

# 将来人口減少を考慮した東海・東南海・南海地震の地域暴露特性 — 将来暴露人口と社会基盤施設に対する基礎考察 —

陳 海立\*・牧 紀男\*\*・林 春男\*\*\*

Examining the Regional Exposure Characteristics under Tokai, Tonankai and Nankai Earthquake Under the Consideration of Future Population Decline  
– A Preliminary Study in Future Population Exposure and Infrastructure Exposure –

Haili CHEN \*, Norio MAKI \*\* and Haruo HAYASHI \*\*\*

## Abstract

Tokai, Tonankai and Nankai Earthquake is one of the estimated catastrophe which might strike vast Japan in coming 30 years. However, no attempt is made to examine the exposed population and exposed infrastructure in various affected areas to reinforce the wide-area comprehensive disaster management planning. It is also worthy noted that, the severe demographic transition is expected in impacted area. This study is aimed to discuss the regional exposure characteristics by examining the exposure of critical infrastructure and future population at a regional scale.

Mesh-collected population of 2030 estimated in a cohort component analysis, and six selected critical infrastructures such as energy/power, transportation, emergency service, public medical, postal/shipping, and key assets, are collected to examine their seismicity exposure under the appointed four earthquake scenarios in GIS.

It is found that, though population exposure is expected to decrease accompanied with population decline, the elders apparently increase. The exposure in electricity plants might threaten energy supply in summer season. And the exposure in traffic network is possibly to lead a long recovery time in Chubu Metropolitan, and give a severe impact in expected marginalized areas, especially in Shikoku and Kii Peninsula.

キーワード：東海・東南海・南海地震, 人口減少, 重要社会基盤施設

Key words : The Tokai-Tohnankai-Nankai Earthquake, Population Decline, Critical Infrastructure

\* 京都大学情報学研究科  
Graduate School of Informatics, Kyoto University

\*\* 京都大学防災研究所  
Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University

\*\*\* 京都大学防災研究所  
Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University

本論文に対する討論は平成23年5月末日まで受け付ける。

# 1. はじめに

## 1.1 研究背景

今後30年間における東海・東南海・南海想定地震の発生確率は50~70%<sup>1)</sup>であり、今世紀前半に西方日本は大きな地震災害にみまわれる。東海・東南海・南海地震が連動して発生した場合の被害は、死者約25,000人、経済被害(間接被害含む)は約81兆円にも及ぶ<sup>2)</sup>。東海・東南海地震、南海地震、東海・東南海・南海地震(図1)により、最大で震度7の揺れが予想され、中央防災会議<sup>3)</sup>は、広域防災体制を支える緊急救助、医療活動、輸送活動などの各活動に関する事前計画策の重要性を指摘している。東海・東南海・南海地震の防災対策を考える上で社会基盤施設がどのような影響を受けるのかを明らかにする事が重要である。

また、日本は出生率の低迷の影響を受けて、2005年には初めて人口減少へと移行し、さらに特に中山間地、地方都市において急激な人口減少が予想される<sup>4-6)</sup>。東海・東南海・南海地震で大きな揺れを経験する事が予想される地域には多くの中山間地域・地方都市が含まれており、人口減少の

影響を考慮した対策の検討も必要となる<sup>7)</sup>。

## 1.2 研究の位置付けと目的

本論文が明らかにしようとする震度暴露人口<sup>8)</sup>は、地震の暴露強度(Exposure Intensity)と暴露対象の数量(Exposure Volume)の関係による人的な被害ポテンシャルを示す指標である。これは、地震の被害想定の実施や防災対策の策定にあたって、欠かすことができない基礎情報のひとつである。ただし、これまでの研究は全て現時点の人口統計データを利用した検討結果<sup>2,9)</sup>である。東海・東南海・南海地震の発生確率が最も高まるのは2030年前後であり、その時の状況を踏まえた分析が重要であるが、2003年の建物脆弱性を踏まえた被害想定を行う事は困難である。しかしながら、防災対策を行う上での基本的なデータはその地域にどのような人が住んでいるかである。人口については現在の人口構成に基づきある程度の推計を行うことが可能である。したがって、本稿では2030年の人口推計に基づく暴露人口の推定を行い、将来人口構造の変動を考慮した震度暴露人口

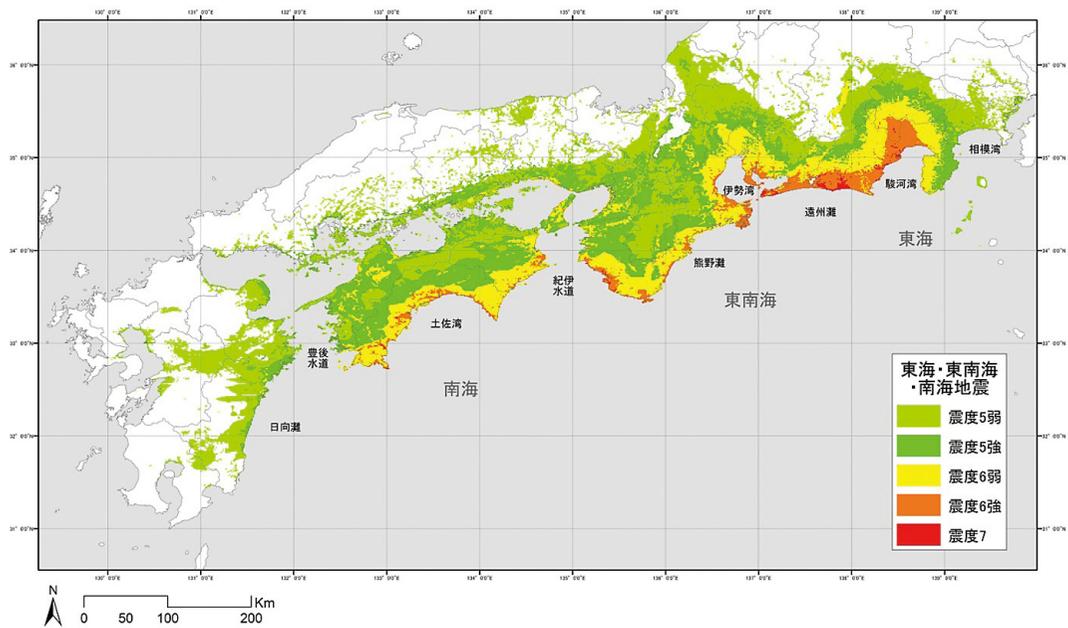


図1 東海・東南海・南海地震の震度分布(出典:中央防災会議<sup>3)</sup>)

の検討を行う。

社会基盤施設の暴露量を分析する上で、どの社会基盤施設が社会に大きな影響を与えるのかという観点から分析すべき対象を選定する必要があるが、日本においては何を災害から守るべき重要な社会基盤とするかは明確となっていない。米国において2003年に策定された「重要社会基盤施設保護国家戦略」<sup>[註1]</sup>において社会に大きな影響を与える社会基盤施設の明確化を行っている。米国が規定する重要社会基盤施設保護(Critical Infrastructure Protection, CIP)とは、① Power/Energy, ② Transportation, ③ Emergency Service, ④ Public Health, ⑤ Postal and Shipping, ⑥ Key Assets などである。本論文では米国の重要社会基盤施設保護の考え方にもとづき社会基盤施設の暴露量についての検討を行う。鈴木・林<sup>10)</sup>は上記の考え方にに基づき首都直下地震についての検討を行っているが、南海・東南海・東海地震を対象として重要社会基盤施設という考え方にに基づく検討は行われていない。また、中央防災会議の被害想定<sup>2)</sup>では、水道・下水道・電力・ガス・電話通信・道路・鉄道・港湾・空港について、全体的な被害量の予測は行っているが、地域ごとにどのような影響が発生するのかという検討は行われておらず、CIPのPower/Energy, Transportation, Emergency Service, Public Health, Postal and Shipping, Key Assetsの6つの重要基盤施設全体についての検討は行われていない。

本論文では、南海・東南海・東海地震の防災対策立案のための基礎的資料の構築を行うことを目的に、(1)地震の発生確率が高まる2030年の将来人口の推計、(2)将来人口と重要社会基盤施設について、各震度階級の暴露数量、(1)(2)の結果に基づく、(3)地域暴露特性について明らかにする。

