

高層病棟の火災時避難安全システムの概要と適用

野竹 宏彰 広田 正之 鈴木 圭一 町田 晃一 中野 信哉
(技術研究所) (技術研究所) (技術研究所) (設計本部) (設計本部)

Evacuation Safety System for High-rise Hospital in Fire - Overview of Function and Application to Existing High-rise Hospital -

by Hiroaki Notake, Masayuki Hirota, Keiichi Suzuki, Koichi Machida and Shinya Nakano

Abstract

Shimizu Corporation has developed an evacuation safety system for high-rise hospital. This system has been developed focusing on ensuring a safety zone to a fire floor with compartment and pressurization smoke control. In addition, "Fire-Phase Information Management System" enables to detect fire quickly, and to activate automatically fire doors and smoke control system according to the progress of fire. So, nursing staffs are able to put their mind to care and help patients' evacuation to the safety zone. Moreover, this system is also considered with respect to vertical movement in fire. Firefighting elevators are allocated in each safety zone and allow to be used to vertical evacuation with nursing staffs. This system has applied to an existing new high-rise hospital of 21-storey in Tokyo through the joint research with Juntendo and Waseda University. In this paper, the authors describe characteristics of the planning and application, and mentions future subjects of advanced fire safety measures for health care facilities.

概要

高層病棟の火災時避難安全システムは、出火階での安全空間の確保と非常用エレベーターの活用により、火災時要援護者の移動に配慮した病棟向けの新しい避難安全システムである。本稿では、このシステムの概要を解説するとともに、ケーススタディ事例として、東京文京区に竣工した21階建ての高層病棟に適用した結果を紹介する。また、計画上の留意点や、今後に求められる観点等について考察する。自力避難困難者が多数存在する病院においては、他の用途の建物よりも建築的対策、設備的対策、人的対策を総合的に組み合わせ、避難安全性を確保する必要がある。そのためには、ハード対策・ソフト対策の連携が鍵を握ることから、設計段階と運用(維持管理)段階の分断を、なるべく小さくしながら具体化していくことが重要である。

1. はじめに

社会の高齢化の進展とともに、医療施設も機能の高度化や形態の多様化が進むと予想される。形態の多様化の一環として、都市部では敷地上の制約や改修上の要請から、高層化が進む可能性がある。その一方で、自力で避難できない患者が多い医療施設では、高層化に伴い、火災時の避難対策が課題となる。従来はバルコニーへの一時退避を併用した計画や設計がなされてきたが、高層化がさらに進展すれば、強風等により待機時の危険性も増加し、はしご車等を用いた消防活動も困難になると考えられる。本稿では、こうした課題に対応するために開発した高層病棟用の新たな避難安全システムについて述べる。またその適用例として、2013年12月に東京都内に竣工した高層病棟における避難安全計画と対策の事例を示し、今後の避難安全対策に求められる観点について考察する。

2. 高層病棟の火災時避難安全システムの概要

高層病棟避難安全システム(以下、本システムと記す)は、当社が開発した「火災フェイズ管理型防災システム」を中心に、複数の避難安全対策を高層病棟用に統合したものである。

本システムは、フロアを複数のブロックに分割して火災の拡大を防ぐ「水平防火区画」、患者を煙から守る「加圧防排煙設備」、火災を早期に検知し、自動で防火区画の閉鎖や防排煙設備の起動を行う「火災フェイズ管理型防災システム」、そして水平防火区画に設置した非常用エレベーター(避難誘導用エレベーター)から構成される。

火災発生時には、火災フェイズ管理型防災システムが火災を感知・確定するとともに、防火区画の扉を閉鎖して、フロアを出火区画と非出火区画に分割する。続いて加圧防排煙設備を起動し、出火区画側の煙を排

