

地球規模の自然災害の増大に対する

安全・安心社会の構築

報告書参考資料

報告書参考資料目次

1 序論	31
2 災害要因となる自然現象の解明と予測	34
(1) 地震	35
(2) 津波	37
(3) 火山噴火	39
(4) 気象と温暖化	41
(5) 気候変動	45
(6) 海象	47
3 国土構造と社会環境の変化がもたらす災害脆弱性	51
(1) 国土構造の変化	51
(2) 基盤施設等の脆弱性	53
(3) 社会及び生活の変化	56
(4) 組織・体制・財源に関わる脆弱性	58
(5) 開発途上国の状況	60
4 自然災害の現状と予測	63
(1) 自然災害の現状と今後及び対策への課題	63
(2) 近年の自然災害と提起された課題	76
5 社会基盤整備の適正水準の考え方	81
(1) 既設社会基盤整備の災害軽減効果	81
(2) 防災社会基盤整備の適正水準の考え方	83
(3) 巨大災害の防災対策 首都直下地震を例として	86
(4) 適正水準に対するコンセンサス形成に向けての取り組み	86
6 災害に強い社会の構築	88
(1) 自然災害に強い国土構想	88
(2) 自然災害に強い社会構造	92
(3) 防災教育と災害経験の伝承	100
(4) 国・自治体・各機関の役割と連携	102
(5) 自然災害の予測精度向上と自然災害軽減に関する研究開発	109
(6) 世界の自然災害軽減への貢献	113

7 自然災害軽減に向けて日本学術会議が果たすべき役割	116
(1) 研究・開発での役割	116
(2) 政策・施策の提言	117
(3) 国民への発信	117
(4) 国際共同研究の推進	118

1 序論

我が国の周辺では北米プレート、フィリピン海プレート、太平洋プレート、ユーラシアプレートの 4 つのプレートがせめぎ合っており、内陸部には多数の活断層が分布している。このため、プレート境界で発生する地震、沈み込むプレートの内部で発生する地震、内陸部の活断層等の地殻内で発生する地震の 3 タイプの地震が発生する。このように地震が発生する地勢にある我が国は、1995 年から 2004 年における M6.0 以上の地震回数が全世界の 22.2% を占めており、世界でも有数の地震国である。

また我が国の海岸総延長は約 35,000km に達する。国土面積当たりの海岸線延長は、諸外国と比較しても、米国の約 45 倍、韓国の約 4 倍、英国の約 2 倍等となっている。このため、日本は高波及び津波の被害を受けやすい地勢にある。

さらに、我が国の国土は南北に細長く、その中央部には脊梁山脈があり、平野は国土の約 3 割に満たない。このため、河川は急勾配となり、降雨は山から海へと一気に流下し、毎年のように水害や土砂災害が発生している。さらに平野部にゼロメートル地帯が広がっていることから、洪水のみならず高潮による被害の危険性も高い。また、太平洋で発生する台風は、太平洋高気圧の縁を廻って北上し、日本付近を通過する傾向があり、このため我が国は台風の常襲地帯となっている。

以上のように、我が国は地震、津波、風水害などの自然災害による被害を受けやすいという宿命を持っている。

近年においても 1995 年 1 月の兵庫県南部地震以降、2004 年 10 月の新潟県中越地震や 2005 年 3 月の福岡県西方沖地震など、家屋・建物や社会基盤施設に被害を及ぼした地震がこの 12 年間に 12 回発生している。また、集中豪雨による河川の氾濫や竜巻など異常気象に起因していると考えられる災害が頻発するようになって来た。また都市域ではヒートアイランド現象による集中豪雨が都市災害を多発させている。

一方、世界では 2004 年 12 月に発生したスマトラ沖地震・津波ではインド洋沿岸諸国で 23 万人以上の死者が発生した。その後も、国外ではパキスタン北部地震、インドネシアジャワ島地震が発生し、多くの生命と財産が失われ続けている。また、2005 年 8 月に米国南西部を襲ったハリケーンカトリーナに見られるように、巨大化したハリケーンや台風が世界各地で甚大な被害を発生させ、自然災害が全球的に拡大、深刻化する傾向を見せている。

自然環境と社会環境の変化によって自然災害の様態が変わりつつあり、この傾向は今後も続くものと推定される。自然環境の変化として、地球の温暖化とそれに起因する海面上昇、都市域のヒートアイランド現象、森林と耕地の喪失、砂漠化の進行及び河川・海岸の侵食などが挙げられる。これらの自然環境の変化が集中豪雨・豪雪、巨大台風・ハリケーン・サイクロンの発生、異常少雨と異常高温及び高潮・高波の災害の危険性を増大させている。

また、自然災害の度合いを増幅させる要因として国土構造と社会構造の災害に対する脆弱化が顕著になりつつある。少子・高齢化、都市圏の過密化、山間部と沿岸部の過疎

化、地域コミュニティにおける共助意識の衰退と災害経験伝承の不足等が考えられる。また、自然離れや過度の電子機器依存による生活などライフスタイルの変化も災害に対する脆弱性を増大させる要因となっている。さらに国、自治体の財政状況の悪化による防災社会基盤整備の遅れや、地方の建設産業衰退による災害予防と災害復旧のための要員の不足が懸念される。

開発途上国では貧困が自然災害を拡大、深刻化させる最も大きな要因となっており、このことがさらなる貧困につながるという悪循環が形成されている。

我が国では、南海トラフ沿いの東海地震・東南海地震・南海地震、東京湾北部の地震及び宮城沖の地震が、近い将来大都市圏を含む地域に極めて甚大な被害を与える可能性があると考えられている。中でも、東京湾北部の地震は85万棟以上の建物・家屋を倒壊、焼失させ、死者11,000人、避難者450万人の未曾有の大災害になると予想されている。経済被害額は110兆円に達し、我が国はもとより世界の政治・経済活動にも極めて深刻な影響を長期間にわたって及ぼすことになる。

以上のような自然環境の変化と社会基盤の脆弱化の状況下で将来の自然災害に対して、短期的な経済効率重視の視点から、安全・安心な社会の構築を最重要課題としたパラダイムへの変換が求められている。

日本学術会議はこの課題に対して、理学、工学、生命科学及び人文科学分野の研究者、実務者より構成される課題別委員会「地球規模の自然災害に対して安全・安心な社会基盤の構築委員会」を組織し、自然災害に関する現時点での知見・情報を集約して、将来の自然災害軽減の方策を取りまとめ、これを広く社会へ発信することとした。課題別委員会に3つの分科会、分科会1：地球規模の自然環境の変化と自然災害の予測、分科会2：災害に対する社会基盤の脆弱性の評価と適正な社会基盤整備の水準と配備に関する検討、分科会3：災害軽減のための社会システムと危機管理の在り方の検討、を設け課題の検討が行われた。

この中で、平成18年6月に国土交通大臣より、日本学術会議会長に対して「地球規模の自然災害の変化に対応した災害軽減の在り方について」の諮問がなされた。地球規模の自然環境の変化や社会の自然災害への脆弱性が進行する状況下で、今後想定される災害の態様を分析し、明らかにすること、災害の態様の変化を踏まえ、国土構造や社会システムの中で、災害に対する脆弱性がどの部分に存在するのかを評価すること、及び効率的、効果的に災害を軽減するための今後の国土構造や社会システムの在り方を検討すること、が主要な諮問内容である。この国土交通大臣からの諮問内容は本課題別委員会の検討課題に密接に関連していることから、諮問に対する答申を本課題別委員会が審議することになった。

本文は委員会報告書の参考資料として位置づけられるもので、7章によって構成されている。図1.1に本委員会における検討と報告書の記述の流れを示す。

まず、第2章では地震、津波、火山噴火、気象と温暖化、気候変動、海象など災害の要因となる自然現象の解明の調査・研究の現況と、これに基づいた将来予測について記述している。

第3章では、国土構造、社会基盤施設、社会システムなど社会環境の変化がもたらしている災害脆弱性について述べるとともに、開発途上国の災害脆弱性の要因を記述した。

第4章では、第2、3章を受けて、地震災害、津波災害、風水害など今後予想される自然災害について述べるとともに、砂漠化と大気汚染が及ぼす影響について言及している。さらに、地震災害と風水害の重複などによる複合災害の危険性について検討するとともに、最近のハリケーンカトリナ、都市水害及び新潟県中越地震による被害を検証し、これらの自然災害によって浮きぼりにされた社会の脆弱性について述べた。

第5章では、既設社会基盤の整備がこれまで自然災害軽減に果たして来た効果を検証するとともに、防災社会基盤整備の適正水準の考え方、適正水準に対する合意形成の方策について述べるとともに、首都直下型地震を一つの例として巨大災害への防災対策について記述した。

第6章では、自然災害に強い国土構造と社会システムを構築するための方策を示すとともに、防災教育と災害経験伝承の重要性を強調した。また、災害軽減のために国、自治体、NPO及び地域住民の役割と、自然災害の予測精度向上のために推進すべき調査研究課題とそのための組織・体制について記述した。さらに開発途上国を中心として、世界の自然災害軽減のため、我が国が今後果たすべき役割をまとめた。

第7章では、自然災害軽減に向けて学際的研究分野の創出、政策・施策への提言、国民への発信及び国際共同研究の推進など、日本学術会議が今後果たすべき役割をまとめている。

本対外報告は、課題別委員会「地球規模の自然災害に対して安全・安心な社会基盤の構築委員会」における審議結果をとりまとめたものであるが、自然災害の軽減は人文科学、生命科学など多分野にわたっており、今後広分野からの広い視点に立った総合的な検討を継続する必要がある。また、防災分野の研究者のみでなく、防災対策や社会基盤整備に関わる行政の実務者、国民さらには報道機関担当者等を巻き込んだ広範な検討が不可欠である。本対外報告を一つの出発点として広く国民的な検討が進められることを期待したい。この中で、日本学術会議には、本課題に関する活動を継続的に展開し、国内外の自然災害軽減のための中心的な役割を果たすことが求められている。

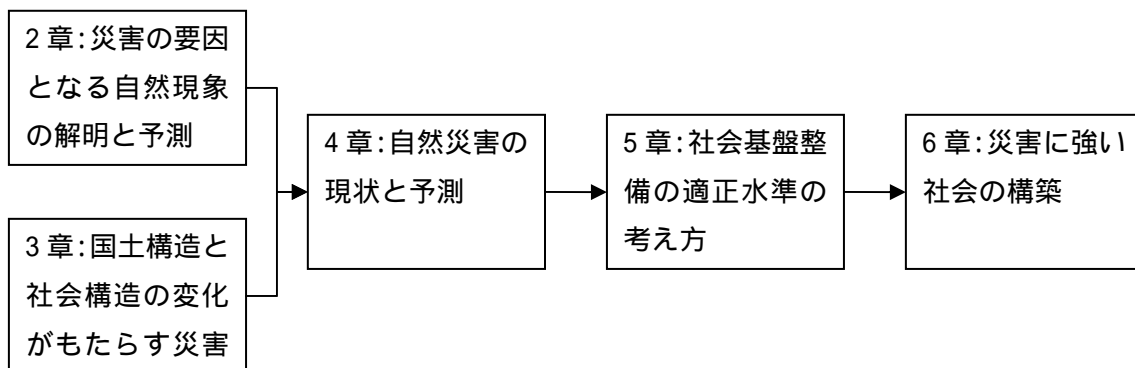


図 1.1 課題別委員会「地球規模の自然災害に対して安全・安心な社会基盤の構築委員会」検討の流れ

2 災害要因となる自然現象の解明と予測

地震・津波・火山噴火・極端気象など、災害の要因となる自然現象については、現場観測やコンピュータシミュレーションなどによって、現象の発生や推移の予測も含めた研究が行なわれている。それぞれの現象については、以下の各節で詳しく述べられるが、これらの現象に共通することを最初にまとめる。

災害を軽減するためには、現象の「予知」、「予測」、「予報」が重要であるが、これらの意味するところは少しずつ異なっている。自然現象を支配する物理法則をどの程度理解できているかによって、「予測」と「予知」とが使い分けられる。自然現象を引き起こす物理法則を理解した上で、その法則に則って将来どうなるかを算定するのが「予測」である。気象・気候・地震の長期予測・津波の到達時刻などは、現在の科学レベルで実用的な「予測」が可能である。一方、物理法則が必ずしも明らかでないが、観測網を設置し前兆現象を検出して大地震や噴火の発生を推定するのは「予知」と呼ばれる。そして、その結果を社会に広く知らしめるのが「予報」である。地球温暖化（Global Warming Projection）は地球温暖化予測と訳すことが多いが、経済政策などのシナリオにも依存する議論であるから、地球温暖化の見積もり、あるいは推定とすべきであろう。これらの推定には、物理現象のモデルや社会環境も含めたシナリオに依存する部分が大きく、そのような不確実性を統計的に評価することが重要である。また、科学的な推定結果を政策に反映させる際には、このような不確実性を考慮する必要がある。同時に、「予測」や「予知」の精度を上げるため、観測モニタリングシステムを持続的に充実させ、同時に基礎的な研究も推進することが重要である。

自然現象の「変動」と「変化」についても、その違いを認識する必要がある。「変動」とは平均的な状態からのずれを指し、そのずれ幅の大きさが変わることがあっても、平均値は変わらない。一方、長期間にわたって平均値が変わるのが「変化」である。地球温暖化については、産業革命以降の二酸化炭素などの濃度の増大と、1970年代後半以降に著しくなった地表温度の上昇との関係を議論するものであり[1]、気候変動ではなく、気候変化である。したがって IPCC: Intergovernmental Panel on Climate Change を「気候変動に関する政府間パネル」、UNFCCC: United Nations Framework Convention on Climate Change を「国連気候変動枠組み条約」と訳したのは誤りであり、それぞれ「気候変化に関する政府間パネル」、「国連気候変化枠組み条約」とすべきなのである。地球温暖化の下で大型台風や集中豪雨などの異常気象・海象現象が頻発しているが、これらは気候変動である。温暖化や気候変動に関する政策を立てる際、「気候変化」と「気候変動」、「地球温暖化推定」と「気候変動予測」の概念の違いを明確に意識する必要がある。

1995年兵庫県南部地震のように活断層で発生する地震、2004年インド洋津波のような地球規模の大津波、巨大噴火などは、数百年～数千年に一度という低頻度の現象である

が、ひとたび発生すると甚大な被害が発生する。このような低頻度巨大現象については、まず、地質学的な調査などによって、いつ・どの程度の現象が発生したのかを明らかにする必要がある。このような低頻度巨大現象による自然災害に対して十分で万全な対策を講ずることは容易ではないが、少なくともこのような大規模現象が近い将来に発生した場合に、どのような被害が発生するのかを推定しておくことは重要である。実際の防災対策にどのように反映するかについては、科学に留まらない議論が必要である。

(1) 地震

「地震」というと、一般には地面の揺れを意味するが、専門家は揺れの源である断層震源を指す場合が多い。地震学では地震による揺れを「地震動」と呼び、その強さを震度で表わし、震源の大きさを地震規模（マグニチュード）あるいは地震モーメントで定義する。

地震は世界のどこでも起きるのではない。地球の表面を覆っているプレートの相対運動によって、プレート間やプレート内部に局所的にひずみが蓄積することにより応力が高まり、プレートを構成する岩石の破壊強度を超えることにより岩石のずれ破壊が生じる。この破壊の衝撃が波となって伝わって行くのが地震波である。また、ずれ破壊の痕跡が断層である。したがって、地震とは断層運動ともいえる。

日本周辺の太平洋岸の海底では、海洋プレートが陸のプレートの下に沈み込んでおり、これらプレート境界では、蓄積したひずみが断層運動として解放され、M8クラスの巨大な地震が発生する。典型例が東海沖から四国沖にかけて南海トラフ沖沿いに繰り返し発生する東海・南海地震や南海地震である。相模トラフ沿いに起こる関東地震、千島海溝沿いの十勝沖地震も同様のメカニズムで発生する。これらの地震は100年～200年の繰り返し間隔で起こっている。

一方、沈み込む海洋プレート内部にもひずみがたまり、ずれ破壊でプレート内地震が発生する。1933年三陸地震、1993年釧路沖地震、1994年北海道東方沖地震などはこのタイプの地震で、繰り返し周期は分かっていない。これらの海洋のプレート内地震も海溝域周辺に発生するので、プレート間地震と合わせて海溝型地震とも呼ばれている。

大陸プレート内部に蓄積したひずみにより起こる地震が内陸地殻内地震である。これらのひずみが集中するのが活断層で、そのほとんどは平野や盆地と山地の境界に存在する。同一の活断層で地震の発生は短くても数百年、長いと数万年に1回と、海溝型に比べて低頻度である。しかし、これらの活断層は都市の直下や周辺に存在することが多く、頻度は小さくてもいったん発生すると大きな被害地震を引き起こす。その典型例が1995年兵庫県南部地震である。

大きな被害をもたらす地震を事前に予知して避難など減災対策に生かすのは国民の切実な願いである。地震予知はできるのか？大地震の予知は、発生場所、規模、及び

発生時刻を事前に特定する必要がある。これらは「地震予知の三要素」と呼ばれている。最近の研究で、これらのうち大地震の発生場所や規模についてはかなり詳細に分かってきた。日本周辺については、海溝型地震の震源域や内陸地殻内地震を引き起こす主要な活断層から場所だけでなく規模についてもある程度予測できるようになってきた。しかし、M7 程度以下の地震については、あらかじめ震源を特定できない地震も発生する。また、海溝型地震を含めて発生時刻の予知は依然として困難である。

大地震の発生を数日から数時間程度の時間スケールで予知しようというのが直前予知である。大地震の発生前には前兆現象が現れた事例があり、そのための観測網を整備することにより、直前予知ができる可能性がある。一方で、前兆現象については、「前兆すべりモデル」が研究されているものの、実用化されるレベルにはいたっていない。また、前兆現象のための観測網も東海地域を除いては整備されておらず、常時監視されていない。したがって、いわゆる「東海地震」(南海トラフの東端で発生するとされる M8 クラスの地震)を除いては、大地震の直前予知は困難である。

地震の発生を直前に予知するのではなく、同じ震源域から繰り返し発生する地震について、次の地震の発生を確率で予測する方法が開発されてきた。これが地震発生の長期予測と呼ばれるものである。もし、地震が時間的にランダムに起きているとその発生間隔はポアソン過程に従う。一方、ある程度の規則性(周期性)を持っている場合、更新過程として扱うことができる。歴史記録や地質学的な痕跡の調査から、実際の地震発生間隔の分布はランダムでなく、同じような規模の地震(固有地震)の繰り返し間隔がほぼ一定の周期とばらつきであらわされる確率分布に従うことがわかってきた。この確率分布としては、地震発生の物理過程を考慮した BPT (Brownian Passage Time) モデルが用いられることが多い。南海トラフ地震に繰り返し発生する東南海地震や南海地震に BPT モデルを適用した結果、予測値と観測が調和的なことが明らかになった。活断層についてもトレンチ調査などにより地震の歴史がわかればこの手法で地震発生の確率が評価できる。

政府の地震調査研究推進本部地震調査委員会は、日本の主要 98 活断層帯に発生する固有地震及び 6 海溝域に発生する海溝型地震を対象として、繰り返し周期が分かる場合は BPT モデルを適用し、周期の分からない場合はポアソンモデルを適用して、地震発生確率を求め、公表してきた。活断層で発生する地震はその繰り返し周期が長いことから、今後 30 年間の確率は数字としては大きくなる。1995 年兵庫県南部地震は、地震発生前の時点で発生確率は最大 8%であった。地震調査委員会が公表した地震発生確率は、神縄・国府津～松田断層帯が最大 16%、糸魚川～静岡構造線断層帯が 14%をはじめとして、7 つの断層帯で兵庫県南部地震の発生確率を上回っている。海溝型地震については、今後 30 年間に 60%の発生確率と評価されていた十勝沖地震が 2003 年に発生、99%と評価されていた宮城沖地震は 2005 年に予想されていた震源域の一部に地震が発生した。次の南海地震及び東南海地震については、今後 30 年間の地震発生確率

は、2007年1月1日を起点として南海地震は50%、東南海地震は60%～70%と推定されている。千島海溝沿いでもM8を超える巨大地震が発生確率50%を超えている。まさに日本列島の多くの地域で地震の活動期に入ったといえる。

地震が起こったときの土木・建築構造物の被害及び斜面崩壊や液状化による地盤災害は大きな地面の揺れ、すなわち強震動によって発生する。したがって、将来の大地震に対する災害を軽減するには、地震発生の予測のみでなく強震動の予測が不可欠である。近年地震の観測計器の発達とその整備・普及により、地震が発生したとき遠地のみならず近地域での強震動の観測がなされるようになった。これらの記録を用いて波形インバージョンなどの手法により断層破壊過程や断層パラメータのスケーリング則が明らかになってきた。また、特定の活断層や海溝域に地震が発生した時の強震動を予測する手法も開発されてきた。

地震調査委員会は長期評価によって地震発生の高い活断層（例えば糸魚川～静岡構造線断層帯など）や海溝域（例えば宮城県沖・三陸沖など）を対象として震源断層を特定して強震動の予測を実施し、その結果を公表してきた。また、対象地域に影響をおよぼす地震発生の確率と地震が発生した時の揺れの確率を組み合わせることにより確率論的地震動予測地図の策定方法を検討してきた。1995年の阪神・淡路大震災以後10年間にわたる地震調査研究の推進プロジェクトのまとめとして「全国を概観した地震動予測地図」を2005年4月に公表した。この地震動予測地図は「確率論的地震動予測地図」と「震源を特定した地震動予測地図」という、観点の異なる2種類の地図で構成されている。前者は全国を概観して、地震によって強い揺れに見舞われる可能性の地域差を見ることができる。後者は個々の地震に対して周辺で生じる強い揺れの分布を知ることができる。これらの地震動予測にも、我々の知識やデータ不足による認識論的な不確定性ならびに地震という物理現象そのものが持つ本質的な変動（ばらつき）に起因する不確定性が存在する。

(2) 津波

津波は、海底下で発生する地震・火山噴火・地すべり、あるいは隕石の衝突によって生じた海面の変動が伝わる現象である。津波の「津」は「港」を指すが、広くは沿岸を含む浅い海域を意味する。その名の通り、津波は外洋では小さくても、海岸に近づくにつれて大きくなり、ときとして沿岸に甚大な被害をもたらす。一方、地震などで津波が発生し沿岸に到達するまで若干の時間的余裕があることから、適切な観測と解析がなされれば津波の来襲前に警報を出し、被害を軽減することができる。

日本沿岸は多くの津波の被害を受けてきた。中でも三陸沿岸では、1896年の明治三陸津波によって死者約22,000名という日本最悪の被害を受け、その後1933年の昭和三陸津波の際にも死者約4,000名という被害が発生した。日本海側でも、1983年日本海中部地震による津波（死者100名）や1993年北海道南西沖地震（地震による犠牲者

も含めて 200 名以上) という被害が発生している。地震以外の原因によるものとしては、1792 年雲仙火山の噴火に伴う眉山(長崎県島原市)の崩壊によって有明海で津波が発生し、対岸の熊本県も含めて 15,000 名もの死者を出した。様々なタイプの津波により被害を繰り返し受けているのである。

2004 年 12 月 26 日にインドネシアのスマトラ島沖で発生した巨大地震による津波は、インド洋の周辺諸国(インドネシア・スリランカ・インド・タイさらにはアフリカ東岸)に大きな被害をもたらした。この地震は M9 クラスと世界最大級の規模で、震源はスマトラ島沖のスンダ海溝であったが、地震による海底変動はインド領のニコバル・アンダマン諸島へ向かって 1,000km 以上にも及んだ。この地震によって生じた津波は、約 2 時間後にタイのプーケットやベンガル湾を渡ってスリランカに到達、さらに 8~12 時間後にはアフリカ東海岸に到達した。

海底で発生した巨大地震の断層運動によって海底に地殻変動が生じ、急激に海底が沈降あるいは隆起する。2004 年スマトラ島沖地震の場合、海底が上下に数 m 動いたことにより海面にも凹凸が生じ、それが海の波となって、インド洋を伝わった。今回初めて、人工衛星によって外洋を伝播する津波の挙動が捉えられたが、その振幅はインド洋中央部では 1m 以下であった。

津波の伝播速度は水深の平方根に比例する。水深が 4,000m の外洋では時速 700km とジェット機なみの速さで津波は伝わるが、岸に近づくにつれて遅くなり、水深が 40m の沿岸では、時速約 70km と自動車なみにスピードが落ちる。先端でのスピードが低下し、後方は依然として速いスピードであるために、全体として波長が圧縮されて波の高さが増幅する。さらに、海岸に達しても陸上を駆け上がり、内陸へと遡上していく。スマトラ島沖地震による津波も、スマトラ島沿岸で最大 30m、タイやスリランカでも 10m を超える大きさとなった。

このように地球規模で被害をもたらす津波は、環太平洋においても発生している。1960 年に南米チリで発生した地震は M9.5 と、2004 年スマトラ沖地震よりも規模が大きかった。この地震による津波は約 15 時間後にハワイを襲って死者 60 人を出し、約 23 時間後には日本へ到達、北海道・東北地方を中心とする太平洋岸で最大 6m、死者・行方不明者約 140 人という大きな被害を出した。

チリ地震が発生した 1960 年は、プレートテクトニクスが出現する前で、巨大地震の発生メカニズムも知られておらず、また地震観測網も整備されていなかったため、地震の大きさを推定するのも容易でなかった。実際、この地震のメカニズムや規模が判明するまでに、10 年以上の年月が必要であった。

過去半世紀の地球科学の進歩により、現在では、地震発生直後に地震記録を解析し、津波予報が出されるようになっている。地面の揺れをもたらす地震波も、海面の上下をもたらす津波も、同じ震源から伝わってくるのだが、津波の伝わる速度は地震波より遅いため、地震計の記録から震源や規模を推定し、津波の到達前に津波予報を出す

ことができる。気象庁では全国約 180 点からの地震観測データを監視・解析し、地震発生後 2~5 分で津波予報を出している。また、予め津波を発生させる地震を各地で想定し、沿岸部への到達時間と波高を数値解析で求めておきデータベースに蓄積している。地震発生後に場所や規模が推定されるとデータベースの中から適切なモデルを抽出あるいは補充し、到達時刻や波高も含めた量的な津波予報値が出される。さらに、リアルタイムの水位観測によって津波の発生を確認し、必要がなくなれば津波警報を解除するのも、津波予報システムの重要な一部である。2004 年インド洋津波の際には、地震の発生・津波の危険性は地震の直後に指摘されたが、これらの情報はインド洋沿岸の住民には届かなかった。

津波の原因となる巨大地震・火山噴火・地すべり・隕石の衝突などは、いずれも発生頻度が低い。これらの中で最も頻度が高い巨大地震でさえも、ある地域に注目すれば、その繰り返し間隔は数十年~数百年と、人間の一生や社会基盤の耐用年限に比べて長い。このため、地震や津波に関する科学的なデータも十分に蓄積されていない。2004 年インド洋津波の波源域であるニコバル諸島やアンダマン諸島では、過去約 200 年間に M8 クラスの大地震が発生したことが歴史記録から知られており、これらの地震がこの地域における最大規模の地震と考えられてきた。ところが、2004 年のスマトラ島沖地震は M9.2 と桁違いに大きなものであった。

超巨大地震は数百年程度の繰り返し間隔で発生するため、歴史記録のみでなく地質学的な痕跡の調査が不可欠である。また、数多くの地点で調査・研究を行い、事例を増やすとともに比較・検討することが重要である。ここ数年間に、南米・北米・日本周辺などの環太平洋で行なわれてきた地質学的な調査によれば、スマトラ島沖地震のような超巨大地震は数百年程度の繰り返し間隔で発生することがわかってきた。日本周辺でも、過去に発生した非常に大きな津波の痕跡が次々と発見されている。

また、地震波に比べて異常に大きな津波を発生する「津波地震」があることが知られている。前述の明治三陸地震や 2006 年 7 月にジャワ島で発生した地震は、地震波はそれほど強くなく、地震動による被害はほとんど無かったが、その後の津波は大きな被害をもたらした。早期警報システムなどは、地震波の解析結果を基準に津波の規模を推定し発令するために、津波地震の場合には過小評価になりやすい。津波地震については、その発生メカニズムの研究、津波警報システム、沿岸住民への啓発など、今後の課題が多く残っている。

(3) 火山噴火

火山活動は地下深部で生成された高温のマグマによりもたらされるが、その組成や物性はさまざまである。たとえば富士山や伊豆大島火山を構成する玄武岩マグマの場合その粘性率は $10^3 \text{Pa} \cdot \text{s}$ 程度であるが、雲仙普賢岳のようなデイサイトマグマの場合には $10^{12} \text{Pa} \cdot \text{s}$ まで達するなど、化学組成が異なると物性が 9 桁も変化することがある。

したがってマグマが地表に向かって移動する速度もさまざまである。また、地下で高圧下にあるマグマには揮発性成分が溶解しているが、マグマが地表近くに達すると溶解度が下がって発泡する。この気泡がマグマから分離する程度によって噴火の様式にさまざまな影響がもたらされる。マグマの上昇過程で揮発性成分がマグマから速やかに散逸すれば、マグマは溶岩流や溶岩ドームとして地表に現れ、爆発的な噴火は起こり難い。しかし、マグマの上昇過程での揮発性成分の分離が不完全であると、地表近くで爆発的な噴火を起こして破砕物が上空まで運ばれ、多量の火山灰が広域に降下、堆積する。噴煙が崩壊して火砕流が発生することもある。このような爆発的な噴火であっても、噴出物量が少ない場合は火口周辺にのみ影響を及ぼす噴火にとどまるが、 1km^3 をこえるような大噴火になると、火山体から十数 km の地域が火砕流の被害を受けたり、数十 km 以上も離れた地域まで降下火山灰による災害を被ることになる。

火山噴火はマグマが地表近くまで接近することにより生じるので、噴火前に物質の移動に伴う地殻変動や地震活動が発生する。また、高温の物質の移動にともなって、地表近くの岩石の磁化が減少したり、地表や地下水に熱異常が生じることも多い。このため、火山噴火予知は地震予知に比べて容易であると考えられている。実際、過去の噴火事例が豊富で、噴火前兆に共通の要素が見られる場合には、経験則に基づいても、かなりの確度で噴火時期を特定することができる。しかし、静穏期が数百年あるいは数千年になる火山もあり、この場合には地震や地殻変動などの近代的な観測データが蓄積されていないことから、最近の観測データから異常が把握できても、噴火時期を特定することは容易ではない。また、先にのべたように化学組成によってマグマの物性も大幅に変化するため、前兆現象が観測されてから実際の噴火に至るまでの時間もさまざまである。短期的な予知ができて、数時間で噴火が開始し、対応できるだけの時間的余裕がないこともありうる。

