

〔付録〕 1.2002年災害研究フォーラム要旨集

2.〔参考資料〕

東海・東南海地震の被害想定結果概要

〔付録〕 1

2002年災害研究フォーラム

巨大地震の災害シナリオ
東海・東南海・南海地震 ―そのとき何が起こるか―

【要旨集】

災害科学研究会

地震災害予測研究会

平成 14 年 11 月 15 日

損害保険料率算出機構

はじめに

東海地域では、過去周期的に大地震が発生しており、1944 年（昭和 19 年）の東南海地震では全ての歪みが開放されず、いつ大地震が発生してもおかしくないとみられています。この地震については、1976 年（昭和 51 年）8 月の東海地震説の発表により、1978 年（昭和 53 年）6 月に大規模地震対策特別措置法が制定され、強化地域指定と直前予知を前提とした各種防災対策が実施されています。

また、東南海・南海地震も過去周期的に発生しており、今世紀前半での発生が懸念され、中部圏、近畿圏などの防災対策を早急に確立していく必要があるといわれています。本年 7 月には、議員立法で「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」が制定されました。今後、「東南海・南海地震防災対策推進地域」の指定と防災計画の策定等を行い、防災体制の強化・確立、観測施設、地震防災施設等の整備などが、進められることになります。

多くの自治体では、1995 年（平成 7 年）に発生した阪神・淡路大震災を一つの契機として地震防災対策が検討されていますが、21 世紀に発生が危惧されているこれら 3 つの海溝型地震による広範囲にわたる災害シナリオを検討しているところは多くありません。

そこで、本年の災害研究フォーラムでは、3 つの海溝型巨大地震をとりあげ、都市における地震災害のシナリオを中心に、今後の防災対策を検討する上で考慮すべき内容を専門家の方々にご議論いただくことにしました。

本フォーラムが参加者の皆様のお役に立つことを望みます。

【基 調 講 演】

東海・東南海・南海地震 ―科学的予測の後に来るべきもの

独立行政法人
防災科学技術研究所
片山 恒雄

過去の東海、南海地震に学ぶ災害のシナリオ

東京大学 都司 嘉宣

1. 南海地震系列の巨大地震とは？

和歌山県から高知県にかけての南方海域を震源とする南海地震系列の巨大地震が、今世紀の2030年ぐらいから起きてもおかしくない時期に入ると多くの地震研究者たちは予想している。南海地震といえば、終戦直後に起きた、昭和21年(1946)の南海地震もまたこの系列の地震の一つである。この地震は特に「道」の字を入れて「南海道地震」とよばれる。

南海地震系列の巨大地震は、天武天皇12年(684)の「白鳳南海地震」以来、昭和南海道地震まで、歴史上に8個の例が知られており、いずれもマグニチュード8かそれ以上の巨大地震であった。このうち、江戸時代に起きた、宝永地震(1707)、安政南海地震(1854)は、非常に多くの古文書記録が残されており、地震と津波による被害の詳細を知ることができる。記録の洩れが無いと見られる16世紀以後では、南海地震はおおざっぱに100年前後の間隔で生じている。今年(2016)は南海道地震(1946)から56年目にあたるので、今直ちに起きると予想する人は少ないが、あと30年ほど経過すれば、前回から86年目となり、次の南海地震が起きても不思議ではない時期に入るのである。

2. 南海地震のメカニズムと近畿地方の内陸地震

南海道地震は、和歌山県や四国の南方海域を東西に走る南海トラフのところで、南方が1年に約5cmの速度で沈み込んでくるフィリピン海のプレートが、沈み込むことによって生じる地震である。すなわち、南海トラフのところから沈み込み始めたフィリピン海のプレートと、その上にかぶさって日本列島西部を載せるユーラシアプレートとの間には、応力(ストレス)が年々蓄積される。100年も経つと、この蓄積された応力がついに耐え切れなくなって、両プレートの境界面ですべりを起こす。これが南海地震である。

次の南海地震が迫ってくると、プレート境界面上に載ったユーラシアプレートの内部でも応力が蓄積され、結果として、近畿地方や中国地方の内陸部でもマグニチュード7前後の中規模地震の回数が増えてくる。事実、過去の南海地震の前後の近畿地方・中国地方の中規模地震は、南海地震が起きる約30-40年前ぐらいから増加し始め、南海地震を経て、その後10年ほど広義の余震の地震がおきる時期が続く。この南海地震の前30-40年、後10年は近畿・中国地方の中規模地震の「活発期」とよぶことができる。この活発期が過ぎると、その後は地震発生のきわめて少ない、「静穏時」に入る。そうして静穏期が数十年続いて、再び次の「活発期」が始まる。このようにして100年前後を周期とする南海地震のサ

イクルが一巡するのである。

1995 年の兵庫県南部地震がおきるまで、京阪神地方はなんとなく地震が少ない、あるいは被害を生ずるような地震の起きない場所であると、そこに住んでいる人は思っていた。事実、1946 年の南海道地震以来、兵庫県南部地震にいたる約 50 年の間、京阪神地方にはわずかな被害でも生じるような地震の揺れは経験したことがなかったのである。人間、50 年の経験は「永遠の真理」と勘違いするのムリはないのかも知れない。その 50 年は南海地震サイクルの「静穏期」にすぎなかった。1995 年に兵庫県南部地震(M7.2)が起きた以上、近畿地方・中部地方は「静穏期」は終わりを告げたと考えなければならない。つぎの、南海地震にむけての「活発期」が始まったのである。今後、近畿地方・中部地方の内陸部は、中規模地震の多い活発期が次の南海地震の後 10 年ぐらいを経過するまで続くであろう。

3. 南海地震は津波が怖い

昭和 21 年(1946)の南海道地震のときにも、大きな被害は火災と津波によって生じた。この地震では 1300 人あまりの人の命が奪われたが、その原因の多くが津波による死者であった。津波は震源に近い紀伊半島の田辺以南の先端部や四国の室戸岬の先端部で地震後 10 分以内、和歌山市、徳島市、高知港などで 40 分-1 時間ぐらい、大阪で約 2 時間で襲ってくる。紀伊半島先端部や室戸岬に近い海岸に住む人は、強い地震を感じたならば、直ちに、標高 10m 以上の水平線の見通せる高所に移動し、海の様子をしばらく観察するのが望ましい。漁港では、漁船を港内から沖に出して避難させる時間は無いであろう。

南海地震が起きたとき津波の来襲まで 40 分-1 時間のゆとりがあると推定される、和歌山市、徳島市、高知港では、漁船のもやいを外し、エンジンをかけ、沖出し避難をする余裕がある。テレビやラジオの報道に注意しながら、老人やこども等には高所への移動を指示して、漁船の沖出し避難をする時間がかろうじて確保できるであろう。

4. 昭和 21 年(1944)の南海道地震は標準サイズの地震ではない

大阪に住む 60 歳以上の人の中には、「南海道地震か、ありゃたいしたことない」と御自分の体験からそう主張する人もいるであろう。じじつ、昭和 21 年の南海道地震では、大阪は大した被害を生じなかった。地震の揺れを表す震度も 4にとどまり、家屋被害もほとんど生じなかった。津波も安治川口で水位上昇が 70 センチ程度にとどまり、ほとんど被害を生じなかった。しかし、昭和 21 年の南海道地震を標準規模の南海地震と考えてはならない。昭和 21 年南海道地震は、南海地震としては「小粒」であった。幕末の安政南海地震(1854)では、津波が安治川、木津川の両川口から大阪の繁華街を流れる道頓堀や西横堀に浸入し、地震から船で避難しようとした大勢の人を乗せた船が津波によって上流に運ばれ、各所にかかる橋桁に衝突して、船は沈没し、橋は流失した。大阪での津波死者については、いろいろな記録数字があるが、300 人以上であったことは確実である。

JR 大阪環状線大正駅前の大正橋のたもとに「大地震両川口津浪記」と書かれた石碑が建っている。安政南海地震の翌安政二年(1855)に建てられたもので、安政南海地震による津波が安治川・木津川から流れ込んできて、道頓堀や西横堀などで船で地震の避難をしようとした多くの人が犠牲になった事を書いた後、このようなことは 148 年前の宝永地震(1707)のときにも起きた、記している。先人の言い伝えの教訓を生かせなかった悔しさが文を通じて伝わってくる。そこで、「後世の人は、地震の後には津波が来るものと考え、必ず船に乗るべからず」という重い文で子孫の代の教訓を残している。この石碑の文末は「この石碑の字がいつまでもよく見えるように、毎年墨を入れよ」で結ばれている。この先人の用意周到な心配りには、頭が下がる思いがするが、大阪に住む人が、この石碑の教訓を忘れ、南海地震による三度目の津波の大被害を出すことがないように切に祈らずにはいられない。

5. 地震の被害は大きな川の自然堤防の背後の「後背湿地」で大きくなる。

昭和 19 年(1944)の東南海地震のときには、天竜川下流域の平野集落でのこくぞう住家の被害率が詳細に調査された。その結果、天竜川という自然堤防の発達した体が大きな川の近くよりも、自然堤防の背後の湿地平野部を流れる太田川の流域で大きな被害率が現れた。

広域被害と軟弱地盤

東京工業大学 翠川 三郎

1. はじめに

東海沖から南海沖にかけて巨大地震の発生が懸念されている。例えば、1985 年メキシコ地震では震源域から 300km も離れたメキシコシティで大きな被害が生じたように、これらの巨大地震が発生した場合には広い範囲で被害が生ずるものと考えられる。ここでは、過去の東南海、南海地震の被害の分布やその地盤条件との関連について紹介し、巨大地震の際に心配されるいくつかの問題を指摘する。

2. 巨大地震の被害域

a) 過去の地震の被害域

地震による被害域として、それぞれの地震で、震度 6 以上を被った地域の面積をみてみよう。1995 年兵庫県南部地震(M7.2)で約 300km²(名古屋市の面積に相当)であるのに対して、1944 年東南海地震(M7.9)では約 2000km²(東京都の面積に相当)、1946 年南海地震(M8.0)では約 700km²と数倍広い。想定される東海地震の過去の事例はないが、東海地震と同様に震源域が陸地にかかっている 1923 年関東地震(M7.9)の場合では約 6000km²(愛知県の面積に相当)とさらに広い範囲が影響を受けている。このように M7 クラスの内陸直下地震に比べて M8 クラスの巨大地震では被害域が大きく広がっている。

b) 1944 年東南海地震の被害分布

東南海地震の被害分布をみると、震源域から約 200km 離れた諏訪市でも被害が生じている。被害の分布は一様ではなくまだら模様を示している。震源域から約 100km 離れた清水市では震度 6 強相当の被害が生じている地域があり(宮村、1945)、静岡県太田川・菊川流域では震度 7 相当の被害が生じている地域がある(大庭、1957)。これらの地域ではいずれも地盤が軟弱で揺れやすい。

c) 1946 年南海地震の被害分布

南海地震の被害分布もまだら模様を示している。震源域から約 250km 離れた鳥取県の境港や島根県の出雲で被害が生じている。これらの地域は 2000 年鳥取県西部地震でも周辺地域に比べて大きく揺れた。震源域から 100km 以上離れた岡山県の見島湾周辺では局所的には震度 7 相当の被害が生じた(金井ほか、1947)。この地域は軟弱な干拓地である。

このように軟弱な地盤を有する地域では、震源から大きく離れていても、大きな被害が生ずる恐れがあり、距離が離れているからといって一概には安心できない。

3. 東京で予想される被害

東京は東海地震の震源域から約 150km 離れており、震度 6 には達しないとされている。そのため、東京での被害はあまり問題にされていないようにも見える。安政東海地震の際には「江戸では丸の内辺が強く、家屋に小被害」(宇佐美、1996)で、大きな被害は報告されていない。しかし、現在の都市の構造は変化しており、新しい災害も懸念される。例えば、東京には、安政東海地震の際には存在しなかった高層ビルは 15 階建て以上のもので数百棟も存在する。東京のある高層ビルでは 1000km も離れた鳥取県西部地震の際に(東京での震度は 1)、揺れが 1 分以上続き、船酔い状態になった人も出た。

これは、関東平野では盆地状に厚い堆積地盤が存在し、これによって表面波が励起されて、やや長周期(周期 1~10 秒)の地震動が生じるためである。東海地震でも、このようなやや長周期の地震動が比較的大きな振幅で生じ、これによって、高層ビルは大きく揺れるものと予想される。その結果、高層ビル内の人々に恐怖感を与えるであろうし、家具や OA 機器の転倒、内装材の落下が生じ、負傷者も発生するであろう。また、多数のエレベーターが停止し、その復旧に時間を要し、その間、業務が停止してしまう事態も生ずるであろう。これらの結果、電話の輻輳、帰宅ラッシュなど混乱が生ずることも考えられる。

このような事態に近いことは、鳥取県西部地震の際の神戸(震度 4)でもみられた。例えば、エレベーターの復旧に 5 時間以上かかったり、携帯電話が断続的にかかりにくくなったりした(2000/10/7 神戸新聞による)。これ以外にも、地盤の悪いところでは、耐震性の低い建物に被害を生じたり、地盤の液状化が生じて地下構造物の被害が生じたりして、物的損害やライフラインの機能停止による生活支障も発生するかもしれない。このような東京での混乱や被害により、静岡県などの被害甚大地域への災害復旧のための応援が遅れ、復旧までに長期間を要することも心配される。

4. おわりに

M8 クラスの巨大地震では被害が広域化すること、軟弱地盤では震源から離れているからといって一概に安心できないこと、大きな被害が予想されていない東京でも混乱が予想され被災地での復旧活動に遅れがでる恐れがあること、を指摘した。被害が広域化することにより、被災地への応援は兵庫県南部地震の場合のように期待できないであろう。結局、個人個人が被害を出さないように努めることが基本であり、そのためには、まずは住宅の耐震補強などの自助努力を進めることが重要となろう。

効果的な防災対策を実現するために

— ハードとソフト、事前と事後 —

東京大学生産技術研究所 目黒 公郎

1. はじめに

組織や地域の総合的な地震防災能力を向上させるには、「被害抑止」、「災害対応/被害軽減」、「最適復旧・復興計画/戦略」の三つをバランス良く実施することがポイントである。すなわち、事前の施設(ハード)の耐震性を向上させるなど「被害抑止」対策によって、直後に発生する被害量を減らし、次に適切な「災害対応/被害軽減(ソフト)」策で、被害の波及を阻止し、最終的に「最適な復旧/復興戦略(ソフト)」で、なるべく早く災害前と同様な状況、あるいはよりよい状況を実現することによって、災害による負の影響の最小化を図ることができる。

地震防災上、最も重要な対策がハードを中心とした「被害抑止」力の向上であることは言うまでもない。特に建物など、単体としての対策が効果的に機能するケースでは、「被害抑止」の効果は絶大であるので、耐震補強を第一に推し進めるべきである。「被害抑止力」が、最重要課題であることの理由は明解である。被害抑止力が低いと、いかに優れた対応策を持っていたとしても、適切な復旧・復興策を考えていたとしても、直後に発生する被害が甚大となるため、対応しなくてはならない業務量が増大する。結果として、事後の災害対応業務はどうしても後手後手になる。さらに人命など、他のもので保障できない災害時に最優先して守らなくてはならないものの多くが、地震の直後に失われてしまうためである。

2. ライフライン系の施設の特徴と予想される被害

今回の私のミッションは、ライフラインや交通/輸送機関、産業施設などを対象とした地震被害に関してである。東海地震、東南海地震、南海地震によるこれらの被害は、損害保険料率算出機構研究部の被害想定結果¹⁾によれば、ライフライン関係の被害(需用家数)が、「上水道・電力・ガス」の順で示すと、東海地震で「約 211 万、約 105 万、約 208 万」、東南海地震で「約 212 万、約 93 万、約 214 万」、南海地震で「約 62 万、約 31 万、約 59 万」となる。交通機関への被害(被害箇所数)も、「高速道路・国道、新幹線・JR 在来線」の順で、東海地震で「約 60・約 500、約 500・約 1800」、東南海地震で「約 20・約 500、約 200・約 1600」、南海地震で「0・約 300、0・約 1200」と報告されている。産業施設も、

例えば被災地域(震度 6 強)内の危険物施設数が、東海地震で約 15,000 箇所、東南海地震で約 14,000 箇所に上る。

都市を構成する様々な要素が相互に関連をもって都市システムとして機能することを考えると、理想的な防災対策は対象とするシステムや施設の持つ機能的な特質を踏まえて、合理的な対策を講じることが重要になる。すなわち、「影響を他へ与える性質が強いのか」、「他から影響を受ける性質が強いのか」で、前者は予防療法的な対策を、後者は対処療法的な対策を講じることが、社会全体から見た場合には効果的と言える。誤解のないように補足すると、ここで私が言いたいことはどちらか一方の対策で十分であるということではない。当然であるが、ある基準までは予防療法的な対策も対処療法的な対策も講じる必要がある。その上で各施設の特徴を踏まえた上で、上乘せとしての対策を選択的に講じるべきであると言っているのだ。

また道路や鉄道、ライフラインなどを対象とする場合、これらの施設はネットワークとして機能して初めて意味を持つことから、単体の建物のように、個々の設備の耐震補強が全体としての機能の耐震性能の向上に直結しない。ここで重要になってくる考え方が、事前に限られた資源を有効活用して対策を講じる場合に、例えば同じ箇所数の対策を講じるのであれば、ネットワーク全体の特性を十分評価した上で、どんな対策をどこからどういう順番で進めるべきかを適切に判断すること、次に事前の耐震補強の重要性を十分認識しつつも、適切な事後対策をどこからどのように行えばいいのかを判断できるようにしておくことが重要である。

本報では、上記のような点を踏まえ、私が日ごろから考えていることを、独自に進めている研究成果を交えながら紹介したい。

3. 適切な事前対策を講じるために

ライフラインや交通機関などを対象とした事前の適切な防災対策を実現するには、前章で説明したように、そのシステムの機能停止による影響の大小と、そのシステムが影響を他に与えやすいものか、他から受けやすいものか、の特徴の把握が重要である。そして次に、ネットワークを構成する要素としての施設や設備の信頼性、各要素が有するネットワーク全体の機能に対する重要度、サービス供給地域の地域特性、などを踏まえた事前対策の優先順位を適切に決めておく必要がある。このような観点からの研究の一例として、文献 2) でも紹介されている「停電が与える社会的影響度の定量的評価の研究」がある。

この研究の概要は以下の通りである。近年、都市生活の電力への依存が高まる一方で、自然災害や事故などの様々な原因による停電被害が発生し、都市機能に大きな影響を及ぼしている。停電の影響は、電力供給システムの構造から、配電所の供給エリアを単位として相互に影響し合い、しかもエリアごとの「電力需要状況・住民特性・産業構成などの地域特性」「停電の原因となる災害の規模」「停電発生時刻や継続時間などの停電特性」等によって、大きく変化する。そこで本研究では、配電所の供給エリアを単位とした地域特性

と、停電の発生時刻・継続時間を考慮した都市生活への停電の影響評価法を構築した。まず地理情報システムを用いて、東京 23 区の 314 箇所の配電用変電所の電力需要と地域特性のデータベースの構築とその分析を行い、供給エリア内の大口需要家の影響を含めて考慮した地域特性と、停電の発生時刻・継続時間を考慮した停電の影響評価モデルを構築した。この成果は、停電発生時のエリア別の影響度の相対比較、限られた資源を有効に活用するための優先順位付けなどに活用できる。事前の地震防災対策の相対的な優先順位付けには想定地震動情報、対策の費用対効果の評価には地震予知情報を含めたリスク情報などのハザード情報を有効活用することが重要である。

なお、今回のミッションの範疇ではないが、構造物などについての事前対策に関しては、文献 3)や 4)を参照されたい。

4. 適切な事後対応を実現するために

予算措置上の問題や、対策の費用対効果を考えた場合に、特にライフライン系のシステムの防災対策を対象として考えた場合、全面的な事前対策は必ずしも効果的とは言えない。このようなケースでは、事後の対応を適切に実施できるように、前もって事後の準備をしておくことが効果的と言える。以下に、事後対策に関しての私の考えを述べる、

4.1 災害状況のイメージトレーニング

事後対応をうまく行うには、特に直後対応をうまく行うには、実際の災害状況が十分に認識される前に活動を開始する必要があることから、事前に対応者が災害状況を適切にイメージできる準備を進めておくことが重要である。この例が参考資料の中で取り上げている「災害状況イマジネーションツール：目黒メソッド」²⁾である。自分の日常生活のあらゆる場面を対象として、時々刻々変化する災害状況をイメージしていくトレーニングである。

4.2 地震災害時の最適人材運用法

大規模災害が発生すると、日常業務を大幅に上回る膨大な災害対応業務(災対業務)が発生する。にもかかわらず、対応に当たるべき職員自身が被災すること、また交通事情が悪化するなどの理由で、実際に対応に当たることのできる人員は限られ、極度の人材不足の状況に陥る。そのような環境下では、対応できる少人数の職員による「不眠不休で」とか「寝食を忘れて」的な対応がとられがちである。しかしこのような状況は、以下で説明するように、対応する側からもそのサービスを受ける側からも適切ではない。すなわち、対応に当たる職員の労働条件は過酷となり、業務能率を著しく低下させることから、被災地の人々にとっても受けることのできるサービスの質と量が著しく悪化する。このような状況を改善するためには、災害時の災害対応業務の効率を高めるロバストな人材運用法¹⁾の検討が重要となる。言い換えれば、適正な休養と人材配置によって作業効率を向上させる人

材運用法であり、日常的に様々な状況を対象としたシミュレーションを通して、適切な対策を立てておくべきである。

4.3 誰のために最適な復旧活動か？

兵庫県南部地震では、各種ライフラインが甚大な影響を受け、機能障害を受けた需要家の数は、電力で約 260 万、上水道で約 130 万、都市ガスで約 86 万に及び、その復旧には電力が約 1 週間、水道と都市ガスは共に約 3 ヶ月間かかった。

ライフライン各機関は、それぞれが自分のサービスの復旧に全力を尽くした。しかし、「自社の最善」に向けた活動が、他のライフライン機関の復旧活動の妨げになり、結果として「全体の最善＝被災地需用家全体に与えるライフライン機能障害の最小化」になっていなかったことが大きな混乱を生んだ。これは従来は余り問題視されてこなかった課題であるが、今後の地震防災対策においては重要視すべき課題である。

4.4 被災地域の状況を適切にモニタリングし対策に反映するために

防災関連機関が迅速な初動をとるためには、地震被害の早期把握が不可欠であるが、現在はモニタリングされた地震動から予想される被害を早期情報として活用している。すなわち予め設置しておいた地震計から得られる地震動情報に基づいて各地域の地表の揺れの強さを補完/推定し、揺れの強さとその地域の建物の強度の関係式(フラジリティカーブ)を利用して建物被害を推定するシステムである。しかしこのシステムは、地域ごとに多種多様なデータが必要であるばかりでなく、「地震動の推定に関する不確定さ」と「地震動と建物被害の関係に関する不確定さ」に関する 2 段階の不確定さを有している。また利用できる地震動は 1 回限りであり、推定される被害の精度をアップデートしていくことは一般的には難しい。また今回対象となる東海・東南海・南海地震などを対象とした場合には、構造物は最初の地震動で被災し、次の地震動は損傷を受けた構造物へ入力されることになるが、被災建物のフラジリティカーブの研究は進んでいない。

地震動を利用する被害推定システムが、インプットとしての地震動から、システムとしてのフラジリティカーブを介してアウトプットとしての被害を推定するシステムであるのに対して、アウトプットとしての被害を直接評価しようとする試みが最近始まっている。リモートセンシングや航空写真を利用した被害評価に関する研究がその範疇の研究である。しかしながら、現状では精度高く被害を把握することは難しく、観測が時間や天候に左右される等の問題もあり、実用化には解決すべき課題も多い。

現在私が進めている研究は、地震前後の電力供給データを用いて、地域ごとの被害を評価するものである⁵⁾。電力供給量は、地域の人々の活動状況をリアルタイムに反映する。また発災後の人々の活動状況は地震の被災程度に強く影響を受ける。よって、電力供給量は地域の被災程度を強く反映したものとなる。この手法も、アウトプットとしての被害が直接反映される電力量の変化から直接評価するものである。配電用変電所の供給エリアを地域単位として、地震前の電力需要から地域特性を把握するとともに、地震後の電力供給量

の落ち込み具合から供給エリア内の建物被害を推定する手法を提案している。この手法は、リアルタイム評価が可能、新たな設備投資がほとんど不要、天候や時刻に左右されない観測が可能、事前のフラジリティカーブの準備は不要、連続する地震動による被害を評価できる、復旧・復興期までの被災地の状況(構造物以外を含めて)モニタリングが可能、など有利な点を多く有し、実用に向けて大きな可能性があることが示されている。

ただし、この手法はある大きさを持つ(町丁目程度)地域の評価に適した手法であり、個別構造物の被災度を高精度にモニタリングするものではない。個別構造物のヘルスマニタリングならびに地震時の被災箇所と被災度の自動評価システムなどに関しては文献 6)を参照されたい。

5. 総合的な対策の実現に向けて

ここまで、地域や組織の総合的な防災能力を向上させるハードとソフト、事前と事後の対策について述べてきたが、最後にこれらの個々の対策を統合化した総合対策を具体化するための仕組みについて説明する。具体的には対象地域や組織の防災ポテンシャルを具体的に向上させる機能を持つマニュアル/計画立案法である²⁾。ここでいうマニュアルとは、電化製品についている「ユーザーズマニュアル」のような狭義のマニュアルを示しているのではなく、総合的な防災対策を実現するための環境整備の意味としてのマニュアルである。提案するマニュアルは、現状のマニュアルの性能分析機能、目的別ユーザ別編集機能、当事者マニュアル作成支援機能などを有している。このマニュアルによって、災害発生以前に地域や組織が有する潜在的危険性の洗い出し、その回避法/対策の検討と実施その効果の評価が可能である。また事前の適切な対処が事後の対応をどれだけ軽微にするかを示すなどの機能も持っている。さらに、個人の経験を組織に遺伝させる仕組み、過去の災害における教訓を防災対策上有効に活用できる仕組みも有している。またこの中では、ライフラインや交通機関/施設の被害においては重要となるサービスを受ける需用家や利用者に対しての、被災状況や復旧状況に関する適切な説明情報の提示なども検討事項となっている。現在このコンセプトによる危機管理マニュアルや防災マニュアルの整備が、政府機関や地方自治体、ライフライン会社で行われている。

参考文献

- 1) 損害保険料率算出機構研究部：東海・東南海・南海地震の被害想定結果概要，2002.11.
- 2) 目黒公郎：大規模地震の動的被害予測モデル，地学雑誌，99-914,2001.
- 3) 目黒公郎・高橋 健：既存不適格建物の耐震補強推進策に関する一考察，生産研究，Vol.52，No.12，pp.24-27，2000.12
- 4) 吉村美保・目黒公郎：期待損失軽減額から見た長期地震予知時の事前対策評価，地域安全学会梗概集，地域安全学会，No.10,pp.35-38,2000.11.

