

最近の地震災害の特徴と今後の研究課題

中野 尊正*

要 約

1977年3月4日のルーマニア地震によるブカレストの被害, 1978年1月14日伊豆大島近海の地震による東伊豆地域の被害, 1978年6月12日宮城県沖地震による仙台の被害の3つをとりあげ, それらにみられる被害の特徴を, 次の視点から整理した。

1. 建物の耐震性は, 地域によって, また建物の新旧によってことなる。耐震基準も年代をおって変わるので, ある一つの地域内には, さまざまな水準の建物が存在する。
2. 地域の開発が進めば, 被害ポテンシャルは増大する。
3. 建物が中高層化するにしたがって, 都市空間では, 死傷者が発生しやすくなる。生活階が高ければ高いほど, 水平動による被害が出やすい。
4. 技術的制御は決して完璧ではありえない。技術的制御の限界をこえれば, 大被害になりやすい。

1 まえがき

物的・人的さらに経済的被害の軽減を目的とする震災対策に, 即効性を期待することは無理である。たとえば, 建築物は建築基準法や関連の諸法規にしたがって建てられているべきであるが, 現実には被害が発生している。被害の発生には, 建物の老朽度のように, 法令では規定しにくく, かつすべての建物に関連する要因も関係するし, 現行の法令では規定されていない要因, あるいは設計, 部材, 施工, 管理上の諸問題といった要因もありうる。しかもこれらは, すでに建っている建物に抜本的な改善はもとめにくく, また法令が関与するばあいには, 法令の整備が先行的に要求されるし, 現実には迅速な法令の整備はおこなわれにくい。

火災危険はしばしば指摘されるが, 消防法はじめ, 高圧ガス取締法, 危険物関係の諸法規があつてなおかつ, 火災危険は増大していると考えなければならないとしたら, これら諸法規は一体, 地震火災に対して何故, 有効でないのか, 火災危険の実態はどうなのかということが明らかにされ, それらを排除するための努力が先行すべきであろう。また, 現行の諸法規にしたがっていることが火災危険の増大につながっているとすれば, 諸法規やその運用にあたる行政にも, 火災危険増大のひとつの理由があることになる。

情報が, 震災の話題となり, 生活機能障害が調査研究

のテーマとして取上げられるようになった最近の地震災害, とくに都市の災害の特色を整理し, 今後の研究への展望をひらくのが本稿の目的である。

2 ルーマニア地震とブカレストの震災

1977年3月4日21時22分ころ(現地時間), ルーマニア国はブランシア Vrancea 地方に中心をもつ大地震に見舞われた。1940年11月10日いらいの大地震である。世界各地の観測によって, マグニチュードは7.2, 震源の深さ90km程度以深であることはたしかである。この地震による最高震度は, ソ連の S. V. Medvedev によれば, ソ連, 東欧諸国で用いられる MSK 震度階でIX, 気象庁震度階でVIIに相当する震度であり, 震央の東側, ほぼ南北にのびる地域にみられた。MSK 震度階VIIIの地域は, その外側, そらまめ型に北東—南西にのびる広域にひろがっている。その地域内にブカレストがある。ルーマニア地震による被害地域は主としてこの地域内にある。MSK 震度階IXの地域は, 1940年地震で大被害をうけ, 復旧されていたこともあつて, 今回の被害はかえって小さかったといわれている。

ミシガン大学の G. V. ベルグらの調査も, 傾向としてはメドベデフの震度分布と同様の結果を示しているが, 改正メルカリ震度VII~IXの地域にブカレストがあるとしている。44~432ガルの加速度の地域である。顕著な被害はIV~IXの震度の地域にみられる。加速度では, 21~

* 東京都立大学都市研究センター・理学部

432ガルということである。

なお、ブカレストの建築研究所にある日本製のSMAC-B型が、唯一の完全な記録をとっているが、それによるとNS成分の最大加速度は約200ガル、EW成分のそれは約160ガル、記録上に卓越して見える周期はそれぞれ1.7秒、1.2秒である。上下成分は短周期で最大加速度は20ガル程度と小さい。予察的結果を表1に示す。

被害の状況は表2に示すとおりである。全死者数1,570人、負傷者11,275人、全半壊家屋33,900戸（ルーマニア当局の最終集計）の多くが、ブカレストにおいて発生している。建物、それも中高層建物の被害が特徴的であり人口10万人当り死者は約80人、負傷者は約420人である。建物被害によって、死傷者が多発していることに注目すべきである。ガス爆発をともなって中高層建物が崩壊し、瓦礫の下じきとなって300名以上の人が死亡している例も含まれている。火災、とくに市街地延焼火災なしに多数の死傷者が発生するのが、日本以外の地域の特色である。

建物の近代化のおくれているジムニチアでは、アドベ造、レンガ造建物の被害が目立ったが、死者は5名、内3名は3月5日午前1時ころの余震時に、建物内にいて死亡したものである。一般の建物は60平方m程度でありいち早く逃げて被害をまぬがれている。中高層建物から飛び出すことによって、難をまぬがれた人も多かったがこのことによって死傷者がブカレストでは多発したと考えるのがよいであろう。表3-a、表3-bに示すように、M7程度ないしそれ以下（M7級ないしそれ以下）で、かつ死者1,000以上を出した震災は、最近約100年間に、イランの6件、イタリアの4件、中南米の6件、パルカン諸国及びトルコの5件、中国の4件など、建物が弱い地域に圧倒的に多く、日本は3例にすぎない。被災地域のなかではもっとも人口密度が高く、火災に弱い木造家屋の多い日本の被害が意外に小さいことに注目すべきであろう。

表1 ルーマニア各地の予察的震度
(ベルグラによる)

改正メルカリ震度	地 名	震央距離 km	震源距離* km
V	ブラショフ	91	143
IV	プリンキオアイア	2	110
IV~VII	グライオバ	288	308
VII~VIII	アレキサンドリア	234	259
	ブザウ	80	136
	フォクシャニ	39	117
	プロイエステイ	115	159
VII~IX	ジムニチア	268	290
	ブカレスト	166	199