最近では GPS 等の地殻変動観測により、地下におけるマグマの蓄積状況をかなりの程度把握することも可能になった。蓄積量が分かれば、数年レベルでの中期的な予知が可能な場合もある。2000 年三宅島噴火の直前には前回の 1983 年噴火の噴出量に相当するマグマが地下数 km の深さに再蓄積していたことが判明していた。このことから、三宅島の再噴火が近いことは予想されたので、種々の観測が計画されているうちに噴火が始まった。しかし、一般には蓄積量が分かっても、噴出時期や噴出規模が予測できるわけではない。確実な予測のためには、観測精度を上げる努力をするとともに、マグマ蓄積から噴火に至る過程のモデルの構築を行い、観測データに基づいて地下のマグマの状況を的確に把握できるようになることが必要である。

また、火山災害は噴火の規模だけでは決まらない。同じ量のマグマを噴出するにしても、溶岩流として長い時間をかけて噴出するか、爆発的な噴火を行って短時間で終了するかによって、災害の質も程度も変化する。溶岩流の移動速度は一般に遅いため、溶岩流から避難することは火砕流等に比較して容易であるが、溶岩流により埋められ

た地域では、数年から数十年にわたって居住不適地となってしまう。爆発的噴火によって降灰が著しい地域では、その後の降雨によって土石流が発生し、二次災害が長期にわたって継続することになる。しかし、このような噴火の様式を噴火開始前から予測することは困難であり、今後、地下を移動するマグマが揮発性成分を失っているかどうかをあらかじめ把握できる手法を開発する必要がある。

しかし、噴火時期や規模や様式の事前予測が万全でなくとも、火山災害を軽減する努力は必要である。このためには噴火発生後も火山活動の状況の把握と推移予測を行うことが重要である。一般に噴火活動が一回の噴火で終わることはまれで、数日から数ヶ月にわたって継続する。雲仙普賢岳噴火のように数年にわたって継続する噴火も珍しくない。しかも、時間の経緯とともに噴火の様式や規模が変化することもよくある。したがって、噴火の開始後も機動的に観測を展開し、推移を把握することが必要である。

噴火履歴が比較的良好に分かっている火山の例を見ると、火山噴火は決して規則正しく静穏期と活動期を繰り返しているわけではない。激しい噴火を行った後、比較的小規模な噴火を繰り返すようになったり、数十年間活発な活動を繰り返した後、数百年程度活動を休止する火山も少なくない。我が国でも18世紀には、樽前山元文噴火、浅間天明噴火、桜島安永噴火、富士山宝永噴火のように規模の大きな爆発的な噴火が頻発したものの、1783年の浅間天明噴火を最後に大きな爆発的噴火は発生していない。また、20世紀には、噴出物量が1km³をこえるような規模の大きな噴火は桜島大正噴火を除いて発生しておらず、日本の火山活動としては静穏な時期にあった。これらの火山ではもともと数百年おきに大噴火を行ってきたことが知られている。21世紀には複数の火山で比較的規模も大きい噴火が起こることも想定しておくべきであろう。

火山噴火でも地震と同じように、規模が大きいほどその発生頻度は低くなる。それでも、我が国の場合、噴出物量が300億トンを超えるような巨大噴火の数が最近12万年間に18回に達する。最新の巨大噴火は7,300年前の鬼界カルデラ噴火であり、平均6,000年に1回程度の頻度で生じる噴火が、既に7,000年以上発生していない。この点では、巨大噴火がいつ我が国で起こっても不思議ではない。このような低頻度巨大災害にどのように備えることができるかについては、今後社会科学も含む広い視点からの検討も必要であろうが、少なくともどのような頻度で起こるのか、前兆把握ができるのかなど科学的な調査を行う必要がある。

(4) 気象と温暖化

2006年も、梅雨明けが遅く、自然災害が多発した年であった。特に、地球シミュレータを用いた温暖化予測によって示された気候変化と同じような状況が再現されたという点で、多くの人に地球温暖化との関係思い起こさせた。2005年のハリケーンカトリーナや、2006年の欧州や米国の猛暑など、相変わらず異常気象が続いている。こ

これらのことは、国民の間に、地球温暖化問題を、現実の、自分たちが直面する問題として考えさせることを促した。この結果、「将来はどうなるのだろうか？」という漠然たる不安とともに、「人間活動により地球温暖化がおきているのは本当か？」という疑問が繰り返しなされるようになった。

集中豪雨や竜巻は、積乱雲の活動の結果として発生する。このような積乱雲は、通常の天気予報に出てくる高低気圧より一桁水平スケールが小さい、メソスケール現象として現れる。水平スケールの小さい現象を、1日以上前からの確に予測することは不可能に近い。したがって、現在の対応策は、実況監視とナウキャストと呼ばれる短時間予測が主力である。実況監視については、気象レーダー網、アメダスで代表される地上観測網、さらに、下層の風を連続観測できるウインドプロファイラー網、さらに、水平風が観測できるドップラーレーダー網の展開と、着実に進展してきている。現在の短時間予測は、レーダーなどで観測された積乱雲の今後の変化を、今までの経過とそのときの風を用いて予測するものであり、3時間先程度が実用の限界である。しかしながら、この短時間予測に関しては、雲を直接表現できる非静力学モデルの開発が強力に推し進められており、近いうちに、1km 格子の予報モデルが実用化されることと思われる。

地球温暖化については、気候モデルを用いた温暖化シミュレーションを中心に精力的な研究が進められている。温暖化研究の問題点は、計算機の能力に限界があり、十分な分解能を持つ気候モデルが作られていないこと、また、我々の自然に関する知識には限界があり、依然として未解明なプロセスが多く存在することである。したがって、依然として、温暖化予測については予測の幅が存在する。

しかしながら、着実に、我々の知見は進展している。計算機については、我が国の「地球シミュレータ」が口火となり、次から次へと高速の計算機が開発されてきた。現在では、我が国の「京速コンピュータ」計画のように、ペタフロップス時代が到来しようとしている。近いうちに、雲を表現できるような気候モデルが実用可能となり、温暖化予測に伴う多くの不確定なプロセスが確定してくることが期待される。また、要望の大きな地域的な気候変化に関する情報についても、より具体的な情報が提供できるようになるとと思われる。事実、東京大学気候システム研究センター、国立環境研究所、地球フロンティアによる、地球シミュレータを用いた高分解能大気海洋結合モデル（これを K-1 モデルと呼ぶ[2]）の結果によれば、東アジアの梅雨に関する変化や黒潮の変化など東アジアの地域的な気候変化の情報が得られている[3][4]。

地球温暖化が進行したときに、台風や集中豪雨などが如何に変化するかについては、現在、積極的に研究が進められているところである。特に、気象研究所では、20km 格子や 5km 格子の大気大循環モデルを用いて研究が行われた。ここで、気候というのは、長期間平均したときの状態を示唆しているのに対し、集中豪雨や台風などは、個々の気象現象であることに注意する必要がある。20 世紀の温暖化していない気候であって

も、集中豪雨は存在したし、大きな台風は存在したことから判るように、温暖化した気候でも、集中豪雨が起きない年もあれば、台風が来ない年もありうる。

今までの研究から結果をまとめると、台風については、総体としての数は減少するものの強い台風の数が増加する傾向が指摘できる（図 2.1 参照）[5]。コンピュータの進展に従い、ますます、現実的に台風を再現するモデルが、この分野の研究に投入されており、近い将来、さらに定量的な結論が得られることであろう。

集中豪雨については、温暖化した気候の下では、明らかに多く発生すると考えられる[6]。現在の気候でも熱帯域での積乱雲に伴う1時間雨量は、温帯域より多いことは知られており、強い雨が増加することは確実である。気象と社会の相互作用の中で社会に被害を与えたときに集中豪雨と認識されるのが普通である。現在の日本の社会基盤は、当然のことながら現在の気候条件の下に整備されており、気候条件が温暖化すれば、より多くの強い雨が発生すれば被害が多く発生するであろうことは疑いのないことと思われる。

温暖化の影響や対策の研究が必要であるが、このような研究を進める際にも、温暖化予測の不確実性が問題となる。現在の知見では、温暖化予測の不確実性を無くすること、言い換えれば、完全な将来予測は不可能であると考えられている。その代わりに、予測と同時に、不確実性に関する情報、あるいは、精度に関する情報も同時に提供しようとしている。したがって、今後は、このような不確実性に関する情報を取り入れた、影響評価や対策の研究が必要になると考えられる。

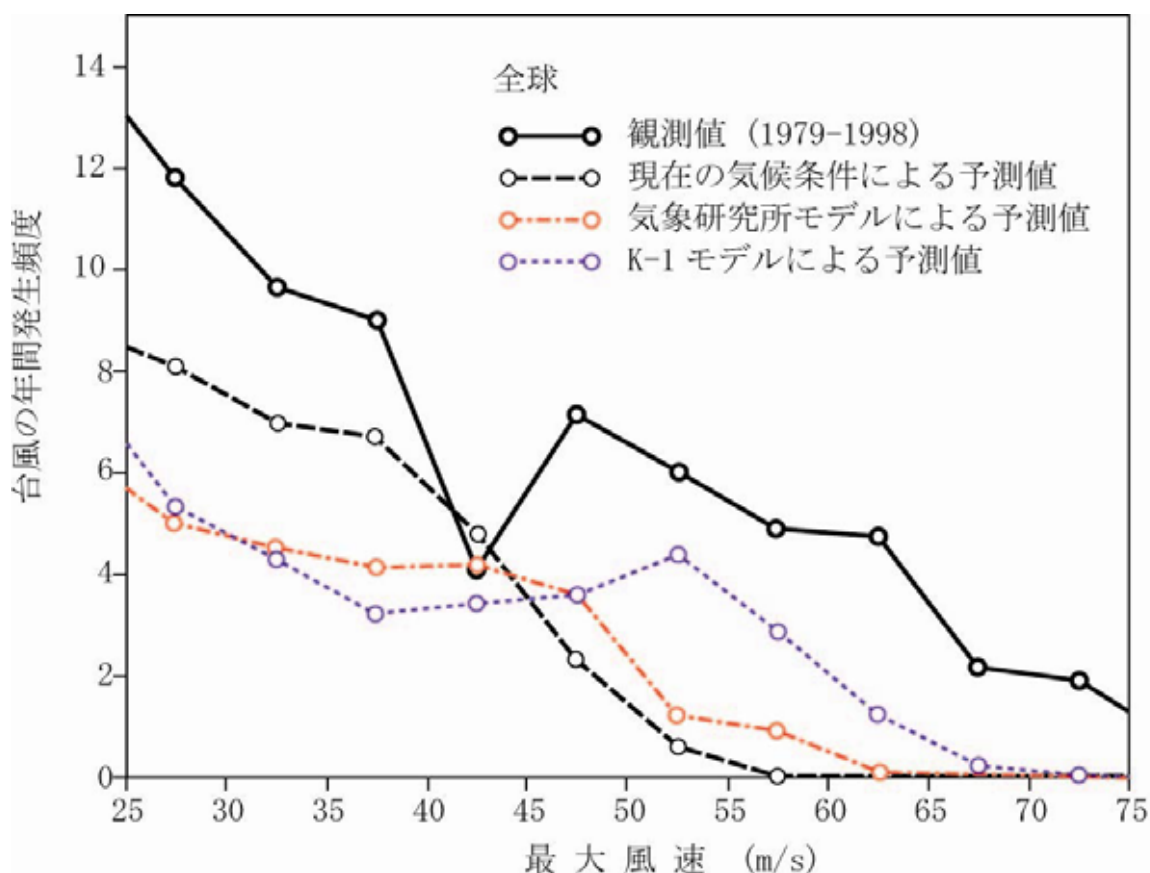


図 2.1 大気大循環モデルから計算した台風の頻度分布*
 (大気海洋結合モデルから予測された海面水温偏差を与えて、
 台風の年間発生頻度を計算したもの[4].)

* 計算された台風のヒストグラムは観測値（実線）を完全には再現していないが、モデル同士を比較することにより、気候条件が変化した際の台風の規模と発生頻度の傾向を予測することが可能である。黒い破線が、現在の気候条件から予測した台風発生ヒストグラム。赤い鎖線や、紫の点線が温暖化した気候での台風のヒストグラム。両者を比較すると、温暖化した気候では、最大風速の小さい台風は現在の気候条件よりも減少するが、最大風速の大きい台風は逆に増加することがわかる。

(5) 気候変動

「気候変動」は Climate Variations に対応する用語で、大気や海洋の気候の平年状態からのずれ（偏差）を意味する。ここで気候の平年状態としては、通常過去 30 年間の平均を用いることが多い。一方、「気候変化」は Climate Change に対応する用語で、気候の平年状態が長期的に変化することである[7]。

太平洋の熱帯域に 4~5 年くらいの間隔で発生し、世界各地に異常気象を引き起こすエルニーニョ現象は、典型的な気候変動の現象である。我が国は 2004 年夏に猛暑、2005/6 年冬には豪雪に見舞われたが、この猛暑や豪雪などは気象現象であっても、異常な季節を平年の状態と比較するならば気候変動に属する。

気候変動の予測は、衛星や現場観測から得られる地球観測データを初期値として、大気海洋システムの初期値問題を解き、数ヶ月から数年先までの未来現象を実際に予測 (Predict) するものである。社会に直接的な影響を及ぼす異常気象、異常海象、あるいは大気や海洋の極端現象は、自然界の変動である気候変動によるものであって、この予測に向けた努力が直接的に防災、減災に有効なのである。地球温暖化はこのような自然変動現象の振幅や発生頻度、現象同士の関係に長期的な変調を与えるものとして理解すべきである。

地球の気候システムは、太陽から短波として受ける熱エネルギーを長波の形で宇宙空間に放出し、全体として熱平衡の状態にある。緯度別に見るならば、年間を通して低緯度では過剰な太陽エネルギーの供給を受け、高緯度では過剰に宇宙空間に熱エネルギーを放出しているため、これを補償すべく大気や海洋の循環が低緯度から高緯度に熱を運んでいる。地軸の傾きは太陽からの熱エネルギー供給率の緯度分布に季節変化を与えているが、これは水の相変化による潜熱の放出を伴う大気海洋結合システムの正のフィードバック機構により増幅され、大気海洋の循環に強い季節性をもたらす。海洋や海氷、氷床の熱容量は大きく、この季節性は単年度では地域的に解消せず残差として残るために、これを解消すべく大気海洋システムに経年変動やより長期の変動が生まれる。こうした変動の最も著しいものが熱帯太平洋のエルニーニョ現象である。1999 年にインド洋にもエルニーニョ現象に似た、気候変動現象が存在することが明らかになった[8]。この現象はダイポールモード現象と呼ばれる[9]。この 100 年の間に地上気温は 10 年あたりで 0.06 度の割合で上昇した。注目すべきことは 1976 年以降にこの上昇率が 2 倍に増大していることである。1976 年は気候ジャンプ (レジームシフト) が起きた年として気候研究者にはよく知られている。この年を境に熱帯太平洋ではエルニーニョ現象を表す指数が大きく変化し、また大型のエルニーニョ現象が頻発するようになった。また、図 2.2 に示すようにインド洋ではダイポールモード現象が頻発するようになった。

現在、熱帯太平洋には約 70 台のブイが係留され、リアルタイムで大気海洋データを送ってくるようになっている。1990 年代から、これらのデータを活用して大気海洋結

合大循環モデルを用いた季節予測実験が先進各国で活発に行われるようになった。最近是个々のモデルのバイアスを複数のモデルを用いることで減じる MME (Multi-Model Ensemble) 予測技術が発展している。これにはヨーロッパ諸国の連合による DEMETER (Development of a European Multi-model Ensemble system for seasonal to inTERannual prediction) プロジェクト、アジアでは APEC 気候センター(釜山)を中心とする APCC/CLIPAS (Asia-Pacific Economic Cooperation Climate Center/Climate Prediction and its Application to Society) プロジェクトがある。海洋研究開発機構の地球環境フロンティア研究センターでは初期データと同一モデルでパラメータを組み替える形のスーパーMME 予測実験により 2006 年に発生したインド洋のダイポールモード現象を 2005 年 11 月の時点で予測することに成功した[10]。この現象によるオーストラリア、インドネシアの干ばつや 2006 年秋の赤道域東アフリカの豪雨も的確に予測していたことから、よりダウンスケールした地域気候予測への道を拓いたといえるだろう。

インド洋には太平洋のような現場観測システムはまだ完備していない。そこで地球観測サミットの下で全球地球観測システム GEOS (Global Earth Observing System of Systems) の一環として、日米を中心にオーストラリア、インド、インドネシア、中国などが協力してインド洋係留ブイ計画が進行中である[10]。これが完備するならば、モデルの高度化、データ同化技術の高度化、本格的な MME 予測実験を可能にする次期地球シミュレータの導入により、精度の高い予測が可能になるであろう。

気候変動予測に向けて推進すべき課題は、社会的にも経済的にも大きな意義を持つ気候変動予測の研究開発とそのシステムの構築に持続可能性を持たせること、エンドユーザーや政策担当者が予測情報を利用しやすいように、応用研究を進めること、予測情報を途上国ユーザーに迅速に伝えるメカニズムの構築と応用技術の移転を急ぐこと、等である。

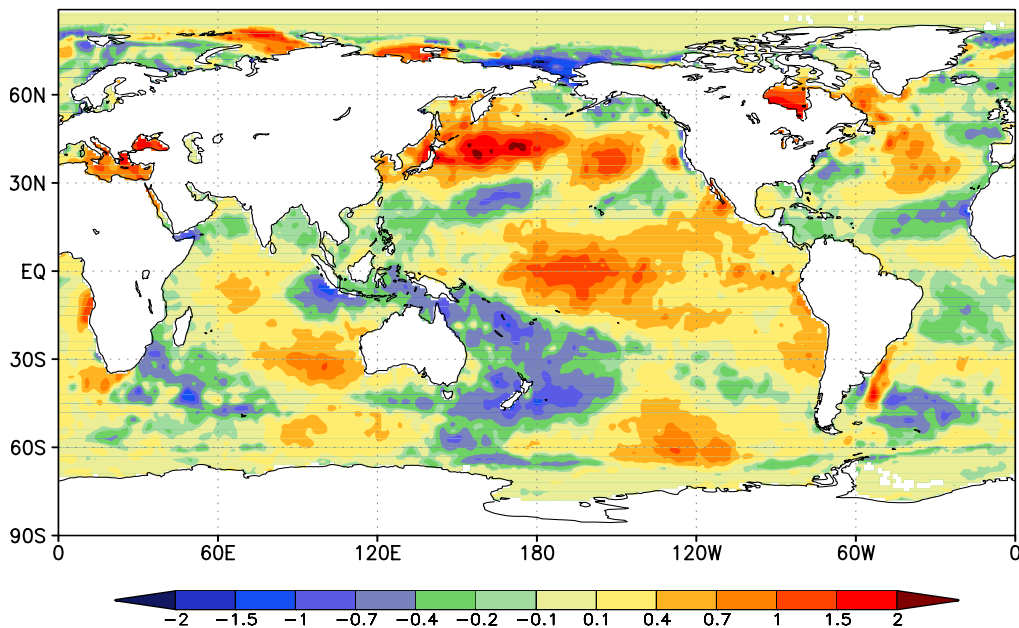


図 2.2 海面水温の長期変化

(1979 年 ~ 2005 年の平均から 1958 ~ 1978 年の平均を差し引いたもの。熱帯太平洋中央部付近の高温部はエルニーニョ現象と呼ばれ、熱帯インド洋における水温分布はダイポールモード現象と呼ばれる)

(6) 海象

海洋は偉大なバッファであり、我々が現在比較的快適な生活を享受しているのもその恩恵といってよい。一方で、あまりにバッファが偉大すぎるので異常現象を異常として捉え難くしている面もある。以下に述べる海象現象は、それぞれに固有の時間・空間スケールを持っているが、そのほとんどが相互に関係しており、問題を複雑にしている。

海象による災害はそのほとんどが沿岸域、内湾など人間活動が盛んなところで発生している。逆に言えば、沿岸域、内湾でようやく確認できる災害ということになる。図 2.3 は気候変化・地球温暖化・気候変動と沿岸災害の相互関係を表している。海面上昇を例に取ると、災害ということもできるし、他の海象現象から見ると脆弱性の増加要因ともとれる。このように気候変化・地球温暖化・気候変動は、災害の原因、脆弱性の両面で沿岸災害の増加に大きく関与している。

有義波高は、第 2 次世界大戦中に海の波の平均的な状態を表す統計量として導出された。有義波高の増加は、海岸侵食の進行にも関係し世界的にも重要な問題であるが、これらの量を長期間にわたって計測・解析している機関は少ない。その中で日本南岸、太平洋北東部、大西洋北東部では比較的密に観測されている。最近、日本南岸の有義波高の増加傾向はエルニーニョ期に台風発生域が東進し、日本南岸の波高増加に効果

的な台風が頻発するとの関係が示唆された[11]。現在のところ気候変動とエルニーニョの出現との因果関係は特定されていないが、最近のエルニーニョの多発については気候変動との関係をうかがわせるものがある。

異常潮位の原因は、黒潮の大蛇行、中規模渦の停滞などがあるがこれらの現象のトリガーについては現状では明確ではない。

海洋にはエルニーニョなどの空間・時間スケールの大きな自然変動が存在する。最近エルニーニョよりも長い周期を持つ10年から数十年の大気海洋の自然変動があることがわかってきた。そのうち近年の気候変動に大きな影響を持っているものに、1970年代半ばを境にした太平洋規模の変動があり、数値モデルで再現されている。

ツバルなど一部地域では海面上昇の影響と思われる現象が観測されているが、全球規模となるとまだ明らかなシグナルは得られていない。最近7年間のTOPEX/Poseidonで観測された海面上昇量と、熱膨張による海面上昇量が良くあうことに注目して、1955年から1996年までの海面上昇量を見積もった結果[12]によれば、全球に一樣な海面上昇はまだ出現していない。IPCCの第4次レポートの予測でも2100年に全球の平均で海面の上昇は18~59cmとなり、第3次レポートの9~88cmよりは誤差は小さくなっているが依然として大きい。100年後海面が上昇しているのは確からしいが誤差を少なくする研究が必要である。

海洋には黒潮、メキシコ湾流のような表層循環と深層大循環があり、合わせて海洋大循環と呼ぶ。北大西洋、南極の一部で重い水が生成し、千年以上の時間スケールを持つ深層大循環のシンク（沈み込み）となっている。地球温暖化により、両極で氷床が融解し淡水（軽い水）が多量に生成されると深層大循環を止める可能性がある。海洋大気熱・物質収支に大きな影響を与えることが示唆され、海洋のみならず地球全体のシステムの変化をもたらす大きな問題である。

最初に述べたように海象現象を純粹に捉えるのは困難である。したがってこれからの研究方向としては、数値モデルなどを組み合わせた精密な観測により、自然変動と人為的な変動を分離し、いち早く気候変化・温暖化・気候変動のシグナルを捉えることが大枠としては重要となってくる。短期間の津波・高潮等の現象に対してはシナリオ型の研究で対応することになる。わかりやすいシナリオとしては、海面上昇 水深の増加 高いエネルギーを持った波の沿岸までの到達 海岸侵食（沿岸災害脆弱性の増加） 津波・高潮の来襲（高潮については、台風の強大化による外力の増加）がある。地震津波に関しては、震源がはじめに固定されるので、気象庁で現在行われている数値予報が有効であるが、高潮の場合は台風の経路のぶれがあるので、海洋の情報を如何に効果的に伝えるかといったソフト面の研究も必要である。

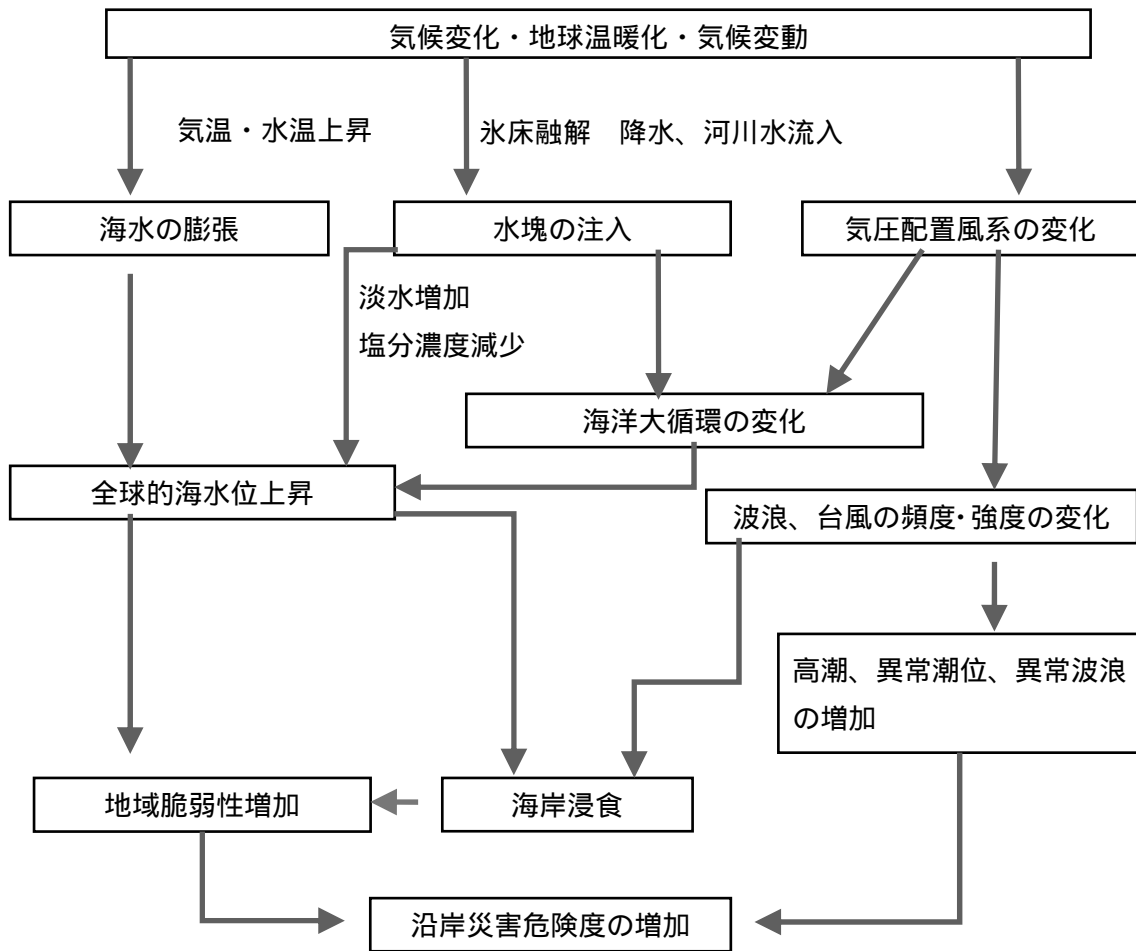


図 2.3 気候変化・地球温暖化・気候変動と沿岸災害の関係

(海岸侵食・海水位の上昇はそれ自体災害の要因であると同時に有義波高の増加・津波・高潮に関しては脆弱性を増加させる誘因でもある。このように海象現象は相互に関係し沿岸災害の増加をもたらす)

-
- [1] 小池勲夫編：地球温暖化はどこまで解明されたか、丸善株式会社、pp.277、2006.
 - [2] K-1 Model Developers, K-1 Coupled Model (MIROC) description, K-1 Tech Report, ed. by H. Hasumi and S. Emori, pp.34, Center for Climate System Research, Univ. of Tokyo, 2004.
 - [3] Kimoto, M., N. Yasutomi, C. Yokoyama and S. Emori, Projected changes in precipitation characteristics around Japan under the global warming, SOLA, 1, 85-88, doi: 10.2151/sola.2005-023, 2005.
 - [4] Sakamoto, T. T., H. Hasumi, M. Ishii, S. Emori, Ta. Suzuki, T. Nishimura, and A. Sumi: Responses of the Kuroshio and the Kuroshio Extension to global warming in a high-resolution climate model, Geophys. Res. Lett, 32, L14617, doi: 10.1029/2005GL023384, 2005.

- [5] 吉村純、大内和良、吉村裕正、水田亮、楠昌司、野田彰：20km 格子全球大気モデルによる温暖化実験における台風 - 海面水温への依存性について -、2006 年度春季大会講演予稿集、pp.77(A403)、日本気象学会、2006.
- [6] Emori, S. and S. J. Brown: Dynamic and thermodynamic changes in mean and extreme precipitation under changed climate, *Geophys. Res. Lett.*, 32, L17706, doi: 10.1029/2005GL023272, 2005.
- [7] 近藤洋輝：地球温暖化予測がわかる本、成山堂書店、pp.174、2003.
- [8] Saji, N. H., et al., A Dipole Mode in the Tropical Indian Ocean, *Nature*, 401, pp.360-363, 1999.
- [9] Yamagata, T., et al., Coupled Ocean-Atmosphere Variability in the Tropical Indian Ocean, *AGU Monograph*, 147, pp.189-211, 2004.
- [10] 海洋研究開発機構ホームページ、
<http://www.jamstec.go.jp/jamstec-j/PR/0610/1016/index.html>
- [11] W. Sasaki, S. I. Iwasaki, T. Matsuura, S. Iizuka and I. Watabe, Changes in wave climate off Hiratsuka, Japan, as affected by storm activity over the western North Pacific, *J. Geophys. Res.*, 110, C09008, doi: 10.1029/2004JC002730, 2005.
- [12] C. Cabanes, et al., Sea Level Rise during Past 40 years Determined from Satellite and in Situ Observations, *Science*, pp.840-842, 2001.

