

## 日本の地震リスクと防災・減災対策

くわ 桑    はら 原    やす 保    と 人†

日本の地震リスクと、それに対する防災・減災施策をレビューした。日本の地震リスクは世界で最も高いグループに入り、また先進国の中では一番に高い。1995 年阪神淡路大震災を契機として、日本全国の詳細な地震リスクを一様に評価するためのプロジェクトが始まった。2011 年東日本大震災では、数百年に一度程度の低頻度で大規模な地震と津波災害に対する事前の検討が欠けていたことが教訓となり、国の防災施策についても大きな改訂がなされた。地震被害軽減のための基本的方策としては、被害の定量的な予測を行い、それに基づいて防災減災のための計画を立て実行していくこととされている。今後は、サプライチェーンなども含めた産業被害も定量的に予測し、産業界も含めて防災減災に取り組むことが、より確実に日本の地震リスクを軽減していく方策の一つとして考えられる。

キーワード：地震リスク、リスク評価、防災・減災、阪神淡路大震災、東日本大震災

### 1. はじめに

2011 年東日本大震災は、多くの日本人にとって、我が国が地震に対して十分に備えていなかったことを知るきっかけとなったのではないと思う。これを契機に、国や地域の防災計画の見直しが行われ、原発の安全性に関する問題についても未だ多くの議論がある。

国連大学が毎年公表している「世界リスクレポート」では、地震・台風・洪水・干ばつ・海面上昇などの自然災害に対する各国のリスクを数値化したリスクインデックスを用いて、各国のリスクを相対的に比較

できるようにしている<sup>1)</sup> (図 1)。リスクインデックスは、基本的には自然災害に対する遭遇（暴露）の度合いと災害に対する社会の脆弱性を数値化し両者のかけ算で定義されている。社会の脆弱性については、インフラストラクチャ、国民の栄養、住宅事情や、早期警戒能力、医療サービスなどの各種サービスを考慮して計算している。2014 年版の「世界リスクレポート」<sup>1)</sup>によると、日本は自然災害に対する暴露の度合いが非常に高く、171 カ国中 4 番目に位置している。一方、社会の脆弱性については非常に小さいグループに入っており、社会構造だけについてみれば、日本は相対的

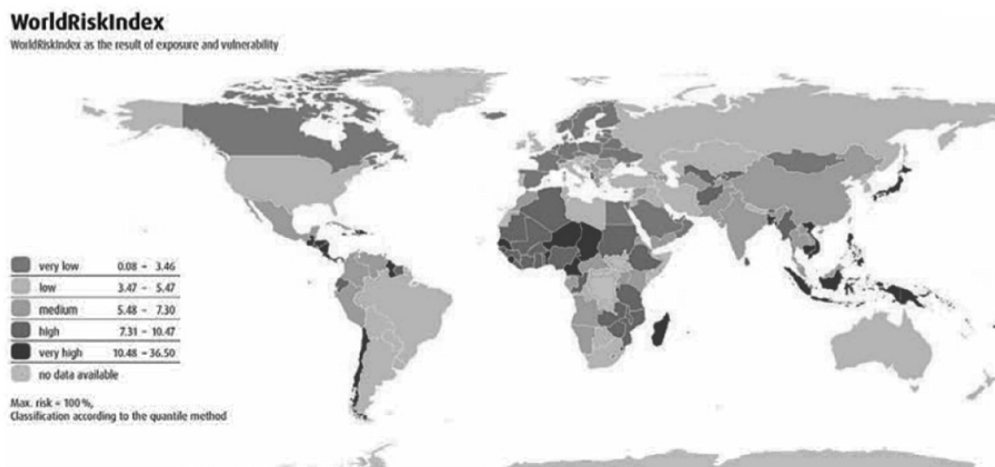


図 1 国連大学による各国の自然災害リスクの比較<sup>1)</sup>

† (国立研究開発法人) 産業技術総合研究所 活断層・火山研究部門：〒305-8567 茨城県つくば市東 1-1-1 中央第 7  
E-mail: y-kuwahara@aist.go.jp

