

## 「現代社会の災害脆弱度を踏まえた 地震被害予測と減災行動への誘導策」



名古屋大学大学院環境学研究科教授 **福和 伸夫 氏**

**【福和】** 皆さん、おはようございます。きょうは、今後やってくる巨大地震の前にどんな対策を打っておくべきか、どうすれば社会が減災行動に動くか、というようなことを考えていきたいと思えます。

政府も含めて、今世紀前半には、東海・東南海・南海地震や首都直下地震が来ることを覚悟しています。このことは皆さんご存じのとおりです。これらの地震は、東京、大阪、名古屋という三大都市圏をねらい撃ちしてくる地震ですが、我々の社会が持っている災害対応力というのはごく限られています。社会の持つ対応力以下に災害被害を抑えなければ、我が国社会の破綻にもつながります。これを防ぐには、耐震化しかなく、そのためには家屋の所有者である国民全員を意識啓発するしかないということになります。そこで、国は、耐震改修促進法を改正し、災害被害を軽減する国民運動の推進もしてきました。

しかし、耐震化を率先してやっている地域と、

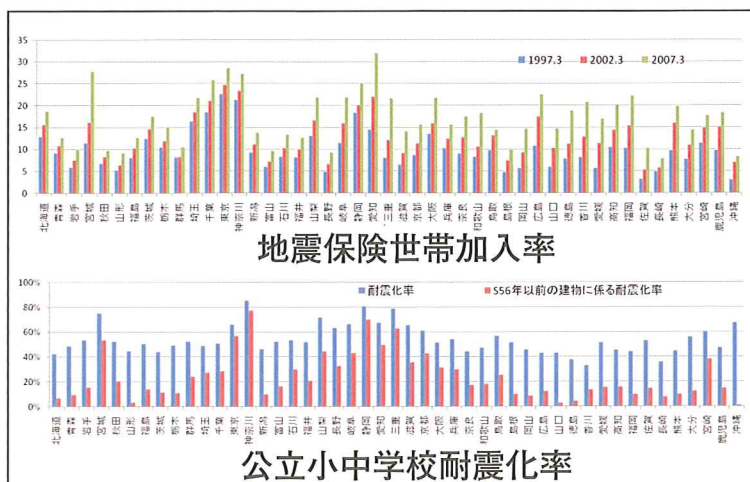
まだ動いていない地域があります。図の上側が地震保険の世帯別加入率、下側の赤色のラインが昭和56年以前の小・中学校の耐震化率をあらわしています。日本全国で防災意識や耐震化の現状に相当な差があることがわかります。

たとえば、今日の会場のこの建物と今日の研究会。大手ゼネコンの方々がたくさん参加されている研究会ですが、建物自体はまだ耐震補強もされていないようです。このフロアにある自動販売機も全く固定されていません。さらにこの建物には、日本一の地震学者の先生のオフィスや、大地震時には被害調査の中心となる日本建築学会の近畿支部まで入っています。地震防災の重要性を叫んでいる側の人たちが、実は他人事になっていることに、今の日本の地震防災の問題点があると感じています。

多くの人たちは兵庫県南部地震のときに撮影されたコンビニの映像を何度も見ていると思います。でも、この映像を見ても、自分の問題としてとらえていないので、強い揺れを経験した

この京阪神地区でも全く防災対策が進んでいないのです。

戦前には、よほどの大都市でなければ2階建ての建物なんてつくらずに平屋建ての建物を使っていました。このEディフェンスでの木造家屋の倒壊実験映像を見ていただいたらわかりますように、2階建てで1階の柱が支える重さが大きく、1階と2階の剛性バランスが悪く、1階の柱梁接合部の耐力が不足しているため



に、1階が平行四辺形になってつぶれ、命を落としていくということになります。戦前に多かった屋根の軽い板葺きの平屋の建物であれば倒壊の仕方は相当に異なるだろうと思います。

