

# 火災リスク評価に基づく性能的火災安全設計法の開発 — 防火基準の現在・過去・未来 —

防火研究グループ 上席研究員 萩原 一郎

## 目 次

- I はじめに
- II 研究の背景
  - 1) 防火基準のはじまり
  - 2) 建研の研究が先導した日本の性能規定化
  - 3) 海外における性能規定化への動き
  - 4) 国際標準化の活動と建研の対応
- III 防火区画設計法
  - 1) 防火区画に関する規定の概要
  - 2) 面積区画に期待される性能
  - 3) 海外の基準における防火区画等の考え方
  - 4) 避難安全のための区画設計
  - 5) 消防活動支援のための区画設計
  - 6) 区画を保持するための構造耐火設計
- IV 火災リスク評価に基づく性能設計
  - 1) 火災リスクの性能設計
  - 2) 性能設計において考慮すべきこと
  - 3) 火災安全の機能要件と火災リスクの例
- V おわりに

## I はじめに

火災現象の科学的な解明が進み、仕様書的な法令に従うだけでなく、部分的には工学的な根拠に基づく火災安全設計が可能となり、2000年に施行された建築基準法では防火に関する性能基準が導入された。しかし、防火区画や消火活動の支援などの性能は示されず、仕様規定のままであるため、防火区画の面積制限の緩和や、スプリンクラー設備の適切な評価を求める声は少なくない。

また、WTCテロにおける航空機の衝突による火災や近年増加している放火火災など、従来、想定してない火災に対して、

どこまで安全性に配慮すべきかの議論が行われている。

建築研究所は、建築物の目標とする火災安全性を、定量的かつ総合的に確保する工学的な設計体系を構築することを目的として研究を進めている。本稿では、火災リスクを適切に評価し、性能を設計するための方法論について紹介する。

## II 研究の背景

### 1) 防火基準のはじまり

建築物の防火対策は、古くから建築法規において仕様書的に定められてきた。人が集まって住む都市において、都市大火を

防ぐ目的で防火規制がつくられた。1666年ロンドン大火、1871年シカゴ大火、1906年サンフランシスコ地震火災などを受け、米国の保険会社の協会が、建築物の火災安全性を確保するための技術基準として、建築基準を体系的に整備する活動が開始された。このような防火基準の作成活動は、ヨーロッパや日本にも伝えられ、それぞれの国の防火基準に影響を与えている。

また、19世紀から20世紀の始めには、大規模建築物の火災による人命被害が目立つようになった。中でも劇場火災は頻発しており、数百人規模の犠牲者が発生したため、劇場の防火規制がつくられている。特に、米国ニューヨークの古着再生工場火災（1911年）では147人もの犠牲者が発生したことを受け、全米防火協会NFPAは人命安全委員会を設置し、避難施設基準（Building Exit Code）を作成した。現在はLife Safety Codeとして広く知られている。

日本における防火に関する基準も、上記のような世界的な流れの中で整備されてきたといえる。明治中期には、不特定多数の人が集まる劇場や寄席、勸工場（百貨店のはじまり）について、避難安全を目的とした基準が設けられている。そして、白木屋火災（1932年）を契機として、市街地建築物法の下に特殊建築物規則（1936年）が作成された。

当時、大正から昭和初期にかけては、丸の内地区を中心に近代的な高層建築が次々と建てられていた。また、関東大震災後には、都市の不燃化、耐火建築物の促進が行われ、鉄筋コンクリート造の建築物が次々と出現してきた。これに伴い、ビル火災が社会的な注目を集めていた時期に、この白木屋火災が発生したため、防火基準の整備が迅速に行われたのである。

その後、建築基準法が制定されてからも、被害の大きな火災が発生する度に、防火基準の規制強化が繰り返して行われてきたのである。

## 2) 建研の研究が先導した日本の性能規定化

仕様書的な防火基準が作成されてから既に一世紀近くの時間が経ち、様々な不都合が見られるようになってきた。一つには、防火基準が詳細になりすぎている一方、新しい技術や材料に対応できず、建築物の大きな制約となっている場合が少なくない。また、多様な新しい空間を有する建築物に対して、仕様書的な防火対策が必ずしも適切な解を提供できず、過剰な設備を要求したり、十分な安全を確保できなかったりする場合が目立つようになってきた。

そのため、仕様書の規定に代わり性能規定を導入することが世界的に広がりつつあり、日本でも2000年に施行された建築基

準法において防火基準に性能規定が導入された。耐火性能検証法、避難安全検証法により必要な性能を有することが確かめられた場合には、仕様書の規定によらず、様々な防火対策を選択することを可能とした。

このようなことが可能となった背景には、火災科学や火災安全工学が大幅に進歩したことがあげられる。従来の経験的な防火対策ではなく、火災性状の予測に基づき、必要な性能を実現するために有効な防火対策を設計することが可能となってきたのである。建築研究所では、1982～86年にかけて総合技術開発プロジェクト「建築物の防火設計法の開発」（通称「防火総プロ」）を実施し、必要な性能を実現するための設計手法を開発した。この成果は世界的にも注目され、防火基準の性能規定化を促進する基盤となった。

