

第 178 研究部会

タンカーのノンガスフリー工事施工法 に関する調査研究

報 告 書

昭 和 54 年 3 月

社 団 法 人

日 本 造 船 研 究 協 会

本報告書は、 我国におけるタンカーの「イナートガス封入状態での修繕船工事」実現のために、 同工事の施工法に関する安全性について調査研究を行ない、 その安全性の裏付資料についてとりまとめたものである。

目 次

1. まえがき	1
1.1 第178研究部会の目的	1
1.2 第178研究部会の構成	1
1.3 検討期間および活動経緯	1
2. 調査研究の方針	3
2.1 タンカー修理工事の現状と問題点	3
2.2 NGF工事における爆発防止	3
2.3 NGF工事の安全性の検討	4
2.3.1 外国における実施状況の調査	4
2.3.2 イナートガスシステムの概要	5
2.3.3 タンカーの運航状態でのイナートガス封入タンクの状況	6
2.3.4 実船実験の実施とその解析	6
2.3.5 NGF工事施行法の検討	6
3. 実船実験による検討	8
3.1 実験の目的	8
3.2 実験項目と要領	8
3.2.1 入渠前安全確認	8
3.2.2 密閉タンク実験	10
3.2.3 呼吸タンク実験	11
3.2.4 拡散実験(そのI)	12
3.2.5 " (そのII)	13
3.2.6 トッピングアップ実験	13
3.2.7 外的要因計測	14
3.3 実験結果およびその解析	15
3.3.1 密閉タンク実験および呼吸タンク実験	15
3.3.2 拡散実験(そのI)	18
3.3.3 " (そのII)	26
3.3.4 トッピングアップ実験	26
3.3.5 その他	27
4. NGF工事の安全性に対する考察	28
4.1 崩入時および工事中における諸条件	28
4.1.1 気密性の確認と漏洩チェック	28
4.1.2 酸素濃度	28
4.1.3 タンク内圧力	29
4.1.4 石油系ガス濃度	31
4.1.5 入出渠バラストの検討	31
4.2 石油系ガスと酸素の監視の方法	33
4.2.1 計測機器の条件	33

4.2.2	イナーティング状態のタンク内部の監視	33
4.2.3	タンク外部の監視	34
4.2.4	イナーティングタンクの隣接区画の監視	34
4.3	火気工事に対する検討	34
4.3.1	発火源の評価	34
4.3.2	発火源による危険区域の判定	35
4.3.3	火気作業の種類と使用制限	36
4.3.4	その他の注意事項	37
4.4	規制条件を外れる原因とその対策	37
4.4.1	タンク内圧が上昇する場合	37
4.4.2	タンク内圧が下降する場合	38
4.4.3	酸素濃度が上昇する場合	39
4.4.4	トッピングアップ装置	39
4.5	管理体制	40
4.5.1	一般管理体制	40
4.5.2	緊急時体制	40
5.	安全性の評価と結論	43
6.	あとがき	45

1. まえがき

1.1 第178研究部会の目的

タンカーは通常入渠の際タンククリーニングおよびガスフリーを実施しているが、合入渠あるいは第2種中間検査の入渠時等にこれらを省略し、カーゴタンクにイナートガスを封入した状態のままで入渠工事を実施することが可能であれば、経費の節減と修繕船工事の海外逸出防止が期待できる。しかし、このためには、入渠中における事故を未然に防止するための慎重な検討が必要であり、イナートガス封入状態の保持、施行できる工事の範囲、条件等について、十分な調査研究が欠かせない。本部会の目的は、これらの問題を明らかにし、このような工事が可能かどうかを検討するところにある。

なお、本調査研究に先立ち、海運、造船両業界においては、この施工法についての検討を行ない「イナートガス封入状態での修繕船工事施工に関する検討報告書」（昭和52年6月）を作成しているので、本部会でもこれを参考として考慮に入れた。

1.2 第178研究部会の構成

第178研究部会の構成メンバーは次の通りである。 (敬称略順不同)

部 会 長	東京大学工学部教授	秋 田 一 雄
委 員	東京商船大学教授	森 田 豊
"	運輸省船舶技術研究所 議 装 部 長	翁 長 一 彦
"	(財) 日本海事協会 開 発 部 長	寺 田 泰 治
"	日本海難防止協会 常 務 理 事	前 田 至 孝
"	大阪商船三井船舶(株) 工務部保船チーム主任	浜 田 裕 明
"	昭和海運(株) 工 務 部 長	岡 嶋 節 夫
"	" 工 務 部 副 部 長	服 部 隆 盛
"	日本郵船(株) 工 務 部 課 長	吉 田 真
"	石川島播磨重工業(株) 横浜第2工場修理部長	中 島 貞 夫
"	川崎重工業(株) 坂出修繕部 船体課長	戸根木 肇
"	日立造船(株) 修 繕 営 業 部 長	目 近 武 雄
"	" 大阪工場 修 繕 部 工 事 課 長	重 藤 肇 直
"	三菱重工業(株) 修 繕 船 部 主 壱	渡 辺 和 彦
オブザーバー	運輸省船舶局 検査測度課長	石 井 和 也
"	" 造船課長	間 野 忠
"	" 船舶検査官	田 内 幸 孝

1.3 検討期間および活動経緯

昭和53年4月18日第1回準備会を開催以来、下記の準備会、委員会を開催し、実船実験の計画、実施も含め調査検討を行なった。

第2回準備会 (53年5月16日)	イナートガス発生装置の機能及び計装、制御の信頼性について、他。
第1回委員会 (6月7日)	実船実験の必要性と実験要領について
第2回委員会 (7月3日)	実験用計測器、拡散実験他実験方案について
第3回委員会 (7月13日)	実船実験方案確認

実船実験（8月1日～8月5日） 川崎重工業(株)坂出工場において実施

第1回幹事会（8月30日） 発火源の評価、入渠中の船体強度、緊急時対策、実験計測の基礎データについて

第4回委員会（9月12日） 実船実験計測結果及び解析について

第5回委員会（10月17日） 拡散実験計測結果及び実験結果の解析について

第6回委員会（11月21日） 調査結果の取纏めについて

第7回委員会（54年1月17日） 報告書の確認

第8回委員会（54年2月7日） "

第9回委員会（54年2月26日） "

2 調査研究の方針

2.1 タンカー修理工事の現状と問題点

従来、タンカーが検査または修理工事で造船所に入渠、係留される場合は、揚荷後カーゴタンク内を海水洗浄（タンククリーニング）し、揮発性石油系ガスを排除した上、洗浄水およびカーゴタンク内のスラッヂを処理しなければならない。これは、たとえ工事が限定された場合でも、揮発性石油系ガスの発生しやすい状態のままタンカーを発火源が存在する造船所へ曳入れることは危険であるので、タンカーの爆発性霧囲気の生ずる可能性をなくすという基本的な考え方によるものである。これら一連の作業の中、タンククリーニングは修理のための入渠時のみならず、クリーンバラスト艤水のためにも行なわれるものであるが、これまでこのタンククリーニング中の爆発事故は数多いため、その安全対策としてボイラーの排ガスを利用したイナートガスシステムが考案された。このイナートガスシステムは現在では殆んどの大型タンカーに装備され、タンククリーニングの時だけでなく、あらゆる運航状態でカーゴタンク内を安全な霧囲気に保つことにより、爆発事故を急速に減少させるに役立った。

このように、イナートガスシステムの信頼性と効果が確認されるにつれ、その普及は著しく、IMCOでも、その装備を義務付けに至っている。そこで、このイナートガスシステムを有効に利用し、カーゴタンクをガスフリーすることなくイナーティングされた安全な霧囲気に保ったまま入渠工事を行なう方法が考えられ、この施行法の実施が海運、造船両業界より要望されている。この施行法が実施されると、必要に応じて容易に船底の清掃、塗装が行なわれるので、スピードの低下防止、省エネルギー等がはかられ、また機関の緊急修理やタンククリーニング時の海洋汚染防止にも役立つことが期待される。

この施行法は欧州ではすでに実施され、国内船主もポルトガルですでに8隻（昭和51年末現在 5社合計分）を実施した経験をもち、その効果と安全性が確認されている。その点、この施行法は原則的には特に問題にならないようみえるが、タンク内のガス濃度の分布、経時変化や実施上の詳細については、いまなお不明な点も多く、さらに現行法規下ではこの船は危険物積載船とみなされるため、これらの面について十分検討、確認することが必要と考えられる。

2.2 NGF工事における爆発防止

タンカー（兼用船を含む）のカーゴタンクをガスフリーすることなく、イナートガスを封入した状態で造船所に入渠、係留させ、外板塗装や機関室内工事等の限られた範囲の保守工事または緊急修理を実施する修繕工事を、Non Gas Free工事（NGF工事）という。以下、このNGF工事の基礎をなすイナーティングによる爆発防止について、簡単に説明する。

一般に、石油系ガスは空気中の酸素との混合により、爆発を起こす混合気体となるが、それには一定の濃度範囲が必要である。この爆発範囲は石油系ガスを構成する各ガスの比率で多少異なるが、タンカーの運航中において生じ得る一番危険な石油系ガスの構成状態をとった爆発範囲は資料-1の通りである。（以下、本報告書での石油系ガスおよび酸素濃度はすべて容積比で示す。）この図から判るように酸素濃度が減少すると共に石油系ガスの爆発範囲は狭くなり、ある酸素濃度（11.5%）以下では石油系ガスの濃度に関係なく爆発は起らなくなる。また酸素濃度に関係なく石油系ガスを爆発下限以下の濃度（空気中で1.4%以下）、あるいは爆発上限以上の濃度（空気中で11.4%以上）に保持しても爆発は起ららない。すなわち、石油系ガスと空気との混合気体は次の条件の1つが満たされれば、爆発は起り得ないといふことができる。

1. 発火源がないこと。
2. 酸素濃度が11.5%以下であること。

（これをイナート方式という）

3. 石油系ガス濃度が 1.4 %以下であること。
(これをツーリーン方式という)
4. 石油系ガス濃度が 11.4 %以上であること。
(これをツーリッヂ方式という)

従来、タンカーが修理のために造船所に曳入れられる際、あるいはパラスト張水の際行をわれて来た揚荷後のカーゴタンクの海水洗浄（タンククリーニング）は、「ツーリッヂ方式」または「ツーリーン方式」の考え方方が適用されてきた。しかし、一般にカーゴタンクのクリーニングは洗浄作業期間を通して、タンク内雰囲気が常に「ツーリッヂ」または「ツーリーン」の状態を保持していることを確認するのは難しく、実際に「ツーリッヂ」または「ツーリーン」の状態に保たれているかどうかが疑問視され、特に大型タンカーではこれらの方では爆発の危険性が残るのではないかと考えられる。そこで、最近では爆発を防止するために「イナート方式」の適用が考えられるようになつたが、これはボイラーの排ガスを利用することにより、酸素濃度が 11.5 %をはるかに下廻る 5 %程度の雰囲気に保つことができるようになったことと関連している。NGF 工事はこのイナートガスシステムによる「イナート方式」を、修繕船工事にも適用して、火災、爆発の危険性を排除すると共に、タンククリーニング、ガスフリーにする費用と時間を節約しようとするものである。すなわち、カーゴタンクにイナートガスを封入し、タンク内雰囲気の酸素濃度を 5 %程度のイナーティング状態とし、船底部の清掃塗装工事、あるいは機関室の緊急修理工事等のある限られた範囲の修理工事を行なおうとするもので、イナートガスを封入しているカーゴタンク内は、工事は勿論、立入も一切できないことが前提となる。

2.3 NGF 工事の安全性の検討

NGF 工事の実施面での安全性の検討に当り、まず、海外での実施状況および実際の船でのイナートガスを封入されたカーゴタンクの実状を調査し、ついで、実船を使用して実験を行ない、これらの結果を総合して安全に施行するための具体的条件を検討した。また、これらの条件を確保し得る管理体制に関する緊急時の対処方法等、想定されるあらゆる事態を含めて検討を加え、最終的にその結果を総合的に評価して安全を確保し得る実施の条件を求めた。

- すなわち、
1. 外国における実施状況の調査
 2. イナートガスシステムの概要
 3. タンカーの運航状態でのイナートガス封入タンクの状況
 4. 実船実験の実施とその解析
 5. NGF 工事 施行法の検討

の調査、検討を経て総合的な評価を与えたものである。

以下、その調査内容について説明する。

2.3.1 外国における実施状況の調査

欧洲における NGF 工事はイナートガスシステムの普及とともに 1968 年英國の B. P. Tanker VI によって始められ、既に 50 隻余の実績を持っているが、現在では英國、フランス、オランダ、ポルトガル、ベルギー、ドイツの各国の造船所でも実施されている。

これらのうち、英國、フランス、ポルトガル、オランダにおいてはそれぞれの政府規則、あるいは、造船所、船主等によって施行基準が定められている。その一覧表は資料一 2 に示した。

これから、各国ともイナガスの酸素濃度、タンク内圧、工事実行範囲、陸上イナートガス供給、その他管理面等での規則、基準が設けられていることが分る。

なお、歐州で NGF 工事が実施されてから現在まで爆発事故は本調査の範囲では全くない。

2.3.2 イナートガスシステムの概要

まず、イナートガスシステムの概要について述べる。

イナートガスシステムは約5%の酸素を含んだ本船ボイラーの排ガスを洗浄冷却しイナートガスとしてカーゴタンク内に常時充満させて爆発を防止するシステムで、メーカーにより多少の相違はあるが、基本機能や主要機器の機能については船級協会等の規準で規定されており、その系統図を資料-3に示す。

すなわち、ボイラーの燃焼排ガスは煙路より逆流防止のウォーターシールを経てスクラバーに送られ、こゝで海水によって冷却洗浄され、固体分、 SO_2 等が除去される。冷却洗浄されたイナートガスはデミスターでガス中の水分が除去されファンでカーゴタンクに送られる。ファンは2台装備が規定され、ファンの総容量は貨物の揚荷時でも十分供給できるよう全カーゴポンプ容量の1.25倍となっている。

また、石油系ガスを含むカーゴタンク内のイナートガスが配管を逆流し機関室に侵入することを防止するため、ファンとカーゴタンクの間に主管にウォーターシールとしてのデッキシールユニットと逆止弁が設けられている。

なお、カーゴタンクのイナートガスは通常大気圧よりもくらか高めに加圧されているが、カーゴタンク内液面の変化あるいは温度変化による異常な内圧の変化に対して船体を保護するため、高圧、低圧時に作動するP/V弁及び水頭式のP/Vブレーカーがイナートガス供給管に装備されている。このP/V弁、P/Vブレーカーの設定圧は一般に次のようになっている。(以下、本報告書でのタンク内圧はすべてゲージ圧で示す。)

P/V弁	高圧側	1,400 mm Aq
	低圧側	-350 mm Aq
P/Vブレーカー	高圧側	約1,600 mm Aq
	低圧側	約-700 mm Aq

イナートガスシステムの運転に際しては各種の監視装置、制御装置により常に酸素濃度が5%程度のイナートガスがカーゴタンクに送られるようになっている。

これらの装置の中の主なものは次の通りである。

(1) 酸素濃度の監視

ファンの出口側のイナートガス供給室からイナートガスの一部が酸素分析器(パラマグネチック式等)に送られ計測される。計測された酸素濃度は監視盤に遠隔指示されると共に自動記録され、濃度が8%を越えると警報を発するようになっている。

(2) タンク内圧の監視

甲板上のイナートガス供給主管での圧力が各監視盤に遠隔指示され、高圧(約1,500 mm Aq)または低圧(約100 mm Aq)で警報を発する。これは万一P/V弁が作動せず、圧力が1,400 mm Aqを越えて上昇した場合P/Vブレーカーが作動する前に警告するためであり、また、圧力が低下して大気圧と同じになる前に警告してトッピングアップを行わせるためである。

なお、イナートガスの送気量を制御弁で調節してカーゴタンクの内圧を一定に保つ自動装置も装備されている。

(3) その他の装置

その他、イナートガス温度が高い場合の警報(65°C)及びファンの自動停止(70°C)装置、スクラバーの冷却水危険量及び高水位、制御用空気圧低下時等の場合のファンの自動停止等の装置が装備され、カーゴタンクへ送られる、イナートガス温度の上昇あるいは石油系ガスを含むカーゴタンク内イナートガスの機関室への逆流防止が図られている。

一般にボイラーの排ガスを利用したイナートガスの組成は燃料あるいは燃焼状態によって多少異なるが、C重油燃焼の場合容積比で、

CO ₂	1.2 ~ 14.5 %
O ₂	2.5 ~ 4.5 %
SO ₂	0.02 ~ 0.03 %
N ₂	約 77 %
その他	水蒸気及び固形分

とされており、ボイラーの負荷が少ない時は過剰空気率が大となって酸素濃度は上昇する傾向にあるが、ある程度の負荷をかけることにより酸素濃度が 5 %以下のイナートガスを得ることができる。実際のタンカーでの実績も原油洗浄時等イナートガスシステムを運転している状態での酸素濃度は略 5 %以下のイナートガスが安定して得られることが報告されている。

2.3.3 タンカーの運航状態でのイナートガス封入タンクの状況

実際にカーゴタンク内に封入されたイナートガス雰囲気がどのような状態にあるのかを調査し、下記の資料を得た。

- | | |
|-----------------------------|-------|
| 1) タンク内石油系ガス濃度の経時変化とバラツキの一例 | 資料一 4 |
| 2) 原油洗浄記録表〔日本郵船㈱提供〕 | 資料一 5 |
| 3) 岸壁での温度／圧力変動の一例〔三菱重工業㈱提供〕 | 資料一 6 |
| 4) イナートガス封入タンク内圧変化〔昭和海運㈱提供〕 | 資料一 7 |

これ等の資料から次のことが判明した。

- 1) 石油系ガス濃度はタンク内でかなりのバラツキがある。
- 2) イナートガスの酸素濃度は略 5 %以下を保持し得る。
- 3) カーゴタンクからのイナートガスの漏洩は殆んどなく、日本—ペルシャ湾間等の長距離航海中（航海日数約 20 日間）でも、トッピングアップを行なうことなくタンク内圧をある範囲内で正圧に保持できる。また P/V弁が作動する程の内圧変化も認められない。このタンク内圧の変化については文献でも「バラスト航海中、P/V弁を通して空気の侵入があるかどうか調査したところ、P/V弁が作動することは日本、ペルシャ湾間ではないことが判明した」と報告されている。

しかしながら、タンク内での酸素濃度、石油系ガス濃度の分布状態と経時変化あるいはタンク内圧の経時変化と外的条件の関係等、不明な点もあるので、漏洩時の拡散調査も含めて実船実験により調査確認することとした。

2.3.4 実船実験の実施とその解析

前項で述べた未知の部分を解明するため、昭和海運㈱の協力を得て、同社船『清和丸』（231 KDW型タンカー）を対象に昭和 53 年 8 月川崎重工業㈱坂出工場で実験計測を実施し、計測結果の解析を行なった。

実験の詳細、計測結果及びその解析については第 3 章に詳しく記されている。

2.3.5 NGF 工事施行法の検討

実船実験を含む調査結果をもとに、欧州における NGF 工事の施行条件等を参考として、NGF 工事の安全性について検討し、同工事が安全に施行し得る条件を考察した。

これに当っては次の事項を考慮した。

- 1) 本船が造船所に曳入れられる時にどのような規制または条件が必要か。
- 2) NGF 工事中に守られなければならない条件は何か。
また、その条件を保持するためにはどのように監視すれば良いか。
- 3) NGF 工事として禁止すべき工事は何か。特に火気工事について、その使用範囲はどのように制限するか。
外板のサンドblast工事はどう評価すべきか。
- 4) NGF 工事中に規制条件が維持されなくなった場合、いかにしてべきか。

5) 規制条件を守るための管理体制はいかにあるべきか。

また、万一緊急事態が発生した場合の措置は、どうあるべきか。

6) 結論として、NGF工事は実施可能か否か。

これらの詳細については、第4章に記されている。

3. 実船実験による検討

3.1 実験の目的

カーゴタンク内の酸素濃度、石油系ガス濃度、タンク内イナートガス圧力（以下、タンク内圧という。）等が、外的要因………気温・日射量・風向風速等………の影響によっていかなる変動を示すかを、密閉タンク・呼吸タンクという状況を設定して計測した。これにより安全なイナーティング・コンディションを外れるにはいかなる要因・条件があるかを調べることとした。

一方、タンク外部へ漏洩・放出された場合の石油系ガスを含むイナートガスの拡散・分布状況を計測し、引火・爆発の危険性の有無を観察した。

その他、NGF船修繕工事を実施する際に必要と思われる安全性の確認について、可能な限りのデーターを収集した。

実験船の要目、実験場所および日時等は次の通りである。

○ 実験対象船名及び要目表

清和丸（昭和海運株式会社所有）

主 要 目

建 造 年 月 昭和 48 年 5 月

建 造 所 川崎重工業横浜工場

主 要 尺 法 319.30 m(全長) × 53.00 m(幅) × 25.30 m(深さ)

総 吨 数 115,206.70 TON

載 貨 重 量 231,439.00 TON

キャパシティー・プラン (資料-8参照)

○ 実験場所 川崎重工業横浜工場 M.2 ドライドック
工場レイアウト (資料-8参照)

○ 日程及び実験期間 川崎沖及び東燃扇島シーバース
自 昭和 53 年 7 月 17 日
至 昭和 53 年 7 月 30 日

川崎一坂出回航

自 昭和 53 年 7 月 30 日

至 昭和 53 年 8 月 1 日

川重坂出修繕ドック (実船実験期間)

自 昭和 53 年 8 月 1 日

至 昭和 53 年 8 月 5 日

○ 積載油及び分析表 積載油の種類；イラン・ライト M.2, 4 COT(C)

イラン・ヘビー 上記以外の全タンク (資料-11参照)

積 出 し 港 K H A R G I S L A N D

原 油 分 析 表 (資料-12参照)

3.2 実験項目と要領

3.2.1 入渠前安全確認

実験船が造船所に曳入れられる前に安全上確認すべき事項を次のように設定した。

- イナーティングしてあるタンク及び関係パイプラインの気密が保持されていること。
- 酸素濃度が石油系ガスの爆発下限界を下廻り、十分に安全な雰囲気にあること。
- タンク内イナートガス圧力が正圧であり、酸素濃度のリッチな外気を吸込む心配がないこと。
- 本船が入渠に必要な喫水・トリムを保持するため適量のバラスト水が各タンクに分配されており、かつ入渠中、船体・盤木等に過大な集中荷重の加わらぬこと。さらに、入渠後、イナーティング・コンディションを変動させぬため、イナーティングしたタンク内のバラスト水の移動・排水を行わぬこと。

以上の点を下記により確認した。

1) 確認事項

(1) イナートガス漏洩有無の点検

a) 原油揚荷前

本船ストリッパー・ポンプによるカーゴ・ライン油圧テストを行なった。(約5~6 kg/cm²)

b) 回航中

下記の甲板上タンク付き開口部において、イナートガス封入(約1,000 mm Aq)状態にて石けん水を用いて漏れの点検を行なった。

カーゴ・ハッチ	15ヶ所
エアー・バージ・パイプ	15ヶ所
フロート・ゲージ	15ヶ所
バター・ワース・カバー	232ヶ所
マンホール	24ヶ所

c) 前航中

本船前航時の圧力計測記録を確認した。

(2) 酸素濃度及びイナートガス圧力確認

全カーゴ・オイル・タンク(イナーティング状態)内酸素濃度が5%以下になっていることを確認した。

(坂出港内における入渠喫水調整後実施。)

また、イナートガスのタンク内封入圧力は、約1,000 mm Aqとした。

(3) 入渠バラスト・コンディション確認

許容盤木荷重条件に合った入渠バラストコンディションをつくった。

2) 確認結果

(1) イナートガス漏洩

カーゴ・パイプに関しては、今回漏洩は全く無かった。これは、海面汚濁防止の目的で揚荷前に必ず本船側で使用するカーゴ・ラインの油圧テストを施行し、点検していることから十分な事前点検がなされていた結果と思われる。

タンク付開口部の漏洩は、石ケン水により点検した。この結果、カーゴ・ハッチのパッキン部より微量の漏洩が5ヶ所発見された。これは、コーミングとパッキンの間に鋸の小片を噛みこんでいたためであり、パッキン清掃・再閉鎖のうえ、再度加圧テストを実施した結果、漏洩のなくなったことが認められた。この間タンク内酸素濃度はカーゴ・ハッチ開放前後に於いて、ほとんど変化がなかった。その他には、全く漏洩はないとの認められた。

なお、本船の前航時のタンク内圧の計測記録から、タンク内圧は長期にわたり比較的安定した圧力を保持しているとみなされる。(資料ー13,14参照)

(2) 酸素濃度及びタンク内ガス圧

タンク内酸素濃度は、資料13のようすべて5%以下に下がることができた。イナートガス圧力は本船での最終計測時（造船所の本船受取直前）午後の14：00頃であったことから、以後の温度降下による減圧を見こし、約1,000mmAqを目標として設定した。

(3) 入渠バラスト

本船入渠中カーゴ・タンク内に入れたバラストは出渠までの間排出移動は行わない。したがって通常の修繕船と同様に、港内で入渠前にあらかじめ入渠条件に合う喫水、トリムを得るためにバラスト量を調整し、入渠中盤木の受ける最大許容荷重（サイド盤木で90TON/個、キール盤木で150TON/個）を越えぬよう、各タンクのバラスト量を配分した。入渠中本船及び盤木共異常はなかった。（資料15,16参照）

3.2.2 密閉タンク実験

外気から完全に遮断・密閉されたカーゴ・タンク内では、イナーティング・コンディションの大巾な変化は無いと考えられる。このことを確認するために酸素濃度と石油系ガス濃度のタンク内分布状況と経時変化を計測した。同時に、タンク内温度が甲板・側外板等を媒体として外気温度・日射量等によりいかに変動し、これによりタンク内圧がどの程度変動するかを計測し、本船曳入時の圧力設定をどの範囲にすれば修理期間中、安全な正圧範囲内におさまるかを調査した。

1) 対象タンクは、M3COT(P/C/S)とした。

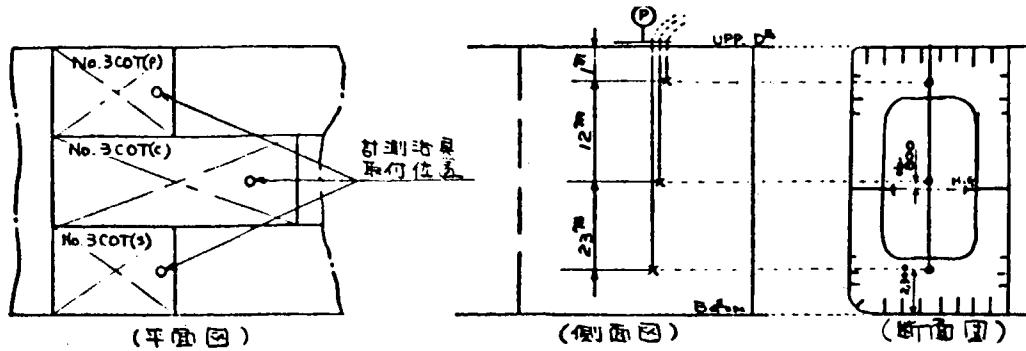
たゞし、各タンク共独立した密閉タンクとした。

2) 計測対象及び要領は次の通り。

計測対象	計測点	計測回数	計測器具
タンク内 酸素濃度	3点(上・中・下) ／ 1タンク	毎時1回	理研OX-1型
タンク内 石油系ガス濃度	3点(上・中・下) ／ 1タンク	毎時1回	MSA社製 タンク・スコープ
タンク内温度	3点(上・中・下) ／ 1タンク	自動計測 (連続)	白金抵抗体 (PT-3-500E10-50000LEC) 記録計 (NRM90-314F-H-X)
タンク内圧力	1点 ／ 1タンク	毎時1回	連成圧力計 -2,000～+2,000mmAq (1目盛50mmAq)

3) 計測点の配置

日射量の影響の大きさ甲板下・温度変化の少ない船底付近及びその中間点の計3点を計測点とし、計測用バー・ワース・カバーを作成、計測治具取付のうえ閉鎖した。その詳細は次図の通りである。



3.2.3 呼吸タンク実験

イナーティングしてある密閉されたカーゴ・タンクが何等かの原因によって開放状態となり、外気と連通し呼吸作用を起こした場合のタンク内酸素濃度分布と経時変化を調査し、タンク内部で部分的あるいは、全体的に酸素濃度がリッチとなるか否か、その条件・要因等を調査した。

1) 対象タンクは、M2 COT(P)とした。

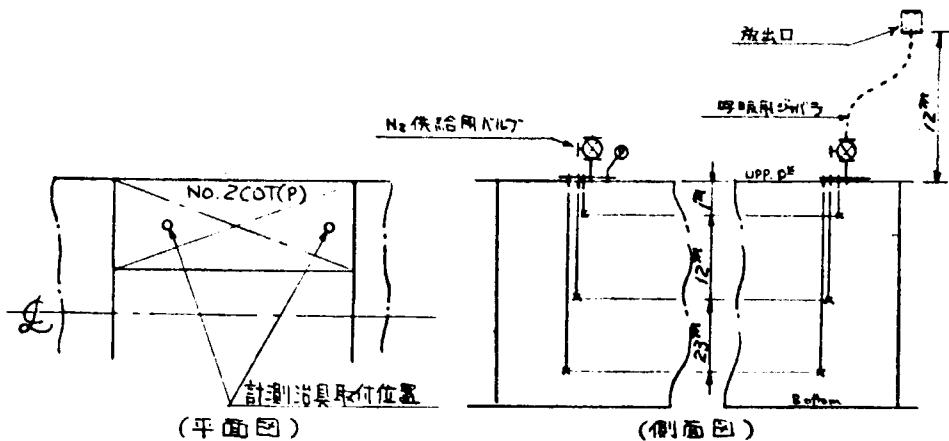
たゞし、他のタンクより独立させた。

2) 計測対象及び要領は次の通り。

計測対象	計測点	計測回数	計測器具
タンク内酸素濃度	6点(上・中・下)	毎時1回	理研OX-1型
タンク内石油系ガス濃度	6点(上・中・下)	毎時1回	M S A社製 タンク・スコープ
タンク内温度	6点(上・中・下)	自動計測 (連続)	白金抵抗体 (PT-3-500E10-50000LEC) 記録計 (NRM90-314F-H-X)
タンク内圧力	1点	毎時1回	連成圧力計 -2,000~+2,000 mm Ap (1目盛50 mm Aq)

3) 計測点の配置

計測点は密閉タンクと同様に上・中・下の3点とし、開放状態を作るために船首寄りのバタワースカバーに取付けたバルブ直下と、それより最も遠い船尾寄りバタワースカバ一直下の2個所(計6点)で計測した。その詳細は次図の通り。



3.2.4 拡散実験（その I）

カーゴ・タンク内のイナートガスが呼吸現象により大気中に放出された場合、あるいはハッチ等から漏洩した場合、石油系ガスがいかに拡散するか、濃度分布を計測した。さらに、この附近での火気工事を実施する場合の安全性について観察した。

- 1) 対象タンクは、No. 1 COT(C)とした。
- 2) 計測対象は下記の通り。

計測対象	計測点	計測回数	計測器具
石油系ガス濃度	計測要領参照	計測要領参照	(自動計測) 理研G・D-D ₅ ・B型 サーモ・ダック等 (手動計測) 理研18型

3) 計測要領

- (1) No. 1 COT(C) のバター・ワース・カバーに拡散筒を取り付、この拡散筒よりガスを放出させて風下におけるガス濃度を計測した。

拡散筒は直径 150mm、高さ 2m のパイプで、トップにデフューザーを取付け、その途中に、流量計測用静・動圧計及び閉止弁を設けてある。石油系ガス濃度の計測点は拡散筒より風下側に 5m, 10m, 15m, 20m, 25m の 5ヶ所でそれぞれデッキ上 1m の高さの点をとり、また、デッキ上面にも 1 点をとり、自動連続記録計で計測した。風向に応じて渠底及びドックサイドでも手動計測を実施した。

計測点の配置の詳細は資料一 17 を参照されたい。

(2) 放出量

石油系ガス換算 約 150 m³/hr, 250 m³/hr の流量で、各 10 分間放出し、15 分間計測を実施した。

(3) 計測間隔

ガス放出量調整後計測を開始し、自動計測は 5 秒間隔で 15 分間、手動計測は 1 分間隔で 15 分間計測した。

- 4) 計測回数は 3 回でその詳細は下記の通りである。

<第 1 回>

昭和 53 年 8 月 3 日 (晴)

ガス 放出 時間	17 ⁴⁴ ~ 17 ⁵⁴	10 分間
計測時間	17 ⁴⁴ ~ 17 ⁵⁹	15 分間

風 向 ・ 風 速 東北東 1 m/sec ~ 無風

石油系ガス換算放出量 $135.8 \text{ m}^3/\text{hr}$ (タンク内石油系ガス濃度 9.25 %)

<第2回>

昭和 53 年 8 月 4 日 (晴)

ガス 放 出 時 間 $10^{35} \sim 10^{45}$ 10 分間

計 測 時 間 $10^{35} \sim 10^{49}$ 15 分間

風 向 ・ 風 速 西南西 平均 2.77 m/sec

石油系ガス換算放出量 $157.1 \text{ m}^3/\text{hr}$ (タンク内石油系ガス濃度 10.7 %)

<第3回>

昭和 53 年 8 月 4 日 (晴)

ガス 放 出 時 間 $11^{14} \sim 11^{24}$ 10 分間

計 測 時 間 $11^{14} \sim 11^{24}$ 15 分間

風 向 ・ 風 速 西南西 平均 1.75 m/sec

石油系ガス換算放出量 $253.3 \text{ m}^3/\text{hr}$ (タンク内石油系ガス濃度 9.45 %)

3.2.5 拡散実験(そのⅡ)

1) 実験を行った各カーゴ・タンクに取付けた計測器材取付パター・ワース・カバーを各実験終了後タンク内圧を下げた上で本船用パター・ワース・カバーに取替えた。その際 P/V弁が作動した場合を想定し、本船ポント・ライザーよりイナートガスを放出して、本船甲板上及び周辺においてガス検知を実施した。
詳細は、資料一 21 に記されている。

2) 本船入渠中、ドック周辺及びドック内に自動ガス検知警報装置を配置し、石油系ガスの検知を行った。
詳細は、資料一 22 に記されている。

3.2.6 トッピングアップ実験

入渠中、カーゴ・オイル・タンク内の圧力が低下した場合のトッピングアップを想定して、タンクローリー車によるトッピングアップ実験を施行した。供給ガスには窒素ガスを使用し、必要供給能力について検討した。

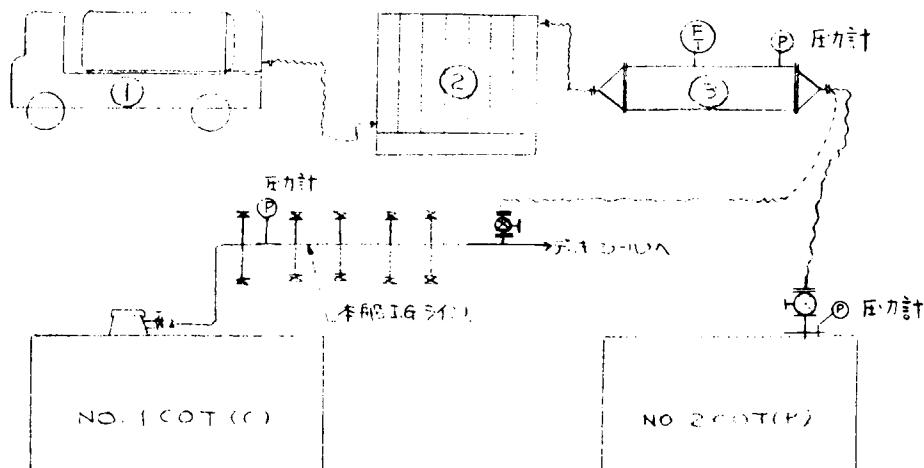
1) 対象タンク及び内部容積は次の通り。

	タンク全容積	バラスト量	差引きタンク内全容積
No 1 COT (C)	$37,465.41 \text{ m}^3$	$8,000 \text{ ton}$	$29,660.53 \text{ m}^3$
No 2 COT (P)	$18,185.26 \text{ m}^3$	—	$18,185.26 \text{ m}^3$

2) 計測対象及び要領は下記の通り。

計 測 対 象	計 測 点	計 測 回 数	計 測 器 具
N_2 供 給 圧 力 (kg/cm^2)	蒸発器出口	毎 5 分 1 回	圧 力 計
N_2 供 給 量 (m^3)	同 上	同 上	流 量 温 度
N_2 供 給 温 度 (°C)	同 上	同 上	} 測 定 管
タ ン ク 内 圧 力	1 点	50mm Aq 每	連 成 圧 力 計

3) N₂ 供給設備(移動式)及び供給要領の詳細は下図の通り。



- ① タンクローリー車 使用圧力 2~9.5 kg/cm², 10 t/車
- ② 高圧蒸発器 870 m³/h, 150 kg/cm², 大気吸熱式
- ③ 流量 温度測定管 0~3,000 m³/h, -50~100 °C

No. 1 COT (C) へは、本船イナートガスラインを経由して供給し(他のタンクのガスライン用弁はすべて閉鎖)，タンク内圧力 770 mm Aq から 950 mm Aq まで加圧した。

No. 2 COT (P) へは、供給弁を取り付けた実験用バター・ワース・カバーより直接タンクへ供給し、タンク内圧力を 0 から 500 mm Aq まで加圧した。

3. 2. 7 外的要因計測

実船実験の参考資料として下記の外的要因の計測を実施した。すなわち、外気温度としては最も平均的計測のできる事務所附近の温度を標準として、太陽の輻射熱による温度変動の激しい甲板上、平均して低温と考えられる渠底温度とを対比させて計測した。

タンク内温度に大きな影響を与える外周の鋼板温度に関しては、太陽の輻射熱の吸収が大きい上甲板、ほとんど影響のない船底外板及び日照側の外板と日陰側の外板を対比させて計測した。

風向風速は、拡散実験に必要な本船上の風向風速を計測した。

1) 計測対象は次の通り。

計測対象	計測点	計測回数	計測器具
外気温度	本船甲板上 1 m 1 点	自動記録	自記温度計
	渠底ゲート附近 1 点	" "	" "
	修繕事務所附近 1 点	" "	" "
鋼板温度	上甲板上 4 点	自動記録	白金抵抗体 (PT-3-500E10- 50000LEC)
	側外板 2 点	" "	記録計 (NRM90-314F-H-X)
	船底外板 2 点	" "	
風向風速	本船ブリッジ 1 点	毎時 1 回読み取り	
気圧	" " 1 点	" "	

2) 計測点詳細図 (資料-18 参照)

3) 計測データ (資料-19 参照)

3.3 実験結果及びその解析

実船実験の諸計測は 53 年 8 月 1 日 深夜より開始し、8 月 5 日早朝まで行なったが、その間天候が大きく変化したため、本実験は極めて苛酷な条件下で実施されたといえる。

8月1日	晴
8月2日	晴
8月3日	台風 8 号の接近による影響のため、午前中は風雨強く、9 時前後には甲板上で最大瞬間風速約 21 m/sec を記録。午後には晴となり、夕方には殆んど無風状態となる。
8月4日	晴
8月5日	晴

特に 8 月 3 日の降雨と風による冷却でタンク内温度と圧力の低下現象が計測され、貴重なデータを得ることができた。

3.3.1 密閉タンク実験及び呼吸タンク実験

- 1) 計測基礎データ (資料 - 19 参照)
- 2) タンク内酸素濃度と石油系ガス濃度の分布と経時変化

(1) 密閉タンク

- a) 酸素濃度は下表の通りタンク上部の方が濃い傾向にある。

〈酸素平均濃度〉

計測点 ＼タンク名	M.3 COT (P)	M.3 COT (S)	M.3 COT (C)
甲板下 1 m	3.90 %	3.88 %	4.05 %
" 12 m	3.85 %	3.82 %	3.96 %
" 23 m	3.80 %	3.77 %	3.02 %

※ 数値は全計測値の算術平均を示す。

- b) 石油系ガス濃度は、下表の通りタンク下部の方が濃い傾向にある。

〈石油系ガス平均濃度〉

計測点 ＼タンク名	M.3 COT (P)	M.3 COT (S)	M.3 COT (C)
甲板下 1 m	7.78 %	7.75 %	8.65 %
" 12 m	7.86 %	7.86 %	8.69 %
" 23 m	7.90 %	7.96 %	20 %以上

※ 数値は全計測値の算術平均を示す。

- c) 石油系ガス濃度は上記結果から見ても、ウイングタンクよりもセンタータンクの方が濃い。これは、タンクの大きさ(底面積)が影響しているものと考えられる。
- d) 石油系ガス濃度は多少温度の影響を受けている。すなわち、石油系ガス濃度は、温度上昇時は上り、温度下降時は下る傾向にある。
- e) 酸素濃度は計測期間中 5 %以下であった。
- f) 計測期間中実験タンクを含み密閉タンクからの漏洩は認められなかった。(本船受取前・実験完了後、石鹼水にて検査した。計測期間中漏洩によるイナートガスの異臭もなかった。)

(2) 呼吸タンク

- a) 呼吸弁閉鎖中は密閉タンクと同じ傾向であり、タンク内が正圧に保持されている間、次項に述べる特異

現象を除き酸素濃度の急激な上昇は認められなかった。

- b) 呼吸弁開放時、風圧による空気の強制流入現象、またはタンク内負圧による急激な吸込み現象のある場合のみ、タンク内で部分的に酸素濃度の上昇することが認められた。しかし、タンク容量に比較して流入空気量は、少ないので数時間以内に拡散稀釈された。
- c) 呼吸弁開放中、風圧による外力が作用しない限り、自然圧力差にもとづく呼吸現象により空気の流入が生ずるが、それによるタンク内の酸素濃度上昇は緩慢であった。(f)項参照)
- d) 開口部がタンクトップであったことから酸素濃度上昇は、タンク上部ほど大であった。
- e) 温度上昇中のイナートガス放出現象の折には、酸素濃度の高い上層部のイナートガスが放出されるので、多少酸素濃度の下がる傾向にあった。
- f) 呼吸タンク内酸素濃度の理論値

- ① 呼吸弁開放中(8月2日～8月3日)における酸素濃度上昇に関する実験値と理論値との比較を行うと下記の通りである。

理 論 値

開放中の $\text{M}_2\text{COT(P)}$ の圧力変動は各種条件の類似している密閉された $\text{M}_3\text{COT(P)}$ の圧力変動と同じと考え、 $\text{M}_2\text{COT(P)}$ がバルブ開放中に吸引した酸素量を推定すると下記の通りとなる。

まず、 $\text{M}_3\text{COT(P)}$ 内圧力は、8/2 19⁰⁰にて1175 mm Aqであり、8/3 10⁰⁰には875 mm Aqに下り、その差は-300 mm Aqであった。

次に、空気中の酸素濃度は通常21%である。したがって、タンク内の理論酸素濃度上昇平均値(x)は、

$$\begin{aligned} x &= \frac{\text{吸入大気量}}{\text{タンク容積}} \times \{ 21\% - (\text{吸入前酸素濃度} + x) \} \\ &= 0.03 \times \{ 21 - (3.7 + x) \} \\ \therefore x &= 0.50\% \end{aligned}$$

実 験 値

$\text{M}_2\text{COT(P)}$ 船首部、船尾部の各計測点におけるバルブ開放前後の酸素濃度平均値は次の通りである。

		バルブ開放前	バルブ閉鎖後	差	理論上昇率
船首部	甲板下 1 m	4.05%	4.84%	0.79%	
	" 12 m	3.87	4.49	0.62	
	" 23 m	3.32	3.40	0.08	
	平 均 值	3.74	4.24	0.50	0.50%
船尾部	甲板下 1 m	3.85%	4.69%	0.84%	
	" 12 m	3.87	4.39	0.52	
	" 23 m	3.31	3.60	0.29	
	平 均 值	3.68	4.22	0.54	0.50%

註) 各計測点での酸素濃度平均値をとるため、8/2. 15⁰⁰～22⁰⁰と8/3. 12⁰⁰～18⁰⁰の各計測値を算術平均した。

これにより実験数値と理論数値は、ほぼ一致する。

- ② 酸素濃度上昇は吸入する空気量により決まるので、1日当たりの最大吸入量が判れば、最大上昇率が

推定できる。

- ③ 今回、計測したタンクで24時間内の最大圧力差は510mm Aqであったことから、タンク内酸素濃度上昇の最大値は、

$$0.051 \times \{ 21 - (5 + x) \} = x \\ \therefore x = 0.78 (\%)$$

と推定される。

3) タンク内温度変化と圧力変化

- (1) 実験船での「密閉タンク」M3カーゴタンク(pes)におけるタンク内温度および圧力の計測結果を整理し、その変化量の傾向をグラフに示す。(資料-23参照)

