

喜入基地における原油タンカー排出ガス処理設備の導入

新日本石油精製(株)
室蘭製油所 計画グループ

すぎもと たかひろ
杉本 高弘



新日本石油基地(株)
喜入基地 工務グループ

なりお しゅんじ
成尾 俊二



1. はじめに

大気環境影響物質として、窒素酸化物、硫黄酸化物、二酸化炭素等が知られているが、近年、石油類や各種溶剤から大気中に放出される揮発性有機化合物(VOC: Volatile Organic Compounds)が光化学オキシダントや浮遊粒子状物質生成の前駆物質として、欧米を中心に排出規制されつつある。日本においては、陸上設備からのVOC排出は2004年に改正された大気汚染防止法で規制された。また、船舶からの排出についても、水質汚濁防止法を改正し規制内容を検討している段階である。

少子高齢化、人口減少、温室効果ガスの削減対策の推進等により国内の石油の消費量は年々減少傾向にあるが、石油は日本の一次エネルギー供給の40%強を占めており、原油のほぼ全量を海外からの輸入に頼らざるを得ない我が国は、原油輸送過程においても少なからず環境に影響を与えている。

一般的に、石油タンカーに石油製品を積込む際に船槽内から大気中にVOCを含むガスが放出されることは良く知られており、ガソリン、ナフサおよびベンゼン等の揮発油類を出荷する際に船舶から排出されるガスについて各種調査がなされ、一部の製油所や石油化学工場ではVOC回収設備等を設置し対策を講じている。

しかし、原油出荷基地や中継備蓄基地において、原油を出荷する際に原油タンカーから排出されるVOCについては詳細な調査が実施されていなかった。これは原油の種類が多様であることとタンカー船上でのデータ収集が容易にできないためである。原油は世界に約300種類あると言われ、日本にも約100種類程度が輸入されている。それぞれの原油の特性の相違によりVOCの成分も当然異なる。また、原油タンカーから排出されるガスはVOCだけでなく、硫黄系の臭気物質や、爆発防止のために船槽内に注入したボイラ排ガスや酸素、水蒸気等を含み、その含有成分、組成は作業条件、運航状況、気象条件等により大きく変動する。

このような原油タンカー排出ガスによる環境影響を緩和するために経済的にも実現可能な対策技術が求められていた。

2. 喜入基地における環境対策の必要性

2.1. 喜入基地の機能とロケーション

新日本石油基地(株)喜入基地は、鹿児島県鹿児島市に位置し、当社の原油輸送システムの効率化を目的に建設され、1969年10月に操業を開始した。中東等の産油国から超大型タンカーで原油を輸入し、この基地に貯蔵した後、国内の当社各製油所に中小型タンカーで需要に応じ転送するもので、原油の物流センター的な機能を持っている。その後、1973年の第一次オイルショックを契機に、我が国では1975年に石油備蓄法が制定され国家および民間の石油備蓄がスタートした。喜入基地の原油タンクも民間備蓄としての活用が始まり、現在は原油中継備蓄基地としての機能を有している。

喜入基地は写真1のとおり周囲を自然豊かな海と山に囲まれ、農業や漁業が盛んな地域に立地している。また、周辺は住宅地となっているが、タンカー排出ガス中に含まれる臭気物質が風向きによっては住宅地まで拡散し、臭いに関する苦情が発生することもあった。この基地は安全、安定操業に加え環境との調和が重大な使命となっている。



写真1 喜入基地の全景写真

2.2. 原油タンカー積込作業とVOC含有ガスの放出

一般的に、中東等の産油国から輸入される原油はVLCC (Very Large Crude Carrier) と呼ばれる30万トン級のタンカーで日本へ運ばれてくる。喜入基地に受入れられた原油は通常は10万トン級タンカー(写真2)で国内

の各製油所へ転送される。製油所によっては港の水深が浅くVLCC級のタンカーが直接着岸できないためである。積込み量を減らし喫水を浅くすることによりVLCCを転送用に使用することもある。代表的な原油タンカーの要目を表1に示す。