それから、もう1つは、家の中の問題です。昭和の南海地震や東南海地震が来たときの時代には、家の中に大きな家具なんてほとんどありませんでした。それが、現在は家具だらけ。家の中の危険物が圧倒的に増えています。

そして、地震後には多くの家屋が延焼します。この理由は非常に単純で、それは家と家がくっついているからです。かつての南海地震、東南海地震が来たときは、多くの場所では家と家はそんなにくっついていませんでした。

一方で、消防力というのはどのぐらいあるかというと、大体人口千人に対して一人の消防士です。2交替制でお休みの方もいますので、人口三千人に一人の割合になります。この消防力で、普段は、人口50万人に対して1件くらいの火災を消しています。これに対し、たとえば愛知の場合には、東南海地震が起きた日に発生する火災の件数は、10年分の火災件数になります。ですから、現状の消防力では消せません。だからこそ、すべての原因である家屋の耐震化を進めない限り、この国はもたないという結論を国として出したのだと思います。ですが、このことが社会に十分に受け入れられていません。そこが問題になっています。

この表は四川の地震の被害のボリュームを、兵庫県南部地震、岩城・宮城内陸地震、東海・東南海・南海地震の被害と比較して示しています。東海、東南海、南海地震の被害はおおむね四川地震の被害と同じスケールになります。し

四川大地震 M8.0	兵庫県南部地震 M7.3	岩手宮城内陸地震 M7.2	東海・東南海・南海地震 M8.7
被災者4624万人(3%) 被害金額15兆円(4%) 倒壊779万、損壊2459万 被災面積44万km <sup>2</sup>	被災者300万人(3%) 被害金額10兆円(2.5%) 全壊10万戸 (半壊・間接被害)	被災者数万人 被害金額1400億円 全壊23戸、半壊47戸 火災4件	被災者4000万人(30%) 被害金額80兆円(16%) 全壊100万戸 (火災1/2、間接被害1/4)
死者・行方不明8.7万人 (0.2%&0.6/万)	死者6.4千人(0.2%&0.5/万)	死者・不明23人	死者2.5万人 (1%&2/万)
負傷者3万 避難者150万 テント・仮設330万 (12m <sup>2</sup> )	仮設住宅5万 (26m <sup>2</sup> )		
操業停止6443工場 家畜4462万頭			
四川省 8700万人・49万km <sup>2</sup> GDP15兆円(5%)	兵庫県 560万人・8400km <sup>2</sup> 工業出荷額14兆(5%)	岩手&宮城県 370万人・2.2万km <sup>2</sup> 工業出荷額6兆(2%)	愛知県 735万人・5100km <sup>2</sup> 工業出荷額4兆(15%)

かし、中国と日本の国力は十倍違います。四川は中国のGDPの5%程度を占めています。これは日本における兵庫県と同程度です。東海、東南海、南海地震は、日本の国の数割が被災する地震ですから、何も対策をしないでしたらこの国は大変なことになるのはだれもが分かるはずです。でも、動いていないんです。

ところで、歴史の変化と地震の関係を見てみると、我々の国は、多くの地震が頻発した時期に歴史が変わっているようです。大正の関東地震から戦後の福井地震までの地震の発生と様子と、歴史的出来事を対比してみると、地震と歴史との間の関係を感じます。被害地震と歴史の関係を見ることで、我々の地震観を変えて行く必要があるのではないかと感じています。

