

## 都市防災技術の研究

— 石油コンビナート地域火災対策へのアプローチ —

高原 栄重\*

### 1. 変化する被害ポテンシャル

#### 1.1 災害の発生メカニズム

はじめに簡単に災害の発生メカニズムの考え方を整理し、以下の記述の理解の便に供したいと思う。

災害は原因ポテンシャルと被害ポテンシャルの交りによって発生する。原因ポテンシャルには地震や大雨のような自然現象と、汚染物質の放出や火災のような人為的な原因によるものがあるが、ともかく災害は、原因になるポテンシャルが存在しなければ起ることはない。

被害ポテンシャルは被害を受ける人や物の量や質のことである。災害は原因ポテンシャルが存在しても被害ポテンシャルがこれと交る形で存在しなければ起ることはない。大平洋の孤島で台風や地震が起きても災害にはならないようなものである。

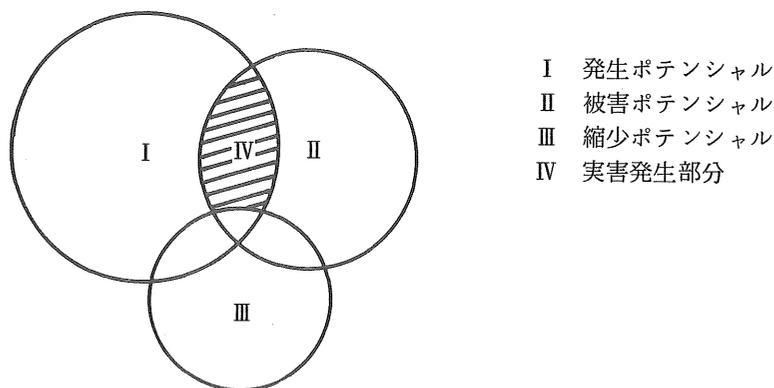


図1 災害の発生構造

ところが一方で、原因ポテンシャルと被害ポテンシャルの交りを小さくする方向に働く一群の集合が考えられる。これをここでは縮少ポテンシャルと呼ぶことにしよう。たとえば、地震火災にお

\*農林工学系

ける耐火建築物の増加、木造密集市街地内の緑地の存在などがこれである。

大規模災害に対し、都市を構造的に安全にするためには、この三種類のポテンシャルをどのようにコントロールするかにかかっているように思える。

## 1.2 これからの地震火災

### (1) 被害ポテンシャルの変化

よくいわれる話であるが、わが国では都市を安全にする機会を二度失った。一つは関東大震災後の復興において、他の一つは、第二次大戦後の復興においてである。震災と戦災の復興において安全な都市づくりへの配慮がもう少し払われていたら、現在のような危険な都市にはなっていなかったにちがいない。震災後や戦災後の住民の苦悩の深さを思うと後世のわれわれがそのような批判をすることにじくじたるものがないわけではないが、やがて起るであろう地震災害の大きさを思うと、やはり私も一度は口にしておきたいと思う。

というのは他でもない、われわれ自身の責任で解決しておかなければならない課題を山ほどかかえているからである。昔安全な都市づくりがなされていても、都市の安全性が将来にわたって保障されるということにはならない。都市の安全性は技術の進歩や生活様式の変化によって絶えず変化し、これに対応することがそれほど容易ではないと思われるからである。子孫から同じような批判を受けることだけは避けたいものだ。

### (2) 危険物として登場してきた石油

市街地の大規模化、都市機能の複雑化と高速度化、都市住民の災害に対する弱体質化、自動車の氾濫、高層建築物や地下街の拡大など、都市には現在、大震災の洗礼を受けたことのない新たな事象が著るしく増加している。中でも、市街地内や隣接地に散在する石油や高圧ガスが大地震時どのようなふるまいをするかについては、もっと大きい注意と関心を払うべきではなからうかと私は考える。

参考までに1946年6月16日に発生した新潟地震（M. 7.5）時の石油タンク火災<sup>(1)</sup>の記録の一部を再録してみる。

「当工場（昭和石油新潟製油所）では、地震とともにNo. 33 1,000klタンク（当時96kl入）の引締パイプが側板から折損してガソリンが約8メートルの高さに噴出し、防油堤の破損箇所から流出した。その他のタンクについても地震動により大きくゆれ、満量のタンクは屋根の破損箇所より貯蔵油が流出した。

