

SEPT. 1968

RIIS-RR-17-2

UDC 621.313/39-213.4:614.838

# 産業安全研究所研究報告

RESEARCH REPORT OF  
THE RESEARCH INSTITUTE OF INDUSTRIAL SAFETY

RR-17-2

ナフサ分解ガス—空気系混合ガスを  
対象とする容器のフランジに関する  
セーフ・ギャップについての研究

鶴見平三郎・松田東栄

労働省産業安全研究所

MINISTRY OF LABOUR  
THE RESEARCH INSTITUTE OF INDUSTRIAL SAFETY

ナフサ分解ガス—空気系混合ガスを  
対象とする容器のフランジに関する  
セーフ・ギャップについての研究

鶴見平三郎\* 松田東栄\*\*

Study of the Safe Gaps with Naphtha Cracked Gas/Air  
Mixtures for Flanged Joints

Heizaburo TSURUMI\* Toei MATSUDA\*\*

Experimental safe gaps with 1 inch flanges for naphtha cracked gas/air mixtures under atmospheric pressure have been determined in the standard spherical vessel.

The naphtha cracked gas used in the experiments composed of hydrogen, carbon monoxide, acetylene, ethylene and the others as shown in Table 1.

This experiment was carried out in the spherical vessel with the flanges and the parameters of the experiment were the concentration of the naphtha cracked gas/air mixtures and gap widths.

The spherical vessel was made of stainless steel and the inner volume of it was 8,000 cc.

Electrical sparks were discharged between electrodes of an ignition plug installed in the center of the spherical vessel.

The explosion-pressure vs. time diagram in the outer and inner of the spherical vessel was recorded with strain gauges and by this diagram whether ignition to the gas of the external chamber occurred or not was determined.

The maximum explosion pressure obtained with the standard spherical vessel with naphtha cracked gas/air mixtures is given in Fig. 5, which shows the maximum pressure of  $8.7 \text{ kg/cm}^2$  at 18.1 vol % naphtha cracked gas/air mixtures.

The results of measurements for the experimental safe gap are shown in Table 2.

The conclusions as to the results of this experiments are as follows.

1. The experimental safe gaps depend on the concentration of the naphtha cracked gas/air mixtures as shown in Fig. 6.
2. The maximum experimental safe gap was 0.365 mm at 13.6 vol % to 15.2 vol % naphtha cracked gas/air mixtures.
3. The naphtha cracked gas/air mixtures would be estimated to belong to the explosion grade 3.

### 1. 緒 言

防爆電気機器の設計に際しては、対象とするガスまたは蒸気の爆発等級を知ることが必要であり、爆発等級は、最大実験的セーフ・ギャップ(Maximum Experimental Safe Gap : m. e. s. g.) によって決定されるものであって、その測定は極めて重要な研究課題となっている。そのうち単一のガスまたは蒸気-空気系混合物についての最大実験的セーフ・ギャップについては各国の研究者によって相当多数のガスまたは蒸気についての実験値が報告されているが、多成分系のガスまたは蒸気-空気系混合物についてのセーフ・ギャップについては、報告されたデータが少ない。

しかしながら現実の危険場所は、単一のガスまたは蒸気のリークによるものだけではなく、多成分系のガスまたは蒸気によるものが多いので、各種の危険場所のケースに対応する多成分系のガスまたは蒸気-空気系の混合物についてのデータの蓄積が望まれている。

したがってここでは多成分系のガスまたは蒸気-空気系の混合物についてのセーフ・ギャップの挙動を説明する手掛りをうるために、ナフサ分解ガス-空気系混合ガスに例をとり、セーフ・ギャップを測定したものである。試料として用いたナフサ分解ガスの組成は Table 1 に示すとおりであって、ナフサ・プロセス法によるビニール・クロライドの製造に用いるナフサ分

