

3.地域の地震防災に貢献する調査研究

3.1 高密度地震観測網を活用した地域地盤構造とその地動特性に関する研究

3.1.1 稠密地震観測記録と大深度ボアホール地震記録を用いた地盤増幅特性の推定

東濃地域に展開している高密度地震観測網および大深度ボアホール観測点における地震データを用いて、東濃地域の地盤増幅の推定を行った。雑賀・大久保(2013)で使用された地表観測点 22 点、ならびにボアホール観測点 BYB で観測された、16 イベント（深さ 30km 以上、M3 以上）の地震波形を用いた。解析にあたっては、この 16 イベントについて、全観測点の S 波部分を 10.24 秒のタイムウィンドウで切り出した後に、3 成分全てのフーリエ振幅スペクトルを算出した。水平動については水平 2 成分の相乗平均をもって水平動スペクトルとした。この水平動スペクトル (H) と鉛直動スペクトル (V) から、以下の 3 つのスペクトル比を求めた。1) H/H スペクトル比（地表 22 観測点の水平動スペクトルの BYB 観測点の水平動スペクトルに対する比）。2) V/V スペクトル比（地表 22 観測点の鉛直動スペクトルの BYB 観測点の鉛直動スペクトルに対する比）。3) H/V スペクトル比（地表 22 観測点の水平動スペクトルの、同じ観測点の鉛直動スペクトルに対する比）。これら 3 つのスペクトル比の 0.5~20Hz の帯域においてピーク値を推定した。また、地表 22 観測点の 10.24 秒のタイムウィンドウの水平動最大加速度 (PGA) を計算し、BYB 観測点の水平動 PGA で割ったものを PGA 増幅率とした。

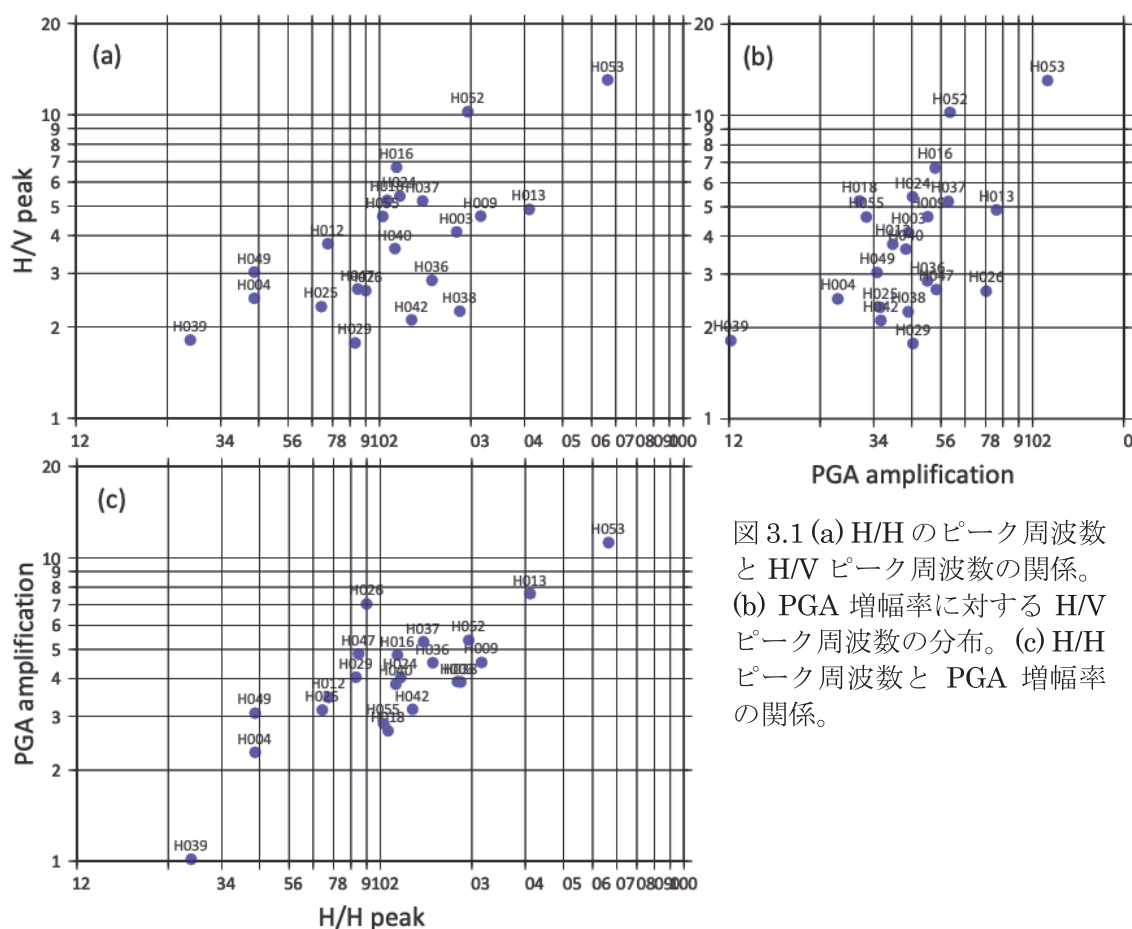
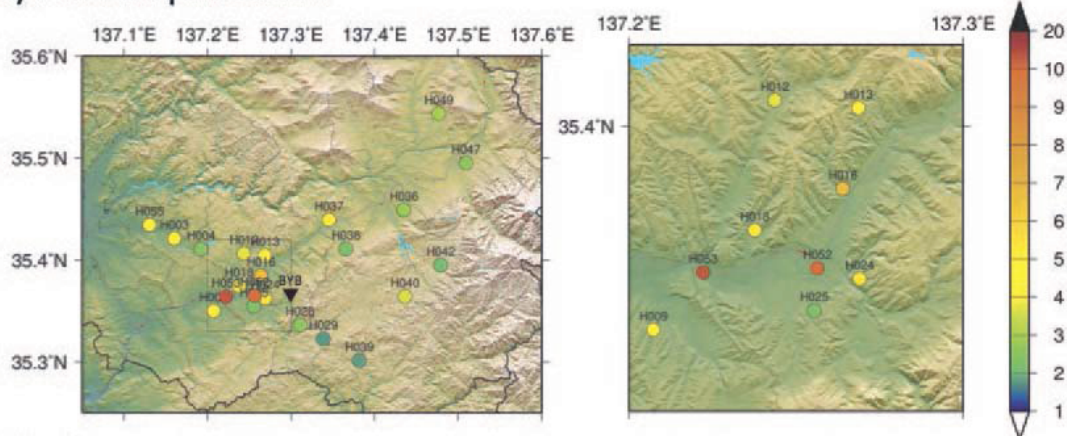


