

震災時の市街地におけるタンクローリー車火災の延焼性状について

中 川 輝 男*
 松 川 渉**
 佐々木 軍 司***
 赤 萩 勇***
 八 尾 和 人****
 熊 沢 将 夫***

1. はじめに

自動車火災に関する研究については、過去昭和45年度と昭和48年度の2回実験を行っており、この2回の実験により自動車の燃焼性状や周囲におよぼす影響等の問題点については、ある程度説明がなされたが、都内を走行する3000台以上の危険物を積載するタンクローリー車の燃焼性状については、資料も少なくいまだ未解明の部分が多いが一般的にはこれらのタンクローリー車が火災となった場合、大きな被害が発生するであろうと考えられている。今年度はこれらの問題点を解明するため、昨年に引き続き科学技術庁より研究委託を受け、学識経験者等13名からなる自動車火災実験委員会を構成し、実大規模実験による研究を行ったものである。その研究結果がまとまったので報告する。

2. 研究の目的

大地震により、交差点において危険物タンクローリー車が衝突事故を起し、タンク本体から流出した油に着火し火災となった場合、周囲の市街地および自動車群におよぼす影響を解明することを主たる目的とした。その各々の研究事項については次のとおりである。

- (1) 危険物タンクローリー車の火災性状の把握。
- (2) 舗装道路に自動車燃料などが流出し燃焼した場合に、周辺建物および自動車群におよぼす延焼性状の把握。
- (3) 道路延長方向に市街地建物および自動車群が延焼拡大する性状の把握。
- (4) 道路およびその周辺における熱気流の温度分布およびガス濃度の把握。

3. 実験の日時、場所および気象

- (1) 日時 昭和49年12月12日(木) 8時より12時まで
- (2) 場所 江東区辰巳三丁目先12号埋立地
- (3) 気象 天候 晴, 気温 9℃ 湿度 40%
 風位・風速 NNE・6 m/s

4. 実験の設定

実験に使用した市街地モデルは広さ9万 m^2 の場所に図一のように道路、建物、自動車等を配置し実施した。その各々の設定条件は次のとおりである。

(1) 実験用道路

実験用道路は長さ南北67m、東西57m、幅員20m(歩道6mを含む)とし、車道部分は厚さ50mmのアスファルト舗装を施し、直角に交差させた。また道路は中心から路肩にかけて2/100の傾斜をつけ、都内幹線道路とはほぼ同様の構造としたが、下水溝等の地下埋設物は実験場の制約等により設けなかった。

(2) 実験用建物

実験用建物は間口3.64m、奥行5.46m、建築面積19.8 m^2 、延べ面積39.6 m^2 のプレハブ造2階建物とし、交差点南側の両角に各々1棟づつ建てた。建物の内壁はベニヤ張りとし、外壁は防火構造に近づけるため、カラートタンおよび石綿板張りとした。また建物は店舗を想定して道路に面する1階部分は開放とし、建物内には火災荷重として1 m^2 あたり50kg(1棟当り2000kg)の木材を挿入した。

(3) 実験用建物代用塀

実験用建物代用塀は2階建建物の代用として、道路に沿って設け、塀は高さ3.6mの木造とし、外壁は延焼程度の差異を把握するためにトタン板、石綿板、ベニヤ板張りの三種とした。また1階に相当する部分は建物と同様開放とし、火災荷重として塀の裏側に1 m^2 当り160kg、計24,100kgの木材を幅2mの帯状に積んだ。

* 第一研究室長 ** 研究所付 *** 第一研究室
 **** 第四研究室

(4) 実験用自動車

実験用自動車は10K ϕ 積みタンクローリー車1台、トラック10台(ダンプカー1台、4t積トラック4台、2t積トラック6台)、乗用車15台、ライトバン10台の計36台を使用し、タンクローリー車の1・2槽には4000 ϕ のガソリンを、トラック荷台には総計10.8tの木材および760kgのダンボール箱を積み、自動車の燃料タンクには燃料として軽油およびガソリンを各々3種の積載料に別けて充填した。またタンクローリー車の吐出口(65mm ϕ)には遠隔操作による開放装置を取り付け、マンホールはタンクの爆発防止のため蓋が自由に開くようにした。

