論　文

「国難」をもたらす巨大災害にどう対処すべきか
～過去の災害を踏まえた今後の取り組み～

中山　　学[1)]

要　約

2018年に入り，6月の大阪北部の地震，平成30年7月豪雨（西日本豪雨），台風第21号および平成30年北海道胆振東部地震と地震，洪水，台風禍が立て続けに発生している．この様な環境下，人々は「自然災害発生」に敏感になっている．さらに，台風や豪雨など異常気象が顕著となり，風水害の発生頻度も高まっている．

地震・火山や風水害が単独で発生しても大災害と言われるほど，その規模は大きくなってきている．ましてや，連続して発生する可能性もあり，気象変化の極端化など自然災害の猛威によって「国難」となり得る事態が迫ってきていると危惧されている．筆者は，2017年秋に開催された「夏季防災大学」において，熊本地震発生後に風水害が発生すれば，さらに大きな災害になると指摘した．

本稿では，近年に発生した地震災害，気象災害を概観し，被害が極端に拡大する可能性のある「最悪の被災シナリオ」となり，「国難」となる状況を回避するために，我々は何をすべきかを述べた．

Key words：熊本地震，大阪北部の地震，平成30年7月豪雨，北海道胆振東部地震，国難

1．はじめに

15世紀は，スペイン・ポルトガルが世界を席巻していた．南米では，スペイン語，ポルトガル語が公用語である国が多いことでも，容易に想像ができる．1755年，そのポルトガルの首都リスボンは，大地震（リスボン地震）に襲われた．約85％の建物に大きな被害が発生し，経済的ダメージが大きかった．当時，産業革命初期の時代であったが，ポルトガルは，その時流に乗り切れずに凋落していった．

1945（昭和20）年，焦土と化した敗戦国から世界第2位の経済大国レベルまでに発展したわが国がポルトガルの二の舞にならないように，どのようにすべきか？

わが国では，災害に対する楽観主義が席巻していた．しかし，阪神・淡路大震災，東日本大震災が発生して，想定外であった巨大災害が起こることを想定する必要があることがわかった．しかも，被害を具体的に少なくするには，どのような新たな概念で対処すればよいのか，その具体的な方法が提案されていなかった．福島第一原子力発電所の事故は，対策を実施していたにもか

[1)] 神戸学院大学現代社会学部社会防災学科

かわらず，最悪の事態をもたらした．その最大の原因は，「対策をやればやるほど安全になる」という錯覚にあったと思われる．

異常気象と地震活動期を迎えている現在，日本全国（特に，都市域）では，災害の複合化により「未曾有の被害」となることが危惧されている．

ここでは，まず，現在の日本を取り巻く自然災害を「地震」「風水害」に分けて，概観する．

「地震・津波」では，北から千島海溝，首都直下，南海トラフなどの海溝型地震，活断層を起因とする内陸型地震の発生が懸念されているが，地震予知は可能であろうか？

1976年に地震学者が1946（昭和21）年12月に発生した昭和東南海地震では壊れなかった安政東海地震の東側の震源域が空白域になっていると指摘し，駿河湾地震の切迫性を指摘した．この「東海地震説」を受けて，1978年6月に大規模地震対策特別措置法（大震法）が成立し，その結果，地震の起こる時期，場所，大きさ（規模）の三つの要素を精度よく限定して予測できる，すなわち「地震予知可能」という考え方が流布したと思われる．

しかし，「内陸型地震を起因とする阪神・淡路大震災」と「海溝型地震を起因とする東日本大震災」が発生した．その後，様々な法整備や観測研究が進捗した結果として，地震学会も「現時点では予知は非常に困難」との見解を示した．さらに，国も2013年に「確度の高い予測は難しい」との報告をまとめ，「警戒宣言を前提とする確度の高い予測はできない」と判断した．この結果，予知を前提にした大震法など，現行の防災対応を見直すことが必要になってきている．

とくに，関西では「南海トラフ巨大地震」に注目が集まっている．2003年時点での想定規模はM8.5であったが，2011年3月の東北地方太平洋沖地震発生以降，地震規模はM9.1としたので，想定震源域の面積が約2倍となり，しかも陸域寄りとなった．その結果，想定地震動は大きくなり，建物被害は約2.6倍．人的損失は，最悪32万人と予測されている．では，我々とすれば，何をなすべきか？

一方，我々の周りでは，気象の極端化が指摘されている．その原因は，地球の温暖化や偏西風の蛇行などと言われている．その結果，発生が危惧されている自然災害は，高潮，洪水であろう．

今世紀末には，「スーパー台風」が日本にも上陸すると言われ，1959（昭和34）年の伊勢湾台風規模以上の被害が懸念される．最近では，「平成30年7月豪雨（西日本豪雨）」が発生し，200人を超える尊い人命が失われている．この豪雨では，10日間全国で約824億トンの降雨量（琵琶湖の貯水量の約3倍）に及び，過去37年間の平均値の約4.5倍であった．被害が続いて発生している豪雨禍に注目したい．

本稿では，2016年4月の熊本地震，2018年6月の大阪北部地震，7月の平成30年7月豪雨（西日本豪雨），9月の台風第21号および平成30年北海道胆振東部地震による我々の記憶に新しい災害から何を学ぶべきかに触れながら，「江戸時代からの震災」および脅威となっている「風水害（特に，都市型水害）」を取り上げ，国難災害に対して「今 我々は 何を為すべきか」について述べる．

2．研究の背景

2.1　明治以前の災害

1）平安中期～中世

近年の火山・地震の発生状況が平安中期（貞観時代）と似ているという指摘がある．すなわち，869（貞観11）年に発生した貞観地震は，日本三大実録の記録では，2011年の東北地方太平洋沖地

震（東日本大震災）と津波被害状況に整合性がある．

次に，中世では1177（安元3）年に「安元の大火」，1180（治承4）年に「治承の竜巻」が発生し，1181年から2年間にわたり「養和の飢饉」となった．さらに1185（元暦2）年に「元暦の大地震」が発生した．その結果，世の中に「無常観」が広まり，鴨長明が「方丈記」を書き表した．

このように，自然災害発生が人々の生活に大きな影響を与えた．

この869年に発生した貞観地震の1142年後に東北地方を巨大津波が襲った．1000年に1度の巨大津波を伴う「千年震災」と呼んでいる．また，日本書記によれば，684年11月29日に畿内・四国が激しく揺れ，太平洋沿岸に津波が襲来した「白鳳南海地震」が発生し，約1000年後に宝永地震が発生している．このように，歴史は繰り返されている．

2）元禄江戸地震，宝永地震

江戸中期では，1703年12月31日未明に相模トラフを震源域とする海溝型地震の「元禄江戸地震」（Mj7.9～8.2）が関東地方を襲った．この時，房総半島の犬吠崎から伊豆半島南端の下田までの範囲に大きな津波が襲来するとともに，房総半島南端が約4.4 m隆起している．津波による死者は，1923年の関東大震災を引き起こした大正関東地震よりも多いことが知られている．

4年後の1707年10月28日昼過ぎに南海トラフを震源域とする海溝型地震の「宝永地震」（Mj8.4）が西日本を襲った．震源域は東海・東南海・南海地震の震源域であることから，現在発生が危惧されている「南海トラフ巨大地震（3連動地震）」の直近の地震であるので，2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震発生以降，特に注目されている地震である．

また，元禄江戸地震発生の35日後に活動開始した富士山が宝永地震発生の49日後の1707年12月16日昼前に噴火した．この噴火は16日間断続的に続き，約17億m^3の火山灰が江戸もまちに降り積もったと言われている．その結果，華やかな文化を誇った元禄時代の終焉を迎えた．

3）安政の東海地震・南海地震

1854年12月23日午前9時頃紀伊半島東南部の熊野沖から遠州沖，駿河湾内に至る広い海域を震源とする「安政東海地震」（Mj8.4），その32時間後の「安政南海地震」（Mj8.4）が発生した．その結果，各々数千名の人命を失った．なお，いち早く危険を知らせて津波から村人を救った「稲むらの火」の逸話が生まれている．

続いて，元禄江戸地震発生以降，大きな地震は発生せず，静穏期であった関東地方で，1年後の1855年11月11日22:00頃に「安政江戸地震」（Mj6.9）が発生し，死者数は約7,500に及んだ．江戸の中心の揺れは震度6以上と推定されている．

これは元禄地震以降，江戸は膨張を続け，大規模な埋め立て工事により葦の生い茂る湿地帯も開拓され，堤防工事も実施されて，多くの人々が隅田川の東側（今の江東区，墨田区）に住むようになった．それから220年後に大正関東地震が発生し，軟弱地盤で増幅された強い揺れが木造家屋を襲った結果，多くが全潰し，延焼火災によって約6万9000名（全体では約10万5000名）もの人々が命を落とす結果となった．

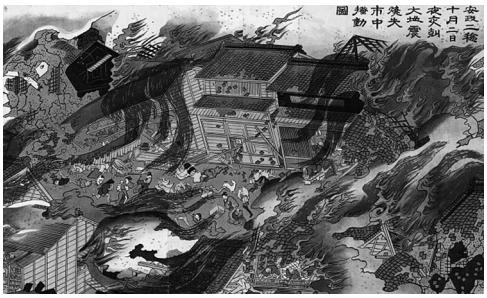


図-2.1　安政江戸地震（都市型地震）

以上のような「国難災害」と呼ばれる3度の災害に見舞われた．とくに，3年連続で発生した巨大

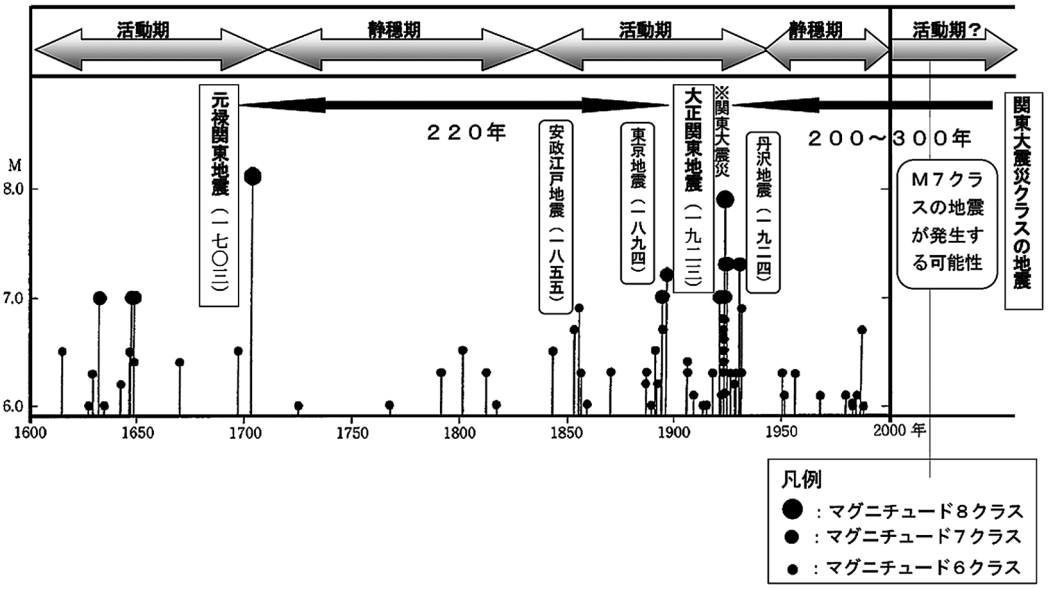


図-2.2　南関東で発生した地震（M6以上，1600年以降）

複合災害が江戸幕府の衰弱をもたらし，さらに内圧（倒幕運動）と外圧（開国要求）も重なって明治新政府が誕生したように自然災害が社会に与えた影響は大きいと言える．

2.2　明治以降の災害

一般に，自然災害を「天変地異」と呼んでいる．明治時代を入れて過去約150年間の自然災害を「天変（風水害）」と「地異（地震）」に分けて，その変遷を表-2.1に示す．