出(排煙)すると同時に、非出火区画側の廊下に新鮮な空気を供給・加圧して煙の侵入を防止し、出火階に煙や熱の影響を受けにくい非出火区画を形成する。

本システムは火災の感知・確定から対策設備起動までをすべて自動化しているため、火災発生時に手動での防火設備の起動等を行う必要がなく、病院スタッフはいち早く入院患者を非出火区画へ水平避難させ、非出火区画に設置された非常用エレベーターを介して地上階や緊急治療が可能な階へ垂直避難させることが可能となる。また、消防隊は出火区画側の非常用エレベーターを使って、速やかに火災発生階に向かうことが可能となる。図-1に高層病棟の火災時避難安全システムの構成要素と概念図を示す。

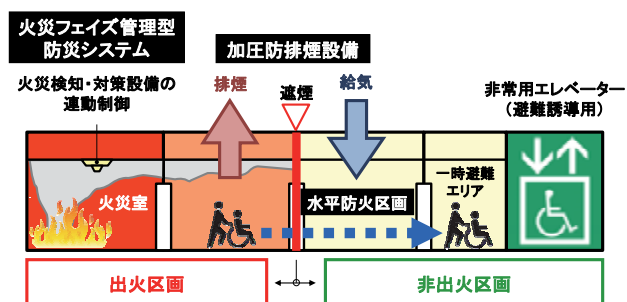


図-1 高層病棟の火災時避難安全システムの概念図

3. 都内高層病棟への適用例

本章では、本システムを2013年12月に東京都文京区に竣工した高層病棟(以下、本建物と記す)に適用した事例^{1),2)}を紹介し、本システム適用の具体例を示す。

3.1 建物概要

本建物の概要を表-1に示す。本建物は、地上21階、地下3階、最高高さ99.72m、病床数464床の高層病棟である。高層階(10~20階)が病棟となっている。防災センターは地下1階である。

3.2 避難安全計画の基本方針

本建物は、31m以上の階が病棟となっており、多数の自力避難困難な患者が想定される。そこで、避難安全計画の基本方針としては①病棟のどこで出火しても、出火階に比較的長期の滞在も可能な一時避難空間を確保すること、②避難中の容態急変・医療継続も考慮し、一時避難空間からの垂直方向のアクセス・搬送についても配慮することの2点を掲げた。そしてこれらの基本方針を建築計画的要素、設備機器的要素、人的誘導支援要素を互いに連携させながら実現することを目指した。

基本方針に基づいて、次に示す5つの建築的対策・設備的対策を行った。

- ・両端にコア(階段、エレベーター)を配置し、明快な二方向避難経路とする。

表-1 本建物の概要

建物名称	順天堂醫院B棟高層棟
主たる用途	病院 [消防法施行令別表第一 (6)項イ]
敷地面積	5,156m ²
建築面積	2,786m ²
階数	地下3階、地上21階
最高高さ	99.7m
構造	鉄筋コンクリート造、一部鉄骨造 (免震構造)
延べ床面積	46,200m ²
病床数	464床
プロジェクト・アーキテクト 基本設計/工事監理	(株)日本設計
実施設計	清水建設(株)一級建築士事務所 (順天堂プロジェクト設計室、医療福祉施設設計部、 設備設計部4部)
アドバイザー	(株)椎名政夫建築設計事務所 (株)青島裕之建築設計室
施工	[建築]清水建設(株)、[電気](株)関電工 [空調]新菱冷熱(株)、[衛生](株)朝日工業社 [自火報設備]パナソニックES防災システムズ(株)

- ・非常用エレベーターは2台とし(法令要求は1台以上)、両端のコアに1台ずつ配置する。
- ・階のほぼ中央に水平防火区画を配置し、建物平面を2つに分割し、階全域への火煙の拡散を防止する。
- ・加圧防排煙設備(廊下・特別避難階段付室)により、非火災側の廊下に新鮮空気を供給するとともに、出火区画側からの煙侵入を防止する。
- ・火災の早期確定や、火災進展に応じた防排煙設備・随時閉鎖式防火設備等の連動制御を行うため、「火災フェイズ管理型防災システム」(火災による室内温度上昇速度を感知する感知器を用いた火災報知設備)を導入する。