には強靱なものを築いてきていると言ってもよいかもしれない。しかし、暴露と脆弱性のかけ算としてのリスクインデックスは世界 17 番目と、リスクの高いグループに位置する。また先進国の中では最も高い値となっている。これと同様に世界の主要都市について自然災害リスクの見積もりが保険業界でなされている。再保険会社のスイスリーは、主要 616 都市の地震リスクを見積もっている。ここでは東京・横浜が世界で最もリスクが高い都市とされ、大阪・神戸、名古屋もそれぞれ 5 番目と 6 番目になっている<sup>2)</sup>。これらの結果から、日本がいかに地震リスクの高い国であるかがわかる。

一方、内閣府の防災白書の付属資料<sup>3)</sup>から過去 20 年の自然災害の統計を見ると、人的被害としては、地震・津波が、台風などの他の災害に比べ圧倒的に大きくなっている。これは 1995 年阪神淡路大震災と 2011 年東日本大震災の 2 回の被害が桁違いに大きいためである。それに比べ台風などの風水害の被害は毎年の変動が小さいことがわかる。このように、地震災害の特徴は、これが非常に低頻度で大規模なものになることである。

地震防災減災戦略は、自然科学、工学、社会学、経済学、心理学など広範な学術成果の上に成り立つものである。これに対して、筆者はこれまで主に地震の震源の物理の研究に携わってきた者で、防災戦略のほんの一部にしか関わっていきいていない。しかし、2011 年東日本大震災を契機に、これらを総合的に学ぶ必要性を痛感し、防災に関する様々な文献を読むよう努めてきた。また、筆者の所属する産業技術総合研究所内で、産業の地震被害の研究に関わることができた。本稿では、筆者がこれまで得てきた知識を基にして、可能な限り防災戦略の全体像を簡潔に解説できるようにしたい。これは、大規模な地震被害を軽減するためには、まずは各方面の方々に地震防災減災対策の現状を

知っていただくことが重要であると考えたからである。なお、この特集での自然災害に関する総説には、他に津波災害と火山災害が取り上げられている。ここでは、主に地震の揺れに関わる災害を扱う。

## 2. 地震の起こり方と社会—地震は過去どのように起こっているか

まず、日本では地震がどの程度の頻度で起こっているのかを、世界との比較をして見ることにする。上述のように、社会の脆弱性が比較的小さい日本においてもある程度の被害が出始めるマグニチュード 6 以上の地震の発生数について、全世界と日本を比べてみる。全世界の地震発生数と日本での発生数は、それぞれ、米国地質調査所 (U.S. Geological Survey)<sup>4)</sup> と日本の気象庁<sup>5)</sup> のホームページで見ることができる。過去数十年間で平均すると、世界全体では 1 年におよそ 150 個、日本周辺では 20 個程度となっている (表 1)。世界の 13 % の地震が日本周辺で起こっていることになる。

表 1 日本と世界で起こる 1 年あたりの地震の数とマグニチュードの関係

世界については 1900 年以後から最近までのデータに基づき米国地質調査所 (USGS, Earthquake Facts and Statics) による平均<sup>4)</sup>、日本は気象庁による 2001-2010 の期間の平均<sup>5)</sup>

M	日本	世界
5-5.9	140	1 319
6-6.9	17	134
7-7.9	3	15
8 以上	0.2	1

もう少し長い期間の過去の被害地震については、宇津カタログと呼ばれる宇津徳治の「世界の被害地震の表」<sup>6)</sup>が充実している。ここから、日本について西暦 1500 年以後で死者 100 人以上の被害地震を選び年代順に並べてみると図 2 のようになる。これを見る