表1 一般的な原油タンカーの要目

種類	載貨重量	全長	全幅	深さ	喫水	乗組員 名
	トン	m	m	m	m	
室蘭丸 [100,000トン級]	114,106	243.5	44.0	23.2	15.378	18
ENEOS BREEZE [300,000トン級]	301,013	333.0	60.0	29.6	20.529	23



写真2 着岸中の10万トン級原油タンカー

原油をタンカーへ積込む作業は時間を短縮するため、通常は時間当たり7,500～10,000klの大流量で行われる。原油積込みに伴い、タンカー船槽内に滞留していたVOCを含有したガスが大気中に放出される。最近の喜入基地における原油の受払い作業実績を表2に示す。

年間、約200隻の大型タンカーで受入れた3,000万klの原油を約300隻のタンカーで、国内の当社製油所向けに出荷している。従来は、この作業により、原油積込量とほぼ同量のVOCや臭気物質を含有した排出ガスが大気中に放出されて、基地周辺からの臭気苦情の原因となっていた。

喜入基地ではこの排出ガスによる環境影響を最小限とするために、タンカー排出ガス処理設備の導入計画を2004年にスタートさせた。

表2 喜入基地における原油受払作業状況(電力向け出荷を除く)

区分	原油受入		原油払出	
	受入数量	受入隻数	払出数量	払出隻数
2007年度実績	3,133万kl	223隻	3,209万kl	294隻
2008年度実績	3,055万kl	197隻	2,957万kl	273隻

3. 原油タンカーから排出されるVOCの実態

3.1. 船舶からのVOC排出量の推定

国内で船舶により輸送される揮発性液体は大別して、原油、揮発油等および化学薬品（キシレン、ベンゼンやスチレン類）がある。これらの内、揮発性が高く輸送量が多い典型的な物質として原油と揮発油（ガソリン、ナフサ）があげられる。原油と揮発油を合計した国内の年間輸送量は表3に示すとおり約7,500万トン(9,500万kl)である。2008年度の国内での原油輸送量は約3,800万klであるが、この内、約78%に相当する2,960万klが喜入基地から各製油所に処理用として転送されている。残り12%の大半は火力発電所用燃料として製油所等から発電所等へ輸送された原油である。

表3 原油および揮発油の船舶輸送量¹⁾

品目	年間輸送量		備考
	重量(t)	容量(kl)	
原油	32,308,000	38,009,412	密度0.85kg/cm ³ と仮定
揮発油	42,487,000	56,649,333	密度0.75kg/cm ³ と仮定
合計	74,795,000	94,658,745	

原油および揮発油の輸送量からVOC排出量を推定するために、出荷量当りのVOC排出量を排出係数として定義した数値が表4のとおり報告されているが、ガソリンと比較し原油の排出係数は算定機関により大きく数値が異なっている。これらの排出係数を元に国内の原油輸送に起因する年間のVOC排出量を試算すると2,800トンから31,500トンと大きくバラつく。これは、原油がその産地により成分、蒸気圧および密度が異なり、排出ガス中のVOC量にも大きな差が生じるためである。特に、多種多様の原油を取扱う喜入基地のような原油中継備蓄基地においては、原油の排出係数を一律に定義することは適切ではないと言える。

表4 各機関によるVOC排出係数

算定機関	排出係数* [kg-VOC/kl]	
	原油	ガソリン
資源エネルギー庁 ²⁾	0.120	0.190
米国EPA ³⁾	0.073	0.215
EU報告書 ⁴⁾	0.830	0.180

*当該揮発性物質1klを船舶等に積込む際に大気中に排出されるVOC量

3.2. 原油タンカー排出ガス性状測定結果

排出ガス処理設備の計画に際し、喜入基地で排出されるガスの性状等を把握する必要がある。このため、実際に基地に入港する原油タンカーから250を超える排出ガスのサンプルを採取し成分分析を行った。その平均的な性状を図1に示す。

