

酸化銅を使用した排気ガス浄化装置の研究

徳江 徳, 堀 昭三, 佐藤 順久

A Newly Developed Catalytic Converter Using Copper Oxide as Catalyst

Toku TOKUE Shozo HORI Munehisa SATO

Abstract:— At the present time the air pollution by the automobile exhaust has become a matter of great annoyance.

The authors have developed a catalytic converter containing the gauze of the copper wire, 0.4mm in diameter, which works as catalyst for the exhaust gas by the addition of fresh air. Being fitted to an automobile engine, the converter was put to a practical test and the results are as follows:

- (i) It endures for running about 5,000km.
- (ii) The output of the engine decreases by about 9% because of the augmentation of the back pressure.
- (iii) The harsh noise leaks out of the intake port of air to the exhaust pipe. Therefore it is needed for a practical use to abate the noise.

1. 緒 言

最近都市において自動車の排気ガスによる大気汚染対策が問題となっている。

筆者らは、自動車用ガソリン機関の排気ガス中、特に人体に有害である CO の浄化に焦点をしぼり、高価な白金系触媒などを用いず、安価で入手容易な銅網および粒状酸化銅を使用した浄化装置を試作し、台上試験および実際に自動車に取付けて実用耐久試験を行ったので、その結果をここに報告する。

2. 本装置の概略

本装置の原理は図1のごときもので、排気ガスの酸化を行なわせるため、適量の空気を混合させ触媒層を通して排気ガス中の不完全燃焼生成物を酸化させて排出する。排気ガス中の有害な CO が酸化銅の触媒層を通過

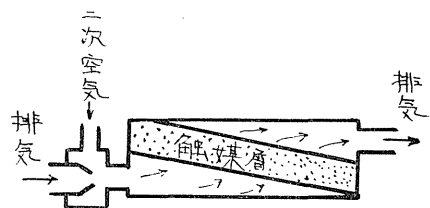
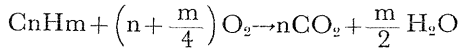


図 1

するときに次の反応が起る。 $\text{CuO} + \text{CO} \rightarrow \text{Cu} + \text{CO}_2$ となり、還元してできた銅は二次吸入空気中の酸素によって $\text{Cu} + \frac{1}{2}\text{O}_2 \rightarrow \text{CuO}$ となり、この反応が交互に行なわれて CO は無害の CO_2 に浄化される。また CO のみでなく、排気中の残留炭化水素も二次空気中の酸素により、次のごとく酸化されるはずである。



この方式の特徴は、比較的低温で有害成分を酸化することができ、また装置の構造が簡単なことである。使用する触媒の備うべき条件としては、比較的低温で高い活性の保持、化学的耐性、耐熱性および機械的強度が大きいことなどであるが、低価格で入手や交換の容易さも必要条件として無視できない。そこで筆者らは、上記条件を考慮した結果、触媒として市販の銅網を加熱して表面を酸化銅（表面の酸化銅膜が剥離しても二次空気中の酸素と装置の熱により常に銅網の表面は酸化銅でおおわれている）としたもの、または粒状酸化銅を採用し、自動車用ガソリン機関の排気ガス浄化の目的で、触媒式コンバータに使用して、種々試作を重ね、台上試験と実際に自動車に取付けて走行耐久試験を行った。

3. 実 験

3.1 台 上 試 験

図2にその試験装置の概略を示す。

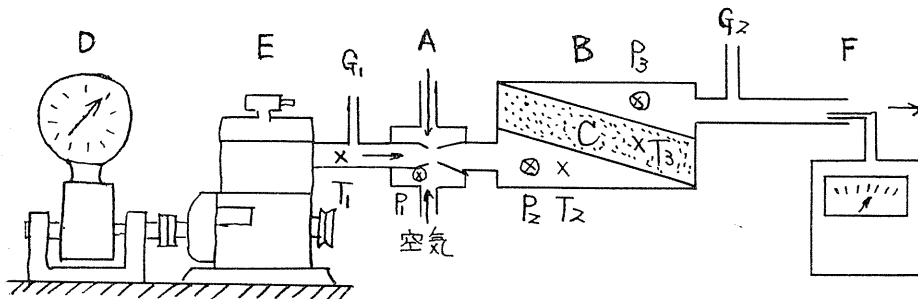


図 2

E: 使用ガソリン機関 三菱重工KK JH-4 (ジープ用)

