

## 8. リスク基盤の避難安全検証のケーススタディー

リスク基盤の避難安全検証法は、避難安全検証において設計火源の設定を適切に行う手法を提案することを目的としている。その考え方と方法については既に説明した通りであるが、実際にどのように使えるかについて理解することを目的としてケーススタディーを行う。

現在の避難安全検証では、避難のステージを居室避難、階避難、全館避難の3段階に分けて検証が行われている。もちろん建物のタイプは様々で、例えば居室避難が殆ど全館避難となるような建物などもある。それぞれの実情に合わせて適宜工夫すれば良い訳だが、この3段階のステージへの分類は避難計画を考える場合に最も基本的で、多くの建物で避難上の課題の整理に有効な方法であろう。

この中で、全館避難については未だ検討を必要とする課題が多く残っていると考えられるので、ここでは取り敢えず、居室避難と階避難に関するケーススタディーを紹介する。

### 8.1. ケーススタディー：居室避難

居室避難は、場合によっては別の室で出火した時の非火災室の避難も含まれるかも知れないが、ここではある1つの居室で出火した場合の当該室から階の共用廊下へ脱出するまでの避難とする。従って、火災室避難と呼ぶ方が明確なのかも知れない。

事務室などではスプリンクラー（SP）設備や排煙設備が設けられていることも多いが、居室避難は開始してから精々1~2分程度の時間の話しであることを考えると、これらの設備がその時間内に作動して火災室避難の安全に重要な寄与をする場合は多くないと考えられる。

但し、大規模物販店舗などではそれらの防火設備が意味を持つかも知れないが、より重要な働きをする可能性があるのは、寧ろその後の段階の避難に対してであろう。

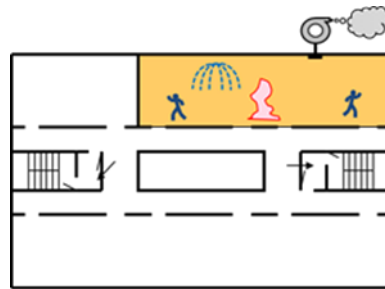


図 8.1 居室避難

#### (1) 出火室の面積と居室避難の許容死傷確率

出火室避難の安全検証を通常の手続きで行う場合は、設計火源を定めて煙性状予測を行う必要がある。今回のリスク基盤の避難安全検証では設計火源の火災成長係数 $\alpha_D$ を許容死傷確率に基づいて定める。許容死傷確率は式(5.11)で次のように与えられている。

$$p_{cas}^a(K) = \frac{R_a^D(K)}{C_0(K)} = 0.14 \left\{ \frac{p_{hf}(H)}{p_{hf}(K)} \right\} \left\{ \frac{175}{A_f(K)} \right\}^{1/2} \frac{C_0(H)}{C_0(K)} \quad (5.11 \text{ 再掲})$$

この式で、任意の空間  $K$  の条件を特別に標準建物 ( $H$ ) と同じとすれば、全てのパラメータの値が両者で等しくなるので、許容死傷確率 $p_{cas}^a(K) = 0.14$ となるが、一般には用途によって出火率や面積は異なる。居室避難の場合は、出火室と避難対象室は同一であるから

$$\frac{C_0(H)}{C_0(K)} = \frac{\rho(H) \times 175}{\rho(K) A_f(K)} \quad (8.1)$$

となることを考慮すると式(5.11)は

$$p_{cas}^a(K) = 0.14 \left\{ \frac{p_{hf}(H)}{p_{hf}(K)} \right\} \left\{ \frac{175}{A_f(K)} \right\}^{3/2} \frac{\rho(H)}{\rho(K)} \quad (8.2)$$

この式に含まれる出火率比と在館者密度は用途毎に異なるが、表 8.1 は表 5.1 から事務所、物販店舗、飲食店の用途の値を抜粋したものである（5.3 および Annex C 参照）。

表 8.1 危険な火災の単位面積当たりの出火率比と在館者密度

出火室の用途	事務所	物販店舗	飲食店	戸建住宅 (基準)
出火率比 $\left\{ \frac{p_{hf}(H)}{p_{hf}(K)} \right\}$	4.0	7.0	1.0	1
在館者密度 $\rho(K)$	0.125	0.5	0.7	0.06

表 8.1 の用途毎の値を式(8.2)に使うて、居室面積による許容死傷確率 $p_{cas}^a(K)$ を計算した結果が表 8.2 である。表 8.2 には許容死傷確率に対応する設計火源の成長係数 $\alpha_D$ も参考のため示している（6.2 参照）。

同一の面積で見れば、これら 3 用途の中では事務所、物販、飲食の順に許容される死傷確率が大きくなり、それに伴って緩い火災成長係数 $\alpha_D$ の下で避難安全検証を行うことが出来る。これは出火率と在館者密度の値に依っていることは言うまでもない。但し、 $\alpha_D > 0.2$ は非現実的に大きな火災成長率であるから、実際には $\alpha_D = 0.2$ を最大値として良い（6.3 参照）。また、 $p_{cas}^a(K) > 1$ の場合は、許容避難リスクが満足されることは自明であるから検証を行う必要が無い（7.3 参照）。

表 8.2 出火室の面積と居室避難の許容死傷確率（ $p_{cas}^a(K)$ ）および設計火源の成長係数（ $\alpha_D$ ）

面積 m <sup>2</sup>	事務所		物販		飲食	
	許容死傷確率	$\alpha_D$	許容死傷確率	$\alpha_D$	許容死傷確率	$\alpha_D$
50	1.7960	—	0.7857	0.006	0.0401	0.057
100	0.6350	0.007	0.2778	0.024	0.0142	0.083
250	0.1606	0.031	0.0703	0.056	0.0036	0.128
500	0.0568	0.057	0.0248	0.090	0.0013	0.171
1000	0.0201	0.094	0.0088	0.134	0.0004	0.221
1500	0.0109	0.122	0.0048	0.166	0.0002	0.256

表中の（—）は検証不要を意味する

## (2) 避難安全検証を必要としない居室面積

避難安全検証法では小さい単純な居室についても逐一避難時間と煙層降下計算を行うことになっている。しかし、極めて特殊な条件を持つ室は例外としても、ごく一般的な用途、形態の小規模な室で火災による避難の危険を日頃から危惧している在室者は殆ど居ないであろう。それは火災による避難リスクは非常に小さいことを在室者が感覚的に知っているからである。

避難リスクを減らすことは、上記(1)のように、死傷確率を小さくすることでも可能であるが、居室面積を小さくすることでも出来る。設計される居室の面積は大小様々なので、それらの中で避難リスクが許容レベルにあることが面積だけで判断出来るものがあれば、避難安全設計の労力をより重要な課題に振り向けることが出来る。

### (2.1) スプリンクラーなどの防火設備が無い場合

最も簡単な場合として、居室に SP などの防火設備が無い場合を考える。この場合は火災の条件を変える要素が無いので、火災が成長して室火災に至るシナリオのみになる。

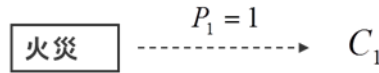


図 8.1 防火設備が無い場合の居室避難シナリオ

任意の居室の避難リスク $R(K)$ は、標準となる空間（戸建住宅）の避難リスク $R(H)$ を超えてはならないので $R(K) \leq R(H)$ 、これを具体的に表現すると式(5.6)から

$$p_{hf}(K)A_f(K)^{1/2} \times p_{cas}(K)C_0(K) \leq p_{hf}(H)A_f(H)^{1/2} \times p_{cas}(H)C_0(H) \quad (8.3)$$

ここで、居室避難では出火空間と避難対象空間は同一であるから、式(8.1)の関係を使うと $A(K) = A_f(K)$ として、面積 $A(K)$ が下式を満たす任意の空間 $K$ は避難リスクが許容値以下となる。

$$A(K) \leq \left[ \left( \frac{p_{hf}(H)}{p_{hf}(K)} \right) \left( \frac{\rho(H)}{\rho(K)} \right) \left( \frac{p_{cas}(H)}{p_{cas}(K)} \right) \right]^{2/3} A(H) \quad (8.4)$$

住宅で危険な規模の火災が発生したときの死傷率（軽傷を含む） $p_{hf}(H)$ は、火災統計から 0.14 程度となっている。住宅以外の用途では十分なデータが無いが、一般に住宅は、使用者の恣意に任せて自由に使われ、また多様な避難能力を有する老若男女の住民が就寝を含む様々な状態で起居するなど、火災時の避難上最も不利なタイプの用途の空間と考えられる。

そこで、他の用途では戸建住宅で火災が発生した場合より有利な条件 $p_{cas}(K) \leq p_{cas}(H)$ にあると考えれば、下式の $A(K)$ が許容される面積となる。

$$A(K) \leq 175 \left[ \left( \frac{p_{hf}(H)}{p_{hf}(K)} \right) \left( \frac{\rho(H)}{\rho(K)} \right) \right]^{2/3} \left( \frac{p_{cas}(H)}{p_{cas}(K)} \right)^{2/3} \quad (8.5)$$

一方で、検証が免除されれば空間が全く自由奔放に使われ、最悪、戸建住宅以上に避難に不利な条件も起こり得ることを懸念して死傷確率 $p_{cas}(K) = 1$ と仮定すれば

$$A(K) \leq 175 \left[ \left( \frac{p_{hf}(H)}{p_{hf}(K)} \right) \left( \frac{\rho(H)}{\rho(K)} \right) \right]^{2/3} \left( \frac{0.14}{1} \right)^{2/3} \approx 47 \left[ \left( \frac{p_{hf}(H)}{p_{hf}(K)} \right) \left( \frac{\rho(H)}{\rho(K)} \right) \right]^{2/3} \quad (8.6)$$

## (2.2) スプリンクラーが設置された居室の火災シナリオ

居室に SP 設備がある場合は、その成功/失敗の場合によって火災発生後のシナリオが2つに分かれる。

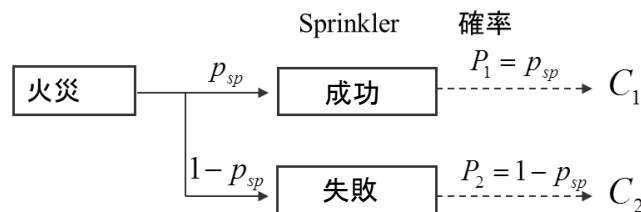


図 8.2 SP が設置された居室の火災シナリオ

このときは、設計ベースの避難リスクの満たすべき条件は次式で表される。

$$R^D = \sum_1^2 P_i C_i = P_1 C_1 + P_2 C_2 \leq R_a^D \quad (8.7)$$

そこで部分許容避難リスクを次のように分配する。

$$P_1 C_1 = p_{sp} C_1 = 0, \quad P_2 C_2 = (1 - p_{sp}) C_2 = R_a^D \quad (8.8)$$

すなわち、シナリオ1では発熱速度がSP制御の最大値に制約される火源設定となる。この場合の避難リスクは小さいのでここでは簡単のため、このシナリオでは死傷率は0と仮定し、避難許容リスク $R_a^D$ を全てSPが消火に失敗したシナリオ2に分配する。

すると、このシナリオに対する避難リスクの許容条件は次のように書ける。

$$R^D = p_{cas}(K) C_0(K) \leq \frac{1}{1 - p_{sp}} \left( \frac{p_{hf}(H)}{p_{hf}(K)} \right) \left( \frac{A(H)}{A(K)} \right)^{1/2} p_{cas}(H) C_0(H) = R_a^D \quad (8.9)$$

これは $C_0 = \rho A$ を用いて更に整理すると、避難リスクが許容される空間面積が下式のように得られる。

$$A(K) \leq 175 \left\{ \frac{1}{1 - p_{sp}} \left( \frac{p_{hf}(H)}{p_{hf}(K)} \right) \left( \frac{\rho(H)}{\rho(K)} \right) \left( \frac{p_{cas}(H)}{p_{cas}(K)} \right) \right\}^{2/3} \quad (8.10)$$