- 5) 秦康範・目黒公郎：電力供給の変動を利用した地震による建物被害評価の可能性について，地震工学研究発表会講演論文集，2001.
- 6) 上半文昭，目黒公郎，応用要素法による鉄道構造物の損傷度評価と地震時被害把握システムへの応用，土木学会鉄道力学論文集，土木学会，Vol.5, pp.25-30, 2001.6

大規模地震の動的被害予測モデル

目 黒 公 郎

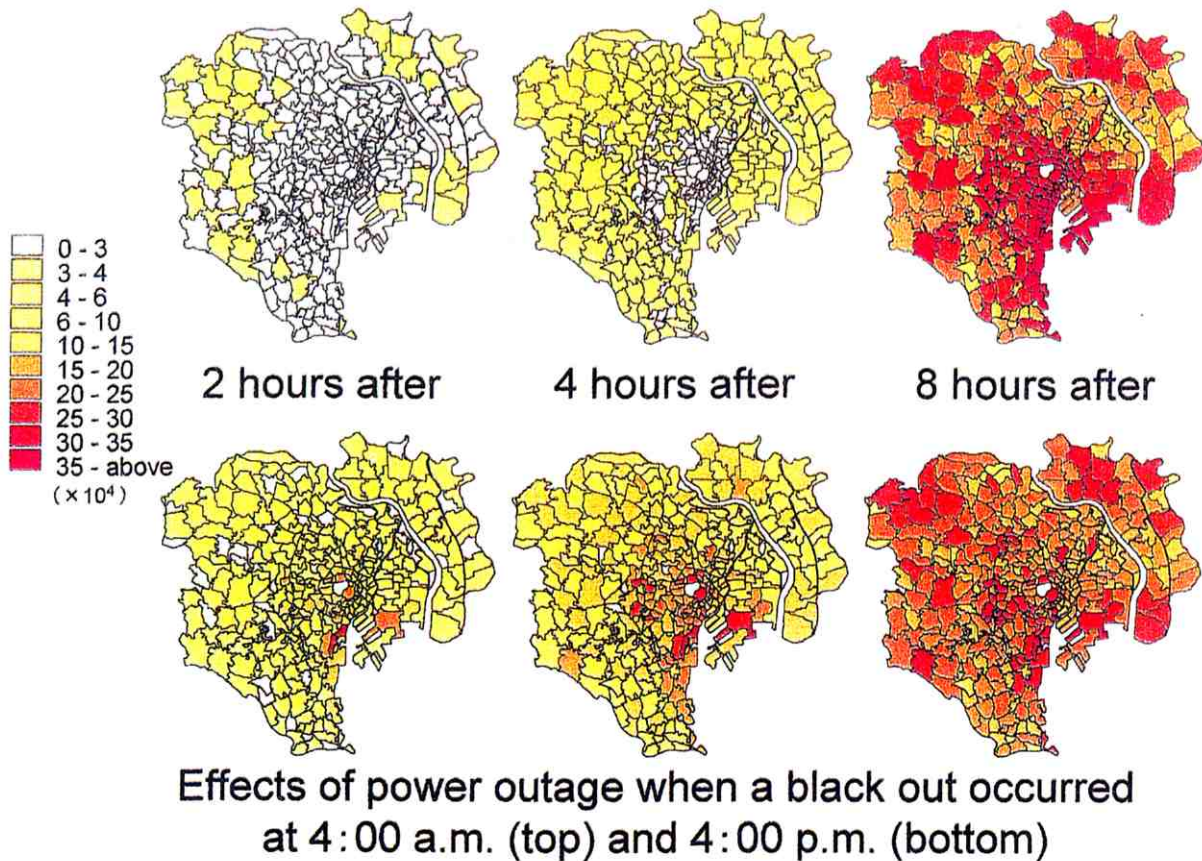
Dynamic Evaluation Model for Large Earthquake Disaster

Kimiro MEGURO

地 学 雑 誌 Vol. 110, No. 6 (979), 2001 別 刷

口絵 2：停電の発生時刻と継続時間による影響度の変化

Pictorial 2: Effects Due to Power Outage in Urban Area when a Black Out Occurs at 4:00 am (top) and 4:00 pm (bottom)

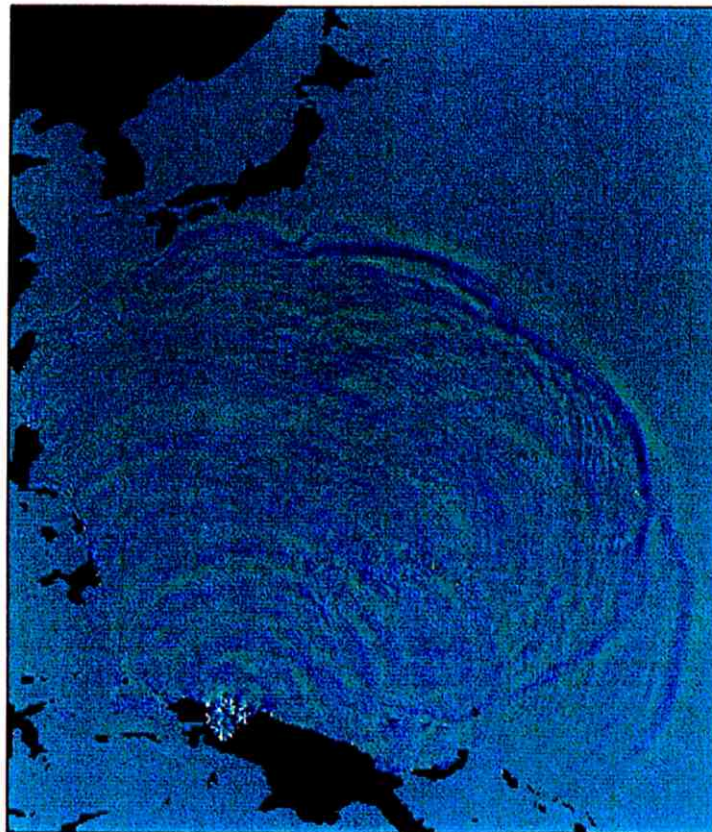


東京 23 区の夏季を対象として、上段は午前 4 時、下段は午後 4 時に停電が発生した場合。

(目黒公郎 Kimiro MEGURO)

口絵 3：1996 年 Irian Jaya 地震津波の伝播計算結果例

Pictorial 3: Computer Graphics of the 1996 Irian Jaya Earthquake Tsunami



CG 作成協力：

東京大学地震研究所
越村俊一氏

Provided with the
cooperataion of Dr. S.
Koshimura (ERI, Univ.
Tokyo)

(今村文彦 Fumihiko
IMAMURA)

大規模地震の動的被害予測モデル

目 黒 公 郎*

Dynamic Evaluation Model for Large Earthquake Disaster

Kimiro MEGURO *

Abstract

From national to local governments and private sectors, many organizations have carried out earthquakes damage estimation of their facilities by comparing their strength and earthquake demand. Based on these estimations, they have established plans for disaster reduction measures. Although these earthquake damage estimations are conducted by consuming large budgets and time, in many cases the results are neither used well nor trusted, especially by specialists. Why?

The major reason is that these estimation results are calculated based upon chains of assumptions. In other words, the probability of having the assumptions adopted in the damage estimation calculation is very low. Furthermore, simulations are carried out under static conditions while real phenomenon is very dynamic.

Although a static condition is used in many simulations, the time factor is certainly very important, especially for human related activities. For a reliable assessment of earthquake disaster damage, three time factors must be considered. The first defines the characteristics of the social system and development level of the affected area. The second is related to the point in time when the event occurs: season, month, day, hour, etc. The last is time elapsed after the event.

Recently, accurate estimations of the characteristics of an earthquake (location, magnitude, mechanism, etc.) and the strong ground motion at each site is improving. However, even if accuracy becomes reliable, damage caused by the event cannot be discussed quantitatively as there is great uncertainty due to time factors and research on how to manage this uncertainty is scarce.

In this paper, the direction of future research on earthquake damage evaluation and disaster countermeasure plans are discussed stressing the above-mentioned issues. Some studies on these matters are introduced.

Key words : earthquake disaster countermeasures, disaster response, dynamic damage evaluation, disaster reduction manual

キーワード：地震防災，災害対応，被害予測，防災マニュアル

* 東京大学生産技術研究所都市基盤安全工学国際研究センター

* International Center for Urban Safety Engineering, Institute of Industrial Science, The University of Tokyo

I. はじめに

上は政府レベルからはじまって、様々なレベルの自治体や企業が現有の設備と想定する地震との比較から、地震被害の予測を行い、その結果に基づいた防災計画を立てている。多額の金と労力を費やして行われる被害予測であるが、多くの場合、その結果が有効に活用されているようには見えないし、数値そのものも人々からは信用されていない。特に専門家の間でその結果を鵜のみにする者はいない。なぜか？

理由は、それらの結果が、「仮定の仮定の仮定の…」の上に推定された数値であることによる。言い換えれば、前提とした仮定通りに災害が発生する確率が極めて低い点と、本来ダイナミックであるはずの被害が、スタティックなものとして扱われている点に問題がある。言い方を変えれば、地震そのものの特徴（位置・大きさ・メカニズム、など）やそれによって各地で観測される地震動が信頼に値する精度で予測されたとしても、これを受けて社会に生じる地震被害については不確実性が高く、従来この点に対する検討が全く不十分であったということである。

本報は、この点に重点を置き、今後の地震被害予測や災害対応計画に関しての方向性や、関連して現在進めている幾つかの研究について報告するものである。

II. 災害は進化する

—災害現象における時間のファクター—

一般に地震被害は、入力（インプット：I）→システム（S）→出力（アウトプット：O）の関係として考えると理解しやすい（巨大災害はカオスであり、ここで言うような「I→S→O」の関係づけは難しいとの意見もあるだろうが）。地震工学や地震防災においては、入力としては、地震の発生や地震動、津波などをまずは考える。システムとしては、地域住民の生活スタイルに影響を与える社会システムを想定する必要がある、これは地域の自然状況特徴づける自然環境特性（気象/気候、地理、地形、地質/土質など）と社会状況を表す

社会環境特性（都市システム・インフラ・政治・経済・文化/教育・歴史/伝統・宗教・思想など）から構成される。また地域活動や住民生活が時間によってダイナミックに変化することから、地域特性を表現する変数には、季節（天候を含む）・曜日・時刻などの時間の項が入ってくる。出力は、対象とする現象によって、構造物の応答や社会/組織の対応となって現れ、これがあるレベルを越えると地震被害となる。すなわち、地震被害の規模と質は、入力（I）とシステム（S）の関係によって決定される。阪神・淡路大震災などの巨大災害は、この（I→S→O）が複雑に絡み合いながら連鎖反応を起こしていくことで、時空間的に拡大した現象として捉えることができる。災害軽減において大切なのは、この連鎖反応を時空間的に小さな状況下でいかに断つかである。

「災害は進化する」と言われる所以は、入力としての災害（ハザード）が変化しているのではなく、それを出力である被害（ディザスター）に変換する社会システムの変化がもたらす現象として理解できる。発展途上国で現在発生している災害が、先進国の過去の災害に類似したり、開発や発展の程度によって起こり得る被害のタイプの分類が可能であるのもこのためである。余談だが、同じ地震を対象とする分野でも、地震学の場合は地震工学の世界で入力として考えている地震の発生メカニズムが興味の対象となり、これを出力とする（I→S→O）の関係解明が研究の対象となる。また地震工学の研究者の中にも、地震動や津波の挙動を研究対象としている人がおり、彼らにとっては地震動や津波の特性を決定する（I→S→O）のメカニズムが重要課題となっている。

上で説明したように、災害現象を理解する上では、三つの時間的なファクターが重要になる。災害発生時の社会システムを特徴づける「時代」という時間ファクター、そして「発災時刻」と「発災からの経過時間」という二つの時間的なファクターである。

近年では、歴史地震や活断層の研究成果により、我が国で発生する各地の地震被害を考えた場合は、地域別に予想される最大級の被害地震の規模と位

置に関する不確定性は減少し、相対的に上で説明したような時間的なファクターの不確定性がより大きくなってきている。発災時の季節（天候を含む）・曜日・時刻などの影響、そして発災からの時間経過に応じて災害現象をダイナミックに評価できるモデルを構築しないと、予測された被害の様相は実際とは全く異なったものになってしまう可能性が高い。典型的な一例を口絵2に示す。これは東京23区を対象として、季節別、時間別の電力需要の変化から地域特性を把握した上で、停電の発生時刻と継続時間によって変化する影響度を評価し、これをGISを用いて面的に表現したものである。同じ継続時間の停電が、地域特性や発生時刻（ここでは示していないが当然季節の影響も）によって大きく変化することがわかる。

III. 防災対策の基本とは？

理想的な防災対策とは、災害発生前に対策を行うことで物理現象としての災害（Hazard）を社会や地域に負のインパクトとしての災害（Disaster）に結び付けない努力をする「被害抑止」、適切な対応によって被害発生後にその影響が広く波及することを防ぐ「災害対応/被害軽減」、災害状況からの立ち上がりを迅速にすることで災害による負の影響の最小化をはかる「最適復旧/復興計画」の三つをバランス良く行うことである。これらの関係を表したのが図1である。図にもあるように、防災は多くの分野の知見と協力が欠かせない学際的な性格を持つ。対応や対策の具体化にも、関連する多くの機関や組織の相互理解と協力が不可欠である。しかしその一方で、どんなに研究や対策が進んでも、防災の基本は最終的には、一人一人の日頃からの心がけと準備に行き着く。この点は何のレベルの組織においても、個人レベルにおいても同様で、災害をどう位置付け、防災システムをどのように構築しておくかで、災害下でその組織や個人が直面する状況が大きく異なってくる。防災への取り組みは、「行政の指導に従っていればそれでよし」というものではない。個々の責任において行うべきことであり、その組織が営利企業であれば、当然経営戦略にもつながってくる。災

害による損失を国に保障せよと言ったところで、これには自ずと限界がある。さらに人命やある種の情報など、基本的に補償の対象にはなり得ないものも多く、これらは自分で守る以外に術はない。

IV. 効果的な防災対策の立案のために

兵庫県南部地震をはじめとして、最近世界各地で発生している多くの地震被害を調査してきた私の結論として、これらの被害から学ぶべき最も重要な教訓は、社会の様々な立場やレベルの人々のイマジネーション能力がいずれも非常に低かったということである。すなわち、政治家、行政、エンジニア、マスコミ、そして一般市民まで、ごく一部の例外的な人を除いて、ほとんどの人々が災害状況を具体的にイメージできる能力を養っておらず、この能力の欠如が、最適な事前・最中・事後の対策を講じることができない原因となったのである。イメージできない状況に対しての適切な心がけや準備などは無理である。防災対策を実現する上で最も重要なことは、災害発生時からの時間経過の中で、自分の周辺で何が起こるのかを具体的にイメージできる人をいかに増やすかである。この能力を高める努力をせずに、「1. ○○をなささい」「2. △△をなささい」…的なことを強いたところで、これは心に響かないし、長続きもしない。その結果は当然の帰着として、地域や組織、そして個人の防災能力を高めることにつながらない。

以下では、ここで説明したような教訓を踏まえた上で、現在私が進めている幾つかの研究課題について紹介する。

V. ユニバーサル地震災害環境シミュレータ

図2は現在私が開発を進めている「ユニバーサル地震災害環境シミュレータ」（目黒，2000a）である。既に説明したように、私の考える防災対策の基本は、「災害発生時に、そしてその後の時間経過の中で、自分の周辺で何が起こるかを具体的にイメージできる人間をいかに増やしていくか」である。イメージできない災害に対して、適切な心構えや準備ができるはずがないし、逆に具体的に

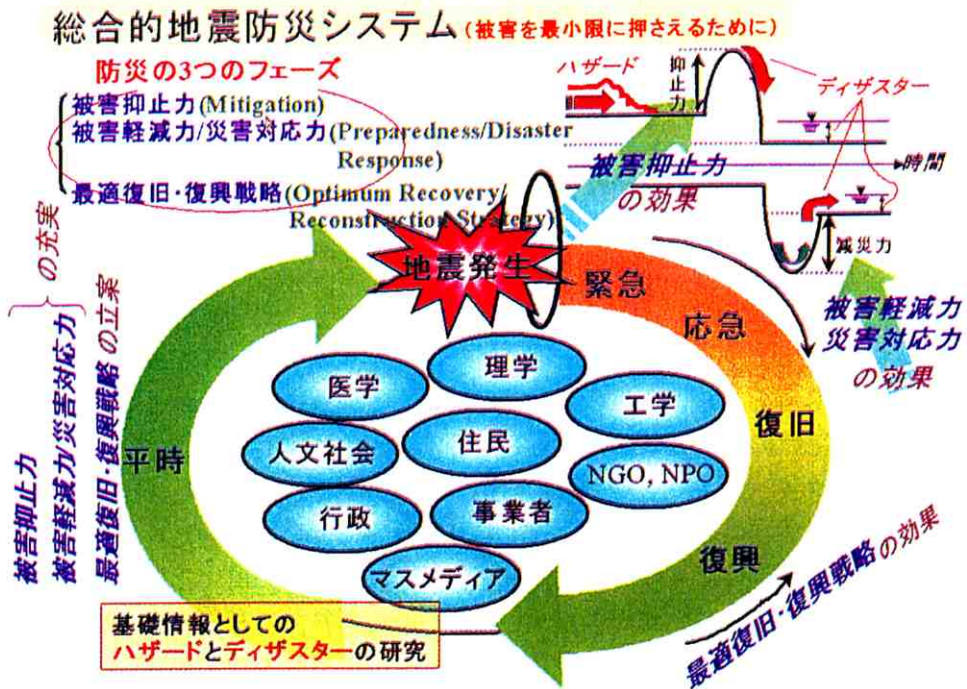


図 1 私の考える総合的地震防災システム。

地震災害環境シミュレータ(主として物理現象編)

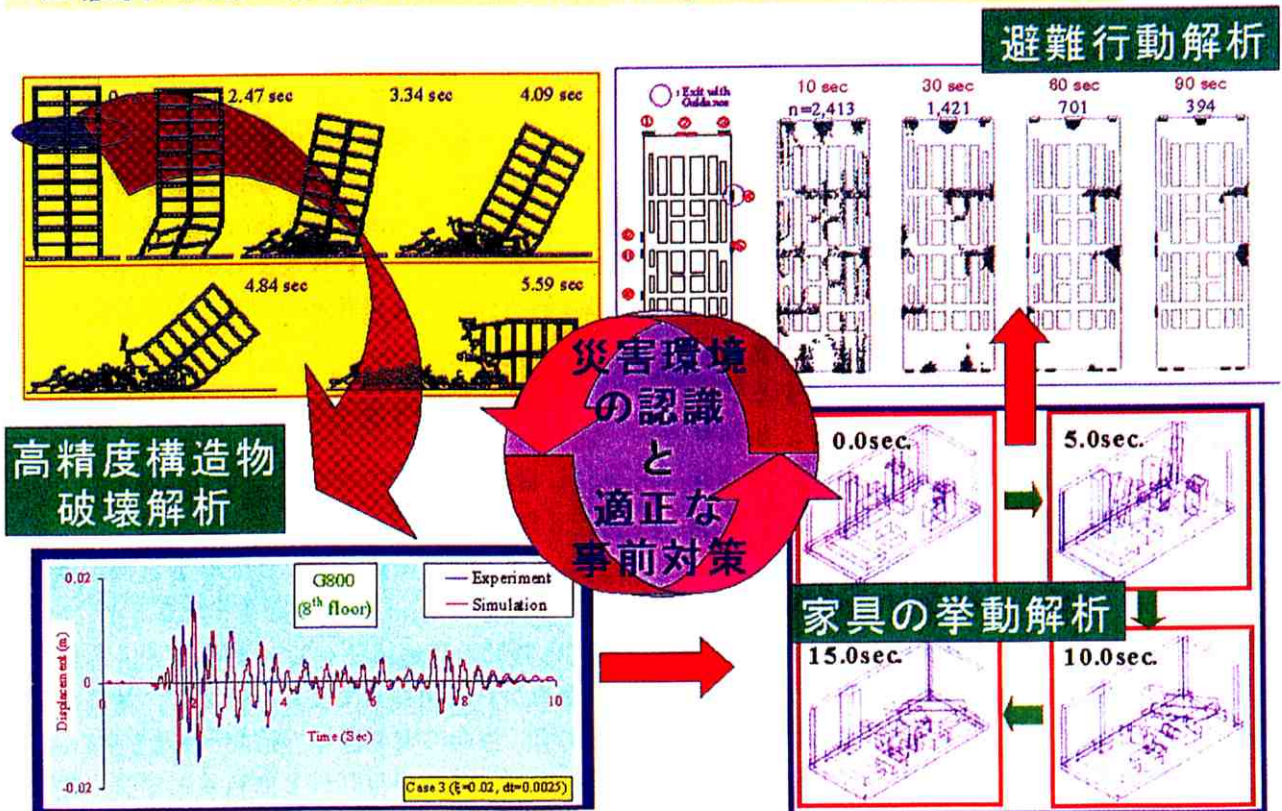


図 2 地震災害環境シミュレータ構想。

イメージできる人は、放っておいても何らかの準備や対策を自分で講じることができる。

これはベテランドライバーと経験のない若いドライバーを比較してみればよくわかる。反射神経だけで言えば、もちろん若いドライバーの方が勝っている。しかしどちらのドライバーが事故を起こしにくいかというと、それは当然ベテランドライバーである。「なぜか？」ベテランドライバーはその時々に関与する状況をイメージすることで、とっさに対応できる準備をしている。ゆえに反射神経はいいが、状況認識のできない、すなわち出たとこ勝負の若いドライバーよりも結果的には、迅速で適切な対応ができ、事故を防ぐことができる。阪神・淡路大震災の対応に当たられた職員の手記を読みたい。「次に何が出てくるかわからない。これまで経験したことがないので、どう対応していいかわからない。先が見えない。不安である。」などの記載だらけである。これはまさにイマジネーション力がないために起こっていることなのだ。

我々防災の専門家の使命は、災害の実像を認識できないことで準備せず、結果的に被害を被ってしまう人を減らすことである。このためには物理的/社会的根拠に基づいて災害時の環境を具体的に示すツールが必要であり、ここに数値シミュレータの存在意義がある。

一般に数値シミュレーションを行う背景には、次のような目的や理由が存在する。専門家による現象分析や検証と、一般の人々の現象理解を補助するための「現象の再現手段」、実験をするに当たって、現象が種々な危険性を伴ったり、規模が大き過ぎたり小さ過ぎたり、あるいは材料パラメータや境界条件の自由度の制約等から実験の実施が困難な場合の「代替仮想実験手段」、実時間では瞬時の現象だったり、再現に長時間を要する場合に、現象の再現期間を観察に適した長さに調節する「時間の調節ツール」などの目的である。

ここで示した図2の例は、兵庫県南部地震の教訓を踏まえ、地震防災上最も重要性の高い地震時の構造物の破壊挙動とその建物に付随する設備や家具などの地震時の挙動、さらに災害時の人の避

難行動などを総合的にシミュレーションするシステムである。社会・経済的な活動や復旧・復興過程までのシミュレーションを行うモデルは別途開発中であり、これらを融合することで、「ユニバーサル地震環境シミュレータ」が完成する。

ところで、ここで紹介したシミュレータを構成する一つ一つのシミュレーションモデルは、それぞれ単体としても十分優れたものになっている。例えば、ここで言う高精度破壊解析法は、私の研究室で独自に開発された新しい解析手法（応用要素法：AEMと呼ぶ）（Meguro and Hatem, 2000; Hatem and Meguro, 2000）で、これを用いると構造物の健全な状態から完全に崩壊するまでのプロセスを高い精度で追跡できる。図にも示したように、驚異的に高い精度での建物の非線形応答が求められるので、これを入力とする各フロアでの家具の動的挙動が追いかける。この手法も3次元の非連続体解析手法（3次元拡張個別要素法）（松本・目黒, 2000; 榎本・目黒, 2001）であり、価値の高いものである。これを使うと、例えば自分の部屋の内部が地震の際にどのようなかをシミュレーションできる。もう一つ紹介されているのは、避難行動シミュレーションモデルであり、これは個人特性の異なる数万人規模の人間の避難行動を一人一人を単位として解析できる手法である（Meguro and Harada, 2000）。これを用いることで、避難行動から見た都市の安全性の評価や設計、最適避難誘導法などの提案が可能となる。

VI. 災害のイメージトレーニングツール

1) 目黒メソッド（目黒, 2000b）

一口に防災と言っても、ニーズは時々刻々と変わる。発災直後に必要なこと、2, 3日後に重要となってくること、1週間で問題となること、1ヶ月、1年と時間の経過に伴って、「何がどのくらい必要になるか」が変わってくる。例えば、地震直後ではまず、生命の安全確保（救命・救助を含む）、そして安否確認、半日経つと飲料水と食料、避難所に落ち着いてくると財産の安全、1週間後には今後の生活となる。対応する側はこうしたニーズの変

化をくみ取りながら対処しなければならない。後手後手に回るという批判はこのニーズの変化を読み切れなかったことに起因する。

図3は地震被害を具体的にイメージしてもらうために、私が考え利用している表である。縦軸は1日の時間と各時間帯の行動パターンである。「何時に起床して、朝の支度・朝食をとって、どんな手段でどこを通過して、どれだけの時間をかけて通勤して、会社ではどんな仕事をして、…そして何時に床に着く」という具合に、典型的な（最も頻繁に繰り返している）1日の行動パターンを詳細に記載する。この時、住んでいる地域や会社周辺的环境、住家や会社の耐震性、立地条件や屋内の家具の構成や配置、家族構成やメンバーの行動パターンなども考える。

