



P&I ロス・プリベンション・ガイド P&I Loss Prevention Bulletin

編集:日本船主責任相互保険組合 損害調査部 総括グループ The Japan Ship Owners' Mutual Protection & Indemnity Association
Claims Administration Group, Claims Department

繰り返すケミカルタンカー火災、爆発事故 Prevention of fire / explosion on chemical tankers Repeated accidents on board chemical tankers

ケミカルタンカーで火災、爆発事故が起きるような状況を見ると

1. 衝突、座礁などの衝撃による事故、
 2. 不注意な火気使用作業による事故、
 3. 荷役作業において手順にミスがあったときの事故、
 4. タンク清掃中の事故
- などが挙げられる。

これらの状況における事故についてそれぞれ事例を示し、事故に至る経過を説明しながら事故防止策を探る。

The accidents of fire / explosion may occur in chemical tankers under the following situations:

1. Due to impact by collision, stranding and other casualties
2. Due to careless hot works or handling of fire on board
3. Due to erroneous handling of cargo in loading or unloading
4. During tank cleaning operation

We review here the individual cases of accidents under above situations, and explore the countermeasure to avoid the accidents.

火災、爆発事故を起こす要素／What causes the accidents of fire/explosion?

火災、爆発事故を起こす要素は単純であり、着火源と可燃性液体／蒸気の双方が存在すれば事故は起きる。ケミカルタンカーという場で考えると、着火源についていえば静電気（人や物が動けば必ず発生する）の放電、物理的な衝撃、不注意な火気使用などであり、可燃性液体／蒸気といえば、ケミカルタンカーの積荷そのものであって、これらの要素はケミカルタンカーの運航に付いて回る。したがって、これら火災、爆発を起こす要素についてどの程度注意することが出来るかが事故発生確率の減少につながってくる。これらの要素に対して不注意であっても偶然事故が起きないことがあるが、これは単に幸運だっただけ、つまり宝くじで当たったのと同様、ということを肝に銘じておかなければならない。

The fire/explosive accidents easily occur when the inflammable liquid or vapor contacts with a source of fire. In the case of chemical tankers, the cargos are inflammable liquids with vapor which easily lead to the accidents when they contact with a source of fire. It is needless to say that careful use of fire should be strictly controlled on the chemical tankers. However, other sources of fire such as ignition due to electrostatic discharge caused by rubbing of the cloth and physical impact could also become a source of fire. Thus two factors for the accidents, the inflammable liquids and the source of fire, are always on the chemical tankers. Therefore you cannot be too careful for fire in the chemical tankers.



事故例 / Cases

1 衝突、座礁などの衝撃によるもの

1) 平成17年7月、三重県尾鷲沖において霧の中、内航ケミカルタンカー同士の衝突事故が発生した。積荷は一方が粗ベンゼン、もう一方はクレオソートオイルであり、粗ベンゼンを2,000k/l積載したタンカー（総トン数697トン）の右舷中央付近にクレオソートオイルタンカー（総トン数499トン）の船首が粗ベンゼンタンカーの右舷側船側をこするように突っ込み、衝突の衝撃で粗ベンゼンタンカーのタンクに亀裂が入り、火災が発生した。火の付いた粗ベンゼンがクレオソートタンカーに降り注いだが、幸いにクレオソートタンカーは片舷表面を焦がしただけで、クレオソートオイルには着火しなかった。損傷を受けた粗ベンゼンタンカー右舷側タンクはその後、時折爆発的な燃焼を繰り返しながら炎上し続けたが、海上災害防止センターの大規模火災消火専門家の指揮するみごとな消火活動により発火後約3日で鎮火した。当初は、火災の生じていたタンクが燃え尽きたための鎮火という観測もあったが、調査の結果、左舷側タンクには全量、損傷を受けて炎上した右舷側タンクには、タンク容量の約7割が残っていたことが分かった。燃焼した粗ベンゼンの量は約300k/l程度と見積もられる。低引火性液体を積載したケミカルタンカー火災の消火は難しく、一般的に船を周囲に影響のない沖に移動させ火勢を抑制しながら燃焼し尽くすまで待つのが安全な手法だが、この事故では乗組員が未だ本船の居住区に残ったままで生死が判明せず、救助のための消火が必要であった。結果として鎮火後の船内捜索によりブリッジにいた1名を除き全員が居室で焼死しているという痛ましい事故と判明した。鎮火後の本船の状況としては、衝突時、燃料タンクの一部に破損が生じて燃料油の漏洩が続いており、また甲板上の本船設備が高熱にあぶられたため、タンクマンホールのガスケットが損傷、粗ベン

1 Accidents caused by collision or stranding of the ship

1) In July, 2005, two coastal tankers, one carrying crude benzene and the other creosote oil, collided in the fog while proceeding off Owase (Mie pref). The tanker of 697 gross tons with the cargo of 2,000k/l of crude benzene was heavily struck on her starboard midship by the bow of the other ship of 499 gross tons carrying creosote oil. The impact of collision cracked the tanks of benzene carrier and caused a fire on board. The flaming crude benzene poured to the other ship. Fortunately, the creosote oil on board did not catch fire although one side of her hull was burned on surface. The tanks on the starboard side of the ship carrying crude benzene continued to be on fire, with intermittent explosions. The fire was ultimately put out after three days' activities by the fire fighting experts of Maritime Disaster Prevention Center. As a result of investigation, all the cargo in the port side tanks was found to be undamaged, and about 70% of the cargo in the starboard tanks which caught fire was saved. The quantity of burned crude benzene was estimated to be about 300k/l. Generally, the fire on board the tanker carrying the cargo of low flash point is difficult to be extinguished, and the safest method to avoid any further accident is to shift the vessel off the shore and to wait for completion of burning. In this case, however, the safety of the crew on board was not certain and it was an urgent matter to put out the fire first to save their lives.