図 3.1 (a) H/H のピーク周波数と H/V ピーク周波数の関係。(b) PGA 増幅率に対する H/V ピーク周波数の分布。(c) H/H ピーク周波数と PGA 増幅率の関係。

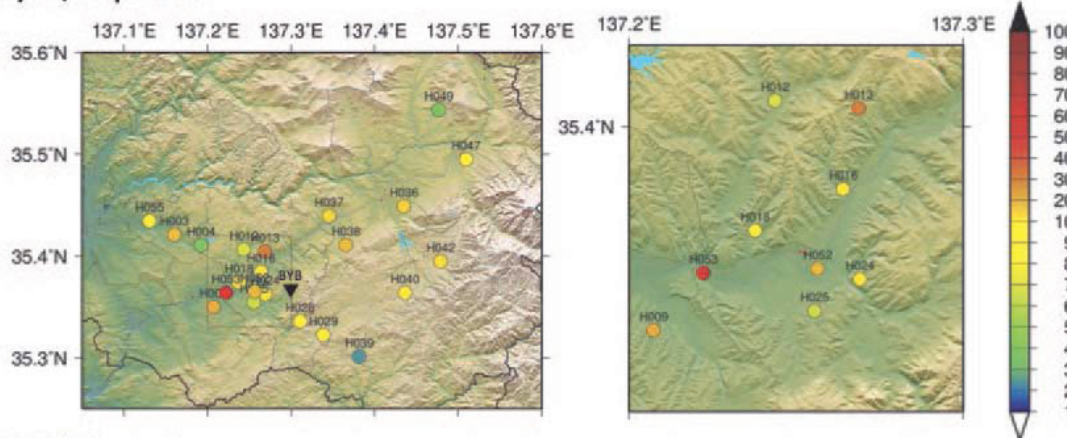
推定した H/H スペクトル比のピーク周波数、H/V スペクトル比のピーク周波数、ならびに PGA 増幅率との関係を図 3.1 に示す。H/H スペクトル比のピーク値と PGA 増幅率との関連性は高いことがわかる（図 3.1c）。これは、波形の最大振幅が増幅のピーク値に強く依存することを示唆する。また、H/V スペクトル比のピーク値と、H/H スペクトル比のピーク

