

関門国道トンネル納一酸化炭素検出装置 Carbonmonoxide Detector for Kanmon Vehicular Tunnel

井 上 実* 井 上 清*
Minoru Inoue Kiyoshi Inoue
武 藤 徳 平** 石 川 晃**
Tokuhei Mutou Akira Ishikawa

内 容 梗 概

昭和 33 年 3 月本州と九州を結ぶ関門トンネルが開通した。このトンネルはおもに自動車などの内燃車が通るので、排気中に含まれる一酸化炭素を排除するため、総計 1,000 HP に近い換気用送風機、排風機が設備されている。自動車の通過頻度はまったくアトランダムに変化するので、これらの換気機を経済的に、かつ衛生的に運転するためには、トンネル内の一酸化炭素を連続検出して一酸化炭素の量に応じて通風を自動制御することが必要である。

一酸化炭素検出装置は自動制御の母体となるもので、その原理は空気中に含まれる一酸化炭素が触媒によって酸化して炭酸ガスになるときの発熱量が、一酸化炭素量に比例することを利用したものである。完成した本装置の 1 号機は本年 2 月下関中央制御室に、2 号機は 5 月に門司制御室に設置され今後その成果が期待されている。

1. 緒 言

本州と九州を結ぶ関門国道トンネルは昭和 14 年に着工し、19 年の歳月を経て本年 3 月待望久しく完成した。第 1 図に現地写真を示す。これはおもに自動車用海底トンネルであるため、トンネル内の空気は自動車の排気、特にその中に含まれる一酸化炭素(以下 CO という)で汚染され人体にきわめて危険な状態になることが予想されたので、建設省、九州大学、日立製作所の三者で換気方式を検討した。

すなわち昭和 30 年 9 月、交通量と長さの点で日本最大といわれる魚見山国道トンネル(呉市から広島に通ずる自動車道路)で交通量、CO 発生状態、外気の状態と自然換気との関係など、あらゆる条件について換気設備の基礎資料を得る実験を行った。その結果トンネル内を通過する自動車の頻度は高いときもあり、低いときもあり、極端なときにはまったく通らない場合もあった。一方 CO 発生量は自動車の車種などにより異なり、通過台数に比例しないことなどの重要資料がえられた。したがってこれらの資料を参考にすると、1 日 24 時間にわたって全部の換気用送風機を運転する必要がなく、通過台数のいかにかわらず、CO 量を基準にし人体に支障のない範囲内で換気所要電力が最小になるよう、換気用送風機、排風機の運転条件を自動的に変える制御方式が最も経済的であることがわかった。

このように科学的にしかも経済運転を行うためには、トンネル内の CO 量をつねに検出し濃度に応じて指令を出す装置が必要で、日立製作所においては昭和 28 年より CO 検出装置の研究を始め、約 5 年の歳月を経て完成

* 日立製作所中央研究所

** 日立製作所亀戸工場



第 1 図 関門国道トンネル現地図

した。この検出装置は空気中に含まれる CO 量を 100 万分の 2 程度まで連続検出できるものである。

換気装置の自動制御に関してはすでに本誌⁽⁸⁾⁽⁹⁾で紹介したので、ここでは CO 検出装置の測定原理、性能ならびに構造とその作用について述べる。

2. 自動車排気成分と人体に対する毒性

2.1 CO の人体に対する毒性

CO の発生は有機物の不完全燃焼によることが多く無

第 1 表 一酸化炭素の中毒症状

症 状	CO濃度(%)	血液汚染度(%)
数時間までは徴候を認めず	0.01	
1 時間以内ならば徴候を認めず	0.04~0.05	10
1 時間程度で頭痛を瞭り自覚する	0.06~0.07	20
頭痛鼓動の異常を感じ失神するが、1 時間以内なら生命に危険なし	0.10~0.12	20~40
1 時間以内に失神、危険状態に陥る	0.15~0.20	40~50
1 時間以内に死亡	0.4以上	70
3 分間で死亡	3.0	

第 2 表 自動車走行時の排気ガス成分

車 種	運 転 状 況	排 気 ガ ス 成 分 (%)					
		CO ₂	CO	CH ₄	H ₂	O ₂	N ₂
ガソリン車	第 4 速度軽負荷 45 km/h	8.4	6.0	0.8	2.7	3.4	78.7
	第 4 速度全負荷 40~45 km/h	8.1	4.5	0.6	2.0	4.1	80.7
	半荷重 0→24→29 km/h に加速	8.2	8.0	1.1	4.0	2.2	76.5
	軽 荷 重 登 坂	8.5	6.4	0.9	3.1	2.7	78.4
	全 荷 重 市 街 地 走 行	5.8	6.1	0.8	2.9	6.9	77.5
ディーゼル車	第 4 速度軽負荷 45km/h	4.3	0.1	—	0.1	13.2	82.3
	第 4 速度全負荷 40~45km/h	7.1	0.1	0.1	—	10.1	82.6
	半荷重 0→24→29 km/h に加速	5.5	—	—	—	12.5	82.0
	軽 荷 重 登 坂	6.4	—	—	0.5	11.0	81.0
	全 荷 重 市 街 地 走 行	4.7	0.2	—	—	14.9	80.8

色無臭で空気よりやや軽いガス体である。人体に対する毒作用は CO が血液中のヘモグロビンと結びつき CO-ヘモグロビンとなり、血液が酸素の運搬機能をなくすことに起因する。第 1 表は CO 濃度および時間による人体の中毒症状を示す。同表の血液の汚染度は、血液中のヘモグロビンが破壊される率を表わしたもので、CO による中毒は血液を失ったのにといた生理現象をきたし恢復には日時を要する。また連日数時間呼吸した場合、人間の耐えうる最高濃度は 0.01% と報告⁽¹⁾されている。

