

北海道の地域特性と地震防災

岡田 成 幸

北海道大学大学院工学研究科，助教授，工博（札幌市北区北13条西8丁目，okd@eng.hokudai.ac.jp）

北海道の地震防災に影響する種々の地域性について論じる。地震動入力地域差は、北海道周辺の地震活動度と北海道下のQ値構造による地震波減衰特性によりもたらされ、それが防災行政担当官の当該地域の重要災害意識に影響している。北海道の住家の耐震性の高さは積雪寒冷地という気候風土が育てているが、それが顕在化し始めたのは1970～80年代のオイルショック後のことである。住家のリニューアルが進まない旧産炭地域では依然として脆弱な住家が多く残っている。都市特性・集住形態等の社会条件の違いは各自治体の事後防災対応力に影響している。北海道はその広域性と過疎性を特徴としているが、被害が連担しないという点においてプラス要因に、情報伝達・被災地へのアクセス・相互支援の困難性という点においてマイナス要因に働いている。このように、北海道は全国的に見て特異な地域特性を有しており、また圏域内でのヘテロ性も高く、独自の防災体制を整備していく必要がある。

地震防災，北海道，地震動入力地域特性，住家耐震性地域特性，社会地理環境地域特性

1. はじめに

気象災害学者・高橋浩一郎¹は災害を「異常性と意外性」「偶然性と集中性」「局地性と多発地点性」「歴史性と免疫性」で特徴づけた。ワールドワイドで眺めるならば、地震災害の特徴は「不平等性」にあると筆者は思う。周辺の地震活動度の違いが与えるハザードの地域差、風土の東西問題（風土による居住形態の違い）によるバルナラビリティの地域差、生活の南北問題（貧富の差）による国家的防災減災能力の地域格差、いわばワールドワイドにおける種々の地域性が住民・国民のリスクに不平等性をもたらしている。世界規模から見ると日本国内はまだまだホモジニアスの世界なのかもしれない。しかし今、国内での地域性が問題となっている。地域性の理解なしに、地域性を無視した画一的地震対策は、結果的に住民に不平等を強いることになるのかもしれない。北海道は住家耐震性（バルナラビリティ）に関し、他の都府県に比し大凡プラス側での地域性を有している。ハザードに関しては当該地域内でも地域性が大きく、それが地域防災担当者の防災意識・体制に強く影響している。情報へのアクセス能力の地域内格差は大きく、行政対応力の地域差は無視できない状況にある。防災対策に関与する地域性を種々の観点から眺め、地域性を強く意識した防災対策の必要性を実例・研究を紹介しながら考察する。

2. 北海道の地震防災に関わる地域性

地域の防災（本稿では事前対策から事後応急復旧対応まで含めて災害対応力（Seismic Performance）と呼ぶ）は以下のように定式化されよう。

災害対応力=F[ハザード特性，バルナラビリティ特性，分布特性]

...(1)

すなわち、防災に影響する地域性を地震動入力（ハザード特性）と住家耐震性（バルナラビリティ特性）そして社会地理環境（分布特性）から眺めてみる。

(1) ハザードの地域性

ハザードは地震活動度（震源位置、マグニチュード、再帰時間）と地震波伝播の減衰構造そして地域内地盤増幅特性が関与するが、北海道というマクロスケール単位でみた場合、道内のハザード特性の大略を決定づけるのは、地震活動度（サイズシティ）と減衰構造である。地盤増幅特性は、市町村内のミクロスケールのハザード特性を特徴づける。

図1は北海道及びその周辺で発生した地震の震動分布図である。太平洋プレートの沈み込み境界での地震活動度が高いのがよく分かる。

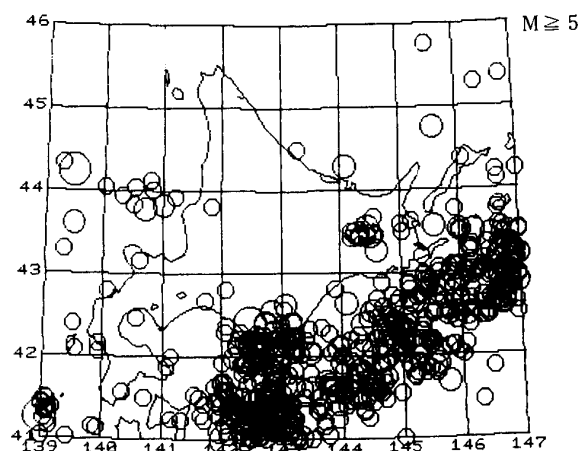


図1 北海道周辺の地震環境

図2は全国の活断層分布からフラクタル次元を計算したものである²。本州に比べ北海道内の活断層の少なさが際だっている。北海道は全域が居住域となってから日が浅く、歴史的な地震活動を知るための資料蓄積に乏しいため^(脚注)、潜在断層の存在はよく知れていない。従って、図2が北海道内陸地震の活動度を正しく表しているわけではない。

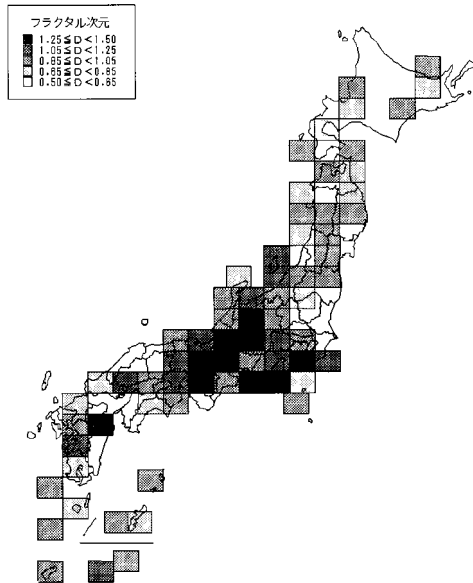


図2 活断層分布のフラクタル次元(文献²より)

