



嵐に立ち向かう都市

幾世紀にもわたる災害の経験から、
東京はいかにレジリエンスを獲得したか



表紙: 葛飾北斎「富嶽三十六景／神奈川沖浪裏」、メトロポリタン美術館（ニューヨーク市）所蔵・公開

© 2021 ULI（アーバンランド・インスティテュート）

ULI アジア太平洋
3418 Jardine House, 1 Connaught Place, Central, Hong Kong

権利はすべてULIに帰属します。本書の内容の全部または一部を、著作権者の書面による許可を得ることなく、複製または使用することを禁じます。

推薦図書認定

ULI Asia Pacific. *In the Eye of the Storm: How centuries of disaster make Tokyo a case study in urban resilience*. Washington, D.C.: Urban Land Institute, 2021.

アーバンランド・インスティテュート(ULI)は会員によって支えられている世界的な組織で、45,000名を超える不動産及び都市開発の専門家で構成されています。これらの会員は、将来の建築環境を構築して世界中のコミュニティに変革的な影響を与えるというULIの使命の推進に取り組んでいます。

ULIの会員は様々な専門分野にまたがり、デベロッパーや不動産所有者、投資家、建築家、都市計画担当者、公務員、不動産仲介業者、不動産鑑定士、弁護士、技術者、金融業者、学者など、不動産業界のあらゆる側面を代表しています。ULIの設立は1936年に遡り、現在は80か国からの会員により米州、欧州、アジア太平洋地域にわたってプレゼンスを発揮しています。

ULIは、都市化や人口動態の変化、経済の新たな牽引役、技術の進歩、環境への配慮など、建築環境を左右する様々な要因

について会員間で共有し、それによって土地利用に関する意思決定に大きな影響を与えています。

ULIでは毎年、数千回に及ぶ会合を持ち、会員間で知識を共有することにより同業者の情報・意見交換を行い(2020年だけでも世界中の都市で2,600件超のイベントを開催)、土地利用及び不動産に関する世界的権威としてのULIの地位を強化しています。

会員の取り組みを通じて、ULIは世界中のコミュニティを利する都市設計と都市開発においてベストプラクティスを認定し、会員間で共有しています。

詳細情報についてはウェブサイト (asia.uli.org)をご覧ください。また、ツイッター、フェイスブック、リンクトイン、インスタグラムなどのSNSでULIのフォローをお勧めいたします。

LEAD AUTHOR AND RESEARCHER

Mike Owen

CONTRIBUTING EDITOR

Colin Galloway

ULI STAFF

May Chow
Senior Vice President
Asia Pacific

Diwa Law
Marketing and Communications

James A. Mulligan
Senior Editor/Manuscript Editor

Lawreane Jamie de los Santos
Graphic Design

はじめに	2
第1章:レジリエンスを支えるハードウェア	4
規制の枠組み	4
リスク:水害	5
リスク:干ばつ	9
リスク:地震	10
リスク:津波	13
「ソフト」なレジリエンス	13
第2章:社会的レジリエンスと文化的レジリエンス	14
行政による取り組み	16
第3章:レジリエンスのための開発	18
丸の内の三菱地所グループ	19
森ビルと六本木界限	20
三井不動産による日本橋の活性化	22

はじめに

東京はかつて「江戸」と呼ばれる城下町であった。17世紀初頭に徳川幕府が置かれるまでは取り立てて特徴のない漁村にすぎなかったが、その後は長期間にわたって発展を遂げ、今日では世界最大級の人口を擁する都市となった。

だが、東京は初期の頃から立て続けに災害に見舞われたようだ。幾世紀にもわたり水害や火事、干ばつなどさまざまな自然災害に苦しめられ、都市としての規模が拡大するにつれてその被害は深刻さを増していった。

東京に大災害が付き物だったのはさまざまな要因による。内陸部の山々に近いことから、台風や豪雨によって雨水が流れ込み、東京の低地部は一気に水浸しとなる。また、地下に断層が広がっているため地震の危険が極めて高く、ひいては最大のリスクに繋がっている。つまり、伝統的な木造建築の街並みでは、地震によってひとたび火が出ると大火災になりやすいのだ。

江戸時代だけでも100件以上の大火が発生し、町の大部分を焼き尽くし数十万人の死者を出してきた。このように災害が頻発したことから、幕府はレジリエンス（災害耐性）の強化に乗り出した（この取り組みは今日まで連綿と続いている）。なかでも、燃え広がる火災を食い止めるため、防火用の火除地が多数設置された。また、世界初の消防隊である武家火消や町火消の制度が作られ、17世紀以降、その「詰め所」が江戸の町の至る所に設置された。

以来、レジリエンス強化に向けた取り組みは広がっていった。19世紀後半にはいくつもの大規模な土木事業が開始され、埋立工事、河川の迂回、巨大な堀や運河が作られた。その目的は、水害から町を守るとともに、飲料水の供給を確保することにあった。

近年では、世界金融危機を経て安倍政権が大規模な財政刺激策を打ち出したことも追い風となり、政府による一連のインフラプロジェクトが実施された。その多くは水害や水不足から人びとの生活を守ることを目指している。

こうした、レジリエンスを支えるハードウェア作りに向けた長年の取り組みと、それに必要な設計および建設技術のノウハウにより、今日の東京は世界で最もレジリエンスの高い都市のひとつとなっている。しかし、ハードウェアは車の両輪の片方にすぎない。もう一方の、同様に大きな役割を果たしているのが、東京の人びとの精神的な強靭さだ。これも長年の大災害の経験から生まれたもので、今なお文化的・社会的規範として地域共同体の行動のバックボーンとなっている。東京はその地理的環境や地勢に独自の方法で適応し、絶え間ない災厄を乗り越えてきたが、それを可能にしているのが、こうしたハードウェアと、社会風土によって育まれてきた姿勢との組み合わせなのだ。



キャプション：明暦の大火（江戸時代の絵巻）
クレジットウィキペディア/田代幸春



キャプション:1840年代の江戸の地図

クレジット:ウィキペディア/UTライブラリーオンライン

歴史の中で培われてきた慣習が、今日もおお東京の災害レジリエンスを支えていることを示す例は数多く存在する。例えば、日本の文化基盤を形成する「集落社会」は、日本社会における最古の極小共同体であり、今日においても、町内会や地域の消防団が主催する数えきれないほどの祭りや行事の中に生き続けている。こうした祭りや行事は伝統的な装いをまとっているものの、現代社会において果たす役割はシンボリックなものに留まらない。社会の確固たる核を形成して組織的枠組みを提供するとともに、危機の際には地域社会が団結して当たることができるという、実質的な機能を果たしているのだ。

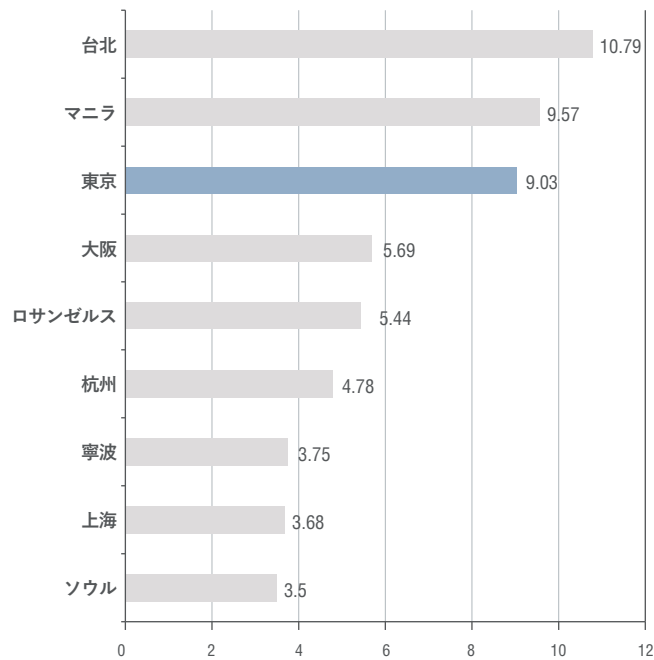
本レポートの第1章と第2章では、こうしたハードウェアとソフトウェアの独特な組み合わせがいかにか東京のレジリエンスを高め、地震や火災、水害などのさまざまなリスクから東京を守ってきたかを検証する。

第3章では、日本の大手デベロッパー3社(三菱地所グループ、森ビル、三井不動産)がレジリエンスを実現する上で果たしてきた独自の役割を分析する。これらの企業は、最高水準のレジリエンスを自社のプロジェクトに組み込むだけでなく、近隣地域もその恩恵を受けられるよう努めている。すなわち、自立的なインフラの「バブル」を当該地域に構築し、必要な場合には、公共サービス(電気・ガス・水道)や通信インフラに頼ることなく機能するよう整備しているのである。

東京はその歴史を通して数々の災害に見舞われており、常に嵐の真ただ中に置かれてきた。22種類の人為的災害や環境からの脅威について、世界の都市のレジリエンスを測るロイズ都市リスク指標によれば、東京は自然災害のリスクの点で台北とマニラに次いで第3位となっている。

世界の都市における自然災害の脅威度ランキング

(単一の自然災害による年間の経済産出高のリスク、10億米ドル)



出所：ロイズおよびケンブリッジ・リスク研究センター、2018年

これはひとつには、東京が巨大都市であることによる。首都圏人口は3,700万人を超え、アジア最大の都市圏となっている。だが、日本の地質学的大きく地理的条件の方がより重要な要因だ。日本はニュージーランドからアラスカまで続く「環太平洋火山帯」に位置しており、国内に世界の活火山の約10%を抱えている。また、年に1,500回もの地震が発生し、マグニチュード4.0～6.0の大規模地震も少なくない。

また、海岸から100キロも離れていない沖合いの地下には大断層が何本も走っているため、海岸線地域は常に津波のリスクにさらされている。最近では、2011年3月に東日本大震災が発生したが、これは世界でも1900年以降4番目の大地震で、東北地方の沿岸の大部分を破壊する巨大な津波を引き起こした。

