

200400972A

厚生労働科学研究費補助金
医療技術評価総合研究事業

地震災害に対応した医療施設の配置計画に関する研究

平成16年度総括研究報告書

平成17年3月

主任研究者 小林 健一
国立保健医療科学院 施設科学部

厚生労働科学研究費補助金
医療技術評価総合研究事業

地震災害に対応した医療施設の配置計画に関する研究

平成16年度総括研究報告書

研究組織

主任研究者：小林健一（国立保健医療科学院施設科学部 主任研究官）
分担研究者：山下哲郎（名古屋大学工学部社会環境工学科 助教授）
宇田 淳（広島国際大学医療福祉学部医療経営学科 助教授）

研究期間

平成16年4月1日～平成17年3月31日（3年計画の2年目）

研究経費

平成15年度：3,500千円
平成16年度：2,800千円

健康危険情報

なし

研究発表

1. 論文発表：日本建築学会計画系論文集（予定）ほか
2. 学会発表：日本建築学会学術講演会（予定）ほか

知的財産権の出願・登録状況

なし

目次

第1章 はじめに	1
第2章 東海地震による静岡県被害想定シミュレーション	5
第3章 東海地震発生時における医療提供計画の検討～袋井市の場合	21
第4章：資料編 地理情報システムによる地震被害想定諸要素	39

第1章 はじめに

はじめに

研究の背景と目的

平成7年に発生した兵庫県南部地震を契機として、各都道府県においては、災害医療の提供体制が整えられつつあり、災害拠点病院の整備が進められている。しかしながら、当研究班がこれまで行ってきた研究においては、大規模地震発生直後の混乱期には、被災した患者は遠方の高機能病院よりむしろ近くの医療施設に駆け込む傾向が見出されている。すなわち災害発生時には、災害拠点病院のみならず、あらゆる医療施設において、同時多発する患者を受け入れることが期待されていると思われる。

一方、自治体による地域保健医療計画の策定においては、二次医療圏の病床数・病院数について議論されることは多いが、各医療施設の（周辺状況を含めた）配置状況、すなわち地盤特性や交通網、地域の人口分布状況などについて考慮されることは少ない。しかし地震災害時には、個々の病院病床数だけではなく、医療提供時に必要な移動手段・想定被災患者数など、被災地の地域特性が医療提供に大きな影響を与えることが予測されるため、そのシミュレーション方法を確立しておく必要があると思われる。

また、平成16年10月に発生した新潟県中越地震を踏まえて、大規模震災時においても病院が医療の提供機能を維持するための対策が求められている。

このような背景のもと、本研究は、大規模な地震の発生が想定される地域の医療施設の配置状況について、地理情報システム（GIS）を用いたシミュレーション手法を活用して、大規模地震発生直後の災害医療提供という観点から評価する方法を検討・開発することを目的として実施した。

各種統計から得られる多くの地域特性について、各情報を地図上に表現して整理・検討することはこれまで困難であったが、近年のコンピュータ技術を用いた地理情報システム（GIS）を用いることにより、さまざまなシミュレーションの試行が可能になってきている。本研究では、地震災害時を想定した医療施設配置の簡易な評価手法を開発・検討することにより、災害時における広域医療協力体制の計画策定に資することが期待される。

研究の進捗と本報告書の位置づけ

本研究事業では、当初の研究計画にそって、

3年計画の1年目：

既往事例による地震災害時の患者受療行動に関する予測モデルの検討

3年計画の2年目：

地理情報システム（GIS）を用いたシミュレーションモデルの開発
の予定で研究を行ってきているが、得られた成果の概要は次のようである。

(平成15年度の研究成果)

阪神淡路大震災の発生時から1週間の、病院への受療患者数を、病院別に、また重傷・軽傷・入院に分けて記録したデータを入手し、このデータを用いて、病院に訪れる被災者の数を予測した。