そしていよいよ作業に取りかかる。各行動パターンの時間帯に、兵庫県南部地震のような揺れを伴う地震が、あなたを襲ったと仮定する。地震発生から、「3秒後、10秒後、1分後、2分後、…、〇時間後、…、〇日後、…、〇週間後、…、〇ヶ月後、…、〇年後、…、10年後」まで、それぞれのマス（例えば、A1あ、B1あ、…など）に、自分の周辺で起こると考えられる事柄を一つ一つ書き出してみる。

なかなか大変な作業である。何が起こるのか想像もつかない人もいるだろう。適切に書き出せたと思っている人でも、実は全く認識不足なことを平気で書いてしまっていることも多い。災害時の状況を適切に記述できる人は非常に少ない。防災の担当者でも平気でおかしいことを書いてしまう。この点が大きな問題なのだ。

2) 地震の発生時刻の違いで大きく変化する状況ととるべき対応

さて、まあ何とか全てのマスを埋めたでしょう。この作業を通じてまず認識してもらいたい点は、地震の発生時刻によって自分の周辺で起こる事柄が大きく変化することである。そして季節や天候を特定しないと状況が大きく変化してしまうことである。

次にそれぞれの出来事に対して、「あなたは何をしなくてはなりませんか？あなたに求められるも

のは何ですか？」と問いかける。そしてまた同様の表を使って、それぞれのマスを埋めてもらう。次に、「それを実行するためには何が必要ですか？」「今の状況で、それは入手できそうですか？準備できていますか？」「できないと思われる場合、それはなぜですか？」「ではどうしましょう？」というように問いかけを続ける。

一通り考えてもらった後に、具体的に災害がイメージできたかどうかを尋ねる。一連の作業を行う前に比べたら、皆さんかなり具体的に災害のイメージを持つことができるようになっている。ただしまだまだ十分ではない。次のような質問で、「あっ、そうか」となる。

表を見ながら、「そのマスに書かれていることは、夜、しかも地震後は停電する可能性が高いので、暗闇の中での作業となりますがその点を認識していますか？」「家族には、けが人が出ましたか？想定上、出せましたか？亡くなった人はいませんか？」「なぜあなたはピンピンしているのですか？」「地震の3日後は、お葬式ですよ。認識できていますか？」「対策は長期化していますが、日常業務の年間スケジュールとの関係は把握していますか？」この辺まで来ると皆さんかなり本気になってくる。自分の日常生活をモデルとしているので、当事者意識を持ちやすいのだ。さらに兵庫県南部地震での出来事を紹介しながら考えてもらうことで、より現実感が湧いてくる。

次に同様なシミュレーションを、季節や天候を変えて行う。するとこれらの条件によって大きく変化する事柄、それほど変化しない事柄がわかる。自分が置かれている立場、しなくてはならない事柄が具体的に見えてくる。そして尋ねる。「さあ、本当に大切なのは何ですか？これからやるべきことは何でしょう？」

これらの作業を「個人でまず」「次に家族やグループで」実施すべきであることを強調する。繰り返しになるが、具体的な災害をイメージできない人が、災害に対して適切な心構えや準備ができるはずがない。

3) 個人としての二面性（多面性）の把握と十分な理解

一連のシミュレーションを通して、防災や危機管理とは、誰もが常に考えなくてはならないことであり、他人任せにはできないことを認識し始める。自分はいつも「守ってもらう側」と考えている圧倒的に多数の一般市民が、例えば家庭の主婦が、家に子供と自分しかいない時間帯に地震に襲われれば、自分が「守る立場」にならざるを得ないことを実感する。自治体の防災関係者が、職員として住民を「守る側」にある時間が、1日8時間勤務、週休2日、その他の休暇…と考えていくと、時間的には全体の20パーセントちょっとであることに気づく。他の住民同様に被災する可能性と、防災職員として活動できない状況の多さを実感する。自分自身が負傷した場合、幸いにして自分は大丈夫でも自宅が倒壊したり家族が負傷・行方不明となった場合など、いくらでも考えられる。

社会の一員としての私たちには、それぞれの立場で、状況に応じた個人としての二面性（多面性）がある。「社会での顔と私人としての顔」「守ってあげる側と守ってもらう側」「つくってあげる側とつくってもらう側」「提供する側と受け取る側」このような相反する二つの側面を、立場と時間によって、自覚の有る無しに関わらず、巧みに使い分けて生きている。この立場で変わる「すべきこと」と「ニーズ」の把握、双方の立場に立った対策の立案が重要である。

ところが、「対策の立案」というと、我々は急に公的な、社会的な存在としての一面にのみ立った思考を取り始めてしまいがちである。この点に注意しないと、「受手側の期待、求められるもの」の把握困難に落ちいてしまう。逆に「サービスの受手側」としての自覚しかない人々にとっては、「地域社会の実力/耐力と自分達からのリクエスト」のアンバランスさに気づけないという状況を生んでしまう。

行政の防災担当者に関して少し補足すると、彼らの口からは以前は良く「この情報はオープンにすると、クレームが出た場合に具体的な対応策がないから無責任になるので出せない。」などの言葉を聞いた。これは全く逆である。今日の社会では、情報があれば自分の判断と資金で何らかの対策を

とることのできる人が大勢いる。そのような人々から「行政が情報を出してくれなかったばかりに、自分でも可能な対策を講じることができないでいる間に災害が発生し、その結果として被害を受けてしまった。どうしてくれる。」と問い詰められた場合どう答えるのか？その問に対して何も答えられないことの方がよっぽど無責任であり、今後はこの種の訴訟が確実に増えていくであろう。行政の人達もいずれかの地域の納税者であり、既に説明したように一市民としての顔を持っている。その市民としての立場から考えて対処法が適切かどうかを考える視点が今後益々重要になってくる。行政の世界では、従来は問題が発覚した特にたまたまその問題の責任ポストにいる人が責任を問われてきた。しかし最近では、薬害エイズの例を出すまでもなく、ある時点で情報を持っていたにもかかわらず、適切な対処をとらなかったということが、時間をさかのぼって問われるようになってきている。これは、いわゆる減点主義から、その時点その時点で積極的な対処をしてきたかどうか問われるという基本的な評価システムの変化を意味している。私はこの変化が公的な立場で防災に当たる人々の認識と姿勢に今後大きな変革を与えらると思うし、そうなることを大いに期待している。

4) 次の地震までの時間がわかると

一連のシミュレーションを通して、地震発生後に時間の経過に伴ってどのような出来事が自分の周囲で起こるのかをイメージできる能力がつくと、今度は次の地震までの時間が与えられた場合に、その時間をどうやって有効に使えばいいかがわかってくる。図4のように、先ほどとは矢印の出発点の位置を変えた図を用意して考えるのだ。地震学的に活動期に入ったとされる我が国において、地域別にこのような作業をしておくことの重要性を強調したい。

VII. 次世代型防災マニュアル

1) 2極化する防災マニュアル

冷静な判断と機敏な行動が要求される震災時。どのように行動したらいいのか？マニュアルづく

りの重要性が喧伝される一方で、どんなマニュアルが必要かの議論は全く不十分である。防災に関するマニュアルには「とりあえず、作りました」的なものから、かなり具体的な内容まで踏み込んだものまでいろいろある。これらを見ていくと、極論すれば「ただ一言、災害の状況を的確に判断し、最適な対処をとれ」という「百戦錬磨の専門家対象型」のマニュアルと「微に入り細に入り、1:〇〇をしなさい、2:〇〇をしなさい、3:…」ファーストフードショップのアルバイトさん向けマニュアル的「ずぶの素人対象型」に分かれる。当然両者とも災害時には機能しない。前者はそれを判断できる人間がいないから、後者は災害が想定した通りに進展してくれないからである。しかし、私は基本的にはマニュアルは前者であるべきと考えている。そのための人づくりが大切であることは言うまでもない。しかし急に専門家は育成できない。本人の努力と環境が必要である。若い人材がその部署に配置になった時、彼らはまず自分の上司や先輩達を見る。先輩達が輝いて仕事をしているかどうか。いきいきしているかどうか。上司が周囲から尊敬されているかどうか。ポイントは、新しく配置になった新人に「ここで頑張れば、恵まれた環境も手に入るし、人々の役にも立つ。やりがいもあるし周りからも大変尊敬される。一生懸命努力して知識や経験を積んで、先輩達のように輝いて仕事をするぞ。」と思わせる環境づくりである。赴任して早々に、「ああ、俺はラインからはずれた。」とか「どうせ腰掛けだから、適当にやっていたらいいや。まさか自分が防災担当をしている間には何も起こらないだろう。」などと感じさせてしまうことは絶対に避けなくてはならない。

防災担当の部署を他の一般業務と同じように考えて短期間のローテーションで人事移動させることは避けなくてはならない。専門家の育成が望めないこと、組織内のノウハウの遺伝が望めないこと、責任の所在が不明確になることなどがその理由である。

2) 防災マニュアルのあるべき姿

防災マニュアルは細かな約束ごとのファイルで

はない。行動を拘束するものでもない。マニュアルは、然るべき教育とトレーニング、経験を積んだ担当者がその判断に基づいて行った行為に対する責任を保障するものでなくてはならない。現在の一般的な状況は、マニュアルに従っていれば、後で責任を問われなくてすむ、書いてある通りにしていれば、自分の立場が後々問題になることはない、というものである。これでは機敏な判断や迅速な対応などとれるはずもない。後手後手になって当然である。

防災マニュアルは、必要とされる時に取り出して読むものではない。マニュアルはその背景を学び理解するものである。マニュアルは当事者達がつくるべきものであり、実践的訓練を通して、アラ捜しをし合って積み上げるものである。

当事者達が自分の考えるマニュアルを持ち寄る。そしてお互いに見せ合い、なぜその項目を書いたのかを説明し合う。関係者の安否確認、帰宅難民、周辺住民の救済、企業であれば会社の経営戦略、…様々な項目が検討課題になってくる。これらの項目の是非、意味の有る無しを、相互に厳しく指摘し合う。この前段階としては、VI章で既に説明したような時間別・状況別の災害分析が当然必要になってくる。このような作業を繰り返して、参加者が相互に了解し合えるものができるまで続ける。当事者達が了解を出し合った時、一つのマニュアルが完成することになるが、この時既に参加者の脳裏にはマニュアルの各項目の背景が理解され、有事にとるべき対応法はインプットされている。マニュアルづくりを通して、潜在的风险の洗い出しとその回避法を徹底的に検討したということである。もはやこの時点では完成したマニュアルそのものは当事者達には必要ない。状況に応じて適切な対処をとれるだけの訓練がすんでいることになる。

3) 次世代型防災マニュアル

(近藤・目黒, 2001; 近藤ほか, 2001)

既に説明したように、理想的な防災対策とは、「被害抑止」「災害対応/被害軽減」「最適復旧/復興計画」の三つをバランス良く実施することであり、こうすることで初めて総合的防災力の向上が

実現する。言うまでもなく、防災マニュアルは総合的防災力の向上に貢献するものでなくてはいいが、現行のほとんどの防災マニュアルは、災害対応/被害軽減を主目的としてつくられている(図5)。さらに「分厚い紙の印刷物」であることや、「お上指導型/提供型」であるなどの点を背景として、責任の所在が不明確、対象組織/地域の特性把握が不十分、検索性や更新性が悪い、既存マニュアルの良し悪しの評価ができない、などの問題があった。これでは総合的防災力の向上には役立たない。

近年発生した「阪神・淡路大震災」や「東海豪雨水害」の事例はこの事実を如実に示している。これらの事例と最近の我が国の地震活動度を踏まえると、国の中央政府をはじめとする行政から企業や個人に至るまで、それぞれのレベルで総合的防災力の向上を可能とする環境整備とそれを具体化する防災マニュアルの作成は最も重要な緊急課題の一つと言ってよい。

そこで私は、上記のような点を踏まえた上で、これらの課題を解決する「次世代型防災マニュアル」の研究を進めている。このマニュアルは利用主体である組織や地域が潜在的に有している問題点の洗い出し、対処法の検討と実施、そしてその評価を行うことで、総合的防災力の向上が実現する環境整備を可能とするものである(図6)。そしてこのマニュアルを実現するための機能として、既存マニュアルの分析と評価、目的別/ユーザ別編集、当事者によるマニュアル作成と更新の三つを考える。図7～図11はそれぞれ上で紹介したような機能を具体的に示すものである。なお、これらは首都圏のある政令指定都市の防災マニュアルを対象として本システムを適用した場合の結果である。

現在はさらに一歩進めて、ダイナミックな災害現象を考慮した上で、図12に示すように、「被害想定」「防災マニュアル」「人材運用法」「災害対応業務の需要予測」を相互にインターラクティブにつないで総合的な対処法の実現をめざすシステムを提案している。このようなシステムを構築することにより、図13に示すような地震発生時刻別、

シナリオ地震別に防災マニュアルが自動的に作成される。図14は提案するシステム全体の利用法とその効果についてまとめたものである。

VIII. 災害時最適人材運用法

大規模な災害時には、図15に示すように膨大な量の災害対応業務が発災直後から発生するにもかかわらず、それに対応する職員自身の被災や交通事情の問題などから、著しい人手不足の状態が起こってしまう。しかし突発的な災害に対応可能な人材運用計画を持つ組織はほとんどないために、過去の災害時には、何とか参集できた職員が非常に過酷な状況下で活動せざるを得ない状況が発生している。このような状況は災害対応を長引かせ、職員の負担を増すばかりでなく、被災地域の住民の生活にも大きな支障をきたす。

そこで私は、災害時の業務処理モデルを構築し、事前情報として発生業務の種類と各業務の単位処理エネルギーを把握し、災害下における業務処理量をリアルタイムでモニタリングすることを条件とした、効率的かつロバストな人材運用戦略を提案している(濱田・目黒, 2001)。

業務処理のモデルには、図16に示すような目黒らによって提案された修正タンクモデル(江村・目黒, 2000)を用いる。このモデルは通常、水理学や河川工学などで用いられるタンクモデルを業務処理分析法として応用したモデルである。各人材の特徴は、業務処理の能率および耐久力(業務処理継続能力)の二つの指標を用いて表し、またそのばらつきも考慮に入れている(図17)。また小休憩と睡眠による体力の回復の効果をモデル化している(桐原, 1932; 齊藤, 1954)。

被災者が受けることができる直接のサービスを考えた場合、それは階層化された業務において、最下位のタンクで処理された業務となる。図18は、最下位のタンクにおける累積業務処理率を表すグラフであり、図中の t は被災者がサービスを受けられない時間を表している。そこで本研究では、図中の「斜線部分の面積 S が小さいほど効率的である」と定義した。

図19に示すような階層構造の単純な業務に関

震度Ⅳ強（神戸クラスの揺れ）を伴う地震動を今あなたは感じました。
それぞれの時点で、どんなことが起こると思いますか？

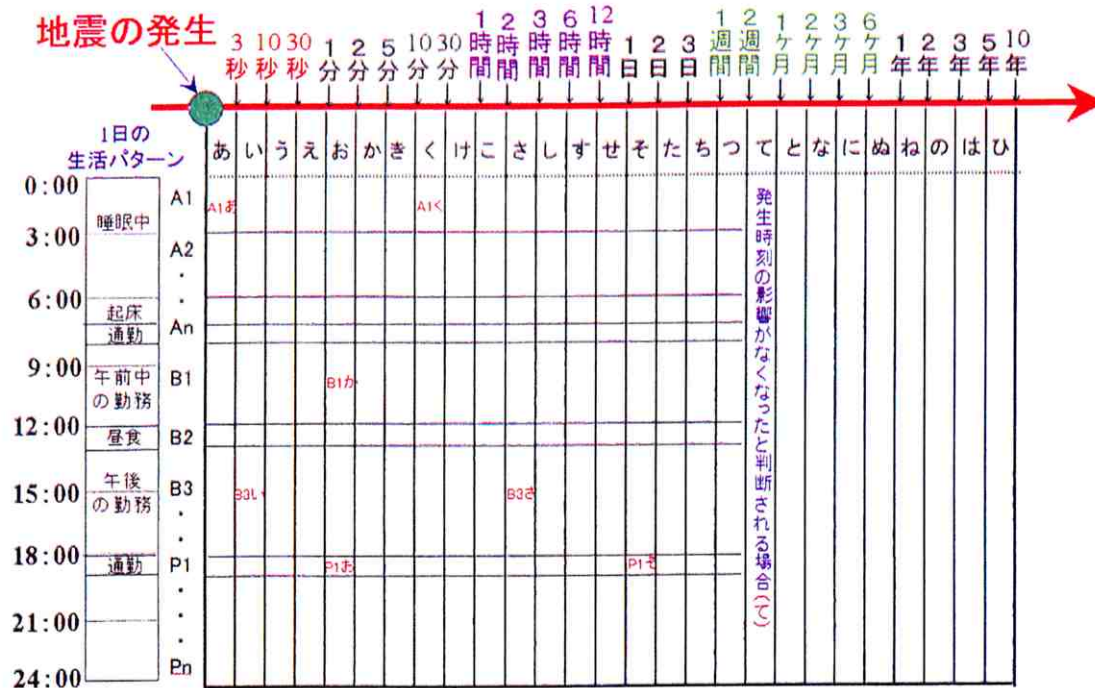


図 3 それぞれの時間帯に地震が発生した場合に、あなたのまわりではどんなことが起こるでしょうか？

それぞれの時点で、
何をすべきですか？ どんなことができますか？

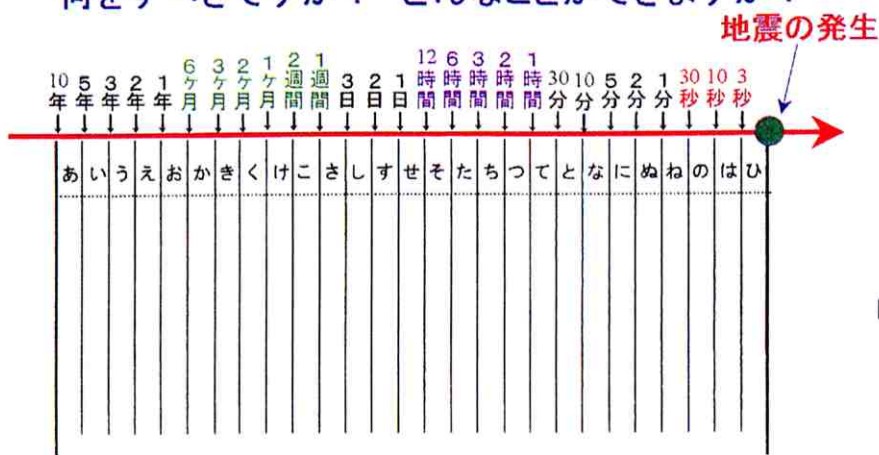


図 4 次の地震までの時間がわかると。

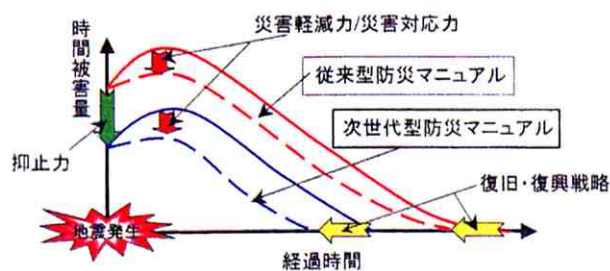


図 5 従来型と次世代型防災マニュアルの被害軽減に対する効果の違い。



図 6 次世代型防災マニュアルが実現をめざす利用者環境。

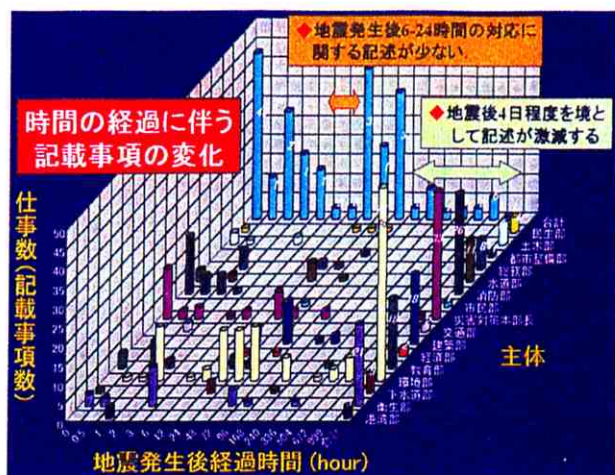


図 7 既存の防災マニュアルの性能を評価する機能。災害時からの時間経過に伴う業務記載事項の変化。

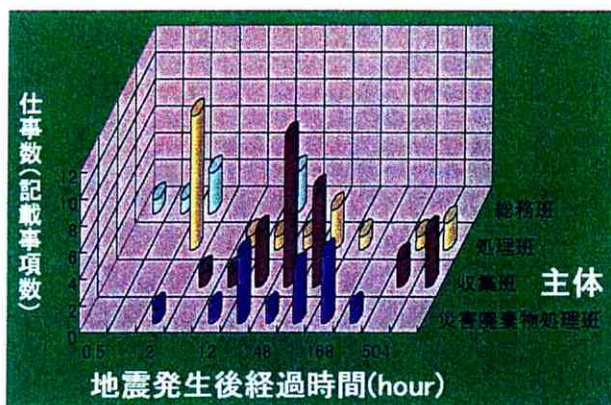


図 8 サービスに当たる主体の時間的変化。災害廃棄物等処理を例として。

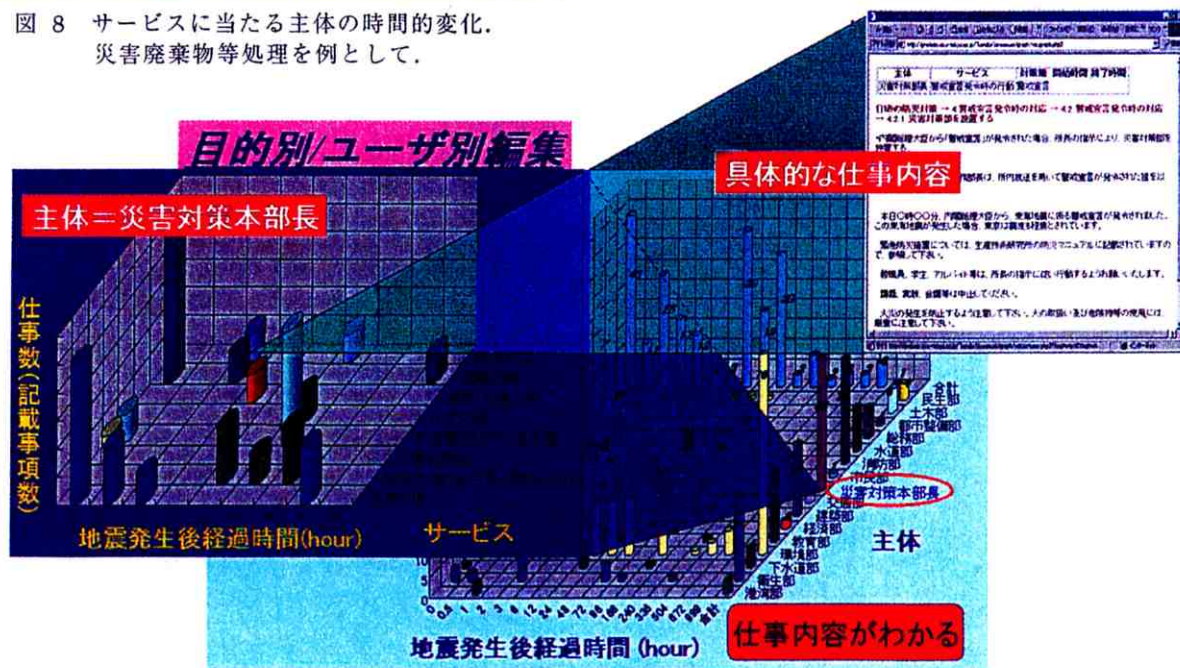


図 9 目的別/ユーザー別編集機能—災害対策本部長を例とした対応業務の時間変化—。各グラフをクリックすることで、必要なマニュアルの内容が表示される。

して行った検討（図 20）から、効率的かつロバストな人材運用方法のために重要な点をまとめると、以下になる。人材の配置法に関しては、各タンクで処理された業務量を、リアルタイムにモニタリングすることで、並列関係にあるタンクの業務はなるべく同時に終了し、直列関係にあるタンクについては、上のタンクと下のタンクにおける業務の処理時間の差をなるべく小さくなるよう