さらに、東京は長らく異常気象にさらされてきたのに加え、近年では暴風雨が激しさを増し、その頻度も高まっている。これと気候変動との関連性はまだ明らかにされていないものの、気象庁の最近の調査によれば、2018年までのt年間における1時間降水量50ミリ以上の平均年間発生回数は、1976年から1985年までの10年間に比べ約1.4倍に増えているという。それだけでなく、異常気象の発生頻度と激しさも高まっている。

東京の災害種別リスク

(リスクにさらされている経済産出高 [年間]、米ドル換算)

暴風／台風	33億5,000万ドル
洪水	19億4,000万ドル
地震	18億9,000万ドル
噴火	3億4,800万ドル
津波	3億8,900万ドル
干ばつ	3億1,100万ドル
寒波	1億3,800万ドル

出所：ロイズおよびケンブリッジ・リスク研究センター、2018年

だが、度重なる災害に見舞われ、また建物が林立する地域が急拡大したにもかかわらず、東京は近年、大きな被害を回避することに成功している。例えば、2011年の東日本大震災の際には、激しい揺れを経験したものの、物理的な被害は最小限に留まった。同様に、観測史上最大級となった2019年の台風19号(令和元年東日本台風)の到来は、北日本の各地で大規模な水害を引き起こしたが、このときも東京はほとんど無傷であった。

インフラの観点からは、数々の自然災害に対する東京の高いレジリエンスは幾つかの要因が見受けられる。インフラ整備に対する政府のコミットメントを中心に、イノベーションへの注力、長期にわたる投資、そして過去の災害から学ぶ姿勢も重要な役割を果たしているのだ。

規制の枠組み

日本では、内閣府が他の多くの政府・非政府機関と連携しながら災害管理を指揮している。特に、首相が会長を務める中央防災会議は、国の防災基本計画の作成と推進、政府の対策に必要な物資の準備など、防災政策のあらゆる面に責任を負う。防災基本計画では、さまざまな自然災害の可能性の予測にも

取り組んでいる。これにより当局は、災害の発生時に素早く対応し、緊急救援の指揮と被災者の支援に当たることができる。

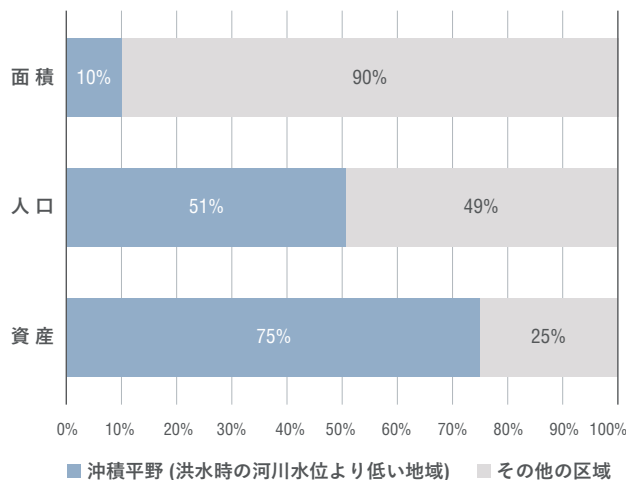
中央防災会議はまた、各地域において住民や自治体が水害、地震、噴火などの災害からの復旧対策を整備する取り組みを支援している。

リスク:水害

日本では常に、水害の危険性が非常に高い。これは多くの場合、台風など定期的に発生する暴風雨によるものだが、津波や地震などの偶発的な出来事も、沿岸および内陸の堤防を破壊して水害の危険を引き起こす。

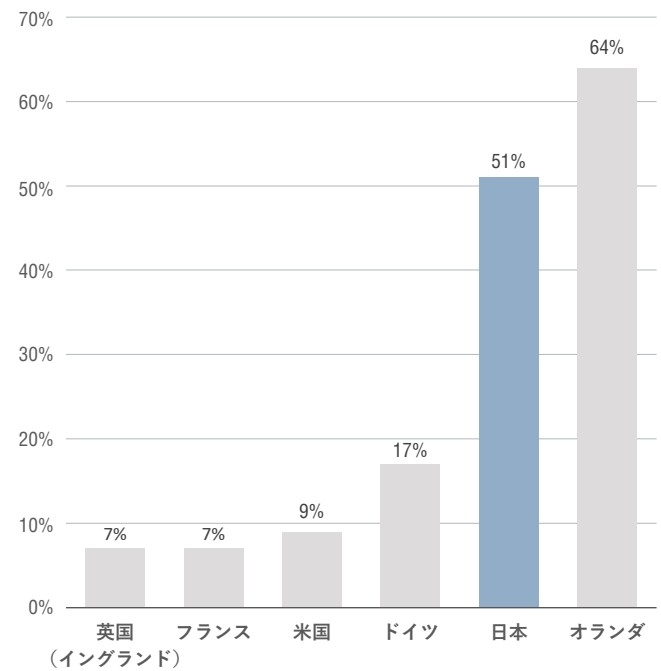
とはいえ根源的に、水害リスクは日本の地理的構造に起因する。国土の大半が山岳地帯であり、都市部の約75%が日本全体の面積のわずか10%に集中しており、しかも沿岸部の低地か、水害のリスクに常にさらされている氾濫原に位置することが多い。加えて、日本の山々は比較的海岸に近いので、河川は短く急勾配になる傾向にある。そのため雨水が急速に流出し、最小流量と最大水量の差が大きくなり、被害地の住民が避難する時間はほとんどない。また、水害のリスクは自然の保水機能が低い土地で一層高まり、特に山間部の土地で顕著となっている。

日本:沖積平野とその他の区域における人口と資産の分布



出所: 国立研究開発法人 土木研究所

洪水氾濫域に居住する人口の比率



出所: 国土交通省

その一方で、日本の都市では市街化が進行中であり、一貫した排水インフラの整備が困難となっている。これは、天然の雨水貯水地として従来機能していた広大な水田や森林が消失したことにもよるが、歴史的・文化的規範の副作用でもある。例えば、日本では早くから都市計画法が制定されていたにもかかわらず、都市部周辺に広がる水田の所有者の多くが難色を示し、大規模な都市開発は頓挫することが少なくなかった。その結果、都市の拡大は漸進的に、またその場しのぎの形で進み、連携の取れた排水網の整備が困難となったのだ。

投資の取り組み

日本では水害対策は常に優先課題とされてきたが、過去30年間でさらに強化されている。これは、国と東京都の双方が老朽設備の更新と流出雨水の排水改善に向けた包括的戦略の一環として、インフラに多額の投資を行ってきたことによる。インフラ建設が政府の景気刺激策の重要な要素になっていることも、その理由のひとつである。

河川の上流では、河道の改善、多目的ダム(すなわち水害抑制、干ばつ時の貯水、水力発電を目的としたダム)の建設、さらには幅300メートルもの堤体を持つ「スーパー堤防」の採用によって水流を制御している。こうしたスーパー堤防は、地震にも耐え暴風雨による氾濫を防ぐのみならず、都市再開発計画で公用地として利用できる新たな土地を提供している。

下流では、各河川の集水域において、優れた分水路ネットワークと貯水インフラの整備に重点が置かれている。都市部では利用可能な土地が非常に限られているため、大半の施設は地下深くに建設されるが、これには多くの時間と費用を要する

にもかかわらず、東京がこうして作り上げた、レジリエンスの高いインフラの規模と質は驚くべきものだ。公式統計によれば、2020年時点で東京には28の調整用貯水池があり、その総容量は約256万立方メートルに達するという。現在進められている計画では、さらに10以上の施設を建設し、容量を800万立方メートルにまで拡張する予定だ。

地域レベルのインフラも同様に重要である。水害への対応能力を増強するため、あちこちで小規模な地域プロジェクトの推進に重点的に取り組んでいる。こうしたプロジェクトでは、透水性舗装、一般住宅向けの浸透ピットとトレンチ、道路から雨水を逃がすための大容量U字溝、多目的広場、運動場、公園、緊急調整池として活用できる水田など、さまざまな機能の取り込みを目指している。これほどの対策を講じてもお、新築住宅の1階の床は、浸水を防ぐために道路より高く建てられることが多い。また、地下鉄の路線にも取り外し可能な堰が設置されているほか、重要な道路は緊急時の避難に役立つよう高架になっている。