第二次世界大戦以前の「地異」は，濃尾地震（1891年），大正関東地震（1923年），昭和三陸地震（1933年）であった．特筆すべき点は，濃尾地震発生後すぐに地震防災のために，震災調査予防会（後に，東京帝国大学地震研究所に改組された）が設置されたこと，大正関東地震の死者の大半が地震動による建物崩壊ではなく，地震後に発生した火災旋風によるものであったことであった．

一方，「天変」は全国的に多発した水害であったので，河川法の施行（1896年）による連続堤防方式が採用，放水路工事や捷水路（しょうすいろ）工事が実施され，水害対策が進んだ．

2.3　第二次世界大戦終結以降の災害

第二次世界大戦以降の「天変」は伊勢湾台風（1959年）であろう．被災を受けて，災害対策基本法が1961年に施行され，以降の防災対策における転換となった．

「地異」は，福井地震（1948年），宮城県沖地震（1978年），兵庫県南部地震（1995年），東北地方太平洋沖地震（2011年）であった．

自然災害による死者数の経緯を表-2.1に示す．地震，風水害によって多くの尊い人命を繰り返し失ってきた．

言い出したのは寺田寅彦であると言われている「天災は忘れた頃に来る」という言葉がある．1960年5月に発生したチリ地震（Mw9.5）によって死者・行方不明者94名という大きな被害を受けた東北地方で，その51年後に約2万人の犠牲者が出た．表-2.2のように，人間の記憶というのは，

表-2.1　明治以降の自然災害とその対策

年	イベント	年	天変対策	年	地異対策
		1883	東京気象台で天気図作成，気象警報発令		
1891	濃尾地震			1892	震災調査予防会発足
1890	全国的に水害多発	1896	河川法施行		
			連続堤防方式採用		
			放水路工事*・捷水路工事**着手		
1910	全国的に水害多発	1910	臨時治水調査会設置		
			主要50河川で大規模河川工事開始		
1923	関東大震災			1924	耐震基準制定
1933	昭和三陸津波			1934	岩手県田老村で防波堤着工
					（1979年 竣工）
1946	昭和南海地震			1947	災害救助法施行
1948	福井地震			1950	建築基準法施行
		1949	水防法制定，消防団発足		
		1950	国土総合開発		
			治水ダム，多目的ダム建設		
1959	伊勢湾台風	1961	災害対策基本法施行		
1968	十勝沖地震				地震予知連絡会発足
1978	宮城県沖地震			1981	新耐震設計法導入
1978	東海地震予知説				大規模地震対策特別措置法
1987	大河川で超過洪水の危険性を指摘		高規格（スーパー）堤防整備事業創設		
1995	阪神・淡路大震災				2段階耐震設計法の導入
2000	東海豪雨災害		特定都市河川浸水被害対策法施行		
2004	新潟中越地震		被災者生活再建支援法の抜本改正		
2007	南海トラフ沿いの地震発生リスク増加				緊急地震速報の採用
2011	東日本大震災			2013	国土強靭化基本法案
					南海トラフ巨大地震および首都直下地震対策特別措置法施行
2013	集中豪雨などの極端現象の多発		特別警報の創設		

*　放水路工事（河川からの溢水による洪水を防ぐため，河川の途中に新しい川を分岐して掘り，海や他の河川などに放流する人工水路）
　1870　信濃川・大河津分水
　1900　淀川
　1910　荒川
**　捷水路工事（曲部を直線的に連絡するために開削した人工水路）
　1910　石狩川

希薄であることが如実に現れている．

今後30年間の地震発生確率が70～80％と言われる南海トラフ地震は，最悪，死者32万3千人，全壊・焼失家屋約240万棟の被害が予想されており，（公財）土木学会によれば，20年間の経済損失額は1,410兆円に及ぶとされている．確実に起きると言われる地震で，このような被害を出せば

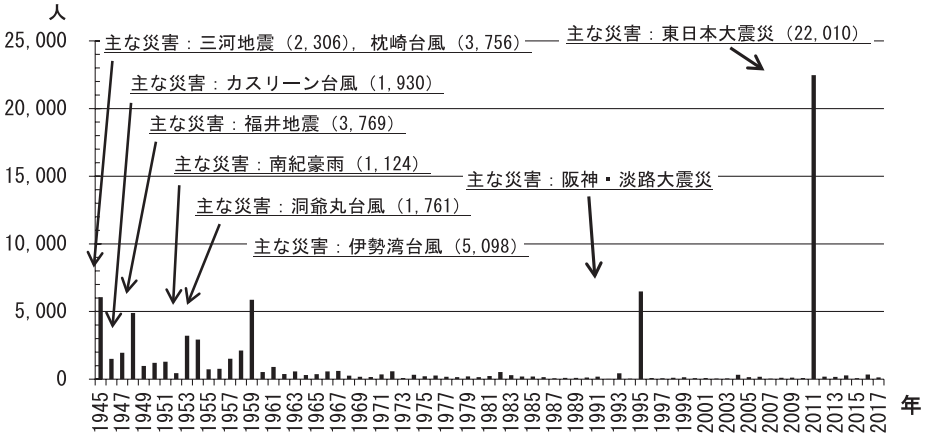


図-2.3　第二次世界大戦集結以降の自然災害による死者数

表-2.2　災害に対する人々の認識

災害発生後からの年数	人々の認識
7～8年	災害への関心は極めて高い
10年	災害は徐々に無視される
15年	被災者の半数はもう何も起きないだろうと思う
30～40年	災害の記録は残るが，対策は必要との認識はなくなる
100年	災害の記憶すら怪しくなる

国は衰退することは明確である．全ての国民が被害を減らす努力をするしかない．耐震化や早期避難など的確な対策を行えば，死者は5分の1になると試算されている．しかし，残りの5分の1を救うためには，さらなる方策が必要であり，5対策で述べる「臨時情報」の活用も望まれる．

3．地震災害

以下，近年に発生して我々に身近な地震である熊本地震（2016年4月14日，16日），大阪北部の地震（2018年6月18日），北海道胆振東部地震（2018年9月6日）の概要と学ぶべき点について述べる．

3.1　熊本地震

2016年4月熊本地方を襲った大地震は，「平成28年熊本地震」と名付けられた．

1）熊本地震の概要

まず，4月14日21：26に「北北西－南南東方向に張力軸を持つ横ずれ断層型」のM6.5（布田川断層帯），28時間後の16日1：25に「南北方向に張力軸を持つ横ずれ断層型」のM7.3（日奈久断層帯）の地震が発生し（図-3.1.1参照），震源深さが11 kmと比較的浅かったので，震度7の揺れが14日に熊本県上益城郡益城町，16日には益城町と西原村で計測された．

M7程度の地震は毎年1～2回発生しているが，内陸型で震源が浅い地震は，1995年兵庫県南部地震，2000年鳥取県西部地震以来であった．

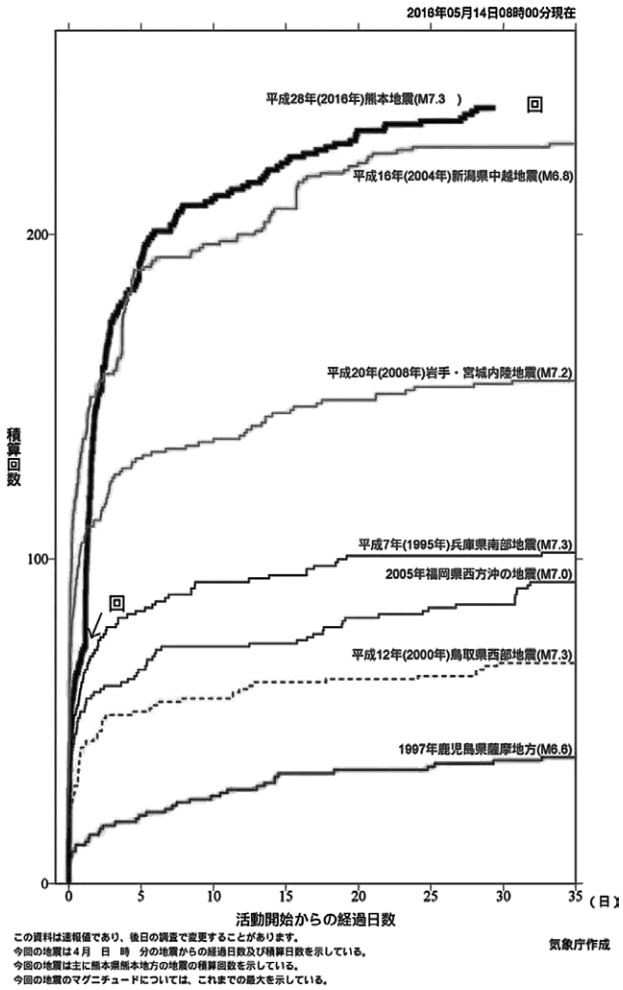


図-3.1.1　熊本地震の余震回数（M3.5以上）

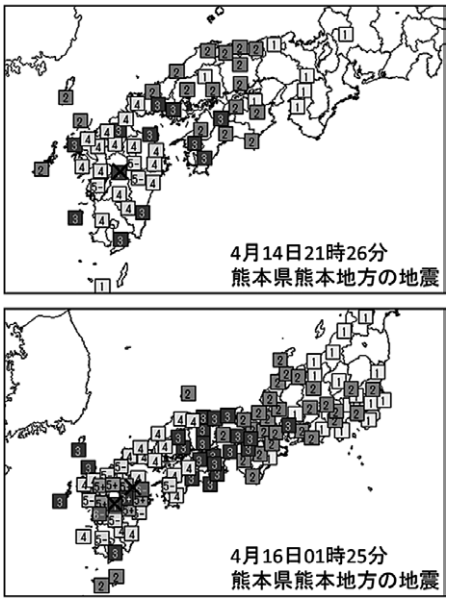


図-3.1.2　熊本地震の震度分布図

4月14日21:26に突然M6.5の地震が発生して以降，図-3.1に示すような余震が観測された．M3.5以上の余震回数は，新潟中越地震（2004年）よりも上回った．大きな地震が発生すれば必ず余震が発生し，震源が浅ければ本震の時の揺れより大きくなる可能性があることに留意することが重要である．

