

写真-1 坑門閉鎖工

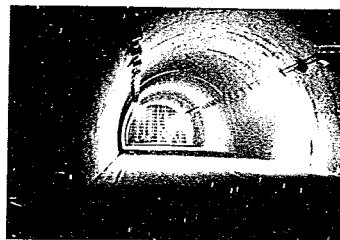


写真-2 坑門閉鎖工

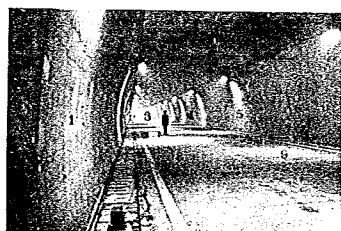


写真-3 全点灯輝度測定点

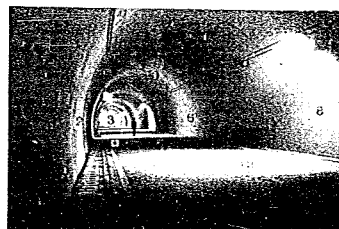


写真-4 $\frac{1}{3}$ 点灯輝度測定点

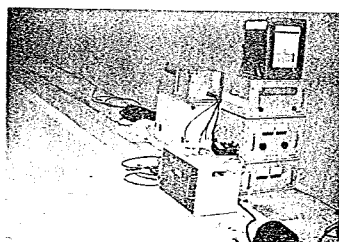


写真-5 煤煙計

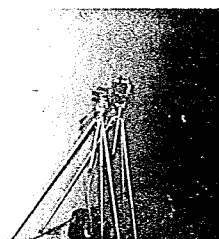


写真-6 輝度測定



写真-7 歩行者シルエット視標‘男’
視標位置：A

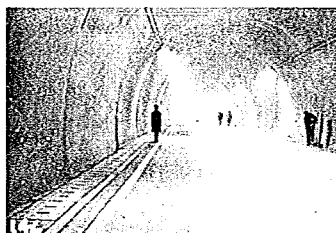


写真-8 歩行者シルエット視標‘女’
視標位置：A

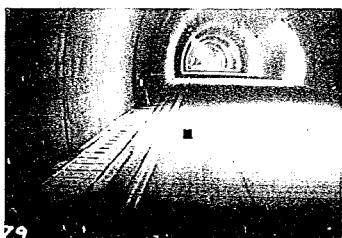


写真-9 ハコ視標‘角’
視標位置：A

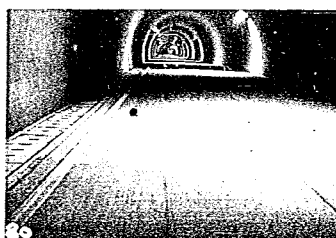


写真-10 ハコ視標‘円’
視標位置：B

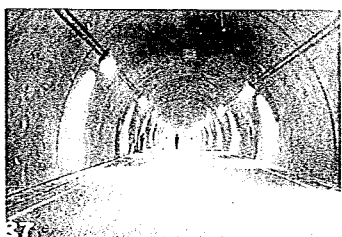


写真-11 全点灯透過率 72%
視標位置 ハコ視標：A
歩行者シルエット視標：B

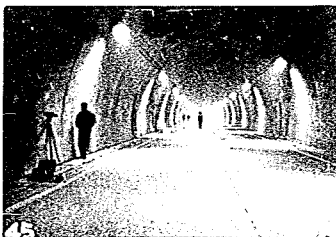


写真-12 全点灯透過率 47%

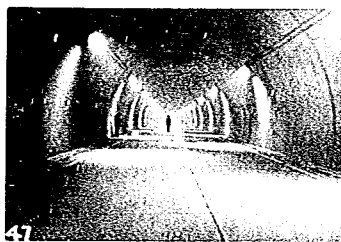


写真-13 全点灯透過率 29%

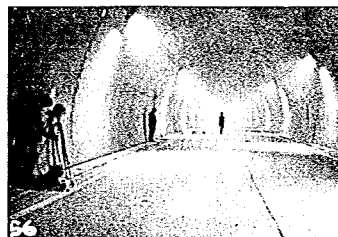


写真-14 全点灯透過率 12%
視標位置 ハコ 視標: C
歩行者シルエット視標: C

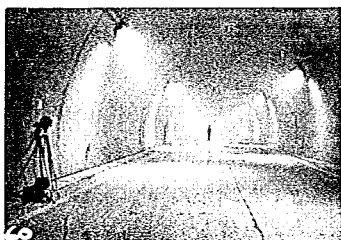


写真-15 全点灯透過率 6.2%

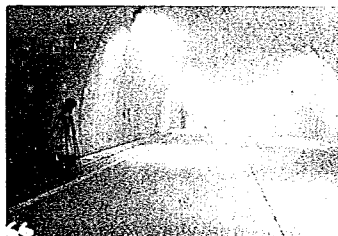


写真-16 全点灯透過率 2.3%

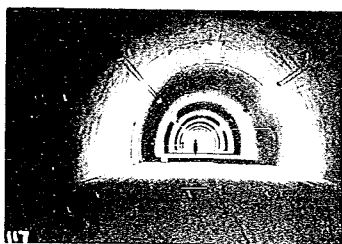


写真-17 $\frac{1}{4}$ 点灯透過率 76%
視標位置 ハコ 視標: B
歩行者シルエット視標: B

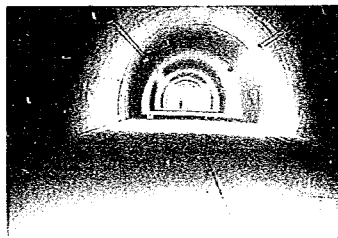


写真-18 $\frac{1}{4}$ 点灯透過率 52%

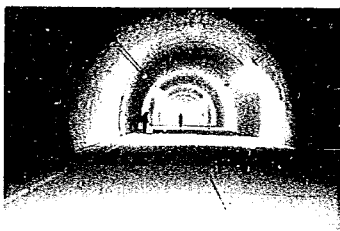


写真-19 $\frac{1}{3}$ 点灯透過率 30%



写真-20 $\frac{1}{3}$ 点灯透過率 14%

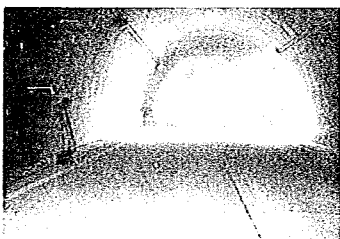


写真-21 $\frac{1}{3}$ 点灯透過率 7.8%

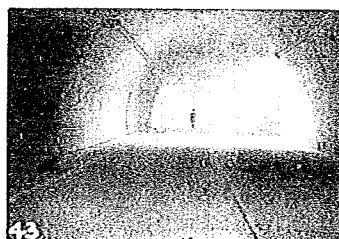


写真-22 $\frac{1}{3}$ 点灯透過率 2.2%

目 次

1. 試験の目的および概要	1頁
2. 試験方法	2
2-1 試験トンネルおよび試験器材等の配置	2
2-2 中野第2トンネルの照明	5
2-3 走行試験	10
2-4 歩行試験	10
2-5 視 標	10
2-6 視標設置位置	11
2-7 視認距離、判別距離	13
2-8 観測者	13
2-9 アンケート	14
3. 試験結果	15
3-1 走行試験	15
3-2 歩行試験	15
3-3 アンケート	16
4. 試験結果の検討	69
4-1 煤煙濃度と視距離との関係	69
4-2 視標位置による見え方の差	74
4-3 明るさによる見え方の差	74
4-4 走行試験と歩行試験の比較	75
5. 許容透過率	76
6. 蛍光灯下における物の見え方とナトリウム灯下における物の見え方との比較	78
7. ま と め	83

1. 試概の目的および概要

道路トンネルでは、自動車の排気ガス中に含まれる煤煙によって、トンネル内の空気が汚染される結果、自動車運転上必要な視距が低下し、走行上の障害が生ずる。我国のように交通に占めるディーゼル車の比率が大きい場合、トンネルの換気量を決定するのは、一酸化炭素等生理的障害をおよぼす有害成分よりも、煤煙である場合が普通である。従って、トンネル内の空気の煤煙の濃度をどの程度以下に保つべきかという問題は、トンネルの換気設計上最も重要な問題である。

トンネルの許容煤煙濃度は、トンネル内の物の見え方が問題である関係から、トンネルの照明条件によって違ってくる。トンネルの照明条件を構成する要素は、照明光源の種類、照度、灯具の特性、取付間隔およびその配置、トンネルの内装材料の照明上の性質等である。トンネル照明用光源としては、現在一様に、蛍光灯とナトリウム灯が使用されている。ナトリウム灯は、燈色の単色光であるため煤煙による汚染空気に対する透過率がよく、又網膜上への収斂が良いため、汚染空気中ですぐれた特性を示すといわれている。この点に関しては模型実験等によりある程度確められているが、一般の国道トンネルにおいて採用可能な照度基準において、実際のトンネルを利用して、試験され、確められていない。

国道13号線中野第2トンネルではナトリウム灯が使用されているので、このトンネルを利用して、ナトリウム灯下におけるトンネル内の物の見え方について試験し、ナトリウム灯下におけるトンネルの許容煤煙濃度を求めると共に、先に得られている蛍光灯下の物の見え方に関するデータと比較しナトリウム灯トンネル照明の特性を求めることにする。

2. 試 験 方 法

試験はトンネルの両坑門を黒色のビニール幕で閉鎖し、トンネル内の煤煙濃度が自然換気作用で変らないようにして行った。トンネル内を所要の煤煙濃度にした後、走行試験と歩行試験によって視標の見えた距離を測定し、トンネル内の物の見え方を示す指標とした。許容煤煙濃度には、物の見え方ばかりでなく、自動車を運転する際の不快さの程度も関連するので、走行試験に附随させて、不快さに関するアンケートを観測者に対し求めた。

2-1. 試験トンネルおよび試験器材等の配置

試験の実施順序および試験器材等の配置を図-1に示す。又、中野第2トンネルの標準断面を図-2に示す。

観測者はまず④点（図-1）で試験車に乗り走行試験を3回行い、⑤点で試験車から降り、福島側へ向って歩行試験を行って、1サイクルの試験を終了する。㉔、㉕、㉖は視標の設置位置を示し、㉕は走行試験1、3に対するもの、㉔が走行試験2に対するもので、㉖は歩行試験の視標設置位置である。従って走行試験1、3では視標が左側に見えるのに対し、走行試験2では右側に見えることになる。しかし、視標の背景は、㉔と㉕では同じであると見做せる。㉕の警告燈は走行試験の際、試験車のオンログラフペバーとトンネル位置とを関係付するためのパルスを入れる位置を示すための目標である。煤煙濃度の測定は、煤煙計をトンネルのほぼ中央に、測定区間50mで設置し、自記々録させることにより行った。

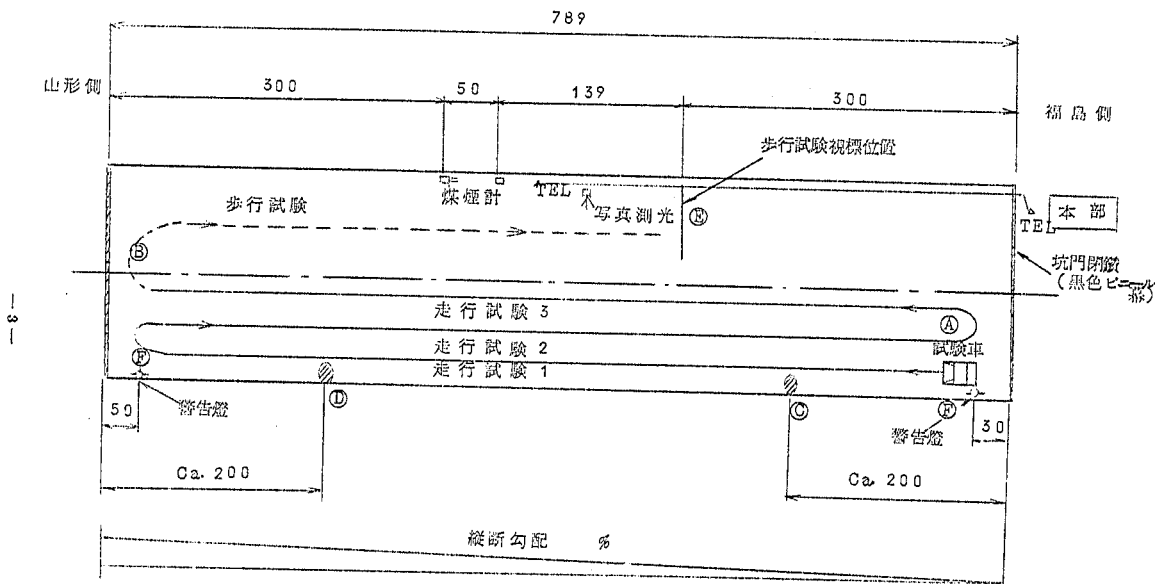


図 - 1 試験器材等配置図

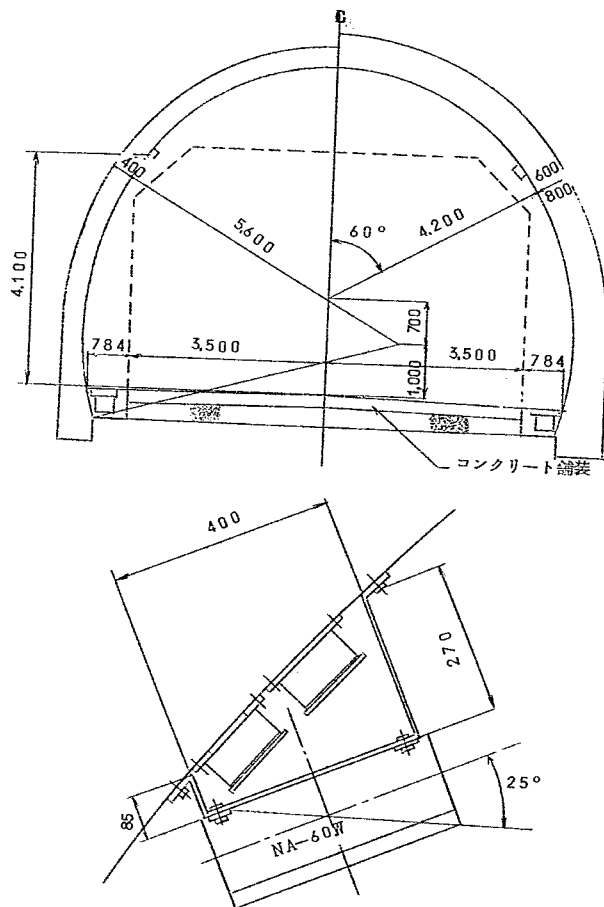


図-2 中野第2トンネル標準断面
および灯具取付細詳図

2-2 中野第2トンネルの照明

中野第2トンネルの基本照明は、60Wのナトリウム灯を使用しており、その灯具配置は18m千鳥で、設計照度は29Luxである。又、深夜照明用として $\frac{1}{2}$ に減灯できるようになっている。試験実施時は設備当初であったため、全点灯で平均路面照度44Lux、 $\frac{1}{2}$ 減灯で平均路面照度15Luxが得られた。試験時における照度測定結果を図-3に示す。試験は、照明条件として、全点灯および $\frac{1}{2}$ 減灯の2段階で実施した。

図-3から解るように $\frac{1}{2}$ 減灯時における均斉度は著しく悪い。写真測光による輝度測定の結果を表-1に示す。

トンネルの路面はコンクリート舗装で、壁面はコンクリートの上に塗料が一部塗ってあるが、汚染されてされているため、殆んど打はなしのコンクリートと照明的性質は異ならないものと考えられる。

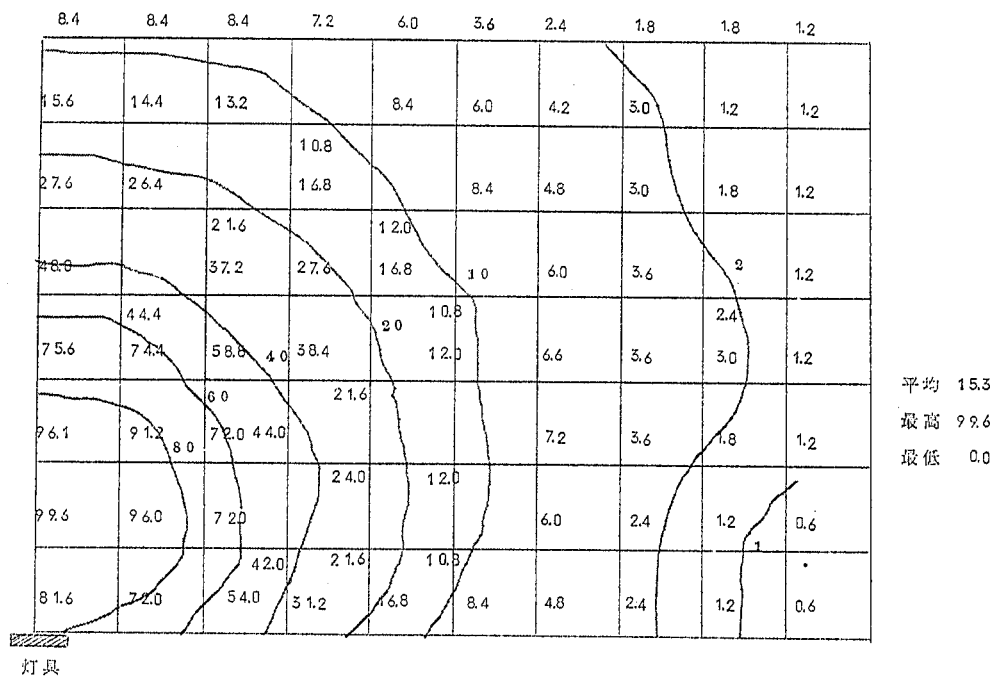
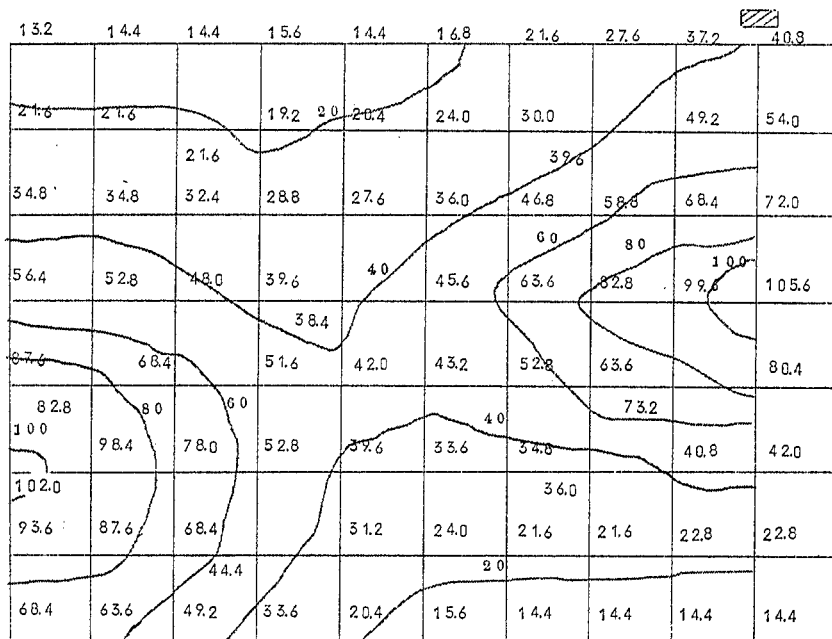


图-3-1 路面照度测定结果 (Lx) 1/4点灯



平均 44.3
最高 102.0
最低 13.2



灯具

图-3-2 路面照度测定结果 (Lx) 全点灯

表一 輝度測定結果 (cd/m²)

全 点 灯	点 灯	試驗 記号	A						B B						C						
			全 点 灯						½ 点 灯						全 点 灯						
			日						20						全 点 灯						
			19						20						20						
			時 測点	1515	1615	1645	1715	1745	1000	1030	1100	1135	1200	1400	1430	1500	1530	1600	1630	1700	1720
左 壁	左	1	4.0	3.5	3.6	3.7	3.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	2.5	1.3	1.3	1.4	1.3	1.4
		2	2.0	2.0	2.2	2.1	2.5	1.1	1.1	1.2	1.1	0.9	0.9	0.7	0.9	2.0	0.9	1.0	1.1	1.1	1.2
中 心	中 心	3	5.6	5.5	6.5	5.2	6.4	1.4	1.7	1.8	1.8	1.5	1.2	1.3	1.5	4.0	2.5	2.3	2.5	2.3	2.5
		4	3.2	3.6	4.5	4.5	4.8	0.7	0.9	1.3	1.4	1.3	0.7	0.7	1.3	3.7	2.3	2.3	2.8	2.3	2.7
右 壁	右	5	4.2	4.0	4.5	4.8	4.8	0.5	0.7	0.9	1.0	0.7	0.5	0.6	0.7	3.7	2.3	2.3	2.8	2.3	2.8
		6	2.0	2.6	2.8	3.0	3.4	1.3	1.3	1.5	1.7	1.7	1.1	1.2	1.3	2.8	2.0	1.9	2.3	2.3	2.3
天 井 路 面	壁	7	2.0	2.2	2.8	3.0	3.6	0.4	0.7	1.0	1.5	1.1	0.6	0.7	1.0	3.0	1.2	1.3	1.4	1.4	1.6
		8	2.5	2.8	3.2	3.0	3.5	2.5	2.7	2.5	2.8	2.5	2.0	2.2	1.8	2.8	2.0	2.0	2.3	2.3	2.3
井 路 面	天	9	5.0	4.5	4.8	4.8	4.4	0.3	0.6	0.7	0.7	0.6	0.4	0.5	0.6	4.6	3.5	2.8	3.5	3.5	5.2
		10						0.7	0.8	1.3	0.9	0.7	0.6	0.6	1.0						
		11						0.6	0.6	0.7	0.8	0.7	0.4	0.5	0.6						
	面	12						7.0	6.0	6.0	6.0	4.6	4.6	4.6	4.6						

表-1 輝度測定結果 (cd/m²)

全 点 灯	1/2 点 灯	試験 記号	D					E			F				
		照明	1/2 点 灯					全 点 灯			1/2 点 灯				
		日	2 1					2 1			2 1				
		時 測点	10.03	10.30	11.00	11.30	11.52	16.00	16.30	17.00	18.45	19.00	19.30	20.00	20.30
左 壁	左 壁	1	0.2	0.2	2.3	0.2	0.2	2.6	2.6	2.8	0.7	0.2	0.1	0.1	0.1
		2	1.0	0.9	1.0	1.0	1.0	1.8	2.0	2.4	1.0	0.9	0.6	0.6	0.6
中 心	中 心	3	0.8	0.9	1.6	1.7	1.6	4.2	4.6	5.0	1.2	1.3	1.1	1.0	0.8
右 壁	右 壁	4	0.3	0.5	0.9	1.1	1.6	3.6	4.6	5.0	0.6	0.9	0.8	0.7	0.6
		5	0.2	0.3	0.6	0.8	1.0	3.6	4.6	5.0	0.4	0.6	0.6	0.4	0.4
		6	1.1	2.0	1.6	1.6	1.5	2.4	3.2	4.0	1.1	1.1	0.8	0.8	0.8
		7	0.2	0.3	0.7	1.0	1.6	2.4	3.2	4.2	0.4	0.8	0.7	0.4	0.4
天 井 路 面	天 井 路 面	8	2.7	2.3	2.3	2.3	2.5	3.0	3.4	4.0	2.1	2.1	1.2	1.3	1.3
		9	0.3	0.2	0.5	0.6	0.8	5.8	3.4	5.8	0.3	0.5	0.4	0.3	0.2
		10	0.6	0.6	0.7	0.8	0.9				0.6	0.7	0.4	0.4	0.4
		11	0.2	0.2	0.9	0.7	0.8				0.3	0.5	0.5	0.3	0.3
		12	9.0	8.0	8.0	6.0	5.0				6.0	5.8	3.6	4.6	4.6

測点位置は写真-3.4に示す。

2-3 走行試験

走行試験は、観測者が速い速度で移動している場合の物の見え方を調べるためのものである。試験は、道路試験車（ニッサン、セドリック60年式）を用いて行い、視距離の測定には、試験車に搭載してあるオシログラフを使用した。このオシログラフは、試験車の走行距離に比例して紙が送られるようになっており、従って、視標が見えた時、およびトンネルの定位置を通過した時に押ボタンを押して記録紙上にパルスを入れることにより視距離の測定を行うことができる。

試験車の走行速度は、走行試験1、3が40 km/h、走行試験2が70 km/hである。

視標は各走行毎に、その種類および位置をランダムに変え、観測者に視標の種類、設置位置に関する先入観が入らないようにした。

2-4 歩行試験

この試験は、観測者が殆んど移動していない状態での物の見え方を調べ、走行試験の結果と比較し、走行試験で得られたデータを確認するために行なわれたものである。走行試験では観測者が比較的速い速度で移動するため、視標を認めてからマーカを押すまでの間に、自動車がある距離走行することによる誤差、自動車の振動などによる誤差等が出て来るものと考えられる。歩行試験では、視標の確認等の判断に対する時間が十分に与えられる。

