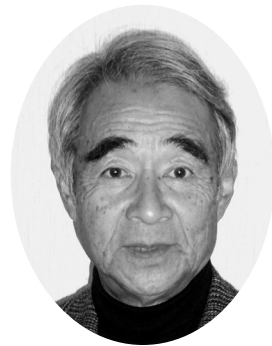


《公開講演会記録》

東北地方太平洋沖地震で
何が起きたのか

武蔵野学院大学特任教授 島村 英紀



地震学者、そして地球物理学者として生きてきた私にとって、2011年3月に起きた東北地方太平洋沖地震（東日本大震災）は衝撃的なものだった。環太平洋地域のあちこちで起きてきていたマグニチュード（M）9クラスの超巨大地震が「いずれ日本付近でも起きる可能性がないわけではない」ではなくて、「いま、日本で起きてしまった」ことの衝撃であった。

残念ながら、地震予知研究は日本でも約半世紀前の1965年に国家計画として始まってから、期待されていたほどは進んでいない。じつは当初はバラ色の未

来が見えていた。しかし、そのバラ色は1970年代の後半から、日本に限らず世界のどこでも、消えてしまった。詳しくは拙著『「地震予知」はウソだらけ』（講談社文庫）を見てほしい。

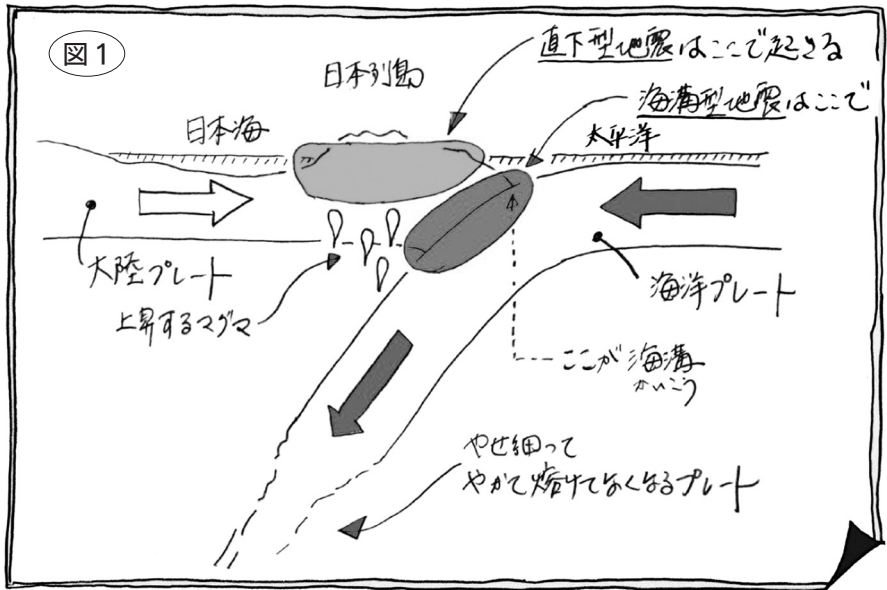
地震予知は今回の地震の予知も含めて、過去一度も成功していない。これからも近い将来に可能になることはないと思っている。

しかし一方で地震学は全体としては、それなりに進歩してきている。「いつ起きるか」以外の、どこで、どのような地震が、なぜ起きるかという研究は、かなり進んできている。

日本を襲う2種類の地震

日本を襲う地震には2種類ある。海溝（かいこう）型地震と内陸直下型地震である（図①…日本を襲う2種類の地震）。東北地方太平洋沖地震は海溝型地震で、1995年に起きて阪神淡路大震災を引き起こした兵庫県南部地震は内陸直下型地震だ。

地球の表面はプレートといわれる岩の板でおおわれている。その厚さはタマゴを地球の大きさに拡大したときに、ちょうどタマゴの殻ほどの厚さになる。タマ



ゴと違うのは、その殻がいくつにも割れていて、そのお互いが押し合っていることだ。世界には大きなプレートだけでも7つ。小さなものを入れると何十というプレートがある。そして、このプレート

