

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 27 年 6 月 22 日現在

機関番号：82113

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2012～2014

課題番号：24760492

研究課題名(和文) 巨大津波後の火災に対する津波避難施設の安全性能評価と防火対策の立案に関する研究

研究課題名(英文) Study on fire safety measures of tsunami refuge building against tsunami-induced fire

研究代表者

西野 智研 (Nishino, Tomoaki)

国立研究開発法人建築研究所・防火研究グループ・研究員

研究者番号：00609894

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、津波の浸水区域で発生する火災(津波火災と呼ぶ)に対し、津波避難ビルに滞在する避難者の人命安全を計画する手法の構築を最終的な目標に掲げ、この手法構築に資する知見の探索を目的とした。ここでは、津波火災に対する津波避難ビルの安全計画のあり方を整理し、津波避難ビルの指定や設計にあたり留意すべき11の計画ポイントを洗い出した。また、津波避難ビルの火災危険を評価する上で重要な津波火災の燃焼性状、および、津波火災により類焼した津波避難ビルの上階延焼危険性を把握するための模型実験を行い、発熱速度や火災継続時間、火炎長さといった火災安全設計に資する基礎データを取得した。

研究成果の概要(英文)：The final goal of this study is to develop a fire safety design method of tsunami refuge building for tsunami-induced fire. In this study duration, what should be considered in the fire safety design of tsunami refuge building was proposed. This proposal aims to add a concept of safety for tsunami-induced fire to the existing guideline of tsunami refuge building that only considers safety for earthquake and tsunami. In addition, model experiments for combustion property of tsunami-induced fire and upward fire spread in ignited tsunami refuge building were conducted. As a result, basic data available on the fire safety design, such as heat release rate, fire duration time, flame length and so on, were obtained.

研究分野：建築・都市防火

キーワード：津波火災 津波避難ビル 火災安全計画 火災安全設計 外部火源 火災性状 上階延焼 避難スペース

### 1. 研究開始当初の背景

津波に起因して発生する火災を「津波火災」と言う。この津波火災の形態については、依然として不明な点が多いものの、家屋や自動車など、津波により押し流された可燃物が瓦礫となって浸水区域に堆積し、そこで何らかの要因により着火が生じた後、周辺の瓦礫に燃え広がることが多い。

2011年の東北地方太平洋沖地震では、津波の浸水区域で数多くの津波火災が発生し、その一部が大規模な延焼火災に発展した<sup>1)</sup>。特に、津波避難施設が津波火災により類焼した事例が複数報告されており、津波避難計画において考慮すべき新たな危険要因の存在が浮き彫りになった<sup>2,3)</sup>。

東北地方太平洋沖地震以降、南海トラフ地震津波といった将来の巨大津波に備えて、太平洋沿岸の市町村では、高台までの避難に時間を要する地域を中心に、一定の高さを持った津波に耐えうる建築物を津波避難ビルとして整備する動きが急速に進んでいる<sup>4,5)</sup>。この整備にあたり参照されていると思われる指針に、2005年の内閣府による「津波避難ビル等に係るガイドライン<sup>6)</sup>」と、2011年の国土交通省による「津波に対し構造耐力上安全な建築物の設計法等に係る追加的知見について<sup>7)</sup>」がある。前者では、地震に対する構造安全上の要件として、新耐震設計基準を満たすこと、津波に対する構造安全上の要件として、鉄筋コンクリート造または鉄骨鉄筋コンクリート造を原則とすることが示されている。後者では、前者を補足する形をとっており、避難スペースを設定する高さについて、想定浸水深に相当する階に2を加えた階とすれば安全側であることが示されている。しかし、津波火災に対する考え方は示されておらず、津波火災に対する安全性が配慮されないまま、津波避難ビルの指定や設計が続いていることが予想される。

