MAR. 1969

RIIS-RR-17-6

UDC 614.83 : 621.313/.39-213.34

産業安全研究所研究報告

RESEARCH REPORT OF
THE RESEARCH INSTITUTE OF INDUSTRIAL SAFETY

RR-17-6

低圧直流誘導回路の開離火花による爆発性ガス蒸気の点火限界（最小点火電流）

田　中　隆　二

労働省産業安全研究所

MINISTRY OF LABOUR
THE RESEARCH INSTITUTE OF INDUSTRIAL SAFETY

低圧直流誘導回路の開離火花による爆発性ガス蒸気の点火限界（最小点火電流）

田 中 隆 二*

The Minimum Igniting Currents for Explosive Gas- or Vapour-Air Mixtures by Break-Sparks in Low-Voltage d. c. Inductive Circuits

Ryuji TANAKA*

The auther previously made clear the ignition sensitivity of the IEC type apparatus for testing intrinsically safe electrical apparatus and circuits for use in explosive gas atmospheres and that the ICE type could appropriately simulate break-sparks of low voltage inductive circuits and resistive circuits with a supply voltage of not less than some 20 volts as regards the spark ignition.

The minimum igniting currents for various explosive atmospheres by break-sparks of inductive circuit having a 95 mH inductance and working at 24 volts d. c. have been reported from the Electrical Research Association, using the "Break-flash No. 2" apparatus with a pair of platinum alloy electrodes. The data obtained at the ERA, however, are required to be reevaluated with a view to finding new criteria for designing intrinsically safe apparatus and circuits, since the IEC type has been found to be much more sensitive to spark ignition than the Break-fiash No. 2.

From this standpoint, the auther determined the minimum igniting currents for typical explosive gas- or vapour-air mixtures by break sparks of low voltage d. c. inductive circuits using the IEC type which electrodes are composed of four tungsten wires and a grooved cadmium disc under the various experimental conditions.

The test circuit used in this series of experiments consists of a battery, an air-cored inductance, a non-inductive variable resistance for current regulation and the IEC type apparatus. The air-cored inductances range from 0. 1 mH to 10 H, stepping at six values.

The calibration of the apparatus is made before and after each determination of minimum igniting currents, and if the performance of the apparatus is found to have changed it is brought back to a standard calibration.

Table 3 shows the comparison of most easily ignitable concentration of the atmospheres by break-sparks of 95 mH inductance working at 24 volts d. c. and the minimum igniting currents obtained with the IEC type and Break-flash No. 2 apparatus. The ratio of the minimum igniting current for each combustible between the two are 2. 95 for hydrogen, 2. 17 for ethylene and 1. 6 to 2. 0 for the others.

The effect of value of the inductance on the most easily ignitable concentration is examined for hydrogen, methane and ethylene.

With a circuit voltage ranging from 6 to 96 volts d. c., the minimum igniting currents I for the various air-cored inductances L are determined and although the results are basically given in the form of LI^n=const, the deviation of the data from the equation occurs with smaller inductances. Where the circuit voltages are more than 48 volts, the inductance less than about 3 mH has littile effect on the minimum igniting current for hydrogen and methane.

The effect on the minimum igniting current of spark suppressors such as shunt ohmic resistors, a non-linear resistor, air-condensers and rectifiers are also briefly examined. The ohmic resistors used in this test are ranged from 500 Ω to 20 kΩ and the condensers from 0. 01 μF to 1 μF. The non-linear resistor used is composed of silicon carbide and in the form of annular disc, and the rectifiers used are of selenium, gelmanium and silicon types with the peak inverse voltage of 50 volts.

In general, the increases of minimum igniting current with the spark suppressore appear with inductance of more than some tens mH, and especially the rectifiers used show almost equally the large increase of the minimum igniting current in the range of several mH to 1 H.

* 電気課 Electrical Section.

1. まえがき

筆者は前報[1]で，本質安全防爆電気回路の設計基準となる点火限界（最小点火電流）の測定装置として，IECによって採択された装置を使用すれば，誘導回路および電圧が 20 V 程度以上の抵抗回路の開離火花を爆発性ガスへの点火の面からじゅうぶん模擬できることを明らかにしたが，本文においては，この IEC 装置（対向電極はタングステン線および溝付カドミウム円板）を使用して，代表的な爆発性ガス蒸気の最小点火電流を種々の条件で測定し，多くの新らい資料を得たので，これらについてまとめて報告する．

なお，本文中，水素およびメタンに関するものの一部はすでに発表[2),3)]したものである．

2. 実験装置および方法

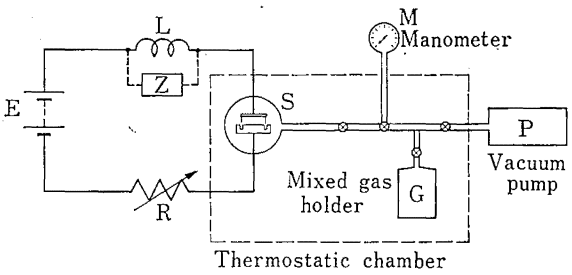
2.1 装置の概要

最小点火電流測定の対象とした誘導回路は，Fig. 1 (a)のように，直流電源（鉛蓄電池）E，空心インダクタンスL，無誘導形可変抵抗Rおよび火花発生装置Sが直列に接続された回路である．Sは前報[1]で構造を述べた IEC 形火花発生装置であって，その外観をFig.1（b）に示す．

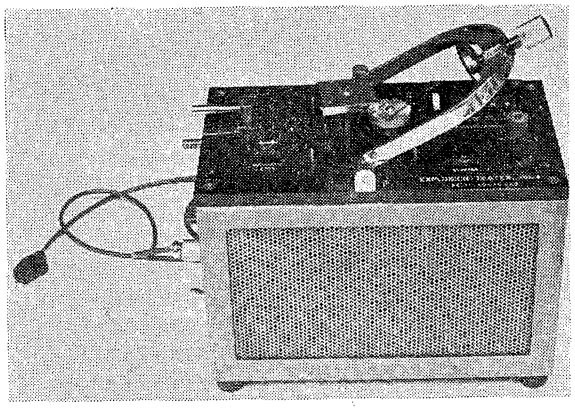
このような基本的誘導回路のほかに，さらに火花消去回路を接続した場合の最小点火電流の測定も行なったが，この場合はLと並列にオーム抵抗，非直線抵抗（バリスター），コンデンサーまたはダイオードを接続する方法について試みた．