断層の動きが震源の上にある海水を動かす。このために津波が生まれて、大きな被害を生んだ。一方、内陸直下型地震は、日本列島を載せているプレートが、別のプレートと

同士の衝突が地震を起こすのである。日本付近は4つのプレートが押し合っているところだ。4つものプレートが押し合っているところは世界でもめったにない。これが、日本が世界でも有数の地震国になっている理由なのである。

この2種類の地震のうち、海溝型地震は、海溝の近くで起きる。海溝とは、海底に溝のように深く、長く伸びている谷状の地形だ。プレート同士が押し合っている最前線で、このプレートの押し合いが地震なのである。海溝では片方のプレートが押し合いに負けて、地球の中に沈みこんでいっているから、その海底だけが溝状に深くなっている。

東北地方太平洋沖地震は、東日本の太平洋沖、約150〜200キロメートルにあって南北に伸びている日本海溝でのプレートの押し合いが大地震になった。

の押し合いでねじれたり歪んだりして起きる。このため、日本列島のどこでも起きる可能性があるのが特徴だ。

この内陸直下型地震には、活断層が起すもののほか、活断層がないところで起きるものもある。岩手・宮城内陸地震(2008年、M7.2)も、マークされていた活断層とは関係がない直下型の地震だった。じつは近年、日本で起きて被害を生じた直下型地震のほとんどは、活断層としてマークされてはいなかった場所で起きた地震だった。

直下型地震が次にどこを襲うか、残念ながら現在の学問では分からない。日本のどこを襲っても不思議ではないのが直下型地震なのだ。そして、直下型地震で恐ろしいことは、直下型として起きるがゆえに、海溝型地震よりもずっと小さな地震でも、大被害を生むことがあることである。

たとえば阪神淡路大震災を起こした地震のMは7.3、これは東北地方太平洋沖地震に比べると、地震のエネルギーとしては350分の1しかない。しかし、神戸や淡路島という人口密集地の直下で起きたために、6400人以上の犠牲者を生んだほか、家屋の全半壊は25万戸を超えるほどの甚大な被害を生じてしまった。