なお，地震調査研究推進本部（文部科学省）（以下，「推本」と略）が地震発生前の今後30年以内に発生する地震規模と確率を図-3.1.4に示す．

ここで注目したいのは，「推本」による1995年兵庫県南部地震を契機とする主要断層帯の長期評価を検証できる初めての地震が熊本地震（2016）である点である．

熊本地震の地震活動状況を図-3.1.7に示す．

布田川断層宇土区間から阿蘇カルデラ内までの約28 km，日奈久断層高野～白旗区間北部の約6 kmで地震断層は確認されている．

この地震では，地震に伴って地表に大きなずれが出現しており，益城町堂園では約2 mのずれが発見されている（写真-3.1.1参照）．

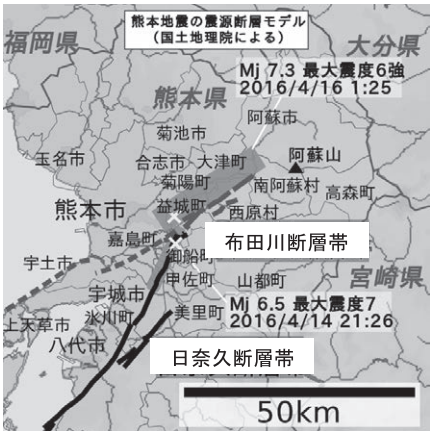


図-3.1.3　断層と震源位置

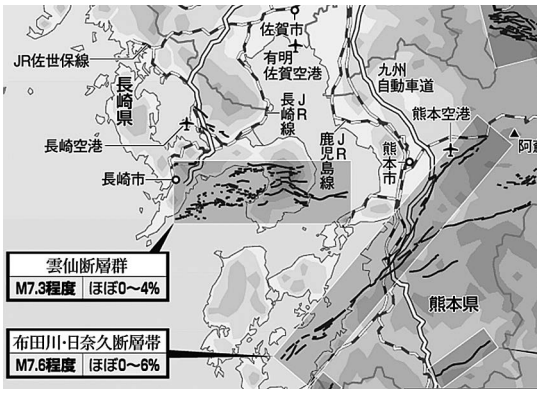


図-3.1.4　地震調査研究推進本部による活断層の評価

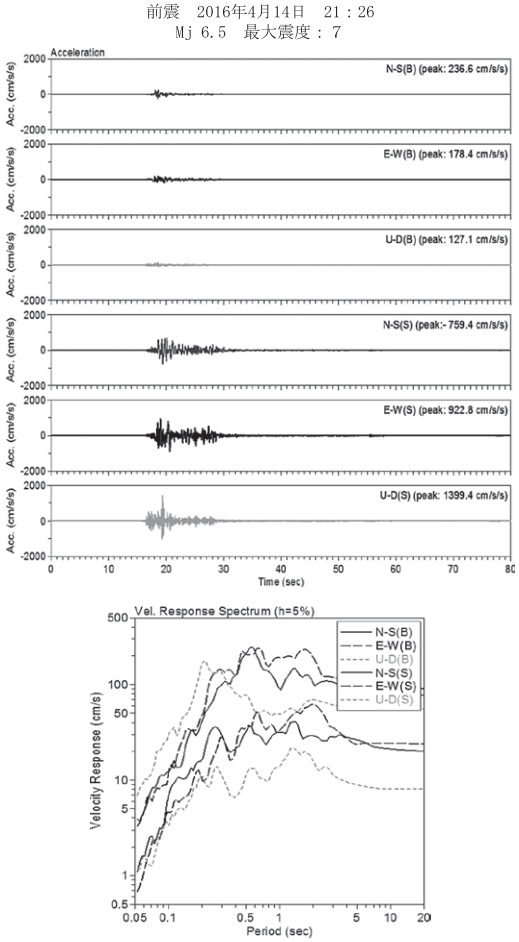


図-3.1.5　前震の計測地震動と速度応答スペクトル

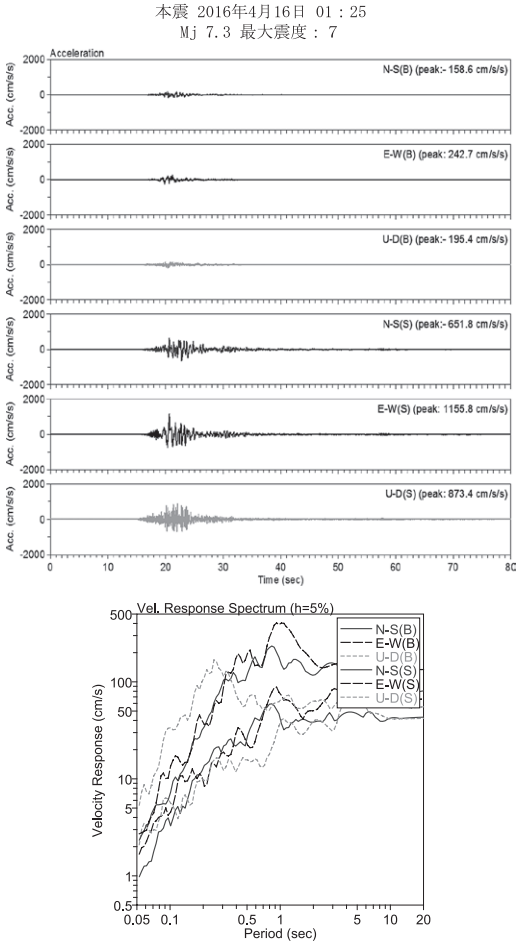


図-3.1.6　本震の計測地震動と速度応答スペクトル

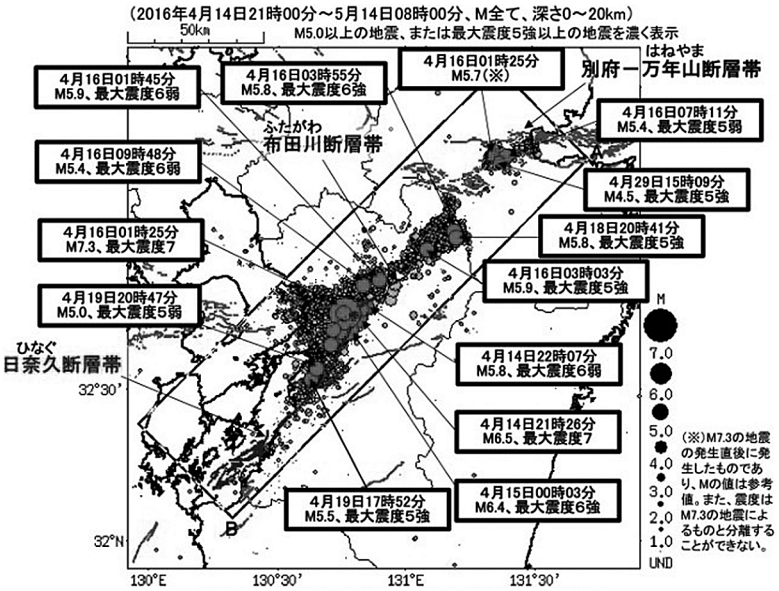


図-3.1.7　熊本地震の地震活動状況（震央分布）
（2016年5月14日現在）

なお，「ずれ」は，国土地理院のGNSS（Global Navigation Satellite System全球測位衛星システム）などの測量結果によると震源断層では，平均4 m，気象研究所の解析結果では最大6 m程度と推定されている．

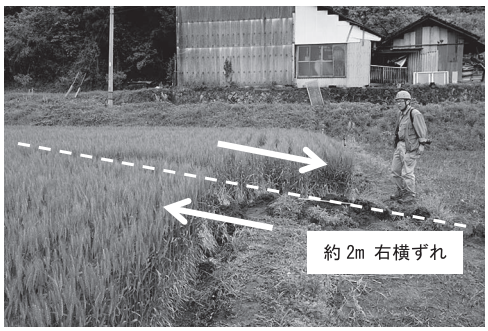


写真-3.1.1　益城町堂園付近に出現した右横ずれ地表地震断層

2）地盤被害の概要

①液状化

熊本県下の18市町村で噴砂地点が確認された．とくに，熊本市南区では旧白川流域の近見では，写真-3.1.2の鉄筋コンクリート建物は基礎杭で支持されているので，沈下した周辺地盤との段差（最大で75 cm）が生じた．噴砂が確認できることから液状化による被害と考えられる．

写真-3.1.2　周辺地盤が沈下した鉄筋コンクリート造の建物

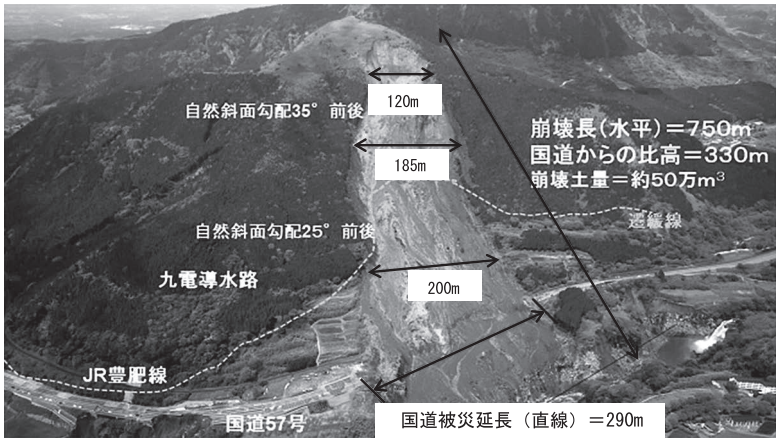


写真-3.1.3　深層崩壊（阿蘇大橋周辺）

②土砂災害

深層崩壊により，阿蘇大橋が落橋し，たまたま通行しようとしていた大学生が巻き添えとなった．両岸に残された橋脚や橋げたの一部の分析から，落橋の原因は，上から降ってきた土砂の重さや地震動よりも，橋を支える地盤が断層の影響を受けて複雑に動き，崖崩れが起きた可能性が高いという見方が強い．

熊本地震での断層運動・地震動について，次のような知見が得られていることに注目したい．

- 熊本地震本震で生じた地表地震断層近傍の強震観測記録には，地殻変動と整合する永久変位が見られた．
- 地表地震断層近傍では，断層に平行する方向が大きい強震動が観測された．但し，兵庫県南部地震では，断層に直行方向が大きい地震動が観測されている．
- 地表地震断層ごく近傍では，変位による被害は大きいものの強震動による影響は小さいと思われる事例が散見された．このような地震動は，横ずれ断層破壊が深部から浅部へ向かって進行すること，浅く大きな断層すべりの速度が小さく継続時間が長いことで定性的に説明できる．
- 地表地震断層近傍の地震動の定量的評価には，その実態を観測する必要がある．地震計や変位計を高密度に設置するには限界があるため，防犯カメラやドライブレコーダーなどの映像機器の利活用体制を整えることが望まれる．

以上の検討結果を積み重ね，断層近傍強震動評価の高度化に反映させることが期待される．

3）家屋被害

木造家屋で多くの被害が発生した．とくに，秋津川流域の益城町で目立った．まず，住宅の耐震性について，概観する．

住宅の耐震性に関する国の基準は，1981年の建築基準法改正（以下，「新耐震」）を境に大きく変化している．耐震性を確保するためには，住宅の中に筋かいを入れた壁や面材料を釘打ちした壁（耐力壁）を必要な量だけ設ける必要がある．その耐力壁の量が1981年の新耐震基準で大きく引き上げられたので，それまでの古い基準で建てられた住宅は耐震性が低いこととなり，1995年

の阪神・淡路大震災でもこの1981年以前に建てられた古い木造住宅が大きな被害を受けたことから，国としては積極的に耐震補強して耐震性を上げる事を推奨している．また，2000年の建築基準法改正においても，木造住宅に関しては必要な耐力壁の量は変わらなかったものの，柱の上下を留める金物の選び方や留め付け方法を中心に，曖昧だった基準が厳格化された．

