

## 水素の燃焼に関する研究 (第八報)

### 種々の燃焼抑制剤を加えたる処理水素の比重、 露點並に燃焼範圍

所 員 田 中 芳 雄

所 員 永 井 雄 三 郎

#### 第 一 緒 言

私共は前報に於て、水素に種々なる燃焼抑制剤を添加することに依り、其の燃焼範圍を著しく縮小し、従て其の爆發の危険性を著しく小ならしめ得ることを報告した。航空機の氣囊等に充填す可き水素に、是等の燃焼抑制剤を加へ、以て其の爆發の危険性を減ずる爲めには、常に處理水素の燃焼範圍のみならず、其の比重並に露點をも考察しなければならぬ。是れ比重大なる時は浮力を害し露點高き時は温度低下せる時に處理水素中の燃焼抑制剤の一部が凝縮し、以て燃焼抑制力を減ずるからである。本報に於ては種々の燃焼抑制剤を添加した處理水素の比重、露點並に燃焼範圍を纏めて記し、以て是等の諸點から見た燃焼抑制剤の優劣を比較せんとするのである。

#### 第 二 處理水素の比重、露點及び燃焼範圍

種々なる燃焼抑制剤を添加した水素、即ち處理水素は之れを十分に冷却する時は、其の中に含有する抑制剤の一部を凝縮するに到る。斯の如く抑制剤の一部を凝縮し始むる最初の温度は、即ち該處理水素の露點 Dew point である。今處理水素中に於ける抑制剤の分壓を  $p$  mm とし、露點を  $t^{\circ}$  とすれば、 $t^{\circ}$  に於ける該抑制剤の蒸氣壓は  $p$  mm でなければならぬ。依て抑制剤の分壓と其の各温度に於ける蒸氣壓とを知れば、容易に處理水素の露點を求むることが出来る。

例へば四メチル錫 1% を含有する處理水素を 1 氣壓に保つ時の露點  $t$  は私共の前研究 (第545頁) に依り次式で與へられる。

$$\log_{10} 7.6 = 7.602 - \frac{1655}{273 + t}$$

$$\therefore t = -27^{\circ}\text{C}$$

二エチルセレン、四メチル錫並に四メチル鉛の各温度に於ける蒸氣壓は、私共の前研究(第543頁) より明かである。又ベンゾール、エチルエーテル、アセトン等の夫れは文献に就て求め得る

から、是等の物質を含める処理水素の露點は上記と同様にして之れを求むることが出来る。

二メチルセレンの蒸氣壓は未だ之れを精確に測定した者が無いが、二エチルセレンと同様に殆んど Normal liquid なる可く、其の分子蒸發熱と沸點（絶對温度）との比は二エチルセレンの夫れと相等しきものとして考へて大差ないであらう。然らば二メチルセレン（沸點 57.3—58.3°C）の任意の温度  $T$ （絶對温度）に於ける蒸氣壓は次式に依て表はさる。

$$\log_{10} p = 7.889 - \frac{1657}{T}$$

臭化エチル、ペンタン、メチルサイクロヘキサン等の低温度に於ける蒸氣壓は、之れを文献に求むることが出来ないから、是等が何れも Normal liquid なるを利用し、Trouton の法則から其の各温度に於ける蒸氣壓を算出した。

斯くして私共は凡ての水素燃焼抑制劑の各温度に於ける蒸氣壓を知るることが出来たから、之れを任意の割合に含有せる処理水素の露點を上記の如くして求めた。

又処理水素の 1 氣壓に於ける比重は、抑制劑の分子量から容易に算出することが出来る。又其の燃焼範圍は私共の前研究の結果から容易に求めることが出来る。

斯の如くして求めた処理水素の比重、露點並に燃焼範圍を總括すれば、次表に示す通りである。但し処理水素の全壓力は 1 氣壓に保つと假定す。猶ヘリウム の比重は 0.139（空氣の比重を 1 とす）である。

處理水素の比重、露點並に燃焼範圍

燃焼抑制劑	處理水素の組成		比 重 (空氣の比重 を 1 とす)	露 點 (°C)	燃 焼 範 圍 (下方火焰傳播、處理 水素の%を以て表す)
	燃焼抑制劑 の分子%	水素の 分子%			
—	0	100	0.0694	—	8.8—71.2
四メチル錫	0.20	99.80	0.0823	-50	8.8—55
〃	0.50	99.50	0.101	-37	8.9—52
〃	0.80	99.20	0.119	-30	9.0—50
〃	1.10	98.90	0.138	-25	9.0—49
四メチル鉛	0.90	99.10	0.153	-3	8.7—54
二エチルセレン	0.20	99.80	0.0794	-24	8.8—63
〃	0.50	99.50	0.0956	-10	8.8—56
〃	1.00	99.00	0.117	+1	8.8—51
〃	1.50	98.50	0.141	+8	8.8—46
二メチルセレン	0.20	99.80	0.0775	-58	8.8—66
〃	0.50	99.50	0.0886	-46	8.9—59
〃	1.50	98.50	0.126	-31	9.1—47
〃	2.50	97.50	0.163	-22	9.2—43