2-5 視 標

試験に使用した視標は表-2および写真-7～10に示す通りである。

表-2 試験に使用した視標の種類

種 類		走 行 試 験	歩 行 試 験
落下物相当	ハ コ 視 標	角 柱	角 柱
		円 柱	円 柱
歩行者相当	歩行者シルエット視標	男	女
		男	女
視 力	ランドルト環視標		1' at 100m

- ハコ視標 この視標は道路上の小落下物を想定した視標で、円柱と角柱の2種類がある。大きさは、円柱が直径、高さそれぞれ15cm、角柱が縦、横、高さ共15cmである。視標は、試験車が誤っても安全なようボール紙で作られており、黒色に塗装されている。
- 歩行者シルエット視標 トンネルを通行中の歩行者を想定した視標で、突物大の大きさにベニヤ板にそのシルエットを切取ったものである。男、女2種類があり、男視標は背広を着ている男のシルエットで、女視標はスカートを着た女子のシルエットである。ハコ視標と同様黒色に塗装してある。
- ランドルト環視標、距離100mにおいて、ランドルト環の切れ目を挟む角が1'となるものを使用した。

2-6 視標設置位置

中野第2トンネルの照明は灯具間隔が大きいため、写真-3、4などから解るように均斉度が悪く、視標を置く位置によって、視標の背景が暗い場合と明るい場合とがでて来る。このため本試験では、視標を置く場所を図-4、5に示すように、視標の背景が最も明るくなる位置、最も暗くなる位置、およびその中間的な位置として、灯具からの照明光が最も強く当たる位置の3種類とした。写真-7、8、9、10、11、14、17参照。

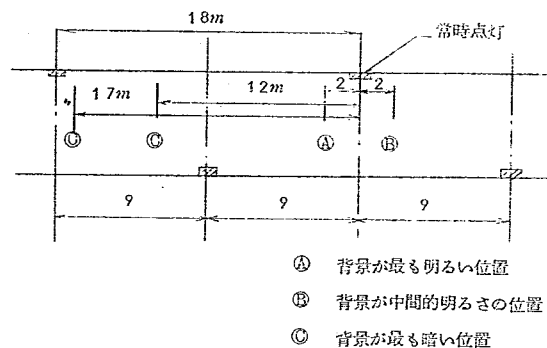


図-4 歩行試験視標位置

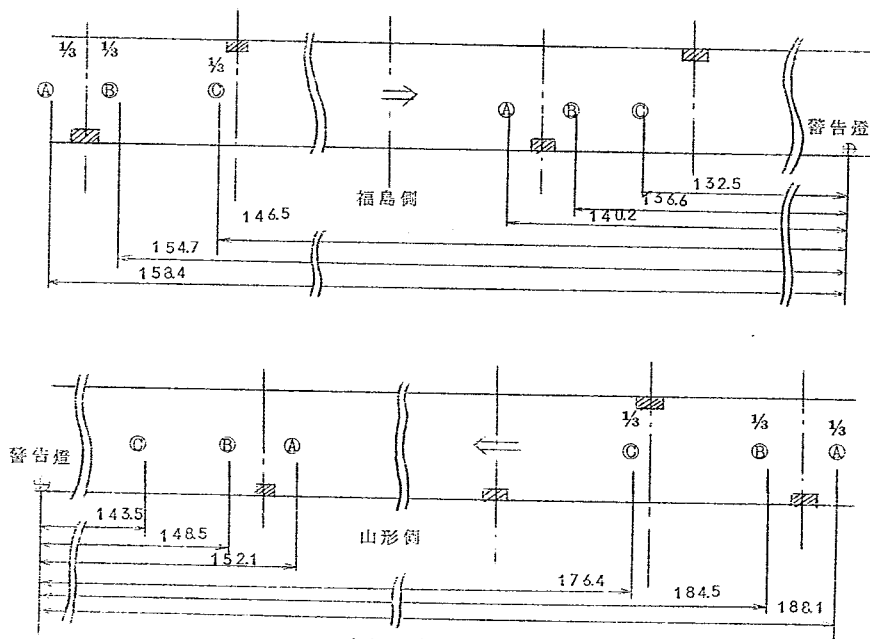


図-5 走行試験視標位置

2-7 視認距離、判別距離

本試験では、視標が見えた位置と視標との間の距離をもってデーターとした。この際、視標の見え方の状況を、①明確ではないが視標があることが解る状態—視認、②その視標が何であるか判別のできる状態—判別、の2段階に分けて視距離を測定した。①の状態の見え方をする位置と視標との間の距離を視認距離、②の状態の見え方をする位置と視標との間の距離を判別距離と定義することにする。すなわち、視認距離とは、十分に遠い距離から視標に向かって接近して行く場合、円柱、角柱或は男、女の区別はつかないが、ハコ視標又は歩行者シルエット視標として初めて見える地点と視標との距離のことであり、判別距離とは各視標グループ内で円柱、角柱或は男、女の区別初めてつく地点と視標との間の距離である。従って、判別距離は視認距離と違って、視標形状の選び方などにより相当変る値であると考えられ、円角或は男女の区別のつく見え方をする地点と視標との間の距離である。従って、判別距離は視認距離と違って、視標形状の選び方などにより相当変る値であると考えられ、円角或は男女の区別のつく見え方をする地点と視標との距離であるといういわば相対的な意味しか持たないものと考えられる。

2-8 観測者

観測者は運転者3名、助手席から観測する観測者3名の計6名で、その視力、年齢を表-3に示す。走行試験・歩行試験共これ等6名の観測者で行われた。

表-3 観 測 者

氏 名	年 令	視 力			備 考
		左	右	両 眼	
TA	35	1.2	1.2	1.5	運転席
OG	42	1.0	0.7	1.2	助手席
ON	26	1.0	1.5	2.0	運転席
TK	18	1.0	0.5	1.2	助手席
TO	22	1.2	1.5	1.5	運転席
SA	36	1.5	1.2	2.0	助手席

ナトリウム灯下において測定

2-9 アンケート

道路トンネルにおいて自動車運転上必要な視距を確保することは最低の必要条件であるが、煙霧の存在による運転上の不快さがある程度以下に保つことも又必要である。このため、各試験条件のもとで定められた速度（40、70Km）で走行した場合どの程度の不快さを感じるかを、不快さの程度を次の10段階に分け、各観測者にアンケートを求めた。

1. 普通の舗装道路を運転するのと同じように運転できる。
2. 普通の舗装道路を運転するより運転しにくい、特に運転しにくいことはない。
3. 運転しにくい但不快ではない。

4. 少し不快である。
5. 不快であるが短時間走行するには支障がない。
6. 不快で走行しにくい。
7. 危険感を生ずる。
8. 危険である。
9. 危険感が強い。
10. 危険感が強く走行に耐えない。

3. 試 験 結 果

3-1. 走行試験

走行試験の結果を各濃度段階について平均して、煤煙濃度と視距離の関係においてプロットすると図-6~13となる。図-6~9は視認距離を示し、図10~13は判別距離を示す。

観測値のバラツキの程度を示すため、歩行者シルエット視標、全点灯の場合について、観測者別に煤煙濃度と視距離の関係を示せば図-14~31となる。

3-2. 歩行試験

走行試験と同様に、歩行試験の結果を、各濃度段階について平均して、煤煙濃度と視距離との関係についてプロットすると図-32~39のようになる。図-32~35は視認距離についての関係を示し、図-36~39は判別距離についての関係を示す。

観測値のバラツキの程度を示すため、ハコ視標、全点灯の場合について、観測者別に煤煙濃度と視距離の関係についてプロットすれば図-40~57となる。

観測者別に濃度と視距離との関係についてプロットすれば図-40～57となる。

5-3 アンケート

アンケートの結果は観測者によって相当に異なり、また、濃度の函数とみて前後矛盾するところもあるが、平均的にみれば表-4が得られる。

表-4 不快性に関するアンケート

濃 度	全 点 灯		1/2 点 灯	
	40km/h	70km/h	40km/h	70km/h
0 ～	1 (1～2)	3 (2～4)	2 (2～3)	3 (2～5)
2 ～	2 (1～3)	4 (3～5)	3 (2～4)	4 (3～6)
4 ～	3 (2～4)	6 (5～7)	4 (3～5)	6 (5～8)
7 ～	4 (3～6)	6 (5～8)	5 (4～7)	7 (5～9)
10 ～	5 (4～7)	6 (5～9)	5 (4～8)	7 (5～9)
13 以上	6 (5～10)	8 (6～10)	6 (5～10)	8 (6～10)

() 内は解答の範囲を示す。

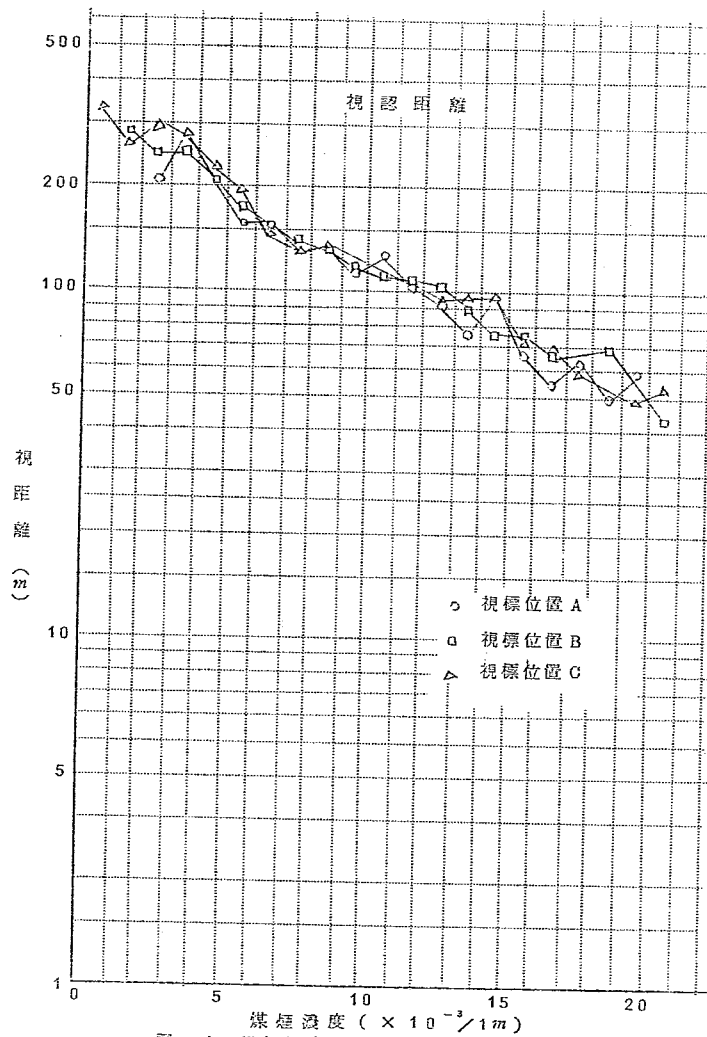
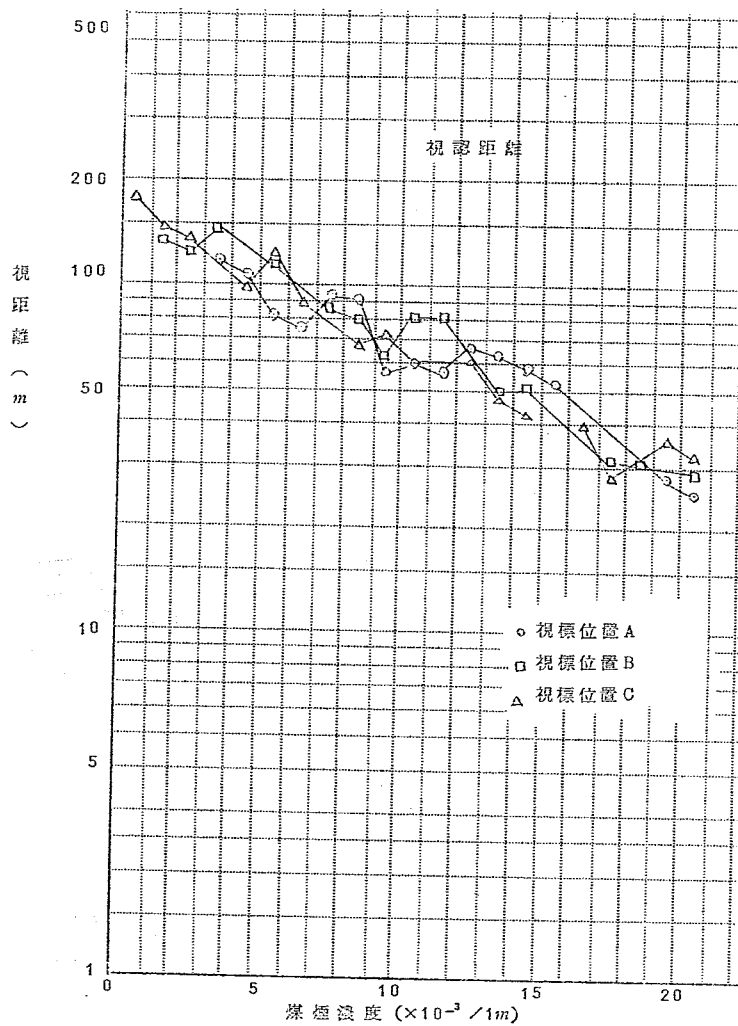