図3は北海道直下の地震波伝播特性を求めたものである³。北海道東部深発地震の地表最大加速度の距離減衰の様子を火山フロントの東西で識別しプロットしてある。プレートによる Hi-Q 構造の存在により、北海道の南北軸方向に地震波振幅の減衰が大きいのが特徴である。

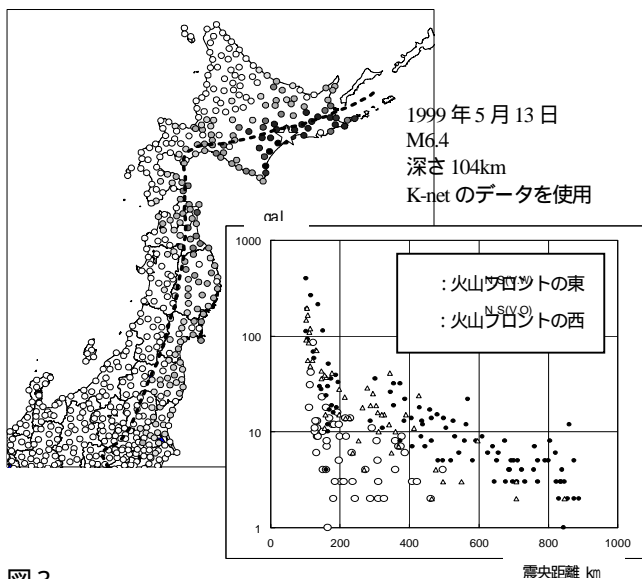


図3 釧路沖地震にみる地表最大加速度の減衰(文献³より)

脚注) 宇津による被害地震の表では1640年内浦湾地震が最も古い。

北海道防災会議⁴ではこれらの資料を基に、北海道で防災対策に必要な6地震を地震規模・再帰時間等から想定している。図4はそれら6地震の震央位置と各市町村の評価震度を重ね合わせ、震度5以上を表示した一種のハザード分布である。この分布から判断し、北海道は4地域(釧路市・根室市を中心とする道東地域、日高・十勝南部地域、札幌市を含む石狩地域、檜山北部の日本海側地域)にゾーニングされるのが分かる。すなわち北海道は地震動入力(ハザード)において地震活動度(サイスマシティ)及び減衰構造の影響を著しく受けており、大きな地域差が生まれている。このハザード分布の地域性は北海道の防災にどのように影響しているのだろうか。

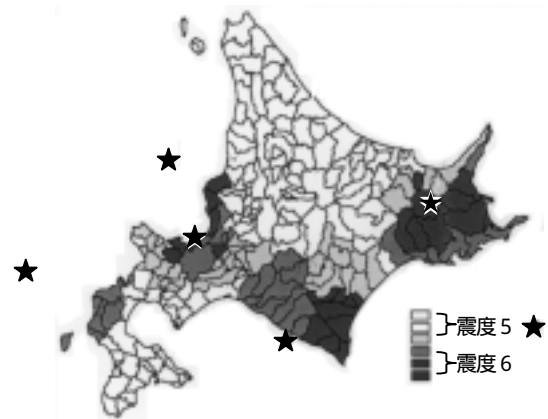


図4 北海道の想定地震と評価震度

市町村の防災行政担当者を対象としたアンケート調査がある⁵。各自治体が重要と考える自然災害について回答を求めたものであるが(図5)地震災害を第一位とした市町村の分布は先のハザード分布(図4)にほぼ一致する。すなわち、ハザード分布の地域性が防災担当者の災害重要度意識に働いているのが分かる。

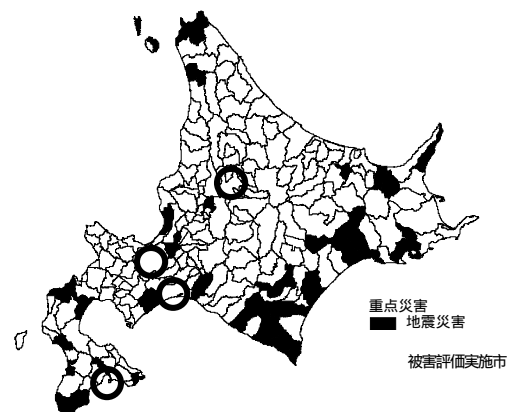


図5 地震災害重点市町村

自らの自治体の重要災害を認識することは防災の出発点を与えるものであり、極めて重要である。北海道の防

災担当官の意識はほぼハザード分布を反映しており、正しいと判断できる。しかし北海道の場合、この災害意識が実対策に直結していないという問題点がある。対策の基本となる地震被害評価の実施市町村は2001年現在、札幌市・函館市・旭川市・苫小牧市の大都市に限られている(図5中に表示)。被害評価を実施していない(できない)市町村にその理由を尋ねたのが、図6である⁵。評価方法が分からない(専門家の不在)とか評価に必要な基礎資料の蓄積がないといった防災行政部門におけるリソース不足または係る経費がボトルネックとなっている。因みに、被害評価に支出できる予算額を尋ねたところ、100万円以下と回答した自治体が90%に近い⁵。大都市で実施されている詳細な被害評価には通常1000万円以上の経費が掛かるので、道内自治体のほとんど全てが予算上実施は不可能である。これらは中小規模自治体が抱える根元的問題であり、自力解決は難しい。上位機関である北海道が人材・技術・財政的支援を法政上整備する必要があろう。

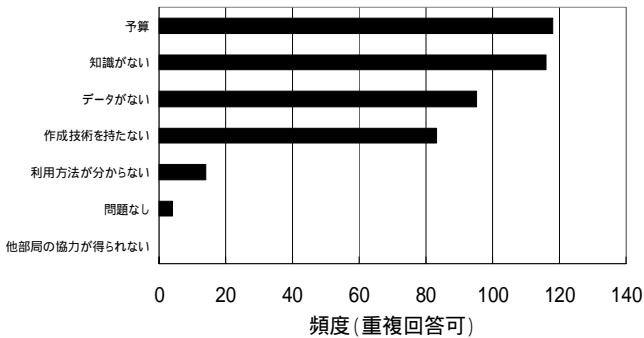


図6 被害評価実施上の問題点(文献⁵より)