防火総プロでは設計手法のみならず、防火設計の目的、目的を達成させるための機能要求を整理し、「建築物の火災安全上の要件」として整理した。これは、従来の法令等において要求されてきた仕様書的な防火対策を、それを必要とする目的から体系的に整理したものである。このような火災安全上の要件と性能基準、設計法が一通り用意された結果、旧法第38条に基づく大臣認定を適用した建築物が多く建てられるようになったのである。例えば、アトリウムのような大空間、加圧防排煙システム、耐火被覆を施さない鉄骨構造、大規模木造建築物などが実現されてきた。

表 1 建築物の火災安全上の要件

I. 単体建築物の火災安全上の要件
§ 1 出火防止
§ 2 著しい危険物に対する安全措置
§ 3 人命安全の確保 (避難安全、材料の使用制限等)
§ 4 他人の財産等権利の保護 (延焼防止、倒壊防止等)
§ 5 消防活動の確保 (活動拠点の確保、火災規模の制限など)
II. 市街地の火災安全上の要件
§ 1 防火地域の建築物 (幹線道路の保護、防災拠点の保護)
§ 2 準防火地域の建築物 (市街地火災の延焼拡大抑制)

## 3) 海外における性能規定化への動き

建築基準の性能規定化は、技術革新への対応と製品の国際的な取引を活性化しようとする動きの中で提案されてきたもので

ある。建築に関わる様々な技術や製品が開発されているが、従来のような仕様書の基準では利用が認められない、又は、認めるまでに長い時間がかかることが問題とされた。特定の技術や製品だけでなく、多様な技術や製品の利用を認めるための仕組みとして性能基準を用意することが望ましいのは当然のことであろう。

その1つの理想的な性能基準の体系として、NKB（北欧建設評議会）が提案した5レベルシステムがある。現在、各国で様々な性能基準が導入されているが、この基本的な構成はこの5レベルシステムであるとされている。

図1に示すように、法令は5つのレベルから構成される。最上層は人命安全、財産保護などの規制の目的が示される。2番目の層は、目的を達成するために建築物が備えるべき機能的要件が置かれ、各機能的要件に対応した具体的な要求性能は第3番目の層に記述される。この要求性能は、できるだけ具体的な定量的表現で行われることが望ましい。

第4層は、要求性能への適合性を判断するための検証方法が記述される。さらに検証に必要な個別の計算式や試験法などは第5層に位置付けられる。このような仕組みにより、新しい技術や製品の有する性能を検証することができれば、法令の要求性能を満たすものとして利用することが可能となる。

なお、要求性能について検証を行うことは手間と時間がかかるため、全ての建築物に義務付けることは問題が大きい。既に安全が確かめられている技術や製品を利用した典型的な建築物の場合には、従来通り、仕様書的な基準（適合みなし仕様）に適合していることで法令の要求を満たすものとして判断する方法も用意することが望ましい。

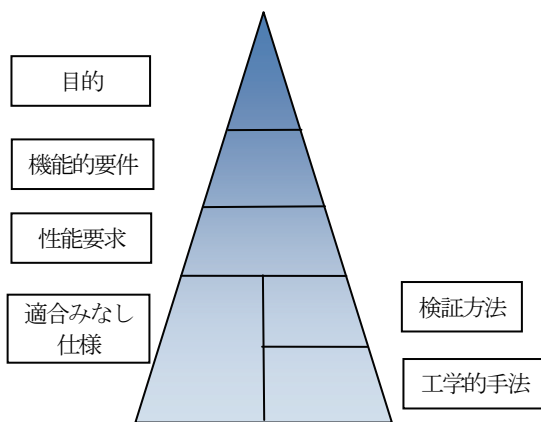


図1 性能基準の体系 (NKB5 レベルシステム)

性能基準を早期に導入した国としては英国が有名である。1985年に Building Act を改正し、従来の複雑な法令が整理統合された。防火に関する機能的要件としては以下の5つに整理され、各要件に適合する規準として承認基準書が用意された。

他にもスウェーデン、ニュージーランド、オーストラリア、カナダなどといった国では、性能基準の整備が進められている。

表2 英国の建築規則に示された機能的要件

B1	避難経路の確保
B2	内部火災拡大の抑制（内装材料）
B3	内部火災拡大の抑制（構造安定、防火区画）
B4	外部火災拡大の抑制（外壁、屋根材料）
B5	消防活動用のアクセス及び設備

#### 4) 国際標準化の活動と建研の対応

このような各国の性能基準の開発、導入の動きに関連して、国際的な検討も進められている。国際標準化機構 ISO には、TC92（火災安全）の技術委員会があり、傘下の SC1～3では部材や材料に関する試験方法の規格について長い間検討が行われている。この中に SC4 火災安全工学が設置され、第1回の会議が開催されたのは1991年5月のことである。