解ガスの組成<sup>1)</sup>に近似したものである。

ビニール・クロライドの製造原料は、天然ガスまたはコークスガスより分離されたメタンの部分燃焼によって得られるアセチレン、ナフサのスチームクラッキングよりのエチレン、あるいはナフサの高温火炎熱分解または部分燃焼熱分解等により得られるアセチレンまたはエチレンを単離して用いるなど各種の方法が用いられてきた。しかし石油化学の進展は、ナフサの熱分解により得られるアセチレン、エチレンなどの熱分解生成物を混合ガス中より単離する操作を行わず、混合ガスのまま塩酸または塩素と直接反応させ、ビニール・クロライドを製造することが可能になってきている。

したがって、セーフ・ギャップについても混合ガスとしての全体の値が問題となってきており、ここでは、ビニール・クロライド製造に用いるエチレン/アセチレンの組成比が約1であることを特長とする多成分系ガスを対象として取りあげたものである。

### 2. 実 験

#### 2.1 実験装置

実験装置の概要を示すと以下に記載するとおりである。

実験装置は、球状の標準容器、バンド状の外部ガス

Table 1 Properties of naphtha cracked gas.

ナフサ分解ガスの組成	
Component	mol. %
O <sub>2</sub>	0.06
N <sub>2</sub>	0.19
CO	16.07
CO <sub>2</sub>	19.43
CH <sub>4</sub>	12.24
C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	8.62
C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	8.56
C <sub>3</sub> H <sub>6</sub>	0.086
C <sub>3</sub> H <sub>4</sub>	0.211
C <sub>4</sub> H <sub>6</sub>	0.059
C <sub>4</sub> H <sub>4</sub>	0.134
C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	0.225
H <sub>2</sub>	33.39
Others	Rest

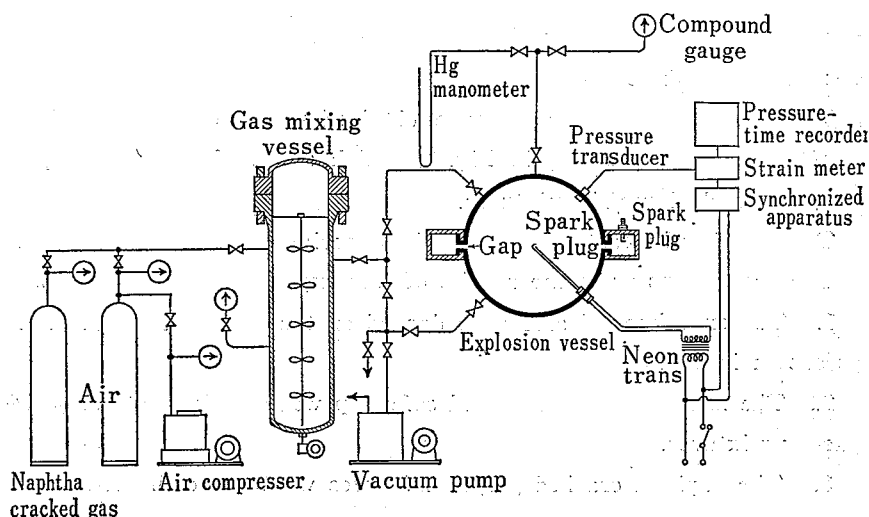


Fig. 1 Schematic diagram for determining safe gap.

セーフ・ギャップ測定実験装置フロー・シート

室, マノメータ, ガス混合装置, 機械的計測装置および排気装置からなっており, 実験装置のフロー・シートを示すと Fig. 1 のとおりである。

セーフ・ギャップ測定標準容器は, 先に行なった「水素濃度とセーフ・ギャップの関係についての研究<sup>2)</sup>」において用いたものと全く同一の球状容器であり, Fig. 2 は, 外部ガス室を標準容器のフランジの部分に装着し, 組立てた状態を写したものであって, 中央に見られる帯状の容器がバンド状の外部ガス室である。また Fig. 3 は, 外部ガス室をフランジ部分より脱した状態を示している。

