

Journal of the Institute of Nuclear Safety System
2011, Vol.18, 237-251

日米原子力発電所の自衛消防隊の運営に関する比較と考察
A Study of Operation of Station Fire Brigade with Comparison for Japan and the U.S.

一木 邦康 (Kuniyasu Ichiki)



株式会社 **原子力安全システム研究所**

Institute of Nuclear Safety System, Incorporated

〒919-1205 福井県三方郡美浜町佐田64号

Tel 0770-37-9100 Fax 0770-37-2008

URL <http://www.inss.co.jp>

日米原子力発電所の自衛消防隊の運営に関する比較と考察

A Study of Operation of Station Fire Brigade with Comparison for Japan and the U.S.

一木 邦康 (Kuniyasu Ichiki)*¹

要約 平成 19 年の新潟県中越沖地震時に発生した柏崎刈羽原子力発電所 3 号機所内変圧器の火災を契機として、国内でも発電所自衛消防隊を整備する動きが始まった。米国における発電所自衛消防隊は、明確な基準に準拠して整備された組織である。米国の発電所における火災事象情報の中には、自衛消防隊が活動した事例も散見される。発電所の自衛消防隊組織が十分な技能を有することは、1975 年に発生したブラウズフェリー発電所火災のように、火災が原子炉の安全に影響を及ぼす事態に進展することを防止する上で意味のあることである。本研究では日米の発電所自衛消防隊の運営の実状について調査し、それらを比較検討して有益な知見の抽出を目指した。火災事例に関して日米を比較した場合、国内発電所の火災では周辺設備や資材などで火災が発生している例が多い。その一方、米国では発電所の主要な設備で火災が発生している例が多いが、それだけに米国の発電所自衛消防隊では、消火活動手順が発電所の区域毎における具体的な戦略として準備されており、また消火活動や救助活動の両面において訓練が充実している発電所もある。隊員の訓練に関して言えば、日米とも自衛消防隊は専任の職員で編成されているため、隊員の技能向上のための教育や訓練を高頻度で実施することが可能である。消火活動や救助活動は本質的に危険を伴うものであり、人的被害の発生を防止すると同時に隊員のモチベーションを維持するためにも、頻繁な訓練を繰り返すことは重要である。ただ国内においては、発電所自衛消防隊に対して専門的な訓練を実施させるための環境がまだ十分とは言えない現状があり、このような弱点を克服するための運営上の工夫をこらしていく必要がある。

キーワード 自衛消防隊, 火災防護, 傾向分析, NRC, ニューシア

Abstract With the occurrence of a fire at Kashiwazaki Kariwa No. 3 unit on a site transformer when Niigata Chuetsu Offshore Earthquake occurred in 2007, the movement of establishing station fire brigade broke out all over Japan. Fire brigade of U.S. power stations is an organization structured with the standards of clear requirements. Some of station fire event reports include examples of activation of station fire brigade. Preparing station fire brigade with good expertise is quite meaningful on the viewpoint of ruling out significant threats of fire against nuclear safety, such as Browns Ferry station fire occurred in 1975. The purpose of this study is to extract useful knowledge through making research on examples of operations of station fire brigade of both Japan and the U.S. As for fire occurrence, relatively frequent fires are seen at Japanese stations with miscellaneous components or some material for works. In the U.S., on the other hand, we can identify relatively frequent fires occurred with important equipment. This might make fire brigades of the U.S. well-prepared for fire fighting by establishing fire-coping strategies for every location in the station. Also, in some stations, fire brigade is continuously trained to enhance its firefighting and rescuing abilities. With the aspect of training of brigades, they are often assembled with devoted staff, which enable them acquiring frequent training and educations to improve their skills further. Fire fighting and rescuing are inevitably dangerous task. This is why frequent training is essential in order to prevent injuries and to keep up their motivation. Unfortunately, the circumstance for brigades in Japan is not helpful enough in experiencing special trainings needed for them. We have to figure out some way to get over such disadvantages.

Keywords station fire brigade, fire protection, trend analysis, NRC, NUCIA

*1 (株)原子力安全システム研究所 技術システム研究所

1. 本調査の目的

平成19年7月16日に発生した新潟県中越沖地震により、東京電力(株)柏崎刈羽原子力発電所の3号機所内変圧器で二次側母線のずれにより発生したアークが原因となって、変圧器ブッシングから漏れた油が着火し火災となった。この火災は同発電所の安全系設備そのものへの悪影響を及ぼさなかったが、同発電所構内の消火水配管が地震に伴う接続部外れを起し消火水が使用できなかったため、消火活動が速やかに開始できなかった。公的消防機関は当該地域における地震被害が甚大であったため発電所に直ちに駆けつけることができなかった。この地震による同発電所の被害に関しては、報道を通じてこの変圧器の火災が特にクローズアップされた面があり、発電所が当該変圧器火災を速やかに消火できなかったことについて、特に問題視されるに至った。

この火災を契機として、経済産業大臣は国内の原子力発電所における自衛消防体制の強化を指示した。これを受けて、各発電所では火災発生時に迅速に消火活動を行うための人員を確保する体制を整備するとともに、化学消防車などの機材を配備している。また自衛消防隊による消火活動対応能力向上の、教育や訓練の内容なども改善のための検討がなされている。

国外でも原子力発電所構内の火災事例は多数発生しているが、特に米国原子力発電所の火災に関しては、その一部の情報がNRCのWebにおいても公開されている。その記事においては、発電所に配備されている自衛消防隊が消火活動において活躍している状況が読み取れる。その米国においては、企業内自衛消防隊が満たすべき要件等がNational Fire Protection Association（全米火災防護協会）において標準化されており、また連邦規則10 CFR part 50 添付書Rなどでも要件が規定され、自衛消防隊員が満たすべき要件、必要な能力などが具体的に明示されている。

一方国内では自衛消防隊が具備すべき能力や装備等についての具体的な規定はほとんどない状態である。そこで本調査では、発電所自衛消防隊の能力や基準、さらに消火活動能力に関する日米での具体的な相違点を抽出し、その比較によって国内発電所の自衛消防隊が有する課題点を整理することとした。

2. 国内発電所における自衛消防隊

2.1 平成19年以前の発電所自衛消防体制

国内の原子力発電所においては、火災防護に関する基準としては以下のものがあり、従前これに準じて設備の防火対策が行われるとともに、防火体制が定められていた。

- 消防法（昭和23年7月24日法律第186号、最終改正 平成21年5月1日法律第34号）
- 原子力発電所の火災防護指針 JEAG 4607-1999

国内の原子力発電所の消防関連設備としては、発電所施設の一部として消火栓や消火ポンプなどが設置されており、その維持管理が行われていた。一般事務所棟においては室内スプリンクラ、防火扉、煙感知器などが設けられており、また携帯用消火器が各所に備え付けられている。

消防法に基づく発電所内の防火組織は、概略次のような構成とされている。

管理権原者、統括管理者（火災発生時）： 発電所長
 防火・防災管理者： 総務課長
 副防火・防災管理者： 発電所長が指示する課長
 防火主任者： 各課（室）長
 火元責任者： 係長、担当者

