



油火災における輻射熱の影響について

メタデータ	言語: Japanese 出版者: 公開日: 2012-11-07 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 東海林, 明雄 メールアドレス: 所属:
URL	https://doi.org/10.32150/00001317

油火災における輻射熱の影響について

東 海 林 明 雄

北海道教育大学釧路分校物理学教室

Akio TOKAIRIN : On the Radiation of Heat from Oil Fire

は し が き

産業の発展, 文化生活の向上に伴う灯油・ガソリン等危険物としての石油類の消費量の増加は「エネルギー革命」なる標語に従って誠に目ざましいものがある。このような消費増加の傾向に対して一大警鐘とも言える川崎, 昭和電工の爆発をはじめとして新潟地震に伴う昭和石油のタンク火災と危険物災害が相次いで発生し, 今後においても予想せざる原因によって災害の発生が予想されるわけである。例えば釧路市においては, 石油類を道東地区一帯に供給する当市臨海地帯には消費増大に対応するため, タンクの新增設がさかんに行われ, 10の大手メーカー及び事業所が油槽所の設置を行ない, 大小78基のタンクが林立し, 港を往来する油運搬船の数も月平均40~45隻を数え, 貯油量も6万klに迫り, これを運搬するタンクローリー26台が市内外を走行するというように, 石油基地化の様相を呈しており, このような条件では市内および港内において大災害をもたらす危険を常にはらんでいるのである。このことについては, この実験計画進行中に起り, 一カ月にわたって燃え続けた室蘭港のタンカー火災の発生があり, また筆者が, 実験データの整理中には釧路港内において油運搬船の転覆事故があり, 大量の石油類が海面上に流れだし, 一触即発の危険な状態をもたらした。応急の処置により, このときは危く難を逃れたが, これらの事実は大災害の危険を予知しており, 油火災に対する科学的な研究に基いての認識を深めることの急務であることを示しているのである。

昭和40年5月29日に, 釧路市消防本部が中心となって, 油火災の実験が当大学のグラウンドにおいて行われた。筆者はこの実験に参加して, 油火災による輻射熱に関連する測定を行ったのであるがこのような規模の実験は得難い機会であって, この報文はその実験結果に関するものである。

I. 測 定 の 方 法

i) 実験の規模

風下200m以内に人家がないグラウンドの中央に, 直径15m, 面積177m²の油タンクを想定した実験池を造り, その外周に掘土で, 高さ1mの防油堤を構築し, その中に水を入れ, 水面上にB重油8,850ℓ, 点火用としてガソリン885ℓ, 計9,735ℓの油を5.5cmの厚さに浮かせて点火し, 10分間燃焼させて, その間における感熱板及び感熱棒の上昇温度を測定し, また輻射熱の分布や変化を測定したものである。なお実験場の地形は南東と北側は丘陵で, 南西に開けている。

