

6. 許容避難リスクと設計火源の決定

先に 4.2 で記述したように、火源の火災成長係数 α は確率密度関数 $f(\alpha)$ が対数正規分布に従う確率変数と見做せる (Annex A 参照)。

その確率分布をとる α から 1 つの値を取って、設計火源の火災成長係数 α_D とし、 $Q = \alpha_D t^2$ の下で避難上の安全性を確認することは、 $\alpha \leq \alpha_D$ の場合についての安全性は保証すること、具体的には全ての在館者が避難終了まで煙にまかれぬ設計だということである。逆に、 $\alpha > \alpha_D$ の場合はその保証の限りではないということでもある。

但し、安全を保証しないと云っても、 α が α_D より少し大きいだけなら、煙に巻かれる避難者が少し生じるだけであろう。一般には $\alpha > \alpha_D$ のときの死傷者数 (煙に巻かれる人数) C は α/α_D の関数 $C(\alpha/\alpha_D)$ になるのかも知れない。しかし、具体的にどんな関数形になるかは空間や避難者の条件など多くの要素に依存すると思われるので、本質的に不明である。そこで、ここでは $\alpha > \alpha_D$ のときは安全側に在館者全員が避難不能になると仮定し、 $C(\alpha > \alpha_D) = C_0$ (在館者数) とする。

6.1. 火災成長係数 α が設計値 α_D を超える確率

下式は 5 節に示した許容死傷確率 $p_{cas}^a(K)$ を再掲したものである。

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

ここでは死傷者の発生は火災の成長が速いことによって生じると見なしている。設計火源の成長係数 α_D の下で避難安全検証されたとき (避難安全基準が満足されること)、 $0 \leq \alpha \leq \alpha_D$ では死傷者は0とし、 $\alpha_D \leq \alpha$ では安全側に在館者全員が死傷すると見なす。すると確率密度分布の中で $\alpha_D \leq \alpha$ となる確率は許容死傷確率 $p_{cas}^a(K)$ でなければならない。図 6.1 はこの概念を説明したものであり、ハッチング部分が $p_{cas}^a(K)$ である。

火災成長係数 α の確率密度関数を一般に $f(\alpha)$ 、累積確率密度関数を $F(\alpha)$ とすれば、

$$\int_{\alpha_D}^{\infty} f(\alpha) d\alpha = \int_0^{\infty} f(\alpha) d\alpha - \int_0^{\alpha_D} f(\alpha) d\alpha = 1 - F(\alpha_D) \quad (6.1)$$

であるから、 $\alpha_D \leq \alpha$ となる確率、すなわち許容死傷確率、 $p_{cas}^a(K)$ 、は

$$p_{cas}^a(K) = 1 - F(\alpha_D) \quad (6.2)$$

確率密度関数 $f(\alpha)$ を対数正規分布とすれば、上式の $F(\alpha_D)$ はエクセル関数を使って次のようにして計算出来る。

$$F(\alpha_D) = \text{LOGNORM.DIST}(\alpha_D, \mu_{\ln\alpha}, \sigma_{\ln\alpha}, \text{TRUE}) \quad (6.3)$$

ここに $\mu_{\ln\alpha}$ および $\sigma_{\ln\alpha}$ はそれぞれ対数 $\ln\alpha$ の平均および標準偏差 (Annex A, Annex D 参照)。

6.2. 設計火源の火災成長係数

ここでの目的は許容避難リスクに対応する設計火源を求めることであるから、そのためには 6.1 節とは逆に、許容死傷確率 $p_{cas}^a(K)$ を与えて設計火源の火災成長係数 α_D を求める必要がある。そのためには、式(6.2)から

$$F(\alpha_D) = 1 - p_{cas}^a(K) \quad (6.4)$$

なので、エクセル関数を利用して α_D を

$$\alpha_D = \text{LOGNORM.INV}(1 - p_{cas}^a(K), \mu_{\ln\alpha}, \sigma_{\ln\alpha}) \quad (6.5)$$

のように逆算すれば良い。

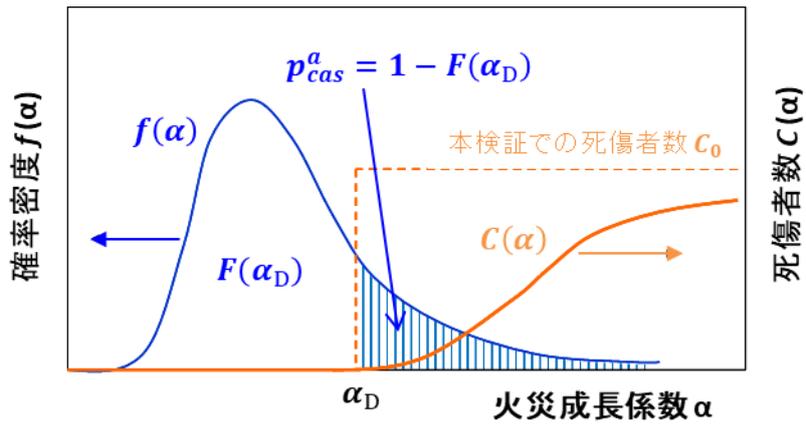


図 6.1 火災成長係数の確率密度分布および火災成長係数と死傷者数の関係

6.3. 設計火災成長係数 α_D の最大値

式(5.11)からも伺えるように、対象空間の避難者数 $C_0(K)$ が大きくなるほど許容死傷確率の値は小さくなり、伴って、図 6.1 でも分るように、設計火源の α_D が大きくなるが、対数正規分布は、その性質上 α が大きい領域で確率密度が非常に低い値の尾を引くので、式(6.5)で計算した α_D の値が、火源の成長係数としては非現実的に大きな値として算出される可能性がある (Annex A 参照)。

非現実的な設計火源の設定は避難安全設計に非現実的な要求を課す原因になるので、ここでは上記の手続きで計算される α_D の値に最大限界値を設定する。既に 4.3 節の図 4.3 でも見たように、実際の火災報告に基づくデータには成長係数 α に 0.1 を超すデータは皆無に近い。さらに、燃焼実験の結果を基にした NFPA のモデル火源の Ultra fast が $\alpha = 0.2$ であることも考慮に入れて、

$$\alpha_D \leq 0.2 \quad (6.6)$$

と限っておいて十分安全側と考えられる。

最終的に、設計火源の発熱速度は次のような形とすることになる。

$$Q = \min(\alpha_D t^2, Q_{max}), \quad \alpha_D \leq 0.2 \quad (6.7)$$