

自然災害による危険物施設の 火災・爆発事故

総務省消防庁 消防研究センター 火災災害調査部長

西 晴樹 *Haruki Nishi*

1. はじめに

近年、地震、降雨、台風などの自然災害に起因して様々な被害が発生している。石油タンクなどの危険物施設についても、これらの自然災害で少なからず影響を受け、場合によっては火災や危険物の漏洩などの被害が発生している¹⁾。

ガソリンや原油などを貯蔵したり取り扱ったりする危険物施設を設置する際には、消防法令の技術基準に従って火災や漏洩を防止するための構造設備にする必要がある。このため自然災害に対しても、危険物施設は一定程度の耐力はあるものと考えられる。しかしながら、過去の地震や台風などで被害が発生しているのも事実である。

本稿では、消防研究センターが過去に現場出向した危険物施設の事故事例について紹介するとともに、当面の事故対策についても述べる。今後の自然災害に起因する危険物施設の事故を防止するための端緒となれば幸いである。

2. 地震での石油タンクの被害事例

石油タンクの地震被害としては、短周期地震動によるものと長周期地震動によるものと大きく分けられる。短周期地震動では、タンク底部の浮き上がり（ロッキング）や側板

の座屈が発生する。1995年兵庫県南部地震では図1に示すような小規模タンクでの側板のダイヤモンド型座屈、図2に示すような基礎地盤の液状化に伴うタンク群の傾斜が発生した^{2),3)}。兵庫県南部地震では、小規模なタンクに被害が集中したため、その後、強度的安全性の向上が図られた。また、1978年宮城県沖地震では、底部浮き上がりに伴い腐食疲労が進行し、底板破口からの内容物の大量漏洩が発生している^{4),5)}。

図1 石油タンクのダイヤモンド型座屈



図2 地震により傾斜したタンク群



一方、長周期地震動ではスロッシング (sloshing) が発生する。スロッシングとは、容器内の液体が外部からの長周期振動によって揺動することをいい、この揺動により容器の構造が破壊されたり、液体が容器から溢れ出たりする被害が起こることがある。1964年新潟地震⁶⁾、1983年日本海中部地震⁷⁾、2003年十勝沖地震⁸⁾ や2011年東北地方太平洋沖地震⁹⁾ では、スロッシングに伴い浮き屋根の沈没、内容物の溢流、タンク火災が発生している。火災については、浮き屋根周囲の小さな領域の液面で発生するリング火災と、浮き屋根が沈没したために液面全面で火災となる全面火災がある。図3は2003年十勝沖地震で発生したナフサタンクの全面火災であり、鎮火まで44時間を要した。

十勝沖地震では、容量3万 kL～4万 kL のタンクで推定波高約3.5 m の巨大なスロッシングが発生した。一方、容量10万 kL のタンクでは、浮き屋根中央部が共振により大きく振動する2次モード主体とされるスロッシングが発生した。これらのスロッシングでの浮き屋根の挙動に関する検討が行われ、浮き屋根の耐震性に関する基準が整備された¹⁰⁾。

3. 強風による石油タンクの被害事例

2012年11月、沖縄県うるま市の石油コン

図3 ナフサタンクの全面火災



ビナート等特別防災区域にある容量約10万 kL の石油タンクの浮き屋根の浮き部分 (ポンツーン、浮き室) の維持管理が十分になされなかったことなどから、浮き屋根の沈没事故並びに危険物漏洩事故が発生し、大気中に露出した原油による火災の危険性が生じるとともに、揮発成分により周辺住民などにも悪臭などによる影響を及ぼした¹¹⁾。

浮き屋根沈没の経緯は、8月から9月にかけての、台風15号、16号、17号の3度の台風による強風 (最大瞬間風速72.6 m/s) の影響で、浮き屋根のポンツーン下板に、疲労亀裂が発生し、拡大していったと考えられる。当該亀裂部から、徐々にポンツーン内に原油が浸入し、浮力が失われ、それにより浮き屋根が傾斜したものである。8月の台風15号の通過後には、浮き屋根の周囲に38室あるポンツーンの1室に滞油が確認され、9月の台風16号通過後には、ポンツーン4室に、台風17号通過後の10月ではポンツーン7室の滞油があり、沈没するまでの間、補修はなされていない。

11月4日にも豪雨があり、その3日後に、図4に示す浮き屋根上に滞油の異常を発見した。浮き屋根の周辺のポンツーンの損傷に伴い生じた開口部から、原油が浮き屋根のデッキ上に漏洩している状況である。この後、さらに原油がデッキに噴出して同日の深夜に浮き屋根は完全に沈没した。