3 国土構造と社会環境の変化がもたらす災害脆弱性

(1) 国土構造の変化

都市への経済活動の集積による脆弱性の増大

昭和 30 年頃にスタートした高度経済成長期を契機とし、地方からの人口移動により、都市部、特に大都市を中心に人口・資産が集中し、金融・交通・物流拠点などの経済活動の集積が生じている。集積による経済効率の向上とともに、道路渋滞・鉄道混雑、老朽化した木造建築物が密集した市街地、アスファルトやコンクリートなどによって覆われた都市空間、地下街・地下施設・高層建築物等の高度空間利用などに起因した自然災害への脆弱性も増大し、経済活動に重大な影響が懸念される。道路渋滞・鉄道混雑時の地震被害の拡大、阪神淡路大震災時に経験された密集市街地における大規模延焼、大地震による高層建築物からの窓ガラスの飛散や構造物内での閉塞による高層難民の発生、短時間集中豪雨による内水氾濫や閉塞性の強い地下諸施設の水没の可能性など、都市型災害の発生の可能性が指摘されている[1]。人口が集中している地域で災害が発生した場合、都市施設の物理的被害に加えて、被災者救済に必要なとされる緊急時の人的資源、救援物資、被災者収容施設の容量が過去に経験のない規模となることが想定され、未経験で複雑な連携が要求される緊急時体制が必要となる。

人口・資産・交通等の集中に加え IT 化の社会システムへの浸透によって、都市機能・経済機能の相互依存性も格段に高まっており、局所的な被災の影響が従来よりも広範囲へかつ波及的に時空間を伝播していく可能性がある。例えば、自然災害によって発生した金融市場の混乱・機能停止による負の波及は直ちに世界に伝播する。シンガポールや香港の台頭により世界における東京の金融機能は相対的に低下しているが、それでも世界第 2 位の経済国家として世界に与える影響は極めて大きく、阪神淡路大震災に見られるように、一度失った世界における経済的地位を回復することは至難の業である。被災による直接的な損害だけでなく、国の信頼をも傷つける可能性すらあり、都市への経済活動のさらなる集積は災害リスクを増加させることとなる。

三大都市圏におけるゼロメートル地帯の拡大と、都市機能の集積が急速に加速している現状に対して、早期に有効な対策をとらなければ国家的規模でダメージを被る恐れがある。

過疎化、森林・耕地の衰退による脆弱性の増大

都市部への人口集中により地方では過疎化が進行した。さらに、少子高齢化の影響も受けて過疎化が一層拡大した結果として、活力が低下した地方の産業構造が変化し、林業や小規模農業が衰退してきている。その背景には、維持管理作業を担当する後継

者が不足し、さらに相続時には土地を手放さざるを得ない状況となるなどの個別の問題がある。

このような産業構造の変化により、中山間地においては森林と棚田・畑等の耕地が荒廃してきている[2]。森林では単一種に偏った植林を行っているため同一種・同一樹齢林特有の表層土壌・根系の形成は、病虫害や自然外力への抵抗力が低く、同時伐採による裸地化等の影響も土砂災害の発生の可能性増大の点で無視できないと考えられる。また、荒れた森林を起源とする流木が増加し、洪水時に橋梁等において埋塞することによって洪水被害が生じやすくなっている。平地においても、水田の減少により流出特性が変化すれば、洪水時の流出に影響することがある。

加えて、過疎化は地域コミュニティを弱体化させ、防災情報の的確な伝達や適切な警戒・避難誘導行動が取れなくなるなど、災害時の危機管理機能の低下を招いている。さらに、過疎化の進んだ地域では緊急医療体制も不足しており、災害時の対応体制に重大な欠陥が生じている。このような過疎化に伴うコミュニティの弱体化の影響は、近隣のコミュニティとの連携をとりにくい離島部や、陸続きではあっても過疎化に伴う離村が進行した沿岸部や中山間地域などの津波や水害・土砂災害によって陸の孤島となってしまう地域において顕著である。

災害脆弱地域への居住地の拡大

我が国では、戦後、特に昭和 30 年代後半以降、経済発展に伴って都市住民が増大し、居住地のスプロールの拡大が始まった。その拡大は先ず郊外丘陵地に向かい、いわゆる都市型水害や急傾斜地斜面崩壊による土砂災害を引き起こした。また、居住地の拡大は低廉な価格の土地を求めて、元々河川が造り出した氾濫原にも向かい、昭和 40 年代に顕著となった地下水くみ上げによる地盤沈下とあいまって水害ポテンシャルを増大させた。臨海部への都市機能の拡大に伴う低平地への市街地の拡大は、高潮や津波に対する危険性を増大させている。特に、日本を代表する東京、名古屋、大阪等の大都市圏は軟弱地盤のゼロメートル地帯に位置し、地震に対する脆弱地帯ともなっている。大都市では、地価の高騰により効率的土地利用が要求され、昭和 60 年代から建物の高層化や地下街の開発が進み、水害、火災や地震などに対する脆弱性を加速させている。

将来の問題として、高齢者の増大と高層居住が挙げられる。高齢者などの災害弱者の居住施設は、ややもすると災害が起こりやすい傾斜地や低平地など地価が安い土地に造られることが多く、将来の高齢者社会では新たな問題を引き起こす可能性が高い。また、高層居住は大震災などの折には居住が困難になり、大量の避難民を生じさせる可能性がある。

また我が国の戦後の都市開発は、無秩序開発による都市郊外のスプロールと中心市街地の危険密集市街地の出現をもたらし、これらは未だに我が国の災害脆弱性の原因

の一つとなっている。

国家中枢機能の集中

我が国では、国家の中枢機能及び政治・経済活動が首都圏に集中している。首都圏直下の地震などにより、この機能が大きく損なわれた場合、我が国はもとより世界に与える影響は極めて甚大で、かつ我が国の国力の長期的な低下につながることも考えられる。

国家中枢機能の保持については首都機能移転等も含めてさまざまな選択肢が想定され、今後さらに検討を要するが、災害脆弱性の観点からは、バックアップによる対策を含めた安全保障上最低限の首都機能維持や世界の金融中心としての機能維持は、世界における責任ある大国として国際社会に対する責務と考えられる。

(2) 基盤施設等の脆弱性

増大する自然災害規模への従来型基盤施設の対応能力

1995年の兵庫県南部地震後、多くの土木構造物の耐震設計法が改定され、その中で兵庫県南部地震の震源近傍域で観測された地震動が構造物の耐震設計用の入力地震動として採用されている。すなわち、M7クラスの地震の震源域の地震動により構造物の耐震性を照査することになった。兵庫県南部地震以前においては、M8クラスの地震によって引き起こされるやや離れた地点（震央距離で30～40km）での地震動を耐震設計において採用していたが、新しく設定された地震動は地震動強度の上で従来からの入力地震動をはるかに上回るものである。新しく採用された地震動を想定して、鉄道、道路等多くの構造物の耐震補強がなされて来た。しかしながら、東海地震などのM8クラスの震源域が大きく陸域まで広がっており、この領域に新幹線や高速道路及び津波防波堤などの重要施設が数多く存在することを考えると、兵庫県南部地震による地震動を設計用地震動とする耐震設計と耐震補強は、構造物の安全性を保障するものにはなっていない。さらに、橋梁等の耐震補強に関しても基礎構造の補強、特に液状化と液状化地盤の流動に対する補強はほとんど進んでいないのが現状である。

2003年に発生した十勝沖地震は、大型貯槽の内容物のスロッシング振動により2基の貯槽を災上破壊し、長周期地震動に対する大型構造物の安全性を再び注目させることになった。長周期地震動に対して、特に超高層建物、免震構造及び吊り橋、斜長橋など長い固有振動周期を持つ構造物の耐震性が危惧されている。長周期地震動の精度の高い予測と個々の構造物の耐震性の照査が急務である。

一方、我が国の大都市周辺の臨海部の埋立地には石油化学等の大型コンビナートが数多く存在する。これらの埋立地の多くは昭和40年代前半までに造成されたものが

多く、地盤や護岸に対して液状化対策が施工されておらず、中には老朽化が進行したのものもある。液状化や液状化地盤の流動によって危険物施設や高圧ガス施設が被害を受ける可能性もある。貯槽等の破壊によって危険物等が海上に流出する可能性も否定出来ない。現在、国は首都圏の自然災害に備えて、東京湾に基幹的広域防災拠点を建設し、災害後の応急活動・復旧活動のための人員・資材の拠点到確保しようとしているが、海上への流出物によって海上輸送に大きな障害が出る可能性もある。

大都市近郊の丘陵地域では大規模な宅地開発が進められて来た。これらの丘陵造成地では、尾根部を掘削し、谷部を盛土によって埋め立てる方式が採られているが、1978年の宮城沖地震による仙台市郊外の造成地の被害の例を見るまでもなく、地震に対して極めて脆弱な状態のまま放置されている。

さらに、都市域の上下水道、ガス等のライフラインの埋設管路は、埋設後多年を経過し老朽化が進行し、かつ軟弱な埋め立て地盤や堆積地盤に埋設されているものも数多く存在する。

風水害に対する既存基盤施設の対応能力も十分とは言えない状態である。従来都市域での中小河川の設定雨量としては、時間雨量 50mm を対象にし、それがおよそ 10 年に一度の豪雨であるとして用いられてきたが、近年、時間雨量 100mm を越す局地的集中豪雨がしばしば観測されている。このような豪雨の増加には大都市のヒートアイランド現象が原因の一つと見られているが、温暖化によりさらなる激化が予想されている。設計雨量を大きく越える豪雨に対する、中小都市河川対策は、大都市でも中小都市でも大幅に遅れており、東京・大阪など一部地域では地下河川の建設などの努力はあるが、効果の及ぶ地域は限られている。また地下街、地下鉄及び住居など地下空間の水害の危険性の増大に対する対策も大きく遅れている。

水害死者の半数以上の原因となっている土砂災害についても、地すべり危険地域、急傾斜地の対策は遅れ、新規開発に追いついていない。特に危険箇所の崩壊、土石流発生予警報システムが、センサーの設置や観測態勢において不十分である。この結果、累加雨量が 150mm を超えた場合というような粗い情報で避難勧告、避難命令を出さざるを得ず、予警報の効果は限られてくる。大河川の破堤の頻度は少ないが、事前に危険箇所を察知して対応する監視体制は不十分である。スーパー堤防の建設も、計画のあるところでも、完成までには何十年を要するので、それまでの大災害時にいかに対応するかがより現実的課題である。ダムでは堆砂による容量の減少や、下流環境の維持など多目的な社会的要請のため、水害調整機能は相対的に低下しているところもある。しかもその施設の維持管理の人員（特に熟練者）の確保が難しくなりつつあり、機能低下の可能性が高まっている。河川には、しばらく大出水がないために河道にハリエンジュなどの樹木が繁茂し、疎通能力が低下しているところも多い。しかもその自然を利用して生態系の回復が見られ、市民の間に保護運動の生まれているところもある。河川は自然の猛威の拡大、市民からの自然保護の拡

大、さらに、より高い安全度の確保という、三重の要求を突きつけられ、しかもその対応に、市民参加のプロセスも義務付けられており、全体システムの効率対応は、遅れているというより、模索中というのがふさわしい状況である。

このように、現状の洪水・土砂対策は、社会の発展、脆弱性の増加に比べ不十分な状態であり、新しい需要である温暖化影響への対応を検討する余裕はない。これらの問題に対する現在の国の基本方針は、2000年最後の河川審議会答申で打ち出された、流域対応を含む治水対策であり、一部氾濫原にあつては、人間活動地域への氾濫も許容し、氾濫を前提とした対策を立てようとするものである。しかしながらそれでさえ、二線堤、輪中、霞堤などの整備には、極めて長い歳月を要する。

風水害に関しては、従来型の構造物基盤が新しい災害激化を受けて老朽化したり、時代遅れになったりして、その更新や、規格の向上が必要という問題認識は不適當である。従来型の規格や計画であっても、完成までには極めて長い時間を要し、あるいは決して完成に至らない、努力目標でしかない場合も少なくない。現行の目標の完成以前に、さらに上の高水計画が打ち出されているところもある。したがって、インフラ整備を計画に則って粛々と続けていけば、それだけでよいという防災認識は許されない。構造物対応に加え、計画完成以前の防災、計画を超えた外力に対する現実的、現場防災が、大きな課題である。

都市圏の危険性の増大

基盤施設等の脆弱性の把握は、都市圏での利用や管理の状況を評価すること抜きでは不可能である。特に我が国では、全体人口の75%が都市域に居住していることを踏まえて、そこに集中投資された基盤施設を改めて把握する必要がある。都市拡大によるライフライン整備によって時間・空間的に高度化利用することが可能となり、世界でも有数の都市機能を有するに至った。明治以降の災害を教訓に、耐災害力の増加もあり、耐火・耐震住宅の増加、治水対策も継続的に実施してきたが、必ずしも十分ではない。

一方で、現代都市機能での利便性追求の中で、災害対策の優先度が低下し、リダンダンシーを考慮に入れない単純な対応策が進められている。また、現代都市の継続的かつ急激な変容によって、複雑な構造形式や新しい構造形式の採用なども積極的に行われ、さらに高度な情報システムなど災害経験の乏しい新しい社会システムも導入されており、過去に経験のない新しい形態の災害脆弱性が潜んでいる可能性がある。交通システムの整備によって職住間の距離が拡大した都市構造は、平常時における道路渋滞・鉄道混雑をもたらしており、擾乱に弱く、災害時には膨大な帰宅困難者を生む可能性がある。高層ビルや地下街による土地利用の立体化により、浸水により地下空間にある電源が切れ、オフィスビル全体のコンピュータシステムに障害を与えるなどの可能性がある。

防災社会基盤施設の老朽化

我が国では、高度成長期より整備されて来た社会基盤施設の老朽化が間もなく顕在化し、今後補修・更新を必要とする構造物・施設が数多く発生すると考えられている。このまま放置すれば、1970年代から始まった米国での社会基盤施設の老朽化による事故と同様な事故の発生が数多く予測され、それに自然災害が重畳することにより、被害が拡大することが予想される。

電力、上下水道、通信、ガス等のライフラインシステムは都市機能を支える根幹施設であり、災害発生後の市民生活及び応急活動などに重大な影響を及ぼす。しかしながら、埋設管路や拠点施設などに老朽化が見られ、かつ軟弱な埋め立て地盤や堆積地盤に建設されているものも数多く存在する。ライフライン施設のうち特に電力施設は被害の影響が瞬時に広域に伝播し、かつ他のライフラインの機能維持に深く影響を与えるため、その耐災害性を高めることは極めて重要である。

さらに、建設年代の古い鉄道、道路等の運輸・交通施設についても老朽化の進行が危惧されており、鉄道施設ではその過密性もあって、常時においてもしばしば各種の事故発生によって都市機能に支障が発生している。鉄道・道路等の運輸・交通施設は、発災発生時の被災者の帰宅や災害後の復旧・復興活動に極めて重要な役割を担っており、それらの長期的な機能の喪失は、災害の程度を拡大させるとともに、その後の経済活動にも深刻な影響を与えることになる。

また、降雨量の増加など外的条件が変化する状況下で、河川・海岸堤防、護岸、斜面保護土の老朽化対策も重要な課題となっている。

(3) 社会及び生活の変化

少子高齢化と核家族化

少子高齢化は、災害弱者・要援護者を増大させ、人的被害を増大させる点において地域の災害脆弱性を高める一方で、地域社会の活力低下を招来し、災害復興に必要な要員の不足にもつながり、災害からの復興を困難にして長期化させる大きな要因となっている。また核家族化や、情報化の発展、生活様式の多様化などの社会生活の変化の結果として、情報は個人が個別に得るものであり、地域社会の住民が情報を共有し、活動を共にするという意識が希薄化してきている。核家族化社会では、社会生活の最小単位である家庭において、災害体験者や伝統を受け継いでいる年配者と災害経験の少ない若年者が離れて生活するために、孫やひ孫へ直接伝えてきた生活のノウハウとしての災害対応方法の世代間の伝承が途絶える傾向にある。その結果、潜在的な災害弱者が増大している。

核家族化は緊急時に相互支援ができなくなっている状況も生み出している。遠隔地

に居る家族の安否確認でさえ通信手段が途切れるとままならない状況に陥る。また、地域コミュニティではその地域が経験した災害を伝承・継承していくことも困難となっていており、たとえ災害経験を語ったとしても、開発の結果として居住地域の自然環境は大きく変化しており、語られる災害のイメージを具体的に描き、共有することも難しい状況にある。

情報化

情報化は、個人・企業・社会の利便性を向上させているが、同時に災害脆弱性を増す要因ともなっている。情報システムや情報ネットワークの巨大化・複雑化・グローバル化は、経済的中枢機能を有する大都市の被災の影響を世界的に波及させるとともに、経済的復興を長期化させる。情報化による社会の利便性向上は、同時に生活様式を全国的に平準化させ、情報の入手をインターネットや携帯電話に過度に依存し、居住地域の自然環境について直接その自然に触れながら知識を得たり、地図を正確に解読したりする人間能力の低下を招いている。その結果として、自然からの危険察知能力の不足と、災害時に安全を確保するための有効な手段と体力、さらには避難路・避難場所等への関心が薄らいできている。また、現代生活が情報化を前提にしているため、停電などによる情報伝達手段の遮断によって、社会生活は破綻をきたす。携帯電話、パーソナルコンピュータなどの通信・情報処理システムが生活必需品になり、利便性を向上させている。しかし、その操作についていけない人にはかえって不便な状況も作っている。IT 強者と弱者の差は、所得格差を生むだけでなく、災害弱者をも増大させている。

被災時に生活情報がインターネットで発信されることは即応性や利便性において革命的であるにも関わらず、実際の現場では従来型の掲示板が大活躍している。また、情報過多がかえって有効な情報を埋もれさせる皮肉な事態も起こる。その弊害を回避するために標準化があっても情報システムの仕様は公開されていない場合が多い。その結果、特に災害時に各種の情報を統合して対策に当たる必要がある場合に、有効な情報は持っても情報システムが多岐にまたがる場合に統合できない事態が起こる。災害時に情報を応急的に統合しようとしても、その対策ができる専門家が限られるために、現実的には高度な情報システムを放棄する結果になる。特に、情報システム内部の知識を持たない海外システムやブラックボックスの上に成り立つ応用システムは、臨機応変な対応が求められる災害対応において利用できないリスクが大きくなる。

急速に発展する IT 技術を背景に、電子商取引の進展や顧客サービスの高度化、さらには電子政府・自治体などの構築が進展する中で、プライバシー等の個人の権利や利益の侵害の危険性や不安感が増大してきている。それに対応するために、平成 17 年に個人情報保護法が施行された。その結果として、行政と住民双方に個人情報の意

識が高まり、それがかえって災害情報の受容や判断、避難行動が困難な高齢者や障害者などの災害時要援護者の実態を把握するための個人情報の収集に支障をきたすことが懸念される。

住民の多国籍化

国際化によって多国籍の住民が混在して居住する地域が増大し、災害時には生活習慣の異なる人々が同時に被災する機会が増えている。被災者としての相互支援で災害を乗り越える一方で、国・文化の違いに起因する考え方の差は、被災時・復旧時の地域の協調を阻害する場合もある。また、一般に外国籍の住民は、居住する地域にある程度の頻度で起こる災害に対する知識が不足するため、長年の生活ノウハウの無い場所では退避行動も円滑に進まない問題を生じる。言葉の問題は、負傷の状態を伝えることにも、協調にも支障をきたす。自国では体験しない災害に対しては一般的な知識も乏しいため、必要以上の同情や逆に軽視に繋がる場合もある。

文化的視点への配慮

豊かな成熟社会を迎え、人々の間で文化的なアイデンティティが重要視されるようになった。阪神淡路大震災の経験から、耐震性の劣る歴史的建造物、博物館や美術館の文化財を守る目的で、既存の躯体に免震層を組み込む耐震改修工事が近年、次々に実現している。また、歴史的環境の社会的価値が高まるにつれ、火災から木造の町並みを守る方策も重要になっている。防災と同時に、震災後の復旧、復興のあり方が大きな問題である。新しいビルばかりが建ち並び、過去と完全に断絶したのでは、文化的アイデンティティが失われ、土地への愛着も人々の元気も生まれず、豊かな環境づくりにならない。阪神淡路大震災の後、指定文化財は大事に扱われ修理が行われたが、未指定の文化財については、被害が軽微で十分に修理が可能な建物でも、多くが取り壊された。災害復旧時に、地域資産であるこうした建物の消滅を防ぎ、補強・修復を推進するには、日頃から地域の歴史的建造物の調査とリストづくりを行って価値を市民が共有していなければならない[4]。

阪神淡路大震災で被災した一般のマンションについても同じ状況があった。補修すれば十分に住み継げるのに、公的財政支援が出る建替えを選択したマンションが多かった。だが、生活環境とコミュニティの連続性と人々の心の安定を重要視する観点から、使用可能な建物はできるだけ活かす復旧の考え方もまた大切である[5]。

(4) 組織・体制・財源に関わる脆弱性

災害時の被害が大規模・広範囲に及ぶ場合は特に大局的な判断と統率力が求められる。その背景には災害対応の知識と経験が不可欠である。しかし、最高意思決定者になる行政上の最高責任者は必ずしもその知識と経験を持っているとは限らない。多く

の場合は、平常時の業務に長けた者がその任についている。行政上の最高責任者には、復興とその後続く平常時に繋がる対策、それに加えて将来起こる危険性のある災害からの回避ができるバランスの良い判断が求められる。災害に的確に対処していくためには、事前の十分な計画、訓練などにより、組織的に対応できる体制整備が必要である。また災害応急対策においては、一般的に、先ず市町村や都道府県の役割が期待されるが、広域にわたる被害、壊滅的な被害をもたらす災害等大規模な災害への対応については、市町村や都道府県だけでは困難な場合があり、災害を被った地方公共団体等から国の支援や積極的な対応が期待されることが多い。また、あらかじめ事前予防のため、国が主体的に対応することも必要となる。

各種の業務を細分化することで、それぞれを合理的に消化することで組織運営は行われている。ここで、各組織はそれぞれに最適化した考え方をもち、かつ最適化した情報システムなどの道具とインフラを整備している。ここに、組織間の見えない壁が存在することになるが、緊急時にはその壁を越えた連携が求められる。しかし、各組織は多くを占める平常業務に最適化した運営がなされる前提で、災害対応を考慮している。そのために、災害対応を専門とする機関との間で葛藤も生じる。事が起こると縦割り組織の弊害が指摘されるが、縦割りの合理性を前提にして横断的な協調を実現する必要がある。

国や地方自治体の財政逼迫の問題は、自治体の財政破綻などとしても顕在化している。財政の見直しにより合理性が追求されるのは当然であるが、特に防災の投資は、災害が起こらなければ投資効果が評価されない側面があり、災害の事前防止等に関する投資が実質的に削減されるのが実態である。結果として事前防止に予算をかけていれば大幅に被害を軽減できていたにもかかわらず、結局、災害発生後の復旧等が地域の財政に多大な負担をかけることとなっている。また、河川等の管理においても予算的制約の中で、必ずしも十分な日常管理や必要な維持修繕ができていない実態があり、引き続き予算・定員の削減が、国や地方公共団体の防災施設や災害対応能力に影響を与えていることが懸念される。

自然災害により損傷を被った建物・構造物等の一次被害からの応急復旧・復興には建設産業の従事者が必要である。現に、地域の建設業者は、たとえば洪水時において、地元の水防団と協力して水防工法を実施するなど、災害発生未然防止に活躍するとともに、いざ自然災害が発生した場合には、その直後から救命活動や応急復旧等の支援活動を行うなど、本格的な災害対策が行われるまでの間に活動する建設産業の従事者も多い。このように、被災地やその周辺地域においては、建物・家屋や社会基盤施設の復旧等に建設産業の従事者の需要が、短期的ではあるが、増大することが予想される。その一方で、建設投資は低下し、加えて過当な低価格競争と相まって、公共投資の割合が高い建設産業は縮小の傾向にあることは否めない。結果として、迅速な復旧・復興に必要とされる地域の建設産業の従事者や労働者・資機材が、緊急時に確保できない可能性や、

確保されたとしても復旧・復興に必要とされるピーク需要に対応できない可能性があることが懸念される。

これに代わって、近年、NPO が地域社会の主要な役割を担うようになって来た。従来は国や地方自治体が担っていたボランティアの出動要請などのコントロールを NPO が分担するようになってきた。しかしながら、この能力の向上を、政府や自治体は十分に認識できていない場合がまだ多く見受けられる。

(5) 開発途上国の状況

災害脆弱性

開発途上国の多くは、第 2 次世界大戦後に独立している。こうした国々は、植民地時代には一次資源供給地であり、その特徴である大きな人口増加を受け入れるだけの社会基盤・産業基盤がいまだ不十分である。また、教育インフラも整備されておらず、人材育成が十分になされていない。

多くの開発途上国は、もともと地理的に洪水・渇水・津波・高潮・地震等の自然災害の脅威を受けやすい地域に位置しているのに加え、財源不足から、災害後の復旧が終わらないうちに次の災害を受け、その結果、加害外力に対する社会の脆弱性が増大する。人口増加と都市化がこれに拍車をかけている。

防災社会基盤の未整備

開発途上国では、防災社会基盤の未整備が災害脆弱性を生む大きな要因のひとつである。予防対策として社会基盤インフラの自然災害への対応力を向上させるためには大きな投資が必要である。まず、リスクを評価した上で必要な技術基準をまとめ、これに基づいた計画・施工・維持管理を行うことが前提となる。しかし、開発途上国においては、資金が絶対的に不足しているため、危機的状況に応じた場当たりの対策のみが実施される傾向が強い。また、大きな人口増加率をもつ開発途上国では、都市化等の急激な変化に対応して増大する新たな需要に応える多様なインフラを急速に増大させる必要があり、防災社会基盤の整備に高い優先順位が与えられているとは必ずしも言えない。

社会基盤の中では、情報インフラの整備も防災社会にとって非常に必要である。2004 年スマトラ沖地震・インド洋大地震の教訓は忘れてはならない。当時インド洋に津波警報がなく、地震の揺れという前触れもないままに突然に津波が来襲し、多くの人命を奪っていった。23 万以上の犠牲者は、多くが津波を原因とし、影響を受けた範囲はインド洋全沿岸に及んだ。適切な避難を促すためには適切な観測と予測技術に基づいた予警報システムの整備が不可欠である。このような巨大災害は影響範囲が広いために、地球規模での観測・監視・警報の体制が必要である。現在、インターネ

ット、携帯移動電話、人工衛星など情報インフラを巡る環境は向上しているが、災害のリスクに直面している住民などに直接に伝達しなければ効果がなく、さらに、これらの情報によりどのように被害を軽減できるかの対応の準備をしていなければならない。つまり、安全を確保するための避難所、広場、高潮や津波などのシェルターなども整備しなければ、災害情報も活かされないのである。

貧困層の増大

貧困と環境悪化と災害発生は、人口増加を軸として相互に増強しあう関係にある。すなわち、貧困であるが故に、環境への配慮が疎かになり、環境悪化が加害外力に対する脆弱性を大きくし、災害は貧困の原因となる。一旦、この負のスパイラルに入り込むと、すべてが悪化の方向に向かい、これから抜け出すのは非常に困難である。

開発途上国においては伝統的に農業を主な生産手段としている地域が多いが、農業が高い生産性の余剰を持つことは一般的ではなく、年毎の水文・気象の変動や、災害の発生によってある期間の生産に不足が生ずる可能性が高い。すなわち、負のスパイラルに陥る可能性が高い。生活水準が生存限界に近い貧困層では、収入のわずかな減少が生存の危機につながる。

開発途上国において社会的な脆弱性が増大する原因には、貧困層人口の増大とその居住環境の低い安全性が寄与している。危険で不健康な土地に住むにはそれなりの理由がある。生活が経済的・社会的に行き詰まった結果、特定の場所に住むこと以外に選択の余地がない場合、危険度の大きさを考慮する余裕はなく、当座を生き続けるためにそこに住むことを余儀なくされたと理解するべきである。

都市圏災害脆弱地域への人口集中

開発途上国の多くでは、人口増加が続いている。災害に対して安全な土地は既に使われている場合が多く、特に貧困層は災害脆弱地域に居住することを余儀なくされる。したがって、災害に対して脆弱な人口ばかりが増加するという状況に陥る。

生活レベル向上のための開発事業は、時に、災害への脆弱性を高める結果になる。沼沢地や水田の宅地化、道路建設、森林伐採・放置などの自然改変に伴う加害外力の増大を招き、かつて健全な自然との共生圏が維持できていたシステムを破壊している現状がある。

ガバナンスの問題

開発途上国の統治能力は低く、これが災害の増加を止められない大きな理由とされている。その形態やこれが改善されない背景は様々であるが、典型的には財政不足の中での軍事費負担、利益誘導型行政と行政腐敗、法制度の不十分さと法を執行する能力の不足が挙げられる。さらに、緊急時における政府の指導力不足、低い情報把握力、

危機管理責任・体制の不備により、被災者が受ける被害の程度が増大している。

政府の指導性の向上が早急にもたらされるとは考えにくい一方で、災害の発生は猶予がない。したがって、「自分の命は自分で守る」ことを旨とした個人と地域社会の防災能力の強化が必要である[6]。被災後の生存者が災害難民として新たな苦難を強いられることを防ぐことによって貧困と環境悪化の悪循環の拡大と加速を止めることを目指すべきである。

-
- [1] 平成 17 年度 国土交通白書
 - [2] 国土交通省ホームページ（21 世紀の土砂災害対策を考える懇談会提言）
http://www.mlit.go.jp/river/sabo/kondankai_pdf/teigen.pdf
 - [3] 社団法人日本下水道協会ホームページ、http://www.jswa.jp/13_thinks/index06.html
 - [4] 国連防災会議エクスカースション・フォーラム『文化遺産から発想する防災体制 阪神大震災の経験は活かされたかー』（神戸大学 21 世紀 COE プログラム）2005 年 1 月.
 - [5] 藤木良明：マンションの地震対策、岩波新書、2006.
 - [6] 渡辺正幸：開発途上国のための防災計画試論、京都大学防災研究所年報、第 46 号 B、2003 年 4 月.