* 震源の深さ110kmとして。

建物の脆弱さに起因する死者が多いことは、建物の破壊にともなう負傷者の多発を示唆する。負傷者の統計は死者の統計より信頼性は低いと考えられ、医療機関の手をわずらわした負傷者は計上されても、自宅治療等の人々は計上されていないことも考えられる。それにしても日本の震災では、負傷者数は死者数の0.5~3倍程度(表4)、水害の場合にも同様なし負傷者数が若干多い傾向がみられる。しかし、表2にみるように、ルーマニア地震のばあい、ブカレストで5倍以上、クライオバで約24倍、トゥルヌマグレレで17.5倍、ジムニチアで120倍、ジウルジウで35倍で、日本より負傷者が多い傾向がみられる。日本の例では、火災による窒息後焼死というケースも多く、関東大震災のばあいはその典型例とみられるが、ルーマニア地震の場合には、建物崩壊、圧死の例が多く含まれており、死傷者発生の態様にちがいがあると考えられる。

負傷者多発の原因は、基本的には建物の脆弱さにあると考えるべきであるが、人々の避難行動にも深くかかわ

表2 ルーマニア地震による被害（ルーマニア政府公表、都調査団報告による）

都 市	人 口(万)	死 者	負 傷 者	建 物
ブカレスト	180 (187)	1,420 10万人当り79人	7,500 10万人当り417人	全半壊計 約22,000戸 高層建物全壊 23, 半壊 1,600
クライオバ	22.2	40	550	全壊 10, 半壊 410 約20%がなんらかの被害
トゥルヌマグレレ	4	4	70	全壊 106, 半壊 4,945
ジムニチア	1.5	5	600	全半壊の合計約80%
ジウルジウ	6	1	35	全壊 35, 半壊 600
上記以外	390以下	100	2,520	全半壊計 約2,700
全国計	600以下	1,570	11,275	全半壊家屋計 33,900戸 企業被害 763棟

表3-a M7.2以下で死者1,000人以上の震災

年・月・日	地 域	M	死 者	年・月・日	地 域	M	死 者
1906・3・16	台 湾	7.1	1,300	1957・12・13	イ ラ ン	7.2	1,130
1815・3・16	イ タ リ ア	7.0	29,980	1960・2・29	モ ロ ッ コ	5.9	15,000
1925・3・16	雲 南	7.1	5,000	1963・7・26	ユーゴスラビア	6.0	1,100
1929・5・1	イ ラ ン	7.1	3,300	1966・8・19	ト ル コ	7.0	3,000
1930・7・23	イ タ リ ア	6.5	1,430	1968・8・31	イ ラ ン	7.0	11,000
1831・3・31	ニカラグア	5.55	2,500	1969・7・25	広 東	6.4	3,000
1935・4・20	台 湾	7.1	3,280	1972・4・10	イ ラ ン	7.0	5,374
1945・1・12	三 河	7.1	1,900	1972・12・23	ニカラグア	6.2	5,000
1949・8・5	エクタドル	6.8	6,000	1975・9・6	ト ル コ	6.5	3,000
1954・9・9	アルジェリア	6.8	1,250	1976・5・6	イ タ リ ア	6.5	965
1957・7・2	イ ラ ン	7.1	2,000	1976・6・25	西 イ リ ア ン	7.1	5,000

表3-b M7.3~7.7で死者1,000人以上の震災

年・月・日	地 域	M	死 者	年・月・日	地 域	M	死 者
1908・12・28	イ タ リ ア	7.5	83,000	1948・6・28	福 井	7.3	3,895
1930・5・5	ビ ル マ	7.3	6,000	1949・7・10	ダジキスタン	7.7	5,000
1932・12・25	甘 肅	7.6	70,000	1962・9・1	イ ラ ン	7.3	12,230
1935・5・30	パキスタン	7.5	30,000	1970・3・28	ト ル コ	7.4	1,086
1940・11・10	ルーマニア	7.4	1,000	1970・5・31	ペ ル ー	7.6	70,000
1943・9・10	鳥 取	7.4	1,170	1976・2・24	グアテマラ	7.5	23,000
1946・11・10	ペ ル ー	7.4	1,400				

表4 負傷者と死者の比率（日本の例）

	負傷者(A)	死 者(B)	A/B
関東地震（東京府） 1923	27,000	約60,000	0.35
関東地震（東京市） 1923	26,000	約58,000	0.45
関東地震（東京府下） 1923	1,000	約 2,000	0.5
関東地震（神奈川県） 1923	56,000	約 2,900	1.9
北丹後地震（京都府下4郡） 1927	7,100	約 2,900	2.6
新潟地震（新潟県） 1964	315	14	22.5
十勝沖地震（青森県） 1968	188	47	4

っていると考えられる。

ブカレストで調査した限りでは、ルーマニア人は一せいに建物からとび出して難をさげようとしており、一方120名の在留日本人は、机の下や丈夫な家具に身をよせ落下物による打撲をさげ、ゆれがおさまってから建物の外に出ている人が多い。日本人には死傷者はなかった。日本人が、ブカレストでは、よりましな建物に住んでいることも関係するかもしれない。ルーマニア人については、にげきって無事であった人、逃げおくれたが建物内

で無事であった人、逃げ出したが途中で負傷した人、逃げおくれ、瓦礫にうたれて死傷した人、瓦礫の下じきになって死亡した人などに細分して吟味する必要がある。

ともあれ、逃げるのが基本的行動であって、逃げるいとまもなく建物が崩壊すれば、その下じきになってしまふ。建物から逃げ出すのに要する時間と建物崩壊に要する時間の関係によって、無事であったり死傷したりするということになる。建物の崩壊、損壊に要する時間は強震計の記録からいえば、発震後19~20秒、強い上下動を感じてから5秒程度以下という短時間であったと判断される。夜の9時22分すぎに地震をうけた人々は、食事中であったり、テレビやラジオをたのしんでいた、シャワーをあびていたり、若干の人はすでに就寝していたりといった状態にあり、一部、夜勤の人々が就労しているほか、くつろいでいる人が多かった。靴をはいていない状況下で地震にあい、ハダシのまま、パジャマやネグリジエのまま、逃げ出すことになった人も多いが、建物内の位置によってことなるとはいえ、平屋では60平方m程度のものでは、途中、つまずいたりなどしなければ、5秒あれば脱出可能であるが、中高層建物では無理

