

大規模災害を前にした住宅を考える

House Facing Huge Disaster

福和伸夫*

1. はじめに

日本列島は、アジアモンスーン地帯のプレート境界に位置する。プレート運動による火山活動で作られた急峻な脊梁山脈が列島を貫き、山々が季節風を受け止めて雨をもたらす。河川は短く急こう配で、山地が多いため居住地は河口部の低地に限られる。風光明媚で温暖な気候な日本だが、地震、火山、風水害に晒されることが度々あり、日本の自然は慈母であると共に厳父でもある。

先人は災害文化とも言える日本文化を育み、自然とうまく折り合いをつけてきた。災害危険度の高い場所を避けて作られたかつての集落は、近年の大災害でも被害が軽微に留まっている。

日本の歴史教育では、災禍の歴史を学ぶ機会は少ないが、両者を結び付けてみると、災禍が重なったときに歴史の転換期を迎えてきたことに気付く。例えば、直近3回の南海トラフ地震前後の歴史を振り返ってみると下記のようなになる。

1707年宝永地震の前後には、1703年元禄関東地震、07年富士山の宝永噴火、08年京都大火と続いた。この結果、元禄の豊かな時代が終わり、09年正徳の治や16年享保改革が行われ、質素儉約の時代になった。

1854年安政東海地震・南海地震の前後には、53年小田原地震、54年伊賀上野地震、55年安政江戸地震、56年安政の台風、57年伊予・安芸の地震、58年安政のコレラと飛越地震などが続発し、その後、安政大獄、60年桜田門外の変から67年大政奉還へと続いた。

1944年・46年昭和東南海地震・南海地震の前後は、日本は歴史上最も苦難な時代だった。1918年にスペイン風邪が蔓延し、21年原敬暗殺、23年大正関東地震と続いた。関東地震では、10万5千人に及

ぶ死者と国家予算の3～4倍にも及ぶ経済被害を出した。死者のうち約7万人は東京で発生し、うち6万人は地盤が軟弱な隅田川以東で犠牲になった。一方、約3万人の犠牲者を出した神奈川県は、震源域に近かったため、火災に加え、揺れによる家屋倒壊や地盤災害・津波被害が多かった。

この地震では、内藤多伸が耐震設計していた建物が無被害だったこともあり、翌年、市街地建築物法に耐震規定が導入された。ただし、そこで想定された揺れは、神奈川の揺れではなく揺れの被害が相対的に小さかった東京本郷の揺れである。また、震災後には後藤新平による帝都復興計画が推進され、現在の東京の都市基盤が整備された。

関東地震の発生以降の四半世紀には、25年北但馬地震、27年北丹後地震、30年北伊豆地震、33年昭和三陸地震、34年室戸台風、43年鳥取地震、45年三河地震・枕崎台風、47年カスリーン台風、48年福井地震が続発した。

この間、大正デモクラシーの時代は、27年金融恐慌、31年満州事変、32年5・15事件、33年国連脱退36年2・26事件、37年日中戦争を経て、41年に太平洋戦争、45年敗戦へと至った。しかし、幸か不幸か朝鮮戦争特需のおかげで産業が復活し国際社会に復帰することができた。

このように、南海トラフ地震が起きると西日本が広域に被災し、前後に内陸直下の地震や感染症、風水害が重なることも多いので、歴史が大きく動く。南海トラフ地震に限らず、国内外の歴史の背景を見ると、様々な災禍の影響が感じられる。

住宅は、数十年にわたって生活の基盤となるものである。日本に住む限り、自然災害を避けることはできない。だが、相対的に安全な場所に住み、自然

*名古屋大学名誉教授

あいち・なごや強靱化共創センター長

に負けない強固な家にする事は可能である。どんな災害が起きてても住み続けられるよう、家づくりは百年スパンで考えたい。

2. 増大・激甚化する風水害

図1は、1945年以降の自然災害による犠牲者数の変遷を示したものである。戦後、台風などによって毎年のように千人を超える犠牲者が出ていたが、5千人を超える犠牲者を出した1959年伊勢湾台風をきっかけに、風水害の犠牲者が激減した。1961年に災害対策基本法が制定され、行政による治水対策が徹底したことによる。一方、地震による犠牲者は寧ろ増大している。これは、地震災害軽減には国民や民間企業による被害軽減対策が不可欠だが、その努力が不十分なためである。ただし、風水害に関しても、近年になって、治水対策を超える災害が増え