発電所内で発生した火災を想定して、発電所各部門から担当者を集めて班を組織し、消火栓を使用した年1回程度の放水訓練が行われていた。また消防署の指導を受けた避難訓練や携帯型消火器の操作方法の講習が行われていた。一方、発電所には防火服や呼吸保護具（スキューバ）も備え付けられていたが、このような装備を着用し使用するための訓練は恒常的なものではなく、またそのような装備を誰が使用するかを具体的に想定していたわけではなかった。すなわち発電所職員は実際にこのような装備を着用して消火活動を行う能力が確保されているとはいえない状況にあった。

このように従来の発電所における自衛消防隊組織とは、発電所で発生した火災を鎮圧する実力そのものが期待されていたわけではなく、通報や避難誘導を含めた一般的な防災任務を負うものとされていた。

た。社内標準においては、自衛消防隊組織（発電所長も含めて）が負う具体的任務としては以下の事項が例示されていた。

- 消防機関、社内外関係箇所への通報
- 所員に対する通報
- 適切な保護具等を着用した、初期消火活動
- 被害の拡大防止
- 非常持出物品の搬出
- 避難誘導
- 状況に応じた非常災害体制の発令

自衛消防隊組織による消火活動とは、あくまでも公的消防機関が到着するまでの初期消火対応として位置付けられたものであり、これは現在においても変わりはない。消防活動にあたる班は、通常勤務時間帯において活動可能であることのみが想定されたものであり、隊による消火パフォーマンスに関して具体的な能力、目標などは設定されていなかった。このため自衛消防隊の能力を確保するための積極的な検証や評価が行われることもなかった。すなわち、消火器や消火栓に接続したホースを用いた小規模な火災の消火についての教育は行われていたものの、防火服や呼吸保護具が必要となるような比較的規模の大きな火災に対応する能力についての要求はなく、隊員がそのような能力を保有していることの検証や管理は行われていなかった。

2.2 平成19年7月20日の経済産業大臣指示

新潟県中越沖地震による東京電力柏崎刈羽原子力発電所3号機の所内変圧器で発生した火災から、政府は原子力発電所においても公的消防機関が到着するまでの時間を待つことなく、発電所の組織や装備においてある程度の自衛消火能力を持つべきであるとの結論に至り、平成19年7月20日に経済産業大臣は各原子力事業者に対して次の3項目の指示を出している。

- 自衛消防体制の強化
- 迅速かつ厳格な事故報告体制の構築
- 国民の安全を第一とした耐震安全性の確認

上記の「自衛消防体制の強化」に関しては次の事項が指示された。

- (1)火災発生時に迅速に十分な人員を確保することができる体制を早急に整えること
- (2)原子力発電所における油火災等に備え、化学消防車の配置等の措置を講ずること
- (3)消防に対する専用通信回線を確保すること。
- (4)消防機関での実地訓練を含め、消防との連携の下で、担当職員の訓練を実施すること。
- (5)これらの対策についての具体的な改善計画を策定し、平成19年7月26日までに報告をすること。

上記指示を受け各事業者が計画した対応策のうち、自衛消防体制の強化に係る内容としては以下の事項が実施された。

- 常駐又は迅速な参集による夜間・休日における10名以上の初期対応要員の確保
- タンク付き消防車及び化学消防車等の配備
- 消防署と発電所中央制御室等との間の専用通信回線の設置・機能確保
- 地元消防署等と連携した訓練の実施

2.3 発電所自衛消防隊の編成・運営に係る基準類

国内では原子力設備の防火に関する法令として消防法、消防法施行規則がある。防火対象物（事業場）の管理権原者は、管理、監督的な地位にあるものの中から防火管理者を定めることが義務付けられている。また火災の予防上必要があるものに関しては、当該防火対象物における点検対象事項が点検基準に適合しているかどうかを点検し、その結果を消防長又は消防署長に報告しなければならない。点検すべき具体的事項としては、消防用設備や避難施設の維持管理、防火管理上必要な教育の実施状況、消火、通報、避難の訓練の状況などが挙げられている。しかし消防法において、職員による消火活動の能力に関しての要求事項はない。

消防法において、消防隊とは、消防器具を装備した消防吏員または消防団員の一隊、又は都道府県の航空消防隊などを指すものと定義しており、企業内消防隊は消防法で定義される組織に該当するものでない。とはいえ、消防法第二十五条では消防対象物の関係者が、消防隊が火災の現場に到着するまで消火若しくは延焼の防止又は人命の救助を行うべきことが定められている。このため発電所職員は公的消

防機関の到着まで、初期消火対応や人命救助のための措置を行う義務を負っている。

平成21年3月18日に総務省消防庁は、「原子力施設における消防訓練のあり方に関する検討会」報告書を公表した。そこでは、地元関係機関が連携した消防訓練モデル計画を策定し、恒常的な訓練の継続により、将来的にはシナリオを提示しない消火訓練に発展させていくことが期待されている。

平成19年7月20日の経済産業大臣指示で、火災初期対応要員の準備、発電所構内への消防車配備、地元消防署等と連携した消火訓練の実施が命じられているが、それに関連する、発電所における自衛消防体制の整備に関する民間規格として次の文献が発行されている。

- 原子力発電所の火災防護規定 JEAC 4626-2010 日本電気協会
- 原子力発電所の火災防護管理指針 JEAG 4103-2009 日本電気協会

上記の基準では、火災発生時においては、別途定めている運転操作マニュアルなどに従った機器やプラントの停止操作など必要な処置の実施、初期消火班による消火活動、消防機関との情報共有などを実施すべきことその他、化学消防自動車の性能、泡消火薬剤や消火用水の準備について述べられている。しかしながら、初期消火班が装備すべき資機材や保有すべき能力に関する要求事項は定められていない。

2.4 原子力発電所における現在の自衛消防隊運営の状況

2.4.1 体制

発電所自衛消防隊の編成や運営に関しては、実際の消火活動対応能力を確保するため、具体的な基準を発電所毎に確立するとともに必要な教育や訓練を施しておく必要がある。また消火活動には発電所設備の運転操作が必要となる可能性もある。したがって発電所自衛消防隊には運転員が含まれる必要がある。

発電所自衛消防隊の運営に関する関係者への聞き取り調査結果は次の通りである。

(1)自衛消防隊の組織編制

- 運転当直員：2名（当直主任と当直員が各1名）
- 委託消防員（以降、自衛消防隊員という）：6名

(2)自衛消防隊の隊員、勤務

自衛消防隊の活動における全体指揮は運転当直員（上記の場合は当直主任）がとることになり、自衛消防隊員はその指揮下で消火活動にあたる。実消火活動は自衛消防隊員が行い、公的消防機関への通報は発電所職員である運転員が直接の責任を負う。運転当直員と自衛消防隊員は当直シフト体制は同じでないが、いずれも当直体制による連続勤務であり、24時間の対応が可能である。自衛消防隊員の勤務は12時間勤務の3班シフトで運営されている。自衛消防隊員の指揮者は公的消防機関従事経験者であてられていることが多い。これは隊員の能力の維持確保のために重要な点である。