所定の濃度に調製した爆発性ガスは，バルブの開閉操作によって，ガスホルダーGから真空ポンプPによって排気されているSへと送結される．

本実験における爆発性ガス蒸気は，すべて可燃性ガスまたは可燃性液体蒸気と空気との混合物であるが，液体蒸気と空気との混合は，2.2 で述べるシリンダー式ガスホルダーの中で行なうとともに，このホルダー，火花発生装置，開閉バルブ，接続銅管などはすべて恒温槽（内部温度約 30℃）の中に設けて液体蒸気の凝縮を防止するようにした．ピストンを手動で動かすことにより，爆発性蒸気を火花発生装置の内部へ送ることができる．



（a） Schematic diagram of experimental equipment.
試験回路とガス系統



（b） View of IEC-type spark-producer
IEC 装置の外観

Fig. 1 Experimental layout for determining the minimum igniting current for explosive mixtures.
最小点火電流測定実験装置

2.2 爆発性ガス蒸気の調製

実験に使用した可燃性ガスおよび液体を Table 1 に示す．これらのガスおよび液体のうち，水素，メタン，プロパンおよびエチレンについては，それぞれ適量だけボンベから取出したものを Fig. 2（a）のガスホルダーに入れ，これに空気を混合させて所定の濃度であることを確認した．

可燃性液体蒸気と空気との混合には，Fig.2(b）に示すような鉄製シリンダー式ガスホルダーの中に液体を適量だけ挿入してからピストスを引いて空気を導入するとともに，内部ファンを回転させて液体の蒸発を促進させつつ，空気との均一な混合を図った．

ガスまたは液体蒸気と空気との混合濃度は，理研計器(株)製の干渉式ガス検知器でメタンおよび水素用のものを用いて測定した．これらの関係仕様を Table 2 に示す．

Table 1 Inflammable gases and vapours used in experiments and their properties concerned.
供試可燃性ガス蒸気とその特性

Combustible	Limit of explosibility (vol. %)**	Stoichiometric concentration (vol. %)
Hydrogen	4.0～75.6	29.53
Methane	5.0～15.0	9.48
Propane	2.1～ 9.5	4.02
n-Pentane	1.4～ 7.8	2.55
n-Hexane	1.2～ 7.4	2.16
Ethylene	2.7～34	6.53
Propylene*	2.0～11.7	4.45
Benzene	1.2～ 8.0	2.72
Ethylether	1.7～36	3.37
Aceton	2.5～13.0	4.97

*Results of analysis by gas chromatography : Propylene 91.99%, Propane 5.88%, Methane 1.55%, Ethane 0.42%, Carbon monoxide 0.08%, *i*-Butane 0.07%, *n*-Butane Trace (0.007%), Ethylene Trace (0.003%)
**K. Nabert und G. Schön : Sicherheitstechnische Kennzahlen brennbarer Gase und Dämpfe(1963).

Table 2 Specifications of interferometers.
干渉式ガス検知器の仕様

Type	Full scale	Effective length of gas chamber
Methane	10%	120 mm
Hydrogen	50%	24 mm

メタンおよび水素以外のガス蒸気と空気との混合濃度は，すべて水素用ガス検知器にて測定した値に，次の式による補正係数をかけて換算して求めた.[4)]

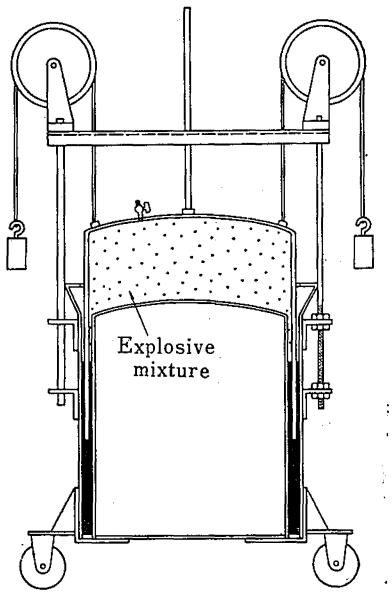
$$C=2\times\left|\frac{n_g-n_a}{n_x-n_a}\right| \qquad (1)$$

ここで，C：補正係数，n_g：水素の屈折率，n_a：空気の屈折率，n_x：被測定ガス蒸気の屈折率，である.

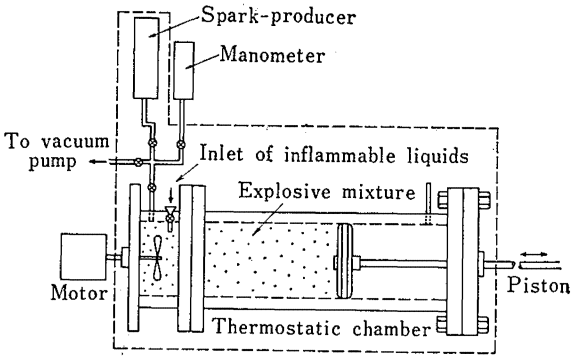
なお，以下に述べる爆発性ガス蒸気の濃度は，いづれも空気との混合による体積比（vol. %）で表わすことにする.

2.3 点火限界の決定法

所定の回路条件のもとで火花発生装置の開閉接点部をとり囲む爆発室に爆発性ガス蒸気を送入しておき，接点間に開離火花を発生させる．もしも連続 3000 回以内の開離火花の発生で点火を生じた場合には，回路電流のみを5～10% づつ減少させて点火の有無を調べた．このようなことを繰り返し，ある電流値では 3000 回の発生火花では 1 回もガスに点火しなくなったとすると，この不点火の電流値と，その直前の点火の電流値との平均値をもって最小点火電流と決め，これを点火限界とした．以下に示す図のすべての最小点火電流曲線は，ここでいう最小点火電流値をもってプロットしてある.



(a) SMRE-type
SMRE 式



(b) Cylinder-type
鉄製シリンダー式

Fig. 2 Gas holders.
ガスホルダー

3000 回の開離火花によってガスに点火しない場合であっても，途中ガスの取替は行なわなかった.

なお，爆発性蒸気の点火の場合，その濃度が爆発上限界に近いといわゆる冷炎（cool flame）の現象が見られることがある．これを検出するため，爆発室の上部に丸い孔をあけておき，その上に薄いプラスチック製のふたをかぶせておいた．冷炎が生ずると，わづか

な爆発圧力の上昇によりふたを持ち上げ，ふたの上に鉛直に立てておいた長い紙製の円筒が倒れるようにして簡単に冷炎を検出することができた．

また，最小点火電流を決定するにあたっては，開閉接点の点火感度が実験中つねに保持されていたことを必らず確認する必要がある．このため，実験的に最小点火電流が測定された直後に，開閉接点を校正回路に接続して開離火花を発生させ，校正用ガスに点火するか否かをいちいち調べた．校正ガスに点火すれば最小点火電流値として採用し，不点火となれば感度低下の状態の開閉接点を用いて測定した最小点火電流であるとしてこれを棄却し，W線の取替などを行なって再び実験をやり直した．校正回路は，Fig.1 において，$E=24$ V，$L=95$ mH とし，回路電流 $I=105$ mA となるようにしたもので，校正ガスにはメタン 8.3% を使用した．回路電流を 105 mA とした理由は，これまでの多くの実験から，上述の E と L の値の場合には，W線の取替などによって，開離火花がメタンに容易に点火しうること，また実験中このような点火感度を保持することが困難ではないこと，などによるものである．