ゼン蒸気が甲板上に漏洩し続けており、荷役配管、ベントやマストなどもうねりによりいつ崩れ落ちるか分からないというような非常に危険な状態にあった。本船はその後残存貨物の瀬取りについて専門家による検討が行われる中、台風の接近によりタグで曳航途上傾斜が激しくなり数千メートルの深海に沈没した。

この事故ではもしも台風が来なかったら残存貨物の瀬取りをどうすることが出来たか、という問題を残した。



写真1 火炎に曝された右舷側タンク、配管類（ガスケットは効果が無くなっている）
Photo No.1 Deadly burned starboard side tanks and pipes
(the gasket has become useless)



写真2 鎮火後右舷に大きく傾斜、火炎にさらされた居住区

Photo No.2 Burned-out crew's quarter listing to the right after fire extinguishment

The result was that all crewmembers except one on the bridge were found to be dead in the crew quarters. The following conditions were found when the fire was put out:

- a) Diesel oil was leaking from the diesel oil tank, part of which was damaged at the time of collision,
- b) Vapor of crude benzene was leaking on deck from the manhole whose gasket was damaged due to high temperature during the fire,
- c) Piping / vents / masts and other deck structures were heavily damaged by the heat.

Discussions were held by the specialists as to how the remaining cargo should be taken into a barge safely in the critical situation, but because of an approaching typhoon, the ship had to be shifted by a tug. Eventually, in the course of shifting she listed heavily and sunk to the deep sea, leaving a question how the remaining cargo could have been saved if the typhoon had not come.



2) 昭和61年7月、夜間の瀬戸内海においてカーフェリー（総トン数6,378トン）が低引火性で毒性の強いアクリロニトリル積載の内航ケミカルタンカー（総トン数199トン）と衝突、フェリーの船首部はアクリロニトリルタンカーの右舷中央部No.2右舷タンク付近にほぼ垂直に食い込み、タンカーのタンクが破損して約200k/1のアクリロニトリルが海上に流出した。直ちに海上保安部巡視艇が対応し、衝突後約3時間で全てのフェリー乗客及び両船の乗組員は救助された。低引火性液体で毒性の強いアクリロニトリルの大量漏洩事故にもかかわらず、衝突の衝撃による火災が起きず、また風向なども幸いして双方の乗組員及び乗客に大きな被害はなかった。衝突1時間後に現場に到着した海上保安庁巡視艇からの報告では、両船から300m離れた位置でも涙の出るようなアクリロニトリル臭が感じられたという。しかしアクリロニトリルは水への溶解性も若干あるため、海上に流出後1日も経たない内に大量の海水に希釈、溶解してしまい、海上でアクリロニトリル蒸気は翌朝の8時には検出されなくなっていた。アクリロニトリルは毒性とともに非常に強い引火性も持ち合わせているため、衝突の衝撃で火災にならず、また、中毒者もなく本船乗組員、乗客ともに無事であったのはただただ幸運であったとしか言いようの無い事故であった。

2) In July, 1986, a car ferry (6,378 gross tons) collided with a coastal tanker (199 gross tons) carrying acrylonitrile (of low flash point and high toxicity). When the fore part of the ferry cut into the starboard midship of the tanker in the region of No.2 wing tank, as a result, the tank was damaged and about 200k/1 of acrylonitrile leaked into the sea. Because of the activities by the Coast Guard's patrol boat, all the passengers on the ferry and the crew of the tanker were rescued. Although a large amount of acrylonitrile escaped from the ship, no fire occurred by the collision and all the passengers and crew were safe due to the favorable wind direction. According to the report of the patrol boat which arrived at the scene one hour after the collision, there was an acute smell of acrylonitrile 300m away from the two vessels. However, the leaked acrylonitrile was soon diluted by the sea water and no vapor of acrylonitrile was detected at the sea on the next morning. It was one of the most fortunate cases in which no fire occurred and all the passengers and crew were safe without any injuries or poisoning, though acrylonitrile with low flash point and high toxicity existed in the case.

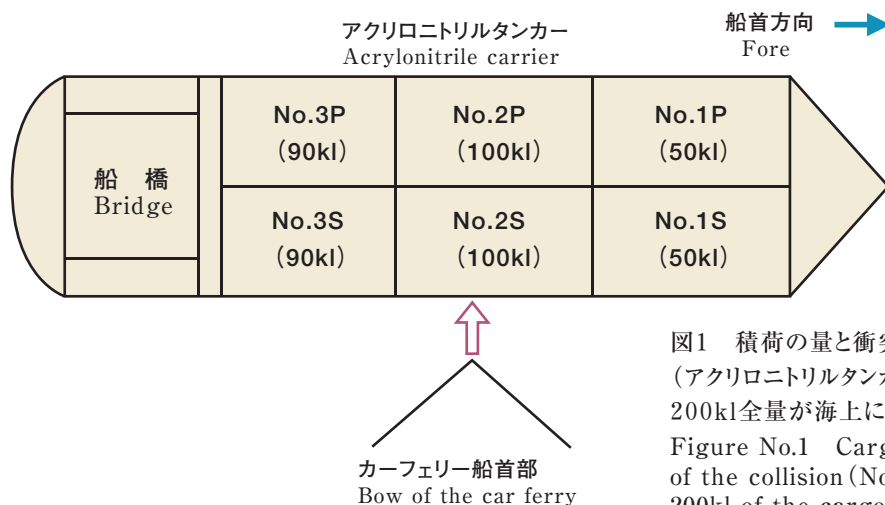


図1 積荷の量と衝突の状態

（アクリロニトリルタンカーのNo.2タンク P,S は破壊され積荷200kl全量が海上に流出した。）

Figure No.1 Cargo quantity of each tank and situation of the collision (Nos.2 PS tanks were destroyed and 200kl of the cargo fully spilled into the sea)



写真3 フェリーとアクリロニトリルタンカー衝突事故
Photo No.3 Collision between the car ferry and coastal tanker carrying acrylonitrile



写真4 フェリーの船首部分がアクリロニトリルタンカーの真横に突き刺さっている
Photo No.4 The bow of the car ferry denting the side of the Acrylonitrile carrier

2 不注意な火気使用による事故

昭和60年、スロップオイル積載の内航タンカー（総トン数199トン）において、揚げ荷終了後、甲板上の配管修理を行おうとした際、開放されていたマンホールから発生して甲板上に滞留していた可燃性ガスが、何らかの着火源により引火、各タンクの開放されているマンホールに火炎が伝搬してタンクに次々と爆発を生じ、船長を含む3名が死亡、船橋にいた1名が大やけどを負った。貨物のスロップオイルは原油から再生された製品であり、引火点は26℃と低く、また粘度が高いため77℃に加熱されて運ばれていた。しかし船長はその外観からスロップオイルをC重油のようなものと考えて取り扱っていた。この事故は、本船運航関係者全てが引火性液体積載タンカーの運航に対する安全への関心が低かったために起きたものである。