である。そこで、建物の損壊率（何らかの被害をうけた建物の全建物数に対する割合）が検討の対象になる。

ブカレストの都心部は第二次大戦中に爆撃を10~15回うけており、このために傷んだ建物を修復して利用しているものもあるし、近代的な建物にたてかえられたものもある。当時（1940年地震及び戦災時）の人口は約85万人程度と推定され、戸数は12万程度であった。主としてRC造、レンガ造の建物約2万戸が損壊をうけたといわれるが、約17%という高い率を示す。

ブカレスト市内の北部に農村博物館があるが、19世紀以来の古い農家65棟、モニュメントの木造建物298棟が広い敷地に展示されている。木造あるいは木の柱と石またはレンガ壁の家が多いが、今回の地震では倒壊したものはない。木造については、損壊率0%ということになり、上記の17%が如何に高率であるかが理解できよう。耐震性がじゅうぶんでないビルに被害が多発し、このため死傷者を多発したのがルーマニア地震の特色といえる。

ビルの耐震性は、建築基準によって与えられている。しかし、一足とびに高い耐震基準にしたがってRC造やSRC造建物が建てられているわけではない。1906年のサンフランシスコ地震によって耐震建物への時代がひらかれたというが、サンフランシスコのばあいにも、1927年のUBCまでは耐風、1933年のRiley Actではじめて耐震コードになり、1947年のBracing Laws、1956年の耐震関係の委員会基準、1962年のSEAOC、1971年のSEAOCと順次、耐震基準が強化され、この間、RC造、SRC造建物がふえていく。1974年現在の建物について考えると、サンフランシスコ中心部では66%が耐震的にはじゅうぶんでないと指摘されている。したがって、1974年の状態で地震にあえば、1933年のRiley Act以前の建物で大被害、それ以後、1962年のSEAOCまでの建物で中小の被害が出るものと考えられる。1974年現在の建物についてみれば、1966年以降のものは推定約15%にすぎず、1962年のSEAOC以降のものを無キズと考へても、約80%のビルにおいて問題を抱えているものと考えられよう。

ブカレストにおいてはどうかであろうか。サンフランシスコ地震を契機とする建物耐震化の考えは、他の地震災害地域の建物へも影響を与えたことはたしかであろうが1933年のRiley Actまでは、耐風強化の考え方であり、ルーマニアの建物についても同様であったと考えられる。Riley Actの考えが、この国で吟味されたとしてもその採用はおくれ、1940年ないしそれ以後ではなかったかと考へている。1940年11月10日の地震時には、耐震建物は乏しく、耐震的にはじゅうぶんでないビルが被災をまぬがれ、修復のあと、利用されていたものもあったと考へる。爆撃を10~15回うけたあとも、同様な処置がと

表5 ブカレストの人口変遷

年次	人口 万人	年平均増加 万人率	備考
1659	2.5		各種文献による
1831	5.8		
1889	18		
1912	34		
1922	60	1.6	フィリップソンによる
1940	約85	1.7	1944年共産政権確立
1948	約100	1.7	Sozenの推計
1656	約120	1.5	1858年ソ連撤退
1970	147.5	2.2	
1971 7月	157	6.5	ルーマニア地図帖統計
1972	161.8	4.8	
1974(末)	158.6		コメコン諸国統計1975
1977	180	5	187万という数字もある

られた。第二次大戦後、耐震基準の考え方に、ソ連の考え方が導入され、1953年ごろには耐震基準が制定されていた模様である。この基準適用による建物がどの程度の数にのぼるかは不明である。かつては東欧諸国中もっとも工業化のおくれたこの国も、1947年共産政権確立以来、工業化政策がすすめられ、1950年代以降、年平均13%程度の工業成長率を示し、人口の都市への集中がはじまり、ブカレストの人口も急増しはじめた(表5)。

工業化政策が順調にすすみ、ブカレストの人口が150万人前後に達した1970年に詳しい耐震基準が制定され、その適用をうけた建物を含めて1977年地震をうけた。この基準もソ連の考え方を反映しているとみられる。地震係数についてみると、ブカレストでは0.05である。東京では0.2~0.3をとっているのに対して著しく低い値となっている。震災後に0.15としているが、この値も低い。1940年から1953年までの人口増加分約25万人分の住宅6万戸は国の責任において建てられたものが多いが、耐震的とはいえない。1953年基準を適用した建物は、1970年までの人口増加からみて、約40万人分12~13万戸と考えられるが、耐震的にじゅうぶんとはいえない。1970年基準適用の建物は、人口増加の30万人分を考慮して、10万戸程度とみられる。これも日本の基準からいえば問題はありうるが、今回は大被害をうけた例はすくない。1940年当時からの建物は、逐次、更新されたが12万戸程度が残っていると考へられる。これを中心に、1953年以前の建物に被害が多発したと考へるのがよい。また、次の震災で、1953年までの修復建物はもとより、1970年までの建物に被害が拡大することも考へておくべきであろう。

このように、建物の耐震性が万全とはいえないブカレストで、人的被害を軽減するためには、耐震強化と合せ

て、直前予知が重視されるべきであろう。耐震建物への更新は、それほど容易ではないからである。しかも、地震発生メカニズムからみて、地震予知の可能な国なのである。

3 伊豆大島近海の地震と被害の特色

1978年1月14日12時24分すぎ、伊豆大島西側海底に震央をもつマグニチュード7.0の地震が発生した。マスコミの初動活動も、都下の伊豆大島にむけられたが、被害は伊豆半島に多発した。被害の概要は表6に示すとおりである。

