14
ISSN 0386--5878
土研資料 第2096号

土 木 研 究 所 資 料

道路トンネルの照明と煤煙濃度に関する研究報告書

昭和59年 3 月

建 設 省 土 木 研 究 所
道路部トンネル研究室

Copyright ©1984 by P. W. R. I.

All rights reserved, No part of this book may be reproduced by any means, nor transmitted, nor translated into a machine language without the written permission of the Director of P.W.R.I.

この報告書は，土木研究所長の承認を得て刊行したものである。したがって，本報告書の全部又は一部の転載，複写は土木研究所長の承認を得ずしてこれを行なってはならない。

まえがき

道路トンネルの照明は，トンネル内を走行する自動車が前方の障害物を発見し安全に停止しうるための視距を確保することを目的として設置されている。

トンネル内における視距を支配する要素としては，照明の明るさ，障害物の大きさや形態，運転者の視力等があり，これらの他に最も重要な要素の一つとして煤煙の濃度がある。すなわち，トンネルを走行する自動車が排出する黒煙等の煤煙はトンネル内をくもらせ，障害物の発見，識別を困難にしている。

この報告書は，道路トンネル内において所要の視距を確保するために必要な照明の明るさと煤煙の光学濃度との関係を把握することを目的として実施した実験およびその解析の結果をまとめたものである。道路トンネルの照明および換気の計画・運用について検討する際の参考として頂ければ幸いである。

なお，本実験データの一部は，日本道路公団との共同研究により得られたものであることを記して謝辞に代えたい。

トンネル研究室室長　水谷　敏則
研究員　堀内　浩三郎
石村　利明
冨田　敦子
平岡　弘志

記　号

煤煙透過率　τ (%), (100m当りの光の透過率), (τ_a…… a区間, τ_b …… b区間, 図3.1参照)

制動停止距離

輝度対比　C　(障害物の輝度とその背景面の輝度との比率)

〃　対比弁別いき　Ca　(人間の眼の輝度に対する識別能力)

光幕現象……

見かけの輝度対比　C′　(運転者から見た障害物と背景面との見かけ輝度対比)

障害物の輝度　Lo　(cd/m²)

背景面の　〃　Lb　(cd/m²)

運転者から見た障害物の輝度　Lo′　(cd/m²)

光幕輝度　Lv　(cd/m²)

ある方向見たときの光幕輝度　Lv(a)　(cd/m²)

運転者から障害物の背景面の方向見たとき光幕輝度　Lv(b)　(cd/m²)

路面輝度　Lr　(cd/m²)

障害物背景面の見かけ輝度　L′r　(cd/m²)

障害物の反射率　ρ　(%)

〃　の鉛直面照度　Ev　(ℓx)

対象物を識別しうる最小の背景輝度　Lb　(cd/m²)

鉛直面照度に対する路面輝度の比　Lr/Ev

等価光幕輝度　Lev　(cd/m²)

輝度差弁別いき　△Lmin

累積存在確率〔%〕

目　　次

1. 研究の背景と目的 …… 1
2. 研究方法 …… 2
3. トンネル内における障害物の見え方に関する理論 …… 3
3. 1. 概　　設 …… 3
3. 2. 障害物とその背景面との輝度対比 …… 4
3. 2. 1 トンネル内における障害物の見かけの輝度対比 …… 4
3. 2. 2 光幕輝度の測定距離 …… 5
3. 3 運転者の眼の輝度対比弁別いき …… 7
4. トンネル内における光幕輝度に関する実験 …… 10
4. 1 実験目的 …… 10
4. 2 実験施設 …… 10
4. 3 煤煙の発生方法 …… 13
4. 4 実験条件 …… 15
4. 5 測定方法および測定結果 …… 15
4. 5. 1 測定項目 …… 15
4. 5. 2 路面照度等 …… 16
4. 5. 3 路面輝度 …… 20
4. 5. 4 光幕輝度 …… 21
4. 5. 5 等価光幕輝度 …… 26
4. 5. 6 煤煙透過率 …… 27
4. 5. 7 煤煙粒径分布，等 …… 27
4. 5. 8 温度・湿度 …… 39
4. 6 実験結果の考察 …… 43
4. 6. 1 光幕輝度と路面輝度 …… 43
4. 6. 2 等価光幕輝度 …… 54
4. 6. 3 障害物の見かけの輝度対比 …… 57
4. 6. 4 運転車の眼の輝度対比弁別いき …… 69
4. 7 まとめ（同じ見え方を得るための煤煙透過率と路面輝度） …… 79
5. トンネル内での見え方実験 …… 96
5. 1 実験の目的 …… 96
5. 2 実験方法 …… 96
5. 3 実験条件 …… 100
5. 4 実験結果 …… 101
5. 5 実験結果の考察 …… 103
6. 結　　論 …… 105
付　　録 …… 107

1. 研究の背景と目的

近年，道路トンネル諸設備の合理化，省エネルギー化に対する要請が強く叫ばれる。道路トンネルには，換気設備，照明設備，非常用施設等の設備が設置されているが，このうち建設に多大の費用を要し，また維持管理上最も多くのエネルギーを費やしているのは換気設備と照明設備である。特に，最近のトンネル延長の長大化傾向とともに換気設備の規模およびその運転に必要とするエネルギーは膨大なものとなっている。

換気設備容量（換気量，換気動力等）は，我国では主としてディーゼル車が排出する煤煙に対してこれを許容濃度値以下にすることから算定されるが，この煤煙の光学濃度の許容値はトンネル内の照明レベルによって左右される性質のものである。すなわち，煤煙の光学濃度の許容値はある照明条件下で運転者が道路前方の障害物を発見し，安全に停止できる限界として定められるものであり，照明の明るさを変えれば煤煙の光学濃度の許容値も変わりうるものである。このように換気設備と照明設備との間には密接な関係が存在する。このことは，換気設備の能力と照明設備の能力をうまく組み合わせることにより，全体としての設備規模を合理化し，所要電力を節減するなど，トンネル設備の経済化を図る可能性のあることを示唆するものである。この方策を検討するためには，その基礎となる煤煙の光学濃度と照明の明るさとの相関関係を十分に把握しておくことが重要である。

煤煙の光学濃度と照明の関係，すなわち，道路トンネル内の照明下における障害物の見え方については，昭和40年前後に数多くの実験的研究がなされ，一応の成果が得られている（文献2.4）。図1.1は，これらの研究成果をまとめて示したものであり（文献4），トンネル内の明るさ（路面照度）をパラメータとして，ある走行速度における制動停止距離に相当する視距を確保するために必要な煤煙の光学濃度（煤煙透過率）の下限値を示している。

しかし，図1.1の関係を導く基になった個々の研究成果を見直してみると，被験者の個人差がかなり大きく，得られたデータに相当のばらつきがあること，さらに，当時の実験に使用していた煤煙透過率計は機種毎に，また実験場所毎に特性が異なり，基準となるべき煤煙の光学濃度の計測値に食い違いが生じていた可能性があるなど，多くの問題点が残されていることが指摘される。

以上のような観点から，煤煙の光学濃度と照明の明るさとの関係について現時点で見直しを行いより信頼性のあるデータを得ることは重要な意味をもつものであり，これを目的として実験的検討を実施したものである。

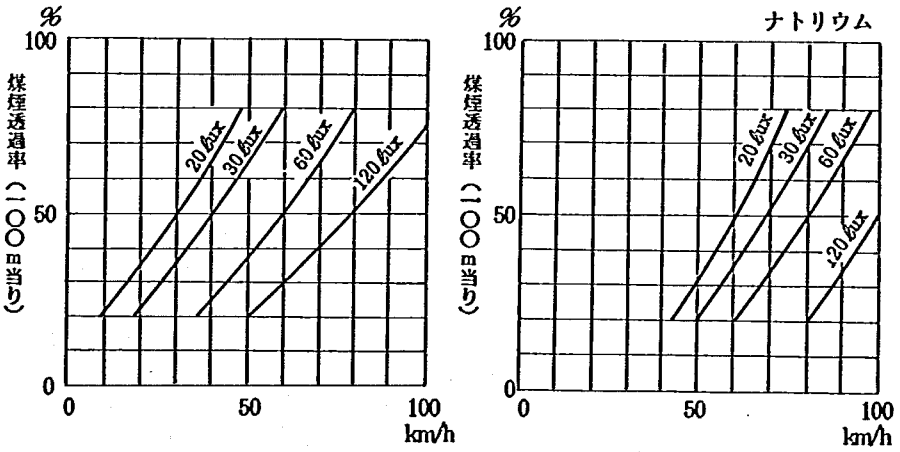


図1.1　走行速度と照明と煤煙透過率の関係

2. 研 究 方 法

トンネル内における障害物の見え方についての従来の研究方法は，実際のトンネル内において煤煙によりくもった状態を再現したうえで路肩に種々の視標（障害物を模擬したモデル）を設置し，これを被験者が走行中の自動車等から発見できるか否かを判定することにより行っている。この方法は実際の状況により近い直接的な実験方法である。しかし，被験者の視力等にかなりの個人差があること，被験者の人数が限られることから得られるデータが相当にばらついている。また被験者は常に障害物をさがそうと努力している緊張した状態にあり，さらに試験の繰返しにより視標やその設置位置に対する慣れ，いわゆる学習効果が生じてしまうなど，実事象と異なったものとなることが考えられる。

今回，研究の実施に当り，これらの問題を避けることと，一方，基本に立ち返り，トンネル内での物の見え方に関する現象それ自体について光学的な検討を加えることを考慮して，次の2つの方法に従って実験的検討を行うこととした。

(1) 次章（第3章）で述べる物の見え方に影響を与える要因を理論的に検討・整理した結果に基づいて，煤煙の光学的特性を把握するための実験とその解析を行った（第4章）。

(2) 理論的検討から得られる成果を確認するために被験者による見え方実験を行った（第5章）。

3. トンネル内における障害物の見え方に関する理論（文献1～3）

3.1 概　設

人間が視覚により障害物の存在を視覚できるか否かは，障害物の輝度とその背景面の輝度との比率（輝度対比，C）が，人間の眼の輝度に対する識別能力（輝度対比弁別いき，Ca）を，上回っているか否かによって決まってくる。すなわち，清浄空気中では

$$C \geqq Ca \quad \cdots\cdots (3.1)$$

により，見えるか否かの判断がなされる。

しかし，トンネル内では空気中に煤煙が含まれているため，図3.1に示すように，障害物からの光が吸収されると同時にトンネル照明の光の散乱が生じる。なお，光の散乱のために煤煙を含む空気が白く光って見える現象を「光幕現象」といい，その輝度を光幕輝度という。これらの結果，運転車から見た障害物と背景面との見かけの輝度対比C′は見る位置（路離）が離れるほど小さくなる。一方，人間の眼球の特性から障害物を見ようとしている視野の範囲に光幕現象や灯具からくる強い光が存在すると，眼輝度対比弁別いき Ca も影響を受ける。この結果，トンネル内では

$$C' \geqq Ca \quad \cdots\cdots (3.2)$$

であれば，障害物の存在を視認できることになる。

以下に，障害物と背景面の輝度対比C，C′および，運転者の眼の輝度対比弁別いき Ca 等の光学的な特性についての理論的な考察を述べる。

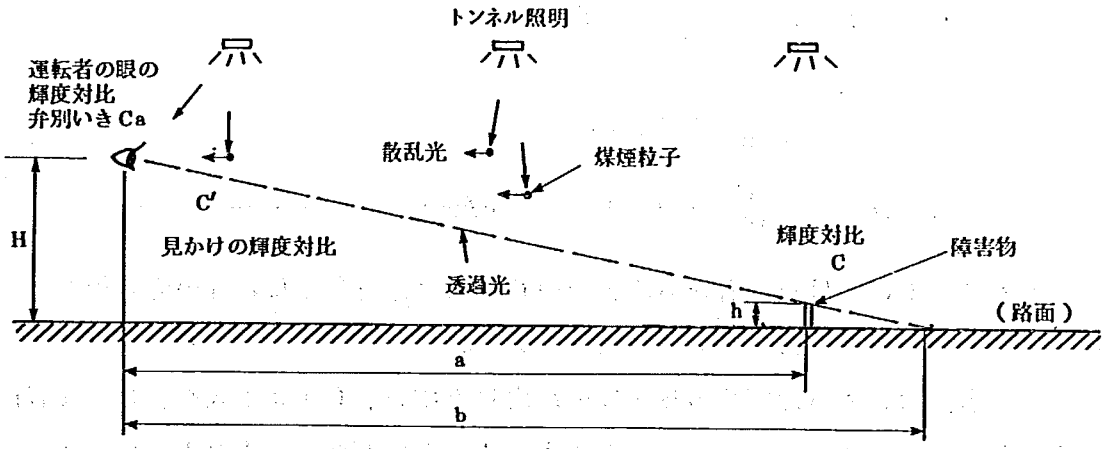


図3.1　トンネル内における障害物の見え方と影響因子

3.2 障害物とその背景面との輝度対比

3.2.1 トンネル内における障害物の見かけの輝度対比

トンネル照明下では，障害物の輝度Lo（cd/m²）よりその背景面の輝度Lb（ca/m²）の方が大きいのが通常である。したがって，障害物と背景面との輝度対比Cは次式により表される。

$$C = (Lb - Lo)/Lb \quad \cdots\cdots (3.3)$$

（3.3）式は，トンネル内空気が煤煙で汚されていない清浄な状態における運転者から見た障害物と背景面との輝度対比を示すものである。

しかし，トンネル内の空気中に煤煙が存在する場合には，障害物等からの光が運転者の眼に到達するまでに煤煙による種々の光学的影響を受ける。すなわち，運転者から見た障害物の輝度L'o（cd/m²，以下これを障害物の見かけの輝度という）は，清浄空気中での障害物の輝度Lo，障害物と運転者との間の煤煙透過率（%），図3.1参照）および，運転者から障害物のある方向を見たときの光幕輝度Lv(a)（cd/m²）を用いて次式で表される。

$$L'o = Lo \times \frac{\tau(a)}{100} + Lv(a) \quad (cd/m^2) \quad \cdots\cdots (3.4)$$

（3.4）式の第1項は，運転者と障害物の間に存在する煤煙によって光が吸収，散乱されることによって生じる障害物の輝度の低下を補正した値，第2項は，煤煙がトンネル照明により照らされることによって発生する光幕輝度を示している。

同様にして，障害物の背景面の見かけの輝度を求めてみる。自動車の走行安全上問題となる障害物は路面上の落下物等であるから，障害物の背景は一般には路面であると考えてよい。したがって（3.3）式中の背景面の輝度 Lb は，以下においては平均路面輝度Lr（cd/m² 以下これを路面輝度という）で代表させることとする。したがって，障害物の背景面の見かけの輝度L'r（cd/m²）は，次式により求められる。

$$L'r = Lr \times \frac{\tau(b)}{100} + Lv(b)$$

$$\fallingdotseq Lr \times \frac{\tau(a)}{100} + Lv(b) \quad (cd/m^2) \quad \cdots\cdots (3.5)$$

ここで，Lv(b)は運転者から障害物の背景面の方向を見たときの光幕輝度（cd/m²），τ(b)は区間bの透過率（%）図3.1参照）である。

運転者の眼に入る障害物の見かけの輝度対比C'は，（3.3）式を，C'＝（L'r−Lo）/L'r と修正し，（3.4.）式，（3.5）式を代入することにより，次式のように求められる。

$$C' = \frac{(Lr - Lo)\ \tau(a)/100 + Lv(b) - Lv(a)}{Lr \cdot \ (a)/100 + Lv(b)}$$

$$= \frac{C \cdot Lr \cdot \tau(a)/100 + Lv(b) - Lv(a)}{Lr \cdot \tau(a)/100 + Lv(b)} \quad \cdots\cdots (3.6)$$

（3.6）式に示されるように，煤煙中における障害物の見かけの輝度対比C′は，清浄空気中での輝度対比Cを設定し，一方，所定の煤煙透過率 $\tau(a)$ における光幕輝度 $Lv(a)$, $Lv(b)$ を測定することにより算出できる。

3.2.2 障害物の輝度対比の設定

清浄空気中における障害物とその背景面との間の輝度対比Cは（3.3）式で示される。いま，障害物の表面が反射率 ρ（%）の完全拡散面であり，また，その面が運転者の方向に直角に面しているものと仮定すると，障害物の輝度 Lo は次式で表される。

$$Lo = \frac{\rho \cdot Ev}{100\pi} \ (cd/m^2) \qquad \cdots\cdots (3.7)$$

ここに，Ev は障害物の鉛直面照度（ℓx）である。（3.7）式を（3.3）式に代入し，前述したように背景面の輝度 $L(b)$ を路面輝度 Lr で代表できるものとすると次式が得られる。

$$C = \left(Lr - \frac{\rho \cdot Ev}{100\pi} \right) / Lr$$

$$= 1 - \frac{\rho}{100\pi} \cdot \frac{Ev}{Lr} \qquad \cdots\cdots (3.8)$$

このうち，障害物の反射率 ρ（%）と視認できる障害物の累積存在確率P（%）との間には，よく知られている図3.2に示す関係がある。（文献4）

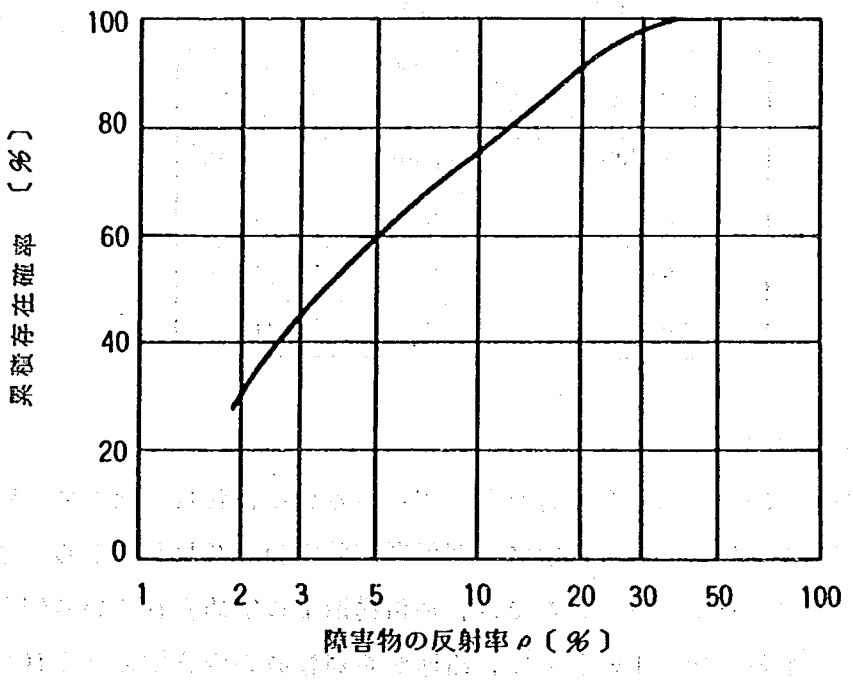


図3.2 障害物の反射率 ρ と累積存在確率Pの関係

道路トンネルの照明を検討する際，従来から累積存在確率Pが約90%に相当する反射率 $\rho = 20 \sim 40$ % を基礎としていること，これよりやや安全側とすることを考慮して，以下の検討では反射率 ρ を30%に設定する。

また，障害物の鉛直面照度に対する背景路面の輝度の比 Lr / Ev は，トンネル内路面の舗装の種類，照明条件によって異なるが計算値および実際のトンネルでの測定値をもとに路面がコンクリート舗装の場合に対して 0.22 とした。

これらの値を（3.7），（3.8）式に代入すると，路面がコンクリート舗装の場合の障害物の輝度 Lo および輝度対比 C として

$$\left.\begin{aligned} Lo &= \frac{30}{100\times\pi}\times\frac{Lr}{0.22} = 0.43\,Lr \\ C &= 1-\frac{30}{100\times\pi}\times\frac{1}{0.22} \fallingdotseq 0.57 \end{aligned}\right\} \quad \cdots\cdots (3.9)$$

が得られる。

したがって，（3.4），（3.6）式は，それぞれ次式のようになる。

$$L'o = 0.43\,Lr \times \frac{\tau(a)}{100} + Lv(a) \quad (cd/m^2) \quad \cdots\cdots (3.4')$$

$$C' = \frac{0.57\,Lr\cdot\tau(a)/100 + Lv(b) - Lv(a)}{Lr\cdot\tau(a)/100 + Lv(b)} \quad \cdots\cdots (3.6')$$

表 3.1　光幕輝度の測定距離

走行速度	光幕輝度の測定距離	
	Lv(a)	Lv(b)
40 km/h	40 (m)	50 (m)
60	75	80
80	110	130
100	160	200

3.2.3　光幕輝度の測定距離

光幕輝度 Lv(a)，Lv(b) は，運転者から障害物あるいは，背景路面までの距離（図 3.1 の a あるいはb）により異なる。この距離は，運転者が障害物を発見してから安全に停止することができる距離とすべきであり，ここでは，道路構造令に定められている制動停止距離の考え方を採ることにする。図 3.1 において，路面から運転者の眼までの高さ H を 1.2 m障害物の高さ h を 20 cm とすると，例えば，走行速度が 80 km/h の場合，制動停止距離 a が，110m であるから，背景路面までの距離 b は，約 130 m と計算される。したがって，走行速度が 80 km/h の場合について検討するためには，Lr(a)，Lv(b) としてはそれぞれ，110 m および 130 m の区間の光幕輝度を測定しておく必要がある。

同様にして，各走行速度に対応する光幕輝度の測定距離を計算したものが表 3.1 である。

なお，トラック等の運転者の眼の高さは約2.5mであり，乗用者の場合の1.2mに比べて高いが，障害物の見え方の点からは安全側である。

3.3 運転者の眼の輝度対比弁別いき

トンネル内煤煙中においては，前述した障害物の光学的な輝度対比の変化だけでなく，運転者の眼が生理的に識別し得る最小の輝度対比 Ca（以下，輝度対比弁別いき，という）も光幕現象によって影響を受ける。

トンネル照明下での輝度対比弁別いき Ca は，研究室内において実験的に求めた輝度対比弁別いき Ca, min に研究室における実験条件，観測条件と，実際のトンネルにおける運転者の視覚条件との相違に対するフィールドファクタ k を乗じおく必要がある。

研究室において実験的に求められる輝度対比弁別いき Ca, min は，対象物の輝度 Lo と，その対象物を識別しうる最小の背景輝度 Lb との差（Lb − Lo）の背景輝度 Lb に対する比として表わされる。この識別しうる最小の輝度差（Lb − Lo）すなわち，知覚できる輝度の最小限界を輝度差弁別いき△Lmin という。輝度対比弁別いき Ca, min と輝度差弁別いき △Lmin との関係を次式に示す。

$$Ca, min = \triangle Lmin / Lb \qquad \cdots\cdots (3.10)$$

輝度差弁別いき△Lmin は，主として次に述べる3つの要因（中心窩順応輝度，等価光幕輝度，障害物の背景輝度）によって決まる。

(1) 運転者の眼の中心窩順応輝度

人間の眼が対象物を知覚する場合に最も重要な役目を果す網膜の中心窩という部分（視線中心に対応する）が順応している輝度を中心窩順応輝度 Laf (cd/m²) という。運転者がトンネル内で一定の照明環境に順応していると考えた場合，運転者の眼は見かけの路面輝度 Lr′ に順応していると考えることができる。したがって，運転者の眼の中心窩順応輝度 Laf は，（3.5）式をもとに次のように求められる。

$$Laf = Lr' = Lr \times \frac{\tau(b)}{100} + Lv(b) \quad (cd/m^2) \qquad \cdots\cdots (3.11)$$

(2) 運転者の眼に生じる等価光幕輝度

周辺視野に存在する照明器具，明るい壁面などから眼に入射する光が眼球内で散乱することによって生ずる生理的な光幕の輝度を等価光幕輝度 Lev (cd/m²) という。これは，煤煙による物理的な光幕輝度とは異なるものである。運転者の眼に生じる等価光幕輝度 Lev は，グレアレンズ（光の入射方向に対して特殊な角特性をもつレンズ）を装備した輝度計（等価光幕度測定装置）を使用することによって測定することにより得ることができる。

(3) 障害物の背景輝度

すでに述べたように，トンネルにおける障害物の背景面は路面と見なすことができる。し

たがって，障害物の背景輝度 Lb は，（ 3.5 ）式または（ 3.11 ）式から求めることができる。

輝度差弁別いき△Lmin は，上記 3 つの要因に対して個別に輝度差弁別いきを求め，それらを総合することによって得られる。中心窩順応輝度 Lafに対応した輝度差弁別いき△Lmin (1)は図 3. 1 から求められる。また，等価光幕輝度Levおよび背景輝度 Lb に対応した輝度差弁別いき△Lmin (2) は，等価光幕輝度 Lb の和に対応する値として図 3. 4※ から求められる。したがって，輝度差弁別いき△Lmin は，中心窩順応輝度 Lafに対応した輝度差弁別いき△Lmin (1)と，等価光幕輝度Levおよび背景輝度 Lb に対応した輝度差弁別いき△Lmin (2)との和として次式から求められる。

$$\triangle L_{min} = \triangle L_{min}(1) + \triangle L_{min}(2) \qquad \cdots\cdots (3.12)$$

このようにして輝度差弁別いき△Lmin が求められると，輝度対比弁別いき Ca，minは，背景輝度 Lb に対する輝度差弁別いき△Lmin の比として（ 3.10 ）式により求めることができる。

次に前述したフィールドファクタ k は，走行速度 80 km/h で，煤煙透過率 50％（ 100m当り ）の状態でコンクリート舗装のトンネル内における所要路面輝度が 4.5 cd/m² となる値を用いた。

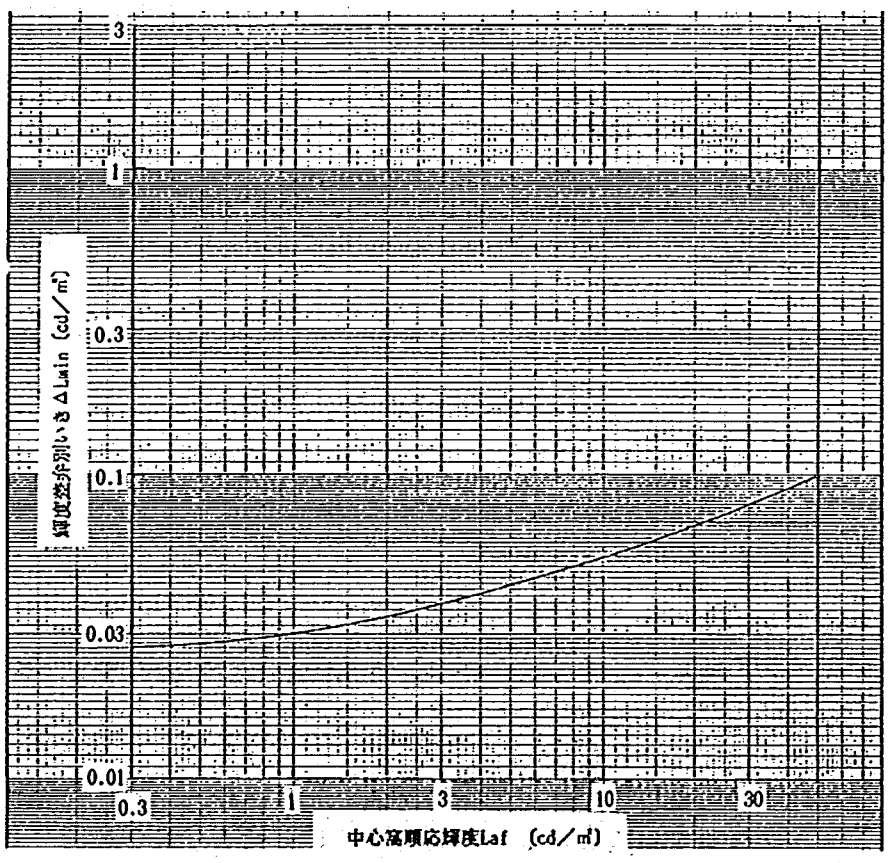


図 3. 3 背景輝度 (Lb) と輝度差弁別いき (ΔLmin(1)) の関係

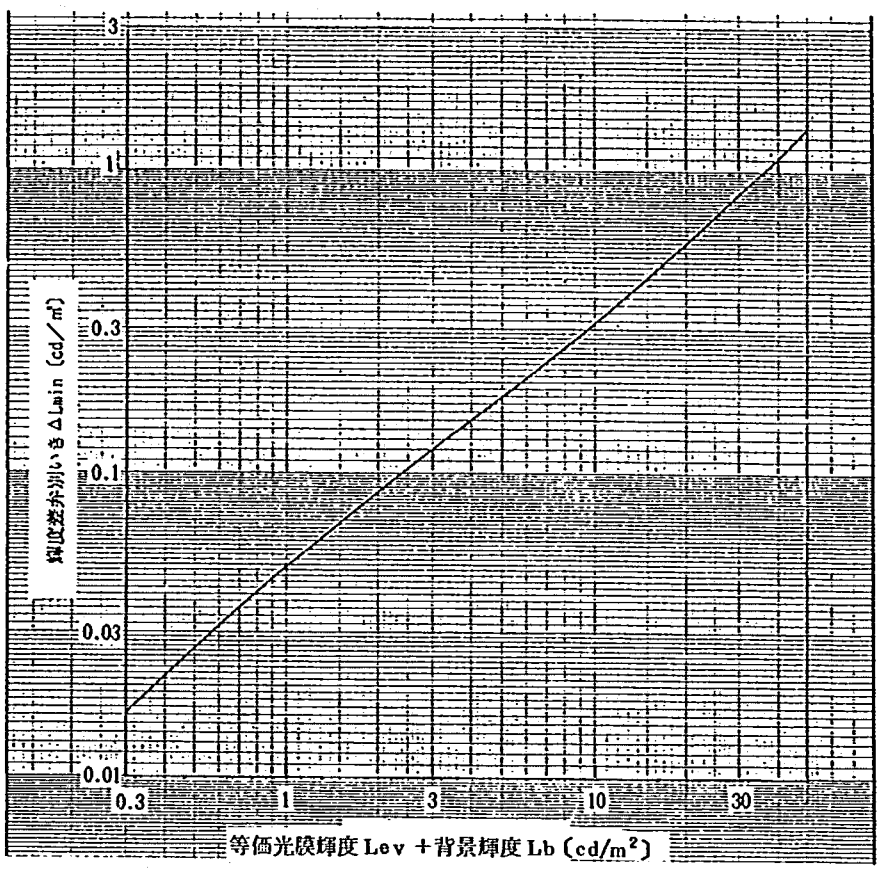


図 3. 4　中心窩順応輝度（Laf ）と輝度差弁別いき（ΔLmin(2)）の関係

以上の考え方により，トンネル照明下での輝度対比弁別いき Ca は，研究室内において実験的に求めた輝度対比弁別いき Ca，min にフィールドファクタ k を乗ずることによって求められる。

4. トンネル内における光幕輝度に関する実験

4.1 実験目的

第3章で述べたように，トンネル内における障害物の見え方は，トンネル内空気中に浮遊している煤煙とトンネル照明によって発生する光幕輝度によって左右される。そこで，トンネル内において種々の条件下で実際に光幕輝度およびそれに関連する項目を調査することを目的として以下に述べる実験を実施した。

4.2 実験施設

実験は，当研究所内の実大トンネル実験施設（写真4.1）において実施した。

実大トンネルの実験施設は，道路トンネルに設置される換気，照明，非常用施設の各種設備に関して実大規模の実験が行えるように作られた実験専用トンネルで，施設の概要は表4.1(a)(b)に示すとおりである。

なお，トンネル内に設置されている照明設備は，図4.1(a)に示すように低圧ナトリウム灯と蛍光灯が併設されており，スイッチ操作により図4.1(b)に示すように低圧ナトリウム灯あるいは蛍光灯のいずれかを任意に点滅および調光できるようになっている。

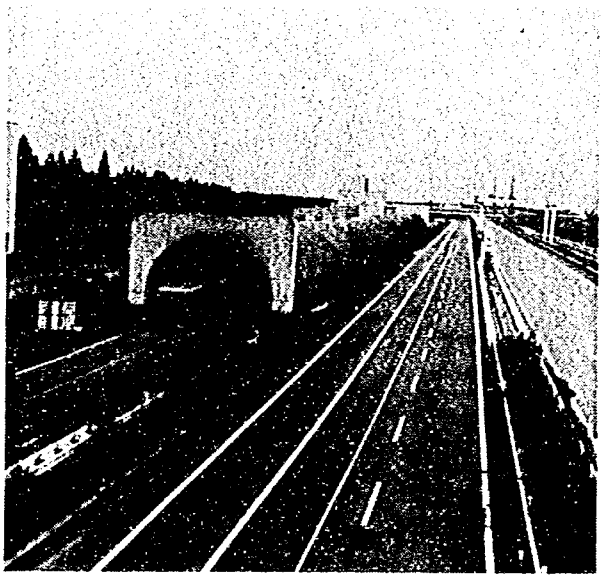


写真4.1　実大トンネル実験施設

表 4. 1 (a)　実大トンネル実験施設の概要

種　　別	仕　　様　・　諸　　元
トンネル本体工	鉄筋コンクリート造り 延　　長　385 m 内空断図　幅 9. 8 m×高 6. 9 m (57. 3 m²) 地下ダクト　幅 9. 8 m×高 1. 3 m (11. 6 m²)
換気設備	送気または排気　max. 300m³/S. 140 mm Aq
照明設備	低圧ナトリウム灯　max. 150 lux 蛍光灯　max. 80 lux
水噴霧設備	100 m区間 (@ 25m×4区間) max. 10. ℓ / min/m²

(照明設備の主要諸元)

表 4. 1 (b)

光源の種類	低圧ナトリウム灯	蛍　光　灯	ナトリウム 灯又は蛍光灯のうち, いずれか一方
形　　式	N× 55 × 1 灯	FLR 40 × 2 灯	
灯具の間隔	標準　5 m	標準　5 m	レール上を移動することにより可変
灯具の数量	計 152 個	計 152 個	
路面照度	150 lux	80 lux	
調光方法	減灯及び調光(100又は50%)により 1/1~1/8	減灯及び調光(100%~0%連続)	点灯パターン一覧表 (図 4. 1 b) 参照

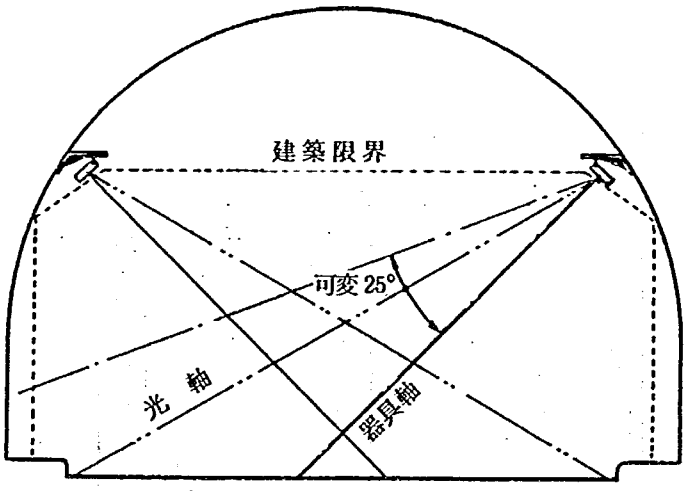


図 4. 1 (a)　灯具配置図

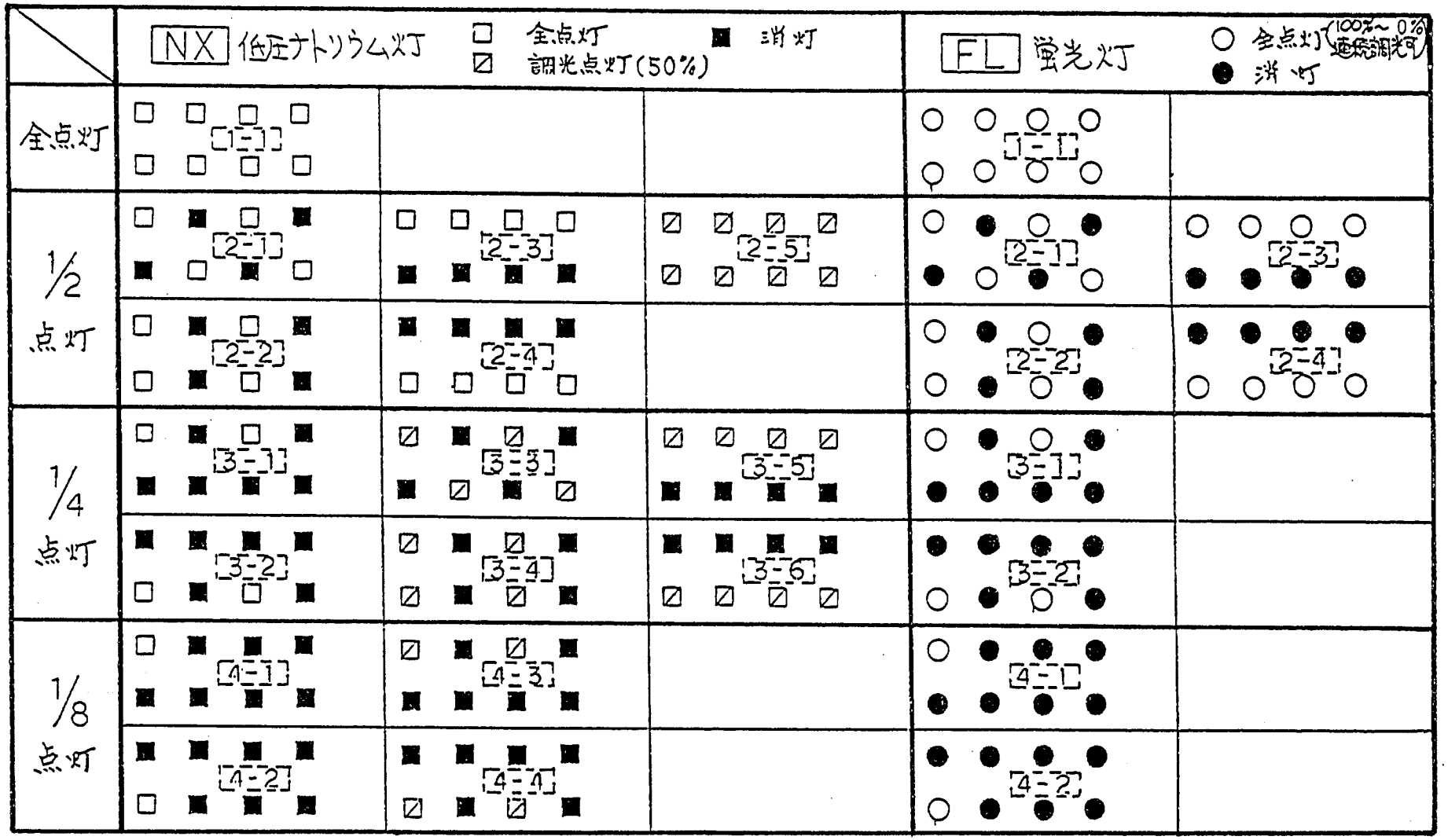


図 4. 1 (b)　点灯パターン一覧表

4.3　煤煙の発生方法

トンネル内の煤煙は，自動車のうち主としてディーゼルエンジンを有する大型車等から排出される。

実際のトンネル内の煤煙の状況を実大トンネル実験施設内で模擬するため以下に述べる3種類の方法を用いた。

(1)，(2)　ディーゼル発電機

ディーゼル発電機を実大トンネル外の図4.2に示す位置に設置し，その排出ガスをパイプによりトンネル内の地下ダクトへ導いた。エンジンに対する負荷は，写真4.4に示す塩水入りタンクと電気抵抗板により電力を消費させる方法と回転数による方法によって行った。なお，発電機は大型のものと小型のもの（写真4.2(a)および(b)）を使用した。

(3)　大型ディーゼルトラック（写真4.3）

トラックを実大トンネル内の図4.2に示す位置に停車させた状態で，走行速度40～50 km/h に相当するエンジン回転数でアイドリング運転を連続した。

以上3種類の煤煙を実験ケース毎に実大トンネルの両坑口のシャッターを閉鎖したうえ，地下ダクトを利用して送風機により空気を循環させることにより，地下ダクト内に導入した排出ガス（煤煙）をトンネル内へ一様に拡散させた（図－4.2）。

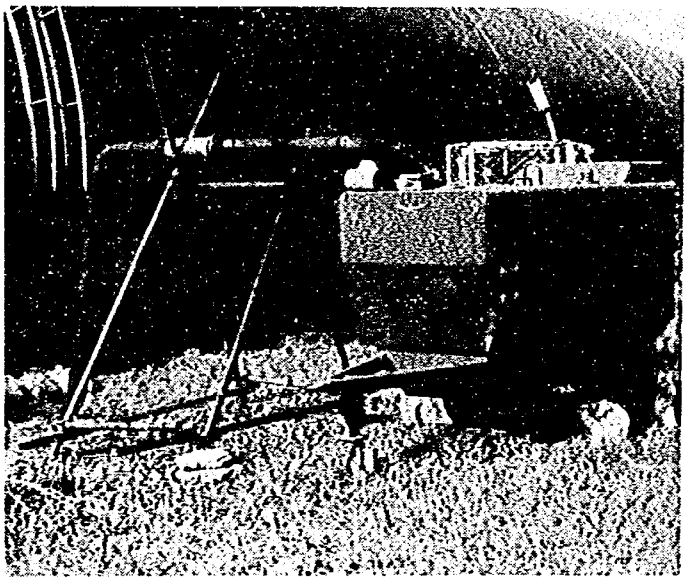


写真4.2(a)

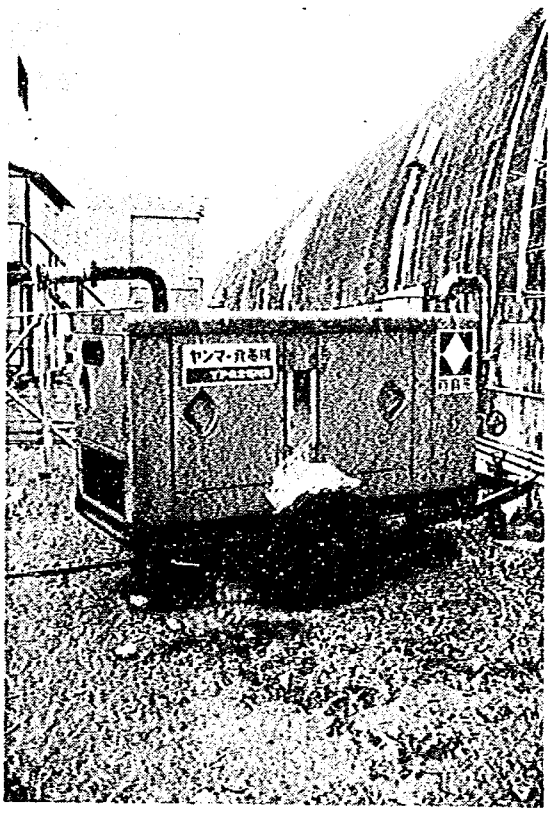


写真4.2(b)

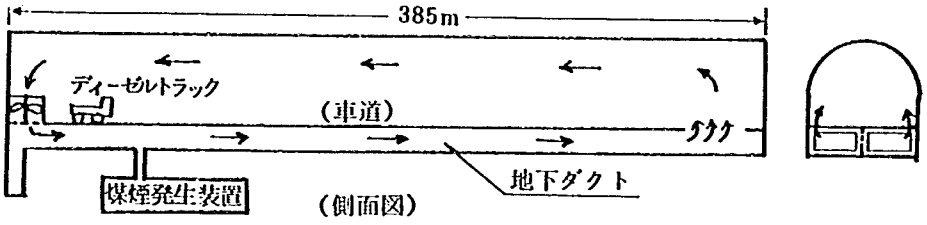


図 4. 2　煤煙の発生方法

写真 4. 3　ト ラ ッ ク

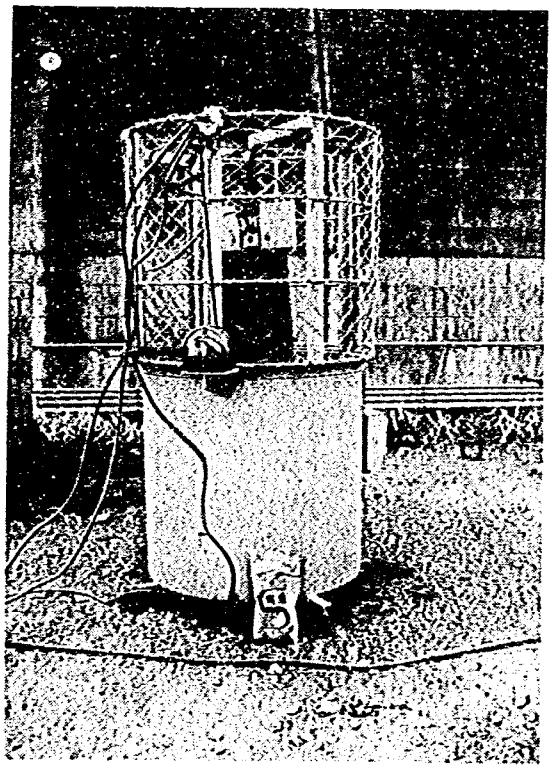


写真 4. 4　塩水タンク

4.4 実験条件

実験条件として考慮した項目を，表 4. 2 に示す。実験条件のうち，光幕輝度等に最も影響を与える要因として，煤煙透過率と光源の種類を主に着目して検討を加えた。

トンネルの煤煙透過率は通常 40 ～ 50 %（ 100 m 当り）以上で運用されているが，実験ではその前後を含む広い範囲について行った。光源の種類については，トンネルで一般的に使用例の多い低圧ナトリウム灯（ＮＸ）と蛍光灯（ＦＬ）を用いた。この他，灯具の配列や間隔についてもいくつかのケースを選んだ。

光幕輝度の測定条件としては，3. 2. 3 項の表 3. 1 に示したように，走行速度に応じた制動停止距離に基づく測定距離を設定した。

なお，路面照度については，照度と輝度等は比例関係にあるので，実験では実大トンネルの照明設備の最大容量である 150 ℓx（NX）～ 100 ℓx（FL）で測定を行い，後述する解析においては照度に応じた比例計算により換算することとした。

表 4. 2　実 験 条 件

発生源	大型ディーゼル発電機 (a)	大型ディーゼル発電機 (b)	小型発電機	大型ディーゼルトラック
光源の種類	低圧ナトリウム灯 蛍光灯	左に同じ 左に同じ	〃 〃	〃 〃
灯具の配列	向き合せ 片側	向き合せ	向き合せ	向き合せ
灯具の間隔(m)	5 , 10	5	5	5 , 10
煤煙透過率(%)	100 , 70 , 50 30 , 20 , 10	左に同じ	左に同じ	左に同じ
光幕輝度の測定距離(m)	50 , 80 , 130 200	左に同じ	左に同じ	左に同じ
路面上の水平照度 (ℓx)	100 ～ 150 ℓx			

4.5 測定方法および測定結果

4. 5. 1 測定項目

測定項目は，まず照明の明るさに関する基本値として

(1) 路面照度等 ,　(2) 路面輝度

光幕輝度に関係する項目

(3) 光幕輝度 ,　(4) 等価光幕輝度

煤煙の性状に関する項目として

(5) 煤煙透過率 ,　(6) 煤煙の粒径分布，組成，等

その他の項目として

(7) トンネル内の温湿度

である。

なお，各測定項目についての測定場所は，図4.3に示すとおりである。

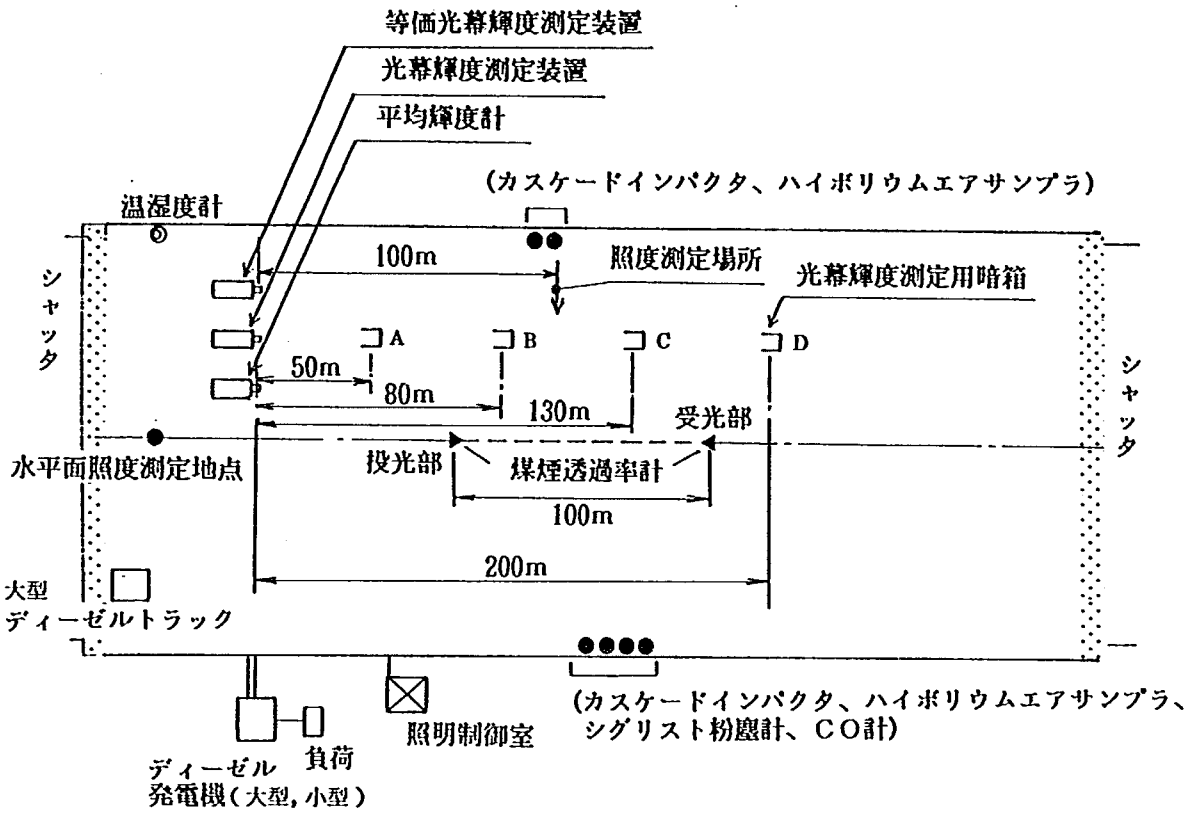


図4.3　計測機配置

4.5.2　路面照度等

トンネル内空気が清浄な状態において，図4.4に示す各測定点の路面上および路面上1m高における水平面および鉛直面の照度を測定した結果の詳細は，巻本の付図3－1～8に示しているが，各種照明条件毎の各測定点の平均値は，表4.3に示すとおりである。

また，図4.5に示すように光幕輝度を測定する測線上の200m区間において，各灯具直下での路面上の水平面照度を測定した結果を，表4.4に示す。付図3－1～8および表4.4からトンネル内の照度分布は比較的均質であることがわかる。このことは，光幕輝度の測定区間全体にわたり，ほぼ一様な照明条件が得られることを示すものである。

一方，煤煙がある場合において，灯具直下の路面上0.5m高における水平面照度の測定結果を，表4.5に示す。この表から，煤煙透過率が低下しても水平面照度はほとんど変化しないといえよう。すなわち，灯具から路面上までの距離が煤煙透過率の測定基準長（100m）に比べて，約5mと短いため，光の減衰がわるいものと考えられる。

なお，写真4.5は照度の測定作業状況であり，使用した照度計（写真4.6）の仕様は次のとおりである。

受光器　：セレン光電池

測定範囲　：3～3,000 ℓx

測定精度　：±4％以内

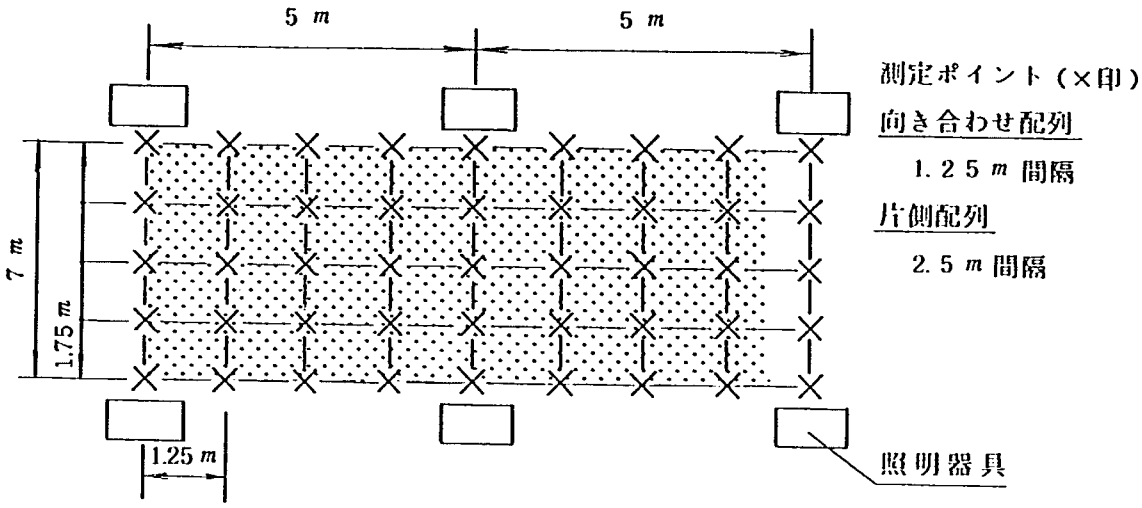


図 4.4　照 度 測 定 点

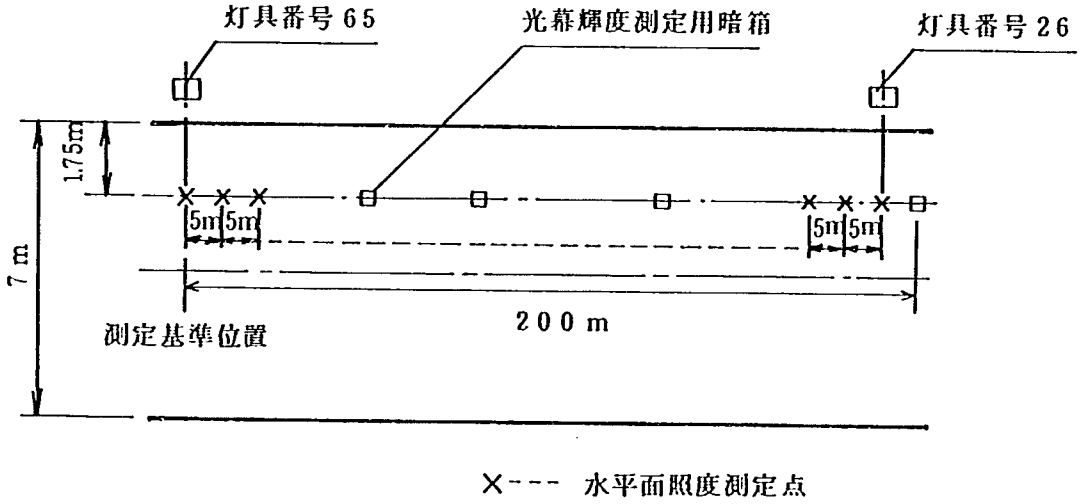


図 4.5　光幕輝度測定軸線上の水平面照度測定点

写真 4.5.　路面照度測定状況

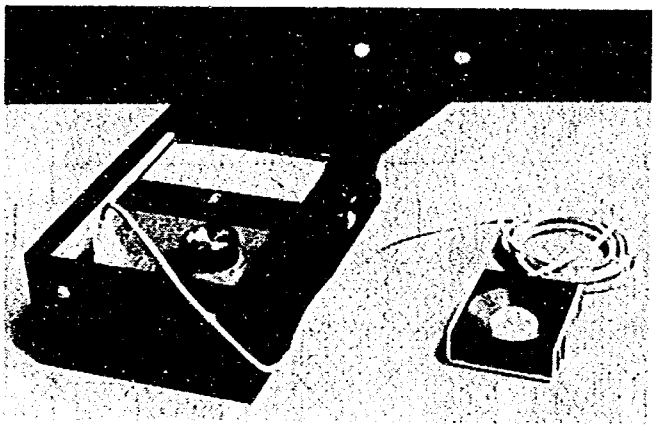


写真 4. 6　照　度　計

表 4. 3　照度・輝度の測定結果

照明条件			① 水平面照度 (lx)		② 鉛直面照度 (lx)		③ 平均路面輝度 (cd/m²)
光源	灯具配列	灯具間隔 (m)	路面上	高さ 1 m	路面上	高さ 1 m	
低圧ナトリウム灯	向き合わせ	5	146	158	70	82	10.5
		10	70	79	35	41	5.4
	片側	5	75	84	38	45	6.1
		10	37	41	19	21	2.9
蛍光灯	向き合わせ	5	113	116	52	56	8.2
		10	59	63	26	29	4.2
	片側	5	59	65	27	28	3.3
		10	30	33	13	15	1.6

表 4.4　光幕輝度測定軸線上の水平面照度（ℓx）

灯具番号	NX55（S＝5m）（ナトリウム灯）		FLR40（S＝5m）（蛍光灯）	
	向き合わせ	片　側	向き合わせ	片　側
26	157	78	125	43
27	157	77	125	43
28	156	76	125	43
29	153	74	125	43
30	150	74	125	43
31	155	76	125	43
32	156	75	125	43
33	152	75	125	42
34	160	78	125	42
35	170	80	125	43
36	153	79	122	41
37	153	77	121	40
38	160	79	125	43
39	156	78	125	42
40	160	84	123	42
41	155	82	123	42
42	156	83	124	42
43	151	80	125	42
44	152	81	125	42
45	161	80	125	43
46	155	79	125	43
47	150	78	126	42
48	154	78	125	42
49	149	76	125	42
50	150	75	125	43
51	156	76	125	42
52	154	76	123	41
53	146	73	123	40
54	147	75	121	42
55	145	73	123	42
56	145	76	125	42
57	139	74	123	42
58	143	72	125	42
59	142	70	129	41
60	142	70	128	42
61	145	72	128	42
62	140	73	126	41
63	138	72	125	40
64	135	67	122	40
65	135	67	121	40
平均値	151	76	125	42
$\frac{最大値-最小値}{平均値}\times100$	23.2	22.4	6.4	7.1

※ S＝5m……照明の設置間隔

表 4.5　透過率と水平面照度（路面上 0.5 m）の関係

煤煙発生源	NX55（S＝5m）（ナトリウム灯）		FLR40（S＝5m）（蛍光灯）	
	透過率〔%〕	照　度〔lx〕	透過率〔%〕	照　度〔lx〕
大型ディーゼル発電機	100	172	100	117
	60	170	53	114
	45	168	41	114
	30	166	29	113
	24	165	12	110
	14	161		
ディーゼルトラック	100	172	100	118
	67	171	68	115
	54	172	54	117
	43	170	44	118
	20	170	19	116
	6	168	11	116
小型ディーゼル発電機	100	172	100	117
	68	171	77	117
	56	170	54	114
	42	169	45	113
	24	168	26	116
	22	168	22	115

※ S＝5m……照明の設置間隔

4.5.3　路面輝度

路面輝度の測定は，一般に図 4.6 に示すような運転車の前方 60 ～ 100m 区間の道路の透視図形と同じ測定視野を有する輝度計を用いるが，今回の実験では全体を約 2/5 に縮尺した図 4.7 に示す測定範囲を測定する輝度計を用いた。写真 4.7 は路面輝度の測定作業状況であり，使用した輝度計（写真 4.8）の仕様は次のとおりである。

受 光 器　：光電子増倍管

測定範囲　：0.1 ～ 100 cal/m^2

測定精度　：± 5 %以内

各種の照明条件下での路面輝度の測定結集は，前出の表 4.3 の右欄に併記した。

なお，3.2.2 項で述べたように，鉛直面照度に対する路面輝度の比 Lr/Ev は　コンクリ

ート舗装のトンネルでは通常 0.22 程度の値が用いられているが，実大トンネルでは表 4.3 に示す照度・輝度の測定結果によると，0.12 ～ 0.20 と低い値になっている。これは実大トンネルで過去に実施した火災実験により路面が汚れていたためであると考えられたので，後述する解析では，Lr/Ev = 0.22 として取扱うこととした。

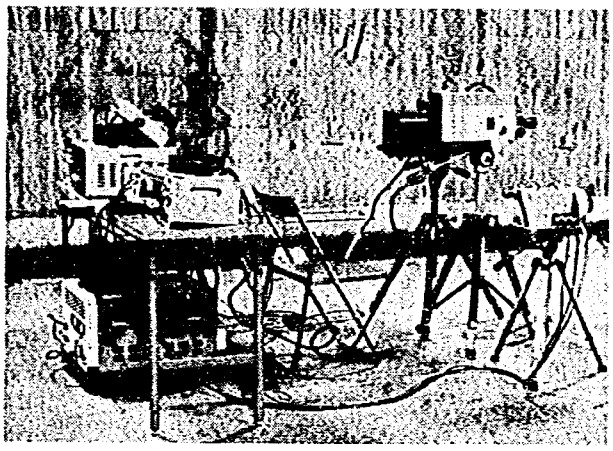


写真 4.7　平均路面輝度の測定状況

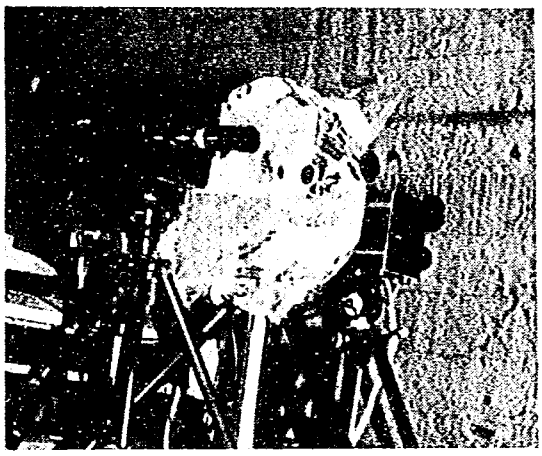


写真 4.8　輝　度　計

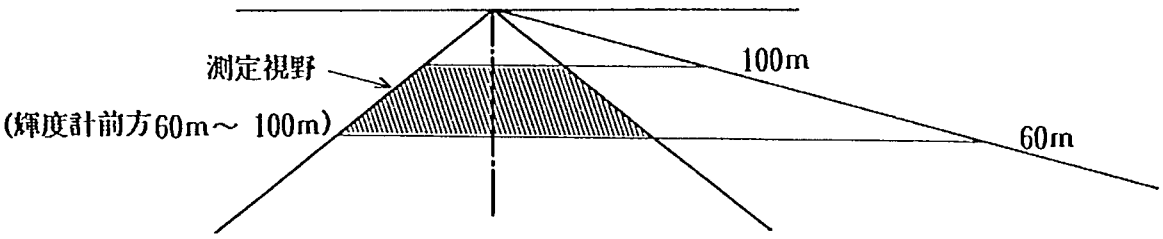


図 4.6　輝度計の測定視野

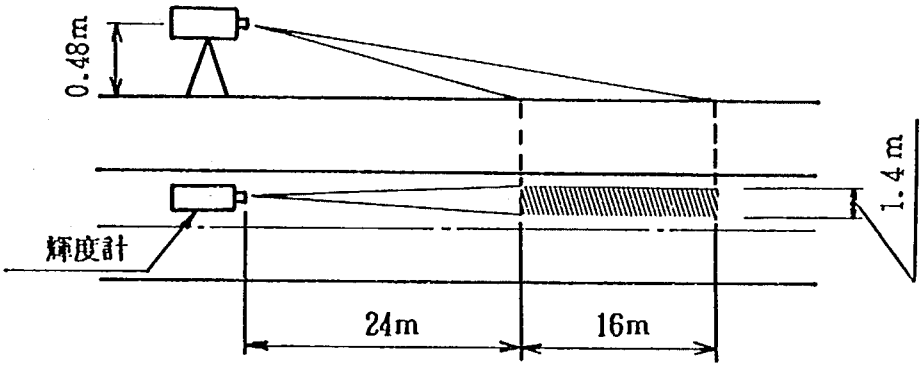


図 4.7　輝度計と測定範囲の関係

4.5.4　光幕輝度

光幕輝度 Lv の測定は，障害物の輝度 Lo がゼロとみなせるような暗箱を障害物を設定すべき位置に，設置して行った。暗箱は，図 4.8，写真 4.9 に示すような形状で，一方のみ開口し，内部に黒色ツヤ消し塗装が施されたものである。暗箱を図 4.3 に示したように輝度計の軸上に，輝度計から 50，80，130，200 m 離れた位置に設置して，それぞれの区間の光

幕輝度 Lv を測定した。

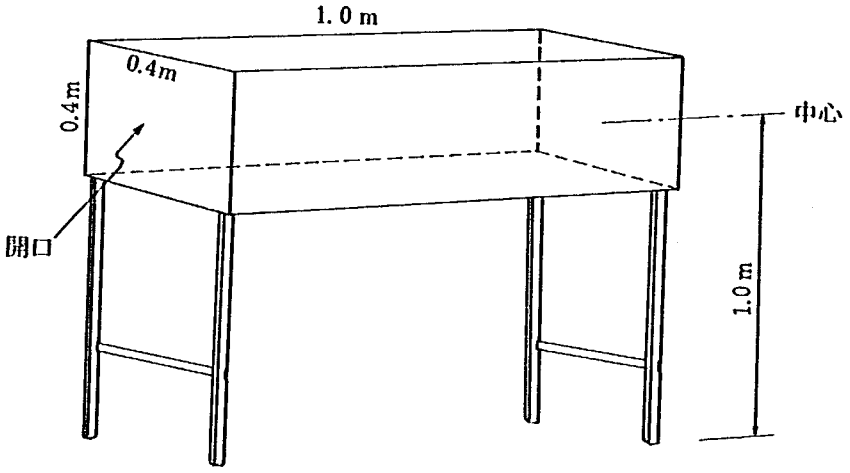


図 4.8　光幕輝度測定用暗箱

光幕輝度測定用の輝度計（写真 4.8）の仕様は次の通りである。

受 光 器　：光電子増倍管

測定範囲　：0.01～10,000 cd/m²

測定域（視角）　2′

各種の照明条件，煤煙透過率における各測定区間長毎の光幕輝度 Lv を表4－6(a)～表4.11に示す。

光幕輝度Lv，測定実験結果から，光幕輝度Lv は路面輝度Lr の約 50 %（観測距離＝130 mの場合）であることがわかった。

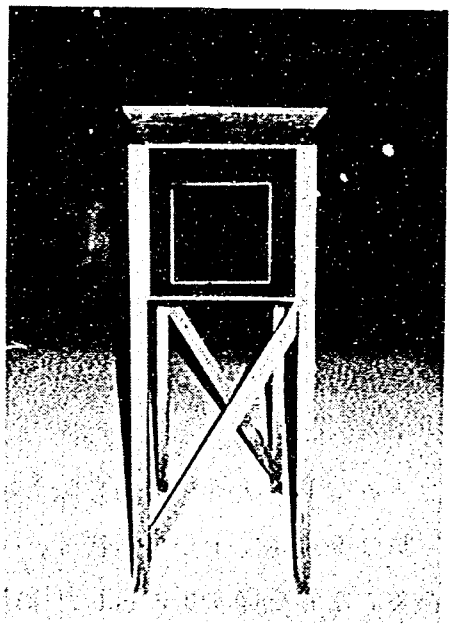


写真 4.9　光幕輝度測定用暗箱

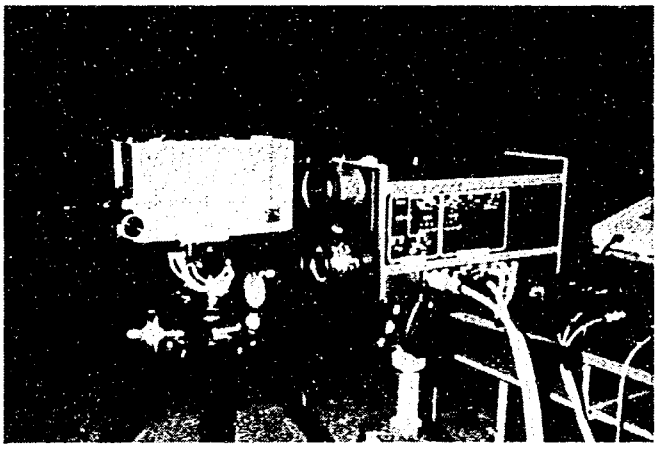


写真 4.10

光幕輝度測定用輝度計（左）

等価光幕輝度測定用輝度計（右）

表 4. 6(a) 光幕輝度，等価光幕輝度，路面輝度の測定結果

光　源：NX 55　　煤煙発生源：大型ディーゼル発電機 (a)