3. 測定結果および検討

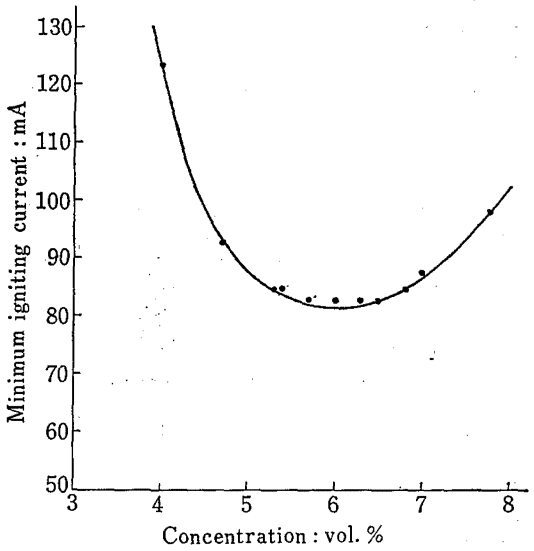
3.1 爆発性ガス蒸気濃度と最小点火電流の関係

ガス蒸気と空気との混合濃度を変化させて，濃度と最小点火電流の関係（濃度特性）を求めた結果を Fig. 3（a）～（g）に示す．これらの場合，回路条件としては，$E=24$ V，$L=95$ mH である．なお，水素，メタンおよびエチレンの濃度特性については，後述の Fig.4 のなかにそれぞれ含めてある．

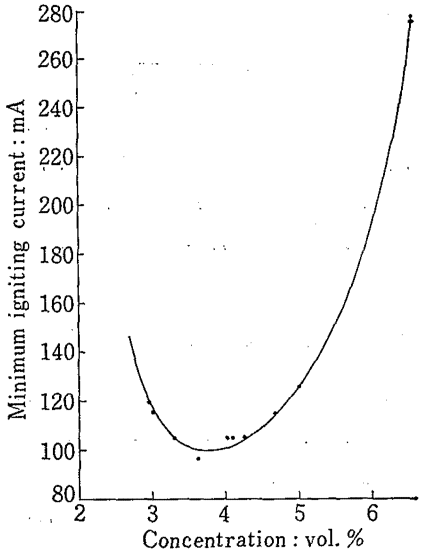
これらの濃度特性曲線はいずれも爆発限界の範囲に入っているが，その形状はガス蒸気の種類ごとにやや異なっており，また，最小点火電流値と，そのときのガス蒸気の濃度（最小点火限界濃度）も異なっている．

従来，同じ回路条件で異なる特性の開閉接点を用いて行なった ERA (Electrical Research Association) のデータ[5)~9)]とこれらの点を比較してみると Table 3 のようになる．本実験と ERA の実験の場合では，開閉接点の形状，材質，開離速度などが全く異なっているが，最小点火限界濃度にはほとんど差を生じなかった．しかし，得られた最小点火電流の大きさを両者の場合について比較してみると，ガス蒸気の種類ごとに差が生じた．たとえば，ERA の場合，水素およびエチレンの最小点火電流値は，本実験による測定値と比べて，それぞれ 2.95 および 2.17 倍の大きさであり，その他のガス蒸気に関しても 2.0～1.6 となっている．

したがって，電気回路の発生する開離火花が爆発性ガス蒸気へ点火する能力の有無を検証するには，火花発生装置の点火感度の高低はもとより，ガス蒸気の種



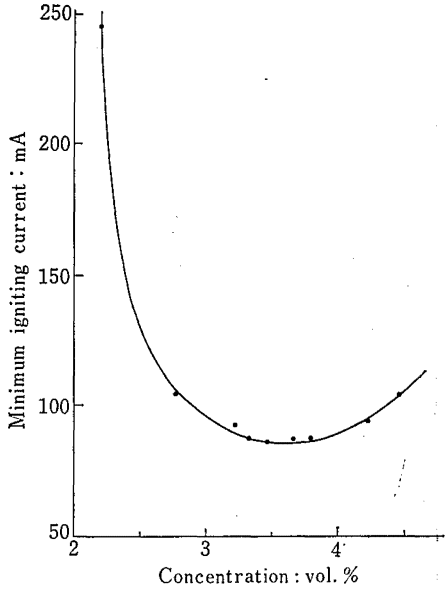
（a）Propane プロパン



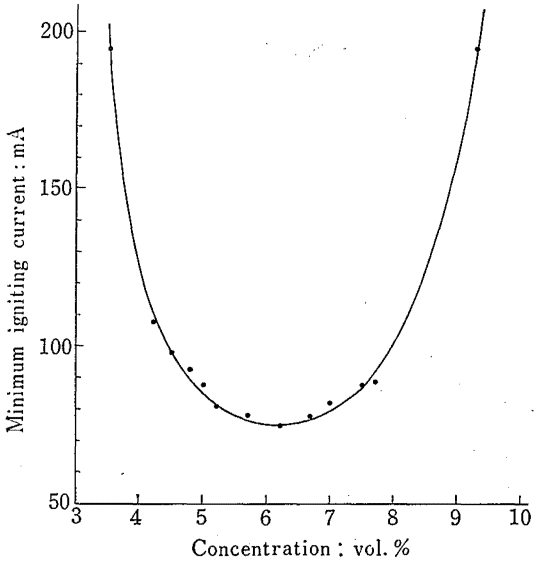
（b）n-Pentane
n-ペンタン

類についても考慮する必要がある．

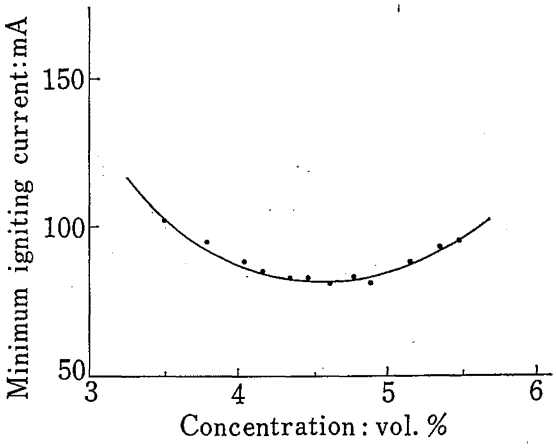
なお，最小点火限界濃度を Table 1 に示した化学量論組成（vol. %）と比べてみると，水素およびメタンでは化学量論組成の方が大きく，他のガス蒸気の場合にはその逆になっていることは，従来の報告[10]通りであった．