すなわち、

- 8/3 00⁰⁰ 時を起点とし、圧力変化量を求めた。(ΔPとする)
- タンク内上、下、中3点の温度の算術平均値(T_Aとする)を算出し、8/3 00⁰⁰時を起点として、その変化量を求めた。(ΔT_Aとする)
- a)により求めた圧力変化量(ΔP)より、この変化量に対応すると考えられる推定タンク内温度の変化量(ΔT_Tとする)を算出した。

算出は $\Delta P = \frac{t}{273} \times 10,000$ (mm Aq) を適用した。

また、タンク内上、中、下3点の温度計測値が最も近接する日時の温度(8/4 06⁰⁰ ~ 07⁰⁰)をベースとして推定タンク内温度変化量(ΔT_T)を加減し、推定タンク内平均温度(T_Tとする)を求めた。

- 比較のため、8/3 00⁰⁰を起点とした外気温度変化量を求めた。(ΔT₀とする)

- (2) 実験船計測値及び(1)による分析から次のことがいえる。

- 最大値と最小値は次の通りである。

	最大値	最小値	差	備考
外気温度	35 °C	24.8 °C	10.2 °C	
鋼板温度	59 °C	23.4 °C	26.6 °C	M3 COT(C)上甲板
タンク内温度	42.8 °C	25.5 °C	17.3 °C	甲板下1mの点
タンク内圧力	1,300 mm Aq	700 mm Aq	600 mm Aq	

- タンク内温度の各計測点における最大日中温度差は次の通りである。

	M3 COT(P)	M3 COT(C)	M3 COT(S)
甲板下 1 m	17.3°C (25.5~42.8)	13.8°C (26.2~40.0)	16.0°C (25.7~41.7)
" 12 m	4.3°C (26.6~30.9)	3.0°C (26.5~29.5)	3.6°C (25.7~29.3)
" 23 m	1.8°C (25.5~27.3)	0.5°C (26.8~27.3)	1.3°C (25.7~27.0)

- タンク内圧力のタンク別変化量の最大・最小値は次の通りである。

	M3 COT(P)	M3 COT(C)	M3 COT(S)
最大圧	1,300 mm Aq	1,300 mm Aq	1,300 mm Aq
最小圧	700 mm Aq	740 mm Aq	760 mm Aq

d) タンク内温度の変化量

- ① 晴天時におけるタンク内温度は日照側が輻射熱の影響が大きく、本実験では、 $\text{M}3\text{COT(P)}$ にそれが表われている。
- ② 晴天時には、タンク内温度の変化は甲板下 1 m の位置で最も大きく現われ、甲板下 12 m ($1/2$ 深さ), 23 m (底部附近) では変化量は少なく、各々 4°C , 1.5°C 程度である。
- ③ 大気温度上昇によるタンク内温度の変化は、甲板下 1 m では 2 時間くらいの遅れで追従し、鋼板温度の上昇に伴い、大気温度以上に上昇する。その変化量は最大 $3^{\circ}\text{C}/\text{hr}$ までに達する。
- ④ 大気温度下降、または降雨により鋼板温度が下降したとき、タンク内温度は対流によってタンク上部と下部の温度差がなくなり、大気温度または鋼板温度まで下降する可能性が考えられる。この変化量は $2^{\circ}\text{C}/\text{hr}$ 程度とみられる。
- ⑤ 鋼板温度は 60°C 近くまで上昇し、大気温度より 25°C も高くなる。また、タンク内温度の最高値は鋼板温度より 15°C 程度低い。鋼板温度は、降雨等によって大気温度まで容易に低下し、タンク内最低温度よりさらに低くなる。

e) 変化量の比較グラフから次のことが考えられる。

- ① 任意の計測点 ($8/3\ 0^{\circ}\text{C}$ とした) を基点とした変化量を比較すると、
 - タンク内の算術平均温度の変化 (ΔT_A) は、大気温度の変化 (ΔT_0) に極めて密接な関係がある。
 - 圧力変化より逆算したタンク内の算術平均温度は実測と同一の傾向を示す。
 - このことは、タンク内圧の変化は、ほぼ大気温度の変化と同じ傾向を示すことを意味する。
 - 圧力変化量はプラスよりマイナスの方が大きい。
- ② タンク内上・中・下 3 点の計測値が最も近接している点 ($8/4\ 7^{\circ}\text{C}$ 頃) をベースとして、推定温度 (T_T) = 算術平均温度 (T_A) として作成したグラフから次のことがいえる。
 - $8/1\ 23^{\circ}\text{C}$ 現在、この推定温度は算術平均温度より約 $6 \sim 8^{\circ}\text{C}$ 高いが、 $8/3$ の降雨より漸次近接し、 $\text{M}3\text{COT(P,S)}$ は $2 \sim 3^{\circ}\text{C}$, $\text{M}3\text{COT(C)}$ では 4°C 位まで近づく。
 - したがって、入渠時の温度を 33°C 位と考えると、この推定温度と算術平均温度は、ほとんど同一傾向を示している。
 - この一致していく傾向は、「熱され易く、冷め易い」ウィングタンク程著しいようである。

f) 圧力変化量より考えたタンク内の推定平均温度の変化量は、

$\text{M}3\text{COT(P)}$	16.4°C
" (C)	15.2°C
" (S)	14.8°C

である。

(3) 実験結果より導かれる結論

- a) タンク内圧の変化はタンク内温度の変化に対応する。
- b) タンク内温度は大気温度の変化に追従し、通常の場合はその変化量は同一かもしくは小さい。
- c) 降雨等で鋼板が冷却される場合は対流によりタンク内温度が均一化され、大気温度近くまで下ることがあり得る。また、長期にわたる場合はさらに低下が考えられる。
- d) タンク内温度変化は、大気温度の変化 + 5°C を考えれば、ほぼ気象状況の変化もカバーできる。

3.3.2 拡散実験(その I)

1) 計測データ (資料-19 及び 20 参照)

2) 実験計測値と拡散式による計算値との比較

実験計測値と拡散式を用いて計算した結果を比較、検討した。

(1) 拡 散 式

拡散式は Sutton 式を採用した。すなわち、汚染源より十分離れた地点での 3 分間平均汚染濃度(%)は次式で示される。

$$C = \frac{Q}{36\pi C_y C_z U x^{2-n}} \cdot e^{-\frac{y^2}{C_y^2 \cdot x^{2-n}}} \cdot \left\{ e^{-\frac{(Z-H\ell)^2}{C_z^2 \cdot x^{2-n}}} + e^{-\frac{(Z+H\ell)^2}{C_z^2 \cdot x^{2-n}}} \right\} \dots\dots (1)$$

ここで、 Q : 放出量 (m^3/hr)

C_y, C_z, n : 気象条件によるパラメーター

U : 風速 (m/sec)

x : 放出源から風下方向の計測点までの距離 (m)

y : 放出源風下に直角な巾方向の距離 (m)

z : 計測点の高さ (m)

$H\ell$: 放出源の高さ (m)

パラメーター C_y, C_z, n は次表で与えられる。

Sutton の拡散パラメーター (メートル法に換算)									
地上から の汚染源 の高さ (m)	強いてい減 (n = 0.20)		弱いてい減 または中立 (n = 0.25)		中位の逆転 (n = 0.33)		強い逆転 (n = 0.50)		
	C_y	C_z	C_y	C_z	C_y	C_z	C_y	C_z	
0	0.37	0.21	0.21	0.12	0.21	0.074	0.080	0.047	
1.0	0.37	0.21	0.21	0.12	0.12	0.074	0.080	0.047	
2.5	0.21		0.12		0.074		0.074		
3.0	0.20		0.11		0.070		0.044		
4.5	0.18		0.10		0.062		0.040		
6.0	0.17		0.095		0.057		0.037		
7.5	0.16		0.086		0.053		0.034		
9.0	0.14		0.077		0.045		0.030		
10.5	0.12		0.060		0.037		0.034		

(2) 計測値と計算値との比較

Sutton の拡散式による計算値は 3 分間の平均濃度であり、実験計測値は 10 分間(5 秒間隔)であるため、下記により比較した。

a) 実験計測値の中、前後 30 秒を切り捨て、9 分間とし、その間の平均計測値と計算値との比較を行った。

なお、最大濃度は時間の平方根に逆比例するとの予測から、(1)式により、平均濃度も近似的に時間の平方根に逆比例するとして、パラメーターを次のように修正し計算した。

すなわち、不安定時： $C_y = 0.37 \times \sqrt{\frac{9}{3}} = 0.641, C_z = 0.21, n = 0.20$

中立時： $C_y = 0.21 \times \sqrt{\frac{9}{3}} = 0.364, C_z = 0.364, n = 0.25$

b) 9 分間の実験計測値を更に 3 分間毎に分け、それぞれの平均計測値と計算値との比較を表 1, 2, 3 に示す。

c) 瞬間最大濃度は Sutton による 3 分間の約 2.2 倍といわれている。

(3) 結果の考察

以上の比較検討により下記のことが推定できる。

a) 気象条件不安定での計算値では、9分間平均で、平均値、最大値ともかなり計測値に近い。

ただし、第2回実験値の最大値はバラツキが多い。

b) 風下距離5mの計測値にバラツキが多い。

この理由は、計算値は放出源より十分離れた地点での平均濃度を示すにもかゝわらず、5mでは放出源に近すぎる。したがって、放出速度、拡散筒の影響等が計測値に入ってくるためと考えられる。

c) 甲板上での計測値が計算値に比較してかなり高い。

この理由は拡散筒の背面背圧による down wash 現象が考えられるが、はっきりしたことはいえない。

表・1 第1回実験値と計算値(%)

実験値	計測時間	平均/最大					平均値					最大値				
		x	5	10	15	20	25	17.5	5	10	15	20	25	17.5		
前	3分間	z	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	
	中	"	0.08	0.07	0.03	0.04	0.05	0.28	0.48	0.28	0.14	0.21	0.24	0.71		
	後	"	0.07	0.09	0.05	0.05	0.04	0.22	0.36	0.26	0.14	0.13	0.11	0.64		
9分間	中	1.5	0.11	0.05	0.05	0.04	0.32	0.96	0.52	0.25	0.21	0.24	0.71			
	立	3分間	0.053	0.290	0.269	0.216	0.178	0.117	0.638	0.592	0.475	0.392	0.257			
	9分間	0.031	0.167	0.155	0.125	0.103	0.068									
不安定	3分間	0.287	0.213	0.146	0.107	0.081	0.124	0.632	0.468	0.321	0.236	0.179	0.274			
	9分間	0.166	0.123	0.084	0.062	0.047	0.072									

備考 $Q = 135.8 \text{m}^3/\text{hr}$
 $U = 1 \text{m/sec}$ 以下～無風
 $y = 0 \text{m}$
 $H\ell = 2 \text{m}$

(注) テスト開始時の風速は石油系ガス放出開始／計測間の Time Lag の平均より

$$\left(\frac{1.5}{15} + \frac{17.5}{20} + \frac{20 \text{m}}{30 \text{sec}} \right) \div 3 = 0.85 \text{m/sec} \text{ と推定}$$

表・2 第2回実験値と計算値(%)

		平均/最大					平均					最大					値
		x	5	10	15	20	25	12.5	5	10	15	20	25	12.5			
実験値	計測時間	z	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0			
	前 3 分 間	0.17	0.05	0.02	0.03	0.01	0.11	0.67	0.28	0.16	0.87	0.05	0.44				
	中 "	0.09	0.03	0.01	0	0	0.09	0.59	0.49	0.09	0.04	0.04	0.43				
	後 "	0.13	0.05	0.04	0.02	0.01	0.07	0.52	0.19	0.16	0.20	0.05	0.46				
	9 分 間	0.13	0.04	0.02	0.02	0.01	0.09	0.67	0.49	0.16	0.87	0.05	0.46				
計算値	中 3 分 間	0.019	0.103	0.096	0.077	0.063	0.017	0.042	0.227	0.211	0.169	0.139	0.037				
	立 9 分 間	0.011	0.059	0.055	0.044	0.036	0.010										
	不 安 3 分 間	0.102	0.075	0.052	0.038	0.029	0.052	0.224	0.165	0.114	0.084	0.064	0.115				
	定 9 分 間	0.059	0.044	0.030	0.022	0.017	0.030										

備考 $Q = 157.1 \text{m}^3/\text{hr}$
 $U = \text{Avr. } 2.77 \text{ m/sec}$
 $y = 0 \text{ m}$
 $H\ell = 2 \text{ m}$

表・3 第3回実験値と計算値(%)

実験 計算	計測時間	平均値					最大値							
		x	5	10	15	20	25	12.5	5	10	15	20	25	
前	3分間	0.21	0.08	0.04	0.02	0.02	0.24	0.75	0.34	0.32	0.14	0.07	0.87	
	中	"	0.12	0.05	0.04	0.02	0.02	0.23	0.62	0.34	0.28	0.23	0.18	0.77
	後	"	0.28	0.17	0.09	0.08	0.05	0.18	0.75	0.50	0.32	0.22	0.21	0.72
9分間	3分間	0.20	0.10	0.06	0.04	0.03	0.22	0.75	0.50	0.32	0.23	0.21	0.87	
	中	0.048	0.263	0.244	0.196	0.161	0.043	0.106	0.578	0.537	0.431	0.355	0.095	
	立	9分間	0.028	0.152	0.141	0.113	0.093	0.025						
不安定	3分間	0.260	0.193	0.132	0.097	0.074	0.134	0.572	0.424	0.291	0.214	0.162	0.294	
	9分間	0.150	0.111	0.076	0.056	0.043	0.077							

備考
 $Q = 253.3 \text{m}^3/\text{hr}$
 $U = 1.75 \text{m/sec}$
 $y = 0 \text{m}$
 $H\ell = 2 \text{m}$

以上のことから、放出源近辺及び甲板上を除いて拡散による平均濃度の分布は Sutton 式で十分推定可能と考えられる。なお、この計算にもとづいた拡散濃度分布図と計測値を資料-24に示す。

3) 実験計測値の解析と評価

本実験で行った程度の石油系ガスの放出（または漏洩）があった場合、その安全性について、まず実験計測値により検討してみる。実験計測値を放出源からの距離（計測点）毎に計測時間 15 分間（放出時間 10 分間 = 600 sec）内に計測された石油系ガス濃度を濃度ランク別に分類し、その計測時間と共に整理した。すなわち、甲板上での計測を除く石油系ガス濃度が、0.06%以上、0.11%以上、0.51%以上の計測点に対して、

それぞれ、 計測された頻度 : R(回数)

計測された延時間 : T(sec)

連続計測された最大時間 : tx(sec)

$$1\text{回当たりの平均時間} : t_m(\text{sec}) = \frac{T}{R}$$

を求めるとき、表・4のようになる。

これに対し計測された最大石油系ガス濃度は次の通りである。

第1回実験 0.96% (at 5m, 3'-10'')

第2回実験 0.87% (at 20m, 2'-10'')

第3回実験 0.87% (at 12.5m 甲板上, 1'-45'')

0.79% (at 5m, 1'-40'')

以上の数値から濃度が 1.0% を越えることはほとんどないが、0.11~0.5% の範囲の値が多く、特に放出石油系ガス量が少なくとも無風状態の場合は濃度が高くなる。これは比重差による滞留現象が現れたものと考えられる。

表・4

R : 頻度(回) tm : 平均時間(sec)
T : 延時間(sec) tx : 最大時間(sec)

実験	距離		5m	10m	15m	20m	25m	甲板上 17.5m(第1回) 12.5m(第2・3回)
	項目							
第1回	0.06%以上	R	16	19	17	15	9	
		T	280	295	165	125	90	
		tm	18	16	10	8	10	
		tx	35	40	30	20	25	
	0.11%以上	R	15	19	8	9	3	
		T	225	215	80	70	25	
		tm	15	11	10	8	8	
		tx	35	40	15	15	15	
	0.51%以上	R	7	2	—	—	—	
		T	55	10	—	—	—	
		tm	8	5	—	—	—	
		tx	10	5	—	—	—	
	最高濃度%		0.96	0.62	0.25	0.21	0.24	0.71
第2回	0.06%以上	R	24	21	11	4	—	
		T	325	140	70	20	—	
		tm	14	7	6	5	—	
		tx	40	15	15	5	—	
	0.11%以上	R	23	18	6	2	—	
		T	260	110	30	10	—	
		tm	11	6	5	5	—	
		tx	25	10	5	5	—	
	0.51%以上	R	5	—	—	1	—	
		T	30	—	—	5	—	
		tm	6	—	—	5	—	
		tx	10	—	—	5	—	
	最高濃度%		0.67	0.49	0.18	0.87	0.05	0.46
第3回	0.06%以上	R	16	23	16	12	7	
		T	400	280	175	105	60	
		tm	25	12	11	9	9	
		tx	165	55	25	25	25	
	0.11%以上	R	18	22	16	8	7	
		T	355	255	110	75	35	
		tm	20	12	7	9	5	
		tx	125	55	15	25	5	
	0.51%以上	R	9	—	—	—	—	
		T	60	—	—	—	—	
		tm	7	—	—	—	—	
		tx	15	—	—	—	—	
	最高濃度%		0.79	0.50	0.32	0.23	0.21	0.87

4) 甲板上での計測値と Sutton の計算値との比較

Sutton 式による計算が不安定状態で比較的良く合うことから、甲板上における計測値と計算値を比較した。

第1回実験	3分間平均	9分間平均	最大値
計測値	0.22, 0.28, 0.46%	0.32%	0.71%
計算値	0.124	0.072	0.274
比率	1.77, 2.26, 3.71	4.44	2.59
	平均 2.58%		
第2回実験	3分間平均	9分間平均	最大値
計測値	0.11, 0.09, 0.07%	0.09%	0.46%
計算値	0.052	0.030	0.115
比率	2.12, 1.73, 1.35	3.00	4.00
	平均 1.73%		
第3回実験	3分間平均	9分間平均	最大値
計測値	0.24, 0.23, 0.18%	0.22%	0.87%
計算値	0.134	0.077	0.294
比率	1.79, 1.72, 1.34	2.86	2.96
	平均 1.62%		

この結果から次のことが推定できる。

(1) 9分間平均を用いると、計測値は計算値の、

- ① 風速 1 m/sec 以下の無風に近い状態で、約 4.5 ~ 5 倍
- ② 風速 1 m/sec 以上であれば 約 3.0 倍

となる。したがって実験時における甲板上の石油系ガス平均濃度は、多い処で、

第1回	約 $0.08 \times 5 = 0.4$	at 15m
第2回	約 $0.028 \times 3 = 0.084$	at 15m
第3回	約 $0.073 \times 3 = 0.22$	at 15m

となる。

(2) 最大値は、計算値の 3 ~ 4 倍となっている。

3.3.3 拡散実験(そのⅡ)

資料 21 のように、約 357 m^3 (石油系ガス換算量) のガスをベント・ライザー (高さ 12 m) より大気放出したが、各計測点において、石油系ガスは全く検知されなかった。(臭気は感じられた。) 一方、本気象条件 (風速約 1 m/sec 西風) の下で、中立条件の Sutton 式を用いて計算すると、使用した計器の精度以下の値が得られ、傾向としては合致する。(上甲板上、 1.5 m 高さの計測において。)

また、ドック・サイド廻りに設置しておいた拡散式自動ガス検知警報装置も、全くガスを検知するにはいたらなかった。

3.3.4 トッピングアップ実験

1) 計測データ (資料 19 参照)

2) N_2 供給量とタンク内圧力

(1) $\text{M}_1 \text{ COT(C)}$ $29,660.5 \text{ m}^3$

時間当たりの平均供給量 $606.7 \text{ m}^3/\text{hr}$

- 100 mm Aq 上昇に必要な平均供給時間 30 min / 100 mm Aq
 N₂ の平均供給温度 34.3 °C (平均流量 500 m³/hr で)
 外 気 温 度 35.0 °C
 (2) M2 COT (P) 18,185.3 m³
 時間当たりの平均供給量 582 m³/hr
 100 mm Aq 上昇に必要な平均供給時間 17 min / 100 mm Aq
 N₂ の平均供給温度 25 °C (平均流量 553 m³/hr で)
 外 気 温 度 29 °C (8/4, 22° 現在)
- (3) 液化窒素の供給温度における気化量は次の通りである。
- | | |
|-------|--------------------------------|
| 35 °C | ab. 902 m ³ / 1 TON |
| 25 °C | ab. 873 m ³ / 1 TON |
| 0 °C | ab. 800 m ³ / 1 TON |
- (4) 大気吸熱型蒸発器の供給能力は外気温度に関係なく、最低 870 m³/hr である。

3.3.5 そ の 他

実験対象外のタンクに関して、酸素濃度・石油系ガス濃度・圧力を計測した結果は下記の通りであった。酸素濃度は常に 5 % 未満であり、タンク内圧は、700 mm Aq ~ 1,200 mm Aq の範囲を越えない。

また、ポンプ・ルーム内及びイナーティング・タンクに隣接するパーマネント・バラスト・タンク内においても石油系ガスは検知されず、イナーティング・タンクからの漏洩は認められなかった。

4 NGF 工事の安全性に対する考察

4.1 曳入れ時および工事中における諸条件

NGF 工事対象船は、入渠係留前にカーゴタンク、カーゴライン等の気密が完全に保持されていること、タンク内雰囲気や圧力が適正に保持されていること等が確認されねばならない。また、工事中においても安全性を保つための条件が必要である。

以下、これらの諸条計について考察を加える。

4.1.1 気密性の確認と漏洩チェック

1) 通常航海での漏洩の実績

航海中の漏洩の有無は、圧力変化量を用いて考察できる。たとえば、資料-7によると、大気温度、海水温度の似た期間での圧力低下は、18日間で 約 700 mm Aq である。これは、仮に全低下量を漏洩によるものとしても、1日当たり 40 mm Aq 程度となり、極めて少い。

上記の報告は通常の航海での実績であって、これから一般的にいって、気密性は十分保持されているとみなすことができよう。

なお、このことは 2.3.3 に述べた文献でも裏付けられている。

2) 実船実験船の気密性

実験船“清和丸”について入港前の気密性を確認した結果、ハッチのパッキング部に少量の漏洩が発見されたが、修理後は完全に気密となったことが確認報告されている。この種の小漏洩が通常航海における圧力低下の原因の一つと考えられる。

3) 漏洩防止対策

確実な事前チェックと漏洩防止対策が実施されれば、気密性は保持できると考えられる。

以下、その具体的な対策を考察する。

- (1) 航海中における圧力変化量は、大気温度、海水温度によって異なり、これが直接判断の基準とはならないが、大量漏洩の有無は確実に発見できる。そこで、本船および施行造船所にて一航海前の圧力変化を計測確認することを義務づける必要がある。
- (2) 通常カーゴバイブルайнは海面汚濁防止のためにも、常時圧力テストが実施されており、漏洩はないと考えられるが少くとも最終港において本船ストリッパポンプによるカーゴライン圧力テストを実施し確認することが望ましい。また、イナートガスライン等は、イナートガスによる加圧後継手部等を石けん水によって漏洩のないことを確認する。
- (3) デッキ上タンク付きの閉鎖された開孔部等はイナートガス封入加圧後石けん水によって漏洩のないことを確認する。
- (4) 万一漏洩が発見された場合、その多少にかゝわらず、十分な修理を行なう。

4.1.2 酸素濃度

1) イナートガスシステムの酸素濃度の規制

- (1) イナートガスシステムに関する IMCO 勘告(1973年)
 - a) 供給イナートガスの酸素濃度は通常(NORMALLY)容積比 5%をこえてはならない。
 - b) イナートガス酸素高濃度アラームを設けなければならない。
- (2) イナートガスシステムに関する IACS (INTERNATIONAL ASSOCIATION OF CLASSIFICATION SOCIETY) 統一規制(1974年)

- a) タンクへ供給されるイナートガス中の酸素の含有量は通常（NORMALLY）容積比5%をこえてはならない。
 - b) 酸素濃度が8%に達すると作動する警報ブザーおよびランプを設けなければならない。
- 2) イナートガスシステムを利用して施行する原油洗浄における酸素濃度の規制
(原油洗浄安全対策検討委員会・日本海難防止協会)
- (1) 原油洗浄中のタンク内雰囲気の酸素濃度は、通常の状態では5%を大幅に上回らないように維持し、いかなる場合でも8%をこえてはならない。
 - (2) 供給主管における酸素濃度による可視、可聴警報は8%以下で作動させること。
- 3) NGF工事に関する外国における酸素濃度の規制値
- (1) フランス政府ならびにフランス造船所規則
 - a) 7%以下で工事施行可
 - b) 7%～10%で火気工事不可
 - c) 10%以上はイナートガス封入タンクと認めず
 - (2) LISNAVE, SETENAVE 造船所(ポルトガル)規則
 - a) 曳入れ時 5%以下
 - b) 曳入れ後 7%以下
- 4) 実船実験における酸素濃度変化
- (1) タンク内圧力が正圧を保持し、空気の吸入が起らぬかぎり酸素濃度の上昇はあり得ない。
 - (2) 同一タンクの計測では、最大濃度値と最小濃度値の間には最大1.7%の差があり、上・中・下3計測点の算術平均値は時間の経過とともに最大約1%の変化が生じた。
 - (3) 曳入れ時から実験期間中を通して計測値は5%以下である。
- 5) NGF工事における酸素濃度の条件

上記の諸規制値および実船実験の結果により、NGF工事においては次のような酸素濃度を維持することが必要であると考えられる。

- (1) 入渠係留前の揚荷中は、ボイラーの負荷が比較的大きく良質のイナートガスをカーゴタンク内へ送り込むことが可能のため曳入れ時は原則として5%以下の酸素濃度とする。
- (2) イナートガスシステムとしての高濃度規制値(警報値)は8%が国際的に認められている。これは最も危険な石油系ガス成分に対しても3.5%以上の安全度を見込んだものである。さらに、実験船の計測結果からもわかるように、計測値に多少のバラツキがあることを考えれば、酸素濃度7%以下を工事期間中の条件とすれば、さらに安全と思われる。

この値は実際のNGF船での計測が、比較的酸素濃度が高いデッキ裏雰囲気で行われることを考えれば、余裕のある値といえる。

以上の考察の結果、(1)工事期間中の酸素濃度は8%以下を原則とし、7%を越える場合は、火花発生の可能性のある工事を含み全火気工事を中止することが望ましい。

4.1.3 タンク内圧力

カーゴタンクのイナーティング状態を保持するためにはタンク内圧を保持して外気のタンク内への吸い込みを防止することが基本的に必要である。

したがって、低圧側では外気吸い込みを生じないための最低内圧を定め、高圧側ではP/V弁(1,400mm Aqにセット)が大気へ開放されないよう最高内圧を定めることとなる。

1) イナートガスシステムの内圧規制値

従来、内圧に対する規制値、特に最低内圧値としては 200 mm Aq, 250 mm Aq とまちまちであったが、1974年 IACS 統一規則で 100 mm Aq に決定し、200 mm Aq 前後を規制値としていた各船級協会もほぼこれに倣った。この規制値が国際的に認められたタンク内圧力の保持基準と考えてよい。また、最高内圧規制値は 2,000 mm Aq となっている。

2) NGF 工事に関する外国での規制値

(1) フランス政府ならびにフランス造船所規則

タンク内圧規制 150 mm Aq 以上

ただし 50 mm Aq 以下となった場合火気工事中止

(2) LISNAVE, SETENAVE 造船所(ポルトガル)規則

a) 収入れ時 750 mm Aq 以上

b) 工事期間 150 mm Aq 以上

3) 温度変化による内圧変化量の検討

(1) 実船実験によるタンク内温度の変化

大気温度の変化は、実験実施時の盛夏において 10°C 前後であり タンク内温度の変化は、降雨等による鋼板冷却という悪条件下でも 15°C 程度であった。

のことから、タンク内圧の変化に影響するタンク内の温度変化は、15°C を考えれば、実験時のような悪条件の気象変化もカバーできると推定され、以下タンク内温度変化 15°C として検討してみる。

(2) タンク内雰囲気全体の温度差が 15°C の場合の内圧変化

温度差 15°C による圧力変化の計算値を近似的に求めると、

$$\begin{aligned} \Delta P &= \left(\frac{Q + \Delta Q}{V + \Delta V} \pm 1 \right) \times 10,000 (\text{mm Aq}) \\ &= \left(\frac{t + 273}{273} \cdot \frac{1}{(1 + r t)^3} \pm 1 \right) \times 10,000 = 545 (\text{mm Aq}) \end{aligned}$$

となる。

ここで、
Q : タンク内気体容量 (m^3)

ΔQ : 温度上昇による気体膨張量 (m^3)

V : タンク内容積 (m^3)

ΔV : 温度上昇による容積膨張量 (m^3)

t : 温度差 (15°C)

r : 鋼の線膨張係数 (10×10^{-6} at 20°C)

実船実験における最大の推定タンク内温度変化量は 16.4°C、同圧力差は約 600 mm Aq であることから、前記計算値は実験値と極似しており、漏洩がない場合、タンク内圧の最大変化量は 600 mm Aq と考えれば、ほぼ安全である。

(3) 実船実験より考察した圧力変化の様態

大気温度上昇時は主として日照部(デッキ裏)の雰囲気温度が局部的に上昇することになり、圧力変化量も小さい。また、降雨等により鋼板が冷却され、タンク内温度が下降する場合は、対流によりタンク内温度が均一化されることにより、タンク内圧の変化は大きく表われる。

実験結果によれば、入渠した時の圧力約 1,000 mm Aq が、大気温度の上昇によって 1,300 mm Aq まで上昇し、さらに、1,300 mm Aq から冷却によってタンク内温度が大気温度まで低下したため 700 mm Aq まで下ったことが観測されている。

すなわち、圧力上昇は工事期間中 300 mm Aq の巾で上昇し、圧力下降は工事期間中にタンク内温度が大気温度と同様になるまで低下した場合 600 mm Aq の変化が起り得るといえる。

4) 温度差以外に考慮すべき圧力制限上の要素

(1) イナートガスの温度による影響

イナートガスはファンによる温度上昇があって、スクラバー出口温度（海水温度プラス 5 ℃ 程度）より多少高くなっているタンク内へ送り込まれる。したがって、この温度が徐々に冷却されるので、冬期のように大気温度の低い場合大気温度の変化の影響は少いが、ガス冷却によるタンク内圧の損失（約 5 ~ 10 ℃ 270 mm Aq 相当）を考えておくことが必要である。

(2) 倉入れ時の時刻の影響

倉入れ時の大気温度によって設定圧力を考慮すべきである。すなわち、大気温度の低い時刻に設定する場合は、大気温度上昇に伴う P/V弁作動を考え低く設定し、また、大気温度の高い時刻に設定する場合、大気温度低下に伴う大きな圧力損失を考え、高く設定することが必要である。

5) NGF 工事におけるタンク内圧の設定条件

上記諸規制値および実船実験の結果を検討し、NGF 工事においては次のようなタンク内圧力を保持しておく必要があると考えられる。

(1) 入渠保留前倉入れ時のタンク内圧の設定条件は 750 mm Aq 以上 1,000 mm Aq 以下とする。

すなわち、大気温度の変化、タンク内ガスの冷却を含めて、最大タンク内圧上昇は 300 mm Aq、また同下降は 600 mm Aq と考えればよいから、750 mm Aq で入渠保留した場合、最大タンク内圧は 1,050 mm Aq、最小タンク内圧は 150 mm Aq となる。また 1,000 mm Aq で入渠保留した場合は、最大タンク内圧は 1,300 mm Aq、最小タンク内圧は 400 mm Aq となり、P/V弁が作動することもイナートガスシステムの船級協会の最低内圧値 100 mm Aq 以下になることもない。タンク内圧の上昇値、下降値をそれぞれ 300 mm Aq、600 mm Aq としたが、これは考えられる最悪の条件をすべて含んだ値であり、前述のように圧力設定時の大気温度を考慮して設定圧力を決定するよう配慮すれば、さらに安全側となる。

(2) 工事期間中のタンク内圧の設定条件は、最低圧力を国際的に認められている 100 mm Aq とする。

4.1.4 石油系ガス濃度

1) 通常のタンク内石油系ガス濃度

揚荷後の石油系ガスのタンク内での濃度は極度にバラツキが大きく、また時間経過による濃度の変化も大きく定量的につかみにくい。

その一例を資料一 4 に示してある。

2) 実験船における石油系ガス濃度

実験船の計測においても上記と同様の結果を得た。濃度はタンク内上部で 7 ~ 10 % で比較的近似しており底部でのバラツキが大きい。しかし、万一漏洩が発生した場合拡散される混合ガスはタンク上部のものが放出されると考えられるから対策を考慮する意味で一応の値を知っておくことは必要であろう。

3) NGF 工事における石油系ガス濃度の条件

このようにタンク内石油系ガス濃度は、バラツキ、変化共大きく、これを規制することは現実的でない。その意味で NGF 工事を実施している外国の基準例でもこの規制はない。したがって、タンク内石油系ガス濃度の制限値は特に決めず、漏洩する場合を想定して拡散されるタンク内上部の濃度を計測することを義務づけることがよいと思われる。

4.1.5 入出渠バラストの検討

入渠・係留後のカーゴタンク内のバラストの移動、排出はタンク内圧を変化させ、また、海面汚濁防止の見地

から禁止すべきである。

こゝでは、NGF船の入渠時に盤木、船体に対する条件が最も苛酷なVLCCを対象としてバラスト量について検討する。

1) V. L. C. Cの通常入渠時のバラストの実態

(1) V. L. C. Cの軽荷状態においては、

$$\text{船首喫水} (d_f) \approx 1 m$$

$$\text{中央喫水} (d_m) \approx 3 m$$

$$\text{船尾喫水} (d_a) \approx 5 m$$

という軽い喫水であり、かつ大きなトリムバイザスターントになっている。

(2) V. L. C. C入渠に際して考える条件は各ドックの状況により多少違いはあるが、通常次の通りである。

(a) 冷却水がとれる d_a (=船尾喫水) であること。

(通常 $5 m 500 \sim 6 m 500$ 必要)

(b) トリムバイザスターントでキール盤木の勾配にほど合致していること。

(通常 $1/400 \sim 1/250$ の勾配)

(c) バラストはウイングタンクには保有せず、キール盤木で荷重の支持ができるよう、センタータンクに保有する。

(d) 機関室部分は、過荷重になり易いので清水他燃料油を含めて極力少くし、多くても4,000トンを越さぬよう配慮すること。

(e) トリムを $1 cm$ 変えるためのモーメントは $2,000 \sim 2,500 \text{ ton-m}$ 、 d_m を $1 cm$ 変えるためのバラスト量は $120 \sim 140$ トンとして考えてよい。

(3) 実験船『清和丸』について検討すると

(a) 軽荷喫水	$d_f = 1 m 070$	}	→ 入渠時	$d_f = 4 m 770$
	$d_m = 2 m 930$			$d_a = 5 m 950$
	$d_a = 5 m 170$			

(b) 冷却水吸引可能喫水 $d_a = 5 m 700$

(c) トリム・バイ・ザ・スターント $319.3 \times 1/400 + \alpha \approx 800 + \alpha \rightarrow 1 m 180$

(d) 機関室清水、燃料油重量 : 3,700 トン

となっており、ほど通常の入渠バラスト状況と変わらない。

(4) 通常入渠のためには前述のように、『清和丸』同様 $15,000 \sim 20,000$ トンの海水バラストが必要で、しかも船首部に集中する。このバラストの完全排水のためには、

- ストリッパーポンプ ($500 \text{トン}/\text{hr}$) にてヤーライン接続して排水
- 船底外板に開口して排水
- ポットムプラグにより排水
- ポータブルポンプにより排水 ($60 \sim 100 \text{トン}/\text{hr}$)

が必要であり、いずれも長時間とかなりの費用が必要である。

したがって、

- タンク内に船コク構造、パイプ関係の修理がある。
- 船底がスウェットして塗装できない。

というような場合を除き、入渠期間中保有したまゝにするのが原則であり、またこれに耐え得るよう盤木配置は考慮されている。この場合、タンク内の検査は、港外着時、スロップ陸揚げ時間、入渠バラスト調整時間を利用して船級協会によるポート検査とともに施行するよう配慮している。

2) NGF 船のバラスト状態

以上の通り NGF 船のバラストは通常の V. L. C. C 入渠船とほど同様であり、特別な対策は必要でないと考えられる。

3) NGF 船の入渠中の船体撓みの検討

(1) V. L. C. C は航海中ホッギング／サッギング状態となっており設計的に最小限 150 mm 程度は考慮されている。

(2) ドライドックの盤木の整高は常時実施されており、ほど勾配に合わせて水平と考えてよい。

したがって、入渠中の船体の撓みはなく、盤木頂板の圧縮代による船体沈下だけである。盤木の圧縮は通常最大 40 mm 程度であり、その影響は無視してよい。

(3) 入渠バラスト塔載による船体のホッギングは通常 50 ~ 100 mm 程度であり、これによる船体、機器品の破損漏洩はこれまで発生しておらず、入渠前後において事故も発生していない。

(4) 以上総合して、NGF 船のバラスト保有のまゝの入渠によって、渠底、盤木、船体、機器品のいずれも通常の入渠船と変わらず、それにより事故が発生することは考えられない。

4.2 石油系ガスと酸素の監視の方法

4.2.1 計測機器の条件

通常、イナートガスシステムの安全機器として本船に酸素濃度、タンク内圧力の計測機器が設備されている。

しかし、実際に NGF 船工事施行にあたっては、本船の機器で使用できなくなるものもあるので、造船所で準備した計器で計測する必要がある。ここでは造船所で使用する機器の備えるべき条件を考察検討する。

1) 酸素濃度計

カーゴタンクの酸素濃度を計測するためには信頼性の高いポータブル式計測器を用いる。選定にあたっては次の事項に注意する必要がある。

- (1) 標準ガスによる 0 点および大気による 21 % スパン調整によって指示精度が確認されていること。
- (2) 防爆型式が認定されたものであること。

2) 石油系ガス濃度計測器

(1) 暴露部等における計測には光干渉式、接触燃焼式などの精度の高い機器が利用でき、通常のタンカーの計測と同様である。

(2) イナーティングされたタンク内の計測は、酸素が少い等特殊な条件であり、従来の計測機器では計測できない。したがって、混合器を利用し稀釀して計測するか、または、熱伝導度方式等の計測器（イナートガス内で使用できる機器）を充分考慮の上で使用する必要がある。

4.2.2 イナーティング状態のタンク内部の監視

イナーティング状態の監視としてはタンク内圧の監視が最も重要である。タンク内圧が適正な範囲内であれば石油系ガスの放出、酸素濃度の上昇も考えられない。

こゝでは、NGF 工事を安全に施工するために必要な酸素濃度、石油系ガス濃度、タンク内圧力の監視のあり方について検討する。

1) 酸素濃度の計測

酸素濃度が原則として 5 % で入渠係留された NGF 船では、タンク内圧力が負圧となり、大気の吸入が起らぬかぎり酸素濃度の変化は考えられない。しかし、タンク内の状態を確認するために、1 日 1 回各タンクの濃度計測を実行する。

2) 石油系ガス濃度の計測

石油系ガスは、タンク内でのバラツキが大きく、また、時間的変動もあるので制限しない。しかし、万ガスが放出された時の濃度を確認しておくために、1日1回各タンクの濃度計測を実施する。

3) ガスサンプリングの方法

濃度計測はサンプリングコック等をあらかじめ取付けてタンク内ガスを採取し、酸素、石油系ガスの両者について計測できるようにする。

4) タンク内圧力の監視

タンク内圧力が750mmAq以上、1,000mmAq以下で入渠係留されたNGF船では前述のようにタンク内が負圧となり大気を吸収するとか、または、過圧となりP/V弁からガスが放出されることはあり得ないといえる。

しかし、タンク内圧の保持は最も重要な事項であり、1日2回計測を実施し、異常の早期発見に努める必要がある。

タンク内圧の変化量は実船実験の結果から考えて、

上昇は、1日 300mmAq

低下は、工事期間中で 600mmAq

までは気候条件によって起こり得るといえる。

したがって、この範囲内は通常の変化量と理解してよいが24時間サイクルでこの変化量を越える場合は規制値の範囲から外れるおそれがあるものと考え、(4.4)に示す対策を考慮する必要がある。

4.2.3 タンク外部の監視

タンク外部の監視としては、デッキ上の石油系ガスの計測が主要である。タンクパートのデッキ上は、火気工事を禁止するが、通常のタンカー修繕船同様、1日2回のガス検知を実施することが必要である。特にNGF船の場合には、下記の対策を考慮し厳重に監視する必要がある。

- (1) 着工前のガス検知
- (2) 着工前周辺の閉鎖された開孔部、継手部等の漏洩点検
- (3) 工事施工中の定期的ガス検知
- (4) 周辺バルブ、ハッチ等の開閉禁止処置の再確認

4.2.4 イナーティングタンクの隣接区画の監視

イナーティングされたタンクの隣接区画は、石油系ガスおよび酸欠を招くイナートガスが漏洩する恐れがあり、厳重に監視する必要がある。

1) 監視の方法

通常のタンカー修繕船同様・1日2回、石油系ガス及び酸素の濃度を計測する。

2) 立入対策

イナーティングタンクにされた隣接するポンブルーム、専用パラストタンク等は、点検・受検のため立入る必要が生じることが多いので、上記の監視体制とともに、十分な換気措置を講じる必要がある。

4.3 火気工事に対する検討

NGF工事は通常のタンカーの修理作業と異なり、イナーティングされたタンク内には石油系ガスが残留している事から、万ガスの漏洩があった場合を考慮し、火気工事に制限を付し、特別なる警戒体制下のもとに工事を実行する必要がある。

4.3.1 発火源の評価

NGF工事中考えられる発火源を火炎、固体火花、電気火花、静電気に分類し、発火源としての評価を行う。

1) 火炎

電気・ガスによる溶接及び切断作業、アークエヤーガウジング作業がある。これらは最も強力な発火源であり、その温度も1,570°Cに達する。また発火能力のある火の粉は無風時において4~5mm飛散し風によりその距離を増大する。

2) 固体火花

固定火花の発生源としてグラインダー作業、サンドブラスト作業、及び工具その他の落下がある。火花は飛散と共に冷却され昼間においては700°C~800°C以下で視認出来なくなる。したがって、視認不能な固体火花であっても石油系ガスに対し発火源となり得る。

3) 電気火花

発生源として各種電動機、照明器具、スイッチ類があり、その火花はいずれも石油系ガスに対し発火源となる。

4) 静電気

一般に液体の流動、ガス類の噴出等による静電気の発生は、爆発事故の発火源となる危険性がある。しかしNGF工事中のタンク内酸素濃度は常時8%以下に維持されており、また上記のような静電気の発生する作業もないのに、この種の静電気が爆発事故の発火源となる危険性はないが、人体帶電における静電気の危険性は無視できない。絶縁状態にある人体に蓄積される静電気の例を下表に示すが、石油系ガスの最小発火エネルギーは0.2[mJ]であり、人体がこの静電エネルギーを蓄積するに必要な静電電位は約1,000[V]であるので、人体電位が1,000[V]に達するような動作をする場合は、放電による着火の危険性があると考えなければならない。

動作	電位(実測)
ナイロンカーペット上の歩行による帶電 (新しい合成底靴での歩行)	-2,900V
リノリューム、合成樹脂タイル、大理石上の歩行による帶電	1,000~1,500V
ビニールカバーのソファーに化繊の衣服を着て着席したまま動搖した場合の帶電	10,000V
化繊衣服を着てビニールカバーの椅子から立上った場合の帶電	10,000V

「タンカーの静電気放電による爆発の防止に関する研究」

日本海防止協会発行より

4.3.2 発火源による危険区域の判定

こゝでは発火源別に着火の危険区域について検討する。

1) 火炎による熱伝導の危険区域

資料-25は板厚12mm及び21mm鋼板溶接時の温度分布を、資料-26は板厚11mm及び20mm鋼板のアークエヤーガウジング時の温度分布を示す。テスト結果はいずれも熱源より20mm以内は、発火可能な領域であることを示している。

また、100mm~200mm離れば温度上昇は認められない。したがって電気溶接、ガス溶接及び切断、アークエヤーガウジングの熱伝導に対する危険区域は溶接個所及び切断個所より200mmを見ておけばよいと考える。

