

臨海部における超高層建築物と中層建築物の火災危険度評価

辻本研究室 5104019 川村 淳之佑

1 研究背景及び目的

都市化に伴い、地域によっては、従来の木造・防火造建築物の密集地に隣接して、超高層建築物¹⁾が林立するなどして、密集化に伴うリスクと高層化に伴うリスクが混在する場が存在する。これらを消防隊の出動から放水開始までの時間で統一して評価しようというのが、本論の目的である。

超高層建築物のリスクとして、高さ31m以上(11階以上)の建築物には、消防法等でスプリンクラー等の消防用設備等の設置義務が課される等、ハード面での安全確保が図られているが、高層階での安全確保はこうした設備頼りにならないを得ない面があり、災害リスクは高いと推察される。また、現在、都内では臨海部を中心にいわゆるタワーマンションと呼ばれる共同住宅の建設が進んでいる。これまでは、オフィスビルが多かったが、共同住宅の超高層化が進み、その高層階での火災発生危険性は高まっている。

また、11階以上の建築物(7階から10階建て)の中層建築物は、用途を問わず都内に数多く存在する。こうした建築物の高層階における災害リスクについては、これまであまり論じられてこなかったが、11階以上では適用される防火対策が義務付けられていないことから、ハード面での安全確保が図られていないと言え難い。

これらを踏まえ、高さの異なる建築物に対する一般的な火災に対する安全評価を行う。

2 研究方法

著者が勤務する深川消防署管内の8町丁目に対し、各々の地域の特性について分析するとともに、各々における消防隊の到着時間の積算をする。建物高さ、出火階等の異なる6棟の出火建物を設定し、消防隊到着から放水開始までの時間を積算する。これらをまとめ、総合危険度について検証する。

3 臨海部の開発状況について分析(図-1, 2, 3, 表-1, 2)

超高層建築物等の開発著しい地域と木造・防火造等の密集地を具体的なデータを用いて比較、分析する。

各地域の最多占有率の建物構造について見ると、豊洲一、四、五丁目、東雲一丁目、東陽六丁目については、耐火造である。特に、東陽六丁目、豊洲一丁目については、各々80%超で、顕著である。対して、永代一丁目、石島、海辺は防火造が最多であり、非耐火造の割合が概ね70%超である。

(図-1, 表-1)

建築物混成率とは、市街地の不燃化や燃えやすさを示す指標で、構造別の建築物の建築面積が全建築面積に占める割合から算定するものであるが、棟数の比率と比べ耐火造比率が高く、防火造比率が低くなる。これは、耐火造と防火造では1棟当たりの建築面積に差があることが要因である。

(図-2, 表-2)

平均延焼速度比とは、上述の建築物混成率を用いて、地域の延焼拡大性を示す指標であり、建築物が全て木造の場合は、1.0、防火造及び準耐火造の場合は0.6、耐火造の場合は0.0になる。次式にて算定される。

$$\text{平均延焼速度比} = \frac{a+b+c}{(a+b+c)/0.6} \cdot (1-d)$$

非耐火造混成率が高い地域では高い値となっているが、準耐火造混成率の高い東雲一丁目、豊洲四、五丁目でも高い値を示す。これは、平均延焼速度比では、準耐火造と防火造の混成率を同等とみなしているためと推察される。(図-3)

4 超高層建築物等火災における一般的消防活動

4.1 現場到着時間の積算(表-3, 4)

消防機関が火災発生の通報を受けて、署所から消防隊が出動し、放水開始するまでのプロセスは、以下のとおりである。火災発生→通報→覚知²⁾→出動→現着・水利部署→放水開始
ここでは、出動→現着・水利部署について積算する。