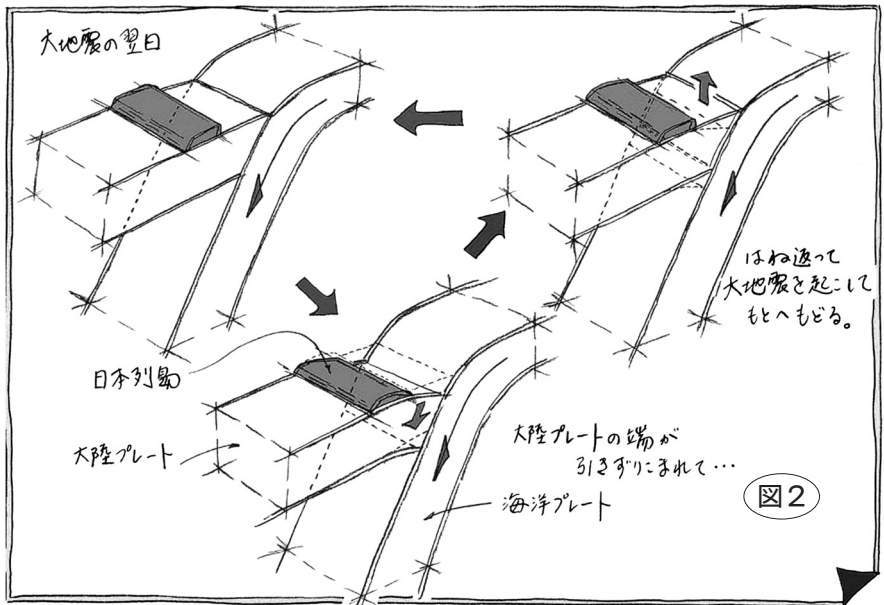
海溝型地震がくり返すメカニズム

海溝型地震とは、海溝で起きているプレートとの衝突が引き起こす地震である。日本海溝では東から来る太平洋プレートと、西から来る北米プレートが衝突している。

地震の現場で何が起きているのかが正確に分かったのは、それほど前のことではなく、約半世紀ほど前のことだった。これは物理学の発見としてはずいぶん遅く、たとえばニュートン力学の発見やX線の発見よりも、はるかに後のことだった。

それによれば、「地震断層(だんそう)」が地震を起こしていたのだ。断層とは岩の中にある割れ目だ。ひとつながりだった岩が割れて、割れ目を境にしておたがいに滑ることが、つまり地震なのである。ひとつながりの岩ではなくても、別の岩どうしの境が滑るのも地震断層だ。こういった地震を起こす地震断層(震源断層)は陸にも海底にもあるが、海溝で押しあっているプレートとプレートの境は、世界でもいちばん大きな地震を起こす断層なのである。

しかも、その地震は繰り返す。一度、



断層が滑り大地震が起きても、それだけで終わりではない。プレートは年に数センチの速さで動き続けている。海底では、大地震が起きた次の日から、その次の大地震を起こす準備が、早くも始まっている

のである。

こうして断層はプレートが動いていてもしばらく我慢をしているが、やがて我慢しきれなくなると、また滑って大地震を起こすのだ(図②…海溝型地震のくり返し)。

2回や3回ではない。たとえば太平洋プレートは1億年以上も動き続けているから、地震は、何十回も何百回も、いや気の遠くなるほどたくさん、同じようなものが繰り返してきている。日本人が日本に住み着いたよりもずっと前から、地震は起こり続けてきているのである。

次のエネルギーがたまるまでの期間は、数十年とか百数十年というのが海溝の大地震には多い。人の一世代よりは長い。「天災は忘れたころにやってくる」という名言も、この時間間隔から生まれたのである。

海溝型地震とは、日本の沖合の海底でのプレートの押し合いで起きる地震である。この海溝型地震は、起きる場所も、起きるメカニズムも、かなり分かっている地震だ。この種の地震が起きる場所は日本の場合、日本の太平洋岸沖と、北日本の日本海岸沖の2カ所だけに限られている。

ところで、海溝付近で起きる海溝型地震には、専門的に言えば「プレート境界地震」と「プレート内地震」との2つがある。プレートの押し合いの結果で起きる「プレートの壊れかた」で区別しているのだ。東北地方太平洋沖地震はプレート境界地震だった。海溝でも、ときにはがプレート内地震が起きる。1933年に三陸大津波を生んだ地震は、三陸沖の海溝近くで起きた、このプレート内地震だった。

ところが、まぎらわしいことには、この「プレート内地震」には、海溝付近で起きないものもたくさんある。10万人以上の犠牲者を生んだ中国の内陸部で起きた四川大地震（2008年）も、兵庫県南部地震も、プレート内地震だった。

海溝でのプレートの押し合いで起きる地震が、押し合いの結果、どういふかわれかたをするかは、本質的な違いではない。このため私はこの「プレート境界地震」と「プレート内地震」という専門的