## 2. 研究手法と使用資料

### 2.1 将来人口の推計方法について

本論文では、将来人口推計の方法として、コーホート要因法を用いる。コーホート要因法とは、同じ時期に出生した人口をコーホート(世代)としてとらえ、将来における出生、死亡、人口移動

と出生人口の性比等の動向の要因を踏まえて、将来の人口を推計する方法である。

人口は、出生児、0~4歳から85~89歳までの5歳階級別人口、そして90歳以上の人口の合計20の年齢階級( $i = 0, 1 \sim 18, 19$ )に分け、 $t$ 期目における男女別年齢階級 $i$ の人口数は、男子人口数を ${}_mP_i^t$ 、女子人口数 ${}_fP_i^t$ と表すこととする。例えば、 ${}_mP_2^t$ は $t$ 期における5~9歳の男子人口数を示すものである。一期間を5年とし、 ${}_mP_3^{t+1}$ は5年後の $t+1$ 期目における10~14歳の男子人口数を表し、 ${}_mP_2^t$ と同一のコーホートとしてとらえる。

以下では、0~4歳、5~89歳と90歳以上人口の推計手法について説明する。

#### (1) 0~4歳人口の推計

$t+1$ 期目における0~4歳の男女別人口数は、期初の $t$ 期目から $t+1$ 期目までの1期間に出生する男女出生児が該当期間に生き残り、転入・転出した人口数である。

男女出生児の人口数は、式(1)及び式(2)のように $t+1$ 期目における女子(15歳から49歳まで)が $t$ 期目から $t+1$ 期目まで出生する人口と出生児の性比を掛け合わせた数である。ここでは、出生率は、女子5歳階級別の年間出生人口数を指す。女子が15歳から49歳までの各年の年間出生人口数を合わせて合計特殊出生率(Total Fertility Rate, TFR)になる。なお、出生児の性比は定数とする。

$${}_mB_0^{t+1} = \sum_{i=3}^9 {}_fP_{i+1}^{t+1} \times f_{i,i+1}^{t+1} \times mb \times 5 \quad (1)$$

$${}_fB_0^{t+1} = \sum_{i=3}^9 {}_fP_{i+1}^{t+1} \times f_{i,i+1}^{t+1} \times fb \times 5 \quad (2)$$

${}_mB_0^{t+1}$ :  $t+1$ 期目まで1期間に出生する男子の出生児数

${}_fP_{i+1}^{t+1}$ :  $t+1$ 期目における年齢階級 $i+1$ 女子の人口数 ( $i = 3 \sim 9$ )

$f_{i,i+1}^{t+1}$ :  $t$ 期目における年齢階級 $i$ の女子が $t+1$ 期目、 $i+1$ になるまでの年間出生率 $f$  ( $i = 3 \sim 9$ )

$mb$  ( $fb$ ): 出生児に男子(女子)が占める比率

式(3)及び式(4)のように、男女出生児の各式： ${}_mB_0^{t+1}$  および  ${}_fB_0^{t+1}$  より、 $t+1$ 期目における0～4歳の男女人口数は求められる。生残率( $S$ )は、将来生命表から算出される生き残る確率である。また、純移動率( $I$ )とは、ある地域の転入超過数が当該地域の人口に占める割合を示したものである。純移動率が正の値をとる場合は転入超過になり、負の値をとる場合は転出超過となる。

$${}_mP_1^{t+1} = {}_mB_0^{t+1} \times {}_mS_{0,1}^{t,t+1} \times (1 + {}_mI_{0,1}^{t,t+1}) \quad (3)$$

$${}_fP_1^{t+1} = {}_fB_0^{t+1} \times {}_fS_{0,1}^{t,t+1} \times (1 + {}_fI_{0,1}^{t,t+1}) \quad (4)$$

${}_mP_1^{t+1}$  :  $t+1$ 期目における  $i=1$  の男子人口数

${}_mB_0^{t+1}$  :  $t+1$ 期目まで1期間に出生する男子の出生児数

${}_mS_{0,1}^{t,t+1}$  :  $t$ 期目における年齢階級  $i=0$  の男子が  $t+1$ 期目、 $i=1$  になるまでの生残率  $S$

${}_mI_{0,1}^{t,t+1}$  :  $t$ 期目における年齢階級  $i=0$  の男子が  $t+1$ 期目、 $i=1$  になるまでの純移動率  $I$

## (2) 5～89歳人口の推計

$t+1$ 期目における5歳から89歳までの5歳階級別男女別人口数とは、式(5)と式(6)のように、期初の  $t$ 期目の0歳から84歳までの5歳階級別男女別人口について、 $t$ 期目から  $t+1$ 期目までの一期間における生残率と純移動率を考慮した人口数である。

$${}_mP_{i+1}^{t+1} = {}_mP_i^t \times {}_mS_{i,i+1}^{t,t+1} \times (1 + {}_mI_{i,i+1}^{t,t+1}) \quad (5)$$

$${}_fP_{i+1}^{t+1} = {}_fP_i^t \times {}_fS_{i,i+1}^{t,t+1} \times (1 + {}_fI_{i,i+1}^{t,t+1}) \quad (6)$$

${}_mP_{i+1}^{t+1}$  :  $t+1$ 期目における年齢階級  $i+1$  の男子人口数 ( $i=1\sim 17$ )

${}_mP_i^t$  :  $t$ 期目における年齢階級  $i$  の男子人口数 ( $i=1\sim 17$ )

${}_mS_{i,i+1}^{t,t+1}$  :  $t$ 期目における年齢階級  $i$  の男子が  $t+1$ 期目、 $i+1$  になるまでの生残率 ( $i=1\sim 17$ )

${}_mI_{i,i+1}^{t,t+1}$  :  $t$ 期目における年齢階級  $i$  の男子が  $t+1$ 期目、 $i+1$  になるまでの純移動率  $I$  ( $i=1\sim 17$ )

## (3) 90歳以上人口の推計

$t+1$ 期目における90歳以上の男女別人口数は、式(7)と式(8)のように、 $t$ 期目における85～89歳と90歳以上の2つの年齢階級について、 $t$ 期目から  $t+1$ 期目までの1期間における生残率と純移動率を考慮した人口数である。

$${}_mP_{19}^{t+1} = ({}_mP_{18}^t + {}_mP_{19}^t) \times {}_mS_{18,19}^{t,t+1} \times (1 + {}_mI_{18,19}^{t,t+1}) \quad (7)$$

$${}_fP_{19}^{t+1} = ({}_fP_{18}^t + {}_fP_{19}^t) \times {}_fS_{18,19}^{t,t+1} \times (1 + {}_fI_{18,19}^{t,t+1}) \quad (8)$$

${}_mP_{19}^{t+1}$  :  $t+1$ 期目における90歳以上の男子人口数  
 ${}_mP_{18}^t$  と  ${}_mP_{19}^t$  :  $t$ 期目における85～89歳と90歳以上の男子人口数

${}_mS_{18,19}^{t,t+1}$  :  $t$ 期目における年齢階級  $i=18$  の男子が  $t+1$ 期目、 $i=19$  になるまでの生残率  $S$

${}_mI_{18,19}^{t,t+1}$  :  $t$ 期目における年齢階級  $i=18$  の男子が  $t+1$ 期目、 $i=19$  になるまでの純移動率  $I$

## (4) 総人口数の推計

$t+1$ 期目における総人口数は、期初の  $t$ 期目における人口数が上記から推計される人口を加算することにより求められる。

推計に利用するデータは、以下の2つとする。まず、期首の基準人口：総務省統計局の2005年「国勢調査地域メッシュ統計」の県別3次メッシュによる5歳階級別男女別人口数である。そして、国立社会保障・人口問題研究所<sup>11)</sup>の「日本の都道府県別将来推計人口」のうち、2005年から2030年までの5年毎の県別推計データを使用する。その詳細の内容としては、5歳階級別男女別人口の生残率や、出生率、純移動率、女子の5歳階級別出生率である。同研究所によれば、出生人口の男女比は県別をかかわらず、105.4対100になる。