(3)自衛消防隊の任務の基本的考え方

任務の考え方は以下の通り公的消防機関と同様である。

- 消火活動の主眼は延焼の防止で、すでに燃えてしまっているものの損害の低減ではない。
- 鉄筋コンクリート施設での火災（木造家屋のような燃焼崩落の恐れがない場合）においては、排煙可能であれば、隊長の状況判断に基づいて、救助活動を行う。
- 消防隊は呼吸保護具（スキューバ）を着用し、その空気容量（実活動時間として30分程度）に応じて活動を行う。
- 隊員に人的被害が出ないこと（二次災害の防止）が原則である。
- 放射線管理区域内での被ばく防止については、通常の放射線作業従事者と同様の考慮を払う。
- 電線火災時は、感電防止のため、高圧電線が隔離されていることが確認されるまで放水は行わない。

2.4.2 教育・訓練

発電所自衛消防隊の教育・訓練事項に関する関係者への聞き取り調査結果は次の通りである。

- 原子力発電所の基礎的事項
- 原子力発電所における用語
- 原子力発電所の現場の状況
- 原子力発電所における設備系統と機器配置

- 発電所構内の消火栓配置
- 防火管理の手順
- 火気取り扱いにおける注意事項
- 放射線管理の手順
- サーバイメータ取り扱いの手順

自衛消防隊員には上記の他、消火活動に関する座学が行われる。その中には現場でのヒヤリ・ハット事例による検討会の実施も含まれる。

関西電力の原子力発電所が立地する若狭地区では、若狭消防組合が平成20年5月30日に原子力発電所等の自衛消防隊に対する教育および訓練指導要領を定めている。この要領において、初動要員、自衛消防隊員等に必要な基礎的事項として以下の項目が定められており、総教育時間の目安は16時間とされている。

- 自衛消防に関する事項および原子力施設等の事故例とその対応
- 消防機械、水力学等
- ホース延長、収納等の操作
- 空気呼吸器等の着容量、点検容量等
- 化学車、水槽車等の操作要領等
- 水槽車等からの中継送水要領、その他の操作要領
- 消火器等の消防用設備等を用いた消火要領

このように、消防活動を行うための基本的操作に関する知識については、公的消防機関を通じて自衛消防隊に伝授されている状況にある。その他の応用動作について、本要領では当該自衛消防隊等の実態等を勘案して実施することと定めている。経済産業大臣による平成19年の指示では、発電所自衛消防隊員は消防機関での実地訓練も含めた職員の訓練を行うこととされており、上記の自衛消防隊に対する教育はその一部をなすものである。

柏崎刈羽原子力発電所における変圧器火災では、屋外火災であることから対応した職員に重大な危険が及ぶことはなかった。しかし建屋内で比較的規模の大きい火災が発生した場合には、火災に伴って大量の煙が発生するなど、通常では予期することが困難な危険が生じる。

幸い、国内の原子力発電所においてはこれまで規模の大きな火災の発生例はないが、比較的規模の大きな火災が発生した場合、消火活動や人命救助の実施には危険が伴う。過去にそのような災害の前例

がないからといって準備を行わないでいることは、予期しない悲惨な事故が発生する原因となる。よって公式なガイダンスの有無にかかわらず、発電所が自衛消防隊を組織する以上は、隊が保有すべき装備や能力、消火活動時における具体的な基準を明確にしておく必要がある。

自衛消防隊員にとって、本格的な消火活動を訓練などで体験する機会は極めて限られている。例えば公的消防機関が設置する消防学校において、発電所自衛消防隊員が訓練を受講する機会を得ることは困難である。地方自治体が保有する消防訓練施設で訓練を受けることは可能である一方、自衛消防隊員が独自に本格的な消火訓練を行うことは難しい。それは以下の制約に起因するものである。

- 大量の煙が発生するような訓練は、社会的制約から、私有地内でも自由には行えない
- 自然公園法上の制約のため、発電所施設を模擬した自前の訓練施設を建設することが困難
- 発泡薬剤など消火液を用いた訓練を行った場合、それらを産業廃棄物として処理するための費用が発生する

大規模な火災を消火するような訓練を体験できる施設は、国内でも数が限られている。このような場所は、海上災害防止センター（横須賀）、海上自衛隊防火防水実習場（舞鶴）、石油会社の消火活動訓練場（新潟）などがある。訓練の参加枠には限りがあるため、公的消防機関の隊員であってもこのような施設での訓練を受けることはそれほど容易ではない。このため発電所自衛消防隊員にとってはなおさら、このような訓練を体験する機会を得ることが非常に難しい状況である。

関係者の聞き取り調査結果では、発電所自衛消防隊は、日勤時間帯に毎日2時間程度の訓練が行われており、これは公的消防機関と比べて長時間の訓練である。隊長は公的消防機関のOBであり、訓練プログラムには隊長が消防隊員として勤務した経験が取り入れられている。ただし一般の隊員にとっては、やはり発電所構内で発生することが想定される様々な火災のパターンについて具体的に想定する面での難しさがあると言わざるを得ない。

火災現場を具体的に想定することが難しい状況の具体的な例としては、発電所構内の現場に即した訓

練が困難なことに起因して、消火訓練の実施時において運転員（当直主任など）との連絡をとりながら必要な消火活動を臨機応変に判断するようなシナリオなどが考えられる。現状自衛消防隊が有している想定火災シナリオは、消火活動時において運転員との相互連携を必ずしも要するものでないために、消火訓練の実施にあたっては、隊員は運転員と連絡する機会はほとんどないのではないかと懸念される。発電所の自衛消防組織編成としては、公式には運転員2名が自衛消防隊を構成するものとして捉えられているとは言え、実火災が発生した際において、運転員と自衛消防隊員との間の相互連絡が実際の必要に応じてなされ得るかどうかは、今のところ現場で実証されていない可能性がある。

火災は頻繁に発生するものではなく、発電所ではなおさらそうであるため、発電所の自衛消防隊が消火活動に携わる機会は公的消防機関の消防職員よりもはるかに少ないと言える。発電所の自衛消防隊員は様々な制約のため、現場での実際の火災状況がどのようなものであるかについて意識する機会が乏しいが、これは隊員が自己の消火活動能力を研鑽するための具体的な動機を欠くものと言える。

自衛消防隊員の訓練が必ずしも十分でないということは、隊員のモチベーションの維持にも好ましくない影響がある。このことは、実際に火災が発生したときの対応において人的過誤を誘引する要因のひとつとなる。消火活動の際の人的過誤は、人身災害の発生に直結し得る潜在的危険である。自衛消防隊員が消火活動中に負傷した場合これは労働者の業務上災害であり、社会的にも重大な影響がある。このようなことから、自衛消防隊員にモチベーションを維持させるための工夫を行うことは、自衛消防隊の運営において重要な事項である。

2.4.3 装備

自衛消防隊員は、防火服、呼吸保護具の着用等、公的消防機関の隊員に準じた装備を有する。通信用器材にはPHSが用いられている。消火活動用機材としては、ABC粉末消火器、構内消火栓の他、化学消防車（粉末、泡）、水槽車が準備されている。

2.4.4 消火活動時の対応シナリオ

想定火災シナリオとしては、原子力発電所の火災

防護指針（JEAG 4607-2010、日本電気協会）に準じ以下のような想定火災が準備されているが、ほとんどは油火災に関するものである。消火手段としては、自動消火設備、泡消火器、化学消防車と水槽車の使用が想定されている。

