

II 海上労働災害の原因究明に関する調査研究 (第2年度)

目 次

A	はしがき	61
B	調査方法	62
C	調査結果	62
D	船貨による酸素欠乏の机上実験	67
E	結論	67

A. はしがき

1. 酸欠事故というのは目に見えぬ原因で、ありふれた環境のなかに発生する。発生に際しては脳から症状を発するためその殆んどは意識がなくなり昏倒するが、場所によっては転落墜落し、その結果二次的に重症な事故をおこす。また見えない原因に対抗するための救助者は、救助しようとしておもむいた結果、二重や三重に犠牲者となるというのが酸欠症の特徴である。英国の船舶関係の資料によっても31名の死亡者のうち19名は、最初に倒れたものを救助しようとして死亡したものだということになっている。

空気中には有害物(非常成分)がなくても、常在成分の酸素が欠乏している場合には酸欠症状がおこり死亡する。これらの酸欠に対しては防毒マスク(フィルター)は何の役にもならない。こういう事は昔からくりかえし注意されているにも拘らずやはり酸素欠乏事故は跡をたないのである。

防毒マスクは空気中の有害物を吸収缶で濾過し、清浄な空気として呼吸しようとする手段で

あるからその空気中に必要な酸素が欠乏している場合には役にたたない。

船内での酸欠事故もタンカーにおける石油ガスに関する程度の知識と関心を持っていたらおこらないといわれることがあるが、酸素欠乏は目に見えず、臭気もなく一見何の変りもない職場でも発生するものであるだけにあてはまらない。すなわちタンクはもちろん、タンク以外でもコフアダム、船艙等のどこにもおこり得る災害である。それだけに酸欠に対する災害危険性の認識は大切であろう。本報告書は船舶における酸素欠乏をその現状で調査しその様相を検討し注目点を掲げたものである。

2. 船舶における酸欠の発生機序

a. 構造物による金属酸化現象からの欠乏
船舶構造は鉄製である。金属中でも鉄はもっとも酸化しやすいものといわれているとおり、船の周囲をとりまく海水は電解質成分である塩化物を含有し、鉄を酸化するにはもっとも良い環境にしている。その代表的なものとしてはバラスタタンクが該当し、酸素欠乏の好発場所になっている。

b. 乾燥性油塗料塗装

船舶でよく遭遇する機会としてペンキ類等塗料塗装がある。

c. 還元性物質の酸化現象

船舶においては積載貨物によって発生するガスによる酸素駆逐がおこり酸欠の原因となる。

d. 船貨による酸欠

(1) 植物性船貨

植物は酸素を吸収し、炭酸ガスを放出する。

特にバラ積みの穀物、木材チップ、大豆、飼料、原料の種子、野菜、果実等は船艙内でこれら積荷が酸素を吸収すると共に放出した炭酸ガスの増加がおこるので酸欠になると考えられる。

(2) 鉱物性船貨

鉱物性船貨には石炭、硫化鉄鉱、鉄鉱石、燐鉱石、ボーキサイト等があるが、このなかでも石炭については石炭がこまかいほど酸素の吸収はいちじるしいことがわかっている。

B. 調査方法

船内の酸欠事故はいつも極くありふれた動機、すなわち、①換気がない、②酸素をうすめる物質が存在するというで発生するが、酸欠事故はその原因について正確な知識を有していたとすれば防止できるはずである。そこで本調査においてはまず貨物の中で物質の酸化、腐敗、発酵、生物の呼吸、他のガスの発生など空気中の酸素を消費または駆逐するものについて考える必要があるのでこの点について対象船を求めてみた。対象船は、チップ専用船、石炭専用船、材木専用船、鉱石専用船、大豆輸送船の各1隻を採った。

本調査でもっとも困難な問題は船艙内の酸素測定時であった。積込地で積込まれた船艙はいずれも航海中は閉鎖しているが、ほとんどの貨物が航海中に何らかの理由で通風換気を行うため航海中には相当な変化を示していても換気によっては正常化してしまうことになり、船艙中の酸欠の正確なデータを採ることはむずかしいことである。特にチップ、大豆の如く満船すればハッチ蓋に近く迄積込まれている場合は艙内の空気量は著しく少ないので空白船艙空気に酸欠