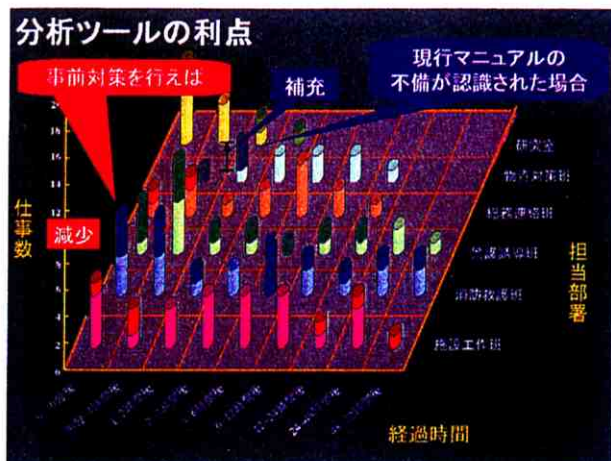


図 10 マニュアルの不備と事前対策の効果を示す機能。

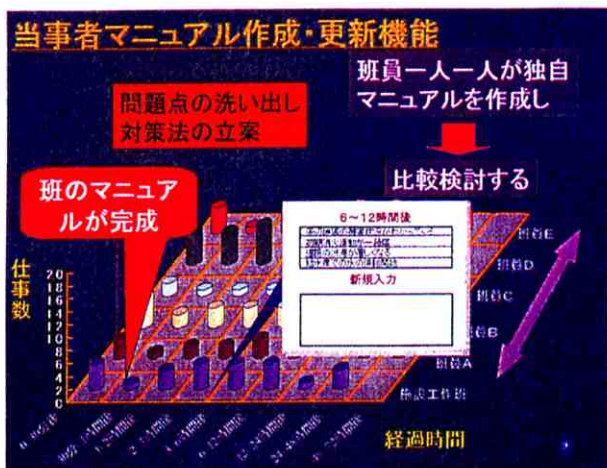


図 11 当事者達の手によるマニュアルの作成・更新機能。

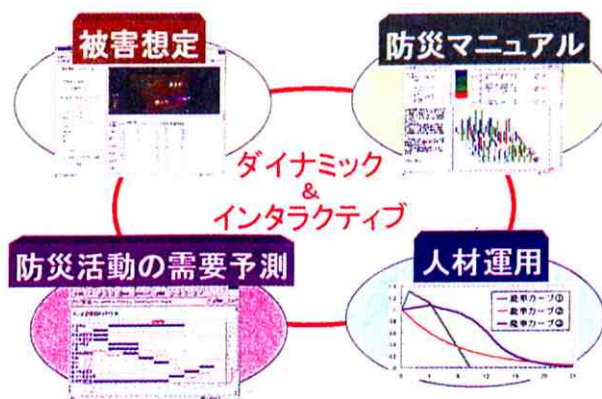


図 12 総合的地震防災力の向上を目指す提案システム。

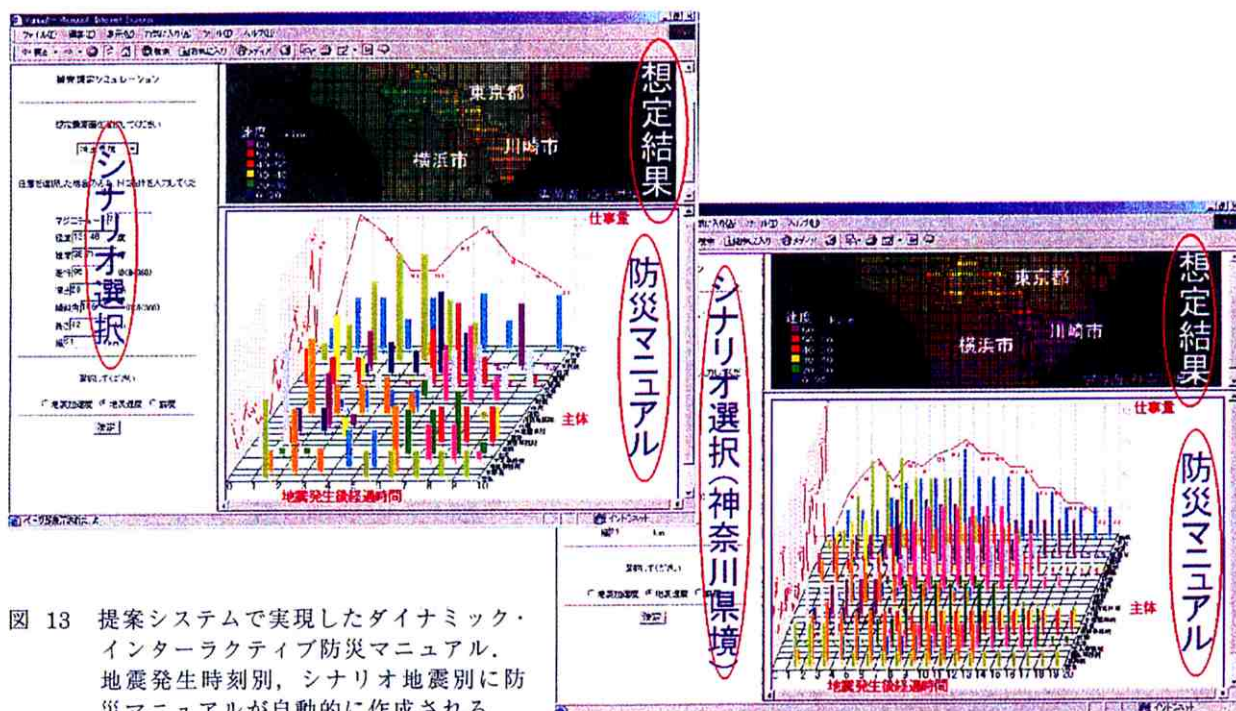


図 13 提案システムで実現したダイナミック・インタラクティブ防災マニュアル。地震発生時刻別、シナリオ地震別に防災マニュアルが自動的に作成される。

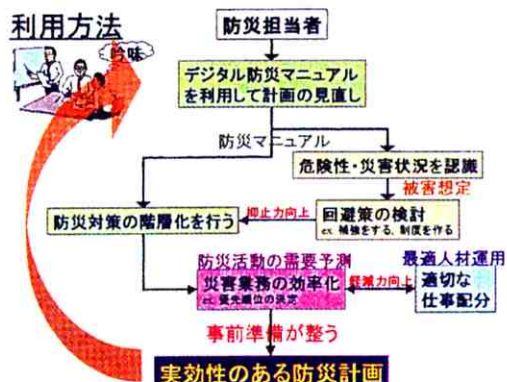


図 14 提案するシステムの利用法とその効果。

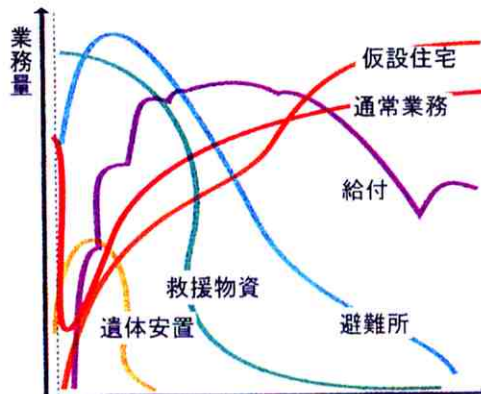


図 15 大規模地震発生後の災害対応業務の発生のイメージ。

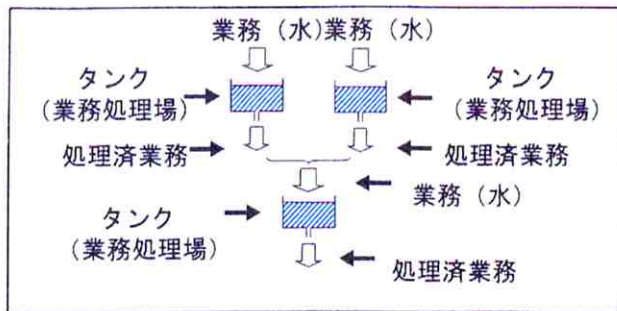


図 16 提案した修正タンクモデル。

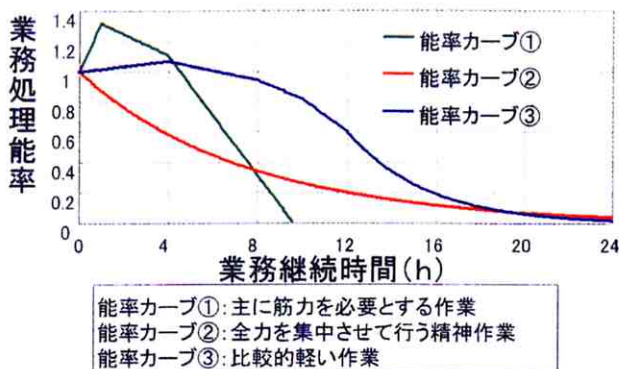


図 17 業務処理継続事案に伴う能率の変化。

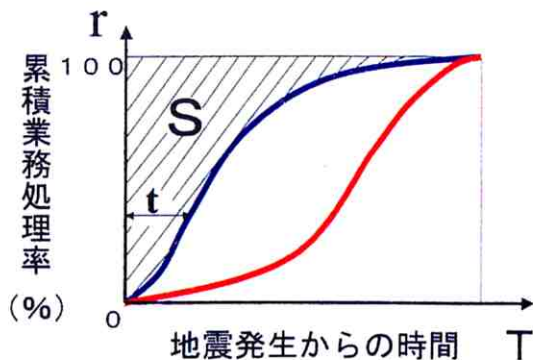


図 18 最下位のタンクにおける累積業務処理率。

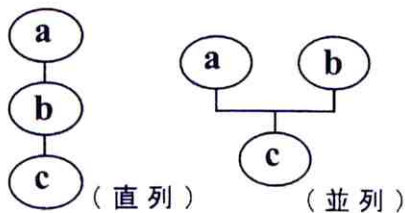


図 19 最も簡単な業務の流れ。

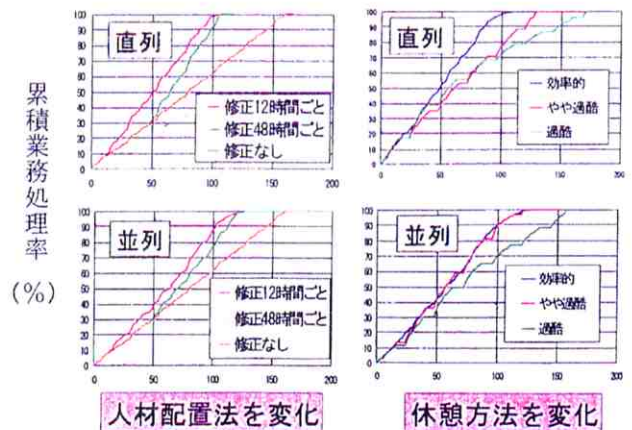


図 20 簡単なモデルへの適用結果。

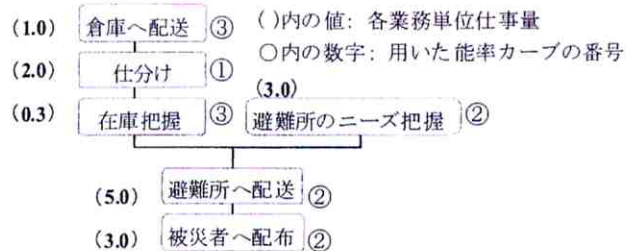


図 21 救援物資配布業務の階層化。

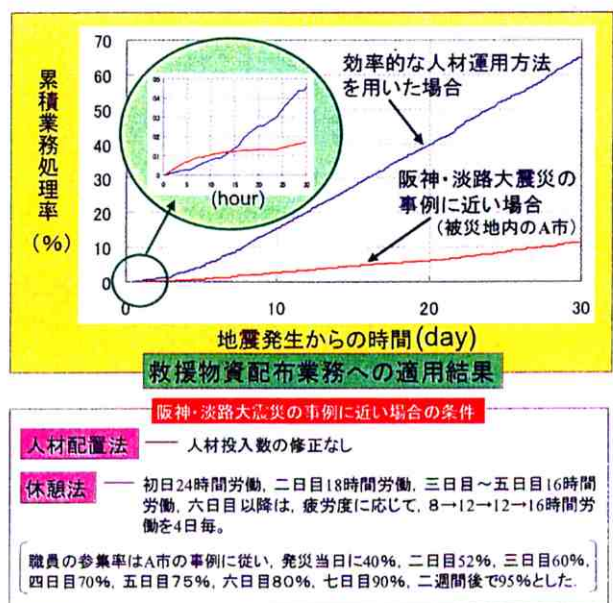


図 22 提案する人材運用法と災害現場で実際に行われた人材運用法による処理業務量の違い。

に人材配置の修正を行う。休憩については、災対業務が約1週間以上長引くことが予想される場合には、初動時から適度な休憩をとらせることで、持続的な労働条件を確保する。

以上のポイントを踏まえ、図21に示す救援物資配布の業務を取り上げた。能率カーブについては、業務をその性質によって分類し、性質の似ている業務には同じ能率カーブを適用させた。このモデルに、本研究で得られた効率的な人材運用方法を採用した場合と、阪神・淡路大震災の災害現場で実際に行われていた人材運用に近い状況（神戸市，1996；芦屋市，1997）を適用させ、両者を比較した結果が図22である。全く同じ数と能力の人材を使っているにもかかわらず、両者に大きな差が生じることがわかる。

ここでは、災害対応業務の効率化と効果的な人材運用を可能とする修正タンクモデルを提案し、様々な条件下でのシミュレーション分析を行った。その結果、持続的な労働条件とリアルタイムの業務処理量のモニタリングに基づく適切な人材配置が、業務処理の大幅な効率化につながる事がわかった。

IX. おわりに

本報告では、従来型の地震被害想定やその結果に基づく対策が、本来相互に関係を持ち動的に変化していくのにもかかわらず、その点に関する配慮が非常に低かったことを反省し、相互にインタラクティブでかつダイナミックに変化する被害想定とその結果に基づいた対策の立案に向けたシステムづくりに関する研究を紹介した。

具体的には、「ユニバーサル地震環境シミュレータ構想」「災害状況イメージネーションツール」「次世代型防災マニュアル」「災害時最適人材運用法」などに関して、その概要を説明した。これらはいずれも、防災関係者はもとより、様々な人々に災害時の状況を具体的にイメージしてもらおうツールとして、また「抑止力」「被害軽減/災害対応」「復旧・復興戦略」の三者をバランス良く講じてもらうために研究しているものである。

地震時の被害を大幅に軽減するには、各人が災

害状況を精度高くイメージできる能力を身につけることが重要であることを本報では繰り返し述べてきた。このとき、インタラクティブとかダイナミックというのは重要なキーワードになるが、この能力が身につけば、誰もが自から何らかのアクションを取り始める。我が国の地震防災上の問題を考えれば、最も重要な課題は既存不適格建造物の耐震補強の推進であり、これが進んでいくものと期待される。既存不適格建造物の問題が解決に向かえば、地震による人的・物的被害は大幅に軽減される。

今回は紙面の制約から、この耐震改修促進策やその優先順位に地震予知情報を活用する手法については割愛したが、これらについては目黒・高橋（2000）や吉村・目黒（2000）を参照されたい。また災害状況を、発災直後から復旧・復興過程までの長期にわたりリアルタイムモニタリングする「電力の供給量の変化による被災状況の変化に関する評価」についても、秦・目黒（2001）を参照いただきたい。これらの研究も皆、インタラクティブ、ダイナミックを基本とするもので、本報告の趣旨に合致したものである。

文 献

- 芦屋市（1997）：阪神・淡路大震災—芦屋市の記録 95～96. 75-89.
- 江村元行・目黒公郎（2000）：地震災害時における最適人材運用法に関する基礎的研究. 土木学会第55回年次学術講演会論文集，I-B289. (CD-ROM)
- 榎本美咲・目黒公郎（2001）：三次元拡張個別要素法を用いた家具の動的挙動シミュレーション. 土木学会第56回年次学術講演会概要集，I-A118. CD-ROM.
- 濱田俊介・目黒公郎（2001）：事前対策型防災システムの提案. 土木学会第56回年次学術講演会概要集，IV-224. (CD-ROM)
- 秦 康範・目黒公郎（2001）：電力供給の変動を利用した地震による建物被害評価の可能性について. 地震工学研究発表会講演論文集，1425-1428.
- Hatem Tagel-Din and Meguro, K. (2000): Applied element method for dynamic large deformation analysis of structures. *Structural Eng./Earthquake Eng., JSCE*, 17-2, 215s-224s.
- 桐原保見（1932）：休憩時間の長さ配置に関する研究. 労働科学研究，9-4, 427-449.
- 神戸市（1996）：阪神・淡路大震災—神戸市の記録 1995年.
- 近藤伸也・目黒公郎（2001）：総合的防災力の向上に貢献する次世代型防災マニュアルの提案. 土木学会第56

- 回年次学術講演会概要集, I-A206. (CD-ROM)
- 近藤伸也・濱田俊介・目黒公郎 (2001): 総合的な防災対策を可能とする次世代型防災マニュアルの提案. 第26回地震工学研究発表会講演論文集, 1481-1484.
- 松本晋太郎・目黒公郎 (2000): 3次元個別要素法による地震時の家具の挙動シミュレーション. 土木学会第55回年次学術講演概要集, I-B401, CD-ROM.
- 目黒公郎 (2000a): 災害軽減ツールとしての数値シミュレータの可能性. 土木学会「1995年兵庫県南部地震」5周年特別企画シンポジウム講演集, 153-156.
- 目黒公郎 (2000b): ライフライン地震防災論. 静岡県: 防災総合講座—都市災害論—. 33-55.
- Meguro, K. and Harada, M. (2000): Urban space design and safety evaluation from the viewpoint of evacuation behavior of users. *Proceedings of 12th World Conference on Earthquake Engineering*, CD-ROM.
- Meguro, K. and Hatem, Tagel-Din (2000): Applied element method for structural analysis: Theory and application for linear materials. *Structural Eng./Earthquake Eng., JSCE*, **17**-1, 21s-35s.
- 目黒公郎・高橋 健 (2000): 既存不適格建物の耐震補強推進策に関する一考察. 生産研究, **52**-12, 24-27.
- 斉藤 一 (1954): 労働時間・休憩・交代制. 79-104; 135-146.
- 吉村美保・目黒公郎 (2000): 期待損失軽減額から見た長期地震予知時の事前対策評価. 地域安全学会梗概集, No.10, 35-38.
- (2001年10月11日受付, 2001年11月2日受理)

////////////////////////////////////
【参考資料】

東海・東南海・南海地震の被害想定結果概要
////////////////////////////////////

平成 14 年 11 月 15 日

損害保険料率算出機構

研究部

本資料利用上の注意

現在、国では中央防災会議が東海・東南海・南海地震の被害想定作業を行っています。東海地震につきましては本年8月29日に一部の被害想定手法および結果が公表され、話題となりました。今後東南海、南海地震につきましても順次被害想定や各種防災対策を進めていくものと思われます。

これらの3つの海溝型地震の災害イメージをつかみ易くするために、当機構では今回独自に地震被害想定を実施しました。

ご注意いただきたいのは、本資料はあくまで大まかな被害想定であり、広域災害を全体として把握するためのマクロな手法に基づいたものだということです。このため、地震の起こり方や破壊のメカニズムに深い検討を加えてはおりませんし、また地震波の伝播特性や地域による増幅特性などを精密に反映した計算ではないことにご注意下さい。結果の数字だけに振り回されることのないように、皆様が本資料を有意義にご利用頂くよう、ご理解の程お願い申し上げます。

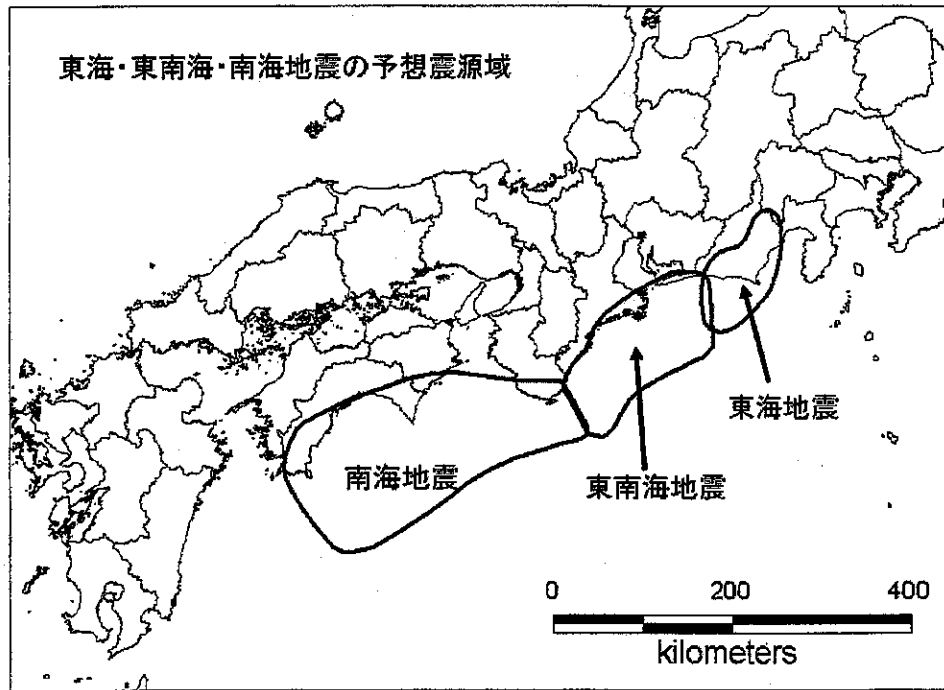
目 次

1. 概要	1
1.1 想定地震	1
1.2 基本方針	1
1.3 被害想定項目と想定手法概要	2
1.4 被害想定結果概要	3
2. 地震動	4
2.1 地震動の想定方法	4
2.2 想定地震の断層パラメータ	4
2.3 想定結果	5
3. 津波	7
3.1 最大波高の想定手法	7
3.2 最大波高想定結果	8
4. 建物被害	10
4.1 建物棟数の推定	10
4.2 揺れによる建物被害	11
4.3 津波による建物への影響	11
4.4 高層建築物への影響	15
5. 火災	19
5.1 出火件数の想定方法	19
5.2 焼失棟数の想定方法	19
5.3 想定結果	19
6. ライフライン	21
6.1 上水道	21
6.2 電力	22
6.3 ガス	22
7. 交通機関	26
7.1 道路	26
7.2 鉄道	28
8. 産業施設	30
8.1 検討方法	30
8.2 検討結果	30
参考文献	33

1. 概要

1.1 想定地震

想定地震は、東海地震、東南海地震、南海地震とし、各地震の予想震源域は図 1.1 に示す中央防災会議発表資料を基に設定した。



中央防災会議公表資料より引用

図 1.1 東海・東南海・南海地震の予想震源域

1.2 基本方針

被害想定を実施するにあたっての基本的な方針は次のとおりである。

- ① 被害は、できる限り定量的に把握することを基本とし、定量化の困難な項目についても定性的に被害程度を推定する。
- ② 広域的な被害を取扱うことから、被害をマクロ的に捉えることを基本とし、それに見合った手法を用いる。
- ③ 火災については、被害が最も大きいと考えられる冬の夕方 18 時を出火時刻とする。

1.3 被害想定項目と想定手法概要

実施した被害想定項目と想定手法の概要を表 1.1 にまとめて示す。

表 1.1 被害想定項目と想定手法概要

被害想定項目		被害想定手法
地震動		・翠川(1991)に基づく距離減衰式により工学的基盤での地震動を算出 ・表層地盤は国土数値情報に基づく松岡(1996)の方法により設定 ・断層モデルは中央防災会議「東海地震に関する専門調査会」、「東南海・南海地震に関する専門調査会」資料を参考に設定
津波		・浅水長波方程式と質量保存則から波高を計算 ・海面隆起量はMansinha & Smylie(1971)により算出 ・断層モデルは中央防災会議「東海地震に関する専門調査会」、「日本の断層パラメータハンドブック」を参考に設定
建物被害	揺れによる建物被害 (中程度の損傷以上の棟数)	・長谷川(1998)の被害関数により算出 ＜木造住宅＞ 1971年以前/1972～1981年/1982年以降の3区分に分けて算出 ＜非木造住宅・事業所＞ 1980年以前/1981年以降の2区分に分けて算出 ・「中程度の損傷以上」は自治体の罹災証明の全壊にほぼ相当
	津波による影響	・最大波高と標高との関係を伊勢湾(名古屋市)および大阪湾(大阪市)について検討
	高層建築物	・工学的基盤での地震動をハイブリッド合成法により計算し、波の周期特性により高層建築物への影響を定性的に検討
火災	出火 (炎上出火件数)	・建設省総合技術開発プロジェクト(1983)に基づき出火件数を算出
	延焼 (焼失棟数)	・建設省総合技術開発プロジェクト(1983)に基づき不燃領域と焼失率の関係から算出
ライフライン	上水道 (断水棟数)	・1995年兵庫県南部地震などにおける上水道送配水管の被害事例に基づき被害率をマクロに算出し、断水がどの程度発生するかを想定
	電力 (停電棟数)	・1995年兵庫県南部地震などにおける電柱・架空線の被害事例に基づき被害率をマクロに算出し、機能支障(停電)がどの程度発生するかを想定
	ガス (供給停止棟数)	・地表で想定されるSI値により供給停止を想定
交通機関	道路 (被害箇所数)	・国道および高速道路を対象 ・過去の地震の被害事例に基づく震度と被害率の関係から被害量をマクロに把握
	鉄道 (被害箇所数)	・JR在来線および新幹線を対象 ・過去の地震の被害事例に基づく震度と被害率の関係から被害量をマクロに把握
産業施設	危険物施設数	・消防本部設置単位ごとに危険物施設数を把握 ・市区町村ごとの震度との関係から定性的に評価

1.4 被害想定結果概要

本想定での対象範囲を図 1.2 に示し、表 1.2 に被害想定結果総括を示す。

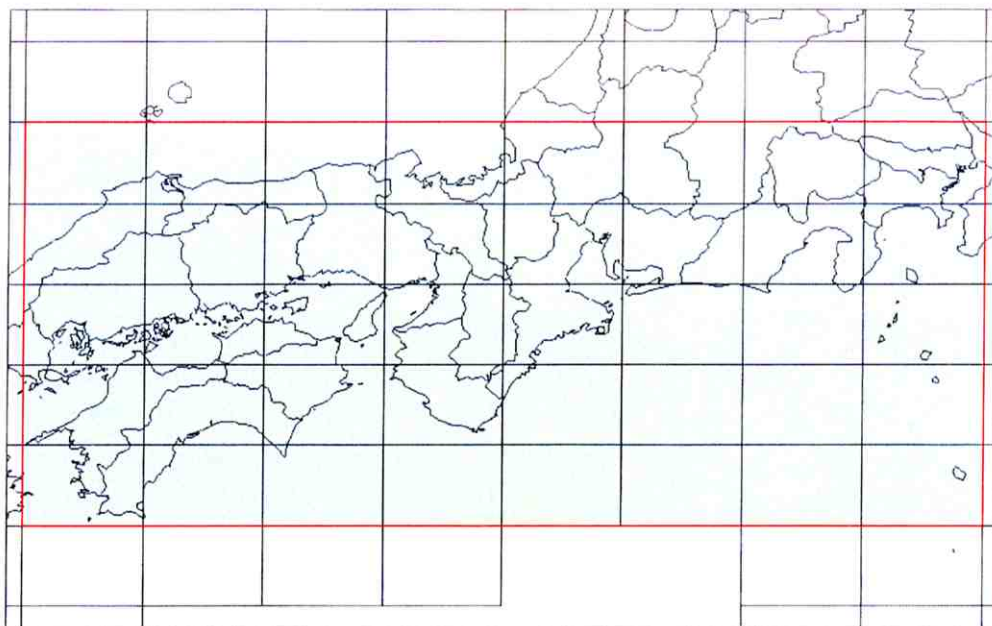


図 1.2 計算対象範囲

表 1.2 被害想定結果総括表

項 目		想定地震	東海地震	東南海地震	南海地震	[参考] 1995年 兵庫県南部地震
地震の規模		(マグニチュード)	8.0	8.1	8.4	7.2
揺れによる建物被害 (中程度の損傷以上の棟数 罹災証明の全壊にほぼ相当)	住 宅 事業所数		約19.9万棟 約 1.6万	約17.6万棟 約 1.4万	約 2.1万棟 約 0.2万	104,906棟 ^{*2}
津波による建物(住宅)への影響 ¹ (最大波高と標高との差 が2m以上の地域の棟数)	名古屋市 大 阪 市		約 8.7万棟 約 3.1万棟	約 8.7万棟 約 3.1万棟	約 4.2万棟 約12.7万棟	
火災による建物(住宅)被害 (焼失棟数、冬の夕方)	出火件数 焼失棟数		約1000件 約 2.5万棟	約1000件 約 2.8万棟	約 40件 約 0.6万棟	261件 ^{*3} 6,148棟 ^{*4}
ライフラインへの影響(住宅) (発災後の機能停止数)	上 水 道 電 力 ガ ス		約 211万棟 約 105万棟 約 208万棟	約 212万棟 約 93万棟 約 214万棟	約 62万棟 約 31万棟 約 59万棟	約 130万戸 ^{*5} 約 260万戸 ^{*5} 約 86万戸 ^{*5}
交通機関への影響 (揺れによる被害箇所数)	国 道 高速道路 JR在来線 新 幹 線		約 500箇所 約 60箇所 約1800箇所 約 500箇所	約 500箇所 約 20箇所 約1600箇所 約 200箇所	約 300箇所 0箇所 約1200箇所 0箇所	
産業施設への影響 (震度 6 強となる市区町村 (消防本部)の危険物施設数)			約 1.5万	約 1.4万	—	