ii) 感熱板の輻射受熱による上昇温度及び輻射熱

感熱板は輻射熱を吸収しやすい状態にある物体面の温度上昇及び輻射熱を測定するためのもの

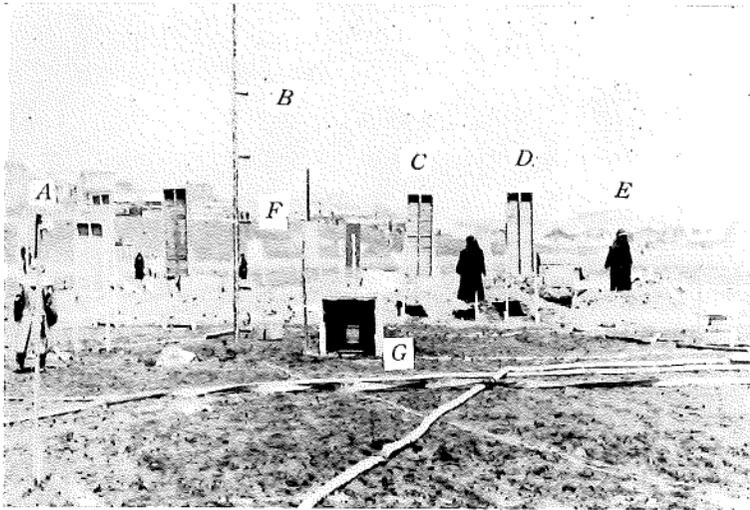


写真1 点火前の輻射熱の測定装置等の配置

A 感熱板, B 感熱棒, C パネル(黒地), D パネル(茶地)
E 綿刺子, F カンナクズ, G 記録計

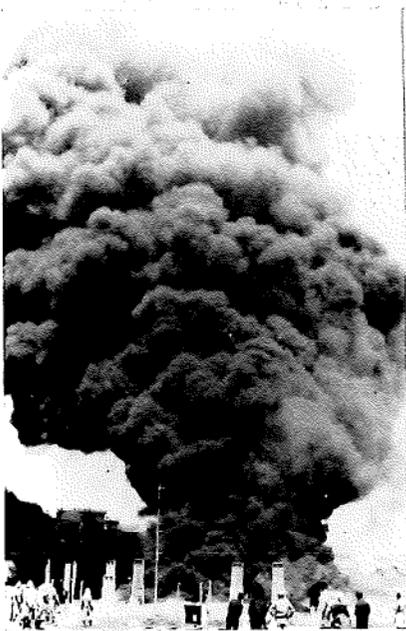


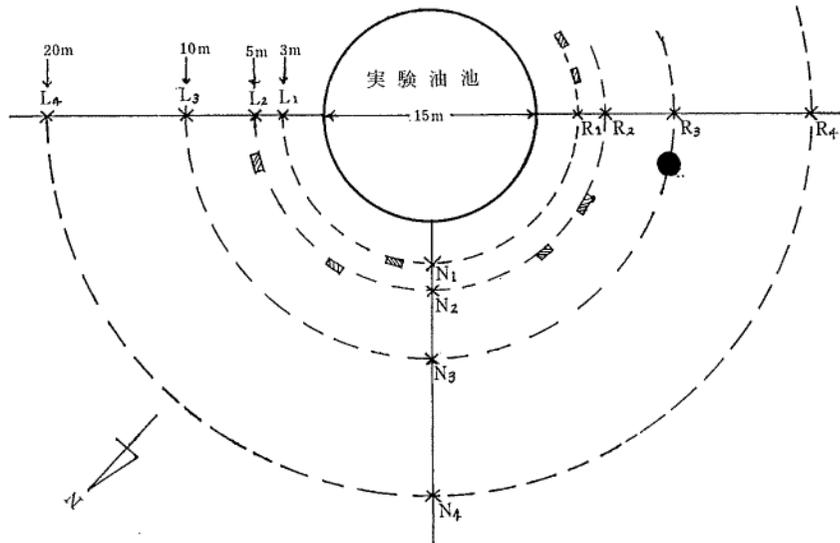
写真2 点火2分後

であって、第2図に示すように厚さ0.2mmのブリキ面に煤を塗り輻射受熱板としたものである。この裏面には熱電対を半田付し輻射熱による温度の上昇を測定した。また裏面は気流の冷却による条件の輻射を避けるために図のようにガラスウールで断熱してある。このような感熱板を風上、風横、風下の三方向に油池の外周からそれぞれ、3m、5m、10m、20m、地上1.8mの位置に合計12個を火源に向けて第一図の如くに配置し、火源からの距離及び風向による感熱板の上昇温度及び輻射熱量の測定を行ったものである。輻射熱量は感熱板の輻射受熱による上昇温度の記録にもとづいて、後で実験室において同じ風速、風向、気温、の状態を再現させて算出した値である。温度は12打点式温度記録計に5秒毎に1分間隔で記録された。