震央距離の近い大島より、遠い半島部に被害が多発したのは、西にのびて活動した活断層によることは、その後の調査で明らかにされた。被害の特色は崩災にあり、崖や道路の法面崩壊によって、多数の死傷者が発生した。負傷者のなかに、石油ストーブの消火の際、受傷した人が多かったのも特色としてあげることができよう。とくに、河津町見高地区では、崩壊型地すべりによって4世帯10棟の家屋を埋没し、7名の死者を出し、発掘に時間を要したことで注目をあびた。全壊住家1棟当り死者数0.64人という高い値になっている。1927年の北丹後地震（激震）の0.24人にくらべて著しく高いのは、崖くずれ等の崩災に関連した死者発生であったためである。

死者のうち、自動車、バスにのっていた被災した人は13名、地域外の人の被害も半分をこえている。地域の温泉観光地としての特性を、そして土曜日という条件を考慮しないと説明しにくい被災である。したがって、もうすこし発生時刻がおそければ、さらに多数の他地域の人々が道路上、かつ自動車やバスのなかで、被災したであろうと考えられる。

もう一つの特色は、火傷をうけた人が多かったことである。被災地域は伊豆大島近海の群発地震地域に接し、たえず地震の洗礼をうけており、地震に対する関心は高

表7 東伊豆地域の地震被害

(中林：1978ほかより編集)

	東伊豆町+河津町	酒田市(酒田大火)
面積	179.2平方km	173.8平方km
人口	27,092人	95,890人
世帯数	7,613戸	49,890戸
被災世帯	647戸	1,023戸
被災者数	2,562人	3,300人
死者	20人(1万人当り7.4人)	1人
負傷者(重傷者)	137人(25人) (1万人当り50.6人)	1,003人 (10人)
直接被害額	23,359百万円 (被災者1人当り912万円)	40,500百万円 (被災者1人当り1,224万円)

い。また、伊豆半島沖地震(1974年)につづく、河津地震と相ついで被害を経験しており、火気に対する注意も高い。この点に関連して、石油ストーブ関連の詳しい調査が東京消防庁によって実施された。

建物被害では、RC造やSRC造の建物の被害が目立ち、かつ、そのなかには多くの旅館が含まれている。木造建物の被害にくらべ、RC造等の建物の被害が目立ったことは、RC造建物等の耐震性に疑問をもたせるものであるが、稲取トンネルの活断層による破断、道路の被害等もあって、旅行者の足がとのおき、被害軽微な旅館も、長期営業不振による収入減という間接被害をうけた。この点も、この地震による被害の特徴的な点であった(表7参照)。

伊豆大島近海の地震は、日本各地にある温泉観光地の地震災害において、不特定多数の観光客、それも時間帯によっては酒気をおび、ふだんより多量のタバコをすいかつ入浴、ゆかたがけなど地震時行動には不利な条件のある旅行者の多くに、想定しにくい被害の発生しやすいこと、道路上での車がらみの被災の多発の可能性、復旧に手まどって間接被害が大きくなりやすいことなど、多様な問題提起をしたともいえる。これらは何れも今後の研究、それも過去の事例の刻明な追跡調査によって体系化されるべき課題である。

4 宮城県沖地震と被害の特色

1978年6月12日17時14分、宮城県沖100km、深さ30kmでM7.4の地震が発生し、仙台市を中心に宮城県下に多大の被害を発生した。震央距離が遠く、M7.4程度の地震では、過去の震災例からいえば、大きな被害は発生しないといえるが、現実には死者27名、負傷者10,181名という大きな被害をみた。ブロック塀、門柱の下じきにな

表6 伊豆大島近海の地震による被害

	伊豆半島	伊豆大島
死者	25	0
負傷者	170*	0
全壊住家	39	0
半壊住家	536	0
一部破損	3,759	150
道路被害	1,102	15
崖くずれ	193	0
通信被害	579	0

* その後250名とされている。

って17名もの死者が発生したことから、ブロック塀がにわかにな注目されるようになった。しかし、この震災の特色は他にもあり、むしろそれらに注目すべきであろう。

1) 防災対策の不備

第1は、今回の震源地域は、以前から研究者によってマークされており、1977年秋の地震学会で瀬野徹三によって、近い将来M7.7クラスのプレート境界地震が発生する可能性があるとして報告されたところでもある。それにもかかわらず、無防備のまま被災している。2月に一部被害をとまなう地震が発生し、本震の8分前に強い前震があつて、地震への関心を余儀なくされるなかでの被災でもあつた。

この地震は、地震発生の可能性が指摘され、地震予知に傾斜した世論にもかかわらず、被災地域の地震防災はお寒いものであつたこと、2月の地震の後にも、防災体制は強化されていないことなど、全国の他の地域においても起りうることを明らかにした点で注目に値しよう。別言すれば、政治、行政、企業、住民の何れも、防災に有効な行動をとつてはいなかったともいえる。ここにも地震予知の研究、行政、防災行政、社会の対応の相互の隔りについて、深く考えるべき課題を提起したともいえる。

2) 物的被害

第2は、地盤災害が特徴的にあらわれたことである。物的被害とその分布が地域的特色をもつことはこれまでもよく知られている。ここで物というのは、建物、宅地、道路、鉄道、地下埋設管、産業施設、危険物施設、通信施設など、人間のつくつた「もの」のことである。とはいっても、本棚の本が地震によってずれおちて傷んだとしても、社会通念としては被害とはいわないであろう。別言すれば、地震による被害とは何かについて、問題を提起した地震であつたともいえる。電話に殺し、通話不能になつたが、電話回線の多くがいきていたことから、通話行為が可能となり、ひいては通話不能におちいったと考えられる。通話障害をひきおこしたのは人間の側に原因があり、通話不能によって物的被害が発生したり、拡大したりしたわけではない。

この場合、通話不能が通信施設の切断、破損によって発生していれば、「被害」としてあつかわれているのであろうし、これまでもそう扱ってきたものと考ええる。今回の地震でみられたような通話障害は、間接的障害とか間接的影響として取扱うのがよいと考えている。情報関連問題として別に取扱うことにする。