2.2 自動車の排気ガス成分

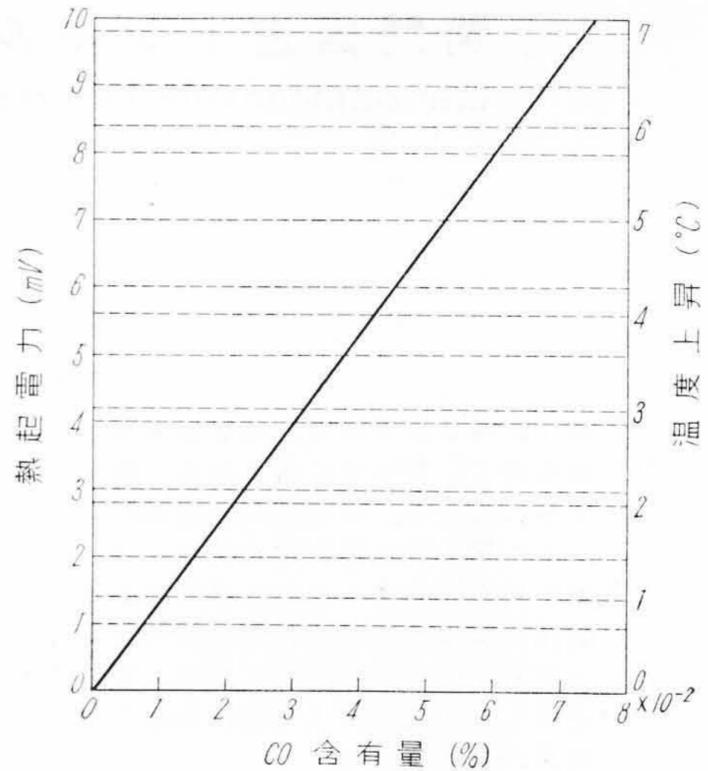
第 2 表におもな自動車走行時の排気ガス成分を示す⁽¹⁰⁾。同表に示されたように CO の発生量は機関の形式、使用燃料、負荷および温度などにより変るが、その量は機関の形式と整備状況によることが最も大きい。またガソリン車とディーゼル車を比較すると、CO 発生量はガソリン車の方がはるかに多い。

3. 測定原理

空気中の微量 CO を連続的に検出する方法として

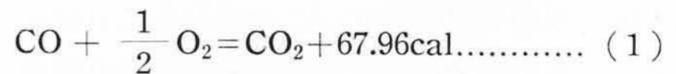
- (1) 光学的方法(赤外線法, 紫外線法, 光干渉法)
- (2) 伝導度法(電気伝導度法, 熱伝導度法)
- (3) 化学的色彩法
- (4) 触媒法

などの方法があるが、工業計器としての条件とか測定精度の点から触媒法を採用した。本法は空気中に含まれ



第 2 図 CO 含有量と温度上昇と熱起電力との関係

る CO が触媒に触れて CO₂ となり、そのときに発生する熱量が CO 濃度に比例することを利用したものである。



いま 0.01% の CO を含む空気が触媒作用により完全燃焼し、しかも発生熱量はすべて通過空気の温度上昇についやされるものとする、空気の温度上昇は理論値で 0.966°C となり、適当数の熱電対を直列に用いて 1mV 程度の熱起電力を発生させることができる。第 2 図に CO 量と温度上昇ならびに熱起電力との理論的な関係を示す。

CO 検出装置で実験すると CO 濃度 0.1% まで直線的な関係が成立し、理論値に若干修正を加えるだけで CO 量を微弱な電流値に変換できる。これを数式で説明すれば

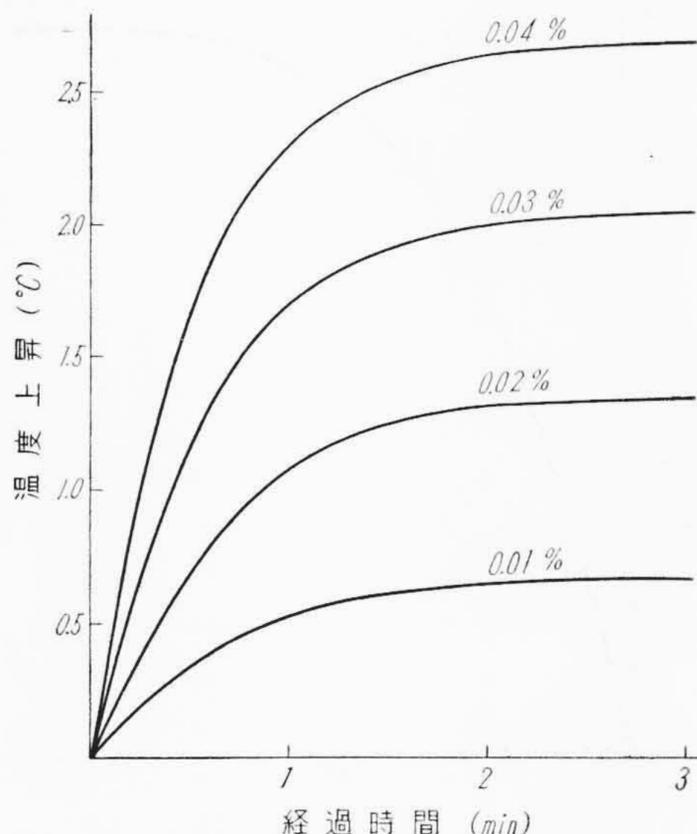
$$V = \alpha P - \beta \dots \dots \dots (2)$$

V は熱電対出力電圧、つまり計測値で、P は空気中の CO 量である。定数 β は触媒層を空気が通過するとき触媒が空気の抵抗力となって、若干膨脹して温度が下がるため、電圧計のゼロラインの偏倚を表わす。また α は触媒の酸化率が 100% でなく、しかも触媒層付近で熱損失があるとき α は、理論値より小さい。しかし空気を一定速度で流すときは触媒能と熱損失はおおむね一定であるので定数としてよい。

次に 100°C の状態で送風速度の影響を考慮すると、空気の温度上昇 Δt は

$$f \cdot q \cdot v = \Delta t \cdot v c$$

$$\therefore \Delta t = \frac{f \cdot q}{c} \dots \dots \dots (3)$$



第3図 経過時間と温度上昇との関係

となる。

- ここに f : CO 量と空気量との比
- q : CO 1 l の燃焼熱 (cal/l)
- v : 空気の毎分当りの流量 (l/min)
- c : 空気 1 l の熱容量 (cal/l °C)
- Δt : 空気の温度上昇 (°C)

いま時定数を T 分とし温度差がなかった状態から送風し始め、その経過時間を τ 分、熱効率を K とすると、定常状態における空気の温度上昇 Δt は

$$\Delta t = K \frac{f \cdot q}{c} (1 - e^{-\frac{\tau}{T}}) \dots \dots \dots (4)$$

となり、(4)式に実際に使用した数値を代入すると第3図のようになる。

4. 触 媒

触媒は化学反応において化学平衡を変えることなく、反応速度を促進または遅滞せしめる作用をなすもので、前者を正触媒、後者を負触媒と称している。この場合正、負いずれの触媒も反応前後では見掛け上の変化を示さないのが普通である。

