

大都市の災害低減に向けての研究の歩みと展望

1. 地震防災にかかわる社会の動向とセンターの研究
2. 現地地震調査・研究歴の概要
3. サイスマミックマイクロゾーニングに関する研究
4. 都市施設の調査とその耐震性の系統的把握
5. 災害時の人間行動と人的被害
6. 都市社会の災害対策実態把握と災害の社会的影響
7. 海外調査研究と国際比較
8. 大都市企業防災力の向上に向けての提言

望 月 利 男*

要 約

この記念号で、筆者は自身とセンターを中心とする都市防災研究の過去、現在、将来について書くことを志した。だが、それらをまとめることは筆者の手に余った。また、過去については本誌38号でそれをかなり紹介したつもりである。そこで、この小文では自分史を中心に、また筆者が現在考えていること、ならびに現在進めている研究、計画している研究を紹介することにした。

筆者が地域（都市）地震防災を手がけて、もはや本年で29年になる。その手始めは1964年新潟地震の調査や、河角学説に基づく東京都防災会議・地震部会の設置などに伴う防災行政調査・研究の開始とそれへの参加等であり、そのような環境下でのエリアの地震防災に向けて今日までその途を歩んできた。地震防災学は基本的に経験の学問である。それ故筆者は災害現場で可能な限り将来の災害対策への教訓を学んできた。そのとき、行政の防災調査・研究は筆者にとって常に大きなバネとなってきた。被害想定や地域危険度測定で筆者が手がけた事項で実証的・科学的でない課題への答を災害現場に求め、それを理論的にも検証することをモットーとしてきた。かくして建築の耐震工学から、やっと最近地震工学さらには地域（都市）地震防災学へと途を広げてきた。それは、古い・やや古い地震を追跡すること、それを近代地震学の手法でフォローすることなどで大きな成果を挙げたことと自負している。そのようなプロセスを経て、災害時の人間行動や死傷に至るプロセスの調査研究、また海外調査研究を開始するとともに災害社会学とも呼ばれる分野へもアプローチするに至った。

現在は、企業の防災力を如何にしたら高められるかに重大な関心を持っている。それには多分「防災経済学」なる分野での研究の展開が必要不可欠である。東京を守るために、それこそが筆者にとっての都市防災研究の目標である。

* 東京都立大学都市研究センター

1. 地震防災にかかわる社会の動向とセンターの研究

1964年、故河角広東大教授が、鎌倉での強震発生の周期69年±13年なる学説を発表し、南関東での次の強震が1978年から2004年の間に発生する可能性が高いことを強調するとともに、震災対応の緊急性を説いた。このことは、当時、国内はもとより海外にも紹介され極めて多くの人々の注目を集めた。東京都はこうした背景の中で、複合災害である地震災害に関し“災害種別に被害を想定すること”を目的として、1964年に東京都防災会議地震部会を設置し、震災対策立案のための種々の基礎調査研究を開始した。

ほぼ同時期、東京都江戸川区は、区内の急激な無秩序ミニ宅地開発の進行を抑制するとともに、再開発をも含めた防災都市計画のための調査研究を企画した。このプロジェクトチームは地理・地質、土質・基礎、耐震、都市計画の研究者により構成された学際的なものであり、中野尊正都立大学名誉教授（元センター研究員）、筆者他のセンター防災研究グループのメンバーも参加し災害危険度ポテンシャルの軽減を骨子とした街づくり案が作成された。これは、いわゆる防災マイクロゾーン・セッションの先駆的調査研究と位置づけられよう。

なお、この年は筆者が現地で実地震による地域（都市）災害調査を初めて体験した新潟地震の発生、ならびに建築基準法が改正され我国でも“超高層建物”の建設が可能になったこともあり都市防災研究面からも画期的な年といえる。

1971年、東京都は世界的にもエポックメイキングといえる震災予防条例を公布した。このように都市（地域）地震防災研究は行政のニーズとして研究者や関連学会に大きな影響を与えるようになったのである。東京都の研究成果は、まず条例に基づき1975年第1回の『地震に関する地域危険度測定調査報告（区部）』として公表され、ついで1978年『東京区部における地震被害の想定に関する報告書』が刊行された。前者は、約4年、後者は実に14年の調査研究の成果である（ただし、“地

域危険度”には後者の途中成果が活用された）。

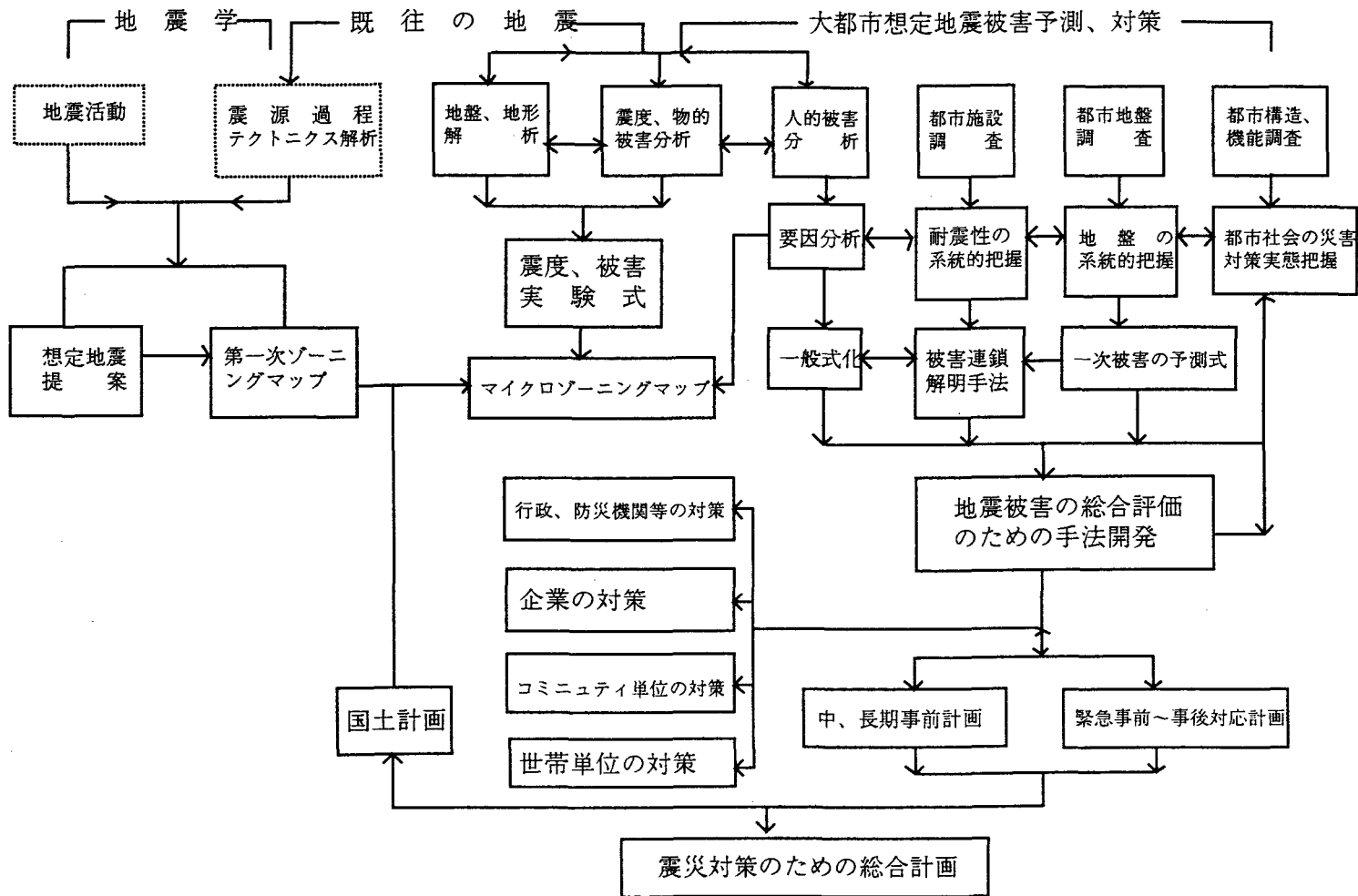
1964年から12年後の1976年、石橋氏（当時東京大学助手）が発表した「東海地震の発生危険説」は、前記の河角学説と同様にその後、大きな社会現象を巻き起こした。それは1978年の中央防災会議による『大規模地震対策特別措置法』として正式に国の法律として承認され、そこで指定された地震防災対策強化地域とその周辺の自治体は競って地震対策のための調査研究に着手するようになる。この1978年には“伊豆大島近海地震”、“宮城県沖地震”なる2つのイベントも加わり、地域地震防災研究は大きな社会的ニーズとなり、この分野の研究者が急増するに至った。

本センターの設立は1977年4月1日であり、センターにおける震災予防の公式な意味での組織的研究は、この日以降ということになるが、メンバーの幾人かは、すでに多くの自治体での防災対策のための調査研究の中核的役割を演じていたし、上記の2つの都の調査研究に参加してきた。その意味で東京都をはじめとする広域を対象とする研究視座を確立しつつあった。

その後、“地域危険度測定調査”は区部2回、多摩2回目が実施公表され、“被害想定”も「多摩地区」について公表され、さらに最近、上記2つの東京全域に対する震災予防調査が実施された。この間、国土庁による南関東一都三県を対象とした被害想定ほか、我国各地で県や市単位の同様な調査が実施されたり、その見直しを含め実に多くの自治体で震災対策のための調査が実施されつつある。

それらにおいて、本センターにおける研究成果が少なからず活用されていることを明言しておきたい。すなわち、センターの「防災研究グループ」は、開設以来、緊急の社会的ニーズのゆえに常にセンターの中心的役割を担い、研究者の育成に務めてきた。

さらにセンターでは、上記の防災行政にかかわる作業体験や基礎研究の蓄積を踏まえ『大都市の緊急防災システムの最適化とその効率的運用に関する総合的研究』（略称：防災システム研究）を実施している。



付図 震災予防に関する総合的研究の系統図

この研究は現在と近未来の大東京圏の災害脆弱性の計量的評価を実施するとともに、諸々の災害の発生期・災害拡大期など危機的局面で、被害の波及を緊急に防御するためのハードからソフト、行政から住民までの様々なレベルでの装置・体制などのすべてを含む最適防災システムの確立と、それらのシステムのダイナミックな連係と運用を被害態様との関連で考究し、東京都を中心とする大都市の地域防災計画および防災都市計画の立案に資することを目的としている。

この小文では、主として筆者が上記のようなセンターの都市防災研究の歩みのなかで行ってきた研究活動を紹介するとともに、この分野で重要となる今後の研究や施策を考える。なお、以下の研究は“付図 震災予防に関する総合的研究の系統図”と関連付けて示す。

2. 現地地震調査・研究歴の概要

本センターの設立時、本学工学部建設学科に所属し、センターの兼任研究員を務めることになった筆者は、全く同時期、それまで実施してきた研究のうち地域(都市)防災研究に係わる部分を『地盤と震害—地域防災研究からのアプローチ—槇書店、共著、1977年4月、初版』としてとりまとめた。この書の“はじめに”で、筆者は次のように述べた。

「すでに学問体系が確立し、教科書なども多くでまわっている耐震工学が地震に対して安全な個々の構造物を造ることを主な目的としているのに対し、ある広がりをもった既存の地域の震災予防を目的とする学問をここでは地域地震防災学と呼ぶ。この学問は多分に学際的である。例えば施設に限ってみてもそれらは各種地盤上に集合体として存在し、ライフラインと有機的に結合して地域を構成していることを考えれば、その震災予防に関する研究は新しい観点からの総合的アプローチが必要となることは明らかであろう。しかし、この学問はまだ揺籃期にあり、現在防災行政の緊急要請により一応の結論が出され新聞などでも報道されている被害想定課題などについても科学

的論拠、実証性をもって解明された部分はわずかである。筆者らも十数年来各地の防災会議などが企画する調査研究に少なからず参加するとともに、地域地震防災学の進展のために地道な基礎研究を継続しつつある。

本書の目的は主として地盤の地震時挙動および既往の地震における地盤と震害の關係に基盤をおき、まず第一次地震災害にアプローチしようとするものである。最近、サイスミックマイクロゾーニング、すなわち、地震危険度からみたミクロな地域分類が学術用語として定着しようとしている。この最も基幹をなすものは震源を考慮した各地区の地盤と被害危険度の關係であろう。著者らは、このアプローチにおいて最も有力な手法は既往の地震災害と地盤の關係を最新の手段と情報を基に再検討すること、また、被害地震が発生した場合、総合的、体系的に詳細な調査を行うことにあると考えている。」

