

特集 記事

南海トラフの巨大地震を考える

編集委員会

企画・総括 清野 純史*

編集担当 今村 文彦**・北村 良介***・立木 茂雄****・橋本 晴行*****

はじめに

清野純史*

四国の足摺岬の沖から室戸岬、和歌山の潮岬沖を経て駿河湾に至る南海トラフに沿った領域では、ここを震源域としたプレート間大地震が過去から繰り返し発生している。これら歴史地震の評価結果によれば、駿河湾付近の想定東海地震はいつ発生してもおかしくない状態であるといわれており、また、東南海、南海地震もほぼ今世紀前半には起こると考えられている。本特集では、まずこの南海トラフ沿いの巨大地震にスポットを当て、理学的な見地から仮想東海地震、東南海・南海地震について丁寧に解説する。また、海溝型地震では津波の発生は避けられず、この対策抜きにして防災対策を語ることはできない。過去の津波被害の特徴をまとめ、それを今後の津波対策に生かすことは重要な課題である。ここでは南海トラフでの津波やその災害の特徴をCGを交えて検討している。

「敵を知り己を知れば百戦危うからず」は中国春秋時代末の兵法家・孫子の有名な言葉であるが、地震防災を地震と人との戦いであるとするならば、南海トラフの巨大地震という相手がおぼろげながらも見えてきた今を逃したら、その対応策は遅きに失することにもなりかねない。本特集では、国、自治体、そして地震防災技術者がそれぞれの地震対策にどのように取り組んでいるのか、また、新たにどのような取り組みを始めようとしているのかについて述べる。

地震は、人間社会とそこに住む住民に襲い掛かることによって初めて災害へと変貌する。地震災害の裏には社会の脆弱性があり、地震は必ずその弱点を突いてくる。地震災害は発災からその収束に至るまで形を変えながら、しかも連続的に人間社会を襲うものであるから、その対策も事前から事後に至るまで、それぞれの局面において連続的かつ柔軟に講ぜられなければならない。このため、その実行には行政からの一方向の防災ではなく、市民や様々なコミュニティとの連携が不可欠である。正しい知識と適切な備え、起こってから適切な判断と柔軟な対応が必要であり、本特集では市民や地域コミュニティ、防災教育の面からこの問題を取り上げている。

発災から収束に至るまでの巨大な災害連鎖を断ち切るための究極の目的は、やはり「人の命を守る」に帰着する。神戸の6千有余の尊い人命損失の後、我々はその再発を防ぐだけの対策を練り、また、技術を獲得し得たであろうか。やがて来る巨大地震時に同じ過ちを繰り返さないために、そして本特集のまとめの意味をも含め、この人的被害の問題にも取り組んだ。

限られた紙面とは言え、執筆者各位には時宜を得た、最新かつ最先端の調査・研究、取り組みの内容をご紹介いただいている。本特集が、読者にとって南海トラフ沿いの巨大地震を俯瞰的な立場から考える嚆矢となることを切に願う。

* 京都大学大学院工学研究科

** 東北大学大学院工学研究科

*** 鹿児島大学工学

**** 同志社大学

***** 九州大学大学院工学研究科

1. 想定東海地震

山岡耕春*

1.1 なぜ東海地震が想定されたか

東海地震は、地震が起きる前に名前が付いている唯一の地震である。この駿河湾付近を震源域として発生する巨大地震は、石橋によって「駿河湾地震説」が1976年に地震学会で発表されたことによつて一気に社会的関心を浴びた。駿河湾での巨大地震発生が切迫しているという説は、その約30年前の東南海地震の際に駿河湾付近のプレート境界が地震を起こさずに残ったということをも最大の根拠としている。

関東から西の日本の南岸にはフィリピン海プレートと呼ばれる海底が沈み込んでいて、歴史的に繰り返し巨大地震を起こしていることが知られている。1923年の関東大震災を引き起こした地震、1944年の東南海地震、1946年の南海地震はいずれもフィリピン海プレートの沈み込みによつて引き起こされた地震である。このうち東海地震と兄弟の関係にあるのは東南海地震と南海地震であるので、以下にそれらの地震が過去どのように繰り返してきたかを見てみよう。

日本の南岸伊豆半島から西の南海トラフ沿いでは100から150年に1回の割合で巨大地震が発生してきた。そのうちよく知られている昭和・安政・宝永の過去3回の地震について示す(図1-1)。昭和の地震は前述したように1944年12月7日の東南海地震(M7.9)と1946年12月21日の南海地震(M8.0)である。東南海地震は伊勢湾沖から熊野灘にかけて、南海地震は紀伊水道から四国沖にかけて震源域となった。安政の地震は1954年12月23日の安政の東海地震(M8.4)と翌日の12月24日の安政の南海地震(M8.4)である。安政の東海地震は駿河湾から熊野灘にかけて、安政の南海地震は紀伊水道から四国沖が震源域だったと考えられている。さらにさかのぼった1707年10月28日には宝永地震(M8.6)が発生し、駿河湾から四国沖までが一度に震源域と

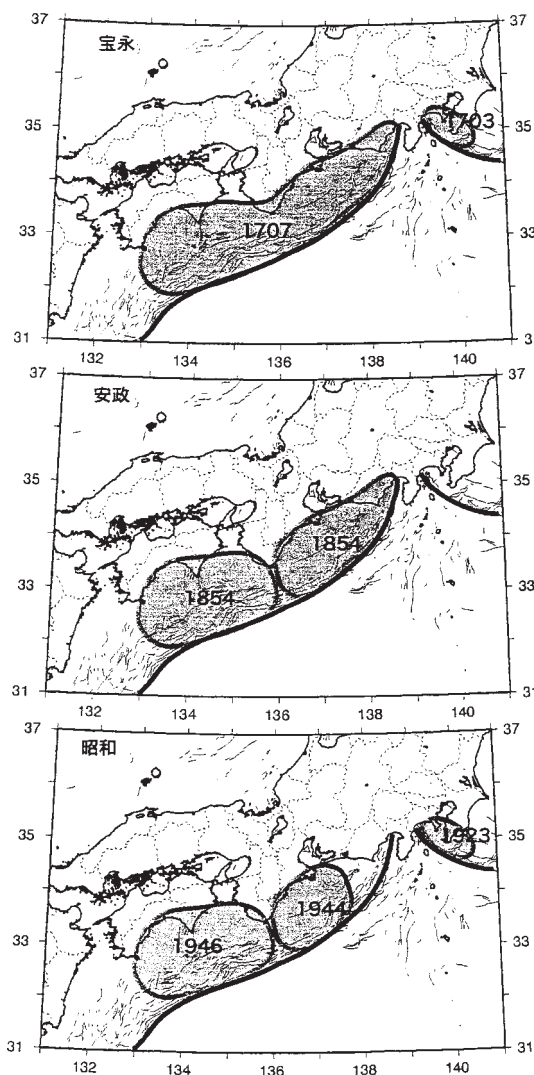


図1-1 南海トラフ沿いに発生した昭和・安政・宝永の地震の震源域。

なった。この様に、日本南岸の南海トラフ沿いでは繰り返し巨大地震が発生している。震源域が分割して発生した地震であっても、連動して発生する傾向にある。

過去3回の地震のうち昭和の地震では、駿河湾から遠州灘にかけての地域が震源域とならなかった。これが東海地震説の最大の根拠である。地震とはゆっくり蓄積した歪みエネルギーを一度に放出す

* 名古屋大学環境学研究科附属地震火山観測研究センター

る現象であり、南海トラフに沿って一様に歪みエネルギーが蓄積されていったと考えると、昭和の地震の時に歪みが解放されなかった駿河湾周辺では、いつ地震が起きてもおかしくない状態であると考えられた。1970年代は、昭和の地震が発生してからまだ30年程度しか経過しておらず、東海地震が切迫しているという考えが説得力を持って受け入れられたのであろう。

1.2 新旧の震源域

2001年内閣府中央防災会議において東海地震の震源域が見直された。それまでは長方形とされていた震源域がなすび型になった。これは東海地震説が発表されてからの地球科学の進歩を反映した見直しであるが、その見直しは単なる学問領域にとどまらず、想定震度の見直し、ひいては強化地域の見直しにつながったのは周知の通りである。見直された震源域は今までのものに比べて西に広がり、その結果震源域に近くなった愛知県東部にまで震度6弱以上の揺れが予想される地域が広がってしまった。さらに地盤による揺れの増幅効果等を考慮に入れると名古屋市の一部でも震度6弱の揺れが予想されることになり、東海地震防災対策強化地域に200万都市の名古屋市が含まれることになった。

1976年に東海地震説が発表されたのは第3次地震予知(5ヶ年)計画が進行しつつある時期で、すでに地震予知のための基礎的な観測網が全国に整いつつあった。東海地震説を受けて第3次計画は見直され、主に歪計や地震計による東海地方の観測網が強化されることになった。この様な観測体制の強化によりその後東海地震の地震像が徐々に明らかになり、長方形の震源域ではあまりに単純すぎるというのが研究者一般の考え方になってきたのである。

観測強化によって得られた成果のうち、震源域の見直しにとって最も重要なデータは沈み込むプレートの形状であった。1976年当時は南海トラフ沿いからフィリピン海プレートが沈み込んでいるということは認識されていたものの、その形状については皆目見当がつかなかった。それが地震

観測網が拡充された結果、沈み込むフィリピン海プレートの形状が明らかになってきたのである(山崎・大井田, 1985)。地震を起こす原因となるプレート間の固着は温度に強く依存するため、プレートの形状が重要な要素となる。東海地方の下に沈み込むプレートの形状は伊豆半島と本州との衝突に強く影響されて大きくたわんでいる。震源域の下限と考えられる30kmの等深線の位置を見ると西へ大きく曲がっていることがわかる(図1-2)。

そのような形状をもったプレートのどの部分が陸側のプレートと固着しているかが東海地震の震源域を知る上で重要となる。固着した部分が一気にすべることにより地震を起こすからである。現在固着している領域に関しては、地震活動をもとにした推定を松村(Matsumura, 1997)が、GPSによる地殻変動のデータをもとにした推定を鷺谷(Sagiya, 1999)が行っている。2つの結果は用いたデータの種類を反映しているためか、互いに異なり、GPSを用いた結果の方が海側に寄っている(図1-3)。Matsumura(1997)は東海地方の下で起きた地震の分布と応力の向きを反映する発震機構の不均質性を丹念に調べ、プレート間固着の強い場所を描き出した。プレート間の固着が強い場所ではその周辺の応力場が乱されると仮定し、そのような観点から固着域を推定している。地震活動の解析は空間分解能が大きいので、仮定が正しければかなり詳細な固着域の推定となる。Sagiya(1999)は陸上のGPS観測網のデータを説明するような固着域(つまり、プレートが陸を引きずり込んでいる場所)を推定した。地殻変動を用いているので大局的な傾向を見るのは適しているが、海域ではGPS観測ができないため、推定値の誤差が大きくなっている可能性がある。この様な点が不一致の原因と考えられる。

1.3 先行現象は現れるか

地震は突然起きるように見えるが、実は長い準備過程が存在する。準備は一つ前の地震発生直後から始まり、すべて地震を起こした部分での摩擦の回復とそれに続く歪みエネルギーの蓄積があ

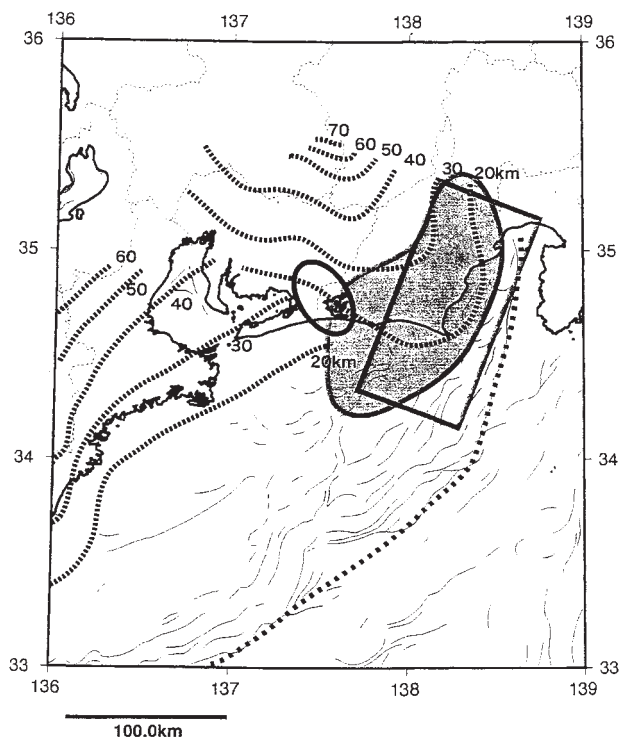


図 1-2 沈みこむフィリピン海プレートの等深線分布と、新旧の東海地震想定震源域。長方形の領域となすび型の領域はそれぞれ従来の想定震源域と新たに見直された震源域を表す。楕円の領域は東海サイレント地震の震源域。

る。断層面に働くせん断応力が徐々に増加していった摩擦力を超えると地震が起きるのである。ところがせん断応力や摩擦力にはむらがあるため、断層面全体で一度にすべりが起きるのではなく、断層面の一部でせん断応力が摩擦力を超えてゆっくりとしたすべりが始まると考えられている。そのようなすべりが地震発生直前に増加した場合、先行現象として現れる。東海地震の場合震源域が陸の下であり、かつ規模が大きいため観測でとらえられる可能性が高く、そのための観測態勢が敷かれている。

1944年の東南海地震の前には先行的な地殻の隆起があった。当時陸地測量部では掛川付近で測量を行っていたが、地震当日には観測値に非常に大きな誤差があり、原因を調査しているうちに東南海地震が発生した。そのときの測量結果を再検討すると地震の前に海側が隆起をしていたことを

示している（国土地理院，1970）。震央から150 kmも離れた場所での測量であり、かつ当時唯一の測定であるため、どのような広がりでも地殻変動が起きたのかは全く不明であるが、南海トラフ沿いの巨大地震の先行現象として重要な観測結果である。

この東南海地震直前の地殻変動は、単なる時間的に近接しているために先行現象と認識しているのではなく、実験的にも可能性があるとして支持されている。地震の発生をコントロールするための非常に重要な法則は断層面に働く摩擦の法則である。その摩擦則として注目され、かつ多方面に応用されて成功を収めているのが「すべり速度と状態に依存した摩擦則」（Ruina, 1983）である。詳しいことは省略するが、すべり面に上記の摩擦則を導入して、適当なパラメータを当てはめてシミュレーションを行うと、地震発生のまえに固着

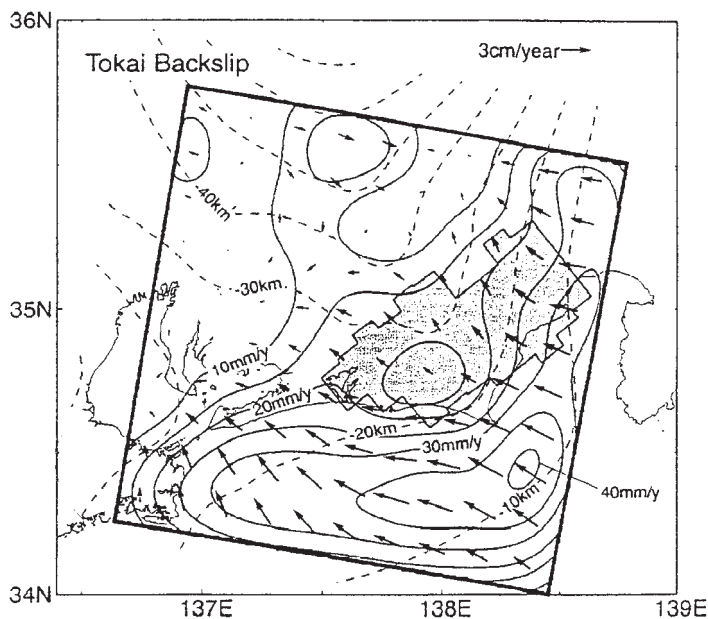


図 1-3 Matsumura (1997) による固着域と Sagiya (1999) によるバックスリップ量分布の比較 (Sagiya, 1999 より)。バックスリップは沈みこむプレートが上盤プレートを引きずっている量に対応する。

域の周辺でゆっくりとした加速度的なすべりを発生させることができる。(Kato and Hirasawa, 1996)。実験的には発生の可能性のある先行すべりではあるが、残念ながら今のところは誰の目にも明らかな先行すべりがとらえられたことはない。

2001年東海地方に沈み込むフィリピン海プレートにゆっくりとしたすべりが検出された。静岡県西部から愛知県東部にかけてのGPS観測点に異常が見られたのである(図1-4)。この現象の詳しい解説は地震学会広報誌「なるふる」28号と32号を参照してほしい(なるふるはホームページからもアクセスが可能でアドレスは <http://wwwsoc.nii.ac.jp/ssj/naifuru/naifuru.html>)。東海地方で発生したゆっくりすべりは想定東海地震の震源域と東南海地震の震源域の境界領域で見られたものである。固着の強い場所が東海地震と東南海地震の震源域となるので、その間の弱い場所でゆっくりとしたすべりが起きやすくなる。別の見方をすると、ゆっくりとしたすべりが起きる場所が固着域を分けているといえる。この様なゆっくりとしたすべりも前述の「すべり速度と状態に

依存した摩擦則」で記述できるので、この摩擦則を認める限り、東海地震の先行すべりが起きることも期待できる。

1.4 どんな観測がなされているか

そのようなゆっくりとした先行すべりをとらえて地震予知に役立てるために多くの観測がなされている。現在全国には気象庁・防災科学技術研究所・大学などをあわせて500点以上の微小地震観測点がある。東海地方はその中で最も密度の高い場所であり、集中して監視が行われている。観測の目的は何処で、どのような地震が起きているかを知るためである。この様なデータを用いることにより沈みこむプレートの形状が明らかになったり、応力の向きが明らかになる。前述のMatsumura (1993)はこの応力のデータを用いてプレートの固着を明らかにした。地震観測は、直接の地震予知よりはプレート形状のような基礎的な調査のために用いられることが多いが、応力変化の指標として地震活動が用いられることも多い。地震活動は応力の変化を敏感に反映すること

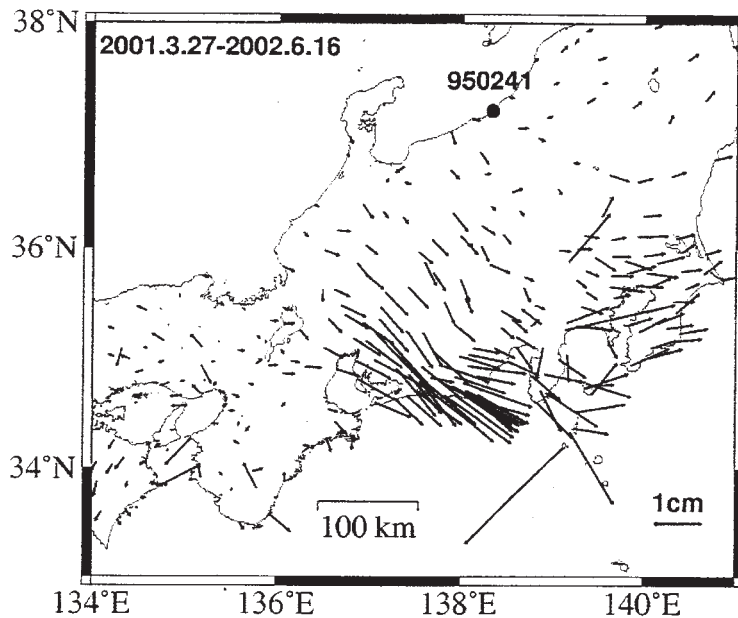


図 1-4 GPS によって検出された東海サイレント地震。定常的な変化成分を差し引いた変位量で、浜名湖付近を中心とした地域が南東方向に動いていることがわかる。

が知られている。実際 2001 年に検出された東海のゆっくりすべりの際には地震活動の明白な低下が観測されている。しかし、東海地震の直前にどのような地震活動が起きるかという点については明らかになっていない。

東海地震直前の先行現象を検知するために最も期待されているのは歪み計である。気象庁は東海地域に多数の体積歪み計を設置している。体積歪み計とは岩盤の歪みをセンサーに埋め込まれた容器の歪みとしてとらえ、容器に収めた液体の液面変化を細いパイプによって増幅して取り出すことで高い利得を得るようにした装置である。センサーはボアホールによって深部に埋め込まれ降雨等の影響を受けにくくしてある。一般に歪み計は一月程度以上かけるようなゆっくりとした変動に対する SN 比が悪いが、先行現象で想定される数日程度の短期的変動に対しては感度が高い。

GPS は 1980 年代後半から日本に導入されはじめ、1990 年代に入って急速に進歩した観測手法である。特に 1995 年以降国土地理院が日本全国に 1000 点以上配備した電子基準点と呼ばれる観

測網により地殻変動研究分野は一変したとって良い。特に東海地方には高密度の GPS 観測点が配置されていて詳しい観測が行われている。精密な解析結果を得るためには GPS 衛星の正確な軌道情報が必要となるため、高精度の結果を得るには 1 週間程度の時間がかかるのが現状であるが、比較的大きな変動が発生すれば即座に結果を得ることができる。GPS は体積歪み計に比べると短期の分解能という点では劣るものの長期の安定性に優れる。従って、ゆっくりすべりのように長時間かけて少しずつ進行する地殻変動をとらえるには GPS が適している。ただ当然ではあるが、先行するすべりによる地殻変動が大きければ GPS でもとらえられる可能性はある。

1.5 東海地震は単独で起きるのか

歴史上、想定東海地震の震源域だけ単独で地震が起きた記録がないことはよく知られている。しかしながら 100% 単独では起きないことを証明できない以上防災面での対策をしておくことは重要である。言い換えれば、近い将来、もし単独で

想定東海地震の震源域で地震が起きた場合にも、今の地震学ではその発生を説明できてしまう以上、東海地震単独発生説を否定することはできない。また、たとえ東海地震が単独で起きなくても、次の南海地震発生時には想定東海地震震源域も震源域となる可能性が極めて高いと考えられるため、防災面での備えという点では大差ない。

しかし、いつ起きてもおかしくないと言われつつ30年近く経過してしまった事実を見ると、東海地震単独発生説については疑ってかかる必要がある。

最近のGPS観測網の拡充によって、フィリピン海プレートの沈みこみについてもかなり詳しいことがわかってきた。従来は、フィリピン海プレートを剛体プレートとして扱い、相模湾における沈みこみ速度は4 cm/年程度と考えられてきた。しかしながら最近 Heki and Miyazaki (2001) の解析により駿河湾でのフィリピン海プレートの沈みこみ速度が2 cm/年程度であり、今まで考えられていた速度の半分程度である可能性が指摘されてきた。この速度は南海地震や南海地震の震源域における沈みこみ速度の半分以下であり、昭和の地震の際に駿河湾が震源域とならなかったことに合理的な説明を与えている。このことは想定東海地震が単独では起きない可能性も示唆している。彼らのモデルでは伊豆半島周辺のプレートモデルの扱いに問題点があるものの、駿河湾では伊豆半島の衝突により陸側が押し込まれ、相対的に沈みこみ速度が小さくなっていると考えられる。従って、駿河湾を震源とした想定東海地震が単独で起きない可能性については少なくとも定性的に支持されるであろう。