2) 火の粉、火花等の飛散による危険区域

電気火花を除く火の粉、火花の飛散区域は資料一-27に示す。この資料によれば、

(1) ガス切断の飛散区域

発生源高さ 20mの場合	15m飛散
" 2.2mの場合	10.5m飛散

(2) アークエヤーガウジングの飛散区域

発生源高さ 0mの場合	4~5m飛散
-------------	--------

(3) 電気溶接 付近2mに飛散

といえる。こゝでは最も飛散範囲の大きいガス切断作業を対象として検討する。

4.3.3 火気作業の種類と使用制限

工事のための大気作業は、石油系ガスとの発火源とする可能性があり得るので、安全上条件をつけ規制する必要がある。

すなわち、漏洩の可能性が考えられるイナートガス封入タンクパートの甲板上、その隣接区画および火花の飛散がタンクパート上面に及ぶ居住区外部など高所での火気作業は禁止する。なお、その他の場所での火気作業と区画を下表に示し、その許容される使用条件を検討する。

火 气 作 業		機 関 室 操 舵 室 居 住 区 内	船 首 部 船 尾 部	タ ン ク パ ー ト 外 板
火 炎	電気溶接及び切断作業	○	○	
	ガス溶接及び切断作業	○	○	
	アークエヤーガウジング作業	○	○	
固 体 火 花	グラインダー作業	○	○	○
	工具その他の落下	○	○	
	サンドブラスト作業	○	○	○
電 気 火 花	各種電動機、照明器具、 スイッチ類	○	○	

1) 機関室操舵機室及び居住区内

この区画はタンクパートから十分隔離された区画であり通常のガスフリー下の修理作業と同様であるので特にNGF工事として火気作業の制限も考慮の要はないと考えられる。

2) 船首尾甲板上

NGF船は漏洩のないという前提条件のもとに曳き入れられるが、こゝでは曳き入れ後漏洩が発生したとして考える。拡散実験からの結果によれば拡散筒150φ相当の放出量の場合でも放出源より5m離れていれば石油系ガスは爆発の危険性はないといふられる。一方ガス切断作業における火花の飛散区域は高さ2mで約10mである。したがって船首尾部上甲板の作業については次の様な使用禁止区域を考える必要がある。

- (1) 閉鎖されてた開孔部より10m以内の火気工事は禁止する。
- (2) 拡散実験のような多量の漏洩は考えにくいか万一の漏洩を考慮し、かつ甲板面上での滞留現象を考慮して閉鎖された開孔部付近15m以内で火気使用の場合はその開孔部1m以内の個所に石油系ガス警報器を設置する。
- (3) その他ガス切断作業はタンクパートに背を向けて行うか遮弊物を設置するなどの考慮をする。

3) 船首尾外板

船首尾外板部については閉鎖された開孔部がなく、また石油系ガスの滞留現象のないことから火気の使用は問題ないと考える。

4) タンクパート上甲板

- (1) 火気使用作業を伴わない工事に限定する。
- (2) 特に落下衝撃等火花が発生しないよう十分注意する。

5) タンクパート外板部

タンクパート外板部には漏洩の原因となる閉鎖された開孔部もなく、また、石油系ガスの滞留もあり得ないので、NGF工事における外板部のサンドブラストとグラインダー作業の火花は全く問題とならないと考えられる。

特にサンドブラストでは通常 6 Kg/cm^2 の圧力のエヤーで噴射されているので、石油系ガスは吹き飛ばされ、着火の危険性は考えられない。

6) ドック内での石油系ガスの滞留

実船実験で故意にガスを放出した場合においてもドック内での石油系ガスの滞留は認められないのでその危険性はないと考えられる。

4.3.4 その他の注意事項

1) 臭気によるガスの検知

一般に計測器で感知できない微量な石油系ガスでも臭気により容易に感知できる。したがって臭覚による滞留ガスの検知も有効である。しかし臭覚は個人差が大きく麻痺しやすい点に注意を要する。

2) 人体の静電気

人体に帯電される静電気は作業に関係なく発火源となるおそれがあるのですべての乗船者は乗船前に人体をアースし放電させる必要がある。

4.4 規制条件を外れる原因とその対策

工事期間中に規制条件を外れることが起り得ると考えられるのは、

- タンク内圧が $1,400 \text{ mm Aq}$ を越えるまで上昇
- " 100 mm Aq を下廻るまで下降
- 万一、タンク内圧が負圧となり大気を吸入してタンク内酸素濃度が上昇 8% に達する。

というケースである。

以下その対策について検討する。

4.4.1 タンク内圧が上昇する場合

1) タンク内圧が上昇し、 $1,400 \text{ mm Aq}$ に達すれば P/V弁が作動し過圧分のガスが大気中に放出される。不意の放出は、工事中止等の対策がおくれるので、むしろ意識的に風向、風速、周囲の状況等を考慮して連続的または少量づつ断続的にベントライザー上部より放出する方が安全である。以下その各々について無風に近い最悪の条件で検討する。

(1) 人為的に放出する場合

1日2回タンク内圧を計測し、 $1,400 \text{ mm Aq}$ を越すおそれが発生した場合、 50 mm Aq に相当するタンク内混合ガスを放出することにする。

50 mm Aq に相当する混合ガスの量は、カーゴタンクの全容積を $270,000 \text{ m}^3$ として 0.5% の $1,300 \text{ m}^3$ となる。放出された混合ガスの石油系ガス濃度を 10% とすれば、放出された石油系ガスの量は 130 m^3 となる。

拡散実験（そのⅡ）では、 900 mm Aq の加圧されたタンクを圧力0にするために石油系ガス換算 65 m^3 を風速 1 m/sec で5分間放出した場合、上甲板上およびドック周辺を含めて石油系ガスは全く検知されなか

ったことが報告されており、このことから、 $130 m^3$ 相当の石油系ガスを $65 m^3$ づつ 2回に分けて放出すれば同様に全く問題ないと推測できる。

(2) P/V弁が作動し放出される場合

一般に P/V弁の最大吐出量 (Q) は、メーカー（新倉工業）の資料によって

$$Q = C \cdot A \cdot \sqrt{2gH/r} \quad (m^3/sec)$$

で表わされる。

ここで H :	圧力差	$0.14 kg/cm^2 = 1,400 mm Aq$
A :	断面積	$d = 250 mm$ (VLCC～ULCC用)
r :	$1.48 kg/m^3$	(ISOBUTANE 10%, O ₂ :5%, CO ₂ :14.5% として)
C :	0.375	(ピストン型 1,400 mm Aq 差圧時)
	0.025	(ウエイト型 1,400 mm Aq 差圧時)

したがって

$$Q = 3,600 C \cdot \frac{\pi d^2}{4} \cdot \sqrt{2gH/r} = 9,023 m^3/hr$$

石油系ガス濃度を10%とすれば、P/V弁より放出される最大石油系ガス放出量は、 $9,023 m^3/hr$ となる。放出口高さ 甲板上 12 m, 風速 1 m/sec, 気象条件中立および不安定について Sutton 式により拡散(3分間平均)状況を計算した場合の分布図を資料-28に示す。

この分布図より検討すれば、甲板直上の高さではほとんど検知されない程度の濃度しか認められない。また、高さ 12 m の高さでは完全な無風状態はあり得ないと考えられるので比重差による滞留も考慮の必要はないと考えられ、したがって、P/V弁が万一何等かの理由で作動した場合でも、甲板上および周辺での石油系ガスの滞留は考えられない。

2) ベントライザーから放出される場合の対策

人為的に放出する場合、または P/V弁が作動した場合に備え、少くとも次の対策が実施または処理できる体制を考慮しなければならない。

- 非常用サイレン等の警報装置の設置
- 全作業員および関係者への通告
- 暴露部の全工事を中止
- クレーン等のスパーク発生のおそれある機器の停止
- ドックおよび周辺作業の中止等の処理

4.4.2 タンク内圧が下降する場合

工事期間中タンク内圧が $100 mm Aq$ を下廻る場合は全工事を中止し、以下の対策措置を行なう。

(1) 異常な温度低下により内圧が $100 mm Aq$ より以下に下降する場合

漏洩による圧力損失がないにもかゝわらずタンク内圧が下降し $100 mm Aq$ を下廻るおそれがある場合はあらかじめ準備してあるタンクローリー車を使用し、トッピングアップを実行する。

実験によって明らかになったように冷却によってタンク内温度が低下し圧力が $100 mm Aq$ を下廻る可能性がある場合は1日の最大圧力低下量 $600 mm Aq$ を復元する必要があるので必要最大加圧量は $600 mm Aq$ とし、トッピングアップに要する許容時間は温度変化の1サイクルである24時間以内でなければならない。

(2) 漏洩によって内圧が $100 mm Aq$ より以下に下降する場合

温度低下による内圧の下降だけでなく、明らかに漏洩によってタンク内圧が $100 mm Aq$ を下廻るおそれのある場合を考える。

前述のように NGF 船では曳入れ前に漏洩がないことが確認されるが、入渠・係留後に何等かの理由により漏洩が発見された場合は、漏洩の発見されたタンクまたはパイプのバルブを閉め、加圧分を放出して十分な修理を行なわなければならない。修理を行なう場合、当該タンクの内圧は大気圧と同じになるが、(3.3.1) の解析で述べたように、その場合のタンク内酸素濃度の上昇は、 510 mm Aq 相当の圧力変動が 24 時間サイクルで生じて徐々に大気を吸収しても、理論的に酸素濃度が 5 % の場合 1 日 0.78 % の上昇であり、また 7 % の場合でも 1 日 0.69 % しか上昇せず、8 % 以上になるには各々 2.5 日以上、1.5 日以上の余裕期間がある、といえる。

修理完了後は、バルブを開放して他タンクと共通圧力にするか、トッピングアップによって加圧し、規制値内への回復を図る。加圧分を人為的に放出することは、拡散テスト(そのⅡ)および 4.4.1 で検討したような適切な対策を施行することによって可能である。

4.4.3 酸素濃度が上昇する場合

工事期間中、酸素濃度が 7 % を越える場合は全工事を中止し、以下の対策措置を行なう。なお、8 % を越える場合は全工事を中止し、適切な措置を講ずることが必要である。

1) 酸素濃度が 5 % 程度で、タンク内圧が負圧となる場合

漏洩(吸い込み)がなければ酸素濃度の上昇はあり得ない。しかし、吸い込みが生じた場合は、一時的にタンク内に酸素濃度が急上昇する部分ができる。この上昇部分は実験結果からみれば 2 ~ 3 時間で拡散稀釈されるが、たとえ短時間でも高濃度の部分ができるのは好ましくなく、むしろ大気圧と同程度の時点で大気に開放した方がよいといえる。この場合の酸素濃度の上昇は緩慢で(4.4.2)で考察したように 8 % に達するには 2 日以上かかり、その間に対策の立案、処置が可能である。

2) 酸素濃度が 7 % 近くでタンク内圧が負圧となる場合

基本的には、1)項同様の処置を考慮すればよい。ただし、この場合は、1)項の場合と比較して、酸素濃度が 8 % に達するまでの時間的余裕が少ないので、対策の立案、処置については、特に迅速に行う必要がある。

3) 前述のように酸素濃度の上昇する恐れがある場合は、タンク内圧が異常低下し、トッピングアップによって 100 mm Aq が保持できない場合の対策であり、監視の徹底によって防止することが重要である。工事の中止等の処置は、タンク内圧 100 mm Aq を下廻る恐れのある時点で速やかに実施され、完全に内圧が回復した後でなければ工事の再開等をしてはならない。

4.4.4 トッピングアップ装置

タンク内圧が低下し、 100 mm Aq を下廻るおそれが生じた場合は、直ちにトッピングアップを実施する。

以下、トッピングアップ装置の必要能力を考察する。

1) 必要能力の検討

(4.4.2)で考察したようにトッピングアップ装置は必要最大加圧量 600 mm Aq にタンク内圧規制値の 100 mm Aq を加えた 700 mm Aq の加圧が必要である。すなわち、全イナーティング容積の 7 % 相当分を 24 時間以内でトッピングアップすることが必要となる。

例えば、全イナーティング容積を $270,000 \text{ m}^3$ とすれば、

$$270,000 \times 7/100 \div 24 (\text{hr}) \doteq 785 \text{ m}^3/\text{hr} \quad (18,900 \text{ m}^3/\text{日})$$

となり、最低これだけの N_2 供給能力を必要とする。

2) 実験船によるトッピングアップ実験でのタンクローリー車と蒸発器の能力は、

N_2 平均温度 25°C , 気化量 $873 \text{ m}^3/\text{トン}$, 合計 $8,730 \text{ m}^3/\text{車}$

であり、1 時間当たり最大気化量 $870 \text{ m}^3/\text{hr}$ で、1 車の供給時間は 10 時間で十分満足していた。

4.5 管理体制

4.5.1 一般管理体制

今まで検討してきた通り、NGF工事の実施にはその工事の特殊性から種々の制約条件を伴なうことになり、高度の知識と管理体制が要求される。その為には各施行造船所ならびに船主（本船）は、次の事項を整備することが不可欠である。

- 施行安全基準の整備
- 安全管理組織の確立
- 教育資料の整備と安全教育の実施
- 連絡調整の徹底

また、施行造船所はNGF工事のための安全管理だけでなく、NGF工事を行なうドック、岸壁周辺の設備、他の作業、および周囲環境への影響に十分留意すべきである。ここではNGF工事安全管理に不可欠な諸項目に対してその基本的考え方を検討する。

1) 施行安全基準

受け入れ造船所ならびに船主（本船）は、本報告や関係官庁の指導事項をふまえて、NGF工事に対する施行安全基準を作成することが必要である。その基準には今後定められる関連法令を含むことは勿論、具備すべき最低の普適的内容が盛込まれていなければならない。そのためには各造船所、船主（本船）等が、それぞれ独立に作成するのではなく、造船工業会、船主協会等で作成した一般的基準をベースに各造船所、船主（本船）がそれぞれの立地条件、組織等の特徴を加えて基準を作成するのがよい。

2) 安全管理組織

造船所の場合NGF工事の総括ならびに、統括安全衛生管理要領は、一般的には従来の各造船所安全衛生管理要領に基づいて管理することになるが、本工事の特殊性を考慮し次の担当職務を選任することにより本工事に従事する管理者並びに担当者を限定し、安全衛生管理の徹底を計ることが必要である。

- (1) 総括工事責任者： NGF船工事及び安全衛生管理のとりまとめ、一般的には船別統括安全衛生管理者を兼任、関係官庁、船主（本船）、造船所側間の連絡調整のとりまとめ。
- (2) イナーティング保全管理者： ガス検知、イナートガス圧力計測、トッピングアップ等イナートガス保全業務のとりまとめ。
- (3) イナーティング保全専任担当者： カーゴタンク気密性の確保、イナートガス圧力計測、トッピングアップ等イナーティング保全業務。
- (4) ガス検知専任担当者： ガス検知業務。
- (5) 専任舷内管理担当者： 部外者の侵入防止、携行品の検査等監視業務。

また、船主（本船）側もこれに準じた安全管理組織の確立が必要である。

3) 安全教育

造船所側及び船主側は、教育責任者を指名し、施行安全基準等の必要な教育資料等により、NGF船工事の関係者に十分な教育を行う必要がある。

4) 連絡調整

本船の曳入れまでのイナーティング状態は本船側が本船機器によって準備することになり、曳入れ後イナーティング状態の保持には造船所、本船側共同で従事する。したがって、船主（本船）、造船所間での十分な連絡調整が要求される。

4.5.2 緊急時体制

1) 緊急事態の考察

考えられる緊急事態としては、

- (1) 何らかの理由により、イナートガス圧力を100mmAq以上に保持できなくなる場合。
- (2) 何らかの理由により酸素濃度が8%を越える場合。
- (3) NGF船の火災爆発等。
- (4) 天災(台風、落雪、地震等)。

等があり、(1), (2)については4.4「規制条件を外れる場合の原因とその対策」で検討されているので、ここでは、(3), (4)についてのみ検討する。

2) 火災爆発等の場合

この場合

- (1) 機室操舵機室内火災
- (2) F.O.タンク火災爆発
- (3) 居住区内火災
- (4) NGFタンク漏洩箇所への着火(甲板上、ポンプ室、タンクパート、シーチェスト等)
- (5) ドック周辺構造物船舶等の火災

等が考えられる。(1), (2), (3), (5)は通常のタンカー修理工事と同様条件であるが、特に厳重に警戒する必要がある。(4)についても、通常漏洩は考えられず、たとえ漏洩があってもNGFタンク隣接閉区画での工事を禁止しているので、火災爆発は起り得ないといえる。しかし、万一火災爆発が生じた場合は、NGFタンクの構造破損により、酸欠事故、二次火災等生じ得るので、状況により初期消火と退避の境界を安全基準等に盛り込むことも必要である。

なお、工事期間中造船所は本船の消火装置が有効に使用できるよう措置を講ずるとともに、ドック周辺等本船周辺の陸上にも消火設備を設置しておく必要がある。

3) 天災

(1) 台風

台風の場合、一般修繕船同様、関係官庁の勧告指示に従い、適切な防災処置を実施しなければならない。入渠係留の場合は、クレーン転倒防止対策、係留ワイヤーの増し張り等の対策を実施する。万一甲板上のハッチ等が何等かの原因で破壊され、大量に石油系ガスが漏洩しても、ガスは強風により急激に拡散され着火の可能性はまずないと考えられる。

ただし、破壊によって漏洩が起る場合は急激な吸い込みが生じるおそれがあり、酸素濃度が規制値を越えることが考えられるので、迅速な漏洩防止対策と処置が必要である。

(2) 落雷

落雷による電流は通常10~20KA程度と言われるが、この電流を接地線を通してアースするには、温度上昇を200°C以下に押された場合断面積30mm²で銅線相当の接地線があれば十分と言われている。

(JIS規格 A-4201より)

これに対し、一般に船体接地ケーブルの寸法は各造船所共15~20mm径(断面積約100mm²~200mm²)を使用しているので、問題はないと思われる。当然のことながら安全基準には入渠中の接地を義務づける必要がある。

(3) 地震

a) ドック及びクレーンレールの耐震強度

ドック及びクレーンレールの耐震強度は港湾構造物設計基準(日本港湾協会発行)に基き設計されており、その耐震強度は地域地盤により相異はあるが、水平方向地震系数(全国平均)約0.2=196galの

数値で設計されている。したがって 200 gal 程度の地震で破壊されることは先ずないと考えられる。

b) 走行クレーン転倒

地震時におけるクレーンの安全性については、港湾荷役機械化協会検討資料（昭和 51 年 3 月 港湾クレーン耐震設計指針）によると、200 gal 程度の地震では地盤の不同沈下を起こさない限り転倒する危険性はないと結論されている。クレーン構造上の耐震強度については労働省告示（昭和 51 年 8 月 5 日）クレーン構造規格によりクレーンにその垂直静荷重の 20 % に相当する水平荷重がかかるものとして計算することが規定されている。のことから約 200 gal 程度の地震では安全と考えられる。また、我国では過去において地震により造船所クレーンが直接転倒した例は認められていない。

4) 緊急時体制

イナーティング状態の異常もしくは、火災、爆発等の事故発生時に迅速に対応するため、次の体制が必要である。

- (1) 保安要員の配置
- (2) 通報先の明確化
- (3) 通報設備の設置と通報要員の配置等迅速な連絡体制
- (4) 緊急事態に対する処置決定と権限の明確化
- (5) 警報装置の設置
- (6) 消火設備の設置
- (7) 避難通路の確保
- (8) 避難誘導設備の設置
- (9) 応急救護器材の設置
- (10) 特別自衛消防隊の編成

5) 緊急時の処置

4.4 に記載の規制条件を外れる場合および天災、火災等によって最終的に本船のイナーティング状態（酸素濃度 8 % 以下、イナートガス圧力 100 mm Aq 以上）を保持できなくなる場合、NGF 総括工事責任者および本船船長はすみやかに全工事を中止し、適切な措置をとると共に関係官庁等関係先と協議することが必要である。

5 安全性の評価と結論

以上、本部会ではタンカー（含兼用船）の揚荷後イナートガスを封入した状態で修繕するための工事について調査研究を進めて来たが、これ等の結果を総合すると、以下に述べる基本的条件が満たされているならば、本工事の安全性は確保できるものと考える。

1. 対象とする船舶

本工事の実施対象船舶は原油タンカー（兼用船を含む）とし、次の要件を具備しているものとする。

- (1) 承認されたイナートガス装置を備えていること。
- (2) 本船に専門的知識を有する技術者と管理体制が整備されていること。

2. 対象とする造船所

本工事を実施する造船所は以下の要件を具備しているものとする。

- (1) 安全な立地条件にあること。
- (2) イナートガスが必要に応じ供給可能であること。
- (3) 専門的知識を有する技術者と管理体制が整備されていること。
- (4) 緊急時に対応できる設備および施設を備えていること。
- (5) 管理および試験に必要な機器を備えていること。

3. 工事施行上の条件

本工事の実施に際しては以下の条件が満たされているものとする。

- (1) 造船所に受入れ時のタンカーの条件
 - a) イナートガスを封入したカーゴタンクの気密性が十分保持されていること。
 - b) イナートガスを封入したカーゴタンク内圧力が 750 mm Aq ないし $1,000 \text{ mm Aq}$ の範囲にあること。
 - c) イナートガスを封入したカーゴタンク内の酸素濃度が原則として 5 % を越えないこと。
- (2) 造船所に受入れ後工事中に確保すべき条件
 - a) イナートガスを封入したカーゴタンクの圧力が、 100 mm Aq ないし $1,400 \text{ mm Aq}$ の範囲にあることを常時監視、確認すること。
 - b) イナートガスを封入したカーゴタンク内の酸素濃度が常時 8 % を越えないように監視、確認すること。
 - c) 施行する工事の区域に次の制限を設けること。
 - i) イナートガスを封入したカーゴタンク内はあらゆる工事および立入りを禁止する。
 - ii) イナートガスを封入したカーゴタンクの隣接区画内では一切の火気工事（火炎工事および火花工事）を禁止する。
 - iii) イナートガスを封入したカーゴタンク部およびその隣接区画の上甲板では一切の火気工事を禁止する。ただし、カーゴタンク部に閉鎖された開孔部がある場合にはその開孔部より 10 m までの区域もしくは隣接区画部の区域のいずれか広い方を上甲板上の火気工事禁止区域とする。
 - iv) イナートガスを封入したカーゴタンク部およびその隣接区画部の外板における火炎工事を禁止する。

なお、こゝに火炎工事とは電気溶接および切断作業、ガス溶接および切断作業、エヤーガウジング作業、その他発熱を伴なう作業をいい、火花工事とはグラインダーおよびサンダー掛作業、サンドブラストまたはグリッドブラスト作業、落下または打撃による火花、電気火花を伴なう工事等をいう。

また、上記以外の場所における火気工事についても工事前に爆発または火災のおそれのないことを確認するものとする。

4. 工事を中止すべき条件

次の事態の内いずれか一つでも起った場合、または起ることが予想される場合は、すべての工事を直ちに中止し、適切な措置をとらなければならない。

- (1) イナートガスを封入したカーゴタンクの圧力が 100 mm Aq ないし 1,400 mm Aq の範囲を外れる場合
- (2) イナートガスを封入したカーゴタンク内の酸素濃度が 8 % を越える場合
- (3) 台風、落雷、地震等により前段の条件が満たされない場合

その他、上記の基本条件の周知徹底をはかるために、工事の施行に関する具体的方法を盛込んだ必要な施行基準を作成すると共に、これを関係者に周知徹底させることも必要である。なお、本報告において検討したイナートガス封入状態での修繕船工事は慎重に実施されれば、従来事故が多いタンククリーニングおよびそれに付随する作業がないという点でむしろ危険性の高い工程ならびに海洋汚染の機会を減らすことに役立つとも考えられるので付言しておく。

付 記：NGF 工事実施上での問題点

現行法規のもとで NGF 工事を実施するに当っては、イナートガス封入状態での原油タンカー（兼用船を含む）は揚荷後といえども「危険物積載船」とみなされるため、次のような問題がある。

1) 港則法関連

特定港では停泊、停留する場所が指定され、また当該船舶への他船の接近、接舷が制限される。このため、修理の際の停泊場所、工事内容に制限を受けることがある。

2) 危険物船舶運送及び貯蔵規則関連

危険物を積載または貯蔵している区画の隣接する場所では火花または発熱を伴なう工事は禁止されているため、外板塗装に必要な下地処理であるサンドブラストまたはサンダー掛けができない。したがって、本工事を実施するに当っては前項の安全上の問題と共にこれ等の法令の問題も検討されなくてはならないが、これ等は本部会の調査研究の範囲外と考えられるのでこゝでは除外した。

6. あとがき

日本造船研究協会の昭和53年度事業として1年間にわたりNGF工事の施行法に関する調査研究を進めてきたが、これにて結論を得て、報告するはこびとなつた。

本報告書が我が国におけるNGF工事の実施に際して参考となれば幸いである。なお、本調査研究を進めるに当り、部会の運営、実船実験並びに資料の収集、報告書の作成に御協力を頂いた下記の方々に厚く御礼申し上げる。

(敬称略、順不同)

運 輸 省	船 舶 局
	四国海運局船舶部
	船舶技術研究所
海 上 保 安 厅	警備救難部航行安全指導課
	坂出海上保安署
	坂出港長 上馬場 豊
消 防 厅	危険物規制課、予防救急課
	坂出市消防本部
労 働 省	労働基準局安全衛生部労働衛生課
	坂出労働基準監督署
日本海事協会	坂出支部
東燃タンカー㈱	
昭和海運㈱	
川崎重工業㈱ 坂出工場	
日本船舶保険連盟	
石川島播磨重工業㈱ 横浜第二工場	平野 芳郎
三菱重工業㈱ 長崎造船所	松本 浩一
日本造船工業会	三木 利明
日本造船研究協会	大西輝之

参考文献

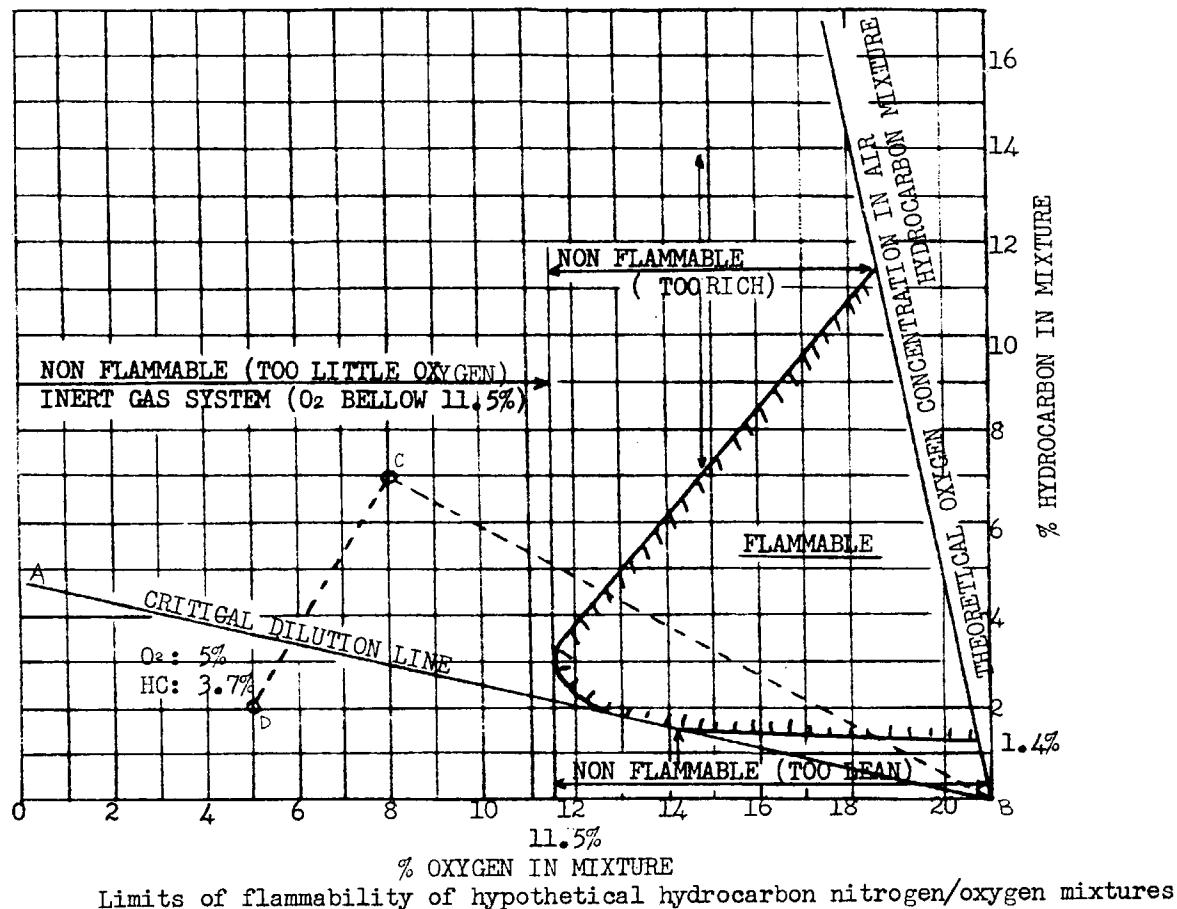
- 1) イナートガスシステムに関するIMCO勧告(1973年)
Resolution A. 271(VIII) Recommendation to put fire safety measure for tankers and combination carriers into effect.
- 2) イナートガスシステムに関するIACS統一規則(1974年)
IACS(International Association of Classification Society)
UNIFIED REQUIREMENT, Requirement 79
- 3) Mr. C. F. Day, Mr. E. H. W. Platt, Mr. I. E. Telfer(B. P. Tanker Co. Ltd) & Mr. R. P. Tetreault.
"The Development and Operation of an Inert Gas system for Oil Tankers" at The Royal Institution of Naval Architects, VOL. 114. 1972.
- 4) 坂部 務, 白沢忠雄, 田森行男, 服部久雄 — 大気汚染公害の防止技術

「タンカーのノンガスフリー工事施工法に関する調査研究」

資料

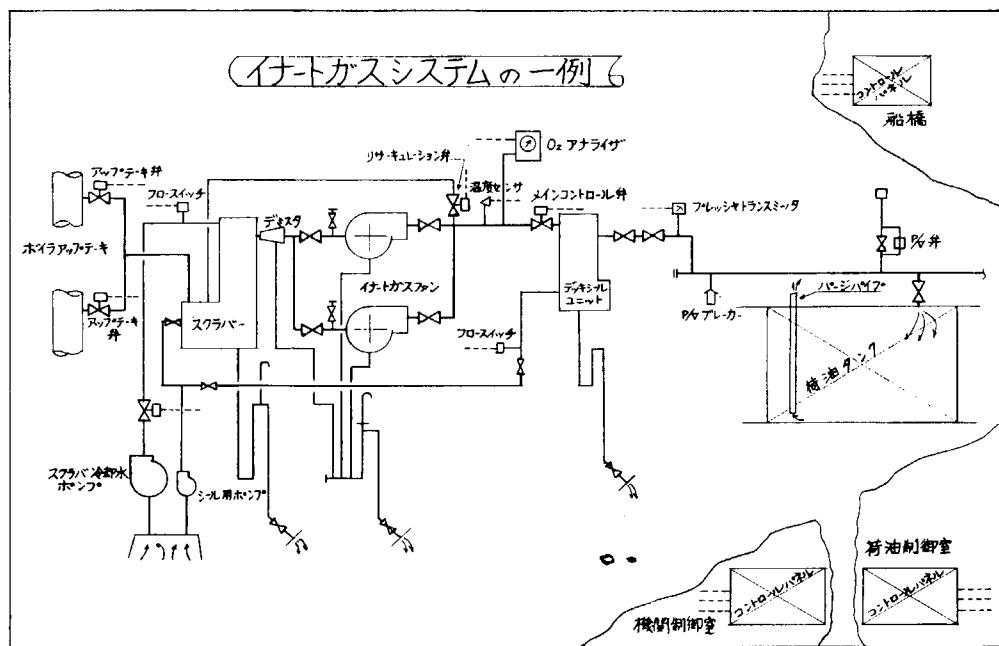
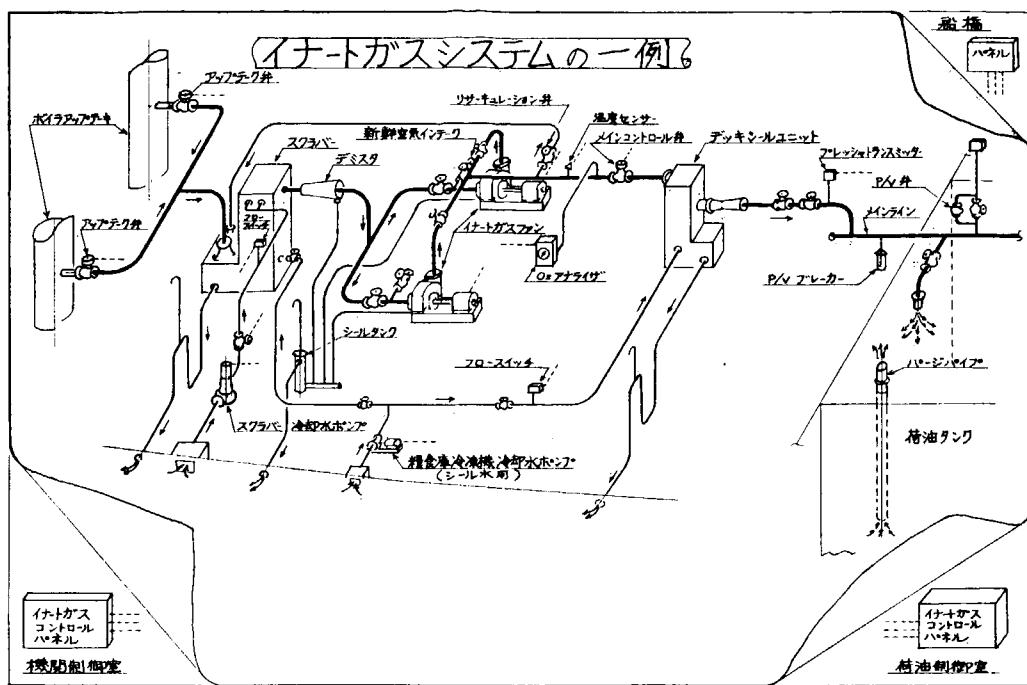
- 資料No.1 石油系ガス／酸素混合気体の爆発限界図
- " 2 外国に於ける Non gas free 工事施行基準一覧表
- " 3 イナートガスシステムの一例
- " 4 タンク内石油系ガス濃度の経時変化とバラツキの一例
- " 5 原油洗浄記録表
- " 6 岩壁での温度／圧力変動の一例
- " 7 イナートガス封入タンク内圧変化(バラスト航海中)
- " 8 清和丸 Capacity Plan
- " 9 川崎重工業株式会社坂出工場レイアウト
- " 10 NGF 実験及び一般工事実績表
- " 11 積載油の種類
- " 12 燃料油試験成績表
- " 13 Gas Check Report
- " 14 空船時イナートガス圧力変化について
- " 15 入出港バラストコンディション
- " 16 入渠中の盤木配置
- " 17 拡散実験〔其の1〕計測点配置図
- " 18 外的要因計測点
- " 19 清和丸実験基礎データー
- " 20 拡散実験〔其の1〕
- " 21 拡散実験〔其の2〕
- " 22 本船周辺のガス検知結果
- " 23 タンク内温度変化と圧力変化
- " 24 拡散実験〔其の1〕の石油系ガス濃度分布図
- " 25 手溶接時に於ける母材の温度分布
- " 26 アークエヤーガウジング時に於ける母材の温度分布
- " 27 ガス溶解。アークエヤーガウジング火花の飛散例
- " 28 ベントラトライザーから放出される場合の石油系ガスの濃度分布

(THE DEVELOPMENT AND OPERATION OF AN INERT GAS SYSTEM FOR OIL TANKERS)

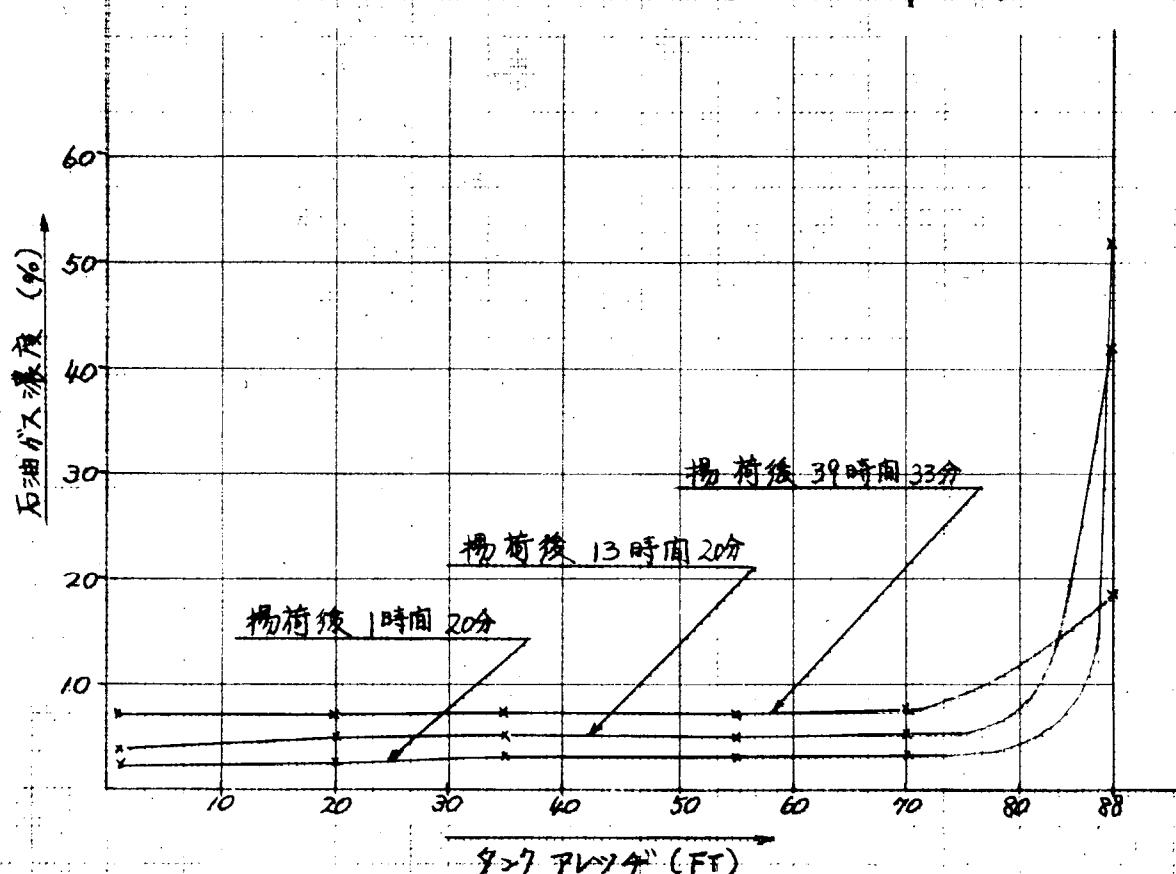


外国に於ける NON GAS-FREE 工事施行基準一覧表

項目	A . F . O (L)	B.P.タンカー (英)	TERRIN (L)	本府補足通達	MARSELLES 港湾局守則	BREST 港湾局守則	LISNAVE SETENAVE (ボルトガル)	VEROLME(オランダ)
1 残漏ガス規制	5 % 以下	7 % 以下	7 % 以下	7 % 以下	7 % 以下	7 % 以下	5 % 以下 中 7 % 以下	(IGS非表船対象) 規定せず
2 タンク内圧制	127 m A 9 以上	150 m A 9 以上	150 m A 9 以上	150 m A 9 以上	150 m A 9 以上	150 m A 9 以上	750 m A 9 以上 中 150 m A 9 以上	規定せず
3 入港後のガス検知	毎日施行	(毎日施行)	O ₂ ガス 7 % 以上又はO ₂ ガス 7 % 以上又はタンク内圧 150 m A 9 以下の場合はタング内圧 30 m A 9 以下の場合またはO ₂ ガス 10 % 以上の場合は火気工事を中止	毎日計測	毎日計測	毎日計測	(毎日施行) O ₂ ガス 7 % 以上又はタンク内圧 10 m A 9 以下の場合は火気工事中止	規定せず
4 異常時の処理	不明	不明	不明	同	左	同	左	無
5 工事施行範囲	1) 外板塗装 2) 魚室、艤室、火気工事 3) 居室及び工事 4) 舵部(火気工事) 5) 騒部 6) 海水ポンプ室 7) 王室シップ室 8) 甲板上 9) 人気窓(遮蔽) 10) その他	1) プラスト施工 2) 施行 3) " " 4) " " 5) " " 6) " " 7) 不可 8) " " 9) 不明 10) 隔離タンクのみが スクリーとしての海 難工事あり	1) プラスト、サンダー 2) プラスト、サンダー掛け施行 3) 施行 4) " " 5) " " 6) " " 7) 不可 8) " " 9) NON GAS FREEタンクより 5m以内 開口より10m以内 開口より10m以内 開口より10m以内 10) 不明	1) プラスト、サンダー掛け 2) 許可 3) " " 4) " " 5) " " 6) " " 7) 不明 8) " " 9) NON GAS FREE タンクより 5m以内 開口より 10m以内 開口より 10m以内 10) 不明	1) プラスト 2) 施行 3) " " 4) " " 5) " " 6) " " 7) 小規模非火気工事のみ 合非火気工事のみ 8) 小規模非火気工事のみ 9) 不明 10) ピルヂキールアノード溶接施行	左記と同じ	左記と同じ	1) プラスト施工 2) 施行 3) " " 4) " " 5) " " 6) " " 7) 隔離タンクガスフリーカ 合非火気工事のみ 8) 小規模非火気工事のみ 9) 不明 10) カーボンタンク隣接タンクガ スフリーの場合は非火気工事のみ
6 イナートガス セネレーター	不明	1) H ₂ ガス 500 m ³ /H 2) イナートガス 1,000 ~ 2,000 m ³ /H	N ₂ ガス 供給量 300 m ³ /H 圧力 2% 温度 0 °C 以上 総量 25,000 m ³	固定設備が必要	固定設備が必要	不 明	有(借用)	無
7 入出港ハラスト	規定シルカーコン タクを使用	不明	不明	許可なくして排出注 水は不可	許可なくして排出注 水は不可	不 明	保有しまさ れ	不明
8 係留機制	単独係留	" "	" "	規定せず	規定せず	不 明	船舶所判断	火源より 25 m 以上隔離する 許可
9 船内居住規制	不明	" "	" "	" "	" "	不 明	不 明	2 基設置
10 葉船後端	尾甲板へ架設	" "	" "	" "	" "	不 明	配置(船主手配昼夜)	配置(造船所手配昼夜)
11 艤規入	配置	" "	" "	" "	" "	不 明	施 行	施 行
12 船体接地独立配線	不明	" "	" "	" "	" "	必 要	必 要	必 要
13 整理架台単独配線	施 行	" "	" "	" "	" "	不 明	不 明	不 明
14 工事中の消火栓・消防器	" "	" "	" "	" "	" "	必 要	必 要	不 明
15 D ₅ シール水の供給	不明	" "	不明	" "	" "	不 明	不 明	不 明
16 カーボンタンク付ローブール	不明	" "	" "	" "	" "	不 明	施 行	施 行
17 船舶危険物積載表示	施 行	" "	" "	" "	" "	必 要	不 明	不 明
18 立入禁止等内危険表示	" "	" "	" "	" "	" "	必 要	必 要	1) ジンガスフリータンクの 隣接区域立入り禁止
19 その他	1971.6.B.P.T.C IGS OPERATION MANUAL 他	1976.4.27	1976.5.10	1976.5.17	1976.5.25	1976. 2. 23	1976. 4	1974
入手資料発行日付								



タンク内石油蒸気が濃度の経時変化とハッキーフー則



[215,000 DWT 延尺 - 3C (27,228 M³) 計測]