(2) バルナラビリティの地域性

構造物、特に住家の耐震性(バルナラビリティ)は人的被害に直結し、地域の被害様相を決定づける。耐震性の高い住家の多い地域は災害予防力の高い地域と言える。そして住家の構造的耐震性は住様式と強い相関をもっており、地域の風土気候に大きく左右される。図7は都道府県別の暖房DD(デグリーデー)と1月の積雪10cm以上の日数とをプロットしたものである⁶。暖房DDとは暖房に要するエネルギーを見積もるための指標であり、値が大きいくほど寒冷地を意味する。図7より北海道はまさに積雪寒冷地であるのが分かり、全国的にみて特異な住様式を伺わせる。

北海道の住様式を全国と比較する。図8~10は基礎・屋根材・壁厚の比較である⁷。積雪荷重と土壌凍結の観点より北海道・東北地方の補強筋入り布基礎の採用割合が高い(図8)、屋根材の特徴として軽量トタンの採用率は北海道・東北・北陸地区が高く、それ以外の地方で重量瓦の採用率が高い。低緯度地方ほどトップヘビーの住構造となっている(図9)。同様に、床・壁厚は積雪寒冷地が厚く(図10)結果的に堅い構造となっている。すな

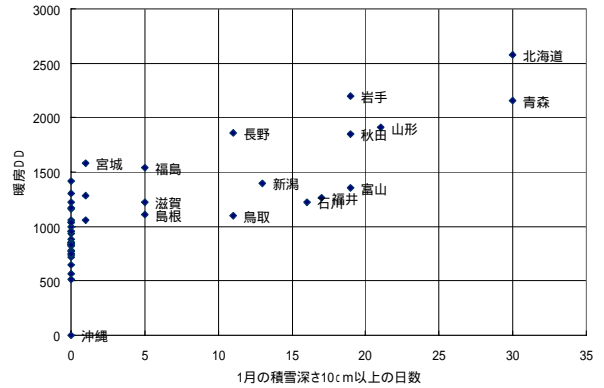


図7 都道府県別暖房DDと積雪日数の関係

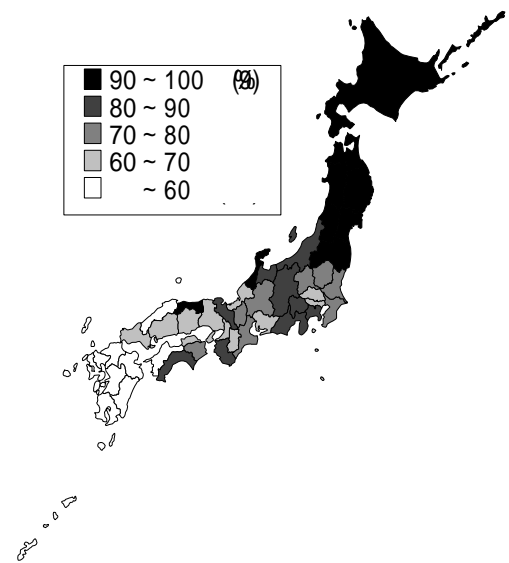


図8 住家の布基礎の割合(1994)

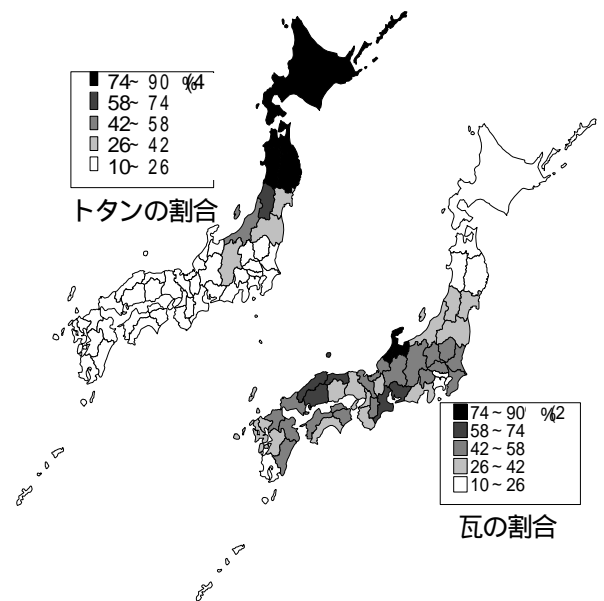


図9 屋根材(トタンと瓦)の比較(1994)

わち積雪寒冷地の住家は、屋根が軽くかつ堅い剛構造で成り立っているのが分かる。この住様式を反映し、木造住家の被害関数を北海道・東北・北陸・関西でそれぞれ求め比較すると、地域の全壊率 50%を与える震度はそれぞれ、北海道(13.7)・東北(10.4)・北陸(8.4)・関西(7.2)となり、全国的にみて耐震性に大きな幅があり(図 11 参照)北海道はこれによると耐震性がかなり高い地域であることが分かる⁷。すなわち同一震度の地震でも、一次被害に相当する住家の被害率が低く抑えられることとなり、北海道は災害予防力が高い地域性を有していることとなる。