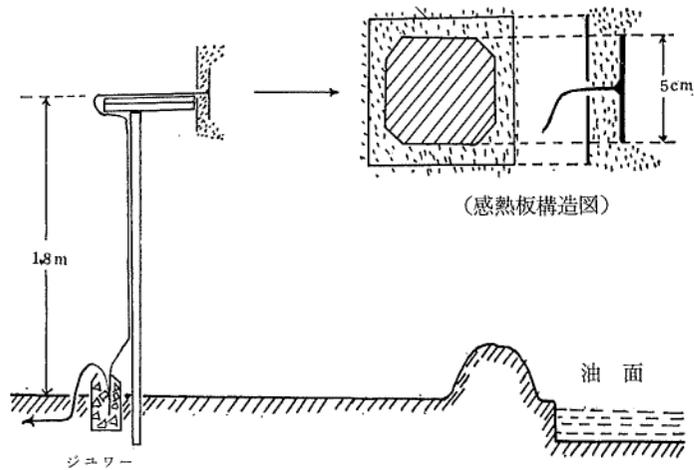
iii) 感熱棒の輻射受熱による上昇温度及び輻射熱

直径1.2cm、長さ15cmの白金抵抗測温体の輻射受熱による上昇温度から高さによる輻射熱量の違いを測定したもので、受感部には煤を塗り、火源に対する裏面を気流の冷却による輻射をさけるためにやはりガラスウールで覆ったものである。これを第3図のように、油池の外周より風上10mの位置に立てられた長さ6mのポールに、地面からそれぞれ0.3m、1m、2m、3m、4m、6mの高さに合計6個を取付けた。温度の上昇状態は、6打点式温度記録計に15秒毎に90秒間隔で記録された。輻射熱への換算は感熱板の場合に準じて、実験室で風速・風向・気温の状態を再現させて算出した。

油火災における輻射熱の影響について



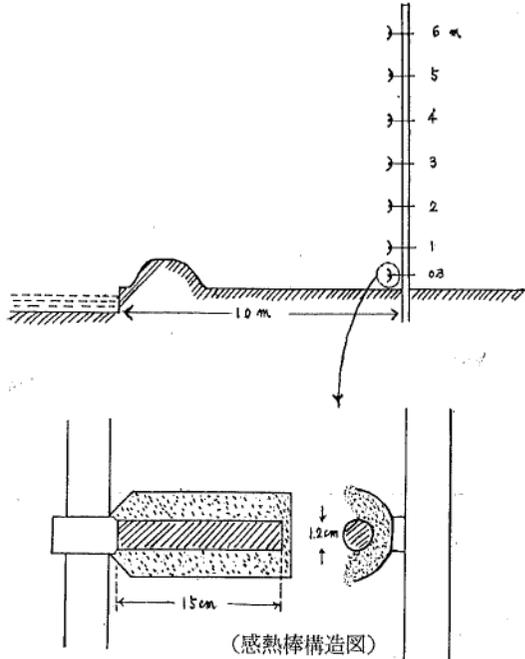
第1図 全体図 × 感熱板位置 (輻射熱測定), ● 感熱棒位置 (輻射熱測定),  パネル (延焼試験)



