

# 日本の原子力発電所における火災対策の研究

## —IAEA 国際安全基準と日本の火災防護規制の比較—

### Research of protection against fires in nuclear power plants in Japan

稲垣 宙伸 (K110604)

Hironobu Inagaki (K110604)

#### 1. 研究背景・目的

近年、中国、インド、韓国などアジア諸国を中心に原子力導入あるいは開発規模の拡大が大きな高まりを見せるとともに、欧米諸国では原子力発電所の新規建設や既存炉の寿命延長など、原子力の役割を重視する具体的な動きが展開されてきた。図 1 には、運転中、建設中及び計画中の世界の原子力発電所設備容量を示す（2011 年 1 月 11 日、日本については 3 月 31 日現在）。そのような中で 2011 年 3 月 11 日に発生した福島第一原子力発電所事故による世界各国への影響は大きく、それぞれの事情により異なる方向に向かいつつある。今回の事故の経緯は、地震発生に伴う津波により全電源喪失に至ったことが大きな要因とされているが、火災により、例えば制御系の機能喪失を併発させ、重大な事故に繋がる可能性も考えられる。

そこで本研究では、火災防護に関する国際原子力機関 IAEA<sup>1)</sup>（以下、IAEA）国際安全基準と日本の規制制度・規格基準の現状調査を行い、技術的課題等を抽出することにより、日本の原子力発電所における火災安全の在り方について考察することを目的とする。

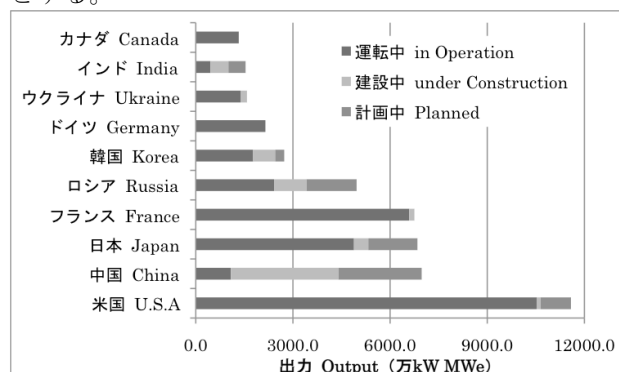


図 1 世界の原子力発電所開発の現状と動向<sup>註 1)</sup>

#### 2. IAEA 国際安全基準

##### 2.1. 国際安全基準文書の体系

IAEA は、IAEA 憲章の規定により、原子力の安全を確保するための目標、方針、原理を示す「安全基準」(Safety Standards) の策定を行っている。IAEA の安全基準は加盟各国に遵守を義務づけるものではないが、国際規格とみなされており、加盟各国の活動や判断により、それぞれの国内法に反映されている。安全基準の体系は 1 つの「安全原則」(Safety Fundamentals) のもと、

技術的なテーマや施設別に設けられた 16 の「安全基準」があり、その各基準の下にある 115 件の「指針」(Guide) から成り立っている。

##### 2.2. 火災防護に関する安全指針の位置づけ

前述した「安全原則」のもと、火災防護に関する安全指針は、原子力発電所の「設計・設備」(ハード)、「運用・管理」(ソフト)面それぞれについて規定されている。それらの安全指針は、安全指針 No. NS-G-1.7「原子力発電所の設計における内部の火災と爆発に対する防護」<sup>2)</sup>（以下、NS-G-1.7）、安全指針 No. NS-G-2.1「原子力発電所の運転における火災安全」<sup>3)</sup>（以下、NS-G-2.1）に分けられる。NS-G-1.7 (ハード) は、規制機関、原子力発電所の設計者及び設置者に対し、原子力発電所における内部の火災と爆発に対する防護のための設計概念に係わる勧告及び指針を提示している。NS-G-2.1 (ソフト) は、適切なレベルの火災防護計画が原子力発電所の存続期間にわたり維持されるための指針を発電所管理者、運転者、安全評価担当者及び規制担当者に提示するものである。