メッシュが属する県の推計係数を用い、合計5回のコーホート要因法の計算を繰り返し、2005年から2030年までの人口推計を行った。また、県の境界をまたぐメッシュについては、メッシュ番号を用いて県別の推計結果を合計し、全国の人口推計結果を求める。メッシュ毎の係数を推計データとして利用する必要があるが、その場合にはメッシュ毎の生残率、出生率、純移動率等のデータが

存在しない<sup>12)</sup>。本研究の目的が将来人口変動の傾向の把握であることを考慮し、県別の生残率、出生率、純移動率をメッシュに適用して将来人口の推計を行うこととする。

## 2.2 重要社会基盤施設の集計

本論文は、CIPに基づく自然災害にかかわる重要社会基盤施設<sup>10)</sup>に基づき、国土数値情報を利用して、重要社会基盤施設の空間分布を捉える。表1に、利用データと集計対象を示す。

### (1) Power/Energy

本論文では電力の供給施設は国土数値情報の「発電所」のデータを用いることとする。火力発電所、水力発電所、地熱発電所と原子力発電所の4つについて集計し、施設毎の暴露状況によって供給停止による影響量（発電容量）を検討する。

### (2) Transportation

道路については、国土数値情報の「道路密度・道路延長メッシュ」より、総延長と幅員別の延長を利用する。鉄道・航空・海運に関しては、国土数値情報の「鉄道」、「空港」、「港湾」データを用いる。鉄道の延長と駅数の分布（新幹線、JR在来線、公営鉄道、民営鉄道、第三セクター）、空港の分布（第一種、第二種、第三種空港と飛行場）、港湾の分布の集計を行う。

### (3) Emergency Service

緊急対応サービスを提供するシステムについて

は、国の機関、地方政府の機関、警察及び消防機関を含む。ここでは、国土数値情報の「公共施設」データを利用し、上に述べた4つの公共機関について分布の集計を行う。

### (4) Public Health

医療と衛生サービスを提供する施設に関しては、「公共施設」データの分類コードによる病院と保健所の分布を集計する。

### (5) Postal and Shipping

交通施設にかかわる物流運送を担う施設は、「公共施設」データの分類コードによる郵便局の分布を集計する。

### (6) Key Assets

Key Asset<sup>11)</sup>とは、いったん被害を受けると重大な損失と空間的に広い影響をもたらす施設と定義される。Key Assetsには文化財も含まれるが、ここでは大きな社会的影響を与えるという観点から、米国での定義に基づき原子力発電所とダムを選定する。国土数値情報の「発電所」データと「ダム」データを用い、これらの施設の分布を集計する。「ダム」データからは総貯水量についても算出する。

## 2.3 震度階級別暴露人口と基礎施設の集計

本論文では、中央防災会議が指定した5つの検討対象地震から、次の4つのケースを検討対象として選定する。具体的には、「南海地震が単独で発

表1 重要社会基盤施設の検討項目と使用データ

重要施設別	検討項目	集計対象	国土数値情報（整備年次）
Power Energy	火力、水力、地熱、原子力発電所	震度階級別発電所・機数	発電所データ（2007）
	空港（種類）	震度階級別数量	空港データ（2007）
	港湾	震度階級別数量	港湾データ（2006）
Transportation	鉄道（種類）	震度階級別駅数と延長	鉄道データ（2007）
	道路（幅員）	震度階級別延長	道路密度・延長（2002～04）
Emergency Service	国の機関、地方機関、警察機関、消防機関	震度階級別機関数量	
Public Health	病院保健所	震度階級別数量	公共施設データ（2006）
Postal Shipping	郵便局	震度階級別数量	
	原子力発電所	震度階級別発電機数	発電所データ（2000）
Key Asset	ダム	震度階級別数量、貯水量	ダムデータ（2005）

生するケース（南海地震）」、「東海地震と東南海地震の震源域が連動したケース（東海・東南海地震）」、「東海・東南海・南海地震が連動するケース（東海・東南海・南海地震）」、「南海地震と東海・東南海地震が時間差で発生するケース」<sup>13)</sup>。

震度については内閣府が作成した想定地震の3次メッシュデータ（日本測地系）を用いる。暴露人口については、2005年の国勢調査と、2.1に本研究にて新たに行った2030年の人口推計の結果を用い、両年度における各震度階級の人口数とその年齢構造を集計し、将来の人口変動とともに暴露人口の変化を明らかにする。

また、重要社会基盤施設の暴露量は、2.2にて集計した施設の分布と上記地震の各震度階級（5弱、5強、6弱、6強、7）の空間分布をGIS上にマッピングして、震度階級別の重要社会基盤施設数（容量）を明らかにする。ここで、社会基盤施設は人口減少を伴ってそれほど整備が積極的に行われる事は無いと考える。4つの想定地震による将来の地域人口と重要社会施設の暴露量を踏まえ、2030年の地域の暴露特性を明らかにする。

### 3. 重要社会基盤施設の集計結果

#### 3.1 発電施設

日本における発電量（22,793.5MkW）は、火力発電が中心（65.9%）であり、発電所の所数も火力発電がもっとも多い（154箇所、66.3%）。図2から分かるように、火力発電所は、瀬戸内海から紀伊半島沿岸部、伊勢湾から東京湾までの沿岸部に集中している。原子力発電所は日本海側に多く立地し、総発電量の21.7%を占める。水力発電は、総発電量の12.1%を占め、本州内陸の山地に分布する。表2は、東海・東南海・南海地震で震度5弱以上の揺れにみまわれる発電所の各震度階級の総発電力を集計した結果である。

南海地震により震度6弱以上の揺れにさらされる火力発電所の発電量は1,633.8MkWであり、東海・東南海地震の場合には2,546.8MkWとなる。また、東海・東南海・南海地震では4,373.1MkWとなる。

原子力発電所については、計画中のものを含み、全68基となり、合計4,946.7MkWの発電が可能である。このうち震度5以上の地域には、四国の伊方原子力発電所（5強、202.2MkW）、山口

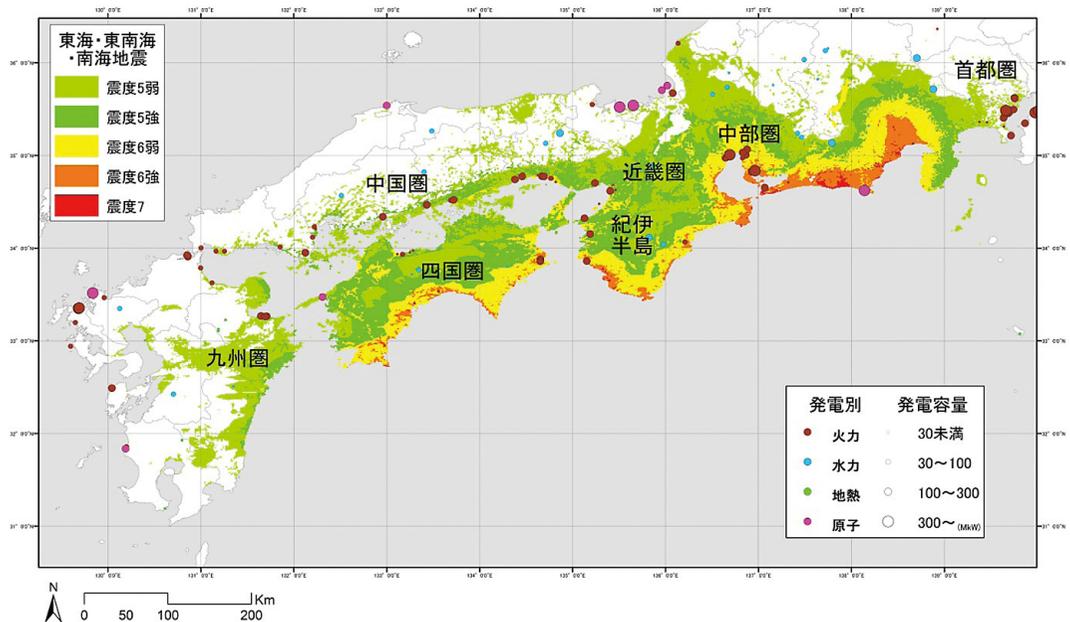


図2 東海・東南海・南海地震による発電所の暴露（施設別、発電容量別）

県の上関原子力発電所(震度5弱, 計画中), 静岡県の浜岡発電所(震度6弱, 488.4MkW)が位置しており, それらの発電量の合計は690.6MkWとなる。

南海地震, 東海・東南海地震, 東海・東南海・南海地震の検討対象である3つのケースにおいて, 震度6弱以上の火力, 水力, 原子力の発電施設のすべてに対する暴露発電量は, それぞれ1,633.8MkW, 3,048.9MkW, 4,875.2MkWとなる。順に, 全国発電量の7.2%, 13.4%, 21.4%を占める。