水平防火区画と加圧防排煙設備により、出火階の非出火区画にセーフティゾーンを設け、他の階まで避難をしなくても、出火階の避難者が一時待機できるスペースを確保している。また、出火区画側の特別避難階段付室も加圧することにより、消防隊の活動拠点確保を支援する。これらの考えを図-2に示す。

なお、これら一連の対策を導入し、水平防火区画のどちら側で出火しても水平避難後の垂直搬送手段が確保される計画とした結果、東京消防庁が2013年10月に導入した新指導基準「高層建築物における歩行困難者等にかかる避難安全対策」の適用が可能となり、非常用エレベーターの「避難誘導用エレベーター」としての設置届を申請して受理された。これにより、消防隊到着までの間、非常用エレベーターを自衛消防隊が避難誘導に活用できることとなった。

4. 防火対策・安全性評価の概要

本節では、前節で示した対策のうち、特徴的な対応をした4つの事項について具体的に説明する。

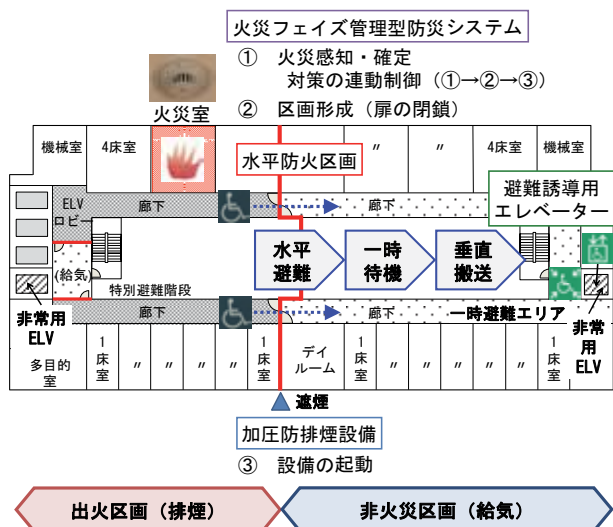


図-2 本建物における本システム適用の考え方

4.1 火災感知・連動制御対策

避難行動開始の早期化(火災確定の早期化)と、火災時に作動する設備の高度な連動化を実現するため、本建物では火災フェイズ管理型防災システムを導入している。このシステムは、通常の自動火災報知設備の火災感知機能と、火災進展状況を予測し火災の進展が早い場合は他の消防用設備等を連動制御する機能を併せ持ったシステムである。このシステムは、熱検知機能を有する光電アナログ式スポット型感知器の温度上昇時間の情報をもとに、火災による室内温度上昇速度を予測し、当該速度が早い場合は「火災フェイズ進展警報」を発生し、必要な放送設備、防火区画、防排煙設備等の

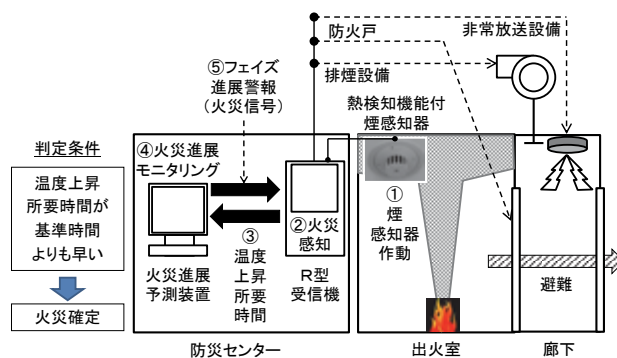


図-3 火災フェイズ管理型防災システム作動の流れ

連動制御を行う。仮に1つの感知器が作動しただけの段階においても、温度上昇所要時間を追跡することにより、火災フェイズ進展警報(火災信号)を発生し、確実な火災確定と防災センターへの通知が可能となる。