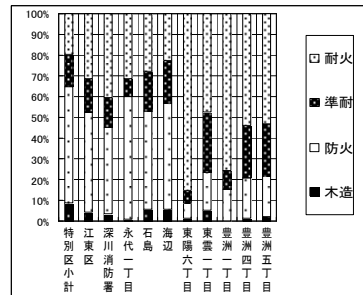


図-1 構造別建物棟数比率

表-1 建物棟数

| | |
|-------|-----------|
| 特別区小計 | 1,663,388 |
| 江東区 | 57,927 |
| 深川消防署 | 25,038 |
| 永代一丁目 | 245 |
| 石島 | 447 |
| 海辺 | 487 |
| 東陽六丁目 | 80 |
| 東雲一丁目 | 158 |
| 豊洲一丁目 | 30 |
| 豊洲四丁目 | 167 |
| 豊洲五丁目 | 102 |

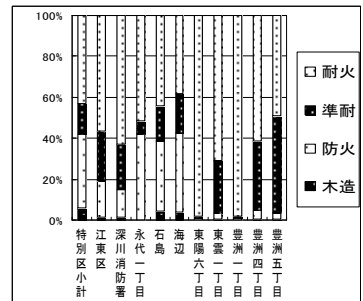


図-2 建築物混成率

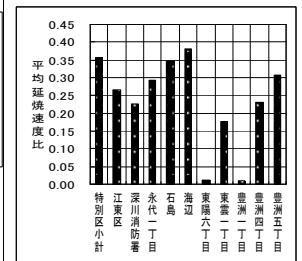


図-3 平均延焼速度比

表-2 建築物混成率の算出

| | | |
|---------------|-----------|-----------------|
| a=A/(A+B+C+D) | a:木造混成率 | A:木造建物の建築面積の和 |
| b=B/(A+B+C+D) | b:防火造混成率 | B:防火造建物の建築面積の和 |
| c=C/(A+B+C+D) | c:準耐火造混成率 | C:準耐火造建物の建築面積の和 |
| d=D/(A+B+C+D) | d:耐火造混成率 | D:耐火造建物の建築面積の和 |

表-3 現場到着時間の積算

| | | |
|---|----------------------------------|-----------------------------|
| q | q=1.0005p-614.15 | 市街地人口密度(人/km ²) |
| p | | DID人口密度(人/km ²) |
| V | V=-((2×10 ⁻⁵)p)+0.64 | 消防ポンプ自動車走行速度(km/min) |
| X | X=q/Z | 出場から現場到着までの時間(sec) |
| Y | Y=11.4D+83.6 | 出場から現場到着までの時間(sec) |
| D | D=100m | 直近消防署所までの距離 |
| Z | | 直近消防署所までの距離(km) |

表-4 現場到着時間の積算結果

| 町丁目 | q | p | V | Z | X | Y | (X+Y)/2 |
|-----|--------|--------|------|------|-------|-------|---------|
| 永代1 | 10,756 | 11,364 | 0.41 | 0.25 | 36.4 | 112.1 | 74.2 |
| 石島 | 16,563 | 17,169 | 0.30 | 1.25 | 177.5 | 226.1 | 201.8 |
| 海辺 | 17,722 | 18,327 | 0.27 | 1.88 | 322.4 | 297.4 | 309.9 |
| 東陽6 | 9,486 | 10,095 | 0.44 | 1.00 | 103.7 | 197.6 | 150.6 |
| 東雲1 | 16,627 | 17,233 | 0.30 | 1.50 | 467.5 | 254.6 | 361.0 |
| 豊洲1 | 9,627 | 10,236 | 0.44 | 0.75 | 58.7 | 169.1 | 113.9 |
| 豊洲4 | 27,368 | 27,968 | 0.08 | 0.75 | 312.0 | 169.1 | 240.6 |
| 豊洲5 | 13,427 | 14,034 | 0.36 | 0.75 | 167.8 | 169.1 | 168.4 |