原 油 洗 净 記 錄 表

川崎進
32年11月28日～29

52年11月28日~29

物CVCモニター、タンク圧力は毎30分も記録のこと。		52年11月28日～29													
場所	時間	7時	7時100	7時230	14時	7時300	14時00	05時00	06時00	06時30					
CVCモニター ダッキ・シール出口	CVCモニター	/	/	3.6	3.8	2.7	3.6	3.6	3.1	3.1	/	/	/	/	/
	DAK1 (T)	2.2	3.7												
	(G)	2.0	3.0												
	(R)	2.0	3.0												
	MIC2 (T)	2.1	3.7	4.3			4.2	4.2	4.1	4.1					
	(G)	3.0	3.5	*											
	(R)	3.0	2.7	4.5			4.1	4.1	3.9	4.1					
	MIC3 (T)	1.1	1.9												
	MIC4 (T)	3.7	3.4												
	(G)	3.5	3.0			3.8	4.3	4.3							
度	(R)	3.8	2.8												
	MIC5 (T)	3.5	3.5												
	(G)	3.5	4.0												
	Stop (T)	4.0	4.7			3.0	4.0	4.0	3.6						
	(G)	6.5	6.1												
タンク圧力 mmHg		480	720	750	900	1000	750	800	880	900	900				
MIC1 メインポンプ				860											
MIC2 *				860											
MIC3 *					880	850	850	850							
W.B.ポンプ															
ストリッパー・ポンプ															
106 ファン		AUX	AUX	AUX	AUX	AUX	AUX	AUX	AUX	AUX					
揚荷レート		6.4	0	0	0	0	0	0	0	0					
ド ラ フ ト	F (M)	18.13	11.97	11.99	11.98	11.98	11.98	11.98	11.98	11.98					
	A (M)	19.78	17.99	17.97	17.97	17.97	17.97	17.97	17.97	17.97					
	TRIM	1.64	6.02	5.98	5.99	5.99	5.99	5.99	5.99	5.99					
洗浄圧力 kg/cm ²		9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0					
使用洗浄機数		4	4	4	4	4	4	4	4	4					
REMARKS		1400～1600 2100 1300	03/0 03/0 03/0	0400～400 2100 1300											

原油洗淨記錄表

水鳥社

一九五二年十二月八日

原油洗浄記録表

木島地

52年12月2日

(注)CVCモニター、タンク圧力は毎30分も記録のこと。

場所	時間										時間									
	0100	0200	0300	0400	0500		1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	2100	2200					
O ₈ 鋼 度	CVCモニター	3.7	3.2	3.6	2.3	3.1	3.7	3.0	4.0	3.5	3.9	4.0	3.9	3.9	3.9	3.9	4.2	4.2	4.2	4.2
	デソキ・シール出口	4.1	3.3	4.5	3.7	4.0		4.8	4.2	4.0	4.2	4.0	4.4	4.4	4.4	4.4	4.6	4.6	4.6	4.6
	A ₁ (F)																			
	(G)																			
	(H)																			
	A ₂ (F)																			
	(G)																			
	(H)																			
	A ₃ (F)																			
	(G)																			
	A ₄ (F)																			
	(G)																			
	(H)																			
	A ₅ (F)	3.9	3.9																	
	(G)	4.2	4.0	4.1	3.6															
	Slop (F)	3.6	3.4	3.5	3.5	3.0		4.2	4.1	3.5	3.8	3.8	4.0	3.9	3.2					
	(G)																			
タンク圧力mmAq																				
A ₁ メインポンプ																				
A ₂ *																				
A ₃ *																				
W.B.ポンプ																				
ストリッパー・ポンプ																				
I08 ファン																				
AUX																				
AUX																				
ド ラ フ TRim																				
洗浄圧力 kg / cm ²																				
使用洗浄機数																				
REMARKS																				

原油洗浄記録表

1/1 小時

53年1月21日～25日

(注)CVCモニター、タンク圧力は毎30分も記録のこと。

場所	時間										時間									
	11:20K 0100	11:21K 0200	11:22K 0300	11:23K 0400	11:24K 0500		0200	0321	0400	0535		0200	0321	0400	0535		0200	0321	0400	0535
O ₈ 鋼 度	CVCモニター	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2										
	デソキ・シール出口																			
	A ₁ (F)	1.5	1.0																	
	(G)	1.0	1.0																	
	(H)	1.3	1.0																	
	A ₂ (F)	1.5	2.0	3.0							4.1	4.0								
	(G)	1.0	2.0																	
	(H)	1.5	1.8																	
	A ₃ (F)	1.5	2.0								4.0	3.8	3.9	3.2						
	(G)	1.0	1.5																	
	(H)	1.0	1.0																	
	A ₄ (F)	1.0	1.0																	
	(G)	1.0	1.0																	
	(H)	1.0	1.0																	
	A ₅ (F)	1.0	1.0																	
	(G)	1.0	1.0																	
	(H)	3.5	3.0																	
タンク圧力mmAq																				
A ₁ メインポンプ RPM																				
A ₂ *																				
A ₃ *																				
W.B.ポンプ																				
ストリッパー・ポンプ																				
I08 ファン																				
AUX																				
AUX																				
ド ラ フ TRim																				
洗浄圧力 kg / cm ²																				
使用洗浄機数																				
REMARKS																				

原 油 洗 净 記 錄 表

水鳥港
53年1月27日~28日

水 源 集
53年1月27日~28日

原 油 洗 净 記 錄 表

水浪港

水 漱 港

原 油 洗 清 記 録 表

11 小時 帯
53年3月23日～24日

註 CVCモニター、タンク圧力は毎30分も記録のこと。

場所	時間	(24日)												
		1530	1600	1700	2240	2300	01.00	0200	0345	0410	0500	0600	0700	
O ₂ 度	C V C モニター	3.5	18.49	1.0	4.4	4.7	4.7							
	デシキ・シール出口	3.8		4.2	3.6			4.6						
	A ₁ (F)													
	(C)													
	(R)													
	A ₂ (F)	4.7						3.8	3.7	3.7	3.7			
	(C)													
	(S)	4.8						3.8	3.7	3.7	3.5			
	A ₃ (C)													
	A ₄ (F)													
	(C)	3.3		3.7		3.3	3.4							
	(S)													
	Stop (F)	3.8		3.3		3.1	3.2	3.1	3.1	3.1	3.1			
	(S)													
タンク圧力 mbar		600	450	410	700	700	850	850	850	850	850	850		
A ₁ メインポンプ														
A ₂ *		950	950	950		640								
A ₃ *		950	800	950		850	820	650	876	875				
W.B. ポンプ														
ストリッパー・ポンプ														
106 フラン		AUX	-----	AUX										
揚荷レート		8090	3550	8312			827							
ド	F (M)	18.35	18.71	17.10	13.10	13.03	12.71	12.38				12.71	12.21	
ラ	A (M)	19.16	18.73	18.64	17.72	17.71	17.78	17.85				17.81	17.81	
フ	TRim	0.61	0.67	1.24	4.62	4.66	3.07	3.48				3.40	5.60	
洗浄圧力 kg/cm ²		9.3	-	-	9.0	9.0	-		9.1	9.1	9.1			
使用洗浄機数		7.	-	-	4	4			4	4	4			
REMARKS		1535 2103 CONV140	1605 2103 CONV140		2745 4103 CONV140	0055 4K1 CONV140		0300 2P103 CONV140	0300 2P103 CONV140					

原 油 洗 清 記 録 表

水 制 帯

53年3月26日～27日

註 CVCモニター、タンク圧力は毎30分も記録のこと。

場所	時間	53年3月26日～27日																
		0900	1100	1300	2780	0330	0400	0300	0600	0700	0800	0900	1000	1230	1300	1400	1500	
O ₂ 度	C V C モニター				3.8		4.6	4.24.3	3.73.8	4.64.5	3.93.6	3.13.4	3.13.1	3.43.6	3.6			
	デシキ・シール出口	3.8	3.8			4.8	4.5	4.3	4.4	3.6	3.1	3.4	3.4	3.5				
	A ₁ (F)	2.1																
	(C)	3.1				3.7	3.6	4.1	4.0									
	(S)	2.1																
	A ₂ (F)	3.3																
	(C)	2.2																
	(S)	3.4																
	A ₃ (C)	2.3	2.8	3.6														
	A ₄ (F)	2.1																
	(C)	3.1																
	(S)	2.9																
	A ₅ (F)	2.3																
	(C)	2.4																
	(S)	2.7	3.3	3.3		3.6	3.7	3.8	3.3	3.2	3.9	3.3	3.1	3.3	3.3	3.2	2.7	
	Stop (F)	2.7	3.3	3.3														
	(S)	4.7																
タンク圧力 mbar		650	450	380		600	710	720	720	720	830	720	720	850	850	850	850	
A ₁ メインポンプ		300	316			760	818	898	807	815	777	810	812	810	842	841	813	
A ₂ *											874	843	662	669				
A ₃ *						880	845	844	846	802	859	973	875	871	830	867	852	
W.B. ポンプ							900					1024	1028					
ストリッパー・ポンプ																		
106 フラン							AUX	-----	AUX									
揚荷レート		973	2200			2829	4196	3741	3972	5033	3073	1333						
ド	F (M)	19.18	19.03		6.88	6.67	6.73	6.31	5.71	4.70	4.21	4.51	5.30	5.32	5.27	5.27		
ラ	A (M)	19.15	19.21		12.82	12.76	12.72	11.89	11.88	12.26	12.39	12.19	11.19	11.28	11.31	11.30		
フ	TRim	0.27	0.22		6.04	6.29	6.19	5.60	6.17	7.53	8.18	7.44	5.69	5.96	6.04	6.03		
洗浄圧力 kg/cm ²			9.0			9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.1		
使用洗浄機数			4			4	4	4	4	8	8		8	8	8	8		
REMARKS					1035~1327 3(C) 上部洗浄	CONV140 1403 CONV140	0600 CON 1403 CONV140	0800 CON 1403 CONV140	1000 CON 1403 CONV140	1230 CON 1403 CONV140	1400 CON 1403 CONV140				1320 CON 1403 CONV140			

1300 PEGASUS h-conv140

原油洗浄記録表

水島・港

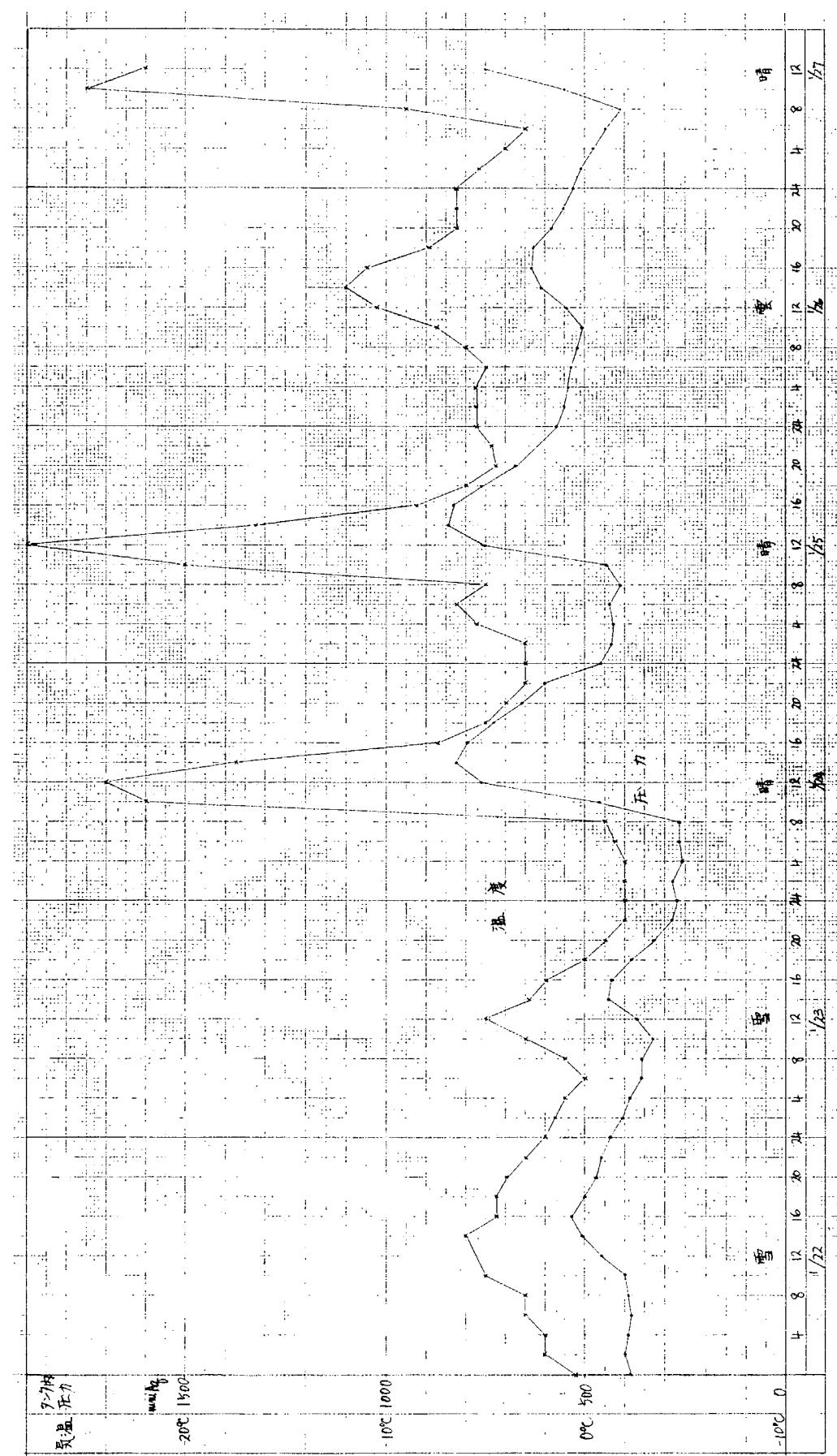
53年3月27日～28日

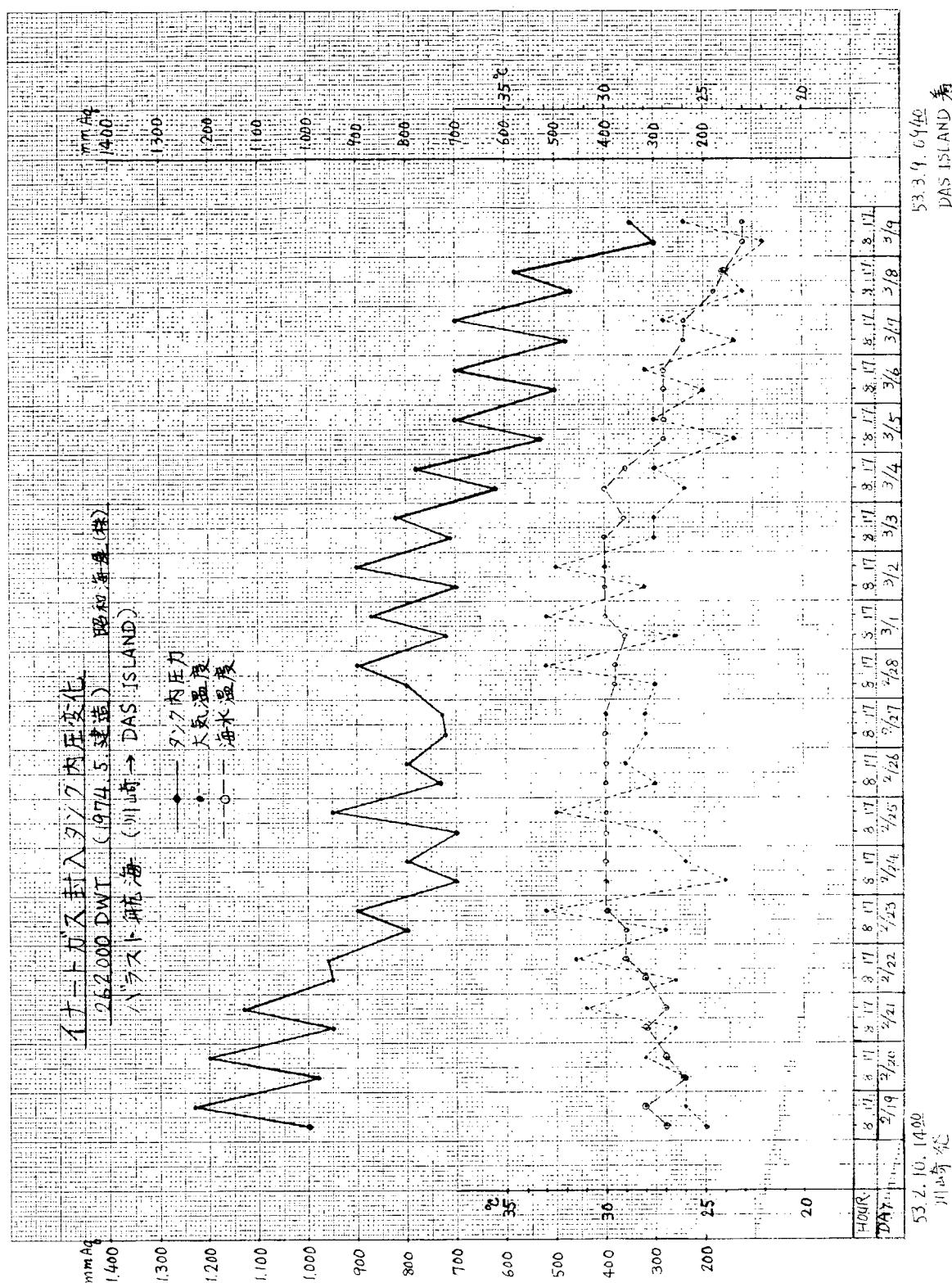
当CVCモニター、タンク圧力は毎50分も記録のこと。

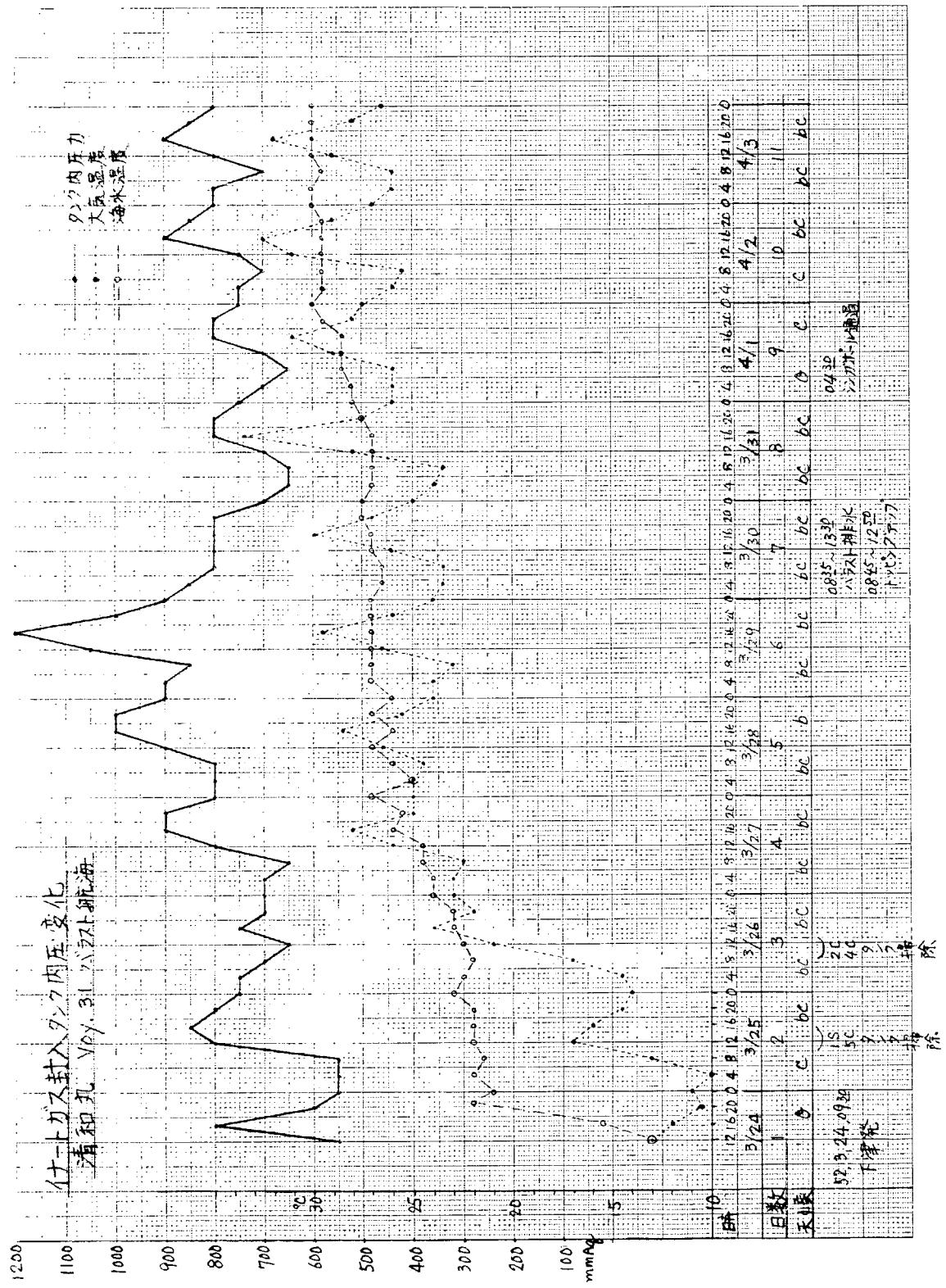
場所	時間	278	1610	1700	1800	2330	2340	0000	0100	0200	0300	0400	0500					
OVCモニター			4.1	4.0														
デッキ・シール出口					3.9													
M1 (F)																		
(C)																		
(S)						3.7	3.3	3.3	3.2									
M2 (F)																		
(C)																		
(S)																		
M3 (C)																		
M4 (F)											3.5	2.9	2.8	2.8				
(C)																		
(S)																		
M5 (F)		3.3																
(S)		3.1																
Slop (F)		2.8	2.8	2.7		2.7	2.8	2.4	2.2	2.0	2.0	2.0						
(S)		3.5	3.5	3.7														
タンク圧力 mmAq		830	500	530	580													
M1 メインポンプ		837	798	999		866	850	853	851	786	700	831						
M2																		
M3		829	876	844		830	851	853	849	832	834	834						
W.B.ポンプ			1100	1076		1060	1031	1030	1034	1042	1021							
ストリッパー・ポンプ																		
108 フアン					AUX.													
揚荷レート		6233	3779									1230						
D P (M)		5.23	5.12	4.83		3.64	3.70	3.93	4.14	4.42	4.77	4.77						
A (M)		11.34	10.57	10.49		10.42	10.48	10.53	10.58	10.52	10.29	10.29						
TRIM		6.11	5.95	5.66		6.78	6.78	6.60	6.44	6.10	6.52	6.52						
洗浄圧力 kPa / psi				9.0		9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	-						
使用洗浄機数				1		8	8	8	8	4	4	-						
REMARKS		1550 5150 CON ¹ 45	1725 SLOP ⁽¹⁾ CON ¹ 45	1825 SLOP ⁽²⁾ CON ¹ 45		2345 CON ¹ CON ¹ 45			0215 CON ¹ CON ¹ 45		0445 4(P) CON ¹ 45							

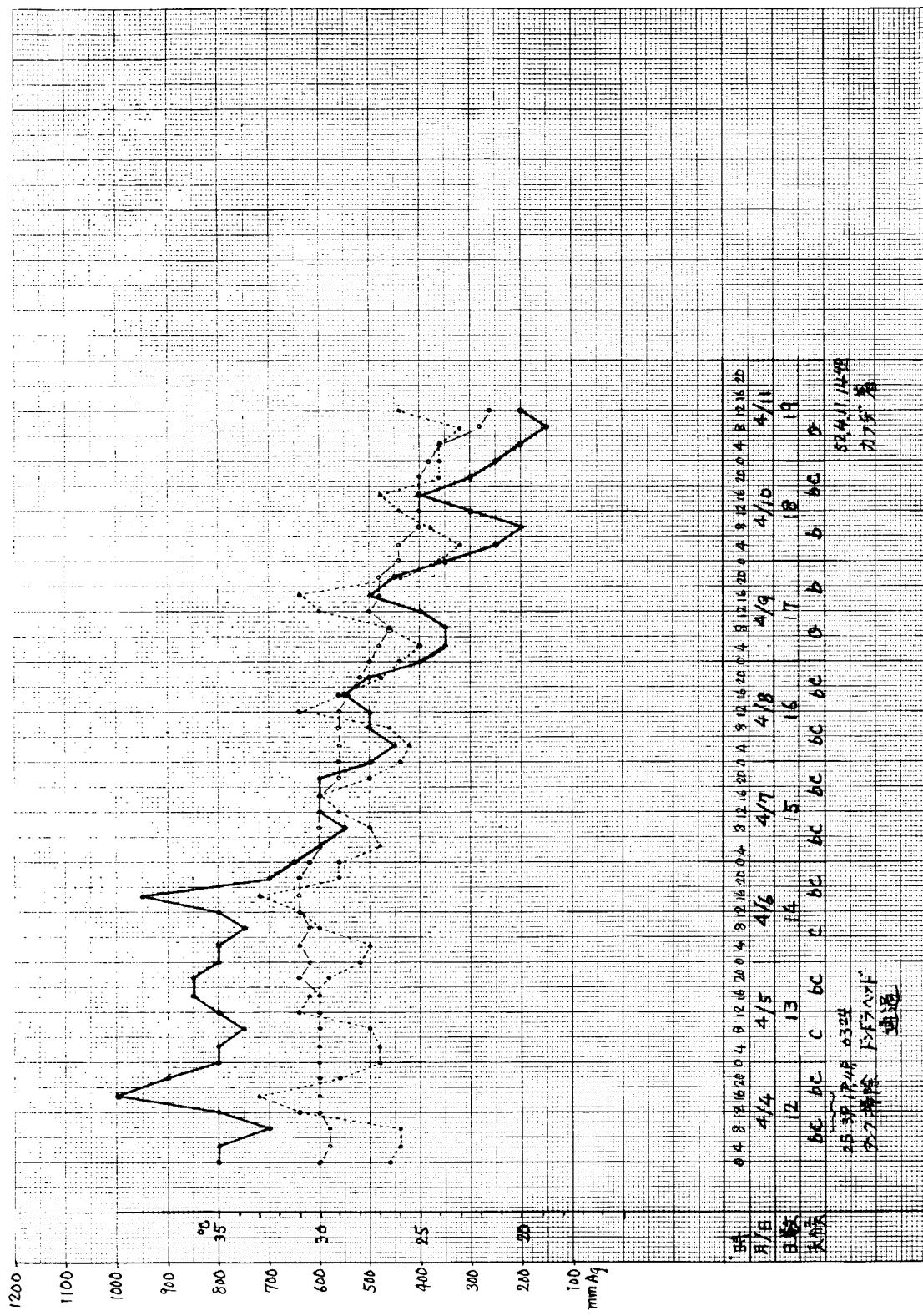
岸壁での温度／圧力変動の一例

(Ullage Space 約 $\frac{1}{3} D$)



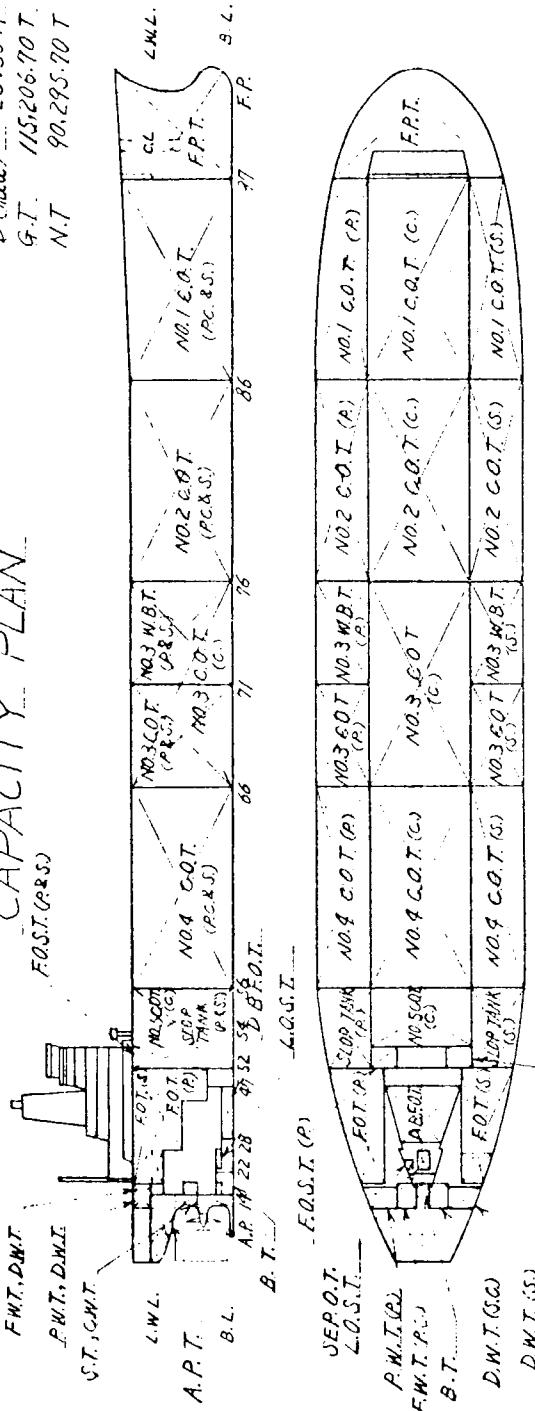






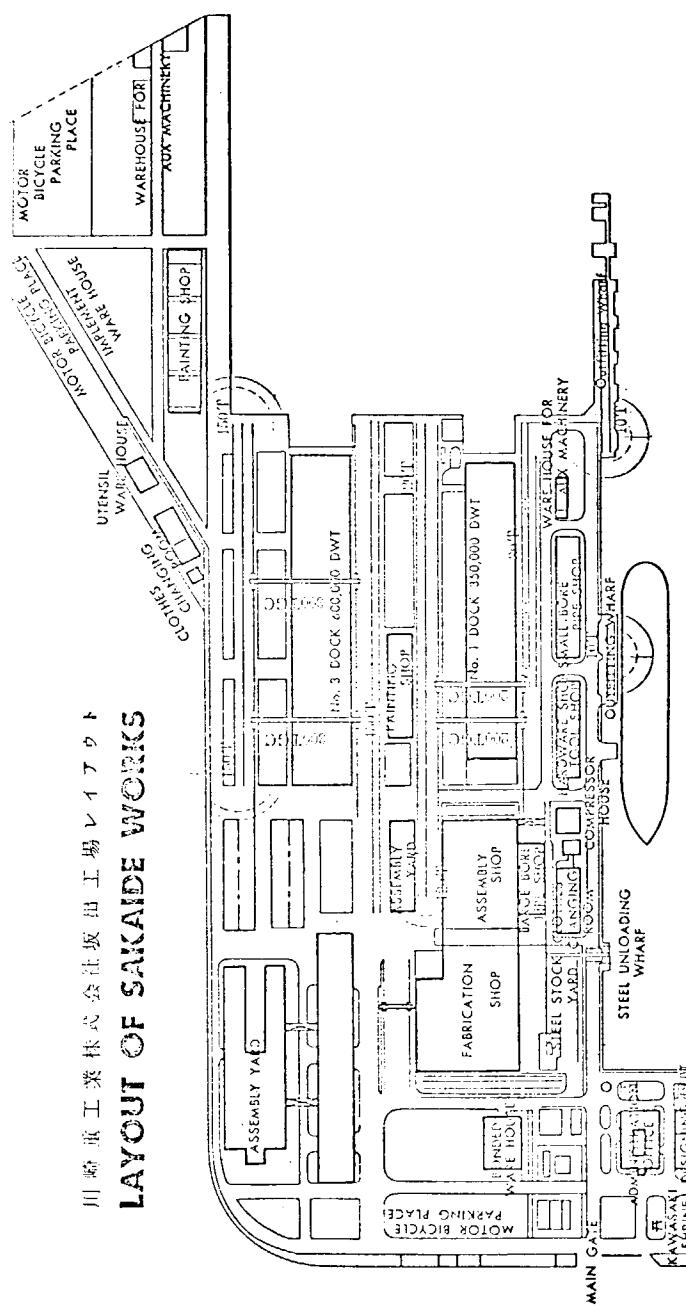
SEIWA MARU
CAPACITY PLAN
(Festers)

L.O.A.	319.30 M
B.(old).	53.00 M
D.(old).	25.30 M
G.T.	16520.670 T
N.T.	90,295.70 T



TANK NAME	F.R.	M ³	TANK NAME	F.R.	M ³	TANK NAME	F.R.	M ³
No.1 C.O.T. (C)	36 - 92	37,45.11	No.4 C.O.T. (S)	55 - 66	17,44.52	A.P.T.	(C) 8 - 14	1,241.72
No.1 C.O.T. (P)	36 - 92	5,880.25	No.5 C.O.T. (C)	53 - 56	9,35.54	F.O.T.	(P) 18 - 52	3,411.67
No.1 C.O.T. (S)	86 - 97	15,880.24	Slop Tank	29.52 - 56	4,653.94	F.O.T.	(S) 18 - 52	3,489.33
No.2 C.O.T. (C)	76 - 86	36,878.59	Slop Tank	51.52 - 56	4,653.34	F.O.S.T.	(P) 52 - 53	617.53
No.2 C.O.T. (P)	76 - 86	18,185.26	Potable W.T.	(P) 10 - 17	1,63.14	F.O.S.T.	(S) 52 - 53	617.53
No.2 C.O.T. (S)	76 - 86	16,185.26	Fresh W.T.	(C) 10 - 18	1,30.94	D.P.F.O.T.	(C) 30 - 47	416.49
No.3 C.O.T. (C)	66 - 76	50,878.59	Dust W.T.	(C) 310 - 18	1,50.35	D.C.S.T.	(C) 18 - 27	177.76
No.3 C.O.T. (P)	66 - 71	9,073.99	P.I.S.T. W.T.	(S) 10 - 17	1,63.14	L.O.S.T.	(C) 22 - 23	30.44
No.3 C.O.T. (S)	56 - 71	9,093.99	F. P.T.	(C) 77 - F.E.	1,53.92	2.T.S.T. C.W.T.	(C) 19 - 14	35.71
No.4 C.O.T. (C)	56 - 66	26,879.58	No.3 W.B.T	(P) 71 - 76	9,093.99	B.T.	(C) 14 - 21	69.79
No.4 C.O.T. (C)	56 - 66	7,144.52	No.3 W.B.T	(S) 71 - 76	9,093.99	S.O.T.	(P) 22 - 25	5.22

LAYOUT OF SAKAIDE WORKS



PRINCIPAL PARTICULARS OF DOCKS

NO. 3 DOCK

600,000 DWT
75 m (246 ft)

NO. 2 DOCK

500,000 DWT
72 m (236 ft)

420 m (1,378 ft)
450 m (1,476 ft)

NO. 1 DOCK

350,000 DWT
62 m (203 ft)

72 m (236 ft)

350 m (1,147 ft)
450 m (1,476 ft)

10.3 m (33 ft 10 in)
12.3 m (40 ft 4 in)

12.3 m (40 ft 4 in)
11.0 m (36 ft 1 in)

● CAPACITY
● BREADTH
● LENGTH
● DEPTH
● CRANE
● GANTRY CRANE
● JIB CRANE
● COMPLETION

200 T GANTRY CRANE 2
120 JIB CRANE 2
30 JIB CRANE 1
SEPTEMBER 1967

80 T JIB CRANE 2
3 T JIB CRANE 1
AUGUST 1968

300 GANTRY CRANE 2
150 JIB CRANE 3
EXPECTED END OF NOV. 1972

STEEL UNLOADING WHARF

FABRICATION SHOP

EDUCATION CENTER

GYMNASIUM

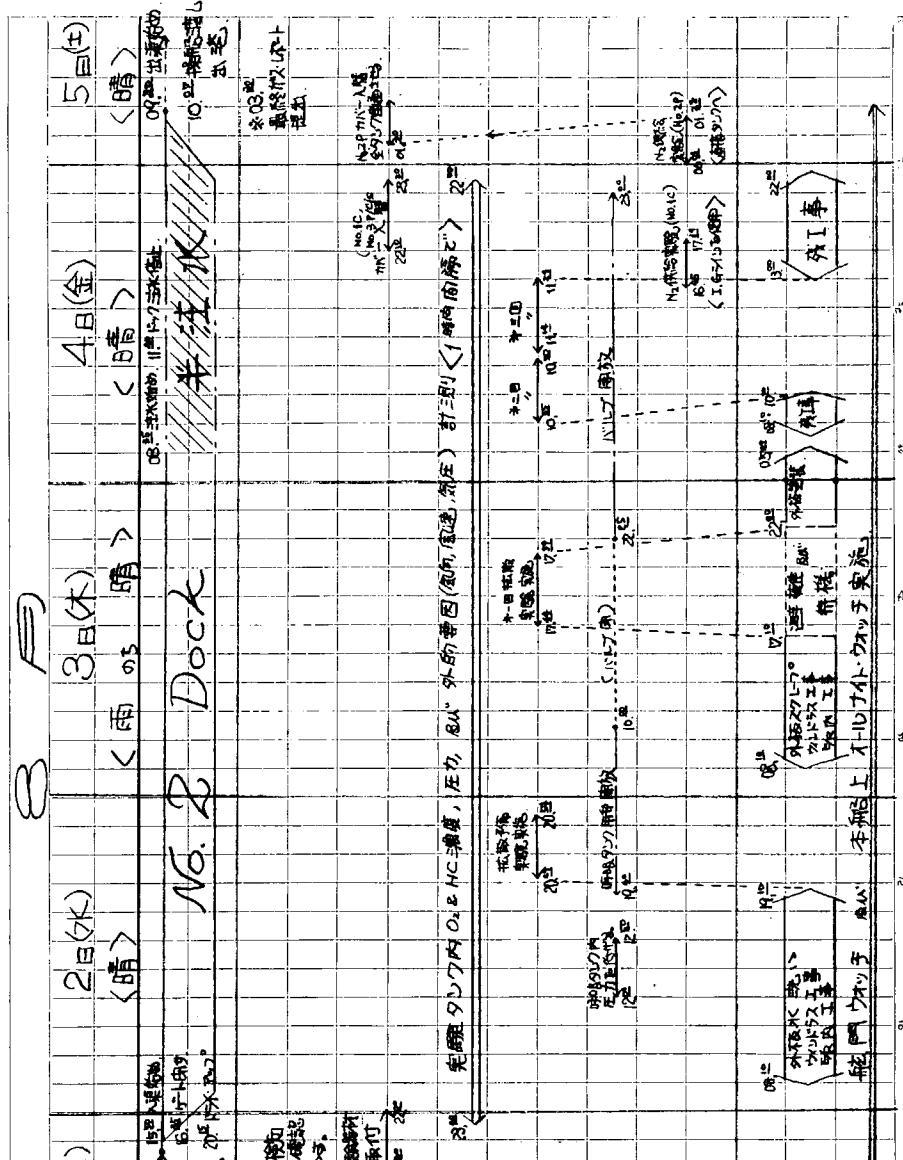
TRAINING CENTER

BALL GAME GROUND

N G F 実験及び一般工事実績表

昭和 53 年 8 月 22 日 修繕部船体課

清和丸		実験等	内 容	日 数	日 期	内 容	日 数	日 期	内 容	日 数	日 期	内 容	日 数	日 期
本 船	重 動 青 翠													
ガスレジリート	電験器材取付撤去													
拠 敷 完 組	呼吸用タック実験													
N ₂ 供給完組	一般工事													
保 安 打 築	本船上オーナナット・ワッヂ実施													



積 載 油 の 種 類



TONEN TANKER KABUSHIKI KAISHA

STATEMENT OF LAY-DAYS

At Port Kharg Island.

Name of Vessel: Seiwa maru (Voy. No. TS-38)
 Port of Loading: Kharg Island
 Port of Unloading: Japan
 Description of Cargo: Iranian Light & Heavy
 Amount of Cargo (on Invoice):
 Arrived at Customary Anchorage: 1610 16th June 1978
 Free Pratique Granted: 2010 17th "
 Notice of Readiness Tendered: 1610 18th "
 Notice of Readiness Accepted/Received: 1610 18th "
 Departure from Customary Anchorage: 0110 19th "
 Mooring Commenced: 0420 19th "
 Mooring Finished: 0600 19th "
 Deballasting Commenced: 0600 19th "
 Deballasting Finished: 1125 19th "
 Hoses Connected: 0820 19th "
 Loading/Discharging Commenced: I.H.: 1130 19th, I.L.: 0435 20th June
 Loading/Discharging Finished: I.H.: 2350 19th, I.L.: 1255 20th "
 Hoses Disconnected: 1315 20th June
 Left Pier: 1350 20th "

Ship's Figures on Arrival at Discharging Port: Bbls

Remarks: 0740-0820 19th Hoses connection.

2350 19th - 0435 20th Stoped loading cargo by shoreside.
This is to certify that the above statement is true and correct.