照明条件	透過率(%)		煤煙濃度	光幕輝度 Lv(cd/m²)				等価光幕輝度
	目標値	設定値	(×10 /m)	50m	80m	130m	200m	Lev(cd/m²)
向き合せ配列 S＝5m Eh＝149 lx	100.0	100.0	0.0	—	—	—	—	1.00
	70.0	67.0	0.174	1.3	2.1	3.3	4.5	1.08
	50.0	49.9	0.302	2.3	3.5	5.0	6.3	1.04
	40.0	36.9	0.433	3.5	5.1	6.9	8.2	1.00
	20.0	20.0	0.699	3.0	4.2	5.2	5.8	0.86
	20.0	18.1	0.742	4.3	5.6	6.8	7.4	0.88
	10.0	11.5	0.939	3.4	4.4	5.1	5.5	0.82
向き合せ配列 S＝10m Eh＝73 lx	100.0	100.0	0.0	—	—	—	—	0.58
	70.0	65.5	0.184	0.8	1.2	1.8	2.4	0.57
	50.0	54.8	0.261	1.1	1.7	2.3	3.0	0.57
	40.0	36.6	0.437	1.8	2.5	3.4	4.1	0.56
	20.0	22.3	0.652	1.7	2.2	2.7	3.3	0.51
	20.0	17.9	0.747	2.2	2.9	3.5	3.8	0.57
片側配列 S＝5m Eh＝76 lx	100.0	100.0	0.0	—	—	—	—	0.46
	70.0	70.5	0.152	0.5	0.9	1.5	2.0	0.54
	50.0	48.8	0.312	1.2	1.8	2.6	3.3	0.55
	40.0	37.4	0.427	1.7	2.5	3.4	4.1	0.52
	20.0	19.1	0.719	1.6	2.1	2.6	3.0	0.48
	20.0	18.1	0.742	2.1	2.9	3.5	3.8	0.48
	10.0	12.4 *	0.907 *	1.6 *	2.1 *	2.6 *	2.6 *	0.45 *
	10.0	11.5	0.939	1.7	2.1	2.5	2.7	0.40
片側配列 S＝10m Eh＝38 lx	100.0	100.0	0.0	—	—	—	—	0.28
	70.0	65.5	0.184	0.4	0.6	0.9	1.2	0.27
	50.0	55.5	0.256	0.5	0.8	1.2	1.5	0.28
	40.0	35.9	0.445	0.9	1.3	1.7	2.1	0.27
	20.0	18.3	0.738	0.9	1.1	1.3	1.4	0.24
	20.0	17.1	0.767	1.1	1.4	1.7	1.9	0.24

注(1) 走行車線側を点灯，その他の片側配列は，すべて追越車線側を点灯
(2) S：照明器具の取付け間隔，Eh：平均路面照度

表 4. 6(b) 光幕輝度，等価光幕輝度，路面輝度の測定結果

光　源：NX 55　　煤煙発生源：大型ディーゼル発電機 (b)

照明条件	透過率(%)		光学濃度	光幕輝度 Lv (cd/m²)				等価光幕輝度	路面輝度
	目標値	設定値	(×10⁻²/m)	50m	80m	130m	200m	Lev(cd/m²)	Lr(cd/m²)
向き合わせ配列 S＝5m Eh＝146 lx	100	100	0	—	—	—	—	1.14	10.5
	70	74※	0.13	1.0	1.2	2.0	2.8	1.10	10.2
	50	53※	0.28	1.0	1.8	2.8	4.0	1.12	9.8
	50	60	0.22	1.8	2.6	4.0	6.0	1.15	10.6
	40	45	0.35	3.0	4.2	5.9	8.2	1.17	11.0
	30	30	0.52	4.2	5.8	7.7	9.3	1.17	11.3
	20	24	0.62	4.9	6.7	8.4	9.7	1.18	11.4
	10	14	0.85	5.4	6.5	7.4	7.9	1.12	9.5
片側配列 S＝5m Eh＝75 lx	100	100	0	—	—	—	—	0.62	6.1
	70	73	0.14	0.5	0.7	1.0	1.5	0.60	5.9
	50	53	0.28	0.6	0.9	1.5	2.1	0.60	5.6
	50	58	0.24	1.0	1.4	2.1	3.2	0.61	6.1
	40	44	0.36	1.6	2.2	3.2	4.3	0.62	6.3
	30	29	0.54	2.2	3.0	4.0	4.8	0.61	6.3
	20	24	0.62	2.5	3.4	4.4	5.0	0.61	6.4
	10	12	0.92	2.7	3.3	3.8	4.0	0.57	5.4

※ 大型ディーゼル発電機の無負荷運転による煤煙下，他は有負荷運転による煤煙下

表 4.7(a) 光幕輝度，等価光幕輝度，路面輝度の測定結果

光 源：FLR 40　煤煙発生源：大型ディーゼル発電機(a)

照明条件	透過率(%)		煤煙濃度	光幕輝度 Lv(cd/m²)				等価光幕輝度
	目標値	設定値	(×10/m)	50 m	80 m	130 m	200 m	Lev(cd/m²)
向き合せ配列 S = 5m Eh = 102 lx	100.0	100.0	0.0	—	—	—	—	0.81
	70.0	67.9	0.168	1.0	1.6	2.4	3.3	0.83
	40.0	43.5	0.362	2.0	2.9	3.9	4.7	0.82
	30.0	30.9	0.510	2.7	3.7	4.8	5.6	0.80
	20.0	19.0	0.721	3.0	4.0	4.8	5.2	0.74
	10.0	15.4	0.812	2.3	3.0	3.6	3.9	0.73
向き合せ配列 S = 10m Eh = 57 lx	100.0	100.0	0.0	—	—	—	—	0.42
	70.0	68.4	0.165	0.5	0.8	1.2	1.7	0.44
	50.0	51.0	0.292	0.8	1.2	1.7	2.2	0.44
	30.0	29.0	0.538	1.4	1.9	2.4	2.9	0.44
	20.0	19.0	0.721	1.5	2.0	2.4	2.6	0.38
	10.0	13.5	0.87	1.2	1.5	1.7	1.8	0.38
片側配列 S = 5m Eh = 51 lx	100.0	100.0	0.0	—	—	—	—	0.34
	70.0	68.0	0.167	0.4	0.6	0.9	1.3	0.33
	50.0	49.8	0.303	0.7	1.0	1.4	1.7	0.32
	30.0	30.4	0.517	1.1	1.5	1.9	2.2	0.31
	20.0	20.9	0.680	1.2	1.5	1.9	2.1	0.29
	10.0	11.8 *	0.928 *	0.9 *	1.2 *	1.4 *	1.5 *	0.27 *
	10.0	10.5	0.979	1.5	2.0	2.2	2.3	0.43
片側配列 S = 10m Eh= 29 lx	100.0	100.0	0.0	—	—	—	—	0.16
	70.0	68.5	0.164	0.2	0.3	0.5	0.7	0.16
	50.0	50.5	0.297	0.3	0.5	0.7	0.9	0.16
	30.0	27.7	0.558	0.6	0.8	1.0	1.1	0.15
	20.0	21.9	0.660	0.6	0.7	0.9	1.0	0.14
	10.0	12.8	0.893	0.5	0.6	0.7	0.7	0.13

注(1)走行車線側を点灯，その他の片側配列は，すべて追越車線側を点灯
(2)S：照明器具の取付け間隔，Eh：平均路面照度

表 4.7(b) 光幕輝度，等価光幕輝度，路面輝度の測定結果

光源：FLR 40　　煤煙発生源：大型ディーゼル発電機(b)

照明条件	透過率(%)		光学濃度	光幕輝度 Lv (cd/m²)				等価光幕輝度	路面輝度
	目標値	設定値	(×10⁻²/m)	50m	80m	130m	200m	Lev(cd/m²)	Lr(cd/m²)
向き合わせ配列 S = 5 m Eh = 113 lx	100	100	0	—	—	—	—	1.02	8.2
	70	77	0.11	0.6	0.9	1.4	2.1	0.98	7.9
	50	54	0.27	1.1	1.6	2.4	3.2	0.98	7.5
	50	53	0.28	2.0	2.8	4.1	5.8	1.03	8.5
	40	40	0.40	2.9	4.1	5.5	7.0	1.03	8.7
	30	29	0.54	3.6	4.9	6.4	7.5	1.03	8.7
	20	23	0.64	4.1	5.4	6.9	7.8	1.03	8.8
	10	12	0.92	4.3	5.5	6.4	6.8	0.99	8.0
片側配列 S = 5 m Eh = 59 lx	100	100	0	—	—	—	—	0.42	3.3
	70	77	0.11	0.2	0.4	0.6	0.9	0.39	3.2
	50	56	0.25	0.4	0.6	0.9	1.3	0.39	3.1
	50	51	0.29	0.8	1.1	1.7	2.4	0.41	3.5
	40	40	0.40	1.2	1.6	2.2	2.9	0.41	3.6
	30	28	0.55	1.4	1.9	2.6	3.0	0.40	3.6
	20	23	0.64	1.6	2.1	2.7	3.1	0.39	3.6
	10	12	0.92	1.7	2.1	2.5	2.6	0.37	3.3

表 4.8　光幕輝度，等価光幕輝度，路面輝度の測定結果

光源：NX55　　煤煙発生源：ディーゼルトラック

照明条件	透過率(%) 目標値	透過率(%) 設定値	光学濃度 (×10⁻²/m)	光幕輝度 Lv (cd/m²) 50m	80m	130m	200m	等価光幕輝度 Lev (cd/m²)	路面輝度 Lr (cd/m²)
向き合わせ配列	100	100	0	—	—	—	—	1.14	10.5
	70	67	0.17	2.4	3.6	5.6	7.9	1.24	11.9
S= 5m	50	54	0.27	3.1	4.8	7.7	11.2	1.28	12.4
	40	43.5	0.36	4.4	7.9	11.4	15.3	1.32	13.9
Eh=146	20	20	0.70	9.1	12.8	16.7	19.8	1.44	16.3
lx	10	6	1.22	14.1	17.8	20.2	21.0	1.49	20.2
向き合わせ配列	100	100	0	—	—	—	—	0.50	5.4
	70	67	0.17	1.3	1.9	2.8	4.0	0.55	6.1
S=10m	50	54	0.27	1.6	2.5	3.9	5.6	0.57	6.3
	40	44.5	0.35	2.3	4.1	5.8	7.5	0.60	6.6
Eh= 70	20	19.5	0.71	4.7	6.5	8.5	10.0	0.68	7.7
lx	10	6	1.22	6.7	8.5	10.0	10.6	0.72	9.1
片側配列	100	100	0	—	—	—	—	0.62	6.1
	70	67	0.17	1.2	1.9	2.9	4.2	0.66	6.3
S= 5m	50	54	0.27	1.6	2.5	4.1	5.9	0.68	6.6
	40	44	0.36	2.4	4.1	5.8	7.8	0.70	7.2
Eh= 75	20	19	0.72	4.6	6.5	8.6	10.0	0.76	8.5
lx	10	6	1.22	7.0	8.8	10.6	10.5	0.79	10.0
片側配列	100	100	0	—	—	—	—	0.30	2.9
	70	67	0.17	0.7	1.0	1.5	2.1	0.32	3.3
S=10m	50	54	0.27	0.8	1.3	2.1	3.0	0.32	3.4
	40	44.5	0.35	1.4	2.1	2.9	3.8	0.34	3.8
Eh= 37	20	19.5	0.71	2.4	3.3	4.3	5.0	0.36	4.3
lx	10	6	1.22	3.2	4.1	4.9	5.2	0.37	4.8

表 4.9　光幕輝度，等価光幕輝度，路面輝度の測定結果

光源：FLR40　　煤煙発生源：ディーゼルトラック

照明条件	透過率(%) 目標値	透過率(%) 設定値	光学濃度 (×10⁻²/m)	光幕輝度 Lv (cd/m²) 50m	80m	130m	200m	等価光幕輝度 Lev (cd/m²)	路面輝度 Lr (cd/m²)
向き合わせ配列	100	100	0	—	—	—	—	1.02	8.2
S = 5m	70	67.5	0.17	2.0	3.1	4.7	6.7	1.08	9.5
	50	54	0.27	2.2	4.1	6.7	9.6	1.12	10.0
Eh = 113	40	44.3	0.35	4.6	6.7	9.5	12.2	1.18	11.3
	20	19	0.72	8.6	11.5	14.2	15.8	1.28	13.7
lx	10	11	0.96	6.7	9.8	14.2	16.2	1.28	12.3
向き合わせ配列	100	100	0	—	—	—	—	0.49	4.2
S = 10m	70	67.5	0.17	1.1	1.6	2.5	3.4	0.52	4.9
	50	53.5	0.27	1.4	2.2	3.5	4.9	0.53	5.0
Eh = 59	40	45	0.35	2.2	3.3	4.7	6.1	0.57	5.7
	20	19	0.72	4.2	5.8	7.2	8.1	0.61	6.9
lx	10	18	0.75	3.6	4.7	6.8	8.2	0.54	6.3
片側配列	100	100	0	—	—	—	—	0.42	3.3
S = 5m	70	67.5	0.17	0.8	1.3	2.0	2.8	0.43	3.9
	50	53.5	0.27	1.0	1.7	2.7	3.9	0.45	4.0
Eh = 59	40	44.3	0.35	1.8	2.7	3.9	5.0	0.47	4.6
	20	19	0.72	3.5	4.6	5.8	6.4	0.50	5.8
lx	10	14	0.85	2.6	3.7	5.6	6.5	0.49	5.3
片側配列	100	100	0	—	—	—	—	0.21	1.6
S = 10m	70	67.5	0.17	0.4	0.6	1.0	1.4	0.22	1.9
	50	53.5	0.27	0.6	0.9	1.4	2.0	0.22	2.0
Eh = 30	40	45	0.35	0.9	1.3	1.9	2.5	0.24	2.3
	20	19	0.72	1.6	2.3	2.9	3.2	0.25	2.8
lx	10	19	0.72	1.4	1.9	2.7	3.3	0.25	2.5

表 4.10　光幕輝度，等価光幕輝度，路面輝度の測定結果

光源：NX 55　　煤煙発生源：小型ディーゼル発電機

照明条件	透過率(%)		光学濃度	光幕輝度 Lv (cd/m²)				等価光幕輝度	路面輝度
	目標値	設定値	(×10⁻²/m)	50m	80m	130m	200m	Lev (cd/m²)	Lr (cd/m²)
向き合わせ配列 S = 5m Eh = 146 lx	100	100	0	—	—	—	—	1.14	10.5
	70	68	0.17	2.3	3.3	4.6	5.8	1.21	11.7
	50	56	0.25	2.4	3.8	6.2	9.3	1.24	11.5
	40	42	0.38	5.6	7.9	10.7	13.4	1.29	13.6
	20	24	0.62	7.3	10.4	14.0	16.9	1.33	14.6
	10	22	0.66	7.0	10.3	13.6	16.9	1.35	14.2
片側配列 S = 5m Eh = 75 lx	100	100	0	—	—	—	—	0.62	6.1
	70	70	0.16	1.2	1.7	2.4	2.9	0.65	6.2
	50	56	0.25	1.3	2.0	3.2	4.9	0.66	6.2
	40	42	0.38	2.9	4.0	5.4	6.7	0.68	7.1
	20	24	0.62	3.9	5.4	7.3	8.7	0.71	7.6
	10	22	0.66	3.6	5.1	7.0	8.7	0.70	7.4

表 4.11　光幕輝度，等価光幕輝度，路面輝度の測定結果

光源：FLR40　　煤煙発生源：小型ディーゼル発電機

照明条件	透過率(%)		光学濃度	光幕輝度 Lv (cd/m²)				等価光幕輝度	路面輝度
	目標値	設定値	(×10⁻²/m)	50m	80m	130m	200m	Lev (cd/m²)	Lr (cd/m²)
向き合わせ配列 S = 5m Eh = 113 lx	100	100	0	—	—	—	—	1.02	8.2
	70	77	0.11	1.7	2.3	3.0	4.0	1.06	9.0
	50	54	0.27	2.4	3.6	5.7	8.2	1.10	9.5
	40	45	0.35	3.7	5.5	8.0	10.6	1.10	10.2
	20	26	0.59	6.1	8.3	10.8	12.6	1.16	11.6
	10	22	0.66	6.1	8.4	11.2	13.1	1.14	11.3
片側配列 S = 5m Eh = 59 lx	100	100	0	—	—	—	—	0.42	3.3
	70	78	0.11	0.7	0.9	1.2	1.6	0.42	3.8
	50	54	0.27	0.9	1.4	2.3	3.4	0.44	3.9
	40	45	0.35	1.5	2.2	3.3	4.3	0.44	4.2
	20	26	0.59	2.4	3.3	4.3	5.1	0.45	4.7
	10	22	0.66	2.4	3.4	4.5	5.3	0.45	4.7

4.5.5　等価光幕輝度

等価光幕輝度Levは，光の入射方向に対して特殊角特性をもつグレアレンズを装着した等価光幕輝度装置（写真4.10）を用いて測定器の視野中心を障害物に向ける方法により測定した。

各種照明条件および煤煙透過率における等価光幕輝度の測定結果は，前出の表4.6(a)～表4.11の右欄に併記した。

表より等価光幕輝度Levは路面輝度Lrの約10％であることがわかった。

4.5.6　煤煙透過率

煤煙透過率は，写真4.11(a)(b)に示す煤煙透過率訂の投光部と受光部を図4.3に示したようにして対向させて設置し，清浄大気中における受光部の出力が透過率100％であるとして測定する。投光部と受光部の間の距離は，通常100 mに設定している。また煤煙中を通過する光は，固有の波長依存性を有することから，人間の眼の特性に合わせた視感透過率を測定するために投光部の光源は白熱電球を色温度2,856 kで点灯し，受光部の受光器はその分光感度が比視感度に合致するように補正を行っている。

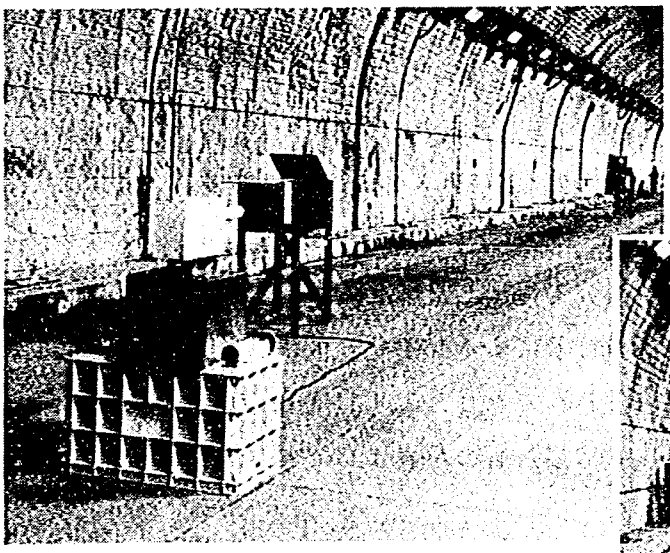


写真4.11(a)　煤煙透過率計の投光部

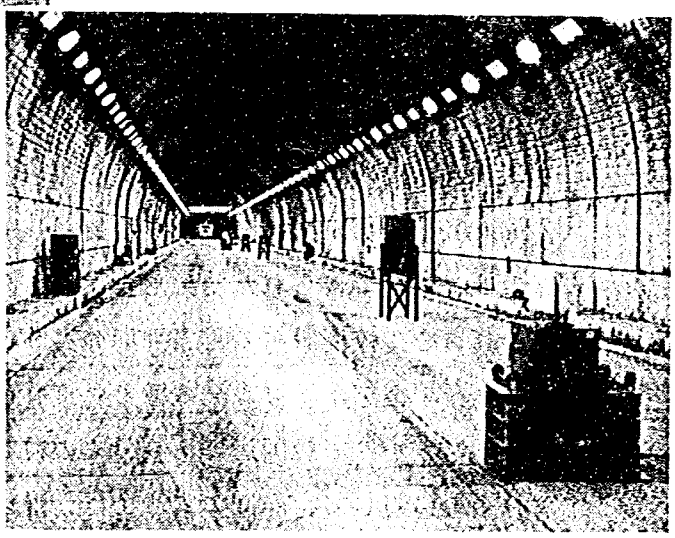


写真4.11(b)　煤煙透過率計の受光部

煤煙透過率との測定結果は前出の表4.6(a)～表4.11に併記している。なお，表中煤煙の光学濃度kは次式に示すLambert－Beer則により換算した値である。

$$k = -\frac{1}{\ell}\log,\ \frac{\tau}{100}\ (1/m) \qquad \cdots\cdots (4.1)$$

ここに，ℓは煤煙透過率計の投・受光部間の距離（100 m）である。

4.5.7　煤煙粒径分布，等

(1)　煤煙の粒度分布

煤煙の粒度分布は，図4.9，写真4.12に示すカスケードインパクタにより測定した。カスケードインパクタは，6段階のステージと一枚の沪紙をもち，図4.9のA点から実験中の汚染空気を吸入し煤煙粒子の慣性衝突を利用して捕集した。そして，各ステージの煤煙を秤量することにより0.2～103 μmの粒度分布に区分される。

カスケードインパクタによる粒径分布の測定結果を表4.12および図4.10(a)～(e)に示す。

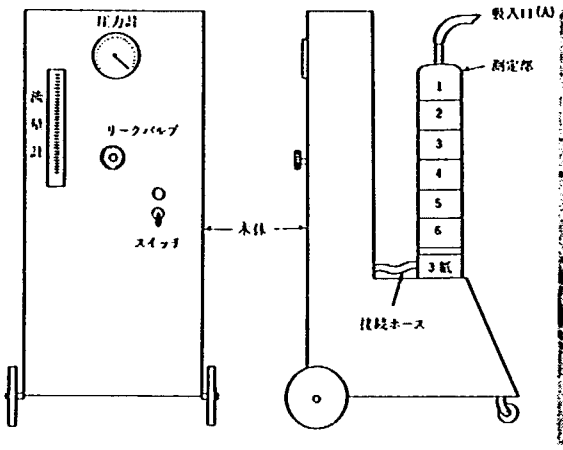


図 4.9　カスケードインパクタの構造

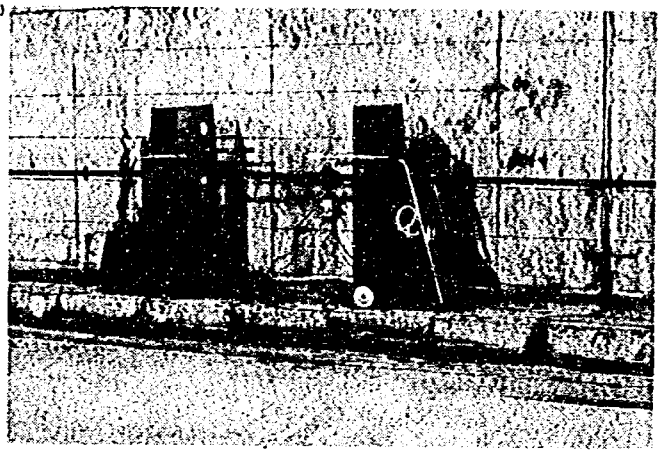


写真 4.12　カスケードインパクタによる測定状況

図 4.10(e)は実際のトンネルで得られた粒径分布の例（文献）を参考として出す。

煤煙の光幕輝度は，粒径 0.1 μm未満の粒子によるレイリー散乱と粒径 0.1 μm以上のミニ散乱による散乱光によって生じると言われており，表 4.12(a)(b)のデータから粒径 0.2 μm未満とそれ以上の煤煙の重量比として示したものが表 4.13である。同表には前述の実際のトンネルで得られた結果も併記した。

これらを比較検討すると，今回の実験に使用した大型ディーゼル発電機，ディーゼルトラック，小型ディーゼル発電機それぞれによる煤煙は，粒径が 0.2 μm以下の重量比では栗子トンネルは一般国道であり，その粉じんには粒径の比較的大きい砂じんなどが多く含まれるのに対して，今回の実験では，煤煙以外の粉じんはほとんどふくまれていないと考えられるので，栗子トンネルにおける 0.5 μm以上の砂じんの代りに，0.5 μm前後の粒径の煤煙粒子が含まれていたものと考えられる。

煤煙を付着捕集したガラスプレートおよび沪紙の状況を写真 4.13(a)～(d)に示す。

表 4.12(a)　大型ディーゼル粒度分布の測定結果

大型ディーゼル発電機粒度分布(a)　〔mg〕							
項目＼サンプルNo.		1	2	3	4	5	6
プレートNo.	1	3.68	1.19	1.93	0.88	0.72	0.67
	2	1.70	0.65	2.84	0.79	0.80	0.75
	3	0.92	1.76	1.38	0.81	0.78	0.60
	4	1.09	1.04	0.94	0.81	0.92	0.74
	5	0.88	2.25	1.21	1.38	1.17	0.83
	6	0.75	2.83	2.46	1.95	1.54	1.09
ロ　紙		23.95	38.69	44.85	27.49	17.72	11.82
合　計		32.97	50.80	55.61	34.11	23.65	16.50
吸引空気量〔m³〕		32.25	29.56	38.78	39.68	11.80	15.70
粉塵濃度〔mg/m³〕		1.022	1.718	1.434	0.860	2.005	1.051

表 4.12(b)　粒径分布の測定結果

煤煙発生源		大型ディーゼル発電機(b)		ディーゼルトラック		小型ディーゼル発電機	
プレートNo.	煤煙粒径(μm)	重量(mg)	重量比(%)	重量(mg)	重量比(%)	重量(mg)	重量比(%)
1	10.0	0	0	0.61	0.9	0	0
2	5.0	0	0	0.47	0.7	0	0
3	2.0	0.41	2.6	1.69	2.6	0.06	0.3
4	1.0	1.61	10.2	2.75	4.2	0.29	1.3
5	0.5	3.81	24.2	24.62	37.1	5.10	23.4
6	0.2	3.22	20.5	13.21	19.9	2.57	11.8
ロ　紙		6.69	42.5	22.95	34.6	13.75	63.2
合　計		15.74	100	66.3	100	21.77	100
吸引空気量(m³)		30.1		40.3		32.1	
粉塵濃度(mg/m³)		0.52		1.65		0.68	

表 4.13　各煤煙粒子の粒径分布

粒　　径	大型ディーゼル発電機による煤煙	ディーゼルトラックによる煤煙	小型ディーゼル発電機による煤煙	小仏トンネル東粟子トンネルでの例
0.2 μm未満の粒子の比率 (%)	43	35	65	55
0.2 μm以上の粒子の比率 (%)	57	65	35	45

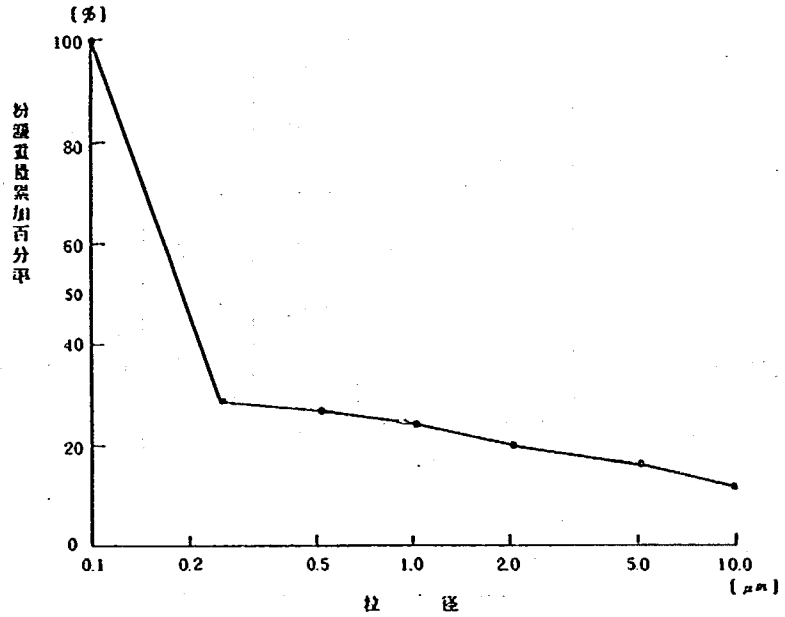


図 4.10(a)　煤煙発生源：大型ディーゼル発電機(a)

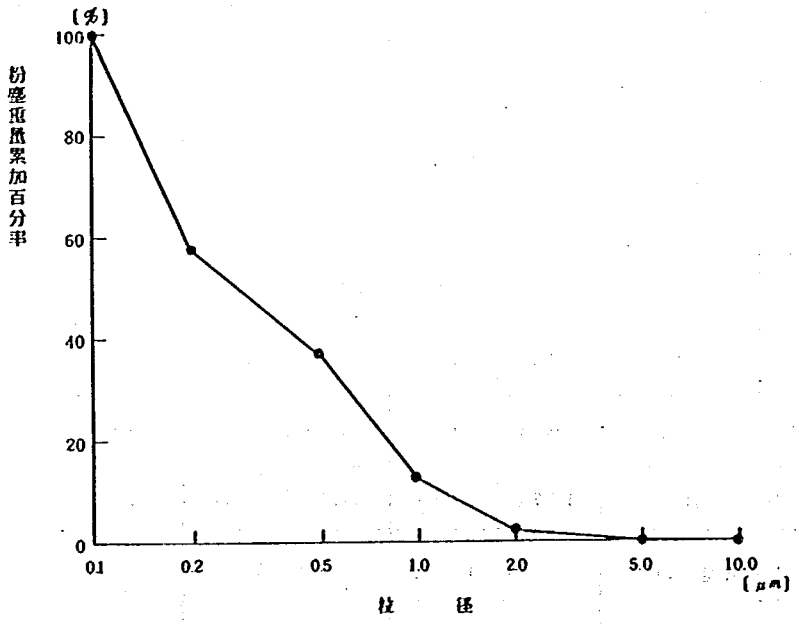


図 4.10(b)　煤煙発生源：大型ディーゼル発電機(b)

各煤煙の粉塵重量累加百分率(図4.10(a)～(e))

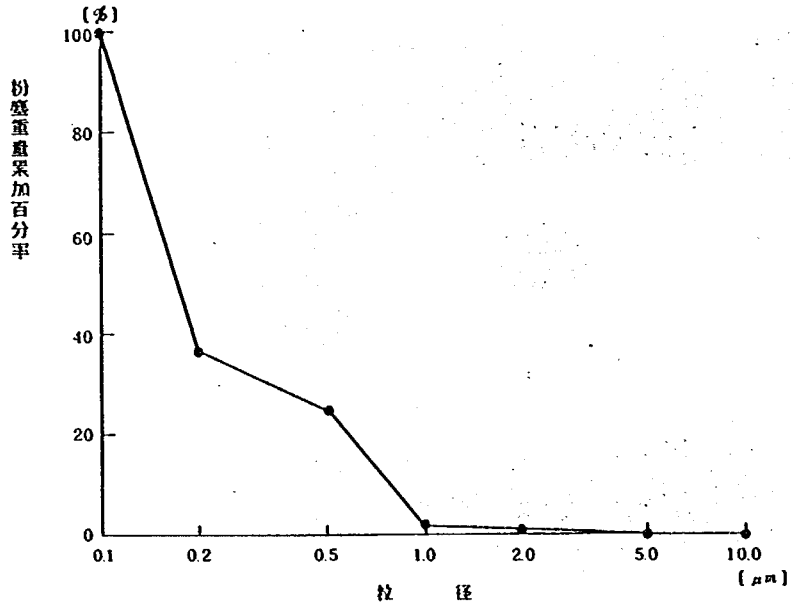


図 4.10(c)　煤煙発生源：小型ディーゼル発電機

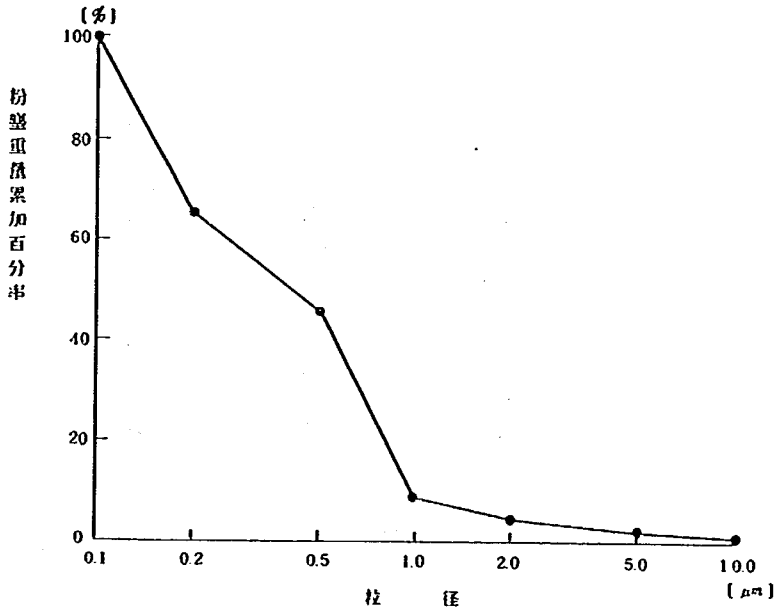


図 4.10(d)　煤煙発生源：ディーゼルトラック

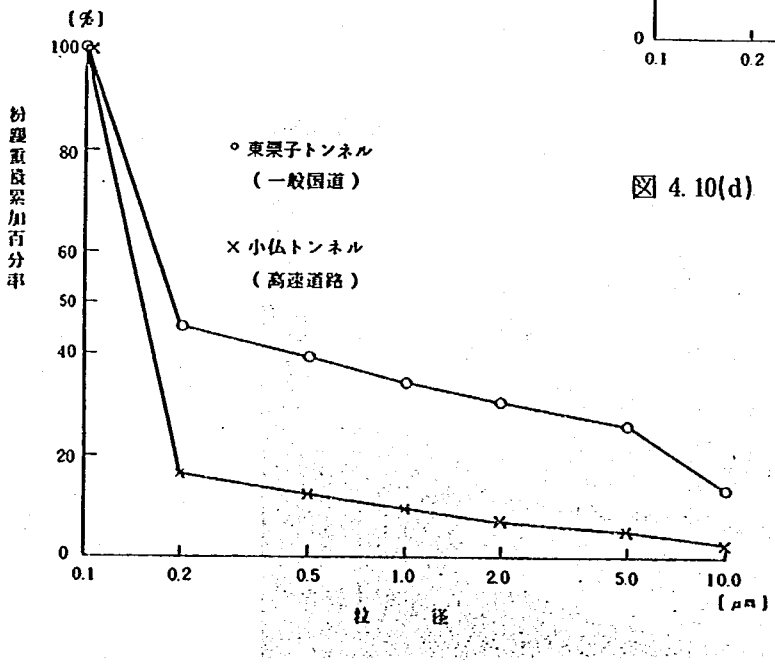


図 4.10(e)　実トンネルにおける煤煙の粉塵重量累加百分率

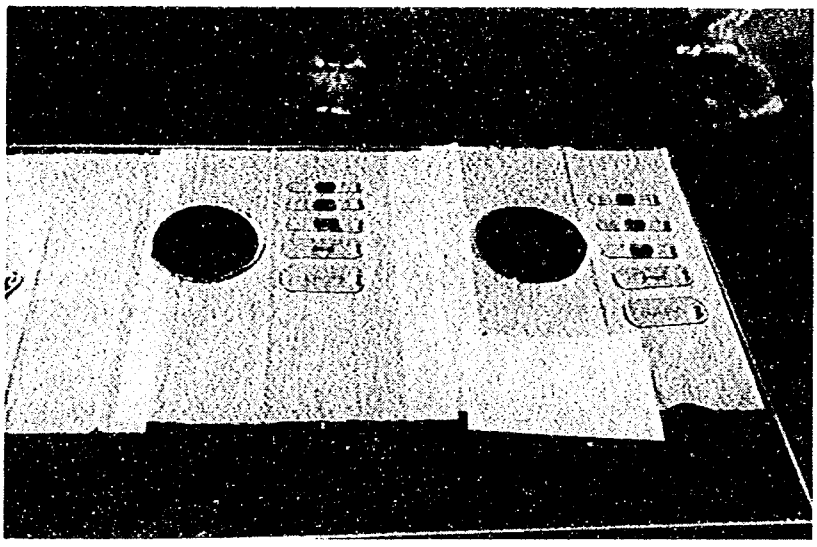


写真 4.13(a)　煤煙が付着した状況（大型ディーゼル発電機）

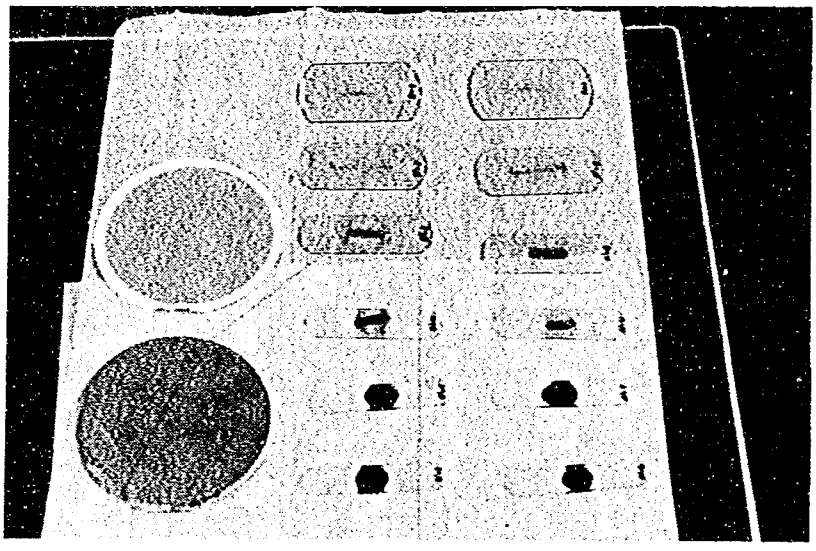


写真 4.13(b)　煤煙が付着した状況（小型ディーゼル発電機）

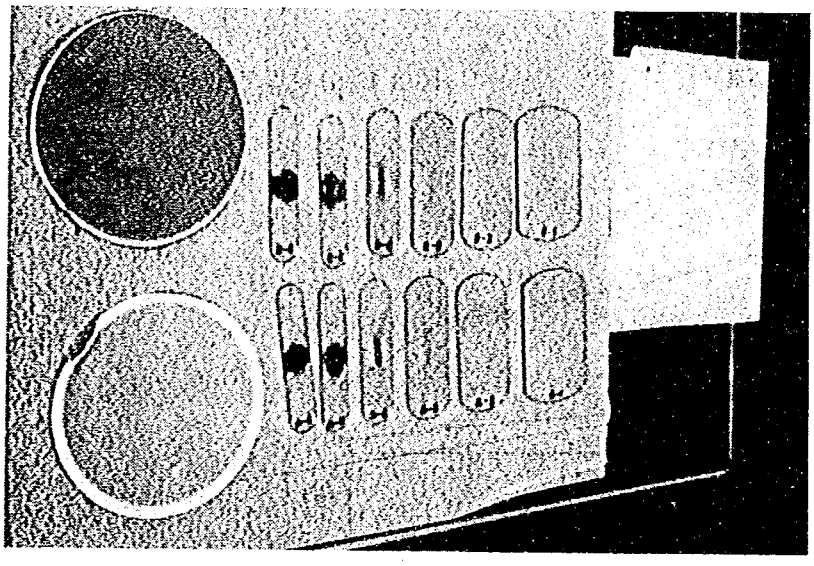


写真 4.13(c)　煤煙が付着した状況（ディーゼルトラック）

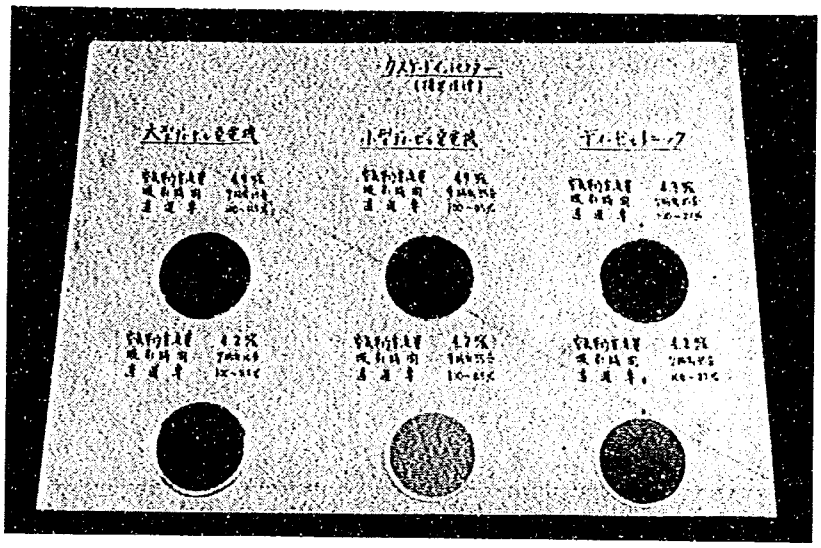


写真 4.13(d)　煤煙が付着した状況

(2)　粉じん計による煤煙の光学濃度

散乱光を利用して煤煙の光学濃度を計測するシグリスト粉じん計（写真 4.14）は重量濃度単位（mg/m³）で表示されるが，この粉じん計による測定結果を表 4.14，図 4.11 に示す。いずれも煤煙透過率を 4.5.6 項の（4.1）式で光学濃度に換算した値を対応させて示している。

表 4.14　シグリスト粉塵計測結果

煤煙発生源	煤煙透過率（%）	光学濃度（10^{-2}/m）	煤煙の重量濃度（mg/m³）	時刻
大型ディーゼル発電機(b)	77	0.11	0.04	
	50	0.3	0.09	
	40	0.4	0.10	
	30	0.52	0.14	
	20	0.7	0.19	
	12	0.92	0.22	
ディーゼルトラック	70	0.15	0.10	
	67	0.17	0.10	
	54	0.27	0.14	
	40	0.4	0.16	
	20	0.7	0.20	
	10	1	0.28	
小型ディーゼル発電機	79	0.1	0.03	
	70	0.15	0.04	
	50	0.3	0.04	
	40	0.4	0.09	
	30	0.52	0.11	
	20	0.7	0.14	

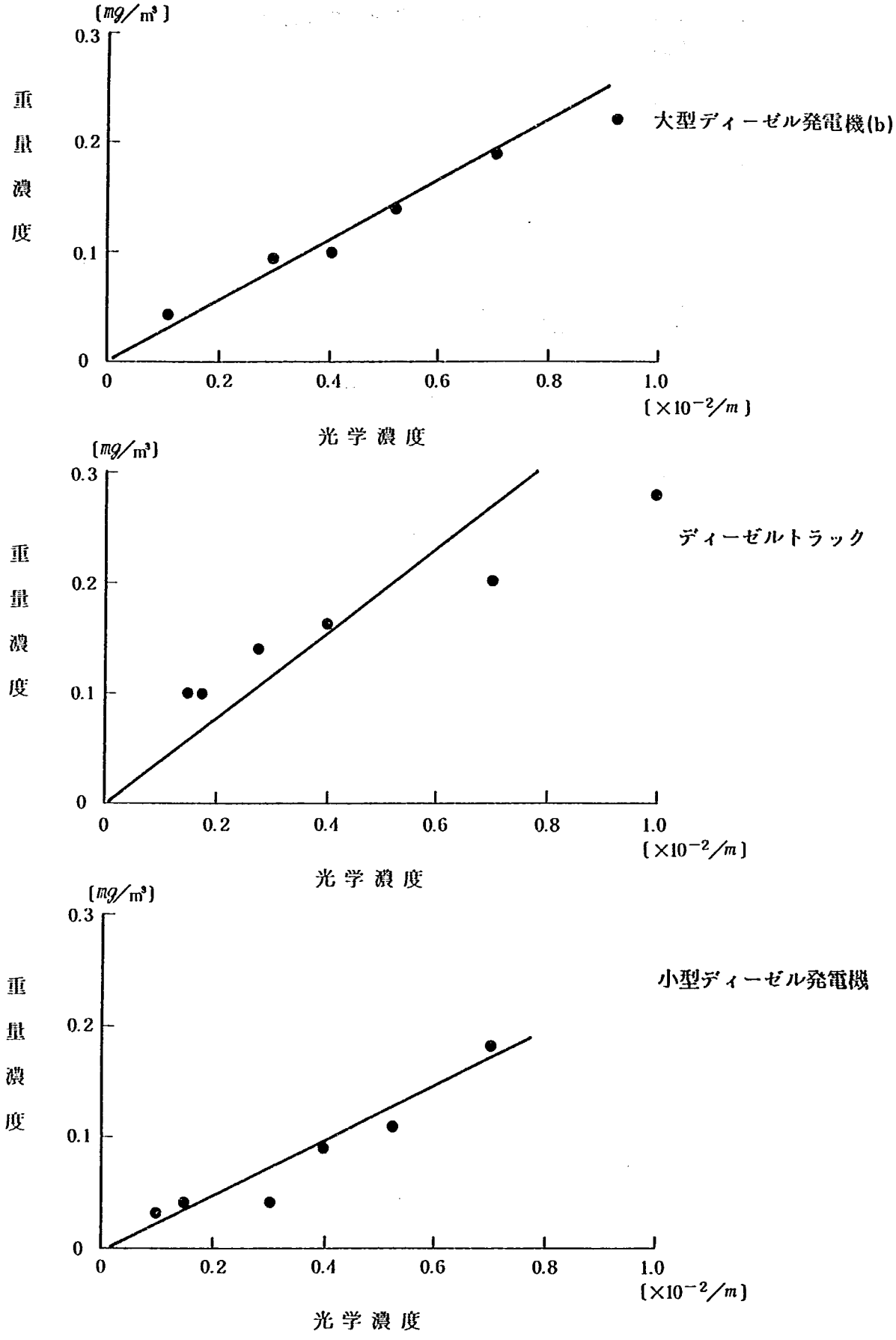


図 4.11　光学濃度と重量濃度との関係

(3) 煤煙の組成

煤煙の組成を調べるために，ハイボリウムサンプラー（写真 4.15）を用いて煤煙をろ紙に吸着させ，このようにして捕集した煤煙を集めて，定性分析および定量分析を行った。

捕集した煤煙およびろ紙の定性分析の結果を表 4.15(a)(b) に示す。分析で検出される元素の中では，ろ紙の成分である Si，Na が強く現われているが，次いで煤煙の成分としての Aℓ，Fe，Ca が見られる。

定量分析は，試料の採集量が足りなかったため，十分なデータは得られなかったが，結果を表 4.16(a)(b) に示す。

なお，写真 4.16（(a)(b)(c)）は，捕収した煤煙の顕微鏡写真（60,000 倍）である。

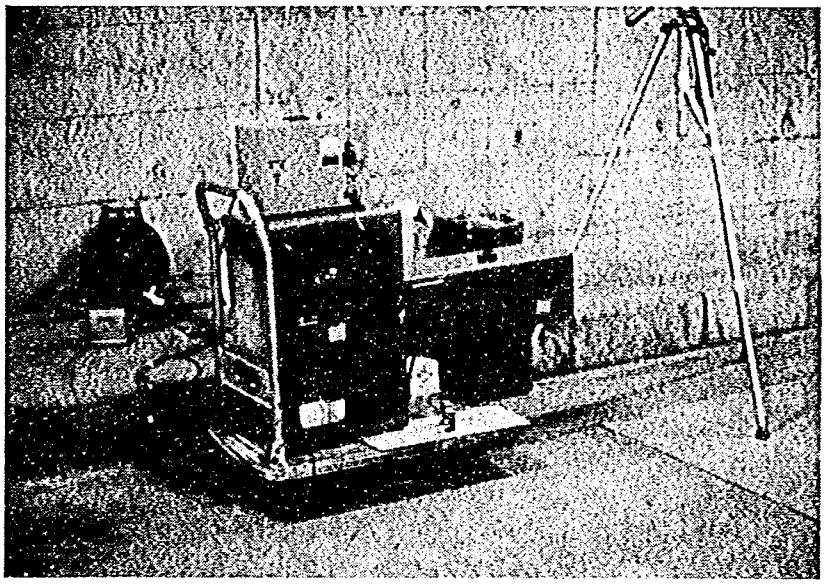


写真 4.14　シグリスト粉塵計

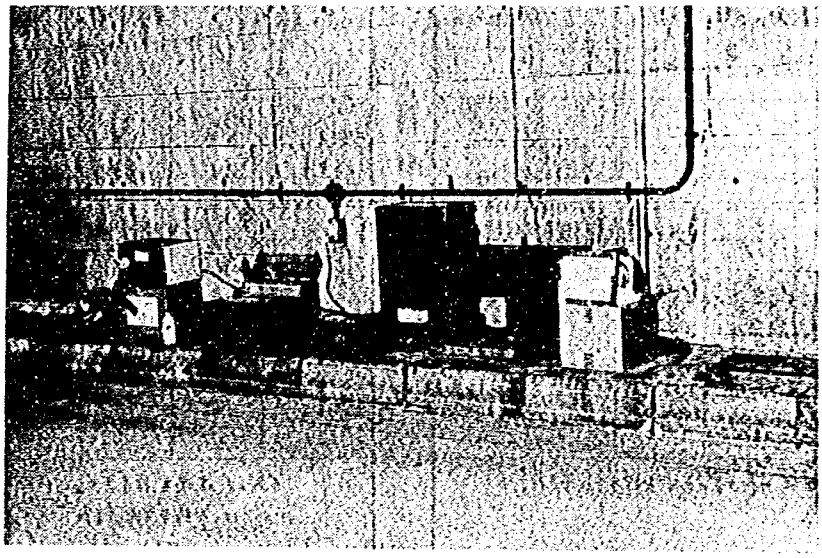


写真 4.15　ハイボリウムサンプラー（右端）

表 4.15(a)

第12表 定性分光分析報告書　受付No. 80805

＿＿＿＿社　昭和58年3月3日

照明技術開発センター事業所　＿＿＿＿部(工場)

第3研究室(課)　田辺吉徳 殿

件名 煤煙

試料調製: □試料直接　□エッチング　□切削　□粉砕　□多孔質黒鉛電極　☑灰化( )

放電法: ☑カップ電極放電法　□試料直接放電法

3.4 M エバート型 分光器　乾板No. 2611-B

分析条件: CC-DC-ARC (250V) A 10 10 10

元素	1 NO.1 (3/15)	2 NO.2 (3/16)	3 NO.4 (3/7)	4	5
Ag	—	—	—		
Al	M	S	WWW		
As	—	—	—		
B	WW	WW	WWW		
Ba	—	—	—		
Bi	—	—	—		
Ca	W	M	WWW		
Cd	—	—	—		
Co	—	—	—		
Cr	WWW	WWW	WWW		
Cu	WWW	WW	WWW		
Fe	W-M	M	WW		
K	WW	WW	WWW		
Mg	WW	WW	WW		
Mn	WWW	WWW	WWW		
Mo	—	—	—		
Na	S	S	M-S		
Ni	WWW	WWW	—		
P	—	—	—		
Pb	WWW	WWW	—		
Sb	—	—	—		
Si	SS	SS	S-SS		
Sn	—	WWW	—		
Ti	W	W	WWW		
V	WW	WW	WWW		
Zn	WWW	WWW	WWW		

スペクトル線の表示記号は下記の通りです。
SSS 強い(主成分)
SS
S
M
W
WW
WWW
WWW 弱い
―― 未検出
／ 測定不能
これらの表示方法は異種元素相互間の比較あるいは試料形態が異なったときの同一元素のスペクトル線の比較はできない。同一分析条件で同一の乾板に撮影したスペクトル線についてのみ比較することができる。

備考

No.1：大型ディーゼル発電機による煤煙
No.2：ディーゼルトラックによる煤煙
No.3：小型ディーゼル発電機による煤煙

表 4.15(b)

第13表 定性分光分析報告書　受付No. 80805

＿＿＿＿社　昭和58年3月3日

照明技術開発センター事業所　＿＿＿＿部(工場)

第3研究室(課)　田辺吉徳 殿

件名 煤煙

試料調製: □試料直接　□エッチング　□切削　□粉砕　□多孔質黒鉛電極　☑灰化( )

放電法: ☑カップ電極放電法　□試料直接放電法

3.4 M エバート型 分光器　乾板No. 2611-B

分析条件: CC-DC-ARC (250V) A 10 10 10

元素	1 下地の紙 No.1	2 下地の紙 NO.2	3 下地の紙 NO.4	4	5
Ag	WWW	—	WWW		
Al	WWW	WWW	WWW		
As	—	—	—		
B	W	WWW	WWW		
Ba	—	—	—		
Bi	—	—	—		
Ca	WWW	WWW	WWW		
Cd	—	—	—		
Co	WWW	—	—		
Cr	WWW	WWW	WWW		
Cu	WWW	WWW	WWW		
Fe	WW	WW	WW		
K	M	WWW	WWW		
Mg	WW	WW	WW		
Mn	WWW	WWW	WWW		
Mo	—	—	—		
Na	SS	S	S		
Ni	WWW	WWW	—		
P	—	—	—		
Pb	WWW	—	—		
Sb	—	—	—		
Si	SSS	SS	SS		
Sn	WWW	—	—		
Ti	WW	WWW	WWW		
V	WWW	WWW	WWW		
Zn	—	—	—		

スペクトル線の表示記号は下記の通りです。
SSS 強い(主成分)
SS
S
M
W
WW
WWW
WWW 弱い
―― 未検出
／ 測定不能
これらの表示方法は異種元素相互間の比較あるいは試料形態が異なったときの同一元素のスペクトル線の比較はできない。同一分析条件で同一の乾板に撮影したスペクトル線についてのみ比較することができる。

備考

表 4.16(a)

第14表 分析試験報告書　受付No. 80805

No.1：大型ディーゼル発電機による煤煙

＿＿＿＿社　昭和58年3月7日

照明技術開発センター　＿＿＿＿部(工場)

第3研究室 課　田辺 殿

試験目的(試料名): 煤煙の分析

試験条件: 試料を7ル炭を乾燥したのち、ベンゼン抽出については、17ℓ 2ℓ、SO_4^{2-}については、沸騰水中、1ℓ 抽出けしを分析に供した。(SO_4^{2-}はSO₃ 定量値より換算)

ベンゼン不溶分/可溶分	試 験 法
SO_4^{2-}	[illegible]

試験項目 \ 試料名(No.)					
ベンゼン不溶分(%)	65				
ベンゼン可溶分(%)	35				
SO_4^{2-} (%)	2				

( ) 強熱残分とCは、試料少量のため、分析不可能でした。

表 4.16(b)

第15表 分析試験報告書　受付No. 80890

No.2：ディーゼルトラックによる煤煙
No.3：小型ディーゼル発電機による煤煙

＿＿＿＿社　昭和58年3月23日

照明技術開発センター　＿＿＿＿部(工場)

第3研究室 課　田辺 殿

試験目的(試料名): 煤煙の分析

試験条件: 下記の数値は、9cm×17cmの一定面積のろ紙に付着したままの強熱残分のみ比較したものです。

試験項目 \ 試料名(No.)	ブランクろ紙	No.2	No.4		
しとの重量(g)	1.5	2.3	1.9		
800℃における強熱残分(g)	1.4	1.7	1.6		

( ) ろ紙より煤煙を採集できないため、ベンゼン可溶分、SO_4、Cについては、分析不可能でした。

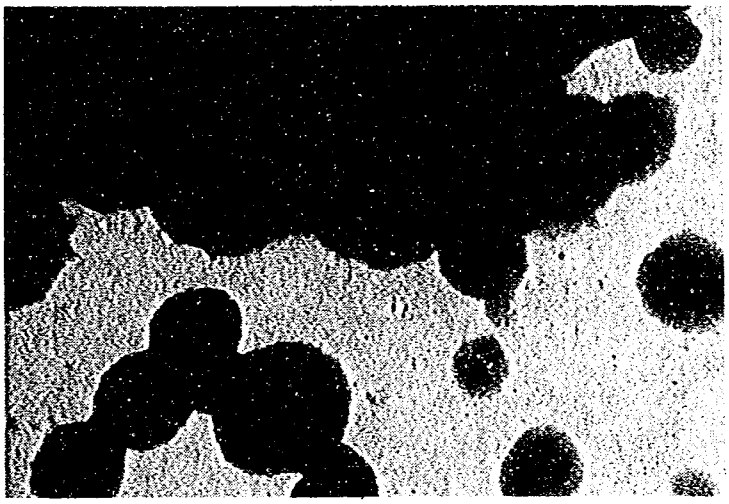


写真 4.16(a)(1)　煤煙の顕微鏡写真（大型ディーゼル発電機(b)）

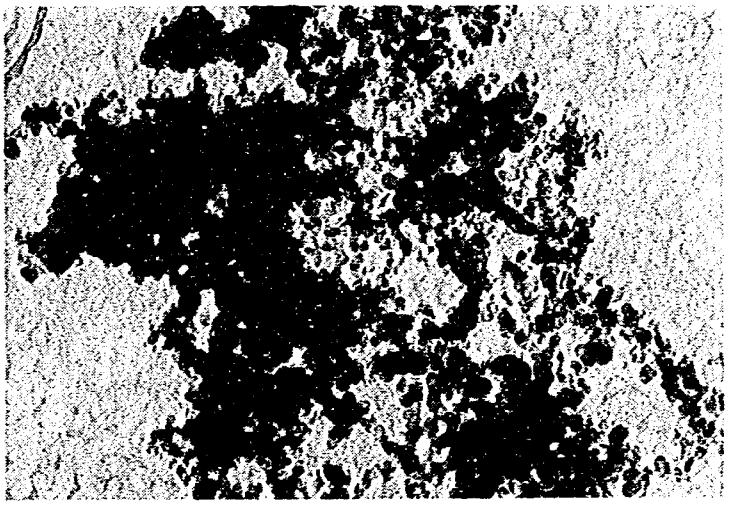


写真 4.16(a)(2)　煤煙の顕微鏡写真（大型ディーゼル発電機(b)）

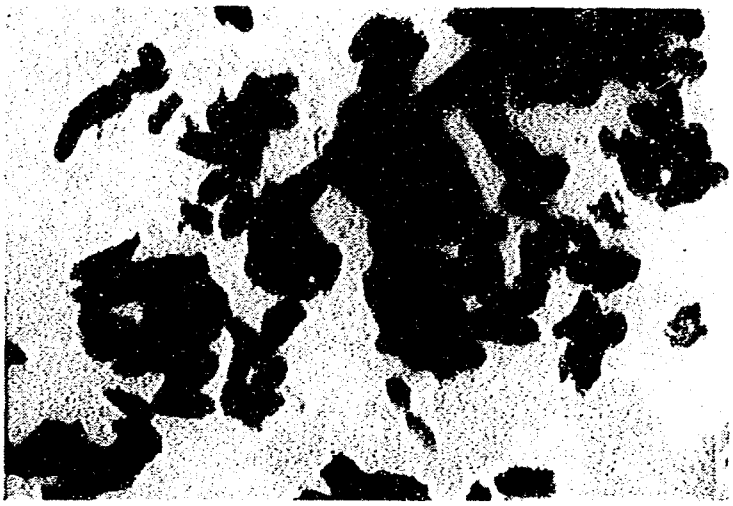


写真 4.16(b)(1)　煤煙の顕微鏡写真（ディーゼルトラック）

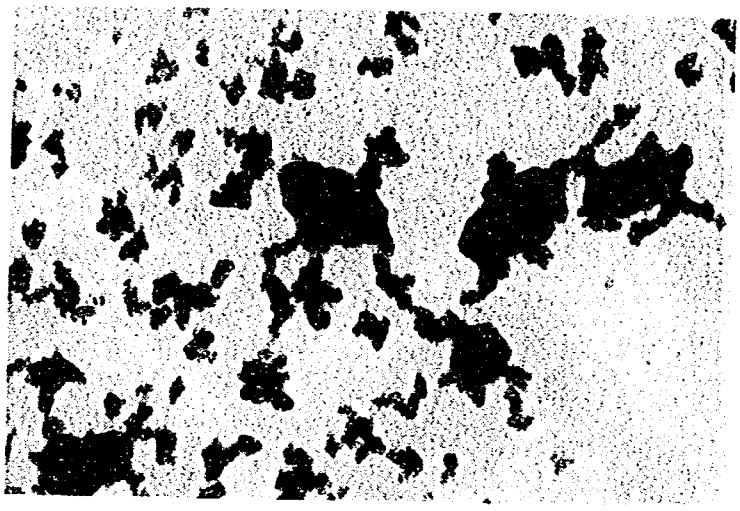


写真 4. 16(b)(2)　煤煙の顕微鏡写真（ディーゼルトラック）

写真 4. 16(c)(1)　煤煙の顕微鏡写真（小型ディーゼル発電機）

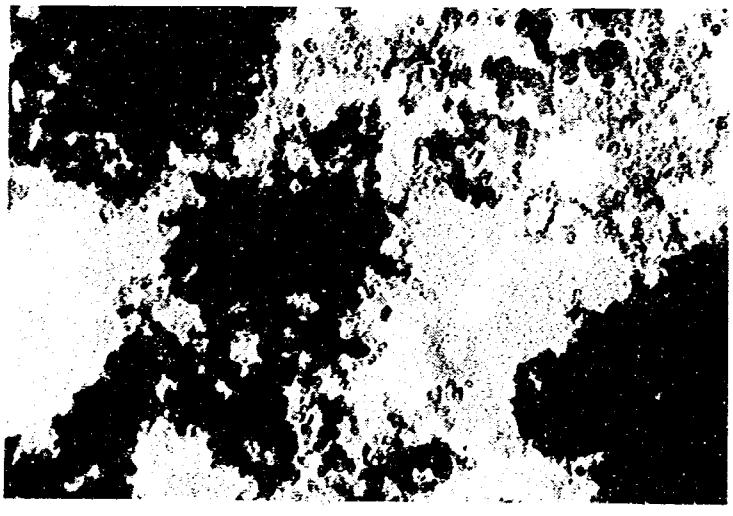


写真 4. 16(c)(2)　煤煙の顕微鏡写真（小型ディーゼル発電機）

4.5.8　温度・湿度

トンネル内の温・湿度測定は，写真4.17に示すデジタル式温湿度計を用いた。測定は，実験中の温・湿度を10分毎に連続測定した。

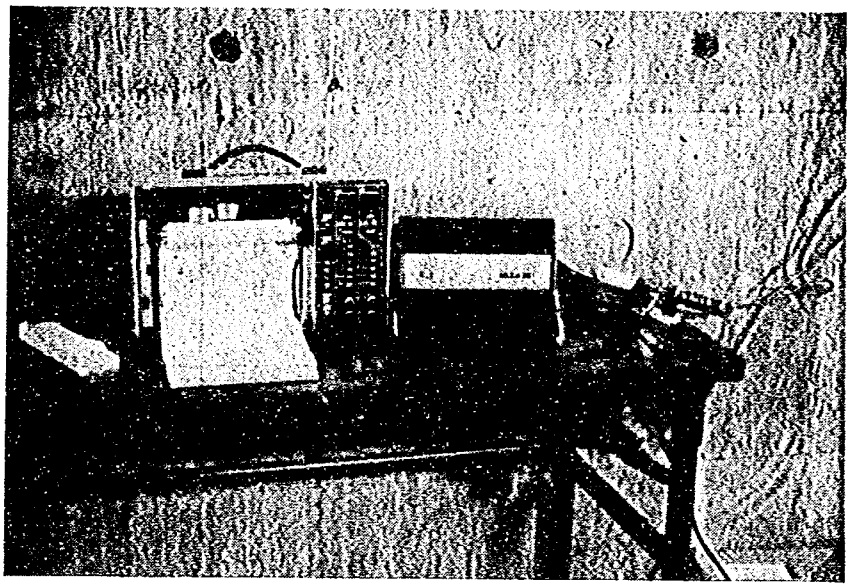


写真4.17　デジタル温湿度計（右端からセンサー，マンプ，記録計）

温・湿度の測定結果は表4.17(a)～(c)に示すとおりである。トンネル内の温度はどの実験ケースも6～8°Cであった。

一方，各煤煙条件下での実験中のトンネル内の相対温度は

- ○大型ディーゼル発電機による実験　：　55～75％
- ○ディーゼルトラックによる実験　：　45～73％
- ○小型ディーゼル発電機による実験　：　65～84％

であった。同種の実験においても実験中の湿度は約20％変化しており，また，小型ディーゼル発電機による煤煙下での実験中の湿度は他の実験に比べて10～20％高くなっている。トンネル内の温度が煤煙の性状や光学特性にどのような影響を与えるかは具体的に明らかでないが，温度が高くなると浮遊している煤煙粒子が互いに結合しやすくなり，その結果として，粒径の大きい煤煙が多く存在するようになることが推定される。

表 4. 17(a)　温度・湿度の測定値

時　刻	温度(℃)	湿度(%)	時　刻	温度(℃)	湿度(%)
8：30	—	—	14：30	6.3	71
40	—	—	40	6.3	72
50	—	—	50	6.4	72
9：00	—	—	15：00	6.4	73
10	—	—	10	6.5	73
20	—	—	20	6.5	74
30	—	—	30	6.6	73
40	—	—	40	6.6	72
50	—	—	50	6.6	72
10：00	—	—	16：00	6.6	73
10	—	—	10	6.6	73
20	—	—	20	6.7	74
30	—	—	30	6.7	73
40	—	—	40	6.8	72
50	—	—	50	6.9	73
11：00	5.9	55	17：00	6.8	74
10	5.9	55	10	6.9	74
20	5.8	55	20	7.0	73
30	5.8	56	30	7.0	75
40	5.9	57	40	7.1	74
50	5.8	57	50	7.1	74
12：00	5.8	59	18：00	7.1	73
10	5.8	61	10	7.2	76
20	5.8	60	20	7.2	75
30	5.8	61	30	7.4	76
40	5.9	62	40	—	—
50	5.9	63	50	—	—
13：00	5.8	64	19：00	—	—
10	5.9	64	10	—	—
20	6.0	65	20	—	—
30	6.3	66	30	—	—
40	6.3	67	40	—	—
50	6.1	68	50	—	—
14：00	6.2	69	20：00	—	—
10	6.2	68	10	—	—
20	6.2	70	20	—	—

表 4. 17(b)　温度・湿度の測定値

時　刻	温 度(℃)	湿 度(%)	時　刻	温 度(℃)	湿 度(%)
8：30	6.2	58	14：30	7.3	72
40	6.3	59	40	7.3	72
50	6.4	60	50	7.4	73
9：00	6.4	61	15：00	7.4	73
10	6.4	60	10	7.5	69
20	6.5	59	20	7.7	64
30	6.5	59	30	8.1	59
40	6.5	60	40	8.1	59
50	6.6	60	50	8.0	59
10：00	6.6	61	16：00	8.0	59
10	6.8	56	10	7.8	61
20	7.1	51	20	7.7	62
30	7.2	45	30	7.7	64
40	7.1	48	40	7.7	65
50	6.9	50	50	7.8	65
11：00	6.7	53	17：00	7.8	65
10	6.7	55	10	7.8	64
20	6.7	58	20	7.9	63
30	6.7	60	30	7.9	62
40	6.7	60	40	7.9	62
50	6.6	61	50	8.0	63
12：00	6.6	61	18：00	8.0	64
10	6.7	63	10	8.0	64
20	6.7	64	20	8.0	64
30	6.7	65	30	8.0	64
40	6.7	67	40	8.0	63
50	6.8	68	50	8.0	62
13：00	6.8	69	19：00	7.9	61
10	6.8	69	10	8.0	62
20	6.8	69	20	8.0	63
30	6.8	69	30	8.1	65
40	6.8	69	40	8.1	65
50	6.9	69	50	8.1	66
14：00	6.9	69	20：00	8.2	66
10	7.1	70	10	—	—
20	7.2	71	20	—	—

