

開発途上国の建築物の地震被害軽減戦略に関する基礎的研究 ＜都市の地震防災対策＞

Basic Study on Strategies for Earthquake Disaster Mitigation on Buildings in
Developing Countries
-Disaster Management in Urban Perspective-

○榎府龍雄¹, 福島誠一郎², 亀村幸泰³, 迫田恵子⁴
Tatsuo NARAFU¹, Seiichiro FUKUSHIMA², Yukiyasu KAMEMURA³,
Keiko SAKODA⁴

¹ 独立行政法人国際協力機構

Japan International Cooperation Agency (JICA)

² 株式会社リスク工学研究所

RKK Consulting Co. LTD

³ 国土交通省

Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism (MLIT)

⁴ NPO法人都市計画・建築関連OVの会

Ex-Volunteers Association for Architects (EVAA)

Risk assessment on earthquake disaster by Tokyo Metropolitan Government indicates high risk areas locates surrounding central business districts. Most of those areas were built up before the end of World War II to just after it when building regulation and land use control was not functioning well. It also implies built up area after enactment of Building Standard Law (1950) and City Planning Law (1968) has certain level of safety thanks to land use and building control by the two laws. On the other hand, in most of large cities in developing countries, uncontrolled high risk area is growing by rapid urbanization. This paper analyzes experience of Japan and Mongolia, and extracts lessons which could be applied to developing countries to control the growing risk.

Key Words : earthquake risk, developing countries, urban planning, building regulation, land use control

1. 背景, 目的

日本は全土が地震が頻繁に発生する地域となっている。その中でも、東京は、人口、産業の集積が巨大で高い地震被害のリスクが懸念されている。そのため、東京都は1975年以来、概ね5年毎に都下の地域ごとの危険度を評価し、公表するとともに、地震防災対策に活用してきた。それによれば、リスクの高い地域は都心部を取り巻く、木造住宅密集地区と呼ばれる地域に集中している。これらの地区は、主に戦前から終戦直後の社会が混乱していた時期に形成された市街地である。一方、建築基準法（1950年）、新たな都市計画法（1968年）が機能し始めた時期以降に形成された市街地は、それらによる規制、誘導の効果もあり、高リスクの地域とはなっていない。

一方、開発途上国の大都市では、急激な人口の都市化により、土地利用と建築の規制が不十分なまま、無秩序な市街地の拡大が進行しつつあり、それにより都市全体としてのリスクを高める結果となっている。

本稿では、東京都の地域危険度測定を分析するとともに、開発途上国の都市化の著しい事例としてモンゴル国の首都ウランバートルのリスク増大の実態を報告し、日本の経験からの、開発途上国の大都市の地震リスク増大への対応方策についての提言を行う。

2. 東京都による「地震に関する地域危険度測定調査」の概要

(1) 経緯と目的

東京都都市整備局は、東京都震災対策条例（当初は震災予防条例）に基づき、1975年11月に第1回（区部）の地域危険度を公表した。その後、市街地の変化を表す建物などの最新データや新たな知見を取り入れながら、概ね5年毎に調査を行ってきている。最新のものは、2013年9月に公表された第7回のものである。

調査の目的は、以下としている¹⁾。

- ① 地震に強い都市づくりの指標とする
- ② 震災対策事業を実施する地域を選択する際に活用する
- ③ 地震災害に対する都民の認識を深め、防災意識の高揚に役立てる

なお、東京都では、別途、総務局により、首都直下地震、南海トラフ巨大地震等の特定の地震を想定した、被害想定を行ってきている²⁾。その基本方針は、客観的なデータや科学的根拠に基づいて、可能なかぎり、実際に起こりうる最大の被害像の把握する、起こりうる被害をより広く捉え、被害シナリオを示すことにより、防災対策を立案する上での基礎資料とするとしている。想定では、震度、津波高さなどを推計し、死者、負傷者、建物、道路、鉄道、電力、ガス等の被害の想定をしている。その報告では、まず、被害想定は仮定に基づいて行うものであり自然現象は大きき不確要素を伴うことから、一定の限界を伴うことを明記し、その上で、調査結果を踏まえ

て、都、区市町村をはじめとする関係機関は、地域防災計画の修正や、施策の展開により、実効性ある対策を進めていく必要があるとしている。さらに、一人ひとりの都民や事業者を含めた、社会全体での取り組みが不可欠であることに言及している。

