

# [ 特集 ] 地震防災と社会基盤整備

- 安全・安心な社会基盤の構築に向け 土木学会は何ができるか、何をなすべきか -

編集担当

四国支部全国大会実行委員会学会誌編集部会

## 企画趣旨

東海沖から四国沖の海底にのびる南海トラフ沿いでは、プレートの沈み込みがほぼ一定のため、有史以来、マグニチュード8クラスの巨大地震が繰り返し起きている。政府の地震調査委員会は、百数十年周期で発生する巨大地震「南海地震」が今後30年以内に起きる確率が40%であると発表した。こうした事態を受け、巨大地震に備える「東南海・南海地震に係る地震防災対策の推進に関する特別措置法」が昨年度衆参両議院で成立した。この法律の施行に伴い、国や自治体、民間は連携して地震対策に取り組むことが求められる。

西日本太平洋側沿岸は特に迫り来る巨大地震の危機と対峙しなければならない。そこで本特集号では、地震防災の課題に着目して、「今何を実践すべきか、何を実践し得るか」の視点で、平成15年度全国大会特別討論会における地域住民参加型の活発な討論の誘発を目的として、事前に問題提起を行うために、特別討論会のテーマである「地震防災と社会基盤整備」を取り上げる。

第1章では特別討論会の趣旨を説明するとともに、全体を総括する立場で地震防災に立脚した社会基盤整備のあるべき姿を提言する。第2章では非土木界の自治体首長、マスコミ界、防災専門家に種々の視点から各テーマを分析してもらうとともに、土木界への要望・提言などを出してもらい、これに応える形で第3章では地震学・地震防災に関する諸分野の専門家に「これまでわかったこと、依然としてわからないこと」、「できること、できないこと」などを技術的に論じてもらうことにより、安全・安心な社会基盤の構築に向け、土木学会が今何ができるのか、何をなすべきかについて考える。

本特集号では、全国大会テーマ「安全・安心な生活、個性ある地域社会の実現を目指して」に関連し、暮らしの安全・安心・安定の確保、近年必ず起こると言われている地震災害への対策を論議することにより、土木技術を見つめ直す契機とするものである。

## 安全・安心な生活，個性ある地域社会の実現を目指して



## 南部隆秋

NAMBU Takaaki  
フェロー会員  
土木学会四国支部長  
国土交通省 四国地方整備局長

来る9月24日(水)から26日(金)の3日間、徳島大学常三島キャンパスをメイン会場として開催される平成15年度土木学会全国大会の実施が目前に迫っている。今回の大会では、「安全・安心な生活，個性ある地域社会の実現を目指して」を大会テーマとして、今一度土木技術の原点に立ち返り、何故土木技術が必要とされるのか、土木技術の発展を何処に求めるのかを議論し、土木技術を改めて見直す契機としたいと考えている。大会では大会テーマを基本理念としつつ、昨今の土木を取り巻く情勢を踏まえ、年次学術講演会、研究討論会、特別講演会、特別討論会等の行事が行われる。

特に、特別討論会では、一般の参加者を交え、本学会誌の特集テーマでもある「地震防災と社会基盤整備」-安全・安心な社会基盤の構築に向け土木学会は何ができるか、何をなすべきか-をテーマとしたパネルディスカッションを行う予定である。

地震防災に関する諸分野の専門家である各パネリストに「わかったこと、依然としてわからないこと」や「できること、できないこと」などを、わかりやすく呈示していただき、他のパネリストからも地震防災に関するご自身のお考えを発言していただいたうえで、今、まさに巨大地震来襲の危機と対峙せねばならぬ西日本太平洋沿岸域にあって、地震防災のために土木工学が何をなすべきかについて、3名のコーディネーターを含めた皆様に徹底的に討論していただきたいと考えている。

プレートの移動によって発生する海洋型巨大地震，とりわけ、近年発生の危険性への認識が高まっている東南海・南海地震については、2001(平成13)年9月に地震調査研究推進本部において南海トラフ地震に関する長期評価が公表され、今後30年以内にM8.4前後(東南海地震と同時に発生した場合はM8.5前後)の規模の地震が40%程度の確率で発生するとされた。これを受け、2002(平成14)年7月には、東南海・南海地震に係る地震防災対策の推進を図ることを目的とした「東南海・南海地震に係る地震防災対策の推進に関する特別措置法」が成立したところである。

さらに、2003(平成15)年4月には、中央防災会議「東南海・南海地震に関する専門調査会」(座長：土岐憲三立命館大学教授)において東南海・南海地震に係る被害想定が公表され、被害は関東から九州にかけての広い範囲で発生し、揺れや液状化、津波、急傾斜地崩壊、火災による被害などをあわせて建物被害は全壊棟数が最大で約62万2200棟、人的被害は死者が最大で約2万500人、経済被害については最大で約56兆円という想定結果が示されている。この「東南海・南海地震に関する専門調査会」の本来の目的は防災対策の検討であり、この被害想定は、あくまで防災対策の対象とする地震像や具体的な防災対策を検討するために行われたもので、2003(平成15)年7月に施行された「東南海・南海地震に係る地震防災対策の推進に関する特別措置法」に基づき、今後、東南海・南海地震防災対策推進地域の指定、基本計画および推進計画等がとりまとめられる予定となっている。

四国地方においては、日に日にその発生が近づいている南海地震への対応は喫緊の課題であり、その対策を確実に講じる必要があるとの認識のもと、各地方公共団体をはじめとして、関係機関が取り組みを進めており、四国地方整備局においても、2002(平成14)年6月には局内に南海地震対策検討会議を設置し、関係自治体との意見交換や情報交換を行いつつ、耐震補強、津波対策施設の充実、情報収集体制の整備、津波被害軽減のための管理体制確立、緊急輸送路の確保対策等ハード・ソフト一体となった対策の検討を進めている。今後、今回の特別討論会での最先端の専門家の意見もふまえて、関係する諸機関がさらなる検討を実施し、連携して所要の対策を早急に講じていくことが不可欠と考えている。

四国徳島での全国大会に、多くの会員が参加され、会員各位の活発で有意義な技術交流によって地震防災に関する土木工学技術の進展が図られ、現地における対策に的確に反映されることを期待している。

## はじめに

野田 茂

NODA Shigeru

フェロー会員 工博

香川大学教授 工学部安全システム建設工学科

神戸市域に被害を及ぼす都市直下の活断層による大地震の恐れについては、1974年6月26日、神戸新聞夕刊の一面トップ記事で報道されていた。それから20年7か月後、市民はこの内容を覚えておらず、1995年1月17日の地震発生後における市民の認識は「まさか神戸に地震が」というものであった。阪神・淡路大震災により、国民は社会基盤施設などの物的・人的、社会・経済的な被害の甚大さにショックを受けた。日本は地震国だけに、ビルや橋などの建設に対する基準が激しく、世界に冠たる耐震安全都市を築いてきたと思われていた。耐震性が低く古い施設が多く存在したことが被害発生の主因であるが、複合災害、都市機能の脆弱さ、被害波及など、震災の大きさは種々の要因によるものであった。天災が避けられない日本では、どこで地震が起きても大丈夫な対策をたてておくことが重要である。

1995年兵庫県南部地震後、国内外で多数の被害地震が発生した。わが国では、1997年鹿児島県北西部地震、1999年秋田沖地震、2000年神津島近海地震、2000年鳥取県西部地震、2001年芸予地震、2003年三陸南地震と立て続けに地震が起こっている。マグニチュード8クラスの巨大地震発生前には内陸の地震活動が活発化することが知られており、1995年兵庫県南部地震は来たる東南海地震、南海地震の危険域に入るきっかけになったと言われている。その証拠に、鳥取県西部地震、芸予地震と続き、M6以上の地震が何回か発生している。

約60年前、甚大な被害をもたらした東南海地震（1944年12月7日）、南海地震（1946年12月21日）は今世紀前半の再来が懸念されている。政府の中央防災会議が4月17日に発表した東南海・南海地震の被害想定（原因は揺れ、液状化、急傾斜地崩壊、津波、火災）により、最悪の場合、死者数、全壊建物数は高知県が6170人、98600棟、和歌山県が5240人、79700棟、徳島県が1400人、21800棟と、西日本の被害の大きさが明らかになった。このうち津波

による犠牲者の数が際立ち、国や自治体では「防ぐ」施設だけでなく、「命を守る」ための避難路、「逃げ込む」ための施設作りを求められることになった。

「東南海・南海地震に係る地震防災対策の推進に関する特別措置法」が7月に施行され、各地で災害軽減への取り組みが進んでいる。1995年兵庫県南部地震の記憶でさえすでに風化が進む中、他山の石とし、いざというときこの震災の教訓を活かせるのか。安全という最低限の条件整備のためには、安心して日常生活を営める環境作りとともに、人智を尽くした巨大災害軽減対策を目指した研究技術開発が必要である。知識先導型の社会基盤整備をすることこそ、災害に強い地域づくりにつながる。迫り来る巨大地震に備え、今こそ技術者は真価が問われている。

プレート境界で発生する巨大地震、東南海・南海地震は必ず起きる。1995年兵庫県南部地震のような直下型地震と異なり、震源域から離れた遠方地域ではゆっくりした揺れが数分間続くと予想される。高層ビル、長大橋、大型タンクなどの構造物ではこうした揺れの影響を受けやすい。予想される巨大地震はこれら構造物が登場してから初めての地震となるので、実際にどのような挙動を示すのか、起きてみないとわからない。現代の都市・社会システムは過去の巨大地震発生時と比べ劇変していること、まれにしか起こらない巨大地震に対し、われわれの体験はほとんどないことから、過去の教訓が100%役立つ保障はない。

戦災被害も回復していなかった1946年12月21日午前4時19分、徳島県は昭和南海地震に襲われた。道路や橋が寸断され、電話は不通箇所が多かった。不通でなくても、予約電話の時代のため、すぐに連絡がとれない。このため徳島新聞の22日付一面（図-1）には徳島市ならびにその周辺の被害が中心で、「牟岐以南は連絡不通」として「目下至急調査中」と記された。県南部太平洋沿岸に面した海部郡の牟岐や浅川の被災状況が紙面に載るのは23日付からである。県東部の海岸一帯は震度5の強震が5分も続き、その後やってきた津波が被害を大きくした。津波による被害が甚大だった浅川（写真-1、写真-2）ですら、津波の恐ろしさが風化している。住民の防災意識を高める、啓発活動に取り組みなければならない。

来たる南海地震と地震に伴う津波の来襲による複合災害は避けられないが、被害の最小化は可能である。そのためには、1) 敵を知ること=災害を知ること、2) 己を知ること=地域を知ること、3) 実践=知識を活かすとともに知恵を出すことが大切である。まずは、地震や津波の性質、過去の地



図-1 1946（昭和21）年12月22日付一面記事より抜粋（提供：徳島新聞社）



写真-1 津波に遭遇した浅川村



写真-2 津波により堤防を乗り越えて民家に突っ込んだ船（浅川村にて、能田忠雄氏撮影）

震・津波被害をよく知ること、耐震補強などの災害軽減に役立つ知識を吸収することである。次に地域の危険箇所、防災施設、避難施設、災害弱者などを知ること、地域に住む専門家を活用することである。行政は地域社会の脆弱性を考慮した被害予測・評価を行い、公表する。その結果、被害を抑止し、被害を軽減するうえで地域に応じた最適な対策を考える。これらの知識を活かすには日常訓練、組織作

りが必要である。地域住民にとってプロ同然の初動が実践のキーとなる。

内閣府の発表（1月15日）によれば、地震対策は東高西低の傾向にある。公共施設の耐震化や避難路の整備など、人命にかかわる対策は進まず、東海地方に比べ、遅れが目立っている。東南海・南海地震の対策強化のため、社会基盤整備は待ったなしの状況にある。

# 第1章 地震防災のための社会基盤整備のあるべき姿

山上拓男

YAMAGAMI Takuo  
フェロー会員 工博  
徳島大学教授 工学部建設工学科

村上仁士

MURAKAMI Hitoshi  
フェロー会員 工博  
徳島大学大学院教授 工学研究科エコシステム工学専攻

澤田 勉

SAWADA Tsutomu  
正会員 工博  
徳島大学教授 工学部建設工学科

## 最近の全国大会討論会

### 2000年仙台大会

土木学会全国大会の行事として一般市民参加の討論会が企画・実施されたのは2000年仙台大会が最初である。仙台大会では学会開催に先行して、土木学会誌上で「社会資本と土木技術に関する2000年仙台宣言」と題する土木技術者の決意をアピールした。そうして特別討論会では「仙台宣言」に関し、話題提供者(5名)の賛否混交する批評とこれに引き続くフロアーからの発言を求めた。宣言公表とこれを受け継ぐ討論会開催の意図は、「社会資本整備に関する議論や批判が展開されているこの数年の状況に対して、学会はいかなる役割を果たすべきかを明確にすること」とある。

話題提供者の一人斎藤 NHK 解説主幹(当時)の率直で辛らつな発言を摘記しておこう：“なぜこの宣言を通じて使命感が感じられないのだろう、それはこの宣言と具体的な行動がなかなか結びつかないからではないかと考えます”；“過去に『倫理規定』があり、今回また『宣言』をつくる。お題目はもういい、それをどう実現するのか、どう社会資本づくりに生かすのかが問われているのだということです”；“昨今の公共事業に対する批判に対して土木学会は具体的にどう応えてきたのか、内向きではなく、利用者である市民に対してどうアクションを起こしたのかが非常に不明確だったと思います。この宣言もなかなか一般にはうけとめられず、お題目に終わる可能性が高いことが危惧されます。要は、実践が問われているということです。”

### 2001年熊本大会

2001年熊本大会では「あなたは土木に何を求めますか? - 21世紀の社会資本整備の在り方, 地方中核都市“熊本”からの発言 - 」のもと、土木界に批判的な著名マスコミ人や大学人をパネリストに招き全体討論会が開かれた。

ここで言う「あなた」は日本の主権を担う市民であり、ま

たこれら市民から付託されたる土木技術者であると断ったうえで、本討論会の狙いを“市民から批判を仰ぎ、土木界構成員が主体的に発言し、両者で共通認識を持つこと”そしてこれ(共通認識)こそが“新しい世紀の市民生活や産業基盤を守り支える土木を再構築する必須の要件”と説く。

事後の土木学会誌学生編集委員の感想は他山の石としたい：“土木学会会員、一般市民両者が共通認識を持つべし、とのもくろみは成功した；しかし掲げたテーマ「あなたは土木になにを求めますか」が抽象的かつ非常に幅の広いものであったため、結果として個々のテーマに対してあまり深く議論する時間的余裕がなかった。”

### 2002年札幌大会

2002年札幌大会ではパネルディスカッション：「土木技術の社会性と土木学会の変革 - 21世紀を創る土木界に求められるもの - 」, と全体討論会：「自然環境共生インフラ - グローバルに考えローカルからの行動を - 」, が開かれた。前者は人口減少・長期経済低成長へと変質しつつある日本社会を迎え、土木技術者の果たすべき役割は何か、土木学会は如何に機能すべきか、3名のパネリストによる土木界への提言を拝聴したものである。また後者においては、4名のパネリストがそれぞれの立場から、“機能優先”, “利便性・効率性偏重”, “建設至上主義”などと形容される従来型土木技術から脱却し、(自然)環境との共生を重視した社会資本整備に責任を持つことこそがこれからの土木界に求められる”, と持論を展開した。

時間の制約もあって「パネルディスカッション」, 「全体討論会」ともフロアーからの発言の機会は全く設けられなかった。パネリストの一人横島庄治氏(元NHK解説主幹, 現高崎経済大学教授)の“土木界はもっとマスメディアを活用して自己の存在と主張を強く外部にアピールすべき”は印象的である。

## 2003年徳島大会の特別討論会テーマ

### テーマ選定の経緯と基本方針

ここでは、本年度土木学会全国大会特別討論会におけるコーディネーターの立場から、特別討論会テーマ：「地震防災と社会基盤整備 - 安全・安心な社会基盤の構築に向け土木学会は何ができるか、何をなすべきか - 」が選定されるに至った経緯について述べておきたい。

大会規程によれば、「特別」ないし「全体」討論会自体は開催要件の中に組み込まれていない。つまりこの種の催しを

開くか否かはもっぱら担当支部の裁量に任されている。当四国支部担当徳島大会では、やらないことも含めて、どうすべきか準備委員会を立ち上げ検討に入った。その結果やらないことは即座に否定されたものの、討論会の焦点を何に当てるべきか、照準の特定には少なからず難渋した。

テーマ選定のプロセスで拠り所とした基本方針は以下の四点である：

上述過去三度の討論会に照らし合わせたとき、決して二番煎じ、三番煎じとはならぬテーマであること。

四国らしさ、あるいは四国に特有な事象、を前面に出し得るテーマであること。

共感と反駁とにかかわらず学会会員と地域住民（多くは徳島県民）が共有できるテーマであること。

美辞麗句の連なる茫漠とした話題ではなく、議論の方向づけが容易でわかりやすいテーマであること。

### 地震防災と社会基盤整備をキーワードに

土木学会の枠組み内でこれら方向づけを表象する謹い文句を絞り込むとき、行き着く先が古くて新しい二大トピックス：“防災（自然災害）”と“社会基盤整備（公共土木事業）”となることは、ある種自明の帰結と言ってよからう。風水害、土砂災害、地震災害等々、やや誇大な表現が許されるならば、四国は正に災害の巣窟と言うべきである。

四国は多様な災害の巣窟などと自認する一方で、本討論会スローガン中のキーワードの一つ“地震防災”を単に“防災”としなかった背景には二つの理由がある。一つは、単純に対象を絞って議論の発散を回避しようとしたこと；他の一つは、これこそが主眼なのだが、地震災害を論ずるのもう1サイクル後、つまり8年後の次の四国支部担当土木学会開催時では遅きに失するとの焦燥感にも似た思いに駆られたことによる。

折しも、2003（平成15）年4月17日中央防災会議の「東南海・南海地震に関する専門調査会」はこれら両地震のもとで想定される被害状況（表-1）を公表し、翌18日の紙上には「死者最大で2万5百人」などの衝撃的な見出しが躍った。政府の地震調査研究推進本部地震調査委員会による長期予測評価結果として2001（平成13）年9月「南海、東南海地震の今後30年以内の発生確率それぞれ40、50%；両地震が同時発生が東南海・南海の順で連続発生する可能性が高く、個別に発生した場合は南海がM8.4、東南海がM8.1前後、同時だとM8.5の最大級規模になると推定」が発表されたのを機に、西日本一円、とりわけ太平洋側沿海の住民の間には緊張感が一気に高まった。“次の東南海・南海地震のサイクルまで東海地震が発生しない場合には、駿河湾から四国の西端までを震源域とする巨大地震が連動的に発生する可能性がある”などの心胆を寒からしめる情報が一層

表-1 東南海・南海同時地震による建物被害と人的被害（内閣府発表）

#### (a) 建物全壊棟数

項目	5時	12時	18時	
揺れによる被害	(木造)約141700棟、(非木造)約24800棟 計 約166500棟			
液化化による被害	(木造)約70000棟、(非木造)約18300棟 計 約88300棟			
津波による被害	(水門が正常に機能した場合) 約38800棟			
急傾斜地崩壊による被害	約20600棟			
火災による被害	阪神・淡路大震災の時と同様の風速3m	約13000棟	約12700棟	約114000棟
	関東大震災の時と同様の風速15m	約39100棟	約38500棟	約301800棟
合計	風速3m	約327100棟	約326800棟	約428200棟
	風速15m	約353200棟	約352600棟	約615900棟

(参考)

- ・地震動による水門の閉鎖不能等を考慮した場合、津波による建物被害の増加は 約15700棟
- ・震度6弱未満のデータのばらつきを考慮した場合、地震の揺れによる建物被害の増加は (木造)約30600棟