これらの性状分析結果をもとに、VOC処理設備の開発プロセスの検討をスタートさせた。

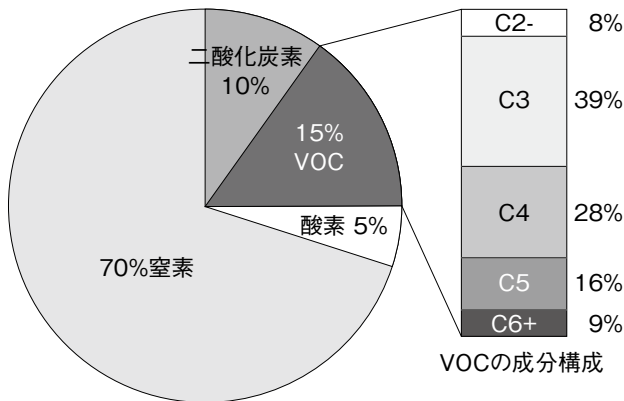


図1 原油タンカー排出ガスの平均性状

3.3. タンカー排出ガスの特徴

3.2の性状測定結果、処理設備の導入検討に必要な排出ガスの特徴をまとめた。

- (1) 排出ガス中のVOCは平均分子量が55とLPGに相当し、平均で15%含まれている。ただし、VOC濃度は5%から50%の範囲で大きくバラついている。同様に、排出ガスの発熱量も平均15MJ/m³で5MJ/m³から50MJ/m³範囲で変動する。一般的には10MJ/m³以上の発熱量があれば自然可能と報告されている。
- (2) 平均的なVOC排出係数は0.36kg-VOC/klとなった。年間3,000万klの原油を出荷するこの基地ではLPG約10,000トンに相当するエネルギーを無駄に大気中に放出していた計算となる。
- (3) 排出ガス中にはVOC以外に平均して二酸化炭素10%、酸素5%が含まれる。これは、船槽内の爆発防止のためにボイラ燃焼ガスを注入し酸素濃度を8%以下に管理しているためである。

- (4) 臭気物質として、硫化水素25ppm、メチルメルカプタン3ppm、硫化メチル10ppmを含有していた。最大濃度は硫化水素250ppmが測定された。臭気成分は微量でも嗅覚に感じるため注意が必要である。
- (5) 排出ガスには水蒸気も含まれ、二酸化炭素や硫化水素等と相乗し腐食性の高い環境となる。
- (6) タンカーへの原油積込み速度と同様に排出ガスの速度も1隻当たり最大10,000m³/時となる。原油中継備蓄基地では同時に2隻のタンカーへ原油出荷を行っているため、排出ガス量は最大20,000m³/時と大量となる。

4. 原油タンカー排出VOCの処理技術

4.1. VOCの処理技術

VOCの処理方法は大きく分けて、排出ガス中のVOCを回収せず燃焼等により分解する方法と、吸収、吸着または膜分離によりエネルギーを回収する方法に大別される。一般的な炭化水素系VOCの処理方法と特徴を表5に示す。

これらの技術は特定の産業や設備用として開発されたものであり、適用可能な分野が限られている。直接燃焼法は設備導入費も安価で汎用性の高い技術ではあるが、燃焼ガス発生による大気汚染や温室効果ガスの排出の問題が残る。近年の環境意識の高まりや地球温暖化対策等を考慮すると、VOCをエネルギーとして回収する方法が望ましい。

さらに、喜入基地のような原油備蓄中継基地で適用するためには、これらの既存技術を効率良く組み合わせ、大流量運転や流速およびVOC濃度の変動等に柔軟に対応可能な設備が要求される。