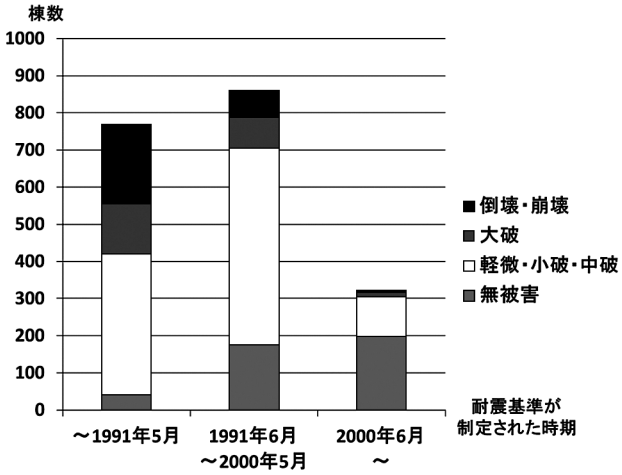


図-3.1.8　建設年代別の木造住宅の被害状況

これらの法改正に対応するように木造住宅の耐震性は徐々に高まってきていることが実大サイズの木造住宅の振動台実験などにより分かっているので，被害を受けた建物がどの年代に建てられた建物なのかを把握することにより，耐震性のレベルと建物の被害程度の関係を大まかに見ることができる．建設された時期によって，被害の特徴を述べる．

①1981年以前に建設された古い住宅

益城町の木造住宅は1981年以前の古い住宅が非常に多く，そのため大破あるいは全壊・倒壊といった甚大な被害を受けている住宅が非常に多かった．これらの住宅の特徴は，木造軸組構法住宅で耐力壁は筋かいを使った壁や土塗り壁が中心であること，筋かいの端部は釘2，3本で柱や土台に留め付けた程度であること，柱の上下端部にも“かすがい”が付いている程度であること，などが挙げられる．建設年代が古いために元々耐力壁の量が不十分であった可能性が高い上に，接合部の留め付けが不十分であるために地震動を受けて柱が引き抜けたり，筋かいの端部が外れて壁としての機能を果たさなくなり，結果として倒壊してしまったものと考えられる．

また，この年代の木造住宅は壁の配置に十分配慮されていない建物も多く，家の一面が大開口のような壁の平面的配置に偏りがあり，2階が1階よりも小さい造りの場合に2階外壁の下に1階の壁や柱が無いような立面的な不整合が見られた．このような住宅は地震動を受けた際に建物がねじれたり，局所的に力が集中して破壊を早めるなど，構造計画の不備に基づくと思われる被害も多かった．さらに，築40～50年以上経過した古い建物が多いため，腐朽や蟻害などの生物劣化により木材の強度や接合部の強度が低下していたとみられる事例も数多く存在した．

このように，耐力壁の不足，接合部の不備，壁配置の不備，劣化の影響など，様々な要因が考えられる．これらは，いずれも阪神・淡路大震災の頃から言われ続けている被害原因であり，今回の地震で新たに露見したものはなく，残念ながら既往地震の被害から得られた知見が生かされていない．また，幾つかの要因が複合的に影響して倒壊に至っているため，どの影響が最も大きかったかを予測するのも非常に難しくなっている．

②1981年から2000年の間に建てられた住宅

1981年の基準法改正と時を同じくして接合部の仕様が変化したわけではなく，住宅金融公庫（現 住宅金融支援機構）の標準仕様書で推奨された金物の使用が浸透したので，この時期に築造

された住宅の判定が一番難しい．そして新耐震に則って耐力壁をバランス良く配置していると，震度7の地震を2回受けた場合でも，大きく傾斜はしているものの倒壊は免れている場合が見受けられた．もちろん，耐力壁が基準法で要求されているギリギリの量だったり，平面的配置のバランスが悪かったり，金物が適切に付いていなかったりすると倒壊に繋がるため，この年代の建物であっても倒壊した建物はあったが，1981年以前の建物と比べるとその割合は明らかに減少していた．

なお，筋かいが長すぎたり，断面寸法が小さければ，途中で接いだ結果，耐力壁としての性能は低下し，筋かいを使った耐力壁の被害例が多かった．

さらに，前震時に筋かいが座屈して折れたり，端部の金物が外れて，本震時にはその機能を果たせなくなっていたために倒壊してしまった住宅が多かったのではないかと思われる．また，地盤の沈下によって住宅に致命的な被害が発生している事例が散見された．

③2000年以降に建てられた住宅

接合部が金物でより強固に留め付けられており，建設年代的に新しいこともあって大きな被害を受けている住宅は少ない．しかし，現在の建築基準で建てられた新しい住宅が何故倒壊したか？

前震時には残留変形はほとんど無かったにも拘わらず本震で倒壊したというのは，前震時にそれなりに大きな変形を経験して接合部が緩んだり部材が一部破壊したりしていた可能性はある．本来であればもう少し耐力壁の量を増やして耐震性に余裕を持たせておくべきだったのかもしれない．一方で，この年代の建物は非常に耐震性が高くなっているのも事実なので，外観上は無被害の建物も多く見られた．

なお，大地震に対する「新耐震」の要求は「倒壊・崩壊せず人命が守られること」であり，最低基準として規定されているのであって「建物のひびわれ損傷などを防ぐこと」までは求めていないことに留意すべきである．

3.2　大阪北部の地震

2018（平成30）年6月18日7:58に大阪府北部を震源とするMj6.1規模の地震が突如発生し，休み明けの月曜日，出勤・通学時刻であったので，人々は混乱した．この数週間前から千葉県沖にスロースリップの地震が多発していたので，首都圏に注目していた関西在住の地震工学を生業にしている研究者は不意打ちを食らった．内陸地殻内地震で，逆断層型及び右横ずれ断層型とされている．震源深さは約13 kmと浅かったので，地震被害は震源近くに集まっている．

K-NET高槻（OSK002）の観測記録（最大加速度806.2 gal）と加速度・速度応答スペクトルを図-3.2.1に示す．この図から分かるように，0.3秒前後の周期帯にピークを持っている地震波動であったので，建物が倒壊するように被害は少なく，屋根瓦がずれ落ちるといった被害が多かった．

この地震で，世の中で注目されたのは，ブロック塀および石積みの塀が倒壊して，死者を出したことである．ブロック塀倒壊による顕著な被害は，1978年6月12日夕刻に発生した宮城県沖地震（Mj7.4）である．仙台市内の約22％のブロック塀が倒壊し，下校途中の小学生など18名が下敷きになり，死亡した（写真-3.2.1参照）．

1995年に発生した兵庫県南部地震でも兵庫県内で約1,500箇所のブロック塀が倒壊し，2016年の熊本地震でも，益城町で男性が1名亡くなり，ブロック塀所有者と裁判になっている．

そもそも，ブロック塀，石積み塀は建築基準法で制限されている．昔は高さ3 mの塀も認めら

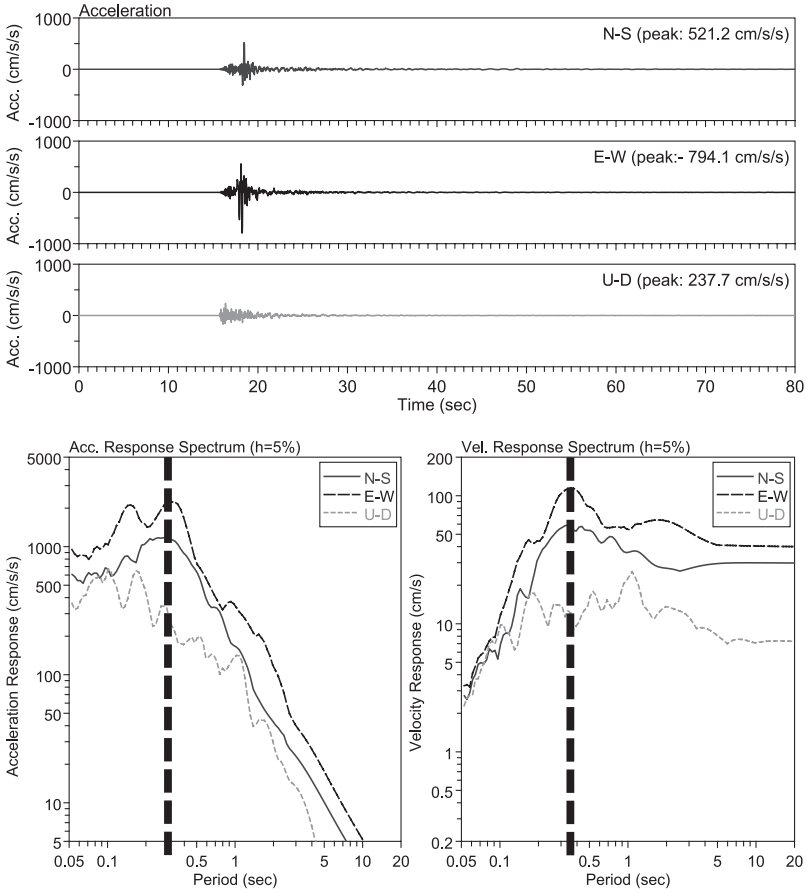


図-3.2.1　K-NET高槻site（OSK002）における計測地震動および加速度・速度応答スペクトル

れていたが，1981年の改正では，原則1.2 m以下となった．しかし，古い塀の中には高いものが残っているのが現実である．

また，石積み塀は，グロック塀と共に1981年の改正で1.2 m以下となったが，鉄筋で補強しなくてもよい基準になっている．しかし，ひび割れがあれば地震力に対して極めて弱くなるので，地震時には急激に崩壊するという可能性がある．十分な維持管理を実施して，経年劣化が進む中で耐力がどの程度残っているかを把握することが重要である．

大阪北部の地震では，高槻市内の小学校のプールのブロック塀が倒れた結果，通学途中の小学4年生の女子が，石積みの塀の倒壊でも80歳の男性が亡くなった．

小学校のプールのブロック塀が倒れたケースでは，「控え壁」という塀を支える壁がなかったこと，高さが基準より高かったこと，鉄筋の配置に問題があったことなどが，倒壊につながったと見ら

写真-3.2.1　基礎のしっかりしていないブロック塀が倒壊

れている．その結果，文部科学省の指示により，全国の小学校のブロック塀の再点検が早急に実施され，不適格のものは素早く撤去された．他の災害と同様，人命が失われて初めて，現実を見直すという悲しい政治的対応がなされた．

写真-3.2.2では，既存の基礎の上にプールの目隠し用のブロックを積んだ際に設置された接続部の鉄筋が抜け出しているのが確認できる．施工業者が強度設計，安定検討もせずに今までの経験則から施工方法を決めたものであろう．

写真-3.2.2　高槻市内のブロック塀倒壊現場
○印はブロック塀と基礎の接続部の鉄筋の抜け出し部

したがって，施工方法を認めた事，維持管理を十分に行わなかった事など，施設の管理責任者である高槻市教育委員会の責任は非常に重いものと判断される．

大阪北部の地震が発生して，残念ながら2人の尊い人命が失われた．残された課題を整理する．

①塀の所有者が管理することになっているが，検査を実施するにも資金が必要である．「既存の塀」の点検や改修・撤去が進んでいないのが現状である．個人が自宅の塀の改修や撤去などをする際に，自治体が補助する制度があり，国土交通省は自治体に対して，改修や撤去の補助制度を呼び掛けている．