### 2. 研究の目的

本研究では、津波火災に対しても安全な津波避難ビルの実現を目指し、このための火災安全設計手法の構築に向けた基礎資料の整備を目的とする。

### 3. 研究の方法

本研究では、次の三つの課題に関して、実態調査や火災実験を通して、基礎資料を整備した。

- ・津波火災に対する津波避難ビルのあり方
- ・津波避難ビルに加わる津波火災外力
- ・津波避難ビルの上階延焼危険性

### 4. 研究の成果

#### (1)津波火災に対する津波避難ビルのあり方

津波火災に対する津波避難ビルのあり方を提示し、火災安全設計における考え方を整理した(図1)。ここでは、津波火災により津波避難ビルに待機する避難者の人命安全が脅かされるシナリオとして、次の二つの経過を想定する：a) 津波により流された可燃物が津波避難ビルの周りに堆積し、それが燃焼することで津波避難ビルの内部に延焼する、b) 津波避難ビルの内部に延焼した火災により、避難者を安全に収容可能なスペースが失われる。このとき、津波避難ビルにおける人命安全を計画するには、それぞれの事象に対応した次の二つの計画が必要になる。

- A) 津波火災の延焼を防止する
- B) 津波火災の延焼後も、安全な収容空間を確保する

#### ①津波火災の延焼を防止する

津波火災の延焼を防止するには、次の二つの観点に基づいた計画が必要になる。

- A-1) 津波避難ビルの周りに漂着する瓦礫を隔離し、津波避難ビルに加わる火熱を制御する
- A-2) 津波火災の火熱に曝される部分(延焼経路となり得る部分)を容易に燃

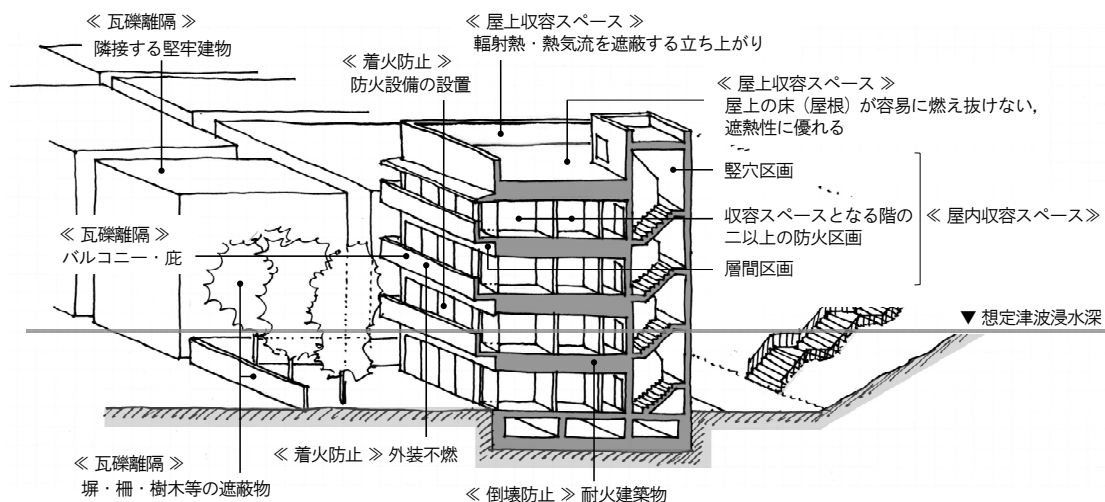


図1 津波火災に対する津波避難ビルの安全計画のあり方に関する概念図

え抜けない仕様とする

このうち、瓦礫の離隔の可否は、津波避難ビルの周りに障害物がどの程度配置されているかに関係すると考えられる。この障害物として、バルコニーや庇といった建物要素だけでなく、塀・柵・植栽といった敷地要素、隣接する堅牢な建物といった隣地要素も可能性がある。一方、津波火災の延焼経路となり得る部分は、主に外壁もしくは開口部と考えられるが、外壁については不燃化を、開口部については網入りガラス等の防火設備を設置することで、延焼を防止する性能を高めることができると考えられる。