が発生する。しかし各船共入港前、少なくとも12時間に船艙を開放しているため入港後計測しても酸素量は正常であり酸欠の状況は不明である。そこで調査協力船主に願って入港接岸迄未開放のハッチを設けてもらい、そのハッチを測定して開放以前の酸素量を測定し得るよう考えた。

我々は入港船を訪船し前述の船艙を測定し、ついでに荷役中の艙内を適宜計測してみた。

結果としては積荷と酸欠の状態、船艙に関連した作業個所の酸素量、酸欠空気の性分等以下の項目について調査を行なった。

(1) 温度、湿度、計測

アスマン乾湿計により測定

(2) テドラーバックによる船艙内大気の採取

ガスクロマトグラフィ、プレストアナライザー分析

(3) 検知管測定(炭酸ガス測定)

(4) 酸素メーターによる船艙内酸素量測定

(5) メタンガス測定

C. 調査結果

1. チップ専用船船艙調査

(1) 調査年月日、場所、船名、船型、航路、気温、湿度等環境測定

調査日は昭和52年8月3日入港接岸時から2日間、宮城県塩釜港 船名D丸 北米～日本航路

第1日では晴れていて気温は28.6℃あったが、第2日目には天候雨になり気温が低下し海水温度も低下した。

作業開始前の艙内滞留ガスを調べることできたのはNo.1ハッチのみであった。本艙の場合

第 1 日

第 2 日

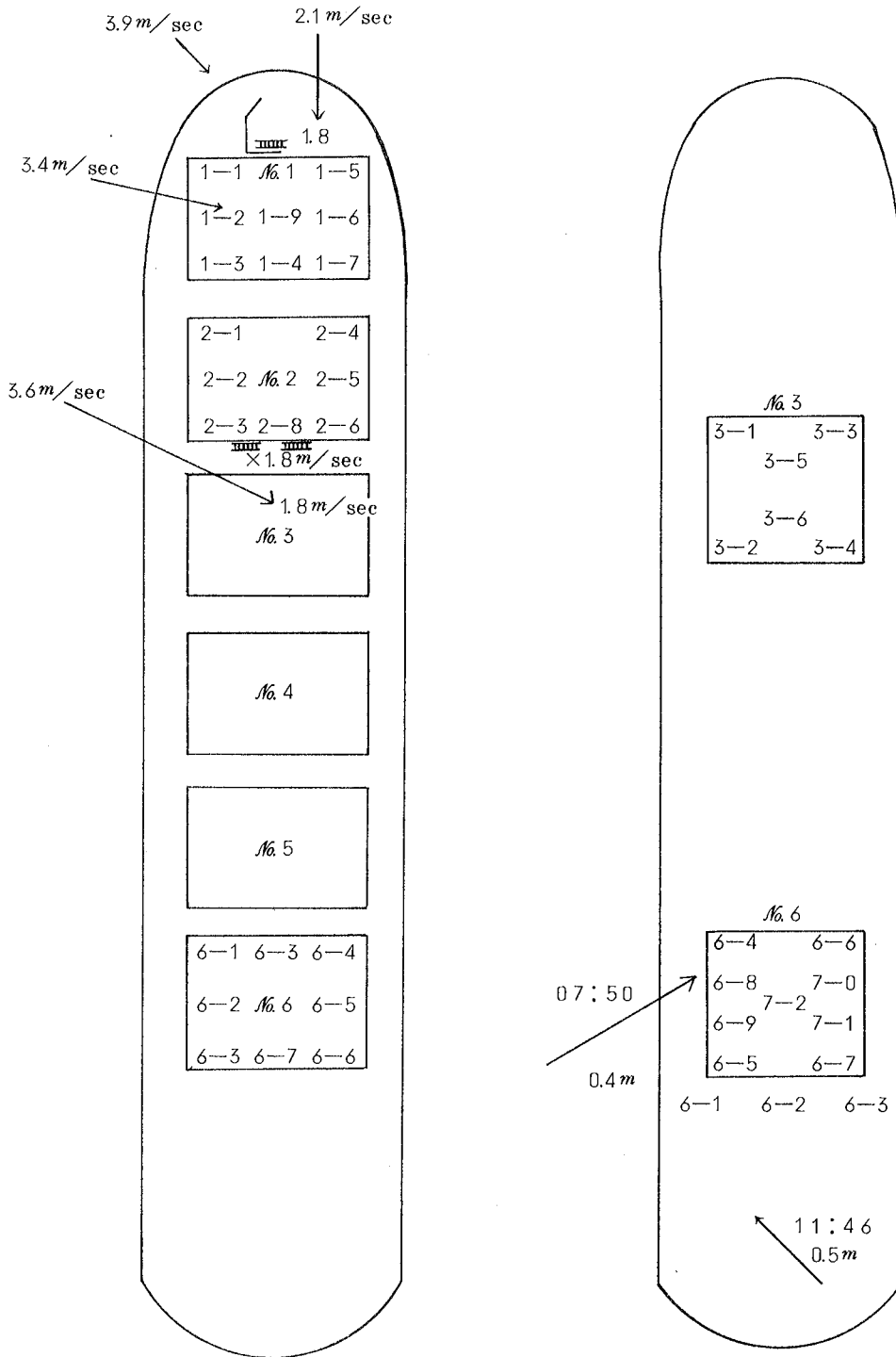


图 1. 船 舱 测 定 点

は開船と同時に測定したものであって、測定点は図1に示された空間の四隅を測定したものである。結果は表1の如くである。

開船の条件はNo.1船艙のみ15:45分に開船開始し、15:50分では完全に全面開船を完了している。

No.2～No.6の各船艙では測定時の12時間前に開船されていたものである。

測定結果は船艙内では開船直後では12.3%～14.3%の酸素量を測定するが、開船時間は5分前後で開船終了しその後5分～10分になると大体20%近くの酸素量にまで回復すること

とが測定し得る。

本測定で特に低い酸素量を認めたのは船艙入口であったが、特に階段のチップ面までの酸欠は強度であった。その測定値は入口を下降した0.5mでは9.8%、2m下降では3.8%と低い酸素量をしめしている。