電気事業連合会の統計によると, 発電量は夏季と冬季に増加する。過去最大の発電量は, 夏季では2001年の18,269MkW<sup>14)</sup>, 冬季では2008年の15,910MkW<sup>15)</sup>となっている。表3は, 震度6以

表2 震度階級別の発電種別発電容量の集計結果

発電別	5弱	5強	6弱	6強	7	合計
<b>南海地震</b>						
火力	558.9	1,973.4	1310.3	143.5	180	4,166.1
水力	161.8	65.8	0	0	0	227.6
地熱	0	0	0	0	0	0
原子力	0	202.2	0	0	0	202.2
						<b>4,595.9</b>
<b>東海・東南海地震</b>						
火力	1,845.0	421.5	1,822.5	724.3	0	4,813.3
水力	360.8	147.5	13.7	0	0	522.0
地熱	0	0	0	0	0	0
原子力	0	0	488.4	0	0	488.4
						<b>5,823.7</b>
<b>東海・東南海・南海地震</b>						
火力	1,514.8	1,913.9	3,325.3	867.8	180	7,801.8
水力	367	213.3	13.7	0	0	594.0
地熱	0	0	0	0	0	0
原子力	0	202.2	488.4	0	0	690.6
						<b>9,086.4</b>

集計単位: (MkW)

表3 震度6以上の暴露発電量と最大電力

全国発電 総容量 (a)	6弱以上 暴露量 (b)	夏最大 電力* (c)	冬最大 電力** (d)	夏季剰余 (a-b-c)	冬季剰余 (a-b-d)
南海地震	22,793.5	1,633.8	18,269	15,910	2,890.7
東海・東南海地震	22,793.5	3,048.9	18,269	15,910	1,475.6
東海・東南海・南海地震	22,793.5	4,875.2	18,269	15,910	-350.7

単位: (MkW)

\*夏季最大電力:18,269MkW(2001年7月24日, 電気事業連合会<sup>9)</sup>より)

\*\*冬季最大電力:15,479MkW(2008年2月13日, 電気事業連合会<sup>10)</sup>より)

上の揺れに見舞われる発電所が長期的に停止するという前提に基づき, 発電可能能力と夏季・冬季の必要電力量との比較を行ったものである。この結果から, 東海・東南海・南海地震の影響は甚大であり, 夏季の電力消費量をまかなうことができない可能性があることが分かった。ただし, 災害の影響により電力需要自体も低下することが予想され, 電力需要の低下を含めて詳細な検討が必要と考える。

### 3.2 交通施設

表4は, 3つの想定地震の各震度階級について, その影響が及ぶ地域内の空港数, 港湾数, 鉄道, 道路延長を示したものである。

#### (a) 空港 (表4)

南海地震の震度6弱以上の揺れにみまわれる空港は5カ所である。関西空港(6弱), 高知空港(6強), 松山空港(6弱), 第三種空港の南紀白浜空港(6弱), 徳島飛行場(6弱)である。東海・東南海地震の場合には, 静岡空港と南紀白浜空港である。ただし, 中部空港の震度は不明であるが, 周辺の伊勢湾沿岸部の震度情報から6弱以上の揺れになることが予想される。具体的な被害については詳細な検討が必要であるが, なんらかの被害が発生して空港の機能が停止することが予想

表4 震度階級の交通施設数の集計結果

施設別	5弱	5強	6弱	6強	7	合計
<b>南海地震</b>						
空港	5	8	3	2	0	18
港湾	157	89	55	19	2	322
鉄道	2,623	2,276	518	226	13	5,655
道路	644	522	121	38	2	1,280
<b>東海・東南海地震</b>						
空港	8	3	0	1	0	12
港湾	34	14	20	28	2	98
鉄道	2,465	2,452	891	652	69	6,528
道路	582	494	352	180	22	1,621
<b>東海・東南海・南海地震</b>						
空港	11	9	4	2	0	26
港湾	163	91	72	46	4	376
鉄道	3,352	3,974	1,851	896	82	10,155
道路	873	937	504	223	24	2,505

集計単位: 空港と港湾は(数量)で集計する;

鉄道と道路は別に鉄道延長(km)と道路延長(100km)で表示する

され、災害時の救援活動、さらには地域の経済活動の継続に影響があると考えられる。

#### (b) 港湾 (表 4)

南海地震の震度 6 弱以上の揺れにみまわれる港湾は 76カ所であり、主に、四国と紀伊半島沿岸に分布する。東海・東南海地震では 50カ所となり、熊野灘と遠州灘に分布している。東海・東南海・南海地震の場合には、122カ所にのぼる。

陸上交通の遮断が予想される地域において、港湾は緊急救援と物資運送に不可欠な交通施設となる。しかしながら、図 3 から明らかなように、道路密度が低い四国南部と紀伊半島では、ほとんどの港湾が南海地震の震度 6 以上の揺れにみまわれる。耐震岸壁以外の施設は利用できないという前提にたつて、海からの救援と復旧活動について考える必要がある。

#### (c) 鉄道

新幹線、JR 在来線、公営線、私鉄、第三セクターを含む全国の鉄道は、総延長 27,832km、合計駅数 10,315 駅に及ぶ。表 4 より、南海地震にて

震度 6 弱以上のゆれにみまわれる鉄道は、757km、383 駅となる。東海・東南海地震では 1,612km、855 駅であり、東海・東南海・南海地震では 2,829km、1,257 駅にのぼる。

阪神 - 淡路大震災における鉄道不通区間は 476.7km であった。完全復旧は 1995 年 8 月 13 日であり<sup>16)</sup>、7 ヶ月を要している。南海地震、東海・東南海地震、東海・東南海・南海地震において、震度 6 以上のゆれに見舞われる鉄道延長は 757km、1,612km、2,829km に及び、復旧に長期間を要することが予想される。また、人口減少地域では鉄道を復旧しないという意志決定が行われる可能性もある。

#### (d) 道路

南海地震の震度 6 弱以上の揺れに見舞われる道路総延長は 1,610km、東海・東南海地震では 5,537km、東海・東南海・南海地震では 7,506km にのぼる。中山間地域が多い南海地震に比べて、東海・東南海地震における暴露道路延長の長さは明らかである。

