

TOSHIN STUDY New 8

平成20年 1月29日 B Y安全管理室

〒103-0023

東京都中央区日本橋本町 4-5-14 入江ビル7階

東神油槽船株式会社

TEL03-3270-3033 ・ FAX03-3241-2812

【 火 花 】

皆様ご存知のように、ガソリンや灯油など引火性液体を輸送するタンカーは火について特段の注意を払う必要があります。

このことについて「危険物船舶運送及び貯蔵規則」には、**A**「油タンカー内においては、船長が特に認めた場合であって十分な危険防止措置を講じた場合を除き、喫煙をし、又は火気を取り扱ってはならない。また、安全マッチ以外のマッチ及びむき出しの鉄製工具その他火花を発生しやすい物品を所持し、又は鉄びょうのついている靴類をはいてはならない。」、**B**「引火性液体が漏れるおそれのある場所では、ビニール又は化学繊維製のいす、カーペット等の人体を帯電させるものを使用しないこと、作業者は帯電防止作業服及び帯電防止作業靴を着用し、帯電した電荷を放散するための措置を講じること。タンク内に引火性液体を積み込む場合は、注入管の下端部、配管支持架台等の構造物が液面下に没するまで、注入管内の流速を1 m/s以下とすること。」、**C**「引火性液体を荷役する場合は、貨物油管と陸上油管との連結に絶縁フランジなどを使用しなければならない。ただし、ボンディング・ケーブルを繋いでいる状態下で貨物油管と陸上油管とを電氣的に連続する場合は、この限りでない。」とされています。

上記の法規定は石油ターミナルの荷役作業標準などに盛り込まれています。上記**A**は摩擦（衝撃）火花による発火の危険を、**B**は静電気火花による発火の危険を、**C**は自己電磁誘導の火花放電による発火の危険を防止するためのものです。

可燃性ガスに着火する最小のエネルギー即ち最小着火エネルギーは、石油ガスの場合で0.25mJ（ミリジュール）程度と云われます。

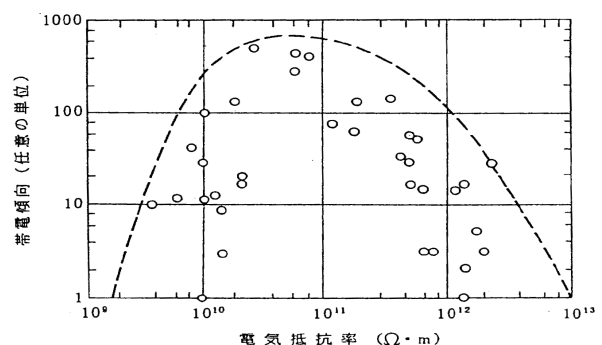
1Jは約1/4カロリー程度のエネルギーで、1カロリーは1グラムの水の温度を1度上げるエネルギーです。つまり、極めて小さなエネルギーで着火することがあります。

さて、**A**の摩擦（衝撃）火花ですが、何に擦っても着火する黄燐マッチや、黄燐マッチは危険だからと発明された安全マッチは、ご存知のように摩擦熱により発火しています。

また、火打ち石は摩擦（衝撃）火花の現象を利用したものです。これは、鉄と鉄より硬い石英を衝撃的に摩擦すると擦れあう部分が瞬間的に高熱になり、且つ削り取られた高温の鉄の微粒子が酸素と化学反応を起して、更に高温の鉄粉火花になる現象です。ノンスパーク工具は摩擦（衝撃）火花の現象を防止するためのものです。

次に、**B**の静電気火花です。異なる種類の物質を接触させると、原子の電子が持つエネルギーが大きい方の物質から小さい方の物質に電子が移動します。

日本海難防止協会の昭和59年の研究報告書では、①管内の石油製品の帯電は、流速、導電率、管の材質等に依存する。②配管内の流速が1 m/s以下では静電気が原因と考えられる事故例は見当たらない。③液面下に注入管下端部が没した後も流速を6 m/s以下にするべきである。④配管の径を変えて一定区間流速を低下させるとタンクに流入した石油製品の液面電位は低下する。導電率の良い荷役ホースにも同じ効果がある。⑤液体の帯電は導電率と深く関係する。（下図は、帯電傾向と電気抵抗率の関係を表したものです。）