事故の経過だが、まずNo.3右舷側タンク付近の甲板上配管に、腐食による破孔が出来ていることが見つかった。本船は揚げ荷終了後、各タンクのマンホール及びアレジホールを全て開放したままの状態、1,200mほど離れた岸壁に修理のため移動、係留された。修理作業を開始するにあたり、作業場所周辺の可燃性ガス濃度測定は全く行われないうちに、陸上側から修理業者のトラックがガス溶接機などの修理機材を積んで本船脇に到着、

2 Accidents caused by careless hot works or handling of fire on board

In 1985, on board a coastal tanker (199 gross tons) carrying slop oil, crew members started repairing her piping on deck after completion of discharging. At the moment, the inflammable vapor which came from the open manhole and stayed on deck was ignited in the presence of some unknown fire source. The fire spread to all open manholes, causing their cargo tanks to explode successively. As a result, three men including the master were killed and a man on the bridge was seriously injured. The slop oil in question was a product which was re-manufactured from crude oil with flash point of 26 °C and high viscosity requiring heated transportation at 77 °C. However, the master treated the cargo as if it was fuel oil. This accident occurred due to the fact that all staff related to operation of the ship were not safety-minded about handling of inflammable products.

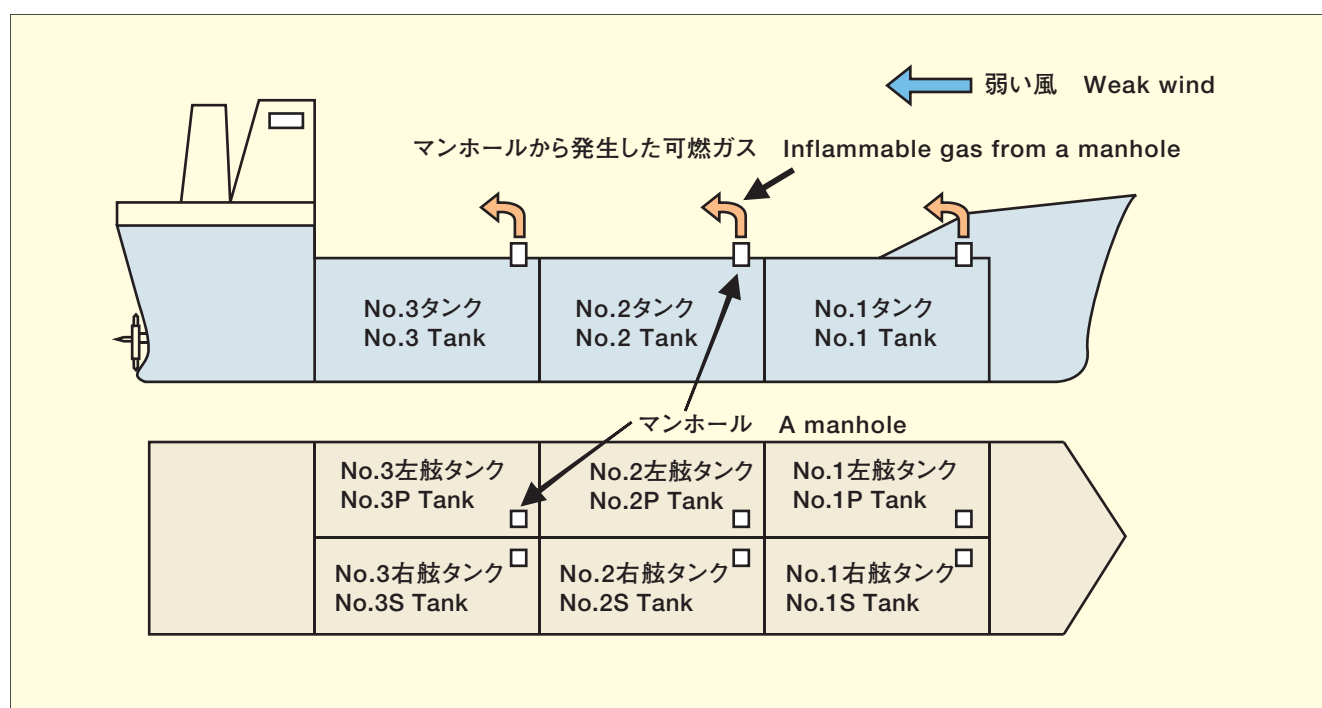
In the beginning, some corrosion holes were found on the surface of the piping on deck near No.3 starboard wing tank. The vessel was shifted to a wharf 1,200m away from the

電気溶接機を始動して配管修理準備作業が始まった。しばらくして、No.3左舷タンクで大爆発が生じ、No.2左舷タンク、右舷タンクそしてNo.3右舷タンクも次々に爆発、その後火災となった。タンク爆発により本船はNo.2、No.3両舷タンク及びそれらの上部構造物が破壊され、周囲に飛散、大きく破損した。また本船の脇に止めてあった修理業者のトラック、そして周辺の建物などにも被害が発生した。事故原因の調査の結果、爆発の原因は、開放されたマンホールから気化した可燃性ガスが船首方向からの弱い風で居住区前側のNo.3タンク付近に滞留し、その滞留ガスに、修理の準備作業に起因する何らかの着火源（溶接棒と船体との接触による電流テストなど）により引火、可燃性蒸気発生源である各タンクに火が入り次々に爆発したものと結論された。

berth for repairs with all the manholes and ullage holes open. Without measurement of flammable vapor concentration around the working place, they prepared for the repairs of the piping. After arrival of a truck carrying repair equipment including a gas welding machine, they started to use an electric welder. Soon after that, a big explosion occurred to No.3P tank, followed by explosions at No.2P tank, No.2S tank and No.3S tank leading to a big fire on board where the No.2 and No.3 wing tanks and the upper structures were totally destroyed. Further, the repairer's truck parked beside the ship and some buildings in the vicinity were also damaged. After investigations, it was concluded that a certain amount of inflammable vapor which came from the open manhole, drifted by a breeze from the bow and stayed around No.3 tank near the crew quarters. It was ignited by some source of fire (including a current test by contact of welding rod and hull), spreading the fire into the other tanks.

