論　説

防災・減災を推進して地震災害を克服し未来を共創する

福　和　伸　夫*

１．はじめに

南海トラフ地震は今後30年間に70％程度の確率で発生すると言われており，中央防災会議によると，最悪，32万人の死者，300万棟弱の全壊家屋，国内総生産の４割に当たる220兆円の経済被害が予想されている．甚大な被害の理由は，

①地震が大規模で震源域が陸域に及び約6000万人が被災すること

②沿岸低地にまちが広がっていること

③70年間強い揺れを経験しておらず耐震性が劣る建物が残存していること

などにある．

過去の南海トラフ地震の発生時期は，我が国の歴史の転換期とも重なる．最悪の被害が発生すれば，社会が破綻し，国難とも言える事態となる．発生することが分かっている災害であり，あらゆる手立てを講じて，被害を未然に防ぐ努力をしなければならない．

筆者は，名古屋に生まれ，地元・名古屋大学で耐震工学や地震工学の教育・研究に携わっている．このため，予想被災地に住む研究者として，地震被害軽減のため，できる限りの努力をしたいと考えている．

元来，地震工学研究者は，地震・津波などの自然災害に対して，被害を抑止し，社会の安寧さを保つことを目指して研究をしている．地震被害軽減のために必要なことは，以下の４つである．

①危険を回避する：災害危険度の高い場所を避け，災害に強い都市の構造を作る

②抵抗力をつける：災害を抑止するインフラを整備すると共に，都市に存在する構造物の強度を上げる

③対応力をつける：災害時に被害情報を的確に把握し，対応資源を有効に活用して被害波及を抑制する

④回復力をつける：個人や社会の「生きる力」を育み，災害後に社会を早期に復旧・復興する

最初の２つを推進することで，構造物被害及び犠牲者数を削減し，残りの２つで被害波及を最小限に抑えることができる．このためには，ハザード予測，都市計画，耐震工学，災害情報，防災教育などの研究が必要となる．

しかし，単に研究だけでは災害を軽減することはできない．あらゆる力が結集して，災害軽減のための実践を進める必要がある．筆者は，このような思いの下，名古屋大学減災連携研究センタの設置や減災館の建設に携わってきた．本報ではその一端を紹介する．

２．我が国都市の地震災害脆弱度

我が国は，第２次世界大戦以降，高度成長を果たす中，大都市に人口を集中させ，利便性と効率性を重視した国土作りを進めてきた．その結果，世界有数の経済国となり，豊かで成熟した社会を作り上げた．しかし，都市への人口集中によって，大都市は危険地域にまちを拡大し，家屋が密集した．また，過度な効率化・高機能化によって冗長性の弱い社会となり，災害に対して脆弱になった．一方，地方は過疎化，高齢化して社会が弱体化した．

表１は，この20年間の我が国の社会の変化を示している．いずれも，NHK クローズアップ現代 20周年 特設サイトを参考としており（http://www.nhk.or.jp/gendai/20th/），1993年と2013年の比較である．表から，日本社会の体力低下の様子がわかる．国の経済成長が停滞する中，借金が３倍になり，若者が２割減少し，昼間に地域や家庭を守る専業主婦が減った．コンビニエンスストアやファミリーレストランが急増したため，地域や家庭の食料備蓄が減少している．また，宅配便などの物流に頼る社会となった．家庭には電化製品が溢れ，携帯電話やインター

＊名古屋大学　減災連携研究センタ　センタ長
教授／工学博士

ネットへの依存度も増している．社会の便利さの裏腹に，交通途絶や停電の影響が格段に大きくなっている．

図１に示すように，我が国の大都市は，人口集中の結果，まちを沖積低地に拡大した．火力発電所や製油所は地震ハザードの高い湾岸の埋立地に立地し，堤防に守られた軟弱な低地に家屋が密集し，高層ビルが林立している．強い揺れによる電力設備や製油所の損壊，液状化によるガスや上下水道の途絶，堤防の決壊による長期湛水，家屋密集と消防力不足による地震火災，長周期長時間地震動による高層ビルの強い揺れなどが懸念される．

少子高齢化による人口減少と，地震の活動期を迎える中，レジリエントな社会の構築が喫緊の課題となっている．災害に強い自律・分散・協調型の社会の構築のため，昨今，強靱化や，地域創生の大切さが叫ばれている．