物的被害は、地震による振動、地盤の破壊、活断層の活動など、被害の決め手になる入力との関係に注目して調査される。基本は振動被害であるが、宮城県沖地震で

は丘陵地の若い造成地での地盤の破壊による被害に特色がみられた。解析の基礎となる地盤の振動に関するデータが一般に限られており、墓石等の調査結果は多数のポイントでえられているが、一般に観測データより大きな加速度を示す。一方、強震計の記録もこれまでの地震にくらべて多数えられたが、記録値が大きなものもえられ耐震工学的には貴重なものが多い。

物的被害が、物的施設の振動特性と地域の地盤の特性にしたがつて発生するので、震災研究の基礎として、マイクロゾーニング手法の開発とそれにもとづくマイクロゾーニングマップの作成が必要である。

広域に分布し、物的施設としての振動特性もよく知られているところから、木造建物が被害の指標としてよく使われる。仙台市では「住めない」と市民が回答したものを全壊としたが、その数は700世帯、全市の世帯数(昭和53年3月31日現在)に対して約0.35%であつた。同じ仙台市の別の資料では全市で0.5%の全壊率になっている。低地帯で、主として振動被害をうけた木造建物を、支所別にみると、六郷2.8%、七郷2.3%、長町1.2%をのぞき、何れも0.2%程度以下である。久保(1978)によると、旧市街地のローム段丘、れき層地域では0.35、沖積層ならびに泥炭地の地域では1.72、宅地造成の若い盛土の地域で2.92(この数値はガス需要家1000件に対する全壊個数で示されている)であつた。何れにしても、大局的には震度5の被害であり、問題が若い盛土と沖積層、泥炭土にあることを示している。

住宅団地の形成は、昭和30年以降に増加する。所得倍増計画(昭和34年)による地域開発は、住宅地は丘陵地帯へ、仙台市東部、南部の低地帯のうち北部を、仙台港と結んで、卸商団地、自動車団地、鉄工団地、印刷団地、中央卸売市場、トラックターミナルなどの業務地域とし、南半部を当分、農村地域として保留する考え方をとつたと思われる。住宅団地は、仙台市の市域をこえて急増しているにもかかわらず、農村地域への市街化は進んでいない。このことは保留された農村地域が、将来、業務地域へ変ぼうすることを示唆している。

仙台市の丘陵地の住宅被害は、日本の他の同様な地域への多大な教訓をのこすものである。日本の丘陵地の住宅開発はほぼ同じパターンで、同じ時期に進行する。昭和30年代以降の開発地域に、ロスポテンシャルが蓄積するメカニズムを知る一つの手がかりを与えるものといえる。

RC造、SRC造建物は、昭和30年代後半以降の開発にともなつて、低地帯に進出した。宮城県の報告「'78宮城県沖地震災害の概況=応急措置と復興対策=」(昭和53年12月)によれば、卸商団地および苦竹地区では、中高層ビルが大きな被害をうけ、なかでも卸商団地の286社のうち、3社が全壊、162社が半壊し、そのほかの企

業もすべて一部破損などの被害をうけている。建築専門家が詳しい調査をしているが、全半壊が50%をこえる被害をみたことは、設計、施工に問題があることを示している。同じ報告書のなかに、低地帯の六郷、七郷地区では全戸数4,602戸の67%が何らかの被害、全壊170戸の3%、半壊574戸の8.3%という数字が示されている。これらにくらべて、如何にも中高層ビルの脆さがクローズアップされており、今後の研究上はもとより、行政上の問題を提起しているといえよう。

仙台には11階以上のマンションは14棟あるが、サニーハイツ高砂(14階 190戸)、八本松マンション(14階 433戸)、京急プラザ(11階 260戸)、シャンボール石名坂(11階 172戸)、ニュースカイマンション(11階 252戸)、東仙台マンション(7階 138戸)などで被害が大きく、とくに5階~10階で被害が大きかった。上記しただけで、1,445戸が「半壊」程度の被害をうけている。前記した、木造建物中心の東部低地の被害をはるかに上まわる比率の被害がマンションで発生していることは、このタイプの集合住宅が急増している大都市では、震災対策上の盲点を形成するものとして、注目しなければならぬ。被害が目立った長町、郡山地区でも、一般住宅の被害は少なく、鉄筋コンクリート造建物の被害が目だったことも指摘しておきたい。

仙台の震災は、ブカレストとはちがった意味で、「ビル災害」に象徴されるといえる。ちがいは、設計、施工といった個別の問題をのぞけば、建物の耐震基準の差、新旧差に求めることができる。そこで地震入力がもうすこし大きなものであれば、被害はさらに深刻なものになるであろう。現在、社会的に話題をあつめている駿河湾地震が発生すれば、東京西部まで120 km前後、丘陵地に造成された宅地の集まる多摩地区では110 km、震度は5であろうが、M 8.0クラスの地震といわれているので、仙台の事例を上まわる影響が気になる。すべての点で機能中心になっている東京を中心にしたシステムパニックの可能性は強いと考えるべきであろう。今後の研究課題の一つとして取上げたい。

宮城県沖地震による仙台市内の水道施設被害は3,859箇所、道路63箇所、橋りょう11箇所、河川7箇所であった(昭和53年7月現在仙台市調査)。伊豆大島近海の地震による伊豆半島の被災地での被害、水道施設の532箇所、道路の1102箇所、橋りょう3箇所、河川65箇所とくらべ、水道施設被害に特色がある。また、道路被害が小さく、地域の地形や地質のちがいによることが大きいとみられる。ガス管被害も供給管の321箇所をはじめ、本支管にも合わせて214箇所の被害が発生し、直接、火災発生にはつながらなかったとはいえ、長期供給不能におちいり、ライフライン被害にともなう生活障害が話題をあつめた。

