加するためである。

平行配置の場合の渦の循環の絶対値、渦サイズ、接線速度は、直交配置の場合に比べて小さい (図

3a～c)。また、平行配置の場合は直交配置の場合とは逆に、風速の増加に対して渦の循環の絶対値が増加傾向にある (図3a)。

循環と半径が共に大きい渦、つまり危険な火災旋風は図3a, bから分かるとおり、直交配置の低風速下で発熱速度が大きい場合に発生する。この時の渦は、火源の風下に逆方向に回転する渦のペアとして現れ、ほぼ定在する。図5はこの最も強い渦を煙で可視化した様子である。

低風速下で強く大きな火災旋風が発生するという実験結果は、林野火災や野焼き時には風が強い時よりも風の弱い時に、より多くの火災旋風が報



図5 全実験条件下で最も強い渦を煙で可視化した写真

告されてきたという結果と矛盾しない。なぜならば、回転が強く大規模な火災旋風は、そうでない火災旋風に比べて、おそらく、より目撃されやすく記録に残りやすいからである。ただし野焼きに関しては、延焼防止のため強風下を避けて行われるので、風が弱い時の観察例が多いというデータのかたよりは存在する¹¹⁾。火災の発熱速度が最も強いのは火災の側面でも後面でもなく燃え進んでいく前面（火災前線）である。したがって、「循環と半径が共に大きい渦は、低風速の風に直交する発熱速度の大きい火源の風下に、逆方向に回転する渦のペアとして現れ、ほぼ定在する」というこの実験結果は、回転が強く大規模な火災旋風は、図6に示すように風と直交する火災前線の風下部に弱風下で発生することを示唆している。

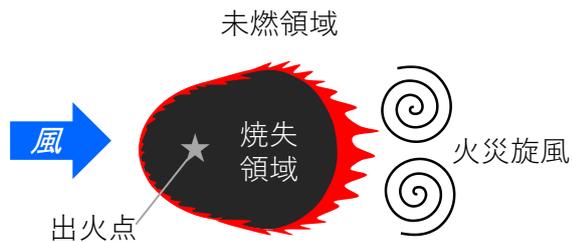


図6 実験結果から示唆される「火炎を含まない回転の強い大規模な火災旋風」の発生位置

3.2 最も強い渦の正体

ではこの最も強い渦は何者なのだろうか。図7に示すように、火災風下の地上部には定在渦と書いたほぼ一か所に留まる渦や、後流渦と書いた次々と風下に流れていく渦が火災旋風として目撃されてきた。さらに火災風下の上空全体を覆うCVPと書かれた渦も古くから知られてきた。CVPはCounter-rotating Vortex Pairの略で、直訳すれば逆回転渦対となる。火災から発生する上昇気流が風を受けると風下に傾く。この上昇気流は二股に分かれ、互いに逆方向に回転する渦のペアであるCVPを形成する。

実験の結果、定在渦はCVPの最下部である可

能性が高く^{12,13)}、この定在渦が前節で明らかになった強い渦の正体である可能性が高い¹⁰⁾ということが明らかになった。定在渦がCVPの最下部であることは図7を見れば当たり前のように思えるが、火災のすぐ風下の地上部には煙や砂や炎など空気の流れを可視化するものがない限り、定在渦は見えない。また、CVPもいつもその全貌が明確に見えるとは限らない。そのため、図8のように定在渦とCVPを同時に可視化して、あらゆる角度から観察しなければCVPと定在渦がつながっているのかどうかということが分からなかったのである。

火炎の風下部では火柱状の火災旋風が発生することもある。この火柱状の火災旋風は、定在渦の中に火炎が巻き込まれたもの、つまりCVPの下部に火炎が巻き込まれて発生しているということも実験で分かった¹³⁾。

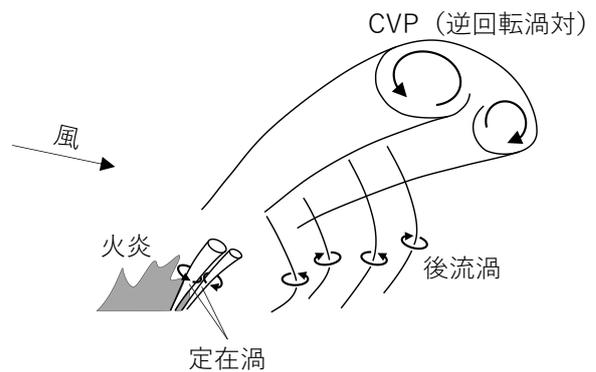


図7 火災の風下で目撃されてきた渦



図8 CVPの最下部である可能性が高い「火災風下の定在渦」

実火災に比べればはるかに小さい数 cm から数 m の火炎を用いた実験の結果ではあるが、定在渦が CVP の最下部である可能性が高いという実験結果は、大規模な林野火災を高解像度気象用レーダーで観測した結果とも一致することが最近明らかにされた¹⁴⁾。

図 7 に示した後流渦 (Wake vortex) は、しばしば逆方向に回転する渦のペアとして火炎風下に現れ、周期的に風下に流されていく。火炎の風下に定在する CVP もたまに流れ出すことが林野火災での報告¹⁵⁾ や実験¹²⁾ でわかっている。

CVP の上部の風の流れは図 7 の矢印から分かる通り、一般風と直交する方向に向かう。そのため、この流れは火の粉を側方に飛ばすため、林野火災を側面から消火する消防隊員にとって危険な現象であることが指摘されている¹⁶⁾。火の粉の飛散分布が CVP に大きく左右されることはシミュレーションでも示されている¹⁷⁾。2016年に起きた糸魚川市大規模火災では、地上と上空から撮影された映像に、火災域の上空を覆う煙によって可視化された CVP が映っていた。飛び火が多発する直前の上空の煙、つまり CVP の輪郭を地図に落とすと、その輪郭付近でその後、多くの飛び火が発生していた。これも CVP が火の粉の飛散に影響を与えたためではないかと考えている¹⁸⁾。

CVP の発生メカニズムは古くからいくつかの仮説が提唱されており、現在この発生メカニズムと、図 3 で示した実験から明らかになった強い火災旋風の発生状況などに基づいて発生予測モデルを開発している。

4. おわりに

現在作成中の火災旋風発生予測モデルの基礎となる実験の結果についていくつか紹介した。今後さらにモデルの適用範囲を広げるための実験を行い、実規模火災旋風を予測できるモデルに拡張することを目指している。

【参考文献】

- 1) 東京都防災会議, 首都直下地震等による東京の被害想定報告書, 2022. <https://www.bousai.metro.tokyo.lg.jp/taisaku/torikumi/1000902/1021571.html>
- 2) 中央防災会議 災害教訓の継承に関する専門調査会, 1923関東大震災報告書第一編, 2006.
- 3) USDA Forest Service, Accident prevention analysis report, Indians fire, Los Padres National Forest, USDA Forest Service, Pacific Southwest Region, 2008.
- 4) Informational Summary Report of Serious or Near Serious CAL FIRE Injuries, Illnesses and Accidents, GREEN SHEET, Burn Over Fatalities, July 26, 2018, Carr Incident.
- 5) Shinohara, M., A model to predict maximum tangential wind velocity in laboratory-scale fire whirls without flames in a crosswind, IAFSS2023: 14th International Symposium on Fire Safety Science, 2023 (accepted).
- 6) 藤原咲平: 関東大震災調査報告 (気象編), 中央气象台, 1924.
- 7) 和歌山市戦災誌, 和歌山市役所, 1956.
- 8) 東京都江戸東京博物館・都市歴史研究室, 関東大震災と安政江戸地震, 東京都江戸東京博物館調査報告書第10集, 常設展示制作に伴う調査報告書 3, 2000.
- 9) Shinohara, M., Effects of wind speed and heat release rate on the vortex strength and size of fire whirls without an inner core of flame, Fire Safety Journal, Vol. 120, 103045, 2021.
- 10) Shinohara, M., Vortex strength and size of fire whirls without flames around a long narrow fire source, Fire Safety Journal, Vol. 129, 103561, 2022.
- 11) McRae, D.J., Flannigan, M.D., Development of large vortices on prescribed fires, Canadian Journal of Forest Research, 20, pp. 1878-1887, 1990.
- 12) Shinohara, M., Matsushima, S., Formation of fire whirls: Experimental verification that a counter-rotating vortex pair is a possible origin of fire whirls, Fire Safety Journal, Vol. 54, pp. 144-153, 2012.
- 13) Shinohara, M., Matsushima, S., Flow visualization study of stationary fire whirls just downwind of meter-scale turbulent flames, Flow, Turbulence and Combustion 102, pp. 313-330, 2019.
- 14) Lareau N. P. et al., Fire-generated tornadic vortices, Bull. Am. Meteorol. Soc. 103 (5) E1296-E1320, 2022.
- 15) Haines, D. A., Smith, M.C., Simulation of the collapse of bent-over vortex pairs observed in wildland fires, Forest. Sci. 38 (1992) 68-79.
- 16) Haines, D. A., Smith, M. C., Simulation of the Collapse of Bent-Over Vortex Pairs Observed in Wildland Fires., Forest Science, Vol. 38, No. 1, pp.68-79, 1992.
- 17) Thurston, W. et al. The contribution of turbulent plume dynamics to long-range spotting, International Journal of Wildland Fire, 26, pp. 317-330, 2017.
- 18) 篠原雅彦, 飛び火と上空の煙の位置に関する考察, 火災, No. 373, pp.39-42, 2021.

□大規模地震に備える建物の耐震化と安全の確保

工学院大学 建築学部 まちづくり学科 教授 久田 嘉章

1. はじめに

100年前の1923年関東大震災や1995年阪神淡路大震災など、わが国ではこれまで多くの地震災害を経験してきた。その結果、我が国の建物は世界で最も厳しい耐震基準が整備され、かつ免震・制振など様々な最先端の対策技術が使用可能となっている。一方、近年では従来の「標準的な地震動」とは大きく特性が異なる「長周期・長時間地震動」や「長周期パルス」などが確認されており、その特性に応じた対策が求められている。さらに東京に代表される巨大都市では地震による膨大は避難者や帰宅困難者の発生が予想され、さらには

水害や土砂災害、感染症、流言飛語・群衆事故など様々な災害が連続する複合災害が懸念されている。従って従来の大地震により「建物が倒壊しない対策」や「火災から逃げる対策」から、より安全性の高い「建物が継続使用できる対策」、「逃げる必要のない対策」が求められている。

2. 近年明らかになってきた様々なタイプの地震動

近年、強震観測網が整備され、地震動には様々なタイプがあることと、それにより低層住宅から超高層建築、免震建築など多様な建物では様々な

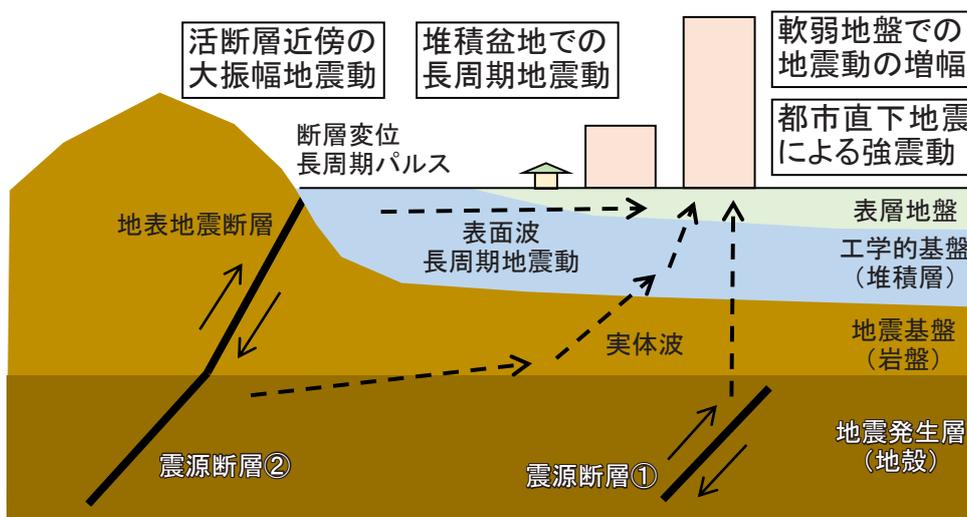
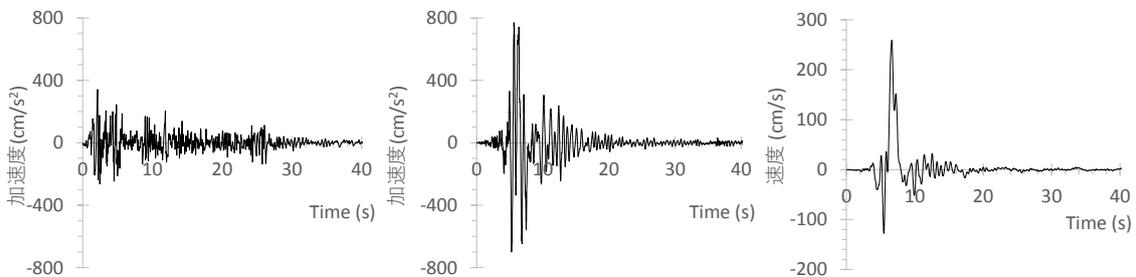


