

# 石炭ガス、発生炉ガス及びその混合ガスの爆発限界と圧力による影響

化学課 技官 田口 昇 内藤 道夫  
駒宮 功額 堀内 昭雄

## 1. 緒 言

可燃性ガスおよび蒸気の爆発限界は、その爆発危険性を知るための重要な特性の一つとして知られている。ただ一般に知られている爆発限界は常温、常圧における値であって、温度あるいは圧力の異なる条件下ではその値はかなり変わってくるものと思われる。しかも、工場内ではこのような変わった条件の下で危険物を取扱う機会が少くないのであって、このような状態の下における可燃性ガス、あるいは蒸気の爆発限界を知ることが爆発災害の原因探究あるいは予防対策の樹立の際にしばしば大きな意義をもつものである。

たまたま東京ガス株式会社においては、本年春都内世田谷区内に、わが国初めての球型大型高圧ガスホルダー（充填圧力  $5\text{kg/cm}^2$ 、充填能力  $100,000\text{m}^3$ ）2基を建設したが、同装置の操業に当って、その安全を期するため都市ガスの圧力下における爆発性についての研究資料の必要を痛感し、当所に対しその研究上の協力を求めるに至った。

当所においてはかねてより可燃性ガス全般についてこの種の問題を検討していたのであるが、

1. この問題について過去に信頼すべき資料が見当たらないこと。
2. 結果が化学工業全般にも関連のあること。
3. 当該ガス工場の安全はもちろん、社会の保安、福祉に直結した問題であること。
4. 今後この種の装置の増加が考えられること。

等の理由から、可燃性ガスにおける一連の研究の内の一環としてこれを取りあげることとし、実験を行ったものである。すなわち、この報告は可燃性ガスの内石炭ガス、発生炉ガス、およびその混合ガスについて爆発限界が圧力によりいかに影響を受けるかについて実験の結果をまとめたものであり、特異条件下における可燃性ガスの爆発限界の変動の一例として報告するものである。

## 2. 目 的

わが国の都市ガスは供給ガスの熱量を  $3,600\text{Cal}$  と規定されており、季節的なガス需要の増減に応じて石炭ガス（約  $6,000\text{Cal}$ ）、発生炉ガス（約  $1,200\text{Cal}$ ）および空

気（最近では更に油ガスも配合）を配合して規定熱量の供給ガスを得るもので、夏期、ガス需要の少い時は発生炉ガスの製造をやめ、石炭ガスを空気のみで稀釈し、供給ガスとしている。従って、この時期にはガス中の空気量は  $40\text{Vol}\%$ （以下%はすべて  $\text{Vol}\%$ ）程度におよぶことになり、酸素量も  $8\%$ に達し、原料ガスの組成によっては  $9\%$ 近くにおよぶこともある。

これに対し石炭ガスの爆発限界はその組成によって多少異なるが、外国文献等による過去の実験値によれば  $5.0\sim 28.4\%$ あるいは  $5.6\sim 30.8\%$ 程度とされている。すなわち石炭ガス空気混合物の爆発上限界附近の酸素量はほぼ  $14\%$ 程度となる。従って常圧という条件のもとではガス組成の変動を考慮に入れても、供給ガスが爆発限界に入ることはまづ考えられない。しかし今回のごとく都市ガスを圧縮貯蔵する場合は、問題はこのように単純ではない。すなわち過去の実験結果によれば、一酸化炭素のごとく圧縮により爆発限界の狭くなるものは別として、一般に炭化水素系のガスは加圧により爆発限界が拡大する傾向を有するといわれており、天然ガスのごとく  $100\text{kg/cm}^2$ の加圧により上限界が  $14\%$ より  $55\%$ にまで拡大するものもある（Bureau of Mines Rept of Investigation 4228）。石炭ガスについても同様の影響が考慮されるが、今回のごとく  $10\text{kg/cm}^2$ 内外の加圧による影響について信頼すべき資料がなく、影響の程度によっては操業上に不安が考慮される。すなわちこの種の装置の操業安全を期するためには、少くとも

1. わが国都市ガスの爆発限界が如何なる値を示すか。
2. 都市ガスの爆発限界特に上限界が加圧により如何に影響を受けるか。

等を確認することが必要である。

以上の要求に基いて石炭ガス、発生炉ガスおよびその混合ガスを対象として爆発限界を求める実験を行ったもので、実験は次の二つにわけて行った。

すなわち、まづ予備実験として、常圧における

- (1) 石炭ガス——空気の爆発限界
- (2) 発生炉ガス——空気の爆発限界

(3) 石炭ガス+発生炉ガス——空気の種々の混合比における爆発限界

を求め、次にこれを基礎として  $10\text{kg}/\text{cm}^2$  迄の高圧実験による加圧による爆発上限の変化を調べた。すなわち

(1) 石炭ガス——空気の爆発上限界の圧力による影響

(2) 発生炉ガス——空気の爆発上限界の圧力による影響

(3) 石炭ガス+発生炉ガス——空気の種々の混合比における爆発上限界の圧力による影響

を主要目的として実験を行ったものである。

3. 常圧における石炭ガス (CG), 発生炉ガス (PG) およびその混合ガスの爆発限界について

(1) 概要

本実験は高圧実験を行う前の予備実験として実施したもので、常温、常圧において工業的に製造される石炭ガス、発生炉ガスが如何なる爆発限界を示し、また配合の際の組成の変化がどの程度爆発限界に影響するかを測定し、これによって高圧実験の参考資料を得ることを目的とした。