### (3) 検証計算を不要とする面積の評価

上記‘2.1 SP設備の無し’と‘2.2 有り’の場合について検証計算不要の空間面積の上限値を計算すると表8.3のようになる。なお在館者密度は避難安全検証法の値を用い、SPの有効確率を $p_{sp} = 0.8$ （すなわち失敗確率=0.2）とした。また死傷率 $p_{cas}(K)$ は上記(1)の場合と同様な考察により $p_{cas}(K) = 0.14, 1$ の場合について示している。

表 8.3 検証免除の面積制限値の試算例

空間用途	出火率比 phf(H)/phf(K)	在館者密度比 $\rho_0(H)/\rho_0(K)$	空間面積(m <sup>2</sup> )			
			Pcas(K)=0.14		Pcas(K)=1	
			Sp無し	Sp有り p <sub>sp</sub> =0.8	Sp無し	Sp有り p <sub>sp</sub> =0.8
戸建住宅	1	1	175	441	47	119
共同住宅	1.5	1	229	578	62	156
事務所	4	0.48	270	681	73	184
物販店舗	7	0.12	156	393	42	106
飲食店舗	0.5	0.086	21	54	6	15
ホテル	3	0.375	189	477	51	129
劇場	1.2	0.04	23	58	6	16
病院	9	0.46	451	1137	122	307
学校	10	0.086	158	399	43	108

これらの中でどの値を検証不要の面積として使うべきかが問題になる。先ずSP設置有りの場合は、一応参考のために計算はしたが、居室避難という短時間の中にSPが作動することを期待することは難しいのではないと思う。従ってSP設置が有る場合でも、SP無しの場合の値が現実的な選択肢であろう。

また $p_{cas}(K)$ の値については、住宅ほど不利な条件で使用される居室空間は一般的には極めて稀であろうと思われる。表8.3の用途の中で、共同住宅の使われ方は戸建住宅と同様と考えられる。ホテル、学校、事務所、物販店舗、飲食店舗については、建築法規による規制が無くても居室が予想外の設計や使われ方がされる可能性は極めて低く、また避難能力は住宅より高いと思われるので、 $p_{cas}(K) = 1$ の場合の値を用いれば安全側であろう。しかし、病院、高齢者施設など避難能力が極端に低い特殊な場合は、出火確率だけで評価出来ないため、設計火源を設定して煙性状や避難性状を評価する必要が生じる。

## 8.2. ケーススタディー：事務所ビルの階避難

居室避難の避難対象者は出火室の在室者だけであるが、階避難では出火室が何処であれ、階全体の在館者が避難対象者数 $C_0(K)$ となる。許容避難確率は次式

$$p_{cas}^a(K) = R_a^D(K) / C_0(K) \quad (7.10 \text{ 再掲})$$

なので、 $C_0(K)$ が大きくなれば、避難リスクを許容値 $R_a^D(K)$ に収めるための許容死傷確率 $p_{cas}^a(K)$ は小さくならざるを得ない。

死傷確率を許容値 $p_{cas}^a(K)$ 以下に抑えるためには、円滑な避難行動を可能にするための避難経路が不可欠であるが、加えてこれら避難経路を保護するための SP、排煙、防火戸などの防火設備の重要性が高くなる。しかし、如何なる防火設備も作動信頼性は 100%ではないから、作動失敗のケースを含めたシナリオを考える必要がある。この節のケーススタディーではリスク基盤の避難安全検証法によって、事務所用途建物の階避難安全検証において、検証すべきシナリオや設計火源を適切に特定することが可能かどうかを検討する。

### 8.2.1 対象空間と設定条件

避難対象空間は高層建物の一般階とし、階の平面プランとしては図 8.3 のようなごく標準的なものを考える。事務所ビルの一般階の多くでは階避難の避難経路が

事務室（居室）→共用廊下→付室→階段

となっているのが標準的であり、廊下は火災室、非火災室を含めた階の在館者にとっての共用避難経路となる。従って、ここでの安全検証の対象は具体的には階の共用廊下である。

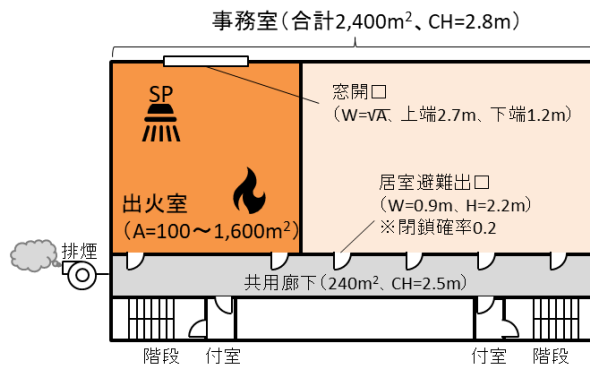


図 8.3 階避難ケーススタディーの対象プラン

今回のケーススタディーの対象階の諸元を表 8.4 に示す。

表 8.4 階の空間関係諸元等

項目	設定値	備考
合計居室面積	2,400m <sup>2</sup>	—
在館者数	300人	0.125人/m <sup>2</sup> × 2,400m <sup>2</sup>
廊下面積、天井高	240m <sup>2</sup> 、2.5m	合計居室面積2,400m <sup>2</sup> × 0.1
居室避難出口	幅0.9m、高さ2.2m	室面積200m <sup>2</sup> 毎に1避難出口 居室避難後の閉鎖確率0.2
廊下最大歩行距離	50m	廊下面積240m <sup>2</sup> /幅2m/階段2本-10m
階段付室扉	幅0.9m、高さ2.2m × 2か所	—
出火室面積、天井高	100~1,600m <sup>2</sup>	—
出火室親室率	1.0	—
窓開口	上端高さ：2.7m、下端高さ 1.2m、幅：√出火室面積	親室率の階避難への影響は無視

## (2)防火設備

階避難の安全に関連する防火設備として下記のものがあるものとする。

- ・スプリンクラー（居室）
- ・防火扉（or 防煙扉）（居室－廊下）
- ・排煙（廊下）

これらの設備の火災時における作動確率（SP：作動、防火扉：閉鎖、排煙：起動）については十分なデータがあるとは言えず、色々と議論があるところだが、ここでは一律に作動確率=0.8（不作動確率=0.2）とする（注 8.1）。

防火扉は閉鎖の場合でも幅 1cm、高さ扉高の隙間を見込む（注 8.2）。

排煙（廊下）は、廊下での煙層高さが  $0.9H_c$  となった時点で作動するものとする（ $H_c$ =廊下の天井高さ）。また、排煙風量は状況に応じて設定する。

## (3) 避難開始時間、安全判定基準

避難開始時間および安全判定基準は $Z_s$ を床からの煙層下端高さとして下記のように定める。

### (a)火災室および非火災室の避難開始時間

- 火災室：火災室で $Z_s = 0.9H_f$ となった時点（ $H_f$ =居室の天井高さ）
- 非火災室：廊下で $Z_s = 0.9H_c$ となった時点（ $H_c$ =廊下の天井高さ）

### (b) 火災室避難および階避難の安全の判定基準

- 火災室：火災室で $Z_s > 1.6 + 0.1H_f$ （ $H_f$ =居室の天井高さ）
- 非火災室：廊下で $Z_s > 1.6 + 0.1H_c$ （ $H_c$ =廊下の天井高さ）

（注 8.1）この値は、実際の防火設備の作動確率が平均的にこれ位あるという訳ではなく、今回のケーススタディーは設計火源の設定方法を示すことが目的なので、値によって結果にバイアスが掛からない方が良く考えたためである。作動確率については今後データの充実や作動確率の向上を図ることが必要である。

（注 8.2）因みに防火扉は、階避難に関する限りは避難終了までの間、出火室からの煙流出を防止できるものであれば良い。実際の建築物にはこれら以外の防火設備が設けられることもあるが、設備の数を増やすとシナリオの数がそれだけ多くなるので、今回のケーススタディーでは上記の最小限に絞った。

## 8.2.2 許容死傷確率と扉の開放確率

事務所建物には、様々な面積の事務室が配置される可能性があり、それによって出火確率や扉数が異なることを考慮する。

### (1) 許容避難リスク

$A_f(K)$ を出火室の面積として、設計ベースの許容避難リスクを次式で計算する。5.2 節、表 5.1 から事務所の出火率比は 4.0 であるから $R_a^D(K)$ は

$$R_a^D(K) = 1.5 \left\{ \frac{p_{hf}(H)}{p_{hf}(K)} \right\} \left\{ \frac{175}{A_f(K)} \right\}^{1/2} = 1.5 \times 4.0 \left\{ \frac{175}{A_f(K)} \right\}^{1/2} \quad (8.11)$$

### (2) 許容死傷確率

階避難は階全体の在館者が対象となる。従って、表 8.4 から階の全居室の面積を $A_f(K) = 2400\text{m}^2$ として



$$C_0 = \rho(K)A_F(K) = 0.125 \text{ (人/m}^2\text{)} \times 2400\text{m}^2 = 300 \text{ 人}$$

なので、許容死傷確率を次式で計算する（注 8.3）。

$$p_{cas}^a(K) = R_a^D(K)/C_0(K) = R_a^D(K)/300 \quad (8.12)$$

### (3) 居室扉の枚数と閉鎖失敗確率

居室の扉開口数は基本的には居室の通常時の使い勝手から決まり、これが火災時の避難出口ともなるが、避難上の必要性からの追加もある。出口数には幅があるが、ケーススタディーでは床面積 200m<sup>2</sup> 毎に 1 出口を追加する想定とした。なお扉数が増加する境界居室面積では増加前の出口数と + 1 をした数の両方について検討した。

階避難段階では出火室避難の後の扉が開放状態か閉鎖状態かが安全性に大きく影響する。8.2.1 節では、全ての防火設備の作動確率を 0.8 と仮定したから、扉 1 枚当たりの閉鎖確率は 0.8、開放確率は 0.2、従って、 $n$  枚の扉が  $p$  枚開放状態となる確率を下式で計算する。

$$p_D(n, p) = \binom{n}{p} 0.2^p 0.8^{n-p}$$

表 8.5 に出火室の面積毎の許容死傷確率の計算値を示す（注 8.4）。

表 8.5 居室（出火室）面積と許容死傷確率および扉開放数と生起確率

階人数 = 300人				
出火室面積 m <sup>2</sup>	許容死傷確率	扉条件と確率		
		扉数	開放数	生起確率
100	0.02646	1	0	0.8000
200	0.01871		1	0.2000
200	0.01871		0	0.6400
300	0.01528	2	1	0.3200
400	0.01323		2	0.0400
400	0.01323	3	0	0.5120
600	0.01080		1	0.3840
800	0.00935		2	0.0960
1000	0.00837		3	0.0080
1000	0.00837	4	0	0.4096
1200	0.00764		1	0.4096
1400	0.00707		2	0.1536
1600	0.00661		3	0.2560
1800	0.00624		4	0.0016

（注 8.3）階避難では  $C_0 = 300$  で一定だが、階のどの室で出火するかによって出火室面積  $A_f(K)$  が異なり、 $A_f(K)$  が大きくなるにしたがって許容避難リスク  $R_a^D(K)$  は小さくなるため、許容死傷確率  $p_{cas}^a(K)$  も小さくなる。

（注 8.4）実際には種々の条件に依存するが、火災区画面積が小さいほど死傷確率の許容値が大きいので、基本的には小規模に区画するほど避難計画上有利と言える。

### 8.2.3 許容避難確率の各シナリオへの配分と避難安全検証

火災室面積が 100~1600m<sup>2</sup>、避難扉の数が居室面積に応じて 1~4 有る場合を想定して、検証すべきシナリオとそれに対応する設計火源の特定、および選定された設計火源および設計火災シナリオの下での避難安全性検証について考察する。

検証には今回ケーススタディーの実施に当たって新たに開発したエクセル簡易煙流動予測プログラムおよび階避難時間簡易予測計算法を使用した。問題となるのは階避難時間中の煙層高さが安全基準高さ以上であるか否かである。なお検証予測では下記の仮定をしている。