主な歴史的できごと	主な被害地震
1904~5 日露戦争	1905.6.2 芸予地震
1914~18 第一次世界大戦	1909.8.14 姉川地震
大正デモクラシー	1923.9.1 関東地震
1923.9.7 緊急勅令治安維持/為ニスル罰則ニ関スル件 緊急勅令によるモラトリアム	
1923.9.29 震災手形	1925.5.23 北但馬地震
1925.3.22 ラジオ放送開始	1927.3.7 北丹後地震
1925.4.22 治安維持法	1930.11.26 北伊豆地震
1927.3.14 金融恐慌	1931.11.2 日向灘地震
1931.9.18 満州事変	1933.3.3 三陸沖地震
1932.3.1 満洲国建国	
1933.3.27 国際連盟脱退	1936.11.3 宮城県沖地震
1936.2.26 2.26事件	
1937.7.7 日中戦争	1941.11.19 日向灘地震
1938.4.1 国家総動員法	
1941.12.8 太平洋戦争	1943.9.10 鳥取地震
1942.6.5 ミッドウェイ海戦	1944.12.7 東南海地震
1943~44 サイパン・グアム・レイテで敗戦	1945.1.13 三河地震
1944.12.13 名古屋空襲始まる(三菱発動機)	
1945.8.7 豊川海軍工廠空襲	1946.12.21 南海地震
1945.8.15 終戦	1948.6.28 福井地震
1950 朝鮮戦争勃発	

また、地震というのは1つだけが単独でやってくるわけではなく、たくさんの地震が連続してやってきます。例えば近畿地方で言えば、南海地震の前に北但馬地震や北丹後地震が起きていたわけで、前後には鳥取や三河、福井でも起きています。こういうたび重なる災害がどういう順番でやってくるかわからない。首都直下地震がやってきた後で地震が来てしまうと、大変な状況になってしまいます。

もう1つ、つらいシナリオがありそうです。1回前の東南海地震、南海地震のときには、堤防で守られているような場所には人間は余り住んでいなかったということなんです。今は堤防が崩れたら生命の危険のある人たちがものすごく多い。一方で、地球温暖化で風水害の危険度が高まっています。たび重なる地震災害がやってくる中で、す

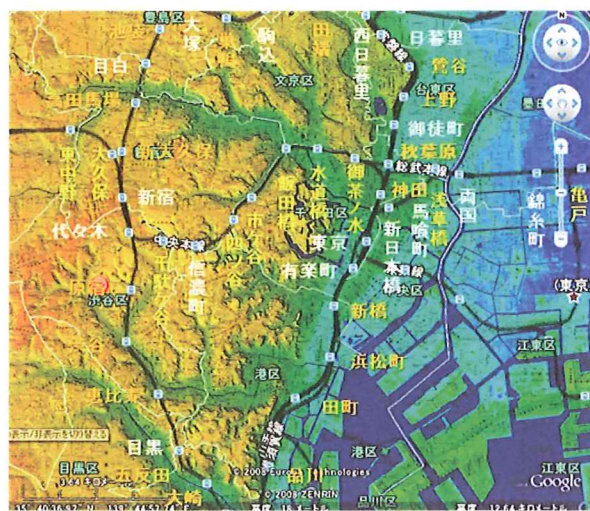
ぐに堤防とかを直すことができる力を我々が持っているかどうか、建設業者の力が弱っている現状を考えるとそこがもう1つのネックです。すなわち、これから我々が考えていかないといけないのは、単一の災害ではなくて、地震に加え、風水害も含めて複合型の災害に対して備える必要があるということです。

1993年から毎年のように地震が発生しているのに、それでも国民は動いていません。多分、その一番大きな理由は、平日昼間に起きた地震が1個しかなかったということが原因していると思います。しかも、人が余り住んでいない場所での地震だった。だから、国も、国民もわがことと感ずることがなく動こうとしなかったのだと思います。

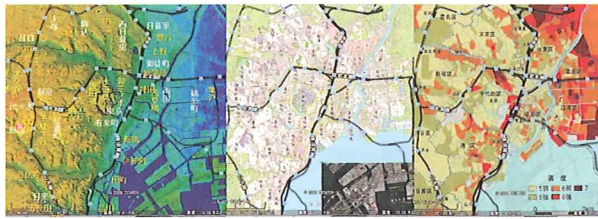
このような話をすると、大げさだ、日本は今まで平気だったじゃないかとしかられることもあります。その理由は非常に単純で、人があまり住んでいなかったからだと思います。また、多くの建物はよい地盤の上に建てられ、屋根も軽く平屋だったのでそんな簡単に人が死ぬような壊れ方はしませんし、家屋がまばらなら一軒が燃えても周辺には燃え移りません。家具もありませんから、室内での家具転倒の危険性もありません。電気や水道などライフラインは何も使っていないので、地震が起きた直後から普通の生活に戻ります。そもそも我々、生きるために毎日の生活をしていましたから非常に生きる力が強かった。しかも、自然が怖いことを前提にして社会を営んでいた。そして、大家族でしたから、年寄りを若者が守ることができる。年寄り世代を超えて災害の教訓を孫に伝える。また、農耕社会ですから、地域のつき合いがすぐできていた。基本的に災害に強い社会になっていました。