値との間にも正の相関が見られる (図 3. 1a)。これは、H/V スペクトル比のピークの高さから地盤増幅の程度を推定できる可能性を示している。しかしながら、H/V スペクトル比は鉛直動の増幅特性にも影響を受ける点に留意が必要である。図 3. 2 に、これらの推定値の空間分布を示す。地盤増幅の大きい地点は、概ね低地沿いにあるが、より局所的な地下構造の影響が大きいことが示唆される。

(a) PGA amplification



(b) H/H peak



(c) H/V peak

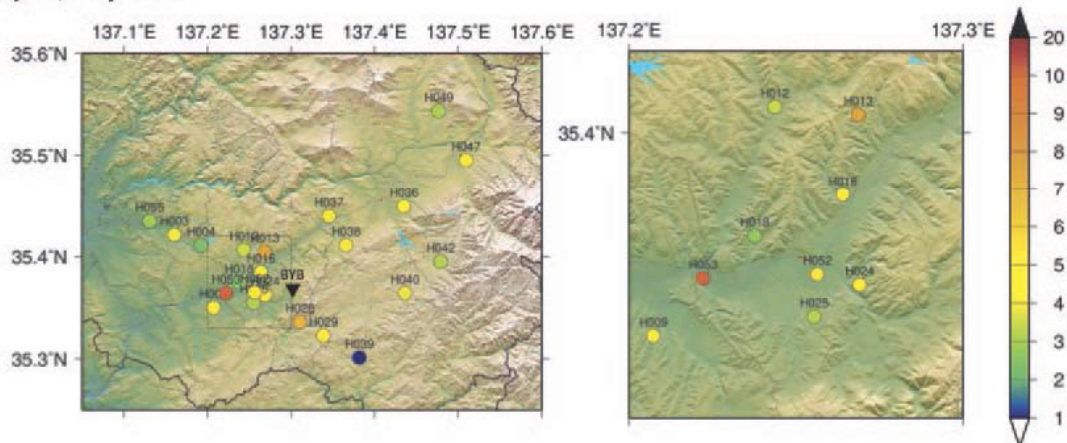


図 3. 2 ボアホール観測点 BYB に対する各推定値の比の空間分布。(a) BYB 観測点の PGA に対する各観測点の PGA の比。(b)BYB に対する H/H スペクトル比のピーク値。(c)H/V スペクトル比のピーク値。左側の図の枠内の拡大図をそれぞれ右に示した。

3.2 地域の地震防災に貢献する研究および市民との積極的な交流

3.2.1 北海道胆振東部地震(2018 年)に見る我が国の地震防災の課題

当該地震の被害実態をとらえるべく、北海道内全市町村及び被災 3 町(厚真町、むかわ町、安平町)の全世帯アンケート震度調査、被災 3 町の概観目視による建物悉皆調査、被災 3 町の全世帯アンケート調査(建物耐震診断、室内散乱状況、居住者人的被害、居住者被災回避行動、復旧状況、事前・事後対策)を実施した。その結果、北海道の住居耐震性の強さ(図 1・図 2)及び室内家具転倒領域率の低さ(表 1)が確認され、それが震動による人的被害の軽減に強く寄与していることを確認した。一方で、当該地域の少子高齢化現象が地域の生業の後継者育成を阻み、建物メンテナンスの軽視・復旧断念や廃業のきっかけを与えるなどの地方消滅の加速要因となっていることが明らかとなった(図 3)。

