東北地方太平洋沖地震被災共同住宅の 防火機能維持に着目した被害調査及び居住者の対応

－高層共同住宅における地震後火災に対する安全性評価手法の構築 その1－

SURVEY OF DAMAGE IN RESIDENTIAL HIGH-RISE BUILDINGS AFTER THE 2011 OFF THE PACIFIC COAST OF TOHOKU EARTHQUAKE AND ACTIONS TAKEN BY RESIDENTS FOCUSING ON FUNCTIONAL MAINTENANCE OF FIRE SAFETY MEASURES

－ Part1 Research on fire safety assessment of residential high-rise buildings after an earthquake －

花井英枝*, 河野 守**, 高橋 済***, 北後明彦****, 村田明子*****

*Fusae HANAI, Mamoru KOHNO, Wataru TAKAHASHI,
Akihiko HOKUGO and Akiko MURATA*

In order to continue to live in high-rise buildings after an earthquake, it is required to verify integrity of primary structure and ensure a fire protection. Residents would face a high fire risk unless fire detection/information equipment and fire partition and fire protection equipment, which prevent the fire spread, function properly even after an earthquake. However, there is hardly a method of assessing fire protection feature of the damaged buildings based on damage conditions. In this paper a survey was conducted on the action taken by residents and management company and the damage, inspection and restoration of fire protection systems after the great earthquake occurred on March 11, 2011 for the information necessary to develop a method of assessing fire safety of the buildings damaged by an earthquake.

Keywords : *A fire after an earthquake, Fire protection system, The great east japan earthquake,*

A hearing survey, A questionnaire survey

地震後火災, 防災設備, 東日本大震災, ヒアリング調査, アンケート調査

1. はじめに

1.1 研究の背景・目的

大地震により被災した建築物は、主要構造部にほとんど被害を受けなくても非構造部材、防災設備等に損傷または機能障害を生じている可能性がある。これらの防災設備等が正しく機能しなければ被災前に有していた防火性能を維持できないが、防災設備等の通常時の点検は専門家が行っているため建物利用者にとっては被害が見えづらい。特に、大地震後に膨大な数の避難者が発生する恐れのある都心部の高層共同住宅に対しては、地震後も出来る限り自宅での生活継続を推奨する施策¹⁾が取られており、居住者の多くは、地震後の混乱の中、主要構造部が外見上問題なければ、防災設備等については特段の注意を払うことなく、自宅に留まることが予想される。

このような状況下で火災が発生した場合、地震による非構造部材、

防災設備等の損傷あるいはライフラインの停止が原因となり、火災感知・通報設備・消火設備、煙・火熱を防御する防火設備、防火区画等が機能せず、居住者が高い火災リスクに曝される恐れがある。

大地震後も被災した共同住宅に居続けるのであれば、建築物が構造的に問題ないことを確認したうえで、その後の火災に対する安全性についても担保されているかを確認しておく必要がある。しかしながら、現状では、被災した建築物の保有する防火性能を評価する手法はほとんどない。居住者が地震後も火災に対して安全に住み続けることが可能であるかという観点から、居住者、管理者及び専門家が簡易な点検により判断できる方法を構築することは社会的に大きな意義がある。

本研究では、上記を踏まえ、地震により被災した共同住宅の地震後火災に対する安全性評価手法を策定することを目的とする。本稿

本稿は、日本建築学会大会学術講演会にて発表した論文(文献2～4)を加筆・修正したものである。

* アイエヌジー(株)/東京理科大学大学院 工修
** 東京理科大学 教授・工博
*** アイエヌジー(株) 工博
**** 神戸大学都市安全研究センター 教授・学博
***** 清水建設(株) 工博

ING, Co., Ltd. / Tokyo University of Science, M.Eng.

Prof., Tokyo University of Science, Dr.Eng.

ING, Co., Ltd., Dr.Eng.

Prof., Research Center for Urban Safety and Security, Kobe Univ., Ph.D.
Shimizu Corporation, Dr.Eng.

(その1)では、2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震により被災した共同住宅等における地震直後の居住者・管理者等の対応状況、防災設備等の被害・点検・復旧状況等を明らかにするとともに、安全性評価手法のフレームワークを提案する。

調査対象は、主に高層の共同住宅用途の建築物とする。これは、以下の理由による。

- ①消防法で自衛消防組織の設置及び防災管理者の選任の義務がなく、事務所等の事業継続計画(BCP)といった考え方とは目的が異なる用途であり、地震後の被害低減のための対応が明確になっていない。
- ②規模や管理形態が様々であり、多くの居住者(被災者)がおり、自治体等の避難所の選定・確保等の検討に対して影響が大きい。
- ③建築物の被害以外にライフラインの途絶等により、利用可能性や安全性が大きく左右される。
- ④生活基盤施設としての役割を担うため、火災の原因となる熱源の使用欲求が高い一方、避難遅れが生じやすい就寝用途に用いられる。
- ⑤11階以上の高層建築物は、外部からの消火・救助活動が困難なため火災に対する安全性を消防用設備及び建物の構造(階段及び高層階の防火区画)に依存している。このため、地震によりこれらの設備等に損傷があった場合に消火・救助活動が限定されるとともに、避難経路となる階段に被害が生じていた場合には避難行動にも支障が生じるなど、火災に対して非常に脆弱となりうる。

1.2 背景・関連する既往の研究

地震に伴う設備等の被害については、1978年の宮城県沖地震において、二次部材や高架水槽・配管等の建築設備にこれまでにない甚大な被害を受けるとともに、防災設備にも数多くの被害が生じたことから着目され、耐震化の必要性が強く認識されることになった⁵⁾⁶⁾。

阪神・淡路大震災においては、建物に甚大な被害を受けるとともに、防災設備にも多くの被害がみられた。加えて、それ以前にはあまり見られなかった耐火建築物からの火災が数多く発生し、建物被害が大きいものでは通常より高い割合で上階延焼したことから、建築物単体の地震後火災の危険性が強く認識されることになった⁷⁾⁸⁾。

これを受け、阪神・淡路大震災後は、地震により損傷を受けた鋼構造建物の構造躯体^{9)~11)}や区画壁^{12)~14)}などの耐火性能、消防用設備等の耐震性能¹⁵⁾¹⁶⁾及び防災設備の被害に着目した研究等が進められてきた。

地震に伴う防災設備等の被害については、掛川ら¹⁷⁾が、兵庫県南部地震における防火対策の被害を調査し、主要構造・非構造部材、防火対策の被害事例から、避難安全性へ影響を与える項目を抽出したうえで、建物及び防火対策間の被害の連関を示すとともに、これらの被害の地震後の避難安全性への影響を分析している。

さらに、防火対策の被害を定量的に評価する手法に関する研究も行われており、例えば、関澤ら¹⁸⁾は、過去の事例等から仮定した地震によるスプリンクラー設備の損傷率や区画壁の耐火時間の低下率、消火設備の使用・排煙設備の起動などの人的初期対応の実施確率、低減率等を通常時の火災リスクモデルに組み込んだモデルを構築し、火災進展を防火対策と関連付けてモデル化した「火災フェーズの超過確率」、「延焼面積予測値」等の算出結果から耐震化の効果等を定量的に評価する手法について検討を行っている。村田ら¹⁹⁾は、都市の個別一般用途建物の地震火災安全性を、資産価値を指標として、

建物内の出火危険、延焼危険、及び隣接建物からの類焼危険の観点からあらかじめ定めた診断項目と診断基準に従い、チェックシート方式で相対的に評価する手法を提案している。また、村岡ら²⁰⁾は、東日本大震災における防火関連設備の被害調査結果を示すとともに、スプリンクラー設備、排煙設備、防火扉の被害率を設定したケーススタディを行い、地震後火災時の避難リスク評価を行っている。

いずれも過去の地震による防火対策の被害事例あるいは出火・延焼拡大事例等をもとに、地震後の火災リスクを定量的に捉えようとするものであるが、地震からの経過時間に沿って変化する地震被災建築物の火災安全性を評価しようとするものではない。

東日本大震災においては、防災設備等の被害がその後の火災に影響した事例は見られないものの、建物構造部の被害は比較的小さい一方で、非構造部材・防災設備等に係わる被害が多く発生している²¹⁾。日本建築学会²²⁾は、東北地方において新耐震基準で設計された建物で主体構造の被害は小さくても、集合住宅のRC非構造壁の破損、劇場などの天井の落下、空調等の設備機器の損傷など非構造部材の被害が多くでていることを報告している。震源地から遠い関東地方においても、被害数は少ないものの同様の傾向が見られている。仙台では防火区画の貫通部を埋めるパテやボードの被害、誘導灯の被害などの防火対策被害事例も報告されている。高層住宅では、旧耐震基準により建設された棟に被害が集中しており、東北地方だけで補修の必要なものが309棟に及び、10階以上の高層階では高架水槽の転倒等の設備被害、外壁仕上げ材の落下等の二次部材の被害など構造体以外の被害が広く見られている。