②「新設の塀」の場合，建築基準法で設けられている規定を準拠して，安全な塀にする必要がある．しかし，行政による設計の十分な審査が実施されず，工事が進んでゆくことが現状かもしれない．専門的な知識が無く，法律に適合していない塀を造るというずさんな設計や工事が少なくない．

このように，既設，新設ともに課題は浮彫りなっている．

さらに，塀の倒壊は，直接の死者の数には表れない深刻な状況を引き起こす．すなわち，阪神・淡路大震災では「倒壊したブロック塀などで道路がふさがれ，消防活動や救助活動などに重大な支障となった」ことが報告されているように，救助に向かう消防車や救急車が思うように道路を走れず，救える命を救えない，防げる被害を防げないという事態を招いた．このような事態が発生しないように，塀の安全性確保は強く求められている．

3.3　北海道胆振東部地震

2018年9月6日午前3時過ぎ，北海道で初めて震度7を観測した地震（北海道胆振東部地震）が発生した．地震強さはMj6.7，震源深さは34 kmであった．

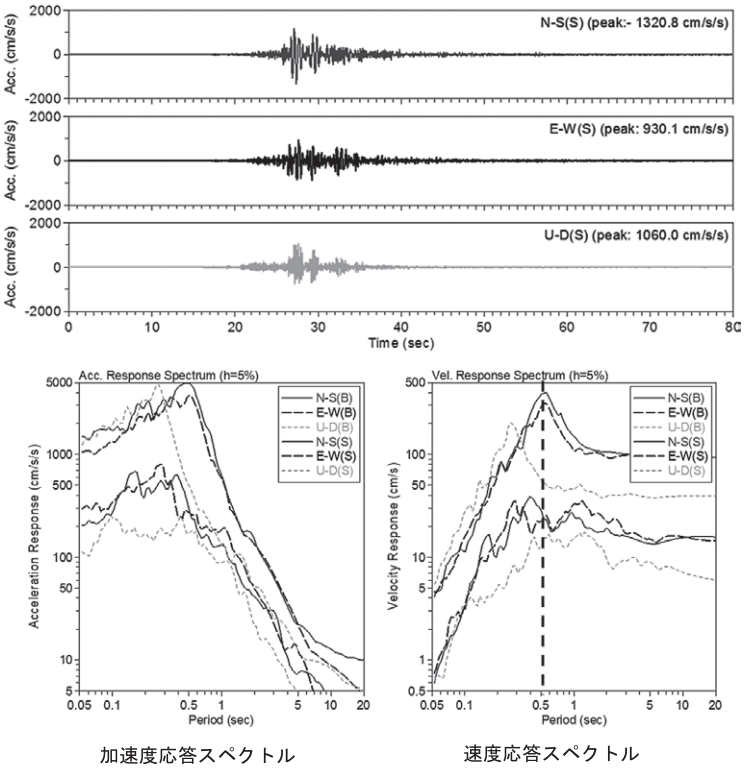
北海道の広い範囲で停電が続くなど大きな被害が出た．また，台風と地震という連続災害で新千歳空港が閉鎖となり，関西空港（台風第21号による浸水）を含め2つの基幹空港が閉鎖になった．

震源は，推本による既往の活断層の一つとして発表されている石狩低地東縁断層帯の近傍である．しかし，この活断層の破壊によって発生した地震ではないと気象庁から発表されている．

以下，3つの被害について記載する．

①土砂災害

この場所は土砂や軽石などが積み重なった地層で，固い地盤ではなかった．さらに厚真町は，8



加速度応答スペクトル　　速度応答スペクトル

図-3.3.1　地震動特性（K-NET追分）

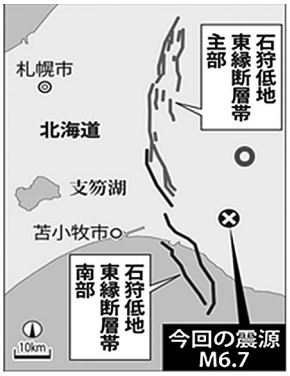


図-3.3.2　活断層と震央

図-3.3.3　厚真町における地すべり状況

月1か月間では，平年を上回る217 mmの雨量が観測されていた．さらに，地震発生の前日の5日も台風第21号が接近して12 mmの降雨があった．

このような地質面の課題があった上に多くの水分が含まれた状態で，激しい揺れに見舞われたため，特に傾斜の急な山の斜面が表面付近から一斉に崩れたと考えられる．

地震に伴う土砂災害としては，新潟県中越地震（2004年），熊本地震（2016年）の南阿蘇村の土砂災害より規模は大きいと思われる．

図-3.3.4　札幌市清田区液状化発生現場

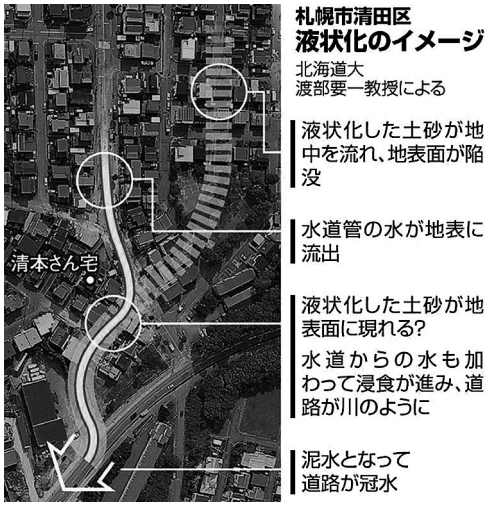


図-3.3.5　札幌市清田区液状化とその他状況

②液状化

札幌市清田区里塚で大規模な液状化が発生した（図-3.3.4参照）．谷筋であった地域を宅地とするために埋立てした地区であった．埋め土がどのような土質材料であるか正確には不明であるが，現地調査したところ，火山噴出物であったと感じた．また，近くの貯水場への送水管，配水管が地震動による土砂の動きによって被災したことによる水道管の水が地表に流出したことも被害に誘因になった可能性もある．

なお，里塚に近い清田区美しが丘では，十勝沖地震（2003年）の際に液状化が発生している．

③ブラックアウト

激しい揺れに見舞われた地域は限られているが，北海道の全域で停電となり，深刻な広い範囲で停電が発生した．

北海道電力などによると震源地に近い苫東厚真発電所で事故が発生した．北海道の需要全体のおよそ半分の電力をまかなっていたこの発電所は揺れを検知して緊急停止した．急に停止したことで需給のバランスが大きく崩れ，周波数が変化して，いわば「質の悪い電気」が流れた．発電所の装置が壊れる恐れがあるので，残りの発電所も自動停止し，道内全域にわたる約295万戸で停電になった．

その後，苫東厚真発電所の設備が被害を受けて再稼動に時間がかかることが判明し，北海道電力は他の電力会社から余剰電力を融通してもらい，水力や火力の発電所の再稼動を進めた．

とくに，停電の影響が深刻であったのは，医療施設や高齢者の施設，医療機器などを利用している道内であった．命を守るために電気が必要な人が多数おられることが改めて認識された．今後，大規模災害発生の際，命に直結する施設での電力の確保に最優先で取り組む必要がある．

4．風水害

4.1　極端化する気象災害

1947（昭和22）9月にワシントンD.C.で開かれた国際気象台長会議において，世界気象機関条約が採択され，同条約は1950（昭和25）年3月23日に発効し，世界気象機関（WHO：World Meteorological Organization）は同日をもって正式に設立された．このWMOは，2018年7月に「北半球で極端な豪雨と高温が発生」と報告した．すなわち，日本では6月末から7月初旬にかけて，記録的豪雨による洪水と地滑りで200人超が死亡した．また，中東オマーンのクリヤットでは6月

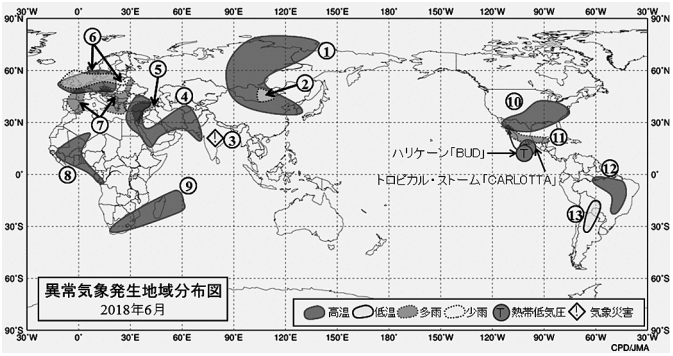


図-4.1　異常気象発生地域分布図
2018年6月（気象庁HP）

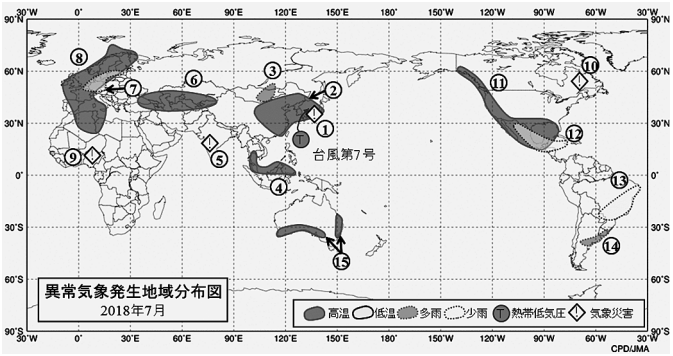


図-4.2　異常気象発生地域分布図
2018年7月（気象庁HP）

28日に一日の最低気温として42.6℃，米国カリフォルニア州のデスバレー国立公園では7月8日に最高気温52℃を記録した．

カナダではケベック州で高温多湿により多数の死者が出た一方，ニューファンドランドとノバスコシアで季節外れの雪が降った．北ヨーロッパでは干ばつと高温が続き，北極圏で30℃を超え，スカンジナビアやバルト海地域で山火事のリスクが高まっている．

世界的には2018年6月は同月として史上2番目の高温，2018年は今のところラニーニャ現象が発生した年としては最も高温となっている．中央太平洋の熱帯低気圧や欧州の豪雨，東アフリカの干ばつ，オーストラリア，アジア，南アメリカを襲った熱波などの極端気象に，温室効果ガス排出や土地利用などの人間活動が影響した．

このような極端気象の個々の事象が気候変動に起因すると特定はできないが，全体として温室効果ガスの濃度上昇に伴う長期的傾向と一致するとし，気候変動の影響が指摘されている．

4.2　過去の治水対策

河川行政から見ると，1896（明治29）年の河川法が近代河川制度の始まりで，昭和まで舟運を考えた低水工事から洪水対策の高水工事であった．戦後のカスリーン台風（1947年），伊勢湾台風（1959年）等によって大きな被害が出たので，1964（昭和39）年に河川法が改正され，治水に加え

て利水も考える政策へと変わった．また，河川管理も「区間主義」から「水系一貫主義」になり，一級河川は国，二級河川は都道府県へと管理者が一元化された．その頃から5カ年計画等に基づき治水事業が計画的に行われ，河川整備は進んだ．しかし，高度成長期に，東京や大阪などで，時間雨量30 mm程度で浸水被害が頻発するという状況であったので，川幅の拡張や調整池の築造などの対策を講じた結果，効果は上がった．しかし，2004年には10個の台風が日本に上陸して，新潟や福島，福井などで大きな被害が生じた．