総合的な治水対策



出所：国立研究開発法人 土木研究所

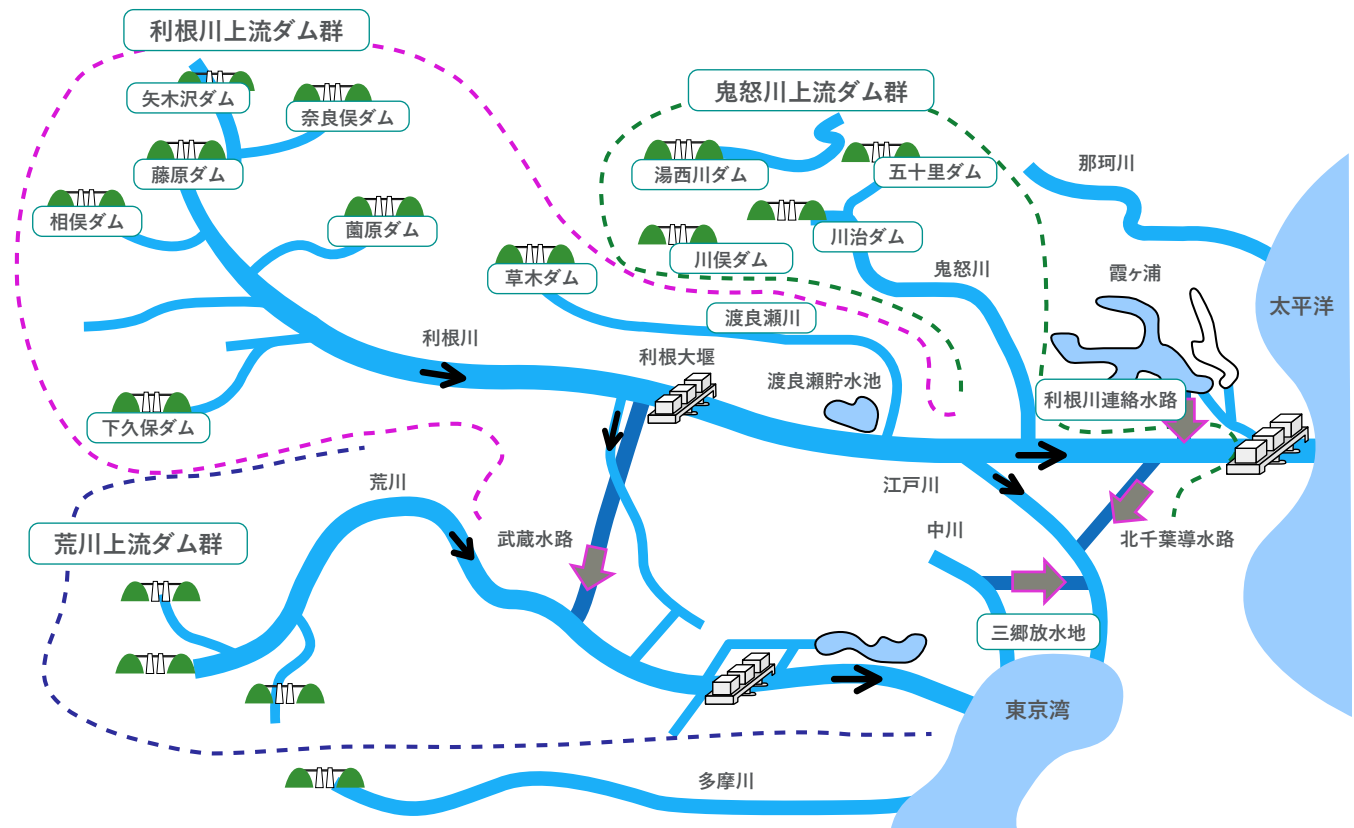
政府による対策の有効性は、暴風雨による被害について過去と現在とを比較することで確認できる。豪雨や水害による死者数は1950年代と1960年代には数千人に達する年もあったが、今では激減しており、物的損害も大きく減少した。例えば1991年9月の台風18号では、首都圏の河川流域で48時間に186.5ミリの雨が降り、31,000戸を超える家屋が浸水した。しかし、東京で現在の水害管理インフラの大半が完成した後では、2017年10月に同規模の台風(平成29年台風21号)が到来し、同地域に同様の時間に189.7ミリの雨をもたらしたものの、浸水したのは202戸にすぎなかった。

以下に、こうした治水プログラムの事例をいくつか挙げる。

利根川水系の集水域

利根川は首都圏で最も重要な水路系であり、水の需給の全体調整を目的とする、いくつかの大規模治水プロジェクトの対象となってきた。国の管轄である利根川および関連する水路網は、全部で6つの河川と5つの水系から構成される。北千葉導水路を経由して江戸川にも入り、東京南部の飲料水・生活用水に使われている。利根川水系からの水の供給は、上流の8つの多目的ダムによって制御され、飲料水・生活用水と農業用水の供給調整が行われている。

利根川水系の集水域



出所:国土交通省

神田川・環状七号線地下調整池

1997年に開通した神田川プロジェクト第1期区間(山の手トンネルとしても知られる)は、神田川(東京北部を流れる長さ24キロメートルの水路)から繋がる直径12.5メートル、全長2キロメートルの地下貯水池で、その貯留容量は240,000立方メートルである。この調整池は、溢れた水を他の場所に流すのではなく一時的に貯留するだけであり、その後は排水して水を地表に戻す。この点で、首都圏外郭放水路(下記参照)とは異なる。2019年には第2期区間が完成し、貯水池は2.5キロメートル延伸され、貯留容量も30万立方メートル増加している。

同様の調整池が5か所で建設中であり、完成した暁には板橋区の白子川から東京湾に至る全長約30キロメートル、幅10メートルの地下水路となる予定である。それにより1時間に75ミリ以上の集中豪雨に対応可能とし、10件の水路からの氾濫を防ぐことを目指している。

荒川第一調節池

地下貯水池のほか、平常時には公園、運動場や駐車場などの公共施設として供され、洪水時には一時的に水を貯める役割を果たす地上貯水池も、都市部の水害対策手段として活用さ

れている。こうした多目的施設は、行政が策定した技術指針により1980年代後半以降にその仕様が確立された。当初は小規模であったが、貯水池は次第に大型化し、また高度な機能を持つに至った。現在では、野生生物が生息する人口湿地としての役目を兼ねているのが一般的だ。この一例が、東京の川上に位置する埼玉県の荒川第一調節池で、34年に及ぶ建設期間を経て2003年に完成した。貯水の必要に迫られることはめったにないが、2019年の台風第19号(令和元年東日本台風)の際には洪水を分流して約3,500万立方メートルを貯留し、流域の大規模な洪水被害の防止に寄与した。普段は公園や野球場として一般に開放されている。

首都圏外郭放水路

東京の中川と綾瀬川の流域は、地理的には比較的平坦である。この事実が後押しとなり、急速な都市化が進み東京の都市部は外側にどんどん広がっていった。その一方で、台風や豪雨が山間部を襲い雨水が都市部に流れ込み、洪水や氾濫が頻繁に起きる原因となった。これに対処するため、当局は世界最大級の地下放水路である首都圏外郭放水路を建設した。この計画は、東京の北方約45キロに位置するベッドタウンの春日部市で2002年から2006年にかけて段階的に完成された。



世界最大級の地下放水路である首都圏外郭放水路(マヌエル・アスカニオ/シャッターストック)

国道16号線の地下50メートルを貫く総延長6.3キロのトンネルが、高さ70メートルの立杭5本を繋いでいる。4基の強力なガスタービンポンプにより毎秒約200立方メートルの排水能力を備えたハイテク調圧施設で、洪水時に溢れた水を取り込み、南部を流れ貯留容量に余裕のある江戸川に流していく。2,300億円（約21億米ドル）もの建設費を要したが、2002年以降すでに100回以上稼働しており、政府の予測によれば、水害被害を軽減することによる経済効果は50年間で建設費の3倍を上回るという。

この地域で浸水被害を受けた家屋の平均戸数は、1974年から1984年までは年間約7,000戸だったのに対し、本プロジェクトの完成以降、2007年から2016年にかけて年平均950戸にまで激減している。こうしてレジリエンスが新たに強化されたことで、近くに位置する春日部市は近年、物流センターとして発展し成功を収めている。

鶴見川多目的遊水地

春日部の放水路と同様の機能を果たすこの施設は、隣接する横浜国際総合競技場（日産スタジアム）の建設計画の一環として整備された。鶴見川の氾濫抑止を目的として、その規模を超える洪水が発生する確率が150年に1度という降雨を想定し、貯留容量390万立方メートルの遊水地を組み込んでいる。プロジェクトが完成したのは2003年のことだが、用地取得の取り組みはすでに1985年に始まっていた。この84ヘクタールの遊水地にはさまざまな球技場や運動場があり、周囲の堤防沿いに計画的に配置された道路は高架式で、水が流入しても道路には達しないようになっている。同様に、遊水地内の建物も高床式だ。排水門も備えており、洪水が引いた後に、貯留した水を川に戻すことができる。

継続的なリスク

このように貯水・分水インフラに大規模な新規投資を行っているにもかかわらず、東京で暴風雨による水害が起こる可能性はゼロではない。上流の堤防は老朽化が進み決壊リスクが高まっている（2019年の台風19号だけでも少なくとも55か所の決壊が記録された）。また下流でも、今後は台風や異常気象の頻度が高まると予想されることや、東京の多くの部分が海拔ゼロメートル以下の氾濫原にあることも一因となり、水害リスクが高まると考えられる。例えば、東京の東部を流れる荒川は、政府がさまざまな大規模水害対策を実施してきたにもかかわらず、高潮の際にはたびたび危険水位にまで達している。

東京都は2018年3月、大型台風による豪雨、高潮と洪水が同時に生ずるという最悪のケースを想定したシミュレーション結果を公表した。それによると、墨田区、葛飾区、江戸川区の90%（中には浸水の深さが10メートルに達すると見込まれる場所もある）、さらに丸の内、新橋、銀座の繁華街の一部など、東京23区の約3分の1に浸水が想定される。

加えて、建築基準法では地震や火災のリスク軽減については包括的な要件を定めているものの、水害のリスクに関する規定は最近までなかった。そのため、デベロッパーが電気設備を2階ではなく1階や地下に設置するケースが多く見られた。2019年の台風19号の際に、ある住宅開発プロジェクトの地下機械室が浸水し、政府はそれを契機に建築基準法を改正して、水害のリスクから建物を守るための新たな規定を盛り込んだ。



東京の高潮ハザードマップ（東京都建設局河川部計画課）

リスク:干ばつ

水に関連した災害としては、洪水や氾濫は最も明白なリスクだが、日本では干ばつも周期的に発生している。公式統計によると、人口1人当たりの年平均降水総量は約5,000立方メートルで、これは世界平均の3分の1以下である。さらに今日では、近代都市が直面するヒートアイランド現象によって干ばつが深刻化している。

近年実施された大規模な干ばつ対策プロジェクトのひとつとして、荒川の水量を調整する取り組みが挙げられる。1997年3月の干ばつを受けて、当局は荒川の流量と予測される水使用量を詳細に分析した。その後1999年3月に浦山ダム、2011年3月に滝沢ダムが完成し、荒川水系の水量は約4.7倍の 億4,460万立方メートルに増え、流域全体の水不足が緩和されている。

リスク:地震

首都圏のほぼ真下で2つの大きなプレートが接していることから、東京では昔から大地震が発生しやすい。地震調査研究推進本部によると、2050年までに首都圏直下を震源とする内陸型大地震が発生する確率は70%とされる。現実的には、事前にどれほど準備したところで、マグニチュード7.0の地震による被害を十分に抑えることは不可能だ。それでも、地震の備えができていない都市があるとすれば、それは間違いなく東京だろう。