実験装置の主要部分について記述するとつぎのとおりである。

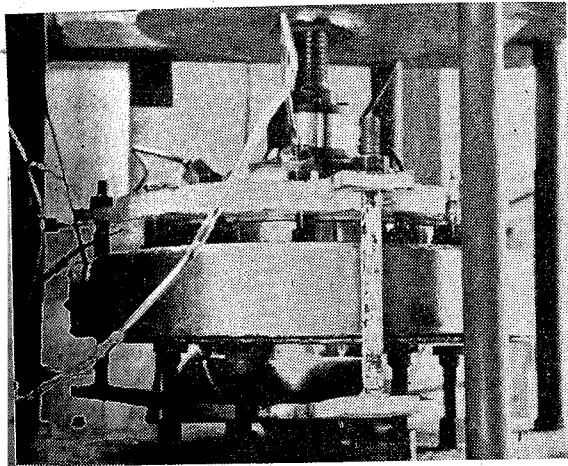


Fig. 2 Standard vessel for determining safe gap.

セーフ・ギャップ測定標準容器 (その1)

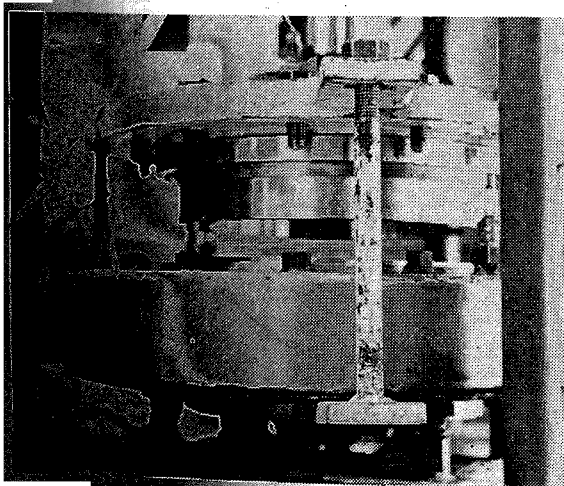


Fig. 3 Standard vessel for determining safe gap.

セーフ・ギャップ測定標準容器 (その2)

### 2.1.1 標準容器および外部ガス室

爆発室である球状の標準容器は, 内容積 8,000 cc であり, 材質は SUS 27 である。この球状容器は, フランジによって二つに分割することが可能であり, このフランジ面にスキマ板をはさむことによって測定すべきギャップを変えた。

フランジの奥行きは, B. S. 229 (1957) と同様に 25.4 mm である。

外部ガス室は, ステンレス製の容器であり, 球状容器のギャップ外面に装着した。標準容器のフランジの外縁と外部ガス室の内壁までの距離は, 99.6 mm であり, 壁による発火の影響<sup>3)</sup>がないようになっている。

### 2.1.2 ガス混合装置

ナフサ分解ガス—空気系混合ガスは, 高压ガス混合容器内に貯蔵することによって一測定点におけるガス濃度の相違から来る誤差をさけた。なお, 試料ガスの粗調整は, 分圧法により行ない, さらにガスクロマトグラフにより濃度をチェックし補正を行なった。

### 2.1.3 機械的計測装置

点火の確認は, 圧力変動を計測することによって行ない。爆発圧力の測定は, ストレイン・ゲージよりなる圧力変換器を標準容器に装着して行なった。記録は, 直記式電磁オシログラフを用いた。

## 2.2 実験方法

セーフ・ギャップの測定方法は, 各国の研究機関によって同一ではなく, ガス濃度を取りあげてみても標準容器の内外のガス濃度が同一濃度のものを用いる方法と, 異なる濃度のガスすなわち most incendive mixture と most easily ignited mixture を用いる方法との二つの方法があげられる。後者の方法を取っている機関は, 英国の Safety Mines Research Establishment があげられるが, この研究では, 標準容器の内外の濃度が同一である場合がより現実的であるという観点に立って西独の Physikalisch-Technische Bundesanstalt などと同様な方法を取った。