4.1 触媒の具備条件

CO 酸化触媒は正触媒に属し Pt, Ni, Cu などの金属酸化物が知られているが、これらはいずれも常圧低温では触媒能がほとんどなく、少なくとも 400°C 以上において機能を発揮するものである。これに反し CO 検出装置の触媒の具備すべき条件は

- (1) わずかな反応熱から電氣的エネルギーをとりだすため、反応部の温度を厳密に一定に保つことが必要

である。このためには熱媒を用いるが高温になるにつれ、熱媒の酸化や部品の経時変化が大となり温度制御が困難であること。

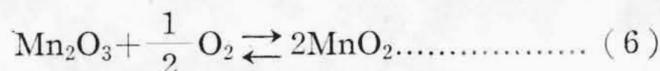
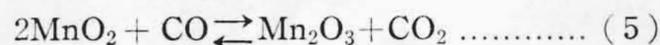
- (2) トンネル内の CO 量の変化に対応する CO 指示記録計の応答の時間おくれを短縮するため、触媒質量をつとめて少なくとる必要があり、したがって触媒の活性度が大きいこと。

などがあげられる。以上の条件をみだす触媒については、数十種類にのぼる触媒を研究試作した結果、MnO₂ を主成分とした金属酸化物がすぐれていることが明らかとなった。

4.2 酸化機構

二酸化マンガン系の低温触媒の酸化機構については、古くから物理化学的に研究されているが定説がなく、触媒表面への CO の吸着または酸化還元反応などの組合わされた複雑な反応と考えられる。特に MnO₂ は半導体的性質があり、CO を含んだ空気が触媒表面に触れると触媒自身の原子価が変化し、比較的低温で触媒作用が行われるものと思われる。

MnO₂ については



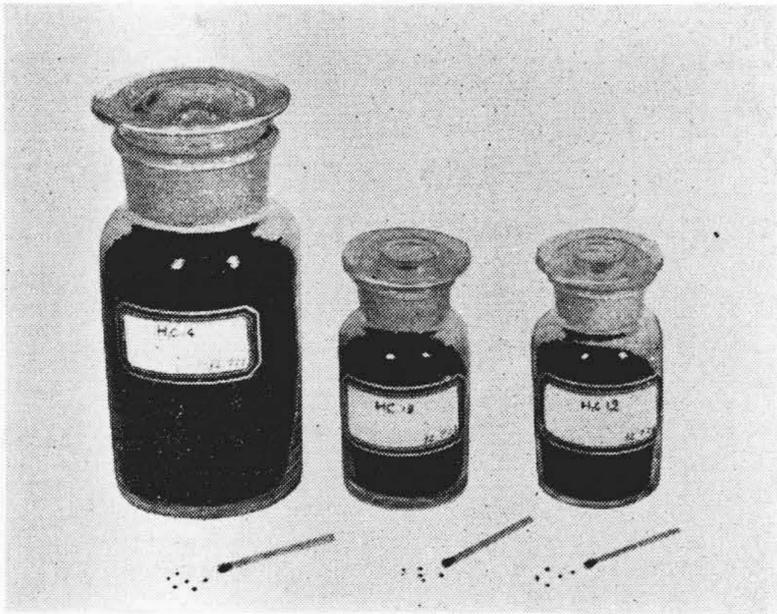
(5)式はみずからのもつ酸素で CO を酸化すると Mn の原子価は Mn⁴⁺ → Mn³⁺ となる、一方還元された Mn₂O₃ は(6)式のように、空気中の酸素でふたたび酸化され Mn 原子価は Mn³⁺ → Mn⁴⁺ となり活性力を取りもどす一種の酸化還元反応とみることができる。(5)、(6)式の反応を 100°C 前後で容易に行わせるには市販の MnO₂ では酸化能がわるい。そこで酸化能のすぐれた触媒の製作にあたっては、電子顕微鏡、X線分析、電子回析などを用いて組織を検討する一方、酸化能を系統的に調査し比較実験を行った結果、国内はもちろん海外諸文献にでていた性能をこえるものができた。その一部を第4図に示す。また第5図および第6図は電子顕微鏡による触媒の組織を示す。

5. 基 礎 実 験

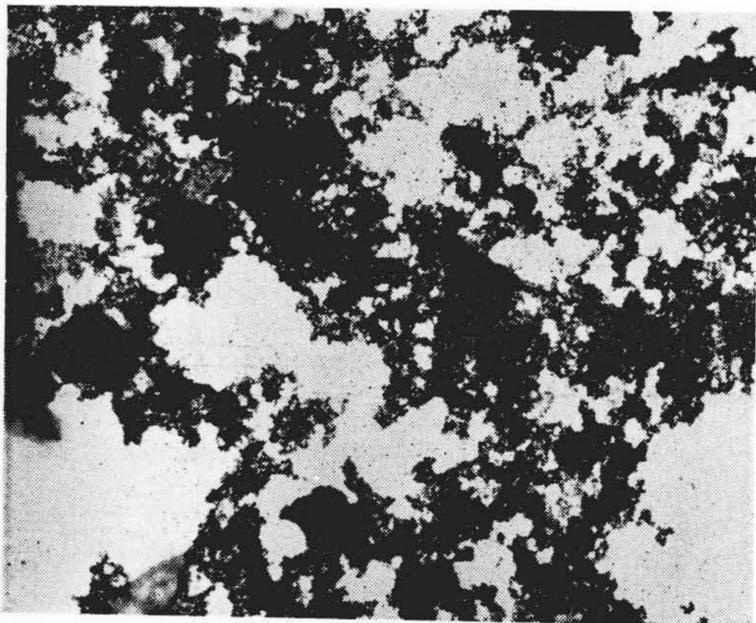
CO 検出装置は前述のような用途の特異性を考慮するとその性能は次のようなものとなる。

- (1) 空気中の CO 量が 100 万分の 2 程度まで検出できること。
- (2) 検出時間のおくれが短いこと。
- (3) 耐久性があり故障が少ないこと。