火災フェイズ管理型防災システムの作動の流れのイメージを図-3に示す。また同システムの構成要素と連動の流れを図-4に示す。

4.2 火災時のバリアフリーを考慮した防火区画対策

水平防火区画を形成する防火戸は、火災の拡大を防止すると共に、火災避難時のバリアフリーにも配慮した構造とした。具体的には次のような点に考慮して具体化を進めた。

- ・区画のどちら側で火災が起こっても、押し開きして避難できるように扉の閉鎖機構の導入(写真-1)。
- ・扉にラッチを設けないことで、引手側の扉を気圧調整弁に兼用し、軽い力(100N以下)での開閉の実現。

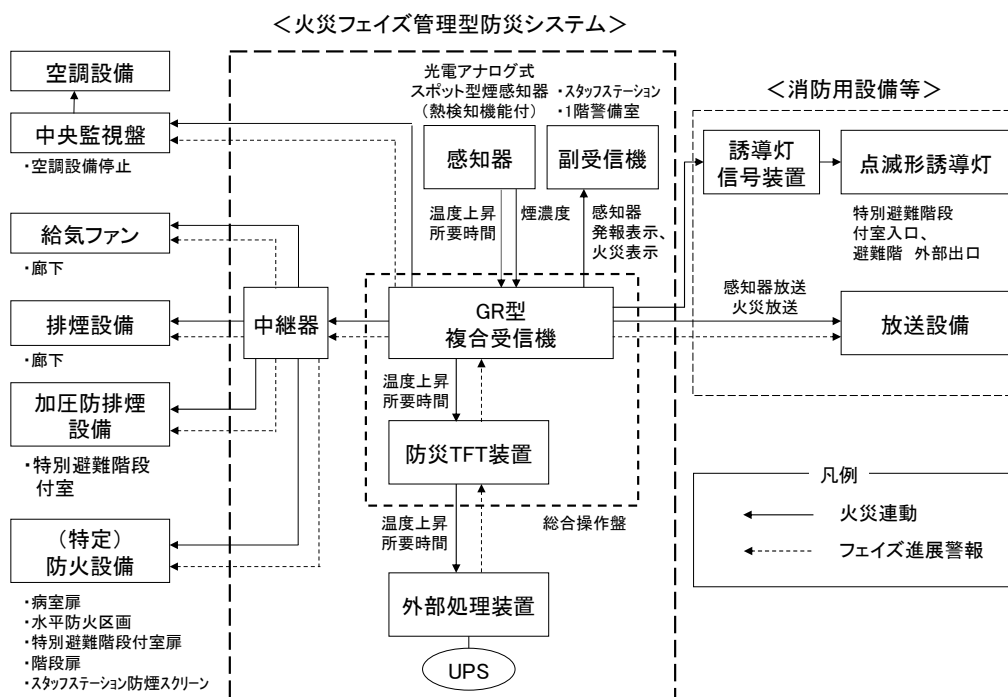


図-4 火災フェイズ管理型防災システムの構成要素

・防火戸の下框をなくし、車イスやストレッチャーの通過障害を解消(写真-2)。



(1) 閉鎖前

(2) 閉鎖中



(3) 閉鎖後

写真-1 水平防火区画の防火戸



【動画】 http://www.shimz.co.jp/tw/sit/report/vol92/mp4/92_004_001f.mp4

写真-2 車イス介助時の水平防火区画通過の例

4.3 煙制御対策

本建物の病棟階では、水平防火区画により、廊下を2つの安全区画(第1安全区画(出火室の存する側)、第2安全区画(出火室が存しない側))に分割し、階全域への火煙の拡散を防止している。さらに、加圧防排煙設備により、第2安全区画に新鮮空気を供給するとともに、第1安全区画側からの煙侵入を防止している。水平避難と加圧防排煙を組み合わせることにより、階段室に近づくほど空間の安全性が高まるような避難経路を实