図-6 煤煙濃度と視認距離との関係
 煤煙濃度：歩行者用点灯
 煤煙濃度：歩行者用点灯
 煤煙濃度：歩行者用点灯

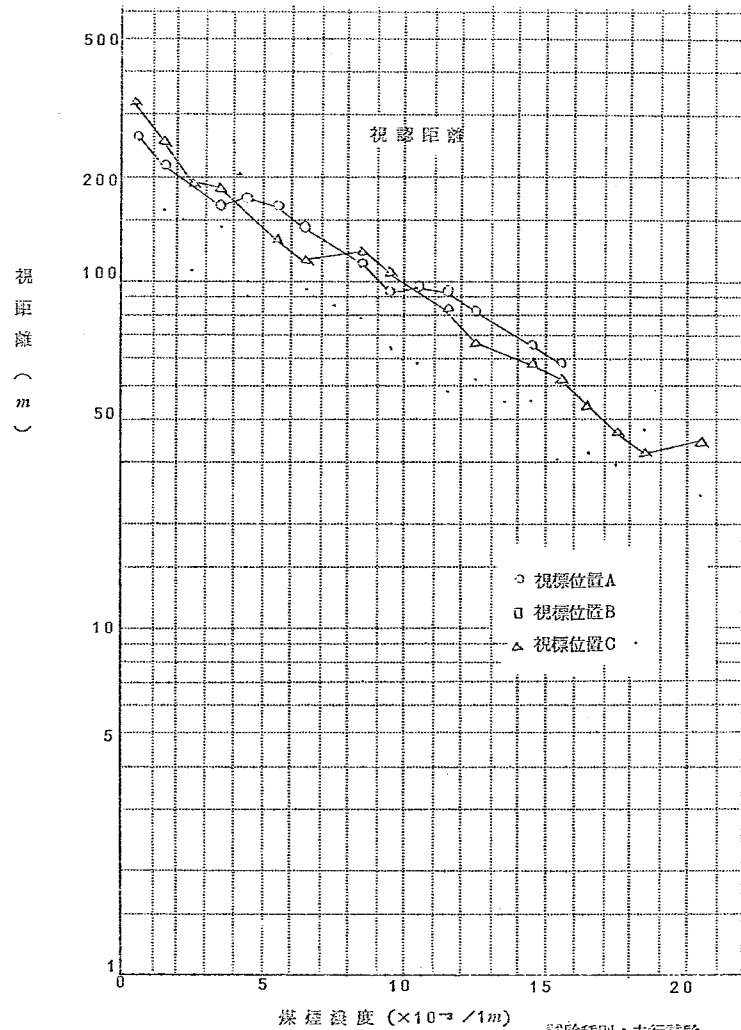


図一 7 煤煙濃度と視距離との関係

試験種別: 走行試験

視標: ハコ視標

照明: 全点灯

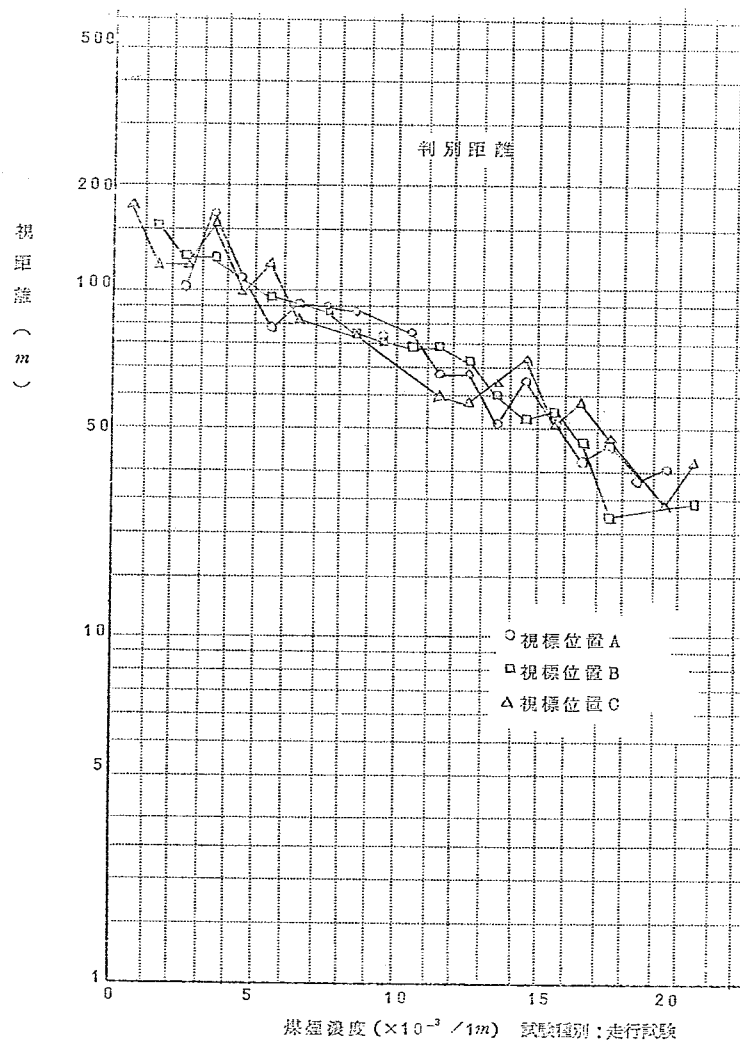


図一 8 炭煙濃度と視距離との関係

試験種別：走行試験

視標：歩行者シルエット視標

照明： $\frac{1}{4}$ 点灯

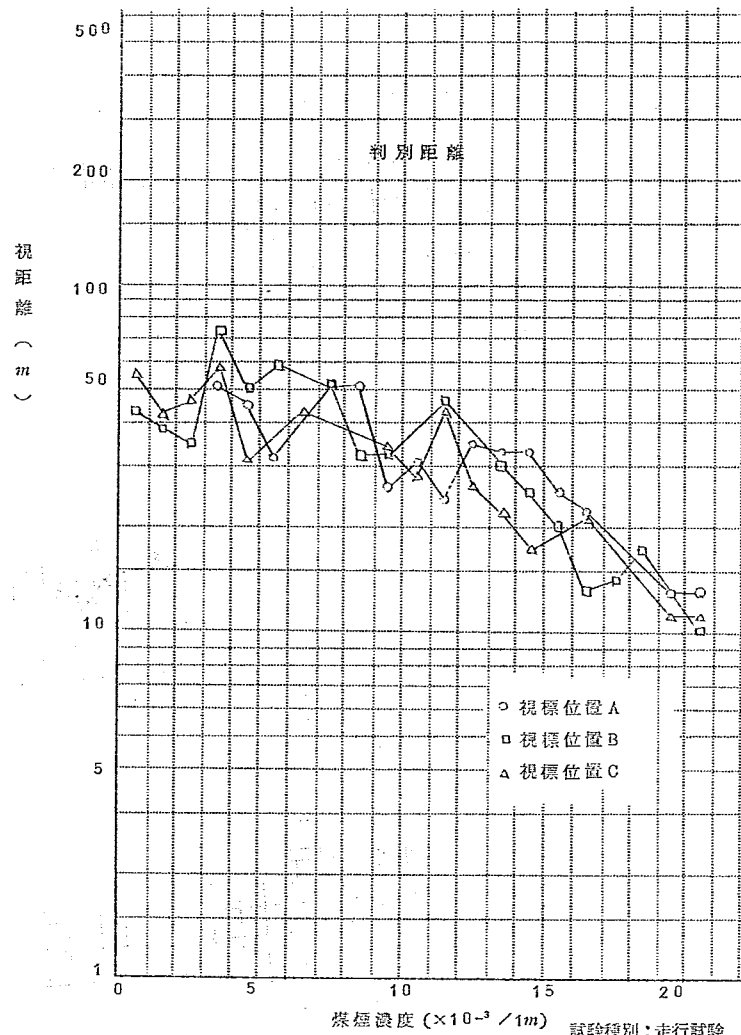


図一 10 煤煙濃度と視距離との関係

試験種別：走行試験

視標：歩行者シルエット視標

照明：全点灯

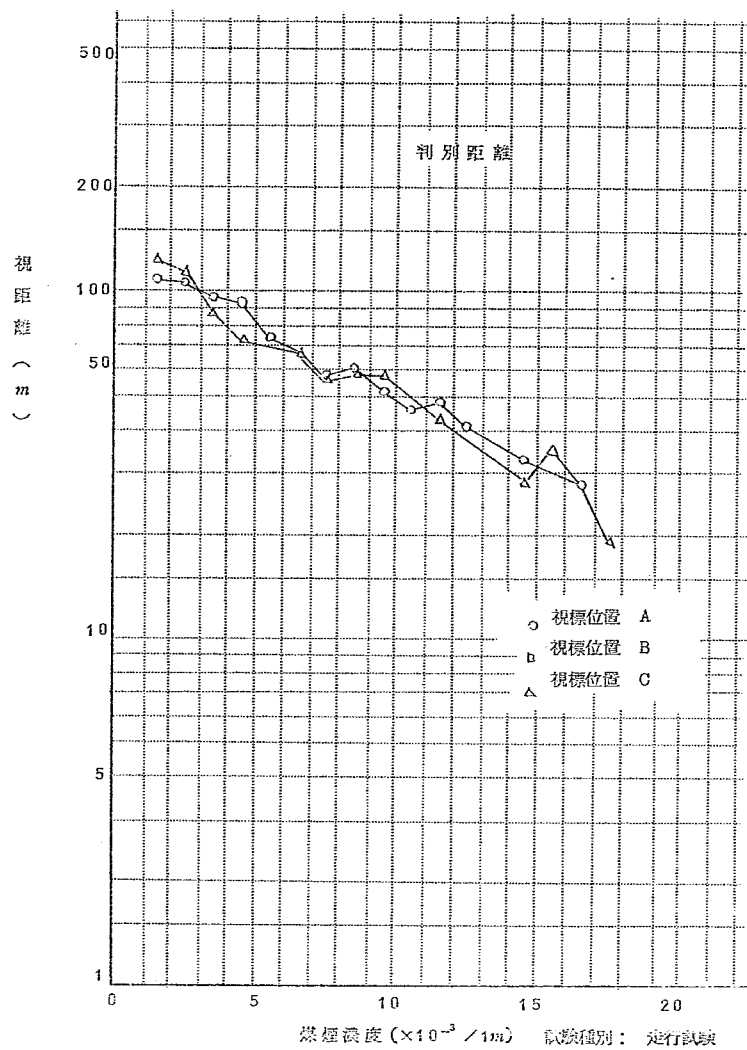


図一 1 1 煤煙濃度と視距離との関係

試験種別: 走行試験

視標: ハコ視標

照明: 全点灯



図一 1 2 煙濃度と視距離との関係

試験種別： 走行試験

視標： 歩行者シミュレーション視標

照明： $\frac{1}{3}$ 点灯

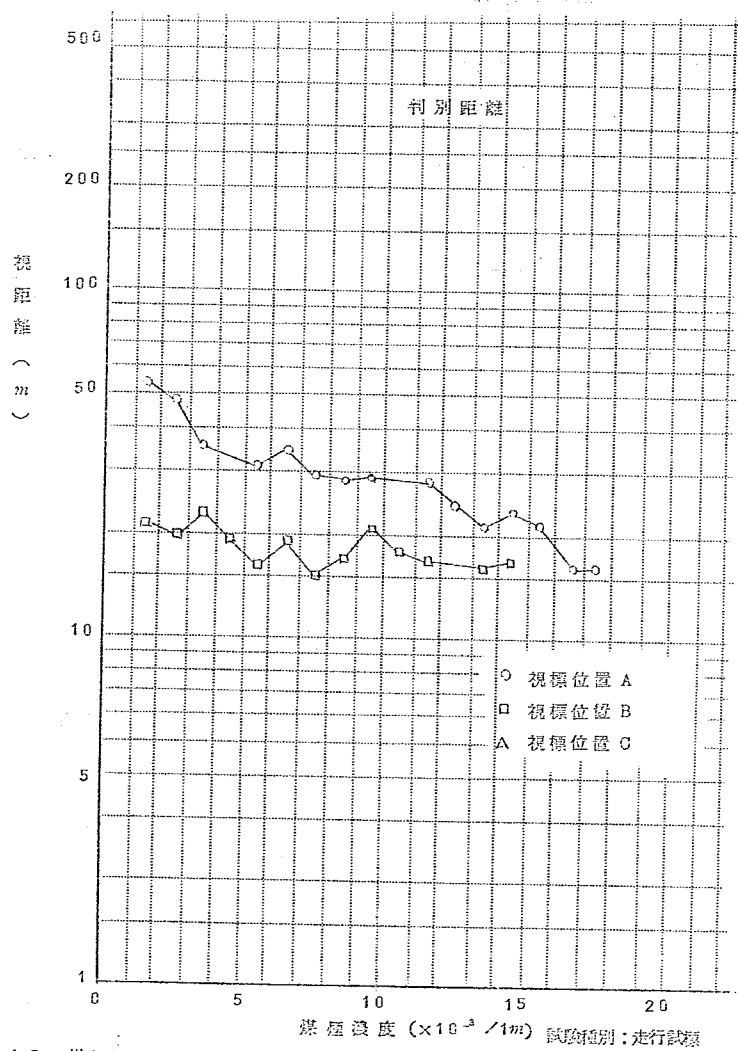


図-13 煤塵濃度と視距離との関係

試験種別: 走行試験

視標: ハコ視標

照度: 1/30cd

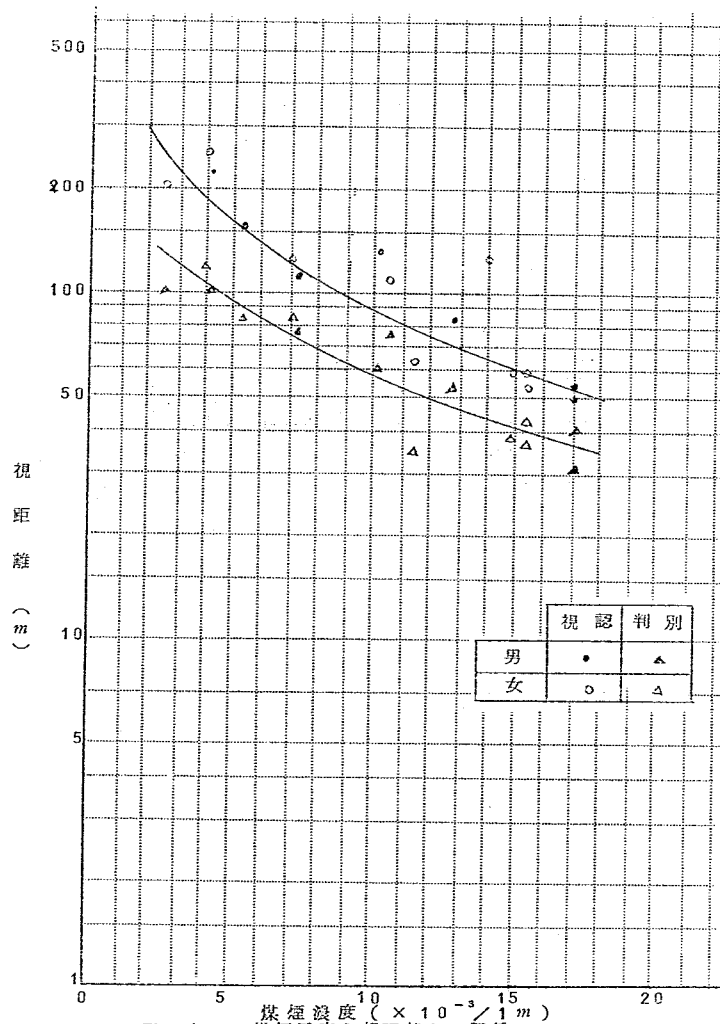
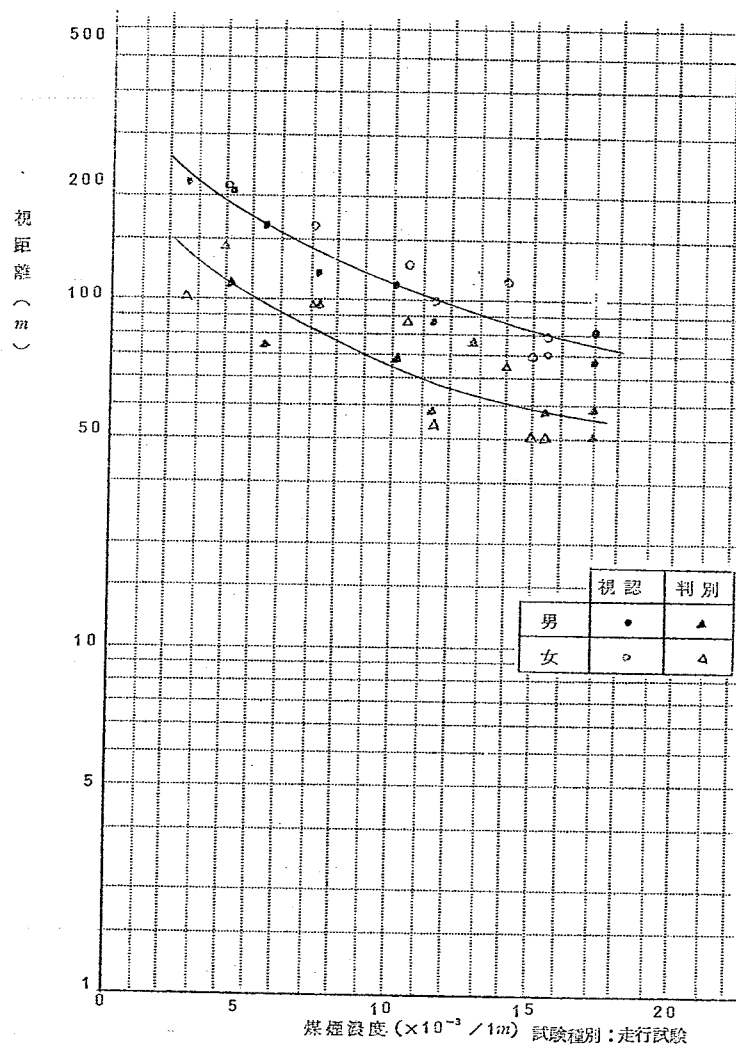
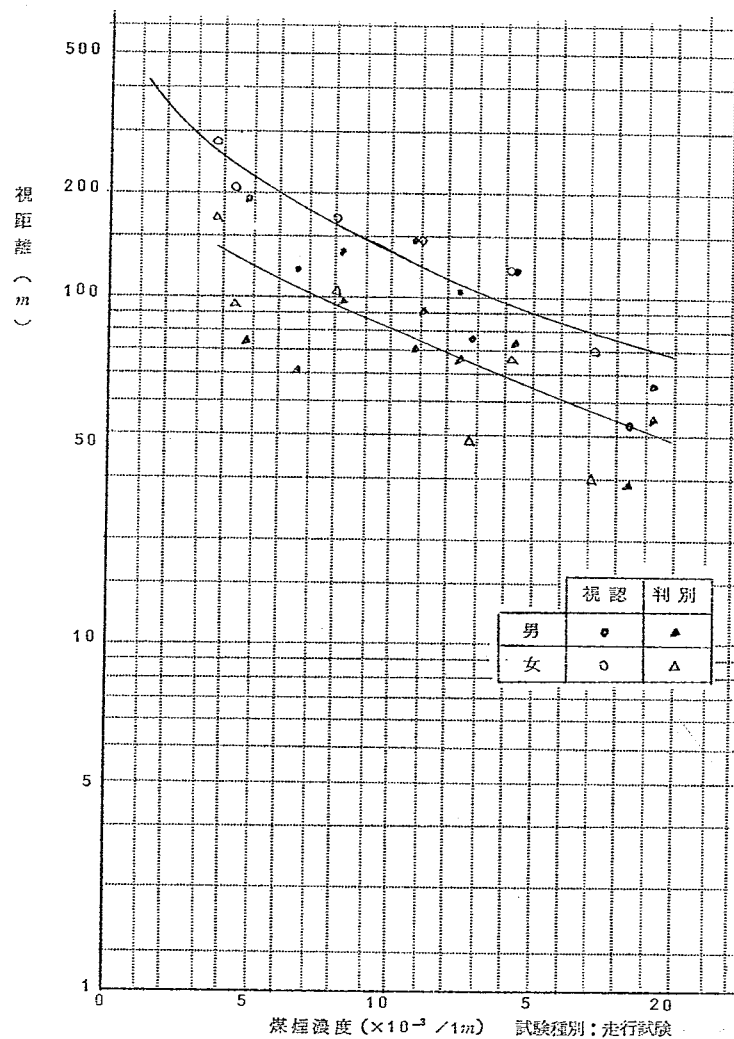


図-14 煤煙濃度と視距離との関係
 試験種別：走行試験
 視標：歩行者シルエット視標
 照明：全点灯
 視標位置：A，観測者T.A.



図一 1 5 煤煙濃度と視距離との関係

試験種別：走行試験
 視標：歩行者シルエット視標
 照明：全点灯
 視標位置：A，観測者OG



図一 16 煤煙濃度と視距離との関係

試験種別：走行試験
 視標：歩行者シルエット視標
 照明：全点灯
 視標位置：A，観測者：ON

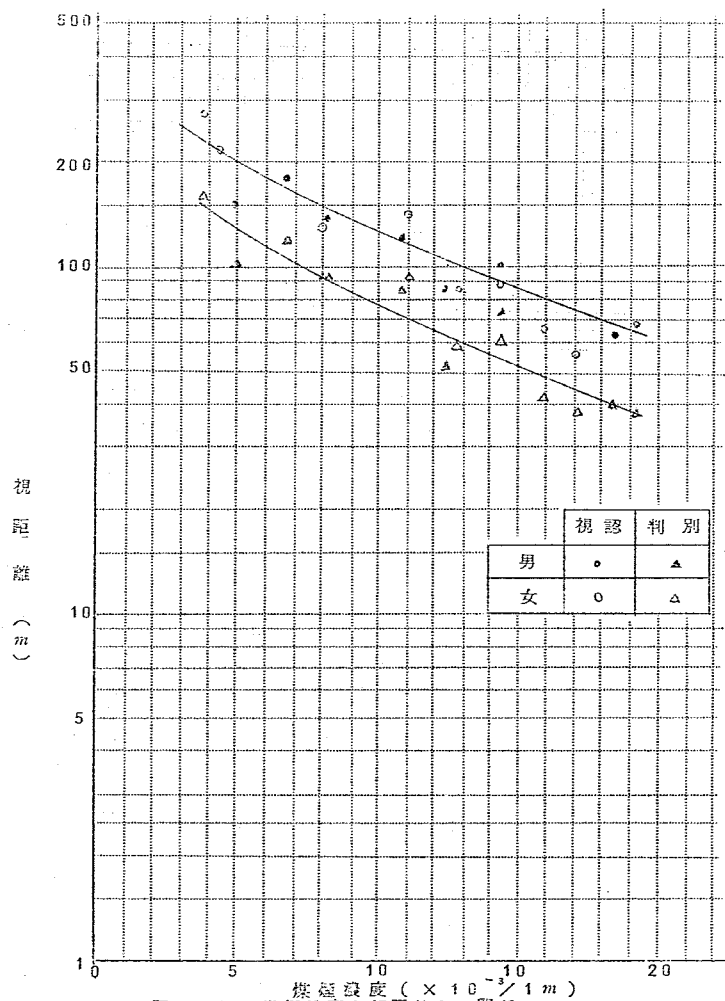


図-17 煤層厚度と視距離との関係
 試験種別：走行試験
 視標：歩行者シムエツト視標
 照明：全点灯
 視標位置：A，観測者TR.

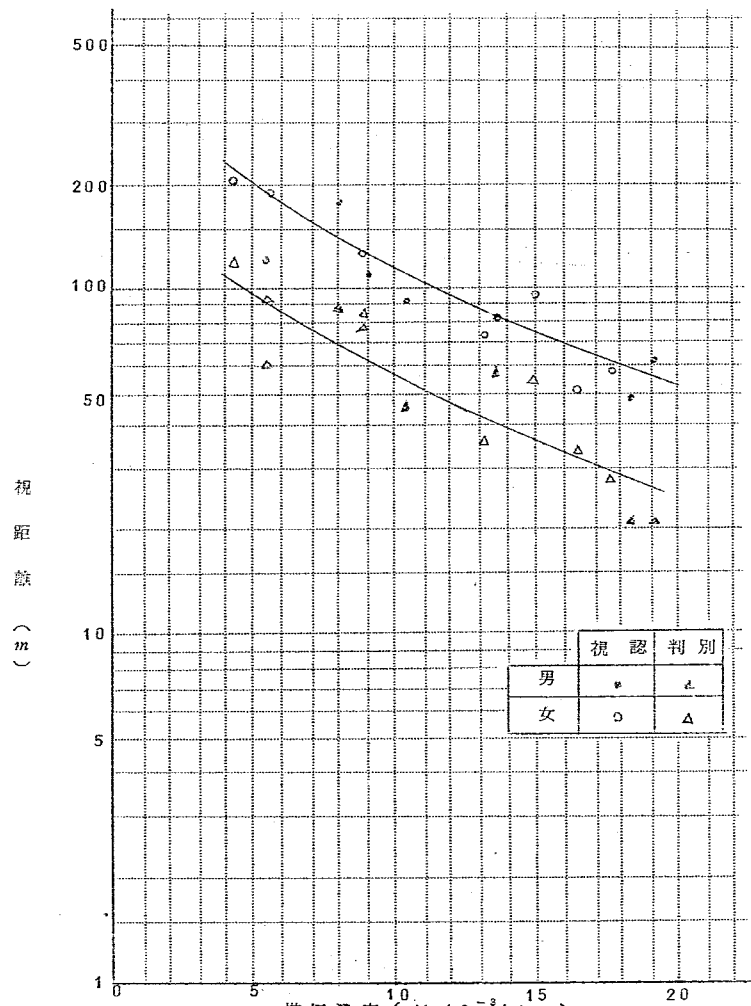


図-18 輝度と視距離との関係
 輝度単位: $\times 10^{-3} / 1 m$
 試験種別: 歩行者
 視標: シルエット視標
 照明: 全点灯
 視標位置: A, 観測者 T.O.

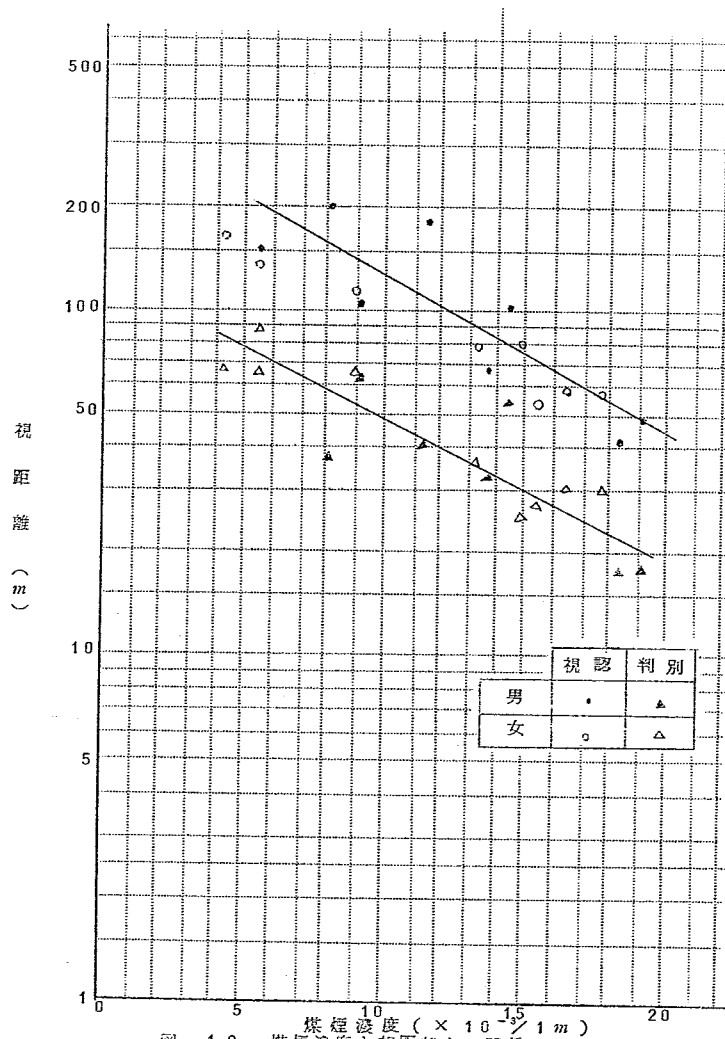


図-19

標度 (x 10⁻³ / 1 m)
 標度と視距離との関係
 標度種別: 走行試験
 視標: 歩行者シルエット視標
 照明: 全点灯
 視標位置: A, 観測者 SA.

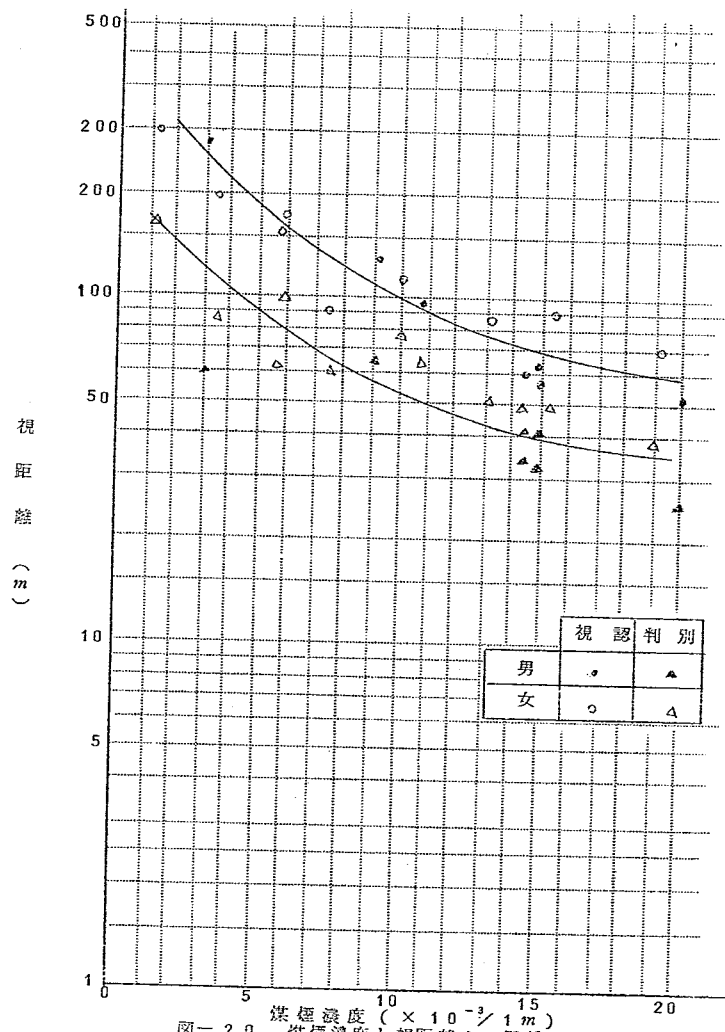


図-20 煙煙濃度と視距離との関係
 試験種別：走行試験
 視標：歩行者シルエット視標
 視標位置：B，観測者TA.

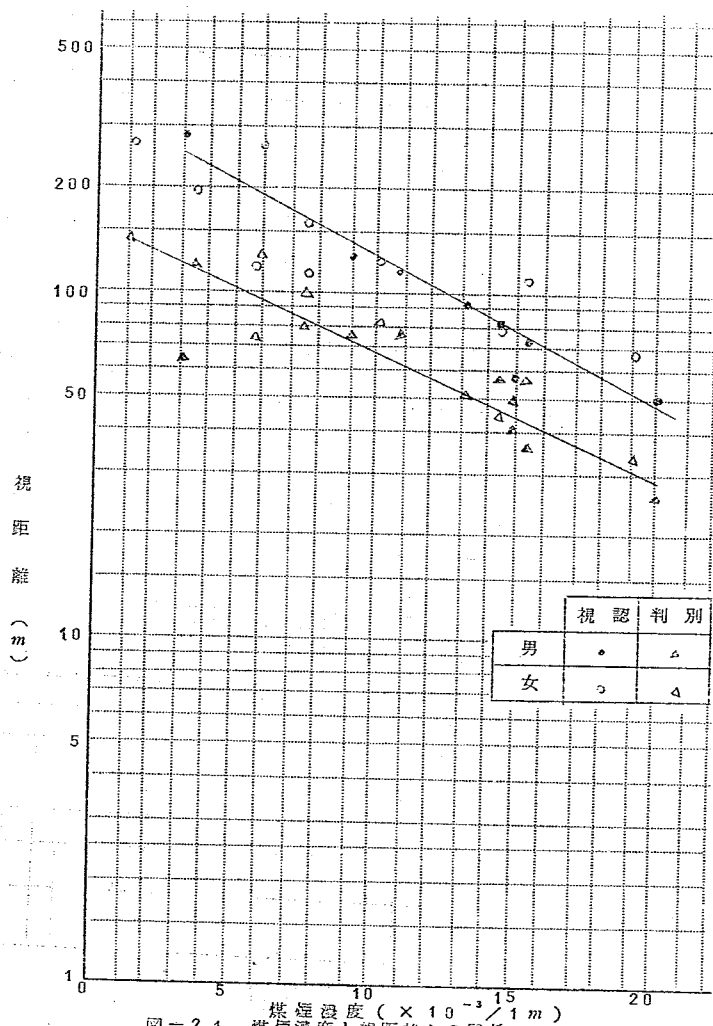


図-21

煤 燈 燭 度 ($\times 10^{-3} / 1 m$)
 煤 燈 燭 度 と 視 距 離 と の 関 係
 試 験 種 別 : 走 行 試 験
 視 標 : 歩 行 者 シ ル エ ッ ト 視 標
 照 明 : 全 点 灯
 視 標 位 置 : B, 観 測 者 O G.

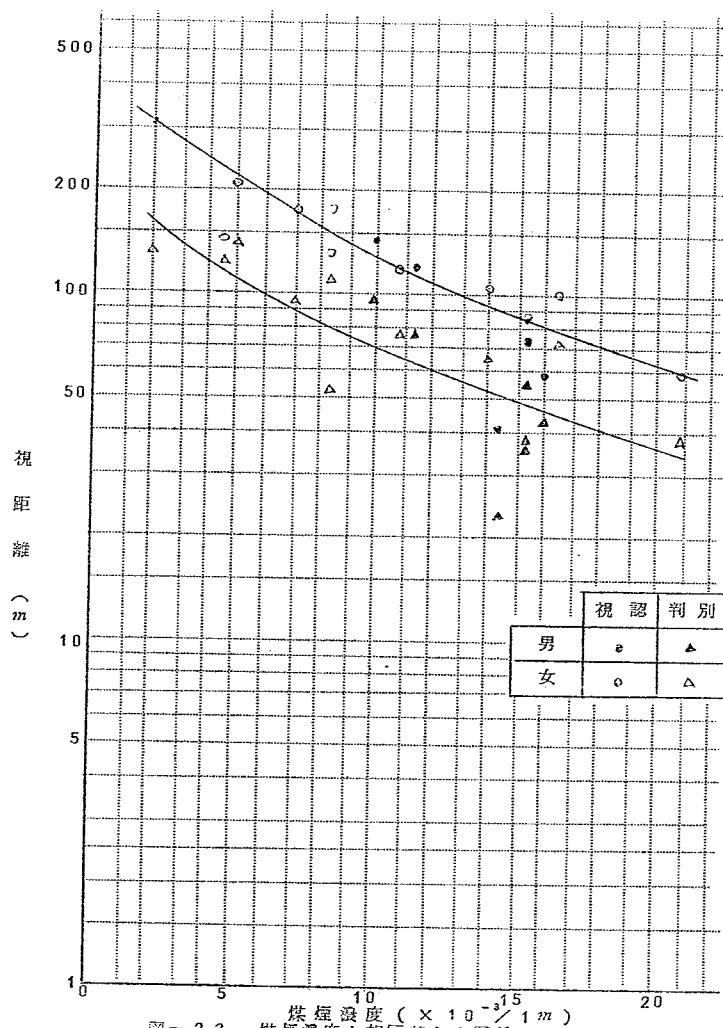


図-22

煙 濃 度 と 視 距 離 の 関 係
 煙 濃 度 と 視 距 離 の 関 係
 試 験 種 別 : 走 行 試 験
 視 標 : 歩 行 者 シ ル エ ー ト 視 標
 照 明 : 全 点 灯
 視 標 位 置 : B, 観 測 者 O N.

