

# 津波時に命を繋ぐセーフティルーム

谷川 順彦

財団法人兵庫県住宅建築総合センター ひょうご住まいサポートセンター

(〒650-0044神戸市中央区東川崎町1-1-3)

2011年3月11日に発生した東日本大震災では、阪神淡路大震災の建物倒壊による圧死とは異なり、津波から逃げ遅れた多くの人々の命が失われた。その後、高台移転や住宅の中高層RC化など様々な復興計画・提案がなされているが、現地での被災者生活再建に主眼をおいた場合、住宅宅地のかさ上げ、避難路の確保等の面的整備とともに、万が一、想定を超える津波が襲ってきた際に、まず個々の命を救うという視点も必要と考える。これは、兵庫県でも同様である。そこで、津波発生時における、避難に遅れた県民のための救命装置としてのセーフティルームの設置に関する検討について報告する。

キーワード 津波, 避難, 住宅, セーフティルーム

## 1. 東日本大震災における被害

### (1) 被害の概要

平成 23 年 3 月 11 日(金)14 時 46 分頃三陸沖深さ約 24km で発生した M (マグニチュード) 9.0 の地震は、最大震度 7、最大すべり量 30m、主な断層の長さ 450km、幅約 150km、破壊継続時間約 170 秒、余震も M7.0 以上 6 回、M6.0 以上 93 回、M5.0 以上 560 回を数えた。

被害は 12 都道県に及び、死者 15,859 名、行方不明者 3,021 名、家屋被害数は全壊建物 129,912 戸、半壊建物 258,554 戸ほか、電気、上下水道や交通網等のライフラインの寸断等大きな被害を受けた(平成 24 年 5 月 29 日時点集計)。

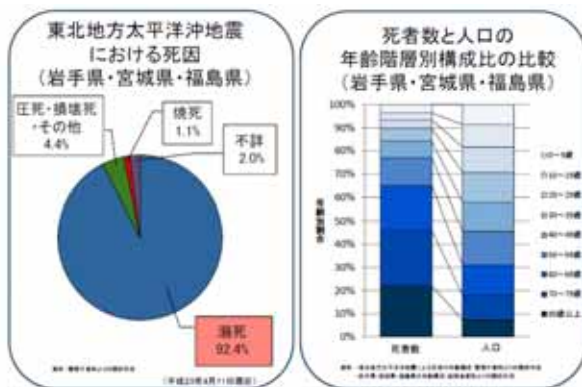


図-1 死因と死者の構成比 (岩手県・宮城県・福島県)

なお、岩手県・宮城県・福島県における死者の約 92%は溺死者であり、その約 46%が 70 歳以上(人口構成比:約 18%)であった。

## 2. 住宅に求められる性能

### (1) 地震動、火災に対する住宅の耐久性

災害時に居住者の生命を守るために住宅に求められる性能は次のとおり。

#### a) 構造耐力

地震等による倒壊、流出を防ぎ、避難までの時間・空間を確保するための性能。

津波による被害は、一般的な木造住宅では、浸水深さが 1.5m の場合、柱は残存するが壁の一部が破壊され(中破)、2.0m で壁と柱のかなりの部分が破壊されるが流出(大破)する。

表-1 津波氾濫流の被害想定<sup>1)</sup>

家屋の種別	中 破			大 破		
	浸水深 (m)	流速 (m/s)	抗力 (kN/m)	浸水深 (m)	流速 (m/s)	抗力 (kN/m)
鉄筋コンクリート造	—	—	—	7.0以上	9.1以上	332-603以上
コンクリートブロック造	3.0	6.0	60.7-111	7.0	9.1	332-603
木造	1.5	4.2	15.9-27.4	2.0	4.9	27.4-49.0
被害程度	柱は残存、壁の一部が破壊			壁と柱のかなりの部分が破壊されるか流失		