機関型式 水冷直列4気筒 F 形弁式

内径×行程 79.4×111, 1mm

総排気量 2,199cc

圧縮比 6.9

最大出力 70PS/4,000rpm

最大トルク 15kgm/2,000rpm

D: 水動方形 日大工研 M-4-D

最大吸収馬力 100PS/5,000rpm

A: 二次空気吸入用エゼクタ (図3)

B: 浄化装置本体 自製 (図4)

C: 触媒層

F： 空燃比計 三鷹工業KK ラウターRD-2200

P₁, **P₂**, **P₃**： 各指示個所における圧力測定点

T₁, **T₂**, **T₃**： 各指示個所における温度測定点

G₁, **G₂**： 浄化装置前およびあとにおける排気ガス採取口

温度測定には熱電高温計を，圧力測定にはU字管マンオメータを，エゼクタから吸入する二次空気量の計測には自作のベンチュリ管を検定して用い，また空燃比の計測には密度型混合比計を使った。

CO の計測には，北川式一酸化炭素検知器と C 型検知管およびミヤベ式迅速ガス分析器を併用した。これは次のごとき理由による。北川式の方法は簡便で持ち運びが容易，いかなる環境でも短時間に測定でき，故障が少ないなどの利点があるが，その反面測定範囲が0~0.1%までなので希釈して測定せねばならず，比色によるため示度の標準色段階が0.01, 0.02, 0.03, 0.06, 0.1%と少なく，中間の判定が困難である。また温度や時間の影響をかなり受けるなどの欠点があり精度に不安を感じたのでガスクロマイグラフと比較検定を行い，その結果測定にかなりの注意を必要とすることがわかった。そのために台上試験では精度の高いミヤベ式を併用して測定値の信頼度を高めた。

この報告に用いたエゼクタと浄化装置本体は，試作と実験を重ね，その結果採用したものであり図3，図4に示す。

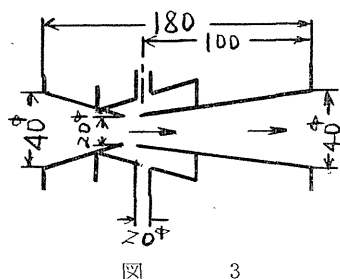


図 3

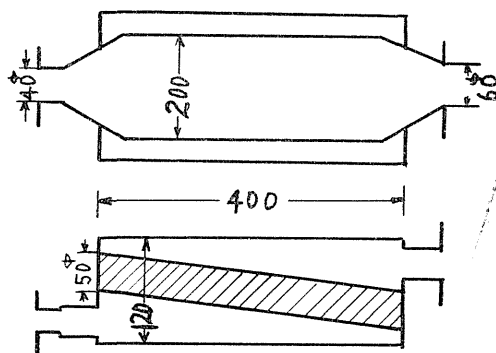


図 4

試験の方法としては，始めに浄化装置を取付けずに機関性能を計測し，次いで酸化銅網の触媒を入れた装置を取付け，機関性能と同時に排気ガス中の浄化前後のCO%，空燃比，エゼクタよりの二次空気量，各計測点における温度，圧力などを計測した。触媒の量を変えて同様な計測を行い，浄化率と空間速度（S.V.値）との関係を出した。

3.2 実用耐久試験

台上試験に用いた装置を自動車の床下に入るように若干改造し，39年夏本州，北海道，四国一周の約6,500kmおよび40年夏西日本一周約2,600kmと二回にわたって，下記要領にしたがって実車による実用耐久試験を行った。

3.2.1 第一回排気ガス浄化装置実用耐久試験

試験期日 昭和39年8月7日~9月7日

走行経路 日立-青森-北海道-弘前-新潟-京都-四国-宇野-東海道-東京-日立

走行距離と時間 約6,500km, 約250時間

使用自動車 トヨタエスバン改良型 1960年式

機関 P型水冷直列4気筒 OHV 997cc

内径×行程 69.9×65mm

最大出力 45PS/5,000rpm

浄化装置と触媒 台上試験浄化装置改造型 酸化銅網10メッシュ 3.15kg

CO 計測方法 北川式一酸化炭素検知器とC型検知管

試験方法 アイドリング時(約700rpm), 40km/h 走行時(約2,080rpm), 50km/h 走行時(約2,600rpm)の3段階にわけ200kmごとに浄化前後のCO%と装置の温度を計測した。