一般に、外来患者数は病床規模に比例し、また一方ハフモデルにも適合するが、震災時には、こうした相関関係は両者ともに、全く見られない(相関係数0.2程度)ことが明らかになり、本研究の前提が確かめられた。そこで予測式を、建物の倒壊率を加味し、また重傷・軽傷に分けたハフモデルで構築し、相関を検討した。結果は0.5程度ではあるが、平常時での既往の相関関係では予測不能な被災患者数を、ある程度予測できる結果が得られた。

(平成16年度の研究成果)

平成16年度には、平成15年度の研究成果を基に、これを想定被害予測と併せて静岡県において適応し、地震発生時に各医療機関にどれだけの被災患者が訪れるかの予測式について検証した。また、大規模な地震の発生が想定される地域の医療施設の配置状況について、地理情報システム(GIS)を用いたシミュレーション手法により、大規模地震発生直後の災害医療提供という観点から評価する方法を検討・開発した。すなわち、

- ① 静岡県防災局よりの静岡県防災情報インターネットGISにて開示される資料を提供いただき、被災状況予測を展開し、予測式と検証した。
- ② 昨年度開発したハフモデル式および患者到達時間距離を地理情報システム上に展開した。

結果として、予測式については、論理値と実態値の相関の向上をすべく修正を要すものの、基本的アルゴリズムを確立することができた。

また個々の病院の耐震性を検討するために、病院建物の耐震性及び地震発生時における医療の提供機能について、わが国の全病院を対象とした実態調査を実施した。この、各病院についての耐震性に関する調査は、四病院団体協議会と当研究班との合同により実施したものであり、その詳細分析を平成17年度に継続して実施する予定である。

従って本報告書では、東海地震の発生が予想されている静岡県でのシミュレーションについて検討した結果を収録した。本報告書の構成は次のようである。

- ・東海地震による静岡県の被害想定シミュレーション(第2章)
- ・東海地震発生時における医療提供計画の検討～袋井市の場合(第3章)
- ・地理情報システムによる地震災害想定諸要素(第4章:資料編)

第2章 東海地震による静岡県の被害想定シミュレーション

本研究のシミュレートは、静岡県が被害想定した東海地震を基礎資料とした。

静岡県の想定は、阪神・淡路大震災から得られた教訓や災害対策の現状及び最新の研究成果などを被害想定に反映し、21世紀の新たな地震対策を積極的に推進するための基礎資料として、平成10年度から12年度までの3ヵ年をかけ実施されたものである。

被害想定は、東海地震、神奈川県西部の地震を想定しているが、本研究対象は、東海地震（1854年安政東海地震時の県内の震度分布を最も良く再現できるものとして、断層モデルは1976年石橋モデル(a)と1978年中央防災会議モデル(b)を組み合わせたものを用いる。）とした。

地震発生による静岡県内の想定される地震被害状況は、下記の前提により算出される。

予想される東海地震（マグニチュード8程度）の発生として試算。

想定の間帯

早朝5時、昼12時、夕刻18時の3パターンを基本とした。

○想定の間帯・間帯： 1) 冬の朝5時、2) 春・秋の昼12時、3) 冬の夕18時

○対象人口： 3,737,360人（平成7年国勢調査による常住人口）

○対象建物： 1,528,349棟（平成10年1月1日現在）

- 予知ケース： 1) 予知なし－地震が予知されず、突然発生し、かつ、これまでに実施してきた地震対策が効果を発揮
2) 予知あり－地震の発生が予知され、かつ、これまでに実施してきた地震対策が効果を発揮

被害想定の間帯

地震動や液状化の危険度は約500m四方の地域標準メッシュ間帯
建築物等の被害想定は各市町村の間帯（約4,000間帯）間帯
人的被害は市町村（74市町村）間帯

被害想定間帯

自然現象（地震動、液状化、山・崖崩れ、津波など）

物的被害（建築物被害、火災、ブロック塀等被害、屋外落下物被害、危険物施設被害など）

人的被害

基盤機能支障（ライフライン機能支障、交通・輸送機能支障）

生活支障（住機能支障、飲食機能支障、医療機能支障、清掃・衛生機能支障）

経済機能支障

被害・対応シナリオ

災害危険度

用語の定義

被害想定で使用する用語の定義は、次のとおりである。

- ・大 破： 倒壊及び復旧が困難
- ・中 破： 柱・梁・基礎などに被害があり、復旧に大修理が必要
- ・一部損壊： 壁や基礎に複数の亀裂、瓦の落下など中程度の被害