建築基準法

日本の建築基準法は、建物に関する世界でも最も厳しい基準のひとつであり、建築物や建築部材の安定性、強度、剛性について満たすべき最低基準を定めている。特に、中規模地震が発生しても「被害がほとんどない」こと、さらには数百年に一度の規模の大地震が発生した場合でも建物が倒壊しないことを求めている。

東京大学の調査によれば、東京の建物は過去数度の大地震の後で大規模な改修が行われた結果、全体の約87%が新耐震基準に適合しているという。そのため、マグニチュード9.0という日本の観測史上最大の地震であった東日本大震災でも、震源地の近くや東京において倒壊した高グレードビルは一棟もなかった。

地震の危険性に備え、東京の近代的な建物は他の国に比べ低いものが多い(ただし設計技術の進歩に伴い少しずつ高さを増し続けている)。当然ながら、高さ60メートル超の高層建築物に課される建築基準はより厳しいもので、揺れはしても倒壊しないように設計されている。

一般的に高層ビルは、「震源地が近い」地震に対しては、揺れは大きくても短周期で繰り返される振動によって構造の健全性が脅かされることは少なく、むしろ遠く離れた震源地から発生する「長周期」地震動のリスクの方が高い。

原則として、東京の高層ビルは次の3つの耐震技術のいずれか、またはすべてを採用している。

- 最も基本的な技術は、壁や耐力柱を各種の耐震機能で補強することで、鋼製ブレースによって強度を高め、あるいは粘弾性素材を使って地震エネルギーを吸収し構造的な損壊を防ぐ方法が挙げられる。
- 上記とは異なるタイプで、「長周期」地震動によって発生する、建物の水平方向の動きを分散させる制動装置を設置する方法もある。こうした装置は強風対策としても効果を発揮する。最近のダンパーは、内部にオイルを満たしたショックアブソーバー型が一般的になっており、建物のコアの周囲に複数階にわたって設置されている。ダンパーの設置は義務化されていないものの、高グレ

首都直下地震等による東京の被害想定

			首都直下地震		海溝型地震	活断層で発生する地震
			東京湾北部地震 (M7.3)	多摩直下地震 (M7.3)	元禄型関東地震 (M8.2)	立川断層帯地震 (M7.4)
人的被害	死者	原因別	約 9,700 人	約 4,700 人	約 5,900 人	約 2,600 人
		揺れ	約 5,600 人	約 3,400 人	約 3,500 人	約 1,500 人
		火災	約 4,100 人	約 1,300 人	約 2,400 人	約 1,100 人
	負傷者	原因別	約 147,600 人	約 101,100 人	約 108,300 人	約 31,700 人
		(うち重傷者)	(約 21,900) 人	(約 10,900) 人	(約 12,900) 人	(約 4,700) 人
物的被害	建物被害	揺れ	約 129,900 人	約 96,500 人	約 98,500 人	約 27,800 人
		火災	約 17,700 人	約 4,600 人	約 9,800 人	約 3,900 人
		原因別	約 304,300 棟	約 139,500 棟	約 184,600 棟	約 85,700 棟
		揺れ	約 116,200 棟	約 75,700 棟	約 76,500 棟	約 35,400 棟
		火災	約 118,100 棟	約 63,800 棟	約 108,100 棟	約 50,300 棟
避難者の発生 (ピーク: 1日後)			約 339 万人	約 276 万人	約 320 万人	約 101 万人

出所: 東京都

一ドのビルでは採用されているのが普通だ。こうした粘性ダンパーは、粘弾性素材を使ったタイプなど他のダンパーに比べ、大小さまざまな地震に効果的に対応できるため、この10年間に普及が進んでいる。また、特に超高層ビルにおいて、「チューンド・マス・ダンパー」も使われるケースがある。通常は屋上に設置され、建物の揺れと反対方向に振り子のように動き、揺れのエネルギーを吸収する。

3. 建物の基礎に組み込まれる技術として、さまざまな（弾性体またはすべり材を使った）「免震」装置などがある。これらは積層ゴム、ボールベアリング、バネ、粘性ダンパーなどで、地面の揺れ動きを吸収し、建物を実質的に地面から分離する働きをする。さらに、より高度な建物では、これらは建物自体の揺れを能動的に抑え、地震の衝撃波を分散させる機能を果たしている。

基準への適合を確保するため、完成後のみならず、設計と建設のいずれの段階でも検査・認定を行う制度が整っている。

建築基準法では、建築工事を行う際の基本的な規則も定めており、火災や地震その他の自然災害に対する最低限の工学的安全性の要件を規定している。個々の建物については、敷地

面積に対する建築面積の割合の上限を規定する建ぺい率と、その土地の敷地面積に対して許容される、建物の延床面積の割合を示す容積率が定められている。さらに、用途地域（ゾーニング）規制により、当該敷地で建設可能な建物の用途が限定され、また日射量や道路の幅員、耐火性などの条件も規定されている。

築古建造物の改修

新たな基準（特に、1981年の新耐震基準及び1995年の阪神淡路大震災後に導入された基準）の導入以前に竣工した築古の建物については、1995年の耐震構造改修促進法により耐震診断の実施と、必要に応じて構造的補強を行うことが義務付けられている。

この法制化は効果的だったと考えられているが、東京にある非常に多くの建物をこのように改修するのは費用がかさみ、今なお作業が続いている。政府が2019年後半に発表した調査結果によると、首都圏では1981年以前の旧耐震基準にしか適合していない高リスクの大型建築物が約2,500棟あり、いずれも耐震補強を実施していないか、新基準適合への改修作業に関する行政からの質問に回答していないという。

東京の建物の耐震化の現状

建築物の種類	耐震化率					
	現状	2016年度	2019年度	2020年度	2025年度	
特定緊急輸送道路沿道建築物	2015年12月	80.9%	—	90% ¹	—	100%
一般緊急輸送道路沿道建築物	2015年3月	79.7%	—	—	—	90% ²
住宅	2015年3月	83.8%	—	—	95%	³
マンション	—	—	—	—	95%	³
主な公共住宅	2015年3月	83.7%	—	—	95%	³
都営住宅等	2015年3月	82.7%	—	—	100%	—
特定建築物	2015年3月	85.6%	—	—	95%	⁴
防災上重要な公共建築物	2015年3月	96.7%	100% (できるだけ早期に達成)			
災害拠点病院	2014年9月	87.8%	—	—	—	100%
社会福祉施設等	2013年10月	94.1% ⁵	—	—	100%	—
保育所	2013年10月	89.8% ⁶	—	—	100%	—
私立学校	2015年4月	92%	—	—	100%	—

出所：東京都耐震改修促進計画、2016年3月改定版

¹耐震化率 90% かつ、特に倒壊の危険性が高い建築物（Is 値が 0.3 未満相当の建築物）の解消

²一般緊急輸送道路沿道建築物については、平成 37 年度末以降に耐震化率 100% を目標とすることとし、具体的な目標年度や目標値は次回以降の計画改定時に定める。

³平成 37 年度末に耐震性が不十分な住宅をおおむね解消

⁴平成 37 年度末の目標については、次回以降の計画改定時に定める。

⁵社会福祉施設等（主に災害時要配慮者が利用する入所施設）の現状の耐震化率は、平成 25 年 10 月 1 日現在（厚生労働省調査結果の有効回答数を基に都が算出）

⁶保育所の現状の耐震化率は、平成 25 年 10 月 1 日現在（厚生労働省調査結果の有効回答数を基に都が算出）

出所：東京都

中小規模の建物も安全規制の対象となっている。東京には旧来の木造住宅が多く、これらについては2000年に建築基準が改定された。木造建築は本来地震に強い、あるいは強化した耐震壁を使っているためレジリエンスが高いと広く信じられているものの、東京の木造建物には建築基準の条件を満たしていないものが多く、特に1995年以前に建てられたものに顕著だ。さらに、木造家屋の密集地域(その総面積は約13,000ヘクタールにのぼる)では、依然として大火災の危険性が高い。それは1923年の関東大震災で大火が発生し何万人もの人々が亡くなったことから明らかである。

火災リスクの低減に向けた取り組みの一環として、東京都は2013年以来、リスクが特に高いと考えられる53地域3,100ヘク

タールを「防災再開発促進地区」に指定し、建物の建て替えや耐火性の向上を進めている。

東京都はさらに、木造住宅密集地域の道路を延べ約25キロメートルにわたり延焼遮断帯として指定し整備を実施しているほか、一部の道路は拡張を行い、緊急車両の通行を容易にするとともに地域の防火帯としても活用を図っている。こうした取り組みは、接道する建物の耐火性と耐震性が向上することでさらに効果が上がっている。

このような改善を促進する手段のひとつが資金援助で、東京都は利用可能な助成金の概要と申請方法を説明したポータルサイトを用意している。

耐震診断・耐震改修および不燃化に関する東京都の助成制度

	木造助成					マンション助成					シェルター助成
	診断	補強設計	改修	建替	除却	診断	補強設計	改修	建替	アドバイザー	
千代田区	●		●			●	●	●	●	●	●
中央区	●	●	●			●	●	●		●	●
港区	●	●	●	●		●	●	●	△	△	
新宿区	●	●	●			●	●	●		●	●
文京区	●	●	●	●		●	●	●		●	●
台東区	●	●	●		●	●	●	●		●	
墨田区	●	●	●		●	●	●	●		●	●
江東区	●	●	●		△	●	●	●		●	
品川区	●	●	●		●	●	●	●		●	●
目黒区	●	●	●		●	●	●	●		●	●
大田区	●	●	●			●	●	●		●	●
世田谷区	●	●	●	●		●	●	●		●	●
渋谷区	●	●	●			●	●	●			
中野区	●	●		●		●	△	△			●
杉並区	●		●		●	●	●	●		●	●
豊島区	●		●			●	●	●		●	●
北区	●	●	●	●		●	●	●		●	
荒川区	●	●	●	●		●	●	●		●	●
板橋区	●	●	●	●	●	●	●	●		●	●
練馬区	●	●	●		●	●	●	●		●	●
足立区	●	●	●		●	●	●	●			●
葛飾区	●	●	●	●	●	●	●	●		●	●
江戸川区	●	●	●		●	●	●	●		●	

