

## 2. 石炭輸送船におけるメタンの発生と酸素欠乏について

### 目 次

1. ま え が き……………19
2. 調 査 成 績……………20
3. 実験神威特粉によるメタンの発生と酸素消費……………20
4. 石炭のメタン吸着と放出……………21
5. 石炭による酸素吸収……………22
6. む す び……………22

### 1. ま え が き

最近、石炭を積載して北海道から横浜へ向けて航行中の貨物船（R丸，2,217トン）船上で、ライターの点火により爆発がおこり1名が火傷を負った事故が生じた。横浜に入港したR丸に赴き船艙を調査した結果，原因は石炭から発生したメタンが船艙と船室の間の孔隙を通して室内に漏洩し，これが引火爆発したものと判明した。

R丸は1945年竣工の戦標船（戦時標準型船）で，構造上種々不備な点が多い。いまなお数多くの戦標船が就航しているとき，戦標船のこれら構造上の欠陥は，船の機能の面だけでなく乗組員の安全衛生問題という面からも，あらためて反省されなければならないものであろうとおもわれる。

また直接爆発事故とは関係ないが，船艙内の空気には石炭の酸素吸収による著明な酸素欠乏がみられたことも注目される。

## 2. 調 査 成 績

### 1) 事故の経過と爆発原因

R丸は小樽で石炭（神威特粉）3,270トンを積載し，5月30日23時50分横浜へ向けて出航した。6月1日8時15分ごろ八戸沖で，室内にいた通信士1名が喫煙のためライターに点火したところ突然爆発がおこり，露出部の皮膚に1週間以上の傷を負った。小樽出航後，約32時間を経過したときのことである。

通信士室は図1に示すように，ちょうど船艙の上部にあたるところにある。船艙の上に位置する部屋はこの通信士室を含めて6室あるが，他の5室ではとくに異常はなかったようである。

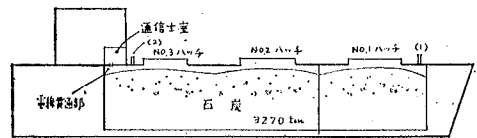


図1 R丸船艙略図

ここで通信士室だけに特徴的なことは，床面に船艙に通じる直径約5cmの電線貫通部が設けられていることである。すなわち電線は居住区からこの通信士室の床を抜けて船艙内（甲板裏側）を通り，マストロッカーその他に連絡しているわけである。この電線貫通部の孔隙は，調査時にはすでに保安部（事故発生後八戸に寄港している）の手により密封されていたが，部屋の位置からみて船艙内に何らかのガスが発生すれば，この孔隙から室内に流入することはまず間違いない。

### 2) 調査項目と方法

石炭から発生する爆発性ガスとしては、まずメタンが考えられる。そこで理研干渉計により船艙内のメタンを測定した。他に爆発性ガスとしての疑いから同じく干渉計により水素を測定した（白金パラジウム除去管使用）。また検知管により炭酸ガス、一酸化炭素を、さらに船艙内の空気には酸素欠乏が懸念されるので、理研酸素計により酸素を、それぞれ測定した。そのほか No. 1 ハッチの一部を開き、サーミスター温度計で石炭の表面温度を測った。

図1の(1)、(2)の個所に直径約50cm、高さ90cmの筒型ベンチレーターがあるが、常時は封じられている。(2)は事故発生後いったん開いているので、船艙内の空気の採取には(1)のベンチレーターを僅かに開き、ビニール管を懸垂しておこなった。このベンチレーターは積荷以来まったく開いていない。

### 3) 船艙内ガスの測定結果

以上の項目について測定した結果は次のとおりである。

CH <sub>4</sub>	8.6%	石炭表面温度 21.5°
CO <sub>2</sub>	0.3%	船艙内気温21° (外気 21°)
H <sub>2</sub>	検出されず	
CO	〃	
O <sub>2</sub>	13%	

上の結果から、事故は船艙内に発生したメタンが室内に流入して爆発限界に達し、点火によって爆発したものと判断することができる。爆発時のメタン濃度がどの程度であったかはあきらかではないが、船艙にこの程度のメタンの発生があれば、このものがひじょう

