

【別紙：執筆要領兼テンプレート】

他分野の安全コントロールから見たあり方

辻本 誠（東京理科大学）

1. はじめに

本稿では専門である火災安全の視点から

- ① 事故の頻度(リスク)が安全コントロールを変える。欠陥に伴う不都合(事故、経済的損害)の頻度が低ければ、ムラの中では解決できなくなっていくこと
- ② 他分野の技術基準の策定・改訂の例としての原子力発電所での火災防護
- ③ 個々の設計の「適合性」の評価・判断として防災設備(作動することで機能を果たす設備。例：スプリンクラー、防火扉…)の信頼性確保とその方法論について(どう故障率と向き合うか)

についてザックリした論を展開したい。

1. 火災の頻度とシステムの在り方

図1に住宅、自動車、鉄道車両、原子力発電所の火災頻度を示す。単純化すれば、建築の火

災は年に2万件起こるので、専門家(対策に取り組む行政も含めて)の質は確保されるが、事故の頻度(正確に言えば社会的注目度)が下がれば、ムラ(ある対象に専門性を有する集団)の中では重要度が下がり、専門家がいなくなると、ムラの中で、頻度は低いが重大事故が起こることを事前に防げなくなる。鉄道車両でも原発でもこれに近い状況にあると思う。

これに対しては、火災事象としての共通性から、個別の対象ごとに対応する社会システムも必要だろう。

2. 原子力発電所の火災防護

他分野の安全コントロールということで、原発の火災防護に関する米国の技術基準とその運用に焦点を当てて説明する。なぜ原発の安全問題の中で火災防護が注目されるか、については、説明資料は多いと判断されるが、歴史的展開も含めて以下に簡単にまとめる。