- 起動変圧器、主変圧器、所内変圧器の火災
- タービン建屋 主油タンクの火災
- 非常用ディーゼル発電機の火災
- 油計量タンクの火災
- 補助ボイラ燃料タンクの火災
- 危険物倉庫の火災
- 廃油貯蔵所の火災
- ディーゼル消火ポンプ燃料タンクの火災
- 協力的油庫の火災
- 補助ボイラ室での火災

一方、水素ガス火災、放射線管理区域内の火災シナリオの具体例はあまり見られない。この様な一面は、自衛消防隊が発電所構内における具体的な火災状況を想定しにくい状況に起因しているようである。

3. 米国発電所の自衛消防隊

3.1 発電所自衛消防隊の編成・運営に係る基準類

米国では国内と異なり、発電所自衛消防隊の運営に関し以下のような詳細な基準が存在しており、これを順守することが求められる。

A. 10 CFR part50, Appendix R（連邦規則）

【主な要求事項】

- 自衛消防隊は、発電所構内の全ての安全上重要な設備に対する消火活動のため、訓練と装備を備える
- 隊員の消火活動のための身体能力につき、毎年試験を行う
- 隊員は少なくとも、耐火防具、通信器具、携帯電灯、可搬式排煙器、可搬式消火器を装備する
- 運転当直長は自衛消防隊員には含まれない
- 少なくとも10名分のスクューバ呼吸具（米国労働安全衛生協会（NIOSH）認定のもの）が準備され、予備の空気を1時間分以上確保する

B. NFPA 600 (全米火災防護協会 基準)

【主要要求事項】

- 企業内消防隊の管理者は以下の責任を有する
 - 現場固有の条件と危険性を評価し、消防隊の任務を定める
 - 隊の権限系統を確立し、責任を割り当てる
 - 隊員の安全確保のための方針を定め、以下を担保する
 - ◆ 訓練を受けていない職員は、準高温区域（高温区域の境界外側に設定された区域）に立ち入らせない
 - ◆ 高温区域（火災の付近、濃厚な煙や極端な高温に曝露する恐れのある区域）に入る隊員は、自給式呼吸器と防火衣を着用する
 - ◆ 初期段階を過ぎた火災は、2名以上のチームで対応する
 - ◆ 信頼性のある通信システムを用いる
 - ◆ 高温区域で対応する隊員には、支援を与えることのできる隊員少なくとも1名が高温区域外で待機し、当該隊員の安全状況を把握する
 - ◆ 準高温区域にいる隊員は、指揮者の位置から常に確実に見える位置に留まる
 - 隊員に必要な技能、知識、安全措置の熟達レベルについての基準を定める
 - 健康状態変化に起因する隊員としての適格性を監視し、管理者に助言する制度を運営する
 - 以上の目的のため、必要な設備、教育訓練、運営に必要な予算を確保する
- 以下を明確にした火災時運営計画を定め、隊員に熟知させる
 - 公的消防機関その他外部機関との役割と責任
 - 活動中の現場隊員各員の状況の把握
 - 隊員の活動前におけるリスク評価
 - 現場固有の危険
- 隊員は、事前に訓練と教育を受けていない任務を行わない
- 隊責任者は以下の責任を有する
 - 組織運営に関して定められた事項を実施するための手順作成
 - 隊の規模と組織体制の確立
 - 防火設備検査プログラムを作成する
 - 隊の活動に関する報告書、記録を管理、レビューする
 - 地元の消防当局との連絡維持
 - 隊員の仕事に関連する身体能力要件を確立する

- 隊長は以下を行う
 - 隊の指揮系統を確立する
 - 隊の規模に応じ、隊長の補佐を選び、隊の全ての活動についての情報が届くようにする
 - 隊の装備を保守する
 - 隊の現状に関する報告書を年1回以上作成し、経営層に提出する

C. Regulatory Guide 1. 189 (規制ガイダンス文書)

【主要要求事項】

- 消防体制について全責任を負う者を任命する
- 可燃物保管状況検査、消火訓練、訓練の評価、防火監督、請負会社員の教育、火気作業レビューについて、監督者を設置する
- 自衛消防隊員は、手順書に定める消火手順について責任を負う
- 自衛消防隊員は5名以上で構成し、非常時には当直体制であらゆる運転および緊急時対応に対応する

3.2 原子力発電所における自衛消防隊運営の状況

3.2.1 体制

A. 組織の構成

(a) 要員数

米国における発電所の自衛消防隊の編成は、典型的には次の通りである。

- 各直、5名以上
- 2交代制、5直編成

消防隊（各直）が5名というのは、隊長1名、小隊（2名）2隊で構成された、小規模な火災に対応するための最小ユニットであり、消防隊の目的が初期消火であることに対応している。このユニットに加えて、消防隊の運営責任者、公的消防機関との連絡責任者などが配置されている。米国の発電所自衛消防隊の編成は、根拠となる基準が同一であるため、米国のどの発電所においても類似したものである。米国の発電所では、発電所によってユニット基数が1～3基と異なっているが、ユニット基数が多い発電所では要員負担の割合が軽減され、運営は容易になる。

(b) 組織編制

自衛消防隊組織の典型的な例を図1に示す。

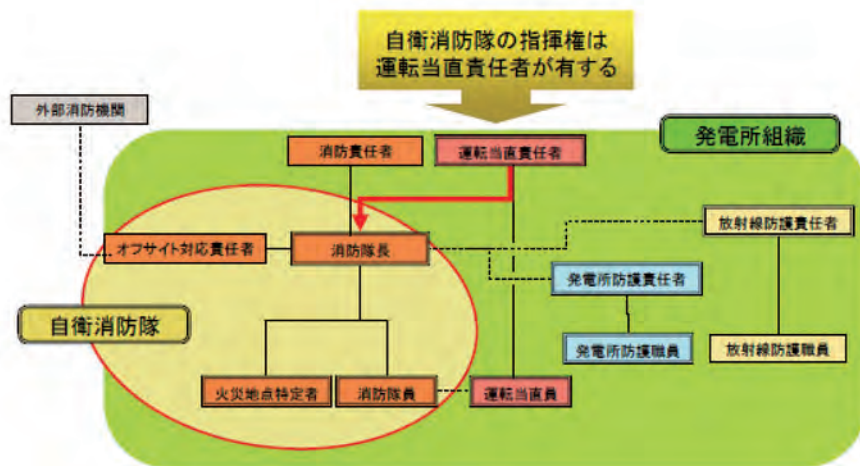


図1 米国発電所における自衛消防隊組織の典型的な例

自衛消防隊は、ファイヤ・マーシャル (Fire Martial) という消防隊組織管理責任者によって運営されている。ファイヤ・マーシャルは発電所の設備、消防用設備や消火技術等に精通しており、消防隊のパフォーマンス維持や消防隊員の安全確保に責任を持つ、消防活動の専門家である。

運転員の一部を自衛消防隊の構成員の一部に割り当てている発電所もある。しかし消火活動においては、運転当直責任者に対して状況を逐次連絡を行うものの、自衛消防隊として運転操作にかかわることはない。

火災が発生していない平時においては、自衛消防隊員は「稼動」していないことになるが、自衛消防隊をどのように業務上の「戦力」と捉えるかは発電所によって観点は異なっている。発電所によって、大まかに以下の3通りの考え方があった。