接岸直後から荷役開始迄の船艙内の測定では開船直後にNo.1-1～No.1-9迄の値が示されており、15:45分にハッチを開放しはじめ15:50分には完全に開放されたものであるがこの値がしめす通りハッチ蓋の開放後はまもなく酸素量が正常になることがわかる。

表1. 現場検査値

酸素メーター %						メタンガス		検知管				
No.	値	値	No.	値	値	No.	メタン	No.	酸素	炭酸ガス		
15:52～16:02 第1日												
1-1	14.5	20.2	1-5	20.2	20.7	2	0%	1-1	4.3	0.58		
1-2	12.3	14.3	1-6	19.8	20.8			1-8	6.5	0.48		
1-3	14.7	20.2	1-7	20.1	20.7							
1-4	20.8		1-8	9.8	3.8							
1-9	20.5											
16:20～16:25 第1日												
2-1	20.05		2-5	21.0				検知しない		2-1		0.05
2-2	20.0		2-6	20.05						2-3		0.21
2-3	20.05		2-7	19.3	18.2							
2-4	20.08		2-8	20.3	20.3							
16:48～16:52 第1日												
6-1	20.0		6-5	20.0		検知しない						
6-2	21.0		6-6	19.8								
6-3	20.6		6-7	20.0								
6-4	20.0		6-8	19.5								
09:24～09:28 第2日												
3-1	21.0		3-5	21.0		検知しない		3-5	13.8	0.02		
3-2	21.0		3-6	21.0								
3-3	21.0											
3-4	21.0											
08:00～08:05 第2日												
6-1	20.8					検知しない						
6-2	20.7											
6-3	20.8											
08:35～08:42 第2日												
6-4	20.5		6-8	19.8		検知しない		7-0	5.3	0.035		
6-5	20.6		6-9	15.5				6-6		0.025		
6-6	20.2		7-0	20.0								
6-7	20.8		7-1	18.9								