図1 様々なタイプの地震動（短周期地震動の実体波、長周期地震動の表面波、活断層帯地震の近傍の長周期パルス・断層変位、および、堆積層・表層地盤による地震動の増幅）

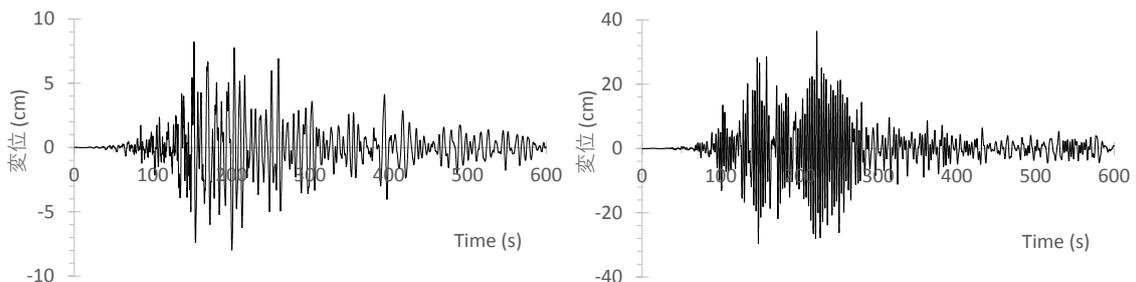
被害パターンがあることが明らかになってきた。まず図1は様々なタイプの地震動の成因を説明するための模式図である。震源断層①のように、地震は地下深くの地殻岩盤における断層運動で発生し、実体波とよばれるP波（ガタガタと上下に揺れる初期微動）とS波（ユサユサと水平に揺れる主要動）が伝播する。これが比較的柔らかい堆積層や軟弱な表層地盤で増幅される。一方、海溝型巨大地震などの浅い大地震では、ゆっくりと揺れる大振幅の地震動（表面波）が、地表近くを遅い速度で伝わり、東京や大阪のような厚い堆積層の中で増幅され、継続時間が非常に長くなる。主に実体波である前者は「標準的な地震動」と呼ばれるのに対して、主に堆積層で増幅した表面波による後者は「長周期・長時間地震動（または単に長周期地震動）」と呼ばれている。一方、震源断層②のように活断層帯で地震が発生した場合、その近くでは破壊力のある「指向性パルス（キラパルス）」、さらに地表に断層が出現した場合（図1の「地表地震断層」）は「断層変位」を伴う「長

周期パルス」という特殊な地震動が現れる場合がある¹⁾。

図2に様々なタイプの地震動の例を紹介する。(a)は世界で初めて大地震の強震記録である「エルセントロ波」の加速度波形（南北成分）である。振幅は200-300 cm/s²程度（重力加速度の2-3割）で、ガタガタと短周期（周期1秒程度以下）の揺れが約30秒程度の継続している。一方、周期2-3秒程度以上の長周期成分が小さい特徴がある。日本を含む世界の建物の耐震基準はこの「標準波」をもとにしており、現在の大半の超高層建築や免震建築が建てられている。次に(b)は2016年熊本地震の際に活断層の近くで観測された加速度記録（断層すべりの方向に近い東西成分）と、積分して求めた速度波形である。継続時間は20秒弱と短い、加速度振幅は800 cm/s²程度と大きく、速度波形は周期3秒程度の250 cm/s程度の大きな片振幅の「長周期パルス」を示している。さらに積分すると活断層の断層変位に相当する1.5m程度の永久変位となる。最後に(c)は2011年東日本



(a)「標準波」であるエルセントロ波の加速度記録(南北成分) (b) 2016年熊本地震の活断層近傍の加速度(左)と速度(右)の強震記録(東西成分)



(c) 2011 東日本震災の際、工学院大学(新宿)で観測された1階と28階の変位波形

図2 観測された様々なタイプの地震動

大震災の際に東京都新宿区の28階建て超高層建築（工学院大学）で観測された1階と28階の変位波形である。継続時間が600秒（10分間）以上の「長周期・長時間地震動」が記録されており、1階では8cm程度の振幅が、28階では約38cmまで増幅し、10cm程度の大振幅は5分間以上も継続している。「標準波」である(a)と異なり、(b)や(c)では長周期成分が卓越し、超高層建築や免震建築では対応策が必要となる。

3. 地震による建物の構造躯体や非構造部材・室内の被害事例

地震による強震動や地盤災害による建物被害の事例を紹介する。まず強震動による被害例として、写真1は1995年阪神淡路大震災の際の神戸市内の老朽化した古い木造家屋であり、震度7の激しい揺れで1階が完全に倒壊している。写真2は神戸



写真1 1階が倒壊した古い木造住宅
(1995年阪神・淡路大震災)

市内の鉄筋コンクリート（RC）造の集合住宅であるが、1階の駐車場は耐震壁のないピロティ構造であり、柱が大きく損壊し、建物全体も傾斜している。次に地盤災害による建物例を紹介する。写真3は2011年福島県浜通り地震の活断層直上の木造住宅であり、約60cm程度の上下の断層変位により建物が大きく変形している。建物は全壊したが、粘り強く変形に追随して倒壊は逃れていた。写真4は2004年新潟県中越地震の際、丘陵地の新興住宅地における傾斜地の盛土が滑落崩壊した様子である。木造住宅は大きく傾斜したが、幸いにも落下は逃れていた。

地震では構造躯体の被害だけでなく、間仕切壁や天井・内外装材、エレベータやスプリンクラー・受水槽などの設備機器、家具・什器など非構造部材にも様々な被害が発生する。部材の落下・転倒や閉じ込めで人的被害を生じるだけでなく、病院や庁舎、避難所など地震後にも機能継続が必要と



写真2 1階ピロティ柱が破壊した4階建てRC造集合住宅（阪神・淡路大震災）



写真3 活断層変位により大きく変形した木造住宅
(2011年福島県浜通り地震)



写真4 傾斜地盛土の滑落で傾斜した木造住宅
(2004年新潟県中越地震)

なる施設にも大きな支障を生じる。図3は建物の揺れと変形による非構造部材の様々な被害を模式的に示している²⁾。

写真5は2005年福岡西方沖地震の際、福岡市内の集合住宅の非構造部材の被害の様子である。耐

震壁でない間仕切り壁が大きく損傷しており、ドアも開かなくなっている。写真6～8は2011年東日本大震災の長周期地震動による東京・西新宿の超高層建築の被害例である。エレベータのコンペンロープ（テール・釣合いロープ）の切断、吊り

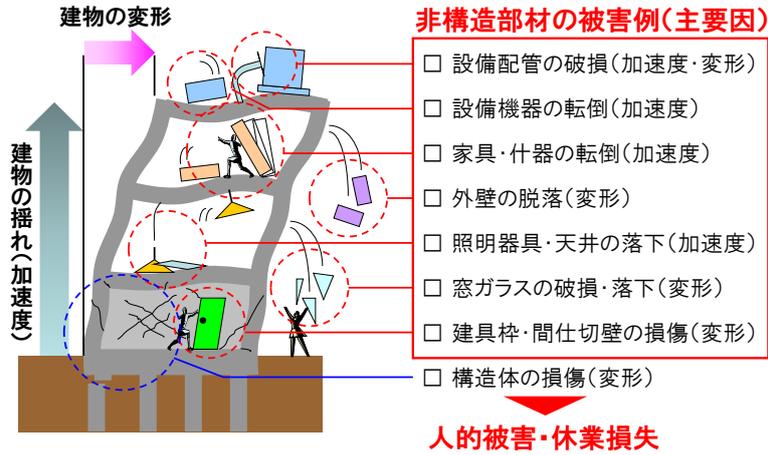


図3 建物の非構造部材の被害（地震による建物の応答加速度と変形により様々な被害が発生）²⁾



写真5 損傷した集合住宅の間仕切り壁とドア（2005年福岡県西方沖地震）



写真6 超高層建築で切断したエレベータのコンペンロープ（2011年東日本大震災）



写真7 超高層建築の高層階で固定していない本棚の転倒（2011年東日本大震災）



写真8 超高層建築の高層階での吊り天井板の落下（2011年東日本大震災）

天井板の落下、固定していない本棚の転倒が生じた。幸いにも遠方の地震であり、図2に示されるように揺れが大きくなる間に逃げる事ができたが、直下型地震では逃げる間もなく負傷した可能性があった。

4. 建物の耐震規定の変遷と耐震・免震・制振などによる対策

日本の耐震規定は過去の地震による多くの被害経験を経て発展してきた。建物の耐震対策の基本は地震による水平動に耐えることにある。このために筋違や耐震壁などで構造躯体を丈夫にし、さらに強い水平力が作用した場合でも基礎や柱・梁の各部材を緊結して、躯体は変形してもできるだけ倒壊しないように粘りある構造体にする。さらに耐震設計の通りに実際の建物が建てられて性能が確保されているか、その品質を確認することも重要になる。

表1に主な耐震や品質確保のための基準類の変遷を示す。まず1923年関東大震災を契機に、1924年に現在の建築基準法に相当する市街地建築物法が改正され、世界で初めての地震の水平力を考慮した耐震規定が導入された。その後、1948年福井地震による福井市の壊滅的な被害を受けて、全国

に適用される建築基準法が1950年に制定された。次に、1968年十勝沖地震や1978年宮城県沖地震などで建物が倒壊する被害を受けて、それぞれ1971年、1981年に耐震規定が強化された。特に1981年の耐震基準は現在でも有効な規定であり、「新耐震基準」と呼ばれている。この基準では数十年に1度程度の中小地震動には構造躯体に大きな損傷が発生せず、数百年に1度程度の大地震動では構造躯体が倒壊・崩壊させないことが目標とされた。さらに、1995年阪神・淡路大震災では活断層帯地震による激しい地震動により、多数の木造住宅が倒壊した。大半は老朽化した旧基準の住宅であったが、新耐震基準でも部材を緊結する金物や耐力壁の配置、基礎の仕様などにも不十分な点が確認された。その結果、木造建物を対象とした耐震規定が2000年に大幅に強化された。さらに実際に建つ住宅の品質を確保するために、2000年に「住宅の品質確保の促進等に関する法律（品確法）」が制定された。それにより新築住宅を引き渡す事業者は、構造耐力上主要な部分等の欠陥（瑕疵）による損害が発生した場合、10年間は責任を負い賠償することが義務化された。さらに耐震性能の階級（耐震等級）を認証する住宅性能表示制度が導入された。耐震等級は1から3まであり、等級1は2000年耐震基準を満たしていること、等級2は

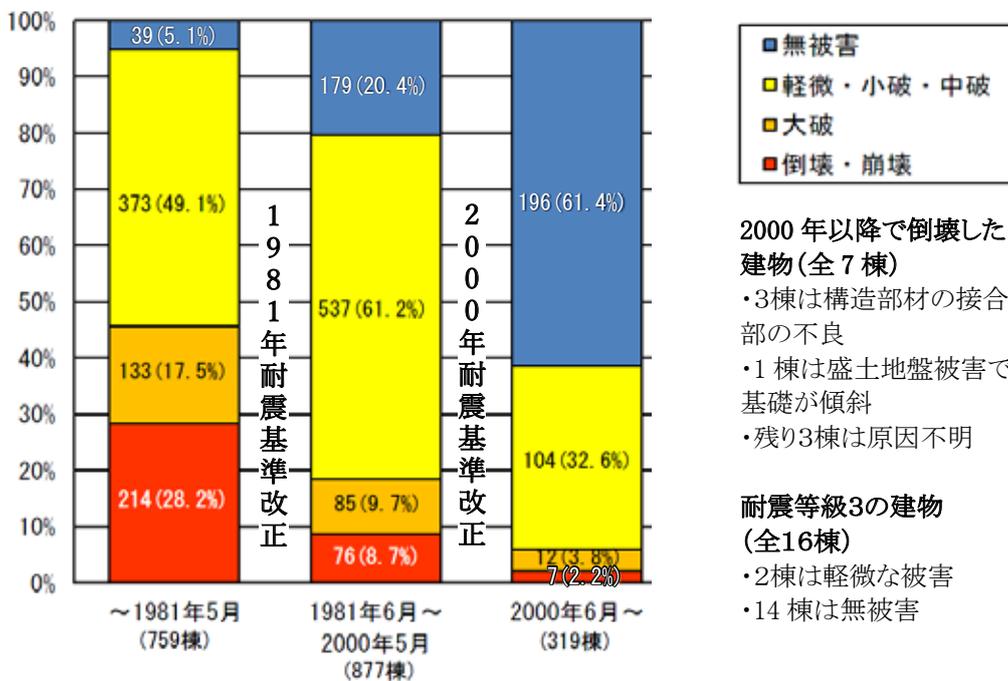
表1 主な耐震や品質確保のための規定類の変遷

建築基準法等の改正	主な内容（耐震基準・品質など）	契機となった主な地震
1924年市街地建築物法の改正	耐震設計法導入、筋違推奨など	1923年関東大震災
1950年建築基準法の制定	全国対象とした耐震基準の導入	1948年福井地震など
1971年建築基準法の改正	耐震基準の強化（RC造短柱等）	1968年十勝沖地震
1981年建築基準法の改正	新耐震基準の導入	1978年宮城県沖地震
2000年建築基準法の改正	木造建物の耐震性の強化	1995年兵庫県南部地震（阪神・淡路大震災）
2000年住宅の品質確保の促進等に関する法律の制定	10年間の瑕疵担保責任の義務化、住宅性能表示制度など	
2009年住宅瑕疵担保履行法	保険加入義務化、現場検査など	
2013年建築基準法施行令の改正・技術告示など	特定天井の耐震化、エレベータ・エスカレータの脱落防止など	2011年東北地方太平洋沖地震（東日本大震災）

等級1の1.25倍、等級3は同1.5倍の耐力を有する。さらに2009年には、「住宅瑕疵担保履行法」が施行され、事業者は瑕疵担保責任を保証するために「保証金の供託」または「保険加入」が義務化された。工事中に第3者として専門の検査員（建築士）による検査が行われ、これらにより木造住宅の耐震性能と品質は飛躍的に向上した。一方、2011年東日本大震災では大規模天井の落下事故などで死者が発生し、多数のエスカレータ等が落下した。このために2013年に基準法が改正され、大規模天井（特定天井）やエスカレータ・エレベーター等の脱落防止が義務化された。

タ等の脱落防止が義務化された。

耐震規定の強化により、最新の耐震基準の建物であれば大地震でも建物の倒壊を防ぐという当初の目標はほぼ達しつつある。例えば、図4は2016年熊本地震の際、2度の震度7を経験した熊本県益城町の木造住宅の被害調査結果である³⁾。1981年基準より古い建物では約28%が倒壊し、無被害はわずか約5%である。一方、最新の2000基準の住宅では倒壊は約2%で、無被害が約61%まで増えている。さらに益城町には16棟の耐震等級3の住宅があったが、うち2棟は軽微な被害、残りの



2000年以降で倒壊した建物(全7棟)

- ・3棟は構造部材の接合部の不良
- ・1棟は盛土地盤被害で基礎が傾斜
- ・残り3棟は原因不明

耐震等級3の建物(全16棟)