表5 主な炭化水素系VOC対策技術^{4),5)}

比較項目	分解法		吸収法		吸着法	膜分離法
	直接燃焼	希薄燃焼	常温/常圧	加圧/冷却		
	フレア焼却炉	触媒燃焼 蓄熱燃焼	灯油・軽油 その他吸収液		活性炭 シリカゲル	炭化水素 分離膜
VOC回収	×	×	○	○	○	○
高濃度VOC (5vol%以上)	○	×	○	○	△	○
中濃度VOC (1～5vol%)	○	△ (希釈が必要)	△	△～○	○	○
低濃度VOC (1vol%以下)	○	○	×	×～△	○	△
VOC除去性能	99%以上	99%以上	50～90%	70～95%	90%以上	70～90%
設備費用	○	△～○	○	△～○	△～○	×～△
運転柔軟性	○	△	○	○	○	△
その他	補助燃料 使用量大	燃焼効率高	吸収溶媒の 性能に依存	圧力/温度に より自由度大	加温/減圧で 吸着剤再生	他の方式と 組合せて利用

4. 2. 海外の原油出荷基地における VOC 対策設備

国内では原油タンカーから排出される VOC 処理設備の設置実績はないが、欧米においていくつかの原油出荷基地で設置事例があるので紹介する。

VOC 排出削減にいち早く取り組みを開始したノルウェーでは、1996年に北海原油の出荷基地 (Sture Terminal) に世界初となる原油タンカー排出 VOC 回収設備を設置した。これは、図 2 に示すとおり、収集したガスを冷却した灯油と吸収塔内で接触させることにより、VOC を灯油に吸収させる。その後、VOC リッチとなった灯油を分離塔で加熱し VOC を再蒸発させた後、原油に吸収または燃料ガスとして利用するシステムである。同様な設備は、1998年に英国の北海原油出荷基地 (Hound Point Terminal) にも導入された。非常に優れたプロセスではあるが、複雑なシステムとなり設備費が高いことと再蒸発させた燃料ガスの需要場所がないと効率的な運用が難しい。

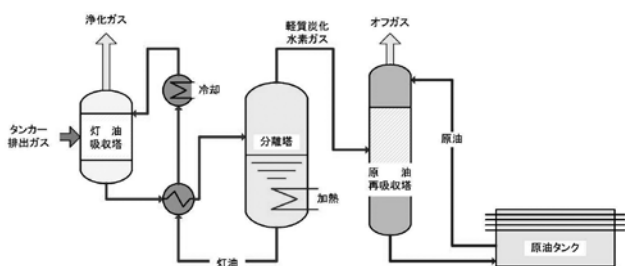


図 2 灯油による VOC 回収処理システム

アラスカ原油を積出す米国最大の原油出荷基地 (Valdez Marine Terminal) では 1998 年に米国の法律に基づき出荷基地から排出される VOC の処理設備を導入した。タンカーから排出されるガスは圧縮機で陸上まで送られボイラ燃料として活用していたが、タンカー排出量と熱需要がバランスしないため無駄が多く、現在、この原油出荷基地では収集したガスを直接焼却処理する方式に変更している。

カナダのバンクーバーにある原油出荷基地 (Westridge Marine Terminal) では、周囲に住宅地等が密集するため、VOC 対策としてよりもむしろ排出ガス中の臭気物質削減対策として 1999 年に直接燃焼設備を導入し全量を焼却している。

4. 3. 原油出荷基地の VOC 対策設備に求められる要求事項

VOC 削減と臭気問題解決には直接燃焼設備の導入が最も容易な対策であるが、VOC を全量燃焼する方法は、温室効果ガス排出量の増加とエネルギーの無駄な消費の観点から得策ではない。このため、環境負荷の低減とエネルギーの有効利用を両立できる設備の導入を前提条件とし、原油出荷基地の VOC 対策設備に求められる要求事項をまとめた。

- (1) 環境影響の緩和を優先するとともに可能な範囲で VOC をエネルギーとして回収する。
- (2) 処理ガス量や性状の変動に柔軟に対応でき、頻繁な

始動停止操作に追従性の高いプロセスで、高い安全性と運転性を有すること。

- (3) 設備費、運転費およびエネルギー回収メリットを十分考慮した経済性の高いシステムとする。

4. 4. タンカー排出ガス処理方法の絞込み

排出ガス中に含まれる VOC をエネルギーとして有効利用するために最も容易な方法は直接燃料として使用することである。しかしながら、タンカーへの出荷作業は断続的で、流量は 0～10,000 m³/時、発熱量は 5～50 MJ/m³ と変動が大きいためボイラやガスタービン等の燃料として直接使用することは難しい。大型ボイラやタービンの補助燃料として活用することが考えられるが、喜入基地ではこの様な大型設備は必要性がなく、現実的でない。