ギャップ寸度の増加度については, セーフ・ギャップの真の値になるべく近い値を測定しようという趣旨から一定にせず, m. e. s. g. に関係のない測定点においては, かなり大幅な値を取った。

なお, 外部ガスが点火しない側の限界点の測定回数は, 15 回とした。

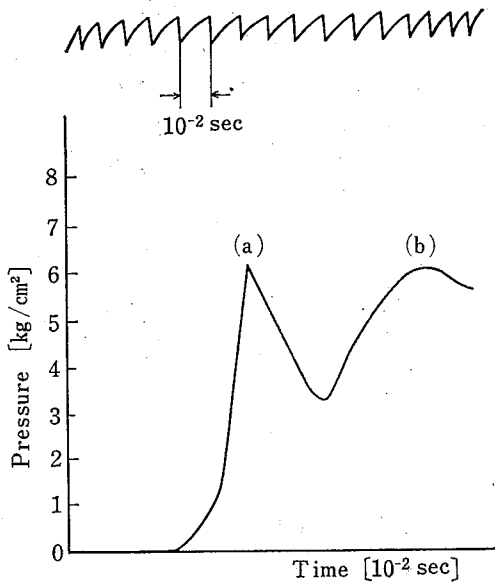


Fig. 4 Pressure-time diagram  
圧力時間曲線

Naphtha cracked gas concentration. 15.6 ~15.8vol %, Gap width 0.369 mm, deta 13N2I.

(a) is pressure rise at explosion in internal vessel, (b) is pressure rise at explosion in external vessel.

2.2.1 ガス濃度

前記のとおり標準容器および外部バンド状容器内のガス濃度は、同一の濃度であり、ガス濃度のチェックは、標準容器内より混合ガスを採取し、ガスクロマトグラフを用いて測定した。

2.2.2 ギャップ

二つに分離した標準容器下部のフランジ面にスキマ板をおき上下の半球状の標準容器をカウンタウエイトのついた締め枠でしめつけ、上下の半球状容器を一体のものとした。

ギャップの寸度は、シクネス・ゲージを用いて止まり側と通り側を測定し、そのゲージを計測器によって数個所測定し、通り側の最大値をもってギャップの寸度とした。

2.2.3 外部容器内ガスの燃焼状況の確認

標準容器の中央に点火プラグ

を装着し、ネオントランスを用いて標準容器の内部ガスに点火し、火炎を3次元に伝ばさせた。外部バンド状容器内のガスの点火状況は、前記のとおりストレーン・ゲージにより応答された圧力変動によって計測するとともに、必要がある場合には、外部バンド状容器に取り付けた点火プラグにより逆着火し、外部ガス室内の混合ガスの燃焼状態を再度確認した。外部バンド状容器内の燃焼ガスが発火した場合の圧力時間曲線の典型的なものを示すと Fig.4 のとおりであり、この図の左側からみて第1のピークは、標準容器内のガスの爆発状況をあらわし、第2のピークは、標準容器内のガスが爆発したことに伴い、外部のバンド状容器内のガスも燃焼したことを示し、この際のギャップの寸度では、外部容器内のガスの燃焼を阻止し得なかったことをあらわしている。

3. 結 果

ナフサ分解ガス—空気系混合ガスの濃度別の実験的セーフ・ギャップ、最大爆発圧力、最大爆発圧力への到達時間および最大昇圧速度の測定を行なった。混合ガスの圧力は、常圧であり、温度は室温において測定した。冬期に実験した関係上、その温度範囲は、爆発圧力およびセーフ・ギャップ測定時においてそれぞれ 7.5°C~10.0°C および 4.0°C~12.1°C であった。