- ① 階避難は廊下の煙層厚さが廊下天井高さの 10%になったとき一斉に開始する (注 8.5)
- ② 廊下の設備は遅くとも廊下の煙層厚さが廊下天井高さの 10%になるまでに作動させられる (注 8.6)
- ③ 火災室の温度が 300℃になったときは火災室の窓ガラスが破損する (注 8.7)

(注 8.5) 既に 8.2.1(3) 避難開始時間、安全判定基準に記した仮定である。

(注 8.6) 今回の検証例では排煙設備は廊下に設けられているものとしている。居室排煙を居室避難段階で作動させることは難しいが、階避難段階であれば起動システムの工夫によって作動する確率を高められると思われるので、階避難のための排煙設備を居室に設けることも有効になる可能性がある。

(注 8.7) 火災室の窓ガラスが破損すると自然排煙口と同じ働きをすることになり、階避難にとっても有利になることが多い。ガラスの種類によって破損はもっと低い温度で破損する場合もあるが、300℃は安全側に見た設定と考えている。

### 8.2.4 居室—廊下間の扉数 = 1 の場合 (居室面積=100m<sup>2</sup>、200m<sup>2</sup>)

#### (1) シナリオと許容死傷確率の配分

扉数 = 1 に対応する居室面積は 100m<sup>2</sup> と 200m<sup>2</sup> とした。表 8.6 は面積 A=100、200m<sup>2</sup> に対する避難対象空間の許容死傷確率 (表 8.5 の値)、防火設備の作動/不作動に基づく各シナリオの生起確率、および許容死傷確率の配分値 (案) を示している。設計ベースでのシナリオ確率の合計値は常に 1 であるが、各シナリオの許容死傷確率は表 8.5 に見られるように 1 よりかなり小さい。従って、殆どのシナリオではその生起確率より小さい許容死傷確率を配分せざるを得ない。

建物の階避難にとって、防火設備システムの作動 (今回は SP による火災規模制御、廊下排煙の作動、居室—廊下間の扉閉鎖) が全て失敗したシナリオは最も不利で対応が困難であるため、シナリオ 2-2-(2) にはシナリオ確率と等しい許容死傷確率を配分した。この場合、検証計算は不要である (注 8.8)。

階避難にとって出火室の扉が閉鎖していることは、それだけでかなり有利な条件であり、避難安全を図ることは容易であると考えられるので許容死傷確率からの配分を 0 とする。すなわち、火災成長係数  $\alpha_D$  が最大の  $\alpha_D = 0.2$  の設計火源を設定する (注 8.9)。全てのシナリオのうち扉が閉鎖したシナリオは 4 あるが、その中で最も不利なものはそれ以外のシステムが全て失敗したシナリオ、すなわち 2-2-(1) のケースであるから、この条件で安全を検証しておけば他は自動的により安全である。残りの扉が開いているシナリオに対して、不利なものに出来るだけ多くの許容死傷確率を配分した (注 8.10)。

表中のセルに赤字で示しているのがそのシナリオで設定すべき設計火源であり、

$$\alpha_D t^2 + Q_{sp} \quad \text{および} \quad \alpha_D t^2 + Q_{vt}$$

は、いずれも発熱速度が初期には時間の 2 乗で増加するが、その後はそれぞれスプリンクラー制御火源の最大発熱速度  $Q_{sp}$  および換気支配の最大発熱速度  $Q_{vt}$  で頭打ちになることを示している。



表 8.6 居室－廊下間の扉数＝1 の場合のシナリオと生起確率、許容死傷確率の配分、設計火源（例）

シナリオ NO	防火設備システムと作動確率				シナリオ 確率	A=100m <sup>2</sup>		A=200m <sup>2</sup>	
	SP	廊下排煙	扉（居室－廊下）			確率配分 0.02646	設計火源	確率配分 0.01871	設計火源
			開放数	確率					
1-1-(1)	成功 0.8	作動	0	0.8	0.512	0	2-2-(1)	0	2-2-(1)
1-1-(2)		0.8	1	0.2	0.128	0	$0.2t^2 + Q_{sp}$	0	1-2-(2)
1-2-(1)		不作動	0	0.8	0.128	0	2-2-(1)	0	2-2-(1)
1-2-(2)		0.2	1	0.2	0.032	0	$0.2t^2 + Q_{sp}$	0	$0.2t^2 + Q_{sp}$
2-1-(1)	失敗 0.2	作動	0	0.8	0.128	0	2-2-(1)	0	2-2-(1)
2-1-(2)		0.8	1	0.2	0.032	0.01846	$0.0077t^2 + Q_{vt}$	0.0107	$0.0161t^2 + Q_{vt}$
2-2-(1)		不作動	0	0.8	0.032	0	$0.2t^2 + Q_{vt}$	0	$(0.2t^2 + Q_{vt})$
2-2-(2)		0.2	1	0.2	0.008	0.008	—	0.008	—
計=					1.0	0.02646		0.01871	

（注 8.8） 普段の避難安全設計や性能検証で、そこまでの条件は考えなくて良いだろうと漠然と考えられていることを定量的に客観化したものとも言える。

（注 8.9） 6 節、7 節などを参照。

（注 8.10） 許容死傷確率が大きいほど設計火源が緩やかになる。

(2) 検証計算の例 (扉数=1、A=100 m<sup>2</sup>、200 m<sup>2</sup>)

表 8.6 でシナリオ 2-2-(2)は最も不利な場合のため、シナリオ生起確率と等しい値の許容死傷確率を分配することで検証免除した。また扉閉鎖の条件を持つシナリオは、扉に幾分隙間はあるものの、非常に有利なシナリオのため、ここでの検証計算例は次の2つのシナリオ、1-2-(2)と2-1-(2)について行った。

(2.1) シナリオ 1-2-(2) : SP 成功、廊下排煙不作動、扉 (1 枚) 開放

下図は左が火災室内、右が階の避難経路である廊下の煙層高さおよび温度および避難時間の計算結果である。なお、ピンクと緑の横線はそれぞれ火災室の避難者および非火災室の避難者の避難期間である。SP 制御された火源なので温度はそれ程高くないが、 $\alpha_D = 0.2$ の火源の拡大は非常に速いので居室の避難にも余裕が殆ど無い。また階避難者 300 人の殆どが非出火室の避難者で避難に時間がかかるため、かなりの人数が煙に曝される結果となった。

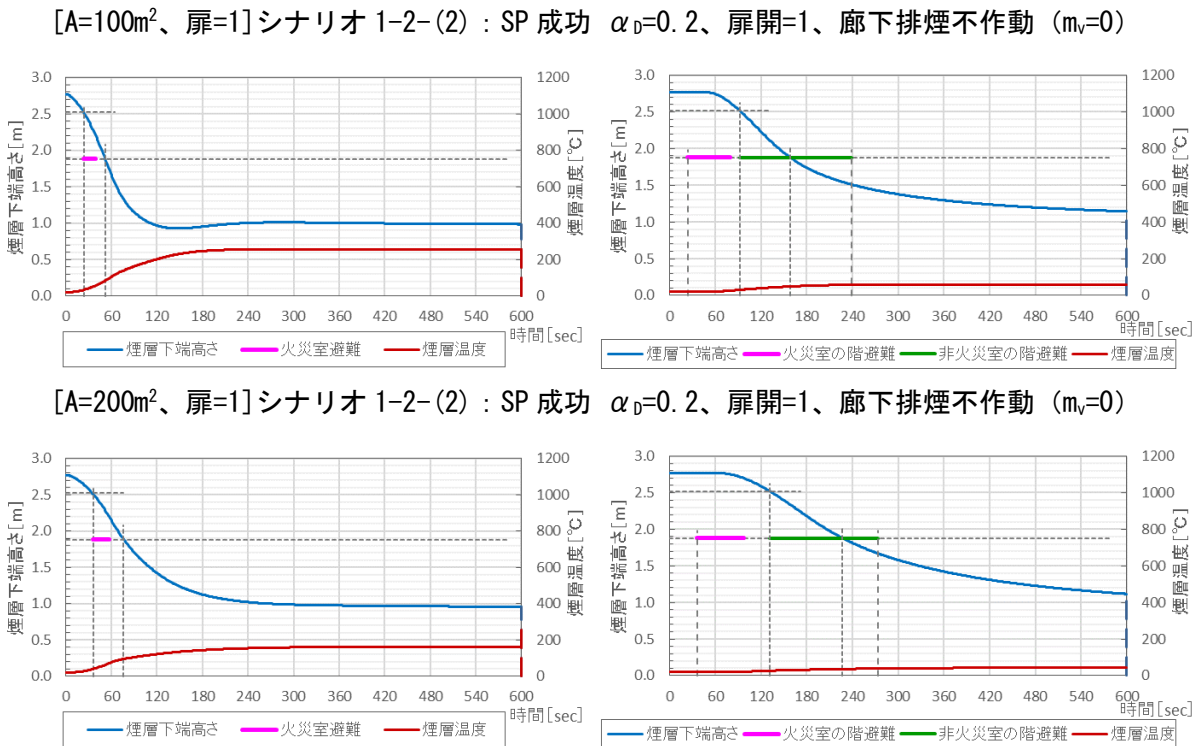


図 8.4 計算結果 (シナリオ 1-2-(2))

このような場合には、避難環境を改善するための何らかの方法を講じて煙に曝される避難者の発生を 0 にする必要がある。例えば、火災室扉の閉鎖信頼性を向上させる、階段に至る避難経路を拡充する等、色々な方法が考えられる。

ここでは、現行法規で居室排煙が要求されているので、居室機械排煙 (排煙風量 120m<sup>3</sup>/min、火災室の煙層厚さが天井高さの 10%になると作動) の効果を調べて見よう。すると下図のように廊下でも避難者が煙に曝されることは無くなり、階避難の安全確保への効果が確認される。ただし、このように新たに防火設備を追加するときは、その作動/不作動の確率を考慮する必要があるので、本来は表 8.6 が変更される。

[A=100m<sup>2</sup>、扉=1]シナリオ 1-2-(2) : SP 成功  $\alpha_D=0.2$ 、扉開=1、廊下排煙不作動 ( $m_v=0$ )  
 例 : 居室排煙 (120m<sup>3</sup>/min) を追加した場合

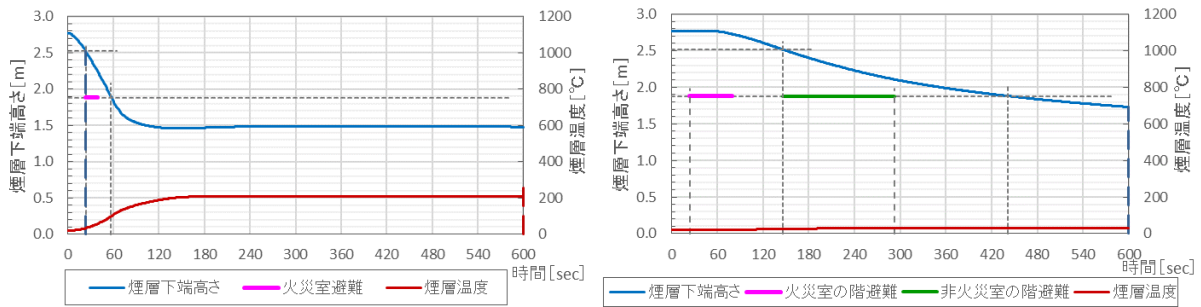
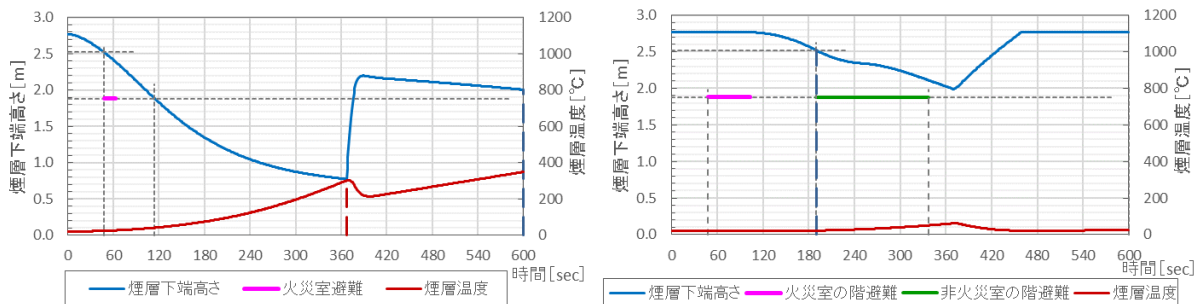