人口増加した首都圏，特に東京都における，中小河川の護岸整備では，1958年の狩野川台風によって都内の約50万戸が浸水する戦後最大の水害が発生し，これを契機に目標整備水準が時間30 mmから時間50 mm対応に引き上げられた．最近は時間雨量100 mmを超える豪雨が頻繁に発生するようになり，2012年からは，都内区部では75 mm，多摩部では65 mm対応とする整備を目指している．

対策を「ハード」「ソフト」という区分から分析すると，洪水域を見極めつつソフト対策で対応していた時代から，次第に堤防などで河川を抑え込むようになり，ダムや堤防といったハード対策の治水施設を中心にして河川を制するようになった．しかし，近年の気候変動などに直面し，施設対応だけでは限界があるのではないかとなり，一時期は超過洪水などハード対策を超える事態を「天災」として受け止めかけていた．それをあきらめないという風潮となり異常気象による強大化する水害から生命と財産を「まもる」ためにソフト対策に再び目が向けられるようになってきている．すなわち，社会のレジリエンス（強靭化）を確保する方向にあると言える．

4.3　平成30年7月豪雨（西日本豪雨）

1）豪雨の原因

7月5日から本州付近に停滞する梅雨前線の活動が活発になり，九州から東北にかけて広い範囲で断続的に非常に激しい雨が降り，各地で記録的な豪雨となった．

6日の夕方から8日にかけて，11府県（福岡県，佐賀県，長崎県，広島県，岡山県，鳥取県，兵庫県，京都府，岐阜県，高知県，愛媛県）で大雨特別警報が発表された．この降雨により，48時間降雨量は123箇所，72時間降雨量は119箇所で観測史上1位を記録し，広域災害となった（図-4.3.1参照）．

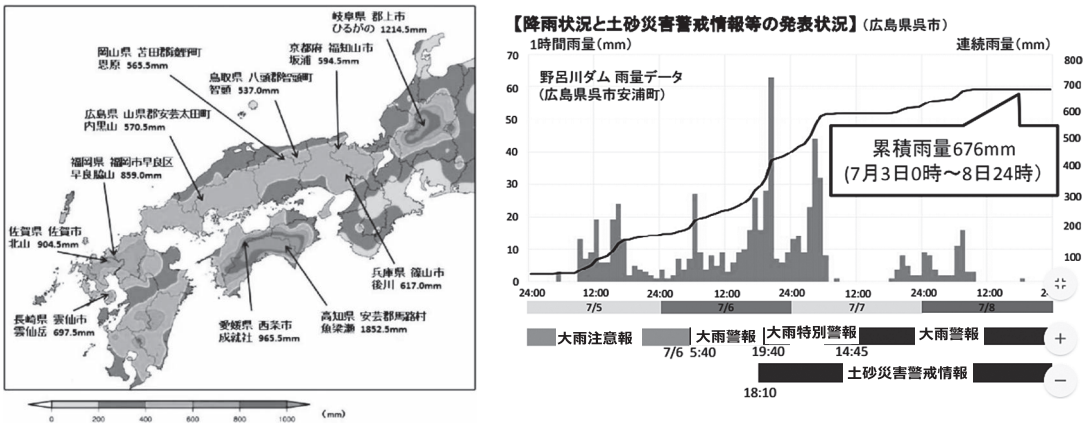


図-4.3.1　広域にわたる降雨量（出典：国土交通省HP）

では，なぜこのような豪雨になったのか．

直接の原因は，気圧配置が変わらずに梅雨前線が停滞したことである．その結果，太平洋高気圧の縁をまわって前線に湿った空気が流れ込み続け，大量の雨を降らせた．

気象庁の見解では，「今回の豪雨の前に台風7号が北上した．通常であれば日本の南海上にある水蒸気を大量に含む暖かい空気を取り込んで運ぶが，台風が北上しても大きな積乱雲の塊が残った．海水温が高い状態が続いていたことが影響して，この雨の元になる大量水蒸気が太平洋高気圧の縁を流れる風に運ばれて前線の雨を降らせた」である．これは，2017年の九州北部豪雨と同じ原因である．

2）土砂災害

広範囲かつ長時間の降雨により，たった一度の災害で1道2府28県において過去10年間の平均発生件数1,106件を上回る土砂災害が発生し，平成最大の死者数となった（表-4.3.1参照）．

特に，広島県を中心にまさ土が広範囲に分布する中国地方では，土砂が下流に大量に流れ，河積を阻害した結果，市街地に大量の土砂を伴う氾濫が発生した．広範囲で交通網が寸断され，経済，物流にも甚大な影響を及ぼした（写真-4.3.1参照）．

広島県呉市や坂町周辺では，山頂や尾根近くで土砂崩壊が発生し，谷筋を流れ下り，麓の町まで達した．広島大学被害調査団の航空写真分析結果では，広島県南部の斜面崩壊箇所数は7,000以上で，「一度の雨で発生した斜面崩壊件数として過去最多の可能性がある」としている．

坂町では68年前に石積み工法で築造された砂防ダムが破壊され，大量の土砂が民家を襲った．高齢者らが土砂に埋まった結果，16名が死亡した．

また，国土交通省の集計では，建物・施設などに被害があったところを土砂災害箇所とした集計で数は，1,300以上（過去10年の年平均の発生件数1,106件）となっている．

写真-4.3.1　JR水尻駅前で，土砂に埋まった車

但し，現在の設計基準の砂防ダムが土石流を食

表-4.3.1　平成元年以降の土砂災害により多数の死者・行方不明者が発生した主な気象災害

出典：国土交通省

気象事象名	降雨期間	被災都道府県	土砂災害発生件数	死者	行方不明者
平成30年7月豪雨	11日間	31道府県	1464件	119名	
平成5年8月豪雨	8日間	9県	417件	64名	
平成11年梅雨前線豪雨	11日間	23府県	588件	25名	
平成16年台風第23号	4日間	32府県	800件	27名	
平成17年台風第14号	6日間	18都県	363件	22名	
平成23年台風第12号	8日間	21都府県	208件	78名	16名
平成24年7月九州北部豪雨	4日間	17府県	268件	22名	1名
平成25年台風第26号	3日間	5都県	116件	37名	3名
平成26年前線による大雨（8月豪雨）	6日間	22道府県	369件	77名	
平成29年九州北部豪雨	2日間	6県	316件	21名	2名

い止めたケースが複数あった．この砂防ダムはおよそ2万立方メートルの土砂をせきとめ下流の集落の被害を防いでいる．

3）洪水

平成30年7月豪雨による多量の雨により，国管理河川で2箇所，都道府県管理河川で33箇所，計35箇所で決壊した（図-4.3.2参照）．

高梁川水系小田川流域では，倉敷市真備町で左岸3k400地点および6k400地点の2箇所で堤防が決壊し，大規模な浸水により50名の尊い命が奪われ，甚大な被害が発生した（図-4.3.3参照）．

高梁川は倉敷市街地を貫流し，支川の小田川流域は市街への利便性が高いことからベッドタウンとして宅地開発が進んでいる．その一方，小田川は低平地を流下し高梁川に合流する河川のため，高梁川の水位の影響を大きく受け，1972（昭和47）年，1976（昭和51）年に発生した洪水では，氾濫により多くの被害が発生するなど，浸水被害の常襲地域となっていた．今回，住宅地である真備町で大規模に冠水が発生した（表-4.3.2参照）．

高梁川との合流地点付近が湾曲して水が流れにくくなっているので，上流側の水位が上昇する「バックウォーター現象」が発生した．その結果，通常は小田川から高梁川に流れ込むところ流れ込めず，小田川が氾濫したと推定されている．

水害の恐れが高く，河川改修の工事が計画されていたが（図-4.3.4参照），残念ながら，未改修であった．なお，倉敷市が作ったハザードマップでも，今回浸水した地区

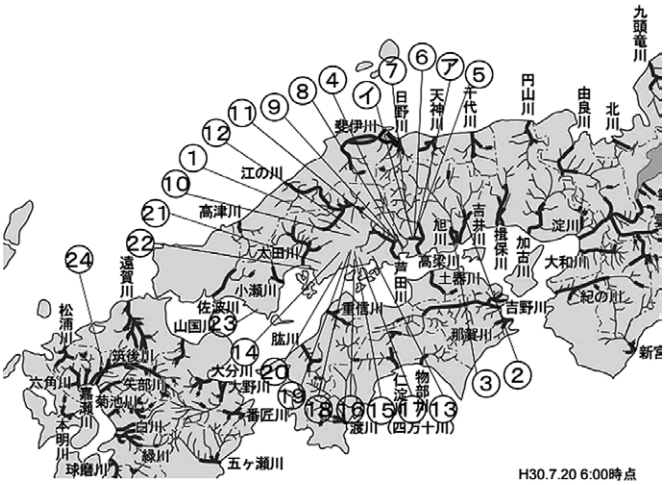


図-4.3.2　平成30年7月豪雨による決壊箇所位置図

表-4.3.2　小田川の被災状況

浸水面積	約 1,200 ha
浸水戸数	約 4,100 ha
堤防の決壊	2箇所（国管理）
	6箇所（県管理）
堤防法崩れ	6箇所（国管理）
	1箇所（県管理）
越水	3箇所（国管理）

図-4.3.3　倉敷市真備町決壊箇所

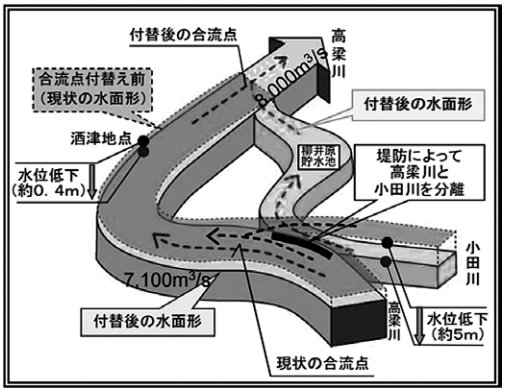


図-4.3.4　対策方法（付替による水位低下）

のほとんどを2階の屋根ぐらいまで浸水する5 m以上と予測していた．

この他，愛媛県西予市野村町でも，肱川の氾濫で浸水被害が発生し，1854年の安政南海地震の被害や復旧状況が記載された資料など貴重な公文書が水に浸かった．保存作業が進んでいる．

4）事前避難の難しさ

現在，国は土砂災害の被害を減らすために「避難」に重点を置いている．自治体に対して，危険のある場所を「警戒区域」に指定したうえで住民に公表し，避難対策を進めるよう求めてきた．しかし2014年の広島土砂災害で警戒区域の指定が遅れていた地域で大きな被害が出たことから，指定前の調査段階でも危険があるとわかれば公表することが義務付けられた．

今回の災害が発生した広島県の土砂災害で被災した地点は，土砂災害警戒区域など危険箇所であることが公表されていた地点が9割近くを占めていた．事前に危険箇所の公表は進み，特別警報や避難勧告が出されていたが，多くの人が逃げ遅れ，避難行動を起こすことの難しさがあらためて示唆されている．

一方，松山市の高浜地区では，3年前に土砂災害の警戒区域が公表されたのを受けて住民たちは自主防災マップを見直し，土砂災害用の避難場所を新たに決めるなど事前の備えをし，住民たちが声かけあって避難をして被害を免れた事例もある．