Date: 20th June 1978

Agents

Receiver/Supplier/Consignee

Master

STOWAGE REPORT

(50.1-50)

S.S. Seiwa Maru

VOY. NO. TS 5-38

DATE 20th June 1978 port Hong Island BERTH Sea Island

TANK No.	KIND OF OIL	ULLAGE	ULLAGE (CORRECTED)	OBSERVED A. P. I.	CAPACITY (K.L.)	CAPACITY (K.L.) (AT 60°F)	BARRELS (AT 60°F)	WEIGHT (LONG TON)
No. 1	P. I.H.	2-55	50.92	103°F	14,622.6			
	C. I.H.	2-56	"	102°F	34,997.2			
	S. I.H.	2-52			14,619.1			
No. 2	P. I.H.	2-53.5			17,143.1			
	C. I.H.	1-52	55.46	108°F	35,584.8			
	S. I.H.	2-55			17,150.9			
No. 3	P. I.H.	2-57			34,478.4			
	C. I.H.	2-70			2,532.0			
	P. I.H.	2-68			16,005.3			
No. 4	P. I.H.	1-74			35,698.1			
	S. I.H.	2-68.5			16,001.8			
	P. I.H.	15-65			1,182.5	Including slop oil 632.1 G.KL.		
No. 5	C. I.H.	2-70			9,191.1			
	S. I.H.	14-58.5			1,303.5			
	P.							
No. 6	C.							
	S.							
	P. Total	Iranian Heavy						
No. 7	P.	Center tank	50.92	102°F	77,766.7			
	C.	Wing tank	50.92	105°F	114,529.3	Excluding slop oil.		
	S.				152,296.0			
No. 8	P.	xix.factor 1.0001245			152,296.0		1,167,656.0	161,542.612
	C.	Iranian light	55.46	105°F	71,232.9			
	S.	xix.factor 1.0001245			71,231.8		436,996.6	58,791.556
No. 9	P.							
	C.							
	S.							
No. 10	P.							
	C.							
	S.							
No. 11	P.							
	C.							
	S.							
No. 12	P.							
	C.							
	S.							
TOTAL SHIP'S FIGURE					Excluding slop oil			
					263,570.42	1,626,653.5	220,333.970	
					DIFFERENCE	1,625,000.0	220,111.0	1,040.0
								220.710

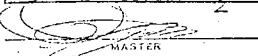
DEAD WEIGHT REPORT

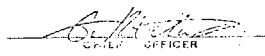
DETERMINATION OF LOADED DRAFT AND DEADWEIGHT		
LOADING FROM D. W. SCALE FOR ZONE (LIMITING ZONE)		LIT
FUEL OIL REQUIREMENT (DAYS @ L/T)	227,764	LIT
WATER REQUIREMENT (DAYS @ L/T)	123	246
STORE REQUIREMENT (DAYS @ L/T)	2	1.5
PRESCRIBED D. W. APPLICABLE TO THIS LOADING		0
DRAFT BY D. W. SCALE	228,000	19-52.5

REMARKS: Center draft 19-52.5
S.C. Corr. + 5.0
19-57.5

FUEL OIL	LIT
D. W.	6,647.
B. W.	119
RESIDUE	API 293
STORES & ETC.	26.5 LIT
CONSTANT	551 LIT
LONG TON	0 LIT
TOTAL DEAD WEIGHT	469 LIT
DEAD WEIGHT SCALE	220,334 LIT
	228,418 LIT
	228,420 LIT

DEADWEIGHT BY DRAFT	
FORE	19-53
AFT	19-54
CENTER	19-52.5
MEAN	19-52.5
DEFLECTION	19-52.75
DEADWEIGHT	HOGE. 10 LIT


MASTER


Officer

分析結果報告書

No. 990

製造番号 24 81265 1420

昭和 53 年 9 月 11 日

坂出工場
修繕部 船体課 殿

株式会社 川重分析センター

〒653 明石市小林
川重造船所内
TEL (078) 323-2111

昭和 53 年 8 月 11 日 依頼を受けました試料

について下記の通り分析結果を報告致します。

N.G.P. No. Ship No. 1163 清瀬丸

試料名 ドラニアノリ上糸油 無王ガス

成分	試料	30°C	50°C	70°C
Air	88.8	84.1	79.6	
CH ₄	0.6	0.5	0.5	
C ₂ H ₆	1.0	1.0	0.9	
C ₃ H ₈	5.1	5.8	6.4	
C ₄ H ₁₀	1.0	1.3	1.8	
C ₅ H ₁₂	2.2	3.7	5.7	
C ₆ H ₁₄	0.8	1.6	2.7	
C ₇ H ₁₆	0.4	1.1	1.7	
C ₈ H ₁₈	<0.1	0.8	0.7	

備考: ドラニアノリ上糸油 分析結果とし

(単位 V/V %)



分析結果報告書

No. 990

昭和 53 年 9 月 11 日

製造番号 24 81265 1420

坂出工場
修繕部 船体課 殿

株式会社 川重分析センター

〒653 明石市小林
川重造船所内
TEL (078) 323-2111昭和 53 年 8 月 11 日 依頼を受けました試料
について下記の通り分析結果を報告致します。

試料名 原油 発生ガスのサンプリング条件

成分	試料			
1)	容積 240 ml のガス入浴器に試料油正 20.0 ml 入れます。			
2)	ゴム栓をじ� ^{シヨウ} 50°C, 70°C の各温度の水浴中に 1 時間放置します。			
3)	発生したガスをガスシリジンに採取して分析法による分析法。			

(単位)



GAS CHECK REPORT

SHIP'S NAME: SEIWA-MARU

TYPE: TANKER

DATE & TIME: 1-ST August, 1978
at 13:40

LOCATION: at Sakaike Port

TANK NAME	GAS DENSITY (%)																						
	PORT	CENTER	STARBOARD																				
NO. 1 C.O.T/ H.B.T	GAS = 8.2 O2 = 4.2	GAS = 6.5 O2 = 4.1	GAS = 7.4 O2 = 4.3																				
NO. 2 C.O.T/ H.B.T	GAS = 7.3 O2 = 4.4	GAS = 2.4 O2 = 4.9	GAS = 5.8 O2 = 4.6																				
NO. 3 C.O.T/ H.B.T	GAS = 6.8 O2 = 4.3	GAS = 4.7 O2 = 4.8	GAS = 6.3 O2 = 4.2																				
NO. 4 C.O.T/ H.B.T	GAS = 6.5 O2 = 4.5	GAS = 2.3 O2 = 4.9	GAS = 3.7 O2 = 4.9																				
NO. 5 C.O.T/ H.B.T	GAS = O2 =	GAS = 3.5 O2 = 4.9	GAS = O2 =																				
NO. C.O.T/H.B.T	GAS = O2 =	GAS = O2 =	GAS = O2 =																				
NO. C.O.T/H.B.T	GAS = O2 =	GAS = O2 =	GAS = O2 =																				
NO. C.O.T/H.B.T	GAS = O2 =	GAS = O2 =	GAS = O2 =																				
NO. C.O.T/H.B.T	GAS = O2 =	GAS = O2 =	GAS = O2 =																				
NO. C.O.T/H.B.T	GAS = O2 =	GAS = O2 =	GAS = O2 =																				
SLOP TANK	PORT GAS = 12.5 O2 = 4.1		STARBOARD GAS = 10.3 O2 = 4.4																				
PUMP ROOM	MAIN GAS = 0 O2 = 21		FOREWARD GAS = O2 =																				
NOTE	<p>* 全タンク圧力は 1020 ~ 1050 mm Aq である。</p> <p>史航会開始時・中・終了時における気象条件:</p> <table border="1"> <tr> <td>風向</td> <td>060°</td> <td>050°</td> <td>050°</td> </tr> <tr> <td>風速</td> <td>22.1 kt</td> <td>10.2 kt</td> <td>10.1 kt</td> </tr> <tr> <td>气温</td> <td>32°C</td> <td>33°C</td> <td>32°C</td> </tr> <tr> <td>水温</td> <td>27°C</td> <td>27.5°C</td> <td>27.5°C</td> </tr> <tr> <td>密度</td> <td>1.0299 kg/m³</td> <td>1.0298 kg/m³</td> <td>1.0285 kg/m³</td> </tr> </table>			風向	060°	050°	050°	風速	22.1 kt	10.2 kt	10.1 kt	气温	32°C	33°C	32°C	水温	27°C	27.5°C	27.5°C	密度	1.0299 kg/m³	1.0298 kg/m³	1.0285 kg/m³
風向	060°	050°	050°																				
風速	22.1 kt	10.2 kt	10.1 kt																				
气温	32°C	33°C	32°C																				
水温	27°C	27.5°C	27.5°C																				
密度	1.0299 kg/m³	1.0298 kg/m³	1.0285 kg/m³																				

SIGNATURE: 
CAPTAIN

SIGNATURE: Y. Fukushima

CHEMICAL ENGINEER IN CHARGE
SAKAMOTO SHIP REPAIR DEPARTMENT
KAWASAKI HEAVY INDUSTRIES, LTD.SIGNATURE: R. Ueda
for MANAGER OF HULL SEC.

昭和 53 年 7 月 17 日

東 小 蘭 海 務 監 督 殿

於 川 崎 港

清和丸一航士 松 尾 修

Voy M3 8 空船時イナートガスタンク圧力変化について

6月7日 1,400 ~ 1,550 Aux Fan ($7,000 \text{ m}^3/\text{h}$) 運転, $450 \text{ mm}/\text{Aq}$ より $700 \text{ mm}/\text{Aq}$ まで上げ, これ以後イナート注入はしていない。

		タンク圧 最高	最低	(正午) 気温	水温
8日	※	650 mm/Aq	470 mm/Aq	29.0 °C	29.0 °C
9 "	の間	520	470	29.5	29.0
10 "	2°C	550	450	28.5	29.0
	4°C				
11 "	5°C	500	400	28.5	29.0
	Slop (PS)				
12 "	をタ	400	350	26.5	28.5
13 "	ン	450	390	26.5	29.0
14 "	イク	450	390	28.0	29.0
15 "	ナ掃除				
16 "	をの逃為し度た々	600	400	28.5	29.5
17 "	○	600	500	30.0	29.0
18 "	カーブ着	680	500	34.0	33.0
		670	480	33.0	30.0

以上

清和丸入出渠バラストコンディション

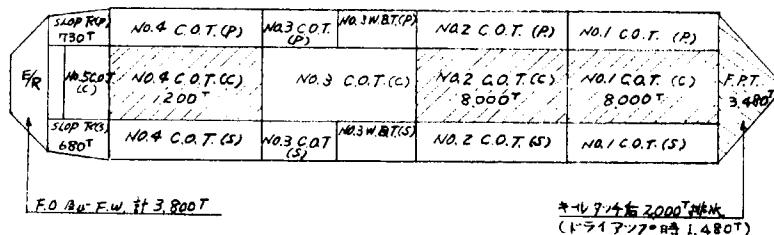
1. 最終荷役港(川崎港)～坂出港回航中における本船作業実績

7/30	12:00 ~ 22:15	M2&4COT(C)タンク・クリーニング
	22:15 ~ 8/31 10:25	パイプ・ライン・クリーニング
7/31	01:25 ~ 05:35	M2&4COT(C)へクリーン・バラスト張水
7/31	01:40 ~ 08:00	M2COT(P/S) バラスト排水
7/31	10:10 ~ 14:30	最終パイプ・ライン・クリーニング
8/1	03:15 ~ 05:55	バラスト調整(M2&4COT(C))
8/1	08:30 ~ 11:45	入渠用バラスト調整(M2C → M1C)
8/1	15:00	揚錨のうえ、ドックへ曳航開始

2. 入出渠時におけるバラスト・コンディション

1. 入渠時 (8/1 15:00)

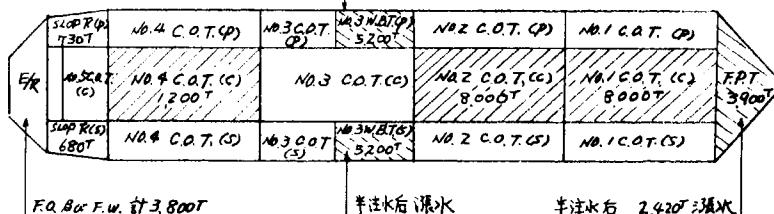
吃水 { 船首部 4m 77
船尾部 5m 95



2. 出渠時 (8/5 09:30)

吃水 { 船首部 5m 55
船尾部 6m 70

半注水后 漂水



注：各専用バラストタンクにはトップ半注水后 漂水した。

入 渠 中 の 盤 木 配 置

(清 和 丸 用)

川 崎 重 工 業 K. K.
坂 出 修 繕 部

1. 入渠時のタンクコンディション

入渠時のタンクコンディションをFig 1に示す。

2. 盤木配置

入渠時の盤木配置をFig 2に示す。

盤木配置の決定に当っては、バラスト張水タンクの直下は勿論のこと、バラスト荷重が隣接タンクへも分散され^{1) 2)}ることを考慮し、ワインガタンク下にも増盤木を施し盤木1コ当たりに加わる平均荷重が90 TON以下となる様に配慮した。

3. 船体強度

船体荷重及びバラスト荷重により生じる盤木反力は、バラスト荷重の分散を考慮しない最もシビアなコンディションにおいて一部の盤木で最大 150 TON となる。

この時船体各部材の局部強度は十分耐えうるものであることを計算にて確認した。

文 献

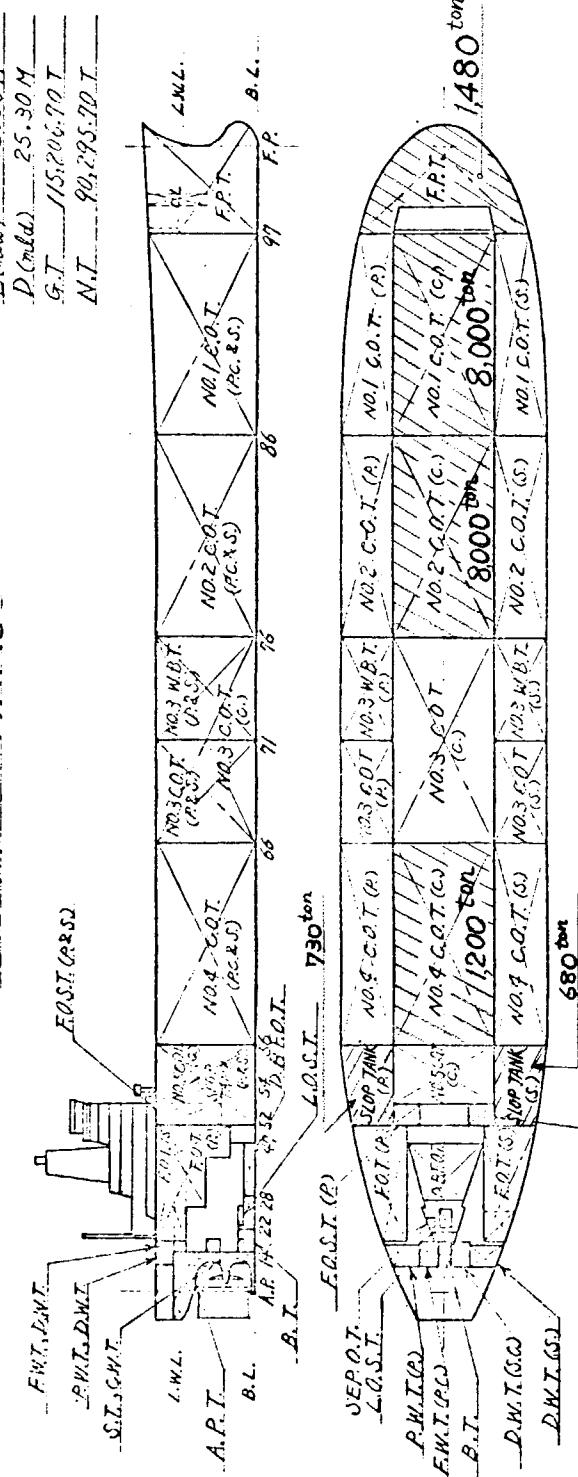
1) 川崎重工坂出工場： 入渠時の盤木反力に及ぼすBALLAST 水の影響について
(日本造船学会船体構造委員会関西地区部会資料)

(" 西部地区部会資料)

2) 志々田邦彦： タンクの水圧試験時の盤木配置について
西部造船会会報第46号昭和48年8月

ノミシティ・ランクコム

SEIWA MARU



TANK NAME	F.R.	N^3	TANK NAME	F.R.	N^3	TANK NAME	F.R.	N^3
No. 1 C.O.T. (C)	.86 - .97	37.435.71	No. 4 C.O.T. (S)	.56 - .66	17114.52	A.P.T. (C)	.8 - .14	1344.12
No. 1 C.O.T. (P)	.86 - .97	15.839.24	No. 5 C.O.T. (C)	.53 - .56	9.135.54	F.O.T. (P)	.8 - .52	3411.01
No. 1 C.O.T. (S)	.86 - .97	15.880.24	STOP TANK (P)	.52 - .56	4653.84	F.O.T. (S)	.8 - .52	3489.33
No. 2 C.O.T. (C)	.76 - .86	36.873.59	STOP TANK (S)	.52 - .56	4653.84	F.O.S.T. (P)	.52 - .53	617.53
No. 2 C.O.T. (P)	.76 - .86	18.185.26	ROTASCREEN T. (P)	.10 - .17	163.14	F.O.S.T. (S)	.52 - .53	617.53
No. 2 C.O.T. (S)	.76 - .86	18.185.26	FRESH. W.T. (C,P)	.10 - .18	130.97	D.B.F.O.T. (C)	.80 - .47	416.49
No. 3 C.O.T. (C)	.66 - .76	35.876.59	DIST. W.T. (C,S)	.10 - .18	150.35	D.O.S.T. (S)	.10 - .27	177.26
No. 3 C.O.T. (P)	.66 - .71	9.073.47	DIST. W.T. (S)	.10 - .17	163.14	L.O.S.T. (C)	.22 - .28	30.44
No. 3 C.O.T. (S)	.66 - .71	9.073.47	F. P. T. (C)	.97 - .F.E.	15.322.21	S.T.C.W.T. (C)	.9 - .14	36.71
No. 4 C.O.T. (C)	.56 - .66	26.377.58	No. 3 W.B.T. (P)	.11 - .16	9.093.44	B.T. (C)	.14 - .21	69.79
No. 4 C.O.T. (P)	.56 - .66	27.14 - .52	No. 3 W.B.T. (S)	.11 - .16	9.093.44	S.O.T. (P)	.22 - .23	5.29

卷之三

1. // / ET バラスト・張水タンクと
数字は、バラスト量を示す。

2. E& COMPARTMENT の各タンクの
残油水量と以下に示す。

F.O.	3368 LT
D.O.	119
F.W.	0

DRINK. W. 37 ton.
DIST. W. 286 ton.

本船主要寸

LOA 319.000
LPP 305.000
B.M.D. 53.000
D.M.D. 25.300
G.T. 115.200^T
D/W 230.700^T

入出港期日
入港 S.53.8.1
出港 S.53.8.5

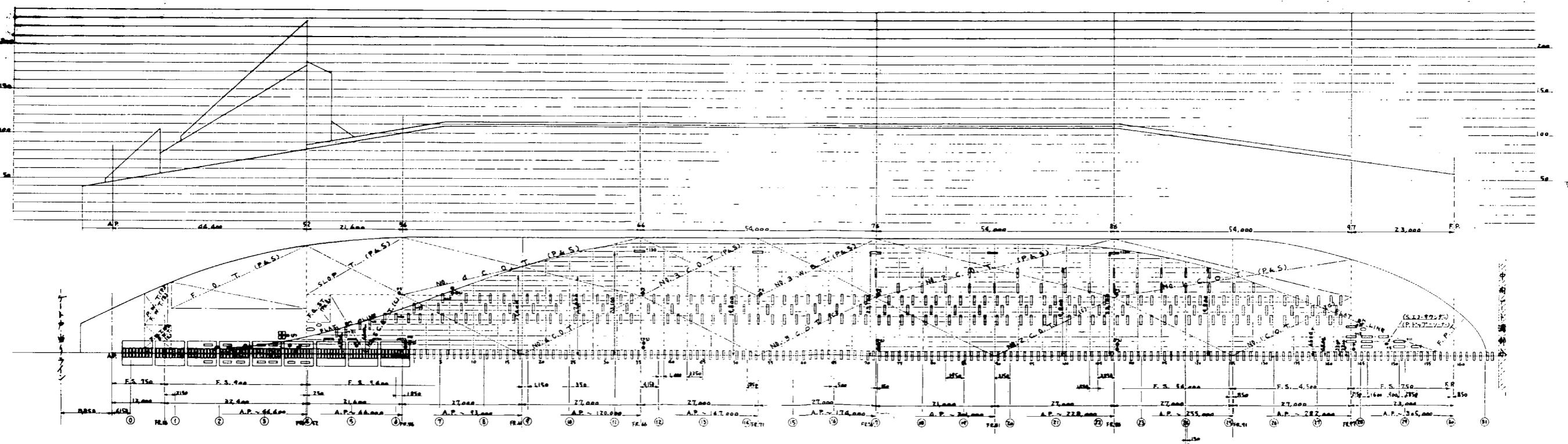
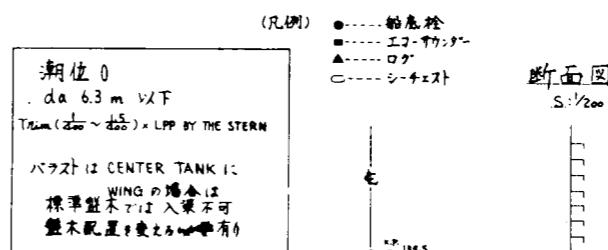
入港吃水
df = 4m 77cm
da = 5m 95cm
Trim = 1m 18cm

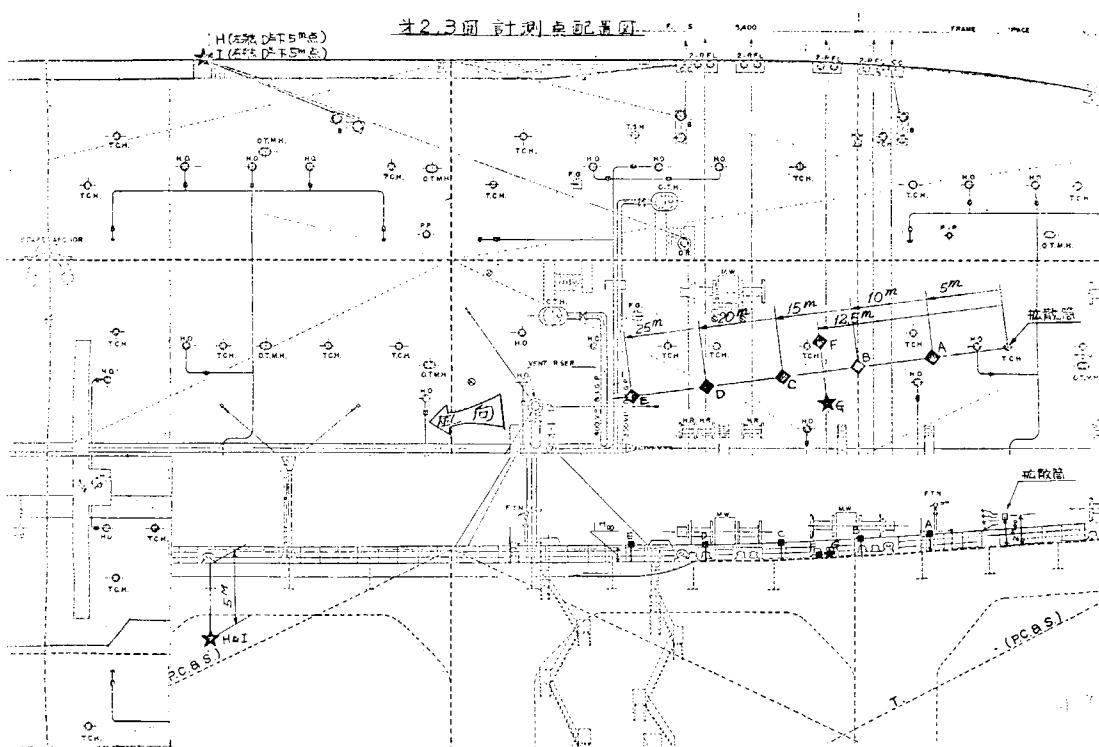
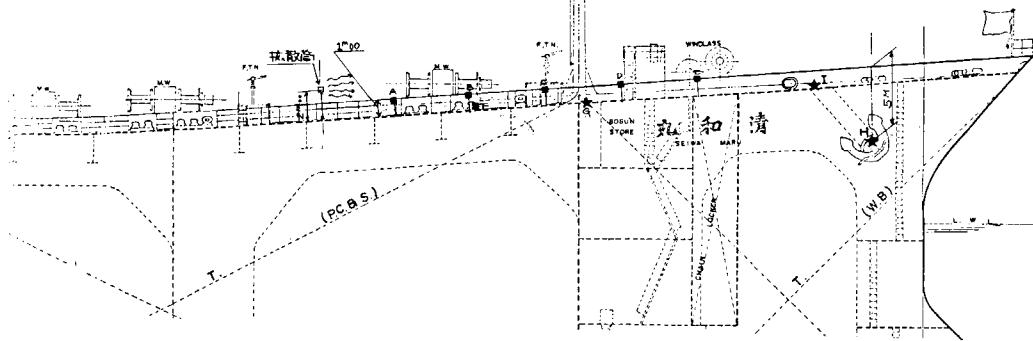
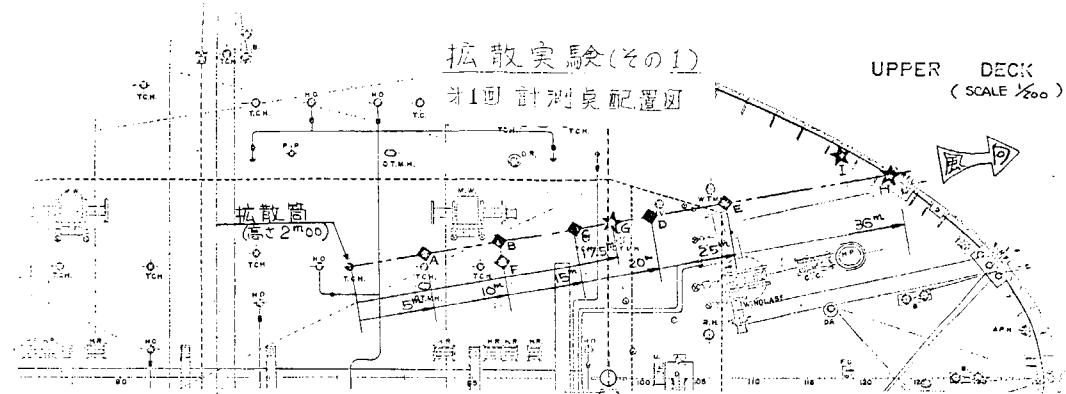
清和丸盤木配置図

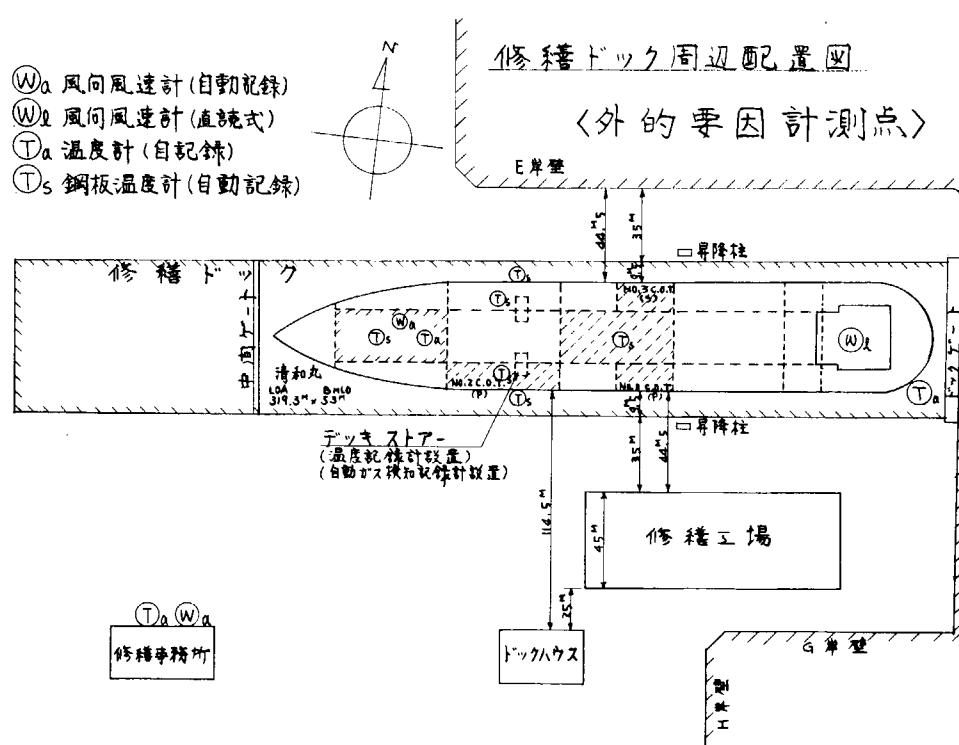
横出荷部
船尾部
航運表
航運表
SCALE 1/200, 1/200
年月日 S.53.8.5

DIMENSION	PR.	MILL ENGINE BITTING WEIGHT	BALLAST F.O. T.M. WEIGHT	TOTAL WEIGHT (kg)	BLOCK		#BLOCK (kg)	T/M (%)	
					KEEL	SIDE			
ENGINE, P.M. P.M.P., P.M.	A.P. S	7,300	3,800	11,100	69	5	74	150	251
M.G.P. T.(P.S.) 37-38 NO.4 C.B.T.(C) 32-36		2,249	1,410	3,653	27	16	43	85	169
M.G.C.B.T.(C) 32-36		6,125	1,200	7,325	36	42	128	57	136
M.G.C.B.T.(C) 32-36		6,125	0	6,125	36	48	136	35	113
M.G.C.B.T.(C) 32-36		6,125	8,000	14,125	36	126	162	87	262
M.G.C.B.T.(C) 32-36		5,175	8,000	13,175	36	112	168	89	244
F.P.T.	PP	1,500	1,480	2,980	17	20	37	81	130
Total		34,593	23,890	58,483	257	469	726		

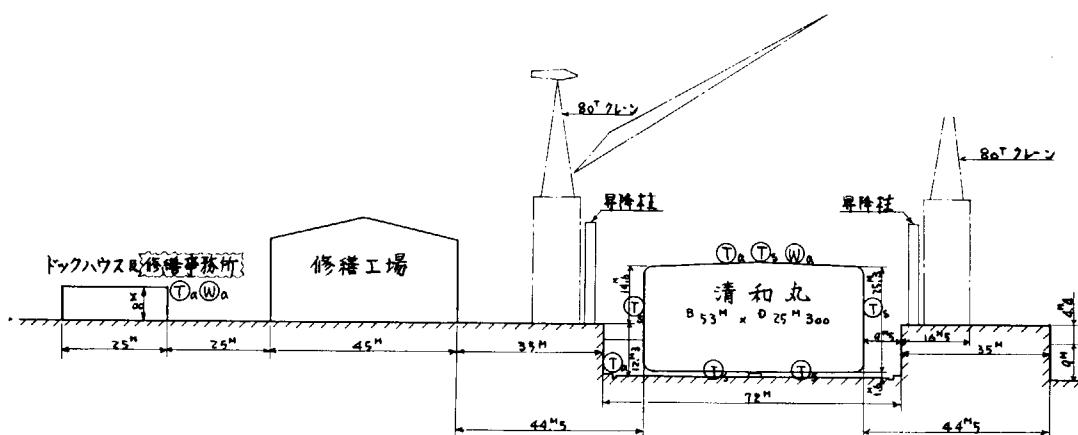
(注) 上記バラスト量は基準計算方法に依り算出し記載致し。







修繕ドック周辺断面図



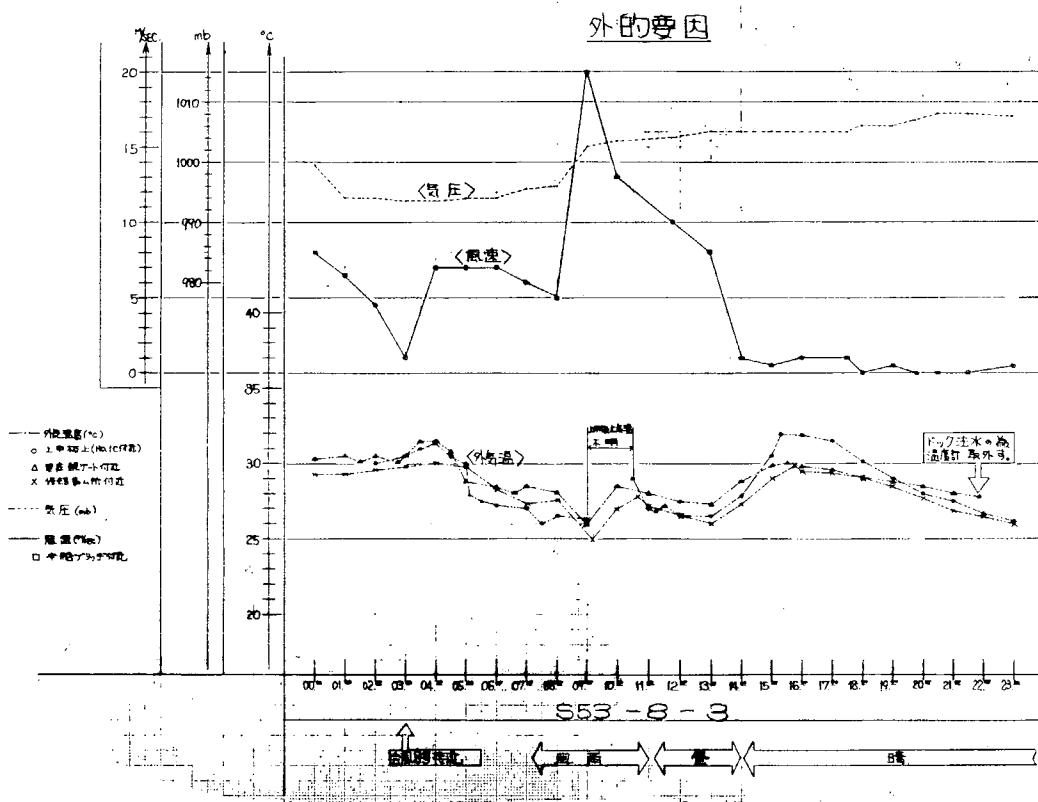
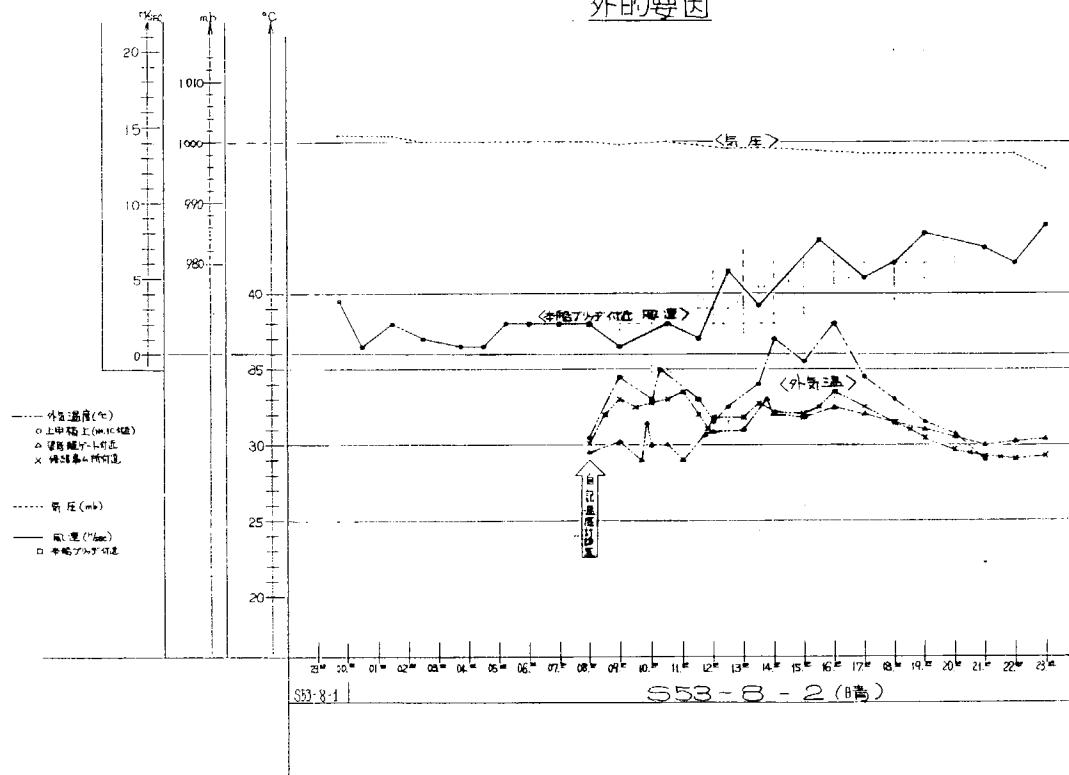
N G F 清和丸

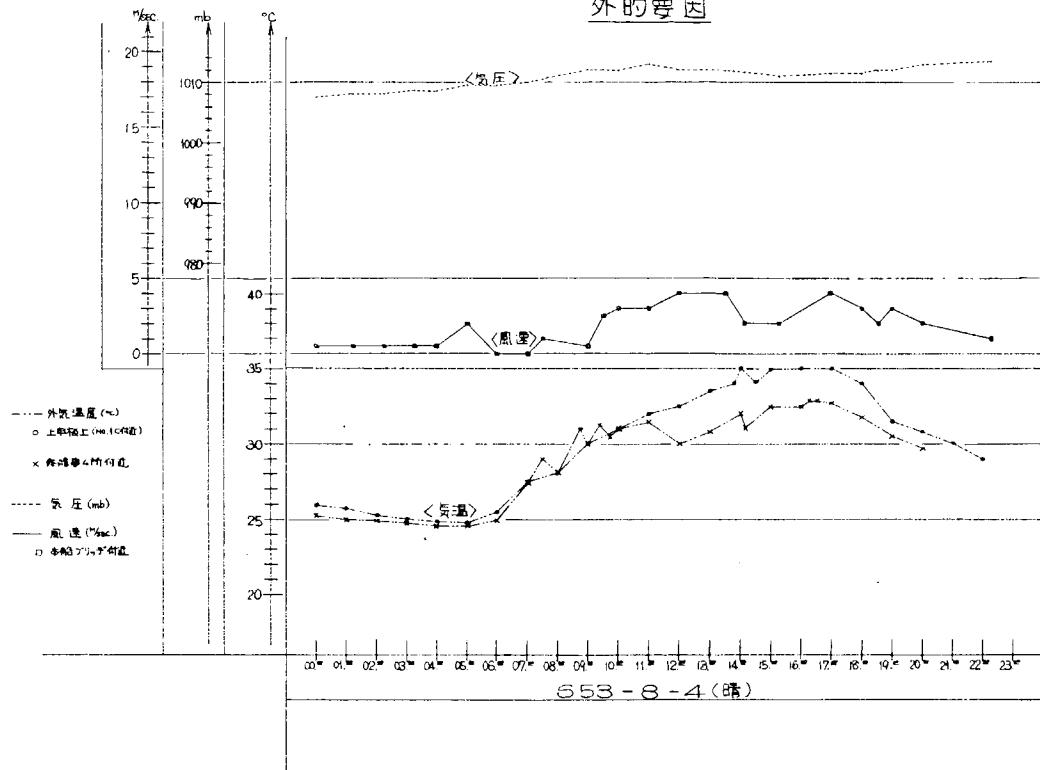
実験基礎データ

※※※ 要目 ※※※

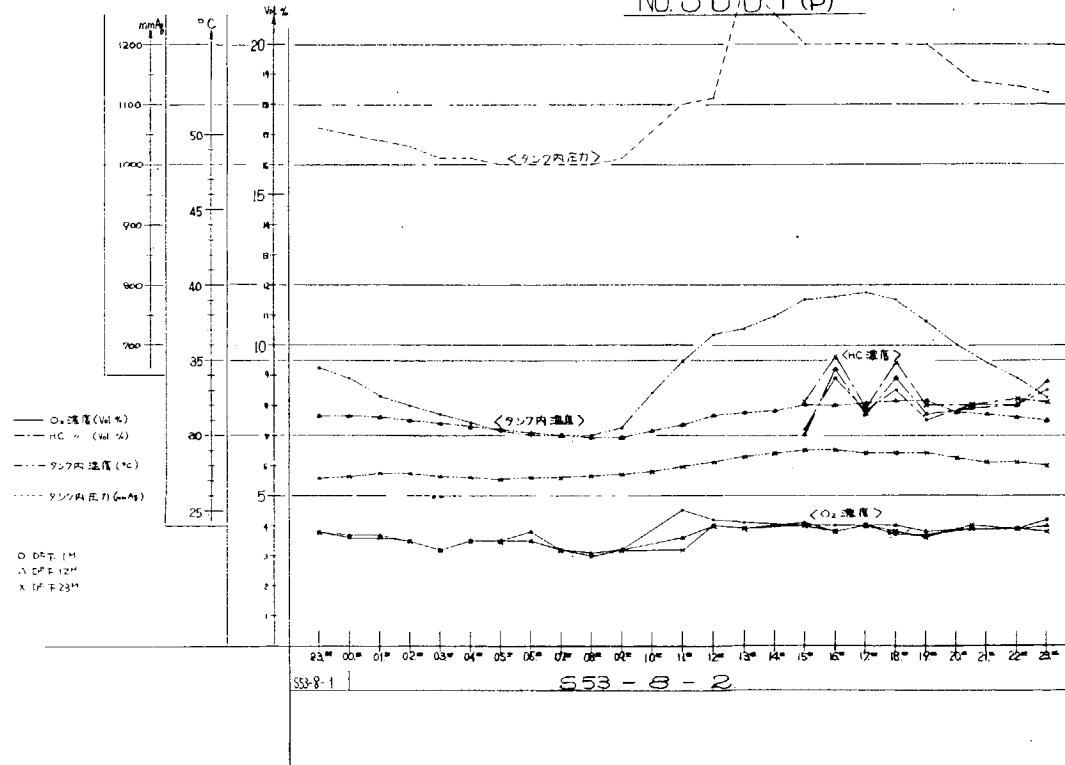
- | | | | |
|---------------------------------|-----------------|------------------------|-------------------------|
| 1. 外的要因 | Page 1, 2, 3 | 5. N ₂ 供給実験 | Page 23 |
| 2. 密閉タンク | | 6. 鋼板温度 | Page 24, 25, 26 |
| M3 COT (P) | Page 4, 5, 6 | | |
| M3 COT (S) | Page 7, 8, 9 | | |
| M3 COT (C) | Page 10, 11, 12 | [注] | O ₂ : 酸素ガスの略 |
| 3. 呼吸タンク | | N ₂ | : 窒素ガスの略 |
| M2 COT (P)船首 | Page 13, 14, 15 | H C | : 石油系ガスの略 |
| M2 COT (P)船尾 | Page 16, 17, 18 | タンク内圧はゲージ圧を示す | |
| バルブ開放後における
O ₂ 濃度 | Page 19 | 気体濃度は容積%で示す | |
| 4. 拡散タンク | | | |
| M1 COT (C) | Page 20, 21, 22 | | |

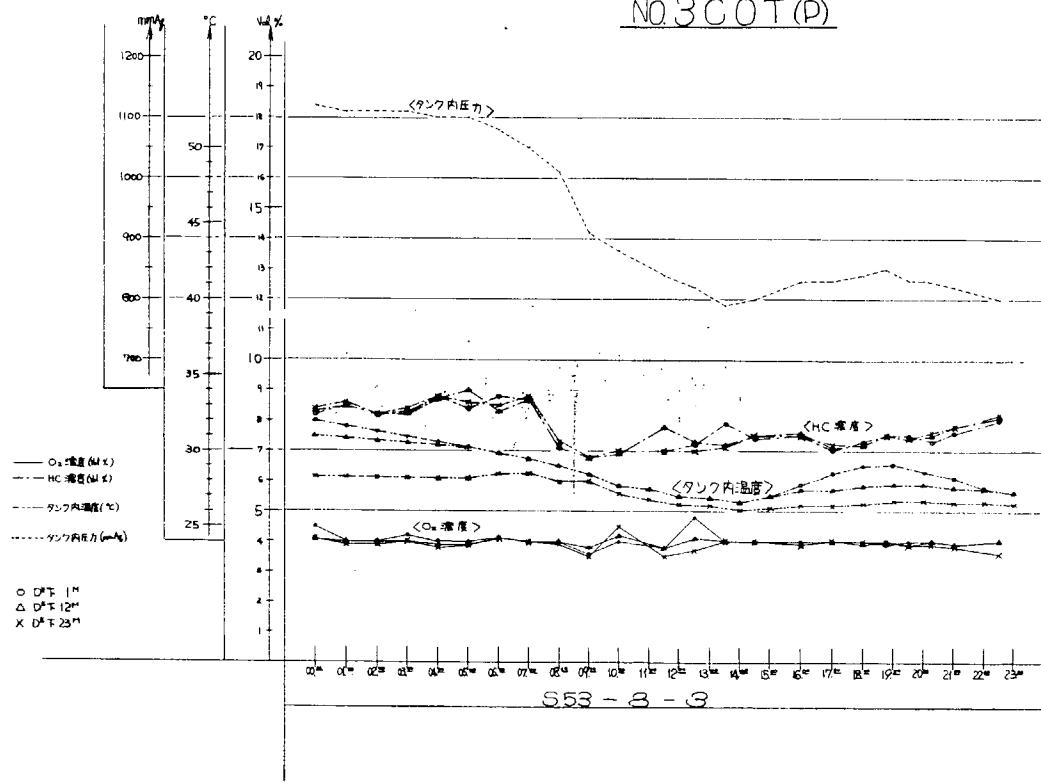
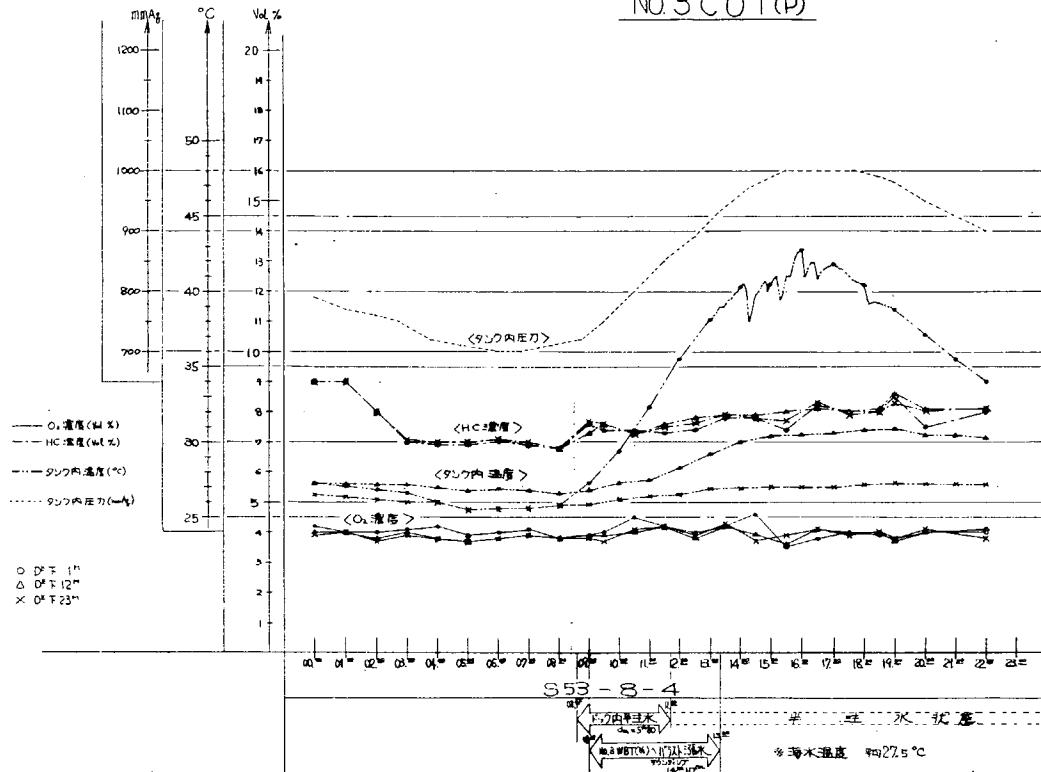
外的要因