宮城県の場合、東日本大震災における浸水深さが2.0mで建物流失率が2割強、6.0mでは流出率が8割を超えている。

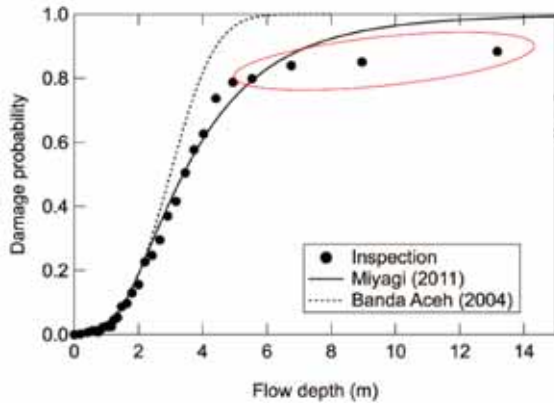


図-2 深さ倒壊率曲線（宮城県）

兵庫県においては、東日本大震災の教訓を踏まえ津波対策を見直すこととし、現行の地域防災計画で想定している津波高を暫定的に2倍程度とした津波浸水想定区域図（暫定）を、2011年10月から順次作成し公開している。

これによると、県内のほとんどの海岸沿いにおける津波の最大高さは、海岸施設が機能しなかった場合においても1m以内であるが、淡路島南端においては、最大3mを超える津波が発生する恐れがある。

なお、水圧は深度に比例するため、津波浸水区域内の住宅は、浸水深さが2mで大破する一般的な住宅（建築基準法レベル）の1.5倍以上の耐力が求められることとなる。

b) 耐火性能

災害時に発生するおそれのある火災による二次災害を防ぐための性能。

阪神大震災発生時の火災による二次災害はまだ多くの県民の記憶に残っている。あの惨事を繰り返さない様、類焼を防ぐための性能が求められる。

(2) 性能の表示

住宅の性能については、既に多種の指標がある。そこで、ここでは一般的に広く使用されている「住宅の品質確保の促進等に関する法律」に基づく住宅性能表示制度における各種等級を近似した指標として使用し、必要な性能を示す。

- ・耐震性能：耐震等級3（建築基準法における耐震性能の1.5倍）
- ・耐火等級4（延焼のおそれのある部分〔開口部〕については等級3）

(3) 耐震工事に要する費用

住宅を新築する場合、2.(2)の性能を総合的に満たす長期優良住宅の建築費は、従来の住宅の約2割増<sup>2)</sup>である。ただし、これを標準仕様とする住宅生産者が、年々増えてきている。

なお、住宅を改修する場合は、基礎の補修や金物の使用等を行った場合、200万円程度必要となる。

また、居室型耐震改修工事等の簡易な耐震改修（水害に係る対応はなし。）の場合、費用は75万円程度<sup>3)</sup>となる。

耐震改修については、例えば神戸市内で耐震改修を行う場合、最大110万円までの補助を行うなど、各種自治体において補助を行っており、これを活用することにより所有者の負担の低減化を図ることができる。