● 助成金の交付

△ 一部助成または限定的助成

また東京都は、大地震が起きた直後の対策にも注力している。例えば交通規制の面では、大地震の際に一般車両による環状7号線の内側への進入や緊急車両専用道路の使用を禁じている。さらに、2011年の条例により、緊急車両が通行する道路が建物の倒壊により塞がれることを防ぐため、沿道の建築物の耐震診断・耐震補強を進める長期計画を開始した。また、地震により断水した際の対策として、半径2キロメートルの距離内に1か所、計200か所を超える災害時給水ステーションを設置し、新鮮な水を提供できるようになっている。一方、地震の際に地下の水道管を守るため、管路の耐震継手化が進められている。

リスク:津波

海岸から近い距離の海の下に断層が複数走っており、海底地震の脅威は相当現実的なものだが、東京湾は狭い湾口が南西側のみに開いているため、東京は津波からかなりの程度まで守られている。シミュレーションでは、最悪のシナリオでも、浸水は首都圏内の4.8平方キロメートルという比較的限られた地域にとどまるとされている。さらに、どのような波であれ到着までに少なくとも2時間20分かかると予想され、これは当局が迫り来る危険を住民に警告するには十分な時間だ。

東京湾には一連の防潮堤や水門が設置されており、津波や高潮から守っている。防潮堤は干潮面から4.5~8メートルの高さで築かれている。運河と河口を保護する水門は、通信ネットワークと管理操作機能のいずれにも冗長性を持たせたシステムによって遠隔操作され、連携の取れた作動が可能だ。これらの津波防災インフラは継続的に保守・改良が行われている。

「ソフト」なレジリエンス

高度なハードウェアの整備は防災において大いに力を発揮するが、万能薬というわけではない。一つには、気候変動によって異常気象が発生する頻度が高まっている。加えて、新たなインフラが整備されるにつれ、地域住民のリスクへの警戒心が薄れていく。そのため当局は近年、差し迫るリスクについて市民に啓蒙する「ソフト」なインフラストラクチャの構築に注力を強めてきた。

消防庁は2007年、10億米ドルを投じて「Jアラート」(全国瞬時警報システム)を導入した。人工衛星を利用したこの通信ネットワークは、自然災害から弾道ミサイル攻撃まで、さまざまな緊急の脅威に関する情報をほぼ瞬時に自動送信できる。

Jアラートの警報が対処する脅威のうち最も明白なものは地震だろう。全国に配備された4,000超の計測震度計からなる観測網が微動を検知し、地震の震源地を予測する。震度5(マグニチュード約6.0)を超える地震が発生する場合、携帯電話や街頭スピーカー、テレビ・ラジオを通して速報が対象地域に送信される。Jアラートは、地震の揺れが到達する2分(2011年の東日本大震災の場合は60秒)も前に、東京の住民に地震の発生を警告することが可能だ。JRやガス会社など、民間が構築した早期警報システムも同様の目的を果たすことができる。

Jアラートの警報が発令する警戒レベルは、5段階に分けられる。

- **警戒レベル 1:** 災害への心構えを高める。
- **警戒レベル 2:** ハザードマップで避難経路を確認する。避難の準備が出来ているか確認する。
- **警戒レベル 3:** 避難に時間を要する人(高齢者や保護が必要な人など)の避難を開始する。その他の人も避難の準備を始める。
- **警戒レベル 4:** 該当地域の全住民が避難する。
- **警戒レベル 5:** 安全な避難ができず、命が危険な状態。命を守るために最善の行動を取る。

水害の危険については、Jアラートシステムは降水地と降水量の予測や、洪水・浸水の危険のある具体的な河川および地域を示すデータを提供する。各遊水地では、局地的な洪水・浸水の切迫について敷地内の機器が利用者に警告を発する一方、CCTV(監視カメラ)と水位センサー・流量センサーがリアルタイムで状況を監視する。

東京は災害に強いインフラ作り積極的に取り組んでおり、災害耐性の高い大都市を構築する上でこうした取り組みが重要な役割を果たしてきたことは疑いない。ただ、先進的な土木工学が広範に取り入れられる陰で、それに勝るとも劣らない、別の重要な要素が霞んでしまうことがある。すなわち、住民がお互いの利益のために進んで力を合わせるという社会的・文化的な仕組みが徐々に発達してきたという事実だ

日本には協力して作業を行い、協調的に考えるという長い伝統がある。これは地域社会の構造や伝統に根ざすもので、現在においても(様相は変わっているものの)何世紀も前に出現した当時と同様に影響力を保っている。現代の東京でも、自然災害が発生した場合にこれらの構造や伝統が力を発揮して地域社会を守るだけでなく、街を安全に保つために必要な巨額の投資を行うことへの一定のコンセンサ作り(欧米ではこれを欠くことが多い)に貢献しているのだ。

こうしたコンセンサを重視する考え方の原点は、「集落社会」と呼ばれる、古代の孤立した村々にある。集落社会は日本の資本主義よりずっと昔から存在し、農業のために形成され

た地域社会の単位で、その規模は様々である。こうした社会グループと、それに伴う「町内会」と呼ばれる近隣組織は、古くから地域住民の発展と保護の両方の役割を果たしてきた。町内会が主催する祭典は「祭り」と呼ばれ、日本の主たる信仰の対象として何世紀にもわたって続く神道を信奉するものだが、共同体としての結束を強め、人々の福利や発展の方向について決定・確認する場を提供するという役割も担ってきた。そのため、祭りとは単なるお祝いではなく、神道あるいは地元の神社を共同体の中心に位置付け、金銭の寄進の多寡などさまざまな基準から人々の序列を確認する手段としても機能してきたのである。

日本ではどの地域も年間を通じてさまざまな祭りを開催し、一般的に、収穫や田植えといった農作業の成就を祝う祭りがその中心となっている。祭りでは宗教的要素(現在では気づかないことが多い)に加え、練り歩き、余興の披露が行われ、飲食の屋台が立ち並ぶ。これらはいずれも、より大きな社会集団の形成を促し、共同体の結束を強める働きがある。ある意味、祭りは欧米の感謝祭やクリスマスと似ており、家族やコミュニティの絆を強めるものなのだ。



キャプション：瀬のけんか祭り(兵庫県)
写真提供：ウィキペディア/Saikō

各町内会にはそれぞれ明確な役割があり、各利害関係者を代表するさまざまな部会で構成されている。例えば高齢者部は祝い事を担い、婦人部は祭りを手伝い、青年部は通常、神輿や山車を担当する。また防災部は、祭りの間だけでなく常に、地域の安全と防災に気を配っている。

防災部が地域の安全確保に果たす役割のひとつとして、秋冬の夜の見回りが挙げられる。部員が拍子木を打ち鳴らし「火の用心」と掛け声をあげながら巡回し、住民に注意を喚起する。また自主防災組織として、火災など緊急事態の発生時には第一対応者となる。

定期的に行われる町内会の会合は、共同体としての意識を高め、近所についてそれぞれの知識を深めるとともに、全体（近所および近隣のコミュニティを含めた全体）の一員であることの大切さを教える場となっている。これにより、日常または非日常においてコミュニティの安全の確保に役立つソーシャルキャピタル（社会関係資本：人々の信頼関係や結びつき）を作り上げるのだ。昔ながらの町では、地元の警官が定期的に一軒一軒を回り、住民や家族構成といった細かな点まで把握している。

日本では「消防団」と呼ばれる自主消防組織の存在が知られており、地域防災力強化の一端を担っている。消防団は各自治体に所属し、その人員は全国で約88万人にのぼり、職業や年

齢層も様々だ。消火活動を担うのみならず、あらゆる災害に対する意識の向上に努め、地域の防災全般のリーダーとして活動している。

また、日本の主要デベロッパーが手掛けた名だたるプロジェクトにおいても消防団が重要な役割を果たしているのも、日本の伝統的な社会と現代社会が互いに結びついていることの一例だ。例えば、森ビル株式会社による再開発プロジェクト「六本木ヒルズ」には、六本木ヒルズの住民で構成された町内会があり、周辺地域で多数の祭りを主催している。また、祭りの期間中には六本木ヒルズの消防団が治安の維持に努めている。この消防団は非常に積極的で、その高い消火技術と準備態勢は東京の消防団の中から表彰されたほどだ。

町内会と消防団が熱心に活動し、また地域に根付いている度合いが高くなればなるほど、当該地域のレジリエンスも高くなるとの調査結果が報告されている。さらに、町内会が地域に根付きまくっているところでは、その地域の祭りも盛り上がるものだ。例えば、京都大学が2010年に発表した報告書によると、だんじり祭で名高い岸和田市では、地元の人々が熱心に取り組み積極的に参画することでソーシャルキャピタルが増大し防災意識も高まったという。また、祭りによって地元住民の間で非常に強い社会的絆が生まれ、継続的な信頼関係が築かれ、人々の自立心が高まったという。



キャプション: 岸和田だんじり祭 (大阪府)
写真提供: ウィキペディア / Kounosu

京都大学による別の研究によると、消防団の日常の活動は近隣レベルでのレジリエンスや防災対応を強化するだけでなく、祭りの運営を通して地域の安全・安心を守るという重要な役割も果たしている。このように、消防団は本来、消防のための組織であるものの、実際にはさまざまな補完的役割を果たし地域住民の自助意識を高めている。そうした自助意識は、地震や水害に対する防災活動にも資するものだ。

また消防団には、神社などの儀式を執り行う機関が普段使っている地域インフラを災害救援活動のために使うことができるというメリットもある。例えば、儀式用具を保管する倉庫は地域住民の避難所になり、救急用具などの物資の保管場所としても活用可能で、儀式が行われる広間も救援活動に一役買うことができる。