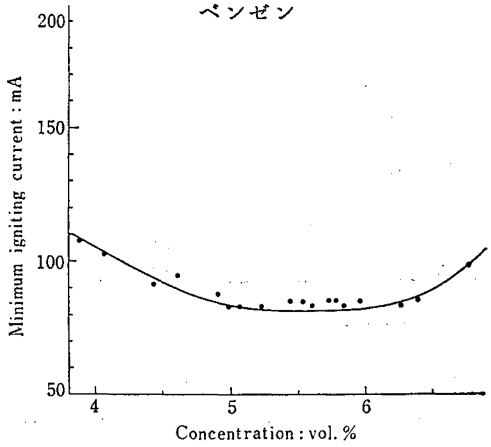
(c) *n*-Hexane
n-ヘキサン



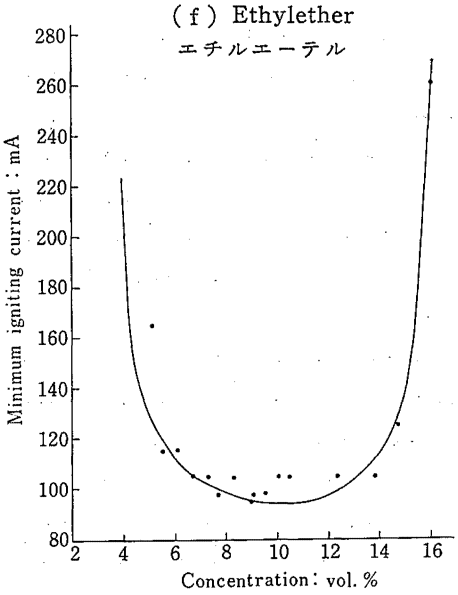
(d) Propylene
プロピレン



(e) Benzene
ベンゼン



(f) Ethylether
エチルエーテル



(g) Aceton
アセトン

Fig.3 Relation between concentrations and the minimum igniting currents of 95 mH inductive circuit (24 V).
ガス濃度と最小点火電流の関係（24 V，95 mH）

Table 3 Comparison of most easily ignitable concentrations and minimum igniting currents between the IEC-type and Break-flash No. 2 apparatus.
最小点火限界濃度および最小点火電流の比較

Combustible	IEC type (byAuther)		Break-flash No. 2 (by ERA)	
	Most easily ignitable concentration (vol.%)	Minimum igniting current (mA)	Most easily ignitable concentration (vol.%)	Minimum igniting current (mA)
Hydrogen	21	25	23.4	74
Methane	8.3～8.5	102	8.3	185
Propane	5.7～6.5	83	5.25	148
n-Pentane	3.6	98	3.9	160
n-Hexane	3.3～3.8	87	3.4	163
Ethylene	7.8	53	7.2～7.85	115
Propylene	6.2	75	—	—
Benzene	4.62～4.89	81	4.63～5.51	165
Ethylether	4.93～6.2	85	—	—
Aceton	9.0	95	8.75	160

3.2 爆発性ガス蒸気濃度と回路インダクタンスの関係

Fig. 4 は誘導回路のインダクタンスをパラメータとして，0.1 mH～1 H の範囲で数段階に変化させた場合の濃度と最小点火電流の関係を，水素，メタンおよびエチレンを対象として測定した結果である．これらの例から，最小点火限界濃度は回路のインダクタンスに依存せず，ガス蒸気の種類ごとに固有のものであると考えられる．ちなみに，誘導回路の代りに，インダクタンスを短絡して，抵抗回路として最小点火限界濃度をメタンについて測定した結果でも，誘導回路の場合と同じになったので，このことはほぼ間違いないものとみなせる．

なお，誘導回路のインダクタンスが大きいほど，最小点火限界濃度付近の点火限界曲線は平坦となり，爆発限界の下限および上限に近づくに従って急に曲線が立ち上る傾向がある．したがってインダクタンスの大きな回路の開離火花ほど，最小点火電流の大きさが小さくなるとともに，最小点火限界濃度を中心としたより広い範囲の濃度のガス蒸気に点火しやすくなるということができる．一方，ガス蒸気についての未知の最小点火限界濃度を測定するには，なるべくインダクタンスの小さな誘導回路か，むしろ抵抗回路の開離火花を用いた方が容易であることが明らかである．

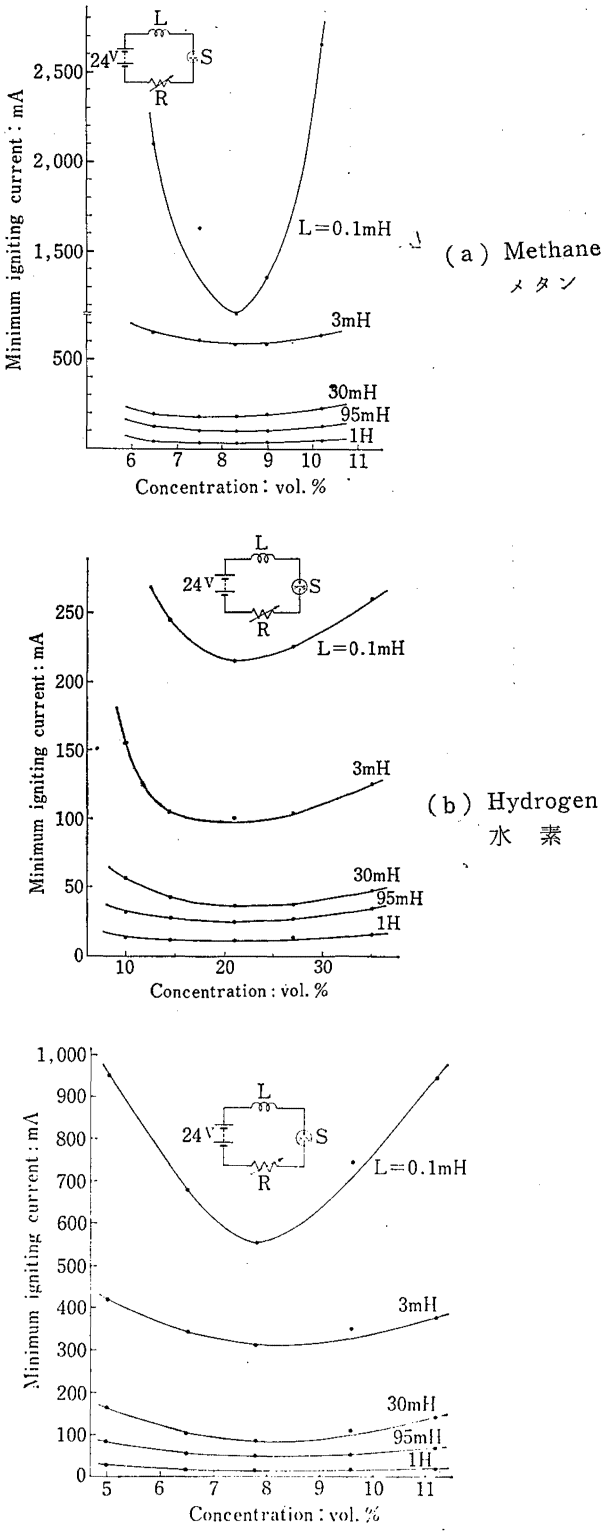


Fig. 4 Relation of concentrations to the minimum igniting currents of varying inductances.
各インダクタンスにおける濃度と最小点火電流の関係