ており、犠牲者数が増加し始めている点は注意が必要である。

表1は、気象庁が命名した気象災害の一覧である。表の左側が昭和の後半、右側が平成以降の災害である。左右を比較すると、昭和は台風災害が多く、平成は豪雨災害が多いことが分かる。ただし、令和元年には、本州を襲った台風としては58年ぶりに命名された房総半島台風と東日本台風が発生しており、気候変動に伴う台風の大型化が心配される。

図2は、アメダスによる1時間降水量50mm以上の年間発生回数である。治水レベルを超える降水量の豪雨が増えている様子が分かる。とくに、気候変動の影響もあり、梅雨前線が北上するようになり、東北以北での水害が増加している。

水害危険度が増大している中、財政難のため治水対策の限界も明らかになってきた。このため、国土



図1 自然災害による犠牲者数の変遷数

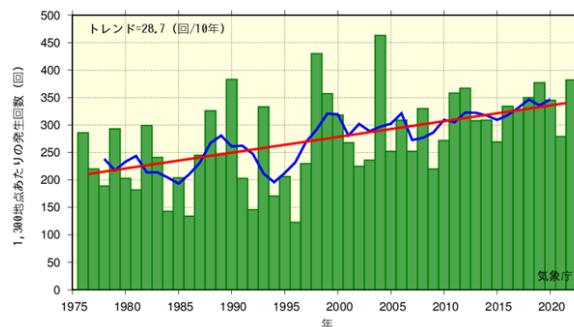


図2 1時間降水量50mm以上の年間発生回数 (内閣府資料より)

表1 気象庁が命名した気象災害の一覧

1	洞爺丸台風	昭和29年9月(台風第15号)	17	平成5年8月豪雨	平成5年7月31日～8月7日
2	狩野川台風	昭和33年9月(台風第22号)	18	平成16年7月新潟・福島豪雨	平成16年7月12日～13日
3	宮古島台風	昭和34年9月(台風第14号)	19	平成16年7月福井豪雨	平成16年7月17日～18日
4	伊勢湾台風	昭和34年9月(台風第15号)	20	平成18年豪雪	平成18年の冬に発生した大雪
5	昭和36年梅雨前線豪雨	昭和36年6月24日～7月10日	21	平成18年7月豪雨	平成18年7月15日～24日
6	第2室戸台風	昭和36年9月(台風第18号)	22	平成20年8月末豪雨	平成20年8月26日～31日
7	昭和38年1月豪雪	北陸地方を中心とする大雪	23	平成21年7月中国・九州北部豪雨	平成21年7月19日～26日
8	昭和39年7月山陰北陸豪雨	昭和39年7月18日～19日	24	平成23年7月新潟・福島豪雨	平成23年7月27日～30日
9	第2宮古島台風	昭和41年9月(台風第18号)	25	平成24年7月九州北部豪雨	平成24年7月11日～14日
10	昭和42年7月豪雨	昭和42年7月7日～10日	26	平成26年8月豪雨	平成26年7月30日～8月26日
11	第3宮古島台風	昭和43年9月(台風第16号)	27	平成27年9月関東・東北豪雨	平成27年9月9日～11日
12	昭和45年1月低気圧	昭和45年1月30日～2月2日	28	平成29年7月九州北部豪雨	平成29年7月5日～6日
13	昭和47年7月豪雨	昭和47年7月3日～13日	29	平成30年7月豪雨	平成30年6月28日～7月8日
14	沖永良部台風	昭和52年9月(台風第9号)	30	令和元年房総半島台風	令和元年9月(台風第15号)
15	昭和57年7月豪雨	昭和57年7月23日～25日	31	令和元年東日本台風	令和元年10月(台風第19号)
16	昭和58年7月豪雨	昭和58年7月20日～23日	32	令和2年7月豪雨	令和2年7月3日～31日

交通省は、流域治水という考え方を提示している。水が溢れても水を貯められる場所を確保すると共に、立地適正化など危険な場所への居住制限を進めるなど、あらゆる対策を組み合わせようとする試みである。

さらに、2020年には、宅地建物取引業法施行規則の一部が改正され、不動産取引時に、水害ハザードの説明が義務化された。また、豪雨や強い揺れによって、地すべり、土石流、がけ崩れなどの発生する。このため、土砂災害警戒区域の指定などを通して、土地利用の制限が行われるようになった。