4 自然災害の現状と予測

(1) 自然災害の現状と今後及び対策への課題

地震災害

我が国では、1995年兵庫県南部地震以降、家屋・建物や社会基盤施設に何らかの被害を発生させた地震はこの12年間で12回発生しており、平均すれば毎年のように地震被害が発生していることになる。このうち犠牲者が出た地震は4回発生しており、兵庫県南部地震を含めると6,500名余りの生命が失われている。耐震性の低い家屋・建物の倒壊、液状化現象、斜面崩壊及びライフライン施設の被害は地震の度に見られる被害であり、依然としてこれらの構造物・施設の対策が進んでいないことを示している。

また、地震の度に、新たな形態の被害が発生し、対策への課題が提起されて来た。兵庫県南部地震では、断層近傍域の地震動がそれまでの設計用地震動レベルをはるかに上回り、多くの構造物が破壊されて、多数の人命が失われた。2003年新潟県中越地震では、「4(2) 2004年新潟県中越地震」で述べるように、斜面崩壊による中山間地の孤立化、新幹線の脱線、車中避難者のストレス死など新たな問題が提起された。

地震防災の歴史は、地震災害によって提起された新たな課題に対する対応の繰り返しであったと言っても過言ではない。この背景としては、地震及びそれに起因する諸現象が極めて複雑であり、地震防災技術の多くが経験に立脚しているという事実がある。しかしながら、社会構造の災害への脆弱性が進行する中で、首都直下地震など我が国に致命的な被害を与えかねない。既往の地震災害を十分に学習することは勿論であるが、過去の地震の中に隠された教訓を注意深く読み取って今後の対策に生かしていくことが重要である。

中央防災会議は、我が国の都市圏を含む地域に今後甚大な被害を与える可能性のある地震として、南海トラフ沿いの東海地震、東南海地震、南海地震、東京湾北部の地震及び宮城県沖地震を挙げている。この中で南海トラフ沿いの海溝型の三地震はいずれもM8以上の巨大地震で、今後30年間発生確率も50%から80%以上と高く、沿岸地域における津波被害の他、大阪、名古屋、静岡などの都市圏に深刻な被害を発生させるとされている。宮城県沖の地震のマグニチュードは7.5程度と推定されており中規模地震であるが今後30年間の発生確率は99%と極めて高い数値となっている。

上記の4地震の中で最も甚大な被害を発生させ、我が国の政治、経済活動にも大きな影響を与えると考えられているのは東京湾北部の地震である。中央防災会議専門調査会による被害予測の概要については「5(3) 巨大災害の防災対策 首都直下地震を

例として」で述べている。中央防災会議では、建物・家屋等の倒壊被害、急傾斜地の崩壊による被害、火災による焼失、死者・負傷者、ライフライン被害及び経済被害の予測が行われたが、中央防災会議である程度定性的な検討は行われたものの定量的な被害推定が行われなかった課題が数多くのこされている。

その一つは埋め立て臨海部のコンビナート地区の被害予測である。これらの臨海コンビナートの中には埋め立て年代が古く、液状化対策が施工されていないものや護岸が十分な強度を有していないものも数多く存在する。兵庫県南部地震では多くの石油製品等の大型タンクが液状化によって傾斜・沈下したが、幸いなことに1基も倒壊には至らなかった。これは兵庫県南部地震の地震動の継続時間が15秒足らずと比較的短かったことが一つの原因と考えられる。地震動の継続時間が長い場合には倒壊する可能性も大きい。倒壊したタンク数から大量の危険物、高圧ガス等が海上に流出し、大規模な海上火災の発生の恐れも否定出来ない。現在、国は東京湾の川崎市沿岸部に「基幹的広域防災拠点」を建設中であり、首都圏の災害時に人員・物資を海上輸送によって本拠地に集結し、復旧・復興対策に活用することを計画中であるが、海上に流出した危険物及び火災により東京湾の船の航行が大幅に制限されることも考えられる。

1978年の宮城沖地震では仙台市郊外の丘陵造成地において谷部の盛土が大規模な被害を発生させ、住宅、ライフラインシステムに甚大な被害を発生させた。東京近郊の住宅地では盛土による造成地が数多く存在する。これらの丘陵造成地の実体と施工状況を把握して必要な対策を講ずることも重要である。

中央防災会議は東海地震の震源域を改めて決定した。この震源域の大部分は陸域にかかっており、この中には東海道新幹線や東名高速道路及び津波防潮堤など我が国の重要な社会基盤施設が存在している。兵庫県南部地震後、神戸市で発生したようなM7クラスの震源域の地震動を想定して、多くの社会基盤施設の補強を行って来たが、東海地震のようにM8クラスの地震が近傍で発生した場合の耐震性についてはさらなる検討が必要である。

2秒から10秒程度の周期を有する、いわゆる長周期地震動に対する超高層建物、免震建物、長大橋梁及び大型貯槽内容液のスロッシングへの対策も今後の課題である。将来、全国各地で発生が予定される長周期地震動とこれらに対する構造物・施設の耐震性の照査方法の検討が平成16・17年度、(社)土木学会と(社)日本建築学会によって実施された。これらの調査結果を踏まえて、長周期地震動に対する超高層建物等の耐震性を照査し、必要に応じて対策を講じて行くことが必要である。

兵庫県南部地震の例を見るまでもなく、地震による人命の損失の最大の原因は耐震性の低い家屋・建物の倒壊と地震後の火災である。兵庫県南部地震後、多くの自治体は無料で家屋の耐震診断や低金利での耐震補強費の融資などの制度を整えて来たが、家屋等の耐震補強は遅々として進んでいないのが現状である。

耐震性の低い老朽化した家屋には、核家族化によって老年層の人々が家族と離れて居住していることも多く、老後の財政的な問題などもあって融資を受けてまで家屋の耐震化を進めないという状況がある。中央防災会議はその地震防災戦略の中で、今後10年間に家屋の耐震化率を現在の75%から90%にまで引き上げ、人命の損失を半減するとしているが、これを達成するためには、住宅・建物の耐震化に対してより積極的な公的資金の投入も考えなければならない。

2004年新潟中越地震は直下型地震の特有の強烈な地震動によって上越新幹線を脱線させた。幸いにも脱線後列車は一人の死傷者も出すことなく停車した。海溝型地震に対してはユレダスなどの列車停止システムが有効に働くと考えられるが、直下地震に対しては効果は限定的であり、将来起こり得る災害として高速鉄道の脱線を考慮しておく必要がある。脱線防止と脱線後の災害軽減のための技術開発を急ぐ必要がある。

また、海岸堤防等は、津波、高潮等自然災害から国民の生命・財産を直接的に守る役割を果たしている。大規模な地震により、海岸堤防等が沈下・損傷等によって機能が低下すると、背後の生命・財産についての所要の安全性が確保できなくなる。特に、ゼロメートル地帯において、仮に堤防の大規模沈下等が生じると、通常の潮位であっても浸水し、壊滅的な被害が発生するおそれがある。このため、海岸堤防等防災施設の耐震化を緊急的かつ重点的に推進する必要がある。

津波災害と予測

津波はキラウエーブと呼ばれるように、その被害の特徴は広域で甚大な人的被害である。さらには、浸水による家屋被害などがあり、これらが繰り返されてきた。津波が大規模であるほど、被害とその後の影響は大きく、海溝沿いで発生している巨大地震による津波の被害は、沿岸の社会構造にも影響を与えるほど、広域にかつ長期的に影響を与えている。明治三陸津波により22,000名以上が犠牲になり、沿岸地域に大きなダメージを与えた。また、東海から南海にいたる海溝沿いでは、100年から150年の周期で、大地震に伴い広域な津波が発生し、太平洋沿いの沿岸地域のみならず、大阪・堺などの瀬戸内海地域への大きな被害を生じている。地震動という前兆現象はあるものの、広域に沿岸地域へ突然に襲撃するために、浸水した地域では破滅的な被害を受けるケースが多い。

津波の伝播は海底地形の影響を受けるが、最近では深海・沿岸とも詳細な海底地形データが得られるので、津波発生初期条件さえ正確に推定できれば、その伝播や最大波高など沿岸での振舞いは数値シミュレーションによって予測できる。我が国の量的津波予報システムも実施され、実用化された技術となっている。例えば、2006年11月の千島列島での地震からの津波の際、伊豆諸島においては地震発生から数時間後に最大波が記録されたが、これは天皇海山列からの反射によることが、数値シミュレーションで明らかとなった。なお、詳細な水位の時系列や流速などの予測については、

局所的な地形効果や非線形性・分散性など高度な物理的效果が影響してくるため、今後も精度の検討が必要である。

最近の地震学の進歩によって、地震後数分以内に津波警報が発令されるようになってきた。しかしながら、津波警報が出されても、それを受けた沿岸の住民が来襲前にどこに逃げればよいかを知らなければ、最終的に人定被害の軽減を図ることが出来ない。気象庁による量的津波予報システムは都道府県程度の範囲を対象とした津波の高さを予報するが、さらに詳細な津波浸水域の履歴や予測を示すものとして、津波ハザードマップが作成されている。ハザードマップには、過去の地震による津波浸水域のほかに、安全な避難場所の位置・電話番号などが示されている。ハワイでは、このような津波ハザードマップが観光客など住民以外にも利用できるよう、電話帳に掲載されており、観光客もホテルの自室で確認することができる。最近では、住民の避難行動パターンも考慮した「動くハザードマップ」が開発され、津波の犠牲者の想定などに用いられている。これは、災害シナリオ・シミュレーターの1つで、津波情報の伝達手段、津波情報を受け取ってから住民が避難行動を開始するまでの時間などの条件を変えて、シミュレーションを行ない、それぞれの条件下での被害想定を行なうことができる。

一方、現在においては、直接被害である人的・物的（家屋、建物、船舶、エネルギー施設）だけでなく間接的被害（港湾機能低下、エネルギー施設へのダメージ、沿岸環境変化）などの評価も重要である。特に、沿岸部での開発による新しいタイプの津波被害が懸念されている。臨海工業地帯のように高度に土地利用がなされ、様々なタイプの多くの船舶が行き来する地域では、危険物の海上への大量流出やそれによる火災など過去に記録が残されていない被害が起こる可能性がある。石油などの流出による火災拡大、大型船舶などの漂流による構造物と港湾施設の破壊、地下街への浸水など、過去の歴史津波では経験のない被害を想定しなければならない。いずれも単に浸水による被害だけでなく、流れや大きい破壊力に強く関連した被害形態を持つと考えられる。これらは、現在の利用実態を踏まえた被害の想定と評価を行い、その結果に基づいた対策を実施しなければならない。

国際的な監視・予測・警報体制の見直しも重要である。2005年1月以降、インド洋の津波警報システム構築に関して、国連の主導で数多くの国際会議が開かれてきた。これらの会議では、どの国・組織がイニシアティブを取ってどこにインド洋の津波警報センターを置くかの競争になっている感がある。国際的なセンターがどこに置かれたとしても、沿岸の住民に津波の情報を伝えるのは、それぞれの国の責任である。津波からの避難または対応の余裕時間は一般に短いために、様々な情報伝達手段を用意する必要がある。国や自治体のみでなく、世界中で普及しているインターネットや携帯電話を使った災害情報の伝達システムも考えられる。さらに、各国において津波警報を受け取った人たちがその意味を理解し、どこへ逃げれば安全なのかを予め周知し

かつ自主的に検討できるような教育・啓蒙が必要である。

数百年に一度という低頻度の災害について、その知識をどうやって持続させるか、も課題である。日本では、「いなむらの火」などの教材を用いた防災教育・啓蒙がなされている。また、毎年、防災の日には地震・津波の避難訓練を繰り返している。また、過去の津波の被害や高さを示す記念碑も各地に設置されている。これらは日本が世界に誇るべき防災対策であり、そのノウハウはインドネシアをはじめとするインド洋周辺諸国にも提供されはじめている。器械観測に基づく津波予報システムだけでなく、情報伝達・防災知識の啓発普及などのソフト面も含めた総合的な津波警報・防災システムについて、日本が指導的な役割を果たすことが求められている。

風水害

我が国はモンスーンアジア地域に位置し台風の来襲経路にあり、またしばしば前線の活発化や停滞により、強風、高潮、豪雨にさらされる。一方、我が国土は東北から西南に細長く伸び、脊梁山脈の存在のため、多くの河川の狭い流域によって構成され、わずかな沖積平野部に人間活動が集積していて、豪雨・高潮災害を受けやすく、また山地域も脆弱な地質により、山腹・斜面崩壊や地すべり災害を受けやすい。このように、土砂災害、風害も含めて水害の潜在性が高い地域である。

一方、明治期より、さらには戦後の国土復興の中で、ダムや堤防など治水インフラが整備されてきた。このことにより、一定規模の自然外力に対する災害防止能力は確実に備わってきているが、最近の気候変化、変動に伴う外力増に対する対応は今後の課題であり、経年的な治水インフラの整備をよく見極めて、災害の発現に備えることが重要である。

洪水現象は、気象現象としての降雨が、流域で様々な流出形態で河川に集められ、そこで治水対策を施した河川の治水能力（疎通能力や堤防の耐力）を上回った場合、人間活動場（堤内地）への溢流、越流、または破堤を伴って氾濫現象を起こして、「洪水災害」に至るプロセスである。さらに、堤防で守られた地域では、そこに降った降雨量が排水（たとえば下水道施設）能力を上回るとき、「内水氾濫」型の水害を引き起こす。こうした流出・洪水・氾濫現象は、降雨現象の解明に比べれば、流域に限られた現象であるので予測は容易であるとはいえ、複雑な流域の自然構成に加え刻々と変化する土地利用形態の中で、より精度良い予測が期待される。

堤防は、極めて長い延長を長い時間をかけて構築されてきたため、その弱点箇所の特定は極めて難しい。しかしながら堤内地氾濫現象の中で極めて大きな破壊力や生命への危険をもたらすため、工学的知見に基づいて安全性が不足している箇所については順次堤防強化を実施するとともに、堤防破壊のメカニズムの解明を進める必要がある。その解明が待たれるところである。

上述のように極めて不確実性の高い現象の中での安全度確保のため、「確率降雨」

(たとえば、100年に一度の雨といった Return period の概念)を導入して、流域の安全度を高めるための「治水計画」が策定され、それに基づいて治水インフラ整備がされてきたが、なお整備途上である。それでも、戦後すぐの時代からみれば犠牲者の数で数千のレベルが数十のレベルに改善できてきたが、2004年にはこの傾向を裏切る水害犠牲者が出た。気候変動・気象変化の中での異常豪雨が、鈍化した治水インフラ整備進捗をついたといえる。現実に破堤例や洪水調節ダムが満杯となり機能を発揮できない事態が出現している。

目標安全度を高めても直ちにそれが達成される状況ではないが、低経済成長下とはいえ事業進捗を促すことは重要である。一方、現在の耐力を上回る外力の来襲は明日にでもありうるので、災害対応として、外力が耐力を上回った事態を想定し減災対策をとることが重要である。降雨予測、流出、河川の洪水流解析などはある程度のレベルに達しているが、今後は破堤氾濫を含む氾濫を想定した現象の機構解明と予測など、災害対応(Incident response)を意識した側面の解像度を上げることが焦眉である。

水防活動や避難の徹底などを念頭に置くと、治水施設のねばり(限界を超えてからの抵抗力期待や、破壊過程の緩和)が重要で、破壊のプロセスの様子やそれに要する時間、さらに波及していく現象(氾濫解析はかなり進展してきた)までもが予測対象となる。たとえば、治水施設計画論では越水しないこと、堤防内への浸透がパイピングやすべり破壊を起こさない限界を知ることが目的としていたが、これらの現象が進行していくプロセスまでを予測できることが重要となる。また、流出解析も、治水計画への適用への便宜という視点から、個別に配置する治水施設の効果の評価や、災害時に地域にあらわれている現象記述という点での解像力のある分布型モデルへと変化してきている。また、局所的に時間的に変化する流域内降雨分布に応答する洪水特性の把握にも対応が期待される。

一方、都市域など限られたエリアは、特にライフラインなど浸水に対し脆弱性が指摘されている。市街地が拡大化する中で、雨水排水が緊急課題である。沖積平野部などでは河川が洪水時には堤内地より高い水位となってポンプ排水しなければならない。一方、堤内地の雨水排水は河川の洪水疎通の視点では阻害要因で、被害の深刻な破堤を避けるためには、的確なポンプ運転制限も、現時点での治水能力を超える外力来襲時には大きな課題である。ポンプ施設は内水排除の末端で、その運転調整がされれば、内水被害は拡大することも視野に入れねばならない。流域での水害現象とは、こうした人工施設、その操作が入った現象であることの認識は重要である。

一定の規模以上の流域を持つ河川の災害はおおむね流域の平均累積雨量に支配される一方、市街地での内水問題は地域的な雨量強度に支配される。降雨現象の全体像の中で、両者に関わる側面が時間・空間で異なるスケールであることも明確に認識することが必要である。その意味で台風性降雨は河川洪水氾濫、雷雨性降雨などは都市市街地内水氾濫の視点で注目すべきものといえる。

豪雨は水害だけでなく、土砂災害をももたらす。先に述べたような水害そのものによる犠牲者の減少傾向のなかで、土砂災害の犠牲者抑制は必ずしも達成されていない。山間地での土石流被害のほか、市街地においても急傾斜地での土砂崩壊被害が後を絶たない。これらへの対応として、砂防事業等ハードな対策が採られる一方、近年では、予警報システム・避難体制の強化に力が注がれている。対象小流域での累積雨量と雨量強度を2軸として、崩壊・土石流の発生閾値を経験的に認識する努力がされており、それをもとに雨量観測の結果を生かした減災対策がはかられている。

さらに、台風来襲時には気圧が下がり、潮位変動、風波の吹き寄せなどを助長して高潮となり、沿岸域を襲う高潮災害が心配されるし、近年頻発している。高潮災害の最も深刻な例は昭和34年伊勢湾台風来襲時で、伊勢湾沿岸は大きな被害を被った。とくに、我が国では、伊勢湾のみならず、東京湾、大阪湾に面して大都市がゼロメートル地帯（地盤が朔望満潮位以下）に展開し（伊勢湾では336km²に90万人、東京湾では116km²に176万人、大阪湾では124km²に138万人が居住している）伊勢湾台風後にそのレベルに対応して設計された高潮堤防、防潮水門で守られている。伊勢湾台風時も海岸堤防は破壊され、貯木場木材など浮遊物が居住空間を蹂躪して被害が拡大した。「4(1) 複合災害」の項で後述するように、先行する地震によって高潮堤防や水門が破壊された状況で高潮が来襲することも想定される。また、伊勢湾クラスを超える台風の来襲の可能性も考えられる。2005年ニューオリンズを水没させたハリケーンカトリーナはその一例である。現在の耐高潮施設で守りきるといふ発想でなく、万が一想定を超える高潮が来た状況でいかに被害を最小化できるかという視点が重要である。都市構造を考慮した浸水想定は、耐災性の強い都市のあり方、災害対応及び復旧・復興が可能な都市のあり方を想起させることになる。

近年、極めて強い台風が来襲しており、気圧が急激に下がり、高潮、風害を伴った被害が発生している。気圧の効果と風速は連動しており、構造物・施設の被害と飛散及び倒木とそれが引き起こす斜面崩壊などにも気を配ることが必要である。そのほか、2004年の富士山におけるスラッシュ雪崩などに見られるように、融雪と降雨の連動による氾濫や土石流などの被害に留意しなければならない。

また、台風来襲シーズン前に我が国ではしばしば渇水状態になる。水資源の問題も治水と同様、降雨現象そのものでなく、流域での流出（洪水が短期流出であるのに対して、水資源問題は長期流出）とあいまった現象である。渇水への対応においては、水利用という視点で、利水施設とその操作（基本的な操作に加えて、渇水状況を目前にした対応操作）を陽に組み込んで水循環過程を把握していることが重要である。多目的ダムにおいては、渇水が洪水期に重複する機会が多いことから、貯水池の容量をより有効に活用するため、さらなる降雨予測技術の高度化が望まれる。

地球規模での気象現象の変化は、上述の災害出現に微妙でかつ有意な影響を与えるであろうことは容易に推測できる。気象変化による、風水害の質の変化を予測するた

めには、上記のように流域の社会的・人的要素を的確に取り込んだ自然現象の予測が必要である。

砂漠化とその影響

地球規模で見ると、人為的な二酸化炭素の増加による地球温暖化によって気候変動が起こり、その変化過程の中で異常気象が発生しており、世界各地で広範囲に多種類の気象災害が多発している。気象災害の一つに干ばつに伴う干害があり、その干ばつは砂漠化と密接な関連がある。

砂漠化とは自然的要因と人為的要因があるが、主に後者の意味で使われることが多くなっている。1994年の砂漠化対処条約では、砂漠化とは「乾燥、半乾燥及び乾燥半湿潤地域における種々の要素（自然・人為的）に起因する土地の劣化をいう」と定義されており、現在もこの定義に従っている。

砂漠化の歴史をみると、例えば中国、メソポタミア等の四大文明発祥地域では、半乾燥地に分布していたが、数千年にわたる過剰開発や戦争により植生・環境破壊が起こり、砂漠化した歴史があった。また近年の過開墾（開発）・耕作・放牧・伐採・水使用、森林火災等々によって急激に進行した経緯がある。現在においてもその傾向はおさまった訳ではなく、さらに急激に砂漠化が進行している状況が現実である。砂漠化は近年では1980年代にアフリカのサヘル地域で干ばつによって急激に砂漠が拡大して以降、ほとんど回復していない。また、アジア地域でも、特に砂漠面積の広い中国で激しい状況である。世界の陸地の1/3は乾燥・半乾燥地域とされるが、その面積では放牧草地の2/3、降雨依存農地の1/2、灌漑農地の1/5が砂漠化しているとされ、異常な状況を呈している。

砂漠化の原因には前述の通りであるが、複雑に絡みあった原因・結果で、砂漠化が連鎖反動的・悪循環的に進行することが多く、今後、一層、砂漠化の進行が懸念される状況である。この砂漠化は乾燥地以外でも発生しており、熱帯地域での森林伐採による砂漠化も重大な問題である。

また、中国北部域・モンゴルやサハラ地域では粘土～砂粒子の黄砂やハムシーンが猛威を振るい、特に中国からの黄砂は、中国国内はもとより、韓国、日本、さらには太平洋を越えて、カナダ、アメリカにまで達する一方、サハラ砂漠からの飛砂は大西洋回りで、アメリカまで達する地球規模での長距離輸送が行われている。黄砂による視程障害（航空機等の交通機関への影響）、ダストストームによる構造物被害や人的被害（暴風による破損、健康障害）等がある。さらには、乾燥内陸部や海岸付近での塩害や潮風害の発生も問題である。前者は土壌塩濃度の増加で作物から乾性植物までの砂漠地域の塩害及び内陸塩湖岸での強風による塩の飛散による植物への塩害や動物・人間の眼病、高血圧等の多発化及び海岸付近では風台風に伴う潮風害の多発化が憂慮される状況である。

これら砂漠化・黄砂防止に対して如何なる対策があるかであるが、特に開発途上国での人口増加が原因であり、それを止める対策はもちろん必要であるが、一方では開発が不可欠であることのジレンマがある。従って、その中で、砂漠化防止・緑化に向けて、草方格や防風施設（林・垣・網）の導入、あるいは基本的な植林、植栽、航空機播種等々を引き続き実施するとともに一層強化する施策を具体化させる必要がある。一方、社会教育面からは、例えば植林や樹木の伐採抑制の意味等々を理解させる教育・政策が不可欠であり、特に環境教育は熱心に推進する必要がある。

その他の防止方法として、人工降雨による緑化法が有望であると考えられる。砂漠でも時には雨が降るが、降りそうで降らない雲に液体炭酸撒布法の新技术によって、一挙に緑化しようとする方策であり、早急に砂漠化・黄砂地域での実験が必要と考えられる。

国際的な砂漠緑化・砂漠化防止事業は多くの場合、失敗に終わっているが、その原因究明が必要である一方、一部に小規模では成功した事例があるので、その事例の検討を行い、その結果を事業に反映させる必要がある。また、研究・事業においては、すでに砂漠化防止と称して、多省庁・多方面で多くのプロジェクトが推進されたが、多くはモニタリングまでで終わっている傾向がある。たとえ防止対策が研究目的・計画に入っている場合、実際は多くの場合、アウトプットとしての機能を果たしておらず、具体性に欠けることが多かった。事実、上述のように砂漠化がおさまっていない状況をみれば明らかである。今後は一層、具体的な防止・対策が推進可能な計画にする必要がある。

以下に、実施推進項目を記述する。

- ・ 地球規模の砂漠化・黄砂発生の状況把握方法の改善と評価法の改善
- ・ 砂漠化の評価・モニタリングの簡素化と具体的防止対策への集中化
- ・ 砂漠化防止・黄砂防止対策の具体的手法の実施・推進
- ・ 砂漠化・黄砂防止対策のための環境教育・啓蒙環境醸成の推進
- ・ 研究・事業プロジェクトの実施内容審査の充実とその審査実施方法の改善

大気汚染とその影響

アジア地域では、火力発電所・工場・自動車等による石炭・石油などの化石燃料の燃焼、家庭での木炭燃焼、農業残燐物の屋外焼却や焼き畑・森林火災などの多様な発生源から、窒素酸化物 NOx や硫黄酸化物 SOx を代表とする様々な大気汚染物質が大量に大気中に放出され、その総量は 2000 年推計では年間 NOx で 2,650 万トン（中国起源が約 44%）、SOx で 3,940 万トン（同 67%）となっている[1]。中国やインドを初めとするアジアの開発途上国では、今後も著しい経済成長の継続が予想され、大気汚染問題が一層深刻化し、当該国内の健康や食糧生産、生態系に影響を及ぼすことや、越境大気汚染により周辺諸国への影響が懸念される。また、大気汚染物質は、地球大

気の大気放射のバランスにも影響を与え、気候変動の一因ともなる危険性もある。

図 4.1 には、1980 年と 2000 年における NOx の年間排出量推計の地域分布を示す [1]。アジア地域の NOx 排出量は、1980 年から 2000 年の 20 年間で約 2.3 倍に増加している。2000 年以降は、その増加傾向が著しく、中国における NOx 排出量の増加率は、国内総生産 GDP の年率 10% 程度の成長に対応するように、過去最高を示して [2]、将来的にも排出量の増加が見込まれている。地球環境フロンティア研究センターと国立環境研究所が行った 2020 年におけるアジア域の排出量推計は、経済発展の持続可能性追求型と現状推移型シナリオに従った場合、排出量は 2000 年に較べて、それぞれ、+40%、+131% 増となり、現状推移型シナリオでは現状の 2.3 倍にも増加し、窒素酸化物に起因する環境汚染の増大が予見されている。

NOx の排出量の増加は、光化学オゾン O₃ の増加に繋がる。光化学オゾンの増加は、オゾン自体が大気環境基準 (オキシダントとして定義) を定められた汚染ガスであるとともに、硝酸ガス HNO₃、硝酸粒子、硫酸粒子などの生成を促し環境酸性化につながり、オキシダントの大気中の濃度については、環境基本法に基づく環境庁告示により、昼間の 1 時間値 (0.06ppm 以下) の環境基準が定められている。オキシダント濃度が 0.12ppm を継続して超過すると判断される場合、オキシダント注意報 (光化学スモッグ注意報) が発令されている (0.24ppm を超過すると警報の発令となる)。

そのためアジア域を対象とした対流圏物質輸送モデルを用いたアジア域の大気汚染濃度の将来予測シミュレーションが重要となる。NOx の大気中の寿命は概ね 1 日以下であり、光化学オゾンを生成し、硝酸塩粒子のような比較的長寿命の物質に変換され、長距離輸送され、アジア大陸の風下に位置する地域 (韓国や日本など) に越境汚染を引き起こす広義の自然災害と言える。

2000 年推計の発生量を用いた地上オゾンの 4 月平均濃度のモデル計算は、本州を含む日本海周辺地域の広い範囲で大気環境基準 0.06ppm を超過しており、そのうちの 10~20% 程度が東アジア起源であることが判明している [3]。これらの結果は、東アジア域での産業活動に伴って排出された NOx が大気中で複雑な光化学反応を経て O₃ を生成し、我が国の大気環境に大きなインパクトを与えていることを意味する。

2020 年の排出量推計を用いた場合の O₃ に代表される大気環境汚染の変化を図 4.2 に示す。これは、2000 年、2020 年 (持続可能性追求型シナリオによる) の排出量推計を用いてシミュレートされた地上オゾンの年間平均濃度分布である。2020 年には、前述のようにアジア域の大気汚染物質の排出量は 2000 年と較べて 40% 増加するシナリオに基づくシミュレーション結果であり、その結果、O₃ 濃度の上昇量は、中国国内 (0.010~0.015ppm)、東シナ海~九州から西日本 (0.004ppm 強)、関東地域 (0.003ppm) が予測され、九州から西日本の日本海側では年間平均値でも環境基準レベルに迫っていく。年間平均値の増加はわずかであるが、例えば、2020 年の九州北部ではオキシダントの環境基準の 0.06ppm を超過する割合が 2000 年の 20% から 2020 年には約 30%

に増加し大きな影響を持つ。排出量が 2.3 倍になる現状推移型シナリオの場合には、大幅に環境基準を超過することは自明である [4]。

詳細な対流圏物質輸送モデル結果の解析からは、中国国内での NO_x の排出総量が年間 100 万トン増加すると北京・華北平原から上海にかけての領域平均の地上から上空 1km までのオゾンの年間平均濃度は 0.001ppm 増加し、夏季の平均濃度は 1996 年間から 2003 年に約 0.008ppm 増加したことが示されている。風下に位置する日本では中国の増加率の 30～50%程度であるが、確実にオゾン濃度の増加がもたらされている。同様のことは、海域に沈着する硝酸性窒素の増加にも見える。例えば東シナ海域に大気から沈着する人為起源窒素酸化物に起因する硝酸性窒素(NO₃-N)の年間沈着総量は、1980 年から 2003 年でほぼ 2.5～3 倍に増加し、年間約 14 万トンに達している。この量は揚子江から流入する硝酸性窒素成分の 1/3 から 1/2 程度と見積もられており、海洋生態系にもインパクトを与える可能性が示唆される [5]。

以上のように、日本周辺の大気環境は、アジア大陸からの越境汚染に大きな影響を受けていることが明らかである。窒素酸化物の増加は光化学オゾンの増加の他に、硝酸塩等の増加をもたらし、オゾンの大気環境基準未達成問題、喘息などの健康影響、稲や森林などの生育阻害、酸性雨問題、大気粒子形成による大気放射過程への影響が危惧され、国内の大気環境保全のためには、国内の大気汚染防止対策だけでなく、アジア諸国を含めた防止施策を進める必要がある。