3.3 電源電圧と最小点火電流の関係

電源電圧をパラメータとして，インダクタンス対最小点火電流特性曲線を，水素およびメタンについて測定した結果はFig.5 のようになる．水素およびメタンの濃度は，それぞれ 21% および 8.3% である．これらの特性曲線はI の大なる範囲で基本的には次式[11]を満足している．

$$\log L = -n \log I_{\min} + K \qquad (2)$$

ここで，L：インダクタンス，$I_{\min}$：最小点火電流 n, K：定数である．しかし，L が小さくなって無誘導回路に近づくにつれて $I_{\min}$ は次第にこの log-log の関係直線からはずれて小さくなる．そのずれ始める L の大きさは，電源電圧の大きい場合の方が大きい．

とくに電流電圧が 48 V 以上の場合で，L が 3 mH 程度以下になると，もはやインダクタンスの大きさは最小点火電流の大きさにほとんど関係なく，$I_{\min}$ は一定値となり，このような低インダクタンス回路の点火限界は，電源電圧の大小に左右されるようになる．

これに対して，L が 10 H 程度に大きくなると，電源電圧の大小が点火限界に影響しなくなり，いづれもほぼ同じ最小点火電流になる．Lがさらに大きな範囲の実験は行なわなかったが，L の増加とともに $I_{\min}$ はある一定の値に限りなく近づくことが予想される．

以上のような結果から，大きな値のインダクタンスを含む本質安全防爆回路の設計にあたっては，電源電圧の大小がとくに安全性に重要な影響をもたないことが明らかである．しかし，インダクタンスが小さく，約数 mH 以下の場合には，電源電圧の大きさをできるだけ小さく設計することが安全設計上では好ましいことになる．

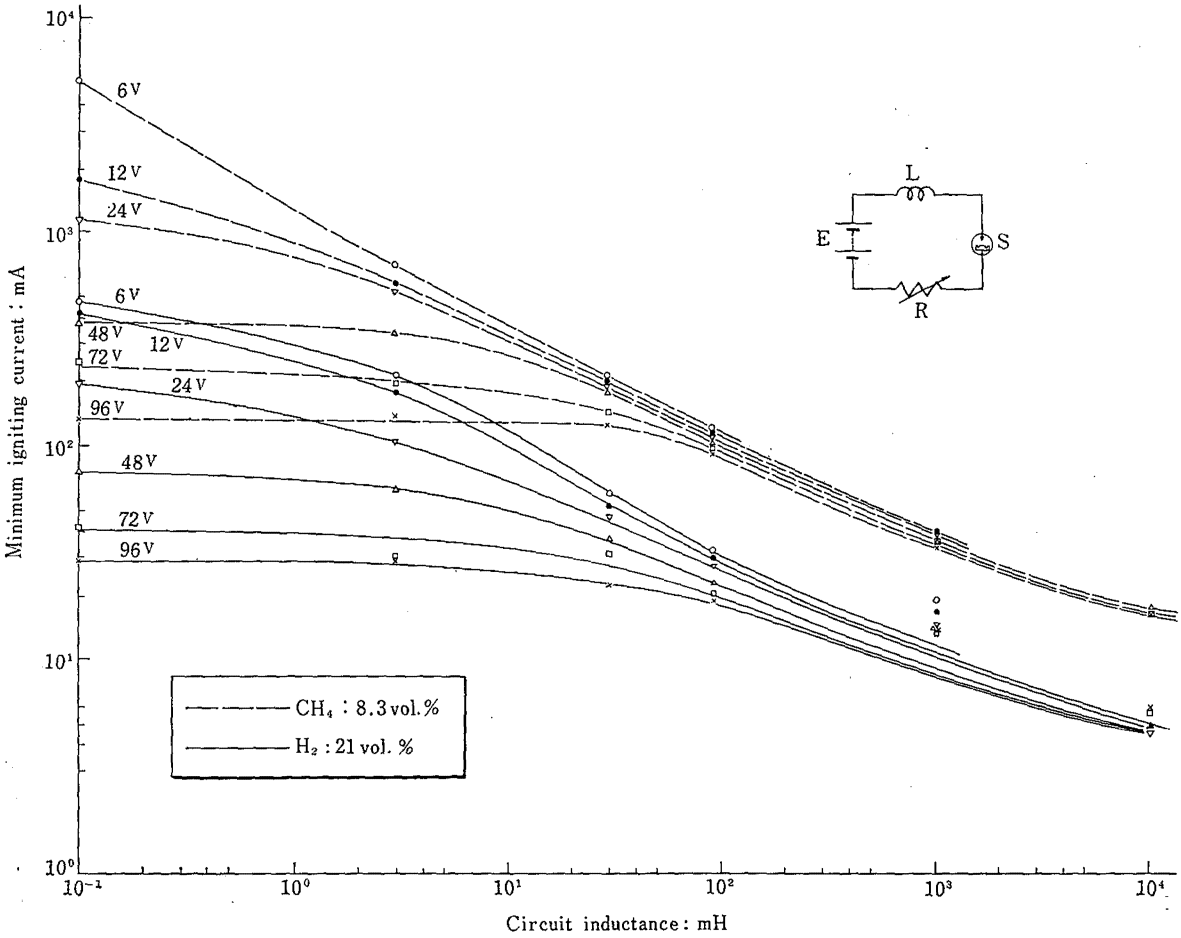


Fig. 5 Effect of supply voltage on the minimum igniting currents in inductive circuits for hydrogen- or methane-air mixtures.