本稿で検討対象とする共同住宅における地震に伴う火災発生件数は、阪神・淡路大震災では70件であり、これは、建物出火件数261件(総出火件数285件)の26.8%を占め、用途別では最も多い。非木造建物に限っても、40件にのぼり、このうち6件では上階に延焼している。さらに、玄関等の扉が開かずに焼死に至った事例も数例発生している⁷⁾⁸⁾。東日本大震災では、住宅(非木造建物)で、35件の火災(建物種別・用途が判明している地震火災(非津波)は155件。総出火件数330件)が発生しているが、いずれも上階延焼は見られず、ほとんどの火災で焼損面積が100㎡以上の大きな火災には発展していない(他用途の中高層建物でも、地震による建物被害が小さいため、上階延焼した事例はほとんど見られなかった)。地震による建物被害で避難できず死亡に至った事例もなかった²¹⁾。

また、火災報告²³⁾によると、兵庫県及び大阪府において、共同住宅用途(消防法施行令別表第一(5)項ロ)で発生した火災件数は、地震翌年から10年間では平均2.5件/1日である。これに対して、阪神・淡路大震災後10日間に、共同住宅用途で70件の火災が発生しており(全建物火災件数のうち、震災当日に7割が、地震後3日間で9割弱が発生)、地震後の火災発生件数は、通常時の3倍弱多い。

以上のように、東日本大震災においても、建物構造部の被害が小さい建物でも、非構造部材や防災設備等に多くの被害が生じている。地震被災建築物の耐火性能の維持、設備等の耐震化に関する研究の推進は非常に重要であることは論を俟たないが、首都直下地震等の発生が懸念される状況を背景として、地震後の火災頻度が高い一方で、地震後も居住継続を求められている共同住宅に対して、地震被災後の防災設備等の被害・復旧状況から火災安全性を評価する手法を提示するための研究が必要である。

2. 調査の概要

2.1 調査の概要

高層共同住宅における地震後火災に対する安全性評価手法を構築するという目的に対して、東北地方太平洋沖地震により被災した共同住宅等を対象に、被害状況及び被災直後～復旧までの回復過程における居住者・管理者等の対応状況等を把握するためヒアリング調査を実施するとともに、共同住宅に設置されている防災設備等の被害・点検・復旧状況等を把握するためにアンケート調査を実施した。

さらに、ヒアリング調査結果について、被災した共同住宅において地震後火災に対する安全性を評価するうえで、地震直後から緊急に点検・対応することを想定し、以下の3つの観点から考察を行う。

- ①誰が点検を行えるか
- ②地震後の時間区分の考え方
- ③高層共同住宅に住み続けるための要件

2.2 調査の対象及び方法

ヒアリング調査は、調査対象とする共同住宅及び事務所において、管理組合、自治会、管理会社等に対し1～2時間程度の直接面談とした。調査対象は、東北地方太平洋沖地震による被害が甚大な東北地方の中で、特に高層共同住宅が多い宮城県仙台市内の共同住宅6件、液状化の被害を受けた千葉県浦安市内の共同住宅2件、災害マニュアルを作成し啓発活動を行っている神奈川県横須賀市内及び東京都内の共同住宅各1件、並びに防災設備の被害がみられた事務所ビル1件の計11施設とした。調査は2011年8月から2012年2月にかけて実施した。なお、共同住宅はすべて分譲型である（住戸の一部が賃貸の場合も含む）。筆者らは、地震後の被害点検（火災安全性評価）を実施する主体として、その判断や意思決定のため組織的な対応が必要であると考えており、分譲型は、居住者（区分所有者）自身が建物管理者として非常時の対応を担う必要があるため、地震後の居住者・管理者等による災害時対応を把握するのに適当であると考えたためである。賃貸型共同住宅は居住者等による組織が設立されていない場合が多いため、調査対象から除外した。

アンケート調査は、1)仙台市内の共同住宅及び2)仙台市消防局を対象として実施した。

1)の調査は、仙台市内の共同住宅153件（東北マンション管理組合連合会よりご紹介頂いた東北マンション管理組合連合会会員の共同住宅）に対し、ライフラインの復旧状況及び防災設備の被害・点検・復旧状況等についての調査用紙を郵送し回答後、返送してもらう方式とした。調査は2012年1月に実施した。調査対象153件のうち、回答を得たのは45件（回収率は29.4%）であった。

2)の調査は、仙台市消防局の警備部予防課に対し、仙台市内の共同住宅（消防法施行令別表第一(5)項ロ）の東北地方太平洋沖地震後の火災発生状況及び消防用設備の被害状況等についての調査用紙を渡し、調査の目的・項目等を説明したうえで、回答を電子メールにて得た。調査は2012年1月に実施した。

3. ヒアリング調査の結果

3.1 平常時の管理・運営体制と地震後の避難行動及び被害状況

平常時の管理・運営体制と地震後の避難行動及び被害状況を示したものが表1である。地震後の安全性評価をいつ誰が行うことがで

きるか、また危険と判断された場合に誰が避難指示をするかという観点から、平常時の管理・運営体制及び地震発災直後に避難がどのようなきっかけで行われたかを調査した。以下に、(1)管理・運営体制、(2)地震直後の避難行動、(3)主な被害状況とライフライン（電気・水道・ガスとする）、エレベータ（以下、EV）の復旧状況、(4)防災設備等の被害状況に分けて示す。

(1) 管理・運営体制

調査対象とした共同住宅（分譲）では、共同住宅H（以下、アルファベットのみで表記）を除き、建物の区分所有者（居住者）で構成される管理組合が方針を審議・決定し、実際の管理業務（事務管理、管理員業務、清掃業務、建物・設備管理など）は管理会社に委託する体制をとっている（Hのみ自主管理）。多くの施設では、管理組合の他に、単独または隣接する施設と共同の自治会・町内会、自主防災組織がある（A、B、C、D、G、H、I。Gは自治会のみ）。自主防災組織がある施設及び東京都中央区と協力して地震に対する備えを積極的に行っているJでは、東北地方太平洋沖地震発生前に地震時の対応マニュアルを準備し、避難訓練も行っている。

(2) 地震直後の避難行動（避難のきっかけ）

ほとんどの施設で地震直後に避難行動が見られた。避難の呼びかけを行った施設（B、C、D、F、I）以外でも、各自の判断により避難が行われている（A、E、G、H、J、K）。避難指示は、管理組合、自治会、自主防災組織、防災センター、管理員等によってなされ、非常用放送設備がある施設（B、D）では放送設備を用いたほか、設備のない施設では個別訪問（C、F）あるいはハンドマイク（I）を用いて避難を促した。被害の大きい仙台市では、地震直後に主に近くの小・中学校、親族宅、市民センターなど敷地外へ避難し（A、B、C、F）、首都圏では1階エントランスや集会場、敷地内の屋外スペース等に避難している（G、H、I、J、K）。

自主防災組織がある多くの施設ではマニュアル・訓練にそった避難指示・行動が行われている（B、C、D、H、I）。その一方で、担当者不在のため機能しなかった施設もあった（A）。

(3) 主な被害状況とライフライン、EVの復旧状況

仙台・浦安ともライフライン等に多くの被害を受けている。仙台では地震直後に電気・水道・ガスすべてが停止し（A～F。Eはガス設備の設置なし）、浦安では液状化により水道管に大きな被害を受けた（G、H）。ライフライン以外にも、高層共同住宅での生活に欠かせないEVもすべての施設で地震直後に停止している。躯体の軽微な損傷、非構造部材（外壁・戸境壁・内部雑壁）のき裂・剥離、エキスパンションジョイントの破損、受水槽の被害などが見られた。

復旧までに要した日数は、仙台では、電気は（地震当日～）5日以内、水道はほとんどの施設で10日以内と比較的短い、ガスは3週間～1ヶ月程度と比較的長期間となっている。浦安では、下水の復旧は、配水管が損傷したため2,3週間要している。EVは、首都圏では翌日にはほぼ復旧しているが、仙台では復旧までに1週間弱、EV及びEVシャフトに損傷がある場合は2,3週間要している。

(4) 防災設備等の被害状況

防災設備に関わる被害は、以下の項目が報告されている。

- a. 消火器の散乱（B）
- b. 扉（防火設備）の開閉障害（屋外階段への入口など）（D、K）
- c. 非常用EVの停止（B、K）

- d. SP ヘッドの破損 (K)
- e. 防煙垂れ壁の落下 (K)
- f. 壁の破損 (区画の不形成) (B、F)

3.2 経過時間ごとの生活・組織的活動状況

地震からの経過時間による居住者・管理会社等の活動状況等を示したものが表 2 である(地震後対応がほとんど行われていない E、F は除く。表 3 も同様)。地震からの経過時間による点検能力や火災リスクの変化という観点から、地震後の共同住宅での生活状況・活動状況を調査した。以下に、地震発生からの経過時間に沿って(1)居住者の生活拠点、(2)地震後対応組織の活動状況を示す。なお、本節における地震後対応組織とは、地震後対応を行った自主防災組織、管理組合、自治会等の居住者組織及び管理会社等とする。