この他、地下水も各所から噴出し、さらに14時00分頃の津波によって50cm程度の浸水をしたうえに、タンクならびに機器配管の亀裂により流出した軽質油および重質油が浮遊して極めて危険な状態になった。

当製油所原油タンク5基、製品タンク10基の浮屋根は、地震の影響を受けて、それぞれ動揺し、特にNo. 1103タンク（満量タンク）は、地震とともに屋根が3～4回側板より上方に動揺し、同時

---

(1) 消防庁「新潟地震火災に関する研究」昭39年

に原油が上部から側板に添って周囲に溢流したが、4回目ぐらいの動揺時に火災が発生した。

その後、当製油所との境界付近の火災が当工場一帯に拡がり、瞬く間に全面火災となり、一部の施設を残して当工場はほとんど全滅した。

この他 No. 1101, No. 1102, No. 1104, および, No. 1105 の原油タンクも同様であって、ほとんど同時に火災を起した模様であり、原油タンクならびにタンクヤードは一面の火に包まれた。

これら原油タンクの上部には、ドライケミカル消火剤ボンベ(10キロ型)が数本宛常備されていたが、上述のような火災状況であったので消火剤の使用はできなかった。

この結果、No. 1103 の原油タンクは6月29日17時まで13日間、他の原油タンクは6月24日10時頃まで8日間燃えつづけ、その間の流出した原油の火によって、インテグレート装置の加熱炉、廃熱ボイラー、接触改質装置の反応塔、水素化処理装置及び水添脱硫装置の反応塔下部において、水素系混合油の火災が発生した。また、流出油によって高圧変電室も一部焼損した。………」

このようにして火災は翌17日になっても衰えず隣接する三菱金属工業へ飛び火した。

災害対策本部は化学消防車を県外から導入したり、自衛隊によって消火液を空から投下したりしたが火勢は衰えず、運河の対岸の9つのタンクに延焼し、付近の工場や民家に燃え拡がった。

その被害は、昭和石油、三菱金属工業、歴世鋳油、アジア石油の107基のタンクのうち84基と、臨海町、平和町、船江町の民家332世帯を焼いた。

昭和54年7月現在、わが国には石油コンビナート等災害防止法で「特別防災区域」に指定されている危険区域が79地区、42,000ha存在する。筆者らの調査によると<sup>(2)</sup>、地震火災を起した新潟地区に類似する特別に危険と考えられる地域が京浜臨海外7地域、約21,000ha存在する。

表1 特別防災区域中特に地震火災の危険性の大きい地域

鹿島臨海	22,722(千m <sup>2</sup> )	水島臨海	25,357
京葉臨海中部	44,660	姫路臨海	17,800
京浜臨海	32,870	北九州	23,554
名古屋港臨海	25,704		
堺・泉北臨海	16,900	合計	209,567

### 1.3 地震火災の特殊性

わが国の地震被害を大きくする原因はいうまでもなく、地震によって同時多発するであろう火災である。地震火災の特殊性を列举してみる。

#### (1) 突発性

地震が、いつ、どこで、どのような規模や震度で起るかを予知できるまでには、なお相当の年月を要するであろう。また、地震火災がどのような数と条件で起き、どのようなパターンで延焼拡大

(2) 「石油コンビナート等特別防災区域の緩衝地帯整備に関する調査報告書」建設省都市局、昭55年3月

(参考) 特別防災地域中コンビナートと市街地が隣接し、<sup>(2)</sup>  
石油及び高圧ガスの貯蔵並びに取扱量の多い地域

(地区類型1, 取扱量等の類型G<sub>L</sub>, P<sub>L</sub>)

量	地区積	No.	区 域 名	県 名	重複する類型	危険度
	A <sub>L</sub>	13 15 19 35 39 44 48 65	鹿島臨海 京葉臨海中 京浜臨海 名古屋港臨海 堺・泉北臨海 水島臨海 北九	茨城 千葉 神奈川 愛知 大阪 兵庫 福岡	4 2・3・4 2 3・4・5 6 4・5	G 1
	G <sub>L</sub>	3 12 20 23 36 52 55 60 71	室蘭 いわき 根岸臨海 新潟西港 四国市臨海 岩国・大竹 宇部 新居浜 大分	北海道 福島 神奈川県 新潟 三重 広島・山口 山梨 愛媛	5 5 2・6 3・4 4 5 4 4	G 2
	A <sub>S</sub>	14 47 54 63	京葉臨海北部 和歌山北部臨海・南 徳山・新南陽 松山	千葉 和歌山 山口 愛媛	3 5 4・5 4・5	G 3
	A <sub>L</sub>	13 15 19 35 39 48	鹿島臨海 京葉臨海中 京浜臨海 名古屋港臨海 堺・泉北臨海 水島臨海	茨城 千葉 神奈川 愛知 大阪 岡山	4 2・3・4 2 3・4・5 6 4・5	P 1
	P <sub>L</sub>	A <sub>M</sub> 20 36	根岸臨海 四日市臨海	神奈川 三重	2・6 4	P 2
	A <sub>S</sub>	47	和歌山北部臨海・南	和歌山	5	P 3