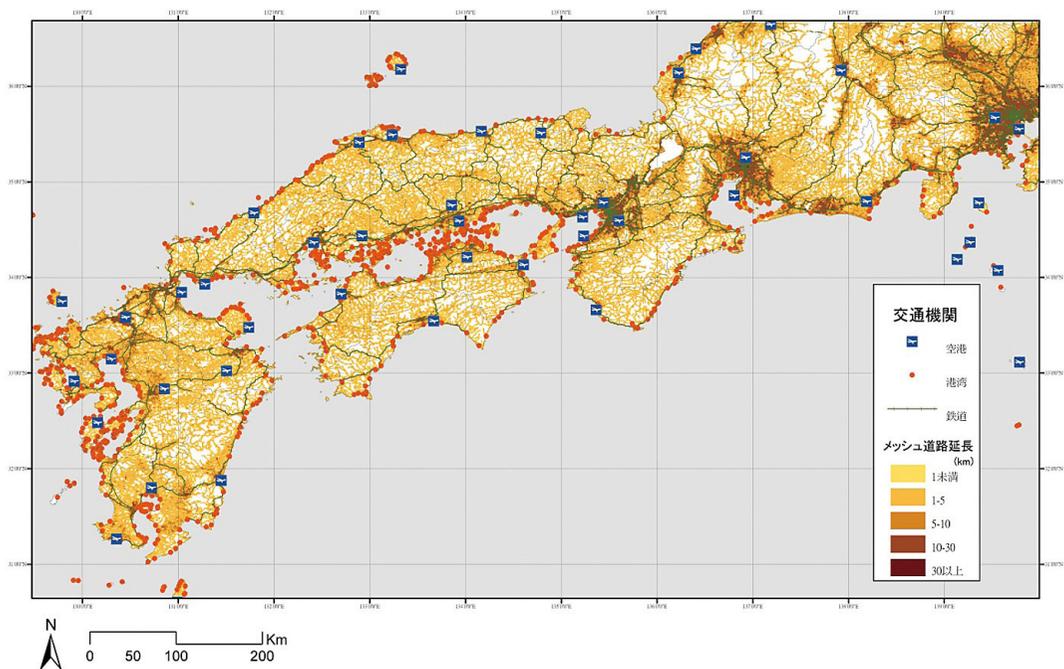


図 3 交通施設の分布 (空港、港湾、鉄道と道路)

道路は救援と物資輸送を行う上で重要な役割を果たす。図3によると、紀伊半島南部と四国では道路の密度が低い。したがって、そのような地域が震度6以上の揺れに見舞われて一部の道路が寸断されると、周辺地域が孤立する可能性が高い。また、中部都市圏では、東・西日本の物流を担う道路網が震度6以上の揺れに見舞われるため、日本経済全体に大きな影響が発生すると考えられる。

### 3.3 公共施設、医療施設、郵便局 (表5)

南海地震では、震度7以上の揺れにみまわれる施設が災害対応拠点(国・地方機関、警察・消防署等)25カ所、医療機関2カ所(病院、保健所)となる。また、東海・東南海地震では、災害対応拠点71カ所、医療施設18カ所、そして東海・東南海・南海地震では、災害対応拠点98カ所、医療施設20カ所にのぼる。災害対応の拠点となる施設が震度7以上に見舞われる地域では、初動活動と応急対応の遅れ等の影響が発生すると考えられる。

表5 震度階級別の公共機関、医療機関と郵便機関の集計結果

機関別	5弱	5強	6弱	6強	7	合計
<b>南海地震</b>						
国の機関	789	776	168	103	6	1,842
地方機関	402	319	85	53	4	863
警察	1,616	1,653	332	107	10	3,718
消防	565	548	103	44	5	1,265
医療機関	1,093	1,223	227	119	2	2,664
郵便機関	2,756	2,535	543	186	10	6,030
<b>東海・東南海地震</b>						
国の機関	791	534	303	187	17	1,832
地方機関	382	332	181	98	7	1,000
警察	1,915	1,454	658	375	38	4,440
消防	662	578	267	144	9	1,660
医療機関	1,144	986	382	172	18	2,702
郵便機関	2,604	2,179	1,113	569	59	6,524
<b>東海・東南海・南海地震</b>						
国の機関	927	1,256	495	291	25	2,994
地方機関	510	585	281	153	11	1,540
警察	2,178	2,758	1,097	488	48	6,569
消防	725	1,005	412	192	14	2,348
医療機関	1,316	1,936	694	294	20	4,260
郵便機関	3,281	4,305	1,807	774	69	10,236

単位：集計結果は(機関数)を表す

### 3.4 重要施設

#### (a) 原子力発電所

表6により、四国地域の伊方原子力発電所(3基)では、南海地震と東南海地震ともに震度5強の揺れとなり、現在計画中の下関原子力発電所(2基)では、両地震ともに5弱となる。また、静岡県の浜岡原子力発電所(5基)では、東南海・南海と東海・東南海地震にて震度6弱の揺れにみまわれる。大きな被害は発生しないと考えられるが、原子炉が停止することが予想され、運転再開までの点検等に長い時間を要することが考えられる。

#### (b) ダム

日本全国には合計3,031のダムが存在する。表6は震度階級別ダム数の集計結果である。南海地震において震度6弱以上の揺れにみまわれるダムは67カ所である。そのうち、貯水量が1億m<sup>3</sup>を超えるダムは高知県安芸郡の魚梁瀬ダム(6弱)のみである。また、東南海・南海地震で震度6弱以上となるダムが107カ所となり、1億m<sup>3</sup>を超えるダムには静岡県静岡市の井川ダムと畑薙第1ダム(6弱)がある。地震によるダム堤体の被害に関しては、中越地震における3つのダム、中越沖地震における川内ダム、岩手・宮城内陸地震における石淵ダムを含む3つのダムに本体被害が起こったが、本体の安全性に影響する事態はなかった<sup>17-19)</sup>。このために、特に地域に大きな影響を与えることは無いと考えられる。

表6 震度階級別の Key Asset 施設の集計結果

施設別	5弱	5強	6弱	6強	7	合計
<b>南海地震</b>						
原子力	2	3	0	0	0	5
ダム	338	252	63	4	0	657
<b>東海・東南海地震</b>						
原子力	0	0	5	0	0	5
ダム	239	147	73	32	2	493
<b>東海・東南海・南海地震</b>						
原子力	2	3	5	0	0	10
ダム	449	371	163	36	2	1,021

単位：原子力は(原子力発電機数)で集計されており、ダムは(ダム数)を表す

## 4. 将来暴露人口の推計結果

### 4.1 2005年の暴露人口

平成17年国勢調査地域メッシュ統計による南海地震、東海・東南海、東海・東南海・南海地震による震度階級別暴露人口を表7に示す。なお、3ヶ月以上経過すると復旧作業もある程度進むことが予想され、3ヶ月以上の期間が空いて地震が発生した場合は、東海・東南海地震と南海地震が別々に発生したこととして、両地震による暴露量を加算した。すなわち、地震を2回経験する被災者の数をダブルカウントして評価した。

2005年では、南海地震、東海・東南海地震、東海・東南海・南海の震度5弱以上の揺れに見舞われる人口は、それぞれ3,084万人、4,373万、5,798万

となる。また、震度6弱以上の揺れに見舞われる人口は、それぞれ271万人、1,073万人、1,481万人となる。また、東海・東南海地震と南海地震の発生に時間差が生じた場合は、5弱以上は7,457万人、6弱以上は1,344万人である。他方、連動して発生した場合には、震度が大きくなる地域が大阪と名古屋に存在し、時間差発生時に比べて6弱以上の暴露人口が多くなる。

表8に示すように、震度6弱以上の揺れを2度にわたって経験する人口（面積）は6.5万人（約180km<sup>2</sup>）となり、主に紀伊半島の南岸に分布する。震度5弱では約1,697万人（約6,500km<sup>2</sup>）にのぼり、紀伊半島を中心として近畿圏の南部に分布する。

表7 2005年と2030年の震度階級別暴露人口の集計結果

地震別	5弱	5強	6弱	6強	7	合計	
南海地震	1,347	1,465	202	66	3	3,084	2005
	(1,205)	(1,297)	(170)	(54)	(2)	(2,729)	2030
東海・東南海地震	1,856	1,444	670	360	43	4,373	2005
	(1,764)	(1,330)	(644)	(332)	(39)	(4,110)	2030
東海・東南海・南海地震	1,742	2,575	999	435	47	5,798	2005
	(1,648)	(2,338)	(930)	(394)	(42)	(5,353)	2030
時間差の場合	3,204	2,909	871	426	46	7,457	2005
	(2,969)	(2,627)	(814)	(386)	(41)	(6,839)	2030