この文章は筆者が16年以上も前に書いたものだが、本年1月15日に発生した釧路沖地震を体験した今日でも全く新鮮さを失っていない。「地震防災学も多分に経験の学問である」が筆者のモットーであり、常に求められてきた地震被害想定技法の科学的論拠などは実際に起こった被害地震の調査と分析、その理論的検証を主たる方法として得られるとの立場で研究を展開してきた。以下に筆者が調査した主な地震と得られた結果(応用性を含む)の概要を示す。なお、研究の進展とともに、やや古い地震や古地震の追跡もっており、とり上げる地震の順番は発生年代順というより、おおよそ研究年次に合わせる。また付図の“既往の地震”研究に対応するものである。

(1)1964年新潟地震(M7.5)

この地震で起こった現象、すなわち砂質地盤の液状化が、その後の筆者の研究の方向を規定した。当時、筆者は大学院修士課程の2年生であった。卒業研究は鋼杭支持力機構を専攻していたため、土質力学の勉強はしていたが、実際にあのような被害現象が起こるなど考えたこともなかった。それはいかなる研究者、構造技術者にとっても青天の霹靂であった。新聞、ラジオ、TV(普及しつ

つあった)の災害情報から、これは地域災害であり如何に多くの建物とその基礎、地盤の資料を集めるか。そして、それらと被害の関係を明らかにするかが、この地震調査の課題と考え、調査票を作成し、それを約500部ほど用意し、合わせて下げ振り、傾斜計、巻尺などをもって現地入りした。約2週間で425棟の主として鉄筋コンクリート造建物を調査した。事後の分析で解ったことの主な結論の内容は以下のとおりである。

①液状化発生程度は現地形やその形成史でおおよそ説明付けられる。また、土質力学的に言えば、被害が集中した地域(大規模液状化発生地域と呼ぶ)は、地表より8m以深まで、砂地盤の締り方を示す値であるN値が平均10以下の砂層から成る。

②ある深さ(xm)のN値が、一定のN値よりも小さい場合、液状化が生ずる。その限界のN値を N_L と呼び、 N_L とxの関係が次式で表されることを見出した。

$$N_L = 1.35x + 0.4 \quad (1)$$

但し、(1)式は一つの条件に過ぎず、もう一つの条件である「 $N < N_L$ の砂層の存在深さ及びその層厚と被害の地域差、すなわち大規模液状化発生地域とそうでない地域の差」を定量化した図を合わせることにより、液状化の地域差が説明できることを示した一液状化の判定方法の提案一。

③大規模液状化発生地域では、鉄筋コンクリート造建物の90%強が被害を受けた。そこで被害をうけなかった建物は、当時の基礎杭設計法で支持杭と呼ばれる基礎に支持されていた建物で、その設計要求を満たし、非液状化層(N値 ≥ 30)に約1.0m以上、杭が打ち込まれていた場合である一液状化危険地域の基礎杭の設計法、あるいは被害危険度判定法の提案一。

④復旧費からみて、③の条件を満たさない基礎の建物は、その57%以上が半壊以上の被害をうけた一液状化による建物の被災度予測手法の提案一。

⑤後年の木造建物の被害調査結果より、上記大規模液状化発生地域におけるこの構造の建物は新しい、古いにかかわらず、基礎が無筋の場合10.5%が全壊、15.4%が半壊した(復旧費等からの総合

評価)一木造建物の液状化による被害(被災度)予測手法の提案一。

以上の分析結果は、今日に至るまで我国のほぼ全ての被害想定調査等で活用されている。

(2)1968年十勝沖地震(M7.9)

この地震で八戸港湾で記録された地表地震波は地震規模が大きいことから、そのままあるいは計算により硬い層の波に変換し、1923年関東大地震を想定した被害想定等の入力波として用いられている。この地震での筆者の調査研究成果は以下のようである。

①現在まで定量(科学)的な知見が極めて乏しい地盤と鉄筋コンクリート造建物の被害の関係についてである。調査した建物は学校建物71棟であるが、この地震で学校校舎が集中して被害をうけたことはよく知られている。小、中学校校舎の設計は相当マニュアル化されており、平面図、壁量などがよく似ており、この地震を契機にその耐震性が見直されている。筆者は、上記のうちで同程度に耐震性の低い建物でも地盤により被害をうけたものうけなかったものがあることを見出した。

その結果、地盤の悪いと言われる沖積低地で大きな被害をうけた学校はなく、むしろ東京で言えば台地(両者とも火山灰より成る)で全ての被害が発生していることが解った。但し、被害率の大小は、N値30程度ないしそれ以上の硬質層までの深さが10mを超えるかどうかで明瞭に区分される。すなわち、上記の層厚10m未満の地域での中破以上は6.7%であるのに対し、10以上の地域では、その値は66.7%に達する(いずれも耐震性の低い校舎に限定した場合)。この成果は、『多摩地域の地震に関する地域危険度測定報告 東京都昭昭和55年』の第3章4)鉄筋コンクリート造建物の地盤条件による危険度評価で応用された一鉄筋コンクリート造建物の震害と地盤の関係一。

②この地震の場合、木造建物被害も上記と同様に振動被害に限定した。結論として、建築年代と全壊率の関係を示す。昭和31年以降に建てられた建物の全壊棟数比(倍率)を1.0とすれば、昭和21年~昭和30年の建物では、その1.14倍、昭和20年以前の建物では2.06倍となる。被災地域では、昭和

30年代に至ってもなお建築基準法が定める耐力壁式構造は普及していないことから、以上の建築年代による全壊棟数比の違いは、主として老朽化による強度差といえる。この結論は、上記の東京都の報告書ほか各地の被害想定などで現在も活用されている一木造建物の建築年代と被害の関係の定量化一。

(3)1974年伊豆半島沖地震 (M6.9) など

この地震は直下型地震なるマスコミによる造語を産んだイベントである。また「床下地震」なる見出しも紙面に現れた。筆者も初めて活動したばかりの地震断層を地表で3ヶ所、直接見出した。それも建物被害を追いかけながら、断層の露頭にたどりついたのである。前記までの液状化や振動被害とは異なる断層活動による建物などの直接被害を実際に見ることができた。まず石廊崎で建物被害を追っていたが、実に奇妙な被害モードであった。振動被害のそれではなく、建物がねじれ、亀裂は基礎から建物上部に向かう縦亀裂などが特徴的であった。さらに被害範囲は狭く、道路をはさんで両側の約2宅地で顕著な被害がみられ、それが線状に連なっていた。そして、この集落で2ヶ所の断層の露頭に遭遇したのである。家々は外見上はさしたる被害でなくとも、一階の床板は食い違いを起こして破壊されており、コンクリート造の布基礎は断層直上およびそれに雁行する地割れ部でせん断破壊され、最大40cmも右ずれ（食い違い移動）を起こしていた。石廊崎の地盤は表層約3mが堆積物、その下は岩盤である。

もう一つの主要被災地入間地区は、人口平坦地で厚さ10mを越える砂層からなる。この下を断層破壊が進行したのだが、厚い表層土のため被害は広域にわたる。すなわち、筆者はこの地震の主要被災地の建物全数調査により、マグニチュード6.9の直下型浅発地震の断層による直接被害モードと広がり、地盤と被害の関係を明らかにした。

さらに、この地震の被災地で墓石の転倒による震度（加速度）分布の調査を行い、1976年「単体の運動から地震加速度を推定するための研究—単体の動的挙動の解析—、日本建築学会論文報告集、第248号」で、1891年濃尾地震 (M7.9) 以来、行

われてきたこの手法の有効性とその限界を理論的に検証した。この手法は、什器や家具などの地震時転倒問題にも応用可能であり、事実その後今日でもなお、様々な分野で、このプログラムは活用されている。

1975年4月21日午前2時36分に大分県中部地震 (M6.4)が発生した。正に深夜の直下型地震である。筆者は当時の都災害対策部長ほかと直後に現地入りした。この地震を有名にしたのは大分国体の時完成し、現在の平成天皇夫妻が宿泊した九重レクタサイドホテルの倒壊である。災害に「もし」はないのだが、一階ロビーに人々がいる時間帯にこの地震が発生していたら、数十人の犠牲者が生ずるほどの壊れ方であった。マグニチュード6.4の地震とは震源至近傍での主要動の継続時間は十秒足らずである。深夜であった故に人的被害の面から言えばラッキーであった。

この地震の人的被害は重傷3人、軽傷19人のみである。全ては一瞬間に起こった。人々が目を覚ましたとき、全ては終わっていた。上記のホテルでも2階に修学旅行の中学生達が宿泊していたのだが、筆者のインタビューに彼らは「何が起こったのかわからない。ただ気が付いたらベッドごと下にたたきつけられていた」というのである。彼らの中には負傷者はいない。これは首都圏では参考にならないかも知れないが、深夜の中級直下型地震では、むしろ人的被害は発生しにくいともいえる事例である。

このレベルの地震では断層は地表には現れない。だが、建物被害などには直接断層の動きによると思われる被害が相当数見られた。この地震でも墓石転倒による加速度分布を調べ、その成果は例えば東京の立川断層が部分的に活動したとの仮定で青梅市の被害想定に活用した。

また、伊豆半島沖地震の調査と合わせ『最近の内陸直下型地震の調査報告 東京都立大学地震研究グループ、1976年、総ページ数188頁』としてまとめて刊行した。

(4)1978年伊豆大島近海 (M7.0)・宮城県沖地震 (M7.4)

前記したように、この年は地域（都市）防災に

とってエポックメイキングの年となる。1月14日の正午過ぎ伊豆大島近海地震が発生する。この地震の被害状況は上記の伊豆半島沖地震と良く似ており、振動による被害はどちらかといえば軽微であり、発現した地震断層による直接被害（地変による）が目立った。建物の全・半壊はその断層から13km以内に限定されることおよび墓石転倒調査により加速度分布がわかったことが主な成果である。

そして、6月12日午後5時14分宮城県沖地震が発生したのである。既に述べてきたように中級の内陸直下地震による大被害の多くは、崖崩れなどを含む地盤変状に起因しており、振動による大被害（全壊など）と建物の諸性状の関係などを調べ得るほどの資料は得られない。宮城県沖地震は、そのような意味でも、前記の十勝沖地震以来の大地震といえる。それ故、筆者らは極めて多角的な調査を実施した。そのうちの主な成果を以下に示す。

①木造建物

仙台市東部低地での調査から、まず建築年代と全壊率の関係でいえば、昭和20年以前の建物は19.5%、昭和21年～40年では10.5%、昭和41年以降では1.0%となる。半壊率は、それぞれ23.8%、21.5%、5.1%となる。なお、十勝沖地震の被災地と同様に、仙台東部低地の昭和40年以前の建物のほとんどは筋かいなどを持っていない旧構造の建物であったことから、上記の全壊率の19.5%と10.5%の差異は老朽化の効果と考えられる。すなわち、木造建物はおおよそ20年で耐震性が半分になると考えられる。これは裸木造についてであるから、現在の都市型住宅のようにモルタル被覆では、さらに建築年代による耐久（耐震）性の劣化は大きいと推測される。とはいえ、少なくとも比較的新しい木造建物の耐震性の向上は著しい。墓石調査から推測される調査地域の震度は、我国の気象庁震度階で「6の中」程度である。

次に建物用途と被害の関係について述べる。全壊率は専用住宅1.8%、農家9.8%、店舗併用住宅7.5%であった。このことを昭和41年以降の建物に限っていえば、それぞれ0.2%、3.4%、4.8%とな

り、新しい建物でも店舗併用住宅の弱さが顕著である。一木造建物の建築年代・用途とその耐震性評価手法の提案一。

②鉄筋コンクリート造建物の震害と地盤の関係の調査・分析：

1968年十勝沖地震に次いで、この地震でも主として低層鉄筋コンクリート造建物が少なからず振動被害をうけた。それで、この地震の被災地で、無被害建物も含め相対的に耐震性が低いとみなせる154棟の建物を抽出し、十勝沖地震被災地の71棟の建物と合算し、耐震診断、基礎と地盤資料を併せ、建物に入力される地震エネルギーおよび建物から地盤に放出される振動エネルギー（地下逸散エネルギー）を考慮した地盤—建物連成系と呼ばれる数学モデルにより、この構造の建物の震害と地盤の関係を理論的に検証した。その結果、表層地盤の平均S波速度が250m/s程度で硬質層までの深さが20～30mのとき、3階～4階建てまでの鉄筋コンクリート造建物が最も被害をうけやすいことがわかった。S波速度とは地震の主要動であるせん断波の地中伝播速度であり、それが250m/sとは、この場合基礎杭の効果も含まれた速度であるから地盤のそれとしてはN値が5程度ないしそれ以上の火山灰（関東ロームなど）土層が相当しよう。なお、それはいわゆる軟弱地盤ではない。また、この解析のために、首都圏を中心とする我国の各地でこれまでに実施されてきた地盤の弾性波探査資料（高層建物や他の重要施設の設計時に実施される）を収集し、土質とその形成年代と深さ、N値などから地盤の振動解析において必要不可欠な定数となるS波速度の推定式を求めた。それはS波速度の実測資料が、そう多くはないからである。—地盤のS波速度推定式の提案。低層鉄筋コンクリート造建物など剛な構造物の地盤—構造物の振動解析手法と地震被害想定手法の提案一。