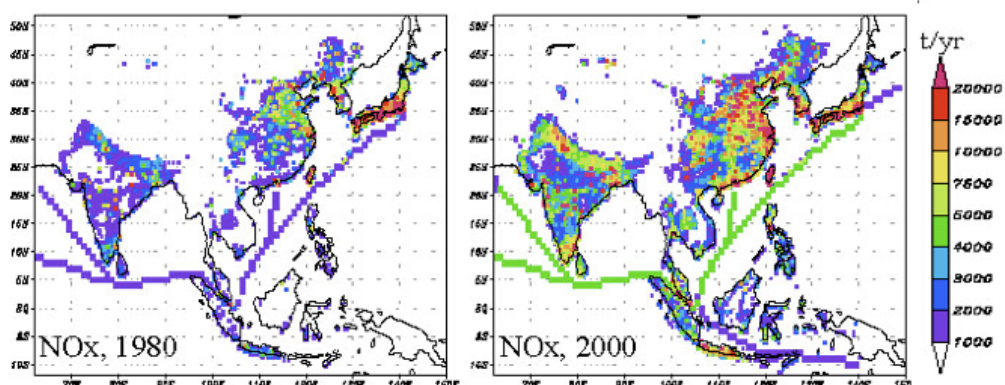


図 4.1 1980 年と 2000 年の NO_x 年間排出量の地域分布

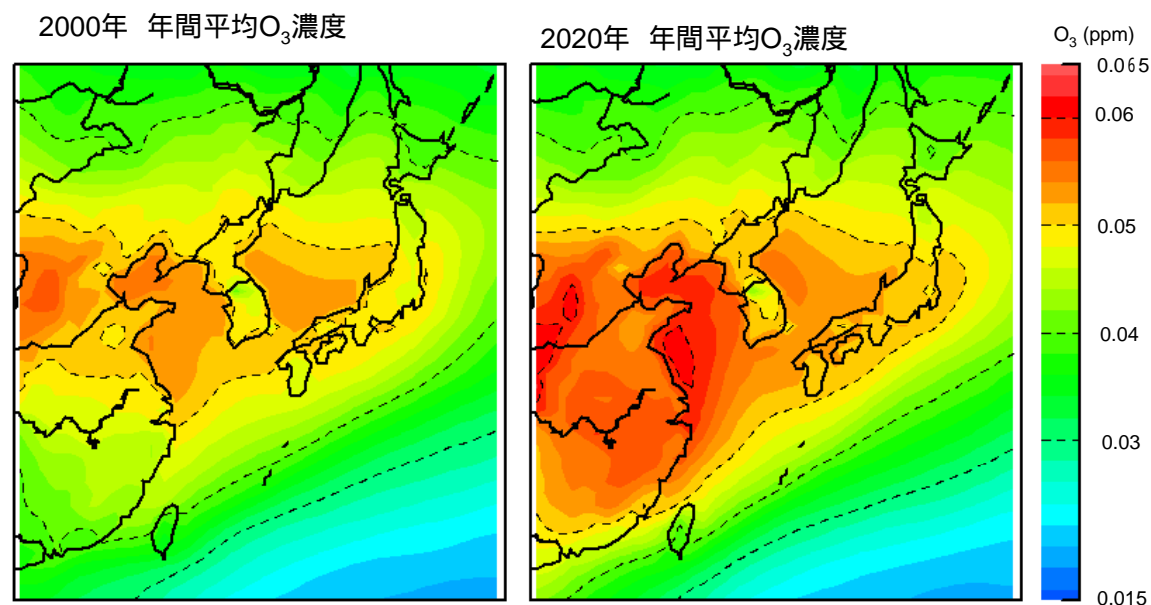


図 4.2 2000 年と 2020 年の地上オゾンの年間平均濃度分布のシミュレーション

複合災害

多くの自然災害の研究やその対策については、それぞれ個別が対象とされてきた。もっとも、地震と津波は、地震が要因現象で津波が付随現象であるが、それでも地震被害の議論と津波被害の議論が別になされることがむしろ多かった（2005 年スマトラ地震でも津波被害が卓越し、地震被害との災害の重畳ではない）。地震と山腹崩壊も同様であるが、1985 年長野県西部地震時の御嶽山崩壊は、先行した若干の降雨と連動して火砕流堆積物が大土石流化したもので複合災害の範疇と考えることが出来る。また、洪水と高潮も我が国ではひとつの台風という現象に起因して生起し、被害が重畳するが、これまではどちらかが卓越しており、単独災害と認識されることが多かった。現に伊勢湾台風災害やハリケーンカトリーナによるニューオリンズ災害は高潮災害として扱われている。しかし現実には、伊勢湾に来襲する巨大台風を想定すると、まず高潮が治水施設を破壊、大規模浸水を引き起こし、そのあと、北上する台風が伊勢湾流入河川の流域に降らせた雨が洪水流として流下し、河川堤防を乗り越えて、さらに浸水規模を大きくするシナリオは十分に考えられる。あるいは、高潮被害復旧途上を襲うことも十分にありうる。2005 年ニューオリンズでは、カトリーナ被害の復旧作業中にハリケーンリタが襲って、応急締め切りを破壊し災害復旧の進捗を極めて阻害した。これは、高潮が連続して襲った例だが、これも複合災害と考えられる。本震の後も余震も本震による被害を増大させることになり、複合災害の一つとして考えることが出来る。

2004 年新潟県中越地震に先立って信濃川水系は出水に見舞われた（新潟豪雨災害）。地震によって河川堤防にかなりの亀裂が入ったため（応急復旧したが）、その直後の

大出水であったなら被害がさらに拡大したことも推定されている。

気象災害は、複合して発生した場合に、単独被害よりもはるかに大きい被害となることがよくある。たとえば、フェーン風害では強風と乾燥であり、出穂したばかりの水稻の穂が壊滅的な被害を受けるし、潮風害・塩害では強風による海塩粒子の飛散が農業生産に壊滅的な被害を与えた例がある。さらに黄砂発生では、強風による砂の飛散・侵食による農作物の複合被害や黄砂・強風と病原菌の飛散・蔓延による被害の例がある。

また火山噴火はローカルな災害を引き起こすのみと考えられがちであるが、これは20世紀の我が国の火山活動の状況が小規模なものであったからに過ぎない。大規模なプリニー式噴火では、ごく細粒の火山灰や二酸化硫黄などの火山ガスが大量に成層圏に運ばれて、太陽光の透過率が下がり、地球規模の寒冷な気候がもたらされる。1783年のアイスランドのラキ噴火の後、ヨーロッパを始め世界各地に冷害が発生したが、歴史上の飢饉の中には巨大噴火による影響とみなされるものも多い。近代的な観測が行われるようになった20世紀の例では、メキシコのエルチヨン1982年噴火や、フィリピンのピナツポ1991年噴火のように、数年にわたって北半球の平均気温を0.5ないし1程度下げた噴火が知られている。このような事例も広義の意味での複合災害と考えることが出来る。

規模の大きな災害が短い時間の間に連続して発生し、被害を拡大するのが複合災害である。同時生起は極めてまれであるが、時間差をおいての生起は比較的高い確率でありうる。そのうちの連続した災害の時間間隔が短いものを複合災害とって良いだろう。

社会基盤施設は個別の災害の頻度（たとえばReturn period）を考慮して整備して来た。複合災害は低頻度であるとはいえ、深刻な災害を避けるという点で対応を行政、住民の両側で認識しておくことは重要である。

複合する災害の分類として、同じ災害（連続する地震）、因果関係のある2つの災害（地震と津波、高潮と洪水など）、独立な2つの災害（地震と高潮、地震と洪水など）がある。複合災害を考えるもうひとつの軸は、2つの災害の時間差である。そのひとつは（A）同時生起で、災害の破壊力が急激に増大する可能性がある。（B）時間差がある場合で、先行した事象による被害が、後発事象の被害をどう拡大するかが課題となる。現実には、先行する災害に対して応急復旧がなされるので、時間差が長いほど、後発災害に対する防災インフラ機能は復帰する。複合災害に対しては迅速な応急復旧は急務である。

複合災害に対する課題は、先行する災害によって脆弱化した防災社会基盤や疲弊した社会構造が後行の災害の発生により、それぞれ単独に発生した場合の災害を大幅に上回る災害をもたらすことにある。現状防災対策も災害を対象として計画されているものが多いが、今後重要な防災対策上の視点である。

(2) 近年の自然災害と提起された課題

2004年新潟県中越地震

2004年10月23日に発生した新潟県中越地震は死者65名、全壊家屋120,746棟の被害を発生させた。この地震で注目しなければならないのは、もともと地すべり多発地域であった活摺曲地帯において、地震発生の3日前に台風による大量の降雨があり、斜面や盛土が多量の水を含んだ状態で直下地震による強烈な地震動により大規模な斜面崩壊が多数発生したことである。地震と集中豪雨が複合化して災害の規模を拡大した可能性もあり、現行の自然災害対策が地震や風水害など単一の災害を対象としたものであることから、新たな課題を提起したと考えられる。

過疎化が進む中山間地域において、斜面崩壊により交通と通信が途絶し、応急活動、復旧・復興活動に大きな支障となった。地形・地質学的にも地震に対して脆弱地域であり、過疎化という社会的な脆弱性が加わった災害の一例と見ることが出来よう。地震後、被害を受けた中山間地の復興事業が進められているが、地震災害によって過疎化が一段と進むこれらの地域の復興のための社会基盤をどこまで整備する必要があるかについて議論がなされている。すなわち、災害に対して脆弱な地域から撤退することが地域全体にとってより効果的な防災対策に結びつくという意見に対し、国土の保全や我が国固有の景観の保持の観点により中山間地域を復興すべきであるという意見に分れており、防災対策の適正水準を考える上で一つの課題を提起した。

さらに、上越新幹線の脱線は、高速鉄道の直下地震に対するリスクと、社会と国民にもたらしている便益のバランスをどのように考えるかという社会的な問題を提起することになった。地震による鉄道の脱線とそれによって起こる災害の危険性は1995年兵庫県南部地震以来指摘されて来た問題であるが、具体的な検討がなされないまま中越地震の事故に至った経緯がある。東海道新幹線などは盛土区間も多く、軌道上の地震動が高架橋上のそれに比較し、大きく増幅される可能性もある。直下地震に対する脱線防止と災害の軽減のための技術開発が必要である。

新潟県中越地震では、1995年兵庫県南部地震を大きく上回る加速度が観測された。兵庫県南部地震のように橋梁など重要な社会基盤施設が破壊されることはなかったが、構造物の耐震性を照査するための地震動の設定と構造物の極限強度と破壊過程の解明の必要性が改めて指摘されることになった。

また、新潟県中越地震では、車中避難者の中に20数名の死者が発生した。強い余震活動が長期間にわたって継続したため、夜間、車中に避難する人が多く、ストレスによって死に至ったものである。今後、寒冷地において地震災害が発生した場合、停電により暖房施設が作動なくなり、このため車中に避難する場合が予想される。避難民の保護のあり方についての課題を提起したと考えられる。

集中豪雨による都市災害

2000年9月、東海豪雨災害では未曾有の豪雨が名古屋周辺を襲い、都市域が水没、さまざまな都市の機能が麻痺するなど大きな被害が出て、集中豪雨に対する都市の脆弱さが浮き彫りにされた。この東海豪雨を中心に、近年のさまざまな災害事例の中から、都市活動と関連させて、いくつかのポイントを抽出する。

東海豪雨だけでなく、近年都市周辺を襲う局所的な集中豪雨で、都市機能が麻痺する例が頻発するようになった。ヒートアイランド現象など局所的な現象が、地球温暖化など大規模気候変動の中で助長されていることが推測されるが、メカニズム的な説明は依然として残っている。

都市域浸水は主として雨水排水不良による内水被害であるが、舗装率増加による流出の先鋭化、上流末端での集水機能不足があったという間の道路冠水とそれによる交通麻痺をもたらしている。名古屋周辺のような低平地では下流末端でポンプ排水に頼り、雨水排除はその能力に依存する。また、排水ポンプ運転にかかわる機能が冠水で失われて排水区の浸水が助長されたり、河川の受け入れ能力優先による制限（運転調整）によって浸水が助長されたりする状況が出現している。

従来、内水被害は河川水の氾濫による外水被害に比べて、高頻度ではあるが比較的緩やかで被害も大きくないのが特徴であったが、土地利用、都市活動によってかなり先鋭化し、今後、外力（集中豪雨）の凶暴化によって、さらに深刻化することが危惧されている。

東海豪雨では、深刻な内水被害（すでに2mを超える状況となっていた）に加えて、新川破堤による外水氾濫が加わり被害はさらに深刻化した。新川破堤には、周辺ポンプ場からの排水規制が困難なこと、庄内川水位上昇に伴う洪水流量の分派量の増大、構造令の基準に満たない橋梁橋桁への流下物の引っかかりとそれによる水位上昇などが複合したとされる。また、従来安全度に差があった地域においても、都市の歴史的発展過程の中で、あるレベルまでは治水安全度は平等化されてきているが、災害ポテンシャルの高い地域では大きな外力に対してなお脆弱さが残されていることが示された例である。すなわち、都市化の拡大の中で、かつて安全度に地域差をつけて（堤防の左右岸の差、洗堰、歴史的遊水地など）総体の安全度を確保してきた地域がなお低い安全度のまま都市活動に組み込まれているという脆弱さがある。

外水氾濫は急激な浸水区域の伝播という点でより注意しなければならない。破堤・氾濫水伝播が実感できない市街地の中では、住民にとって被害が見えないし、予見も出来ない。住民の近隣連携が薄れる都市化の中で、災害弱者が被災する例が指摘される。

東海豪雨ではその被害額は7,000億円程度とされるが、その90%以上が一般資産災であった。それまでの豪雨・洪水災害では損害総額にかなりの公共資産（とくに治

水施設災害)が占めていた。後者は災害を最前線で食い止めていた費用であったといえるが、東海豪雨では本来守るべき対象が被災したわけでこれは深刻に受け止めねばならない。

以上のように、都市域では、まず外水氾濫に対する安全度は十分に確保し、次に内水氾濫の安全度は都市構造のあり方や都市活動のあり方と連動させて向上させることが重要である。

東海豪雨等による都市域氾濫は都市活動を著しく低下させた。とくに交通機関の麻痺は、災害後の復旧を困難にした。生き残ったルートへの交通集中、浸水による運転不能車両の放棄が、避難・救援などの妨げとなった。

水没した都市域では、低床の店舗・事業所の被害が目立つほか、地下街を始め地下利用(半地下構造なども含め)部分への浸水、そのような状況下での避難行動の困難さなど、多くの問題が浮き彫りにされた。地下室閉じ込めによる犠牲者、地下鉄などの施設の水没とそれに伴う交通障害、さらには上下水道、電気・ガス、通信網(ATMなども含む)などライフラインの被害など、都市域はあるいは都市活動は、水没事態に対して極めて脆弱であることが改めて認識された。

また、都市域が人間活動の過密エリアであることから、そこが被災することが膨大な量の災害ゴミの発生につながった。想定浸水の中でゴミの減量と非常時のその処理・処分についても十分な対策を立てることが必要である。また、危険物の流出防止に対策が課題であることも示された。

ハリケーンカトリーナ

2005年8月末米国東南部を襲ったハリケーンカトリーナ[6](最盛期でカテゴリー5、上陸時カテゴリー3、カテゴリーはハリケーンの強さを気圧、風速で分類したもの)では、高潮によってニューオリンズの街が水没、48万人に避難命令が出て市民が逃げまどい、ほかにも東部海岸沿いで高潮と強風によって建造物が軒並み破壊され、あわせて1,200名以上の死者、200億ドル以上の損害を出した。

ニューオリンズは、東部がメキシコ湾と直結したボーン湖に面し、北部が比較的閉鎖的なポンシャトレイン湖に接した海拔ゼロメートル以下のいわゆるゼロメートル地帯で、さらに市街地の南側をミシシッピー川が流れる。ミシシッピー川の堤防は比較的高くまた地形的にも自然堤防を形成しており、ニューオリンズの市街地もミシシッピー川に近い部分の比高は高く、そこからポンシャトレイン湖にむけて(中央に微高地(リッジ)はあるが)低くなっている。ポンシャトレイン湖側へは、湿地を埋め立てて都市を拡大してきた。俗にスーパ皿地形といわれ、都市化の推移もあって、中央にポンプ場が建設され、ポンシャトレイン湖に水路(canal)で(雨水)排水されている。また市街地の東側にはポンシャトレイン湖とミシシッピー川を結びさらに東のボーン湖を経てメキシコ湾とつないだ運河(Inner Harbor Navigation Canal、工

業運河)が存在する。ボンシャトレイン湖、ミシシッピー川及びこれらの水路に沿って堤防が築かれ、ニューオリンズ市街はいくつかの排水区の集合になっていて、それぞれの安全は排水区を囲む堤防と、漏水と雨水排除のための排水機によって、守られていた。堤防は、盛土とその上の flood wall と呼ばれるコンクリート壁より建設されており、flood wall は矢板基礎を有している。flood wall は、巨大ハリケーンに伴う高潮に対し十分な高さがあったが、水位上昇時の耐力が不足していたことが災害後の調査で明らかにされた。

カトリーナによる高潮来襲時、排水運河である 17th Street Canal 及び London Avenue Canal の複数箇所 で flood wall の転倒、破損に伴う破堤が生じ、これらによっていくつかの排水区単が浸水した。ボンシャトレイン湖側での高潮偏差は 3m 程度で flood wall を越流していなかったが、flood wall の基礎地盤に干拓前の湿地樹木根の残骸が含まれ、十分な地盤支持力がなかったことが被害の原因と考えられている。

一方、工業運河はメキシコ湾に開口し、そこから高潮・高波が侵入して、水位が 5m 以上上昇し、flood wall を超えて越流した。越流水は flood wall 直下を洗掘し、破堤した。計画を超える水位上昇による破堤と考えることができる。工業運河の東側 9 番街区では、港湾域から大型バージが侵入、これが強風で漂流して多くの建造物を破壊し、犠牲者が発生した。

浸水域では、地域上石油精製場からのオイル流出のほか、危険物流出への対策も十分でなく、発災後の応急活動の支障となった。また、大量のガソリンやペイント及び家庭の一般ゴミが市街地に流出し、環境へ深刻な影響を与えるとともに、復旧活動を困難にさせた。

排水と堤防の緊急締め切りで応急復旧工事が開始されたが、引き続いて来襲したハリケーンリタにより、復旧が大幅に遅延した。

東部沿岸域は、水害保険対対象地区でカテゴリ-3 レベルを考慮して、高床式住居の基準や避難警報システムなどが整備されていたが、ハリケーンカトリーナはこれらの基準や警報システムのレベルをはるかに上回り、大災害をもたらす結果となった。また、この地域が多くの階層・人種より構成され、かつ、多くの観光客を抱えており、避難などに関する防災対策が十分でなかったことも原因として挙げられる。

ハリケーンカトリーナによる被害が大規模化した原因として、連邦危機管理庁 (FEMA: Federal Emergency Management Agency) や国土安全保障省 (DHS: Department of Homeland Security) 等の大規模自然災害への対応に問題があった可能性が指摘されており、多くの提言がなされた (例えば、[7][8][9])。米国における自然災害をはじめとする危機対応は、1990 年代に FEMA を中心とした体制が整備され、1994 年ノースリッジ地震やハリケーンと竜巻災害等の軽減ため効果的に活動し、日本の危機対応のモデルと考えられてきた。2001 年の同時多発テロを契機として、沿岸警備隊、シークレットサービスなど危機管理関係の機関を統合して DHS を新設し、それまでの自

然災害を中心とした体制からテロリズムを中核に据えた危機管理体制に変えた。その改革で FEMA は危機管理の総合調整の役割から外れ、DHS の一外局として DHS の指示で緊急事態への対応を行うこととなった。このような体制の変更が自然災害に対する関心の低下を招き、今回のハリケーンカトリーナ発生時の危機対応の遅れにつながった可能性も指摘されている。

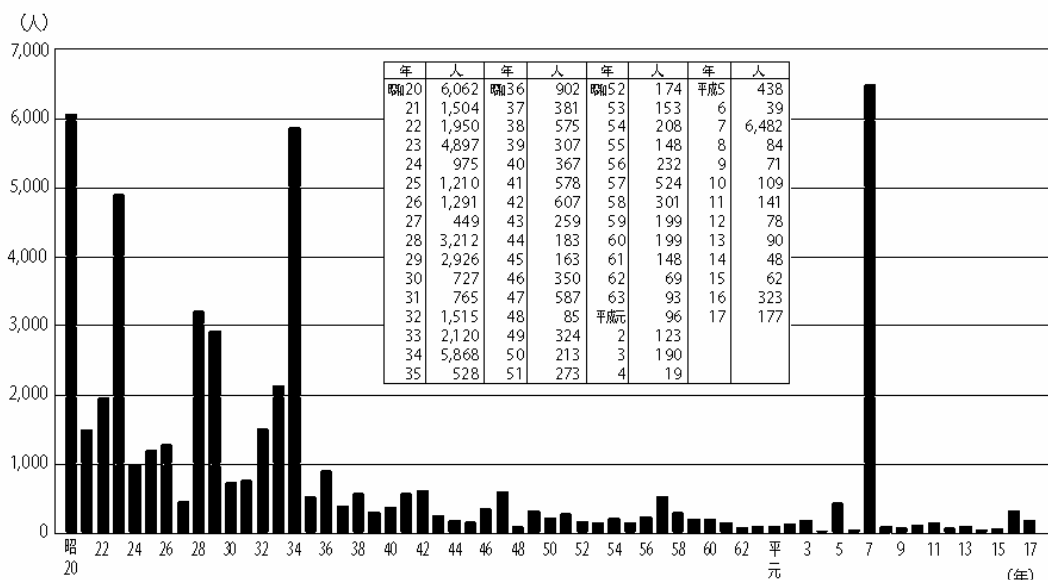
-
- [1] 地球環境フロンティア研究センターアジア域排出インベントリー (Regional Emission Inventory in Asia; REAS)、
<http://www.jamstec.go.jp/forsgc/research/d4/emission.htm>
 - [2] Richter, A., J. P. Burrows, H. Nüß, C. Granier, and U. Niemeier, Increase in tropospheric nitrogen dioxide over China observed from space, *Nature*, 437, pp.129-132, doi: 10.1038/nature04092, 2005.
 - [3] Yamaji, K., T. Ohara, I. Uno, H. Tanimoto, J. Kurokawa, and H. Akimoto, Analysis of seasonal variation of ozone in the boundary layer in East Asia using the Community Multi-scale Air Quality model: What controls surface ozone level over Japan?, *Atmospheric Environment*, 40, pp.1856-1868, 2006.
 - [4] Yamaji, K., T. Ohara, I. Uno, et al., Future Prediction of Surface Ozone over East Asia using the Models-3 Community Multi-scale Air Quality Modeling System (CMAQ) and the Regional Emission inventory in Asia (REAS), in preparation.
 - [5] Uno, I., M. Uematsu, et al., Numerical Study on the Atmospheric Input of Anthropogenic Nitrogen to the Marginal Seas in the Western North Pacific Region, in preparation to submit.
 - [6] 2005年ハリケーンカトリーナ水害調査団 (土木学会水工学委員会・海岸工学委員会): 2005年ハリケーンカトリーナ水害調査報告書、(財)河川環境管理財団、2006年5月。
 - [7] The Federal Response to Hurricane Katrina: Lessons Learned,
<http://www.whitehouse.gov/reports/katrina-lessons-learned/>, Feb.2006.
 - [8] Hurricane Katrina: A Nation Still Unprepared,
<http://hsgac.senate.gov/index.cfm?Fuseaction=Links.Katrina>, SPECIAL REPORT OF THE COMMITTEE ON HOMELAND SECURITY AND GOVERNMENTAL AFFAIRS, May.2006.
 - [9] A Failure of Initiative The Final Report of the Select Bipartisan Committee to Investigate the Preparation for and Response to Hurricane Katrina,
http://katrina.house.gov/full_katrina_report.htm, Feb.2006.

5 社会基盤整備の適正水準の考え方

(1) 既設社会基盤整備の災害軽減効果

戦後の我が国での自然災害の人的被害の推移（内閣府）を図5.1に示す。毎年、国内で多くの犠牲者や被害が出ており、災害が繰り返されているが、人的被害については、1995年の阪神・淡路大震災を除き1960年以降には激減していることがわかる。基本的には、自然災害の外力に耐えうる施設（耐震・防火構造、堤防、シェルター、など）を整備して災害予防を図ることが主体であった。様々な自然災害に対する社会基盤整備を核として防災対策が実施され、その効果により被害軽減がなされてきた。

自然災害による死者・行方不明者



資料:昭和20年は主な災害による死者・行方不明者(理科年表による)。昭和21~27年は日本気象災害年報、昭和28~37年は警察庁資料、昭和38年以降は消防庁資料による。

注) 平成7年の死者のうち、阪神・淡路大震災の死者については、いわゆる関連死912名を含む。
平成17年の死者・行方不明者数は速報値。

図5.1 戦後の人的被害の推移[1]

戦後の我が国における災害対策に関する経過を振り返ると、1959年に東海地方に大きな被害をもたらした伊勢湾台風をきっかけに1961年に災害対策基本法が制定された。その法律の目的は、国土と国民の生命、財産を災害から守るために、国、地方公共団体及びその他の公共機関によって必要な体制を整備し、責任の所在を明らかにするとともに、防災計画の策定、災害予防、災害応急対策、災害復旧等の措置などを定めることである。本法では災害を、暴風、豪雨、洪水、高潮、地震、津波、噴火その他の異常な自

然現象、または大規模な火災、爆発及びこれらに類するものとしており、「放射性物質の大量放出」などの原子力災害も含まれている。災害対策基本法に先駆けて、我が国では、河川法（明治 29 年）、砂防法（明治 30 年）、災害救助法（昭和 22 年）、水防法（昭和 24 年）、海岸法（昭和 31 年）などが制定されており、関連しながら防災への取組を支援している。

海岸法を例に、我が国の沿岸域での防災対策について振り返りたい。昭和 28 年 9 月の 13 号台風による伊勢湾沿岸の高潮災害は当時の土木技術者に大きな衝撃を与え、昭和 31 年の海岸法制定の大きな契機となった。その後、我が国においては、伊勢湾台風（昭和 34 年）、第 2 室戸台風（昭和 36 年）などの高潮災害、チリ地震津波（昭和 35 年）、日本海中部地震津波（昭和 58 年）、北海道南西沖地震津波（平成 5 年）などの津波災害、河川及び沿岸での人工構造物の設置や沿岸利用の変化を原因とする海岸侵食など、主要な沿岸災害のすべてを経験している。当時、我が国では防災施設の建設を中心に実施する中で災害抑止・防止技術を発達させ、多くの被害に対しその規模縮小に貢献してきたと言える。例えば、十勝沖地震津波（昭和 43 年）では、当時完成しつつあった防波堤や防潮堤により、2～4m 程度の津波をかなり防ぐことが出来た。こうした技術の発展は、社会からの要請、自然現象への理解、実現するための経済力などの後盾があり実現できたと言える[2]。

自然現象を理解するための科学・技術が発展し、専門的になりつつある中で、一般の人々が持つ知識や理解は逆に低下していることも事実である。さらに、過去のような経済発展を期待することは困難になりつつあり、今までの技術発展を支えてきた状況が大きく変わりつつある。このような中で、システムや技術開発・発展よりも保全・維持が優位するような脱産業社会の価値観が出てきていることも事実である。

しかし、沿岸域での災害ポテンシャルは減少するどころか、むしろ増加している。これまでの高度産業化に伴って人間活動の影響が飛躍的に増大し、人類が保全・維持すべき条件が拡大深化した結果、その保持・維持の失敗が重大な被害を及ぼすようになってきている。さらに、システム維持を脅かす本来的には制御可能なはずの内生的な危険・阻害要因が激増していることも確かである。最近問題となった海域への油流出問題や原子力の運用・管理などがその典型的な例であろう。

現在では、潜在的な危険性の認知やその具体的な評価が求められており、防災対策を実施して行く上で不可欠となっている。このような中で国の中央防災会議での活動の意義は大きく、我が国の重要な災害に対して評価し、対策を提言しており、最近でも、東海想定地震、首都直下地震、富士山火山防災など、様々な専門調査会が開催されている。先日、公表された日本海溝・千島海溝での地震・津波の被害については、過去 400 年間の歴史資料だけでなく、最近の新しい科学的知見を取り入れて、周期性・切迫性などを考慮して対象地震・津波を選定している。それぞれの対象について具体的な被害評価とともに、将来重要になるであろう新しい被害像やそれに対する対策の考え方なども提言

している。多くの地域で、推定された津波の規模は現在の防災施設の対応レベルを上回っていることも示され、これらの結果は、新聞・テレビなどの報道機関を通じて大きく取り上げられ紹介されている。国民にリスクを公表していくという点も従来とは違う変化であり、報道機関の役割は重要である。

(2) 防災社会基盤整備の適正水準の考え方

基本的視点

従来、我が国では社会基盤整備の遅れから整備することに精力が注がれ、将来の適正な社会基盤整備のあり方について十分な議論がなされてきたとは言いがたい。この議論を行う上で、災害の規模を分けて取り扱う必要がある。1つは通常の規模の災害であり、もう一つは復旧に大きな困難を伴い、国内及び国際政治・経済に大きなインパクトを与えるような巨大災害である。

自然災害軽減のための財政基盤は税収に基づいており、社会基盤の整備により自然災害軽減を図ることは、国家の重要な責務である。このことから、国家の長期的な税収の適切な配分としての社会基盤整備を考える必要がある。社会基盤整備の適正な水準に影響を与えるファクターとして、我が国が持つ現在及び将来の、経済力、人口構造・配置、戦略的視点からの国際競争力の維持、国民が納得する安全・安心の水準、良好な環境の保全などの社会環境及び地球温暖化などによる自然環境の変化などが重要である。このファクターを定量化するにはリスク評価が必要であり、国土の荒廃、国際競争力の低下、景観や文化の破壊、国民の心理的打撃などを適切に評価する必要がある。

我が国では、社会基盤の維持管理の重要性が増しつつあり、確率・統計的考えを取り入れたライフサイクルコストの把握が必要である。効率的・効果的な維持管理を実施して行くに当たっては、アセットマネジメントの考え方を導入することが必要である。ただし、人命に影響を与えないような場合には、安全性向上のために多額の投資を行って社会基盤施設を強化するよりも、事後対応の方が経済的には効率的である場合もありえる。

通常災害に対して

中規模以下の通常災害に対しては、ハード対策で対応することが原則となる。この場合、社会基盤整備は新設のみでなく、既存の施設の有効活用の視点も大切である。この半世紀の間に社会基盤施設整備の着実な進展により、風水害や地震災害による犠牲者数は大幅に減少し、通常規模の災害に対しては一定の効果を挙げてきた。このような既存の施設が、災害時に安全性を低下させず、機能することは最低限の条件であり、防災施設の適切な維持・管理を強化して安全性を向上させるとともに、想定外の