*1 津波による建物(住宅)への影響は、名古屋市および大阪市のみを対象に想定

*2 消防庁発表による被害(2000年12月27日現在)の住家全壊棟数

*3 消防庁発表による被害(2000年12月27日現在)の建物出火件数

*4 消防庁発表による被害(2000年12月27日現在)の住家全焼棟数

*5 消防庁発表による被害(2000年12月27日現在)

2. 地震動

2.1 地震動の想定方法

- ◆ マグニチュード8クラスの地震を対象とした翠川(1991)による距離減衰式に基づき工学的基盤での最大速度 $PGV(\text{cm/s})$ を算定

$$\log PGV = 3.34 + 0.17d - \log(r + 30) - 0.0018r$$

d : 方位依存性を表すパラメータ(本想定では $d = 0.5$ とした)、 r : 震源距離(km)

- ◆ 国土数値情報を用いた松岡(1996)の手法により地表での最大速度を算定
国土数値情報の表層地盤データを微地形に分類し、微地形分類と標高、主要河川からの距離を用いて表層地盤の平均S波速度 $AVS(\text{cm/s})$ を計算

$$\log AVS = a + b \log AL + c \log D \pm \sigma$$

AL : 標高(m)、 D : 主要河川からの距離(km)、 a, b, c : 係数、 σ : 標準偏差

平均S波速度 AVS から速度振幅増幅度 AVR を計算し、地表での最大速度 $V_{sur}(\text{cm/s})$ を計算

$$\log AVR = 1.83 - 0.66 \log AVS$$

$$V_{sur} = PGV \cdot AVR$$

- ◆ 計測震度 I は童ら(1996)による最大速度による計測震度の推定式から算定

$$I = 2.30 + 2.01 \cdot \log(V_{sur})$$

2.2 想定地震の断層パラメータ

断層パラメータは中央防災会議「東海地震に関する専門調査会」、「東南海・南海地震に関する専門調査会」の発表資料に基づく予想震源域を網羅するように矩形で表現した。設定した断層パラメータを表 2.1 に、断層モデル(断層位置)を図 2.1 に示す。

表 2.1 設定した断層パラメータ

	東海地震	東南海地震	南海地震
基準点緯度	N 35.140°	N 34.246°	N 32.758°
基準点経度	E138.730°	E137.882°	E136.328°
断層上端の深さ d	10km	10km	10km
走向 θ	208°	230°	254°
傾斜角 δ	15°	15°	20°
長さ L	149km	180km	300km
幅 W	63km	90km	150km
地震規模 M	8.0	8.1	8.4



図 2.1 設定した断層モデル(断層位置)(○:断層基準点)

2.3 想定結果

地表における最大速度分布図及び震度分布図を図 2.2、図 2.3 に示す。

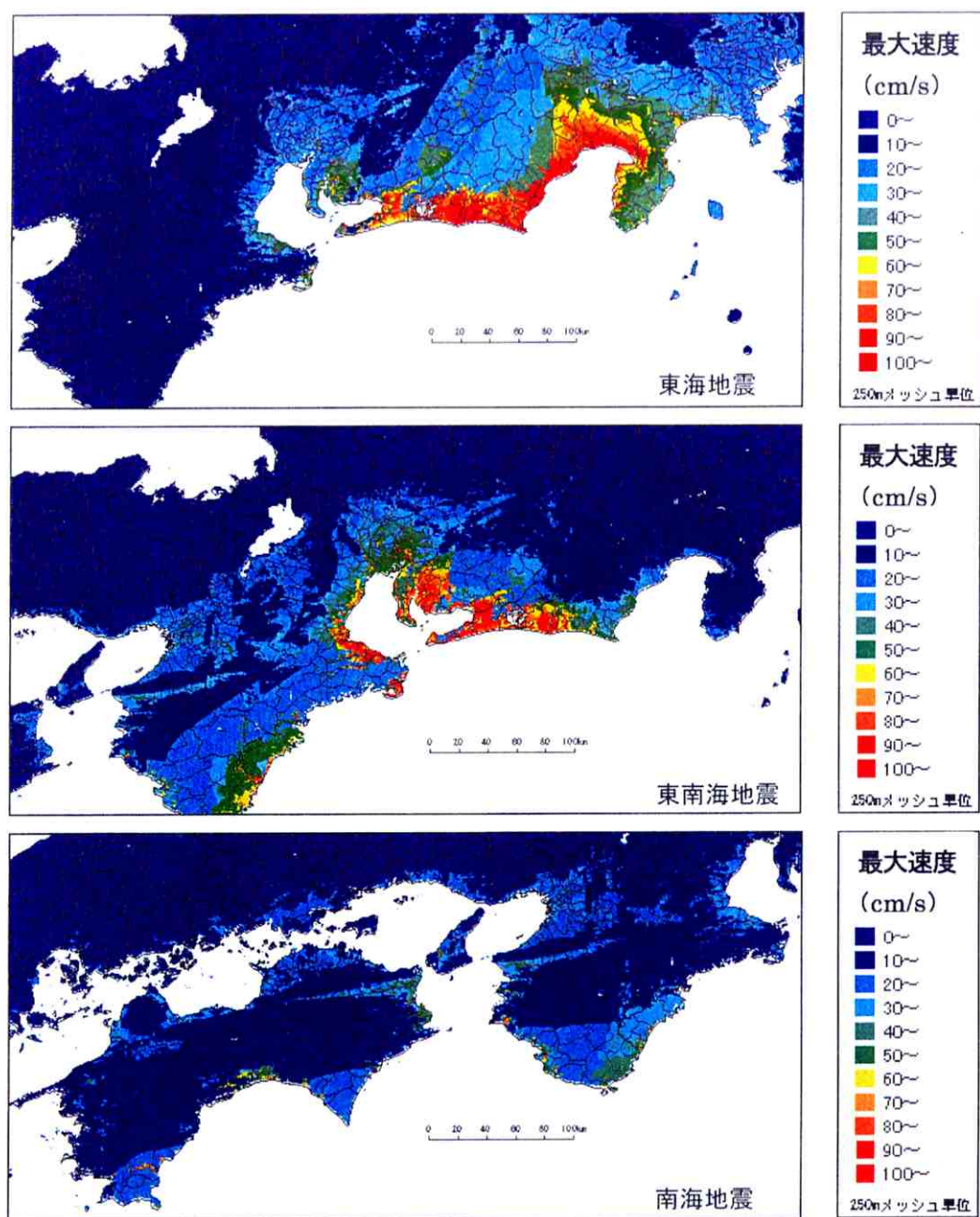
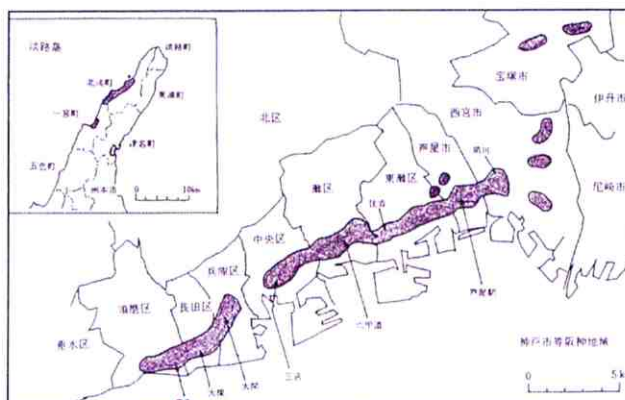


図 2.2 最大速度分布図

【参考】

1995 年兵庫県南部地震
気象庁現地調査による震度 7 地域
(平成 8 年版 消防白書)



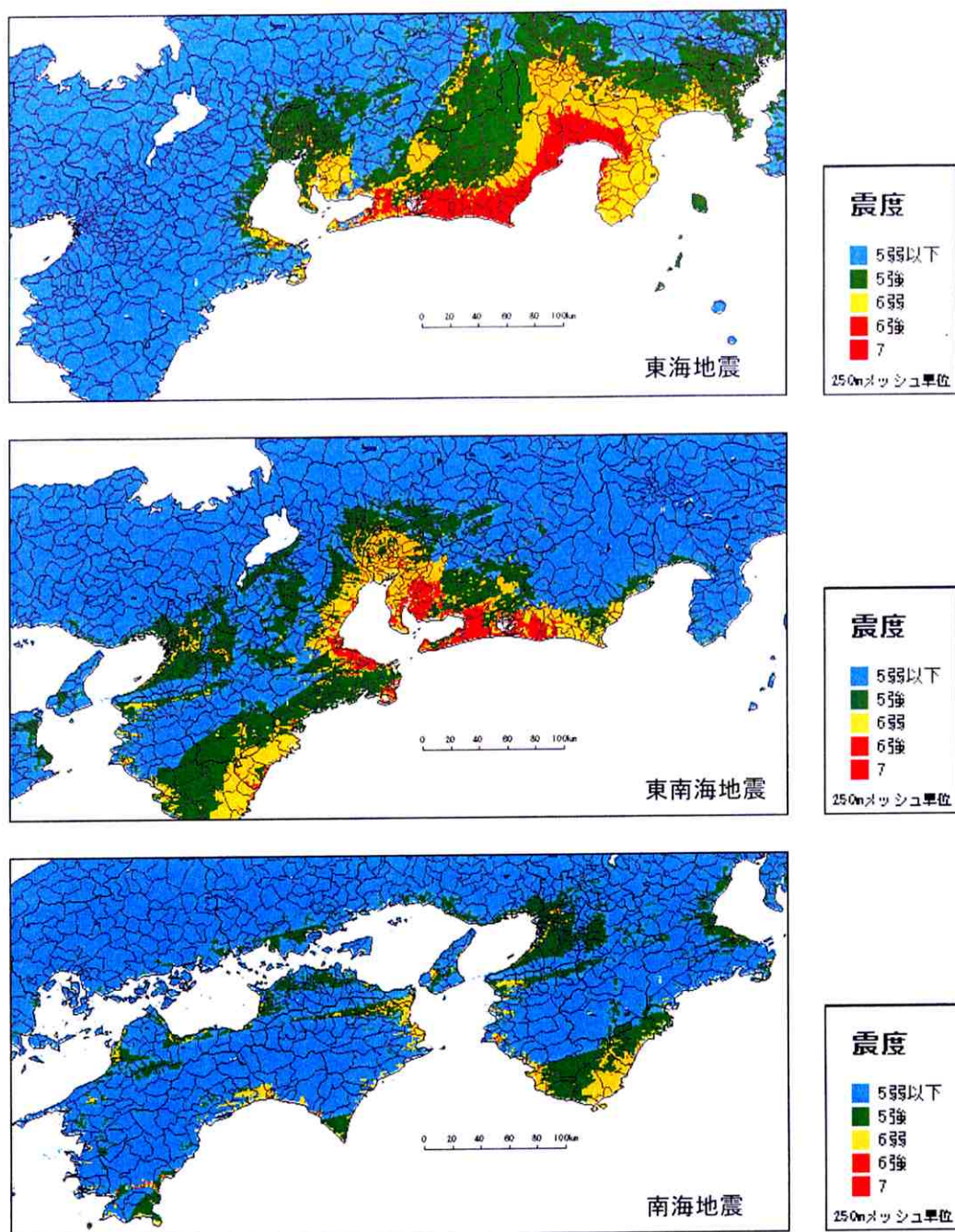
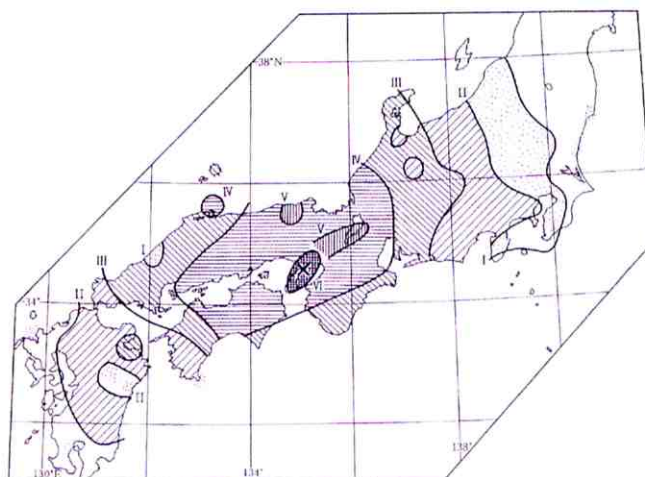


図 2.3 震度分布図

【参考】

1995 年兵庫県南部地震
震度分布図
(宇佐美(1996))



3. 津波

3.1 最大波高の想定手法

- ◆ ここでの「波高」とは、初期水面（潮汐を考慮しない一様水面：標高ゼロメートル）との偏差を表す。
- ◆ 発生する波の波長が水深に比べ十分長いことを条件に、Navier-Stokes 方程式を水深方向に積分して得られる浅水長波方程式、および海水量の保存を表す連続の式（質量保存則）を用い水位上昇量を算定
 - ・ 運動方程式（浅水長波方程式）

$$\frac{\partial M}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{M^2}{D} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{MN}{D} \right) + gD \frac{\partial \eta}{\partial x} + \frac{gn^2 M \sqrt{M^2 + N^2}}{D^{7/3}} = 0$$

$$\frac{\partial N}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{MN}{D} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{N^2}{D} \right) + gD \frac{\partial \eta}{\partial y} + \frac{gn^2 N \sqrt{M^2 + N^2}}{D^{7/3}} = 0$$

- ・ 連続の式

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} + \frac{\partial M}{\partial x} + \frac{\partial N}{\partial y} = 0$$

M: x方向の単位幅当たりの流量 D: 全水深
 N: y方向の単位幅当たりの流量 g: 重力加速度
 η: 水位 n: マニングの粗度係数

- ◆ 海面の隆起量は Mansinha & Smylie (1971) により算出し、各地震の発生位置に設定。海面隆起量の算出に使用した静的断層パラメータおよび断層面を表 3.1 および図 3.1 に示す。

表 3.1 静的断層パラメータ

想定地震	N(°)	E(°)	d(km)	θ(°)	δ(°)	λ(°)	L(km)	W(km)	U(cm)
東海地震	35.14	138.48	2	190	34	71	95	70	400
東南海地震	34.07	137.41	1	225	30	72	154	67	215
	34.61	138.06	1	225	30	72	84	78	140
南海地震	32.68	134.75	1	250	20	104	120	120	500
	33.24	136.22	10	250	10	127	150	70	400

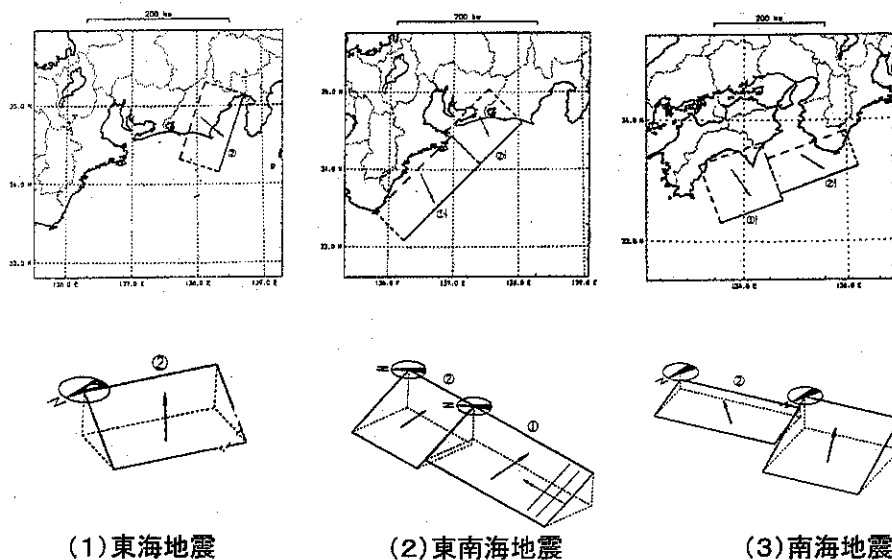


図 3.1 設定した断層面

- ◆ 波高計算時の陸側の境界条件は遡上を伴わない完全反射とする。海側は海上保安庁が提供する水深を使用し、境界条件は自由流出境界とする。

3.2 最大波高想定結果

図 3.2 に太平洋側 33 地点の最大波高と主要地点の最大波高到達時間を示し、図 3.3 および図 3.4 に伊勢湾および大阪湾での最大波高を示す。また、表 3.2 に主要地点の初期波と最大波を示す。

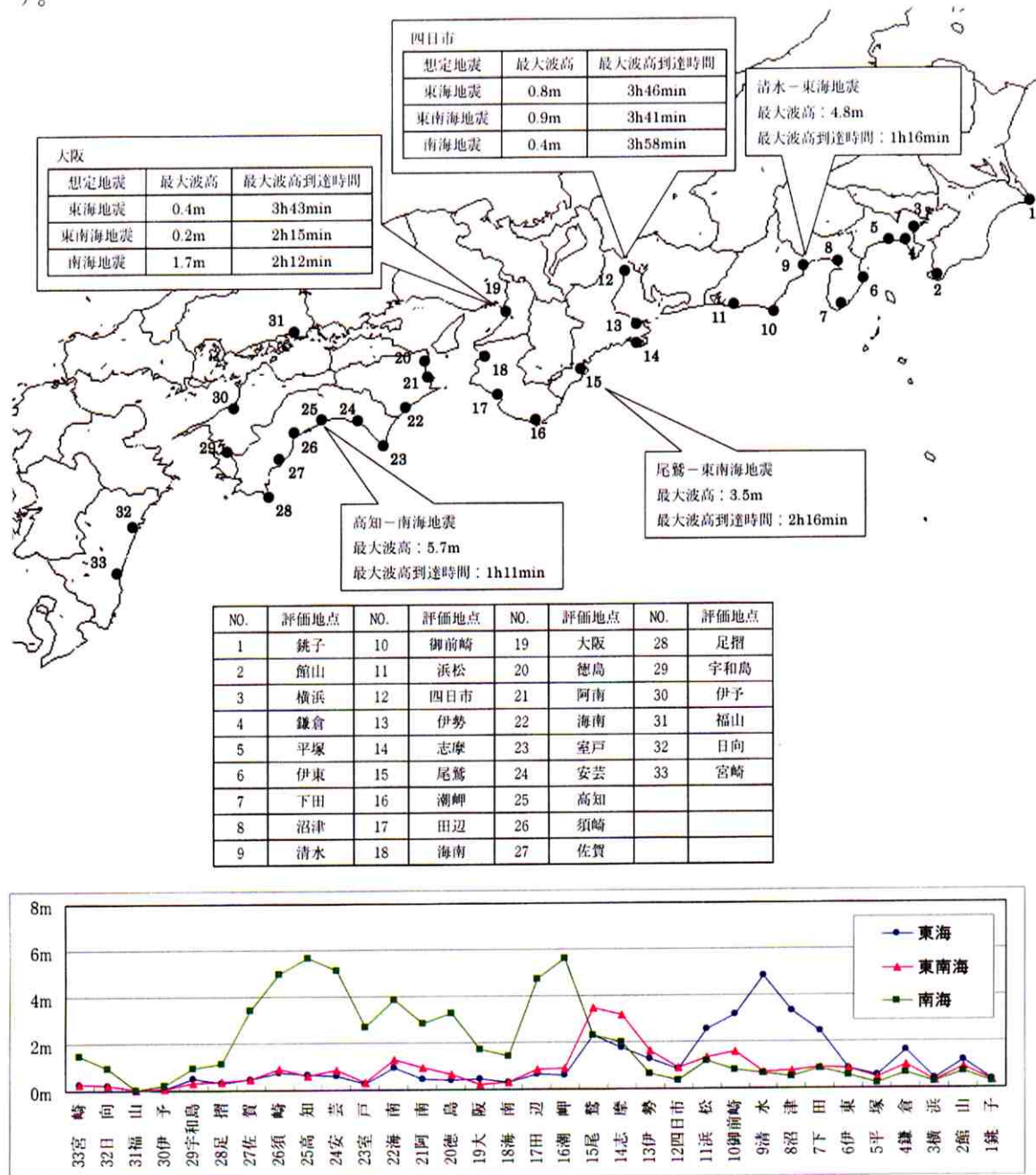


表 3.2 主要地点の初期波と最大波

場 所	地 震	初期波		最大波	
		波高	到達時間	波高	到達時間
清 水	東海地震	1.7m	0min	4.8m	1h16min
四日市	東南海地震	0.2m	1h15min	0.9m	3h41min
尾 鷲	東南海地震	3.0m	20min	3.5m	2h16min
大 阪	南海地震	1.7m	2h12min	1.7m	2h12min
高 知	南海地震	3.0m	30min	5.7m	1h11min

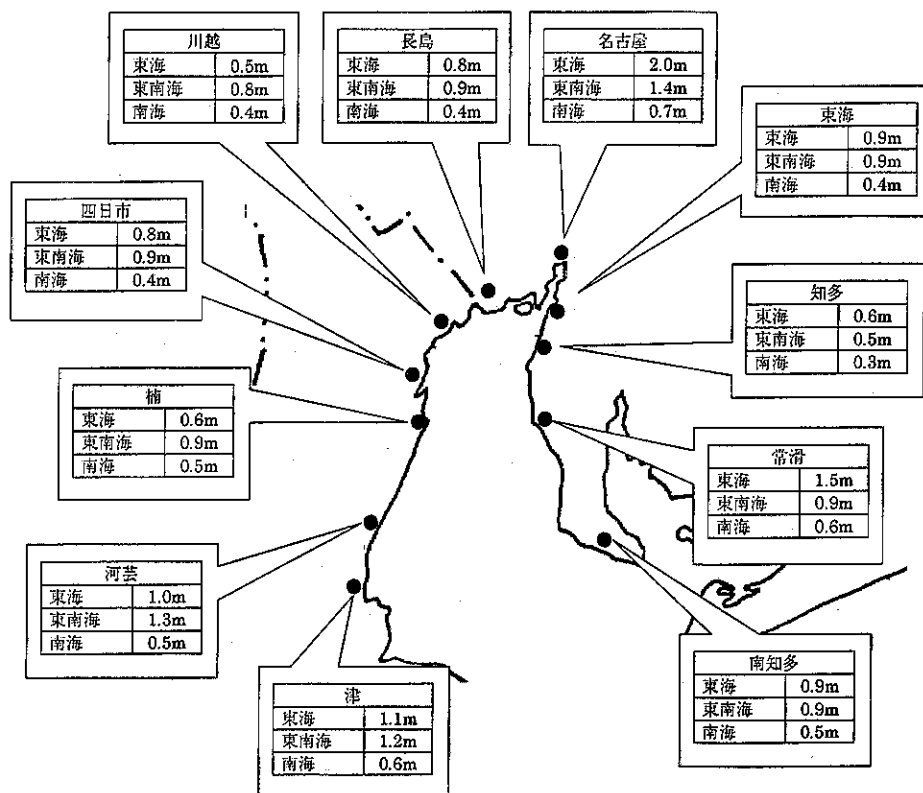


図 3.3 伊勢湾における最大波高

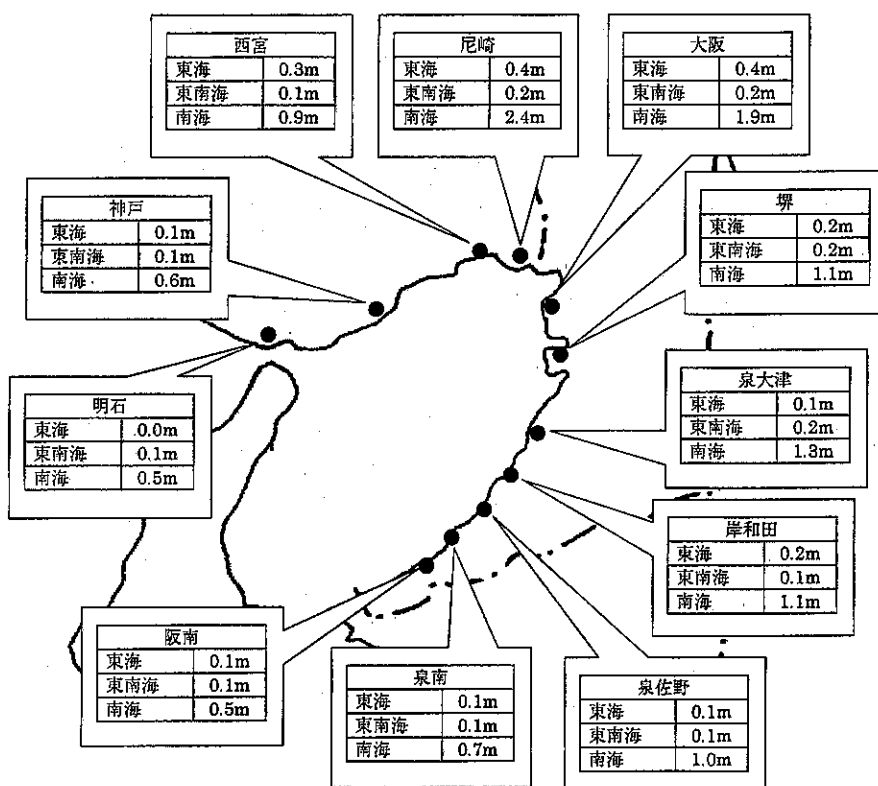


図 3.4 大阪湾における最大波高

4. 建物被害

4.1 建物棟数の推定

- ◆ 平成10年住宅・土地統計調査に基づき住宅の木造建物棟数および非木造建物棟数を推定
- ◆ 木造建物は、建て方別(独立住宅/集合住宅)、建築年次別(1971年以前/1972年～1981年/1982年以降)に区分
- ◆ 非木造建物は、建築年次別(1980年以前/1981年以降)に区分
- ◆ 事業所数は、平成8年事業所・企業統計調査に基づき推定