最小点火電流に及ぼす電源電圧の影響（水素，メタン）

なお，Fig.5 では複雑さを避けるために水素およびメタンの場合についてのみ示したが，同様の結果は，たとえばエチレンについても得られており，一般に誘導回路における電源電圧，インダクタンスおよび最小点火電流の3者間には，以上のような関係が成立するものと考えられる．

3.4 爆発性ガス蒸気の種類と最小点火電流

電源電圧を 24V として，最小点火限界濃度の爆発性ガス蒸気について，種々のインダクタンスにおける最小点火電流を測定して得た点火限界曲線を Fig.6 に示す．これらの曲線のうち，水素，メタンおよびエチレンに関する曲線は，Fig.4 から描き直したものである．Fig.6 から明らかなように，誘導回路の開離火花による点火性からみると，メタン，エチレンおよび水素の順序で最小点火電流値が小さくなっており，他の蒸気の場合にはすべてメタンとエチレンの中間の値になっている．この事実は，たとえば本質安全防爆電気機器が製作されたとき，安全に使用しうる対象ガスを，個々の具体的なガス蒸気の名称ではなくて，最小点火電流値のほぼ等しいガス蒸気のグループの代表ガス蒸気の名称によって指定しようとする場合，大いに役に立つものである．このようなグループ化の一つの案としては，a)水素級，b)エチレン級，c)メタン級，というような例が考えられてよい．実際，筆者は，当所の担当者としてこれまで約100例に及ぶ一般工場用の本質安全防爆電気機器の点火試験を実施してきたが，上記のようなグループ化を行なっても回路の設計面においてほとんど支障がないことが認められている．

3.5 火花消去回路による最小点火電流の増加

一般に，接点の劣化，損傷などの防止の目的で，従来から種々の火花消去回路[12]が考えられており，また実用的にもかなり大きな成果が収められているのは

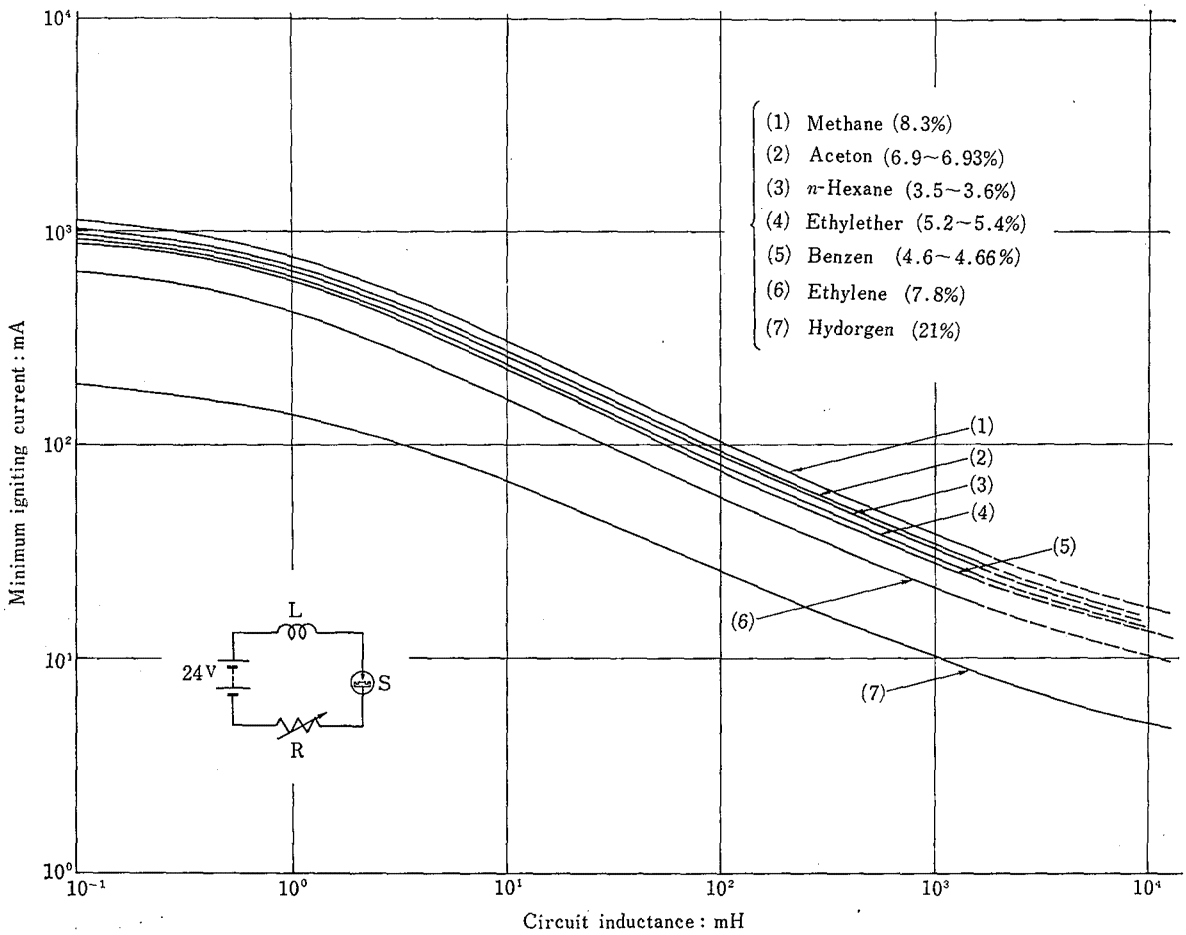


Fig. 6 The minimum igniting currents in inductive circuits for typical combustibles.
誘導回路における各種ガス蒸気の最小点火電流

周知のとおりである．しかし，本質安全防爆の立場からの火花消去の目的は，接点などで発生する火花エネルギーを抑制し，爆発性ガス蒸気に点火しないようにすることにある．また，本質安全防爆の定義[13]から明らかなように，本質安全防爆の対象とする火花は，単に開閉接点部分で発生する火花のみでなく，通電中の配線の断線や短絡などの事故による火花をも含めて考えているので，接点保護の場合に採用される火花消去回路方式が必ずしも本質安全防爆回路に適用できない．また，同一方式の火花消去回路が適用できるとしても接点保護の目的にはじゅうぶんな目的が達せられるが，ガス蒸気への点火防止という点から不じゅうぶんであることもある．

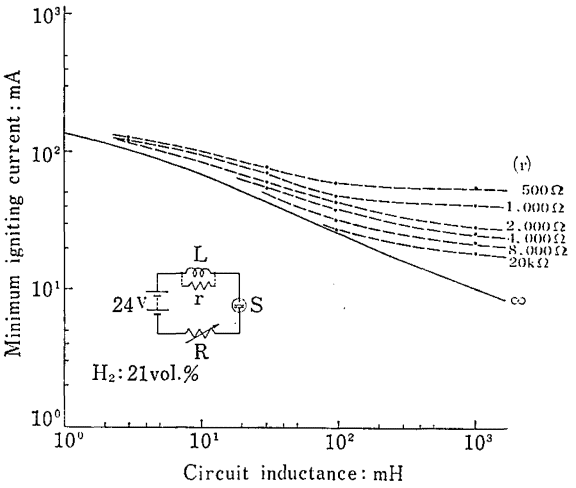
以上のような理由で，本節では誘導回路に適用しうる火花消去回路のうちから，本質安全防爆回路に適した代表的な回路について，火花消去の効果を測定した結果を述べる．