図 2 に IAEA 国際安全基準の体系及び火災防護に関する安全指針の位置づけを示す。

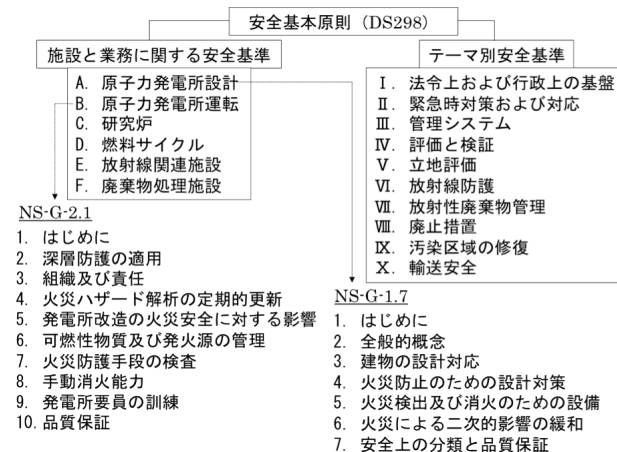


図 2 IAEA 国際安全基準の体系

##### 3. 日本の火災防護に関する規制制度・規格基準

原子力発電所の火災防護に関連する日本の法令及び指針は、(1)「発電用軽水型原子炉施設に関する安全設計審査指針」<sup>4)</sup>、(2)「発電用軽水型原子炉施設の火災防護に関する審査指針」<sup>5)</sup>、(3)「発電用原子力設備に関する技術基準」(省令 62

図 3 に日本の火災防護に関する規制・規格の体系を、図 4 に JEAG4103 の制定にあたっての整備体系を示す。

図 3 日本の火災防護に関する規制・規格の体系

図 4 JEAG4103 の整備体系

IAEA では、火災ハザード解析から得られた知見をもとに規定項目を策定すべきとしているのに対し、日本では、原子力発電所内の火災を表 3 のように 6 種類の火災に限定し、それぞれの火災

に備えた是正措置を講じれば足りるとしているのが大きな特徴である。

表 3 想定火災の種類と考慮すべき項目<sup>7)</sup>

| 想定火災の種類     | 考慮すべき項目                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| (1) ケーブル火災  | ① 計装ケーブル火災<br>計装ケーブル火災は、過電流による過熱により当該ケーブルの断線・短絡のみを引き起こす火災であり他には広がらないものとする。<br>② 制御ケーブル火災<br>③ 電力ケーブル火災<br>電力ケーブル火災は、過電流による過熱により当該ケーブルのトレイ内全ケーブルに断線・短絡を起こす火災を想定する。また、近傍のケーブル、盤、補機類の火災の影響を考える。                                                                                                                                                                                                                            |
| (2) 盤火災     | ① 動力盤<br>② 制御盤<br>動力盤火災、制御盤火災は、当該盤の過電流等による過熱により発生する火災であり、盤外には広がらないものとする。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| (3) 補機火災    | ① 補機内部火災<br>補機の潤滑油、または絶縁物が、補機内部で内包されている状態において何らかの火源により着火し内部で燃焼する火災を想定する。補機内部火災では当該補機は機能喪失するものとし、また、他部分への炎の伝播はないものとする。<br>② 補機漏えい油火災<br>a. 補機の潤滑油が、漏えいしその漏えい状態において、あるいは、機器ベース、オイルパン、ドレンカーブ、ドレンリム、室内床面にたまった状態において、着火の可能性がある場合、火災となることを想定する。<br>b. 既設プラントの補機漏えい油火災の想定については、潤滑油の漏えいが生じにくい構造としていること、運転員の巡回点検等による異常状態のチェック、漏えい監視等の運用管理を実施している場合には、補機漏えい油火災を想定しないことができる。<br>c. 既設プラントのうち潤滑油を保有する補機を新たに設置する場合と更新する場合は、a. によること。 |
| (4) 燃料油火災   | ① 内部火災<br>② 漏えい油火災<br>内部火災、漏えい油火災は、補機内部火災と同様な火災を想定するが、火災規模については燃料油の火災性状等を考慮する。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| (5) 大型変圧器火災 | ① 内部火災<br>② 漏えい油火災<br>内部火災、漏えい油火災は、補機内部火災と同様な火災を想定するが、火災規模については燃料油の火災性状等を考慮する。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| (6) その他     | ① 水素ガス火災<br>② チャコールフィルタ火災<br>水素ガス火災、チャコールフィルタ火災は、当該補機の機能喪失を考えるものとする。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |