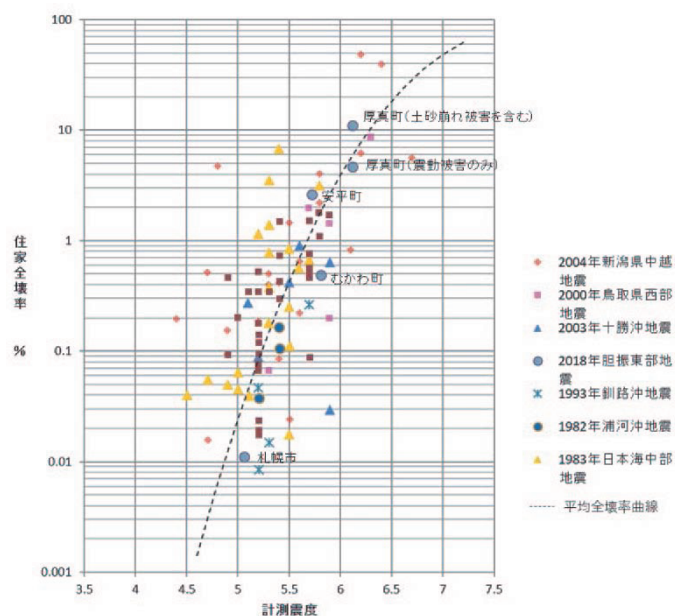


図 1:市町村単位でみたアンケート震度と住家全壊率の関係

他の地震と比較して示す。北海道は全国に比較し同震度での被害率は小さいことが分かる。

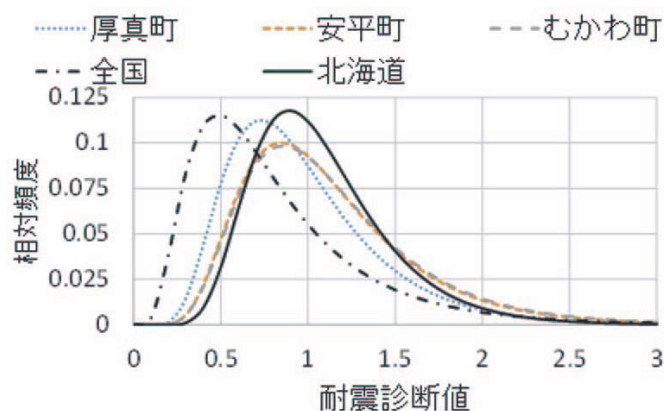


図 2:アンケートによる住家耐震診断値の集計結果(対数正規分布で近似)

世帯ごとに求められた耐震診断値に、各町単位で対数正規確率分布を当てはめたもの。全国平均よりも 3 町とも住家の耐震性は高く、住家被害率の小ささ(図 1)を説明している。

表 1:家具転倒領域率の推定結果

	I_{injury} [%]	n [人/フロア]	$I-B$ [%]	R [%]
厚真町	18.8	1.661	46.1	27.1

安平町	12.4	1.775	36.6	20.9
むかわ町	23.3	1.876	40.6	36.6

負傷世帯発生率(I_{injury}) は、居室人数 n に対して負傷者 x が 0 より多く発生する確率として求められ、家具転倒領域率(R) と負傷回避行動率(B) との間に以下の関係が成立する。

$$I_{injury} = P_x(x > 0) = \{1 - (1 - R)^n\}(1 - B)$$

ここに、 $(1-B)$ は非回避行動率である。個々の変数をアンケートから求めると表1となる。一般に負傷者が発生する転倒領域率は 50 %以上であるので、当該地域の小ささが際立っている。

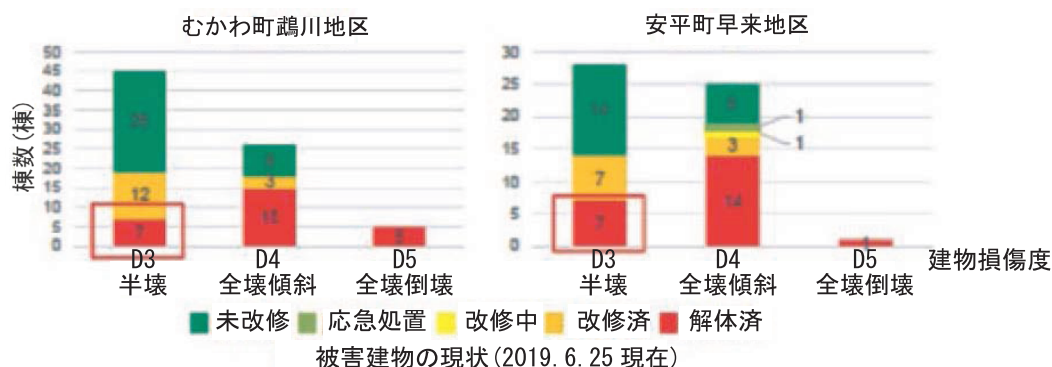


図 3: 北海道胆振東部地震における被害建物の復旧率

地震 10 か月後に調査したむかわ町鵜川地区と安平町早来地区の復旧状態である。全壊の店舗の大部分そして半壊程度のものも解体撤去されたままであり、商売は再開されていない。これも後継者が育っていないことが大きな理由と考えられ、地震をきっかけに廃業を決意する地元住民も多い。

3.2.2 複合災害の影響評価手法の提案

北海道胆振東部地震でも地震動に豪雨・斜面崩壊のハザードが複合し、被害を大規模化させた。近年の地球温暖化に見る自然環境変化は複合災害を常態化させつつあり、新たな対策シナリオを検討する時代に入ったと言えよう。複合災害の課題と取り組みについての概要は、今年度の「地域地震防災基準に関する基本問題研究委員会」において発表・議論し、研究所報告に寄稿した。影響評価の手法について、以下の問題を具体的に展開した。