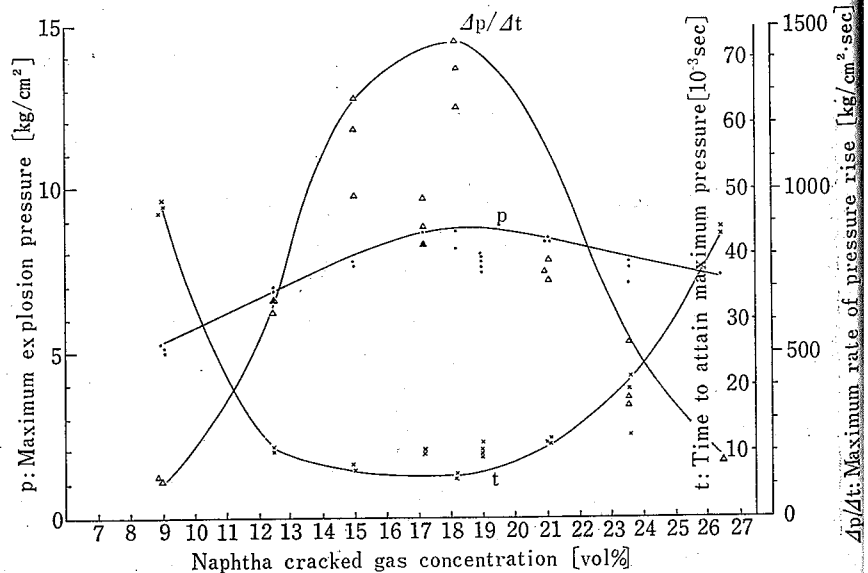


Fig. 5 Relationship between  $p$ ,  $t$  and  $\Delta p/\Delta t$  with concentration of naphtha cracked gas.

ナフサ分解ガス—空気系混合ガスの濃度別、最大爆発圧力、最大爆発圧力への到達時間および最大昇圧速度

### 3.1 最大爆発圧力, 最大爆発圧力到達時間 および最大昇圧速度

ナフサ分解ガス—空気系混合ガスの濃度別の最大爆発圧力, 最大爆発圧力到達時間および最大昇圧速度の測定結果については, Fig. 5 のとおりであり, 標準容器のフランジ面にゴム・パッキングを装着し, 標準容器を完全密閉して計測したものである。

最大爆発圧力および最大昇圧速度を示す濃度と化学当量の混合物の濃度とは, それぞれ 18.1% および 17.3% であり, 化学当量の混合物の濃度よりも多少燃料の多い濃度に圧力のピークがみられることは, アセチレン空気系混合ガスおよび水素—空気系混合ガスにおける爆発圧力の挙動と同じよう傾向を示している。

最大爆発圧力の実測値は, 18.1% において 8.7kg/cm<sup>2</sup> であった。

### 3.2 実験的セーフ・ギャップ(m. e. s. g.)

ナフサ分解ガスの濃度別, ギャップの寸度別の主要な測定結果を示すと Table 2 のとおりである。

ナフサ分解ガスの濃度別, ギャップの寸度別の外部ガスが燃焼しない側の限界点を結んだ限界曲線は, Fig. 6 に示すとおりである。限界点とは, 15 回の実験において全数外部ガスが燃焼を来さない点である。

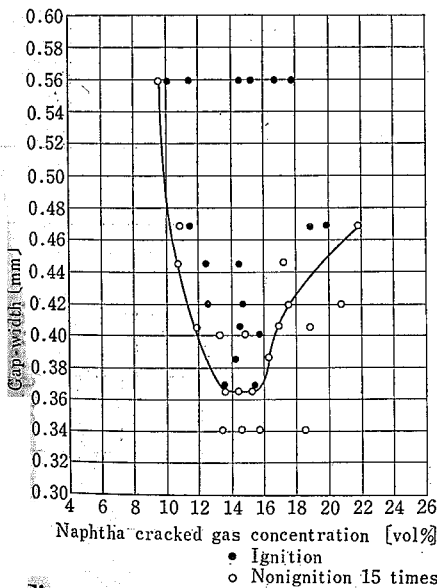


Fig. 6 Experimental safe gap for naphtha cracked gas.

