

安 全 資 料

船舶修繕工事(主としてタンカー)

における石油系ガス検定作業指針

安 全 博 物 館 協 会

目 次

1	タンカーの修繕作業と爆発火災の危険	1
2	災害事例とガス検定の重要性	2
3	石油の種類と危険性	4
1	石油の種類	4
2	石油類の危険性	7
(1)	燃焼性および爆発性	7
(2)	有害性	9
4	ガス濃度と危険場所の作業制限	10
5	ガス検定員の任務	11
6	ガス検定員の装備	14
7	ガス検定器	15
8	ガス検定の実施とその注意	18
表 1	造船所における危険物性質表	
表 2	ガソリンの濃度に対する生理的反応	
表 3	可燃性ガス検定結果報告書	
表 4	造船所における危険物分析表	
表 5	ガス検定器の故障と対策	
表 6	ガス検定器の使い方	

序

近時、造船工場の新造船工事あるいは修繕船工事に際し、船内狭少区画内で危険ガスによる爆発、火災、中毒などのガス災害の発生が目立っている。このため、この種の危険防止の手段の一つとしてのガス検定の重要性が増大し、関係方面からガス検定作業基準の作成が要望されていた。造船安全技術会議の爆発防止対策専門委員会においては、この要望にこたえ、先づガス検定の比重の最も大きいタンカーの修繕工事の際のガス検定の作業指針を作成することとし、ガス検定専門部会において別記諸氏の御協力を得て審議を行った結果、本指針の成案を得た。本指針案は第4回造船安全技術会議に報告されたが、今回これを印刷の上業界全般に紹介するもので、これが造船工場におけるガス災害防止の一助になれば幸である。

なお、本指針はガス検定員が職務上必要な知識を身につける際の手引き書として作られたものであるが、本指針の活用にあたっては、造船所当局においても特に、次の点に配慮されることが望ましい。

1. 本指針を参考としガス検定作業の規定を定めると共に、ガス検定員の地位と責任を明確にすること、
2. ガス検定の装備を整備し、また検定員の技術向上のための教育を実施すること。
3. 修繕工事における危険場所の作業制限規定および清掃、換気、防火などの諸規定を整備し、これとガス検定の結果とを直結させ、迅速に危険防止の対策がとれるようにすること。

昭和33年11月

労働省産業安全研究所長

高 梨 湛

造船安全技術会議

爆発防止専門委員会 ガス検定専門部会委員名

日立造船（株）築港工場	嘉手川正行
日本鋼管（株）浅野船渠	松村安雄
石川島重工業（株）	中島貞夫
三菱日本重工業（株）横浜造船所	平本新正
同 上	名倉虎雄
日本鋼管（株）鶴見造船所	池谷良雄
浦賀船渠（株）浦賀造船所	鴨忠躬
同 上	八木田七郎
日立造船（株）神奈川工場	原信一
新三菱重工業（株）神戸造船所	吉野幸作
（株）播磨造船所	石原信二
三井造船（株）玉野造船所	熊岸良一
三菱造船（株）長崎造船所	植木留雄
労働省産業安全研究所	田口昇
同 上	駒宮功額

1. タンカーの修繕作業と爆発火災の危険

全世界の船舶で発生した火災および爆発事故の統計によると、この種の事故は1951年に433件、1952年に391件の多数におよんでいる。このうち造船所で生じたものが、1951年に53件、1952年に57件と10数パーセントにおよぶ高い事故発生率を示している。

これは、当然の事ながら修繕工事に火気が使用されることと、船内に可燃物の存在し、また危険な積荷などが残っているためで、特にタンカーの場合は船全体が巨大な危険物貯蔵タンクといえるわけで、その危険性は著しい。

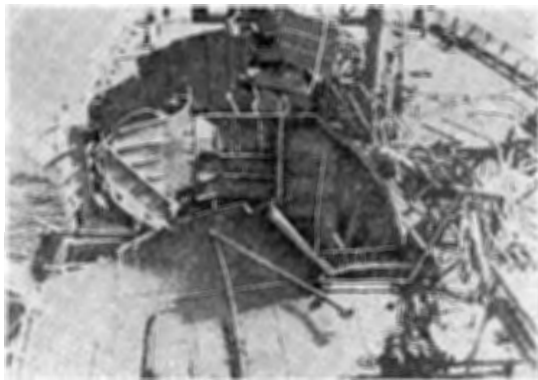


写真1

すなわち、タンクの清掃不完全のままに入渠、繋岸して工事を行い、船内の残留ガスに引火爆発したり、残留スラッジの火災を生じたりして、多数の人命を失った事例が少なくない。

しかし、近年有力海運国においては修繕船の入渠、繋岸の際の清掃と工事実施の責任分担が明確となり、権威づけられたガス証明書が発行制度とあいまって、次第に事故が減少しはじめたという。

ところが、わが国の造船所においてはこの種の制度がまだ充分ととのっておらず、修繕船の清掃不完全やガス



写真2

検定の不徹底等から事故を生じている例が少くない。(注1)

昭和31年より32年に至る2年間の事故例についてみると計8件の事故を生じ、死者8名、重傷20名の犠牲者を出し、また船体にも少なからぬ損害を与えているのが判る。しかも

この他、事故として取扱われない程度のスラッチの燃焼はしばしば発生しており、タンカー等の修繕工事の危険が極めて大きなことを示している

近年世界的な石油類の需要増大に伴い、タンカーの建造もまた盛んに行われており、今後その修繕工事も益々増加の傾向を示すものと見込まれるが、この種の事故防止対策の確立こそ造船所における修繕工事の安全確保のために最も重要な課題ということが出来よう。



写真 3 修繕船のボイドタンク内にガソリンが流入していたため、電気溶接の火花から爆発した。

(27.10.16 死2, 重6, 軽1)

2. 災害事例とガス検定の重要性

最近2年間にわが国の造船所で起った修繕船での石油系ガスの事故例は次のとおりである。

- | | | |
|-------|-----|--|
| 31. 3 | 広島 | 修繕船ポンプ室でポンプ検査中、たまたま同室内で |
| 重 3名 | | ガス切断を実施していたので、火花が床下のビルジに落下し、火災となった。 |
| 31. 5 | 兵庫 | 修繕船のコックファダム内を塗装のため、甲板上のマンホールをゆるめたところ、ガスが流出し、付近でパイプ切断中の炎から引火爆発した。 |
| 32. 1 | 山口 | 修繕船油タンク排気管をガス切断中タンクが爆発した。原因はタンクの洗滌とガス検定の不完全による。(写真4) |
| 32. 2 | 神奈川 | タンカー修繕のためポンプ室内で配管をガス切断中爆発した。原因はガス検定の不完全によるものと思われる。 |
| 重 3名 | | |

32. 6 長 崎 タンカーのタンク内で配管取替作業中切断火花からオイルスラッジが発火し、さらに酸



写真 4 船員室の破壊状態

素ホースを焼いたため急激に焼け出したもの。

32. 6 大 阪 タンカーのタンク内で切断作業中オイルスラッジが発火し、脱出の際炎の煙にまかれ墜落死した。
死 1 名
32. 8 静 岡 修繕船からもれてくるガソリン蒸気が修理の電気溶接火花から引火し、ポンプ室内で爆発した。
重 5 名
- 32.11 神奈川 クリントンカー内修理のため、まずガス状態をたしかめようと配管内にエアホースを入れたが、ガソリンが残留していたためこれが霧状に噴出し、附近の切断炎から引火し、この際ガソリンをあびた工員が死亡した。
死 1 名