比較項目	戦前	現在	現在の危険度
まちの立地場所	良好な地盤	軟弱な地盤	強い揺れ、液状化危険度
住宅密度	隙間配図が大きい	密集住宅地	高い揺れ危険度
住宅の構造	平屋・葺きき・板葺き	2〜3階建・瓦葺、中〜超高层住宅	耐震余力の減少、長期増築懸念
建物の場所	1階	2階以上	強い揺れ
家具	少ない家具	大量の家具	室内危険度の増大
建物の規模	低・小	高・大	即時被災増大、救出困難性
ライフライン	ランパ・燈・井戸・汲水便所	電気・ガス・上下水・EV	生活困難者、高齢住民の難民化
電力発電施設	小規模な水力発電が山岳部に分散	大規模な火力発電所が埋立地に集中	一部の原子力火力発電に依存しすぎ
交通・通学手段	徒歩、居住近接	鉄道・車、遠距離通勤	交通手段で避難困難、帰宅困難
交通の幅・速度	地上走行・遅い速度	高架・地下・高速	強い揺れ、衝突・脱線危険度
放送・情報通信	ラジオのみ	ラジオ・TV・Internet・電話・携帯	強い情報依存
社会システム	自律分散的、汎長性	中央集約的、相互依存	集約化が強い社会
地域コミュニティ	自律的・地域内互助	希薄	行政頼み、ボランティア頼み
家族の形態	大家族、家族内で緊急救助	核家族、緊急世帯、介護士頼り	次世代への伝承、緊急世帯急増
団結性	自律的・自助・互助・バングラース	行政頼み・審判的・無責任・他責	生きる力の衰退
子育の営む方	集団での野外の遊び・生きる技	一人でのゲーム遊び	生きる力の衰退

それに比べて今の時代は随分変わってきてしまいました。よく揺れる場所にまちを広げ、よく揺れる建物をつくり、そして、家屋を密集させて延焼危険度を増やし、部屋の中は非常に危険な状態にし、電気、ガス、水道に頼り切って、そして、高速鉄道がなければ移動ができないぐらいにまちを広げ、そして、生きる力を失ってしまった現代社会。こういう社会にしてしまうと、何か1個不具合が生じただけで皆に波及する社会になる。それじゃ、やっぱり弱い。それから、人間の生きる力も弱っているから、ある程度以上被害が出てしまうと精神的にダメージを受けやすくなる。日本人は、精神的に追い込まれたときにもものすごく残酷なことをした経験を持っています。太平洋戦争や関東地震のときの私たちの行動を思い出すべきです。災害に弱くなった現代社会というのは、ハードを壊したらおしまいになるというような視点を持っていないといけません。だからこそ何が何でもすべて都市を耐震化しないとイケないということになります。