現している。

加圧防排煙設備は、「火災初期」モードと「火災拡大期」モードの2つのモードを設定している(図-5)。「火災初期」モードでは、出火区画側の廊下で排煙し、非出火区画側の廊下と出火区画に近い側の特別避難階段付室で加圧給気を行う。万一火災の影響が非出火区画側に拡大した場合には、「火災拡大期」モードに移行し、廊下の給気は停止されて排煙に切り替わるとともに、出火区画から遠い側の特別避難階段付室に加圧給気を行う。火災フェイズ管理型防災システムと組み合わせることで、切替えの信頼性をより高めることができる。

4.4 スタッフステーションの区画対策

病棟においてスタッフステーション(以下、SS と記す)は、平常時の看護のための病室や廊下の視認性(開放性)の確保と、SS から出火した場合の廊下への煙拡散防止の両立が課題となる。そのため本計画では、可燃物の実態調査³⁾やスプリンクラー散水と排煙起動を考慮した実験結果⁴⁾をふまえた煙性状予測を行い、防煙区画としての垂れ壁の高さや排煙風量を計画した。当該施設の既存病棟のSSを対象とした可燃物量を調査した³⁾。その結果、5箇所の診療科のSSの可燃物量密度の平均値は924(MJ/m²)となり、建築基準法告示に定められている事務所の標準値(560(MJ/m²))を上回る結果となった。その原因として、薬品庫や受付コーナーがSSと同じ空間にある等、収納上の課題が見つかった。そこで、収納等を改善した場合の可燃物量を見積り³⁾、それに基づいて火源設定を行い、煙流動解析を行った。結果として、SSの排煙風量を約20,000(m³/h)とし、防煙垂れ壁の高さを可動式でH=1.4mにした場合、廊下に漏煙する煙の温度が30°Cを下回った。図-6にスタッフステーション周辺の防排煙に関連する計画結果を示す。また、写真-3にSSと廊下の間に設置した防煙スクリーンの降下状況を示す。