外力にも一定の機能を有する必要がある。つまり、「粘り強さ」を発揮するよう、他の施設との組み合わせなどを考慮することも考えておかねばならない。

巨大災害に対して

M9 を超えるスマトラ級地震及び津波による影響は、我々の想像を超えるものであった。このような超巨大地震の発生頻度や影響の推定と評価は、科学的なデータが希有であるために、現代の災害科学において最も難しい課題の1つである。しかし、文明を滅亡させ、歴史をも変える影響を持つ、このような低頻度超巨大災害への対応を諦めるわけにはいかない。45 億年の歴史を持つ惑星としての地球を科学し、人類の歴史に残る希な痕跡を発見し丁寧に積み重ねることが、まず重要な一歩である。

スマトラ沖地震・津波の他にも、1,000 人以上の犠牲者を出した地震・津波災害や風水害はこの 20 年間で急増している。巨大災害の発生の原因は、災害に対する社会環境の脆弱化が第一の要因であり、風水害に関しては自然環境の変化も重要な要因となっている。我が国においては、620 年以降に記録された地震災害 419 件のうち、1,000 人以上の犠牲者を出した巨大災害は発生件数では 33 件 (7.9%) であるが、犠牲者は実に 96% に及ぶ。津波・高潮、洪水氾濫においても同様である。犠牲者 10,000 人以上の超巨大災害は、国際的な影響を与える災害と思われる。長期的な視点から自然災害による犠牲者を減少させるためには、巨大災害に対する被害軽減が最も重要となる。

将来の巨大災害に備えるため、そのリスクを評価し、公開することは重要である。リスクは、想定される被害総量と発生確率の積として評価されるが、一般的に低頻度の巨大災害の場合、発生確率が極めて小さい値となることが多いため、防災投資額を下回り、防災投資が適切でないという結論に陥ってしまうことがある。リスクを評価する場合、人命・財産の損失はもとより災害が社会へ与える長期的インパクト、国力と国際競争力の低下及び国土の保全と景観維持など様々な要素を考慮することが必要である。

将来の巨大災害による被害を軽減するためには、長期的な視点での均衡ある国土構造の再構築が不可欠であることは論を待たない。人口・資産の分散によるリスク分散、都市部の過密化と地方の過疎化の解消、将来の人口減を踏まえて災害脆弱地域における住民自らによるリスクを考えた居住地選択と土地利用の適正化、首都機能のバックアップ体制の確立及び復旧・復興活動のための交通網の整備、災害保険の国家的規模・国際規模展開、地域・個人の減災努力などが必要であり、短期的な経済発展・市場原理の国土開発の視点から防災・環境を視野に入れた国土造りへのパラダイム転換が求められる。

地球環境の変化に対して

過去 10 年程度の間には我が国の水文データは過去にない変化の様相を示しており、

雨量の年変動が増大し、多雨年と少雨年の差が大きくなっている。また、集中豪雨が増大し、これまでは滅多に観測されなかった1時間当たり雨量が100mmを超えるような雨がよく観測されるようになっている。地球シミュレータの予測では地球温暖化により、台風の強度が増加するとともに、冬季には降雪量が減少することが予想されている。これらの水文現象の変化は、豪雨による水害・土砂災害をもたらすとともに、水資源にも深刻な影響を与える可能性が高い。水災害というと洪水がまず注目されるが、水不足は社会の維持を困難にする大きな災害であると認識すべきである。また、海水面以下のいわゆるゼロメートル地帯が広がる首都圏や中京圏では、海水面の上昇が高潮や津波災害の人的・社会的規模を大きくする。

我が国では欧米において取り組みが行われている地球温暖化に対する適応施策(adaptation)に関する認識が低く、今後意識的に取り組む必要があり、過去の水文データの精査や地球シミュレータによるシミュレーション結果などを積み重ね、20年程度先を見据えて我が国の人口・国土構造も勘案して適切な防災対策を今から立て、そのための防災社会基盤整備を急がなければならない。

今後の防災対策に向けて

以上述べたように、自然環境と社会環境の変化による自然災害の巨大化及び災害の態様の変化を考慮した防災対策が今後重要となる。これら将来の巨大災害に対しては、先ず人命被害を最小とすることが求められるが、対応の基本的考え方は「予想を超える自然現象による災害への対応」、「設計値を超える外力への対応」である。巨大災害は一般に発生頻度は低いものの、国民や社会に与える影響は深刻である。これらの低頻度であるが巨大災害に対しては、防災社会基盤の整備によるハード面の対策だけではおのずと限界があり、発災前の防災教育やハザードマップなどによるリスクの評価と衆知、発災後の避難・救急活動などソフト対策も重要となる。つまり、大規模な被災を前提とするものの、影響の部分化、人命被害の最小化、復旧のし易さなどを考慮した施設の政治・管理が求められる。

巨大災害軽減のためのハード、ソフト両面からの対策は、国・自治体など公的機関による施策のみで推進されるものでなく、公助・共助・自助の連携があってはじめて達成される。国・自治体の役割は自然災害に強い国づくりと地方づくりにあるが、このため、防災戦略の策定や防災社会基盤の整備を担うこととなる。地域コミュニティの役割は自然災害に強い地域づくりにあるが、このためには地域住民や民間企業、NPO等の参加による防災対策の立案と実施及び発災後の応急・救急活動がその主要な役割となる。国民1人1人の役割は自然災害に強い家庭づくりにある。家屋・宅地の診断と補強及び非常用食糧と水の備蓄は個人が担う役割である。国・自治体等の公的機関、地域コミュニティ及び国民のそれぞれが公助・共助・自助の輪における役割と分担を明確に認識することが重要である。

(3) 巨大災害の防災対策 首都直下の地震を例として

中央防災会議の予測によれば、東京湾北部を震源とする M7.3 の地震は、死者 11,000 名、建物全壊棟数 85 万棟の被害を発生させ、避難者は 460 万人、帰宅困難者は 650 万人、経済被害額は直接被害、間接被害を含めて 112 兆円に達するとされている。この地震の今後 30 年間の発生確率は 70%とされており、我が国にとっては目前に迫った巨大災害と言える。東京都は 2016 年に臨海埋め立て地区を主会場としたオリンピックの誘致を決定しているが、オリンピック開催までに東京湾北部の地震の発生する可能性は決して低くないと考えられる。このように、被害総額 112 兆円は我が国の年間国家予算の約 1.5 倍にも達する巨額であり、復旧に非常に長い時間を要するとともに、その間の経済活動は低迷し、国際的競争力を喪失することになるであろう。また、我が国の国家機能は麻痺し、国民の生活に多大な影響を及ぼすとともに、国際社会の中での政治・経済上の地位低下は著しいものとなり、東アジアの政治的不安定性とあわせて国家の安全保障にも重大な問題が生じるであろう。首都直下の地震による災害を軽減するための必要な投資レベルについては、様々な額の投資に対応して被害の軽減がどの程度になるかの試算が必要であり、この試算結果を提示して国民とのリスク・コミュニケーションとコンセンサス形成のプロセスが求められている。

中央防災会議は首都直下地震対策政策大綱の中で、発災後 3 日程度においても首都中枢機能は継続性を確保することとしている。また、首都直下地震の防災戦略の中で、今後 10 年間で死者数を半減、経済被害額 40%減として各種の施策を実施すること、としている。しかし、住宅・建物の耐震化対策促進のための具体的方策は不十分であり、帰宅困難者や避難者への対策の明確な方針は打ち出されていない。また、経済被害が我が国と世界の政治・経済に及ぼす影響やその復興過程の道筋も示されていない。中央防災会議の首都直下地震に対する基本戦略を実現するためには今後、国・自治体、地域コミュニティ民間機関及び国民が一体となった取り組みが不可欠である。そのためにはこれらの予想される被害の実体を単なる数量の表だけでなく、分り易く国民に発信し理解を求めることが必要である。このために報道機関が果たすべき役割は大きいと考えられる。報道機関と防災実務者・研究者の連携のもとに科学的根拠に基づいた被害予測の実体を広く国民に継続的に伝達して行くことも重要である。

(4) 適正水準に対するコンセンサス形成に向けての取り組み

自然災害軽減のための社会基盤整備の適性水準については、被災想定地及び被害想定の情報開示とその推定精度を広く国民に周知する必要がある。社会基盤施設によって安全性が完全にカバーされるわけではないことを周知しなければならない。その場合、既存の社会基盤及び現行設計法で目標としている社会基盤の破壊確率を、各種主要施設・構造物について明示する必要がある。さらに、想定被害と社会基盤による想

定災害軽減効果を、投資額をパラメータとして複数提示し、そのコストが財政規模のある一定の割合を上回る場合は、ソフト対策を含めて国民あるいは地域住民とのコンセンサス形成を諮る必要がある。場合によっては、リスクは保険等によって分散しなければならない。

災害は基本的に日常的ではないことから、軽視されたり、忘れられることが多い。このような災害被害を国民が理解し、意識するためには、様々なツールを活用した参加型のワークショップ、現実感のある災害疑似体験、防災教育の定着・継続、などが求められ、行政による努力の他に学協会やNPOなどの役割・提言が必要である。

このように、確保できる安全の水準や危険性などについて国民や経済界、地域住民とリスク・コミュニケーションによって情報を開示し、防災意識を醸成しつつ徐々にコンセンサスを形成していくことが大切であるが、そのためには時間がかかることから、粘り強い継続が重要である。

さらに防災関係者においては、巨大災害がもたらす社会経済的影響に関する統一的认识が必要であり、そのための継続的なデータ収集と知識の集積・データベース化、知識・意識の共有プロセスの形成が重要である。

[1] 内閣府：我が国の災害対策、pp.40、災害関連データ（内閣府）防災情報のページ、<http://www.bousai.go.jp/index.html>、2002.

[2] 首藤伸夫：海岸防災技術の歩み、海岸、第36巻第2号、全国海岸協会、pp.31-42、1997.

6 災害に強い社会の構築

(1) 自然災害に強い国土構造

耐災害性のある国土構造の構築に向けて

ア 脆弱性が高い地域とその解決のための方向性

災害に強い国土構造や社会システムの構築を考える上での重要なファクターは費用を最小化しつつ、安全・安心の最大化を図ることである。そして、「将来の災害の発生頻度と外力規模」に対して、「社会の被災規模を最小化するための災害抵抗能力強化への投資力」との相対的大小関係を考慮しながら、

- ・ 災害脆弱地域のリスクを考慮した居住選択の誘導と土地利用対策の促進
- ・ 減災力・早期復旧力強化による災害抵抗力の強化（ソフトインフラ対策）
- ・ 災害外力を凌駕する防災施設の構築（ハードインフラ対策）

の3戦略を適切に選択することが基本的な考え方として必要である。

耐災害性のある国土構造の構築を考えるには、上記のような視点に立って、災害に対する脆弱性の高い3つの地域に対して、以下のような方策を講じる必要がある。

・ 中山間地と沿岸漁村地域

将来、災害脆弱性が高い地域として、過疎化が急速に進展する中山間地あるいは離村が進行した沿岸漁村地域が挙げられる。これらの地域では、政府が災害に対する情報を提供しつつ、先ず住民によるリスク回避的な居住地選択が求められる。また、高齢化社会を見据えて、公的性格が強い各種居住施設などは、安全性が確保できる場所に設置するなどの施策が必要である。

以上は過疎化が進展する地域を放棄することを意味するのではない。健全な国土の保全という観点から、森林・耕地の荒廃対策やそのための各種構造物の整備を治山・治水対策の重要な項目として組み入れるべきである。このとき、これらの構造物はごく狭い地域を対象とした安全性確保を目的として設置するというよりも、地域全体のバランスを考慮した災害安全性や国土保全上重要である森林の維持管理、河床低下、海岸線確保などとの関係を考慮し、流域全体のバランスを考えて建設すべきである。

・ 都市及び周辺部

さらに、災害脆弱地域として都市あるいはその周辺部の傾斜地、低平埋立地の住宅地や海岸付近のゼロメートル地帯、などが挙げられる。将来、これらの全ての地域に対して安全のための財政措置を施すことは難しく、災害リスクに関する

情報を常に提示し、住民がそれを十分に意識して自ら居住地選択がなされるように誘導することが求められる。

また、災害脆弱地域を指定し、洪水氾濫の発生確率に応じて宅地開発者には安全対策を、居住者には洪水保険を義務付ける。急傾斜地の住宅開発には、十分な安全基準を課すほか十分な保険を義務付ける等の予防義務を課することにより、災害脆弱地域への立地にはコストが生じ、その結果として居住人口が抑制される。土地利用の誘導策の一環として水田地の開発に当たっては、遊水池機能を確保するため、水田の遊水池機能を定量化し、代替機能を確保するなどの施策も必要である。

・ 大都市中心部

大都市中心部への過度の政治・経済機能の一極集中の進行は災害脆弱性を高める。我が国の主要大都市において、災害時にも都市機能を維持することは世界的政治・経済の安定という観点からも国際的な責務である。そのためには都市機能のバックアップの構築、最低限の機能維持のためのインフラ整備、早期の機能復旧能力の向上が必要である。

イ コンパクトシティ

厚生労働省社会保障人口問題研究所の推計に依れば、今後 100 年間で人口が半減すると予測されている。これを回避することは容易ではなく、地域の防災には、これを想定したシナリオを考えておく必要がある。人口減少による 1 人当たり国土維持コストの増大を防ぐモデルとしてコンパクトシティが提案されているが、これは防災コストを低減させる地域戦略としても有効である。そこでは、高層建物群と老朽した木造住宅群が混在・密集した災害脆弱地域を再構築して、安全・安心で環境良好な街区を形成し、郊外に散在する住宅を撤退させて市街中心部に集約する構造に転換することによって、防災機能の向上、職住近接の環境整備、アメニティ改善を達成し、あわせて環境負荷を低減するとともに災害弱者である高齢者にも生活しやすい持続可能な街づくりが追求される。現在すでに札幌市、仙台市、青森市、神戸市など一定規模の人口を有する都市でコンパクトシティ政策が推進されており、国土交通省もまちづくり 3 法を通じてコンパクトシティを推進している。我が国では中心市街地の空洞化問題を契機として検討が開始されたコンパクトシティの概念は、防災機能向上をも重要な要素として付与することによって積極的な効果が期待され、単に物理的に人口が集積することのみではなく、総合防災の態勢を整え、危機管理を意識した「災害認知社会」組織としてのコンパクトシティの構築を目指すべきである。

ウ 法制度の再整備

耐災害性のある国土構造の形成には、適切な法体系の整備が不可欠である。我が国では昭和 36 年に災害対策基本法（最終改正平成 18 年）、昭和 53 年に大規模地震対策特別措置法（最終改正昭和 61 年）が策定されて一定の災害軽減効果を果たして来たが、さらに「災害に強い国土構造」を目指すという観点が今後の法制度の整備において強調されるべきである。国土構造に関しては、国土の総合開発の観点から昭和 25 年に国土総合開発法、昭和 31 年の首都圏整備法の施行を初めとして、近畿圏整備法、中部圏開発整備法の大都市圏整備に関する法制度が順次施行された。国土総合開発法は平成 17 年度に、開発と拡大を改めるために廃止され、成熟時代の計画としての国土形成計画法へと移行し、従前の全国計画のみならず、広域ブロックを単位とした広域地方計画をも策定することに変更された。一方、大都市圏法も、見直しが検討され、2 年をかけて関連する国土利用計画、都市計画関連法の再整備を行うこととなった[1]。

国土構造として、人口と経済活動を集約していくべき都市・農村集落と土地利用のあり方を再検討すべき地域を一体的に見て、それに対応した経済、財政、環境の持続性を確保することが重要である。高度成長期に居住地が拡大した災害脆弱地域では、今後、自然環境の復元に向けて、降雨の保水機能、土砂の流出防止、及び正常な大気循環を維持する緑地の維持・増加などの観点から、地域を維持管理するシステムが必要である。そのためには、財政調整等の支援制度を創設していくことも重要である。

社会資本整備に関しては、平成 15 年に社会資本整備重点計画法（最終改正平成 17 年）が整備され、河川と下水道の連携による床上浸水被害の低減、津波・高潮被害想定面積の削減が計画に含まれることになった。今後、さらに災害に強い国土構造という視点から、森林、農地、都市、道路、河川、海岸、湖などを包含して国土構造を見直し、国土の有機的かつ総合的な防災型土地利用計画を策定することが不可欠である。

防災社会基盤の整備と維持・管理と更新

防災社会基盤の整備と維持・管理の問題は、対応すべき災害外力の増大と施設の老朽化に集約される。安全性レベルの向上の要請により、災害履歴とともに設計外力の増大及び構造物の要求性能は高度化する傾向にある。新たに設定された災害外力に対応する最新の設計法の導入は、不可避免的に不適格な既存構造物を生み出し、既存構造物の照査、構造物あるいは地盤の補強対策等が繰り返し必要となる。その際、考慮されるべき項目は、経済及び時間的制約のもとで補強対策実施か新規構築かの判断と、目標とする防災レベルの判断である。すなわち、被災復旧時にも災害前と同一の防災レベルを目標とした復旧、より高度な防災レベルを目標とする強化

復旧、より高度な防災レベルを持つ施設の新規構築かの、選択判断が必要となる。また、新たな設計法の確立、既存建造物の照査の実施、補強対策の実施には、研究開発、人材育成、対策費用の確保、対策を実施する人的・技術資源の確保等、一連の条件整備と一定の時間が必要であり、短期間に度重なる設計災害外力が更新されると、一定期間内に新たな安全性レベルに対応する防災社会基盤を整備することは容易ではない。

防災社会基盤の整備には長期間の継続的かつ着実な調査・研究、人材育成、防災対策費用確保がなければならないことを再度確認すべきである。同時に、防災投資力の制約から無制限の安全性レベルの向上要求も実現不可能であり、早期の防災レベル・安全性レベルの設定に対する国民的合意形成が不可避である。平成 17 年度の港湾法の改正にともない、港湾建造物の安全性レベルは破壊確率で明示されるようになってきている。防災社会基盤の整備必要箇所の判定方法とその判断は純技術課題であるが、整備必要箇所のリストの中から整備を実施する優先順位をいかに決定するかについては国民的、地域的合意形成にゆだねられる事項である。

建造物の長寿命化ばかりでなく防災機能の保持・安全性能の確保のためにも適切な維持・管理が不可欠である。1965 年から 1981 年にかけて、米国が財政赤字の建て直しのために社会基盤への投資を一律に大きく削減したが、その結果出現したのは、吊橋のケーブルが切れて事故が起こるなど、社会資本が安全に利用できない「荒廃するアメリカ (America in Ruins) [2]」であった。建設完了後の建造物の維持、補修、修復に要する投資を十分に考慮に入れてなかったことが最大の原因であり、そこからの脱却に莫大なコストを要した。我が国でも高度経済成長期に短期間に整備された多くの社会基盤が半世紀を経て、更新時期を迎えつつある。人口減少が始まった今こそ、無秩序な郊外への拡散に終止符を打ち、残すべきであると厳選された市街地に対しては、防災社会基盤の整備を推進し、財政負担を将来世代に先送りすることなく、災害に強い国土構造を達成に向けて舵を切るべきである。

道路施設の耐震性水準設定に関する最近のトータル・コストの試算では、橋梁においては日交通量の大小に係らず現行程度の耐震性能を確保することによりトータル・コストを減少させるが、盛土においては、日交通量が小さいあるいは中程度の路線では、耐震性能の向上はトータル・コストを高めることとなり、壊れてから直すほうが安くなるといった報告もある。建造物・施設によっては、被災時の人的・物的被害を考慮した上で事前の一律対策よりも事後の個別対応が適切な場合があり、補強対策・補強レベルの選択には上記のようなアプローチが合理的である。また、施工速度向上への技術開発や新材料は迅速な補強・復旧に有効であり、積極的な採用を検討すべきである。また、災害に強い建造物・施設の構築に向けて従来からの設計法にとらわれず新材料や先端技術の積極的活用を図るべきである。

以上のような対策立案は、国民の「安全・安心」の価値観に強く依存するところ

があり、地域地区住民の合意形成は今後これまで以上に高いレベルで必要になる。行政側からの一方的な計画案の提示と、代替え案の乏しい状況設定の中での住民参加ではなく、十分な情報提供と選択肢を用意した地域地区住民と行政の議論の場の確保と、市民全体のコンセンサス会議の場が用意される必要がある。

防災基盤施設の維持管理と更新は従来、防災という観点より検討されて来たが、先に述べたように、成熟社会における社会基盤施設全体の維持管理と更新という観点からの検討も重要であり、災害による損失をも考慮したトータル・コストの最小化を目指すアセットマネジメントの考え方が導入されつつある。アセットマネジメントを適用するには、社会基盤施設のデータベースの構築と情報の共有化、構造物・施設の健全度の診断とそれに基づくリスク評価、補修または更新の優先順位の決定と施工法の選択、が必要となる。道路施設及びライフライン施設等のデータベース化がそれぞれの管理機関によって進められて来ているが、建設年代が古く老朽化が進んで安全性が危惧される構造物・施設については十分なデータを収集することが難しい状況にある。また各機関のデータベースが独立に構築されていて、相互の乗り入れがなされておらず情報の共有化が図られていないため、十分に活用されていないのが現状である。

構造物・施設の診断法に関しては、最新材料の先端技術を用いた手法が試みられているが、精度の向上や観測データの収集・処理の方法など未だ改善を要する点が残されている。膨大な数の社会基盤施設の補修または更新をするためには、優先順位をつけることが不可欠であるが、合理的で明確な手順が示されておらず、管理者の経験と判断に委ねられている場合が多い。

(2) 自然災害に強い社会構造

防災意識の適正化

自然災害軽減のための社会システムを考えるには、災害ハザード（危険性）を正しく認識し、最適な防災意識を共有し、効果的な対策を総合的に判断することが重要である。「自助・共助・公助のバランス」の重要性や、個人の生命を守るためには住宅の耐震化や、居住地の安全性への総合的な配慮が必要である。

ア ハザード情報の整備と受容

適切な防災意識を国民が共有するためには、場所毎のハザードを正確に見積もり、ハザードマップとして整備することがまず必要で、その次に、ハザード情報を国民一人一人に正確に伝え、適切に受容してもらうことが重要である。

阪神・淡路大震災以降、ハザード情報の整備と開示が急速に進み、各種災害（洪水[3]・津波[4]・火山[5]・地震[6]・土砂災害等）ごとにハザードマップが整備

され、地震については、全国レベルの「地震動予測地図」[7]、「表層地盤のゆれやすさ全国マップ」[8]、「活断層地図」[9]など、多くのものが作成されている。こうした情報の精度を高めるとともに、最適な受容を如何に促進するかについて、さらなる研究開発と地域における精力的な取り組みが求められている。文部科学省の防災研究成果普及事業（「行政と住民のための地域ハザード受容最適化モデル創出事業」による地域防災向上シミュレータ[10]）は、細密なハザード情報の受容性を高め、具体的な地震動及び被害イメージを伝え、具体的防災行動を誘発するまでのプロセスを作成している。

イ 自助・共助・公助のバランス

公的な対策等の「公助」には限界があり、個人的努力としての「自助」や、地域社会における「共助」が重要である。このこと自体は国民の多くがある程度理解しているが、互いに異なる役目や責務があり、相補ってこそ防災が実現することについての理解は未だ十分でない。災害時において公助が過剰に求められたり、被災者の隣人が「我関せず、見て見ぬふり」という対応をしたりする状況もある。自助には個人の努力の裏付けが、共助には地域コミュニティの充実が不可欠なことについても国民の間に浸透させることが重要である。

行政が公助を最適に整備することの重要性は言うまでもないが、同時に自助と共助がそれぞれ「なぜ重要か」を適切に住民に伝え、社会的合意形成をなお一層図ることが必要である。平成 18 年に制定された名古屋市防災条例[11]はこの問題に取り組み、議会における議論の末、「行政の責務」、「企業の責務」、「市民の責務」が明確に表記され、新たな取り組みとして全国的に報道され、注目を集めている。名古屋では行政と住民が一体となった防災協働の取り組みが強力に推進されており、そのような背景が防災条例を後押ししていることも重要である。

「自助・共助・公助のバランス」のあり方については今後も議論が必要である。公的支援（公助）の重要性は疑いようがないものの、過度な支援の功罪にも目を向けるべきと言う議論もある[12]。「行政による住民の防災に関する的確なニーズ把握」や、「行政・企業・市民の平時からの連携」、「自助・共助の必要性についての啓発や議論」、「マスコミによる適切な情報発信」等の総合的な推進により自助・共助・自助のバランスのとれた防災対策が達成される。「耐震診断や耐震補強への公的補助」や、「被災者への補償のあり方」もこうした議論と一体として進めることに意義がある。少子高齢化や過度な IT 依存等、社会における脆弱性が高まる中で、十分な自助や共助がないまま、近い将来に必ずおきる大地震等の災害に遭遇することが、如何に我が国にとって危機的状況を引き起こすかについての啓発も重要である。自助・共助・公助のバランスを最適化することは、具体的な被害軽減において非常に重要であり、防災教育の第一級のテーマでもある。

災害に強い地域社会作り

ア 地域主導による地域特性に応じた防災

地域防災力の向上において、地方自治体や地域コミュニティのリーダーシップは重要である。「自助」「共助」の機能を高め、防災に強いコミュニティを地域主導で構築し、災害発生時には効率的・迅速に機動できる社会を日常的に構築しておく必要がある。

地域住民の防災に対する「自助」を促すためには、地域の人々が自然災害及び防災に対する正しい知識・認識を持ち、災害発生時には冷静な行動がとれるよう、地域住民を対象にした防災ワークショップなどの機会を通して徹底しておくことが重要となる。人間は自らが危険に曝されることを意識すると往々にして、理性、モラル、合理性、責任感などが失われ、リスクの規模などを客観的に判断することができず、自分勝手にリスクを過小評価したり、過大評価したりし、冷静な行動がとれなくなることがある。住民参加型の防災訓練等を通して、自然災害に対する住民の関心と意識を恒常的に維持しておくことが重要であり、地域の役割は重大である。

また、少子高齢社会、核家族化、地域住民のコミュニティへの帰属意識の希薄化等に伴い、地域が連携し共に助け合うという「共助」の機能が失われつつある。このような中で「共助」を促すためにはまず、ボランティアや市民団体 NPO 等と地方行政が一体となって、地域コミュニティのネットワークを構築し、活動の活性化を図っていくことが重要である。防災活動においては、地域のリーダー的な人材の存在が成否の鍵を握ることも多く、防災リーダーの人材育成が急務である。最近、全国各地で、地方自治体や大学等の支援を得て、地域のコミュニティによる健康づくり、介護予防活動などの施策が積極的に取り入れられつつある。これらのすでに構築されつつある地域コミュニティやそのネットワークを活用し、地域防災力の向上を図る等の多様な取り組みが必要である。内閣府、地方自治体、大学等が開催する防災フェア等の機会には、啓発講演の他、防災カルタ大会や防災グッズの発表・展示、防災ファッションショーなど、防災を楽しみながら学ぶと言った取り組みも始まっている。こうした地域住民と一体となった双方向の連携が重要であり、内閣府が推進している「災害被害を軽減する国民運動」の機運が高まることが求められる。

具体的な被害軽減における地方自治体の首長の役割は極めて重い。災害発生時には、首長の危機管理能力が問われる。避難誘導等の指揮はすべて首長に委ねられるため、首長は十分な防災知識を有していなければならない。また、地方財政の効率運用を求められる現状において、不確実性の大きいリスクを予測し、自治

体としての防災対策を決定していく行政能力も要求される。新潟県中越地震以降、「地域特性に応じた防災」の必要性が強く認識されており、地域の自然環境、社会的な環境の特性、地域で活用できるリソースなどを考慮して、地域独自の防災対策が立案されなければならない。企業等が組織的に構築している防災機能、大学等の教育研究機関の機能との連携を図ることも視野に入れ、総合的な方策により地域防災力を向上させることは緊急の課題である。

一方、一次的な防災対策を担うべき市町村は、とりわけ大規模な災害に対しては、危機管理上の経験を過去に有することはほとんどなく、十分な知識を持っているとは言いがたい。このため、災害に対する危機管理が必要な状況が発生した場合には都道府県や国の支援が重要である。この場合、災害の状況を十分認識した上で市町村から都道府県や国に支援を要請することは、技術的に困難な面があることに留意しておく必要がある。

災害対策基本法により、市町村長は住民の生命の保全に直結する避難の指示等や警戒区域の設定に関する権限が付与されている。しかし、災害対策基本法に基づく警戒区域の設定については、雲仙普賢岳噴火に係る島原市等での事例を除けば実例がない。土石流等の発生後の二次災害防止などに対処する局面では、これらの権限の行使の際、高度な技術的知識、経験、能力が不可欠である。

したがって、大規模な災害に対する危機管理体制を整備する際には、最適な者が危機管理を実施するという組織適性の観点と、機能し得る者が現場において適時適切に機能を発揮することができるスキームを整えるという観点、さらに、災害の規模や影響に不確定要素を多く含む災害に対しては、必ずしも予定された者が、現実の場面で最も適切に機能を発揮できるとは限らないため、フェイルセーフの点から並行権限の観点をもって検討することが重要である。

イ 少子・高齢化、災害弱者への対応

2005(平成17)年の我が国の出生数は1,062,530人であり、合計特殊出生率1.25とともに過去最低を記録した。また、我が国の総人口に占める年少人口割合は13.7%、高齢者人口割合(高齢化率)は20.1%で、世界で最も少子・高齢化が進行している国となっている。2050年には高齢化率がさらに進行し35.7%となり、超高齢社会に突入することが予測されている。一方、2006年版高齢化社会白書によると、高齢者のうち独り暮らしの割合は2005年現在、男性が9.1%、女性が19.7%と推定されている。また我が国では外国人居住者の数が年々増加傾向にある。このような高齢化と国際化の波の中で、災害時における要援護者の数は確実に増加しており、かつその中身も多様化しつつある。このように、急速な人口減少や人口構成の変化は、産業、経済・財政や社会保障の問題にとどまらず、災害対策や防災対策の観点からも根本的転換の必要性を提示している。