#### (b) 死者数

項目	5時	12時	18時	
揺れによる被害	約6500人	約2900人	約3900人	
津波による被害	避難意識が高い場合 (未避難率28.9%) (北海道南西沖での 奥尻町の場合)	約3300人	約2200人	約2300人
	避難意識が低い場合 (未避難率80%) (日本海中部地震の 場合等)	約8600人	約4100人	約5000人
急傾斜地崩壊による被害	約1900人	約1000人	約1300人	
火災の被害	阪神・淡路大震災の時と同様の風速3mの場合	約100人	約60人	約800人
	関東大震災の時と同様の風速15mの場合	約400人	約200人	約2100人
地すべり・大規模崩壊	地すべり、大規模崩壊の発生場所によっては、1か所でも多数の死傷者が生じる場合がある。			
合計	風速3mの場合	約11900人 ～約17100人	約6100人 ～約8000人	約8300人 ～約11000人
	風速15mの場合	約12100人 ～約17400人	約6200人 ～約8100人	約9600人 ～約12300人

(参考)

- ・上表は地震動による水門等が正常に機能した場合について整理。仮に水門の閉鎖不能等を考慮した場合、津波による死者数の増加は  
避難意識が高い場合、<5時>約1300人、<12時>約800人、<18時>約900人  
避難意識が低い場合、<5時>約3100人、<12時>約1400人、<18時>約1900人
- ・震度6弱未満のデータのばらつきを考慮した場合の地震の揺れによる死者数の増加は  
<5時>約1300人、<12時>約500人、<18時>約800人

重傷者合計	約20900人	約16700人	約17800人
要救助者合計	約39300人	約21900人	約26200人

緊張感を高める役割を演じている。

### 阪神・淡路大震災の教訓は活かされたか？

翻って、土木学会全国大会が前回四国支部担当で開催されたのは1995（平成7）年9月松山市においてである。兵庫県南部地震の衝撃覚めやらぬこの学会では、言うまでもなく阪神・淡路大震災が大きく取り上げられた。震災復旧に

向け学会の役割や研究活動の方向について各方面から大きな関心がよせられ、大会二日目には特別講演会に引き続き阪神・淡路大震災復興対策シンポジウムが開かれている。当シンポジウムの趣旨は『甚大なる都市基盤施設の被害を目的の当たりにして、これら施設に関わってきた土木技術に浴びせられた社会的不安と不信は甘んじてこれを受け止め、いったい何が問題であったのか、これからどう考えどう進んで行くべきなのか、単なる研究者の立場を超えて広い視野から阪神・淡路大震災の意味するところを議論する』であった。

土木構造物に未曾有の被害をもたらす、都市機能を根底より麻痺させた震災を機に、現行耐震設計基準の瑕疵が問われ、自戒を込めた基準の見直し等数多くの提言がなされたのもこの時期のことであった。土木学会の調査団は全国各地で合計 18 回もの報告会を開催し、延べ 11 000 名に調査結果を報告したという。がしかし、こうした技術論的営為は産・官・学多方面に関与するといえども、前出の斎藤が言うように、一般国民にとっては所詮土木技術者専門集団の内に閉じた営みとしか映らないのであろう。

爾来 8 年、果たして土木技術 - 近時しばしば公共土木事業と同義と解される - に向けられた不信と不安は払拭し得たであろうか。答えが「否」との証左は、後藤の弁駁（土木学会誌平成 14 年 2 月号）が勝れて明快とは言え、熊本大会の本間の酷評（土木学会誌平成 13 年 9 月号）に見られるとおりである。この間には鳥取県西部地震（2000（平成 12）年 10 月）と芸予地震（2001（平成 13）年 3 月）の洗礼も受けた。

いよいよ巨大地震来襲の危機と対峙せねばならぬ西日本太平洋側沿海にあって、ここ徳島で本討論会を持ち得た巡り合わせを千載一遇の機会と捉えたい。この機を地震防災に限局して“何を実践すべきか、何を実践し得るか”地域住民参加の徹底した討論の場とするのは土木学会の当為と言ってもよからう；そうして、賛否の声を止揚しつつ外に向かって声明するならば、不信と不安を拭い去る絶好の機会になると確信する。

阪神・淡路大震災後、倒壊原因の究明過程で、“想定荷重を遥かに上回る地震外力が作用したのだから壊れて当たり前だ”との声が聞かれたのも事実である。しかし“設計基準の不備、もしくは設計基準が依拠する耐震技術そのものの未成熟さ”に起因した大惨事とするのが大方の見方であった。以来、耐震技術のさらなる向上を目指し土木技術者は鋭意努力を重ねてきた。それ相応の成果が得られたことであろう。

## 期待したい討論内容

そこでこの討論会では、技術の各論に関し入倉、土岐、

安田、河田の各氏に誰もが理解できるやさしい言葉で「わかったこと；依然としてわからないこと」、「できること；できないこと」を十二分に語っていただこう。

これら 4 名の専門家諸氏にはそれぞれの専門領域を背景として、一般市民・学会員等しく関心を抱くに違いない下記の論点に言及していただければと期待している：

入倉：来たるべき南海地震等巨大海溝型地震について、地震・津波の発生原理：いつごろ、どこで、どのような規模の地震が予想されるか、また政府の地震調査委員会が出した発生確率や規模の根拠の解説、今後に向けての提言など

土岐：構造物災害とその軽減技術：過去の被害例、何が弱点か、次の地震発生時の構造物の被害予測はどこまでできるのか、その可能性と限界、および軽減技術の現状と将来、今後に向けての提言など

安田：地盤災害とその軽減技術：過去の被害例、何が弱点か、次の地震発生時の地盤災害の被害予測はどこまでできるのか、その可能性と限界、および軽減技術の現状と将来、今後に向けての提言など

河田：津波災害とその対策：津波災害の特徴、津波災害予測の現状と限界、巨大災害対策の問題点、今後に向けての提言など

次いで伊藤、重川、五軒家、古田の各氏にはそれぞれの立場から地震防災のあるべき姿に関し、土木学会あるいは土木界への苦言・提言を賜りたい：

伊藤：わが国の防災戦略の向上 - 災害史は語る - ：これまで世界中の災害について見てきた立場、また「過去の災害を知る」という災害史の立場から、わが国の防災戦略の問題点と今後のあり方、学会としてのあり方など

重川：地域住民が主役の防災まちづくり：行政がいくら立派なハザードマップを作って配布しても防災意識が高まるわけではない。住民と協働してハザードマップを作り、情報が共有できてこそ、災害に強いまちづくりができる。地域住民との関わりから防災まちづくりの問題点、今後の方向、学会として何をなすべきかなど

五軒家：求められる自治体の危機管理：自治体の危機管理は十分か、その問題点と解決策はあるか、および土木学会等の学術組織や研究者に求めたいことなど

古田：メディアの眼から：今、市民は次の地震に対しどのような危機意識をもっているか、市民、行政、学会に望むことなど

以上 8 名のパネリストの解説と話題提供を受け、専門外の市民の方々には地震防災の立場から社会基盤整備のあるべき姿について、パネリスト・土木学会構成員と存分に意見交換・討論を行っていただきたい。無論学会構成員同志の

意見の対立や見解の相違もあろう。なにせ土木学会は会員数4万人を越す大所帯である。こうした中から幾許かでも合意点を見出すことができれば、討論会開催の意義少なからずである。そしてまた、何かしら閉塞感漂う今日、土木学会の前途に少しでも光明を見出すことができるならば、討論会は大成功と言ってよからう。

## 災害に教えられた安全都市設計

### リダンダンシーの確保

社会基盤整備の技術論・方法論は専門家集団としての土木技術者に任さざるを得ない。しかし公共事業である限り民意の合意形成なくして実践はあり得まい。市民参加型討論会開催の所以である。そこで本討論会のスポットライトは少なくとも“リダンダンな都市・地域造り”に当てるのがベストと考える。これこそが市民と土木界構成員で共通認識し得る最も適切な論点と思えるからである。

実際、先の地震を経て、「事前の対策で被害を零にするなど事実上不可能；地震発生後の救助・救援活動をいかに円滑にし得るかが被害を最小限に留めるうえで最も肝要；よって減災対策上都市・地域のリダンダンシーは必要不可欠」との識者の悔恨交じりの指摘に多くの人々が共感したはずである。しかし当時と昨今では社会情勢は大いに異なる。採算性や効率性の乏しい公共事業に対しては支出を削減するとの国の方針も打ち出される此の節、リダンダンシー確保すなわち道路の拡幅、緑地帯の増設、耐震性貯水槽の設置、道路、鉄道、港湾、地下街の耐震化、耐火化などを含む都市・地域再開発に納税者たる国民と土木界は合意・折り合いをどう着けるか。このことはまた想定外力をどこまで大きく採ることができるのか、などとも無縁ではなからう。煎じ詰めれば、国民は防災のためにいったいどの程度まで国家予算を投じることに賛同するかである。はたしてこの観点で社会基盤整備のあり様はどうなるのか、大いに議論を戦わせてもらいたい。

地震防災を標榜する究極の目的はひたすら人の命の救済にある。そうは言っても、長期経済低迷の煽りを受けた財政難と人口減少に伴う少子高齢化社会への転換期に符合して、人の命の救済を狙いとする社会基盤整備（公共土木事業）を成し遂げるのは容易なことではあるまい。公共事業不要論や見直し論の台頭、自然環境共生インフラ、そして財政難、等々顕在化しつつある諸事とはどこかで背反する側面を内に秘めた地震防災のための社会基盤整備の推進：この大任を背負う土木学会は“何をなすべきか、何ができるか”矜持をもった責任ある議論を展開したい。

### 耐震都市づくりへの提言

地震防災対策としての地域社会のリダンダンシーを確保するには、以下の点に留意してハード面、ソフト面の対策を計画的に進めることが重要である：

#### (1) 都市システム全体の耐震診断と耐震化，耐火化

都市システムの耐震診断では、システムとしての弱点はどこなのかを明確にし、それを改善する。例えば、狭い道路、住宅密集地、人が多く集まる商業地や地下街、ライフライン施設等の弱点部を抽出する。そして、公共用地を中心に都市の再開発を計画的に行い、都市全体としての耐震化や耐火化を促進し、都市の防災ポテンシャルを増大させる。

#### (2) 公共建造物の耐震化

学校、病院、県・市町村舎等の公共建築物は、緊急避難所として使用されるため、特に耐震性を強化する。また、道路、鉄道、ライフライン施設などは負傷者の搬送、救急救助、緊急時の通信確保等のため、耐震性を強化する。

#### (3) 個人住宅の耐震化

人的被害に大きな影響を及ぼす個人住宅の耐震化を強力に推進する。個人住宅の耐震化や耐火化が進まないのは、耐震補強や耐火化に要する経費が高いためである。安価な耐震補強工法や耐火工法を開発する必要がある。

#### (4) 複合災害の軽減

海溝型巨大地震では、大津波による甚大な人的・物的被害が予想されるため、津波防護施設を建設する。しかし、このような防護施設が地震の揺れによって損壊した場合には、浸水領域が広がり被害が増大する。揺れと津波による複合災害を軽減するには、防潮堤や水門の耐震診断を行い、それらの耐震性を強化する必要がある。

#### (5) ソフト面の対策

災害発生時の初動体制の確立；医療救護体制の確立；重傷者の広域搬送体制、緊急輸送活動の確保；地域防災力、自主防災組織の活性化；防災教育の充実；防災情報の一元化；市町村の同時通報用無線の配備などが考えられる。

また、地震防災対策を策定する場合、具体的な目標を設定することも肝要である。例えば、南海トラフで海溝型巨大地震が発生したときの死者数を5000人以下とするというような具体的な目標を設定し、それを今後何年間で達成するかを明確にすることが必要と考える。この場合、M8クラスの海溝型巨大地震とM7クラスの都市直下型地震では具体的な目標とその達成年次は異なる。前者の海溝型地震では20年程度の余裕はあると考えられるが、後者の直下型地震の場合は、場所は特定できないが、いつ起こっても不思議でない状況にある。このため早急に各種の対策を講じなければならない。特に、個人住宅の耐震性強化や、住居内の家具の固定を推進すること等は分秒を争う。

上述(1)~(5)や目標設定の方策を言葉として言い表わすのはたやすい。しかしその実現は恐ろしく困難である。そこには“個人と公共”；“市民と行政”；“自助・共助と公助”といった対立の構図が鮮明であり、限られた財源と残された時間の制限内でいったい土木学会のできることは何か、誠に大きい課題をつきつけられていると言ってよからう。

## 来たる巨大地震への備え

本討論会を進めるにあたっては、地震防災の特定の側面に偏ることなく、公平かつ客観的な議論の展開に徹するつもりである。このために留意しなければならない着眼点を少し整理して本稿の結びとする：

西日本で生起する地震のタイプは三つという(朝日新聞平成13年4月13日朝刊)：1)内陸型地震(浅い地震で兵庫県南部地震(M7.3)や鳥取県西部地震(M7.3)など)、2)プレート境界型地震(海溝型地震とも呼ばれ、東南海・南海地震(M8級)など)、3)スラブ内地震(深い地震で芸予地震(M6.7)がその例)。地震のタイプが異なると、引き起こされる災害形態もまたかなり異なることは経験が教えるとおりである。その例を津波の発生の有無に典型的に見ることができよう。

プレート境界型を除いて津波の発生することは稀である。南海地震に代表されるプレート境界型地震の脅威はもっぱら津波のそれと過去の歴史地震が物語る。はたして次の東南海や南海地震もそうであろうか。あまりに津波にのみ関心が奪われすぎていないか、強く危惧されるところである。津波の脅威は寸毫の疑いもなく、対策を講ずるに遺漏は許されない。しかし直近の南海地震が1946(昭和21)年12月という戦後の混乱期真っ只中に発生した事実思いを馳せるとき、よしんば津波対策が万全を期したとしても、必ずしも安閑としてはいられまい。

往時と現況では都市の様態に比較のすべもない相違が見られ、昭和南海地震時、陸上の被害が相対的に軽微であったとの事実拘泥してはならぬ。実のところ、徳島市など近代的都市の形態を整えて以降、巨大プレート境界型地震の観点では完全な処女地と言うべきである。加えて、専門家は異口同音に次の地震は一層巨大と推論する。津波対策は自明のこととして、陸側の被災：建築物倒壊、液状化、橋梁被災、斜面災害、河川堤防被災、道路被災、港湾構造物被害、ライフライン被災、火災、等々多面を見すえた被災対策にぬかりがあってはなるまい。

そしていま一つ、打ち鳴らされている警鐘を決して聞き漏らしてはいけない：海溝に発生するプレート境界型地震の脅

威が喧伝されるあまりつい看過しがちであるが、“巨大プレート境界型地震発生的前後に2,3の内陸型地震発生は免れなからう；したがってこれに備えた対策もまた疎かにしてはならぬ”との警告である(例えば、土木学会札幌大会研究討論会における土岐座長の戒め)。実際、災害への備えには微塵の油断も許されない。曰く『自然はいつも人の裏をかく』。

〔追記〕本稿を執筆している最中の5月22日未明、アルジェリア地震が発生し2千数百名の犠牲者がでた；最終的に3千名を越す死者数になるうと言う。そして同26日、幸いにも死者こそ出ていないが宮城県沖でもM7.0の地震が…。被災者に謹んで哀悼の意を表するとともに、改めて本討論会への決意を強くした次第である。



## 第2章 市民参加による防災まちづくり

2-1

### 求められる自治体の危機管理 津波対策を中心として

五軒家 憲次

GOKENYA Kenji  
徳島県海南町 町長

自然災害は毎年どこかで何回となく発生している。このため本町では安心して暮らせる防災に強い町づくりを目指しているが、自然の脅威に神経をとがらせるも、自然の威力の前に、人の無力さ、人智の限界を思い知らされている。ゴールははるか彼方であるが、ここでは津波対策を中心に危機管理に関する思いと本町の取組みを紹介する。

#### 震災時の体験

##### 昭和南海地震

南海地震は1946（昭和21）年12月21日午前4時19分に起こった。当時、私は小学2年生の8歳だった。木造平屋のわが家は、ギシギシしたきしみ音で揺れに揺れ、海辺からは波と砂利の合成轟音がした。浅川村（現海南町浅川）には津波が押し寄せ、全滅したと悲痛なる叫び声が聞こえてきた。こうした状況は、幼い不確かなる記憶であるが、今でもわが身に刻み込まれている。

徳島県の被害は、死者・行方不明者202人であったが、特に津波による被害が甚大で、県南部の海南・穴喰両町で

死者・行方不明者の67%を占めた。山が迫るV字型湾の奥にある浅川村ではこの地形のため津波が増幅した結果、集落3000人の内85人が死亡した。家屋の全壊は364戸、流失は44戸で、半壊も含めた被災家屋は全体の8割に上った。写真-1には浅川の横島旅館前の県道と家屋の被害を、写真-2には津波によって跡形もなくなったわが家に啞然とする住民の姿を示す。

##### 阪神・淡路大震災での対応

1995（平成7）年1月17日5時46分頃、強い地震によって目を覚ました。このとき1946（昭和21）年に経験した地震以来だと反射的に感じた。震源地は淡路島の西端部と報道されたのが、約10分後と記憶している。正直いってやれやれと思った。しかし人的・物的被害の大きさがその後明らかになるにつれ、それが思い違いであることがわかった。

この地震が仮に太平洋で発生しているならば、私の独断で即座に避難勧告を出す決意であったが、震源地が淡路島ということで津波はこないと判断した。役場に電話を入れると、担当者は出勤待機しており、すでに初動体制がとれていた。6時2分だったと思うが、津波の心配はないとの報道があり安心したが、同時に火事・水道管破裂が発生していないかと心配になった。7時を過ぎても被害の一報がなかったので、やっと無事に終わったと思った。

##### 津波対策の事始

本町は台風の通過道にあるため、毎年のように台風が来襲し、風水害・高潮害等を受けてきた。歴史的にみると、8回の津波被害が発生している。

町にお世話になって40有余年が経過する。そうした中、特に幼少時において脳裏に焼き付いた津波の体験から、自



写真-1 震災直後の浅川村県道



写真-2 啞然とする浅川村住民の姿（写真提供：丸山盛夫氏）

然の恐ろしさや命の尊さに強い関心を持ち続けていた。そのようなとき、1984（昭和59）年に徳島大学の村上仁士先生と出会い、津波対策をせねばならないという決意が強くなった。本町ではその後ソフト・ハードの両面から津波対策を一步一步進めてきており、これからも継続せねばならないと考えている。

危機管理は二者択一で、常に火中の栗を拾い責任をとる覚悟が必須条件であると、自身に鞭を打っている。自分は凡人故に凡人の可能性を求めて、一步でも判断力を培いたく、機会があれば地震・津波の講演会等に参加しているが、学習の向上はおぼつかない。

京都大学防災研究所の河田恵昭先生には防災指導を依頼するとともに、講演も拝聴させていただいている。それによれば、「2050年までの南海地震の発生確率は80%である。同地震は今世紀半ばまでには必ず起こる。地震が今後10年以内に発生する確率は10%だが、この地震発生確率は55歳の方が今後10年以内にガンで死亡する確率と同じである。」ということである。地震被害の発生が社会経済に及ぼす影響は大きく、地震発生の確率は天気予報の降水確率とはわけが違う。その意味で発生が無視できない巨大地震による津波対策は、町にとって喫緊の課題である。

### 危機管理の最終目標は防災ではなく減災を目指すこと

阪神・淡路大震災後から耐震対策等に関する考え方に変化が見られてきたように思える。被害軽減策は当然のことであるが、基本戦略の比重が「防災」から「減災」へと移ってきたのである。