- ・死 者 : 発災後 24 時間以内に死亡した者
- ・重 傷 者 : 手術等の入院治療が必要な者
- ・中等傷者 : 入院の必要はないが、医師の治療が必要な負傷者

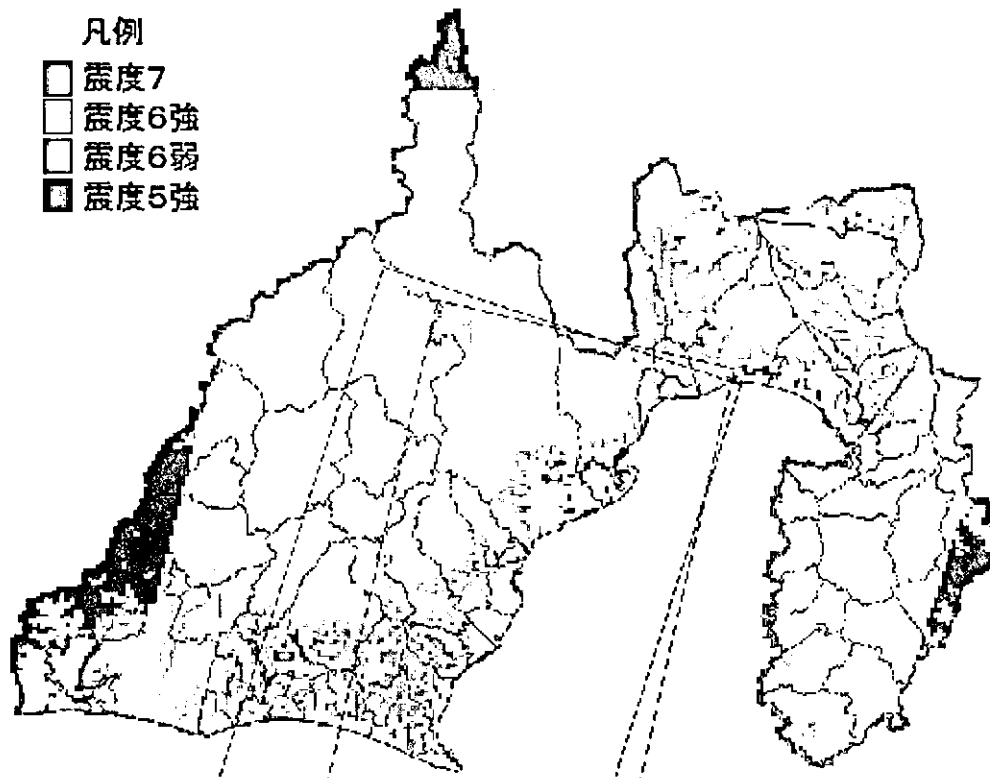
想定結果の概要（東海地震）

自然現象の想定結果

東海地震の際には大きな地震動が発生し、埋立地や沖積平野の中の比較的地盤の軟弱な地域を中心に、震度6強～7の大きな揺れる。対象となる地域は市街地が多い。

山間部は比較的地盤が固く、震度5強や6弱となるケースが多くなります。

推定震度	5強	6弱	6強	7	合計
面積(k㎡)	385.7	5,738.80	1,458.60	130.8	7,713.90
面積率(%)	5	74.4	18.9	1.7	100