3.2.2.1 地震と津波の複合連鎖による被害評価と自助・共助・公助の効果評価

津波襲来の前に地震動により建物倒壊あるいは室内散乱により、居住者は家屋内に閉じ込められる。しかし現時点での津波による溺死者の事前評価は閉じ込め者を考慮していない。釧路市を例に閉じ込め者の影響を算出したところ、自治体想定 of 2 倍の溺死者が見落とされていることが判明した。さらに、将来的被害を想定し、少子高齢化の影響を加味したところ、要救出者(高齢者人口)に対する救出者(就業年齢人口)の割合が低減し、救出に時間がかかること、また避難速度が低下することも加わり、避難可能人口率が低下することが判明し、自助・共助のみの限界が明らかとなった(図 4)。

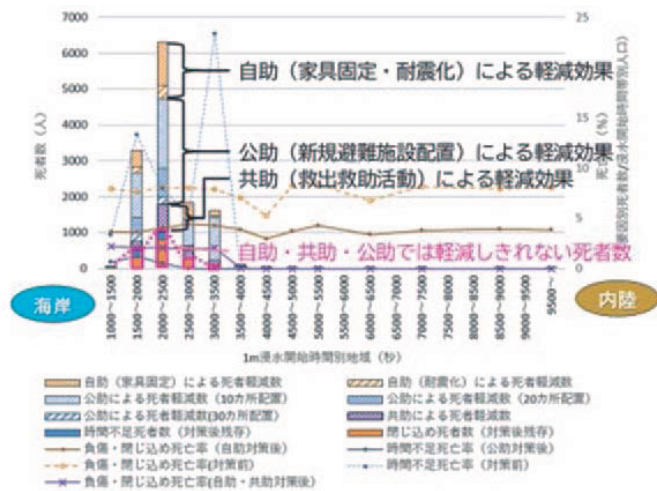


図 4:2045 年を想定した鉏路市における死者数と減災戦略の効果評価

建物内閉じ込め等による溺死者は 20,000 人。対策により 16,000 人の死者低減が期待される。溺死者を減らすには公助(避難ビルの設置)が最も効果が高い。しかし、なおウォーターフロントエリアには救えない居住者が 4,000 人。自助や共助は重要ではあるが、複合災害はそれを超越した災害レベルに至ることが想定される。

3.2.2.2 連動型地震による被害連鎖の評価関数の提案

大地震の後には必ず同程度の余震が想定される。熊本地震が連動型であったこと、また南海トラフ巨大地震でも後続する連動型の大地震が想定されている。しかし、自治体による被害想定では単発の地震のみの対策に留まっている。地震の後に後続する地震も複合災害とみなし、被害評価法及び対策シナリオを検討する必要がある。本研究は余震が連発した 2004 年中越地震調査結果(本研究主体で調査実施し 2008 年に報告)に基づき、インバージョンにより余震による住家の被害拡大を数値評価するために新たに建物耐震評点分布に関する「被害拡大発生率」及び「被害拡大率」の 2 つの確率関数を定義し求めた(図 5・図 6)。これらの関数を用いて札幌市を例に想定されている月寒断層帯にさらに余震が発生した場合の被害評価を、数々の対策の効果を併せてシミュレーションし評価した(図 7)。その結果、事前耐震補強(対策(E))の効果が著しいことに加え、事前の耐震診断の結果を活用し、直後の建物応急危険度判定を実施することなしに逸早い避難基準とすることで、人的被害軽減が可能となる新しい対策の可能性を示唆することができた(対策(D))。

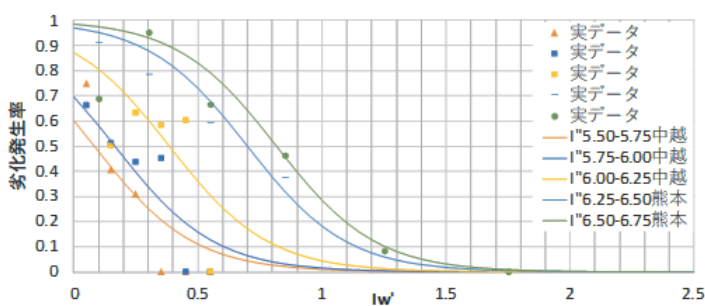


図 5: 得られた耐震評点劣化発生率

被災した住家の損傷程度を耐震診断値(耐震評点)で評価する。後続地震を受けても住家の被災度が進行しない建物も一定数存在する。その割合は入力地震動の大きさ(I)と元の耐震評点(Iw)で決まる。