わが国ではこれまで頑強な建物や堤防などを造ることに主眼が置かれてきた。すなわちハード面の防災が中心であった。しかし自然災害を対象にしている限り、絶対に災害を防ぐことはできない。一方人間は知恵を発揮することにより、被害を軽減することはできる。住民に防災情報を提供する、防災教育を行う、避難路を確保するなど、被害を軽減する施策、すなわちソフト防災の重要性が認識されるようになってきた。

人は、病気にかからないよう事前に予防に努めているが、いざ病気になれば医者の診断を受け、治療にかかる、すなわち予防 医療 回復の道を歩む。災害もしかりである。災害発生前にはソフト・ハードの両面で被害軽減策を実施し、災害発生後には緊急対応・応急復旧・復興対策をとるのである。予防（被害軽減策） 発生 復旧の一連のプロセスは予防 医療 回復のプロセスと同一である。

昨年「東南海・南海地震に係る地震防災対策の推進に関する特別措置法」が制定された。この特措法によれば、救

助、復旧作業は唯一陸路の国道55号線に限定されることとなる。これではリダンダンシーが確保されない。予防（被害軽減策） 発生 復旧を確実に進めていくうえでは、陸・海・空の広域連携体制が緊急課題となろう。

地震発生の時期、場所、規模の三要素を特定する直前予知は现阶段では不可能と言われている。時間と場所を選ばない自然の敵に対するシナリオはない。このため本町では毎年避難訓練を行い、小学1年生には副読本を配布するなど、過去の災害記憶の風化が進まないように、防災意識の啓発に努めているが、マニュアルどおりにいかないところに自然災害の恐ろしさがある。ならば自然災害から身を守るためにはどうすべきであろうか。

20年来住民に言い続けていることがある。「町がやらなければならないことは一步一步やっていきます。しかし住民の方々も一人一人が、家族が、常に逃げの体制を頭と体に記憶しておいてください。絶対とはいえませんが、地震後すぐに反射行動をとることが自然の敵から身を守る第一歩なのです。その際如何に的確なる情報を住民に伝達できるかが生命線になります。その意味で正確にかつ迅速に情報を提供することが行政の責任です。」

### 海南町の取組み

本町では、来たる巨大津波に備えて防波堤や避難施設などハード面の整備を進めている。一方で、一番重要なことは住民の自衛・防災意識を高めることなので、前述のように啓発活動に取り組んでいる。

浅川港は、図-1に見られるように、地形的に三方を山で



図-1 浅川港平面図

囲まれた典型的なV字型港湾である。このため、過去幾度も津波による災害に見舞われてきた。そこで町では、壊滅的な被害を受けた昭和南海地震を契機に、防波堤工事に着手した。北防波堤は1952（昭和27）年に建設に着手し、1961（昭和36）年に完成、南防波堤は1963（昭和38）年に建設に着手し、1968（昭和43）年に完成した。また物揚場（-4m）260m、物揚場（-2m）100mなどを整備してきた。また、北部の大砂海岸では海岸環境整備事業により人工海浜410mの整備が平成2年度に完成、南部の海老ヶ池周辺には1983（昭和58）年に南阿波ピクニック公園が完成し、県南部地域のレクリエーションの場として利用されている。

これらのことから、津波防護効果を有する防波堤を外郭第一線に設け、その内側にできる静穏海域を多目的・高度に利用し、また海洋レクリエーション資源や水産資源を活用した地域振興が図られることを目指して、1995（平成7）年から湾口防波堤の建設工事に着手した。平成12年度には海岸保全施設整備（高潮）事業に採択され、港湾改修事業との合併施行により事業に着手し、湾口防波堤の整備促進を図っている。



(a) 着工前

津波防波堤（=命の堤防）の工事は70%近く進み、あと3年程度で完成予定である。完成すれば、三重の堤が町を守ることになる。堤防工法としては内海との交流を図った方式を取り、清海維持の工夫をした。しかしながら写真3に見られるように、着工前後では景観が特に自然環境としての眺望が悪くなったという指摘がある。なお堤防には海上監視カメラを設置し、瞬時に状況が把握できるシステムを整備している。

写真4には整備された津波避難路と蓄電型の津波避難路用外灯を、写真5には避難場所案内板を示す。

浅川地区中央には浦上川があり、この川には五つの橋が架かっている。このため命を守る要である避難路を確保するうえで、5橋の耐震強化策は焦眉の急である。

海には香りがある。海水は健康によい。小波との対話もできる。そうした海が時には悪魔と化し、津波となって沿岸を襲う。人は、海岸の景観保全と命の堤防二律背反する魔法の帽子を探しながら、海と対峙しなければならない。海と人との戦いは永久に続くであろうが、津波対策（防災対策）のキーポイントは、住民一人一人が、いつくるかわからない敵に対する自衛意識を常にもち、平時から用意周到なる備えをしておくこと、これこそが被害を最小限に食い止める「決め手」になるのである。本町では女性消防団員が年々増員している。隣組の復活、自主防災組織へと連帯意識強化策も進めているので、災害に対する備えは確実に進展していると考えている。

### 今後に向けた決意

地震発生からの秒・分の戦いが減災の分岐点になることは間違いない。そのようなときには臨機応変に独断、即決せねばならないと肝に銘じている。これまでの貴重な体験を教訓



(b) 着工後

写真-3 防波堤着工前後の景観



写真-4 整備された避難路と蓄電型外灯



写真-5 避難場所案内板

に、敵に当たって砕ける覚悟のうえで防災行政に取り組みたい。来たるべき次の南海地震津波の死者数ゼロを目指し、精

一杯頑張っていきたいと考えている。結果より経過重視である。

## 2-2

### 巨大地震にどう備えるか

古田光弘

FURUTA Mitsuhiro  
徳島新聞社論説委員会 論説委員

専門知識を持たない私には、土木学会への具体的な注文は困難である。ここでは地震について日ごろ考えていることを書いてみたい。一般論の中から専門家の目で課題をくみとっていただければ幸いである。

#### 阪神・淡路大震災の教訓

##### 報道の大切さ

阪神・淡路大震災（兵庫県南部地震）が起きた当時、私は徳島新聞社の報道部デスクをしていた。1995年1月17日早朝、徳島市内の海岸近くにある私の住むマンションも激しく揺れ、通常の地震ではないと直感した。テレビを見ているうちに、阪神高速道路の倒壊（写真-1）、火災が広がる神戸市内の街々が映し出され、にわかには信じられない大破壊の光景に呆然とした。

徳島は阪神圏に近く、そこでは県出身者が数多く生活をしている。徳島県内に住む人々の10人に7、8人までは肉親や親戚、友人、知人が阪神圏にいても過言ではないだ



写真-1 兵庫県南部地震で倒壊した阪神高速道路

ろう。大地震に襲われたことを知った人々は、彼ら、彼女らの安否が何よりも気がかりだったはずである。

ローカル紙として当日の仕事は、第一に徳島県内の被害確認（鳴門市で最も被害が大きかった）、次いで先に書いたように被災地に住む肉親らの安否情報を集めることであった。情報を求めてデスクの電話は鳴りっぱなしだった。それもそのはず、その日から数日間、被災地への電話はほとんど通じなかった。

ここで私事にわたって恐縮だが、私の妻の兄一家が大被害を受けた神戸市須磨区に住んでいた。家にも職場にも電話は通じず、義兄の家族の安否が確認できたのはやっと3日後、それも親戚から親戚を回り回ってどうにか伝えられた。幸い義兄らは無事だったが、半壊した住居からほうぼうのいで逃げ、長女が結婚して住むマンションに避難していたのだった。

先に半壊と書いたが、現実には使いものにならないほど壊れており、結局、義兄は元の地に住居を立て直さざるを得な

かった。地震による半壊と全壊（火災による半焼と全焼も同様）を区別する基準に私は疑問を抱いている。どちらも、もはや住めないにもかかわらず、災害支援には差がつく矛盾があるからだ。

個人的な話が長くなってしまった。生まれてこの方、これが私の唯一の大地震体験であり、ささやかではあっても生の体験を基に考えなければ、ことを概念的にとらえることしかできないと思うからである。

あらゆる情報網を使つての安否確認、その中心は読者からの情報だった。それを読んだ読者の情報、さらに重ねて読者の情報、とつないでいったのが最も有効だった。報道部デスクはデスクを離れるわけにはいかなかったが、当然、記者を被災地へ派遣した。記者が現地へたどりつくまでの道中の困難、現地で記者が見た破壊のすさまじさ、避難所の混乱が、取材できた徳島県出身者の体験談、徳島へ避難してきた被災者の生活などに紙面のほとんどを割きながらの仕事が2週間、3週間、さらに1か月、2か月と、徐々に落ち着きを取り戻しながらも続いた。

地元の神戸新聞社が災害時の協力協定を結んでいた京都新聞社の助けを借りて、地震発生当日の夕刊をその夜遅くなってとにかく発行した苦闘は語り尽くされているのでここでは省く。私どもも報道機関としていかなる事態に陥っても新聞を発行し続けるために、この震災を教訓として四国の同業他社などと協力関係を結んだ。

役立った大鳴門橋とボランティア

阪神・淡路大震災で社会が大きく変わったことを実感したのはボランティア、中でも若者たちの活躍である。これも個々の活動については数々のニュースとして伝えられているので省くが、一つだけ、神戸と同様に大被害を受けた淡路島へは、徳島からの支援が最も素早く、厚く、淡路の被災者を助け、励ますことができたのではないかと思う。それには言うまでもなく、すでに開通していた大鳴門橋が決定的な役目を果たしたのである。橋（という構造物）が素早い対応を可能にしたのだ。これは大きな教訓であろう。大鳴門橋は本四架橋の一環であり、特に地震に備えて造られたのではない。その大鳴門橋の意義を強調するのは、予知も予報もなく（予知した専門家はいたかもしれないが人々の耳目には入らなかった）突然起きた大地震に直面して、唯一とは言わないが見事に役立った構造物であった印象が私には特に強く残っているからである。

もちろん地震をはじめとする自然災害には常に備えておかなければならない。現に1981年の耐震基準強化後に建てられた建物の多くは破壊を免れ、それ以前からの建物の多くが弱かったのは事実である。しかし突然襲ったこの大地震の教訓の多くは、震災後の対応にあったと思う。

その一つは先に触れたボランティア活動であろう。さらに、自身が被災者である西宮市在住の作家、小田実さんらが立ち上がり、基本的に私有財産の個人補償はしないとする国を突き上げ、曲がりなりにも制度化することができた公的支援（1998年に成立した被災者生活再建支援法）も大きな成果の一つだ。もっとも全壊世帯に100万円を支給するというこの支援法はまだまだ不備である。全壊、半壊の実体については先に書いたことを思い出していただきたい。生活者の視点から被害を見ているか。意見や見解、アイデアが説得力をもつ土木や建築の専門家と共同し、生活者の視点で国や自治体を動かさなければならないことを痛感した。

## 南海・東南海地震に備えて

自分の体験から書き始めたので順序が逆になったようだ。本来のテーマは地震防災であり、被災後の対応に教訓を見た阪神・淡路大震災より先に、発生時期の予測から被害規模の予測まで、いささかセンセーショナルに、と言いたくなるほどニュースが伝えられている南海・東南海地震への備えが本題であろう。

### 57年前の震災体験

手元に「昭和南海地震体験談に見る徳島市の姿と知恵 ～今の世代、そして、次の世代へ～」と題された分厚い冊子<sup>1)</sup>がある。徳島市消防局が、1946年12月21日に起きた昭和南海地震の体験談を市民から募り、アンケートも加えて今年3月にまとめた証言集である。

私自身はこの地震後に生まれているので体験はしていない。当時、徳島県の西部、脇町に住んでいた亡母から子供のころに聞いた話が唯一の体験というところだろうか。県の西部はこの地震による被害は比較的軽微だったが、それでもその日早朝の激しい揺れで、厠の屋根が落ちてしまったということだった。そんな私には、この冊子は母の思い出話とだぶらせながら誌上体験ができる貴重な資料である。揺れ、塩害、噴射現象、津波、前兆、地域コミュニティーなどなど、120人も多くの人たちが、もう60年近くも前になる被災の体験を、生々しく語ってくれている。

ここではアンケートの中から、記述形式で答えを得ている「困ったこと」「助かったこと」「地震の教訓」の部分を用意させてもらう。

困ったこと 人「子供が小さかったので」「老人と病人の救出」 建物「住む家が壊れた」「出入り口や窓が開かなかった」 食料「水不足（井戸水が乾いた）」「食べ物、飲み水がなかった」 電気「電線が切れ停電した」「電灯が何日もつかなかった」 交通「自動車や乗り物が止まった」「道路の破壊により車が通れなかった」 情報「情報が少なく、入らなかった」「デマや噂が多かった」 避難「避

難場所がわからない」「広場が少なかったため逃げ場にくった」「水害「床上浸水した」「地割れにより水が噴き出した」「その他「寝巻着のまま飛び出したので寒かった」「葉がなかった」「物品の盗難」

助かったこと 人「ボランティアが活躍した」「近所同士の助け合い」 建物「家が壊れなかった」「建物、家財道具に損害がなかった」 食料「生活用、飲み水を取っておいした」「農家であったため自給自足できた」 電気「電池と電話があった」「懐中電灯が役に立った」 情報「警防団（現消防団）の人がいろいろ知らせにきた」「携帯用ラジオがあったので情報がよくわかった」 避難「近所に広場があった（避難所があった）」「声を掛け合い一箇所に集中避難した」 被害「火災が起ころなかった」「津波が小さかった、市街地まで津波は来なかった」 その他「被害に遭っていない町村からの援助があった」「ローソクなどを準備していた」

地震の教訓 身体「外に出るとき頭何かをかぶって出る」「防寒対策、履き物をすぐ履けるようにしておく」

建物「出口の確保」「棚の物が落ちてこないように防止策、耐震構造にする」 コミュニケーション「家族内で十分話し合いをしておく」「近所の人と助け合う」 行動「あわてない」「冷静に行動する」 準備「日ごろから常備品を準備し手近に置いておく」「貴重品は一つにまとめて袋に入れておく」 情報「的確な情報の伝達、周知」「連絡体制を十分に作る」 避難「避難場所、ルートを決めておく」「避難場所は常に住民に周知しておく」 その他「日頃から災害に対する認識強化」「救助に対する体制の整備」

戦後の混乱期に起きた昭和南海地震と、建物、道路、橋、防潮堤など市町村すべてにおいて構造物が変わり、生活様式も一変しただけではなくさらに変化するであろう、将来に発生が予測される南海・東南海地震では、備えも対応も自ずと変わってくるだろうし、予測される地震の規模もはるかに巨大とみられているから、違ってくるのは当然であろう。しかし、市民の生活感覚を基に語られたこれらの教訓は、基本的には現在にも将来にも通じる真理だと思ふ。

メディアを介した専門技術の発信を！

さて、肝心の防災、最近耳にするようになった言葉を使うなら減災対策であるが、まず第一に私が憂えるのは、子どもたちの学び舎であり、その多くが地震の際には近辺に住む住民の避難所になるであろう、小、中学校の耐震化率が徳島県はきわめて低く、全国的にみて最低クラスであることだ。

財政が窮迫している折、どれだけの予算を地震への減災対策に割くか、為政者の政治センス一つにかかると言いたいだが、為政者たちを突き動かすのは住民の熱意であり、輪の力であろう。とは言っても、住民の力には限界がある。また、

巨大地震の予測ニュースに接した当座は危機意識を高めても、冷めやすいのも私たち住民である。専門的な知識をもたないのだから、地震の来襲を想像するのにも限度があり、それもやむを得ないことだ。四六時中、地震の怖さにおびえては、当たり前前の生活に支障が出かねない。

そこで出番がくるのが、土木・構造物の専門家であるみなさん方だろう。減災は可能なのだということを、メディアをフルに活用して、具体的にわかりやすく、住民に語り続けること。その対策も、お上に頼る公的なものだけではなく、私的に自前で対策を講じなければならないこともあるのだから、こうすれば経費を抑えながら有効な対策がとれるということ、提言し続けること。技術屋さんの本領を見せてくれることだ。要は、減災は可能なのだという意識が住民の間に高まれば、いたずらに危機感におびえるのではなく、冷静に、将来にわたっての安全な生活基盤の整備を考えるようになるだろうし、組織化がまだ遅れている自主的な地域防災組織づくりも、二歩、三歩と進むだろう。

ここで徳島市の地勢的な問題について触れておきたい。徳島は水の都、川の街である。中心街は多くの川に囲まれて「ひょうたん島」と呼ばれ、景観の素晴らしさは市民の自慢のたねである。しかし巨大地震が起きた場合、これだけ橋が多い町の交通はどうなるのか、整備が遅れている道路事情も考え合わせると、街のあちらこちらに孤立する地域ができる懸念もあるのだ。徳島県民にはまだ記憶に新しいが、今年1月29日、雪に見舞われて徳島市内を中心に前代未聞の交通渋滞を引き起こした。降雪量はさほどでもなかったにもかかわらず、である。雪に弱い南国と一言で片づけられる問題ではないと思った。道路事情の悪さに加えて、幾多の橋の急勾配が車を止めてしまったのだ。降雪でこんな混乱を引き起こすのなら、巨大地震が襲ったらいったいどうなるのだろう。道路の未整備と川の街、つまり橋の街のもろさを、おおげさではなく実感した。

もちろん、南海・東南海地震への備えだけではなく、内陸型地震への対応も考えておかなければならないことは言うまでもない。

### なぜ地震をとめられないのか？

ここまでに書いたのは、地震に備えてできるだけ被害を少なくするための対策、地震発生時に素早く避難するための準備、被災後の生活再建のための方策（法整備など）、端的に言えばそれらの必要性だけであり、それが常識ではあるが、むなしい気持ちを抑え切れないのも事実だ。いささか（ではなく多分にか）突飛な夢想を書いておきたい。

宇宙ステーションを打ち上げ、火星に衛星を届かせることができるこの時代に、どうして地震ごときを止められないの

だろうか。アメリカ映画などでよく犯人を追い詰めた刑事が拳銃を構えて「フリーズ」と叫ぶシーンがある。冷蔵庫のフリーザーを連想すればわかるように、凍りつけ、つまり「動くな」と言っているわけだが、地震発生のメカニズムはわかっているのに、海溝型にしる、内陸型にしる、なぜフリーズとまいらぬのか。それは技術の問題か、コストの問題か、あるいは地震という自然現象を人工的に変えてしまうとより大きな災厄が人類にふりかかる恐れがあるからか。自分で問い自分で答えた具合になってしまったが、重ねてもう一問ある。22世紀の夢物語？

地震を止めることはできないのが常識なら、地震列島の日

## 2-3

### 災害史に学ぶ 津波被害を中心に

伊藤和明

ITOH Kazuaki  
NPO法人防災情報機構 会長

地震や火山の噴火は、ごく当たり前の自然現象として、太古から日本の大地を揺るがせてきた。起伏に富んだ国土の景観は、このような激しい地殻変動の累積によって造りあげられたといえることができる。

私たちの祖先は、この国土に住みついて以来、おそらく数えきれないほどの地震や火山の噴火を体験してきたにちがいない。しかしその体験が、歴史記録として後世に伝えられるようになったのは、文字が大陸から導入され、国内で用いられるようになってからである。

そもそも歴史時代というものは、長大な地球時間のなかでは、ほんの一瞬にすぎない。しかしその一瞬の間にも、世を震撼させるような大災害が、しばしば発生してきた。過去の災害像は、それぞれその時代の特色を反映しており、また災害そのものが、当時の社会環境に大きな影響を与えている。

昔の人びとが書き残した記録や、自然のなかに残された証跡をもとに、過去の災害像を復元し、それをさまざまな角度から見直してみると、そこには現代への教訓が数多く含まれていることがわかる。国土の環境や社会の体制が、当時とはまったく異なる現代であっても、将来への警鐘ととらえるべき共通点が、少なからず潜在している。まさに「過去は未来への鍵」なのである。