産業施設の被害としては、仙台市ガス局の有水低圧ガスホルダー有水槽が破損して水が流出、ガスホルダー部が落下し、ガスが有水槽との間に漏えいし、何らかの火源によって火災を起こし、リング火災になった。ダイキャスト機の重油パイプが折損して漏油し、バーナーの花が引火してボヤ火災で焼失した工場もある。

産業施設ではないが、東北大学理学部、東北薬科大学では薬品の混合、混触(推定)による出火、近隣の教室等へ延焼している。東北大学工学部でも薬品の混合、混触(推定)による出火、ボヤ火災で焼損している。火災には至らなかったが、宮城県立工業高等学校化学工業科の実験室でも薬品の転倒、漏えいがあった。薬局での薬品の落下、転倒も多かった。

危険物施設の被害は、屋外タンク貯蔵所、地下タンク貯蔵所、給油取扱所に問題があること、安全性の基準がよりあまいと思われる一般産業施設ではさらに問題がありうること、震度がもう少し強ければ、大事に至りかねないことなどがうかがえる。

消防設備については、仙台市消防局が、発震後、屋内消火栓設備を設置している防火対象物1,042件について調査した。単純に被害係数を求めると18%に達している。火災が多発しなければ問題は無いが、より強い地震への不安、施設の信頼度への疑問、一定の法令的根拠がありながらも被害が発生するなど、技術的制御を一義的に重視する消防施設や危険物施設でこの有様では、かくされている原因が何かを明らかにし、排除しなければ都市火災への不安は解消しないであろう。

こうしたなかにあつて注目すべき被害が、東北石油仙台製油所で発生した。この製油所は仙台市の東部、仙台港北端に近く、塩釜市との境界付近に位置する。もと水田地帯の砂層地といわれる。タンクは計70基、うち製品タンクヤードの6基が被害をうけた。何れも、47年7月以降に完成検査をうけている。被害率は8.57%と高い。6基の被害タンクのうち、5基は何れも底部破損であり3基からは全量流出、1基からは漏油、他の1基からはにじむ程度の油もれが報告されている。砂地にパイプフロテーション工法(採石の杭を深さ5 m、密度2.5平方mあたり1本)による地盤改良を施してあること、基礎は砂圧密、オイルサンド工法、基礎リングを鉄筋コンクリート製としていること、水島事故のあとの規制強化があったはずにもかかわらず、底部破損が目立つ。他のタンクについても疑問ありと考えざるをえない。とくに発震と同時に3基から流出をしているが、その被害率は4.4%に達しており、震度がもう少し強いとさらに被害率は大きかったと判断される。

暖房器具使用シーズンではなかったこと、火気器具使用中の人も直ちに火を消すなどしたため、一般家庭からの火災は発生しなかった。しかし、ここにみたように、

表8 ゆれの最中、直後の行動（仙台市の例）

	ゆれの最中	ゆれの直後
火を消した	12.8%	0.7%
とっさに外にとびだした	17.2	13.0
ものかげに身をかくした	3.6	0.2
近くの建物の中かけこんだ	0.3	0.4
何かにつかまった	16.6	3.8
机・テーブルなどの下に身をかくした	11.2	3.6
家具を支えていた	5.4	1.4
家族をあつめた	7.2	6.6
車をとめ様子をうかがった	5.8	3.0
現金・貴重品などをとりまとめた	0.1	2.3
お祈りをした	1.5	0.4
何もできなかった	8.2	6.8
特に何もせず様子をみていた	18.8	30.5
その他	6.1	21.3
忘れた	0.7	1.5

危険物施設、薬品を常用する施設、消防設備、製油所などで事故例、被害例が多発していることに注目すると、地震時火災発生メカニズムについて、根本的に洗い直しが必要であろう。

3) 人的被害

宮城県沖地震は、ブロック塀の下じきで死亡した人が14名も発生したことから、震災直後からブロック塀災害といわれた。しかし、それ以外にも人的被害には注目すべき特色がみられた。

その第1は、都市的土地利用の進んだ仙台市で負傷者が9,300名をかぞえ、仙台の約2倍の人口数の仙台市以外の宮城県下の881名の約10.6倍に達していることである。死者数についてみても、10万人当たり2人の仙台に対し、県下は1にみたない。多発した負傷者は年令的には働きざかりの人に多いが、性別では女性が65%を数える。ガラスによるもの、転倒、転落物によるもの、家具の転倒によるもの、落下物、壁や天井の損壊によるものなど、高い位置からの転落、転落しているものによる負傷が多い。仙台の重傷者は300名(262名という数字や、さらにすくない数の報告もある)と多いのも注目にあたいする。死者13名の20～30倍である。

被害者の分布が、物的被害の分布とほぼ一致するのは当然であろうが、中高層建物では高い階層で被害が多い傾向を示すのも気になる点である。

ブロック塀や門柱の下じきになった死傷者をのぞいて考えても、仙台では死者2、負傷者は8,000人程度の被害となり、都市の物的構成のなかに被害多発の要因が含まれていると考えなければならぬ。一般化していえば

都市化は人的被害を軽減するものではなかったし、都市化のなかで被害ポテンシャルが高まり、地震によって被害を顕在化させたというべきであろう。

伊豆半島の被害では、土砂の下じきになって死傷者が発生している。このタイプの被災は遠郊型の被害といえよう。宮城県下では今回は発生しなかったが、白石市では造成中の宅地の大きな地すべりが発生しており、入居していれば問題はありえたと考えるべきであろう。

過去の震災例にてらして考えると、今回程度の地震であれば、大きな被害にはならなかったであろう。科学技術が進み、防災行政も組織化されながら、被害がエスカレートすることに、根本的なメスを入れないかぎり、被害のエスカレーションの防止はできないであろう。人間の居住空間が、震災に対する脆弱性を高めていると考えざるをえないし、脆弱化のメカニズムを解明し、その防止のための研究を強化する必要がある。