表１　日本の社会の20年間の変化

	1993年	2013年
15歳未満人口	2,084万人	1,659万人
国と地方の借金	333兆円	977兆円
国民総生産	467兆円	520兆円
コンビニエンスストア	23千店	47千店
レストラン	3,876店	12,429店
専業主婦世帯	915万	773万
携帯電話普及率	1.70%	106.80%
インターネット普及率	—	79.10%
宅配便荷物数	11.9億個	34.0億個

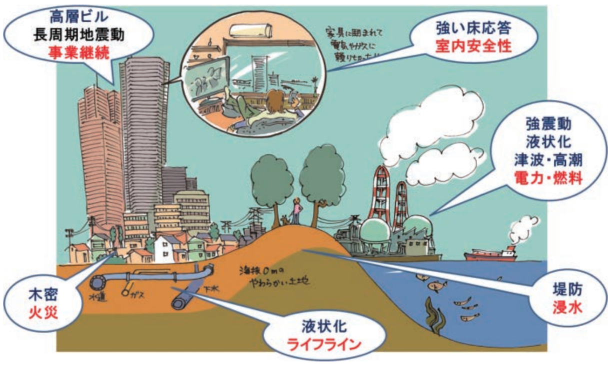

図１　都市の地震災害脆弱度

３．総力の結集

確実に到来し，大きな災害になることが分かっている地震を前に，災害被害軽減のため最大限の努力をする必要がある．発災後の対応資源には限りがあるため，被害を軽減する努力を事前にしておかなければならない．

地震災害に関わる研究分野には，

①地震発生という自然現象を扱う地震学などの理学的研究

②地震に対して安全な構造物を作る土木・建築などの工学的研究

③地震に対して的確な対応がとれる社会や人間を探求する社会科学的研究

があり，これらの研究分野が連携して，効果的に被害軽減する必要がある．

また，地震被害の軽減には，

①地震時に生じる様々な現象を観測しそれを物理モデルに置換して地震時挙動や被害を予測する研究

②予測される事象に対してインフラ整備や構造物の耐震化などにより被害を予防する研究，

③発災時に被害情報を早期に把握し対応資源を有効活用して的確に災害対応すると共に，災害後速やかに復旧・復興を果たし社会を回復させる研究

などが必要となる．

さらに，研究成果を災害軽減に繋げるには，研究成果を一般化して基準や法律を作り施策に結びつける必要がある．具体的な災害軽減のためには，産業界や家庭での行動の誘発が必要である．すなわち，研究・施策・実装といった学，官，産・民の連携が不可欠である．

このように，減災の実現には，理学・工学・社会科学の研究分野間連携，予測・予防・対応の総合化，産学官民連携など，社会の総力の結集が必要である（図２）．

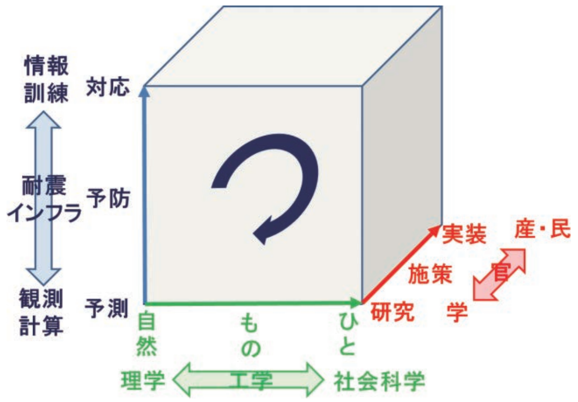

図２　総力の結集

地震災害軽減と言うような総合課題の解決には，俯瞰的に考え身近なところで実践をするという，

「Think Globally, Act Locally」の視点が大切になる．細分化された分野や組織で個々に問題解決し集積するやり方では，部分最適に留まり全体最適ができない．巨大災害時には，被害規模が対応資源を上回るため，俯瞰的な視点で優先順位をつけた対応が必要である．また，社会の多様性を受け入れ，トップダウン的考え方にボトムアップ的な考え方を加え，国と地方の力を組み合わせ，公と私の力を結集する必要がある．すなわち，自助・共助・公助の全ての力が必要となる．また，各地域や各組織が，自律・分散した上で，被災していない地域や組織が，被災した地域や組織を助けるという，共助の仕組みを作らなければならない．レジリエンス社会の基本は自律・分散・協調型の共助社会にある．