本を総耐震化する、これは技術的には可能だろう。そうでなければ耐震基準を設定したり、将来に予測される地震の被害を、具体的に数値を示して想定したりはできないはずだから。公的構造物から民家まですべてを耐震化することは、新しい街づくりをすることであり、それはおそらく、空間がいっぱいある快適な街づくりになるのではなかろうか。問題はコストか。ならば22世紀の夢としておこう。

#### 参考文献

1- 徳島市消防局：昭和南海地震体験談に見る徳島市の姿と知恵～今の世代、そして、次の世代へ～、2003.3

### 南海トラフ巨大地震の系譜

政府の地震調査委員会は、2001年9月、南海トラフで発生する東南海地震と南海地震について、今後30年以内に発生する確率は、東南海地震で50%程度、南海地震で40%程度という評価を発表した。

こうした将来予測を行うためには、過去に起きた複数の同じタイプの地震について、検証を進めた結果が大きくものをいう。

南海トラフ巨大地震の最古の歴史記録は、『日本書紀』の天武天皇13年(684年)の項に記されている大地震で、四国を中心に大きな被害に見舞われ、山崩れも多発、伊予の湯(道後温泉)も埋もれて出なくなり、また土佐の国の田や畑が12km<sup>2</sup>ほど没して海になったという記述がある。さらに、大津波が土佐の沿岸を襲って、大和の朝廷に貢ぎ物を運ぶ船が、多数流されたと記されている。こうした記述から、この地震は、震害の状況や地震に伴う地殻変動、大津波の襲来など、明らかに南海トラフで発生した巨大地震の最古の記録と考えられており、今村明恒博士によって「白鳳大地震」と名づけられている。

この地震以後も、1世紀に1~2回は、南海トラフ巨大地震が発生したと推定される古記録が存在するが、1498年の明応東海地震以前のものについては、資料が不足しており、地震を見落としている可能性が高い。そのため、地震調査委員会による長期評価にあたっては、1498年以降の地震について、検証が進められたものである。

15世紀末以降の南海トラフ巨大地震を振り返ってみると、表1のようになる。

### 安政東海・南海地震の津波をめぐるエピソード

以上のように、南海トラフ巨大地震による災害の歴史を振り返ってみると、津波による災害が顕著で、特に南海地震の

表-1 南海トラフ沿いの巨大地震

<p>1498(明応7)年 明応地震(M8.3)</p> <p>震害に比べて、津波による被害が大きく、津波は紀伊半島から房総半島までの沿岸を襲い、特に浜名湖周辺で高かった。伊勢大湊で、家屋約1000戸が流失、5000人が溺死したと伝えられている。このときの津波によって、それまでは内陸の淡水湖だった浜名湖は、その南端部が削りとられて海とつながり、汽水湖となった。</p>	<p>1854(安政1)年 安政南海地震(M8.4)</p> <p>安政東海地震の32時間後に発生。震害は九州から中部地方にまで及び、津波は九州東部から紀伊半島東部までの太平洋岸を襲った。波高は4~7m、場所によっては15mにも達したと推定されている。津波の状況や震害の分布などから、南海地震だったことが明らかになっている。</p>
<p>1605(慶長9)年 慶長地震(M7.9)</p> <p>津波が四国から東海の太平洋沿岸を襲い、室戸岬や浜名湖の周辺で特に高く、室戸では波高10mに達した。津波の大きさのわりには、震害の記録がほとんど見当たらないため、“津波地震”と考えられており、推定された震源モデルから、東南海地震と南海地震とが同時に発生したという説が有力である。</p>	<p>1944(昭和19)年 東南海地震(M7.9)発生は12月7日</p> <p>震害は、静岡・愛知・岐阜・三重の各県に及び、名古屋の港湾地帯にある軍需工場では、勤労動員の中学生が多数犠牲になった。静岡県下では、菊川や太田川流域の被害が大きく、家屋の被害率が100%に達した村もある。津波は紀伊半島から伊豆半島の太平洋を襲い、特に熊野灘沿岸で大きく、尾鷲では波高が8~10mにも達した。死者・行方不明者1223人。地震の発生が戦時中であったため、厳重な報道管制が布かれ、大多数の国民は、震災の状況を知ることすらできなかった。そのため、よく“隠された大地震”ともいわれる。</p>
<p>1707(宝永4)年 宝永地震(M8.6)</p> <p>わが国最大級の地震の一つで、震害は、紀伊半島・伊勢湾周辺・東海道で最も大きく、津波が九州から紀伊半島、伊豆半島までの沿岸を襲い、大阪湾から瀬戸内海沿岸も津波に洗われた。津波の波高は、四国から紀伊半島の沿岸で5m以上、紀伊半島の尾鷲周辺で8~10mに達したと推定される。この巨大地震は、東海・東南海・南海地震の震源域が、ほぼ同時に動いたものと考えられる。</p>	<p>1946(昭和21)年 南海地震(M8.0)発生は12月21日</p> <p>被害は中部地方から九州にまで及び、死者1330人。震害よりも津波による被害が大きく、九州から紀伊半島、伊豆半島、房総半島南端までが津波に洗われ、紀伊半島の南端では、7m近い波高を観測した。四国の室戸岬は、地震とともに南上りの傾動を示し、1.27m隆起、紀伊半島南端の潮岬も0.7m隆起した。反対に高知市付近では地盤が沈降し、約15km<sup>2</sup>の土地が海面下に没した。</p>
<p>1854(安政1)年 安政東海地震(M8.4)</p> <p>被害は近畿から関東に及び、とりわけ志摩半島や遠州灘・駿河湾沿岸などでの震害が大きかった。津波は、四国東部から房総半島までの太平洋沿岸を襲った。地殻変動や津波の解析から、震源域が駿河湾の奥にまで入りこんでいたと推定され、東海地震と東南海地震の震源域が同時に動いたものとされている。</p>	

特集

場合は、一般的に震害よりも津波による被害の方が大きいことがわかる。

その意味でも、1854年に相次いで発生した二つの巨大地震は、津波をめぐるエピソードを数々残している。

安政東海地震の発生は1854年12月23日、三島や袋井、掛川などの宿場町での家屋倒壊が目立ち、甲府や松本、松代まで異常震域となって、多数の家屋が倒壊した。大津波は房総から土佐までの沿岸を襲い、被害を拡大した。図-1に示すように、波高は、駿河湾から遠州灘の沿岸で4~7m、志摩半島では10mに達した所もあった。熊野灘に面する尾鷲では波高8m、7割近い家屋が流出し、伊豆の下田でも最大7mの津波が襲い、840戸が流出、122人の死者がでた。

当時、下田港にはロシアの軍艦ディアナ号が停泊していた。ディアナ号には、ロシア艦隊の提督プチャーチンが乗艦しており、日本側との通商交渉の準備が進められていた。そこへ大津波が襲いかかり、ディアナ号は回転を繰り返してマスト

も折れ、舵ももぎとられた。大破したディアナ号は修理のため造船所のある伊豆半島西海岸の戸田港へと曳航されていくのだが、途中で時化にあい、沈没してしまう(写真-1)。こうして船を失い、帰国できなくなったロシアの乗組員のために、日本の船大工が集まり、戸田の造船所でわずか3か月のうちに新しい帆船を建造した。この新船に、プチャーチンは感謝をこめて「戸田号」と命名し、故国へ帰っていったという。

安政東海地震が大災害をもたらした翌日、正確には32時間後の12月24日16時ごろ、安政南海地震が発生した。この地震も、津波による被害が顕著で、紀伊半島南端の串本で波高15m、土佐の久礼で16mに達したとされる。紀伊半島では、和歌山領だけで流失家屋約8500戸を数えた。土佐でも3200戸ほどが流失している。

特筆すべきことは、津波が紀伊水道から大阪湾に押し入り、大阪市内に相当な被害をもたらしたことである。大阪湾での波高は、2.5~3mと推定されている。大阪の町には大小



図-1 安政東海地震(1854年)による静岡県下の津波波高分布



写真-1 下田港でのディアナ号の遭難

の川が流れており、市街地のほとんどが低平な沖積平野にあるため、津波の遡上によって川が溢れ、浸水被害を引き起こした。また津波によって、停泊していた船が多数破損したうえ、木津川や安治川などでは、津波に運ばれ遡上してきた船が、26もの橋を破壊した。道頓堀川の大黒橋には、大小1400隻(?)が、船の上に船また船と、二重三重に折り重なってしまったという。大阪での水死者は、341人を数えた。

### “津波地震”の脅威

表1に示すように、1605年慶長地震は、震害がほとんどないにもかかわらず、大津波が来襲したという記録から“津波地震”だったと考えられている。この史実は、このような津波地震が、南海トラフでは将来も発生する可能性のあることを物語っている。

一般に、地震の強い揺れを感じれば、沿岸地帯では、ただちに津波に対する警戒態勢を立ち上げることができる。しかし、地震の揺れが弱くても大津波の来ることがあるという現実は、防災上重要な視点である。

歴史上、津波地震の典型的な例としてあげられるのは、1896(明治29)年の明治三陸地震津波を引き起こした地震である。この年の6月15日、東北地方の三陸沿岸を大津波が襲い、約2万2000人の犠牲者がでるといふ日本の歴史上最大の津波災害となった。

しかし、この大津波をもたらした地震による揺れは、陸上ではほとんど震度2から3程度であった。地震の発生は19時32分、被害もなかったため、ほとんどの人は気に止めることもなかった。折からこの日は旧暦の5月5日、つまり端午の節句にあたっていたため、沿岸の村々では、日清戦争からの凱旋兵士などを囲んで酒を酌みかわしていた。そこへ地震から35分後、大津波が襲ってきたのである。

人も家もたちまち渦巻く波に吞まれ、沿岸の集落のほとんどが、一瞬のうちに壊滅してしまった。津波の波高は、綾里村(現在の大船渡市三陸町綾里)の38.2mを最高に、平均数mから20mに達している。

『三陸大海嘯岩手県沿岸被害調査表』によれば、岩手県田老村で人口の83.1%、唐丹村で66.4%、綾里村で56.4%、釜石町で53.9%が失われたという。

三陸沿岸は、昔からたびたび大津波災害に見舞われてきたのだから、沿岸の町村にも、「地震を感じたら津波に注意」という伝承はあったはずである。もし明治の大津波を起こした地震の揺れが、もっと強いものであったなら、人びとはたぶん避難行動を起こしていたにちがいない。

このような津波地震は、けっして稀な事例ではない。近年では、1992年9月2日、中米ニカラグアの太平洋岸を大津波が襲ったが、このときの地震による沿岸各地の震度は、日

本の気象庁の震度階にすれば、1から2にすぎなかった。にもかかわらず、沿岸約200kmにわたって、4mを超える大津波が襲来したのである。波高が10mに達した所もある。また1975年6月10日、北方領土の色丹島を5.5mの津波が襲ったが、このときの地震による震度は、根室や釧路で1であった。これらは、いずれも津波地震である。

過去100年ほどの間に、日本の沿岸を襲った津波のうち、約10%は津波地震によるものだったといわれる。10%というのは、けっして低い数字ではない。

津波地震は、津波予報の泣きどころでもある。気象庁は、津波地震が起こす長周期の地震波を素早く読み取り、津波予報に結びつけるための技術開発を進めているが、現状ではまだ充分とはいえない。今後の課題としては、沖合に海底地震計とともに津波計を密に設置して、津波の発生をいち早くとらえ、警報に生かす体制を整備していく必要がある。

### 「稲むらの火」と防災教育

今から20年前、1983年5月26日に発生した日本海中部地震では、秋田・青森両県の沿岸を大津波が襲い、津波だけで100人の死者がでた。なかでも涙をさそったのは、男鹿半島の海岸へ遠足に来ていた小学生13人が、幼い命を失ったことである。このとき、「海岸で強い地震にあったなら、まず津波を考えるのが当然ではないか」という厳しい指摘もあったが、その一方で「もし“あの教材”が今も残っていたなら、この悲劇は防げたかもしれないの」という声が聞かれた。

ここでいう“あの教材”とは、戦時中から戦後にかけて使われていた小学5年生の国語教科書に載っていた「稲むらの火」(図2)で、当時の子どもたちの心を強くとらえた作品であった。それは、こんな物語である。

村の庄屋の五兵衛という老人が、ゆったりと揺れる不気味な地震を感じたあと、高台から海を見下ろすと、海水が沖へ



図2 「小学国語読本」(5年生用)に載った「稲むらの火」

向かって引いていく。「津波がやってくるにちがいない」と予感した五兵衛は、家の庭に積み上げてあった稲むら（刈り取ったばかりの稲の束）に、松明で次々と火をつける。そうすることによって、海辺に住む村人たちに、庄屋の家が火事だと思いこませ、全員を高台に集めて、津波から村人の命を救うことができたというのである。

当時、これを学んだ人の多くが、他の教材は忘れていても、この「稲むらの火」だけは鮮明に覚えているという。

この物語は、もともと 1854 年安政南海地震のさいに、紀州藩広村（現在の和歌山県広川町）であった実話がモデルになっている。

浜口儀兵衛という名家の主人が、地震のあと、八幡神社のある小高い丘に村人を避難させるため、若者たちに命じて水田の稲むらに火をつけさせ、暗夜を照らして避難路を確保してやった。この機転によって、多くの村人が津波から逃れることができたという。

この美談をもとにして、明治の文豪ラフカディオ・ハーン（小泉八雲）が、短編小説“ A Living God ”を書いた。これを読み、心を動かされた一青年教師（中井常蔵）が、その感動

を子どもたちに伝えたいと願って「稲むらの火」を書き上げ、それが教材として採用されたのである。

振り返ってみれば、「稲むらの火」は防災教育の不朽の名作だったといえよう。そこには、1 年の収穫であり、財産でもある「稲むら」を燃やしてまで、村人を救った五兵衛の物語を通して、人の命の尊さを教える防災の基本理念が盛り込まれている。

また、海水の異常な動きから、津波の襲来を予見した五兵衛の自然認識の確かさを通して、先人からの伝承がいかに大切なものであるかをも教えている。

さらに五兵衛の行動は、危険を予知したとき、速やかにその回避につとめる、いわば地域防災の責任者としての行動であって、現代に通じる危機管理のモデルともいえるのである。

東海・東南海・南海といった巨大地震の発生が懸念されているいま、防災の理念を正面切って声高に叫ぶよりも、「稲むらの火」のような感動的な物語を通して、人の心を打つ教育、情緒や情感に訴える教育の方が、はるかに勝っているように思えてならない。

20 年前のあの子どもたちの死を無駄にしないよう、この物語を末永く後世に伝えていきたいものである。

## 2-4

### 地域住民が主役の防災まちづくり

重川希志依

SHIGEKAWA Kishie  
富士常葉大学教授 環境防災学部

防災の分野だけではなく、さまざまな場面で「住民参加」「官民協働」という言葉をよく耳にするようになった。8 年前に発生した阪神・淡路大震災を一つの契機として、行政の防災対策には限界があること、まず一人一人の住民が自らの生命を守るべきであることが再認識されるようになった。

これまでのように行政に頼り切った防災対策ではなく、住民が主役となり、行政や企業やボランティア等と協働して安全なまちづくりを進めていくことの重要性を痛感しているのは筆者だけではないであろう。いま全国各地で一步一步、住民が主役となった防災まちづくりへの取り組みが始まりつつある。

### わが事として防災を考える

どのように優れた防災計画をつくったとしても、住民が主体とならなければそれを実行し被害の軽減を図ることはできない。あらゆる場面で主役となる力をもっているのは一人一人の住民であることは疑う余地もない。しかし主役となるべき住民自身にその自覚がないというのが、現在われわれが直面している大きな課題である。例えば自らの命を守るための組織であるはずの自主防災組織も、行政がその難形をつくり、それを地域住民がしぶしぶ実行するという感が否めない。

傍観者の立場を捨て、住民が主役となって自ら安全な生活環境を整備していくためには、行政のみならず住民も防災に関する正しい知識を共有していることが求められる。

むろんこれまでも防災訓練や防災教育を通じた住民の防災意識の向上が図られてきているが、その大半は断片的な防災に関する知識の普及にとどまっていたり、住民が興味をもって参加できるような訓練の場が少ないなどの問題点を抱えている。共有すべき知識の内容を検討し、お互いが知識を共有するための方法に創意工夫を重ねる努力が必要である。

防災に関して住民が理解しておくべき知識には次のようなものが考えられる。

自分たちが暮らす地域に潜在する災害の危険性を知る。

例えば地震や津波、火山噴火、土砂災害、洪水、雪害など地域に起こりうる災害にはどのようなものがあるかを理解する。

災害に対する地域社会の脆弱性あるいは防災力を評価する。地形や地質、建物構造や土地利用状況、住民の年齢や地域コミュニティの結成状況など、災害に対する地域の弱さ/強さを知る。

と の条件から災害発生時にどのような被害が起こり得るかを予測する。

被害を抑止するための対策を理解する。危険な場所には建物を建てない、建物の耐震性を高めるなど、災害が発生しても被害を出さないための対策を理解する。

被害を軽減するための対策を理解する。災害により被害が発生してしまった時に、救助や消火活動、被災者に対する支援活動を実施するなど、災害からの回復力を向上させ被害を最小限に留めるための対策を理解する。

一方、防災に関する知識共有の機会としてさまざまな研修や訓練の場があるが、教える側に立つ人材が不足している、あるいは参加者が一方的に話を聞かされる立場になり面白みに欠けるという課題がある。防災教育の場が学校であれば教員が、地域で行われるものであれば行政の防災担当者や消防職員が教える側の立場にたつ場合が多いが、しかしながら十分な防災の知識をもちその役割を果たせる人材は決して多くはなく、住民のニーズに応えられないこともしばしば起こる。

この問題を解決するためには、地域の中にいる防災知識をもつ人々を活用した教育や訓練の場を増やしていくことも必要となる。アメリカにおける防災教育では、現職の大学教授や退職した教師・消防職員・看護婦など、専門的な知識や技術をもつ人々がボランティア活動で教えている例をよく見かける。

また、教える側と教えられる側という立場を排除し、参加者が自ら頭や身体を使いながら防災を学んでいくワークショップ形式の防災教育も、市民にとっても決して取り組みやすいテーマとは言えない防災への関心を高めるために大きな効果がある。例えば地図を使った災害図上訓練 DIG (Disaster Imagination Game) やワークショップの開催などの方法のメリットは、「一方的に人の話を聞き、傍観者として防災を考える」ではなく、わが事として防災を考える当事者意識が芽生えてくる点にある。

### 来たるべき巨大地震に備えた防災まちづくり

これから起こるであろう東海地震、東南海地震、南海地震の発生で人的被害に大きな影響を与える災害に津波災害がある。沿岸地域での津波防災計画を検討し事前に備えておくことは被害の軽減のためにもきわめて重要なことと言える。

津波危険地帯の状況を見ると、海岸線の間際まで山が迫っており、わずかに存在する平野部分に集落がへばりつくように存在している様子をよく見かける。いざというときに備え津波からの避難場所を整備することは重要であるが、整備したくてもそのような場所すらないという所もある。

津波発生時の避難場所や避難経路の指定を含めた地域の防災計画は、これまで行政が主体となって作成してきた経緯があり、地域住民が積極的に作成過程に参画するという機会はほとんどなかった。しかし地域の実情を最も詳しく把握しているのはそこに生活する住民であり、その住民の生命を守るために必要な実効性の高い計画を考えられるのもまた、住民自身に他ならない。

現在、和歌山県や三重県、高知県などをはじめいくつもの地域で、地域住民が主体となった津波防災計画づくりが進められている。ここでは著者も参加した和歌山県下において実施された住民が主役となった防災まちづくりの状況を紹介する。ワークショップを通じた防災計画づくり