図4 異常発見時の状況



浮き屋根の縁から原油が漏洩している。

11月4日の豪雨は、事業所近隣の気象庁観測所で過去最大となる10分間降水量23.5 mmを記録したが、この豪雨による浮き屋根上への滞水で、浮き屋根が更に傾斜し沈下していったと考えられる。浮力を喪失したポンツーン及びデッキが沈み込むにつれて、ポンツーンに過大な応力が発生し亀裂が進展していくものと考えられる。ポンツーン室内の原油が仕切り板の上端まで達すれば、その後は隣接するポンツーンに越流し、浸油したポンツーンの数次第に増加することになる。

本件事故を踏まえて、浮き屋根式屋外タンク貯蔵所での地震時液面揺動で損傷しない強度およびポンツーン部の十分な浮力などの耐震対策を施した浮き屋根であれば、事故が防止できた可能性が指摘されている。

4. 豪雨に伴うアルミ工場爆発事故

2018年7月豪雨では、西日本を中心に、河川の氾濫や洪水、土砂災害などの被害が発生し、多数の死傷者が生じた。岡山県総社市では、アルミ工場で爆発火災が発生した。負傷者12名、爆発による破損家屋は、500棟以上にのぼった。当該工場を中心に半径2.5 kmの範囲に被害が発生した。焼損した当該工場を図5に示す。

稼働させていた40 t溶解炉中に、20 tの

図5 焼損した工場の外観



壁と屋根が吹き飛び鉄骨だけになった建物の先に、溶解炉があった。

溶解したアルミを残置して21時頃従業員は避難したが、その後、河川が氾濫し工場内へ浸水した。爆発火災の原因は、炉内に大量の水が流入したため、水蒸気爆発が発生したものと推定される。

金属の高温溶融物など、水と触れると危険な物品については、水密性のある区画で保管する、あらかじめ炉の加熱を停止して十分温度を下げるなどの措置を講ずる必要があると考えられる。

5. 大雨による油流出事故

佐賀県内に被害をもたらした2019年8月の記録的大雨で河川の氾濫に伴い、浸水想定区域に該当していた鉄工所から敷地外に油が流出した。当該鉄工所内には、一般取扱所が4施設あり、このうち1施設が焼き入れ工程8基を有するもので、当該施設より油が流出したものである。流出した油は、危険物である焼き入れ油などであり、その流出量は113 kLである。

工場で流出した油の状況を図6に示す。オイルフェンスが使用されており、一定量の油はオイルフェンス内で止められている。工場内を見ると、工場のシャッターは閉鎖されて

図6 オイルフェンスによる油の流出防止状況



おり、工場の従業員などがシャッターの閉鎖により、浸水や油の流出を少しでも抑えようとしていたことがうかがえる。

浸水などにより危険物が流出するおそれがある場合には、オイルフェンス、油吸着材、土のうなどの必要な資機材を準備しておくことが肝要である。また、施設外に危険物が流出しないよう、浸水防止用設備の閉鎖を確実にを行うほか、オイルフェンスを適切な場所に設置することも重要である。一方、危険物の流出が確認された場合は、身の安全を図りつつ、油吸着材などにより速やかに回収することも選択肢の一つである。

6. 降雪による危険物施設への影響

降雪により通気口が閉塞しタンク破損と危険物漏洩事故が発生している。事故が発生したのは、屋外タンク貯蔵所（第3石油類、直径11.6 m、高さ10.6 m、最大貯蔵量999 kL）であり、タンク内の危険物を移送していたところ負圧状態となり、**図7**に示すようにタンク側板上部が内側に座屈するとともに、亀裂開口し、防油堤内に危険物約160 kL が漏洩した。

負圧になった原因は、降雪の影響のため、**図8**に示すように通気管内に多量のナフタレンの結晶が付着して閉塞状態に近かったためと考えられる。ナフタレンはタンク内の危険物に含まれていたとのことである。通常移送に合わせて、他のタンクへの移送（毎時200 kL）を行ったため、通気管から入る空気の量が不足し、タンク内が負圧になった。降雪による低温、油の成分組成、払出し量の増加という3つの条件が、偶然そろったために、発生した事故と言える。