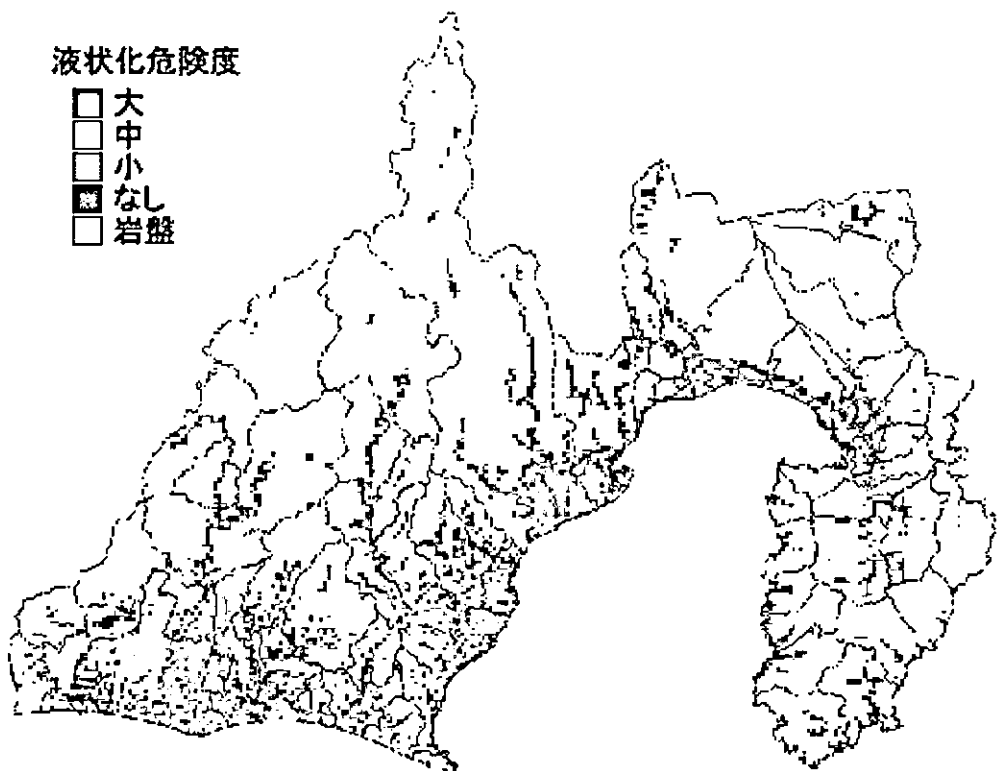
震度分布図

液状化危険度

地盤の液状化は、主として砂地盤が地震の激しい揺れにより液体状態になり、本来地盤が持っている強度が失われてしまう現象である。

静岡県内は、埋立地や沖積平野等砂質土を主体とする比較的地盤の弱い地域を中心に液状化が発生し、特に沿岸や川沿いの平野部でその危険性が高くなると予測される。十分な液状化対策がなされていない場合、構造物の倒壊や変状が起こるほか、砂地盤が圧縮されるため地表面の地割れ、沈下なども発生する。

危険度ランク	大	中	小	なし	合計
面積(k m ²)	343.5	729.2	627	6,014.20	7,713.90
面積率(%)	4.5	9.5	8.1	78	100