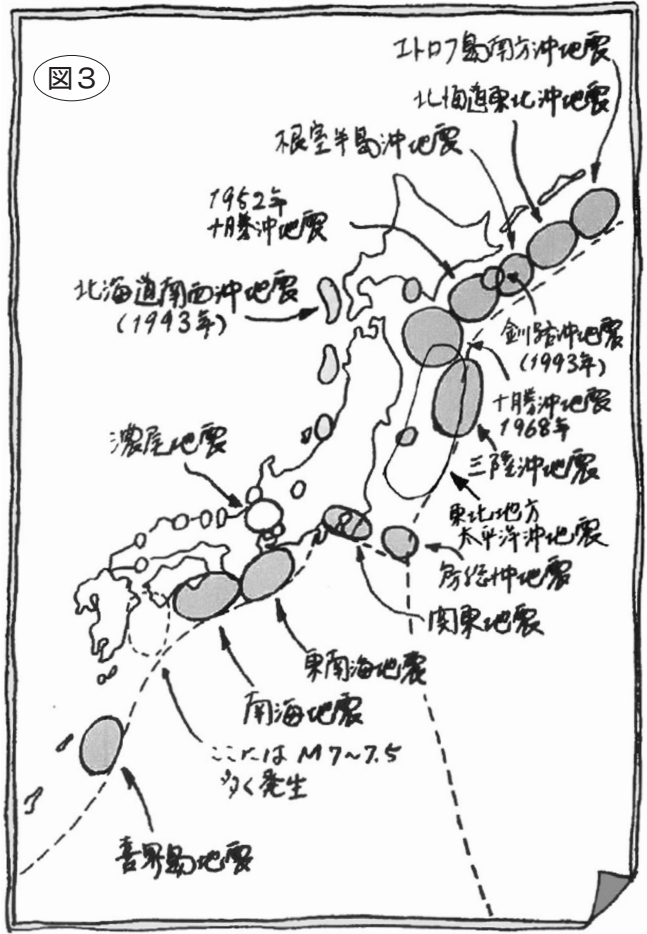


図3

ない方をせずに「海溝型地震」と言っている。

東北地方太平洋沖地震の震源で起きたこと

海溝型地震は、北海道から沖縄まで、日本の太平洋岸沖のあちこちで、昔からくり返し起きてきている。十勝沖地震（2003年）や四国から紀伊半島の沖合で起きた南海地震（1946年）のよ

うな地震だ。

しかし、東北地方太平洋沖地震はこれらの地震の数個分が、ドミノ倒しのようになっている。地震断層の動きが次々に隣に伝わっていったのである。このため、地震の震源の大きさは南北で約450キロメートル、東西の幅は約200キロメートルにも達した。この震源の大きさは、近年、日本に起きた地震としては最大のものだ。（図3）東北地方太平洋沖地震の震源41）このためにM9という超巨大な地震になっ

てしまったのだ。じつはこの種の超巨大な地震は世界で初めてではない。いままでもチリ地震（1960年）やアラスカ地震（1964年）など、環太平洋の各地で起きている。大津波が発生してインド洋沿岸の各国で22万人以上の犠牲者を生んだスマトラ沖地震（2004年）も、同種の地震である。これらの地震はいずれも大きな津波を生んだ。M8クラスの地震がくり返し起きてい

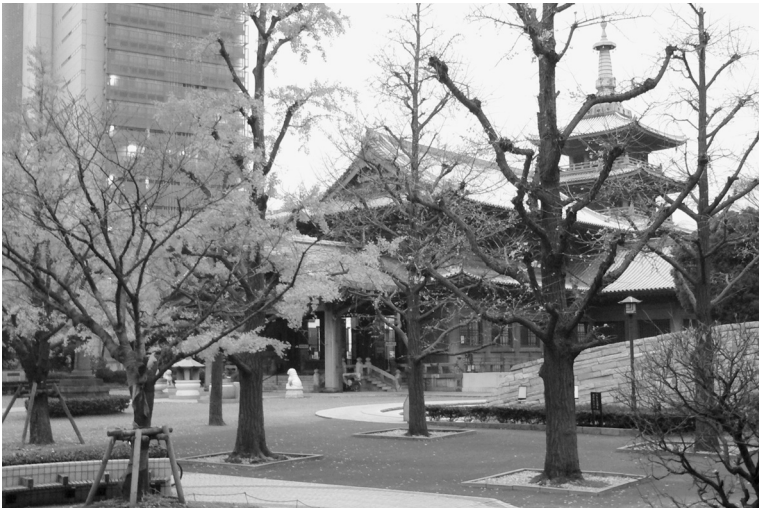
る場所で、なぜ、その何回かのうちの1回が、ドミノ倒しの超巨大地震になるのかは、残念ながら、まだ分かっていない。しかし今回の東北地方太平洋沖地震が襲ってきたから調べなおすと、過去に日本を襲った地震にもこのような超巨大地震があったのではないかと、ということが分かってきている。