③ブロック塀・石塀などの耐震性実態調査：この地震での死者数は28人、うち19人はブロック塀、石塀とその門柱などの倒壊によったため、事後これらは地震時の危険物として大きな社会問題になった。筆者は、建設省・自治省消防庁・国土庁

の3省庁合同の“仙台都市圏防災モデル都市建設計画調査委員会”の委員を務めることになったこともあり、当時の仙台市長の協力、東北工業大学建築材料研究室、仙台市の町内会の協力を得て、塀の被害とこれらの構造実態の大規模かつ詳細な調査を実施することができた。その結果、今日の各地の被害想定等に応用されている成果のみを示せば、次のようである。

○ブロック塀の倒壊率 Y_1 (%) と地表最大加速度 A_{max} (gal) の関係;

$$Y_1 = -12.6 + 0.070A_{max} \quad (2)$$

(R=0.96: 相関係数)

○石塀の倒壊率 Y_2 ;

$$Y_2 = -26.6 + 0.168A_{max} \quad (3)$$

(R=0.91)

(2)、(3)式は、同様に筆者が提案した95%信頼区間の上限值を採用する型で用いられている。

その際、筆者が東京多摩地区(1985年の同地区被害想定報告書)で求めた戸建て住宅の棟数 x と存在件数 y (ブロック塀 y_1 、石塀 y_2) の式が用いられる。なお、このことは、その間の神奈川県(1985)、広島市(1985)の調査でも検証されている。

$$y_1 = 0.30x \quad (R=0.98) \quad (4)$$

$$y_2 = 0.04x \quad (R=0.91) \quad (5)$$

なお、以上は仙台市のこれらの塀の耐震性は我国各地のそれと違いはないとの前提条件のもとで用いられていることを意味する。

④人的被害—主に負傷者について—: 筆者が人的被害に取り組むことになった強い動機は、『東海大地震を想定した愛知県における被害の予測調査報告書(その3)[人的被害]、愛知県防災会議地震部会、1980』の作業である。この時点まで、人的被害の想定は、東京都防災会議(1978)の手法があったのみである。それは古典的な地震時における住家の震害と火災(焼失)棟数と死および負傷者数の関係の回帰式であり、静岡県も同手法により人的被害想定を行った。筆者は、この方式では最近の地震災害における人的被害は全く説明付けられないことから、1978年宮城県沖地震を契機に1964年新潟地震までの人的被害の実態を追跡し

た。それは各地の警察、医師会、病院等に対してである。以下、まず宮城県沖地震の仙台市で得られた回帰式を示す。

仙台市について;

$$\text{重傷者数}(Y) = 0.07(\text{住家全壊数} + 0.5\text{住家半壊数} + 0.03\text{住家一部損壊数}) - 0.815$$

$$(R=0.976) \quad (6)$$

$$\text{軽傷者数}(Y') = 1.43(\text{住家全壊数} + 0.5\text{住家半壊数} + 0.05\text{住家一部損壊数}) + 11.6$$

$$(R=0.985) \quad (7)$$

仙台市以外の市町村について(重・軽傷区分できず);

$$\text{負傷者数}(Y+Y') = 0.047X^{1.248}$$

$$(R=0.93) \quad (8)$$

$$X = \text{住家全壊数} + 0.5\text{住家半壊数} + 0.04\text{住家一部損壊数}$$

となる。愛知県での人的被害想定では、名古屋市をはじめ市街地では(6)、(7)式、農村等を主体とする比較的人口密度の低い地域では(8)式により、振動による人的被害(負傷者)数を想定した。当然、木造住家の被害予測棟数は前もって算定した数値を採用した。

ところで、この愛知県の被害想定における液状化発生危険地域での人的被害の予測では、1964年新潟地震の新潟市における追跡調査結果をそのまま応用した。新潟市における死者は11人、重傷者16人、軽傷者109人とある(新潟市、1964)。一方、追跡調査の結果からは間接死を含めた死者は16人、重傷者21人、軽傷者85人の原因別内訳が判明した。このことから、振動被害(宮城県沖地震)と同様、液状化による原因別人的被害を新潟市の木造住家被害棟数と人的被害数の関係を用いて愛知県各地の値を類推した。液状化による人的被害の特徴は、避難時の転倒・転落などが主要原因となることにある。すなわち、地下水の噴出や水道管の破損、河川堤防の損壊などにより冠水(泥水である)した道路を避難するとき、目に見えない地割れや陥没に足をとられて死傷するケースが多いということである。

(5)1983年日本海中部地震(M7.7)

この地震は、日本海側の(巨)大地震、そして

日本海側ではまれな津波による死者が100人発生したことで、その後の地震学や防災研究・行政に多大な影響を与えた。筆者らは、1981年と地震の前年の1982年に発表された『秋田県地震対策基礎調査報告書 秋田県』に関係していた。その報告で、津波危険度や砂質地盤の液状化危険度について、それなりに報告（警告）はしていた。だが、前者の古地震記録などは少なく、また後者では能代市などの地盤調査資料がごく少ししか入手できなかったため、いずれも十分な記述ができなかったことを残念に思っている。

筆者らのグループは津波、墓石転倒による地表加速度の分布、液状化と物的被害、人的被害の調査を行ったが、木造建物の被害について新潟地震での被害想定手法を追認（検証）することができた。すなわち、復旧費等よりみた全壊率は8.6%、半壊率は20.6%であり、全壊率は新潟地震よりやや低く、半壊率はやや高い程度の違いであり、提案してきた被害想定手法に若干の幅をもたせれば、それでよいことが検証できた。

(6)1984年長野県西部地震 (M6.8)・1987年千葉県東方沖地震 (M6.7)

長野県西部地震の主要被災地は王滝村に限定される。筆者らはこの地震では正に総合調査を実施した。すなわち、震度、家屋被害・家屋被害（被災度判定）の調査方法の提案、人間行動、応急対応と復旧、心理的影響である。それらは5編の報告・論文として『総合都市研究 第26号、1985』に掲載した。

千葉県東方沖地震については、震度分布と行政等組織の対応、人的被害を主な研究対象とした。すなわち、筆者が地震災害につき、本格的に現地、いわゆるソフトなテーマに本格的に取り組むようになったのは、この頃からということになる。

(7)1993年釧路沖地震 (M7.8)

これは、現在とり組んでいる大きなテーマである。比較的ハードな部分については『土木施工、Vol.34, No. 6, 1993』pp.55~pp.69に発表した。それは、地盤、地震、港湾・ライフライン被害などについてである。また、文部省突発災害調査研究報告『1993年釧路沖地震による被害の調査研究

報告書、1993年3月』に「1993年釧路沖地震による負傷者へのアンケート調査」を速報として発表した。また能代市で日本海中部地震10周年を記念して行われた地域安全学会のシンポジウムにて「1993年釧路沖地震の人的被害と医療機関の被害・対応」を発表した。

この地震は、筆者の研究歴29年の間に発生した唯一の夜間の大地震であり、人間行動やそれともなる人的被害発生プロセス、組織の初動対応などは首都圏にとっても重大な課題であり、まさに総合的な大規模調査・分析を実施しているところである。

3. サイズミックマイクロゾーニングに関する研究

この課題は地震学と地震工学の境界・横断領域の大テーマであり、行政の地域地震防災調査研究の基本部分をなす。また、広義には都が条例により5年おきに行っている「地震に関する地域危険度」の測定こそがこれに相当するともいえる。また付図の“サイズミックマイクロゾーニング”に文字通り対応する。

まず基本部分についていえば、東京の場合、1855年安政江戸地震 (M6.9)と1923年関東大地震 (M7.9)が特に重要である。この2つの地震を今日の手法で見直し始めたのは、1970年代の中頃である。その動機付けもやはり、東京都防災会議による調査研究であった。

安政江戸地震は、荒川河口付近を震源とする中級の地震であるが、当時の膨大な被害（影響）地点の記述の分析から、気象庁の震度階で、おおよそ震度5以上のエリアは千葉県西部、埼玉県東部、東京区部、神奈川県東部のほぼ首都圏全域に及ぶ。烈震域、震度6以上は千葉県船橋市～松戸市～埼玉県三郷市～八潮市～東京都荒川区～文京区～千代田区～大井、そして東京湾の対岸の木更津市～袖ヶ浦町を結ぶほぼ楕円形の内部の地域との結果を得た。さらに江戸府内の詳細な被害記述の調査から東京区部低地の大半のエリアが震度6の強から震度7にも達したことがわかった。これに対し比較的震央に近い地域でも台地上、例えば番町、

麴町、駿河台、赤坂などは震度5の強か震度6の弱のところが多い。従来、安政江戸地震と関東大地震の震度分布は東京区部程度のエリアに限定すれば、ほとんど違いはないといわれてきたが、安政江戸地震の方が東部・中部低地で震度が著しく高く、西部では震動の距離減衰もあって、震度は関東大地震のそれを下まわる。

安政江戸地震における被害で統計的に扱えるのは町家と町人だけである。町人人口は約57万人(総人口約130万人、町人世帯数(釜数)は約14万と推定される。これに対し町家全壊棟(軒)数は約14,000~15,000と推定される。この数値は長屋など数世帯入居している建物でも1棟(軒)の全壊と数えているから、全壊棟(軒)数/世帯数とすれば、全壊率は相当過少評価となるが、それを承知の上で全壊率を求めれば、おおよそ10%以上と算定される。関東大地震の東京旧市内のそれは、大きく見積もっても4%であり、安政のそれは関東大地震を大幅に上回る。なお、両地震時において住家の耐震性に違いはないと考えてよい。

両地震の被害の差異で、より顕著なのは土蔵の被害である。関東大地震では全壊39棟に過ぎず、全壊率0.17%、それらは主に台地上の地区で生じた。一方、安政江戸地震では、存在棟数は不明だが1,408棟が全壊した。それも、東部下町低地区においてである。土蔵は極めて剛な構造物であり、低地地盤での共振などは考えられない。よって土蔵もまた安政江戸地震では極めて大きな地震動加速度入力によって倒壊したと考えられる。安政江戸地震の東京東部低地の加速度が関東大地震のそれを大きく上まわり、建物などが一瞬にして倒壊したことを推測させる事象は圧死者の発生率の違いにもみられる。関東大地震での東京市での木造住家全壊による圧死者の判明分は327人に過ぎない。これは、全壊住家数100に対し2.4人(他の過去の大地震でも10人内外を大きく越えるということはまれである)、一方安政江戸地震では同24人に達する。このような事実から、少なくとも現在の東京中・東部区にとって最悪な地震は安政江戸地震と同タイプの直下型地震といえるが、一般にその危険度評価の甘さを筆者は強く警告するとともに

に、今後の研究の緊急課題として「その被害想定と対策」に取り組む所存である。

このサイズミックマイクロゾーニングの研究について、筆者は実に多くの研究を展開してきた。上記、関東大地震については、全被災エリアの規模で木造建物と墓石転倒調査から推定される震度(地震動の地表面最大加速度)と震源距離・その方位分布(震度の方向性のパターン)・地形(地盤)の関係を解明した。ここに震源距離とは、工学的には地震断層面からの最短距離をとればよいことを証明した。この種の研究は、内陸型大地震として1891年濃尾地震(M7.9)、1939年男鹿地震(M7.0)、1943年鳥取地震(M7.2)、1948年福井地震(M7.3)など。海洋型(巨)大地震では、1854年安政東海地震(M8.4)、1944年東南海地震(M8.0)、1946年南海地震(M8.0)、1952年十勝沖地震(M8.1)など。中級内陸型地震の1933年能登地震(M6.0)、1936年河内・大和地震(M6.4)、1941年長野地震(M6.2)、1945年三河地震(M6.8)、1962年宮城県北部地震(M6.5)など多数に及ぶ。ただし、その幾つかについては、まだ未発表である。だが、上記のうち、安政江戸地震、関東大地震、三河地震については、近代地震学・地震工学における断層理論に基づき詳細な解析を実施しており、その成果を発表しつつあるとともに今後とも研究を続けることにより、その体系化に向けて研究を進めている。

その他、関東地方の4地点でここ20年間継続観測されている強震計による平面・立体アレー観測プロジェクトに参加し、「関東地方における入力地震動特性に関する研究」で少なからぬ成果をあげてきた。

さらに、比較的最近の東京震度5などの地震時に、東京区部、八王子市などにおいてアンケートによる高密度震度分布調査を行い、関東大地震研究や行政の防災調査研究でのサイズミックマイクロゾーネーションの検証を行うとともに、釧路沖地震や外国での地震(後述)でも、この関連研究を進めている。