4) 情報及び地域機能障害

宮城県沖地震は、伊豆大島近海の地震について“情報”をめぐる話題が多い地震として注目されている。発震と同時に、家庭や職場との連絡電話で通信回線が、通話できない状態になった。通話施設の物的被害もあったが、そのことによって電話連絡が遮断されたのではなく通話施設がほぼ確保されているのに、回線バンクで情報伝達に支障をきたしたというものである。

ルーマニア地震の時には、電話回線の多くが切断された。しかし、発震直後に、地方からブカレストへの通信がこころみられており、仙台周辺での地域内外の通信障害とはおもむきをことにしている。

通話障害によって、どれほどの影響があらわれたのかは、さわがれたほどには明らかになっていない。引込線の断線、電話機の破損などによって、3,125件、0.25%の電話は利用できなかった。着信電報は平常の約20倍に達した。通信できた電話は27.1%、直後には不能が72.9%であった。不能のうち、21.7%はすぐ回復しているので、約40%は、発震後しばらくして通話ができたことになる。通信に6時間以上要したものが、不能の40.6%をしめ、全体では約3割あったことが県の調査で判明している。

地域的影響の大きかったのはガス管被害である。12日18時15分に供給停止、16日には一部で供給再開しているが、24日によりやく55.9%が復旧し、29日には94.7%に達している。しかし100%再開されたのは7月9日であった。6月29日から7月9日までの10日間の5.3%の復旧に手間どっている。新興住宅地の多い丘陵地で再開がおくれたといわれている。

市街地延焼火災が発生すれば、通信関係も生活機能障害もそれほど注目をあびなかったであろうが、火災がな

表9 課題のグルーピング

I 理工学的諸問題	II 社会科学的諸問題
1) 地震活動と関連現象 (1) 地震前後の地震活動 (2) 地震に伴う物理・化学的現象 (3) 地震に伴う生物の異常行動 (4) 震度分析, 強震記録の解析 (5) 活断層との関係 2) 地変, 海象等 (1) 活断層 (2) 地すべり, 崩壊 (3) 液状化現象 (4) 津波 3) 物的被害とその分布 (1) 建築物と付帯施設 (2) 土木構造物 (3) 産業施設等 (4) 経済被害, 地域への影響	1) 人的被害とその分布 (1) 死傷者 (2) 物的被害との関連 2) 情報 (1) 余震情報と人間のレスポンス(反応)―実態の把握― (2) 情報パニックの防止 3) 地域機能への影響 (1) 都市型震災 (2) 市民及び企業への影響 4) 地震への対応―実態の把握と防止― (1) 火災 (2) 救援, 救急活動, 避難 (3) 企業活動の低下とその対策 (4) 自動車対策 (5) 行政, 企業, 住民各レベルの対応 (6) 法制度 (7) 経済的救済

かったため、脚光をあびた感がないわけではない。

5) 地震への対応

火災による大被害はなかったが、宮城県沖地震は教訓的であった。東北大学理学部の火災は、薬品よりの火災であり、現場に人が居合わせたのが退避し、後に他の人々の協力を受けて消火にあたったが失敗している。東北薬科大学の火災も似たようなパターンで消火に失敗している。

市民の対応は、震災前には、宮城県にはこないとか、全然考えていなかった人が55.4%もあって、地震がきたときのことを家族と話しあうことがたまにあるのが63.6%、ほとんどないとか全くない人が25.1%もある。合せて88%の人が地震防災には有効とは考えられない程度の考え方をしていた。しかし発震時、火気を使っていた人を含む100名について仙台市消防局が調査をしたところ26名は火を消している。伊豆大島近海の地震の例でも火を消す行動は目立って徹底している。市の別の調査ではすぐ消した人が90.2%、しばらくして消した人が5.5%合せて95.7%の人が火を消している。しかし、消そうとしたが消せなかった人が2.4%、あわてていて消すのを忘れた人が1.9%、あわせて4.3%の人が火を消すことができなかった。火の用心は高い率で徹底していると考えられる。

しかし、科学技術庁の仙台市での調査では、ゆれている最中及びゆれがおさまった直後に、表8の行動をして

いる。とっさにとび出した人が17.2%と多く、机・テーブルなどの下に身をかくした人は11.2%、家具をささえていた人5.4%で、「丈夫な家具に身をよせる」といった古典的な対応はしにくくなっていると判断される。

消防職員の非常配備は、当番が145人に対して、30分以内に230人にふえ、3時間以内に393人、全員の418人がそろったのは13日0時30分であったという。これに対して消防団員は定員1,430名のうち、728名が参集したにすぎなかった。自営消防力を消防職員のそれなみに評価はしにくい。

消防職員が参集(273名)に利用した交通手段は、同乗を含めて自家用車が98名、バイク83名、徒歩30名、自転車26名が上位に並び、自動車使用が約3割に及ぶ。また、電話連絡はほとんどできなかったといわれる。

各種の災害対策には法制的な根拠をもつものもたないものがある。法的根拠があっても、物的人的被害は避けられない。被害軽減に有効なこともあるが、被害ポテンシャルを増大させることもある。根拠があるために、その根拠の水準まで安全性が低下することは容易に考えられることである。安全性を高めようとするれば抵抗のあることもよく知られている。石油タンクからの油の流出も、水島事故で改善されたはずでありながら、被害を出している。大事に至らなかったことには、オイルフェンスによる防御が最も容易な位置でのタンクの被害であったことがきいている。