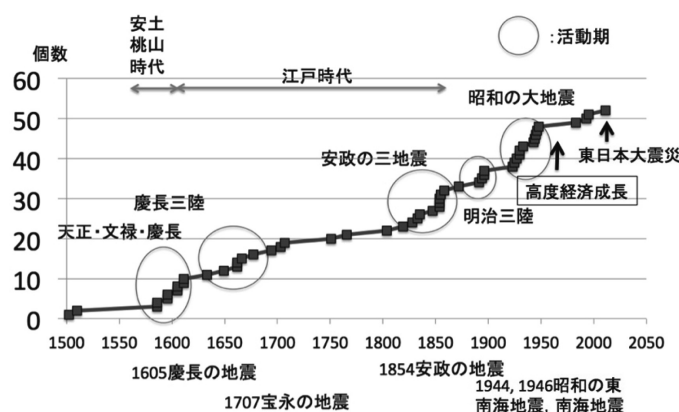


図 2 死者 100 人以上の日本の被害地震の歴史

データは宇津カタログ<sup>6)</sup>による。活動期と見なせる時期や著名な地震名を示してある。また、地震が頻繁に起こる期間を活動期として示した。

とまず、死者 100 人を超えるような大きな被害地震は、平均するとおよそ 10 年に 1 回程度起こっていることがわかる。もう少し細かく見ると数年～数 10 年の間に比較的地震が頻繁な活動期と呼ばれる時期とそうでない静穏期と呼ばれる時期があることもわかる。図 2 で特に注意したいのは、1948 年福井地震から 1995 年阪神淡路大震災までのおよそ 50 年間は大きな被害地震がなく、これが高度経済成長の時期と重なっていたことである。この期間に、これまでは危険で人が住まなかったような低地や山地・丘陵地へと市街地を拡大させ、都市の脆弱性を大きくしているとの指摘が各方面から聞かれる<sup>7)</sup>。

### 3. 防災・減災対策：何を行ってきて、現状はどうなっているか

#### 3.1 我が国の地震対策の概要

我が国の地震対策は、国の災害対策の根幹の法律である「災害対策基本法」を根拠として、内閣府中央防災会議が定める「防災基本計画」（以下、「基本計画」）の中で定められている。「基本計画」が対象とする災害は、地震、津波、風雨水害、火山などの自然災害から航空機、船舶、鉄道、原子力などの人的災害までも含んでいる。また、「基本計画」ではそれぞれの災害について、予防、災害時の応急対策、復旧・復興の各項目が設けられている。

基本計画の改訂の歴史を見ると、大きな災害があるたびに、その災害からの教訓を引き出しそれに対応するように見直しが行われてきていることがわかる。そもそも「災害対策基本法」そのものは 1959 年の伊勢湾台風を契機に 1961 年に制定され、その後、「基本計画」や、その他の各種関連法の制定や改訂が行われてきている。これらは、特に 1995 年阪神淡路大震災を教訓として大きく見直され、2011 年東日本大震災でも非常に大きな改訂がなされた。一つの見方としては、この計画はあらゆることを想定し事前に様々な災害を網羅しているというより、社会で問題が顕著になって初めてそれに対応できるよう計画を変えてきたということである。可能性としては存在するが、実際に起こったことはないような災害に対しては無防備であると言えるかもしれない。

地震の揺れによる被害は、建物の耐震基準との関連が大きく、「基本計画」の中でも、建築物の耐震化が推進すべき重要な項目として取り上げられている。我が国の一般構造物の耐震基準は、建築基準法によって定められ、この法律も「基本計画」と同様、大きな地震災害を教訓として時代とともに大きく改訂されてきている。最近では、1978 年宮城県沖地震を契機とし