4.4　台風第21号

9月4日午後 徳島市に上陸した台風第21号は，その後 神戸市に再上陸した．関西国際空港では，過去にも高潮被害があったので，滑走路の護岸をかさ上げしたが，浸水を防げなかった．

関空島は大阪湾の泉州沖約5 kmの軟らかい地盤の上を埋め立てて造られた人工島であり，全長3,500 mA滑走路（I期工事）と全長4,000 mB滑走路（II期工事）の2つの滑走路を持つ24時間離着陸できる空港である．当初沈下はほとんど無いと思われていた「洪積層」も含めて沈下が続いている．I期島は1994年の開港から通算で約3.4 m沈み，今も年間約6 cmのペースで沈下している．

2004年の台風第16号による高潮でI期島の一部が冠水し，05年から護岸の高さを2.2 mかさ上げした．「50年に1度の台風に備える」として，これまで最高だった1961年の第2室戸台風時の大阪市の潮位（2.93 m）を想定して高さを設定したが，4日の高潮で大阪市の潮位は3.29 mとなり，第2室戸台風時を上回った．これは，最大瞬間風速（関空 大阪府田尻町）で観測史上最大の58.1 m/secを記録したように，強風による「吹き寄せ効果」によって，高潮となった可能性が大である．その結果，高潮により，I期工事で建設されたA滑走路が最大約50 cm浸水し，地下に埋設された設備を中心に大半が故障し，全島停電という状態となった．一時期全面復旧までには，平成30年末まで要するとも言われる程，被害の程度は深刻であった（図-4.4.1参照）．

さらに，被害拡大に拍車をかけたのが，大阪湾内に停泊していた航空機用燃料を荷下ろしした人工島への運搬済みタンカーが連絡橋（島内へのアプローチ部の道路用）の桁に衝突し，桁は沓座を完全に外れる状態になった．その結果，関空では，一時 約8,000人が孤立し，停電のために冷房が使

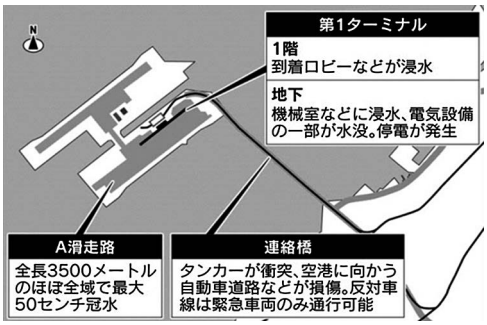


図-4.4.1　台風第21号による関空の被害状況
出典：朝日新聞　一部加工

えず，ターミナル内が蒸し風呂状態となった．島内のコンビニには，食料を求める長い列ができた．衝突した桁と反対側の島外への連絡橋を利用したバスによる脱出と高速船を利用した神戸空港への脱出により，5日には完全脱出が実現出来た．

しかし，高速船が出るという情報提供は，「貼り紙」による案内であったため，日本語の分からない外国からの訪問者からは，「言葉も通じない，停電でWi-Fiも繋がらなかった」という苦情が多かった．すなわち，職員教育もインフラも全く出来ていないという内容である．

「地下に設置していた設備が水没した事が停電の大きな原因となり，館内放送が使えず，代替的な伝達方法を用意しておくべきだった」という謝罪コメントを運営会社の関空エアポートは発表している．

海外からの観光客で潤っていた関西圏（特に，大阪）では，甚大な経済損失となった．国際線の再開が1ヶ月遅れた場合，約600億円の経済損失となるという予測も発表された．実際は，9月8日 国際線B滑走路（2期工事で建設）を使って再開した．この間，「関空は日本経済に必要なインフラである」という観点から大阪府知事は，伊丹空港や神戸空港への振り分けを政府に要請するという状況も一幕あった．

大阪では2019年6月に20カ国・地域（G20）首脳会議が開催予定されている．また，2025年の国際博覧会（万博）の開催も正式決定した．海外からの空の玄関口となる関空の機能不全は，日本の危機管理が問われる事態になりかねない．海からの浸水に加え，強い風で橋が損傷するなど様々なリスク被害を想定すべきであろう．

最後に，強風による災害に対する保険に関して述べる．

①もし，家が壊れてしまったら，火災保険の「風災補償」が適用される．但し，自分の契約に「風災」が入っているかどうか確認する必要がある．契約によっては，一定額以下の被害では保険金が支払われない場合もあるので注意しなければならない．

②物が飛んできて，被害があった場合は，どこから物が飛んできたかによる．もし，どこから飛んできたか特定出来，物が飛ばないように防止装置が取られていなければ，損害賠償を請求出来る可能性がある．どこから飛んできたか特定出来ない場合，損害賠償請求は出来ないので，加入している火災保険で対応しなければならない．

今後ますます，台風が大型化して，「スーパー台風」が今世紀末には日本にも上陸する可能性が大きいと言われている．大阪北部の地震により，屋根瓦に被害が多かった高槻市では，11月末現在でも，ブルーシートがかけられている家屋がちらほら見受けられる．地震被害発生後に台風の強い風に襲われた現状を見て，作業員不足のために復旧工事がはかどらず，自然災害に対して我々人間の無力感を感じざるを得ない．

5．国難となる災害発生の可能性と対策

耐震設計法や液状化対策工法がなかった40～50年前に整備された河川や海岸の沿岸・堤防は，現在 施設の更新時期を迎えている．補強を考慮した設計を実施していなかったので，建設時より大きな地震力を考慮して補強することは難しい場合が多い．

例えば，1997年の河川法，1999年の海岸法の改正に伴い，河川・海岸防災の進め方に総合的なバランスが要求される様になった．すなわち，河川法では，治水以外に利水と環境保護との整合性，海岸法では，環境の整備・保全と適正な利用が求められる様になっている．既存の構造物の

表-5.1　建設後50年以上経過する社会資本の割合

	2013年3月	2023年3月	2033年3月
道路橋（約40万橋） 橋長2m以上約70万）	約18%	約43%	約67%
トンネル（約1万本）	約20%	約34%	約50%
河川管理施設 （水門）（約1万施設）	約25%	約43%	約64%
下水道管渠 （総延長：約45万km）	約2%	約9%	約24%
港湾岸壁 （約5千施設）水深−4.5m以深	約8%	約32%	約58%

出典：国土交通省HP

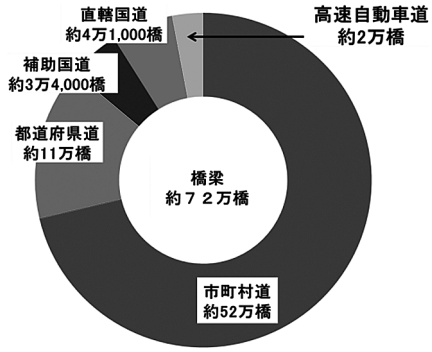


図-5.1　道路種別の割合
出典：国土交通省HP

補強には，このような状況が高いハードルとなることは容易に理解出来る．

高度経済成長期に築造された社会インフラの大半は，現行基準より要求基準が低い当時の耐震設計法に準拠しており，しかも耐用年数を迎えている．例えば，建設後50年以上経過する社会資本の割合を表-5.1に示す．長さ2m以上の約70万の道路橋は，2023年には約43%，その10年後には約67%が建設後50年以上経過する．しかも，約7割以上が脆弱な経済状態である市町村道であるので十分な維持補修が実施されてきたと明言出来る状況ではないと予想される．

約1,000兆円（国民一人あたり約800万円，但し政府内の資金や政府の関係会社も考慮するとこれほどにならないという説もあるが）以上の借金がある国の経済状態では，既存構造物の耐震補強実施には期待薄であろう．

では，撤去・再築造するのか？さらに期待薄であろう．どのように巨大化する自然災害に対峙するかが喫緊の課題として突き付けられている．

今後の防災・減災対策の方向性は，以下の3点と思われる．

①広域災害にしない

西日本豪雨が発生した際，メディアでも防災力欠如が指摘された．

②複合災害にしない

1948年の福井地震の2ヶ月後に豪雨による災害となった．平成30年北海道胆振東部地震の前日に台風第21号による降雨があった．もし，風水害，地震どちらが先に発生しても，巨大災害となる可能性が大きい．

③長期化にしない

もし，南海トラフ巨大地震が発生すれば，広域災害となることが指摘されている．施工会社に30年以上在籍していた筆者の目からは，被災したインフラの復旧に長期間を要すると思われる．特に，「ガス」と「水道」である．

1995年兵庫県南部地震が発生した際，全国のガス会社がそれぞれの関連会社の社員，技術作業員を引き連れて参集した．神戸市，芦屋市，西宮市および宝塚市と限られた地域で活動・復旧作業を実施した．しかし，南海トラフ巨大地震が発生すれば，より広域を対象として活動せねばならない．さらに，ガス会社の組織下に入っている専門施工会社では，技術作業員（とくに，若手）

不足が指摘されている．

また，水道専門業者もしかりである．鉄管を中心に埋設されている水道管が巨大地震によって破損した場合，地震前と同じ重い鉄管を敷設するという施工を繰り返すのか？もっと，施工性の優れた材質の管路で復旧することにより，早期復旧を目指すという姿勢が重要と考えている．

次に，国難災害に対して「今 我々は 何を為すべきか」について述べる．

筆者は，地震工学を生業にしているので，将来発生する可能性が大である注目すべき地震としては，「首都直下地震」「南海トラフ巨大地震」にどうしても目が向いてしまう．関西に居住しているので，南海トラフ巨大地震に対しては，2011（平成23）年の東北地方太平洋沖地震以降，特に注目度が増している．一度に破壊した場合（1707年の宝永地震），数十時間の時間差で発生した場合（1854年の安政地震－安政東海地震，安政南海地震）および数年間隔で発生した場合（1944年の昭和東南海地震，1946年の昭和南海地震）など破壊形態が3分類されて，既往地震として記録されている．

安政東海地震の震源域の東側で，1944年の昭和東南海地震では破壊されなかった領域が空白域であり，駿河湾地震の切迫性があるという見解から1978（昭和53）年6月に「大規模地震対策特別措置法（以下，大震法）」が成立し，「地震予知推進本部」が設置された．

この背景には「地震予知」が可能であるという考え方があった．具体的には，地震発生の2～3日前に前兆をとらえて内閣総理大臣が「警戒宣言」を発表し，これを受けて被害が予想される「強化地域」では地震が起こる前に住民を避難させ，交通機関を止めるなど厳しい規制をかけて被害を防ぐというシナリオが想定されていた．

しかし，1995年の兵庫県南部地震が突然発生し，地震予知に疑問が投げられ，「地震防災対策特別措置法」が成立し，科学技術庁（現，文部科学省）内に地震調査研究推進本部が設置された．これによって，地震が発生する「時期」「場所」「規模」を決定論的に予測する地震予知から，将来の地震発生を確率論的に評価する地震予測へと推移した．

とくに，活断層や海溝型地震の地震発生確率の長期評価や確率論的地震動予測地図の公表を行った．国民は「今後30年以内の発生確率」を以前よりも強く意識したかもしれない．

さらに，2011年に東北地方太平洋沖地震が発生し，事前に明快な前兆現象をとらえられなかったこと，想定を超えるM9.0の地震になって甚大な被害を出したので，南海トラフ地震対策についての再検討が行われた．