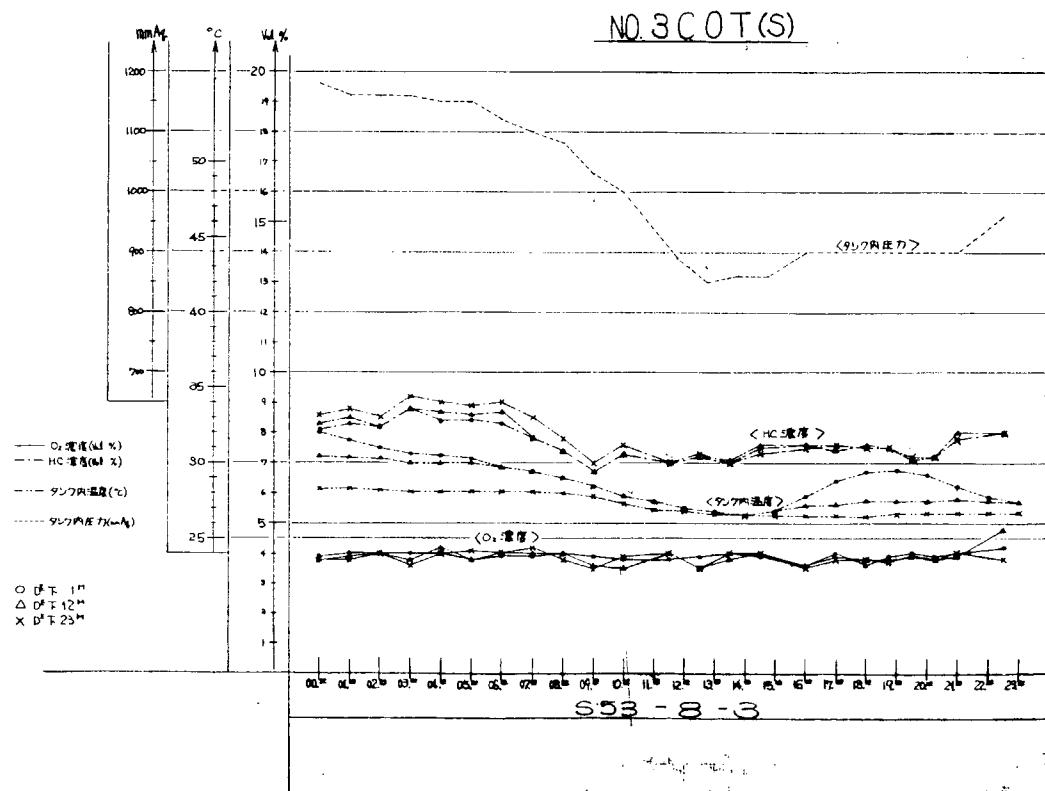
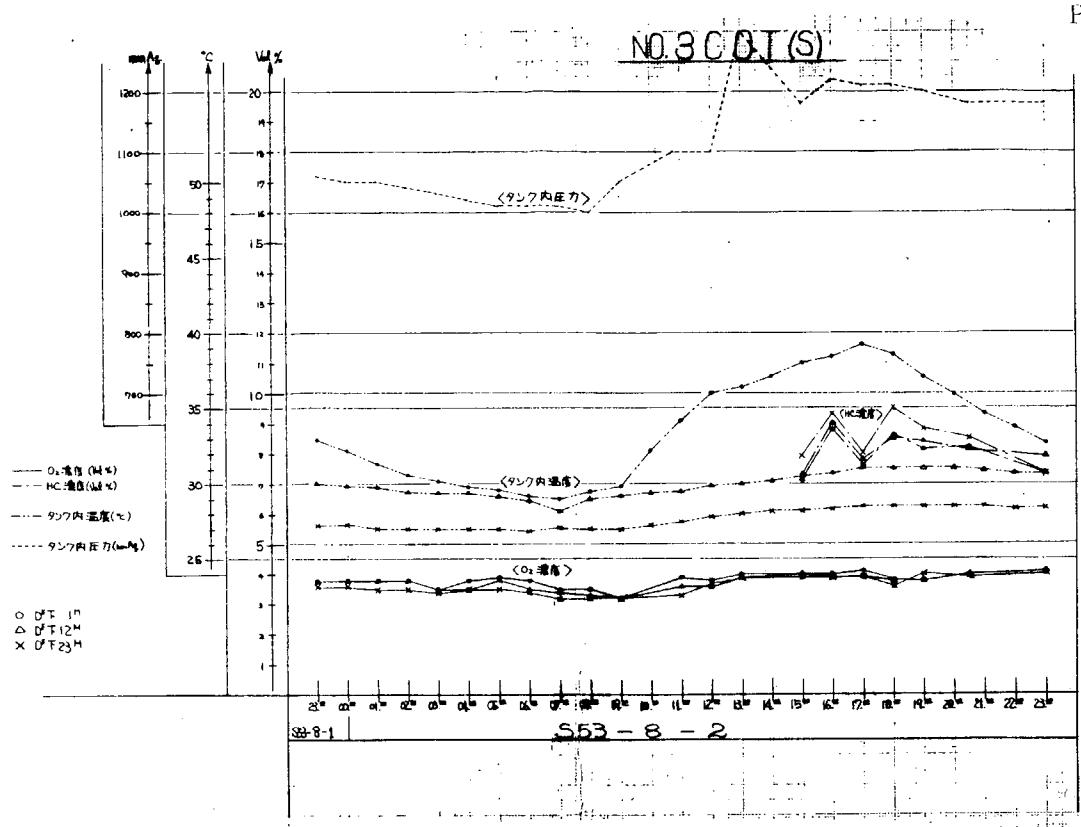


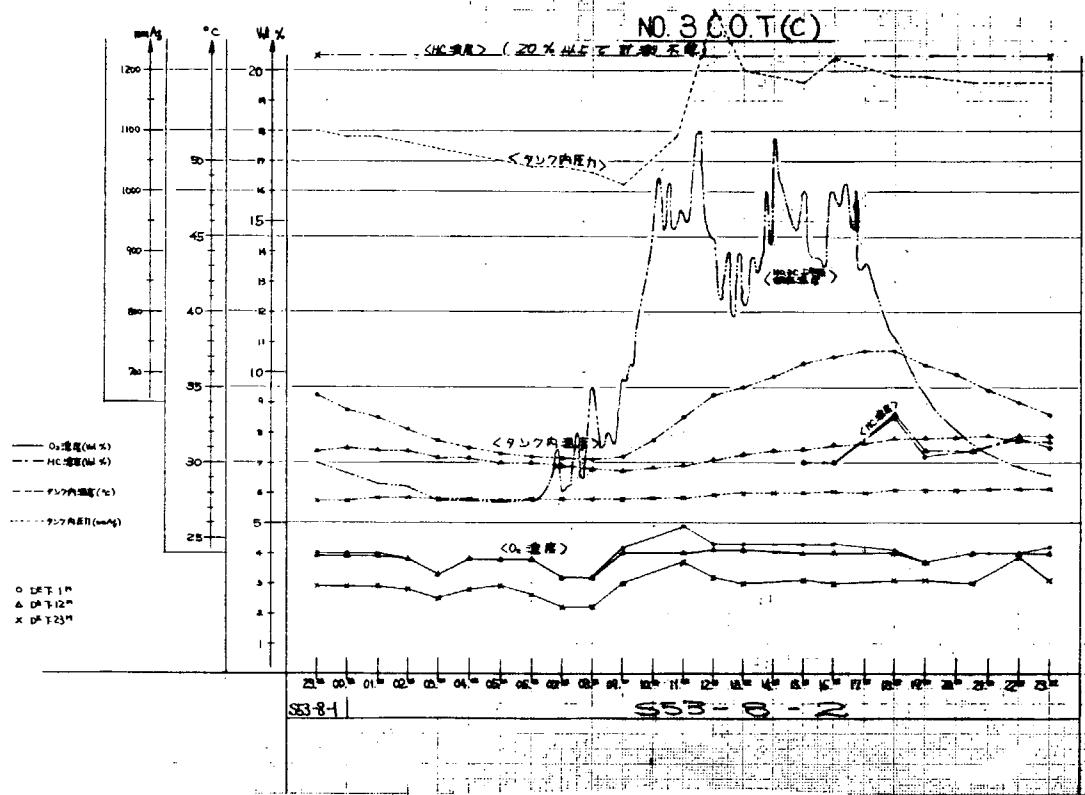
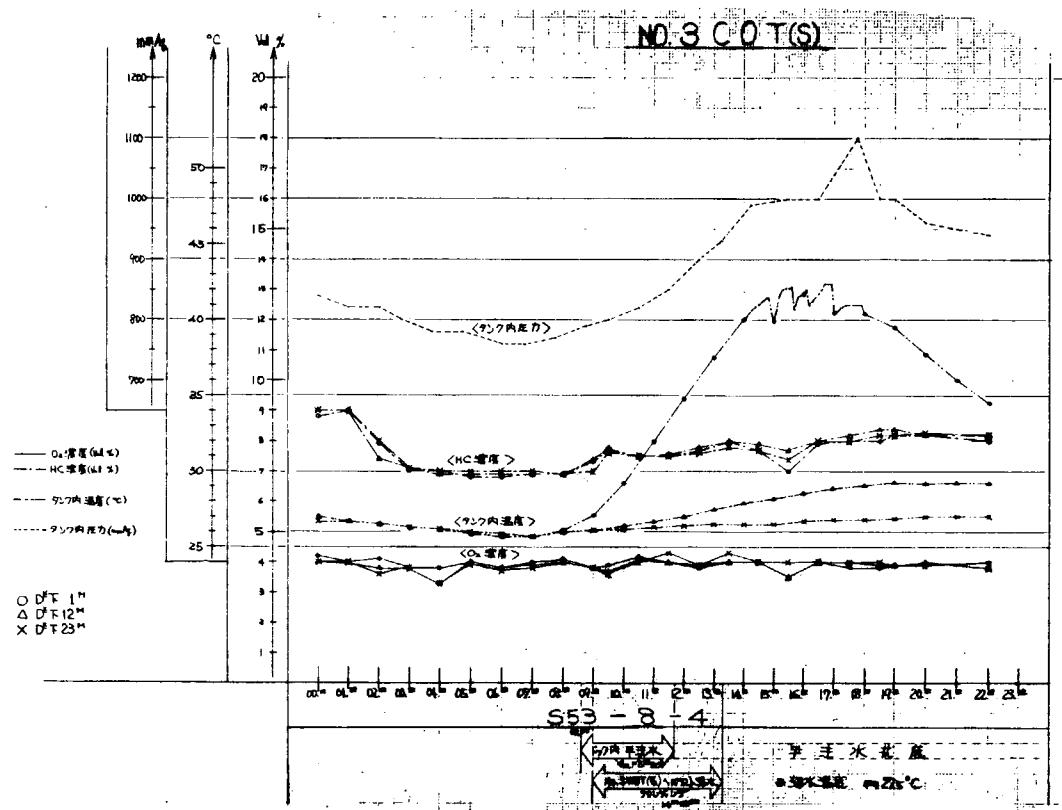
外的要因

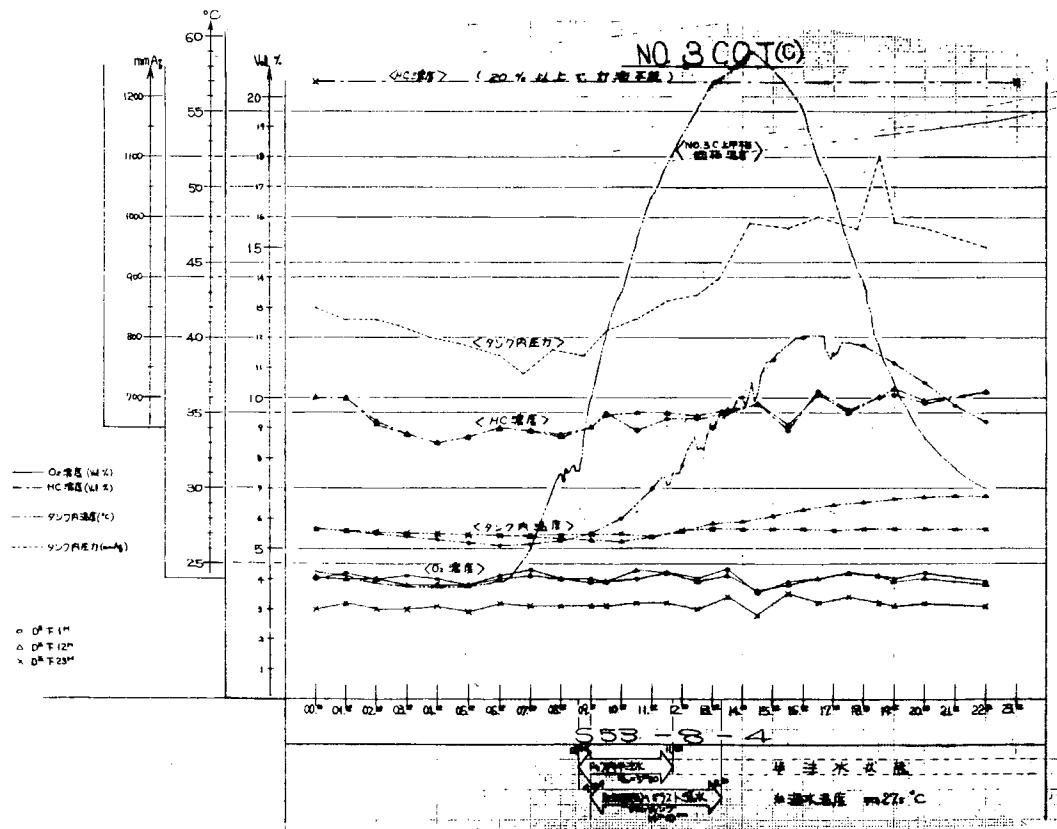
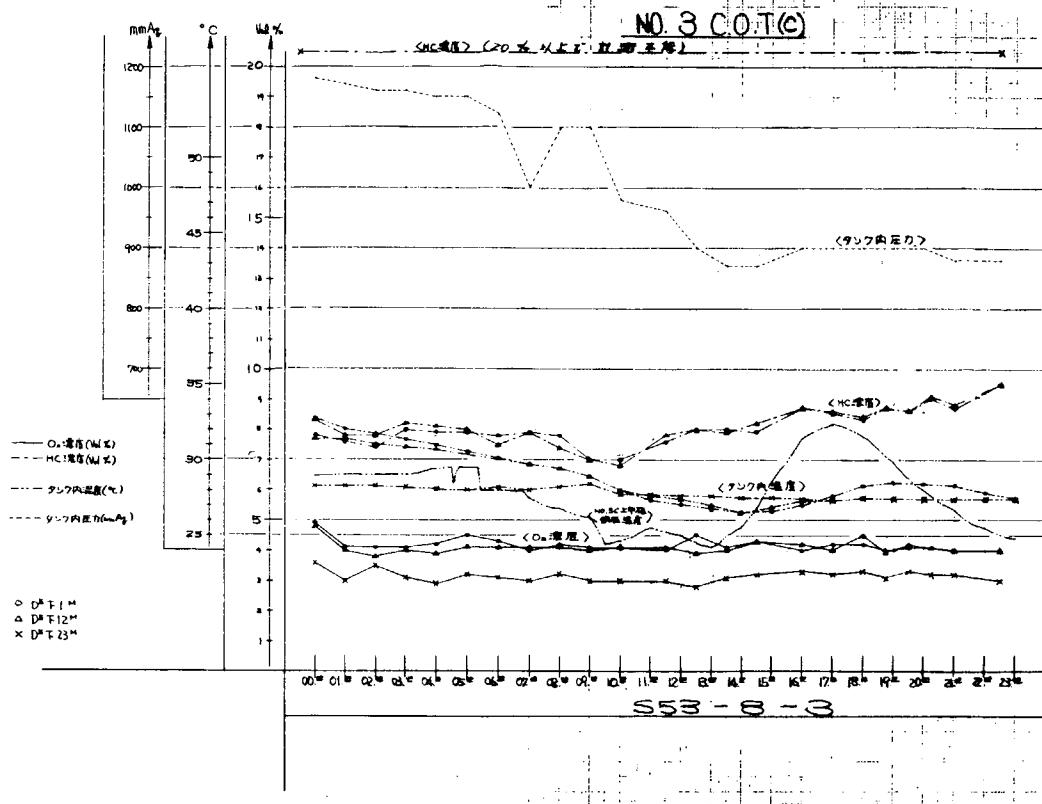
NO. 3 C.D.T (P)

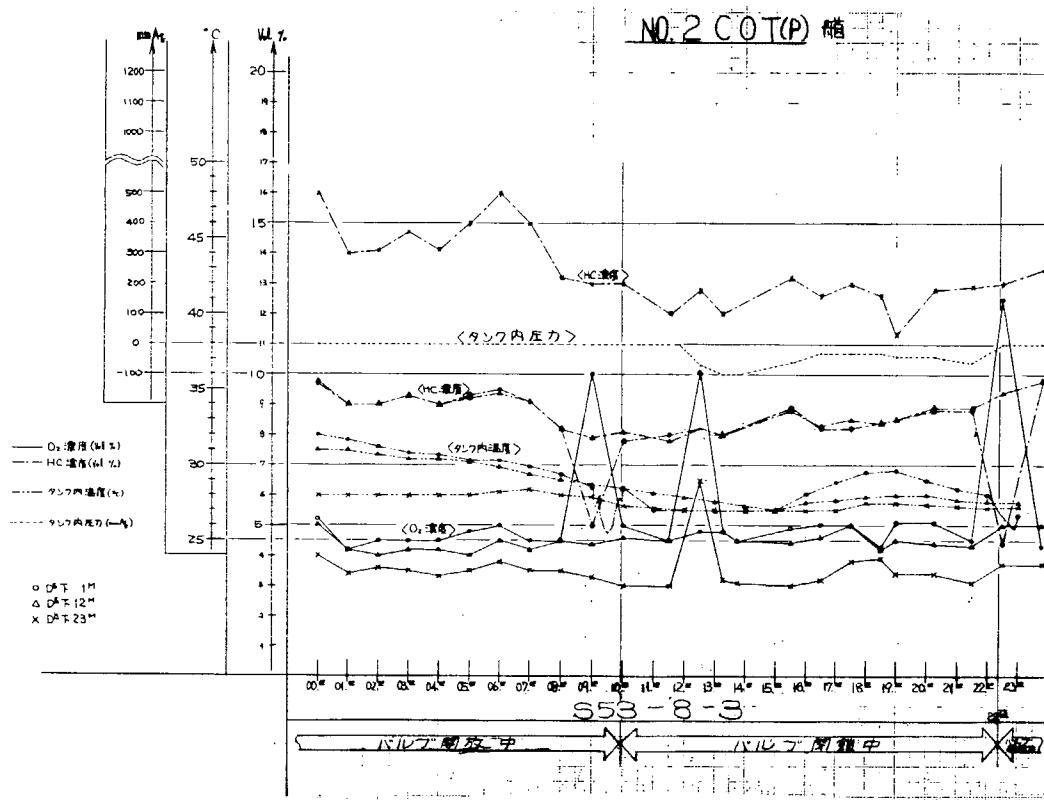
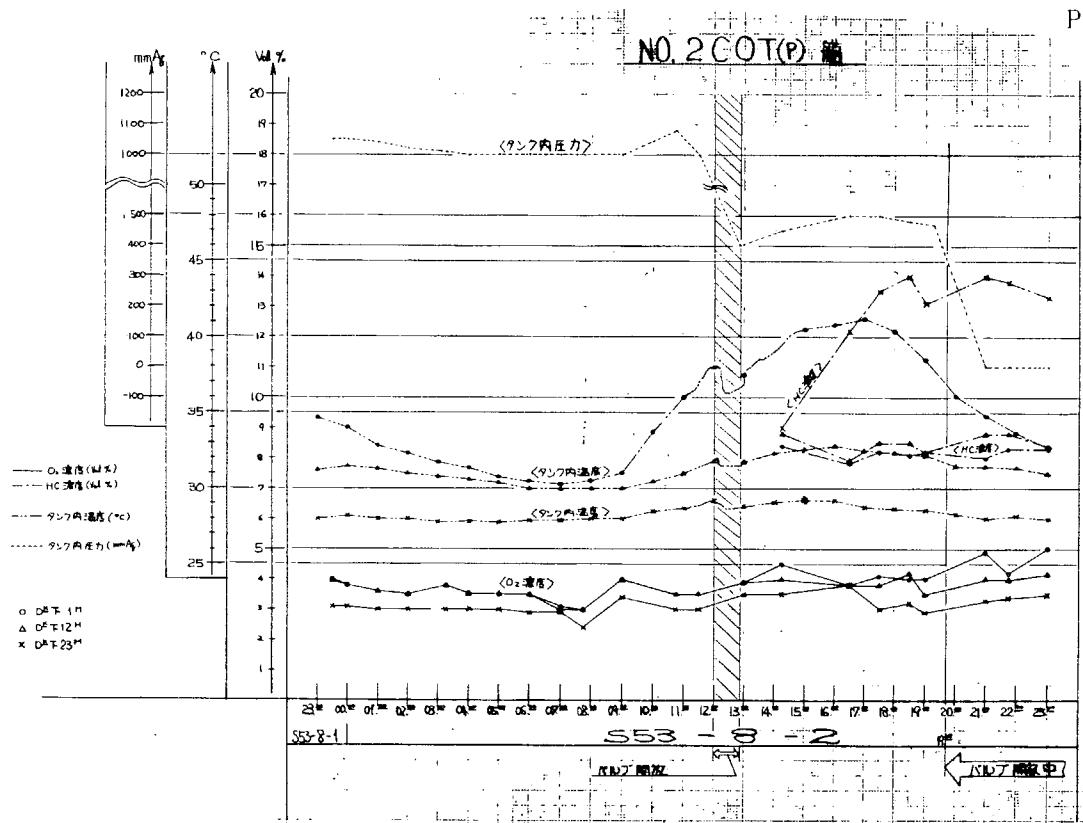


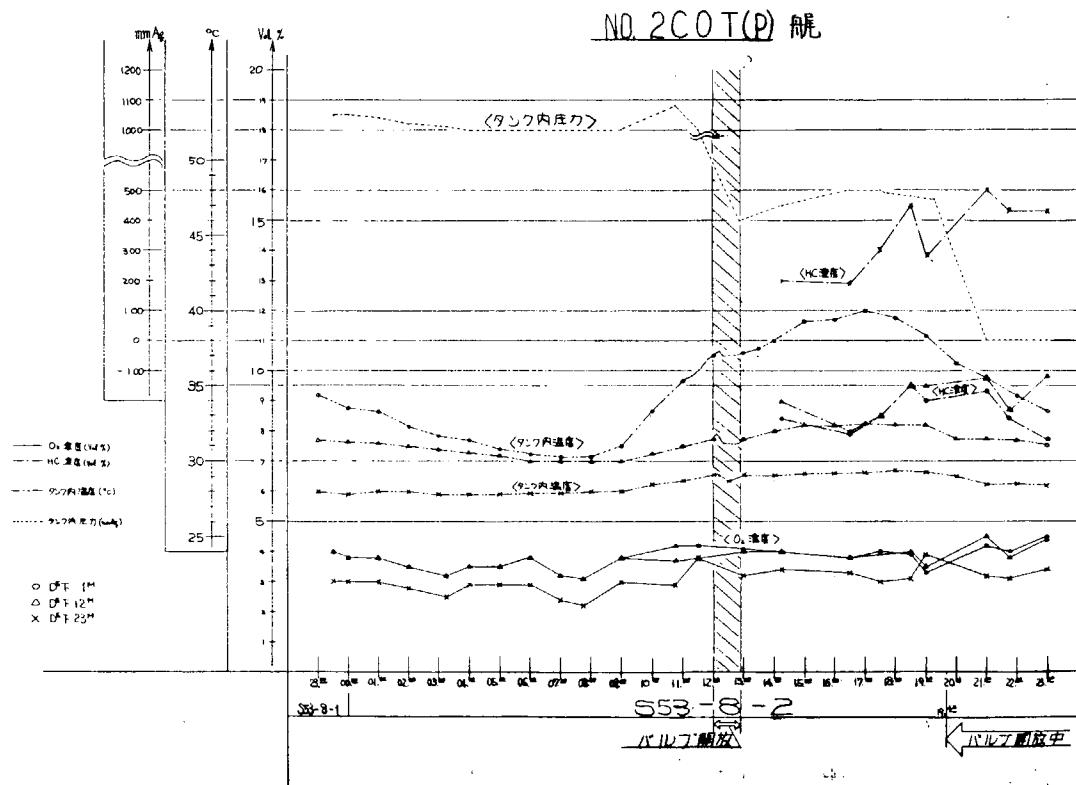
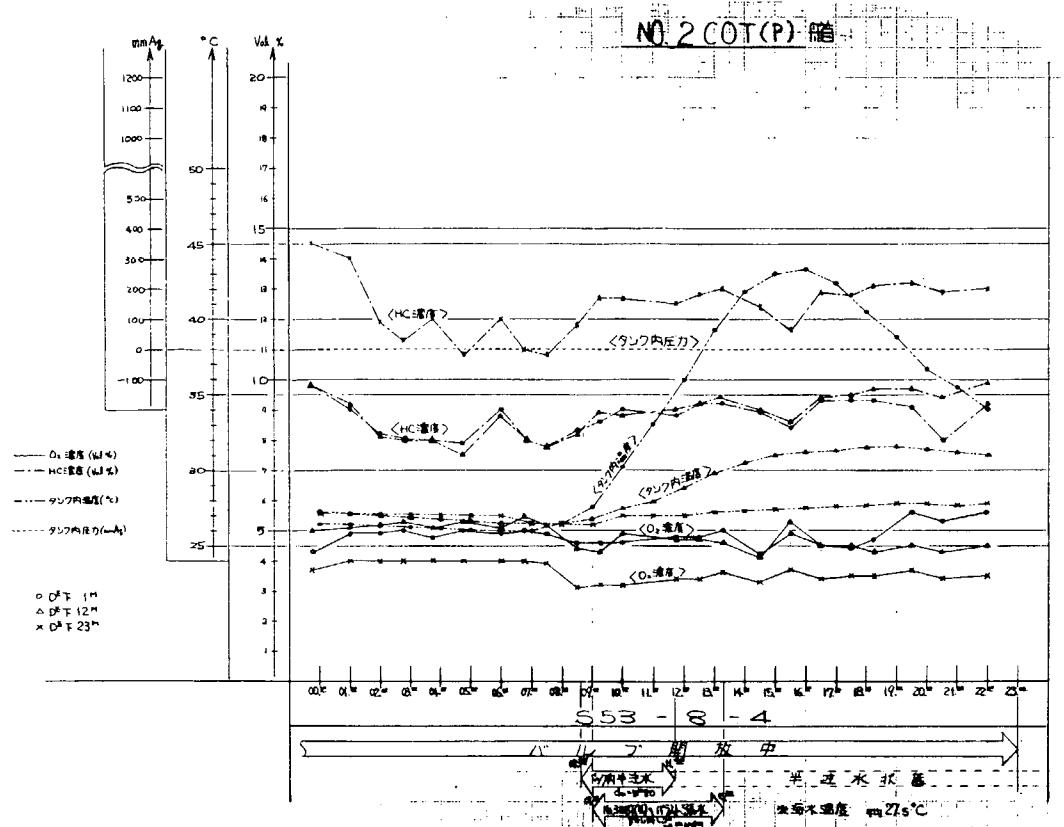
NO.3 COT(P)NO.3 COT(P)



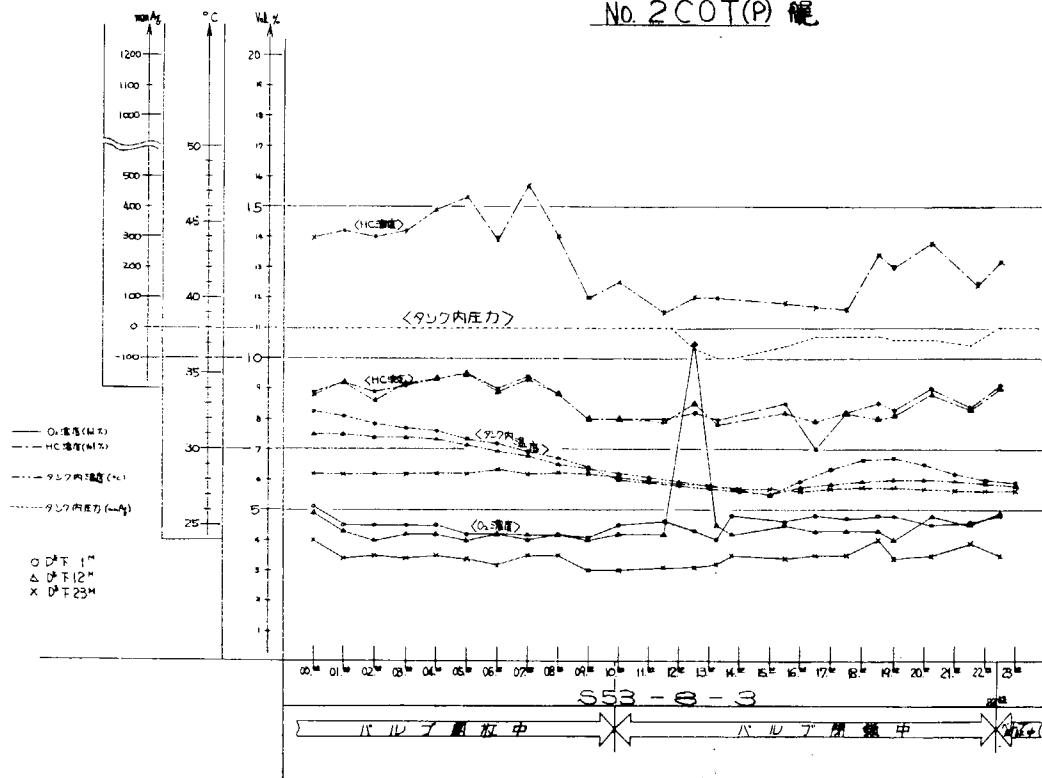




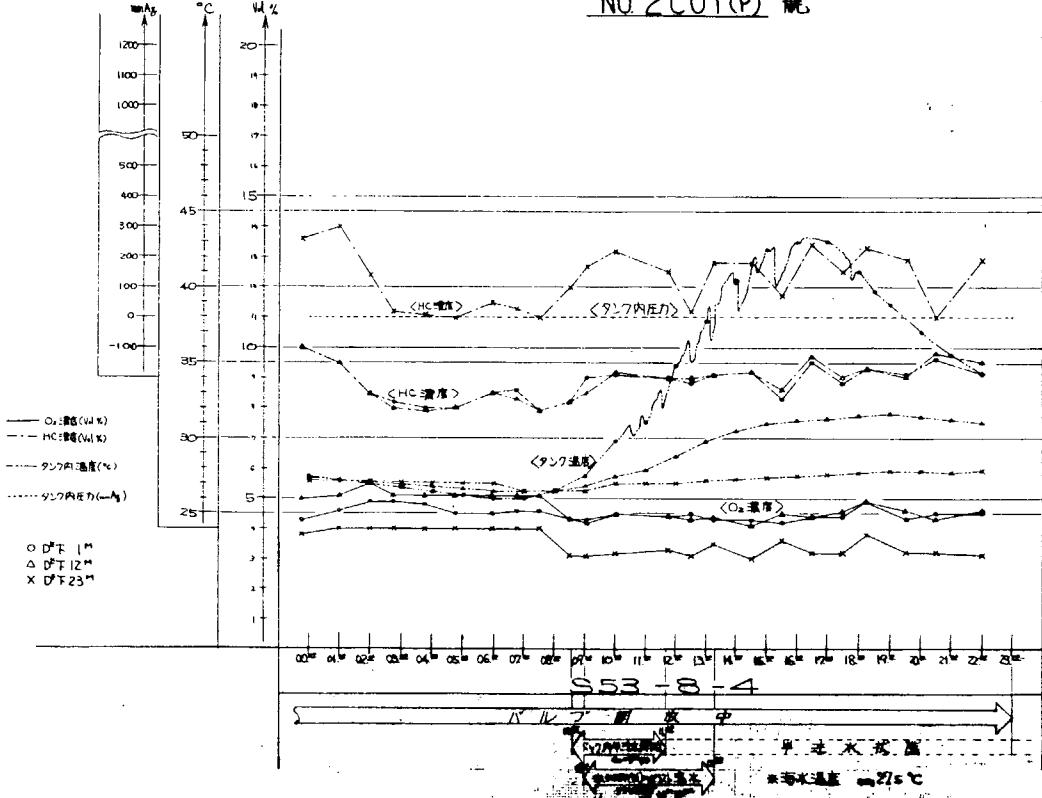


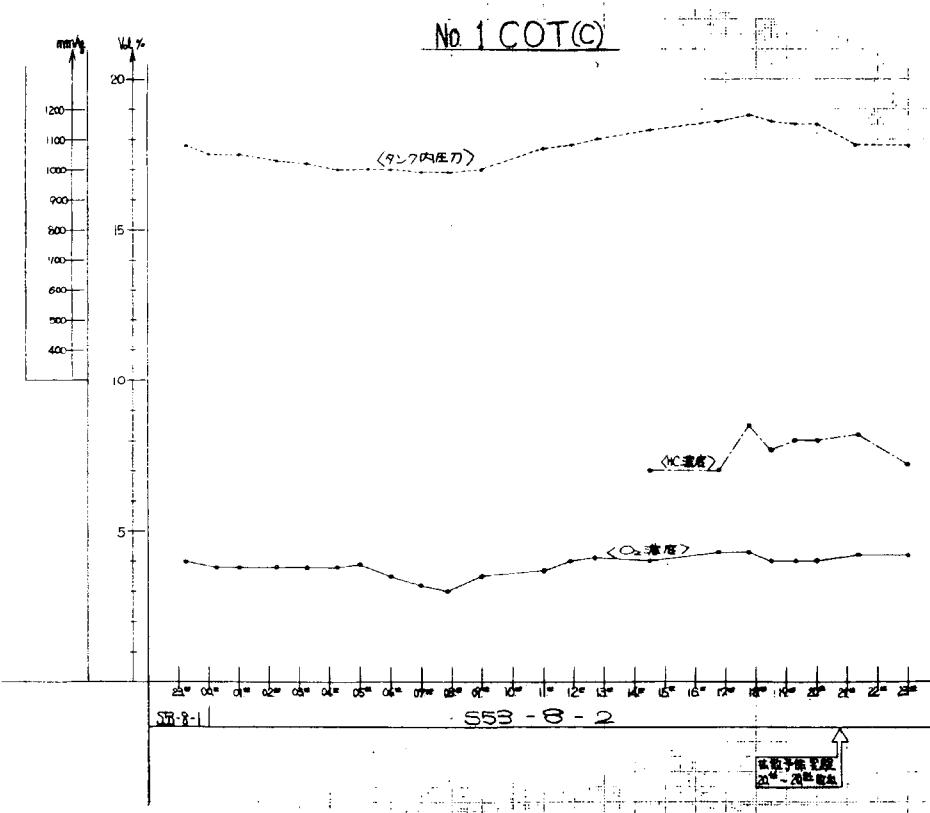
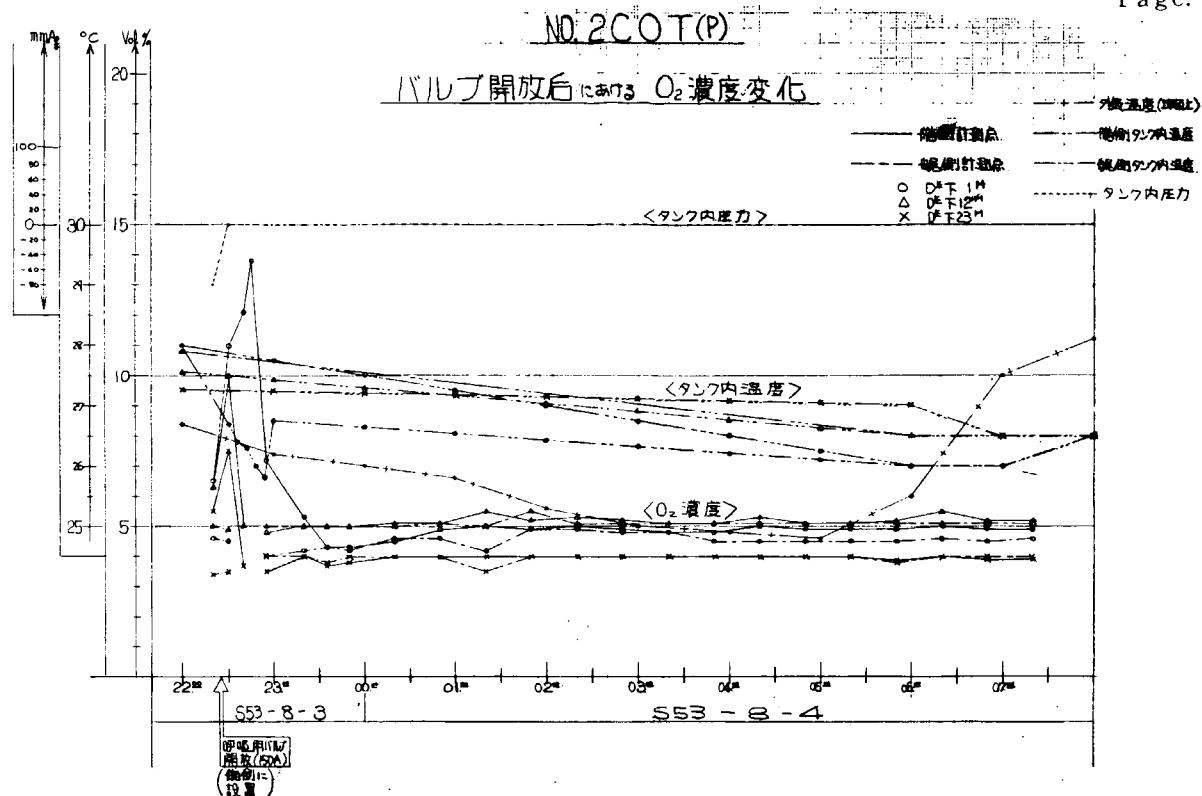


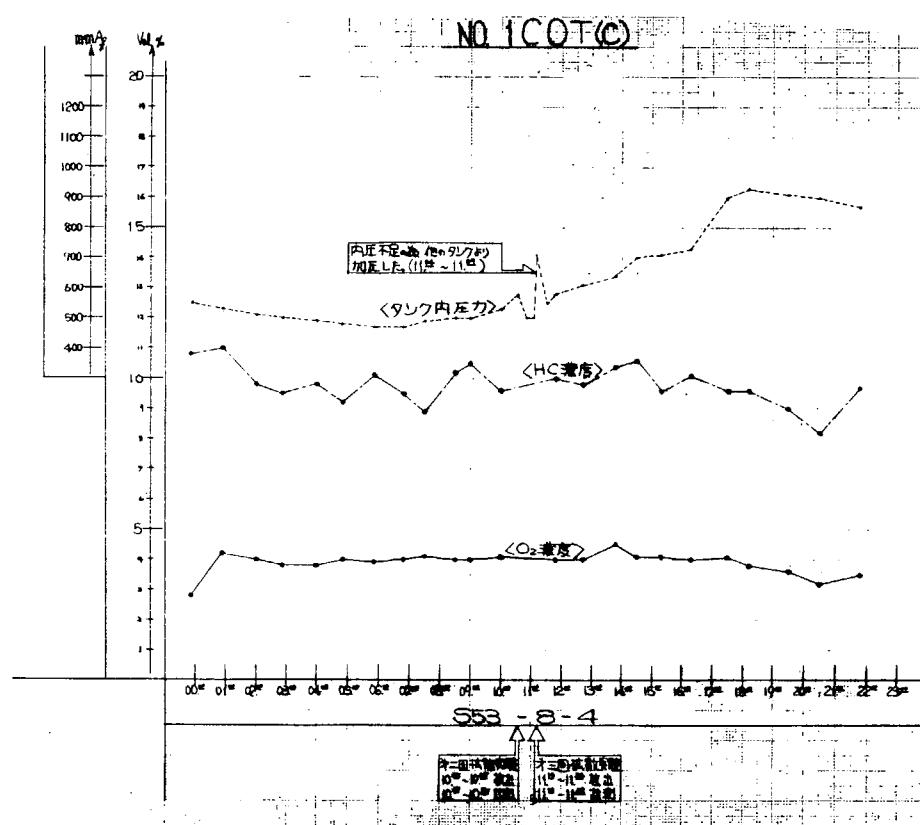
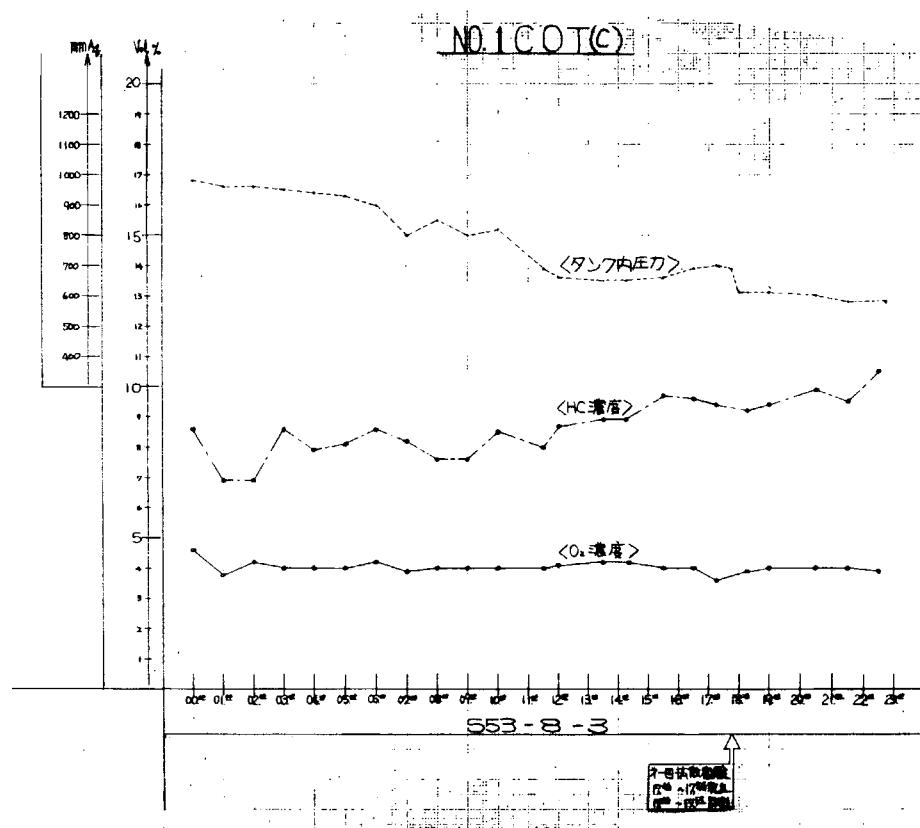
No. 2 COT(P) 観