和歌山県では1946(昭和21)年に発生した南海地震時の津波で大きな被害を受けており、今後数十年の間に発生する可能性が高いとされる次の南海地震においても、津波来襲が予想されている。

津波による被害が懸念されている地域は、過疎高齢化が進んでいる場合が多いが、同時にそれは、昭和南海地震の体験者が健在であるということにもつながる。現に防災計画作りのための住民ワークショップを開催すると、図-1に示すように参加者の半数以上は津波被害の体験者であった。

一人一人が体験した過去の津波災害の記憶から、どのような地震と津波災害が起こったのか それに伴い地域でどのような被害が発生したのか それに対して人々はどのように対応したのか を話してもらい、地図上に被害の状況などを書き込みながら、個人の体験・知恵を皆の知恵として共有していく作業を進めていく(写真-1)。行政が実施した地震被害想定結果に加え参加者の津波体験談を合わせて、地域の津波危険性を改めて認識するのである。

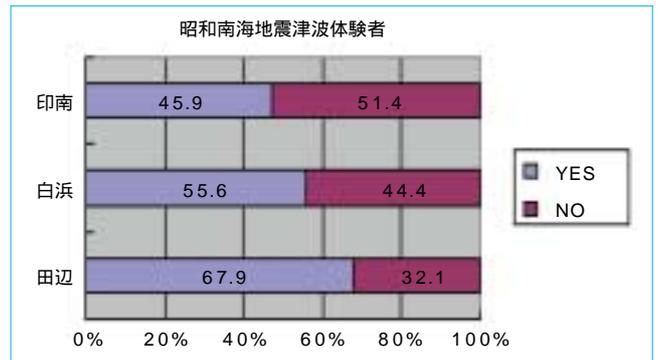


図-1 ワークショップ参加者の南海地震津波体験者の割合



写真-1 個人の知恵を共有化し皆の知恵とする作業

次に、過去の浸水域や等高線を見ながら安全な避難場所はどこか、どこを通過して避難するかなど津波避難計画を検討していく。

「自宅の裏山、高台にある工場の敷地、老人ホーム」など、地域の状況に応じて安全で身近な場所が避難場所の候補地として上がってくる。地域住民でなければわからないような微妙な土地の高低も考慮に入れながら最善の場所を選定していく。行政であれば公共施設を中心に避難場所を決めていくが、住民自らが検討するのであるから、例えば民間施設であってもその場所が最も適切であればそこを避難場所にしようと話し合いで決めていく。

また津波災害では、避難するタイミングも重要である。被害想定では地震発生から何分後に津波が来襲すると予想されているが、その想定結果だけで避難の時期を決めつけるわけにはいかない。大規模地震時には停電も予想され、気象庁から出される津波予警報が迅速かつ確実に住民の末端まで伝わるかどうかもわからない。

「地震のゆれが収まったら直ちに逃げる」「防災無線やラジオなどの情報を聞いてから逃げる」「早よ逃げる！という音頭を誰かがとってくれるだろうしまた自分たちにもその役割があるだろう」という意見が参加者から出された。

どこを通れば早く安全に避難場所に到達できるかということも、地元住民が一番良く知っていることである。「JR 跨線橋をわたって地蔵さんの山へ避難する」「皆で申し合わせてある道を通る」「普段どおりなれた道を通って高い場所へ逃げる」など具体的な避難経路を地図上に書き込めば、住民手作りの津波避難マップが完成する。

このようにして、津波災害から命を守るための避難計画が地域ごとに作成されたが、どの計画も実効性があり、しかも自分たちで考え出した計画なのでそれに対して文句を言う人は誰もいない。

また地震発生後の避難生活の確保は、全ての家財道具が流されてしまう津波被災地の場合、とりわけ大きな問題となる。

水や電気などのライフラインが停止し、被災地の中では生活を送ることがきわめて困難な状況にあって、住まいを失った人たちの避難所として適切な場所は「学校（小学校、中学校、工業高校）、地域振興局、コミュニティーセンター、公民館、農協、老人ホーム、 さんの家」などが候補にあがってきた。中には、1946（昭和21）年の南海地震の時にも自宅を避難所として提供したので、今度地震が起こった時にも、一週間くらいだったら被災者のために自宅を避難所として開放してもかまわないという意見も出された。

阪神・淡路大震災時には、行政の備蓄がなかったから水も食べる物もなく、被災者が大変不自由をしたという報道がなされていたが、このワークショップに参加した人たちの間では、隣近所で困っている人たちの分まで何とか調達してきてあげようという意見が出てきた。このような意見が出てくることが、住民主役のワークショップで防災対策を考えていくことの、最も大きな利点といえるのではないだろうか。

#### 地域防災力向上のための住民提案

ワークショップの最後では、「これまでのワークショップで気づいたこと、学んだことを、どのように地域に持ちかえり、地域の『防災力』を高めていくかを考えよう！」というテーマで、個人の意見を考えたうえでグループとしての意見に集約し発表をしてもらった。最も多く出された意見をまとめてみると次の3項目に代表される意見となった。

過去3回のワークショップの結果をまとめ、住民主体の避難計画策定の意義を考える。

これまで学んだことを地域に持ちかえり、これからの津波防災対策に活かしていくためのアクションプランを考える。

ワークショップを振り返ってざっくりばらんに意見交換する。

さらに アクションプランの検討では、「住民が自分たちでできること」「住民と行政の共同作業」「行政にお願いすること」の3項目に分けて具体的なアイデアを検討してもらった（写真-2）。その提案の一部を紹介すると次のようなものであった。

#### 1) 各地域で研修や啓発活動をしていくべきだとする提案

各地区の総会でこのワークショップの結果をまとめた冊子を説明し住民の勉強会に行きこれからの取組みについて皆で検討していく。1946（昭和21）年に起きた南海地震津波体験者から話を聞く交流会を行う。

#### 2) 防災マップづくりをすべきだという提案

ワークショップで自分たちが作った津波避難マップを印刷して全戸に配布する。その際単にマップを配布するだけではなく、その時に地区内で説明会を開き、もっとよく地図の内容を理解してもらう。

#### 3) 弱者対策に関する提案

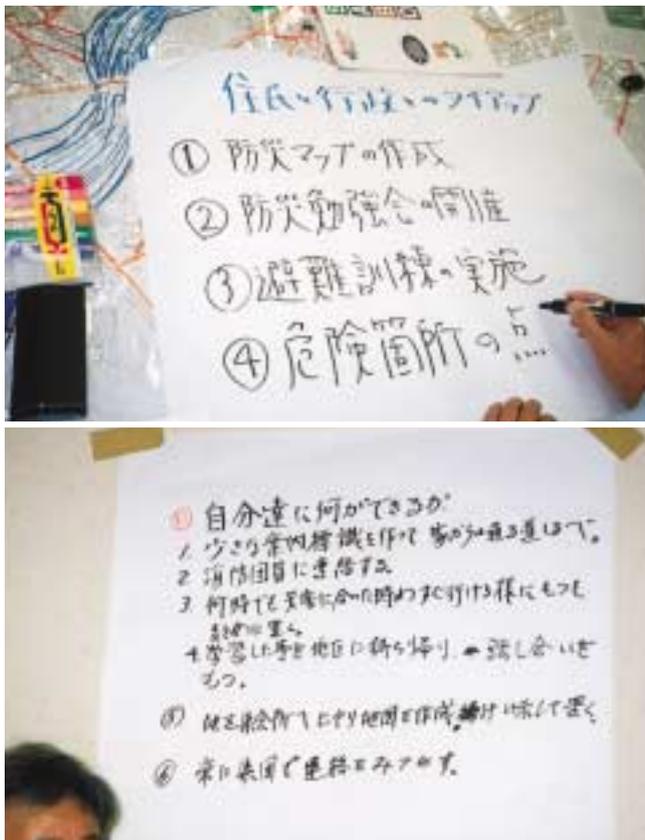


写真-2 住民から出されたこれからの取組み

老人や子どもの多い家族などの避難は町内会で日頃から確認し合い、災害時にはすぐ手伝えるようにしておく。独居老人や老夫婦のみの世帯には避難時の補助員をあらかじめ決めておく。このようなワークショップをお年寄りや子どもを対象に開催する。

#### 4) 家庭内や地域内のコミュニティを充実させる提案

日頃から津波などに備え貴重品などをコンパクトにまとめ準備するよう心がけておく。地区内でのネットワークづくりを重視した防災教室を開設する。災害時のお互いの安否確認連絡網（携帯電話での連絡網）を確立しておく。

#### 5) 行政に対する要望

各地区でワークショップを開催する時の資料作成をお願いする。町内放送などを使い災害時の心得のPRを頻繁に流してもらおう。長期避難用のテントまたは簡易な避難施設を避難所の近くに確保してもらおう。避難道路を住民と相談して整備してもらおう。津波防潮堤を建設してもらおう。

参加者からこれだけ多くの前向きな提案がなされてくると、それを受け止める行政としても高まった住民の防災意識を無駄にしないような支援策、行政がなすべきことを真剣に考えていくことが求められる。

### 住民との協働と行政の役割

写真-3 に示すように地域の防災まちづくりに自ら参加し活動するプロセスの中で、参加者がお互い顔見知りの関係とな



写真-3 まち歩きを通して地域を見直す

り、希薄であった地域のコミュニティを再び活性化させるきっかけが生まれてくる。しかし同時に総論から各論へと議論が移っていけば、総論賛成・各論反対で個別の利害が対立してくることもあり得る。しかし対立し合う意見の中から、まちづくりという私を超えた公共の利益のためになすべきことを見出すプロセスを体験していくことこそ、市民にとって最も重要な防災教育、まちづくり教育と言える。

行政からのお仕着せではなく、市民が自らの命と生活を守るための災害に強いまちづくりを考える力をもつようになると、行政の果たすべき役割もこれまでとは違ったものが求められるようになる。乾パンや毛布の備蓄をすることが行政の役割ではなく、日頃からこのような議論の場を設け、自分たちの住むまちについて考えてみる機会を市民に提供することが、行政に求められる役割と言えるかもしれない。

さらに災害に強いまちづくりとは、いつ発生するか定かではない災害のみを対象にしたものではなく、福祉、教育、防犯、環境など市民の生活を取り巻くさまざまな事象を対象にした“安全を感じ安心して暮らせるまちづくり”に他ならない。したがって市民がまちづくり活動に取り組むと、行政内部でもさまざまなセクションに関わる話が出るようになる。しかし残念ながら縦割り行政の枠組みの中では、市民の問い合わせが行政内部でたらい回しにされたり、その挙句に適切な情報が得られなかったりするといった問題点が出てくるのである。せっかく高まってきた市民の意識を低下させないためには、市民に対して迅速に必要な情報が提供できるワンストップセンター機能を行政がもつことも必要となる。

市民と行政のパートナーシップによる災害に強いまちづくりを実現させていくためには、行政の側にもこれまでの体制を見直しまちづくりに対する強い熱意を示すことが求められる。行政が本気で市民の安全を考えていることがわかった時、市民はわれわれが想像する以上の力を発揮してくれるのである。

# 第3章 迫り来る巨大地震に備える

## 3-1

### 迫り来る東南海・南海地震に備えるための 強震動の予測

#### 最新の知見とその問題点

入倉孝次郎

IRIKURA Kojiro

理博

京都大学教授 防災研究所

### 東海沖から四国沖にかけて南海トラフに起こる 巨大地震

東海沖から四国沖にかけて“南海トラフ”には100年から150年ごとに繰り返して巨大地震が起こっていることは古くからの文献に記され、地震研究にとって世界的にも類まれに豊富で貴重な歴史資料となっている。この巨大地震は、東南海（あるいは東海）地震と南海地震というように短期間に二つが別々に起こったり、ほぼ同時に起こったりする（図-1）<sup>1)</sup>。これらの事実から“南海トラフ”には文字どおり“地震の巣”が存在していると考えられている。

これらの巨大地震により、東海、近畿、四国、中国南部、九州にいたる広範囲の地域が繰り返し大被害を受けてきた。2001年9月に発表された地震調査委員会の長期予測では今後30年以内に40～50%、50年以内には80～90%の確率で起こるとされている<sup>2)</sup>。今後この地震発生確率は年々高まっていく。この次に起こる南海トラフ沿いの巨大地震に備えるには、地震による揺れの正確な予測を行い、それに基づく対策が必要である。

確実にやってくる巨大地震による被害を軽減するためには信頼性ある強震動の予測評価が重要となる。予想される南海トラフ地震の震源域は1995年兵庫県南部地震に比べると50倍以上にもなり、そこから大振幅で継続時間の長い強震動がきわめて広域を襲うと考えられる。そのため、兵庫県南部地震とは異なった構造物被害の発生が懸念される。

### 過去に起こった東南海・南海地震

南海トラフに最後に起こった巨大地震は1946（昭和21）年紀伊半島西部沖合いから四国西部沖を震源域とするマグニチュード8の昭和南海地震である。戦争では生き残った町を大きな揺れが襲い大災害を引き起こされた。車も鉄道もな

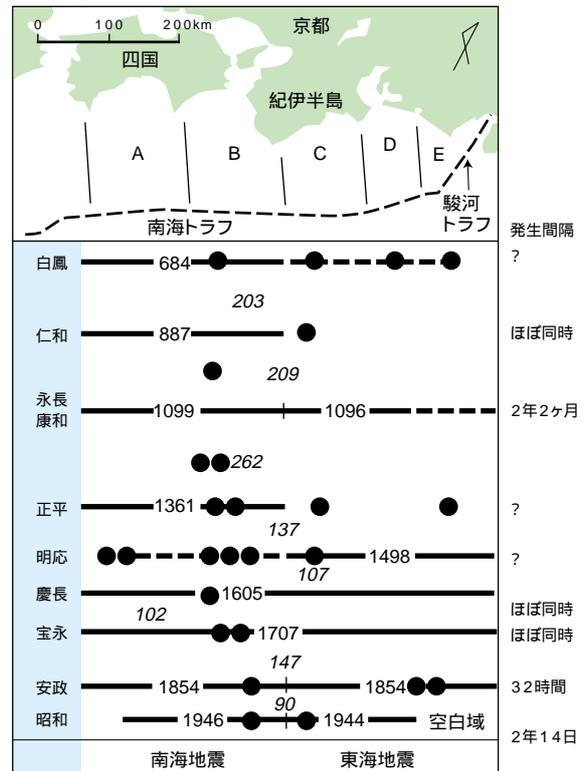


図-1 南海トラフ沿いに発生した地震（内閣府発表）

い時代に四国や紀伊半島の隅々まで詳細な被害調査が行われ、貴重な記録が残されている。全体で死者・行方不明者1443人、全壊家屋約9000の大きな被害であった。震度5以上の揺れが九州の一部、四国南部・東部、紀伊半島、瀬戸内海沿岸地域の広い地域に生じている。震度6は四国、紀伊半島、瀬戸内海沿岸の地盤条件の悪いところに点在しただけと考えられている<sup>3)</sup>。

南海地震に先立つこと2年前の1944年に南海地震の東側紀伊半島から遠州灘西部を震源域とするマグニチュード7.9の東南海地震が生じている。この地震は戦争の真っ最中に起こったため、詳細な被害調査は戦後になるまでできなかった。それでもその後の調査で伊勢湾沿岸、濃尾平野、遠州灘沿岸の一部地域で震度6、三重、奈良、岐阜、山梨、など広範囲で震度5以上の揺れとなったことが記録されている<sup>3)</sup>。全体で死者・行方不明者1251人、全壊家屋16000以上とされているが、被害数は資料により大きく異なっている<sup>4)</sup>。

昭和南海地震の90年前の1854（安政2）年に安政東海地震が発生、その32時間後に西に隣接した地域に安政南海地震が起こっている。安政東海地震の震度6は熊野灘沿岸から遠州灘沿岸、駿河湾沿岸、伊豆半島東部にかけた地域に広がり、震度5は近畿全域から中部地方の大部分を含む広い領域に広がっている。この震度分布の違いから、安政東海

地震の震源域は熊野灘から駿河湾にかけた領域であるのに対し、昭和東南海地震のそれは熊野灘から浜名湖付近までと考えられ、それより東側の安政東海の震源域は割れ残ったと考えられている。この割れ残り地域はいつ割れてもおかしくないと考えられ、それが想定東海地震の考えである。安政南海地震の震度6は四国の多くの地域、瀬戸内海沿岸地域、紀伊半島西部沿岸の一部と広い範囲に生じ、さらに震度5は四国と九州ほぼ全域、中国、近畿、紀伊半島、濃尾平野の一部に及び、昭和南海地震よりもはるかに広い地域に広がっている。

昭和と安政の二つの南海地震の震源域はほぼ同じなのにそこから発生された揺れの強さは大きく異なっている。例えば大阪の中心部を例にとると昭和の時は震度4ないし5なのに安政では5ないし6程度となっている。震度が一つ大きくなるには速度振幅にして約4倍といわれている<sup>5)</sup>。安政南海地震のときの大阪での揺れと昭和南海地震の時と比較すると4倍近く大きかった（実際には詳しく分析すると約3倍程度と考えた方がいい）と考えられる。

安政東海・南海地震の146年前の1707年に起こった宝永地震は九州から紀伊半島にかけた地域では安政の南海地震とほぼ同じ震度分布だが、震度5以上の領域は東海・中部地域から駿河湾沿岸域まで広がっている<sup>3)</sup>。津波や地殻変動の記録から、この地震の震源域は安政南海地震の震源域のみならず、その32時間前に東に隣接して起こった安政東海地震の震源域をあわせた領域と考えられている。まさにこの地震はスーパー巨大地震であった。次の南海・東南海地震はこの宝永型の連動型巨大地震となる可能性もある。さらに102年さかのぼった1605年に起こった慶長地震は津波の記録から南海地震と東南海地震の二つの地震がほぼ同時に発生したと考えられるが、揺れによる被害の報告がほとんどないことから“津波地震”と考えられている<sup>2)</sup>。

同じ南海地震といってもそれによる揺れは大きかったり小さかったり毎回同じというわけではない。南海地震トラフに起こる“巨大地震”は、生まれたところは同じなのに、「南海」と「東海」の双子となったり、南海東海が一体となったり、また身体つきもデブやヤセというようにみんな違っているようだ。どうしてこのようなことが起こるかの考察は次の巨大地震に対する備えを検討するうえできわめて重要である。

### どのように強震動を予測するのか

繰り返して発生する「南海地震」は、揺れの強さや震源域の大きさなどに違いがある。こうした「地震の個性」はどうして出てくるのだろうか。最近の強震動の研究から、地震

のときの揺れの強さは震源域の大きさというよりむしろ震源域のなかのすべりの不均質性によることがわかってきた<sup>6)</sup>。

巨大地震の“巣”となっている四国沖の海底の南海トラフでは、日本列島の陸側のプレートの下に、海側のプレートが沈み込もうとしている。南海地震は陸のプレートの“跳ね上がり”で起こると考えられている。陸と海の二つのプレートの接触面が凸凹しており、プレートが強くくっついている固着域と弱くくっついているところがあり、その結果として地震のときすべりの不均質が生じ、揺れが強くなったり弱くなったりするらしいのだ。

最近のGPS（全地球測位システム）による地殻の動きの精密な測定、高密度地震観測網による微小地震の活動の不均質性や震源メカニズムの変化、さらに反射波を用いたプレートの境界の詳細な形状や反射強度の測定などにより、二つのプレートの凸凹具合、固着域はどこにあるか、などの研究が進みつつある（例えば、菊地・山中<sup>7)</sup>）。プレートが強くくっついているところがアスペリティと呼ばれ、そこから強い揺れが生成される。したがって、地震の前にアスペリティがどこにあるかがわかれば、次の地震がどのような震源域でどの程度の規模となるか、さらにどこに強い揺れを生じるかが予測可能となる。