に軽い気体（対空気比重0.55）であることから、狭い室内が爆発限界（空気中のメタン5～14Vol.%）となることはじゅうぶん考えられるところである。

また船艙内の酸素は、正常空気（約21%）に比べていちじるしく少い。上記のメタン、炭酸ガスの増量を考慮し、それに水蒸気が仮に飽和蒸気圧をしめしたのものとして計算しても、酸素の理論量は18.7%である。ガス爆発とは別の問題として、酸素欠乏の状態が生じていることも重視すべきであろう。

### 3. 実験——神威特粉によるメタンの発生と酸素消費

ここに積まれた石炭がいつ採掘されたものかははっきりしないが、採掘後少くとも数日を経過しているものが、短期間のうちに相当量のメタンの発生と酸素の発生とをおこなっているわけである。

そこでこれらの状態が、さらに進行しているものかどうかを検討するため次のような実験をおこなった。図2のような装置に、船艙から採取した石炭を入れ30°の恒温槽に1週間放置し、ビン内のメタン、酸素、炭酸ガス

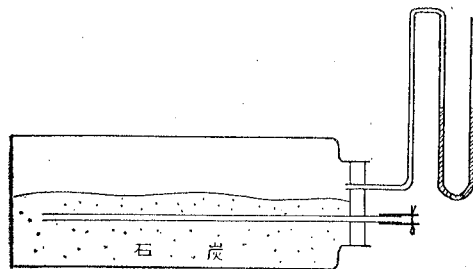


図2 実験装置

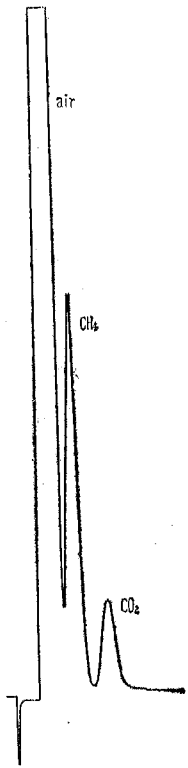


図3 発生ガスのガスクロマトグラム  
カラム、活性炭1m  
150°, He 15ml/min.

を測定した。ビンの容積は約650ml, 試料石炭は220g, 空間部分は約 $\frac{1}{2}$ , 水の置換による採取空気量は約400mlである。

干渉計による計測の上で酸素欠乏はその読みを多くするので, 理研酸素計で測定した酸素量から読みを表われた増加分を逆算してメタン濃度を補正した。前記の船艙

内の測定の場合も同様である。

結果はメタン6.1%, 炭酸ガス1.4%, 酸素6% (水蒸気圧を飽和とした場合の酸素の理論量18.5%) で, やはりメタン, 炭酸ガスの増量, 酸素の減少があらわれている。採取空気を400mlとすると, この条件下でメタンの発生は0.11cc/g, 酸素の吸収は0.27cc/gということになる。なお, ガスクロマトグラフによりメタンの発生を確認した(図3)。

#### 4. 石炭のメタン吸着と放出

石炭の生成過程で炭化作用のさい生じたガスは, 石炭層の間に遊離ガスとして, また石

炭に吸蔵された形で存在している。炭層ガスは, 石炭の質, 場所により区々であるが大部分がメタンで, そのほか $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{O}_2$ ,  $\text{N}_2$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{CnHm}$ ,  $\text{Ar}$ などが少量含まれている。たとえば本邦炭層ガス30種についての分析ではほとんどがメタン濃度90%前後, 他に窒素, 炭酸ガスなど数%となっている。

石炭はコロイド粒子からなり, その粒子は微細孔隙を形成しているので, 内部表面積はひじょうにひろい。亜炭から高度瀝青炭までの測定値は $70\sim 170\text{m}^2/\text{g}$ にもおよんでいる。そのためこれら粒度の細かいものではガスの吸着量も多い。

吸着されたガスは, 地中では周辺とのガス圧を保っているが, 大気圧のもとではこれが放出される。吸着ガスの放出も石炭の質や粒度により差があらわれている。粒径 $2\sim 3\text{cm}$ の太平洋炭で1年を経過してもなお放出を続けるものもあり, 他方 $2\sim 3$ 昼夜で放出のおわるものもあるといわれる。