(1) 地震発生からの経過時間ごとの居住者の生活拠点

比較的被害が小さかった A では、地震当日も自宅に留まった人が多いが、B、C では、ほとんどの居住者が避難先である近くの学校・親族宅・市民センター等に泊まっている。B は翌日に、C は 15 日(電気・水道の復旧日)に自宅へ戻り共同住宅での生活を再開している。地震当日も共同住宅に留まった D は、避難所に避難する前に代表者に様子を見に行かせたところ満員のため受け入れてもらえず避難所への避難を諦めている。その後、1 階ロビーや集会室などの共用部分を準避難所として開放し居住者以外の避難者も受け入れて

いる(当日～18 日まで約 1 週間開設)。

首都圏では地震当日も共同住宅での生活を継続している。

(2) 地震発生からの経過時間ごとの地震後対応組織の活動状況

自主防災組織がある施設の一部では対策本部を設置し、それ以外の施設では管理組合等の居住者組織、管理会社等が地震後の対応をしている。地震後に、自主防災組織により設置された対策本部の継続期間は、仙台(B、D)では 10 日間、浦安(H)、横須賀(I)は当日のみである。地震による被害の程度によって対策本部の継続期間に違いが生じたと思われる。

地震当日は、対策本部設置の有無に係わらずほとんどの施設で安否確認を行っている。建物の被災状況の確認(D、H)、情報収集(D、I)、炊き出し(D)、準避難所の開設(D)、水の配布(I)等も行っている。この時点では、組織的な活動をしているところは少なく、在宅していた管理組合・自治会等の現・元役員及び管理員等が少数で協力して対応している。発災時に不在者が多かったため何の対応もしていない共同住宅もある(A)。その一方で、準避難所を開設した D では、当日中に対策本部を立ち上げ、管理組合(建物及びライフラインの被害確認・復旧)と町内会(安否確認、ボランティア対応)で役割を分担して対応している。「介助」「力仕事」「写真」「充電」「工作」班から成る支援チームを結成し、各班のリーダー以外のメンバーは非常放送を用いて居住者からボランティアを募り、震災直後から組織的な地震後対応を行っている。

表 1 調査対象施設の管理・運営体制及び地震直後の行動と被害状況

調査対象	施設概要	管理・運営体制		地震直後の避難行動	地震による主な被害 ※()内の数値は復旧日	
		管理・運営体制	マニュアル/避難訓練		ライフライン被害	施設・防災設備に係わる被害
共同住宅 A (仙台市)	100 戸, 1999 年竣工, 10 階建	管理会社委託、管理組合(理事の任期 1 年)、単独自治会(100%加入、理事の任期 1 年)、自主防災組織	あり/実施	各自で判断し、自宅に待機または小学校、中学校などに避難。自治会長が指定避難場所に避難するかどうか決めることになっていたが、不在であった。	電気(3/15) 水道(3/15) ガス(3/31)	EV 停止(3/16)、窓周りの外壁・屋外階段クラック、駐車場の陥没
共同住宅 B (仙台市)	228 戸, 1986 年竣工, 2 棟/15 階・10 階	管理会社委託、管理組合法人(任期 2 年)、町内会(任期 2 年。隣接する施設と一体運営)、自主防災組織(2005 年設立)	あり/実施	管理組合が 15 時 30 分過ぎに避難して下さい。残る場合は自己責任」と非常放送設備で呼び掛けた。近くの中学校や親戚の家、共用スペースである 5 階の大広間に避難。	電気(3/13) 水道(4/2) ガス(3/31)	EV 停止(A 棟非常用 EV3/20、B 棟 EV3/14)、躯体外壁にクラック多数、外壁・梁の一部にき裂・欠陥、Exp.J 破損、受水槽等破損、下水道配管一部損傷、共用廊下と住戸間の壁の破損、消火器の転倒・中身の散乱
共同住宅 C (仙台市)	44 戸, 1991 年竣工, 7 階建	管理会社委託、管理組合(理事の任期 4 年)、単独自治会(任期 2 年以上。一部役員は、翌年に管理組合理事になる)、自主防災組織	あり/実施	管理員と理事長、自治会長の妻が全戸を訪問し、安否確認と同時に避難指示。「市民センターへ避難して下さい。残る場合は自己責任」と伝えた。*避難所(小学校体育館)が照明器具の落下・ガラス散乱により使用禁止。	電気(3/15) 水道(3/15) ガス(3/30)	EV 停止(2～3 週間後)、外壁タイルのクラック、剥離、躯体・梁のクラック、エントランスの地盤沈下、受水槽空気孔の破損
共同住宅 D (仙台市)	229 戸, 1989 年竣工, 3 棟/11 階・14 階・15 階	管理会社委託、防災センター(24 時間常駐)、管理組合、単独町内会(2000 年設立)、自主防災組織	あり/実施	防災センター要員がマニュアルに従い「非常階段を使って(1 階)防災センター前に集合して下さい」と呼びかけ。在宅者 30・40 人が避難(民生委員、自治会長も含む)。	電気(3/15) 水道(3/18) ガス(4/4)	EV 停止(3/16)、外壁損傷、2 階の階段扉が開閉障害、受水槽崩壊、5 階以上の Exp.J 部多数損傷
共同住宅 E (仙台市)	49 戸, 2005 年竣工, 15 階建	管理会社委託、管理組合(自治会なし)	不明/不明	地震直後に 1 階ロビーに避難。	電気(3/12) 水道(3/12) ガス設置なし	EV シャフト壁損傷・落下により EV 停止(3/14 日業者点検、23 日がれき撤去、30 日復旧)、外壁のクラック、地盤沈下
共同住宅 F (仙台市)	55 戸, 1981 年竣工, 12 階建	管理会社委託、管理組合(自治会は不明)	不明/不明	管理員が各住戸を訪問し、在室の場合には中学校への避難を勧めた。	電気(3/12) 水道(3/12) ガス(3/12) ガス(4/12)	EV 停止(機械室の壁崩壊による制御装置破損、4/4 制御装置交換後復旧)、外壁・戸堺壁・内部雑壁に損傷、地盤沈下
共同住宅 G (浦安市)	298 戸, 2000 年竣工, 3 棟/14 階建	管理会社委託、管理組合(任期 1 年)、単独自治会(任期 1 年・100%加入)	なし/実施	1 階エントランスに自主的に避難。車、小学校に避難した人もいる(20 時過ぎにはほとんどの人が帰宅)。	水道(3/20) 排水(3/28) 電気・ガス被害なし	EV 停止(3/12)、液状化に伴う建物周囲敷地の地盤沈下、下水道配管一部損傷、泥噴出
共同住宅 H (浦安市)	256 戸, 1983 年竣工, 4 棟/8 階(3 棟), 7 階(1 棟)	自主管理(11 年前から窓口業務委託)、管理組合、単独自治会、自主防災組織(100%加入)、熟年者組織(2009 年設立)	あり/実施	地震直後、共同住宅に居た人の多くが避難場所として決められていた敷地内の広場に自主的に避難(電気が復旧する 20 時過ぎまで滞在)。	電気(3/11) 水道(3/18) 排水(3/25) ガス(3/15)	EV 停止(3/11、電気復旧により)、液状化に伴う建物周辺の敷地の地盤沈下、下水道配管一部損傷、泥噴出
共同住宅 I (横須賀市)	309 戸, 2003 年竣工, 4 棟/14 階(2 棟), 13 階・8 階	管理会社委託、管理組合、単独自治会、自主防災組織	あり/実施	津波警報が発令したため自主防災会がマニュアルに従いハンドマイクを用いて避難指示。小さい子供がいる親子、高齢者など 20 名程度が 13 階ラウンジに避難、要援護者の避難誘導。	電気(3/12) 水道(3/12) ガス被害なし	EV 停止(3/12 の 15 時過ぎに点検後)
共同住宅 J (東京都)	335 戸, 2007 年竣工, 2 棟/39 階・3 階	管理会社委託、防災センター(常駐)、管理組合、町会(任意加入)。自治会なし	あり/実施	幼い子供とその母親など 50 人程度が自主的に 1 階エントランスに避難。共用施設(集会場)を開放。EV 復旧まで滞在。	電気・水道・ガス被害なし	EV 停止(当日 17 時過ぎに業者により閉じ込めがないか確認後復旧)
事務所 K (東京都)	複合施設(20 階程度の事務所棟 2 棟、複合用途棟 1 棟から構成)	管理会社委託、防災センター	あり/実施	自主的に敷地内の屋外広場に避難(200・300 人程度)。一斉に避難したので、階段が混雑した(部屋に戻ろうとした人が居たが、混雑で階段を上ることができなかった)。	電気・水道・ガス被害なし	常用 EV(3/12)、非常用 EV 停止(ロープの絡まり。2～3 日後)。Exp.J 被害、室内の三方枠周りの壁の仕上面にき裂等。石膏ボードの破損、テナント内の間仕切り扉に開閉障害。SP ヘッドの破損及び水の放出、防煙垂壁の落下。随時閉鎖扉の誤作動。耐火被覆の落下