第2図 感熱板装置図

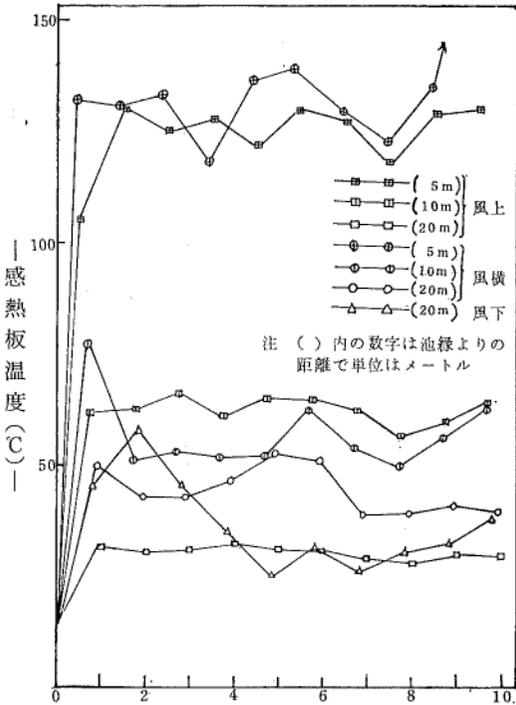
iv) 実験測定時の一般条件

風速と風向の如何が、輻射受熱によって上昇した感熱板、および感熱棒の温度を著しく変化させたので、特に輻射熱量の算出において詳細に考慮する必要があったのであるが、実験中のそれは釧路地方気象台が担当して、油池の外周から20mの位置で風上・風横(左右)・風下の四方向において測定された。風速は概ね2 m/s 前後、風向はほぼ SW であり、気温 8~11℃、湿度65%、天気は快晴であった。



第3図 感熱棒装置図

II. 測定結果



一点火後の時間 (min) —
第4図 感熱板の上昇温度

i) 感熱板の輻射受熱による上昇温度および輻射熱

イ. 感熱板の上昇温度

第4図に点火から消火までの記録温度を示した。20 m (池の外周より) では風上 30°C (28~32°C), 風横 45°C (38~52°C), 風下 40°C (23~57°C) であり, 平均値は高い順に横・下・上である。上では変動が小さいが下と横で大きいのは, 上より下, 及び横において, 感熱板が気流の変動を受けやすいこと, 黒煙による輻射の遮蔽の変動等が考えられる。10 m では風上 57°C (51~63°C), 風横 61°C (56~66°C) であり, 輻射熱のところで述べるが, 風速による冷却が風上より風横においてきわめて著しいことを示しているのである。感熱板を風下にも配置したが, 測定前に断線し, この位置での測定はできなかった。

5 m では風上 124°C (118~130°C), 風横 131°C (123~139°C, ただし点火 8 分後迄)

油火災における輻射熱の影響について

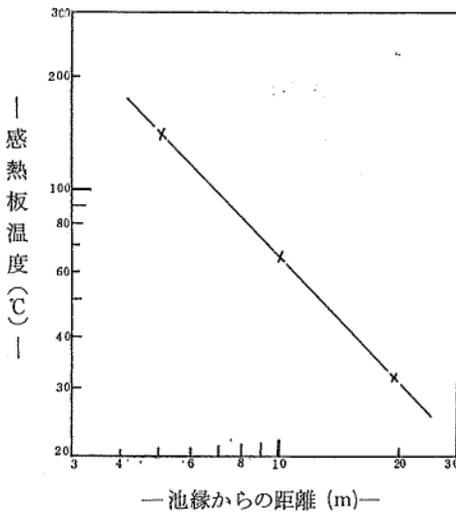
であるが、風横で点火9分30秒後には、感熱板が半田融解のため熱電対から分離し温度の測定不能となった。後に使用した半田の融点を測定したところ177℃であったので、点火後9分頃にはこの温度に達していたわけである。風下では点火後20秒ですでに150℃以上に達し、80秒後には半田が融解、分離しており、測定不能となった。このように高い温度に達したのは、風下であるため直接火焰に包まれたためであった。