後者は、都市全体について、特定の想定地震を前提に、被害シナリオを想定し、それに基づき被害の全体像を捉えようとしているのに対して、前者は地区ごと（都内の市街化区域を 5, 133 の町丁目に区分）の危険度を把握し、都民のリスク認識を高め、自部局（都市整備局）などの具体的な震災対策の実施に活用しようとするものと言える。

(2) 地域危険度測定の考え方と方法

地域危険度測定においては、①「建物倒壊危険度」と「火災危険度」をそれぞれ算出し、それらを組み合わせることにより「総合危険度」を算出、②道路の状況等から「災害時活動困難度」を算出し、それを加味した「災害時活動困難度を考慮した建物倒壊危険度」と「災害時活動困難度を考慮した火災危険度」をそれぞれ算出し、それを組み合わせることにより「災害時活動困難度を考慮した総合危険度」を算出している。これらにより、それぞれの地域の危険度に加えて、その原因となっている要因の把握が可能となり、改善方策の検討に有効な情報となっている。

(3) 地域危険度測定結果の概要

図 1 の下図が、「災害時活動困難度を考慮した総合危

険度ランク」を示しめている。都心部を取り巻くように危険度の高い地区が分布していることが分かる。主には、荒川、隅田川沿いのいわゆる下町地域一体と、木造建物が密集している環状 7 号線沿いの地域に分布している。図 1 の上図は、東京圏の市街化の時期を示す図である。両者の比較から、危険度の高い地域は、1945 年までに市街化した地域とその一回り外側に位置していることが分かる。

(4) 地域危険度の高い地区の特性

東京都では、長年こうした地域危険度の高い地区の対策に取り組んできている。2012 年からは、これまでの取り組みを更に強化するため、「木密地域不燃化 10 年プロジェクト」を開始している。その中で、特に重点的・集中的に改善を図るべき地区を「不燃化特区」として指定し、現在 19 区 53 地区約 3, 100 ヘクタールにおいて、住民の意識向上、建物不燃化、道路の整備を進めてきている³⁾。

各地区の概要、課題、整備の目標及び方針、事業計画、スケジュールなどを記載した地区ごとの整備プログラムが策定、公表されている³⁾。各地区の課題として、

- ① 老朽木造建物の密集
- ② 道路等のオープンスペースの不足
- ③ 消防活動が困難な地域（消防活動に必要な幅員 6m 以上の道路から 140m 以上離れた、消防ホースが届かない地域）の存在
- ④ 幅員 4m 未満の道路や行き止まり道路の存在

⑤ 道路に接しておらず建て替えが困難な建物の存在
などが多くの地区で共通する課題となっている。

これらの地区の市街地化の時期、経緯は、必ずしも同一ではないが、言及されているものを拾ってみると、

- ① 関東大震災被災者の定住による市街地化
- ② 耕地整理された地区の居住地化
- ③ 戦災に遭わなかったため従前の道路などの状態のまま市街地化の進行

などがある。

1950 年に制定された建築基準法では、建物敷地は 4m 以上の道路に接道することが求められており、上述の 4m 未満道路接道あるいは未接道の建物は、同法制定以前あるいは以降に違反して建築された建築物⁴⁾であると推察される。また、これらの密集地域は、建築基準に