2. 材木専用船船艙調査

本船はフィリッピンから皮付丸太を満載して九州の若松港に入港、2日間で甲板上の丸太材を全部荷揚げして2日後大阪北港に入港したものである。本航海は7日間、若松入港後5日を経ている。我々は入港直後大阪北港岸壁で訪船した。各ハッチは閉鎖されていたが貨物の分量か

らみて船艙内の材木は刈田港で船艙の積荷は予想に反してある程度揚げられてはいたが各船艙ハッチは完全に閉鎖されており換気は自然換気である。各船艙のエスケープハッチから計器を入れて測定した上でテドラバック中に採気した。結果は表2の如くである。表中、深さとあるのは暴露、甲板から測定位置までの距離である。

表2. 材木船々艙測定分析結果

船 艙	酸素メーター %			検知管 メタン	プレスタアナライザー %			ガスクロマトグラフ 炭酸ガス
	深 度	酸素量	船艙温度		炭酸ガス	酸 素	炭酸ガス	
No.1	5	20.8	乾度 31.8 °C 温度 28.0 °C	0 %	0.17 %	20.25	0.03	0.04 %
	10	20.4						
	15	20.2						
	20	20.02						
No.2	1	20.9	乾度 30.4 °C 温度 28.8 °C	0.3 %	0.09 %	20.45	0.03	0.04
	5	20.9						
	10	20.6						
	15	20.5						
	20	20.5						
No.3	1	20.3	乾度 29.3 °C 温度 27.8 °C	0.5 %		20.45	0.05	0.055
	3	20.2						
	5	19.9						
No.4	5	20.8	乾度 31.8 °C 温度 28.0 °C	0 %	0.17 %	20.80	0.03	0.05
	10	20.4						
	15	20.2						
	20	20.02						

3. 大豆専用船調査

本船は北米から大豆を積載して大阪港に入港したものを訪船して調査した。

本船の船艙はNo.1～No.5船艙まであり、入港時の11.15分にはNo.2船艙のみ閉鎖されていたが他艙は全部10時間前から開放されている。

接岸と共に荷揚パイプが投入され吸引揚荷が開始された。船艙採気調査はNo.2艙のみ右舷エスケープハッチから採取した。このエスケープハッチの入口は図2の如くである。全船艙は開放されており、閉鎖されていた船艙はNo.2艙のみであった。従って閉鎖された船艙の温湿度が明らかに測定できたのはNo.2艙のみである。

