

奨励賞

石油コンビナート等特別防災区域内における
高圧変圧器の火災からの一提言三重紀北消防組合消防本部 予防課
森下 一

1. はじめに



写真1 火災現場

「火災」とは、人の意図に反して発生し若しくは拡大し、又は放火により発生して消火の必要がある燃焼現象であって、云々」という定義があるが、この火災は、石油コンビナート等災害防止法（昭和50年法律第84号。以下「石災法」という。）に規定される特別防災区域内の発電所構内に設置され、危険物を抜油し終わったはずの高圧変圧器の撤去作業中に発生した火災であり、本来、火源となりうるものがないと思われていた構造物からの出火という特異性と解体作業における人為的な二次的要因により発生したと推測されることから、同様の事故を防止するため、本火災を取り上げたい。

2. 石油コンビナート等特別防災区域における事故件数の推移

(1) 「尾鷲地区」の沿革

三重県南部に位置する尾鷲市には、石災法が施行される以前の昭和39年に、重油を発電燃料として消費する火力発電所、産油国からの原油を受入れ、その原油を精製し、精製した油類の輸出や他発電所等への国内流通させるための燃料精製基地がすでに設置されており、今では当たり前となった「輸入、精製、発電消費、輸出・移送」が一つの地域で行える日本初の基地形成が形づくられたことにより、中京圏における重要港湾としての気運が高まった。さらには、昭和62年に世界最後の純粋火力発電の3号タービンが運用を開始し、1～3号機の併用運転が行えることとなったことから、当時の電源需要における重要な地位を占めていた。

しかしながら、昨今の脱炭素化社会の到来と設備の老朽化により、徐々にその地位が斜陽となり、長期休止運用を余儀なくされ、ついには、平成29年に火力発電所全体の廃止が決定した。そして、令和元年には、石油コンビナート等特別防災区域（以下、「特別防災区域」という。）を構成する特定事業所の危険物施設がすべて廃止となり、令和2年9月9日付けで、石油コンビナート等特別防災区域を指定する政令の一部を改正する政令（令和2年政令第272号）が公布されたことにより、「尾鷲地区」は特別防災区域の指定を解除されることとなり、現在は、施設や建屋などの撤去がすべて終了し、跡地の地盤工事を行っているところである。

(2) 特別防災区域における事故件数の推移

全国的に見れば、近年の特別防災区域における年間事故発生件数は平成18年からは、200件前後で推移しており、特に、平成28年以降の5年間については250件を超えて発生している。そのうち、火災件数については、平成26年からは100件を超え、平成30年には146件を記録している。このことから、特別防災区域で発生している事故件数のうち、火災の発生割合は、毎年、約40%近くを占めていることになる。

一方、「尾鷲地区」における事故は、平成13年から令和2年までの過去20年間に遡って確認したところ、14件発生しており、年平均で換算すると、0.70件発生していたことになる。同時期の全国に指定されていた特別防災区域の一地区の年平均発生件数である2.53件より下回っているものの、その発生件数は決して少ないものではと言えない。

発生した事故の内訳は漏えい事故が7件、火災が4件、その他が3件となっている。

特に、近年においては施設の老朽化が進んだことによる配管からの漏えいにより、キロリットル単位での漏えい事故が3件発生していることから、消防本部予防課としては、特に注意を促しており、特別防災区域に存する特定事業所に対して、定期巡回の強化及び定期点検の頻度を多くするよう指導するとともに、平成28年度からは、特に、発生件数の多い漏えい事故の防止のため、配管に関する工事の際、工事の大小に関わらず、事業所の自主検査に任せることなく、消防本部予防課が

自分たちの眼で配管の腐食具合等を確認するため、さらには、早期に、対象施設全体に対して、適切な指導を行うため、必ず、現場に足を運ぶこととした。また、毎年実施される保安講習においては、特別防災区域内の事故事例を中心に、特に、配管の漏えいの危険性や実際に起こった腐食事故などについて、焦点を絞り、注意喚起を促すことに基本方針を改めた。