図 8.5 計算結果 (シナリオ 1-2-(2)+居室排煙)

(2-2) シナリオ 2-1-(2) : SP 失敗、排煙作動、扉(1枚)開放

このシナリオは、火源のSP制御、扉閉鎖に失敗している不利なシナリオである。しかしながら、設計火源の拡大速度が比較的緩やかなこと、および廊下の機械排煙が作動する条件であることが寄与して、死傷者数は0となる。ちなみに、360秒を超えたあたりで火災室窓ガラスが温度上昇で割れて居室排煙が有ると同様になったことも寄与している(注8.11)。

[A=100m<sup>2</sup>、扉=1]シナリオ 2-1-(2) : A√H 支配  $\alpha_D=0.0077$ 、扉開=1、廊下排煙作動 ( $m_v=120$ )



[A=200m<sup>2</sup>、扉=1]シナリオ 2-1-(2) : A√H 支配  $\alpha_D=0.0161$ 、扉開=1、廊下排煙作動 ( $m_v=120$ )

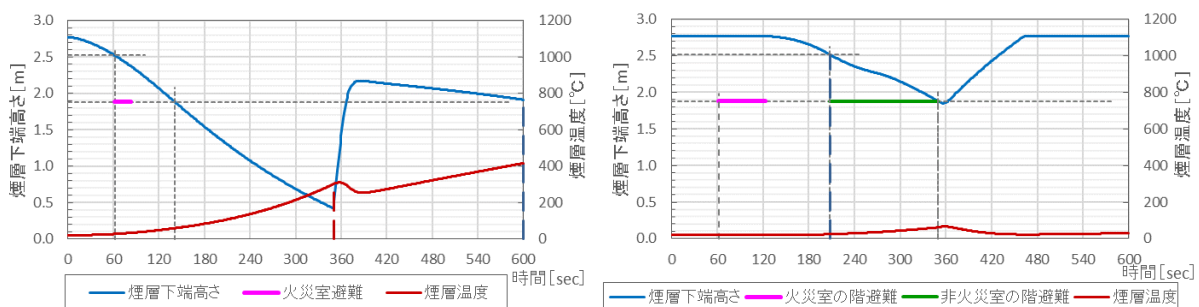


図 8.6 計算結果 (シナリオ 2-1-(2))

(注 8.11) シナリオ 1-2-(2) (SP による火災拡大抑制有効、排煙不作動) と 2-1-(2) (SP による火災拡大抑制失敗、排煙作動) の 2 つのシナリオについては、避難安全設計上どちらが難しいかが具体的な空間の条件による可能性がある。それを考慮すれば、許容死傷確率をシナリオ 2-1-(2) ではなく、シナリオ 1-2-(2) の方に配分、あるいは両方に分割配分の方が優れている可能性もある。

## 8.2.5 居室一廊下間の扉数=2 の場合 (A=200m<sup>2</sup>、300m<sup>2</sup>、400m<sup>2</sup>)

### (1) シナリオと許容死傷確率の分配

表 8.7 に示すように、出火室面積の増加と共に許容死傷確率が小さくなり、また出口扉の数の増加によりシナリオの数が増す。対象空間面積 A=200m<sup>2</sup>、300m<sup>2</sup> の場合には空間の許容死傷確率を非常に不利なシナリオである 2-2-(2)、2-2-(3)に配分して検証不要にすることが出来るが、A=400m<sup>2</sup> の場合には許容死傷確率が少し不足する。

表 8.7 居室一廊下間の扉数=2 の場合のシナリオと生起確率、許容死傷確率の配分、設計火源 (例)

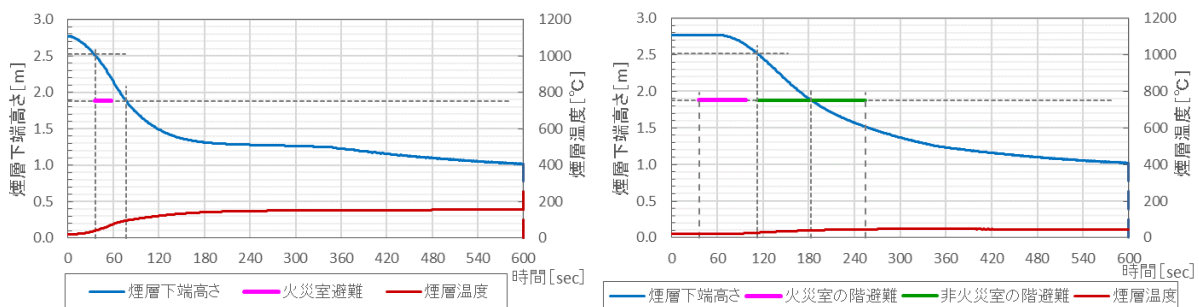
シナリオ NO	防火設備システムと作動確率				シナリオ 確率	A=200m <sup>2</sup>		A=300m <sup>2</sup>		A=400m <sup>2</sup>	
	SP	廊下排煙	扉 (居室一廊下)			確率配分	設計火源	確率配分	設計火源	確率配分	設計火源
			開放数	確率							
1-1-(1)	成功 0.8	作動 0.8	0	0.64	0.4096	0	2-2-(1)	0	2-2-(1)	0	2-2-(1)
1-1-(2)			1	0.32	0.2048	0	1-2-(3)	0	1-1-(3)	0	1-1-(3)
1-1-(3)			2	0.04	0.0256	0	0.2t <sup>2</sup> +Q <sub>sp</sub>	0	0.2t <sup>2</sup> +Q <sub>sp</sub>	0	0.2t <sup>2</sup> +Q <sub>sp</sub>
1-2-(1)		不作動 0.2	0	0.64	0.1024	0	2-2-(1)	0	2-2-(1)	0	2-2-(1)
1-2-(2)			1	0.32	0.0512	0	1-2-(3)	0	1-2-(3)	0	1-2-(3)
1-2-(3)			2	0.04	0.0064	0.0064	0	0.2t <sup>2</sup> +Q <sub>sp</sub>	0	0.2t <sup>2</sup> +Q <sub>sp</sub>	0
2-1-(1)	失敗 0.2	作動 0.8	0	0.64	0.1024	0	2-2-(1)	0	2-2-(1)	0	2-2-(1)
2-1-(2)			1	0.32	0.0512	0	0.2t <sup>2</sup> +Q <sub>vt</sub>	0	0.2t <sup>2</sup> +Q <sub>vt</sub>	0	2-1-(3)
2-1-(3)			2	0.04	0.0064	0.0064	0.0043	0.0057t <sup>2</sup> +Q <sub>vt</sub>	0.0009	0.0356t <sup>2</sup> +Q <sub>vt</sub>	0
2-2-(1)		不作動 0.2	0	0.64	0.0256	0	(0.2t <sup>2</sup> +Q <sub>vt</sub> )	0	(0.2t <sup>2</sup> +Q <sub>vt</sub> )	0	(0.2t <sup>2</sup> +Q <sub>vt</sub> )
2-2-(2)			1	0.32	0.0128	0.0128	—	0.0128	—	0.0116	0.002t <sup>2</sup> +Q <sub>vt</sub>
2-2-(3)			2	0.04	0.0016	0.0016	0.0016	—	0.0016	—	—
計=					1.0	0.01871		0.01528		0.01323	

### (2) 検証計算の例 (扉数=2、A=200m<sup>2</sup>、300m<sup>2</sup>、400m<sup>2</sup>)

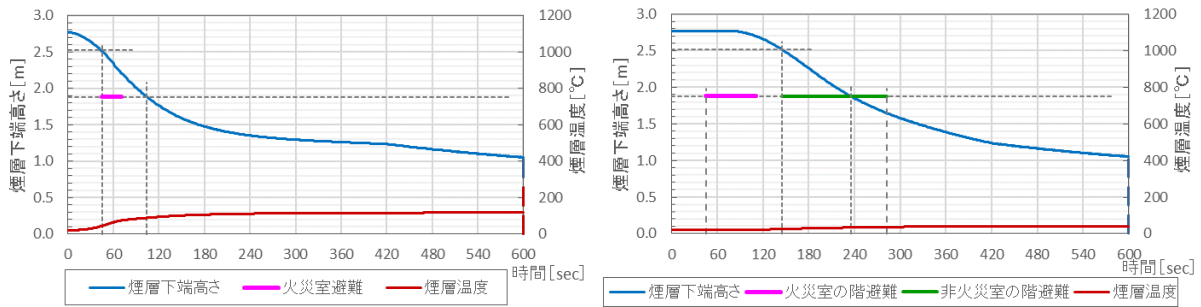
#### (2-1) シナリオ 1-2-(3) SP 成功、廊下排煙不作動、扉 (2 枚) 開放

煙性状計算の結果によれば排煙不作動のシナリオでは階避難時間が避難安全のための条件を満たさないため、8.2.4 (2-1)と同様に何らかの改善対策を講じる必要がある。

[A=200m<sup>2</sup>、扉=2]シナリオ 1-2-(3) : SP 成功 α<sub>0</sub>=0.2、扉開=2、廊下排煙不作動 (m<sub>v</sub>=0)



[A=300m<sup>2</sup>、扉=2] シナリオ 1-2-(3) : SP 成功  $\alpha_D=0.2$ 、扉開=2、廊下排煙不作動 ( $m_V=0$ )



[A=400m<sup>2</sup>、扉=2] シナリオ 1-2-(3) : SP 成功  $\alpha_D=0.2$ 、扉開=2、廊下排煙不作動 ( $m_V=0$ )

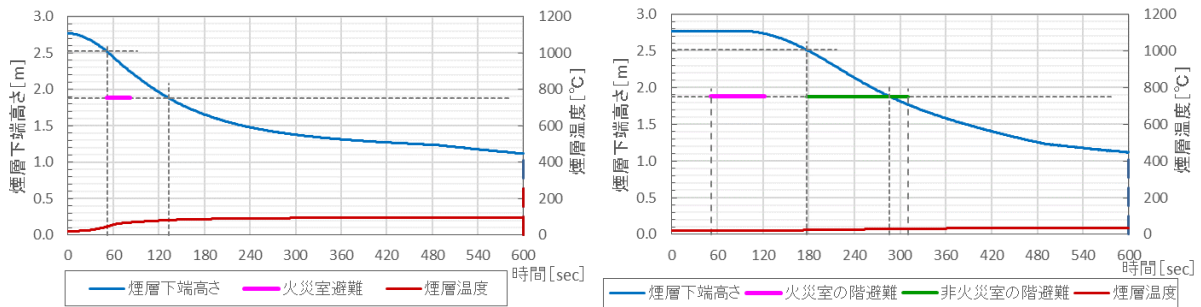
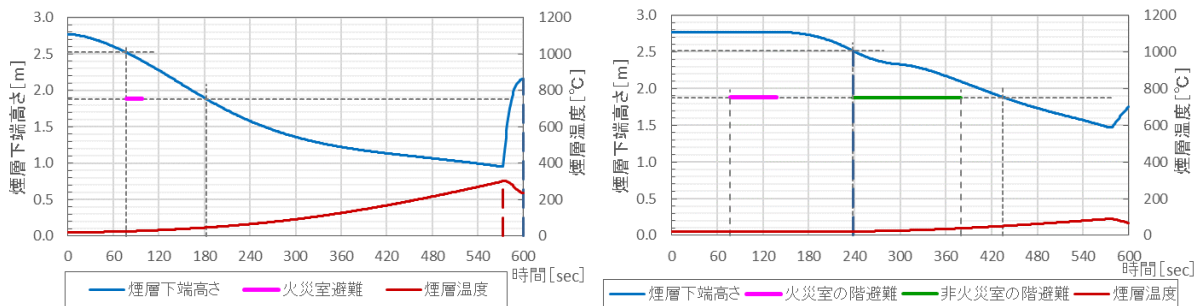