この事例にも見られるように船舶特にタンカーの修繕工事の際の爆発や火災は、多くの場合船内各区分の清掃の不完全にもとづくものであるが、同時に工事前にその危険状態を発見するためのガス検定が行われなかったか、また行われていてもその実施が不徹底であったかに基いている。この他ガスフリーの場合でも船内に燃焼性の著しいスラッジや廃水が残留する場合は、火気の使用によってこれが燃焼して事故を生ずる場合も少なくない。しかも、石油系ガスの濃度は温度等外界の変化により影響を受け、また時間の経過により変化することも少なくない。その他配管の解体等によって新たに漏出することも多い。

従って、タンカーの修繕工事に際しては、入渠、繫岸の際はもとより、入渠、繫岸後の工事進行中においても常に船内全域にわたってガス検定の

徹底をはかり、危険状態の変化を完全に把握し、工事実施における、安全確保のための判断の資料としなければならない。

ガス検定員はこの資料を迅速に工事監督責任者に報告するとともに、工事従事者に告示して、作業の安全を徹底させる任務を持つもので、極めて重要な職務ということが出来る。

このため、ガス検定員はガス検定技術はもとより危険物の危険性、タンカーの構造、工事の内容等について十分な知識を身につけて職務に従うことが大切である。

3. 石油の種類と危険性

タンカーは主として石油類を積荷とするものであるから、ガス検定員はその種類や危険性について良く理解していなければならない。

1. 石油の種類

石油は天然に産する可燃性油状の液体で、パラフィン系炭化水素、ナフテン系炭化水素、オレフィン系炭化水素、芳香族系炭化水素など無数の炭化水素類の混合物であり、単一の分子式で組成を示すことは出来ない。タンカーの積荷の対象となるものは原油、ガソリン、灯油、軽油、重油などが主なものであるが、以下その概要について示す。

(1) 原油

油井から汲出されたままの石油で、製油工場に送られた後、精油工程を経て各種石油製造に製造される。原油は生産地によって物理的、化学的性質を異にしており、比重、含有硫黄量、構成炭化水素の種類等で分類されるが炭化水素の種類による分類は次のとおりである。

(a) パラフィン基原油

この原油は、パラフィン系炭化水素を多量に含むもので、固形パラフィンや良質潤滑油の製品に適している。ペンシルバニア原油、スマトラ原油、中東原油、わが国の西山原油、石狩原油などがこれに属する。

(b) ナフテン基原油

この原油は、ナフテン系炭化水素を多量に含むもので、蒸留に際して多量のアスファルトまたはピッチを残留するので、アスファルト基原油とも呼ばれる。カリフォルニア原油、テキサス原油、メキシコ原油、ヴェネズエラ原油、わが国の新津原油、院内原油、豊川原油などがこれに属する。

(c) 混合基原油

この原油は、上記の2種の原油が混合したような成分をもつもので、中

間基原油，あるいはパラフィン，ナフテン基原油ともいわれ，潤滑油や燃料重油などの製造に適している。ミッドコンチネント原油，わが国の八橋原油，濁川原油などがこれに属している。

(d) 特殊原油

パラフィン系，ナフテン系以外の炭化水素，すなわち芳香族系，その他の炭化水素を多量に含む原油は種類が少ないので，特殊原油と呼ばれ，台湾原油，ボルネオ原油は芳香族系成分に富む特殊原油である。

(2) ガソリン（揮発油）

ガソリンは製造方法によって天然ガソリン，直留ガソリン，分解ガソリン，改質ガソリン，合成ガソリンおよび人造ガソリンに分類される。

天然ガソリンは天然ガスから圧縮または吸収法によって採取したガソリンをいい，直留ガソリンは原油を蒸留して製造したものである。分解ガソリンは灯油または軽油を高压のもとで，熱分解あるいは接触分解して製造し，改質ガソリンは直留ガソリンを改質したものであり，また，合成ガソリン，人造ガソリンはそれぞれ合成あるいは石炭液化などによって製られたものである。

ガソリンの比重は 0.65～0.75 程度で，沸点範囲は用途によって異なるが最高は225°C程度であり，また発熱量は 12,000 kcal ぐらいである。

ガソリンは通常航空ガソリン，自動車ガソリン，工業ガソリンに大別される。

(a) 航空ガソリン

航空機用エンジンの燃料として使用されるもので，わが国では JIS K 2206によって1号および2号の2種類の規格が定められている。またジェット燃料として重質ガソリンまたは灯油留分が使用されるが，これには JP-4，JP-5 などの米国規格が多く用いられている。航空ガソリンはすべてオクタン価を高めるため四エチル鉛が添加されている。

(b) 自動車ガソリン

自動車およびこれと類似のガソリンエンジンの燃料で，わが国では JIS K 2202 により1号，2号，3号の3種の規格が定められている。オクタン価を高めるため加鉛されている。

(c) 工業ガソリン

航空ガソリン，自動車ガソリン以外の一般工業用に使用されるガソリンの総称で，用途によって性状を異にし沸点範囲の狭いものや，灯油に近いものもある。

わが国の工業ガソリンは JIS K 2201 により 1 号より 4 号までに分けられ規格が定められている。すなわち 1 号はベンジンで沸点 150°C 以下の軽質ガソリンで、しみ抜き、精密機械の洗浄用、各種溶剤等に使用される。2 号はゴム用ガソリンで沸点 $80^{\circ}\text{C}\sim 175^{\circ}\text{C}$ でゴム用溶剤、塗料の希釈、ドライクリーニングなどに使用される。3 号は抽出用ガソリンで大豆など油脂原料からの油脂抽出用で沸点範囲 $60\sim 150^{\circ}\text{C}$ のもの、また 4 号はミネラルスピリットと称し、塗料の希釈用、ドライクリーニングなどに使用され、沸点範囲 210° 以下、引火点 30°C 以上などとされている。

(3) 灯 油

俗に石油といわれるもので、比重 $0.790\sim 0.850$ 、沸点範囲 $150\sim 320^{\circ}\text{C}$ 程度のものをいう。原油蒸留の際ガソリンと軽油の中間の留出油を強硫酸カセイソーダ溶後で洗滌した無色または淡黄色、透明快臭をもつ製品である。通常石油エンジン燃料、石油コンロおよび石油ランプ用、また塗料の希釈用等に使用される。JIS K 2203 によって 1 号より 4 号までの 4 種の規格が定められている。

(4) 軽 油

灯油と重油の中間の性状の製品で比重は $0.830\sim 0.880$ 、沸点範囲は $200\sim 350^{\circ}\text{C}$ 程度、淡黄色または淡褐色の油である。原油蒸留の際の留出油を比較的簡単な精製を行って製品とする。おもな用途は石油エンジン、高速ディーゼルエンジンの燃料、軽油ストーブの燃料、機械器具の洗油などである。わが国では JIS K 2204 によって 1 号より 3 号まで 3 種の規格が定められている。

(5) 重 油

重油には原油蒸留の際、灯油、軽油以下の軽質油を除いたかま残油、かま残油からアスファルト、ピッチを除いた留出油、分解ガソリンを製造した際の重質油などがある。褐色または黒褐色の油で、比重は $0.90\sim 1.00$ 程度で、おもな用途はディーゼル機関用、ボイラー用および各種炉用燃料のほか、印刷インク製造用、木材防腐用、油ガス製造用などである。JIS K 2205 により 1 号より 4 号までの 4 種に分けて規格が定められている。

(6) そ の 他

以上のほかタンカーの積荷として考えられるものに、各種の潤滑油がある。潤滑油は石油系、動植物系の潤滑油のほか、合成潤滑油、混成潤滑油などその種類は極めて多いが、今日使用されている潤滑油の大部分のものは石油系か混成潤滑油である。