国の地震調査委員会や中央防災会議ではこのような最近の地震学の成果を取り入れて、近い将来発生が予測されている南海地震の被害を軽減するための強震動の定量的評価を試みている。次に起こる東南海・南海地震が昭和タイプか安政タイプかあるいは宝永タイプとなるかはわからない。必ずやってくる巨大地震による被害をできる限り小さくするには安政タイプや宝永タイプなど異なる地震シナリオを想定して揺れや津波を予測して、それに応じた防災対策の検討が必要である。

### 強震動評価とそれによる被害の予測

想定する地震に対する強震動を予測するには、巨視的震源パラメータとしての想定震源域のみならず微視的震源パラメータとしてのアスペリティの位置、サイズ、そこでの応力降下量の設定が必要となる<sup>8)</sup>。南海トラフ地震の想定断層面は、微小地震の震源分布と速度構造調査などから推定されるプレート境界面上で、温度分布から固着域と推定される深さ約10~30kmの範囲にあるとされる<sup>9)</sup>。アスペリティの位置は過去の地震（ここでは1944年昭和東南海地震および1946年昭和南海地震）の震源すべり分布に対するインバージョン結果を参考に決められる。

上記の考えに基づいて、中央防災会議「東南海・南海地震等に関する専門調査会」は去る12月24日「東南海、南

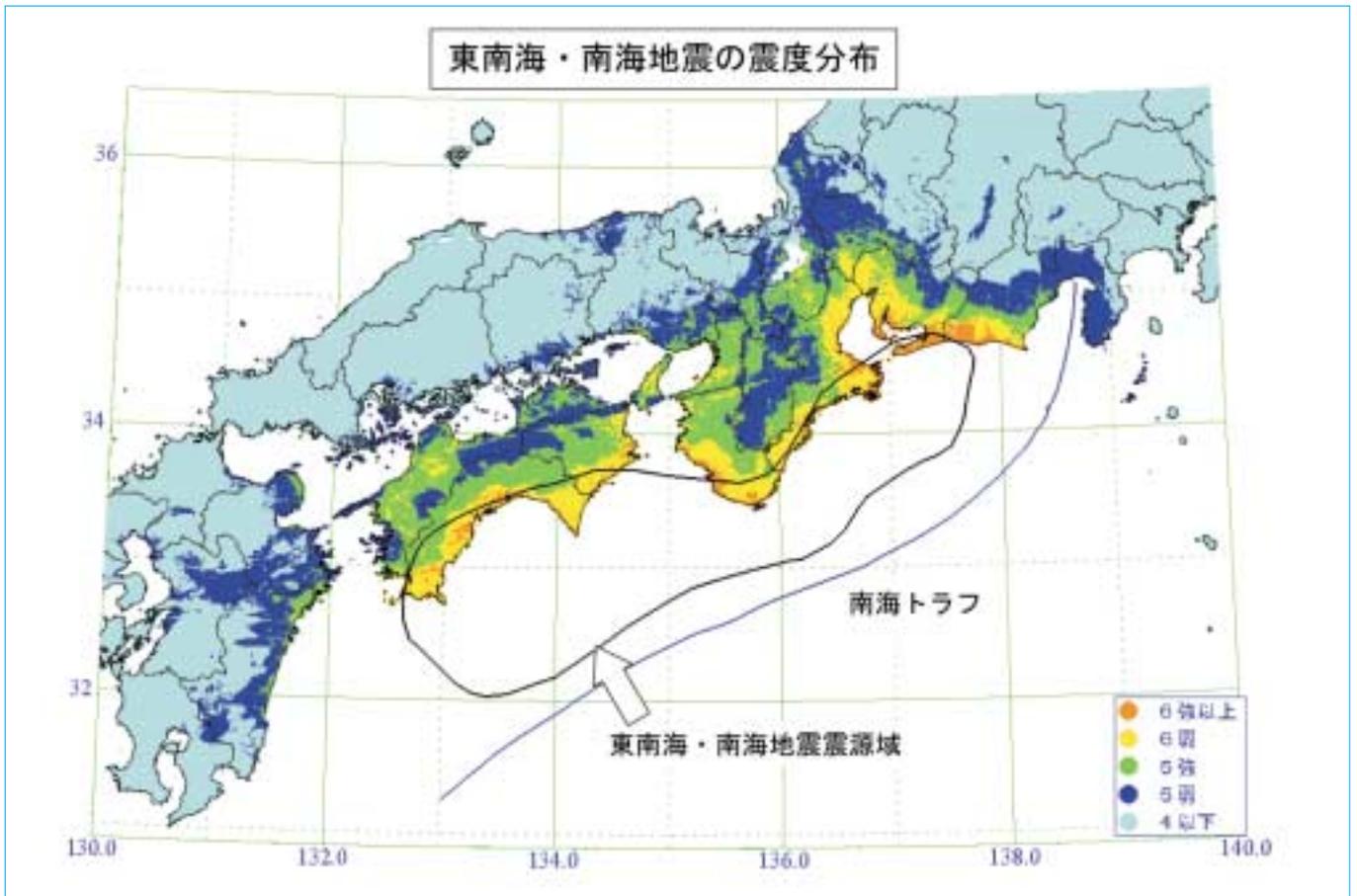


図-2 東南海・南海同時地震による震度分布（内閣府発表）

海地震についての強震動、津波の分布および揺れによる建物被害等について」のとりまとめの中間報告を行っている<sup>10)</sup>。中央防災会議の結果はこれまでの東南海地震と南海地震の震源域が同時に破壊される場合を想定し、経験的な距離減衰式と同時に震源域にアスペリティを想定して強震動波形シミュレーションを行っている。シミュレーションの方法は強震動評価部会のレシビをほぼ踏襲しているが、震源域やアスペリティの設定について過去の地震の震度分布にできるだけ適合するように調整を行っている。強震動予測の結果としては経験的な方法とシミュレーション結果を合わせてそれらの大きい方の震度値を図-2のように地図で示している。

中央防災会議の中間報告の結果としての震度分布は、宝永タイプの名古屋以西の震度分布および昭和東南海の静岡以東の震度分布とほぼよく一致している。ただし、大阪、奈良盆地など一部の地域では一致しない点もみられる。この理由としては、過去の震度分布の精度の問題以外に、地下構造の影響評価、アスペリティの設定位置などが考えられる。

迫り来る南海トラフ地震に対する防災対策を考えるうえで強震動予測精度の向上はキーとなるものである。過去の地震による震度分布は必ずしも同じではないという歴史的事実に照らして、ばらつきを考慮した強震動評価方法の検討およびそれに対応する防災対策の検討が急がれる。

参考文献

- 1 - 中央防災会議「東南海・南海地震等に関する専門調査会」：第1回会合（2001.10.3）資料2，内閣府中央防災会議ホームページ。
- 2 - 地震調査委員会：南海トラフの地震の長期評価について，52pp.，2001
- 3 - 宇佐美龍夫：安政東海地震（1854-12-23），安政南海地震（1854-12-24）の震度分布，地震予知連絡会会報，41，pp.480-497，1989
- 4 - 地震調査委員会：日本の地震活動 被害地震から見た地域別の特徴，389pp.，1997
- 5 - 司宏俊・翠川三郎：断層タイプ及び地盤条件を考慮した最大加速度・最大速度の距離減衰式，日本建築学会大会学術講演梗概集，523，pp.63-70，1999
- 6 - 入倉孝次郎・三宅弘恵：シナリオ地震の強震動予測，地学雑誌，特集号「地震災害を考える - 予測と対策」，Vol. 110，No.6，pp.849-875，2001
- 7 - 菊地正幸・山中佳子：既往大地震の破壊過程 = アスペリティの同定，サイスモ，Vol.5，No.7，pp.6-7，2001。
- 8 - 入倉孝次郎・三宅弘恵・岩田知孝・釜江克宏・川辺秀憲・Luis Angel Dalguer：将来の大地震による強震動を予測するためのレシビ，京都大学防災研究所年報，第46号B，2003
- 9 - Sagiya, T. and Thatcher, W. : Coseismic slip resolution along a plate boundary megathrust : the Nankai Trough, southwest Japan, J. Geophys. Res., 104, pp.1111-1129, 1999
- 10 - 中央防災会議「東南海・南海地震等に関する専門調査会」：第7回会合（2002.12.24）資料2-1，内閣府中央防災会議ホームページ



土岐憲三

TOKI Kenzo

フェロー会員 工博

立命館大学教授 理工学部 土木工学科

## 地震工学の社会的使命

自然災害に関わる研究者や技術者あるいは行政者は、将来起こり得る憂慮すべき事態を想定して、それを起こさせないように準備をすべきであり、また不幸にしてその事態が起こった場合にもそれを最小限に止めるべき措置を考えておくべきである。自然災害の中でも、地震は何時起こるかを前もって予測することが困難であるが、これから数十年の間には日本のどこかで大災害に結びつくような地震が起きることも間違いない。このように、近い将来必ず起こるであろう災厄に際して生じる事態を想定し、これに備える方策を構築することは関連するあらゆる分野の技術者の責務である。

地震時には各種の社会基盤が大小を問わず地震力の影響を受けることを考えれば、社会基盤施設の構築に際しては地震の影響を考慮しなければならず、各種の耐震基準や指針により地震対策の具体的な手順が取り決められてきた。しかしながら、こうした基準類の在り方は1995年の阪神・淡路大震災を契機として大きく見直されることとなった。神戸の地震で災害となった事象に関しては、次なる地震に際しても同じ轍を踏まないために被災経験が生かされてきた。基本的には、仕様規準から性能規準への変更であるが、性能の設定において阪神・淡路大震災の教訓は取り入れられることが大きかったものの、この地震のもつ特徴の故に災害とならなかった現象については注目されることがきわめて少なかった。

問題は災害とならなかったところにある。例えば早朝の地震であったから、多くの人が集まる場所での被災や地下街でのパニックなどについては、将来の地震対策を考える際にも取り上げられる機会は多くはない。このように過去の地震では幸いにも災害とならなかったけれども、地震の発生の状況によっては大きな災害となった可能性のある事象もある。起こりうる事態を科学的根拠に基づいて正しく把握して、これに備えることが重要であるが、このためには科学的洞察力と大胆な想像力とが必要である。

望まざることが起こる可能性について論じることを怖れる

ことなく、事前に対処するには先験現象に基づく科学的予見の能力と事態を想定しうる洞察力とが必要であり、こうした能力の有無は専門家としての能力とは決して無関係ではない。

過去に起こったことから謙虚に学ぶことも重要ではあるが、それと同様に、もしくはそれ以上に将来起こるであろう事態を予測し、それに対処する方策を構築することが重要であり、これができるのが優れた技術力であろう。極論すれば、過去に起こったことの再発を防止することは誰にでもできるのであり、優れた研究者や技術者だけが過去に経験しないことであっても、将来起こりうるべきことに思いを致すことができるのである。こうした観点に立てば、南海トラフと内陸の地震において将来何が起きるか、どう対処するかを考えるのがわれわれの責務である。

## 近づく内陸地震

2002年3月以来、内閣府は地震や火山などの自然災害に関連する検討会を矢継ぎ早に設置している。いずれも内閣総理大臣が座長である中央防災会議の下に、内閣府により設けられており、それらのうちのいくつかはすでに検討を終えて、成果を公表している。設置された検討会は下記のとおりである。( )は設置の年月。

- ・東海地震に関する専門調査会(13年3月)
- ・今後の地震対策のあり方に関する専門調査会(13年9月)
- ・東南海・南海地震等に関する専門調査会(13年10月)
- ・防災基本計画専門調査会(13年10月)
- ・東海地震対策専門調査会(14年3月)
- ・防災情報の共有化に関する専門調査会(14年10月)
- ・防災に関する人材の育成・活用専門調査会(14年9月)

南海トラフにおいて近い将来起きることが予想されているのは東海地震と東南海・南海地震である。東海地震は大規模地震対策特別措置法(大震法)により地震対策が法的に位置づけられており、避難体制等も地震予知を前提としている(図1)。

これに反し、東南海・南海地震は地震予知を前提としていない。これは大震法は阪神・淡路大震災より前に制定されたが、この地震の後、地震対策として地震予知よりも防災対策に重心を移すべきことが大勢となったことと、従来の地震予知は東海地震を対象としてきたことによるものである。

一方、上記の委員会のうち、東南海・南海地震に関しては、東海地震と違って、地震名の後に「等」が付いている。これは南海トラフの地震のみならず内陸の地震をも対象とすることを意味している。すなわち、東南海地震や南海地震の

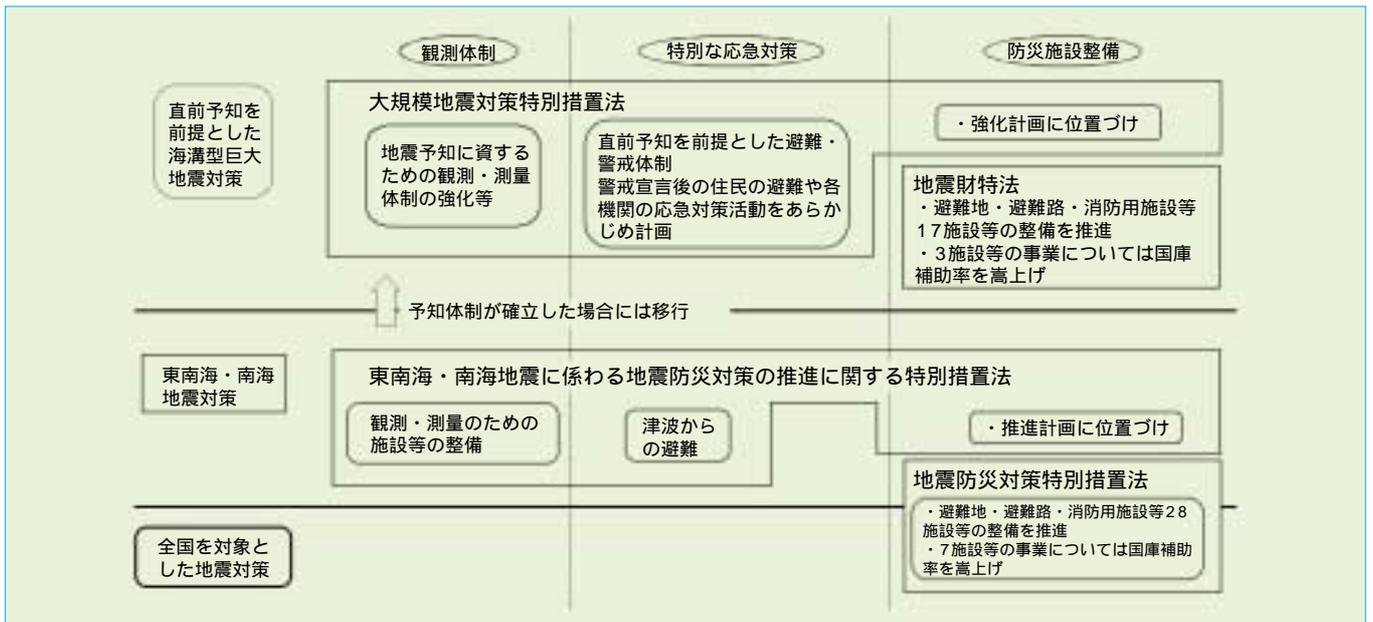


図-1 地震防災の法的体系（内閣府による）

前の数十年間には近畿地方にはマグニチュード7程度の内陸地震が頻発することが、わが国の地震来歴から明らかにされていることから、南近畿において影響の大きな南海トラフの地震と北近畿に影響の大きな内陸地震の両者を検討の対象としていることを表わしている。

### 社会基盤としての文化財

これまで社会基盤と言えば、道路や鉄道、建築など、人や物などを収容したり運んだりする施設を指すものとして考えられてきた。こうした考えの延長上で、最近では情報社会基盤というような使い方もされるが、これも情報を伝達するための施設やシステムを意味している。

一方、われわれの現在の社会を構成しているのは、人や動植物を含む自然環境と人工の施設やシステムだけではなく、目に見えない文化やそれが物として遺された文化財等も現代社会の重要な構成要素である。こうした観点からすれば歴史的都市に遺されている建造物やそれらが擁する文化財をも社会基盤としてとらえるという視点が重要な意味をもつようになる。こうした広い意味での文化財を自然環境や災害から守り、後世に伝えることに関して技術的な面からの責務を負わねばならないのは土木工学や建築学である。

全ての現代人は先人が遺してきた文化財や歴史的建造物を将来の人々に引き継ぐ責任を負っている。過去の数百年、千年という時間は人々にとって比較的ゆるやかに過ぎ去ったであろうが、現代のめまぐるしい社会や環境変化の中にあつては、われわれの社会システムが欠陥を有していても、それが露呈する間もなく時間が過ぎ去っている。全てが急変する

現代社会では、自然に起因する外乱に露らされた際には、全く予期せざる災害が起こることになるのである。これこそわれわれが1995年阪神・淡路大震災で経験したことである。

現代社会は野放図な変化を遂げつつある。科学や技術の関わるところでは、20世紀の100年間に、その前の2000年間の変化を一気に超えてしまったと言えるであろう。一方、20世紀以前の社会の変化はそれほど急激なものではないだけに、例えば100年に一度の大地震に見舞われたとしても、その間の変化がそれほど大きくないために欠陥部分が被災する程度はあまり大きくはなかったであろう。20世紀の100年間、あるいは戦後の50～60年間は変化があまりにも急であったため、欠陥が露呈しないままになっている部分を多く擁しているのである。そして、それらは自然の脅威の洗礼を受けていないのである。多くの文化財はゆるやかな時間の流れの中で蓄積されたものであり、それらを取り巻く外界の急変が及ぼす影響の程度が測られたことがないのである。

技術は常に未完である。その未完の部分が大災害によって露呈した場合に、関連する技術分野全体の信頼性が損なわれるという不幸が生じるのである。これも1995年阪神・淡路大震災の際にわれわれの分野が経験したことである。こうした事態を防ぐためにも、全体から見ればごくわずかであっても、未完の技術の部分を少しでも小さくする努力をわれわれは怠ってはならないのである。

### 地震防災における文化財

地震防災の分野において文化財が研究や技術開発の対象として取り上げられることはきわめて稀であった。建造物や

美術工芸品が単一の施設や物として災害との関係において調べられたことはあったが、集合としての文化財を対象としたものは皆無であったと言って良からう。

一方、1949（昭和24）年の法隆寺金堂の壁画焼失を契機として文化財保護法が制定され、以後嘗々として各種の文化財の保護対策が行われて大いに成果を上げているが、自然災害、特に地震災害から守るという視点は欠落していた。地震時には可燃性の高い歴史的建造物への周辺からの延焼が最も大きな問題であるが、これまでの火災対策は境内の中からの失火や放火を対象としたものであって、地震時に起きるであろう外からの延焼には目が向けられてこなかった。

その結果として、例えば放水銃のための貯水容量は消防自動車駆付けまでの10～20分程度の時間を念頭において設計されている。しかしながら、大地震に際しては1995年阪神・淡路大震災においても経験したように火災は同時多発であり、道路は通行困難であることを考えれば消防自動車は来ないものとして対策を考えねばならず、現在の火災対策では消火や防火の機能を期待することはできないのである。

このように、これまでの文化財保護の視点では大地震の後に発生するであろう同時多発火災から京都や奈良をはじめとして、全国各地に展開する歴史的都市空間にある各種の建造物や文化財を守ることは不可能であり、地震を対象とした新たな視点からの災害対策の樹立が焦眉の急である。

### 科学技術行政における文化財防災

上述のように、これまでは文化財保護の分野においても自然災害などのような急激に起こる環境の変化に対しては十分な配慮が行われてこなかった。しかしながら、文化財の防災に関して最近の数年の間に大きな変化が見られるようになった。