表 4. 17(c) 温度・湿度の測定値

時　刻	温度(℃)	湿度(%)	時　刻	温度(℃)	湿度(%)
8：30	3.4	80	14：30	7.2	80
40	5.1	76	40	7.2	80
50	5.7	73	50	7.2	79
9：00	5.8	71	15：00	7.2	79
10	5.9	69	10	7.2	80
20	6.1	68	20	7.2	80
30	6.3	68	30	7.1	81
40	6.7	66	40	7.1	81
50	6.9	65	50	7.1	81
10：00	7.0	66	16：00	7.1	81
10	7.1	66	10	7.1	81
20	7.2	67	20	7.1	81
30	7.3	69	30	7.1	81
40	7.3	70	40	7.0	82
50	7.4	72	50	7.0	83
11：00	7.4	74	17：00	7.0	83
10	7.4	75	10	7.0	83
20	7.4	75	20	7.0	82
30	7.4	75	30	7.0	82
40	7.4	75	40	7.0	82
50	7.4	75	50	7.0	8.3
12：00	7.3	75	18：00	7.0	83
10	7.4	75	10	7.0	83
20	7.4	76	20	7.0	84
30	7.4	76	30	7.0	84
40	7.3	76	40	6.9	84
50	7.3	77	50	6.9	83
13：00	7.3	77	19：00	6.9	83
10	7.4	77	10	6.9	84
20	7.4	78	20	6.9	84
30	7.3	78	30	—	—
40	7.3	78	40	—	—
50	7.2	79	50	—	—
14：00	7.2	79	20：00	—	—
10	7.3	79	10	—	—
20	7.3	80	20	—	—

4.6 実験結果の考察

4.6.1 光幕輝度と路面輝度

4.5.4項で述べた光幕輝度の測定結果（表4.6～11）および4.5.2項の路面上の平均水平面照度（表4.3）から次式により路面照度100 ℓ_x当りの光幕輝度に正規化した値 L'_v（cd/100 ℓ_x）を表4.19～24に示す。

$$L'_v = L_v \times \frac{100}{E_h} \quad (cd/m^2/100\,\ell_x) \qquad \cdots\cdots (4.2)$$

ここに，Lvは路面の平均水平照度Eh（ℓ_x）の条件下で計測された光幕輝度（cd/m²）である。また，光幕輝度を測定する区間長（観測距離）をパラメータとして，正規化した光幕輝度 L'_v と煤煙透過率 τ（または光学濃度k）の関係を示したものが図4.12(a)～(h)，表4.19(a)～24中の向き合せ配列5m，その他付図1－1～7に示す。

これらの表および図から次のようなことがいえる。

(1) 光幕輝度は，低圧ナトリウム灯，蛍光灯いずれの照明下であれ，煤煙透過率が低下するにしたがって増大する。しかし，煤煙透過率が20％よりさらに低くなると光幕輝度は，逆に減少する傾向にある。

(2) しかし，ディーゼルトラックによる煤煙下でかつ低下ナトリウム灯照明下の場合は，煤煙透過率が20％を下回っても光幕輝度は，依然として増大する傾向にあり，この傾向は煤煙透過率が少なくとも6％に達するまで見られる。これは，半田トンネルで行った同種の実験結果（文献4）と類似している。

(3) 大型ディーゼル発電機(a)(b)の実験結果は一致する。

次に，煤煙透過率の値が一般に使用されているレベルである50％および40％である場合について，光幕輝度と観測距離との関係を示したものが図4.13(a)～(d)である。この図は，図4.12(a)～(h)に示した曲線の値を基に，煤煙発生源の種類をパラメータとして示したものである。

例えば図4.12(a)で，τ＝50％のとき，Lrが200mで4.3 cd/m² が得られる。この値を図4.13(a) 200m点にプロットする。以下同じような作業によって図を作成した。その他は付図2－1～3に示す。

これらの図から次のことがいえる。

(1) 光幕輝度は，観測距離が長くなるに従ってほぼ直線的に増大する。

(2) 大型ディーゼル発電機の煤煙による光幕輝度の測定結果は，2回とも良く一致し，また半田トンネルの測定結果とも良く一致している。一方，小型ディーゼル発電機およびディーゼルトラックの煤煙による実験の結果は，比較的一致がみられる。しかし，大型ディーゼル発電機の場合の約2倍の値となっている。

なお，路面輝度 Lr についても同様に路面の平均水平面照度 100 ℓx当りに正規化した値を表4.19(a)～24に示した。

表 4. 19(a) 単位照度（100ℓx）当りの光幕輝度，等価光幕輝度

光源：NX 55　　大型ディーゼル発電機(a)

照明条件	透過率〔%〕		煤煙濃度	光幕輝度 Lv〔cd/m²〕				等価光幕輝度
	目標値	設定値	〔×10/m〕	50 m	80 m	130 m	200m	Lev〔cd/m²〕
向き合せ配列 S=5m Eh=149 lx	100.0	100.0	0.0	—	—	—	—	0.67
	70.0	67.0	0.174	0.9	1.4	2.2	3.0	0.72
	50.0	49.9	0.302	1.5	2.4	3.4	4.2	0.70
	40.0	36.9	0.433	2.4	3.4	4.6	5.5	0.67
	20.0	20.0	0.699	2.0	2.8	3.5	3.9	0.58
	20.0	18.1	0.742	2.9	3.8	4.6	5.0	0.59
	10.0	11.5	0.939	2.3	3.0	3.4	3.7	0.55
向き合せ配列 S=10m Eh=73 lx	100.0	100.0	0.0	—	—	—	—	0.79
	70.0	65.5	0.184	1.1	1.6	2.5	3.3	0.78
	50.0	54.8	0.261	1.5	2.3	3.2	4.1	0.78
	40.0	36.6	0.437	2.5	3.4	4.7	5.6	0.77
	20.0	22.3	0.652	2.3	3.0	3.7	4.5	0.70
	20.0	17.9	0.747	3.0	4.0	4.8	5.2	0.78
片側配列 S=5m Eh=76 lx	100.0	100.0	0.0	—	—	—	—	0.61
	70.0	70.5	0.152	0.7	1.2	2.0	2.6	0.71
	50.0	48.8	0.312	1.6	2.4	3.4	4.3	0.72
	40.0	37.4	0.427	2.2	3.3	4.5	5.4	0.68
	20.0	19.1	0.719	2.1	2.8	3.4	4.0	0.63
	20.0	18.1	0.742	2.8	3.8	4.6	5.0	0.63
	10.0	12.4*	0.907*	2.1*	2.8*	3.4*	3.4*	0.59
	10.0	11.5	0.939	2.2	2.8	3.8	3.6	0.53
片側配列 S=10m Eh=38 lx	100.0	100.0	0.0	—	—	—	—	0.74
	70.0	65.5	0.184	1.1	1.6	2.4	3.2	0.71
	50.0	55.5	0.256	1.3	2.1	3.2	4.0	0.74
	40.0	35.9	0.445	2.4	3.4	4.5	5.5	0.71
	20.0	18.3	0.738	2.4	2.9	3.4	3.0	0.63
	20.0	17.1	0.767	2.9	3.7	4.5	5.0	0.63

注(1) 走行車線側を点灯，その他の片側配列は，すべて追越車線側を点灯
(2) S：照明器具の取付け間隔，Eh：平均路面

表 4. 19(b) 単位照度（100ℓx）当りの光幕輝度，等価光幕輝度

光源：FLR 40　　大型ディーゼル発電機(a)

照明条件	透過率〔%〕		煤煙濃度	光幕輝度 Lv〔cd/m²〕				等価光幕輝度
	目標値	設定値	〔×10/m〕	50 m	80 m	130 m	200m	Lev〔cd/m²〕
向き合せ配列 S=5m Eh=102 lx	100.0	100.0	0.0	—	—	—	—	0.79
	70.0	67.9	0.168	1.0	1.6	2.4	3.2	0.81
	40.0	43.5	0.362	2.0	2.8	3.8	4.6	0.80
	30.0	30.9	0.510	2.7	3.6	4.7	5.5	0.78
	20.0	19.0	0.721	2.9	3.9	4.7	5.1	0.73
	10.0	15.4	0.812	2.3	2.9	3.5	3.8	0.72
向き合せ配列 S=10m Eh=57 lx	100.0	100.0	0.0	—	—	—	—	0.74
	70.0	68.4	0.165	0.9	1.4	2.1	3.0	0.77
	50.0	51.0	0.292	1.4	2.1	3.0	3.9	0.77
	30.0	29.0	0.538	2.5	3.3	4.2	5.1	0.77
	20.0	19.0	0.721	2.6	3.5	4.2	4.6	0.67
	10.0	13.5	0.87	2.1	2.6	3.0	3.2	0.67
片側配列 S=5m Eh=51 lx	100.0	100.0	0.0	—	—	—	—	0.67
	70.0	68.0	0.167	0.8	1.2	1.8	2.6	0.65
	50.0	49.8	0.303	1.4	2.0	2.8	3.3	0.63
	30.0	30.4	0.517	2.2	2.9	3.7	4.3	0.61
	20.0	20.9	0.680	2.4	2.9	3.7	4.1	0.57
	10.0	11.8*	0.928*	1.8*	2.4*	2.8*	2.9*	0.53
	10.0	10.5	0.979	2.9	3.9	4.3	4.5	0.84
片側配列 S=10m Eh=29 lx	100.0	100.0	0.0	—	—	—	—	0.55
	70.0	68.5	0.164	0.7	1.0	1.7	2.4	0.55
	50.0	50.5	0.297	1.0	1.7	2.4	3.1	0.55
	30.0	27.7	0.558	2.1	2.8	3.5	3.8	0.52
	20.0	21.9	0.660	2.1	2.4	3.1	3.5	0.48
	10.0	12.8	0.893	1.7	2.1	2.4	2.4	0.45

注(1) 走行車線側を点灯，その他の片側配列は，すべて追越車線側を点灯
(2) S：照明器具の取付け間隔，Eh：平均路面照度

表 4.20(a) 単位照度（100 ℓx）当りの光幕輝度，等価光幕輝度

光源：NX 55　　煤煙発生源：大型ディーゼル発電機(b)

照明条件	透過率 (%)	光学濃度 (×10⁻²/m)	光幕輝度 Lv (cd/m²) 50m	80m	130m	200m	等価光幕輝度 Lev (cd/m²)
向き合わせ配列 S=5m Eh=146 lx	100	0	—	—	—	—	0.78
	74	0.13	0.7	0.8	1.4	1.9	0.75
	53	0.28	0.7	1.2	1.9	2.8	0.77
	60	0.22	1.3	1.8	2.7	4.1	0.79
	45	0.35	2.0	2.9	4.1	5.6	0.80
	30	0.52	2.9	4.0	5.3	6.4	0.80
	24	0.62	3.4	4.6	5.8	6.7	0.81
	14	0.85	3.7	4.5	5.1	5.4	0.77
片側配列 S=5m Eh= 75 lx	100	0	—	—	—	—	0.83
	73	0.14	0.7	0.9	1.4	2.0	0.80
	53	0.28	0.8	1.2	2.0	2.8	0.80
	58	0.24	1.3	1.8	2.8	4.2	0.81
	44	0.36	2.1	2.9	4.3	5.8	0.83
	29	0.54	2.9	4.0	5.4	6.4	0.80
	24	0.62	3.4	4.6	5.8	6.7	0.80
	12	0.92	3.6	4.4	5.0	5.3	0.76

表 4.20(b) 単位照度（100 ℓx）当りの光幕輝度，等価光幕輝度

光源：FLR 40　　煤煙発生源：大型ディーゼル発電機(b)

照明条件	透過率 (%)	光学濃度 (×10⁻²/m)	光幕輝度 Lv (cd/m²) 50m	80m	130m	200m	等価光幕輝度 Lev (cd/m²)
向き合わせ配列 S=5m Eh= 113 lx	100	0	—	—	—	—	0.93
	77	0.11	0.5	0.8	1.2	1.8	0.87
	54	0.27	1.0	1.4	2.1	2.8	0.87
	53	0.28	1.7	2.4	3.6	5.1	0.91
	40	0.40	2.6	3.6	4.9	6.2	0.91
	29	0.54	3.2	4.3	5.7	6.7	0.91
	23	0.64	3.6	4.8	6.1	6.9	0.91
	12	0.92	3.8	4.9	5.7	6.0	0.88
片側配列 S=5m Eh = 59 lx	100	0	—	—	—	—	0.71
	77	0.11	0.4	0.6	1.0	1.5	0.66
	56	0.25	0.7	1.1	1.6	2.2	0.66
	51	0.29	1.3	1.9	2.9	4.1	0.69
	40	0.40	2.0	2.7	3.8	4.8	0.69
	28	0.55	2.4	3.3	4.3	5.1	0.68
	23	0.64	2.6	3.6	4.5	5.2	0.66
	12	0.92	2.8	3.6	4.2	4.4	0.63

表 4.21　単位照度（100 ℓx）当りの光幕輝度，等価光幕輝度

光源：NX 55　　煤煙発生源：ディーゼルトラック

照明条件	透過率 (%)	光学濃度 (×10⁻³/m)	光幕輝度 Lv (cd/㎡) 50m	80m	130m	200m	等価光幕輝度 Lev (cd/㎡)
向き合わせ配列	100	0	—	—	—	—	0.78
	67	0.17	1.6	2.5	3.8	5.4	0.85
S= 5m	54	0.27	2.1	3.3	5.3	7.7	0.88
	43.5	0.36	3.0	5.4	7.8	10.5	0.90
Eh=146	20	0.70	6.3	8.8	11.4	13.5	0.99
lx	6	1.22	9.7	12.2	13.8	14.4	1.02
向き合わせ配列	100	0	—	—	—	—	0.71
	67	0.17	1.8	2.7	4.0	5.7	0.79
S=10m	54	0.27	2.3	3.5	5.5	8.1	0.81
	44.5	0.35	3.2	5.8	8.2	10.8	0.85
Eh= 70	19.5	0.71	6.8	8.9	12.2	14.3	0.97
lx	6	1.22	9.6	12.2	14.3	15.1	1.03
片側配列	100	0	—	—	—	—	0.83
	67	0.17	1.6	2.6	3.9	5.6	0.88
S= 5m	54	0.27	2.2	3.4	5.4	7.9	0.91
	44	0.36	3.2	5.4	7.8	10.4	0.93
Eh= 75	19	0.72	6.2	8.7	11.4	13.4	1.01
lx	6	1.22	9.4	11.7	14.1	14.0	1.05
片側配列	100	0	—	—	—	—	0.81
	67	0.17	1.8	0.3	4.0	5.6	0.86
S=10m	54	0.27	2.2	3.5	5.5	8.0	0.86
	44.5	0.35	3.8	5.5	7.9	10.4	0.92
Eh= 37	19.5	0.71	6.4	8.8	11.5	13.4	0.97
lx	6	1.22	8.5	11.2	13.2	14.1	1.00

表 4.22　単位照度（100 ℓx）当りの光幕輝度，等価光幕輝度

光源：FLR 40　　煤煙発生源：ディーゼルトラック

照明条件	透過率 (%)	光学濃度 (×10⁻³/m)	光幕輝度 Lv (cd/㎡) 50m	80m	130m	200m	等価光幕輝度 Lev (cd/㎡)
向き合わせ配列	100	0	—	—	—	—	0.90
	67.5	0.17	1.8	2.8	4.2	5.9	0.96
S= 5m	54	0.27	1.9	3.6	6.0	8.5	0.99
	44.3	0.35	4.1	6.0	8.4	10.8	1.04
Eh=113	19	0.72	7.6	10.2	12.6	14.0	1.13
lx	11	0.96	5.9	8.6	12.5	14.4	1.13
向き合わせ配列	100	0	—	—	—	—	0.83
	67.5	0.17	1.8	2.7	4.2	5.8	0.88
S=10m	53.5	0.27	2.3	3.7	5.9	8.3	0.90
	45	0.35	3.8	5.5	8.0	10.4	0.97
Eh= 59	19	0.72	7.2	9.8	12.2	13.6	1.03
lx	18	0.75	5.4	7.9	11.4	13.8	0.92
片側配列	100	0	—	—	—	—	0.71
	67.5	0.17	1.4	2.1	3.3	4.7	0.73
S= 5m	53.5	0.27	1.8	2.8	4.6	6.6	0.76
	44.3	0.35	3.1	4.6	6.6	8.5	0.80
Eh= 59	19	0.72	6.0	7.8	9.8	10.8	0.85
lx	14	0.85	4.4	6.3	9.4	11.0	0.83
片側配列	100	0	—	—	—	—	0.70
	67.5	0.17	1.4	2.1	3.3	4.7	0.73
S=10m	53.5	0.27	1.8	2.9	4.7	6.7	0.73
	45	0.35	2.8	4.3	6.2	8.2	0.80
Eh= 30	19	0.72	5.4	7.5	9.5	10.6	0.83
lx	19	0.72	4.7	6.4	8.8	10.8	0.83

表 4.23　単位照度（ 100 ℓx ）当りの光幕輝度，等価光幕輝度

光源：NX 5 5　　煤煙発生源：小型ディーゼル発電機

照明条件	透過率 (%)	光学濃度 (×10⁻³/m)	光幕輝度 Lv (cd/㎡) 50m	80m	130m	200m	等価光幕輝度 Lev (cd/㎡)
向き合わせ配列	100	0	—	—	—	—	0.78
	68	0.17	1.6	2.3	3.2	4.0	0.83
S=5m	56	0.25	1.7	2.6	4.2	6.4	0.85
	42	0.38	3.9	5.4	7.3	9.2	0.88
Eh=146	24	0.62	5.0	7.2	9.6	11.6	0.91
lx	22	0.66	4.8	7.1	9.3	11.6	0.92
片側配列	100	0	—	—	—	—	0.83
	70	0.16	1.6	2.2	3.2	3.9	0.87
S=5m	56	0.25	1.7	2.7	4.3	6.5	0.88
	42	0.38	3.8	5.3	7.2	8.9	0.91
Eh= 75	24	0.62	5.2	7.2	9.7	11.7	0.95
lx	22	0.66	4.9	6.8	9.4	11.7	0.93

表 4.24　単位照度（ 100 ℓx ）当りの光幕輝度，等価光幕輝度

光源：FLR 40　　煤煙発生源：小型ディーゼル発電機

照明条件	透過率 (%)	光学濃度 (×10⁻³/m)	光幕輝度 Lv (cd/㎡) 50m	80m	130m	200m	等価光幕輝度 Lev (cd/㎡)
向き合わせ配列	100	0	—	—	—	—	0.90
	77	0.11	1.5	2.0	2.7	3.5	0.93
S=5m	54	0.27	2.1	3.2	5.0	7.3	0.97
	45	0.35	3.2	4.8	7.1	9.4	0.97
Eh=113	26	0.59	5.4	7.3	9.6	11.1	1.03
lx	22	0.66	5.4	7.4	9.9	11.6	1.01
片側配列	100	0	—	—	—	—	0.71
	78	0.11	1.1	1.5	2.0	2.7	0.71
S=5m	54	0.27	1.5	2.4	3.9	5.7	0.75
	45	0.35	2.5	3.8	5.5	7.3	0.75
Eh= 59	26	0.59	4.0	5.5	7.3	8.6	0.76
lx	22	0.66	4.1	5.8	7.6	9.0	0.76

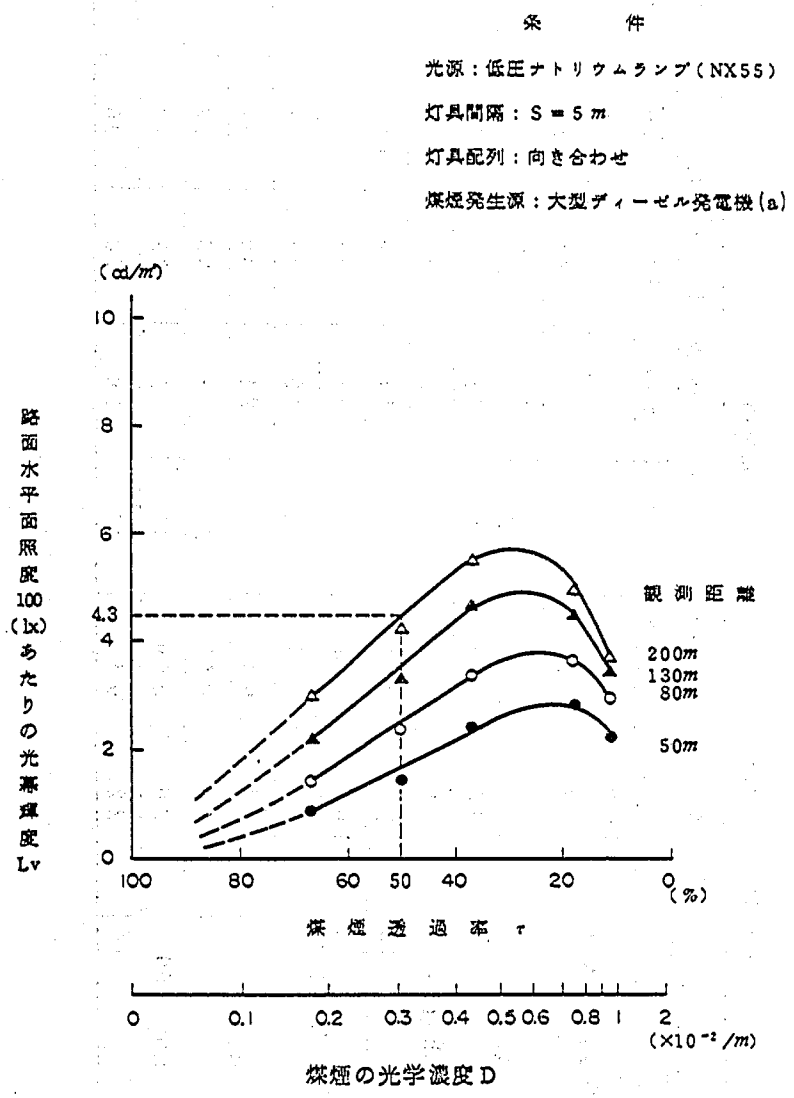


図 4.12(a)　光幕輝度の測定結果

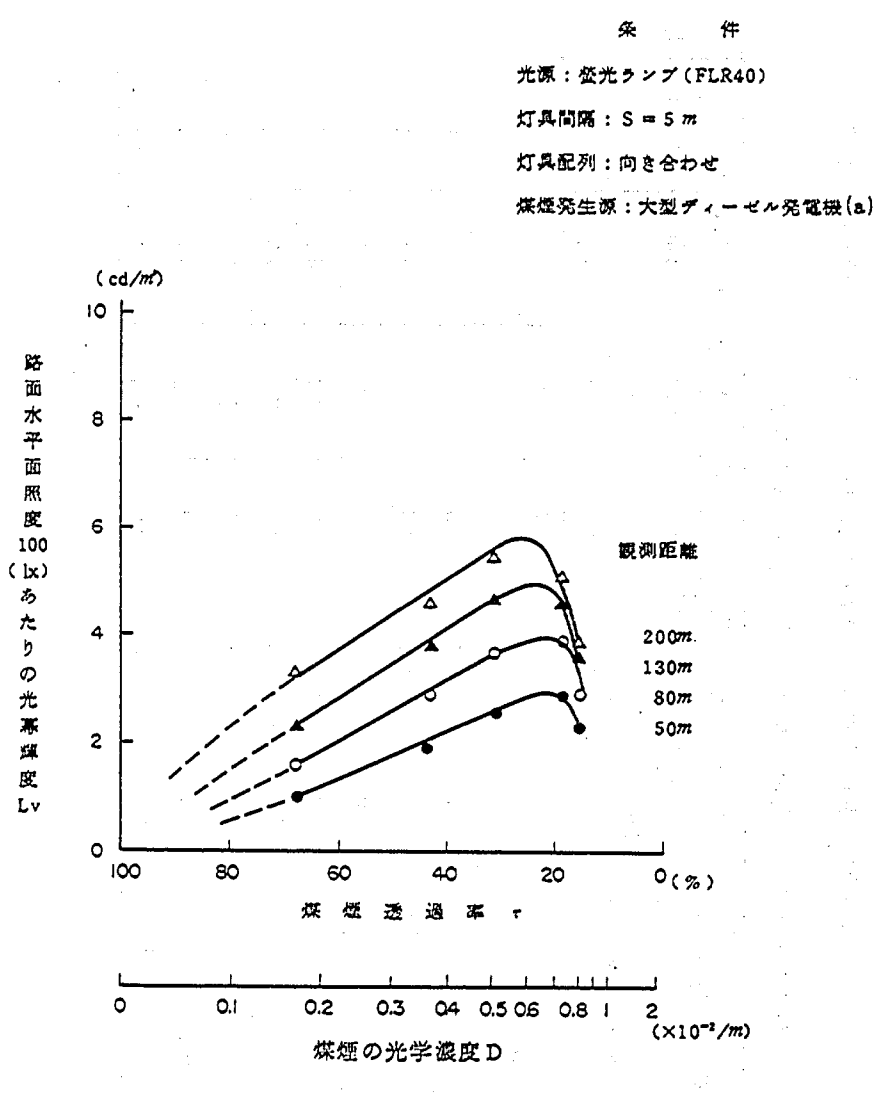


図 4.12(b)　光幕輝度の測定結果

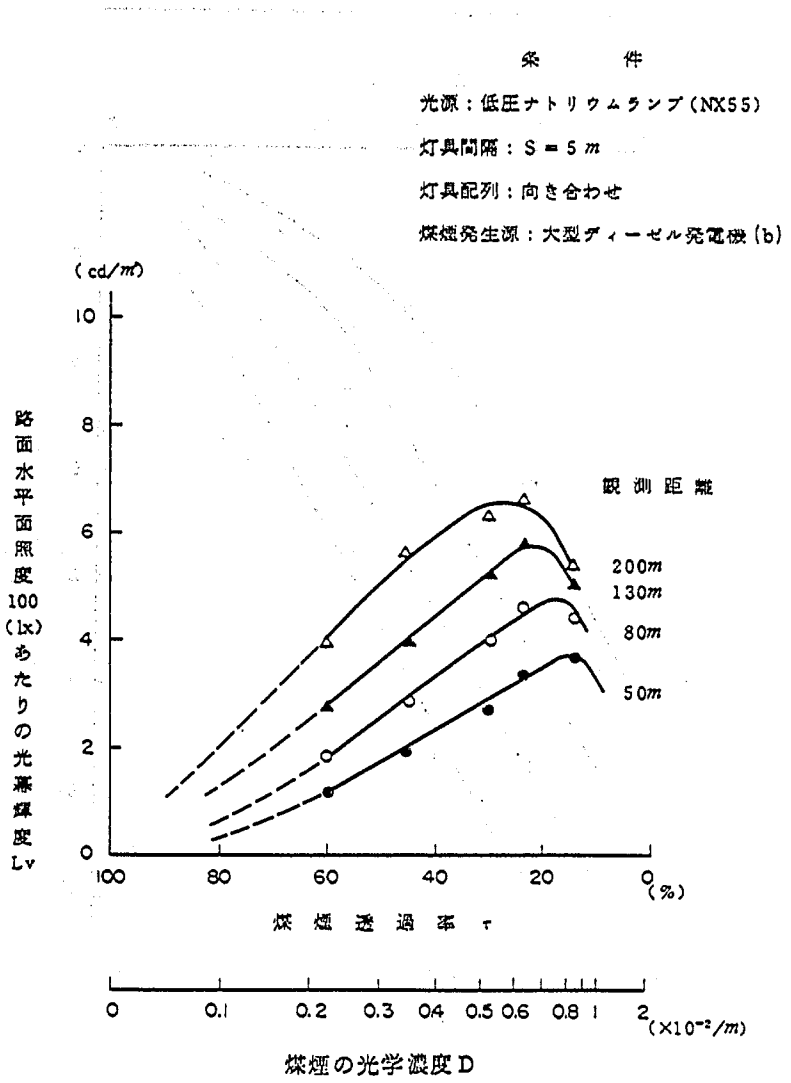


図 4. 12(c)　光幕輝度の測定結果

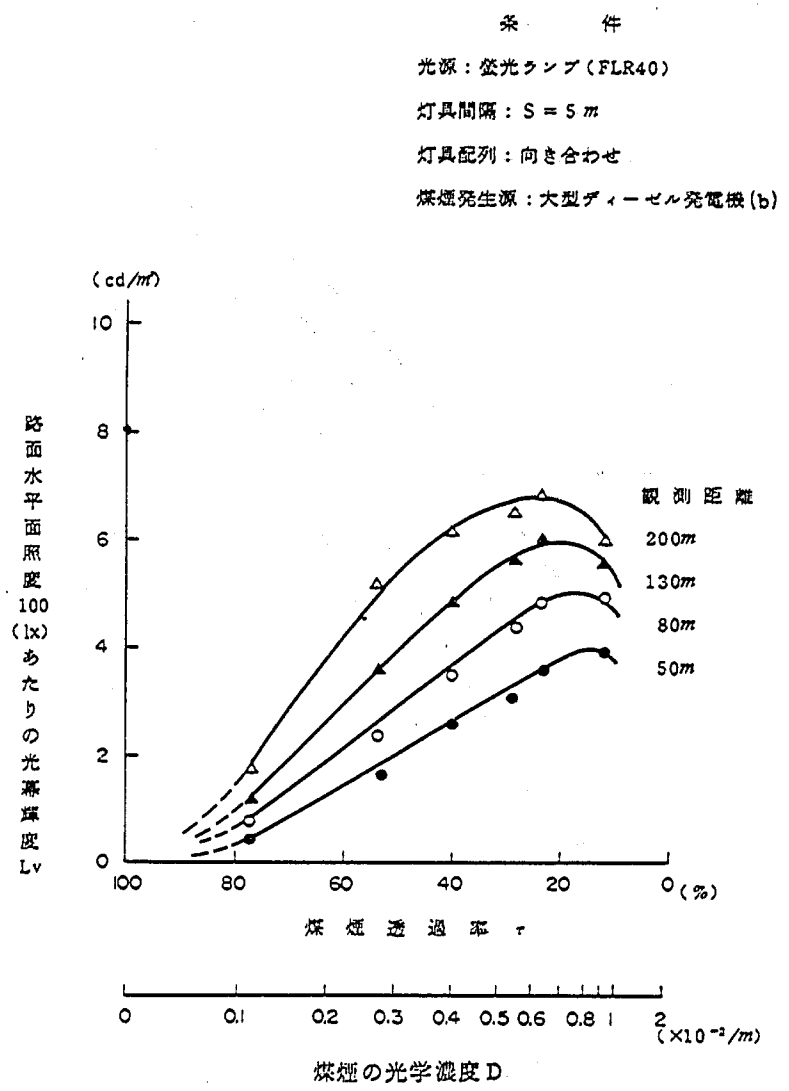


図 4. 12(d)　光幕輝度の測定結果

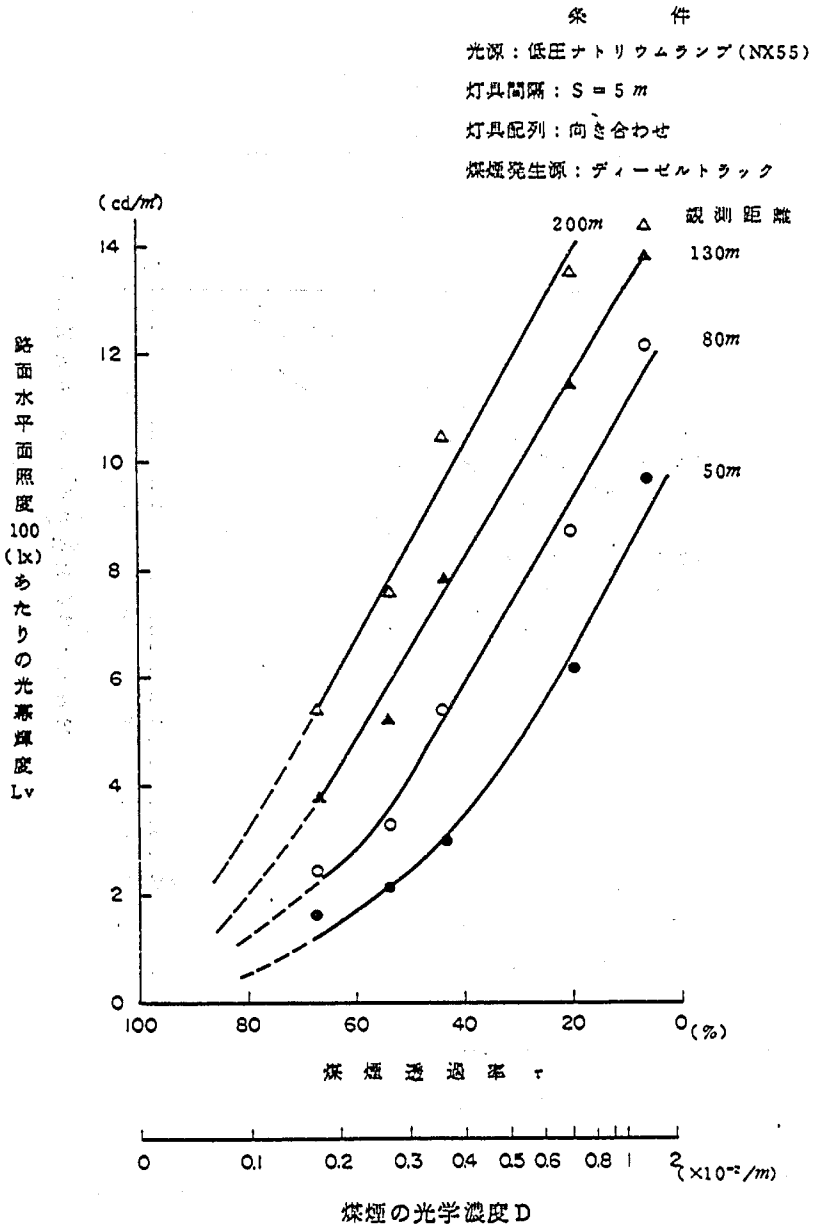


図 4.12(e)　光幕輝度の測定結果

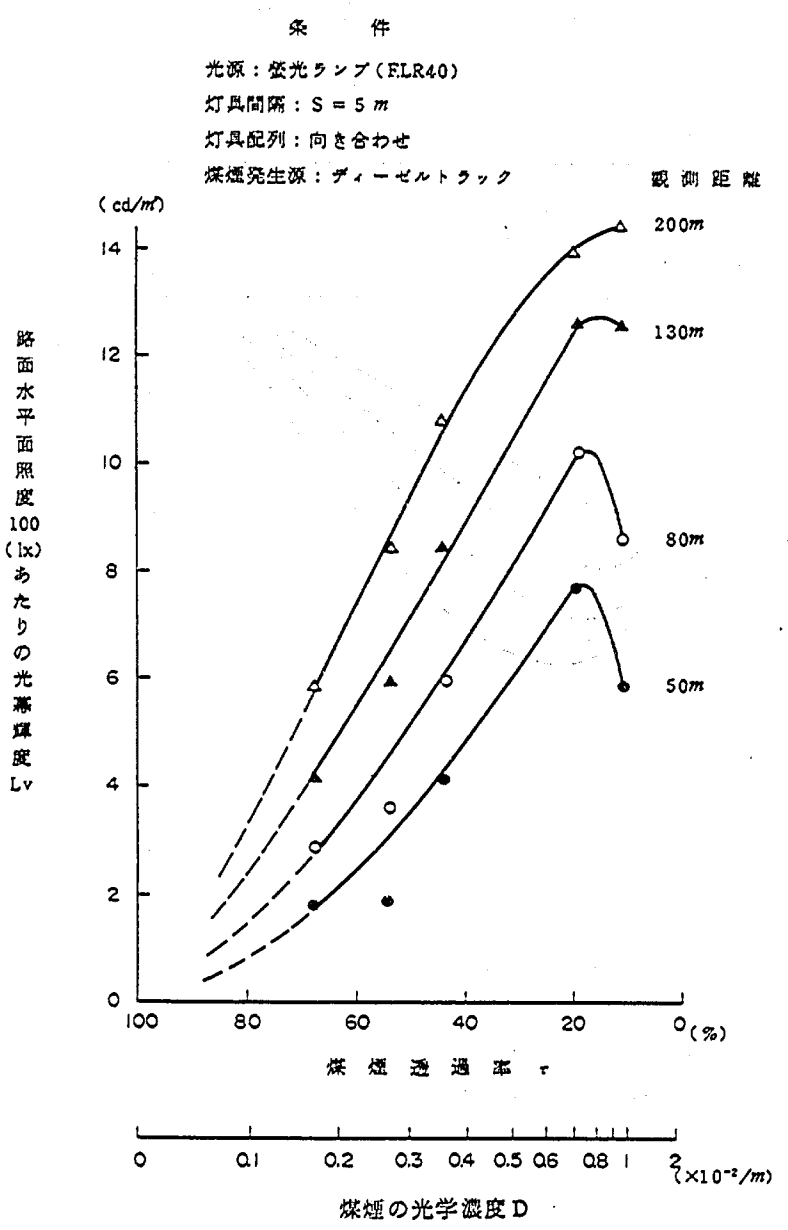


図 4.12(f)　光幕輝度の測定結果

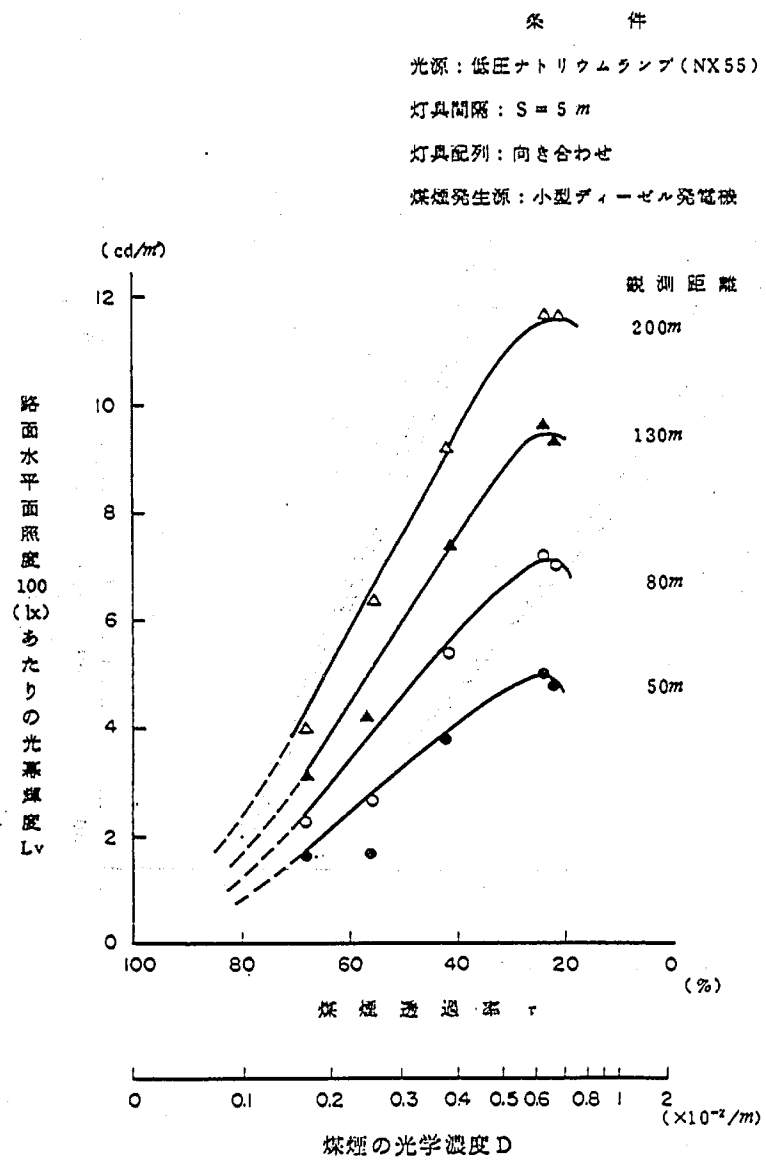


図 4.12(g)　光幕輝度の測定結果

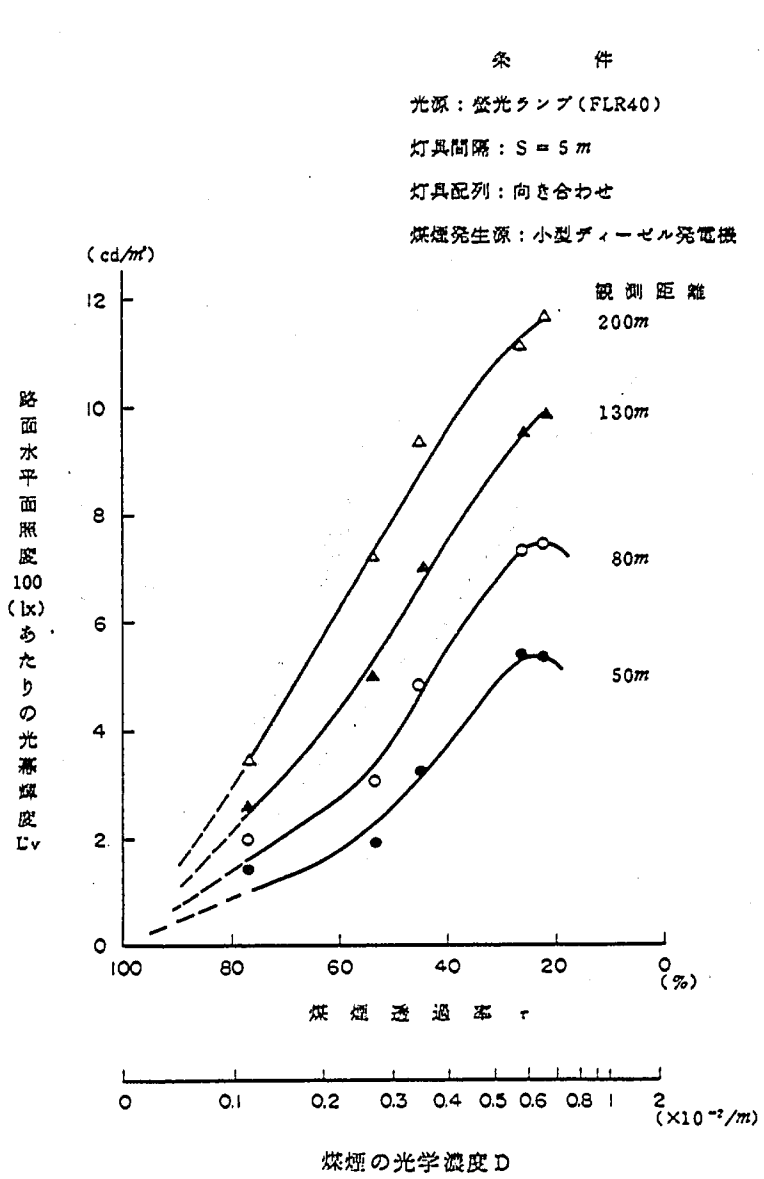


図 4.12(h)　光幕輝度の測定結果

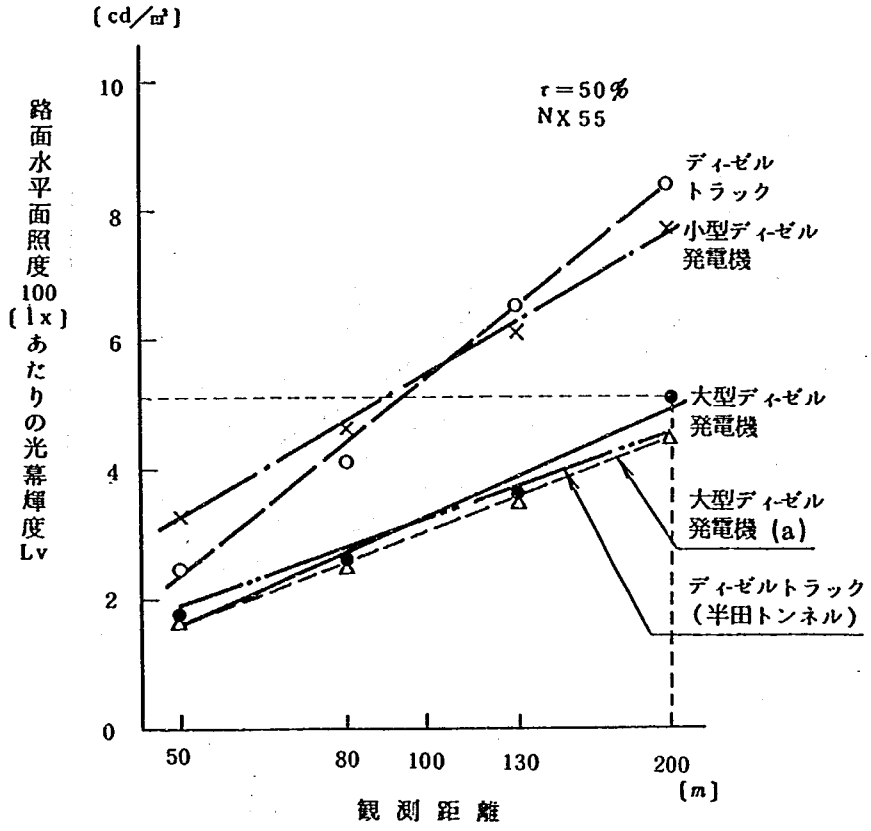


図 4.13(a)　光幕輝度測定結果の比較（ナトリウム灯）

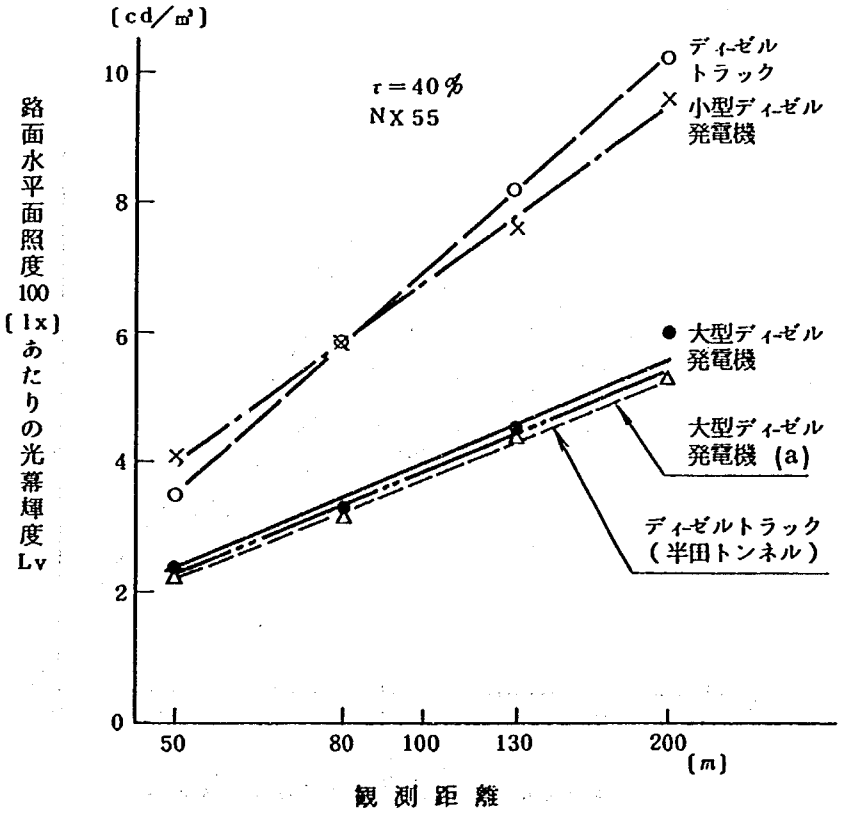


図 4.13(b)　光幕輝度測定結果の比較（ナトリウム灯）

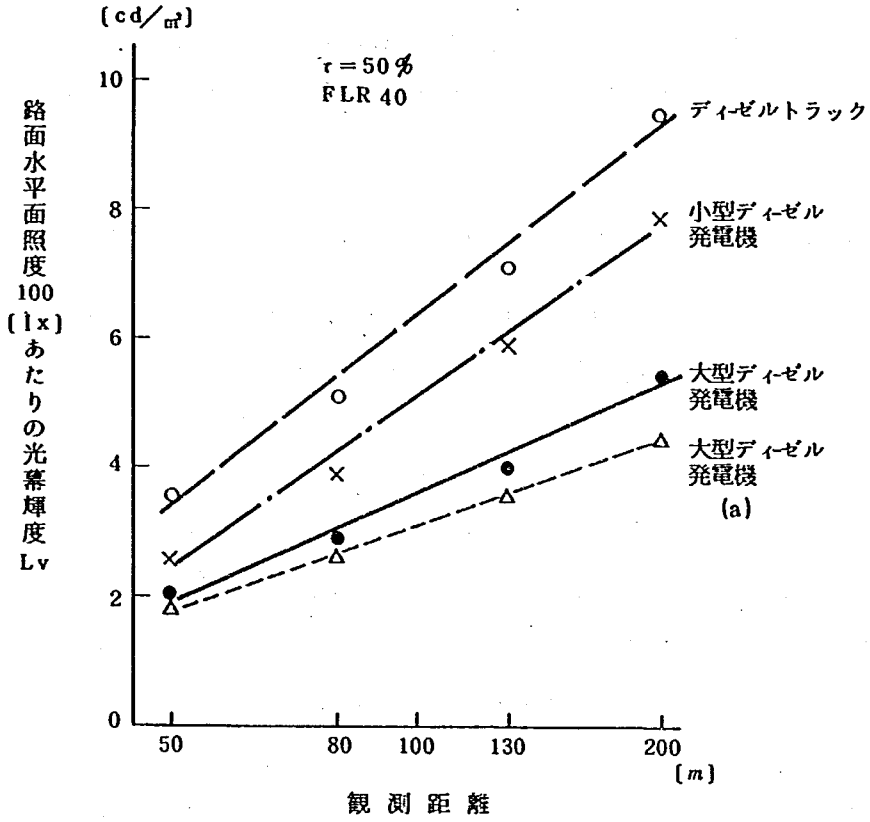


図 4.13(c) 光幕輝度測定結果の比較（蛍光灯）

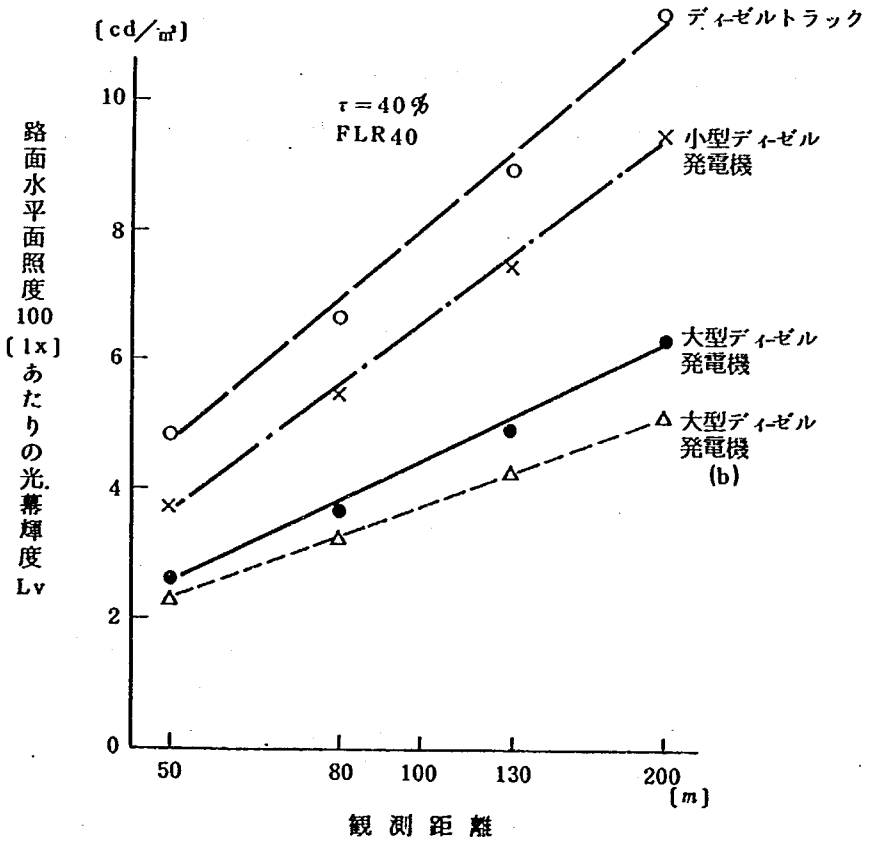


図 4.13(d) 光幕輝度測定結果の比較（蛍光灯）

4.6.2 等価光幕輝度

等価光幕輝度の結果にもとずいて，光幕輝度の場合と同様，次式を用いて路面上の平均水平照度100 ℓxあたりに正規化した等価光幕輝度L′ev（cd/m²/100 ℓx）を計算した結果を前出の表4.19(a)～24の右欄に併記した。

$$L'ev = Lev \times \frac{100}{Eh} \ (cd/m^2/100\ \ell x) \qquad \cdots\cdots (4.2)$$

ここにLevは，路面の平均水平面照度Ev(ℓx)の条件下で計測された等価光幕輝度（cd/m²）である。また，正規化した等価光幕輝度L′evと煤煙透過率f（または光学輝度k）の関係を図4.14(a)～(f)に示す。

これらの図から次のようなことがいえる。

(1) 等価光幕輝度は，煤煙透過率の低下にしたがって若干増大するもののその割合は小さい。

(2) 煤煙透過率L＝50～40％の範囲の等価光幕輝度L′evは煤煙（煤煙の発生源）の種類による差がほとんどなく，低圧ナトリウム灯照明下でのその値は0.8～0.9 cd/m²/100 ℓxであり，蛍光灯照明下では0.9～1.1 cd/m²/100 ℓxである。

(3) 等価光幕輝度は，低圧ナトリウム灯照明下の場合，照明器具の点灯条件による差がほとんどないのに対し，蛍光灯照明下の場合は差がある。これは，等価光幕輝度測定装置が装置の近くにある灯点の影響を強く受けるという特性から，照明条件として低圧ナトリウム灯の場合，第1灯目の灯点が前方5mの位置にあるのに対して，蛍光灯の場合前方2.5mの位置にあるので，蛍光灯の場合等価光幕輝度の測定値は，より近い第1灯目の蛍光灯の点滅の影響を強く受け，その結果，見かけ上照明器具の点灯配列によって等価光幕輝度のレベルが異なることになったもので，ランプ自体の特性の相違によるものではないと判断される。

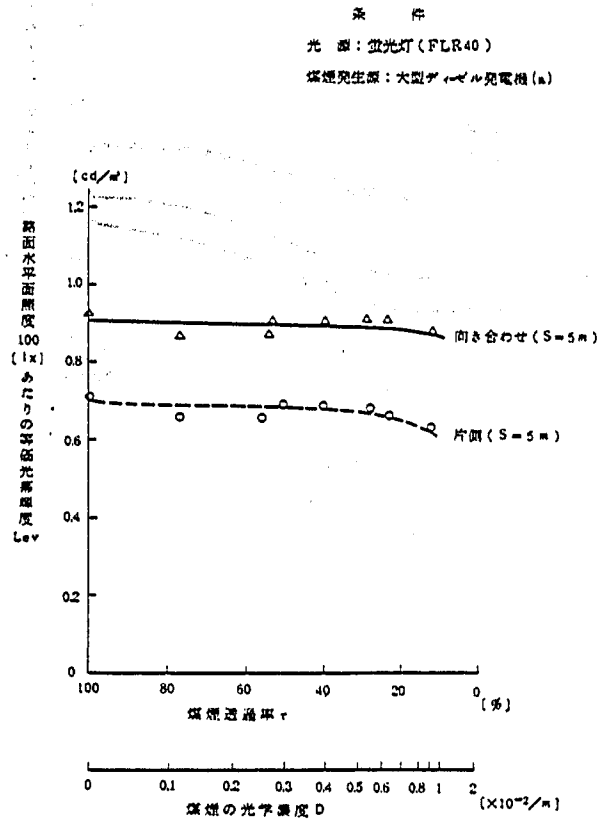


図 4.14(a)　煤煙透過率と等価光幕輝度との関係

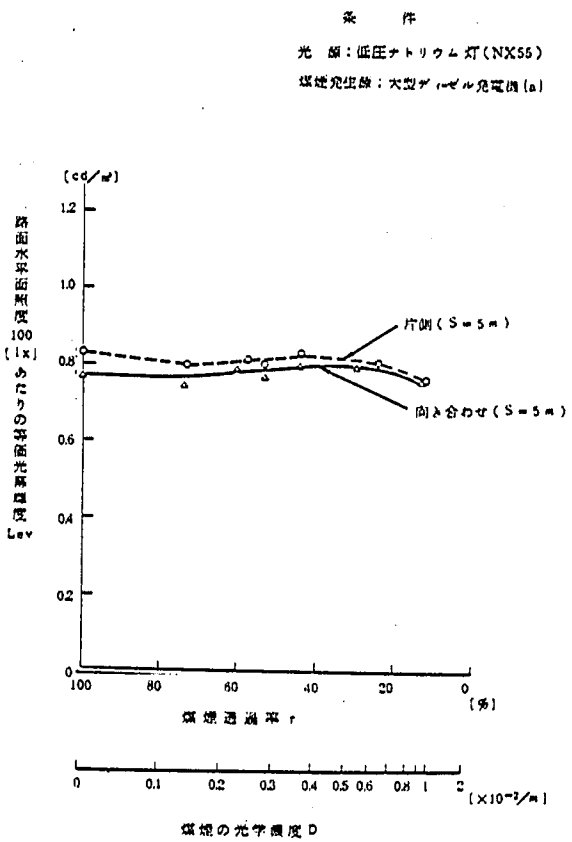


図 4.14(b)　煤煙透過率と等価光幕輝度との関係

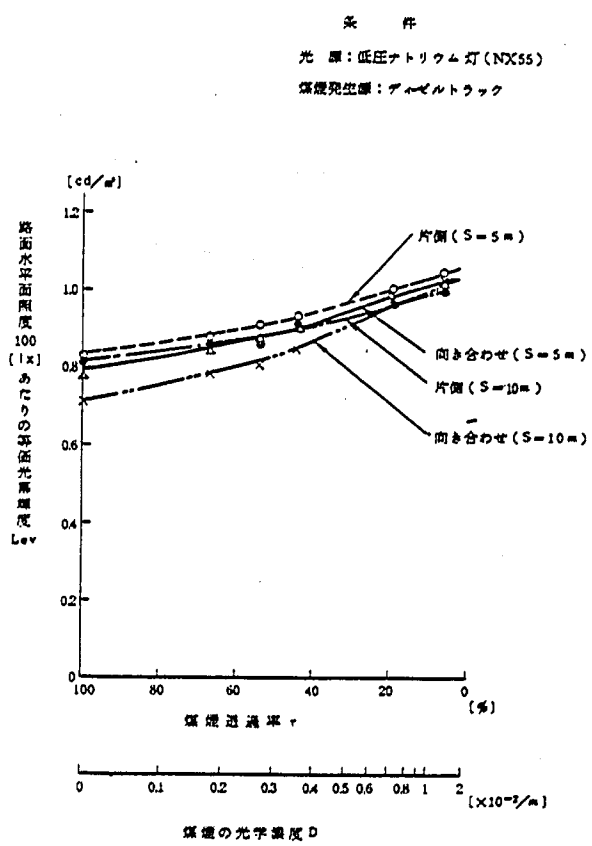


図 4.14(c)　煤煙透過率と等価光幕輝度との関係

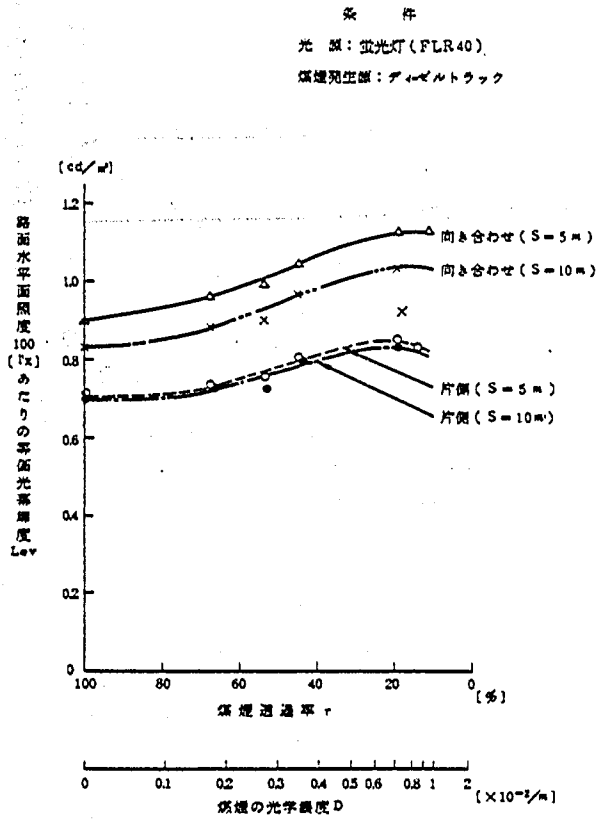


図 4.14(d)　煤煙透過率と等価光幕輝度との関係

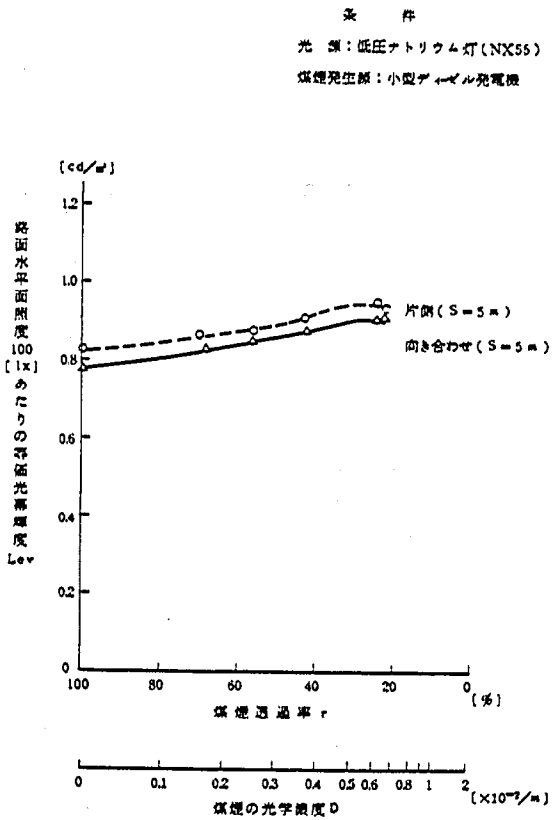


図 4.14(e)　煤煙透過率と等価光幕輝度との関係

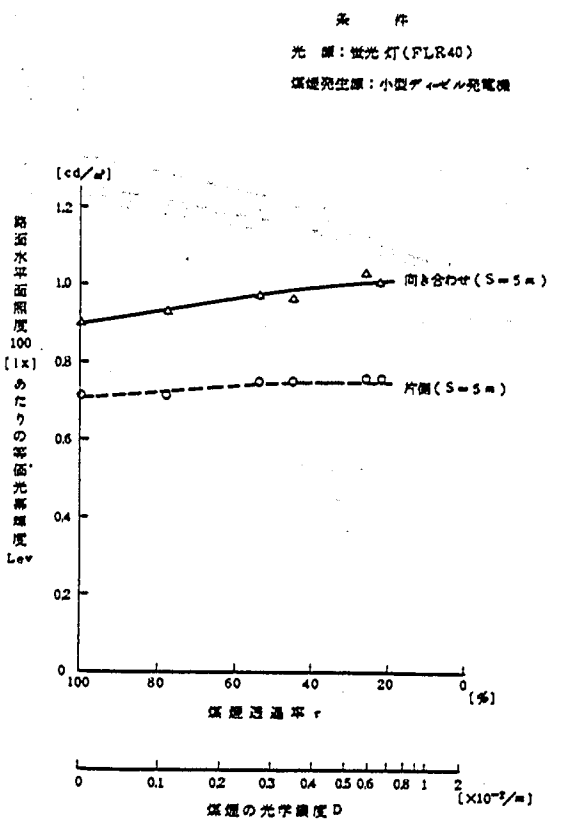


図 4.14(f)　煤煙透過率と等価光幕輝度との関係

4. 6. 3　障害物の見かけの輝度対比

運転者から障害物を見たとき，障害物の見かけの輝度 $L'o$，その背景面の見かけの輝度 $L'r$，およびそれらの見かけの輝度対比 C' は，3章の理論および（前項までの計測データを用いて計算できる。すなわち）3. 2. 1 項の（3.4）′，（3.5）および（3.6）′式

$$Lo' = 0.43\,Lr \times \frac{T(a)}{100} + Lv(a) \quad \cdots\cdots (3.4)'$$

$$Lr' = Lr \times \frac{T(a)(b)}{100} + Lv(b) \quad \cdots\cdots (3.5)$$

$$C' = \frac{0.57\,Lr \cdot T(a)/100 + Lv(b) - Lv(a)}{Lr \cdot T(a)/100 + Lv(b)} \quad \cdots\cdots (3.6)'$$

を基本式として，4. 6. 1 項の図 4.13(a)～(d)から求められる。煤煙透過率 τ，光幕輝度 Lv' および表 4. 3 の路面輝度 Lr を用いて算定することが可能である。

以下に，舗装はコンクリートで，光源として，低圧ナトリウム灯および蛍光灯を使用し，設計速度が 80 km/h，60 km/h および 40 km/h の場合を想定して発生源ごとに算定した結果を表 4.25(a)(b) および図 4. 15(a)～(h)に示す。

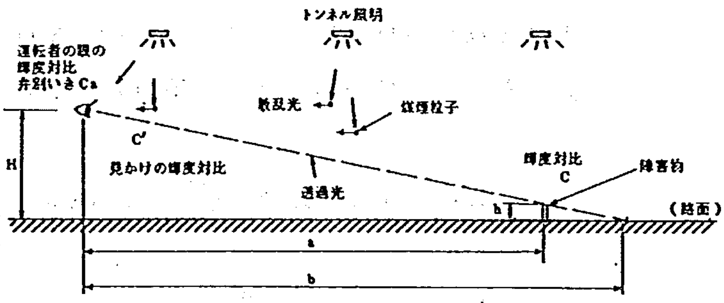
同図から,以下の点が明らかになった。

(1) 煤煙透過率の低下に伴って，背景面の見かけの輝度 Lr' は低下する。しかし，逆に障害物の見かけの輝度 Lo' は増加する。このように，障害物の見かけの輝度 Lo' が増加するのは，（3.4）式における障害物自身の輝度 Lo の低下分よりも光幕輝度 $Lv(a)$ の増加分が大きいことに起因する。

(2) 図 4.15 a (1)から明らかなように，障害物の輝度対比 C' は煤煙透過率 τ〔%〕の低下とともに減少し，たとえば速度 80km/h，煤煙透過率 $\tau = 50\%$ において清浄大気中の輝度対比 C の約 1/2 の値となる。