て 1981 年に、また 1995 年阪神淡路大震災後の 2000 年に大きな改訂が行われている。

現在の「基本計画」における地震災害対策の項目の中で記述されている「災害予防」の項目を要約すると、国や地方は次のようなことを行うとされている。

- 地震災害対策の検討に当たり、あらゆる可能性を考慮した最大クラスの地震を想定し、その想定結果に基づき対策を推進する。
- 具体的な被害を算定する、定量的な被害想定を行う。
- 特定の大規模地震については、国が予防対策から発災時の応急対策、復旧・復興対策までを視野に入れた地震防災対策のマスタープランを策定する。さらに国は、定量的な減災目標を設定し、地震防災対策を推進する。

この基本方針に基づき、国や地方自治体で被害想定を行い、その数字を減ずるための方策を検討している。例えば、中央防災会議は、南海トラフで想定される巨大地震について、地震の想定、被害の想定、対策などの情報を、「南海トラフ地震対策」という WEB ページでまとめている。詳細は省くが、地震の場合は、構造物・施設の耐震、崖崩れ、液状化などの項目ごとに詳細な想定を行っている。ただし、現状ではサプライチェーンなどの間接的被害を十分に考慮しているとは言い難い状況であると考ええる。

さて、本稿ではこれまで「防災」と「減災」という言葉をあまり明確に区別せずに使ってきた。しかし、この言葉にも、我が国の災害対策の考え方の流れを見ることができるので紹介しておこう。我が国では、元々は「防災」という言葉が主流で、これは災害の発生そのものを防ぐことをイメージさせる。しかし実際の災害では、被害を完全にゼロにすることは不可能であり、その対策としては、被害を食い止めることのみ目を向けるのではなく、被害をゼロにすることは不可能との前提に立つことが現実的である。そして、被害があった場合にいかに早く立ち直るかまでも含めて検討しておくことが重要であるとの観点から、「減災」という言葉を用い始めたとのことである<sup>8)</sup>。現在多くの企業で策定されている事業継続計画（BCP：Business Continuity Plan）なども減災計画の一つと言える。

#### 3.2 地震動予測地図－「地震調査研究推進本部」の成果

上記の内閣府中央防災会議とは別に、文部科学省には地震調査研究推進本部（以下、地震本部）という組織があり、国全体の地震ハザードマップにあたる「地震動予測地図」の作成や、毎月の日本の地震活動の評



価として、どのような地震がその月にあったかを解説する活動などを行っている。組織的にはやや紛らわしいが、中央防災会議が特定の大規模地震の想定とそれに基づく被害の算定を行い、地震本部は、災害の原因である自然現象としての地震の発生と揺れまでの地震ハザードの評価を行っていると言える。地震本部の「地震動予測地図」は、1995年阪神淡路大震災の反省から、全国の地震の危険度を統一基準で把握する必要性が認識され作成されることになったものである。「地震動予測地図」が作成されるまでは、国土交通省の国土地理院院長の諮問機関である「地震予知連絡会」が、将来の地震危険度が高いと判断される10地域を特定観測強化地域・観測強化地域に指定し、重点的に予知のための研究を行ってきた(図3)。なお、この観測強化地域等では、想定東海地震のみを除いて、比較的大きな地震が実際に発生しており、この強化地域の指定は適切であったとの評価がなされている<sup>9)</sup>。