液状化危険度分布図

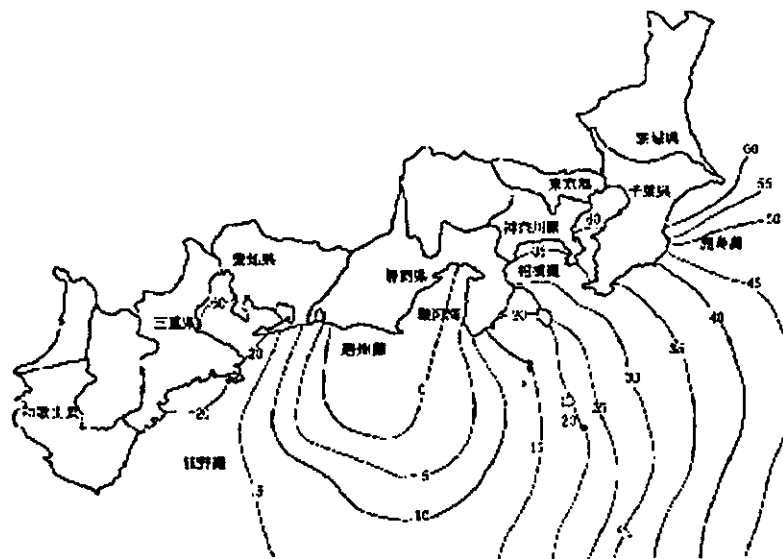
津波浸水

最大津波高さは、駿河湾内で数m～10m程度、遠州灘で 2,3m～7 m程度、伊豆半島南部で 5 m程度、伊豆半島東部で 3,4m程度。沿岸の低地地域を中心に浸水被害が発生します。

波源域の広がる駿河湾内を中心に津波が発生し、駿河湾内の地域では直後～5分程度、遠州灘で直後～10分程度、伊豆半島南部の下田あたりで 10～15分程度、伊豆半島東部の伊東・熱海で 30分程度で第1波が到達します。

津波は1波、2波、3波と繰り返して襲ってくるが、必ずしも第1波が最大とは限らず、場所によっては第1波よりも第2、第3波の津波波高が高い場合があり、少なくとも12時間以上の警戒が必要です。

区分	第3次地震想定
浸水予想面積	37.9km ²



想定東海地震津波の第1波予想到達時間(分)
 (第1波：東海地震発生後の±5cmの水位変動)

物的被害の想定結果

要因別の物的被害【県計】（単位：棟）

被害要因	被害区分	予知なし			予知あり
		5時	12時	18時	
地震動・液状化	大破	131,183	131,183	131,183	131,183
	中破	292,115	292,115	292,115	292,115
	一部損壊	290,670	290,670	290,670	290,670
人工造成地	大破	4,774	4,774	4,774	4,774
	中破	14,322	14,322	14,322	14,322
津波	大破	2,240	2,240	2,240	2,240
	中破	3,666	3,666	3,666	3,666
	一部損壊	7,429	7,429	7,429	7,429
	床下浸水	14,955	14,955	14,955	14,955
山崖崩れ	大破	3,546	3,546	3,546	3,546
	中破	8,762	8,762	8,762	8,762
延焼火災	焼失	10,665	16,551	58,402	51
建物被害総数	大破	150,330	155,489	192,450	140,801
	中破	306,845	305,329	294,846	309,174
	一部損壊	289,365	288,090	279,433	291,890
	床下浸水	7,884	7,865	6,945	7,041