なお潤滑油以外にタンカーの積荷として考えられるものに鯨油，糖蜜などがある。

2. 石油類の危険性

(1) 燃焼性および爆発性

石油類の最も大きな危険性はその燃焼性と爆発性にある。

石油など引火性液体はそれぞれ，その時の温度に相応する固有の蒸気圧を持つものであって，これを容器内に入れ，一定の温度に保つと，容器内はその温度に相当した蒸気圧を持った，この液体の蒸気で満たされる。いま，この液面上に火花か炎を近づけた場合，内部の蒸気に引火して燃焼を生ずる場合と引火しない場合がある。この引火現象を示すかどうかは液体の種類と温度に左右されるが，この様にして引火現象を呈する最低温度を調べて，これをその引火性液体の引火点と称し，その危険性を判断する一つの目安としている。普通引火点はエーベル・ペンスキー式とかペンスキー・マルテンス式など一定の試験装置により測定された値を示すものである。

普通のガソリンの引火点は大気圧下では約 -20°C であり，約 35°C でその蒸気圧は大気圧と等しくなり，沸騰しはじめるわけで，極めて引火性に富んだ危険な液体と認められている。原油も一般にガソリン分を多量に含んでおり，その引火性はガソリンと同様で極めて危険なものである。なお重質油ほど比較的高い沸点を有しており，その揮発性は割に少い。石油類の引火点は通常，灯油が $30\sim 60^{\circ}\text{C}$ で比較的低く，また軽油 $50\sim 85^{\circ}\text{C}$ ，重油 $55\sim 150^{\circ}\text{C}$ ，潤滑油 $120\sim 350^{\circ}\text{C}$ 程度である。一般に引火点が気温より低い場合，引火性が著るしく危険性が大きいものとして警戒される。ただ引火点の比較的高いものでも，それが高温の場合や外部から加熱された場合などはこれに応じて引火の危険が増大するものであることを忘れてはならない。

石油類などの可燃性液体が燃焼する場合は液体が直接燃焼するものではなく，必ず液体から蒸発した蒸気や重油等の場合は熱分解により生じたガスが空気中の酸素と混って燃焼するものである。従って，この場合空気または酸素が適度に存在しないと点火しても燃焼を生じない。また油面から揮発する石油の蒸気やガスは空気中に拡散して空気と混合気を作るが，その混合割合がある範囲にないときは点火しても酸化反応を継続せず，燃焼を生じない。この様に蒸気やガスが燃焼を生ずる範囲を燃焼範囲または爆発限界と呼び，通常空気に対する蒸気の濃度を容量パーセントで示して

表 1 造船所における危険物性質表

(注 2)

名 称	危 険 性	引 火 点	発火点	爆発限界 Vol %		比 重 (空気=1)	忍限度 (PPM)
				下限	上限		
石 油 類	原 油	爆発, 火災	-6.2~32.2				
	ガソリン	爆発, 火災	-42.8~-20	500~550	1.4	7.6	3~4
	灯 油	爆発, 火災	30~60	400~500	1.2	6.0	
	軽 油	爆発, 火災	50~85				
	重 油	爆発, 火災	55~150	300~450			
	潤 滑 油	爆発, 火災	120~350	250~350			
ガ ス	アセチレン	爆発, 窒息, 麻酔	ガ ス	334.8	2.5	81	0.9
	アンモニア	爆発, 中毒	ガ ス	651.2	16	25	0.58
	一酸化炭素	中 毒	ガ ス	651.2	12.5	74	0.97
	酸 素	火 災	不 燃	—			1.1
	水 素	爆発, 窒息	ガ ス	584.8	4.0	75	0.07
	炭酸ガス	窒 息	不 燃	—			1.5
	メ タ ン	爆発, 窒息	ガ ス	537	5.3	14	0.55
	プロパン	爆発, 火災	ガ ス	466.6	2.2	9.5	1.6
溶 剤 類	アセトン	爆発, 中毒, 火災	-17.8	538	2.6	12.8	2.0
	酢酸エチル	爆発, 中毒, 火災	- 4.4	427	2.5	9	3.0
	四塩化炭素	中 毒	不 燃	—			5.3
	トリクレン	中毒, 麻酔	不 燃	—			4.5
	ベンゾール	爆発, 火災, 中毒	-11.1	538	1.4	7.1	2.8

- この表は忍限度を除き, National Fire Codes Vol I (1957) を基として編集した。
- 引火点は密閉式引火点試験器による値を示す。
- 忍限度は American Conference of Governmental Industrial Hygienists, 1955 のものを採用した。但しガソリンは American Marine Gas Chemists' Association によった。

いる。ガソリンの爆発限界は1.4から7.6パーセントであるから、1パーセント以下ではガソリン蒸気が薄すぎて燃焼せず、また逆に7.6パーセント以上の場合には他より新たな空気か酸素が補給されない限り燃焼を生じない。しかし、この範囲内では空気と混って爆発性混合ガスを作り、着火により極めて激しく燃焼する。特に容器内やタンク内で燃焼が起ると爆発的燃焼によって大きな破壊力を示す。従ってこの範囲内の蒸気の存在は嚴重に警戒しなければならないもので、タンカーの修繕工事に先だって船内のあらゆる部分を精密にガス検定する理由も、これによって危険状態を把握して、危険防止対策に万全を期する必要があるからである。なお、燃焼範囲内にある蒸気は火花や炎の存在なしでも、一定の温度以上に加熱された場合自然に発火する。この温度を発火点と称しており、その値は引火点よりはるかに高いものであるが、修繕工事などの際にタンク外板を加熱したり、高熱金属が飛散したりして、油類の発火点まで加熱し、爆発や火災事故を生ずることが少くない。なお石油系の蒸気は空気に比して重く、低所に停滞し易いため、タンカーのタンク内低所において危険状態を形成し易いから注意しなければならない。またガス検定の結果ガスフリーと認められるような場合でもスラッジや廃水中に危険な油分が含有されていることも少くないので、その燃焼性について充分警戒しなければならない。なお、表1に石油類をはじめ造船所で問題となると思われる危険物の性質を示す。(注3)

(2) 有 害 性

石油系の蒸気は吸入により主として中枢神経系に作用し、頭痛、めまい、眠気、倦怠等の症状を呈し、程度によっては更に痙攣、意識喪失を生ずるという。ただ一般には硫黄含有度の特別高いものとか、含鉛ガソリンなどの例外を除けば他の溶剤類と比較してそれほど毒性の大きなものではないと認められている。すなわち米国でも500PPMあるいは1000PPM程度の数値が採用されており、NFPA No. 306-1951「修繕船におけるガス危険防止基準」においても1000PPMの数値が採用されている。なお、この種の生体に対する生理的影響については、文献によりある程度の差があるが、つぎに参考となると思われる一例を表2に紹介する。

またこのほかにも0.3パーセントの蒸気を15分間吸入するとめまいを感じ、1～2パーセントの蒸気を3分～5分吸入するとひどいめまいを呈し、更にこれを1時間以上継続して吸入すると生命の危険を呈すると述べているものもある。

表 2 ガソリンの濃度に対する生理的反応

1 PPM は 100 万分 1 容量パーセント

長時間の曝露の際の最大許容濃度	1,000～ 1,500PPM
数時間で僅かな徴候がでる	1,250～ 2,500PPM
1 時間曝露に耐え得る最大濃度	4,000～ 7,000PPM
少時間の曝露でも危険	10,000～20,000PPM
〃 致命的	20,000～30,000PPM

(Henderson, Y., and Haggard, H. W., "Noxious Gases")

なお、ある種のメキシコ原油は蒸留の際硫化水素を発生するといわれており硫化水素による中毒の危険を有し、また航空ガソリン、などの含鉛ガソリンは四エチル鉛の中毒危険を伴うので特に注意を要する。またこの種の含鉛ガソリンの貯蔵タンクのスラッジ中には漸時鉛分が蓄積するといわれておるので特別の配慮が必要である。