第1表 点火直後の経過時間と感熱板の温度上昇

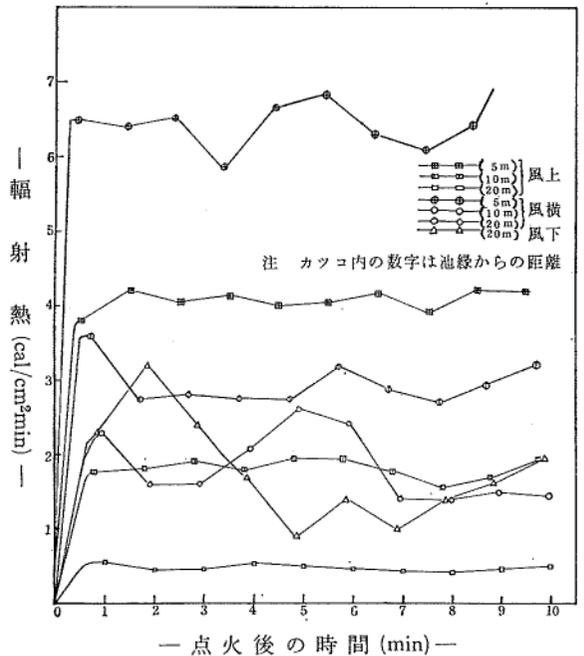
位置		点火後時間	5 sec	10 sec	15 sec	20 sec	30 sec
風上	3 m				92℃		177℃ 以上 測定不能と なる
風横	3 m			67℃			
風下	3 m		23℃				
風下	3 m					<150℃	

3 mでは30秒後には風上・横・下共にすべて半田融解により熱電対が分離していたので、177℃以上に達していたことになる。測定された点火直後の温度は第1表の通りである。この感熱板の温度は30秒程度で一定値に達することが後の測定でわかった。

池の縁からの距離と感熱板の上昇温度との関係は第5図に示すとおりである。



第5図 池縁からの距離と感熱板温度



第6図 火源周囲の輻射熱の分布と時間的変化

ロ. 感熱板による輻射受熱

第6図に点火から消火までの記録温度から換算した輻射熱の値を示した。またその平均値を第2表に示した。第6図および第2表から、風上と風横の輻射量の差がきわめて顕著なものであることを知ることができる。すなわち風横においてその量が著しく大きいのである。それにもかかわらず、第2表によれば、風上と風横との感熱板の対応する上昇温度の差は数度から十

第2表 感熱板の上昇温度および輻射強度（カッコ内の数値は変化範囲）

方向	単位	20 m		10 m		5 m		3 m	
		上昇温度	輻射強度	上昇温度	輻射強度	上昇温度	輻射強度	上昇温度	輻射強度
		℃	cal cm ⁻² min ⁻¹	℃	cal cm ⁻² min ⁻¹	℃	cal cm ⁻² min ⁻¹	℃	cal cm ⁻² min ⁻¹
風上		30 (28~32)	0.45 (0.4~0.5)	57 (51~63)	1.8 (1.6~2.0)	124 (118~130)	4.1 (4.0~4.2)	30秒で 177℃以上 (半田融解)	
風横		45 (38~53)	2.0 (1.4~2.5)	61 (56~66)	3.0 (2.7~3.3)	131 (123~139)	6.4 (6.1~6.8)		
風下		40 (23~57)	1.7 (1.0~2.5)			20秒で 150℃以上			