地震翌日には、管理組合理事、自治会会長、自主防災組織のメンバー等が加わって組織規模が大きくなり、建物の点検・補修の手配（B、D、G、I）、炊き出し（B、C、D）、水・乾パン等の備蓄品の配布（A）、液状化による泥の除去（H）等を行っている。地震翌日に対策本部を立ち上げた B では、本部、広報班、炊き出し給食班、実働部隊を構成し、さらに記録係、写真係、食料係、工事係に分かれ、ボランティアの采配、建設会社による被害調査の手配、掲示板の設置、情報の収集・伝達、炊き出し、施設・設備の点検・記録・補修など組織的な地震後対応を行っている。

ライフライン復旧前の熱源の使用状況については、炊き出しのために、屋外で備蓄品のプロパンガスやガスボンベが、準避難所を開設した施設（D）では当日から 10 日間、それ以外の施設（B、C）では翌日から数日間、使用された。住戸内においても、調理のためカセットコンロが用いられている（A、D、G）。この他、暖を取るための石油ストーブの使用が、避難所として開放した集会所でみられた（D）。住戸内での暖房の使用状況については調査していない。

3.3 施設・設備の点検～復旧過程

居住者・管理者による施設・設備の点検～復旧過程を示したものが表 3 である。被災した共同住宅において施設・設備をいつ誰が点

検、補修したのかを調査した結果を、(1)点検状況、(2)補修状況に分けて示す。

(1) 施設・設備に関わる点検状況

施設により点検者、点検時期、点検項目等はさまざまである。仙台市内では、対策本部を立ち上げた施設（B、D）のうち、B は地震翌日に管理組合理事長が建設会社に被害調査を要請するとともに、自主防災組織が施設の被害状況の確認をスタートしている。建設会社は、3 月 13 日に施設の安全性を目視により評価し、破損した受水槽の排水などを行っている（12 日は公設消防により排水）。管理会社は 3 月末には被害調査報告をまとめ、管理組合は 3 月末から 4 月中旬にかけて理事長だよりを発行し、住むのに問題がないことを居住者に伝えている。D では、地震当日から 4.5 日かけて災害対策本部や管理会社によって施設の被害状況を確認している。一方、対策本部を設置していない A では、3 月末になってから、建築・電気設備に詳しい居住者により構成された大規模修繕委員及び管理組合が施設の被害状況の点検を始めている。

首都圏では管理組合、管理会社等が震災当日（H、J、K）または翌日（G、I）から施設の被害状況の確認をしている。

しかしながら、専門家による点検が必要な消防用設備等については、定期点検まで点検されていない（G、K）。3.1 節(4)に示したよ

表 2 調査対象施設の地震後対応組織の活動内容・生活状況及び経過時間による変化

調査対象	期間	地震後対応組織の主な活動状況			居住者の主な生活場所
		組織の構成	活動内容	炊きだし	
共同住宅 A （仙台市）	3 月 12 日～ 13 日	元自治会役員 2 人 *対策本部設置なし	12 日朝、元自治会役員 2 人で全戸をまわり安否確認（各階の班長が確認することが決まっていたが不在者が多く機能しなかった。並行して、集会所で水・乾パン等の備蓄品を配布。13 日は居住者からの提供品の缶コーヒーを配布	—	共同住宅
共同住宅 B （仙台市）	3 月 11 日	自主防災組織のメンバー（30-40 人）のうち在宅者	1 階管理人室・エントランスに対策本部を立ち上げ。当日 2 回安否確認のため全戸調査を実施。家具の転倒により玄関まで避難できずに住戸内への閉じ込められた居住者（火傷による負傷）の救助。この居住者は、自主防災組織による全戸調査では不在と思われていたが、夜になってベランダから懐中電灯を点滅させて救助を求めたことで発見された。	—	近くの中学校、親族の家など。 （在宅者 0）
	3 月 12 日～ 21 日	自主防災組織・町内会・管理組合・ボランティアなど	12 日に本部、広報班、炊き出し給食班、実働部隊を構成。記録係、写真係、食料係、工事係に分かれ、ボランティア（水汲み、家具の整理、ゴミの運び出し）の采配、掲示板設置、情報の収集・提供。建物の点検・補修、業者の手配（13 日に建設会社が被害調査）を行った。安否確認は全員の無事を確認するのに 1 週間程度かかった。全戸訪問の他、炊き出しの際に名前を確認。22 日以降もボランティアの募集は継続。	12 日～16 日 /～14 日は共同住宅外、15、16 は 1 階エントランス（プロパンガス使用）	共同住宅
共同住宅 C （仙台市）	3 月 11 日	管理組合理事長・自治会長の妻・管理員など在宅者数人	16 時頃、理事長、自治会長の妻と管理員で安否確認。手書きで名簿を作成。事前に自主防災組織を編成していたが、震災時は担当者が不在のため機能せず在宅者数人に対応。	—	市民センター（一人、実家、車中へ避難。1 階居住者など共同住宅に残った人は数名）
	3 月 12 日～ 15 日朝	管理組合理事長・自治会長・自治会役員 *対策本部設置不明	帰宅した居住者と協力し、炊き出しを実施（15 日に電気が復旧するまで）。周辺からも人が集まり、年配者・子供に優先的に、100～150 人に提供。12 日は避難者の持ち寄り（カセットコンロ）を使用し、13 日以降は消防団の機材（市民センターに備蓄）であるガスボンベ、釜などを使用。	12 日～14 日 /市民センター駐輪場（カセットコンロ、ガスボンベ使用）	*15 日（電気復旧）～共同住宅
共同住宅 D （仙台市）	3 月 11 日～ 20 日	管理組合（生活支援担当）・町内会（生活）・民生委員	11 日に対策本部を立ち上げ。管理組合（施設及びライフラインの被害確認・復旧）と町内会（安否確認、ボランティア対応など）で仕事を分担した。「介助」「力仕事」「写真」「充電」「工作」班から成る支援チームを結成。各班のリーダー以外のメンバー（ボランティア）は非常放送設備を用いて居住者から募った（主に、高齢者・主婦・学生）。対策本部では、受水槽の配管破断部から流れる水をくみ置きするとともに、水道局に水を止めないようをお願い。仮設配管を設置し蛇口を二つ設置。カセットボンベを各戸に 1 本配布。安否確認は 11 日 15 時 30 分～21 時位まで、30-40 人が 2 人 1 組となって、平面図を持って全戸をまわり、安否確認。17 時に非常放送設備を使用し、炊き出し開始を呼びかけ。	11 日～20 日 /備蓄品のプロパンガス、カセットボンベ使用 11 日～13 日は 1 日 3 食、14 日以降は 1 日 2 食、15 日以降は高齢者など希望者に配布。	共同住宅 11 日～15 日 *避難所が満員のため準避難所を開設（1 階ロビー・2 階集会場）。最大 100 人。居住者以外も 5～10 世帯滞在
共同住宅 G （浦安市）	3 月 12 日～	大規模修繕委員・管理組合新旧役員（5.6 人） *対策本部設置なし	11 日夜に 5.6 人（大規模修繕委員、前理事長）が自主的に集まり相談、簡単なアンケート（安否確認、メールアドレス）を作成し全戸をまわって安否確認（3 日間）およびメーリングリストの作成。メールや掲示板（15 日に設置）で生活情報を提供した。19 日に居住者、ボランティアによる砂の除去（液状化）。	—	共同住宅
共同住宅 H （浦安市）	3 月 11 日	管理組合の役員・元役員・高齢者共助組織	避難場所である広場にテントを張って対策本部を立ち上げ。被害状況の把握。高齢者共助組織が中心となり、全戸調査により安否確認。	—	共同住宅
	3 月 12 日～	管理組合理事・自主防災隊等	12、13 日に居住者、ボランティアによる液状化による泥の除去。断水等の情報の提供、補修等の手配。	—	共同住宅
共同住宅 I （横須賀市）	3 月 11 日	管理組合の役員・自治会役員・自主防災会など 10 人程度	在宅者により対策本部を立ち上げ。自主防災会のメンバーが帰宅とともに加わり、10 人程度で対応。エレベータの閉じ込めの確認、ラジオによる情報収集、避難指示、津波観測、建物内の見回り、要援護者の安否確認・避難誘導、受水槽の水の配布（ポリタンク使用）。停電で真っ暗だったため、夜遅く帰宅する居住者のために玄関を照明で照らした（非常用発電設備使用）。	—	共同住宅
	3 月 12 日～	自主防災会	12 日に横別幹事が、「避難完了マグネット」により安否確認。貼られていない住戸・不在の住戸は自主防災会が引継ぎ確認。要介護者の安否確認は直接訪問。	—	共同住宅
共同住宅 J （東京都）	3 月 11 日	防災センター長・管理組合役員 *対策本部設置なし	車いす居住者（5 世帯）の安否確認を実施。防災センター長と管理組合役員が対応。理事長判断で居住者及び帰宅困難者のために集会場を開放（別棟）	—	共同住宅
事務所 K （東京都）	3 月 11 日	防災センター要員・管理会社（約 15 人）	16 時頃まで設置。被災状況の確認。管理会社が建物の被害状況の把握・補修の手配。避難には階段を使用し、落下物の危険がある場所は避けるように指示。	—	—

うに、防災設備等に係わる被害として報告されたものは、居住者が施設の点検時に目で気が付くような被害（扉の開閉障害、非常用EVの停止、防煙垂れ壁の落下、消火器の散乱等）のみである（ことから、居住者が防災設備の点検を行っていないと考えられる）。