(注1) 危険度G1, P1は危険度が特に高いと判断される区域である。

(注2) 紙数の都合によりこの表の説明は省略する。

するかを予測することも相当に難しい問題である。

(2) 広域性

地震火災は広域にわたって同時に多発する。それは点や線の火災ではない。消防力を集中させることのできる平常時の火災とはだいぶ事情がちがう。

(3) 伝染性

地震火災は、地震によって建物が崩壊したり、水道管が破壊したり、陸上交通が杜絶したりする中で起る。延焼防止のための個人の努力や企業の努力には限界がある。地震火災は強力な伝染病のようなものである。

## 2. 地震火災対策

### 2.1 これからの地震火災対策が備えるべき条件

- (1) 時間と空間におけるゆとりの強化
- (2) 総合的な土地利用計画や都市施設体系への適合
- (3) 平常時への適合
- (4) 実効性と実現性の裏付

### 2.2 過去の都市火災対策

このような条件を満足させるような火災対策のヒントを得るため、筆者は、過去の都市火災対策とその効果について調査したことがある<sup>(3)</sup>。

それは主として江戸時代の火災対策、関東大震災後の復興計画及び第二次大戦後の復興計画における火災対策について文献によって調査したものである。そのデータは紙数の都合で割愛するが、結果として、上記の条件を満足させ、今日においても有効と考えられる手法として次のものを抽出した。

- (1) 危険物を特定の地域に集中させて対策を講じやすくすること。
- (2) 建物の耐火性を向上させるか、または類焼しにくい低建蔽率にすること。
- (3) 市街地大火を起す危険性の強い地域に対しては、緑地、河川、広幅員の道路、耐火建築物帯などの緩衝遮断帯で、市街地を分割（防火区画と称す）し、防火と避難に役立たせること。
- (4) 地震火災に対し保護を要しない区域を特定し、緊急対策を必要とするところへ集中的にこれを実施することができるようにすること。

### 2.3 地震火災対策のモデルパターン

筆者は、1973年8月、地震火災の防止軽減と大都市の環境保全のために、フィジカルプランとしての一つのモデルパターンを提案<sup>(4)</sup>した。

その内容は上記の条件や対策をベースにして立案したものである。

そのモデルパターンは、都市防火のための土地利用計画と、都市施設としての防災緩衝帯の二つからなっている。防火や避難のためのソフトな対策がこれと表裏一体する形で提案されねばならないはずであるが、将来の研究課題として残した。

また、この提案の相当部分は定量的な検討を待たずに行われている。実は、多くの人々の協力を得て、定量的な研究を、多方面に互って、能率的に実施してゆくためにも、このようなモデルパタ