各自治体からは、河川が氾濫する外水氾濫に加え、排水能力不足で発生する内水氾濫、土砂災害などのハザードマップが公表されている。一般に、外水氾濫は河川の狭窄部、屈曲部、合流部、橋梁部で、一方、内水氾濫は窪地で発生しやすい。

地形や災害地名は、ハザードを考える上で多くのヒントを教えてくれる。かつて湖沼や河道、水田だった場所や、干拓地、埋立地、谷の出口、谷筋、崖下などの地形は危険度が高い。また、サンズイなど水辺の地名、竜や蛇などの動物名が付く地名などは、地名の由来を調べてみると良い。さらに、図書館などで市町村史を調べ、過去の災害の記述を確認して

おくことも効果的である。災害に合いにくい宅地選定の基本は、「君子危うきに近寄らず」である。

3. 切迫する地震災害

1923年関東地震から100年が経つ。図3に示すように首都圏では、関東地震が発生して100年後くらいから地震活動が活発化すると考えられている。このため、地震調査研究推進本部は、今後30年間にM7クラスの地震の発生確率が70%程度であるとの長期評価を示している。

図4は関東地震以降に日本列島周辺で発生した巨大地震の位置を示したものである。全部で11個あり、概ね10年に1回の割合でM8クラスの地震が発生している。既に2011年東北地方太平洋沖地震から12年が経つので、いつ次の地震が起きてもおかしくはない。図を見ると、関東以西での地震は少ないことに気づく。そこで発生する巨大地震が南海トラフ地震である。過去、南海トラフ地震は、図5のように100～150年の間隔で繰り返し起きてきた。このため、政府地震調査研究推進本部は、今後30年間の地震発生確率を70～80%と評価している。また、日本海溝・千島海溝沖では、概ね500年周期でM9クラスの地震が起きており、前回は17世紀であることから、超巨大地震の発生が心配されている。

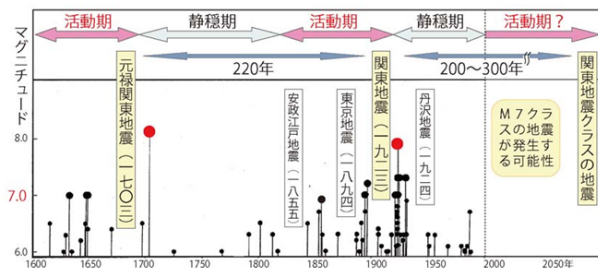


図3 南関東で発生したM6以上の地震 (内閣府資料より)

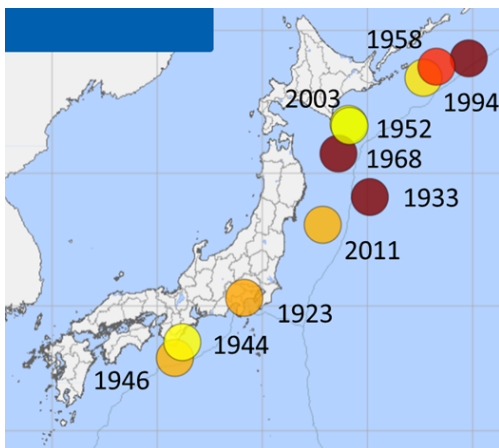


図4 日本列島周辺で百年間に起きた巨大地震

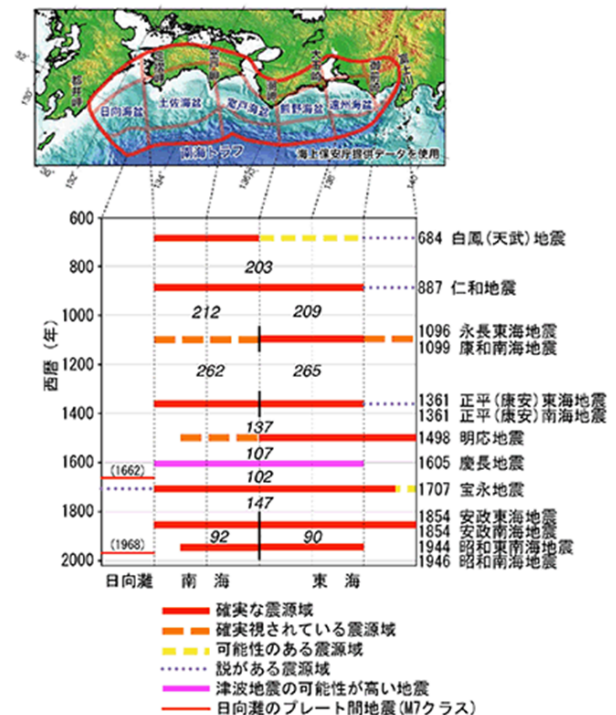


図5 南海トラフ地震の発生履歴 (地震調査研究推進本部より)