当時、日本では先に述べた防火総プロが終了し、その成果を利用して防火設計を行った建築物が建てられるようになっていた。防火総プロの成果は、当時としては少なかった防火に関する国際会議である「天然資源の開発と利用に関する日米合同会議 UJNR」の防火専門部会や国際火災安全科学シンポジウムなどを通じて、米国をはじめ、ヨーロッパ各国の防火研究者にも伝えられた。火災現象に関する科学的な知識が蓄積し、工学的な予測手法を利用した火災安全設計の利用が進み始めていたこの時期に、ISO が火災安全工学を検討する SC を設置したことは、ある意味必然であったのだろう。

しかし、SC4 の参加メンバーには、当初、防火総プロの成果が簡単には理解されなかった。日本からは表1に示すような要件毎の作業計画を提案したが認められず、表2に示すような防火対策毎の作業計画となってしまった。その結果、最初の約10年間は具体的な基準の作成という点では成果が乏しいが、これは各国が火災安全工学とはどのようなものであるのかをメンバーが学習する期間だったと言える。

最近の SC4 の活動は、設計火災シナリオと設計火源、火災リ

スク評価など、実務に必要とされる基準作成が進められている。

### Ⅲ 防火区画設計法

防火区画は建築物を分割し、火災の影響を限定するために設けられているものであり、特に、構造耐火性能を確保するために大きな役割を果たしている。しかし、建築基準法では、仕様の防火区画の設置が要求されているため、本来、どのような性能が必要とされるのかについて、必ずしも明確にされていない。そこで、ここでは、建築物に必要な火災安全性から防火区画に要求される性能を整理し、特に面積区画に注目して、性能を実現するための設計法を検討した。

#### 1) 防火区画に関する規定の概要

防火区画は、面積区画、堅穴区画、層間区画、異種用途区画の大きく4つがある。面積区画は建物を平面的にいくつか分割し、火災が発生した場合でもその区画内に火災を閉じ込め、周辺への延焼拡大及び煙の拡散などによる火災の影響が及ぶ範囲を制限するためのものである。火災規模を制限することにより、火災階に火災の影響が及ばない部分（非火災区画）が確保できる。この非火災区画は、一時的な避難場所や消防隊の活動拠点などとして活用することができる。また、激しい火熱にさらされる構造部材も少なくなるので、架構全体への影響を小さくすることができる。

面積区画が法令で要求されるようになったのは、14名の死者を出した1932年の白木屋デパートの火災が発端である。それまでの木造大規模建築物から洋式の耐火建築物へ変換への過渡期において、想定していない大規模な空間火災により人命の損失が大きな社会問題となった。警視庁は早急に対策を図るべく、4階以上の百貨店で延べ床面積が3000㎡以上のものについては1500㎡ごとに防火区画を設けるという警察命令を出した。

この1500㎡という区画の単位については、当時の告示についての講演で「三千平方メートルから五千平方メートル位までを二つに分けたならば適当ではないだろうか。それから五千平方メートルから七千平方メートル位までであったならば、それを

三つに分けたならば適当ではないだろうか」という発言があるように、大きさを制限するというより、広ければ複数に区画することを重要視していることが分かる。しかし、この1500㎡という値だけが市街地建築物法、建築基準法へ引き継がれている。

#### 2) 面積区画に期待される性能

現行法令から読み取れる面積区画に期待される性能は、以下のように整理することができる。

① 令第112条第1項 主要構造部が耐火構造・準耐火構造  
対象の建築物は比較的大規模であることから、面積区画1500㎡（スプリンクラー設置により3000㎡まで緩和）は火災階での水平方向への延焼拡大を防止するためのものである。即ち、避難や消防活動を安全かつ効率的に行うために最大限許容される区画面積を規定していると考えられる。

② 令第112条第2、3項 準耐火建築物  
対象の建築物は①に比べ小規模で構造的に火災に弱い。区画面積を小さくすることは避難や消防活動にとって有益ではあるが、①より小さくする理由としては避難や消防活動以外にも目的をもつことになる。消防隊による外部からの消火活動の容易さ、構造体崩壊の防止および市街地火災への発展防止が目的であるとされる。

③ 令第112条第5～8項 高層区画  
11階以上の部分にはより厳しい面積制限が規定されている。これは地上からの外部放水が届かない部分では、建物内部に進入した消防隊のみで消火できるよう延焼面積を制限するためであり、内装や下地の燃焼性状によって許容される最大面積が異なる。