そのひとつが宝永地震（1707年）である。いまの静岡県から高知県の沖までを震源にして起きたこの地震は、東北地方太平洋沖地震に匹敵する大きさの地震ではなかったかといわれている。

東北地方太平洋沖地震のときに、広い範囲で大きな地殻変動が起きた。宮城県の牡鹿半島では地震のときに東南東方向に5・3メートルも動き、1・2メートル沈下したことが分かっている。この地殻変動は、遠くに行くにつれて小さくなっていったが、それでも東日本の全域に及んだ。

そして、震源が大きかったために大きな津波が生まれて、それが北海道から千葉県まで、広い範囲を襲って、たいへんな被害を生んでしまった。「津波の波高が大きく」しかも「広い範囲から津波が生まれた」ので、被害を及

ぼした範囲が広がったのである。このように震源が大きかったから、たとえば東京のすぐ東にある千葉県浦安市でも震源の南の端からはそう遠くなかったのに、地震の被害が出た。ここはむしろ海底だったところを大規模に埋め立てて、東京ディズニーリゾートや新興住宅地を造ったところだが、今度の地震で液



東京・横網公園の震災祈念堂。関東大震災ではここで3万人以上が焼死。（写真はすべて講師撮影）

状化の大きな被害を受けてしまった。陸地での揺れは、宮城県栗原市で最大震度7を観測するなど、これも広い範囲で強い震度を観測した。仙台では震度6弱（仙台市宮城野区では震度6強）、東京でも6年ぶりの震度5、大阪でも震度3だった。

しかし、地震の大きさのわりには、この地震による建物などの倒壊は大きくはなかった。

たとえば震度7を記録した栗原市での最大加速度は2933ガルだった。これはもちろん大きな加速度だが、過去に起きた岩手・宮城内陸地震（2008年、M7.2）の地震では、岩手県一関市で4022ガルの加速度を記録している。なお、この岩手・宮城内陸地震のときの最大震度は岩手県奥州市と宮城県栗原市で6強だった。このほかにも、過去の内陸直下型地震では今回の東北地方太平洋沖地震での最大加速度を超える値が何度も記録されている。

東北地方太平洋沖地震では、震源がドミノ倒しで巨大なものに拡がっていったために、地震が発生した地震波の周波数スペクトルが、ほかの地震とは違っていた。なぜこうなったのか分かっていない。しかしこのために、木造家屋に甚大な

被害を及ぼす地震の波の周波数が、地震の大きさのわりには大きくはなかった。木造家屋や低層の建築物がいちばん壊れやすい周波数は1〜2秒前後なのだが、この周波数帯域での振幅が、地震計でたまたま記録された宮城県塩竈でも同県築路大震災の神戸市内（神戸市須磨区、葦合区）での揺れよりも小さかった。不幸中の幸いだったというべきだろう。

これから起きる地震に備える

静岡県を中心として東海地震が起きるのではないかということが1970年代からいわれている。しかし、警告されてから、地震が起きないまま、30年以上がたってしまった。

しかし、この先何十年も起きないことは考えられない。そのうえ、近頃では東海地震が単独で起きるのではなく、宝永地震の再来のような超巨大な地震として起きる可能性が年々高くなってきていると考えられる。いままでの東海地震への備えだけで十分なのか問題になってきているのだ。