図2 スロップオイルタンカーの貨物タンクとマンホールの配置図

Figure No.2 General arrangement of cargo tanks and manholes of the slop oil carrier



3 荷役作業時の事故

平成5年1月、室蘭の石油精製会社岸壁に接舷した内航ケミカルタンカー（総トン数551トン）がナフサの積込み作業を始めた。荷役開始後しばらくしてエンジンルームで爆発が起こり乗組員2名、製油所作業員2名が爆風で吹き飛ばされ死亡した。荷役開始後の巡回中に甲板長がポンプルームの側を通りかかり、ポンプルーム内にナフサが漏洩していることを発見した。甲板長はすぐに船長に報告、荷役は製油所ポンプを使用して行っていたため船長は岸壁に走り製油所の職員にポンプを止めるよう要請した。職員はその説明を求めたが、船長はとにかくポンプを至急止めるよう再度要請、ポンプが止まってその数分後にエンジンルームで爆発が生じ火災となった。火災は製油所および本船乗組員が協同して消火活動にあたり、間もなく鎮火した。

事故は荷役開始前の準備作業にミスがあり、ポンプルーム内にあるバルブ類の閉鎖が不完全であったために起きた。荷役が開始されタンクに積み込まれ始めたナフサは船尾トリムであったこともあり配管を通じてポンプルーム方向に流れ、バルブ類が完全に閉鎖されていなかったため、ポンプルーム内に流れ込んだ。ポンプルームとエンジンルームには貫通シャフトがあるが、この部分は水密ではなく気密であり、貫通部付近までナフサが溜まった時点でナフサがエンジンルーム内に漏れだし、気化して爆発の原因となった。エンジンルーム内では色々な修理作業を行っていたことからそれらが着火源となり爆発したものである。

3 Accidents during cargo loading or unloading

In January 1993, a coastal chemical tanker (551 gross tons) berthed alongside the wharf of an oil refinery in Muroran (Hokkaido) and started to load naphtha. Soon after that, an explosion occurred in her engine room, when two of the crew members and two employees of the refinery were killed by the blast.

The boatswain of the vessel patrolling on board after commencement of cargo loading found that naphtha was leaking in the pump room. He immediately reported to the master, who rushed to the wharf asking the refinery staff to stop pumping. A few minutes after the shore staff stopped pumping, however, the explosions occurred in the engine room on board. The fire was soon extinguished by the crew and shore personnel. It was found later that the explosion occurred due to insufficient closure of valves in the pump room. The cargo which started to be loaded in the tank

図3 ナフサタンカー ポンプルーム

Figure No.3 Pump room of the Naphtha carrier

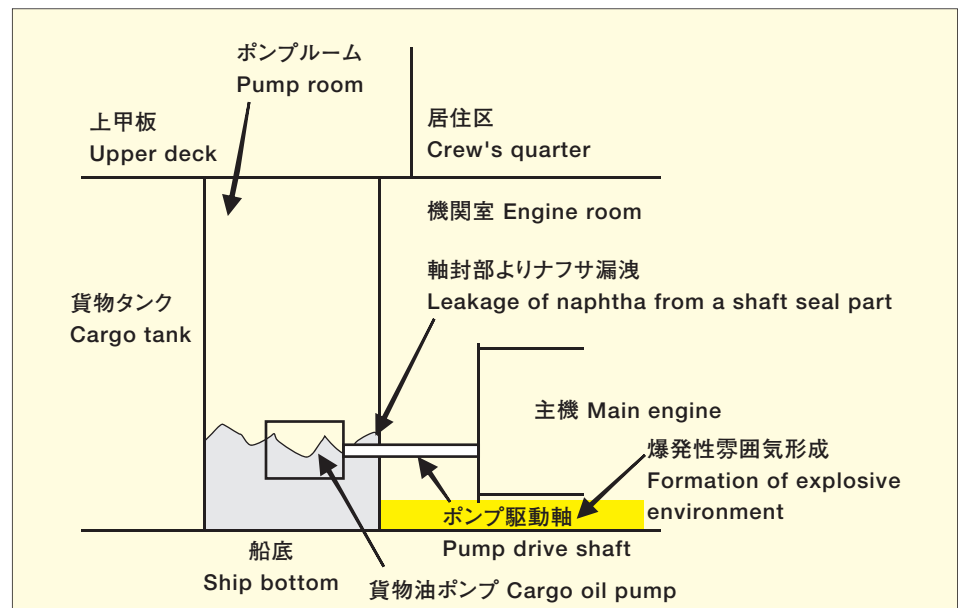




写真5 爆発により丸みを帯びたエンジンルーム内部の壁(ナフサタンカー)
Photo No.5 Ballooned inner wall of the engine room due to the explosion (Naphtha carrier)

came down toward the pump room through pipes, as the vessel happened to be by the stern. The cargo which entered the pump room due to insufficient closure of valves stayed in the vicinity of a pump shaft. Naphtha then leaked into the engine room from the seal of pump shaft (The seal is airtight but not watertight). The leaked naphtha was vaporized soon in the engine room and caused an explosion by catching some fire source used for repair work in the engine room.

4 タンク、配管洗浄中の事故

1) ベンゼンタンカーポンプルーム内

配管洗浄中の事故

内航ケミカルタンカー(総トン数486トン)は昭和61年10月、瀬取り作業終了後、親船から離舷、次の貨物積載準備のため乗組員の手でカーゴタンク及び配管洗浄を行うこととなった。3名がポンプルーム内に入りポンプ濾過器の清掃作業を始めたが、濾過器を分解している作業中、ポンプルーム内のベンゼン臭が強くなってきたため一時作業を中断し、皆は休憩室に戻り短時間の休憩を取った。休憩の後ポンプルーム内を覗いて臭気が弱まっている事を臭いで確認後、再度ポンプルーム底部に降り濾過器の清掃を再開した。作業開始後まもなく爆発が生じた。爆発によりポンプルーム内にいた乗組員は大やけどを負ったが一命はとりとめた。しかし、甲板上のポンプルーム入り口付近に立っていた2名がポンプルーム内部から吹き上がった爆風により飛ばされ、周囲の船体構造物に頭を叩きつけられるなどして死亡した。

爆発事故後、調査のため、可燃性ガス測定器を使いポンプルーム内部の爆発性雰囲気気を調査した

4 Accidents during the cleaning of tanks and pipe lines

1) The case in which pipe lines were cleaned in a pump room in a benzene carrier

In October 1986, a coastal tanker of 486 gross tons left her mother ship after transfer of cargo. She started to have her cargo tanks and pipelines cleaned by the crew.