以上より、面積区画には延焼防止を主に期待しているが、避難や消防活動に対して安全性も暗に要求されているといえる。

#### 3) 海外の基準における防火区画等の考え方

各国の建築基準の条文を調査し、防火区画面積の上限を規定するパラメータを整理したものが表3である。

米国、カナダでは、明示的な区画面積制限の規定はないが、構造形式により建設可能な規模の上限が規定されており、これ

表3 各国の建築基準において面積区画を規定している条件

項目	日本	米国(IBC)	カナダ(NBCC)	英国(AD)	豪州(BCA)	ニュージーランド(NZBC)
構造形式	○	建設可能規模として規定	建設可能規模として規定	—	○	—
スプリンクラー	○	○	○	○	○	○
外周開口	—	○	○	—	—	—
公道への接道	—	○	○	—	—	○
建物階数	○	—	○	○	—	○
火災荷重	—	—	—	—	—	○



を越えるときに防火壁で建物を分割することとなるので、実質的な防火区画面積の上限となる。歴史的には消防活動の観点から重要であり、放水の届く高さや距離から建築物の高さと面積（奥行き）を制限しようとする考え方に基づいている。

英国、豪州、ニュージーランドでは、いくつかの用途に対して、防火区画面積の上限を規定している。英国および豪州においては、火災危険度と避難・消火困難度の尺度を総合的に判断した基準となっている。

ニュージーランドの規定では、防火区画内の総可燃物量に上限を定めており、基準そのものは明快である。用途に応じて火災危険度を1～4に分け、区画面積の上限を定めている。

このように各国において、防火区画面積の上限は、消防活動、避難安全、火災危険度などの観点から定められている。

#### 4) 避難安全のための区画設計

避難安全として防火区画にどのような性能が必要なかを整理するため、安全区画、水平区画、籠城区画の3つについて検討した。

##### ① 安全区画

安全区画とは、火災時の避難安全性を確保するために、避難経路を火災室と区画することを目的に設けられるものである。火災室に近いものから順に第一次安全区画、第二次安全区画、というように次数をつけて呼ばれる。

「新・建築防災計画指針」では、安全区画は「防煙区画である間仕切り区画以上の性能をもつ区画とし、開口部には常時閉鎖式または煙感知器連動閉鎖式の不燃扉、防火設備などを設け、自然排煙または機械排煙による有効な排煙設備を設けること。安全区画内において避難時に滞留を生ずる可能性のある場合は、その滞留人員を収容できるだけの面積を確保することが望ましい。また、内装材料の不燃化を図るほか、火気や可燃物についても抑制し、この部分からの出火を防ぐとともに火災拡大の可能性を抑えておくことが必要である。」と記されており、避難時の安全性を確保するとともに、火災の拡大防止にも配慮した性能を要求している。

性能の評価項目としては、以下のものが考えられる。

- i) 煙からの安全： 煙層高さ、煙濃度、CO<sub>2</sub>濃度など
- ii) 熱からの安全： 室温、壁面の温度、放射熱など
- iii) 過度の滞留防止
- iv) その他 構造安全性、通過障害の防止など

##### ② 水平区画

物販店舗のように階の在館者数が多く、通常の廊下等の避難

施設だけでは避難に長時間を要する場合、あるいは病院の病棟や福祉施設のように、自力歩行困難な利用者の多い空間では、階下へ避難しなくても、同一階に一時待機できるスペースを確保するために水平区画を設けることが、避難安全性を確保するために効果的である。階を複数の防火区画に分割し、双方向に避難できるように設置する。

この水平区画に必要とされる性能は、一般に安全区画より高い性能が要求されるが、一時待機場所として、どの程度長い時間待機するかで必要な性能が異なる。

##### ③ 籠城区画

病院の手術室や集中治療室など、移動そのものが困難な空間では、地上へ避難しなくても、その空間で長時間待機できるように、周囲から防護された区画（籠城区画）を設置する。

籠城区画は、その他の部分で火災が発生した場合に、その火災が終了するまでの間、滞在に支障のない温熱条件が維持される必要がある。そのため、籠城区画には高い遮熱性および遮煙性が要求される。具体的な評価項目を以下に示す。

表 4 籠城区画の必要性能

要求性能項目	性能値
a) 避難者の触れる可能性のある壁表面温度	10[K]以下
b) 区画内の温度上昇	$\int_0^t (\Delta T - 10)^2 dt < 4.0 \times 10^4$ $\Delta T: \text{籠城区画内の温度上昇[K]}$ $t_e: \text{滞在時間[s]}$ $\Delta T - 10 < 0 \text{ のとき } (\Delta T - 10)^2 = 0$ または 10[K]以下
c) 区画内のCO <sub>2</sub> 濃度上昇	2[%]以下
d) 区画内への煙侵入を防止する圧力差	50[Pa]以下

#### 5) 消防活動支援のための区画設計

消防隊は消火活動をする際、建物のどこが防火区画であるのかを完全に把握するのは難しいが、消防戦術のなかで区画壁を利用していることは少なくない。防火区画は消防隊の活動拠点における防護壁となり、隊員の安全を確保するものである。さらには火災を防火区画によって消火可能な火災規模に制限し、安全かつ効果的な活動を行なうためのものでもある。ここでは消火が困難であった火災事例を分析し、消防活動を支援する防火区画の性能を検討した。