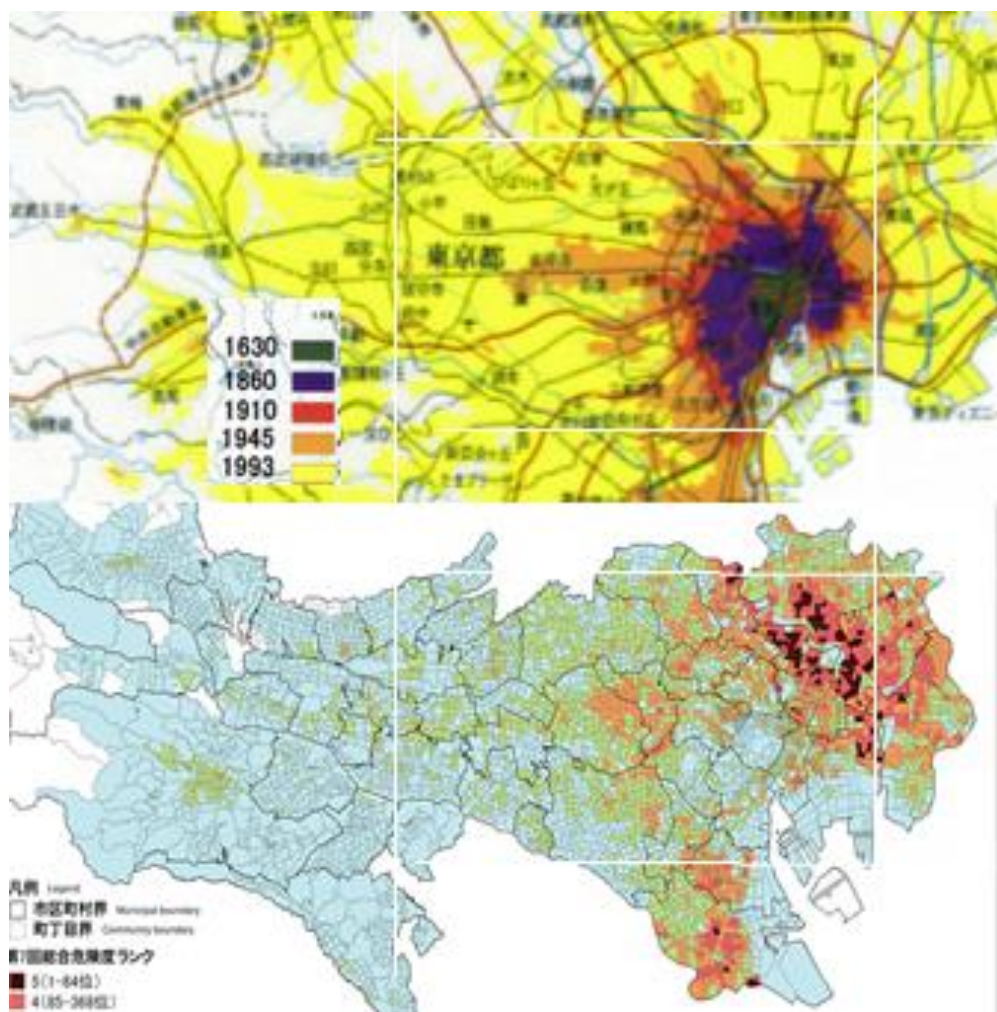


図 1 東京の地域危険度（下図）と市街化時期（上図）

よる建蔽率，容積率が守られていない建築物が少なくない⁴⁾。

また，1968 年制定の新たな都市計画法により一定規模以上の開発行為（建築物等の建設を目的とした土地の区画形質の変更）は許可を要することとなった。その中で，各種の公共施設の整備が許可の要件とされたことから，6m 未満の道路やオープンスペースの不足などの問題を有する市街地は，新たに形成されない仕組みとなっている。

(5) 地域危険度測定調査からの教訓

地域危険度測定調査から炙り出された危険度の高い地区は，上述のとおり戦前から戦後の土地利用，建築に関する規制制度が不十分だった時期，あるいはその施行が不十分だった時期に形成された地区がほとんどであるこ

とが分かる。別の見方をすると，これらの規制が一応機能するようになって以降に形成された市街地の危険度は相対的に低いということがいえる。

こうした危険度の高い地区の改善の必要性，重要性が認識されたのは 1970 年代に遡る。その後，一部の先行的な取り組みは行われたものの，本格的な取組がなされないまま推移してきた。現在，上述の「木密地域不燃化 10 年プロジェクト」の実施地区の中には 1980 年代に事業着手した地区もあり，現在でも，引き続き事業を継続中である。東京都での本格的な取り組みは，1995 年の，東京都震災対策条例に基づき策定された「防災都市づくり推進計画」と考えられる。その後，多くの地区で取組がなされてきているが，いずれも今後，さらに相当期間が必要と考えられている。このことは，一旦形成されてしまった市街地を改善することは，極めて難しく，長期間を要することを示している。

3. 開発途上国の地震リスク

(1) 概観

多くの開発途上国では，首都などの大都市へ急激に人口が集中してきている。一方，土地利用規制，建築物規制は，制度が不十分であったり施行体制の不備で十分機能していない場合がほとんどである。JICAは，これまで世界の10都市において，地震リスクの評価とそれに基づく防災計画づくりを支援してきている。本章では，そのうちの一つであるモンゴル・ウランバートル市の実情を報告する。

(2) モンゴル・ウランバートル市の地震リスク評価の概要

モンゴルは，日本の約4倍の156万km²の国土に，約300万人が居住する国であるが，首都であるウランバートルに人口の半分近い130万人が集中し，更に増大しつつあるという状況にある。