集計単位：万人、括弧内は2030年の集計結果である

表8 時間差を考慮した震度階級別暴露人口の集計結果

	南海地震						
	未満	5弱	5強	6弱	6強	7	
未満	6,969	1,114	533	654	334	42.6	2005
	(6,336)	(1,102)	(508)	(630)	(309)	(38.9)	2030
5弱	568	412	337	10.8	20.0	0.6	2005
	(491)	(372)	(315)	(9.8)	(17.6)	(0.5)	2030
5強	629	278	553	3.1	2.5	0	2005
	(556)	(247)	(490)	(2.5)	(1.9)	(0)	2030
6弱	141	40.4	14.4	2.3	4.0	0	2005
	(120)	(32.8)	(12.7)	(1.6)	(3.1)	(0)	2030
6強	48.3	12.7	5.1	0.1	0.1	0	2005
	(40.0)	(10.2)	(3.7)	(0.1)	(0.1)	(0)	2030
7	0.9	0.1	1.9	0.1	0	0	2005
	(0.7)	(0.1)	(1.4)	(0.1)	(0)	(0)	2030

集計単位：万人、括弧内は2030年の人口推計結果である

### 4.2 2030年の暴露人口

表7は、2030年の人口推計結果<sup>注2)</sup>に基づいた、2030年における3つの想定地震に関する震度階級別暴露人口である。2030年に、南海地震、東海・東南海地震、東海・東南海・南海地震において、震度5弱以上の揺れに見舞われる人数を説明する。なお括弧内は、2030年総人口の構成比、対2005年の人口の順とする。南海地震では2,729万人(23.4%, 354万人減)、東海・東南海地震では4,110万(35.3%, 263万人減)、東海・東南海・南海地震では5,353万人(45.9%, 446万人減)である。また、震度6弱以上では、同様の順に、226万人(44万人減)、1,015万人(58万人減)、1,367万人(114万人減)となる。

表8に示すように、震度6弱以上の揺れを2度経験する人数(対2005人口)は4.9万人(1.6万人減)、震度5弱以上では約1,522万人(176万人減)となる。

### 4.3 将来の暴露人口の変化

2030年の推計人口は、2005年の国勢調査メッシュ統計データから集計した1億2,728万人から、1,075万人が減少する(8.4%減少)。表9では、2005年の震度階級別の暴露人口数を基準として2030年の震度階級暴露人口数の変動率を示す。将来における人口減少とともに、南海トラフの地震による震度5弱以上のゆれにみまわれる暴露人口数は6~11.5%に減少する。震度階級別の人口変動により、東海・東南海地震の震度6以上にさらされる人口は3.8~8.8%に減少する。南海地震の震度6以上にさらされる人口の減少は大きい。特に、震度6強と震度7の暴露人口の減少幅は18.4%と25.3%に達する。

表10は2030年の震度階級別暴露人口の高齢化率(人口数)の変動である。南海地震の震度6以上の揺れに見舞われる人口の高齢化率は35~40%に上る。さらに、人口が減少しているにも関わらず、全ての震度階級において高齢人口が2005年に比べて増加する。東海・東南海地震の震度6弱以上のゆれにみまわれる人口では、2005年から2030年の高齢人口の増加幅は50%にのぼる。

表9 2030年の震度階級別暴露人口数の変動

地震別	5弱	5強	6弱	6強	7	合計
南海地震	-10.6	-11.5	-15.6	-18.4	-25.3	-11.5
東海・東南海地震	-5.0	-7.8	-3.8	-7.8	-8.8	-6.0
東海・東南海・南海地震	-5.4	-9.2	-6.9	-9.3	-9.9	-7.7

人口変動率(%) : (2030年推計人口/2005年国勢調査集計人口) - 1

表10 2030年の震度階級別暴露人口の高齢化

地震別	5弱	5強	6弱	6強	7	合計
南海地震						
高齢化率	32.3	32.3	35.1	36.0	39.4	32.6
△高齢人口	+40.9	+42.0	+31.4	+19.1	+3.1	+40.1
東海・東南海地震						
高齢化率	30.5	30.6	29.6	31.2	32.2	30.5
△高齢人口	+55.2	+49.7	+52.7	+46.6	+45.5	+52.1
東海・東南海・南海地震						
高齢化率	31.2	31.4	30.7	32.4	32.6	31.3
△高齢人口	+48.7	+46.4	+48.1	+41.8	+41.7	+47.0

高齢化率(%) : 2030年高齢化率  
△高齢人口(%) : 高齢人口変動率, (2030年推計高齢人口数/2005年国勢調査高齢人口数) - 1

## 5. 将来地域暴露特性に対する検討

本章では、南海トラフの地震による2030年の人口構成、重要社会基盤施設に対する暴露量の分析から、地域別の暴露特性について分析し、その影響をまとめる(表11)。図4はメッシュ毎の将来の人口変動率を示すものである。黒い地域では2005年には居住者がいるのに対して、2030年には無人化することが分かる<sup>注3)</sup>。図5では、各メッシュの将来の高齢化率を示している。赤いメッシュは、消滅集落ではなく、高齢化率が50%を超えるいわゆる限界集落と呼ばれる地域である。

### (1) 中国圏と九州圏

人口の変動について、東広島市、岡山市、熊本市の3市の周辺と福岡市では、人口増加が維持されるが、その他の地域では人口減少と高齢化が同時に進行する。特に、広島県や岡山県などの山地や、大分県や山口県の広範囲にわたって、消滅集落と限界集落の地域が分布する。

中国圏は、南海トラフの地震により、瀬戸内海の沿岸部が5強、内陸部では5弱となる。また九

表 11 東海・東南海・南海地震の地域暴露特性

暴露特性	中国圏、九州圏	四国圏	近畿圏 <sup>1)</sup>	紀伊半島	中部圏	首都圏
震度分布	沿岸部が5強、内陸部が5弱	県庁都市を含む震度6以上地域が多い	時間差に全域は震度5に分布；都市5強	3つ地震で6弱、時間差地震で二重な被害	名古屋市を含み、震度6以上地域が多い	東京都と神奈川県を中心、震度5弱に
将来暴露人口動態	山間部で消滅集落と限界集落の発生が懸念される	都市外において消滅集落・限界集落発生が懸念される	三大都市圏内における人口減少と高齢化が顕著に	沿岸・山村の消滅集落・限界集落化は懸念される	高齢化が進む一方で、工業都市で人口増加が持続	高齢化が進むが人口増加の傾向にある
重要社会基盤施設暴露	震度5強に暴露される港湾施設が多い	原子力の運転中止と域内・域外交通の中断	震度5強に公共施設と火力発電所が多い	域内・域外の交通遮断	日本交通動脈遮断、火力・原子力発電所停止	震度5弱に公共施設と火力発電所が多い

1) 近畿圏において紀伊半島南部を除く地域を指す

州圏では、宮崎市を含む日向灘の沿岸部は5強以上、大分県、宮崎県、熊本県の3県は5弱にとどまり、大きな被害は発生しないことが考えられる。ただし、現在、山口県の上関に計画されている原子力発電所では震度5弱の揺れになることが予測されており、原子炉の停止等の影響が出ることは予想される。

## (2) 四国圏

松山市、高知市、徳島市、高松市の4市の中心部では10%未満の人口減少に留まる一方、周辺地域では高齢化と人口減少が著しく進行し、消滅集落と限界集落が増加する。主要4都市を含む四国圏の人口居住地区のほとんどは震度6弱以上の揺れにみまわれて大きな影響をうけると考えられる。震度6弱以上の揺れにさらされる道路は、交通機能を失う可能性が高い。また、ほとんどの港湾と空港でも震度6弱以上となることから、救援活動に困難をきたす可能性がある。さらに、伊方原子力発電所では震度5強の揺れとなり、原子炉が停止する可能性がある。

## (3) 近畿圏（紀伊半島南部を除き）

近畿圏は、中部圏や首都圏と比較すると、大阪市などの中心地域では人口増加地域がほぼ見えなく、人口減少が顕著に進行するといえる（図4）。

しかし、東海・東南海地震、南海地震ともに、震度階級5の揺れにみまわれる可能性があり、南海地震と東海・東南海地震の連動する際に時間差が生じる場合は、震度5弱以上の揺れを2回経験

することになる。

## (4) 紀伊半島

紀伊半島南部の沿岸部と山地部では人口は著しく減少し、消滅集落と限界集落が広範囲に分布する。また、地震が時間差で発生した場合に、紀伊半島南部では2度震度6弱以上の揺れにみまわれることになる。図3のように道路の密度が低いため、救援活動に支障が生じる可能性が示唆される。