表 4.25(a) 発生源ごとに算定した結果

発生源 / 光源 / 濃度	τ	τa	τb	Lo′	$L'_{\tau(a)}$	$L'_{\tau(b)}$	Lev	L	C′	
大型ディーゼル発電機(a)										
低圧ナトリウム灯										
80 %	100	1.0	1.0	7.14	0	0	1		0.57	
	70	0.675	0.624	7.3	2.48	2.82	1.08		0.446	
	60	0.570	0.510	7.6	3.53	4.02	1.061		0.382	
	50	0.467	0.401	8.09	4.76	5.4	1.035		0.329	
	40	0.365	0.298	8.53	5.92	6.55	1.002		0.265	
	30	0.266	0.204	8.48	6.58	7.11	0.961		0.192	
	20	0.170	0.119	7.73	6.52	6.96	0.895		0.135	
60	100	1.0	1.0	7.14	0	0	1		0.57	
	70	0.765	0.725	7.25	1.79	2.1	1.08		0.487	
	60	0.682	0.631	7.48	2.61	3.04	1.061		0.446	
	50	0.595	0.536	7.80	3.55	4.11	1.035		0.400	
	40	0.503	0.438	8.21	4.62	5.25	1.002		0.344	
	30	0.405	0.338	8.29	5.4	5.96	0.961		0.288	
	20	0.311	0.235	7.63	5.5	6.01	0.895		0.230	
40	100	1.0	1.0	7.14	0	0	1		0.57	
	70	0.887	0.863	7.21	1.02	1.19	1.08		0.525	
	60	0.815	0.783	7.27	1.45	1.71	1.061		0.506	
	50	0.758	0.717	7.5	2.09	2.4	1.035		0.476	
	40	0.693	0.644	7.5	2.55	3.12	1.022		0.457	
	30	0.618	0.561	7.71	3.3	3.9	0.961		0.416	
	20	0.525	0.462	7.35	3.6	4.13	0.895		0.377	
光源 / 濃度										
蛍光灯										
80 %	100	1.0	1.0	4.90	0	0	0.81		0.570	
	70	0.662	0.64	3.25	1.91	2.0	0.85		0.438	
	60	0.558	0.497	2.72	2.59	2.9	0.84		0.350	
	50	0.455	0.387	2.20	3.26	3.63	0.831		0.321	
	40	0.346	0.285	1.70	4.0	4.4	0.813		0.265	
	30	0.258	0.191	1.22	4.57	4.89	0.789		0.183	
	20	0.155	0.11	0.76	4.52	4.89	0.751		0.143	
60	100	1.0	1.0	4.90	0	0	0.81		0.570	
	70	0.764	0.713	3.60	1.4	1.65	0.848		0.489	
	60	0.665	0.616	3.27	1.92	2.22	0.84		0.438	
	50	0.577	0.519	2.84	2.5	2.84	0.831		0.390	
	40	0.485	0.420	2.38	3.11	3.58	0.813		0.340	
	30	0.389	0.320	1.90	3.62	4.07	0.789		0.285	
	20	0.281	0.218	1.38	3.78	4.15	0.751		0.222	
40	100	1.0	1.0	4.90	0	0	0.81		0.570	
	70	0.861	0.835	4.22	0.61	0.83	0.848		0.533	
	60	0.806	0.771	3.95	0.92	1.24	0.84		0.514	
	50	0.760	0.705	3.66	1.25	1.61	0.831		0.491	
	40	0.680	0.629	3.03	1.6	2.03	0.813		0.464	
	30	0.603	0.544	2.95	2.02	2.52	0.789		0.430	
	20	0.508	0.443	2.49	2.52	2.90	0.751		0.370	



τ_{100}：煤煙濃度

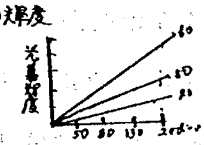
τ_a：障害物の位置の濃度 $\left(\frac{\tau_{100}}{100}\right)^{\frac{a}{100}}$

τ_b：〃の背景濃度 $\left(\frac{\tau_{100}}{100}\right)^{\frac{b}{100}}$

L_0'：運転者から見た障害物の輝度

$L'_{\tau(a)}$：

$L'_{\tau(b)}$：



L_{ev}：等価光幕輝度

L_r'：障害物の背景面の見かけ輝度

C'：運転者から見た障害物と背景面との見かけの輝度対比

FF：フィルドファクター

C_0：0.57

$\Delta L_{min(1)}$：中心窩順応輝度に対応した輝度差弁別いき（図3-3）

$\Delta L_{min(2)}$：等価光幕輝度および背景輝度に対応した輝度差弁別いき（図3-4）

$$L_r' = L_r \cdot \tau_b + L'_{\tau(b)}$$

$$C_{min} = \Delta L_{min} / L_r'$$

$$\Delta L_{min} = \Delta L_{min(1)} + \Delta L_{min(2)}$$

$$L_0 = (1 - C_0) \cdot \tau_a \cdot L_r$$

$$L_0' = L_0 + L'_{\tau(a)}$$

$$\Delta L = L_r' - L_0'$$

$$C = \Delta L / L_r'$$

$$C_a = \frac{\Delta L_{min} \cdot FF}{L_r'}$$ ……自動車のτ_{100}=50%のときの値を用いて計算している。

L_r：大型ディーゼル発電機(B) Nx 15.4 cd/㎡，FL = 11.4 cd/㎡
その他 Nx = 16.6 cd/㎡，FL = 11.4 cd/㎡

L_a：例，τ=70%　$\left(\frac{\tau_{100}}{100}\right)^{\frac{a}{100}} = \left(\frac{70}{100}\right)^{\frac{110}{100}} = 0.675$

$$C' : \frac{L_r' - L_0'}{L_r'}$$

表 4.25(b) 発生源ごとに算定した結果

大型ディーゼル発電機(b)

光源	走行速度 (km/h)	τ	τa	τb	L0'	Lr(a)'	Lr(b)'	Lev	Lr'	C'
低圧ナトリウム灯	80	100	1.00	1.00	6.62	0	0	1.14	15.4	0.570
		70	0.675	0.624	6.81	2.34	2.85	1.12	12.6	0.465
		60	0.570	0.510	7.27	3.50	4.09	1.14	11.9	0.389
		50	0.467	0.401	7.81	4.92	5.65	1.15	11.7	0.344
		40	0.365	0.298	8.26	6.84	6.72	1.17	11.3	0.269
		30	0.266	0.204	8.77	7.01	7.88	1.17	11.0	0.243
		20	0.170	0.119	9.01	7.88	8.47	1.14	10.3	0.126
	60	100	1.00	1.00	6.62	0	0	1.14	15.4	0.570
		70	0.765	0.725	6.68	1.61	1.80	1.12	13.1	0.498
		60	0.682	0.631	7.00	2.48	2.92	1.14	12.6	0.454
		50	0.595	0.536	7.59	3.65	4.09	1.15	12.3	0.385
		40	0.503	0.438	7.86	4.53	5.11	1.17	11.9	0.339
		30	0.405	0.338	8.23	5.55	6.28	1.17	11.5	0.284
		20	0.299	0.235	8.40	6.42	7.15	1.14	10.8	0.222
	40	100	1.00	1.00	6.62	0	0	1.14	15.4	0.570
		70	0.867	0.843	6.59	0.849	0.993	1.12	14.0	0.529
		60	0.815	0.783	6.83	1.43	1.68	1.14	13.8	0.505
		50	0.758	0.717	7.21	2.19	2.48	1.15	13.6	0.466
		40	0.693	0.644	7.36	2.77	3.21	1.17	13.1	0.438
		30	0.618	0.561	7.45	3.36	4.09	1.17	12.7	0.443
		20	0.525	0.462	7.57	4.09	4.82	1.14	11.8	0.384
蛍光灯	80	100	1.00	1.00	4.90	0	0	1.03	11.4	0.57
		70	0.675	0.624	5.32	2.011	2.317	1.02	9.43	0.436
		60	0.570	0.510	5.95	3.164	3.616	1.02	9.43	0.369
		50	0.457	0.401	6.36	4.158	4.633	1.02	9.20	0.309
		40	0.365	0.298	6.99	5.198	5.763	1.01	9.16	0.237
		30	0.266	0.204	7.06	5.763	6.215	1.01	8.65	0.174
		20	0.170	0.119	7.15	6.328	6.780	0.99	8.14	0.122
	60	100	1.00	1.00	4.90	0	0	1.03	11.4	0.57
		70	0.765	0.725	5.22	1.469	1.695	1.02	9.97	0.476
		60	0.682	0.631	5.71	2.373	2.712	1.02	9.90	0.423
		50	0.595	0.536	6.09	3.164	3.616	1.02	9.72	0.370
		40	0.503	0.438	6.42	3.955	4.52	1.01	9.51	0.326
		30	0.405	0.338	6.73	4.746	5.198	1.01	9.05	0.256
		20	0.299	0.235	6.89	5.424	5.876	0.99	8.65	0.194
	40	100	1.00	1.00	4.90	0	0	1.03	11.4	0.570
		70	0.867	0.843	5.09	0.836	0.993	1.02	10.6	0.52
		60	0.815	0.783	5.35	1.356	1.605	1.02	10.5	0.490
		50	0.758	0.717	5.52	1.808	2.204	1.02	10.4	0.469
		40	0.693	0.644	5.66	2.260	2.826	1.01	10.2	0.445
		30	0.618	0.561	5.74	2.712	3.616	1.01	10.0	0.426
		20	0.525	0.462	5.85	3.277	4.181	0.99	9.45	0.381

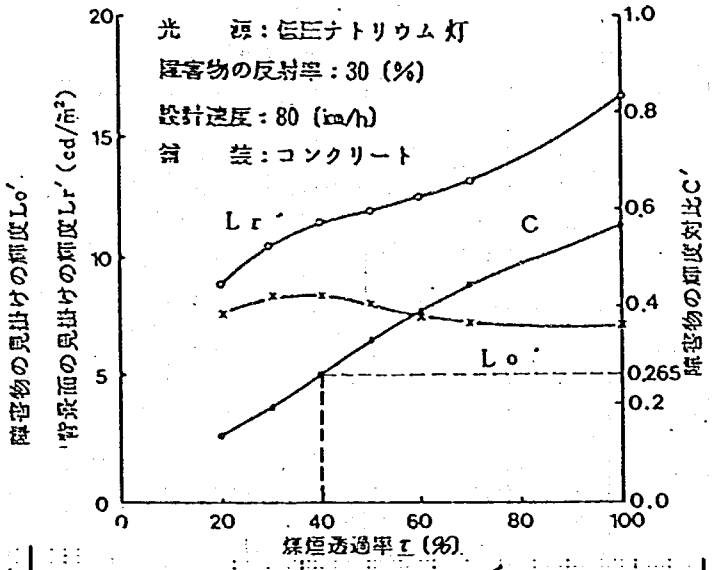
小型ディーゼル発電機

光源	走行速度 (km/h)	τ	τa	τb	L0'	Lr(a)'	Lr(b)'	Lev	Lr'	C'
低圧ナトリウム灯	80	100	1.00	1.00	6.62	0	0	1.14	15.4	0.570
		70	0.675	0.624	8.66	4.088	4.63	1.20	14.1	0.383
		60	0.570	0.510	9.11	6.132	6.86	1.23	14.7	0.336
		50	0.467	0.401	11.3	8.176	9.2	1.26	15.4	0.266
		40	0.365	0.298	12.6	10.22	11.4	1.28	16.0	0.213
		30	0.266	0.204	14.0	12.264	13.6	1.31	16.7	0.162
		20	0.170	0.119	13.7	12.556	14.0	1.31	15.8	0.133
	60	100	1.00	1.00	6.62	0	0	1.14	15.4	0.570
		70	0.765	0.725	8.14	3.07	3.60	1.20	14.7	0.446
		60	0.682	0.631	9.54	4.82	5.40	1.23	15.1	0.381
		50	0.595	0.536	10.4	6.42	7.30	1.26	15.6	0.333
		40	0.503	0.438	11.2	7.88	9.05	1.28	15.8	0.291
		30	0.405	0.338	12.3	9.64	10.8	1.31	16.0	0.231
		20	0.299	0.235	11.6	9.64	10.98	1.31	14.6	0.206
	40	100	1.00	1.00	6.62	0	0	1.14	15.4	0.570
		70	0.867	0.843	7.64	1.90	2.19	1.20	15.2	0.487
		60	0.815	0.783	8.32	2.92	3.50	1.23	15.6	0.467
		50	0.758	0.717	8.67	3.65	4.53	1.26	15.5	0.441
		40	0.693	0.644	9.41	4.82	5.69	1.28	15.6	0.397
		30	0.618	0.561	9.78	5.69	6.72	1.31	15.4	0.365
		20	0.525	0.462	9.17	5.69	6.72	1.31	13.9	0.340
蛍光灯	80	100	1.00	1.00	4.90	0	0	1.02	11.4	0.57
		70	0.675	0.624	6.36	3.051	3.616	1.07	10.7	0.406
		60	0.670	0.510	6.98	4.181	4.972	1.10	10.8	0.364
		50	0.467	0.401	7.84	5.650	6.667	1.11	11.2	0.291
		40	0.365	0.298	9.47	7.684	8.698	1.12	12.0	0.211
		30	0.266	0.204	10.5	9.153	10.17	1.24	12.5	0.16
		20	0.170	0.119	11.1	10.283	11.3	1.24	13.7	0.106
	60	100	1.00	1.00	4.90	0	0	1.02	11.4	0.57
		70	0.765	0.725	5.90	2.147	2.486	1.07	10.8	0.454
		60	0.682	0.631	6.28	2.938	3.503	1.10	10.7	0.413
		50	0.595	0.536	6.99	4.068	4.746	1.11	10.9	0.359
		40	0.503	0.438	8.34	5.876	6.554	1.12	11.6	0.276
		30	0.405	0.338	9.22	7.232	8.136	1.24	13.0	0.232
		20	0.299	0.235	9.60	8.136	9.04	1.24	11.7	0.179
	40	100	1.00	1.00	4.90	0	0	1.02	11.4	0.57
		70	0.867	0.843	5.49	1.243	1.469	1.07	11.1	0.505
		60	0.815	0.783	5.69	1.695	2.034	1.10	11.0	0.483
		50	0.758	0.717	6.20	2.486	2.826	1.11	11.0	0.436
		40	0.693	0.644	7.01	3.616	4.81	1.12	11.5	0.390
		30	0.618	0.561	7.78	4.746	5.424	1.24	11.8	0.344
		20	0.525	0.462	7.77	5.198	5.876	1.24	11.1	0.300

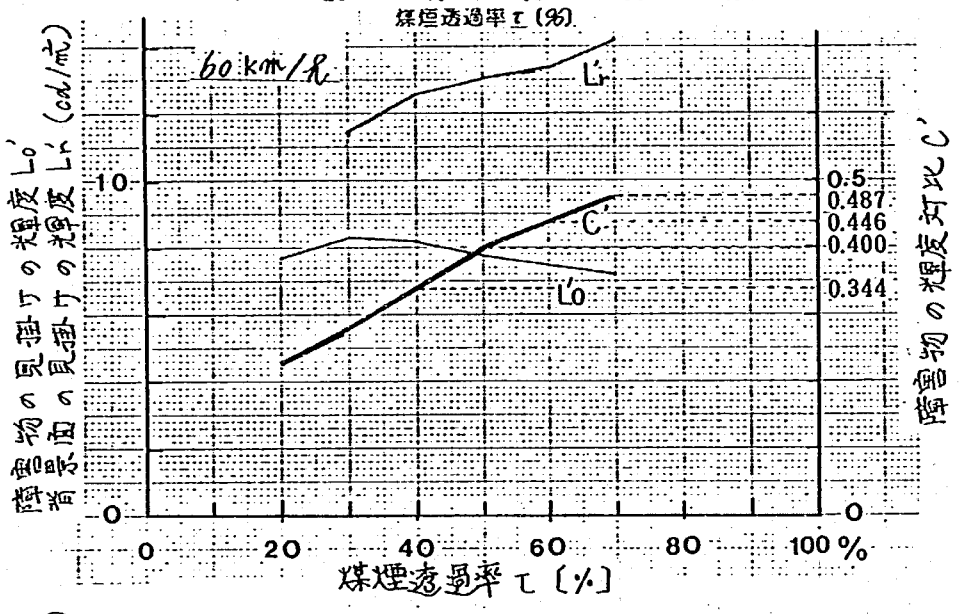
ディーゼルハンマ

光源	走行速度 (km/h)	τ	τa	τb	L0'	Lr(a)'	Lr(b)'	Lev	Lr'	C'
低圧ナトリウム灯	80	100	1.00	1.00	6.62	0	0	1.17	15.4	0.570
		70	0.675	0.624	8.41	3.74	4.67	1.24	14.3	0.442
		60	0.570	0.510	9.77	5.89	7.08	1.27	14.9	0.384
		50	0.467	0.401	11.0	7.88	9.05	1.30	15.2	0.276
		40	0.365	0.298	12.8	10.4	11.7	1.34	16.3	0.215
		30	0.266	0.204	14.9	13.1	14.4	1.39	17.7	0.168
		20	0.170	0.119	16.1	15.0	16.4	1.43	18.2	0.115
	60	100	1.00	1.00	6.62	0	0	1.17	15.4	0.570
		70	0.765	0.725	7.63	2.56	3.21	1.24	14.4	0.470
		60	0.682	0.631	8.61	4.09	4.96	1.27	14.7	0.414
		50	0.595	0.536	9.59	5.55	6.57	1.30	14.8	0.369
		40	0.503	0.438	11.1	7.34	8.98	1.34	15.7	0.293
		30	0.405	0.338	12.9	10.2	11.5	1.39	16.7	0.228
		20	0.299	0.235	14.4	12.3	13.9	1.43	17.5	0.177
	40	100	1.00	1.00	6.62	0	0	1.17	15.4	0.570
		70	0.867	0.843	7.08	1.34	1.61	1.24	14.6	0.515
		60	0.815	0.783	7.69	2.19	2.48	1.27	14.6	0.480
		50	0.758	0.717	8.09	3.07	3.65	1.30	14.7	0.450
		40	0.693	0.644	8.97	4.38	6.11	1.34	15.0	0.402
		30	0.618	0.561	9.78	5.69	6.72	1.39	15.4	0.365
		20	0.525	0.462	11.4	7.88	7.84	1.43	16.6	0.309
蛍光灯	80	100	1.00	1.00	4.90	0	0	1.02	11.4	0.61
		70	0.675	0.624	7.34	3.729	4.394	1.08	11.4	0.382
		60	0.570	0.510	8.11	5.311	6.103	1.12	11.9	0.318
		50	0.467	0.401	9.60	7.232	8.249	1.15	12.8	0.250
		40	0.365	0.298	11.1	9.216	10.396	1.20	13.8	0.196
		30	0.266	0.204	12.2	10.938	11.526	1.24	13.9	0.116
		20	0.170	0.119	13.5	12.656	13.53	1.27	14.9	0.094
	60	100	1.00	1.00	4.90	0	0	1.02	11.4	0.57
		70	0.765	0.725	6.66	2.712	3.164	1.08	11.4	0.433
		60	0.682	0.631	7.30	3.955	4.52	1.12	11.7	0.376
		50	0.595	0.536	8.34	5.424	6.328	1.16	12.4	0.327
		40	0.503	0.438	9.70	7.232	8.136	1.20	13.1	0.249
		30	0.405	0.338	11.0	9.04	9.831	1.24	13.7	0.197
		20	0.299	0.235	12.2	10.735	11.526	1.27	13.5	0.124
	40	100	1.00	1.00	4.90	0	0	1.02	11.4	0.57
		70	0.867	0.843	5.72	1.469	1.763	1.08	11.4	0.498
		60	0.815	0.783	6.35	2.260	2.712	1.12	11.6	0.461
		50	0.758	0.717	6.88	3.164	3.842	1.15	12.0	0.427
		40	0.693	0.644	7.89	4.294	5.198	1.20	12.5	0.386
		30	0.618	0.561	8.68	5.65	6.667	1.24	13.1	0.337
		20	0.525	0.462	9.13	6.554	7.91	1.27	13.2	0.309

(1)



(2)



(3)

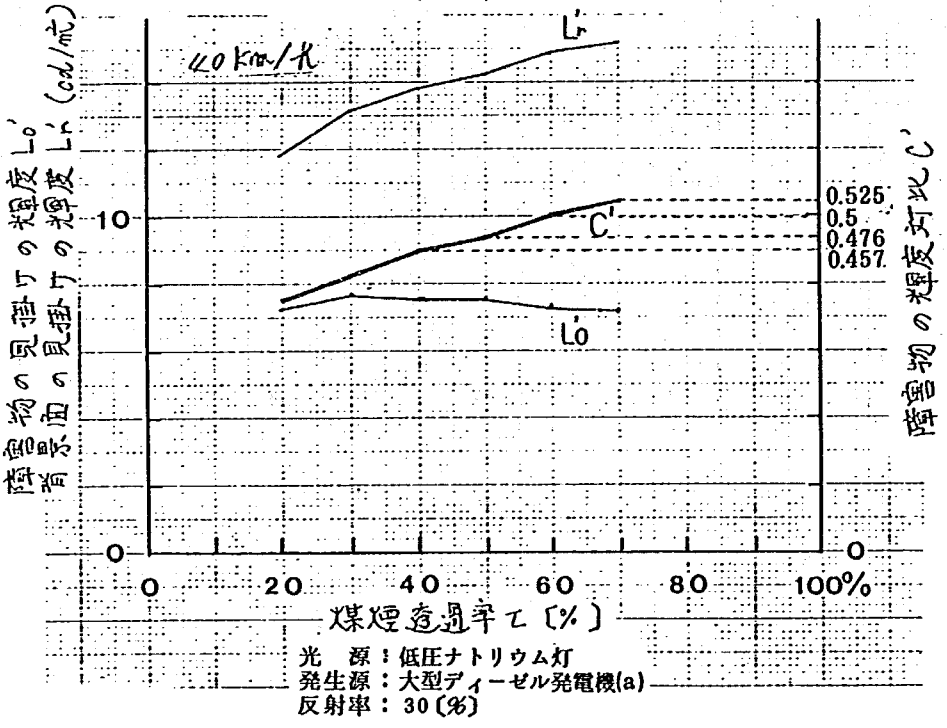
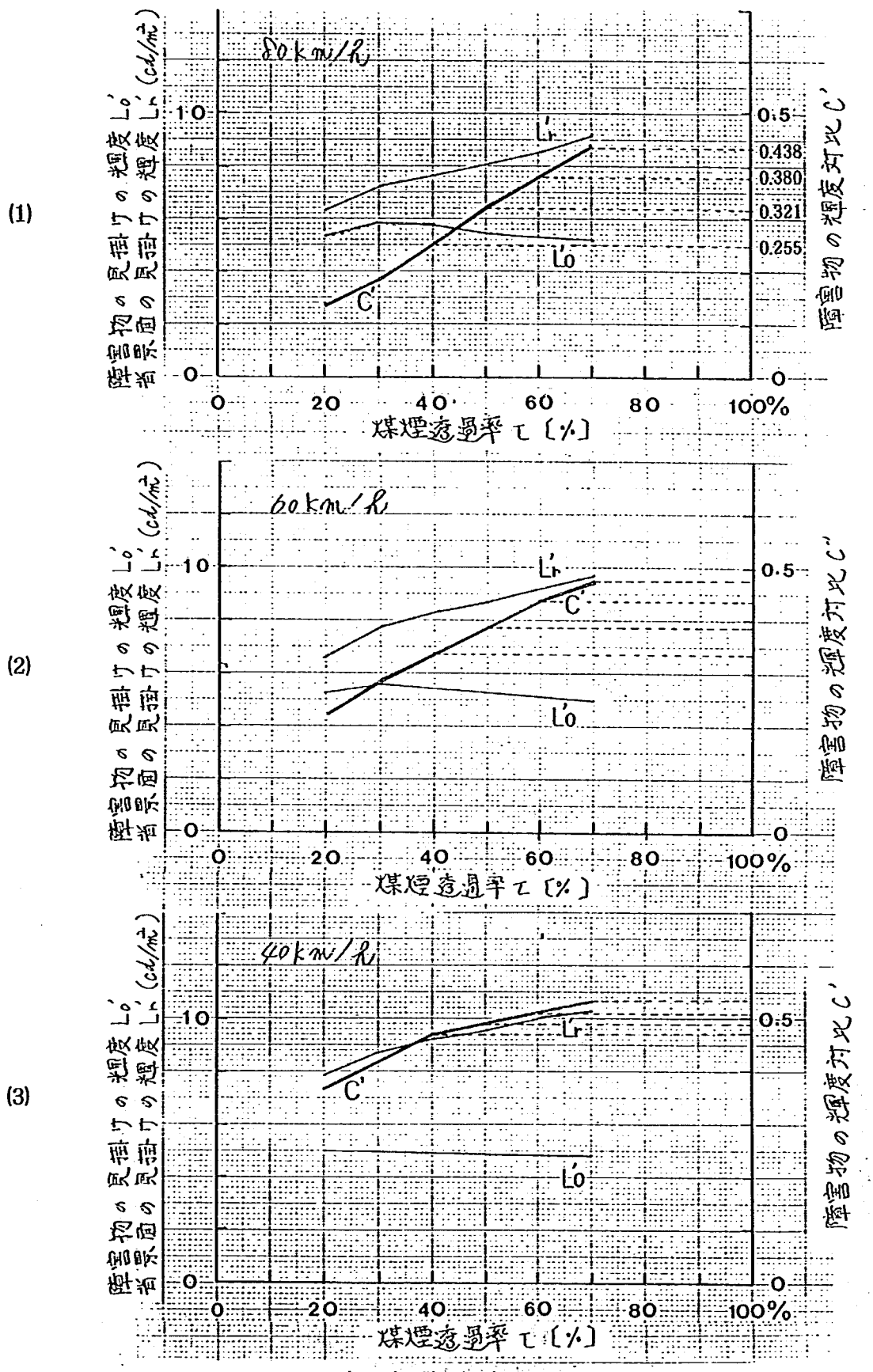
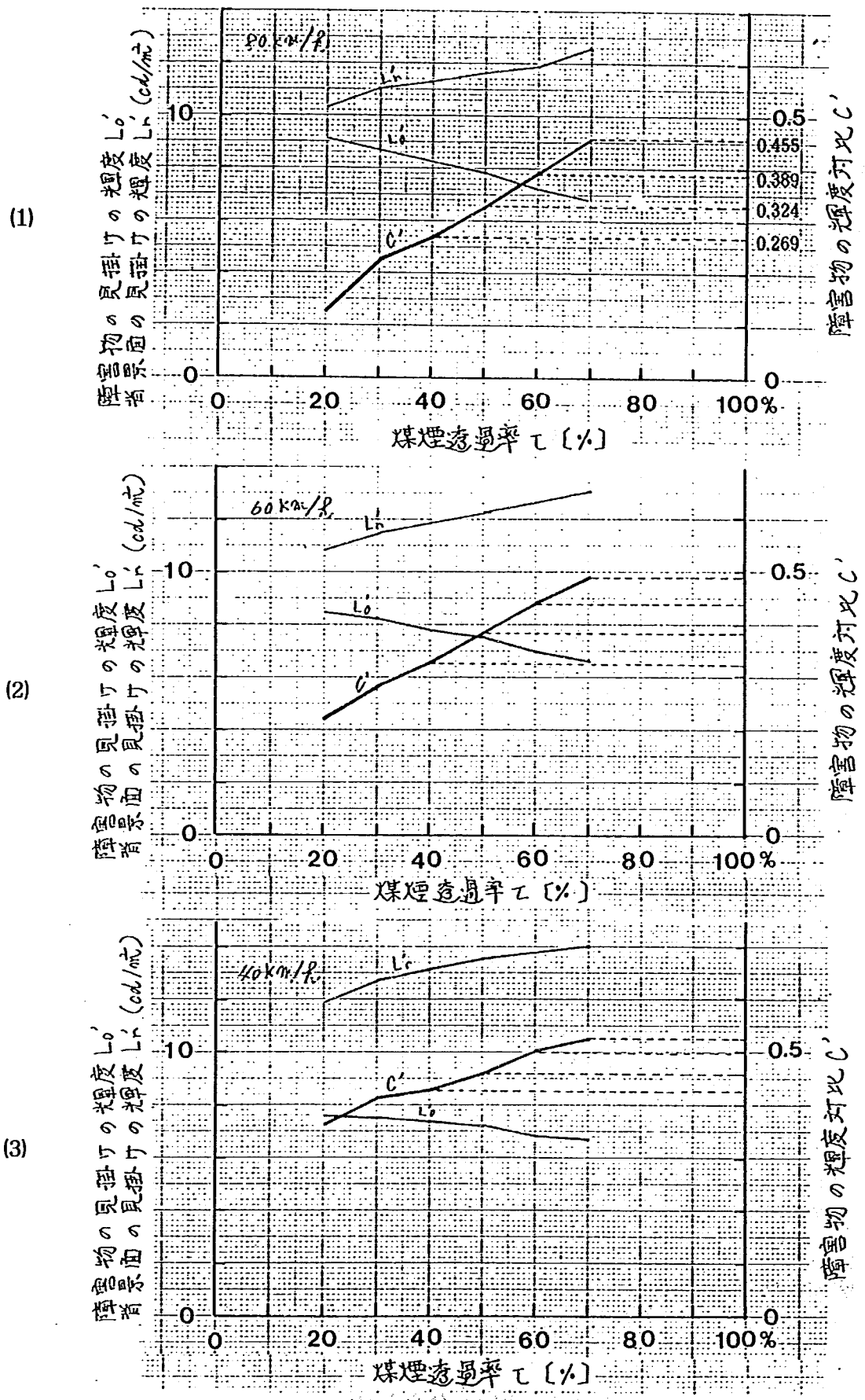


図 4.15(a)　障害物の輝度対比C′の計算結果



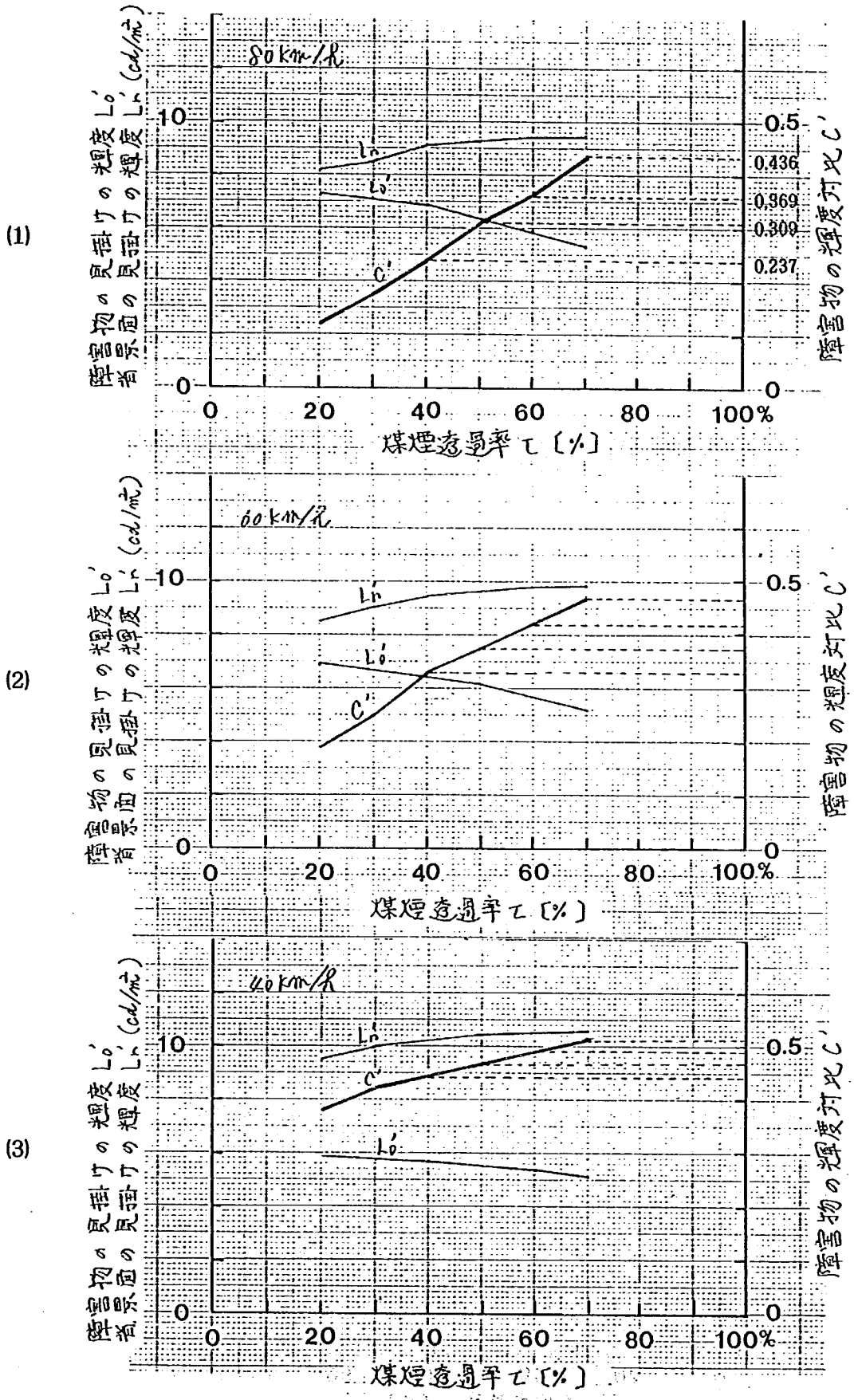
光　源：蛍 光 灯
発生源：大型ディーゼル発電機(a)
反射率：30〔%〕

図 4.15(b)　障害物の輝度対比C′の計算結果



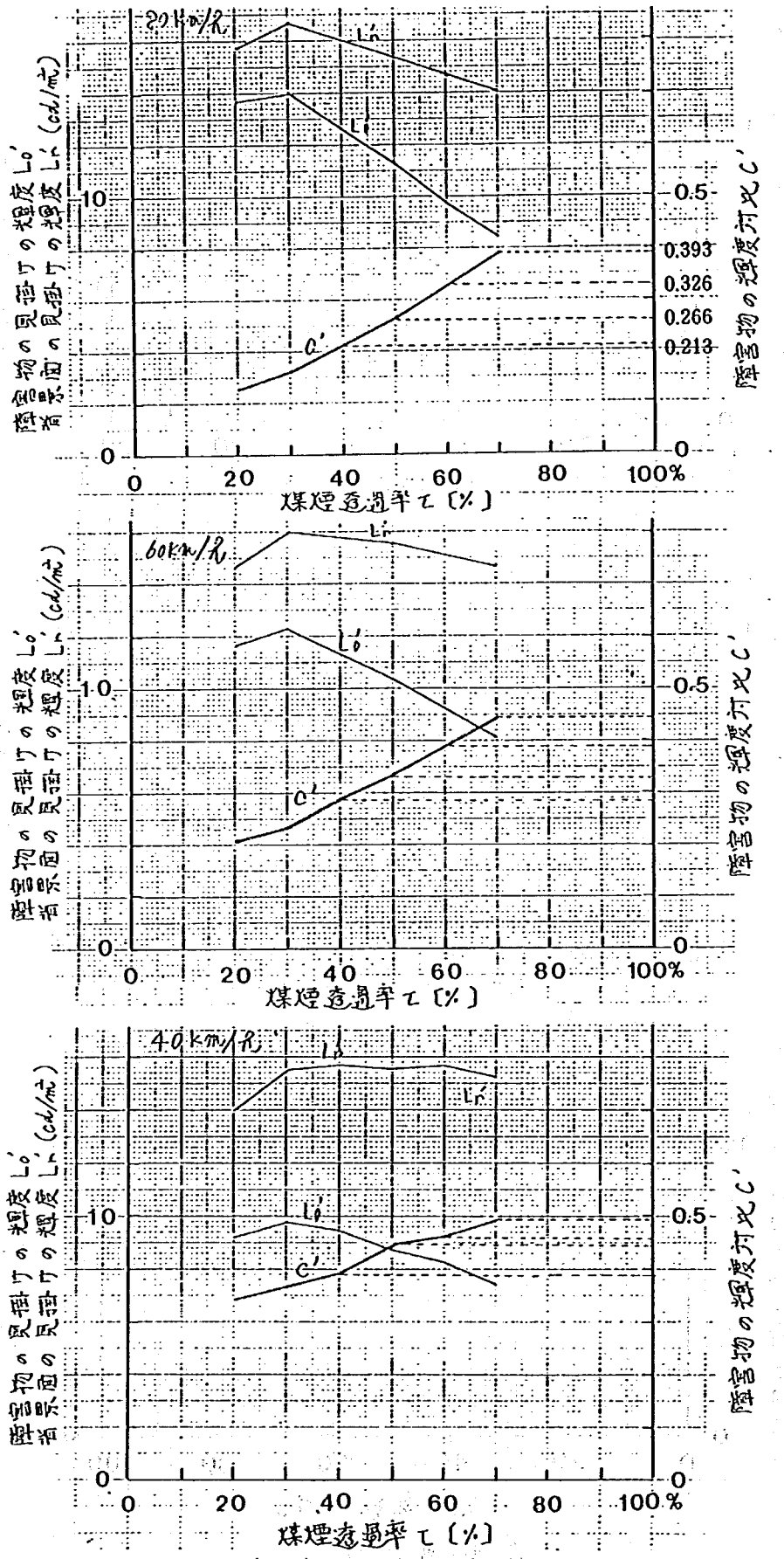
光　源：低圧ナトリムウ灯
発生源：大型ディーゼル発電機(b)
反射率：30〔%〕

図 4.15(c)　障害物の輝度対比 C′の計算結果



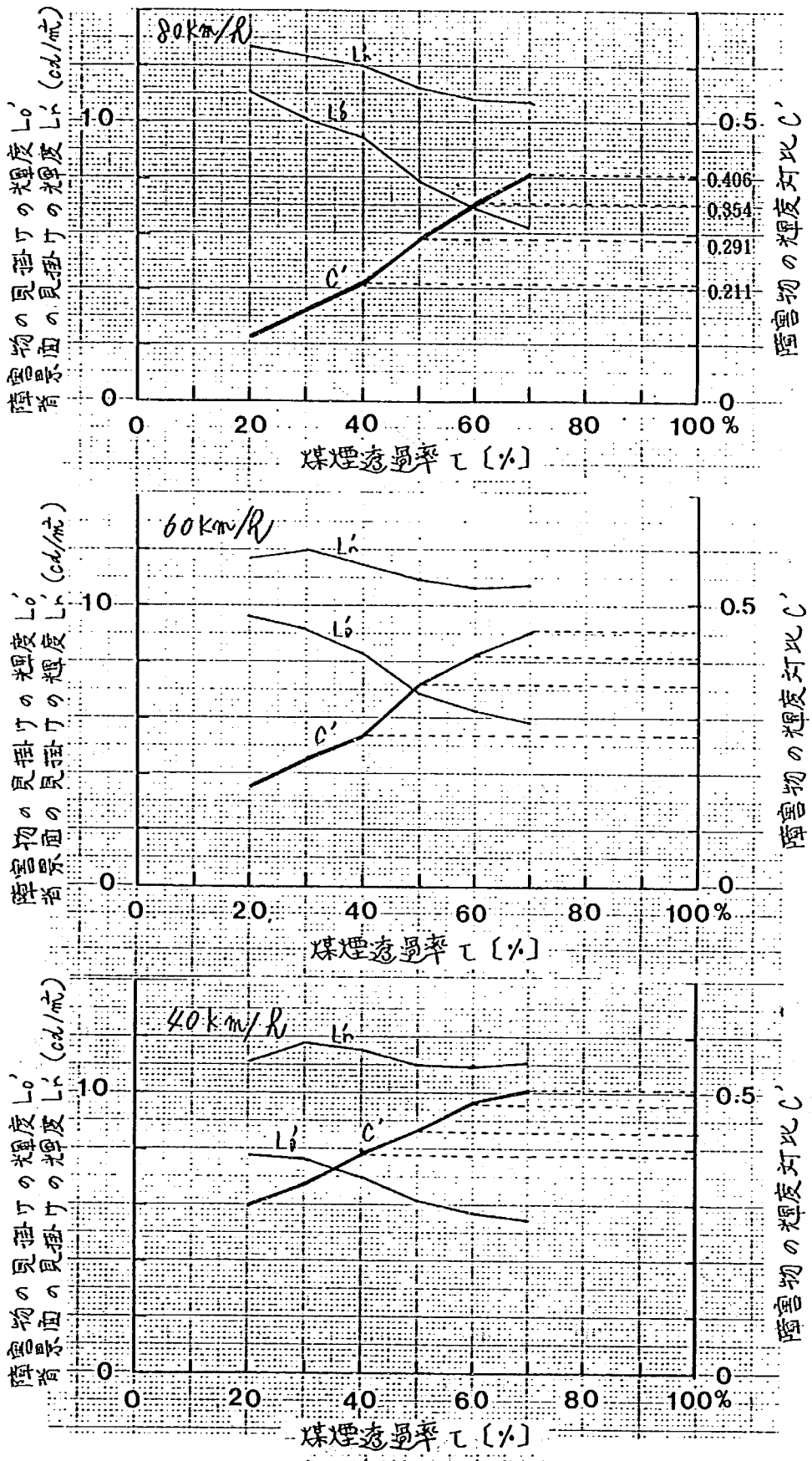
光　源：蛍　光　灯
発生源：大型ディーゼル発電機
反射率：30(%)

図 4.15(d)　障害物の輝度対比 C′ の計算結果



光　源：低圧ナトリウム灯
発生源：小型ディーゼル発電機
反射率：30(%)

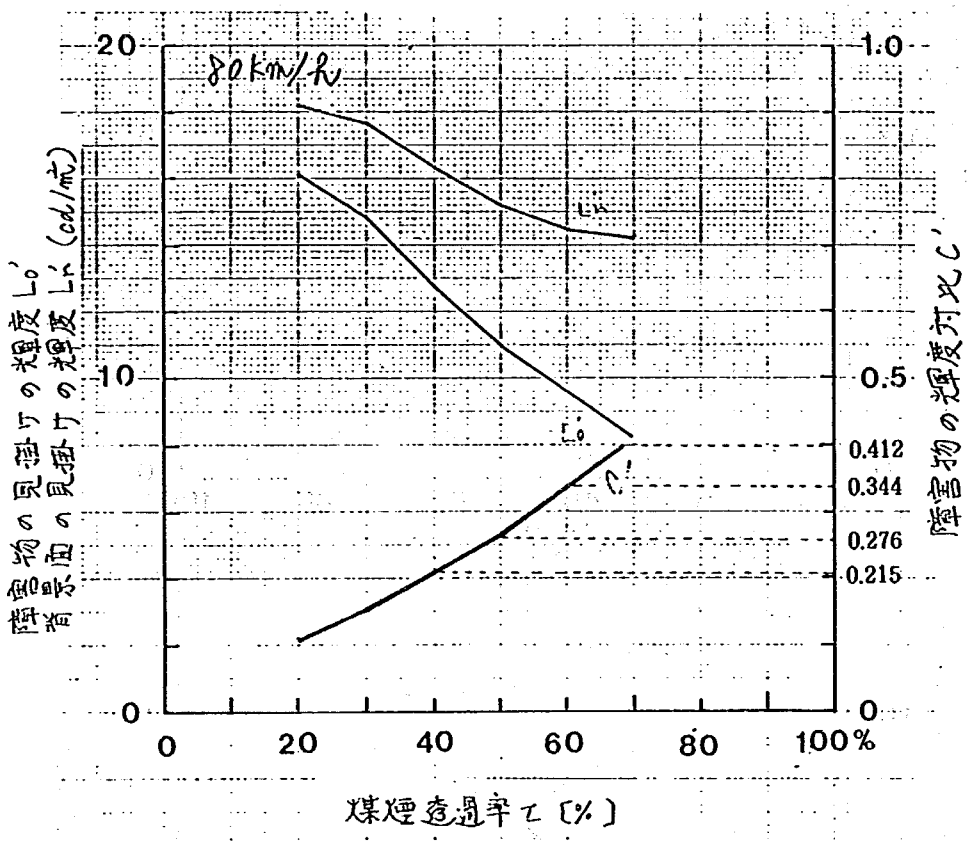
図 4.15(e)　障害物の輝度対比C′の計算結果



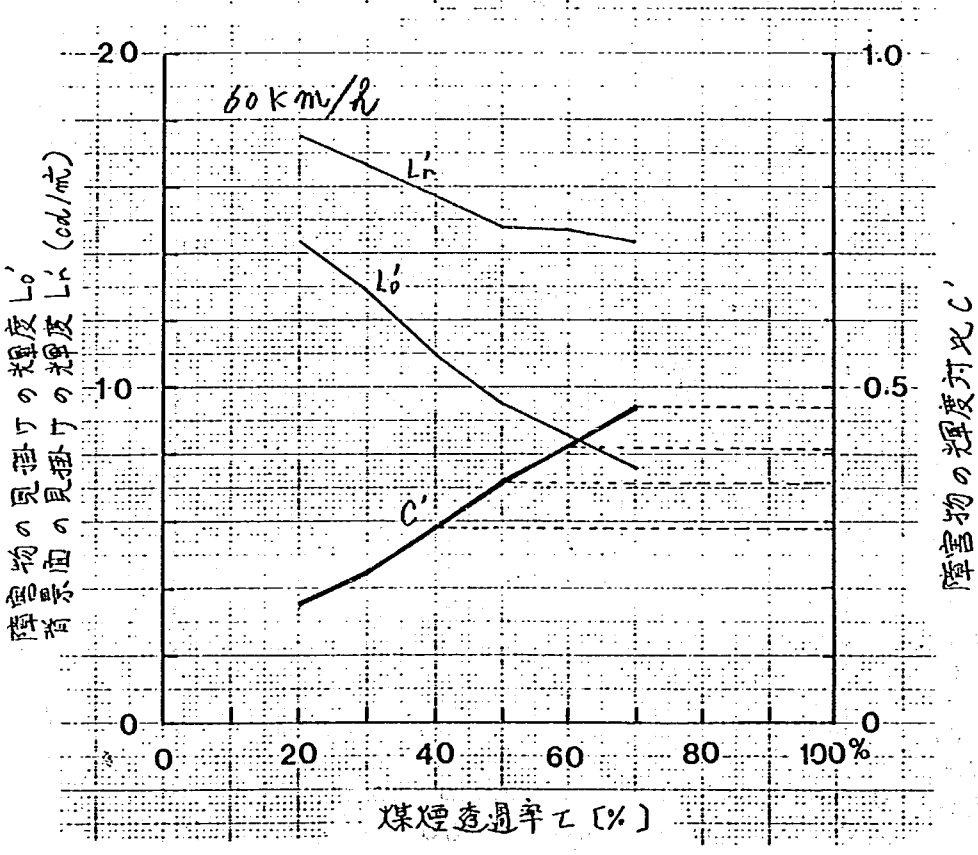
光　源：蛍　光　灯
発生源：小型ディーゼル発電機
反射率：30(%)

図 4.15(f)　障害物の輝度対比C′の計算結果

(1)



(2)



光　源：低圧ナトリウム灯
発生源：ディーゼルトラック
反射率：30〔%〕

図 4.15(g)　障害物の輝度対比C′の計算結果

(3)

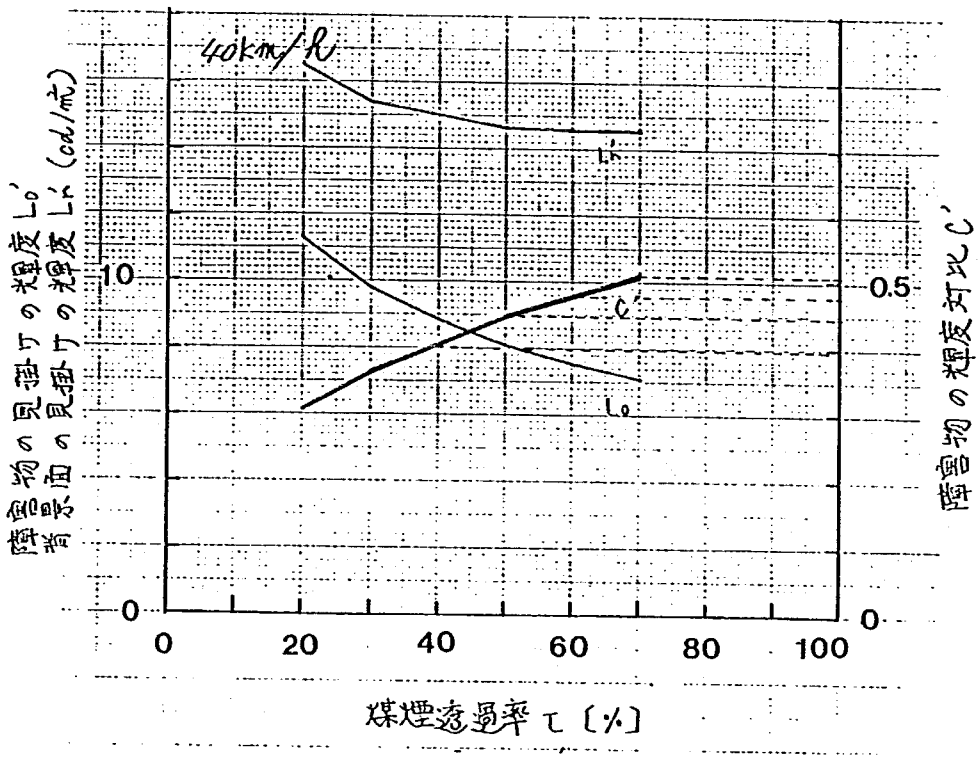
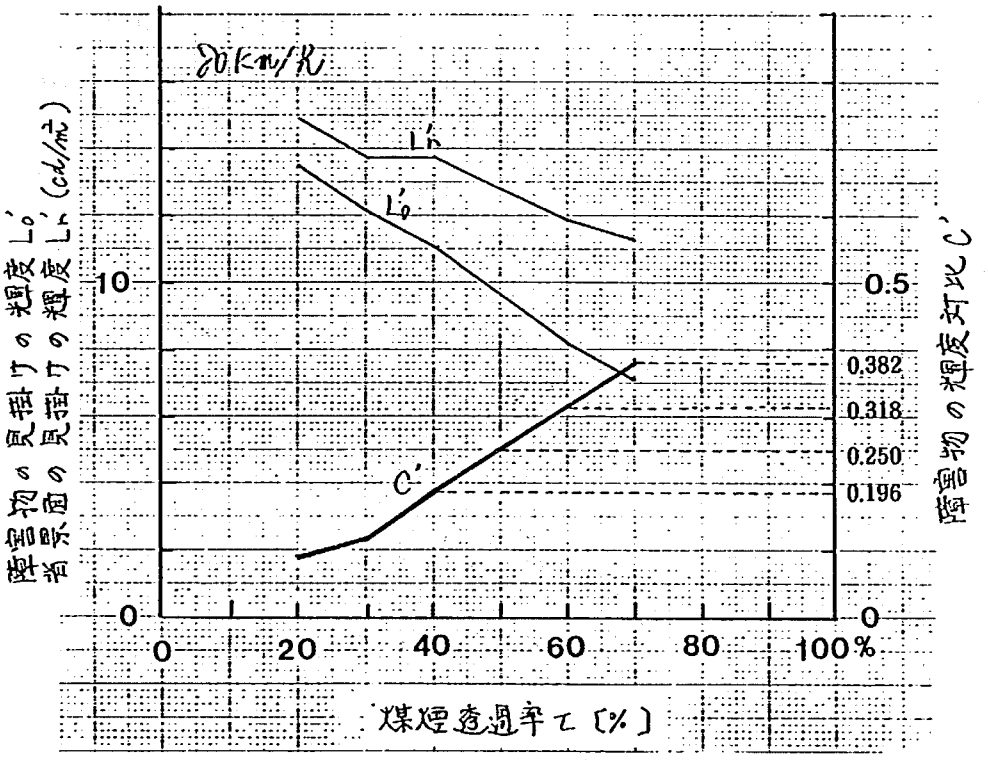


図 4.15(g)　障害物の輝度対比C′の計算結果

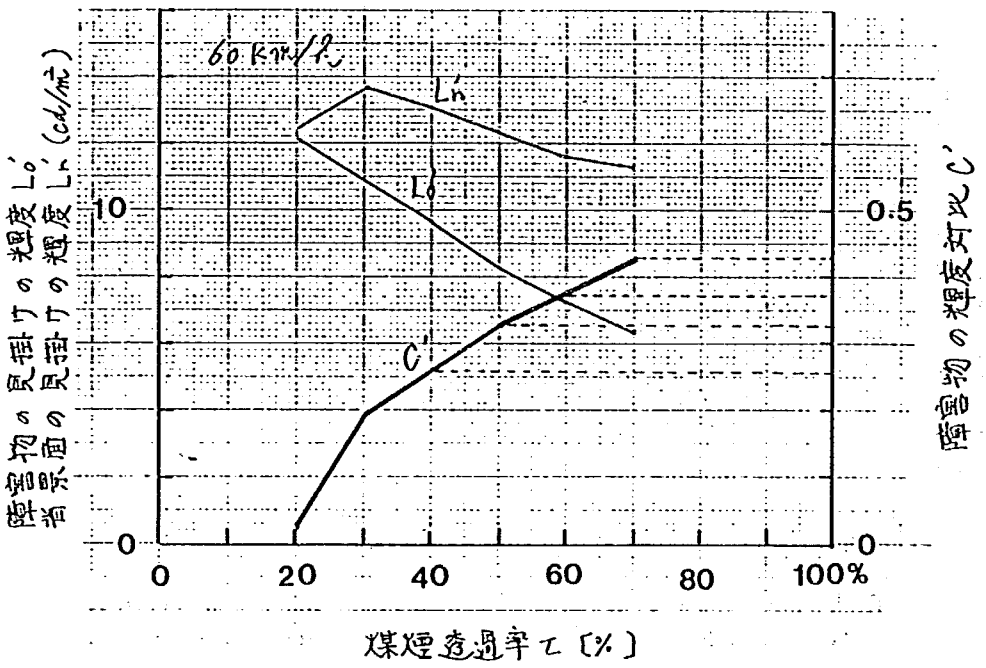
(1)



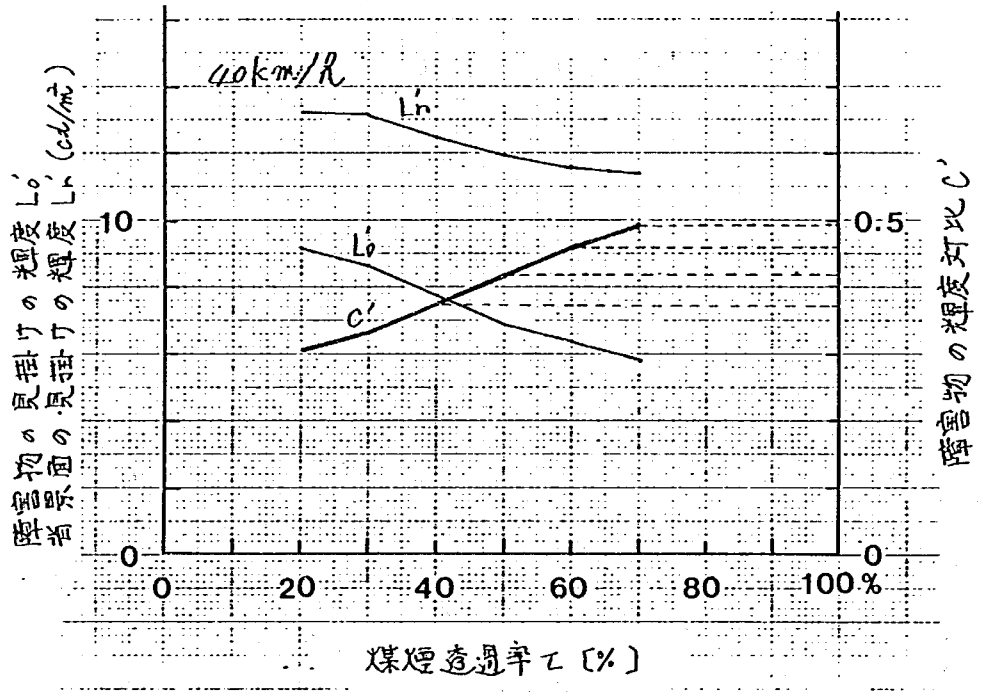
光　源：蛍 光 灯
発生源：ディーゼルトラック
反射率：30〔%〕

図 4.15(h)　障害物の輝度対比C′の計算結果

(2)



(3)



光　源：蛍 光 灯
発生源：ディーゼルトラック
反射率：30〔%〕

図 4.15(h)　障害物の輝度対比C′の計算結果

4. 6. 4　運転者の眼の輝度対比弁別いき

等価光幕輝度Lev，L'rの測定結果をもとに，例えば走行速度から80 km/h，使用光源が低圧ナトリウム灯，路面輝度 Lr が45 cd/m²の場合についで煤煙透過率 τ が20 ～ 100 %における輝度対比弁別いきを3. 3節に従って計算した結果を表4.26(a)～(h)に示す。表の(a)の 80 km/h について図示すると図4.16のようになる。

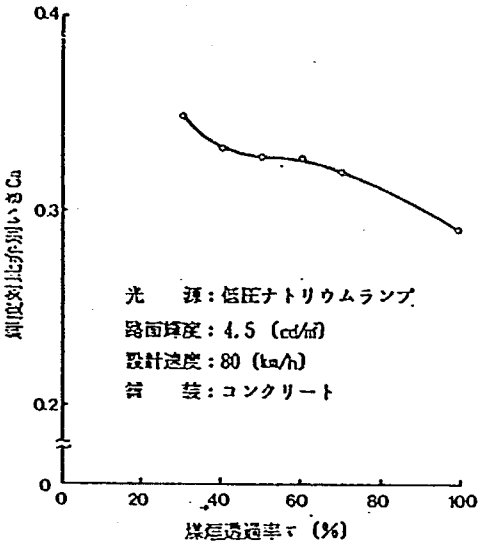


図4.16　トンネル照明下での運転者の目の輝度対比弁別いき Ca

同図から煤煙透過率 τ が低下するにしたがって，運転者の目の輝度対比弁別いきの値は上昇することにより高い輝度対比がないと弁別できなくなることがわかる。

3. 3節にのべたように実験室における輝度対比弁別いき Camin は実際トンネルにおける輝度対比弁別いき Ca とあわせるためにフィルトファクターを乗ずる必要がある。しかし，現状においては十分な程度でこのための値を定めることは困難である。そこで，現在用いられている照明設計基準を一つのよりどころとしてkの値を定めることを考えてみる。

低圧ナトリウム灯における見え方に関する過去の実験的研究によれば，設計速度が80 km/h，煤煙透過率が50%，コンクリート舗装の場合，60 ℓx の路面の水平面照度が必要とされている。照明器具から路面までの距離が5〔m〕前後であり，この間の煤煙による光の減衰はほぼ無視できる（表4. 5）ため，設計照度（清浄大気中での照度）も60 ℓx である。

これをもとに，トンネル照明設計指針などでは照度－輝度換算係数，コンクリート舗装では13 ℓx /cd / m²を介して，トンネルにおける所要路面輝度 Lr＝4.5 cd/m² が規定されている。

このことから，τ が50%Lrが4.5 cd/m² の条件を，障害物の識別が可能な限界であると仮定してkを定めることにした。このことは図4.16のCamin にkを乗じて得られる Ca の特性曲線と図4.15のC'の特性曲線とがT＝50%の点で交差することを意味している。これを図示したのが図4.17である。

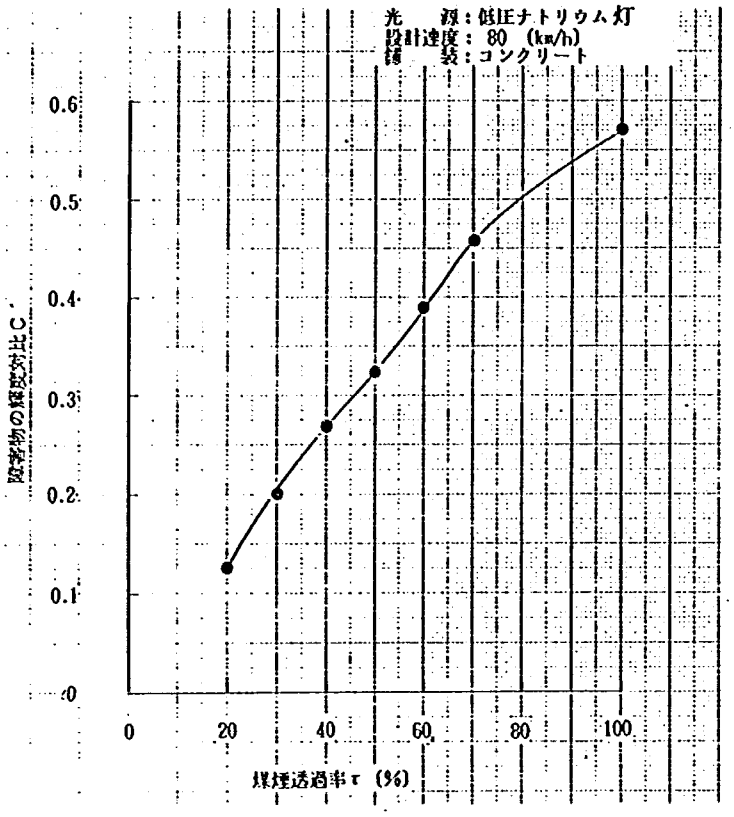


図 4.17　障害物の輝度対比C′と輝度対比弁別いきCaの関係

そして，この仮定が正しいものとすれば，図4.17において障害物を知覚することができない煤煙透過率とが50％以下の範囲においては，輝度対比弁別いきCaを障害物の輝度対比C′まで下げるために照明レベル（路面輝度）を高くする必要があり，また逆に煤煙透過率τが50％以上では，輝度対比弁別いきCaが障害物の輝度対比C′と等しくなるまで照明レベルを低くすることができることになる。なお，この場合kは，約12となった。

表 4. 26(a) 各煤煙濃度における算定結果 大型ディゼル発電機(a)(低圧ナトリウム灯)

走行速度 80 km/h

T%			L'r	Liter	Δlmin(1)	Δlmin(2)	Δlmin	FF	Ca	Cmin
100	1.0	16.6	16.6	17.6	0.066	0.606	0.668	16.63		
	0.27	4.48	4.48	4.75	0.042	0.170	0.212	12.03	0.29	
	0.8	13.28	13.28	14.08	0.060	0.420	0.480	—	0.22	—
	0.6	9.96	9.96	10.56	0.054	0.320	0.374		0.23	
	0.4	6.64	6.64	7.04	0.048	0.235	0.283		0.26	
	0.2	3.32	3.32	3.52	0.039	0.135	0.174		0.32	
	0.1	1.66	1.66	1.76	0.033	0.078	0.111		0.41	
70	1.0	16.6	13.18	14.26	0.069	0.434	0.483	13.27		
	0.27	4.48	3.56	3.75	0.040	0.146	0.186	8.68	0.320	
	0.8	13.28	10.64	11.41	0.055	0.360	0.415	6.15	0.236	
	0.6	9.96	7.91	8.66	0.050	0.276	0.326		0.263	
	0.4	6.64	5.27	5.70	0.044	0.20	0.244		0.285	
	0.2	3.32	2.64	2.85	0.037	0.115	0.152		0.35	
	0.1	1.66	1.32	1.48	0.032	0.066	0.098		0.45	
60	1.0	16.6	12.48	13.66	0.058	0.4	0.458	10.68		
	0.27	4.48	3.37	3.66	0.038	0.14	0.178	7.37	0.327	
	0.8	13.28	9.98	10.84	0.054	0.33	0.384		0.236	
	0.6	9.96	7.48	8.13	0.049	0.265	0.314		0.258	
	0.4	6.64	6.01	6.42	0.044	0.190	0.234		0.28	
	0.2	3.32	2.50	2.71	0.036	0.111	0.147		0.36	
	0.1	1.66	1.25	1.36	0.031	0.064	0.095		0.46	
50	1.0	16.6	12.06	13.1	0.078	0.382	0.46	8.82	0.229	
	0.27	4.48	3.26	3.54	0.038	0.136	0.174	6.15	0.328	
	0.8	13.28	9.65	10.48	0.054	0.320	0.374	8.60	0.238	
	0.6	9.96	7.24	7.86	0.048	0.256	0.304	7.83	0.25	
	0.4	6.64	4.82	5.24	0.044	0.190	0.234	6.79	0.29	
	0.2	3.32	2.41	2.62	0.036	0.110	0.146	6.41	0.37	
	0.1	16.6	1.21	1.31	0.31	0.062	0.93	4.30	0.47	
40	1.0	16.6	11.5	12.5	0.064	0.372	0.438	6.94		
	0.27	4.48	3.11	3.38	0.038	0.130	0.168	4.76	0.332	
	0.8	13.28	9.20	10.0	0.053	0.310	0.363		0.263	
	0.6	9.96	6.90	7.5	0.048	0.250	0.298		0.266	
	0.4	6.64	4.60	5.0	0.043	0.180	0.223		0.28	
	0.2	3.33	2.30	2.5	0.036	0.130	0.166		0.44	
	0.1	1.66	1.15	1.3	0.031	0.061	0.092		0.49	
30	1.0	16.6	10.5	11.46	0.055	0.36	0.405	4.99		
	0.27	4.48	2.84	3.09	0.038	0.123	0.161	3.42	0.348	
	0.8	13.28	8.4	9.17	0.051	0.270	0.321		0.238	
	0.6	9.96	6.3	6.88	0.047	0.232	0.279		0.27	
	0.4	6.64	4.2	4.58	0.042	0.170	0.212		0.31	
	0.2	3.33	2.1	2.29	0.035	0.097	0.132		0.387	
	0.1	1.66	1.1	1.15	0.031	0.056	0.087		0.48	

走行速度 60 km/h

T%	L'r	Liter	Δlmin(1)	Δlmin(2)	Δlmin	FF	Ca	Cmin
100	16.6	17.6						
	4.48	4.75	0.042	0.170	0.212	12.03	0.287	
	13.28	14.08	0.058	0.42	0.48		0.222	
	9.96	10.56	0.054	0.32	0.374		0.231	
	6.64	7.04	0.047	0.25	0.297		0.275	
	3.32	3.52	0.039	0.135	0.174		0.322	
	1.66	1.76	0.033	0.076	0.109		0.404	
70	14.14	15.22	0.049	0.040	0.092		0.140	
	3.82	4.11	0.04	0.155	0.185	9.64	0.314	
	11.31	12.18	0.055	0.37	0.425		0.231	
	8.48	9.13	0.050	0.27	0.320		0.222	
	5.56	6.09	0.045	0.195	0.240		0.265	
	2.83	3.04	0.037	0.115	0.152		0.330	
	1.41	1.52	0.032	0.068	0.100		0.436	
60	13.51	14.67	0.058	0.40	0.458		0.214	
	3.65	3.93	0.04	0.150	0.190	8.58	0.32	
	11.81	11.66	0.055	0.33	0.385		0.219	
	8.11	8.74	0.049	0.26	0.309		0.234	
	5.40	5.83	0.045	0.18	0.225		0.256	
	2.70	2.91	0.033	0.11	0.143		0.326	
	1.35	1.46	0.031	0.068	0.099		0.451	
50	13.01	14.05	0.059	0.41	0.46		0.215	
	3.51	3.79	0.04	0.146	0.186	7.62	0.320	
	10.41	11.24	0.055	0.342	0.397	10.60	0.23	
	7.81	8.43	0.05	0.275	0.325	9.63	0.25	
	5.20	5.62	0.044	0.200	0.244	8.52	0.28	
	2.60	2.81	0.037	0.114	0.151	6.89	0.35	
	1.30	1.41	0.032	0.066	0.098	5.31	0.46	
40	12.52	13.52	0.057					
	3.38	3.65	0.038	0.140	0.178	6.60	0.336	
	11.02	11.82	0.038	0.224	0.260		0.48	
	7.51	8.11	0.049	0.25	0.299		0.245	
	5.01	5.41	0.042	0.19	0.232		0.285	
	2.50	2.70	0.036	0.12	0.156		0.304	
	1.25	1.35	0.031	0.05	0.081		0.399	
30	11.67	12.63	0.055	0.38	0.435		0.231	
	3.12	3.38	0.038	0.130	0.168	6.27	0.331	
	9.26	11.02	0.052	0.32	0.372		0.247	
	6.94	7.62	0.048	0.25	0.298		0.264	
	4.63	5.01	0.043	0.18	0.223		0.296	
	2.31	2.51	0.035	0.105	0.140		0.373	
	1.16	1.25	0.031	0.056	0.087		0.461	