かつての地震予知研究では，限界に達して大きく跳ね返る前にプレートがくっついた部分がすべり始めるので，その動きをとらえて地震を予知して警戒宣言を出そうと考えていた．しかし，研究が進んだ結果，すべり始めても途中で止まって地震が起きない場合もあることが分かってきた．したがって，「プレート境界面のすべり」に対する認識が変わった．すなわち，2017年8月に内閣府中央防災会議の作業部会「南海トラフ沿いの地震観測・評価に基づく防災対応検討ワーキンググループ」の最終報告書案が示され，「直前予知」を断念･警戒宣言を凍結した．これを受け，気象庁は同年11月から異常な現象を捉えた場合には，南海トラフ沿いの地震に関する評価検討会を開催し，「南海トラフ地震に関連する情報（臨時）」を発表することになった．

南海トラフの想定震源域でM8級の地震が発生した場合（半割れ），残る地域での地震発生が懸念されるので，1週間を目途に避難することとなった．なお，M7級の地震，スロースリップの場

合は，巨大地震に備える避難は求めない．各自治体が防災対応を個別に定めるためのガイドラインを策定する手順となっている．

地震予知が出来ないのであれば，新たな防災体制を構築せねばならない．前触れ無く地震が起こることを前提に，「建物の耐震化」や「津波からの避難対策」などを積極的に実施する必要がある．とくに，2016年の熊本地震のように巨大地震が複数回襲来することを想定すれば，少なくとも人命を助けるという防災の観点からは，1回目襲来後の「耐力評価」を確実に実施して構造物の壊滅的破壊を防がねばならない．したがって，短時間内で「定量的」に把握することが重要であるので，既存の非破壊検査を計画しておくために，「調査グループ」と「構造解析グループ」について地震発生前に綿密に計画立案しておくことがポイントになると思われる．

図-5.2　半割れと一部割れのイメージ図

少子・高齢化社会のみならず，人口減少社会もすでに到来している一方で，戦後の高度経済成長期に築造された公共構造物は間もなく寿命の時期を迎える．経済的余裕がない我が国の状況を踏まえて，構造物の長寿命化が図られようとしているが，十分な耐震化が実現しているとは言い難い．

このような状況下で，巨大地震が襲来すれば，どのような状況となるのだろうか？

また，近年は豪雨災害が頻発している．同じ場所に積乱雲が次々に発生する「線状降水帯」により長時間の豪雨となり，大規模かつ広範囲の土砂災害や浸水被害が発生している．今までとは異なり，1時間以上にわたる長く激しい豪雨が発生する頻度が増えている．その原因のひとつは海水温の上昇により，大気中に水蒸気がどんどん供給されて積乱雲ができることである．さらに都市部では，暑い夏に空調設備の排熱などで空気中の水蒸気の供給過多による「ヒートアイランド現象」等の影響で「ゲリラ豪雨」が発生すると考えられている．

地震で地盤が緩んだ地域に豪雨が発生すると，土砂災害，建物被害，浸水災害などが発生する可能性が高くなる．豪雨による土砂災害の際，山から流された木が凶器となり，建物にぶつかれば大きな被害となる．東日本大震災では，海溝型地震による激しい揺れの後に広範な地域を大津波が襲い，さらに福島県の原発事故が重なって大きな災害となった．「弱り目にたたり目」とでもいうべき事態，これが「複合災害」である．2011年以降，確実に「想定外」を想定する必要があるという状況になってきている．このように，「巨大地震による災害」と「風水害」を組み合わせて，最悪のシナリオを考慮して対策を立てておくことが重要である時代になってきている．

都市部の複合災害で注意したいのは，浸水被害である．1959（昭和34）年の伊勢湾台風による高潮被害が思い出されるが，現在では地震後弱くなった堤防が決壊して発生する「外水氾濫」と下水が処理能力を超えて逆流する「内水氾濫」が同時に起こる可能性がある．その場合，短時間のうちに浸水して都市機能が失われ，地下街や地下鉄，ビルの地下などの機械室が水没すると電源も入らない事態となる可能性がある．とりわけ，南海トラフ巨大地震では，大阪湾に流入した津波が対岸への衝突・反射をくり返すのでなかなか収まらないことが予測できるので，さらに危険性が増す．

その一方，近年は高い精度の予報が可能な時代になった．「世界第2位では駄目ですか？」で一躍有名になった「スーパーコンピュータ京（現在は世界8位のスピードであるが，使い勝手はNo.1と言われている）」を使って，「地震」や「風水害」に対して以前よりも精度の高い都市域全体の災害予測が可能となっている．

科学は日々進歩している．しかし，都市生活者には常に，最新の気象情報を自身で得る心づもりが重要である．自分が今いる地域で雨がやんでも，上流で降った雨が時間をおいて流れてきて河川が氾濫する場合があり，さらに，海に近い下流域なら大潮時は危険性が増す．災害時に自分の身を守るために必要なことは，想像力である．この災害を察知する力を，私は「知恵」と呼びたい．77人の死者が出た広島の土砂災害（2014年8月）では，早く異変に気付いた人のお蔭で人的被害を間一髪で免れた地区があった．異常に気づく感性と普段の近所づきあいも重要である．

最近，同じような災害が多発している．災害がどのような条件で発生したかを記憶し，似た条件の場所に自分がいたならば危険性があると認識すべきである．普段の生活内で「知識」を得て，人を助けるという「意識」を持てば「共助」にも繋がる．風水害は予測することでその被害の規模を抑えることができるであろう．「歴史に学ぶ」姿勢が求められている時代，一人ひとりの防災意識の向上こそが最大の防災・減災対策になることを信じている．

6．まとめ

世界経済フォーラム（ダボス会議）は2018年1月，現実となる恐れが最も高いリスクとして異常気象を挙げている．一方，アメリカではトランプ大統領がパリ協定からの離脱を宣言したが，グーグルやアップルなど巨大企業が再生可能エネルギーで電力の100％を達成したと発表するなど脱炭素化への大きな流れは変わることは無いであろう．

しかし，今世紀末の気温上昇を2℃未満に抑え，激化する災害で命や暮らしを奪われる人を出来る限り少なくするためには，変革をさらに社会全体で加速していく必要がある．

温暖化傾向にますます拍車がかかることが懸念される．このため，降雨量の増加に伴い，洪水，

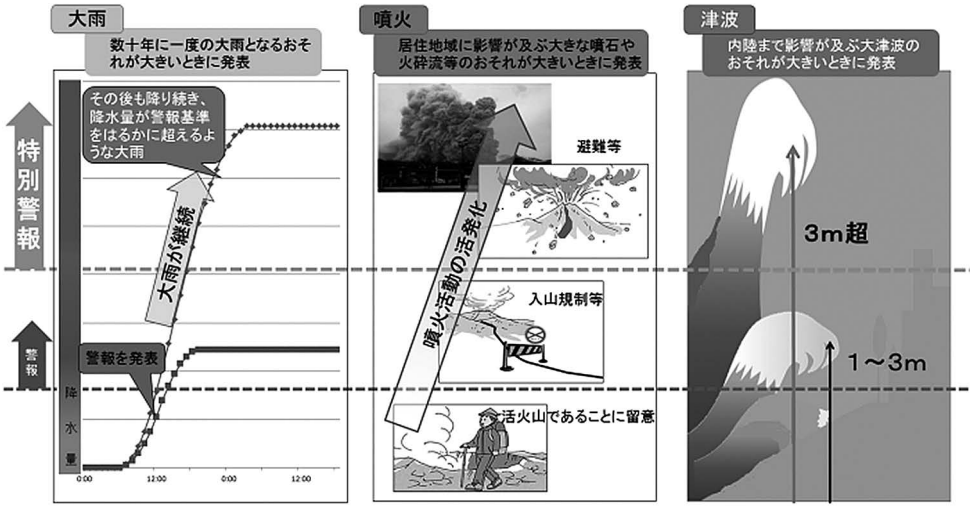


図-6.1　特別警報のイメージ

表-6.1　洪水・土砂災害の警戒レベル分け

警戒レベル	住民がとるべき行動	避難情報等 （市町村）	防災気象情報・水位情報等 （気象庁，国土交通省，都道府県）
（洪水・土砂災害） 警戒レベル5	既に災害が発生しており， 命を守るための最善の行動	行動を促す情報 災害の発生 （出来る範囲で発表）	自ら行動をとる際の判断に参考となる情報 （市町村の避難勧告等の発令に資する情報） 指定河川洪水予報，土砂災害警戒情報， 警報，危険度分布 等 ・住民の自発的な避難に資する情報を公表 ・気象庁と施設管理者等が連携し，避難情報のレベルごとに，発令に資する情報を市町村へプッシュ情報を基本として提供
（洪水・土砂災害） 警戒レベル4	・速やかに立退き避難等 ・直ちに命を守る行動 （事態が切迫している場合等）	・避難勧告 ・避難指示（緊急）	
（洪水・土砂災害） 警戒レベル3	高齢者等は立退き避難 その他の者は立退き避難準備等	・避難準備 高齢者等避難開始	
（洪水・土砂災害） 警戒レベル2	避難に備え自らの避難行動を確認する ・ハザードマップ等により避難リスク，避難場所や避難経路，避難のタイミング等を再確認 ・避難情報の把握手段の確認，注意 等		行動を促す情報 注意報
（洪水・土砂災害） 警戒レベル1	災害への心構えを高める ・防災気象情報等の最新情報に注意 等		警報級の可能性 警報級の現象が予想されるときに，その可能性を高・中の2段階で発表する情報

土砂災害の規模が大きくなり，頻度も増えるであろう．

そのような中，表-6.1に示すように，気象庁が特別警報，各自治体が避難情報を流しても，家屋の屋根や屋上に上がって，救助を待つという状況を表す映像を近年，特に多く目にするのは筆者だけでないと思う．

そこで，平成30年7月豪雨の教訓を受けて，中央防災会議では洪水・土砂災害時の避難行動のあり方についての検討結果を報告書案としてまとめた．その中で，住民と行政の役割を「住民が自らの判断で避難行動をとり，行政が全力で支援する」と明記している．また，分かりやすく情報を提供するために，自治体が出す避難情報と気象庁が出す防災・気象情報を表-6.1のような5段階の警戒レベルで表すことにした．

また，1995年の兵庫県南部地震以降，地震発生の静穏期から活動期に入ったと言われている．

このような環境下で，従来の「防災」から一歩踏み出し，「縮災」「事前復興」というkey wordまで出て，災害発生前に如何にハード対策をせねばならないかを示唆している．

一方，ソフト対策では，発生直後からの議論に終始し，「自然の威力」に対しては，「地震発生時如何に身を守るか」や「避難所運営」など受け身の姿勢が多いように思える．そこで，自然災害に対峙できるよう，自分の生命は自分で守るために，各自が積極的に「知恵」を持つという文化になることを願っている．さらに，自然災害の発生メカニズムに対する「知識」を持ち，人の生命を助けるという「意識」を持つことにより，さらに一層「防災抑止力」向上を目指す社会になることを願っている．

なお，分析には，国立研究所法人 防災科学技術研究所K-NETデータを使用させて頂いた．

参考文献

(1) 国土交通省，平成30年7月豪雨における土砂災害の被害実態　平成30年9月11日
(2) （公財）土木学会，レジリエンス委員会報告書「『国難』をもたらす巨大災害対策についての技術検討報告書」2018