5. 計測の設定

(1) 温度の測定

熱気流および建物、自動車等の温度測定には熱電対を用い、熱気流の温度測定のため交差点四角の歩道上にA、B、C、Dのポール4本、および南側道路端にE、F2本のポールを建て、A、B、C、Dポール上の3、8、13mの位置とE、Fポール上7、13mおよびC、EならびにD、Fポールの7、13mの位置に鋼線を張り、その中間点にそれぞれ測温点を設けた。また自動車の燃焼温度等の測定のため、タンクローリー車にはボンネット上および各槽内に測温点を設け、その他の自動車についてはボンネットまたは運転席屋根に各1点設けた。建物および建物代用塀については、1、2階の軒下部分に各1点、計28点設けた。

(2) 放射熱の測定

放射熱の測定には輻射計を用い、東、西、南側は交差点中心から40m位置に、北側は50mの位置で各々地上1.5mの高さに設定し測定した。

(3) ガス濃度の測定

火災による発生ガス濃度の測定のため道路上X、Y、Zの3測定点を設け、X点は交差点中心から南へ17mの地上3mの位置に、Y点はE、Fポールの地上13mの位置に鋼線を張り、その中間点に、Z点は南端中央の地上3mの位置に各々設け、赤外線式ガス分析計によりCOガス、CO₂ガスおよびO₂ガスの三種について濃度を測定した。

(4) 気象観測

気象観測にはセルシン型風向風速計を用い、実験場東北部に設置した測定室付近の地上5mの高さに設定し、実験5日前から観測を実施した。

(5) 目視、写真観測

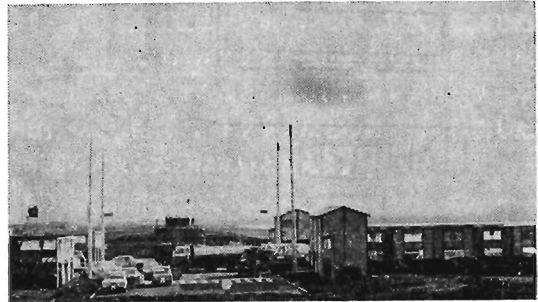
目視および写真観測は実験場交差中心より80m離れた東、西、北に設けた高さ1.8mの観測所および北東、北西に設けた高さ5mの観測塔より、各種カメラおよ

び目視観測員により実験開始から終了まで実験状況の観測を実施した。

6. 実験の経過

(1) 流出開始

遠隔操作によりタンクローリー車右側吐出口から流出したガソリンは、交差点中心より南東方向(A号建物)に流出拡大し、1分30秒後には縁石部まで拡大した。北および西側へのガソリンの流出範囲は、交差点中心から2m~3mまでであった。



(2) 点火

ガソリン流出開始2分35秒後にガソリンに点火し、点火と同時にガソリン流出範囲は火の海となり、1、2、7、8号車は火炎に覆われた。点火30秒後には1、2、3、6、7、8、10号車に着火し、タンクローリー車マンホールからは火炎が噴出し、黒煙が地上15mまで達した。