図 8.7 計算結果 (シナリオ 1-2-(3))

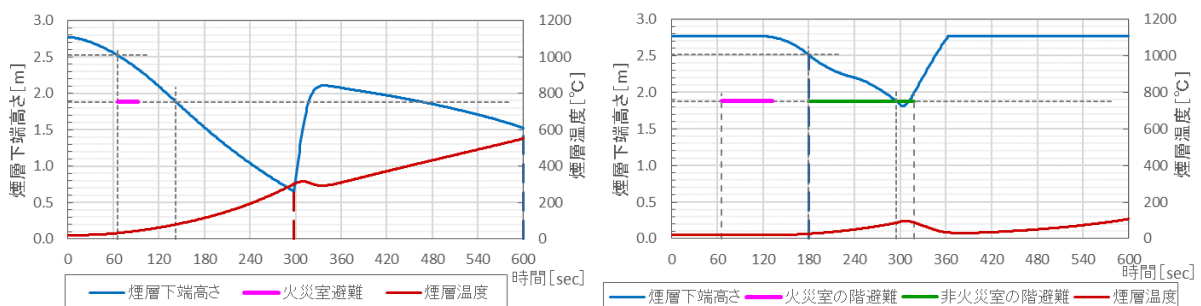
(2-2) シナリオ 2-1-(3) : SP 失敗、廊下排煙作動、扉 (2 枚) 開放

SP による火災制御が失敗し、かつ火災室-廊下扉も 2 枚開いている不利なシナリオであるが、火災室温度の上昇で窓ガラスが破損して煙が流出すること、廊下排煙が作動する条件であることにより階避難中の安全は確保される。但し、火災が拡大を継続して換気支配火災に至る条件なので、最終的には廊下の安全は失われる。階避難後に廊下を消防隊の活動空間とするなら別の手段を講じる必要がある。

[A=200m<sup>2</sup>、扉=2] シナリオ 2-1-(3) : A√H 支配  $\alpha_D=0.0057$ 、扉開=2、廊下排煙作動 ( $m_V=120$ )



[A=300m<sup>2</sup>、扉=2] シナリオ 2-1-(3) : A√H 支配  $\alpha_D=0.0356$ 、扉開=2、廊下排煙作動 ( $m_V=240$ )



[A=400m<sup>2</sup>、扉=2]シナリオ 2-1-(3) : A√H 支配  $\alpha_D=0.2$ 、扉開=2、廊下排煙作動 ( $m_v=120$ )

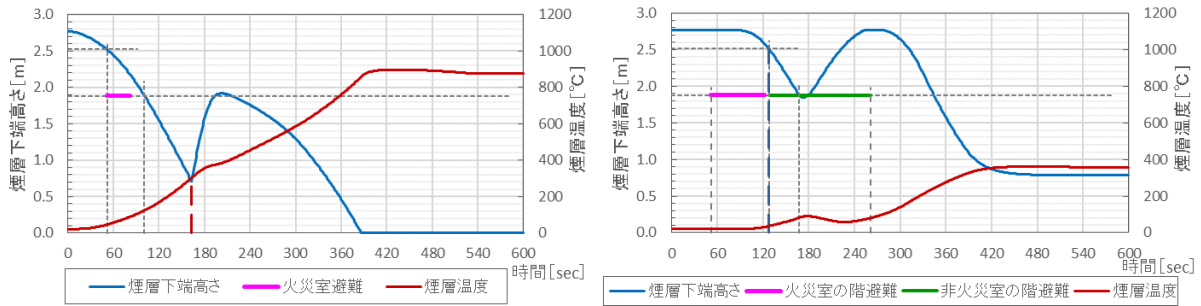


図 8.8 計算結果 (シナリオ 2-1-(3))

(2-3) シナリオ 2-2-(2) : SP 失敗、廊下排煙不作動、火災室-廊下扉 1 枚開放

火災室面積 400m<sup>2</sup> のシナリオに配分した許容死傷確率の値はシナリオの生起確率に近い。このため火災の成長速度は緩やかになり、階避難の安全は確保される。ただし、この成長速度の緩やかさを考えれば、許容死傷確率の一部を他のシナリオに分配することが出来たかも知れない。

[A=400m<sup>2</sup>、扉=2]シナリオ 2-2-(2) : A√H 支配  $\alpha_D=0.002$ 、扉開=1、廊下排煙不作動 ( $m_v=0$ )

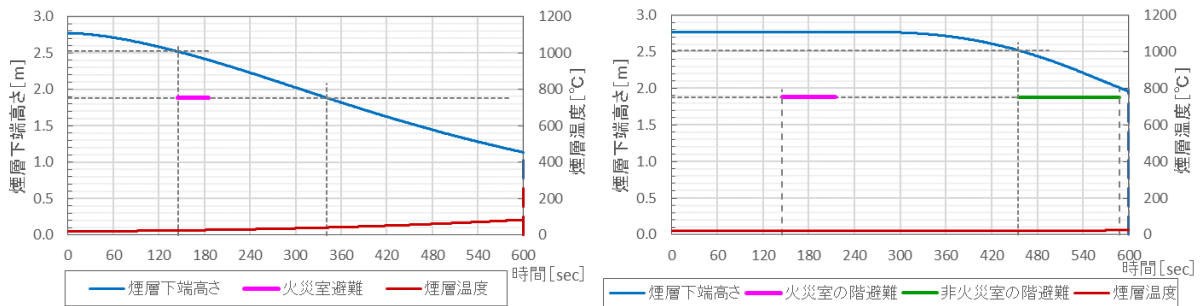


図 8.9 計算結果 (シナリオ 2-2-(2))



## 8.2.6 居室－廊下間の扉数＝3 の場合のシナリオ、(A=400m<sup>2</sup>、600m<sup>2</sup>、800m<sup>2</sup>、1000m<sup>2</sup>)

### (1) シナリオと許容死傷確率の分配

扉数が3の場合、閉鎖失敗の数が2、3枚となるときのシナリオの生起確率は小さいが、出火室面積がこの規模だと許容死傷確率が小さくなる。このためSPによる火災制御が失敗した時、扉が1枚開いているシナリオ2-2-(2)の検証計算を不要とするための余裕が無くなる。

またSP成功だが、廊下排煙不作動のときのシナリオ1-2-(4)にも許容死傷確率を配分することが難しいので、SP成功、廊下排煙不作動の場合の全てのシナリオへの配分は0とした。なお、この中で最も不利なのは全ての扉が開放のシナリオ1-2-(4)であるから、このシナリオで避難安全基準が満足されれば、他のシナリオ1-2-(1)～1-2-(3)は自動的に満足される。

表 8.8 居室－廊下間の扉数＝3 の場合のシナリオと生起確率、許容死傷確率の配分、設計火源 (例)

シナリオ NO	防火設備システムと作動確率				シナリオ 確率	A=400m <sup>2</sup>		A=600m <sup>2</sup>		A=800m <sup>2</sup>		A=1,000m <sup>2</sup>	
	SP	廊下排煙	扉 (居室－廊下)			確率配分 0.01323	設計火源	確率配分 0.0108	設計火源	確率配分 0.00935	設計火源	確率配分 0.00837	設計火源
			開放数	確率									
1-1-(1)	成功	0.8	0	0.512	0.3277	0	2-2-(1)	0	2-2-(1)	0	2-2-(1)	0	2-2-(1)
1-1-(2)			1	0.384	0.2458	0	1-1-(4)	0	1-1-(4)	0	1-1-(4)	0	1-1-(4)
1-1-(3)			2	0.096	0.0614	0	1-1-(4)	0	1-1-(4)	0	1-1-(4)	0	1-1-(4)
1-1-(4)			3	0.008	0.0051	0	0.2t <sup>2</sup> +Q <sub>sp</sub>	0	0.2t <sup>2</sup> +Q <sub>sp</sub>	0	0.2t <sup>2</sup> +Q <sub>sp</sub>	0	0.2t <sup>2</sup> +Q <sub>sp</sub>
1-2-(1)	0.8	不作動	0	0.512	0.0819	0	2-2-(1)	0	2-2-(1)	0	2-2-(1)	0	2-2-(1)
1-2-(2)			1	0.384	0.0614	0	1-2-(4)	0	1-2-(4)	0	1-2-(4)	0	1-2-(4)
1-2-(3)			2	0.096	0.0154	0	1-2-(4)	0	1-2-(4)	0	1-2-(4)	0	1-2-(4)
1-2-(4)			3	0.008	0.0013	0	0.2t <sup>2</sup> +Q <sub>sp</sub>	0	0.2t <sup>2</sup> +Q <sub>sp</sub>	0	0.2t <sup>2</sup> +Q <sub>sp</sub>	0	0.2t <sup>2</sup> +Q <sub>sp</sub>
2-1-(1)	失敗	0.8	0	0.512	0.0819	0	2-2-(1)	0	2-2-(1)	0	2-2-(1)	0	2-2-(1)
2-1-(2)			1	0.384	0.0614	0	2-1-(4)	0	2-1-(4)	0	2-1-(4)	0	2-1-(4)
2-1-(3)			2	0.096	0.0154	0	2-1-(4)	0	2-1-(4)	0	2-1-(4)	0	2-1-(4)
2-1-(4)			3	0.008	0.0013	0	0.2t <sup>2</sup> +Q <sub>vt</sub>	0.0009	0.2t <sup>2</sup> +Q <sub>vt</sub>	0	0.2t <sup>2</sup> +Q <sub>vt</sub>	0	0.2t <sup>2</sup> +Q <sub>vt</sub>
2-2-(1)	0.2	不作動	0	0.512	0.0205	0	(0.2t <sup>2</sup> +Q <sub>vt</sub> )	0	(0.2t <sup>2</sup> +Q <sub>vt</sub> )	0	(0.2t <sup>2</sup> +Q <sub>vt</sub> )	0	(0.2t <sup>2</sup> +Q <sub>vt</sub> )
2-2-(2)			1	0.384	0.0154	0.0091	0.0074t <sup>2</sup> +Q <sub>vt</sub>	0.0066	0.0119t <sup>2</sup> +Q <sub>vt</sub>	0.0052	0.016t <sup>2</sup> +Q <sub>vt</sub>	0.0042	0.0198t <sup>2</sup> +Q <sub>vt</sub>
2-2-(3)			2	0.096	0.0038	0.0038	—	0.0038	—	0.0038	—	0.0038	—
2-2-(4)			3	0.008	0.0003	0.0003	—	0.0003	—	0.0003	—	0.0003	—
計=					1.0	0.01323	0.0108	0.00935	0.00837				

### (2) 検証計算の例 (A=400m<sup>2</sup>、600m<sup>2</sup>、800m<sup>2</sup>、1000m<sup>2</sup>)

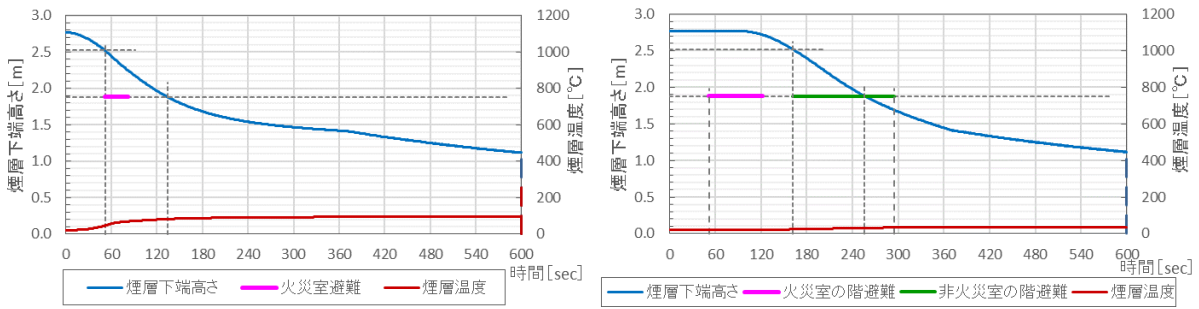
#### (2-1) シナリオ1-2-(4)：SP成功、廊下排煙不作動、火災室－廊下扉3枚開放