地震調査研究推進本部は、様々な地震の長期評価に基づき、全国地震動予測地図を公表している。図6は今後30年間に震度6弱以上の揺れに見舞われる確率の分布である。主要な活断層の近傍に加え、首都直下地震、南海トラフ地震、日本海溝・千島海溝沿いの地震の被災地域の確率が高く評価されている。

このため、これらの地震に対して、中央防災会議が地震被害想定を行っており、その被害量は、2011年東日本大震災を大きく上回っている。中でも、西日本を広域に襲う南海トラフ地震では、国民の半数が被災するため、最悪、直接死32万3千人、全壊家屋238万棟などの被害が予測されている。これは、東日本大震災の被害の15倍にも当たる。

ちなみに、死者の多くは津波によるものだが、全壊家屋の約9割は揺れと火災が主たる原因である。例え揺れによる全壊や焼失を免れたとしても、津波被災地域では、津波により流失してしまう。全壊家屋数は日本の年間住宅建設戸数の3倍に相当する。このため、早期の住宅再建は不可能であり、千万人近くの人が、長期間家を失うことになる。このため、住み続けられる住宅を持つことが何より重要である。

さらに、避難所、医療、福祉・介護などの災害対

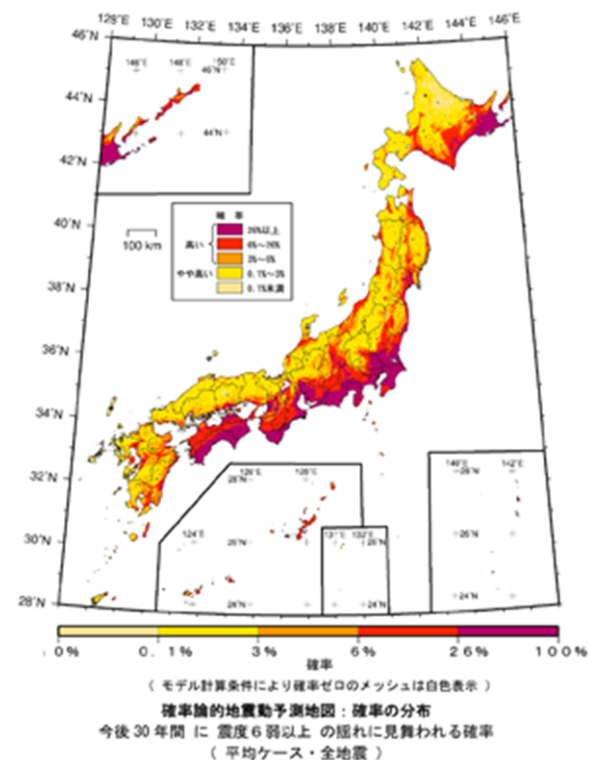


図6 全国地震動予測地図
(地震調査研究推進本部資料より)

応資源が圧倒的に不足するため、大量の関連死が予想される。これに加え、被災地には日本の製造業の60%以上が立地している。産業が早期に回復しなければ、日本産業は国際競争力を失って国難とも言える事態になる。住宅に加え、地震後も事業を継続できる産業施設にする必要がある。

南海トラフ沿いの地震は、震源域の東西で分かれて発生することが多く、昭和の地震では2年、安政の地震では約30時間の時間差で2つの地震が発生している。このため、東西どちらかで地震が発生した場合(半割れの先発地震)は、極めて切迫した状況となる。このため、気象庁が南海トラフ地震臨時情報(巨大地震警戒)を発して、後発地震に対する警戒を呼び掛ける仕組みが2019年に整えられた(図7)。津波被災自治体は、後発地震が発生した場合に、津波からの避難の猶予時間が不足する地域を、事前避難対象地域として指定し、この地域の住民に1週間の事前避難を呼びかける。