### ① 区画内の消火活動

火災初期で煙が充満していない状態で視界が良好な場合は、区画内に進入し消火する。ホースが届く場所であれば消火開始が早くできるが、ホースが届かない場合はホースを延長するため消火が遅れて困難となる。通常装備で2本使用するホースが活動拠点から届く範囲を防護範囲として、それに包含されるよう区画を設定する。

煙が充満してしまうと、視界が遮られてしまうので活動に制限が生まれる。区画内に進入可能とするためには、区画内の煙を制御する設備が必要である。

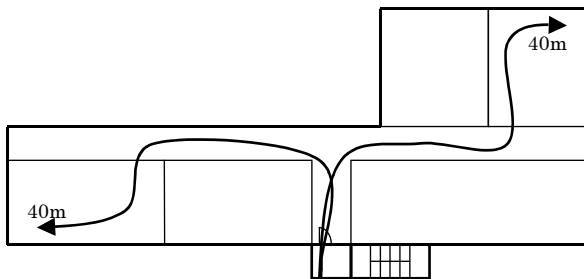


図 2 活動拠点から最も遠い場所へのホース延長

### ② 区画外からの消火活動

煙に熱気加わると、消防隊員の区画内への進入は可能ではあるが、熱傷等の危険性や消防装備の性能限界があるので長時間の活動はできない。区画の外に安全な地帯を設け、区画外からの放水等の活動が必要となる。区画外からの放水により、区画内の全ての範囲に有効に注水できる規模であることが必要である。

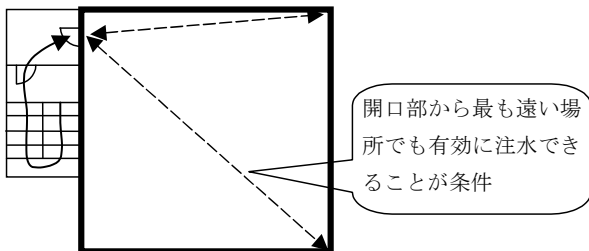


図 3 区画外からの放水

### ③ 延焼防止の活動

火災が成長し、消防隊の区画内への進入が不可能な状況では、区画外からの放水により内部の温度を下げるとともに、周囲への延焼防止を目的とした活動を行う。隣接する区画への延焼を

防止するためには、消防隊による消火が終了するまで区画を構成する部材が火熱に耐えられなければならない。従って、火災鎮圧までの時間を、防火区画の耐火性能として要求することで延焼防止を確実なものとする。

なお、開口部に設けられる防火シャッターや防火戸などは遮熱性能が十分ではないため、非火災側からホースによる放水を行うことが必要となる。そのため消防隊がホースで警戒できる範囲に収まるように、遮熱性が期待できない防火シャッターの数や位置を制限することが必要となる。

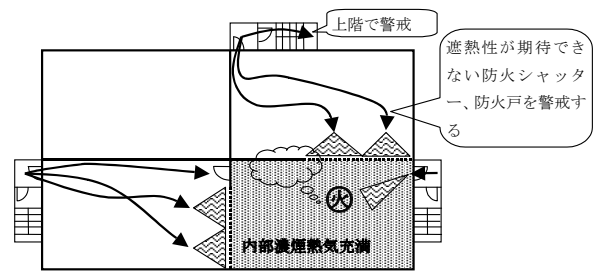


図 4 火災区画の警戒

### 6) 区画を保持するための構造耐火設計

耐火建築物に用いる柱・梁（以下、架構部材）の耐火性能について現行法規では非損傷性を要求し、柱の座屈および梁の崩壊機構形成等による建築物倒壊の防止を目標水準に掲げている。これは主に周辺に対する危害の防止を目的としたものである。

一方、避難安全および消防活動支援のためには、前述したように防火区画の健全性が保持されていることが前提である。即ち、避難および消防活動で必要とされる時間内において、防火区画を損傷させない性能が架構部材には要求され、架構部材に過大な変形が生じないようにする必要がある。

防火区画に用いられる壁・床などの耐火性能を確認するために、加熱試験による性能評価試験が行われている。この試験では部材単独の性能を把握することができるが、区画を構成する部材の変形追従性能を十分に把握することはできない。また、変形追従性能をも考慮した区画部材の耐火性に関する研究も少ない。

現行の耐火性能検証法においては「柱の熱変形に対する上限温度」という規定が組み込まれている。この規定の主旨は、柱部材角を抑制して鋼架構の倒壊を防ぐものである。

このような変形制限を盛り込むという考え方は、区画面積を低減させる方向での設計を促し、結果的に区画部材の健全性を

保つことにつながる。防火区画と架構変形量の関係をより精度よく近似できるようになれば、火災リスクを考慮した火災安全設計法においても大いに役立つと考えられる。

#### IV 火災リスク評価に基づく性能設計

##### 1) 火災リスクの性能設計

火災安全設計において、火災リスクに適切に取り扱う考え方を整理する。現状の火災安全設計は、1つの火災シナリオを決めて、要求される性能を満たしているのか否かを検証することが一般的に行われている。