対象建物棟数：1,528,349 棟

大破：倒壊及び復旧が困難

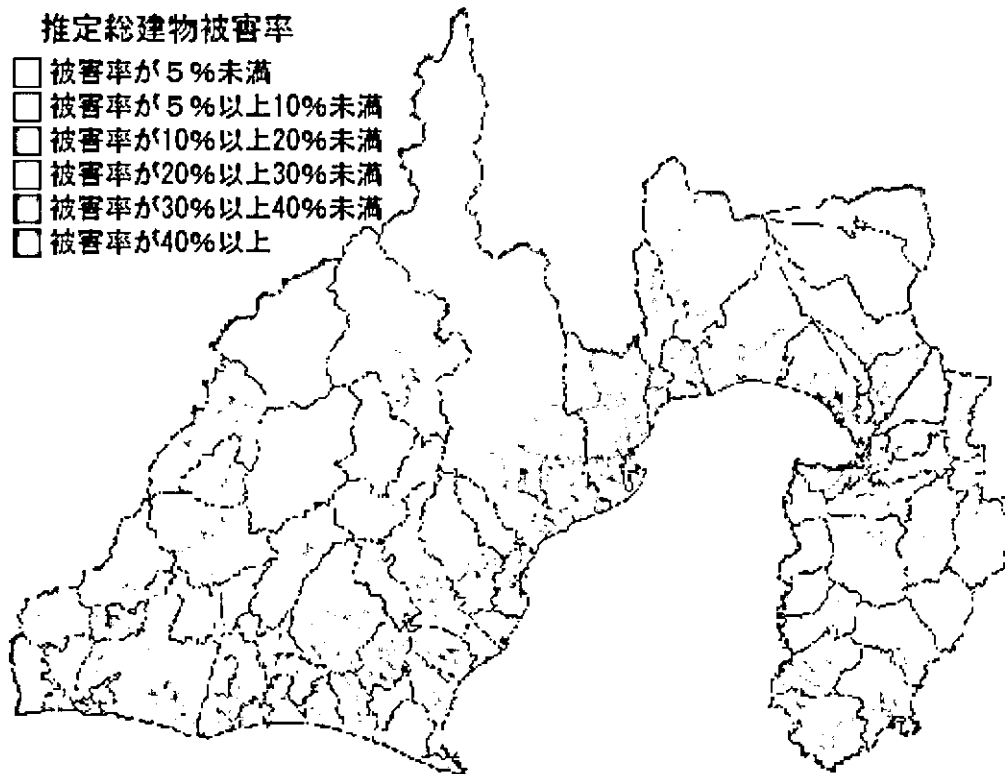
中破：柱・梁・基礎などに被害があり、復旧に大修理が必要

一部損壊：壁や基礎に複数の亀裂、瓦の落下など中程度の被害

建物被害合計：要因別の重複被害を排除した棟数

想定結果では「予知なし（冬18時）」の場合に、大破は19万2,450棟、中破が29万4,846棟で、「予知あり」の場合には、「延焼火災」による被害がほとんど発生しないことから、大破被害は14万0,801棟と試算される。

「延焼火災」の場合、「冬18時」一般家庭の台所で火を使うことが多いと予想されるため、多くの箇所が発生すると予想される。



推定総建物被害率図(東海地震/冬18時/予知なし)

※建物被害率=(大破棟数+1/2×中破棟数)/総建物棟数

ブロック塀や屋外落下物の被害【県計】

区 分	対象箇所数	被害箇所数
ブロック塀・石塀	256,296	27,989
屋外落下物	54,336	7,577

要因別人的被害想定結果【県計】（単位：人）

対象人口：3,737,360人（平成7年国勢調査による常住人口）

死者：発災後24時間以内に死亡した者

重傷者：手術等の入院治療が必要な者

中等傷者：入院の必要はないが、医師の治療が必要な負傷者

想定結果では「予知なし（冬5時）」の場合に、5,851人の死者が発生し、「予知あり（冬5時）」の場合には1,470人の死者が発生すると想定される。

地震が予知されても人的被害が発生する理由として、危険地域からの適切な避難や、屋内や屋外の危険性に対し適切な行動をとらない（または”とれない”）人がいるという、住民の意識調査などを反映している。

被害要因	被害区分	予知なし			予知あり		
		5時	12時	18時	5時	12時	18時
建物倒壊	死者	4,646	2,281	2,146	1,245	634	600
	重傷者	5,790	4,446	4,186	1,512	1,164	1,096
	中等傷者	51,288	39,369	37,029	13,367	10,265	9,649
津波	死者	227	220	220	39	39	39
	重傷者	276	271	271	46	45	45
	中等傷者	663	652	652	104	103	103
山崖崩れ	死者	555	476	443	116	104	101
	重傷者	936	795	744	182	158	148
	中等傷者	2,237	1,893	1,779	417	353	337
火災	死者	117	121	586	11	8	8
	重傷者	122	130	622	11	8	8
	中等傷者	255	340	1,540	4	4	4
ブロック塀 石塀の倒壊	死者	23	103	120	1	8	9
	重傷者	81	351	448	4	25	31
	中等傷者	59	503	669	8	27	36
屋外落下物	死者	20	86	95	0	5	5
	重傷者	77	241	308	4	25	33
	中等傷者	446	3,938	5,179	51	128	150
屋内収容物 の移動転倒	死者	176	145	143	58	30	28
	重傷者	11,346	10,263	9,648	1,363	1,238	1,160
	中等傷者	30,661	27,744	26,099	3,683	3,325	3,133
道路上への 落石・崩土	死者	87	263	263	0	0	0
	重傷者	26	82	82	0	0	0
	中等傷者	42	125	125	0	0	0
合計	死者	5,851	3,695	4,016	1,470	828	790
	重傷者	18,654	16,579	16,309	3,122	2,663	2,521
	中等傷者	85,651	74,564	73,072	17,634	14,205	13,412