1.6 東海地震の前とあと

東海地震を含めた南海トラフ沿いの巨大地震前後には西日本の内陸で地震活動が活発になることが指摘されている (Hori and Oike, 1999; 堀, 2002)。これは南海トラフ沿いの地震による内陸での応力変化が原因である。一般に地殻の応力が変化すると断層の走向や傾斜によってその断層での地震が発生しやすくなったりしにくくなったりす

る。それは断層面にかかる法線応力とせん断応力の変化が影響している。法線応力が増して圧縮力が高まると摩擦が増えて地震が起きにくくなる。また、せん断応力が小さくなくても断層をすべらせる力が減って地震が起きにくくなる。このような影響を評価する量として最近では Δ CFF (Coulomb Failure Function) と呼ばれる量が用いられるようになった。この Δ CFF を用いて地震の影響を内陸の主要な断層について計算すると、南海トラフ沿いの地震の発生に伴い、地震が起きやすくなったり起きにくくなったりするのである。

図1-5には、南海トラフ沿いに発生した地震の時刻を基準とした内陸地震発生頻度を表している (Hori and Oike, 1999)。内陸地震発生は南海トラフ沿いの地震の50年程度前から活発化し、地震後10年程度まで活発な期間が続く。これは次のように説明されている。南海トラフ沿いの地震が発生すると、内陸での応力場が急激に変化し、内陸の断層の一部では地震が発生しやすくなり、統計的に地震活動が活発化する。そのような地震の典型的な例が1945年の三河地震と考えられる。

巨大地震直後の内陸地震活動活発化もすぐに収まり、あとは地震が起きにくくなった影響だけが残る。この影響は stress shadow と呼ばれているが、それも50年程度でなくなり、再び地震活動が活発になってくる。1927年の北丹後地震や1943年の鳥取地震はそのような時期に起きた地震である。ただし注意すべきことは、内陸の地震

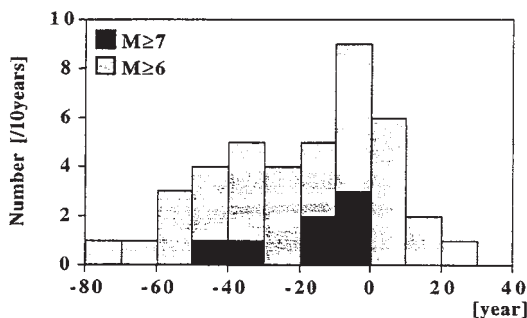


図1-5 南海トラフ沿いに発生した巨大地震の時刻を基準として調べた、西日本内陸地震の発生頻度 (Hori and Oike, 1999より)。

活動が活発になることは南海トラフ沿いの地震のまえぶれではないことである。単に、一つ前の南海トラフ沿い巨大地震の影響が消えただけであり、普通の状態に戻ったことを意味している。

参 考 文 献

- Heki, K. and Miyazaki, S.: Plate convergence and long-term crustal deformation in Central Japan. *Geophys. Res. Lett.*, 28, 2313-2316, 2001.
- 堀 高峰：巨大地震発生域周辺の地震活動に見られる静穏記から活動期の移り変わり。地学雑誌, 111, 192-199, 2002
- Hori, T. and Oike, K.: A physical mechanism for temporal variation in seismicity in Southwest Japan related to the great interplate earthquakes along the Nankai trough. *Tectonophysics*, 308, 83-98, 1999.
- Kato, N. and Hirasawa, T.: A numerical study on seismic coupling along subduction zones using a laboratory-derived friction law. *Phys. Earth Planet. Int.*, 102, 51-68, 1996.
- 国土地理院：東海地方の上下変動。地震予知連絡会会報, 2, 49-53, 1970.
- Matsumura, S.: Focal zone of a future Tokai earthquake inferred from the seismicity pattern around the plate interface. *Tectonophysics*, 273, 271-291, 1997.
- Ruina, A. L.: Slip instability and state variable friction laws. *J. Geophys. Res.*, 88, 10359-10370, 1983.
- Sagiya, T.: Interplate coupling in the Tokai District, Central Japan, deduced from continuous GPS data. *Geophys. Res. Lett.*, 26, 2315-2318, 1999.
- 山崎文人・大井田 徹：中部地方におけるフィリピン海プレート沈み込みの形状。地震, 38, 193-201, 1985.

2. 東南海・南海地震について

石橋克彦*

2.1 はじめに

図2-1の駿河トラフ～南海トラフ（トラフとは舟底状の海底の深み）の陸側で、昔から巨大な地震が繰り返し発生して甚大な災害をもたらしてきた

た。それらの地震学的研究は以前からおこなわれているが、昨2001年来、想定東海地震・東南海地震・南海地震という名称のもとに、将来の震災軽減に係わる行政と政治の動きが大きくなっている。その動きはマスメディアでも何度か報道され、これらの大地震（自然現象）と、それによる災害とその対策（社会問題）が一般の注目を集めることとなった。

地震の調査研究と震災軽減に取り組む政府の組織が国民にはわかりにくい、前者は文部科学省に設置されている地震調査研究推進本部が所掌し、後者は内閣府に置かれた中央防災会議と同府防災部門が中心になっている。

中央防災会議は、かねてから切迫性が高いとされて特別な対策もとられている想定東海地震について、2001年に専門調査会を設置して震源域と地震動（地震の揺れ）・津波の見直しをおこない、その結果を踏まえて2002年4月に「地震防災対策強化地域」を23年ぶりに修正・拡大した。これに関連して、西方の東南海・南海地震に関する専門調査会も設置され、2001年10月から地震対策の充実・強化を検討している。

一方、地震調査研究推進本部の地震調査委員会では、2001年9月に「南海トラフの地震の長期評価について」¹⁾を公表し、2001年から30年以内に発生する確率が南海地震で40%程度、東南海地震で50%程度に達すると推定した。

さらに、地元からの強い要望を受けて、「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」（以下、特別措置法）が議員立法として本年2002年7月に国会で可決成立した。

駿河～南海トラフ沿いの巨大地震が今世紀半ばまでにはほぼ確実に発生するだろうことは地震研究者の常識といってよいから、政府・地方自治体や住民が認識を深めて地震対策に真剣に取り組むのはよいことである。しかし、最近の動きや報道には、行政的枠組みの中で自然現象がゆがんだ形で伝えられている面や、情報が不十分な面もある。本稿では、東南海・南海地震の基本的な解説と災害の実態を述べるとともに、問題点も考えてみたい。

* 神戸大学都市安全研究センター

2.2 駿河～南海トラフの巨大地震

地震とは、地下の岩盤が面状にズレ破壊（面の両側が互いに逆向きに激しくズレ動く破壊）をして地震波（岩石の振動が伝わる波）を放出する現象である。地震の本体は地下のズレ破壊の面で、これを震源断層面という。地震の大きさをマグニチュード（以下 M と書く）で表わすが、 M が大きいということは震源断層面が広大ということだと思っていよい（両側の岩盤の間のズレの量も、震源断層面の長さにはほぼ比例して大きくなる）。 $M7.8$ 程度以上の地震を巨大地震ということがあるが、その震源断層面は大雑把にいて長さ 100～150 km、深さ方向の幅 50 km 程度にも達し、面全体で平均したズレの量は 5 m ほどにもなる。なお、震源断層面が広がる地下の領域や、それに対応する地表の範囲を震源域^{注1)} という。

図 2-1 は、史料地震学の最新の成果²⁾ として、駿河～南海トラフ沿いに発生した歴史上の大地震の震源域の範囲を年代順に描いたものである。立体数字と斜体数字は、それぞれ発生年と間隔（年）を示す。震源域の範囲を表わす線は、太実線が確実なもの、太破線が可能性の高いもの、細破線が可能性の考えられるもの、細点線が不明なものである。従来、トラフ沿いの地震発生域は図 2-1 のように A から E までに分けられ、A+B を震源域とするものを「南海地震」、C+D+E を震源域とするものを「東海地震」と呼び習わしていた。その典型は、1854 年の安政東海地震と安政南海地震（前者の約 30 時間後に発生）である。A～E の領域分けは、海底地形などからみても意味があると考えられている。

東海地震と南海地震は同期して発生しており、歴史時代には、684 年以来 9 回のシリーズが知られている。これらのうち、1096/99 年、1361 年、1854 年、1944/46 年の 4 回のシリーズでは東海地震が南海地震に先行し（先行時間は約 30 時間～2 年2 ヶ月）、1707 年にはほとんど同時に発生した（歴史記録からは分離できないという意味）。887 年と 1498 年の 2 回も、ほぼ同時だったと推定される。684 年の南海地震に対応する東海地震があったかどうかはわからない。1605 年の地震

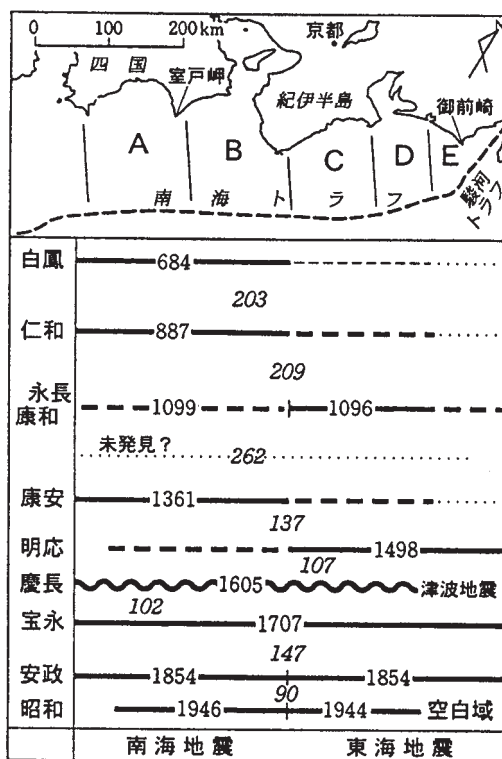


図 2-1 駿河～南海トラフに沿う巨大地震の繰り返しの履歴²⁾

は A～D 領域を震源域としたようだが、特異な津波地震（地震動が非常に弱くて大津波を生ずる）であった。以上は、すべて $M7.9\sim8.6$ 程度の巨大地震である。なお、少なくとも 1200 年代前半頃にもう 1 シリーズ隠されている可能性があるが、1096/99 年以前の 3 シリーズの間に未知のシリーズがあるかどうかは謎である。

これらの巨大地震が発生する仕組みは次のように考えられている。

地球表層の岩石圏は、プレートと呼ばれる何枚かの岩板に分かれているが、駿河～南海トラフの東ないし南側の海底（伊豆半島を含む）はフィリピン海プレートというプレートに属し、トラフから年間 4 cm ほどの速さで北西向きに、それ以北の日本列島のプレートの下に沈み込んでいる。トラフから陸側に傾き下がる両プレートの境界面は普段は固着していて、フィリピン海プレートの沈

み込みに伴って陸側プレートが変形し、その変形が限界に達すると境界面でズレ破壊が生ずる。これが東海地震と南海地震である。図 2-1 に示すように 1361 年以降は 90~147 年の間隔で巨大地震が繰り返しているが、年間 4 cm のプレートの運動がこの年数分蓄積して地震時にズレを解消するとすれば、地震時のズレの量は大雑把に 4~6 m となって、巨大地震としてつじつまが合っている。このような仕組みで起こる地震を、一般にプレート間地震と呼ぶ。

東海地震の最後のものは 1944 年に発生したが、地震動や津波の激しい地域は 1854 年安政東海地震に較べると西に片寄っており、地震直後から「東南海地震」と呼ばれた。1976 年に筆者は、1854 年安政東海地震の震源域は C+D+E 領域だったが 1944 年のそれはほぼ C+D 領域だけだったことを明らかにし、E 領域ではプレート間の変形が 1854 年以來たまり続けているので、近い将来巨大地震が発生する可能性がある」と指摘した。筆者はその地震を「駿河湾地震」と呼んだが、文部省（当時）測地学審議会は 1976 年 10 月に「東

海地震」を正式の呼称と定め、1979 年に中央防災会議もこの名称を申し合わせた。これが現在の「想定東海地震」に引き継がれているのだが、実はこの名称が、あとで述べる問題の遠因になっていると考えられる。

2.3 東南海・南海地震の震源域と発生時期

想定東海地震は、理学的研究結果を踏まえて行政的にはいつ発生してもおかしくないとされており、1978 年に施行された大規模地震対策特別措置法（以下、大震法）が適用されて、直前予知態勢や特別な地震対策がとられている。

東南海・南海地震に対する地震調査研究推進本部地震調査委員会の長期評価¹⁾は、このことを前提にしている。そのために、駿河~南海トラフ沿いを図 2-2 のように領域 X、Y、Z の三つに分け、領域 Z は想定東海地震の震源域であるとして、領域 X 付近を中心にして発生する地震を「南海地震」、領域 Y 付近を中心にして発生する地震を「東南海地震」と呼んでいる。注釈²⁾がつけられていて、従来「東海地震」と呼ばれてきたものを「東南海

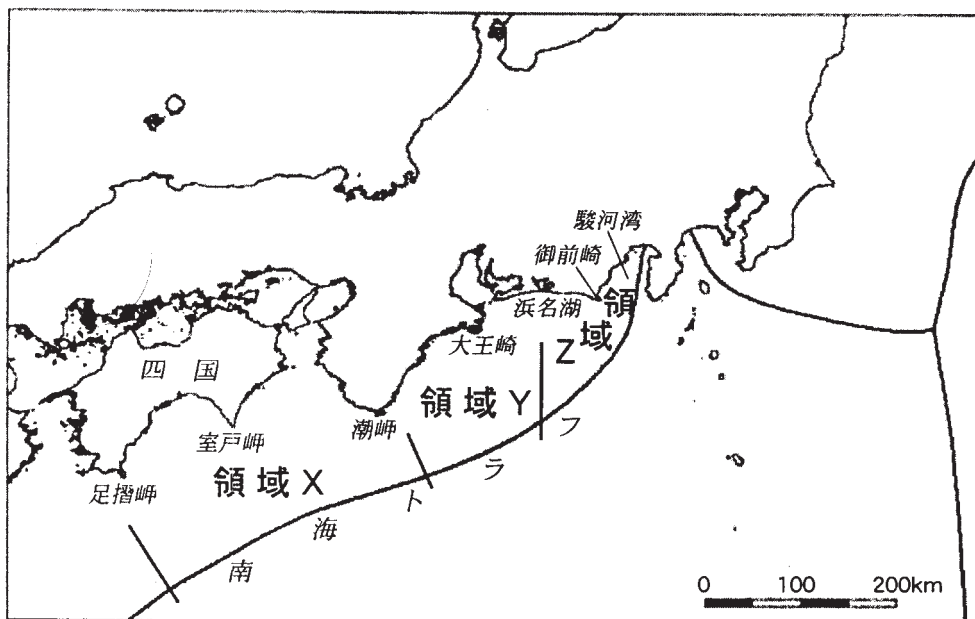


図 2-2 地震調査研究推進本部地震調査委員会¹⁾が評価対象とした領域の概略位置図

地震」と呼ぶとも受け取れる微妙な表現だが、実質的には、駿河～南海トラフ沿いには、図 2-1 の A+B 領域の南海地震、C+D 領域の東南海地震、E 領域の東海地震の 3 種類が固有に存在し、東海地震は近い将来に発生し、それとは別に東南海地震と南海地震が発生するという見方だと言えよう。

長期評価¹⁾は、既往の研究成果や関連資料を用いて、将来の東南海地震と南海地震の震源域を図 2-3 のように想定している。二つの震源域の中の矢印は、変形した陸側プレートが地震時にズレ動く平均的な向きを予測したものである。M に関しては、南海地震が M 8.4 前後、東南海地震が M 8.1 前後、両者が同時に発生した場合には M 8.5 前後になる可能性が高い、と判断している。

一般に、大地震が繰り返し発生する場所で、前回の地震が小型 (M や震源断層面の面積やズレの量が小さい) だった場合、次回の地震は早めに発生すると考えられている (時間予測モデル¹⁾ ; 正確には、発生時期予測可能モデル)。1946 年の昭和南海地震は、1854 年安政南海地震や 1707 年宝永地震の南海部分より小さかったことが、震度 (地点ごとの地震動の強さ) や津波の高さの分布、沿岸の地震時隆起量から明らかなので (震度分布に関しては図 2-5 と図 2-7 を参照)、多くの研究者が次の南海地震は今世紀半ばまでには発生すると考えており、2030～2040 年頃ではないかと推測する人もいる。長期評価¹⁾では、時間予測モデルによる長期的な地震発生確率も検討され、南海地震が 30 年以内に発生する確率の時間推移が図 2-4 a のように求められた。二本の曲線は、活動間隔のばらつきのパラメータの値を 0.20 と 0.24 にした場合に対応している (詳しくは文献¹⁾³⁾ を参照)。この図から、30 年以内に南海地震が発生する確率が 2001 年では約 40 %、2011 年では約 60 % というようなことが読み取れる。

東南海地震については、長期評価¹⁾は、過去の地震の発生時期が南海地震よりわずかだけ早い例が多いことなども考慮して、やはり時間予測モデルが適用できると考え、図 2-4 b のような発生確率の時間推移を求めた (ばらつきのパラメータの値は 0.18 と 0.24)。30 年以内に東南海地震が

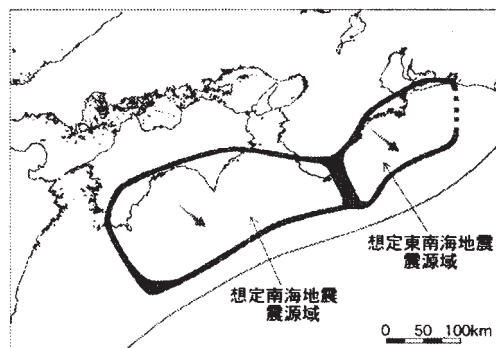


図 2-3 地震調査研究推進本部地震調査委員会¹⁾が想定した東南海・南海地震の震源域

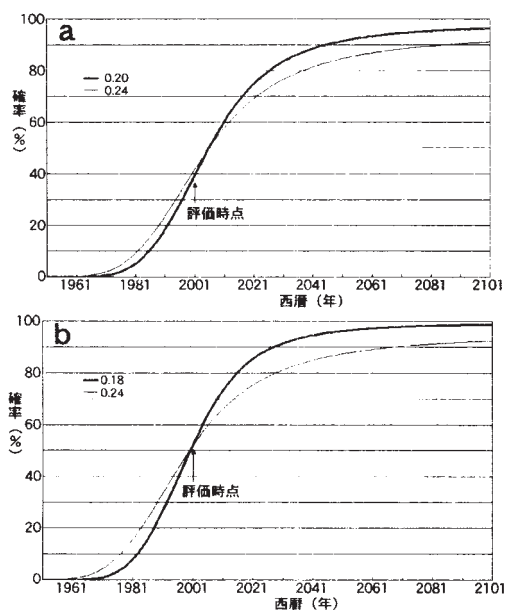


図 2-4 時間予測モデルによる 30 年後までに地震が発生する確率の時間推移¹⁾
a: 南海地震, b: 東南海地震

生する確率は、2001 年では 50 % 以上、2011 年では 70 % 前後になっている。

図 2-1 にみられる過去のパターンから考えて、南海地震と東南海地震は時間的に近接して発生する可能性が高いと考えられる。2 年程度以内に、東南海地震、南海地震の順に引き続いて発生するか、同時に発生するかが、現実にあることだろう。

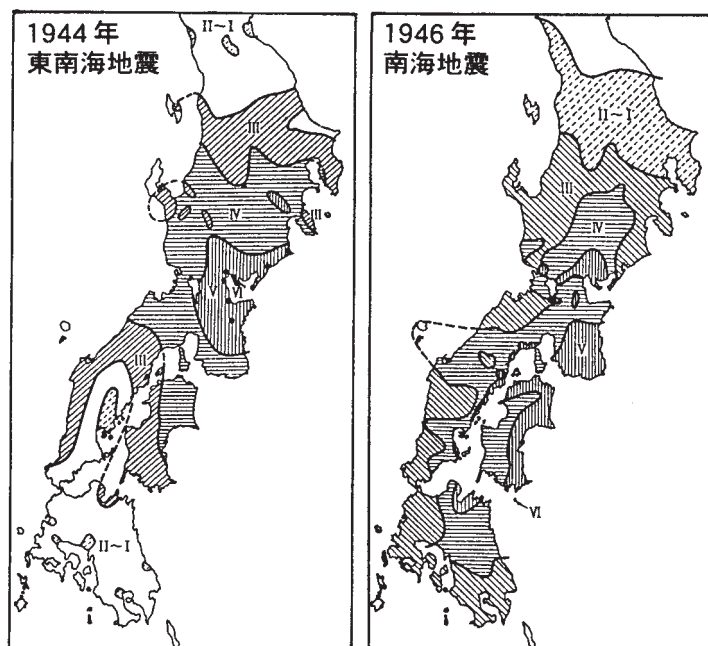


図 2-5 気象庁による1944年東南海地震と1946年南海地震の震度分布⁴⁾

2.4 東南海・南海地震による災害

重要な点を簡単にみておこう。

東南海・南海地震による災害で最も基本的な点は、強い地震動（揺れ）と大津波が広範囲に生じて広域大災害になることである。1944年東南海地震（ M 7.9）と1946年南海地震（ M 8.0）は、それぞれ歴史上の東海・南海地震のなかで一番小型の部類だったと思われるが、それでも図 2-5 のような震度分布を呈し、1944年には1200人以上、1946年には1300人以上の死者・行方不明者を生じた。将来可能性が高いのは、むしろ後述のように1854年の東海・南海地震のようなものだと考えられ、防災のためにも大型のものを想定したほうがよいが、この二つによる震度と津波の分布は図 2-6、図 2-7 のようであった。

このような巨大地震に襲われた場合、軟弱地盤や急傾斜地の利用が著しい現代ではなおのこと、中部地方全域や西南日本全域という広い範囲で、阪神・淡路大震災が幾つも同時多発するような状況になるだろう。さらにそれに広域の大津波災害が加わる。その結果、道路・鉄道・航空路網やエ

ネルギー・通信網も広範囲で寸断し、被災地の救援が困難になって被害を増幅するとともに、復旧にも重大な支障を生ずる。なお、筆者が既に1994年に指摘したことだが、中国・四国・九州地方の大部分で地震地域係数（地震危険度に応じて建築物の設計震度を補正するための係数）が0.9以下なのは問題である。