しかし、出火場所や火災の厳しき（例えば、火災成長率）は多様であり、発生可能な火災シナリオは膨大な数になる。本来は、これら全ての火災シナリオに対して安全を確かめることが必要であるが、実際に実行することは極めて困難である。従って、検証作業が可能な数に火災シナリオを選択することが必要となる。どのような火災シナリオを選定するのが適当であるのか、どの位の数の火災シナリオを検証することが適当なのかを判断する方法が不可欠である。

性能設計において火災リスクを考慮する目的の1つは、上記の必要に対して火災シナリオを選択する方法を提供できるためである。すなわち、「火災リスク評価を組み込んだ性能設計」とは、火災シナリオを選択し、その火災シナリオによる被害・損失を、その発生頻度を考慮して、目標水準以下におさめる設計方法のことである。

なお、ここでは火災リスク Risk を以下の式で求めることとする。

$$Risk = \sum_i f(p_i, L_i) \quad (1)$$

$p_i$ : 火災シナリオ  $i$  の生起確率

$L_i$ : 火災シナリオ  $i$  における被害や損失の大きさ

従って、例えば、図5に示すように頻繁に発生する火災シナリオに対しては損失が大きくなるようにする一方、大きな損失をもたらす火災シナリオの生起確率を小さくするように設計を行う。

ところで、火災による損失の大小は、一般に火災の厳しき（例えば、火災成長率）と正の相関があると考えられるので、図6

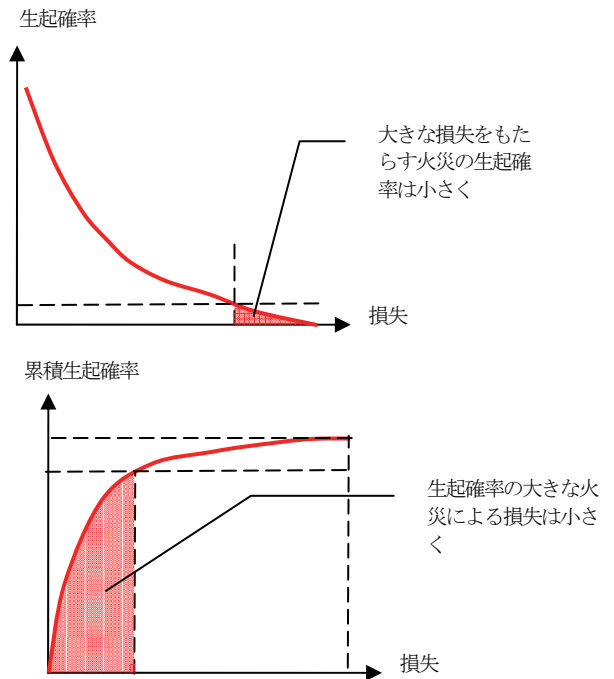


図5 火災による損失と生起確率との関係

の右上のような関係を考えることができる。この時の火災の厳しきの確率密度関数を図6の右下のように与えると、火災による損失とその生起確率の分布を得ることができる。火災による損失と生起確率の積を火災リスクとすれば、図6の左上において、グラフ上の点と原点を対角線とする長方形の面積が火災リスクの大きさを示す。

防災計画が異なれば火災リスクの大きさに差が生じる。図6中に示すように、ある火源を選択した場合、計画Aでは損失が小さいが、計画Bでは損失が大きくなる。従って、図6の左上に示されるように、計画Bの火災リスクが計画Aの火災リスクより大きくなる。計画Aの方が安全性の高い計画ということになる。

このような選択する火源の大きさを変化させ、全ての大きさの火源における火災リスクを合計したものが火災リスクの全体であり、この大きさが目標水準以下となれば良い。

しかし、より単純化するために、図7に示すように火災リスクの目標水準から設定される設計火源では損失が発生しないことを確かめるのが適当であろう。設計火源をこえる火源に対しては損失が発生することになるが、そのような状態の生起確率を十分小さくすることにより、火災リスクを目標水準以下に抑えることになる。