一般に可燃性ガスの爆発限界は実験装置の如何によってかなり異ってくるが、一応過去の文献から米国鉱山局 (Bureau of Mines) で実施している方法を採用し、一部ガス配合法等を改造して行うこととした。また実験に使用する試料ガスは、工場現場で採取することにしたため、組成に多少の変化を伴うため爆発実験と平行し、採取ガスの分析を行った。

(2) 実験装置

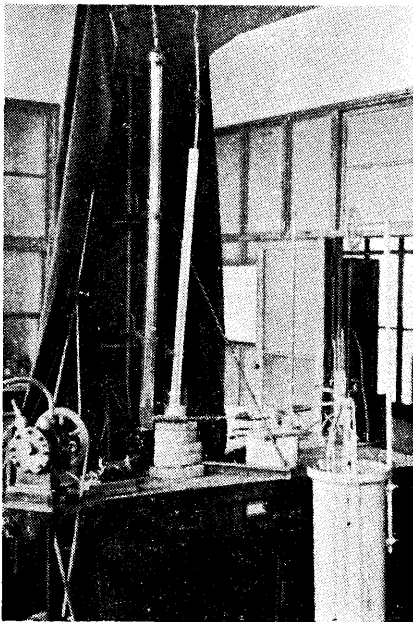
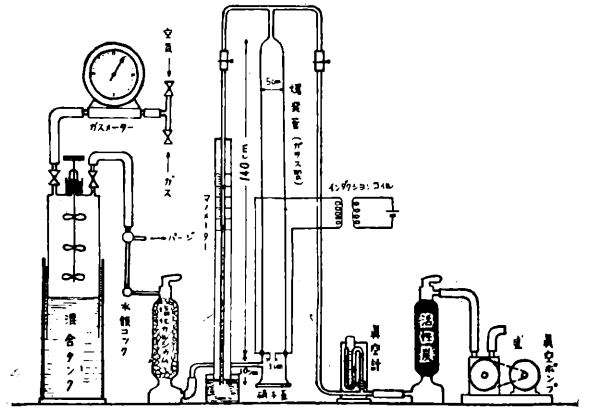


写真 A



第1図 爆発限界測定装置

写真Aに示すものであって、その構造は第1図に示す通りである。装置は爆発試験装置とガス空気混合装置の二部分に分かれている。

(a) 爆発試験装置

爆発管は長さ 150cm、内径 5 cm の硬質ガラス製円筒管であって、これを垂直に据えつけ、底部は開口し、すりあわせガラス製蓋板で真空グリースを用い、気密に密閉できるようにしてある。底部より 10cm 上方には左右より  $0.5\text{mm}^2$  の白金線を埋込んである。また開口部より 5 cm 上方には混合ガス入口、管頂部には出口が設けてあり、出口には水銀マンネーターと真空ポンプへの分岐管を取りつけてある。点火源としては上記白金線が 10 mm の間隔で取付けられ、これに感応コイル 2 V1Amp より配線されている。その他附属装置として真空ポンプ、真空計、乾燥器、吸接管等がある。

(b) 混合ガス製造装置

混合ガス製造装置は水封式の内容容 20l のタンクを用い、気鐘には取付け部分を水銀シールした攪拌機 (手動)、混合ガスの出口、ガスおよび空気入口、および気鐘の平衡を保つための重錘が取り付けられている。水室には飽和食塩水を満たし、水位、ガス圧測定用のゲージグラスが取り付けられている。また混合すべきガス、空気を測定するための湿式のガスメーター (1回転5l、最小目盛10cc) を備えている。また試料ガスおよび空気を採取するため、別に水封式ガスタンク (内容 120l および 30l) を用いた。

(3) 実験方法

(a) 混合ガスの生成

試料ガスは混合ガスタンクに送入する前、ガスメーターを含めたラインの空気を排除するため約 20l 流し、室外に放出する。次に所要量のガスをガスメーターで正確に計量して送る。送入時のガス圧は水柱 10mm 以下に保つようにロック、錘で操作する。ガス送入後空気を送

入し、攪拌機で15分間攪拌しこれを混合せしめる。混合の精度については別に純粋なH<sub>2</sub>、CO<sub>2</sub>を使用しブランクテストを行い、ガス検知器により測定してこれを確かめた。

(b) 爆発試験

爆発試験装置は、爆発管底部開口部を蓋板で密閉した後、真空ポンプで3mmHg程度に減圧し、試料ガス送入ラインをバージ後これに常圧まで試料ガスを送り、再度真空ポンプで減圧した後、コックを開き、試料ガスを爆発管に常圧まで送入する。送入後爆発管の出口、入口は密閉し、蓋板を取り去ってから感応コイルのスイッチを入れる。放電スパークによりガスに着火し、火焰が管

頂部に達した場合これを爆発したもの (yes) と見做し、点火源附近の燃焼、火焰の上昇途中での消焰の場合、開口部より風を送って始めて点火上昇の場合等は爆発せず (no) と見做した。

同じ混合濃度で3~4回試験を行い、3回ともyesでは○で表わし、1回でもnoがあると●で、他は限界外●とした。試料ガスを変更したり、混合比を変更する場合はすべて混合ガスタンク中の残存空間を数十立の空気で洗って空気置換を行った後同様実験をくり返した。