- 自衛消防隊員は消防、救助、危険物管理業務に専念し、平時も防火パトロールを行う他、消火、救助訓練を繰り返し、隊員の錬度を向上する
- 自衛消防隊員は、平時は他の職能の補助的な業務をこなす
- 自衛消防隊員は発電所内の消火活動に責任を負っているが、平時においては通常のルーチン業務(放射線管理、化学管理など)を担当している

このような考え方の違いは、発電所のユニット基数(すなわち専任の消防隊員に割ける要員の数)、発電所近隣に公的消防機関が待機しているかどうか、といった要素にも影響されるが、最終的には発

電所の経営層による判断によって決められている。発電所火災はそれほど頻繁に発生するものではないため、自衛消防隊の任務を「初期消火活動」として位置付けるのであれば、消防活動に関係しない平時業務を自衛消防隊員に負わせることに一定の合理性はある。

なお実際の火災発生時においては、自衛消防隊の活動を指揮する責任者は運転当直責任者である。これは次の観点を考慮したものと推測される。

(ア) トラブル収束活動との整合性

発電所内でトラブルが発生した場合には、プラントを安定させるため、運転員による適切な判断・操作が期待される。火災は原子炉を安全に停止させること等に対する脅威であり速やかな消火活動の実施が望まれるが、火災の規模が大きい場合には、消防隊員や装備の制限などによって全ての火災状況に同時に対応することが困難な事態も想定される。このような場合において重要なことはまずプラント全体の状況を把握することであり、これは運転員の一義的対応が期待される。火災の対応においても他のトラブルと同様、被害や影響範囲などの状況を運転員は把握していなければならない。

(イ) 消火活動の安全確保

火災によって特に高圧の電気設備が被害を受けた場合、消火活動中の消防隊員が感電する恐れがあり、当該部を停電させなければ消火水の放出ができない。従ってこのような消火活動を行う際に

は運転員との連携が必要である。

1975年に発生した Browns Ferry 発電所の火災事象では、建屋壁貫通部のシール材に火がうつりケーブル火災となったが、火災発生について運転員への連絡が適切でなかったため電源が隔離されず、消防隊は放水できなかったことから、火災による損傷範囲が拡大した。このような例からも、火災事象について運転員が状況把握していることは非常に重要である。

B. 消防隊の任務と能力と訓練

自衛消防隊の任務は発電所内で発生した火災の消火活動であるが、よく訓練された消防隊を保有する発電所では、自衛消防隊員に防火管理や消火設備の点検以外に、被災者の救助を積極的に任じているところがある。このような任務を全うするため、隊員の能力として次のような事項を具体的に挙げている発電所がある。

- 発電所設備の把握
 - 安全上重要な設備（電源、制御ケーブルを含む）
 - 消火設備、消火栓、防火扉、警報装置、耐火壁の配置
- 発電所構内における危険の把握
 - 危険物（有毒物、可燃性ガス）の配置状況
 - 可燃物の区域ごとの保管状況
 - 高温な機器
 - 高電圧設備
 - 高放射線、高汚染の区域
- 運転員（当直責任者）との意思疎通
 - 連絡手順
 - 無線通信
- 消火装備、救助器具の使用法の熟練
- 火災区域からの排煙手順の習熟
- 被災者の搜索、救出

隊員には、消火活動や救助活動を行うことができるための十分な身体的能力を有することが求められている。こうした能力は日常的に訓練され、定期的の評価されている。十分な総合的能力を有している者だけが自衛消防隊員として認められる。

3.2.2 装備

自衛消防隊員の装備は、公的消防機関と同じく、防火服、手袋、長靴、ヘルメット、スキューバが基本である。火災発生場所にかかわらず、隊員はスキューバを着用して活動することが基本とされている発電所が多いようであった。特筆される装備の例としては、サーモグラフィ、携帯無線機、防護区域扉の鍵、救助活動用具などがみられた。隊員に多くを期待している発電所においては、消防用車両（タンク車、ポンプ車）のほか、救急車やレスキュー機材を積んだ車両を保有しているところもある。

3.2.3 消火活動時の対応シナリオ

発電所の消火対応シナリオの詳細な例については、発電所特有の設備設置状況や構造物の配置（例えば地下設備、物理的防護関連設備など）も考慮に入れる必要があるが、これは発電所の機微情報にも関連することから、米国発電所の消火対応シナリオの具体例はほとんど入手できなかった。しかし具体的な消火対応シナリオを保有することは、隊員の訓練内容に現実味を持たせる観点で欠くことはできない要素である。米国の発電所において想定されている大規模火災の例としては、タービン発電機火災がある。これは次のようなものである。

- プラントの定格出力運転中、タービン軸受油箱の外側に溜まった油が発火し、油供給管の損壊により吹き出した油が燃焼

タービン火災は、潤滑油の燃焼の他、漏えいした水素ガスが着火するケースもあり、大規模な火災のシナリオとして現実的な例であるといえる。大量の油が燃焼するケースとしては、非常用ディーゼル発電機の燃料油の燃焼、一次冷却材ポンプ潤滑油の過熱による燃焼なども想定できるが、これらについての対応シナリオは入手できなかった。特に格納容器内で火災が発生した場合には、消火水の取り回し、煙からの防護、高温環境など様々な困難が発生することも想定されるが、このような状況について特に想定されたシナリオや対応計画は見出されなかった。もっともこのような深刻な火災においては、5名程度の要員で構成された小規模な自衛消防隊による対応能力をもはや超えるものであると考えられる。