(3) 点火5分後

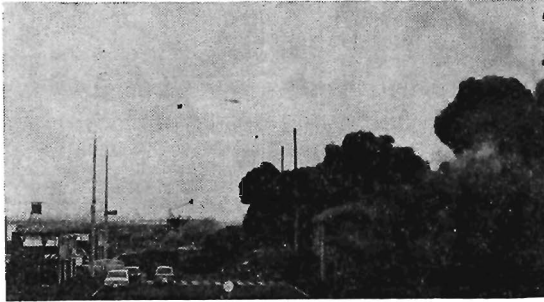
ガソリンおよび自動車の火炎は北々東の風によりB



号建物の方向に傾き、9、14、15、18、22、23号車に延焼するとともに、B号建物内の可燃物に着火し、建物隙間より白煙が噴出し始める。

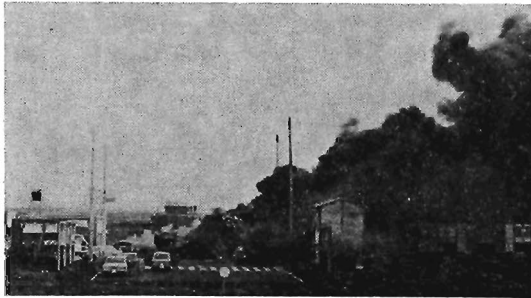
(4) 点火10分後

B号建物の燃焼は最盛期となり、2階軒下より火炎が噴出し、隣りのI号建物代用塀に延焼する。この時点における各種ガス濃度はCO 0.2%、CO₂ 2.2%、O₂ 19.6%の値を示した。



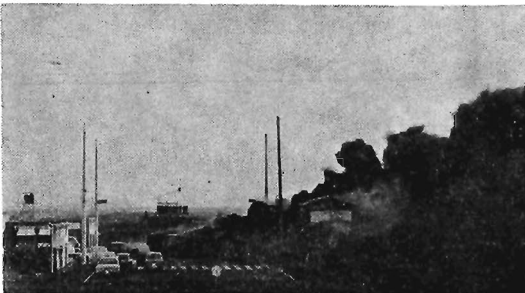
(5) 点火15分後

B号建物の燃焼は衰えてきたが、それに変わって建物代用塀および集積木材に順次延焼し、PおよびJ号建物代用塀が燃焼している。自動車はまだかなりの勢いで燃焼しており、新たに19、24号車に延焼する。



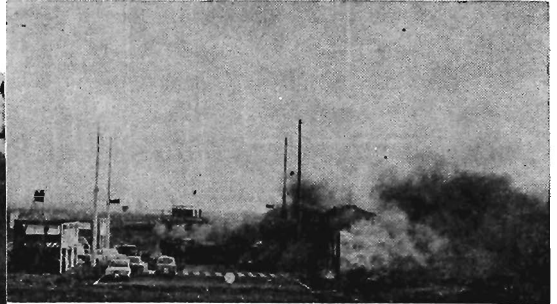
(6) 点火20分後

タンクローリー車内のガソリンもほとんど流出し終りマンホールからの火炎の噴出も小さくなった。またタンクローリー車等の最初に着火した自動車の燃焼も衰え始め、B号建物の可燃物は全部焼失してしまった。



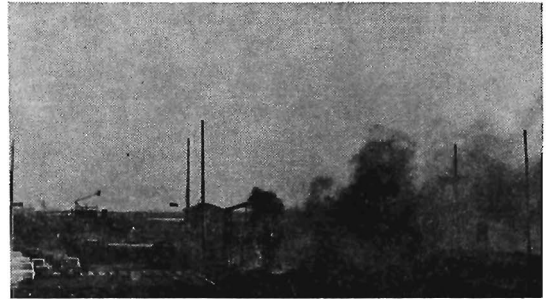
(7) 点火30分後

タンクローリー車マンホールからの火炎の噴出もなくなり、自動車の燃焼もタイヤおよび荷台等の一部が燃焼している程度で、建物代用塀もM号建物代用塀に延焼したが、I、J、K、L、P号建物代用塀の燃焼は衰えている。



(8) 点火50分後

流出したガソリンにより延焼した自動車、建物および建物代用塀は完全に焼失したが、風上、風横に位置した自動車、建物および建物代用塀は一部黒く変色した程度で延焼しなかった。



9. 実験の結果

(1) ガソリンの流出範囲および定常燃焼範囲について

目視観測、写真観測および自動車の測定温度からガソリンの流出および定常燃焼範囲を分析すると、自動車の測定温度では図-2に示すようにガソリン吐出口の西側に位置したタンクローリー車ボンネット部、東側に位置した7号車および北側に位置した6号車の各測温点の温度変化をみると、各測温点とも点火と同時に600~800°Cの高温度を示しているが、点火7~8分後は100°C前後に低下している。これは点火前にこの位置まで流出していたガソリンが点火後7~8分間で燃焼してしまい、その後はこの位置まで流出してこなかったことを示している。またタンクローリー車と南東道路角との中間点に位置する8号車の温度変化を