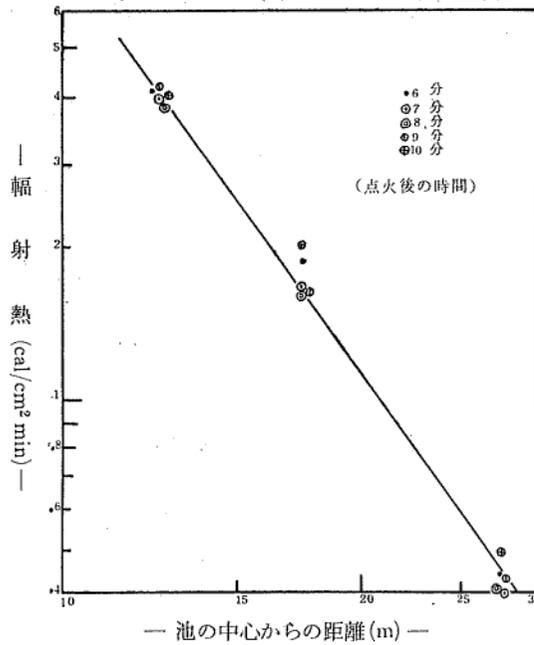
第3表 可燃物着火成績

方向	可燃材	距離	パネル				カンナクズ	綿刺子		
			黒地		素地			10m	3m	5m
			3m	5m	3m	5m				
			分秒	分秒	分秒	分秒				
風上	着火		7.15					7.30		
	燻焼		6.30					4.05		
	変色		.20		.25			1.10		
	異状なし									
風横	着火		9.20					10.02		
	燻焼		8.00					9.20		
	変色		4.08		.48			4.56		
	異状なし									
風下	着火		.15	.34	.17	1.55	10.15	.50	1.55	
	燻焼		.10	.28	.12	1.50	10.03	.45	1.35	
	変色		.05	.15						
	異状なし									

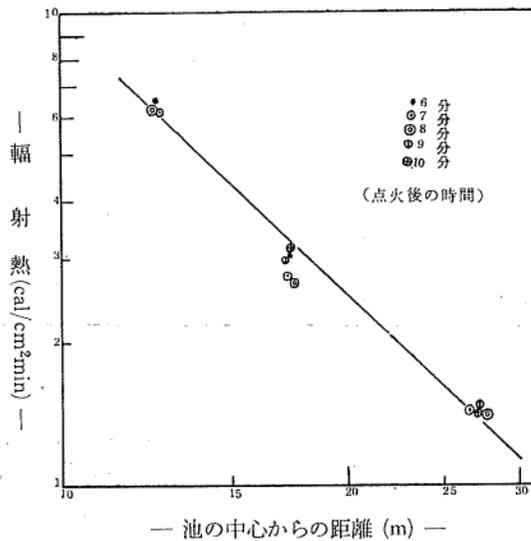
数度にとどまっている。このことは風速による感熱板の冷却が風上よりも風横において大変著しいことをはっきりと示しているのであって、このことは次の試験成績を説明できる。すなわち、消防本部によって可燃物への輻射熱による延焼試験が行われたが、その結果は第3表の如くであって、予想に反して風横より風上の方が早く延焼したのである。これは風横では風上より多い輻射熱を受けながら風によって冷却され、風上において早く着火温度に達したためである。風下では全てがわずかの時間で着火しているが、これは輻射熱によるものではなく、直接火焰に包まれたためであり、風下での輻射熱は黒煙により遮蔽されたために強いものではなかったのである。風上の黒地のパネル（木板）の着火時間は7分15秒後で約6,000Kcal/m² hrなので、藤田¹⁾の測定による（約30年間曝露）場合の着火時間にほぼ一致する値である。

火源の中心（油池の中心）からの距離と輻射受熱との関係を第7図（風上）および第8図（風下）に示した。距離と輻射受熱との間の関係はこの場合粗いものであるが逆二乗の関係を示した。