万が一、先発地震で甚大な被害を出せば、世界の人たちは、同様の被害を出す地震がもう一つ発生することを懸念すると思われ、海上輸送や、為替・株式相場が混乱することも心配される。このため、先発地震のハード被害を減らすことが何よりも重要である。

ちなみに、昨年末には、南海トラフ地震に加え、日本海溝・千島海溝沿いの地震に対しても、北海道・三陸沖後発地震注意情報という仕組みが整えられた。寒冷地故の津波避難の困難さがあり、情報の活用が期待される。

津波被災の可能性のある地域に居住している場合

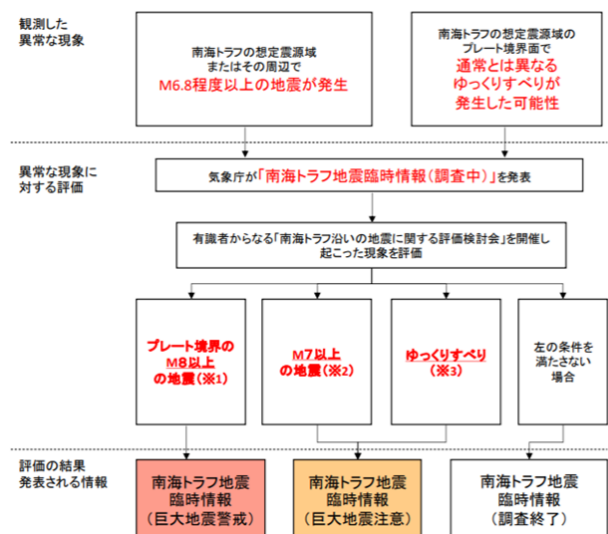


図7 南海トラフ地震臨時情報の仕組み
(内閣府資料より)

民は、南海トラフ地震臨時情報や北海道・三陸沖後発地震注意情報について、予め十分に学んでおき、事前避難などの防災行動を的確にすることが必要である。一方、これから宅地を探す場合には、ハザードマップなどを確認し、可能な限り津波被災地域を避けた宅地選びが望まれる。

4. 経済性と効率化で他者に依存した大都市の生活

科学技術が進化し、多くの人々が自然と隔離した人工環境で生活するようになり、自然への畏れを忘れ、経済性や効率を優先する人々が増えてきた。

戦後 78 年が経ち、7200 万人弱だった日本の人口は、現在 1 億 2500 万人である。この間、首都圏 1 都 3 県の人口は 3.9 倍に増加して 3700 万人となった。増加率は、それぞれ神奈川 4.9 倍、東京 4.0 倍、埼玉 3.6 倍、千葉 3.2 倍である。これに対し、鳥根と秋田 0.77 倍、山形 0.79 倍、徳島 0.84 倍、高知 0.87 倍など、東京から離れた地方の人口減少は著しい。

東日本大震災では、震源から離れた首都圏で、液状化、タンク火災、計画停電、帰宅困難などの被害が発生した。しかし、震災後も首都圏への一極集中が続き、沿岸低地に高層ビルが建設され続けている。

人口集中は、建物の密集化、高層化、町の拡大をもたらす。集中は、効率的だが、同時被災する暴露量やハザードを増加させる。密集化は延焼危険度を、高層化は揺れの危険度を、低地や丘陵地への拡大は、揺れ・液状化・浸水と土砂災害の危険度を増す。高速公共交通に頼る長距離通勤のリスクも大きい。

図 8 のように、海拔ゼロメートル地帯に立地するタワーマンションには、様々な危険がある。エレベータが止まれば上下移動が困難になり、停電すれば、空調、上下水道が使えない。地盤が液状化すれば、

ライフラインは途絶し、道路復旧にも時間がかかる。浸水危険度の高い場所であれば、孤立の懸念もある。

東京の産業は第三次産業に偏っている。このため、工業用水が廃止され、電力、都市ガス、石油精製などは、隣接する千葉県や神奈川県に依存している。食料自給率は 0 に近く、物流が長期間途絶えれば生活の維持は難しい。あらゆることを他に依存する状況は、防災・減災の基本である自律分散、地産地消の考え方に反する。