When three members disassembled a strainer in the pump room, they suspended the work because the smell of benzene became stronger. They took a break and came back to the pump room for resuming the work after confirming the less smell of benzene. Soon after that, an explosion occurred. One person in the center of pump room was heavily burned but his life was saved, while the other two standing near the entrance were blown off by the blast and died. After the explosion accident, the concentration of inflammable vapor in the pump room was measured by specialists, but the meter reading of a combustible gas

ところ、内部にはベンゼンの臭気は残っているが、上層から下層まで可燃性ガスは検出されなかった。また本船に乗船した際、ポンプルーム入り口に新品の可燃性ガス測定器が置かれているのを見つけた。作動テストを行い計器には全く異常はなかったが、使われた形跡は認められなかった。用意はされていたが使用されなかったようである。

事故の原因としては、濾過器や配管の清掃中にそれら内部に溜まっていた少量のベンゼンがポンプルーム底部に漏洩し、徐々に気化してポンプルーム低層部に爆発性雰囲気形成、乗組員の何らかの作業に起因する着火源により爆発が生じたものと考えられる。ポンプルーム底部に溜った蒸気は本船に装備された換気装置で連続排気されていたが、ガス吸引口がポンプルーム底部から1m程度上部にあり、ベンゼンのような重い蒸気の吸引に適しておらず、結果として低層に爆発性雰囲気が形成されてしまった。着火源について専門家の調査が行われたが、特定することは出来なかった。しかし人の活動自体が着火源を作することを十分認識しておく必要がある。

detector indicated zero although there remained some smell of benzene. During investigation on board, they found a new combustible gas detector at the entrance of the pump room. The instrument was proved to be in order, but there was no sign of being used by the crew.

The accident seemed to occur in the following sequence:

- During the work of cleaning, the benzene contained in the pipes and strainers came out and accumulated at the bottom of pump room,
- gradually vaporized to form an explosive atmosphere,
- and eventually exploded in the presence of some fire source.

図4 ベンゼンタンカー ポンプルーム
グレーティングより下層（黄色部分）に
爆発性雰囲気を形成した。
Figure No.4 Pump room of the
Benzene carrier
Explosive environment was
formed under the grating
(yellow part)

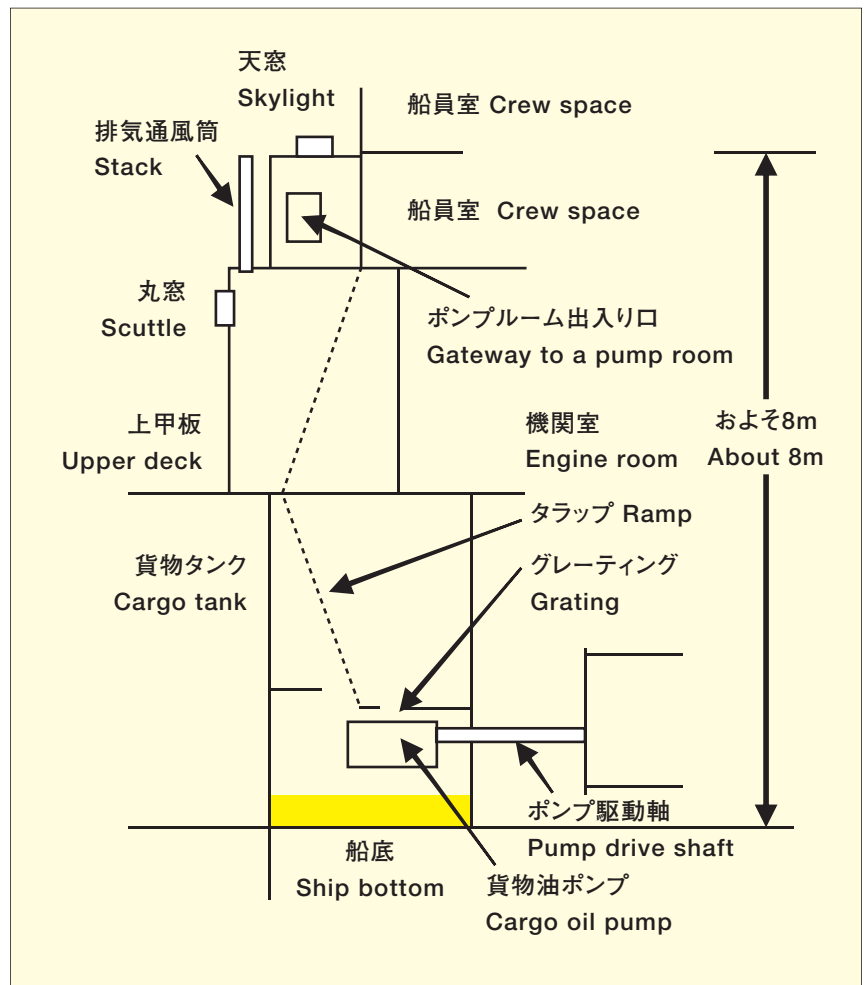




写真6 爆風によりポンプルームの入り口正面が丸みを帯びている(ベンゼンタンカー)

Photo No.6 Curved iron casing of the pump room because of blast
(Benzene carrier)

The pump room was equipped with a mechanical ventilation system, but a ventilating opening was located about 1 m above the bottom, and thus unfitted for sucking such a heavy gas as benzene. As a result, an explosive atmosphere was created at the lower layer. In spite of the investigation held by the experts, the fire source was failed to be identified. It is important to note that any human actions can be associated with sources of fire.