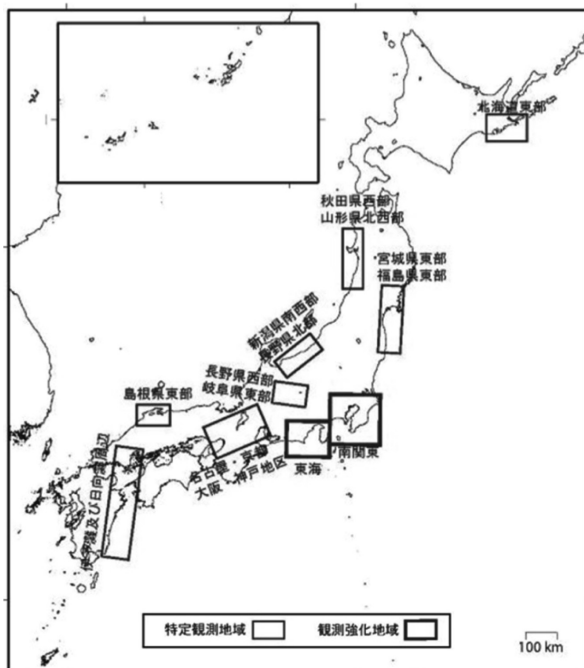


図3 地震予知連絡会によって指定された特定観測強化地域・観測強化地域<sup>9)</sup>

しかし、1995年の兵庫県南部地震を契機として、国の観測体制の強化や災害発生時の対応等について抜本的な改革がなされ、全国一律に地震の危険度を評価する必要性が強調され、「地震動予測地図」が作成されることになった。作成にあたっては、歴史上の比較的大きな地震を過去3～4百年さかのぼっての把握や活断層の活動履歴の調査、全国の地盤の揺れやすさの調査など、膨大な調査研究が行われた。本プロジェクトでは開始からおよそ10年後、2005年に最初の「地

震動予測地図」が公表された。その後毎年地震発生確率の変化を計算し直し、地図を更新している。図4は最新の2014年地震動予測地図である<sup>10)</sup>。これは、日本の各地点で、今後30年間に震度6弱以上の地震の揺れに遭遇する確率を示してある。30年間という期間については、地震本部では、一般国民が人生設計を検討するに対象とすると考えられる期間を考慮して、この期間を採用した<sup>11)</sup>。そして、この確率は3%程度という一見小さいと感じるような値でも、強い地震動に見舞われる可能性は高いと考えたほうが良いとされている。また、交通事故など地震以外のリスクとの比較も可能で、これらの値を文献<sup>12)</sup>から引用し表2に示す。このように他の日常的なリスクとの比較をしてみると、ある地域の住民が実際にどの程度のリスクがあると考えたほうが良いのかイメージがつかみやすい。

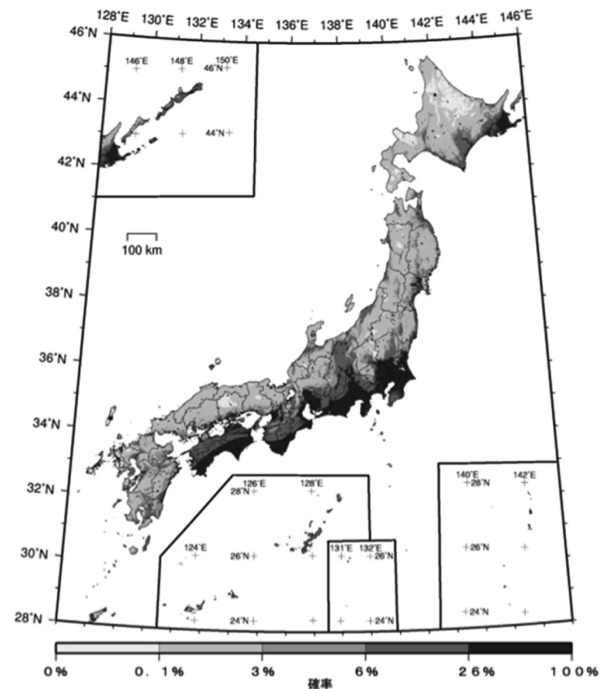


図4 地震本部による地震動予測地図2014年版<sup>10)</sup>

表2 地震以外の各種リスクの30年間での発生確率<sup>12)</sup>

交通事故で負傷	24%
ガンで死亡	6.8%
空き巣ねらい	3.4%
火災で被害	1.9%
ひったくり	1.2%
大雨で被害	0.5%
台風で被害	0.5%
交通事故で死亡	0.2%
火災で死傷	0.2%
航空機事故で死亡	0.002%