非常に重要なのは、「やや長周期強震動」という巨大地震特有の揺れである⁵⁾。震源域が大きいこと、地震波の伝搬の影響、地盤の影響が複合して、やや離れた平野や盆地では特に、短周期強震動のあとから周期が2~3秒程度より長いゆったりとした揺れが大振幅で2~3分続くと予想される。これは、固有周期の長い構造物（超高層ビル、長大橋、オイルタンクなど）に大きな影響を与え、阪神・淡路大震災では見られなかった被害の様相を呈する恐れがある。大阪や名古屋をはじめとする諸都市の超高層ビルや、沿岸各地の石油コンビナートの巨大タンクが重大な損傷を受けるかもしれない。固有周期をわざと3秒前後に延ばして地震に強いとされている免震構造も、被災の可能性

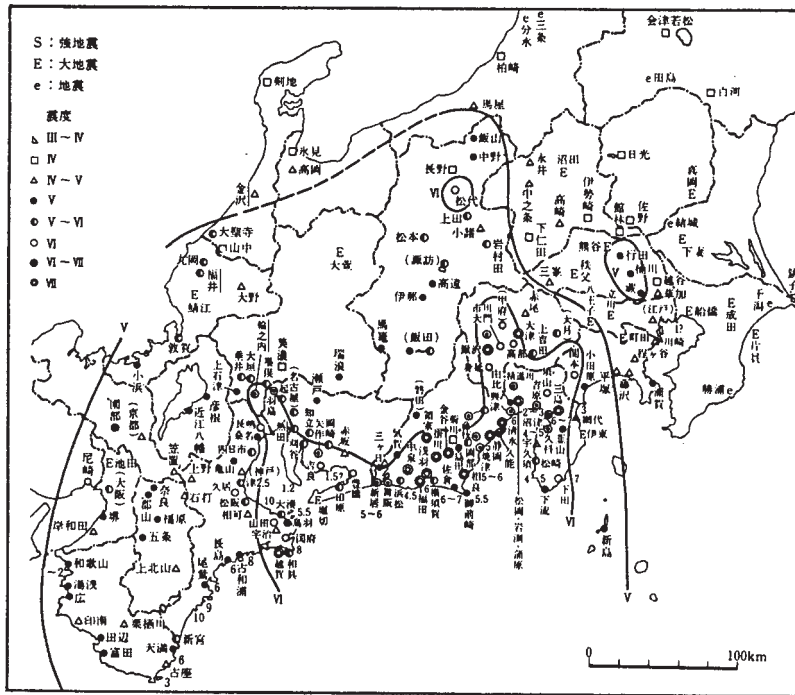


図 2-6 1854 年安政東海地震の震度と津波の高さ（海岸沿いの数字, m）の分布⁴⁾

がある⁵⁾。それを過信した大規模マンション・病院・消防署などは特に注意を要する。問題は、やや長周期強震動の計測データや被災例が過去にないために（昔は適切な地震計や超高層ビルなどがなかったために）揺れや被害を実証できないとして、行政の地震対策ではほとんど無視され、マスメディアも社会に伝えていない点である。

複合大震災の一例として、例えば大阪湾や伊勢湾の沿岸で、最初の短周期強震動で防潮扉が破損して閉まらなくなり、引き続くやや長周期強震動で近くのオイルタンクが損傷して油火災が生じ、1～2 時間後に襲ってくる津波で火炎の油膜が河川を遡上して市街地に溢れ、街の延焼火災に至るといったようなシナリオもありうるだろう。事前と発災時と事後の対策を的確に考えるためには、理論と想像力を駆使してあらゆるシナリオを想定する必要がある。

現実的に可能性が高いのは、次項で述べるように、図 2-2 の領域 Y+Z（図 2-1 の C+D+E 領域）

で想定東海地震と東南海地震が同時に発生して、1 日から 2 年程度以内に図 2-2 の領域 X（図 2-1 の A+B 領域）で南海地震が続発するケースと、これらすべてが同時に発生するケース（1707 年型）であろう。前述のことから考えて、1707 年型の災害はまさに空前のものとなり、復旧・復興もきわめて厳しいものになるだろう。また、やや時間差をおいて巨大地震が連発するケースでは、救援チームの被災などによってかえって被害が増大することも考えられる。さらに、あらゆる場合に M7 クラスの大余震が複数起こるし、1945 年三河地震 (M 6.8, 死者 2000 人弱) のような大地震が続発することもある。

御前崎のやや西にある中部電力浜岡原子力発電所が想定東海地震で大事故を起こし、「原発震災」という破局的な複合災害が生ずる可能性が指摘されている⁶⁾。東南海・南海地震によっても、浜岡や、佐多岬半島の四国電力伊方原子力発電所に関して同様の懸念がある。もし、30～40 年後に

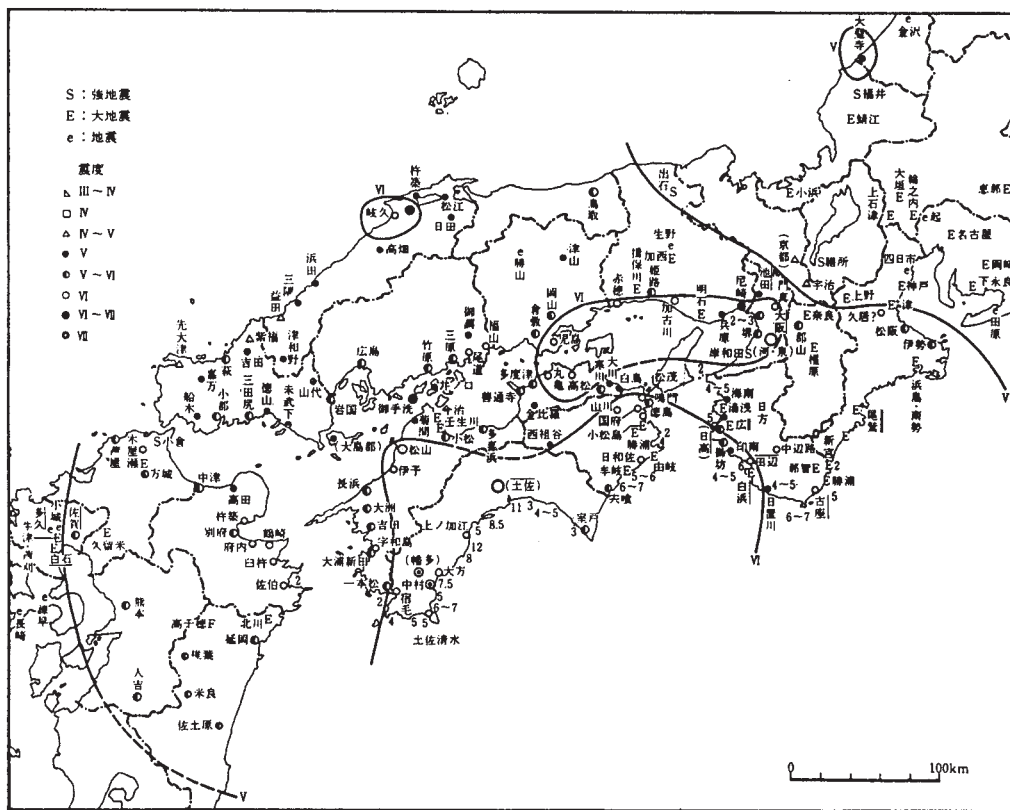


図 2-7 1854 年安政南海地震の震度と津波の高さ (海岸沿いの数字, m) の分布⁴⁾

1707 年型の巨大地震が起これば、浜岡に建設中の 5 号炉 (2005 年運転開始予定) も、経年劣化した原子炉が想定より激しくて長時間の地震動に確実に襲われる。震災の様相を一変させる恐れのある原子力発電所の地震被害も、「想定外」とせずに、純粋な地震防災対策として中央防災会議で真剣に検討することが切望される。

2.5 「東南海地震」という概念の問題点

前述のように長期評価¹⁾は、想定東海地震の発生が懸念されていることを前提にしているから、図 2-2 の領域 Y の東南海地震と領域 X の南海地震が想定東海地震とは独立に起こるという考え方を基本にしている。「仮に想定東海地震が発生せずに推移した場合には、領域 Z は次の東南海地震発生の際に同時に破壊する可能性も出てくるが、

この点については、適当な時期に再検討する必要がある」と補足しているけれども、地震調査委員会強震動評価部会が 2001 年 12 月に公表した強震動評価手法の中間報告⁷⁾もこの基本的考え方に則っている。特に、地震防災対策の拠り所となる特別措置法でも、東南海地震とは遠州灘西部から熊野灘で発生する大規模な地震と規定されている。しかし、このような東南海地震のイメージが独り歩きすると、地震防災対策に悪い影響を与えるのではないかと懸念される。なぜならば、現実には東南海地震は単独では起こりにくく、上述の「補足」が指摘している可能性のほうが高いと考えられるからである。

想定東海地震は、図 2-1 の E 領域 (図 2-2 の領域 Z) が 1854 年の震源域であったのに 1944 年には再破壊し損なったから、「割れ残り」としてい

つ発生してもおかしくないと考えられている。確かに、明治以来の精密な測量の結果でも大きな変形が確認されているから、想定東海地震が近々発生して、その後例えば20~40年ほど経ってから東南海地震と南海地震が連続的ないし同時に起こるといふ予測は依然として棄てきれない(1944年から58年、1946年から56年しか経過していないので、近々想定東海地震・東南海地震・南海地震が連発ないし同時発生することは、可能性が低いと思われる)。

しかし、「割れ残り」にしては既に58年が経過していることや、図2-1のE領域がA~D領域とは少し異なる地学的特性をもっているかもしれないことなどから、想定東海地震が次の南海地震の時期まで発生しない可能性も小さくないと考えられる。図2-1に示されている限りでは、E領域の大地震が単独で発生した例はないし、逆に、E領域の大地震が起こらないまま次のシリーズに至ったケースがあったかもしれない(ただし、駿河湾地域は古い時代の地震史料が残りにくいという制約は十分考慮しなければならない)。

その場合、今世紀半ば頃に、隣接する想定東海地震と東南海地震とが別々に発生するかというと、多くの地震研究者の答は否であろう。最もありそうなのは、1854年安政東海地震と同じ型ものが起こるケースだろう。そして、南海地震が2年程度以内に続発するか、同時に発生する。要するに、図2-2の領域Yを震源域とする東南海地震が単独で発生する可能性は低いと考えられる。

図2-2の領域Y+Zを震源域とする本当の「東海地震」が発生した場合、1854年安政東海地震とほぼ同様な地震動と津波の分布(図2-6)がもたらされると予想される。それらは、想定東海地震と東南海地震がそれぞれ単独で起こるときより広域的だから、発災対応が、二つの地震に対するものの単純な足し合わせでは不十分なことは、地域レベルでも全国レベルでも明らかである。さらに事前対策に関しても、二つの地震を個別に想定していればよいというわけにはいかない。領域YとZとの同時破壊によって地震動や津波の強さと性質(特に継続時間)と分布が変わってくるから

である。例えば、二つの地震ともに強い地震動を及ぼさないとされる北陸地方などでも、地盤によっては震度6弱以上になるかもしれない、特に積雪期における影響などが懸念される。

ところが、大震法のもとでの対策は、領域Zだけが震源域になる想定東海地震に対してだけであり、新たな特別措置法のもとでの対策は、(南海地震は別として)領域Yだけが震源域になる東南海地震だけになりかねない。つまり、自治体レベルでも国レベルでも、領域Y+Zが震源域となる巨大地震に対する現実的対策は考慮しにくい仕組みになっている。

中央防災会議の「東南海・南海地震等に関する専門調査会」では、想定東海地震と東南海地震が同時発生するケースや、さらに南海地震まで同時発生するケース(1707年型)も検討するようである。地方自治体・マスメディア・一般市民も、「東南海地震」という、ある意味で法体系に左右されたような形式的な地震像だけを鵜呑みにせずに、現実に即した柔軟な地震対策を考えることが望まれる。また国家レベルでは、地震に備える国土政策の基礎として、早い段階から1854年型や1707年型の地震発生様式を想定すべきであろう。

2.6 おわりに

最後に三つ付け加えておきたい。

第一は、東南海・南海地震と内陸の大地震との関係についてである。駿河~南海トラフ沿いの巨大地震の前50年間・後10年間くらいは西日本内陸で大地震が起こりやすいと言われる。その観点から、1995年兵庫県南部地震は南海地震に先立つ内陸の活動期の始まりだと言われたし、2000年鳥取県西部地震もその一環だとされることが多い。長期評価¹⁾も、近畿圏および中部圏の地震発生時の活発化の可能性を指摘している。

しかし筆者は、西日本に限定しないほうがよいと考えている⁸⁾。詳細は省略するが、東アジアの東方へのブロック運動に起因して、筆者が「アムールプレート東縁変動帯」と仮称する一帯(北海道~東北地方の日本海沿岸の海陸、信越~北陸地方、中部地方、西日本、駿河~南海トラフ)の大地震

発生は同期すると考えられ、南海トラフ巨大地震に先行して北海道～東北地方の日本海沿岸や信越～北陸地方などでも大地震が幾つか発生する可能性がある。実際、1854年の前にも、1944・46年の前にも、西日本だけではなく北海道～東北の日本海側や信越地方でも大地震が続発した。今後、これらの地域の大地震も、中部以西とともに注目する必要がある。

また、この考えに立つと、1605年に特異な津波地震が発生したのは、1596年の近畿～四国の巨大内陸地震の影響だったという解釈が成り立つ。そして、将来も、もし四国の中央構造線活断層系で巨大地震が起こったりすれば、東南海・南海地震が津波地震になる場合もあると予測される。

第二は、地震直前予知への取り組みについてである。想定東海地震の対策が大震法によってなされているのは、直前予知が可能とされているからである。実際はその前提が必ず成り立つとは限らないので、地震対策全体としては改善が必要だと思われるが、直前予知に取り組んでいること自体はよいことだと筆者は考えている。想定東海地震の震源域が陸にもかかっている直前予知を試みやすいのに対して、東南海・南海地震の震源域は海域が大部分だから直前予知は困難といわれることがある。しかし、直前の先行現象が生じるのは震源断層面の深い部分で、それは海岸線の直下だという見方もある。研究対象を増やすという意味でも、東南海・南海地震についても直前予知に取り組むことが望まれる。

第三は、東海地震と南海地震の発生の順序についてである。前述のように、過去の事例では、知られている4回すべてで東海地震が先行しているとみなされるが、その順序に地学的・物理的必然性があるのかどうかはわかっていない。予測の精度を高めるためには、この問題の究明が非常に重要であろう。

注

注1)「震源域(source region)」と「震源断層面(fault plane of earthquake source)」とは意味が違う。想定東海地震の震源域の見直し

に関して、1979年に中央防災会議が発表した矩形の断層モデル(震源断層面をモデル化したもの)を「従来の想定震源域」と称して、それが「なすび型」の想定震源域に大きく変わったと言われるが、断層モデルを想定震源域と呼ぶのは「震源域」という言葉の誤用と言えよう。筆者が1976年に示した想定震源域は、見直されたものとそれほど違うわけではなく、矩形の断層モデルは、計算の制約などから単純化して設定されたものである。

注2) 注釈は次のとおりである¹⁾：「東南海地震」という用語は1944年に発生した地震について使われてきた。この地震以前に領域Y付近を中心にして発生した地震の震源域は領域Zまでを含むことが多く、「東海地震」と呼ばれている。(中略)しかし、ここでは、想定東海地震との区別を明確にするために、「東南海地震」と呼ぶことにした。(下略)

参考文献

- 1) 地震調査研究推進本部地震調査委員会：南海トラフの地震の長期評価について、http://www.jishin.go.jp/main/chousa/01sep_nankai/index.htm, 2001.
- 2) 石橋克彦：フィリピン海スラブ沈み込みの境界条件としての東海・南海巨大地震—史料地震学による概要—, 京都大学防災研究所研究集会13K-7報告書, pp.1-9, 2002.
- 3) 地震調査研究推進本部地震調査委員会：長期的な地震発生確率の評価手法について、http://www.jishin.go.jp/main/w_060_f.htmの中, 2001.
- 4) 宇佐美龍夫：新編日本被害地震総覧[増補改訂版], 東京大学出版会, 493 p., 1996.
- 5) 石橋克彦：阪神・淡路大震災の教訓, 岩波書店, 63 p., 1997.
- 6) 石橋克彦：原発震災—破滅を避けるために, 科学, Vol.67, No.10, pp.720-724, 1997.
- 7) 地震調査研究推進本部地震調査委員会強震動評価部会：南海トラフの地震を想定した強震動評価手法について(中間報告), <http://www.jishin.go.jp/main/kyoshindo/01b/index.htm>, 2001.
- 8) 石橋克彦：「アムールプレート東縁変動帯」における1995年兵庫県南部地震と広域地震活動(予報), 地質ニュース, 490号, pp.14-21, 1995.

3. 南海トラフ巨大地震に伴う津波—東海、東南海、南海道地震津波—

今村文彦*・高橋智幸**

3.1 南海トラフと繰り返される地震・津波

フィリピン海プレートの沈み込みでは歪みエネルギーが蓄積され、100～150年の間隔で開放されることで、巨大地震を繰り返し発生させている。震源域が沿岸に近い場合、激しい強震動が発生し、その後大津波が沿岸に襲来するというパターンを繰り返している。

図3-1には1300年以降の南海トラフで発生した地震の位置を示しており、地震・津波の周期性が理解できると思われる。ここでは、明応7年(1498)の地震津波も入れている。この地震は、震度6の範囲が静岡から甲府盆地まで及んだ最大級の東海地震であったことは明らかであるが、南海地震を伴っていたかは疑問であった。最近、都司(1999)の研究により可能性の高いことが指摘されているため、ここでは、図中に示している。

南海トラフ周辺で発生した津波について、他の地域である北海道、三陸、日本海側などと比較すると、大きく2つの特徴が挙げられる。

- 1) 波源域が沿岸に近く、到達時間が早い
 - 2) 人的被害が大きい
- 2) に関して、発生した津波の直接波が太平洋沿岸を襲う他に、紀伊水道を北上し大阪湾に侵入することの影響が大きい。特に、宝永地震(1707)と安政南海地震(1854)の際には、大阪周辺で津波による多大な溺死者を出した。津波の規模も非常に大きくなく到達時間も遅いが、水の都である大阪は、低平地に人口集中度が高く、津波からの避難として船を使ってしまったこともあり、多大な人的被害を出している。

表3-1には、我が国において記録が残されている南海トラフでの地震・津波をまとめている。伴って発生した津波は、いずれも津波マグニチュード(m)で3以上であり、大規模なものであったことが分かる。安政・昭和津波では、米国の

Honolulu, San Francisco, San Diegoなどで10 cm程度の津波成分も記録されている。一方、南海トラフでの津波波高分布の特性としては、波源の短軸方向の沿岸で値が大きく、そこから左右に離れるにつれ波高値は減少していく。代表的な津波高さは、1707年宝永において高知県宇佐で15.7 m、1854年安政東海において三重県賀田及び二木島で9 m、1854年安政南海において高知県久礼で12 m、を記録している(羽鳥, 1974)。短軸方向の沿岸に湾などが存在すると、湾奥部へのエネルギー集中、津波周期と固有振動周期が一致した波高増幅などが起こり、急激に津波は大きくなる。

3.2 津波被害の特徴

ここでは、代表的な2ヶ所での津波被害を紹介する。少なくとも3回(宝永、安政、昭和)の津波による被害を受けている高知県・須崎(高知県須崎市, 1995)と大阪(都司, 1999)である。

(1) 須崎での津波被害

宝永津波

津波は少なくとも7～8 mに達した。地震により堀川の橋が落ち、そこへ津波が襲来して避難路が断たれ、多くの犠牲者を出している。須崎の集落よりさらに内陸部にある池ノ内では田畑の浸水があったものの、家屋の被害はなかった。しかし、ここにある堀川と通じる池には流死者が累々と漂い悲惨な様相を呈していた。

安政津波

西町、新町、浜町、原、古倉といった海岸沿いの家屋はほとんど流出し、堀川に架かるすべての橋が落ちた。(津波?地震?)しかし、現在5.1 mの地盤にある八幡宮境内は浸水しなかった。また、この津波に際し、船で避難を試みようとした30余名が行方不明になっている。須崎浦及び須崎村を見ると、死者は35名、流失家屋は270戸であり、宝永津波と比べると人的被害は格段に減少している。この原因として、津波波高自体が小さかったためか、宝永津波の教訓が生かされたのか、関心のあるところである。

* 東北大学大学院工学研究科災害制御研究センター

** 京都大学防災研究所

表 3-1 南海トラフでの巨大地震と伴って発生した津波

年	年号	推定M	津波 m	被害	記述
684	白鷗十三年 (天武十三年)	M8.4 (8.25)	3		記録(日本書紀)に残る我が国最古の津波。高知を始め南海・東海・西海諸道の役所、神社、寺が崩壊し、人や家畜に多数の被害が出た。土佐で田他50余万頃(約12km ²)沈下。
887	仁和三年	M8.6 (8-8.5)	3		紀伊半島沖を震源とする大地震。津波は、四国。紀伊半島及び大阪一帯に襲来。中でも摂津(大阪)での被害大。日向にも津波来襲。
1099	承徳三年	M8.0	?		紀伊半島沖を震源とする大地震。津波の詳細な記録はないが、発生は確実。
1361	正平十六年 (康安元年)	M8.4 (8.25-8.5)	3		紀伊半島沖を震源とする大地震。津波は紀伊半島から土佐沿岸を襲い、大阪始め高知、徳島沿岸に大きな被害。太平記には、徳島由岐で1,700戸流出、60余流死とある。
1498	明応七年	M8.6	?		震度6の範囲が静岡から甲府盆地まで及んだ最大級の東海地震であったことは明らかであるが、南海地震を伴っていたかは疑問であったが、最近可能性の高いことが指摘されている(都司, 1999)。
1605	慶長七年	M7.9	3		房総半島沖と室戸岬沖に、2つの震源を持つ大地震が同時に発生。大吹岬から九州に至る太平洋沿岸に大きな被害。最も被害の大きかったのは四国。
1707	宝永四年	M8.4	4	死者4,900名 破壊29,000戸 (死者5,000名 流失18,000戸) 死者2万人以上という説もあり	南海トラフ全体で地震が発生し、伊豆半島から九州に至る太平洋沿岸及び、大阪湾、播磨灘、伊予灘、山口県の瀬戸内海沿岸まで襲う。中でも、高知県での被害が最大。

昭和津波

地震発生後約10分で津波が来襲し、その後払暁まで2時間半の間に、津波は、6ないし7回、20分くらいの周期で来襲したようである。津波は湾内に侵入してから波頭が砕けたのか、その先端部に小船が載せられたまま奥へ流されたことが記されている。津波は、原町北端の古倉渡し南側

より原町内部に侵入し、須崎駅ム城山間の凹部を南流して堀川へ向かい、東部・南部からの陸上に氾濫した流れと合流した。浜町方面・旧棧橋西北側付近では、特に第2波時の流木により30余戸が倒壊・流失し、津波は鉄道線路の位置で海面上1.24mにもなり、それを越え、北側でも家屋を倒壊させている。予期しなかった古倉方面からの津