(4) 試料ガスの分析

本実験に使用したガスの分析結果は第1表の通りである。

第1表 ガス分析例 (常圧実験)

ガスの種類	分析月日	CO <sub>2</sub>	CmHn	O <sub>2</sub>	CO	H <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub>	計算 Cal
CG	2月16日	1.7	6.2	0.8	3.8	47.8	36.8	2.9	6,452
〃	〃 17	1.4	5.2	0.8	4.4	50.1	32.6	5.5	5,918
〃	〃 17	1.2	4.8	0.6	5.6	49.5	32.9	5.4	5,877
〃	〃 27	1.9	5.0	1.1	5.8	48.8	33.6	3.8	5,974
〃	〃 28	1.9	5.5	0.8	6.6	48.3	33.7	3.2	6,102
〃	3 1	1.8	6.0	1.4	4.6	44.1	33.2	8.9	5,976
〃	〃 9	1.9	5.3	1.4	6.0	45.6	30.5	9.5	5,652
〃	〃 12	1.5	5.2	0.8	7.1	50.4	31.2	3.8	5,876
〃	〃 15	1.9	5.5	1.2	5.1	49.5	31.9	4.9	5,922
〃	〃 16	1.2	5.8	0.8	5.4	48.0	35.2	3.6	6,266
〃	〃 22	0.8	4.6	0.8	4.7	51.7	33.9	3.5	5,969
〃	4 3	1.2	5.6	1.8	4.7	46.8	32.7	7.2	5,925
PG	3 5	3.2		0.4	27.6	10.7		58.1	1,164
〃	〃 〃	3.2		0.8	28.4	10.2		57.2	1,173
〃	〃 7	4.9		0	27.4	12.2		55.5	1,203
〃	〃 9	5.6		0	25.6	11.2		57.6	1,119
〃	〃 12	6.2		0.2	27.3	12.7		53.6	1,216
〃	〃 15	5.4		0	27.2	11.4		56.0	1,173
〃	〃 16	4.6		0	27.0	10.5		57.9	1,138
〃	〃 20	3.6		0.1	27.1	11.1		52.1	1,161
〃	〃 23	4.5		0.2	26.7	11.1		57.5	1,149
〃	4 3	5.8		0	25.8	10.6		57.8	1,108

(5) 実験結果と考察

石炭ガスおよび発生炉ガスを空気と混合し実験を行った結果、石炭ガスの爆発限界は5~26%、発生炉ガスの爆発限界は22~72%という結果を得た。これについては点火源を長さ10mm、直径1mmの都市ガスの小焰に変え、比較試験をした結果、石炭ガスは上限2%、下限1%、発生炉ガスは上限3%が拡大することが認められた。ただ発生炉ガスの下限では変化が認められなかった。(第2図△印参照)

次に石炭ガス、発生炉ガスについて CG : PG = 4 :

1, 3 : 2, 1 : 4, 1 : 9, 0.4 : 9.6 の6種類の混合比の試料を作り、これについてその爆発限界を調べた。

以上の結果を図表に示すと第2図の通りである。この図では横軸にガス空気混合比、縦軸に発生炉ガス石炭ガスの混合比を示しており、図のような爆発限界曲線が得られる。すなわち爆発上限曲線A-B、爆発下限曲線C-Dに囲まれる部分が石炭ガス、発生炉ガス、空気の三成分における爆発領域を示すものとなる。この限界曲線は石炭ガス=空気3 : 2の点すなわち石炭ガス60%の点と発生炉ガス : 石炭ガス = 1 : 1の点を結ぶ供給ガ

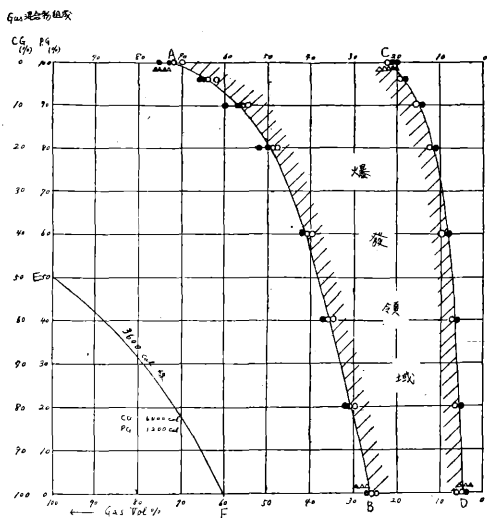


図 2

第2図 常温常圧におけるCG, PG, 空気混合物の爆発限界

ス 3,600cal 曲線とは交わらず、従って常温、常圧下では供給ガスは、爆発上限界よりかなり高濃度の不燃範囲内にあり、たとえ点火源が存在しても爆発の可能性はないことが判る。また、供給ガス中に発生炉ガスが増大すると、益々爆発上限界より離れることを知り得た。

全実験を通じ、石炭ガス、発生炉ガスは多少組成が変化してもほとんど爆発限界は変化せず、ガス空気の混合比を1%変更しても、非常にはっきりした結果が得られた。

また、爆発下限界付近では、着火した火焰は色も極めて薄い青色で極めてゆっくり上昇するため、室内を暗くする必要があり、屋間光線のもとでは、おそらく燃焼を確認できないものと思われた。このことは他のガスあるいは引火性液体の引火に基く爆発災害の原因探究に際して非常に参考になるものと思われた。