2) 貨物倉洗浄中の爆発事故

2)-1 昭和62年3月、ヒューストンでベンゼンの揚げ荷を終了し、メキシコに向かう途上のケミカルタンカー(総トン数5,357トン)がタンクの洗浄作業を行うこととなった。初めにタンクを清水で洗浄後、水蒸気洗浄を行う計画で、いくつかのタンクの洗浄は無事終了したが、その後水洗の終わったNo.3センタータンクに水蒸気を導入した直後、爆発が生じた。爆発により、タンクマンホール付近にいた2名の乗組員が火炎をともなう爆風の直撃に遭い死亡した。

本船のタンク清掃マニュアルには蒸気導入前にタンク内のガスフリーをようになっていたが、担当者は過去の経験によりタンク内はベーパーリッチの状態にあり、着火源があっても爆発しないはずと思いこみ、タンク内のベンゼン蒸気濃度の計測を省略して作業を行っていた。本船では、前回の航海においてもベンゼン揚げ荷後、今回と同様の洗浄作業が行われ、その時は問題なく洗浄作

2) The case of explosion during cleaning of cargo tanks

2)-1 In March 1987, a chemical tanker (5,357 gross tons) was going to clean her tanks on the way to Mexico as she had discharged benzene at Houston. After cleaned the tanks with fresh water, the crew steamed them. They cleaned several tanks in this manner. When they poured steam into No.3C tank after washed with fresh water, an explosion occurred. Two crew members near the manhole died. Their tank cleaning manual required that the tank should be made gas free before poring steam into it. However, the crew did not follow the manual and started the work without measurement of inflammable vapor concentration in the tank. They assumed from their experience that the tank was in a vapor rich state in which explosion did not occur even though there

業が出来ていたとのことであった。爆発したタンクは、水洗作業中に外気がタンク内に入り、ベンゼン蒸気が希釈されて爆発範囲に入ってしまったものと考えられる。

2)-2 平成15年12月、山口県上関町祝島沖を航行中のケミカルタンカー（総トン数4,356トン）の船首側において突然爆発が生じ、引き続き火災となった。本船は韓国でエチルアルコール約4,000 k/lを積載し神戸港に向かう途中であった。当初、積荷のエチルアルコールが爆発したと言われていたが、調査のため本船に乗船後、サルヴェージ技師から事故概要及び現場に関する説明を受け、今回の爆発事故がエチルアルコール積載タンクで起きたのではなく、前荷の分解ガソリンが積まっていた空タンク清掃作業中に起きたものであることが分かった。

全てのサイドタンク、No.2カーゴタンク及びスロップタンクには前荷として分解ガソリンが積載されていたが、当時は空であり、他のタンクは全てエチルアルコールが満載されていた。これら空タンクについて韓国から日本に向かう航海途中に洗浄が行われていた。洗浄の方法は 1.海水バタワース洗浄、2.洗剤混合海水バタワース洗浄、3.熱海水バタワースによるリンス、4.清水洗浄、5.スチーム導入の順で行われる予定であった。



was a source of fire. On her previous voyage, they carried out tank cleaning in the same way without any problem. Therefore, it was concluded that an outer air came in the tank while it was washed with water, which diluted the benzene vapor to fall within a range of explosion.

2)-2 In December 2003, an explosion/fire occurred suddenly at the fore part of a chemical tanker (4,356 gross tons) during sailing off Iwajima, Kaminoseki-cho, Yamaguchi pref. She had loaded about 4,000k/l of ethyl alcohol in Korea and was en route to Kobe. At first, it was reported that the cargo of ethyl alcohol caused the explosion. However, it was found later that the accident occurred during cleaning of an empty tank, the former cargo of which was cracked gasoline, according to the salvage expert and other investigators. On her previous voyage, she loaded cracked gasoline in all wing tanks, No.2 tank and a slop tank. These tanks were empty on this voyage. She carried the cargo of ethyl alcohol in all other tanks. Thus the empty tanks were being cleaned on the way from

Korea to Japan. The work was to be done in the sequence of (1) Butterworth with sea water, (2) Butterworth with sea water mixed with detergent, (3) Butterworth with hot sea water, (4) Washing with fresh water and (5) Pouring steam.

写真7 ブリッジから船首方向を見る
No.1左舷ウイングタンクが大きく破壊されている
Photo No.7 Heavily damaged No.1P wing tank, viewed from the bridge



爆発は、水洗の終了した空のNo.2センターカーゴタンク及びスロップタンクに最終段階の洗浄行程としてスチームを導入して間もなくNo.2センターカーゴタンクで起き、エチルアルコールを積載していた隣接のNo.1センターカーゴタンクも爆発、積荷のエチルアルコールは火災となり、さらにこれらの爆発はNo.1とNo.2センターカーゴタンクの両サイドに位置する空のNo.1ウイングカーゴタンクP,Sをも大きく破壊していた。No.2センターカーゴタンクに隣接しているNo.3センターカーゴタンク船側のタンク上甲板継ぎ目には溶接の剥離による小さな開口がいくつか生じ、甲板上からNo.3センターカーゴタンク内のエチルアルコールが目視できるような状態となっていた。爆発事故後のNo.1センターカーゴタンク積荷のエチルアルコール火災は、乗組員の手により約1時間で鎮火された。爆発によるタンク破壊により、No.1及びNo.2センターカーゴタンク、並びにこれらタンクの両サイドに位置するNo.1ウイングカーゴタンクP,Sのタンク内部は海水が自由に出入りする状態となったが、これらタンクの下部に位置するNo.1ウオーターバラストタンクP,Sは破壊を免れたため本船はかろうじて強度を維持し、折れることなく沈没を免れた。

爆発事故後の空タンクについて可燃性ガスの測定を行った。その結果、スロップタンクでは100LEL%以上、No.2ウイングタンクでは40-90LEL%、No.4ウイングタンクは50-70LEL%と、高濃度の可燃性ガスが検出された。これらタンクが洗浄作業のどの段階にあったかは不明だが、一般にタンク洗浄における蒸気導入は静電気発生により爆発の危険があるためタンク内部の可燃性ガスは完全にパージされている必要がある。しかし可燃性ガス濃度測定の結果は、現実はそのようではなかったことを示している。爆発原因は蒸気導入時にガソリン濃度が爆発限界に入っていたところに蒸気を導入し、発生した静電気により爆発が生じたもの、つまり、蒸気導入前の可燃性蒸気濃度測定が不適切だったものと結論された。

The explosion occurred in No.2C soon after steam was poured into it and a slop tank which is the final stage (5) of cleaning. Another explosion followed in No.1C stowing ethyl alcohol which caught fire. These explosions heavily damaged Nos. 1PS located next to No.1C. Several small holes were made on the joints of deck plating at the fore part of No.3C through which the cargo in this tank was visible. The fire of ethyl alcohol in No.1C was put out by the crew about one hour later. Consequently the sea water came into No.1C, No.2C and Nos. 1PS. Fortunately, however, ballast water tanks Nos.1PS located under the above cargo tanks were not damaged, so that the vessel managed to keep strength to avoid sinking. Testing of the concentration of inflammable vapor in the empty tanks showed a high concentration of inflammable vapor as follows :

Slop tank : 100LEL% or more

Nos.2PS : 40-90LEL%

Nos.4PS : 50-70LEL%

Although the actual concentration of vapor before the cleaning work was unknown, it is generally recommended that the inflammable vapor in the tanks should be completely purged at the time of steaming because of the possible explosion due to the obvious presence of static electricity.