見ると、前記した各測温点のような性状を示さず、ガソリンの流出が終了するまでの点火22分後まで1000°C程度の値を示しており、この範囲で定常燃焼していたことを示している。これらの範囲を実線および点線で結ぶと図-1のようになり、実線で囲まれた範囲が最大流出範囲で点線で囲まれた範囲が定常燃焼範囲である。この範囲は目視観測および写真観測とはほぼ一致しており、面積で示すと最大流出範囲は約110㎡、定常燃焼範囲は約70㎡であった。

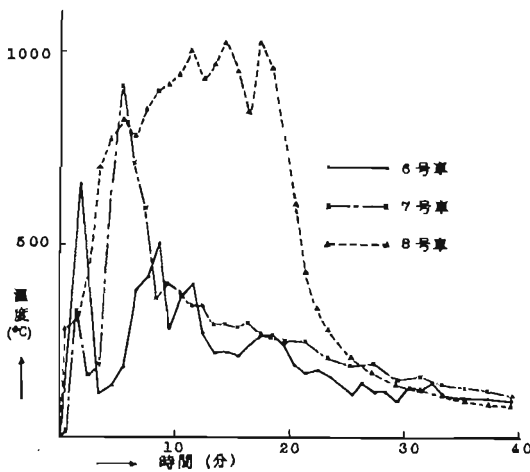
一般にはガソリンが流出しながら燃焼した場合、無制限に拡大していくものと思われているが、過去の実験等から坂道等の著しい傾斜地を除けば、無制限に拡大することなく流出量と燃焼量とがバランスした範囲にとどまり、今回の実験においても、それが認められた。その定常燃焼範囲を式で表わすと次式のようになる。

$$Q = \pi r^2 v$$

Q : ガソリン流出量 (m³/min)
 v : 燃焼速度 (m/min)
 r : 燃焼面半径 (m)

この式から定常燃焼面積を算出すると、 $Q = 0.2 \text{ m}^3/\text{min}$ 、 $v = 0.005 \text{ m/min}$ とすれば40㎡となる。この面積は前記した実測値70㎡とは差があるが、これはタンクローリー車からのガソリンの流出量が一定していないためと思われる。

図2 自動車温度曲線



(2) タンクローリー車の燃焼特性について

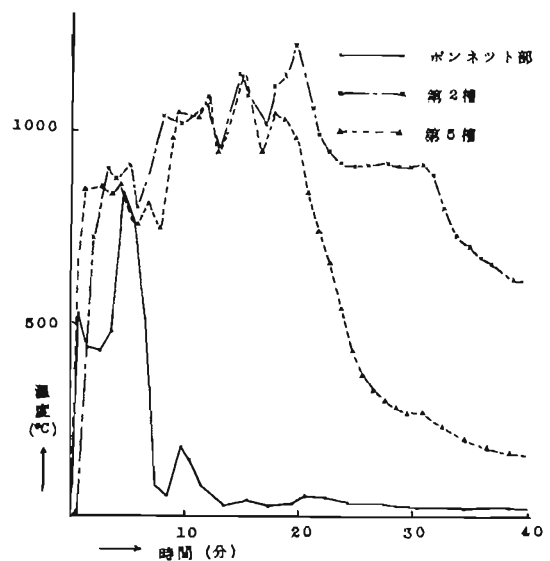
タンクローリー車は周囲に流出したガソリンの燃焼により車体全体が激しい火熱を受け、図-3に示すように点火と同じに各測温点とも500°C以上の高い温度となり、ガソリンの流出が終る点火22~23分後まで約1000°C前後の温度を示していた。一方燃焼性状につい

ては、火熱によりタンク内のガソリンに引火しマンホールより8~10mの火炎を吹き上げ激しく燃焼したが、点火25分後頃には火炎の吹き出しは見られなかった。実験中に第2槽と第5槽のマンホールの蓋が開放状態になったが、その理由として第2槽のものについてはガソリンの燃焼による急激な圧力上昇が生じたためと推定され、点火8分後頃にその原因とおもわれる火柱の吹き上げが認められた。また第5槽のものについては流水試験の時に使用した水が少量残っていたため、これが加熱され急激に気化することによる内圧力の上昇によるものと思われる。このようにタンクローリー車の燃焼性状はマンホールの蓋を開放状態にした場合においては、ガソリンが流出拡大して他の自動車や建物に延焼させることを除けば、タンクローリー車自体の燃焼性状は、トラックなどの可燃物を積載した車両の火災と大差はないと言える。