### 4.3. IAEA と日本の規定内容の比較

#### 4.3.1. 火災ハザード解析と想定火災

図 5 に日本と IAEA の火災対策のイメージを示す。この図に示すように、IAEA (NS-G-1.7 及び NS-G-2.1) では原子力発電所特有の火災リスク全体を評価し対策を講じることを求めているのに対し、日本 (JEAG4607 及び JEAG4103) では、6 種類の想定火災に限定して火災リスクを評価し対策を講じれば良いとされている。日本では、JEAG の規定でみる限り、想定火災以外の火災リスクを考える必要はなく、最後に原子力発電所全体の火災リスクに立ち戻って総合的に検証するプロセスも規定されていない。また、IAEA で要求されている解析結果の定期的更新とそれに伴う設備自体を最新化する規定もない。さらに、表 3 内の下線部に見られるように、他の機器への延焼など二次的な影響を与えることがないと仮定されている規定も多い。

このような規定方式は、想定火災を逸脱し又は超えるような事態が発生した場合になすすべがなくなるため、福島第一原子力発電所事故の津波対策とも

同根の大きな問題点であると考えられる。

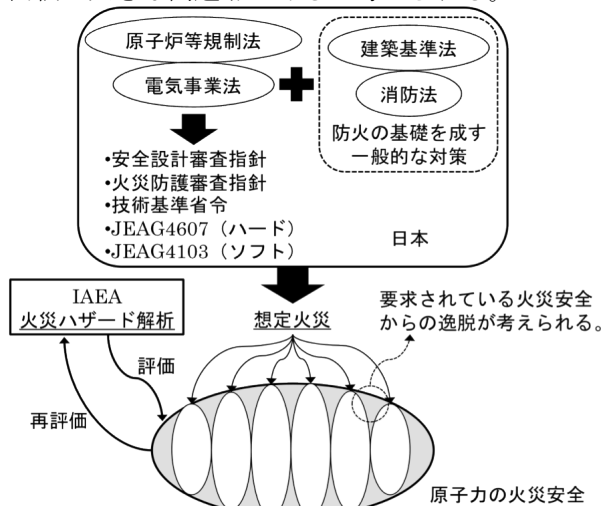


図 5 IAEA と日本の火災対策のイメージ

#### 4.3.2. ハード面の比較

日本での防火障壁の性能については、米国 NFPA Handbook に記載されている評価方法<sup>註 2)</sup>を採用しているため米国 (火災ハザード解析を導入している) と同等の性能を維持しているものと考えられる。しかしながら、火災検出と消火設備の能力ならびに設置要領については、消防法や危険物の規制に関する政省令の規定等を引用しているのみであり、原子力発電所特有の火災対策について考慮された規定事項はみられない。

消防法の規定は通常の建物や危険物の火災・爆発リスクを前提とした規定であるため、自動火災報知設備の警戒区域の面積<sup>註 3)</sup>や非常電源容量の規定<sup>註 4)</sup>など、そのまま原子力発電所に引用するには不十分なものも多い。原子力発電所の火災リスクを考慮した火災専門家の視点からの見直しが必要であると考えられる。