4. 都市防災施設の調査とその耐震性の系統的把握

筆者が実施してきた、この分野の調査や解析についての幾つかは、すでに新潟地震、十勝沖地震、宮城県沖地震に関する記述で示してきた。それは木造建物、鉄筋コンクリート造建物とその基礎、ブロック塀・石塀などについてである。この種の調査や解析は東京都をはじめとする防災行政の調査研究で常に要求されてきた事項である（付図参照）。

1973年、東京都の第1回の地震に関する地域危険度測定作業に際し、筆者は131棟の木造建物の耐震診断を実施し、地震応答解析用モデルへの変換を行った。さらに都区内で180棟の建物を経年別を選択して、その老朽度指標を求めた。また、1978年静岡県被害想定作業において181棟の旧構法の建物の耐震性と動特性に関する資料を得た。さらに同年、各年代の建物200棟の耐震診断を実施するとともに、1979年、東京都墨田区に対し木造建物の簡易耐震診断法と補強策の提言を行った（事例として88棟の結果を得た）。これらが、前記の十勝沖・宮城県沖地震での成果とともに今日の木造建物振動被害想定基礎になった。液状化によるそれは前記、新潟地震、日本海中部地震での成果が、そのまま応用されている。

鉄筋コンクリート造建物については、前記十勝沖・宮城県沖地震の成果の他、東京都の区部第1回の地震に関する地域危険度測定（1975年発表）の作業時に、公立小・中学校校舎、公営共同住宅20棟について耐震診断を実施した。次いで多摩地区の被害想定作業（発表1985年）時に各種用途の建物368棟の耐震診断を実施した。このとき併行して作業が進められていた『地震時の放射性同位元素使用施設の安全確保に関する研究成果報告書、東京都立アイソトープ総合研究所、1981、1982、1983』の作業において鉄筋コンクリート造等の使用施設の耐震診断を行い、その安全性を確認した。それは建物30棟、およびRI廃液貯留槽（地上、地下式とも）についてである。また、1階建てから10階建ての建物の地震応答計算により、RI施設内

装置の安全性の検討を行った。それらは特に屋内容器、什器等の転倒問題についてである。また、『非木造住宅の地震による損害被害率の予測に関する研究 損害保険料率算定会 1991』の委員として鉄筋コンクリート造、鉄骨造建物の耐震診断、被害率算定手法の提案を行った。この委員会では特に1981年（昭和56年）の建築基準法、とりわけ耐震設計法的大幅改正前と後の建物の耐震性の違いが注目された。これを機会に筆者が行った大きな仕事は、それまで資料不足のため一般的手法がなかった鉄骨造建物の被害想定手法の提案である。

以下、建物基礎の実態とビル落下危険物の実態調査とそれらの被害想定への適用について示す。まず、建物基礎については、既存の建物8,325棟について、その構造・階数と基礎形式の関係等について調査した。その成果は主として液状化による非木造建物の被害予測に活用される。この成果は1991年発表の『東京における地震被害の想定研究 東京都防災会議』に適用された。この報告の作業のために筆者は東京都都市計画局より11,294棟の3階建て以上のビルに関する落下危険度調査結果の個票を入手し、主として建物建築年代と様々な落下危険物の保有実態を定式化し、その結果を上記の被害想定に導入した。

5. 災害時の人間行動と人的被害

筆者が被害想定で人的被害に関わった最初の機会は、前述の愛知県の地震想定であった。その後では東京都多摩地域での被害想定（発表1985年）においてである。この際、筆者が特に注意したのは、作成する人的被害予測式が延焼火災が生じないと仮定したケースでは、最近の地震である宮城県沖地震の仙台市での人的被害をも説明できること。区部の被害想定結果（1978年）を全く無視することはできない（違いについての説明が必要）。このような考え方と、多摩地域の木造被害予測値が低いことから想定地震と同タイプの関東大地震および南海地震で、全壊率が5%未満の被災地の住家被害と死傷者の関係から次式の回帰式を導

いた。なお、ここに負傷者とは重傷者をいう。

○延焼火災が発生する地区

$$\text{死者数 } P_1 = 0.093X^{0.749}Y^{0.179} \quad (R=0.96) \quad (9)$$

$$\text{負傷者数 } Q_1 = 0.096X^{1.045}Y^{0.181} \quad (R=0.99) \quad (10)$$

○延焼火災が発生しない地区

$$\text{死者数 } P_2 = 0.059X^{0.764} \quad (R=0.70) \quad (11)$$

$$\text{負傷者数 } Q_2 = 0.082X^{0.959} \quad (R=0.84) \quad (12)$$

ここに X = 住家 (全壊数 + 0.5半壊数)、

Y = 住家焼失数

なお、筆者がワーキンググループの主旨を務めた1991年発表の都全域の被害想定では、可能な限り原因別に人的被害を積み上げることを基本とした。それは、対策に役に立てることを強く意識したからである。よって原因ごとに推計式を可能な限り作成したため推定式が多く、ここでは省略する。死者は当然のことながら延焼火災で約95%という大多数を占める。それは避難シミュレーションにおける逃げ遅れによるものである。

以上は震度6の中程度までの地震についての人的被害についてだが、震度7では人々はどう行動し、死傷にいたるプロセスはどのようになるかを調べるために、その昼間帯の地震である福井地震、深夜の地震として追跡可能な三河地震の被災地での生き証人たちへのアンケートとヒアリング調査を実施した。また、津波災害時の人間行動と人的被害について南海地震についても同様な調査を実施した。この間、1987年7月米国ジョーンズ・ホプキンス大学で行われた「地震による人的被害低減と対応のための疫学的研究に関する国際ワークショップ」に参加し、上記の各地震の調査研究の英文報告を提出するとともに、我国の地震時人的被害の発生の特徴、建物の耐震性の社会・経済的背景について話題提供を行った。

このテーマには災害弱者の問題がある。国内外のいずれの地震においても女性が男性に比べて死傷しやすく、また高齢者の死傷率が高い。前者については、揺れ最中などの行動を把握しなければ

説明できないが、その点は多くの知見を得つつある。後者については家庭での対策など防災教育も含め、多くの課題が残されている。

また、地震災害ではないが、1982年長崎豪雨災害、同年の台風10号による人的被害、本年6月で発災から2年を経過した雲仙普賢岳噴火災害の教訓など多くの実績を蓄えつつある。また、釧路沖地震における人間行動と人的被害について、現在大がかりな調査分析を実施中であり、成果は近く発表する予定である (一部は既に発表している)。なお、この一連の研究の位置付けは付図を参照されたい。

6. 都市社会の災害対策実態把握と災害の社会的影響

この研究分野では、都市住民から行政レベルまでの防災意識や備え、地域防災組織の実態など、いわゆる地域の社会的防災力、それに対する既往災害の間接被害や、災害の中・長期的な影響の評価が課題になる。それは、都市型災害の総合評価で従来、調査とその評価が困難であった部分ではあるが防災対策の計画や政策理論につながるものであるがため、今後、その科学的アプローチがきわめて重要となる領域である (付図参照)。

この課題に関する事例研究として筆者らは、「1984年世田谷区洞道内通信ケーブル火災事故の社会的影響」、「同独居老人に対する影響」を調査した。地震では前述したように「1984年長野県西部地震での総合評価」を実施、また、「1987年千葉県東方沖地震での行政等組織の対応調査」を挙げておきたい。また、「1982年長崎豪雨災害の心理的影響」、「1986年台風10号水害への住民の対応」、「1986年伊豆大島噴火にとまなう住民の対応、住民への影響、組織の対応など」は、まさに災害社会学、災害心理学の分野の調査であった。その他、メキシコ市、ロサンゼルス市、サンフランシスコ市などの海外研究もある (後述)。

この分野の研究は、現在筆者の主要研究テーマの1つであり、「1991年6月 (実質的には5月末) 発災した雲仙普賢岳噴火災害の影響」、「1991年台風19号による被害と組織・住民の対応」などを実

施している。前者は、最近の幾つかの火山噴火災害との比較でも論じているが、もはや単なる災害ではなく政治問題と化している。後者の最大の教訓は、災害多発地域には「災害文化」と呼ばれる住民・コミュニティの創意・工夫が生まれるが、災害の規模が過去のレベルを越えると、それがかえって負に作用することであった。

本年1月に発生した「釧路沖地震」の被災地は、この課題にとって教訓的には宝の山である。筆者は、行政・防災機関等組織の夜間の地震に対する初動対応などの課題を考えていた。また、そのときの医療機関などの対応の在り方、家庭での備えと行動などについてである。現在、そのような面から多角的に、この地震の被災地での調査・分析を行っており、近い将来、ストーリー・シミュレーションなどの手法をも用いながら、行政から住民{世帯、個人}レベルまで、夜間の地震対策の在り方を、きめ細かく提言したいと考えている。

7. 海外調査研究と国際比較

7. 1 海外の災害現地調査

①「トルコにおける地震被害の発生と減災に関する総合的研究」昭和56年度

文部省科学研究費補助金による、期間同年7月～8月の約2ヶ月間、主な調査項目：トルコにおける建物形態と現地調査に基づく耐震強度の評価、および地震時の人的被害軽減を目的としたトルコ東部の典型的住家の崩壊モデルの単純化解析。なお、この調査で我国とトルコの鉄筋コンクリート造建物の耐震性につき実態比較を行った。レンガ造建物は我国には実例がごく少ないため、我国の建築基準法や過去の地震災害時の事例とトルコのそれを比較検討した。

②「1985年メキシコ地震の調査」。この地震発生は9月19日・20日(大きな余震)であり、筆者は11月3日より10日間、日本建築学会メキシコ地震調査団の一員として現地調査を実施した。その目的は以下の3つに大別される：大被災地のメキシコ市の各種地盤上のゆれの強さを我国気象庁の震度

階で把握すること；そのようなゆれで我国で最も起こりそうな被害事象を現地で判断すること—結果として窓ガラスを主体とするビル落下物の調査を実施—；この地震災害の社会・政治的背景と被害の社会的・経済的影響をできるだけ多くのさらに多分野の人達から聞き取ること。の3点である。

③「1987年ウィットティア地震の調査」。この地震は、ライフラインなる新語が登場した1971年サンフェルナンド地震以来、16年ぶりの大都市ロサンゼルス近傍の地震である。筆者らは米国の連邦・州・大都市(郡)の各レベルの災害対策制度とこの地震での被害と上記の制度に基づく組織の対応、ボランティアの実態と活動、応急復旧、救済の実態を調べるために直後から約2ヶ月間にわたり調査した。この時、注目されたのはやはり建物の被災度判定の手際よさであり、合計8,268棟の建物が調査された。但し、この地震の場合、民間ボランティア技術者への協力要請はなく、行政の技術者だけでなされた。

④「1987年ロマプリータ地震の調査」。この地震で筆者は10月17日午後5時04分の発震の24時間後にはサンフランシスコ空港にTVクルーとともに立っていた。空港の被害を見、説明をうけた後、まだ24時間体制でサーチとレスキューが行われていたインターステート880号線サイプレス高架橋の被災現場に向かった。この地震被害の最大の教訓は「米国の都市基盤の老朽化、それに対する耐震補強を含む公共投資などにおける無策の“つけ”」と筆者は考える。オークランド市のこの高架橋崩壊現場付近は無補強レンガ造の低所得者たちの共同住宅群からなるが、それらはほとんど全て大きな被害をうけていなかったため、そのことを強く実感した。なお、筆者の共同研究者たちは、サンフランシスコ市を中心に米国のMM(修正メリカリ)震度階方式の震度調査を実施した。ともあれ我国でなら、マグニチュード7.1の地震で震源から80kmも離れた都市(この場合サンフランシスコ市など)で重要施設が大被害をうけることなど考えられない。だが都市機能の復旧の早さ、建物の被災度判定、ボランティア制度など教訓は多く得られた。

⑤「1990年フィリピン地震の調査」。この地震はフィリピン共和国ルソン島で7月16日に発生したM7.8の(巨)大地震である。筆者は日本建築学会の調査団の出発日(9月20日)の3日前にマニラ入りし、幸運にも文部大臣に会うことができた。この調査での目的はアンケート手法により高密度広域の震度分布を把握することにあつた。なお、文部大臣から調査の目的を問われたとき、筆者は付図を示し、貴国の「国土計画にも役立つ」と答えた。この国の学校制度を調べたところ公立の小中学校は国立であった。それも交通事情などから我国より、はるかに高密度に分布していることがわかった。それで、それらの学校の先生達を回答者を選んだ。とは言うものの外国でのアンケート調査の困難さは想像以上である。それゆえ、日本でのフィリピン大使館との交渉に見切りを付けてマニラ入りし、トップの許可をとる戦術にでたのである。結果は大成功であり、その後の追加を合わせ約3万部(3万人)の震度アンケートが実施できた。それは、フィリピン側の研究者たちの協力も得られたからであり、成果は、今後のメトロマニラのサイズミックマイクロゾーニング等にも活用できる。