表 3-1 の続き

1854	嘉永七年	M8.4	4	東海・南海合 わせて 死者 2,658 名 流出 17,486 戸	安政東海・南海地震津波 この地震は嘉永七年に起きたが安政地震と呼ばれる。この年は相次いで大地震に見舞われ、十一月二十七日に「嘉永」から「安政」へ改元された。東海・南海地震津波の発生後十一月足らずの間であり、かつ当時の混乱した状況が伺える。 安政東海地震の 32 時間後に安政南海道地震が発生。房総半島から九州東岸に至る広範囲で多くの被害。和歌山県湯浅湾広村での浜口儀兵衛が村民を助けた「稲村の火」の話は有名
1944	昭和十九年	M7.9	3	死者 998 名 流失 3,059 戸 文献により被害実数は異なる	発生した津波は、伊豆半島から紀伊半島、大阪湾まで影響する。被害は、静岡、愛知、三重の各県で大。
1946	昭和二十一年	M8.1	3	死者 1,330 名 破壊 11,506 戸 流失 1,451 戸 焼失 2,598 戸	紀伊半島沖を震源とする大地震。この被害は、中部地方から九州までに及ぶ。高知、徳島、和歌山での被害が大きかった。津波は和はいやカリフォルニアにも達し、全振幅で 15-50cm となった。四国、紀伊半島の太平洋沿岸付近で、地盤の昇降が記録されている。

表 3-2 南海地震津波による高知県須崎地域での被害(高知県須崎市, 1995)

	流死(行方不明含)	流失家屋	破壊家屋	田畑被害	船舶流失	最大波高
宝永津波	331	432		592 石		11.7m
安政津波	50	550	95	3,610 石	137	7.1m
昭和津波	56	45	136	92 町	483	4.5m

波浸入と、避難の遅れ、流木による家屋の破壊や避難進路を妨げたためであると考えられている。

(2) 大阪での被害

宝永津波

地震の揺れによる家屋被害は大破・倒潰 1,061 軒、死者 663 人(当時の人口 34 万 9,704 人、家

数 17,279 軒)と報告されている(「浪速之震事」)。淀川の州に町が作られた大阪は地盤が弱く、地震の揺れによっても建物の被害が生じ、落ちた橋は 26ヶ所、4ヶ所大破と伝えられる。地震の 1 時間半後に襲ってきた津波は、安治川、木津川を遡り、安治川、木津川の河口に停泊していた大船を移動させ押し潰したため、約 1 万人以上の溺死者を出

したと伝えられている。大小回船 320 余艘が押し流されて沈没遭難し、あるいは日本橋まで波に運ばれてここに押しつけられた。大船の市街地浸入によって家にぶつかり潰家となった家が 603 軒であった。

安政津波

安政東海地震の起きた 8 時間後、安政南海地震が発生し、大阪でも震度 5 程度の強い揺れを経験していた。図 3-2 は当時、来襲した津波について記録した絵図である。この地震の揺れの強さに慌てた市民の多くが堀に浮かぶ船での避難を試み、そのあと襲ってきた津波により多くの死者を出した。宝永津波の教訓が生かされていないと思われる。津波の高さは最大で 6 m 程度といわれ、1 千 5 百石積みの大船の碇が切れて船は漂流を始めた。津波は、安治川、木津川の河口から市街地へ浸入してきた。

千石以上の大型船が、安治川へ 60 艘、木津川へ 200 艘、津波で運び上げられた。道頓堀の大黒橋のところでは、次から次へ遡上してくる船が折り重なって「亀の甲を干すごとく」であった。船の帆柱がぶつかって木橋を損ない、橋の落下を引き起こした。木津川、安治川、道頓堀川合わせて破船・沈船 662 艘であり、このほか大阪川で破船・

沈船 568 艘、流失 68 艘、と記録されている。身元不明の溺死者 64 人であった。

昭和津波

表 3-3 中に、昭和南海津波の被害を載せているが、津波による犠牲者は明らかではない。この波高は大阪で 0.6~1.0 m 程度であったと報告されており（渡辺，1998），大きな被害はなかったと思われる。宝永，安政でも，津波高さは 2.5~3.0 m 程度であるのに対し昭和津波は 1.0 m 程度である。わずか 1 m 程度の規模の違いが甚大な被害の境界となった。紀伊水道を通過する津波の規模は、大阪湾での人的被害を大きく左右する。ただし、現在、大阪を中心とする沿岸域は、戦後急速に沿岸開発が進められ、拡張してきており、わずか 1 m 程度の昭和津波であっても、流れによる船舶被害、水門を閉鎖できないことによる浸水拡大など、予想される被害は格段に大きくなると思われる。本文の下線は、当時の被害状況であり、現在・将来の被害を考える際に参考になるとと思われる。

3.3 今後の津波対策について

(1) 対策の進め方と課題

津波に対する災害対策を立案する上で、1) 想定津波の設定および規模推定、2) 予想される津

図 3-3 南海地震津波による大阪での被害

	流死(行方不明含)	被害・船舶流失	波高 (渡辺, 1998)
宝永津波	663 人(地震のみ?, 都司, 1999) 534 人(地震も含む, 宇佐美, 1996) 1 万以上という説も	家屋被害は 1,061 軒 流破船約 1,000	大阪 2.5-3.0m
安政津波	溺死者 341 人(渡辺, 1998) 7,000 名以上という説(宇佐美, 1996)	26 橋破壊 破船・沈船 662 艘	大阪 2.5-3.0m (一部 6m) 堺 2.5m
昭和津波	32 名(地震も含む, 宇佐美, 1996)		大阪 0.6-1.0m 堺 3.0m

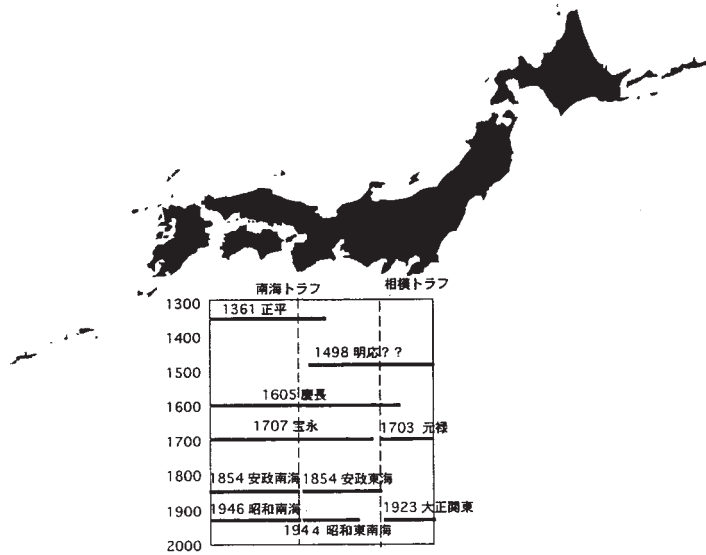


図 3-1 南海トラフ周辺での津波を伴った巨大地震の発生



図 3-2 安政東南海津波の大阪での浸水状況（「大坂大津浪図」）

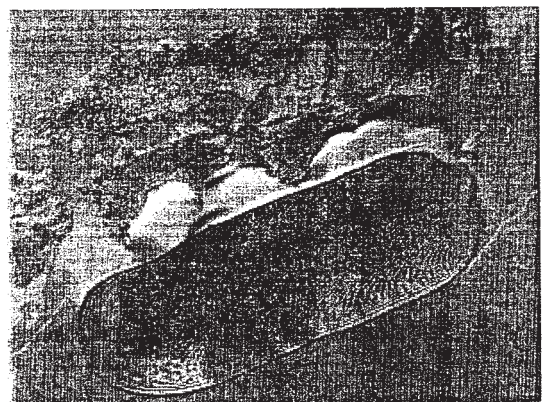
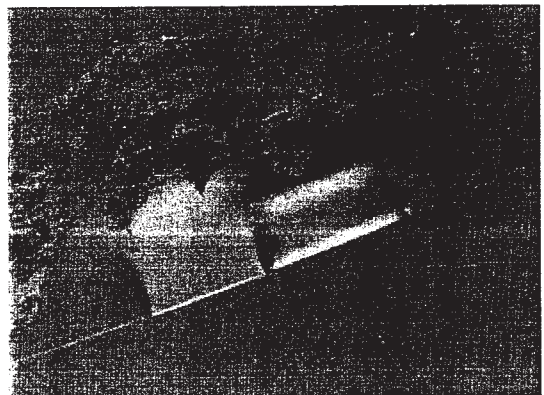


図 3-3 仮想南海道地震による津波発生の過程（CG作成，鹿島技研：上野弘道）

波被害を推定し、課題及び具体的な対策を整理する、3) 優先順位をつけ、具体的な対策を実施していく、作業が必要である。まずは、想定される地震を設定した後、図 3-3 にあるような数値モデルを用いて、各地での予想される津波の到達時間や規模を算出し、災害の種類や規模を推定していかなければならない。その上で、以下に挙げる津波防災・危機管理上の課題を検討していく必要がある

- 津波避難システム（警報も含む）の未整備

- 避難不可能地域、避難困難者の存在
- 広域津波被害への対応（即時的救援が不可能）
- 都市の地下空間水没（防災・救援体制の未整備）
- 沿岸での広域火災の発生
- 都市型津波災害の発生（未曾有の被害、以下を参照）
- 救命活動の未整備（数時間以内に救出できれば人的被害軽減）

(2) 津波想定への課題

津波発生域と過程に関しては、南海トラフ上の逆断層により発生することや、大まかな場所は推定できると考える。しかし、どのタイミングで、どこまで連続的に破壊するのか？が大きな問題である。これにより、津波の影響範囲、周期、沿岸での増幅過程が異なってくる。また、最近の研究（谷岡，2001）により、大規模断層は一様なすべり量ではなく、アスペリティなどの影響を受け不均一であることが認識されている。津波の伝播速度は、地震波に比べて遅く、長周期であるために、断層の空間分解能が高い。津波の検潮記録などを使って、インバージョンなどを行い、その不均一性が精力的に調べられている。すべり量は、そのまま津波の高さに関係するので、これらの研究の発展が望まれる。

(3) 予想される被害推定について

南海トラフでの津波被害を考える場合、都市型津波被害のシナリオが最も重要となる。過去の被害状況・経験だけではなく、現在の沿岸設備・利用状況も踏まえて、将来の姿を考えなければならない。これは大変に困難な作業である。ここでは、河田（2001）に加筆して、著者が想像できる範囲での項目を整理したい。

- 船舶・漁船の破壊
- 浮遊物（船舶、木材）による他構造物（防潮堤、橋）の破壊
- 不特定多数エリア・地下空間での避難困難
- 可燃物流出・拡大による広域火災・環境汚染
- 給電施設やビルの動力施設への浸水によるサー

ビス停止

- 市街地での自動車による道路閉鎖，流出破壊
- 交通網の長期不通

その他，都市型ではないが，瀬戸内海などでの水産被害も予測され，その評価に関しては河田ら（2002）などにより研究されている。

3.4 おわりに

本文は，南海トラフでの津波やその災害の特徴をまとめた。プレート間地震はその規模が大きく，伴って発生する津波は広域に影響する。さらに，従来の地域での被害だけでなく，大阪湾での都市型被害も懸念される。また，人的被害だけでなく，船舶，漁業などの2次災害，経済被害なども忘れてはならない。

謝 辞

大谷大学大学院・西山昭仁氏から本文に対してコメント等を頂いた。ここに記して謝意を表す。

参 考 文 献

- 宇佐美龍夫：日本被害地震総覧，東大出版会，493 p. 1996.
- 大坂大津浪図：大阪城天守閣博物館蔵・
- 河田恵昭：巨大災害の様相とその対応策の考え方，地学雑誌，Vol.110, pp.924-930, 2001.
- 河田恵昭・佐々木基充・高橋智幸・鈴木進吾：南海地震津波による水産被害の評価手法の開発，海岸工学論文集，第40巻，印刷中.
- 高知県須崎市：南海・チリ地震津波録—海からの警告，151 p.1995.
- 谷岡勇市郎：津波波形から推定された1944年東南海地震及び1946年南海地震のすべり量分布の解釈，地学雑誌，Vol.110, No.4, pp.491-497, 2001
- 都司嘉宣：南海地震とそれに伴う津波，月刊地球／号外 No.24, pp.36-49, 1999.
- 羽鳥徳太郎：東海・南海道沖における大津波の波源—1944年東南海，1946年南海道津波波源の再検討と宝永・安政大津波の規模と波源域の推定—，地震第2輯，No.27, pp.10-24, 1974.
- 渡辺偉夫：日本被害津波総覧，東大出版会，238 p., 1998.

4. 南海トラフの地震を想定した強震動評価—地震調査研究推進本部の取り組み—

佐藤清隆*

4.1 はじめに

地震調査研究推進本部（以下「推進本部」という。）は、文部科学大臣を本部長とし、官房副長官及び関係府省の事務次官を本部員としている。その下に、関係省庁の職員及び学識経験者からなる政策委員会及び地震調査委員会が設置され、文部科学省が事務局を総括している。

推進本部は、平成 11 年 4 月に、今後 10 年程度にわたる地震調査研究推進の基本等として、「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—」¹⁾（以下「総合基本施策」という。）を立案した。総合基本施策の当面推進すべき地震調査研究として一番目に掲げられた課題では、地震調査委員会は全国を概観した「地震動予測地図」を作成するとしている。このため、地震調査委員会は、平成 16 年度を目標として、これを作成することとしている。

地震動予測地図の作成のため、地震発生の可能性の長期評価と地震動レベルの評価（以下「強震動評価」という。）を行うこととし、主要 98 活断層帯の大地震及び海域の大地震（約 30 の海域を 9 つ程度に区分）や「震源を特定しにくい地震等」を対象範囲としている。海域の大地震として南海トラフの巨大地震については、平成 13 年 9 月に「南海トラフの地震の長期評価について」²⁾、12 月に「南海トラフの地震を想定した強震動評価手法について（中間報告）」³⁾をとりまとめ公表した。この中には、南海トラフに今後 30 年以内にマグニチュード (M) 8.1, 8.4 の地震が 50%, 40% 程度の確率で発生するとしている。本報告は、これらの南海トラフの地震を想定した強震動評価における主な内容についてご紹介する。

4.2 南海トラフの地震を想定した強震動評価

地震調査委員会の南海トラフの地震の形状評価の結果（以下「長期評価報告書」²⁾ という。）を踏まえ、南海トラフの地震として、図 4-1 の四国沖から浜名湖沖までの、領域 X 付近を中心に発生する地震（南海地震）及び領域 Y 付近を中心に発生する地震（東南海地震）を対象とした。

(1) 震源の特性を評価する手法

強震動を評価するには、震源域の総面積や総地震モーメントのような巨視的断層パラメータに加えて、震源域の中にあるアスペリティ（通常は強く固着して、ある時に急激にすべて地震波を出す領域のうち、周囲に比べて特にすべり量が大きい領域のこと）の分布やそこでの応力降下量を表す微視的断層パラメータと破壊の始まりや伝播方向などその他の震源パラメータが必要とされる。地震調査委員会では、活断層や海域の沈み込み帯に起因する地震を想定したとき、誰でも同じ考え方で地震動を推定できる手法として、震源モデル化の手続きを「強震動予測レシピ」³⁾としてまとめている。

a. 巨視的震源特性の設定手法

南海トラフの地震の巨視的震源特性の設定に当たっては、長期評価報告書に示された特性²⁾についてはそのまま採用することとし、報告書に示されていない地震モーメントは、震源断層の面積、地震モーメント、及び応力降下量の物理的な関係式を用いて、過去の南海地震及び東南海地震のデータを参照しつつ、応力降下量の目安を設定した上で、震源断層の面積から求めた。この方法を採用したのは、震源断層の面積と地震モーメントとの関係を示す信頼できる経験式を作成するまでのデータがないためである。なお、目安として設定した応力降下量は、円形状を仮定すると 3.0 MPa となる。

b. 微視的震源特性の設定手法

アスペリティの総面積は、当該地震全体の地震モーメントと短周期震源加速度スペクトルレベル（アスペリティの総面積を反映した量）との関係の経験則に基づいて、震源断層の面積の約 30% とする平均的なケース（ケース 1）とデータのば

* 文部科学省研究開発局地震調査研究課

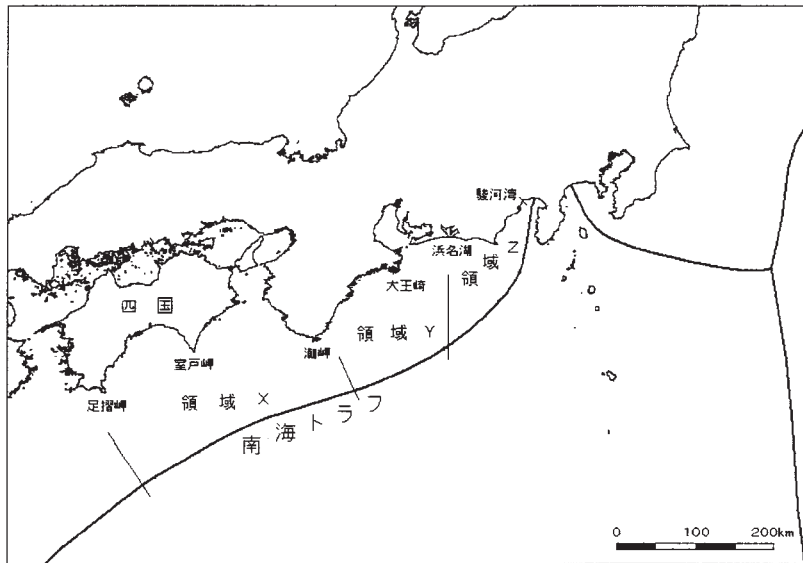


図 4-1 南海トラフ及び本報告が評価対象とした領域の概略位置図

らつきの範囲内においてケース 1 より小さめに 15% で設定したケース (大きめの揺れを予測することになるケース; ケース 2) の 2 つを検討した。応力降下量はケース 1 が約 10 Mpa, ケース 2 が約 20 Mpa となる。なお, 6 つの海溝型地震を参照して想定震源域の面積に対するアスペリティの総面積を求めた結果⁴⁾ では, その割合が 35% となっており, 上の平均的なケースの値に近い値となっている。

アスペリティの平均すべり量は, 過去に発生した海溝型地震についてのすべり量の特徴⁴⁾ を参照し, 想定震源域全体の平均すべり量の 2 倍とした。また, 各アスペリティの平均すべり量は, 個々のアスペリティの平均応力降下量と経験的にほぼ等しいと考えて求めることとした。アスペリティの配置は, 過去の地震の推定すべり量分布, 地表の変位, および想定震源域の形状を参考にして, 図 4-2 に示すように 3 つずつ配置した。3 つのアスペリティの面積の割り振りは, 2:1:1 とした。

c. その他の震源特性の設定手法

破壊開始点の位置は, 1946 年昭和南海地震, 1944 年昭和東南海地震の震源位置, 破壊開始点, アスペリティの配置, 海底地形などを総合的に判

断して設定した。破壊は放射状に進むと想定し, 破壊伝播速度は, 想定震源域の標準的な S 波速度の 72% に設定した。

(2) 強震動の評価

a. 地下構造モデルの設定方法

強震動計算は, 強震計観測網 (KiK-net および K-NET) の観測点を中心にして, 地震基盤, 工学基盤 (S 波速度 400 m/s 相当), および地表について行なった。

震源域から地震基盤までの構造は, 推定された構造⁵⁾ を利用することとした。地震基盤から工学基盤までの速度構造・減衰構造は, 平均的な特徴を持つと考えられた既存のもの⁶⁾ を利用することとし, 工学基盤から地表までの構造については, 得られている構造データの有無に応じて次のようにした。KiK-net の観測点は, 解明されている地震波速度構造を用い, 減衰構造については経験的に設定した。K-net の観測点は, 当該地点の地下の平均 S 波速度の推定値⁷⁾ を用いて行った。

b. 強震動計算手法

強震動計算手法としては, 地震波を構成する波のうち震度の値を決定する主要因である S 波につ

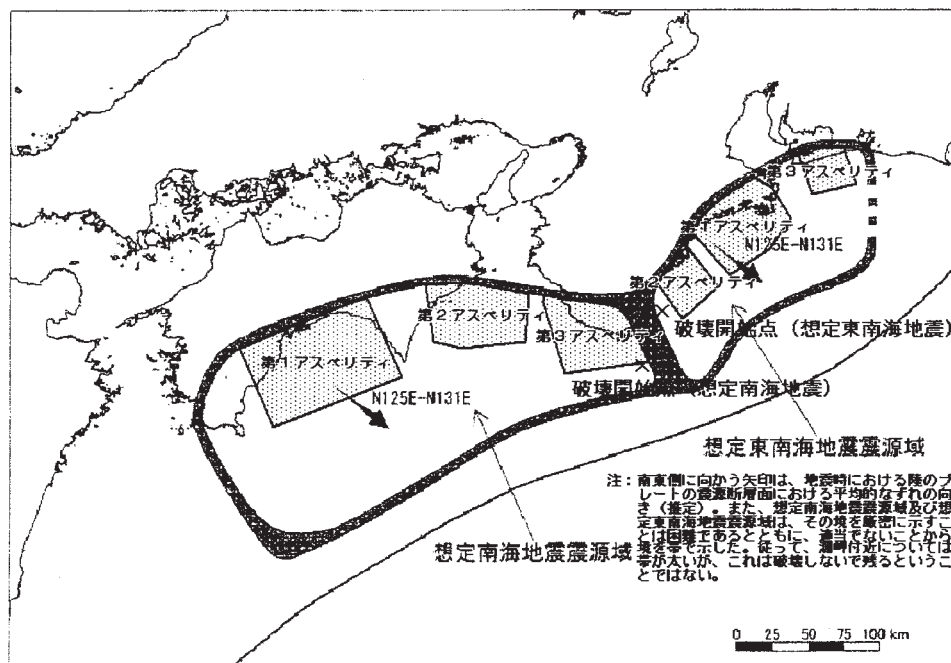


図 4-2 想定東南海地震及び想定南海地震の震源域並びにアスベリティ・破壊開始点の位置
 注：アスベリティは網掛け部分（場所や大きさは目安）。破壊開始点は×の部分。地震調査委員会（2001）²⁾の図3に加筆。

いて統計的グリーン関数法を採用し、地震基盤上の波形をまず試算した。次に、地震基盤上の波形を入力データとして、上で設定した構造モデルを用いて、工学基盤上の波形を試算した。地表における強震動の試算に当たっては、K-NETの観測点については、工学基盤上の最大速度に、工学基盤より上の平均S波速度構造に応じた係数を乗ずることにより、最大速度及び震度相当値を試算した。KiK-netの観測点等その他の地点については地表における波形試算まで行って震度相当値等を試算した。今回の試算では、堆積平野・盆地の地震基盤の形状は考慮しなかった。これの影響は1秒より長周期の地震波の最大地動をあたえる表面波については係わりが深く、場所によって最大加速度でみると5割増しになる例もある。