そして、もうひとつ怖いのが、東京とその周辺を襲う直下型地震である。地震



震災祈念堂・熔けた工場の鉄柱

の歴史を見ると、江戸や東京が襲われた直下型地震は多い。なかでも安政江戸地震（1855年）は内陸に起きた地震としては日本史上最大の1万人以上の犠牲者を生んだ地震である。

阪神淡路大震災のように、直下型地震はたとえMがそれほど大きくなくても、人口密集地の直下で起きると大きな被害を生む可能性が大きい。

じつは首都圏の地下には、日本付近にある4つのプレートのすべてが集まっている。このため、2つのプレートが衝突しているほかの場所に比べて、4つのプレートそれぞれが他のプレートと衝突して起きる地震は他よりもはるかに多い。このために、江戸や東京は頻繁に直下型地震に襲われてきたのだ。

不思議なことに関東大震災（1923年）以後、首都圏の直下型地震は異様に少ない状態が続いている、しかし、この静かな状態がいつまでも続くとは思えない。

あいにくなことに、日本の地震の歴史は地震のたびに、それまでにはなかった震災が生まれてきて、対策がいつも後追いになってきた歴史だった。

たとえば1964年の新潟地震のときは、地震ではじめて石油タンクが燃えて15日間も消えなかった。また液化化現象で、河原に建っていた鉄筋コンクリート5階建ての県営アパートが仰向けに倒れてしまった。

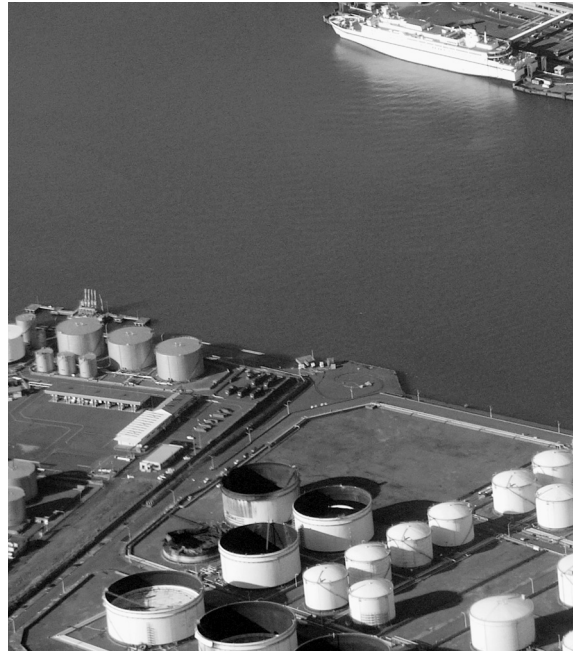
宮城県沖地震（1978年、M7.4）は仙台市とその周辺を襲って、それまで日本では経験されたことがなかった都市型の被害をはじめて生んだ地震だった。

多くのマンションで玄関の鉄のドアが開かなくなってしまった。ガスや水がス

トップした都市生活がどんなに大変なものか、人々は初めて思い知らされることになった。またブロック塀や門柱の倒壊による死者が死者の半分以上もあった。どれも、いわば新興住宅地型の、新顔の地震被害だった。

しかし、この地震で目立ったことはそれだけではなかった。この地震では、全壊した家1200戸のうち99%までが、第二次世界大戦後に開発された土地に建てられた家だった。つまり昔の人が住むのを避けていた軟弱な土地や、斜面を切り開いたり盛り土をした宅地造成地に建てていた家が倒れたのであった。埋め立て地やこういった柔らかい泥の地盤は、その地下にある基盤の揺れを何倍にもしてしまふことがあるのだ。

2003年十勝沖地震では、苫小牧市にある大型石油タンクが中に入っていた燃料が燃え尽きるまで燃え続けた。その原因は「長周期表面波」によるスロッシング（液体の共鳴）でタンクの蓋が破損したためだと考えられている。また中越地震（2004年）では、M6・9の地震