⑥「1991年オークランド・パークレーヒルズ火災の調査」。1991年10月20日(日)午前10時45分に出火したこの火災は米国の防災関係者をして「平常時に用意した災害への備え：緊急対応策は何の役にもたたなかった」といわしめるほど激しいものであつた。まさに指揮命令系統、それを支援する情報(通信)システム、近隣自治体間の相互応援体制など全ての危機管理システムが、もっとも重要なとき(人命にかかわるとき)機能しなかつたのである。それもロムプリータ地震を経験し、防災体勢を見直し、整えたはずなのである。調査は、1991年12月の末の1週間、および翌年の5月に1週間実施し、サンフランシスコ湾岸エリアと我国大都市圏がもつ共通の課題である地震火災に対する脆弱性につき密度の高い議論を行うとともに、今後の共同研究についても話し合い、その在り方について情報交換を行うことにした。

7. 2 都市の災害脆弱性の定量評価とその国際比較に関する研究

1991年、1992年度の2ヶ年度にわたり、センターの「都市防災研究グループ」のメンバーを中心に“国際防災の10年国民会議”の調査・研究活動の一環として、「発展途上地域における大都市の災害脆弱性評価に関する比較研究」(代表者 中林一樹)を行った。メンバーは、アンカラ、ウェリントン、マニラ、マドリッドなどで、また筆者はメキシコ市とサンフランシスコ市・郡などを訪問し、様々な都市防災面からの都市情報を収集するとともに防災体勢に関する資料収集および現地防災行政等関係者、研究者たちと意見交換を行い、本年3月それらを報告書としてまとめた。

筆者は本年度以降3ヶ年度にわたり、上記を発展させるべく「都市の地震災害脆弱性の定量評価とその国際比較に関する研究」なる研究課題で国際研究を企画・計画した。その目的と研究計画・方法の概略を以下に示す。なお、この研究には文部省の科研費補助金が配分される(代表者 望月利男)。

(1)研究目的

近年、開発途上国においては、人口の爆発的増加、その都市への集中が顕著であり、また、急速な都市化の進展は、多様な都市的機能の拡大をもたらしている。こうした都市が、ひとたび大災害に見舞われるならば、単に人的・物的被害が大きいのみならず、被災国の社会経済的活力に直接的に関わるような多大な政治・経済的社会的影響をもたらすことが危惧される。

地震災害を事例に、事前から、発災、緊急対応、復旧、そして平常化までと総合的に捉えるならば、当該都市や地域の災害に対する脆弱性は、次の三種類に区分して考えられる。

1. 地震による人的・物的被害の発生のしやすさ(空間構造に関わる脆弱性)、
2. 発生した被害への緊急対応失敗や不適切さ(防災組織に関わる脆弱性)、
3. 災害からの復旧及び事前・事後の平常時における安全管理や防災対策の不備(防災対策

に関わる脆弱性)である。そして、各々において、開発途上地域はその地域に固有の社会経済状況を反映した「災害の脆弱性」を有しているのである。

この研究は、このような観点から、地域災害を対象に、開発途上地域の都市の災害に対する脆弱性を、その都市の自然特性とともに特に社会的特徴に着目して総合的に評価する手法を構築する。なお、その分析・試行過程においては、幾つかの先進国の都市を事例調査に加え、比較解析の方法を採るものである。

本研究では以下のサブテーマを設け、それぞれのレベルの目標を達成することにより、災害対策のための基礎的方法論を提言する。

1) 都市(マクロ)レベルでの統計に基づく「災害脆弱性評価システムの開発」: 開発途上国のみならず、我国でも地方都市では防災に関連する様々なデータとくに小地域単位データの整備は不十分である。我国の地方都市を含め、事例研究として取り上げる発展途上都市及び先進都市の災害脆弱性の特性の解明と評価手法の開発。

2) 世界の地震多発地域の主要都市の都市構造と行政・住民レベルでの災害脆弱性の実態解明: 諸々の防災関連都市情報(地盤・土地利用などから社会構造まで)の収集・解析。防災組織・対策とそれらの実効性(最近の被災都市での事例研究、米国・メキシコ、フィリピンなどを含む)。防災エキスパート・市民アンケート調査等。

3) 発展途上国の主要都市における小地域(マイクロ)レベルでの災害危険度の総合評価システムの開発とそれに基づく事例研究: 我国での大都市地震被害想定、地震に関する地域危険度の再検討及び1)、2)より国状などに十分配慮した実効性ある(網羅的・規範的・画一的でない)評価システムを構築し、マニラ大都市圏、メキシコ市などに適用し、現地研究者らとの議論を踏まえ、実用化する。本研究では以上の目的を達成するため、3年の研究期間を当て、年度毎の到達目標を設定し、研究の進展を確実なものとする。

(2)研究計画・方法

①1993年度

初年度の到達目標を都市(マクロ)レベルでの統計に基づく「災害脆弱性評価システムの開発」におくが、次年度以降の作業のための資料収集・試行的分析・方法論の試考も併せて進める。後述するごとく代表者及び分担者は、すでに幾つかの外国主要都市で資料収集・都市行政や研究者と本研究遂行のための強力なコンタクトをとっており、海外出張の必要はない。また、研究過程でのデータ処理などは、現有のパーソナル・コンピュータによって行う。

以下に研究手順を示す:

1) 第一歩としての数学的記述としては、[様々な地震被害]=f[当該地域の地震入力の強さ、地域の諸特性]、で表す。ここで地震被害は、時系列的に拡大・変容していくものであり、被害発生形態・特徴などにより各フェーズにおいても区分することになる。このようなモデルは太田裕(1982)が我国の都道府県単位などの行政単位の耐震性評価のために提案・事例分析を行っている。この研究では、地震入力の強さの評価、例えば国による震度階の違いの統一化(読み換える)を、代表者らが行ってきた国内外のアンケート震度の共通項、計器観測結果の同時活用などから試考する。また、地域特性量も共通化する必要があるが、それは海外調査の前後(予備的調査体験を併せ)に、すでに検討を加えており、その結果を踏えて各都市とも共通的な資料を収集しつつある。

2) 地震災害脆弱性を規定する地域特性(多変量)の重み定数は、我国については関東大地震以降の主要な都市型地震被災地の諸々都市データ、そして最近の外国の地震被災都市(メキシコ市、サンフランシスコ市、バギオ市など)で入手できる共通のデータを合わせて最適化手法により決定する。

3) 以上は前述の太田の手法の修正・発展についての作業を含むが、現在世界の数カ国(米国、メキシコ、フィリピン、トルコ、ニュージーランド、イラン、コスタリカなど)で地震学・同工学、都

市計画、土木・建築等諸分野の研究者・実務家に対するそれぞれの国の主要都市の地震防災に関するエキスパート・アンケート調査を行っており、それをさらに充実させ、これらを数量化することにより、脆弱性評価システムに組み込む。

4) マニラ大都市圏、メキシコ市、アンカラ市、ウエリントン市（ニュージーランド）などで各層市民を対象とした住民レベルの防災意識・備えなどのアンケート調査を実施してきたが、これもさらに発展させ、上記のシステムにおける評価要素に加えるとともに総合的な評価や次年度以降のミクロレベルの研究・国際比較のための資料とする。

②1994年度

本研究以前の調査、及び初年度に実施した調査結果を分析し、世界の地震多発地域の主要都市の都市構造と行政・住民レベルでの災害脆弱性（防災力）の実態を解明する。

以下の方法で研究を進める：

1) 諸々の防災関連都市ミクロ情報（地域地盤・土地利用などから社会構造まで）の収集補完・解析、防災組織・対策の実効性、最近の災害体験からのそれらの改組・大規模な対応力の向上の動向も合わせて把握（米国、メキシコ、フィリピンなどの被災国）する。

2) 防災エキスパート、市民アンケート調査の分析と補完調査を実施する。1)、2)については我国都市の幾つかに対しても同様な調査を実施する（市川市、高知市など、なお一部は実施済み）。

3) 以上の1)、2)により初年度に実施した都市（マクロ）レベルでの災害脆弱性評価システムを再検討し、他地域（都市）への施策上の参考になるようシステムの応用性をさらに高める。

4) 以上より我国を含む先進国の主要都市及び発展途上国の主要都市の都市的状況、都市問題、災害問題と意識（日常の都市行政における災害認知）、災害対応組織・防災対策の現状、等について比較・考察し、地域特性の把握、主として発展途上国の大都市の災害危険度測定の方法の定式化を目指す。

③1995年度

1993、1994年度の調査結果、マクロ評価方法論を分析・検討するとともに発展途上国主要都市における小地域（ミクロ）レベルでの災害危険度の総合評価システムの開発とそれに基づく事例研究を行う。

以下の方法で研究を進める：

1) 前記地震防災に関するエキスパート・市民アンケート調査結果を数量化し、都市の災害脆弱性評価システム（マクロ、ミクロ）に加味し、その有用性を被災都市の被災形態・特徴等から検証する。

2) 都市の災害地域危険度（ミクロ）をマニラ大都市圏、メキシコ市などに適用し、結果について現地研究者等と議論の場をもちながら、その整合性を検討するとともに本研究の手法が他地域（都市）における同様な作業目的に活用できるよう十分配慮する（汎用的手法の提案）。またそれぞれの都市の防災課題について提言する。

3) 上記のミクロな災害地域危険度評価では、その精度向上のために、小地域単位の資料整備が必要不可欠だが、一般に発展途上国の都市ではその整備は不十分である。それ故、2)の手法としては様々なレベルのものを提案するが、整備すべき資料の優先度も示す。

8. 大都市企業防災力の向上に向けての 提言—結びにかえて—

(1)守りを忘れた大都市企業と東京人

「大都市は死なず」、これは正しいだろう。それは特に東京にとって。今日、バブルがはじけたとはいえ、全てが集中した活力ある東京圏は全イタリアのそれに匹敵する産業集地である。経済、マスコミュニケーションなどいくつかの部門において、この地区のシェアは国全体の45%を超える。このとてつもない事実が東京の魅力・吸引力ではない。その中核が千代田区である。

だから「千代田区がだめになったら東京がだめになり、そうなったら日本が沈没する」とさえいわれるのだ。この区の夜間人口は4万人を割り込

み、昼間人口は百万人を超える。そこは皇居を核とした我国の政治・経済の中枢部であり、都市3区を中心でもある。

この地域の機能を壊滅させるような脅威こそが1855年安政江戸地震型の東京直下地震である。今日の千代田区の大半は当時大名屋敷から成ったが、この地震でそれらはほぼ全て壊滅的な被害を受けた。気象庁の震度階でいえば震度6の強、部分的には最高位の7にも達したと推測される。だが、そこに勤務する人達、そして企業等組織の何%が備えをしているだろうか。確かに我国の建物や高速道路など都市施設の耐震性は世界に匹敵する国がないほど高い。しかし、ハイテク化、それが高度になればなるほど都市は地震に対して脆弱化する事は誰でも知っているのだが、防災への関心は最近とみに低下しているのが実態である。それで、中央防災会議は多分に政策的といえる『南関東地域直下の地震対策に関する大綱』を1992年8月に公表したと筆者は受け止めている。今日まで我国は生産（攻撃）至上主義の途をばく進し、世界で今日の地位を獲得した。この間、東京に大きな災害がなかったのはラッキーとしかいいようがない。人も企業も守ることを忘れていた。それが今日の東京である。

(2) 企業の防災力の向上こそが大都市防災の鍵

前記で千代田区をターゲットとして挙げた。それは百万を超える人々がオフィス、学校、ホテル、劇場、デパートなどに集まる場だからである。ここではそれらの個々の場を広義に企業（行政体も含める）と呼ぶことにする。とすれば、都心は企業の集合体であり、人とはそこに勤務している人と外来者が主体である。

今、平日の昼間帯に大地震が起こったと仮定すれば、交通の途絶により自宅に帰れない人が多発する。そのとき従業員や外来者の食料、飲料水、トイレは誰が責任をもつのか。ライフライン支障は確実に起こる。怪我人はどうなるのか。

筆者ら都市防災研究者は住民と行政の防災力の向上に目を向け過ぎてきた。少なくとも都心区では企業の防災力のレベルで地域のトータルとして

の防災力が規定される。地域（都市）の機能保全でもある。いかにビジネスロスを防ぐために、情報機能のバックアップシステムを考えている企業でも従業員やお客（外来者）の生活までは考えていない。千代田区だけで一時的であれ百万人の生活者を抱えたら、行政は何もできないだろう。多くの人達はいつ回復するかわからない交通機関の全ての駅に殺到する。そこで何が起こるか。そんなことは考えなくともわかる。企業が従業員とお客の安全に責任をもたなくて、一体誰がもつのか。例えば、会社が重要な機能維持・復旧要員である従業員の生活を数日間保障するとしたら、従業員のそれぞれが留守宅の家族の生活を考えるはずである。企業が危機管理について意志決定したらその実践は素早い。それ故、都市防災は企業から考えた。