この場合の煙と避難性状の計算結果を図8.10に示す。設計火源の発熱速度はいずれの面積においても $\alpha_D t^2 + Q_{sp}$ でSP制御火源の最大値であるが、出火室面積が大きくなるほど、出火室、廊下とも煙層の降下は緩やかに、また温度は低くなる。伴って、A=400m<sup>2</sup>のケースでは避難安全基準を満たすには若干至っていないが、面積が大きくなるほど避難に余裕が生じている。

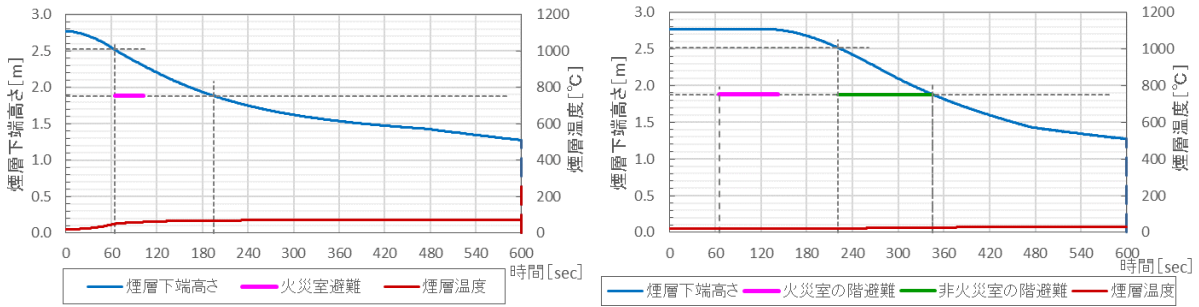
これは火災の拡大がSP制御の効果で抑制されることに加えて、出火室の面積が大きいくほど、出火室が大きな煙だめの役割を果たして廊下への煙流出速度を小さくすること、及び遅れて避難を開始する非出火室からの避難者数が少なくなるためである。



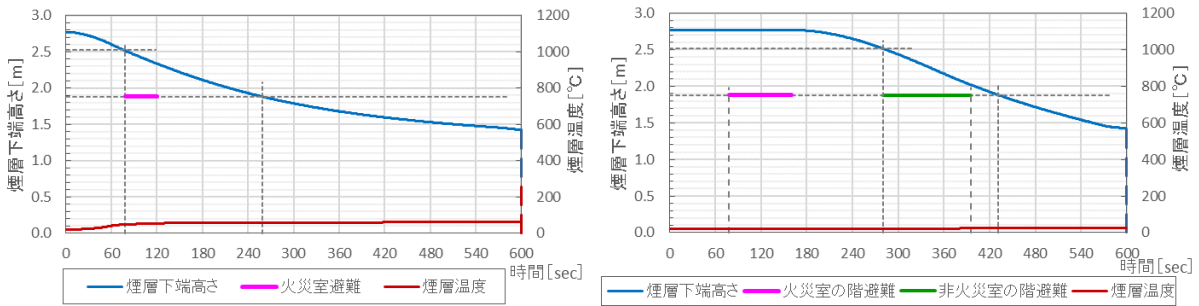
[A=400m<sup>2</sup>、扉=3] シナリオ 1-2-(4) : SP 成功  $\alpha_D=0.2$ 、扉開=3、廊下排煙不作動 ( $m_V=0$ )



[A=600m<sup>2</sup>、扉=3] シナリオ 1-2-(4) : SP 成功  $\alpha_D=0.2$ 、扉開=3、廊下排煙不作動 ( $m_V=0$ )



[A=800m<sup>2</sup>、扉=3] シナリオ 1-2-(4) : SP 成功  $\alpha_D=0.2$ 、扉開=3、廊下排煙不作動 ( $m_V=0$ )



[A=1000m<sup>2</sup>、扉=3] シナリオ 1-2-(4) : SP 成功  $\alpha_D=0.2$ 、扉開=3、廊下排煙不作動 ( $m_V=0$ )

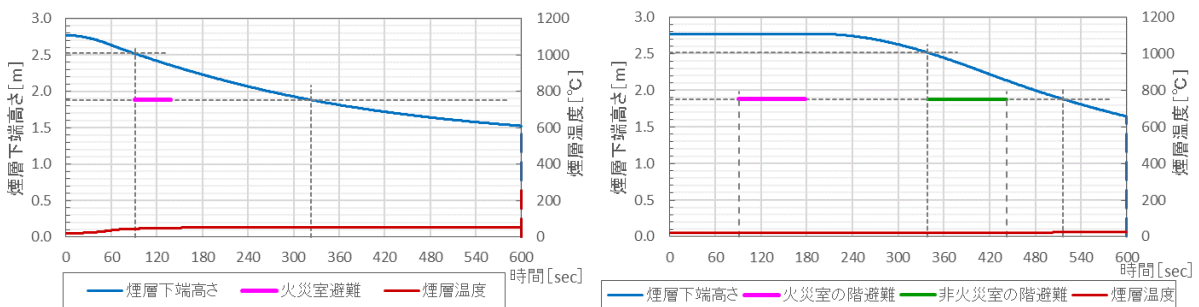


図 8.10 計算結果 (シナリオ 1-2-(4))

(2-2) シナリオ 2-2-(2) : SP 失敗、廊下排煙不作動、火災室－廊下扉 1 枚開放

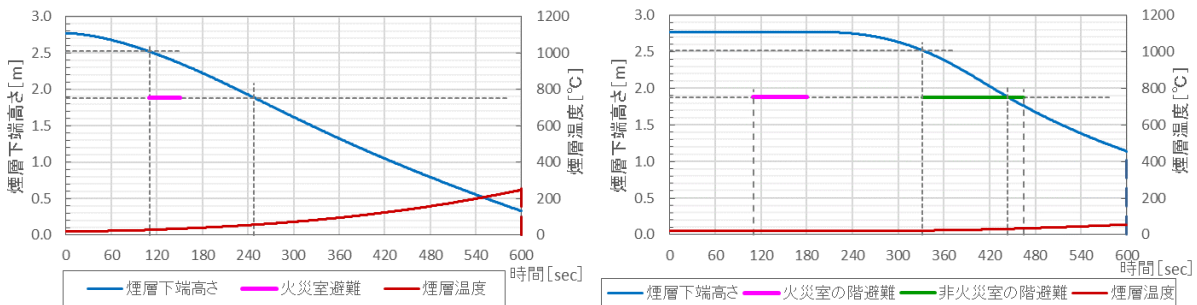
このシナリオは SP による火災抑制に失敗した上に、廊下排煙不作動、火災室扉 1 枚付閉鎖と、かなり条件の厳しいシナリオであるが、ある程度許容死傷確率を配分出来るので火災の拡大速度が比較的緩やかな設計火源の設定が可能である。

出火室面積が大きくなると、許容死傷確率が小さくなるので火源の拡大速度が大きくなるが、逆に出火室内での煙の拡大が遅くなるので、出火室面積が大きくなることの影響は相殺される傾向にある。

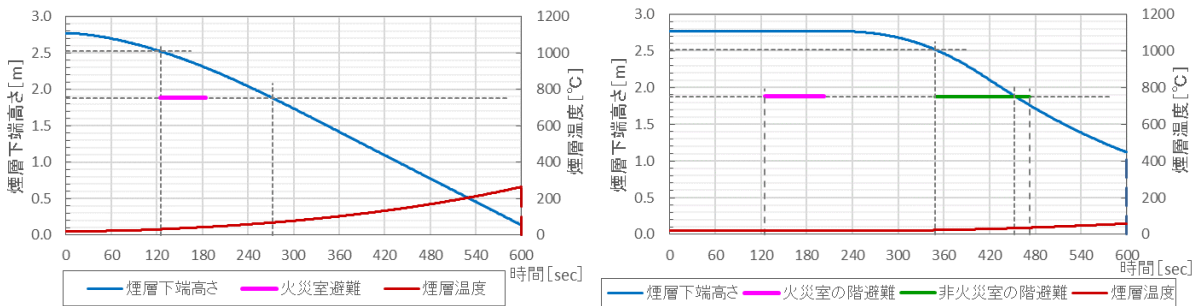
図 8.11 の計算結果によれば、 $A=400\text{m}^2$ 、 $600\text{m}^2$  のケースで幾分避難安全基準を満たさないが、例えば非火災室の避難開始時間を早める対策等で改善は可能であろう。

なお、このシナリオの火災は成長火災であるから、このまま推移すれば最終的には廊下は避難や消防活動が困難になる。消防活動の確保のためには避難階段付室の煙制御なども考慮した計画が必要かも知れない。

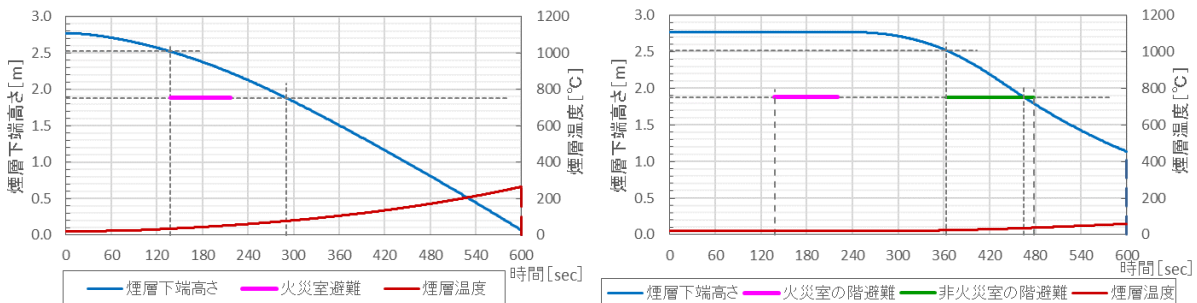
[ $A=400\text{m}^2$ 、扉=1]シナリオ 2-2-(2) :  $A\sqrt{H}$  支配  $\alpha_D=0.0074$ 、扉開=1、廊下排煙不作動 ( $m_v=0$ )



[ $A=600\text{m}^2$ 、扉=1]シナリオ 2-2-(2) :  $A\sqrt{H}$  支配  $\alpha_D=0.0119$ 、扉開=1、廊下排煙不作動 ( $m_v=0$ )



[ $A=800\text{m}^2$ 、扉=1]シナリオ 2-2-(2) :  $A\sqrt{H}$  支配  $\alpha_D=0.016$ 、扉開=1、廊下排煙不作動 ( $m_v=0$ )



[A=1000m<sup>2</sup>、扉=1]シナリオ 2-2-(2) : A√H 支配  $\alpha_D=0.0198$ 、扉開=1、廊下排煙不作動 ( $m_v=0$ )

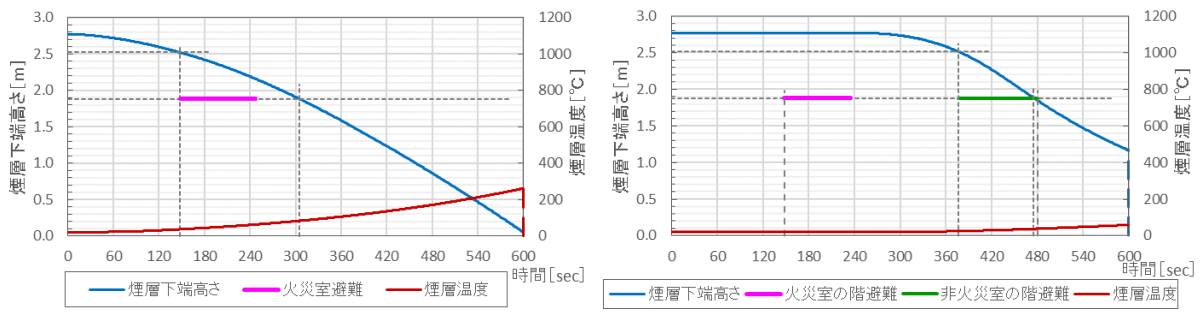


図 8.11 計算結果 (シナリオ 2-2-(2))