走行速度 40 km/h

T%	L'r	Liter	Δlmin(1)	Δlmin(2)	Δlmin	FF	Ca	Cmin
100	16.6	17.6						
	4.48	4.76	0.042	0.17	0.212	12.03	0.281	
	13.28	14.08	0.049	0.42	0.469		0.217	
	9.96	10.56	0.054	0.32	0.374		0.231	
	6.64	7.04	0.049	0.25	0.317		0.275	
	3.32	3.52	0.039	0.135	0.174		0.322	
	1.66	1.76	0.030	0.078	0.176		0.352	
70	15.48	16.26	0.059	0.424	0.483		0.196	
	4.10	4.38	0.044	0.16	0.201		0.291	
	12.16	13.01	0.057	0.38	0.439		0.221	
	9.11	9.76	0.052	0.31	0.362		0.244	
	6.07	6.50	0.046	0.22	0.266		0.270	
	3.04	3.35	0.038	0.13	0.168		0.340	
	1.52	1.63	0.032	0.072	0.104		0.421	
60	14.71	15.77	0.010	0.45	0.510		0.213	
	3.97	4.26	0.044	0.16	0.201			
	11.77	12.12	0.055	0.37	0.425		0.222	
	8.83	9.46	0.050	0.29	0.340		0.237	
	5.88	6.31	0.045	0.22	0.265		0.277	
	2.94	3.15	0.033	0.12	0.153		0.320	
	1.47	1.58	0.031	0.70	0.731		3.058	
50	14.30	14.34	0.010	0.44	0.511		0.220	
	3.86	4.14	0.040	0.155	0.195	9.43	0.3	
	10.12	12.07	0.055	0.37	0.425		0.24	
	8.68	9.30	0.052	0.29	0.342		0.2	
	5.72	6.14	0.045	0.21	0.255		0.2	
	2.86	3.07	0.039	0.12	0.158		0.34	
	1.43	1.53	0.032	0.07	0.102		0.43	
40	13.91	14.81						
	3.73	4.00	0.15	0.040	0.190			
	11.65	11.95	0.055	0.34	0.395		0.220	
	9.29	8.89	0.050	0.27	0.320		0.237	
	5.63	5.92	0.044	0.20	0.244		0.272	
	2.76	2.96	0.037	0.12	0.157		0.350	
	1.38	1.48	0.032	0.068	0.100		0.466	
30	13.24	14.17	0.049	0.42	0.469		0.218	
	3.57	3.83	0.04	0.145	0.185		0.308	
	10.57	11.34	0.055	0.345	0.400		0.233	
	7.93	8.50	0.049	0.27	0.319		0.267	
	5.28	5.67	0.042	0.15	0.193		0.278	
	2.64	2.84	0.037	0.115	0.152		0.353	
	1.32	1.42	0.033	0.068	0.100		0.466	

表 4.26(b) 各煤煙濃度における算定結果 大型ディゼル発電機(a)(蛍光灯)

走行速度 80 km/h

Tc%		Lr	L'r	L'r+Lo	ΔLgair(1)	ΔLgair(2)	ΔLair	FF	Ca	Cmin
100	1.0	11.4	11.4	12.2	0.0512	0.358	0.424	15.33	0.229	
	0.8	9.12	9.12	9.76	0.0528	0.31	0.363		0.257	
	0.6	6.84	6.84	7.32	0.0478	0.241	0.289		0.262	
	0.38	4.5	4.5	4.82	0.0422	0.174	0.216	11.80	0.28	
	0.2	2.28	2.28	2.44	0.0358	0.10	0.136		0.370	
	0.1	1.14	1.14	1.12	0.0308	0.056	0.087		0.470	
	0.05	0.57								
70	1.0	11.4	9.18	10.03	0.053	0.315	0.368	11.82	0.44	
	0.8	9.12	7.34	8.02	0.05	0.26	0.31		0.262	
	0.6	6.84	5.51	6.02	0.046	0.22	0.266		0.300	
	0.38	4.5	3.63	3.96	0.04	0.149	0.189	8.41	0.51	
	0.2	2.28	1.84	2.01	0.034	0.086	0.14		0.473	
	0.1	1.14	0.92	1.0	0.03	0.05	0.08		0.610	
	0.05									
60	1.0	11.4	8.67	9.41	0.052	0.295	0.347	9.39	0.296	
	0.8	9.12	6.87	7.53	0.049	0.24	0.289		0.261	
	0.6	6.84	5.41	5.65	0.045	0.19	0.235		0.270	
	0.38	4.5	3.39	3.72	0.0392	0.142	0.181	7.13	0.29	
	0.2	2.28	1.71	1.87	0.03	0.082	0.112		0.407	
	0.1	1.14	0.86	0.94	0.03	0.49	0.52		3.755	
	0.05	0.57								
50	1.0	11.4	8.04	8.87	0.050	0.285	0.335	7.70	0.26	
	0.8	9.12	6.43	7.10	0.047	0.235	0.282	7.30	0.27	
	0.6	6.84	4.82	5.32	0.043	0.190	0.233	6.65	0.30	
	0.38	4.5	3.18	3.50	0.039	0.135	0.174	6.86	0.34	
	0.2	2.28	1.61	1.77	0.033	0.08	0.113	4.60	0.43	
	0.1	1.14	0.80	0.89	0.029	0.046	0.075	3.47	0.58	
	0.05	0.57	0.40	0.44	0.0272	0.0236	0.051	2.55	0.78	
40	1.0	11.4	7.65	8.46	0.050	0.275	0.325	6.0	0.26	
	0.8	9.12	6.12	6.12	0.046	0.212	0.258		0.262	
	0.6	6.84	4.59	4.59	0.042	0.16	0.202		0.273	
	0.38	4.5	3.02	3.34	0.0381	0.13	0.168	4.58	0.34	
	0.2	2.28	1.53	1.53	0.032	0.053	0.085		0.345	
	0.1	1.14	0.77	0.85	0.029	0.08	0.11		0.887	
	0.05	0.57								
30	1.0	11.4	7.08	7.88	0.049	0.26	0.309	4.21	0.268	
	0.8	9.12	5.67	6.30	0.046	0.22	0.266		0.291	
	0.6	6.84	4.25	4.73	0.042	0.17	0.212		0.310	
	0.38	4.5	2.80	3.11	0.037	0.124	0.161	3.17	0.365	
	0.2	2.28	1.42	1.58	0.032	0.05	0.082		0.359	
	0.1	1.14	0.71	0.79	0.096	0.04	0.136		1.190	
	0.05	0.57								
20	1.0	11.4	6.16	6.91	0.047	0.23	0.277	3.18	0.07	
	0.8	9.12	4.93	5.53	0.044	0.19	0.234		0.295	
	0.6	6.84	3.70	4.15	0.032	0.155	0.187		0.314	
	0.38	4.5	2.43	2.73	0.036	0.112	0.148	2.36	0.378	
	0.2	2.28	1.23	1.38		0.06				
	0.1	1.14	0.62	0.69		0.036				
	0.05	0.57								

走行速度 60 km/h

Tc%		L'r	L'r+Lo	ΔLgair(1)	ΔLgair(2)	ΔLair	FF	Ca	Cmin
100	1.0	11.4	12.2	0.066	0.358	0.424	15.33	0.229	
	0.8	9.12	9.76	0.0528	0.31	0.363		0.347	
	0.6	6.84	7.32	0.0478	0.241	0.289		0.262	
	0.38	4.56	4.88	0.0424	0.17	0.212		0.289	
	0.2	2.3	2.46	0.0318	0.101	0.137	9.56	0.366	
	0.1	1.14	1.22	0.0308	0.057	0.088		0.388	
	0.05	0.57	0.61	0.0281	0.032	0.060		0.664	
70	1.0	9.78	10.13	0.054	0.32	0.374	12.78	0.237	
	0.8	7.82	8.50	0.051	0.275	0.326		0.359	
	0.6	5.87	6.38	0.046	0.215	0.261		0.276	
	0.38	3.91	4.25	0.041	0.16	0.201		0.346	
	0.2	1.88	2.15	0.034	0.092	0.126	7.70	0.398	
	0.1	0.98	1.06	0.03	0.05	0.08		0.607	
	0.05	0.49	0.53	0.028	0.026	0.054		0.694	
60	1.0	9.24	10.08	0.053	0.31	0.363	11.16	0.244	
	0.8	7.36	8.06	0.05	0.26	0.31		0.262	
	0.6	5.54	6.05	0.046	0.21	0.256		0.287	
	0.38	3.70	4.03	0.041	0.51	0.551		0.935	
	0.2	1.87	2.04	0.034	0.088	0.122	6.72	0.4	
	0.1	0.92	1.01	0.05	0.03	0.08		0.600	
	0.05	0.46	0.50	0.028	0.026	0.054		0.721	
50	1.0	8.76	9.59	0.052	0.30	0.352	9.72	0.260	
	0.8	7.01	7.67	0.048	0.251	0.299	9.16	0.265	
	0.6	5.26	5.75	0.0444	0.201	0.245	8.37	0.299	
	0.38	3.50	3.86	0.038	0.146	0.186	7.37	0.330	
	0.2	1.77	1.94	0.0338	0.084	0.118	5.85	0.414	
	0.1	0.88	0.96	0.0296	0.0484	0.078	4.36	0.550	
	0.05	0.44	0.48	0.0276	0.0258	0.053	3.21	0.748	
40	1.0	8.32	9.13	0.051	0.29	0.341	8.30	0.265	
	0.8	6.66	7.30	0.048	0.24	0.288		0.289	
	0.6	4.99	5.48	0.04	0.19	0.23		0.286	
	0.38	3.33	3.65	0.04	0.14	0.18		0.336	
	0.2	1.68	1.84	0.032	0.081	0.114	6.0	0.412	
	0.1	0.83	0.91	0.03	0.082	0.112		0.838	
	0.05	0.42	0.46	0.027	0.026	0.052		0.769	
30	1.0	7.72	8.51	0.053	0.27	0.320	6.88	0.255	
	0.8	6.18	6.81	0.047	0.23	0.277		0.278	
	0.6	4.63	5.11	0.045	0.18	0.225		0.302	
	0.38	3.09	3.40	0.038	0.13	0.168		0.338	
	0.2	1.56	1.72	0.0324	0.077	0.11		0.438	
	0.1	0.77	0.85	0.029	0.046	0.075		0.605	
	0.05	0.39	0.43	0.027	0.03	0.057		0.928	
20	1.0	6.64	7.39	0.048	0.245	0.293	5.05	0.27	
	0.8	5.31	5.91	0.045	0.205	0.25		0.292	
	0.6	3.98	4.43	0.042	0.16	0.202		0.315	
	0.38	2.66	2.96	0.037	0.12	0.157		0.367	
	0.2	1.34	1.49	0.032	0.068	0.101	2.97	0.468	
	0.1	0.66	0.74	0.029	0.076	0.105		0.888	
	0.05	0.33	0.37	0.027	0.02	0.047		0.884	

走行速度 40 km/h

Tc%		L'r	L'r+Lo	ΔLgair(1)	ΔLgair(2)	ΔLair	FF	Ca	Cmin
100	1.0	11.4	12.12	0.062	0.358	0.424	15.33	0.227	
	0.8	9.12	9.76	0.055	0.31	0.363		0.243	
	0.6	6.84	7.32	0.047	0.34	0.389		0.257	
	0.38	4.56	4.88	0.0424	0.17	0.213		0.284	
	0.2	2.28	2.44	0.038	0.100	0.136		0.364	
	0.1	1.14	1.22	0.035	0.057	0.088		0.472	
	0.05	0.57	0.61	0.029	0.032	0.060		0.603	
70	1.0	10.36	11.20	0.055	0.34	0.398	13.87	0.233	
	0.8	8.28	8.96	0.053	0.29	0.343		0.242	
	0.6	6.21	6.72	0.047	0.235	0.272		0.268	
	0.38	4.14	4.48	0.043	0.165	0.207		0.306	
	0.2	2.07	2.24	0.035	0.092	0.127		0.375	
	0.1	1.04	1.12	0.031	0.052	0.083		0.488	
	0.05	0.52	0.56	0.028	0.026	0.055		0.646	
60	1.0	10.03	10.86	0.054	0.335	0.389	13.24	0.237	
	0.8	8.02	8.69	0.051	0.27	0.321		0.245	
	0.6	6.01	6.52	0.047	0.285	0.332		0.338	
	0.38	4.01	4.34	0.041	0.16	0.201		0.306	
	0.2	2.0	2.17	0.034	0.095	0.129		0.394	
	0.1	1.0	1.09	0.03	0.052	0.082		0.501	
	0.05	0.50	0.54	0.029	0.026	0.055		0.650	
50	1.0	9.15	10.48	0.054	0.32	0.374	0.67	0.237	
	0.8	7.72	8.38	0.05	0.269	0.319	11.38	0.252	
	0.6	5.79	6.31	0.048	0.214	0.260	10.92	0.274	
	0.38	3.86	4.19	0.041	0.155	0.196	9.69	0.310	
	0.2	1.93	2.10	0.034	0.09	0.124	7.66	0.393	
	0.1	0.97	1.05	0.03	0.052	0.082	5.73	0.57	
	0.05	0.48	0.52	0.029	0.0279	0.057	4.21	0.726	
40	1.0	9.20	10.01	0.054	0.31	0.364	11.73	0.242	
	0.8	7.36	8.01	0.05	0.26	0.31		0.257	
	0.6	5.52	6.01	0.046	0.22	0.266		0.294	
	0.38	3.68	4.0	0.041	0.15	0.191		0.317	
	0.2	1.84	2.0	0.034	0.086	0.12		0.398	
	0.1	0.92	1.0	0.03	0.05	0.08		0.522	
	0.05	0.46	0.50	0.028	0.0266	0.055		0.731	
30	1.0	8.72	9.51	0.052	0.30	0.352	10.65	0.247	
	0.8	6.98	7.61	0.049	0.25	0.299		0.262	
	0.6	5.23	5.71	0.045	0.20	0.245		0.287	
	0.38	3.49	3.80	0.04	0.146	0.186		0.326	
	0.2	1.74	1.90	0.034	0.085	0.119		0.448	
	0.1	0.87	0.95	0.03	0.048	0.078		0.548	
	0.05	0.44	0.48	0.028	0.026	0.054		0.760	
20	1.0	7.95	8.70	0.050	0.28	0.330	8.91	0.254	
	0.8	6.36	6.96	0.048	0.234	0.282		0.271	
	0.6	4.77	5.22	0.044	0.185	0.229		0.293	
	0.38	3.18	3.48	0.039	0.135	0.174		0.334	
	0.2	1.59	1.74	0.033	0.075	0.108		0.445	
	0.1	0.80	0.87	0.03	0.044	0.074		0.616	
	0.05	0.40	0.44	0.028	0.026	0.054		0.825	

表 4.26(c) 各煤煙濃度における算定結果 大型ディゼル発電機(b)(低圧ナトリウム灯)

	走行速度 80km/h										走行速度 60km/h								走行速度 40km/h							
E%		Lr	L'r	L'r+Lv	ΔLmin (1)	ΔLmin (2)	ΔLmin	FF	Ca	Cmin	L'r	L'r+Lv	ΔLmin (1)	ΔLmin (2)	ΔLmin	FF	Ca	Cmin	L'r	L'r+Lv	ΔLmin (1)	ΔLmin (2)	ΔLmin	FF	Ca	Cmin
100	1.0	15.4	15.4	16.5	0.064	0.49	0.554		0.220		15.4	16.5	0.064	0.49	0.554		0.220		15.4	16.5	0.064	0.49	0.554		0.220	
	0.29	4.50	4.50	4.79	0.043	0.17	0.213		0.289		4.50	4.79	0.043	0.17	0.213		0.289		4.50	4.79	0.043	0.17	0.213		0.289	
	0.8	12.3	12.3	13.2	0.06	0.4	0.460		0.229		12.3	13.2	0.06	0.4	0.460		0.229		12.3	13.2	0.06	0.4	0.46		0.229	
	0.6	9.24	9.24	9.9	0.054	0.31	0.364		0.241		9.24	9.9	0.054	0.31	0.364		0.241		9.24	9.9	0.054	0.31	0.364		0.241	
	0.4	6.14	6.14	6.6	0.047	0.23	0.277		0.276		6.14	6.6	0.047	0.23	0.277		0.276		6.14	6.6	0.047	0.23	0.277		0.276	
	0.2	3.08	3.08	3.3	0.039	0.13	0.169		0.335		3.08	3.3	0.039	0.13	0.169		0.335		3.08	3.3	0.039	0.13	0.169		0.335	
	0.1	1.54	1.54	1.65	0.033	0.075	0.108		0.428		1.54	1.65	0.033	0.075	0.108		0.428		1.54	1.65	0.033	0.075	0.108		0.428	
70	1.0	15.4	12.5	13.6	0.059	0.49	0.554		0.271		13.1	14.2	0.06	0.42	0.48		0.224		14.0	15.1	0.062	0.46	0.522		0.228	
	0.29	4.50	3.63	3.94	0.04	0.15	0.190		0.320		3.8	4.12	0.041	0.15	0.191		0.307		4.06	4.38	0.042	0.16	0.202		0.304	
	0.8	12.3	10.0	10.9	0.055	0.34	0.395		0.241		10.5	11.4	0.056	0.35	0.406		0.236		11.2	12.1	0.057	0.37	0.427		0.233	
	0.6	9.24	7.5	8.16	0.05	0.27	0.320		0.261		7.86	8.52	0.051	0.28	0.331		0.257		8.4	9.06	0.052	0.29	0.342		0.249	
	0.4	6.14	5.0	5.44	0.044	0.19	0.234		0.286		5.24	5.68	0.045	0.2	0.245		0.294		5.6	6.04	0.046	0.21	0.256		0.277	
	0.2	3.08	2.5	2.72	0.036	0.11	0.146		0.357		2.62	2.84	0.037	0.11	0.147		0.343		2.8	3.02	0.038	0.12	0.158		0.316	
	0.1	1.54	1.25	1.36	0.032	0.064	0.096		0.469		1.31	1.42	0.032	0.065	0.097		0.452		1.4	1.51	0.032	0.07	0.102		0.45	
60	1.0	15.4	11.9	13.0	0.058	0.39	0.448		0.230		12.6	13.7	0.06	0.41	0.47		0.228		13.8	14.9	0.061	0.45	0.511		0.226	
	0.29	4.50	3.45	3.77	0.04	0.14	0.180		0.319		3.65	3.97	0.04	0.15	0.190		0.318		4.00	4.32	0.042	0.16	0.202		0.309	
	0.8	12.3	9.52	10.4	0.054	0.33	0.384		0.246		10.1	11.0	0.055	0.34	0.395		0.239		11.0	11.9	0.057	0.37	0.427		0.237	
	0.6	9.24	7.14	7.8	0.05	0.26	0.310		0.265		7.56	8.22	0.05	0.26	0.310		0.251		8.28	8.94	0.052	0.28	0.332		0.245	
	0.4	6.14	4.76	5.2	0.044	0.19	0.234		0.300		5.04	5.48	0.044	0.19	0.234		0.284		5.52	5.96	0.046	0.21	0.256		0.283	
	0.2	3.08	2.38	2.6	0.036	0.11	0.146		0.378		2.52	2.74	0.036	0.11	0.146		0.354		2.76	2.98	0.038	0.12	0.158		0.350	
	0.1	1.54	1.19	1.3	0.032	0.064	0.096		0.483		1.26	1.37	0.032	0.064	0.096		0.466		1.38	1.49	0.032	0.07	0.102		0.452	
50	1.0	15.4	11.7	12.9	0.058	0.39	0.448		0.234		12.3	13.5	0.059	0.41	0.469		0.233		13.5	14.7	0.061	0.44	0.50		0.227	
	0.29	4.50	3.39	3.74	0.04	0.14	0.180		0.324		3.57	3.92	0.04	0.15	0.19		0.325		3.92	4.36	0.042	0.16	0.202		0.315	
	0.8	12.3	9.36	10.3	0.054	0.33	0.384		0.251		9.84	10.8	0.055	0.34	0.395		0.245		10.8	11.8	0.057	0.37	0.427		0.242	
	0.6	9.24	7.02	7.74	0.05	0.25	0.300		0.261		7.38	8.1	0.05	0.26	0.310		0.257		8.1	8.82	0.052	0.28	0.332		0.250	
	0.4	6.14	4.68	5.16	0.044	0.19	0.234		0.306		4.92	5.4	0.044	0.19	0.234		0.291		5.4	5.88	0.046	0.21	0.256		0.290	
	0.2	3.08	2.34	2.58	0.036	0.11	0.146		0.381		2.46	2.7	0.036	0.11	0.146		0.363		2.7	2.94	0.038	0.12	0.158		0.358	
	0.1	1.54	1.17	1.29	0.032	0.06	0.092		0.490		1.23	1.35	0.032	0.064	0.096		0.477		1.35	1.47	0.032	0.07	0.102		0.462	
40	1.0	15.4	11.3	12.5	0.058	0.38	0.438		0.237		11.9	13.1	0.058	0.40	0.458		0.235		13.1	14.3	0.06	0.42	0.48		0.224	
	0.29	4.50	3.28	3.63	0.04	0.14	0.18		0.335		3.45	3.8	0.04	0.15	0.190		0.336		3.8	4.15	0.042	0.16	0.202		0.325	
	0.8	12.3	9.04	10.0	0.054	0.32	0.374		0.253		9.25	10.5	0.054	0.33	0.384		0.246		10.5	11.4	0.056	0.36	0.416		0.242	
	0.6	9.24	6.78	7.5	0.049	0.25	0.299		0.269		7.14	7.86	0.05	0.26	0.310		0.265		7.86	8.58	0.052	0.28	0.332		0.258	
	0.4	6.14	4.52	5	0.044	0.18	0.224		0.303		4.76	5.24	0.044	0.19	0.234		0.300		5.24	5.72	0.046	0.2	0.246		0.287	
	0.2	3.08	2.26	2.5	0.036	0.11	0.146		0.395		2.38	2.62	0.036	0.11	0.146		0.375		2.62	2.86	0.038	0.12	0.158		0.358	
	0.1	1.54	1.13	1.25	0.031	0.06	0.091		0.492		1.19	1.31	0.032	0.062	0.094		0.493		1.31	1.43	0.032	0.07	0.102		0.496	
30	1.0	15.4	11.0	12.2	0.057	0.37	0.427		0.237		11.5	12.7	0.058	0.38	0.438		0.233		12.7	13.9	0.06	0.42	0.48		0.231	
	0.29	4.50	3.19	3.54	0.039	0.135	0.174		0.333		3.34	3.68	0.04	0.14	0.180		0.329		3.68	4.03	0.041	0.15	0.19		0.315	
	0.8	12.3	8.8	9.76	0.054	0.31	0.364		0.253		9.2	10.2	0.054	0.32	0.374		0.248		10.2	11.1	0.056	0.34	0.4		0.240	
	0.6	9.24	6.6	7.32	0.048	0.24	0.288		0.267		6.9	7.62	0.05	0.25	0.300		0.266		7.62	8.34	0.051	0.27	0.32		0.257	
	0.4	6.14	4.4	4.88	0.044	0.18	0.224		0.311		4.6	5.08	0.044	0.18	0.224		0.298		5.08	5.56	0.045	0.2	0.245		0.301	
	0.2	3.08	2.2	2.44	0.036	0.1	0.136		0.378		2.3	2.54	0.036	0.11	0.146		0.388		2.54	2.78	0.037	0.11	0.15		0.361	
	0.1	1.54	1.1	1.22	0.031	0.057	0.088		0.489		1.15	1.27	0.031	0.062	0.093		0.494		1.27	1.39	0.032	0.065	0.097		0.467	
20	1.0	15.4	10.3	11.4	0.056	0.36	0.416		0.247		10.8	11.9	0.056	0.36	0.416		0.235		11.9	13.0	0.058	0.400	0.458		0.235	
	0.29	4.50	2.99	3.31	0.039	0.13	0.169		0.345		3.13	3.45	0.039	0.14	0.179		0.347		3.45	3.77	0.04	0.14	0.18		0.319	
	0.8	12.3	8.24	9.12	0.052	0.29	0.342		0.254		8.64	9.52	0.053	0.3	0.353		0.250		9.52	10.4	0.054	0.33	0.384		0.244	
	0.6	9.24	6.18	6.84	0.048	0.23	0.278		0.275		6.48	7.14	0.048	0.24	0.288		0.272		7.14	7.8	0.05	0.26	0.31		0.268	
	0.4	6.14	4.12	4.56	0.042	0.17	0.212		0.344		4.32	4.76	0.043	0.18	0.223		0.315		4.76	5.2	0.044	0.19	0.234		0.293	
	0.2	3.08	2.06	2.28	0.036	0.097	0.133		0.390		2.16	2.38	0.036	0.1	0.136		0.385		2.38	2.6	0.036	0.11	0.146		0.384	
	0.1	1.54	1.03	1.14	0.031	0.056	0.087		0.516		1.08	1.19	0.031	0.057	0.088		0.498		1.19	1.3	0.032	0.062	0.094		0.493	

表 4.26(d) 各煤煙濃度における算定結果 大型ディゼル発電機(b)(蛍光灯)

走行速度 80 km/h

C%		L_t	L'_r	L'_r+L_{ev}	$\Delta L_{gain}(U)$	$\Delta L_{gain}(S)$	ΔL_{min}	FF	C_a	C_{min}
100	1.0	11.4	11.4	12.4	0.068	0.38	0.438		0.292	
	0.395	4.50	4.50	4.90	0.044	0.18	0.224		0.378	
	0.8	9.12	9.12	9.92	0.054	0.31	0.364		0.302	
	0.6	6.84	6.84	7.44	0.049	0.25	0.299		0.332	
	0.4	4.56	4.56	4.96	0.044	0.18	0.224		0.373	
	0.2	2.28	2.28	2.48	0.036	0.105	0.141		0.409	
	0.1	1.14	1.14	1.24	0.031	0.058	0.089		0.593	
70	1.0	11.4	9.43	10.5	0.054	0.33	0.384		0.309	
	0.395	4.50	3.72	4.15	0.041	0.155	0.196		0.400	
	0.8	9.12	7.54	8.40	0.05	0.27	0.32		0.322	
	0.6	6.84	5.66	6.30	0.046	0.22	0.266		0.357	
	0.4	4.56	3.77	4.20	0.042	0.16	0.202		0.407	
	0.2	2.28	1.89	2.10	0.035	0.09	0.125		0.502	
	0.1	1.14	0.943	1.05	0.03	0.052	0.082		0.660	
60	1.0	11.4	9.43	10.5	0.054	0.33	0.384		0.309	
	0.395	4.50	3.72	4.15	0.041	0.155	0.196		0.400	
	0.8	9.12	7.54	8.40	0.05	0.27	0.32		0.322	
	0.6	6.84	5.66	6.30	0.046	0.22	0.266		0.357	
	0.4	4.56	3.77	4.20	0.042	0.16	0.202		0.407	
	0.2	2.28	1.89	2.10	0.035	0.09	0.125		0.502	
	0.1	1.14	0.943	1.05	0.03	0.052	0.082		0.660	
50	1.0	11.4	9.20	10.2	0.054	0.32	0.372		0.309	
	0.395	4.50	3.63	4.03	0.041	0.15	0.191		0.399	
	0.8	9.12	7.36	8.16	0.05	0.27	0.32		0.330	
	0.6	6.84	5.52	6.12	0.046	0.21	0.256		0.362	
	0.4	4.56	3.68	4.08	0.04	0.155	0.195		0.402	
	0.2	2.28	1.84	2.04	0.034	0.089	0.123		0.507	
	0.1	1.14	0.92	1.02	0.03	0.052	0.082		0.677	
40	1.0	11.4	9.16	10.2	0.054	0.32	0.374		0.310	
	0.395	4.50	3.62	4.03	0.041	0.15	0.191		0.400	
	0.8	9.12	7.33	8.16	0.05	0.27	0.32		0.331	
	0.6	6.84	5.50	6.12	0.046	0.21	0.256		0.363	
	0.4	4.56	3.66	4.08	0.04	0.155	0.195		0.404	
	0.2	2.28	1.83	2.04	0.034	0.089	0.123		0.510	
	0.1	1.14	0.916	1.02	0.03	0.052	0.082		0.679	
30	1.0	11.4	8.55	9.35	0.053	0.3	0.353		0.313	
	0.395	4.50	3.38	3.77	0.04	0.145	0.185		0.415	
	0.8	9.12	6.84	7.64	0.05	0.25	0.30		0.333	
	0.6	6.84	5.13	5.73	0.046	0.2	0.246		0.364	
	0.4	4.56	3.42	3.82	0.04	0.145	0.185		0.411	
	0.2	2.28	1.71	1.91	0.034	0.084	0.118		0.524	
	0.1	1.14	0.855	0.955	0.03	0.048	0.078		0.692	
20	1.0	11.4	8.14	9.13	0.052	0.29	0.342		0.318	
	0.395	4.50	3.22	3.61	0.04	0.14	0.18		0.424	
	0.8	9.12	6.51	7.30	0.048	0.24	0.288		0.336	
	0.6	6.84	4.88	5.48	0.045	0.196	0.24		0.373	
	0.4	4.56	3.26	3.65	0.04	0.14	0.18		0.419	
	0.2	2.28	1.63	1.83	0.034	0.083	0.116		0.540	
	0.1	1.14	0.814	0.913	0.03	0.046	0.076		0.709	

走行速度 60 km/h

C%		L'_r	L'_r+L_{ev}	$\Delta L_{gain}(U)$	$\Delta L_{gain}(S)$	ΔL_{min}	FF	C_a	C_{min}
100	1.0	11.4	12.4	0.058	0.38	0.438		0.291	
	0.395	4.50	4.90	0.043	0.175	0.218		0.367	
	0.8	9.12	9.92	0.053	0.31	0.363		0.302	
	0.6	6.84	7.44	0.046	0.255	0.301		0.334	
	0.4	4.56	4.96	0.043	0.18	0.223		0.371	
	0.2	2.28	2.48	0.036	0.105	0.141		0.469	
	0.1	1.14	1.24	0.031	0.058	0.089		0.592	
70	1.0	9.87	11.0	0.055	0.34	0.355		0.300	
	0.395	3.94	4.35	0.045	0.16	0.202		0.389	
	0.8	7.88	8.80	0.056	0.28	0.335		0.318	
	0.6	5.98	6.60	0.047	0.24	0.287		0.364	
	0.4	3.99	4.40	0.046	0.16	0.202		0.384	
	0.2	1.99	2.20	0.0335	0.094	0.127		0.484	
	0.1	0.997	1.10	0.031	0.05	0.081		0.470	
60	1.0	9.90	11.0	0.056	0.34	0.395		0.302	
	0.395	3.91	4.35	0.045	0.16	0.205		0.397	
	0.8	7.82	8.80	0.055	0.28	0.335		0.321	
	0.6	5.94	6.60	0.047	0.24	0.287		0.366	
	0.4	3.96	4.40	0.046	0.16	0.206		0.394	
	0.2	1.98	2.20	0.0335	0.094	0.127		0.486	
	0.1	0.990	1.10	0.031	0.05	0.081		0.620	
50	1.0	9.72	10.7	0.055	0.33	0.385		0.300	
	0.395	3.84	4.23	0.041	0.15	0.191		0.377	
	0.8	7.72	8.56	0.050	0.275	0.326		0.317	
	0.6	5.83	6.42	0.047	0.22	0.267		0.347	
	0.4	3.89	4.28	0.041	0.15	0.191		0.372	
	0.2	1.94	2.14	0.034	0.092	0.126		0.433	
	0.1	0.972	1.07	0.03	0.05	0.08		0.624	
40	1.0	9.51	10.5	0.054	0.33	0.384		0.306	
	0.395	3.76	4.15	0.040	0.155	0.195		0.393	
	0.8	7.61	8.40	0.050	0.26	0.31		0.309	
	0.6	5.71	6.30	0.047	0.21	0.257		0.341	
	0.4	3.80	4.20	0.042	0.15	0.192		0.383	
	0.2	1.90	2.10	0.034	0.092	0.126		0.503	
	0.1	0.951	1.05	0.03	0.05	0.08		0.638	
30	1.0	9.05	10.1	0.054	0.32	0.374		0.313	
	0.395	3.57	3.99	0.04	0.15	0.19		0.403	
	0.8	7.24	8.08	0.05	0.26	0.31		0.325	
	0.6	5.43	6.06	0.046	0.21	0.256		0.357	
	0.4	3.62	4.04	0.041	0.15	0.191		0.400	
	0.2	1.81	2.02	0.034	0.086	0.12		0.503	
	0.1	0.905	1.01	0.03	0.05	0.08		0.670	
20	1.0	8.55	9.54	0.053	0.3	0.383		0.339	
	0.395	3.38	3.77	0.036	0.14	0.176		0.390	
	0.8	6.84	7.63	0.049	0.25	0.299		0.331	
	0.6	5.13	5.72	0.047	0.19	0.237		0.350	
	0.4	3.42	3.82	0.04	0.14	0.18		0.399	
	0.2	1.71	1.91	0.034	0.086	0.12		0.532	
	0.1	0.855	0.954	0.03	0.046	0.076		0.674	

走行速度 [illegible]

C%		L'_r	L'_r+L_{ev}	$\Delta L_{gain}(U)$	$\Delta L_{gain}(S)$	ΔL_{min}	FF	C_a	C_{min}
100	1.0	11.4	12.4	0.058	0.38	0.438		0.291	
	0.395	4.50	4.90	0.043	0.175	0.218		0.019	
	0.8	9.12	9.92	0.054	0.31	0.364		0.303	
	0.6	6.84	7.44	0.048	0.255	0.314		0.326	
	0.4	4.56	4.96	0.043	0.18	0.223		0.371	
	0.2	2.28	2.48	0.045	0.105	0.15		0.499	
	0.1	1.14	1.24	0.030	0.056	0.086		0.672	
70	1.0	10.6	11.6	0.056	0.36	0.416		0.317	
	0.395	4.19	4.58	0.043	0.165	0.208		0.376	
	0.8	8.48	9.32	0.053	0.29	0.343		0.307	
	0.6	6.36	6.96	0.048	0.23	0.278		0.331	
	0.4	4.24	4.64	0.042	0.16	0.202		0.361	
	0.2	2.12	2.32	0.036	0.096	0.132		0.472	
	0.1	1.06	1.16	0.031	0.054	0.085		0.608	
60	1.0	10.5	11.5	0.056	0.36	0.416		0.300	
	0.395	4.15	4.54	0.043	0.165	0.208		0.380	
	0.8	8.40	9.20	0.052	0.29	0.342		0.318	
	0.6	6.30	6.90	0.048	0.23	0.278		0.334	
	0.4	4.20	4.60	0.042	0.165	0.207		[illegible]	
	0.2	2.10	2.30	0.036	0.095	0.131		0.473	
	0.1	1.05	1.15	0.031	0.056	0.087		0.628	
50	1.0	10.4	11.4	0.056	0.35	0.406		0.298	
	0.395	4.11	4.50	0.043	0.165	0.208		0.384	
	0.8	8.22	9.12	0.051	0.29	0.341		0.311	
	0.6	6.24	6.84	0.047	0.23	0.277		0.336	
	0.4	4.16	4.56	0.044	0.16	0.204		0.372	
	0.2	2.08	2.28	0.036	0.095	0.131		0.477	
	0.1	1.04	1.14	0.03	0.056	0.086		0.627	
40	1.0	10.2	11.2	0.055	0.35	0.405		0.301	
	0.395	4.03	4.42	0.042	0.16	0.58		1.091	
	0.8	8.16	8.96	0.05	0.28	0.33		0.307	
	0.6	6.12	6.72	0.047	0.23	0.277		0.343	
	0.4	4.08	4.48	0.042	0.165	0.207		0.388	
	0.2	2.04	2.24	0.036	0.092	0.128		0.476	
	0.1	1.02	1.12	0.031	0.052	0.083		0.671	
30	1.0	10.0	11.0	0.055	0.34	0.395		0.299	
	0.395	3.95	4.35	0.042	0.16	0.202		0.391	
	0.8	8.00	8.80	0.051	0.28	0.331		0.314	
	0.6	6.00	6.60	0.048	0.225	0.273		0.345	
	0.4	4.00	4.40	0.042	0.16	0.202		0.383	
	0.2	2.00	2.20	0.036	0.09	0.126		0.474	
	0.1	1.00	1.10	0.031	0.052	0.083		0.629	
20	1.0	9.45	10.4	0.054	0.33	0.384		0.308	
	0.395	3.73	4.11	0.041	0.15	0.191		0.388	
	0.8	7.56	8.32	0.05	0.27	0.32		0.321	
	0.6	5.67	6.24	0.046	0.215	0.261		0.379	
	0.4	3.78	4.16	0.041	0.145	0.186		0.393	
	0.2	1.89	2.08	0.035	0.09	0.125		0.501	
	0.1	0.945	1.04	0.03	0.05	0.08		0.642	

表 4.26(e) 各煤煙濃度における算定結果 小型ディゼル発電機（低圧ナトリウム灯）

τ%	走行速度 80 Km/h										走行速度 60 km/h								走行速度 40 km/h							
		Lr	L'r	L'r·lev	ΔLmin(1)	ΔLmin(2)	ΔLmin	FF	Ca	Cmin	L'r	L'r·lev	ΔLmin(1)	ΔLmin(2)	ΔLmin	FF	Ca	Cmin	L'r	L'r·lev	ΔLmin(1)	ΔLmin(2)	ΔLmin	FF	Ca	Cmin
100	1.0	15.4	15.4	16.5	0.064	0.48	0.544		0.188		15.4	16.5	0.064	0.48	0.544		0.188		15.4	16.5	0.064	0.48	0.544		0.188	
	0.29	4.50	4.47	4.79	0.043	0.17	0.213		0.263		4.47	4.79	0.043	0.17	0.213		0.264		4.47	4.79	0.043	0.17	0.213		0.264	
	0.8	12.3	12.32	13.2	0.058	0.4	0.458		0.199		12.32	13.2	0.058	0.4	0.458		0.141		12.32	13.2	0.058	0.4	0.458		0.141	
	0.6	9.24	9.24	9.90	0.054	0.312	0.366		0.212		9.24	9.90	0.054	0.312	0.366		0.211		9.24	9.90	0.054	0.312	0.366		0.211	
	0.4	6.14	6.16	6.60	0.047	0.224	0.271		0.236		6.16	6.60	0.047	0.224	0.271		0.234		6.16	6.60	0.047	0.224	0.271		0.234	
	0.2	3.08	3.08	3.30	0.038	0.13	0.168		0.291		3.08	3.30	0.038	0.13	0.168		0.291		3.08	3.30	0.038	0.13	0.168		0.291	
	0.1	1.54	1.54	1.65	0.033	0.076	0.107		0.371		1.54	1.65	0.033	0.074	0.107		0.370		1.54	1.65	0.33	0.074	0.434		0.398	
70	1.0	15.4	14.1	15.3	0.062	0.46	0.522		0.198		14.7	15.9	0.063	0.46	0.523		0.190		16.2	17.4	0.064	0.48	0.544		0.191	
	0.29	4.50	4.09	4.44	0.0432	0.163	0.205		0.268		4.36	4.61	0.042	0.17	0.212		0.265		4.41	4.76	0.043	0.17	0.213		0.267	
	0.8	12.3	11.3	12.4	0.0575	0.375	0.433		0.206		11.76	12.7	0.058	0.38	0.438		0.199		12.16	13.1	0.0582	0.4	0.458		0.201	
	0.6	9.24	8.46	9.18	0.052	0.292	0.344		0.217		8.82	9.54	0.053	0.3	0.353		0.213		9.12	9.84	0.054	0.32	0.374		0.219	
	0.4	6.14	5.64	6.12	0.046	0.21	0.266		0.242		5.88	6.36	0.0444	0.22	0.266		0.271		6.08	6.66	0.047	0.23	0.277		0.243	
	0.2	3.08	2.81	3.06	0.038	0.121	0.159		0.302		2.94	3.18	0.0382	0.13	0.168		0.305		3.04	3.38	0.0384	0.13	0.168		0.296	
	0.1	15.4	1.41	1.53	0.0322	0.070	0.102		0.386		1.47	1.59	0.0305	0.072	0.105		0.381		1.52	1.64	0.033	0.074	0.107		0.375	
60	1.0	15.4	14.7	15.9	0.063	0.46	0.523		0.190		15.1	16.3	0.064	0.48	0.544		0.192		15.6	16.8	0.064	0.49	0.554		0.189	
	0.29	4.50	4.26	4.61	0.0422	0.17	0.121		0.266		4.38	4.73	0.043	0.17	0.213		0.259		4.52	4.87	0.043	0.17	0.213		0.261	
	0.8	12.3	11.8	12.7	0.058	0.384	0.442		0.200		12.08	13.0	0.068	0.316	0.483		0.200		12.48	13.4	0.059	0.4	0.459		0.196	
	0.6	9.24	8.82	9.54	0.055	0.303	0.355		0.215		9.06	9.78	0.0538	0.31	0.364		0.214		9.36	10.1	0.054	0.32	0.374		0.213	
	0.4	6.14	5.88	6.36	0.0463	0.217	0.263		0.239		6.04	6.52	0.0444	0.22	0.264		0.233		6.24	6.72	0.048	0.25	0.298		0.258	
	0.2	3.08	2.94	3.18	0.038	0.126	0.164		0.298		3.02	3.26	0.038	0.13	0.168		0.297		3.12	3.36	0.039	0.13	0.169		0.289	
	0.1	1.54	1.47	1.59	0.033	0.072	0.104		0.378		1.51	1.63	0.033	0.074	0.107		0.378		1.56	1.68	0.033	0.076	0.109		0.372	
50	1.0	15.4	15.4	16.7	0.064	0.48	0.544		0.192		15.6	16.9	0.064	0.5	0.564		0.193		15.5	16.8	0.064	0.49	0.554		0.191	
	0.29	4.50	4.47	4.84	0.043	0.18	0.223		0.266		4.52	4.90	0.043	0.177	0.22		0.269		4.50	4.87	0.043	0.17	0.213		0.262	
	0.8	12.3	12.3	13.4	0.059	0.402	0.461		0.200		12.48	13.5	0.059	0.4	0.459		0.196		12.40	13.4	0.059	0.4	0.459		0.197	
	0.6	9.24	9.24	10.0	0.054	0.315	0.369		0.213		9.36	10.1	0.054	0.32	0.374		0.213		9.30	10.1	0.054	0.32	0.374		0.214	
	0.4	6.14	6.16	6.68	0.0486	0.228	0.276		0.239		6.24	6.76	0.0486	0.25	0.296		0.263		6.20	6.72	0.048	0.25	0.298		0.256	
	0.2	3.08	3.08	3.34	0.0385	0.13	0.169		0.293		3.12	3.38	0.0396	0.13	0.169		0.289		3.10	3.36	0.039	0.13	0.169		0.291	
	0.1	15.4	1.54	1.67	0.033	0.075	0.108		0.374		1.56	1.69	0.033	0.076	0.109		0.372		1.55	1.18	0.033	0.076	0.109		0.375	
40	1.0	15.4	16.0	17.3	0.065	0.51	0.575		0.192		15.8	17.1	0.064	0.5	0.564		0.190		15.6	16.9	0.064	0.5	0.564		0.193	
	0.29	4.50	4.64	5.01	0.0439	0.18	0.224		0.258		4.58	4.96	0.0438	0.178	0.222		0.258		4.52	4.90	0.043	0.177	0.220		0.269	
	0.8	12.3	12.8	13.8	0.06	0.41	0.47		0.196		12.64	13.7	0.059	0.41	0.469		0.198		12.48	13.5	0.059	0.4	0.459		0.196	
	0.6	9.24	9.6	10.4	0.054	0.322	0.376		0.209		9.48	10.3	0.054	0.321	0.375		0.211		9.36	10.1	0.054	0.32	0.374		0.213	
	0.4	6.14	6.4	6.92	0.048	0.231	0.279		0.233		6.32	6.84	0.046	0.231	0.277		0.234		6.24	6.76	0.048	0.25	0.298		0.265	
	0.2	3.08	3.2	3.46	0.04	0.135	0.175		0.292		3.16	3.42	0.0394	0.134	0.173		0.292		3.12	3.38	0.039	0.13	0.169		0.289	
	0.1	15.4	1.6	1.73	0.033	0.078	0.111		0.370		1.58	1.71	0.0332	0.077	0.110		0.371		1.56	1.69	0.033	0.076	0.109		0.372	
30	1.0	15.4	16.7	18.0	0.066	0.53	0.596		0.191		16.0	17.3	0.065	0.51	0.575		0.192		15.4	16.7	0.064	0.49	0.554		0.192	
	0.29	4.50	4.84	5.22	0.042	0.194	0.236		0.260		4.64	5.02	0.044	0.18	0.224		0.267		4.47	4.84	0.044	0.18	0.223		0.265	
	0.8	12.3	13.4	14.4	0.0103	0.43	0.490		0.195		12.8	13.8	0.060	0.42	0.480		0.200		12.32	13.4	0.059	0.4	0.459		0.191	
	0.6	9.24	10.0	10.8	0.055	0.338	0.393		0.210		9.60	10.4	0.054	0.32	0.374		0.208		9.24	10.0	0.054	0.32	0.371		0.219	
	0.4	6.14	6.68	7.20	0.0482	0.24	0.288		0.230		6.40	6.92	0.048	0.23	0.270		0.225		6.16	6.68	0.048	0.23	0.278		0.241	
	0.2	3.08	3.34	3.60	0.0398	0.14	0.180		0.288		3.20	3.46	0.0395	0.14	0.180		0.300		3.08	3.34	0.039	0.13	0.168		0.292	
	0.1	15.4	1.67	1.80	0.0336	0.08	0.114		0.365		1.60	1.73	0.0332	0.078	0.111		0.370		1.54	1.67	0.033	0.075	0.108		0.374	
20	1.0	15.4	15.8	17.1	0.064	0.60	0.664		0.191		14.6	15.9	0.063	0.46	0.523		0.191		13.9	15.2	0.062	0.46	0.523		0.200	
	0.29	4.50	4.58	4.96	0.0438	0.178	0.222		0.259		4.23	4.61	0.042	0.17	0.212		0.267		4.03	4.41	0.042	0.16	0.212		0.257	
	0.8	12.3	12.6	13.7	0.059	0.41	0.469		0.199		11.68	12.7	0.058	0.384	0.442		0.202		11.12	12.2	0.058	0.37	0.458		0.206	
	0.6	9.24	9.48	10.3	0.054	0.321	0.375		0.211		8.76	9.64	0.053	0.302	0.355		0.216		8.34	9.12	0.052	0.29	0.342		0.219	
	0.4	6.14	6.33	6.84	0.046	0.231	0.277		0.234		5.84	6.36	0.046	0.217	0.263		0.240		5.56	6.08	0.046	0.21	0.266		0.245	
	0.2	3.08	3.16	3.42	0.0394	0.134	0.173		0.292		2.92	3.18	0.038	0.126	0.114		0.299		2.78	3.04	0.038	0.12	0.158		0.303	
	0.1	15.4	1.58	1.71	0.0332	0.077	0.110		0.372		1.46	1.59	0.032	0.072	0.114		0.380		1.39	1.52	0.032	0.07	0.102		0.391	

表 4.26(f) 各煤煙濃度における算定結果 小型ディゼル発電機(蛍光灯)

Ts%		走行速度 80 km/h								
		Lr	L'r	L'ider	Δlmin(1)	Δlmin(2)	Δlmin	FF	Ca	Cmin
100	1.0	11.4	11.4	12.4	0.058	0.38	0.438		0.286	
	0.398	4.50	4.50	4.90	0.043	0.177	0.22		0.364	
	0.8	9.12	9.12	9.92	0.054	0.31	0.364		0.297	
	0.6	6.84	6.84	7.44	0.049	0.25	0.299		0.325	
	0.4	4.56	4.56	4.96	0.044	0.18	0.224		0.365	
	0.2	2.28	2.28	2.48	0.036	0.103	0.139		0.454	
	0.1	1.14	1.14	1.24	0.031	0.059	0.09		0.587	
70	1.0	11.4	10.7	11.7	0.057	0.36	0.417		0.290	
	0.398	4.50	4.23	4.62	0.042	0.17	0.212		0.373	
	0.8	9.12	8.56	9.36	0.052	0.29	0.342		0.297	
	0.6	6.84	6.42	7.02	0.048	0.234	0.282		0.327	
	0.4	4.56	4.28	4.68	0.043	0.17	0.213		0.370	
	0.2	2.28	2.14	2.34	0.036	0.099	0.135		0.469	
	0.1	1.14	1.07	1.17	0.031	0.056	0.087		0.615	
60	1.0	11.4	10.8	11.9	0.057	0.36	0.417		0.287	
	0.398	4.50	4.27	4.70	0.043	0.17	0.213		0.371	
	0.8	9.12	8.64	9.52	0.053	0.30	0.353		0.304	
	0.6	6.84	6.48	7.14	0.048	0.24	0.288		0.331	
	0.4	4.56	4.32	4.76	0.043	0.17	0.213		0.367	
	0.2	2.28	2.16	2.38	0.036	0.10	0.136		0.468	
	0.1	1.14	1.08	1.19	0.031	0.057	0.088		0.606	
50	1.0	11.4	11.2	12.3	0.058	0.38	0.438		0.291	
	0.398	4.50	4.42	4.86	0.043	0.175	0.218		0.367	
	0.8	9.12	8.96	9.84	0.054	0.31	0.364		0.302	
	0.6	6.84	6.72	7.38	0.049	0.24	0.289		0.320	
	0.4	4.56	4.48	4.92	0.044	0.18	0.224		0.372	
	0.2	2.28	2.24	2.46	0.036	0.102	0.138		0.458	
	0.1	1.14	1.12	1.23	0.031	0.058	0.089		0.591	
40	1.0	11.4	12.0	13.1	0.058	0.40	0.458		0.284	
	0.398	4.50	4.74	5.17	0.044	0.18	0.224		0.362	
	0.8	9.12	9.60	10.5	0.054	0.33	0.384		0.298	
	0.6	6.84	7.20	7.86	0.05	0.26	0.31		0.320	
	0.4	4.56	4.80	5.24	0.044	0.19	0.234		0.353	
	0.2	2.28	2.40	2.62	0.036	0.11	0.146		0.453	
	0.1	1.14	1.20	1.31	0.032	0.062	0.094		0.583	
30	1.0	11.4	12.5	13.7	0.06	0.41	0.470		0.280	
	0.398	4.50	4.94	5.41	0.044	0.19	0.234		0.362	
	0.8	9.12	10.0	11.0	0.055	0.34	0.395		0.292	
	0.6	6.84	7.50	8.22	0.05	0.27	0.32		0.317	
	0.4	4.56	5.00	5.48	0.044	0.195	0.239		0.356	
	0.2	2.28	2.50	2.74	0.037	0.11	0.148		0.440	
	0.1	1.14	1.25	1.34	0.032	0.063	0.095		0.565	
20	1.0	11.4	12.7	13.9	0.06	0.42	0.480		0.281	
	0.398	4.50	5.02	5.50	0.045	0.194	0.239		0.354	
	0.8	9.12	10.2	11.1	0.056	0.34	0.396		0.289	
	0.6	6.84	7.62	8.34	0.051	0.27	0.321		0.313	
	0.4	4.56	5.08	5.56	0.045	0.195	0.24		0.351	
	0.2	2.28	2.54	2.78	0.037	0.113	0.15		0.439	
	0.1	1.14	1.27	1.39	0.032	0.064	0.096		0.562	

Ts%		走行速度 60 km/h							
		L'r	L'ider	Δlmin(1)	Δlmin(2)	Δlmin	FF	Ca	Cmin
100	1.0	11.4	12.4	0.058	0.38	0.438		0.286	
	0.398	4.50	4.90	0.043	0.177	0.22		0.364	
	0.8	9.12	9.92	0.054	0.31	0.364		0.297	
	0.6	6.84	7.44	0.049	0.25	0.299		0.325	
	0.4	4.56	4.96	0.044	0.18	0.224		0.365	
	0.2	2.28	2.48	0.036	0.103	0.139		0.454	
	0.1	1.14	1.24	0.031	0.059	0.09		0.587	
70	1.0	10.8	11.8	0.057	0.36	0.417		0.287	
	0.398	4.27	4.70	0.043	0.17	0.213		0.371	
	0.8	8.64	9.52	0.053	0.3	0.353		0.304	
	0.6	6.48	7.14	0.048	0.24	0.288		0.331	
	0.4	4.32	4.76	0.043	0.17	0.213		0.367	
	0.2	2.16	2.38	0.036	0.1	0.136		0.468	
	0.1	1.08	1.19	0.031	0.056	0.087		0.599	
60	1.0	10.7	11.8	0.057	0.36	0.417		0.290	
	0.398	4.23	4.66	0.043	0.17	0.213		0.375	
	0.8	8.56	9.44	0.053	0.3	0.353		0.307	
	0.6	6.42	7.08	0.048	0.24	0.288		0.334	
	0.4	4.28	4.72	0.043	0.172	0.215		0.374	
	0.2	2.14	2.36	0.036	0.1	0.136		0.473	
	0.1	1.07	1.18	0.031	0.056	0.087		0.605	
50	1.0	10.9	12.0	0.057	0.37	0.427		0.291	
	0.398	4.31	4.74	0.043	0.17	0.213		0.368	
	0.8	8.72	9.60	0.053	0.305	0.358		0.305	
	0.6	6.54	7.20	0.048	0.24	0.288		0.328	
	0.4	4.36	4.80	0.043	0.175	0.218		0.372	
	0.2	2.18	2.40	0.036	0.102	0.138		0.471	
	0.1	1.09	1.20	0.031	0.057	0.088		0.601	
40	1.0	11.5	12.6	0.058	0.38	0.438		0.283	
	0.398	4.54	5.00	0.044	0.18	0.224		0.367	
	0.8	9.20	10.1	0.054	0.32	0.374		0.302	
	0.6	6.90	7.56	0.049	0.25	0.299		0.322	
	0.4	4.60	5.04	0.044	0.18	0.224		0.362	
	0.2	2.30	2.52	0.036	0.106	0.14		0.453	
	0.1	1.15	1.26	0.031	0.059	0.09		0.582	
30	1.0	12.0	13.2	0.058	0.40	0.458		0.284	
	0.398	4.74	5.21	0.044	0.186	0.23		0.361	
	0.8	9.60	10.6	0.054	0.33	0.384		0.298	
	0.6	7.20	7.92	0.05	0.26	0.31		0.320	
	0.4	4.80	5.28	0.043	0.188	0.231		0.358	
	0.2	2.40	2.64	0.036	0.11	0.146		0.453	
	0.1	1.20	1.32	0.032	0.061	0.093		0.592	
20	1.0	11.7	12.9	0.058	0.39	0.448		0.285	
	0.398	4.62	5.10	0.044	0.18	0.224		0.361	
	0.8	9.36	10.3	0.054	0.32	0.374		0.297	
	0.6	7.02	7.74	0.05	0.255	0.305		0.323	
	0.4	4.68	5.16	0.044	0.172	0.216		0.343	
	0.2	2.34	2.58	0.036	0.107	0.143		0.455	
	0.1	1.17	1.29	0.032	0.061	0.093		0.591	

Ts%		走行速度 40 km/h							
		L'r	L'ider	Δlmin(1)	Δlmin(2)	Δlmin	FF	Ca	Cmin
100	1.0	11.4	12.4	0.058	0.38	0.438		0.286	
	0.398	4.50	4.90	0.043	0.177	0.22		0.364	
	0.8	9.12	9.92	0.054	0.31	0.364		0.297	
	0.6	6.84	7.44	0.049	0.25	0.299		0.325	
	0.4	4.56	4.96	0.044	0.18	0.224		0.365	
	0.2	2.28	2.48	0.036	0.103	0.139		0.454	
	0.1	1.14	1.24	0.031	0.059	0.09		0.587	
70	1.0	11.1	12.2	0.057	0.38	0.437		0.293	
	0.398	4.38	4.82	0.043	0.175	0.218		0.370	
	0.8	8.88	9.76	0.053	0.30	0.353		0.296	
	0.6	6.66	7.32	0.048	0.24	0.288		0.322	
	0.4	4.44	4.88	0.043	0.175	0.218		0.365	
	0.2	2.22	2.44	0.036	0.102	0.138		0.452	
	0.1	1.11	1.22	0.031	0.058	0.089		0.597	
60	1.0	11.0	12.1	0.057	0.37	0.427		0.289	
	0.398	4.35	4.78	0.043	0.17	0.213		0.364	
	0.8	8.80	9.68	0.053	0.31	0.363		0.307	
	0.6	6.60	7.26	0.048	0.24	0.288		0.326	
	0.4	4.40	4.84	0.043	0.173	0.216		0.365	
	0.2	2.20	2.42	0.036	0.101	0.137		0.463	
	0.1	1.10	1.21	0.031	0.058	0.089		0.602	
50	1.0	11.0	12.1	0.057	0.37	0.427		0.289	
	0.398	4.35	4.78	0.043	0.17	0.213		0.366	
	0.8	8.80	9.68	0.053	0.31	0.363		0.307	
	0.6	6.60	7.26	0.048	0.24	0.288		0.325	
	0.4	4.40	4.84	0.043	0.173	0.216		0.365	
	0.2	2.20	2.42	0.036	0.101	0.137		0.463	
	0.1	1.10	1.21	0.031	0.058	0.089		0.602	
40	1.0	11.5	12.6	0.058	0.38	0.438		0.283	
	0.398	4.54	4.98	0.044	0.179	0.223		0.366	
	0.8	9.20	10.1	0.054	0.32	0.374		0.302	
	0.6	6.90	7.56	0.049	0.25	0.299		0.322	
	0.4	4.60	5.04	0.044	0.181	0.225		0.364	
	0.2	2.30	2.52	0.036	0.106	0.142		0.458	
	0.1	1.15	1.26	0.031	0.06	0.091		0.589	
30	1.0	11.9	13.0	0.058	0.39	0.448		0.282	
	0.398	4.66	5.14	0.044	0.182	0.226		0.361	
	0.8	9.44	10.4	0.054	0.324	0.378		0.298	
	0.6	7.08	7.80	0.05	0.281	0.331		0.328	
	0.4	4.72	5.20	0.044	0.186	0.23		0.353	
	0.2	2.36	2.60	0.036	0.107	0.143		0.451	
	0.1	1.18	1.30	0.032	0.061	0.093		0.586	
20	1.0	11.4	12.3	0.058	0.38	0.438		0.286	
	0.398	4.38	4.86	0.043	0.174	0.217		0.359	
	0.8	8.88	9.86	0.054	0.312	0.366		0.307	
	0.6	6.66	7.38	0.049	0.243	0.292		0.326	
	0.4	4.44	4.92	0.043	0.178	0.221		0.370	
	0.2	2.22	2.46	0.036	0.102	0.138		0.462	
	0.1	1.11	1.23	0.031	0.058	0.089		0.597	

表 4. 26 (g) 各煤煙濃度における算定結果 小型ディゼルトラック（低圧ナトリウム灯）

走行速度 80 Km/h

T%		Lr	L'r	Litter	Δlmin(1)	Δlmin(2)	Δlmin	FF	Ca	Cmin
100	1.0	15.4	15.4	16.6	0.064	0.49	0.554		0.206	
	0.29	4.50	4.47	4.81	0.043	0.172	0.215		0.274	
	0.8	12.3	12.32	13.3	0.059	0.4	0.459		0.214	
	0.6	9.24	9.24	9.96	0.054	0.314	0.368		0.228	
	0.4	6.14	6.16	6.64	0.047	0.226	0.273		0.255	
	0.2	3.08	3.08	3.32	0.038	0.131	0.169		0.314	
	0.1	1.54	1.54	1.66	0.033	0.093	0.126		0.469	
70	1.0	15.4	14.3	15.5	0.062	0.46	0.522		0.209	
	0.29	4.50	4.15	4.50	0.042	0.165	0.207		0.286	
	0.8	12.3	11.4	12.4	0.058	0.38	0.438		0.220	
	0.6	9.24	8.58	9.30	0.052	0.295	0.347		0.232	
	0.4	6.14	5.72	6.20	0.046	0.212	0.258		0.258	
	0.2	3.08	2.86	3.10	0.038	0.123	0.161		0.323	
	0.1	1.54	1.43	1.55	0.032	0.070	0.102		0.409	
60	1.0	15.4	14.9	16.2	0.064	0.48	0.544		0.209	
	0.29	4.50	4.32	4.70	0.043	0.165	0.208		0.276	
	0.8	12.3	11.9	13.0	0.058	0.395	0.453		0.218	
	0.6	9.24	8.94	9.72	0.054	0.302	0.356		0.228	
	0.4	6.14	5.96	6.48	0.046	0.221	0.267		0.257	
	0.2	3.08	2.98	3.24	0.038	0.13	0.168		0.323	
	0.1	1.54	1.49	1.62	0.032	0.074	0.106		0.408	
50	1.0	15.4	15.2	16.5	0.064	0.48	0.544		0.205	
	0.29	4.40	4.41	4.79	0.043	0.17	0.213		0.277	
	0.8	12.3	12.2	13.2	0.058	0.4	0.458		0.215	
	0.6	9.24	9.12	9.90	0.054	0.312	0.366		0.230	
	0.4	6.14	6.08	6.60	0.047	0.224	0.271		0.255	
	0.2	3.08	3.04	3.30	0.038	0.13	0.168		0.317	
	0.1	1.54	15.2	1.65	0.033	0.074	0.107		0.403	
40	1.0	15.4	16.3	17.6	0.065	0.52	0.575		0.202	
	0.29	4.50	4.73	5.15	0.044	0.181	0.225		0.273	
	0.8	12.3	13.0	14.1	0.06	0.42	0.48		0.212	
	0.6	9.24	9.76	10.6	0.054	0.33	0.384		0.225	
	0.4	6.14	6.52	7.04	0.048	0.236	0.284		0.250	
	0.2	3.08	3.26	3.52	0.039	0.136	0.175		0.308	
	0.1	1.54	1.63	1.76	0.033	0.078	0.111		0.390	
30	1.0	15.4	17.7	19.1	0.067	0.55	0.617		0.200	
	0.29	4.50	5.13	5.54	0.044	0.194	0.238		0.266	
	0.8	12.3	14.2	15.3	0.062	0.46	0.522		0.211	
	0.6	9.24	10.6	11.5	0.056	0.35	0.406		0.219	
	0.4	6.14	7.08	7.64	0.05	0.25	0.301		0.244	
	1.2	3.08	3.54	3.82	0.04	0.117	0.157		0.303	
	0.1	1.54	1.77	1.91	0.034	0.084	0.118		0.382	
20	1.0	15.4	18.2	19.6	0.068	0.56	0.628		0.198	
	0.29	4.50	5.28	5.68	0.045	0.2	0.245		0.266	
	0.8	12.3	14.6	15.7	0.062	0.465	0.527		0.207	
	0.6	9.24	10.9	11.8	0.056	0.36	0.416		0.219	
	0.4	6.14	7.28	7.84	0.05	0.26	0.31		0.244	
	0.2	3.08	3.64	3.92	0.04	0.149	0.189		0.298	
	0.1	1.54	1.82	1.96	0.034	0.085	0.119		0.375	

走行速度 60 Km/h

T%		L'r	Litter	Δlmin(1)	Δlmin(2)	Δlmin	FF	Ca	Cmin
100	1.0	15.4	16.6	0.064	0.49	0.554		0.206	
	0.29	4.47	4.81	0.043	0.172	0.215		0.276	
	0.8	12.32	13.3	0.059	0.4	0.459		0.214	
	0.6	9.24	9.96	0.054	0.314	0.368		0.229	
	0.4	6.16	6.64	0.047	0.226	0.273		0.254	
	0.2	3.08	3.32	0.038	0.131	0.169		0.331	
	0.1	1.54	1.66	0.033	0.093	0.126		0.470	
70	1.0	14.4	15.6	0.062	0.46	0.522		0.208	
	0.29	4.18	4.52	0.042	0.165	0.207		0.284	
	0.8	11.52	12.5	0.058	0.38	0.438		0.213	
	0.6	8.62	9.36	0.052	0.299	0.351		0.234	
	0.4	5.76	6.24	0.046	0.214	0.26		0.259	
	0.2	2.88	3.12	0.038	0.125	0.163		0.325	
	0.1	1.44	1.56	0.032	0.071	0.103		0.411	
60	1.0	14.7	16.0	0.063	0.47	0.533		0.208	
	0.29	4.26	4.64	0.042	0.169	0.211		0.284	
	0.8	11.76	12.8	0.058	0.386	0.444		0.217	
	0.6	8.82	9.60	0.053	0.302	0.355		0.201	
	0.4	5.88	6.40	0.047	0.219	0.266		0.260	
	0.2	2.94	3.20	0.038	0.127	0.165		0.322	
	0.1	1.47	1.60	0.032	0.0725	0.105		0.410	
50	1.0	14.8	16.1	0.063	0.47	0.533		0.207	
	0.29	4.39	4.67	0.042	0.171	0.213		0.285	
	0.8	11.84	12.9	0.058	0.39	0.448		0.217	
	0.6	8.88	9.66	0.053	0.303	0.356		0.239	
	0.4	5.92	6.44	0.047	0.22	0.267		0.259	
	0.2	2.96	3.22	0.038	0.129	0.167		0.324	
	0.1	1.48	1.61	0.032	0.073	0.105		0.407	
40	1.0	15.7	17.0	0.065	0.50	0.565		0.207	
	0.29	4.55	4.93	0.044	0.177	0.224		0.279	
	0.8	12.56	13.6	0.059	0.404	0.463		0.212	
	0.6	9.42	10.2	0.054	0.32	0.374		0.228	
	0.4	6.28	6.8	0.048	0.23	0.278		0.254	
	0.2	3.14	3.4	0.039	0.132	0.171		0.313	
	0.1	1.57	1.7	0.033	0.076	0.109		0.399	
30	1.0	16.7	18.1	0.066	0.53	0.596		0.205	
	0.29	4.84	5.25	0.044	0.188	0.232		0.275	
	0.8	13.36	14.5	0.06	0.43	0.49		0.211	
	0.6	10.02	10.9	0.055	0.338	0.393		0.225	
	0.4	6.68	7.24	0.048	0.24	0.288		0.247	
	1.2	3.37	3.62	0.04	0.14	0.18		0.307	
	0.1	1.67	1.81	0.034	0.08	0.114		0.401	
20	1.0	17.5	18.9	0.067	0.55	0.617		0.202	
	0.29	5.08	5.48	0.045	0.195	0.240		0.271	
	0.8	14.0	15.1	0.062	0.46	0.522		0.214	
	0.6	10.50	11.3	0.056	0.35	0.406		0.222	
	0.4	7.00	7.18	0.049	0.25	0.299		0.245	
	0.2	3.50	3.78	0.04	0.145	0.185		0.303	
	0.1	1.75	1.89	0.034	0.084	0.118		0.387	

走行速度 40 Km/h

T%		L'r	Litter	Δlmin(1)	Δlmin(2)	Δlmin	FF	Ca	Cmin
100	1.0	15.4	16.6	0.064	0.49	0.554		0.206	
	0.29	4.47	4.81	0.043	0.172	0.215		0.276	
	0.8	12.32	13.3	0.059	0.4	0.459		0.214	
	0.6	9.24	9.96	0.054	0.314	0.368		0.229	
	0.4	6.16	6.64	0.047	0.226	0.273		0.254	
	0.2	3.08	3.32	0.38	0.131	0.511		0.952	
	0.1	1.54	1.66	0.033	0.093	0.126		0.470	
70	1.0	14.6	15.8	0.063	0.47	0.533		0.210	
	0.29	4.23	4.58	0.042	0.17	0.212		0.283	
	0.8	11.68	12.6	0.058	0.38	0.438		0.215	
	0.6	8.76	9.48	0.053	0.3	0.353		0.231	
	0.4	5.84	6.32	0.046	0.22	0.266		0.261	
	0.2	2.92	3.16	0.038	0.13	0.168		0.330	
	0.1	1.46	1.58	0.032	0.072	0.104		0.409	
60	1.0	14.6	15.9	0.063	0.47	0.533		0.210	
	0.29	4.23	4.61	0.042	0.17	0.212		0.288	
	0.8	11.68	12.7	0.058	0.384	0.442		0.217	
	0.6	8.76	9.54	0.053	0.302	0.355		0.233	
	0.4	5.84	6.36	0.046	0.217	0.263		0.258	
	0.2	2.92	3.18	0.038	0.126	0.164		0.322	
	0.1	1.46	1.59	0.032	0.072	0.104		0.409	
50	1.0	14.7	16.0	0.063	0.47	0.533		0.208	
	0.29	4.26	4.64	0.042	0.19	0.21		0.284	
	0.8	11.76	12.8	0.058	0.386	0.444		0.217	
	0.6	8.82	9.60	0.053	0.302	0.355		0.231	
	0.4	5.88	6.40	0.046	0.219	0.265		0.259	
	0.2	2.94	3.20	0.038	0.127	0.165		0.322	
	0.1	1.47	1.60	0.033	0.0725	0.106		0.404	
40	1.0	15.0	16.3	0.064	0.48	0.544		0.208	
	0.29	4.35	4.73	0.043	0.17	0.213		0.906	29
	0.8	12.00	13.0	0.058	0.395	0.453		0.217	
	0.6	9.00	9.78	0.053	0.31	0.363		0.232	
	0.4	6.00	6.52	0.047	0.22	0.267		0.255	
	0.2	3.00	3.36	0.038	0.13	0.168		0.321	
	0.1	1.50	1.63	0.033	0.074	0.107		0.401	
30	1.0	15.4	16.8	0.064	0.49	0.554		0.206	
	0.29	4.47	4.87	0.043	0.17	0.213		0.274	
	0.8	12.32	13.4	0.059	0.4	0.459		0.214	
	0.6	9.24	10.1	0.054	0.32	0.374		0.232	
	0.4	6.16	6.72	0.048	0.215	0.268		0.258	
	1.2	3.08	3.36	0.039	0.13	0.169		0.313	
	0.1	1.54	1.68	0.033	0.076	0.109		0.406	
20	1.0	16.5	17.9	0.065	0.52	0.585		0.204	
	0.29	4.79	5.19	0.044	0.19	0.234		0.250	
	0.8	13.20	14.3	0.06	0.42	0.48		0.209	
	0.6	9.90	10.7	0.054	0.34	0.394		0.224	
	0.4	6.60	7.16	0.048	0.24	0.288		0.250	
	0.2	3.30	3.58	0.04	0.14	0.18		0.313	
	0.1	1.65	1.79	0.033	0.08	0.113		0.383	