ナフサ分解ガスのセーフ・ギャップ  
限界曲線

これによると m. e. s. g. の値は, 0.365 mm であり, m. e. s. g. が測定された濃度は, 13.6%~15.2% の範囲内である。この濃度は, 昇圧速度が最大となる濃度よりも燃料が薄い濃度である。実測値は, 前述のとおりすべてフサ分解ガスの初圧が常圧の場合におけるものである。

### 3.3 比開口断面積 (Specific Open Area; S. O. A.) および比開口容積 (Specific Open Volume : S. O. V.)

m. e. s. g. であるギャップ 0.365 mm のときにおける S. O. A. は  $31 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{cc}$  であり, 同じく S. O. V. は  $90 \times 10^{-2} \text{ mm}^3/\text{cc}$  である。

実験に用いたスキマ板の数は, 幅 10mm のものを 8 枚用い, この数は, ギャップの寸度にかかわらず一定とした。

なお S. O. A. とは, 球状容器の内径を用いて計算した単位容積当りの開口断面積であり, S. O. V. とは単位容積当りの開口部の容積である。

## 4. 考 察

この研究に使用した組成のナフサ分解ガス—空気系混合ガスにおいては, つぎのことがいえる。

(1) このガスの実験的セーフ・ギャップは, 空気に対する混合比に大きく依存しており, その値は, かなり大幅な変動を示している。

(2) Table 2 でわかるとおり, ギャップの寸度が 0.4mm 以下の測定点, すなわち 0.385 (濃度 14.2%~14.3%) においては 14 N 1 I, また, 0.369 mm (濃度 13.3%~13.4%) においては 13 N 1 I 同じく 0.369 mm (濃度 15.6%~15.8%) においては 13 N 2 I の実験結果を示している。ガスおよび蒸気の爆発等級の判定方法は, 標準容器の内容積, ギャップの奥行, 試験回数, 等級分類のギャップの値など各国によって多少異なり, わが国においても未だ確立されていないが, この実験条件によって検討した場合一応爆発等級 3 相当と考えられる。

(3) Fig. 6 に示すように m. e. s. g. は, 0.365 mm であり, これが測定された濃度は, 最大昇圧速度を示す濃度よりも燃料が薄い濃度であることを特長としている。

Table 2 Result of tests through flange gaps of various widths with various naphtha cracked gas concentrations at atmospheric pressure.  
ナフサ分解ガスの濃度別、ギャップの寸度別の測定結果 (常圧)

Vol. %	Gap width (mm)																						
	0.559	0.468	0.445	0.419	0.405	0.401	0.385	0.369	0.365	0.340	Vol. %	ex.	Vol. %	ex.									
9.0-	9.5 <sub>15</sub> N0I																						
10.0-	9.90N4I																						
11.0-	11.3 <sub>1N</sub> 14I ~11.4	10.9 <sub>15</sub> N0I ~11.1	10.8 <sub>15</sub> N0I ~10.9																				
12.0-	11.4 <sub>12</sub> N3I ~11.5	11.4 <sub>12</sub> N3I ~11.5	12.5 <sub>9</sub> N6I ~12.6	12.5 <sub>14</sub> N1I ~12.7	11.8 <sub>15</sub> N0I ~12.2																		
13.0-						13.3 <sub>15</sub> N0I																	
14.0-	14.4 <sub>40</sub> N7I ~14.5		14.4 <sub>3</sub> N7I ~14.5	14.6 <sub>2</sub> N2I ~14.7	14.5 <sub>8</sub> N7I ~14.7	14.8 <sub>15</sub> N0I	14.2 <sub>14</sub> N1I ~14.3	13.3 <sub>13</sub> N1I ~13.4	13.6 <sub>15</sub> N0I ~13.7	13.4 <sub>15</sub> N0I ~13.7													
15.0-	15.2 <sub>0</sub> N3I																						
16.0-	16.7 <sub>0</sub> N1I																						
17.0-	17.6 <sub>6</sub> N9I ~17.8		17.2 <sub>15</sub> N0I ~17.3	17.5 <sub>15</sub> N0I ~17.6	16.9 <sub>15</sub> N0I ~17.0																		
18.0-																							
19.0-		18.2 <sub>11</sub> N8I ~18.8																					
20.0-		19.7 <sub>5</sub> N6I ~19.9																					
21.0-																							
22.0-		21.6 <sub>15</sub> N0I ~21.8		20.7 <sub>15</sub> N0I																			
23.0-																							