(3) 安全のコストは誰が負担するかを考えよう

「安全と水はただである」これが日本人の本音であるかぎり、環境も防災課題も解決の途は見えてこない。本来、両方とも安くはないはずである。企業は最低限自身の活動支障を軽減するための防災投資を、従業員は自身と家庭の安全に、その収入から応分の負担をする。これが原則である。例えば、学校の入学金、保育園の入園料、映画館の入場料、運賃、買い物料金などに安全料を含ませることになる。例えば、デパートの売り場の陳列ケースのガラスを安全化し、客の非常食・水、トイレの使用の備えを、さらに救護班の充実を企ったら、客を屋外避難させる必要がなくなる。現状では客は路頭に迷う群集の一部と化す。映画館などでも同様である。さて、このようにしたらコストはどの位かかるのか。筆者はさほど高額ではないと考えている。資生堂の東京本社は既に実施している。

東京都は、新庁舎に世界に誇りうる防災センターを設置した。だが、驚いたことに職員用の非常生活用品は無いという。サンフランシスコは1989年ロマプリータ地震の教訓から災害対策本部施設を設けたが、そこで真っ先に用意したのは要員が10日間生活できる水・食料の保管と調理設備

などである。当然非常用電源を持っている。これは全て税金である。

さて、ここまでは大地震で最も起こりそうなライフラインの被害と対策のありようについて述べた。だが、本年3月刊行された『神奈川県西部地震被害想定調査報告書』を一見すればすぐわかることだが震央(源)至近傍の都市は壊滅的な被害を受けると想定されている。震央至近傍とは東京でいえば千代田区から東側の区部のことである。筆者はこれまで「東京直下大地震が起こったら震央近くはどうなるか」とのマスコミの取材に対し、「何が起きてても不思議はない。一般都市施設は“震度6の中”程度の地震動の強さまでは耐えられるだろうが、……」と言葉をにごしてきた。上記の報告などが公表された今日では、重要建物等の耐震診断や補強の問題が現実性を帯びてくる。すなわち、東京都区部東部の耐震性の根本的見直しが緊急課題として顕在化してきた。これは官民一体の大事業である。静岡県が実施してきた、そして神奈川県が行おうとしている防災事業の東京版である。

防災投資は利潤を生まないと、一般に考えられてきた。だから票にならず、行政も企業もなかなか前向きにならない。確かにその一面はあるが、すべてが事実ではない。ライフラインの共同溝化による耐震性の向上(復旧よりも容易になる)、幹線道路・橋梁・建物の耐震補強、その他の都市システムのバックアップ体制のハード面での充実などは内需拡大のための公共投資として十分意味があるし、経済効果も期待できる。要は、私たち納税者が安全をどう考えるか企業はどうかなど考え方の問題である。

1923年人口2百26万余の東京は米国やヨーロッパ経済から遠く隔たれた一都市に過ぎなかった。今日、東京はニューヨークやロンドンとならぶ、あるいはそれを超える世界のビジネス基盤の要石である。それ故にこそ、このような集中が続いているのだ。集中のメリットを企業が享受しているのなら、そのリスクも考えるべきだ。筆者は「防災経済学の勧め」を提言する。一極集中の経済的価値の守りと分散、一体どちらが安くつくのか、

それを考えよう。それも今すぐに。最近の国内外の災害は東京の近未来のそれからすれば真の意味で参考にならない。新幹線通勤さえめずらしくない東京にとって、それらの事例は断片的な教訓しか与えてくれない。筆者は東京の都市機能の壊滅は世界レベルの経済恐慌を引き起こすと考える。それが東京直下型大地震の持つ意味であり、それにしても国家から個人の全てのレベルで防災意識が低すぎる。筆者の今後の東京研究の目標を今風にいえば「人にやさしい都市づくり」となる。

主要な研究報告、論文、著書など

以下に、本文の各章とできるだけ対応させる形式で研究業績を掲載する。なお、日本建築学会論文報告集は『建論』、同学術講演梗概集は『建大会』、センターの総合都市研究は『CUS』、自然災害科学総合シンポジウム講演論文集は『自然科学シンポ』、日本地震工学シンポジウム講演集は『地震工学シンポ』等と略号で示す。

1. 基礎研究(主として、4. に関係する)

1963

- 1) 「ラーメンの地下部深さの変化がその振動性状に及ぼす影響」『建論』第89号

1964

- 2) 「Influence of Variation in Depth of Underground Foundation of Rigid Frame and Soil Rigidity to its Properties of Vibration」『東京都立大学工学部報告 NO. 14』

- 3) 「軟弱地盤に於ける高層建物の振動特性とその地震反応 その1」『建論』第103号

- 4) 「軟弱地盤に於ける高層建物の振動特性とその地震反応 その2」『建論』第103号

1965

- 5) 「Vibrational Property and Earthquake Response of Tall Building Supported with Caisson or Pile」『4 th WCEE, Vol. 1-1』

1966

- 6) 「RCぐいに依る2, 3の試験結果について その1」『建論』号外

- 7) 「RCぐいに依る2, 3の試験結果について その

- 2)『建論』号外
- 8)「基礎ぐいの振動座屈に関する実験的研究」『建論』号外
- 9)「くいの振動と座屈」『第1回土質工学研究発表会論文集』
1967
- 10)「基礎ぐいの振動性状に関する実験的研究」『建論』号外
- 11)「Study on the Vibrational Characteristics and Stability of Pile Foundation」『東京都立大学工学部報告 NO. 17』
1968
- 12)「振動が粘性土の強さ、剛性に及ぼす影響に関する実験的研究」『建関東支部第39回研究発表会』
- 13)「飽和砂の振動性状について」『第3回土質工学研究発表会論文集』
1971
- 14)「くいの水平加力試験による履歴特性について」『建大会』
1973
- 15)「くい—建物連成系の振動特性についてその1」『建大会』
- 16)「くい—建物連成系の振動特性についてその2」『建大会』
- 17)「粘性土中にあるくいの水平復元力特性に関する研究 その1」『建大会』
- 18)「粘性土中にあるくいの水平復元力特性に関する研究 その2」『建大会』
- 19)「粘性土中にあるくいの水平復元力特性に関する研究」『第10回自然科学シンポ』
1974
- 20)「くい—上部構造連成系の振動特性に関するオンライン・リアルタイム実験について」『建大会』
- 21)「On Line Real Time Dynamic Test for the Building Supported on Piles」『東京都立大学工学部報告 NO. 23』
- 22)「くい—上部構造連成系の振動特性に関するオンライン・リアルタイム実験について」『第10回自然科学シンポ』
1975
- 23)「くい—上部構造連成系の地震応答に関するオンライン・リアルタイム実験」『文部省科学研究報告』
- 24)「くい—上部構造連成系の振動特性に関するオンライン・リアルタイム実験 その1 実験方法と粘土中のくいの復元力特性について」『建論』第231号
- 25)「基礎ぐいの水平方向復元力特性に関する2, 3の考察」『建論』第233号
- 26)「履歴系の等価粘性減衰をもつ振動系への置換について—くいの復元力特性の近似関数に対する基礎的検討—」『第4回地震工学シンポ』
- 27)「実験装置—電算機オンラインシステムによるくい—上部構造物連成系の地震応答解析」『第4回地震工学シンポ』
- 28)「Earthquake Response Analysis of Structures Supported on Piles by a Test Apparatus-Computer On Line System」『東京都立大学工学部報告』
- 29)「Study on the Conversion of a Hysteretic Structure into the Equivalent Model」『東京都立大学工学部報告』
- 30)「履歴系の等価振動系への置換に関する研究 その1 復元力特性がパワー関数で近似される系の振動特性に関する基礎的検討」『建大会』
- 31)「履歴系の等価振動系への置換に関する研究 その2 RC構造部材の復元力特性に対する具体例について」『建大会』
- 32)「実験装置—電算機オンラインシステムによるくい—上部構造物連成系の地震応答解析(砂質土中のくいの復元力特性に関する模型実験)」『建大会』
- 33)「実験装置—電算機オンラインシステムによるくい—上部構造物連成系の地震応答解析(粘土中の模型ぐいを用いた場合の基礎的適用例)」『第12回自然科学シンポ』
1976
- 34)「実験装置—電算機オンラインシステムによるくい—上部構造物連成系の地震応答解析(復元力特性に関する模型ぐいと実大ぐいの対応性およびくい系の応答例)」『建関東支部研究報告書, 構造系』
- 35)「一般履歴系の復元力モデルについて(その1)履歴系の振動特性と履歴曲線の幾何学的形状との関係について」『建関東支部研究報告書, 構造系』
- 36)「一般履歴系の復元力モデルについて(その2)」