表 4.26(h) 各煤煙濃度における算定結果 小型ディゼルトラック（蛍光灯）

走行速度 80km/h

Ty%		Lr	L'r	L'r+Lon	αgain(1)	αgain(2)	αgain	FF	Ca	Cmin
100	1.0	11.4	11.4	12.4	0.038	0.38	0.418		0.256	
	0.875	4.50	4.50	4.90	0.044	0.18	0.224		0.332	
	0.8	9.12	9.12	9.92	0.054	0.32	0.374		0.274	—
	0.6	6.84	6.84	7.44	0.049	0.25	0.299		0.292	
	0.4	4.56	4.56	4.96	0.044	0.18	0.224		0.328	
	0.2	2.28	2.28	2.48	0.036	0.1	0.136		0.392	
	0.1	1.14	1.14	1.24	0.031	0.06	0.091		0.532	
70	1.0	11.4	11.4	12.5	0.058	0.38	0.438		0.256	
	0.875	4.50	4.50	4.94	0.044	0.18	0.224		0.332	
	0.8	9.12	9.12	10.0	0.054	0.32	0.374		0.274	
	0.6	6.84	6.84	7.50	0.049	0.25	0.299		0.292	
	0.4	4.56	4.56	5.00	0.044	0.18	0.224		0.328	
	0.2	2.28	2.28	2.50	0.033	0.105	0.138		0.404	
	0.1	1.14	1.14	1.25	0.031	0.07	0.101		0.591	
60	1.0	11.4	11.9	13.0	0.059	0.39	0.449		0.251	
	0.875	4.50	4.70	5.14	0.044	0.18	0.224		0.318	
	0.8	9.12	9.52	10.4	0.054	0.33	0.384		0.269	
	0.6	6.84	7.14	7.80	0.050	0.26	0.31		0.290	
	0.4	4.56	4.76	5.20	0.048	0.19	0.23		0.322	
	0.2	2.28	2.38	2.60	0.033	0.11	0.143		0.401	
	0.1	1.14	1.19	1.30	0.032	0.061	0.093		0.521	
50	1.0	11.4	12.8	14.0	0.06	0.425	0.485		0.250	
	0.875	4.50	5.06	5.53	0.045	0.19	0.235		0.310	
	0.8	9.12	10.2	11.2	0.056	0.35	0.406		0.265	
	0.6	6.84	7.68	8.4	0.051	0.27	0.321		0.279	
	0.4	4.56	5.12	5.60	0.045	0.165	0.21		0.274	
	0.2	2.28	2.56	2.80	0.034	0.115	0.149		0.383	
	0.1	1.14	1.28	1.40	0.032	0.065	0.097		0.505	
40	1.0	11.4	13.8	15.0	0.062	0.45	0.512		0.247	
	0.875	4.50	5.45	5.93	0.046	0.21	0.256		0.313	
	0.8	9.12	11.0	12.0	0.057	0.37	0.427		0.259	
	0.6	6.84	8.28	9.00	0.052	0.29	0.342		0.276	
	0.4	4.56	5.52	6.00	0.046	0.21	0.256		0.309	
	0.2	2.28	2.76	3.00	0.038	0.12	0.158		0.382	
	0.1	1.14	1.38	1.50	0.032	0.07	0.102		0.493	
30	1.0	11.4	13.8	15.0	0.062	0.45	0.512		0.247	
	0.875	4.50	5.45	5.93	0.046	0.21	0.256		0.313	
	0.8	9.12	11.0	12.0	0.057	0.37	0.427		0.259	
	0.6	6.82	8.28	9.00	0.052	0.29	0.342		0.276	
	0.4	4.56	5.52	6.00	0.046	0.21	0.256		0.309	
	0.2	2.28	2.76	3.00	0.038	0.12	0.158		0.382	
	0.1	1.14	1.38	1.50	0.032	0.07	0.102		0.493	
20	1.0	11.4	14.9	16.2	0.064	0.48	0.544		0.244	
	0.875	4.50	5.89	6.40	0.047	0.22	0.267		0.302	
	0.8	9.12	11.9	13.0	0.058	0.4	0.458		0.257	
	0.6	6.82	8.94	9.72	0.053	0.31	0.363		0.271	
	0.4	4.56	5.96	6.48	0.047	0.22	0.267		0.299	
	0.2	2.28	2.98	3.24	0.038	0.13	0.168		0.376	
	0.1	1.14	1.49	1.62	0.032	0.074	0.106		0.475	

走行速度 60 km/h

Ty%		L'r	L'r+Lon	αgain(1)	αgain(2)	αgain	FF	Ca	Cmin
100	1.0	11.4	12.4	0.058	0.380	0.438		0.256	
	0.875	4.50	4.90	0.043	0.175	0.218		0.323	
	0.8	9.12	9.92	0.053	0.31	0.363		0.265	—
	0.6	6.84	7.44	0.049	0.245	0.294		0.287	
	0.4	4.56	4.96	0.043	0.28	0.323		0.672	
	0.2	2.28	2.48	0.036	0.105	0.141		0.412	
	0.1	1.14	1.24	0.031	0.056	0.87		0.590	
70	1.0	11.4	12.5	0.058	0.38	0.438		0.256	
	0.875	4.50	4.94	0.0435	0.18	0.224		0.332	
	0.8	9.12	10.0	0.054	0.315	0.369		0.270	
	0.6	6.84	7.50	0.049	0.25	0.299		0.292	
	0.4	4.56	5.00	0.0435	0.18	0.224		0.328	
	0.2	2.28	2.50	0.036	0.105	0.141		0.412	
	0.1	1.14	1.25	0.031	0.058	0.089		0.521	
60	1.0	11.7	12.8	0.058	0.39	0.448		0.255	
	0.875	4.62	5.06	0.044	0.18	0.224		0.266	
	0.8	9.36	10.2	0.054	0.32	0.374		0.267	
	0.6	7.02	7.68	0.049	0.25	0.74		0.703	
	0.4	4.68	5.12	0.044	0.181	0.225		0.324	
	0.2	2.34	2.56	0.036	0.11	0.146		0.416	
	0.1	1.17	1.28	0.031	0.058	0.089		0.507	
50	1.0	12.4	13.6	0.06	0.410	0.470		0.253	
	0.875	4.90	5.37	0.044	0.185	0.229		0.312	
	0.8	9.92	10.9	0.056	0.325	0.381		0.256	
	0.6	7.44	8.16	0.051	0.260	0.311		0.279	
	0.4	4.96	5.44	0.045	0.185	0.23		0.309	
	0.2	2.48	2.72	0.037	0.115	0.152		0.409	
	0.1	1.24	1.36	0.0315	0.065	0.097		0.522	
40	1.0	13.1	14.3	0.06	0.43	0.49		0.249	
	0.875	3.80	5.65	0.045	0.195	0.24		0.421	
	0.8	10.5	11.4	0.056	0.33	0.386		0.245	
	0.6	7.86	8.58	0.051	0.275	0.326		0.277	
	0.4	5.24	5.72	0.047	0.195	0.242		0.308	
	0.2	2.62	2.86	0.037	0.115	0.152		0.387	
	0.1	1.31	1.43	0.032	0.066	0.098		0.497	
30	1.0	13.7	14.9	0.061	0.44	0.501		0.244	
	0.875	5.41	5.89	0.046	0.21	0.256		0.316	
	0.8	11.0	11.9	0.057	0.36	0.417		0.253	
	0.6	8.22	8.94	0.052	0.28	0.332		0.269	
	0.4	5.48	5.96	0.046	0.21	0.256		0.312	
	0.2	2.74	2.98	0.038	0.12	0.158		0.385	
	0.1	1.37	1.49	0.032	0.07	0.102		0.497	
20	1.0	12.5	13.8	0.06	0.410	0.470		0.251	
	0.875	4.94	5.45	0.044	0.19	0.234		0.316	
	0.8	10.0	11.0	0.055	0.34	0.395		0.263	
	0.6	7.50	8.28	0.051	0.265	0.316		0.281	
	0.4	5.00	5.52	0.045	0.19	0.238		0.313	
	0.2	2.50	2.70	0.037	0.11	0.147		0.392	
	0.1	1.25	1.38	0.032	0.064	0.096		0.512	

走行速度 40 km/h

Ty%		L'r	L'r+Lon	αgain(1)	αgain(2)	αgain	FF	Ca	Cmin
100	1.0	11.4	12.4	0.058	0.38	0.438		0.256	
	0.875	4.50	4.90	0.043	0.175	0.218		0.323	
	0.8	9.12	9.92	0.053	0.31	0.363		0.265	
	0.6	6.84	7.44	0.048	0.245	0.293		0.286	
	0.4	4.56	4.96	0.043	0.18	0.223		0.336	
	0.2	2.28	2.48	0.036	0.11	0.146		0.427	
	0.1	1.14	1.24	0.031					
70	1.0	11.4	12.5	0.058	0.38	0.438		0.256	
	0.875	4.50	4.94	0.043	0.18	0.223		0.331	
	0.8	9.12	10.0	0.054	0.315	0.369		0.270	
	0.6	6.84	7.50	0.049	0.25	0.299		0.292	
	0.4	4.56	5.00	0.044	0.18	0.224		0.328	
	0.2	2.28	2.50	0.036	0.105	0.141		0.412	
	0.1	1.14	1.25	0.031	0.058	0.089		0.521	
60	1.0	11.6	12.7	0.058	0.38	0.438		0.252	
	0.875	4.58	5.02	0.044	0.18	0.224		0.328	
	0.8	9.28	10.2	0.054	0.315	0.369		0.265	
	0.6	6.96	7.62	0.049	0.25	0.299		0.287	
	0.4	4.64	5.08	0.044	0.18	0.224		0.322	
	0.2	2.32	2.54	0.036	0.11	0.146		0.420	
	0.1	1.16	1.27	0.031	0.058	0.089		0.512	
50	1.0	12.0	13.2	0.059	0.40	0.459		0.255	
	0.875	4.74	5.21	0.044	0.185	0.229		0.322	
	0.8	9.60	10.6	0.055	0.33	0.385		0.267	
	0.6	7.20	7.92	0.05	0.26	0.31		0.287	
	0.4	4.80	5.28	0.045	0.185	0.23		0.322	
	0.2	2.40	2.64	0.037	0.11	0.147		0.409	
	0.1	1.20	1.32	0.032	0.06	0.092		0.511	
40	1.0	12.5	13.7	0.06	0.410	0.470		0.251	
	0.875	4.94	5.41	0.045	0.19	0.235		0.317	
	0.8	10.0	11.0	0.056	0.34	0.396		0.264	
	0.6	7.50	8.22	0.051	0.27	0.321		0.285	
	0.4	5.00	5.48	0.045	0.19	0.235		0.313	
	0.2	2.50	2.74	0.038	0.115	0.153		0.408	
	0.1	1.25	1.37	0.033	0.062	0.095		0.507	
30	1.0	13.1	14.3	0.06	0.43	0.49		0.249	
	0.875	5.20	5.65	0.045	0.195	0.24		0.321	
	0.8	10.5	11.4	0.056	0.35	0.406		0.258	
	0.6	7.86	8.58	0.051	0.27	0.321		0.315	
	0.4	5.24	5.72	0.046	0.195	0.241		0.307	
	0.2	2.62	2.86	0.037	0.115	0.152		0.387	
	0.1	1.31	1.43	0.031	0.066	0.097		0.494	
20	1.0	13.2	14.5	0.06	0.43	0.49		0.248	
	0.875	5.21	5.73	0.046	0.195	0.241		0.625	
	0.8	10.6	11.6	0.056	0.35	0.406		0.255	
	0.6	7.92	8.70	0.051	0.285	0.336		0.283	
	0.4	5.28	5.80	0.046	0.2	0.246		0.311	
	0.2	2.64	2.90	0.037	0.115	0.152		0.384	
	0.1	1.32	1.45	0.031	0.067	0.098		0.495	

4.7 まとめ（同じ見え方を得るための煤煙透過率と路面輝度）

以上の考え方をもとにして，煤煙濃度の設定値を変えたときの所要路面輝度について検討する。図 4.18(a)～(j)は，表 4.26(a)～(h)に示した煤煙発生源ごとにCaとLr の関係をプロットし各点（ブロック）の平均的な値を通る曲線を示したものである。

照明レベルを考えた場合，障害物の輝度およびその背景の輝度はいずれも照明レベルに比例して変化するため，障害物の輝度対比C′は照明レベルを変えても変化しない。これに対し，通常，照明レベルを上げることによってものの見え方が改善されるのと同様，図 4.18に示すようにトンネル照明下での輝度対比弁いき Ca は照明レベルを高くすることによって小さくすること（弁別能力は向上し障害物が見やすくなること）ができる。

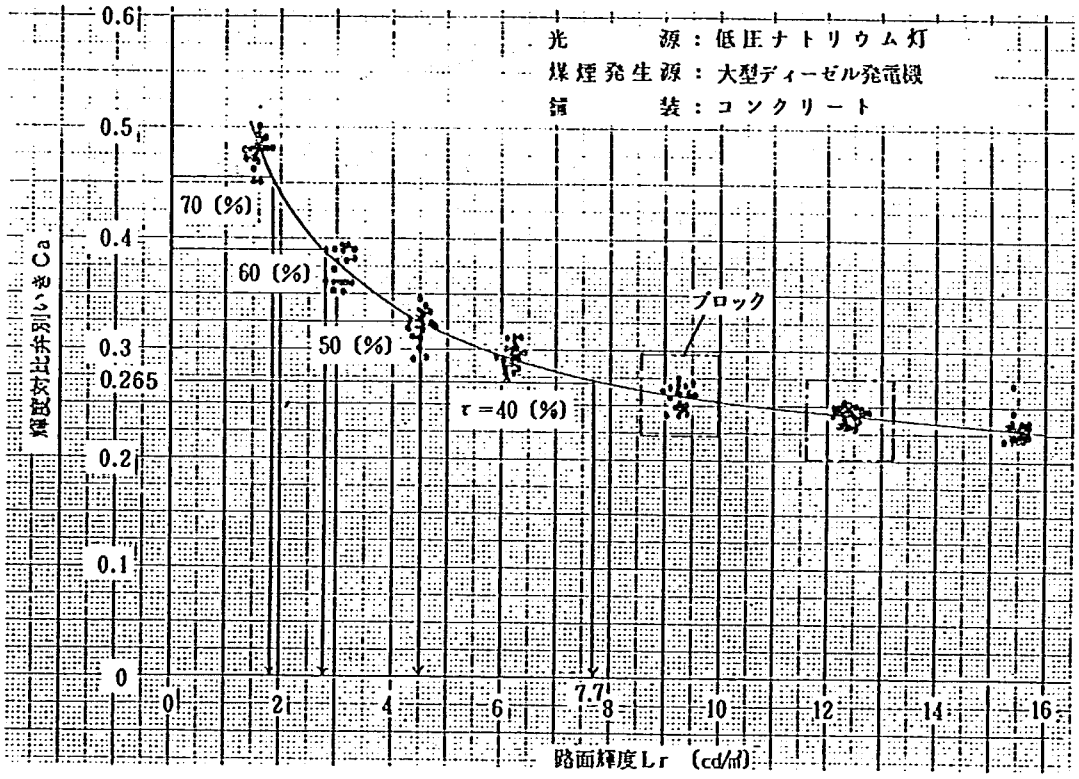


図 4.18(a)　路面輝度 Lr と輝度対比弁別いき Ca との関係

したがって，図 4.15から煤煙透過率 τ が変化した場合の障害物の輝度対比C′を求め，図 4.18(a)において障害物の輝度対比C′と等しくなる輝度対比弁別いき Ca に対応する路面輝度 Lr を求めると，これがその煤煙透過率 τ における所要路面輝度 Lr となる。

たとえば，図 4.15(a)(1)から煤煙透過率 τ が40％における障害物の輝度対比C′として 0.265 が得られる。一方図 4.18(a)において輝度対比弁いき CaをC′に等しい 0.265 とするために必要な路面輝度 Lr を求めると 7.7 cd/m² を得る。すなわち，τ が 50％で Lr が 4.5 cd/m²の場合の障害物の見え方と，τ が 40％で Lr が 7.7 cd/m² の場合の見え方と同一であるといえる。

同じような整理方法で図 4.18(b)～(j)も光源が低圧ナトリウム灯，蛍光灯で各発整源ごと走行速度ごとに整理した。

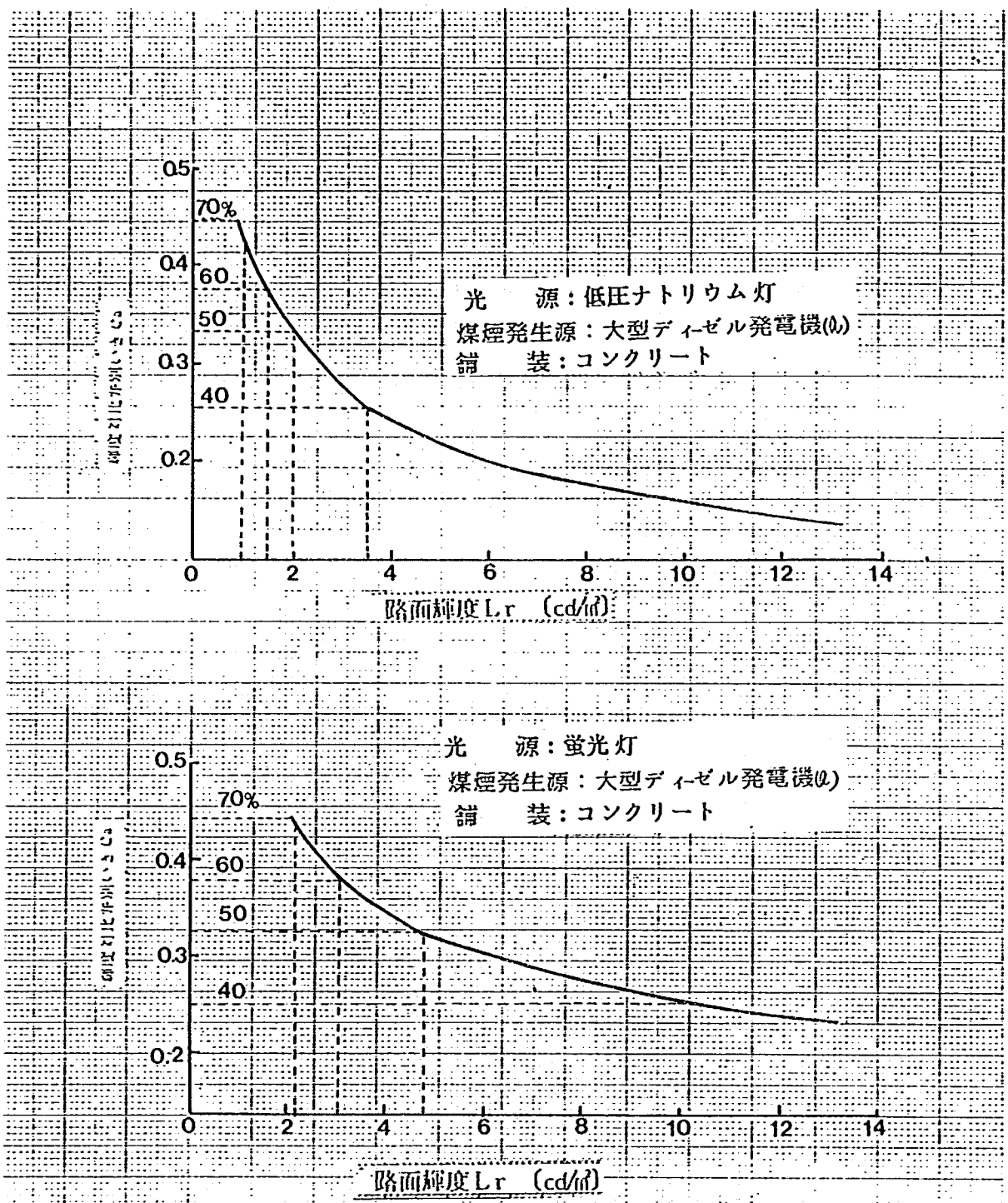
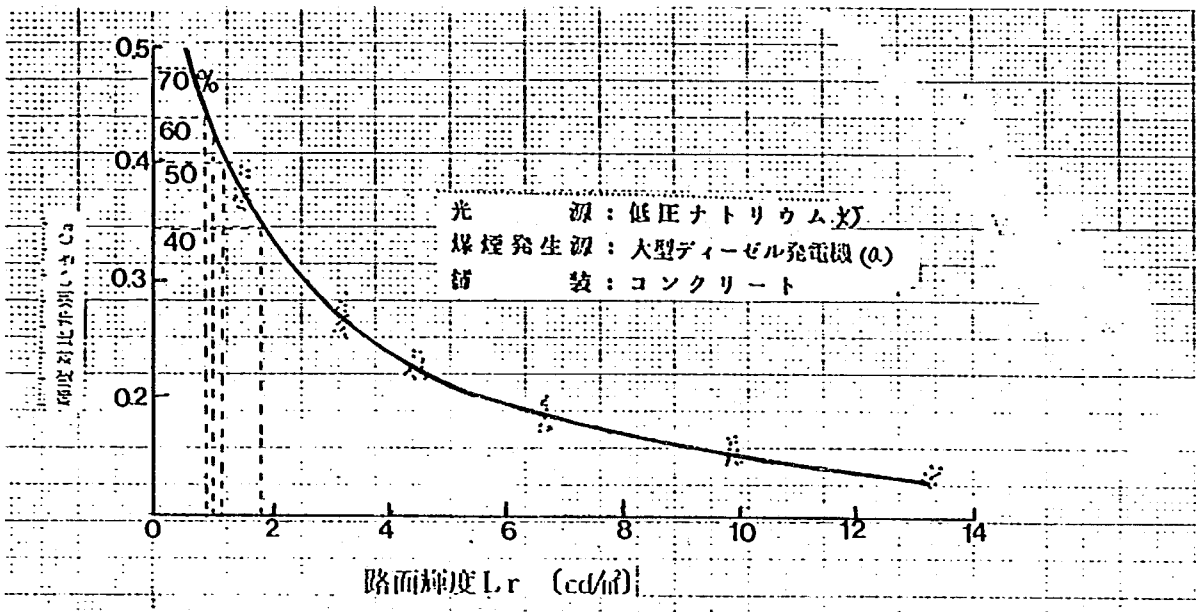


図 4.18(b)　路面輝度Lrと輝度対比弁別いきCaとの関係　(80 km/h)



路面輝度Lr と輝度対比弁別いきCa との関係

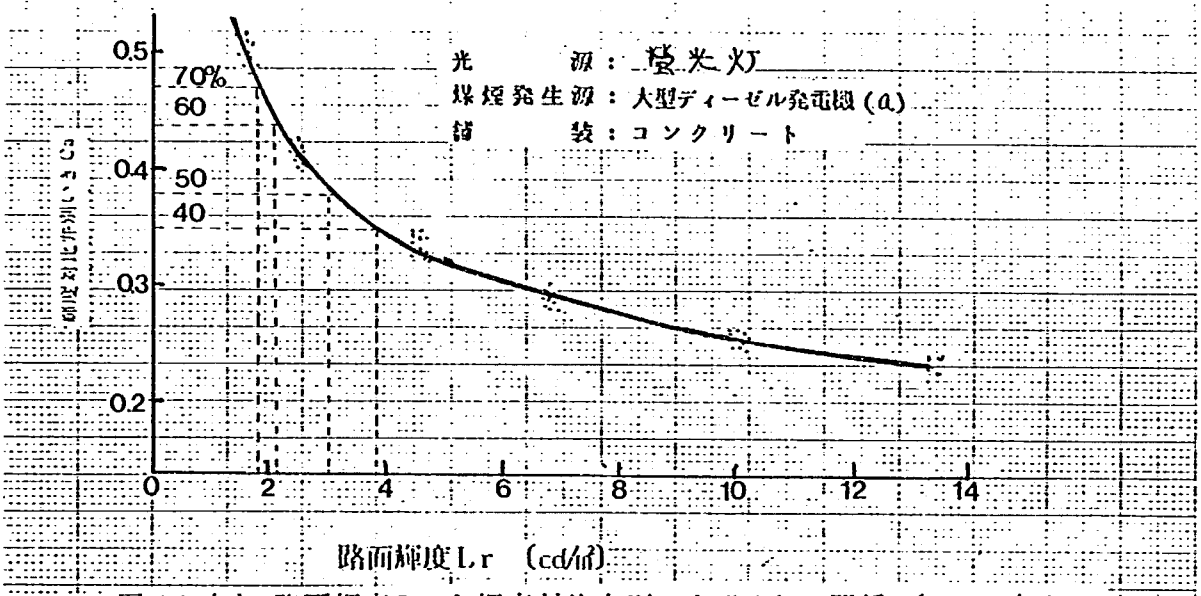


図 4.18(c)　路面輝度Lr と輝度対比弁別いきCa との関係　(60km/h)

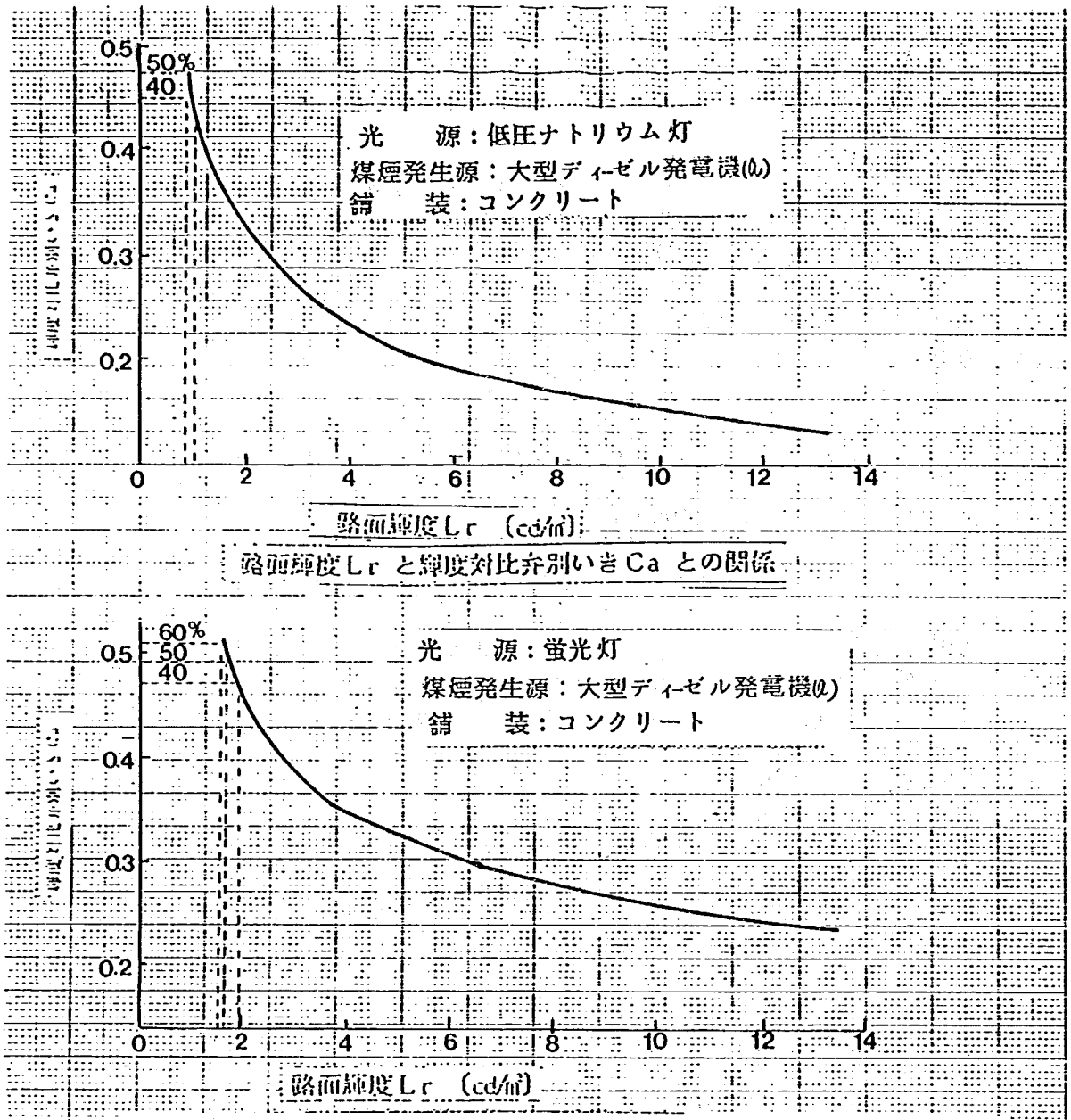


図 4.18(d)　路面輝度 Lr と輝度対比弁別いき Ca との関係（40km/h）

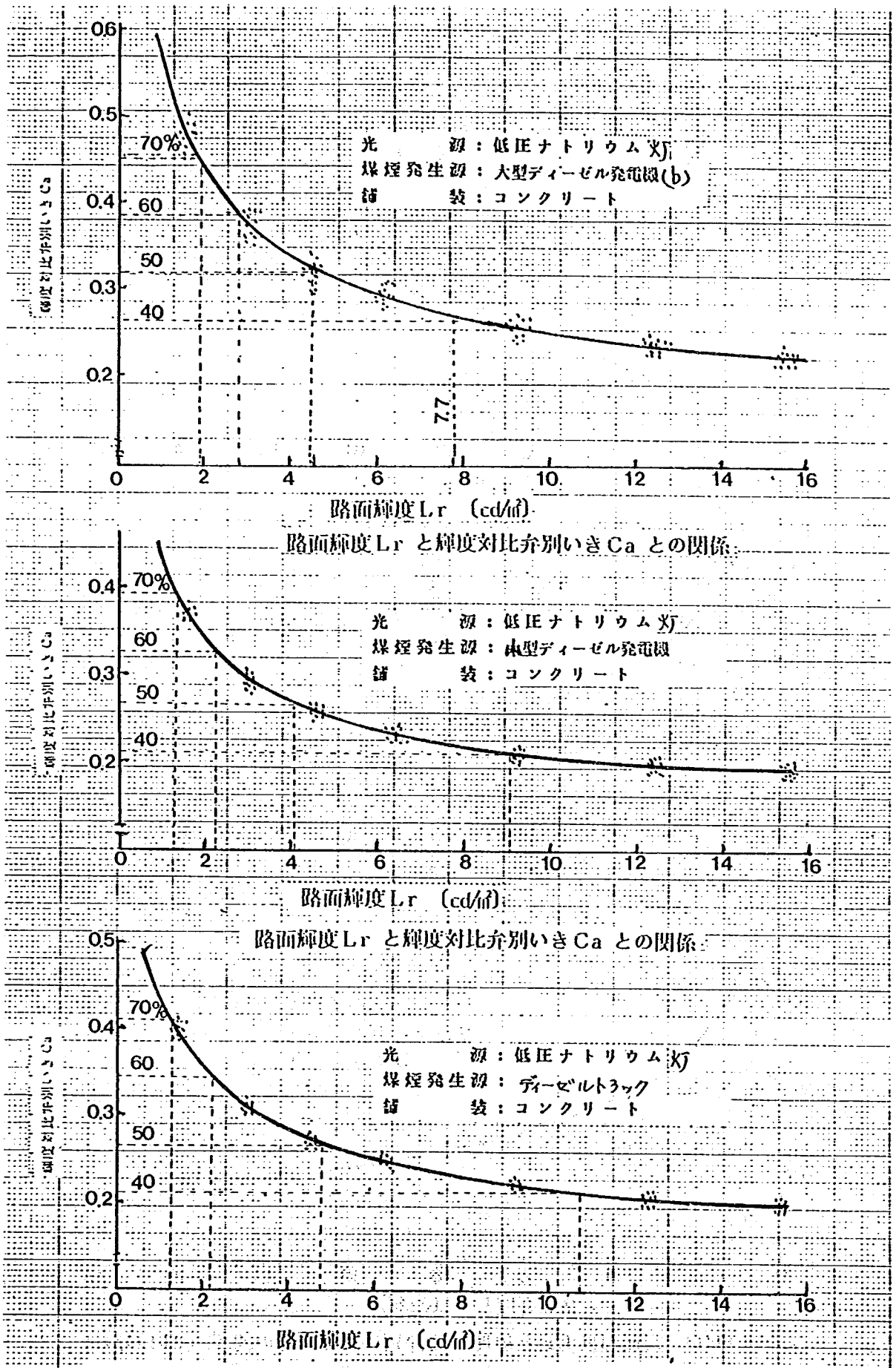


図 4.18(e) 路面輝度Lr と輝度対比弁別いきCa との関係 (80km/h)

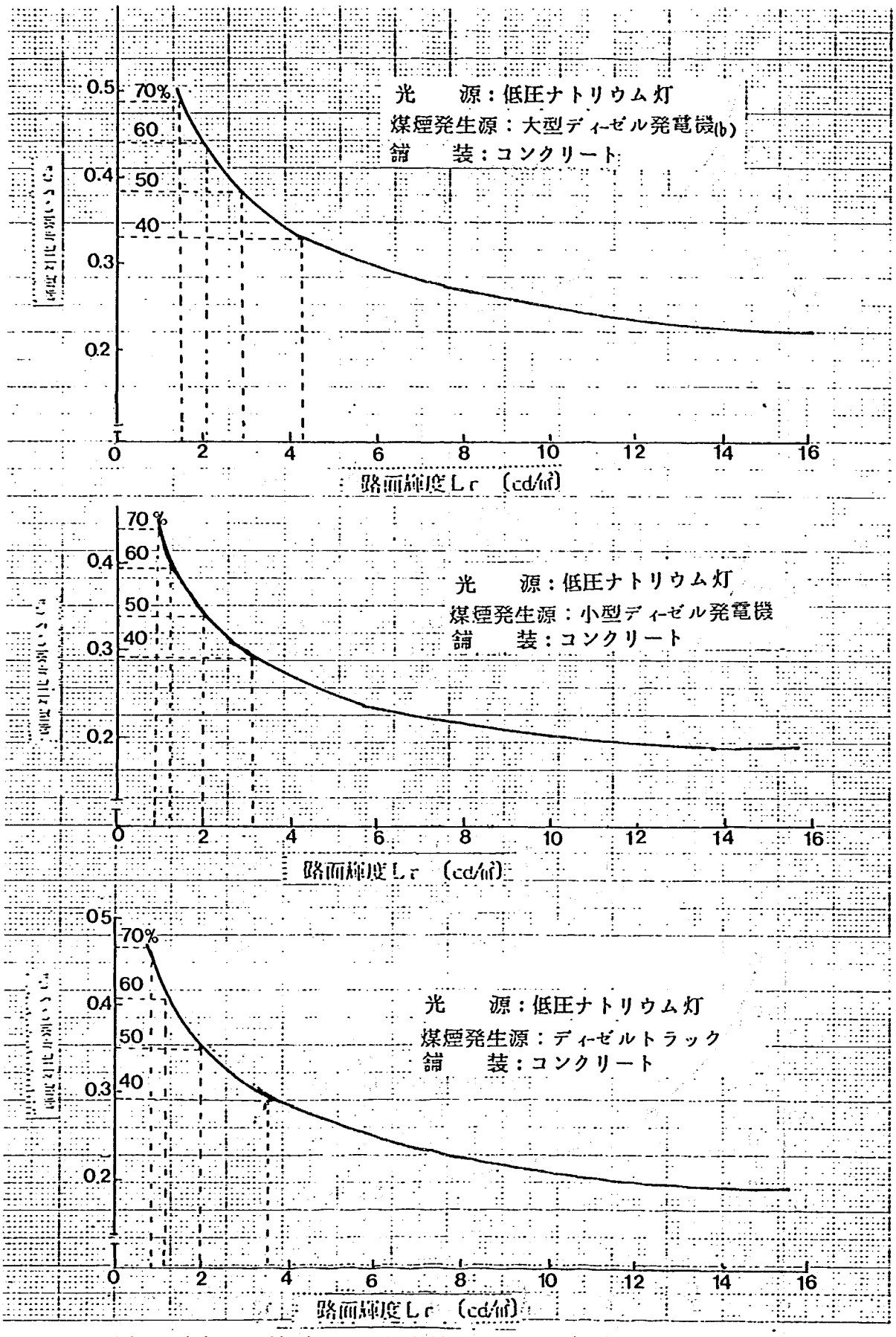


図 4.18(f)　路面輝度Lrと輝度対比弁別いきCaとの関係（60km/h）

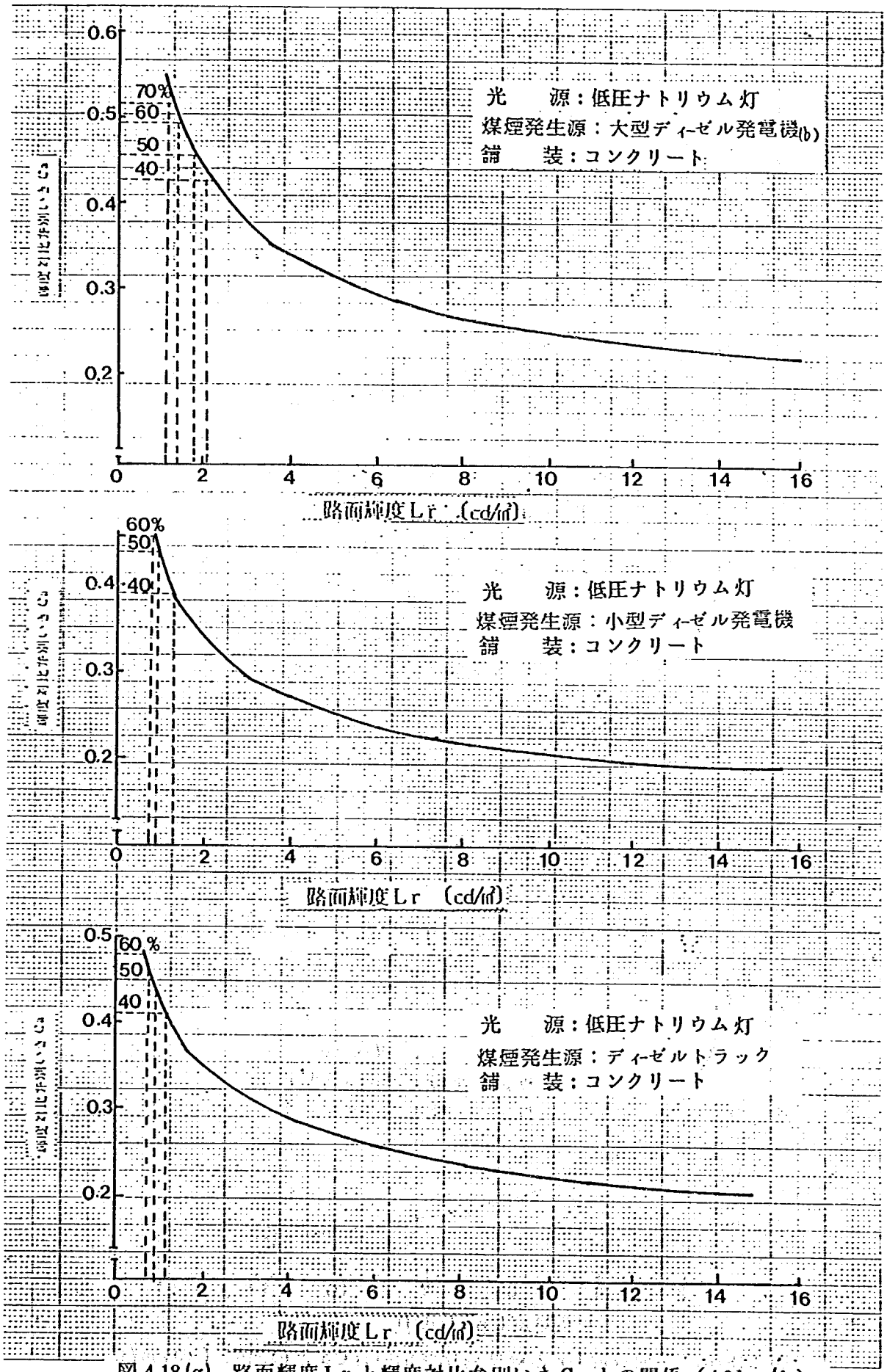


図 4.18(g)　路面輝度Lrと輝度対比弁別いきCaとの関係（40km/h）

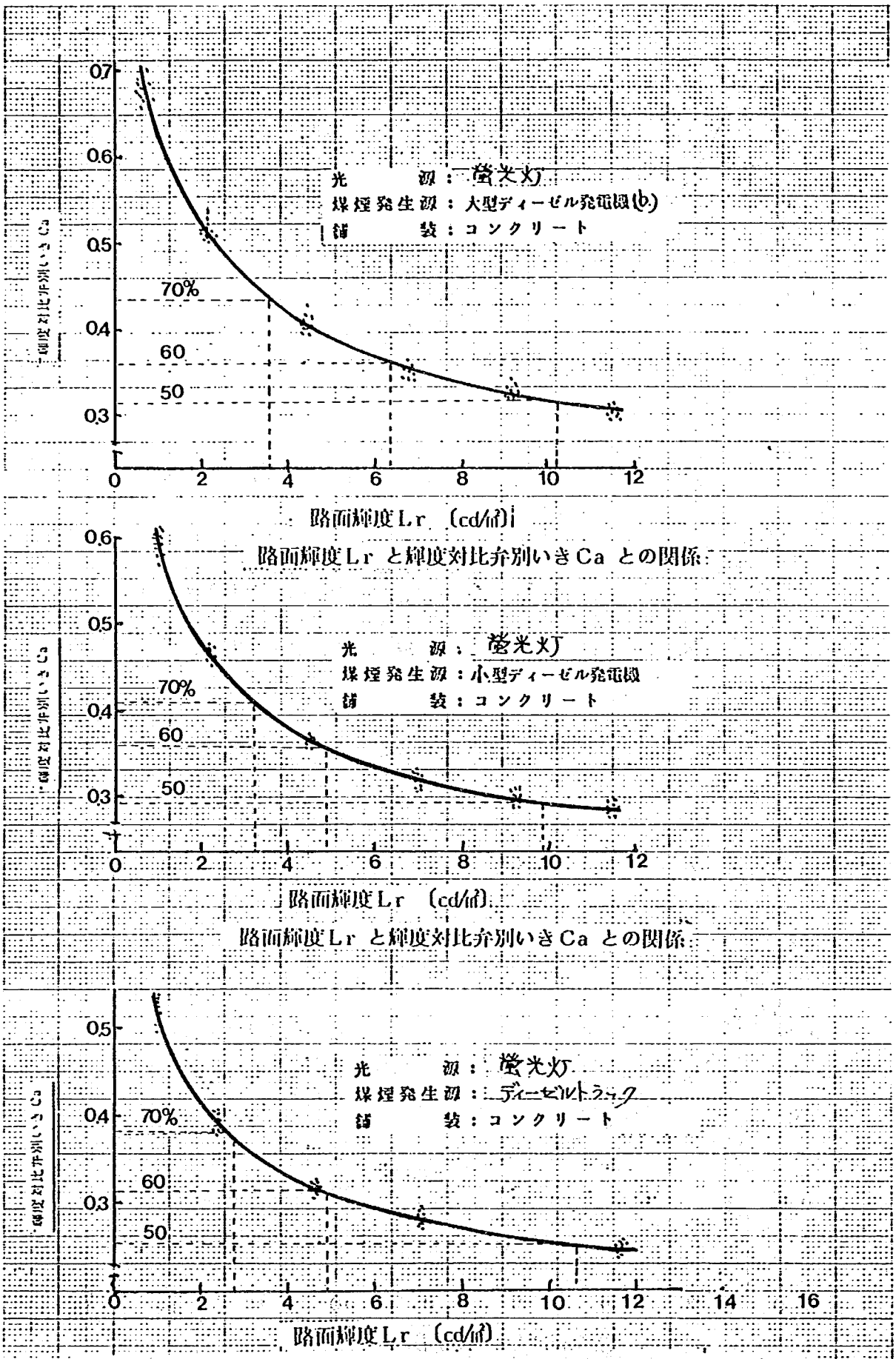


図 4.18(h)　路面輝度Lr と輝度対比弁別いきCa との関係（80km/h）

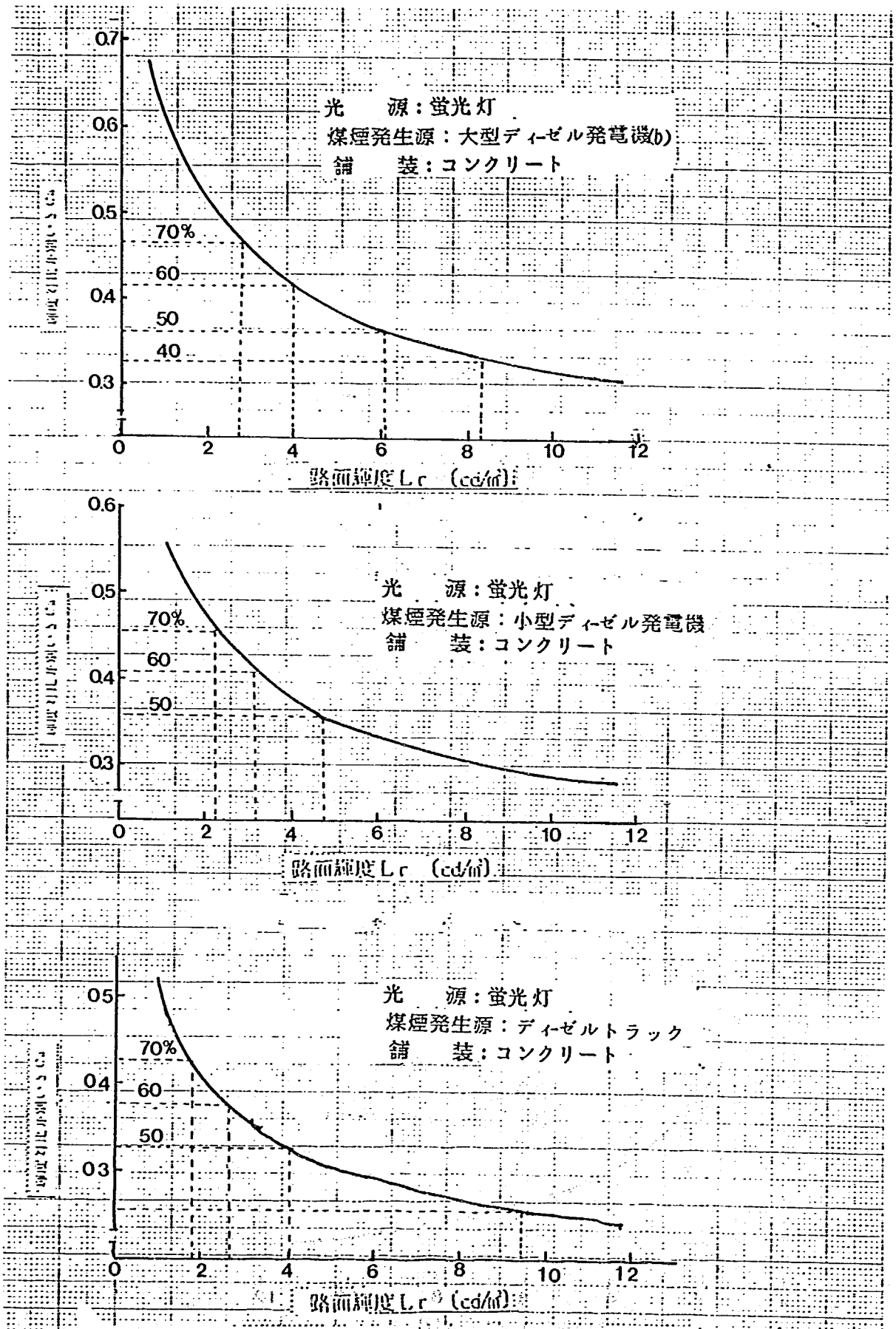


図 4.18(i)　路面輝度Lrと輝度対比弁別いきCaとの関係（60km/h）

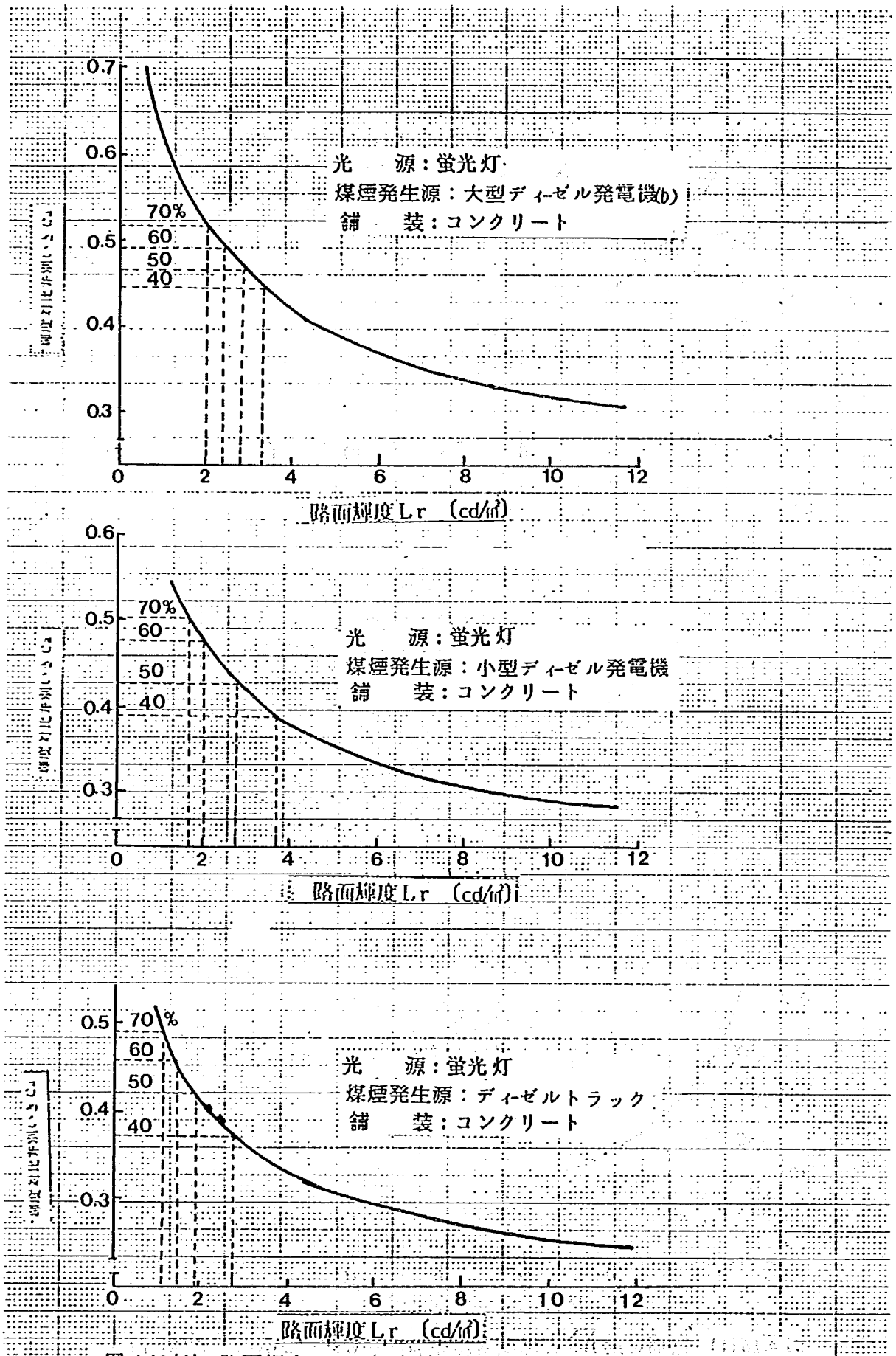


図 4.18(j)　路面輝度 Lr と輝度対比弁別いき Ca との関係（40km/h）

次に図 4.18(a)～(j)から得られた路面輝度の値と煤煙透過率の関係を図 4.19(a)～(c)に示す。例えば，図 4.19(a)の▲印の線が得られ，この線上ではいずれも見え方が同じである。

低圧ナトリウム灯，コンクリート舗装，走行速度 80 km/h の場合に対して，煤煙の発生源が他の方法によるものについても次図に計算した結果も図 4.19に併記した。同図には，さらに半田トンネルの結果も併記している。

同様にして，低圧ナトリウム灯で走行速度が 60 km/h，40 km/h の場合について，煤煙の発生源の数をパラメータとして τ と Lr の関係を示したものが図 4.19(b)，(c)である。

さらに，蛍光灯について煤煙の発生源の数をパラメータとして走行速度別に示したものが，図 4.20(a)～(c) である。なお，走行速度をパラメータとして光源ごとに整理しなおしたものを図 4.21(a)～(c)および図 4.22(a)～(c)に示す。

以上の検討の結果から次の事項が明らかとなった。なお，文中の数値は煤煙発生源として大型ディーゼル発電機を用いた場合（図 4.20(a)，図 4.21(a)）のものである。

(1) τ を上げれば，Lr を小さくし，逆にTを下げれば Lr を大きくすることにより同等の見え方を確保できることが，明らかとなった。

(2) 走行速度が 40 km/h の場合，走行速度が 60 km/h でTが 40％以上の場合および走行速度が 80 km/h でTが 50％以上の場合には，光源の（NX，FL）によらず所要の Lr はほとんど同一である。