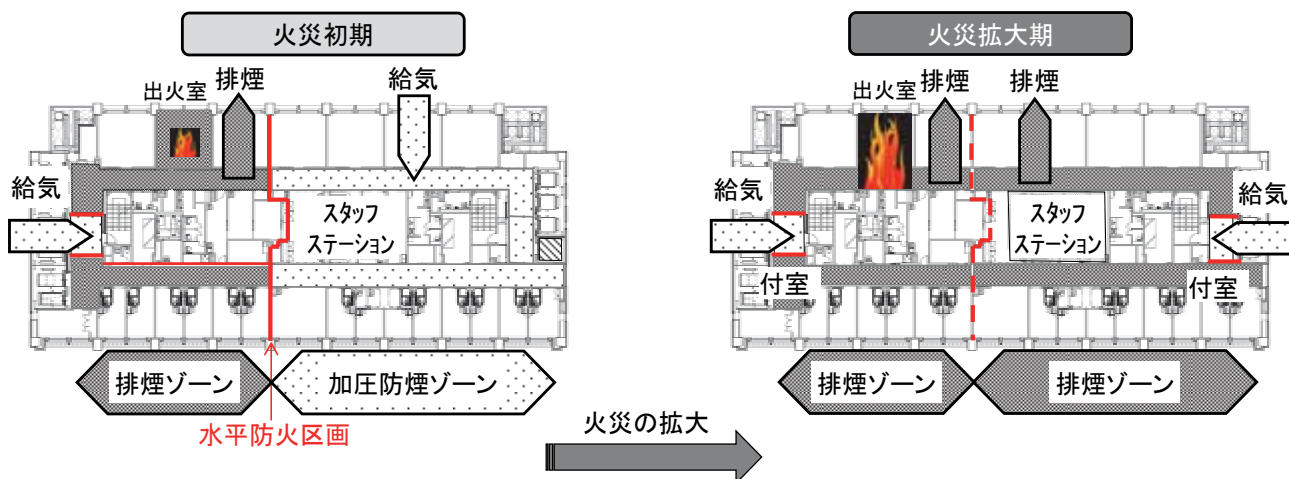


図-5 「火災初期」モードから「火災拡大期」モードへの移行

表-2 避難者タイプ別の設定値・人数の内訳

避難者タイプ	介助者	移動手段の想定・歩行速度	設定人数	備考
独歩	—	普通 1.0m/s	8	
	—	遅い 0.5m/s	12	
護送	1人	車イス 1.0m/s	15	
担送	2人	ストレッチャ 1.0m/s	4	
	3人	ベッド 1.0m/s	3	重症患者

表-3 避難者の移動時間の設定例

【担送:介助者2人の場合】
乗せ替え時間:25秒
(文献8の介助者2名
 $\mu+2\sigma=17.4+2\times 3.3=24$ 秒)

【担送:介助者3人の場合】
ベッド移動準備時間:50秒
(2人の場合の2倍とする)

【護送:介助者1人の場合】
乗せ替え時間:10秒
(文献8の車イス・介助者1名
 $\mu+2\sigma=5.1+2\times 1.5=8.1$ 秒)

【開口部通過時間】
12秒(文献8,9の平均値)

【水平歩行速度】
独歩(遅い人):0.5m/s (1本杖のデータ)
独歩(通常)、車イス、ストレッチャ、ベッド:1.0m/s
既往データ⁸⁾では1m/s以上であるが、安全側を見て1m/sとして設定する。

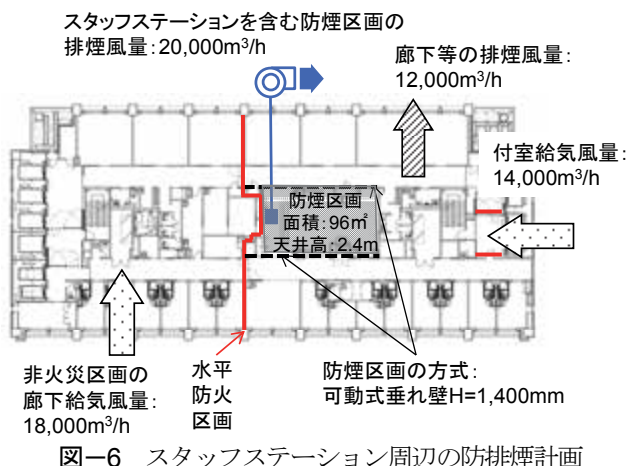
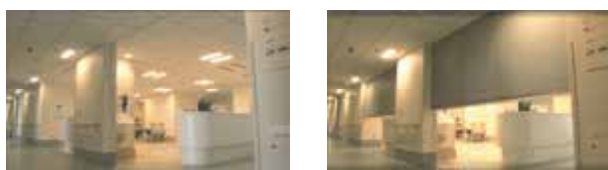


図-6 スタッフステーション周辺の防排煙計画



(1) 降下前 (2) 降下後

写真-3 スタッフステーションの防煙スクリーン

4.5 避難シミュレーションを用いた避難誘導方策の確認・評価

本計画においては、煙流動と介助行動を含む避難行動とを連携させたマルチエージェント型の避難シミュレーションシステム^{5),6)}を用いて、避難者の属性別人数⁷⁾、介助側の人員や誘導方策(護送行動/担送行動^{8),9)}の別、巡回ルール等)等を考慮した避難安全性評価を行った。病棟フロアの避難困難度別の避難者配置を図-7に示す。避難困難度別の人数内訳を表-2に示す。表-3に患者の移動時間の設定値を整理したものを記す。図-8に避難シミュレーションを活用した介助避難行動の予測例を示す。