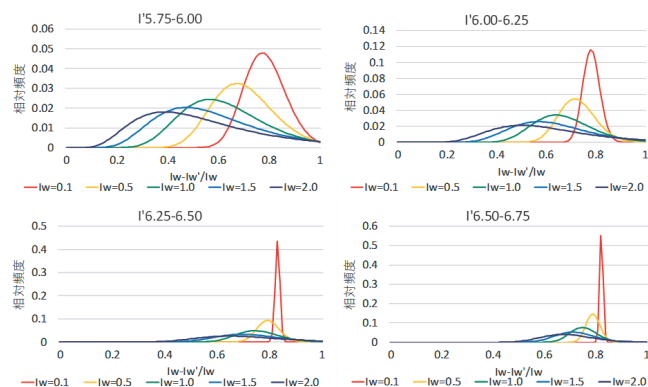


図6:耐震評点劣化進行率についての得られた発生確率分布

後続地震により進行する劣化度の発現確率は対数正規分布で与えられる。入力地震動の大きさ(I)と劣化進行率(元の耐震評点に対する劣化進行の程度)に影響されている。

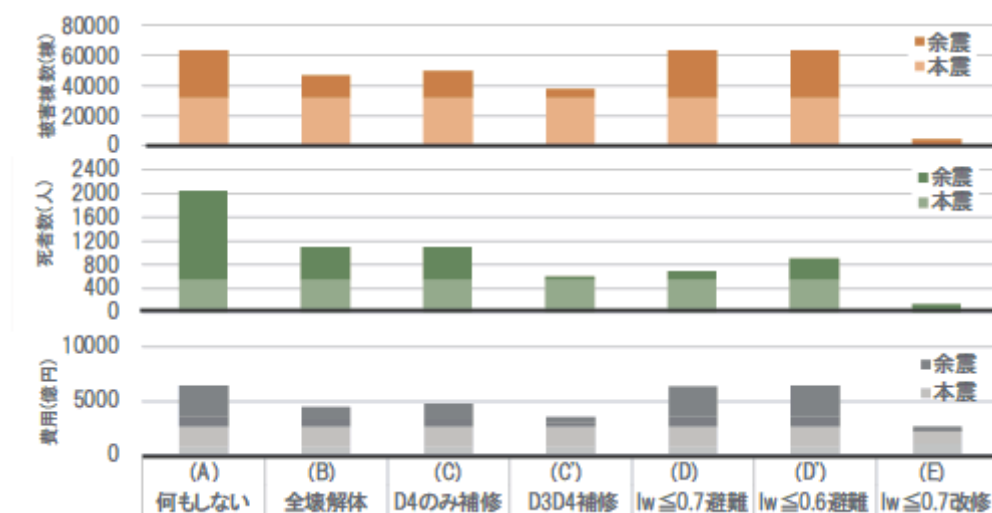


図7:札幌市を例に推計した「本震+余震」による住家の全壊棟数・死者数・復旧費用

対策により軽減効果が著しく異なる。対策シナリオ(E)による事前耐震改修に関しては、費用の面において本震のみの被害ならば何もしない(A)と比べて復旧費用も含めるなら約 400 億円軽減できるものが、余震被害を加えると 900～3,800 億円軽減効果が生まれている。今までの行政の被害推定は本震のみの被害をみていたが、今回余震による被害を加えることで、事前耐震改修の有効性をより強く主張している。

3.2.3 事前の地学教育による心の減災効果の検証に向けた小学校における断層教育の事例報告

従来、被災時における心理的ストレスの問題に対しては、心身の不調が生じた後に心理的なケアが行われてきたが、事前の教育によって被災時の心理的なストレスを減少、緩和できれば理想的である。これに関して、心理学的な事前教育が提唱されている（松本・他、2014）。加えて、事前の地学教育も効果的であると思われる事例として、2016年に発生した熊本地震の被災者が、小学生当時（約20年前）に学んだ地学教育を思い出したことで気持ちが落ち着いた、という事例が報告された（中川、2017）。彼らは、益城町立A小学校在籍当時、理科の専任教員であるX教諭から、小学校の直下にある布田川断層について学んでいた。その約20年後に熊本地震で被災した際に、熊本地震を引き起こしたのがその布田川断層だった、と思い出したことで気持ちが落ち着いた、というのである。この事例は、授業による心の減災効果を示すものと言えるが、この学術的検証はなされていない。