つまり、町内会と消防団という古くからの制度は、それぞれ方法は異なるものの、祭りを通じた地域全体の強化と並んで、儀式・ソーシャルキャピタル・災害リスク軽減活動という3本柱を形成しており、これが日本社会全体にわたるレジリエンスのバックボーンとなっているのだ。これらに対し、近年における防災インフラへの大規模投資によって達成された工学的成果の方が人目を惹くかもしれないが、自然災害の脅威から日本社会を守るという点では、こうした古くからの制度が果たす役割も負けず劣らず重要である。

行政による取り組み

町内会と祭りは地域の草の根の取り組みを象徴するものである。政府は数多くのプログラムを通じて、さまざまな脅威への地域レベルでの対応について国民を直接啓蒙することにより、これらの取り組みを補完している。その結果、全国各地で年間を通して防災訓練や避難訓練が行われており、その件数の多さには時として驚かされる。例えば、毎年9月1日は政府により「防災の日」として制定されており、全国的に一般市民を対象に防災訓練や防災教育が実施されている。

例えば、自衛消防隊や市民災害対応チームが各地域で災害時の避難等の訓練、高齢者や障害者の支援、防災情報の提供、応急処置、防災パトロールといった活動に加え、消火技術、救助活動、食料・水の配布、さらには広報キャンペーンまでも含んだ一連の「災害対策」を定期的に行っている。

毎年5月は梅雨入りに先立って「水防月間」に定められており、特に洪水に備え、河川流域の住民を主たる対象とした一連の訓練、ワークショップや主体的な取り組みが全国で行われている。同様に、6月は「土砂災害防止月間」であり、地滑りや崖崩



キャプション: 防災教育パンフレット

れなどから身を守るための啓発活動に力が入られている。また、水の使用量が最も増える8月には「水の日」(8月1日)と「水の週間」(8月1日～7日)の両方がある。そして12月からは防災活動の力点が雪崩などの雪害対策に移行する。

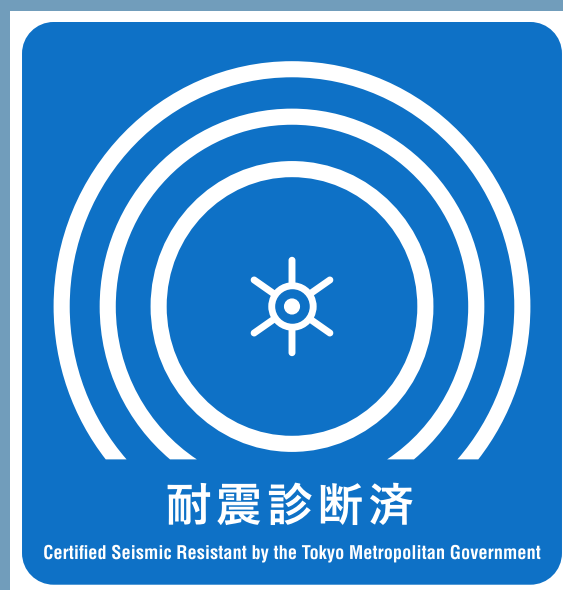
行政では地震への備えにも同様の取り組みを行っている。2008年には、建物の耐震化推進を目的として、耐震化推進都民会議が発足した。これは学校、病院、百貨店、ホテル、不動産団体や公的機関・行政機関などにより構成され、耐震性の促進に向けて協働する組織である。9月と1月(1995年1月に阪神・淡路大震災が発生したことによる)に定められている防災週間には、地震に強い社会づくりに向けた推進運動が首都圏全域で実施される。

一方、東京都の「防災都市づくり推進計画」では、住宅の防災性評価や、必要な場合の耐震性強化について助言と支援が行われる。また、屋内の家具や電気製品の固定、消火器や感震ブレーカーの設置、食料・生活必需品の適切な備蓄、さらには（特に）最寄りの避難場所を記載した個人用避難マップの作成に関するガイドラインも整備されている。

東京都による防災啓発プログラムは、テーマが多岐にわたるだけでなく非常に包括的で、電子データや実写映像資料も豊富である。例えば2001年の水防法の改正では、地方自治体に対し、水害の危険性が高い地区の防災計画の策定を義務付け、詳細な規定を設けている。その規則は非常にきめ細かく、洪水警報の発令や避難場所の説明に関する方法や文言まで示されているほどだ。同様に、地下街など特定施設の避難計画の策定や、危険な場所がリアルタイムで表示される水害リスク・洪水ハザードマップに直接アクセスできるQRコードやアプリの作成、さらには避難ルートや避難場所の位置についても、規則で基準が決められている。

東京都では学校や公会堂など約3,000か所の公共施設を避難所に指定しており、災害の直後に会社員や買い物客など大量の帰宅困難者が発生する事態を防ぐために取り組んでいる。その一環として、都内の企業は立往生する従業員のために3日分の飲料水、食料や生活必需品を備蓄しておくよう義務付けられている。こうした体系的な計画は、例えば水害が迫っている時に被災予想地からの避難を早める上で有効であることが経験上分かっている。

東京都耐震マーク



東京都は2012年4月、都民の安心感を高めるため、都内の個々の建築物を対象に地震に対する安全性を示す「東京都耐震マーク表示制度」を制定した。耐震基準に適合した建築物は、エントランスに耐震マークが表示される。

東京は何度も破壊と再建を繰り返してきたため、投資家と不動産所有者はいずれもレジリエンスの高い都市設計の必要性を痛感している。20世紀だけでも、東京は2度にわたり壊滅的な事態に見舞われた。まず1923年の関東大震災およびそれに続く津波と火災により、東京のレンガ造りの建物の半分以上が倒壊した。次に、ほどなくして第二次世界大戦により新たな破壊の波が、今度は空から押し寄せたのだ。

その結果、東京の建物の設計・建築基準は世界で最も厳しい基準のひとつとなり、地震、火災、津波、水害、台風などさまざまな脅威からのリスクを軽減している。また、こうした災害の直接的な影響から東京を守るだけでなく、迅速な復旧を図るため、数々の規制が設けられた。

このような高水準のレジリエンスを構築するのは高くつく。だが東京の最高クラスのビルでは、入居者（特に外国人テナント）が耐震機能と防災性能を重視していることから、レジリエントなビルであれば賃料を非常に高く設定できることが確認されている。この傾向は2011年の東日本大震災を受けてさらに勢いを増した。そのため現在では、都心5区のトップレベルのビルはいずれも、最先端設備の導入を意欲的に行っている。そうした設備は総じて、すでに高水準にある公的基準を上回るものだ。

新規賃借予定理由 順位の変移



出所：森ビル株式会社

日本の建設業界は少数の大手プレーヤーが優勢な地位を占めているため、耐震性に関する技術やノウハウは市場のトップエンドに集中し、主要デベロッパーの旗艦プロジェクトはレジリエントな設計の展示場と目されている。本章では、そうしたプロジェクトをいくつか取り上げるとともに、その近隣地域との関係についても概観する。

アジア太平洋地域のオフィス賃料 (2021年10月)

	純賃料 (1平方メートル当たり/米ドル)
香港	242.1
東京	179.4
北京	115.2
ソウル	105.9
大阪	103.2
シンガポール	100.1
上海	89.4
台北	76.1
ホーチミンシティ	61.4
深圳	61.2
広州	52.7
ハノイ	41.6
マニラ	37.6
ジャカルタ	34.1
クアラルンプール	26.2

出所: サヴィルズ

丸の内の三菱地所グループ

三菱地所グループは丸の内、大手町、有楽町といった都心の主要ビジネス街 (CBD) の開発に長年携わり、これらのエリアで約30棟のビルを管理している。旗艦物件である37階建ての丸の内ビルディングなど、同グループの最近の高層ビルの耐震性能は、建築基準法で定められた水準を約50%も上回っており、現在の耐震設計基準が施行された1981年以前に建てられたビルでも、新基準に適合するよう改築されている

だが三菱地所は自社によるビルだけに注力しているわけではない。同社は地域全体のレジリエンスの最大化を目指して、丸の内に「事業継続基盤強化地区」(BCD)を設けた。これは地域の人々やインフラ業者と協力して自己完結型の「バブル」(大きな泡で包み込むような囲み)を作り、災害時に電気・水道や通信回線が遮断された場合でも近隣地域が機能を維持できるようにするものだ。

そのための施策のひとつが、デュアル燃料(天然ガスと石油)によるコージェネレーションシステム(コジェネ)のビル内への設置であり、通常は旗艦ビルの地下室に置かれる。当初、コジェネは夏季ピーク時の需要急増の緩和を目的とした、街全体にわたる分散型エネルギーシステムの一環と考えられていた。その後、目的が変更され、地域ベースの冗長電源として活用されている。近隣地域全体にわたって電力を供給することはできないものの、東京の電力網が機能しなくなった場合に多くの企業が営業を継続するには十分なカバー率だ。またビルによっては、個々のテナントがビル内に発電機を設置して並列運転することを認めており、電力供給の冗長性をさらに高めることができる。

これ以外にも、水害の危険性があるビルについては通用口とエントランスに防水壁を設置するなどの改修が行われている。機械室には水密扉が取り付けられ、ビルの電力供給に不可欠な設備は地上階に移設された。また最近のビルの多くはレジリエンスをさらに高め、雨水や排水のリサイクル設備を利用し、非常時に中水(非飲用水)をトイレの水洗用に供給している。中には、水へのアクセスを確保するため、運営管理者が井戸を掘ったところもある。

丸の内のレジリエンス計画では、地域の企業や住民、行政との連携も重要な要素となっている。三菱地所が所有するビルは近隣のビルと密接に連携して災害対策を行っているほか、丸の内の所有ビルのうち14棟が一時避難所に指定されており、食料や必需品の備蓄に加え、行政当局と常時連絡できるよう専用の通信機器を備えている。また、近隣のコジェネ発電機を備えたビルにはクリニックや薬局も置かれ、継続的な医療サポートが確保されている。