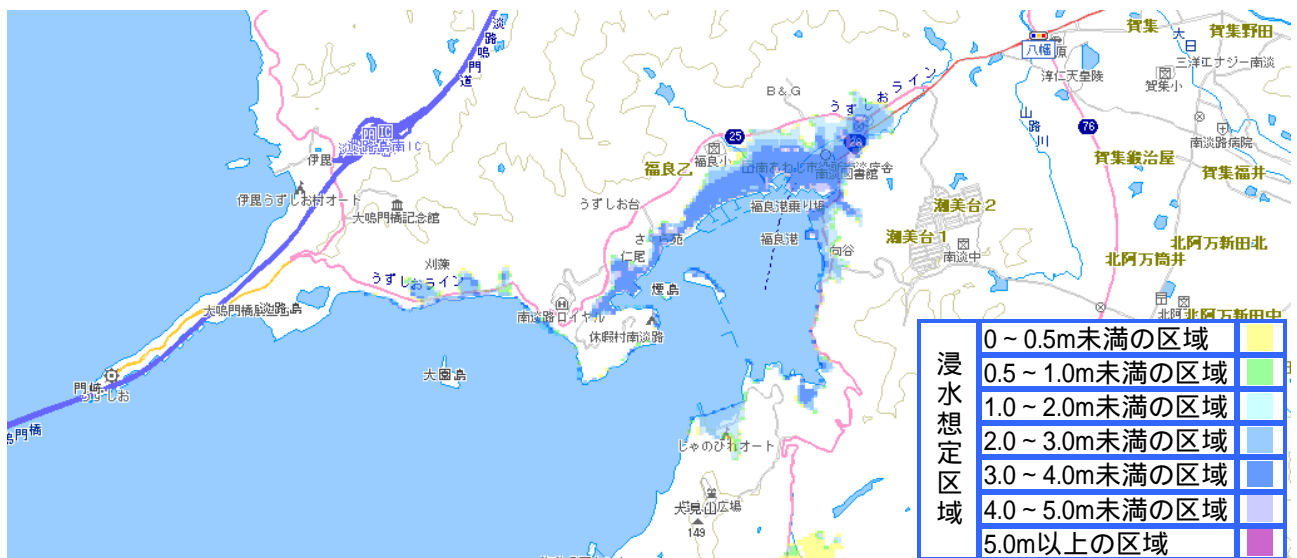


図-3 南あわじ市浸水想定区域（津波）<sup>4)</sup>

### 3. セーフティルームの設置

#### (1) 防災シェルターの現状

東日本大震災では、想定を超えた津波が押し寄せ多大な被害を与えた。

今日、既に一部の住宅において、地震時に居住者の身を守るための耐震シェルターが設置され始めているが、この震災により、地震のみならず津波に対しても居住者の命の危険があることが明らかになったのである。

これは東日本のみならず、広大な沿岸地域を持つ兵庫県においても、例えば東南海・南海地震発生時には同様の被害を受ける可能性がある。なお、大阪湾断層帯が動き地震が発生した場合、最悪 5 分後には最大 4.5m の津波が襲来する可能性があるとの研究発表<sup>5)</sup>もある。

災害発生時、特に津波の発生時には、共働き家族における児童等や有効な移動手段を持たない要介護者を含む高齢者など、情報の入手が困難な県民を中心に、避難場所への自主的な移動が困難な状態が発生すると思われる。

津波が収まり次第、出来るだけ早く避難所へ移ることは当然であるが、避難出来なかった県民の命を守り、避難所へ移動するまでの時間を確保するために一時的に命を繋ぐ場所が必要である。

これに対する 1 つのアプローチとして、市場においては、避難に遅れた住民にとって命を繋ぐためのシェルターが既に発売されており、東日本大震災後、大きな脚光を浴びている。

例えば、津波時に水に浮くワンルームタイプや球形の防災シェルターがある。

これらは、水に浮くため酸素を容易に確保できる利点がある一方、固定されていないため思わぬ場所へ長される可能性があるため、携帯電話等の通信設備を持たない者が使用する場合、救難までに思わぬ期間がかかる場合がある。



写真-1 球形防災シェルター<sup>6)</sup>

ほかに、マンション等の屋上に設ける固定式のペントハウスがある。

屋上に設置するため、地上へ逃げ遅れた者が避難できることや、流出の恐れがないという利点を持つ一方、屋上へ移動できない要介護者にとっては利用が困難である。

また、昨今の住宅事情を鑑みると、多くの世帯においては、いつ発生するかわからない災害のために、少なくない費用をかけ、普段使わない避難スペースを確保しておくことは困難である。

しかしながら、平时に物置等として利用すると、災害時に荷物を外部に運び出さなければ逃げ込めず、本来の目的である緊急時の一時避難場所として利用できないケースが発生しかねない。

そこで、これら既存の防災シェルター等の設置が困難な県民等を対象とし、普段は室として使用し、被災時に逃げ遅れた場合、一時的に避難することができるセーフティルームについて検討する。なお、早期の普及を行うため、原則として既存の技術を利用する。

#### (2) セーフティルームの定義

「地震や津波等の災害時に、何らかの理由により予め定められた避難場所へ自己避難ができない県民（以下「避難困難者」という。）が、避難場所へ避難するまでの間、一時的に災害から身を守る場所」を「セーフティルーム」と定義する。