4．減災連携研究センタと減災館

4.1　減災連携研究センタ

2010年12月に，災害被害軽減の戦略立案をする地域のシンクタンクを目指し，減災と連携を標榜する減災連携研究センタを発足した．企業の寄付や外部研究資金などにより，防災実務経験が豊富な教員を採用し，合わせて地方自治体や民間企業から多くの受託研究員を受け入れている（図３）．設計事務所，ゼネコン，住宅メーカーなど，建築耐震工学に関わる研究員も多い．

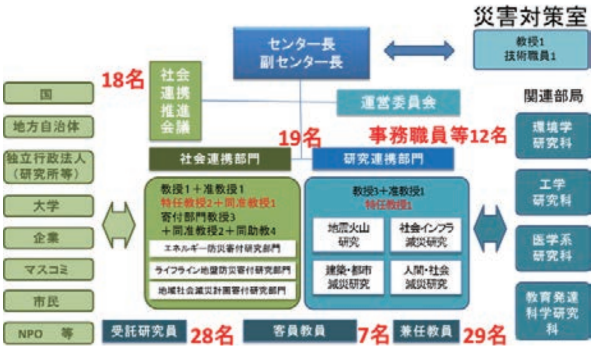

図３　名古屋大学減災連携研究センタ

発足後５年を経て，研究分野間連携，産学官民連携，地域内外の研究機関との連携を深め，災害被害軽減に総力で取り組む体制を整えつつあり，災害被害を軽減するための研究，防災の担い手の育成と市民の意識啓発，防災協働社会の実現のための連携の推進と，災害対応と事前防災に関する実践活動を推進している．

4.2　減災館

2014年３月に，減災館が竣工した．この建物は，防災・減災研究を推進する拠点，災害時の対応拠点と，平常時の教育・啓発の拠点の役割を担っている．

建物は，基礎免震構造の鉄筋コンクリート造で，地下１階・地上５階，延床面積2,898㎡，平面形状が三角形のショートケーキ形の建物である．免震システムは，積層ゴム，直動転がり支承，オイルダンパからなる弾性免震を採用しており，免震周期は5.2秒とし，2.6秒程度の地盤の卓越周期と隔離している．クリアランスは90㎝であり余裕を持った設計にしている．５階の減災・体感実験室も周期5.2秒の免震構造であり，ダブル免震構造となっている．地下は外部から免震装置を見ながら，建築物の耐震・免震・制振技術の歴史を学べる免震ギャラリとなっている．１階は体感型の学習を行う減災ギャラリと研究会を開催する減災ホール，２階は調べ学習をする減災ライブラリと災害対策本部室，３～４階は研究プロジェクトスペースである．

4.2.1　減災研究の拠点

減災館は，建物そのものが実験フィールドであり，耐震研究対象でもある．屋上実験室は，重量410トン，周期5.2秒の免震構造であり，アクチュエータで共振加力すると，片振幅70㎝程度で揺することができる．室内には，立体的な映像・音響設備により震災時の状況を揺れと同期して再現するバーチャルリアリティシステムが設置してあり，地震時の心理実験や災害対応訓練ができる．実験室の揺れを起振力として利用すると，40トン程度の慣性力を生み出すことができ，5600トンの建物本体を５㎝程度の振幅で揺することができる．

地下の免震層にも新規開発した引張ジャッキを設置しており，10㎝程度の強制変位を与えて自由振動実験を行うことができる．建物本体と屋上実験室は何れも固有周期が5.2秒となっているので，これを地盤と建物と見立てれば，高層建物の共振応答を再現でき，共振回避のための制振工法の研究開発に活用できる．