#### 4. 高圧における石炭ガス (CG), 発生炉ガス (PG) およびその混合ガスの爆発限界について

##### (1) 概要

前記実験によって常圧における石炭ガス、発生炉ガスおよびその混合物の空気との混合の際の爆発限界を知り得たが、加圧条件ではこれが如何に変化するかが問題であって、過去の文献等に加圧下における爆発限界の測定に関する記録も少く、また簡単な実験装置も知られていない。このため特に高圧下の爆発実験装置を設計製作し、実験は東京ガス株式会社大森工場内に写真Bに示すごとき実験小屋を設け、半屋外の条件で実験を行ったものである。実験項目は常圧の場合と同じ組成のガスにつ

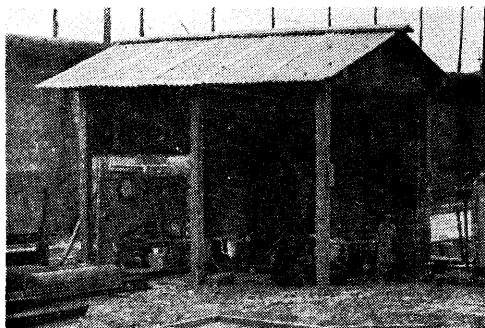


写真 B

いて行い、主として圧力により爆発上限界が如何に影響を受けるかを追求した。上昇圧力は  $10 \text{ kg/cm}^2$  迄とした。

##### (2) 実験装置

実験装置は写真C, Dおよび第3図に示される構造のもので、大きくわけてガス、空気圧縮装置、爆発試験装置の2部分よりなっている。

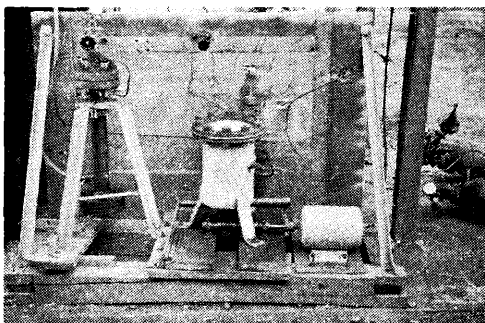


写真 C

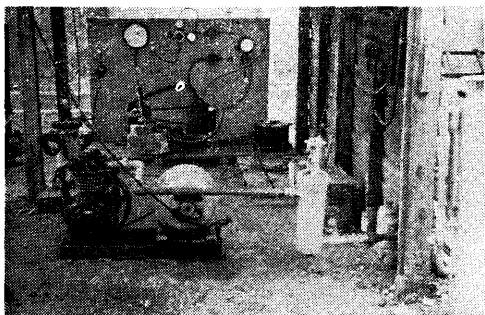


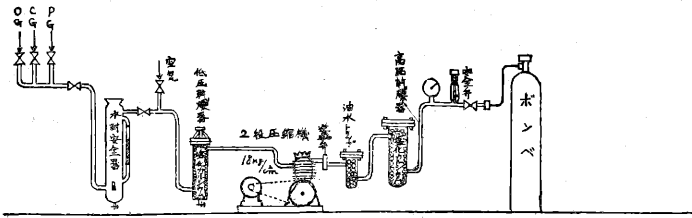
写真 D

##### (a) ガス、空気圧縮装置

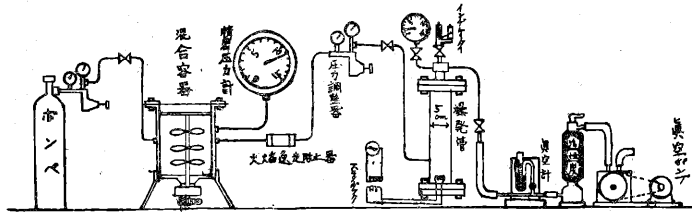
ガス、空気の圧縮機として1馬力2段式空気圧縮機を使用した。能力は最高  $18 \text{ kg/cm}^2$  毎分圧縮量  $80 \text{ l}$  である。

圧縮ガス貯蔵用に内容  $35 \text{ l}$  のポンペ (普通の大型酸素ポンペ) をそれぞれ1本づつ計3本使用した。附属品と

ガス空気 圧縮装置



爆発試験装置



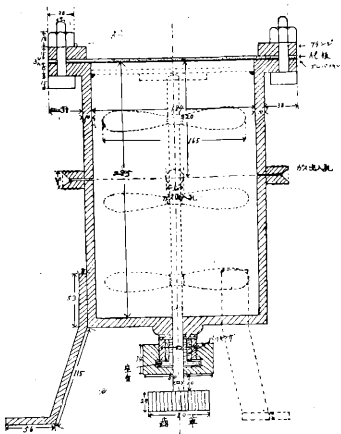
第3図 高圧、爆発実験装置

して水封安全器、低圧乾燥器 (CaCl<sub>2</sub> 充填)、逆止弁、油水分離器、高圧乾燥器 (CaCl<sub>2</sub> 充填)、圧力計 (最高 25kg/cm<sup>2</sup>)、安全弁等を有す。