しかしながら、このような指導にもかかわらず、昨今においては、保安検査のためのタンク開放時に大規模な側板変形事故や構外のフェンス修繕工事の溶接火花が飛び火した火災など、明らかに不注意による事故が発生しており、今般の特別防災区域の指定解除にともなう区域全体における危険物施設の廃止作業等については、仮設配管の設置や配管ルートの変更などが、同時にかつ多方面で行われることにより、従来の施設形態とは様変わりするとともに、多くの工事関係者の出入りし、意思の疎通が希薄となることにより、労働災害、漏えい事故を引き起こす要因が介在するおそれがあったことから、現場に赴いた際、打合せを綿密にするとともに、互いに声をかけ、確認し合うことを、必ず、工事責任者たちに対して、指導していた最中に、この火災は発生した。

3. 火災の概要

(1) 時間経過

ア 出火時刻

平成31年2月27日（水） 13時49分ごろ

イ 指令時刻

平成31年2月27日（水） 13時55分

ウ 鎮火時刻

平成31年2月27日（水） 20時30分

エ 損害状況

幅9.96m、奥行き13.1m、高さ13.9mの高圧変圧器のみ焼損したものの。

(2) 主要変圧器の発生前の状況

出火した2号機主要変圧器（以下、「主要変圧器」という。）の仕様は以下の表のとおりであり、昭和38年にり災場所に設置された。

定格容量	430,000kVA
電圧（一次／二次）	21kV／287.5kV
相数	3相
絶縁油量	高圧絶縁油（PCB含有）
絶縁油種別	122,000ℓ（第三石油類）

この主要変圧器は、ポリ塩化ビフェニル（以下「PCB」という。）を含有する危険物である高圧絶縁油122,000ℓ（第4類第3石油類）を内部に貯蔵し、運用されていたが、発電所の2号機の長期運用停止により、電気事業法（昭和39年法律第170号）による規制がなくなっ

たことから、平成17年1月12日付けで屋外貯蔵所として、当消防組合の設置許可を受け、そのまま存置され、内部の高圧絶縁油のPCB処理を行うための順番を待っていた。



写真2 り災前の主要変圧器

しかしながら、高圧絶縁油のPCB処理を行う前に、発電所そのものの廃止が決定したことから、設置場所付近において、PCBを無害化するための消防法（昭和23年法律第186号）第10条に規定する危険物 仮取扱いが平成31年1月14日～1月23日まで実施され、新油（リサイクル洗浄油）を入れながら、循環、ろ過を行うことにより、無害化高圧絶縁油となった絶縁油は、この仮取扱い期間中に、順次、主要変圧器から抜油された。そして、抜油されたものは、廃油として発電所構内から搬出され、主要変圧器内部には、ほとんど油がない状態で撤去作業が開始された。

(3) 出火から鎮火まで

抜油した主要変圧器は、平成31年2月25日より、その安全性を確認したうえで、解体作業に着手。変圧器廻りの付属品を除去し、外装板を切断、撤去した後、2相目の絶縁紙に覆われた鉄心の切断、撤去を行っていたところ、平成31年2月27日、13時49分ごろに出火した。



写真3 主要変圧器の破碎作業

解体作業を行っていた重機運転員は、出火確認後、備え付けの水バケツや小型粉末消火器などを使用したものの消火に至らなかったことから、大声で本火災の発生を知らしめたが、重機や防音壁が視認障害となり、解体作業現場付近の他の作業員たちは、火を確認することができず、通報に至らなかった。なお、出火当時、安全管理者は、工事の打ち合わせのため、現場を外れており、解体作業現場には重機運転員しかいなかった。

本事案の第一通報は、解体現場から直線距離で約90m離れた建物内にいた工事関係者が、立ち上がる炎を確認したことから、携帯電話による119番通報により、もたらされた。この119番通報は13時53分に受信したが、その直後には、工事関係者からの119番通報を多数、受信している。