避難シミュレーションの活用先を拓げる試みとして、設計段階の平面プランや防火対策の評価だけにとどまらず、竣工後の管理段階における避難誘導方策の具体化にも役立てていく予定である。

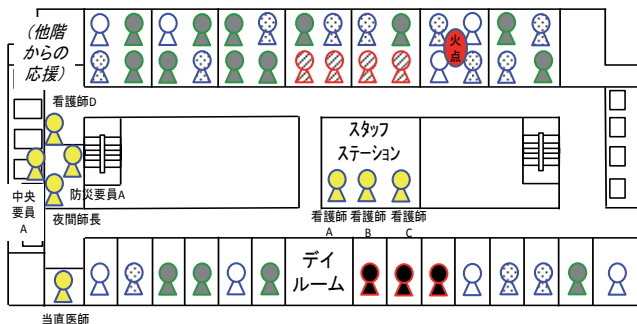
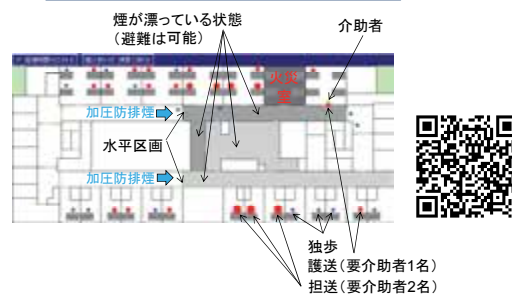


図-7 病棟の身体属性別の避難者配置の設定例



【動画】 http://www.shimz.co.jp/tw/sit/report/vol92/mp4/92_004_002f.mp4

図-8 避難シミュレーションを活用した介助避難行動の予測例

5. 病院における避難安全計画に求められる観点

病院の避難対策としては、これまででも水平防火区画や水平避難が、建築防災計画上の定石として提唱されてきた。さらにこのたび、東京消防庁の指導基準という形ながらも、公的な基準の形で、一時避難エリアと避難誘導用エレベーターの概念が提示された。このことは、自力避難困難者が多数を占める病院等の避難計画において、「避難の途中で、いかに安全に一時待機させるか」ということに関して、明示的にとらえて設計する契機になるのではないかと感じられる。

一時待機を明示的にとらえるとは、避難計画として「どこで」、「どのタイミングで」、「いつまで」、「誰を」、「どのような状態で」一時待機させるかを考えることである。「どこで」、「いつまで」については、一時

待機スペースの配置計画や区画設計等の建築的対策との関連性が強い。「どのような状態で」に関しては排煙等の煙制御対策、そしてさらに避難者の不安感を軽減するための情報伝達設備等の設備的対策が鍵となる。そして「誰を」、「どのタイミングで」という点は、避難誘導というソフト的・人的対策が焦点となる。すなわち、計画にあたり、当該建物の空間的特性・避難者の特性・火災の特性を考慮した上で、どのように避難させることが望ましいかを考え、そのために必要な対策を、建築的・設備的・システムの・人的なバランスを考えて適用することが求められると言える。検討にあたっては、単に法令等の基準に適合させるだけに留まらず、「いかに避難させるか(いかに待機させるか)」という目標(避難安全設計の基本方針)を掲げ、主体的・創造的に対策を検討することも、これまで以上に求められるのではないだろうか。

一方で、設計段階から竣工後の運用(維持管理)段階という一連の流れの中でこうした課題をどのように具体化していくかという点も、大きな課題である。設計段階と維持管理段階に分けて、留意点を整理したものを図-9に示す。ハード対策・ソフト対策の連携がキーポイントになることから、設計段階で想定していた目標や、計画上の前提条件等を、運用(維持管理)段階にも適切に伝達し継承していくこと、また、計画・設計段階においても運用段階の体制や管理上の負荷等の観点も考慮しながら進めること等に、留意する必要がある。