(b) 爆発試験装置

この装置は高圧混合タンクと爆発管が主なもので、これに附属して攪拌用電動機 (1/2 馬力)、圧力調整器、高圧バルブ、精密圧力計、試験圧測定用圧力計、発条式爆圧指示計、真空ポンプ、火焰逃走防止器等を備え各装置の間は内径 3 mm、肉厚 2 mm の銅管で連結される。

(i) 高圧混合容器的構造は第4図のごときもので、



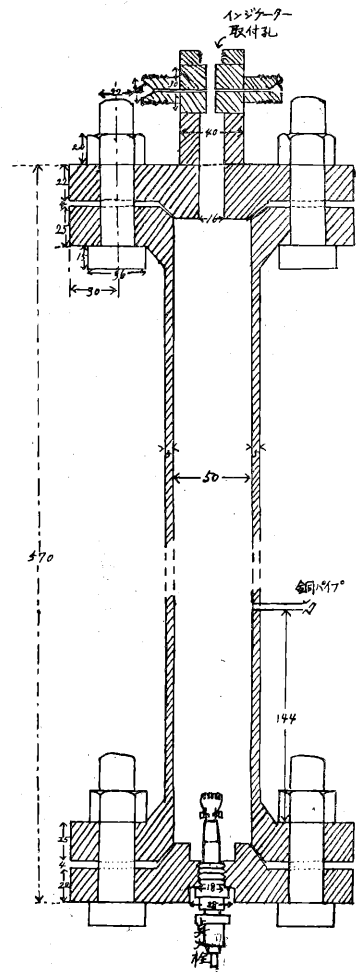
第4図 高圧混合容器

内径 18.4cm、高さ 28.5cm 内容積約 10l 引抜鋼管で、肉厚は 10mm、上部には厚さ 3 mm のアルミニウム板が 10 本のボルトと厚さ 15mm のフランジによりゴムパッキンを以て締めつけられ気密が保たれ

る。蓋板にアルミニウム板を使用したのは、混合容器中で万一爆発が生じても蓋板を安全薄板として作用させるためである。

底部中央よりガス混合用の羽根を有する丸棒を挿入固定し、その下端に取りつけたウォームギヤの伝導で 1/2 馬力電動機により回転する。混合容器的側壁には精密圧力計取付口、ガス入口、ガス出口の 3 個の配管取付口が設けてある。

(ii) 爆発容器的構造は第5図に示す通り内径 5 cm、高さ 52cm、内容積約 1l の肉厚 5 mm の引抜鋼管であって、上下に外径 180mm、厚さ 25mm のフランジを溶接し各



第5図 爆発容器

々に同径肉厚 22mm の蓋板を 4 本のボルトで締めつけ、その当りで気密を保ち 100kg/cm<sup>2</sup> 以上の耐圧力を有する。

上部蓋板にはガス入口、ガス出口、指圧計の三方に通ずる取付け器具をねじ込み、下部蓋板には点火用プラグを取付け、爆発火焰の上方伝播を計るようになっている。また別に筒胴底部より 16.9cm 上方に圧力計へ通ずる内径 3 mm、肉厚 2 mm の銅管を付している。

点火源にはスパークプラグを使用できないため、電熱点火としヒータープラグを改造し、そのコイルに短いニクロム線 (300W 用) を取りつけ、点火 5 秒で完全赤熱するよう、交流スライダックにより調整した。この場合ニクロム線の局部は急激に加熱されるが、プラグ自体はあまり温度上昇せず、試験ガスにできるだけ温度の影響を与えないように工夫した。

### (3) 実験方法

#### (a) 試料ガスの圧縮貯蔵

試料ガスの採取に当っては、石炭ガスは、脱硫器出口より 1 吋のパイプで、発生炉ガスはガス本管より 3/4 吋パイプで導き圧縮装置に接続する。

まづポンペを真空としておき、次で圧縮機を 3~5 分間運転し、装置内の空気をガスで置換する。置換後ポンペにガスを充填し 1 回 5kg/cm<sup>2</sup> 附近でガスを放出し、常圧に戻し再び圧縮して 18kg/cm<sup>2</sup> 迄充填する。充填終了後はガス導入口を閉じ空気取入口を開放して、運転装置を空気置換する。

#### (b) 混合ガスの生成

所定の試料ガスの生成に当ってはガス、空気、各ポンペを別々に混合ガス容器に連結した後、ポンペに取りつけた圧力調整器を操作してガスを混合容器内に送入し、混合比は精密圧力計の目盛数の読みで定める。送入後約 2 分回攪拌を行い、完全に混合せしめる。混合の精度は炭酸ガス等を使用してブランクテストを行い、その妥当性を確認した。

#### (c) 爆発試験

配合を終ったガスは調整器を操作して爆発管へ送り、まづ途中の配管のガス置換を行う。その後爆発管を約 1~2 mmHg の真空度に減圧し、再び調整器を操作して試験ガスを試験圧力よりやや高く送入する。圧力計によって試験圧力まで過剰ガスを放出する。混合容器および圧力計との連絡管はバルブを遮断し、点火源にスイッチを入れ 8 秒間の通電、爆発の有無は圧力計の指針の作動、インデケータの動き、爆発管の急激な温度上昇等により確認する。8 秒以内に着火した場合は爆発 (yes○) と見做し、それ以外は限界外 (no●) とした。