平成の 30 年間には、1995 年阪神・淡路大震災と同規模 (M7.3) の内陸直下の地震が他に 2 つ発生した。2000 年鳥取県西部地震と 2016 年熊本地震である。阪神・淡路大震災の最大震度は 7、直接死と全壊棟数は 5,500 人と 104,906 棟だったが、鳥取県西部地震では、6 強、0 人と 435 棟、熊本地震では 7、50 人と 8,667 棟だった。2021 年時点の兵庫県、鳥取県、熊本県の人口は 543 万人、55 万人、173 万人である。兵庫県と鳥取県の人口比は 10 倍だが、死者は無限大、全壊家屋は 240 倍もの差がある。人口集中と共に、被害が加速的に増大しており、過度な人口集中の深刻さが分かる。

同じ場所での地震でも、時代差がある。1703 年元禄関東地震と大正関東地震での、江戸府内と東京市の犠牲者数を比較すると、地震規模が大きかった元禄の地震では 340 人、大正の地震は約 200 倍の 68,660 人だった。大正期の東京市の人口は元禄期の約 6 倍である。大正関東地震では火災による死者が多数を占め、約 85% は隅田川以東の低平地で発生した。隅田川の東側の人口は東京市の約 2 割なので、東側の死亡率は西側の 20 倍以上になる。家屋倒壊による死亡率も、隅田川以東は以西の 3 倍以上だった。

この地震の震源は相模湾北西部であり、図 9 に示

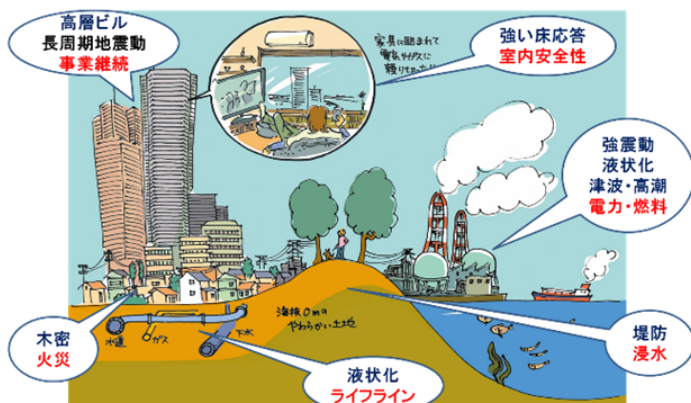


図 8 湾岸のリスク

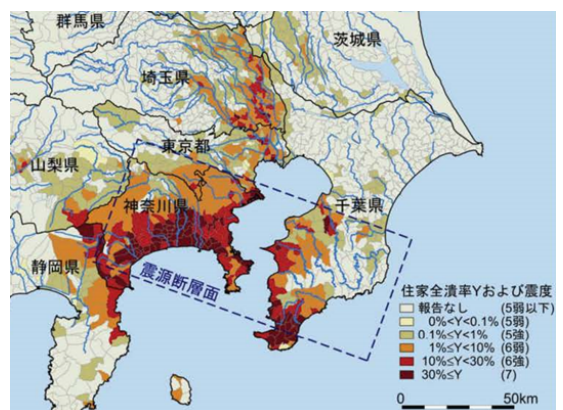


図 9 大正関東地震の震度分布¹⁾

すように、震源域に近い神奈川や千葉に比べ、東京の震度は小さい。しかし、旧利根川沿いや、隅田川以東の軟弱地盤での震度が大きい。すなわち、軟弱な地盤にまちが拡大し、強い揺れで木造家屋が倒壊し、家屋密集と強風により延焼が拡大したことが東京の被害の主原因であることが分かる。

首都圏は、三重のプレート上の軟弱な堆積層の上にある。西には過去に噴火を繰り返してきた富士山や箱根の火山群が存在する。東京一極集中を続けていていいのか再考すべき時である。

5. 住み続けられる住宅で災害を乗り越える

南海トラフ地震や首都直下地震などの大規模地震では、行政の力は全く足りない。あらゆる国民が事前に備え、自らの命は自ら守り、互いに助け合って災害を乗り越えるしかない。地震災害の被害軽減のためには、住宅や建物の耐震化が一丁目一番地である。大災害後にも住み続けられる住宅や、働き続けられるビルや工場を実現する必要がある。