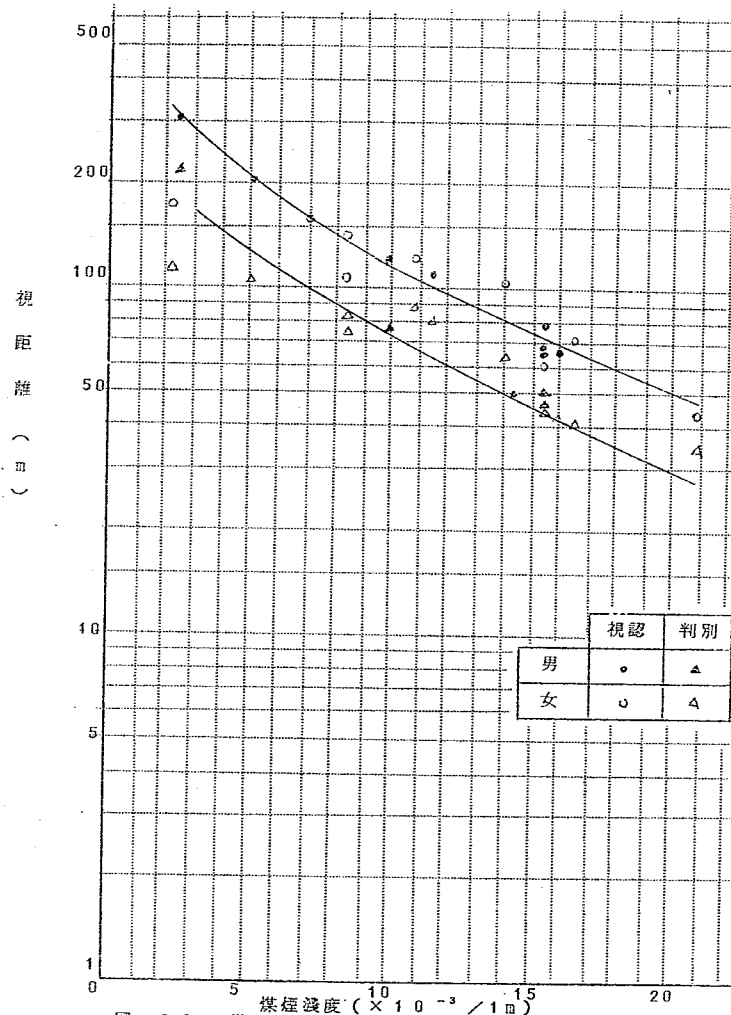


図-23 煤煙濃度と視距離との関係
 試験種別：走行試験
 視標：歩行者シルエット視標
 照明：全点灯
 視標位置：B, 観測者TK

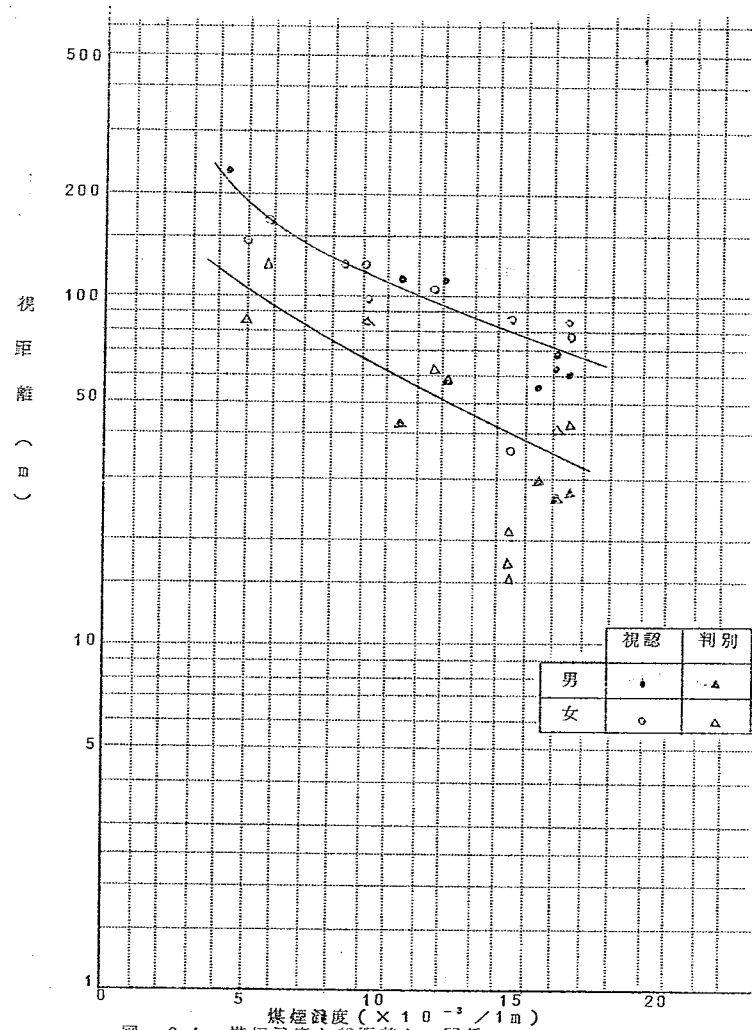


図-24 煤煙濃度と視距離との関係
 試験種別：走行試験
 視標：歩行者シルエット視標
 照明：全点灯
 視標位置：B，観測者T O

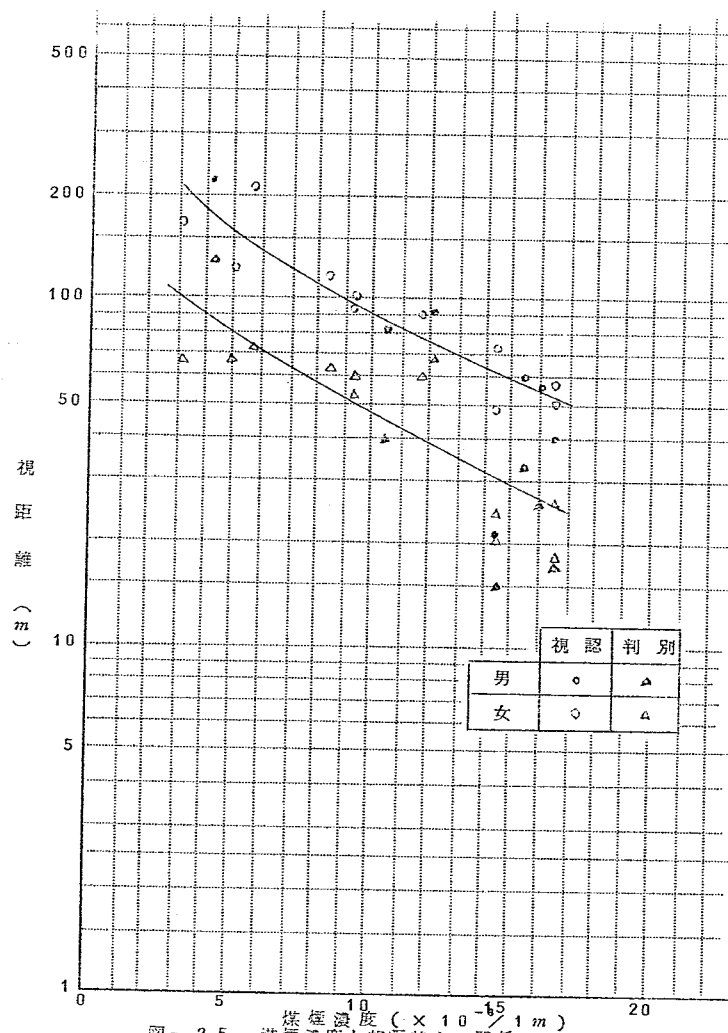


図-25

煤煙濃度と視距離との関係
 試験種別：走行試験
 視標：走行者シレット視標
 照明：全点灯
 視標位置：B，観測者SA.

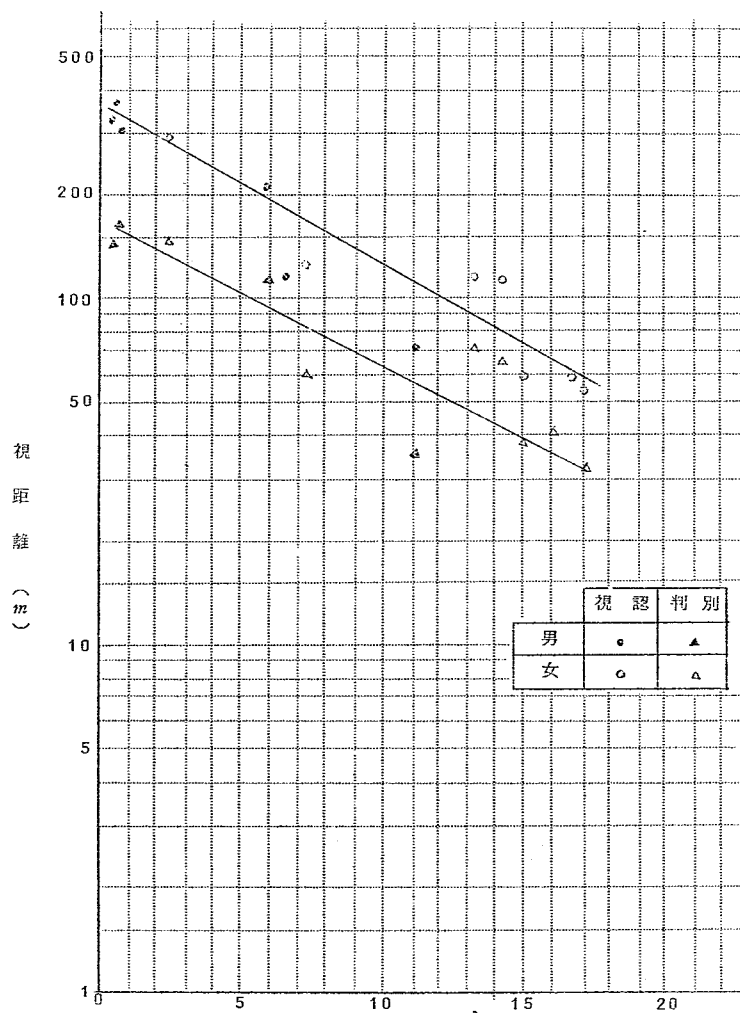


図-26 煤煙濃度と視距離との関係
 試験種別：走行試験
 視標：歩行者シルエット視標
 照明：全点灯
 視標位置：C，観測者TK.

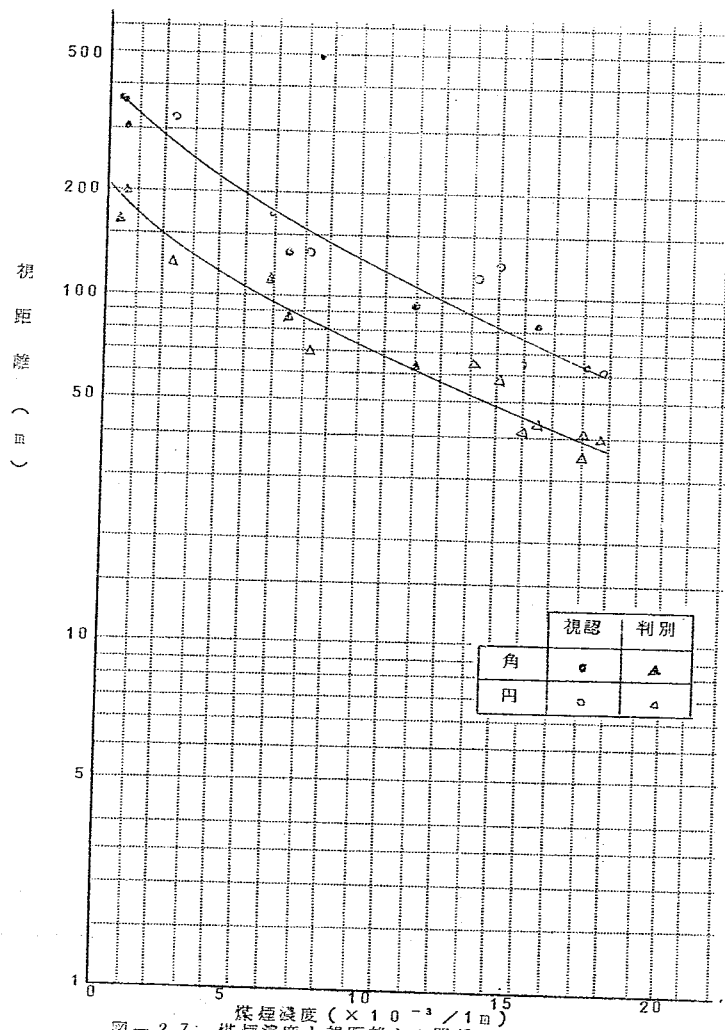


図-27 煤煙濃度と視距離との関係
 煤煙濃度: $\times 10^{-3} / 1 \text{ m}$
 試験種別: 走行試験
 視標: 歩行者シルエット視標
 照明: 全点灯
 視標位置: G, 観測者OG

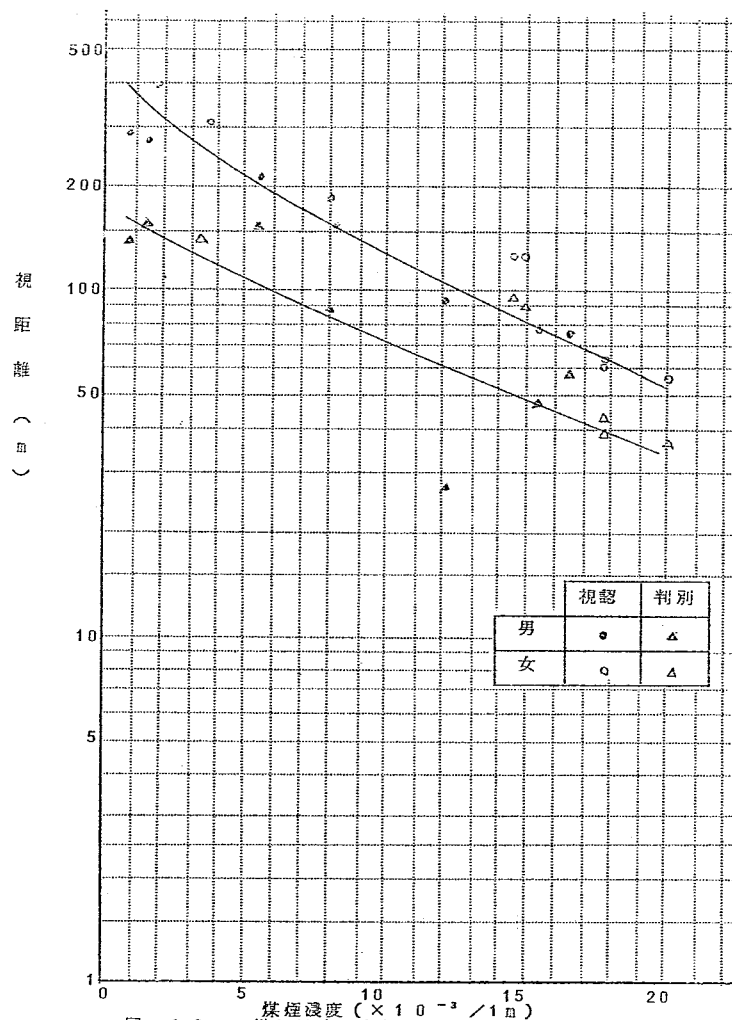


図-28

標度濃度 ($\times 10^{-3} / 1 \text{ m}$)
 標度濃度と視距離との関係
 試験種別: 走行試験
 視標: 歩行者シルエット視標
 照明: 全点灯
 視標位置: C, 観測者 ON

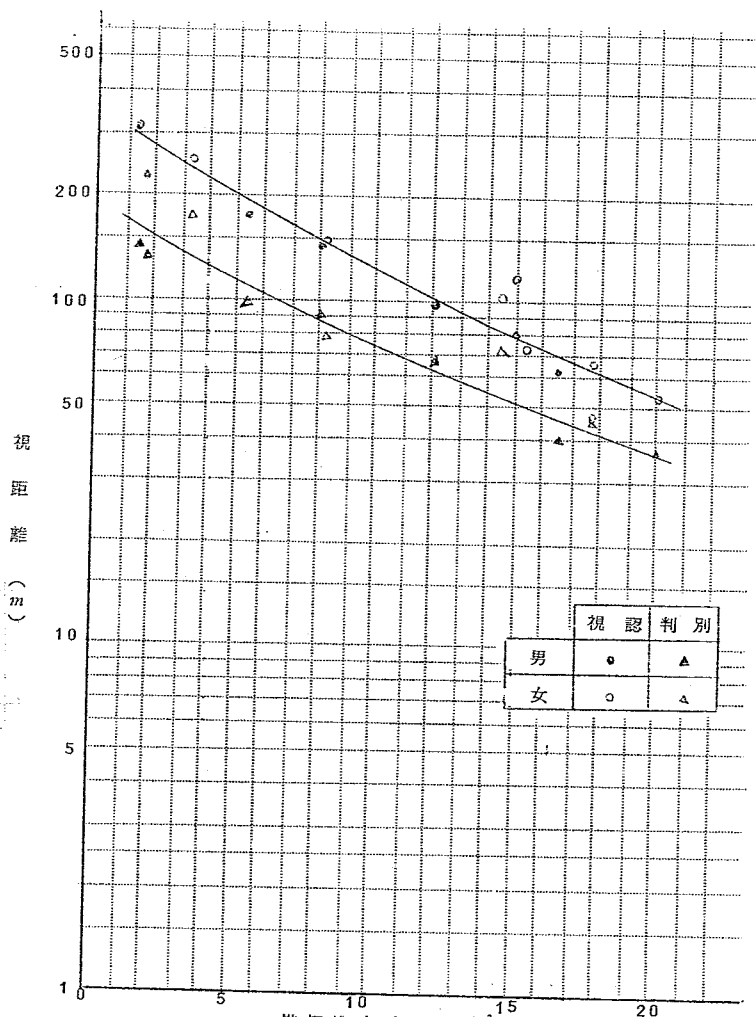
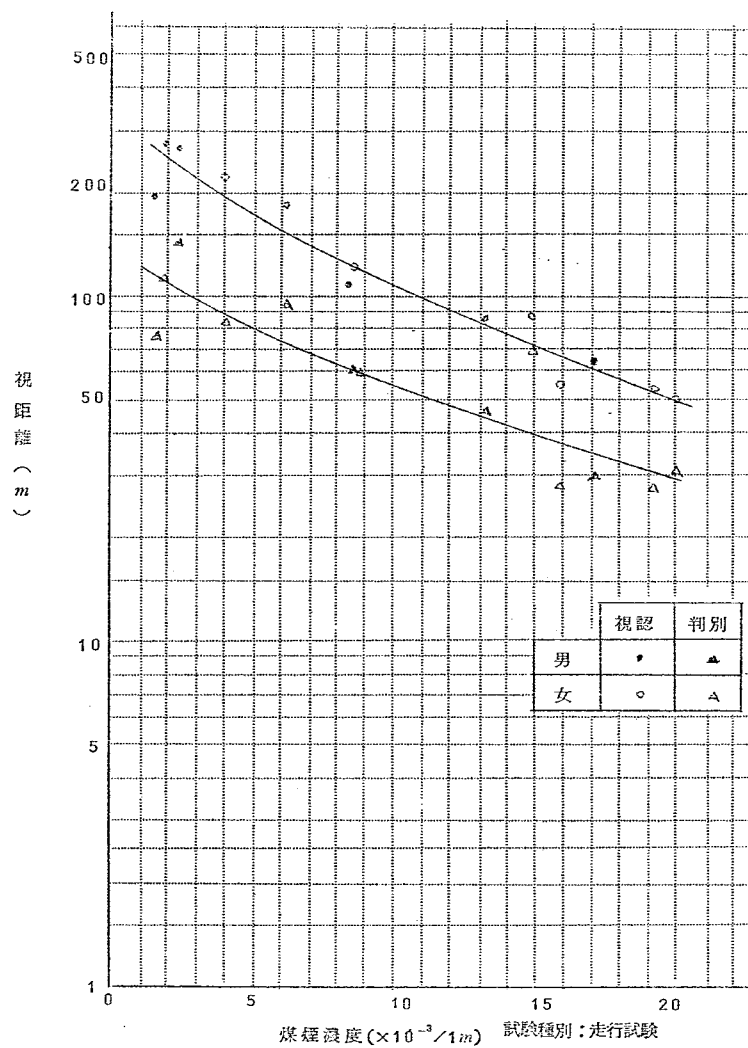
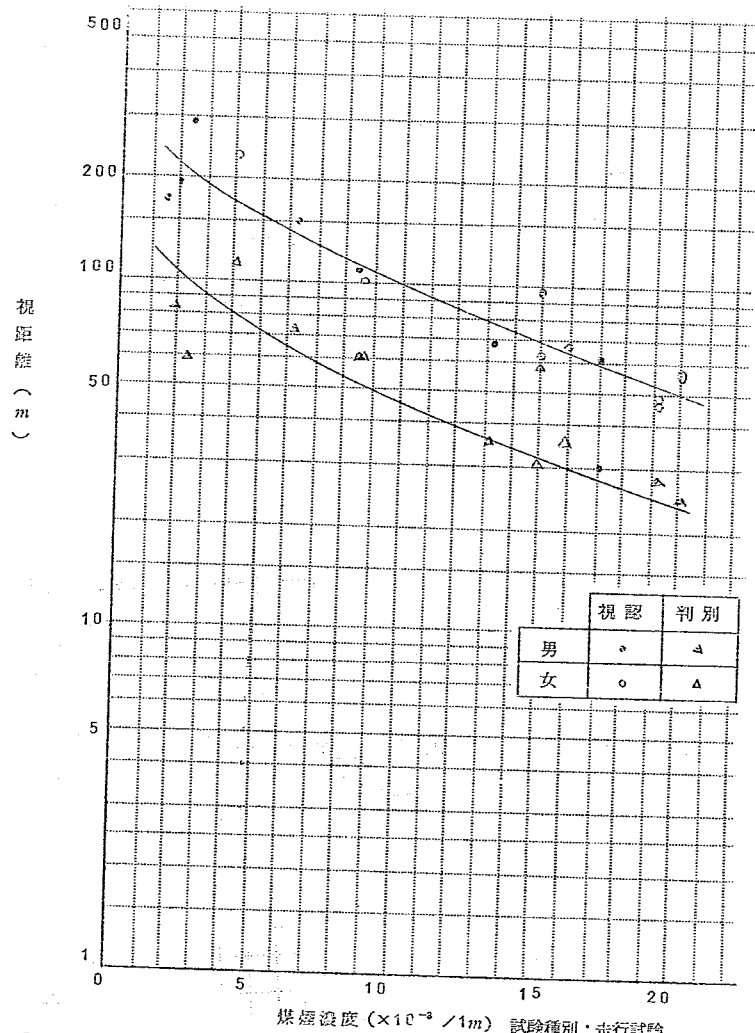


図-29

煤煙濃度と視距離との関係
 煤煙濃度： $\times 10^{-3} / 1m$
 試験種別：走行試験
 視標：歩行者シルエット視標
 照明：全点灯
 視標位置：C，観測者TK.