(3) 放射熱について

放射熱の測定結果は図-4のとおりである。方向別に値を見ると北、西、南、東側の順で、風上である北側が特に高い値を示しているが、これは煙、自動車等の障害となるものがなかったためと思われる。この北側40mの位置における放射熱の受熱量(900kcal/m²h)をこの火災の標準受熱量と仮定し、木材の延焼可能距離を求めると12.6mとなる。しかし今回の実験におい

図3 タンクローリー車温度曲線



てはA号建物、建物代用塀は延焼可能距離内にあるにもかかわらず着火しなかった。この原因としてA号建物および建物代用塀が風上、風横に位置したため、風による冷却作用や黒煙による遮熱作用および放射熱の

受熱角度等に起因したものと考えられる。また防火被服を着装した消防隊員が長時間消火作業に従事することができる許容受熱量は概ね2,160kcal/m²h以下とされており、マンホールから火災の噴出等による一時的な放射熱の増大する時期を除けば、今回の実験においては26m程度の安全距離を保てば防ぎよ可能と思われる。

(4) ガス濃度について

ガス濃度の測定結果は図-5に示すように、COガスについてはX測定点で0.2%と高濃度を示したが、Y、Z測定点においてはほとんど検出されていない。CO₂ガスについてはX測定点で2.2%、Y測定点で1.9%の最高値を示し、O₂ガスはX測定点で燃焼最盛期の時に19.5%、Y測定点で20.3%の最低値を示した。これらの値を見るとY、Z測定点におけるガス濃度については、避難上問題はないが、X測定点のCOガス濃度は人体の安全限界値に達しており、また実験中においては道路上には濃煙が充満し、道路上の温度も自動車等の燃焼により100℃前後の温度を長時間継続していることから、これらの火災の発生した道路を避難道路として使用することは不可能と思われる。

(5) 焼損状況について

今回の実験における焼損状況および自動車等の温度

変化は図-1のとおりで、ガソリンの流出範囲および風上側に位置した自動車、建物および建物代用塀は、ガソリン燃焼により順次延焼拡大し、自動車20台および建物1棟、建物代用塀7棟分が焼損した。自動車相互の延焼性状については、昭和48年度の実験と同様、ガソリンの燃焼による放射熱の影響があるうちは延焼力は大きい、ガソリンの燃焼が衰えるにつれて自動車相互の延焼力も弱まり、次々に延焼していく現象は認められなかった。またアスファルト舗装道路が燃焼すると思われていたが、今回の実験ではアスファルトの油成分は焼失してぜい弱な性質となるが、アスファルトが燃焼して延焼の媒体となる現象も認められなかった。

あ と が き

今回の実験において、タンクローリー車火災が周囲におよぼす影響についてはある程度解明されたが、実験場の制約等により、タンクローリー車自体の爆発等の危険性および下水溝等の地下埋設物を設けた場合の、流出拡大および燃焼性状の変化については解明することができなかった。また実大規模による火災実験研究のため経費の関係で繰り返し実験をすることは不可能であり、今回の実験は千変万化する火災状況の1