表-5 出火建物の設定

| | A | B | C | D | E | F |
|-----------------------|--------|--------|-------|-------|--------|------|
| 構造 | 耐火造 | 耐火造 | 耐火造 | 耐火造 | 耐火造 | 防火造 |
| 出火階 | 32 | 2 | 10 | 2 | 1 | 1 |
| 階層 | 32/1 | 32/1 | 10/0 | 10/0 | 3/1 | 2/0 |
| 軒高(m) | 98 | 98 | 30 | 30 | 10 | 6 |
| 建物高(m) | 102 | 102 | 33 | 33 | 12 | 7 |
| 建築面積(m ²) | 1,200 | 1,200 | 300 | 300 | 8,000 | 70 |
| 延床面積(m ²) | 28,000 | 28,000 | 3,000 | 3,000 | 28,000 | 140 |
| 用途 | 共同住宅 | 共同住宅 | 共同住宅 | 共同住宅 | 共同住宅 | 一般住宅 |
| 収容人員(人) | 626 | 626 | 100 | 100 | 626 | 4 |
| 防火管理者 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | × |
| 防災センター | ○ | ○ | × | × | × | × |
| 連絡送水管 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | × |
| 連絡送水管 | 使用 | 不使用 | 使用 | 不使用 | 不使用 | 不使用 |
| 非常用E/V | ○ | ○ | × | × | × | × |
| 非常用E/V | 使用 | 不使用 | 不使用 | 不使用 | 不使用 | 不使用 |

X積算時のqは、出火建物まで消防ポンプ自動車が行く際に通行する道路が二つの町丁目に接する場合には、平均値をとることとした。

Xは、人口密度による消防ポンプ自動車の速度差が大きすぎ、Yは、距離のみを考慮しており、地域特性による速度差が考慮されているとは言い難く、XとYの平均値をここでいう出動から現場到着までの時間とした。

結果として、人口密度が高い地域に存在し、かつ、直近消防署所までの距離のある建築物では、概ね、時間を要し危険度が高いことが分かった。

4.2 出火建物の設定 (表-5)

表-5にA～Fの超高層、中層、低層建築物を設定し消防活動時間の積算を行う。

4.3 消防活動時間の積算 (表-6, 7, 8, 9, 10, 11)

消防活動に関しては、先着隊の現場到着から火点室への筒先配備完了までの時間を次式にて積算する。(表-6)

$$t_f = \max(t_{m1}, t_{m2}) + t_{m3} + t_{m4} + t_{m5}$$

4.3.1 tm3について (表-7, 8)

階段使用の場合と非常用EV使用の場合とに分けて設定。建物Aでは、非常用EVを使用し、31階まで90秒で到着することが判明したが、v3を用いて90秒では、何階まで到達するかを試算すると、 $90 \times 0.245 = 22.05m$ であり、消防隊は8階までしか到達することができない。しかも、計20kg超の防火衣、空気ボンベ等の重装備を身に纏い、ホース等を階段で搬送する消防隊は、心拍数も上昇している。非常用EVの設置義務は、11階以上であることから、繁華街等でよく見かける10階建て以下の建築物の高層階部分は、消防隊到着時間という観点からみれば、設備が適正に維持管理されている超高層建築物と同等か、或いは、それ以上のリスクを抱えていることになる。

4.3.2 消防活動時間の積算結果の分析 (表-9, 10)

tm1については、消防隊による情報収集に影響を及ぼす大きな要素として、建物関係者による情報収集の有無が挙げられる。ここでは、常時建物管理者が在館する防災センターの有無に着目して設定したが、設定値に改良の余地が残る。

tm5については、煙層の降下高さに応じた歩行速度を設定し到達時間を求めるものであるが、出火室の分析まで至らなかったことから、各建物一律の値とした。

tfの積算結果だが、建物Cが、733秒であり、最も危険といえる。その要因は、防災センターが無いため、現地の情報収集と戦術の決定に310秒を要する点と前述したtm3に98秒要するところが大きい。また、一般に地上階数7以上の建築物に連結送水管は設置され、その3階以上の各階に放水口が設置されるが、tm4に225秒であり、消防活動に連結送水管を活用し、出火階の直下階で進入準備をする時間は活動全体からみても大きな割合を占める。

建物Dは、2階出火にも関わらず475秒を要しており、同じく2階出火の建物Bの235秒の2倍以上を要し、32階出火の建物Aの485秒に匹敵している点は、注目に値する。近代消防戦術における防災センターの役割の大きさが伺える。

4.4 総合危険度の分析 (表-11)