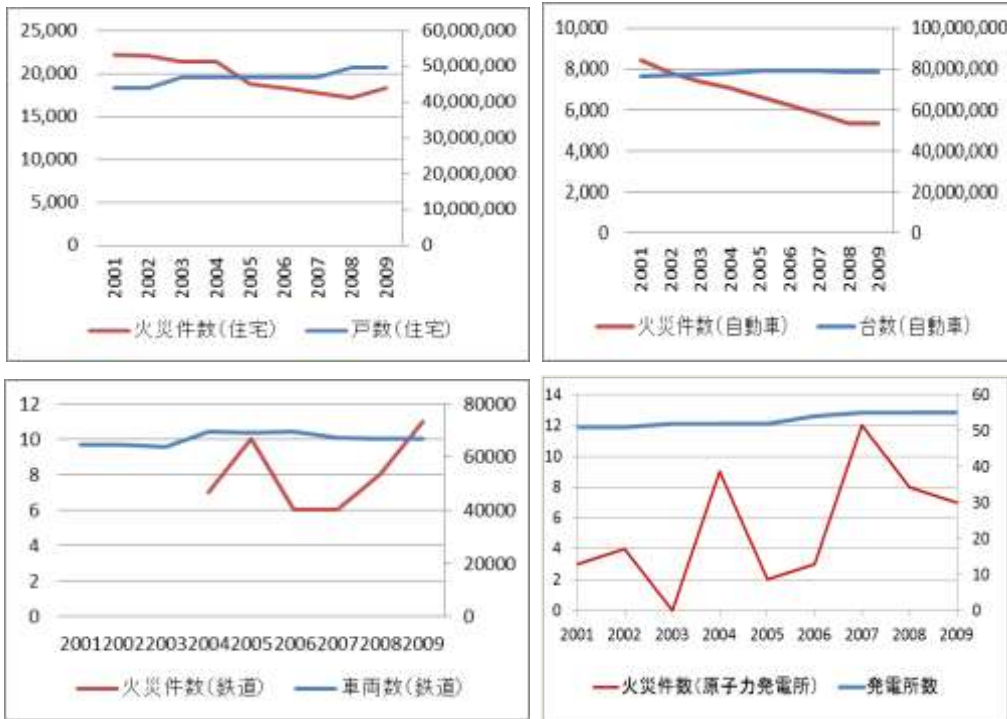


図1 各対象での火災頻度

※出典 火災件数(住宅、自動車、鉄道)：総務省消防庁「火災報告」、住宅戸数：総務省統計局「住宅・土地統計調査(5年おき)」より居住世帯ありの住宅数、自動車台数及び鉄道車両数：国土交通省「交通関連統計資料集」、火災件数(原子力発電所)：原子力施設情報公開ライブラリー(NUCIA、<http://www.nucia.jp/>)の検索項目「火災の有無」に「あり」をチェックした場合の検索結果、発電所数：各年1月1日時点での軽水型原子炉数。

【別紙：執筆要領兼テンプレート】

3-1. 歴史的経緯

1946年：

原子力法制定（原子力の個人的、商業的利用が禁止され、政府の独占状態）

原子力委員会（AEC）設立（国家の原子力計画を管理）

1954年：

原子力法改正（幅広い原子力の平和利用を認める。AECに放射線障害から公衆の健康及び安全を防護する規則作成の準備を要求。）

1957年：

プライス・アンダーソン法制定（事故時の公衆への損害補償制度）

1959年

初の商用炉の運転認可発給（Dresden 発電所 1号機（1978年に運転停止））

1971年：

10CFR50 附則 A「一般設計基準（GDC、憲法みたいなもの）」発効

GDC 中の GDC3 が火災防護に関する条項（GDC3 はその後改定されていないものと思われる）。

1975年：

Browns Ferry 発電所 1号機で火災

1981年：

10CFR50.48「火災防護」発効（火災防護要件の大枠）

10CFR50 附則 R「火災防護プログラム」発効（火災防護の詳細要件（高温停止系の系統分離を含む））

2004年：

10CFR50.48 改定（NFPA 805（パフォーマンスベースの火災防護プログラム）への移行を認める）

3-2. 解説

米国の大きな流れをまとめると、商業炉運転開始時から系統分離、重層化の原則はあったものの、火災の発生が、ケーブルの延焼などで隣りの分離された系統に至る可能性は考慮していなかった。このため、Browns Ferry 発電所 1号機の火災（1975）では、直接的な出火原因がローソクの火が貫通部のシール材に燃え移ったと

いう単純なものにもかかわらず、プラント内にある 1,600 本以上の安全上重要なものを含むケーブルが損傷を受け、事故の影響を最小化するための数多くの装置が機能不全あるいは誤作動を起こし、原子力発電所の安全性に甚大な悪影響を与えた¹⁾。

結果として、原発の火災防護に対する技術基準は、Browns Ferry 発電所 1号機の火災の問題点が明らかになった前後（1979.1 以前の認可かどうか）で扱いが異なっている。いわゆる、既存不適格問題である。

法規制の構造としては

①各省庁の省令を対象ごとにまとめた連邦規則集の Title.10 (Energy) が原子力全般

②その下に原子力施設の許認可を扱う Part50

③Part50 の下に

10CFR50.48「火災防護」、10CFR50 附則 A「一般設計基準」、10CFR50 附則 R「火災防護プログラム」が並ぶ。詳細な技術基準は主に、附則 R に記述されている。

3-3. 運用上の特徴

筆者の検討が不十分であることを明示しつつ、以下の点が特徴的である。

① 附則 A：一般設計基準は Introduction で、以下のように基準の不備に言及している²⁾。
日本的には驚きである。

『この一般設計基準の開発はまだ不十分である。例えば、定義の幾つかは、より拡充が必要である。また、安全上重要な構築物、系統及び機器に要求される特定の設計基準の幾つかは、いまだ適切に定義されていない。だからと言って申請者は、特定の設備の設計においてこれらを考慮すること、そして必要な安全のための要求を満足させることを免れることはできない。これらの不備は以下のものを含む。：