三菱地所は広く地域社会との連携を図るだけでなく、ビルのテナントと協力して避難訓練を実施し消防署との防火協議を毎年開催するなど、さまざまな訓練・演習を行っており、外国人従業員の増加に対応して外国語での訓練も実施しているほどだ。

また、丸の内におけるレジリエンスの取り組みは地域内のビルにとどまらず、ガスからインターネットに至る公共サービスにも冗長性の組み込みが進められている。

例えば、この地域の電力網は冗長化された伝送インフラとして、一回線が損傷しても二次ケーブルまたは別の変電設備から継続的に電力を供給可能だ。とはいえ、東京のすべての電力網がこれほどの冗長性を有しているわけではない。実際、日本は国として送電線の地中化が遅れている。現在、東京都心部の電線の埋設率は8%に過ぎず、ロンドンやパリではほぼすべてが地下を通っているのに比べて見劣りする。

一方、東京はガス供給の面では電力より進んでいる。東京ガスは都内の中圧・低圧パイプライン網を約250のブロックに分け、首都圏全域にわたりパイプラインガスガバナ（整流器）に4,000超のセンサーを設置した。このセンサーは、災害の影響が最も大きいブロックのネットワークを選択的に遮断することで各エリアにファイアウォールを提供し、ガス停止の影響を最小限に抑えることができる。また送電線と同様に、パイプラインを複数のルートで施設することで冗長性を組み込み、1つのルートからの供給が停止した場合でも別のネットワークを介して迅速に供給を回復できるようにしている。さらに、東京では耐震性能の面で従来の都市ガス管をはるかに上回る中圧管が採用されている。

丸の内の地域冷暖房システムは、地震活動の影響を最小限に抑えるため、地下深くに設置された高耐震性のトンネルを経由している。プラント間の配管ネットワークからも冗長性のある供給が可能だ。また、72時間連続運転可能な非常用発電機を備えた専用データセンターが、丸の内エリアの光ファイバーネットワークを支えている。

森ビルと六本木界限

森ビルは国内第4位のデベロッパーであり、大企業や外国大使館が集積している港区に多くの資産を有している。同社は六本木ヒルズなどの大規模かつ長期的な都市再生プロジェクトで知られ、昔ながらの低層住宅地域を転換して高層の複合施設を集中的に建設する取り組みを行ってきた。

この手のプロジェクトには通常、地元の不動産所有者との長期にわたる交渉が伴う。日本では、プロジェクトに着手するには住民の信頼を得ることが特に重要となるが、これについて森ビルは目覚ましい成功を収めてきた。その理由のひとつに、従来からの不動産所有者に対し再開発地区で新たな住居を割り当てたことがある。これにより、元々のコミュニティや近隣の自治会が継続できるようになり、森ビルは自治会を通してコミュニティに参加するとともに、住民が新たな住居に移転するに当たってレジリエンスに対する意識を高めることが可能になる。

これは、日本の大手デベロッパーが自身の物件だけでなく地域社会全体を重視し、最初から当該プロジェクトについて、災害が起きた場合の避難所として考えていることの一例である。建物の設計に当たっては耐震性はもとより、救助・復旧活動の中心として機能し、住民や勤務者に避難所と必要なサービス

を提供することが考慮されている。この目的を推進するため、自治会には六本木ヒルズの住民だけでなくオフィステナントや商業テナントも加わり、プロジェクト全体にわたる取り組みとなっている。

六本木ヒルズ再開発の中核である54階建ての森タワーは、森ビルのレジリエンス戦略の中心に位置する。2003年に完成した森タワーは最高水準の耐震性能とともに、規制基準をはるかに超えるさまざまな機能を備えたビルだ。特に、計356基のセミアクティブ粘性系ダンパーが各フロアのコア周辺に設置されているほか、伸縮性のある軟鋼製のアンボンドブレース192基を配し、地震による揺れや風揺れを吸収している。2011年に発生したマグニチュード9.0の東日本大震災では、この2つの技術によってビルの予想変位量がほぼ半減したことが、森タワーに設置した地震計の記録から明らかになった。

また森タワーは、長周期地震動の強度が増す前の初期信号を検知可能なセンサーを搭載した最新式エレベーターシステムを採用している。信号を検知するとエレベーターのカゴが最寄りの階で停止し、利用者が退出できる仕組みだ。

このほかにも、森ビルでは次のような各種耐震技術をビルに組み込んでいる。

- 箱状の鋼版の中に高い粘度を持つ粘性体を注入し、その中の独立した鋼板が地震動を吸収する「粘性壁」。
- ビルの基礎に組み込まれた基礎免震装置（第1章で説明）。
- ブレーキ材の摩擦力により、揺れエネルギーを摩擦熱に変換するブレーキダンパー。
- 「スリットウォール」制震装置。日本で最初に使われたエネルギー散逸システムで、1970年代に建設されたビルに登場した。鉄筋コンクリートの壁に細長い切れ目（スリット）を入れることで、強固な構造体が柔軟な壁柱の連続体になり、地震による建物の共振を取り除く仕組みである。
- 建物の屋上に設置したグリーンマスダンパー（同調質量ダンパー）。例えば六本木ヒルズけやき坂コンプレックスでは、屋上庭園に3,650トンの土をダンパーとして使用している。土と植物は建物本体から物理的に切り離されているため、振り子として機能しビルの揺れを吸収することができる。

森ビル株式会社による耐震性能

物件名	竣工年 (改修・ リニューアル)	耐震性能			制振装置の導入有無	被災度推測システム: e-Daps	緊急地震速報システム	ELV長周期地震対策 ⁴	災害用井戸	その他
		新耐震を上回る レベル ¹	新耐震レベル ²	旧耐震レベル ³						
GINZA SIX	2017年	●			●		●	-		テナント用発電機設置スペースあり 非常用発電機 (実装)
虎ノ門ヒルズ 森タワー	2014年	●			●	●	●	●	●	テナントシェアリング用 非常用発電 (実装)
アークヒルズ サウスタワー	2013年	●			●		●	●	●	テナントシェアリング用 非常用発電 (実装)
アークヒルズ 仙石山森タワー	2012年	●			●	●	●	●	●	事業継続可能な非常用 自家発電設備あり
アークヒルズ フロントタワー	2011年	●			●		●	●	●	テナント用発電機 設置スペースあり
平河町森タワー	2009年	●			●	●	●	-	●	テナント用発電機 設置スペースあり
オランダヒルズ森タワー	2004年	●			●		●	-	●	テナント用発電機 設置スペースあり
六本木ヒルズ森タワー	2003年	●			●	●	●	●	●	特定送配電事業施設より受電
ブルデンシャルタワー	2002年	●			●		●	●		テナント用発電機 設置スペースあり
愛宕グリーンヒルズMoriタワー	2001年 (2007年)	●			●	●	●	●	●	テナントシェアリング用 非常用発電機 (実装)
六本木ヒルズゲートタワー	2001年	●			●		●	●		
赤坂溜池タワー	2000年	●			●		●	-	●	テナント用発電機 設置スペースあり
後楽森ビル	2000年	●			●		●	●	●	テナント用発電機 設置スペースあり
アーク森ビル	1986年 (2005年)	●			●	●	●	●	●	テナント用発電機 設置スペースあり
六本木ファーストビル	1993年		●				●	-		テナント用発電機 設置スペースあり
虎ノ門37森ビル	1981年 (1999年)		●				●	-	●	
虎ノ門36森ビル	1981年 (2004年, 2012年)		●				●	-		テナントシェアリング用 非常用発電機 (実装)
虎ノ門35森ビル	1981年 (2001年, 2011年)		●					-		テナントシェアリング用 非常用発電機 (実装)
虎ノ門33森ビル	1977年 (1999年, 2007年)		●					-		
虎ノ門30森ビル	1975年 (2007年)		●					-		
六本木ヒルズノースタワー	1971年 (2004年)		●				●	●		
虎ノ門15森ビル	1969年 (2010年)		● ⁵					-		

出所: 森ビル株式会社

¹ 新耐震を上回るレベル: 現行の建築基準法で定められた基準を上回る耐震性能

² 新耐震レベル: 現行の建築基準法で定められた基準の耐震性能 (耐震診断で強度が確認された物件を含む)

³ 旧耐震レベル: 1981年に建築基準法が改正される前の基準の耐震性能

⁴ ELVの長周期地震対策については昇降路の長さに応じて対策を実施 (ロープが共振した際の引っ掛け防止対策)

⁵ 耐震改修

一般的に、日本の公共インフラのレジリエンスはデータの通信と分析においてコンピュータネットワークに大きく依存しており、民間のデベロッパーも同じアプローチを取ってきた。森ビルの場合、「地震直後建物被災度推測システム」(e-Daps)と呼ばれるソフトウェアにより、ビル内の地震計のネットワークを介して、地震後の構造物の損傷を瞬時に解析することができる。e-Dapsは構造物の揺れの加速度と起こりうる建物変形の程度を測定し、損傷を算定して災害対応センターに通知するとともに、初動対応の優先順位付けを行うものだ。また、長周期地震動が予想される場合にテナントに警告を発することができる。ほんの1分か2分でも早く対応できれば、人命を救うには十分な時間となりうる。

余剰電力を周辺地域に供給していることも、森タワーのレジリエンスの大きな特徴だ。六本木ヒルズでは、以前から森ビルのテナント専用のバックアップ電源を用意しているほか、森タワーの地下に設置した専用コジェネプラントは、地域のグリッドに接続されたガスタービンから総面積755,000平方メートルの近隣地域に熱と電力を供給することができる。この地域の電力需要は業務用ビルと住居ビルにほぼ均しく分かれているため、コジェネプラントの出力は一日を通して安定しており、運用効率の点で都内の一般電力システムの電力を約10%上回っている。