(3) 南海トラフの地震の強震動評価結果

試算した震度等の概要は、図 4-3~5 に示すとおりである。図 4-3~4 では、最大速度の試算値と経

験式とをグラフ上で直接比較した。また、図 4-5 は試算した2つのケースの結果を合わせて場所毎にランクを示したもので、ケースによってランクが異なる場合には幅を持たせて示した（ランクB+, ランクC+）。これらは、過去の地震の震度分布のパターン及び震度の大きさと比較して示した。

これらの比較の結果、南海トラフの地震の震源特性は、今回設定したもので妥当であることが確認できた。また、堆積平野における個別の精密な試算の結果では、簡便な試算に比べ、計測震度の値で、0.1~0.2 大きくなる程度の違いに止まっていることを確認した。以上の結果、海溝型地震の強震動評価手法の妥当性も概ね確認できたことになる。なお、ここでは、震源特性の評価のために予想される揺れの平均像の目安を試算したものである。図 4-5 では予想される揺れの平均像と合わせる形で、考えうる震源特性の範囲内で大きめの揺れとなる場合についても記載しているものの、地下構造モデルの設定及び強震動計算において簡

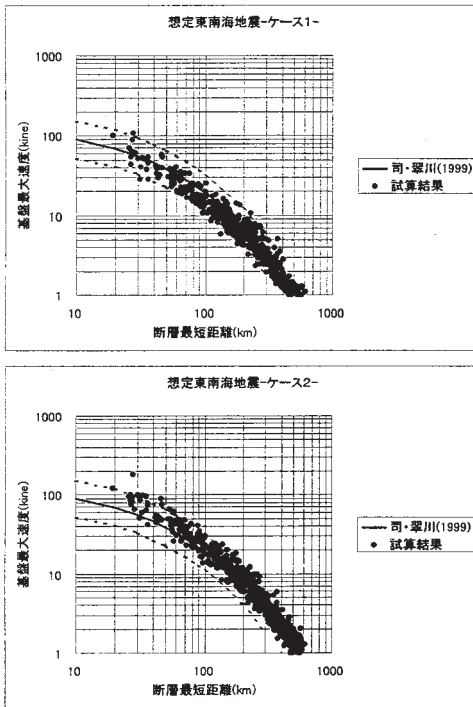


図 4-3 想定東南海地震の工学基盤面の最大速度の試算結果と経験的距離減衰曲線との比較
 注：経験的距離減衰曲線は司・翠川⁸⁾による。減衰曲線は、表層 30 m の平均 S 波速度 400 m/s 相当層の値。破線は経験的距離減衰曲線の標準偏差の範囲。

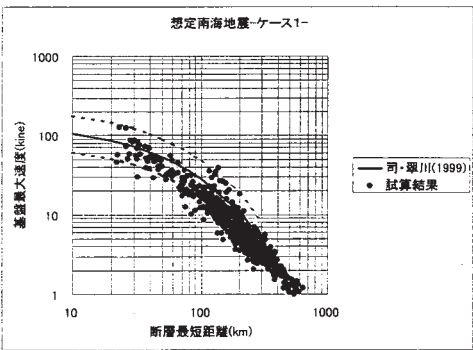
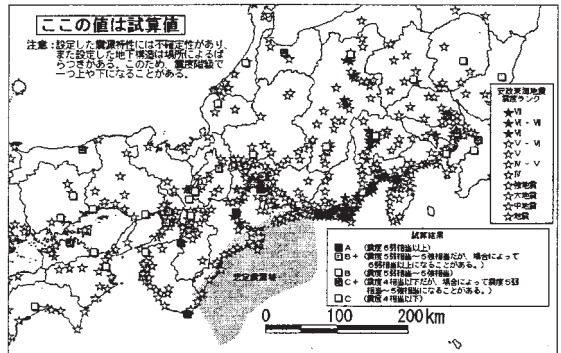


図 4-4 想定南海地震の工学基盤面の最大速度の試算結果と経験的距離減衰曲線との比較（ケース 1）
 注：経験的距離減衰曲線は司・翠川⁸⁾による。減衰曲線は、表層 30 m の平均 S 波速度 400 m/s 相当層の値。破線は経験的距離減衰曲線の標準偏差の範囲。

1854 年安政東海地震



1854 年安政南海地震

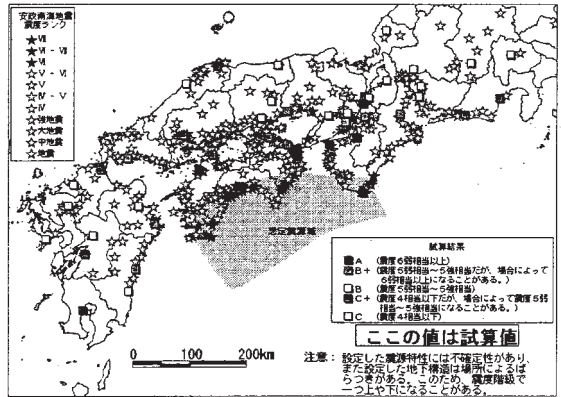


図 4-5 震度試算結果と安政の地震の推定震度分布 [宇佐美⁹⁾] を基に作成] との比較

略化していること、並びに震源特性（特にアスペリティの位置）に不確かさがあることから、場所によって揺れの程度が震度階級で一つ上になることも下になることもあることに注意することが必要である。

参考文献

- 1) 地震調査研究推進本部：『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—』、20 pp, 1999.
- 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、52 pp, 2001.
- 3) 地震調査委員会強震動評価部会：南海トラフの地震を想定した強震動評価手法について（中間報告）、41 pp, 2001.

- 4) 石井・他：沈み込み帯沿い地震と内陸地震の断層面積と地震モーメントとの関係，日本地震学会講演予稿集年秋季大会，A 75，2001.
- 5) 中央防災会議東海地震に関する専門調査会：東海地震に関する専門調査会資料，2001.
- 6) 宮腰 研・他：小田原市における ESG Blind Test Sites の地下構造—微動探査法による推定—，地震第2輯，47，pp273-285，1994.
- 7) 松岡昌志・翠川三郎：国土数値情報とサイスミックマイクロゾーニング；第22回地盤震動シンポジウム資料集，23-34，1994.
- 8) 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，523，63-70，1999.
- 9) 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.

5. 静岡県の東海地震対策—地方自治体の取り組み—

岩田孝仁*

5.1 静岡県の地震対策の経緯

1976年に東海地震説が発表されてから25年が経過するなか、静岡県では県政の最重要施策の一つとして地震対策に取り組んできた。

この間、国内外では様々な地震災害が発生したが、中でも1995年1月17日の阪神・淡路大震災は6,400名余の尊い命を一瞬にして奪う大災害であり、多くの教訓を残した。静岡県ではその直後に地震対策の総点検を行い、1995年5月に、地震対策を見直す行動計画「地震対策300日アクションプログラム」を取りまとめ、対策の充実強化を図ってきた。

一方、静岡県では、より実態に合った効果的な地震対策を展開するため、社会環境の変化に応じて災害要因の分析や定量的な被害予測を実施してきた。過去には1978年、1993年及び2001年の3度の地震被害想定を行った。

特に、2001年5月には、阪神・淡路大震災から得られた貴重な教訓や災害対策の現状などを地

震対策に反映した「第3次地震被害想定」を発表し、これに基づく各種地震対策計画の見直しを行い「地震対策アクションプログラム2001」を策定し、地震対策の更なる充実を目指している。

5.2 静岡県がこれまで取り組んできた地震対策

(1) ハード面での対策

学校施設や社会福祉施設などの耐震化、津波や山崩れ対策施設の整備など、各種の地震対策を行うため、現在、表5-1に示す3つの枠組みで地震対策事業を実施している。

1978年に制定された大規模地震対策特別措置法に基づく地震対策緊急整備事業は、1980年度から2004年度末までの25ヵ年計画を実施中で、1996年に施行された全国適用の地震防災対策特別措置法に基づく地震防災緊急事業は2000年度より第2次計画がスタートしている。

また、国の諸制度にのらない地方単独の地震対策を実施するため、県単独の地震対策事業も進めており、特に防災の要となる市町村自らが取り組む地震対策の充実を図るため、大規模地震対策等総合支援事業（2002年度の予算30億円）により市町村への助成制度を設けている。

具体的な地震対策事業の事例として、表5-2には公立学校の耐震化の進捗度合いを、表5-3には津波対策用の防潮堤や水門などの整備率を示す。

後に示す第3次地震被害想定によると、これらの津波対策事業の結果、想定浸水地域は59km²から38km²まで減少（被害軽減率36%）し、突発地震の津波の人的被害は死者810人から230人に減少（被害軽減率72%）するものと推定し

表5-1 地震対策事業の進捗状況

2002年7月現在（単位：億円…事業費ベース）

種別	計画額	事業実施 累計額	進捗率
地震対策緊急整備事業	7,774	6,829	87.8%
地震防災緊急事業	2,713	1,733	63.9%
県単独事業	7,348	6,356	86.5%
合計	17,834	14,918	83.6%

* 静岡県防災局

表 5-2 公立学校の耐震化 (2001 年 3 月現在)

種別	学校数	全体面積 A	耐震化済 B	耐震化率 B/A
小・中 学校	818	435 万㎡	341 万㎡	78%
県立高校	118	136 万㎡	90 万㎡	66%

図 5-3 津波対策防潮堤の整備 (2001 年 3 月現在)

静岡県内の全 海岸延長	対策必要延 長 A	整備済み延 長 B	整備率 B/A
506km	259km	217km	84%

ている。

その他、消防用施設整備の一環で、市町村の耐震性貯水槽 (100 トン又は 40 トンの地下タンク) を 6,934 基整備するほか、災害時の住民への情報伝達手段の確保として、市町村の同時通報用無線 (74 市町村の整備は 1988 年に全て完成) は現在までに、屋外子局 5,714 局、戸別受信機 132,734 局が整備された。

(2) ソフト面での対策

静岡県では耐震化などのハード面での整備に合わせ、具体的な災害応急対応を充実させるため、ソフト面での対策強化を図ってきている。主な項目を以下に列挙する。

○災害発生時の初動態勢の確立

職員の 30 分以内の参集態勢の確立と合わせ、防災要員のための宿舍の確保

○医療救護対策

災害拠点病院 (県内に 18 病院を指定) の連絡体制の強化 (防災行政無線や衛星携帯電話の設置)、災害拠点病院や血液センターの耐震化の促進、災害現場でのトリアージ (負傷程度に応じて治療の優先順位を決める) や重傷者の県外広域搬送体制の整備

○消火対策

全国からの緊急消防援助隊の受入体制の整備

○緊急輸送活動の確保

道路・港湾・漁港施設の耐震化とともに、テクノスーパーライナー防災船「希望」の就航

○避難所の確保

公立小中学校、公民館などの公共施設を避難所として確保する他、県有施設やゴルフ場等を避難所とする協定を県内 51 施設と締結

○ボランティアの受け入れ態勢の整備

ボランティア支援のための県本部・支部体制の整備にあわせ、災害ボランティアのコーディネーターを養成 (1996 年から 5 年間で約 700 人)

○地域防災力の強化

県内に約 5,100 結成されている自主防災組織の活性化を図るため、防災のリーダー養成講座の開設や「静岡県防災士」の養成 (1996 年から 5 年間で約 250 人)

5.3 第3次地震被害想定の実施

平成 13 年 5 月 30 日に東海地震の第3次地震被害想定を公表した地震対策の新たな戦略展開の基礎として活用している。

(1) 想定される各地の震度

想定東海地震はプレート境界の海溝型巨大地震であり、かつ都市直下型地震の特徴も併せ持っている。東海地震による静岡県内の震度は 1854 年安政東海地震の震度分布とほぼ同様と考え、宇佐美龍夫氏が整理した安政東海地震の震度分布の再現に努め、図 5-1 の震度分布図を作成した。

静岡県のほぼ全域が震度 6 弱以上、都市が連なる平野部は概ね震度 6 強で、軟弱地盤を中心に震度 7 の想定地域が広がる。

(2) 人的・物的被害の想定

人的・物的被害に関する想定結果の概要を、平成 7 年の阪神・淡路大震災の被害と比較して表 5-4 に示す。阪神・淡路大震災の知見から、震度 6 強～震度 7 の地域では旧基準適用の木造建物の被害が大きいことが判明し、今回の想定では、大破被害総数 19 万棟の内、13 万棟が地震動や液状化による被害、推定死者も全死者 5,900 人の内、4,600 人が建物倒壊によるものとの想定結果となった。

また、発生率が低い又は災害経験が無く、定量

的な想定が困難であっても、一旦発生すると重大な事態となる災害について、表 5-5 に示すような定性的な被害想定を行った。

(3) 応急対応シナリオの想定

警戒宣言時の避難や災害発生後の救出・医療活動、避難生活の長期化やライフラインの復旧などについて、時系列の応急対応シナリオ想定を行い、救出や医療救護の不足、要介護者への支援や生活再建支援の必要性などの課題を明らかにした。応急対応シナリオの主な概要を図 5-2 に示す。

(4) 地震対策による被害軽減効果の評価

これまでの 22 年間の地震対策による被害軽減効果は、死者の軽減は 2,300 人、さらに地震予知が行われれば、あわせて 6,600 人の命の軽減が図られると推定した。

物的被害から推定する被害額で地震対策効果を見ると、22 年間に対策に投資した 1.4 兆円の地震対策事業費に対し、4.8 兆円に相当する被害軽減、さらに地震予知が的確に行われれば、あわせて投資額の 5 倍に相当する 7.3 兆円の被害軽減があると評価した。

5.4 地震対策の現状における主な課題と対応

(1) 県民の防災意識

2001 年度に実施した県民の防災意識調査によると、東海地震に関心を持つ層は 94% と非常に高いが、非常食料の備蓄をしていない層が 45%、飲料水の備蓄をしていない層が 37% である。

また身の回りの安全と言う観点で、自宅の耐震診断をした層が 10%、一部でも家具の固定を行っている層が 54% にとどまっている。

地域の防災活動に目を転じると、自主防災組織は約 5,100 組織と 100% に近い組織率であるが、リーダーの人材不足、防災に関する情報不足等から、活動レベルに格差が見られる。

このようなことから、従来の自主防災組織のリーダー養成に加え、各地の自主防災組織の活動を専門的に指導できる地域防災指導員の養成を本年から行っている。

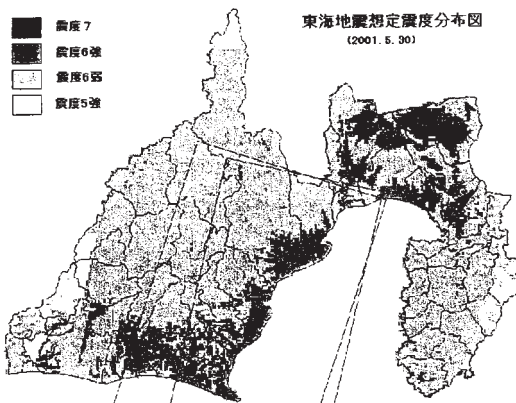


図 5-1 東海地震の想定震度分布図

表 5-4 阪神・淡路大震災の被害と東海地震被害想定との比較

項目	阪神・淡路大震災 (A)	東海地震の被害想定 (B)	(B/A)	
対象人口	547 万人	375 万人	0.7 倍	
マグニチュード	7.2	8 程度	16 倍	
震度 7 のエリア	約 30km ²	約 130 km ²	4 倍	
人的被害 (死者、重傷者、中等傷者)	約 4 万 7 千人 (内 死者 6,400 人)	約 11 万人 (内 死者 5,900 人)	2.3 倍 (0.9 倍)	
建物被害 (大破、中破)	約 26 万棟 (内 大破 11 万棟)	約 49 万棟 (内 大破 19 万棟)	1.9 倍 (1.7 倍)	
津波被害	なし	大津波 (死傷者 1,200 人)		
ライフラインの復旧	電気	7 日	6~12 日	ほぼ同様
	都市ガス	約 3 ヶ月	1 ヶ月程度	1/3
	水道	約 3 ヶ月	1 ヶ月程度	1/3
	電話	約 15 日	約 12 日	ほぼ同様

表 5-5 定性的な被害想定結果の主な例

項目	想定内容
鉄道高速道路	鉄道や高速道路上で事故が発生すると、1ヶ所で多数の死傷者が発生する可能性 ・新幹線 1 列車の事故で死傷者は数百人 ・東名高速道路上の重大事故で死傷者は、数十人~百数十人
鉄道の滞留客	新幹線 1 列車で平均 800 人程度の滞留客 (駅や駅間で) の発生の可能性
海水浴	海水浴客などの津波被害では、ピーク時には数千人~1 万数千人の漂流者の発生の可能性
登山	登山客などが取り残され、富士山ではピーク時に約 7,000 人
原子力発電所	原子力発電所の被害は軽微であっても、住民の不安感から混乱が生じる可能性

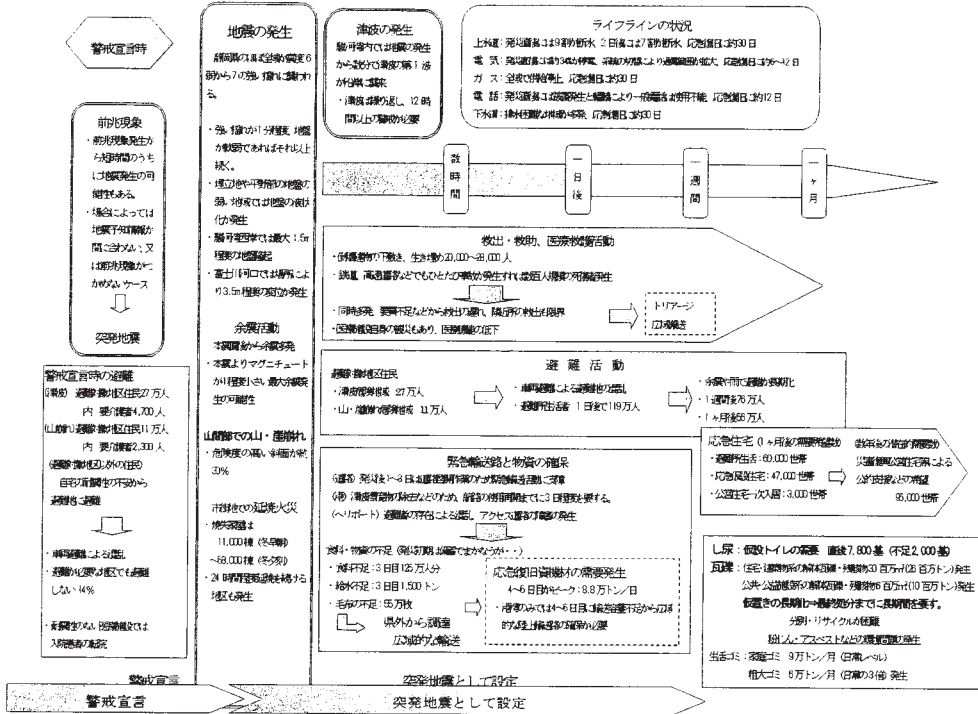


図 5-2 東海地震による被害発生と応急対応シナリオ想定 の概要

表 5-6 経済的影響被害額 (夕方 18 時) 単位: 億円

被害区分	予知なし	予知あり	予知なし 対策なし
直接的被害	207,901	186,787	244,247
間接的被害	52,777	46,022	64,402
合計	260,677	235,487	308,649

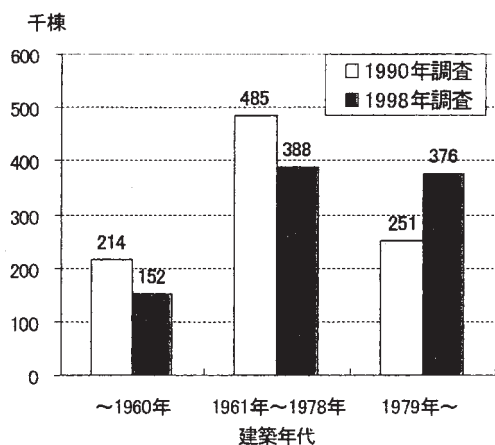


図 5-3 建築年代別の建物棟数の推移

(2) 住宅の耐震化の遅れ

静岡県内の木造住宅、約 90 万棟の内、約 7 割の 60 万棟は新耐震建築設計に移行した 1980 年以前(静岡県では 1979 年から先行指導)の建物である。阪神・淡路大震災では 84%以上が家屋の倒壊や家具の転倒による圧死と推定されており、東海地震から県民を守るためには、個人住宅の耐震対策は不可欠だが、木造住宅居住者のうち耐震診断をした人はわずか 10%に過ぎない。

昨年度からプロジェクト「TOUKAI-0」と称し、住宅の耐震補強の推進策を実施中である。昨年度は昭和 55 年以前の旧耐震基準の木造住宅 60 万棟を対象に網羅的に簡易耐震診断を実施し、講習を受けた建築の専門家を無料で各家庭に派遣し、精密診断を実施する。また今年度から耐震補強を行う住宅に県から 30 万円の補助金を出し、耐震補強の推進を図っている。

(3) 広域的な支援体制の確立

政府の中央防災会議では 2002 年 4 月に地震防災対策強化地域の見直しを行い、従来の 6 県 167

市町村から、8 都県 263 市町村へ拡大指定した。これにより静岡県では従来に増して、発災時には東日本や西日本からのより広域の支援体制の確立が重要となり、今後、広域的な支援体制確立に向け、全国的な連携強化を図る必要がある。

静岡県の地震対策に関する詳細な資料は、静岡県防災局のホームページをご覧ください。

<http://www.pref.shizuoka.jp/bousai/index.html>

6. 地震防災技術者の取り組み

福和伸夫*

6.1 はじめに

昨年来、南海トラフでの巨大地震の調査結果が相次いで公表された。これに基づけば、東京以西の全域が今後数十年の間に巨大地震に遭遇し、現在建設中の土木・建築構造物の多くが、地震の揺れを経験する。現状の都市は、過度に相互依存した社会システムの上に成り立っており、耐震性に問題を残す既存不適格建築物を大量に抱えている。また、住民の防災意識は低く、防災力の源泉である地域コミュニティも失われつつある。一方、わが国は、行革と未曾有の不況で研究者や技術者が消耗・激減している。国や地方自治体も財政難のため防災施策を進める力に欠け、企業も自社の存続を優先し防災対策を推進する余裕が無い。こういった中で、確実に到来する南海トラフ巨大地震に対して、国民的な合意の下で、国の備え方を考える必要がある。また、安全を担う防災技術者が果たすべき役割についても議論を始める時である。