同一の試験ガスで各圧力の爆発状態を測定し、限界附近では同圧力で実験を 3 回繰り返す、No が 1 回でもあれば●で表わす。1 回の実験終了後ごとに爆発管内部の未燃あるいは燃焼ガスを放出し、真空にした後前記同様実験を繰り返す。なお、爆発の場合は管が高温となるので、常温に戻るまで次の試験を行わない。

#### (4) 試料ガスの分析

試料ガスは爆発実験と平行して分析を行ったが、その結果は第 2 表の通りである。

第 2 表 ガス分析例 (高圧実験)

ガスの種類	分析月日	CO <sub>2</sub>	CmHn	O <sub>2</sub>	CO	H <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub>	計算 Cal
CG	4月30日	2.1	5.8	0.8	5.9	50.7	31.6	3.1	6,020
〃	5 4	1.8	5.4	1.2	4.6	49.3	33.5	4.2	6,032
〃	5 5	1.6	5.1	0.9	4.4	48.1	33.9	6.0	5,960
〃	6 5	1.9	5.8	0.4	7.3	51.6	32.6	0.4	6,186
〃	7 11	2.0	5.4	0.6	5.6	48.7	33.8	3.9	6,071
PG	5 5	5.6		0.2	28.8	10.8	0	56.6	1,143
〃	6 12	5.6		0.2	27.1	11.2	0	55.9	1,164
〃	7 11	5.1		0.1	27.3	11.6	0	55.9	1,182

#### (5) 実験結果と考察

##### (a) 石炭ガスの爆発上限界の圧力による影響

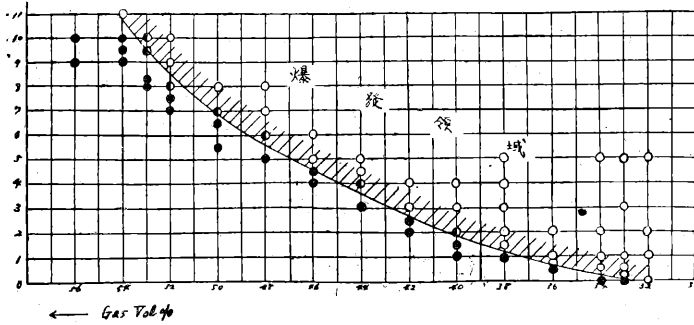
石炭ガスを空気と配合し爆発上限界が 10kg/cm<sup>2</sup> 迄の圧力下で如何に変わるかを調べ第 6 図に示すとき圧力組成関係図を得た。

すなわち、高圧実験においては石炭ガスの爆発上限界

は常圧実験の場合と異り、32%に拡大し、また圧力の上昇により著るしい影響を受け、2kg/cm<sup>2</sup> で40%、5kg/cm<sup>2</sup> で46%、10kg/cm<sup>2</sup> で52%と、10kg/cm<sup>2</sup> の加圧によって実に20%余におよぶ限界の拡大が認められた。

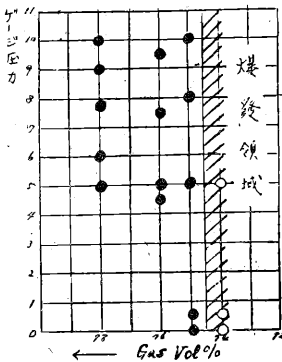
##### (b) 発生炉ガスの爆発上限界と圧力による影響

発生炉ガスについても同様の実験を行い、第 7 図に示



第6図 爆発上限における圧力組成関係図  
〔Gas (CG) - 空気混合物〕

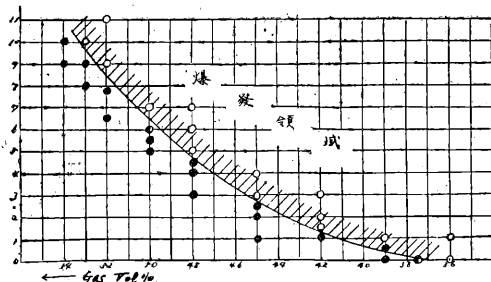
すごとき圧力組成関係図を得た。すなわち発生炉ガスの爆発上限は74%であって、常圧実験の値とほとんど変わらず、点火源に都市ガス焰を用いた場合と全く同結果であった。また石炭ガスと異り圧力の影響をほとんど受けないことが認められた。



第7図 爆発上限における圧力組成関係図  
〔Gas (PG) - 空気混合物〕

(c) 石炭ガス発生炉ガス、混合物の爆発限界と圧力による影響

石炭ガスおよび発生炉ガスについてその混合比を CG : PG = 2 : 1, 2 : 3, 1 : 4, 1 : 9 の4種類の試料を作りこれと空気との混合の際の上限界の圧力による影響を調