なお、通常のタンカー船内スラッジにも油分、鏽、砂泥のほか硫黄分をはじめ樹脂、蠟、ピッチ等が混じており、修繕時の高熱のため酸化分解または重合などにより亜硫酸ガス、メルカプタンその他刺激性のガスを生ずることがあるというから注意を要する。

4. ガス濃度と危険場所の作業制限

前記の如く石油類の危険性は極めて大きく、修繕船内にこれが残留する場合は、これによって爆発、火災、中毒等の不測の災害を生ずるおそれがある。従って修繕工事の実施に先だって内部の危険物を充分清掃排除してから、ガス検定によって危険物の残留していないことをよく確認して作業にかからなければならない。タンカーの修繕に際しては通常、船主側でタンク内をスチーミングその他の方法で清掃し、入渠、繫岸に先だって予め造船所側ガス検定員のガス検定により安全を確認した後、造船所側に引渡される。造船所においては入渠、繫岸後はガス検定員を修繕船に常駐させて定期的にガス検定を実施し、それぞれ造船所の危険場所における作業制限の規定により定められたガス濃度の基準に基いて船内における修繕工事の安全を確保しているわけである。ただこの場合、修繕船内の火気使用制限あるいは立入禁止のためのガス濃度の決定は、各社かなりまちまちの線で行われており、最近20工場について調査した結果を見ると、火気使用許可濃度については、0.05% 9 社、0.3% 2 社、0.01% 2 社、0.1% 1 社、

0.07% 1社，その他5社であった。この種の数字は余り甘いものでは危険であり，また厳重すぎると種々な困難を伴うので，出来る限り常識的な線で，しかも厳守出来るものとすべきと考えるが，いづれにしても出来る限り全国の造船所で同じ基準を採用することが望ましい。これについては運輸省令第30号の危険物船舶運送及び貯蔵規則の第5条4項の関係もあり，いづれ明確とされることと考えるが，本指針審議に際して調査した範囲では，現在の全国造船所におけるガス検定の実状，石油工物における修繕工事の際のガス検定時の火気使用許可濃度の実状，石炭鉱山保安規則のガス検定，NFPA の修繕船におけるガス危険防止基準，およびわが国原油事情，ガス検定器の精度等から考え，石油系ガスを対象とする場合の作業許可の基準線は

火気を使用する場合 0.05%以下

火気を使用しない場合 0.1 %以下

程度とすることが最も妥当と考える。なおこの場合火気使用の内容については，ガスバーナー，電気溶接などの裸火のほかダカネの使用，鉚打等高熱，火花，衝撃などを伴う作業も加えることが必要である。

5. ガス検定員の任務

1. ガス検定員は修繕船の入渠，繫岸に先だって，港外において修繕船側関係者立会いのもとにガス検定を行い，その結果を造船所側責任者および船主側責任者に報告すること。
2. ガス検定員は，上記ガス検定に先だって修繕船側責任者に，最終積荷の種類，性質，清掃方法，船の特殊区画等についてよく聴取してこれを記録しておき，ガス検知の際の参考とすること。もし，清掃方法について船長等の証明が得られる場合は，これを得ておくことが望ましい。
3. ガス検定員はガス検定の際，船内におけるスラッジ，廃水，油等の残留状況についても調査し，その危険の有無について併せて報告すること。

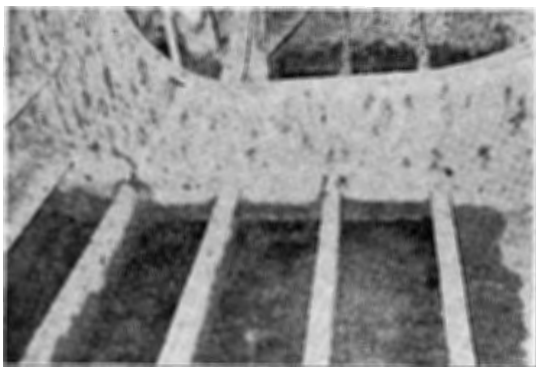


写真 5 タンカー船底に残っている危険な廃水

表 3 可燃性ガス検定結果報告書

船 名 _____ 測定場所 _____ 最終積荷 _____
 月 日 _____ 天 候 _____ 検 定 器 _____
 時 刻 _____ 気 温 _____ 検定番号 _____

その他の参考事項

油 槽	左 舷		中 央		右 舷	
	ガ ス %	ス ラ ッ チ	ガ ス %	ス ラ ッ チ	ガ ス %	ス ラ ッ チ
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
	前		後			ガ ス % スラ ッ チ
	ガ ス %	ス ラ ッ チ	ガ ス %	ス ラ ッ チ		
ボ ン プ 室					機 関 室	
二 重 底					錨 鎖 庫	
コ ッ フ ァ ダ ム					燃料タンク	
ビークタンク					清水タンク	
					ランプ庫	
					ペイント庫	
					ラダートタンク	
					マウリ	
					その他危険	
					を予想され	
					る場所	
機 関 室 コ ッ フ ァ ダ ム ディープタンク	左		右			
	ガ ス %	ス ラ ッ チ	ガ ス %	ス ラ ッ チ		

検 定 員 氏 名 _____ 印 _____

なお入渠前の清掃方法に関する船長の証明を得られる場合は、次の欄に記入署名してもらう。証明を得られない場合は検定員が船長から清掃方法を聞きとり記入する。この項は表の「その他の参考事項に」入れてもよい。

入渠前の清掃方法

- 各タンクはバタワースまたわスチーミング _____ 時間通した。
- ポンプと配管は水 _____ °C を _____ 時間通した。また水圧テストを実施した。
- 機関室廃水を排除した。

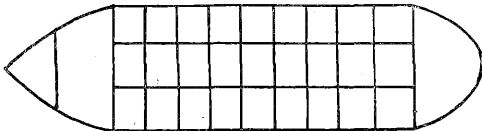
船長（検定員）氏名 _____ 印 _____

と。なお、スラッジの危険性は燃焼試験により判断すること。

4. ガス検定の結果報告は、表3の例の如く船名、日時、天候、気温などと共に記載し、署名捺印の上報告するものとし、一部は必ず控として手許に保管しておくこと。
5. ガス検定員は所定の報告の外、検定結果に基いて、修繕船の各区画に対する立入禁止、火気使用の可否等について関係部門および現場に告示すること。

図 1 告 示 表

丸(号)ガス検知告示表



月 日 時 数字：ガス濃度%

◎印 火気使用可 注意事項

○印 火気禁止

×印 立入禁止 検定員氏名

図 2 危 険 標 識



現場への告示には見易い場所に設けた図1、2の如き告示表と危険標識および場内アナウンスなどを活用すること。

6. 入渠、繫岸後のガス検定は上記に準じて行うものとし、検定員は修繕船の工事進行中、原則として現場に常駐すること。
7. 入渠、繫岸中のガス検定は、原則として午前と午後の作業前最低二回実施し、気温上昇によるガス濃度の変化にそなえること。
8. ガス検定員は修繕作業に従事する作業員から、ガスの危険があるとしてガス検定を依頼された場合は直ちに指定場所のガス検定を行って、そ

の結果を依頼者に知らせること。

9. 配管、バルブ、ポンプなどの修理が行われる際は関係作業員とよく連絡を保って、その周辺のガス検定を実施し、ガス状況の変化に注意しなければならない。
10. ガス検定の結果新たに危険濃度の場所が発見された場合は、速に関係部門に連絡し、立入禁止、清掃、換気、消火器の配備等適当な措置をとらせるようにしなければならない。
11. ガス検定員は四エチル鉛を含んだガソリンを積載したことのあるタンクの存在を知った場合、直ちに責任者に連絡し、危険防止のための措置をとらなければならない。