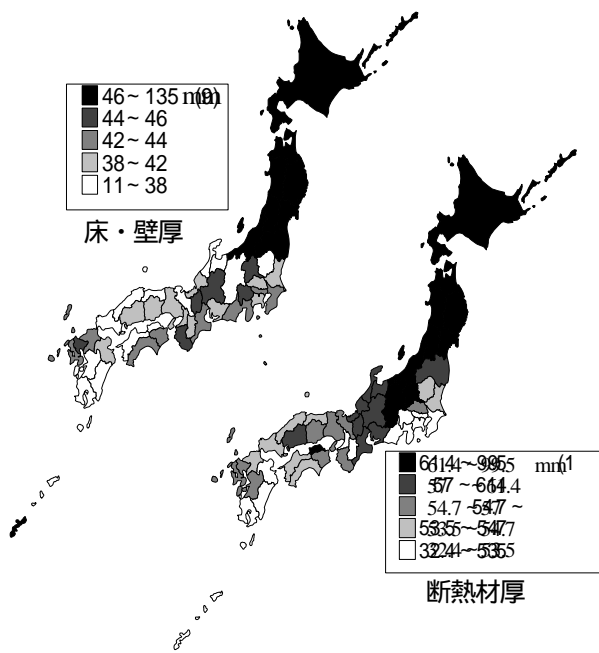


図 10 床・壁厚と断熱材の厚さ (1994)

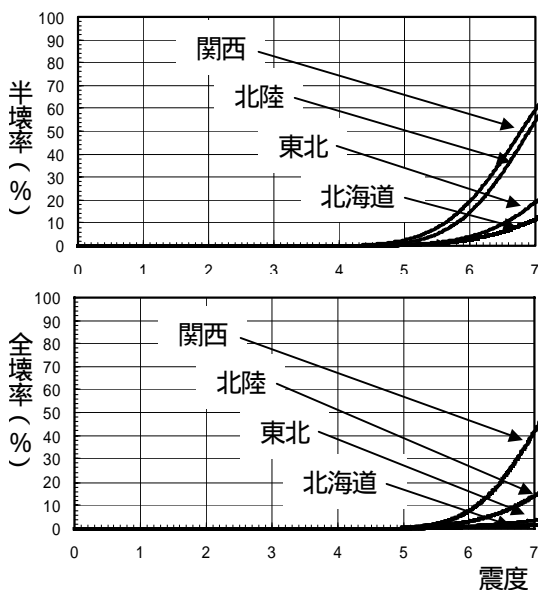


図 11 地方別住家被害関数 (文献⁴より)

図 12 は住宅統計調査報告・住宅金融公庫資料等より住家の構造安全性を住宅の種類(専用/併用)・建築年代・階数・腐朽破損程度・構造材質・広さ等々を指標化し、重み付き総和で総合的に評価したものである⁸。同様の傾向が見て取れる。

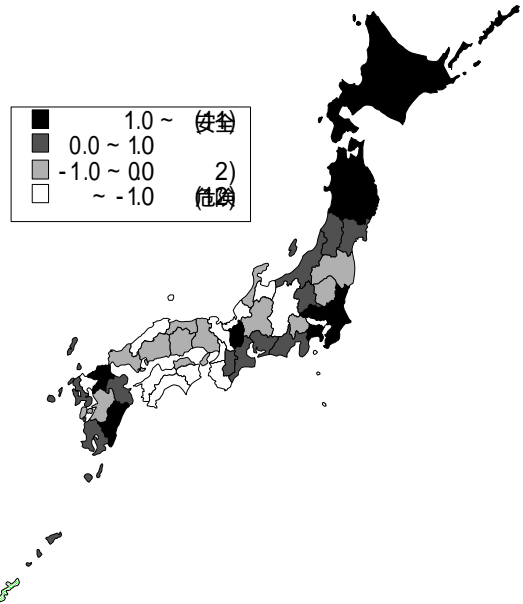


図 12 都道府県別の住家構造安全性評価(文献⁸より)

しかし、北海道全域が住家の耐震性において優れているわけではない。北海道において補強筋入りの布基礎が普及したのは、1960年代半ばの住宅金融公庫の融資基準改正が大きく影響しているが、住家の耐震化が進んだのは、1970~80年代のオイルショックにより住家の断熱性能への関心が高まったことが大きい。それ以前は本州仕様の住宅をそのまま移入したものが多く、不適切な断熱・通気工法により内部結露による腐朽で耐久性が落ちた時期もある。1970年代半ばに断熱材の100mm充填が標準となり、筋交い工法から面材を多様する構造仕様への変化も耐震性の向上に役立っている。北海道の住宅はこのような構法上の変遷があり、建築年代により住家の耐震性・耐久性が大きく異なっていることを知っておく必要がある⁹。図 13 は住宅統計資料から知れる北海道内の市町について建築年代を求めたものである。前記よりオイルショック時期前(1981年以前)に建設された耐震性・耐久性の劣る住家は、いわゆる産炭地域(赤平市・夕張市・三笠市・歌志内市等)や工業地域(室蘭市)に多く、また上記地域に加え歴史的建造物の多い小樽市は戦前(1945年以前)の住家が多く残っているのが分かる。これらの地域はまだ大きな地震に見舞われたことがなく、耐震性の劣る建物が多く残っていることが防災上懸念される。