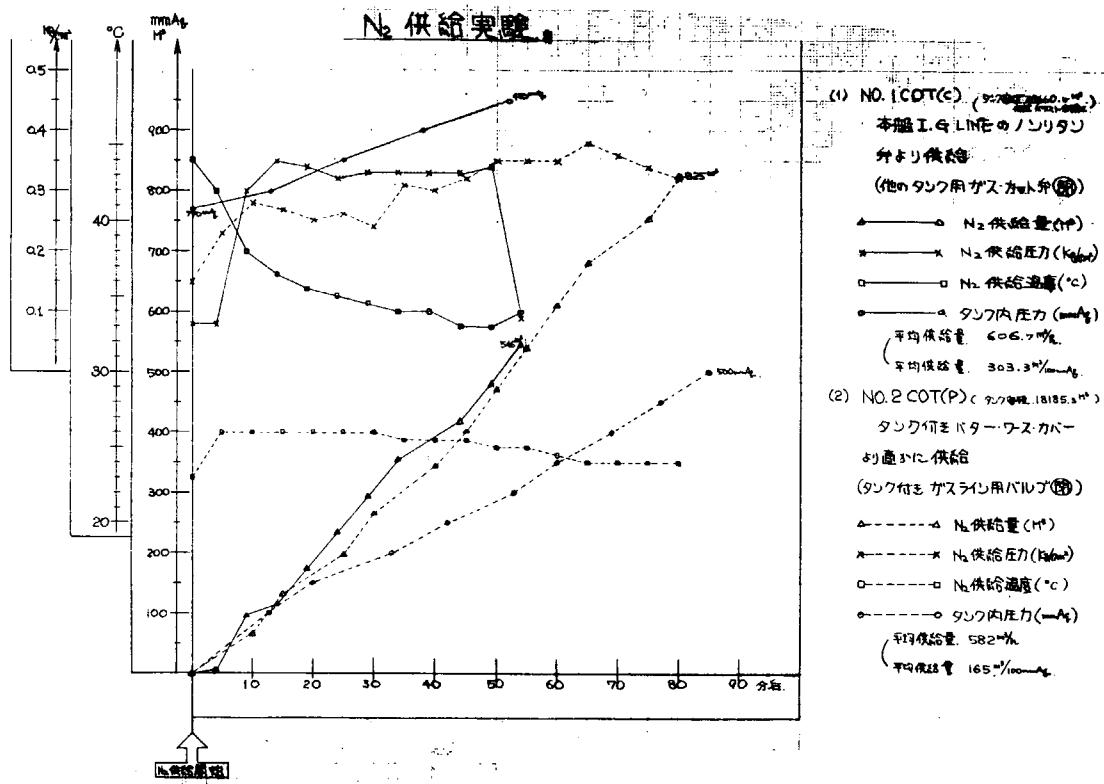


No. 2 COT(P) 観

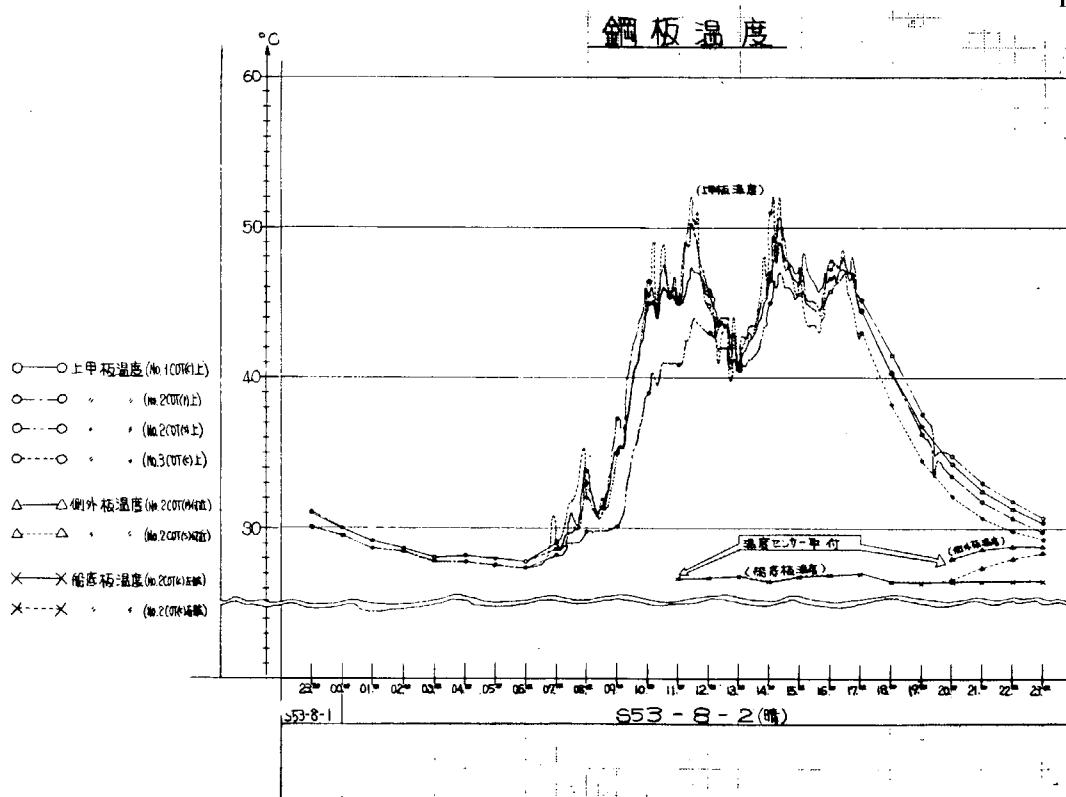


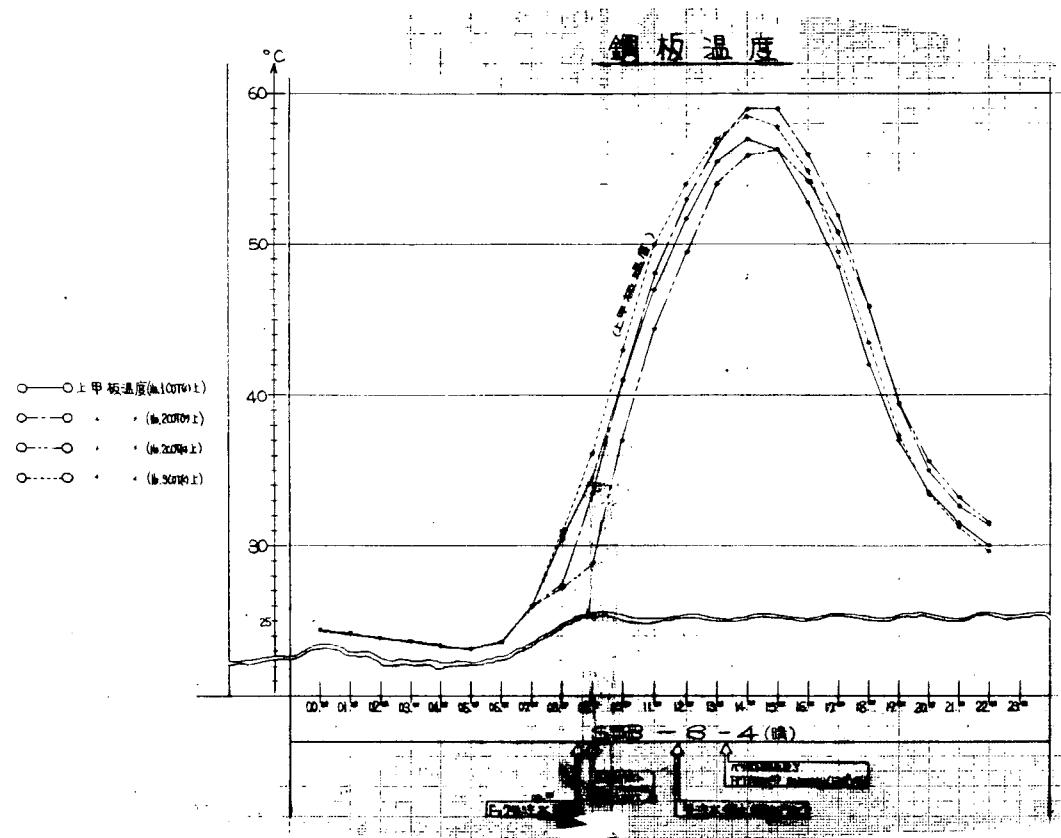
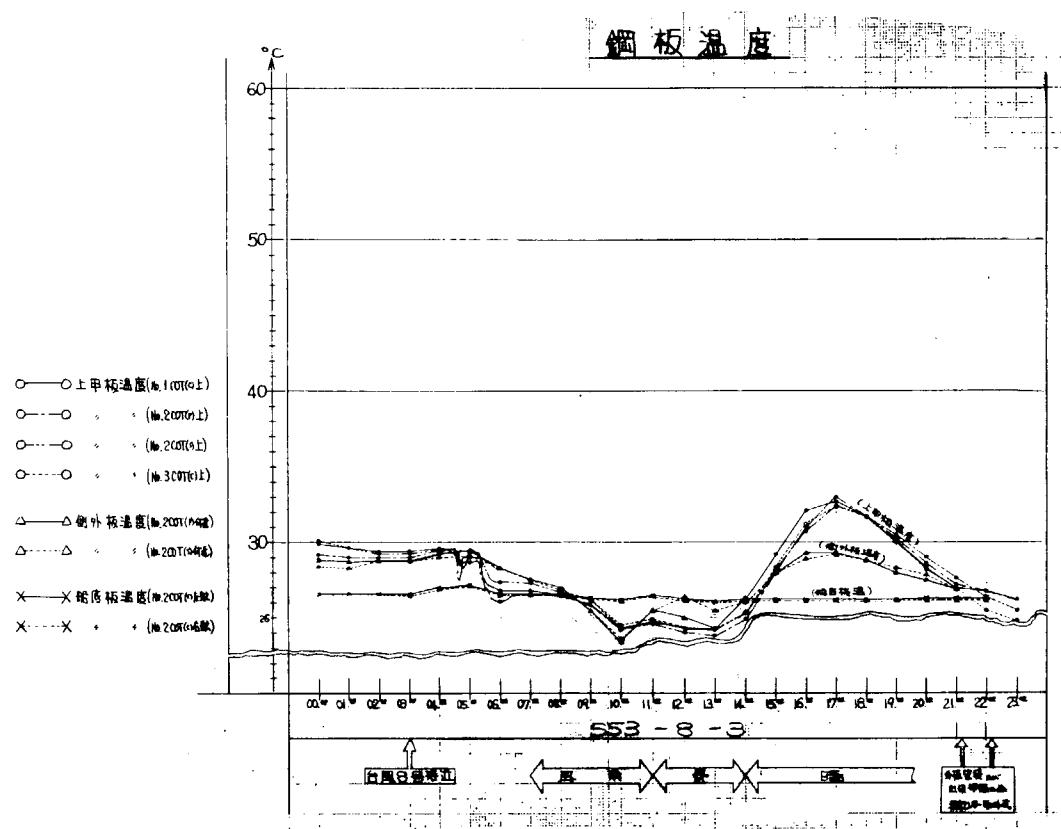






Page. 24





松散実験式① I (理研18型検知器による計測)

老
朝

第1回 扇工実験(拡散度)濃度 Vol%

(理研 G-D-Ds-B型 自動換気計測装置)

計測場所(水平距離)	計測時間(秒)	0分	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	1分
拡散筒 5m (上部±1m)	0.32	0.43	0.03	0.50	0.85	0.04	0.04	0.01	0.03	0.20	0.39	0.03	0.05
10m (")	0.01	0.05	0.13	0.30	0.22	0.09	0.05	0.11	0.03	0.13	0.03	0.03	0.11
15m (")	0	0	0.01	0.01	0.01	0.05	0.21	0.05	0.05	0.07	0.02	0.03	0.01
20m (")	0	0	0	0	0	0.03	0.14	0.03	0.11	0.07	0.01	0.01	0.01
25m (")	0	0	0	0	0	0	0	0.01	0.01	0.09	0.02	0.05	0.04
17.5m (上部±0m)	0	0	0.23	0.58	0.64	0.36	0.36	0.46	0.21	0.23	0.18	0.34	0.23

計測場所(水平距離)	計測時間(秒)	2分	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	1分
拡散筒 5m (上部±1m)	0.19	0.23	0.67	0.24	0.22	0.05	0.02	0.04	0.13	0.02	0.38	0.13	0.64
10m (")	0.16	0.05	0.22	0.16	0.22	0.02	0.03	0.05	0.07	0.09	0.04	0.07	0.11
15m (")	0.01	0.04	0.04	0.01	0.14	0.16	0.16	0.01	0.02	0.02	0.03	0.01	0.05
20m (")	0.20	0.02	0	0.05	0.05	0.01	0.05	0.05	0.03	0.02	0.02	0.01	0.03
25m (")	0.11	0.09	0.05	0.05	0.05	0.01	0.03	0.04	0.01	0.03	0.03	0.03	0.03
17.5m (上部±0m)	0.16	0.11	0.32	0.21	0.44	0.52	0.19	0.18	0.21	0.14	0.16	0.13	0.19

計測場所(水平距離)	計測時間(秒)	4分	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	1分
拡散筒 5m (上部±1m)	0.16	0.05	0.01	0.03	0.01	0.03	0.04	0.11	0.34	0.25	0.09	0.48	0.34
10m (")	0.04	0.09	0.18	0.05	0.01	0.11	0.23	0.09	0.04	0.13	0.28	0.07	0.02
15m (")	0.01	0.07	0.03	0.07	0.02	0.01	0.01	0.02	0.03	0.09	0.04	0.01	0.01
20m (")	0.04	0.16	0.01	0.04	0.01	0.03	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.03
25m (")	0.04	0.03	0.07	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0
17.5m (上部±0m)	0.18	0.19	0.30	0.38	0.09	0.14	0.23	0.66	0.32	0.66	0.05	0.28	0.39

計測場所(水平距離)	計測時間(秒)	6分	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	1分
拡散筒 5m (上部±1m)	0.14	0.07	0.04	0.01	0.01	0.04	0.02	0.05	0.05	0.04	0.02	0.03	0.09
10m (")	0.01	0.05	0.03	0.03	0.01	0.01	0.01	0.03	0.05	0.14	0.18	0.05	0.04
15m (")	0.02	0.04	0.03	0.02	0.04	0.01	0.01	0.02	0.01	0.05	0.07	0.11	0.04
20m (")	0.01	0.02	0.01	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.05	0.07	0.01	0.05
25m (")	0.16	0.09	0.23	0.20	0.19	0.56	0.24	0.20	0.11	0.41	0.22	0.25	0.54
17.5m (上部±0m)	0.16	0.09	0.23	0.20	0.19	0.56	0.24	0.20	0.11	0.41	0.36	0.38	0.14

第1回半伝散完結(拡散力)入濃度)

計測場所(水平距離)		計測時間(5分)										計測時間(5分)												
		05:00					06:00					07:00					08:00							
計測場所	高さ(m)	40	45	50	55	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	0	5	10	15	20	25	
計測場所	5m(上段上1m)	0.13	0.05	0.05	0.36	0.13	0.11	0.05	0.03	0.03	0.02	0.05	0.04	0.04	0.02	0.03	0.04	0.07	0.09	0.11	0.09	0.04	0.05	0.07
"	10m(" "	0.11	0.16	0.24	0.26	0.25	0.23	0.07	0.20	0.04	0.02	0.01	0.02	0.02	0.03	0.05	0.05	0.11	0.09	0.04	0.04	0.03	0.03	0.02
"	15m(" "	0.01	0.03	0.07	0.09	0.09	0.14	0.11	0.11	0.04	0.04	0.09	0.07	0.07	0.02	0.03	0.03	0.02	0.03	0.01	0.01	0.01	0.01	0.03
"	20m(" "	0.03	0.04	0.04	0.02	0.02	0.02	0.04	0.11	0.13	0.11	0.07	0.05	0.05	0.07	0.09	0.03	0.01	0.03	0.02	0.01	0.01	0.01	0.02
"	25m(" "	0.03	0.04	0.03	0.03	0.03	0.02	0.01	0.02	0.01	0.03	0.04	0.09	0.11	0.05	0.05	0.04	0.07	0.09	0.05	0.03	0.03	0.02	0.01
"	17.5m(上段上0m)	0.07	0.07	0.18	0.54	0.54	0.64	0.25	0.26	0.30	0.19	0.22	0.14	0.02	0.02	0.04	0.41	0.30	0.26	0.03	0.01	0.01	0.02	0.02
計測時間(5分)		10:00										11:00												
計測場所	5m(上段上1m)	0.09	0.05	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	
"	10m(" "	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.02	0.02
"	15m(" "	0.04	0.03	0.03	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.03	0.03	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02
"	20m(" "	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.01	0.02	0.02	0.02	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01
"	25m(" "	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
"	17.5m(上段上0m)	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.04	0.04	0.04	0.04	0.07	0.05	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.02
計測場所(水平距離)		12:00										13:00												
計測場所	5m(上段上1m)	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
"	10m(" "	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
"	15m(" "	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
"	20m(" "	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
"	25m(" "	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
"	17.5m(上段上0m)	0.02	0.02	0.01	0.01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
計測場所(水平距離)		14:00										15:00												
計測場所	5m(上段上1m)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
"	10m(" "	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
"	15m(" "	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
"	20m(" "	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
"	25m(" "	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
"	17.5m(上段上0m)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

第2回拡散実験(拡散力入濃度)

計測時間(秒后)		0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	1分	2分	3分	4分	5分	6分	7分	8分	9分	10分	15分	20分	25分	30分	35分	40分	45分	50分											
計測場所(水平距離)																																											
拡散筒φ55 5m(上甲板上 1m)	0.67	0.49	0.44	0.36	0.19	0.07	0.01	0.23	0.18	0.01	0.01	0	0.24	0.07	0.18	0.05	0.23	0.01	0.02	0.59	0.18	0.02	0.59	0.18	0.02	0.59	0.18	0.02	0.59	0.18	0.02												
" 10m (")	0.25	0.05	0.01	0.21	0.02	0.02	0	0	0.04	0.05	0	0	0.01	0	0	0.02	0	0	0.13	0.19	0.05	0.01	0	0	0.02	0	0	0.13	0.19	0.05	0.01	0	0	0									
" 15m (")	0.07	0.01	0.18	0.07	0.07	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01									
" 20m (")	0.01	0.03	0.05	0.01	0.09	0.05	0.03	0.02	0	0	0.07	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0										
" 25m (")	0.04	0.05	0.04	0.03	0.04	0.05	0.03	0.02	0	0	0.01	0.04	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0										
" 12.5m(上甲板上 0m)	0	0.11	0.04	0	0	0	0	0.07	0.16	0.02	0	0.07	0.11	0.38	0.24	0.23	0.05	0.05	0.05	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01						
計測時間(秒后)	2分后																																										
計測場所(水平距離)		55	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45																			
拡散筒φ55 5m(上甲板上 1m)	0.13	0.56	0.67	0.18	0.16	0.01	0.23	0.16	0.01	0.23	0.16	0.01	0.18	0.04	0.01	0.18	0.32	0.21	0.19	0.16	0.14	0.14	0.03	0.22	0.44																		
" 10m (")	0.01	0.20	0.28	0.05	0.13	0.02	0	0.04	0.04	0.02	0.03	0.01	0.05	0	0	0.25	0.07	0	0.13	0.05	0.11	0.02	0.21																				
" 15m (")	0.01	0.16	0.04	0.09	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.03	0.09	0.01	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.02																		
" 20m (")	0	0.01	0.03	0.87	0.04	0.04	0	0	0	0.01	0.04	0.02	0	0	0	0	0.04	0.03	0	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02																		
" 25m (")	0.01	0.01	0.01	0.01	0.03	0.03	0.05	0.03	0.01	0	0	0.01	0	0.01	0	0.01	0	0	0.04	0.02	0.01	0	0	0.01	0.01																		
" 12.5m(上甲板上 0m)	0.14	0.16	0	0.02	0	0.21	0.01	0.02	0.03	0.23	0.24	0.11	0.18	0.44	0.25	0.04	0.13	0.02	0.02	0.16	0.05	0.14	0.03																				
計測時間(秒后)	4分后																																										
計測場所(水平距離)		50	55	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	0	5	10	15	20	25	30	35	40																			
拡散筒φ55 5m(上甲板上 1m)	0.07	0.11	0.21	0.22	0.05	0.04	0.04	0.02	0.21	0.03	0.07	0.20	0.09	0.01	0.01	0	0.03	0	0	0.59	0.11	0.01																					
" 10m (")	0.07	0	0.01	0.01	0	0.09	0	0.05	0.04	0.02	0	0.04	0.21	0.01	0	0	0	0	0	0	0	0	0.49	0.01																			
" 15m (")	0.09	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.03	0.04	0.01	0.01	0.03	0.02	0.01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.03																			
" 20m (")	0.01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.01	0	0	0	0	0	0.03	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0								
" 25m (")	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0							
" 12.5m(上甲板上 0m)	0.11	0.24	0.05	0.13	0.43	0.32	0.38	0.32	0.03	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0								
計測時間(秒后)	6分后																																										
計測場所(水平距離)		45	50	55	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	0	5	10	15	20	25	30	35	40																		
拡散筒φ55 5m(上甲板上 1m)	0.01	0	0.02	0	0.01	0.01	0	0	0.09	0.01	0.02	0.22	0.03	0.20	0.39	0.01	0.02	0.01	0.03	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02						
" 10m (")	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.02	0	0.01	0.11	0.04	0.05	0.03	0.05	0.04	0.05	0.03	0.05	0.04	0.05	0.03	0.05	0.04	0.05	0.03	0.05	0.04	0.05	0.03	0.05			
" 15m (")	0.04	0	0	0	0	0	0	0.02	0.01	0.01	0.01	0	0	0	0	0	0	0	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.02	0.01	0.02	0.01	0.02	0.01	0.02	0.01	0.02	0.01	0.02	0.01	0.02	0.01	0.02	0.01	0.02			
" 20m (")	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0					
" 25m (")	0	0.04	0	0	0.02	0.04	0	0.02	0.04	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.02	0.01	0.02	0.01	0.02	0.01	0.02	0.01	0.02	0.01	0.02	0.01	0.02	0.01	0.02	0.01	0.02			
" 12.5m(上甲板上 0m)	0.19	0.36	0.03	0.19	0	0.09	0.02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.26	0.25	0.04	0.04	0.01	0.01	0.07	0.01	0.01	0.07	0.01	0.01	0.07	0.01	0.01	0.07	0.01	0.01	0.07	0.01	0.01	0.07	0.01	0.01	0.07

才2回拡散実験(拡散力と濃度)

計測時間(秒后)		8分后										9分后														
計測場所(水平距離)		40	45	50	55	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	0	5	10	15	20	25	30		
拡散筒	5m (上甲板上 1 ^m)	0.05	0.09	0.11	0.34	0.09	0.46	0.14	0.22	0.14	0.05	0.09	0.01	0.19	0.16	0.02	0.09	0.03	0.01	0.09	0.52	0.22	0.49	0.02		
" 10m (")	0.04	0.01	0.04	0.19	0.03	0.01	0.01	0.11	0	0.04	0.05	0	0.03	0	0	0.03	0	0	0.20	0	0	0.09	0.14	0.07	0.03	
" 15m (")	0.01	0.05	0.03	0.05	0.14	0.02	0.03	0.05	0.05	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.03	0.01	0.01	0.02	0.02	0.01	0.04	0.05		
" 20m (")	0.04	0.01	0.01	0.02	0.03	0.05	0.01	0.01	0.01	0.02	0.04	0.02	0	0	0	0	0	0	0.04	0	0	0	0.01	0.01		
" 25m (")	0.01	0.03	0.01	0.01	0.04	0.04	0.04	0.04	0.05	0.03	0.01	0.04	0.02	0	0	0	0	0.01	0.01	0.01	0	0	0.01	0.01		
" 125 (上甲板上 0 ^m)	0.02	0.01	0.04	0	0	0.22	0.09	0.09	0.22	0.09	0.09	0.02	0.11	0.01	0	0.01	0	0	0	0	0	0.46	0.05	0.03		
計測時間(秒后)		10分后										11分后					12分后					13分后				
計測場所(水平距離)		35	40	45	50	55	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	0	5	10	15	20	25		
拡散筒	5m (上甲板上 1 ^m)	0.02	0.21	0.02	0.04	0.01	0.05	0.01	0.09	0.01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
" 10m (")	0	0.03	0.09	0	0.02	0.13	0.01	0	0.01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
" 15m (")	0.03	0.01	0.03	0.03	0.01	0.03	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0	0	0	0	0	0.01		
" 20m (")	0.03	0.01	0	0.02	0	0	0	0.01	0.01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
" 25m (")	0.01	0.04	0.01	0.01	0.02	0	0	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
" 125 (上甲板上 0 ^m)	0	0.01	0	0	0	0.32	0.03	0.24	0.02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
計測時間(秒后)		14分后										15分后					16分后					17分后				
計測場所(水平距離)		30	35	40	45	50	55	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	0	5	10	15	20		
拡散筒	5m (上甲板上 1 ^m)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
" 10m (")	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
" 15m (")	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
" 20m (")	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
" 25m (")	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
" 125 (上甲板上 0 ^m)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		

才 3 回 拔 散 実 験 (拔 散 力 及 渡 度)

計測場所(水平距離)		時間(秒后)																				
		1分後																				
拠 散 管 (φ 50)		0 5 10 15 20 25 30 35 40 45 50 55 0 5 10 15 20 25 30 35 40 45 50																				
5m (上甲板上1m)	0.20	0.25	0.14	0.03	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01						
10m (, ,)	0.21	0.11	0.19	0.07	0.01	0.01	0.13	0.01	0.16	0.01	0.03	0.03	0.13	0.01	0.02	0						
15m (, ,)	0.05	0.13	0.21	0.02	0.07	0.01	0.01	0.03	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01						
20m (, ,)	0.01	0.03	0.05	0.03	0.03	0.01	0.01	0.04	0.03	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01						
25m (, ,)	0.01	0.03	0.05	0.05	0.11	0.07	0.03	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0	0						
12.5 (上甲板上0m)	0.07	0.69	0.39	0.19	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0						
計測場所(水平距離)		(秒后) 55 0 5 10 15 20 25 30 35 40 45 50 55 0 5 10 15 20 25 30 35 40 45																				
拠 散 管 (φ 10)		5m (上甲板上1m) 0.11 0.03 0.01 0.11 0.36 0.25 0.15 0.50 0.11 0.16 0.03 0.24 0.01 0.01 0.02 0.21 0.39 0.05 0.28 0.07 0.01 0.26 0.19																				
10m (, ,)	0.18	0.01	0	0	0.01	0.13	0.34	0.2	0.03	0	0	0.01	0.01	0.02	0.14	0.04	0.09	0.01	0.03	0.16	0.18	0.16
15m (, ,)	0.13	0.04	0.01	0.01	0.01	0.01	0.03	0.09	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.13	0.02	0.07	0.02	0.03	0.22	0.18
20m (, ,)	0	0.03	0.01	0	0	0.01	0.01	0.03	0.14	0.05	0.01	0	0	0	0.01	0.04	0.03	0.03	0.05	0.01	0.13	
25m (, ,)	0.01	0.03	0.01	0	0	0.02	0.01	0.04	0.03	0.02	0.01	0	0	0	0	0.02	0.03	0.02	0.01	0.05	0.02	
12.5 (上甲板上0m)	0.60	0.44	0.16	0.04	0.28	0.14	0.43	0.39	0.05	0.38	0.43	0.07	0.04	0.22	0.18	0.41	0.01	0.36	0.19	0.44	0.28	0.39
計測場所(水平距離)		5m (上甲板上1m) 0.20 0.34 0.26 0.02 0.01 0.01 0.02 0.01 0.01 0.01 0.01 0.01 0.01 0.01 0.01 0.01 0.01 0.01 0.01 0.01 0.01 0.01 0.01																				
10m (, ,)	0.05	0	0	0.34	0.03	0.01	0	0	0	0	0	0	0	0.01	0.02	0	0.01	0.04	0.04	0.20	0.03	0.11
15m (, ,)	0.13	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.07	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.05	0.03	0.16
20m (, ,)	0.03	0	0	0	0.01	0.01	0.01	0.03	0.14	0.05	0.01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.03
25m (, ,)	0.04	0.03	0.02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.03
12.5 (上甲板上0m)	0.54	0.28	0.67	0.32	0.05	0.61	0.01	0	0.07	0	0.03	0.04	0.77	0.11	0.21	0.52	0.20	0.05	0.77	0.14	0.62	0.69
計測場所(水平距離)		(秒后) 45 50 55 0 5 10 15 20 25 30 35 40 45 50 55 0 5 10 15 20 25 30 35 40 45																				
拠 散 管 (φ 45)		5m (上甲板上1m) 0.07 0.01 0.01 0.01 0.01 0.01 0.02 0.02 0.05 0.03 0.01 0.01 0.01 0.03 0.01 0.01 0.01 0.01 0.01 0.01 0.01 0.01 0.01																				
10m (, ,)	0.05	0	0	0.03	0.01	0.01	0.01	0.03	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.05	0.04	0.43	0.52
15m (, ,)	0.05	0.03	0.01	0.01	0.01	0.01	0.03	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.04	0.04	0.20	0.03	0.11
20m (, ,)	0.05	0.03	0.01	0	0	0.01	0.01	0.01	0.01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.03
25m (, ,)	0.18	0.05	0.03	0.01	0.01	0.01	0.01	0.05	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.09	0.14	0.09	0.13	0.09
12.5 (上甲板上0m)	0.05	0.02	0.01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.03

才3回拡散実験(拡散力と濃度)

計測場所(水平距離)		計測時間		8分後		10分後		15分後		20分後		25分後	
拡散筒	筒	(秒)	(秒)										
1.5m(才)	5m(上甲板上)	0.20	0.22	0.30	0.16	0.13	0.39	0.32	0.38	0.16	0.11	0.36	0.30
1.0m(才)	0.36	0.14	0.02	0.07	0.32	0.11	0.20	0.28	0.50	0.05	0.18	0.25	0.28
1.5m(才)	0.14	0.07	0.07	0.07	0.13	0.13	0.07	0.20	0.14	0.09	0.09	0.07	0.15
2.0m(才)	0.03	0.07	0.04	0.14	0.14	0.14	0.07	0.20	0.14	0.09	0.09	0.07	0.14
2.5m(才)	0.03	0.19	0.07	0.01	0.05	0.14	0.09	0.04	0.04	0.05	0.04	0.01	0.01
3.0m(才)	0.02	0.07	0.03	0.03	0.02	0.21	0.03	0.04	0.04	0.02	0.11	0.01	0.01
3.5m(才)	12.5m(上甲板上)	0.46	0.02	0	0.11	0.01	0.01	0.16	0.01	0.01	0.05	0.21	0.03
計測場所(水平距離)		計測時間		10分後		15分後		20分後		25分後		30分後	
拡散筒	筒	(秒)	(秒)										
1.0m(才)	5m(上甲板上)	0.63	0.36	0.05	0.49	0.14	0.01	0.01	0.01	0	0	0	0
1.5m(才)	0.16	0.28	0.16	0.04	0.32	0.05	0.01	0	0	0	0	0	0
2.0m(才)	0.02	0.13	0.02	0.11	0.37	0.09	0	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
2.5m(才)	0.01	0.01	0.01	0.04	0.02	0.02	0.07	0.03	0.01	0	0	0	0
3.0m(才)	0.02	0	0.03	0.03	0.03	0.04	0.02	0.04	0.01	0	0	0	0
計測場所(水平距離)		計測時間		15分後		20分後		25分後		30分後		35分後	
拡散筒	筒	(秒)	(秒)										
1.0m(才)	5m(上甲板上)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1.5m(才)	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
2.0m(才)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2.5m(才)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3.0m(才)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
計測場所(水平距離)		計測時間		20分後		25分後		30分後		35分後		40分後	
拡散筒	筒	(秒)	(秒)										
1.0m(才)	5m(上甲板上)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1.5m(才)	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
2.0m(才)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2.5m(才)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3.0m(才)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
計測場所(水平距離)		計測時間		25分後		30分後		35分後		40分後		45分後	
拡散筒	筒	(秒)	(秒)										
1.0m(才)	5m(上甲板上)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1.5m(才)	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
2.0m(才)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2.5m(才)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3.0m(才)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

拡散実験（そのⅡ）

S 5 3 - 1 0 -- 1 4

(バターワースカバー復旧作業に伴うペントライザー
からのイナートガス放出について)

川崎重工 KK

坂出修繕部

今回実験各タンクの計測器材取付バター・ワース・カバーを実験終了後、本船バター・ワース・カバーに取替える作業を実施した。各タンク内圧力をペント・ライザーよりイナート・ガス放出のうえ、上記作業を実施し併せて周辺のガス検知を実施したのでその結果を報告すると下記の通りであった。

1. 取替えるべきバター・ワース・カバー

M 1 C O T (C)	4 0 0 φ × 2枚
M 2 C O T (P)	4 0 0 φ × 2枚
M 3 C O T (P / C / S)	4 0 0 φ × 各1枚

2. 取替前各タンク内圧力（ゲージ圧力）及び石油系ガス濃度（石油系ガス濃度は、タンク上部の計測値である。）

(1) 実験タンク（全容積；1 0 2, 9 1 2.3 7 m³）

M 1 C O T (C)	8 7 0 mm Aq	9.7 %	(2 9, 6 6 0.5 m³)
M 2 C O T (P)	5 0 0	9.1	(1 8, 1 8 5.3 m³)
M 3 C O T (P)	9 0 0	8.0	(9, 0 9 3.9 9 m³)
M 3 C O T (S)	9 4 0	8.0	(9, 0 9 3.9 9 m³)
M 3 C O T (C)	9 5 0	1 0.3	(3 6, 8 7 8.5 9 m³)

(2) 実験外タンク（全容積；1 6 8, 0 1 9.2 9 m³）

M 1 C O T (P)	8 0 0 mm Aq	1 1.3 %	(1 5, 8 8 0.2 4 m³)
M 1 C O T (S)	8 0 0	1 1.0	(")
M 2 C O T (C)	8 0 0	7.2	(2 9, 0 7 3.7 1 m³)
M 2 C O T (S)	8 0 0	9.4	(1 8, 1 8 5.2 6 m³)
M 4 C O T (P)	5 0 0	9.0	(1 7, 1 1 4.5 2 m³)
M 4 C O T (S)	8 0 0	8.1	(1 7, 1 1 4.5 2 m³)
M 4 C O T (C)	8 0 0	8.1	(3 6, 8 7 7.5 8 m³)
M 5 C O T (C)	8 0 0	9.6	(9, 9 5 5.5 4 m³)
S L O P (P)	8 0 0	1 5.4	(3, 9 2 3.8 4 m³)
S L O P (S)	8 0 0	1 3.1	(4, 0 1 3.8 4 m³)

3. バター・ワースカバー取替順序

- ① 全タンク付きペント・ライン用バルブ閉鎖（8月4日16:00）
- ② M 3 C O T (P) ————— (ペント・ライザー) ————— → 大気放出（約5分間）※2

放出前圧力 900 mm Aq

$$\frac{900}{100} \times (1\% \times 9,093.99 m^3) \times 8.0\% \text{ (石油系ガス濃度)} = 65 m^3 \text{ (石油系ガス換算量)}$$

※1.

※1.以下、上記の略式計算にて石油系ガス換算放出量を推定した。

③ M3 COT(S) $\xrightarrow{\text{IG ライン連通による加圧}} M3 COT(P)$
[940 mm Aq] [約 470 mm Aq]

④ M3 COT(S) \longrightarrow (ベント・ライザー) \longrightarrow 大気放出

放出前圧力 約 470 mm Aq

石油系ガス換算放出量 約 40 m³

⑤ M3 COT(C) $\xrightarrow{\text{IG ライン連通による加圧}} M3 COT(S)$
[950 mm Aq] [約 750 mm Aq]

⑥ M3 COT(C) \longrightarrow (ベント・ライザー) \longrightarrow 大気放出

放出前圧力 約 200 mm Aq

石油系ガス換算放出量 約 7.6 m³

⑦ M1 COT(C) $\xrightarrow{\text{IG ライン連通による加圧}} M3 COT(C)$
[870 mm Aq] [約 250 mm Aq]

⑧ M1 COT(C) \longrightarrow (ベント・ライザー) \longrightarrow 大気放出

放出前圧力 約 320 mm Aq

石油系ガス換算放出量 約 9.3 m³

⑨ M2 COT(P) \longrightarrow (ベント・ライザー) \longrightarrow 大気放出

放出前圧力 500 mm Aq

石油系ガス換算放出量 約 8.3 m³

※2. 各タンクの大気放出時間は、最大で5分間くらいであった。(ベント・ライザー径 600φ)

※3. 実施時間

1) 順序②～⑧；

自 昭和53年8月4日22¹⁰

至 昭和53年8月4日23²⁰

2) 順序⑦；

M2 COT(P)は、N₂供給実験(8月4日24⁰⁰～)終了後実施。

※4. バター・ワース・カバー取替中における風向風速は、下記の通りであった。

風向：西風

風速：約 1 m/sec

※5. 各タンク大気放出中(石油系ガス換算放出量、約 35.7 m³)

別図(Fig 1)の個所にて、ガス検知を実施した。

全ての場所において、ガス濃度は0%であった。

ただし、本船上甲板上では臭気を感じた。

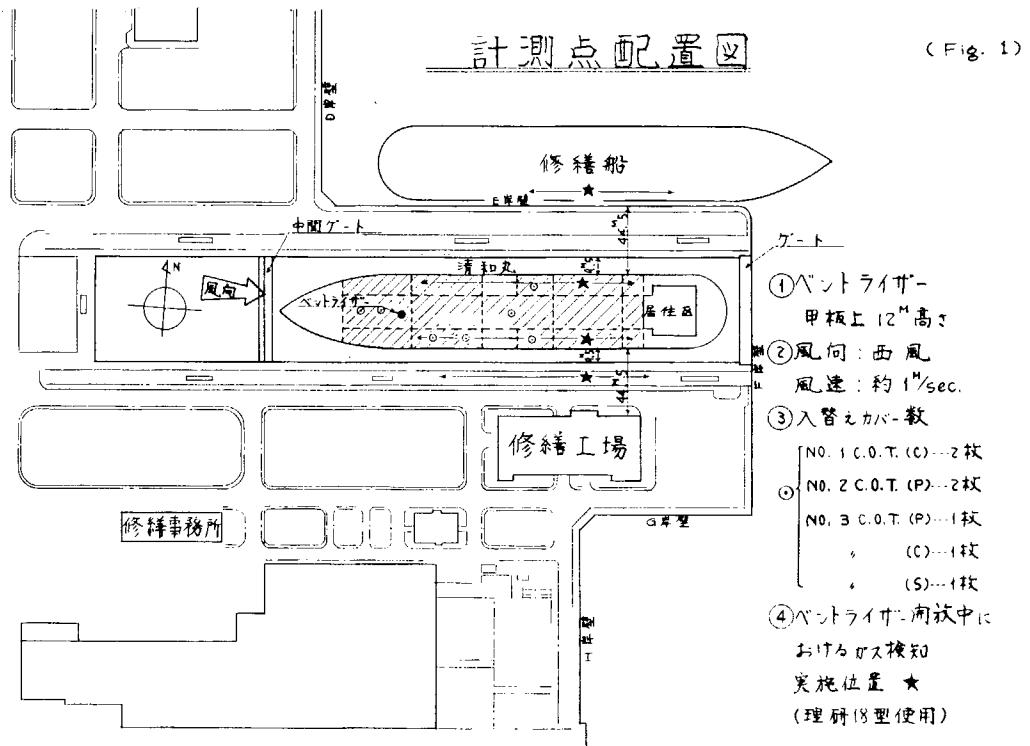
また、ドックサイドに設置した自動ガス検知警報装置は全く感知しなかった。

4. バター・ワース・カバー取替後、全タンク共通のうえ、最終酸素濃度(デッキ裏)及び圧力点検を実施した。

昭和53年8月5日 03⁰⁰現在

酸素濃度 最大 4.1 %

圧 力 500 mm Aq



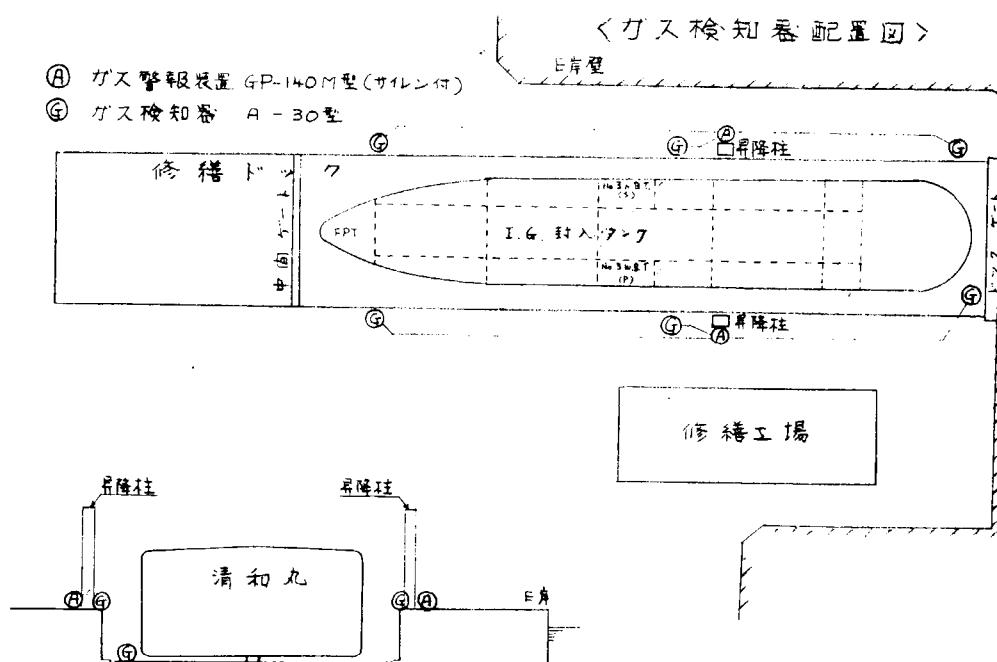
S 53-8-5

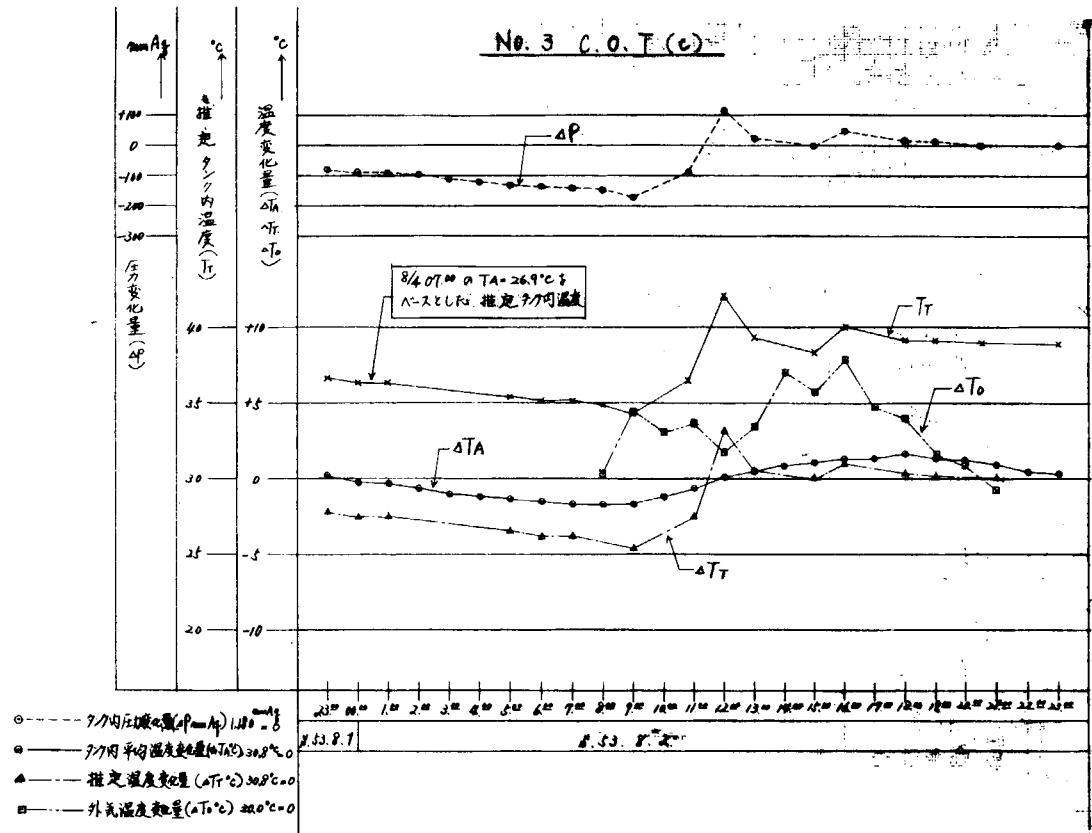
N G F 清和丸

本船周辺のガス検知結果

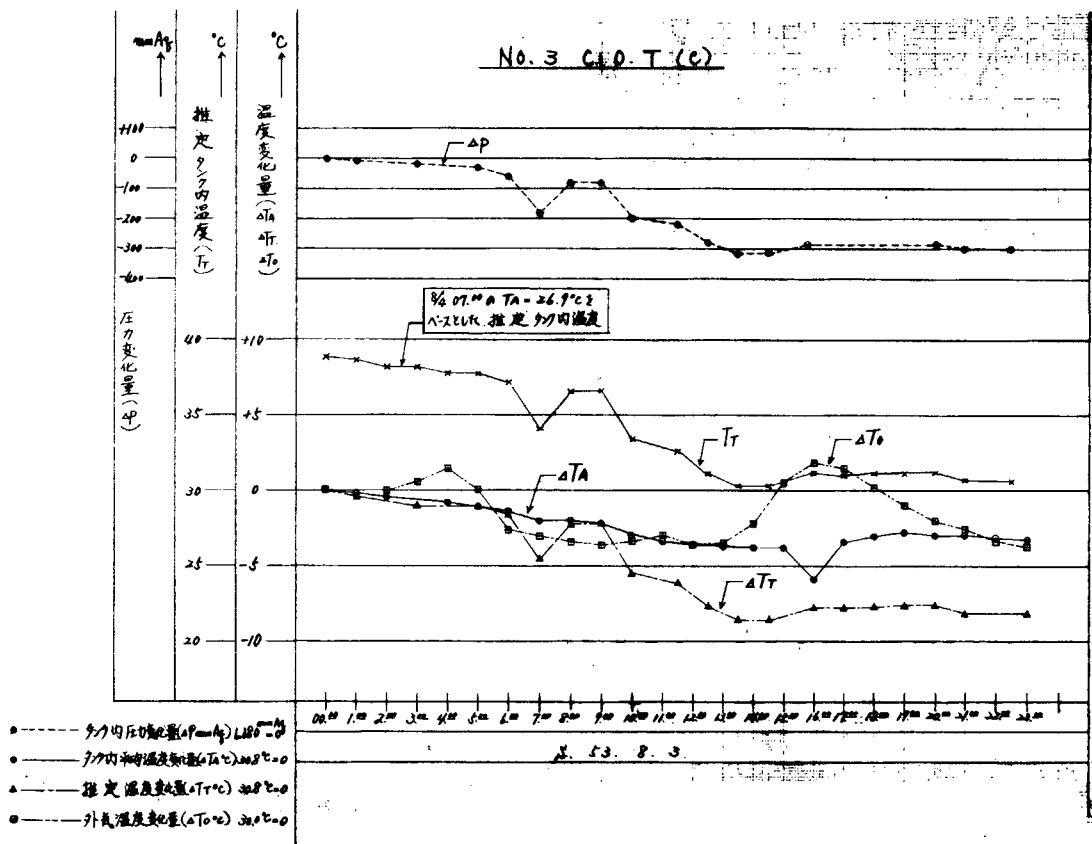
1. 計測期間 自昭和53年8月1日
至昭和53年8月5日
2. 使用計器 (理研計器製)