6. ガス検定員の装備

1. ガス検定員は残留ガスの存在する船内の狭い区画内に入ってガス検定を行うもので、爆発や中毒の危険にさらされることが多いから、不測の事故防止のために十分な装備を用意しなければならない。
2. ガス検定器は作業が最も繁忙な際でも十分にガス検定が実施出来るように修繕能力に応じた台数を保有することが必要で、また定期的に行う検定器の修理の場合を考慮して予備品を用意しておくこと。
3. ガス検定作業は狭隘な場所で行う場合が多いため、その服装は出来るだけ軽快な行動のとれるものであることが必要で、皮膚があまり露出しないものであることが望ましい。

なお作業の性質上油やスラッジなどでよごれ易いので頻繁な洗濯に耐える木綿等を主にしたものが適している。毛、ナイロンなど摩擦により静電気を発生し易いものはさけるべきである。

4. 油で汚れた衣服は着火し易く極めて危険であり、また油の種類によっては皮膚をおかされることがあるから、作業服、手袋などは常に洗濯を心がけ、清潔に保つことが大切である。

5. 履物はゴム底のものをを用い、底に金具を打った靴は使用してはならない。

6. ガス検定員は必ず安全帽、手袋を着用すること。

なお服装や帽子の色別などによって検定員であることを標示できるよ



写真 6

うにしておく、ガスの検定依頼の際など極めて便利である。

7. ハンマーなどの工具を携行しなければならない時は、ベリリウム銅製などの火花を発生しない安全な工具を用いること。
8. マッチ、ライターの種類は携行してはならない。
9. 残留ガスの濃度が高いと思われる場合は、脱出用の簡易防毒面を携行する。防毒面の種類は通常有機ガス用のものでよいが、メキシコ系原油のように硫化水素を発生するおそれのあるものに対しては、硫化水素用のものを用意する。
10. タンク内の梯子が腐蝕して危険な状態にあると思われるときは命綱を使用し、墜落の危険に備えなければならない。
11. 入渠、繫岸前のガス検定、あるいは入渠後間もない頃のガス検定においては照明設備が不完全であるから、防爆構造の懐中電灯を携行すること。

図 3 直読式（パーニヤ付）

懐中電灯は丈夫なひもで肩にかけるようにするとよい。

7. ガス検定器

1. ガス検定器には燃焼式爆発計、安全灯型簡易可燃性ガス検定器、干涉計型ガス検定器、微量ガス検知管などの数種類が実用されている。これらのガス検定器は対象ガスの種類、測定範囲などに一長一短があるが、造船所で通常問題となるおそれのある危険物に対する適用表を示すと第4表の通りである。ただしわが国の造船所においてはタンカー内の石油系ガスの測定に古くから干涉計が実用され優秀な成績を示しているの、以下検定器という場合はすべて干涉計型検定器を指すものとする。ガス検定器の種類には図3、4のように直読式とプリズム回転式とがあり、その測定濃度範囲は普通ガソリン1.2%または2%用のものが多

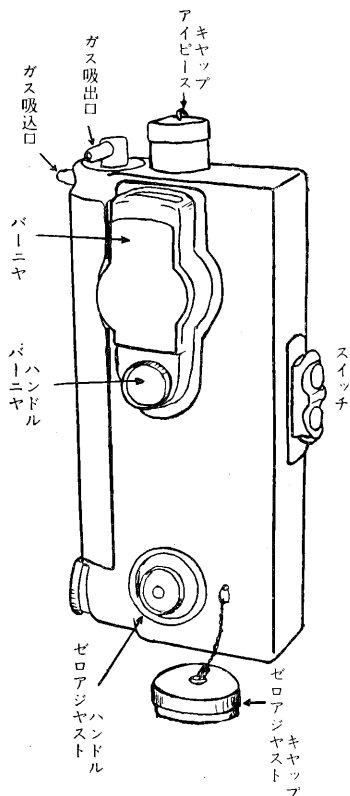
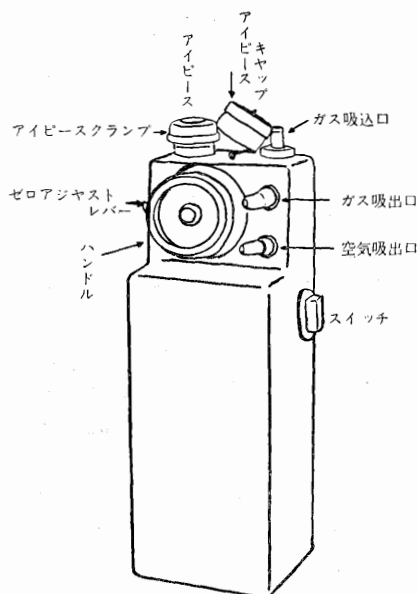


図 4 プリズム回転式



原理を示した構造図である。まず光源から出た光はレンズで平行光線となり、スリットを通して平面鏡に当る。ここで光は二つに分れ、一つは実線のように平面鏡の表面で反射し、ガス室1を通り、プリズム1によりガス室3をも通過して、平面鏡裏面で反射し望遠鏡に達する。もう一つの点線は平面鏡裏面からガス室2を往復して、平面鏡の表面で反射して実線の光と重なり望遠鏡に明暗の干渉縞が交互に現われる。

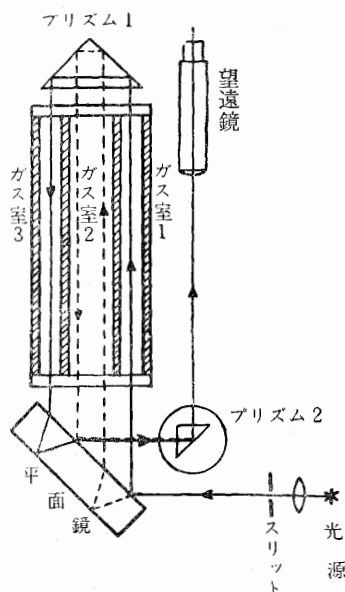
通常1.2%用はガス室1, 3が空気室になり、2%用はガス室1が空気室となっている。

3. ガスを分析する場合はプリズム回転式はガス室、空気室に、直読式はガス室のみに新鮮な空気を送入し、プリズムの傾きをかえて干渉縞の黒線2本のうち右側を基線または目盛の零線に合せて零線調整を行う。次に

い。ガソリン以外の種類の明らかなガスを測定する場合は換算表、図7, 8, 9により換算すればよい。なお、ガソリン以外の燃限度附近の微量ガスの検定には検知管式のものが適している。