- ・2棟は軽微な被害
- ・14棟は無被害

図4 2016年熊本地震の震度7を2度経験した益城町における木造住宅の被害統計³⁾



写真9 活断層直上でも無被害であった2000年基準の木造住宅（2016年熊本地震）



写真10 大規模な縦ずれ断層変位で傾斜したRC造住宅（後に修復、1999年台湾・集集地震）

14棟は全て無被害であった。

写真9は熊本地震の際、活断層直上の激しい揺れと断層変位を経験した2000年基準の木造住宅の様子である。手前のコンクリート製の壁は断層変位で崩れているが、建物は無被害である。写真10は、1999年台湾・集集地震で約4m近い縦ずれ断層の直上のRC造建物である。建物は大きく傾斜したが、耐震性が極めて高く、傾斜以外の目立った被害は確認されなかった。後にこの建物はジャッキで傾斜を戻して修復されている。現在の高い耐震基準を満たした建物は、震度7の激しい揺れだけでなく、断層変位や地すべり、液状化などの地盤災害にも大きく被害を低減し、速やかな復旧が可能になることを強調したい。

建物の耐震対策には、図5に示すように耐震のほかには免震や制振がある。まず「耐震」は、筋違や耐震壁を平面・立面的にバランスよく配置し、地震による水平力に対して変形を抑える構造である。中低層建物では最も標準的で確実な対策であるが、建物内の特に上層階では大きな応答加速度が発生するため、室内の安全対策は必須である。次に「免震」は建物の低層階（一般には基礎下）に免震装置（積層ゴムやすべり支承など）を設置し、地震による水平動を免震層で吸収する。上部の建物はゆっくりと平行移動し、建物の応答加速度は大きく低減する。このため室内の設備機器や什器類が守られ、現在では病院や庁舎など大地震

後にも機能継続が必要な建物はほぼ必須となっている。一方、免震層が大きく変形するため、周辺地盤との接続部（エクспанション・ジョイント）の動きには注意が必要である。人的被害が生じる可能性もあり、注意喚起の掲示板を設置する等の対策が必要である⁴⁾。さらに、免震は万能ではないことにも注意を要する。特に写真3、10など縦ずれ断層の真上や、写真4のように傾斜地の盛土地盤、さらには液状化する可能性のある軟弱地盤など、地盤が傾斜する可能性がある場合は要注意である。さらに活断層帯地震の近くでは長周期パルスなどが発生して想定した地震動レベルを超える可能性がある。きわめて発生する確率は低い現象であるが、対応策としては免震層の変位を抑制するフェースーフ機能などが必要になる。最後に「制振」は、地震による建物の揺れを低減する装置を付加した構造である。様々な種類があり、例えば、筋違の部材にエネルギーを吸収するダンパーを設置する場合や、屋上などに建物の周期と同じ錘構造を設置し、建物の揺れと反対側に慣性力を作用させる場合（TMD: Tuned Mass Damper）などがある。制振により建物の揺れは低減するが、やはり室内の安全対策は必須である。ちなみに「制震」ではなく「制振」を用いるのは、地震だけでなく、強風など他の外乱による建物の振動の低減を対象とする場合があるためである。

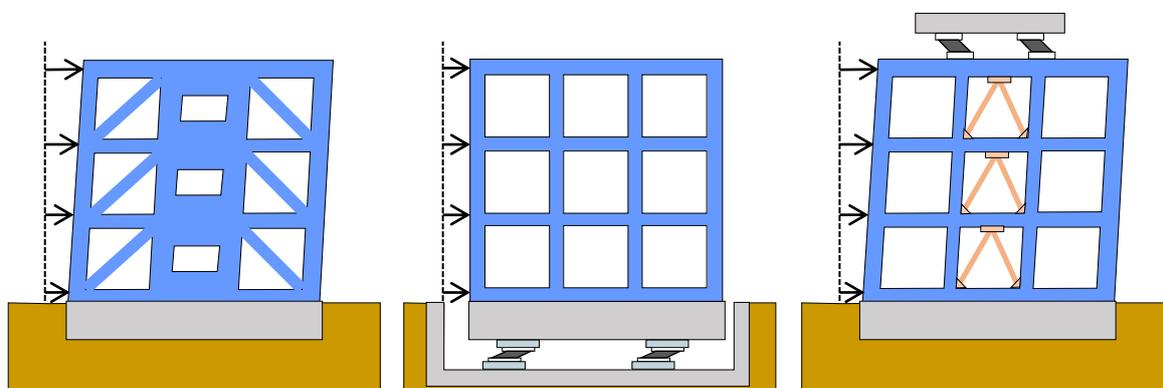


図5 「耐震構造（左）」、「免震構造（中）」「制振構造（右）」の地震時の揺れと効果の模式図

5. 「想定外」に備えた建物のソフト対策

上で説明したように、最新の基準による耐震構造や、免震や制振の構造を採用すれば建物の揺れによる被害は大きく低減することが可能である。但し、現在の東京や大阪のような巨大都市では、多数の超高層建築や木造密集市街地が隣接し、巨大なターミナル駅や地下街に膨大な人口が密集する。首都直下地震などの大地震や南海トラフ巨大地震が発生した場合、激しい揺れや長周期地震動、延焼火災、巨大津波、土砂災害、群衆事故、停電などライフラインの停止、さらには疫病や猛暑などが連続する複合災害が懸念されている。従来の経験が通用しない「想定外の災害」はいつか必ず起きることを想定して防災計画や訓練などを実施するソフト対策も重要である。そのためには「災害を出さない対策」に加えて、「災害が出た場合の対応策」が必要になる。

最後に「災害が出た場合の対応策」としての震災対応訓練の事例を紹介する。写真11は超高層建築である工学院大学と新宿駅周辺の自治体・事業

者等が連携した「新宿駅周辺防災対策協議会」が実施している訓練の様子である。従来の「避難訓練」ではなく、想定される様々な被害に柔軟に対応し、できるだけ「逃げない」ための「発災対応型訓練」である。(a)は火災発生を想定した消火器や屋内消火栓の使用訓練、(b)、(c)は傷病者を想定した応急救護・担架搬送、(d)は地元医師会と連携した多数の傷病者を想定したトリアージ訓練、(e)は地元建築士と連携した建物の被害状況の確認訓練、(f)は地元事業者と連携した災害対策本部の情報収集と対応の優先順位を判断する災害対応訓練の様子である。「発災対応型訓練」は木造密集市街地や集合住宅など様々な特性の地域にも適用可能な実践的なソフト対策である⁵⁾。準備は大変であるが、地域の多様な住民や専門家が知り合い、災害に強いコミュニティも形成される。

6. おわりに

近年明らかになった様々な地震動と建物や室内の被害例と、建物や耐震性の品質を確保するため



(a) 屋内消火栓の使用訓練



(b) 傷病者の応急救護訓練



(c) 傷病者の担架搬送訓練



(d) 医師会によるトリアージ訓練



(e) 建築士による被害確認訓練



(f) 災対本部による災害対応訓練

写真11 工学院大学・新宿駅周辺防災対策協議会による地震災害対応訓練の様子

の基準類の変遷、耐震構造から最新の免震・制振構造のハード対策、さらに想定外に備えた発災対応型訓練などのソフト対策を紹介した。東京や大阪のような大都市は巨大化し、超高層建築や巨大ターミナル駅など都心部での人口集中が続いている。現在の耐震対策は進化しており、従来の「建物を倒壊させない・延焼火災から逃げる対策」から「機能を継続させて、建物・地域に留まれる対策」が求められている。

謝辞

本報告で使用したエルセントロ波は一般社団法人建築性能基準推進協会、熊本地震波は気象庁と熊本県より提供頂きました。

【参考文献】

- 1) 久田嘉章：～震源近傍の強震動～指向性パルスとフリグステップ～、「新・強震動地震学基礎講座（第15回）」、日本地震学会ニューズレター、Vol.70, No.6, 18-21、2018
- 2) 鱒沢 曜：2.2.3 非構造部材の耐震対策、逃げないですむ建物とまちをつくる一大都市を襲う地震等の自然災害とその対策― 日本建築学会編、技報堂出版、2015
- 3) 国土交通省：熊本地震における建築物被害の原因分析を行う委員会 報告書、2016
https://www.mlit.go.jp/report/press/house05_hh_000633.html
- 4) 日本免震構造協会：免震エキスパンションジョイントの安全性確保及び損傷防止についての留意事項、2022
<https://jssi.or.jp/report-2>
- 5) 総務省消防庁：地域防災の実践、発災対応型防災訓練、防災・危機管理 e カレッジ
<https://www.fdma.go.jp/relocation/e-college/cat66/cat62/cat57/3-25.html>

□首都直下地震に対応した 支援物資供給システムの構築について

流通経済大学流通情報学部教授 物流科学研究所長 矢野 裕 児

1. 大規模地震発生時の物流の課題

大規模地震発生時、支援物資を被災地にいかに届けるか、供給源、供給のための物流インフラの確保、そして供給システムの構築が重要となる。刻々と変わる需要に対して、需要と供給のバランスをとることは非常に難しい。東日本大震災においては、被災地外で一定程度物資を確保できているにもかかわらず、被災地になかなか供給できないという問題が発生した。首都直下地震が発生した場合、日本の物資の主要な供給源である首都圏が被災することとなり、生産が止まり、物資そのものが確保できない状態になる可能性がある。そのため、被災地だけでなく、全国で物資が足りないという事態も起きかねない。さらに物流インフラについても、東名高速道路などの日本の大動脈が寸断され、さらに首都高速道路なども利用出来ない可能性がある。需要についてみると、避難者数は、東日本大震災では発災3日後が最大で約47万人、1週間後は約39万人であったのに対して、首都直下地震は1日後約300万人である。

今後発生が予想される首都直下地震のような大規模地震発生時には、需給のバランスが大きく崩れることが予想され、供給源、供給のための物流インフラの確保、支援物資供給システムの構築が重要といえる。

2. 物資の供給源、供給のための物流インフラ関連の課題

首都直下地震では、前提ともいえる被災地外で物資が、本当に確保できるのかという問題が発生する。日本の物資の主要供給源である首都圏が被災することとなり、生産機能が止まり、物資そのものが確保できない状態になる可能性がある。首都直下地震で直接被災する可能性が高い1都3県の食料品製造品出荷額をみた場合、日本全体の19.8%を占める。また、東日本大震災では、震災発生直後に関東エリアの製油所8箇所のうち5箇所が緊急停止した。首都直下地震が発生した場合、東京湾内に立地する製油所全体に長期的に大きな影響が予想されるが、東京湾内の1日の原油処理能力は121万4千バレルであり、日本全体の34.5%を占めており、石油製品確保できるかが懸念される。物流についても、首都圏の物流センターから関東全域、東北地方へ供給していることが多い。そのため、広域にわたって影響すると考えられ、被災地だけでなく、全国で物資が足りないという事態も起きかねない。

主要な供給源である首都圏が被災することにより、サプライチェーンが途絶することも懸念される。食料品などの生活関連商品は、自動車部品などに比べればサプライチェーンは複雑ではないが、東日本大震災では、ミネラルウォーター、インス

タントラーメン、納豆、ヨーグルトなど様々な商品がスーパーなどの店頭から一時的になくなった。包材（包装材）関係の工場、特に、ペットボトルのキャップ、あるいは缶、コンビニPBの包材などの生産工場の被害が大きく、生産の障害となった。さらに食品の原材料となる農産物、牛乳、水産物が不足し、さらに、飼料工場が被災したことも影響した。このように、工場が直接被害を受けていなくても、サプライチェーンが途絶することによって、生産が止まり、広域で物資が確保できないという事態が危惧される。

物資供給システムを機能させるためには、道路、港湾、鉄道、空港などの物流インフラの確保も欠かせない。東名高速道路、国道1号などが被災して、交通の大動脈が分断し、東西分断に近い状態になりかねない。首都高速道路では、市街地火災の影響等により数ヶ月に渡り通行不能となることが指摘されている。港湾関連でも、東京湾各港では、非耐震岸壁での陥没や沈下、荷役機械の損傷等により、多くの埠頭で港湾機能を失うほか、東京湾内では石油等が流出して船舶の出入港が困難となるという指摘がなされている。このような事態に対応した物流インフラの強靱化、多重化の議論が重要である。

3. 必要物資の需要関連の課題

需要については、避難者数がどのように推移するかを考える必要がある。東日本大震災における避難者数は、発災3日後が最大となり約47万人なのに対して、首都直下地震は1日後約300万人（うち都区部150万人）である。さらに帰宅困難者も首都直下地震では約640～800万人としている。

東日本大震災では、発災直後がピークで、その後避難者数は減少しており、1週間後は約39万人、2週間後は約25万人、1ヶ月後は約15万人と推移している。それに対して、首都直下地震では2週間後に約720万人（うち都区部330万人）、1ヶ月

後に約400万人（うち都区部180万人）、発災直後すぐには減少にならず増え続けるのである。首都直下地震では発災1週間後でも、1都3県で停電率は約5割、断水は最大約3割と想定されているが、地震に伴い、停電、断水などが発生することによって、特に集合住宅等において住むことが困難となり、避難所あるいは避難所外の避難者数が増える。

エレベーターが使えない、冷暖房が利用できない、水道が出ないことにより水が飲めない、水洗トイレが使えない、調理ができない事態となる。首都直下地震の1週間合計の食料不足量は最大3,400万食、飲料水不足量は最大1,700万リットル、生活必需品（毛布）不足量は最大37万枚と推計されているが、短期間で一般流通ルートが回復する可能性は極めて低く、長期間にわたって大量の支援物資の需要が発生することとなる。

4. 物資供給のルート

避難所への支援物資供給においては、①被災地市区町村の公的備蓄の供給、②被災地市区町村の流通在庫備蓄の供給、③都道府県の公的備蓄の供給、④都道府県の流通在庫備蓄の供給、⑤国からの供給、⑥都道府県、市区町村の防災協定等がある他地方自治体からの供給、⑦一般企業、個人からの供給が主要なルートである。①、②、③、④の被災地の市区町村、都道府県による供給については、災害発生直後からの供給、3日分程度の食料確保が前提となる。被災地外からの⑤、⑥、⑦は、3日目以降、順次供給されるルートとなる。