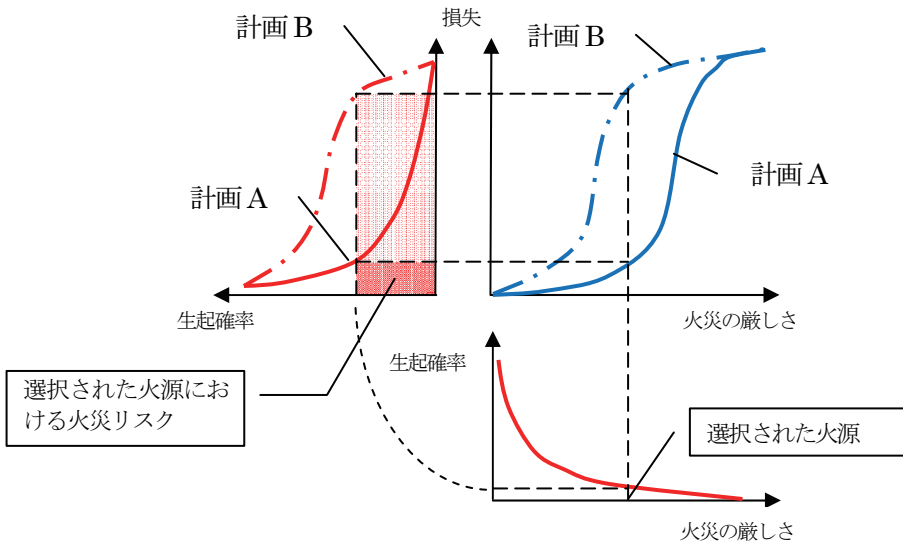


図 6 火災の厳しさと火災リスクの関係

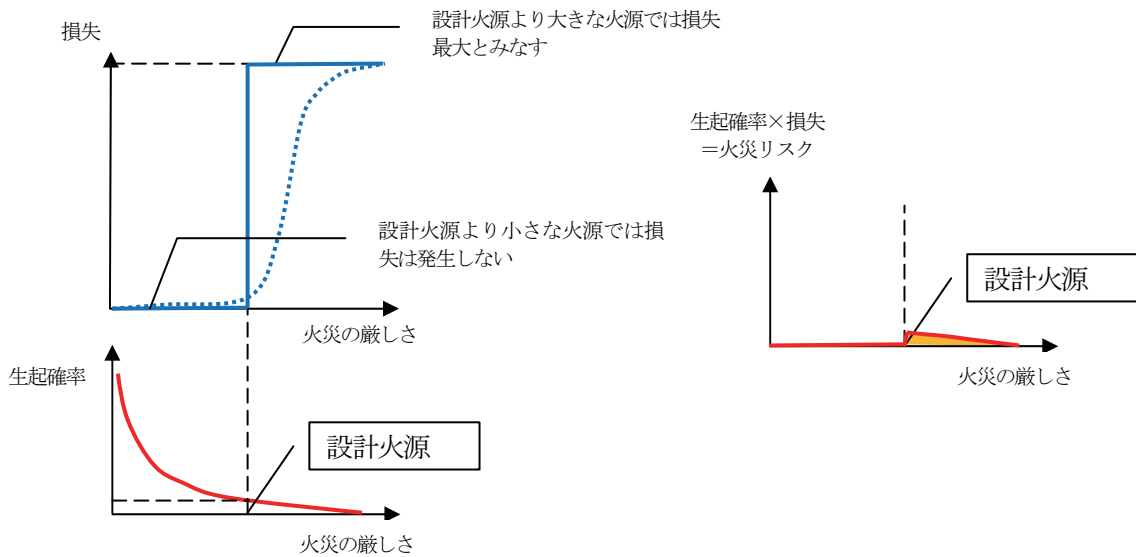


図 7 設計火源と火災リスクの関係

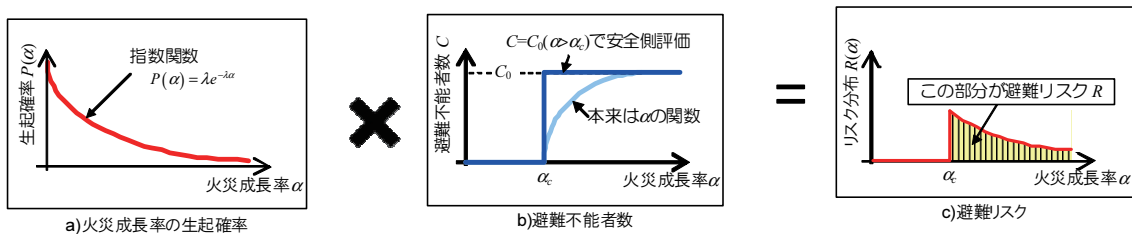


図 8 設計火源と避難不能人数の関係



## 2) 性能設計において考慮すべきこと

### ①出火率

火災安全設計では、火災の発生を前提に考える。しかし、用途によって出火率が異なる場合は、同じ設計火源、同じ許容値を用いてしまうと、結果として目標水準に差が生じることになる。目標水準を揃えるためには、出火率に応じて火災リスクの許容値に差を設けることが望ましい。

例えば、住宅に比べて事務所は出火率が低いが、在室者の人数は多いので、避難リスクに関しては許容値を低めに設定する。

### ②火災シナリオ

火災シナリオとは、火源の種類、火災の厳しさ、出火場所、在館者、排煙設備や消火設備など火災安全対策の作動状況やその効果を記述したもの、すなわち火災の始まりから成長、終わりまでの経過全体である。言うまでもなく、起こりうる火災シナリオは無数にある。