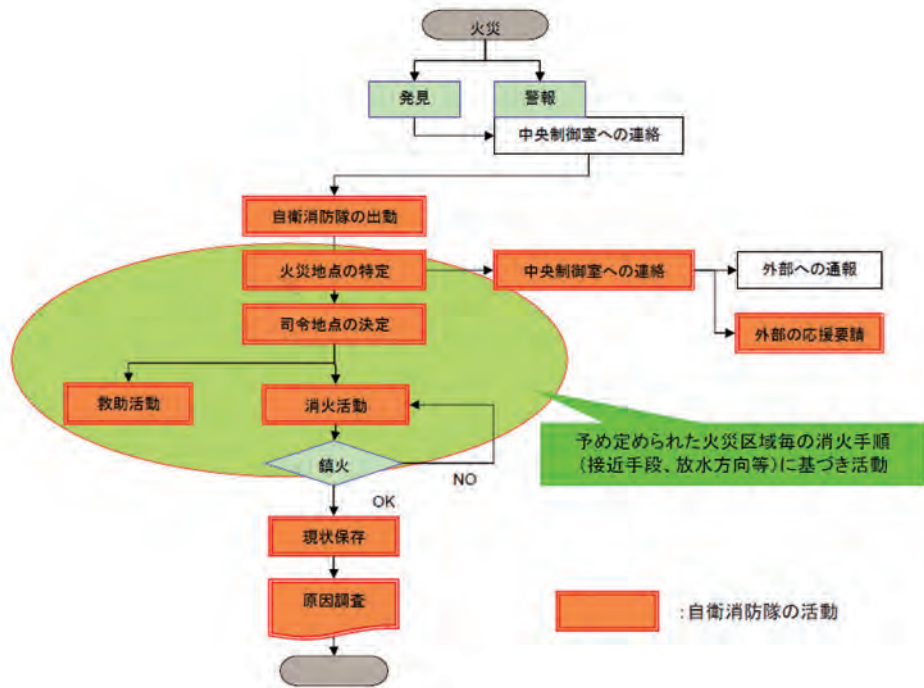


図2 米国発電所における自衛消防隊の火災対応フローの例

なお、自衛消防隊による消火活動における基本的な手順は明確に定められており、火災発見から消火活動に至るまでの基本的な対応フローは図2のようである。

火災に伴って生ずる現場の危険については、次の事項などが想定されている。

(ア) 煙による危険

- 中央制御室外での火災による中央制御室への煙の侵入
- 主変圧器火災時の、母線ダクトを通じた発電機への煙の侵入

(イ) 火災によるケーブル損傷による機器動作不能

- 安全注入系設備等の動作不能の発生
- 中央制御室からの機器操作機能の喪失

(ウ) 火災による設備の損傷

- ポンプの故障
- 電動発電機の故障
- 弁の隔離機能喪失

(エ) 火災の拡大

- タービン軸受油の燃焼

その他、消火活動中の危険要因として、放射線環境、可燃物、危険物、高電圧設備、などが想定されている。

火災対応シナリオは発電所の各所においてそれぞれ想定されている。図3に、火災現場対応想定を示す。このような消火活動現場の想定は、以下のように対象区域毎での様々な検討項目のもとで行われている。

- 火災の種類
 - 可燃物の種類
- 消火活動手順、安全確保の検討
 - 進入・退出経路
 - 至近箇所にある消火用機材
 - 換気を考慮した、最も望ましい消火活動の向き
 - 区域特有の危険（放射線、油、薬品、狭隘な箇所、等）
- 保護すべき機器の特定
 - 安全系の機器、ケーブル
 - 熱に弱い機器

このような火災シナリオの検討において、安全系の設備やケーブルについては、火災による損傷を受けることで発電所施設の安全性維持に支障が及ぶ恐れが考えられることから、火災の影響から保護すべき対象として明確にされている。

(火災発生場所の想定) ポンプ室

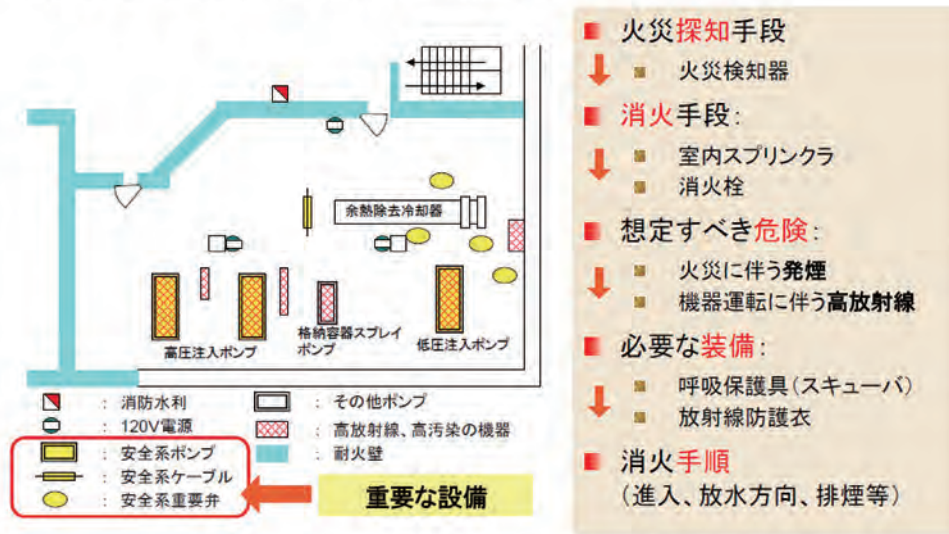


図3 米国発電所における火災シナリオの想定順序の例

4. 近年の火災事象発生傾向の分析

では、検討していく必要があると考えられる。

A. 火災の種類

国内発電所における2004年から2010年までの火災情報(ニューシアによる、発煙のみの事象も含む。)は62件発生している(図4)。そのほとんどは一般火災と電気火災である。油火災、ガス火災による火災の例はほとんどない。

米国発電所における、同期間の火災情報(NRC HPに掲載されている"Event Reports",以下「NRC情報」という。)は77件あった(図5)。電気火災の割合が多いことが注目されるほか、油火災やガス火災が国内と比べて高頻度で発生している。

なお本分析で使用したNRC情報による米国発電所における火災の情報については、原子炉の停止操作を要したものや、技術仕様書(Tech. Spec.)の運転上の制限逸脱につながる恐れが生じたものなど、発電所運転への影響が比較的大きな火災事例が中心となっている。このためニューシアにおける国内発電所の火災情報とは若干性質を異にするものであり、火災事象の傾向として単純比較を行うことには無理な面もある点については留意されたい。

国内発電所の自衛消防隊の備えに関して言えば、消火活動が複雑になりがちな油火災やガス火災の発生割合が少ない現状においては、米国の自衛消防隊と同等の能力を至急に保持すべき現状であるわけではない。しかし消防能力の将来的な充実の課題とし

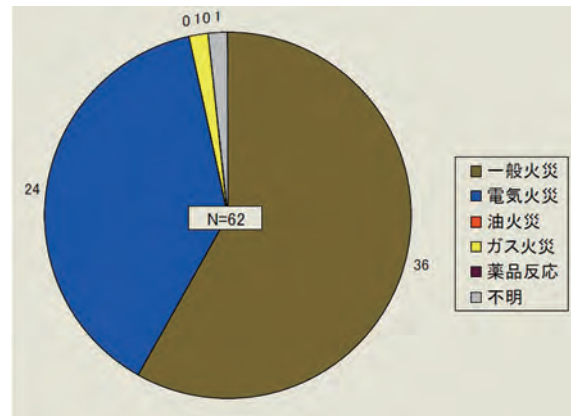


図4 国内発電所火災情報(ニューシア)の内訳

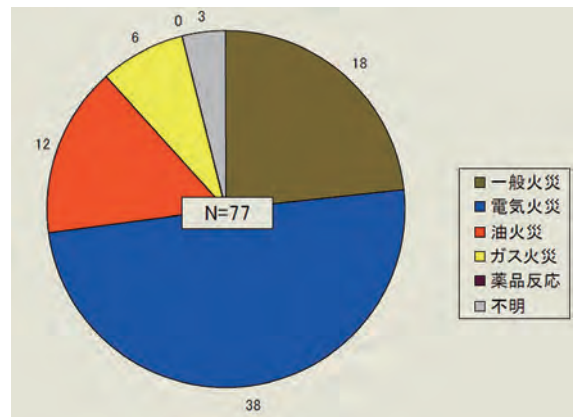


図5 米国発電所火災情報(NRC)の内訳

B. 火災が発生した設備

国内発電所で発生した火災のほとんどは主要設備で発火したものではなく、雑用設備や資材その他で生じた火災であり、いわゆるぼやに近いものの割合が多い。

一方、米国の発電所では、変圧器、遮断器、モータ、発電機、ポンプ、タービン、ディーゼル設備など、主要な設備での火災事例が多く見られている。このような火災の割合が高い原因としては、設備の設計や保守計画において不十分な面が存在している可能性がある。