対策としては、通気管の定期的な点検や、点検しやすい通気管形状への変更、あるいは

通気管にそって蒸気配管を敷設し、内容物などが凝固したりしないよう適切な温度に保つための加温設備を設けることなどが挙げられる。

7. 大規模自然災害に備えた危険物施設の安全対策

消防庁では、「危険物施設の風水害対策のあり方に関する検討会」を設置し、危険物施設における被害の実態を踏まえた風水害対策に関する事項を検討している。2019年度に中間まとめとして報告書が作成されている¹²⁾。危険物施設が立地する場所において想定される災害リスク（浸水や土砂災害などの発生危険性）に応じて、迅速かつ的確な応急対策が確保されることを期待して「風水害対策のガイドライン¹³⁾」が示されたものである。

図7 負圧により座屈したタンク側板



図8 通気管の閉塞状況



降雪による低温のためナフタレンの結晶が析出して通気管が閉塞した。

また、当該報告書では、風水害により被害を受けた危険物施設の事故種別ごとの代表的な事例も紹介されており、事業所において今後の対策を考える上で非常に参考になるものと思われる。

災害発生時に、地方公共団体などが、放送局・アプリ事業者などのメディアを通じて地域住民などに対して必要な情報を迅速に伝達するLアラート（災害情報共有システム）などの社会実装が進められた。2020年度には、危険物施設に対応した効果的な情報伝達手段としてLアラートなどの活用方法が取りまとめられた。また、当該ガイドラインに基づく取り組みの実効性向上に向けた、タイムラインに沿った初動対応のフローチャートなどが整理されている。

8. おわりに

本稿で紹介した事件事例は、日本全国で発生する危険物施設の事故の一部にしか過ぎない。自然の力は時には非常に暴力的になり人間の力では防ぎきれないと感じることもあるかもしれないが、今後の自然災害による危険物施設の事故を防止するために、危険物施設の事業者におかれても、より一層の安全確保のためにご協力をお願いする次第である。

参考文献

- 1) 消防庁危険物保安室：令和元年中の危険物に係る事故の概要，2020。https://www.fdma.go.jp/laws/tutatsu/items/200529_kiho_139.pdf
- 2) 消防庁危険物規制課：阪神・淡路大震災に係る屋外タンク貯蔵所の被害状況現地調査結果報告書，1995。
- 3) 消防庁消防研究所：兵庫県南部地震による危険物施設の被害調査報告書，1995。
- 4) 亀井浅道：1978年宮城県沖地震による東北石油（株）仙台製油所石油タンク事故概要，消研報，32，23-30，1978。http://nriid.fdma.go.jp/publication/shuho/shuho_01_40/files/shuhoS53_vol32.pdf
- 5) 亀井浅道，平野敏行：腐食を有する石油タンク底板（SS41）の疲労破壊強度，日本機械学会講演論文集，No.790-2，1979年第56期通常総会材料力学I，1979。
- 6) 消防庁：新潟地震火災に関する研究，1964。https://www.fdma.go.jp/singi_kento/kento/items/kento176_10_sanko1-1.pdf
- 7) 自治省消防庁消防研究所：日本海中部地震による危険物施設の挙動に関する調査報告書，消防研究所技術資料第14

- 号，1984。
- 8) 危険物保安技術協会編：平成15年十勝沖地震危険物施設の被害記録，危険物保安技術協会，2005。
- 9) 消防庁消防研究センター：平成23年（2011年）東北地方太平洋沖地震の被害及び消防活動に関する調査報告書（第1報），消防研究所技術資料，82，2011。http://nriid.fdma.go.jp/publication/gijutsushiryo/gijutsushiryo_81_120/files/shiryo_no82.pdf
- 10) 屋外タンク貯蔵所浮屋根審査基準検討会編：屋外タンク貯蔵所浮屋根審査基準検討会報告書，危険物保安技術協会，2004。
- 11) 消防庁：浮き屋根式屋外タンク貯蔵所の保安対策の徹底及び応急措置体制の整備について，2013。http://www.fdma.go.jp/concern/law/tuchi2507/pdf/250731_ki141-toku154.pdf
- 12) 消防庁危険物施設の風水害対策のあり方に関する検討会：危険物施設の風水害対策のあり方に関する検討報告書（令和元年度 中間まとめ），2020。https://www.fdma.go.jp/singi_kento/kento/items/post-44/03/houkokusyo.pdf
- 13) 消防庁危険物施設の風水害対策のあり方に関する検討報告書別添：危険物施設の風水害対策ガイドライン，2020。https://www.fdma.go.jp/singi_kento/kento/items/post-44/03/houkokusyo-betten.pdf

にしはるき

東京工業大学大学院修了。自治省消防庁消防研究所に配属後、消防庁危険物保安室を経て、2016年より現職。大規模火災、特異火災や危険物流出事故の原因調査を担当するとともに、石油タンクの耐震性に関する研究に従事。工学博士。