#### (3) セーフティルームの性能

津波による人体への主な被害は、水中で呼吸が出来なくなることと、水流に飲み込まれ流されることである。

そこで、セーフティルームが備えるべき性能として、気密性及び堅牢性を掲げる。

##### a) 気密性

セーフティルームの周囲が冠水した場合でもルーム内においては呼吸が出来るよう、一定量の空気（酸素）を保持できる機密性が必要である。（コップをひっくり返して水中に押し込んだ際、コップの中の空気が抜けない状態を確保する。）

##### b) 堅牢性

流出物の衝突や住宅の破損・倒壊の際にも、セーフティルームはその構造（形状）を保持し、倒壊しない強度が必要である。

#### (4) セーフティルームの構造

「普段は室として使用し、被災時に逃げ遅れた場合、一時的に避難することができる」浴室を利用したセーフティルームを提案する。

なお、3.(3)に述べた性能をユニットバスのみで満足するためには、非常に優れた、つまり高価で希少な建

材を使用する必要があり、その普及は困難であるため、廉価かつ普及の容易な、外殻（壁面）に守られたユニットバスについて検討する。

a) 建材

冠水した際にも構造的な耐力を失わない建材として、FRP を活用する。

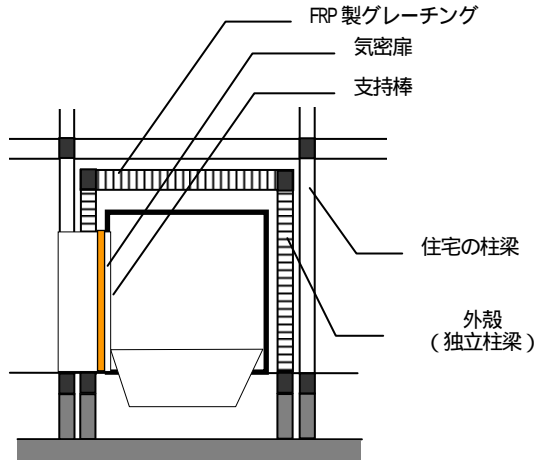


図-4 セーフティルーム イメージ

FRP は、耐水性に優れるのみならず、その有する構造耐力の割に軽量のため、搬入時に特段の重機を必要としないうえ、現場における接合が容易である。

また、ベランダの防水など既に建材として普及しており、取り扱いを熟知している職人が一定数確保されていることによる、職人の確保の容易性も見過ごすことはできない。

b) ユニットバス

あらかじめユニット化したバスのパーツを、現場で組み立て及び接合（ガラス繊維とポリエステル樹脂を張り合わせ）し一体化する。

開口部には気密パッキンを施し、ドアにはグレモン錠を、換気扇排気口等には水密製のダンパーを設置しておく。

津波時には内部支持棒（平時は物干し竿として使用）をドア内側に差し込むことにより、扉の対水圧性能の強化のみならず、グレモン錠の施錠及び換気扇排気口等のダンパーによる封鎖を同時に行う構造とし、一つの動作で気密性を確保する。

なお、津波の周期は、長いもので 1 時間程度であるが、一般的なユニットバス（1616 タイプ H=2.2m：容積 5.6m<sup>3</sup>）の場合、4 人が 2 時間以上滞在できるだけの容積（0.6m<sup>3</sup>×4 人×2 時間=4.8 m<sup>3</sup>）<sup>7)</sup>を確保しているため、津波が収まるまでここで避難する事ができる。

なお、避難困難者は、バス若しくはバスに架けた蓋の上に足を伸ばして座ることができるため、避難が長時間に渡る場合にも、高齢者等が体調不良や後遺症に

悩まされる可能性を減ずることができる。

c) 外殻

ユニットバスの外周に、住宅の構造材とは別に独立した柱（120mm 角）及び梁（105mm×300mm）を設け、壁・天井部に FRP 製グレーチングを設置することにより、施工性と構造耐力の双方に優れた構造とする。