さらに大規模地震発生時の支援物資供給に関する全体像を示したのが図1である。被災地外からの緊急支援物資の供給に時間がかかることが想定され、発災後数日間は、被災地内、被災地周辺でいかに物資を確保するかが重要となる。特に発災直後は被災地内の公的備蓄の利用が重要となる。しかしながら、確保されている量が少ない、ある

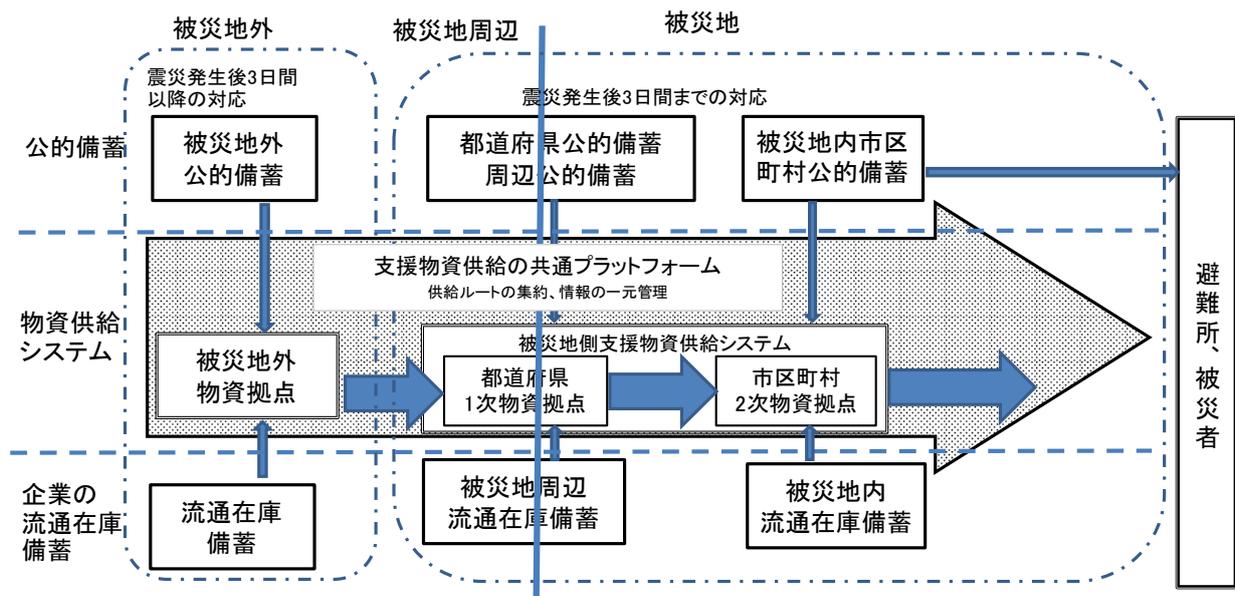


図1 大規模地震発生時の支援物資供給に関する全体像

いは備蓄していても、備蓄場所が学校等の公共施設に設定してあり、貨物車が入りにくい、物流機器が使用できないなど、物流対応がなされていない場合が多い。備蓄場所が被災して、利用できなかったという問題も発生している。

東日本大震災以降、地方自治体では公的備蓄を増やす傾向にあるものの、十分ではない。さらに、備蓄している物資を避難所に輸送する体制、施設・機器が十分でない場合も多い。備蓄について、避難所に速やかに輸送できる体制を、平常時から地方自治体と物流事業者が連携して備えておくことが重要である。また、地方自治体においては、地元企業と災害協定を結び、企業の流通在庫を利用することを地域防災計画に入れている場合もある。しかしながらこれまでの震災においては、工場、倉庫、店舗が被災して、実際には被災地内の流通在庫を利用できなかった場合が多い。被災地周辺の市町村から流通在庫を提供してもらうことが可能な広域協定を結ぶと同時に、輸送と一体となった仕組みを構築することが重要である。さらに、企業の流通在庫について、速やかに提供することを前提として、地方自治体があらかじめ購入するあるいは保管料を提供する「ランニングストック

（流通在庫備蓄）」方式の導入の検討が必要といえる。

5. 被災地外からの支援物資供給システム

国による支援物資供給は、従来は被災した地方自治体からの要請により、国が供給するというPULL型の仕組みであった。しかしながら、被災した県などが混乱し、要請ができず初動が遅れるという事態が発生したことから、国は地方自治体からの要請を待たずに物資を確保し、都道府県の1次物資拠点にPUSH型で供給する方式に変更した。支援物資は、被災都道府県に設置される1次物資拠点、市区町村に設置される2次物資拠点、避難所という流れで供給される。しかしながら災害が起きるたびに、避難所に物資が適切なタイミングで届かないという問題が発生している。被災地外から1次物資拠点は国の役割、1次物資拠点から市区町村の2次物資拠点までは都道府県の役割、さらに市区町村の物資拠点から避難所までは市区町村の役割と分断されている。被災地外から避難所までの流れが、ロジスティクスとして一貫して流れておらず、途中で仕分けができない、あ

るいは滞留するといった問題が発生している。

東日本大震災においては、宮城県が計画していた1次物資拠点が被災し、他の施設を利用したが機能せず、大きな混乱をもたらした。東日本大震災以降、都道府県レベルのハード、ソフト両面での体制構築、官民連携も比較的進んだ。熊本地震においては、当初から民間物流事業者と連携して周辺県に1次物資拠点が設置され、比較的スムーズに供給ができた。しかしながら、大きな問題を抱えているのが、2次物資拠点、そして避難所までのラストマイル物流である。2次物資拠点が全く機能しない、拠点に物資が搬入されても管理できず、物資が山積みされてしまう、連絡体制ができておらず、状況把握が遅れるといった事態が多く発生している。市区町村では、人手が不足し、物流ノウハウがなく、体制構築は極めて難しい状況にある。物資供給に対する意識を変え、人材育成、物流ノウハウの蓄積はもちろんだが、同時に官民連携が欠かせない。市区町村と地元物流事業者との間で、平常時から、支援物資に関する意見交換をして、問題点を洗い出し、体制を構築していく必要がある。

国による供給ルート以外にも、全国の都道府県、市区町村、さらに民間企業、個人から提供されるルートもある。これらが被災地の都道府県、市区町村の物資拠点に別々に供給され、複数ルートが入り乱れ、混乱を招くという問題もある。被災地から要請していない民間企業、さらに個人からの物資提供は、基本的に受け入れないこととしているものの、受け入れ側で徹底していないなどにより、混乱した。さらに支援物資の段ボール箱の中

身の表示が統一されていない、表示内容が不十分などにより、仕分け作業が手間取るという問題も発生している。支援物資について、国全体で統一したルールを作るのと同時に、行政と民間物流事業者が連携して、供給ルートの集約、情報の一括管理など共通のプラットフォームを構築していくことが重要といえる。

6. まとめ

時間の経過とともに変化する需要に対して、必要な物資、必要な量を必要なタイミングで供給するためには、調達、供給ルートを最適に組み合わせることが必要である。全国から被災地の1次物資拠点、2次物資拠点、避難所という流れが一貫して行われ、避難所の需要に対してロジスティクスとして機能させることが欠かせない。この流れを一貫して行うためには、国、都道府県、市区町村の一貫した需給管理と、行政と物流事業者、物流事業者間の連携による災害対応の物流ネットワーク構築が欠かせない。

今後発生が予想される大規模地震発生時には、これまでの震災とは違う形で、供給源、物資インフラの確保が必要であり、需給のバランスが大きく崩れることが懸念される。災害に対応したサプライチェーンの構築、長期にわたる停電等による需要増への対応が必要である。同時にこれまでは3日間分の備蓄の確保ということがいわれてきたが、自助、共助による数週間に対応した備蓄体制も欠かせない視点といえる。

リスクコミュニケーション

—その基本および自然災害に関するコミュニケーションの要点—

放送大学大学院生活健康科学プログラム

教授 奈良 由美子

はじめに

社会は多様な立場や価値観を有する複数の主体から成っている。ある一つのリスクについても、それに対する考え方や、持ち合わせている情報の量・質は、人により立場により一様ではない。リスク問題を解決する過程では、当該リスクに関係する人々の間でのコミュニケーション—リスクコミュニケーション—が必要となってくる。本稿では、リスクコミュニケーションの基本を示したうえで、自然災害に関して、平常時、非常時、回復期のコミュニケーションの要点を考える。

1. リスクコミュニケーションとは

リスクコミュニケーション（以下「リスコミ」と記載する）とは、個人、機関、集団間で情報や意見のやりとりを通じて、リスク情報とその見方の共有を目指す活動のことである。リスコミの本質は、「リスクへの適切な対応のために行われる」、「多様な関与者の中で行われる」、「関与者の相互作用を重視している」、「信頼が要」の4点となる。

リスコミというと、専門家や行政が市民に対して行うという方向性を思い浮かべがちであるが、逆の方向性もある。また、自分から見て「外」にいる人に対して行うものと思いがちだが、リスコミは「内」にいる人同士でも行う。むしろ、内部

でうまくリスコミを行えることが、外部とのよりよいリスコミにつながるとも言える。

2. 客観リスクと主観リスク、そのずれとリスコミ

リスコミの意義を理解するために、ここで、客観リスクと主観リスクの違いについておさえておく。有害事象の客観的な生起確率とその影響の客観的な大きさによって把握されるリスクのことを客観リスク、人によって心理的に認知されたリスクのことを主観リスクと言う。

客観リスクに関して、その大きさは、関連するデータを用い、科学的根拠に基づいて評価される。一方、主観リスクに関しては、人々が恐れたり危ないと感じたりするものであり、個人の属性や心理特性やおかれている状況等により多様となりやすい。客観リスクと主観リスクとは異なるものであり、しばしば両者の間にはずれ（パーセプション・ギャップ）が生じる。ずれの大きい例として、一般に主観リスクのほうが顕著に大きいものには、遺伝子組み換え食品、食品添加物等が、逆に客観リスクのほうが大きいものには、災害時の避難、飲酒等がある。

客観リスクと主観リスクとの違いは、リスクマネジメントとリスコミの違いにも関連している。リスクマネジメントは客観リスクを低減するため

の人間活動である。該当の客観リスクがどれくらい大きいかを評価し、その低減のための具体的手段を検討し、実行し、再評価する、この一連のプロセスをPDCAサイクルとして回していくことがリスクマネジメントとなる。

一方、リスクコミは、主観リスクを作用点とする人間活動である。ステークホルダーの主観リスクがどうなっているのか、まずはこれを把握することがリスクコミの必須の機能となる。

加えて、主観リスクと客観リスクの間のずれを小さくすることもリスクコミの重要な機能である。両者のずれはしばしば様々な問題をもたらすからである。例えば「少しだけならがんにならないだろう」（楽観主義バイアス）と過剰に飲酒や喫煙をするケース、避難指示が出されていても「津波はここまでは来ないだろう」（正常性バイアス）と思いつげないといったケース等、主観リスクにくらべて客観リスクのほうが大きいと、人は健康を害したり、逃げ遅れて亡くなったりしてしまう。

逆も然りである。主観リスクが相当大きく、常に不安を抱えているような状態はそれ自身がQOL（生活の質）を下げる。また、社会的な事

象としては、3.11の福島原発事故のあと、客観リスクが小さいにもかかわらず福島産の食品が買い控えられ、風評被害が発生するという問題が起こった。2つのリスクのずれが著しく大きい場合にはこれを小さくすることが必要となる。

ただし、このずれを生じさせている人に「あなたは間違っている」と頭ごなしに批判することは不適切である。人が過度に恐れたり、逆に過度に安心したりしていることには何らかの理由や事情がある。まずはその人の立場や状況の理解に努めながら、「なぜ、あなたはそんなに恐れているのですか」、「なぜ、あなたは自然災害の対策をしないのですか」と聞くことがリスクコミでは求められる。理由が分かって初めて、その要因を取り除く等の働きかけができるからである。

3. リスクコミの全体枠組みの把握

リスクコミを実践するにあたってまずすべきは、自らが行うコミュニケーションの全体を俯瞰し理解することである。

図1はリスクコミの全体枠組みを表している。ど

リスクコミュニケーションの全体枠組みの把握

自らがこれから行おうとする（いま行っている）リスクコミュニケーションの部分と全体を意識したコミュニケーションデザインを不断に描き実践する

- 「何のために」、「いつ」、「どこで」、「誰に（誰と）」、「何について」
- そのうえで、「どのように」。テクニックに走ってはいけない（しかしテクニックを知っておくと必要な混乱を防ぐことはできる）。

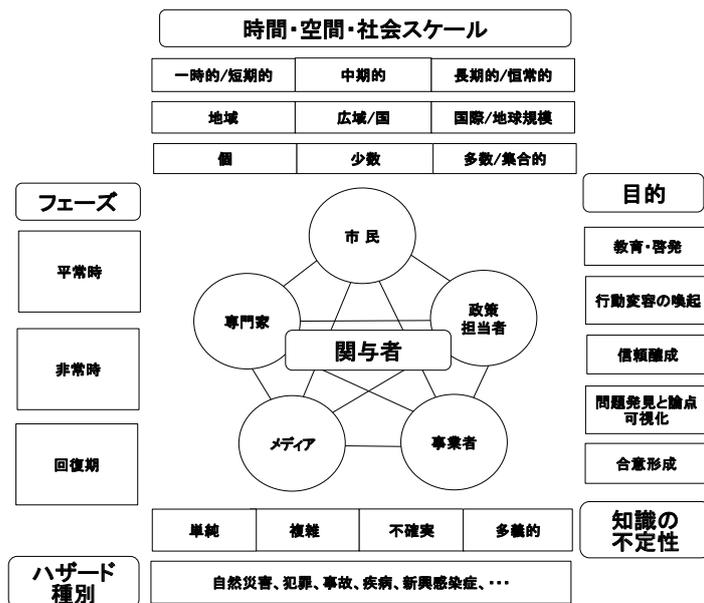


図1 リスクコミの全体枠組み

(奈良由美子『改訂版 生活リスクマネジメントー安全・安心を実現する主体としてー』(2017) p.127に加筆)