これらの条件を満足するため触媒の研究と併行して、検出機構の条件を調べる試験セットを組立て装置の部品検討をかねて検出感度や精度、時定数、寿命など実験計

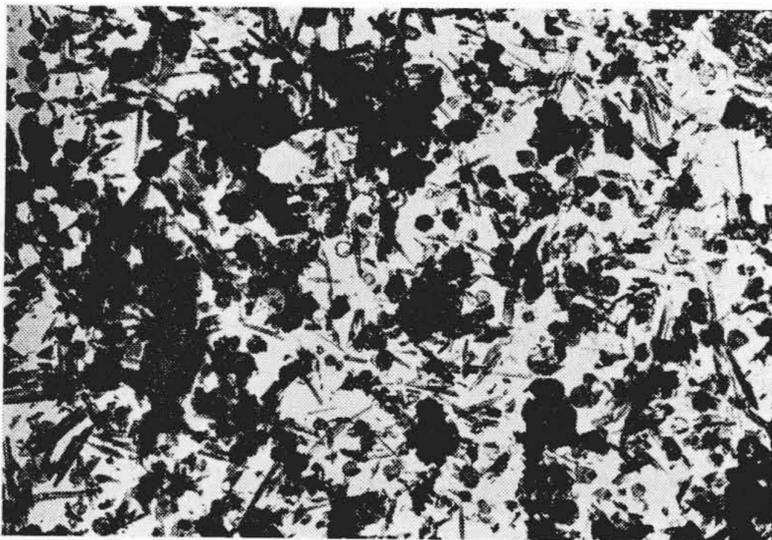


第4図 CO 検出装置用触媒



×15,000

第5図 MnO₂ の電子顕微鏡写真



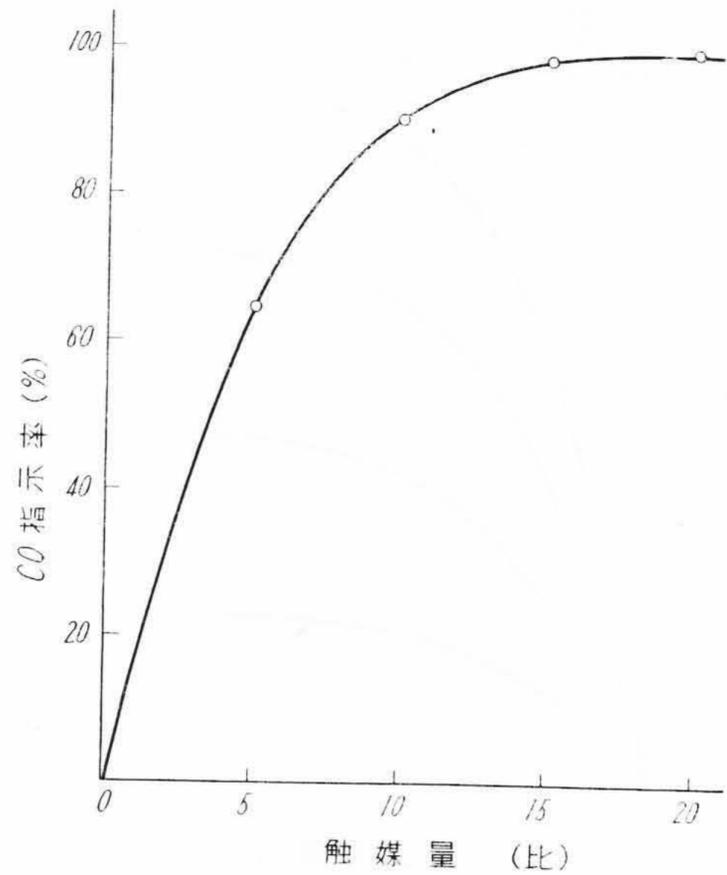
×15,000

第6図 混合触媒の電子顕微鏡写真

画に基いて研究を行った。以下結果の要点を各項目別に簡単に述べる。

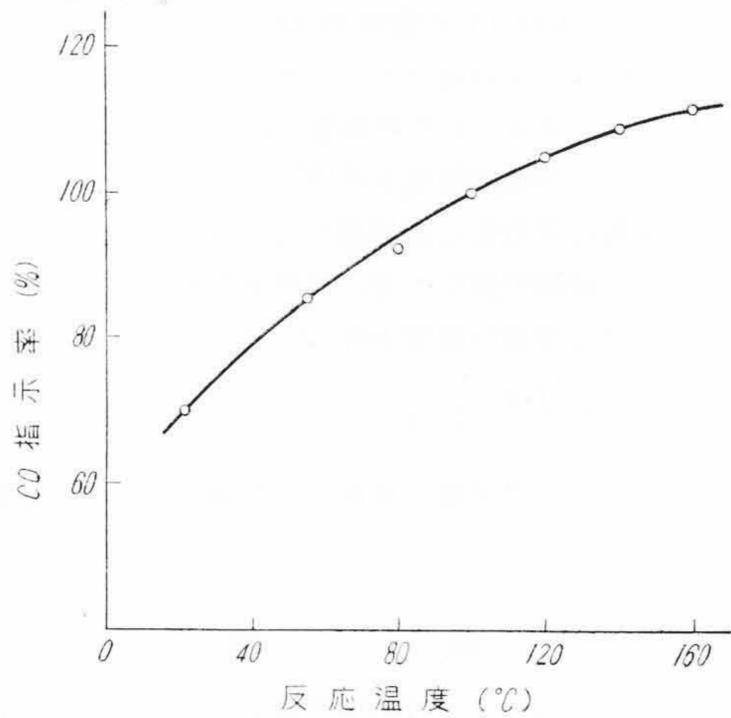
5.1 触媒の酸化能

検出装置に使用する触媒の具備条件については4章で述べたが、触媒は最も重要な役割を占めており、その製作にあたっては化学的に綿密な準備のもとに処理したも



送風量 22.5l/min
標準CO 0.03%
反応温度 100°C

第7図 触媒量とCO指示率



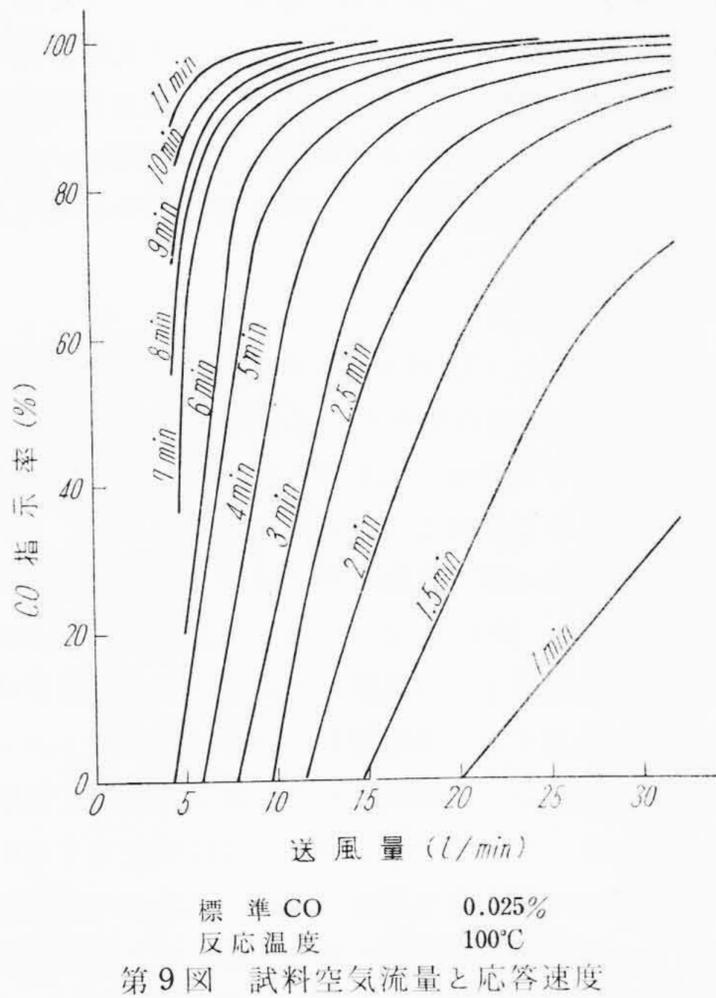
送風量 26 l/min
標準CO 0.025%

第8図 反応温度とCO指示率

ので、その特性を第7図に示す。

5.2 反応温度と指示率

第8図は反応温度とCO濃度指示率との関係で100°Cにおける指示率を100%として表わしたものである。同図から室温付近では100°Cの反応温度に比べて約70%となり、130°Cでは約7%増す。この差は温度が上ると触媒の活性度が増し、COが完全酸化するものと思われる。



5.3 流量と応答