3.2.2 第二回排気ガス浄化装置実用耐久試験

試験期日 昭和40年8月1日~15日

走行経路 日立—東京—東海道—山陽道—山陰道—裏日本—新潟—日立

走行距離と時間 約2,600km, 約100時間

使用自動車と浄化装置 第一回と同じ

使用触媒 水酸化アルミ70%, γ-アルミナ10%, 酸化銅20%を直径2~4mmの粒状に加工したもの3.5kgと酸化銅網3.5kgを交互に重ねた。

CO 計測方法と試験方法 第一回に準ずる。

第一回実用耐久試験の結果銅網だけでは耐久性に疑問を生じたので、上記のように粒と網をサンドイッチ

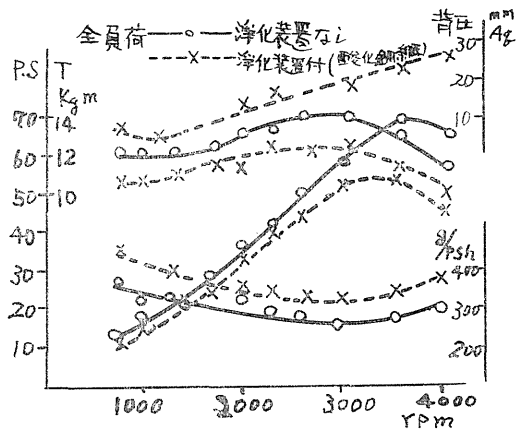


図 5

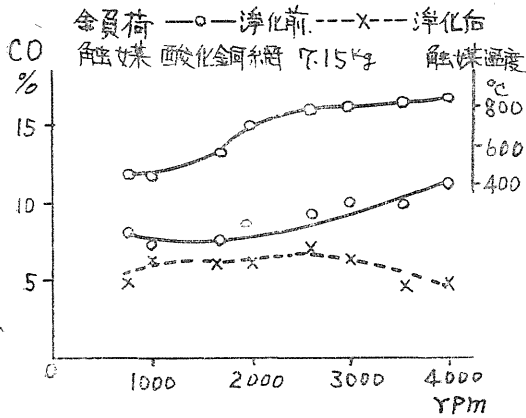


図 6

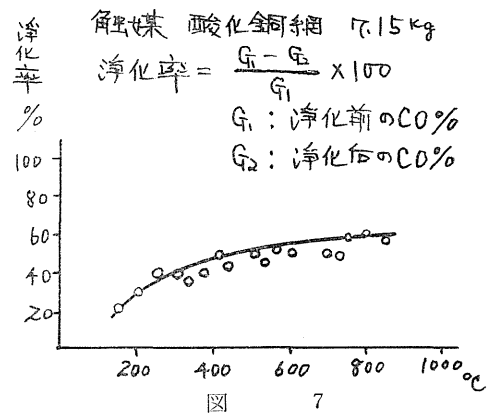


図 7

にして用いた。

3.3 実験結果

3.3.1 台上試験結果

図5に浄化装置なしと浄化装置付の機関性能曲線の比較を示す。COの多く出ている悪条件の場合の浄化性能の一例を図6に示す。図7に触媒温度と浄化率の関係を示す。その他背圧とエゼクタ，空燃比と浄化率，酸化銅を主体とした各種触媒，空間速度と浄化率などのデータがあるが紙面の都合で後日に譲る。