②津波火災の延焼後も、安全な収容空間を確保する

津波火災の延焼後も、安全な収容空間を確保するには、次の二つの観点に基づいた計画が必要になる。

B-1) 火災時の構造耐力低下に伴う建物倒壊を防止する

B-2) 避難者の収容スペースに防火的冗長性(余裕)を持たせる

このうち、火災による建物倒壊の防止については、津波火災が複数室または複数階に同時に延焼した場合、通常の火災安全設計の想定より過大な火災外力に曝されることになる。このため、現状では、非損傷性に関する要求が最も高い耐火建築物とすることが、倒壊防止に必要な最低限の内容と考えられる。一方、収容スペースに防火的な冗長性を持たせるには、水平・垂直の両方向について防火区画を設定することで、屋内の退避先の選択肢を広げるとともに、屋上等の外気に開放された空間を積極的に活用することが有効であると考えられる。前者については、収容スペースとなる階に二以上の防火区画、階段室等の堅穴区画、バルコニーや庇等による層間区画を設定する。後者については、屋上の床(屋根)が容易に燃え抜けないこと、および、遮熱性に優れた仕様とすることに留意する。加えて、避難者が津波火災から発生する輻射熱や熱気流に直接曝されることを防ぐため、パラペットや転落防止用の壁等、十分な立ち上がりを持った遮蔽物の設置にも留意する。

(2)津波避難ビルに加わる津波火災外力

津波火災による津波避難ビルの類焼制御対策として、漂着する火災との間に一定の離隔距離を確保する方法と外壁開口部等の火災に曝される部分を燃え抜けない性能とする方法が考えられる。このために必要な離隔距離や性能を求めるには、津波避難ビルに加わる火災外力を調べる必要があるが、このためには、津波火災の燃焼性状を適切に把握しておくことが重要になる。

そこで、津波火災の燃焼性状を把握する第一段階として、瓦礫と燃料油が水上で一体燃焼する火災に着目し、内寸の一辺が 600mm の小規模なプールを用いた燃焼実験を行った。まず、プールの所定の深さまで水を満たしておき、その上に A 重油が 10mm の厚さで



図2 津波火災の燃焼性状実験

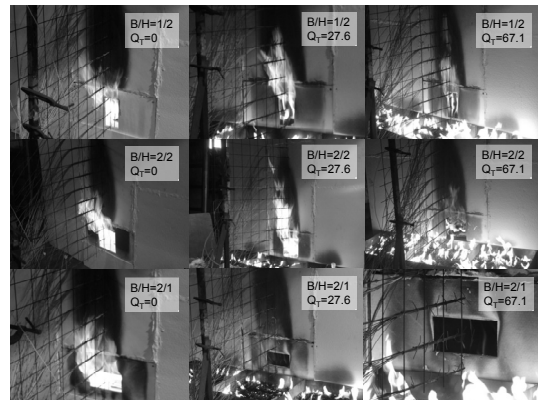


図3 津波避難ビルの上階延焼危険性実験

層を成している状態を創った後、瓦礫を模擬した杉と発泡スチロールを、燃料油の露出面積を変化させた6通りの配置構成で浮遊させ、点火を行った。点火後は、酸素消費法により発熱速度を測定し、発熱速度のピーク値や火災の継続時間を、燃料油の露出面積・瓦礫の占有面積との関係で整理した。

(3)津波避難ビルの上階延焼危険性

津波避難ビルが類焼しても、瓦礫や海水に取り囲まれた状況では、避難者が屋外に脱出することは難しい。このため、屋内に侵入した火災をある範囲で区画化することで、避難者が安全に待機可能な階(以降では、避難安全階と呼ぶ)を確保する必要がある。これは、津波火災により下階で発生した火災を上階の避難安全階まで延焼させないことに等しい。

そこで、津波火災により類焼した津波避難ビルの上階延焼危険性を把握するための燃焼実験を行った。ここでは、津波火災が津波避難ビルに漂着し建物の一室に類焼した状況を、原型の1/10に相当する模型で表現することで、燃焼速度や区画内温度といった屋内

の火災性状の測定、屋内と屋外の両火災によりもたらされる外壁付近の温度分布の測定、および、開口噴出火炎の観察を行った。その結果、①屋内の火災性状は、屋外火災による上昇気流の影響で、区画内への酸素の供給が制限されるため、屋外火災がない場合のそれに比べて緩慢になる傾向がある、②区画開口からの吹き出しは、屋外火災による上昇気流の影響で壁側に吹き流される、③屋内と屋外の火災による複数の熱気流が合わさることで、外壁付近に形成される高温領域は上方に拡大し、上階延焼の危険性は高まることを明らかにした。