災害は、緊急時に自力避難が極めて困難な高齢者や子ども、障害者などの社会的な弱者に対して、多かれ少なかれ厳しい条件を強いることになる。阪神・淡路大震災においても犠牲者の半数以上が高齢者であり、災害時における弱者保護の重要性が浮き彫りになり、避難生活や復興の際の災害弱者に対するケアの重要性が再認識された。自治体が主導する地域コミュニティの連携による要援護者の安全確保支援や、若者と中高年の交流促進等を、今後も拡充・推進していく必要がある。自治体は、地域防災計画の中で、災害弱者への支援策とこれに関連するボランティアの位置づけを明確にすることが必要である。

災害時要援護者対策の前提としての防災教育も不可欠である。とくに外国人の場合は、母国と日本の自然災害環境の相違から、自然災害そのものに対する知識や意識が大きく異なることもある。また平常時において、地域住民との日常的な交流が少ないことも災害時対応を困難にする要因であり、他の福祉施策との連携の下に、よりきめ細かな施策を行うことが必要である。

災害時要援護者を災害から守るためには、情報の共有化が重要であるが、個人情報保護の議論との整合性を確認することも必要である。該当者の事前了解に基づいて、地域コミュニティの信頼関係の中で情報が共有される例や、「災害時要援護者の避難支援ガイドライン[13]」(内閣府)も参考に、この問題についての社会的合意形成を図ることも急務である。

ウ 地域医療システム

地域の保健・医療活動を支える主体は、国、地方公共団体及びその他の公共機関、民間事業者など広範囲にわたり、各機関が相互連携をすることによって、最高の医療サービスを提供することができる。災害時の混乱の中で迅速・円滑に医療を行うためには、この連携がとくに重要であり、平常時から実用的な災害対応マニュアルに基づいた訓練を行うことが必要である。

大規模災害時には多くの傷病者が発生し、医療の需要が急激に拡大する一方、病院も被災し、ライフラインの途絶、医療従事者の確保の困難など、平常時とはまったく異なる医療体制が必要とされる。このことを想定して、災害対策基本法に基づく防災基本計画には、災害医療活動におけるそれぞれの役割が具体的に記載されている。厚生労働省は、災害時における初期救急医療体制の充実・強化を図るため、全国に550近い災害拠点病院を指定している。また日本赤十字社、国立病院機構、国立大学病院などは、活動に必要な支援(情報収集、連絡、調整、人員または物資の提供など)を可能な範囲で行うことになっている。

各自治体においては、地域医療の緊急時マネジメントが求められる。救援・救護、ドクターヘリの出動、被災地内医療機関への域内搬送、傷病者が集中する病院への診療・トリアージ支援、重症患者の域外搬送のための広域医療搬送体制、

広域搬送医療拠点（SCU）の診療・運営、搬送時のトリアージの実施や後方支援など、総合的な災害医療体制が不可欠であり、それぞれの地方自治体の災害・防災対策計画の中に明確に位置付けられる必要がある。災害時には医療機関の対応にも限界があるため、それを補うためのボランティアの活動も、災害医療体制の中に明確に位置付けられる必要がある。救助・救援活動の際の二次被害の発生防止、PTSD 等の精神障害への対応等、災害時の応急処置から災害後の被災者の心のケアを含めた一貫した取り組みが要求される。また、大規模災害時には、国際的な医療支援を受け入れることを想定した国際連携体制を、国及び地方自治体は明確にしておかなければならない。様々な連携の下で実践的な訓練を実施し、迅速かつ的確に災害時医療システムが稼動するかどうかを検証しておくことが最も重要である。

傷病者は機能障害を受けてない被災地以外の医療機関にいち早く搬送して治療し、また、健常者も被災地域外に避難することを第一に行うべきである。そのためには、市町村、都道府県相互に協力連携体制を確立しておくことが重要であるが、現在のところ、このような体制をとりあっている自治体はほとんどない状況にある

災害対応の情報システム・情報コンテンツ

ア 災害に強い情報システム

今日の情報化社会において、情報システムが果たす役割は非常に大きく、災害時に情報システムが稼働できないことによる損失は計り知れない。災害時の稼働性、情報の互換性、及び災害対応情報の共有、個人情報セキュリティに関する、以下の4点を考慮した災害に強い情報システムの構築が急務である。

- ・ 災害時対応システム

災害時の稼働性を確保するために、平常業務で使用するシステムを「リスク対応型地域管理情報システム」にするという考え方が提案されている。災害時の乏しい電力やネットワークの切断などにも対応できるシステム構築を行い、それを平時から使用することが有効である。

- ・ 組織間情報の互換性

個々の機関業務のために最適化されている情報システムは一般に互換性が乏しく、災害時において大きな障害をきたす。平常時の業務効率を落とさず、災害時には連携できる情報システムを構築するため、ネットワークにおける情報管理方法を統一化する方式や、個別システム内の情報を必要な時には交換できる自律分散情報協調の方式等が提案されている。

- ・ 災害対応情報の共有

被災地における救援・復旧活動を支援するための情報システムにおいては、日頃のデータ管理者以外もこれを利用し、各種の意志決定を行うことから、地域情報のデータ形式に汎用性が求められる。地籍情報の Geo-coding の他、災害時情報についても正確な位置・時間・内容を客観的に記録するため、GPS、GIS を用いた時空間情報処理技術を有効に活用することが重要となる。内閣府の「防災情報共有プラットフォーム」は災害時対応のための情報共有化を目指している。

- ・ 情報のセキュリティ

災害時におけるネットワークセキュリティには十分な配慮が必要である。また、情報セキュリティの観点から、個人情報の保護と開示の問題が大きい。災害時要援護者や負傷者の個人情報等は一般に保護されるべきものであるが、一方で、開示することによって救援効率が向上する可能性もある。また、災害前においても、とくに災害時要援護者情報を如何に適正に管理することが防災上効果的かについて、個人情報保護の観点と合わせて検討し、その結論に対応した情報システムを構築する必要がある。

イ リダンダンシー（冗長性）の確保

過度な情報化社会は災害脆弱性が高い。電子情報への過度な依存や、情報トラフィックの東京一極集中を避け、災害時の情報のリダンダンシー（冗長性）を確保しておくことが必要である。首都圏に集中する情報管理機能を地方分散させ、ネットワークや情報サービスのデジタルバックアップ基盤を形成しなければならない。まずは行政と民間企業において、災害時のリダンダンシー確保の必要性に関する認識強化が必要であろう。災害時情報断絶を防止するためには、地下埋設の光ケーブルや通信衛星の整備や、インターネット・地上デジタル放送など多様な通信基盤と通信サービスの並存・バックアップ体制の確保が必要である。災害時等の輻輳に対応しきれない携帯電話やインターネット等に、過度に依存した日常の通信手段の是正も防災の視点からは重要である。また電子商取引業等の高度な情報管理部門においては分散立地が不可欠であり、土地の脆弱性を考慮した減災立地戦略や、建物の耐震・免震化等に特に配慮することが求められる。

ウ 災害対応能力向上のための情報コンテンツ

地域のハザード情報や防災知識、具体的対策等を普及させるための情報コンテンツの整備は、国民の防災力向上のために重要である。ハザードに関する情報は、内閣府[13]、気象庁[14]、国土交通省[15]、地方自治体、あるいは、民間の災害情報サービス会社等から、様々な防災情報コンテンツとしてインターネット配信されている。それらの情報にはさまざまな工夫がなされ、例えば、(財)河川情報センター[16]のように、専門家向け・市町村防災担当者向け・市民向け・報道機

関向け等、様々な利用者毎にきめ細かな配信サービスを試みているものもある。内閣府のホームページからは、ハザードマップ等に関する入手・所在情報を得ることが可能になっている。独立行政法人防災科学研究所の「地震ハザードステーション」[17]によれば、詳細な地点毎の情報も検索可能となっている。

しかし、これらの情報はばらばらに提供されており、国民にとっては防災力向上に必ずしも有効に活かされていない。6 (2) で述べたように、ハザード情報の適切な受容と、それによる具体的な防災力向上を図るため、より一層の改善が望まれる。各種のハザード情報を重ね合わせて、「マイハザードマップ」を作れるようにすることもひとつの方策であり、そのために国土地理院が提供する電子国土 Web [18]は有効である。これによれば、詳細な数値地図上に様々な地理情報コンテンツを載せることができ、情報間の総合的理解や情報の共有化も図ることもできる(図 6.1)。都市インフラやライフラインの位置情報との重ね合わせることにより、防災を念頭に置いた土地利用政策や、脆弱性を考慮した住まい方の議論も促進されることが期待でき、また災害時対応において、電子国土 Web と内閣府の「防災情報共有プラットフォーム[19]」との連携強化は、災害情報の共有化に大きく貢献できる。

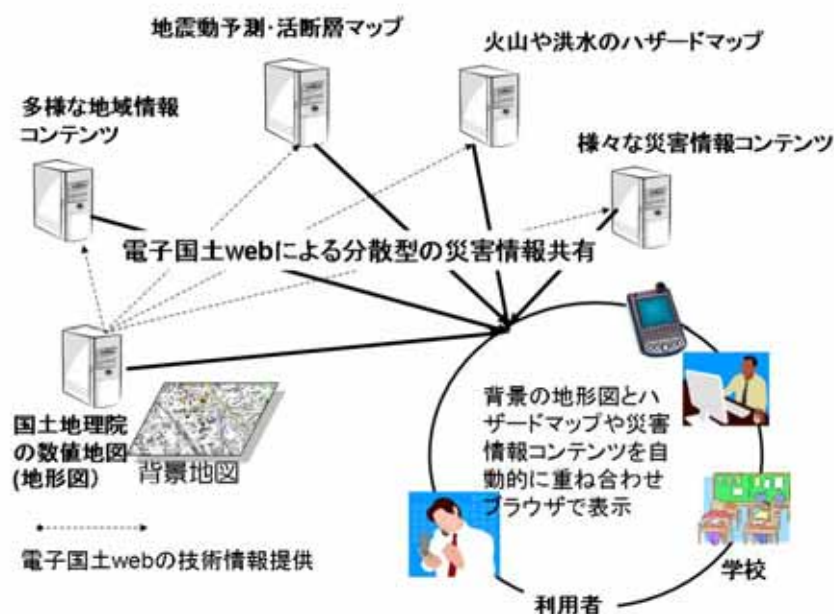


図 6.1 電子国土 Web による災害地理情報基盤

(3) 防災教育と災害経験の伝承

防災教育の充実

安全・安心な社会を作るためには、「災害認知社会」を形成することが重要であり、このためには防災教育をより充実することが求められている。地域の災害リスクに関する共通認識を育成し、住民参加型リスク・コミュニケーションによる被害軽減策の検討が可能になることが望ましい。戦後 60 年、市場原理による経済効率化優先の社会システムづくりを目指してきたが、今後は、「安全・安心」の価値を高く評価・希求して、災害に強い社会システムづくりへのパラダイムシフトが必要であり、そこまでを視野に入れた教育啓発を、真の「防災教育」として体系化しなくてはならない。

防災教育の体系化においては、具体的な被害軽減に直結し、到達度を数値評価できる狭義の「防災教育」と、その基礎となる防災意識を育成する「防災基礎教育」に分け、双方がバランス良く車輪の両輪となることを目指すことも一案である。個々の教育内容が互いに連携して、最終的に最適な対策を選択し実施されるよう総合的な配慮が必要である。

近年では、大学が地域防災力向上を目指して、地域のネットワーク作りや、定期的な防災啓発事業、教材開発に貢献している例[20]や、一部の小中学校・高等学校において、防災教育が積極的に行われている例もある。しかし現状では、その実施に地域格差も大きい。比較的最近大きな災害に見舞われた地域や、東海地震等、予見可能な大災害の切迫性の高い地域では積極的であるが、それ以外の地域では低調である。コミュニティ活動の盛んでない都心部や、高齢化率の高い自治体では実施されにくいという状況もある。また、比較的活発な地域・学校等でも、少数の熱心な防災リーダーや職員等の個人的能力と努力によって支えられている場合が多く、組織化は遅れている。これでは継続性や発展性が確保できない。体系化と実施体制の確立を急ぐ必要がある。

防災教育の体制と組織

防災教育の体系化を早急に進める中で、その体制や組織に関する議論を充実させる必要がある。防災教育は、進化し続ける科学的知識と、変化しつつある社会情勢や防災観との整合性にも配慮する必要があるため、単に学校教育だけではその任を果たすことは難しい。地域における生涯学習としての防災教育の果たす役割も大きい。

学校教育と地域における防災教育は、理想的には果たすべき役割と内容を分けることが合理的である。学校教育においては、災害発生の基礎的な仕組みや、被害軽減の必要性や個人の責務等を教え、地域における防災教育においては、社会的な様々

な状況を踏まえ、安全・安心な社会を構築するために、社会及び個人はどう行動したら良いかを考えることが求められる。科学の進歩や社会情勢の変化が急で、世代によって教育体系が異なっていることもあり、双方の内容を分離できない現状もあるが、現時点では互いにばらばらに行われていることが多く、双方の役割分担や連携が重要である。

ア 学校教育の役割

我が国の学校教育において、災害が起きる地理的条件についての基礎知識と、異常現象を判断する理解力、災害を予測できる判断力の育成が必要であり、地理や地学におけるカリキュラム内容の見直しも含めた基礎教育の充実が望まれる。

自然災害はどこでなぜ起きるか？どの程度の危険があるか？災害軽減のためにはどのような考え方が重要か？「自助・共助・公助」の役割と重要性は何か？こうしたテーマを児童・生徒の成長段階に合わせて、理科・社会科や総合学習において的確に教育することが求められる。防災を専門的に学べるコースとして一部の学校に設置された「防災科」では、さらに高度な知識や能力開発に期待が集まっている。

一方、大学や専門学校等の高等教育においては、防災の科学・技術を高度化し、発展できるエキスパートや、社会において防災力向上のため、社会をリードできる専門家養成が期待される。こうした内容の教育は、社会人教育や留学生教育を通じて、地域社会や国際社会が必要とする人材育成にもつながっていく。

イ 地域社会における生涯学習

近年、地域社会における防災教育も一部で盛んになっている。国や地方自治体、あるいは大学等が主催する、地域社会向けの防災ワークショップ等が多く開催されている。こうした機会を通じ、ハザードマップを利用して身近な地域に潜む危険性を学び[21][22]、DIG (Disaster Imagination Game) を通じて住民コミュニティによる災害時対応を相談し、また、住宅耐震化の必要性や具体的方法を学ぶ。また、住民コミュニティや PTA が独自に防災訓練を実施したり、地元の危険度マップを作ったりする例もある。災害を「我が事」としてとらえられるようにするため、地域在住の高齢者に災害伝承の担い手になってもらう機会も少しずつ増えている。こうした機会を通じて、地元の小中学校が防災拠点として意識され、小中学生にも地域の防災を自分たちが協力するという意識を目覚めさせる効果が生まれている。

「地域の災害脆弱性に如何に対応するべきか？」「地域コミュニティの強い連携によって、如何に安全な社会を作れるか？」等を学び、具体的に身近な地域の防災力を向上させることが地域社会における生涯学習における防災教育の最大の目

的である。静岡県や愛知県等では、防災リーダー育成に積極的に取り組んでいる。また防災士を養成するシステムも確立されており、いくつかの地域には具体的なノウハウが蓄積されつつある。こうした知見を体系化し、全国的に普及させることが必要になっている。

「現状のまま、例えば東海地震・東南海地震・南海地震等を迎えてしまうと、我が国が如何に壊滅的な状況を迎えてしまうか?」「今後の社会情勢の推移の中で、安全・安心を確立することは容易なことではない」等の問題意識の共有化こそが地域社会における防災教育の原点である。災害を具体的にイメージし、我が事として問題に「気づく」ことが第一歩であり、その次に、対策を具体的に「学ぶ」ことになる。このため、防災教育においては、「気づき」と「学び」の両面を支援するための教材開発が必要である。防災教材の標準的アイディアの共有化と、地域の特性に合った方法論の整備が重要である。

災害経験の伝承・防災力向上のための国民運動

具体的な被害軽減策は地域ごとで行われ、その計画立案には既に述べたように地域特性を十分考慮する必要がある。このため地域毎の災害リスクを整理するため、過去の災害や教訓を取りまとめ、災害教訓を伝承することも重要である。内閣府が進める「災害教訓の継承」事業を例に、地域ごとでの取り組みが進むことが望ましい。

過去に大災害を経験した地域ではこうした取り組みが盛んであるが、単に記憶の風化を止めるという動機に加え、それにより自らの地域及び他地域における近い将来の災害軽減に活かす、という明確な目的が意識されることが望ましい。

一般に、甚大な自然災害の発生間隔は、人間のライフスパンを大きく超えることがある。活断層による低頻度巨大災害はその好例である。このため、古老から聞ける災害経験の伝承にも限度がある。その意味では、古文書や言い伝え、あるいは遺跡に残る地震災害の痕跡[23]や、地表地震断層の痕跡である活断層地形[24]等についても、その示唆するものに耳を傾け、「我が事」として尊重する姿勢も大事である。こうした自然の前に謙虚になる日本人古来の考え方をもう一度見直し、新たな時代の「災害文化」として高めることが求められている。

(4) 国・自治体・各機関の役割と連携

国際機関

地球規模の自然環境の変化や、大規模災害への取り組みにおける国際機関の役割は、国際的に最高水準の科学技術を結集し、最も精度の良い環境変動の将来予測や、最適な大規模災害への対策を議論・提案し、また、各国の社会経済的状況を踏まえ

て財政支援・技術支援を含めた実現方策を調整することにある。今後ますます関係国・関係機関との調整能力を高めることが必要である。また人道支援的観点からも、自然災害及びその対策に関わる国際機関の発言力を強めることが必要である。

自然災害に関する国際的な活動例として、気候変動とインド洋津波警報組織に関する政府間グループの活動を紹介する。

1970年代になって人間活動による温暖化気体の著しい増加と猛暑や暖冬、干ばつや豪雨、強い台風などの異常気象との関係が疑われ始めた。このような状況下で、世界気象機関(WMO: World Meteorological Organization)は1979年に第一回世界気候会議(WCC: World Climate Conference)をジュネーブで開催し、世界気候計画(WCP: World Climate Program)を開始した。この計画は気候変動や気候変化についての科学を推進し、経済社会活動への影響に関して各国政府に警告するためのものであり、世界気象機関のほかに、国連環境計画(UNEP: United Nations Environment Program)、国際学術連合会議(ICSU: International Council for Science)、国連教育科学文化機関(UNESCO: United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization)が参加している。気候研究者の活動母体になっている世界気候研究計画(WCRP: World Climate Research Program)はこの世界気候計画の傘下にある。1988年に世界気象機関と国連環境計画は<気候変動に関する政府間パネル>(IPCC)を導入した。このパネルの第一作業部会は地球温暖化に関する科学的知見について、第二作業部会は社会経済システムや生態系への影響や対策について、第三作業部会は温暖化期待の排出抑制と影響緩和策について評価を行い、1990年に第1次報告書を発表している。2007年には第4次報告書が出揃う予定である。2007年2月2日に第一作業部会は異常気象の増大は人為的な温暖化気候の著しい増加によってもたらされた可能性がかなり高いという報告書を発表したところである。気候変動に関する政府間パネルは科学者が主体になっているが、純粋に科学的というよりは各国政府の経済政策などが反映されている面もある。

自然災害の軽減するための国際的取り組みとして、1987年の国連総会で1990年から1999年の10年を「国際防災の10年(IDNDR: International Decade for Natural Disaster Reduction)」とする決議案が採択され、防災分野の国際協力を調査、成果普及、広報活動が進められた。1999年の国連総会において、10年間の活動で多くの成果にかかわらず自然災害による犠牲者は減少していないとの総括を受けて、「国際防災の10年」を継承する新しい活動「国際防災戦略(ISDR: International Strategy for Disaster Reduction)」を実施し、同活動を進める国連の組織・体制を整備し、各国の国内委員会の維持強化を図ることが決議された。

「国際防災の10年」の成果の一つとして、アジア地域の多国間防災協力を推進するため1998年アジア防災センターが創設され、アジア地域の災害軽減に資するため防災関連情報を有する情報センターとしてアジア24ヶ国に及ぶメンバー国のネッ

トワークを構築して多国間防災協力を推進している。

2004年12月のインド洋津波の後、国連国際防災戦略（UN/ISDR）でも、世界防災会議などを開催し、津波を含めた早期警戒システムや災害に対する意識の向上などを通じて防災政策を推進している。インド洋における実際の地震・水位観測システムや津波警報センターなどの構築は、欧米諸国との二国間協力によって行われ、これらの国連機関による活動は、専門家の教育・国際的な訓練の実施・津波警報システムに関する情報交換や調整に留まっている面もある。

津波警報に関する国際活動は、太平洋において1960年チリ津波の後に政府間グループが組織され、過去40年以上にわたって活動してきたが、その他の地域には2004年のインド洋津波まではそのような組織はなかった。インド洋津波を契機として、国際連合教育科学文化機関の政府間海洋学委員会（IOC：Intergovernmental Oceanographic Commission）によって、津波警報組織に関する政府間調整グループが設置された。同様なグループがインド洋、北大西洋・地中海、カリブ海にも組織された。インド洋のグループは、地震観測・水位観測・災害リスク評価・モデリング・津波警報センターなどのワーキンググループを設置し、調整を行っている。

国の役割と省庁の連携

ア 中央防災会議・地震調査研究推進本部・各省庁

阪神・淡路大震災の教訓をもとに、それまでばらばらに行われてきた地震に関する調査研究の責任の所在を明確にし、一元化する目的で、国の特別機関として総理府に地震調査研究推進本部が設置され、省庁間の横の連携を強化する方策がとられた。一方、中央省庁の再編後、内閣府の指導力強化の一環として、内閣府中央防災会議の活動が活発になり、防災政策に直結する内容の検討を担っている。中央防災会議、地震調査研究推進本部及び関係省庁の役割と分担は国民の目から見た場合に分りにくいことも事実である。これらの省庁の役割と分担を明確にし、連携を深めることが国としての防災対策の向上と研究・開発の促進には不可欠である。また、地震やその防災に関する調査・研究には多くの省庁が関係しているが、予算請求は省庁毎であり、地震調査研究推進本部の政策委員会で多少の調整はあるものの、総合的な運用に難がある。一つの解決策として、コンソーシアムを結成し、そこが予算要求を行い実施に責任を持つ体制を構築することが考えられる。また、災害対策の効果も含めた事業の評価に関する独立した機関を構築すべきであろう。

以下、地震災害の軽減に関する国の近年の施策を記述する。

東海地震の切迫性に関する地震研究者の提言を受けて1978年に大規模地震対策特別措置法が制定された。また東海地震に対しては地震予知の可能性があるとし

て気象庁を中心とした観測体制の整備とともに、専門家による判定会を設け、予知されれば警戒宣言を発令するなどの対応措置がきめ細かく定められた。

地震調査研究推進本部は、1995年阪神・淡路大震災を受けて制定された地震防災対策特別措置法に基づいて設置された。同本部では1999年4月に、今後10年程度にわたる地震調査研究の基本として、「地震調査研究の推進について～地震に関する観測、測量、調査及び研究の推進についての総合的かつ基本的な施策について～」を策定し、その中で当面推進すべき地震調査研究の課題として、2004年度末までに「全国を概観した地震動予測地図」を作成することを目標として掲げた。この目的のために、活断層調査、地震の発生可能性の長期評価、堆積平野地下構造調査、強震動予測などの地震調査研究が推進されてきた。

国の防災対策の責任機関は内閣府の中央防災会議である。中央防災会議は地震防災に関して主導的役割を果たしている。東海地震に関して、2001年に専門調査会を設置し、想定震源域の見直しとともに地震調査委員会で行っている新たな強震動予測手法を採用して震度の予測を行い、津波についても最新知見で再評価を行い、震度の大きい地域と津波が高い地域を地震防災対策強化地域に指定して、高度な防災対策を実施することとした。東南海・南海地震についても発生確率が高まっていることを受けて、専門調査会を設置し、同様の手法で強震動と津波高の予測とそれに基づく被害予測を行い、地震防災対策推進地域の指定を行った。さらに、首都圏についてもM7クラスの今後30年間の地震発生確率が72%に達するとの評価を受けて強震動評価それに基づく被害予測を行い、経済機能など首都機能の確保対策をはじめとした首都直下地震対策が検討された。

イ 在外公館等

海外で自然災害が発生した場合の在外公館の役割は、在留邦人の災害時の安全確保にあるが、災害を回避するための平時の知識提供、本国による当該国・地域への、よりの確な防災と復旧のための海外支援の展開も重要な役割である[25]。

海外に渡航・滞在する国民の安全を確保するため、外務省はこれまでも海外安全情報を提供してきた。しかし突発災害が発生した場合、在留届の提出が義務づけられていない3ヶ月未満の滞在者に関する情報は、海外渡航・滞在が個人化している現在、旅行会社でも把握し切れていない。スマトラ島沖地震及びインド洋津波災害やハリケーンカトリナ災害などの教訓を生かし、犯罪やテロ、紛争に関する情報だけでなく、自然災害の危険情報も広範かつ的確に収集・分析する体制を整え、さらに充実した海外安全情報を提供することが急務かつ不可欠である。

また災害時には、邦人への的確な情報の広範囲にわたる提供、安否確認、人命救助、避難者受け入れ、旅券再発給への対応、留守家族との連絡など、本国との連携を図りつつ迅速な組織的対応が瞬時にとれるよう、平時から適切な人員体制

を整備しておくことが必要である。また、国際的支援活動が迅速かつ効果的に展開されるよう、国家間や関係機関との調整に当たることが期待される。そのためには、災害時の迅速な対応はもとより、平時から当該地域に起こり得る災害を予測・想定して、災害時対応方針やマニュアルを整備することが不可欠である。

自治体の役割

自然災害の軽減のための地域主導の重要性は高く、自治体の責任は重い。災害時の緊急対応の指揮権は自治体の首長にある。

災害時を想定すると、自治体は災害対応のために国や関係機関との調整に当たり、住民に適切な救援策を展開すると同時に、マスコミ等に対して適切な情報を伝える必要がある。マスコミを通じて被災者へ生活支援情報が提供され、また、マスコミを通じて国や関係機関に被災地の情報が詳しく伝わり、適切な救援・支援を得ることになる。このため災害時の広報体制の整備も重要である。

また平時においては、災害時に確実に稼働する防災情報システムを整備し、職員の非常参集マニュアルを整備するとともに、災害時の適切な住民避難誘導、要援護者情報等の適切な管理、地域コミュニティとの連携や活性化のための支援、防災リーダーやボランティアの育成、地域医療関係者・学校教育関係者との連携等を図る必要がある。また、公共建物の耐震診断とその結果公開及び迅速な耐震化が求められている。一般住宅に対しても耐震診断や耐震工事に対する支援や指導を行うことが求められる。自助・共助・公助のバランスを啓発することや、地域内の様々な連携推進も期待されている。

このように非常に多くの責任と期待がある中で、自治体の財政難は大きな支障となっている。とくに高齢化が進む過疎地域ではこの問題は深刻である。このため、政府は、地域の自治体の災害対応に関する実情を詳細に把握し、適切な支援を行わなければならない。

また平成の大合併は自治体の災害対応を脆弱化させている。一挙に面積が拡大し、職員が統合され、土地勘がない担当者が防災を担わなければならない事態が起きている。消防署等が統合され、緊急車両の台数が削減されることは、即座に直接に住民の安全を脅かすものであり、「合理化」のために防災が後退するような事態だけは早急に改善しなければならない。

自衛隊の役割

災害派遣は、自衛隊法に定められた自衛隊が本来行なうべき任務とされている。従って、陸上自衛隊の各部隊はそれぞれの担任地区での災害派遣に備えて日常の活動の中で担当地域の災害派遣に必要な情報の収集等の準備を行なっている。自衛隊の災害派遣は、天変地異やその他の災害に際して県知事等の要請によりあくまでも

地域の能力では対処不能な事態に防衛用の組織・装備を活用して地域を支援するという立場である。すなわち、知事等が地域の災害対策の第一次的な責任を負っていること、地区の災害の状況を全般的に把握できる立場にあるので、知事等からの要請を受けて部隊を派遣することを原則としている。派遣の可否は、その公平性・緊急性・非代替性の三要件の下に判断される。

各種災害への部隊派遣は、創隊以来多くの災害に対して行なわれており、逐次相互の理解が深まってきたが、実施に当たっては多くの問題点を抱えていた。それらの課題の内の幾つかは先の阪神淡路大震災の教訓から是正された。例えば、要請する側の問題では、緊急時には市町村長からも直接要請できるようにしたこと、また、自衛隊側では、従来から規定されていた要請を待たずに行なえる自主派遣の基準をより明確にしたこと、各部隊に初動対処チームを24時間待機させたこと及び人命救助セットとヘリコプターによる被災情報の伝送システムを保有したことなどである。その結果、2004年新潟県中越地震においては、夕刻の地震発生にも拘らず、発災直後からヘリコプターによる情報収集活動や初期対応部隊の派遣などが迅速に行なわれた。

しかしながら、災害時に対応できる自衛隊の人員・装備には、質・量ともに限界があるので、自衛隊の能力を最大限に活用した効率的な救援活動を行なうためには被災地区での関係機関との緊密な連携が必要不可欠である。また、直接的な支援のみならず、地域の防災力の向上のために自衛隊の持っている優れた教育訓練能力を活用した事前の共同訓練を組織的に行なうことが必要である。

このような試みとして、毎年、陸上自衛隊の各方面隊においては、関係都道府県、防災関係機関を集めた災害情報連絡会議等を開催し、相互の防災体制や活動について情報交換を行なうなど、相互の信頼関係の構築に取り組んでいる。また、各都道府県や市町村での防災会議や訓練に参加・協力し相互の連携の強化を図っている。

一例を紹介すれば、陸上自衛隊東北方面隊においては、毎年命題を変えながら自衛隊の各部隊と関係自治体及び防災関係機関の参加を得て自衛隊の開発した手法で震災対処（図上）演習を公開で行なっている。平成18年度震災対処訓練は、平成18年12月に24の関係機関から約100名の危機管理担当者と隊員約1200人が参加して、予想される宮城県沖地震への迅速な対応、3自衛隊の統合運用を想定した関係自治体等との協同・連携要領の強化を主要なテーマとして実施され、多くの教訓を得ている。

大学・学協会・研究機関の役割

自然災害に強い社会に構築するためには、災害をもたらす自然現象そのものの科学的究明とそれに基づく社会基盤及びシステムの防災対策、減災対策の開発研究が同時並行してなされる必要がある。