また石炭に気体が吸着する場合, 気体の種類によって吸着の度合が異なることも知られている。石炭と頁岩, 砂岩おのおの数種につき, それぞれメタン, アルゴン, ヘリウムを圧入した実験では, 岩石にくらべて石炭の吸着能はいちじるしく, 同一石炭への吸着ではアルゴン, ヘリウムにくらべてメタンの吸着がもっとも多い。

R丸に積載された石炭が, 比較的細かい粉炭径(粒径 $1\sim 2\text{cm}$ から100メッシュ以下まで)であったことも, 短期日に多量のメタンが発生した原因であろう。

## 5. 石炭にわる酸素吸収

船艙内の酸素欠乏は、実験によっても同様の現象がみられたように、石炭の酸素吸収によるものである。石炭の新鮮な破砕面が空気によふれると空気中の酸素を吸収する。このさいの発熱による自然発火も古くから知られており、この現象に関連していろいろの研究がおこなわれている。酸素の吸収ないし発熱にはメタンの吸着と同様に、特に粒度が影響する。20~30メッシュと200メッシュの2種の試料を比較した実験によると、40時間（温度17~22°）では吸収はそれぞれ1.2cc/g、2.7cc/gと2倍以上の差がみられる。また28~200メッシュの19種の試料についておこなった実験では、温度45°で最高69.2cc/hr/20gという値が報告されている。図4は、G. Golesらの実験の数値をグラフに表したものであるが、僅かの日数のうちに実に多量の酸素が吸収されることがみとめられる。

先の実験にみられたR丸船艙の試料石炭では、これらの数値にくらべてはるかに少ないが、これは採掘後の時間の経過、さらには試料が塊状のものをたくさん含むことなどが原

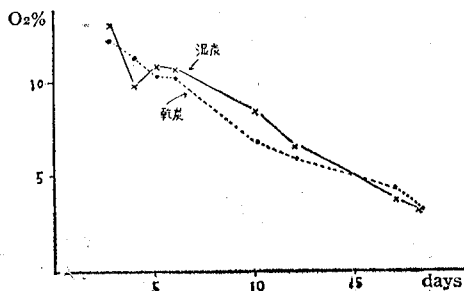


図4 石炭の酸素消費（ビン内のO<sub>2</sub>量）(G. Goles et al. 実験データにより作図)  
石炭 100g を乾温両状態で2.5lのビンに封入、35~38°に保った時のO<sub>2</sub>量

因となっているものと考えられる。

酸素の吸収や発熱は、硫化鉄の多い石炭ではこの影響をうけて一層進行することも知られている。いずれにせよ石炭の酸素吸収は場合によっては相当の量にのぼる。比較的気密性の保たれた空間——船艙——では酸素欠乏の危険が生ずることを考えなければならない。R丸の場合、発熱はないが酸素量は人体に危険な量にまで減少していたわけである。

## 6. むすび

R丸でおこった爆発事故は、石炭から放出されたメタンが居室に漏洩していたことが原因である。他方船艙内には顕著な酸素欠乏が見出された。この場合、石炭は満載されていて上部の空隙部分 (Remanining space) がごくわずか（図1にみるようにほとんど数%）であったことが、高濃度のガスの滞留と酸素欠乏とを助長する結果となっている点も見逃せない。

じゅうらい、石炭の酸素吸収に関しては鉱山関係では研究が積まれていたにもかかわらず、たとえば船舶での輸送といったような「やま」を離れたところでは、これに対する配慮はほとんどなされていなかったのが実情のようである。石炭を半載してその上の貨物を積んだ場合などに、点検のため船艙内に入ることも考えられる。このような時には一応酸欠を疑うべきだろう。

本年1月には、硫酸滓を積んだ鉱石船で酸欠のため乗組員2名が死亡した事故もおきている。危険物とはいえないような貨物の運

送にあたって、種々の面からじゅうぶん安全を確認することがのぞましい。

ことに大量の粉体を、狭少かつ気密な空間に、しかも多く高温多湿の状態で長時間収容する船倉という特殊な環境ではこれは重要な

ことである。「危険物船舶運送および貯蔵規則」によっても、先の硫酸滓と同様石炭は危険物とはされていないが、乗組員にその性質と危険な側面を熟知させることも、今後の事故防止の上からまた必要なことであろう。