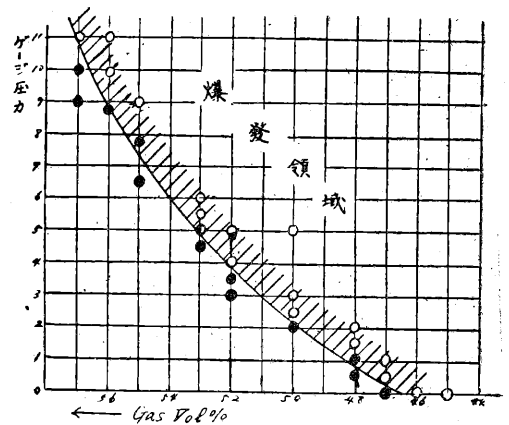


第8図 爆発上限における圧力組成関係図  
〔Gas (CG, 2 : PG 1) - 空気混合物〕

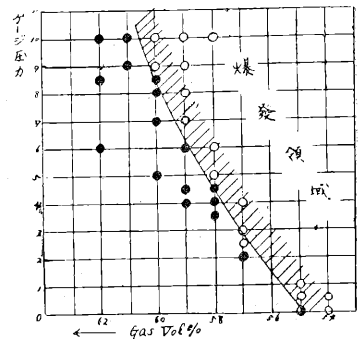
べ、それぞれ第8図より第11図に至る4種の組成圧力関係図を得た。

今これらの上限界の変動を石炭ガス発生炉ガスと共に一つの図の上を示すと第12図のごとくなる。

すなわち発生炉ガスの混合割合が増加するに従って爆発上限界は拡大し、発生炉ガスの爆発上限界74%に近づくが、同時に圧力の影響に基く限界の拡大度は減少し、従って圧力組成関係図の曲線はその傾斜が次第に急となる。すなわち、石炭ガスの爆発上限界は



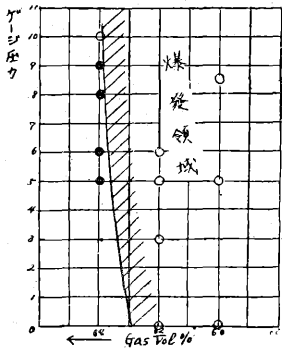
第9図 爆発上限における圧力組成関係図  
〔Gas (CG 2 : PG 3) - 空気混合物〕



第10図 爆発上限における圧力組成関係図  
〔Gas (CG 1 : PG 4) - 空気混合物〕

10kg/cm<sup>2</sup>で、常圧に比較し20%も拡大しているのが、CG : PG = 2 : 1では15.5%、CG : PG = 2 : 3では10%、CG : PG = 1 : 4では5%、CG : PG = 1 : 9では2%と圧力による拡大度が減少する。

(d) 石炭ガス、発生炉ガスの爆発下限測定結果  
爆発下限についても同様の実験を試みたが、実験装置



第11図 爆発上限における圧力-組成関係図  
〔Gas (CG 1 : PG 9) - 空気混合物〕

が上限の測定を目標にして設計されたため、下限でのガスの配合および爆発の確認が困難であり、十分な結果が得られなかった。

ただ、この実験の範囲内では下限での圧力の影響はほとんど認められなかった。

(e) 石炭ガス、発生炉ガス、空気三成分間の圧力による爆発限界の影響

以上(a)~(d)に記した実験結果を石炭ガス-発生炉ガス-空気三成分混合物の爆発限界図で示すと第13図のごとくなる。すなわちこの図でA~B, C~Dの各線が常圧実験で測定した爆発上限界線および下限界線である。

また、A'~B'は本実験で測定した常圧の爆発上限界線であり、これが5kg/cm<sup>2</sup>に加圧されると爆発領域は

A''~B''線迄拡大し、更に10kg/cm<sup>2</sup>ではA'''~B'''線迄拡大する。E~Fは供給ガス3,600Cal線であるが、B''とFの間は僅か8%で最も近接しており、10kg/cm<sup>2</sup>の石炭ガスの爆発上限界は供給ガス組成にかなり接近する。しかし、発生炉ガスが混入するとE~Fは急にA'''~B'''より離れる傾向があり、爆発上限界より速のく。

ただ、今回の実験に関する限り、いづれにしても供給ガスの組成では10kg/cm<sup>2</sup>程度の加圧によって、これが爆発限界内に入る可能性のないことが認められた。

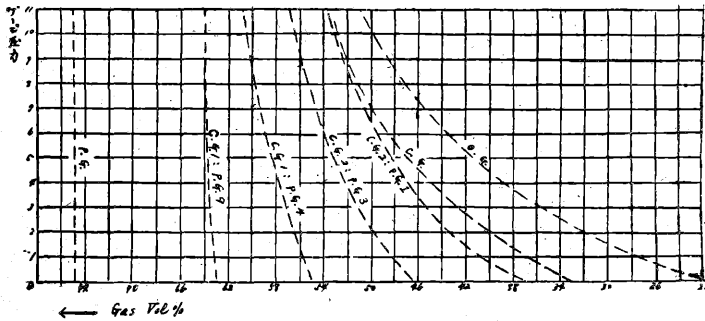
なお、常圧実験の爆発上限界線に対し、高圧実験のそれがやや拡大を示していることは、前者が点火時開放して行うのに対し、後者が密閉容器であり、また点火方法も電気火花によるのとニクロム線点火によるものとの差があったことに基くものと考えられる。