臭化エチル	0.50	99.50	0.0885	-64	8.8—61
〃	1.00	99.00	0.107	-55	8.8—55
〃	1.50	98.50	0.126	-49	8.8—52
〃	2.00	98.00	0.144	-44	8.8—50
ベンゾール	0.50	99.50	0.0832	-24	8.7—61
〃	1.50	98.50	0.110	-11	8.4—54
〃	2.50	97.50	0.136	-3	8.2—49
ペンタン	0.50	99.50	0.0821	-66	8.6—62
〃	1.00	99.00	0.0943	-56	8.5—55
〃	2.00	98.00	0.119	-46	8.2—49
〃	3.00	97.00	0.144	-40	7.9—45
サイクロヘキサン	0.50	99.50	0.0842	—	8.6—61
〃	1.00	99.00	0.0985	—	8.4—55
〃	2.00	98.00	0.127	—	8.1—48
〃	3.00	97.00	0.156	—	7.7—43
メチルサイクロヘキサン	0.50	99.50	0.0867	-22	8.6—59
〃	1.00	99.00	0.103	-11	8.4—53
〃	2.00	98.00	0.137	+2	8.1—46
エチルエーテル	0.50	99.50	0.0825	-61	8.7—63
〃	1.00	99.00	0.0950	-53	8.6—58
〃	2.00	98.00	0.120	-44	8.4—52
〃	3.00	97.00	0.145	-38	8.2—49
アセトン	1.00	99.00	0.0894	-35	8.7—61
〃	2.00	98.00	0.109	-26	8.7—56
〃	3.00	97.00	0.128	-19	8.6—52

以上の結果を見るに臭化エチル、ペンタン、エーテル、二メチルセレン、四メチル錫又はアセトンを添加せる処理水素は、能く低温に耐え、比重 0.13 以下なるものは  $-25^{\circ}\text{C}$  に於て未だ凝縮を起すことが無く、殊にペンタン及び臭化エチル等に於ては、比重 0.13 の処理水素の露點は  $-40^{\circ}\text{C}$  以下である。然るにベンゾール、メチルサイクロヘキサン又は二エチルセレンを添加せるものは比較的露點高く、比重 0.085 なるものに於ても  $-25^{\circ}\text{C}$  に耐えない。

高極限低下作用に就ては四メチル錫最も優良である。即ち比重 0.085 なる処理水素に於て既に高極限は 54% である。二メチルセレン、二エチルセレ、ペンタン、サイクロヘキサン、又はメチルサイクロヘキサンを添加せる処理水素は、比重 0.15 以下に於ては四メチル錫を添加せるものに及ばないが、比重 0.15 以上に於ては却て夫れよりも高極限が低下する。然れどもペンタン、サイクロヘキサン、メチルサイクロヘキサン等は、同時に低極限を低下し、此の部分に於ては却て燃焼を

易からしめる缺點がある。之れに反し臭化エチル、二エチルセレン、二メチルセレン並に四メチル錫は、或は低極限に影響せず。或は之れを上昇させる。斯の如きことは上記の炭化水素に依る高極限低下が、水素の理論火焰傳播温度上昇に歸因する外に、又是等の炭化水素の燃焼に依て高極限混合氣體中の酸素が失はるゝここに相當大なる程度に於て歸因するが爲めである。例へば二メチルセレンとサイクロヘキサンとに依る高極限低下は略相等しけれども、前者に於ては水素の理論火焰傳播温度は  $1750^{\circ}\text{C}$  に上昇するに反し、後者に依ては  $1450^{\circ}\text{C}$  附近に上昇するに過ぎない。

以上に依て之れを見れば、氣囊用水素として爆發の危険少く、而も低温に耐ゆる處理水素を得る目的のみに關しては、燃焼抑制劑として四メチル錫は最も優良なる可く、二メチルセレン、臭化エチル、ペンタン等は之れに亞ぐものご考へられる。

### 第 三 總 括

- (1) 種々の燃焼抑制劑を添加した處理水素の露點、比重及び燃焼範圍を示した。
- (2) 航空機氣囊用氣體として爆發の危険少く、而かも低温に於て燃熱抑制劑を凝縮しない處理水素を得可き目的のみに對しては、燃焼抑制劑として四メチル錫は最も優良なる可く、二メチルセレン、臭化エチル、ペンタン等は之れに亞ぐものご認める。