復元力モデル化の幾何学的条件とその置換法について」『建関東支部研究報告書, 構造系』

- 37) 「くい—地盤間の実復元力特性を用いた連成系の振動応答」『土木学会学術講演会講演概要集, 第1部』

1977

- 38) 「オンライン実験と理想的手法による非線形地震応答解析—地震応答解析の比較検討—」『土木学会関東支部年次研究発表会』

- 39) 「履歴系の復元力モデルへの置換について(その3)べき関数型履歴系の地震応答解析」『建論』第256号

- 40) 「履歴系の復元力モデルへの置換について(その4)べき関数型履歴系の地震応答解析例」『建論』第257号

- 41) 「等価線形化法に関する2, 3の考察 その1 べき関数型履歴系の等価粘性減衰定数について」『建関東支部研究報告集』

- 42) 「等価線形化法に関する2, 3の考察 その2 等価粘性減衰定数の適用性とその限界」『建関東支部研究報告集』

- 43) 「一般履歴系の復元力モデルについて その3 等価履歴系モデルの適用性とその限界」『建関東支部研究報告集』

- 44) 「べき関数型履歴系への等価線形化法の適用(その1)」『建大会』

- 45) 「べき関数型履歴系への等価線形化法の適用(その2)」『建大会』

- 46) 「等価履歴系復元力モデルの地震応答解析への適用性について」『建大会』

1978

- 47) 「履歴系の復元力モデルへの置換について(その5)べき関数型履歴系の地震応答解析と動的実験の比較」『建論』第265号

- 48) 「べき関数型履歴系の等価線形化法による応答解析」『第5回地震工学シンポ』

2. 現地地震等災害調査関係

1965

- 1) 「On the Liquefaction of Saturated Sand in Niigata Earthquake」『東京都立大学工学部報告

NO.15』

1973

- 2) 「1972年12月4日八丈島東方沖地震による八丈島の災害とくに斜面崩壊について」『地学雑誌 Vol. 82 No. 5』

- 3) 「1972年12月4日八丈島東方沖地震による八丈島の災害」『第10回自然科学シンポ』

1974

- 4) 「伊豆半島沖地震(1974)における家屋の被害について その1」『建大会』

- 5) 「伊豆半島沖地震(1974)における家屋の被害について その2」『建大会』

- 6) 「1974年伊豆半島沖地震の主な被災地の家屋被害 その1 地盤との関係について」『第11回自然科学シンポ』

- 7) 「1974年伊豆半島沖地震の主な被災地の家屋被害 その2 地震断層との関係、屋根葺材との関係など」『第11回自然科学シンポ』

- 8) 「1974年伊豆半島沖地震調査報告(主として地震断層、加速度分布および家屋被害の関係)」『土と基礎、土質工学会 vol. 22, No. 202』

1975

- 9) 「1975年大分県中部の地震調査報告 その1 基石調査による加速度分布の推定」『建大会』

- 10) 「1975年大分県中部の地震調査報告 その2 構造物被害の概要とその分布」『建大会』

- 11) 「大分県中部の地震による加速度分布」『第12回自然科学シンポ』

- 12) 「大分県中部の地震による建物の被害」『第12回自然科学シンポ』

1976

- 13) 「1975年4月21日の大分県中部地震にみられた断層活動に関連させ得る現象」『地学雑誌 vol. 85, No.2』

- 14) 「1975年大分県地震調査報告」『土と基礎、土質工学会 vol. 24, No.218』

- 15) 「木造建物の被害に対する地盤液状化の寄与度—1964年新潟地震による新潟市の木造建物の被害とその復旧」『建大会』

- 16) 「建物の被害に対する地盤液状化の寄与度—1964年新潟地震による新潟市の建築物の被害とその復

- 旧』『第13回自然科学シンポ』
- 1977
- 17) 「建物の被害に対する地盤液状化の寄与度—1964新潟地震による新潟市の建物の被害と復旧調査から」『建論』第257号
- 1978
- 18) 「伊豆大島近海地震における断層，加速度および各種被害の分布について」『文部省自然災害科学特別研究報告』
- 19) 「1978年1月14日伊豆大島近海地震の調査報告 その1 加速度分布」『建大会』
- 20) 「1978年1月14日伊豆大島近海地震の調査報告 その2 稲取温泉地区にみられる地震断層と被害の線状分布」『建大会』
- 21) 「伊豆大島近海地震（1978）における加速度分布の推定」『土木学会第33回年次学術講演会』
- 22) 「1978年伊豆大島近海地震による被害・震度分布と地震断層」『第15回自然科学シンポ』
- 23) 「1978年伊豆大島近海地震に伴う地震断層・加速度分布と被害」『C U S, 第5号』
- 1979
- 24) 「木造建物の諸性状と地震被害の関係について—1968年十勝沖地震・1978年宮城県沖地震の調査から—」『C U S, 第8号』
- 1980
- 25) 「仙台市におけるブロック塀の調査報告—1978宮城県沖地震によるその被害と地形の関係並びに残存塀との比較—」『C U S, 第11号』
- 1981
- 26) 「1978年宮城県沖地震によるその被害とその教訓」『建築士と実務』オーム社
- 1983
- 27) 「現地調査・ヒアリングに基づく地震動の強さと木造住家の被害状況」『C U S, 第20号』
- 28) 「昭和58年日本海中部地震の被害—とくに住家の被害について—」『C U S, 第20号』
- 1985
- 29) 「1984年長野県西部地震の震度と家屋被害—木曾郡王滝村—」『C U S, 第26号』
- 1989
- 30) 「1987年千葉県東方沖地震の震度と被害報告」『C U S, 第35号』
- 1993
- 31) 「平成5年釧路沖地震被害調査報告」『土木施工, 山海堂』
3. サイスマック・マイクロゾーニング関係
- 1969
- 1) 「江戸川区における軟弱地盤と建築物対策に関する調査研究報告書 下巻」江戸川区
- 1975
- 2) 「地震に関する地域危険度測定調査（23区）」東京都都市計画局
- 3) 「地震に起因する木造住家等密集地における延焼動態調査報告書」千葉県
- 1975
- 4) 「モデル計算による地盤の応答特性に関する一考察」『建関東支部研究発表会』
- 5) 「東京都における木造家屋の分布と地震時地域危険度」『建関東支部研究発表会』
- 6) 「異種地盤上に建つ上部同一建物の常時微動測定」『建大会』
- 7) 「東京都区内における木造家屋の震害予測のための実態調査と地震応答計算について」『建論』第230号
- 8) 「地盤の応答計算と東京都区内地盤の応答特性」『土と基礎, 土質工学会 vol. 23, No. 214』
- 1976
- 9) 「単体の運動から地震加速度を推定するための研究—単体の動的挙動の解析—」『建論』第248号
- 10) 「東京都区内地盤のS波速度とその増幅特性について（その1. 地盤のS波速度）」『建関東支部研究報告書, 構造系』
- 11) 「東京都区内地盤のS波速度とその増幅特性について（その2. 周波数応答計算）」『建関東支部研究報告書, 構造系』
- 12) 「1855年安政江戸, 1923年関東大地震における東京の被害と地盤の関係について」『建大会』
- 13) 「N値とせん断波速度に関する2, 3の考察」『土木学会学術講演会講演概要集, 第1部』
- 14) 「安政江戸地震と関東大地震による東京の被害—その1. 安政江戸地震の被害—」『第13回自然科学

シンポ]

- 15) 「安政江戸地震と関東大地震による東京の被害—その2. 被害の比較—」『第13回自然科学シンポ』
- 16) 「松戸市都市防災(地震)に関する調査報告書」
松戸市
1977
- 17) 「震害・墓石調査による地震動の推測について」
『建第5回地盤振動シンポジウム』
- 18) 「東京における安政江戸地震と関東大地震の被害についての一考察」『建論』第256号
- 19) 「東京直下型地震に関する調査研究(その5) 耐震工法に関する考察」 東京都防災会議
- 20) 「大地震時における被害想定技法の開発に関する調査研究」 自治省消防庁
- 21) 「東京都区内地盤の地震応答」『土木学会関東支部年次研究発表会』
- 22) 「関東大地震における震央距離・地形と木造家屋全壊率・震度の関係」『建関東支部研究報告集』
- 23) 「震度に関する若干の検討」『建関東支部研究報告集』
- 24) 「震度の評価についての2, 3の考察 その1. 墓石の移動が転倒から評価される震度について」『第14回自然科学シンポ』
- 25) 「関東大地震における木造家屋全壊率と震央距離・地形(地盤)の関係について」『第14回自然科学シンポ』
- 26) 「関東大地震における木造家屋全壊率と震央距離・地形の関係」『建大会』
- 27) 「関東大地震における被害と震度の関係について」『県大会』
- 1978
- 28) 「東京区部における地震被害の想定に関する報告書」 東京都防災会議
- 29) 「地震被害想定調査報告—浦和市・越谷市・川崎市—」 埼玉県
- 30) 「サイズミック・マイクロゾーニングにおける震度分布の評価手法について—その1. 墓石調査による震度と建物の被害の関係からのアプローチ—」
『CUS, 第2号』
- 31) 「1923年関東大地震における木造家屋の被害の検討—震央距離・地形と全壊率の関係—」『建論』第270

号

- 32) 「既往の地震における木造家屋の震害分布—地震の規模・断層型・震央距離・地形と全壊率の関係—」
『第5回地震工学シンポ』
1979
- 33) 「震災応急対策に関する基礎調査報告」 東京都足立区
- 34) 「1968年十勝沖地震における鉄筋コンクリート造建物の被害と地盤の関係」『CUS, 第8号』
- 35) 「サイズミック・マイクロゾーニングにおける震度分布の評価手法について—その2. 関東大地震の断層モデルによる実体波のRadiation Patternと被害分布の対応性—」『CUS, 第8号』
- 36) 「地盤構造にもとづくサイズミック・マイクロゾーニングについて—東京都大田区を例として—」
『CUS, 第8号』
1980
- 37) 「地震被害に及ぼす地盤の寄与」『建第8回地盤振動シンポ』
- 38) 「サイズミック・マイクロゾーニングにおける震度分布の評価手法について—その3. 関東大地震における震度と震源距離・方向性・地形の関係—」
『CUS, 第11号』
- 39) 「地震時における砂質地盤の液化危険度の検討」『CUS, 第11号』
- 40) 「サイズミック・マイクロゾーニングにおける震度分布の評価手法について—その4. 内陸型中級地震の墓石・住家被害などによる震度分布—」
『CUS, 第11号』
- 41) 「多摩地域の地震に関する地域危険度測定報告」
東京都都市計画局
1981
- 42) 「サイズミック・マイクロゾーニングにおける震度分布の評価手法について—その5. 福井地震における震度と震源距離・地形(地盤)の関係—」
『CUS, 第14号』
1982
- 43) 「Relationships among Hypocentral Distances Radiation Patterns, Landforms and Seismic Intensities Estimated from Toppled Tombstones and Damageto Wooden Buildings in the Great

- Kanto Earthquake 1923」『Journal of Natural Disaster Science (14, 1)』
- 44) 「アレー観測された地震記録にもとづく岩盤の地震動特性に関する研究」『第6回地震工学シンポ』
- 45) 「福井地震における震度と震源距離・地盤の関係について」『第6回地震工学シンポ』
- 1984
- 46) 「1855年安政江戸地震における関東地方の震度分布に関する研究」『C U S, 第23号』
- 1985
- 47) 「Investigation on the Characteristics of Incident Seismic Wave Considering the Seismic Source Model and the Underground Conditions」『Proc. of 2nd International Conference in Computing in Civil Engineering』
- 48) 「関東地方における入力地震動特性に関する研究」『C U S, 第26号』
- 49) 「多摩地域における地震被害の想定に関する報告書(崖・擁壁, 宅造地, 建築物全般, 人的被害担当)」東京都防災会議
- 1986
- 50) 「安政江戸地震における関東地方の震度分布に関する研究」『第7回地震工学シンポ』
- 51) 「関東地方を対象とした強震アレー観測に基づく岩盤における地震動特性について」『第7回地震工学シンポ』
- 52) 「アンケートによる東京区部の推定震度分布」『第7回地震工学シンポ』
- 1987
- 53) 「東京都区部の震度分布—1985年10月4日茨城・千葉県境地震時のアンケート調査—」『C U S, 第29号』
- 54) 「東京都区部の高密度震度分布調査—サイスミックマイクロゾーニングとの整合性について—」『C U S, 第32号』
- 1988
- 55) 「A Study on the Seismic Microzoning for 23 Wards of Tokyo Metropolis」『9th WCEE』
- 1990
- 56) 「パターン・マッチング法による地域別平均速度応答スペクトルの検討」『第8回地震工学シンポ』
- 57) 「推定震度と表層地震の相関性について」『第8回地震工学シンポ』
- 58) 「1855年安政江戸地震時の東京(江戸)の震度分布—理論地震動に基づく震度の推定—」『第8回地震工学シンポ』
- 1991
- 59) 「MICROZONATION ON SEISMIC INTENSITY IN TOKYO」『4th International Conference on Seismic Zonation』
- 1992
- 60) 「多重震源モデルによる1923年関東大地震の地震動特性の再検討と震度分布に関する研究—地震災害予測評価の向上に向けて(英文)」『C U S, 第14号』
- 61) 「関東地方における地震動特性の地域性に関する検討—建築構造物の設計用地震動特性の地域性に関する研究(その1)—」『建論』第412号
- #### 4. 都市施設調査とその耐震性評価関係
- 1971
- 1) 「東京下町における構造物の耐震問題」『東京都立大学都市研究報告 14』
- 2) 「建築物に関する特別区内のがけ及び擁壁実態調査報告書」東京都首都整備局建築指導部
- 1972
- 3) 「建築, 土木構造物の耐震性と被害想定—千葉県地震対策基礎調査解説書—」千葉県防災会議
- 1973
- 4) 「地震時の崖・擁壁の崩壊予測に関する調査」東京都防災会議
- 1974
- 5) 「東京都区内にある擁壁の実態とその地震時危険度判断について その1」『建大会』
- 6) 「東京都区内にある擁壁の実態とその地震時危険度判断について その2」『建大会』
- 1976
- 7) 「べき関数型復元力モデルによる地震応答(木造2階建住宅への適用)」『建大会』
- 1977
- 8) 「地震時の崖・擁壁の崩壊予測に関する調査(三多摩地区)」東京都防災会議

- 9) 「構造物の倒壊に及ぼす重力の影響 その1. パラメータの影響と地震応答計算例」『建関東支部研究報告集』
- 10) 「木造家屋の地震時倒壊の問題に関する2, 3の検討」『第14回自然科学シンポ』
- 11) 「重力効果を考慮した構造物の倒壊過程に関する研究」『建大会』
1978
- 12) 「木造建物の耐震性能チェックリスト(耐震診断法) 一単著一」東京都墨田区
1980
- 13) 「最近の地震における木造住宅の被害とその耐震診断」『建築士と実務, オーム社』
1981
- 14) 「都市における平常火災の実態と市街地特性との関係に関する2, 3の検討」『CUS, 第14号』
1982
- 15) 「地盤との連成効果を考慮したRC造建物の震害に関する研究」『CUS, 第17号』
- 16) 「地震時の放射性同位元素使用施設の安全確保に関する研究成果報告書」東京都アイソトープ総合研究所
1984
- 17) 「Investigation on the Earthquake Damage of RC Buildings by Considering the Soil-Structure Interaction」『8th WCEE』
1985
- 18) 「家屋被害の評価方法について—1984年長野県西部地震・玉滝村の被害を例とした予備的考察—」『CUS, 第26号』
1987
- 19) 「家屋の被害尺度について その2. 地震保険・損害認定基準との比較」『CUS, 第29号』
- 20) 「1986年伊豆大島噴火災害調査報告 その1—避難島民受け入れに関わる組織の対応を中心に—」『CUS, 第31号』
1990
- 21) 「建築物および付帯施設の被害想定手法」『CUS, 第38号』
1993
- 22) 「地震被害危険度評価におけるS造建築物の振動被害予測評価法の検討」『第3回地域安全学会論文報告集』
5. 人間行動と人的被害関係
1977
- 1) 「震度の評価についての2, 3の考察 その2. 木造家屋全壊率・圧死率の発生率からみた地震動特性」『第14回自然科学シンポ』
1982
- 2) 「比較的最近の地震による人的被害の実態—とくに負傷者について—」『CUS, 第17号』
1985
- 3) 「大地震震源近傍における人的被害と室内の人間行動」『都市計画, 138号』
- 4) 「地震時の人間行動に関する研究 その2. 1948年福井地震」『CUS, 第26号』
- 5) 「地震時の人間行動に関する研究 その3. 1984年長野県西部地震の玉滝村」『CUS, 第26号』
- 6) 「1984年長野県西部地震が玉滝村住民に与えた心理的影響」『CUS, 第26号』
- 7) 「長崎豪雨災害における全壊家屋居住者の被害と避難行動」『地学雑誌 vol. 94, No. 1』
1986
- 8) 「断層近傍における物的・人的被害と人間行動」『第7回地震工学シンポ』
1987
- 9) 「やや古い地震の被害追跡調査法」『地震災害事象の通信・面接・現地調査法にもとづく組織的研究 文部省科学研究費自然災害特別研究計画研究成果(代表者 太田 裕)』
- 10) 「1982年長崎豪雨時の人間行動—鳴滝・芒塚地区について—」『CUS, 第30号』
- 11) 「1982年長崎豪雨災害の心理的影響—鳴滝・芒塚地区の住民について—」『CUS, 第30号』
- 12) 「激震時における人間行動と人的被害—1948年福井地震—」『CUS, 第32号』
- 13) 「多雪地方都市に住む独居老人と老夫婦の冬期生活と雪への対応について—1986年の豪雪時における対応と影響—」『CUS, 第32号』
1988
- 14) 「1946年南海地震と被害追跡調査—津波被災地に