---

(3) 「防災と都市計画」高原栄重 主要研究論文集 建設省建築研究所 昭和47年

(4) 「首都圏地域における都市防災の基本構想」高原栄重 昭和47年度建築研究所年報

ーンの存在が必要であると考えたからである。

(1) 都市防火のための土地利用制限

大都市の地震火災を防止するため、土地利用を次の四つに区分し、用途上の制限を実施する。

- a) 危険物地域
- b) 耐火建築物地域
- c) 低建蔽率地域
- d) 防災緩衝帯整備地域

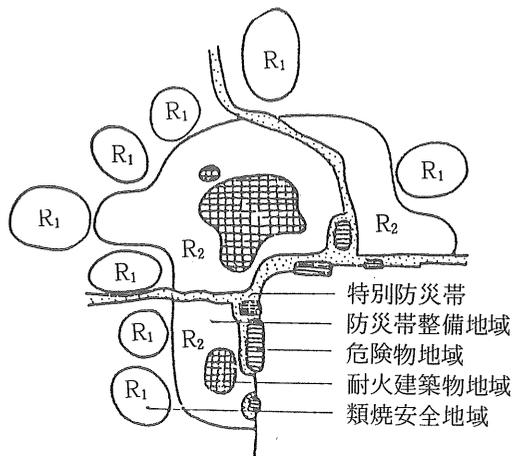


図2 地域区分のパターン

(2) 都市防災施設としての防災緩衝帯

まず、市街地の延焼を防止するため、上記 d) の地域について、日常生活圏、地形、都市施設、地域の歴史などを勘案してこれを大区画、中区画、小区画に地域区分する。

第二に、地域区分の手段として次の三種類の防災緩衝遮断帯を利用する。

- a) 特別防災帯
- b) 1級防災帯
- c) 2級防災帯

表2 防災帯整備地域区分（防災ユニットの内部構造）

名称	面積	区画基準	防火施設	備考
大区画 (L-unit)	約 1600ha 4km × 4km	生活行動圏 避難距離	防災拠点 2 避難路を含む防 災帯 (1級)	危険性の高い市街地は面積を縮少する 4周に防災拠点を設ける
中区画 (M-unit)	約 400ha 2km × 2km	避難距離 コミュニティ計画	防災拠点 1/2 避難路を含む防 災帯 (2級)	危険性の高い市街地は面積を縮少する 交叉点に防災拠点を設ける
小区画 (S-unit)	約 25ha 500m × 500m	宅地計画	火除地及び耐火 建築物指定	不燃市街地に近づけるような耐火建築 物や空地の確保につとめる 防災拠点周辺は耐火建築物及び空地の 確保を義務づける (防災規制区域)

表 3 防災帯の位置規模構造

名称	目的	位置	構造	巾員	備考
特別防災帯	爆発被害防止 類焼の切断 避難路	数個の大区画の 周辺 出火危険地域 の周辺	防災緑地、運動場、公園、河川、運河、保全地、道路、鉄道等	500m ～ 1000m	車道巾員が歩道及び沿道緑地の合計巾員より大きい道路は防災帯の構成に加えないこと
1級防災帯	類焼の切断 避難路	大区画の 周辺部	防災緑地、公園、幹線道路、河川、耐火建築物等	100m以上 耐火建築物の場合 50m以上	避難路は避難路網（体系）における幹線避難路としての性格を持たせる
2級防災帯	類焼の切断 避難路	中区画の 周辺部	公園、緑地、河川、保全地、歩行者専用道、耐火建築物等	50m以上	避難路は1本のパイプとして考えないで避難路網となるよう計画すること。2級防災帯は原則として車道とは分離し立体交叉させる。