本想定で推定した建物(住宅)棟数分布および事業所数分布を図4.1、図4.2に示す。

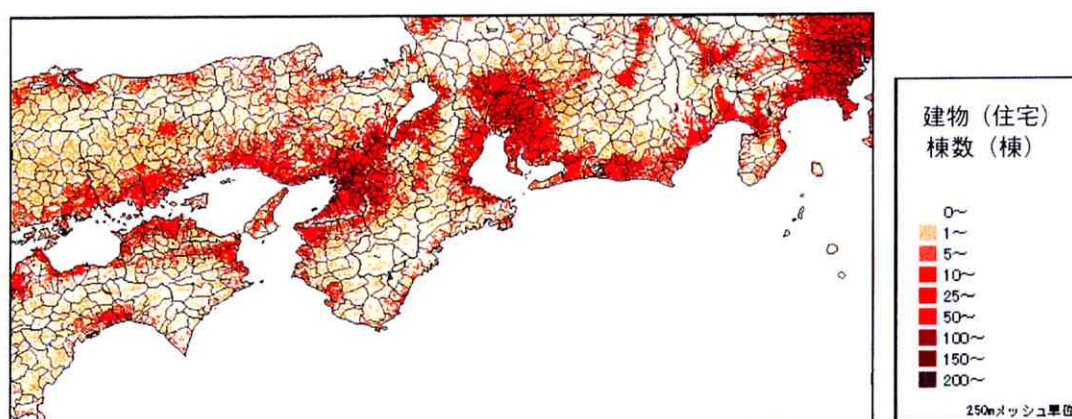


図 4.1 建物(住宅)棟数

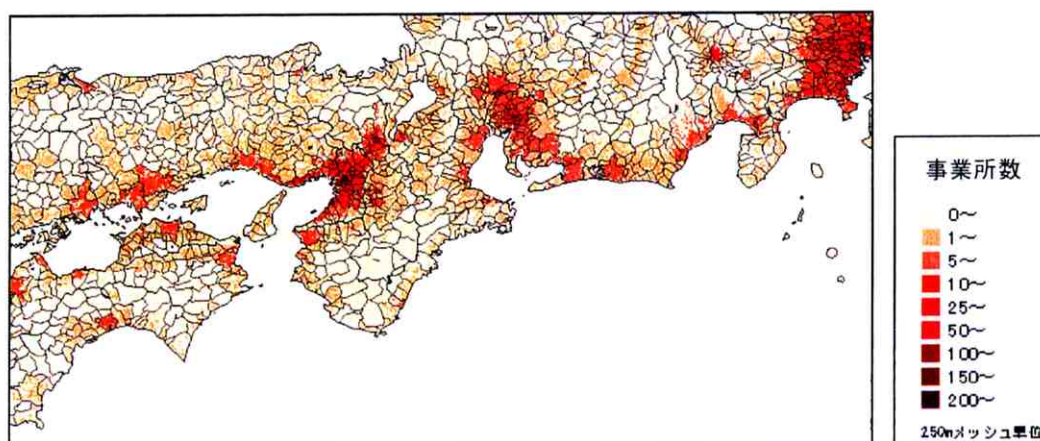


図 4.2 事業所数

4.2 揺れによる建物被害

4.2.1 想定方法

- ◆ 長谷川(1998)の被害関数を用いて、木造住宅、非木造住宅、事業所の揺れによる「全壊・大破」および「中程度の損傷以上」を予測

$$Vr(\log_{10} V_{sur}) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \int_{-\infty}^{\log_{10} V_{sur}} e^{-\frac{(\log_{10} x - \log_{10} V_o)^2}{2\sigma^2}} d(\log_{10} x)$$

Vr : 被害率
 $\log_{10} V_{sur}$: 最大地動速度の対数値
 $\log_{10} V_o$: 被害率が50%になるときの最大地動速度の対数値
 σ : 標準偏差

表 4.1 木造建築物の被害関数パラメータ

被害の程度	建築年代	独立住宅		集合住宅	
		$\log_{10} V_o$	σ	$\log_{10} V_o$	σ
全壊・大破	～1971	2.18	0.242	2.08	0.231
	1972～1981	2.30	0.256	2.20	0.245
	1982～	2.55	0.283	2.45	0.273
中程度の損傷以上	～1971	2.05	0.293	1.95	0.217
	1972～1981	2.16	0.309	2.06	0.229
	1982～	2.48	0.355	2.38	0.265

表 4.2 非木造建築物の被害関数パラメータ

被害の程度	建築年代	$\log_{10} V_o$	σ
全壊・大破	～1980	2.47	0.355
	1981～	2.60	0.355
中程度の損傷以上	～1980	2.30	0.359
	1981～	2.43	0.359

- ◆ 本想定での「中程度の損傷以上」は、自治体の罹災証明における「全壊」にほぼ相当

4.2.2 想定結果

図 4.3、図 4.4 に揺れによる建物被害想定結果を示す。

4.3 津波による建物への影響

4.3.1 想定方法

- ◆ 伊勢湾および大阪湾について最高潮位時の最大波高より標高が低い地域を表示
- ◆ 上記地域のうち名古屋市域および大阪市域について建物(住宅)棟数を調査

4.3.2 想定結果

図 4.5、図 4.6 に伊勢湾および大阪湾における最高潮位時の最大波高と標高との差を示す。

ただし、港湾には防潮堤や水門などが設けられており、津波や高潮を防ぐ役割を担っている。したがってこの図示した部分が浸水域を表しているわけではない。

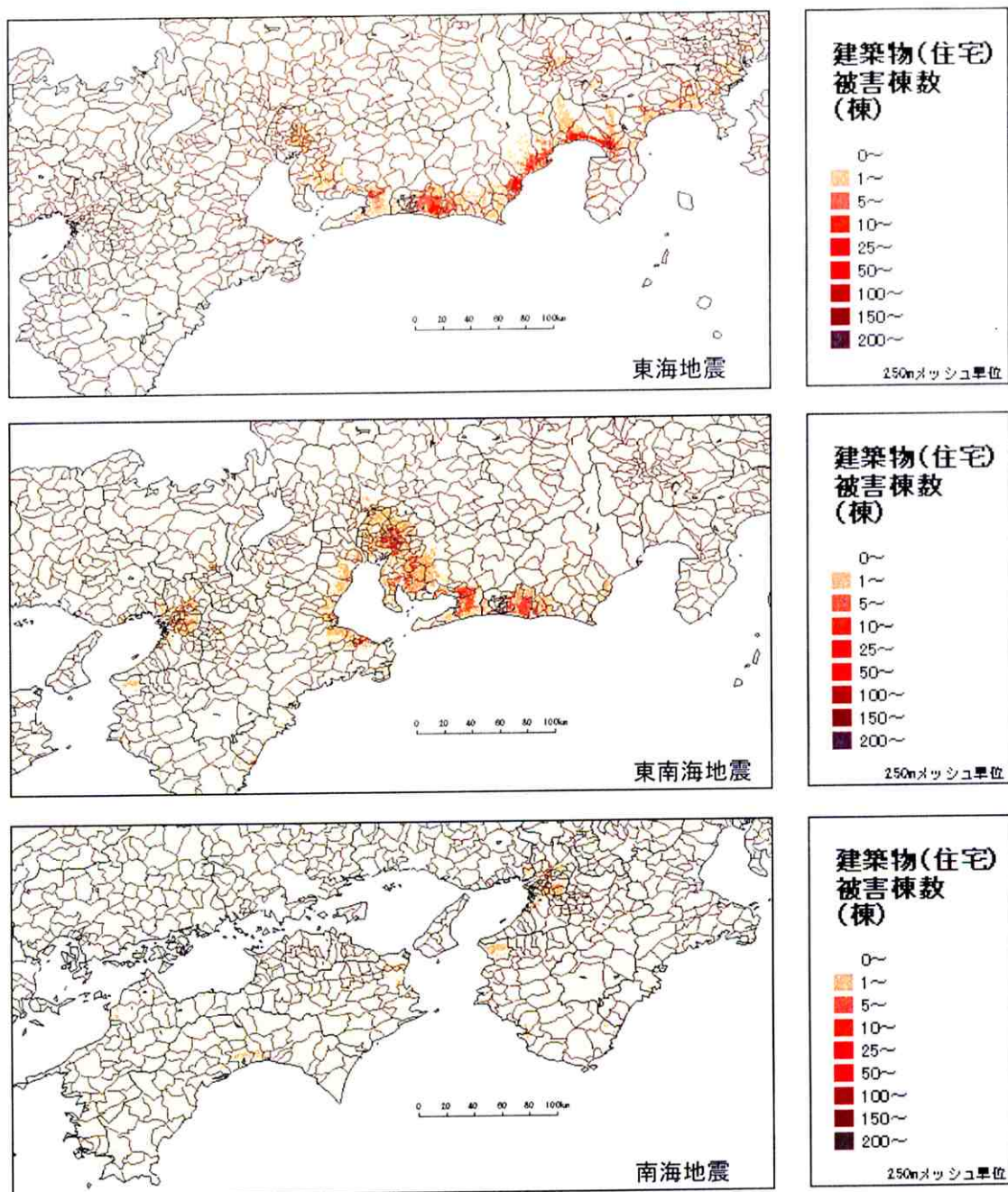
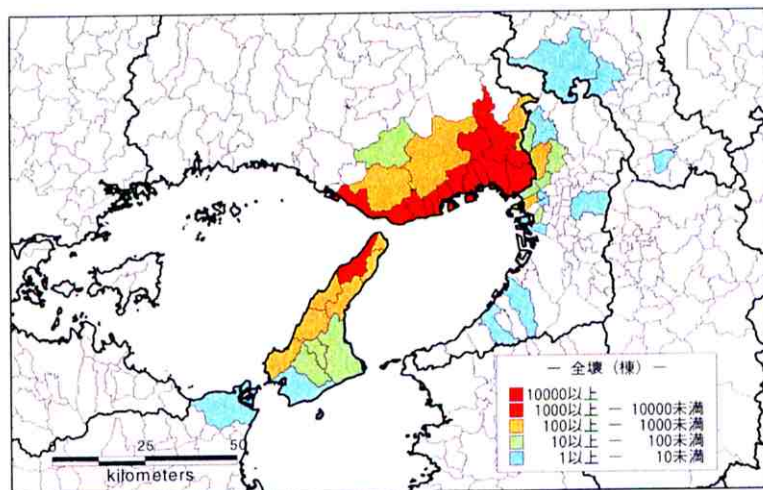


図 4.3 揺れによる建物(住宅)被害(中程度の損傷以上)
(中程度の損傷以上は自治体の罹災証明の全壊にほぼ相当)

【参考】

1995 年兵庫県南部地震
住家被害の分布(全壊)
(消防庁資料より作成)



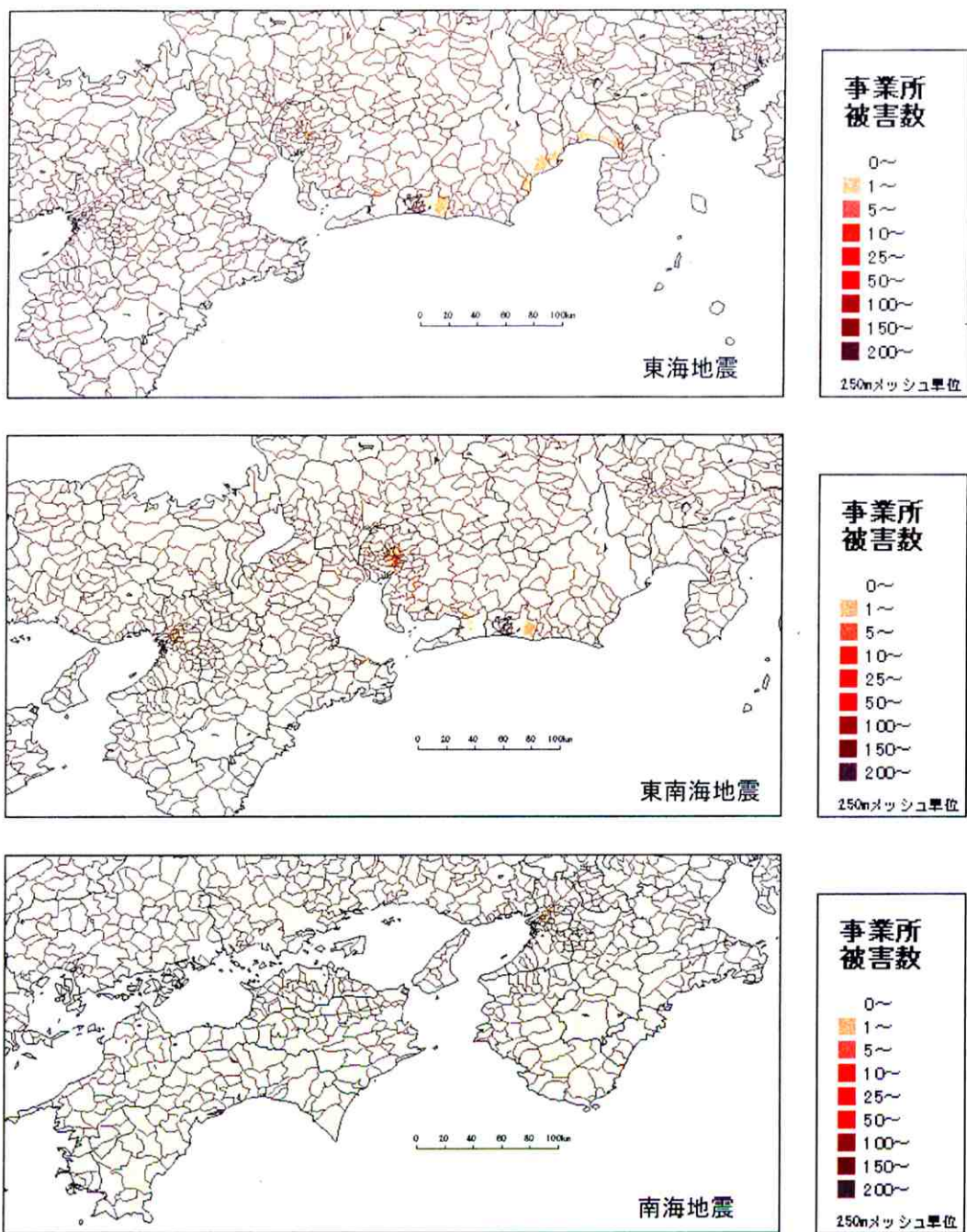


図 4.4 揺れによる事業所被害(中程度の損傷以上)

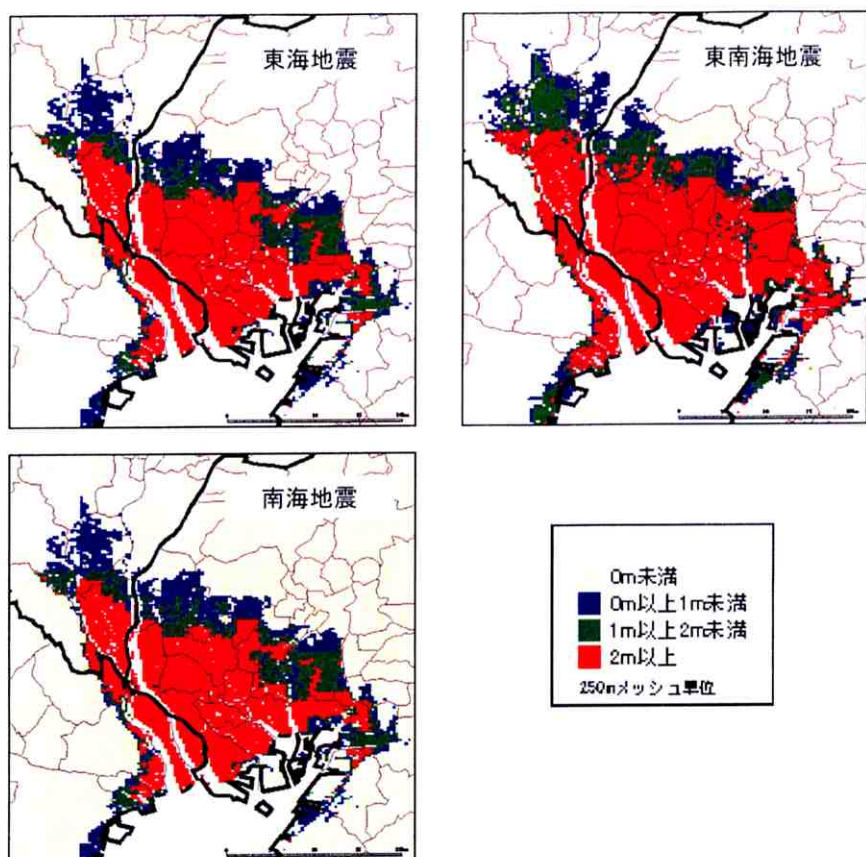


図 4.5 最高潮位時の最大波高と標高との差(伊勢湾)

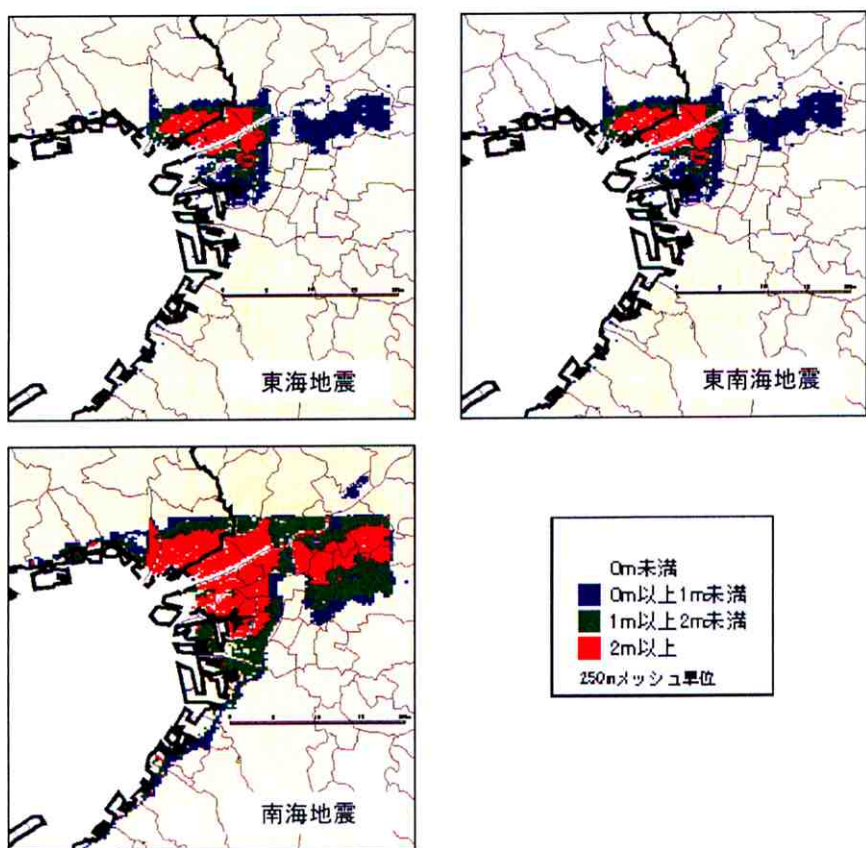


図 4.6 最高潮位時の最大波高と標高との差(大阪湾)

4.4 高層建築物への影響

本節では、名古屋および大阪を対象として、工学的基盤での地震動波形を試算し、その周期特性から高層建築物への影響について検討した。

4.4.1 検討方法

- ◆ 工学的基盤での地震動は、ハイブリッド合成法(短周期成分:統計的グリーン関数法、長周期成分:離散化波数法および有限要素法、結合周期:2.5 秒)により試算した。なお、短周期成分計算において小地震作成時の位相特性は、乱数を一意的に用いており、乱数の違いによる結果のバラツキの検討はしていない。
- ◆ 地盤モデルは成層地盤構造を仮定し、愛知県設計用入力地震動研究協議会「愛知県設計用入力地震動の作成」および堀家等(1996)、蔵下等(2002)に基づき設定した。設定した地盤モデルを表 4.3 に示し、地震基盤から工学的基盤までの増幅率を図 4.7 に示す。なお、ここで設定したモデルは名古屋、大阪の代表地盤モデルを示すわけではない。
- ◆ 震源パラメータは中央防災会議「東海地震に関する専門調査会」、地震調査研究推進本部地震調査委員会「南海トラフの地震を想定した強震動評価手法について」に基づき設定した。設定した震源パラメータを図 4.8 に示す。

表 4.3 地盤モデル(地下構造)

名古屋(東海、東南海地震)

	深さ	層厚	密度	P 波速度	S 波速度
工学的基盤	0.00	220.1	1.88	1998	600.0
	220.1	117.0	2.35	1977	600.0
	337.1	133.3	2.35	2246	800.0
	470.4	141.1	2.35	2514	1000.0
	611.5	127.8	2.35	2783	1200.0
地震基盤	739.3	2260.7	2.68	5500.0	3000.0
地震発生層	3000.0	4500.0	2.70	5800.0	3430.0
	7500.0	9500.0	2.70	6200.0	3670.0
	17000.0	18000.0	2.90	6700.0	3780.0
	35000.0	-	3.20	7800.0	4410.0

大阪(東南海地震)

	深さ	層厚	密度	P 波速度	S 波速度
工学的基盤	0.00	100.0	1.88	1650	557.0
	100.0	180.0	2.35	1750	621.0
	280.0	270.0	2.35	1900	735.0
	550.0	200.0	2.35	2000	834.0
	750.0	600.0	2.35	2100	952.0
地震基盤	1350.0	1650.0	2.70	5700.0	3200.0
地震発生層	3000.0	4500.0	2.70	5800.0	3430.0
	7500.0	9500.0	2.70	6200.0	3670.0
	17000.0	18000.0	2.90	6700.0	3780.0
	35000.0	-	3.20	7800.0	4410.0

大阪(南海地震)

	深さ	層厚	密度	P 波速度	S 波速度
工学的基盤	0.00	100.0	1.88	1650	557.0
	100.0	180.0	2.35	1750	621.0
	280.0	270.0	2.35	1900	735.0
	550.0	200.0	2.35	2000	834.0
	750.0	600.0	2.35	2100	952.0
地震基盤	1350.0	5000.0	2.70	5700.0	3200.0
地震発生層	6350.0	5000.0	2.70	6100.0	3400.0
	11350.0	7000.0	2.70	6300.0	3670.0
	18350.0	8000.0	2.90	6600.0	3780.0
	35000.0	-	3.20	7800.0	4410.0

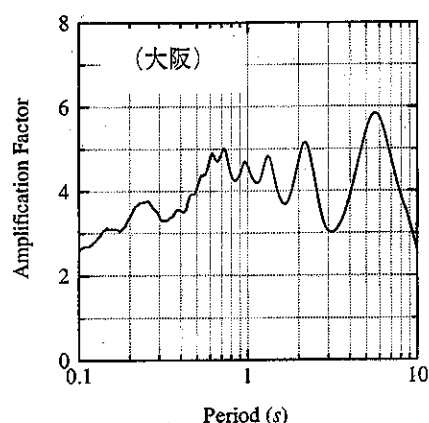
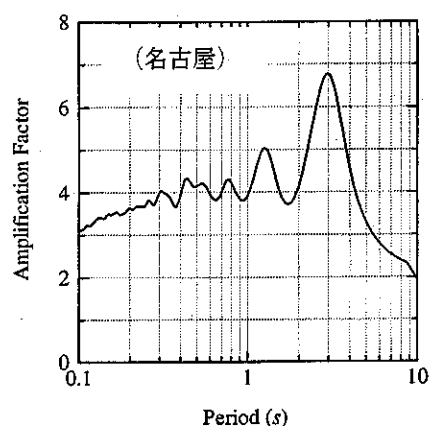
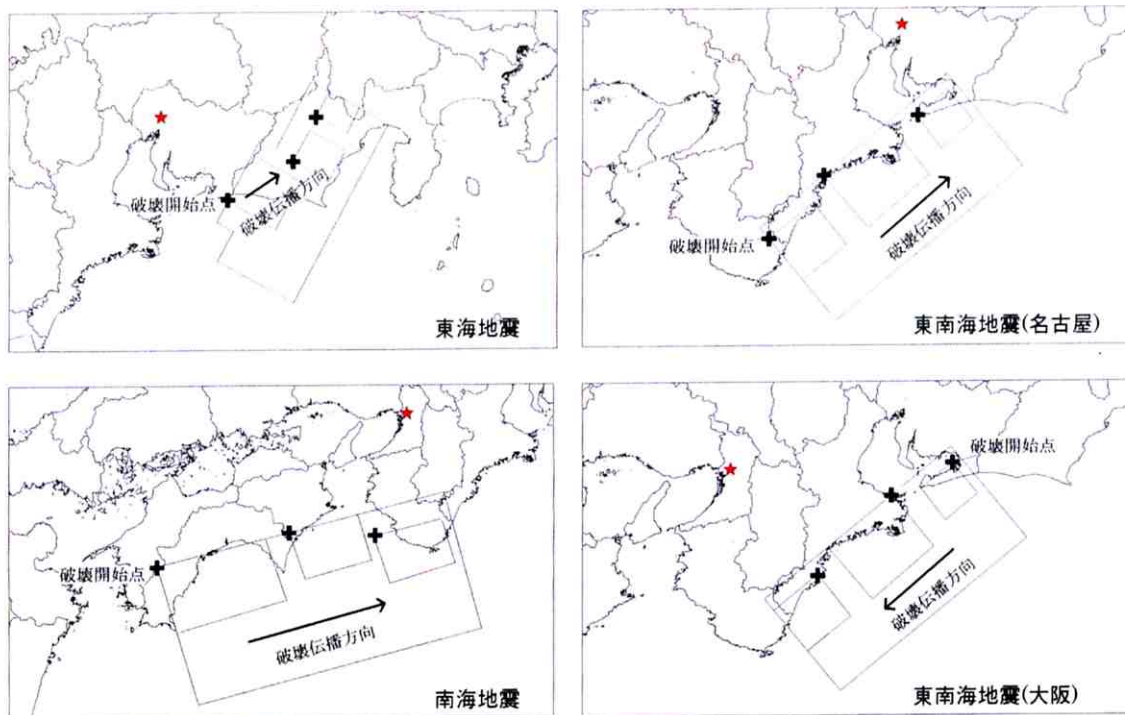