このため、吸収、吸着、膜分離の三つの方法について可能性を検討した。吸着法は通常活性炭やシリカゲルが使用されるが、吸着熱に対する安全対策や排ガス中の硫化水素による吸着剤の劣化の問題があり採用を見合わせた。また、VOC 分離膜による回収法では、排出ガス中の二酸化炭素と炭化水素の分離が難しいため断念した。

結果的に溶媒による吸収法が残されたが、溶媒には一般的に灯油、軽油および専用吸収液が使用されている。製油所や製油所が隣接する場所では灯油等の吸収溶媒の入手が容易であるが、原油しか取扱っていない喜入基地で灯油等の既存溶媒を採用した場合、設備の複雑化、大型化、運転コストの増大が試算された。

上述の海外の原油出荷基地における事例を見ても、原油を直接吸収溶媒として用いたプロセスシステムはなく、喜入基地のような原油中継備蓄基地においても適用できる既存技術は世界的にも存在していないことから、当社単独で実用化に向けた技術開発が必要となっていた。

5. 原油による VOC 吸収システムの構築

5. 1. 原油による VOC 吸収試験の実施

幸いなことに、喜入基地では世界各地の 30 種類を超える原油を取扱っている。理論的には蒸気圧が低い原油ほど VOC の吸収能力は高いため、蒸気圧が比較的低い原油 A と原油 B ならびに比較用に平均的な蒸気圧である原油 C について実際にタンカーから採取したガスにより VOC の吸収能力を確認した。また、参考のために蒸気圧が 1.1kPa の灯油による比較試験も行った。これら試験用に使用した吸収液の代表的な性状を表 6 に示す。

表 6 VOC 吸収試験に使用した吸収液の代表性状

吸収液	原油 A	原油 B	原油 C	灯油
生産国	サウジアラビア	インドネシア	イラク	-
密度	0.859g/cm ³	0.854g/cm ³	0.856g/cm ³	0.79g/cm ³
蒸気圧*	30kPa	20kPa**	60kPa	1.1kPa

* RVP: Reid vapor pressure @37.8℃ ** @50℃

図3にVOCの原油吸収試験装置を示す。各吸収液100mlを入れた容器(200ml)の底部にエアーストーンを設置し、実際にタンカーから採取したVOC濃度35%の排出ガスを1,000ml/時の速度で注入した。

容器上部から排出されるガスを1時間おきにサンプリングしガスクロマトグラフでVOC濃度を測定した結果を図4に示す。実験は常温(21℃)、常圧で実施した。ただし、原油Bについては流動点が高いため50℃で試験した。縦軸は注入した実際のガス中のVOC濃度を100%とした場合の各時間経過後の吸収ピンの出口のVOC濃度を相対的に示したものである。灯油は非常に良好な吸収特性を示すが、時間の経過とともに吸収性能の低下が認められた。これに対して原油Aは初期の吸収能力は高くないが長時間経過しても約50%のVOC吸収能力を維持できている。また、原油Bは50℃で試験を行ったため、原油Aと比較すると吸収能力は低くまた、吸収能力は短時間で飽和傾向となった。原油Cは軽質分が多く、最初の1時間では逆に原油中のVOCを放出し、その後、吸収能力が回復するという傾向も見られた。これらの試験結果、灯油には劣るが、原油AについてVOC吸収性能が比較的高いことが判明した。