- における人的被害と人間行動一」『C U S, 第35号』
- 15) 「1986年伊豆大島噴火の避難島民の医療機関受診状況」『C U S, 第35号』
- 16) 「The Casualty of the 1946 NANKAI Earthquake and Its Effect upon Human Behavior」『9th WCEE』
- 17) 「Human Behavior and Casualties in Wooden Houses with Little Ductility」『9th WCEE』
- 1989
- 18) 「1945年三河地震被害追跡調査」『C U S, 第37号』
- 1990
- 19) 「激震時における人間行動と人的被害—1945年三河地震被害追跡調査—」『第8回地震工学シンポ』
- 1992
- 20) 「1946年南海地震の被害追跡調査—延焼火災発生地区における人的被害と人間行動—」『C U S, 第41号』
- 6. 都市社会の災害対策と災害の社会的影響関係**
- 1983
- 1) 「東京都の災害危険地図」『予防時報—winter 132 (社団法人日本損害保険協会)』
- 1984
- 2) 「長崎豪雨災害と台風8210号災害による人的被害と対策上の諸問題」『C U S, 第23号』
- 3) 「昭和57年長崎豪雨における被害状況ならびに土石流・斜面崩壊の発生に関する判別解析」『C U S, 第24号』
- 1985
- 4) 「1984年世田谷電話局洞道内通信ケーブル火災事故の独居老人に対する影響」『C U S, 第25号』
- 5) 「1984年世田谷局洞道内通信ケーブル火災事故の社会的影響」『C U S, 第25号』
- 6) 「大都市における独居老人の実態(1)—世田谷区の独居老人について—」『C U S, 第25号』
- 7) 「地震被害に起因する世帯単位での生活支障とその応急対応・生活復旧過程に関する研究—1984年長野県西部地震に関する王滝村住民へのアンケート調査から—」『C U S, 第26号』
- 1986
- 8) 「Basic Studies on Earthquake Disaster Prevention for Tokyo District」『International Seminar on Regional Development Planning for Disaster Prevention, United Nations Centre For Regional Development』
- 1987
- 9) 「The Application of Research Findings to Disaster Preparedness Planning and Management」『International Research and Training Seminar on Regional Development Planning for Disaster Prevention, United Nations Centre For Regional Development』
- 1988
- 10) 「老人世帯の冬期居住環境の実態と問題点—山形県新庄市の場合—」『第4回雪工学シンポジウム』
- 11) 「Interpretation of Damage to Houses and Casualties Relied on a Precise Evaluation of Earthquake Ground Motions in the Epicentral Region-The 1945 MIKAWA Earthquake-」『Natural Disaster Science Vol. 10, No. 1』
- 12) 「1986年10号台風水害への住民の対応」『C U S, 第34号』
- 13) 「1986年10号台風による4被災地における住民の水害への対応」『自然災害科学, 7巻3号』
- 1989
- 14) 「多雪小都市における独居老人と老夫婦世帯者の実態—新庄市の独居老人と老夫婦世帯者について—」『C U S, 第36号』
- 15) 「1987年千葉県東方沖地震における行政等組織の対応」『C U S, 第37号』
- 1990
- 16) 「被害想定における幾つかの基礎的な考え方」『C U S, 第38号』
- 1991
- 17) 「東京における地震に関する地域危険度測定調査について—総合化に向けて—」『C U S, 第38号』
- 18) 「1987年千葉県東方沖地震における行政等組織の対応」『第8回地震工学シンポ』
- 1991
- 19) 「メッシュ・データによる東京都の高齢化の展開」『C U S, 第39号』
- 20) 「1991年雲仙岳噴火災害調査の第一報」『C U S,

第44号]

1992

21) 「1991年台風19号による被害と組織・住民の対応—主として広島市における調査から—」『C U S, 第47号』

22) 「都市防災と災害弱者救済対策」『セキュリティ No. 64』

23) 「雲仙岳噴火に伴う住民避難とその問題—主として伊豆大島噴火時と比較して—」『予防時報 autumn 171』

1993

24) 「ハitek防災センターへの期待と課題」『第3回地域安全学会論文報告集 1993』

25) 「1993年釧路沖地震の人的被害と医療機関の被害・対応」『第3回地域安全学会論文報告集 1993』

26) 「1991年台風19号による被害と復旧—主として広島市の電力途絶の影響と復旧—」『自然災害科学 Vol. 12, No. 1』

7. 海外調査研究関係

1983

1) 「Structural System of Buildings in Turkey and Empirical Evaluation of Their Aseismic Strength」『A Comprehensive Study on Earthquake Disasters in Turkey in View of Seismic Risk Reduction (Edited by Yutaka Ohta)』

2) 「A Simplified Failure Model Analysis of Rural Houses Typical in the East Turkey in Aming at Countermeasures against Human Casualty Due to an Earthquake」『A Comprehensive Study on Earthquake Disasters in Turkey in View of Seismic Risk Reduction (Edited by Yutaka Ohta)』

1986

3) 「1985年9月19, 20日メキシコ地震調査報告書—メキシコ—国・人・地震—」『C U S, 第27号』

1987

4) 「メキシコ地震災害調査—震度分布を中心として—」『C U S, 第29号』

5) 「メキシコ地震災害調査—建築物に関連した落下物被害について—」『C U S, 第29号』

1988

6) 「米国における災害対策制度と1987年ウィットニア地震の調査報告」『C U S, 第34号』

7) 「Estimated Seismic Intensities in Mexico City in the September 19, 1982 Earthquake by Questionnaire」『9th WCEE』

1991

8) 「1990. 7. 16フィリピン地震調査速報」『C U S, 第41号』

9) 「1989年ロマ・ブリータ地震の震度分布 (英文)」『C U S, 第44号』

10) 「1990年フィリピン・ルソン島地震の高密度震度分布調査 (英文)」『C U S, 第44号』

1992

11) 「1991年オークランド・パークリーヒルズ火災の教訓」『C U S, 第47号』

12) 「フィリピン・ルソン島中央地域のサイスミックゾーンーションへ向けて」『C U S, 第47号』

8. その他 (主として著書)

1975

1) 『最近の内陸直下型地震の調査報告』「環境科学研究会 (東京都立大学地震研究グループ)」

1977

2) 『地盤と震害—地域防災研究からのアプローチ—』「槇書店」

1980

3) 『1974年伊豆半島沖地震・1978年伊豆大島近海地震災害調査報告』「日本建築学会」

4) 『1978年宮城県沖地震災害調査報告』「日本建築学会」

1981

5) 『建物の耐震設計資料』「日本建築学会」

1983

6) 「死者・行方不明者に関する調査、台風10号による災害とその社会への影響に関する調査研究報告書」『文部省自然災害特別研究報告書(代表者 高橋裕)』

7) 「第4章 地震と地盤と震害と」『地震災害を考える (東京都立大学)』

8) 『地震動と地盤—地盤震動シンポジウム10年の歩み—』「日本建築学会」

- | | |
|-------------------------------------------|--------------------------------------------|
| 1986 | 1991 |
| 9) 『1985年メキシコ地震災害調査速報』「日本建築学会メキシコ地震災害調査団」 | 12) 『1986年伊豆大島噴火における組織と人間』「東京都立大学都市研究センター」 |
| 1987 | 1992 |
| 10) 『1985年メキシコ地震災害調査報告』「日本建築学会」 | 13) 『1990年フィリピン地震災害調査報告』「日本建築学会」 |
| 1990 | |
| 11) 『巨大地震と大東京圏』「日本評論社」 | |

Key Word (キー・ワード)

Earthquake Engineering (地震工学), Seismic Microzonation (サイスミックマイクロゾーネーション), Central Disaster Council (中央防災会議), Regional Earthquake Damage Estimation (地震被害想定), Area Vulnerable Assessment of Earthquake (地震に関する地域危険度測定)

Approach and Views of The Studies For Disaster Prevention in Urban Areas

Toshio MOCHIZUKI

Center for Urban Studies, Tokyo Metropolitan University
Comprehensive Urban Studies, No. 50, 1993, pp. 49—77

This paper has eight chapters as summarized below.

1. Social trends related to earthquake disaster prevention and studies on disaster prevention conducted by the Center for Urban Studies

Both the rise of earthquake disaster prevention as a social issue and the development of earthquake disaster prevention have been step-by-step processes. There have been two major events in this process.

The first was in 1964, when the kawasumi Theory was announced. This theory, well-known abroad, states that major earthquakes hit the Tokyo Metropolitan Region every 69 years plus/minus 13 years. In the same year the Niigata Earthquake occurred. Building codes were amended to enable the construction of high-rise buildings 31 meters and taller. It was the first year of the author's 28-year career of studying the issue of disaster prevention. He conducted a survey of the Niigata Earthquake and was given an opportunity to participate in a survey initiated by the Tokyo Metropolitan Government.

Another year of significance was 1978. Two years earlier, Katsuhiko Ishibashi, then an assistant of the University of Tokyo, announced a theory on the probability of the Tokai Earthquake. His theory became a focus of media attention, and even forced the Japanese government to take action. The government set up The Central Disaster Council, chaired by the Prime Minister, and enacted the Large-Scale Earthquake Countermeasures Act in 1978. This was also the year of the Izu-Oshima Kinkai Earthquake and the Miyagi-ken-Oki Earthquake.

The Center for Urban Studies of the Tokyo Metropolitan University was established in 1977. It immediately began a project research titled Comprehensive Studies on Earthquake Disaster Prevention. This project research was expanded to a large-scale project in 1990 and renamed the Comprehensive Studies of Optimum Disaster Prevention Systems. The author has been a key figure in both projects.

2. Outline of the author's surveys and studies on earthquakes

The author conducted a comprehensive survey on all major earthquakes which occurred in Japan, from the 1964 Niigata Earthquake to the 1993 Kushiro-oki Earthquake. The results have been utilized by governments of all levels for regional earthquake damage estimations and for area assessments of earthquake vulnerability.

3. Research on Seismic Microzonation

Seismic microzonation is the study on ground conditions of the target area, which serves as the basis

for regional earthquake damage estimations, area assessments of earthquake vulnerability, and assists in the study of the seismic risk potential based on seismicity. We have conducted research on the past surveys and records of earthquakes both in Japan and overseas using methods and techniques of modern seismology and earthquake engineering.

4. Urban Facilities Survey and Systematic Understanding of Asseismicity

We have established a method to estimate earthquake damage through estimating the earthquake resistance of individual urban facilities and groups of urban facilities.

5. Human behavior and casualties in disasters

We have conducted an extensive survey on how people react when an earthquake or fire occurs and how their actions lead to casualties and have proposed methods to estimate the number of casualties and to reduce damage.

6. Survey on measures against disasters taken by urban communities and social effects of disasters

We have conducted a survey on steps taken by households, communities, companies and governments to find out how ready these groups are to face a disaster. We also proposed issues to be addressed in the future. We have also conducted cased studies on social and economic impacts of disasters and proposed research methods to be applied to future studies on disasters.

7. Research on surveys on disasters conducted abroad and international comparison of vulnerability to disasters

We are now conducting an on-the-spot survey of disasters abroad to compare major cities around the world in terms of their vulnerability. We are also studying disaster prevention systems used in other countries and the social and economic conditions of these nations. We have reported some of our findings already.

8. Advice to companies for disaster prevention

The functional overconcentration in Tokyo has gone so far that people are apt to think that “If Chiyoda-ku is destroyed, the whole of Tokyo will be destroyed and eventually the whole nation will be destroyed.” Making Tokyo Metropolitan Region more disaster resistant is of importance not only to Japan but for the rest of the world. As Tokyo is driven by the companies within its borders, corporate efforts to minimize damage will help Tokyo recover smoothly after a catastrophe. This paper, therefore, concludes by emphasizing that companies do more to help in disaster prevention.