(2) 施設・設備に関わる補修状況

自主防災組織・建設会社によるベニヤ等を用いた危険箇所の応急補修は震災当日または翌々日に行われている（B、D）。業者による本格補修は、仙台市内では、早いところでは7月～12月にかけて実施している（B、D）が、震災1年後に実施予定のところもある（A）。

浦安では生活に直結する上下水道の配管工事や放置すると危険が伴う段差の補修工事は3月中から実施し、急を要しないものは1年後に、または長期修繕計画と併せて実施予定としている。

3.4 ヒアリング結果の考察

本節ではヒアリング結果を、①誰が点検を行えるか、②地震後の時間区分の考え方、③高層共同住宅に住み続けるための要件の観点から考察する。

まず、①誰が点検を行えるか、について調査結果から考察する。

地震後の被災共同住宅では、ライフラインが停止し、余震が頻発する非常に混乱した中で、多くの居住者が生活を継続しており、それを支えたのは、避難指示、安否確認、情報の収集・伝達、炊き出しなどの地震後対応を協力して行った自主防災組織、管理組合、自治会等の居住者組織及び管理会社であった。

施設・設備の点検も居住者組織、管理会社等により行われていたが、管理会社の地震後対応範囲・責任が明確でないため施設により対応に差がみられた。消防用設備等の専門家による点検が必要なものについては、地震直後は居住者では対応が難しいこと、また専門

家が不足していることから定期点検まで点検されていない。

つまり、地震後しばらくの施設・設備の点検は、居住者が可能な範囲で対応せざるを得ず、専門家による点検は、被災状況にもよるが少し状況が落ち着いてからになる。本格的な点検機器が必要になる諸設備以外は、居住者のチェックで一定の機能・動作が確認できるように事前に点検項目・判断基準などの対応方法を示したマニュアルを準備しておくことで、地震後対応の中で居住者でも点検・判断可能であると考えられる。

次に、②地震後の時間区分の観点から考察する。

地震被災前に、建築物が保有する[延焼防止性能][避難安全性能][耐火性能][消防活動支援性能]といった防火性能は、防災設備自体が機能することに加え、防災設備が機能するためにライフライン（電気・水道）が使用できる・公設消防が来られる・設備を動かせる人が居などの周囲の状況があって初めて維持できる。

被災共同住宅におけるこれらの防災設備及び周囲の状況は、ヒアリング結果から、地震後の経過時間により下記のように整理できる。

- ・地震直後は、防災設備の点検を行う状況になく、周囲の状況にも問題が生じている可能性が高い。
- ・地震翌日には、帰宅困難であった居住者が帰宅して対応可能な人数が増える。
- ・地震後およそ1、2週間以内でライフライン（電気・水道）が復旧し、防災設備自体に問題がなければ使用できる設備が増える。
- ・地震後の混乱が落ち着いた頃（施設により異なる）から、施設・設備の点検・補修が順次行われ、防災設備が徐々に復旧する。

また、これまでの地震の経験から、地震直後は公設消防力が期待できない（建物に設置されている消防用設備等が使用できない場合も含む）可能性が高いが、ライフライン（電気・水道）復旧後には、

表3 調査対象施設の点検～復旧過程 ※消防用設備に係わる点検は太字で示す

調査対象	施設・設備の点検			補修時期・補修項目等
	点検主体	点検時期	点検項目・方法等	
共同住宅A (仙台市)	大規模修繕委員*・管理組合	3月末	施設の被害状況を確認し、住むのに問題ないか判断。写真撮影。	・補修工事は2012年3月に着手、7月に竣工予定。費用は共同住宅竣工後13年間の積立金のみで賄う予定
		5月～	居住者の要望を把握するためアンケート調査を実施（複数回）。	
共同住宅B (仙台市)	7月23,24日	7月23,24日	各住戸に立入調査。被害状況の確認、写真撮影。	・建設会社による応急補修は、3月13日に破損した受水槽の水を排水・補修（12日は消防により排水）、3月16日に危険箇所にプラベニヤを貼って補修。 ・補修工事は、5月10日に見積もり、5月15日に理事会承認、6月12日に通常総会、7月8日～12月24日にかけて危険箇所を優先的に上の階から段階的に実施。
	自主防災組織他	3月12日～	施設の被害状況を写真撮影。	
	管理組合理事会	3月12日	施工した建設会社に出向き被害調査を要請。結果は3月27日、4月30日、4月12日に理事会だよりを発行し居住者に伝達。目視により施設の安全性を評価。	
	建設会社	3月13日		
共同住宅C (仙台市)	管理組合理事会	3月末	施設の被害調査報告。	・補修工事は、急を要するもののみ実施。残りは、保留中（2012年1月時点） ・居住者による応急補修は、災害対策本部（工事班）が、3月11日に地震により破損した壁やExp.J部等にベニヤを貼って補修。 ・補修工事は、7月～12月にかけて実施予定（8月時点）。
			建物のクラックやタイルの剥離等の応急処置を業者に依頼。	
共同住宅D (仙台市)	対策本部/写真班	3月11日～15日	施設の被害状況の確認、写真撮影。	・補修工事は、ライフラインに関わる工事（排水管工事）は3月末までに実施。それ以外の工事は震災後1か月後にコンベ、8月に理事会了承、実施予定。さらに緊急性を要しない工事は大規模修繕まで先送り。
	管理会社（建物管理センター）	3月11日～14,15日	施設の被害状況の確認（4～5日要した）。 各室の感知器の確認（断線の有無）、非常電話の確認（受話器が外れると防災センターに使用中サイン点灯）	
共同住宅G (浦安市)	管理組合新旧理事等	3月11日夜	集まって協議し、管理会社に施設の点検と緊急補修を依頼。	・補修工事は、3月25日に上下水道の配管工事（仮復旧）、段差の補修工事を実施。下水の本復旧は震災1年後からの実施を考えている。
	管理会社（管理員）	3月12日～	施設の危険箇所の確認、補修の手配。	
		3月17日	目視調査をし、被害状況調査報告の作成。	
共同住宅H (浦安市)	7月	7月	連結送水管設備、火災感知器の作動確認（定期点検）	
	管理組合理事会	3月11日	施設の被害状況の確認。2,3日後に業者に被害状況調査を依頼。	
共同住宅I (横須賀市)	業者	震災後3,4日後	施設の被害状況の確認。	
	自主防災組織/情報班班長	3月12日AM5時	施設の被害状況を目視確認。	
共同住宅J (東京都)	管理員	3月12日	施設を点検（EV、建物外壁のき裂の有無、駐車場など）。	
		3月11日～	建物全般の被害状況を調査。専有部の被害状況については、居住者の申告により確認。	
事務所K (東京都)	管理会社	3月11日～14日	施設の被害状況を把握するため（テナント内は許可を得、内部確認）、平面図を手に、写真を撮りながら構造体や設備の破損状況を目視により確認。	・補修工事は、3月14日から開始（1,2か月を要した）。
		4月	定期点検時に、消防用設備の被害状況を確認⇒ダンプに破損有（地震によるものかは不明）	

* 2012年3月に実施予定の大規模修繕のため、震災の2年程前に建築・電気設備に詳しい居住者により構成された組織（5名）

消防用設備自体に問題がなければ期待できる可能性が高まる。

以上から、被災後の建築物が保有する防火性能は、地震直後の低下した状態から、時間経過とともに周囲の状況の改善(住民の帰館、ライフライン(電気・水道)の復旧、公設消防の復旧)、点検・補修による防災設備の復旧により、徐々に通常時に近づくといえる。

ここで、ライフラインの復旧には、二つの側面があることを補足しておく。一つは、これまでに述べたように、電気・水道を必要とする防災設備の使用可能性が高まることであり、もう一つは、ライフラインの復旧により、調理や暖房のための熱源の使用場所・頻度が増加し、火災発生リスクが増大することである。

なお、前者は次のことを意味する。地震により防災設備自体に損傷を受けなければ、電源を必要とする防災設備は、停電後もしばらくは非常電源により使用できる可能性が高いが、停電が数時間にわたるとその機能が失われてしまう(非常電源の設置がない場合は、停電時に機能停止)。これらの設備の多くは、復電により自動で復旧し、使用できるようになる。水源を必要とする防災設備は、貯水槽などが用意されていることも多いが、水道を消防水利としている部分も大きい。いずれも、防災設備自体が損傷を受け機能しない場合については、ライフラインの復旧とは関係なく、まずは設備の点検・補修が必要になる。

最後に、③高層共同住宅に住み続けるための要件の観点から考察する。

地震により被災した建築物の構造的な安全性(耐震性)については、外力(余震)によって倒壊や外壁・窓ガラスの落下などの危険性があるため、被災後なるべく早急に確認しなければならない(応急危険度判定では、専門家が一度の点検で「調査済」「要注意」「危険」と判定)。一方で、地震後の火災に対する安全性については、想定外力(火災危険度)を火気使用制限等により、ある程度限定できることから、時間経過によって変化する保有防火性能に合わせて火災危険度を下げることににより確保できればよいと考えられる。