複数の階層にわたる冗長性により、コジェネプラントによる電力の継続的な供給が確保されている。最適な燃料としてガスが選ばれたのは、東京の都市ガス配管網が地震動への耐性の点で電力インフラを大きく上回っているためだ。配管はループ状にネットワーク化されており、地震の際に主要ラインが切断されても、代替ラインからコジェネプラントにガスが供給されるようになっている。さらに、森タワーは都内の電力網によるバックアップ電源に接続されているとともに、敷地内に設置された灯油式非常用発電機でサポートされており、そのため敷地内タンクには72時間分の燃料が備蓄されている。

2011年の東日本大震災では、太平洋岸沿いの多くの発電所が運転停止に追い込まれ数か月にわたって電力供給に支障をきたした。森タワーの発電プラントはこうした多重冗長システムのおかげで、近隣地域に十分な電力を供給し続けることができた。実際、この時に森ビルの施設が効果を発揮したことがきっかけとなり、他のデベロッパーも東京で手掛けるプロジェクトにコジェネプラントを設置するようになったのである。

森ビルでは、六本木ヒルズのレジリエンス強化のために他の措置も講じている。まず、このエリアは昔から道幅が狭かったため、道路を拡張して緊急車両のアクセスを改善した。また、かつては低層の家屋やビルが無秩序に広がっていた場所に高層ビルを何棟も近接して建設したことにより、新たに緑のオープンスペースをいくつも設置することができた。日常では都

市の喧騒から、そして災害時には地震の危険から逃れることができる。六本木ヒルズの敷地内には約10万食の食料が備蓄されており、住民は最低でも3日間の避難が可能である。

東日本大震災の後、森ビルはその経験に基づきレジリエンス戦略を強化した。バックアップ用のエネルギーインフラをさらに追加し、近隣のビル数棟を公式の避難所として使用する旨の協定を自治体と結び、災害後に使えるようメンテナンスを備蓄するとともに、NHKと提携して自社ビル内での地震放送を行えるようにした。一方、スタッフの訓練にも引き続き重点が置かれ、年に2回の定期訓練のほか、災害対策担当者の訓練が頻繁に行われている。

三井不動産による日本橋の活性化

三井不動産も老舗のデベロッパーであり、同社のルーツである日本橋(東京都心の超高級ビジネス街)に大規模な不動産を集中的に保有している。日本最大のデベロッパーである同社は20年にわたり、日本橋の物件のグレードアップと近代化を図ってきた。これも街の再生とレジリエンス強化を推し進める継続的な取り組みの一例である。

だが、このように都心部の地域を再構築するのは決して容易ではない。「スマートシティ」プロジェクトは、グリーンフィールド(更地)や構内のプロジェクトでは一般的であるものの、すでに都市の構造に組み込まれている密集した街で行うのは極めて難しく、日本橋のような歴史的な地区ではなおさらだ。こうした大規模な都市再生プロジェクトは、他の不動産所有者(および東京都)に勢いを与え、彼らが追随することによりスマートで持続可能な地域づくりが進み、そのこと自体が東京の全体的なレジリエンスに寄与する。

三井不動産は日本橋の15から20ブロックにわたるエリアで再生計画を進めており、その柱のひとつが「日本橋室町三井タワー」だ。これは26階建ての複合施設で、東京のSグレード(つまりAグレードの1つ上)物件に求められる最高レベルの建設基準と技術を採用している。レジリエンスの面でも、構造制御のためのオイルダンパーによりビルの揺れ幅をほぼ半減するなど、最新の耐震性能を備えている。

また、ビルの電子評価システムにより、変形角の測定値に基づいて地震による被害を迅速に計算する。これにより、従来は数日かかっていた建物構造の潜在的な損傷の評価をわずか10分で行うことが可能だ。さらに、緊急時に立往生する就業者のための宿泊施設や物資も用意されている。

東京ガスと連携して「日本橋スマートエネルギープロジェクト」を立ち上げたことも、このビルの地域志向性を表している。三井不動産は、上述した他社の成功事例に倣い、三井タワ

一の地下に大規模なコジェネプラントを設置した。これは隣接する20棟超のビル(延床面積100万平方メートル相当)に電力と熱を供給できるもので、現在のところ都内で最大のコジェネ施設となっている。緊急時には、エネルギーのピーク需要の最大50%を満たすことができ、企業は停電の間も営業を続けることができる。また、デュアル燃料(石油とガス)方式の非常用発電機を同じ場所に併設しているほか、送電線や変電所などの地域の配電設備を維持・運用しており、いわば地域の自家発電ネットワークを構築している。

現在、都内各所でコジェネプラントの導入が進んでいる。だが、緊急時における地域のバックアップ電源として有効であることは分かっているものの、都内で稼働中のコジェネ施設の数、東京の総電力需要に対しては氷山の一角に過ぎない。コジェネの建設・運用費用は、三井不動産などの大手に比べて資金力の劣る中小デベロッパーにとっては法外に高くなることを考えると、政府が補助金を出さない限りコジェネが主流になることはおそくないというのが現実だろう。

東京のビルのサステナビリティ

行政の厳しい規制により、東京の建物は地震対策の点で、世界で最もレジリエントなものとなっている。だが、サステナビリティ(持続可能性)の点からレジリエンスを見るとどうだろうか？

2002年以降、都内の新築住宅はすべて、東京都のグリーンビルディングプログラム(GBP)で定められた包括的なサステナビリティ基準の対象となっている。以前は床面積が1万平方メートル以上の建築物のみが該当していたが、2010年にGBPが拡大されて事業用ビルも含むことになった際にこの面積基準も半分引き下げられた。

GBPでは、環境保全、エネルギー・資源効率、ヒートアイランド現象の緩和などの観点から建物进行评估している。スコア(1点~3点の3段階評価)は都庁のホームページに掲載されるほか、不動産所有者が積極的な公表を義務付けられるケースもある(住宅開発では販売資料に、事業用物件のプロジェクトでは取引先の販売資料に記載する等)。そのため、このプログラムによってスコアの高い建物の価値が上昇する可能性がある。(詳細については[Tokyo Green Building Program](#)(東京都グリーンビル計画)を参照)

GBPに加え、東京都は大規模商業施設を対象とした先駆的な「都市型キャップ&トレード制度」を世界に先駆けて導入した。これはビルのCO₂総排出量を制限するとともに、目標値を上回った企業には削減分をクレジットとして排出量取引を行うことを認めるもので、東京

の大手企業による二酸化炭素排出に効果的に課税する仕組みだ。都の「東京グリーンビルレポート 2015」によると、本制度の開始以降、CO₂の排出量は23%削減されたという。

都庁ではさらに、都市型キャップ&トレード制度の対象となっていない中小企業約63万社に適用される、二酸化炭素削減の報告制度を導入している。これは、対象となる施設の所有者が排出量やエネルギー使用量の報告書を提出し、それに対して都庁からレーティングを受け取るという制度だ。その上で、それぞれの状況に応じて各種の省エネ支援制度や省エネ機器向け補助金を活用することができる。これにより、エネルギーのサステナビリティに対する中小企業の取り組みを促進するのみならず、都全体の排出量の60%超を占める中小企業の重要なデータを収集することが可能になる。

このように、各種規制により都内のデベロッパーや不動産所有者がサステナビリティ目標の達成を可能にする(義務化する)基盤が作られている一方で、特に市場のハイエンドにおいて、デベロッパーが「良き企業市民」として行動し、他の企業が従うべき高い基準を設定しているという面も感じられる。その結果、個々の不動産所有者が採っているサステナビリティ方針は、規制で定められたものよりも遥かに厳しいものとなっていることが多い。例えば三菱地所は2019年に、建物からの排出量を2030年までに35%、2050年までに87%削減するという中長期目標を定めている。

このような方針を積極的に採用する意欲の背景には、テナントや投資家の間に高いESG（環境・社会・ガバナンス）基準を備えたビルを求める声が高まっていることがあると考えられる。ここでもまた、全体の利益のために社会のさまざまな部分が団結するという無形の文化的ダイナミズムが反映されているのである。

ウェルビーイングとヘルス（健康）

東京のビルは、環境サステナビリティの面では高い評価を得ているものの、ウェルネスへの取り組みについてはやや見劣りする。

日本の従来の職場風土では、従業員はオフィスで長時間働くことを求められ、またオフィスも設備や調度の面で旧式なものが多かった。だが最近では、若年層の間でワーク・ライフ・バランスを重視する姿勢が強まっていることもあり、新たな傾向が出てきている。グローバル・ウェルネス・サミットによると、現在、日本の職場ウェルネス市場は米国に次いで第二位の規模にあり、年間で約4,300億円相当が支出されている。

とはいえ、この支出の大半は身体的な健康とフィットネスに向けられており、他のウェルネス活動に投じられるのはわずかだ。例えば、オフィス用家具を手掛け

るスチールケース社が2016年に発表したレポートによると、自分の職場（ワークスペース）を「刺激的または革新的」と考える日本人はわずか5%に過ぎない。

それでも、ワークスペースのデザインに関する国際的な潮流が日本市場に浸透しつつある。多国籍企業の日本法人ではよりモダンでコラボレーティブなオフィススペースを導入しており、また業務環境が個人の生産性に与える影響に関する認識が全体的に広まりつつある。新型コロナウイルス感染症（COVID-19）の世界的大流行を受け、企業がワークスペースの活用方法やレイアウトについて新たなアプローチを採っていることから、今後さらに進展が見られるものと思われる。

日本でも職場における健康とウェルビーイングを重視する傾向が徐々に強まっており、これは最近になって日本のビルにウェルネスの国際基準が導入されつつあることにも現れている。2017年には、日本で初のWELL認証（健康とウェルビーイングの性能評価システム）を大林組が取得した。同社の「テクノステーション」プロジェクトが「ゴールド」ランクに認証されたのである。大林組は清水建設（日本のゼネコン上位5社のひとつ）と並んで、日本の職場におけるウェルビーイングの新たな取り組みをリードしている。



アーバンランド・インスティテュート
アジア太平洋

3418 Jardine House

1 Connaught Place, Central, Hong Kong

asia.uli.org