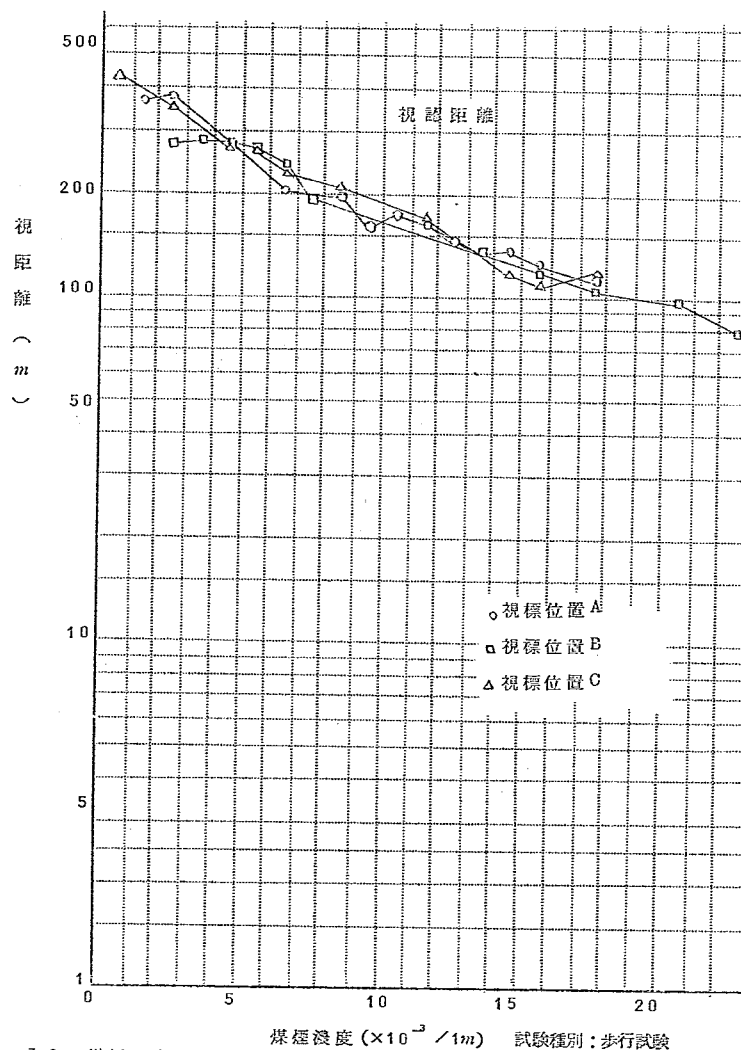


図一 3 G 煤煙濃度と視距離との関係
 試験種別：走行試験
 視標：歩行者ヘルメット視標
 照明：全点灯
 視標位置：C，観測者TO，



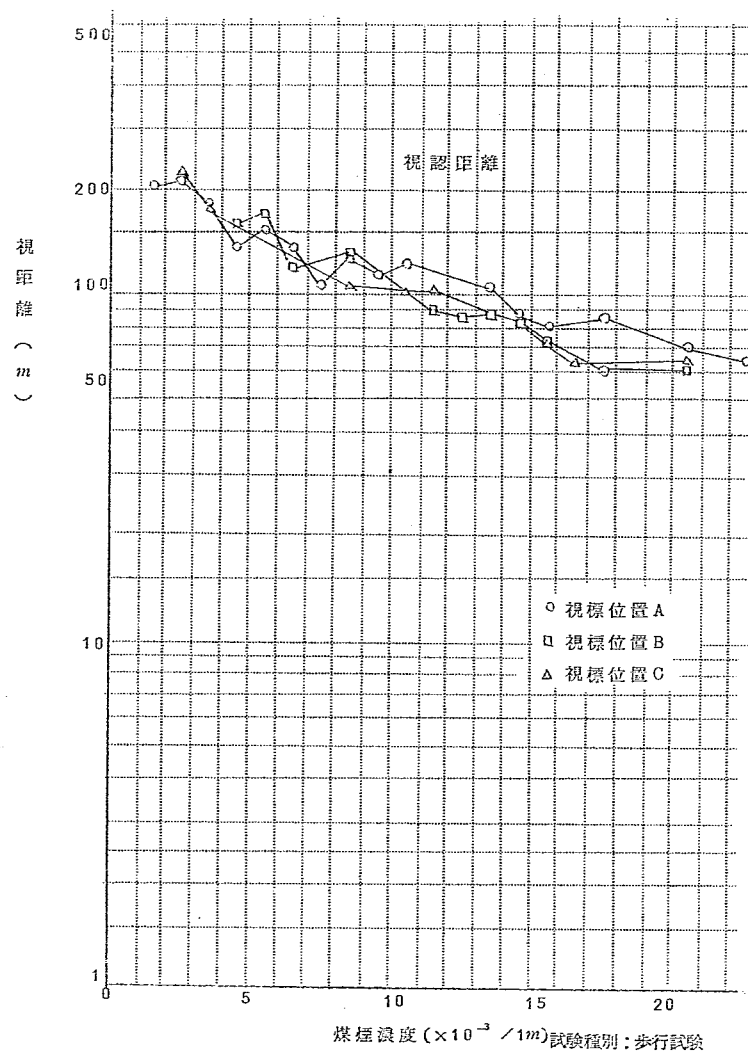
図一 3 1 煤煙濃度と視距離との関係

試験種別：走行試験
 視標：歩行者シルエット視標
 照明：全点灯
 視標位置：C, 視測者SA,



図一 3 2 煤煙濃度と視距離との関係

試験種別：歩行試験
視標：走行者シルエット視標
照明：全点灯



図一 3 3 煤煙濃度と視距離との関係

試験種別：歩行試験
視標：ハコ視標
照明：全点灯

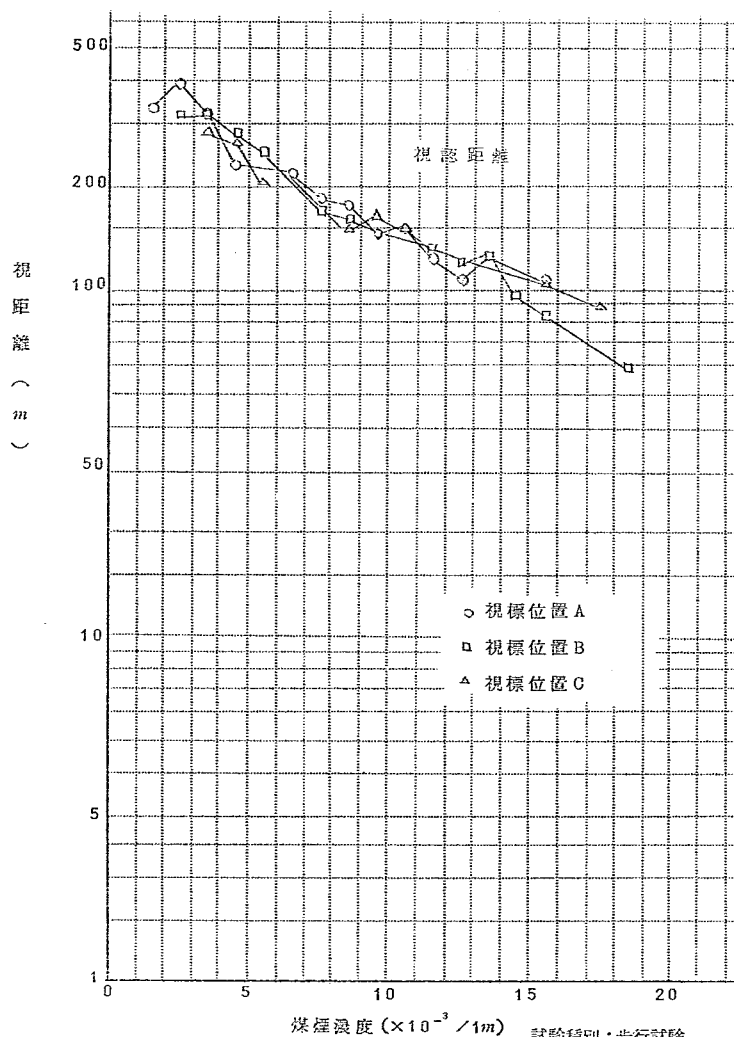
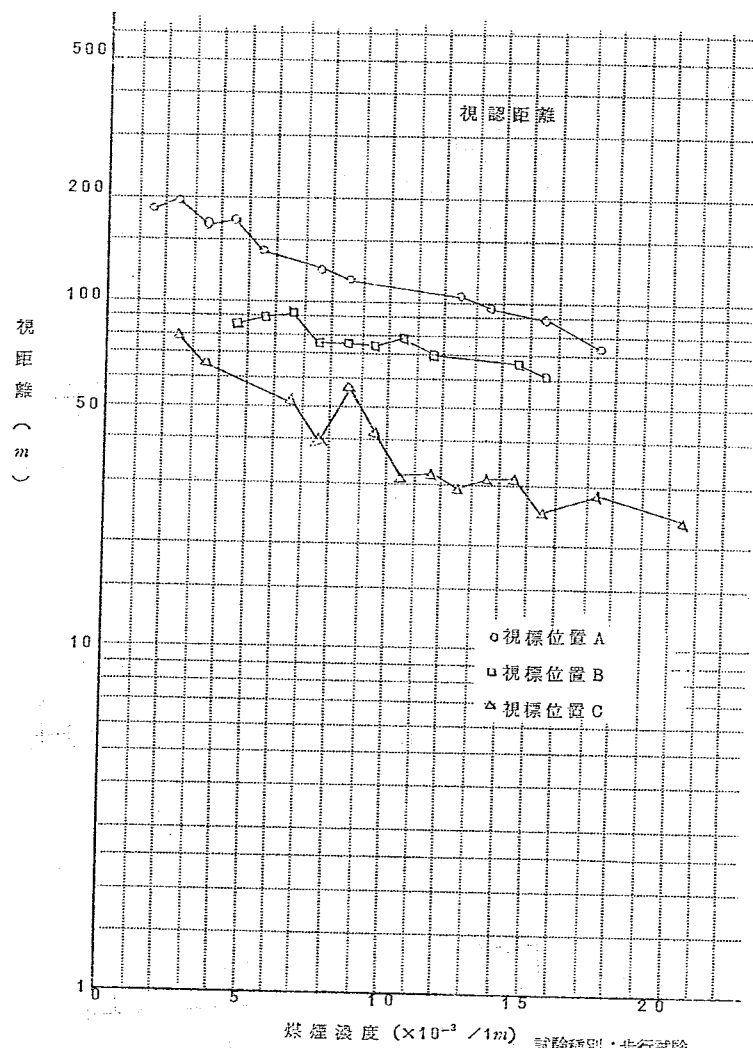


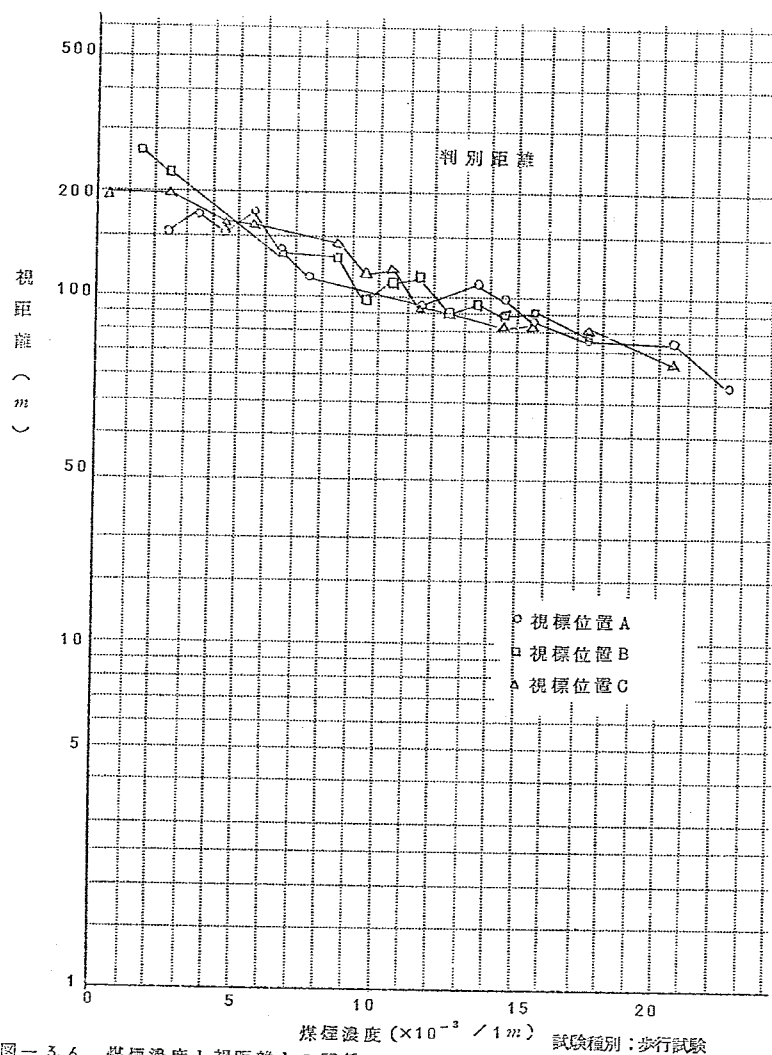
図-3-4 煤煙濃度と視距離との関係

試験種別：歩行試験
視標：歩行者シルエット視標
照明： 1/8点灯



図一 3 5 煤煙濃度と視距離との関係

試験種別：歩行試験
視標：ハコ視標
照明： $\frac{1}{4}$ 点灯

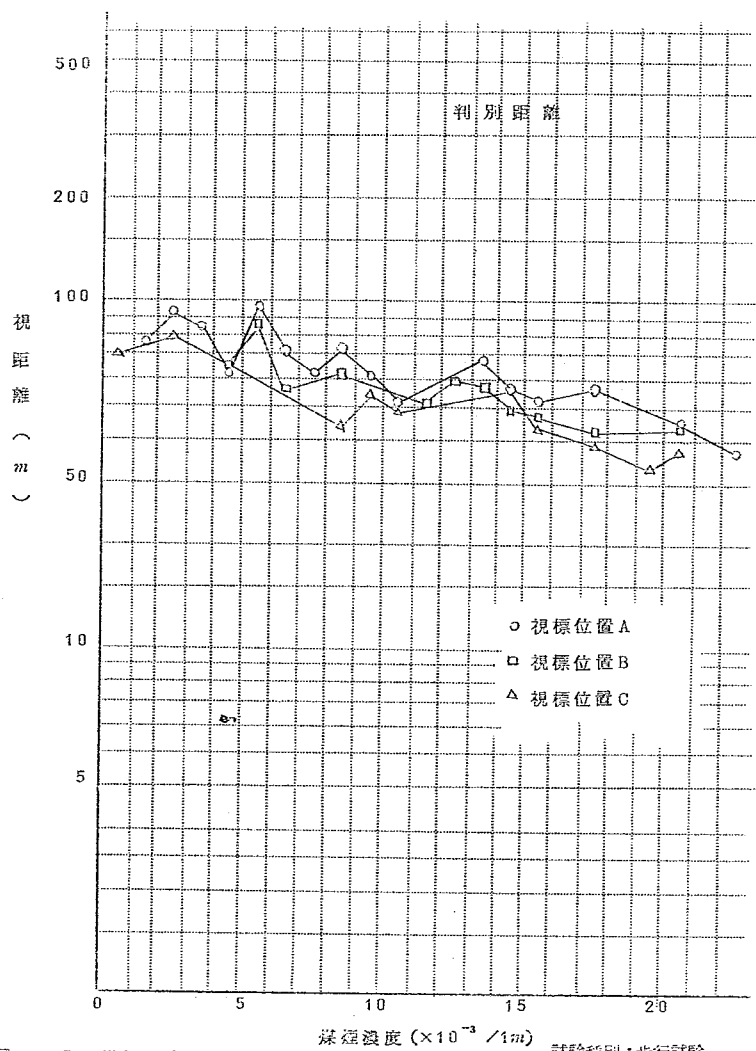


図一 3.6 煙煙濃度と視距離との関係

試験種別：歩行試験

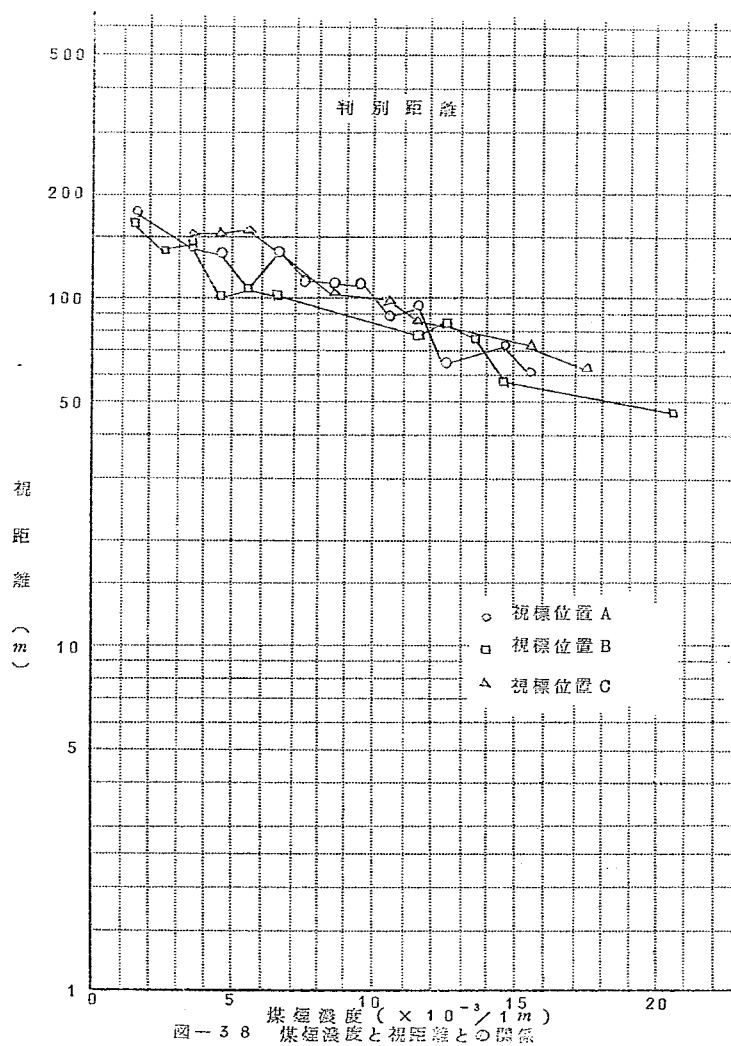
視標：走行者シルエット視標

照明：全点灯



図一 3 7 煤煙濃度と視距離との関係

試験種別：歩行試験
視標：ハコ視標
照明：金点灯



國一38

煤煙濃度と視距離との関係

試験種別：歩行試験

視標：歩行者シルエット視標

照明：鳥点灯

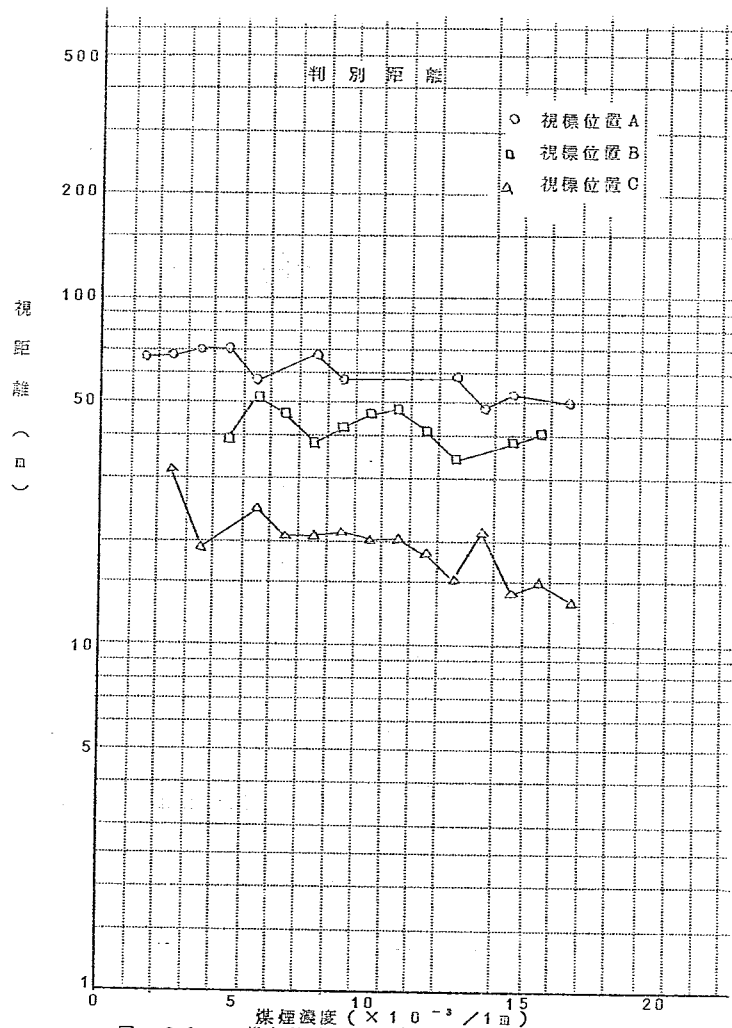


図 - 3 9

煤煙濃度と視距離との関係
 煤煙濃度 ($\times 10^{-3} / 1 \text{ m}$)
 試験種別: 歩行試験
 視標: ハコ視標
 照明: 1/2点灯

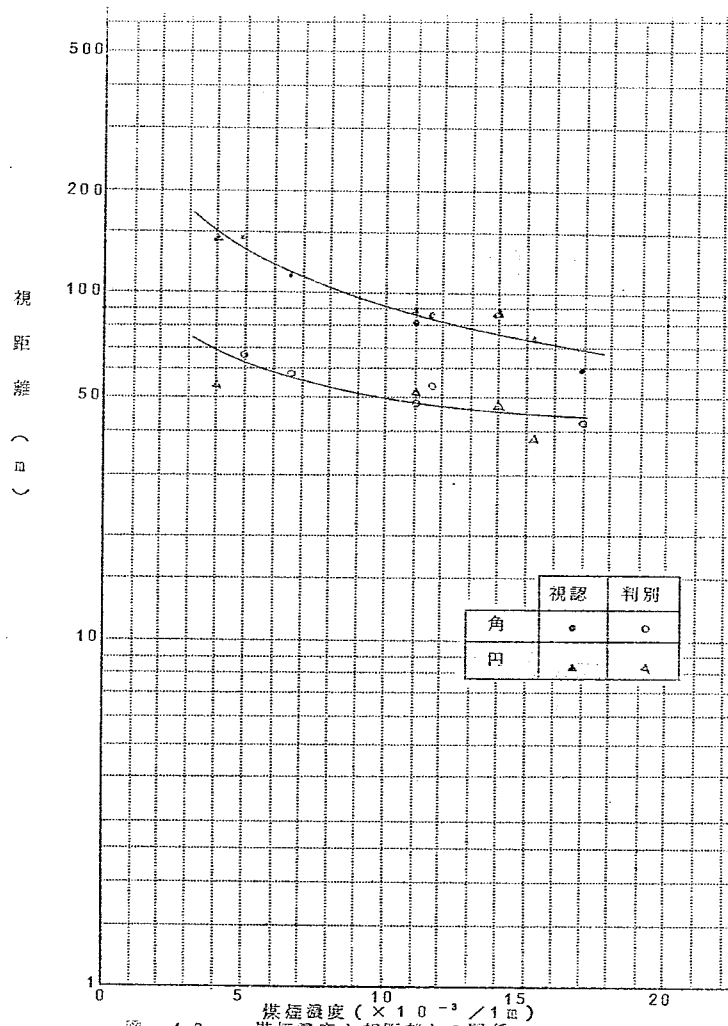


図-40

照度 (cd/m²) と 視距離 (m) の関係
 試験種別: 歩行試験
 視標: ハコ視標
 照明: 全点灯
 視標位置: A, 観測者 T A

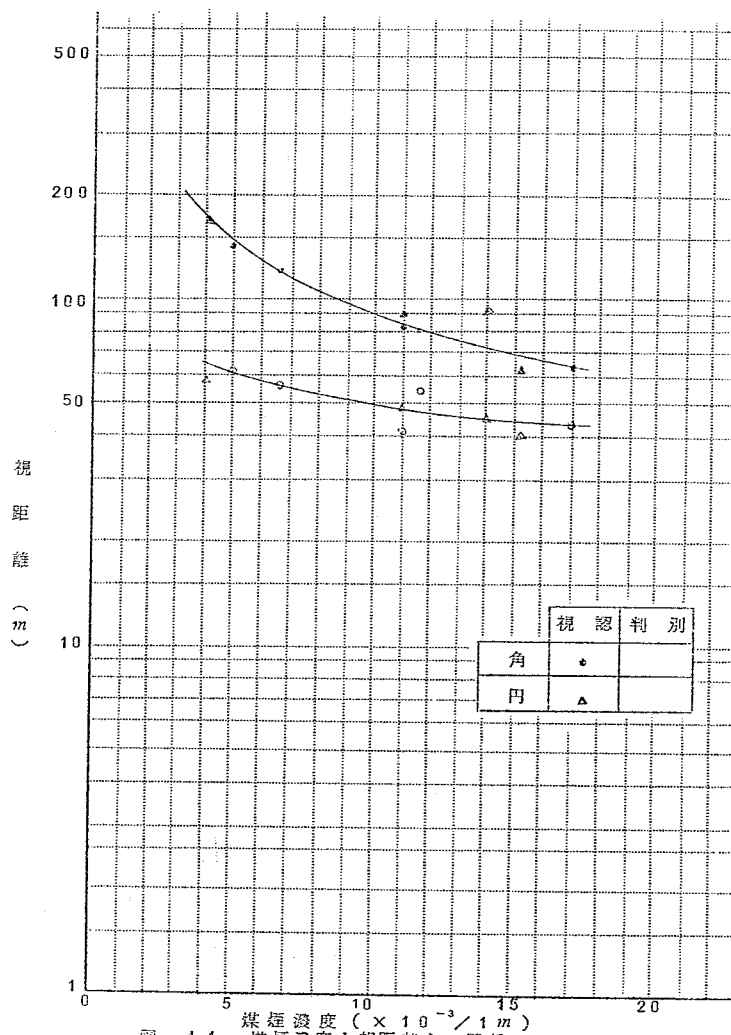


図-41 煤煙濃度と視距離との関係
 煤煙濃度 ($\times 10^{-3} / 1 m$)
 試験種別 : 歩行試験
 視標 : ヘコ視標
 照 明 : 全点灯
 視標位置 : A, 観測者 OG.