従来の火災安全設計では、代表するいくつかの重要な火災シナリオを選択し、その火災シナリオにおける損失の大きさと安全性の評価を行ってきた。例えば、NFPA 5000 Building Construction and Safety Code(2003)では、8つの火災シナリオが提案されている。しかし、どのような火災シナリオを選択すべきなのか、合理的な方法が確立しておらず、専門家の経験的な判断に委ねられている。

ここではあらかじめ火災シナリオを特定することはせず、設計の対象とする防火対策に応じて検討する火災シナリオを選択する方法を用意することとした。

### ③設計火源

火災シナリオにおいて、火災の特性を（時間軸に沿って）記述したもの。例えば、火災成長率、発熱速度などで表現される。既に述べてきたように、火災安全設計では設計火源に対して被害が無いこと（又は許容値以下であること）を検証することが実務的である。例えば、避難リスクに関しては、設計火源のもとでは避難不能人数が0となることを検証すればよい。

設計火源の大きさは、現状の防火基準の下での被害の発生状況、それに対する社会の反応など、社会が受け入れている状況から決めるのが適当である。別な言い方をすれば、典型的な建物については、専門家が適当と判断する防火対策が評価できるように設計火源の大きさを決めることである。

## 3) 火災安全の機能要件と火災リスクの例

火災安全の機能要件ごとに、具体的な被害や損失などの火災リスクとして以下のものを利用することができる。なお、現時

点では 0 内は火災リスクの取り扱いが困難なものである。

### ①火災時の避難安全性の確保

火災が発生した場合、通常予想される全ての在館者について、避難場所まで安全に避難できることを確かめる。

・避難リスク：避難不能人数の期待値

上述の通り、設計火源のもとでは避難不能人数が0となることを検証する。この場合、図8の示す部分の大きさが目標水準より小さくなるように設計火源を選択する。なお、少人数の居室の場合は、そもそも最大損失が小さいので、避難リスクの計算をしなくても目標水準を満たしていると見なすことが可能である。

### ②周囲への火災影響の抑制

火災影響とは、周囲への延焼、倒壊による危害などの加害防止である。火災が発生した場合には、周囲の建築物への火災による影響が無いことを確かめる。

・建物内の延焼リスク：焼損面積の期待値

例えば、事務用途の建物では、同一テナント内であっても防火区画をすることにより焼損面積の低減効果などを評価することができる。なお、共同住宅では、自住戸が出火した場合に、隣接する他の住戸へ延焼させないことを確かめる。

・隣棟への延焼リスク（加害性）：延焼時間の期待値

出火した場合には、周辺建物へ延焼するような熱の影響を与えないことを確かめる。しかし、現状では消防活動を期待せずに火災終了時点まで延焼防止することが困難であると予想されるので、例えば、延焼を遅らせる時間を評価することになる。

また、周辺建物も一定の被害防止（延焼を受け難い）対策をしているものと想定する。

・倒壊による被害リスク：影響を受ける範囲の期待値

仮に火災により建物が倒壊した場合に、影響を受ける周囲の建物の被害規模の合計が一定の値以下であることを確かめる。例えば、小さな建物は火災で壊れても周囲に与える影響は小さいので許容される。また、大きな建物でも敷地が十分に広い場合には、加害防止の観点からは倒壊を防止する必要は無いことになる。

### ③日常的な火気などによる出火防止

（想定される火源では対象物が着火しない）

出火原因の多くは、利用者の不注意や火気の取扱いの間違いによるものであるため、日常的に使用する火気設備やたばこの火の不始末程度の加熱条件では容易に出火しないことを確かめる。しかし、出火後の被害の程度については、基本的には他の

機能要件でカバーされているため、リスク評価の指標は特に設けない。

#### ④市街地火災の抑制

既に一定規模の市街地火災が発生している条件を想定し、対象とする建物が、街区内及び街区をこえた延焼を抑制する性能を有していることを確かめる。

- ・隣棟からの延焼リスク（受害性）：延焼速度の期待値

延焼を受けないことを要求することは困難であるため、周囲からの延焼を受ける時間の遅れ、及び次の建物への延焼を遅らせる時間を評価することになる。

#### ⑤消防活動の円滑化

（消火可能な火災規模）

（消防活動のアクセス確保）

消防活動を適切に行えること自体が機能要件として一種のフェイルセーフとなっているため、リスク評価の指標は特に設けない。

ここでは、安全かつ効率的に消防活動を行えるための要件に適合しているか否かの確認のみを行う。

## V おわりに

2000年に施行された建築基準法では、防火基準の性能規定化の枠組みを用意し、目的から機能的要件、性能要求、検証法といった一連の仕組みが用意された。しかし、従来の仕様書の基準に期待されていた性能を、性能基準として十分に書き直すことができたかどうか、問題が無いわけではない。

特に重要なのは、仕様書の基準に内包されていた火災リスクを制御する考え方である。本稿では、この問題を解決するための第一歩となる研究成果について紹介した。今後も建築研究所では、防火基準の性能規定化を支える防火設計法の開発を進めて行く予定である。