南海トラフ巨大地震に関わる重要な視点は、主たる被災地が地方である点、極めて広域に被災地が広がる点、長周期の揺れが長時間継続する点などにある。従って、首都圏に比べ遅れ気味の地方の防災施策の活性化と防災力の向上、発災後の広域に渉る被害状況の把握と行政区を越えた連携、低減衰長周期構造物の安全性の確認などが重要ポ

* 名古屋大学大学院環境学研究所

イントになる。中でも、地方の防災力向上が最も重要であり、地域の技術力向上と防災意識啓発の方法論を確立する必要がある。従って、地震防災技術者の役割や責任も首都圏防災とは異なる。地域の防災技術者と首都圏の防災技術者がどのように役割分担し、連携・協力するか、仕組み作りも含めた検討が必要である。

6.2 地震に対峙する我々の現況

南海トラフ巨大地震に対しての我々の備えは十分だろうか？兵庫県南部地震以降、地震防災に関わる技術的知見は著しく進歩した。また、国が主導した各種の観測網の整備や調査研究により基礎データも充実した。地震調査研究推進本部による地震発生の長期評価や地震動予測地図の策定、中央防災会議による東海地震・東南海地震・南海地震の調査など、国を中心に精力的な検討が行われている。しかし、残された課題も多い。

特に、地方自治体の対応が国の動きに比べて鈍く、耐震改修などのハード対策が進んでいない。ソフト対策にも遅れが目立つ。自治体内の部局間連携や自治体間の広域連携もうまく行っていない。また、防災を支える人・技術・データについても地方では課題山積である。以下では、図 6-1 に示す三角形を基本に現状の課題を分析してみる。

(1) 人

地域の防災力向上には、防災技術力の向上と地域住民の意識啓発活動が両輪となる。ここでは、技術を担う専門家と、地域住民、そして両者を繋ぐ媒介者の3つの視点から現状を分析してみる。

専門家には、研究者、技術者、

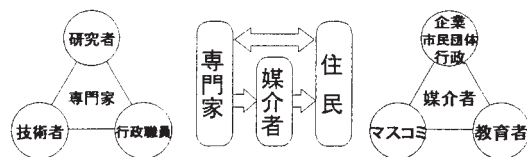


図 6-1 防災問題を考える際の構成因子

行政担当者がある。防災に関わる研究者は、大学、公的研究機関、建設会社やコンサルなどに所属している。しかし、大学改革や行政改革による繁忙さと定員削減により、大学や公的研究機関は研究力を衰退させつつある。一世を風靡したゼネコンも不況下のリストラにより研究者・技術者が減っている。大量の技術者を抱えていた原子力分野も新規立地の困難さから技術者を放出している。設計・技術開発部門も施工分野シフトで縮小傾向にある。このため、安全を担う研究者・技術者の数を確保することが難しくなっている。とくに、地方では専門家の量的不足が著しい。研究者の絶対数の不足に加え、仕事の量・質が原因し、高度な技術者の東京一極集中が続いている。

住民の防災意識も十分ではない。意識の低さの原因には、防災に関わる広報不足や、防災教育の不十分さなどが考えられ、自治体の積極的関与が期待される。また、発災時の共助には、都市が喪失しつつある地域コミュニティ再生が鍵を握る。

(2) 技術

我々の地震防災技術は十分に検証されているのだろうか？地震予知の可能性やわが国の建物の耐震性などの実態はどうなのだろうか？

兵庫県南部地震の際の、震災の帯の中での新耐震設計基準による低層 RC 建物の被害率は数%以下であった。これに対して中高層建物の被害率は数十%に上る。300~400 ガルの地動に対して終局強度設計を行う耐震基準の下で、1000 ガルを超える地動を受けたのに低層建物の被害が微小に留まったのは何故だろう。

最近、性能設計の議論が活発であるが、本当の耐震性能を把握できていない現状での安易な性能設計化は、真の構造耐力を減じる恐れがある。また、中高層が多い災害拠点の建物は 1.5 倍程度の重要度係数で一般低層建物より耐震的であるとも即断できない。大規模堆積平野に立地する低減衰長周期構造物の耐震設計において、巨大地震による極めて継続時間の長い長周期の揺れに対して、選択的共振の回避や減衰付与などの配慮を十分にしていたかどうか心配である。巨大地震を前に

これらへの回答を用意しておく必要がある。

(3) データ

最近、データ利用技術や、理論解析技術の進展が著しい。国が主導した大規模な調査や観測体制の整備も進んでいる。しかし、一方で、地域での地道なデータ作りが進んでいない。特に、一般建物の観測データや浅層ボーリングデータ・常時微動データなどの地域に根ざしたデータの蓄積が停滞している。どんなに優れた解析法もデータが不十分であれば無力である。

以上に述べてきたように、地域では、防災を考える上で必要となる3要素（人間、知識・技術、データ）が何れも不足しており、悪循環に陥っている。地域の防災力向上には、3要素回復のための仕組み作りが必要である。地域での地震防災の担い手作りと技術者集団の構築、地震防災に関わる技術力の構築と蓄積、基礎的なデータ作りとデータ公開、一般市民に対する意識啓発活動などであり、これらを一体として進める必要がある。

6.3 防災技術者の役割

ここでは、地震防災に対する地域の防災技術者や大学の役割について考えてみる。

(1) 人作り

まず、安全を担う研究数・技術者の減少を食い止めることが必要である。研究者・技術者の減少は我が国の安全保障上も問題である。研究者・技術者を確保したり、防災技術が生業に生きるような施策作りが必要である。

地域防災には地域特性の十分な理解が必要であり土地勘が重要となる。地方では人の不足は否めず、国や自治体が主導して各地域に防災研究組織を形成し、数少ない地域の研究者・技術者が協働できる仕組みを作る必要がある。

一方、地域住民の意識啓発を図り、地域コミュニティの再生を図るためには、地域のNPO団体などと協力しながら、草の根的ネットワークを作る必要がある。その際に、防災技術者が夫々の家庭のある地元で防災ボランティア活動の推進役に

なることが有効である。また、初等・中等教育段階における防災教育を活性化し、実効性の有る教育・訓練を行うことも必要である。この際に、防災対策の実践者である防災技術者が教育現場に入りこむことも効果的である。

地震防災問題では、膨大な数の住民が相手になる。このため、専門家が住民に直接情報を伝えるには限りがある。辻説法的な講演会も、参加者は防災意識の高い一部の人になりがちであり、住民全体の意識啓発には繋がり難い。従って、専門家と住民との橋渡しをする人たちの役割が重要となる。両者を繋ぐ媒介役としては、初等・中等教育の教育者、マスメディアの報道記者、企業の防災担当者、市民団体の代表者などが想定できる。現状は、これらの方々は、地震危険度の高さや地域の災害脆弱性についての認識が十分ではない。まずは、媒介役となる人たちに、地震への関心を高めてもらう努力をする必要がある。

以上を踏まえると、各地域での人作りのためには以下のような活動が必要となる。カッコ内は名古屋地区で実施している活動である。

- ・地域の研究力向上のための研究者の会（JKK）
- ・高度な技術者育成のための研究会やプロジェクト作り（FEENA、設計用入力地震動協議会）
- ・技術者全体の底上げのための勉強会（JSCA 塾）
- ・防災関係機関相互の情報交換・研究会（名震研）
- ・マスメディア・教育者・行政職員の育成（NSL）
- ・防災リーダーの育成（あいち防災カレッジ）
- ・企業防災担当者への支援（随時）
- ・地震に備える市民の会との連携・育成（随時）
- ・自治会への押しかけ講演会（防災キャラバン）
- ・小中学校での防災教育（親子防災スクール）
- ・市民の意識啓発（市民シンポ）

地域の活性化には、このような多面的な取り組みが必要であり、名古屋地区でも、図 6-2 に示すような大学を中心とした人作りのネットワークを構築しつつある。

(2) 技術作り

情報公開の時代であり説明責任が問われる 21

世紀の技術は謙虚で正直である必要がある。我々の技術の限界を社会に明らかにし、分かっていることと仮定していることを分別し、誤った安全神話を作ることを無いよう心がけなければならない。

我々技術者も反省が必要である。安全を担う技術者としての良心の回復、マニュアルエンジニアからの脱皮、低下しつつある基礎学力の再構築などである。まずは、耐震設計が総合的な評価に基づく行為であることを再認識し、限られた仮定条件下（入力とモデル）での解析結果であるとの前提に立ってプログラムアウトプットを信じ過ぎた耐震設計を行うことを無いよう注意したい。

神戸での経験を活かすには、現行基準における入力評価・耐力評価と実記録・被害との乖離を十分に認識し、本当の入力と建物耐震性能を解明しなければいけない。過去の地震被害を再検討して建物が保有する真の耐震性能を評価し、設計時の想定耐力と想定外の余力とを定量化する必要がある。また、構造物の破壊に寄与する地震動の指標を明確にした上で、設計用入力地震動の適正な利用方法を検討すべきである。

中でも、一般中低層建物の耐震性能の把握と、超高層建物の終局状態の把握が重要である。低減衰長周期構造物については、地盤のやや長周期震動特性との選択的な共振の有無についてチェックし、必要に応じて減衰付などの手当てをすることが望まれる。防災の基本である建物の耐震性能

把握のためには、Eディフェンスなどの大型振動台を用いた実証実験に加え、実建物の地震観測体制を充実させたい。

地域の防災力向上には地域の技術力が欠かせない。防災研究の推進を中央が主導することは歓迎するが、地方を育成し各地域と協力する視点が重要である。中央主導では、地域特性を踏まえたきめ細かな対策に結びつけられない。また、具体的な構造物の耐震性確保のためには、ユーザー（建築主）との接点となる地域の一般技術者の意識改革が不可欠である。地域での技術力の確保のためには、ある規模以上の技術者の交流の場を作り、勉強会・研究会を開催すると共に、技術力向上が生業に生きる道や、コストに加え技術を評価する仕組みを作る必要がある。

遅々として進まない戸建住宅の耐震改修促進も懸案事項である。防災技術者が改修の必要性を住民に分かりやすく説明し、住民が気軽に相談できる木造耐震技術者や相談の場を増やす必要がある。同時に、簡易な木造耐震診断技術の開発、安価な耐震改修法の研究開発を進めていく必要がある。

名古屋地区では、建築構造技術者を中心に、愛知県設計用入力地震動協議会と呼ぶNPOを立ち上げ、地域の標準的な地震動を策定する試みを行っている。このプロジェクトを契機として、地域の技術力が底上げされ、未活用だった多数のデータがコンパイルされた。地域での協働プロジェクト

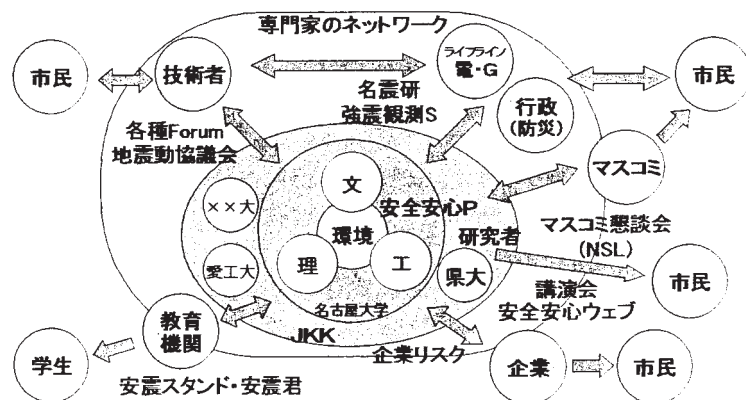


図6-2 大学を中心とする人作りのネットワーク

が地域の技術力向上に繋った好例である。

(3) データ作り

最近、基礎的なデータ作りが疎かになっており、貴重なデータが失われつつある。現状のデータ構築は一部の技術者・研究者の献身的な努力に依存しており、早晚破綻すると思われ、早急に公的なデータバンク作りの体制整備が必要である。新規データの構築に関しては、国でなければ出来ないこと、地方自治体が主導すべきこと、民間の自助努力で行うべきこと、研究者が実施すべきことなどに仕分けをし、役割分担を明確にする必要がある。

特に地方では、最新の技術を使おうにもインプットデータの質・量が不足している場合が多い。過去の地震被害、既存資料の収集・整理、地盤データや常時微動データの蓄積、強震観測の整備、建物情報等の都市データの収集・蓄積・分析などは、地域の安全の基本をなすものである。

既存データの整備、新規データの構築、そして種々のデータのコンパイルとモデリング、さらにはシミュレーションと検証、そして、新規データを加えての再度のモデリング、この一連のサイクルを何度も回すことが必要である。これには多大な時間と地道な研究が必要であり、地域の防災技術者が中心で行うしかない。また、一般建物にとって重要な表層地盤データについては、自治体と地域の研究者が一致協力して収集し、データの著作権・所有権の問題を解決した上で、最新の GIS 技術を利用して広く情報公開することが望まれる。

地域の防災技術者を中心に各地域の地震防災関連情報に関するポータルサイトを作ることが有用である。名古屋大学でも各種の地震関連情報を広く公開するホームページを構築しつつある。

<http://anshin.sharaku.nuac.nagoya-u.ac.jp/anzen/>

(4) 地域協働の仕組み作りと大学の活用

地域の防災力向上には、人・技術・データのトライアングルを改善することが必要である。現状、人手不足の解消には地域の人間の一致協力以外に

方法はなく、防災技術者が主体となった地域協働の枠組み作りが重要である。その際に、地震防災研究者の居る大学の利用価値は高い。最近の大学には社会貢献や、生涯教育など、多面的な知の発信役が期待されている。大学が地域のホームドクターとしての役割を果たせば、地域の抱える様々な問題を克服することができる。大学人は、専門知識を持って、しがらみを持たずに自由に連携できる素地があるので、広域の防災を担う核になりやすく、防災研究の地域連携を推進できる。

防災研究者は、自らが地域防災の強力な担い手であり、同時に新しい技術者の育成役でもある。地域の防災意識啓発や様々な環境作りリーダーシップを発揮し、人作り、組織作り、データや予測技術などの研究基盤作りなどに寄与できる。さらに、自治体や技術者団体の相談役、ボランティア・市民団体との連携役、市民やマスコミに対しての正しい防災情報の伝達役なども担える。各地域の大学に地域のホームドクター役となる防災研究スタッフを是非非常駐させたい。

6.4 おわりに

南海トラフでの巨大地震やその前後の内陸での地震を前にして、地域の防災技術者の一人として、現状の課題を考えてみた。今必要なことは各地域での意識啓発と技術力向上である。地域の実態は首都圏とは大きく異なる。このため、地域防災には首都圏防災とは異なった戦略が必要であり、地方の目線で地域特性に応じた方策を考えていく必要がある。特に、地域での協働体制作りと、国や首都圏の技術者との連携協力体制作りが必要である。地方では、一部の人間の責任感とやる気により状況を変革しやすい。地域の技術者は、自らが防災に関する地域のホームドクターだと自覚し、来るべき地震に対して各地域でできるだけの準備と仕組み作りをはじめておきたい。

7. 市民と地域コミュニティの災害対応

重川希志依*

7.1 はじめに

1995年1月17日午前5時46分に発生した阪神・淡路大震災は6,432人の人命を奪い、重傷者約8,800人、軽傷者約35,000人という人的被害をもたらした。死者の多くは倒壊した住宅の下敷きによる圧迫死でほぼ即死の状態であり、負傷者についても家具の転倒、落下物、家屋の倒壊により発生している。建物被害は住家約52万棟、非住家約5,800棟にのぼり、高速道路や鉄道、ライフライン施設の甚大な被害は、被災地内で繰り広げられる救助活動やその後の災害対応に多大な影響を及ぼした。我が国のみならず世界でも例を見ない大都市地域での巨大災害は、官民を含め危機管理のあり方や防災対策の見直しの契機となり、現在も震災の教訓を災害に強いまちづくりを生かす努力が続けられている。

行政の初動体制の混乱、被災者の生活再建の難しさなど、多くの課題や教訓を明らかにした震災であったが、いずれの課題も一人一人の被災地の人達がこれまでに経験した事のない事態に直面し、次に何が起こるのか、それに対しどう対応すればどのような結果が生まれるのか等、先の見えない災害対応をせざるを得なかった事が一因となっている¹⁾。

今後数十年の間に起こるであろう次の大規模地震に備え、市民の防災力、地域コミュニティの防災力を高めて行くためには、一人一人の市民が災害過程を理解し、自らが取るべき災害対応のイメージを描いた上で具体的な対策を実行していくことが求められる。

静岡県では23年間にわたり継続して、東海地震に備えた事前対策を実施してきた。このうち県民の防災意識を高めることは最重要課題に位置付けられており、事前の備えや地震発生時には自助と共助で自らの生命を守りその後の再建・復興に向けた対応の主役となるべき市民と地域コミュニ

ティの育成に力を注いできた。しかしながら県民の東海地震に対する意識調査によると、調査が開始された昭和61年から現在に至るまで、自主防災組織への加入率や防災訓練への参加率などはほとんど変化が見られず、阪神・淡路大震災も防災意識の高揚にはプラスに働いていないことが分かる(図7-1)。

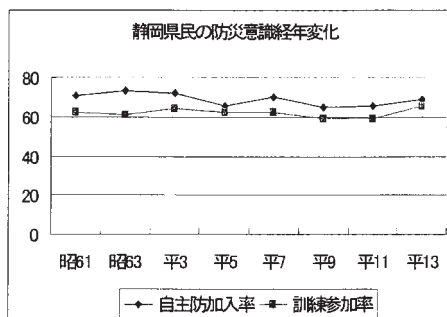
行政が市民の防災意識を高めるために様々な努力をしてもなお、その効果が十分得られない原因の一つに、一人一人の市民が災害発生時に起こるであろう具体的な災害過程を理解し、自らが取るべき災害対応のイメージを描くことができていないことが推察される。本稿では阪神・淡路大震災で被災者がたどった災害過程をもとに、市民と地域コミュニティに期待される災害対応を明らかにする。

7.2 災害対応の4つのフェーズ

(1) 阪神・淡路大震災時の災害対応フェーズ

災害発生後にどのような事態が起こりどのような災害対応が求められるのか、これら災害過程の推移に関し被災者の対応行動には時間的に4つのフェーズ(地震発生から10時間、100時間、1000時間、1000時間以降)が存在することが明らかとなっている²⁾。

この4つのフェーズは、兵庫県西宮市を対象に実施された被災家族インタビュー調査によって明らかとなったもので、被災から1年間の居住地は、①自宅に戻る(自宅型)、②市内の別の場所に転居



(出典：東海地震についての県民意識調査、静岡県防災情報室、2002)

図7-1 静岡県民の防災意識経年変化

* 富士常葉大学環境防災学部

する(市内転居型), ③市外へ転居する(市外転居型)の3つに分類され, さらにいずれのタイプにおいても地震発生から10時間, 100時間, 1000時間で居所の移動があることが分かった(図7-2)。

第1のフェーズである「10時間」までは, 状況の把握ができず自らの役割認識ができない「失見当期」である。第2のフェーズである「100時間」までは, 失見当期から脱出し人命救助や初期消火活動, 被災者保護などの災害対応が組織的に始動する時期である。第3のフェーズである「1000時間」まででは, 災害により機能が停止したライフラインや様々な社会システムを補い被災者の生活維持を図っていく時期である。第4のフェーズである「1000時間以降」では, 災害により破壊された社会のストックの再建と, 被災者のくらしの再建に向けた対応が展開される時期である。阪神・淡路大震災の被災者は, この3つのフェーズに応じて柔軟に助け合いの輪を変化させていた事が明らかとなった³⁾。ここで, 各フェーズごとに被災者等がどのような災害対応を行っていたのかを記す。

(2) フェーズ1での対応

阪神・淡路大震災の教訓として, 大規模な災害に遭遇した場合, 被災地にいる全ての人に「何が起きたのか分からない, 何をすべきか分からない」という失見当期が存在することが明らかとなった³⁾。被災地に居住していた災害医療の専門家が事態を認識し, 自らの役割を果たすために近隣の病院へ駆けつけることに思いが至るまでに10時間を要している。この失見当期からの脱出に大きな影響を与えるものの一つに, 災害時における自らの役割認識があげられる。例えば震災当日の行政職員の参集率を見ると, 消防職員と一般職員の間には大きな差が見られる。震災当日の県や市町村職員の参集率が20~30%であったのに対し, 西宮市消防局では地震発生後3時間で80%の職員が参集し災害対応に従事している。予期せぬ大規模地震であったが, 災害対応が自らの役割であると平常時から認識していた人は, 失見当期から脱出する時間を短縮することが可能となる。

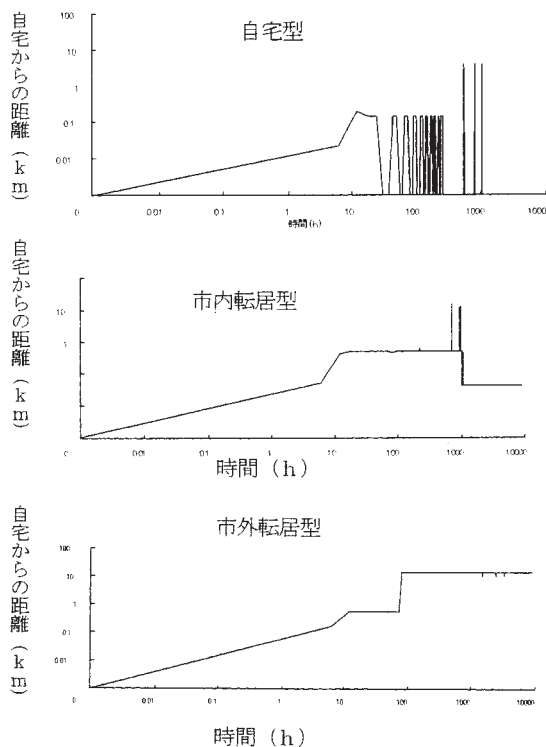


図7-2 被災者の行動軌跡

さらに失見当期からの脱出に有効に作用するものにリーダーの存在があげられる。全壊した下宿の前に呆然と佇み, ひたすら救助を待っていた大学生が地域リーダーの一言で我に返り, その後生き埋め者の救出活動に力を貸している。助けられる側から助ける側へと視点が180度転換するきっかけとなったのが, リーダーの具体的な行動指示を聞いたことであった。地域コミュニティの中に, いざという時に多くの住民の指揮をとり指示が出せるリーダーを育成しておくことは, 失見当期に陥った人々を貴重な地域の防災力へと転換させるために重要な役割を果たす。

(3) フェーズ2での対応

災害発生直後に最優先して取りくむべきことは人命救助である。阪神・淡路大震災では生き埋め者の救出や初期消火活動等命を守る災害対応で市民が果たした役割が極めて大きかったことが明らか

かとなっている。24万棟の住宅が全半壊した被災地では、数万人の人が生き埋めとなり救助が必要だったと推計されているが、このうち、自衛隊、消防、警察など救助活動の専門家が救い出した生存者は約5,000人前後であったと考えられており、大部分の生き埋め者は市民が自ら救出していたことになる。