油火災における輻射熱の影響について



第7図 風上での中心からの距離と輻射熱



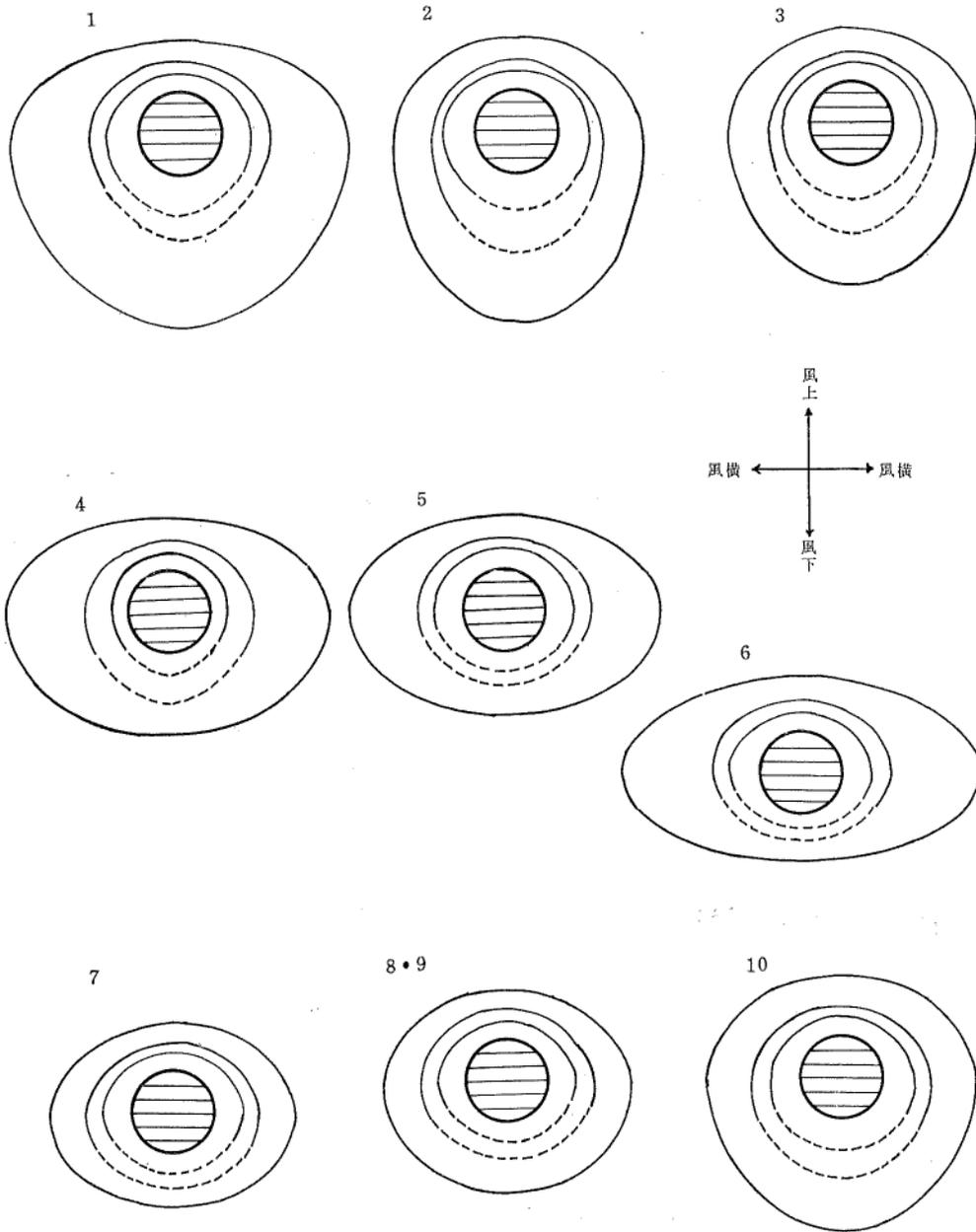
第8図 風横での中心からの距離と輻射熱

輻射熱の測定結果にもとづいた火源の周囲の等輻射量線図が第9図である。風下での測定値は池縁より20mでの値のみであったが、それらの値を基にして推定したものである。推定線は点線によって示した。