⑥重油を除く精製油では $10^9 \sim 10^{13} \Omega \cdot m$ の範囲に入るものが多い。⑦タンクに積み込まれた油は大なり小なり帯電していて、液面に電位を生じ、空間に電界を形成している。⑧タンク内液体の電荷量は、時間経過に従い減衰するが、導電率が低い塗膜でタンク壁がコーティングされている場合には減衰が遅れ、高電位の液面が広がると云っています。

人体は導体なので放電したときには蓄積されたエネルギーの殆どが一度に放出されるため、人体の静電気帯電による危険性は大きくなります。

運動靴など絶縁体により接地が絶たれると帯電するのですが、運動靴で甲板上に立った大人の静電容量は約 300 pF (ピコファラッド) 程度です。

静電エネルギー(J)は、(静電容量×電圧²) / 2 の式で求められるので、放電火花エネルギー 0.25 mJ の危険は人体の帯電電位約 1300 V で生じることになります。

人体は、歩行の摩擦により数千ボルトの静電気電位に帯電し、また容易に 1 万ボルト にも帯電します。このため、静電防止靴を履いて甲板間との電気抵抗を $10^8 \Omega$ 以下にして帯電を防止し、船体各所に除電棒(板)を設けているのです。

終わりに **C** の電磁誘導の火花放電です。

事典を見ると、電磁誘導とは、「磁場の変化によって回路に起電力を生じる現象」と書いてあります。日常、電灯のスイッチを ON/OFF したときや、ホットカーペットのスイッチを ON/OFF したとき、周囲が暗いとき時々火花を見ることがありますが、あの火花を起す起電力のことです。

船体(電位 $800 \sim 900 \text{ mV}$) と荷役配管の間には電位差 $-50 \sim +100 \text{ mV}$ があります。電位差は小さいのですが、ローディングアームには数アンペアの電流が流れます。電路が絶たれると電流は当然ゼロとなります。船体及び荷役配管は巨大な回路なので、その誘導係数は大きいのです。

電磁誘導起電力は電流の変化を妨げる向きに生じ、エネルギーは瞬時に放出されます。

そのエネルギー量は電流の変化量の2乗に比例し、電気回路の誘導係数に比例します。即ちローディングアームに流れる電流を減らせば火花発生の危険は小さくなるので、電流を減らす絶縁フランジ又は非導電性ホースを荷役配管に挟んでいるのです。

絶縁フランジ又は非導電性ホースは 1000Ω 以上の高い抵抗値ですが絶縁体ではありません。通常、抵抗値 $10^{12} \Omega$ を超える物を絶縁体というようです。

ボンディングケーブルによる火花防止対策ですが、昭和61年までは『貨物油管と陸上油管を連結する前に十分に電氣的連続をしておくこと。電氣的連続を絶つ前に、先に両油管の連結を絶つこと。』とボンディングケーブルによる対策のみが定めてありました。

普通の太さのケーブルであればローディングアームの十分の一程度の電流が流れます。では、その分だけローディングアームの電流量が減るかということではありません。

ご存知のとおり、乾電池に数個の豆電球を並列につないだ場合、明るさに変わりはありません。『ボンディングケーブルは安全対策としては効果がない』といわれ『国際安全指針』が変更されたのに合わせて新しい規定になりました。

でも古い乾電池のときや、多数の豆電球を並列につないだときは、電池内部の電気抵抗の影響を受けて明るさが落ちます。

タンカーの場合には、船体・保護亜鉛の電位、迷走電流、陸上施設の電路は複雑であるためローディングアームとボンディングケーブルの関係を単純には説明できないと思います。きっと、ボンディングケーブルにはローディングアームの電流を低減する効果、即ち電磁誘導による火花の危険を軽減する効果があると思えます。

今回、長々と火花についてお話し致しました。その理由は、検船の際にインスペクターから静電気火花の防止策について繰り返して質問されたからです。よろしくご理解下さい。

安全管理室