米国の発電所では、プラントの運転に直接関連し得る機器での火災が多いことから、自衛消防隊の活動は運転当直との密接な連携が求められている現状であると言える。

C. 発火源

国内発電所で発生した火災では、溶接、溶断作業に起因するものが目立つ。米国の情報にはこのような火災の例は少ないが、これはNRC情報の性質（発

電所の運転に影響を及ぼす可能性のある火災)から、このような火災は小規模であったため報告を要しなかったことに起因している可能性がある。したがって火災発生件数の実数ベースの日米比較ではないことに留意されたい。

なお、国内ではこのような小規模な火災もニューシアで報告されていることを考慮すれば、国内発電所では米国の発電所に比べて火災の頻度は少ないと言える。

ただし、過熱や焼損などによる火災は日米とも多発している。このような火災が発生する設備としては、電気盤内の端子接続部、変圧器、遮断器、モータなどの電気設備、ポンプやタービンの軸受など様々であり、自衛消防隊が消火活動を行う対象設備もまた様々であることには留意しておく必要がある。

D. 人的被害

日米とも、発電所で発生した火災によって職員が負傷した事例の割合は少ない。しかしこのような例

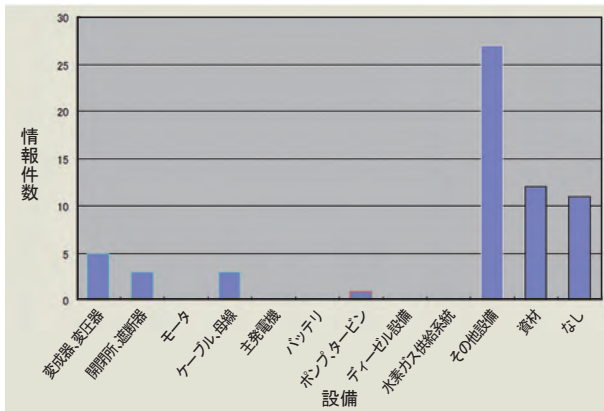


図6 国内発電所火災情報における発災設備

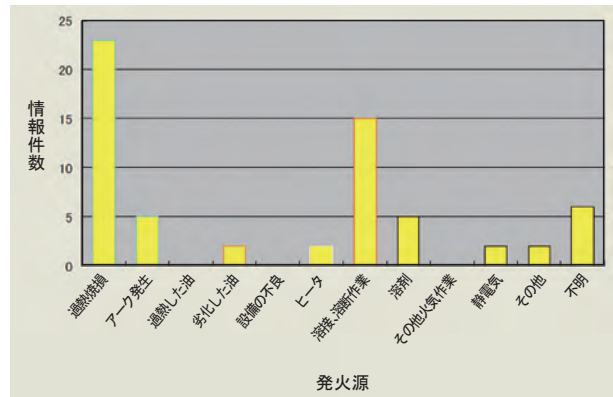


図8 国内発電所火災情報における発火源

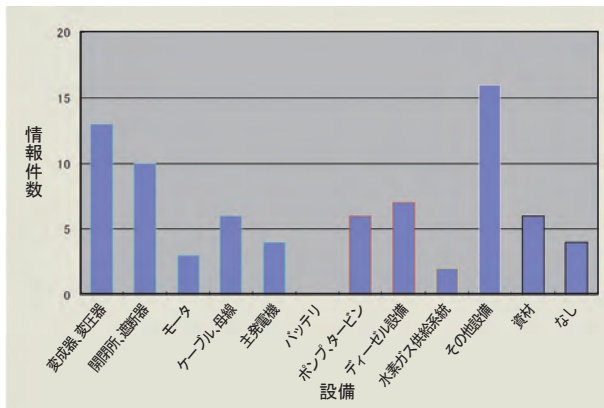


図7 米国発電所火災情報における発災設備

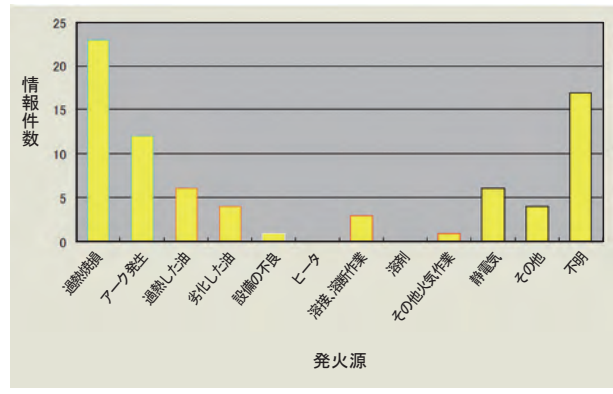


図9 米国発電所火災情報における発火源

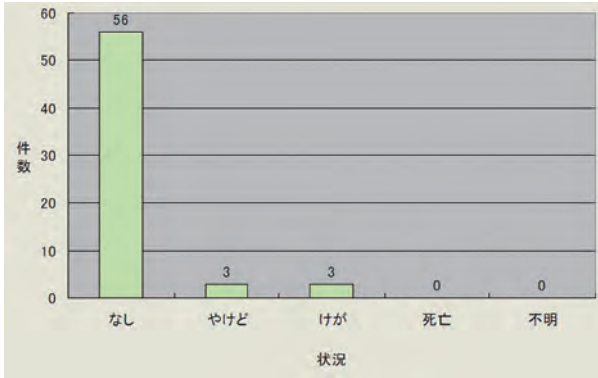


図 10 国内発電所火災による人的被害発生状況

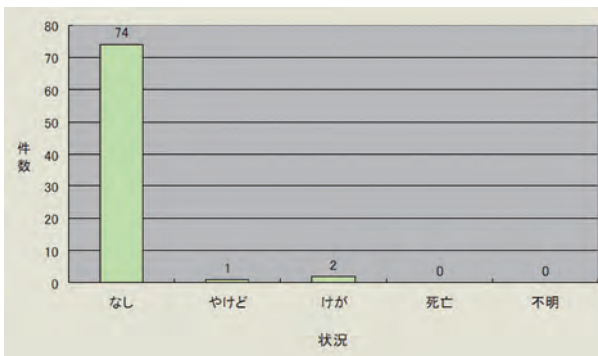


図 11 米国発電所火災による人的被害発生状況

が全くないわけではない。火災による負傷は、火災の規模が大きいことが原因となったわけでは必ずしもない。負傷災害に至った原因としては、煙、熱、アークなど様々なものがあり、ほやにおいても負傷が発生した事例がある。火災に伴う人的被害を防止するためには、自衛消防隊員に対する教育も重要であるが、火災を発生させ得る作業に従事する職員に対しても同様に、教育を十分に受けさせておくことが必要である。

5. 自衛消防隊の運営に関する日米の比較

国内発電所における自衛消防隊の運営を米国発電所のそれと比較することにより、以下の通り考察を行った。

A. 隊員の編成

日米とも、5～6名の当直体制にある隊員で構成されている場合が多い。これは比較的小規模の火災への対応を想定したものである。発電所での消火活動等の業務は、職員の救護任務を含めてもそれほど頻度の高い任務ではない。もちろん、発電所内で規