事前の地学教育（地震や断層に関する教育）から被災時のストレス軽減に至る心理的プロセスを明らかにするため、まず、X教諭へのインタビューを行った。その結果、X教諭が重視していた点として、主に「自分達の住む土地がどのようにできたか知る」「地球のダイナミックさを伝える」「野外等での観察を通じて、地学現象のスケールの大きさを実感する」が挙げられた。その上で、教え子たちに影響を与えたと思われる点として、以下の3点が明らかとなった。

1. 阪神大震災の発生や自宅購入などのきっかけにより、X教諭自身が断層や地震を実生活と関係づけて考えていた
2. 地域の地層の形成に合わせた授業を行ったことで、結果的に当時の学習指導要領外の内容（地震など）も含まれた
3. 山を自分の足で歩いて登り、地層の大きさ等を体感するなど、児童たちが地学現象の要点を体感できるような授業が行われていた

これらに加えて、X教諭が理科専任教員であったことも、間接的に効果をもたらした可能性がある。上記の調査結果は、事前の地学教育から被災時のストレス軽減に至る過程を心理学的に解明するために必要な、地学的観点を提供する。

3.2.4 東濃地域の災害医療に関する調査・分析

当地域においては、各地域の中核医療機関の統廃合が予定されているなど動きがあり、災害医療と地域医療双方の側面から対応すべき部分がある。災害医療に関しては全体として不活性化状態の中、どのような協働活動が適切か、基礎的な質的調査を始めた。これまでに多治見市・東濃保健所（県）、県立多治見病院で災害医療に関係する職員や医師に聞き取り調査を行った。共通の課題としてキーワードは「連携」が不十分になっている。県や自治体、医師会等が連携して動いている感は今のところない。また、災害医療に精通して意識の高い人材もいるが、組織の中で動きやすい環境には必ずしもなっていない。また、東濃地区全体として災害医療に関して意識が低い。その一方で、本聞き取り調査を通じて、他市では医療機関を中心に積極的な災害医療への取り組みがあることがわかってきた。今後、他市の医療機関での聞き取り調査にアプローチする予定である。

3.2.5 大規模地震後における高齢者の健康に関して～要介護度の変化と環境や行動等の関係について～

本調査研究は、かつて所属した阪神・淡路大震災記念人と防災未来センターで中核研究として、著者（古本尚樹）が行っていた。その分析を終え、論文を発表した（地域保健 2019 3 月号 p74～77, 東京法規出版）。東日本大震災被災者のうち要配慮者である高齢者に焦点を当て、被災者の災害後の移動経緯やその間の行政や家族、近隣住民との関係、生活面での課題や医療・保健・福祉との兼ね合いで役場との関係、更には介護等アクセスでの状況を把握しながら健康への影響を、要介護度の有無を区分として把握することを試みた。

調査日時：2015（平成 27）年 9 月に面接式質問票による調査を岩手県大槌町内で行った。回収数は 108（調査当時要介護度認定者 62, それ以外 46）。統計解析：本研究における検定は χ^2 二乗検定と重回帰分析を主に利用した（有意水準 5%）。

結果：調査時に要介護度認定がない階層（健康な階層と考える、以下「要介護度無」と記す）では、調査時の健康意識と、移動の回数に関して χ^2 二乗検定では、有意差が認められた。

要介護度有の階層において、近所付き合い、役場との関係、介護施設との関係と調査対象者の健康意識について分析したところ、調査時の健康意識と近所付き合いとの関係に関して χ^2 二乗検定では、有意差が認められた。また、将来の健康を予測するため、調査時の健康意識、移動月数、移動回数の三要素で重回帰分析を行った。

表 調査時の健康への意識、移動月数、移動回数の三要素で重回帰分析

y : 健康 x_1 : 現在の居住場所までの移動月数 x_2 : 移動回数 $y = ax_1 + bx_2 + c$			
調査当時要介護度無階層	x_2 の係数	x_1 係数	定数項
係数	- 0.3925	- 0.00441	3.763255
調査当時要介護度有階層	x_2 の係数	x_1 係数	定数項
係数	- 0.26672	- 0.00053	3.798342

要介護度無の階層で、地震発生から 100 か月後すなわち 8 年を超えたころの推測値では

(y 値が数字小さいほど健康と感じられ), 今後の 100 か月で移動回数が 3 回とした場合は y (健康) = 2.144755 となった. 100 か月で移動回数 4 回とした場合は y = 1.752255 となった.

一方, 要介護度有の階層においては, 同様に 100 か月の移動回数が 3 回として, y = 2.945182, 100 か月の移動回数が 4 回として, y = 2.678462 となった.