測定結果ではNo.2艙以外はほとんど酸欠の測定結果は認められていない。No.2船艙では船艙内酸素量は1.8%と低い。

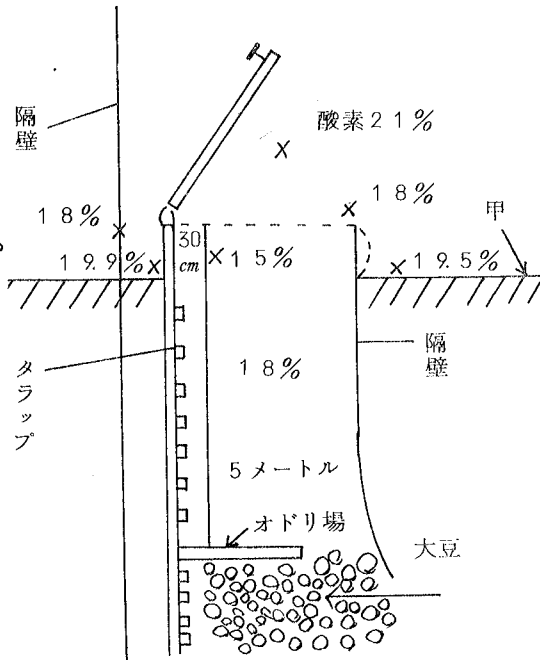


図2. エスケープハッチの内部

表3. 大豆専用船々艙測定分析結果一覧表

船 艙 No.	酸素メーター			検知管 炭酸ガス %	プレスタアナライザー		ガスクロマトグラフ	
	深 度 m	酸 素 %	メタン %		酸 素 %	炭酸ガス %	酸 素 %	炭酸ガス %
1	2	20.0	0	0.019	20.0	0.15	19.5	0.5
2	0.0	20.9	0.2	0.35	20.0	0.06	21.0	0.02
	0.5	18.0	0.2		19.0	0.09	18.0	0.02
	1.0	18.0	0.2		19.0	0.09	17.0	0.09
	2.0	18.0	0.3		19.0	0.26	16.0	0.51
	3.0	18.0	0.3		19.0	0.19	16.0	0.91
	4.5	18.0	0.3	19.0	0.16	16.0	0.95	
3	3	21.0	0				21.0	0.04
4	1	20.2	0				20.0	0.02
5	3	21.0	0				20.0	0.09

No.2 船艙内採気時ブレストアナライザーなら
びにガスクロマトグラフの分析でも酸素の欠乏
ははっきり示されている。しかし、炭酸ガスの
分量についてはやゝ低い値を示してはいるが貨
物に近い3メートル前後では酸素の分量に比し
炭酸ガスの分量の方が異常に増加しているのが
わかる。

本船の測定で特異な結果であったのは図12
の測定である。本測定の場合船艙内酸素量はハ
ッチ蓋から30cm内で15%を示し30cm以下
になるといづれも18%を示して5メートルに
及んでいることである。

また蓋部の開閉部分でも18%を示している
ために蓋部の位置、すなわち甲板から5cmの艙
口縁ですら18%を示しており、酸素メーター
の危険警報を鳴らすという酸素の状態であった。
しかし艙口から数センチはなれた甲板上では
19.5%を示し後部の隔壁まで10センチの甲
板上では19.9%となっている。このような測
定値でわかるのはエスケープハッチの周囲で甲
板上10センチの位置では艙口まで10センチ
以内では酸欠の現象が認められる。また艙口か
ら酸欠空気が圧縮されて出てきて、艙口前の通
路に充満することも充分考えられ得る測定結果
が示されている。

D. 船貨による船艙酸素欠乏の机上実験

訪船調査を行なった貨物を持ち帰って研究室
内の机上で実験した。実験には 卵器を用いて
温度を30℃にあげて行なった。

孵卵器内には容積の2/3を占める量のサン
プルを収容し蓋は密封閉鎖して行ない、1日1
回正午に上部の孔から採気して7日間測定した。

測定器は酸素とメタンは理研の酸素メーター
で行ない、その他のガスについては採取後ガス
クロマトグラフィーを用いて分析した。

1. チップ

酸素の量は1日～4日迄は変化が少なかった
が5日から減少して6日～7日では安定した。

しかし炭酸ガス測定値は開始の時から既に多
少たかく第1日に0.08%で終了時には0.2%
になっている。

またガスクロマトグラフィー分析で有機溶剤
系のガス測定値はたかく0.2%に及んでいるの
も特異な環境であると考えるがその詳細な成分
はわかりにくい、サンプルが発酵することによ
って発生するガスの量は大きいことが示され
ている。

とに角、温度をあげ、チップに湿度が与えら
れている場合の発酵は大きく進行しガスの発生
は多いものとみてよい。

2. 石炭

本船石炭はその殆んどが細かい質のものであ
った。そして湿度も少くないが、酸素の減少状
態はチップの例に比し大きく、石炭だけにまた
メタンの発生は多いことがわかる。

開始後2日からガス発生は開始され6日迄の
間に漸進増加している。炭酸ガスの発生は意外
に多く3日目から0.5%になり終了時では0.8
%にまで達していた。メタンガスの発生は4日
～5日と増加して来ているが、6日から安定し
ていて増加しない。