のような関与者（市民、政策担当者、専門家、事業者、メディア）の間でリスクミを行うのか。フェーズ（平常時／非常時／回復期）はいつか。ハザード（自然災害・犯罪・事故・疾病・新興感染症、・・・）は何か。そのハザードについての知識の不定性（単純／複雑／不確実／多義的）はどのようなものであるか。時間・空間・社会スケールについて、一時的／短期的に行うのか、中期的か、それとも長期的／恒常的にやり続けるのか。地域内か、広域／国内で行うのか、あるいは国際／地球規模でやるのか。さらに、個人を相手にするのか、少数が相手か、多数／集合が相手なのか、どういったスケールでリスクミを行うのかを把握する。

目的をおさえておくことも重要である。自分が行うリスクミは、教育・啓発が目的なのか、行動変容の喚起を目的とするのか、信頼醸成のために行うのか。それとも「人々は何を問題としているのか」を明らかにしていく問題発見と論点可視化のリスクミなのか、合意形成のためのリスクミなのか。あるいは、これらのうち複数が合わさって目的となるリスクミなのか。

ぶれないリスクミを実践するには、自分がこれから行おうとする、あるいは今行っているリスクミは、「何のために」、「いつ」、「どこで」、「誰に（誰と）」、「何について」行うのか・行っているのかの全体を描き、不断に見直すことである。

4. PDCA としてのリスクミ

リスクミは様々な問題領域やフェーズにおいて行われる。関与者も目指される目的も、ケースごとに異なってくる。したがって、どのようにリスクミを進めるかについての方法は一様ではなく、決まり切ったやり方や定型化されたマニュアルがあるわけではないのだが、実際にこれを行ううえではおさえるべき基本がある。

それは、リスクミは、リスクマネジメントと同様に、PDCA サイクルに即して科学的にこれを行

うということである。そのプロセスは6段階からなっている（図2）。

【第1段階】 リスクコミュニケーションの目標を設定する

【第2段階】 リスクについての事実・現状を把握する

【第3段階】 コミュニケーションの相手の属性などをこの段階で可能な範囲内で把握する

【第4段階】 メッセージを伝える/受け取る/対話する内容と方法を検討する（コンテンツ、日時・タイミングや場所、メディア、形態はどうするかなど）

【第5段階】 リスクコミュニケーションを実施する

【第6段階】 リスクコミュニケーションを評価する

図2 リスクミのプロセス

このうち第3段階では、コミュニケーションの相手について、その属性等を可能な範囲内で把握する。リスクミの相手の関心や懸念を予想し、それらを考慮に入れたうえでリスクミの実施に臨むことで、よりよい情報提供および共考が進む。

第6段階ではリスクミの評価を行う。分かりやすいメッセージを適時適切に発信できたか、相手にきちんと伝わったか、相手から質問を多く貰えたか、新たな論点は抽出できたか、相手の考え方や価値観に対する理解は進んだか、相手の行動変容を促進できたか、合意形成に至ったか。これら进行评估して、次のリスクミに戻し入れていく。

5. 自然災害と平常時のリスクミ

これまでにリスクミの基本について示してきた。本節以降は、自然災害とリスクミについて述べる。

自然災害のリスクミは時間経過に即して考えることが基本である。リスクミはコミュニケーションの様式（モード）により、ケア・コミュニケーション、コンセンサス・コミュニケーション、クライシス・コミュニケーションの3つに分類される。自然災害のリスクミは3つの様式のすべてを包含し、平常時、非常時、回復期の時間経過とともにその様式が変わる。

(1) 平常時のリスコミのポイント

平常時のリスコミの主な目的は、自然災害および災害対策についての知識と理解を深め、実際の行動に結びつけ、備えを促進することである。その様式はケア・コミュニケーションが中心となる。また、災害対策を講じるにあたっては誰が、いつ、どんな役割を担うのか、それにかかる資源はどうするのか等、集団や地域、あるいは国で合意形成をはからなければならない問題が出てくる。場合によっては、個人の自由や権利が制限されることもありうる。これらについては、平常時に対話・協働的なコンセンサス・コミュニケーションを行う必要がある。

平常時のリスコミで重要なポイントとしては次の3つがあげられる。第一に、自然災害や対処法についての情報をいかに適切に提供できるか。第二に、人には正常性バイアスや楽観主義バイアスによってリスクを過小視してしまう性質があることを、住民や行政を含むステークホルダーが理解すること。その理解のうえに、ではそのようなバイアスを払拭するには、あるいはそのようなバイアスの存在を前提としてどのような工夫が必要かを共考し協働することまでが、2つめのポイントとなる。第三に、防災に関して感じがちな「わざわざ感」や「人ごと意識」を払拭するために、いかに日常性のなかに防災をビルトインさせ、主体的な姿勢を形成できるか。

(2) リスク情報

自然災害のリスコミにおいてやりとりされる情報には、言葉によるメッセージ、地図、イラスト、写真、映像、揺れ（の疑似体験）等が含まれる。このうち、写真や映像を用いる効果は可視的で分かりやすいということだけではない。「感情」はリスク認知の重要な要素であり、例えば河川の氾濫や津波等について写真や映像を提示することは、個人に恐怖等のより強い感情を喚起することになり、リスク認知を高めるといった効果がある。また、各種ハザードマップは、当該地域の予測される被

害を伝えるとともに、避難を含む対処の目安を伝えるコミュニケーションツールとなる。

(3) 自己効力感の重要性

平常時のリスコミでは「恐怖喚起コミュニケーション」がしばしば用いられる。これは、相手に恐怖の感情を引き起こすことで当該リスクへの認知を高め災害への対処行動をとってもらうことを目的とした技法である。しかし、例えば「ここには30mの津波が来る」とだけ伝え、怖がらせるだけでは適切な対処行動には結びつかない。災害対策として具体的に何をすれば良いのかの情報、さらには「自分にもそれができる」との自己効力感を高める情報も合わせて伝える必要がある。

6. 自然災害と非常時のリスコミ

(1) 非常時のリスコミのポイント

災害発生時には、避難を含めた緊急的行動を引き出すことを目的としたリスコミが行われる。このフェーズにおけるリスコミの様式はクライシス・コミュニケーションとなる。クライシス・コミュニケーションは、民主的なプロセスが重視される一般的なリスコミと比べて、行動への介入・干渉の度合いが高くなり、トップダウンの情報の流れとなる。避難指示はその典型である。

人間には正常性バイアスや楽観主義バイアスが生じることから、クライシス・コミュニケーションでは、これら非常時への対応を抑制してしまう様々な要因に配慮して、適切な行動を促すコミュニケーションが求められる。また、このフェーズのコミュニケーションの成否は生死に関わることもあり、分かりやすく行動しやすいメッセージである等、受発信される情報の内容、タイミング、メディア、表現、語調が適切に選択されなければならない。

(2) メッセージにおける工夫

当該メッセージへの人々の注意関心を引き出すには、表現や音声に変化を持たせることが有効で

ある。例えば、女性のアナウンスと男性のアナウンス、丁寧語と命令口調、人間の声とサイレンを、それぞれ交互に用いてメッセージを発信する等である。

さらに、緊急時には人々の情報ニーズは高まることから、相手にある対処行動をとってほしいときには、ただ「〇〇して下さい」とだけ伝えるのではなく「〇〇だから〇〇して下さい」と理由や状況説明をセットにすることが必要となる。

クライシス・コミュニケーションの見るべき事例のひとつに、東日本大震災における茨城県大洗町の住民に対する避難の呼びかけがある。同町は、地震発生後に住民に速やかな避難を促すため、防災行政無線を用いて「緊急避難命令、緊急避難命令」、「大至急、高台に避難せよ」といった特徴的な放送を行った。行政用語にはない「避難命令」という表現や、「避難せよ」との命令口調を用いることで、住民に「これはただごとではない」という切迫感を持ってもらうことにつながった。また、「バス通りより下にお住まいの方は…」とのメッセージは、目標地点を具体化した行動しやすい情報となっている。さらには、「第2波の波が役場前まで到達しています」といったように、最新の状況を盛り込んだり、サイレンや音声、命令口調と丁寧語を用いて情報に変化をつけたりしている等の工夫も見られる。

(3) リスキミのパラドックス

災害対策が進むなかでは、災害情報が質量共に充実してきている。しかし、それにともなって、一般の住民のなかでは「情報待ち」（避難に関する情報取得を待つため、かえって避難が遅れる）や「行政・専門家依存」（災害情報の扱いを含めた防災活動を行政や専門家に任せてしまう）といった傾向が強まってゆく。つまり、リスク情報が充実すればするほど、情報によって解消しようとしていた当初の問題（早期の自主的な避難等）の解決が、かえって遅れてしまうという問題が生

じる。

非常時にこのような逆説的現象による被害が生じないようにするには、災害に主体的に向かい合う姿勢を形成する、平常時からのリスクミが重要となる。

7. 自然災害と回復期のリスクミ

回復期のフェーズのリスクミは、今後の災害対策を含めて復旧・復興をどのように進めるのかについての合意形成が主な内容となってくる。様式はコンセンサス・コミュニケーションおよびケア・コミュニケーションである。当該地域の今後の自然災害リスクを評価するとともに、全体としてどのような地域にしてゆきたいかを考えながら、どのレベルで安全を確保すべきかを関与者が共に検討するためのコミュニケーションとなる。

回復期のリスクミには、災害があったことを伝える情報の受発信も含まれる。震災の碑、震災遺構、博物館、手記や語り部活動等がそれに該当する。自然災害のあと、人々は次なる災害に備え、後生の安全に向けてリスクミを行う。そして、それが平常時のリスクミとして次世代に継承されてゆく。

自然災害のリスクミは、時間経過とともに不断に行われることで、現在と将来の命と暮らしを守ることに資する。

【引用・参考文献】

- 奈良由美子 (2023) 『リスクコミュニケーションの探究』 放送大学教育振興会
- 文部科学省 (2014) 『リスクコミュニケーションの推進方策』, 文部科学省 科学技術・学術審議会 研究計画・評価分科会 安全・安心科学技術及び社会連携委員会
- Lundgren, Regina E. and McMakin, Andrea H. (2018) Risk Communication: A Handbook for Communicating Environmental, Safety, and Health Risks, 6th edition, Wiley.

地域防災実戦ノウハウ (117)

— 時代は「都道府県はもっと前へ」を求めている —

Blog 防災・危機管理トレーニング
(<http://bousai-navi.air-nifty.com/training/>)

主 宰 日 野 宗 門

(消防大学校 客員教授)

2011年3月11日に発生した東日本大震災では、災害に第一次的に対処することとなる市町村が庁舎の損壊・浸水、首長や多数の職員の死亡・行方不明などにより、対応能力・機能の大きな低下を余儀なくされました。また、そのような市町村を支援すべき県の体制についても問題が指摘されました。

この問題を法制面で解決するべく災害対策基本法が改正されました(後述)。そのポイントは「都道府県はもっと前へ」です。

首都直下地震、南海トラフ地震、地球温暖化による風水害の激甚化等、大規模災害の危険性は高まりこそすれ低下の要因は見当たりません。そのような状況に鑑みたとき、「都道府県はもっと前へ」の意味をいま一度確認しておく必要があります。

1. 災害対策基本法は「都道府県はもっと前へ」を求めている

東日本大震災を契機に改正された災害対策基本法では、都道府県の市町村への応援等について、以下の条文の新設等の改正が行われました。

(被害状況等の報告) 第五十三条では第6項が新設され、市町村が都道府県に被害状況等を報告できなくなったときは都道府県自らが情報収集を

行うこととされました。情報収集の方法にはいろいろありますが、実戦的・効果的な方法確立することが求められます。

なお、東日本大震災の前から都道府県(支部)から市町村へ情報連絡要員を派遣する体制をとっていたところもあると思いますが、その役割の重要性の再認識と実効性の向上が求められます。昔、筆者が県と市町村の合同防災訓練を視察したとき、市町村に派遣されてきた情報連絡要員が「何をしたらよいかわからない」様子でいたのを思い出します。このようなレベルではダメだということです。後述する岩手県の取り組み(表5)を参考にしてください。

(被害状況等の報告)

第五十三条

6 市町村の区域内に災害が発生した場合において、当該災害の発生により当該市町村が第一項の規定による報告を行うことができなくなったときは、都道府県は、当該災害に関する情報の収集に特に意を用いなければならない。

(注) 下線は東日本大震災を受けて新設された条文。

(都道府県知事等に対する応援の要求等) 第六十八条では、市町村が都道府県に求めることのできる応援が「応急措置」から「災害応急対策」になりました。これにより、市町村が要求可能な応援の内容が、消防、救命・救難等の緊急性の高い「応急措置」から、避難所運営支援等の「災害応急対策」一般に拡大されました。

さらに、市町村から応援を求められ、又は災害応急対策の実施を要請された場合、都道府県は正当な理由がない限り拒むことができないとされました。

以上のように、災害対策基本法も「都道府県はもっと前へ」を求めています。

(都道府県知事等に対する応援の要求等)

第六十八条 市町村長等は、当該市町村の地域に係る災害が発生した場合において、災害応急対策を実施するため必要があると認めるときは、都道府県知事等に対し、応援を求め、又は災害応急対策の実施を要請することができる。
この場合において、応援を求められ、又は災害応急対策の実施を要請された都道府県知事等は、正当な理由がない限り、応援又は災害応急対策の実施を拒んではならない。

(注) 下線は東日本大震災を受けて改正された条文。

2. 東日本大震災以前から市町村は都道府県との温度差（意識の乖離）に悩んでいた

都道府県との関係については、東日本大震災以前から市町村はその温度差（意識の乖離）に悩んでいました。

表1～表3は、2004年10月23日に発生した新潟県中越地震により大きな被害を受けた小千谷市

(市長)及び長岡市(災害対策本部)の対応記録誌から抜粋したものです。これらからは、市が県との温度差(意識の乖離)に種々悩まされたことがわかります。

お読みになって、「そのとおり」と思われた市町村の方も少なくないでしょう。

筆者も過去に激甚な被害を受けた市町村の防災担当者から以下のような話を聞いたことがあります。この防災担当者は、報告をせかす県と激しくやりあい、『こちらは生きるか死ぬかの住民や今日の寝食もままならない避難者を相手にしているのだ。いちいち報告している余裕はない。そんなに情報が欲しければそちらが取りにきたらどうだ?』と言ってやった」とのことでした。『取りに來い』なんて、失礼な」と反感を覚えた都道府県の方もいると思いますが、1で述べたように東日本大震災ではこれこそが都道府県に求められたことだったのです。