写真4 火災現場

通報後、立ち上がる炎を見た工事関係者が石災法により義務付けられた「屋外給水設備」に、直接ホースを接続し、放水したものの、残念ながら、消火に至らなかったことから、自衛消防隊による高所放水車からの放水を開始した。その後、通報により出場した当消防組合消防隊（以下、「組合消防隊」という。）に指揮権を委譲し、自衛消防隊は、組合消防隊とともに、高所放水車からの俯瞰放水を中心とした消火を実施したが、主要変圧器の隔壁が障害となり、消火に困難を伴ったことから、重機による破碎を行いながら、通常放水を加えた消火に切替え、鎮火に至った。

4. 火災の見分等

(1) 実況見分

り災場所において、鎮火翌日の平成31年2月28日に実況見分を行った。

り災物件である主要変圧器は、内部から激しく焼けており、消火の際に、重機による破碎が行われたため、実況見分時には、当該変圧器の構造材の一部であるH鋼、内部にあった鉄心を構成するケイ素鋼板や銅製コイル、油絶縁紙などの残骸が山積しており、出火時の状態を止めていないことが見分された。



写真5 鎮火後の主要変圧器

付近には焼けたにおいに混じり、かすかに油臭が感じられた。また、実況見分当日には、雨が降っていたこともあり、り災現場のそこかしこから、薄い油膜の流出が認められた。

なお、発見者である重機運転員による重機を使用した発生当時の再現を行ったところ、高さ約2m付近において、鉄心を解体している最中に、破碎具の刃を中心にして、火が点いたことが判明した。

(2) 破砕実験

本火災は、火源がないはずと思われていた破砕作業中に発生したことから、実際の作業中において、どのように熱が影響したのか、また、今後の事故防止対策案を確認するため、C社協力のもと、実際に使用した重機と鋼材を使用して、実験を行った。

ア リ災場所付近において、平成31年3月8日、重機により、主要変圧器の構造材である厚さの違う一般構造用圧延鋼材（以下「SS」という。）、アルミニウム板、ケイ素鋼板を試験片として使用し、実際に行う破砕作業を模擬的に再現し、サーモグラフィにより、作業時の破砕具への温度変化や切断時における鋼材の最高温度、蓄熱箇所を調査するため、破砕実験を行ったところ、以下のような結果が得られた。



写真6 破砕実験

使用鋼材	破砕具の温度変化	切断時の鋼材温度
SS10 mm鋼板	8.2℃上昇	46.1℃
SS20 mm鋼板	19.7℃上昇	82.0℃
アルミニウム板 6 mm	14.1℃上昇	24.6℃
ケイ素鋼板 12 mm	4.2℃上昇	26.5℃
アルミニウム板 6 mm と SS10 mm鋼板を溶接した構造材	12.3℃上昇	93.1℃

この実験により、SS10mm鋼板ならば容易に切断することが可能であったが、これ以上の厚さのSS鋼板や素材の異なる鋼板が溶接された構造材を破砕する場合、切断することができず、曲げたり、折ったりしながら切断することとなり、鋼材に対する「擦れ」が確認され、また、鋼材の厚みが厚くなるほど破砕具への温度が上昇し、鋼材そのものにも蓄熱する温度が高くなることが判明した。

また、サーモグラフィで確認したところ、どの鋼材を切断する際にも、鋼材に接触する破砕具の刃の切断部分を中心に、熱を帯びていることが確認された。

イ 再度、同様の実証実験に、散水を加えながら、実施したところ、以下のような結果が得られた。

使用鋼材	破砕具の温度変化	切断時の鋼材温度
SS10 mm鋼板	8.9℃下降	12.8℃
SS20 mm鋼板	5.0℃下降	21.4℃
アルミニウム板 6 mm	2.7℃下降	13.6℃
ケイ素鋼板 12 mm	5.9℃下降	13.8℃
アルミニウム板 6 mm と SS10 mm鋼板を溶接した構造材	8.3℃下降	15.8℃