It was concluded that the accident was attributed to absence of proper measurement of vapor by the crew before steaming, that is, the vapor concentration in the tanks was reaching the limit of explosion in the presence of static electricity.



写真8 爆発して上甲板が吹き飛んだNo.2センタータンク（艀から艀を見る）
濡れ毛布でNo.3センタータンクの艀側破孔部を覆っている

Photo No.8 Upper deck of No.2 centre tank was blown off in explosion, viewed from the fore
Wet blankets cover the damaged parts of No.3 centre tank

図5 本船タンクの貨物積載状態

Figure No.5 Loading conditions of the tanks

1S 343 空 Empty		2S 410 空 Empty		3S 410 空 Empty		4S 410 空 Empty		
1C 594 EOH	2C 662 空 Empty	3C 653 EOH	4C 652 EOH	5C 651 EOH	6C 652 EOH	7C 593 EOH	8C 473 EOH	Slop 267 空 Empty
1P 343 空 Empty		2P 410 空 Empty		3P 410 空 Empty		4P 410 空 Empty		

数字はタンク容積 (kl)、黄色部分がエチルアルコール (EOH) 積載タンク

Figures: Capacity of the tank (kl), Yellow part: Tanks with Ethanol (EOH)

センタータンク No. of Centre tank	積荷の種類 Kind of Cargo	積載量 Cargo Quantity
No.1 センタータンク Centre tank	エチルアルコール Ethanol	566,293kl
No.2 センタータンク Centre tank	空 Empty (前荷 分解ガソリン Last cargo: Cracked gasoline)	
No.3 センタータンク Centre tank	エチルアルコール Ethanol	633,641kl
No.4 センタータンク Centre tank	エチルアルコール Ethanol	633,281kl
No.5 センタータンク Centre tank	エチルアルコール Ethanol	632,083kl
No.6 センタータンク Centre tank	エチルアルコール Ethanol	632,577kl
No.7 センタータンク Centre tank	エチルアルコール Ethanol	573,356kl
No.8 センタータンク Centre tank	エチルアルコール Ethanol	459,036kl
(センタータンクは全てステンレススチール製 All centre tanks are made of stainless steel)		

ウイングタンク No. of Wing tank

No.1 ウイングタンク Wing tank	空 Empty (前荷 分解ガソリン Last cargo: Cracked gasoline)
No.2 ウイングタンク Wing tank	空 Empty (前荷 分解ガソリン Last cargo: Cracked gasoline)
No.3 ウイングタンク Wing tank	空 Empty (前荷 分解ガソリン Last cargo: Cracked gasoline)
No.4 ウイングタンク Wing tank	空 Empty (前荷 分解ガソリン Last cargo: Cracked gasoline)
スロップタンク Slop tank	空 Empty



5 考察

1) 安全作業マニュアル

事例では測定その他、安全作業マニュアル注意事項を無視あるいは省略したために起きた事故をいくつか挙げた。

これら事故原因は不可抗力によるものではなく、単純に人間のミスによるものである。ケミカルタンカーのように危険が潜在する船では通常立派な安全作業マニュアルが整備され危険を回避できるような体制となっている。しかしどのように立派なマニュアルを作ってもそれを実行する人たちに心のゆるみがあれば事故は起きてしまう。またマニュアルをきちんと実行しているにも拘わらず周囲の状況が少しずれてしまうような場合、マニュアルでは対応しきれず事故が起きる場合もある。統一された指揮命令組織、多少の異変に対応できる熟練した乗組員そして整備された安全作業マニュアルに基づいた作業の実施といったことが事故を防ぐための方策として必要であろう。

2) 測定の重要さ(人の感覚のあやうさ)

人間は危険を意識していない場合、その危険な状況に慣れてしまう。ケミカル類などでは徐々にその臭気に慣れてしまい、かなり濃い濃度になっても危険を感じないことがある。

爆発事故は単純な原因で起きる。換気の悪い閉鎖場所のような場では引火性のガスや蒸気濃度が爆発下限に達し、そこに着火源があれば爆発は当然のこととして生じる。着火源は静電気の火花、衝撃火花、摩擦火花それぞれで、これら着火源は人間が居る作業場所であれば必ず存在すると考えてよいものである。従って、そのような場所で作業を行う者は、爆発を起こすような濃度であるか否かを作業開始ごと、作業中、定期的に測定をして監視する必要がある。爆発下限濃度の検査を人間の感覚で行うことは感覚の麻痺、慣れ、体調、個人差などの問題から無理があり、機器による客観的な検査が絶対に必要である。

5 Discussion

1) Safety manual

We referred here some cases of accidents caused by work operating personnel who ignored partly or fully the Safety manuals provided to them. These accidents were human-made disasters. In the case of chemical tankers or other ships with potential hazards, they are provided with Safety manual as a rule to avoid such hazards. However, it should be noted that the well prepared manuals cannot prevent occurrence of accidents if the personnel to perform the works are not alert or careful enough. It is also true that even if they work fully in compliance with the manuals, accidents could happen because the manuals cannot cover all. A well established line of command, the well trained personnel to cope with critical situations and their performance based on the well prepared manuals are necessary to avoid the accidents.