模の大きい火災が発生しないというわけではないが、このような場合には通常は公的消防機関の応援が期待できると考えるべきであり、多数の職員で構成された自衛消防隊を常備すべき必然性があるわけではない。

むしろ問題となるのは、平時であることがほとんどである自衛消防隊の任務について、適切な訓練や知識だけでなく、職務に対する緊張感を与え続けるべきことである。米国の一部の発電所では、自衛消防隊が日常的に訓練を行うための施設を保有したりしているため、実践的な消火訓練が行える機会が多い。しかし国内の発電所を含めて、このように恵まれたケースはそれほど多くない。このような観点からは、消防隊の規模は最小限度(5名程度)にとどめ、隊員一人あたりの教育訓練の頻度を少しでも上げる工夫をこらすことが有効と考えられる。

なお国内においても、消防法(第25条)において、火災が発生した際に当該消防物の関係者は消防隊が到着するまで消火若しくは延焼の防止又は人命の救助を行わなければならない旨の規定があり、火災時の救助活動の必要性を認識し、様々な状況を想定して予め訓練を行っておく必要はあると考えられる。しかし国内発電所の自衛消防隊の運営環境においては、人命救助活動の技量を向上するための訓練の機会、消火活動の訓練に比べてさらに限られていると考えられる。しかしながら、発電所の自衛消防隊は消防隊業務に専任しているため、様々な訓練に費やすことができる時間に余裕はある。このため、隊員のモチベーションを向上させる効果が期待できる観点からも、救助活動の訓練に時間を割くことには大きな意味がある。

B. 装備

自衛消防隊員の消防活動用装備については、日米とも公的消防機関の隊員と同等であることが多いようである。発電所構内には、放射線や汚染など、一般の火災とは異なる環境がある場所もあるが、火災事象そのものが一般の火災と根本的に異なるわけではなく、現状の運営において特段の問題点は抽出されない。

ただ、米国の一部の発電所では、自衛消防隊の装備として救急車やレスキュー車が配備され、救助活動としても様々な訓練を行っているところがあった。一般に米国では人口密度が日本より低く、発電所と市街地との距離が日本と比べて離隔しており、

公的消防機関の迅速な支援を受けにくい面があることがこうした違いの背景にあると推定される。しかし日本においても、新潟県中越沖地震（2007年）に伴う柏崎刈羽原子力発電所からの公的消防機関への電話回線の不通、さらには東北地方太平洋沖地震（2011年）の津波による福島第一原子力発電所へのアクセス道路の消防車の通行不能が発生したように、自然災害によって公的消防機関の支援を受けることが困難になることも想定しておく必要がある。このような任務を自衛消防隊が積極的に担うことによって、隊員のモチベーションをさらに向上する効果が期待できる。

米国発電所の自衛消防隊には、火災に伴う激しい煙に対処するため、サーモグラフィー装置を保有しているところがあった。これは隊員の活動時の安全確保だけでなく、被災者の救助活動の際に役立つものである。自衛消防隊の任務は初期消火活動にあるものと割り切ることが隊員の安全確保の観点から望ましいが、火災に伴う高温ガスの流れを把握し隊員の安全を確保するためには、サーモグラフィーの装備は有効である。

C. 火災シナリオの想定

火災発生時の現場の状況は、その現場における様々な環境要因により大きく異なるものである。発電所構内において、消火活動対応が困難となるような火災の状況としては、次のようなシナリオが例示できる。

- ▶ 大量の油の燃焼による、高温環境、大量の煙の発生、火災の拡大
- ▶ 水素ガスの燃焼による、爆発の危険、火災の延焼
- ▶ 電気ケーブルの火災による損傷に起因する、停電や機器の動作不能

火災によって大量の煙が発生した場合、被災者の発生、視界悪化による消火活動の困難化、高温の煙による周辺機器の損傷といった複雑な事態が発生する。このような状況は、国内発電所の自衛消防隊にとって経験の蓄積が困難であり、消火活動の技量向上が難しい面がある。しかし万一このような火災が発生した場合には、自衛消防隊はこれに対して初期消火活動とはいえ対応しなければならない。火災対応には迅速さと正確さが必要であり、適切な消火活

動を行うためには十分な準備が必要である。米国発電所の自衛消防隊では、このような事態を想定した訓練を積んでいるところが多いが、このような訓練の機会にあまり恵まれない国内の自衛消防隊においても、対応シナリオを事前に十分に検討し準備しておくことは有効である。国内の自衛消防隊では、消火活動の対応シナリオ準備の面において、米国の自衛消防隊に比べてまだまだ改善の余地がある。

水素ガス火災については、国内発電所では発生例はほとんどない。このような火災は発電機周り、水素供給設備付近で起こっている例が米国ではが多い。水素ガス火災時に留意すべき事項は、ガス爆発の危険があること、ガスの移動によって火災が延焼するケースがあることである。このため火災現場の換気や水素ガス濃度の測定など、やはり消火活動シナリオを準備しておく必要がある。

電気ケーブルや母線での火災事例は、米国発電所に比べて国内発電所において事象発生頻度は低い。しかしこのような火災時には、煙の発生によって視界が悪くなること、周辺の照明停電も想定されること、地絡や放水時の感電の危険があることに注意する必要がある。このような観点での消火活動の具体的なシナリオを予め準備しておく必要がある。

6. まとめ

発電所の自衛消防隊の運営については、米国内でも発電所によって様々であり、隊員の練度向上に非常に力を入れている発電所もあるが、全ての発電所がそのような模範的状态にあるというわけではない。一方、国内の発電所においては、時折発生している火災事象などを教訓に、自衛消防隊の運営について少しずつ改善が加えられてきている。例えば、火災出動時に自衛消防隊員はスキューバを必ず装備することが徹底されるなど、安全確保の面でも配慮がなされてきている。

自衛消防隊の運営においては、平時における隊員の練度向上と、火災対応時における隊員の安全の確保および火災状況についての適切な報告ができることが重要なポイントである。発生頻度の高い火災に対しては、訓練の繰り返しにより対応能力を充実、維持することは可能である。その一方で、安全系の設備やケーブルにおける火災については、海外においても発生頻度は小さいものの、一旦火災が発生した場合には発電所施設の安全性に重大な影響が及ぶ

事態も考えられる。したがってこのような火災も事前に想定しておく必要がある。自衛消防隊は平時から様々な施策を事前に講じ、隊員の知識、能力の向上に努めておかなければならない。

文献

- (1) NRC ウェブサイト (ブラウンズフェリー発電所火災事例)
- (2) NRC ウェブサイト (Event Reports)
- (3) 総務省消防庁 ウェブサイト
- (4) 原子力発電所の火災防護規定 JEAC 4626-2010, 日本電気協会, 原子力規格委員会
- (5) 原子力発電所の火災防護管理指針 JEAG 4103-2009, 日本電気協会, 原子力規格委員会
- (6) 原子力発電所の火災防護指針 JEAG 4607-2010, 日本電気協会, 原子力規格委員会
- (7) 米国連邦規則 10 CFR Part 50, Appendix R
- (8) NFPA 600, 企業内消防隊に関する規格, 全米火災防護協会
- (9) Regulatory Guide 1.189
- (10) 原子力施設情報公開ライブラリー ニューシア