6. おわりに

本稿では、病院の避難安全計画に関して、東京都内に竣工した高層病棟の事例を紹介しながら、留意点や今

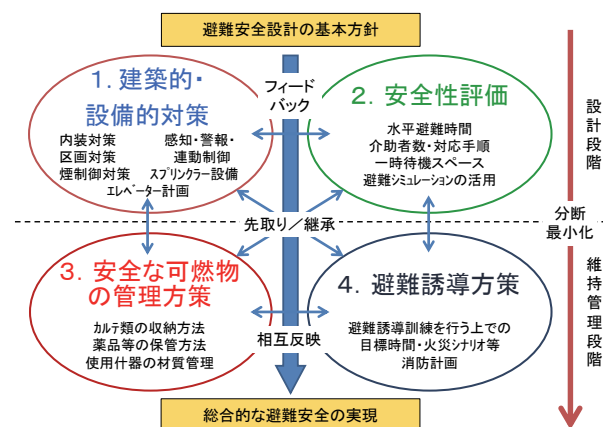


図-9 総合的な避難安全の実現に向けた進め方と留意点

後に求められる観点等について考察した。自力避難困難者が多数存在する病院においては、他の用途の建物よりも、建築的対策、設備的対策、人的対策を総合的に組み合わせ、避難安全性を確保する必要がある。ハード対策・ソフト対策の連携が鍵を握ることから、設計段階と運用(維持管理)段階の分断を、なるべく小さくしながら具体化していくことが重要である。また、今後の病院の避難計画においては、施設側の関係者とも連携しながら、「避難途中に建物内で安全に一時待機させる」という課題に対して、より明示的に取り組むことが求められると考えている。また、個別性の大きい医療施設の計画に対応できるように、対策のメニュー化等についても検討していく予定である。

謝辞

本稿の内容は、順天堂、早稲田大学、清水建設の共同研究に基づくものである。関係者の皆様に謝意を表します。

<参考文献>

- 1) 野竹宏彰：順天堂醫院 B 棟高層棟の避難安全計画の概要、建築防災、通巻 441 号、pp.2-7、2014.10
- 2) 野竹宏彰、広田正之、土屋伸一、長谷見雄二：高層病棟における避難安全対策の計画・評価・適用、安全工学シンポジウム 2014 講演予稿集、pp.214-217、2014.7
- 3) 才藤瑤子、土屋伸一、長谷見雄二：病院における災害時人命安全計画法の開発 その 6 病院及びナースステーションにおける可燃物の実態調査その 2、日本建築学会大会学術講演梗概集(北海道)、pp.21-22、2013.9
- 4) 広田正之、野竹宏彰、松山賢、沖永誠治、長谷見雄二、外村賢昭：排煙および散水を考慮した区画内煙挙動に関する研究 その 1 実験的検討、日本建築学会大会学術講演梗概集(東海)、pp.133-134、2012.9
- 5) 海老原学、掛川秀史：オブジェクト指向に基づく避難・介助シミュレーションモデル、日本建築学会計画系論文集、第 467 号、pp.1-12、1995.1
- 6) 海老原学、掛川秀史、関澤愛、野竹宏彰、大脇厚：煙流動・避難行動連携モデルに関する研究(その 1)、(その 2)、平成 17 年度日本火災学会研究発表会概要集、pp.572-579、2005.5
- 7) 高木徹也、土屋伸一、長谷見雄二、川原大喜：病院における災害時人命安全計画法の開発 その 1 病棟の災害時の患者移送区分及び災害対応体制に関する実態調査、日本建築学会大会学術講演梗概集(関東)、防火部門、pp.265-268、2011.8
- 8) 土屋伸一、長谷見雄二：病棟特有の搬送形態による単独避難行動特性、日本建築学会計画系論文集第 613 号、pp.1-6、2007.3
- 9) 土屋伸一、長谷見雄二：病棟特有の搬送形態による群集避難行動特性、日本建築学会計画系論文集第 640 号、pp.1271-1276、2009.6