ヒアリングにおいて、避難所自体の被災あるいは満員のために避難所への避難ができなかった事例がみられるなど、被災後の共同住宅は、防災設備に若干の不具合があったとしても、すぐに避難を促すことが難しい状況にある。このため、保有防火性能が通常時より低下している場合にも住み続けることを前提として、火災危険度(外力)を下げることで安全性を確保する対応が望まれる。

以上から、高層共同住宅での地震後の火災に対する安全性を「住み続けることが可能か」という観点から評価するには、地震直後の点検は居住者が担うこと、防火性能が設備自体の健全性だけでなく周囲の状況にも左右されることから、一度にすべての防災設備を点検して評価する方法は適当ではなく、地震からの経過時間により変化する状況に応じて考える必要がある。

4. アンケート調査の結果

3章では、居住者等から直接話を聞くことで、地震後の復旧過程における居住者等の対応状況等について定性的に把握し、地震後の共同住宅における火災安全性を評価する手法について考察を行った。本章では、仙台市内の共同住宅における、地震からの経過時間によるライフラインの復旧状況、防災設備の被害・点検・復旧状況及び消防用設備の被害状況等を定量的に把握するため、対象数を増やし

てアンケート調査を実施した。以下に、共同住宅への調査結果からライフラインの復旧及び防災設備の被害・点検・復旧状況(4.1)を、次に、仙台市消防局への調査結果から消防用設備の被害状況(4.2)を示す。

4.1 ライフラインの復旧及び防災設備の被害・点検・復旧状況

仙台市内(最大震度6強)の共同住宅の防災設備の被害状況等を把握するために、1.建物概要、2.ライフラインの被害・復旧状況、3.防災設備の被害・点検・復旧状況、4.階段扉・玄関ドアなどの被害状況等の調査項目について、2.2節に記載の方法でアンケート調査を実施した。以下では、ライフラインの復旧状況、防災設備の被害・点検・復旧状況を中心に調査結果を示す。

回答を得た共同住宅(45件/3,4階建:7件、5~9階建:18件、10階建:6件、11階建以上:14件)のライフラインの復旧状況を、図1に示す(設備設置なし、復旧日回答なしは除く)。図1から、ライフラインの復旧までに要した日数は、電気は1週間以内(1件除く)、水道は1週間以内(8割)、ガスは2週間以内での復旧はなく2週間後~1ヶ月強(約3/4)であった。水道については復旧日の幅が広いが、これは、電気の復旧によって復旧(建物内のポンプの稼働など)したものが1週間以内の復旧案件で、それ以外の案件は外部設備(本管、取水管、水槽)の破損によるものであった。

図1 共同住宅のライフラインの復旧日累積相対度数グラフ

防災設備の被害・点検等について何らかの回答があったのは、24件であった(うち8件は日付回答なし)。ほとんどの共同住宅(14件)で、震災後約1週間以内に(居住者等によると推察される)点検を行ったと回答があり、そのうち2件では、専門家による定期点検を4月中旬に行ったと回答があった。

点検による防災設備の被害は、ほとんど報告されていない。被害が報告されたのは、消火用水槽が、ボールタップの破損(3月15日点検、復旧日回答なし)、水槽のき裂(3月11日点検、2012年1月アンケート回答時点で未復旧)により漏水した施設がそれぞれ1件のみで、その他の防災設備の不具合は、消火器の転倒が3件(3月18日点検→当日復旧。他2件は不明)、屋内消火栓のホースが格納庫から飛び出して散乱した施設が4件(3月11日点検→3月12日復旧×2件、3月13日点検→当日復旧、3月18日点検→当日復旧)、自動火災報知設備(3月11日点検→3月13日復旧)と非常警報設備(3月11日他点検→4月7日復旧)が異常作動した施設が1件、避難階段が一部破損した施設が1件(3月13日点検→3月15日応急補修)であった。

一方で、(防火扉と思われる)玄関扉・階段扉に被害を受けた施設は、回答を得た施設(扉について回答がない1件を除く44件)の

約 30%にあたる 13 件であった。

調査結果から、多くの共同住宅において、震災後約 1 週間以内に、施設・設備等の被害状況の確認を行う中で、防災設備の点検についても居住者が目視で気が付く範囲で行われている実態が明らかになった。この時点では、専門的な知識が必要な点検は行われていないため、設備が使用できるかは分からない。防災設備の本格復旧は、約 1 か月後から実施される定期点検等の専門家による点検（および補修）が完了し、ライフラインも復旧した後と考えられる。

4.2 消防用設備の被害状況

仙台市内の高層共同住宅の消防用設備の被害状況等を把握するために、1.管内の共同住宅棟数、2.火災の発生状況、3.地震に起因する消防用設備（消防活動中に使用する設備を対象）の不具合状況などの調査項目について、2.2 節に記載の方法でアンケート調査を実施した。以下に調査結果を示す。

調査対象は、共同住宅（消防法施行令別表第一(5)項ロ）のうち、階数が 10 以上のものとした。これは、高層建築物では、消防用設備が火災安全性に与える影響が大きいためである。

管内の共同住宅数（2011 年 2 月末時点）は、10 階建ての施設が 237 件、11 階建て以上の施設が 442 件の計 679 件であった。

仙台市内で 2011 年 3 月 11 日から 2012 年の 1 月 13 日の間に発生した火災は 19 件あった。消防活動中に屋内消火栓設備の使用が 2 件、連結送水管の使用が 4 件あった。このうち、消防用設備に不具合があった件数は 0 件であった。なお、出火階への消防隊の進入方法は屋内階段等であった。

調査対象とした共同住宅のうち、仙台市消防局が把握している地震に起因する消防用設備の不具合件数および当該件数のうちアンケート時点で既に修繕されていた件数を、表 4 に示す。

表 4 消防用設備の不具合等の状況

消防用設備	不具合件数	不具合状況	修繕件数
屋内消火栓設備	3	・配管取付金具破損(1) ・水源水槽の漏水(1) ・格納箱の変形(1)	2
消火用水	0		—
連結送水管	3	・格納箱の変形(2) ・建物全体の被害(1)	1
非常コンセント	2	・格納箱の変形(1) ・建物全体の被害(1)	1

調査対象となる仙台市消防局管内の 10 階建て以上の共同住宅のうち、地震当日～アンケート回答日までの約 10 か月間に火災が発生し消火活動が行われた共同住宅では、幸いにして使用された消防用設備（屋内消火栓設備、連結送水管）に地震による被害はなかった。一方で、管内でみると、これらの設備について、地震に起因する被害が報告されている。このため、消防用設備が点検されるまでは、共同住宅の火災安全性が低下していると判断すべきであり、熱源を必要とするライフラインが復旧し通常の生活に戻るまでには、消防用設備の点検が必須であると考えられる。

4.3 被害調査結果の考察（過去の被害事例との比較）

調査した共同住宅の防災設備等の被害状況を、過去の事例と比較する。東日本大震災と同じく東北地方で発生した 1978 年宮城県沖地震及び阪神・淡路大震災におけるライフラインの復旧状況を表 5

に示す（共同住宅用途以外も含む）。図 1 に示した東日本大震災のライフラインの復旧状況と比較すると、東日本大震災においては、電気・ガス・水道とも復旧までに宮城県沖地震の 2 倍程度の日数、阪神・淡路大震災と同程度の日数を要している。一方で、設備ごとの復旧の傾向はこれら二つの地震と共通しており、電気は地震後 2,3 日で復旧する割合が高く、上水道は地震後早急に復旧する割合が高い一方で、復旧時期にばらつきがみられ、ガスは復旧まで 1,2 か月と時間を要している。

表 5 過去の震災におけるライフラインの復旧状況⁸⁾²⁴⁾

上段は復旧に要した日数／下段は被害件数		
地震名	宮城県沖地震（1978 年）	阪神・淡路大震災（1995 年）
対象範囲	仙台市内	全城
最大震度	最大震度 5（仙台市）	最大震度 7（神戸市など）
電気	3 日 26.9 万戸	1 週間（当日 6 割/翌日 9 割復旧） 260 万戸
上水道	10 日弱（4 日で 8 割復旧） 20.7 万戸	2 か月（1 か月強で 9 割復旧） 123 万戸
ガス	1 か月 13.6 万戸	2 か月以上 86 万戸

宮城県沖地震、阪神・淡路大震災においても、地震後に高層共同住宅を対象とした被害調査が行われている。宮城県沖地震後の調査²⁵⁾（回答数 94 件）では、構造部材に被害を受けた施設は 2 件のみにもかかわらず、玄関ドアに被害を受けた施設は 19 件（約 20%）、玄関ドア周りの壁に被害を受けた施設は 45 件、その他の二次部材に被害を受けた施設は 29 件であった。一方、阪神・淡路大震災後の長田区内の 9 階建て以上の高層集合住宅を対象とした調査²⁶⁾では、住戸扉が開閉困難となった施設は 41 件中 23 件（約 56%）であった。4.1 節の調査結果から、仙台市内の共同住宅の防火扉の被害率は約 30%であり、阪神・淡路大震災の長田区内に比べて小さい。