## (5) 中部圏

名古屋市における人口減少率は約10~20%であるが、生産人口が集中する工業都市の愛知県豊田市や豊橋市、静岡県浜松市では逆に人口が増加する（図4）。中部圏は震度6弱以上のゆれに見まわれるため、多くの人が影響を受けると考えられる。

また、中部圏では、震度6弱以上の揺れとなる道路・鉄道が多く存在し、交通機関の復旧に際して長い時間が必要になることが予想される。また、伊勢湾地域を中心とする多くの火力発電所や、静岡県の浜岡原子力発電所も震度6弱以上となることから、電力供給量の低下や供給停止など大きな影響が予想される。

## (6) 首都圏

東京都23区では人口の増加傾向が継続しているが、高齢化率は20%を超えている。首都圏の揺れは5弱が予想されるが、内閣府の推定<sup>2)</sup>では人的

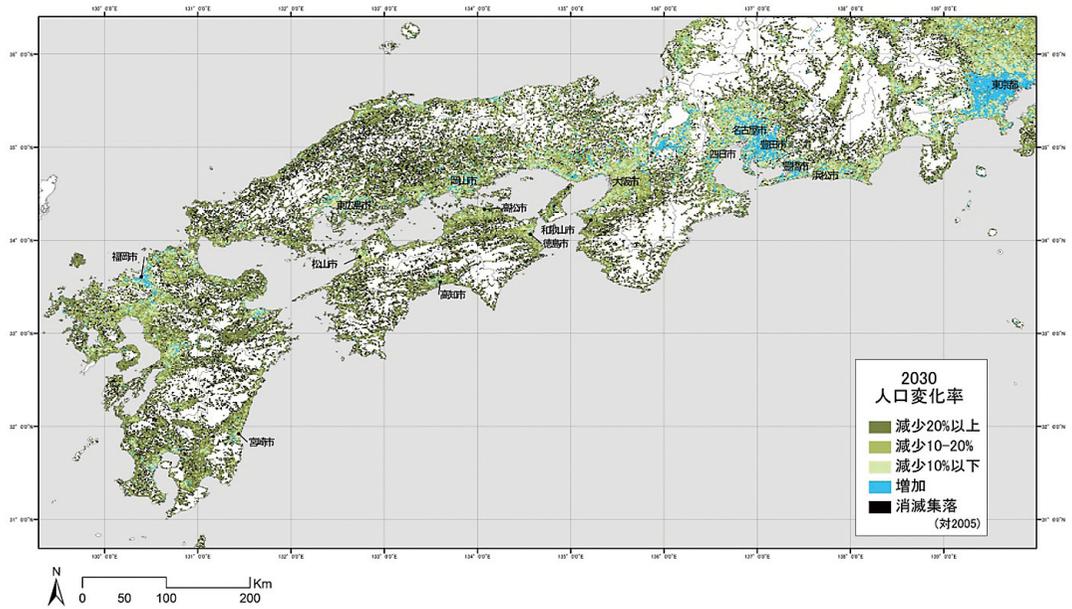


図4 2030年地域メッシュ人口の推定変化率分布図

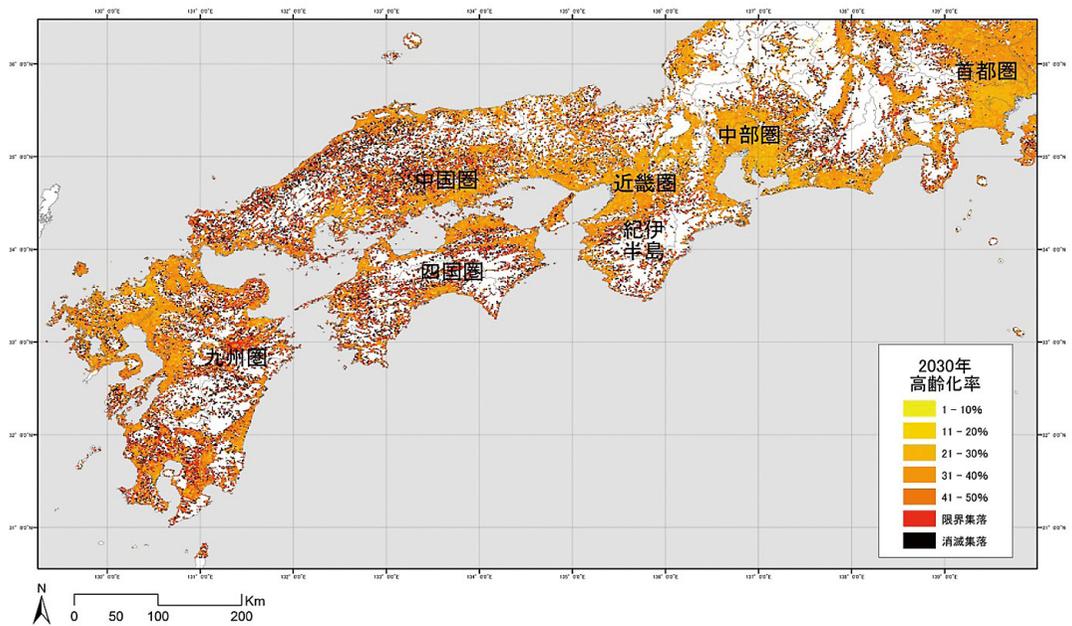


図5 2030年地域メッシュ人口の推定高齢化率の分布図

被害と建物倒壊など直接的な衝撃は予想されない。ただし、長周期地震動による影響や、他地域での被害が、多くの経済活動が集積する首都圏の業務に影響を与える可能性がある。

## 6. まとめ

本論文は、将来の広域防災計画を構築するための基礎資料の提供を図るために、南海トラフの地震の発生確率が高まる2030年の地域メッシュ人口を推計し、地震による将来人口と各重要社会基盤施設の震度階級暴露量の推定を行い、以下の結果を得た。

### 1) 発電量に与える影響

東海・東南海地震や南海地震が発生するとき、震度6弱以上の地域に位置する発電所（浜岡原子力発電所を含む）は34カ所が存在し、その総発電量は合計4,875.2MkWである。これは、日本の総発電容量の21.4%を占める値である。それらの施設に地震による被害が生じる場合、剰余発電容量は過去の夏季最大電力を下回り、全国の電力供給に大きな影響を与える可能性がある。

### 2) 交通機関に与える影響

南海地震、東海・東南海地震、東海・東南海・南海地震にて震度6弱にみまわれる鉄道延長は、それぞれ757km, 1,612km, 2,829kmに及ぶ。阪神・淡路大震災の事例（不通区間476.7km, 復旧所要時間7ヶ月）から、復旧に長期間を要する事と考えられる。

東海・東南海地震にて震度6弱となる総道路距離は55,372kmであり、南海地震の場合には16,096kmである。東・西日本の物流を担う道路網が被害を受ける可能性があり、日本経済全体への大きな影響が予想される。道路の密度が低い地域は救援活動に支障を生じる可能性がある。

### 3) 南海トラフの地震による2030年の暴露人口

将来人口変動とともに、震度5弱以上の揺れに見舞われる人口は、南海地震では2,729万人になり、2005年より354万人減少、東海・東南海地震で

は4,110万人になり、263万人減少、東海・東南海・南海地震では、5,353万人になり、446万人減少する。

### 4) 時間差発生による被害

2005年、2030年とも、連動発生した場合、大阪と名古屋付近にて震度6弱以上となる地域が拡大する。その暴露人口は、地震が3ヶ月以上の時間差発生となるときに揺れを2度経験する人口をダブルカウントする場合よりも多くなる。震度5弱以上では、3ヶ月以上の時間差発生となる場合のほうが、暴露人口は多くなる。