(注) 巾員、構造については安全性及び平常時の機能について更に検討を要す。

なお、防災緩衝遮断帯を形成する素材は河川、運河、広巾員の道路や鉄軌道、緑地及び公園、耐火建築物帯などとする。

そして、首都圏地域にこれを適用すれば図4のようなパターンが予想される。なお、この図において防災帯は「特別防災帯」のみを図化してある。

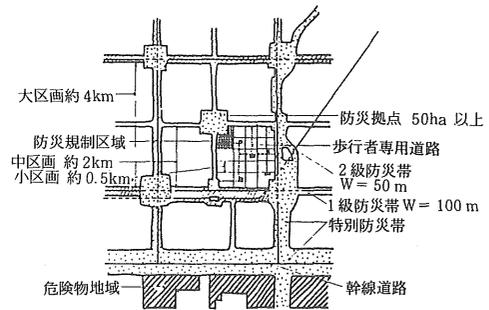


図 3 防災帯指定地域のモデルパターン

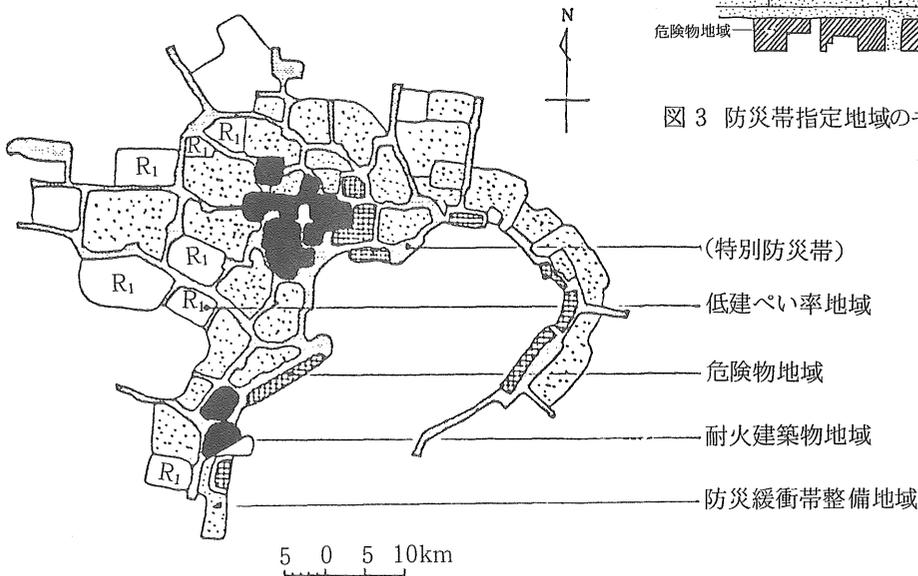


図 4 首都圏地域の都市防災計画図（案）

### 3. 石油火災における熱エネルギー分布の研究

以上は、わが国の大都市を地震火災から保護するために定性的な思考の流れをプロットしたものであるが、これを政策の組上への事業化をはかるためには、これの定量的な研究が不可欠である。また、その研究の結果如何によっては上記モデルパターンを改廃しなければならない場合も生じよう。

以下は、一連の都市防災研究の中から、石油コンビナート地域の特別防災区域をとりあげ、これと一般市街地を分離するために必要とする特別防災帯としての緑地の巾員を決定しようとする場合の基礎研究である「石油火災における熱エネルギー分布」に関する研究動向を報告しようとするものである。

#### 3.1 防災緩衝地帯の緩衝効果

##### (1) 研究の目的、経過、方法

モデルパターンの提案のうち最も重要なものの一つは、危険物地域を指定し、そこに危険物（主として石油及び高圧ガス等）を集中させ、その周辺に緩衝遮断帯を設けることであった。

このためには、そこに貯蔵され操作され運搬されている各種の危険物が地震によって火災や爆発を起したとき、その放射熱や爆風圧がどのように拡散するのか、緩衝地帯としての緑地や、その緑地の中にある盛土や、防火・防爆壁や、樹林がその拡散にどう影響するのか<sup>(5)(6)</sup>などについての研究が必要である。

ここでは、昭和56年5月に安全工学協会が中心になって実施した大規模「石油燃焼実験」をとりあげたい。しかし、その概要を理解するためには石油火災における放射熱分布の基礎的理論の一応の知識が必要であると考えるのでそれを要約して掲げておこう。

##### 〔放射熱分布の理論〕

石油火災による放射熱分布は一般に次式で求められると考えられてきた。

$$E = \phi R \quad (\text{Kcal/m}^2\text{h}) \quad (\text{式1})$$

ただし、

E : 放射強度 (Irradiance)

$\phi$  : 形態係数 (Geometrical Factor)

R : 放射発散度 (Radiant Emittance)

放射発散度 R は、 $R = \epsilon \sigma T^4 \text{ kcal/m}^2\text{h}$  であらわされる。 $\epsilon$  は炎の放射率、 $\sigma$  はステファンボルツマン定数、T は絶対温度であらわされた火焰温度である。

ところで、この R は表 4 に示すように、燃料の種類によってほぼ一定の値をとる。そこで、R を燃料の種類によって決まる定数  $R_f$  とみなすと式 1 は次のように書き直すことができる。

$$E = \phi R_f \quad (\text{Kcal/m}^2\text{h}) \quad (\text{式2})$$

---

(5) 緑地の放射熱緩衝効果の計量, 高原栄重, 都市計画 119号 (社) 日本都市計画学会, 昭和57年5月

(6) 緑地の爆風圧緩衝効果について, 高原栄重, 造園雑誌, 45巻2号, (社) 日本造園学会 昭和56年10月

表 4 各種燃料の輻射発散度 (R<sub>f</sub>)