現行の耐震基準は、建築基準法第一条「この法律は、建築物の敷地、構造、設備及び用途に関する最低の基準を定めて、国民の生命、健康及び財産の保護を図り、もつて公共の福祉の増進に資することを目的とする。」のように最低基準でしかない。一度の地震に対して命を守る基準であり、続発する地震に対して生活や事業の継続を保証するものではない。建物の一層の耐震強化が必要である。

一般に、戸建て住宅の耐震設計では、床面積に応じた壁量を確保する方法が採用されている。壁量は、過去の震災経験に基づいて定められており、設計法が簡便故、裕度も大きい。このため、震度7の揺れを2度経験した熊本地震でも、2000年以降の戸建て住宅の被害は殆ど無被害だった。

一方で、マンションなどの一般建築は、構造計算によって安全性が確認されている。多少専門的になるが、よく用いられている許容応力度等計算法では、標準せん断力係数によって地震力が規定されている。標準せん断力係数は、建物の平均的な応答加速度を意味する。多少の地域差はあるものの、原則、日本一律、地盤の硬軟によらず、同等の値が用いられている。建物の揺れが同等ということは、揺れが増幅されやすい軟弱地盤に建つ背の高い柔らかい建物では、小さな地動しか考えていないことを意味する。

実は、壁の多い建物は、強い揺れでも全く損傷しないように設計するが、ガラスっぽい柱がちの建物

は、柱と梁の接合部の構造損傷を許容し、生存空間を確保するように設計している。従って、台地に建つ壁の多い低層マンションと、軟弱地盤に建つ壁の少ない中層マンションでは、地震後の生活の継続性は大きく異なる。後者の場合には、震度5程度の揺れで部分的に損傷する可能性がある。経済性や、便りさ、見栄えを優先すれば安全性は法律ギリギリになる。

ライフライン途絶時のエネルギーの自立も重要である。発電所の多くは、危険度の高い沿岸部に立地している。日本は、東西で電気の周波数が異なるので東西での融通も限られる。LNGなどの燃料や工業用水が届かなければ発電はできない。ライフラインは相互に依存しており、一つが止まるだけで全て停止する。再生可能エネルギーや蓄電池、井戸の準備など個人の対策が望まれる。

郊外の戸建て住宅であれば、自立住宅化は容易である。我が家も4電池、井戸、家庭菜園などの備えをしている。一方で、大都市のマンション住民には、二地域居住を推奨したい。テレワークを活用して普段は地方で生活し、時々東京に行く現代版の通勤交代制である。地方には空家も多い。既存ストックを耐震化して活用すれば、二地域居住やグランピングに使える、大災害時には疎開先にもなる。自然豊かで安全な地方に住み、各地の伝統や文化を享受する生活スタイルである。7月末に閣議決定された新たな国土形成計画と国土強靱化基本計画の要点は、インフラ・ライフラインの強靱化、デジタルの活用、官民の連携、地域の防災力強化と活性化であり、これらにより活力ある安全・安心な日本を実現しようとしている。

6. おわりに

孫子の兵法に「知彼知己百戦不殆」との一文ある。ハザードマップなどで敵の強さを知り、危険を避け、住宅を強固にすれば、災害を乗り越えられる。敵の強さが分かれば対処法はある。最近では、地震でも揺れにくい免震住宅や、水に浸かっても、住宅内に浸水せず浮上する耐水災住宅が開発されている²⁾。

関東地震から100年の今、過去の災禍を思い出し、万が一、南海トラフ地震、首都直下地震、富士山噴火の大連動があったとしても、生活が継続できる安全な住宅を作っていきたい。

参考文献

- 1) 武村雅之：関東大震災―大東京圏の揺れを知る，鹿島出版会，2003
- 2) 和木洋他：浸水深 1m 対策を施した耐水害住宅の実装に向けた実大浸水検証試験，浸水深 5m 対策を施した浮上式耐水害住宅の実装に向けた実大浸水検証試験，日本建築学会技術報告集，No.69，pp.697-708，2022.6

著者略歴



福和伸夫（フクワ ノブオ）

1981年名古屋大学大学院修了後、清水建設を経て、1991年名古屋大学に異動、工学部助教授、先端技術共同研究センター教授、環境学研究科教授、減災連携研究センター教授を経て、2022年同名誉教授。建築耐震工学、地震工学の教育・研究に携わる傍ら防災・減災活動を実践。日本建築学会賞、防災功労者内閣総理大臣表彰他を受賞。