第一は、「科学技術基本計画」において、文化財の防災という言葉が取り上げられたことである。すなわち、2001年3月、科学技術基本計画が閣議決定されたが、これは今後の科学技術行政の根幹を定めたものであり、八つの分野の研究を重点的に進めるべきことを述べている。八つの分野とは、ライフサイエンス、情報通信、環境、ナノテク・材料、エネルギー、製造技術、社会基盤、フロンティア分野である。

これらの分野ごとにそれぞれに重点領域を定めているが、社会基盤分野においては安全の構築、国土再生とQOLの構築、国際協力の3領域を重要領域として取り上げている。ここに言う安全の構築とは巨大災害による被害の軽減対策と安心できる環境づくりを中心としているが、災害対策の中において文化財の防護システムに関する研究開発の重要性が明

示されている。

一方、文部科学省は2003年3月、「防災に関する研究開発の推進方策について」を公にした。この中で重要研究開発領域として7分野を取り上げているが、その第一に防災対策の戦略の構築をあげており、そこに「中枢管理機能施設、文化財を含む構造物のハード対策の最適な組み合わせ等の総合的減災システムの研究」として文化財防災に関する研究の重要性が述べられている。

また、内閣府は2002年10月に「防災基本計画専門調査会」を設置し、翌年には中央防災会議に答申した。ここにも文化財に対する取組みの重要性が述べられている。さらに、内閣府は2003年6月には中央防災会議の下に、「災害から文化遺産と地域を守る検討委員会」を発足させ、文化財防災に関して国として正式に姿勢を明確にしようとしている。

このように最近、文化財に対する研究の必要なことが国の研究推進のための施策の提言の中にも見られるようになった。また、筆者は国土交通省の建設技術開発研究助成制度により、平成13年度に「地震火災から木造都市を守る環境防災水利整備に関する研究開発」に対して助成を受けて研究を行った。文化財の防災問題については国は問題意識をもっているが、防災問題に関わる研究者の間ではまだ十分に意識が高まっていないように思われる。文化財の圧倒的な多数が集中している近畿地方は数十年以内に迫ったと言われる南海道の地震に先立って内陸の地震が頻発することが予想されている。これまでの社会基盤に関わる分野では文化財の問題が話題に上ることも少なかったが、このように国の複数の機関が文化財防災の問題に強い関心を抱いているのであるからには、こうした分野に関わる研究者や技術者が大いに関与して、国が事業として文化財の自然災害からの防護の対策を構築するのに必要な技術とその基盤としての研究を早急に実施しなければならない。



安田 進

YASUDA Susumu

正会員 工博

東京電機大学教授 理工学部建設環境工学科

### 多種多様な地盤災害

地球上のほとんどの構造物は地盤上や地盤内に造られているため、地震などで地盤の変状が発生すると構造物は被害を受けやすい。地盤の変状を地盤災害とよぶことにして、地盤災害でまず頭に浮かぶものは1995年兵庫県南部地震でも多く発生した液状化や斜面崩壊であろう。ところが、1999年にトルコと台湾で発生した地震では、海岸のすべりや断層といったこれまでわが国で耐震設計に考慮してこなかった地盤災害も目立った。このように地震時の地盤災害といっても多種多様なものがあり、巨大地震のたびに新たな問題が生じているのが現状である。とりあえずここでは地震時の地盤災害を、液状化、斜面崩壊、造成盛土の変状、海岸部の沈降・崩壊、地表断層の5種類に分けてみる。

さて、地盤災害に関する研究・技術開発は、一般にメカニズムの解明から始まり、個々の地点における災害発生の予測・対策方法の開発が行われる。そしてさらに、広い地域でのハザードマップ作成技術の開発まで進展していく。そこで5種類の地盤災害それぞれがどの研究・技術開発段階まで進んできているか大まかに示してみると、表-1のようになる。以下には、地盤災害ごとに「これまでわかったことと、わからないこと」、「できることとできないこと」、「何を実践すべきか、何をし得るか」をみとめる。

### 既設構造物の対策が必要な液状化災害

緩い砂地盤が地震を受けると液状化し、地盤上の重い構造物は沈下し、地下に埋設された軽い構造物は浮き上がる。

この液状化災害が世間に広く認識されるようになったのは1964年に発生した新潟地震とアラスカ地震以降である。以後、液状化の発生のメカニズムや発生に影響を与える要因などの研究が精力的に行われ、液状化現象についてかなりわかってきた。また、個々の構造物に対する液状化発生の予測方法や対策方法に関する技術開発も多く行われ、個々の構造物に対する対策が施されるようになってきた。

とはいえ、やはり巨大地震のたびに新たな研究課題が発生する。1995年兵庫県南部地震で投げかけられた課題は、レベル2地震動に対して如何に性能保証型の設計方法を確立するかといったことである。このためには液状化の発生の予測だけでなく、液状化した場合の構造物の沈下量や浮上り量など変形量を定量的に推定できなければならない。ところが、液状化は震動中に地盤の性質が急変する現象であり、これを考慮した変形量の解析方法の確立はなかなかできない状況にある。また、許容変形量の設定も難しい。例えば、写真-1は2000年鳥取県西部地震の際に液状化によって沈下・傾斜した家屋を示す。一見少し傾斜しただけのように見えるものの、1/100程度以上傾いた家屋に住んでいるとめまいや吐き気がしてくるとのことであった。これが一つの許容値と言えようが、このような許容値を構造物の種類、重要度ごとに設定していく必要がある。なお、この団地では100戸余りが地震後に家屋を持ち上げ、基礎を水平にして据え付け直す工事をせざるを得なかった。そのために1戸当たり300~400万円の復旧費用が必要であった。

さて、上述したように新設の構造物ではほとんど液状化対



写真-1 鳥取県西部地震の際に液状化によって傾いた家屋

表-1 地盤災害に関する研究・技術開発の現状

研究・技術開発の内容	地盤災害の種類				
	液状化	斜面崩壊	造成盛土の変状	海岸部の沈降・崩壊	地表断層
地盤災害が発生するメカニズムや影響を与える原因など					
個々の地点における地盤変状の予測や構造物の設計・対策方法				×	×
広い地域におけるハザードマップ作成方法や対策方法				×	×

：かなりわかってきており対処できる  
：ほとんどわかっていないとかできにくい

：ある程度わかってきており少しはできる  
×：依然わかっていないとかできない

策が講じられるようになってきている。ところが、都市内には対策が施されていない建物や道路、ライフラインなどがまだ多く存在する。液状化は人命に優しい被害であると言われるが、構造物が被災して火災などの2次災害を起こし、さらに道路が沈下して緊急車両が通れないといった状況になれば人命も脅かすことになる。したがって、早急に既存非対策構造物に対する対策を進めていく必要がある。

### 膨大な費用が必要な斜面災害対策

山地が多いわが国では大地震や豪雨のたびに必ずといってよいほど斜面崩壊が発生する。斜面崩壊には表層がすべるだけの小規模なものから、1985年長野県西部地震で発生した御嶽くずれのように崩壊長さが1 kmを超す大規模なものまである。小規模な斜面崩壊に関しては、崩壊のメカニズムを土質力学で説明できるし、個々の斜面の崩壊の予測や対策工の設計も、地盤調査と解析を行えば技術的に可能である。ところが斜面崩壊は毎年多く発生してきている。図-1に示すように地震の規模が大きいと崩壊数も多くなる<sup>1)</sup>ので、巨大地震が特に内陸で発生すると大変な惨事となる。事実、1847年善光寺地震では山崩れが4万か所余りで発生したと記録されている。

このように小規模な斜面崩壊に対しては技術的に対処は可能であるが、地震に対する対策は実際にはほとんどとられてきていない。対策が必要な箇所数は膨大であり完全に対策を施すことは不可能であろう。といって何も手をつけずしておくのではなく、まず、広い地域での精度の良いハザードマップを作成し、重要度も含めて優先度を決めて、必要なところから対策をとっておくべきであろう。

### 急増する造成地盛土の被害

1978年に発生した宮城県沖地震では仙台市の台地・丘陵地の造成盛土地においてすべりや沈下などが発生し、家屋やライフラインが多く被害を受けた。以後、1987年千葉県東方沖地震、1993年釧路沖地震、1995年兵庫県南部地震等と、造成地の被害は立て続けに起きてきている。昭和40年代あたりから国内各地で、都市周辺の台地・丘陵地を開発して造成地が多く造られてきており、今後被害が急増するものと危惧される。

このような造成地の被害に関しても土質力学でそのメカニズムは説明できるし、また、予測・対策も行える。ところが、最大の問題はどこに盛土がされているのか、また、その盛土の締め具合や地下水の処理方法はどうなっているのかが、地表面から見ただけではわからないことにある。これが

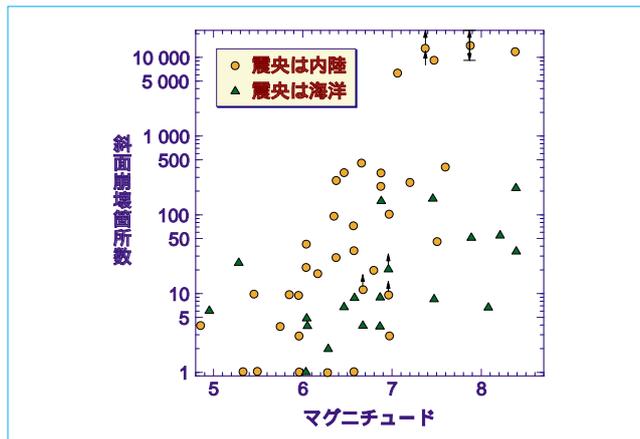


図-1 マグニチュードと斜面崩壊数の関係<sup>1)</sup>

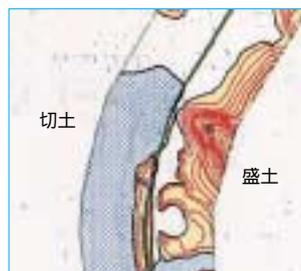


図-2 道路下で盛土がしてあった箇所

わからなければ、ある地域内で危険箇所の抽出や対策を施すことができない。

一例として、新旧航空写真を比較して盛土の状況を詳細に調べた例を図-2に示す。ここでは一見して平坦な台地上の道路下に10 mもの厚さで盛土がしてあった。新旧の航空写真や地形図をもとにハザードマップを作り、さらにボーリング資料などの地盤情報を収集整理し、誰でもこの情報を用いて対策が施せるように整備する必要がある。

### 土木工学の対象とすべき海岸部の変状と断層

1999年のトルコ・コジャエリ地震では、イズミット湾の南岸で海岸のすべりや広域な沈下が発生した。写真-2に示すデールメンデレでは幅300 m、奥行き100 m程度にわたって海岸がすべり、そこにあったホテルなどを海中に流し去ってしまった。また、東隣のギョルチュックなどでは広域にわたって地盤が1.5~2 m程度沈下し、道路や遊園地などが水没した。

このような地震時の海岸部の変状はわが国でも過去に多く発生してきている。例えば高知市とその周辺の平野は巨大地震のたびに何回も沈降してきている。1854年の安政南海地震の際には高知市の一部が約1 m沈降し浸水した。一方、1498年明応地震の際には駿河湾で海岸のすべりが発生したのではないかと推察されている。ただし、これらの海岸変状



写真-2 トルコ・コジャエリ地震ですべり破壊を生じたデールメンデレの海岸

のメカニズムはまだ明らかにされていない。東海，東南海，南海と今後予想される海洋型の巨大地震ではこのような海岸変状が発生する可能性があり，土木工学的見地から研究や対策方法の技術開発を進める必要がある。

さて，トルコ・コジャエリ地震では，4 m にも及ぶ横ずれの地表断層も生じ，橋梁や埋設管などに被害を与えた。続いて起こった台湾・集集地震でも 10 m にも及ぶ縦ずれ断層が生じ，さらに甚大な被害を与えた。このような地表断層に対して土木構造物は被害を免れないものとして扱われ，対策工の検討なども行ってきていない。ところが，写真3 に見られるように，断層上にある構造物でも構造的に強ければ被害を受けない事例も見られた。内陸型の巨大地震を対象にすると，やはり地表断層の問題を避けて通るわけにもいかな



写真-3 台湾・集集地震で発生した断層上にあつた送電鉄塔（鉄塔下の右半分の地盤が持ち上がったが鉄塔は基礎が強くて傾いただけで崩壊しなかった）

く，土木構造物の被害を軽減する何らかの対策ができないか検討が始まったところである。本気で取り組めば実施可能な対策方法が見つかるのではないかと思える。

#### 参考文献

- 1 - 芥川真知・吉中龍之進：地震による斜面崩壊について，地学的特性を考慮した地震動災害予測の研究，文部省自然災害特別研究成果，No.A-55-1，pp.96-109，1980



河田恵昭

KAWATA Yoshiaki

フェロー会員 工博

京都大学教授・センター長 防災研究所巨大災害研究センター

過去 100～150 年間隔で、駿河湾から四国沖にかけての太平洋側沿岸部で猛威を振るってきたマグニチュード (M) 8 クラスの巨大地震は、震源域により東側から「想定東海」「とうなんかい東南海」「南海」地震と名づけられている。過去のデータを見るとこれらの地震は同時もしくは短期間（昭和東南海と南海地震のように最長約 2 年）に連続して発生している。「東南海」「南海」地震の二つが同時発生した場合、激しい揺れと高い津波による大きな被害が想定される（図-1, 2）。今世紀前半にも発生が予想されるこの地震の津波災害とその対策についてまとめた。

### 海底から海面までほぼ水平に水が前後に動く津波

津波は普通海底を震源とする地震によって起こる。南海地震では南海トラフと呼ばれる深さ 4 000 m に達する海域で、東西 200 km、南北 50 km のユーラシアプレートが鉛直方向に約 3.5～5 m 程度跳ね上がる（逆断層地震という）ために、その上の大量の海水も一緒に動き津波が発生する。台風による大波などの場合、水が動くのは海面近くだけで深いところ（厳密には、海底の影響のない深海波では、波長の半分以上の深さ）ではほとんど動かないが、津波の場合は海底から海面まで海水全体が動き、そのエネルギーがそのまま遠くまで伝わるので、例えば低い津波でも、浮き輪につかまっている子どもは秒速約 5～6 m の速さであつという間に流される。南海地震では波長（波の峰から峰までの距離）が約 50 km もあるから、津波の進行に伴って海水は実質的に 1 km 以上行きつ戻りつする。

日本列島付近にはユーラシア、北アメリカ、太平洋、フィリピン海の 4 枚のプレート（岩盤）が押し合っているが、前述の南海トラフでは、南から押し寄せてきているフィリピン海プレートがユーラシアプレートの境界部分を引きずりながら下にもぐり込むため（紀伊水道から土佐湾沖で年間およそ 4～5 cm）、徐々にひずみが生じる。蓄積されたひずみが限界に達すると、境界がずれてはね上がり元にもどる。この時、

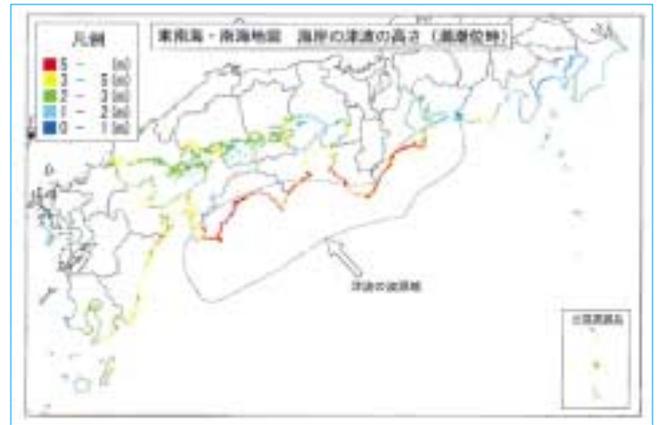


図-1 東南海・南海地震が同時に発生した場合の来襲する津波の潮位（満潮を基準）：中央防災会議発表

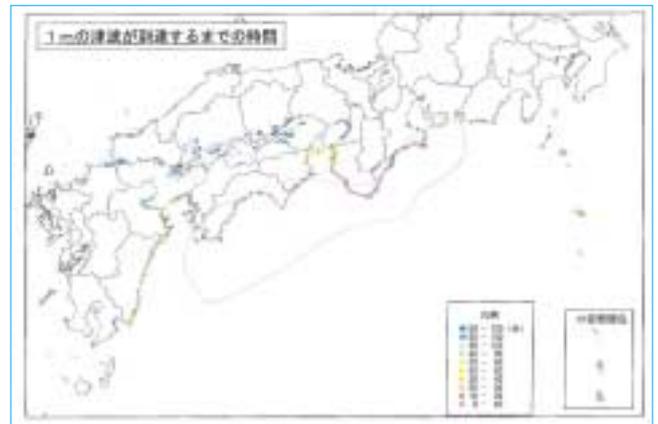


図-2 東南海・南海地震による高さ1mの津波の来襲時間：中央防災会議発表

地震が発生し、津波も起こる。

### 深刻な東南海・南海地震の発生確率

地震は古来より恐れられ、『日本書紀』にも記録が残っている。白鳳地震（684 年）以来、西日本の太平洋側沿岸部では地震マグニチュード 8 程度以上の巨大地震が 8 回発生している。宝永地震（1707 年、M 8.4）では東海沖から四国沖までのプレート境界が一挙にずれ込み多数の犠牲者を出した。その約 150 年後の安政東海地震（1854 年、M 8.4）と安政南海地震（同、M 8.4）は 32 時間の間隔をおき、続けて発生した。さらに、その 90 年後には昭和の東南海地震（1944 年、M 7.9）、2 年後には南海地震（1946 年、M 8.0）が起きた。このように 100～150 年という過去のほぼ一定の発生間隔から考えるとこれらの地域で、いつ巨大地震が起きてもおかしくない状況になっている。

2001 年、文部科学省の地震調査研究推進本部は今後 10 年単位で地震が起きる確率を公表した。これによれば、例えば 30 年以内に起きる確率は南海地震が約 40%、東南海地震が約 50%となっている。単独で発生した場合は「南海」地震が M 8.4 前後、「東南海」地震が M 8.1 前後になると推定し

ている。

さらに、10年以内の発生確率は「南海」地震で10%未満（50年以内は80%程度）、「東南海」地震で10%程度（同80~90%程度）としている。この10%という数字だが、実はわが国で55歳の人が今後10年以内にながんで死亡する確率にほぼ匹敵するもので、そう考えると決して無視できるものではない。もしも二つの地震が同時に発生した場合には、M8.5前後の最大級規模の地震となり、甚大な被害が予想される。

### 被害想定 同時発生で死者は最悪で2万人超

2003年4月17日、国の中央防災会議の「東南海・南海地震等に関する専門調査会」は、初めて地震による建物全壊、津波や火災、斜面崩壊の死者を含む被害想定結果をまとめた。両地震が同時に発生した場合、死者は最悪で約2万1800人にのぼり、住宅や工場などの全壊建物数は約66万2000棟、経済的損失は約56兆円に達すると算定した。特に津波での死者が約8600人と際立った。被害の範囲が関東から九州までの36都府県に及ぶ、まさに“スーパー広域災害”といえる。もちろんこれらの数字は一定の条件をもとに計算されたものであるので、夏場の海水浴シーズンなどでは犠牲者の最大数はさらに膨れ上がることになる。いずれにしても地震が襲った直後に巨大津波が押し寄せる複合災害になることから、関東大震災以来最大の被害規模になると考えられる（写真-1）。

### 東南海・南海地震の特別措置法で防災推進地域を指定

2002年7月、巨大地震に備えるための「東南海・南海地震に係る地震防災対策の推進に関する特別措置法」が成立した。法によると、両地震で大きな被害を受ける恐れのある地