応答速度とはCOガスを吸引し始めてから指示曲線が平衡値の90%に到達するまでの時間である。すなわちトンネル内の状態を早く検知して換気用ファンの起動、停止を指示させるもので、検出装置として重要な特性の一つである。第9図はその関係を表わしたもので、応答速度は温度に無関係で流量により定まる。

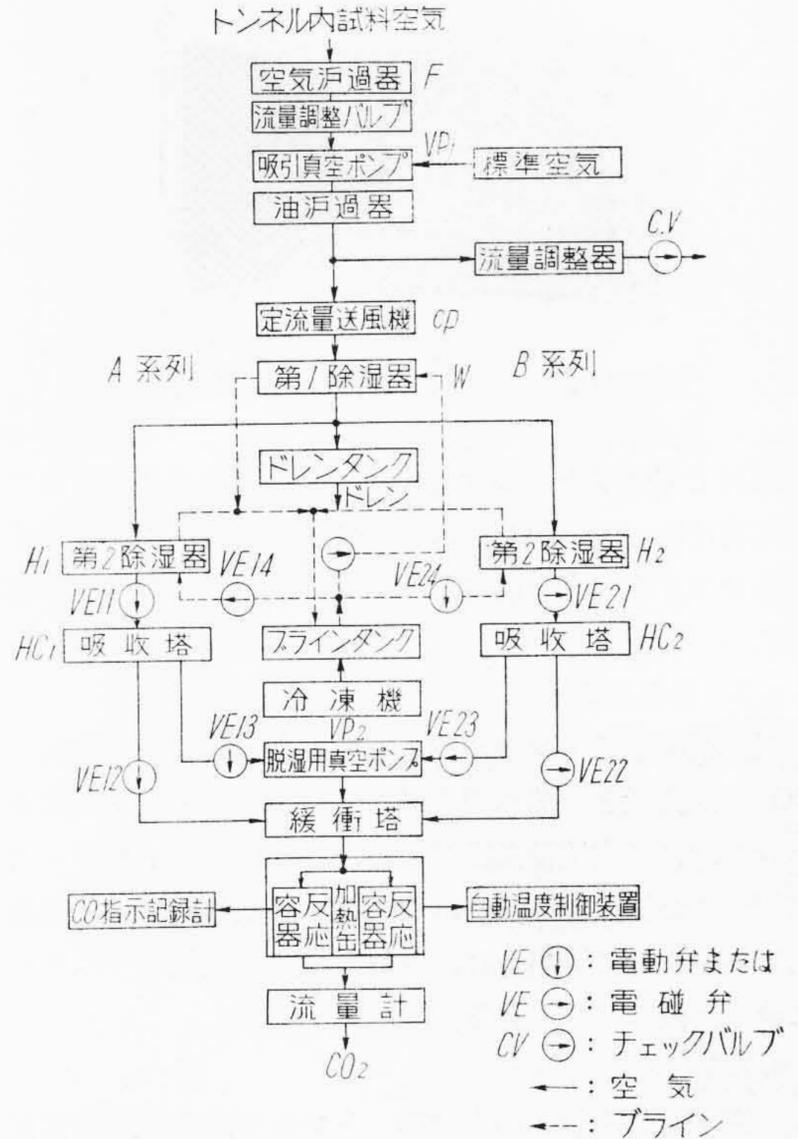
以上の実験結果に基づいて検出装置設計上の条件は、反応温度 130°C、流量は 30 l/min とした。

5.4 触媒の疲労

自動車の排気ガスを用いて触媒の寿命試験をすると触媒能は徐々に減退する。触媒毒による疲労の仕方は一時疲労と永久疲労に分けられる。前者は有害ガスの物理的な吸着により一時的に触媒能が減少するもので、新鮮な空気または酸素を一定時間通すことによりふたたび活性力を取りもどす。後者は触媒と化学変化を起し、復活操作を施こしても活性力を生じない疲労状態である。

自動車の排気ガス成分については2章で述べたが、これらのガス成分では触媒は容易に疲労しないので、さらに疲労の原因を検討した。その結果永久疲労のおもな原因は自動車燃料中に含まれる微量硫黄が燃焼して亜硫酸ガスを発生し、触媒表面に硫化物を生成する場合である。また試料空気中に湿気があると、触媒の活性中心を被覆し触媒能を低下させる。しかしこれは高温の乾燥空気でも復活可能である。

そこでこれらの湿気や有害ガスなどを除去する機構を検討し、連続的に使用可能な方法として次の3段階で除



第10図 CO 検出装置の系統図

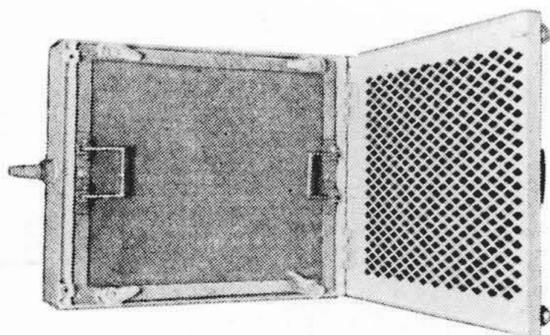
去することにした。

- (1) 試料空気を冷却して空気中に含まれる湿気は水の状態にすると同時に、有害ガスを溶解して取り除く。
- (2) 余分の水分はさらに冷却し水として凍結させる。
- (3) さらに活性炭素で有害ガスを吸着する。