(1) 安全上重要な冷却水の passive 構成要素の単一故障への対策が必要かどうかの検討。（単一故障の定義参照）

(2) <中略>

(3) 想定される冷却材喪失事故を適切に防護するための設計要件を決定する際の、原子

【別紙：執筆要領兼テンプレート】

炉冷却材圧力バウンダリの機器に起りうる破断の様相、大きさ、位置の検討。(冷却材喪失事故の定義参照)

(4) 保護系及び反応度制御系の設計における多重要素の系統的、規則的、同時故障の可能性の検討。(基準 22、24、26 及び 29 参照)』

② 既存不適格 (1979 年 1 月 1 日以前に認可の原発) については、遡及を原則とし、附則 R 「火災防護プログラム」で、以下の 3 項目の技術規定を特に遡及すると言及しつつ、どのように対応することで性能論的に対応できるかも示している。

G 安全のための緊急停止機能の防火措置

J 非常用照明

0 原子炉冷却ポンプの潤滑油回収

③ Risk-Informed Decision Making
上述したように、一般設計基準である附則 A で、その不備を自己申告している以上、意思決定 (妥当な原発か) を判断することは困難を極めると判断される。

この点について、MIT の Apostolakis ³⁾ は新しい考え方として、Risk-Informed Decision Making を提案している。

これは図 2 のように、過去の決定論的 (仕様書) 基準による判断も、リスクを基本とする判断も生かしながら、これらの限界

① 決定論的基準では、確率が定量的に考慮されない、基準順守に負担が大きい

② リスクを基本とする判断では、確率は出て非常に合理的に見えるが、質が問題

を考慮して、伝統的な判断とリスクを基本とする判断を組み合わせ、Risk-Informed な意思決定を提案し、判断のプロセスに経済性、ステイクホルダー (関係者全員) の意思、などを組み込むことを提案している。また、リスクを基本とする判断は、結局のところ、専門家集団の判断に大きく影響されるとも述べている。

筆者も、アクセプタブルリスクの限界 (結局のところ、外部不経済を受ける大衆にとってはゼロリスク以外に解が無い) には気付いていて、リスクで原発の設計値は提示できないのでは、と考えるが、全部を説明しても合理的な判断ができるかは疑問である。

Risk-Informed, Not Risk-Based



図 2 George E. Apostolakis による Risk-Informed 設計

【別紙：執筆要領兼テンプレート】

3. 適合基準としての信頼性とその制御

最後の項目として、防火扉の作動信頼性をどのレベルで可とするかについて、問題を提起しておこう。

この問題は、去年の福岡での診療所火災で、防火扉の不作動が問題になり、その信頼性確保が急務になったことがあるが、不思議なことに原発規制の附則 R にも、最後から 2 番目の N 項に Fire Door が規定され、火災時に閉鎖する機構のものでは「半年に一回、自動閉鎖機構とラッチが作動することを確認する」ことになっている。

さて、動くことで性能を満たすものは必ず故障する。この故障をどう防ぐか、は技術者の腕次第だが、どの程度の故障率まで許容するか、は基準（判断）の問題になる。不勉強で、原子力発電所の防火扉の点検結果を知らないが、建築物のものとそう違いが無ければ、信頼性は 97% 前後だろう。信頼性の推定値は、定期点検結果さえ揃えば、その幅も含めて容易に計算できる。

一方で、その妥当な数値に関する議論は、少なくとも建築分野では聞いたことが無く、たとえば、Risk-Informed 設計の世界になっても、残る大きな課題と考えている。

（文献）

- 1) Raymond H. V. Gallucci 「Thirty-three Years of Regulating Fire Protection at Commercial U.S. Nuclear Power Plants」 2008
- 2) 10CFR50 附則 A
<http://www.nrc.gov/reading-rm/doc-collecti ons/cfr/part050/part050-appa.html>
- 3) George E. Apostolakis, Risk-Informed Decision Making: Successes and Current Challenges, MIT, NASA Risk Management Conference 2005
http://www.hq.nasa.gov/office/codeq/rmc/pr esentations/Apostolakis_Risk_Informed_Deci sion_Making.pdf