2. 検定器はガスの僅かな屈折率の差を干渉縞でとらえ、濃度を知るもので、図5は本検定器の

図 5 検定器原理図



試料ガスを送入すると空気と試料ガスの屈折率差に比例して干渉縞が移動する。今移動量： z ，試料ガスの屈折率： n_g ，空気の屈折率： n_a ，ガス室の有効長さ： l ，光の波長： λ とすれば，

$$z = l (|n_g - n_a|) / \lambda$$

次に試料ガスは空気と分析対象ガスの混合物であるから，対象ガスの屈折率： n_G ，試料ガス濃度： $x\%$ とすれば

$$|n_g - n_a| = x (|n_G - n_a|) / 100$$

であるから，両式より

$$z\lambda = xl (|n_G - n_a|) / 100$$

したがって λ ， l ， $|n_G - n_a|$ はそれぞれ一定であるから

$$z = kx$$

このため z を直接読んだり，干渉縞をもとの位置に戻すため微動ネジでプリズムを回転させ，ダイヤルに刻んだ目盛からガス量を知るものである。

4. ガスの屈折率はそれぞれ固有の数値をもっている。したがって温度，気圧などの影響により密度が変化すると数値も変化するので，注意しなければならない。次式によれば気圧や温度の影響も極端な低気圧，異常な高温，低温の際は補正の必要のあることがわかる。

$$N^p_t - 1 = (N_0 - 1) P / 760 \cdot 273 / 273 + t$$

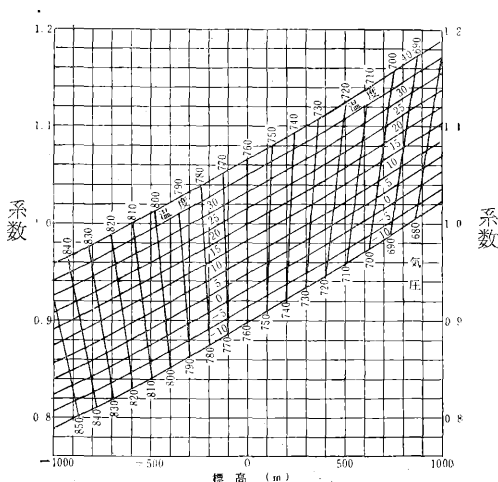
N^p_t : PmmHg, $t^\circ\text{C}$, D line の屈折率

N_0 : 760mmHg, 0°C , D line の屈折率

図 6 補正図

なお検知器は 20°C で目盛ってあるが，図 6 の補正図を使用すれば簡単に補正係数が得られる。おもなガスの屈折率は附図 7, 8, 9, の換算表に示した。

5. 検定器は精密な計器であるから，検定作業の際これを粗暴に取扱うことのないよう注意する。また使用後の清掃，点検を確実に行うこと。



6. 検定器は常に整備しておくことが大切で、このため検定員は構造、使用法、修理法など必要事項について、充分な知識と技能をもたなければならない。
7. 検定器の不調や故障を発見した場合は表5により、よく検査し、調整不能の場合は、監督者に申出て修理に廻すこと。なお検定器の保守については記録カードを作成し、少くとも年一回の精密検査の結果や消耗品の在庫状況などを記入しておくとし便利である。
8. 精度の試験方法は JIS M 7602 を参照しておこなえばよい。簡便な方法としては綿巾の検査が便利である。また直読式のもので 2% 用は零点を逆に定め、溶接用酸素を通じ、濃度を照合する方法も精密かつ簡便である。

8. ガス検定の実施とその注意

1. ガス検定は、修繕作業に際して、作業員の安全を確保するため必要な残留ガスの状況を知るための重要な作業であるから、検定員は常にその責任を考え、慎重な注意力を以て作業に当らなければならない。
勝手に検定場所を省略したり、検定操作の手抜きを行うような行為があってはならない。
2. 船内の狭小区画でのガス検定は不測の事故を防止するため、出来る限り単独作業を避け、二人以上で行うことを原則とすること。
3. ガス検定の実施に当っては表6を参考として実施するものとし、タンカー上においては、まず区画外部より、マンホールなどの口からゴム管を入れて行いマンホール附近、中間、底部の順に1回以上測定する。
4. タンクのように容積の大きな区画で、しかも内部に入れる構造のものは、上記測定結果がマンホール附近で恕限度以下の場合でも濃度分布が一様でないから、更に内部に入って底の隅などガスの停留し易い部分のガス検定を行うこと。
5. 上記の場合でもマンホール附近のガス濃度が恕限度以上の場合は、内部に入って検定作業を行ってはならない。
ただし、特別な理由のある場合は防毒面や通気管マスクなど必要な保護具を装備してから内部に入ること。
この場合単独作業は決して行ってはならない。
6. ガス測定はガスの薄いと思われる場所から濃い場所へと実施して行くことが望ましい。これは、検定器の吸引管やゴム管が濃いガスを吸着して、薄いガス濃度の場合でも高い測定値を示すことがあるので、それを

防ぐためである。

7. 配管系統の解体、清掃等の際は作業者とよく連絡し、配管の状況を見極めて、残油およびガスの漏出場所の検定を確実にを行うことが必要である。
8. 同一場所のガス濃度は、その測定値の最高のものを採用すること。



写真 7

9. 濃度の高い場所の測定が終わったならば、甲板上の通風のよい場所で検定器に新しい空気を通し、吸収管とガス室を充分洗滌した上零点をあわせること。
10. ガス検定の結果は直ちに記録するよう心がけ、決して記憶にたよらないような習慣をつけること。
11. 原則として同一修繕船のガス検定は同一検定員が当ることとし、他の検定員と交代する場合はガス状況等について十分に連絡すること。
12. 検定時の気圧、温度の変化が特に平常と異なる場合は検定器の4項や、図6の補正図を参考として検定結果の補正を行うこと。

表 4 造船所における危険物分析表

(注 4)

名 称	発 生 場 所	携 帯 用 分 析 器 具	測 定 管 囲	注 意 事 項	
石 油 類	燃 料 タ ン ク	干 渉 計	$\begin{cases} 0.003 \sim 0.3 \\ 0.01 \sim 1.2 \\ 0.02 \sim 2 \end{cases}$	{原則として単純ガス のみに使用する	
	ガ ソ リ ン	検 知 管	0.0003(定性)	{妨害ガス、一酸化炭 素、硫化水素、燐化 水素、窒素酸化物	
	油 脂 清 掃 暗 渠	爆 発 計	爆発下限～ その2%迄	{アセチレン、水素、 酸素に使用不可	
ガ	アセチレン	酸素、アセチレン 炎を使用する狭隘 場所、アセチレン 発生器室、カーバ イト缶、アセチレ ン配管修理	干 渉 計 検 知 管	$\begin{cases} 0.02 \sim 2.0 \\ 0.1 \sim 10.0 \end{cases}$ $\begin{cases} 0.1 \sim 3.0 \\ 0.01 \sim 0.30 \end{cases}$	ガソリンの項参照 妨害ガス ガソリンに同じ
	アンモニア	冷 凍 室	干 渉 計 検 知 管	$\begin{cases} 0.2 \sim 2.0 \\ 0.1 \sim 20 \end{cases}$ 0.002～0.07	妨害ガスなし
	一酸化炭素	火 災 時 焼 鈍 作 業 時 炭 火 使 用 時	検 知 管	0.01～0.1 0.001～0.01	{妨害ガス 硫化水素、燐化水素、 窒素酸化物
	(a) 不足	塗装後の狭隘場所 暗渠、引揚船内、 生果物船艙	磁気分析計 安 全 灯	0.5～21 約 17～21	妨害ガスなし {アセチレン、水素に使 用不可
	(b) 過剰	酸素、アセチレン 炎を使用する狭隘 場所 酸 素 発 生 室	磁気分析計 干 渉 計	21～25 $\begin{cases} 21 \sim 60 \\ 21 \sim 100 \end{cases}$	妨害ガスなし {ガソリン、アセチレ ンなどの吸着剤を使 用する
	水 素	蓄 電 池 室	干 渉 計	0.06～6 0.1～10	原則として単純ガスの みに使用する
	炭 酸 ガ ス	生 果 物 船 艙 消 火 用 炭 酸 ガ ス 室	干 渉 計 検 知 管	$\begin{cases} 0.06 \sim 6 \\ 0.5 \sim 10 \\ 0.1 \sim 2.6 \end{cases}$	ソーダライムを使用す {妨害ガス、亜硫酸ガス 硫化水素、アンモニア シアン化水素
	メ タ ン	引 揚 船 内 汚物のあつた狭隘 場所や暗渠	干 渉 計 安 全 灯 爆 発 計	炭酸ガスに同じ $\begin{cases} 0.5 \sim 5 \\ 0.1 \sim 5 \end{cases}$	酸素不足の項参照 ガソリンの項参照
溶 剤 類	プロパン	ア ン バ ン 置 場 プロパン使用場所	干 渉 計 爆 発 計	$\begin{cases} 0.02 \sim 2 \\ 0.04 \sim 2 \end{cases}$	{ガソリンの項参照
	アセトン	塗 装 場 所 溶 剤 置 場	干 渉 計 検 知 管	$\begin{cases} 0.02 \sim 2 \\ 0.05 \sim 5 \end{cases}$	ガソリンの項参照 {妨害ガス、他の有機化 合物、酸化窒素、塩化 水素、硫化水素、二硫 化炭素等
	酢酸エチル	塗 装 場 所 溶 剤 置 場	干 渉 計 検 知 管	ガソリンに同じ 0.005～5	{妨害ガス、ア セトンに同じ
	四塩化炭素	油 脂 清 掃 消 火 時	干 渉 計	ガソリンに同じ	
類	トリクレン	油 脂 清 掃	干 渉 計 検 知 管	ガソリンに同じ 0.0025～0.04	妨害ガス、ハロゲン、 ハロゲン化水素、ハロ ゲン化炭化水素
	ベンゼン	塗 装 場 所 溶 剤 置 場	干 渉 計 検 知 管	ガソリンに同じ 0.0001～0.04	妨害ガス、臭素、沃素、 オゾン、酸化窒素、二 酸化塩素