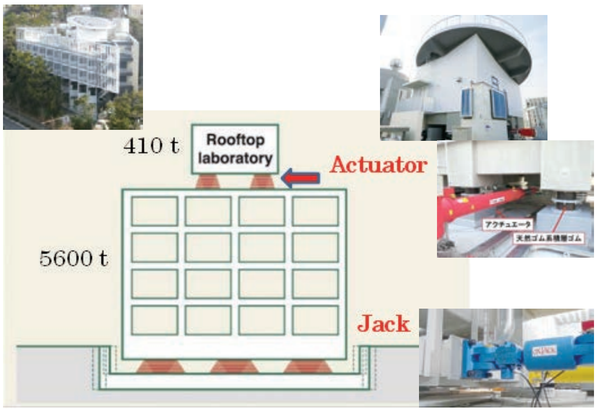

図４　揺することができる減災館

地下免震層のオイルダンパや屋上実験室のアクチュエータにはKYB製の装置を利用しており，アクチュエータにはフィードバック型の制御機能も内蔵している．今年度中に，オンオフ切り替え型のオイルダンパを屋上に設置し，ダンパを付加しての強風対策用TMDの有効性や，絶対免震のためのAMD実現の検討に着手する予定である．

建物には，多数の地震計や，土圧計，変位計を設置しているので，建物の振動挙動，建物や免震システムの経年変化，地震時土圧の分担性状の解明などに活用している．また，安価な振動モニタリング手法の構築を目指して，簡易地震計を多数設置し，その有効性を検討している．将来的にはこれらを利用した新たな振動モニタリング技術の開発をしたいと考えている．

4.2.2　災害対応の拠点

減災館は，地域及び名古屋大学の災害対応拠点としての機能を備えている．２階には，24,000人の教職員・学生を守る大学の災害対策本部室がある．災害時には，１階は自治体・基幹企業やマスメディアに，３～４階は国内外からの災害調査団に活用してもらう予定である．

減災館には，災害対応のための様々な設備や備蓄品を備えている．高性能免震構造の採用に加え，１週間連続稼働するディーゼル発電機や太陽光発電装置，100人×10日分に相当する３㎥の飲用水タンクと17㎥の雑用水タンク，自治体との衛星通信用パラボラアンテナや，国の防災機関と結ぶ長距離無線LANなどを屋上に設置している．その他にも，全学放送設備，排水槽，都市ガス・プロパンガス切換え型のガス空調，電源車と接続可能な電源盤，地中の温度環境を活用して熱交換するアースチューブなどを設置している．これらを活用して，大規模災害時にも災害対応拠点の機能を確保する予定である．災害対応拠点のモデル展示の役割も兼ねている．

4.2.3　備えの拠点

平時の減災館は，学びの場や連携の場となる．原則，火曜～土曜の午後は，１～２階を一般に開放している．

１階の「減災ギャラリ」や「減災ホール」には，防災・減災について学べる様々な展示があり，基礎的なことから最先端の研究成果まで様々な展示物が紹介されている．また，多様なセミナも頻繁に開催されている．

２階には，災害に関する資料を閲覧できる「減災ライブラリ」がある．新聞記事や雑誌，ビデオ，書籍，地元自治体の市町村史やハザードマップ，地盤データ，古地図など，様々な資料が収集されている．

減災館は，来館者が様々な展示や資料に触れることを通して自然災害について理解し，身近なところから防災・減災を考えてもらう「学び」や「気付き」の場であり，研究者，行政，企業，一般市民といった防災･減災に関わる様々な人同士をつなげる連携の場でもある．

5．おわりに

名古屋大学減災連携研究センタは，地域の多くの方々に支えられながら，地域の「減災シンクタンク」の役割を果たしつつある．また，減災館という「場」を地域の総力を結集する「減災アゴラ」として位置づけ，あらゆる人たちが災害をわがことと思い，自分の命は自ら守り，家族や地域と助け合う，そんな

図５　減災館の免震階（下左）・１階ギャラリ（下中・上左＆中）・２階ライブラリ（下右・上右）

社会を作っていきたいと考えている．そのためには，地域の歴史を学び，地域の実情を把握し，地域の魅力と課題を分析し，未来を描き，地域活動を実践・誘発していく必要がある．地域を学び，社会と共に地域を創造する地域博物館として減災館を育て，地震工学研究を地域の震災軽減に活かして行きたいと考えている．私たちは，災害を減らすことで（減災），災害を克服し（克災），新しい価値観を持った社会を創っていく活動を「減災ルネサンス」と名付けている．

なお，減災連携研究センタや減災館に関わる最新の情報については，センタのホームページ（http://www.gensai.nagoya-u.ac.jp/）をご覧頂きたい．