代表物質	輻射発散度 Kcal/m <sup>2</sup> h	輻射発散度を代表物質と同じとみなす物質
	×10 <sup>3</sup>	
カフジ原油	35	潤滑油, スラックスワックス・オイル, 原油
ガソリン	50	アクリロニトリル, 酢酸ビニル, Aガソリン, Rガソリン
ナフサ		ジメチルフォルムアルデヒド, 揮発油
灯油	43	白灯油, 茶灯油
軽油	36	
重油	20	フタル酸ジブチル, シクロヘキサノン, A重油, ミナス重油
ベンゼン	53	粗ベンゾール, ベンゾール, エチルベンゼン, 溶剤
ヘキサン	73	コールタール, アセトンシアンヒドリン
メタノール	8.4	
エタノール	10.5	
L N G	65	
L P G	85	
エチレン	115	

L N G (Liquefied Natural Gas 液化石油ガス)  
主成分 メタンガス (CH<sub>4</sub>)

L P G (Liquefied Petroleum Gas 液化石油ガス)  
主成分 プロパン (C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>) ブタン (C<sub>4</sub>H<sub>10</sub>)

次に, 形態係数  $\phi$  は, 炎の形を単純な有限長の円筒とみなした J. H. McGuire の式<sup>(7)</sup>か, または, 円筒の見えかかりをすべて計算した E. M. Sparrow の式<sup>(8)</sup>を用いるのが一般的である。

McGuire 式

$$\phi = \frac{\cos \theta}{\pi} \left( \frac{1}{n} \tan^{-1} \frac{m}{\sqrt{n^2 - 1}} + \frac{m n}{\sqrt{(n^2 - 1)^2 + m^2 n^2}} \tan^{-1} \frac{\sqrt{n^2 - 1}}{\sqrt{(n^2 - 1)^2 + m^2 n^2}} \right) \quad (\text{式 3})$$

$m = H / R$                       H : 円筒の高さ (炎の高さ)

$n = L / R$                         R : 円筒の半径 (炎の半径)

L : 円筒の中心から受熱面までの距離

(7) J.M. McGuire : Heat Transfer by Radiation Fire Reserch Special Report No.2 P11  
H. M. Stationary Office, London. 1953

(8) E. M. Sparrow and R.D. Cess : Radiation Heat Transfer, 302, 305, Brooks /cole, 1966

Sparrow 式

$$\phi = \frac{1}{\pi n} \tan^{-1} \left( \frac{m}{\sqrt{n^2 - 1}} \right) + \frac{m}{\pi} \left\{ \frac{(A - 2n)}{n\sqrt{AR}} \tan^{-1} \left[ \frac{A(n-1)}{B(n+1)} \right] - \frac{1}{n} \tan^{-1} \left[ \sqrt{\frac{(n-1)}{(n+1)}} \right] \right\} \quad (式4)$$

但し,  $A = (1 + n)^2 + m^2$

$B = (1 - n)^2 + m^2$

$m, n, H, R, L$  は McGuire 式と同じ

計算の一例を示す。木造市街地が類焼しないための限界輻射強度は  $2500/m^2h$  であるとしよう<sup>(9)</sup>。  
たとえばガンリンが大災を起したとき隣接市街地を類焼させないようにするためには、

$$E = \phi R_f$$

$$2,500 = \phi \cdot 50,000 \quad (R_f \text{ は表4から})$$

$$\phi = 0.05$$

形態係数  $\phi$  は 0.05 以下でなければならないということである。

ところで形態係数を求める(式3), (式4)はいずれも無次元の炎の高さ  $H/R$  をパラメーターとした円筒の中心から受熱面までの無次元距離  $L/R$  の関数としてあらわされている。

$H/R$  は燃焼する容器の半径と炎の高さの比であるが、これは従来、図5にみられるように燃焼油面が大きくなれば炎の高さは容器の半径の3倍(直径の1.5倍)近くに収斂するものと考えられてきた。

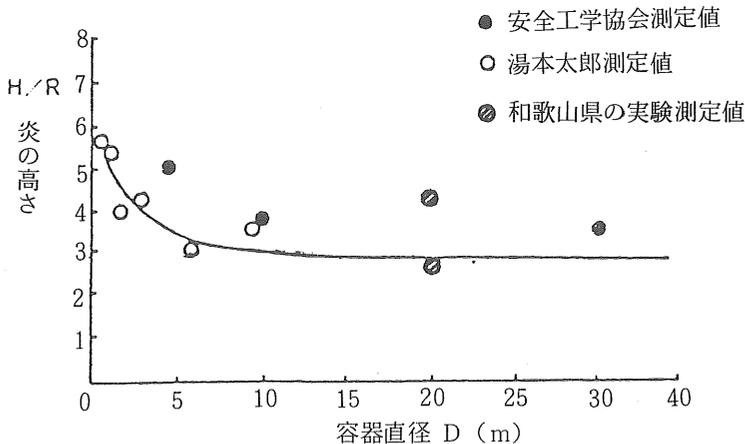


図5 容器の大きさと炎の高さの関係

であるから、形態係数  $\phi$  は専ら火炎円筒の中心から受熱面までの無次元距離  $L/R$  によってきまることになる。すなわち火災を起した油槽から市街地までの安全必要距離は  $\phi$  を 0.05 以下にするような無次元距離  $L/R$  を(式3)または(式4)から算出すればよいということになる。