写真-1 浦戸湾の沈下と漁船（南海地震が発生すると高知市の沿岸部では地震と同時に約1.5m地盤沈下する。そこに津波が来襲する。水門や鉄扉も被災し、浸水が発生すると予想される。）

域を、内閣総理大臣が国の中央防災会議の意見に基づき、防災の推進地域に指定することになっている。地域指定の検討は被害規模がベースになっており、基本的には「東海地震に関する専門調査会」において「震度6弱以上、津波の高さが2m以上で、第一波が20分以内に襲来する地域」を推進地域に指定したことに準じると思われるが、一律的に決めるのではなく、過去の安政東海・南海地震の被災地域の事例なども十分に考慮する必要がある。指定後、中央防災会議は、対策推進基本計画を作成する。これを踏まえ、今年7月の施行を受けて津波への備えを中心とした各種の対策が、推進地域内の各自治体を中心に進められることになるであろう。

### 津波災害の危機管理

津波災害の危機管理（エマージェンシーマネジメント）は、事前管理と事後管理からなるが、四つの部分、すなわち被害抑止、被害軽減、応急対応、復旧・復興から構成される。

まず、事前管理（リスクマネジメント）には被害抑止（ハード防災とよぶ）と被害軽減（ソフト防災）がある。

ハード防災の場合必ず設計津波高さが必要であるが、津波がそれ以上の場合にはなかなか効果が発揮されないのが普通である。例えば、北海道・奥尻島の青苗では1983年の日本海中部地震津波で死者が1名発生したために、その後、平均海面上高さ5.5mの護岸が建設されたが、1993年の北海道南西沖地震津波では津波高さが10m以上もあったために、護岸はほとんど役に立たなかった。また、津波高さと防波堤の高さが等しいと、津波が防げると錯覚しがちであるが、つぎに説明するようにそうではない。津波は、水平方向に海水が動こうとする運動エネルギーをもっているから（これが長波の特徴である）、これが防波堤や護岸に衝突した瞬間、前に進めなくなり海面の盛り上がりエネルギーが変換される（つまり、位置エネルギーが増加する）。したがって、防波堤の前面で5割近く津波高さが増えて、簡単に防波堤を乗り越えることになる。ここが、台風などで発生する高潮と違う点である。高潮は単に水位が上昇するだけであって、津波のような大きな運動エネルギーはもたない。

ハードとソフト防災の長所・短所をまとめると、つぎのようになる。

#### ハード防災

- 1) 一般に多額の費用がかかる（例えば、現在建設中の釜石の津波防波堤では、竣工までに約1300億円以上必要と推定されている）
- 2) 完成までに長期間を要する。途中で津波がやってきた場合に効果が疑問である。
- 3) 対象とする津波高さ以上の津波が来襲すれば被害が発



図-3 高知県土佐市宇佐地区津波避難マップ（避難所と津波モニュメントを併記した津波氾濫図。この地域は過去の南海地震津波で大きな被害を受けている。津波ハザードマップはこれを基礎にして作られる。）

生ずる。しかし、住民はそうは思っていない。

- 4) 維持管理はほとんど不要である。ただし、台風時などの高波浪で被災する事例が最近、大船渡の湾口防波堤で発生した。
- 5) 津波防波堤では遮蔽海域の水質悪化などの副作用が起こる危険性がある。背後地の下水道整備や流入河川の水質管理を併行する必要がある。

ソフト防災：

- 1) 人命損失を減らすことができる。
- 2) ハード防災に比べて費用はそれほどかからない。
- 3) 訓練と評価などを習慣化しないと効果を発揮しない（維持管理が必須）。
- 4) 物的被害は軽減できない。
- 5) あらかじめ陸上遡上を含む詳しいシミュレーションが必要である（図-3）。

つぎに、事後管理（クライシスマネジメント）には、応急対応、復旧・復興が含まれる。阪神・淡路大震災を経験して、ここでつぎの4点を指摘しておきたい。

- 1) 災害直後の3日間を中心に応急対応を考えすぎており、長丁場の復興の内容がその分お粗末になっている。また支援システムもない。東南海や南海地震が起きると、太平洋に面した自治体の多くは、強い地震動によって道路や鉄道が寸断され、陸の孤島になる。大きな津波が6時間以上継続するので、海からもすぐには救援に駆けつけられないと予想される。したがって、応急対応が長期間に及ぶ可能性が大きい。
- 2) 自治体の防災情報システムは、自らの行政範囲の被害予測や被害把握しかできない。複数の自治体間で相互乗り入れができていないため、自治体の広域連携の基本となる情報連携ができないという欠点がある。

表-1 人的被害の大きかった地震津波

順位	地震津波	死者数
1位	1886年明治三陸津波	21 959
2位	1933年昭和三陸津波	3 068
3位	1946年南海地震津波	1 330
4位	1944年東南海地震津波	1 223
5位	1993年北海道南西沖地震津波	230
6位	1960年チリ地震津波	142
7位	1983年日本海中部地震津波	104

- 3) 人口10万人以下の自治体では、専従の防災担当職員がいないのが普通である。これは、住民の安全・安心がもっとも重要な行政課題であることを理解していないからである。これでは災害が発生したときには、専門家がいないために対応が後手後手になってしまうことになる。
- 4) 阪神・淡路大震災を想定するあまり、例え被災しても全国から、消防、警察、自衛隊がすぐに駆けつけてくれると考えている自治体が多い。東海・東南海・南海地震とその津波災害のような西日本全域にまたがる広域災害では、救命・救援にかかわる人やライフラインの復旧作業をする人の絶対数が不足する。また、救援物資も不足する。これでは、応急対応が長期化せざるを得ない。ボランティアもアクセスが寸断されては、すぐには被災地に駆けつけられない。

憂慮される都市型津波災害の発生

なぜ“都市型”なのかを説明する。わが国が近代以降被災した津波災害の中で、人的被害の大きさから順位をつければ、表1のようになる。ただし、この数字には地震による被害者も含まれている。これらの津波災害は、すべて漁港や港湾をもつ人口数万以下の地方の集落を襲ったものであり、大規模な近代港湾都市を襲ったものではない。これは、世界的にも言えることであり、これまでの大津波災害は、すべて大きな都市を襲ったわけではない。ところが、つぎの東南海・南海地震では被災形態がこれまでの津波災害のものに加えて、さらに劇的に変わる可能性がある。

想定される新しい被災シナリオとして、つぎの四つがあげられる。

予想以上の津波の可能性

政府が公表した被害想定では、東南海・南海地震が同時に起こり、地震マグニチュード8.5として、沿岸各地の津波の高さと到達時間を求めている。しかしつぎに示す二つのケースでは予想以上の高さの津波が起きると考えられる。

その一つはつぎのようなケースである。すなわち、東南海地震と南海地震の震源を構成するセグメントは4枚存在するといわれているが、そのセグメントの壊れ方次第で津波高さ

が予想以上に大きくなる場合である。いずれのセグメントも単独に動けば地震マグニチュードは8以上になる。これらの4枚のセグメントが同時に動けば、すでに政府の発表どおりの津波特性になる。ところが、4枚が時間差をもってバラバラに動けば、そうはいかなくなる。適当な時間差（それらの差は数十分から数時間程度）でセグメントが動けば、異なる波源からの津波の峰が重なり、とんでもない大きな津波高さになる地域が出てくる可能性がある。一方では、異なる波源からの津波の峰と谷が重なって、津波高さが時間差がない場合よりも低くなる地域が生じる。つまり、時間差をもってセグメントが動き東南海・南海地震が起こると、やってくる津波の特性は場所によって複雑に変化するのである。結論から言えば、地震がどこの震源で起こっても、6時間くらいは安全な場所に避難している必要がある。

もう一つのケースは、アスペリティの存在によって津波高さが予想以上になることである。アスペリティとはプレート間の固着が特に強いところで、これがはがれるときに、大きな地震エネルギーを出すところを指す。東南海・南海地震の震源域では8か所のアスペリティが存在し、震源面積のおよそ20%を占めると言われている。ところが、この影響が津波にどのように及ぶのか今のところ不明である。アスペリティでは、すべり量が他の震源域に比べて2倍あると言われている。そこで、これを考慮して津波の計算をしたところ、考慮しない場合に比べて津波がかなり大きくなる地域が見いだされた。これらの解析は今後の学術研究の進展に密接に関係して行われることであろう。

#### 水門、陸閘、鉄扉からの浸水

例えば、大阪府下には沿岸部と河川に沿った地域で、約900の水門などが存在すると言われている（写真-2）。このうち、大阪府と大阪市による直接の管理のものを除いて、多くの水門などは民間に管理を委託する形となっている。管理形態は、使用しないときには閉じることになっているが、現実にはほとんどのものが開いたままとなっている。つぎの南海地震が起こった場合、地震動の大きさは、沿岸部で震度6弱となり、液状化の発生も懸念されることを勘案すれば、水門などのうち、いくつかは閉じることが不可能になると判断される。いくら、耐震補強をしても、被災して閉められなくなる水門や真夜中に地震が起こって現場に駆けつけられない場合が確率的に発生すると考えなければならない。これらのことから、南海地震が起こって津波が来襲した場合、現状では臨海部においては水門などからの浸水を想定しなければならない。

ところが、大阪の場合、ゼロメートル地帯が臨海部を中心に広範囲に分布している。もし最悪を仮定すると上町台地以外はすべて水没しかねない。しかし、政府の被害想定では、



写真-2 臨海地域の鉄扉（南海地震津波が来襲する臨海都市域では大小の水門、鉄扉、陸閘が数千基存在している。強い地震動で破損したり、閉じる作業が間に合わない場合は津波氾濫が起こる。）

大阪では津波による人的被害はゼロになっている。なぜだろうか。それは、南海地震が起こってから1時間以上の余裕があるので、浸水危険地域の住民がすべて安全な場所に避難できると想定しているからである。その地域の住民が避難しなければ、被災者が発生することになる。この点が地元ではほとんど知られていない。しかも、このような場合に津波ハザードマップ（浸水危険地域図）をどのようにして作ればよいかについての方針も決まっていない（国土交通省が事務局になって平成15年度中には指針を作ることになっている）。

#### 港湾・船舶の被害

南海地震津波による港湾施設の被害、例えば、防波堤の倒壊などは津波がこれを越流しないかぎりほとんど発生しないと考えられる。もし起こるとすれば、係留船舶が津波によって動揺して岸壁に衝突して破損したり、乗り上げて横倒しになる可能性がある。地震後、津波は、例えば大阪府沿岸には、南部で1時間、大阪港には2時間程度で来襲するため、係留船舶の港外避難は不可能と考えた方がよい。

人的な被害の拡大につながる、つぎの二つのケースが重要である。その一つは、沿岸部を航行中の船舶が、津波に翻弄されて運ばれ、直接、防潮施設や護岸に衝突して破壊する場合である。小型船舶の場合には河川を遡上して橋脚の破壊やひどい場合には落橋につながる恐れがある。ほかの一つは、比較的大型の係留船舶が津波によって座礁する場合である。船舶が荷物などを満載した場合、多くの場合船底と海底までの余裕水深はおよそ2m程度しかない。もし、2m以上の高さの津波が来襲し、これだけ海面が下がった場合、船底が着床する危険がある。船底が平らでなくて、V字型の場合、船の重みで係留ロープが破断することは容易に考えられる。横倒しになった船は「浮かぶ鉄箱」にすぎない。これがつぎにやってくる津波とともに陸上部に向かって流され、防潮施設

などの海岸構造物を破壊することも考えられる。これらの事象は、破堤規模が衝突船舶の大きさに依存するので、もし大型船舶の場合には、大量の海水が津波とともに破堤口から流入する危険がある。また、衝突船舶が石油タンカーや液化天然ガス運搬船の場合には、石油類の流出、ガスの漏出、出火などが起こり、広域火災に結びつくかもしれない。あるいは広範囲に海面汚濁や環境汚染が拡がることになるだろう。

#### 要避難者

東南海・南海地震で家屋が全壊や半壊にならない限り、津波が1時間以上もかかって来襲する都市域では、避難所への住民の避難はすぐには発生しないと考えられる。本年5月26日に発生した宮城県沖を震源とする三陸南地震では、揺れが大きかった沿岸部の住民の大半はすぐに避難しなかった。彼らの多くはテレビを通しての情報を待っていたという。地震後12分後に「この地震による津波の恐れがありません」というニュースがあったが、少なくともそれまで行動を起こさなかった(余談になるが、過去に被害をもたらした津波は、震源の深さが120 kmより浅い場合にも起こったことがある。この地震の震源の深さが70 kmと深いから津波の恐れはないとした気象庁の説明は間違いである)。

それでは、津波警報が出たときにはどのように対応しなければならないのだろうか。まず、臨海部の氾濫危険地域に居住している住民は、学校などの指定避難所か、3階建て以上の鉄筋コンクリート3階以上の階に避難する必要がある。つぎに、問題としなければならないことは、津波警報が発令された場合である。この場合、津波は河川を遡上するので、まず住民が河川敷に避難しないように徹底する必要がある。また、例えば、大阪市では南海地震後、2時間弱以内に、南と北の地下街の閉鎖、大阪市営地下鉄、阪急、阪神、京阪、JR西日本の地下線から車両を地上に上げなければならない。さらに、氾濫危険地域にあるビルの地下の部分や地下駐車場への立ち入りを禁止する措置も必要である(これらの対応を円滑に進めるには、津波ハザードマップが必須で、公開する必要がある)。なお、市内を走行中の自動車を高所に退避させる施策も必要である。また、南海地震津波は大きなものが5波程度来襲し、6時間程度継続することから、警報が解除されるまで避難所などから自分の判断で帰宅などしないような注意喚起の徹底も重要である。

#### 津波の被害軽減をもたらす自主避難

津波災害についての研究の目標は、被害を軽減することであるから、それにつながる研究が重要であろう。人的被害を軽減するためには、地震直後にすぐに自主避難することである。自主避難するには、事前に津波の危険性を正確に理解し



写真-3 徳島県海南町浅川の南海地震津波の浸水深表示(浅川地区に設けられた昭和南海地震津波の浸水深を示す石柱の写真。住民は普段から津波の脅威を身近に感じて生活している。)

ておく必要がある(写真-3)。どのような危険性かと言えば、それはつぎに示す四つの情報である。

自分の住んでいるところにどの程度の大きさの津波がやってくるのか、わが家は大丈夫なのかどうか

津波災害では市街地や家屋が単に浸水するのではない。津波は高速の氾濫流としてやってくるので、水深が浅くても避難中に足がさらわれる。道路上に置かれているいろいろなものや倒壊家屋の残骸や家具などが津波と一緒に運ばれてくる。過去の例では、1896年と1933年三陸地震、1983年日本海中部地震や1993年北海道南西沖地震時に津波と一緒に漁船なども市街地に突入してきたことがあった。木造家屋の破壊条件も、水深と流速がわかれば、およそ判断することができる。

地震のあとどれくらいで津波がやってくるのか

海洋性地震の震源位置は固定されているわけではなく、変化する。したがって、津波到達時間を知るうえで過去の地震災害の例がそのまま役に立つとは限らない。南海地震のように100年から150年に一回発生程度の低頻度災害の場合、教訓の一般化が難しいのは、この点にある。起こり得る震源位置で地震が発生した場合、一番早い到達時間を事前知っておくことはきわめて大切である。通常、第1波のピークを対象とするが、夏の海水浴シーズンの場合、30 cm程度の津波の高さでも、遊泳客や養殖いかだに被害が発生することがあるので、これくらいの高さの場合であっても、到達時間は必要な情報となる。太平洋や瀬戸内海に面する西日本の全域にとってこの情報は大切である。これがないと、要は、的確な避難行動をとりにくい。

津波の来襲はどれくらいの時間、継続するのか

津波は長波なので、反射率は1に近くて大きく、崖や防波堤に衝突すればほぼ完全に反射する。したがって、日本海のように周囲がほぼ陸地で囲まれた海域では、津波が半日以上継続する場合がある。1983年に発生した日本海中部地震がそうであった。例えば、大阪湾でも同じである。反射した津波が重なるので、決して第1波が大きいとは限らない。つぎの東南海地震の場合、三重県・尾鷲では第2波の津波高さが第1波の40%も大きくなると推定されている。1944年東南海地震では、第1波で助かった住民が、自宅に貴重品を取り戻って第2波の津波で犠牲になった例が三重県で多かったと報告されている。

わがまちの津波被害は最悪の場合どの程度になるのか

津波災害においては、まず、『自分の命は自分で守る』ことが必要で、つぎに、『自分のまちは自分たちで守る』ことである。津波の最短の来襲時間が事前にわかっておれば、それを基準として、例えば隣近所の社会的弱者に手を差し伸べたり、水門を閉める作業を手伝ったりできる。また、自治体の被害想定作業によって、人的被害の大きさを事前に知っておれば、事前のわが家、わが家族の対策を講ずることが可能になる。

## ハードとソフト防災の組み合わせによる総合減災

津波対策では避難地の確保や避難経路の指定の整備、情報伝達方法の確立などが急務とされる。残念なことだが、被害をすべてなくすのは不可能である。人的・物的、経済的被害のいずれにおいても、いかに犠牲を減らすかを考え、防災の水準を上げるよう継続的な対策を講じていくことが必要である。

減災にあたっては、防波堤などのハード面の整備だけではなく、多くの手段が考えられる。例えば少子化で小・中学校の統廃合が進んでいるが、山側への設置だけでなく、海岸沿いの要所に3、4階建て以上の鉄筋コンクリートの建物を配置し、地域の避難所として機能させるのも一案である。また、情報の迅速な伝達によるソフト防災に力を入れる必要がある。沿岸地域の人たちに対して、カーナビや携帯電話などのモバイルを利用し、リアルタイムで津波や避難情報を発信する高精度でユーザー・フレンドリーなシステムの構築が望まれる。

人間は経験で学ぶ。しかし、100~150年の間に1回襲う海溝型の巨大地震では、過去の教訓を活かしきれず、人は“みんなピギナー”である。だれもが津波の恐さをよく知り、近隣住民が助け合って、災害への備えや心構えを共有することが大切である。

## 「特集」を終えて

本号は、9月に開催される2003年徳島大会での「安全・安心な生活、個性ある地域社会の実現を目指して」という大会テーマ、7月に施行された「東南海・南海地震に係る地震防災対策の推進に関する特別措置法」に対する防災への今後の取組みを念頭に、「地震防災と社会基盤整備 - 安全・安心な社会基盤整備の構築に向け 土木学会は何ができるか、何をなすべきか - 」という特集タイトルとした。非土木界の第一人者にも執筆をお願いした結果、何が求められているのか、土木界として何を早急にしなければならないのか、読み取ることができたのではないだろうか。

巨大地震の発生が刻一刻と迫りつつある四国では、特に津波を伴う複合災害が懸念されている。さらには繰り返す巨大地震の間に起こる内陸地震にも注意しなければならない。今後の土木技術の発展には今まで以上に市民の意見を取り入れることも欠かせられない。地震防災のための社会基盤整

備はハードからソフトの多岐にわたっていることが、本特集によって強く感じられたのではないかと。

ご存知のように四国は、北は瀬戸内海、南は太平洋という特性の異なる海に囲まれ、歴史的遺産、水圏を含む貴重な自然環境が数多く残っている地域である。この環境との調和を保ちながら社会基盤整備を推し進めていくことが土木技術の発展に繋がり、さらには今後のわが国における地震防災と社会基盤整備のあり方に対する指針を示す可能性があると考えられる。ほんの一瞬の地震動により、自然と共生した美しい生活空間が失われる。

本特集号が、徳島での特別討論会における議論ならびにこれからの社会基盤整備のあり方に対する検討の一助となれば幸いです。

(学会誌編集部会案内号・特集号班長 末永慶寛)