このことから、鋼材自身が熱を帯びることが非常に少ないことが確認されるとともに、破砕具の熱は、散水を行った場合は、熱を帯びることがなく、逆に下降することが確認された。

ウ これらのことから、短時間の破砕実験であったが、SS10mm鋼板以上の厚みがある鋼板は切断することができず、鋼板そのもののみならず、破砕具にも著しい温度上昇を及ぼすことが確認され、作業を継続して行うことを考慮すると、鋼材や破砕具の温度上昇は顕著となることが想定される。

また、散水を行いながら破砕を行った実験結果から、鋼板のみならず、破砕具にも大きな温度の上昇等が見分され

なかったため、散水は有効であることが確認された。

(3) 燃焼実験

主要変圧器に実際使用されていた油絶縁紙が、この火災にどのような作用を及ぼしたかを究明するため、これを、現場より取去し、平成31年3月27日に、燃焼実験を行った。



写真7 使用した油絶縁紙

実験は、取去した油絶縁紙を油がしみ込んで乾燥した油絶縁紙（以下「乾燥絶縁紙」という。）と油がしみ込んで湿った油絶縁紙（以下「湿潤絶縁紙」という。）に分けて、燃焼させた。

実験当日の午後3時ごろの天候は晴れ、気温は21.3℃、湿度27%であった。

また、平成31年1月14日～1月23日まで実施された危険物仮取扱いに際して、使用されたりサイクル洗浄油を工事関係者より入手し、油絶縁紙にしみ込ませた。

このリサイクル洗浄油の性状は、安全データシート（SDS）から、引火点が130℃、発火点はデータなし、第四類第三石油類の危険物等級Ⅲ、非水溶性であった。

ア 火花による着火の確認

実際の作業現場において、破碎具と構造材の擦れによる火花の発生が想定されることから、油絶縁紙が火花により着火するかを確認した。

実験方法は、高さ0.2mの高さから鋼管をグラインダーにて切断することにより、火花を発生させ、30秒間、油絶縁紙に火花を当て続けた。しかし、乾燥絶縁紙及び湿潤絶縁紙ともに着火には至らなかった。

イ 発火温度の確認

油絶縁紙の発火温度を確認するため、ガスレンジで徐々に加熱して、絶縁紙が発火する温度を測定した。

乾燥絶縁紙及び湿潤絶縁紙ともに、約40℃で白煙が上がり始め、乾燥絶縁紙は230℃で発火、燃え尽きた。一方、湿潤絶縁紙は290℃で発火、燃え尽きることが確認された。

ウ 発火温度と時間の確認

先の破碎実験の結果より、実際の作業現場において、破碎具の刃を蓄熱させたまま、作業を継続することが想定されるため、発火に至る温度と時間を確認するため、ある温度に熱した金属試験片を乾燥絶縁紙及び湿潤絶縁紙上に投入し、発火に至る時間を測定したところ、以下の表のとおりとなった。



写真8 燃焼実験

種類	発火温度	着火の有無
乾燥油絶縁紙	250℃	非着火（白煙、焦げ）
	300℃	着火（4秒後、瞬時に白煙）
	350℃	着火（2秒後、瞬時に白煙）
湿潤油絶縁紙	250℃	非着火（瞬時に白煙、焦げ）
	300℃	非着火（瞬時に白煙、焦げ）
	350℃	着火（7秒後、瞬時に白煙）

5. 原因判定について

(1) 出火原因

破碎実験により、重機が主要変圧器を破碎する際に、SS等の構造材を容易に切断することができれば、温度上昇があまり発生せず、破碎具の刃の蓄熱温度は、高圧絶縁油の引火点以下のままで推移することが判明した。

しかし、実際の作業の際には、構造材を簡単に切断できる場面も多くないことから、「構造材を曲げ若しくは折りながら、切断する」こととなり、破砕具の刃と構造材の間に、「擦れ」が発生し、破砕具の刃が徐々に蓄熱していったと推定される。これを裏付けるように、出火当日、作業を行っていた重機運転員は、実況見分時に、「過去においても、破砕具の刃の色が変わることがあった」と述べており、実際の作業現場においては、破砕具の刃に熱を帯びることがあったことが想定される。