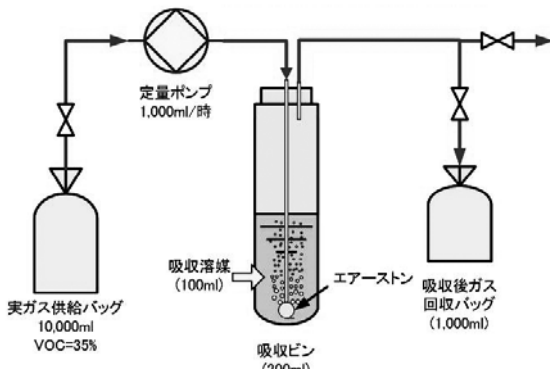


図3 VOCの原油吸収試験装置

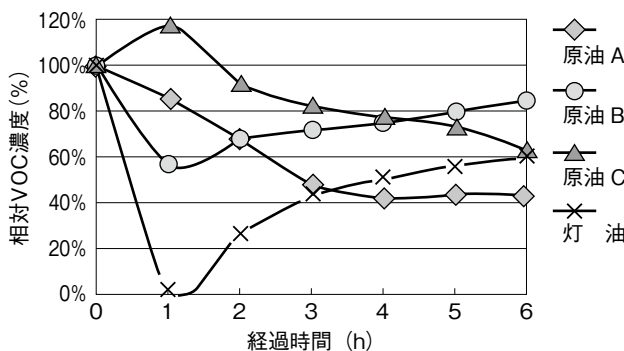


図4 タンカー排出ガスの原油吸収試験結果

5.2. 原油によるVOC回収プロセスの構築

実際のプロセスへの適用性を評価するために、原油の組成を調査し吸収圧力と温度条件を変えてプロセスシミュレータで計算した。吸収圧力を上昇させ、温度を低下させればVOCの吸収効率は向上するが、設定圧力と温度は安全性、運転性、経済性に大きく影響するため、多方面から評価する必要がある。最終的に喜入基地で採用し

た原油によるVOC回収設備のシステムフローを図5に示す。加圧冷却されたタンカー排出ガスは吸収塔内で同様に冷却された原油と接触し、ガス中のVOCが原油に吸収される。原油に吸収されなかったVOCや臭気物質を含んだオフガスは燃焼することにより、98%以上が分解される。

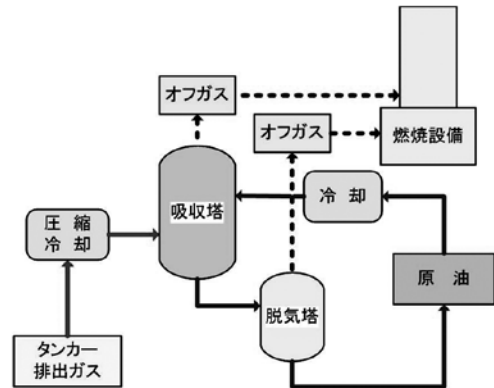


図5 原油によるVOC直接吸収システム

6. 原油タンカー排出ガス処理設備の仕様と開発プロセス

6.1. 設備設計仕様

喜入基地での原油出荷作業に適用するために排出ガス処理設備の基本仕様を次のように設定した。

- (1) 処理能力: 20,000m³/時 [同時に2隻のタンカー出荷に対応可能な能力]
- (2) 処理ガスVOC濃度: 0 ~ 50vol% [炭酸ガス、水蒸気、硫化水素等の腐食性物質含有]
- (3) VOC回収率: 65%以上 [年平均ベースでの最低値]
- (4) VOCおよび臭気物質削減率: 98%以上

6.2. 排出ガス処理設備のプロセス

図5の原油によるVOC回収プロセスを基本とし、図6に示す実際の処理プロセスを設計した。各棧橋のタンカーから排出されるガスを圧縮機で収集・圧縮し冷却後、吸収塔にチャージする。吸収塔内は冷却した原油が循環され排出ガス中のVOCを効率的に吸収する。吸収できなかったVOCは燃焼設備で分解し無害化を図るという比較的単純なプロセスとなった。処理設備の外観を写真3に示す。