図4 放 射 熱 曲 線

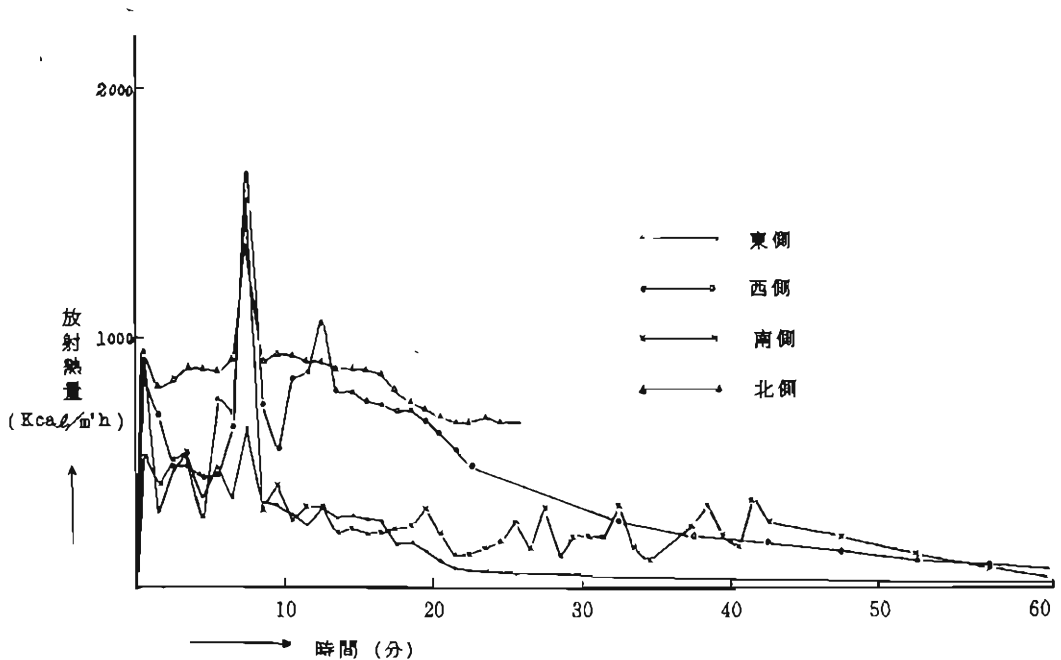
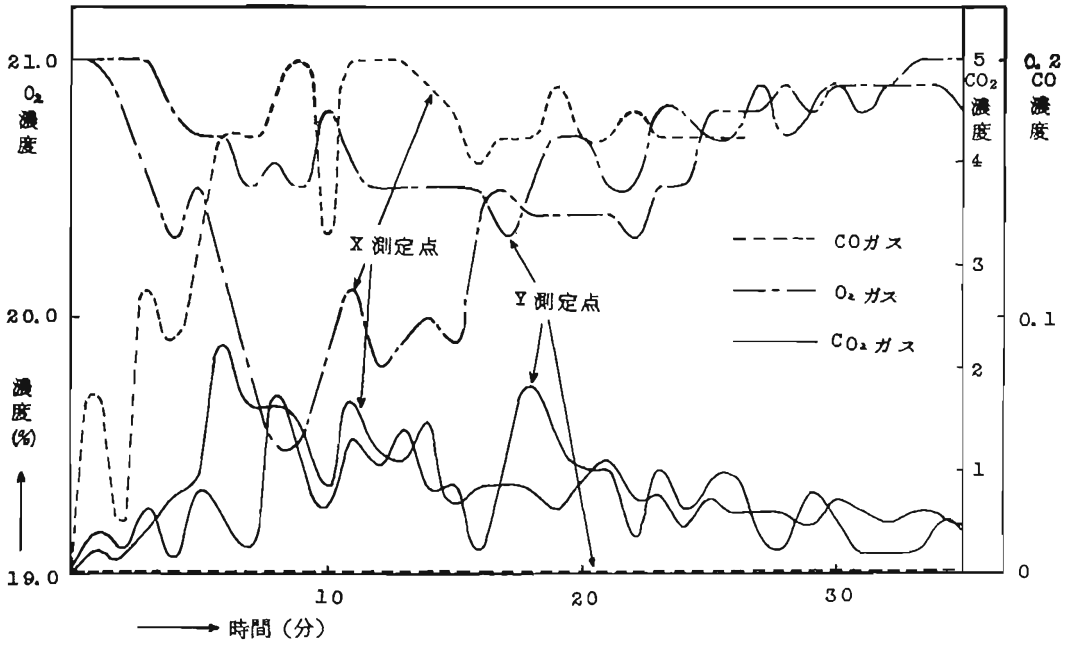


図5 ガス濃度曲線



パターンを想定して実施したにすぎない。従って今後
も機会を得て多くのパターンについての実験を行い、

今回の実験において不足している点を補っていき
たい。