I = Ignition, N = Nonignition

(4) 水素—空気系混合ガスの m. e. s. g. については、実験<sup>2)</sup>によれば 0.22mm であり、この実験に使用したナフサ分解ガス—空気系混合ガスのそれよりもかなり下回っている。

したがってこの雰囲気中で使用する防爆機器は、水素用のもので十分であるといえよう。

(5) この研究においては、実用的見地から特定の組成比のナフサ分解ガス—空気系混合ガスを用いたものであり、他の組成比のナフサ分解ガス—空気系混合ガスの爆発等級の判定は、別個の実験によることが必要である。

(6) この研究で解明されたように、多成分系混合

ガスは、成分ガスの組成によってその性質が変動することが予想され、ナフサ分解ガス以外の混合ガスについても今後研究を実施することが肝要であろう。

## 5. 結 言

以上に記載した結果からみて、この研究において使用した組成のナフサ分解ガス—空気系混合ガスの雰囲気中で点火源となるような機器を使用する場合には、雰囲気ガスが爆発等級3相当であることに留意し、対策を立てることが必要であるといえよう。

## 主要参考文献

- 1) S. Gomi, Hydrocarbon Processing, 43 (11), 168 (1964)
- 2) 鶴見平三郎, 松田東栄, 労働省産業安全研究所報告, 15 (1), 11~18 (1967)
- 3) D. W. Woodhead, D. H. Jones and J. R. Blackwell, "Brit. Elec. & Alld. Ind. Res. Assn. Tech. Repts." D/T 129 (1961)



産業安全研究所研究報告 RIIS-RR-17-2

---

昭和 43 年 9 月 30 日 発行

発行所 労働省産業安全研究所

東京都北多摩郡清瀬町梅園1丁目4番6号

電話 (0424) 91-4512 番 (代)

印刷所 新日本印刷株式会社

---

郵便番号 180-04

UDC 621.313/39-213.4:614.838

ナフサ分解ガス-空気系混合ガスを対象とする容器のフランジに関するセーフ・ギャップ  
についての研究

鶴見平三郎・松田東栄

産業安全研究所研究報告 RIIS-RR-17-2, 1~7 (1968)

内容積 8,000 cc の球状容器を用いてナフサ分解ガス-空気系混合ガスの実験的セーフ  
・ギャップを測定した。この実験に用いたナフサ分解ガスの組成は、水素、一酸化炭素、  
アチセレン、エチレン、その他からなっている。この実験の結果つぎのことが判明した。

1. 実験的セーフ・ギャップは、ナフサ分解ガス-空気系混合ガスの濃度によって変わる。
2. 最大実験的セーフ・ギャップは、0.365 mm であった。
3. この組成のナフサ分解ガス-空気系混合ガスは、爆発等級 3 に属するガスであると推  
定される。

表 2, 図 6, 参 3



### Study of the Safe Gaps with Naphtha Cracked Gas/Air Mixtures for Flanged Joints

H. Tsurumi and T. Matsuda

Research Report of the Research Institute of Industrial Safety RIIS-RR-17-2,  
1~7 (1968)

Experimental safe gaps for naphtha cracked gas/air mixtures have been measured  
in the standard vessel and the inner volume of vessel was 8,000 cc. The naphtha  
cracked gas used in the experiments composed of hydrogen, carbon monoxide,  
acetylene, ethylene and the others.

From the experiments, the following facts were made clear.

1. The experimental safe gaps depends on the concentration of the naphtha  
cracked gas/air mixtures.
2. The maximum experimental safe gap was 0.365 mm.
3. The naphtha cracked gas/air mixtures would be estimated to the explosion  
grade 3.

Table 2, Fig. 6, Ref. 3