(3) 走行速度が 80 km/h のとき，Tを50％から40％に下げようとする場合には，LrをNXで約 1.7 倍，FLで約 2.8 倍とする必要がある。

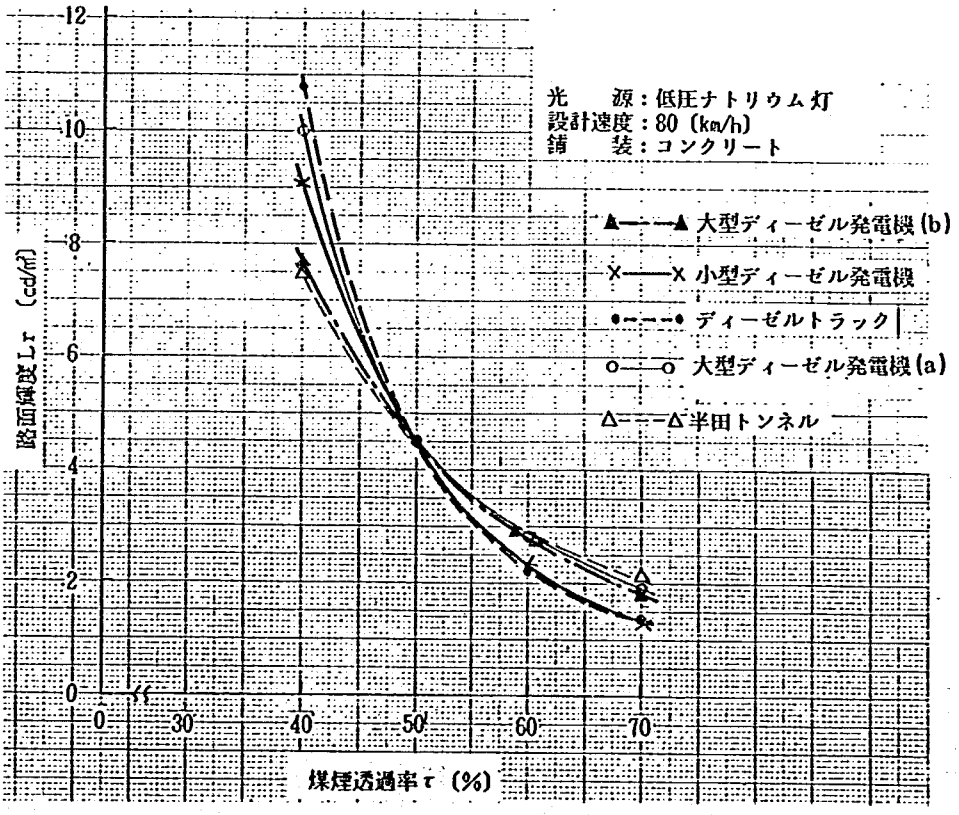


図 4.19(a) 同じ見え方を維持するための煤煙透過率 τ と路面輝度 Lr との関係

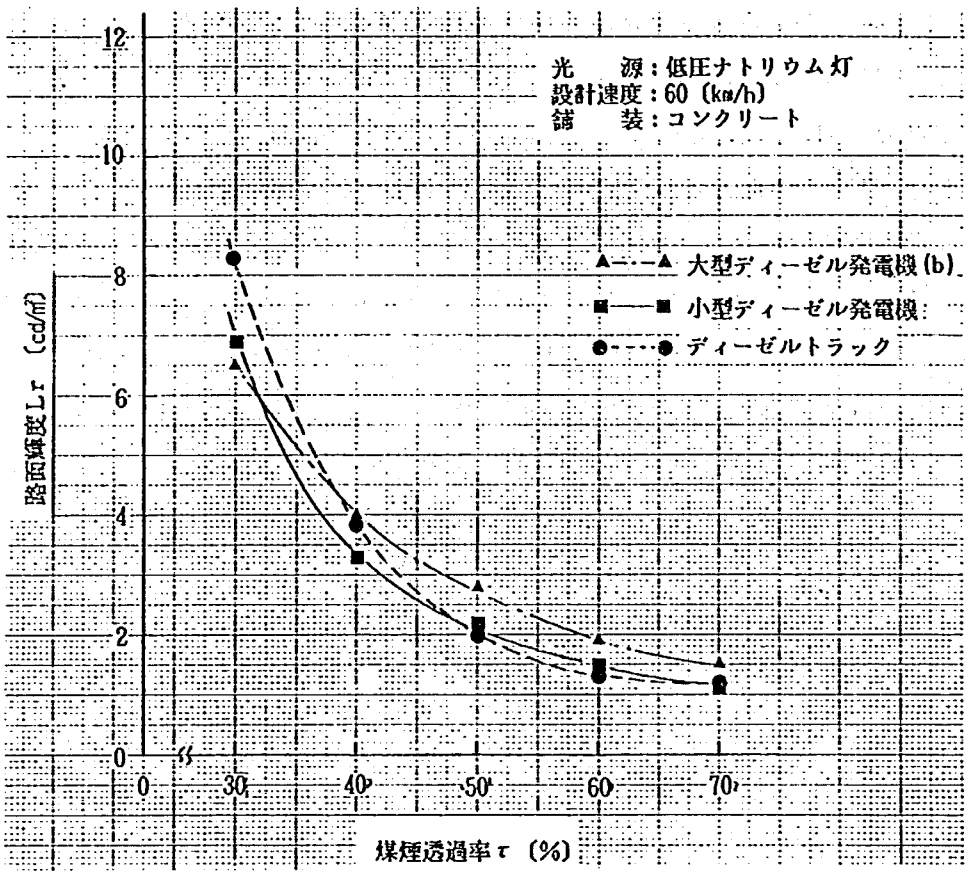


図 4.19(b) 同じ見え方を維持するための煤煙透過率 τ と路面輝度 Lr との関係

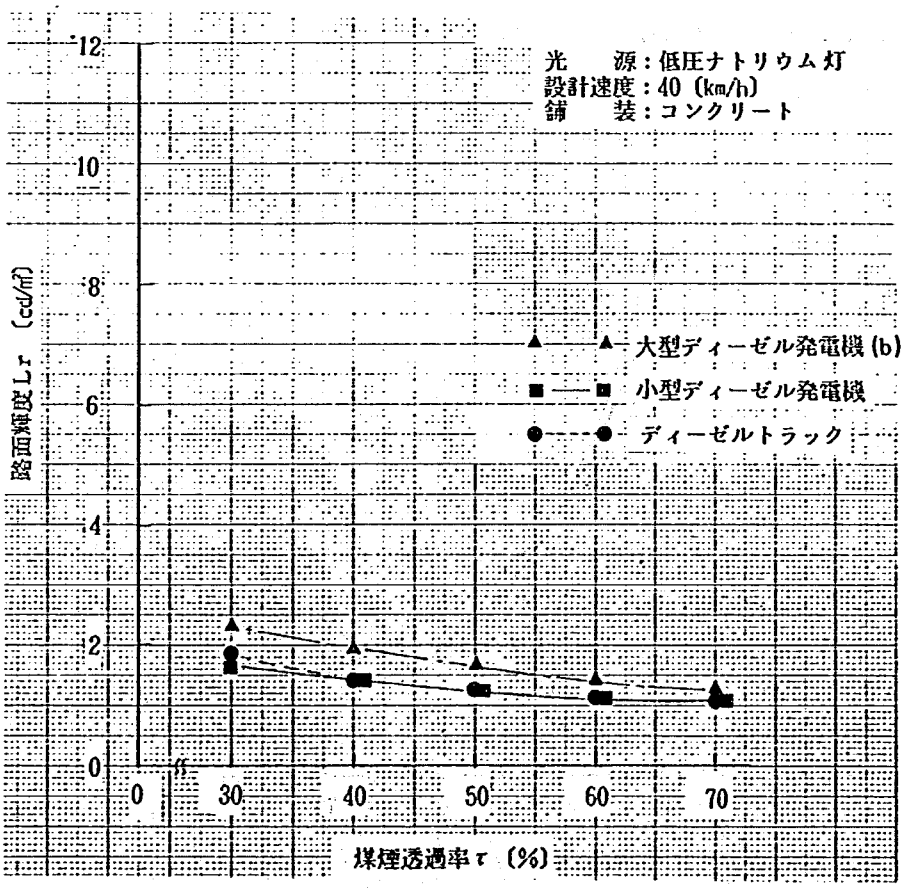


図 4.19(c) 同じ見え方を維持するための煤煙透過率 τ と路面輝度 Lr との関係

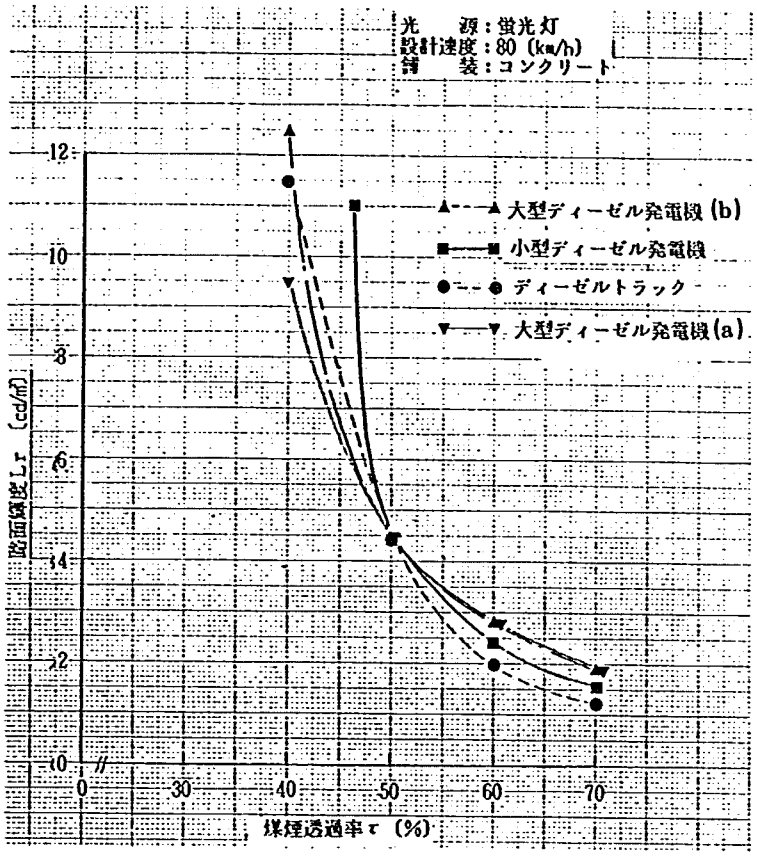


図 4.20(a)　同じ見え方を維持するための煤煙透過率 τ と路面輝度 Lr との関係

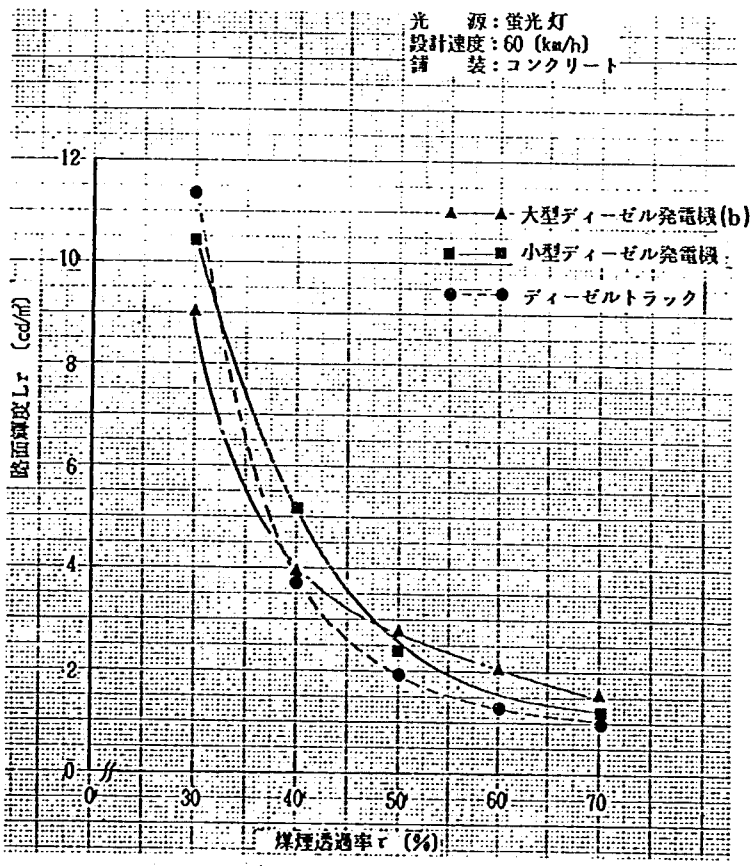


図 4.20(b)　同じ見え方を維持するための煤煙透過率 τ と路面輝度 Lr との関係

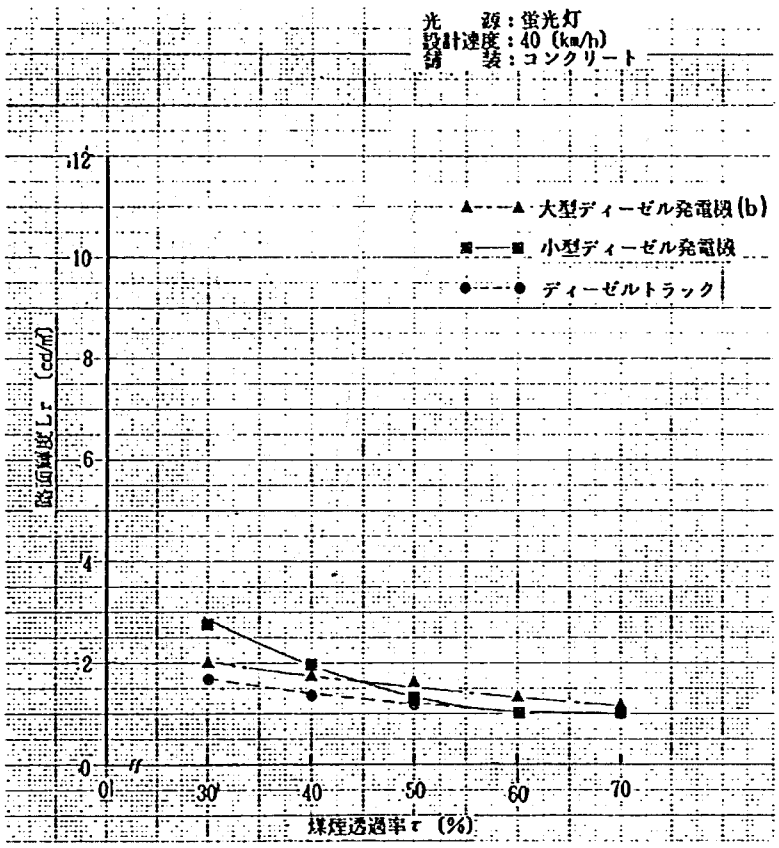


図 4.20(c)　同じ見え方を維持するための煤煙透過率 τ と路面輝度 Lr との関係

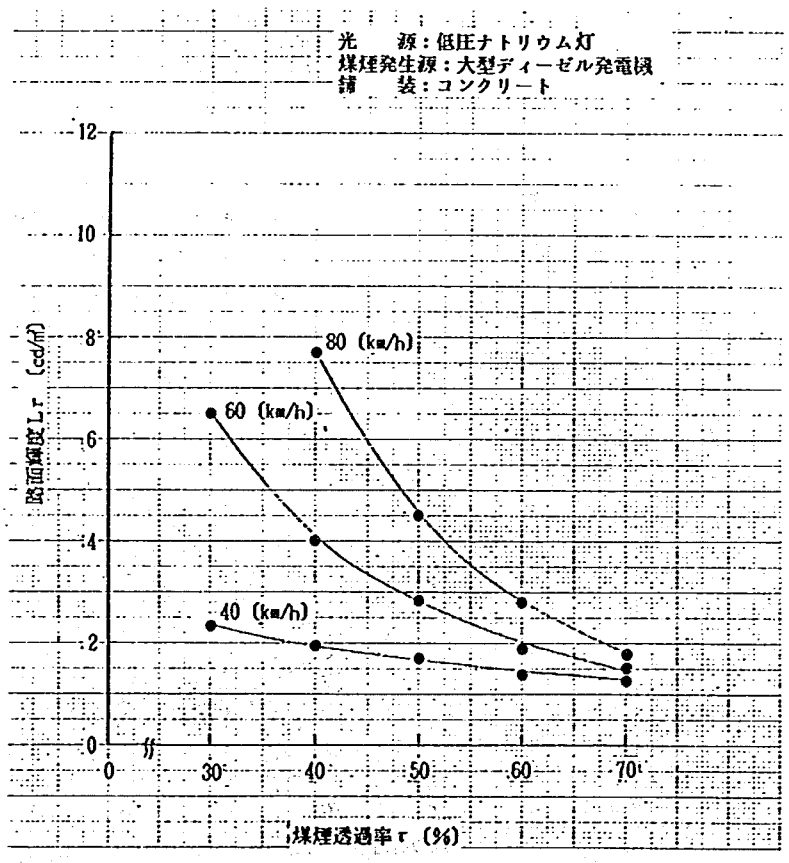


図 4.21(a)　同じ見え方を維持するための煤煙透過率 τ と路面輝度 Lr との関係

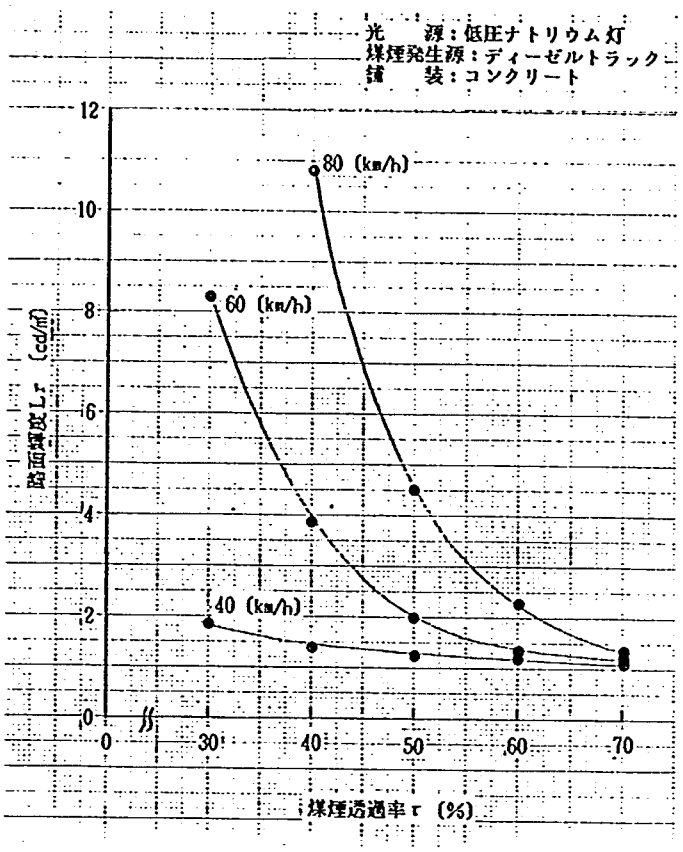


図 4.21(b) 同じ見え方を維持するための煤煙透過率 τ と路面輝度 Lr との関係

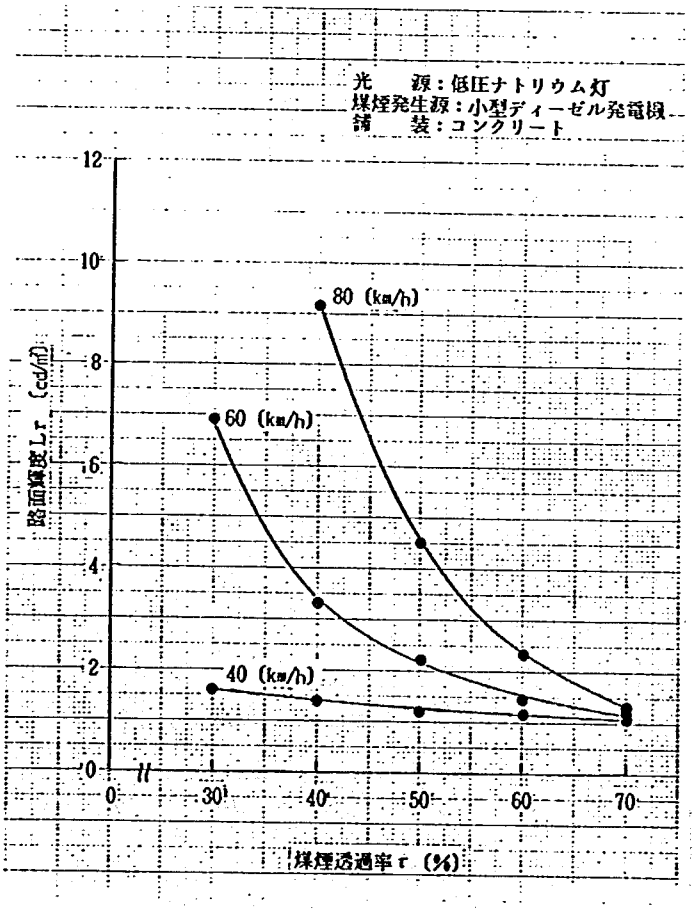


図 4.21(c) 同じ見え方を維持するための煤煙透過率 τ と路面輝度 Lr との関係

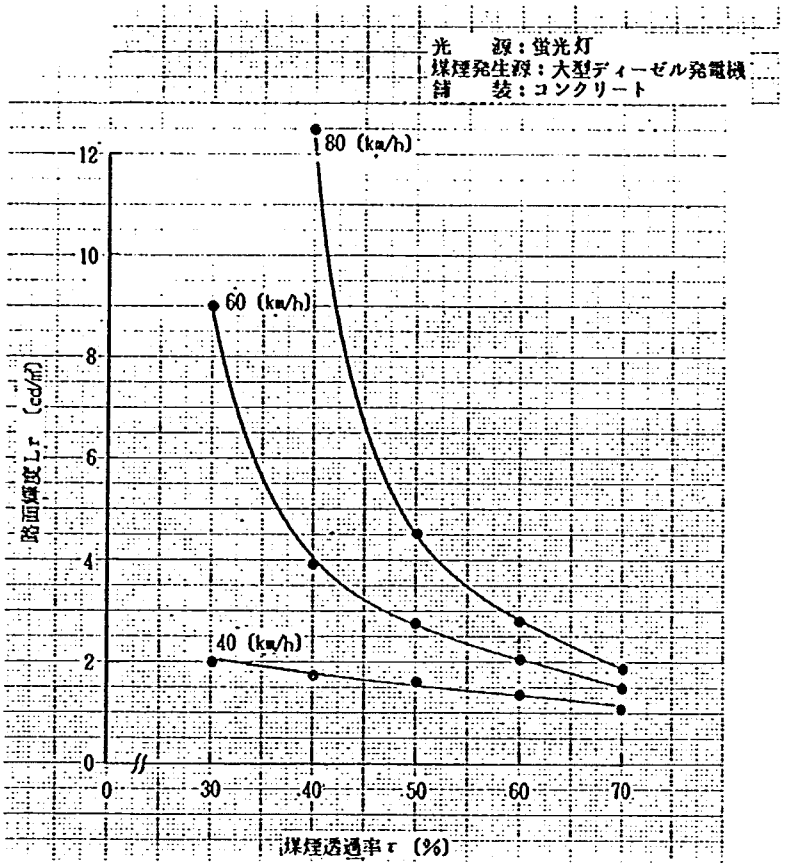


図 4.22(a) 同じ見え方を維持するための煤煙透過率 τ と路面輝度 Lr との関係

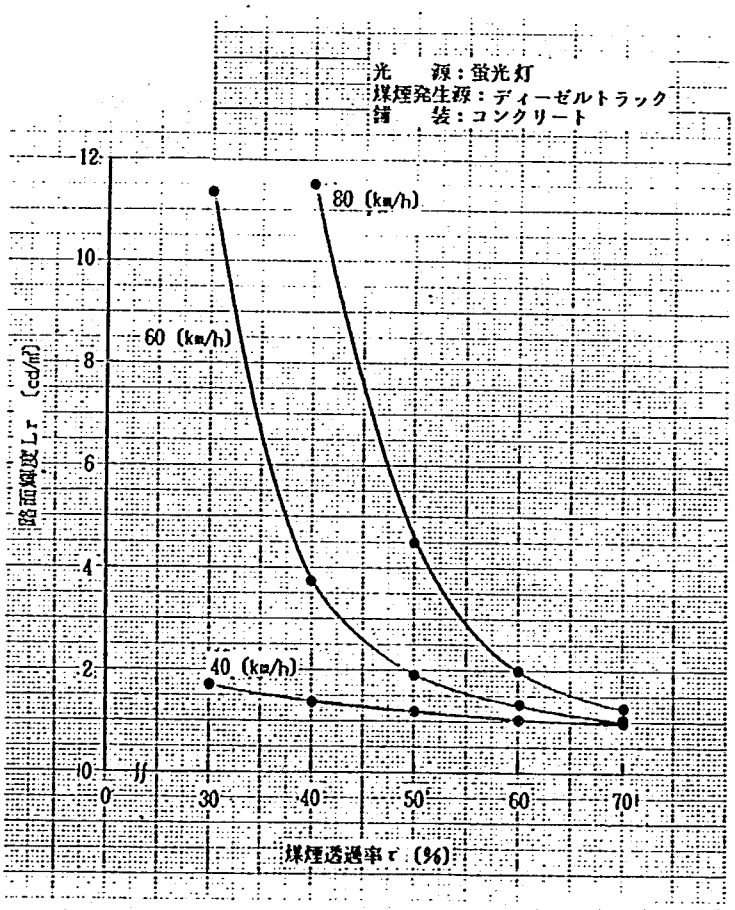


図 4.22(b) 同じ見え方を維持するための煤煙透過率 τ と路面輝度 Lr との関係

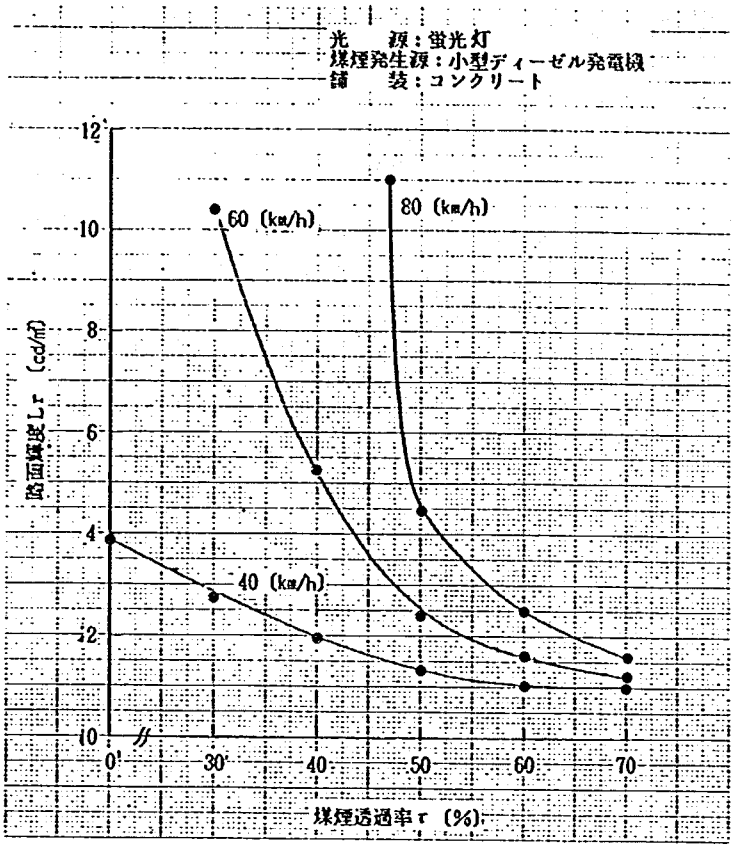


図 4.22(c)　同じ見え方を維持するための煤煙透過率 τ と路面輝度 Lr との関係

5. トンネル内での見え方実験

5.1 実験の目的

4.6.5で理論的に求めた「トンネル内煤煙中での煤煙透過率と所要路面輝度の関係」は，研究室内で実験的に求めた輝度対比弁別いき（Camn）に，実際のトンネルにおける運転者の視覚条件に補正するための係数（フィールドファクタ）kを乗じて求めた運転者の輝度対比弁別いき（Ca）をもとに導き出したものである。

したがって，フィールドファクタkが，実際のトンネル走行時の運転者の視覚条件と研究室での実験条件，観測条件との関係を適切に表わしているか否かについて確認することが必要である。

フィールドファクタkを求めるための実験としては，大別して，

(1) 実際のトンネル照明施設を使用する方法

(2) 実験用シミュレータを使用する方法

の二つが考えられるが，本章の実験は，4.6.5で求めた理論値の確認という実験目的を考慮してトンネル内の煤煙の光学濃度を長時間にわたり一定の状態に設定することができる実大トンネル実験施設を用いた。

5.2 実験方法

(1) 観測方法

実大トンネルは，その延長が400 mであり走行実験を行なうには短すぎるために，静止実験を行なうこととした。

静止実験において，実際の走行状態を再現し，かつ実験の目的である「煤煙の許容透過率と所要路面輝度の関係」が求められるような視覚条件を作り出すため，前述のフィールドファクタを考慮して，観測者の注意力を前方路面上の視標にのみ向けるのではなく，これとは別の視作業を観測者に与え，その視作業中に路面上の視標の識別をさせるという方法をとることにした。

観測者と視標，視作業提示装置の位置関係を図5.1に示した。

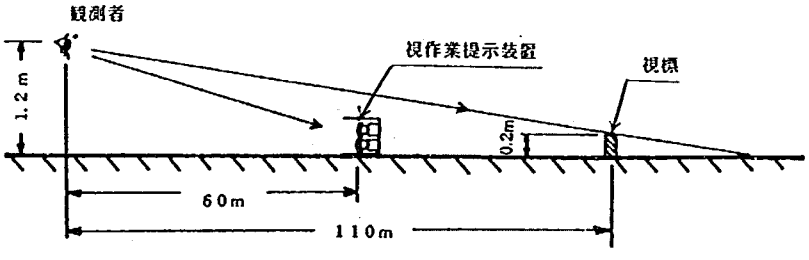


図5.1 観測者，視作業提示装置，視標の相互位置関係

観測者は，前方60ｍの路面上に置かれた視作業提示装置に示される一定の視覚パターンの変化を視認し，これに反応しながら，その視作業中に，さらに前方110ｍの路面上に出現する視標の位置を識別するという視作業を要求される。

これら２つの視作業の時間的な関係と，それに対応する観測者の反応タイミングを図5.2に示す。

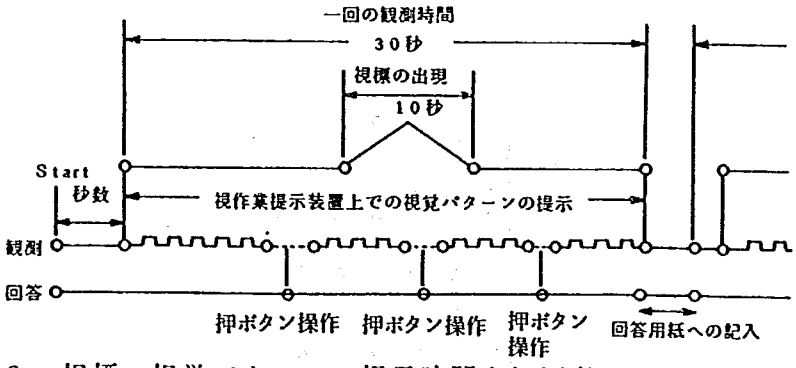


図5.2　視標，視覚パターンの提示時間と観測者の反応時間との関係

(2)　観測手順

観測者に提示される視覚パターンの変化，観測者の観測・操作などの手順を以下に示す。

①　観測者は，２名が一組となりトンネル内に置かれた乗用者の運転席と助手席に座り，前方路面を注視する。

②　実験条件の設定の完了後，実験者（実験条件の設定を行う者をいう）が観測開始のスイッチを押す。

③　スイッチが投入されてから１～２秒後に，観測者前方約60ｍの路面上に置かれた視作業提示装置が作動を開始する。（視作業提示装置は２台設置され，運転席の観測者は右側，助手席の観測者は左側の提示装置により視作業を行なう）

④　視作業提示装置に現われる視覚パターンは，あたかも電光ニュースのように，約0.5秒間隔で左から右へ光点（点灯している光源の状態を以下光点という）が移動する。図5.3に，視作業提示装置に表れる視覚パターンの変化の状況を示す。

⑤　光点の移動が開始されてから，数秒経過するとこれが停止し（実験者の操作によりその時間および回数は任意に設定出来る），停止と同時に図5.3の視作業提示装置の下段の赤ランプがその上段の白ランプとともに点灯する。

⑥　観測者は，光点移動の停止を確認した上で直ちに手元の押ボタンを押す。

⑦　押ボタンの操作後，再び光点の移動が始まる。

以下，①～⑦の手順を繰り返す。

⑧　視作業提示装置による視覚パターンの提示中の何れかの時間に，前方110〔m〕の路上に視標が出現する。

観測開始から約30秒間で一回の観測が完了する。

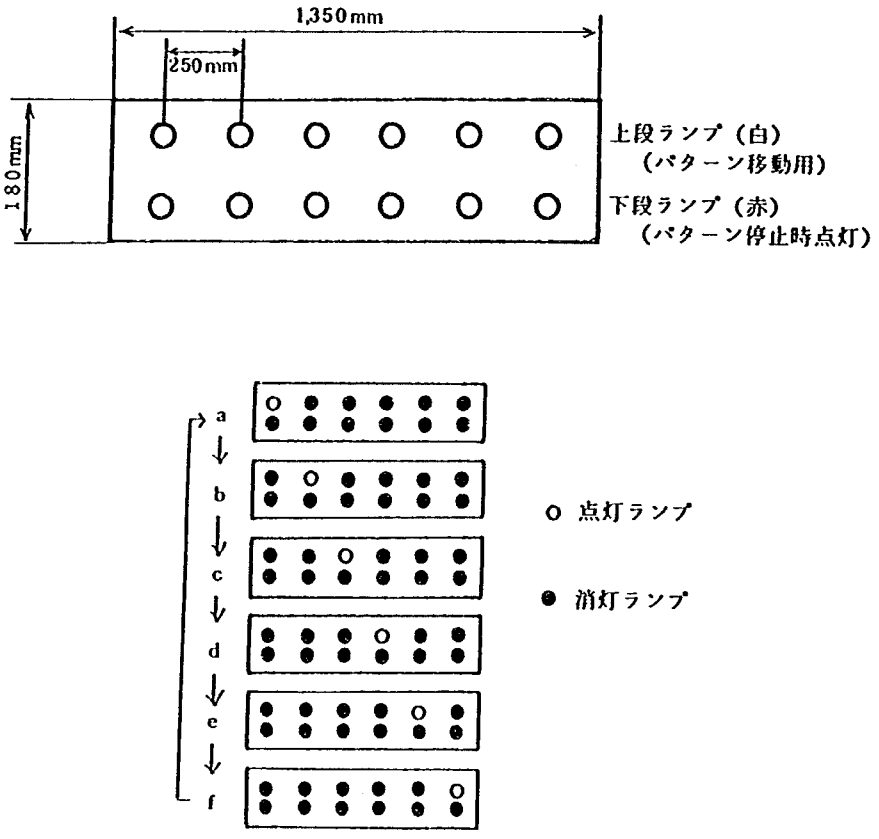


図 5. 3　視作業提示装置における光点の移動状況

(3)　視標の提示方法

観測者前方 110 m（設計速度 80 km/h の場合の視距に相当）の路面上に設置された視標は，前項(2)で示した約30秒の視作業提示装置の作動期間中のいずれかの時間に，約10秒間出現する。視標の提示状態を図 5. 4 に示す。

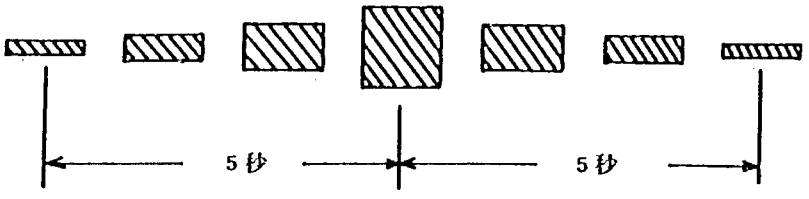


図 5. 4　視標の提示状況

観測者は，路肩（左），車線中央（中），道路中央（右）のいずれかあるいはその組合せ，および全然出現しない場合も含めて 8 通りの組合せの中から，実際に出現した視標の位置を判断し，回答用紙に記入する。

(4)　実験条件の設定

煤煙は，大型ディーゼル発電機を用いて発生させ，その煤煙透過率は，ディーゼル発電機の回転数，負荷（電気抵抗）の容量および，送気パイプのバルブの開度調整により設定させ

た。

見え方実験時の，煤煙透過率，等価光幕輝度（Lev），光幕輝度（Lv），路面照度，路面輝度などの光学的測定を行なうため，車道の一車線を測定用に用い，他の一車線を見え方実験用に用いた。図 5. 5. に，実験・測定装置の配置図を示す。

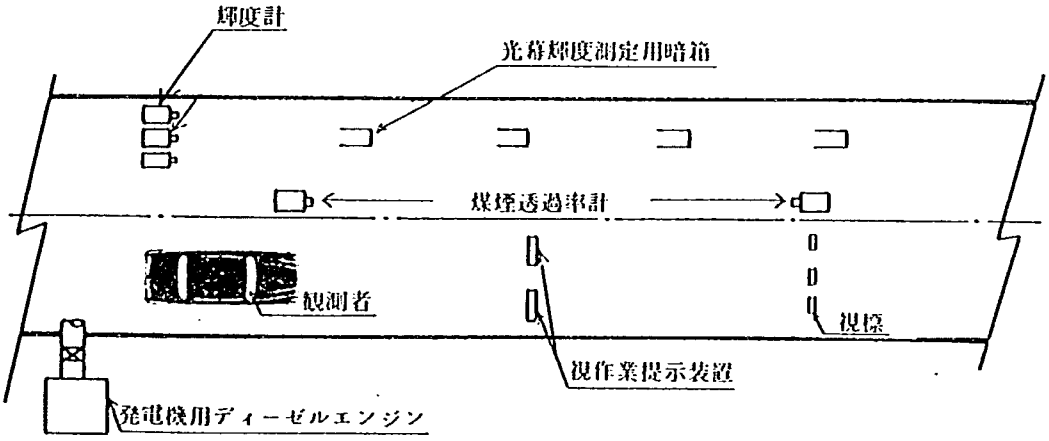


図 5. 5　測定機器，実験器材の配置

写真 5. 1 に視標の提示状況，写真 5. 2 に視作業提示装置，写真 5. 3 に観測状況を示す。

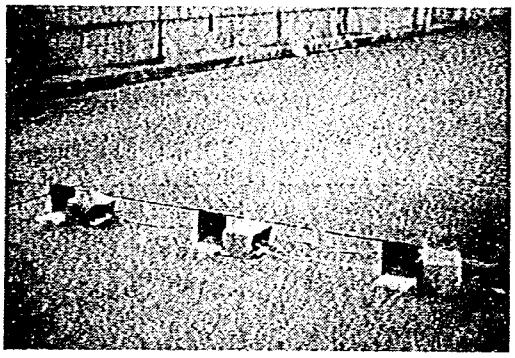


写真 5. 1　視標の提示状況

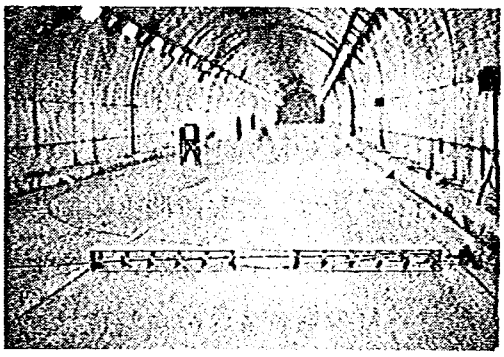


写真 5. 2　視作業提示装置

（写真撮影上フラッシュを使用したため，視標の駆動部が写っているが，トンネル照明下で観測点から見た場合には，これが路面に融合し見えないようになっている）

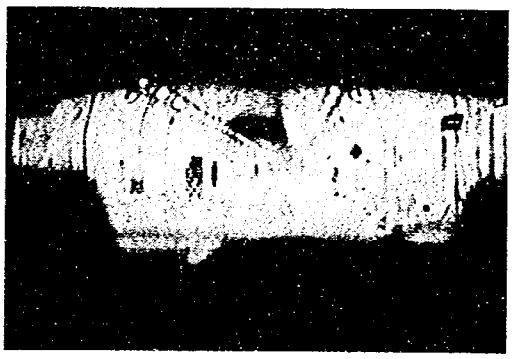


写真 5. 3　観 測 状 況

5.3 実験条件

実験に先立ち，写真5.2で示した視作業提示装置の光点の点灯時間，移動時間間隔，光点の輝度，観測者から視作業提示装置までの距離および視標の輝度対比，提示時間などについて予備実験を行ない，前出の4.6の項で用いたフィールドファクタとほぼ同じ値が得られるように実験条件を設定した。

今回の実験において設定した，上記以外の実験条件を以下に示す。

(1) 観測者

観測者は，視力検査の結果をもとに両眼視力0.7以上を有する22歳～44歳までの男子12名を選び，各6名ずつ二つのグループに分けた。実験は同じ内容のものを2つのグループについて日時を変えて行なった。観測者の年齢，視力，眼鏡使用の有無を表5.1に示す。なお観測グループBは，照明技術者を観測者とした。

表5.1 観測者

グループ名	観測者名	年齢	視力*	眼鏡の使用
A	a	29	1.2	−
	b	28	0.7	○
	c	22	0.9	−
	d	38	1.5	−
	e	35	0.9	○
	f	35	0.7	−
B	g	28	0.8	○
	h	26	0.7	○
	i	42	1.0	−
	j	44	1.0	○
	k	39	0.9	○
	l	39	0.7	○

*両眼視力

(2) 煤煙透過率

煤煙透過率は，煤煙がない場合（τ＝100％）も含めて，4段階とした。表5.2にこれを示す。

表5.2 煤煙透過率の設定値

光源	煤煙透過率(%) 目標値	設定値
蛍光灯	100	97～98
	70	70～73
	50	50～53
低圧ナトリウム灯	30	33～35
	50	50～53

(3) 路面照度・輝度

照明レベルは，実験時間上の制約から，蛍光灯の場合4段階，低圧ナトリウム灯の場合2段階とした。表5.3にこれを示す。

表5.3 照明レベル(路面照度・輝度)の設定値

光源	照明レベル 照度〔lx〕	輝度〔cd/m²〕	備考
蛍光灯	102	8.3	向き合せ配列 S＝5m
	65	5.3	
	39	3.2	
	18	1.5	
低圧ナトリウム灯	73	4.8	向き合せ配列 S＝10m
	37	2.4	

(4) 視標

大きさ　20 cm×20 cm

位置　車線の左，中，右の3か所

反射率　ρ＝27％

輝度対比　C＝約50％

(5) 観測繰り返し回数

煤煙透過率と照明レベルとが同一条件下における視標の見え方の実験繰り返し回数は，10回とした。

5.4 実験結果

実験者の設定した視標の提示位置と，観測者の回答とが合致したものについては正解として，その正解率を求めた。ただし，視作業提示装置による光点の停止に対して一定時間内に観測者のプッシュスイッチによる応答がない場合には，たとえ回答が正解であってもこれを不正解として処理した。

上記の方法で求めた正答率（以下視認率という）を観測グループ毎に整理し，表 5.4 を得た。

表 5.4 実 験 結 果 (1)

視認率〔%〕

光源	煤煙透過率〔%〕	観測グループ A 路面輝度 Lr〔cd/m²〕							観測グループ B 路面輝度 Lr〔cd/m²〕				
		8.3	5.3	4.8	3.2	2.4	1.5	8.3	5.3	4.8	3.2	2.4	1.5
蛍光灯	97～98	–	–	–	100	–	99	–	–	–	100	–	98
	70～73	–	100	–	99.5	–	73	–	99.5	–	99	–	84
	50～53	100	91	–	66	–	29	100	93	–	70	–	67
	33～35	67	35	–	26	–	–	82	51	–	45	–	–
低圧ナトリウム灯	50～53	–	–	85	–	79	–	–	–	93	–	55	–

さらに，A・B両グループを合計して表 5.5 を得た。

表 5.5 実験結果(2) A，B両グループ

視認率〔%〕

光源	煤煙透過率〔%〕	路面輝度 Lr〔cd/m²〕					
		8.3	5.3	4.3	3.2	2.4	1.5
蛍光灯	97～98	–	–	–	100	–	98.5
	70～73	–	99.8	–	99.8	–	78.5
	50～53	100	92	–	68	–	8
	33～35	74.5	43	–	35.5	–	–
低圧ナトリウム灯	50～53	–	–	89		67	–

また，これらの結果を，煤煙透過率 τ をパラメータとした視認率(P)と路面輝度（log Lr ）との関係を正規確率紙にプロットし，図 5.6 ～図 5.8 を得た。

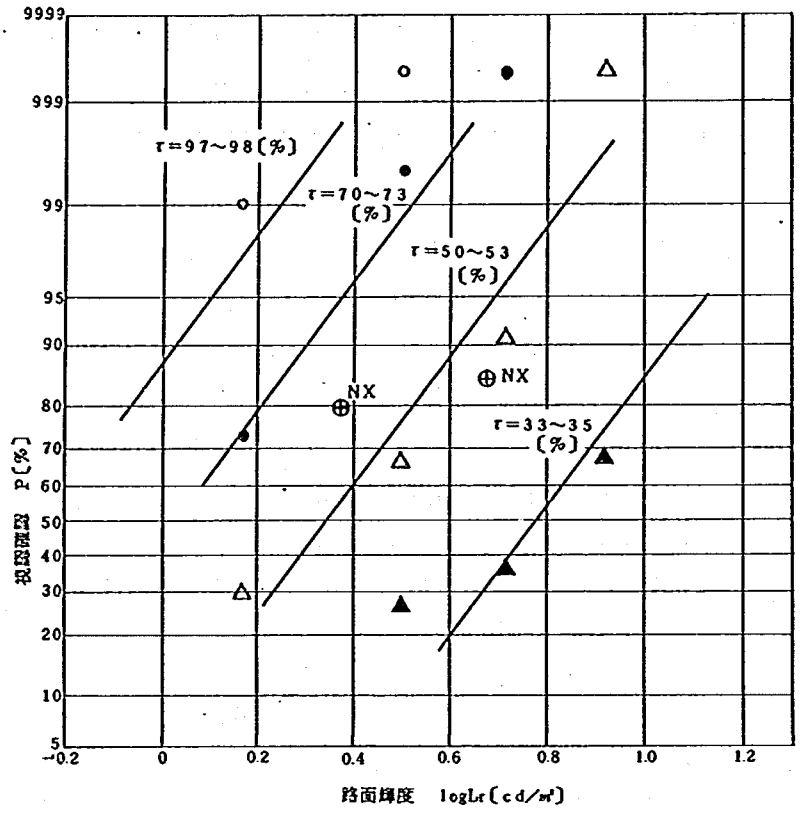


図 5. 6　観測Aグループの実験結果

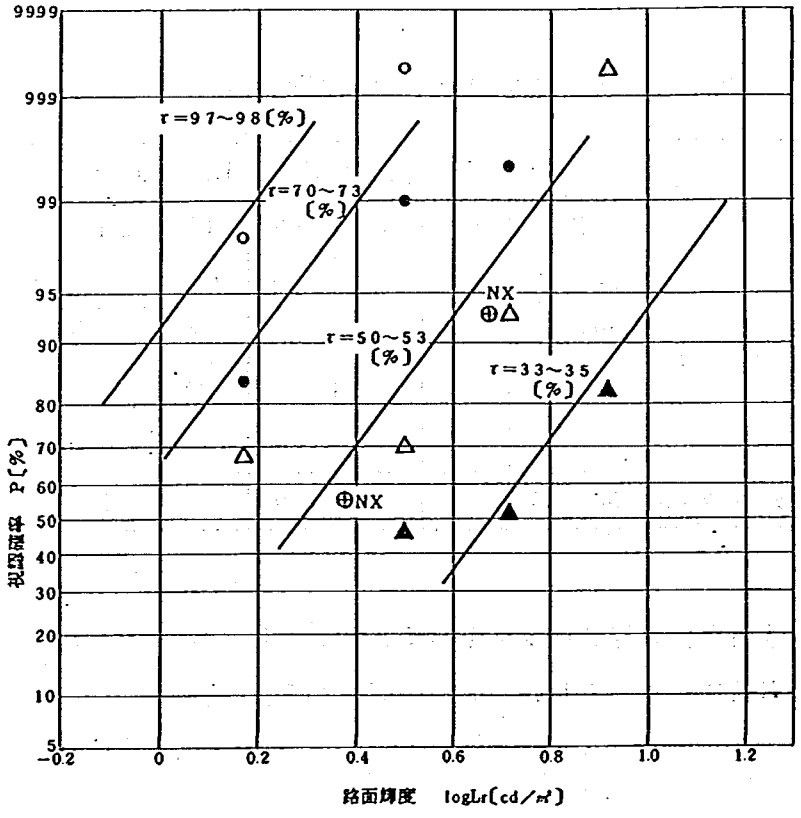


図 5. 7　観測Bグループの実験結果

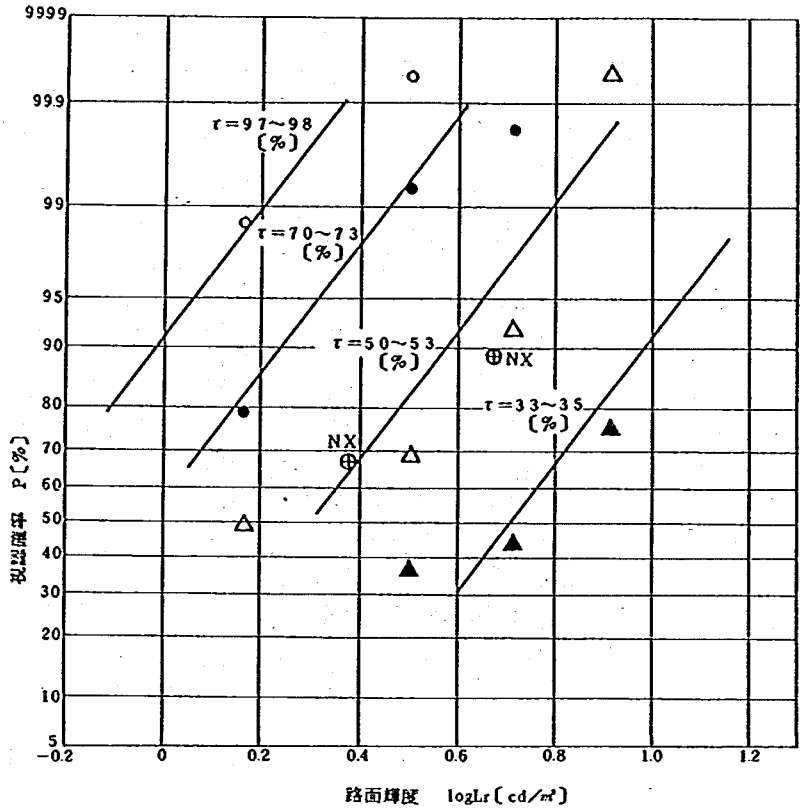


図 5. 8　観測A，B両グループを合計した場合の実験結果

なお，観測結果のうち，視認確率100％のデータは正規確率紙の縦軸上の 99.95 〔%〕にプロットした。

なお，見え方実験と並行して確認のため，光幕輝度Lv，等価光幕輝度 Levなどの測定を行なったがその結果は，前出の 4. 5 項で述べた測定値とほぼ一致していた。

5. 5　考　　察

図 5. 6 ～図 5. 8 の実験結果から視認確率P＝90％の場合に対する，煤煙透過率 τ と所要路面輝度 Lr との関係を求め，これを観測Aグループ，Bグループおよび A＋B両グループ別に図示すると図 5. 9 が得られる。

この結果から，次のことが明らかとなった。

(1)　観測Aグループは観測Bグループに比べ，いずれの煤煙透過率の場合も所要路面輝度が高い値となっている。これは，観測Bグループの観測者がいずれも照明技術者であり，実験の目的を熟知していたことなどの慣れが影響しているものと考えられる。

(2)　今回の実験からは，蛍光灯と低圧ナトリウム灯の違いによる所要路面輝度の差は，導き出すことができなかった。

(3)　A，B各グループおよび両グループを合計した実験結果とも，煤煙中での障害物を識別するための路面輝度は，煤煙透過率が低くなるにしたがって高い値が必要となり，たとえば，煤煙透過率が40％

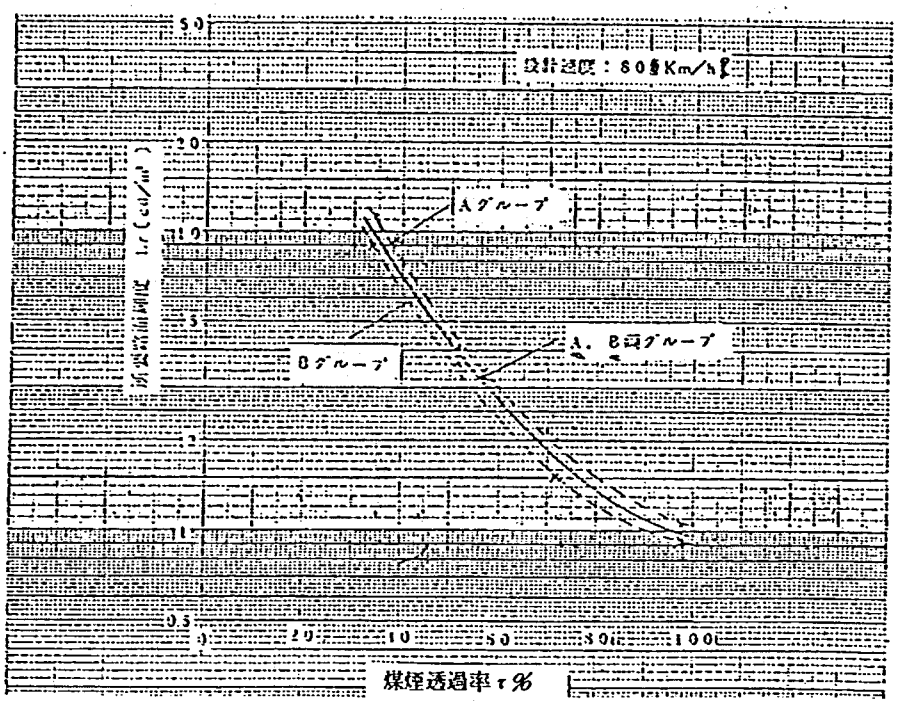


図 5. 9　見え方実験による煤煙透過率 τ と所要路面輝度 Lr との関係

のときの所要路面輝度は，煤煙透過率が50%のときの値の約 1. 7 倍となっている。 これは前出の 4. 6. 5 項で理論的に求めた関係とほぼ同じ傾向を示している。

6. 結　論

本研究により，明らかになった点を以下に示す。

(1) 煤煙中での障害物とその背景との輝度対比C′のほかに運転者の目の弁別力（輝度対比弁別いきCa）に関する理論を導入することにより，障害物の輝度対比C′と輝度対比弁別いきCa が等しくなるときの煤煙透過率 τ と路面輝度 Lr との関係を求めた。

(2) 障害物の輝度対比C′および輝度対比弁別いき Ca を求めるために必要な光幕輝度Lv，等価光幕輝度Lev の測定実験結果から，光幕輝度Lv は路面輝度Lr の約50％（観測距離＝130m の場合），等価光幕輝度Lev は路面輝度 Lr の約10％であることがわかった。

(3) 煤煙の許容透過率 τ と所要路面輝度 Lr との関係を求めた結果，低圧ナトリウム灯照明下において煤煙の許容透過率 τ を50％から40％に下げると，50％の場合に比べ，設計速度80，60，40〔km/h〕に対し，それぞれ1.7～2.2倍，約1.5倍，約1.2倍の路面輝度が必要となることが明らかになった。

(4) 煤煙の許容透過率 τ と所要路面輝度 Lr との関係について，理論解析の結果と見え方実験の結果を比較すると，光幕輝度 Lv，等価光幕輝度Lev の測定データをもとにした理論計算の結果と見え方実験の結果がほぼ一致した。すでに述べたとおり，見え方実験の観測者が実験の目的を熟知した関係者によって構成されていたことを考え合せると，今回の見え方実験および半田トンネルの実験の結果に基く煤煙の許容透過率 τ と所要路面輝度 Lr との関係はトンネル内で必要な見え方を維持する上での「下限値」を表していると考えることができる。

(5) 実大トンネルと半田トンネルにおける光幕輝度 Lv，等価光幕輝度Lev の測定データを用いてそれぞれ煤煙の許容透過率 τ と所要路面輝度 Lr との関係を求めた結果，若干の差異が生じた。これは，それぞれの実験における煤煙の発生方法（煤煙の性状），およびトンネル内装の有無などのトンネル諸元の違いに起因するものと考えられ，今後これらに対する詳細な解析が必要と思われる。

(6) 今回の検討では，自動車の前照灯の影響を考慮しなかったが，特に，対面交通のトンネルでは対向車の前照灯が点灯されている場合に，これによって光幕輝度 Lv および等価光幕輝度Lev が著しく増加するため，見え方が阻害される。これは，トンネル内において運転者に必要な見え方を確保させるうえで重要な課題であり，今後検討を要するものと思われる。

参考文献

1) Roper, V. J., Howard, E.A., : Seeing with motor car headlamps Transactions I.E.S. (New York), 33-5 (1938) 417

2) 高速道路調査会：トンネル照明設計指針 （昭和54年）

3) 猪野原誠 他：輝度対比弁別いきにおよぼす網膜順応輝度と対象物の背景輝度の影響 National Tech Rept. Vol.27 No 3 （昭和56年） 435 ～ 441

4) 高速道路調査会：トンネル照明に関する調査研究報告書（その２） （昭和52年）

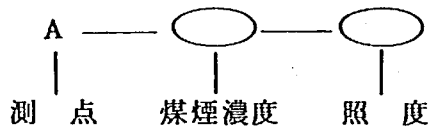
付　　録

(1) 光幕輝度の測定結果　　付図1－1～7 ……110

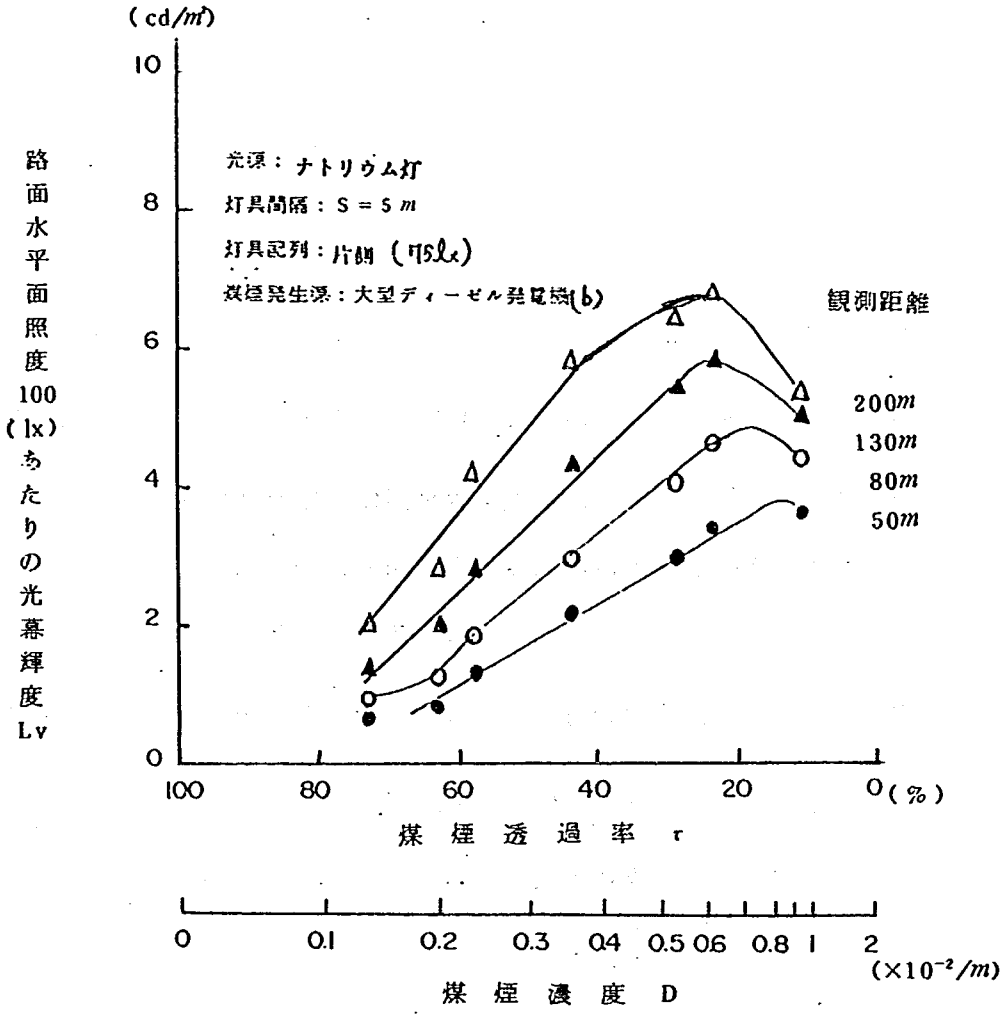
(2)　　〃　　の比較　付図2－1～3 ……117

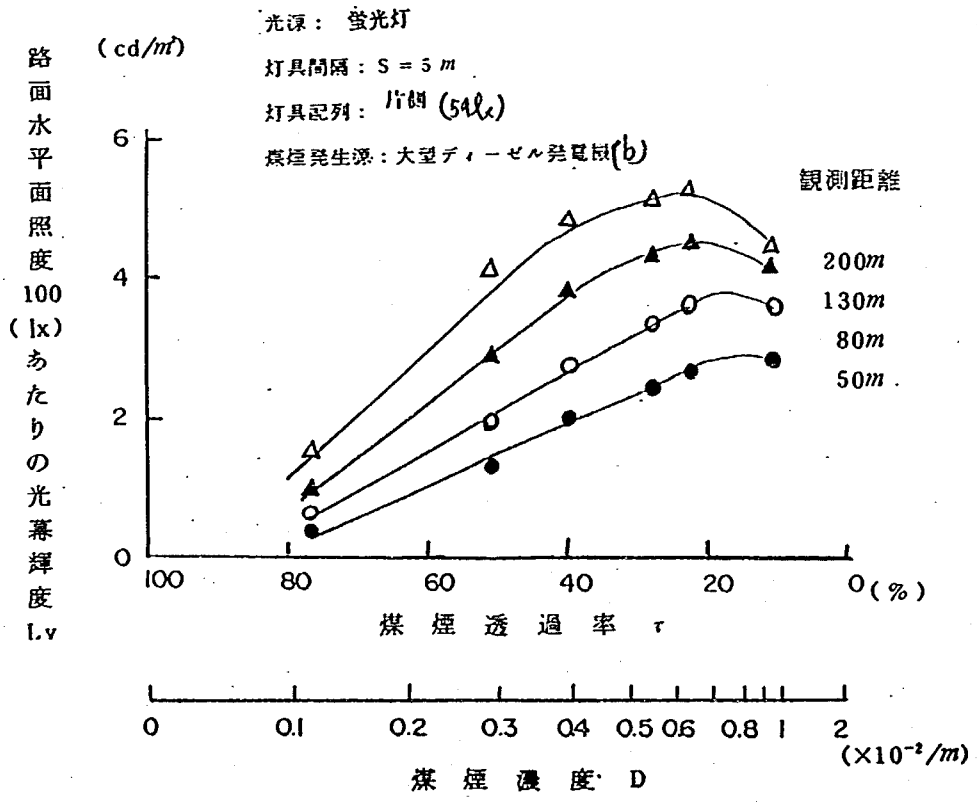
(3) 各点灯状態における路面上の水平照度，鉛直面照度……120
および路面から1mの高さの水平照度，鉛直面照度
付図3－1～8