(9) 藤田金一郎「輻射熱を受ける板壁の延焼安全限界」日本建築学会論文集 第50号 昭和30年3月

たとえば、ガソリンが円換算して半径 50m の防油堤で火災を起したとき、必要となる緑地の巾員 (L) は、(式 3) によって計算すると、約 275m ということになる。

すなわち、(式 3) によって  $\phi$  を 0.05 にする  $L/R$  を求めると約 5.5 となる。R = 50m であるから、 $L \div 275m$  である。

〔防災緩衝地帯計画標準作成調査部会〕

昭和 53 年、建設省都市局都市防災対策室は石油コンビナート等特別防災区域が大地震等によって災害を起したときに隣接市街地の安全を守るための施策を明らかにするために、上記の委員会を発足させた。

委員長は入沢恒(横浜国大教授)、委員は難波桂芳(東大名誉教授)他学識経験者として 5 名、関係各省代表、地震災害の危険性が特に大きいと考えられている地方公共団体の代表、石油業界の代表等総員 23 名で構成され、作業班として(財)都市防災研究所の職員数名が参加した。筆者は学識経験者委員の一人であった。

この委員会で問題になった第一の点は、上記の計算式中  $H/R \div 3$  に設定するのはおかしいのではないかという点であった。いままでの小形の実験ではたしかに  $H/R$  は 3 に近づいているが、水面火災のように燃焼油面が極端にまで拡大した場合にも、なお炎の高さが油面半径の 3 倍になるということは考えられないことである。

第二の点は、大規模火災になると酸素濃度が欠乏し完全燃焼する場合とは異なる輻射発散強度になるのではなかろうかという疑問であった。

そこで、いままでのような小形実験ではなく、実際の防油堤火災に近い大形実験を実施し、これらの疑問を確かめてみるべきだという話になった。また、その実験は建設省が主催するこの委員会とは別な組織で、必要な経費を調達して、実施するべきだということになった。

## (2) 研究の内容と成果の概要

(大形石油燃焼実験<sup>(10)</sup>について)

### i) 実験の方法

この実験は安全工学協会が、石油燃焼実験委員会を組織し、石油連盟ほか関連業界からの研究委託という形で行われた。実験委員会は委員長・難波桂芳(東大名誉教授)、委員 11 人、関係者 223 名、実験の総所要経費は約 2 億円であった。

実験の日時、 昭和 56 年 5 月 30 日(土曜日) 午前 5 時～ 10 時 30 分

実験の場所、 静岡県御殿場、陸上自衛隊富士学校、富士演習場

実験計画、 燃焼油面の規模、直径 30m (第 1 実験)、直径 50 m (第 2 実験)、直径 80m (第 3 実験) の 3 種類とする。

円形貯槽を造り、槽に水を張り、その上に灯油を 20 mm の厚さに張る。

灯油を用いた理由は、原油では燃焼時の蒸留効果により成分が時間的に変化し定常燃焼の状態が

---

(10) 安全工学協会「石油燃焼実験報告書」 昭和 56 年 12 月

得にくい、また規模の異なる貯槽間の燃焼特性の比較がむづかしいなどによるものである。

測定項目、 1 温度測定, 2 輻射熱測定, 3 液面降下速度測定, 4 燃焼ガス成分測定, 5 周囲気流測定, 6 火炎形状測定

なお、当日の気象は、第1実験時気温 20.2°C, 湿度 50.0%, 気圧 956.5 mmbal, 無風に近く、第2実験時は 22°C, 43.0%, 956.2 mmbal, 風速東北東 max 1.5 m/s, 第3実験時は、20°C, 64.0%, 956.0 mmbal, 南々東 max 5.0 m/s であった。

ii) 実験結果の要約

a) 炎からの輻射熱

図6は、輻射熱と無次元距離  $L/D$  との関係を示す。 $L$ は燃焼槽から輻射計までの距離である。図中、白丸を貫く縦の棒は1~4方向の輻射熱の最大最小値であり、白丸は平均値である。図から同一無次元距離における輻射照度は火炎の槽が大きくなると低下していることが分る。たとえば、 $L/D=1$ の位置において、50 m槽火炎からの輻射照度は30 m槽の火炎の約36%に低下している。