北海道を一単位のマクロスケールで見た場合、住家耐震性に関し全国レベルよりも優れており、気候風土より新しく建設される住家に関しては優れた耐震性のレベル

を保持する土壤にあると言える。しかし、住家リニューアルが進まない旧産炭地域・工業の町いわゆる二次産業の市町村は脆弱な住家がそのまま立ち残っている。

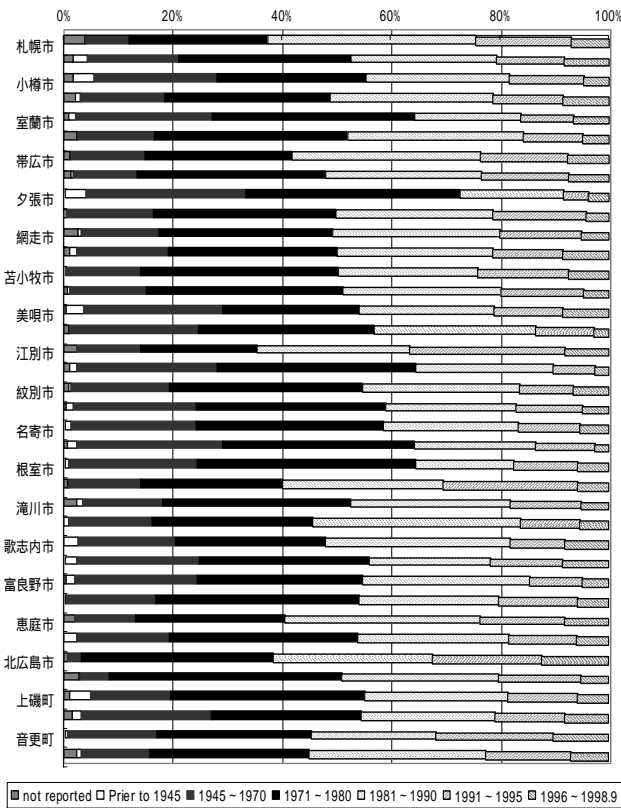


図 13 北海道各市町の住家建築年代

(3) 社会地理環境の地域性

道内の各市町村がおかれている社会地理的環境、たとえば地形・面積・人口・産業構造・集住形態・他市町村とのアクセス距離等は、地域内の発災危険度や出火延焼等の被害の拡大様式を決定づけたり、情報収集・伝達・連絡調整の巧拙や災害救助・相互支援などのあり方に関わってくる。すなわち、主として地震発生後の災害の拡大阻止力・事後の防災体制に影響する。以下に、これら諸特性と災害対応力との関係を考察する。

北海道の広さと過疎性を他の都府県と比較する。図 14 は都道府県の東西及び南北距離の比較である。離島を有する鹿児島県・沖縄県・東京都そして北海道が際だっており、被災地への移動距離・物資支援の運搬距離が長く、支援困難地域を抱えた圏域と言える。図 15 は人口・都市の集積度から見た都道府県比較である。面積当たりの都市数・人口密度共に北海道は最も低い。集積度が低いことは災害の連担を阻止し、面的拡大を防止するメリットがある反面、中継都市が少なく被災地が孤立する恐れがある。すなわち災害時の情報収集・伝達・調整に困難さを伴うというデメリットをもつ。北海道は低集積という点で防災的観点より良くも悪くも極端に位置づけられる。

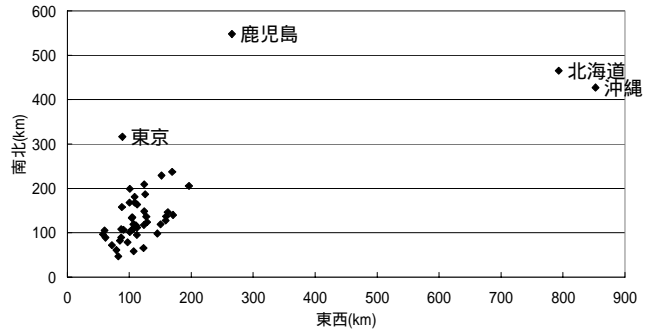


図 14 都道府県の東西および南北距離の比較

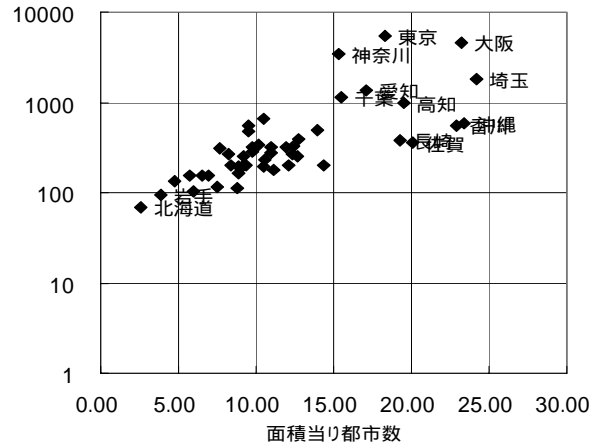


図 15 人口密度・都市数から見た都道府県別集積度

市町村域内の地震被害分布は地震動入力（ハザード）と構造物耐震性（バルナラビリティ）による他、都市がおかれている社会条件（基幹産業の種類・地域の住み分けパターン(集住形態等)の影響も強く受ける。その結果、防災体制のあり方も社会条件により異なってくる¹⁰。ここでは北海道の市町村を産業構造（都市型/二次産業型/地形制限型/低密度農業型）と集住形態（住宅・行政・産業・商業地域の住み分けを混在型/近接型/分離型）から分類し、社会条件による被害発生・対応の危険度の違いを指摘する。図 16 は上記分類に従い北海道市町村を分類したものである。