「地震動予測地図」を作成する上では、上述のように様々な調査研究が行われており、それぞれの成果は、J-SHIS 地震ハザードステーションというウェブサイト<sup>13)</sup>で、各種データをインタラクティブに閲覧することができるようになっている。例えば、各地点の地震危険度は地震ハザードカルテ<sup>13)</sup>というユニークな形でその地点である震度の地震が起こる確率や地盤増幅率を見ることができる。図5は地震ハザードカルテを利用した結果である。左は、筆者の所属する産業技術総合研究所の敷地の結果、右は、「地震動予測地図」で比較的確率が小さい広島県東部のある地点での結果である。

これらの成果が国民にどの程度知られているかのアンケート調査も2011年東日本大震災を挟んで、2009年～2012年の間毎年おこなわれている<sup>14)</sup>。これによれば、全国およそ2000人を対象として、2011年東日本大震災前では、1割程度が「地震動予測地図」を見たことがあると答え、震災後にはおよそ3～4割とのことであった。また、地震防災対策への関心については、「大いに関心がある」と回答した割合は、震災前の調査では約2割であったのに対し、震災後の平成23年度の調査では約6割に大きく上昇したが、平成24年度の調査では約5割に低下していた。数字の絶対値についての評価は難しいが、地震が低頻度の現象であり、国民の関心が薄まりやすいことを物語っていると言えるのではないだろうか。

「地震動予測地図」で使われている地震の発生確率については、非常に低頻度の事象であるため、少ないデータと多くの仮定の下に示されたものであり、これが現実社会にとって有用なものであるかの検証が必要である。この予測地図が現実の地震リスクを考える上で適当であるかどうかを評価する試みとして、現在

使われている「地震動予測地図」の作成法と同じ作成法で過去100年間程度の「地震動予測地図」を作成し、これと過去の実際の地震の揺れとを比較してみるという研究がある<sup>15)</sup>。これによれば、両者は比較的良好に一致しているという結果である。一方で、実際に発生した2011年東北地方太平洋沖地震は、これ以前に作成された「地震動予測地図」では考慮の対象になっていなかった<sup>16)</sup>。また、現在も地震本部主導のもと、活断層調査等の様々なデータの蓄積が継続され、新たなデータが加われば、予測地図の改訂に活かされている段階でもある。さらに、地震発生の確率を算定する際の仮定そのものに対する批判もある<sup>17)</sup>。このような各種仮定に基づいた長期予測は米国でも行われており、ここでもこれに対する批判的解説<sup>18)</sup>もある。ハザードマップとしての「地震動予測地図」を使う際には、これを作成する上での仮定や限界を知った上で使うのが望ましいことは明らかである。一方、これまで蓄積した様々なデータや知見について、例えば、建物の耐震化に活かすような方策を検討する等、具体的な用途を絞っての利活用の検討が有効ではないだろうか。

### 3.3 産業の被害リスク

大規模な地震被害は、前述のとおり、日本全体ではおよそ10年に1回の頻度で発生している。一人一人の個人については、一生に一度遭うか遭わないか程度ではないだろうか。このような低頻度の災害を個人が常に意識しておくことには限界があるだろうと想像する。このような低頻度の災害に取り組むには、社会や企業等が組織として継続的に取り組むという意思決定をおこなうことが重要ではないだろうか。先に書いたようにBCPの取り組みもその一つである。このような意思決定を行うためには、特に産業分野でのリスク