全焼した苫小牧の石油タンク

震が250キロメートルも離れたところで起きたのに、六本木の超高層ビルのエレベーターを吊っていた主ワイヤーが切れた。東京の震度は3だった。この種の長周期表面波は、新顔の都市型の被害を生む可能性が高いのである。

そして今回の福島での原発災害。世界の原発で最初の地震被害だった。いうまでもなく、いままでの地震災害ではなかった新しい原発の災害が、どこで終息するのか分からない様相が続いている。

このように地震のたびに、いままでにない新しい種類の被害が出てきている。

地震の被害も文明とともに「進化」してきているのである。

地震は弱者をねらい打ちにする

神戸市と瀬戸内海を見下ろす高台にある神戸大学の構内には、阪神淡路大震災で犠牲になった同大学の学生の慰霊碑が建っている。そこには39名の名前が刻まれていて、なかには外国人留学生の名前もある。

この地震が起きたのは午前5時46分だった。地震には十分強く造られているとお墨付きがあった新幹線のレールを支えていた橋桁が8カ所も落ちてしまった。新幹線が朝6時に走り出す直前だったから、橋桁が落ちたための事故が起きなかったのは、運が良かったとしか言いようがあるまい。

もしこの地震が昼間に起きていたら、新幹線や高速道路では重大な事故が起きていたに違いない。しかし一方で神戸大学の学生たちは死なずにすんだかもしれない。というのは、神戸大学には倒壊した建物はひとつもなかったからである。

この39名の学生のうち37名は下宿が潰れたために亡くなった。神戸大学の学生に特別に自宅生が少ないわけではない。

自宅から通っていた学生に比べて、下宿生のほうがはるかに死者が多かったのだ。気の毒なこと、この下宿生たちは自宅生たちよりも、また神戸大学よりも弱い建物に暮らしていたのだ。

神戸大学の

学生に限らず、亡くなった方々の医師による遺体検案では、死者のほとんどが地震後10分間以内の圧死だった。つまり、いったん大地震が起きて家が潰れてしまったら、国際救助隊が来ようが自衛隊が来ようが、救える人命はごく限られてしまうのだ。

建設省（現国土交通省）建築研究所の調査では、古い家やビルほど倒壊率が高かったことが分かった。しかも1981年以前に建てられた建物にとくに大きく、1972年から1982年までの建物がそれに次いだ。古い家がシロアリの被害



東京・数寄屋橋の関東大震災記念碑・彫刻は北村西望氏

などで老朽化していたということもあったが、主な理由は、建築基準法や耐震設計法が1971年と1982年に段階的に強化されてきたためであった。

もし、学生下宿のような老朽化した木造家屋がもっと新しい家に建て替えられていたり耐震補強がされていたら、阪神淡路大震災の死者は5分の1以下になったという試算もある。つまり阪神淡路大震災では古い家に住み続けなければならなかった人々が選択的に犠牲になったのであった。

日本だけではない。1971年に米国

カリフォルニア州ロサンゼルスのおすぐ北でサンフェルナンド地震が起きたときの死者は65名を数えたが、そのうち45名は老朽化したある病院の建物が壊れたために犠牲になったものだった。つまり、この病院さえ壊れなければ死者は70%も少なくてすんだはずだったのである。

地震は自然現象で人智を超えたものだ。しかし震災は、地震と人間社会が重なったときに起きる社会現象である。地震に襲われるのは日本に住む以上、やむをえないとしても、震災を小さくくい止めることは、人間の知恵なのである。

（2011年12月1日・講演会）

講師略歴（しまむら ひでき）

専門は地球物理学（地震学）

1941年 東京都生まれ 東大理学部卒、東大で理学博士号取得後、東大助手、北海道大学教授、国立極地研究所を経て武蔵野学院大学特任教授
《研究での航海歴》97回（海底地震観測、海底地球物理学研究）
合計乗船日数…2003年までに955日

《海外渡航歴》76回（海外学術調査、国際学会）…合計1608日