また消火活動に関しても同様で、兵庫県西宮市では地震により発生した41件の火災のうち約7割にあたる29件の火災で、市民の初期消火活動が行われた。41件の出火があったにも関わらず焼損棟数が90棟で抑えられた一つの要因に、この市民の初期消火活動があげられる。

地域コミュニティが地域を守る活動に携わるためには、コミュニティを形成する一人一人の市民が無事であったことが前提となる。多数の被災者に対して実施したインタビュー調査の結果からも、地震発生直後の行動は、「自分自身の生命を守る」→「同居している家族の安全を守る」→「向こう三軒両隣の安否を確認する」というパターンが多かったことが確認されている³⁾。

災害時の互助、隣近所での助け合いには、自分と家族の安全が確保されていることが大前提となる。生き埋め者の救出や初期消火活動など、生命を守るための災害対応は、向こう三軒両隣という小さなコミュニティの中で行われていた。さらに何か所かで同時に助けを求められたときには、日ごろからよく見知っている人、仲良くしている人を優先している。人の生死がかかった極限状態では、「その人のことを大切に思っているかどうか」で人は動く。自分の事を気遣ってくれる顔見知りか地域の中にどれだけ存在しているか、言いかえれば、日常生活の中で、地域に暮らす人たちとどのようなコミュニケーションを培っているか、それがいざという時に自らの生命を守るために重要な鍵となる。

(4) フェーズ3での対応

我々の生活を支えるライフラインや様々な社会のフローシステムが災害により機能を停止した時、それを補い被災者の生活を維持していくために様々

な災害対応が求められる。避難所の開設、医療助産活動、防疫活動、水・食料・その他生活必需品の支給など、災害救助法に定められた救助活動をはじめ、ライフラインの復旧工事や行政、教育、医療、金融などのシステムの回復が図られるのもこの時期である。

フェーズ3における被災者の意識は、生命の危機が去った直後の「命が助かっただけでもありがたい」という感情から、命の次には食べ物、食べ物の次には着る物へと要求が増大していく。避難場所では、隣り合った何世帯かお互いに助け合う姿が見られた一方で、すべての避難場所で助け合いが行われたわけではなく、被災者から見ても「何であんなに自分勝手なことをする人がいるのだろう」と思えるほど、全く他人のことを考えない被災者も存在した。また高齢者などいわゆる弱者が避難所から阻害され、震災関連死に至った例もある。

このような課題を解決するために役立ったのが、組織の力を発揮させることであった。避難所での様々な問題が発生した一因に、避難所内では地域コミュニティが機能していなかったことがあげられる。ある避難所では、避難者を機械的に班に分けることにより、班ごとに救援物資の分配方法に関するルールを作り、高齢者や子どもなどを優先する光景が見られるようになった。

また避難場所へ行かなかった在宅の被災者の場合には、行政からの広報の配布や様々な情報連絡を行う単位として、日常的に回覧版を回しているコミュニティがひとつのまとまりとなった。命の危機が去った後の、被災生活を維持していくためのフェーズは、個人や家族の単位からさらに拡大した、地域コミュニティの力でなければ解決できない課題が発生してくる時期である。

一方、地縁に基づかない様々なコミュニティの存在が大きな力を発揮し始めるのもこのフェーズである。血縁はもとより、職場縁（職場の仲間）、学縁（同学の友人）、仕事縁（取引先等）、趣味を同じくする仲間の縁など、個人が持つコミュニティーチャンネルの全てが役立った。水や食料を届けてくれる、一時的に住む場所を提供してくれる、子

供を預かってくれる、金銭的支援をしてくれるなど、直接的・間接的に被災者の災害対応を支援する大きな力となった。

(5) フェーズ4での対応

被災者が地震後の苦しい生活を続けながら、被災地の再建・復興を成し遂げて行くのがフェーズ4である。再建・復興には二つの意味がある。一つは、地震により失われた都市基盤構造物や住宅を含む建築物などを復興させるいわゆるハードな側面での都市復興である。阪神・淡路大震災が発生するまでのわが国では、関東大震災からの復興をはじめ全国で実施された戦災復興やその他の災害復興において、都市復興に関する技術・知識はかなり蓄積されていたといえる。一方、阪神・淡路大震災で改めてクローズアップされたのが、人々の生活再建の問題であった。人間が生活を営む都市という器は復興しても、そこに生きる被災者のくらしが再建しなければ真の意味で被災地の復興が成し遂げられたとは言えない。

では被災者の生活再建とは何を意味するのだろうか。災害とは人々の生活から様々なものを奪い去って行く。大切な家族の生命、住みなれた我が家、思い出のあふれる故郷のまちなみ、中には災害により職を失う人も存在する。そしてこれらを奪われた被災者は「一日も早く元の生活に戻りたい」と切望する。しかし災害が起こる前と同じ生活に戻ることはもはやかなわぬ夢である。その現実を受け入れることのできた被災者は、災害前とは異なる新しい生活スタイルに適応していかうとする努力を始める。一人一人の被災者が、災害を乗り越え、新たなくらしを創造していく過程こそが、被災者の生活再建である。

阪神・淡路大震災では、過去の災害であまり注目されることのなかった被災者の生活再建支援策のあり方が議論され、都市計画としての復興事業に加え新たな生活再建支援策が新設された。

阪神・淡路大震災から5年が経過した1996年6月、神戸市震災復興本部が設置した「震災復興総括・検証研究会」で明らかにされた被災者の生活再建課題では、図7-3に示される項目があがっ

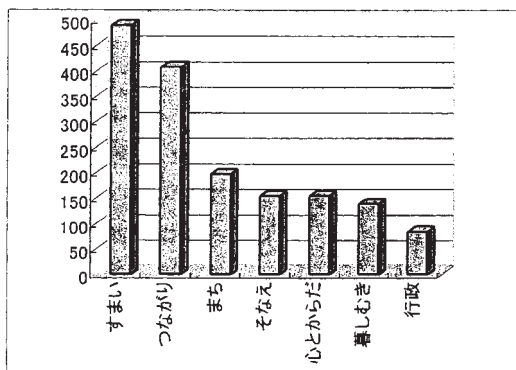


図7-3 阪神・淡路大震災の生活再建課題

ている。これは、被災者自身が震災から5年間という時間の中で取り組んできたくらしの再建にとって重要な要素を抽出した結果である。

ここから読み取れることは、自らあるいは家族と暮らす「すまい」の重要性と、さらに「人と人のつながり」が、災害後の新たな生活を築いていくために重要な要素であることが明らかとなった。

7.3 結語

阪神・淡路大震災から既に8年近くが経過した。この震災を契機として、行政の防災対策のみならず一人一人の市民が自らの生命や財産を守る努力をすることの重要性が指摘され、市民参加、市民と行政が協働して安全なまちづくりを進めていくことの重要性が認識されるようになった。東海地震、東南海地震、南海地震、南関東地震など、今後我が国を襲うであろう巨大災害に備え、市民や様々なコミュニティの防災力を高めていくことは、被害を最小限にとどめるために最も重要な対策の一つである。そのためには私たち自身が過去に発生した災害のプロセスを理解し、災害対応のフェーズに応じて自らの役割を認識することを出発点とし、防災力の主役となり得る知識と技術を身に付けることが求められている。

参 考 文 献

1) 重川希志依, 林 春男: 災害対応従事者から見た災害過程の研究, 地域安全学会論文報告集 No.7,

1997.

- 2) 青野文江, 田中 聡, 林 春男, 重川希志依: 阪神・淡路大震災における被災者の対応行動に関する研究—西宮市を事例として—, 地域安全学会論文報告集, No.8, pp 36-39, 1998.
- 3) 重川希志依: 被災者に強いまちづくり・人づくり, 地震ジャーナル 29, 2000.

8. 大地震に備える地震防災教育の一例

瀧本浩一*

8.1 はじめに

南海トラフによる巨大地震については、各種メディアにより一般市民が知る機会が増えてきているが、単に危機感を煽るだけでは、一般市民を路頭に迷わせただけになる。具体的な防災対策と発災時の対応方法といった情報を併せて提供することが必要である。

一般に防災教育は、「災害を正しく知って、正しく恐れ、正しく行動する」を目標に、下記の3つについて行う教育であると考えられる。

①防災知識の習得

②体験、訓練、災害のイメージづくり

③災害後の活動のための知識、技術

これは主に家具の固定や避難訓練、消火器操作、起震車体験といった自分自身の身を守るための個人の防災教育についてであり、特に上記①と②は地震の大小に関わらず、やっておくべき必要不可欠な教育内容といえる。まず、地震後の最初のハードルとなる自分の身を守ることができなければ、次のハードルとなる③の家族や地域への支援活動ができないからである。身を守るための防災教育に関しては、小中学校の総合学習の時間を利用した防災教育授業が試行されつつある。また、自治体に関しては、様々な防災パンフレットやビデオが作成され¹⁾、専門家による座学²⁾、講演会もまた各地で実施されている。さらに、近年利用者が増加しているインターネットのWebページ³⁾でも防災知識を提供するなど、一般市民がいわゆる「ユビキタス」的に防災教育を受けることができ

る環境が整いつつあるといえる。

しかし、今回予想される南海トラフ沿いの巨大地震となると、被害が甚大になるばかりか、広域に被害を受ける可能性がある。命が助かった後の対応については、もはや個人だけの防災、支援活動では限界があり、被災状況が行政の対応能力を超えていけば、地域住民どうしが連携して自主的な防災活動、支援活動をする必要が出てくる。

しかし、住民自身がこのような活動をする際に、状況を整理し、意志決定するための体験や訓練はあまりされていないのが現状である。

そこで、自衛隊において戦略、戦術訓練に導入されている指揮所演習 (CPX: Command Post Exercise 以下CPXと呼ぶ) を行政の災害時のロールプレイング訓練⁴⁾ (これを簡易化したものをDIG⁵⁾とも呼ぶ) として応用する試みがされてきた。本稿は、これを実践的な地震防災教育プログラムと位置づけ、平成14年1月に山口県宇部市において一般市民向けに開催された「災害ボランティア育成研修会」へ導入したので、その概要と併せてCPXの実施方法について説明する。

8.2 災害時指揮所演習

(1) 概要

CPXは本来、自衛隊が行う戦略や戦術、災害対応を訓練するプログラムである。想定はある指揮所(拠点)において入ってくる様々な情報や状況に対してどのように対処するか、部隊を投入するかを決定し、机上で訓練する側と参加する側との間の情報のやりとりで、実施するものである。

(2) グループの編成

まず、演習を受ける側のグループ編成を行う。一般には、このグループとは演習を受ける自治会や校区などそれぞれ演習対象者の所属単位に応じて決定する。本演習では、対象者は宇部市全域の校区代表(計84名)としたので、**図8-1**に示すように演習時のグループは2~4校区を1(連合校区)グループ(10名程度)として編成し、計8グループに分けた。

また、各グループに対して直接指示を出す企画

* 山口大学工学部知能情報システム工学科

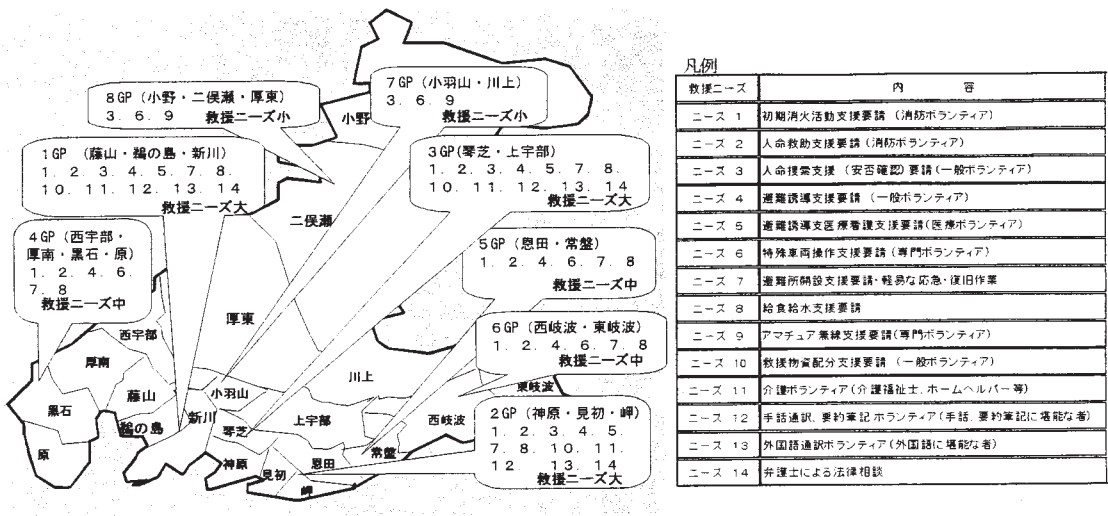


図 8-1 宇部市校区のグループ編成と救援ニーズ

救援ニーズ	内 容
ニーズ 1	初期消火活動支援要請 (消防ボランティア)
ニーズ 2	人命救助支援要請 (消防ボランティア)
ニーズ 3	人命捜索支援 (安否確認) 要請 (一般ボランティア)
ニーズ 4	避難誘導支援要請 (一般ボランティア)
ニーズ 5	避難誘導支援要請 (医療ボランティア)
ニーズ 6	特殊車両支援要請 (専門ボランティア)
ニーズ 7	避難所開設支援要請 (軽易な応急・復旧作業)
ニーズ 8	給食給水支援要請
ニーズ 9	アマチュア無線支援要請 (専門ボランティア)
ニーズ 10	救援物資配分支援要請 (一般ボランティア)
ニーズ 11	介護ボランティア (介護福祉士、ホームヘルパー等)
ニーズ 12	手話通訳、要約筆記ボランティア (手話、要約筆記に堪能な者)
ニーズ 13	外国語通訳ボランティア (外国語に堪能な者)
ニーズ 14	弁護士による法律相談

部員を各 2 名ずつ配置した。そして、この企画部員を統括する役として企画副部長を、訓練全体を統括する役目を果たす企画部長を置いた。今回の企画部は NPO 法人防災ネットワークうべの会員により構成されたが、例えば、次に校区内で CPX を実施する場合には、今回の演習に参加した代表住民や自治会長が、その役を果たすことが理想的であるとする。

(3) 災害の想定と演習の目的

災害の想定は演習の目的により設定する。今回実施した演習では地震を想定して、午前 9 時に山口県菊川町を震源とするマグニチュード 7.3 の「山口県西部地震」が発生し、演習対象となる宇部市では、震度 6 弱および震度 5 強に見舞われたものとした。

この状況下で、たまたま各地域の防災拠点に会議等で集まっていた校区の住民が災害に遭遇して下記の目的達成のために活動することとした。

- 地震発生直後における地域の状況把握
- 救援ニーズに適合した防災、支援活動の実施

ここで、企画部長は演習目的を念頭に入れ、当該地域 (参加者の地域) に対する被害規模、様相、大まかなシナリオの流れを決定する。これをま

めて、表 8-1 に示す統裁計画という各グループの被害概要と発災後の時間経過ごとの状況を大まかに記述した表を作成する。今回の演習では、想定被害の大きいグループには前半、初期消火や人命救助を主な状況として提示し、被害の少ない地域では、情報の収集や誤情報への対応を主な演習内容とした。

(4) 企画部の打ち合わせ

企画部は演習に先立ち、各グループを担当する企画部員に対して事前の打ち合わせを行う。(3) で決定した被害と演習の趣旨を踏まえ、企画部員は統裁計画をもとに担当グループの対象地域の詳細な被害および状況の流れを検討する。各企画部員は作成した人的、物的被害分布を企画部から提供された地図上に展開し、発災後の状況変化や状況発生を時間経過に沿って、演習時に参加者へ提示する状況付与カードを 1 枚ずつ作成する。

以上、企画部員により作成された各グループ地域の被害地図を一つに合わせ、演習当日に企画本部に設置する。この地図は演習当日、参加者から出された情報要求カードや行動要求カードに対してそれが可能かを見分ける資料となるものである。

表 8-1 統裁計画（実際の計画表を簡略表示）

グループ (被害の規模)	時間 (仮定の想定時間, 実際の演習時間)		
被災	→		
市災対本部	被害状況把握	→	
グループ (大)	消火, 救助	→	避難, 捜索
グループ (中)	消火, 救助	→	避難, 捜索, 医療, 避難所
グループ (小)	捜索, 救助	→	避難所

(5) 演習の概要

演習に際しては図 8-2 に示す各グループ用のブースを設置し、図 8-3 に示すような流れで付与を行う。まず、企画部員は作成した状況付与カードを計画した時程（3分～5分に1件程度づつの頻度）に従いグループに付与する。付与時間は、企画部が提示する災害発生時間に合わせた時計を利用する。そして、参加者は得られた情報を透明フィルムで覆った地図上にペンで記入したり、付箋紙でマークしたり、壁に貼った紙で整理を行う。参加者が与えられた付与に対し、情報収集したい場合（実際の災害では徒歩や自転車などで収集に出る）は「情報要求カード」にその旨を書き企画部員に提出する。同様に支援活動、防災活動がしたい場合には「行動要求カード」に活動内容を記入して提出する。その際、企画部員はその要求が実現可能か否かを、設定された当該地域の被害から判断し、(写真 8-1 参照) 新しい状況付与カードを作成し、付与する。例として、表 8-2 にグループ 2 における付与番号 2 に対する企画部と参加者のやり取りの一部として、地震により発生した交通事故と負傷者搬送について示す。

(6) 参加者の反応

本演習実施前後においてアンケートを実施し、参加者の意識の変化や演習について質問を行った。回答は参加者 84 名から得た。その結果の一部を以下に示す。

まず、訓練について付与されてくる状況に対して対応できたかについては、図 8-4 に示す通り約 3 割の参加者がほとんどできなかったと回答しており、できたと回答した参加者は 1 割にも満たなかった。

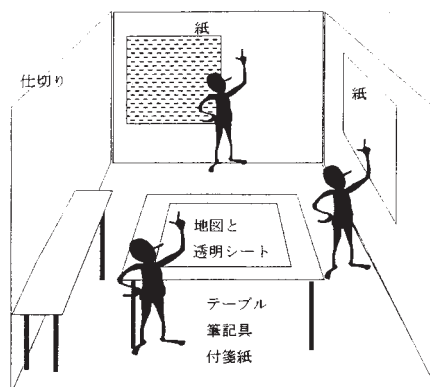


図 8-2 ブースの設置

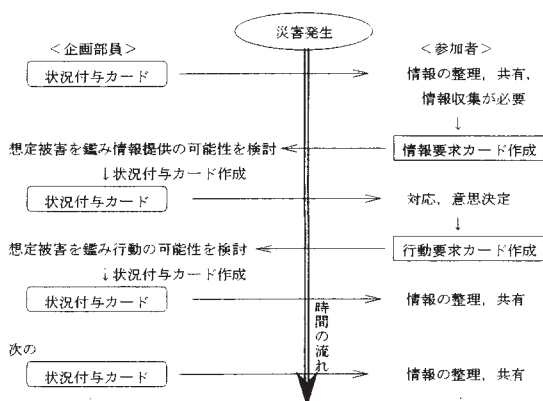


図 8-3 付与の流れ

次に、どのような点ができなかったかと聞いたところ、図 8-5 のように情報の整理が最も多かった。また、それに次いで、情報収集や意志決定、行動などがあげられた。特に情報整理について、同じグループの中でも意見がまとまらず、意志決定の困難さを知ったという意見も多く聞かれた。

最後に、今後このような訓練を通じて情報を整理するなど災害時の対応能力を身につけたいかという質問については、表 8-3 のように体験前より体験後の方が身につけたくないなど若干消極的な方へ推移している。先の図 8-5 の結果に示したように今回の訓練を通じて情報の整理の困難さを感じた参加者が多かったようなので、その難しさゆえに表 8-3 のような結果になったとも考えられる。



写真 8-1 企画部の想定地図で参加者の要求を検討

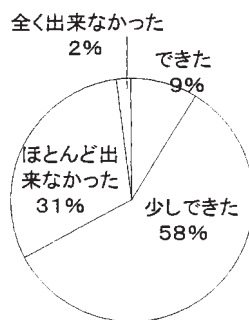


図 8-4 状況への対応結果

表 8-2 状況付与の様子 (2 GP の一部)

付与番号	企画部員	参加者
02 (10:00)	<ul style="list-style-type: none"> 青少年会館交差点で数十台の車両衝突事故発生。 多数のけが人がいる模様。 普通車約20台、特殊車両(クレーン、ユンボ)2両。負傷者30人、死者は今のところなし。(10:04) 電話不通。(10:15) 尾中病院が収容可能人員20人。消防本部は洗滞で出動不可能。(10:27) もう少し早い対応が必要。近くの医療機関への収容依頼を検討、搬送の方法も検討のこと。(10:35) 	<ul style="list-style-type: none"> 救助に男性5人、女性10人派遣し、警察、救急に電話で通報。(10:15) 自転車で警察、消防に女性各1人ずつ向かわせる。また、近くの病院に受け入れが出来るのか女性1人が聞きに行く。(10:15) 尾中病院に負傷者20人を男性5人、女性10人で運ぶ。いそべ病院、サンボプラ病院には受け入れがあるか自転車で女性各1人ずつが鬼に行く。(10:35)

8.3 まとめと今後の展望

本稿は、実践的な防災教育の一例として試行されつつある自衛隊の災害指揮所演習についてその概要を述べた。アンケート結果から分かるように参加者は情報の整理や意志決定などで苦労しており、災害時の現実の厳しさが体験できたと思われる。その意味でこの演習は、今までの防災教育にはなかった現実の厳しさを参加者に実感させるよいプログラムであると考えられる。

しかし、本演習を実施するには、被害設定や要員の確保、ブース設置といった準備に手間がかかる。また、参加者が同じ会場に集まって行う必要

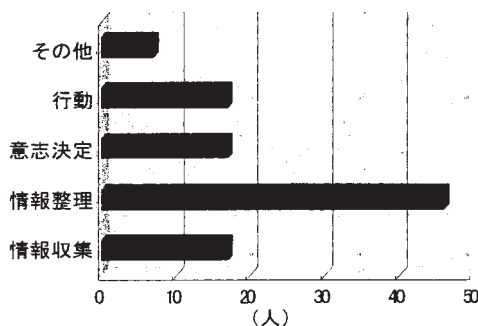


図 8-5 対応が出来なかった点

があるなどの問題もある。

そこで、筆者は現在、図 8-6 に示す地域イントラネット上に仮想のネットワーク協調作業空間を構築し、煩雑な統裁計画づくり、状況付与作成および演習支援を行うシステムを開発している。これは、演習を実際の災害時に近づけるために、演習を受ける側が、災害時に本来いると思われるそれぞれの防災拠点の現場や行政の持ち場で CPX を行えるようにするものである。今後、自治体の総合防災訓練や災害ボランティアリーダー、コーディネーター育成研修会等で利用を試みる予定である。

謝 辞

陸上自衛隊第 17 普通科連隊本部の有吉登聖1佐、福井俊寛2尉をはじめ多くの方に CPX に関してご協力とご助言を頂いた。ここに深謝の意を示す。

表 8-3 災害時の対応能力について

選択肢	体験前 (%)	体験後 (%)
1. 身につけたい	67	53
2. どちらかといえば身につけたい	32	43
3. どちらかといえば身につけたくない	1	1
4. 身につけたくない	0	3

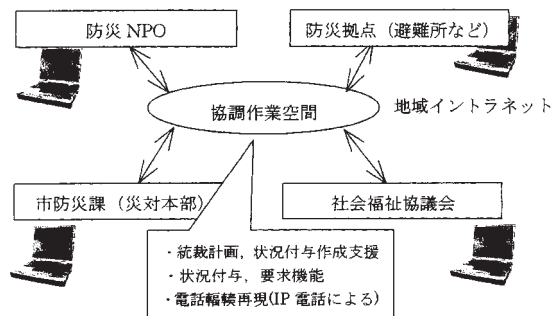


図 8-6 地域イントラネットによる CPX システム

参考文献

- 1) 「地震防災読本」, 三重県, 1995.
- 2) 福和伸夫: 南海トラフの巨大地震を前にした地震防災技術者の取り組みについて, 「近年の国内外で発生した大地震の記録と課題」シンポジウム論文集, pp.52-54, 2002.
- 3) 例えば, 家庭のできる地震対策, 愛知県, <http://www.pref.aichi.jp/bousai/katei/index.html>
- 4) 災害危機管理研究会編: 災害時の危機管理訓練 RPG マニュアル BOOK, 毎日新聞社, 2001.
- 5) 小村隆史, 中野昌: 図上訓練 DIG (Disaster Imagination Game) について, 地域安全学会論文報告集, No. 7, pp.136-139, 1997.