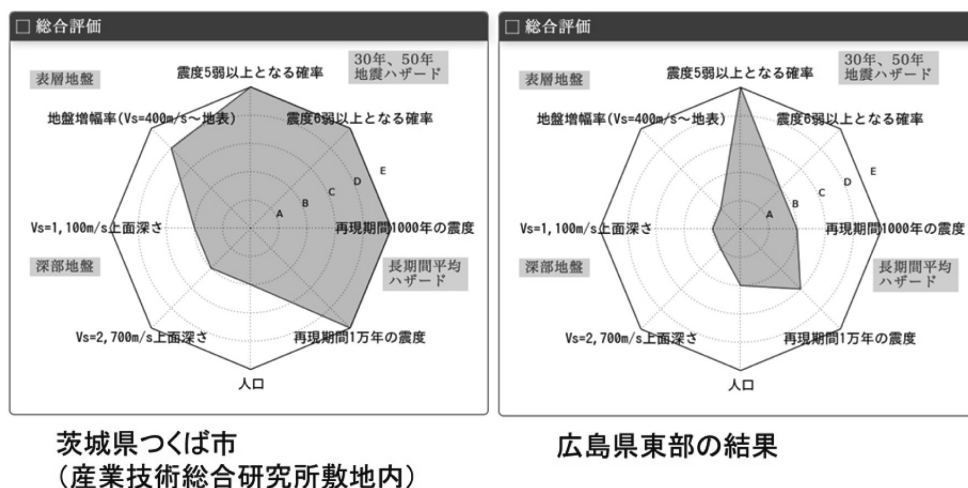


図5 地震ハザードカルテを利用した結果<sup>13)</sup>。日本列島各地点の地震ハザード情報が見られる

評価をリアリティをもって定量的に行い、リスクを相対化し他のリスクと比較出来るようにすることが重要であろう。

実際に、例えば、近い将来の発生が懸念されている南海トラフ巨大地震の被害想定でも、経済的な被害が定量的に算出されている<sup>19)</sup>。この中では、サプライチェーンの寸断による被害等、時間・空間的に拡大する被害も検討されている。しかし、この報告書でも述べられているように、被害の影響拡大の因果関係が明確になっていない等の理由で、その算定は限定的なものにならざるを得ない。これらの問題の解決を目指した取り組みもなされており<sup>20), 21)</sup>、今後は、よりリアリティをもった被害イメージを得ることができるようになるであろう。これらを基に、産業界と国や地方と一緒にその対策に取り組むことが、防災減災に効果的であろう。

#### 4. ま と め

我が国の地震対策は、これまで実際の大規模な被害を教訓としながら、より安全な社会の実現を目指して発展してきた。現在は、まだ多くの仮定は存在するが、全国地震の発生確率について一様な基準で算定を行い、これを基に地震のリスクを算定できるようになってきた。また、大規模な地震に対しては、可能な限り具体的、定量的に被害を想定し、その想定を基に対策を立てることになっている。今後、二次的な被害も含めた産業被害なども、より定量的に算定する手法を開発し、産業界も含めた継続的な防災減災対策の実行が有効であろう。