### 5. 総括

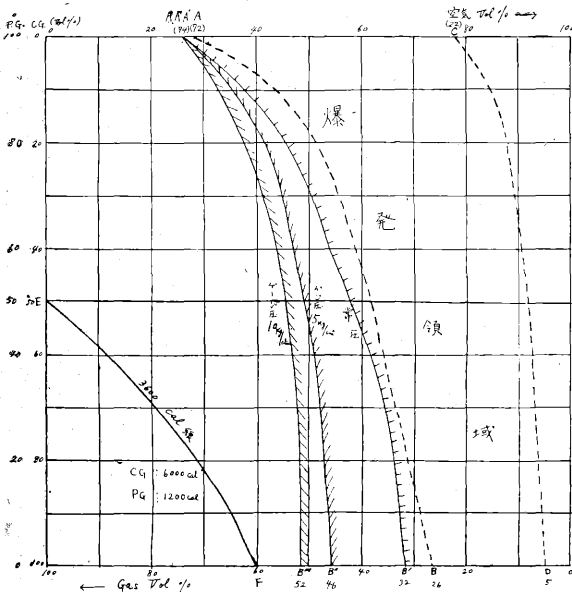
(1) 常圧実験による爆発限界は石炭ガスで5%~28%、発生炉ガスで22%~72%を示した。

(2) 発生炉ガス、空気混合物の爆発上限界は、圧力による影響をほとんど受けないのに対し、石炭ガス、空気混合物は加圧により著しく影響を受け5kg/cm<sup>2</sup>で46%、10kg/cm<sup>2</sup>で52%と拡大し、石炭ガス-発生炉ガス-空気混合物においても石炭ガスの割合の大きい程圧力の影響が大きい。

(3) 供給ガスの熱量を3,600Calとし、これに圧力を加える場合今回の装置のごとく5kg/cm<sup>2</sup>の圧力ではもちろん、10kg/cm<sup>2</sup>程度の圧力においても供給ガスが爆発限界内に入ることはないが、石炭ガ



第12図 CG, PGおよびその混合物と空気との混合物の爆発上限における圧力-組成関係図



第13図 混合ガス (CG, PG, 空気) の爆発上限に対する圧力の影響



のみを空気で稀釈した場合、供給ガスは爆発上限界に非常に近づくから、ガス中の酸素量の制限については十分な注意が必要と思われる。すなわち、供給ガス中の酸素量は9%に達することもあるといい、10kg/cm<sup>2</sup>における石炭ガスの爆発上限界が52%である点から考えて、その混合物中の酸素量は約10%となり、その差は僅かに1%に過ぎない。従って、石炭ガスおよび供給ガス製造上の操作如何によって酸素が更に増加することがあれば、供給ガス自体が爆発性を有するに至る危険性も充分考えられる。

ただこれに対し、供給ガス中に発生炉ガスを混入すれば酸素量も減少し、爆発限界より遠ざかるため、安全操業の面からは発生炉ガスの混入が望ましいといえる。

## 6. 結 語

本実験は工場現場における実際の操業面の安全を確認

する目的で実施したもので、使用ガスも工業製品であり、現場で採取したためその組成も多少づつ変動する等の特殊条件に伴い、所謂精密な化学実験の結果は期待できなかったが、一面点火源にニクロム線を使用する等かなり苛酷な条件での爆発実験を行っており、爆発限界を定め、安全操業上の資料とするためには一応所期の目的を達成できたものとするものであり、特異条件下での爆発限界の変動の一例として参考とすべきものと考えられる。

なお、本報告の終りに当って実験遂行に際し、東京ガス株式会社工務部生産課より種々の援助を得たこと、東京ガス株式会社大森工場において実験場の供与およびガス分析に対する全面的協力を得たこと、また実験装置の設計製作に当っては当所博物館課の諸氏の多くの協力を得たことを記して厚く感謝の意をささげる。

## ABSTRACTS

### PRESSURES EFFECT ON THE EXPLOSION LIMITS OF COAL GAS, PRODUCER GAS AND THESE MIXTURES.

By Noboru Tagnchi, Michio Naitō, Kōgaku Komamiya  
and Akio Horiuchi.

The purpose of this experiment is to conduce to the safety problem of the gas industry, by measuring the explosion limits of the city gas of which heat content is prescribed as 3600 Cal. under the pressure of 5 atms.

For this object, the measurements were performed on the upper and lower explosion limits of coal gas, producer gas and these mixtures under the atmospheric pressure by using the electric sparks for ignition, and on the upper limits of the preceding gases under the pressure between 0 and 10 atms. gauge by using the heater ignition plug.

The results of the measurements were concluded as follows,

- (1) The pressure effect on the upper explosion limit of coal gas is remarkable, because the upper explosion limit becomes 52 percent by volume under 10 atms., although it is 32 percent by volume under 0 atm. gauge.

But there is no pressure effect on the upper explosion limit of producer gas. Therefore, while there are many variation of the city gas of 3600 cal. heat content by changing the mixture ratio of coal gas, producer gas and air, the more the producer gas content is, the more the safety degree of the gas becomes under the high pressure.

- (2) The single city gas under the pressure of 5 atms. gauge cannot explode unless the addition of air, that is to say, it is out of the explosion range.

### STUDIES ON THE STATIC PROPERTIES OF CHAIN IN VARIOUS FORMS

(2ND REPORT)

by Gisei Mori & Kozen Hirai

In order to determine the suitable size and form of the chain to couple trollies on the earth work and settle the safety practice of such a chain, both dynamic and static loading tests of the chain have been done. This report is based on the static loading tests of the chain of various forms in a same diameter of material.

From these tests following results were obtained.

- a. The breaking load of chain is independent on its form and expressed as the following formula.

$$P_u = 1.46 \cdot \sigma_u \cdot d^2,$$

, where  $P_u$  : the breaking load,  $\sigma_u$  : the tensile strength of material and  $d$  : the diameter of material.