また、燃焼実験時において、熱した金属試験片を湿潤絶縁紙上に投入した際、金属試験片を中心に、湿潤絶縁紙に染み込んだ油が、金属試験片の熱により蒸発し、完全に乾いたのちに、ごく短時間で炭化に移行することが確認された。このことから、重量の異なる同一種の金属試験片を湿潤絶縁紙に投入して確認したところ、重量の軽い金属試験片の場合は、着火には至らなかった。一方、重量の重い金属試験片の場合は、接地面を中心に着火することが認められた。この実験結果から、押さえつけによる接地面積の増大により、着火に至ったものと推測される。

これらのことを考察すると、この火災は、重量物である破砕具に纏わりついた油絶縁紙が、蓄熱した刃の熱に触れ、油分が蒸発したのちに発火。これが火源となり、さらに、刃に付着した絶縁油や纏わりついていた別の油絶縁紙に伝播し、火が点いたまま落下したのちに、地盤面付近にあった油絶縁紙や浸みだした油などに燃え移ったものと推測される。

しかしながら、実況見分時において、重機運転員は、「高さ約2m付近において、鉄心を解体している途中」で、破砕具の刃付近から、「青白い火が走ったあと、下に落ちた火から一気に燃え広がった」と述べていることから、主要変圧器内部を破砕した際、浸みだした油が破砕具に付着し、それから放出された可燃性蒸気が、破砕具の刃の熱に触れ、直接、引火した可能性も否定できない。

いずれにせよ、主要変圧器内に貯蔵されていた絶縁油が、本火災のごく短時間での延焼拡大に至る重要な要因を果たしたものと考えられる。

なお、火災原因調査当初において、出火原因の一因と想定されていた破砕具の刃がSSを破砕する際に生じる火花については、油絶縁紙に継続して30秒間当て続けたにも関わらず、発火に至らなかったことから、この可能性は低いものであると推測される。

(2) 事後対策

この作業現場においては、労働災害防止を目的として、毎朝、必ず朝礼が行われていた。しかし、残念ながら、油の付着が疑われる鋼材を破砕する作業であるにも関わらず、作業に関わる関係者は、その危険性について全く周知しておらず、火災現場付近に張り出されていた危険予知活動ボードにも、危険物についての注意事項の記載がなかった。



写真9 掲示されていた危険予知活動ボード

出火当日の13時40分には尾鷲測候所において、相対湿度は40%を記録しており、また、出火日の前々日には、尾鷲市に乾燥注意報が発表され、そのまま、注意報が継続されていたことから、火が点きやすい気象条件となっていた。しかしながら、工事主体事業所であるC社から委託を受けた管理会社であるCS社の作業監督者をはじめ、他の作業員も乾燥注意報が発表されていることや油分への着火が十分疑われる作業内容であることを認識していなかったことから、散水や時間的に余裕のある作業内容などの安全対策をとらなかったことなどが重なり、本火災が発生したものであると推定される。

このことから、事後検討会においては、関係協力会社の責任者に対して、従来の危険予知活動だけにとらわれず、油や高圧ガス、ましてや毒劇物を扱う特別防災区域での作業であることを念頭に置き、各種免状所持者を中心に、これらの危険性、発生しうる事故について言及した危険予知活動を行うよう、強く指導するとともに、後日、消防本部予防課は、C社に対して、出入りするすべての関係会社の従業員に対して、①労働災害面における危険をとまなう作業内容の徹底及び周知、②SDSに記載されている危険物の引火点や危険物に起因する事故に対する危険性等を周知徹底させるとともに、散水などの安全対策の徹底、③有効な初期消火を行うための手段を講じること、④作業の管理会社を中心とした末