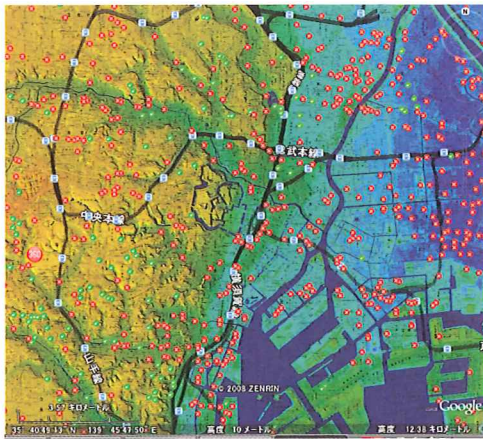


これは東京です。どういうまちをつくってきたかということ、東京を例にして見ていきたいと思います。現在、明治、江戸の時代の地図を切り替えてお見せします。そして、江戸と現在を比較すると、水のあるところをずいぶん埋めていることが分かります。「谷」「くぼ」「川」「橋」「田」「岸」などの地名も多く見えます。デジタル標高地図や関東地震のときの震度分布と見比べると、地盤の軟弱なこれらの場所の揺れだけが強くなっています。



この揺れの強い周辺は、あらゆる面で我が国の中心になっています。とくに皇居の周りは超高層ビルで埋めつくされています。長周期地震動に対して超高層ビルがよく揺れるというのは今や常識であります。その一番揺れる一番高いところに各社の社長さんが座っていらっしゃいます。危機管理ができていないということがよくわかります。

地盤の良否の考えるきっかけとして地名は役に立ちます。これはバス停の場所を良い名前(緑)と悪い名前(赤)で比較して示しています。バス停の名前というのは町名変更しても余り変えませんか、昔の名前が残っています。バス停の名前と関東地震の震度や地盤の硬軟を比較すると、もの見事に対応しています。先人たちは地名の中に災害危険度を残してくれたということがわかります。



由來	小分類	良好	軟弱
地形	山地	山尾 稜 峰 嶺 巒	
	台地	岡 丘 台 坂上	
	傾斜地	坂 阪	
地物	みさき		崎 岬
	瀬戸・海		瀬 洲 沼 湾
	水辺		川 河 江 湖 池 沼 溪 谷 谷 窪 池 窪 下
	入江		谷 窪 池 窪 下
地質	岩盤	砂 泥 礫 層	
	砂 泥 礫 層		
植物	森林	杉 竹 松 萩 芦 菅 葎 葎	
	水辺の植物	葎 葎 葎 葎 葎 葎	
生物	水鳥	鶴 鷺 鴨 鵜 雁 雁 雁 雁	
	水生生物	貝 魚 魚	
当て字	山の生物	椿 菅 根	矢 候 久 候 手 梅
	その他		
	や(谷)		
	く(窪)		
	く(窪)		
	う(窪)		
	す(窪)		
	す(窪)		
	ふ(窪)		
	い(窪)		
つ(窪)			
状態・現象	高低	高上	下 下
	潮汐		潮 汐
動作	水		渡 渡 深

もうちょっと嫌な話をします。これは、東証一部上場会社の本社のある場所をプロットしました。このことからいろんなことが見えてきます。大事なものが軟弱地盤に集中しています。

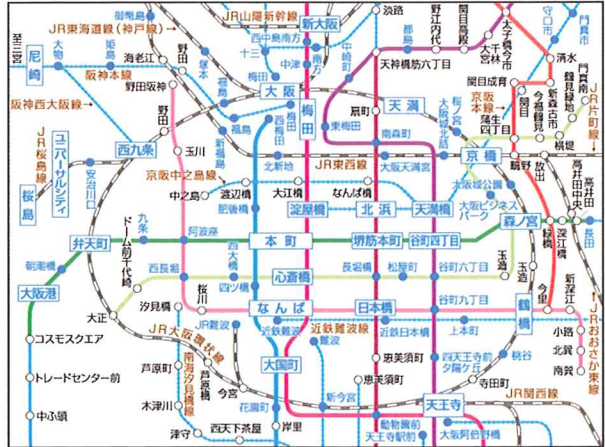


最近、僕が大事だと思っていますのは、災害の危険度を納得し我がことと思ってもらえるようにすることです。そのときに、昔どうだったかということ伝えると効果的です。これが150年前の霞ヶ関、虎ノ門、日比谷、品川です。これは全部広重の浮世絵です。私たちがこの150年間でどのぐらいこのまちを改造してきたかということが、とても良くわかります。