6. CO 検出装置の構成

検出装置は大別すると、採気系機器、清浄除湿機器および反応制御機器からなり、これらをキュービクル内にまとめたものである。その系統図を第10図に示す。

試料空気はトンネル内の空気ろ過器Fから流量調整バルブを経て真空ポンプVP₁で吸引し、一定量を定流量送風機CPで装置内に送り込む。装置内ではまず第1除湿器W、第2除湿器H₁、H₂および吸収塔HC₁、HC₂などの清浄除湿機器で湿気と有害ガスが除去される。清浄除湿された空気は湿度の緩衝塔を経て、触媒反応部を収納した加熱罐に入る。加熱罐内部には試料空気を一定温度にするための蛇管があり、熱媒の循環装置と自動温度制御装置で一定温度に保たれる。空気中のCOは反応部でCO → CO₂となり、このときの反応熱による空気の温度上昇を熱起電力としてとりだし、自動平衡式指示



第11図 トンネル内の塵埃濾過器

記録計でCO量を記録する。指示記録計は0.075%までの目盛があつて、CO量に応じて換気用自動制御装置に指令を与える接点を内蔵している。以下各部の作用と構造について述べる。

6.1 採気系機器

採気系機器はトンネル内と堅坑上部に設置してあるCO検出装置とを結ぶ設備で、空気濾過器・採気用真空ポンプおよび定流量送風機からなっている。トンネル内に置かれた濾過器と真空ポンプとの間は300米の硬質塩化ビニール管で連絡され、トンネル内の空気をすみやかに検出装置にとり入れる。

6.1.1 空気濾過器

第11図がその濾過器で、トンネル内の浮遊塵埃を濾過し、採取量を流量調整弁で調節する。濾過材は化学的に安定な18-8不銹鋼製の金網とサラン製のフィルターを重ねさせて捕塵容積を大きくし、さらに定期的に洗滌できるようとりはずし容易な構造になっている。

6.1.2 採気用真空ポンプ

真空ポンプは前述のように時定数を短縮する必要から、下記仕様のもを用いた。

排気速度：1,800 l/min

回転数：400 rpm

所要馬力：3 HP

到達真空度： 5×10^{-3} mm/Hg

しかし長期間連続使用するので回転数を下げて排気速度を750 l/minとした。トンネル内の流量調整バルブでポンプの排出量を50 l/minに調節すると、ポンプの吸気弁における圧力は約50 mm/Hgとなり、十分高速で引いて時間遅れも少なかった。

ポンプは排気と同時に潤滑油が排出されるので、吐出側に油濾過器をもうけた。油濾過器の容積は時定数を極力小さくする必要上、構造は小形化し内部にグラスウール、羊毛、フェルトの順に詰め、境目には小孔を開けた真鍮製の仕切り板を挿入した。

6.1.3 定流量送風機

真空ポンプ VP_1 でトンネル内から50 l/min吸引された試料空気は定流量送風機で30 l/minの一定量を

装置に送り込み、装置各部の通気抵抗が多少変動しても流量変化がないようになっている。流量調整器は直径160 mmの球状ゴム風船よりなり、定流量送風機の吸気側の圧力変動をたえず調節し、余剰空気を大気中に放出していると同時に、定流量送風機吸込側圧力の脈流波を防止している。

6.2 清浄除湿器

試料空気中にはCOガス以外の夾雑ガスや湿気などが含まれると、CO計の零ラインが不安定となるばかりか、触媒の活性度を低下せしめ計器の信頼性をおとすので、これらをあらかじめ除去する部分である。

清浄除湿方法は第1除湿器 W でほぼ 0°C に、第2除湿器 H_1, H_2 で -10°C 以下に冷却し大部分の水分と水溶性有害ガスを溶解または氷結して除き、さらに吸収塔で有害ガスを吸着する。各除湿器の冷却はブライントングの低温液体をポンプで循環させる。第2除湿器と吸収塔が2系列になっているのは1系列を長時間使用すると、氷結水の増加による空気通路の閉塞、吸着剤の吸収能力の低下を生ずるので定時的に系を切替えて、清浄除湿と復活を交互に行わせる。この操作は電動タイマーで行う。吸収塔の復活は塔の温度を 200°C 近くにあげると同時に、塔内を脱湿用真空ポンプ VP_2 で減圧し復活効果をあげる。また系列切替え時にA系列とB系列による試料空気の湿度がわずかに異なり、湿度差に応じて指示値に急激な変化を生ずるおそれがあるので、吸収塔の後に湿度緩衝塔を設け、反応罐にはつねに一定な低湿度の空気が送られるようになっている。

6.2.1 除湿器

第1, 2除湿器に必要な冷凍容量の設計基準は次のとおりである。

試料空気： 30°C の飽和蒸気圧をもつ空気
30 l/min

周囲温度： 40°C

冷却水温度： 30°C

第1除湿器出口： 0°C

第2除湿器出口： -10°C 以下

このほか第2除湿器は8時間に1回の加熱があり、さらに防熱部の熱損失を加味し夏季における冷凍機の運転時間を1日5時間として冷凍機の容量を選定した。ブライントングの低温液体は耐蝕性、低温の物理的特性を考慮して多価アルコールを用い -10°C 以下に冷却する。冷媒循環用のギヤーポンプはタンク内に取り付けてあり、保冷と漏洩に対する対策としている。

第1除湿器の構造は試料空気の通る蛇管の周囲に冷却フィンを多数固着し一様に冷却されるようにしてある。低温液体の循環は除湿器に外套を設け、それを回

ってブライントークにもどる。除湿器内部の温度調整はサーモスタットにより、低温液体入口の電磁弁を開閉して行う。

第2除湿器は内部にブライン循環用の銅管を2列に配置し、周囲に冷却フィンを固着したものである。除湿中はフィンに霜が付着するので復活中は下部に内蔵したヒーターで解氷して、第1除湿器の凝集水と同時にドレンタンクに集合させる。ドレンタンクは18-8不銹鋼の浮子、弁および弁座よりなり、凝集水が一定量に達すると自然に外部に排出できるようになっている。