法的根拠は明確ではなくても、行政指導、政策を弾頭

表10 1975年以降10年間の研究課題と経費（アメリカの例）

洪	水	地	震
制御および防止		地震の減少	
都市下水と大雨の排水	(100)	地球物理学および工学	(P)
水路の水理学	(50)	新技術採用過程	(25)
警報システムおよび耐洪水性		耐震構造	
予測手法	(100)	分析, 建築法規の立案	(200)
警報プログラムの改良	(60)	法規の施行	(25)
耐洪水技術	(40)	古い建物の処理	(100)
耐洪水性の自然的社会的側面	(10)	法規採択過程	(30)
耐洪水性のフィードバック効果	(5)	土地利用管理	
土地利用管理		震害ゾーンニング研究	(200)
採択過程	(30)	ゾーンニング採用過程	(40)
社会的有効性	(8)	予知と警報	
土地政策の調整	(3)	地球物理学的側面	(P)
保険, 救援, 復旧		警報システムの運用	(50)
危険意識と保険の加入	(P)	保 険	
土地利用との関連	(P)	採択過程	(10)
強制的洪水保険	(5)	全災害保険	(20)
洪水被害ポテンシアルへの影響	(10)	コミュニティの防災体制, 救援と復旧	
救援と復旧が与える影響	(50)	ミクロの危険度分析	(30)
救援方法	(10)	災害防備研究	(25)
基礎的なデータと手法		社会経済的影響	(25)
洪水頻度推定方法	(100)		
危険図作成手法	(50)		
洪水被害変数	(100)		
選択への住民参加	(100)		
対応手段の最適組合せ	(60)		

とする開発計画などは、かならずしも防災指向ではない。真にやむをえない被害もあったとは思いますが、物的被害の一部には設計, 施工が関与していると考えざるをえない。保険制度も不備であり, 集合住宅の法的盲点も露呈した。

5 今後の課題

3つの震災を調査研究の対象とした報告類は, 相当数にのぼる。それらを通覧して, 表9のようにグルーピングした。個別적으로는, 本文中にふれており, 必要と考えられるが欠落している問題についてはその都度, 説明してきた。

社会的背景をことにする米国の例をそのまま援用することは, 適当でないかもしれないが, 表10を示したので相互のちがいが容易に指摘できよう。なお, (数字)は今後10年間に投入すべき研究費用を年で示してある。1年分は1974年価格で6万ドルである。Pはすでに十分な

研究費用が投入されており, 追加支出は不用であることを示す。

- 被害例から出発した表9では, 地震そのものの減少, 弱化を試みる調査が含まれないのは当然であろう。予知体制下の地震防災は, ともにのべられていないが, 一大テーマであるので, 何れ論述したい。
- 採用過程など, 技術そのものよりも制度化のプロセスに関する研究の必要が表10では特徴になっている。事後調査中心の表9では理工学的研究が立体をなしているが, ようやく社会科学的調査がおこなわれるようになった。
- 土地利用管理にアクセントがかかっていることである。日本では, きわめて立ちおけているといわざるをえない。
- 保険制度は水害を中心に, これまで米国では多くの調査研究がおこなわれており, これを地震に拡大する気運にある。日本においても, 今後の研究の発展が, ぞまれる分野である。

- e. 防災体制等行政の基礎となる研究を重視している。日本でもないわけではないが、まだ委託調査の段階でそれらを体系化する基礎研究は十分とはいえない。
- f. 水害の研究と合せてみればわかるように、米国では技術的対応に終始してはいない。日本でも遂次この傾向が強まると思われる。
- g. 事故例を出発点としているため、表9では災害史の研究がもれている。歴史の浅い米国の研究者が、災害史に関心が薄いことは否定できないが、重要な課題である。
- h. 災害史を重視すると、社会経済的変動に対応して、過去の被害例をエスカレートさせて考えなければならぬ。この被害のエスカレーションに関する研究は、両国ともまだ取りあげていない。
- i. 両国とも最近強い関心を示しているのが、社会心理学的研究である。災害時の行動が好個の研究テーマたりうることがその理由であろう。

文 献 一 覧

- 大沢 胖
1978『1978年伊豆大島近海の地震による災害の総合的調査研究報告』
政策科学研究所
1979『宮城県沖地震による都市機能および地域社会への影響に関する調査研究(研究概要)』
東京消防庁
1978『1978年宮城県沖地震調査報告』
- 東京都
1977『1977年3月4日ルーマニア地震調査報告書』
東京都防災会議
1978『東京区部における地震被害の想定に関する報告』
中林 一樹
1978『災害が地域に与えるダメージとしての“被害の大きさ”について』
『総合都市研究』第5号, pp. 51~69。
- 兵庫 県
1979『兵庫県における震災対策基礎調査報告書
——過去の基礎調査のまとめと今後の課題——』
水谷 武司
1978『自然災害と対応』『第11回砂防学会シンポジウム概要等』 砂防学会
- 宮 城 県
1978『78宮城県沖地震災害の概況
——応急措置と復興対策——』
Haas, J. Eugene, Kates, Robert W., and Bowden,
Martyn J.
1977 “Reconstruction Following Disaster” MIT
PRESS.
White, Gilbert F. and Haas, J. Eugene
1975 “Assessment of Research on Natural Hazards”
MIT PRESS.
Ayre, Robert S.
1975 “Earthquake and Tsunami Hazards in the United States” A Research Assessment.

RECENT CHARACTERISTICS OF EARTHQUAKE DISASTERS AND FUTURE STUDY PROGRAMMES

Takamasa Nakano *

Comprehensive Urban Studies, No. 8, 1979, pp. 3~14

Three earthquake disasters are examined to summarize the characteristics of earthquake in urban areas;

- a. The disasters in Bucharest from the Romanian Earthquake, March 4, 1977.
- b. The disasters in the Higashi-Izu resort area from the Izu-Oshima Kinkai Earthquake, January 14, 1978.
- c. Earthquake disasters in Sendai from the Miyagi-ken Oki Earthquake, June 12, 1978.

In order to summarize the characteristics of earthquake disasters observed in the disasters mentioned above, the following four guide lines are applied:

1. Resistivity against earthquake damage to houses and buildings differs from place by place and age of facilities. Building codes concerning earthquake have also been changed. In certain area, there are buildings which were built based upon different building codes.

2. According to the developmental progress of a region, potential damage increases.

3. With the increasing construction of higher buildings, the number of possible deaths and injuries is increasing in urban areas. Damage to the upper floors of high-rise (residential) structures increases proportionately with height due to horizontal shaking.

4. Technological control can never be perfect. If the exogenic impact on technical installations exceed the limit of technical control, severe damage will result.

* Center for Urban Studies, Tokyo Metropolitan University