霞かせき 虎の門外あふひ坂 山下町日比谷外さくら田

大阪もついでに見ておきたいと思います。大阪というのはもともと上町台地だけが陸だったのに、どんどん埋めていきました。だから、水



の都と呼ばれたんだと思います。そう思いながら大阪の地名を見ると、見事です。島、橋、橋、堀、弁天、島、川、田んぼ、田んぼ、江、島、田んぼ、島、島。

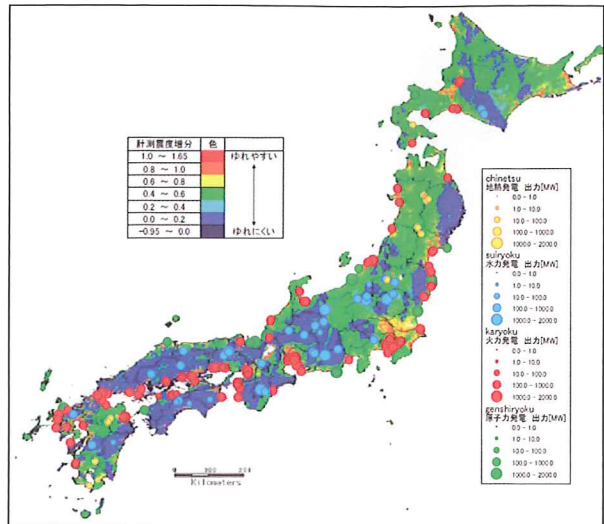
東海地震と東南海地震が連動したときの4つの地点での揺れを、動画でお示します。一番良く揺れている地点は、かつて碧海と呼ばれていたところで、東南海地震のときにもよく揺れた場所なんです。当時は、多くは農地でしたが、今は、住宅地や、発電所、大規模工場などが集積しています。作られている建物は、地盤の硬軟や揺れの大小にかかわらず、建築基準法に適合するように作られているので、当然、これらの場所では被害が大きくなるはずです。

これは液状化の分布図と自動車関連工場の位置を重ねています。どこの地域でも同じですけども、戦後、災害危険度が高い農地や海岸を一生懸命埋めて、そこに大規模な工場や発電所を作りました。それで、この国を早期に復興させようとした。その結果、とても豊かな国になりましたが、逆に災害危険度が高くなりました。

我々が知っておかなくてはいけないことは、建築基準法に基づいて建物を造っている場合には、建物の強さは地盤のよし悪しにはよらないんだということです。幾ら建物が強くて、周辺が液状化してしまうとライフラインは途絶する可能性があります。また、輸送網も使えなくなります。そういうことを考えた上でサプライチェーンの間で事業計画を考えないとぐあいが悪いわけです。

この図の赤っぽい色がよく揺れる場所なんですけど、実はそこに日本の火力発電所の多くがあります。効率を良くするために、大都市の周辺の埋め立て地に集中させていますから、リダンダンシーは不足気味になります。

もう1つ、問題があります。日本は東西で50ヘルツと60ヘルツと周波数が異なります。東西を融通する周波数変換能力は100万キロワット程度しかありません。我々は2億キロワット程度使っていますので、そのうち0.5%しか融通ができません。首都直下地震が起きた



ときには、西からは救えないし、東海・東南海、南海が来たときは東からは救えないということになります。すごく真剣な議論が必要だと思いますが、今の世の中は、「心配です」と言った瞬間にたたかれてしまいがちです。みんな「大丈夫です」としか言えない社会をつくってしまっているように思います。本当に大事なことを本音で議論しながら、安全なまちをつくっていくことがしづらい時代になったと思います。