なお、宮城県沖地震後の調査によると、地震後約 4 か月時点での被害修理状況は、玄関ドアは未修理率 8.7%と早急に修理されている一方で、専有部分の天井・床・壁等（未修理 50%強）は対応が遅い傾向が見られる（共用部分の壁は未修理 17.2%）²⁵⁾。

消火設備については、齋藤²⁷⁾が、東日本大震災の被害数を阪神・淡路大震災時と比較し、屋内消火栓の被害は減少している一方、スプリンクラー等の消火設備は同程度以上の被害が出ていることを指摘している。また、長谷川²⁸⁾は、東日本大震災の特徴として、長期停電や計画停電の影響による機能維持不全などを指摘している。

5. 地震後火災に対する安全性維持の概念と時系列による整理

高層共同住宅における地震後火災に対する安全性を「住み続けることが可能か」という観点から評価するには、3.4 節で述べたように、地震発生からの経過時間に応じて考える必要がある。

被災共同住宅における地震後の経過時間と地震後火災に対する安全性維持の関連を示したものが図 2 である。図中の経過時間は、被災状況によっても異なるが、ヒアリング・アンケート調査結果をもとに目安として示した（フェーズ分けは後述）。

3.4 節において既に触れた「保有防火性能」と「火災危険度」の定義を、改めて以下に示す。

「保有防火性能」: 建築基準法や消防法等に規定される防火対策を講じることにより、建物が保有する[延焼防止性能][避難安全性][耐火性能][消防活動支援性能]などの火災に対する安全性

「火災危険度」：出火の危険性や火災が発生した場合の避難の困難さなど、火災の危険性を表す指標

被災後の保有防火性能は、図2に示すように、地震直後の低下した状態から、時間経過とともに周囲の状況の改善（住民の帰館、ライフライン（電気・水道）の復旧、公設消防の復旧）、居住者やその後の専門家の点検・補修による防災設備の復旧により、段階的に通常時に近づいていくと考えられる。他方で、熱源となるライフラインの復旧は、調理や暖房器具等の使用場所・頻度の増加による火災発生リスクの増大にもつながる。

地震直後は保有防火性能を確認する状況になく、かつ地震前より性能が著しく低下していることが想定されるため、火気使用を禁止するなど厳しい条件を課して火災危険度を下げ、性能が上がるにつれて徐々に条件を緩和するなど、段階的に性能と危険度のバランスをとることで、地震後火災に対する安全性を維持することが可能と考えられる。

図2 地震後の経過時間と火災に対する安全性維持の概念図

以上から、被災した共同住宅において火災に対する安全性を評価するには、地震発生からの経過時間によって変化する周囲の状況・生活状況に応じていくつかの時間区分に分け、まず時間区分ごとに想定される状況に応じて、住み続けるために最低限要求する防火性能を明確にすることが重要である。これにより、性能を確保するために必要となる防火対策についても、具体的に誰が何を点検すればよいのか整理できる。そのうえで、防火対策の点検等により要求防火性能を保持しているかを確認し、火災危険度を適切に低減する。点検の結果、要求防火性能を有していない場合については、火気使用制限等をより厳しくする、場合によっては避難をさせることが実効性のある方法と考えられる。

以下では、地震後の状況に応じて経過時間を時間区分（以下、フェーズ）に分割し、各フェーズにおける建築物の要求防火性能等を提案する。「フェーズ」とは、単なる時間経過だけでなく、居住者の帰館状況（＝生活状況）、ライフラインの復旧状況、公設消防力の状況、防火性能の復旧状況なども考慮に入れたものとする（図2）。

第一のフェーズ（フェーズ1）は、地震発生後の一昼夜とし、緊急時の対応が必要な期間と位置付ける。この期間は、地震発生時間によっては在館する居住者が少なく点検に対応する数・能力が不足していること、ライフラインが停止しており熱源の利用ができない、

もしくは著しく制限される状況であること、公設消防力は期待できないことなどの特徴が挙げられる。また、火災が発生した場合に延焼拡大につながる恐れもある扉・窓などの開口部は地震による閉じ込め防止のために開放が求められる。このような状況下では、火災を起こさないことが非常に重要であるため、避難経路の確保のみを要求性能としうえて、出火可能性の低減（火気使用の禁止）をはかる。

フェーズ2は、地震発生後2日目からライフラインや公設消防力が徐々に復旧し生活が通常の状態に戻るまでの期間とする。目安期間は2週間程度を想定しているが、大地震により被災した地域では1か月以上要することも想定される。このフェーズは、求められる防火性能の観点から大きく二つに分ける。

フェーズ2の前半は、居住者が帰宅し対応能力が上がる一方で、ライフラインが徐々に復旧するため熱源の使用頻度が増える。居住者、管理会社などによる施設・設備の被害状況確認（場合によっては応急補修）が行われる一方、公設消防は未だ期待できない状況または建築物側で消防用設備が利用できない状況であるため、求められる防火性能は、火災発生時の避難経路の確保の他、延焼防止性能となる。性能を有していることを確認した上で、安全のため出火可能性の低減（火気使用の制限）を求める。

フェーズ2の後半は、ライフラインが復旧し、かつ公設消防も通常の活動が可能であり、さらに、これまでの点検・補修により一定の防火性能を有しているが、公設消防隊の活動に必要な諸設備の点検・機能確認が完了していない期間とする。これら諸設備の機能確認完了後フェーズ3へ移行する。フェーズ2の前半までは居住者による点検・補修を想定しているが、ここでは専門家によるものとする。

フェーズ3は、フェーズ2までに居住者が行った応急補修の完全復旧及びすべての防災設備等の点検・補修が完了するまでの期間とする。目安期間は、被害状況・施設の対応状況により異なるが、半年～1年程度を想定する。この期間は、ライフラインは復旧し、かつ公設消防力も期待できるようになり、建物自体も応急補修で通常の火災に対して一定の防火性能を確保している状態であるが、居住者が通常時と同様の生活を送るため火災発生リスクも通常時と同程度であると考えべきであり、専門家による防災設備の点検・補修及び建物の補修が終わるまでは、居住者による点検・補修等により通常の防火性能と同等の性能を確保する必要がある。

フェーズ4は、防火性能に係わる建物・防災設備が完全に復旧した段階とする。

表6に、これまでに述べた各フェーズの大まかな期間、外的条件、要求防火性能を示す。

表6 フェーズの考え方

フェーズ	期間（目安）	住民	ライフライン	公設消防	要求性能	火災危険度の低減
1	地震後一昼夜	一部未帰館	停止	期待できず	避難安全	火気使用禁止 避難弱者保護
2前	2日目～2・4週間	帰館	一部復旧	期待できず	避難安全 構造耐火 延焼防止	火気使用禁止 避難弱者保護
2後			復旧	復旧		火気使用一部制限
3	～6ヶ月・1年	帰館	復旧	復旧	避難安全 構造耐火 延焼防止 消防活動	火気使用制限なし
4	通常状態					

6. まとめ

本稿では、東北地方太平洋沖地震により被災した共同住宅等を対象としてヒアリング・アンケート調査を実施し、高層共同住宅における地震後火災に対する安全性評価手法を構築するという観点から考察を行った。その結果、以下のような知見が得られた。

- (1) 被災した共同住宅における施設・設備の点検は、地震後しばらくは居住者組織が可能な範囲で実施し、専門家による点検は、状況が落ち着いてからになる（経過時間により点検者が異なる）。本格的な点検機器が必要になる諸設備以外は、居住者のチェックで一定の機能・動作が確認できるように事前に点検項目・判断基準などの対応方法を示したマニュアルを準備しておくことで、地震後対応の中で居住者でも点検・判断可能であると考えられる。
- (2) 被災後に保有する防火性能は、地震直後の低下した状態から、時間経過とともに周囲の状況の改善（住民の帰館、ライフラインの復旧（電気・水道）、公設消防の復旧）、点検・補修による防災設備の復旧によって、徐々に通常時に近づく。その一方で、時間が経過し、熱源となるライフラインが復旧すると、調理や暖房器具の使用機会が増加し、火災発生リスクが増大する。
- (3) 地震後火災に対する安全性については、想定外力（火災危険度）を火気使用制限等によりある程度限定できること、また、ヒアリング調査において、防災設備に若干の不具合があったとしても、すぐに避難を促すことは難しい状況がみられたことから、住み続けることを前提として、保有防火性能が通常時より低下している場合にも、性能に応じて火気使用制限等を課して火災危険度を下げることによって維持できればよい。
- (4) 以上から、高層共同住宅での地震後火災に対する安全性を「住み続けることが可能か」という観点から評価するには、まず地震発生からの経過時間により変化する状況に応じて時間区分（以下、フェーズ）に分け、各フェーズにおいて、最低限要求する防火性能を明確にすることが重要である。そのうえで、防火対策の点検等により要求性能を保持しているかを確認し、火災危険度を適切に低減する。要求性能を有していない場合には、より厳しい制限を課す、または避難させることが実効性のある方法と考えられる。
- (5) 本稿で明らかにした知見をもとに、地震発生時点～通常の状態（防火性能）に戻るまでの期間を4つのフェーズに分割した。提案したフェーズごとに、フェーズの位置づけ、目安となる期間、想定される状況から要求される防火性能及び火災危険度の低減例までを示した。