出動から放水開始までの時間の積算をまとめ、各町丁目上に各設定建物が建っていると仮定し、次式にて総合危険度を分析する。

$$T = \{(X + Y) / 2\} + t_f$$

海辺、東雲一丁目の建物CのT値は、それぞれ1000秒超であり、危険度が高い。但し、T値全般にいえることだが、著者の経験上、この値は実際よりも大きすぎる感否めない。

海辺に関しては、非耐火造混成率が、90%強であり、かつ、延焼速度比は、0.38である。実際には、低層の非耐火造建築物の密集地域といえるが、建物Cのような建物が建設された場合には、非常に危険な地域であるといえる。また、木造戸建て住宅を想定した建物FのT値は、525秒であり、危険度としてはそれほどでもないが、延焼速度比が高く、発見・通報が遅れば、消防隊到着時には、隣棟へ延焼拡大している可能性もあり、一概に安全とは言えない。これらは、石島についても同様の見方ができる。

東雲一丁目、豊洲四丁目は、延焼速度比がそれぞれ0.18、0.23と中等レベルの危険度を持ち、かつ、建物A～Dのような建物も多い地域である。地域としての危険度は高い。

5 まとめ

- ①消防隊の出動から現場到着までの時間は、走行道路周辺の人口密度と距離に依存する。
- ②消防隊の現場到着から放水開始までの時間は、高層階出火火災では非常用EV等の設備に、低層階出火火災では防災センター等の人的要素にそれぞれ依存する。いずれも、中層建築物の危険度は超高層建築物以上である。
- ③木造・防火造密集地域については、延焼速度比が高く、発見・通報が遅れば、消防隊到着前に隣棟へ延焼拡大している可能性もあり、本論でいう総合危険度とは別の視点での危険度評価が必要となる。

表-6 各tmの内訳

| | |
|-----|--|
| tm1 | 消防隊が現場到着後、現地の情報を収集し、戦術を決定する時間(sec) |
| tm2 | 消防車両から階段や非常用EVまでホースを搬送する時間(sec) |
| tm3 | 建物内を移動し、出火階の直下階の前進指揮所 ^{注3)} に到達するまでの時間(sec) |
| tm4 | 前進指揮所にて、出火階に突入する準備を出火階に到達する時間(sec) |
| tm5 | 出火階に到達してから出火室に到達するまでの時間(sec) |

表-7 tm3の積算

| | | |
|-----|---|---------------------|
| tm3 | tm3=d1/v3 (階段使用) | tm3=d1/v4 (非常用EV使用) |
| d1 | 消防隊進入口から出火階直下階までの高さ(m) | |
| v3 | 消防隊が階段を上る速度(m/sec) (階段使用時の歩行速度は、連結送水管を使用し、資機材を前進指揮所まで搬送する場合と、ホースを前進指揮所まで手広めする場合とに分け、次のように設定する。) | |
| | v3=0.245 (連結送水管あり) | v3=0.160 (連結送水管なし) |
| v4 | EVの定格速度(=1m/sec)に相当する上昇速度(加速・減速部分も考慮した値) | |

表-8 tm3の積算結果(sec)

| | | | | |
|---|------|-------|-----|------|
| | d1 | v3 | v4 | tm3 |
| A | 90.0 | | 1.0 | 90.0 |
| B | 0.0 | 0.245 | | 0.0 |
| C | 24.0 | 0.245 | | 98.0 |
| D | 0.0 | 0.160 | | 0.0 |
| E | 0.0 | 0.160 | | 0.0 |
| F | 0.0 | 0.160 | | 0.0 |

表-10 tfの積算結果(sec)

| | | | | | | |
|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | tm1 | tm2 | tm3 | tm4 | tm5 | tf |
| A | 70 | 19 | 90 | 225 | 100 | 485 |
| B | 70 | 5 | 0 | 65 | 100 | 235 |
| C | 310 | 13 | 98 | 225 | 100 | 733 |
| D | 310 | 5 | 0 | 65 | 100 | 475 |
| E | 70 | 11 | 0 | 45 | 100 | 215 |
| F | 70 | 5 | 0 | 45 | 100 | 215 |