#### 4.3.3. ソフト面の比較

表 4 は、IAEA と日本のソフト面に関する各規定項目の比較結果をまとめたものである (一例)。表内の下線部は、IAEA にはあるが日本にはない規定事項を示している。

ここでは、IAEA と日本を比較してそれぞれの特徴が顕著に表れている箇所の一例として、表 4 内の IAEA での「8. 手動消火能力」、日本での「7. 火災発生時の対応」の規定事項をとりあげる。IAEA の規定では、消火戦略を常に最新化することを前提に、「a. 消防士の入室経路と退去経路」、「d. 特殊な火災危険性 (外部事象による消火能力の低下の可能性を含む)」、「g. 臨界その他の特別の懸念のための、特定の消火剤に対する使用制限と使用すべき他の代替消火手段」など原子力発電所内において消火戦略をたてるうえで必要な項目について記載している。一方、日本の規定では、火災発生時の対応に必要な手順を常に最新化する規定がないことに加え、「f. 放射線危険区域の設定と管理手順」、「g. 放射線防護手順」以外の項目は通常の火災発生時の対応

と変わらない項目が記載されているのみである。さらに、これらは、抽象的な表現で示されているため、原子力発電所の火災安全対策を構築する際の具体的な指針として十分であるとは言い難い。

## 5. まとめ

- IAEA では、火災ハザード解析の知見をもとに火災のリスクを同定し規定事項を策定していることに加え、解析結果の更新及びハード・ソフトの最新化をはかることにより残存する火災リスクを限りなくゼロに近づけるよう要求している。
- 日本では、想定火災の考え方から原子力発電所内で発生し大きな被害を与える可能性のある火災を 6 種類に限定するとともに、二次的影響についても限定しており、想定を超えた場合への対応を準備するプロセスが欠けている。
- IAEA の規定項目の内容は、原子力発電所内で発生する特有の火災を具体的にイメージして策定されているのに対し、日本では、火災が発生した際の原子力発電所への影響及びその対処法に対する考え方が抽象的に表現されているため、具体的な対策につなげにくい。その結果、消防法令等の一般的な規定を単純に引用している規定も多い。
- 日本の火災防護規制を総括すると、IAEA の基準に

比べ、原子力発電所という特別な施設の火災リスクを徹底的に排除するという点で不十分であると言わざるを得ない。

【脚注】 註 1) 「世界の原子力発電開発の動向，日本原子力産業協会，2011」に記載されているデータをもとに作成。註 2) 「米国 NFPA Handbook 20<sup>th</sup> Edition」に示されている火災荷重と等価火災時間より、当該区域の壁が必要とする耐火時間を求める。註 3) 火災感知器の設置要領；「消防法施行規則第 23 条」、消火装置；「消防法施行令第 10 条、消防法施行規則第 6～11 条、危険物の規制に関する政令第 20 条」註 4) 火災検出装置の電源（非常用電源を含む）；「消防法施行規則第 24 条第 1 項第 3,4 号」

【参考文献】 1) 「IAEA」; International Atomic Energy Agency 2) 「Protection Against Internal Fires and Explosions in the Design of Nuclear Power Plants Safety Guide」Series No. NS-G-1.7, 2004 3) 「Fire Safety in the Operation of Nuclear Power Plants Safety Guide」Series No. NS-G-2.1, 2000 4) 「発電用軽水型原子炉施設に関する安全設計審査指針（指針 5）」原子力安全委員会, 2001 5) 「発電用軽水型原子炉施設の火災防護に関する審査指針」原子力安全委員会, 2007 6) 「発電用原子力設備に関する技術基準（省令 62 号）」経済産業省令，最終改正 2011 7) JEAG4607-2010「原子力発電所の火災防護指針」日本電気協会原子力規格委員, 2010 8) JEAG4103-2009「原子力発電所の火災防護管理指針」日本電気協会原子力規格委員, 2009