下敷き・生き埋めによる要救助者数【県計】(単位：人)

	予知なし			予知あり		
	5時	12時	18時	5時	12時	18時
要救助者数	28,070	21,882	20,573	7,324	5,713	5,367

基盤機能支障

ライフライン機能支障

ライフラインについては、地震の発生直後には、都市ガスで安全確保のため供給停止となり、また、電力、上水道、下水道も2%~70%程度の機能支障が発生すると想定されます。

また、電話では、地震の発生直後に多くの人が携帯電話を使用することが予想されますが、輻輳などによりかかりにくい状態が1週間程度続くと想定されます。

こうしたライフラインの支障の早期回復を目指して、関係機関は県外からの人的・物的支援を得ながら復旧に取り組むこととなるが、ほぼ全体が復旧するまでには、電力と電話が12日程度、都市ガス、上下水道が1ヶ月程度の日時を要すると想定されています。

ライフライン被害想定結果【県計】

施設名		総数	被害数	被害率(%)
電力	配電柱	712,612本	9,269本	1.30%
	地中線(配電)	1,170km	11km	0.90%
電話	地下ケーブル	6,175km	65km	1.10%
	架空線	9,243km	57km	0.60%
	電話柱	267,828本	3,284本	1.20%
都市ガス	低圧管	5,323km	2,488箇所	0.5箇所/km
	上水道(配水管)	17,045km	23,156箇所	1.4箇所/km
	下水道(枝線)	6,006km	128km	2.10%

ライフライン機能支障想定結果【県計】

	機能支障率	機能支障需要家数	施設応急復旧日数
電力	34%	582,667	6~12日程度
電話	輻輳により1週間程度電話がかかりにくくなることが想定される		12日程度
都市ガス	安全確保のため揺れに伴い緊急遮断され供給が停止する		30日程度
上水道	1日後	71%	880,477
	7日後	15%	183,557
下水道	2%	11,707	30日程度

交通機能支障

1. 道路

地震動・液状化による構造物被害、路面被害、電柱・歩道橋等工作物被害、山・崖崩れ・建物倒壊による影響等により、道路交通支障が発生。

道路損壊等により、大幅な迂回や通行不能となり、輸送機能に支障をきたす可能性あり

発災後1～3日間は道路啓開作業等のため緊急輸送としては使用困難となる可能性あり(一般車両等の除去のみの場合1日程度、瓦礫等の除去の場合3日程度)

発災後数日～1週間以降、緊急輸送が実施される(山間部では孤立のためヘリによる輸送)

東名高速・東西幹線道路が広域的緊急輸送路として活用困難な場合も考えられる。

2. 鉄道

地震動・液状化による構造物被害、線路被害、電柱・架線等工作物被害、山・崖崩れ、脱線事故による影響等により、鉄道における交通支障が発生。新幹線は地盤変位等による大変形や山・崖崩れ等により当分不通となる区間が発生。東海道線やその他鉄道でも当分不通・運休となる区間が発生

3. 港湾

港湾施設被害、船舶被害、航路障害等の港湾被害が発生。また、アクセス道路の損壊により輸送能力は大幅に低下。応急修復による使用可能な岸壁や荷役施設の修復及び津波による流木等の除去作業が必要であり、使用再開までには3日間程度を要する。ただし、被害を受けた岸壁は緊急輸送に関しては使用困難

4. 飛行場・ヘリポート

離発着に影響を及ぼすような大きな被害は発生せず、発災当日から利用可能。しかし、ヘリポートの一部においては避難者が殺到したり、アクセス道路の渋滞により使用が制限される可能性あり