表-9 tm4の積算

| | |
|-----|--|
| tm4 | tm4=(d2/v6)+205 |
| d2 | 消防隊進入階から出火階までの長さ(m) |
| v6 | 消防隊が出火階までホースを延長する速度(m/sec)=0.15 |
| 205 | 階段室への突入準備時間 (階段室で連結送水管放水口にホースを結合する時間)(sec)=160 (面体を着装する時間)(sec)=45 |

表-11 出動から放水開始までの時間の積算結果(sec)

| 建物 町丁目 | A | B | C | D | E | F | 延焼 速度比 | 網掛けの分類 | 総合 危険度 |
|-----------|-----|-----------|------|-----|-----|-----|-----------|--------|-----------|
| | T値 | 延焼 速度比 | 高 | 低 | | | | | |
| 永代1 | 559 | 309 | 807 | 549 | 289 | 289 | 0.29 | | |
| 石島 | 687 | 437 | 935 | 677 | 417 | 417 | 0.35 | | |
| 海辺 | 795 | 545 | 1043 | 785 | 525 | 525 | 0.38 | 高 | |
| 東陽6 | 636 | 386 | 884 | 626 | 366 | 366 | 0.01 | | |
| 東雲1 | 846 | 596 | 1094 | 836 | 576 | 576 | 0.18 | | |
| 豊洲1 | 599 | 349 | 847 | 589 | 329 | 329 | 0.01 | | |
| 豊洲4 | 726 | 476 | 974 | 716 | 456 | 456 | 0.23 | | |
| 豊洲5 | 654 | 404 | 902 | 644 | 384 | 384 | 0.31 | | |

脚注：1) 消防法上は「高さ31mを超える建築物」、建築基準法には「60m以上は超高層」と定義されている。つまり、超高層マンション(タワーマンション)とは、高さ60m以上の住居用建築物ということになるが、一般的には、高さ100m以上、又は、階数20階以上の住居用建築物のことを指す。2) 警防本部(総合指令室)が火災等の通報を確認したこと。3) 前進指揮所とは、出火室に近く、火煙から防護されていて、出火室等に進入するために面体等の装着を行う場所。参考文献：1) 辻本 誠、大宮 喜文、火災に向き合う建築学、朝倉書店、2) 西田 幸夫、建築防災1、東京理科大学 3) 東京消防予防部予防課監修、予防事務審査・検査基準II、(財)東京防災指導協会 4) 高木 任人、イラスト建築防火、(株)近代消防社 5) 東京消防庁装備部監修、目で見る消防車の運行と点検整備、東京法令出版 6) 青柳 真一、消防設備等の早見帳、青企出版 7) 高木 任人、用途別 消防・建築法規のドッキング講座(上)、(株)近代消防社 8) 中村 和孝、南野 秀司、消防活動計画、日本火災学会誌「火災 289」、日本火災学会 9) 東京消防庁監修、消防関係法令集、(財)東京防災指導協会、2007 10) 伊藤 彩子、避難行動との接点を考えた消防活動計画 11) 糸井川 栄一他、大地震時における最速消防力運用、筑波大学大学院システム情報工学研究科 12) 東京消防庁防災部防災課、東京都の地震時における延焼危険度測定(第7回) 2007 13) 東京消防庁防災部水防課、改定 消防水利の実務基準、2006 14) 東京消防庁防災部防災課、東京都の市街地状況調査報告書(第7回)、2006 15) 東京消防庁、火災予防審議会、建築物の防火特性に応じた防火安全性の評価、1999 16) 東京消防庁警防部、超高層建築物の火災研究、(財)東京防災指導協会、1989 17) (財)東京防災指導協会 防火管理制度・火災安全工学の基礎 2007 18) 東京消防庁指導部指導課 防火管理指導指針 2002 19) 消防実務研究会、消防防火対象物用途別定早わかり、(株)近代消防社 20) 消防力の整備指針研究会、逐条問答 消防力の整備指針・消防水利の基準、働きようせい、2007 21) 南野 秀司、消防活動と防火区画 22) 東京消防庁、大規模建築物及び特異建築物等の消防対策に関する調査研究報告書、(消防活動上必要な施設の評価)について、1998