以下，すべて Fig.1 のZのように，インダクタンスに並列に火花消去素子を接続して実験したものである．

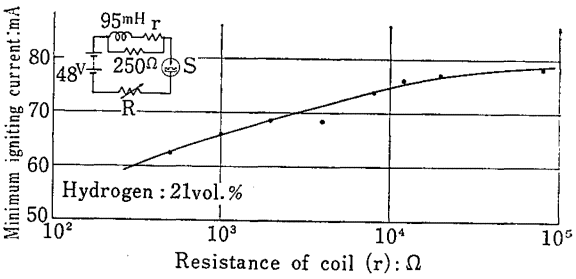
（1） オーム抵抗の並列接続　Fig.7（a）は，電圧が 24 V で，500 Ω～20 kΩ の固定抵抗数種をインダクタンス（第4表にコイルの直流抵抗を示す）に並列に接続した場合の水素に対する最小点火電流の増大の傾向を，並列抵抗のない場合と比較して図示したものである．電流にはインダクタンスを流れる電流値をとっている．同図から明らかなように，火花消去の効果が大きいのは，インダクタンスが約数 10 mH 以上でしかも抵抗が小さい場合であるが，電源電圧が 12 V または 48 V の場合でも，同様の傾向となった．

Table 4 Resistance of coils.
コイルの直流抵抗

インダクタンス	直流抵抗
0.1 mH	0.1 Ω
3 mH	0.5 Ω
30mH	7 Ω
95mH	23 Ω
1 H	250 Ω
10H	2.500 Ω



（a） With shunt resistors.
並列抵抗の場合



（b） Relation of coil-resistance to the minimum igniting currents.
コイル抵抗が最小点火電流に及ぼす関係

Fig. 7 The minimum igniting currents in inductive circuits with shunt resistors for hydrogen-air mixtures.
並列抵抗接続時の最小点火電流（水素）

なお，95 mH のインダクタンスで，その直流抵抗が異なるコイルに並列にオーム抵抗を接続した場合の火花消去の効果を調べる目的で，Fig.7（b）に示すように，コイルに直列に抵抗を接続し，同図のような結果を得た．コイルの直流抵抗の増加とともに最小点火電流も増加し，この実験の範囲では，水素の場合で 20% 以上の増加を示した．したがって，実際のコイルに並列に抵抗を接続して火花消去を行なう場合にはコイルの直流抵抗の大きさが相当影響することを念頭に入れておく必要がある．

（2） コンデンサーの並列接続　オーム抵抗の代りに 0.01～1 μF までの空気コンデンサーを接続した場合の火花消去の結果を Fig.8 に示す．電圧は 24 V でガスは水素とメタンの場合である．

火花消去の効果が大きく現われるのは，やはりイン

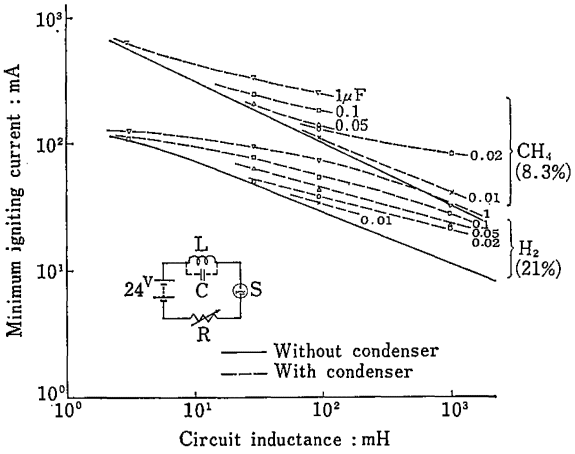


Fig. 8 The minimum igniting currents in inductive circuits with shunt condensers for hydrogen-or methane-air mixtures.
並列コンデンサー接続時の最小点火電流（水素，メタン）

ダクタンスが数 10mH 以上の場合で，容量が大きい場合である．コンデンサーは容量が大きいほど火花消去の効果も大きく，また直流回路では電源から常時コンデンサーを通じて電流が流れないという利点が考えられるが，開離火花を発生させる場合であって，接点の開離速度が遅い場合および一方の電極が他の電極面をこすりつけるようにして不規則に火花を発生させるような場合には，火花消去の効果がほとんどなくなり，かえって爆発性ガスに点火しやすくなる[11]という報告があるので，本実験の結果を直ちに設計に活用することには注意する必要がある．

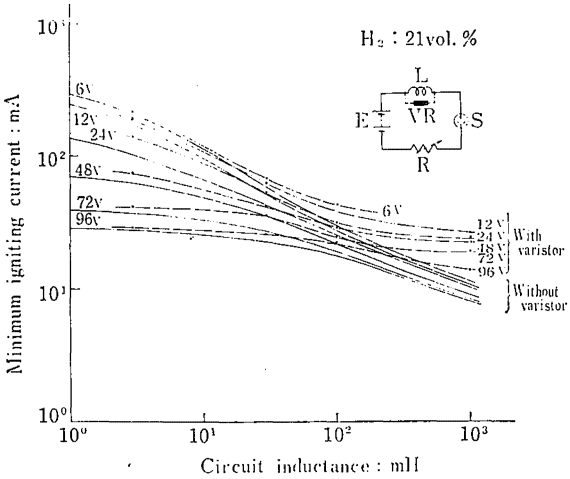


Fig. 9 The minimum igniting currents in inductive circuits with a shunt nonlinear resistor for hydrogen-air mixtures.
並列バリスター接続時の最小点火電流（水素）

Table 5 Shunt diodes used for spark suppressors.
火花消去用並列ダイオードの仕様

Kind	Peak inverse voltage	Mean forward current
Silicon (1S180)	50V*	100mA
Germanium (1S82)	50V	50mA
Selenium (30K)	50V	50mA

* Continious rating

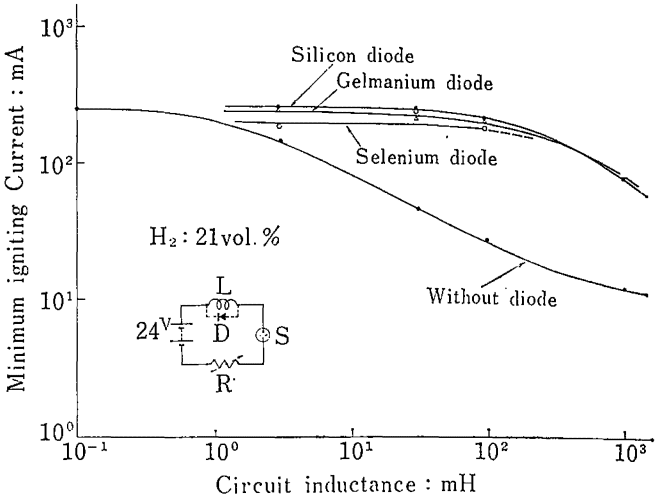


Fig. 10 The minimum igniting currents in inductive circuits with shunt diodes for hydrogen-air mixtures.
並列ダイオード接続時の最小点火電流（水素）