E. 結 論

船舶における酸欠事故はその大部分が船艙内、
タンク内で発生しているのに対し、陸上の酸欠

事故の多くは土木基礎工事現場で発生している。

そこで我々が調査した対象船の環境から酸欠の対策を説明すると次の如くである。

(1) チップ、石炭、大豆等の細かくて表面の空気接触面の広いものでは酸素欠乏が大きいことになるので注意が必要である。

(2) チップのほか果物や野菜は呼吸しこのとき空気中の酸素が消費され、同時に炭酸ガスが吐き出される。そこで酸素の排出がおこり得るが、この際炭酸ガスは換気の悪い場所では重く低く滞留しているが、この環境は船内では重要な注意点である。

なおチップの場合などは荷役に際しては酸素量を確認するとともに、クレーンにてつかみ上部から船内に投下を行なう動作を数10回繰り返して船内の滞留炭酸ガスを拡散せしめて、外気を導入する必要がある。なおチップにおける荷役中の粉塵はその量が著しく、荷役の盛んな船内においては $2.5\text{ mg}/\text{m}^3$ にも達するのでこの点についても個人的に防禦せねば塵肺症発生の危険は大きい。

チップ荷役において、表面はなるべく平らな状態で作業を行なう。作業を6時間以上中断した場合は酸素量を検知し確認する必要がある。なぜなら発掘されたチップからの炭酸ガスの発生が意外に大きい。また、荷役中は換気装置を投入しつつ作業する。これは、チップを攪拌することによって炭酸ガスをはじめ発酵ガスの発生があるからである。

チップ揚荷作業中の深い穴はその個所の底から1メートル以内の炭酸ガスの濃度がたかく酸素は欠乏していることをしらねばならない。

(3) 大豆船船内の場合には他植物と異なった炭酸ガスの発生状況が考えられる。それは炭酸

ガスの発生は本調査で行なったチップ、木材、石炭に比し著しく多いことがわかる。エスケープハッチ前の通路は1/2メートル幅で、天井は2メートル高で左舷まで通り抜けてはいるが、天井に換気筒の設置がないため、エスケープハッチの開放は当然必要なことである。航海中左右舷の垂鉛ドアが閉鎖してある場合には本通路内での酸欠事故の発生の大きな危険性をもっていると考えてよい。すなわち時化などで左右両舷垂鉛ドアが閉鎖していた所に入った場合を考えると冷汗物である。

(4) 上述エスケープハッチの側面通路では姿勢の低い作業、すなわち床上20cm前後の呼吸高さを必要とする作業は酸欠の危険が大きい。

(5) チップ専用船の右、左舷にある中段迄の出入口は約3~5メートルを昇降し得るような構造であるが閉鎖時はもちろん、開放後も酸素量の検知を完全に行なうべきである。また酸素量確認のマークを行なわねばならない。我々が調査に訪船したD丸においても、本個所の未開放の時に船内は開放されていて船内は安全な酸素量にかかわらず本通路内は酸欠事故が必ず発生し得る危険な酸素量を示していたことは特に注目せねばならない。

(6) チップ船内の場合船内中央は安全酸素量を示していても中段天井、又は船内4隅では炭酸ガス過多を示し酸欠を示していることが多い。

(7) チップ発酵ガスに、メチル、エチルアルコールが検知されることは既述の如く、メチルアルコールでは個人差が強い人体影響をもたらすことから、チップ荷役に従事するものに対しては単に酸素欠乏のみならずこの点、すなわちメチル、エチルアルコールガス中毒も充分に

考慮せねばならない。

(8) 船艙内酸欠について作業前の酸素量の測定が必要であることはあらためて云う迄もないが出来得る限り立入る機会毎に計測をせねばならない。ということは貨物によっては昨日と今日とでは酸欠が同条件ではなく、念を入れる

ならば、休憩後と休憩前ですら変化があることを知らねばならない。

(9) 船艙内の貨物の変化は大気温、海水温の増加に敏感な影響があり、温度の増加による貨物の変化、ガス蒸気発生の変化を認識せねばならない。