さらに、嫌な話が続きます。今度は、高さによって建物の揺れ方がどう違うか見ていただきます。

高い建物ほど建物は柔らかくなります。その結果、建物の高さによって、小刻みに揺れる低い建物とゆったり揺れる高い建物といった形で揺れ方に違いがでてきます。最近、長周期地震動の問題が話題になっています。南海地震のような巨大地震が発生すると、大阪平野のような大規模な堆積平野では、長周期の揺れが長い時間続くということが分かってきました。この揺れが苦手なのが背の高い建物です。最近では揺れを小さくする免震や制震もあります。ちょっと実験してみます。こういうダンパーをつけると、全然揺れません。これが制震です。もしも具合が悪くても、それを直すことができる技術はすでに持っているので、まずは、敵の正体と自分の實力を知り、問題が有るかどうかを把握して、必要が有れば直せば良いということです。東京では、超高層建物を揺れにくくする制震改修も行われています。それから、免震という技

術もあります。例えば免震装置をここにつけてみると、全然揺れなくなります。地面だけが動いて、建物は揺れない。でも、免震や制震の設計をするときには、敵である地震動の性質を十分に良く知る必要があります。下手な設計をすると免震のほう揺れてしまうということもあります。これは、しっかりした技術を持っている人しか使っちゃあいけない道具です。

長周期地震動についてはみんなが少し心配し始めています。昨年、三木にあるE-ディフェンスを用いて高層建物や免震建物の実験をしました。結果も公表されています。

私たちは、社会を少しでも防災行動に誘導するために、いろんな道具を今づくり始めています。高層ビルの揺れを再現する体感型振動台、津波を再現する小型実験装置、それから室内がどうなるかということを見せる小型振動台など、私どもでたくさんつくって、あちこちで利用していただいています。たとえば、部屋の写真を撮って、予測した部屋の揺れでその写真を前後左右上下に動かすことで、自分の部屋がどう揺れるか経験できるシステムもつくっています。こういったようなものをお見せすると、多くの方々が、耐震補強、あるいは家具固定をしてくれます。それから、自分の部屋の中で何が起こるかを体感しておけば、本番でパニックにならず冷静に行動もできます。さらには、備えの行動が進むと考えています。

そのときのことを正しくイメージし、備えの必要性を納得し、他人事と思わず我がこととして災害対策を始めなければ、結局日本人は何にも行動しなくて、来るべき東海地震、東南海地震、南海地震までに対策を打たずに大変な悲劇を迎えることになります。何が起きるかを予想しており、世界で2番目にお金もあり、技術もある日本が、やろうと思えばやれたのに、何もやらなくて何百兆円というお金を失い、世界に大迷惑をかけたとしたらどうなるのでしょうか。大変、心配です。

最後に、大阪の消防力をお見せします。予想される被害に比べてこれっぽっちなんです。いかにそのとき大変かということが容易にわかり

ます。もう1つ困ることがあります。幾らゼネコンが大丈夫でも、使える重機がなかったり、実際に働いてくれる建設労働者がいなければ、役に立ちません。国も府も市も電力会社もガス会社も、地元建設業者と多重に防災協定を結んでいます。ですから、絵に描いた餅なんです。

最後に、寺田寅彦さんが75年前にしたためた『天災と国防』という文章を読みあげてみたいと思います。このような文章が75年も前に書かれているのは、現代人としては恥ずかしいと思います。

きょうは、少しでも皆様に行動をはじめて頂くために、どちらかという悪い側のシナリオについてお話をしてきました。だから、すべてがこうなるというわけではありません。まずは、研究会に参加されている皆様が我がこととして今のようなことを実感していただいて、率先して行動して頂きたいと思います。自宅の家具固定と耐震化をちゃんとして頂き、その率先する姿を他の方々に見せることが、本当の減災へとつながっていくと思います。

ということで、私の話は終了でございます。ご静聴どうもありがとうございました。(拍手)

**【講師紹介】 福和 伸夫 氏**  
名古屋大学大学院環境学研究科教授

1979.03 名古屋大学工学部建築学科卒業  
1981.03 名古屋大学大学院工学研究科修士  
1981.04 清水建設(株)  
1991.04 名古屋大学工学部助教授  
1997.04 名古屋大学先端技術共同研究センター教授  
2001.04 名古屋大学大学院環境学研究科教授