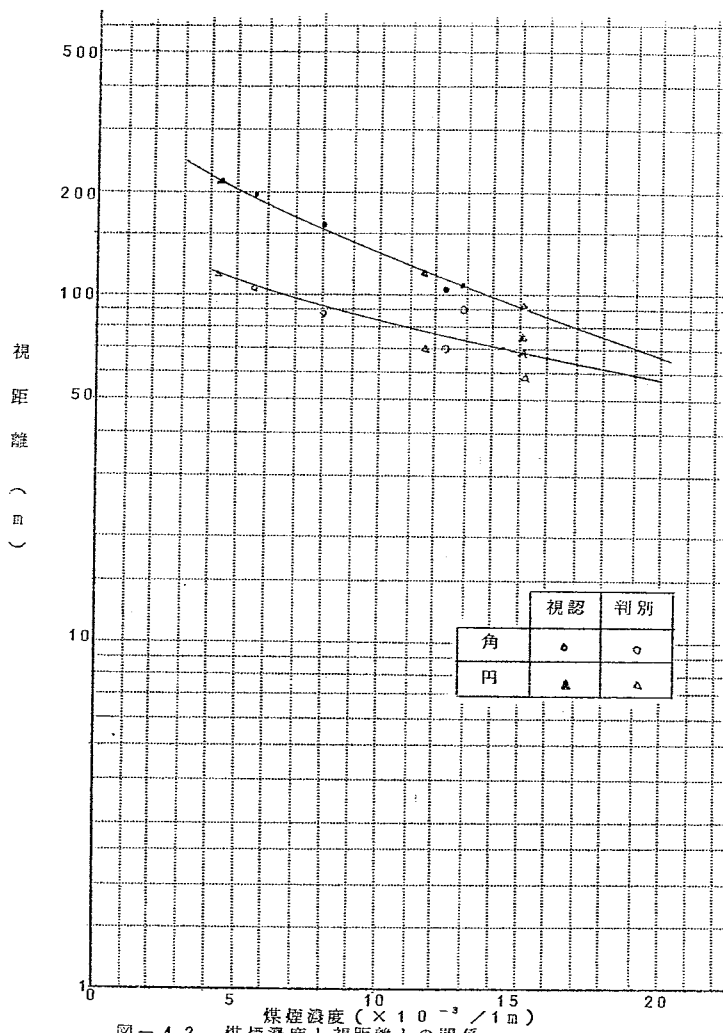
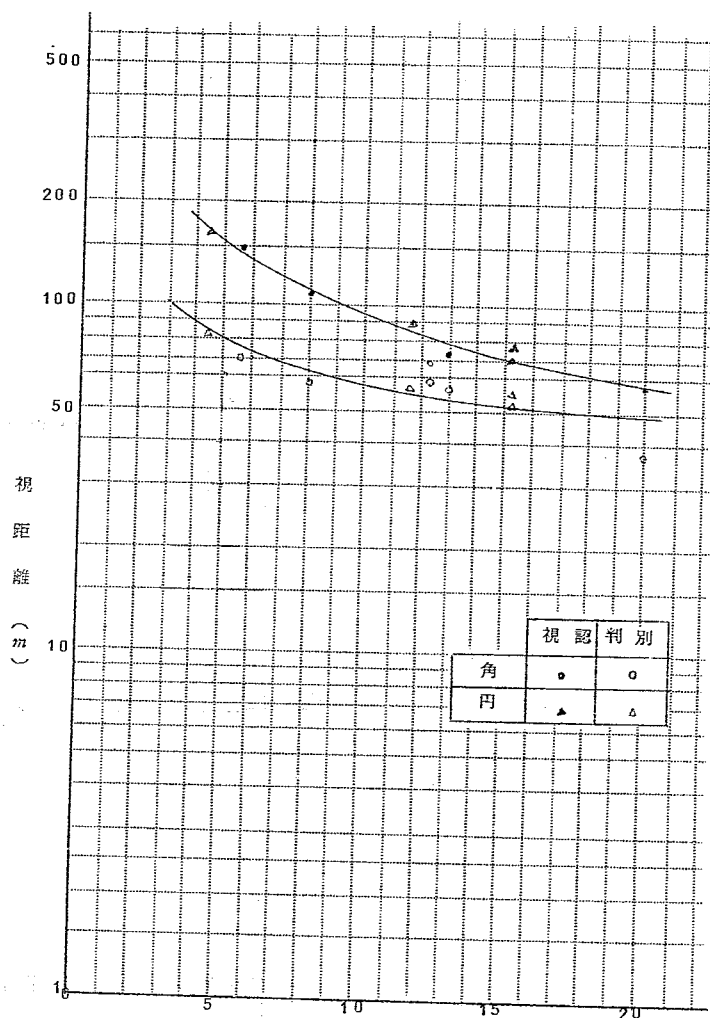


図-42 煤煙濃度と視距離との関係
 試験種別：歩行試験
 視標：ハコ 視標
 照明：全点灯
 視標位置：A，観測者ON



図一 4 3 煤煙濃度と視距離との関係
 煤煙濃度: $\times 10^{-3} / 1 m$
 試験種別: 歩行試験
 視標: ハコ視標
 照明: 全点灯
 視標位置: A, 観測者 TK.

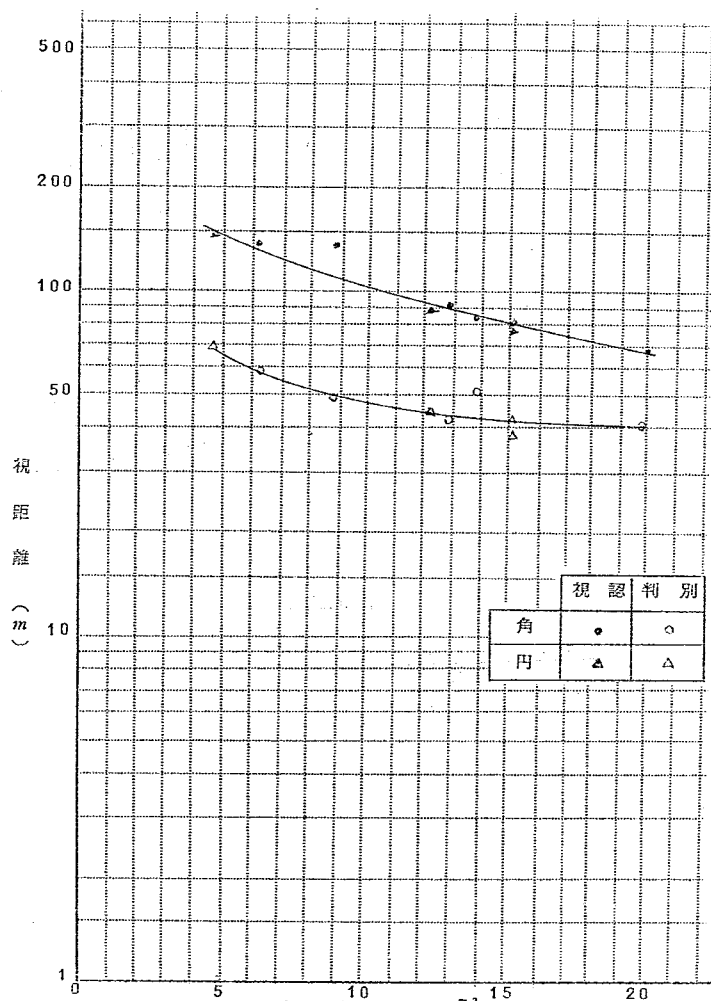


図-44 煤層深度と視距離との関係
 煤層深度 ($\times 10^{-3} / 1 m$)
 試験種別: 歩行試験
 視標: ハコ視標
 照明: 全点灯
 視標位置: A, 観測者 TO.

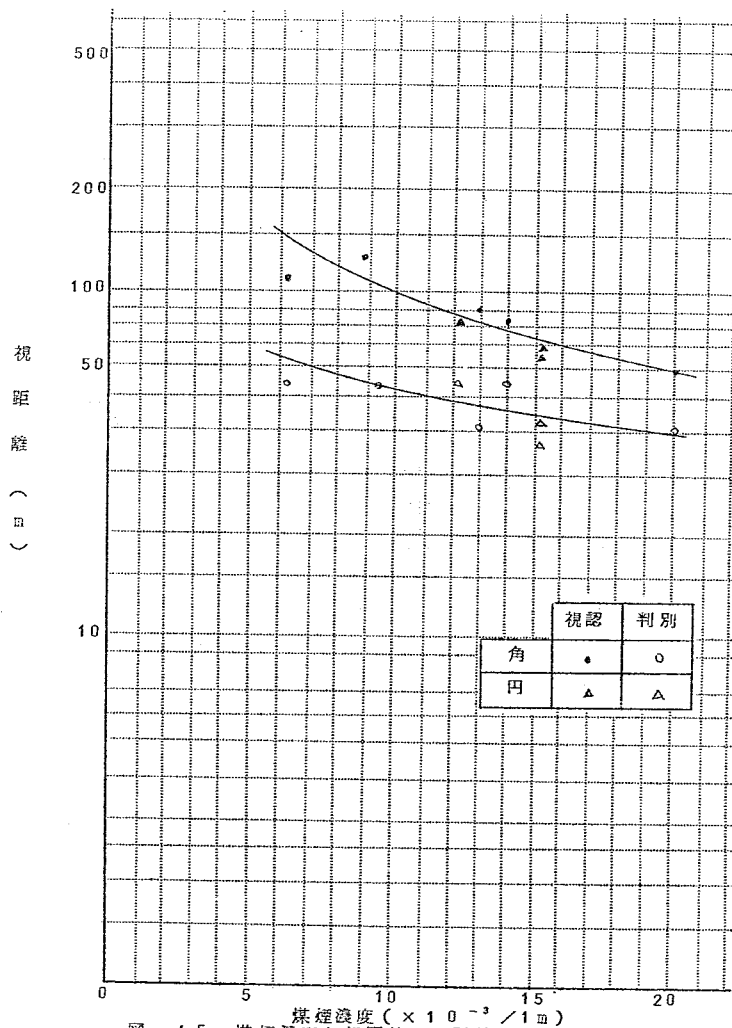


図-45 煤煙濃度と視距離との関係
 試験種別: 歩行試験
 視標: ハコ視標
 照明: 馬点灯
 視標位置: A, 観測者 S A

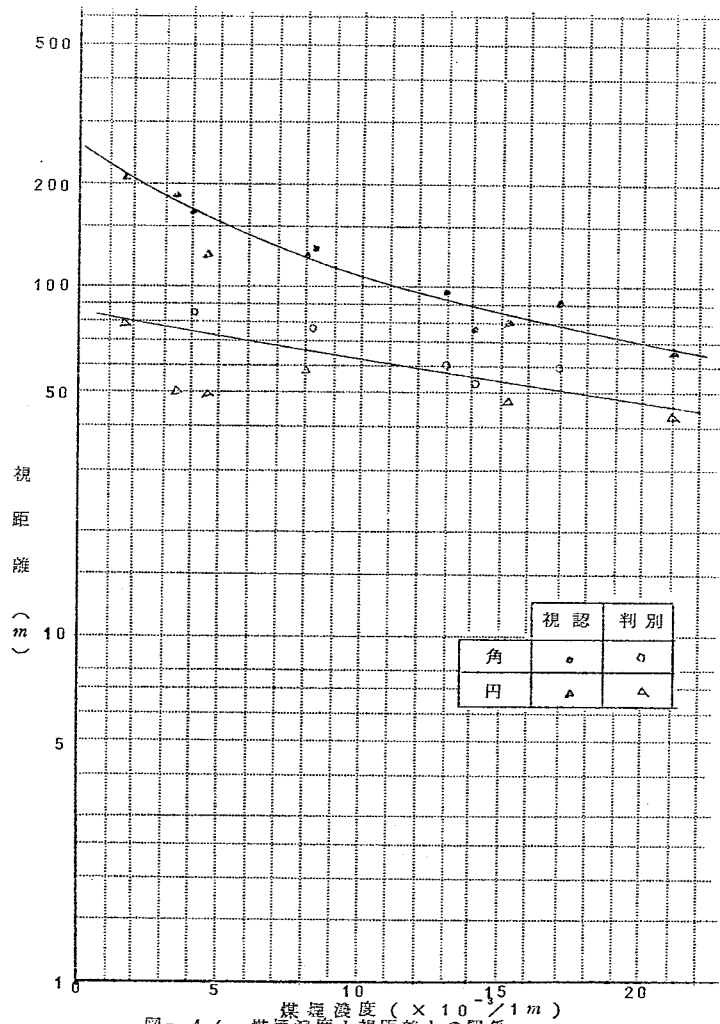


図-46 煤濃度と視距離との関係
 煤濃度：歩行試験
 試験種別：歩行試験
 視標：ハコ視標
 照明：全点灯
 視標位置：B，観測者 T A.

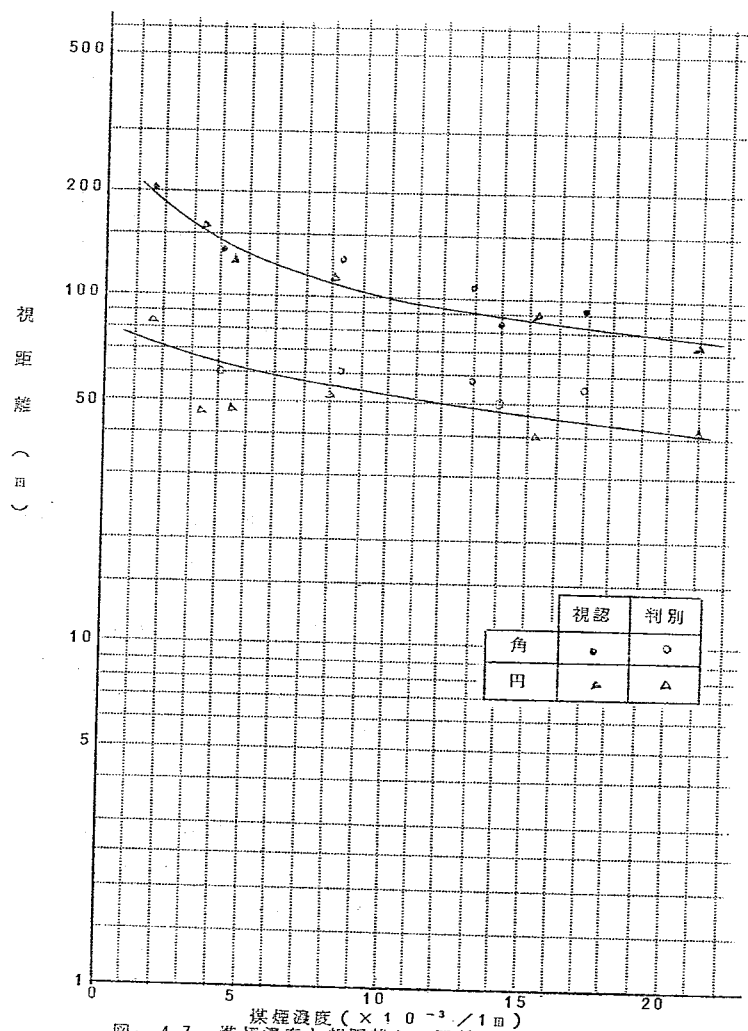


図-47 煤煙濃度と視距離との関係
 試験種別: 歩行試験
 視標: ハコ視標
 照明: 全点灯
 視標位置: B, 観測者 O G

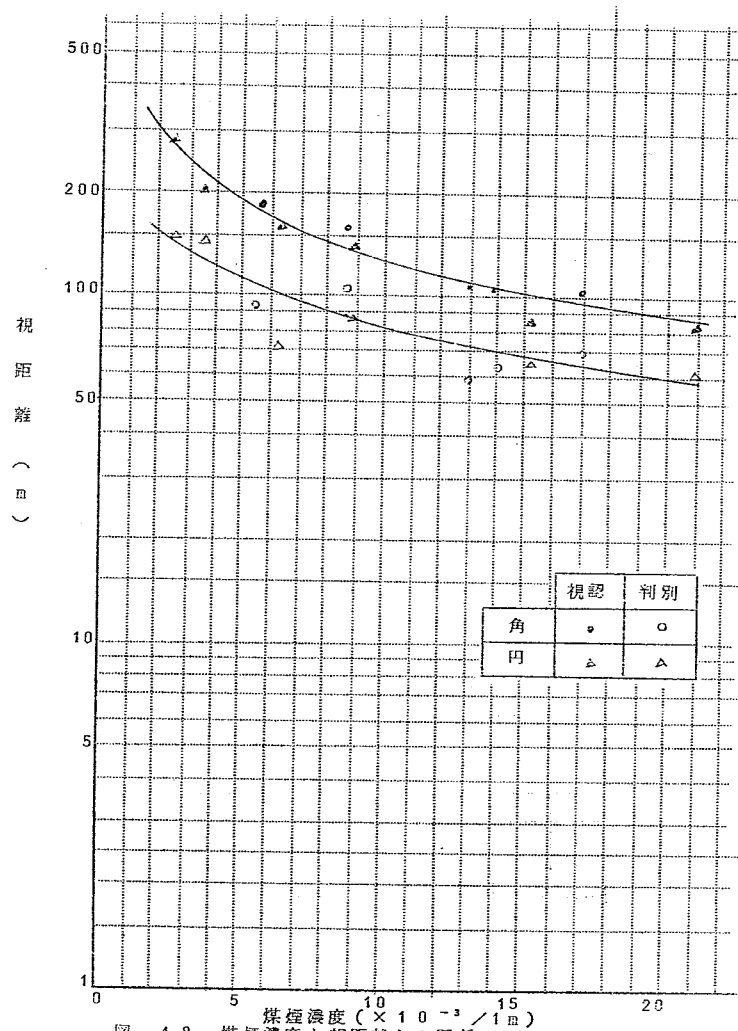


図-48 煤煙濃度と視距離との関係
 煤煙濃度 $(\times 10^{-3} / 1m)$
 試験種別：歩行試験
 視 儀：ハコ 視標
 照 明：全点灯
 視標位置：B, 観測者ON

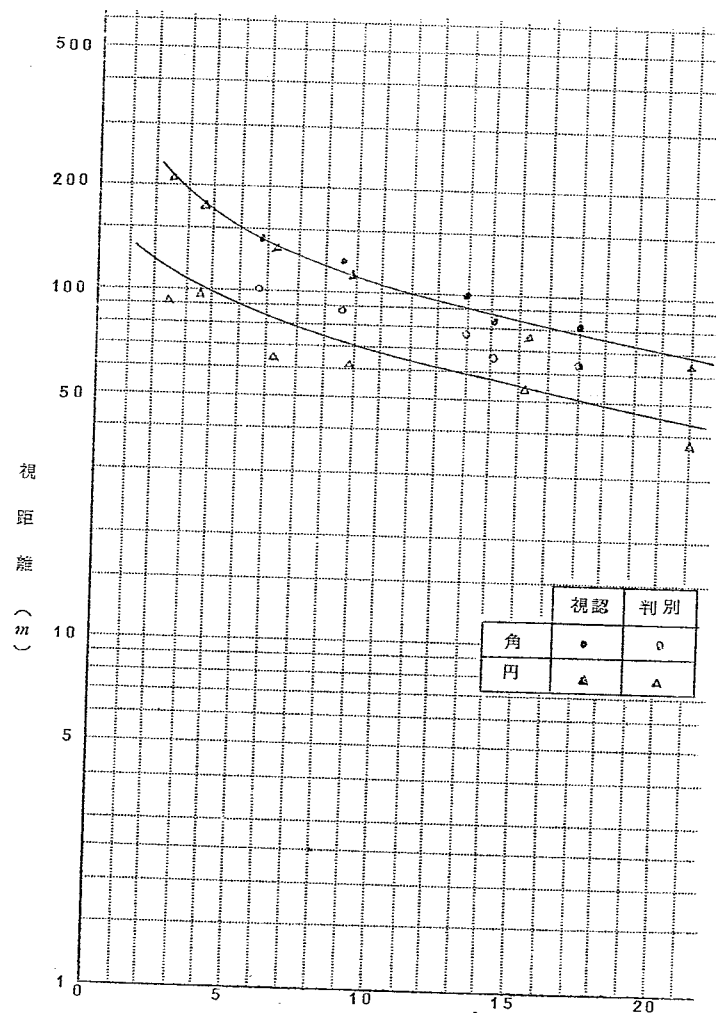


図-49 煤短濃度 ($\times 10^{-3} / 1m$) と視距離との関係
 煤短濃度試験種別：歩行試験
 視標：ハコ視標
 照明：全点灯
 視標位置：B, 観測者 TK.

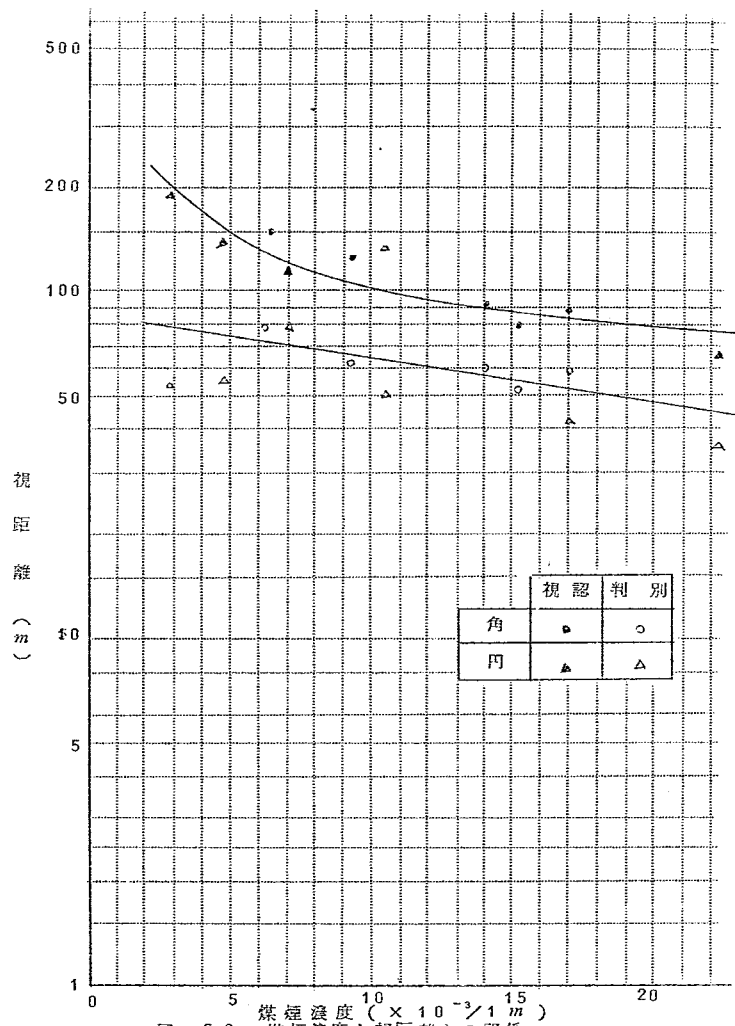


図-50

煤煙濃度と視距離との関係
 試験種別：歩行試験
 視標：ハコ視標
 照明：全点灯
 視標位置：B，観測者T.O.

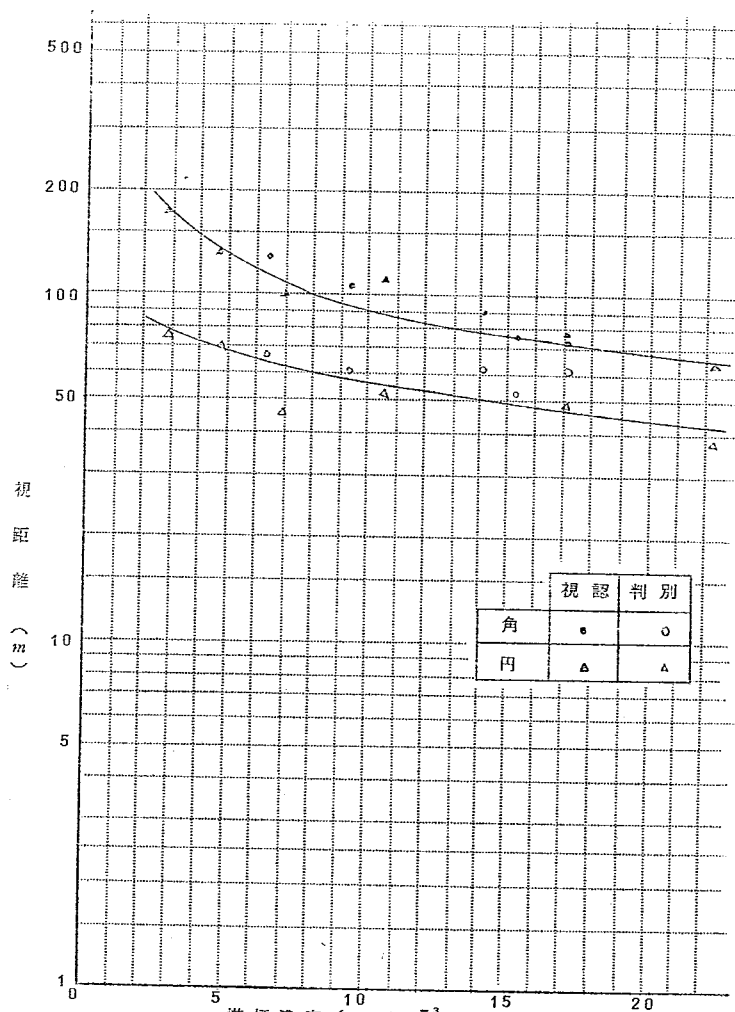


図-51 煤煙濃度と視距離との関係
 煤煙濃度：歩行試験
 試験種別：ハコ視標
 視標明：全点灯
 視標位置：B，観測者 SA.