図 4.7 地震基盤から工学的基盤までの増幅率



東海地震アスペリティ諸元

アスペリティ名	No. 1	No. 2	No. 3	
地震モーメント	M_0 (dyne・cm)	5.43×10^{27}	1.80×10^{27}	8.46×10^{26}
計算用断層長さ	L (km)	40	25	20
計算用断層幅	W (km)	40	30	25
平均変位量	D (cm)	770	545	385
応力降下量	Δs (bar)	101	101	101
走向	q (deg)	208	208	208
傾斜角	δ (deg)	15	15	15
破壊開始位置	南端最深部	南端最深部	南端最深部	
立ち上り時間	τ (sec)	3.5	3.5	3.5
破壊の時間ずれ	Δt (sec)	—	18.5	31.5

東南海地震アスペリティ諸元

アスペリティ名		No. 1	No. 2	No. 3
地震モーメント	M_0 (dyne·cm)	7.52×10^{27}	2.66×10^{27}	2.66×10^{27}
計算用断層長さ	L (km)	60	40	30
計算用断層幅	W (km)	50	40	30
平均変位量	D (cm)	850	601	601
応力降下量	Δs (bar)	101	101	101
走向	q (deg)	230	230	230
傾斜角	δ (deg)	15	15	15
破壊開始位置		名古屋：南端最深部 大 阪：北端最深部		
立ち上り時間	τ (sec)	4.5	4.5	4.5
破壊の時間ずれ	Δt (sec)	22.2 (名古屋) 18.5 (大 阪)	— (名古屋) 48.1 (大 阪)	51.9 (名古屋) — (大 阪)

南海地震アスペリティ諸元

アスペリティ名	No. 1	No. 2	No. 3	
地震モーメント	M_0 (dyne·cm)	2.92×10^{28}	1.03×10^{28}	1.03×10^{28}
計算用断層長さ	L (km)	115	70	70
計算用断層幅	W (km)	65	50	50
平均変位量	D (cm)	1336	945	945
応力降下量	Δs (bar)	101	101	101
走向	q (deg)	254	254	254
傾斜角	δ (deg)	20	20	20
破壊開始位置	南端最深部	南端最深部	南端最深部	南端最深部
立ち上り時間	τ (sec)	5	5	5
破壊の時間ずれ	Δt (sec)	-	51.5	80.4

図 4.8 設定した震源パラメータ

4.4.2 検討結果

試算した工学的基盤における地震動の最大値を表 4.4 に、時刻歴波形および擬似速度応答スペクトルを図 4.9、図 4.10 に示す。

なお、ここに示した結果はあくまでも表 4.3 に示した地盤構造と図 4.8 に示した震源パラメータを仮定した場合の試算値であり、名古屋あるいは大阪の代表的な結果ではないことに留意されたい。以下に本試算結果を示す。

- ・ 工学的基盤における地震動の最大速度は、名古屋では 40cm/sec(東海地震)、大阪では 30cm/sec(南海地震)と試算された。
- ・ 擬似速度応答スペクトルから、工学的基盤における地震動の卓越周期帯は 1.0~2.0 秒となった。また、スペクトル振幅は、設計に用いられている告示(極めて稀に発生する地震動)のスペクトルより部分的に大きくなる周期があるものの、概ね告示以下に収まっており、耐震安全性には問題ないと考えられる。
- ・ 地表での地震動特性(地震動強さや周期特性)は、工学的基盤以浅の表層地盤によって大きく左右されるが、ここでは、工学的基盤における周期特性は、そのまま地表における地震動の周期特性を表していると考え、固有周期 1.0~2.0 秒に相当する建物は、略算式から推定すると鉄骨造では 12~20 階、SRC 造では 17~30 階建て程度の建物となる。
- ・ 名古屋市および大阪市における高層建築物数を表 4.5 に示す。

表 4.4 工学的基盤における地震動の最大加速度・最大速度・最大変位

地震名	成分	名古屋			大阪		
		最大加速度 (cm/s ²)	最大速度 (cm/s)	最大変位 (cm)	最大加速度 (cm/s ²)	最大速度 (cm/s)	最大変位 (cm)
東海地震	NS	304.7	30.7	12.98	—	—	—
	EW	307.8	39.5	25.90	—	—	—
東南海地震	NS	226.8	29.3	6.14	157.1	18.7	6.72
	EW	226.6	28.2	6.35	156.7	18.8	6.32
南海地震	NS	—	—	—	229.3	29.5	5.54
	EW	—	—	—	229.4	29.1	4.87

表 4.5 名古屋市・大阪市の高層建築物数

区分	11階	12階	13階	14階	15階	16階	17階	18階	19階	20階	21~25階	26~30階	31~35階	36~40階	41~45階	46~50階	51階以上
	S造: 固有周期 1.0~2.0秒										SRC造: 固有周期 2.0~3.0秒						
名古屋市	269	231	162	309	88	5	3	9	3	3	11	5	1	0	1	0	1
大阪市	1,323	391	246	536	299	20	15	16	14	7	36	15	14	10	3	1	1

(*1) 高層建築物数は名古屋市地域防災計画および大阪市地域防災計画による

(*2) 固有周期は $T=0.03h$ (S造)、 $T=0.02h$ (SRC造)、 h : 建物高さ(m)により略算

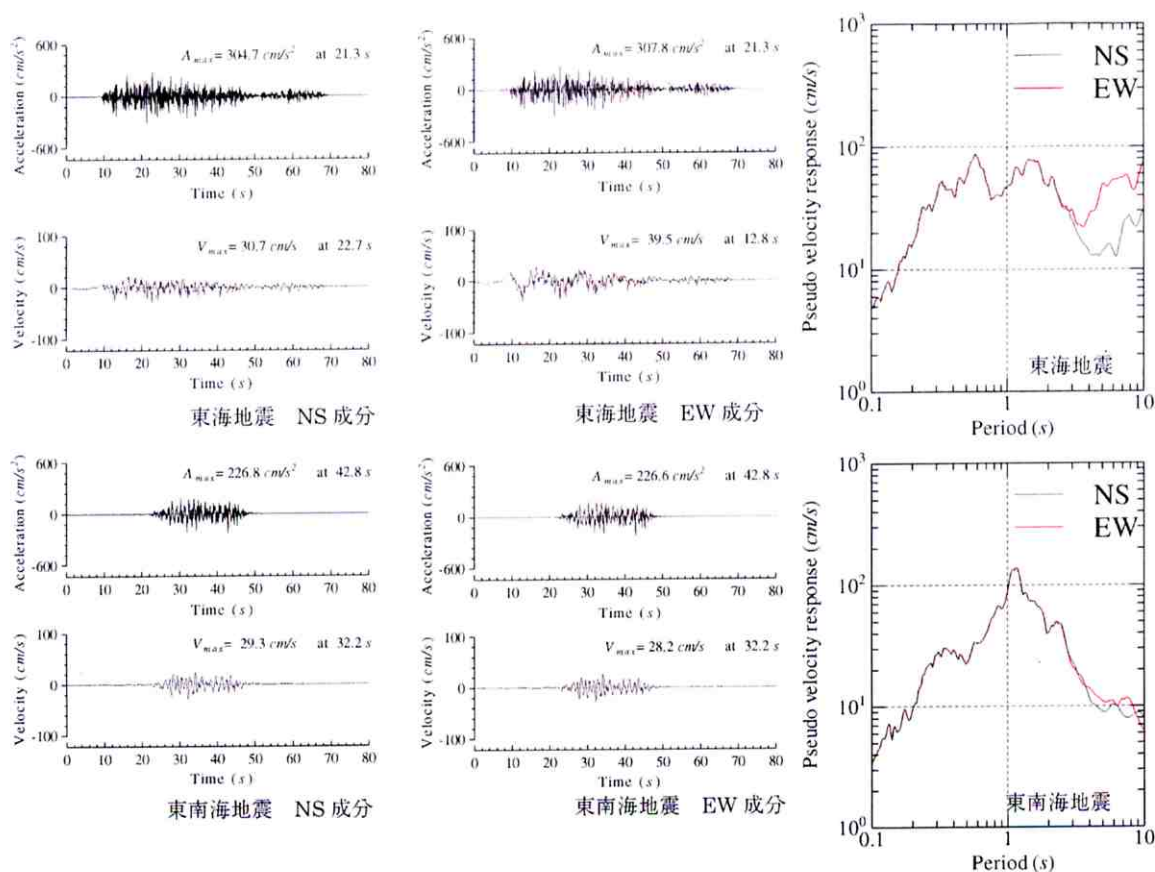


図 4.9 加速度時刻歴波形・速度時刻歴波形、擬似速度応答スペクトル(名古屋)

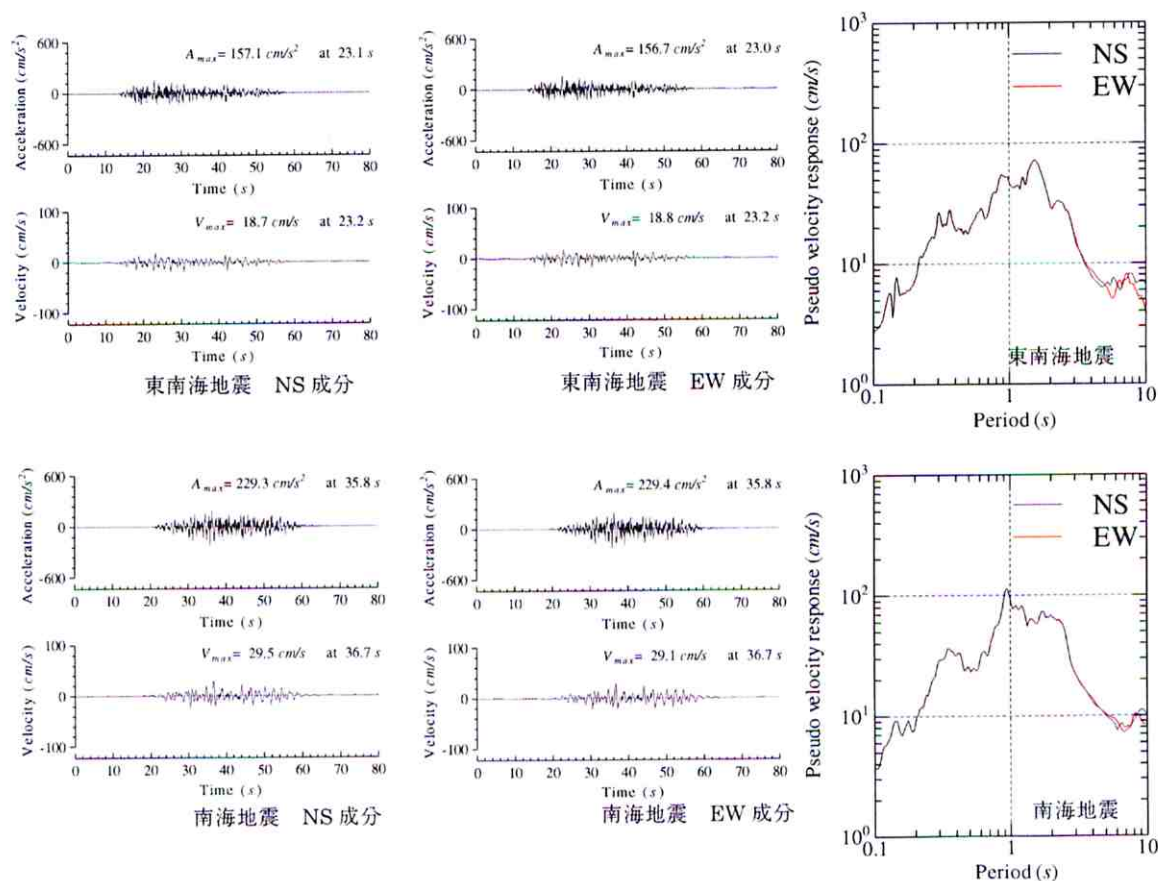


図 4.10 加速度時刻歴波形・速度時刻歴波形、擬似速度応答スペクトル(大阪)

5. 火災

5.1 出火件数の想定方法

- ◆ 建設省総合技術開発プロジェクト(1983)により、木造建物(住宅)の全壊率から炎上出火件数を算定
- ◆ 地震発生時刻は、冬の夕方 18 時を想定

$$Y = \alpha \cdot N \cdot y$$

$$\log_{10} y = 0.728 \log_{10} x - 2.09$$

Y : 出火件数 (棟)

α : 時刻補正係数

N : 世帯数 (戸数)

y : 出火率

x : 住家全壊率

本想定では、 x : 住家全壊率には木造建物(住宅)の全壊率を、 N : 世帯数には建物棟数を用いた。時刻補正係数は 18 時を想定し $\alpha = 2.50$ とした。

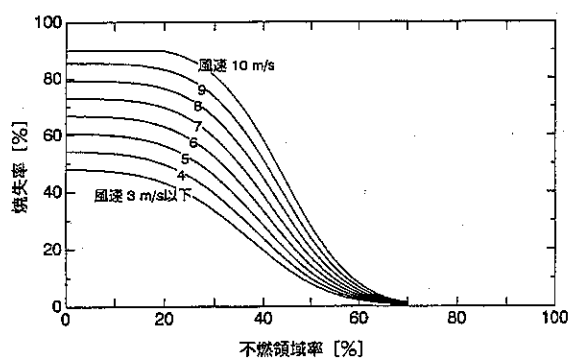
5.2 焼失棟数の想定方法

- ◆ 建設省総合技術開発プロジェクト(1983)により、風速、不燃領域率と焼失率の関係から延焼焼失率を算定。この際、風速は 5m/sec を想定。
- ◆ メッシュごとに不燃領域率 F を略算式により算定

$$F = 1.189 - 0.604A - 0.00713B$$

F : 不燃領域率、 A : 木造建物棟数比、 B : 木造建物密度

- ◆ 焼失棟数は、メッシュごとの建物棟数に焼失率と出火件数を乗じることにより推定。なお、本想定では消防力による消火件数は考慮していない。



$$S = \int_F^{100} S_0 \cdot \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} \exp \left[-\frac{(f-m)^2}{2\sigma^2} \right] df \quad (S \leq 90)$$

ただし、 $F > 70$ のとき $S = 0$ 、 $U < 3$ のとき $U = 3$

$$S_0 = 6.21U + 29.6 \quad (S_0 \leq 100)$$

$$m = 1.03U + 33.69 \quad \sigma = -0.24U + 14.17$$

S : 焼失率 (%), U : 風速 (m/s)、

F : 不燃領域率 (%)

図 5.1 不燃領域率・風速と焼失率の関係

5.3 想定結果

図 5.2 に焼失棟数分布図を示す。

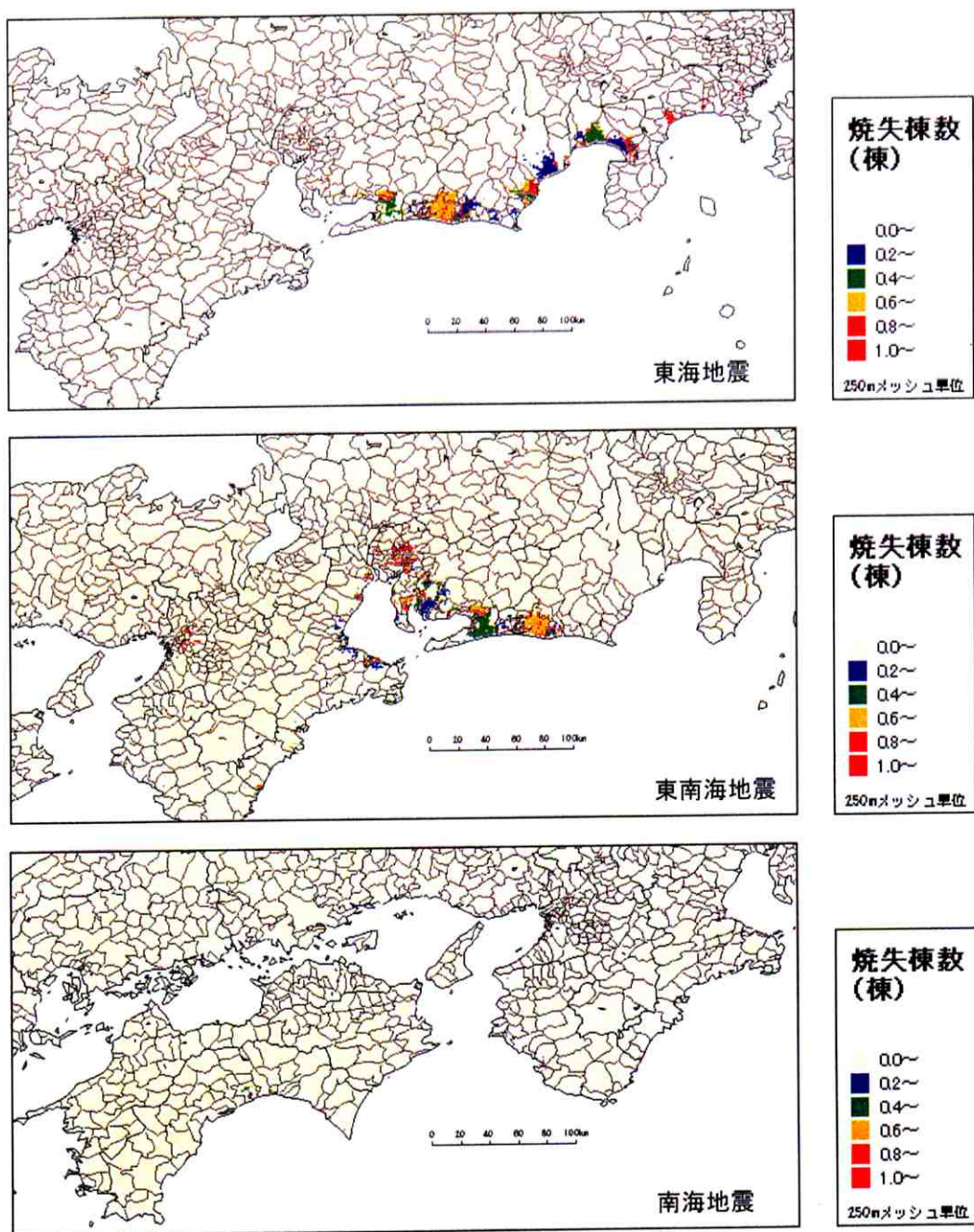
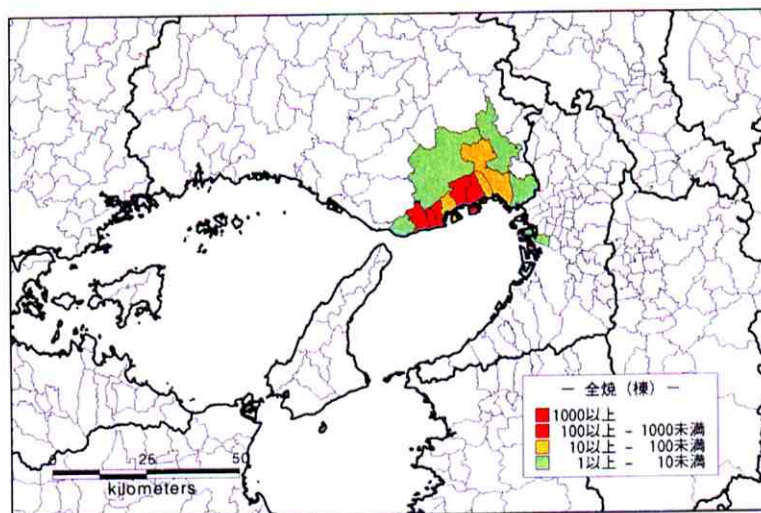


図 5.2 火災による焼失棟数

【参考】

1995 年兵庫県南部地震
火災被害の分布(全焼)
(消防庁資料より作成)



6. ライフライン

6.1 上水道

6.1.1 想定方法

- ◆ 1995 年兵庫県南部地震などにおける上水道送配水管の被害事例から求められた地表最大速度と標準被害率の関係式(東京都(1997))を用いて標準被害率を算定し、配水管の被害率とした。(本想定では、地盤種・管種による補正は行っていない。)

$$R_f = 2.24 \times 10^{-3} (V_{SUR} - 20)^{1.51}$$

R_f : 標準被害率 (箇所/km)

V_{SUR} : 地表最大速度 (cm/s)

- ◆ 川上(1996)による配水管の被害率と断水率との関係式を用いて断水率を算定

$$\tan\{\pi(Y-0.5)\} = 4.8 \cdot \log(X/0.18)$$

Y : 断水率 (%)

X : 配水管被害率 (箇所/km)

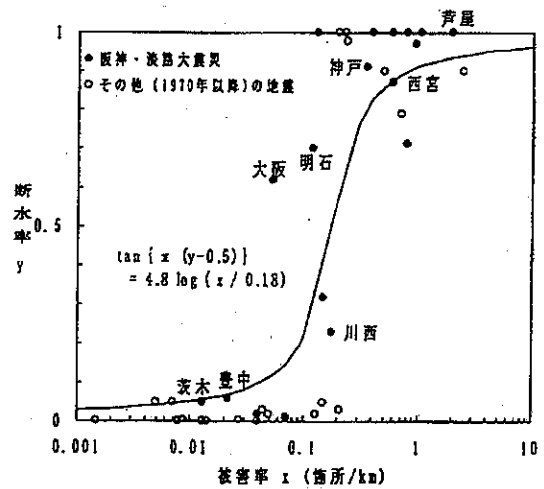


図 6.1 被害率と断水率の関係(川上(1996))

6.1.2 想定結果

図 6.2 に市区町村別の断水率を示す。

なお、1995 年兵庫県南部地震では約 130 万戸が断水し、その復旧に約 3 ヶ月を要している。

6.2 電力

6.2.1 想定方法

- ◆ 1995 年兵庫県南部地震などにおける被害事例から求められた架空線(送電線)の被害率(埼玉県(1998))を用いて被害率を算定

表 6.1 架空線の被害率

地表最大 加速度	150gal 以下	151gal～ 300gal	301gal～ 400gal	401gal～ 600gal	601gal～ 800gal	801gal 以上
被害率(%)	0.0	0.01	0.32	1.20	8.5	27.0

- ◆ 配電ツリーモデルにより求められた物的被害と機能支障率との関係式(神奈川県(1993))を用いて機能支障率(停電率)を算定

$$Y = 19.5X^{0.35}$$

Y: 機能支障率 (%)

X: 架空線の被害率 (%)

6.2.2 想定結果

図 6.3 に市区町村別の機能支障率(停電率)を示す。

なお、1995 年兵庫県南部地震では地震直後に約 260 万戸で停電し、その復旧に約 1 週間を要している。

6.3 ガス

6.3.1 検討方法

- ◆ ガスの供給停止は、地表での SI 値から判定
- ◆ 本想定では、SI 値が 60kine 以上となる地域では即座に供給停止とし、SI 値が 30kine 以上となる地域では、必要と判断された地域についてのみブロック単位で供給停止となると仮定し、その地域の 50%で供給停止となると想定した。