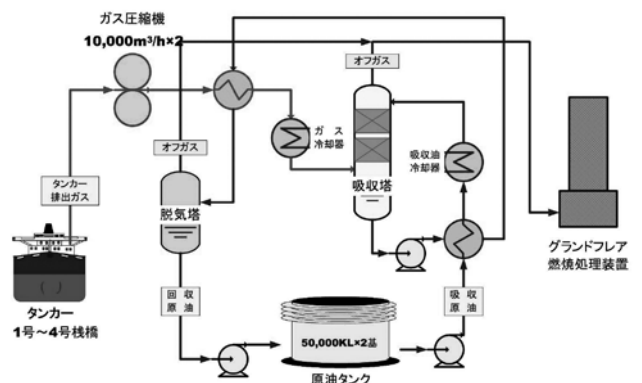


図6 タンカー排出ガス処理設備プロセスフロー



写真3 タンカー排出ガス処理設備全景

吸収塔での運転条件については、原油中継備蓄基地のインフラおよび経済性評価の結果、運転圧力0.3MPaG、温度3℃に設定した。VOCを吸収した原油はタンクに戻されるが、原油中に吸収された無機ガス（二酸化炭素、窒素、酸素）が原油タンク内で再蒸発するのを防ぐため、脱気塔を設置しタンクに返す前に常圧下で、過剰に吸収した無機ガスを放出させる。吸収塔から排出されるオフガス中には5～7%程度のVOCが残存しているが、二次的なVOC回収処理は行わず、グランドフレアで燃焼させる。オフガス中のVOCを回収する場合、設備が複雑となり、また回収エネルギー以上に運転エネルギーの消費が予想されたためである。オフガスの燃焼設備としては、周囲の環境を考慮し、燃焼が塔内で行われ炎が外部から見えないグランドフレア型を採用した。グランドフレア内部温度を800℃に保つことによりVOCと臭気物質の98%以上が短時間で分解される。(写真4)



写真4 グランドフレア

6.3. 排出ガス処理設備の安全設計

この処理プロセスは可燃性ガスを取扱うため、特に安全面に関しては多方面から検討し対策を講じた。主な安全対策は以下の通りである。

- (1) タンカー排出ガスは可燃性があるため、爆発防止対策として系内全体の酸素濃度を8%以下で管理している。酸素濃度測定装置は防爆型で直接ガス配管に設置することにより応答速度が速いレーザー式酸素濃度計を国内ではじめて採用した。系内の酸素濃度が6%を超

えた時点で窒素が自動的に注入される。7%を超えた時点で警報を発令し、8%を超えると緊急停止システムが作動する。また、発火要因となり得る静電気を防止するため、配管、塔槽内部および圧縮機本体等にも除電対策を実施した。

- (2) タンカーの船槽の耐圧性は低く、通常は正圧側14kPaG、負圧側-7kPaGで安全弁がセットされている。排出ガス処理設備の異常発生時のタンカー圧力保護対策として10kPaG以上の圧力が配管に加わった場合、緊急放出可能な高速排気弁を設けた。この排気弁は最大原油積込能力と同等の10,000m³/時の放出能力を有するものである。負圧対策としては、圧力低下時は自動的に窒素が供給されるシステムとし、タンカー接続配管内部は常時1kPaG以上の圧力に保たれている。
- (3) さらに、万一爆発が発生した場合の被害拡大を防止するため、棧橋および処理装置入口にデトネーションアレスターを設置し、火炎を消火するとともに爆発による衝撃波を緩和することができる。ガス収集配管には緊急放出口を設けるとともに、主要機器について爆発圧力以上の耐圧性能を持たせた設計とした。

6.4. タンカー側の対応

タンカー排出ガスの処理を行うためには陸側だけでなくタンカー側も設備対応が必要となる。タンカー側の排出ガス収集設備については「オイルタンカーとターミナルに関する国際安全指針 (ISGOTT)」で仕様が規定されている。喜入基地に定期的に入港するタンカーについては陸上側の処理設備の建設と並行して順次、排出ガス収集設備を設置してきた。現在は主要なタンカーへの設置が完了し、原油出荷作業の95%以上で排出ガス処理が可能となっている。写真5にタンカー側の排出ガス収集用設備を示す。