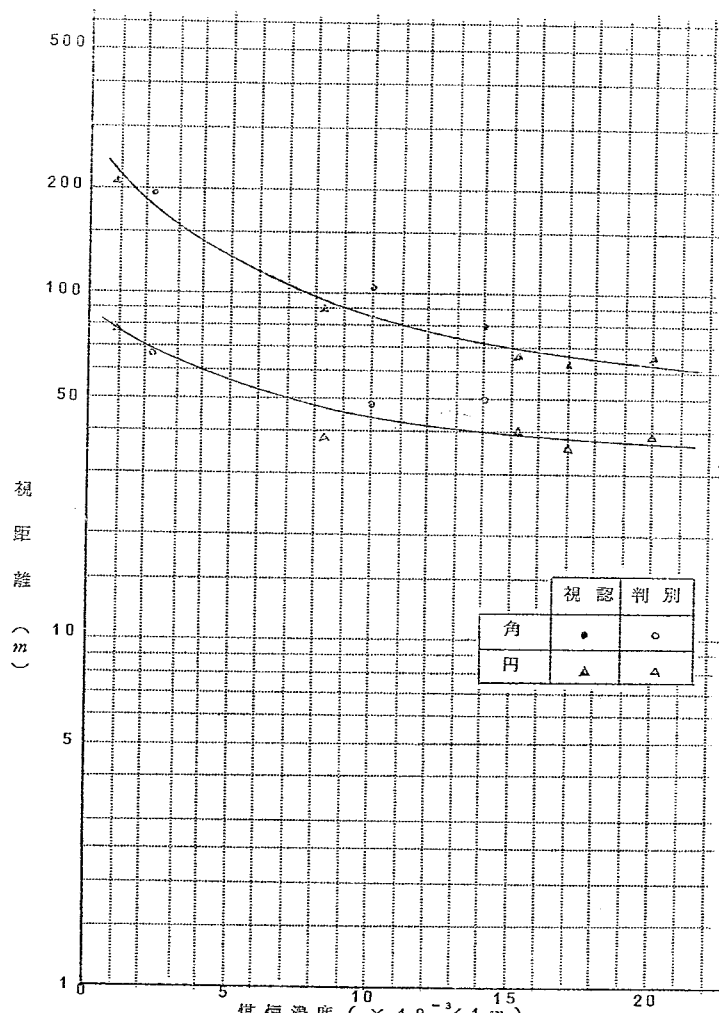


図-52 煤煙濃度と視距離との関係
 煤煙濃度: $\times 10^{-3} / 1 m$
 試験種別: 歩行試験
 視標: ハコ視標
 照明: 全点灯
 視標位置: C, 観測者 T A.

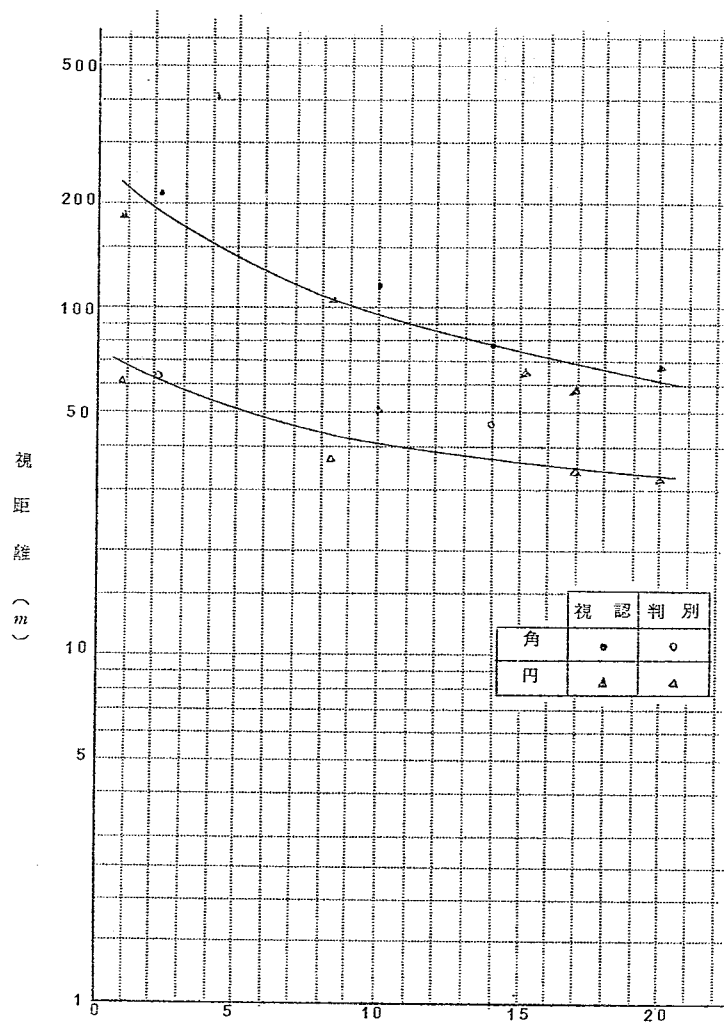


図-53 煤煙濃度と視距離との関係
 煤煙濃度：歩行試験
 視標：ハコ視標
 照明：全点灯
 視標位置：B，観測者OG.

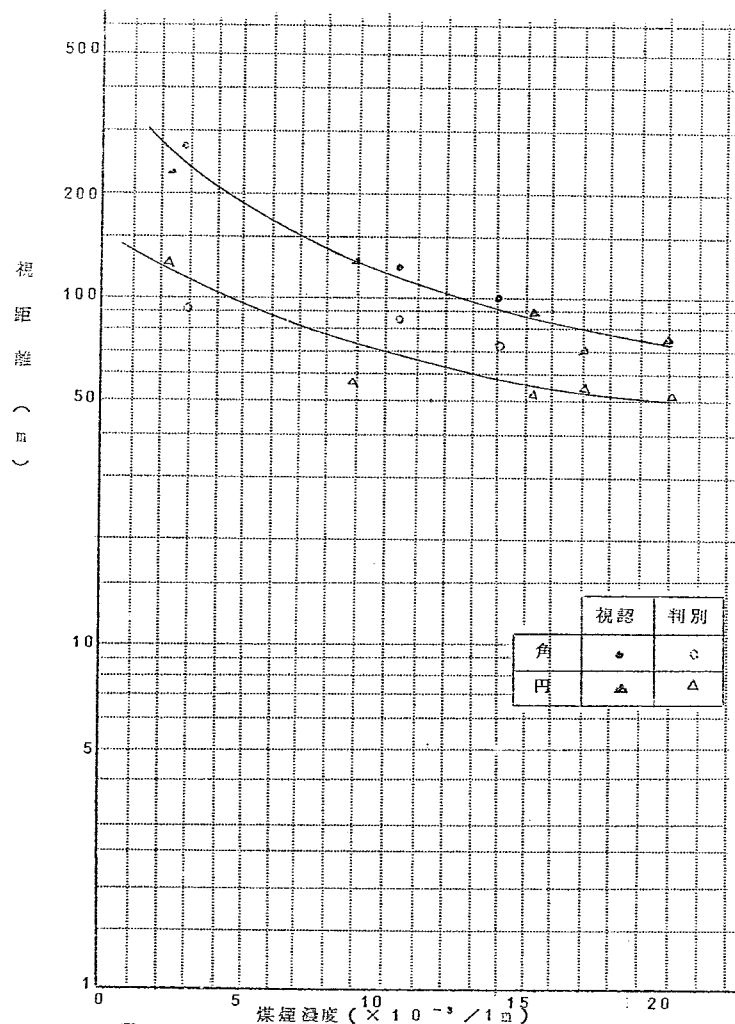


図-54 煤煙濃度と視距離との関係
 試験種別：歩行試験
 視標：ハコ視標
 照明：全点灯
 視標位置：C, 観測者ON

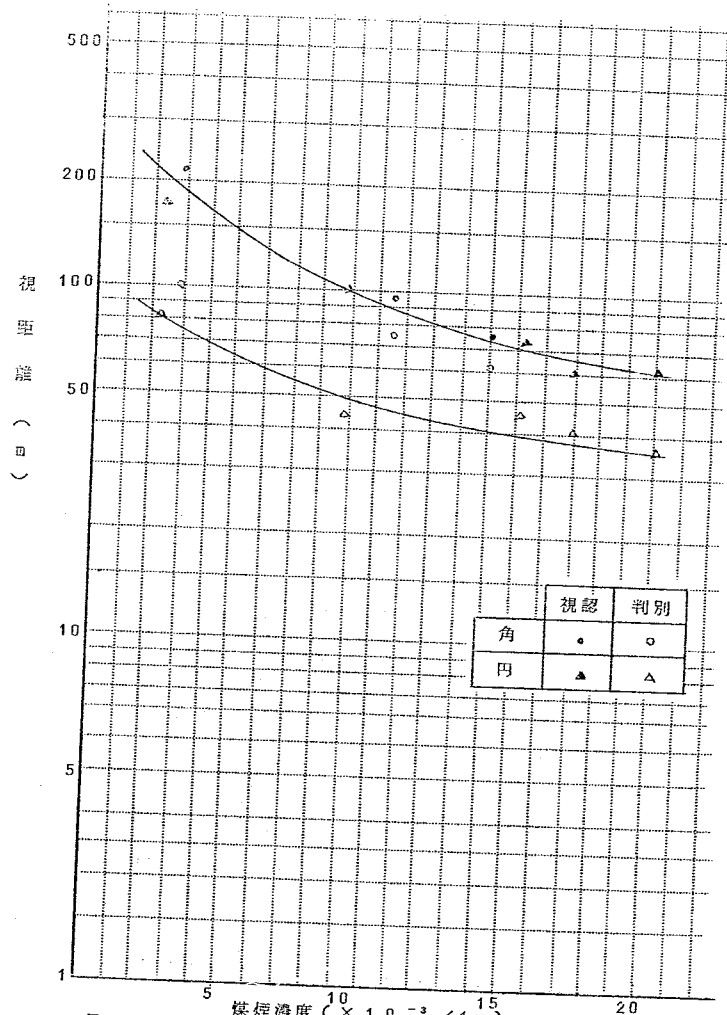


図-55 煤煙濃度と視距離との関係
 煤煙濃度: $10 \times 10^{-3} / 1 \text{ m}$
 試験種別: 歩行試験
 視標: 視標
 照明: 全点灯
 視標位置: G, 観測者 TK

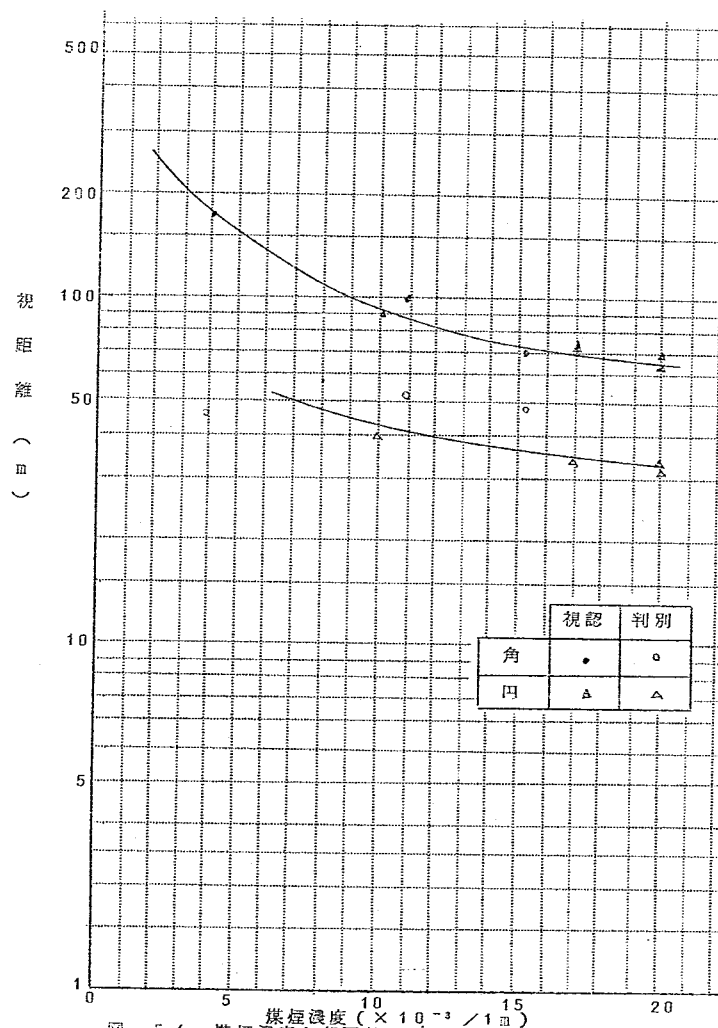


図-56 煤煙濃度と視距離との関係
 試験種別：歩行試験
 視標：ハコ視標
 照明：全点灯
 視標位置：C, 観測者TO

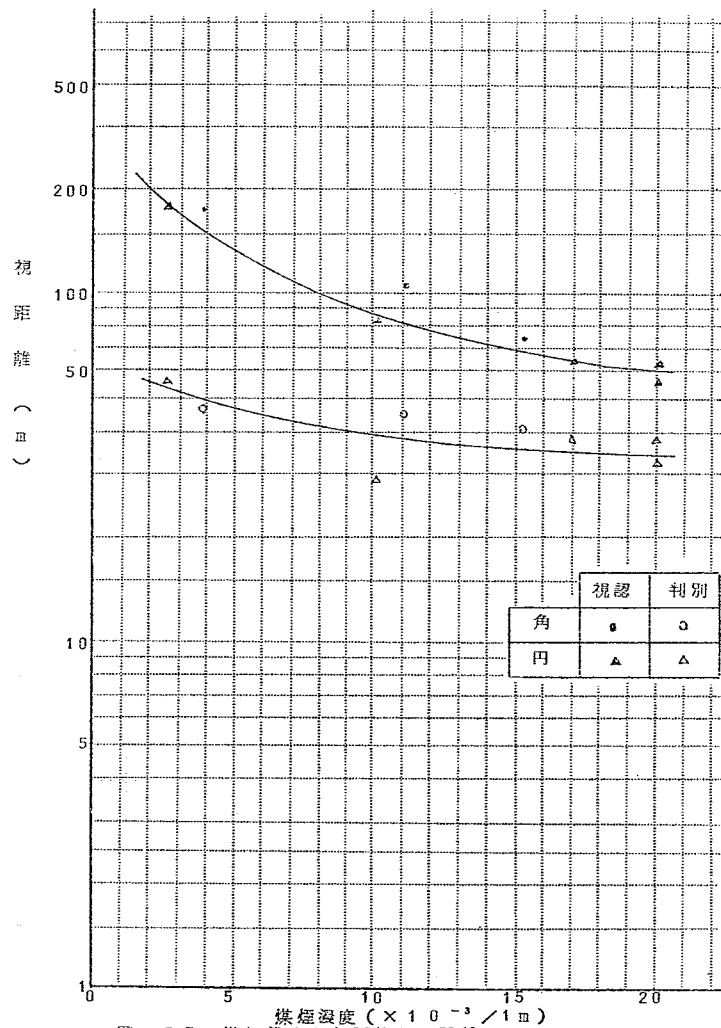


図-57 煤煙濃度と視距離との関係
 試験種別：歩行試験
 視標：ハコ視標
 照明：全点灯
 視標位置：C，観測者SA

4. 試験結果の検討

図-14~31、および図-40~57に示したように走行試験、歩行試験共測定値のバラッキは相当に大きく、特に煤煙濃度の低い方で著じるしい。このため、測定結果の一部に、全体的な傾向からみると不調和な個所がでてきている。これら、一般的な傾向からみておかしい個所を修正して、図-6~13および、図-32~39をとりまとめて、なめらかな曲線で煤煙濃度と視距離との関係を求めると図-58~61となる。なお、この際、歩行者シルエット視標および全点灯時のハコ視標の見え方については、視標位置による見え方の差は、認められないものとした。以下、煤煙濃度と視距離の関係、視標位置による見え方の差などについて考察する。

4-1 煤煙濃度と視距離との関係

煤煙濃度と視距離との関係は図-58~61などに示す通りである。あたりまえのことではあるが視距離は煤煙濃度の増加と共に減少し、その減少の仕方は煤煙濃度の低いところで著じるしい。(視距離の目盛は対数でとってある。) 又視距離の大きいものほど煤煙による見え方の減少の程度は大きい。すなわち、視距離の小さなものほど曲線の傾斜が小さくなり、ハコ視標の視標位置Cにおける判別距離の場合などは殆んど煤煙濃度に無関係になっている。

本試験では、煤煙濃度の低い所でのデーターが少ないため、低濃度(0~2)における変化の状況を詳細にとらえることができなかった。低濃度における煤煙濃度の増加に伴う視距離の減少の割合は、他の試験データーによれば非常に大きくなっており、図-58~61の曲線は濃度0~1の区間では勾配は急に大きくなるものと推定される。

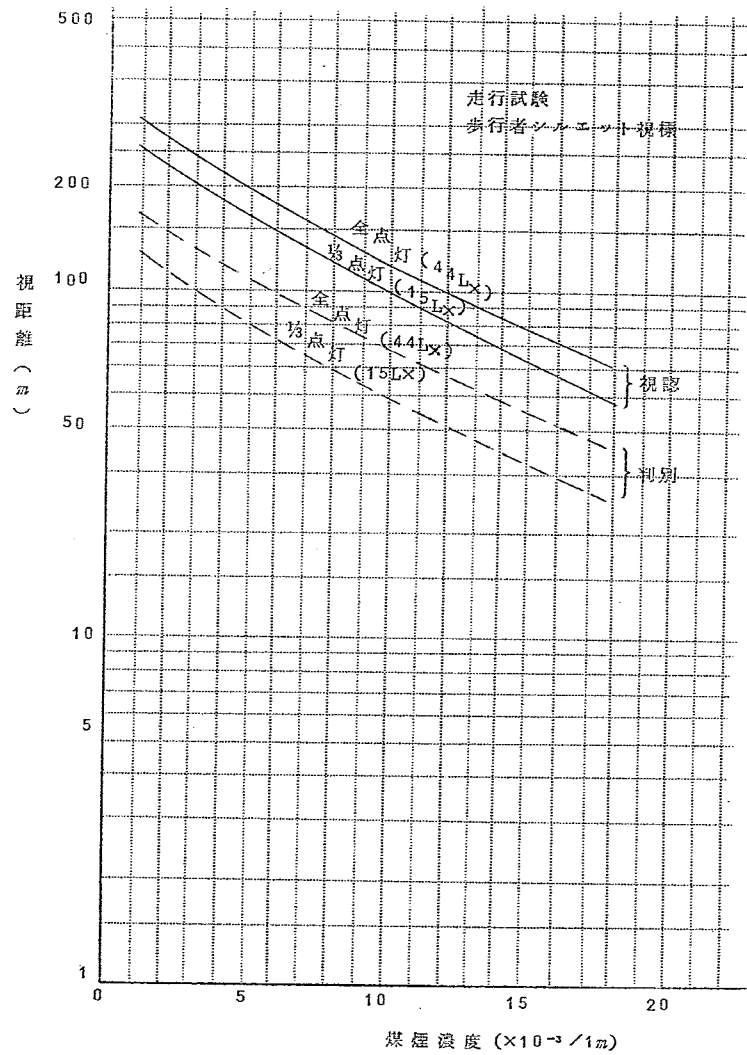


図-58 煤煙濃度と視距離との関係

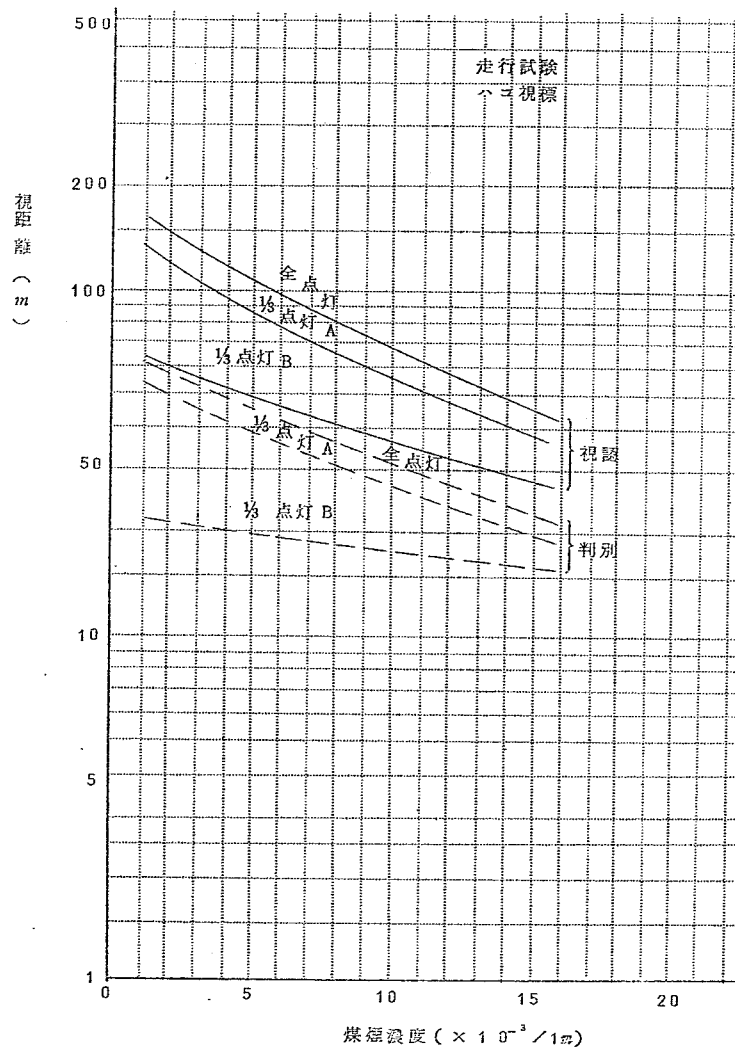
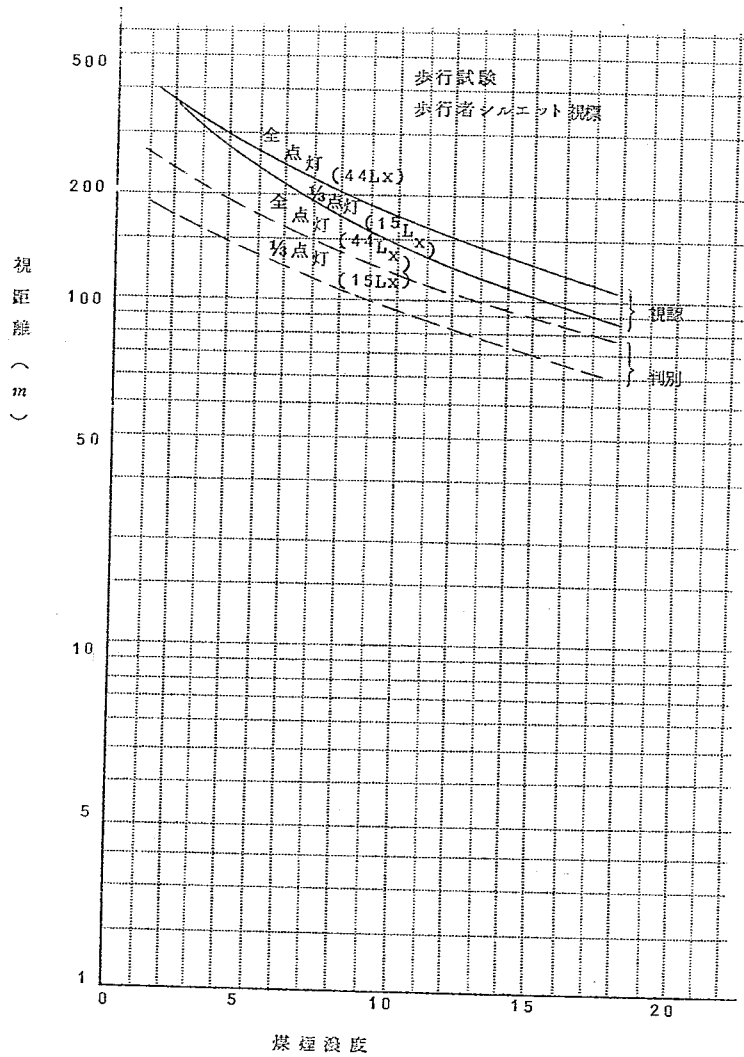
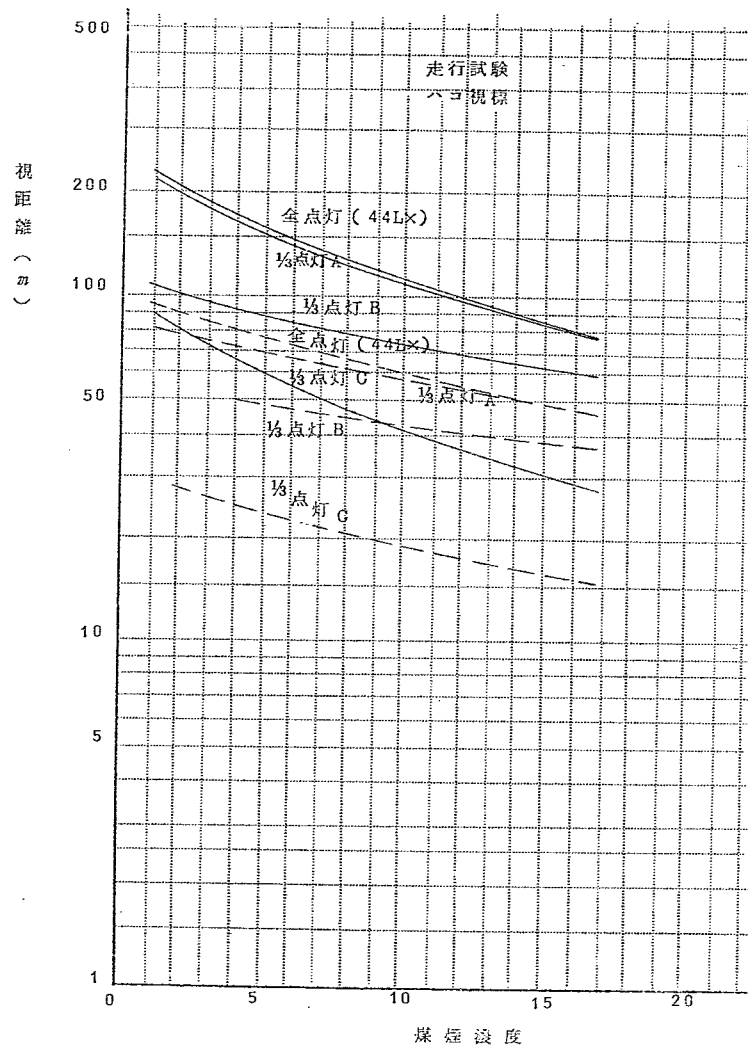