ii) 感熱棒の輻射受熱による上昇温度および輻射熱

イ. 感熱棒の上昇温度

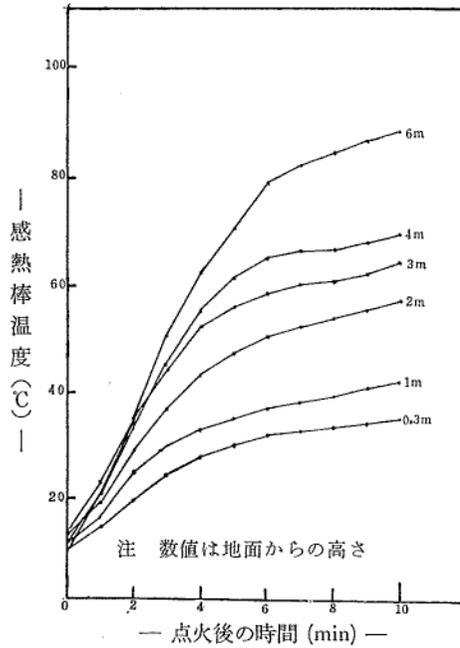
第9図 等 幅 射 受 熱 線 図



斜線部分が油池であり、これを囲む3本の線が外側からそれぞれ2, 4, 6 cal cm⁻² min⁻¹の線であり、数字は点火後の時間(min)を表わす。向って真上が風上である。

第10図に示す如く、高さによる輻射の増量はきわめて顕著なものであり、このことは将来油火災が大型化し、航空機等により上空から接近して消火作業を行わねばならない場合に十分考慮されるべき問題であると考えられる。

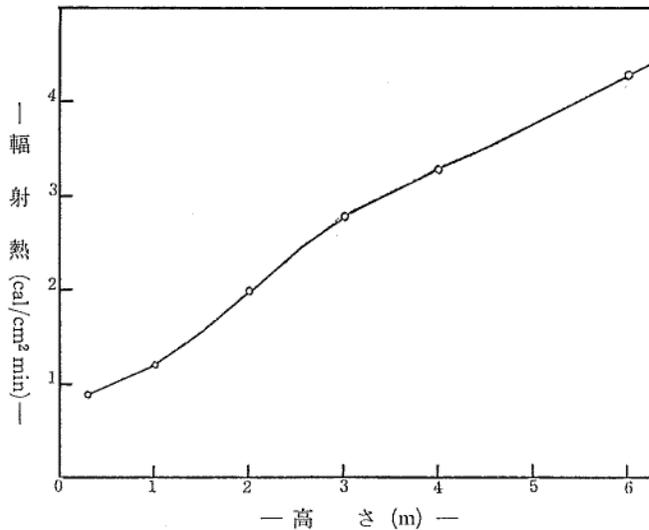
油火災における輻射熱の影響について



第10図 感熱棒の上昇温度

ロ. 感熱棒による輻射受熱

第11図に平均の値と高さについて得られた結果を示した。図のように高さと共に輻射熱量はきわめて顕著に増量した。



第11図 高さ と 輻射熱 (池縁より10m 風上)

む す び

直径15mの油池に油を満たし、それを燃焼させてその周囲に配置した18個の感熱板および感熱棒

によって測定した輻射熱について述べた。輻射熱は感熱板と感熱棒の上昇温度から、室内実験による関係値を用いて換算したもので相対的な結果であった。可燃物の着火時間と輻射強度との関係について得られた結果によれば、風横よりも輻射強度が著しく弱い風上のほうが早く着火した。これは輻射熱によって上昇した物体面の温度が、気流によって冷却される度合が予想以上に著しいことを示している。また風上における黒地のパネル（木板）の着火時間は7分15秒、輻射強度6,000kcal/m² hr となり藤田¹⁾の古板（約30年間曝露）の結果とほぼ一致をみた。

火源中心からの距離と輻射強度との間には、ほぼ逆二乗の関係が成立した。

火源の風上で地面からの高さで輻射量との関係を求めたが、その高さによる増量は予想以上に著しいものであった。この点に関しては、将来石油類の消費の増大に伴い油火災も大型化することが予想されるが、航空機等により立体的な消火作業を行う場合には十分検討されるべき問題である。

おわりにのぞみ、この実験の機会を与えられ、かつ色々御便宜を計って下さった消防関係者各位、また進んで実験に参加してくれた当物理教室所属の学生、ならびに御指導、御配慮を賜わり、かつ原稿を校閲して下さいました当教室佐々木一郎教授に深く謝意を表す。

文 献

- 1) 藤田金一郎：板壁の輻射熱による延焼に対する安全限界，建築研究所報告（1950）