ウランバートルは，中心市街地とそれを取り巻くゲル地区からなっている。中心市街地は計画的に建設された地区であるが，1970年代以前に建設された劣化したレンガ造建物，1965-1980年代に旧ソ連の協力により建て

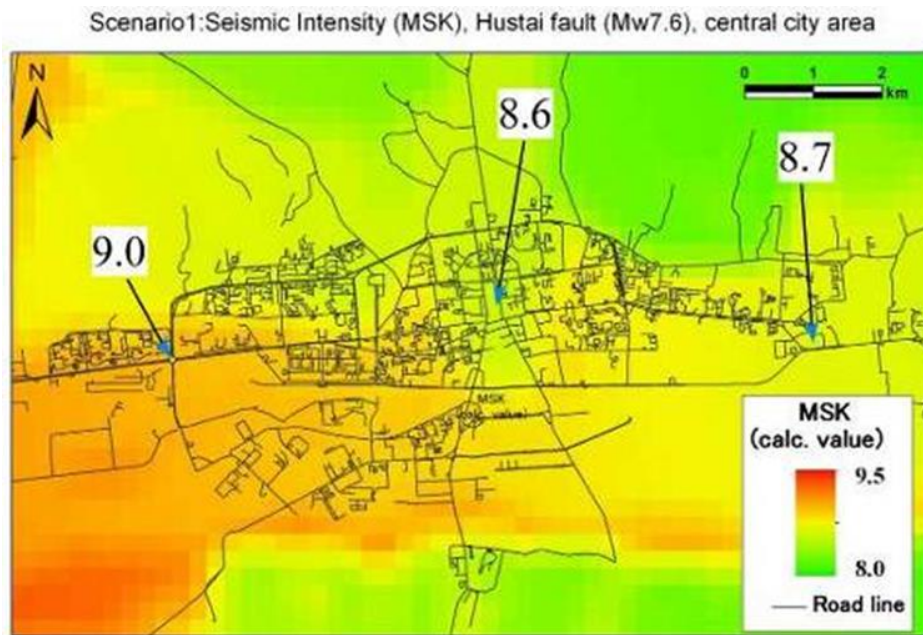


図2 ウランバートル シナリオ I 地震による震度分布 (MSK 震度階)

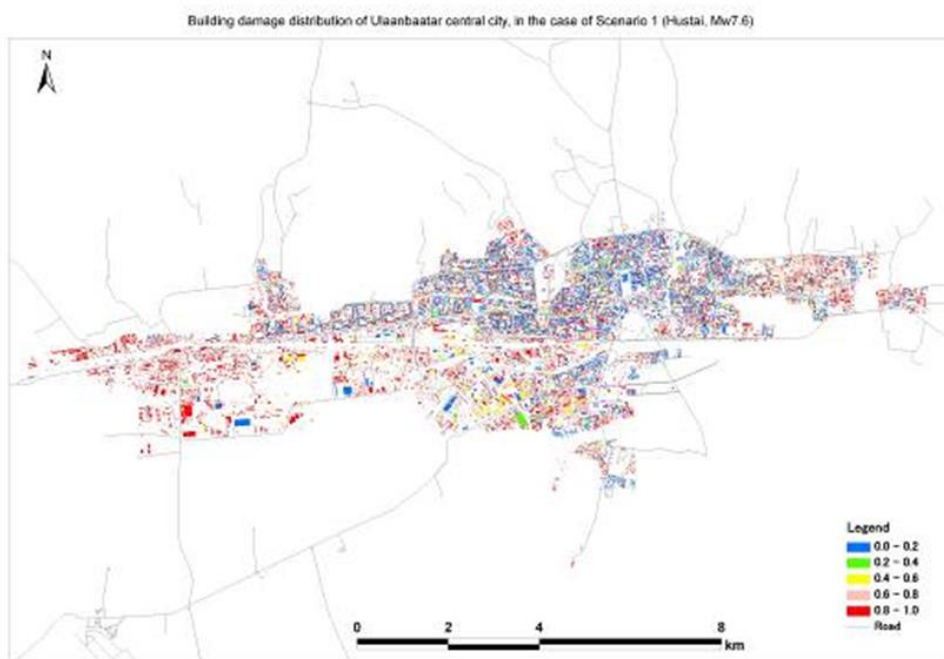


図3 ウランバートル シナリオ I 地震による建物の倒壊率

られた大型パネル工法等のプレファブ建物の脆弱性が懸念されている⁵⁾。また、前述のとおり、急激な人口増加が続いており、それに伴い建設ラッシュが続いているが、新築RC造建物についても十分な品質管理が行われていないのが現実である。