図-59 煤煙濃度と視距離との関係



図一 6 0 煤煙濃度と視距離との関係



図一六 煤煙濃度と視距離との関係

4-2 視標位置による見え方の差

視標位置による見え方の差は、歩行者シルエット視標では、図-6、8、10、12および図-32、34、36、38などに示されるように示されるように、全点灯時、 $\frac{1}{3}$ 点灯時共に生じていない。これは、歩行者シルエット視標の背景は視標が大きいために、明部と暗部にわたっており、視認、判別はそのコントラストの最も大きな部分でなされるためであると考えられる。ハコ視標においては、全点灯時には、図-7、11および図-33、35から明らかに、視標位置による見え方は認められないが、 $\frac{1}{3}$ 点灯の場合は図-11、13および図-37、39に示されているように、視標位置による見え方の差は顕著である。すなわち、視標位置Aの場合は、 $\frac{1}{3}$ 点灯時においても、ほぼ全点灯時と同様の見え方（走行試験では少し差があるが、走行試験では殆んど差がない）をするが、視標位置B、Cでは著しく視距離が減少し、視標位置Cにおいては、歩行試験の判別距離では $\pm 20m$ 程度と低下し、走行試験では、視標位置Cのハコ視標は視認不可能となっている。

視標位置による見え方の差、すなわち、路面等の視標の背景の輝度のむらの影響は、全点灯時程度のむらでは生じないが、 $\frac{1}{3}$ 点灯時の如く極端に均斉度が悪く、しかも視標の大きさが小さく、視標がむらの暗部に全部入ってしまふような場合には、その影響を大きく受ける。しかし、視標がある程度の大きさを持ち、視標の背景がむらの明暗の部分を含む場合は、 $\frac{1}{3}$ 点灯時のように極端にむらがあっても、むらの影響は視距離の大小という点においてあまり受けない。勿論、この影響の程度は視標の反射率などによって変わってくるであろう。特にハコ視標の場合はその影響は著しいものと考えられる。

4-3 明るさによる見え方の差

明るさによる見え方の差は図-58～61に示す通りである。一般的に見ると、視標位置によって差のない場合は、 $\frac{1}{3}$ 点灯の時の方が全点灯時に較べて約2割程度視距離が小さい。ただし、走行試験ハコ視標における場合の $\frac{1}{3}$ 点灯視標位置Aにおける視認距離と全点灯時の視認距離とは殆んど差がない。これは、視標の背景が全点灯時と $\frac{1}{3}$ 点灯時視標位置Aとではハコ視標に関しては殆んど差がないためであると考えられる。しかし、 $\frac{1}{3}$ 点灯時ハコ視標視標位置B、Cでは極端に視距離が減少している。

4-4 走行試験と歩行試験の比較

図-58、60および図-59、60を比較すれば明らかなように走行試験における視距離の方が歩行試験の値よりも小さい。この差の大きさは、視標の種類、視認判別の別、煤煙濃度の大小などにより異なるが、差の少ない歩行者シルエット全点灯の場合で5割程度、非常に差の大きい $\frac{1}{3}$ 点灯、ハコ視標、視標位置Bの場合で6割程度で、平均的に見れば走行試験の視距離は歩行試験の視距離の6割程度である。この差の生ずる原因には、視距離測定方法上のものと、より本質的な観測者が移動しているがために生ずるものとが考えられるが、差の大きさ、および走行試験の値と走行試験との値の比がだいたい一定している点などを考慮すると、視距離測定方法上の問題よりも、後者の影響がより大きく存在しているものと思われる。勿論、視距離測定上の原因も含まれることは当然で、視距離の小さい所ではこの影響が顕著にであり、走行試験 $\frac{1}{3}$ 点灯、視標位置Cの如きは測定値が殆んど負となっている。

5. 許容透過率

以上の結果から許容透過率を求めることにする。許容透過率を決定する際の条件は、①安全視距を確保すること ②一般的な意味でのある程度の快適性を保つことの2つである。

安全視距は道路構造令解説によれば表-5の如くになっており、高さ1.3 mの位置から、高さ15 cmの物体の天端を見通すことができなければならないと定められている。トンネルにおいて何を対象にして視距を確保すべきかは種々問題があり明らかでないが、道路構造令において路面上15 cmを見通すことができなければならないと定められている点、および、車輛構造令において最低地上高は15 cmと規定されており、高さ15 cmの物体では容易に自動車がいちで通過でき、重大な事故の原因とはなりがたいと考えられる点などから、許容透過率を求めるにあたっては、視距の対象として高さ15 cmの物体を考えるとし、その代表としてハコ視標を考えて、視距を保つに必要な最低の透過率を求めると表-5に示すようになる。なお、この際視距と煤煙濃度との関係は走行試験の結果を使用した。これは本来ならば、歩行試験の値を使用すべきであるが、走行試験と歩行試験の比較の項でふれたように、その差には、視距測定方法上の問題以外の要因が含まれていると考えられるためである。従って、表-5の視距の中に含まれる障害物を発見してから、ブレーキを踏むまでに自動車が走る距離は、走行試験の結果を用いることによって重複する。すなわち、走行試験の視距には障害物を認めてから実際の動作を行くまでに要した時間中に走行した距離は含まれておらず、安全視距としては、この空走距離を引いたものを用いるべきであるが、使用した視距と煤煙濃度との関係が平均的値を示すものであること、およびデーターのバラッキを考えて、安全側の値として、表-5中に示される視距をそのまま用いた。

表-5に $\frac{1}{5}$ 点灯B、Cの条件のないのは、これ等の条件では、たとえ透過率が100%としても、視距を満足することができないためである。すなわち、 $\frac{1}{3}$ 点灯B、Cの如き条件は、透過率を云々する以前の問題であって、上記のように安全視距を考えるならば、B、Cの如き条件の出で来ないような照明方法を考えるべきであろう。

表一5の第5欄には、ハコ視標に対して視距を確保した状態では、歩行者シルエット視標がどの程度の距離から視認できるかを示した。これによれば、歩行者シルエット視標は、ハコ視標の約2倍の距離から視認でき、より重大な事故の原因となる可能性のある大きな障害物に対しては、ある程度余裕のあることが分る。

表一5 視距から求めた許容透過率

種別	設計速度	視 距	左欄の視距を保つに必要な透過率	左欄の条件での歩行者シルエットの視認距離	不 快 性
全 点 灯	40km/h	50 m	5 %	8 8	5(4~7)
	50	65	9	1 1 0	
	60	75	13	1 3 5	
	70	90	22	1 6 7	6(5~7)
	80	110	34	2 0 5	
	100	160	74	3 0 0	
1/2 点 灯 I A	40	50	8	8 9	5(4~7)
	50	65	16	1 2 0	
	60	75	23	1 4 1	
	70	90	36	1 7 5	4(3~6)
	80	110	55	2 1 5	
	100	160	不可能	—	

次に不快適性について考える。表一5中第6欄に各条件における不快さの程度をアンケートの結果から求めた。これによれば、平均的には5~6、すなわち不快ではあるが短時間走行するには支障がない乃至不快で走行しにくい程度であるが、その範囲としては7の危険感を生ずる程度までに亘っている。この点については何等か考慮を払う必要があると考えられる。

以上の考察および在来の実績などを考慮すると、全点灯の際の許容透過率としては、表-6を考えるのが妥当であろう。

表-6 全点灯時における許容透過率

設計速度	視 距	許容透過率	ハコ視標 視 認 距 離	歩行者シルエット 視 認 距 離
40	50m	10%	70m	120m
50	65	15	80	140
60	75	20	90	160
70	90	35	110	210
80	100	50	130	245

許容透過率は100m当りの値を示す。

照明設備当初の明るさに対する値を示し、設計照度に対するものではない。

6. 螢光灯照明下における物の見え方とナトリウム灯照明下における物の見え方との比較

今回のナトリウム灯下の物の見え方試験で得られた結果と先に行われていた螢光灯下の見え方試験の結果を比較すると図61～64の通りとなる。試験の方法は両試験共殆んど同じであるが、判別距離の測定方法には若干の差があり直接比較はできない。判別距離は螢光灯下における試験の方が低い値を示す。ただし、視認距離については直接比較することができる。

図から解るように、ナトリウム灯照明下における煤煙濃度の増加に伴う視距離の減少の程度は、螢光灯の場合に較べて非常にゆるやかで、煤煙濃度が大きい場合には、ナトリウム灯は螢光灯に比較して非常にすぐれている。しかし、煤煙濃度の低い場合には、ナトリウム灯と螢光灯の差はなくなり、螢光灯の方

が良くなる傾向が認められる。

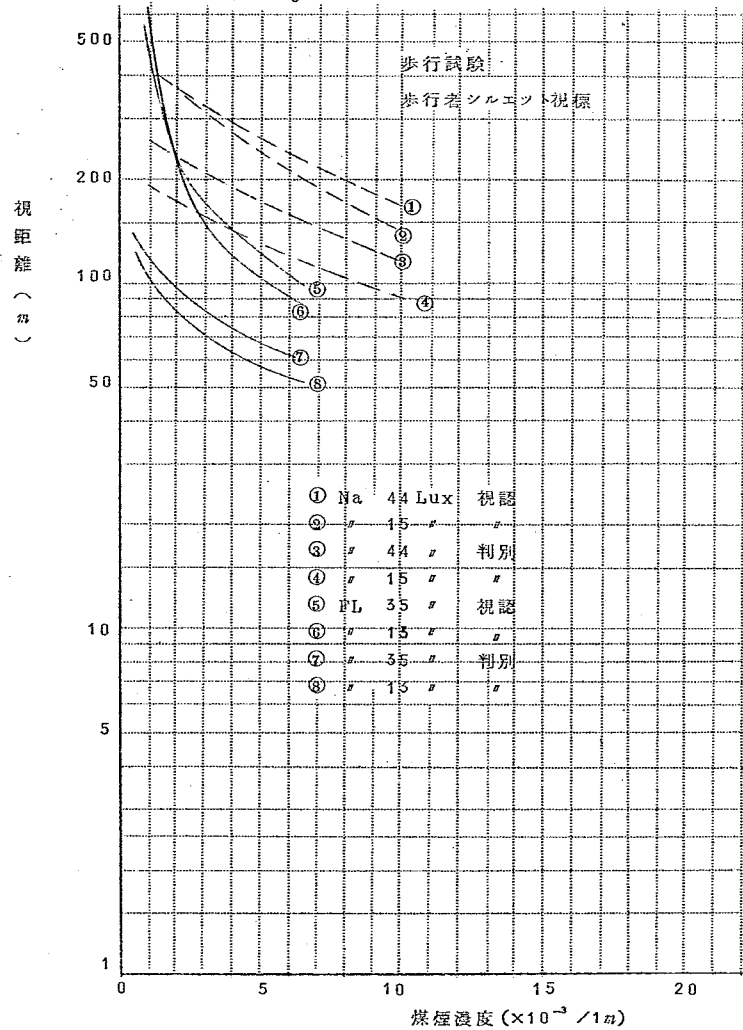


図 - 6 1 ナトリウム照明下の見え方と蛍光灯下における物の見え方との比較

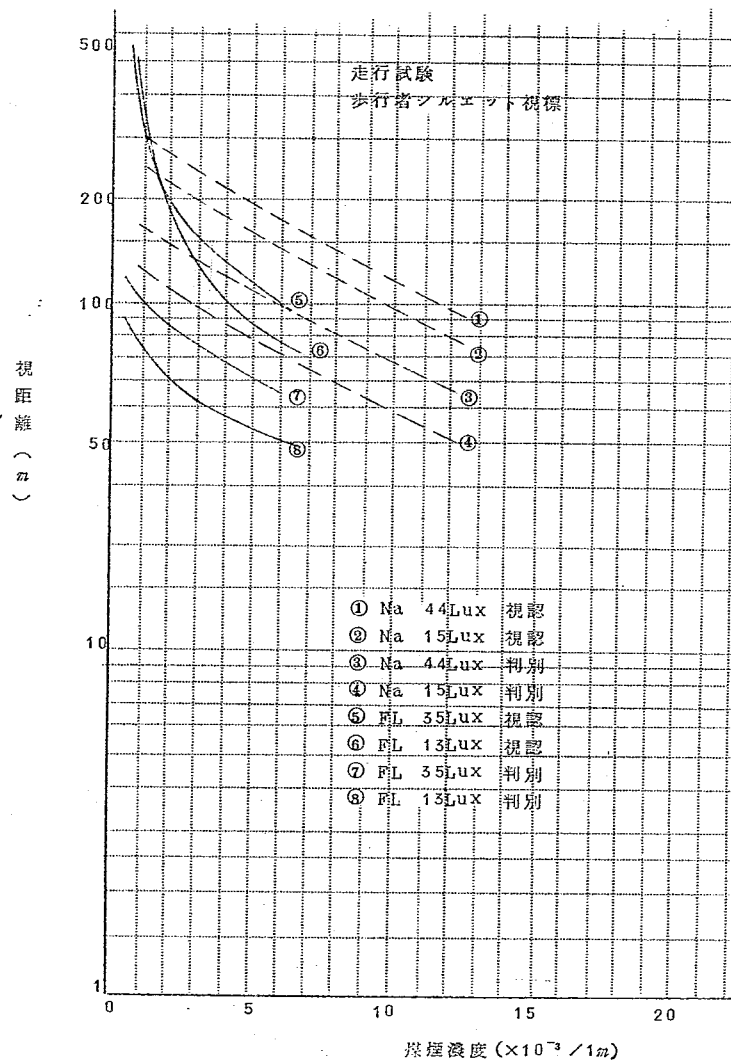


図-62 ナトリウム照明下の見え方と蛍光灯下における物の見え方との比較

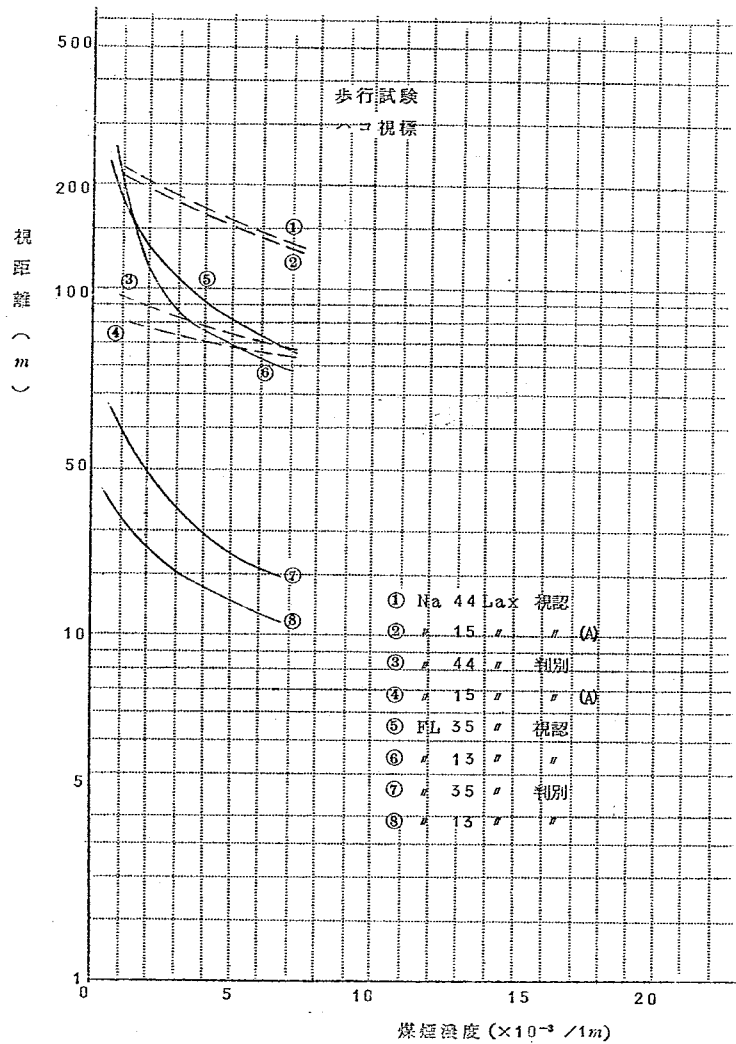


図-63 ナトリウム照明下の見え方と蛍光灯下に
おける物の見え方との比較

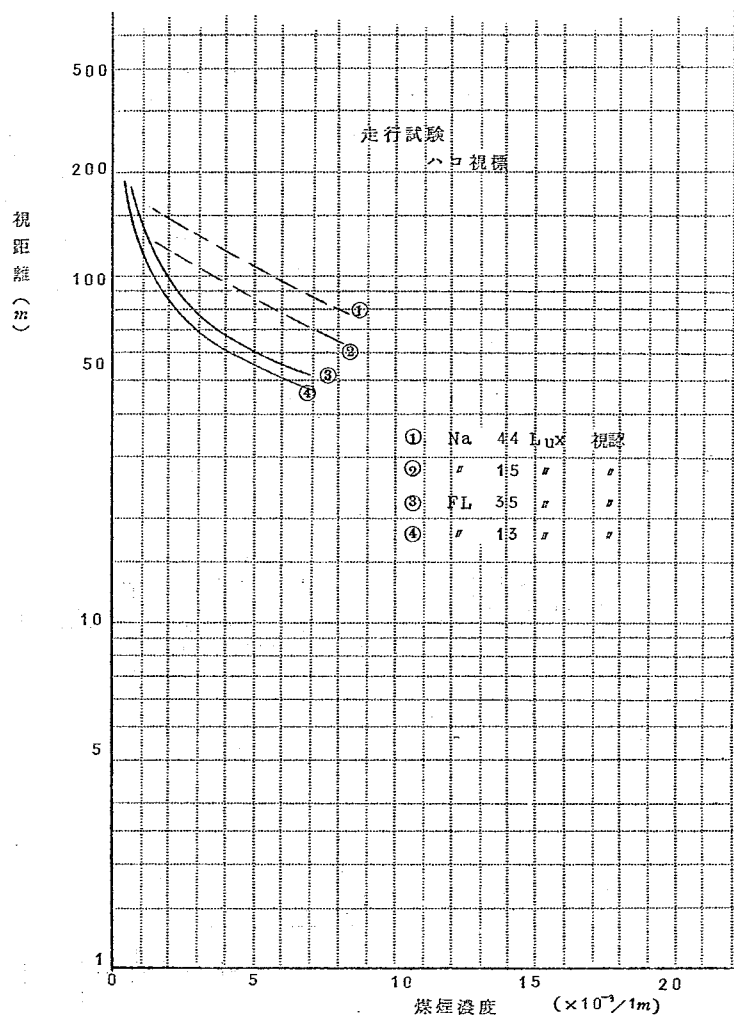


図-64 ナトリウム照明下の見え方と蛍光灯下における物の見え方との比較

7. ま と め

一般国道のトンネルで採用可能な比較的照度の低い、ナトリウム灯照明下の物の見え方について試験を行い、次の諸結果を得た。

1. 煤煙濃度と視距離の関係として図 6～13、32～39を得た。
2. トンネル内空気の許容煤煙濃度として表一6を求めた。
3. ナトリウム灯照明上の問題として、均斉度を良くする必要があることが明らかとなった。
4. ナトリウム灯照明下の物の見え方と蛍光灯下における物の見え方を比較した結果、煤煙濃度が大きい場合にはナトリウム灯がすぐれていることが明らかとなった。

本試験では試験中トンネル内にトンネル内外の温度差による霧などが発生し、煤煙濃度の低い場合の試験データが少なかった。煤煙濃度の低い所での、煤煙濃度と視距離との関係を示す曲線の形は、微妙であって、実際はもっと煤煙濃度の減少に共って視距離は急に増加するものと思われる。

表一6で求められている許容透過率は、視距および快適性を考慮して求めたものであって、視距を満足するために必要な透過率よりも大きい値が取っている。快適性はその性質上運転者により感じ方に相当の個人差があり、しかも、慣れなどの条件が相当に影響してくると思われる。又、トンネルの重要性、一般的経済水準などによっても変る性質のものである。従って、表一6の値は表一5の値を下がらない範囲において相当フレキシブルなものであり、その採用にあたっては、トンネルの重要性、交通量などを考慮して決める必要がある。但し、表一6の値は、照明設備当初の照度に対する値であって、減光補償率を加味した設計照度に対するものでないことに注意する必要がある。

$\frac{1}{3}$ に点灯した場合の物の見え方は、ハコ視標の場合、それを置く位置によって非常に見え方が変わることが明らかとなり、視標位置C（背景が最も暗い状態）では、走行試験で殆んど視認が不可能であった。一方、視標位置Aでは、歩行試験の場合、殆んど全点灯時と変らない見え方を示した。これは $\frac{1}{3}$ 点灯時における均斉度が極端に悪く、灯具直下では殆んど全点灯時と同じ照

度を示すが、灯具の間では殆んど照明がないに等しいためである。従って、 $\frac{1}{3}$ 点灯の如き照明は、たとえ深夜用であるとしてもさけるべきで、もし使用する場合は均斉度を向上させるため灯具に何等かの工夫が必要であらう。たとし、歩行者シルエット視標の如く、大きい視標の場合は、視標位置によって見え方の差があまりないことは注目すべきである。従って、歩行者シルエット視標の如く大きいものみを視対象と考える場合には、走行上の不快さは別の問題として、均斉度に対する条件はゆるやかになる。全点灯時における場合は、ハコ視標、歩行者シルエット視標共視標位置による見え方の差はでて来なかったが、走行上からは不快を感じるので、均斉度を良くする必要がある。

ナトリウム灯下における物の見え方と蛍光灯下における物の見え方には、煤煙濃度が大なる場合には著じるしい差があり、差の大きい場合には視距離が約2倍も違っている。この差は模型試験等の他の試験結果と比較するとあまり大きいすぎるようである。これは、蛍光灯、ナトリウム灯だけの違でなしに各トンネルによって異なる何か他の条件が作用しているためであるかも知れない。しかし、煤煙濃度の低い場合は、殆んど同じような見え方をしている点から見て、差の大小の問題はあるにしても、ナトリウム灯照明の方が煤煙が存在した場合はすぐれた見え方を示すものと思われる。どうして差が大きく出たか、或は本当にこのような極端な差があるのかどうか蛍光灯下において再度実験を行なう必要があると思われる。

おわりに、本試験を実施するに当り、御指導、御協力を戴いた福島工事々務所の関係者の方々、日本道路公団、田島課長代理、松下電気照明研究所の馬場博士に深く謝意を表します。