端従業員までの指示系統の再構築を行うよう、改めて、指導したものである。

6. おわりに

プラント工事のように、工事にいくつかの関係会社が入り、その工事規模が大きくなると末端まで、その工事を行うことに対しての危険性や注意点はうまく伝えられなくなる。そのことから、朝礼や危険予告ボードなどで工事関係者への周知徹底を行うなど、工夫が見られるが、それは、あくまで、その当日に行う「作業内容を把握、伝達する」ためだけに行っていることが多いように感じられる。

今回の火災は、特別防災区域などの高危混在施設、化学プラントや毒劇物併設施設などの特殊な条件での工事において、些細な行き違いや伝達不足などが、大きな事故を誘発する要因となり得るとの認識が軽視された事案であるといえる。

岡山大学名誉教授 鈴木和彦氏は、2019年危険物施設安全推進講演会の中において、「リスクを現場に伝える」ことの重要性を訴えられている。

様々な産業事故調査に携わった結果、鈴木氏は、「管理者、技術者はリスクについて知っているけれど、それが現場に伝わっていない」ことや「リスクアセスメントの重要性を見逃している」ことが事故に繋がっていると説かれている。また、「リスクアセスメント、危険性、危険源の洗い出しというのは重要であると、口では言うけれど、なかなかできていないのが実態」であることから、事故を防ぐために、「全ての階層における技術者、保全員、運転員はリスクアセスメントの質を研ぎ澄まさなければならない」⁽¹⁾、と警鐘を鳴らしている。

もし、鈴木氏が述べられたとおり、工事に関わる者が、安全意識、知識をしっかりと持ち、リスクアセスメントが足りていれば、さらに、もっと具体的に言えば、破碎作業における危険物の危険性が現場のリスクアセスメントの対象から漏れていなければ、この事案は発生しなかったと考えられる。

このような事案を防ぐためにも、特に、多数の関係会社が合同で実施する朝礼においては、相互の工事に関する危険予知の伝達は、「作業内容を把握、伝達する」ことだけでなく「作業を行うことによる二次的な危険性」まで組み込んで、現場関係者に周知徹底すべきであろう。

実際、重機の運転作業員は、この火災の聴取に際して、他の作業現場において、「作業中に煙が上がることはある」ことを認識していながら、今まで、火災になっていなかったことから、「今回も大丈夫だろう、という慢心があった」と述べている。さらには、過去には油分が付着した構造材の破碎経験があるにも関わらず、危険物の危険性に対して認識しておらず、「燃えるはずがない」と思い込んでいたことから、「労働災害だけを注意していた」とも述べている。

この供述は、実際の作業に従事する作業員たちの偽らざる本音であろうが、作業に起因する危険性を把握しないまま、リスクアセスメントが足りないまま、作業に臨んでいる事実を浮き彫りにしたものであろう。

JR九州 代表取締役会長 唐池恒二氏が『逃げない』⁽²⁾の中で「安全は守るものでなく、そこにあるものでなく、自らつくるものである」と述べられており、「安全はあらかじめその現場に存在しているもので、何もしなくても安全がそこにあるとの思い込みがあるがそんなことはない」と説かれている。

作業を行う関係者、一人ひとり、「安全」、「無事故」で作業を終える必要があることは理解しているはずである。しかしながら、実際は、工期や効果を求めすぎることから、様々な産業事故が発生していることは言うまでもない。

本火災の原因調査を通して、「安全を自らつくる」ためには、「あとひと手間、もうひと確認」を実践することこそが事故防止につながる近道であることを改めて、痛感したと同時に、我々、消防職員が関わる工事のひと現場ごとの検査や確認などを通じて、このことを根気よく指導していくことこそが、危険物事故の発生を抑制することとなるはずである。

参考図書

- (1) 鈴木和彦（2019年）「「産業事故を防止するために」－ヒトか技術か？－」『危険物と保安』一般財団法人全国危険物安全協会（2019年増刊号）
- (2) 唐池恒二（2020年）『逃げない』PHP出版社