表 4 規定内容比較表（ソフト）<sup>3)8)</sup>

| IAEA NS-G-2.1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 日本 JEAG4103                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |      |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| <p>8. 手動消火能力</p> <p>8.1 安全上重要な各区域（安全上重要と判断される区域に火災の影響を受けるリスクを与える区域を含め）について消火戦略を策定すべきである。これらの戦略は、発電所緊急時総合計画で記載される情報に補足するための情報を提供すべきである。当該戦略は、各火災区域で安全かつ効果的な消火技術を用いるため、消防士が必要とするあらゆる適切な情報を提供すべきである。この戦略は、常に最新化しておき、日常的な教室での机上訓練や発電所で行われる実際の消防演習で使うべきである。発電所の各火災区域に対して策定される消火戦略では、以下の各項を対象とすべきである。</p> <p>a. 消防士の入室経路と退去経路</p> <p>b. 安全上重要な構築物、系統、機器の設置場所</p> <p>c. 火災荷重</p> <p>d. 特殊な火災危険性（これには、外部事象による消火能力の低下の可能性を含む）</p> <p>e. 爆発の可能性を含めて、放射線、有毒、高電圧、高圧などの特別な危険性</p> <p>f. 準備される（静的及び動的）火災防護設備</p> <p>g. 臨界その他の特別の懸念のための、特定の消火剤に対する使用制限と使用すべき他の代替消火手段</p> <p>h. 熱や煙に感度の高い安全上重要な設備や機器の位置</p> <p>i. 固定消火設備と可搬式消火設備の位置</p> <p>j. 手動消火活動のための給水</p> <p>k. 消火要員が使用する通信連絡システム（安全系に影響を与えないもの）</p> | <p>7. 火災発生時の対応（消防法施行規則 第3条第1項 リ参照）</p> <p>7.1 火災発生時対応への準備</p> <p>(1) 火災発生時の火災防護活動を行うために必要な手順等を整備すること。</p> <p>(2) 想定される火災に対し、火災によるプラントへの影響に応じ、機器の停止やプラント停止などの安全確保上必要な処置をあらかじめ手順等に定めておくこと。</p> <p>（解説7-1）「必要な手順」</p> <p>火災防護のため事前に策定が必要な手順等は以下のものが考えられる。</p> <p>a. 火災時の情報収集手順</p> <p>b. 火災発生時の情報伝達手順（原子力発電所内、消防機関、規制当局）</p> <p>c. 初期消火活動手順</p> <p>d. 消防機関の受け入れ手順</p> <p>e. 消防機関の到着後の消火活動手順</p> <p>f. 放射線危険区域の設定と管理手順</p> <p>g. 放射線防護手順</p> <p>h. 救急・救助手順</p> <p>i. 避難・誘導手順</p> <p>j. 鎮火確認手順</p> <p>k. 鎮火後の情報発信手順（発電所内、規制当局）</p> <p>l. 火災影響の調査手順</p> <p>m. 放射能影響の調査手順</p> <p>n. 火災原因の調査手順</p> <p>o. 広報活動手順</p> <p>p. 環境への影響調査手順</p> <p>q. その他、火災防護活動のため事前に策定する必要があるもの</p> | 一部規定 |
| <p>7. 火災防護手段の検査、保守及び試験</p> <p>7.3 安全上重要なあらゆる火災防護設備について稼働率の最低限の許容水準を策定し文書化すべきである。ここで識別された各火災防護設備について暫定的な代替手段を規定すべきである。これらの代替手段は、ある火災防護設備の稼働率の最低水準を維持できないか、火災防護設備が作動不能と判断された場合、一時的に実施すべきである。実施される代替手段とその実施の許容時間の両方について判断し文書化し評価すべきである。火災防護手段の稼働率の容認水準が明確になっていない場合は、それを100%とみなすべきである。</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | <p>日本では、火災防護設備の稼働率の最低限の許容水準を文書化する規定はない。</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 規定なし |