## 8.2.7 居室－廊下間の扉数=4 の場合のシナリオ、(A=1000m<sup>2</sup>、1200m<sup>2</sup>、1400m<sup>2</sup>、1600m<sup>2</sup>)

### (1) シナリオと許容死傷確率の分配

この検証計算例は前記 8.2.6 節の検証計算(例)と類似である。

SP 失敗、廊下排煙不作動の条件では、A=1000m<sup>2</sup>、1200m<sup>2</sup>、1400m<sup>2</sup> の場合の、シナリオ 2-2-(3)、2-2-(4)、2-2-(5)を検証不要に出来るように許容死傷確率を配分することが出来る。また、この配分の余剰を 2-2-(2)に配分すればその値に応じて、設計火源の拡大速度を緩和できる。

一方、A=1600m<sup>2</sup> の場合にはシナリオ 2-2-(3)を検証不要にするためには許容死傷確率の持ち分が不足する。そこで若しシナリオ 2-2-(4)、2-2-(5)に配分した残りを全てシナリオ 2-2-(3)に配分したとすれば設計火源は非常に緩やかなものになり、避難安全の判定基準を満足することは極めて簡単になる。しかし、そうするとシナリオ 2-2-(2)には配分出来る許容死傷確率の手持ちがなくなるので、配分を 0 として極めて厳しい設計火源の下で避難安全の判定基準を満足することが必要になる。

そこで、A=1600m<sup>2</sup> の場合には、シナリオ 2-2-(4)、2-2-(5)に配分した許容死傷確率の残りをシナリオ 2-2-(2)と 2-2-(3)の設計火源がバランス良く緩やかになるように配分した。更に、A=1400m<sup>2</sup> の場合はシナリオ 2-2-(3)の検証計算を不要にするよう配分することは可能だが、するとシナリオ 2-2-(2)の設計火源が厳しいものになるので、シナリオ 2-2-(2)と 2-2-(3)の設計火源のバランスが取れるように許容死傷確率の配分を工夫した。

表 8.9 居室－廊下間の扉数=4 の場合のシナリオと生起確率、許容死傷確率の配分、設計火源 (例)

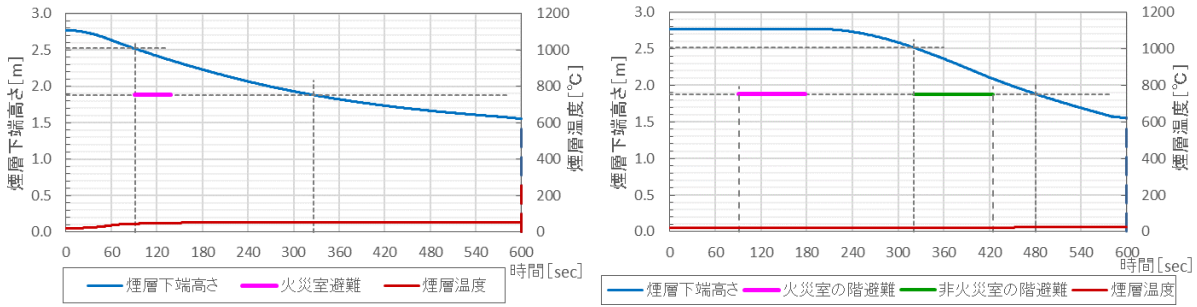
シナリオ NO	防火設備システムと作動確率				シナリオ 確率	A=1,000m <sup>2</sup>		A=1,200m <sup>2</sup>		A=1,400m <sup>2</sup>		A=1,600m <sup>2</sup>	
	SP	廊下排煙	扉 (居室－廊下)			確率配分 0.00837	設計火源	確率配分 0.00764	設計火源	確率配分 0.00707	設計火源	確率配分 0.00661	設計火源
			開放数	確率									
1-1-(1)	成功 0.8	作動 0.8	0	0.410	0.2621	0	2-2-(1)	0	2-2-(1)	0	2-2-(1)	0	2-2-(1)
1-1-(2)			1	0.410	0.2621	0	1-1-(5)	0	1-1-(5)	0	1-1-(5)	0	1-1-(5)
1-1-(3)			2	0.154	0.0983	0	1-1-(5)	0	1-1-(5)	0	1-1-(5)	0	1-1-(5)
1-1-(4)			3	0.026	0.0164	0	1-1-(5)	0	1-1-(5)	0	1-1-(5)	0	1-1-(5)
1-1-(5)			4	0.002	0.0010	0	0.2t <sup>2</sup> +Q <sub>sp</sub>	0	0.2t <sup>2</sup> +Q <sub>sp</sub>	0	0.2t <sup>2</sup> +Q <sub>sp</sub>	0	0.2t <sup>2</sup> +Q <sub>sp</sub>
1-2-(1)		不作動 0.2	0	0.410	0.0655	0	2-2-(1)	0	2-2-(1)	0	2-2-(1)	0	2-2-(1)
1-2-(2)			1	0.410	0.0655	0	1-2-(5)	0	1-2-(5)	0	1-2-(5)	0	1-2-(5)
1-2-(3)			2	0.154	0.0246	0	1-2-(5)	0	1-2-(5)	0	1-2-(5)	0	1-2-(5)
1-2-(4)			3	0.026	0.0041	0	1-2-(5)	0	1-2-(5)	0	1-2-(5)	0	1-2-(5)
1-2-(5)			4	0.002	0.0003	0	0.2t <sup>2</sup> +Q <sub>sp</sub>	0	0.2t <sup>2</sup> +Q <sub>sp</sub>	0	0.2t <sup>2</sup> +Q <sub>sp</sub>	0	0.2t <sup>2</sup> +Q <sub>sp</sub>
2-1-(1)	失敗 0.2	作動 0.8	0	0.410	0.0655	0	2-2-(1)	0	2-2-(1)	0	2-2-(1)	0	2-2-(1)
2-1-(2)			1	0.410	0.0655	0	2-1-(5)	0	2-1-(5)	0	2-1-(5)	0	2-1-(5)
2-1-(3)			2	0.154	0.0246	0	2-1-(5)	0	2-1-(5)	0	2-1-(5)	0	2-1-(5)
2-1-(4)			3	0.026	0.0041	0	2-1-(5)	0	2-1-(5)	0	2-1-(5)	0	2-1-(5)
2-1-(5)			4	0.002	0.0003	0	0.2t <sup>2</sup> +Q <sub>vt</sub>	0	0.2t <sup>2</sup> +Q <sub>vt</sub>	0	0.2t <sup>2</sup> +Q <sub>vt</sub>	0	0.2t <sup>2</sup> +Q <sub>vt</sub>
2-2-(1)		不作動 0.2	0	0.410	0.0164	0	0.2t <sup>2</sup> +Q <sub>vt</sub>	0	0.2t <sup>2</sup> +Q <sub>vt</sub>	0	2-2-(2)	0	2-2-(2)
2-2-(2)			1	0.410	0.0164	0.00113	0.0222t <sup>2</sup> +Q <sub>vt</sub>	0.0004	0.0369t <sup>2</sup> +Q <sub>vt</sub>	0.00403	0.022t <sup>2</sup> +Q <sub>vt</sub>	0.0036	0.0244t <sup>2</sup> +Q <sub>vt</sub>
2-2-(3)			2	0.154	0.0061	0.0061	—	0.0061	—	0.0020	0.0171t <sup>2</sup> +Q <sub>vt</sub>	0.0019	0.0173t <sup>2</sup> +Q <sub>vt</sub>
2-2-(4)			3	0.026	0.0010	0.0010	—	0.0010	—	0.0010	—	0.0010	—
2-2-(5)			4	0.002	0.0001	0.0001	—	0.0001	—	0.0001	—	0.0001	—
計=					1.0	0.00837	0.00764	0.00707	0.00661				

(2) 検証計算の例 (A=1000m<sup>2</sup>、1200m<sup>2</sup>、1400m<sup>2</sup>、1600m<sup>2</sup>)

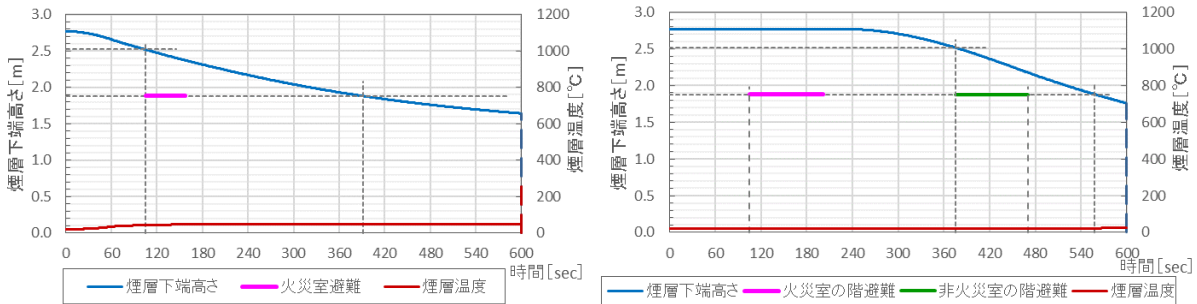
(2-1) シナリオ 1-2-(4) : SP 成功、廊下排煙不作動、火災室-廊下扉 4 枚開放

面積がこの規模で、火災の拡大が SP により抑制されたシナリオでは、火災室の面積が大きいことと自体が煙の廊下への拡大を抑制しており、居室のみならず、階避難のためにも十分な時間を与えていると言えよう。また火災階の全避難者の多くの部分が火災室避難の段階から連続的に階避難に移って避難を完了させてしまう点も、非火災室避難者の階避難にとって有利な側面であろう。

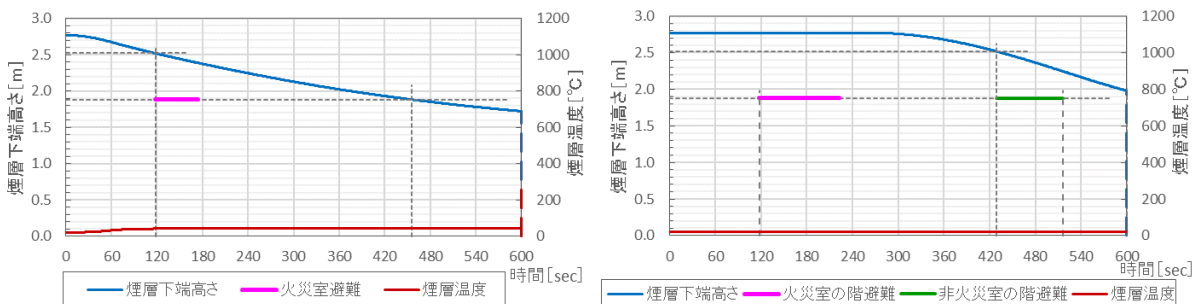
[A=1000m<sup>2</sup>、扉=4] シナリオ 1-2-(4) : SP 成功  $\alpha_0=0.2$ 、扉開=4、廊下排煙不作動 ( $m_v=0$ )



[A=1200m<sup>2</sup>、扉=4] シナリオ 1-2-(4) : SP 成功  $\alpha_0=0.2$ 、扉開=4、廊下排煙不作動 ( $m_v=0$ )



[A=1400m<sup>2</sup>、扉=4] シナリオ 1-2-(4) : SP 成功  $\alpha_0=0.2$ 、扉開=4、廊下排煙不作動 ( $m_v=0$ )



[A=1600m<sup>2</sup>、扉=4] シナリオ 1-2-(4) : SP 成功  $\alpha_0=0.2$ 、扉開=4、廊下排煙不作動 ( $m_v=0$ )