写真5 タンカー原油受払作業用配管接続状況

7. 設備の運転と効果

7.1. 運転の開始

本設備は2006年1月から詳細設計に着手し、資機材調達、現場工事を経て2007年4月には完成した。運転

員の習熟訓練を経て、2007年6月から本格的な運転をスタートしている。

喜入基地に初めて導入されるプロセス設備であり、手本となる運転プラントが無かったため、設計開始時点から実際の運転員も建設プロジェクトチームに加わり、運転方法の検討と運転監視画面の作成を担当しながら手順書を作成した。運転上の特徴として、連続運転ではなく、タンカーへの原油出荷時の運転となるため、年間100回を超えるスタートアップ、シャットダウンが発生する。製油装置等と比較すると単純な設備ではあるが、限られた運転員で短時間にスタートアップ、シャットダウンを行うため、自動化と運転教育の充実を図った。

7.2. 運転実績

本格稼働を開始した2007年6月から2009年5月までの2年間に原油出荷基地においては568隻の大型タンカーに6,175万klの原油を出荷した。この内の96%に当たる540隻、5,907万klについてタンカー排出ガス処理設備を使用し運転を行った。

燃焼設備出口の浄化ガスの性状測定結果、VOC、臭気成分とも99.8%以上の分解性能が確認された。また、2年間の運転により12,400トン(21,304kl相当)のVOCを回収することができた。本設備を使用できなかった大半のケースは、6.4に示すタンカー側ガス収集設備が未装備のためであった。

本設備の運転開始により、原油中継備蓄基地周辺でのタンカー荷役時の臭気の問題は無くなり、気象庁の大気汚染物質広域監視システムでモニタリングしている非メタン濃度や光化学オキシダント濃度の低下が見られ、環境影響の緩和が確実に達成されていることを示している。

表7 処理設備運転実績(2007年6月～2009年5月)

項目	処理ガス量 [隻数]	VOC 臭気物質 削減率	回収VOC エネルギー	設備 稼働率
実績	5,907万m ³ [540隻]	99.80%	12,400トン [21,304kl]	95.70%

8. おわりに

今回、原油をタンカーに積込む際に排出されるガスに含まれるVOCと臭気物質の削減のために、まず、排出ガスの成分を明らかにした。これにより、排出ガス中には有用なエネルギーが相当量含まれていることが判明したため、環境影響の緩和に加え、従来排出していたエネルギーの回収により経済性にも優れた設備の設置を目標に掲げた。エネルギーの回収手段として原油中継備蓄基地で取扱う原油を吸収溶媒として活用する研究を行い、世界で初めて商業化可能なプロセスを開発することができた。新規に開発

した設備であるため、安全性や運転性を十分考慮し信頼性の高いシステムとすることにより、95%以上の稼働率を達成している。運転結果、環境影響の緩和およびエネルギーの有効利用を両立し経済的にも優れていることも実証された。

世界的にもタンカーの排出ガス中のVOCは規制される方向にあり、将来的には中東をはじめとする産油国においても何らかのVOC対策設備の導入が予想される。本タンカー排出ガス処理設備の建設と運転から得られた知見や原油によるVOC吸収に関して情報公開を行い、今後、世界各地の原油出荷基地における環境対策の一助となることを期待している。

－ 参考文献 －

- 1) 2008年度国土交通省内航船舶輸送統計
- 2) 資源エネルギー庁: "石油産業における炭化水素ベーパー防止トータルシステム研究調査報告書" (1975年3月)
- 3) U.S. EPA, Compilation of Air Pollutant Emission Factors AP-42
- 4) Howard J Rudd and Nikolas A Hill: "Measures to Reduce Emissions of VOCs during Loading and Unloading of Ships in the EU" (Aug. 2001)
- 5) 財団法人石油産業活性化センター: "ハイドロカーボンエミッション防止設備の技術評価調査報告書" (1997年3月)
- 6) 株式会社石油産業技術研究所: "製油所における有害大気汚染物質排出抑制に関する調査報告書" (2003年3月)