多点式可燃性ガス警報装置 GP-140M型	2 台
自然浸透式受感器 A-30型	6 台
3. 検知場所 図参照
4. 設定検知濃度 0.1 vol%
5. 検知結果 拡散実験時を含めて、入渠期間中全くガスを検知することはなかった。

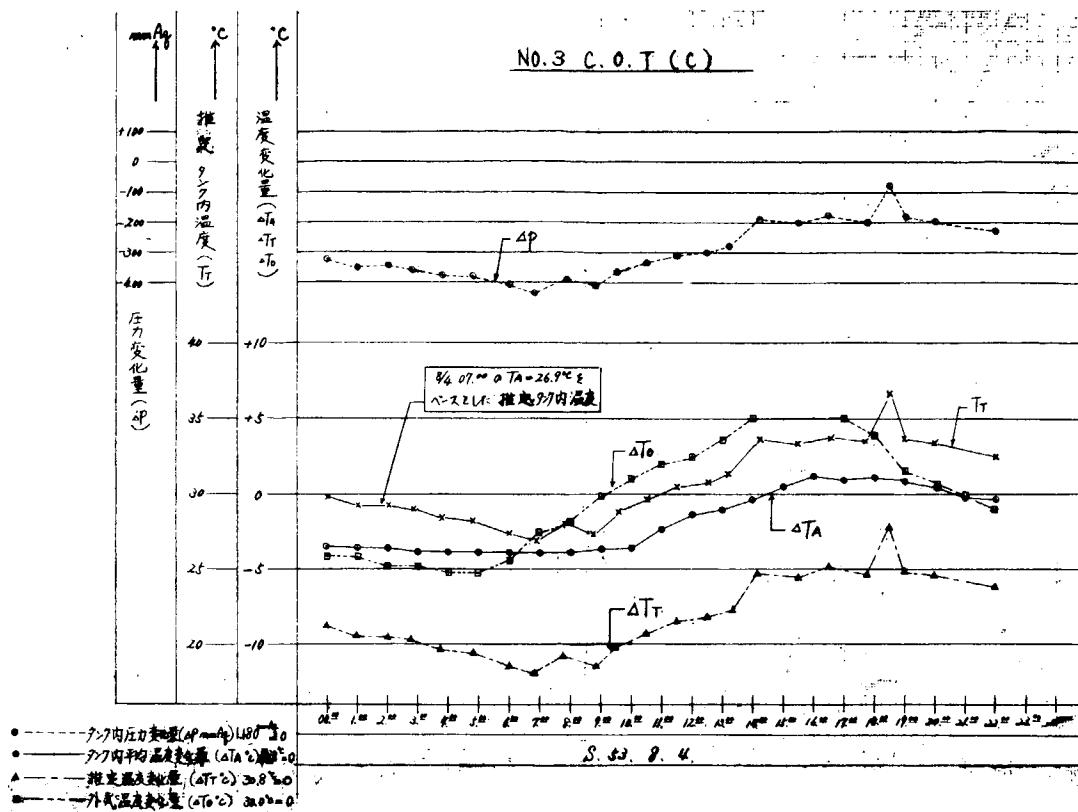




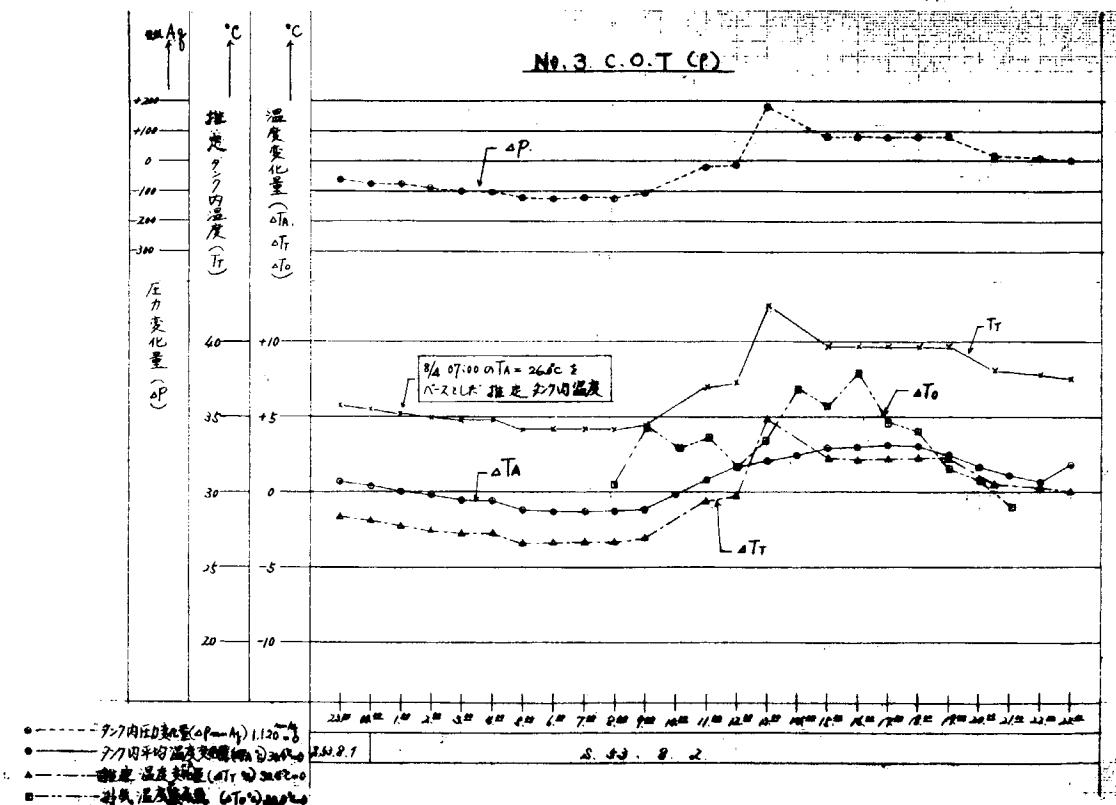
「タンク内温度変化と圧力変化」 No. 3 (C) - 1



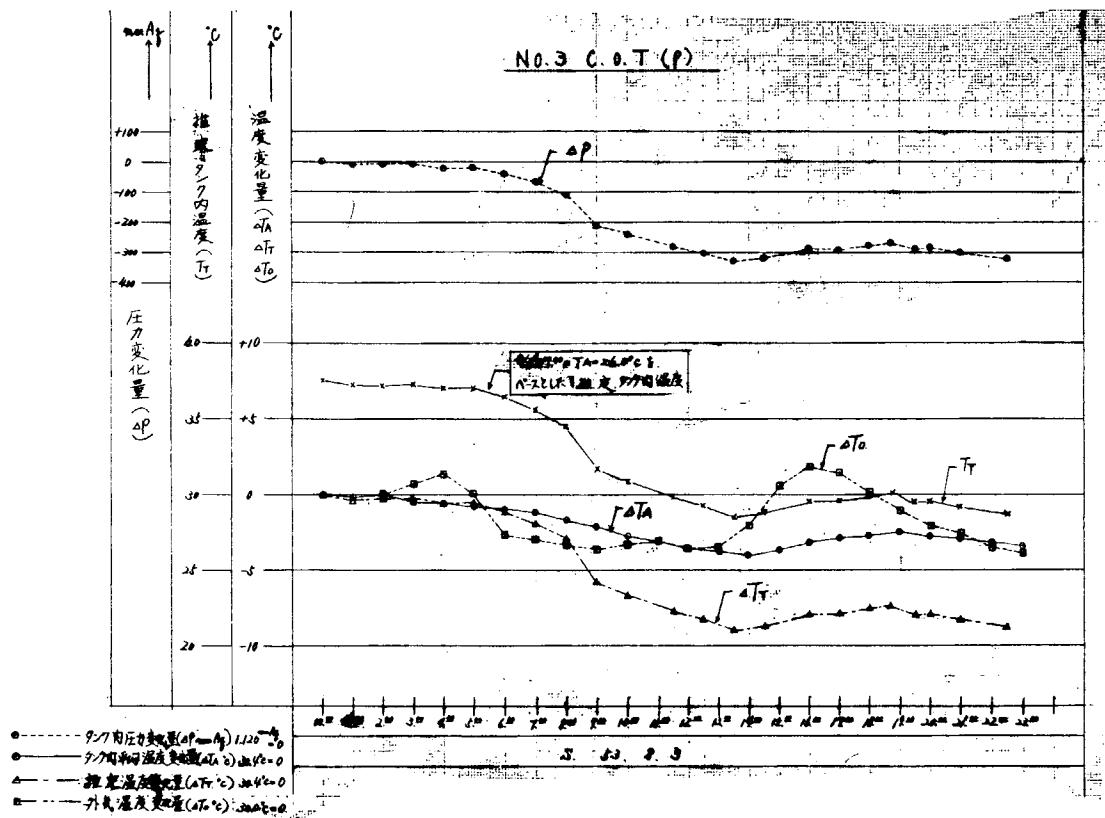
「タンク内温度変化と圧力変化」 No. 3 (C) - 2



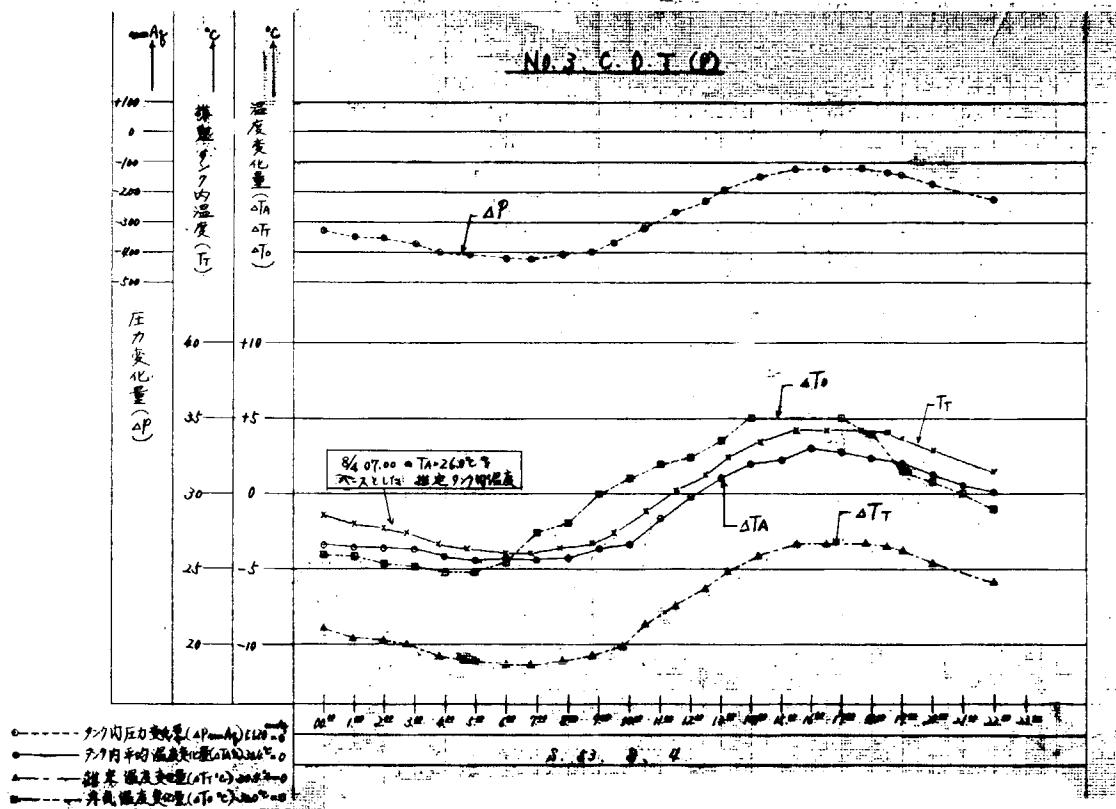
「タンク内温度変化と圧力変化」 N0.3 (C) - 3



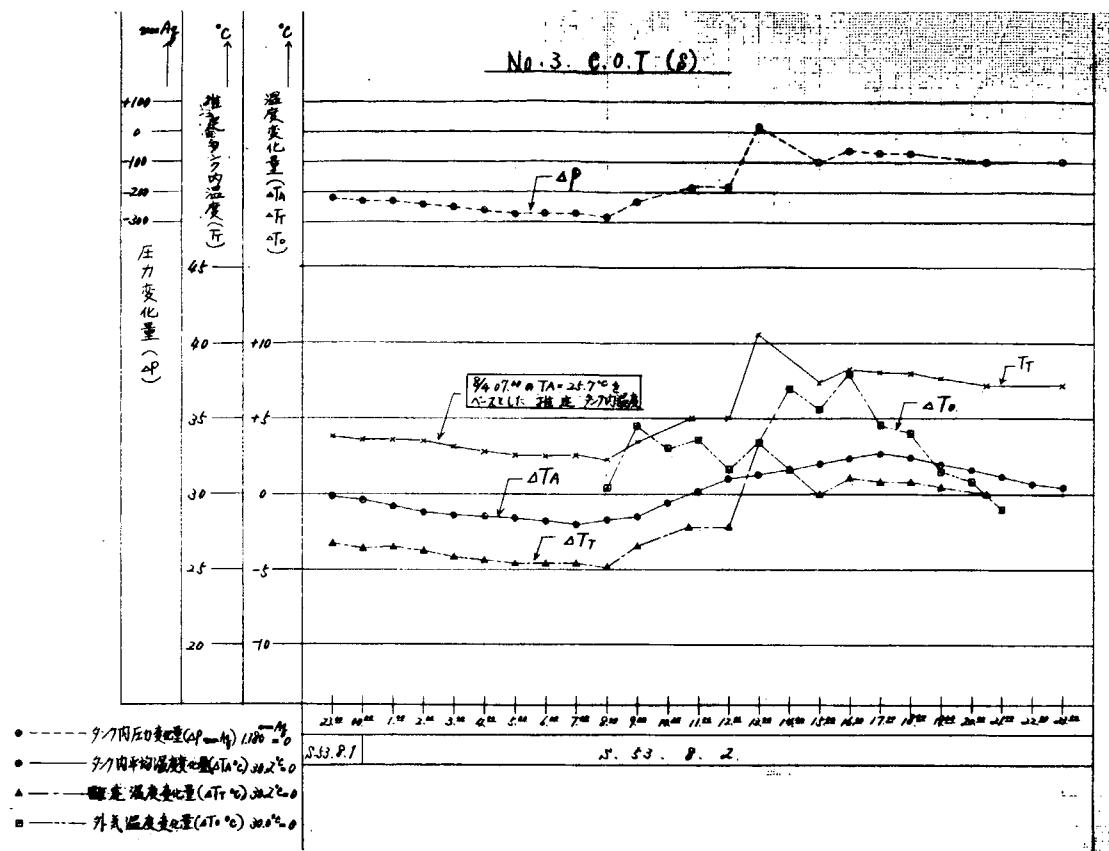
「タンク内温度変化と圧力変化」 N0.3 (P) - 1



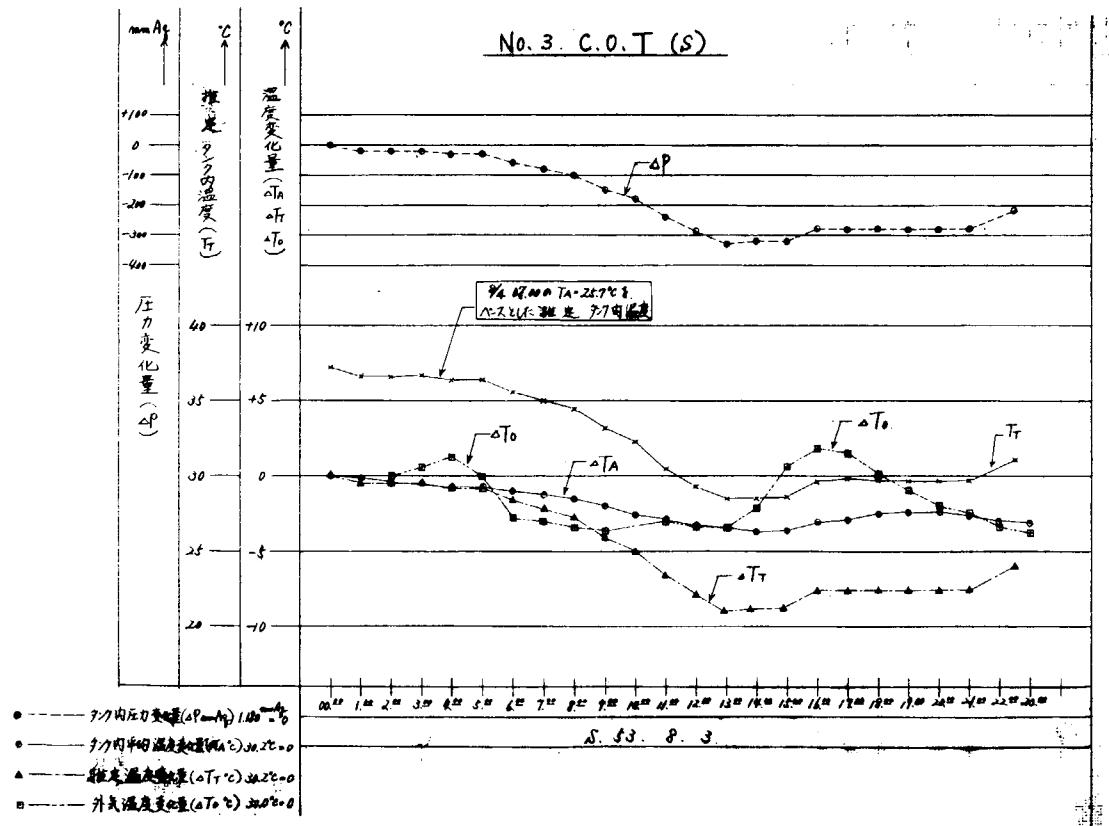
「タンク内温度変化と圧力変化」 N. 3 (P) - 2



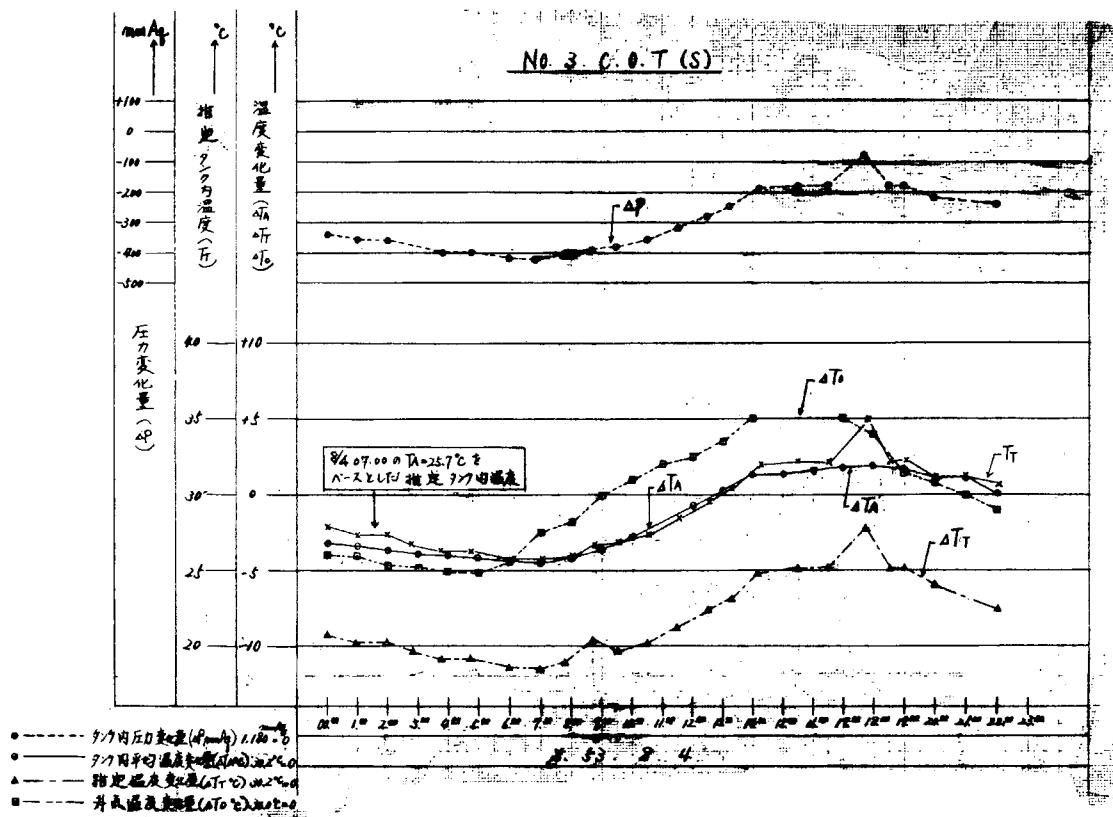
「タンク内温度変化と圧力変化」 N. 3 (P) - 3



「タンク内温度変化と圧力変化」 No. 3 (S) - 1

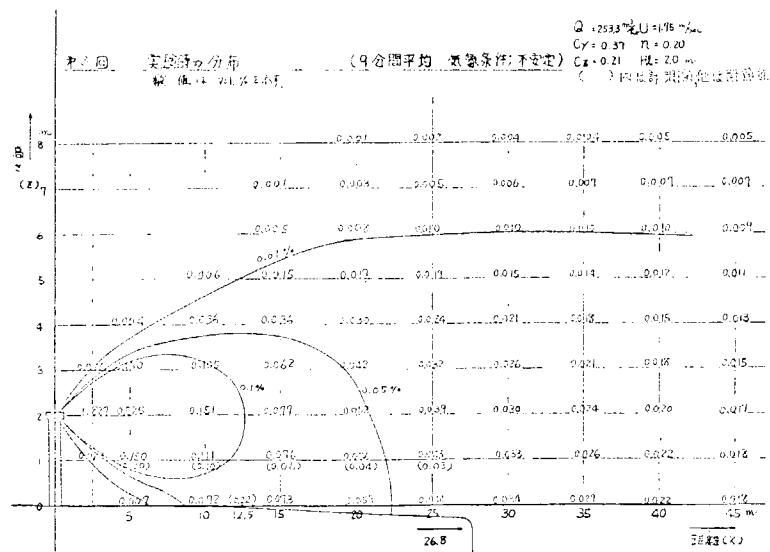
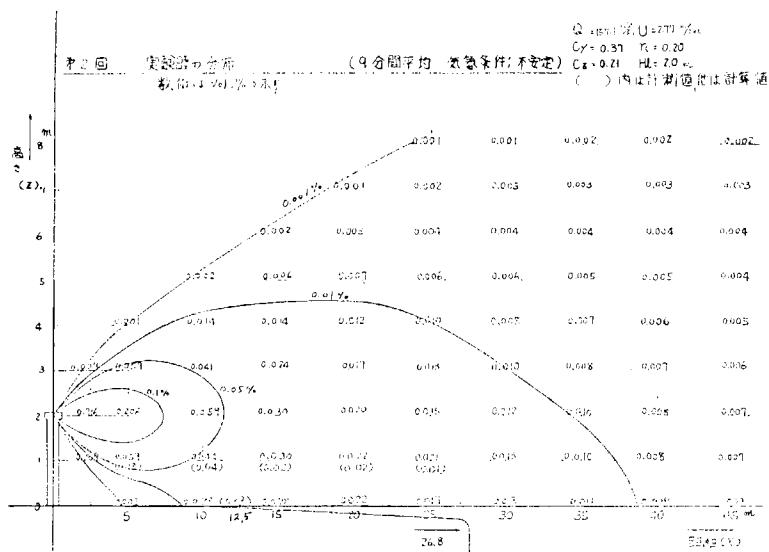
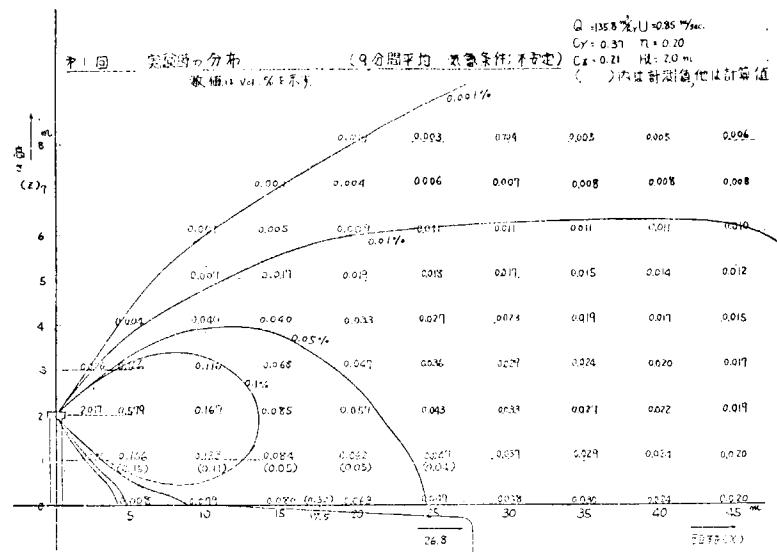


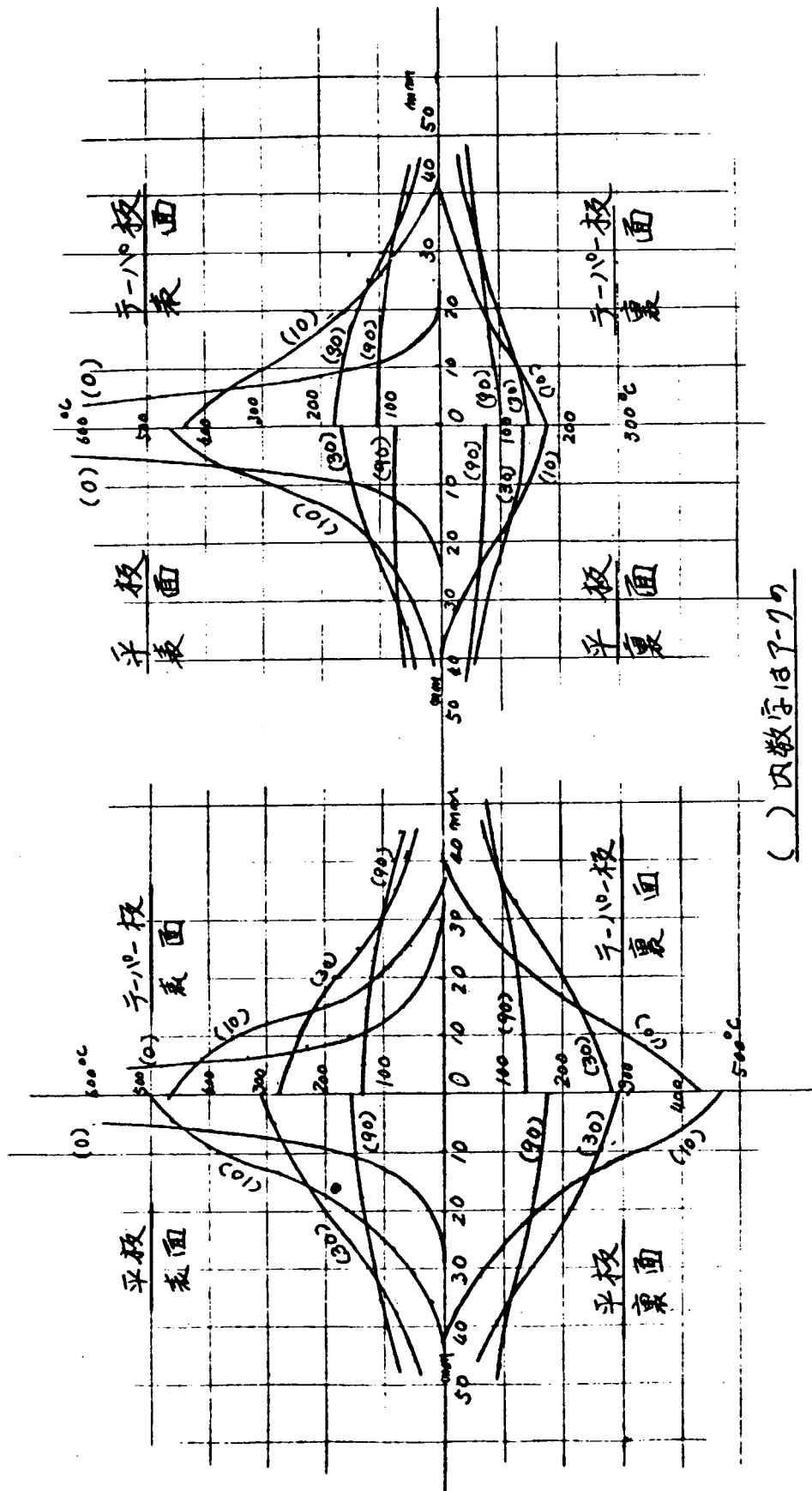
「タンク内温度変化と圧力変化」 No. 3 (S) - 2



「タンク内温度変化と圧力変化」 No. 3 (S) - 3

拡散実験〔その1〕の石油系ガス濃度分布図



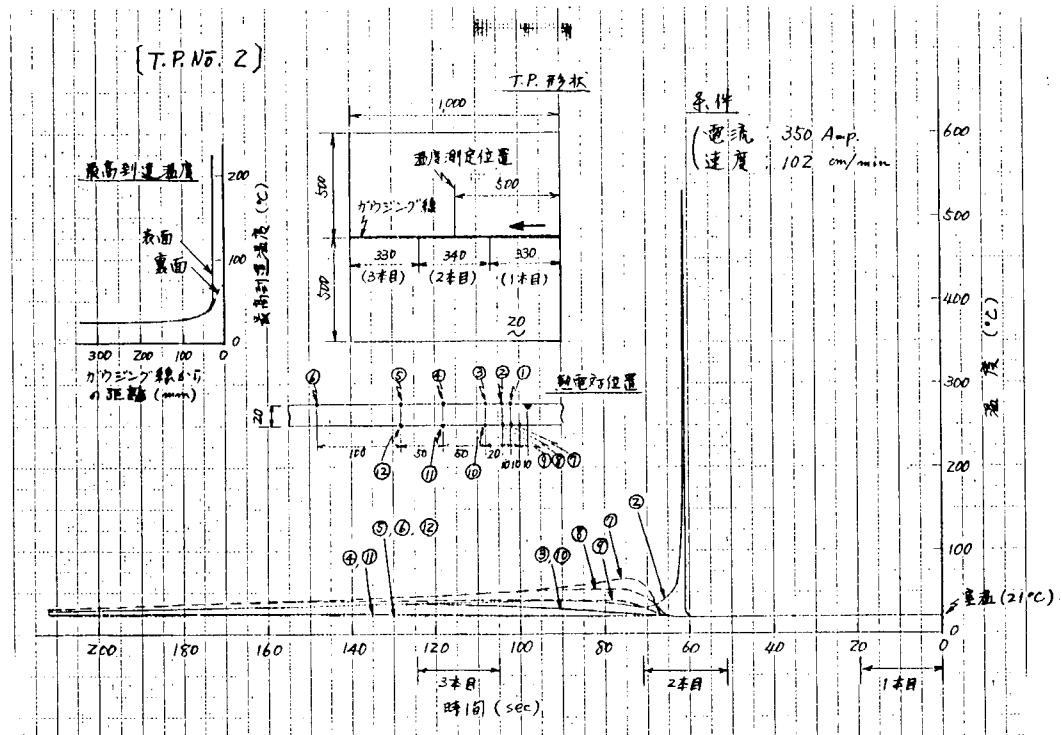


() 次数字はアーチ。

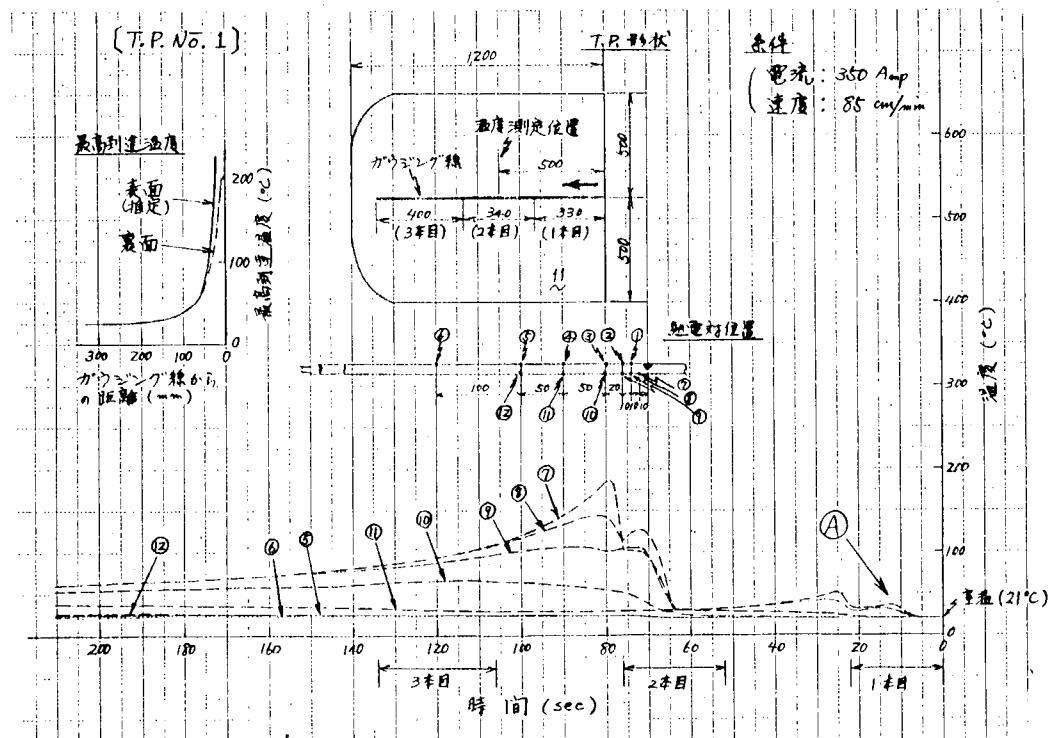
経過時間 sec を示す。

テーパーつきの板と
平板の y 方向の
温度分布測定結果
板 厚 = 2.1 mm

手溶接に於ける母材の温度分布

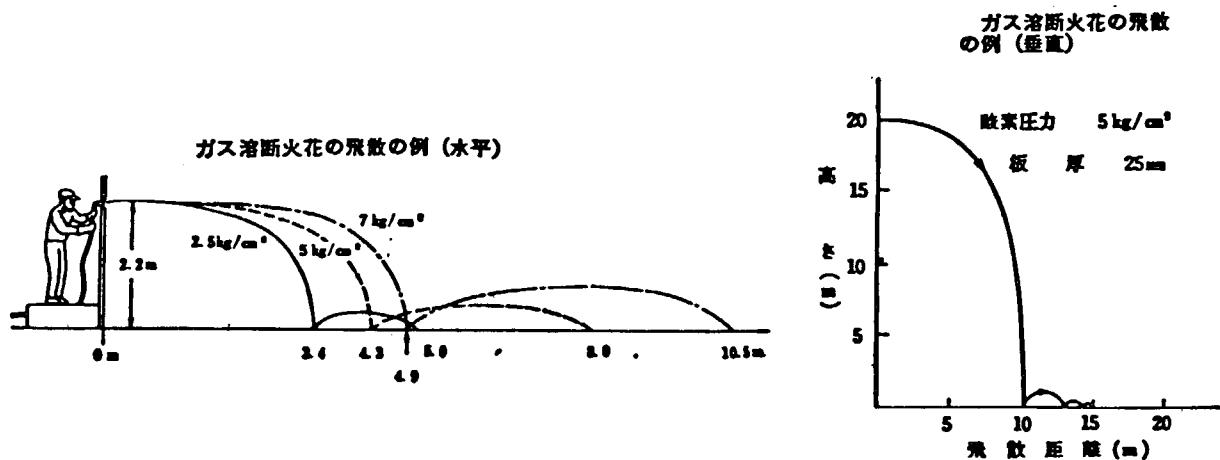


第1図 アークエヤーガウジング時に於ける母材の温度分布
(板厚 20 mm)



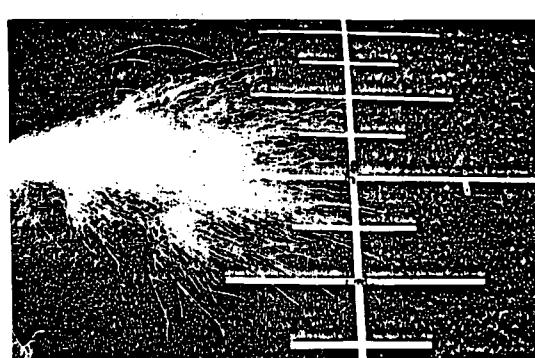
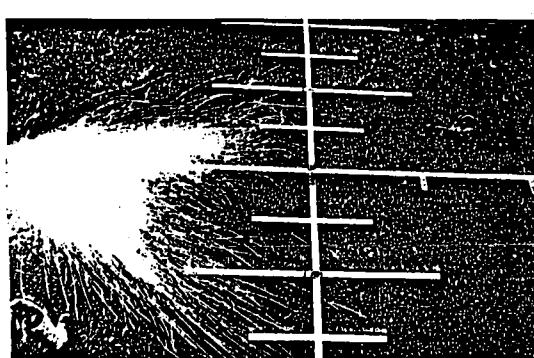
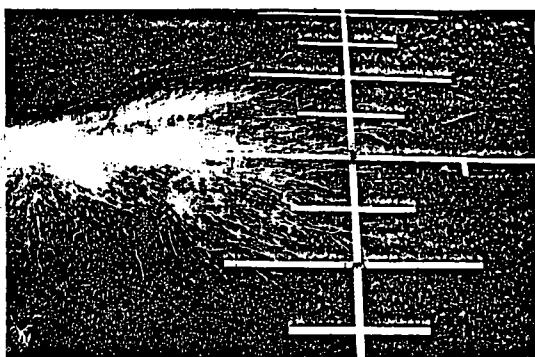
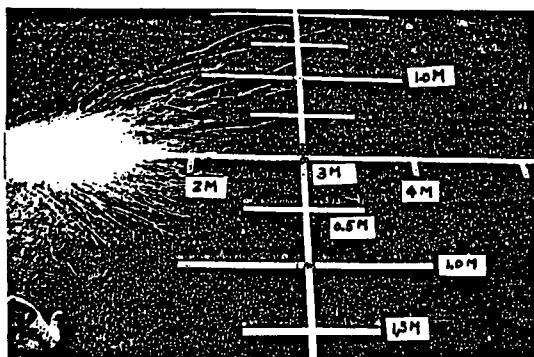
第2図 アークエヤーガウジング時に於ける母材の温度分布
(板厚 11 mm)

ガス溶断、アークエヤー ガウジング火花の飛散例



ガス溶接作業主任者教本
(労働省安全衛生部安全課編)より抜き。

アークエヤー ガウジング火花の飛散状況

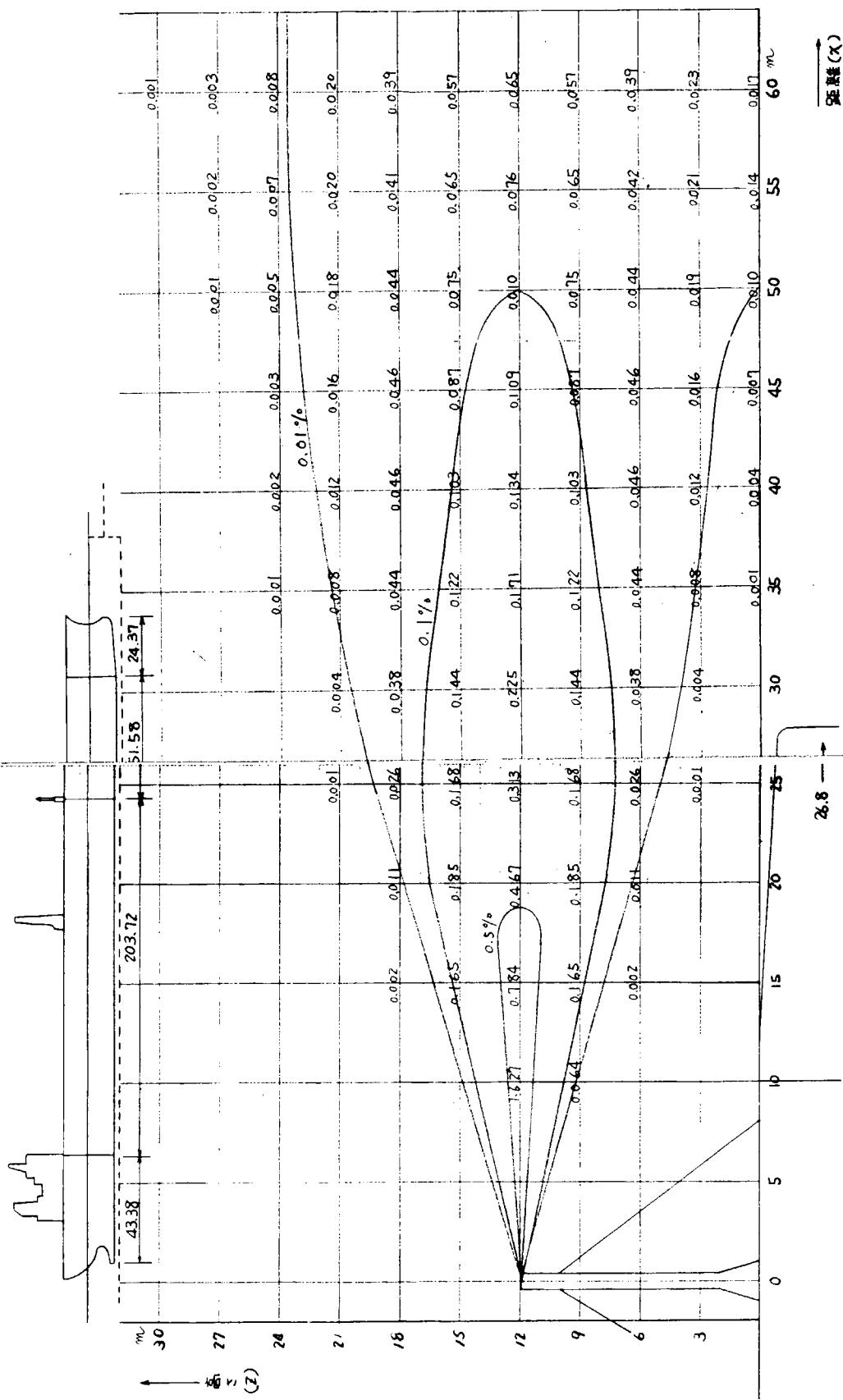


八、^{ノルマ}放出エネルギー合の油系分布図
(Sutton式計算値、清和光の場合)

1. (条件: 不安定)

$Q = 902.3 \text{ m}^3/\text{hr}$ $C_Y = 0.37$
 $U = 1.0 \text{ m/sec}$ $C_x = 0.21$
 $H_E = 120 \text{ m}$ $n = 0.20$

管路(1) 10.7% 管路(2)



2. (氧氣)

$$Q = 902.3 \frac{m^3}{sec} \cdot C_f = 0.21 \\ U = 1.0 \frac{m/sec}{sec} C_d = 0.12 \\ H = 120 m n = 0.25$$