これにより、津波による流出物の衝突や住宅の破損・倒壊の際における衝撃からユニットバスを守る。

なお、冠水時に発生する浮力に備え、プラスチック束等により、ユニットバスを外殻に固定する。

FRP (Fiber Reinforced Plastics)：繊維強化プラスチック。

(5) 設置費用

住宅新築時にセーフティルームを設置する場合、通常のユニットバス設置費用に約 60～80 万円を加えることで設置が可能である。

既存住宅において、ユニットバスを交換する場合も同様である（基礎増打工事が別途必要な場合あり）。

なお、新築工事等の場合、外殻を現場打ちコンクリートで設けることも可能であり、FRP を使用する場合に比べ、施工費を抑えることができる。

なお、同工法の普及に伴い、スケールメリットによる低廉化が期待できることは言うまでもない。

(6) 普及のための支援施策

住宅の耐震化と同様、新築住宅については、住宅生産事業者等の取組により比較的容易に普及が図られると思われる。

そこで、住宅を改修する県民へのセーフティルームの普及促進のための支援施策について、実施主体別に検討する。

a) 兵庫県及び市町

住宅改修業者に係る情報提供を行う「住宅改修業者登録制度」において、工事の種別に「セーフティルーム」の項を新たに追加する。

既存制度の一部改正を行うことにより、早期の支援体制の確保を実現するとともに、既存の「わが家の耐震改修促進事業」（耐震シェルター型）や「人生 80 年いきいき住宅助成事業」（バリアフリー工事）による助成金の持つチャンネルを利用して共に周知を図ることによる相乗効果が期待できる。

また、これに市町独自の助成制度等を組み合わせることにより、よりきめ細やかな対応も可能となる。

b) 居住支援協議会

シニア層をメインターゲットとしたセミナーを、多種に渡る構成団体がきめ細かく開催するなど、住宅の建築後、相当年数が経過し、改修を検討する県民に対し積極的に情報の発信を行う。

その際、住宅設備事業者等と協働し、改修モデルの

視覚化、つまり原寸又は縮小した模型の展示を行うことによる普及促進についても一考の価値がある。

#### 4. おわりに

本来、自然災害、特に津波に対しては、波に巻き込まれないよう、速やかに高所へ避難するのが理想であるが、全ての県民が避難することは現実には困難である。

そこで、避難困難者のため、現存の各種シェルター等の隙間を埋める救命装置として、「普段は室として使用し、被災時に逃げ遅れた場合、一時的に避難することができる」セーフティルームについて検討した。

また、今回は早期の普及（商品化）を行うため既存の技術を利用したが、特に扉やダンパーの気密性等について、今後の研究により改善及び性能向上を期待する。



写真-2 津波による流出に耐えた住宅<sup>8)</sup>

災害時、特に津波が襲ってきた際に、セーフティルームを含む各種救命装置が活用される事により、一人でも多くの県民が命を繋ぎ明日を迎えることができるよう、切に望む。

また、本論を検討する際、各地における津波対策のための取組を知ったことは望外の喜びであり、大きな心の支えとなった。

さらに、今回の検討により、災害時の救命システムの一部として、また罹災後の避難所として、住宅の秘めたる大きな可能性を感じた。津波等の災害が発生する可能性は兵庫県のみのものではないことは言うまでもなく、各地との連携により救命システムとしても住宅が発展することを望む。

なお、本稿は、旧所属（兵庫県県土整備部住宅建築局住宅政策課）からの応募により作成したものである。

#### 参考文献

- 1) 飯塚秀則、松富英夫：津波氾濫流の被害想定、海岸工学論文集、第47巻(2000)
- 2) 国土交通省：各種説明会配布資料(2009)
- 3) 日経BP調査(国土交通省補助事業)(2011)
- 4) 兵庫県 HP：地域の風水害対策情報(2012)
- 5) 京都大学防災研究所 鈴木進吾発表(2012)
- 6) コスモパワー株式会社 HP(2012)
- 7) 放射線医学総合研究所 ラドン濃度測定・線量評価委員会：ラドン濃度測定・線量評価最終報告書(1998)
- 8) 大橋好光：津波被害と木造住宅(2011)

引用の記載無き図表は、「東北地方太平洋沖地震を教訓とした地震・津波対策に関する専門調査会報告」(2011)より引用。