2) Importance of measurement (Uncertainty of human senses)

When people are unaware of potential hazards, they become accustomed to such situations. When we are exposed to some chemicals, we are often getting insensitive for the odor or smell, even though the level is dangerous. An explosion can occur by a simple cause. In a confined place with no proper ventilation, as the concentration of inflammable vapor reached the lower limit of explosion, an explosion will necessarily be caused by the presence of fire sources such as sparks of static electricity, sparks of impact, sparks of friction, etc. Such sources are considered to exist in any place of working areas. The personnel to work in such environments are required to test and

3) 部分的な爆発性雰囲気の形成

爆発事故を起こすような濃度について考えると、ベンゼンやナフサは爆発下限が1%前後であり、これは10,000ppmという高濃度となる。このような濃度に人間がもし曝されるとすれば、瞬時に意識を失い死に至るであろう。例に挙げたベンゼンタンカー、ナフサタンカーいずれの事故においても、爆発が生じるまでポンプルームやエンジンルーム内では人が普通に作業を行っていた。このことは、これら事故において爆発性雰囲気がポンプルームあるいはエンジンルームの空間全体的ではなく低層部にのみ形成されていたことを示している。(図3及び図4参照)

閉鎖場所での爆発的な燃焼においては、それが部分的なものであっても両事故のように鋼製の構造物さえ変形させるような強い爆風が生じることを十分に認識しておく必要がある。

4) 労働衛生

引火性の高い物質を積載するケミカルタンカーにおいて、差し迫った危険は引火、爆発事故である。しかしケミカルによっては、爆発性雰囲気濃度に比べてはるかに低い濃度であっても、そこで働く人の健康に有害な物質がある。例えばベンゼンは人に対する発ガン性が確認されたため、作業現場での許容濃度として非常に低い濃度(0.5ppm)が勧告されている。例に挙げたベンゼンタンカー爆発事故では適切な防毒マスクの着用がなされていなかった。当たり前のことだが、爆発性などのような差し迫った危険にのみ気をとられ、低濃度の有害蒸気に不注意に曝されるようなことがあってはならず、作業現場では必ず適切な保護具を着用しなければならない。

supervise the level of vapor concentration periodically. It is impossible for humans to inspect the lower limit of explosion by their sense and it is mandatory to use testing equipment for this purpose.

3) Forming of partial explosive atmosphere

The lower level of explosion limit of benzene or naphtha is known to be around 1% which is as high as 10,000ppm. If humans are exposed to such high concentration of vapor, they will immediately lose their consciousness and die. In the accidents described above, the crew continued to work in the pump room or engine room until the explosion occurred. These facts indicate that the explosive atmosphere did not occupy the entire rooms but was formed only in the lower part of the space. (See the fig.Nos.3 and 4)

Special attention should be paid to the fact that when the explosion, even though it is small, occurs in a confined place, the blast due to the explosion is strong enough to deform the steel structure as evidence in the above cases of accidents.

4) Hazards other than fire/explosion

Imminent hazards for the chemical tankers loaded with the low flash point products are fires or explosions. On the other hand, the cargo often includes some chemicals which harm the health of the crew or other staff, though they are not the low flash point substances. For instance, benzene is known to cause cancer. Thus, its threshold limit value in the working place is recommended to be 0.5ppm. In the accident of the benzene carriers described above, the crew were reported to have been working without wearing gas masks, because their attention was paid only to the hazard of explosion.



JAPAN P&I CLUB

P&I ロス・プリベンション・ガイド

P&I Loss Prevention Bulletin

5) 現場の声

特に内航海運業では、市況の低迷その他さまざまな理由により船員の過重労働、老齢化、質の低下などを招き、これらが本船運航の安全に対するマイナス要因として大きく働いていることも見逃してはならない。内航に限らず、例に挙げたエタノールタンカー爆発事故においても、韓国から神戸までの航海途上非常に効率的な、つまりタイトなタンク洗浄計画が作られ、乗組員はその計画に基づき作業を行っていた。これらは一部にほんのわずかな狂いが発生すれば全体の計画が崩れてしまうものである。計画に余裕を持たせるため現場の乗組員がマニュアルに決められた要目を省略する可能性は十分に推測できることである。以上から、もう一度、運航管理者と本船乗組員が本船の安全運航のためにどうすればよいか、基本に立ち戻り、よく話し合う必要があると思う。

以 上

寄稿：キソー化学工業株式会社
代表取締役 児玉 正浩

Contributor : Masahiro Kodama
President
Kiso Chemical Enterprises Ltd.

Therefore, it is necessary for the personnel to use gas masks and other protective wears in such working place not to be exposed to harmful vapor.

5) Our opinion on the business environment

In the shipping industry, especially in the field of coasters, low salary and other unfavorable working conditions due to depression have caused various problems such as crew's over work, aging of seamen and so on. Such unfavorable working condition of the crew seems to lower the labor quality of the crew and became one of the causes of the accidents. These circumstances seem to be one of the factors against the safe operation of the vessels. The problems are found not only in the coastal business but also in overseas trades. For example, in the ethanol tanker which caused the serious accident as described above, the vessel crew had to carry out tank cleaning on the tightest working plan en route from Korea to Kobe. Owners can suspect that the crew might omit some of the items in the safety manual due to time constraint. We propose here that the ship operators and seamen have more chances to discuss the safe operations of the labor in the shipping industry.



JAPAN P&I CLUB

日本船主責任相互保険組合

ホームページ <http://www.piclub.or.jp>

- 東京本部 〒103-0013 東京都中央区日本橋人形町2丁目15番14号Tel:03-3662-7401 Fax:03-3662-7268
Principal Office (Tokyo) 2-15-14, Nihonbashi-Ningyocho Chuoh-ku, Tokyo 103-0013, Japan
- 神戸支部 〒650-0024 兵庫県神戸市中央区海岸通5番地 商船三井ビル6階Tel:078-321-6886 Fax:078-332-6519
Kobe Branch 6th Floor Shosen-Mitsui Bldg. 5, Kaigandori Chuoh-ku, Kobe, Hyogo 650-0024, Japan
- 福岡支部 〒812-0027 福岡県福岡市博多区下川端町1番1号 博多東京海上日動ビル6階・・Tel:092-272-1215 Fax:092-281-3317
Fukuoka Branch 6th Floor Hakata Tokio Marine Nichido Bldg. 1-1, Shimokawabata-machi, Hakata-ku, Fukuoka 812-0027, Japan
- 今治支部 〒794-0028 愛媛県今治市北宝来町2丁目2番地1Tel:0898-33-1117 Fax:0898-33-1251
Imabari Branch 2-2-1, Kitahorai-cho, Imabari, Ehime 794-0028, Japan
- ロンドン駐在員事務所 150-152 Fenchurch Street, London EC3M 6BB U.K.Tel:44-20-7929-4844 Fax:44-20-7929-7557
London Liaison Office