#### 参 考 文 献

- 1) United Nation University, WorldRiskReport2014, 68pp, United Nation University (2014)
- 2) Swiss Re, Mind the Risk - A global ranking of cities under threat from natural disasters (2014), [http://media.swissre.com/documents/Swiss\\_Re\\_Mind\\_the\\_risk.pdf](http://media.swissre.com/documents/Swiss_Re_Mind_the_risk.pdf)
- 3) 内閣府, 防災白書—付属資料 (2014), [http://www.bousai.go.jp/kaigirep/hakusho/pdf/H26\\_fuzokushiryoku.pdf](http://www.bousai.go.jp/kaigirep/hakusho/pdf/H26_fuzokushiryoku.pdf)
- 4) U.S. Geological Survey, <http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eqarchives/year/eqstats.php>
- 5) 気象庁, <http://www.jma.go.jp/jma/kishou/known/faq/faq7.html#9>
- 6) 建築研究所, <http://iisee.kenken.go.jp/utsu/>
- 7) 岡本耕平, 縮退時代の都市と災害リスク, 地域問題研究, 87, pp.12-17 (2015)
- 8) 河田恵昭, 防災研究所の課題「減災学の確立」, DPRI Newsletter, No.36, pp.1-2 (2005)
- 9) 地震予知連絡会, 地震予知連絡会の歩み, [http://cais.gsi.go.jp/YOCHIREN/history/1-2-4\\_strong-sp.pdf](http://cais.gsi.go.jp/YOCHIREN/history/1-2-4_strong-sp.pdf)
- 10) 地震調査研究推進本部, 全国地震動予測地図 2014 年版～全国の地震動ハザードを概観して～ (2014), [http://jishin.go.jp/main/chousa/14\\_yosokuchizu/index.htm](http://jishin.go.jp/main/chousa/14_yosokuchizu/index.htm)
- 11) 地震調査研究推進本部, 成果を社会に活かす部会報告—地震調査研究における長期評価を社会に活かしていくために— (2001), <http://www.jishin.go.jp/main/suihon/honbu01b/h14r1b.pdf>
- 12) 藤見俊夫, 柿本竜治, 多々納裕一, 地震による家屋損壊リスクの認知に関する実証研究 第 44 回土木計画学研究発表会・講演集 (2011)
- 13) 防災科学技術研究所, 地震ハザードカルテ, <http://www.j-shis.bosai.go.jp/labs/karte/>
- 14) 地震調査研究推進本部, 地震調査研究推進本部の成果の効果的な普及方策について (2014), <http://www.jishin.go.jp/main/seisaku/hokoku14g/fukyu.pdf>
- 15) 石川裕, 奥村俊彦, 藤川智, 宮腰淳一, 確率論的地震動予測地図の検証, 日本地震工学会論文集 第 11 巻, pp.68-87 (2011)
- 16) 地震調査研究推進本部, 今後の地震動ハザード評価に関する検討～2011 年・2012 年における検討結果～ (2012), [http://www.jishin.go.jp/main/chousa/12\\_yosokuchizu/index.htm](http://www.jishin.go.jp/main/chousa/12_yosokuchizu/index.htm)
- 17) Geller, R. J., Shake-up time for Japanese seismology, Nature, 472, pp.407-409 (2011), <http://www.natureasia.com/ja-jp/nature/specials/contents/earthquake/id/nature-comment-041411>
- 18) Stark, P.B. and Freedman, D., What is the chance of an earthquake?, in Earthquake Science and Seismic Risk Reduction, Eds. Mulargia, F., and Geller, R.J., Kluwer, Dordrecht, pp. 201-216 (2003)
- 19) 内閣府, 南海トラフ巨大地震の被害想定について (第二次報告)～経済的な被害～ (2013), [http://www.bousai.go.jp/jishin/nankai/taisaku\\_wg/pdf/20130318\\_shiryo3.pdf](http://www.bousai.go.jp/jishin/nankai/taisaku_wg/pdf/20130318_shiryo3.pdf)
- 20) Genchi, Y., K. Yoshida, K. Tahara, K. Tsunemi, H. Kajihara, Y. Wada, R. Makino, K. Inoue, H. Yotsumoto, Y. Kuwahara, H. Horikawa, M. Yoshimi, Y. Namegaya, I. Hasegawa, and M. Yamazaki, Comprehensive assessment for seismic risk in industry, Proceedings of The 1st Asia-Pacific Region Global Earthquake and Volcanic Eruption Risk Management (G-EVER) International Symposium, G-EVER Consortium, Geological Survey of Japan (GSJ), National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, pp.124-130 (2013), [http://g-ever.org/en/symposium/file/The\\_1st\\_G-EVER\\_Symposium\\_Proceedings\\_Volume.pdf](http://g-ever.org/en/symposium/file/The_1st_G-EVER_Symposium_Proceedings_Volume.pdf)
- 21) 恒見清孝, 吉田喜久雄, 玄地裕, 田原聖隆, 梶原秀夫, 牧野良次, 桑原保人, 地震災害総合リスク評価シミュレーションツールの開発, 本特集号 (2015)