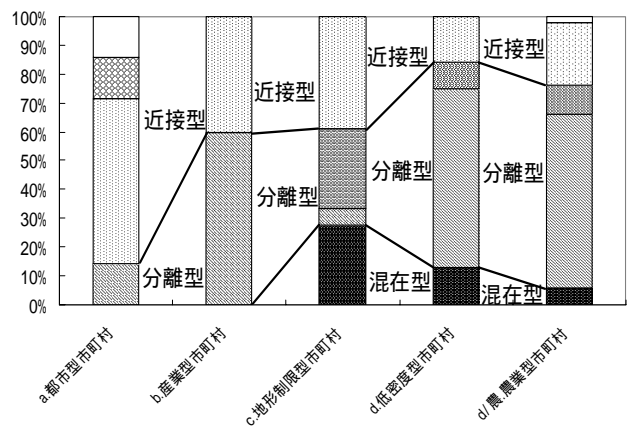


図 16 産業構造と集住形態から分類した北海道市町村割合（文献¹⁰より）

ここにおいて危険な社会条件を有する市町村は、大きく3種類に分けられよう。前節(2)「パルナラビリティの地域性」において指摘した古い住家の多いb.産業型市町村は、地震時に被災する可能性が高く、よって同分類中、人口密集地に多種用途地域が混在する混在型及び近接型は、市町村域内で発災危険の高い市町村と言える(第1種の危険市町村)。同様に、海岸・山地等により居住地域が狭隘なc.地形制限型のうち混在型と近接型も同様の危険度が高い。第2種の危険市町村は、災害時に孤立する可能性の高い市町村である。これに相当するのは近隣とのアクセス距離が遠く情報伝達に困難さを生じるd.低密度分離型である。北海道東部は広大な土地をもつ酪農業が産業主体であり、災害時の情報途絶による孤立化が懸念される市町村は多い。同様に、アクセスネットワークに冗長性をもたないc.地形制限型市町村の分離型も災害時の孤立化が大きな問題として指摘できる。第3種の危険市町村はa.都市型市町村の近接型であり、街並みが連担しているため被害の面的拡大が懸念される。

以上の市町村別の類似危険度パターンを地図上にプロットしたのが図17である。社会構造という観点からの一種のパルナラビリティマップである。



図17 都市分類からみた地震素因危険度

道内市町村の人口規模がもたらすもう一つの問題点を指摘したい。図18は人口規模別の都市の割合を示したものである¹¹。北海道は90%以上の市町村が人口50,000人以下であり、さらに人口5,000人以下の町村が40%近くを占めている。これは人的資源が少なくかつ予算規模の小さい自治体が多いことを意味しており、防災行政に対して自立できる余裕がない。(1)節「ハザードの地域性」において既述したとおり、北海道における被害評価実施市町村が稀少であることからも理解できる。

さらなる問題点は、災害時の支援依存度の高さである。阪神淡路大震災の経験により、被災地の自立復旧のみな

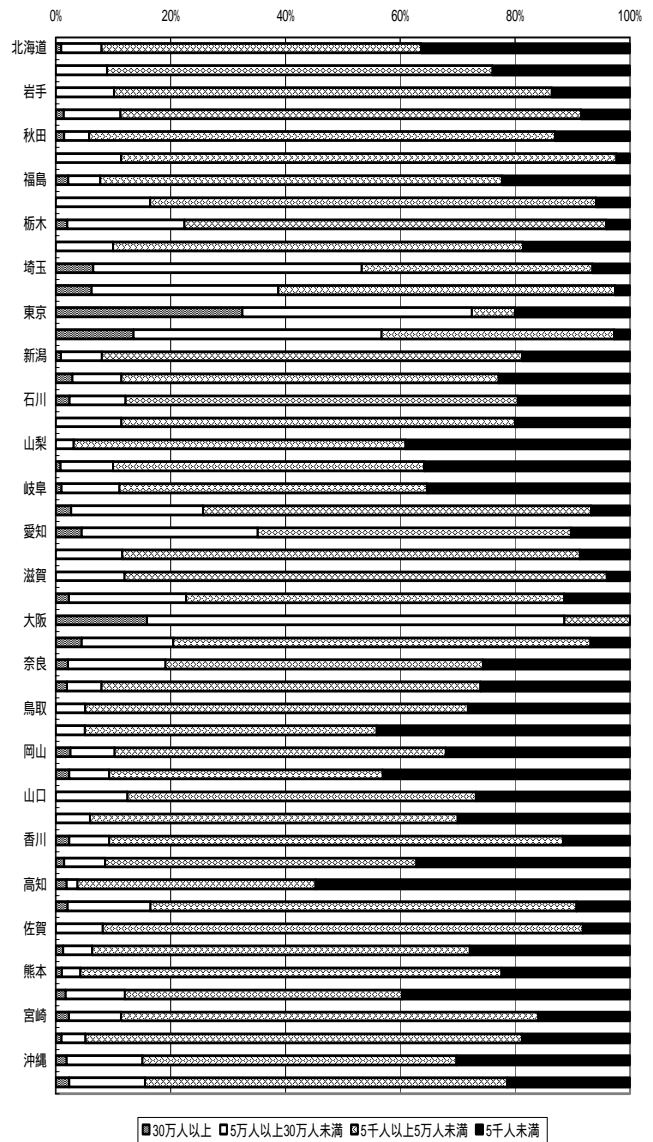


図18 人口規模別市町村数の構成割合 (2000)

らず周辺の自治体による相互支援による復旧体制の重要性が認識され始めている。筆者ら^{12,13}の調査研究により、災害時に専門的人的派遣・物的支援・公的施設供与が可能な体力のある市は人口規模が300,000人以上であることが明らかとなっている。北海道の場合、これに該当する市は3市を数えるのみである。その結果、北海道は他の都府県に比べ、道外の自治体への支援依頼度が高い¹¹。

一方で、札幌圏への一極集中は際だっている。北海道における札幌市の災害波及の大きさをシミュレーションした研究がある^{14,15}。間接被害の都市間波及効果を産業構造及び人口移動量から指標化し、求めたものである(図19参照)。他都市が被災した場合に他都市から受ける影響及び被災して他都市へ与える影響共に札幌圏が大きく、北海道における地域中心性と共に防災上の問題点として指摘されている。札幌圏の北海道における重要性より、札幌市の防災は被害評価を含め道内では進んでいる方ではあるものの、ハザード関連情報が乏しく、確定論的に

地震を想定できない状況にある。すなわち防災のターゲットを絞り込めないという悪条件下での防災体制づくりを強いられる。このような条件における被害評価法及び防災計画のあり方については文献¹⁶に詳しいので省略する。