6.3.2 検討結果

図 6.4 に供給停止(SI 値が 30kine 以上、60kine 以上)となる市区町村分布図を示す。

なお、1995 年兵庫県南部地震では約 86 万戸で都市ガスの供給が停止され、その復旧に約 3 ヶ月を要している。

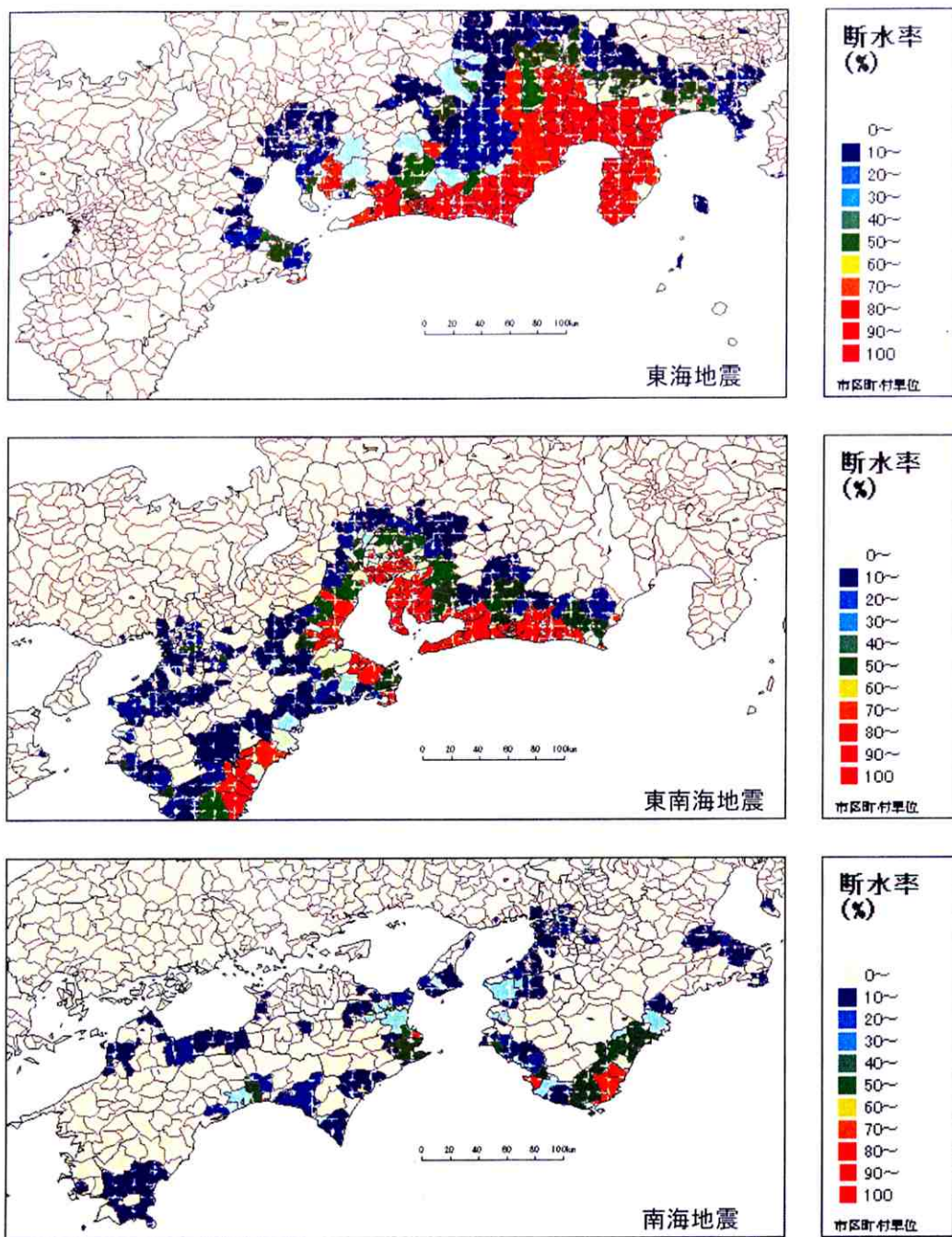


図 6.2 上水道断水率

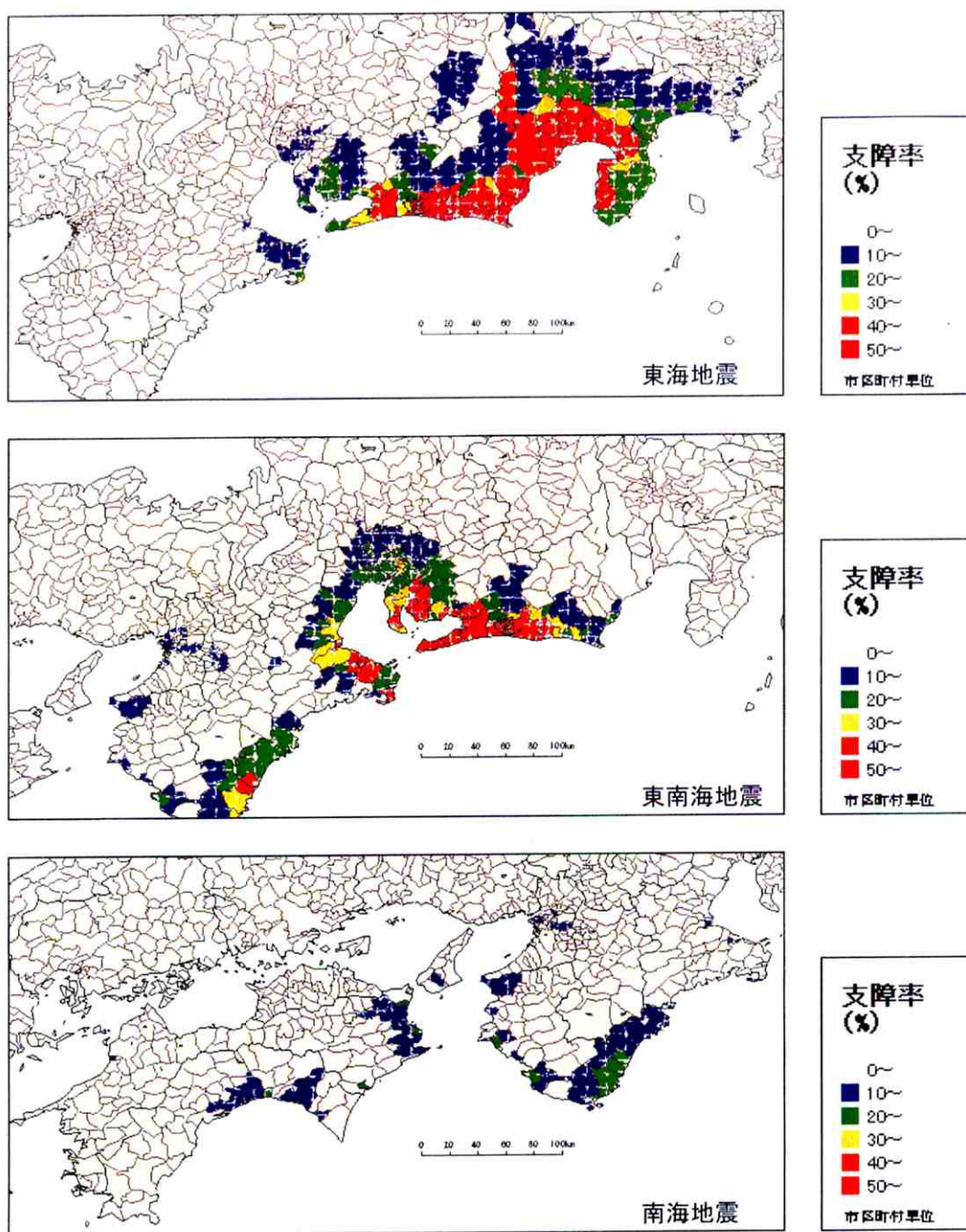
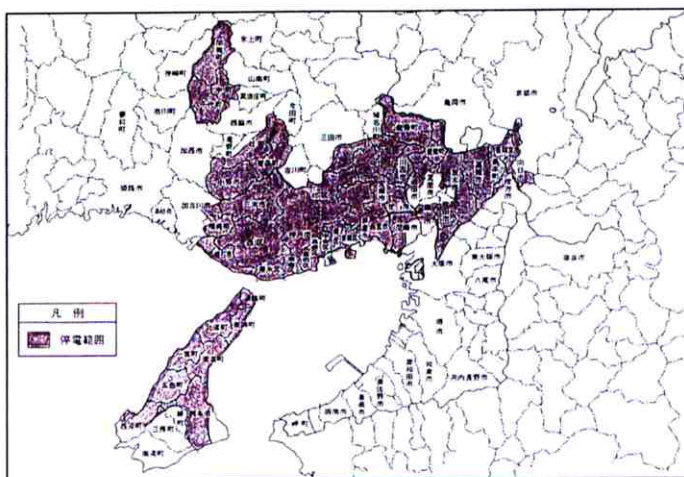


図 6.3 電力機能支障率(停電率)

【参考】

1995 兵庫県南部地震
地震発生時の停電範囲
(阪神・淡路大震災調査
報告編集委員会(1997))



7. 交通機関

7.1 道路

7.1.1 想定方法

- ◆ 対象とする道路は国道および高速道路とする。
- ◆ 国道の区間被害率は、過去の地震における被害事例から求められた被害率(宮城県(1997)、福井県(1997)等)を参考に設定し算定
- ◆ 高速道路の施設被害率は、1995 年兵庫県南部地震における被害事例から求められた被害率(東京都(1997))を用いて算定

表 7.1 震度と被害率の関係

震度	国道 区間被害率 (箇所/km)	高速道路 施設被害率 (箇所/km)
7	0.19	1.063
6 強	0.18	0.292
6 弱	0.11	0.017
5 強	0.07	-
5 弱	0.04	-

(注1)。「国道 区間被害率」は高架(橋梁)を含まない被害率

(注2)。「高速道路 施設被害率」は高架(橋梁)を含んだ被害率

7.1.2 想定結果

図 7.1 に国道および高速道路の路線と震度分布を重ねて表示する。

高速道路のうち静岡県内において、東海地震で震度 7 の想定地域を通過する区間がある。

なお、1995 年兵庫県南部地震では倒壊や落下等、高速道路に大きな被害が発生した。一般の道路については立体交差の陸橋の被害が目立った。また、建物倒壊による道路封鎖等が発生し、交通障害を引き起こした。

橋脚については 1995 年兵庫県南部地震後、補強工事が行われており、落橋や倒壊といった大被害は起こらず、損傷や亀裂程度の被害におさまる可能性がある。

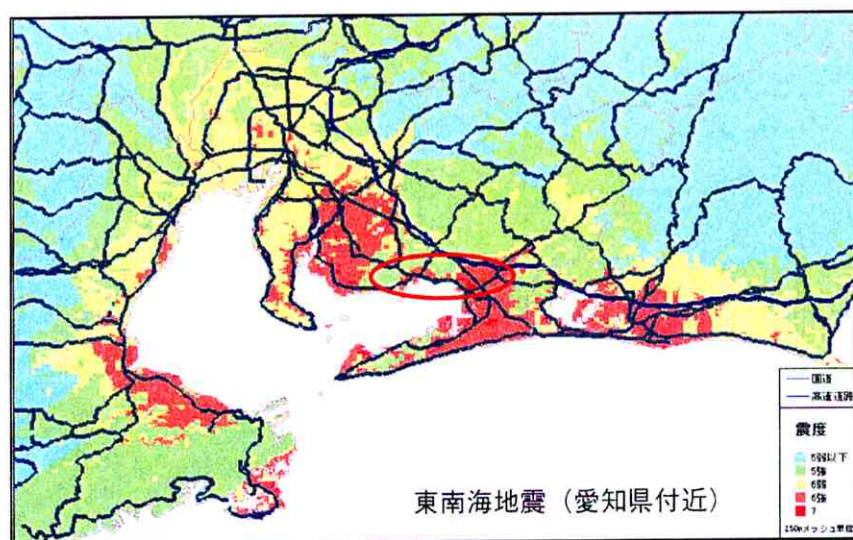
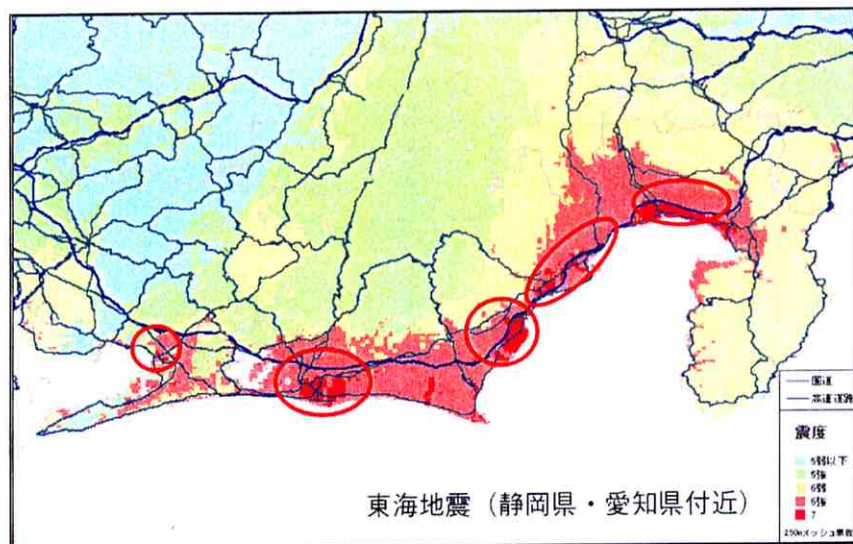
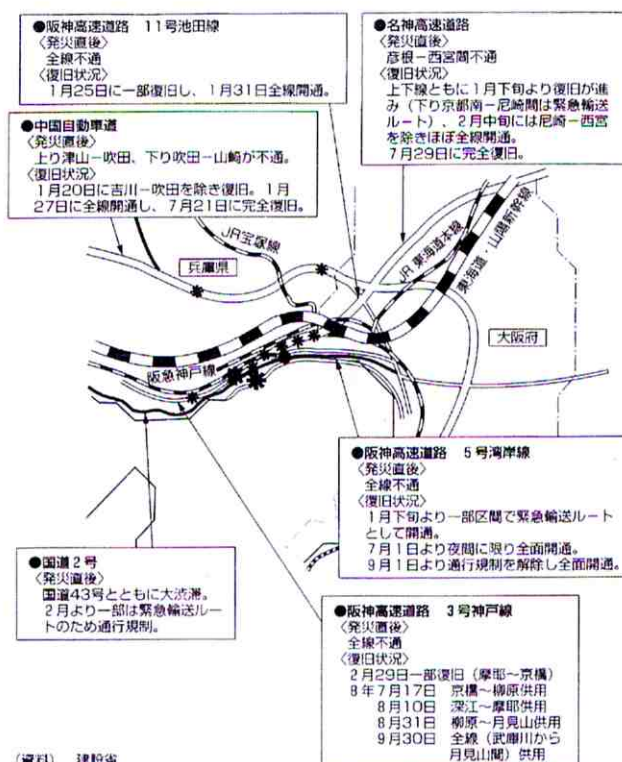


図 7.1 国道・高速道路路線図(○:震度 7 となる地域)

【参考】

1995 年兵庫県南部地震
高速道路における主な被災内容と復旧概況
(道路防災研究会(1996))



7.2 鉄道

7.2.1 想定方法

- ◆ 対象とする鉄道は JR 在来線および新幹線とする。
- ◆ JR 在来線の区間被害率は、過去の地震における被害事例から求められた被害率(宮城県(1997)、新潟県(1998)等)を参考に設定し算定
- ◆ JR 在来線の落橋・倒壊率、その他の被害率および新幹線の落橋・倒壊率は、1995 年兵庫県南部地震における被害事例から求められた被害率(東京都(1997))を用いて算定

表 7.2 鉄道施設の被害率

震度	J R 在来線			新幹線
	区間被害率 (箇所/km)	落橋・倒壊率 (箇所/km)	その他の被害率 (箇所/km)	落橋・倒壊率 (箇所/km)
7	1.02	0.323	4.091	5.71
6 強	1.02	0.057	0.692	2.67
6 弱	0.83	-	0.088	-
5 強	0.47	-	-	-
5 弱	0.28	-	-	-

7.2.2 想定結果

図 7.2 に JR 在来線および新幹線の路線と震度分布を重ねて表示する。

なお、1995 年兵庫県南部地震では橋梁の被害が大きく、山陽新幹線の8箇所をはじめ合計32箇所が落橋し、また橋脚にも多数の被害が発生した。

橋脚については 1995 年兵庫県南部地震後、補強工事が行われており、落橋や倒壊といった大被害は起こらず、損傷や亀裂程度の被害におさまる可能性がある。

8. 産業施設

8.1 検討方法

- ◆ 市区町村における各メッシュの平均計測震度が 6.0 以上(震度 6 強以上)となる市区町村を抽出し、それが所属する消防本部ごとに消防法による危険物規制の対象となる危険物施設数(製造所、貯蔵所、取扱所)および危険物施設が所在する事業所数を調査

8.2 検討結果

東海地震と東南海地震について、危険物施設数および事業所数を表 8.1、表 8.2 に示す。
なお、南海地震については平均震度が 6 強以上となる市区町村がなかったため対象外とした。

【参考】消防法による危険物施設とは

今回の検討で対象とした危険物施設は、危険物(*1)を製造、貯蔵し、取り扱う施設として設置許可を受けている以下の施設である。

施設の区分	施設の内容
製造所	危険物を製造する施設
貯蔵所	屋内・屋外において危険物を貯蔵し又は取り扱う施設 屋内・屋外・地下・簡易タンク 移動タンク(タンクローリーなど)
取扱所	給油取扱所(ガソリンスタンドなど) 販売取扱所(容器入りの危険物を販売する店舗) 移送取扱所(パイプラインなど) 危険物を取り扱う上記以外の施設

(*1) 危険物: 火災・爆発危険性を持つ固体および液体

消防法上の危険物以外にも、地震発生時に周囲に被害を及ぼす恐れがある物質として、例えば以下のようなものが考えられる。

- ・ 可燃性・支燃性ガス(プロパンガス、酸素など)
- ・ 毒物、劇物(水銀、塩素など)
- ・ 環境影響物質(PCB、フロンなど)

これらの物質が保管されている研究所、実験室、病院、修理工場、廃棄物処理工場などや、少量の危険物のみを扱っている工場・倉庫などの数は、表 8.1、表 8.2 に含まれない。

表 8.1 平均震度 6 強以上の市区町村(消防本部)の危険物施設数および事業所数(東海地震)

都道府県名	市区町村名	計測震度 (平均値)	消防本部名	危険物 施設数	製造所	貯蔵所	取扱所	事業所数
静岡県	浜松市	6.21	浜松市	1,961	4	1,233	724	1,061
	雄略町	6.16						
	舞阪町	6.25						
	沼津市	6.31	沼津市	810	6	562	242	436
	清水市	6.28	清水市	1,646	30	1,227	389	419
	三島市	6.07	三島市	250	0	165	85	163
	富士市	6.38	富士市	1,874	16	1,251	607	613
	焼津市	6.53	焼津市	723	5	520	198	320
	大井川町	6.57						
	藤枝市	6.03	藤枝市	608	7	424	177	251
	岡部町	5.71						
	浜北市	6.03	浜北市	235	0	135	100	141
	清水町	6.38	清水町	75	0	44	31	53
	長泉町	6.11	長泉町	205	0	136	69	70
	相良町	6.25						
	浜岡町	6.23	相良町外 2 町広域施設組 合	649	12	482	155	203
	御前崎町	6.48						
	磐田市	6.31	磐田南行政組合	1,147	30	759	358	376
	福田町	6.30						
	竜洋町	6.44						
	豊田町	6.38						
	豊岡村	6.03	庵原地区消防組合	500	19	341	140	98
	由比町	6.22						
	蒲原町	6.47						
	富士川町	6.25						
	袋井市	6.22	袋井市森町浅羽町広域行 政組合	621	5	425	191	257
	森町	5.67						
	浅羽町	6.28						
	函南町	6.01	田方地区消防組合	574	3	402	169	330
	菰山町	6.03						
	伊豆長岡町	6.12						
	大仁町	5.91						
	修善寺町	5.89						
	中伊豆町	5.72						
	天城湯ヶ島町	5.81						
	戸田村	6.15						
	菊川町	6.16	小笠地区消防組合	759	33	509	217	294
	小笠町	6.24						
	大東町	6.29						
	大須賀町	6.13						
西伊豆町	6.02	西伊豆広域消防組合	127	0	66	61	98	
松崎町	5.99							
賀茂村	6.10							
土肥町	6.09	富士宮市・芝川町消防組 合	566	3	371	192	355	
富士宮市	6.03							
芝川町	6.13	吉田町・榛原町広域施設 組合	530	20	381	129	219	
吉田町	6.44							
榛原町	6.21							
湖西市	5.99	湖西市・新居町広域施設 組合	307	0	195	112	115	
新居町	6.24							
山梨県	三珠町	5.64	峡南広域行政組合	422	3	269	150	244
	市川大門町	5.71						
	六郷町	5.79						
	下部町	5.76						
	増穂町	5.66						
	鯉沢町	5.74						
	中富町	5.82						
	早川町	5.58						
	身延町	5.91						
	南部町	6.02						
愛知県	富沢町	6.10	豊川市	717	2	455	260	373
	豊川市	5.94						
	音羽町	5.18						
	一宮町	5.86						
	小坂井町	6.23						
御津町	5.75							
合 計				15,306	198	10,352	4,756	6,489

表 8.2 平均震度 6 強以上の市区町村(消防本部)の危険物施設数および事業所数(東南海地震)

都道府県名	市区町村名	計測震度 (平均値)	消防本部名	危険物 施設数	製造所	貯蔵所	取扱所	事業所数
静岡県	浜松市	6.08	浜松市	1,961	4	1,233	724	1,061
	雄踏町	6.14						
	舞阪町	6.26						
	磐田市	6.03	磐田南行政組合	1,147	30	759	358	376
	福田町	6.02						
	竜洋町	6.26						
	豊田町	6.12						
	豊岡村	5.66						
	湖西市	6.07	湖西市・新居町広域施設 組合	307	0	195	112	115
新居町	6.29							
愛知県	豊橋市	6.14	豊橋市	1,377	6	918	453	642
	豊川市	6.14	豊川市	717	2	455	260	373
	音羽町	5.44						
	一宮町	6.00						
	小坂井町	6.44						
	御津町	6.00						
	碧南市	6.21	碧南市	485	3	299	183	150
	刈谷市	6.09	刈谷市	616	9	384	223	190
	安城市	6.14	安城市	743	5	471	267	308
	西尾市	6.18	西尾市	519	2	340	177	255
	知立市	6.10	知立市	187	7	124	56	85
	高浜市	6.18	高浜市	310	3	203	104	106
	田原町	6.04	田原町	291	0	189	102	120
	赤羽根町	6.10	渥美町	155	0	105	50	69
	渥美町	6.06						
	半田市	5.95	知多中部広域事務組合	1,545	51	1,093	401	378
	阿久比町	5.76						
	東浦町	5.78						
	武豊町	6.03						
	一色町	6.11						
	吉良町	6.02	幡豆郡消防組合	348	1	257	90	197
	幡豆町	5.64	知多南部消防組合	238	1	165	72	115
	南知多町	5.92						
	美浜町	6.19						
三重県	津市	5.79	津市	796	4	551	241	433
	河芸町	5.68						
	芸濃町	5.40						
	美里村	5.36						
	安濃町	5.66						
	香良洲町	6.18						
	伊勢市	5.93	伊勢市	607	2	408	197	313
	二見町	6.12						
	小俣町	6.21						
	玉城町	6.01						
	度会町	5.42						
	御園村	6.31						
	熊野市	5.79	熊野市	189	0	106	83	105
	御浜町	5.74						
	紀宝町	5.98						
	紀和町	5.83	松阪地区広域消防組合	915	3	604	308	431
	鶴殿村	6.28						
	松阪市	5.77						
	三雲町	6.12						
	飯南町	5.21						
	飯高町	4.99						
	多気町	5.64						
	明和町	6.10						
	勢和村	5.36	志摩広域消防組合	429	0	283	146	211
	南勢町	5.21						
	浜島町	5.37						
大王町	6.32							
志摩町	6.31							
阿児町	6.14							
磯部町	5.58							
合 計				13,882	133	9,142	4,607	6,033

参考文献

■各章共通・被害想定全般に関する参考文献

- 1) 損害保険料率算定会：「地震被害想定資料集」、平成10年9月
- 2) 損害保険料率算定会：「阪神・淡路大震災資料集」、平成9年3月
- 3) 中央防災会議：「東海地震対策専門調査委員会」公表資料

■地震動・津波に関する参考文献

- 1) 中央防災会議：「東海地震に関する専門調査会」公表資料
- 2) 中央防災会議：「東南海、南海地震等に関する専門調査会」公表資料
- 3) 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」、平成13年9月27日
- 4) 地震調査研究推進本部地震調査委員会：「南海トラフの地震を想定した強震動評価手法について」、平成13年12月7日
- 5) 「日本の断層パラメータハンドブック」、鹿島出版会
- 6) 翠川(1991)：「1985年チリ地震及び1983年日本海中部地震の地震動最大加速度・最大速度振幅の距離減衰」、日本建築学会構造系論文集、第422号
- 7) 松岡(1996)：「国土数値情報を利用した広域での地震ハザード評価に関する研究」、東京工業大学博士論文
- 8) 童(1996)「計測震度と従来の地震動強さの指標の対応関係」、土木学会第51回年次学術講演会
- 9) 消防庁編：「平成8年版 消防白書」
- 10) 宇佐美(1996)：「新編 日本被害地震総覧[増補改訂版416-1995]」、東京大学出版会

■各種被害想定に関する参考文献

- 1) 長谷川(1998)：「地域メッシュ統計を利用した広域での都市建築群の震害予測」、東京工業大学博士論文
- 2) 国土開発技術研究センター(1983)：「建設省総合技術プロジェクト 都市防火対策手法 成果集成版」
- 3) 東京都(1997)：「東京における直下地震の被害想定に関する調査報告書(被害想定手法編)」、平成9年8月
- 4) 川上(1996)：「震災フォーラムー10kmに1カ所以上の被害が、上水道の機能を左右するー」、土木学会誌
- 5) 埼玉県(1998)：「埼玉県地震被害想定調査報告書」、平成10年3月
- 6) 神奈川県(1993)：「神奈川県西部地震被害想定調査一手法編報告書一」
- 7) 宮城県(1997)：「平成8年度宮城県地震被害想定調査業務報告書」、平成9年3月
- 8) 福井県(1997)：「福井県地震被害予測調査報告書」、平成9年3月
- 9) 新潟県(1998)：「新潟県地震被害想定調査報告書」、平成10年3月
- 10) 日本建築学会：「阪神・淡路大震災調査報告書 総集編」、2000年3月
- 11) 福岡県：「地震に関する防災アセスメント調査報告書」、平成9年12月
- 12) 静岡県：「第3次地震被害想定結果」、平成13年5月
- 13) 阪神・淡路大震災調査報告編集委員会(1997)：「阪神・淡路大震災調査報告 土木・地盤9」
- 14) 1・17神戸の教訓を伝える会(1996)：「阪神・淡路大震災 被災地”神戸”の記録」、ぎょうせい
- 15) 道路防災研究会(1996)：「新時代を迎える地震対策」、ぎょうせい
- 16) 朝日新聞社(1996)：「阪神・淡路大震災誌ー1995年兵庫県南部地震」

地震保険研究 2

2002年災害研究フォーラム講演録

「巨大地震の災害シナリオ」

東海・東南海・南海地震 ―そのとき何が起こるか―

平成 15 年 3 月 28 日 発行

発 行 損害保険料率算出機構

〒 101-0054 東京都千代田区神田錦町 1-9

TEL 03-3233-4418(直通)

FAX 03-5281-1053

E-mail kenkyu @ grp.nliro.or.jp

URL <http://www.nliro.or.jp/>

印 刷 (株)善光堂印刷所

この冊子は再生紙を使用しています。