#### 参考文献

- 1) 日本火災学会: 2011年東日本大震災火災等調査報告書(要約版), 2015
- 2) 野竹宏彰・森田武・近藤史朗・広田正之・水落秀木: 東日本大震災の津波火災における避難拠点建物の延焼拡大要因の分析と防火対策に関する考察, 清水建設研究報告, No.89, pp.57-66, 2012
- 3) 西野智研・北後明彦: 映像記録の観察を中心とした津波避難ビル周辺で発生する火災の事例研究, 日本火災学会論文集, Vol.63, No.1, pp.1-8, 2013
- 4) 「津波避難ビル等」に関する実態調査結果について, 国土交通省, 2011
- 5) 小川雅人・坪井塑太郎・畔柳昭雄: 津波避難ビルの建築的特徴と地域的傾向に関する研究, 日本建築学会計画系論文集, Vol.80, No.707, pp.221-230, 2015.1
- 6) 津波避難ビル等に係るガイドライン, 内閣府, 2005
- 7) 国土交通省住宅局長: 津波に対し構造耐力上安全な建築物の設計法等に係る追加的知見について(技術的助言), 国土交通省, 2011

#### 5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計2件)

- 1) 西野智研・北後明彦: 映像記録の観察を中心とした津波避難ビル周辺で発生する火災の事例研究, 日本火災学会論文集, Vol.63, No.1, pp.1-8, 2013.4
- 2) T. Nishino, H. Suzuki, T. Tsuchihashi: Basic Experiment on the Heat Release Property of a Tsunami Fire Fueled by Debris and Fuel Oil Spilled on the Sea Surface Following Tsunami, Fire Safety Science, Proceedings of the 11<sup>th</sup> International Symposium, 2014.2

[学会発表] (計9件)

- 3) 鈴木秀和・西野智研・土橋常登: 津波火災の燃焼性状に関する基礎的検討 その1 -コーンカロリメータ試験装置を用いた小型燃焼実験-, 日本火災学会 2013年度研究発表会概要集, 熊本大学, pp.228-231, 2013.6
- 4) 西野智研・鈴木秀和・土橋常登: 津波火

災の燃焼性状に関する基礎的検討 その2 -重油プールに瓦礫を浮遊させた中型燃焼実験-, 日本火災学会 2013年度研究発表会概要集, 熊本大学, pp.232-235, 2013.6

- 5) 鈴木秀和・西野智研・土橋常登: 重油に瓦礫が浮遊する津波火災の燃焼実験(その1) 実験条件と結果の概要, 日本建築学会 2013年度大会学術講演梗概集, 北海道大学, pp.445-446, 2013.8
- 6) 西野智研・鈴木秀和・土橋常登: 重油に瓦礫が浮遊する津波火災の燃焼実験(その2) 発熱速度曲線のモデル化, 日本建築学会 2013年度大会学術講演梗概集, 北海道大学, pp.447-448, 2013.8
- 7) 西野智研・鈴木秀和: 津波火災により類焼した津波避難ビルの上階延焼危険性 -1/10スケールの模型を用いた予備実験-, 日本火災学会 2014年度研究発表会概要集, 東京理科大学, p.304, 2014.5
- 8) 鈴木秀和・西野智研: 津波火災により類焼した津波避難ビルの上階延焼危険性に関する模型実験の試行(その1) 実験の概要, 日本建築学会 2014年度大会学術講演梗概集, 神戸大学, pp.27-28, 2014.9
- 9) 西野智研・鈴木秀和: 津波火災により類焼した津波避難ビルの上階延焼危険性に関する模型実験の試行(その2) 実験の結果, 日本建築学会 2014年度大会学術講演梗概集, 神戸大学, pp.29-30, 2014.9
- 10) 鈴木秀和・西野智研・高麗憲志・城明秀・野竹宏彰・近藤史朗・森山修治・関澤愛: 津波火災を考慮した津波避難ビルに関する研究 その1-津波避難ビルの指定状況に関する自治体アンケート調査-, 日本建築学会 2015年度大会学術講演梗概集, 東海大学, 2015.9
- 11) 城明秀・西野智研・森山修治・鈴木秀和・近藤史朗・高麗憲志・野竹宏彰・関澤愛: 津波火災を考慮した津波避難ビルに関する研究 その2-津波避難ビルのあり方と現地調査に基づく実態の把握-, 日本建築学会 2015年度大会学術講演梗概集, 東海大学, 2015.9

#### 6. 研究組織

##### (1)研究代表者

西野智研(国立研究開発法人 建築研究所)  
研究者番号: 00609894