生活支障

住機能支障

住居機能の障害により、発災後は県民の約30%が一時的避難所生活を余儀なくされ、その後、順次解消されるものの、約14%の県民は1ヶ月以上に及ぶ避難所生活を強いられると想定される。

短期的住機能支障想定結果【県計】

	避難所生活者数		
	1日後	1週間後	1ヶ月後
人口	1,186,144人	761,262人	557,601人
世帯数	381,653世帯	244,773世帯	180,983世帯

対象人口：3,737,360人(平成7年国勢調査による常住人口)

発災後約1ヶ月～数年における中期的住機能支障想定結果【県計】

	応急仮設住宅の需要		公営住宅一時入居(県内)の需要	
	潜在的需要	入居上限を考慮した場合の需要(※)	潜在的需要	入居上限を考慮した場合の需要(※)
人口	275,616人	144,599人	192,842人	10,052人
世帯数	89,917世帯	46,831世帯	63,200世帯	3,244世帯

対象人口：3,737,360人(平成7年国勢調査による常住人口)

(※) 応急仮設住宅の建設可能戸数及び公営住宅の空き家戸数を考慮した場合

注：上表の数値は、自宅建物が大破、中破した場合を対象とした需要

飲食機能支障

発災直後は交通の混乱や停電による精米化の困難によって米の供給が困難であるが、発災4日目以降に米の供給が行われた場合は、一般食料は十分に充足される。4日目以降も米の供給が行われない場合、次のような結果が予測される。

食料の確保

食料不足量【県計】(単位：人・日)

	1日目	3日目	7日目
4日目以降	126,165	1,252,638	充足
家庭内在庫	126,165	1,252,638	884,755
3日目まで	126,165	1,252,638	881,912

上表の数値は、観光客(発災3日目まで滞留)を考慮した場合

給水不足量【県計】(単位：トン)

1日目	3日目	7日目	14日目	1ヶ月後
1,049	1,885	12,021	4,847	0

上表の数値は、観光客(発災3日目まで滞留)を考慮した場合

生活必需物資の確保
生活必需物資の不足量【県計】

品目	不足量	品目	不足量	品目	不足量	品目	不足量
毛布	549,969枚	運動靴	181,013足	下着類	充足	懐中電灯	充足
皿	586,107枚	石鹸	234,813個	生理用品	充足		
タオル	181,312本	シャツ	充足	ちり紙	充足		

医療機能支障
医療対応不足数の不足量【県計】

	対応可能患者数	発生患者数	医療対応不足数
重傷者対応	4,648人	4,067人 (要転院患者) 19,239人 (患者数+重傷者数)	18,658人
中等傷者対応	56,973人	85,651人	28,678人

清掃・衛生機能支障

仮設トイレ不足量【県計】

	仮設トイレ需要		仮設トイレ備蓄数 (容量)	仮設トイレ不足数 (容量)	
	1日後(#1)	1週間後(#2)		1日後(#1)	1週間後(#2)
基数で評価	7,804基	6,251基	5,789基	2,015基	462基
容量で評価(#3)	2,795m ³	2,238m ³	1,934m ³	861m ³	304m ³

1. 発災1日後の避難所生活者数をもとに計算
2. 発災1週間後の避難所生活者数をもとに計算
3. し尿収集間隔日数として設定した3日間の需要及び処理能力を計算

瓦礫発生量【住宅・建築物系】【県計】

公共・公益施設系では約9,971千トン(6,381千m³)の瓦礫が発生

	合計	躯体残骸物				水害ごみ	堆積土砂
		小計	木造倒壊	非木造倒壊	焼失		
重量 (千トン)	26,239	25,803	9,736	15,068	999	82	354
体積 (千m ³)	30,432	30,050	18,502	9,648	1,900	156	226

ごみ発生量【県計】(単位: トン/月)

	発災～3ヶ月後	3ヶ月後～半年後	半年後～1年後
家庭ごみ	93,361	92,393	92,393
粗大ごみ	63,511	29,479	22,438
合計	156,872	121,872	114,831