表1 県は市町村の状況を理解せず矢継ぎ早に報告を求める

県は、全体の被害状況を早く把握するために、当市に対し矢継ぎ早に各種の報告をするよう求めてきましたが、全ての要求に応えることはできませんでした。例えば孤立集落の状況を、市としても一刻も早く確認する必要があり、情報収集に努力している最中に、早く情報をよこせと言われても物理的に無理でした。国と県、県と市町村間の情報伝達のやり方を研究する必要があります。逆に県からは近隣市町村の状況について全く聞くことができませんでした。情報共有についても問題として残りました。

【出典】 関広一：中越大震災 自治体の叫び、2007年3月20日、ぎょうせい、p.22

表2 市町村が少人数で住民対応を優先していることに理解を

仮設住宅に係る県の対応窓口としては、仮設住宅の設置・施設管理の関係が建築住宅課、生活再建の関連では復興支援課、仮設住宅の延長が危機管理防災課とそれぞれ分散化されており、各担当がそれぞれの立場で対応しているため、照会事項等が重複したり、「豪雪時に時間当たりの降雪量を計測して報告せよ」（無駄な作業であり、そんな人員もいないと断った）等の煩雑な指示があり、対応に苦慮しました。市町村は震災対応で人員が不足し、少人数で多くの仕事を抱えているので、住民対応を優先させることを県の方からも考慮していただくことを強く切望するものです。

【出典】 関広一：中越大震災 自治体の叫び、2007年3月20日、ぎょうせい、p.139

表3 県は市町村の熱を感じて冷静な判断を

市町村の職員は、被災地という「現場」に極めて近い位置にいて被災者の期待や苦情を一身に受けざるをえないのに対し、県の職員は、現場から比較的遠い位置にいる。そのため、仕事ぶりにも温度差が出るのはやむを得ないと思う。また、ある程度冷静な判断をするためには、現場からの距離があることは必ずしも悪いとばかりは言い切れまい。要は、現場の熱を感じ取ったうえで、冷静な判断をしていただいているのかどうかという一点に尽きると思う。地震のような非常災害は、一市町村では対応が困難である。県の力が大きいわけであるから、一層の努力を期待したい。

【出典】 長岡市災害対策本部：中越大震災 自治体の危機管理は機能したか、2005年7月15日、ぎょうせい、pp.144-145

3. 「都道府県はもっと前へ」の体制はできているか

(1) 都道府県はそもそも大規模災害に対応可能な体制となっているか

東日本大震災後、岩手県及び宮城県では詳細な検証報告書を作成しています^(※)。

(※) 岩手県：「東日本大震災津波に係る災害対応検証報告書」

宮城県：「宮城県の6か月間の災害対応とその検証」、「宮城県の発災6か月後から半年間の災害対応とその検証」

上記の検証報告書はいずれもPDFファイル形式で公開され、自由にダウンロードできます。おそらく、多くの都道府県では東日本大震災後の地域防災計画や活動体制の見直しに際してはこれらの資料も参考にされたはずですが、しかし、東日本大震災から12年が経過し防災担当者のほとんどが入れ替わっていると思われる今、改めて検証報告書を読み返し、再点検してみるのも有意義であると考えます。

さて、以下では岩手県の検証報告書をもとに話しを進めます。岩手県の報告書では21項目にわたり詳細な検証を行っており、その結果は地域防災計画の改定、防災体制の改善・強化、防災関係事業の促進等々、多方面にわたる防災対策に反映されています。

その検証項目の6番目では、「県災害対策本部の体制と活動」を取り上げています。その中では、表4に示すように9つの「問題点」とその「原因分析」及び「課題・改善の方向性」を指摘しています（「原因分析」及び「課題・改善の方向性」については割愛）。

表4をご覧いただければわかるように、他都道府県でも大規模災害時に出現する可能性のある諸々

の問題点が記載されています。そして、いずれの問題点も重大なものばかりです。

表4の問題点を皆さんの都道府県の「災害対策

本部の体制と活動」に照らし合わせたとき、果たしてこれらをクリアできているところはあるでしょうか？

表4 岩手県の検証報告書での「県災害対策本部の体制と活動」の検証結果（抜粋）

問題点1 各部局等の活動と対応

- ・所属課等によっては、地域防災計画で決められていた手順や業務の範囲内では対応しきれず、状況に応じて判断し、処置を講じた。そのため、調整や実施に時間を要した案件や、処理が非効率的となった業務があった。
- ・広域支部、地方支部や現地災害対策本部について、県地域防災計画のとおり動きとはならなかった。
- ・被災した市町村への支援が遅れた。

問題点2 県災害対策本部の体制と調整

- ・各室課等がそれぞれに応急対策を行ったが、県災害対策本部として、全体の把握、重点を置くべき業務の確定、人員配置など組織立った動きを取りにくかった。
- ・早期に実施すべき業務について、なかなか実施されなかった案件があった。
- ・複数の室課等に渡る業務について、取扱いが曖昧で効率的でない業務があった。
- ・沿岸被災市町村への応援職員の派遣について、比較的短期間（1日、1週間単位で交代）であるものが多く、非効率的となった業務もあった。
- ・3月25日以降、業務別のプロジェクトチームを設置したが、発災前からあるいは発災後の早期からこのような体制を構築すべきであった。
- ・広域支部とは別に、現地災害対策本部が広域振興局に設置されたが、位置づけが曖昧であった。

問題点3 県本部、地方支部等との連携

- ・地方支部には、発災直後の被災市町村の情報収集の役割があるが、通信網や道路の寸断、人員不足等により、対応が困難であった。
- ・本庁の主管課において、地方支部の活動状況を把握しにくかった。また、地方支部の災害対応に係る活動費用について、予算措置・配当ルールが不明確であった。
- ・市町村からの各種報告については、県災害対策本部と地方支部の両方から報告を求める等、県災害対策本部と広域支部・地方支部との連携がままならないことが多く見られた。
- ・連絡調整会議において、広域支部から、所管する地方支部の情報提供が少なかった。
- ・地方支部内において、県立学校、県立病院等と調整する場面がほとんどなかった。
- ・広域支部と現地対策本部の位置づけが曖昧であった。

問題点 4 情報の共有化

- ・被害が広範囲にわたり、かつ甚大であったこと、通信網の寸断等により、収集した情報の共有、(県災害対策本部(本庁)内、県災害対策本部と地方支部間、県災害対策本部・地方支部と市町村間)、県民への積極的な情報発信が徹底されていない等、情報の収集・分析、共有化、提供が不十分であった。

問題点 5 所掌業務の明確化

- ・担当部署が明確になっていない業務が多数発生し、その所管部局の調整が難航した。複数箇所と同じ案件を取り扱うなど、対応が混乱した場面が多く見られた。

問題点 6 部署ごとの業務量と運用

- ・部署ごとに分掌業務の量に差があり、分掌業務が少ない部署における他の部署への応援方法が手探りであったこと、また、職員数に比して業務量が膨大になった所属があったこと等、職員の適正配置が問題となった。

問題点 7 震災対応以外の業務の遂行(事業継続計画)

- ・震災対応業務のほか通常業務により、膨大な業務を抱えた部署があった。
- ・年度末であったこともあり、どこまで通常業務をやめるかの調整が困難であった。

問題点 8 職員や応援職員の業務環境等

- ・自らあるいは家族等が被災した職員もいたが、業務量が急増した所属等によっては、そうした職員への配慮が不足したり、人員不足等から業務への従事を優先せざるをえない状況があった。
- ・公共交通機関の麻痺やガソリン不足等から通勤できない職員がいた。自家用車に相乗りして出勤した職員がいた一方、自宅待機の指示をした所属や、最寄り公所へ出勤した職員など対応がまちまちとなった。
- ・最寄り公所へ出勤しても、従事する業務への具体的な指示等がない場合があった。
- ・所属や職員によって業務量に差が生じた。著しく多忙な職員がいた一方、待機待ちの職員もいた。
- ・職員の食料や休憩場所の確保ができなかった。長時間にわたる勤務、夜勤・休日勤務、休憩時間が取れない等、職員が健康を維持しながら、業務に専念できる環境とは言い難い面があった。
- ・厳しい勤務条件などからストレスや不満をためる職員がいた。
- ・応援職員等の受入れのため、会議室が使用できない等、活動スペースや休憩場所が限定された。
- ・現地に応援に行くための食料・資機材を、職員が各自で調達しなければならなかった。

問題点 9 市町村の行政機能が喪失した場合の支援態勢

- ・市町村そのものが機能しなくなった場合の支援体制が整っていない。

【出典】岩手県：東日本大震災津波に係る災害対応検証報告書、2012年2月、pp.45-51

(2) 市町村の行政機能が喪失した場合の支援態勢の構築

岩手県は、検証報告書の中で表4の問題点9「市町村の行政機能が喪失した場合の支援態勢」への対応として表5のような支援態勢の構築を掲

げています。1で述べた災害対策基本法の趣旨を反映した素晴らしい内容であると筆者は考えます。

皆さんのところではこのレベルの市町村支援態勢は整備されているでしょうか？ぜひ参考にさせていただきたいと思います。

表5 岩手県の検証報告書での「市町村の行政機能が喪失した場合の支援態勢の構築」

市町村庁舎等が被災し、市町村からの被災状況の報告や市町村としての意思決定、他市町村や都道府県への応援要請等が行えない状況に陥った場合には、県が主体的に支援していくこと。支援に当たっては次の(1)～(3)の段階に応じて、当該市町村と十分に意思の疎通を図りながら進める。

(1) 第1段階(被災状況の確認)

あらかじめ組織する「調査班」が、速やかに現地(市町村役場又は役場機能を持つ場所)入りし、被災状況の把握に努める。なお、交通や通信が途絶している場合には、自衛隊等の協力を得る必要がある。

被災状況の確認に当たっては、①意思決定・指揮命令系統の状況、②職員の死亡・行方不明者の状況、③住民基本台帳等の行政が保有する情報の状況、④災害対策本部の設置状況、⑤庁舎や設備等の被災状況、⑥被災住民への対応等(避難所や支援物資等)の状況等を早期に把握する。

(2) 第2段階(意思決定・命令系統の確立)

調査班が、被災状況を把握し、市町村の行政機能が著しく低下していると判断したときは、県災害対策本部に「支援班」を設け、直ちに県職員を現地に派遣し、当該市町村が担うべき役割を代替するなど、全庁的な態勢で市町村を支援する。支援班は調査班から報告される市町村の被災状況に応じチーム編成を行い、市町村の行政機能の回復に向けた初動を行う。

派遣チームは、支援班の指示のもと、①意思決定方法・指揮命令系統の確立、②対外窓口の一本化と応急的な組織体制の整備、③必要な応援人員の把握と応援要請、④住民基本台帳等の行政が保有する情報の応急的な復旧作業、⑤応急庁舎・設備の確保・手配等を行い、業務体制の確立に向けた準備を進める。

(3) 第3～4段階(業務体制の確立・行政機能の回復)

派遣チームは市町村の役割を代替するとともに、支援班が、復旧の段階(①救助・避難が中心→②庁舎の復旧(応急庁舎⇒仮庁舎)・必要最低限の窓口事務→③本格的な行政機能の回復)に応じ、当該市町村の意向を踏まえつつ、行政機能回復のため必要なヒト(職員派遣)、モノ(庁舎及び設備)等を差配する。

職員派遣に当たっては、可能な限り当該市町村から具体的に必要な業務、経験、資格、人数等について確認し、関係団体(市長会、町村会、県内他市町村、国の機関、全国の地方自治体等)と連携を図りながら、進めるとともに、行政機能の回復に必要な規模の庁舎及び設備備品の設置を進める。

【出典】岩手県：東日本大震災津波に係る災害対応検証報告書、2012年2月、p.52

電気蓄熱式湯たんぽの火災

横浜市消防局予防課

1 はじめに

簡易な暖房器具として、金属やプラスチックの容器に湯を入れて使用する湯たんぽがあるが、使用の都度、湯を沸かし容器に注ぐという手間のかかる器具である。

近年は容器に密封された蓄熱液を内蔵のヒーターで電氣的に加熱する製品もあり、湯を沸かす手間を省くことができるが、加熱中に出火するという事故も発生している。

当局管内でも同一製品と思われる電気蓄熱式湯たんぽから出火した事例が2件発生したので、今後の参考として紹介する。

2 火災の概要

(1) 事例1

発生場所：神奈川県横浜市

共同住宅の居室内

発生時期：令和2年2月

焼損物件：電気蓄熱式湯たんぽ1器焼損

人的被害：なし

所有者が電気蓄熱式湯たんぽを温めるために、電源コードを接続して暫くすると、電気蓄熱式湯たんぽから白煙が上がった後に炎が上がった。消火のため電源プラグを抜いたことで加熱が停止したこと及び内蔵の蓄熱液により消火されたと推測される。

(2) 事例2

発生場所：神奈川県横浜市

共同住宅の居室内

発生時期：令和3年12月

焼損物件：電気蓄熱式湯たんぽ1器焼損

人的被害：なし

住宅用火災警報器の鳴動音に気づき寝室に行くと、ベッドのマットレスの上で電気蓄熱式湯たんぽから煙が上がっていたため、洗面器に水をくみ消火した。電気蓄熱式湯たんぽは布団の中に入れてそのまま電源コードを接続した状態で数日使用していた。

3 製品の概要

2件の火災の製品は、「充電式湯たんぽ」として販売されていたもので、本体外装に記されたロゴと外装の色が異なるものの、その他の部品等から同一製品を販売者のブランド毎に一部を変更した同一製品と推測される（写真1、2）。