9. 来るべき巨大地震に備えて一死者多発防止の諸問題一

太田 裕*

9.1 はじめに

東海地震を初めとする南海トラフ沿いの巨大地震群の発生が懸念されている。これらの地震の発

生様式がどうあれ、このまま放置すれば、1 世紀に 1~2 度の激甚災害となることは間違いない。そうならないように、事前の備えを強力に進めていくことが肝要である。このような観点から本特集が計画されており、筆者には全体包括的な記述をとの要望が寄せられた。しかし、これに正面から応えるのは容易でない。そこで、他の著者がほとんど触れていない主題のうち、特に重要な「死者多発問題」に的を絞って考察を行うこととした。

地震災害の分類法は多々あるが、筆者は「回復可能なもの」と「回復不能なもの」とに 2 大別しており、後者を代表するのが死者である。わが国では地震に伴う死者が 1,000 人を越える特段の悲惨事は福井地震 (1948 年) を最後に卒業したとの認識を持っていた。これが誤解に過ぎないことに驚愕したのが 1995 年兵庫県南部地震 (以後、神戸の地震と略称) である。死者多発を目の辺りにし、「同じ過ちを繰り返してはならない」ことを強く決意し、この地震の教訓をベースとした努力が続けられている。それにも拘わらず、学んだことの全てを生かし切っていると言うには程遠く、このままでは、やがて来る南海トラフの巨大地震によって、同様の過ちを繰り返しかねない (事実、東海地震の単独発生でも死者が最大 8,000 人を越えるとの試算がある [2002 年中央防災会議])。今、この時期に、この現実をしっかりと認識し、克服への方途を探求して行くことが急務である。本論では、このような観点から、死者多発問題について、神戸他の地震から学び得たことを整理することで死者多発防止に向けた短~中期の戦略立案に一石を投じたい。

9.2 神戸の地震と死者の発生

神戸の地震時の死者は大半が木造住家の倒壊と生き埋めに起因するものであった。既存の死者推定式は [住家全壊=>死者発生] という単純なメカニズムを前提としており、死者の概数試算には使えるものの、死者多発防止の基礎知見としては粗に過ぎる。われわれは神戸の地震の直後に人的被害研究の特別チームを結成し、この問題を調べてきた^{1), 2)}。この結果、住家の被災と死者発生の

* 東濃地震科学研究所

仕組みがかなりはっきりしてきた。重要事項の2~3を略述する。

(1) 住家被害と死傷の発生

われわれは『住家被害が大破から全壊レベルに入ること死者発生危険は徐々に高まるが、これが即、死に直結するものではなく、破壊がさらに進み、崩壊に至る段階で死者発生危険が著しく高まる』との見解を得ている。図9-1(a)をみていただきたい。これは木造住宅の被害度を図式表示した尺度の代表例である³⁾。ここでは住家被害をD0(無被害)~D5(崩壊)の6段階に分類しており、D4レベル以上が通常「全壊」といわれている。図9-1(b)は、北淡町(淡路島)における調査にもとづき、住家の被害度と死傷者発生との関係を見たものである⁴⁾。この図にみるように、D4レベルでは軽傷者は多発するものの、重傷者・死者はほとんど皆無であった。一方、D5は(-,+)に2区分され、D5-レベルで重傷者は増えているものの、死者発生が顕著になるのは、全壊がさらに進んで完全崩壊(D5+)に達した段階においてである。

いうまでもなく、住家には平常時の「生活(を支える)機能」があるが、これが被害レベルD4で喪失する。このことが、このレベルを全壊と定義する理由の一つとなっている。しかし、住家には破壊がさらに進んだ場合でも、極限的役割として「生存(を全うさせる)機能」があり、その重要

性が神戸の地震であらためて認識されたところである。

神戸の地震は住家をもつ死者多発への、あってはならない筈の実大実験であった。この結果、新耐震設計基準の施行時期(1981年)を境に住家の耐震性能に確かな前進があったことが実証された。すなわち、この時期以降の施工となる住家で








被害程度	Damage Grade	破壊パターン
無被害	D0	
一部破壊	D1	
	D2	
半壊	D3	
全壊	D4	
	D5	D5- 
		D5+ 

図9-1(a) 木造住家の被災度の図式表現(北大破壊パターンチャート)。

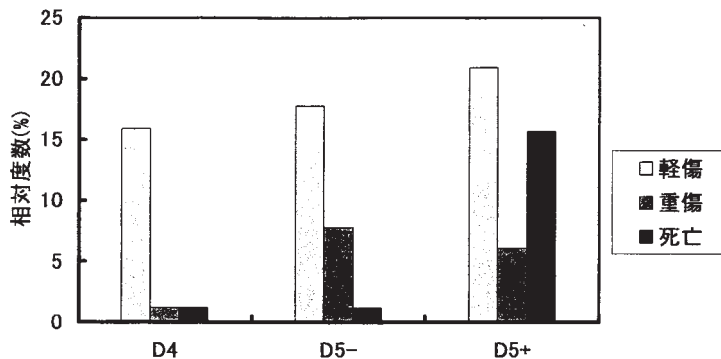


図9-1(b) 木造住家の被災度と死傷の発生。

はD4レベル以上となった棟数は限定的であり、その一方で、完全崩壊(D5)となり、死者多発をもたらしたものの多くは1981年以前施工の住家であった。このことから現有の住家について、建築時期共に耐震性の現状を詳しく知り、改善を工夫することが急務となった。

(2) 閉じ込め者の余命時間と SAR 活動

図9-2は住家倒壊に伴い屋内に閉じ込め(=生き埋め)となった人々の生存(=余命)時間とSAR(Search And Rescue)活動との関係を実データにもとづきモデル化したものである⁵⁾。これは地震に伴う住家被害のレベル・受傷の度合い、さらには閉じ込めという悪環境の中で余命時間が決まり、生存者が時間経過と共に急激に減少する様子を示している。生き埋め者は放置すれば一として自力脱出ができなければ一死を待つほかはない。彼らは「死の候補者」である。この地震の場合、閉じ込め者の50%が生存する、いわゆる、Golden Hoursは高々10数時間である。しかし、これも受傷の度合いによって大きく違ってくる。最も短いのは「窒息・圧死」に代表される生き埋め者で精々が数分である。即死に近い。余命時間が最も長いのは、無傷のまま閉じ込められた人達であるが、飢餓・脱水が原因となり数日を経ずし

て死に至る。この両極端のケースを挟んで、重一中一軽傷者の順に余命時間が延びている。

神戸の場合、何らの救出活動が行われなかったならば、さらに大量の死者をもたらしたことは論を待たない。幸い、地震の直後から果敢なSAR活動が実施され、多くの人々が救出された。図9-2には家族・近隣、消防そして自衛隊によるSAR活動期間を併せ示してある。最も効を奏したのは立ち上がりの早い家族・近隣によるものであった。事実、彼らによる搬出者の80%が生存救出となっている。彼らのもっぱら人海戦術によった。それ故に、日常的緊密性がSAR活動の根拠力として働いた反面、救出の困難なケースが放置されることとなった。この欠点のある程度まで補ったのが消防隊の出動である。しかし、生存者搬出率は15%程度に止まった。最も進んだ装備をもつ自衛隊は一現場への到着の遅れ、困難かつ長時間を要する作業の故に一遺体搬出をもっぱらとする苦い結果となっている。生存者搬出率は僅か5%である。これらの結果から、SAR活動が生き埋め者の「余命時間」と「探索+救出」時間との競争に他ならないこと、それ故に、土地勘の有無と現場到着の遅速が結果を大きく左右することが強く認識されることとなった。

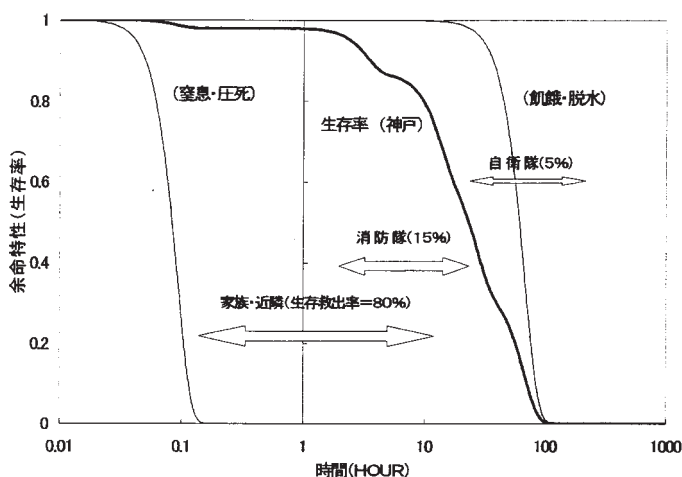


図9-2 閉じ込め者の余命特性(生存率の時間変化)とSAR活動。

9.3 死者多発防止戦略の探求

このような事実を素直に受け止めた上で、死者の抜本低減に向けて、可能な限りの方策を探求し、実行に移していかなければならない。この観点から、特に重要な2~3の方策について考察する。

(1) 住家の耐震性向上

ところで、建築年を1981年以前とする住家は全国平均で50%に近い。図9-3は、この事実を踏まえ、わが国(木造)住家の全壊危険ポテンシャルについて震度を入力指標として概観したものである。住家の被害関数としては1981年以前と以後の2区分で⁶⁾、算定を行ってみた。これにみるように、震度5+を越え震度6-に至る段階で全壊(≧D4)となる住家が急増する。震度7ともなれば、全壊もD5(-, +)の崩壊レベルに達し、死者多発に直結することとなる。このように、わが国は死者多発予備軍となる在来木造住家を多数現有している。

死者多発を防ぐ、直接かつ最も有効な手段は激震時にも「壊れない家」を整えておくことである。神戸の経験が教えるところは簡明であり、「現有

の(古い)住家の耐震性を少なくとも1981年以降のレベルにまで向上」させておくことに尽きる。しかし、この目標達成は容易ではない。行路には大きく2つの問題が立ちだかっている。1つは改善の所要経費であり、他の1つは技術上の問題である。まず、前者について考えてみる。周知のように、わが家の耐震性向上は自己責任(自費)において実施すべしという、高いハードルがある。これは現有の耐震規定が、「法律を遡及しない」ことに起因している。この結果、現有の規定に照らせば「不適応」と判定される物件も「そのまま」存続を許されている。このため、行政がPRに努める「わが家の耐震性向上運動」も多くは「診断」に止まり、「改善」実施との乖離が殊の外目立つ現状にある。法律を遡及しないという強い拘束条件のままに、しかし、高い耐震性のわが家を実現するのは本当に至難であろうか。この難点突破の可能性を示唆する事例がある。

2000年10月に発生した鳥取県西部地震では多くの住家が大破し、全壊した。これに対して、鳥取県は一つの英断を実施した。以下は、朝日新聞(2001年1月7日、朝刊)の「知事の決断」と題する記事の抄録である。いわく、『鳥取県の片山

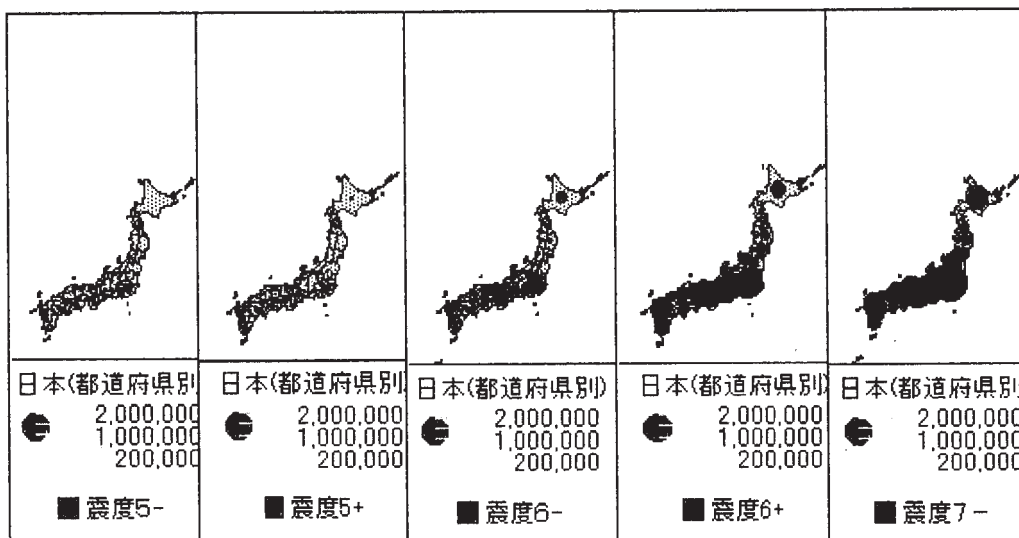


図9-3 震度を入力情報とする木造住家の全壊危険ポテンシャルマップ。

知事が、去年10月の地震で、住宅を建て直す世帯に300万円、補修する世帯には最高約110万円の公的支援を決断した。…条件は「ふるさと定住」の意志だけで、発生から11日後のスピードである。…去年4月にダム建設をやめた。必要性を逐一検討したら、不必要なことがわかった。これで建設費の半分、約120億円の地元負担を浮かせることができた。地震被害への公的支援に際し、安心材料になった。…県によると、約1,600世帯が補助金を申請している。…』。多少事情は異なるが、神戸の地震の場合にも、道路を塞いだ倒壊家屋の撤去費用を公的資金で全額負担した経緯は夙に知られている。このように、私有財産である「わが家」の措置（再建、撤去）に関わる自己責任分に対して、地方行政体が公的資金使用を決断した事例は皆無ではない。これは、わが家をもつ公益性を認めた措置といえなくもない。これが事後対応で可能ならば、事前対応でも可能な筈であろうし、特に住家の耐震性向上を事前に行うことで、死者多発の低減にはきわだって有効となる筈である。防災の問題が優れて地域の問題であることに思いを及ぼすとき、鳥取県知事の英断は大いに研究されて然るべきであり、この観点から、現有の法律を見直し、地方分権の時代なればこそその英知を結集することで、この難関突破の糸口を探

求すべきであろう。

第2の技術上の課題も所要経費問題と不即不離の関係にある。耐震性向上の目標は激震時にも生活機能を保持すること—精々がD3被害レベル以下—におかれるべきことは論をまたない。しかし、これに要する経費は莫大となる。次善の策として、少なくとも生存機能は保持すること—D4被害レベル以下—に目標をおくことが可能であろうし、この意味の耐震性向上が実現するならば死者低減効果は大きい。しかし、これを是とするにはD4被害レベルからD5被害レベルに至る被災の物理プロセスのさらなる解明が必須であるし、この過程で、廉価の生存機能確保技法開発の促進が鍵となる。

(2) 前駆地震の活用一点検と改善への起点—

死者多発防止対策のための基本対策の1つは「世帯を単位とする事前の、多面的な備え」を進めておくことである。これも日暮れて道遠し、の感がある。しかし、何かのきっかけがあれば、世帯は動くものである。図9-4をみていただきたい。これは2000年鳥取県西部地震の直前と1年後の2時間点で、地域住民（境港市、世帯単位）の地震への備え（8項目）について比較調査を行った結果である。これは、地震が契機となって「備えの

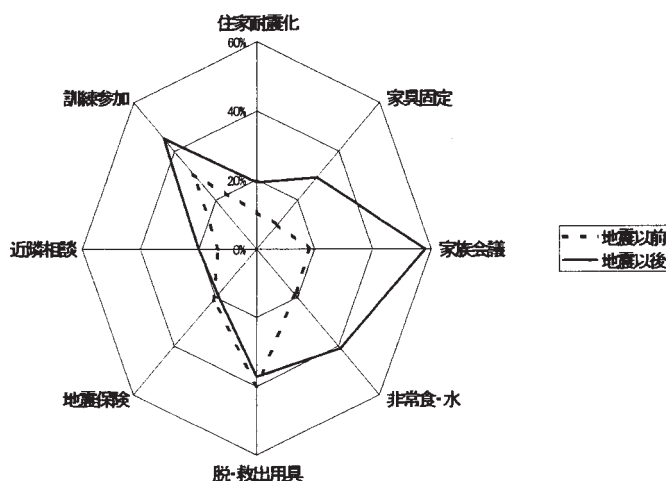


図9-4 「実」地震がもたらす世帯単位の備えの改善（鳥取県境港市における調査）。

見直しと安全性向上」に著しい進展をみたことを示しており、「実」地震が点検と改善への、何者にも優る駆動力となることを示唆している。「論より証拠」を実証する事例である。南海トラフの巨大地震に先立って、中規模以上の地震が発生するとの確言はできないが、これに先駆する小～中規模地震—震度5—以上の発生は大いにあり得る。「折角の小～中地震を活用する」ことで、防災力の向上を計るという戦略はもっと真剣に考究されていい。市町村の防災行政においても同断である⁷⁾。

(3) 地震直後の対応

和藤・大西(2001)は、神戸の地震時の医療活動について「救命」を主眼に計量評価を試みている。まず、実際の救命人数—Prevented Deaths—を495人と判定し、次いで医療活動が理想的に実施された場合の救命可能人数—Preventable Deaths—を588人と算定し、救命の活動効率84%を与えている。神戸の地震以後、災害医療資源の充実が進められているものの、彼らによれば改善効率は精々16%に止まり、Cost/Effectivenessは意外に低いこととなる⁸⁾。この結果は2重の驚きである。1つは死者実数5,000人強に対して、Preventable Deathsの対象になり得るのが2割に満たない人数に止まること—8割はUntouchable—であり、さらに充実途上にある筈の災害医療の改善効率が、意外なことに、期待に程遠いことである。

一体何故であろうか。根本的な理由は地震後の数分～10数分で多数の死者が発生したことであり、災害医療セクターが活動を開始するはるか以前—地震後はば1時間以内—に事の大半が終わってしまったことにある(図9-2参照)。これは直後対応のみではカバーし得ない「防災上の空白」が存在することの証左に他ならない。このようにみると、事前対応は現今の一般認識を越えた、はるかな重みをもつことが判る。ここに、事前対応は「余命時間の極端に短い受傷者」を出さないための諸方策であり、必然、住家の耐震性向上—被害を最悪でもD4レベル以下に抑えること—が最優先となる。これが大きく前進したとき、直後

対応が相乗的に有効となる。そして、事後対応の根幹は「被災の現地(地域住民、地域消防)がSAR活動を素早く立ち上げ、余命時間^{注1)}の中で救出者を災害医療セクターに橋渡しできるよう、計画し、習熟しておくこと」にある。

9.4 おわりに

地震災害のうち、最も悲惨となる死者多発防止を主眼におき、神戸他の地震の経験をベースとしながら、やがて来る巨大地震時に同じ過ちを繰り返さないことを旨とする若干の考察を試みた。異常自然現象に伴う死者多発の防止は、わが国はもとより広く人類の悲願である。これの達成には長年の、そして地道な努力が欠かせない。しかし、これを持続し、発展させることは単に「備え」という言葉では表現し切れない内容をもっている。太田宗夫(災害医学)は『一つの社会が、まさかのときのためにどこまで投資できるかは、その社会の成熟度を評価する尺度である』と述べている⁹⁾。けだし、名言である。われわれは、この尺度で計量できるものを早急に積み上げてゆかねばならない。死者多発防止の諸対応は一つの、確たる文化として、着実に根付かせねばならない。

なお、本稿に関わる資料整理・図面の作成には小山真紀(東濃地震科研, 研究員)・中嶋唯貴(愛知淑徳大学, 学生)両君を煩わせた。記して謝意を表す。

注

注1) 厳密には治療によって救命可能となる時間であり、余命時間 \geq 救命可能時間の関係にある。

参考文献

- 1) 太田 裕(編):地震時の人的被害に関する総合研究, 1-251, 東濃地震科研報告, Seq. No.2, 1999.
- 2) 太田 裕・小山真紀(編):地震時の人的被害に関する総合研究(2), —ワークショップ特集— 1-236, 東濃地震科研報告, Seq. No.7, 2001.
- 3) 岡田成幸・高井伸雄:地震被害調査のための建物

- 分類と破壊パターン, 日本建築学会構造系論文集, 524, 65-72, 1999.
- 4) 岡崎信弘: 地震に伴う死傷者発生過程の解明と予測式の構成, 山口大学大学院理工学研究科平成10年度修士論文, 24-26, 1997.
 - 5) 太田 裕・小山真紀・和藤幸弘: 震後余命特性曲線の試算: 訂正と補足—1995年兵庫県南部地震の場合—, 93-100, 東濃地震科研報告, Seq. No.7, 2001.
 - 6) 岡田成幸・鏡味洋史: 震度による地震災害系統評価のためのバルナラビリティ関数群の構成, 地震第2輯第44巻, 93-108, 1991.
 - 7) 太田 裕・小山真紀: 小さな地震の直後防災対応—愛知県・市町村の場合—, 85-100, 東濃地震科研報告, Seq. No.9, 2002.
 - 8) 和藤幸弘・大西一嘉: Protracted Deaths, Preventable Deaths, and Prevented Deaths in an Earthquake—Prevented Deaths の概念と意義—, 51-54, 東濃地震科研報告, Seq. No.7, 2001.
 - 9) 国際災害研究会(編) 災害医学, 1-375, 序文, 2002, 南山堂.