6.2.2 吸収塔

吸収塔は18-8不銹鋼製の円筒内に活性炭素を充填したもので、有害ガスや湿気を吸着する。復活は塔自体を発熱体として、低電圧大電流加熱をすると同時に真空ポンプで減圧する。この加熱方式は塔自体を発熱体構造に組立てたもので、局部加熱やヒーターの切れる心配がなく、安全でしかも耐久性にとんだ特長がある。

以上の清浄除湿器は第12図に示す高さ2,000mm、幅1,800mm、奥行1,200mmの第1キュービクルに収納してある。

6.3 反応関係機器

CO検出装置は熱現象を利用したものであるから、試料空気は触媒反応部に入るまでに、これと熱的平衡を保っている必要がある。そのため自動温度制御装置でつねに全体を一定温度にしている。触媒容器は2組あって1組が計測中のときはほかは更正用を使用する。

6.3.1 加熱罐および自動温度制御装置

加熱罐は小形の丸ボイラで、その中に試料空気加熱

用蛇管と触媒反応容器および熱媒循環ポンプをまとめたものである。蛇管は反応容器をとりかこんだ熱媒循環路の案内板の外周をとりまいて予熱する。この案内板は試料空気による熱媒の温度変化を、反応容器に与えるのを防ぐ役目をかねている。熱媒の循環はギヤポンプで行い、反応容器付近に噴上げ予熱蛇管部を経て加熱罐部にもどる構造になっている。主要部の触媒反応器には耐熱性の熱絶縁筒を入れ、この内面に円錐形の熱電対を密着せしめ、その中に触媒を充填する。

熱媒は耐熱性のDowthermを用い、活性炭素を介して大気と圧力をバランスさせてある。加熱罐ケースは吸収塔と同様に18-8不銹鋼よりなり、ケース自体に電流を流す加熱方式である。加熱罐の温度制御方式を第13図に示す。すなわち加熱罐内にサーコイルを挿入し、その抵抗変化で温度を検出する。この検温ブリッジ回路の出力を磁気増幅器で増幅し、サーボモータで電圧調整器を摺動させる。したがって可飽和リアクタの制御電流を変えて、加熱用トランスの電圧制御を自動的に行うものである。

6.4 制御関係器具

CO検出装置は自動連続測定を行うので制御動作をモートルタイマーにより行い、CO指示記録計に記録し、またテレメータ、自動換気装置に指令を与えるものである。第3表に記録計の仕様を示す。

6.4.1 時間系列に従う制御対象

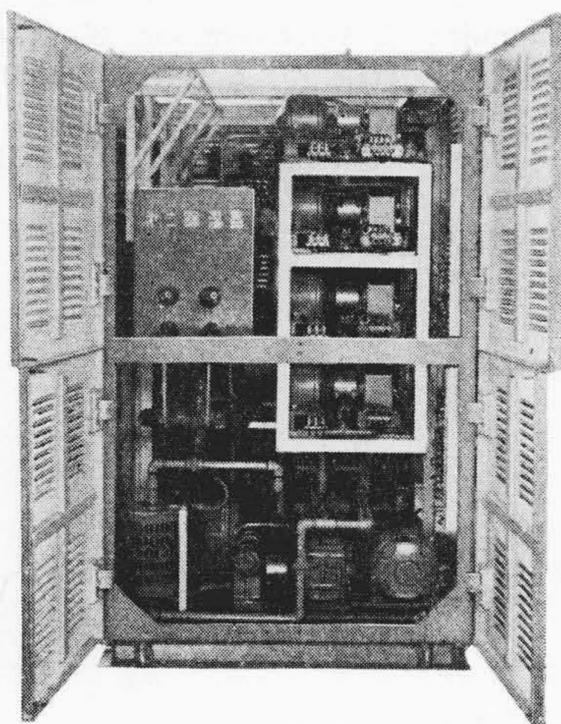
本装置の系列切替はモートルタイマーで制御するもので、次に制御対象をあげる。

- (1) 空気およびブラインの弁の開閉
- (2) 復活用加熱罐電源
- (3) 復活用真空ポンプ

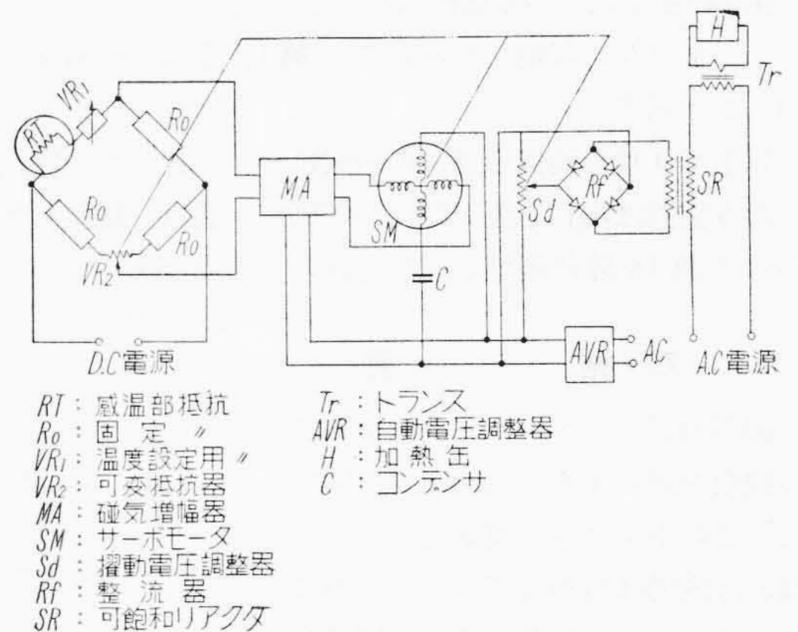
6.4.2 時間系列に従わぬ制御対象

次の各項目は時間系列に無関係に制御される。

- (1) 吸引真空ポンプ、定流量送風機、循環ポンプ



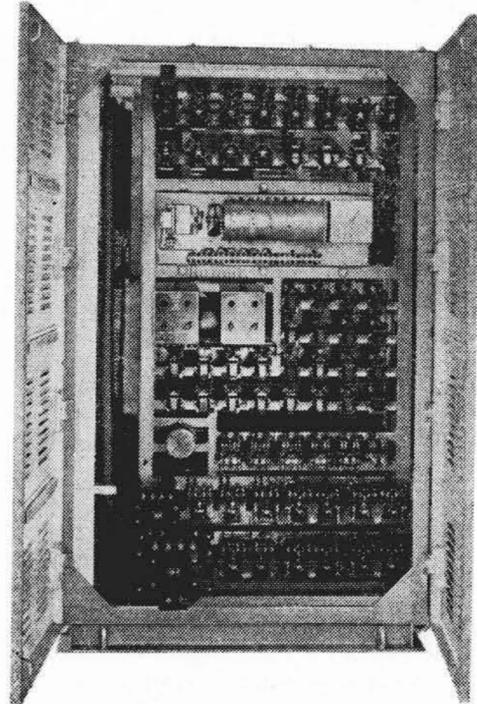
第12図 CO検出装置第一キュービクル(内部)