### 5) 2005年と2030年の暴露人口の変動

2030年の推計人口は、2005年国勢調査の1億2,729万人から1,075万人が減少する(8.4%減少)。人口減少と高齢化の地域格差の拡大とともに、南海トラフの地震における将来の暴露人口は、2005年に比べて6~11.5%が減少する。特に、南海地震の震度6弱以上の四国圏と紀伊半島では、人口減少率が大きく、それに伴って暴露人口も大きく減少する。他方、中部圏では、引き続き人口増加する地域が多く、暴露人口が増加する。震度5弱以上の各震度階級では、暴露人口の高齢化率が30%を超え、高齢人口は2005年に比べて3.1~55.2%増加する。特に2030年の東海・東南海地震の震度6弱以上の暴露人口における高齢人口数は2005年に比べて50%増加する。

### 6) 地域暴露特性

人口推計結果に基づき、震度6以上の揺れに見舞われる紀伊半島と四国圏では、将来人口変動とともに、2030年には消滅集落と限界集落が多く存在することになり、救援活動に困難をきたす可能性がある。また、都市圏では中部圏で将来暴露人口の増加が継続し、強い揺れの影響による発電施設の停止等、社会に大きな影響を与えることが予想される。

## 注

## (1) 重要基盤施設保護国家戦略

National Strategy for the Physical Protection of Critical Infrastructures and Key Assets (重要基盤施設保護国家戦略) は、Critical Infrastructures と Key Assets を保護することを目的とする戦略計画である<sup>20)</sup>。Critical Infrastructures とは安全、国家経済と公共健康に重大な影響を与える実質の基盤施設であり、緊急対応サービスを含む13分類に分けられる。Key Assets は、いったん被害を受けると重大な損失と広範囲にわたる影響をもたらす、或いは国家的な象徴となる施設を表すためテロ攻撃されるターゲットとなる可能性がある施設と定義される。

## (2) 2030年の人口推計結果

本研究では、約18.2万メッシュのデータを用いて2030年までの人口推計を行った。全メッシュの推計結果から算出した本研究の人口数合計は、国立社会保障・人口問題研究所の「都道府県別将来推計人口」と比較し、本研究の推計結果では約+1.14%の誤差(両者の差/社人研の推計)があること、県別メッシュの推計結果により、+0.39%から+2.48%までの誤差があることが明らかになった。この原因としては90歳以上のコーホートの変わらぬ生残率が原因と考えられる。

東海・東南海・南海地震の暴露地域のうち、東京都をはじめに、神奈川県、愛知県と大阪府など人口数が500万人を超える都府県には0.51%から0.77%までの誤差が見られた。一方で、和歌山県や香川県など100万未満の県には1.36%から+2.1%までの誤差が生じた。

## (3) 無人化地域

無人化地域(消滅集落)については、メッシュの男女5歳階級別人口が1人未満となる場合、当該メッシュが無人であると判定するものとする。人口数の極めて少ない地域のメッシュには、個人情報保護などの原因により他のメッシュと合算されるものがある。それらのメッシュは男女別・年齢別の人口数が存在しないため、コーホート要因法による人口推計を行うことができない。したがって、将来人口数もゼロと表記する。

東海・東南海・南海地震の震度5弱以上の揺れに見舞われる地域(約52,000km<sup>2</sup>)のうち、7,200km<sup>2</sup>を超える地域において2030年に推計人口がゼロになり、また6,700km<sup>2</sup>の地域が高齢化率50%以上の限界集落となる。

## 参考文献

- 1) 地震調査研究推進本部:「全国を概観した地震動予測地図」2008年版, [http://www.jishin.go.jp/main/chousa/08\\_yosokuchizu/index.htm](http://www.jishin.go.jp/main/chousa/08_yosokuchizu/index.htm), 2009年1月31日
- 2) 中央防災会議事務局:東南海・南海地震の被害想定について, [http://www.bousai.go.jp/jishin/chubou/nankai/14/siry\\_ou21.pdf](http://www.bousai.go.jp/jishin/chubou/nankai/14/siry_ou21.pdf), 2009年1月31日
- 3) 中央防災会議:東南海・南海地震防災対策推進基本計画, <http://www.bousai.go.jp/oshirase/h16/0401/040514/kihonkeikaku.pdf>, 2009年1月31日
- 4) 山内昌和・西岡二郎・小池司朗:近年の地域出生力-都市圏を単位とした1980-2000年の変化と格差の検討-, 人口問題研究, Vol. 61, No. 1, pp. 1-17, 2005.
- 5) 石川 晃:地域における人口高齢化の要因分析, 人口問題研究, Vol. 58, No. 4, pp. 47-64, 2002.
- 6) 国立社会保障・人口問題研究所:日本の将来推計人口(平成18年12月推計), <http://www.ipss.go.jp/>, 2008年9月30日
- 7) Maki, N., H.-L. Chen, and S. Suzuki: Response to Possible Earthquake Disasters in the Tokai, Tonankai, and Nankai Areas, and Their Restoration/Reconstruction Strategies, Journal of Disaster Research, Vol.4, No.2, pp. 142-150, 2009.
- 8) 能島暢呂・久世益充・杉戸真太:2000~2005年の主な地震による震度暴露人口と住家・人的被害との相関に関する考察, 自然災害科学, Vol. 25, No.2, pp. 165-182, 2006.
- 9) 奈良県:第2次奈良県地震被害想定調査報告書(平成16年10月公表), <http://www.pref.nara.jp/bosai/tokatsu/bosai/higaisotei/html/index.html>, 2010年3月10日
- 10) 鈴木進吾・林 春男:首都直下地震災害の暴露指標の算出とその地域的特性に関する研究, 地域安全論文集, No. 10, pp. 97-104, 2008.
- 11) 国立社会保障・人口問題研究所:日本の都道府県別将来推計人口(平成19年5月推計), <http://www.ipss.go.jp/>, 2009年9月30日
- 12) 奥村 誠:国勢調査メッシュデータに基づく地域の将来人口構成予測手法, 日本都市計画学会都市計画論文集 No. 40-3, pp. 193-198, 2005.
- 13) 照本清峰・鈴木進吾・吉川忠寛・稲垣景子・紅谷昇平・田畑博史・大野 淳:東海・東南海・南海地震の時間差発生のために生じる問題の重大性と対策の必要性-和歌山県田辺市を事例に-, 地域

- 安全学会論文集, No. 10, pp.416-426, 2008.
- 14) 電気事業連合会：今夏の電力需給の見通しについて, [http://www.fepec.or.jp/about\\_us/pr/kaiken/\\_icsFiles/afielldlife/2009/06/12/kaiken\\_0612.pdf](http://www.fepec.or.jp/about_us/pr/kaiken/_icsFiles/afielldlife/2009/06/12/kaiken_0612.pdf), 2009年6月12日
  - 15) 電気事業連合会：今冬の電力需要について, [http://www.fepec.or.jp/about\\_us/pr/kaiken/\\_icsFiles/afielldlife/2009/03/19/kaiken\\_0612.pdf](http://www.fepec.or.jp/about_us/pr/kaiken/_icsFiles/afielldlife/2009/03/19/kaiken_0612.pdf), 2009年3月19日
  - 16) (社)日本鉄道電気技術協会技術委員会第一分科会：阪神・淡路大震災鉄道電気設備の被害と復旧の記録～阪神・淡路大震災を乗り越えて～, 日本鉄道電気技術協会技術委員会, 1996.
  - 17) 国土交通省北陸地方整備局：平成16年(2004年)新潟県中越地震による河川被害状況 [速報版], [http://www.hrr.mlit.go.jp/river/1023/jishin/sokuho/kasen\\_sokuhou.pdf](http://www.hrr.mlit.go.jp/river/1023/jishin/sokuho/kasen_sokuhou.pdf), 2010年3月10日
  - 18) 国土交通省北陸地方整備局：平成19年新潟県中越沖地震に対する対応状況, [http://www.hrr.mlit.go.jp/saigai/H190716/070716\\_press23th.pdf](http://www.hrr.mlit.go.jp/saigai/H190716/070716_press23th.pdf), 2010年3月10日
  - 19) 国土交通省東北地方整備局：岩手・宮城内陸地震関連情報, <http://www.thr.mlit.go.jp>, 2010年3月10日
  - 20) The White House: The National Strategy for the Physical Protection of Critical Infrastructures and Key Assets, 2003.

(投稿受理：平成21年11月20日)

訂正稿受理：平成22年7月21日)