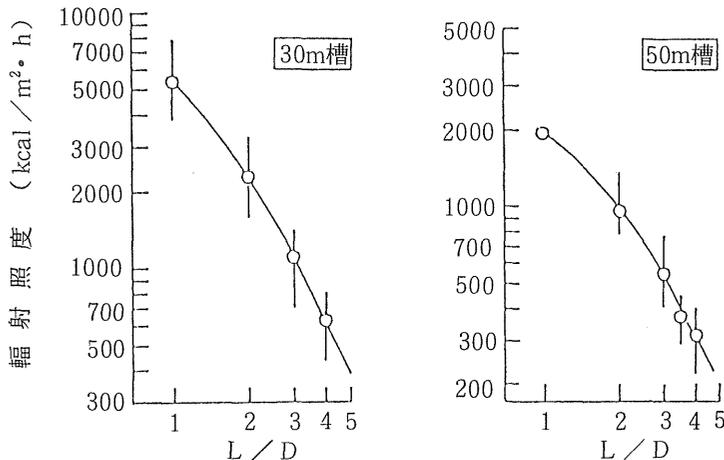


図6 無風と考えられる時刻における輻射熱と無次元距離の関係  
( $L$ は槽の中心から輻射計までの距離)

b) 火炎の高さ

火炎の高さは本来その定義が不明瞭であるが、この実験では火炎中の発光部分の出現頻度を写真から求める方法を採用した。すなわち、発光部分の高さ方向の頻度分布は槽縁に存在する火炎の発光を除けば、30 m槽で約20 mの高さ(直径の0.8倍)に最大値をもつ分布曲線が得られ、頻度が零に近くなるのは60 m以上(直径の約2倍)であることが分った。

火炎形状を円筒に近似させて計算から求めてみると、火炎の高さは直径の1.5倍という従来の推定値とあまり大きくかけ離れているものではなかった。

c) 燃焼ガス成分その他

紙数の都合で省略する。

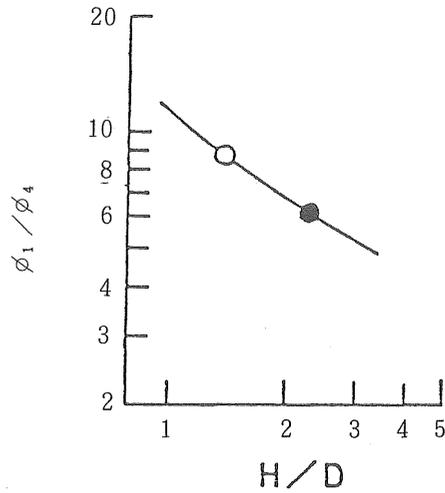


図7 周囲への輻射熱に有効な炎の高さの推定  
 ( $\phi_1 / \phi_4$  は 1D と 4D における形態係数の比, 白丸と黒丸はそれぞれ 30m 槽および 50m 槽の 1D と 4D における実測による輻射照度の比, H/D は無次元の炎の高さ)

### (3) コメント

この実験結果は今のところ解析中のものが多く、また、実験もただ一度のものであるので結論的なことがいえる段階に達してない。しかし、従来の計算式は燃焼槽が小規模で、燃料が理想的な状態で燃焼するときのみ適合するもので、燃焼槽が大きくなれば受熱面の輻射熱量が大巾に遞減するものらしいことが分った。すなわち、防災緩衝緑地帯の中は、特別防災区域内に存在する燃料の量が増加したり防油堤の規模が拡大してもそれに比例してそれほど大巾に拡大設置する必要はないらしいことが明らかになった。

この実験は第一、第二実験とも理想に近い気象条件のもとで計測することができたが、直径 80 m の第三実験では風が強くなり油が風下側に吹寄せられ水面が露出したため十分なデータが得られなかった。しかしそれを除外しても、なお石油燃焼実験としては、最大規模のもので、小形実験では解明できなかった多くの貴重なデータを得ることができた。