（3） 非直線抵抗の並列接続　Fig. 9 は，非直線抵抗（石塚電子製，C-5 形バリスター．この特性は，$I=KE^{\alpha}$ としたとき，$K=3.55\times10^{-7}\sim8.86\times10^{-9}$，$\alpha=2.86\sim3.57$）を接続した場合の最小点火電流の増加を示したもので，電源電圧がパラメータで 6～96V，試験ガスは水素である．バリスターの効果はその電気的特性に依存するところが大なるものと考えられるが，また接点開離時にインダクタンスに誘起する逆起電力の大きさにも関係する．したがって，この場合もコンデンサーの場合と同様に実際の本質安全防爆回路へ適用するにあたっては，その効果が必ずしも常にじゅうぶんとは限らないと考えられる．

（4） ダイオードの並列接続　Table 5 に示すダイオードを接続した場合の点火限界の変化を求めた結果は Fig. 10 のとおりである．火花消去の効果はダイオードの種類に関係なく，ほぼ同様である．しかも，数 mH のインダクタンスからその効果が大きく現われており，実用的にも最も活用されてよいものと考えられる．

4. むすび

本論文は IEC によって採択された火花発生装置を用いて，低圧直流誘導回路の開離火花による爆発性ガス蒸気への点火限界を測定し，それらの結果を本質安全防爆電気回路へ適用するにあたって設計上の観点から種々検討したものである．結論を要約すると

（1） 火花発生装置の特性が異なっても爆発性ガス蒸気の最小点火限界濃度には差を生じない．

（2） しかし，測定された最小点火電流の大きさの比は爆発性ガス蒸気の種類ごとに異なり，ERA の装置によるデータと比較すると，水素では 2.95 倍，エチレンで 2.17 倍，その他のガス蒸気で 2.0～1.6 倍も ERA の最小点火電流が大きい．

（3） したがって，誘導回路の開離火花による点火危険性の評価には，ガス蒸気の種類と火花発生装置の点火感度を問題とする必要がある．

（4） 最小点火限界濃度は回路のインダクタンスの大小に関係せず，ガス蒸気の種類ごとに一定である．

（5） 未知のガス蒸気の最小点火限界濃度の測定には，低インダクタンス回路または抵抗回路の開離火花を用いて行なった方が容易である．

（6） 電源電圧が 48V 以上でインダクタンスが約 3mH 以下の回路の最小点火電流の大きさはほとんどインダクタンスに無関係で一定になる．

（7） インダクタンスが数 10mH 程度以下の誘導回路では電源電圧をできるだけ小さく設計すること，約 1H 以上の誘導回路では電源電圧が 6～96V の範囲の任意の値で設計しても安全設計上ほとんど変りがない．

（8） 可燃性ガス蒸気を本質安全防爆性からグループ化できる．筆者は水素級，エチレン級およびメタン級を提案する．

（9） 本質安全防爆回路に使用する火花消去回路として実用的に最も利点が大きいのはダイオードを使用する方法で，セレン，ゲルマニウム，シリコンの各ダイオード間で，火花消去の効果にほとんど差がないことが明らかとなった．

（謝　辞）

終わりに，本研究に関して熱心にご指導，ご鞭達をいただいた北海道大学工学部　坂本三郎教授，当研究所の前所長　山口武雄氏（現在，労働省労働基準局安全衛生部長），上月三郎研究部長，ガスホルダーの設計図面を下さった英国の SMRE の試験担当官 A.E. Bishop 氏，ガス蒸気の濃度の測定についてとくにご教示をいただいた当所化学課の駒宮功額技官，および実験に協力された遠藤健児技官（現在，東京労働基準局），電機大学学生　一ノ瀬　宏君の各位に心から感謝の意を表します．

参考文献

1) 田中隆二，産業安全研究所研究報告　RIIS-RR-17-5 (1969)
2) 田中隆二，産業安全研究所報告 14 (1)，23 (1965)
3) 田中隆二，電気四学会連合大会 1298 (1965)
4) 駒宮功額，ガスによる爆発災害事例とガス検知 (1967)
5) E.M. Gúenault & E.A. Atherton, ERA Technical Report G/T 232 (1950)
6) E.M. Gúenault & E.A. Atherton, ERA Technical Report G/T 257 (1951)
7) E.M. Gúenault & E.A. Atherton, ERA Technical Report G/T 268 (1952)
8) E.R. Wooding & F. Shaw, ERA Technical Report D/T 106 (1958)
9) D.H. Jones & N.L. Heathcote, ERA Technical Report D/T 126 (1961)
10) B. Lewis & G. von Elbe, Combusion, Flames and Explosion of Gases. pp. 334, 335 (1961)
11) G. Allsop, E.M. Gúenault & A.D.I. Nichol, SMRB Paper 10 (1946)
12) たとえば鳳　誠三郎，電気接点と開閉接触子　153 (1962)
13) B.S. 1259 (1958)

（昭和 44 年 1 月 31 日受付）

産業安全研究所研究報告　RIIS-RR-17-6

昭和 44 年 3 月 25 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 614.83 : 621.313/.39-213.34

低圧直流誘導回路の開離火花による爆発性ガス蒸気の点火限界

田中隆二

産業安全研究所研究報告 RIIS-RR-17-6, 1～11 (1969)

IEC 形火花発生装置を用い，24 V，95 mH の誘導回路の開離火花による最小点火限界濃度および最小点火電流を種々のガス蒸気について測定し，これを Break-flash No. 2 Apparatus による結果（ERA において測定）と比較して示した．また，インダクタンスと並列にオーム抵抗，非直線抵抗，コンデンサーおよびダイオードを接続し，最小点火電流増加の様子を調べた．

(表 4，図 10，参 11)

UDC 614.83 : 621.313/.39-213.34

The Minimum Igniting Currents for Explosive Gas-or Vapour-Air Mixtures by Break-Sparks in Low-Voltage d.c. Inductive Circuits

R. TANAKA

Research Report of the Research Institute of Industrial Safety

RIIS-RR-17-6, 1～11 (1969)

The most easily ignitable concentrations and the minimum igniting currents for various explosive mixtures are determined by breaking inductive circuits using IEC-type spark-producing equipment, and the results are compared with those having been obtained with the Break-flash No. 2 apparatus at ERA.

The variations in the minimum igniting current when inductance coils are shunted by ohmic resistors, non-ohmic resistors, condensers or diodes are also examined.

(4 Tables, 10 Illus., 11 Refs.)