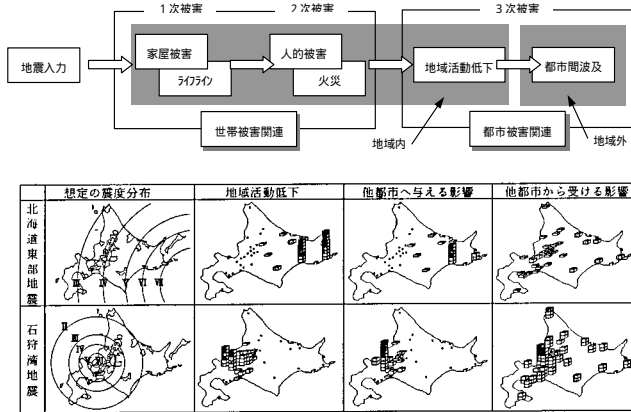


図19 被害の都市間波及を考慮した連関モデルと算定例(文献¹⁵より)

3. 防災対策に影響する地域性のまとめ

普通、地震危険に関わる地域性に言及するとき、ハザード分布がその主たる対象となる。しかし、地震防災はハザードのみで決まるわけではない。よって本稿では地域の災害対応力(Seismic Performance)とそれに影響する地域性を、(1)式を基本に種々眺めてきた。

ここで災害対応力について若干の整理をし、地域性との関係をまとめておく。災害対応は予防型対策(Mitigation) / 発災型対策(Preparedness) / 応急対応(Response) / 救援(Relief) / 復旧(Recovery) / 復興(Restoration)等の多くの内容をもっており、災害との時間展開で整理するならば図20となる。

これを災害対応力に書き換えると図21となる。災害対応力(Seismic Performance)とは災害発生前後の事前対策力(Pre-countermeasures)と事後対応力(Post-counter-

災害の局面

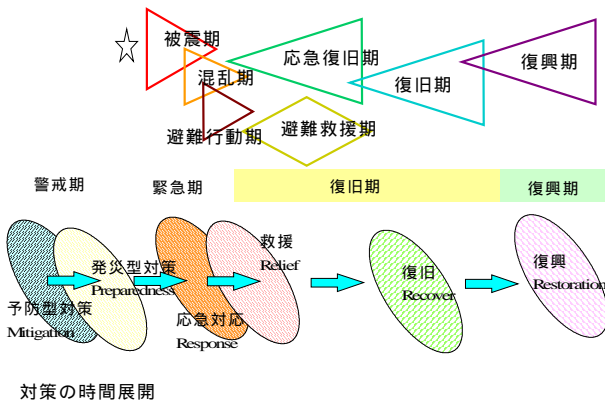


図20 災害対策の時間展開

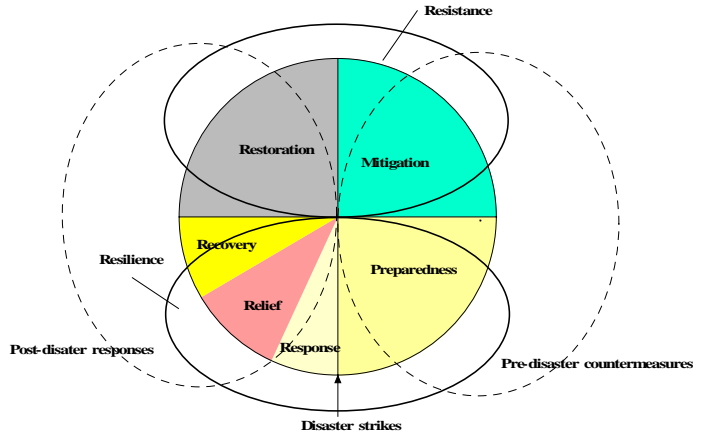


図21 災害対策の時間展開と分類

measures)という見方ができる(図21の点線による分類)し、また耐震的強化対策力(Resistance)と回復力増強対策力(Resilience)という見方もできる(図21の実線による分類)。前章で議論した北海道の諸特性と災害対応力との関係をだまかに整理するならば以下になる。

地震動入力(ハザード)の地域性とは、地域を襲う地震動入力(ハザード)の大きさや地域分布・その発生予想の確かさ(確度)等をいい、その地域差は北海道周辺の地震活動度と北海道下のQ値構造による地震波減衰特性によりもたらされ、それが防災行政担当官の当該地域の重要災害意識に影響している。

Perception

$$\text{防災事前対策(意識)} = F[\text{発生確率の確度, 地震動の大きさ・分布} | \text{ハザードの地域性}] \dots(2)$$

住家耐震性(バルナラビリティ)の地域性により地震時の建造物の被害の大きさや死傷率の違いをもたらす。地域の災害を押しえ込む災害予防力に影響している。

Mitigation

$$\text{防災事前対策(災害予防力)} = F[\text{構造被害の大きさ・死傷率} | \text{バルナラビリティの地域性}] \dots(3)$$

北海道の住家の耐震性の高さは積雪寒冷地という気候風土が育てているが、それが顕在化し始めたのは1970~80年代のオイルショック後のことである。住家のリニューアルが進まない旧産炭地域では依然として脆弱な住家が多く残っている。

都市特性・集住形態等の社会条件の違いは各自治体の事後防災対応力に影響している。

Response, Relief

$$\text{防災事後対応(災害拡大阻止力)} = F[\text{過疎性・産業構造・集住形態} | \text{社会地理環境の地域性}] \dots(4)$$

北海道はその広域性と過疎性を特徴としているが、被害が連担しないという点においてプラス要因に、情報伝達・被災地へのアクセス・相互支援の困難さという点においてマイナス要因に働いている。

このように、北海道は全国的に見て特異な地域特性を有しており、また圏域内での諸特性のヘテロ性も高く、独自の防災体制を整備していく必要がある。

4. 防災の主導レベルと地域性

～ヘテロ性の大きな圏域への防災提案～

防災の主導レベルを大まかに整理してみると図 22 のようになる。単位の小さな方から「個人」「世帯」...「市町村」「都道府県」「国」となる。それぞれの単位ごとに防災の事前準備・直後対応・復旧計画は異なる。