両階層(要介護度有と無の階層)における 3 回の移動と 4 回の移動における y の差は大きくなる. 要介護度有の階層より要介護度無(つまり, 調査時健康の階層)のほうが今後, 「健康」と実感する可能性が高い. また, 移動回数が 4 回として, 被災後 150 か月経ったことを想定すると, 要介護度無の階層では y = 1.531755, 要介護度有の階層で y = 2.651962 であり, 要介護度無の階層のほうがより早く健康の良化を意識することが予想された.

3.2.6 熊本地震被災住民における健康と生活について—被災地での調査から—

熊本地震においては復興の過渡期にあり, 災害後 1 年を経て「熊本地震後の健康と生活に関する調査」を被災自治体との協力で行った.

調査日時 : 2017 年 4 月, 対象 : 熊本県西原村村民(村外への避難者を含む), 調査方法 : 面接式質問票による調査, 調査時点における被災者の健康状況と各項目との関連性を把握するため, χ^2 乗検定に基づく分析を行った. 有効回答者数 : 212 人. 調査題目 : 本研究は, 大和証券ヘルス財団平成 28 年度(第 43 回)調査研究助成を受けている.

結果と考察: 有意差が認められた主要素は住民(被災者自身の)自身の生活復興具合, また村全体の復興具合との関連【自身の復興とともに, 村全体の復興も被災者の健康に関連があるとされる. 自分の生活再建が早く進むことは被災者の健康に貢献できるだろう. また, 村の復興はインフラストラクチャの回復による医療等へのアクセス確保, 地域医療の復興, 日常生活での買い物などに不自由がなくなるなどの効果が健康に影響するものと思われる. 将来地域社会への展望を見出せることも安心度につながると思われる.】, 地震前から近所との交流状態における関連【本調査では地震発災前の普段から近隣関係と健康についても関連があるとの分析結果が出た. この背景には, 災害以前に普段からのコミュニティ内で関係が良好であることによる連帯感と相互による助け合い意識, また安心して生活できることによる健康への効果等が考えられる. 災害が発生したとしても, その効果が持続する, もしくはその経験が避難生活における新規のコミュニティ内での付き合いを円滑にできることによる健康への効果が期待できよう.】, 地震発生後, 区長や消防団等からの呼びかけの有無との関連【質問紙では「区長・自治会長」「民生委員」「消防団」「近所の人」「介護施設職員」であり, 呼びかけがあったとされる人で特に多かったのが「消防団」「近所の人」であった. 少数だった「民生委員」「介護施設職員」も含め, 地震発生時に地域社会のだれもが避難の呼びかけをできるかは, 被災者の健康(生命の安全を含め)に関わっていることが提示された. そのため, 地域社会の連携とともに, どのような立場であっても避難の声掛けは障害者や高齢者等の生命を救うことにもつながっているといえよう.】

3.2.7 地域地震防災基準に関する基本問題研究委員会

日時：2019年11月14日（木）13時30分～、11月15日（金）9時50分～

場所：東濃地震科学研究所（瑞浪国際地科学研究館）1階セミナールーム

出席者：岡田成幸, 太田 裕, 中嶋唯貴, 大保直人, 和藤幸弘, 野口竜也, 松岡昌志, 志垣智子, 小山真紀, 村上ひとみ（10名）

委員の代理発表者：牛本知孝（1名）

事務局：古本尚樹（1名）

研究所研究員：村上 理, 古本宗充, 光井能麻（3名）

研究活動の紹介と議論

1. 岡田成幸 災害態様の地域性
2. 太田 裕 地震に起因する人間被害を広領域的に捉える-既往研究の回顧（2007年頃迄）
3. 中嶋唯貴 北海道胆振東部地震被害集中地区における全世帯アンケート調査
4. 中嶋唯貴 北海道の主要都市における減災対策の人的被害軽減効果の検討
5. 光井能麻 事前の地学教育が震災時の心の減災効果に及ぼす影響の検討-熊本地震の事例-
6. 大保直人 リアルタイム地震被害推定情報の利活用事例
7. 牛本知孝・和藤幸弘 震災後の仮設住宅に対する至適な医療支援レベルの検討
8. 野口竜也 2018年北海道胆振東部地震の被害地域における地盤構造と地盤振動特性について
9. 松岡昌志 熊本地震後の益城町における撤去建物のGISデータセットの作成
10. 志垣智子 地震に起因する人間被害を広領域的に捉える-医中誌DBを主体とする論文検索と傾向分析～2019-
11. 小山真紀 対策を建前で終わらせないために
12. 村上ひとみ 液状化による避難行動への影響を考える-東日本大震災における 浦安市舞浜地区の状況-