表 5 ガス検定器の故障と対策

故 障	対 策
電球がつかない	1. 球のフィラメントが切れていないか。電池で点灯するかためしてみる。 2. ソケットがゆるんでいないか。 3. スイッチの接触部分にゴミはないか。 4. ソケットと本体の接触はよいか。
電球がつきっぱなし	1. スイッチの故障
ガス室系統の漏気と通気不良	1. ゴム管の接続部でのゆるみ、確実にはめこむこと。 2. ゴム管が老化していないか、新品と交換する。 3. ゴム管が折曲げられて閉塞していないか。 4. 塩化カルシウムが潮解し、吸接管やゴム管をつまらせていないか、水で溶かしとり充分乾燥してから取付ける。 5. ガス室、空気室の気密はよいか。 6. スプレーはゴム管を閉じたまま押し、膨らまなければよい。膨らむようなら逆止弁を調べ、ゴムが老化していたら取換える。ゴムに異常なければ、ゴミがつまっているのであるから取除く。 7. 1～5の故障の発見はスプレーの吸気漏れを利用すると便利である。
干涉縞の不鮮明	1. アイピースの調整とゴミの除去。 2. 点灯したまま電球を廻転、あるいは左右、上下に移動する。 3. 視界内の一部に黒い面が見えるとき、ゴム管が光路に出ていないか。 4. ガス室やゴム管に水や油が吸込まれていないか。吸込まれていたら分解掃除を行う。終わったら気密試験を忘れぬこと。
測定値が実際より少ないと思われる場合	1. ガス室系統の漏気や、測定用ゴム管のわれ・さけなどによるガスの吸込不足はないか。 2. 測定用ゴム管が長い場合スプレーの吸気回数不足か、スプレーの不良・ゴム管の長さに応じ吸気回数を増加する。またスプレーは完全なものを使用する。 3. 水素、酸素の存在が考えられる場合、選択吸着剤の利用など定性試験を行う。
零点が正しく戻らない	1. ガス室の洗滌が不十分でガスが残留している場合、スプレーの回数を増す。 2. 干涉縞の不鮮明の項の3の場合 3. 吸着剤やゴム管に濃厚ガスが吸着された場合。1と同じくスプレーの回数をます。特殊吸着剤は再生処理を行う。

表 6 ガス検定器の使い方

作業順序	動 作
1. 検定器を受取る	1. 外観に異常はないか。2. 電池を入れる。 3. 吸湿剤は潮解していないか。
2. 点灯検査	1. 光源とバーニヤの電球は明るい。2. スイッチの調子はよい。3. 干涉縞は鮮明か。
3. 漏洩検査	1. スプレーを押し、スプレーのゴム管を折り曲げる。そのままふくれば完全なスプレーである。ふくらむようなスプレーを使用すると検定ガスが、ガス室に充分吸収されず、正確なガス濃度を示さない。2. 同様に測定用ゴム管を折り曲げる。ふくらまなければガス室、吸収管、連結ゴム管に漏れはない。
4. 首にかける	1. 肩を通して、精密計器であるから衝撃を興えぬよう注意して扱う。
5. アイピースの調整	1. プリズム回転式は固定ねじをゆるめて目盛板や基線がはつきり見えるように調整する。2. 調節したら固定ねじをしめる。 3. 直読式も適当に調整する。
6. 零線調整 (注5) プリズム回転式	1. 岸壁の新鮮な空気ですガス室(プリズム回転式は空気室も)をスプレーで10回握り洗う。 (i) ハンドルを右回り(時計の針と同方向)に停る迄廻す。(ii) アジャストレバーを起し、ハンドルを左回り(時計の針と逆方向)に停る迄廻す。この時目盛板はカチリと音がし動かなくなるが、ハンドルはそのまま廻し続ける。(iii) スイッチを押しハンドルを右に廻し、干涉縞を基線に合せる。この時ハンドルを廻しすぎて基線を越してもそのまま戻さず、ハンドルを左に停る迄廻し、その後右に廻して合せる。これは誤差を防ぐため、メインスクリューのバックラッシュを除く操作である。(iv) アジャストレバーを倒す。 (i) バーニヤ付のものはバーニヤを左廻りに停止する迄廻してから右黒縞を0%の線に合せる。(ii) ゼロアジャストキャップを被せる。(iii) キャップを被せるとき零点がずれることがあるので零点を再確認する。
7. ガスの検定 (注5)	1. スプレーを5回押す(但しゴム管3m以下、それ以上は2m増加ごとに1回をます) 2. ガス室に水や油を吸入しないように注意する。 3. ガスの停留しそうな所の検定もれはないか。
8. 零線点検	1. 検定が終わったなら甲板上でガス室を洗う。 2. 右黒縞が零線に正しく戻っているか、濃いガスを測定するとゴム管や、吸収剤にガスが吸着されることがあるので、零線に戻る迄スプレーで洗う。
9. 検定器を返却する	1. 電池を抜く。 2. ハケでごみを除く。 3. 落したり、ぶつけたり、水や油を吸入するなどの事故のため故障した場合は修理を行ったり、メーカーに依頼するなどの措置をとること。

直 読 式



図 7 換 算 表

〔ガソリン計 1635.6 ($n-1$) 10^6 , 0°C , 1 atm の屈折率のもの。ただし〕
 空気の屈折率 292 とする。したがって 1584 のものは 1.04 倍する。〕

品 名	係 数	屈折率
ベンゾール	0.88	1820
四塩化炭素	0.89	1799
トリクレン	0.90	1784
酢酸エチル	1.04	1586
プロパン	1.67	1099
アセトン	1.67	1096