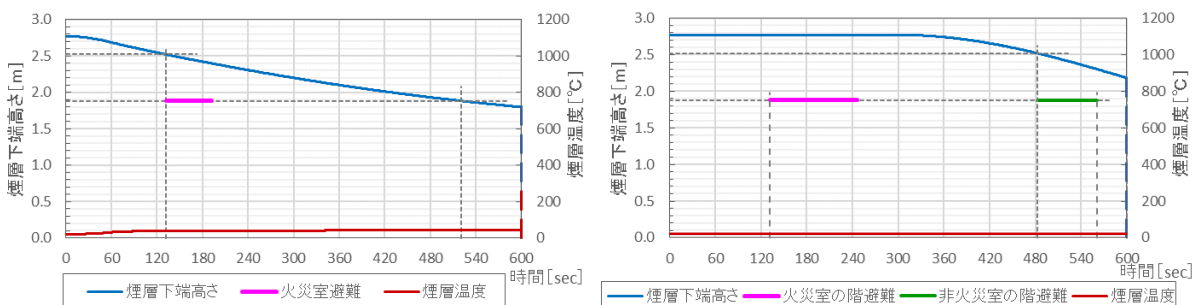


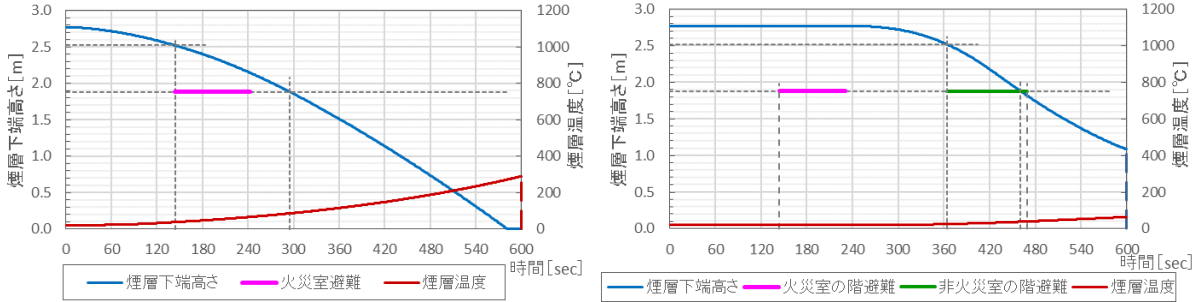
図 8.12 計算結果 (シナリオ 1-2-(4))



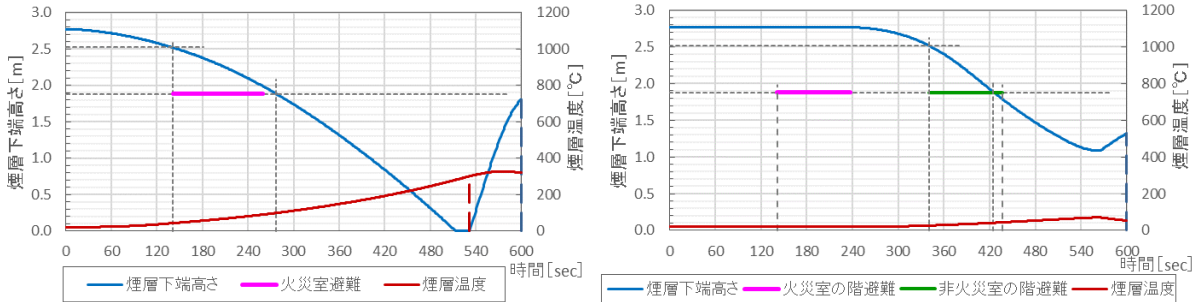
(2-2) シナリオ 2-2-(2) : SP 失敗、廊下排煙不作動、火災室－廊下扉 1 枚開放

このシナリオでは、火源はSP制御は効いていないので、火災は換気支配になるまで成長し続けるが、設計火源の成長係数 $\alpha_D$ がそれ程大きくないので煙の伝搬も温度上昇も緩やかであり、火災室避難、階避難とも基本的に問題ない。また非火災室の階避難で階避難時間と煙層降下時間が近接しているのは避難開始時間を廊下の煙層厚さで決めているためであるが、非火災室の避難開始と出火室在館者の階避難終了とはかなりの時間差があるから実際には避難開始を早める手段を採用することも可能と考えられる。

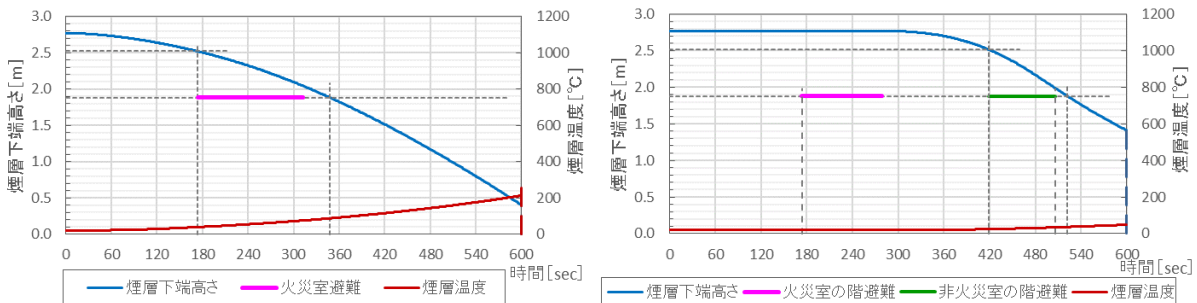
[A=1000m<sup>2</sup>、扉=1]シナリオ 2-2-(2) : A√H 支配  $\alpha_D=0.0222$ 、扉開=1、廊下排煙不作動 ( $m_v=0$ )



[A=1200m<sup>2</sup>、扉=1]シナリオ 2-2-(2) : A√H 支配  $\alpha_D=0.0369$ 、扉開=1、廊下排煙不作動 ( $m_v=0$ )



[A=1400m<sup>2</sup>、扉=1]シナリオ 2-2-(2) : A√H 支配  $\alpha_D=0.022$ 、扉開=1、廊下排煙不作動 ( $m_v=0$ )



[A=1600m<sup>2</sup>、扉=1]シナリオ 2-2-(2) : A√H 支配  $\alpha_D=0.024$ 、扉開=1、廊下排煙不作動 ( $m_v=0$ )

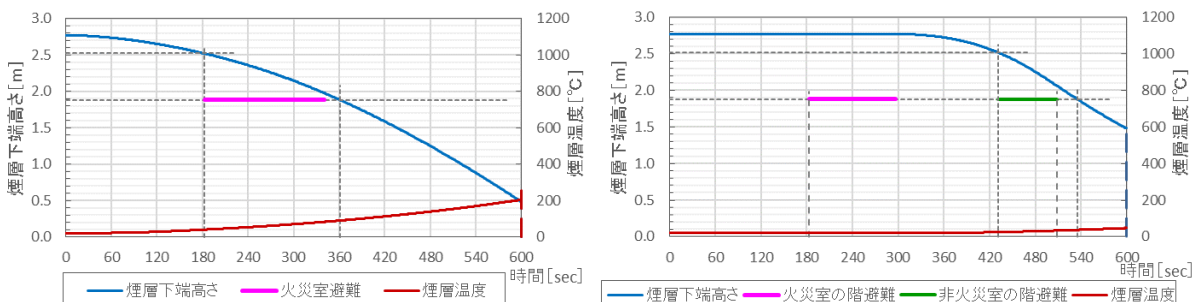
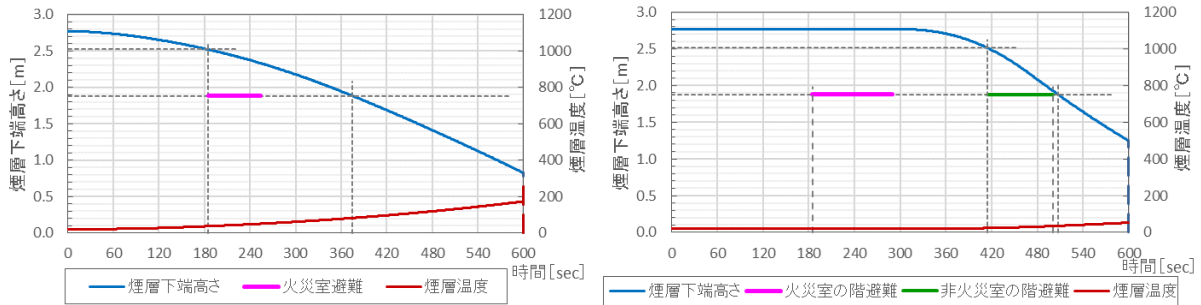


図 8.13 計算結果 (シナリオ 2-2-(2))

(2-3) シナリオ 2-2-(3) : SP 失敗、廊下排煙不作動、火災室—廊下扉 2 枚開放

これは火災室の面積  $A=1400\text{m}^2$ 、 $1600\text{m}^2$  の場合で扉が 2 枚開放されたシナリオの計算結果であるが、先に表 8.9 に関して説明したように、シナリオ 2-2-(2)との間で許容死傷確率の配分を調整した結果、火災室避難、階避難とも避難安全の判定基準を満たしている。

[ $A=1400\text{m}^2$ 、扉=2]シナリオ 2-2-(3) :  $A\sqrt{H}$  支配  $\alpha_D=0.0171$ 、扉開=2、廊下排煙不作動 ( $m_v=0$ )



[ $A=1600\text{m}^2$ 、扉=2]シナリオ 2-2-(3) :  $A\sqrt{H}$  支配  $\alpha_D=0.0171$ 、扉開=2、廊下排煙不作動 ( $m_v=0$ )

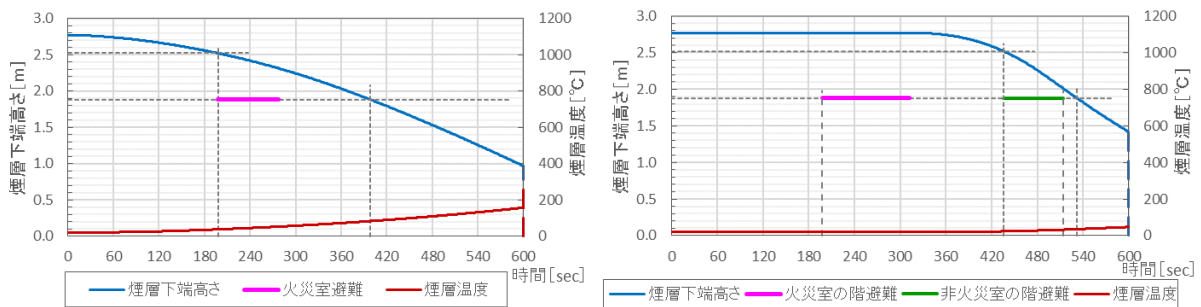


図 8.14 計算結果 (シナリオ 2-2-(3))



## 8.2.8 階避難ケーススタディーのまとめ

今回のケーススタディーでは、事務所用途の建物に防火設備としてスプリンクラー（居室）、扉（居室－廊下）、排煙（廊下）が備わっている場合を想定して、これらの作動／不作動によって生じるシナリオについて階避難の安全性が確保出来るか否かを検討した。

これらの防火設備の作動確率は何れも 0.8 と仮定したが、その値には十分なデータの裏付けがある訳ではないので、そのデータの充実は今後の課題となる。しかし、もし作動確率がこれ以下だと避難リスクを許容値以下に抑えられる解を見つけるのが容易でないかも知れない。

具体的な建築設計の避難安全について関係者が議論するとき、‘安全である’とか‘危険である’とかが定量的な論拠に基づいて議論されることは殆ど無い。また、例えば排煙量が適切かどうか議論されるときも、法規の基準値より多いか少ないかは議論されるが、‘どんな火災シナリオの下で’と言うことが論理的に明確に示されることは皆無に近いと言って良い。

対して今回の方法では、現段階では防火設備の作動確率が今回の仮定であっても、対処が難しいシナリオや易しいシナリオを具体的に特定し、それらに対処するために排煙設備にどれくらいの排煙量が必要となるか、扉の閉鎖信頼性がどれくらい重要な意味を持つのかなど、防火設備が避難安全設計の意義と有効性を理解する上で助けとなる。

排煙設備など防火設備がどの段階までに作動すれば良いかが明確になれば、手動による起動の操作性を向上することなども含めて、防火設備の作動確率を高める工夫も可能になると考えられる。