いずれも別の販売業者ではあるが、大手ECサイトに出店しているネットショップから購入しており、他のサイトでも同一と思われる製品が多数販売されている。

なお、火災後に原因調査に必要な情報提供を求めるため販売業者への連絡を試みたが反応はなく、暫く後にその業者販売サイトは閉鎖されてしまった。



【写真1 事例1の製品】



【写真2 事例2の製品】

事例2では、火災に関する連絡は付かないものの販売サイトの閉鎖前に同型品の調達をしている。

製品名として「充電式湯たんぽ」となっているが、緒元や外観からはこの製品にバッテリーのように電気を蓄え又は取り出す構造となっておら



【写真3 同型品のパッケージ（製品名表示）】

ず、「充電式」との表記は適当でないと判断できる（写真3）。

入手した同型品のパッケージや説明書からは、消費電力420W、蓄熱温度75℃以下等の緒元が確認できる。但し一部に日本語として不自然な表記がある。

4 鑑識及び実験

事例1、事例2とも製品の焼損は軽微で主要な機構が残存しているため、鑑識の他に残存部分を利用して検証実験を行った。また事例2では、同型品との比較も行った。

なお、分解を行うと実験に支障をきたす箇所があることから実験後に実施した鑑識もあり、本稿の記載順番は実際の作業の順番と前後している箇所がある。

(1) 製品の確認

電気蓄熱式湯たんぽは、湯たんぽ本体と分離式電源コードで構成されており、湯たんぽ本体上面にあるコネクタに電源コードのプラグを接続して蓄熱させる。本体上面にはコネクタの他に、製造時に蓄熱液を充填させる際の注入口と思われる箇所がある（写真4）。



【写真4 本体上面】

電源コードはコード先端に本体を挟み込むように接続する台座があり、台座の可動腕部の先端に本体との接続用の3端子のコネクタがある（写真5、6）。



【写真5 電源コードの台座部分】



【写真6 コネクタ部分】

ヒンジ部のマイクロスイッチにより腕部が閉じた状態でないと通電しない構造となっている。また通電時にはインジケータランプが点灯する（写真7、8）。



【写真7 通電時（蓄熱時）の角度】



【写真8 蓄熱時のインジケータランプの点灯】

本体は複数の層からなる密閉容器で、内側から蓄熱液の2重の防水層、防水層保護の目的と思われる層、触感向上の目的と思われる層で構成されている。

本体内部は、ジャック部分に安全装置、ヒーターが接続されている（写真9）。



【写真9 本体を展開した状況】

安全装置は防水処理されたバイメタル式サーモスタットとラジアル型温度ヒューズで構成されている。製品の標示からそれぞれの定格動作温度は、サーモスタットは75℃、温度ヒューズは102℃と判断できる（写真10、11）。



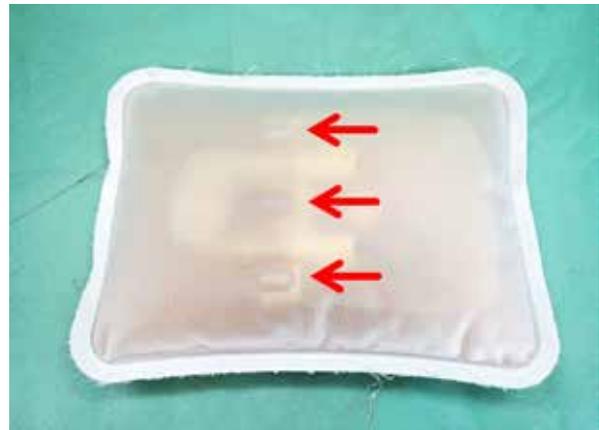
【写真10 サーモスタット】



【写真12 ヒーター】



【写真11 温度ヒューズ】



【写真13 固定バンド溶着箇所】

ヒーターはプラスチック製の保護枠に収められたU字型のシースヒーターで、同型品で確認すると下側防水層にバンドで固定されている。このバンドは本体内での移動を防ぐためと推測できるが、焼損した製品ではいずれもバンドが破断している。破断面に熔融等の熱の影響を受けた痕跡はないことから、火災により破断したのではなく、機械的負荷により破断したと推測できる(写真12、13、14)。

シースヒーターの抵抗値は、事例2では28Ωであった。消費電力が420W、電圧100Vから単純に計算するとヒーターの抵抗値は23.8Ω^{*}だが、測定時の誤差等を考慮すると妥当な値と判断する。

$$\text{※ } P = E \times I = \frac{E^2}{R} \text{ から } R = \frac{E^2}{P} = \frac{100^2}{420} = 23.8$$



【写真14 固定バンド破断状況】

本体には蓄熱液が充填されているが、容積全体が蓄熱液で満たされているわけではなく気相部も存在している(写真15)。

また本体の姿勢によっては気相部にヒーターが露出する状態となる。



【写真15 気相部の状況】



【写真16 気相部に露出したヒーター】

これまでの確認から、この製品は蓄熱液中のヒーターが蓄熱液を過熱し、液温が75℃になるとサーモスタットが作動し加熱を停止、蓄熱液の温度が下がりサーモスタットが復旧すると再度加熱という過程を繰り返し、サーモスタットの故障等で異常に過熱された場合、液温が102℃で温度ヒューズが作動する構造であることが把握できた(図1)。

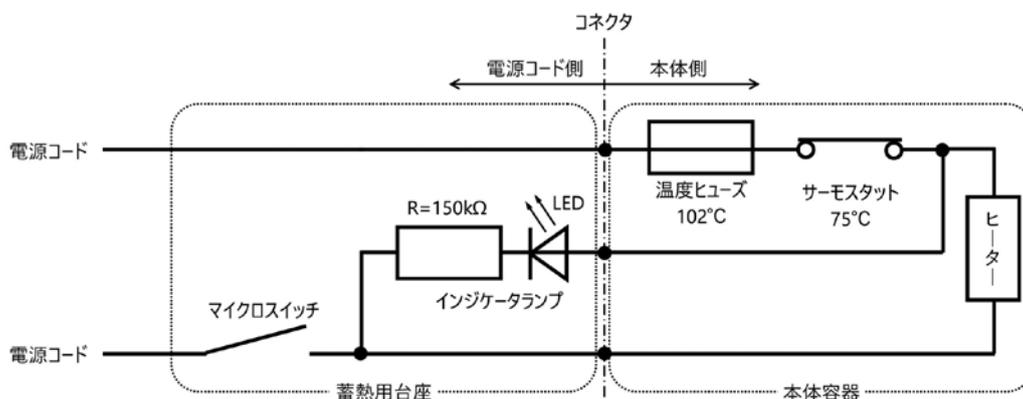
(2) 実験

この製品の安全装置は液温を基準に作動するが、本体容器に気相部があるため本体の姿勢によってはヒーターが液中から気相部に露出する可能性がある。この場合ヒーターの温度に対して液温が低くなり安全装置が適切に作動しないことが予想され、これによりヒーターが本体容器を過熱し出火に至った可能性があることから実験を行った。

ア ヒーターとサーモスタットの作動状況

事例1、2ともに製品の焼損が限定的であり、製品の主要機構は維持されている可能性が高いことから、ヒーターとサーモスタットの機能を確認した。

水道水で満たしたビーカーに製品のヒーターと安全装置を入れ通电させたところ、事例1、2のいずれも加熱機能と温度制御機能は正常に作動した(写真16、表1)。



【図1 回路図】



【写真17 作動実験の状況】

【表1 ヒーターとサーモスタットの作動確認結果】

	事例1	事例2
液量	1,200mL (説明書の記載容量から)	1,040mL (同型品と焼損の重量比較から)
サーモスタット作動時間	15分38秒	14分16秒
サーモスタット作動温度	74.3℃	79.9℃

イ 気中でのヒーターの温度測定

ヒーターが気相部分にあったことを想定し、気中でのヒーターの温度測定を行った。

測定は保護枠が焼失しシーズヒーターが露出している箇所、接触型温度計を接触させて行った。

事例1では通電開始から60秒後に535℃で



【写真18 発火時の状況】

保護枠が発火、事例2では通電開始から58秒後に350℃で発火した（写真17）。

事例1と事例2ともに通電開始から約1分で発火に至っている。発火時の温度に大きな開きがあるが、接触型温度計の設定方法に問題があったことに因ると推測する。

5 検討結果

本体内のヒーターと安全装置が共に蓄熱液内にある状態では、ヒーターにより過熱されてもサーモスタットが作動することで液温をある一定の範囲内とすることができるが、ヒーターが気相部で安全装置が液中にある場合のように加熱される部分と温度測定をしている部分とが異なる場合には、安全装置が正常に作動せず過熱状態になる場合がある。

この製品は本体内に蓄熱液が充填されているが気相部もあり、本体の姿勢によってはヒーター部分が気相部に露出する状態となる。また、ヒーターを固定するバンドが破断するなどしてヒーターの固定がされなくなると、より気相部に露出しやすくなる可能性も否定できない。

ヒーターが気相部に露出した状態で加熱すると、保護枠を発火させるほどの高温となり、その後本体事態を焼損させることが推測できる。

これらから、両事案とも蓄熱時の本体の設置姿勢が不適切であったか、内部のヒーターの固定が外れていたことにより、ヒーター部分が気相部に露出、そのまま安全装置が作動することなく加熱を続けたため過熱状態となり、ヒーターの保護枠や本体自体が発火に至ったと判断した。

6 おわりに

この製品は説明書に記載の通りの状態で蓄熱させれば事故は生じないが、本体の材質や構造から形状が変形しやすく、内部の固定バンドの切れや

すいと考えられる。使用者側が正しい状態で蓄熱を開始しても、移動させたり何かの拍子で物が当たったりして意図せずに不適切な状態での蓄熱になる可能性がある。

使用者側が適切な状態で使用することだけでなく、容易に不適切な状態での使用状態となること自体が構造上の問題ではないかということも製造者側に考慮してもらいたい点である。また出火に関係することではないが、充電機能はないにもかかわらず「充電式」として商品が紹介・販売されていることも不適切な表示ではないかと考えら

れる。

この事案の製品は、電気蓄熱式湯たんぽとしては比較的簡易な構造と考えられ、その分コストを抑えることができる。取り扱いがECサイトに出店する小規模なネットショップが多く、場合によっては今回のように事故後に連絡が取れなくなる場合も少なくはないようである。

使用者側は、製品価格と安全性・保障はトレードオフするものだとことを理解した上で、使用する製品を選定する必要があると考える。

公衆の元祖は4千年前
後藤新平(7)

作家 童門冬二

生き方の教本「大学」

後藤新平の性格そのままに、話がアッチへとびこっちへとびしたので、整理させていただきます。

要は後藤新平は、

「日本における行政広報の創始者」

であり、それを国民には「広報」という方法でおこない、内部職員には「研修」という方法でおこなった創始者だということです。が両方共その趣旨がどこまで理解されたかわかりません。“フーテンの寅さん”ではありませんが、まさに

「コミュニケーションでムズカシイなあ」であります。

現在首相が何かをなさる時に必ず「やさしく、丁寧に説明する」というコメントはよく理解できます。率直に言って首相のコメントも行政広報の一環なのですが、国民の方が馴れていないのです。と同時に国の方もこの面への体勢が完全ではないのかも知れません。

さてこのコーナーをお借りして私が書きたかったことを整理します。

出典は古代中国の古典「大学」です。

人間の生き方の基本を示す1740字の短い文章の本です。

「大学」は民主主義の基本

個人からはじまり、家庭・地方・国家と規模を

大きくして行く本です。修身・齊家・治国・平天下と発展していきます。

戦争が終ってすぐアメリカの占領軍が、

「非民主的だ」

とって公立学校から排除された「教育勅語」の出典です。

勅語だったためにそういう扱いをうけたのでしょうが、私は各段階に“自治”の達成を付けて読み直しています。

・修身 個人の自治の達成 個人の努力

齊家 家庭の自治の達成 家長の努力

治国 地域の自治の達成 地方の努力

平天下 国家の自治(独立・平和なとなみ)

ということです。

「非民主的」なところなどひとつもありません。むしろアメリカ民主主義そのものです。

新平の東京アップ

後藤新平は大正の大震災後東京の復興のために復興院をつくり、自ら総裁になりました。内閣総力あげての結集です。この時かれは「東京を復興するのではない。創造するのだ」と宣言しました。

たとえば隅田川に橋を架けるにしても、

「橋は渡るだけではない。観るに値するものだ」

とって最高のデザインを画家に頼みました。

そうなる観る側の東京市民の水準が問題です。

ここで“大衆”と“公衆”の問題が持ち上がって

きます。後者は、

「新しい東京は創造によって水準を高める。当然
済住む市民の質を高めなければならない」

と考えます。

“PR”の問題が出てくるのです。“パブリック・
リレーションズ（公衆関係）”です。訳してもイ
ミはわかりません。

しかし私はやっと、

「公衆を公衆の状態でおけるように環境をつねに
整備しておくこと」

だな、と思うようになりました。

先年の東京オリンピックの直前に、木を大切に
する建築家が自作の都市施設を提供しました。そ
の時のコメントが、

「公衆施設を提供する」です。大衆施設ではあり
ません。

そういえば東京都内には、大衆電話も大衆トイ
レもありません。すべて“公衆”の名がついてい
ます。設置した人が考えているのです。区分は、
「この選挙は不正だ。糺^{ただ}そう」という煽動された
かどうかはわかりませんが、石を投げて窓を割り、
そこからナダレこむ暴徒を“大衆”と呼ぶならば、
「そんなことはよせ、しずかに話しあおう」