中心市街地を取り囲むゲル地区は、地方から流入してきた人々に、政府が用地のみを手当てし（道路、上下水道などは整備されないことが多い）、そこに従来から用いていた移動用の住居であるゲルを住民が建設して居住している地区である（図4）。定住後、時期を経るに従い、より快適な居住のために、レンガあるいはレンガと木造の混構造の恒久的な建築物が建設されるようになっている（図5）。それらの多くは、設計・施工管理が行われておらず危険性が懸念されている。また、人口集中に伴い、建物の高密度化も急速に進展し、リスクを高めることに拍車をかけている。

リスク評価は、下記のとおり2つの断層を震源とする地震を想定して行った。リスク評価の方法は、建物の現況把握を行い、それに対して建物種別毎の被害率曲線を当てはめる方法を取っている。その結果を表1に示す。建築面積が500㎡以下の多くが、簡易店舗、ゲル地区内住宅である。震源を想定していることから、震源からの距離により被害率に差を生じている。これから、更に死者数などの推計を行っている。その結果は以下のとおりである。

- シナリオ1の死者数：ホスタイ断層（Mw7.6）

市街地：7,552人（1.45%）

ゲル地区：38,063人（5.55%）

- シナリオ2の死者数：エメールト断層

（Mw7.0）とグンジン断層（Mw6.6）

市街地：3,442人（0.66%）

ゲル地区：16,285人（2.37%）

市街地に比べてゲル地区の死者数が多いが、これは、ゲル地区内の建物の被害率が高いこと、ゲル地区内の建物の多くが木造や組積造で死者率が高いことの2点によるものである。



図4 初期のゲル地区。住民は移動式住居のゲルに居住。



図5 恒久的な建築物の建設が無秩序に進むゲル地区

表1 地震による建物の被害率（建築面積の区分別）

シ ナ リ オ	建築面積【㎡】							
	-50	50- 100	100- 200	200- 500	500- 1000	1000- 2000	2000- 5000	5000-
1	75.4	85.5	81.7	60.1	44.8	47.9	53.9	59.4
2	41.6	47.6	46.5	31.0	20.8	23.6	23.4	33.1

4. 都市の地震防災対策に関する日本の経験からの教訓

東京の危険度の高い地区は、戦前、戦後の土地利用、建築の規制制度が充分機能しない時期に形成されている。一方、それらが機能するようになって以降に形成された市街地は一定のレベルを確保できており、都市レベルの防災対策は、危険度の高い地区に集中して実施することができている状況にある。また、それらの地区における対策は長期間を要し、一旦形成された市街地を改善することが困難であることを示している。

一方、開発途上国では、モンゴルの例にみられるとおり、大都市への人口集中が著しく、規制制度が充分機能していないこともあり、都市全体のリスクを高めている状況にある。こうした状況に対処する際、日本の経験に照らすと、まず、新たに建設される建築物の安全性を確保することにより、都市全体としてのリスクの増大を防ぐことが効果的であると考えられる。

補注

- 参考文献（1）より。
- 参考文献（3）、（4）参照。
- 参考文献（5）参照。
- 建築基準法は、法令遵守の実現に長く困難な努力を要しており、法律制定以後も違反する建築物は少なくない。
- アルメニアでは、同様に旧ソ連の技術により建設されたプレファブ建築物が、1988年スピタク地震により壊滅的な被害を受け、約3万人の犠牲者を生み出している。参考文献（6）参照。

参考文献

- 地震に関する地域危険度測定調査報告書（第7回）、東京都都市整備局、2013年9月
- あなたのまちの地域危険度 2013 地震に関する地域危険度測定調査（第7回）、東京都都市整備局、2013年9月
- 南海トラフ巨大地震等による東京の被害想定（平成25年5月14日公表）、東京都総務局総合防災部防災管理課、2013年5月、<http://www.bousai.metro.tokyo.jp/taisaku/1000902/1000402.html>
- 首都直下地震等による東京の被害想定（平成24年4月18日公表）、東京都総務局総合防災部防災管理課、2012年4月、<http://www.bousai.metro.tokyo.jp/taisaku/1000902/1000401.html>
- 木密地域不燃化10年プロジェクトにおける取組（東京都都市整備局のウェブサイト）、<http://www.toshiseibi.metro.tokyo.jp/bosai/mokumitu/index.html>
- アルメニア・スピタク地震の被害に学ぶ、財団法人日本建築センター、1990年8月