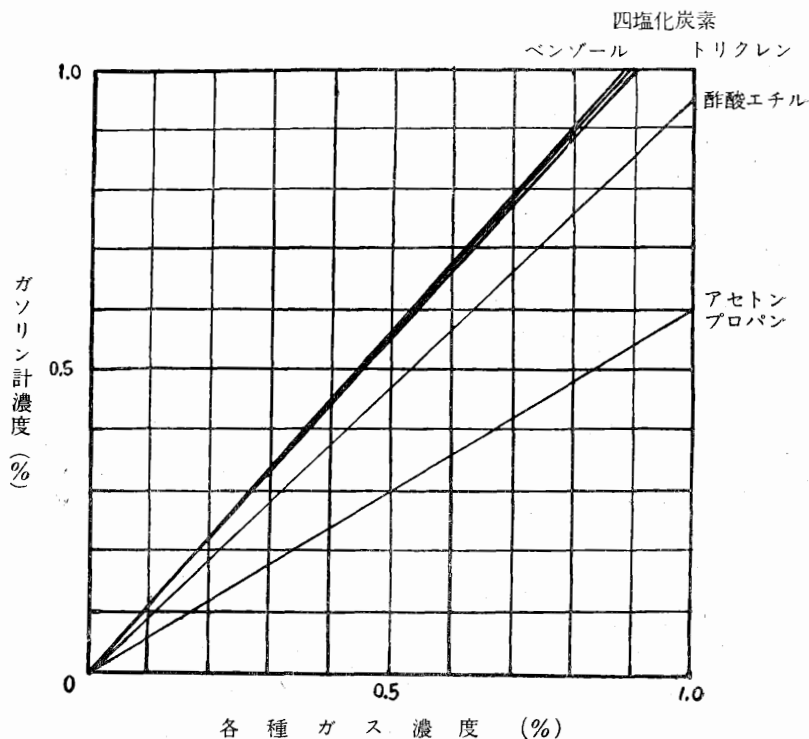


図 8 換 算 表

品 名	係 数	屈折率
アセチレン	4.45	593.6
炭 酸 ガ ス	8.61	448.1
水 素 (マイナス)	8.85	140.2
メ タ ン	8.96	441.9
アンモニア	14.5	384.6

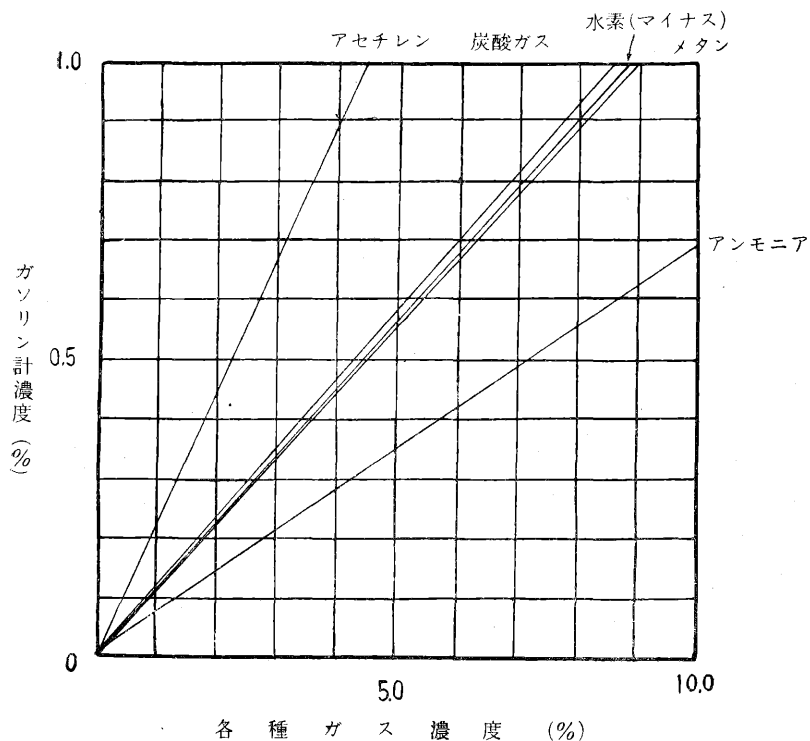


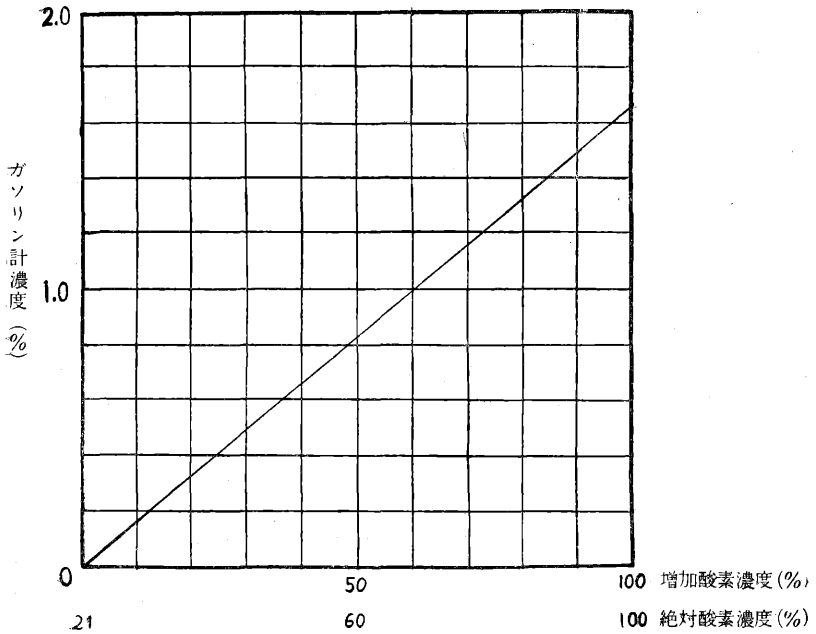
図 9 換 算 表

品 名	係 数	屈折率
酸 素	61.1	270

増加酸素濃度を絶対酸素濃度に換算する場合は、単に21%をプラス
 したただけではいけない。次式により計算する。

$$A = 79/100 R + 21$$

増加酸素濃度 ; R
 絶対酸素濃度 ; A



(参考文献)

- 大島 秀男 “船舶その他におけるガス爆発”
セイフティ・ダイジェスト Vol 2 No 3 (1957)
- 日本油槽研究会 “石油と油槽船” (1955)
- 日本石油株式会社編 “石油便覧” (1957)
- 辻二郎, 梶田善 “油艀船瓦斯爆発の危険防止に関する研究”
理化学研究所彙報 Vol 8 No 11 19 (1929)
- 磯部孝, 辻二郎, 大島秀男, 難波進 “ガス物理分析法”
工業物理学講座 (1956)
- JIS M 7602 干涉屈折計形精密可燃性ガス検定器 (1953)
- 北川徹三 “検知管による微量ガスの迅速定量法”
化学の領域 Vol 6 No 7 (1952)
- 大草寛, 多田治 “環境の有害物測定法” (1957)
- NFPA No 306 “Control of Gas Hazards on Vessels to Be
Repaired” (1951)
- American Petroleum Institute
“Cleaning Petroleum Storage Tanks Section A” (1955)
- Morris B. Jacobs “The Analytical Chemistry of Industrial
Poisons, Hazards, and Solvents” (1949)
- Ibert Mellan “Industrial Solvents” (1950)

注1 造船所においては一般にガス検知という言葉が使われているが、定性的測定の印象を受け易いことと、また法規や JIS などでは検定という呼称が用いられているので本指針ではガス検定という言葉を用いた。

注2 表1の石油類のうち発火点、爆発限界その他の数値を乗せていないものがあるのは種類が多く、特定の値を採用しにくいので、ガソリン、軽油に準じて判断して頂きたい。

注3 ガソリンの爆発範囲は表1では1.4~7.6 Vol %という NFPA ハンドブックの最新版の数値を採用したが、このほか 1.3~6.0, 1.4~6.0 等のデータもある。

注4 表4は参考文献により編集したもので、厳密なものではない。一つの目安として利用して頂きたい。

注5 左各どちらの黒綫を利用してよいが委員会では黒綫が採用された。