と、良識をもって対応するのが“公衆”でしょ
う。

ところで“公衆”“公衆”って云ってますが、
“原型”はどこかにあるのでしょうか？むずかし
い探索です。

が、「これじゃないかな？」という存在を発見
しました。

その存在はやはり「大学」です。

公衆の原点

「大学」の中に“新^{しん}（親）民^{みん}”という言葉があ

ります。漢学者たちの解釈によると、

- ・自分を改められる人
- ・自分を生れ変られることのできる人
などと説明しています。

最近は、

- ・新しい時代を生きぬける人

という解釈がありました。この解釈がいちばん
アップ・トゥ・デート（今日的）だと思います。

現在は、

- ・「デジタル社会」であり
- ・「人工頭脳・AI と共生の時代」

だといわれます。

さらに、人間の喜怒哀楽の感情を AI に持たせ
る時代だともいわれています。

そうすると、デジタル族の中でも、
「イヤなことは全部 AI にやらせて、ワレワレ
（人間）は好きなことだけやればいい」

といい出す人間も出てきます。

不屈きな発言で、これでは“共生”できません。
共生とはよろこびもかなしみも共にして、困^{こま}った
時に肩を寄せて、

「どうしようか？」

と相談しあうことでしょう。

唄^{うた}の文句ではありませんが、

〽泣いた日もある 恨んだことも

を共有することだと思います。

ところでスラッと「新民」のことを書きました
が、お気づきでしょうか。“新民”のことを書い
ている「大学」という本は4000年前の本でありま
す。それが、

「新しい時代を生きていける人」

なんてとてもナウいですね。大体「大学」とい
う本が孔子の言葉のエキスを集めた物だといいま
すから凄いいと思います。

連載
講座

予報円

気象予報士（元気象庁） 饒村 曜

1 台風の進路予報は扇形表示から誤差の大小を示す「予報円表示」に

台風といえば、今では予報円が当たり前のように使われていますが、この予報円が最初に使われたのは1982年6月の台風5号からです。

戦後の日本は、大きな台風災害が相次ぎ、大きな台風がきたら死者が4桁（1,000人以上）の惨事となっていました。それを何とか減らせないかと様々な努力がなされてきました。中央気象台（現在の気象庁）では、24時間先予報で、台風の進行方向だけでも、誤差幅をつけて表示（進行速度は難しいので一本の線で表示）するという、扇形表示という進路予報表示が考えられました。しかし、「扇形表示」は最初から大きな欠点を持っていました。それは、扇形表示ではその形から、進行方向の誤差が全くないかのような印象を与え、人々に誤った判断をさせてしまうということです。予報技術が向上し、広く利用されるようになると、進行速度に誤差がないと誤解して被害に遭うことが増えてきたため、進行速度の誤差も表示できる、予報円が考えられました。

1982年6月の台風5号から、台風予報の表示方式が予報円表示に変わりましたが、予報円の大きな台風が強い台風である等の誤解を生じていました。1985年に台風13号が九州に、台風14号が関東に接近したとき、マスコミ等で大きく取り上げら

れた台風14号より、大きな被害をもたらしたのは台風13号でした。最盛期のカニ・エビ漁のため有明海に出漁していた地元の漁船14隻が遭難し、14人が亡くなるなど大きな被害が発生したのです。このため、気象庁では台風の進路予想図についての意向調査（対象は、関係公共機関・伝達機関・台風の影響を強く受ける業種の団体・事業者・一般利用者）を行い、気象審議会の審議を経て暴風警戒域（台風の中心が予報円内に進んだ場合に暴風域に入る可能性がある範囲）を表示するなど、1986年7月の台風8号から現在まで用いられている表示方法の原形が作られました。

図1は、1985年の台風13号の24時間予報をもとに予報図を3種類表示したものです。扇形表示のAでは台風13号の中心が早ければどのあたりまでくるかはわかりませんが、予報円表示のBでは、早ければ有明海の入りに口に入ることがわかります。暴風域と暴風警戒域が表示されているCでは、Bで得られる情報に加え、台風13号は台風14号より勢力が強いこと、24時間後には有明海全体が暴風域に入っている可能性が高いことを示しています。

1991年4月から、暴風警戒域は予報した時刻に暴風域に入る範囲を示す円ではなく、任意の時刻に暴風域に入るすべての範囲を囲む線に変わっていますが基本は同じです。

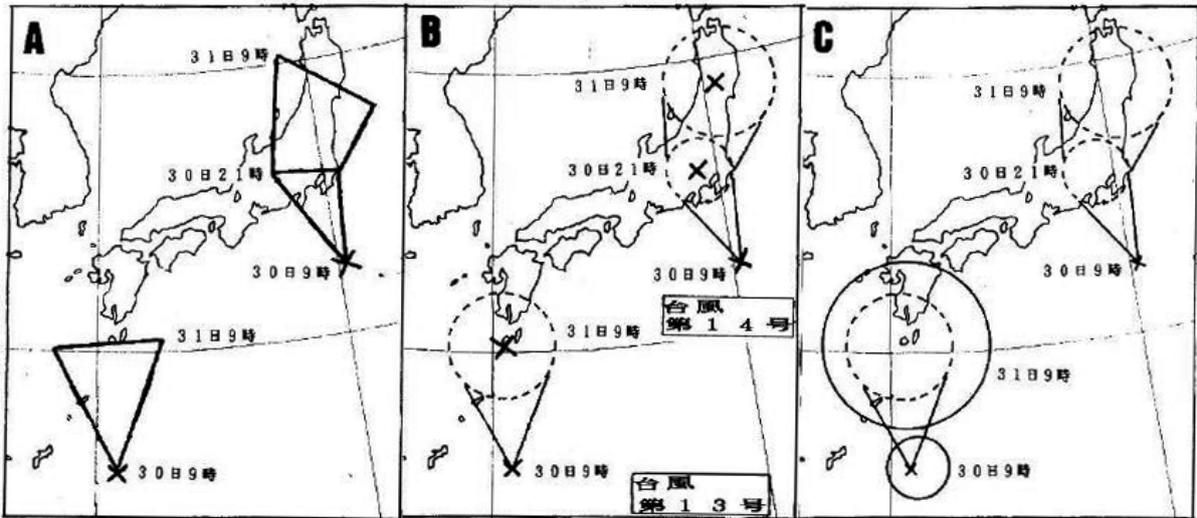


図1 1985年8月30日9時の台風13号と台風14号の予報図

出典：饒村曜（1993年）、台風物語、日本気象協会

2 年々小さくなる「予報誤差」

台風には年ごとに癖があり、進路予報が難しい年とそれほどでもない年がありますので、進路予報誤差は変動していますが、長期的にみると、確実に小さくなっており、災害が起こる前提で事前に計画的な防災行動をとる自治体の防災対応「タイムライン防災」や、住民の避難・防災行動に使えるようになってきました（図2）。予報円表示が始まった1982年頃には、24時間予報の平均誤差が200km以上ありましたが、最近は80km以下と半

減以上の減少です。1987年からは48時間先まで、1997年からは3日先まで、1999年からは5日先までの予報が始まっていますが、これらの平均予報誤差も年々小さくなっています。

このように平均誤差が小さくなった理由は、台風の進路予報のもととなっている数値予報技術が改善したためです。スーパーコンピュータの飛躍的な性能アップに加え、気象衛星から観測された詳細な気象要素を取り込む技術が進んだことが背景にあります。

台風の予報円は、台風の中心が70%の確率で入

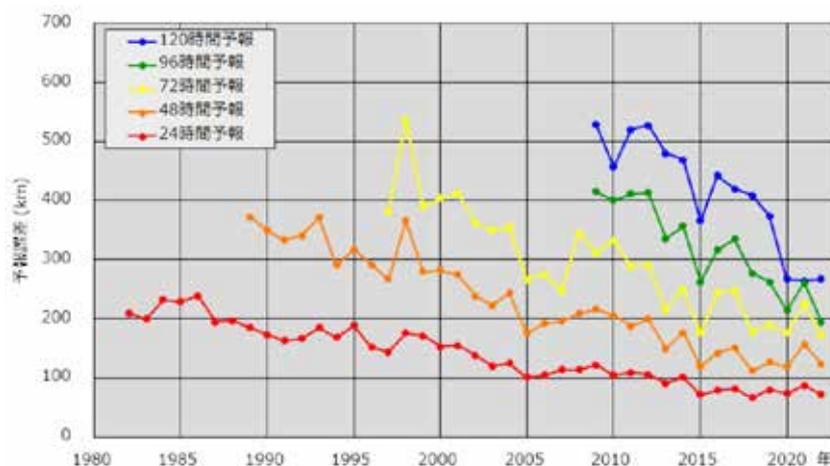


図2 台風進路予報（中心位置の予報）の年平均誤差

出典：気象庁ホームページ

る範囲を示したものです。このため、予報円の半径は、ほぼ進路予報誤差に相当していますので、気象庁では、予報技術向上とともに予報円の半径を適宜小さくしてきました。そして、2023年からは、台風予報の元となっている数値予報の分解能が20km から13km に高解像度化したことなどから、大幅な精度改善がはかられています。特に、3日

先以降の進路予報が大きく改善していることから、5日先の予報円はこれまでより40%、4日先の予報円で30%、3日先の予報円は20%小さくなります。予報円が小さくなることに伴って25m/s以上の暴風域に入る範囲を示した暴風警戒域も小さくなります（図3）。

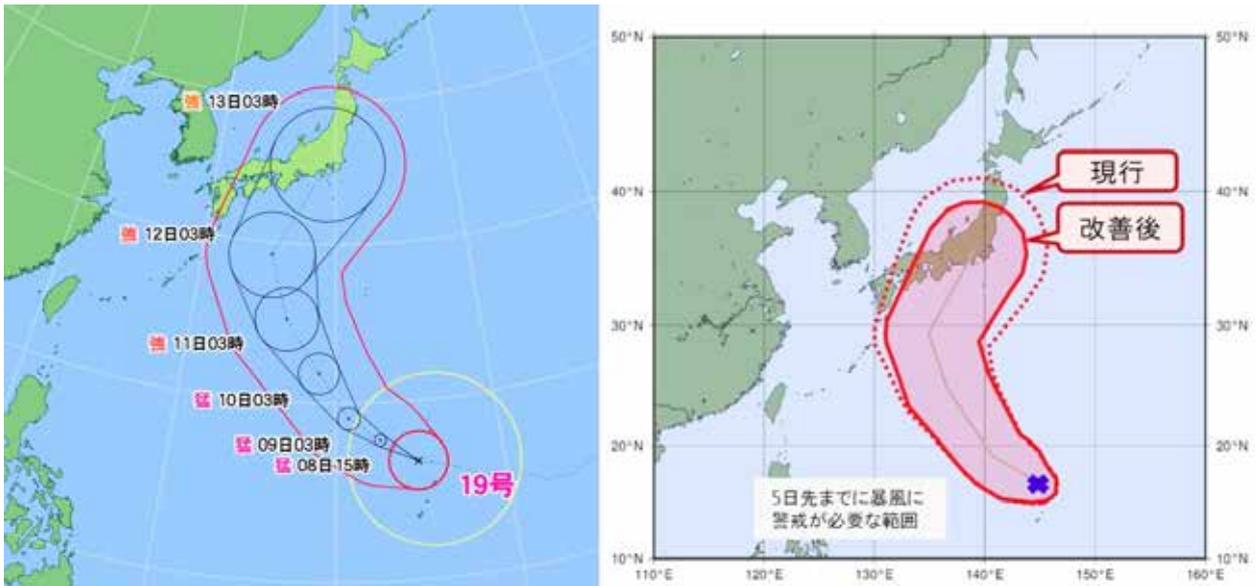


図3 台風19号の進路予報（2019年10月8日3時）（左）と、気象庁が発表した暴風警戒域の改善イメージ（右）

出典：左はウェザーマップ提供、右は気象庁ホームページ

編集後記

本年は、1923年（大正12年9月1日）に発生した関東大震災からちょうど100年後に当たり、各地で「関東大震災」をテーマに、9月から10月にかけて、数多くのシンポジウムや防災講演会など各種催物が開催されました。また、テレビや雑誌等において関東大震災の特別番組や特集記事が放映・出版され、大いに関心が高まったところです。

こうした時期、状況を踏まえまして、本季刊誌におきましても、「首都直下地震や南海トラフ地震など近い将来発生の切迫性が指摘されている大規模地震の地震像や被害想定、対策、最新の研究」等をテーマにした特集（地震災害と防災・減災）を、前回から連載しております。

今回は、首都直下地震を中心に、「首都直下地震の地震像、市街地火災からの避難の問題、火災旋風の研究、建物の耐震化、支援物資物流システムの構築」など論じていただきたく、ご

専門で一流の先生方をお願いさせていただきましたところ、非常に多忙な時期であったにもかかわらず、快くご寄稿いただきました。心より感謝申し上げます。

消防防災科学センター主催（消防庁後援）の「令和5年度防災啓発中央研修会（後期）」が、本年12月1日（金）13:00から、オンライン（Zoomを利用してオンラインによりライブ配信）により開催されます。

（受講申込：http://www.bousai-kensyu.com/chuo_oubo/）

講演内容は、総務省消防庁防災課長 笹野 健様に「大規模災害に備えた消防防災体制の充実・強化」を、東京大学名誉教授 平田 直様に「南海トラフ地震、首都直下地震等の大規模巨大地震に備える（仮題）」を、京都大学防災研究所教授 中谷 加奈様に「近年の異常気象と土砂災害～頻発する土砂災害に備えて～（仮題）」をお願いしているところです。

[本誌から転載される場合にはご連絡願います。]

季刊「消防防災の科学」 No. 154 2023. 秋季号

発行 令和5年11月25日

発行人 荒川 敦

発行所 一般財団法人 消防防災科学センター

〒181-0005 東京都三鷹市中原三丁目14番1号

電話 0422 (49) 1113 代表

ホームページ URL <https://www.isad.or.jp>



宝くじは、みんなの暮らしに役立っています。



移動採血車

全国各地で運行している
献血バスを寄贈



ベンチ

全国の公園緑地等に
ベンチを設置



フラワープランター

観光地の環境美化活動の
推進を目的として寄贈



宝くじ桜

日本全国に
さくら若木を寄贈



車いす

博物館利用者のために
車いす等を寄贈



一輪車

体力づくり実践校等に
一輪車を寄贈



バス停留所施設

バス停上屋と
風防施設を設置



すこやか広場

こどもの国(神奈川県)に
健康器具や遊具を設置



検診車

胃部・胸部X線撮影車
として寄贈

宝くじは、少子高齢化対策、災害対策、公園整備、
教育及び社会福祉施設の建設改修などに使われています。



一般財団法人日本宝くじ協会は、宝くじに関する調査研究や
公益法人等が行う社会に貢献する事業への助成を行っています。

一般財団法人
日本宝くじ協会
<https://jla-takarakuji.or.jp/>