次報では、フェーズごとに示した防火性能を確保するために点検すべき項目・判断基準等を示した地震後の安全性評価手法（点検・対応計画）を提示する予定である。

謝辞

本稿作成にあたり、ヒアリング・アンケートにご協力頂いた関係諸氏に厚く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 東京都中央区：高層住宅防災対策 震災時活動マニュアル策定の手引き，2011
- 2) 北後明彦，河野守，成瀬友宏，萩原一郎，鈴木淳一，近藤史朗，高橋済，

- 花井英枝：高層建築物の地震後火災に対する緊急点検・対応計画に関する調査：その1. 調査概要，日本建築学会大会学術講演梗概集，A-1，pp.55-56，2012.9
- 3) 高橋済，北後明彦，村田明子，花井英枝，西野智研，金秀蘭，河野守，成瀬友宏：高層建築物の地震後火災に対する緊急点検・対応計画に関する調査：その2. 実地調査，日本建築学会大会学術講演梗概集，A-1，pp.57-58，2012.9
 - 4) 河野守，北後明彦，成瀬友宏，萩原一郎，鈴木淳一，近藤史朗，高橋済，花井英枝：高層建築物の地震後火災に対する緊急点検・対応計画に関する調査：その3. 緊急点検の手法，日本建築学会大会学術講演梗概集，A-1，pp.59-60，2012.9
 - 5) 日本建築学会：1978年宮城県沖地震災害調査報告，1978
 - 6) 宮城県：'78宮城県沖地震災害の教訓=実態と課題=，1980.3
 - 7) 関澤愛，2.1火災の地域別・時間帯別発生状況，2.2火元建物用途別，構造別にみた火災発生状況，阪神・淡路大震災調査報告建築編-6火災・情報システム，日本建築学会，pp.55-56，1998.10
 - 8) 北後明彦，3.1建築物の延焼性状，阪神・淡路大震災調査報告建築編-6火災・情報システム，日本建築学会，pp.73-91，1998.10
 - 9) 近藤史朗，池田憲一，鈴木弘之：地震後の残留層間変形角による崩壊温度の低下—地震被害を受けた鋼架構の火災時安定性—その1—，日本建築学会構造系論文集，第630号，pp.1369-1376，2008.8
 - 10) 近藤史朗，宮内智矢，池田憲一，鈴木弘之：地震後の梁端部破断による崩壊温度の低下—地震被害を受けた鋼架構の火災時安定性—その2—，日本建築学会構造系論文集，第636号，pp.385-392，2009.2
 - 11) 近藤史朗，宮内智矢，大熊晃一路，大宮喜文，池田憲一，鈴木弘之：地震後に層全体火災を受ける多層多スパン架構の崩壊温度—地震被害を受けた鋼架構の火災時安定性—その3—，日本建築学会構造系論文集，第645号，pp.2103-2110，2009.11
 - 12) 宮内智矢他6名：地震により損傷を受けた区画部材の耐火性能に関する研究—その1，その2—，日本建築学会大会学術講演梗概集，A-2，pp.321-324，2008.9
 - 13) 鈴木弘之他7名：損傷を被った間仕切壁の耐火性能に関する実験—その1—その4—，日本建築学会大会学術講演梗概集，A-2，pp.255-262，2009.8
 - 14) 鈴木淳一他7名：損傷を被った間仕切壁の耐火性能に関する実験—その1—その3—，日本建築学会大会学術講演梗概集，A-2，pp.145-150，2010.9
 - 15) 桑素彦他8名：高層建築物スプリンクラー設備の中地震振動実験—第1報—第3報—，日本建築学会大会学術講演梗概集，A-2，pp.279-284，2009.8
 - 16) 桑素彦他8名：店舗建築物スプリンクラー設備の中地震振動実験—第1報—第2報—，日本建築学会大会学術講演梗概集，A-2，pp.187-190，2010.9
 - 17) 掛川秀史，村田明子，矢代嘉郎，広田正之：建築物の防火対策の地震被害と火災危険性，清水建設研究報告，第62号，1995.10
 - 18) Ai Sekizawa and Manabu Ebihara: Development of Seismic-induced Fire Risk Assessment Method for a Building, Fire Safety Science-Proceedings of the Seventh International Symposium, pp.309-320, 2002.6
 - 19) 村田明子，掛川秀史，石川裕，矢代嘉郎，飯島道夫，坪川博彰：チェックシートによる事業所の地震火災安全性評価，日本建築学会技術報告集，第15号，pp.143-146，2002.6
 - 20) 村岡宏，吉野攝津子，山口純一：地震による建物被害が火災安全性能に与える影響，大林組技術研究所報，No.76，2012
 - 21) （公社）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]
 - 22) （一社）日本建築学会：2011年東北地方太平洋沖地震災害調査速報
 - 23) 総務省消防庁：火災報告電子データ、1996～2005
 - 24) 森山正和他，3.1被害の概要と問題点，3.2上水道，3.3下水道，3.4電力，3.5都市ガス，阪神・淡路大震災調査報告建築編-7建築設備・建築環境，日本建築学会，pp.209-235，1998.10
 - 25) 東北大学'78宮城県沖地震災害調査研究会：'78年宮城県沖地震における住民等の対応及び被害の調査研究，1980.3
 - 26) 辻本誠，江本哲也，5.3.1避難扉の開閉障害の発生率と建物の性質，阪神・淡路大震災調査報告建築編-6火災・情報システム，日本建築学会，pp.205-208，1998.10
 - 27) 齋藤直：消火設備の地震被害と耐震性，日本火災学会研究発表会梗概集，pp.218-219，2014.5
 - 28) 長谷川晃一：消火設備等の地震被害状況と課題，日本火災学会研究発表会梗概集，pp.220-221，2014.5

SURVEY OF DAMAGE IN RESIDENTIAL HIGH-RISE BUILDINGS AFTER THE 2011 OFF THE PACIFIC COAST OF TOHOKU EARTHQUAKE AND ACTIONS TAKEN BY RESIDENTS FOCUSING ON FUNCTIONAL MAINTENANCE OF FIRE SAFETY MEASURES

– Part1 Research on fire safety assessment of residential high-rise buildings after an earthquake –

*Fusae HANAI**, *Mamoru KOHNO***, *Wataru TAKAHASHI****,
*Akihiko HOKUGO***** and *Akiko MURATA******

* ING, Co., Ltd. / Tokyo University of Science, M.Eng.

** Prof., Tokyo University of Science, Dr.Eng.

*** ING, Co., Ltd., Dr.Eng.

**** Prof., Research Center for Urban Safety and Security, Kobe Univ., Ph.D.

***** Shimizu Corporation, Dr.Eng.

In metropolitan areas where an enormous number of evacuees are expected, residents of high-rise buildings will be requested to stay in their home even after an earthquake as much as possible. The residents are not familiar with such fire protection systems and are not likely to notice damage on them. It is expected that the residents would decide to stay home in the aftermath of the earthquake if the building has no structural problem even if the fire protection systems are damaged.

If the residents continue to live in a high-rise building, it is necessary to check fire safety to avoid a disaster in case of a fire after checking that the building has no structural problem. However, there will be no easily accessible method of assessing fire protection feature of the damaged buildings by checking damage conditions after an earthquake. It is socially significant to construct simple methods for residents, management company and specialists to inspect fire protection features of a damaged building and judge if the building can be safely used against a fire after an earthquake. The purpose of this research is to develop a method of assessing fire safety of the buildings damaged by an earthquake. In this paper a survey was conducted on the action taken by residents and management company and the damage, inspection and restoration of fire protection systems after the great earthquake.

The following three issues are studied based on the survey results; ①who will be able to conduct the inspection, ②time phases after an earthquake and ③necessary conditions to continue living in a high-rise building.

The study results are as follows;

- People who inspect the buildings and fire prevention systems vary with the lapse of time. The residents need to conduct the inspection for a certain period of time after the earthquake.
- Fire prevention features get lower immediately after the earthquake and gradually recover to normal as the surrounding situation improves (people returning home, lifeline restoration (electricity and water supply), and reunited fire brigade) and the fire prevention features are restored by inspection and repairs.
- It may be difficult to encourage the residents to evacuate from the high-rise building after the earthquake even if the fire prevention features have some failures. Keeping safety against a fire by lowering a fire risk with fire usage restriction will be a practical method if the residents continue to live in the building with lower fire prevention features.

It can be concluded the following is important to make the assessment method more efficient, considering the above.

- Divide the period after the earthquake into several time phases based on the time elapsed (hereafter referred to as “phase”) and clarify the minimum fire prevention features required for each phase in order to assess safety of high-rise building against a fire after an earthquake in a viewpoint of “whether the residents can continue to live in the building.”
- Check whether the building maintains required features by inspection of the fire prevention features and lower a fire risk properly. Impose more stringent limits or encourage evacuation if no features are maintained.

This study divides the period from the earthquake occurrence to the normal condition (fire protection features) into four time phases and shows which restoration stage each phase indicates, approximate period of each phase, fire protection features required and a reduction of fire risk imposed per each phase.