大学では、地球科学に関連する研究科・附置研究所で自然現象を理解するため自由な発想に基づく研究がなされると同時に、土木・建築など工学系及び社会システム・情報・心理などの分野で災害軽減の対策への応用を目指した基礎研究がなされている。これらの基礎研究は研究者が個別に行っているだけでは、防災が減災につながらない。災害科学に関する組織的研究は、地震・火山に関しては東京大学地震研究所、地震災害、気象災害、土砂災害や災害の社会科学的分析を含む総合防災の研究は京都大学防災研究所、気象変化などグローバルな問題が東京大学気候システム研究センターを中心とした組織でなされている。

独立行政法人などの研究機関では、自然災害に関して防災科学研究所や産業総合研究所、気候変動に関しては、気象庁の気象研究所などが政策課題対応型研究として取り組んでいる。国の現業機関である気象庁は気象のみならず地震・火山に関して観測のみならずモデリングによる予測など予測精度の向上に寄与している。

自然災害をもたらす自然現象への理解は観測、モデリング、理論の発展に伴って絶えず進展している。新しい発見により、現象の定義さえ変わることもある。地震・火山噴火予測や気候変動予測はまだ実験段階といえるが、安全・安心な国造りのためには、大学等における最新の研究成果ができる限り早く社会に還元する体制の構築が必要とされる。そのためには、大学における基礎研究と独立行政法人の研究所における政策課題型研究が単に競争するだけでなく共同研究として発展させることが必要となる。研究成果に関する情報のみならず人材の積極的な交流が必要とされるが、現状では必ずしも十分な交流がなされていない。

NPO・NGOの役割

自然災害に強い社会構造を構築して行くために、自助・共助・公助のバランスが重要である。この中で地域コミュニティの防災性向上のためにNPO・NGOの活動が効果的に展開されることが期待されており、その果たすべき役割も大きい。2007年からの団塊世代の大量退職がはじまるが、この世代の中には社会基盤整備や災害軽減のために有用な技術・技能・知見を有している人々及び地域社会で豊富な活動経験を有している人々が多数存在する。これらの人的資源をNPO・NGOが組織化し、その技能と経験を自然災害軽減に役立てて行くことが求められている。防災教育や災害経験伝承に関しては、国民的で草の根的活動が不可欠であるが、防災教材の作成や防災教育の実践など国民全般を巻きこんだ運動を展開するためにもNPO・NGOの貢献は重要である。

世界の自然災害軽減のため、我が国はODAを通じて、災害後の復旧・復興の支援、防災社会基盤の整備、調査研究施設の支援などを行って来ており、一定の成果を挙げて来ている。しかしながら、災害復旧に際して被災地や被災民の要望に迅速にかつ効果的に応えて来ているかということに関しては疑問が残ることも事実である。

我が国の復旧支援活動がややもすると被災地からの要望に直接的にこたえておらず、かつ遅きに失しているという批判もある。災害復旧の早期の段階において、仮設住居や仮設校舎の建設及び飲料水・食料・衣類の運送・配給など NPO・NGO が果たす役割は少なくない。被災民の真の要求にこたえるような血の通った支援が切望されている。

以上のような NPO・NGO の活動に対して、国・自治体及び民間企業等から積極的な財政及び人的資源面での支援が必要である。災害復旧に投ずる ODA の費用のうち相当額をこれら NPO・NGO の活動のための費用として振り分けることが必要である。また、民間企業には従業員が NPO・NGO の活動に積極的に参画出来るような制度を整備することが望まれる。

一方、防災教育や災害復旧のための NPO・NGO が数多く組織されているが、これらの団体の能力と質を向上させることも重要である。このため、NPO・NGO 相互の連携と、学術・技術の面からこれらの団体を支援する学協会の協力が不可欠である。

2006 年に(社)土木学会と(社)日本建築学会の有志によって NPO：国境なき技師団が設立された。国内外における自然災害の復旧・復興への技術支援、常時からの防災教育や防災のため技術移転と支援を行うことが目標である。このような NPO・NGO 組織が今後とも組織され、活発な活動を展開することが望まれる。

(5) 自然災害の予測精度向上と自然災害軽減に関する研究開発

科学的基盤の確立と研究インフラの整備

災害を取り扱う科学は、理学、工学、人文社会学など多岐にわたっている。また、現象の解明のみでなく、災害の防止、軽減などの技術的・社会的対応が求められている。安全で安心な国造りのためには、災害現象を総合科学として研究し、減災・防災のための技術開発と社会システムを構築するための学術的基盤の確立が必要である。

近年、我が国では市場経済発展と利益を直接的にもたらす学術・技術に目が向けられ、長い時間を必要とし、成果が必ずしも明確に示されない基盤科学や損害を軽減することのみを目標とした減災・防災技術には必ずしも十分に光が当てられて来たとは言いがたい。また、国立大学の法人化と運営交付金の削減により、災害のような長期的観測を必要とする学術は地味で社会へのアピール性が弱く、評価されにくいことから継続が次第に困難に成りつつある。

地球環境の変化や災害弱者の増大をもたらす高齢化社会の到来など、我が国を取り巻く災害環境の悪化は深刻であり、自然現象の予測のための地球科学、減災・防災のための工学、社会的対応のための社会科学などを総合化する形での研究推進と、人的資源の育成・充実を含めた研究インフラの整備が求められている。

社会システム対応も含めた災害軽減に関する学際的研究開発

将来の自然災害軽減のためには社会学、政治・経済学など人文科学分野及び理工系分野など幅広い分野の連携が不可欠であることは言うまでもない。本報告書のとりまとめを行った日本学術会議の課題別委員会「地球規模の自然災害に対する社会基盤の構築委員会」では、理学、工学、生命科学及び人文科学分野の多くの研究者・実務者が参画し、活発な議論が行われたが、今後国内外の自然災害軽減のためこのような分野横断的な取り組みをさらに促進させる必要がある。

自然災害への対応は、自然環境の変化による災害規模の巨大化と態様の変化及び社会環境の脆弱性の分析をもとに、被害の予測、社会に与える長期的影響の分析、応急対策と復旧・復興対策の立案、さらには事前の防災教育や、災害経験の伝承など、多岐にわたっており、様々な分野の協力・連携が不可欠である。このため、自然災害軽減に関する分野横断的研究のための公的研究資金の一層の拡充を図るとともに、関連学協会が横断的研究組織の構築に努力する必要がある。

土木学会と日本建築学会は、中央防災会議の要請を受けて、「東海地震等巨大地震への対応」に関する共同委員会を組織して、災害軽減の方策と調査・研究の方向性についての提言をまとめている。このような学協会横断的調査・研究を今後も積極的に推進する必要があるが、その中で、日本学術会議は指導的な役割を果たすことが求められている。

自然災害軽減のためには、情報化技術や新材料の積極的活用を図ることも重要である。リアルタイム地震情報システムや津波警報システム及び洪水等の警報システムさらには社会基盤のモニタリングシステムの高度化のために情報化技術等の先端技術の活用を図ることが必要である。

伝統や住民の気質及び風土の中に災害軽減の問題を考えるためのヒントがあることもある。洪水常襲地における古い堤防の上に祀られている水神は、過去の破堤地点に対応していることもあり、破堤危険時期に開かれる水神祭は、住民が堤防に上がって河川の様子を確認する機会を提供し、子供たちも川や水に体験的に触れることになる。こうしたローカル・ノレッジとその制度化が、自主的な堤防管理や水防活動に地域住民を動員する文化的装置として機能してきた[26]。また、阪神・淡路大震災における災害の救援や復旧に際しても、ボランティア活動が機能する社会的土壌が地元地域社会に元々あったことが重要視されている[27]。また、2004年のインド洋大津波の最大被災地であるインドネシアのバンダアチェでは、中央政府と地方政府と地域社会との非対称の権力関係に起因する災害文化の貧弱な蓄積が被害を拡大させ、そうしたコミュニティ構造が復旧や復興を遅らせる要因になったと指摘している[28]。こうした事実解明や評価は、人文社会科学の成果に負うところが大きい。

しかしながら、社会システムは多岐にわたり、その現象解明は一朝一夕にはいかず、災害にのみ焦点を絞った研究への偏重は必ずしも防災の最適解を生まない。一般の人文社会科学の学術研究を蓄積し、いわばローカル・ノレッジと科学的な知識や技術とを融合する、総合的あるいは文理工融合型の災害研究スキームの開発こそが重要であり、専門的な人文社会科学と総合的な災害研究の双方の知識が必要である。

社会システム対応も含めた災害軽減を検討するためには、学問分野の固有な特質性を十分活かした分野横断的研究の推進が必要であり、その蓄積が、将来的に自然災害軽減のための「学際的研究領域」の構築につながるものと考えられる。災害を発生させる自然現象のメカニズム変化の解明から、構造物・施設の被害発生メカニズムと、ハザード分布を考慮した撤退と集結を組み込んだ土地利用計画方法論、発災後の家族・地域連携のためのコミュニティ構築まで、一連の文理融合のソリューション指向型の学術体系である「ホリゾンタル防災学」の構築に向けての強力な推進が必要である。

社会基盤施設の防災性向上に関する研究開発

社会基盤施設の防災性を向上させるためには、各種の災害要因とそれらの監視・観測・情報発信手法に関する研究開発、災害の発生メカニズムとその評価・対策手法に関する研究開発及び社会基盤施設の防災性能を個別の構造物毎またはシステム全体として向上させる手段に関する研究開発を継続的に実施していく必要がある。

まず、災害要因とそれらの監視・観測・情報発信手法に関する研究開発としては、例えば観測衛星「だいち」などを利用して、国境を越えた広域な地球規模災害の監視・観測体制を構築することが挙げられる。また、Google earth、緊急地震速報、GPS 津波計など IT を駆使した災害情報の発信体制の構築に関する研究開発も重要である。さらに、これらの情報を容易に理解できる内容で迅速かつ効率的に住民に伝達する地域的な災害警報システムを構築し、避難体制の整備にも役立てていくための研究開発も必要である。特に高齢化、核家族化が進展する状況下で、いかにこれらの情報を確実に伝達するかについての研究・開発は重要である。

ここで、より住民に効果的に災害情報を発信するひとつの方法として、次世代計算機の利用をも視野に入れた、シミュレーションとセンシング及び空間データをより高度に融合・利活用したテラーメイド型の次世代型統合ハザードマップの整備が挙げられる。次世代型統合ハザードマップは、種々のハザードマップを統合し、状況に応じて変化し、住民個々のニーズに合わせて分かりやすい情報を提供する。その実現のためには、シミュレーション&センシングと融合可能な超高分解能・高精度広域空間モデルの整備が重要である。また、データ整備のみならず個々の事象・

構造物の予測・想定技術の高度化も重要である。地震災害軽減に関しては、構造物の地震時挙動予測の精度向上のため、実大三次元震動破壊実験施設（E-ディフェンス）による構造物破壊過程解明を反映した数値シミュレーション技術の開発などが挙げられる。

次に、災害の発生メカニズムとその評価手法に関する研究開発として、例えば気候変動に関しては、大気海洋結合大循環モデルの高度化が考えられる。全球地球観測システムを構成するものとして世界海洋のリアルタイム観測システムをさらに充実させ、ここから得られるリアルタイムデータを初期値として、複数の超高解像度大気海洋結合大循環モデルに同化し、気候変動現象の発生、発達、減衰過程やそれが世界各地に引き起こすテレコネクションを次世代計算機によりアンサンブル予測するシステムの開発は、世界各地の異常気象の予測さえも可能とするであろう。

さらに、気象分野における対策手法の検討対象例として、福岡など北九州、瀬戸内地域では過去、現在ともに干ばつの発生が多く、特に夏季・高温時の渇水が問題となっている事例がある。2005年には福岡市を中心に梅雨期の6月に雨が非常に少なく、7月を期して大雨となった。さらに9～10月には干ばつと大雨（台風14号）を経験している。また、2006年も春季・秋季を中心に干ばつである一方、台風13号の大雨による洪水など、両極端の異常気象・気象災害が期間的に隣接して発生している。この状況は地球温暖化の中での異常気象を如実に表しているともいえる。干害防止、渇水対策・予防として、人工的に誘発して降雨を起こし貯水する手法が従来から考えられていた。これらの手法の中にはドライアイスとヨウ化銀（環境汚染の懸念）の撒布する方法があるが、水量の確保が非常に難しく実用化していない状況が過去30年以上続いていた。この中で、最近、液体炭酸撒布法が開発されており、従来手法より100倍以上の水量確保が可能とされている。

社会基盤施設の防災性能を向上させるための研究開発に関しては、まずはこれらの施設を新設する際に、所要の防災性能を満たすものをできるだけ効率的に整備していくことが必須であり、そのためには設計法と建設工法をより一層合理化していく必要がある。あわせて、耐震設計における長周期地震動の影響の考慮[29]など、最新の知見も迅速に反映させていく必要がある。また、例えば地盤情報[30]に代表される共有的なデータベースの一元化とその公開方法などに関する研究開発も欠かせない。さらに、既存の施設を維持・管理・更新していく際には、所要の防災性能を適正な投資のもとで確保していくことが必要とされる。そのためには、劣化や老朽化を高精度に判定できる検査手法と効率的に補強・補修できる工法の開発及びライフサイクルコストの算定手法の高度化などに関する研究開発が重要である。

(6) 世界の自然災害軽減への貢献

防災技術の協力

自然災害軽減のための国際協力の要素は様々あるが、代表的なものは技術協力である。事前の予防対策から、事中での警報及び災害情報提供、さらには、復旧及び復興まで、科学技術抜きではひとつも成立しない。特に、防災及び災害軽減を実施するためには、その地域での災害リスクの評価が不可欠であり、それを如何に具体的に示されるかが大きな課題になる。潜在的な災害の状況を具体的に示し、その上に現在の防災力や対応力をオーバーレイし、可能性のある被害を浮かびあげ、その被害を軽減する対策を明示した情報が不可欠である。これは、地図上に蓄積されるハザードマップや防災マップが代表的なものである。

防災は、経済発展、能力開発、社会作りの一環であり、技術のみで閉じた支援、また物理的手段、建設に偏した支援ではなく、貧困・ガバナンスなど、社会の基本的問題解決も視野に入れ、土地・資源利用、制度、教育など、社会政策立案・実践への協力・支援が重要である。

支援される国の社会的・経済的發展段階により、必要な技術のみならず、適当な技術協力のアプローチも変化することを忘れてはならない。また、先進国相互間での情報やノウハウの交換・共同研究を続ける必要がある。

復旧・復興への貢献

開発途上国などにおいて大規模な災害が発生した場合、国際緊急援助隊（JICA）が派遣される。またボランティア活動、NPO 等による災害援助も行われている。こうした人的レスキュー隊等が活躍するためには、それを誘導支援する情報ネットワークが必要である。

我が国の学協会は、国内外の自然災害に対して調査団を現地に派遣し、被害状況を調査・分析して、災害対策のための提言をまとめるなどの社会貢献を行って来た。これらの学協会の活動は、長期的観点から自然災害の軽減に多いに寄与して来たものと考えられる。一方で、地震などによって被害を受けた社会基盤施設の診断や補修、さらには被災地域の緊急復旧と早期の復興においても、土木・建築などの工学分野の専門家による災害発生直後の支援の必要性は高いものと考えられる。そのためには、従来のような学協会ごとの支援ばかりでなく、他の学術団体、NPO 等と連携を生かした機能的な支援活動を展開する組織として「国境なき技師団」が設立された[31]。

防災教育

防災教育は二つの視点で重要であると考えられる。ひとつは、防災啓発であり、地域

や学校での低学年教育の中で、災害に対する認識を高め、その仕組みを知ることは、その地域での防災対策を実施する上で大きな基礎になる。二つは、政治・行政さらには地域でリーダーを育成することであり、さらには、防災の科学及び技術を発展できるエキスパートを作り上げることである。我が国は、国際支援の中で、教育・人材育成への協力を行い、さらには高等教育支援を図るために、多くの留学生を受け入れてきている。この意義を再確認し、今後も持続し発展することが不可欠である。

「稲むらの火」は我が国における代表的な防災教育の教科書であり、ラフカディオ・ハーン（小泉八雲）が浜口梧陵の史実を参考に創作した物語「生き神様」を基に、さらに小学生にも読める教材に書き直したものである。ハーンが生き神様を書いたのは、三陸大津波の直後であり、ハーンはこの時の出来事と、稲むらに火を放って村人を救った梧陵の逸話をヒントに、一気に感動的な物語を書き上げたのだと言われている。この教科書を学んだ方は今でも鮮明に記憶されているという。2004年12月26日に発生したスマトラ沖地震・インド洋大津波の大災害を契機にこの話が再び脚光をあび、学校での防災教育の重要性が叫ばれている。

我が国では過去の自然災害の教訓から様々な防災教育のための教材が作成され、これらが実際の教育現場で使われて来ているが、開発途上国では十分な教材もなく防災教育がほとんど行われていないのが現状である。自然災害に対する知識と正しい理解が不足しているため、不要な恐怖感の増大や災害後の不安解消の支障となっていると考えられる。自然災害の予防のための防災教育についても、土木・建築等工学分野の専門家が貢献し得る所は大きいと考えられる。

-
- [1] 大都市圏制度の見直しの方向について、大都市圏制度調査専門委員会、平成 18 年 12 月
 - [2] 荒廃するアメリカ：Pat Choate, Susan Walter：America in Ruins: The Decaying Infrastructure, Duke Press Policy Studies Paperbacks (Paperback)
 - [3] 洪水ハザードマップ公開一覧、<http://www.river.or.jp/hazard/link/search.html>
 - [4] 市町村別津波ハザードマップ作成・公表状況、
<http://www.mlit.go.jp/river/kaigandukuri/jishinnisonae/06.html#sityou>
 - [5] 火山防災マップデータベース、<http://www.gsj.jp/database/vhazard/>
 - [6] 地震防災マップのすすめ、<http://www.gsj.jp/database/vhazard/>
 - [7] 地震調査研究推進本部地震調査委員会：「全国を概観した地震動予測値図」報告書、
http://www.jishin.go.jp/main/chousa/05mar_yosokuchizu/index.htm、2005.
 - [8] 表層地盤のゆれやすさ全国マップ、<http://www.bousai.go.jp/>
 - [9] 中田高、今泉俊文：活断層詳細デジタルマップ, 東京大学出版会、2002.

- [10] 地域防災力向上シミュレータ、<http://bousai.env.nagoya-u.ac.jp/simulator/>
- [11] 名古屋市ホームページ、<http://www.city.nagoya.jp/>
- [12] 東京大学目黒公郎教授ホームページ、<http://risk-mg.iis.u-tokyo.ac.jp/>
- [13] 内閣府防災情報ホームページ、<http://www.bousai.go.jp/>
- [14] 気象庁防災気象情報ホームページ、<http://www.jma.go.jp/jma/menu/flash.html>
- [15] 国土交通省防災情報センター、<http://www.bosaijoho.go.jp/index.html>
- [16] (財)河川情報センター、<http://www.river.or.jp/>
- [17] 独立行政法人防災科学技術研究センター、<http://www.j-shis.bosai.go.jp/>
- [18] 電子国土 Web、<http://cyberjapan.jp/>
- [19] 防災情報プラットフォーム、
http://www.bousai.go.jp/chubou/10/sankou_shiryuu_4-1.pdf
- [20] 福和伸夫ほか：中京圏における地震防災力向上のための大学研究者による実践研究、地域安全学会論文集、No.6、pp.223-232、2004.
- [21] 日本地理学会：ハザードマップを活用した地震被害軽減の推進に関する提言、
http://www.fal.co.jp/geog_disaster/files/ajg_hazard_suggestion.pdf、2004.
- [22] 県域統合型 GIS ぎふ、<http://www.gis.pref.gifu.jp/>
- [23] 寒川旭：地震考古学、中公新書、1992.
- [24] 鈴木康弘：活断層大地震に備える、ちくま新書、2001.
- [25] 外務省ホームページ（外務省の人員体制に関する提言）
<http://www.mofa.go.jp/mofaj/annai/shingikai/jinji/pdfs/teigen.pdf>
- [26] 伊藤安男：治水思想の風土 近世から現代へ、古今書院、1994 .
- [27] 神戸大学 震災研究会：大震災 100 日の軌跡 阪神大震災研究 1、神戸新聞総合出版センター、1995 .
- [28] 木股文昭、田中重好、木村玲欧：超巨大地震がやってきた スマトラ沖地震津波に学べ、時事通信社、2006 .
- [29] 土木学会・建築学会：海溝型巨大地震による長周期地震動と土木・建築構造物の耐震性向上に関する共同提言、pp.51、2006.
- [30] 地盤工学会関東支部：首都圏直下地震から守るために 地盤工学からの提言 - 、pp.60、2005.
- [31] NPO 法人国境なき技師団、設立趣意書

7 自然災害軽減に向けて日本学術会議が果たすべき役割

(1) 研究・開発での役割

自然環境の変化による災害外力の増大と社会構造の脆弱化により自然災害の規模が増大するとともに、その態様が変化している。これらの将来の自然災害を軽減するため、今後とも下記に示す理工学及び人文学分野の研究・開発の推進が不可欠である。

- ・ 地震・津波、火山噴火及び気候変化と地球温暖化など災害要因となる自然現象の予測精度の向上、自然災害との因果関係の解明及び人工降雨等の対策法の開発
- ・ 災害に強い国土構造と社会構造の基本的あり方の検討
- ・ 予想を超える自然現象、設計値を上回る外力に対しても致命的な被害を生じない、ねばりのある社会基盤施設の検討
- ・ 既存の低耐震性住宅・建物及び社会基盤施設の診断法と耐震補強法
- ・ 新材料等を活用した災害に強い構造・施設の開発
- ・ 災害経験の伝承と防災教育及び防災国民運動の効果的推進方策に関する検討
- ・ 災害リスクの予測技術と事前観測技術の高度化
- ・ 災害情報の共有化と活用方法に関する検討
- ・ 先端技術、情報技術を活用した警報システムの開発

以上の研究開発は関連の学協会やそれらに所属する研究者・実務者によって推進されることになるが、自然災害軽減のための調査研究は多分野にまたがっており、学協会横断的、分野横断的な連携と共同研究の推進が不可欠である。日本学術会議はその中で主導的な役割を果たすとともに、常に研究・開発の方向性を明確に示して行くことが求められている。

地震予知に関する研究は、従来から、国としての研究プロジェクトとして推進され、地震発生位置やその規模の予測に関して一定の成果を挙げて来たと考えられる。これに対し、国土構造や社会構造の防災向上に関しては、個々の機関や研究者がそれぞれ取り組んで来ているが、地震予知研究のような国家的取り組みはなされて来なかった。前述したように東京、大阪など我が国の大都市圏が巨大地震に見舞われる可能性が極めて高くなっていること、また、今後自然環境の変化により予想を超える災害の発生の危険性が高まっていることを考えると、理工学のみならず人文科学分野を含め「自然災害軽減化研究」の国家的研究プロジェクトの推進が是非とも必要であり、日本学術会議はこの研究プロジェクトの企画・推進において中心的役割を果たさなければならない。

近年、我が国の科学技術研究開発に関しては、総合科学技術会議においてその方向性が定められている。「安全・安心社会」が一つの主要テーマとして挙げられているにもかかわらず、他の分野に比較すると自然災害軽減のための調査研究の比重は未だ軽

いようである。日本学術会議は総合科学技術会議と協力して、「自然災害軽減のため中長期研究開発プロジェクト」を策定し、公的研究機関、民間研究機関及び大学との共同のもとにこれを強力に推進すべきである。

(2) 政策・施策の提言

第20期から始まった新生日本学術会議は、科学的知見に基づく政策提言を行うことを主な任務の一つとしている。単に学術のみに関する連絡や発信のみでなく、行政や社会を意識した政策提言を行うことは、科学的な裏づけのある議論抜きに政策の決定・実施が困難となりつつある現代では大きな意味を持つ。また、我が国の世論や政策は、マスコミも含めてややもすると意見が一色になり易く、一方に傾きがちな面がしばしば見かけられる[1]。日本学術会議は、学術の立場から俯瞰的な提言を行える機能を有しており、この機能を活用しなければならない。

災害については、内閣府に中央防災会議が設置されているとともに、各省庁が独自の体制で取り組んでいる。内閣府に所属する日本学術会議は、全ての学術の分野を包含する日本を代表する科学者の集合体として、総合科学である災害現象や総合政策であるべき防災について取り組み、その成果を基に様々な提案を行うのに適した組織であり、またその責務を負っている。また、短期的な行政対応が求められないことから、中長期的展望に立って提言を行うことができるという利点を有している。

しかし、日本学術会議が政策・施策の提言を行うに当たっては、留意すべき点が幾つかあると思われる。科学者は自身が行っている研究分野には特別の思い入れがあることが多い。そのことが、実は科学の発展の大きな原動力となっている。しかし、災害のような複合的要素が多く含まれる課題においては、単一の価値観から提言を行うことは不適切であり、複数の要素間の価値のバランスを取りつつ判断して意見を述べなければならない。また、科学は偉大な科学者を中心とする多くの科学者の情熱によって発展し、不可能と思われたことを可能としてきた。しかし、このことを逆手に取ってこの可能性を冷静に見つめることなく、研究費の獲得を情性的に行ってきたことはないだろうか。科学者の提言が世に受け入れられるには、科学者自身が信頼されていることが最も重要であり、研究費獲得が自己目的化したり、研究不正を行ってはならない。

政策や施策の提言を行った場合、そのフォローアップも重要である。従来はややもすると提言を行ってそれでよしとする傾向が見られたことは否定出来ない。日本学術会議の提言が実際の政策・施策に活用されるよう関係機関に継続的に働きかけることも重要である。

(3) 国民への発信

集中豪雨や巨大台風など、予想を超える自然環境の変化に起因する自然災害に対し

ては防災基盤施設の補強などハード面からの対策に併せて、ハザードマップ等によるリスクの評価と公開、防災教育及び発災後の避難システムなどソフト面からの対策が重要である。このため、公的機関による公助に加えて、地域社会による共助及び個々の国民の努力による自助が巨大災害の軽減にとって不可欠な要素である。

このためには、将来の災害リスクに対する精度の高い評価と国民への発信が重要であり、日本学術会議は学協会とともに災害リスクの評価手法の精度向上に関する研究を推進し、これらの手法を用いたリスク評価結果を国民に分り易い形で発信して行かなければならない。さらに日本学術会議は我が国の学術・科学の研究の中心団体として公助・共助・自助の国民運動の輪の中に積極的に参画して行かなければならない。

将来の巨大自然災害を軽減するために適正な防災投資の水準に関しても、国民の合意を得ることが重要であるが、このためにはリスクの評価と災害軽減に要するハード、ソフト両面の費用を精度良く評価し、これを国民に分り易い形で発信することが不可欠である。このため、一般市民を対象とした災害軽減のためのシンポジウムやセミナーを通じ国民の理解と協力を得ることが必要である。

日本学術会議は、災害軽減に関連する学協会の中心的機関として、災害軽減技術の現状と今後の方向性について国民に分り易い形で説明し、合意を得ることが必要である。

国民への発信に関しては報道機関の果たす役割は極めて大きい。災害軽減に関する報道番組作成に関して、報道機関との定期的な懇談の場などを通じ、最近の知見を発信するとともに、災害軽減のための学術研究推進に関し国民の理解を求めなければならない。

中央防災会議は、東海地震や東京湾北部地震等の将来の巨大災害に関して被害予測を行い、これを公表して来ているが、国民の多くはその災害の実態を十分に理解しているとは言い難いのが現状である。被害予測結果を動画・映画など分り易い形で発信することが必要であり、日本学術会議は学協会や報道機関と協力して、これを推進する必要がある。

(4) 国際共同研究の推進

自然災害軽減に向け日本学術会議が、国際共同研究の推進に果たすべき役割は、第一に国際連携を通じて研究分野の特定、研究実施の支援、そして研究成果の社会への早期適用に関する環境整備にある。それには、国、日本学術振興会及び科学技術振興機構等との連携による研究推進のための継続的な財政基盤の整備、災害・防災に関する既存の研究機関・学術団体・国際組織等との連携強化・積極的関与、そして現在までの日本学術会議の活動実績の発展的活用を検討することからまず始めなければならない。次に過去に多くの災害経験を持ち先端的な防災技術を有する我が国の国際貢献の視点から、日本学術会議がイニシアティブをもって新たな構想による国際共同研究

の構築努力を行う 2 本立てで望むのが適当である。

自然災害軽減にむけた国際共同の努力は、国連主導による国際防災の 10 年 (IDNDR) (1990-1999) に引き続き、2000 年設立された国連国際防災戦略 (ISDR) に沿って、各国国内委員会がアジア防災センターや世界気象気候等と連携して国際共同が推進されている。そのほか国際防災学会インタープリバント、国際洪水イニシアティブ、国際斜面災害研究計画等の国際連携組織が国際共同研究体制を築いており、日本学術会議が有する国際学術協力事業の枠組みでアジア学術会議のメンバー諸国とともにそれら諸国際機関と積極的に連携を図ることは、国際共同研究の推進の環境整備に欠かせない。日本学術会議は、数年にわたり「持続可能な社会のための科学と技術に関する国際会議」を毎年開催しているが、持続可能性・大都市問題・貧困問題は自然災害軽減と不可分の関係にあることから、災害軽減を中心課題に据えて上記国際会議を再構成し、その継続的展開を目指すのは国際共同研究の契機を構築するのに極めて有効である。

日本学術会議がイニシアティブをもって新たな構想による国際共同研究の構築努力は、既存の枠組みに屋上屋を重ねるものであってはならない。従来災害科学・防災科学は自然災害の発生のメカニズムの解明とその予知、及び災害の軽減にその研究の重心が置かれてきた。現在、人類は対処すべき災害自然外力の増大に直面している。そこで視点を変えて災害外力そのものの軽減を目指した国際共同研究の推進に積極的に取り組む価値はある。すなわち気候変動、地殻変動に起因する災害外力を軽減する方策の研究である。それには大胆な研究構想と大規模な研究予算・研究組織が必要で大規模な国際連携事業でなければ達成できない。しかし、毎年世界で繰り返される災害による被害総額と比較すると研究を試みる価値は十分認められる。国際宇宙ステーション計画は、構想の萌芽期には荒唐無稽な途方もない計画と捉えられたであろう。それに比して国際自然災害外力軽減計画は、より直接的な人類への貢献につながる事が期待される。

[1] 川島康生: 社会に阻まれた我が国の脳死臓器移植、学術の動向、2007 年 1 月号、pp. 58-61.