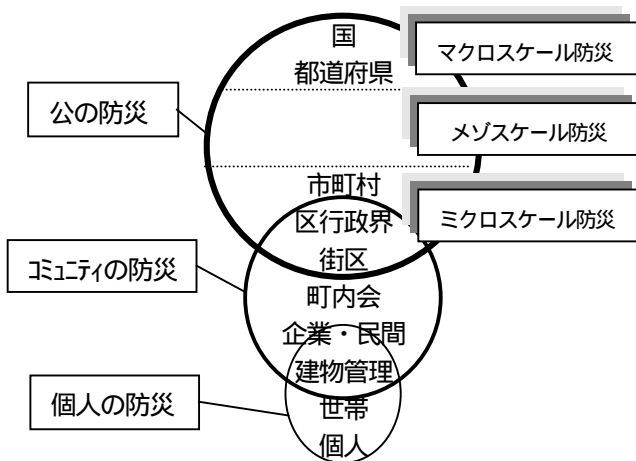


図 22 地震防災の主導レベル

図 22 中で、公の防災は災害対策基本法により規定されている。同法では国・都道府県・市町村等の防災責任を明確化し、特に市町村に対し地域及び住民を災害から保護するための計画・実務の責務を課し、多くの権限を与えている。都道府県及び国はそのための市町村支援・調整の役目を担う。このように公の防災は、地域内の他組織との関わりより以下の二つのスケールで体系化されていると言える。

地区（街区～区行政界～市町村）を単位としたミクロスケール防災、圏域（都道府県～国）を単位としたマクロスケール防災。

災害対策基本法では北海道は他の都府県同様、一つの防災単位であり、マクロスケールの防災である。しかし、北海道は上記したように、種々の特性に関して均一ではなく、ヘテロ性が極めて大きい。防災は前述したとおり、特性についてある種のまとまりを単位として成立する。公の防災を考えた場合、他の都府県も同様のヘテロ性は持っていると思われるが、北海道の場合、その広域性より諸特性は市町村単位を越えたより大きなスケールでゾーニングされるものが多い。一例をハザード分布・都市分類集住形態の分布に示したとおりである。しかもその広域性に対応できる行政組織がない。人材・資源共に市町村では不足であり、北海道行政への期待と負担はかなり大きい。加えて北海道は管内のミクロスケール地区防

災を計画実施できるだけの防災資源（人材・資材力）を有している率先型の市町村自治体は限られている。すなわち、北海道は国と市町村をつなぐ中間行政の役割に加え、市町村に課せられたミクロ的防災行政にも関わらざるを得ない状況下にあると言える。よって北海道は、ミクロスケール防災とマクロスケール防災の中間に位置づけられる地域性でゾーニングされるメソスケール防災（地域圏を単位として考える防災）が必要と考える。北海道と市町村との中間行政的メソスケール防災により、地域を束ねて技術的・経済的な防災支援を推進する体制づくりが強く望まれる。

本稿の図面作成にあたり、高井伸雄（北海道大学大学院都市環境工学専攻）・南 慎一（北海道立寒地住宅都市研究所都市防災科）の両氏の協力を得た。記して謝意を表す。

- ¹ 高橋浩一郎：災害論 - 天災から人災へ - , 東京堂出版, 261pp., 1977.
- ² 島崎邦彦・長浜裕幸：地震はでたらめに起こっているのか？ 地震の集団的性質と個別的性質, 阪神・淡路大震災と地震の予測(深尾良夫・石橋克彦編), 岩波書店, 口絵及び 171-182, 1996.
- ³ Takai N., H. Umeda, and S. Okada: The Method of Predicting Seismic Intensity Distribution for Subduction Zones, Sixth International Conference on Seismic Zonation, -3B, 2000.
- ⁴ 北海道：北海道における地震災害の地域特性に関する調査研究, 286pp., 1987.
- ⁵ 北海道立寒地住宅都市研究所：北海道都市圏域における地震防災支援システムに関する研究, 共同研究報告書, 136-146, 1996.
- ⁶ 理科年表：2000
- ⁷ 高井伸雄・岡田成幸：気候風土から見た日本の木造住宅耐震性能の地域性の解釈, 第 10 回日本地震工学シンポジウム, 3435-3438, 1998.
- ⁸ 仁志川朋子・岡田成幸：住宅の地震安全性能の全国比較, 日本建築学会大会学術講演梗概集, B-2, 83-84, 1997.
- ⁹ 北海道立寒地住宅都市研究所：北海道における木造住宅の耐震性に関する研究, 共同研究報告書(中間報告) 42pp., 1997.
- ¹⁰ 岡田成幸：都市直下地震を想定した入力地震動の考え方と地域防災計画のあり方, 平成 10～11 年度文部省科学研究費補助成果報告書, 100pp., 2000.
- ¹¹ 第一法規：全国市町村要覧, 2000.
- ¹² 渡辺千明・岡田成幸：全国自治体による阪神・淡路大震災被災地への支援の実態調査, 第 24 回地震工学研究発表会講演論文集, 土木学会, 1205-1208, 1997.
- ¹³ 渡辺千明・岡田成幸：全国自治体による最適後方支援の提案 - 地震防災への活用と展望, 地域安全学会梗概集, 10, 157-158, 2000.
- ¹⁴ 井上高秋・岡田成幸・鏡味洋史：地震による被害(直接～間接)の地域間波及の評価 - 北海道を例として -, 日本建築学会北海道支部研究報告集, 64, 71-74, 1991.
- ¹⁵ 井上高秋・岡田成幸・鏡味洋史：北海道 32 都市の地震による被害の地域間波及の評価, 日本建築学会大会学術講演梗概集, B1, 303-304, 1991.
- ¹⁶ 岡田成幸・戸松 誠：都市直下地震を想定した入力地震動の考え方と地震防災計画への指針 - 震源パラメータの不確実性がもたらす地震動入力及び被害評価への影響 -, 日本建築学会構造系論文集, 530, 37-44, 2000.