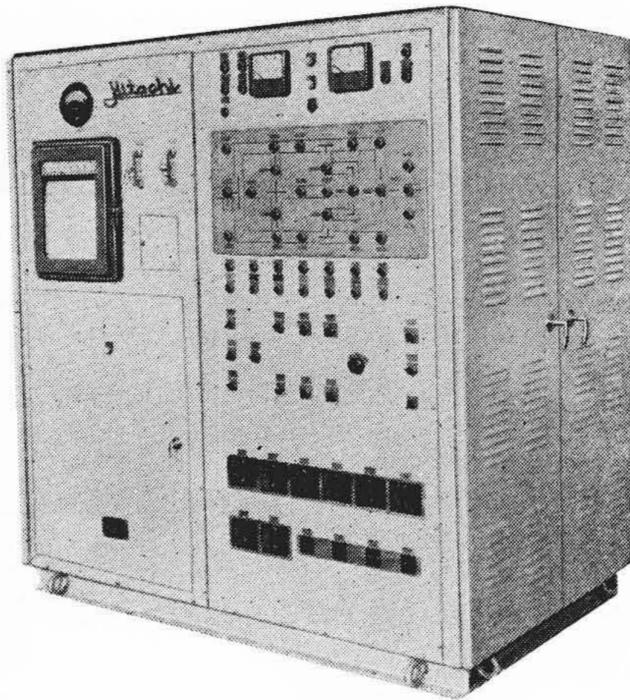
第13図 自動温度制御装置概略結線図

第 3 表 CO 指示記録計の仕様

電源電圧	A.C 100V
周波数	50, 60 c/s
目盛範囲	CO 濃度目盛 0~0.075%
記録幅	250 mm
記録方式	1 素子, ペン書実線式
記録速度	25, 50, 100 mm/h
平衡速度	指針の全目盛幅移動時間 約 7 秒
許容誤差	全目盛の ±0.5%
動作感度	全目盛の ±0.1%以下
付属品	1. テレメータ用スライド抵抗 2. 指示の倍率調整範囲 0.3mV, 0~10 mV 指示の零点補正範囲 ±1mV 3. 動作接点 5 個 (動作点移動調節可能)



第 15 図 CO 検出装置第二キュービクル(内部)



第 14 図 CO 検出装置第二キュービクル

- (2) 冷凍機
- (3) 第 1 除湿器の入口弁の開閉
- (4) 自動温度制御装置

操作方法は単独ならびに全自動準備運転をタイマー時間系で行い、吸収塔の脱湿、加熱罐温度、ブライン冷却温度などが規定値に達すれば、操作スイッチを切り替えることにより全自動運転可能となる。

第 14 図は以上の制御機器および反応機器関係を第 2 キュービクルに収納した外観で、第 15 図は制御器関係の一部を示す。

以上 CO 検出装置の各部の構成について述べた。完成した本装置は現在下関と門司の制御室に設置し稼動している。第 16 図に現地の運転記録の一部を示す。

7. 結 言

関門国道トンネルの完成は世界に日本の技術を誇示するにたる大工事であった。このトンネルの換気装置の自動制御は、国内では初めてであり、海外にもまったく例のない精巧な方法を採用した。われわれは本計画に参加し、その鴻業の

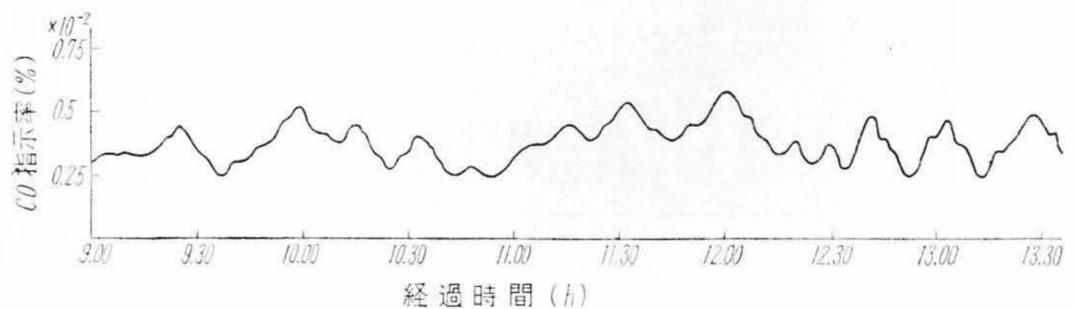
一翼に関してその概要をすでに本誌で紹介したので、ここではその一部である CO 検出装置について述べた。

なお長いトンネル内における排気ガスの諸現象については不明の点があり、今後の運転実績にかんがみて、いっそう完全なものとなしたい。

終りにのぞみ、本装置の設計にあたり終始絶大な御指導をいただいた、九州大学葛西教授、佐藤助教授、関門国道建設事務所、中尾、上の土、住友の歴代所長、伊吹山課長、道路公団管理事務所、佐藤次長ならびに日立製作所中央研究所、菊田所長、湯本博士、亀戸工場森泉工場長および関係各位に厚く謝意を表する次第である。

参 考 文 献

- (1) R. R. Sayers and S. J. Davenport: U.S. pub, Health Service Bull, 195(1937)
- (2) H. F. Coward and G. W. Johnes: U.S. Bur, Mines Bull 279(1927)
- (3) 堀場信吉: 触媒作用の理論, 教修社版
- (4) Langmuir: J, Am, Chem, soc, 37, 1154 (1915)
- (5) 齊藤弘太郎: 日本化学雑誌, 72, 333(1951). 76, 88 (1955)
- (6) M. Boudart: J, Am, chem, soc. 74, 1531 (1952)
- (7) 伊吹山四郎: 自動車トンネル設計資料, 1954, 建設省報告
- (8) 鈴木公一: 日立評論 40, 467(昭 33-4)
- (9) 六角, 土井: 日立評論 40, 457(昭 33-4)
- (10) 自動車事典: 109(1951)



第 16 図 現地運転記録の一例