3.3.2 実用耐久試験結果

図8と9に，図中記入の条件の下に行った実用耐久試験結果のまとめを示す。

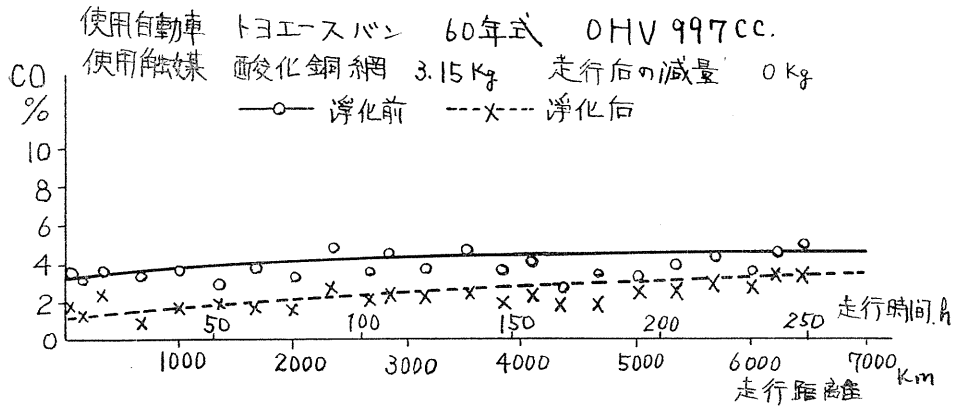


図 8

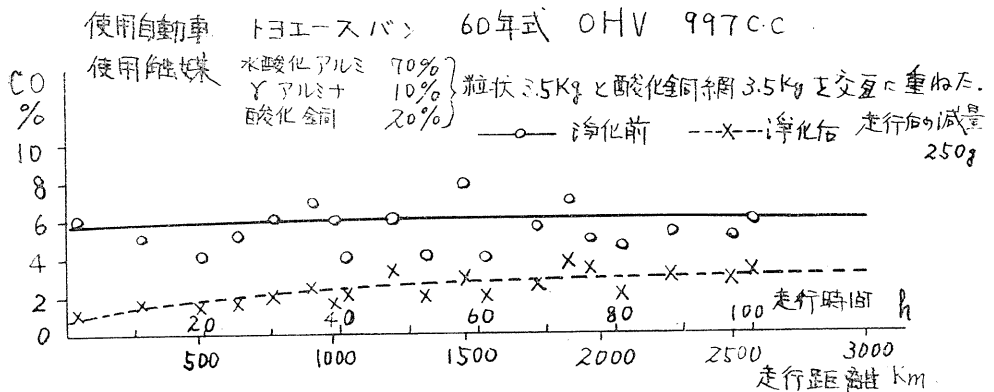


図 9

4. 実験結果の考察

4.1 台上試験

図5によれば浄化装置を取付けると平均約9%の馬力損失があり，これは背圧増加のためと考えられる。触媒を入れない装置をつけた場合でも約5%の損失がみとめられたので，この原因はむしろ二次空気を吸入するためのエゼクタの絞り抵抗によることがわかつ

た。このことは中小型車において影響が大であると考えられる。図6にはCO浄化の結果と触媒温度を示したが、浄化後のCOが5%を越えることがあるのは問題である。計測値にばらつきが多かったが、これはCOの計測法の欠陥と言うよりも、むしろ内燃機関の燃焼状態が種々な因子により左右されることに原因があると考えられる。触媒の量については、空間速度を $30,000\sim 40,000\text{h}^{-1}$ とするように設計にとり入れた装置がよい結果を得た。

4.2 実用耐久試験結果の考察

第一回実用耐久試験に用いた触媒は酸化銅網であり、走行距離が多くなるにしたがって浄化性能の低下の傾向がみとめられる。6,500km走行後の銅網の状態は、排気ガスの強くあたったところは、素線が損耗してしまったり細くなったりしており、使用限度は約10,000kmと考えられる。しかし耐久試験後の銅網の重量は試験前とほとんど変わらなかった。この理由はエゼクタ部から道路の塵埃を吸込んだり、排気中のカーボンなど固形物質が付着したためと思われる。

第二回実用耐久試験には第一回の結果を考慮に入れ、浄化性能と耐久性向上のため、触媒を変えてあるが、やはり前回と同様走行距離が増すとともに浄化性能の低下は免れなかった。さらに今回は粒状触媒の減量をはじめの増もあったことも無視できなく、この原因は熱や機械的振動で破損した触媒が排気によって大気中に放出されたことによる。

実験は計測器の関係でCOだけの測定に終り、炭化水素や酸化窒素、鉛化合物にまで及ばなかったことは心のこりであった。

5. 結 言

以上自動車用ガソリン機関の排気ガス浄化について、特に安価で入手容易な酸化銅を使った触媒式コンバータによるCO浄化の問題と取り組んで研究を重ねた結果、次のごとき結論に達した。

1. この装置と触媒によると、我が国のCO排出規制3%以下の条件を満足させることはむずかしい場合がある。
2. 実用耐久試験の結果、5,000km程度で触媒を交換することが必要と考えられる。しかし銅網素線の太いものを使えば耐久性の向上が得られる。
3. この装置で消音器の機能までもたせることは無理で、エゼクタ部からもれ出る音は大きく、その消音にかなりの困難を伴うことがわかった。
4. COの計測に北川式一酸化炭素検知器を使ったが簡便であるが精度に劣り、ミヤベ式迅速ガス分析器では精度よく測定するために、かなりの熟練と時間を要した。
5. 酸化銅を触媒とする本装置については、なお解決すべき多数の事項があるものと考えられる。

終りに本研究に助言を戴いた本学工業化学科教官各位と熱心に協力された内燃実験室の軽部秋次郎氏および昭和39, 40, 41年度卒研学生諸君に深く感謝いたします。

参 考 文 献

- 1) 西脇，他； 機械学会誌， 67—541 (昭39—2)
- 2) 常谷， ； 石油学会誌， 6—8 (1963) 40
- 3) 小早川， ； 内燃機関， 5—10~12
6—1~2