(4) 煤煙濃度設定状況の写真　　付写真1～9 ……128

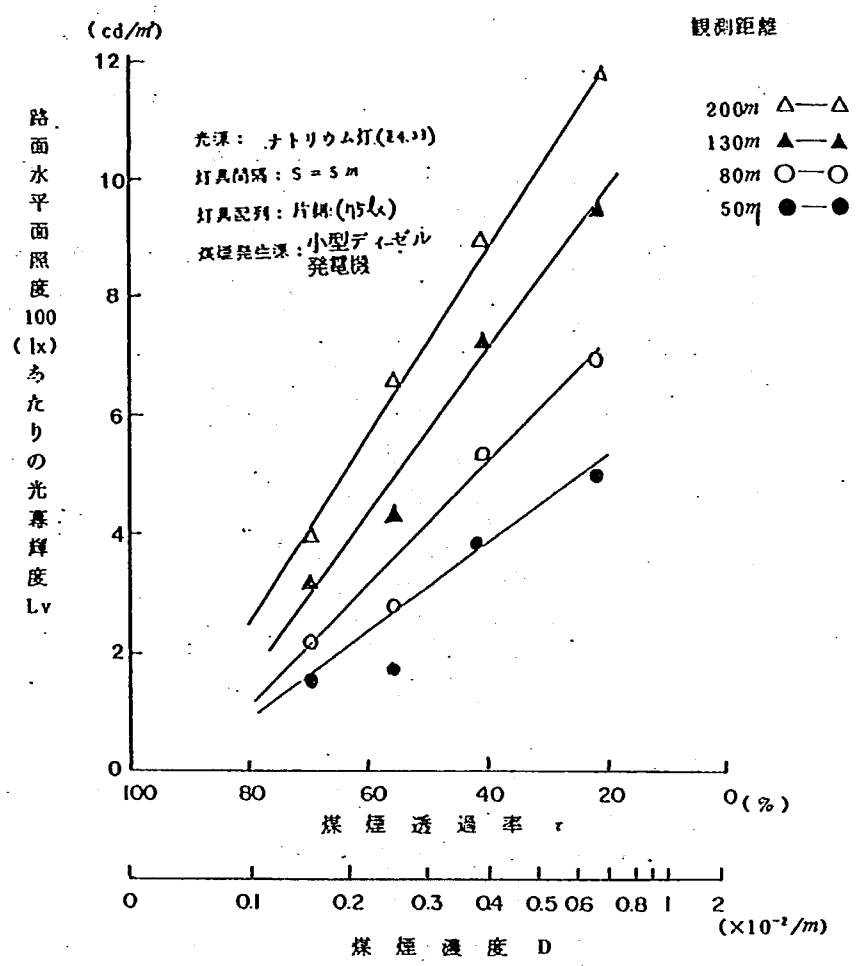


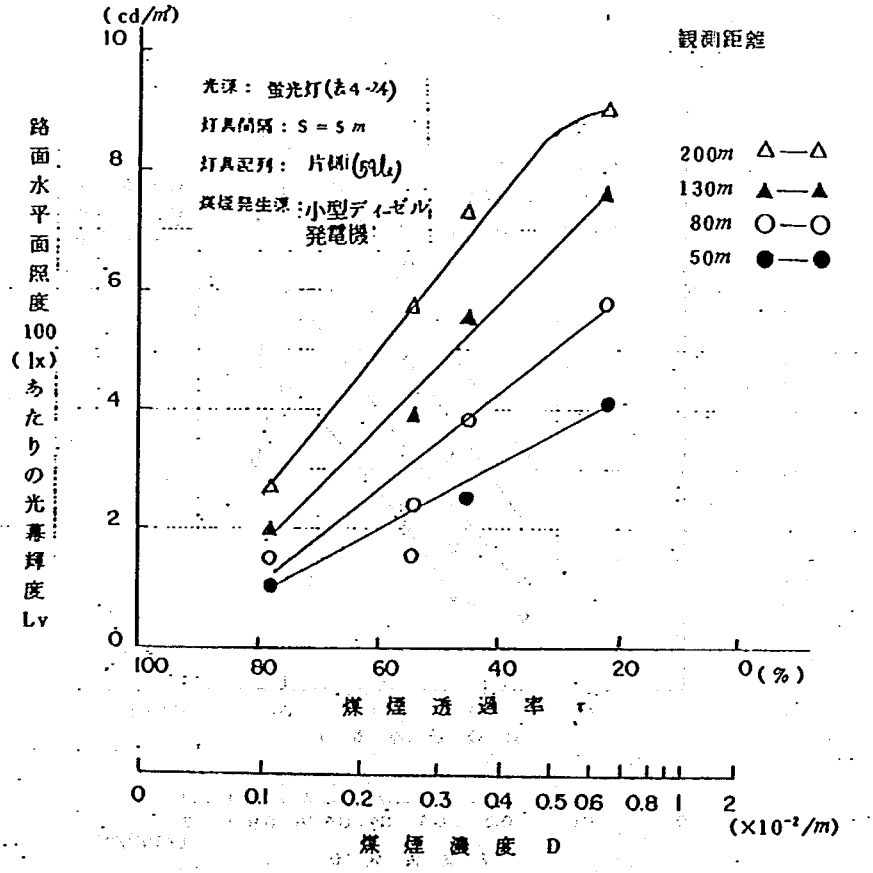
（図4.3参照）



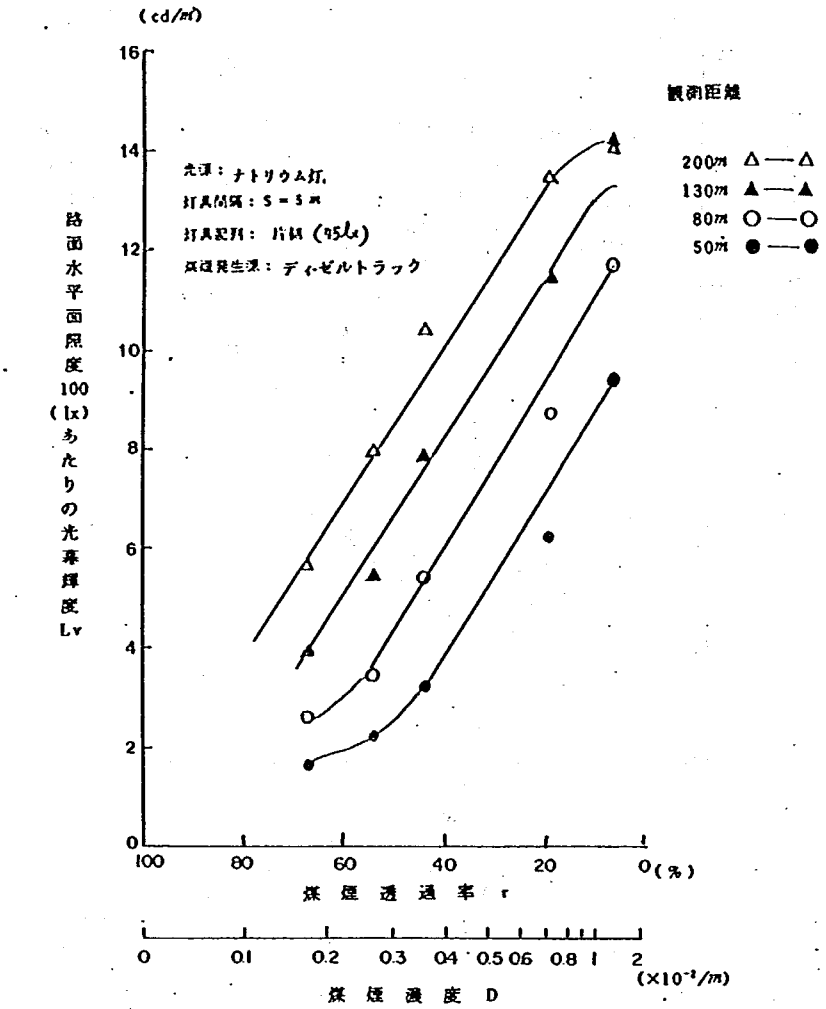


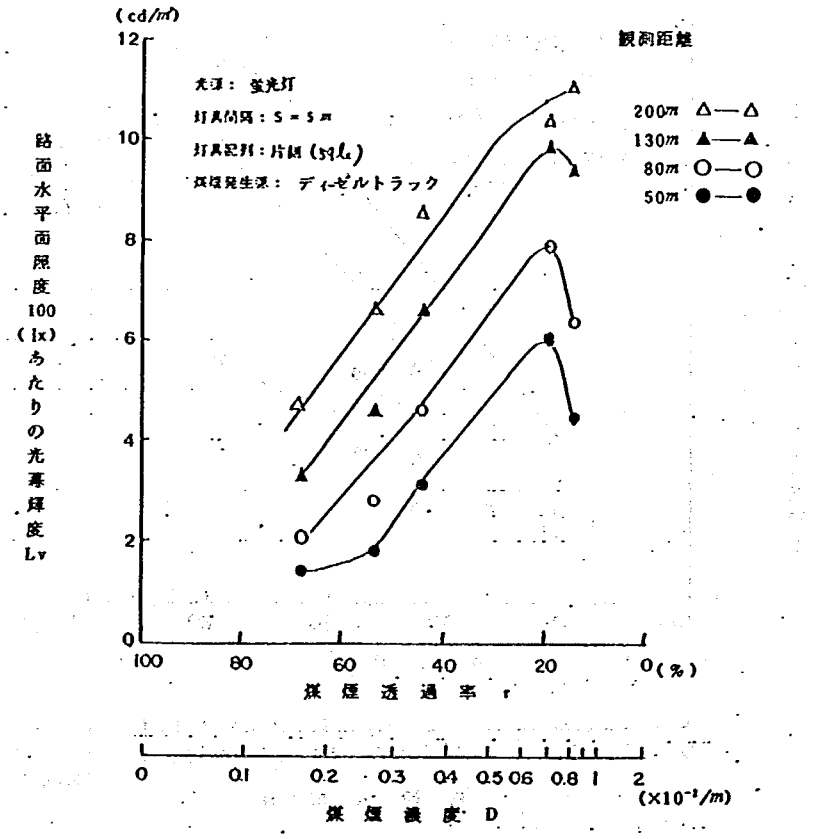
付図１－１　光幕輝度の測定結果



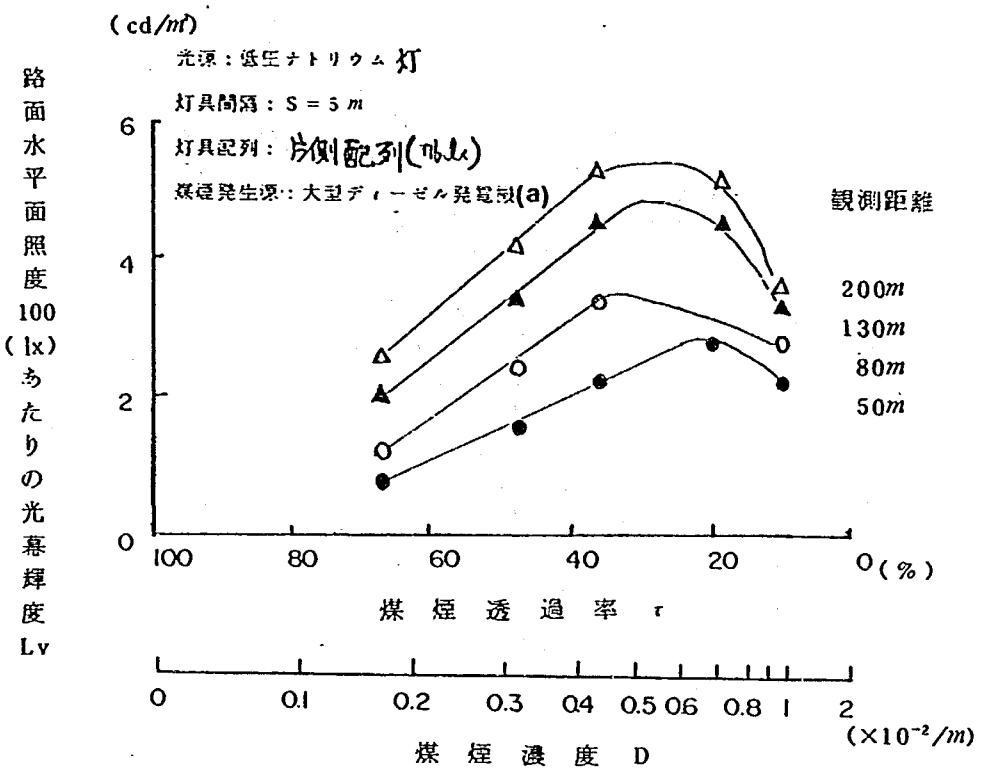


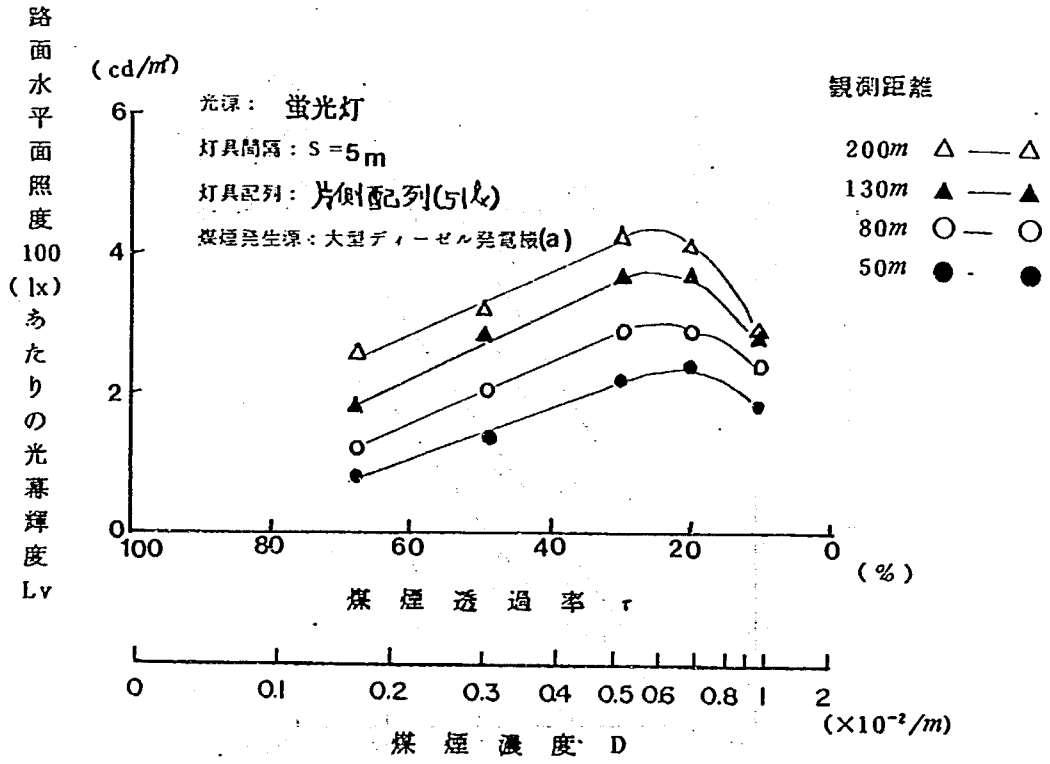
付図1－2　光幕輝度の測定結果



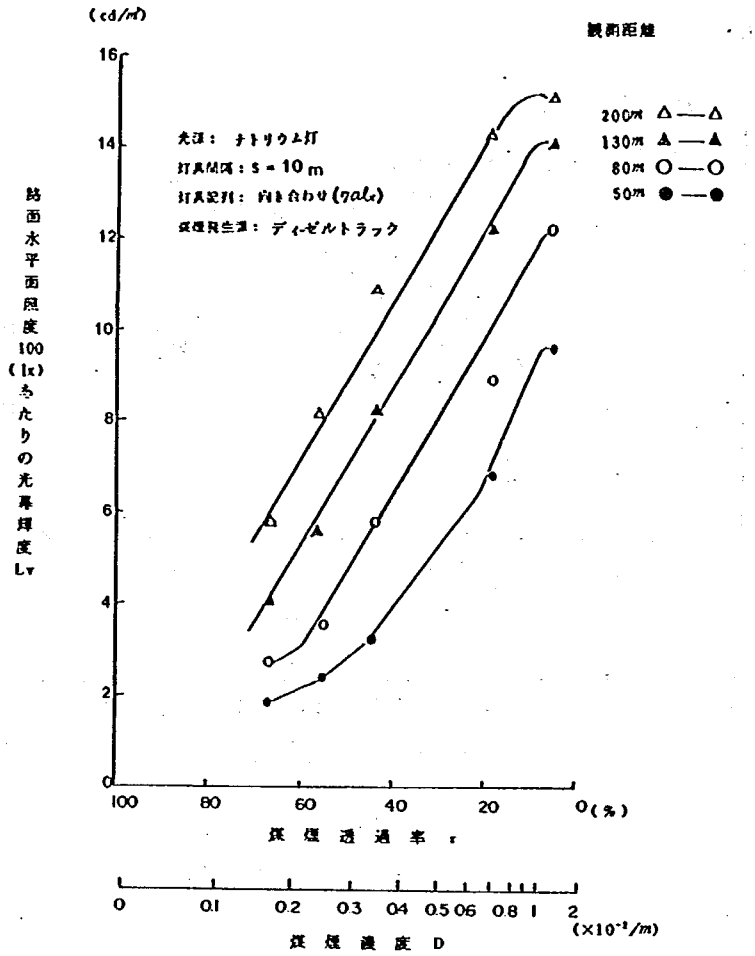


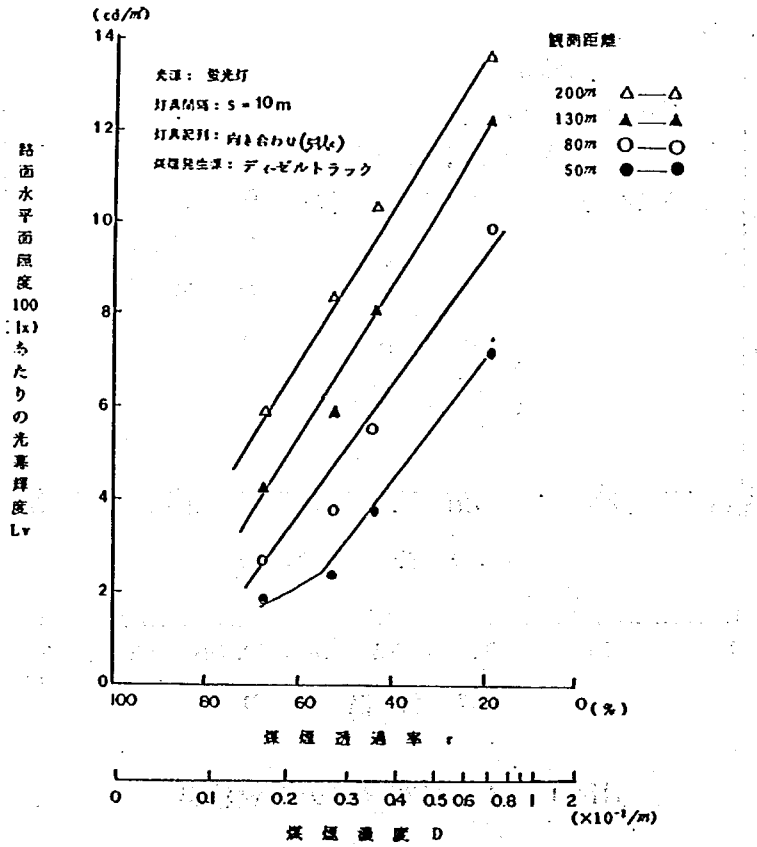
付図１－３　光幕輝度の測定結果



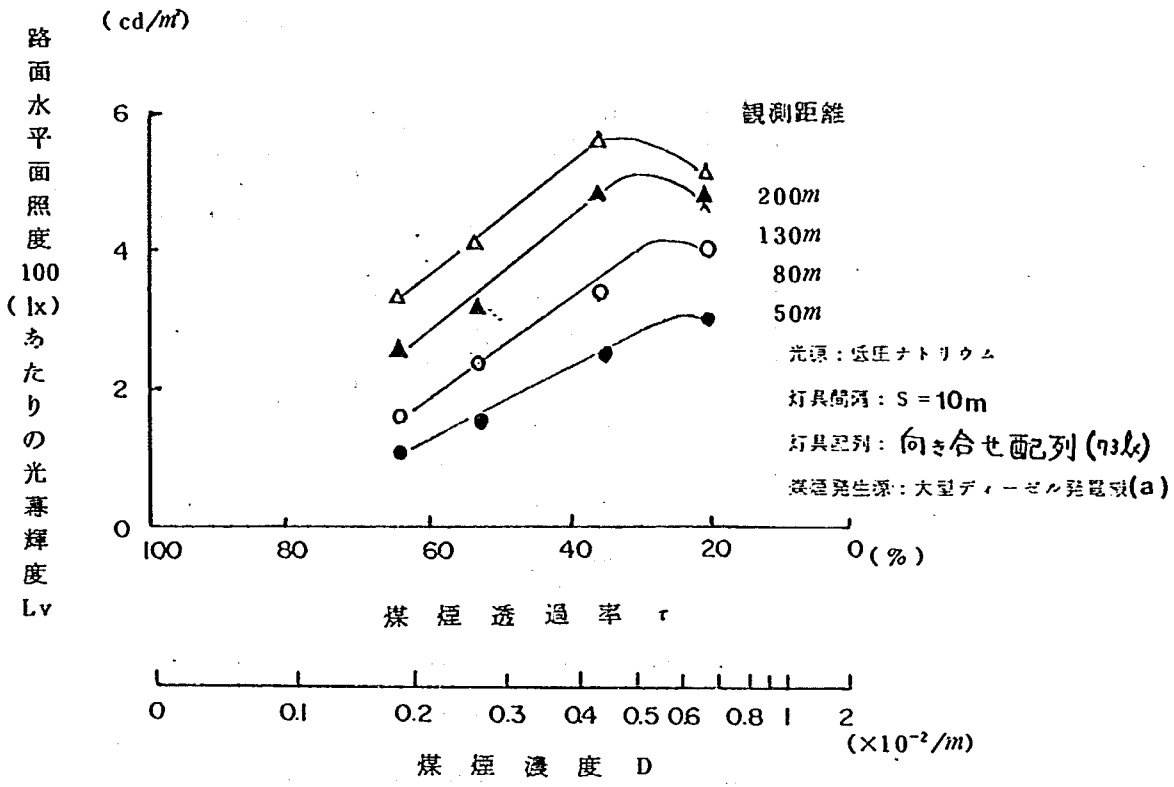


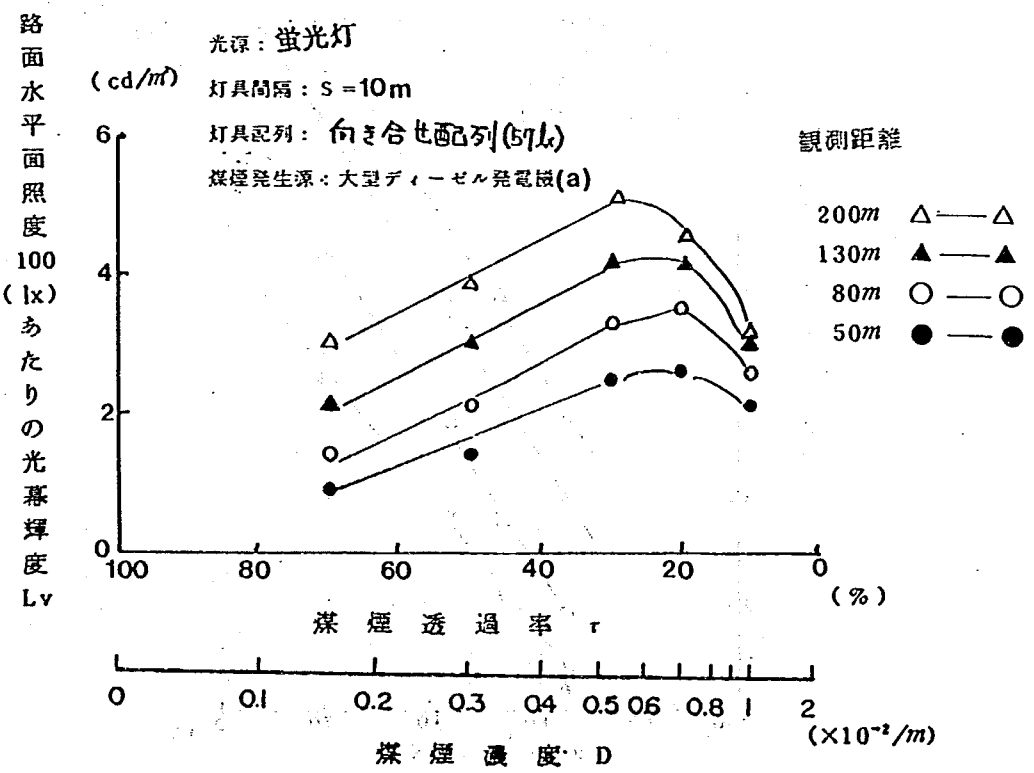
付図1－4　光幕輝度の測定結果



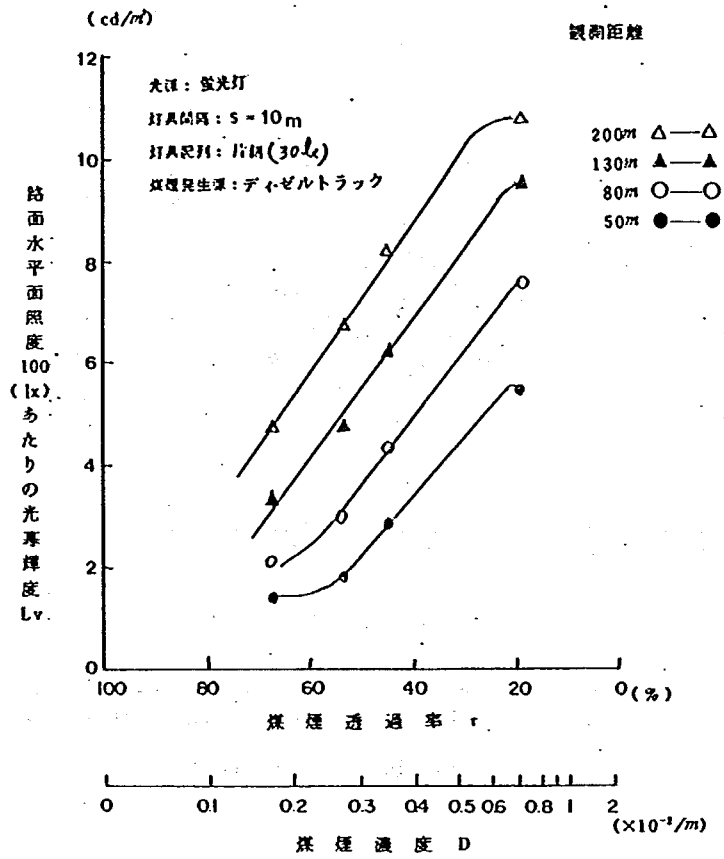


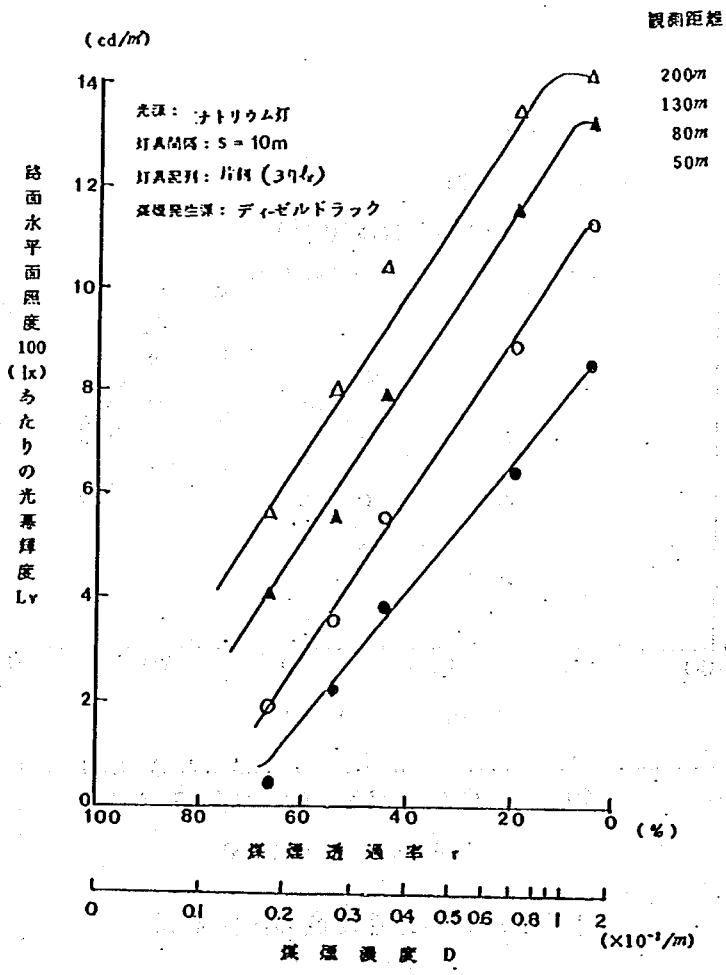
付図１－５　光幕輝度の測定結果



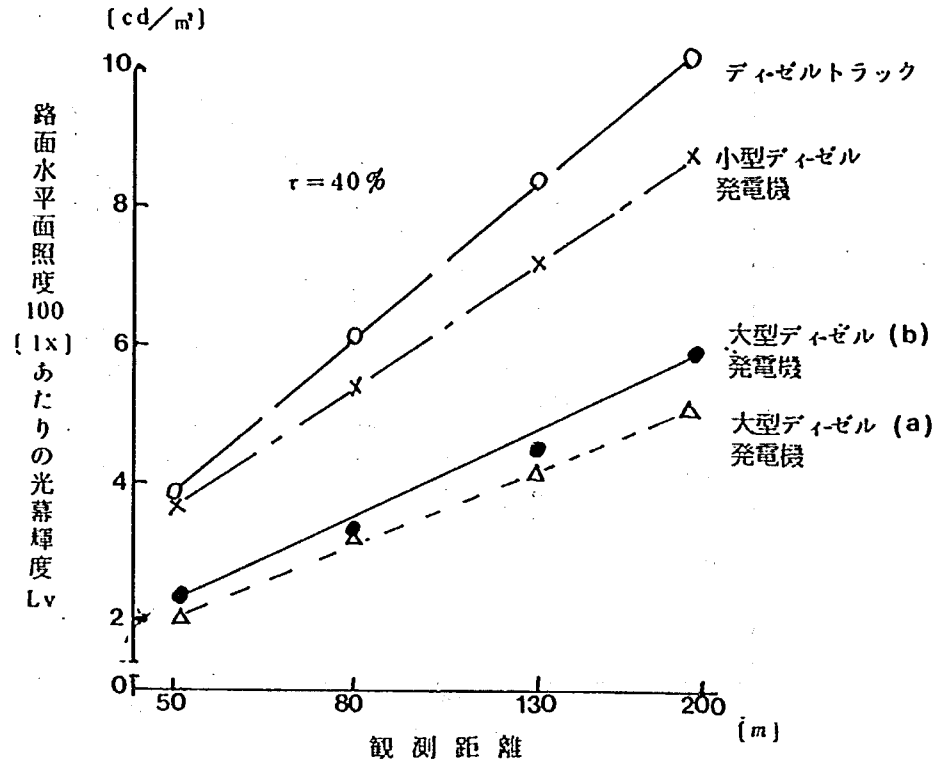


付図1－6　光幕輝度の測定結果

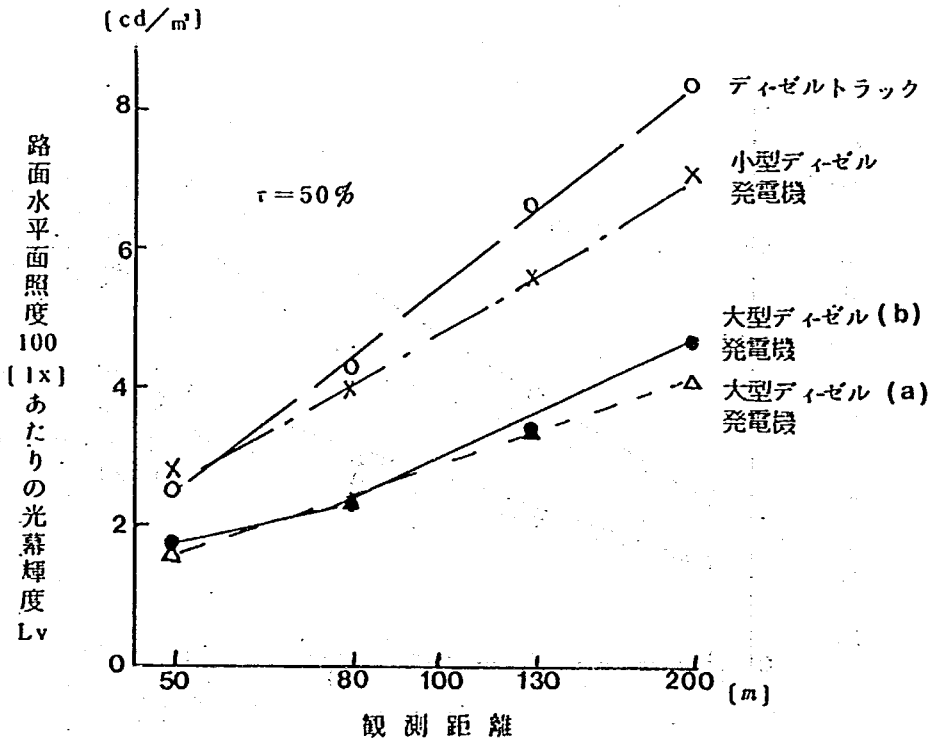




付図１－７　光幕輝度の測定結果

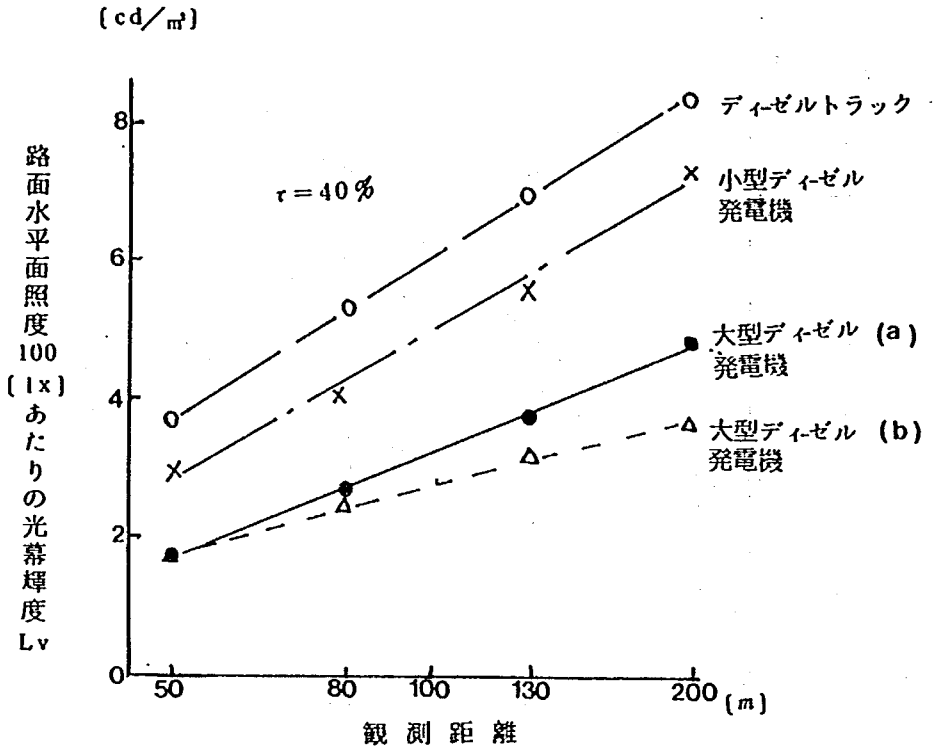


光幕輝度測定結果の比較　ナトリウム灯

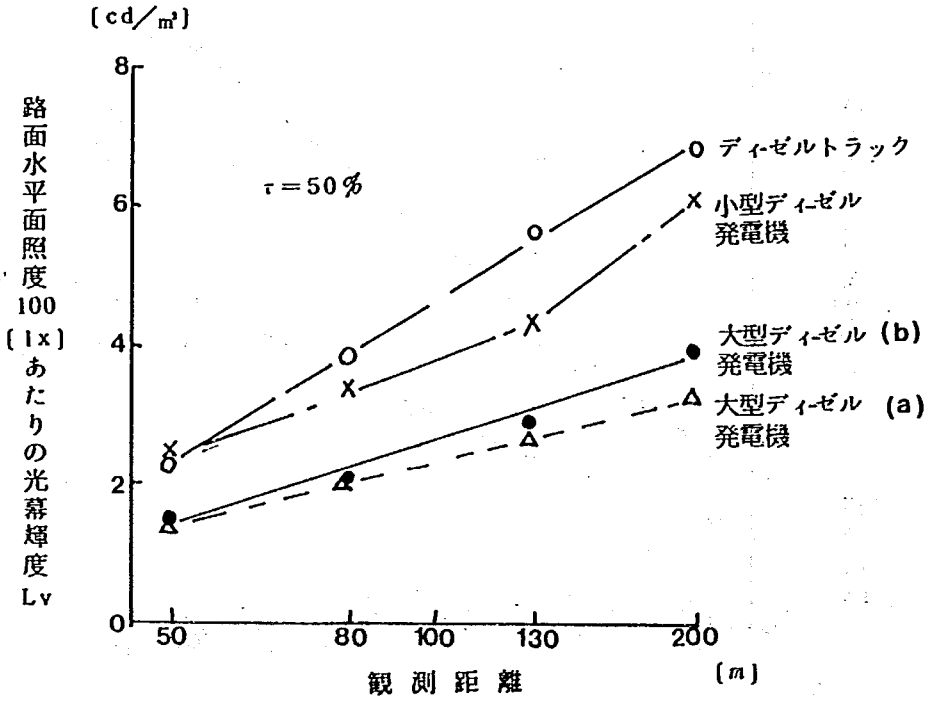


光幕輝度測定結果の比較　ナトリウム灯

付図２－１　光幕輝度測定結果の比較　ナトリウム灯

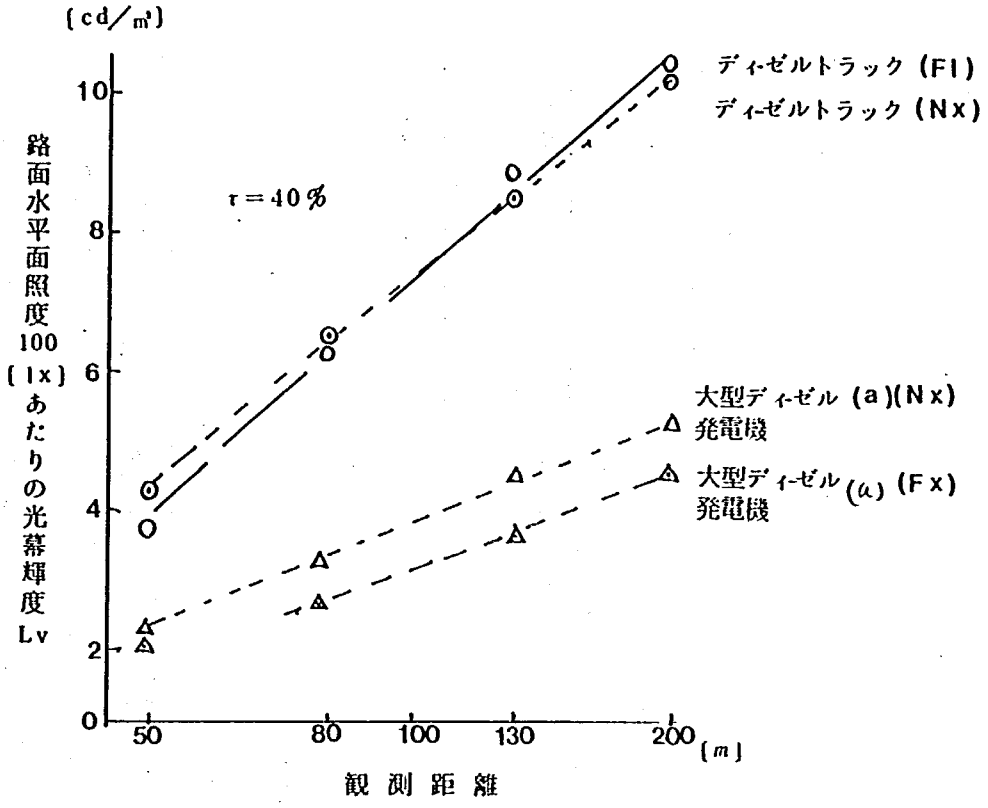


光幕輝度測定結果の比較　蛍光灯

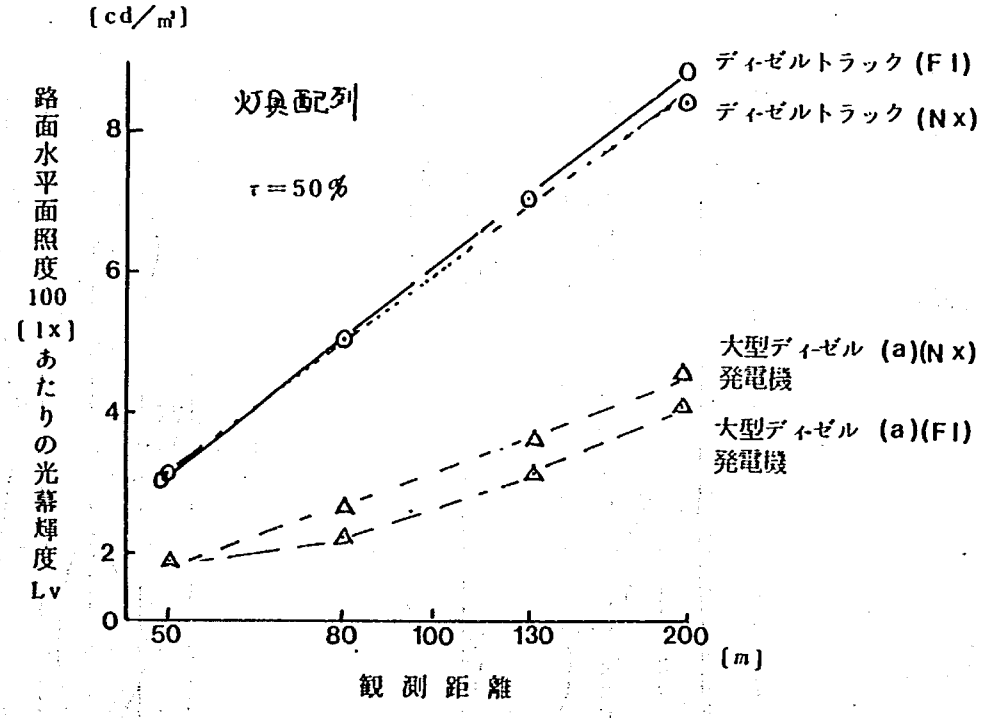


光幕輝度測定結果の比較　蛍光灯

付図２－２　光幕輝度測定結果の比較　蛍光灯



光幕輝度測定結果の比較



光幕輝度測定結果の比較

付図２－３　光幕輝度測定結果の比較

光　源	NX55
配　列	S=5m，向き合わせ
測定高さ	路面上 0m

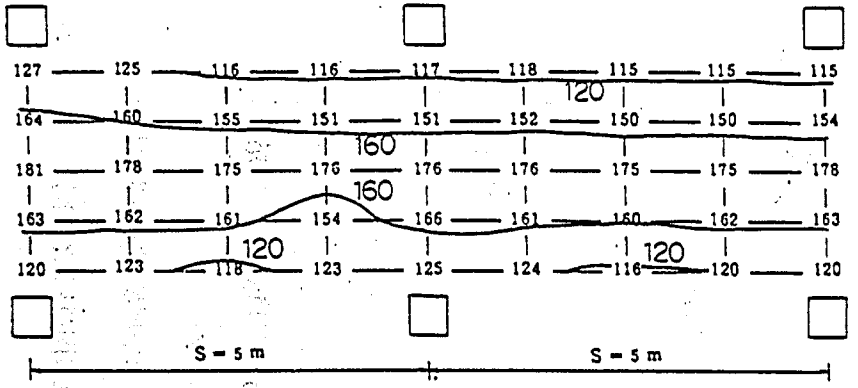
照明器具

□……ランプ点灯

■……ランプ消灯

水平面照度

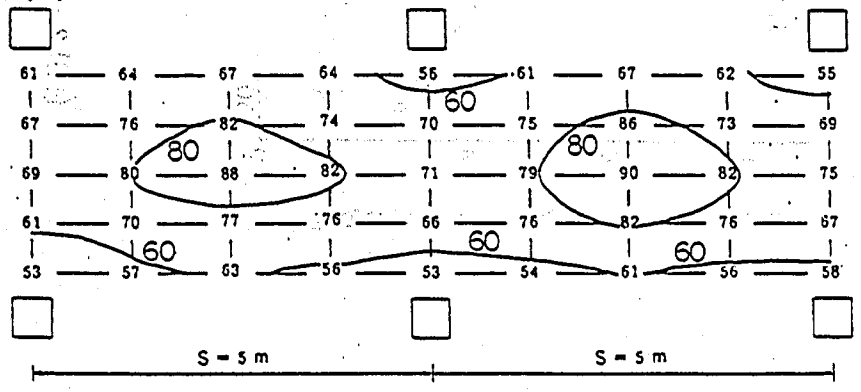
単位 (lx)



平均照度　146 lx

鉛直面照度

単位 (lx)



平均照度　70 lx

光　源	NX55
配　列	S=5m，向き合わせ
測定高さ	路面上 1m

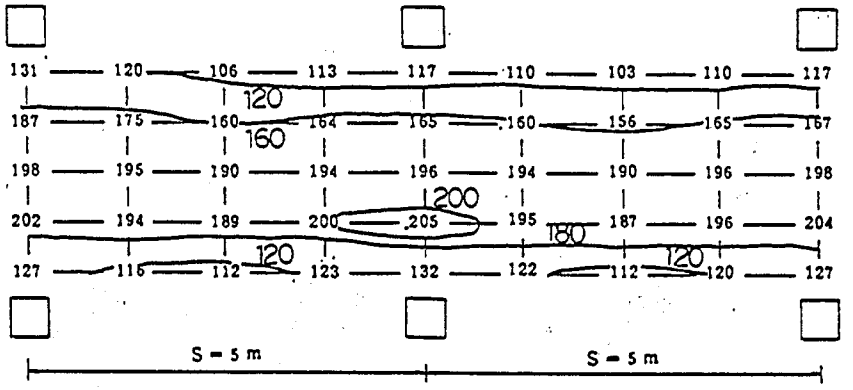
照明器具

□……ランプ点灯

■……ランプ消灯

水平面照度

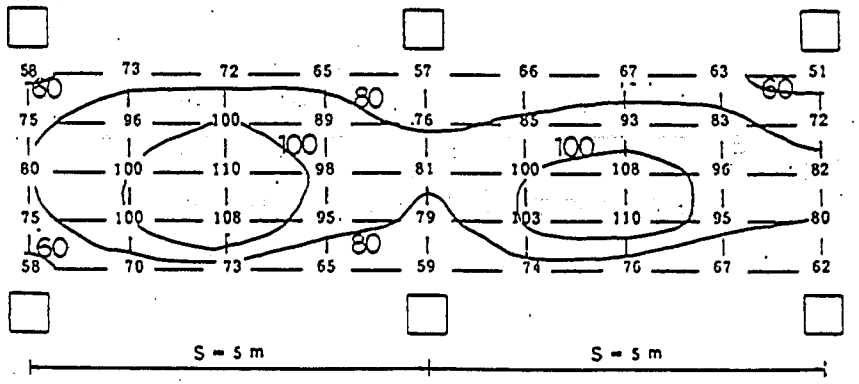
単位 (lx)



平均照度　158 lx

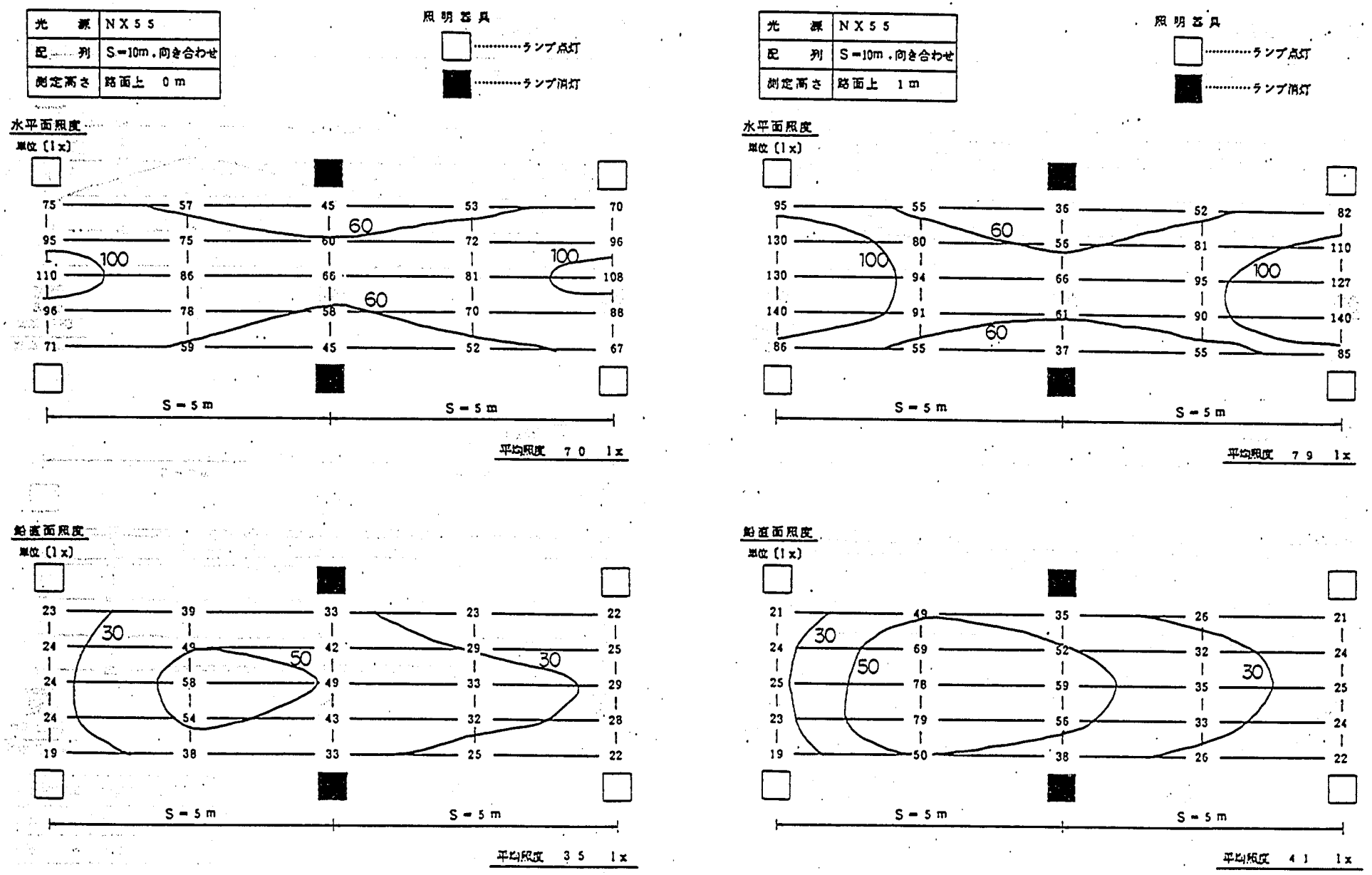
鉛直面照度

単位 (lx)

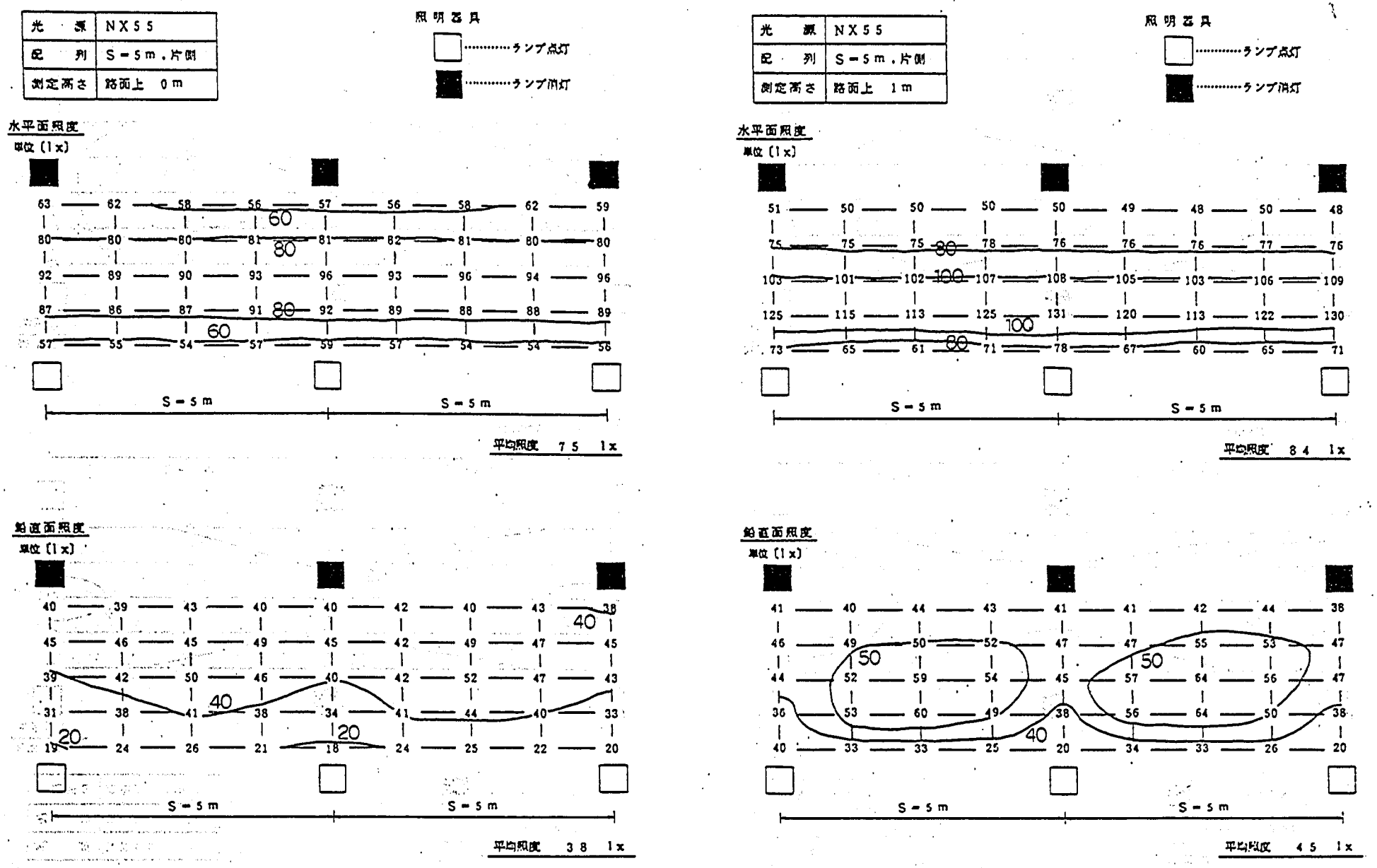


平均照度　82 lx

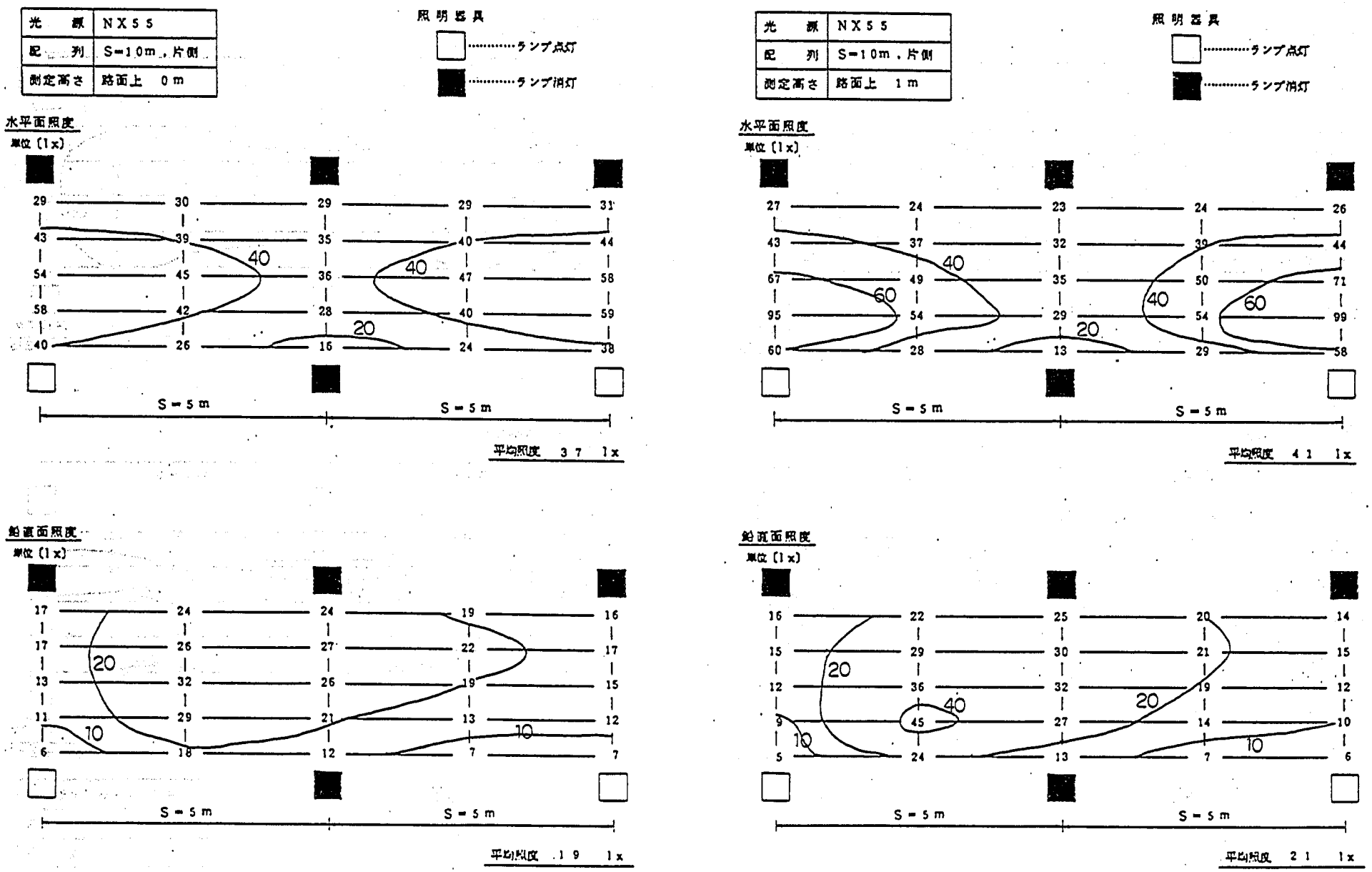
付図3－1　照度測定結果


光源 NX55
配列 S=10m，向き合わせ
測定高さ 路面上 0m
照明器具
ランプ点灯
ランプ消灯
水平面照度
単位 (lx)
75 57 45 53 70
95 75 60 72 96
110 86 66 81 108
96 78 58 70 88
71 59 45 52 67
60
100
S=5m
S=5m
平均照度 70 lx
光源 NX55
配列 S=10m，向き合わせ
測定高さ 路面上 1m
照明器具
ランプ点灯
ランプ消灯
水平面照度
単位 (lx)
95 55 36 52 82
130 80 56 81 110
130 94 66 95 127
140 91 61 90 140
86 55 37 55 85
60
100
S=5m
S=5m
平均照度 79 lx
鉛直面照度
単位 (lx)
23 39 33 23 22
24 49 42 29 25
24 58 49 33 29
24 54 43 32 28
19 38 33 25 22
30
50
S=5m
S=5m
平均照度 35 lx
鉛直面照度
単位 (lx)
21 49 35 26 21
24 69 52 32 24
25 78 59 35 25
23 79 56 33 24
19 50 38 26 22
30
50
S=5m
S=5m
平均照度 41 lx

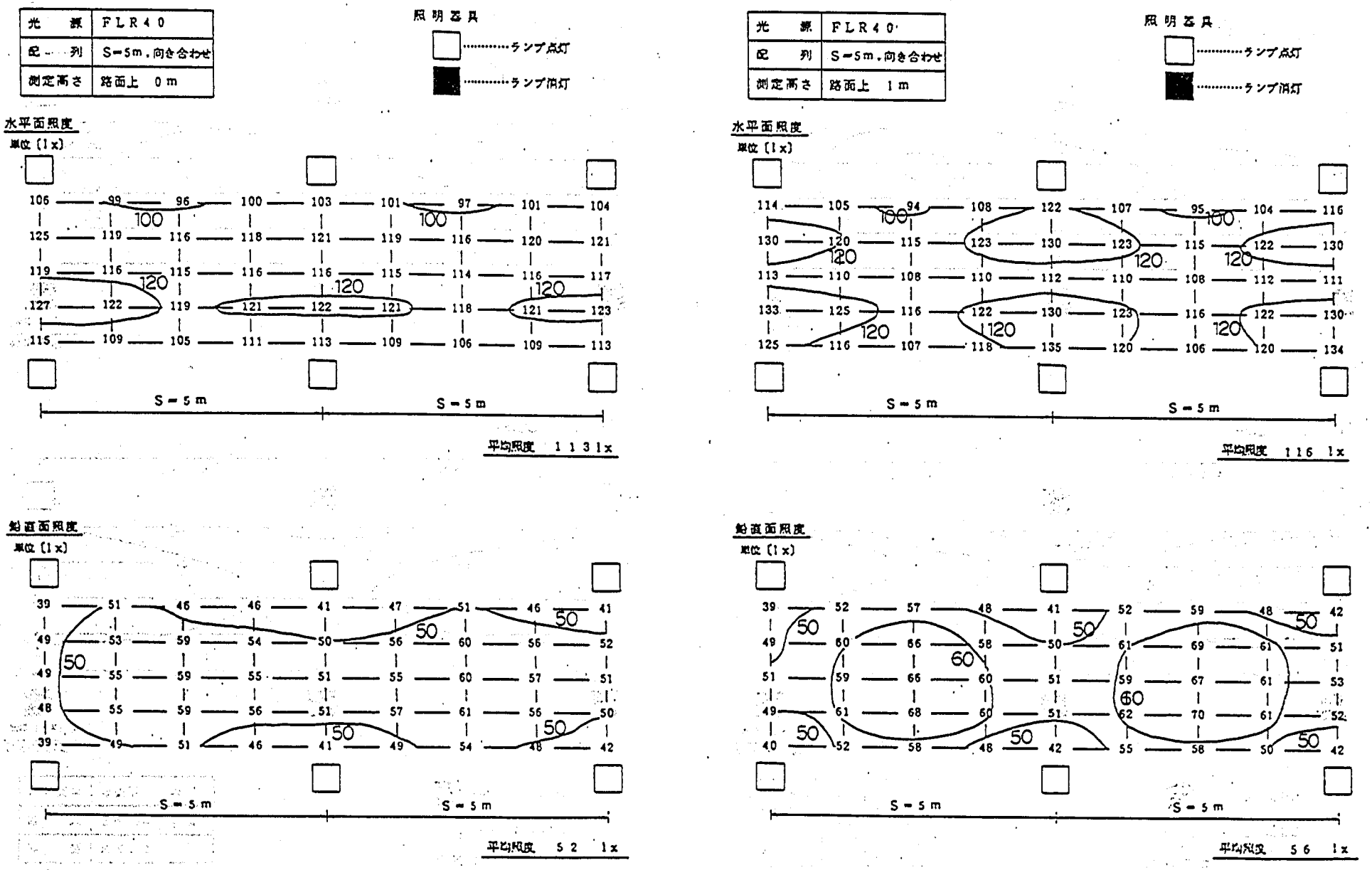
付図3－2　照度測定結果


光源 NX55
配列 S＝5m，片側
測定高さ 路面上 0m
照明器具
ランプ点灯
ランプ消灯
水平面照度
単位（lx）
S＝5m
S＝5m
平均照度 75 lx
光源 NX55
配列 S＝5m，片側
測定高さ 路面上 1m
照明器具
ランプ点灯
ランプ消灯
水平面照度
単位（lx）
S＝5m
S＝5m
平均照度 84 lx
鉛直面照度
単位（lx）
S＝5m
S＝5m
平均照度 38 lx
鉛直面照度
単位（lx）
S＝5m
S＝5m
平均照度 45 lx

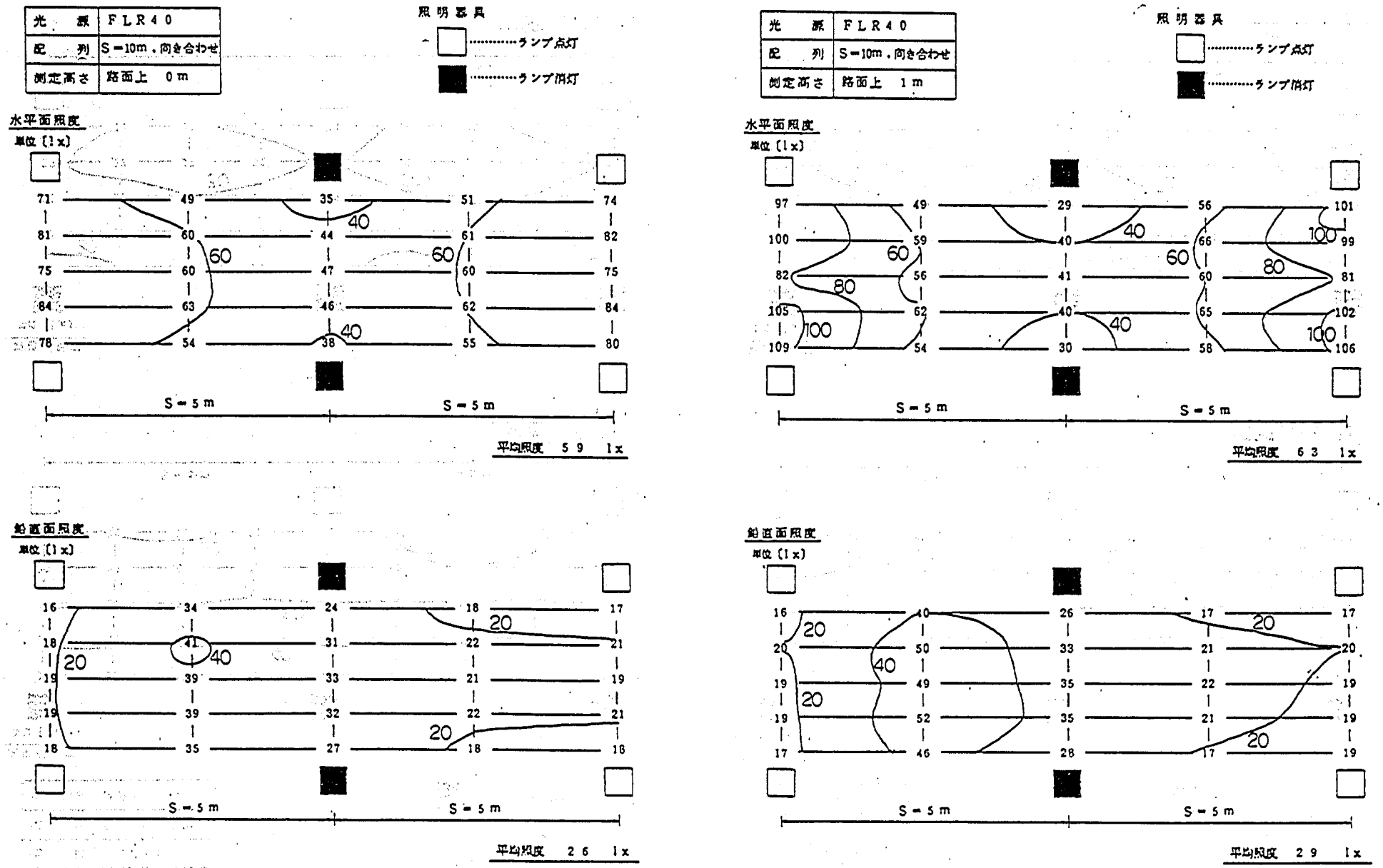
付図3－3　照度測定結果


光源 NX55
配列 S=10m，片側
測定高さ 路面上 0m
照明器具
ランプ点灯
ランプ消灯
水平面照度
単位〔lx〕
S=5m
S=5m
平均照度 37 lx
光源 NX55
配列 S=10m，片側
測定高さ 路面上 1m
水平面照度
単位〔lx〕
平均照度 41 lx
鉛直面照度
単位〔lx〕
平均照度 19 lx
鉛直面照度
単位〔lx〕
平均照度 21 lx

付図3－4 照度測定結果


光源 FLR40
配列 S=5m，向き合わせ
測定高さ 路面上 0m
照明器具
ランプ点灯
ランプ消灯
水平面照度
単位〔lx〕
S=5m
S=5m
平均照度 113lx
光源 FLR40
配列 S=5m，向き合わせ
測定高さ 路面上 1m
照明器具
ランプ点灯
ランプ消灯
水平面照度
単位〔lx〕
S=5m
S=5m
平均照度 116 lx
鉛直面照度
単位〔lx〕
S=5m
S=5m
平均照度 52 lx
鉛直面照度
単位〔lx〕
S=5m
S=5m
平均照度 56 lx

付図3－5　照度測定結果


光源 FLR40
配列 S=10m，向き合わせ
測定高さ 路面上 0m
照明器具
ランプ点灯
ランプ消灯
水平面照度
単位〔lx〕
S=5m
S=5m
平均照度 59 lx
光源 FLR40
配列 S=10m，向き合わせ
測定高さ 路面上 1m
照明器具
ランプ点灯
ランプ消灯
水平面照度
単位〔lx〕
S=5m
S=5m
平均照度 63 lx
鉛直面照度
単位〔lx〕
S=5m
S=5m
平均照度 26 lx
鉛直面照度
単位〔lx〕
S=5m
S=5m
平均照度 29 lx

付図3－6　照度測定結果

光　源	FLR40
配　列	S＝5m，片側
測定高さ	路面上　0m

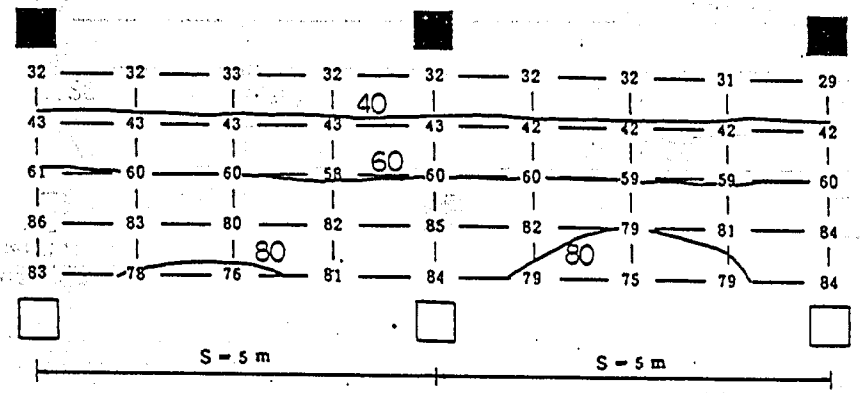
照明器具

□……ランプ点灯

■……ランプ消灯

水平面照度

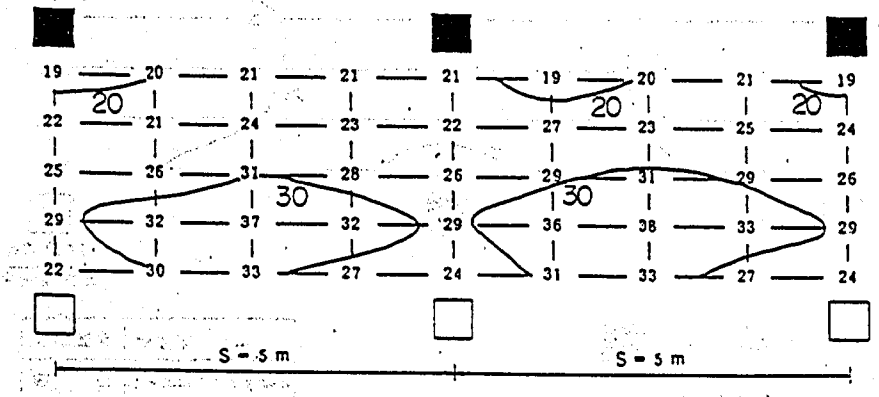
単位〔lx〕



平均照度　59　lx

鉛直面照度

単位〔lx〕



平均照度　27　lx

光　源	FLR40
配　列	S＝5m，片側
測定高さ	路面上　1m

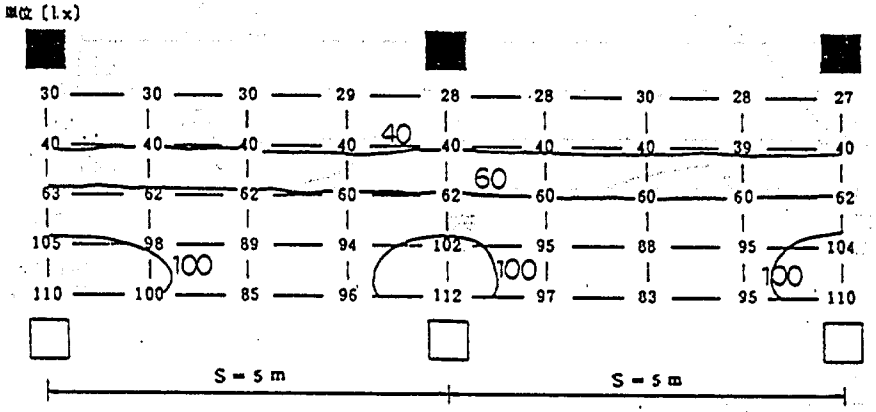
照明器具

□……ランプ点灯

■……ランプ消灯

水平面照度

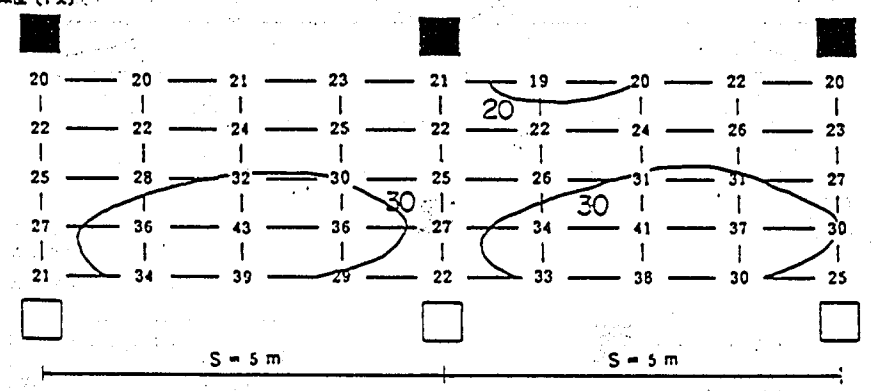
単位〔lx〕



平均照度　65　lx

鉛直面照度

単位〔lx〕



平均照度　28　lx

付図3－7　照度測定結果

光　源	FLR40
配　列	S=10m，片側
測定高さ	路面上　0m

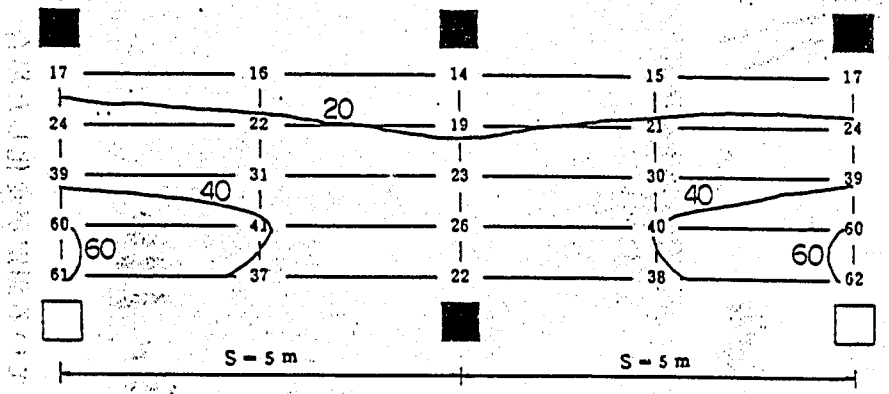
照明器具

□……ランプ点灯

■……ランプ消灯

水平面照度

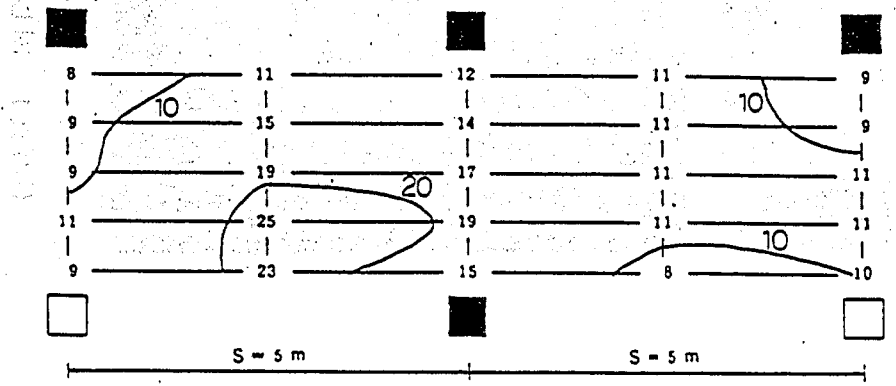
単位〔lx〕



平均照度　30　lx

鉛直面照度

単位〔lx〕



平均照度　13　lx

光　源	FLR40
配　列	S=10m，片側
測定高さ	路面上　1m

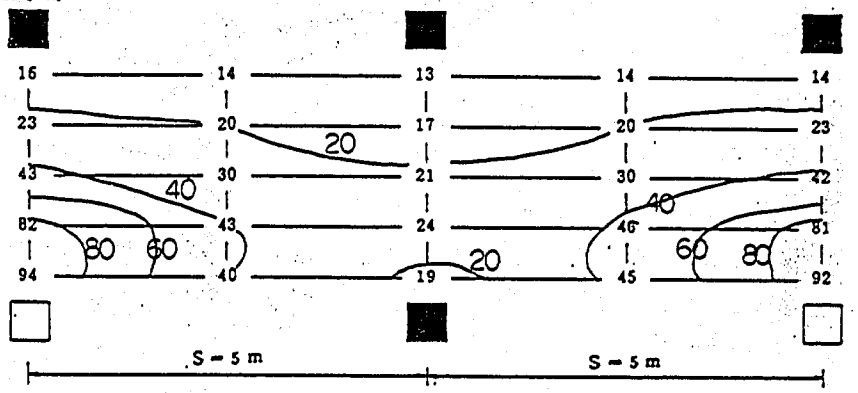
照明器具

□……ランプ点灯

■……ランプ消灯

水平面照度

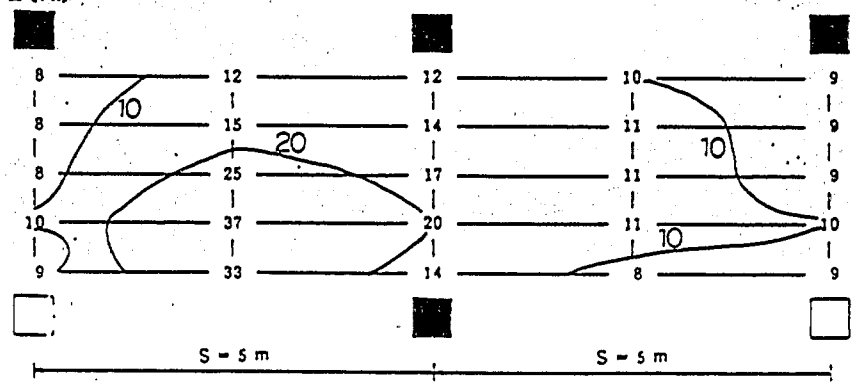
単位〔lx〕



平均照度　33　lx

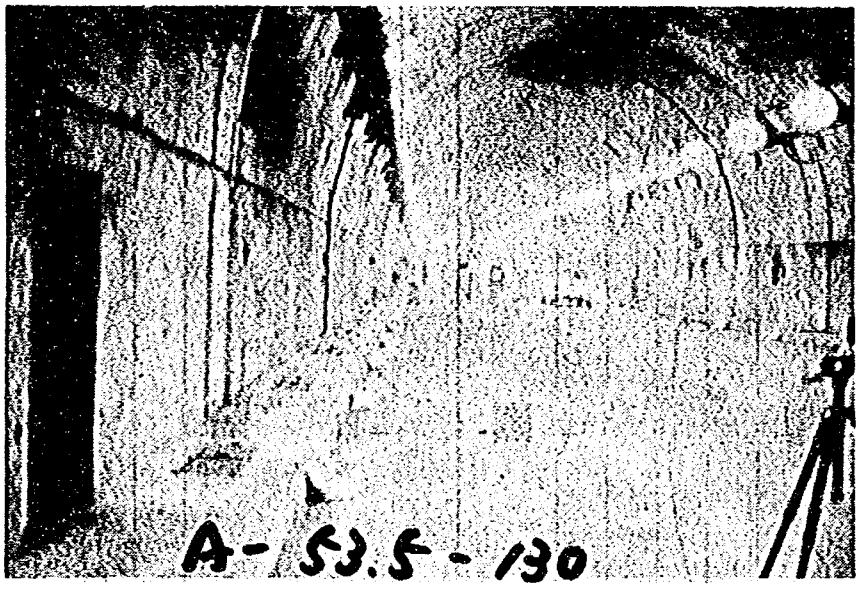
鉛直面照度

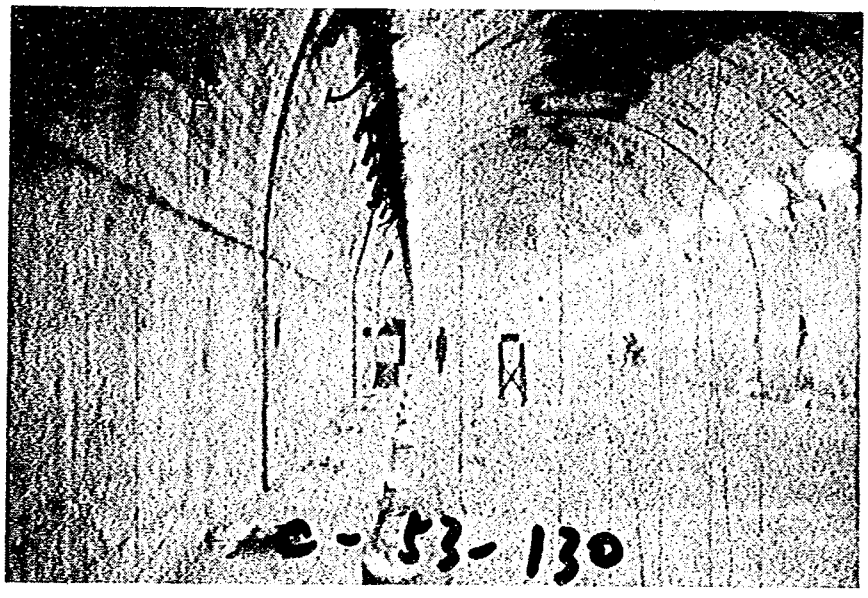
単位〔lx〕



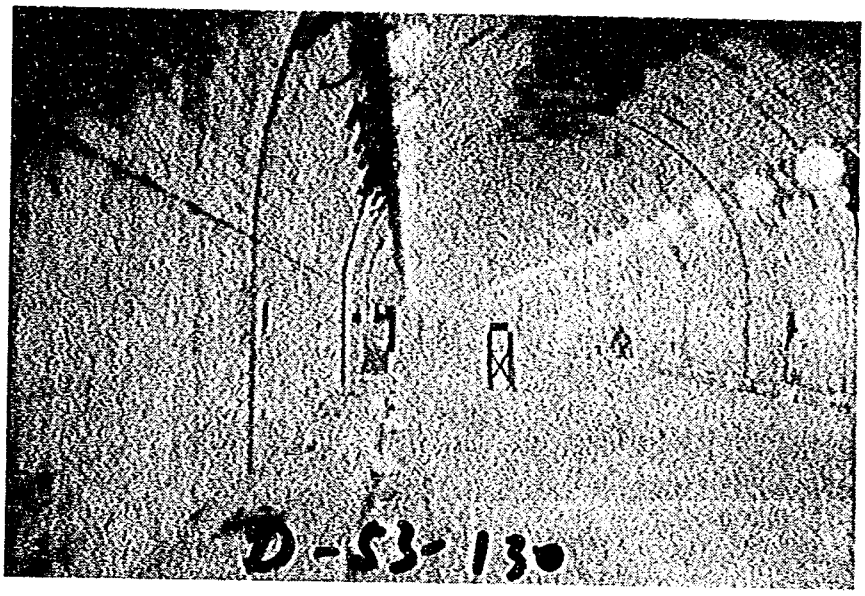
平均照度　15　lx

付図3－8　照度測定結果

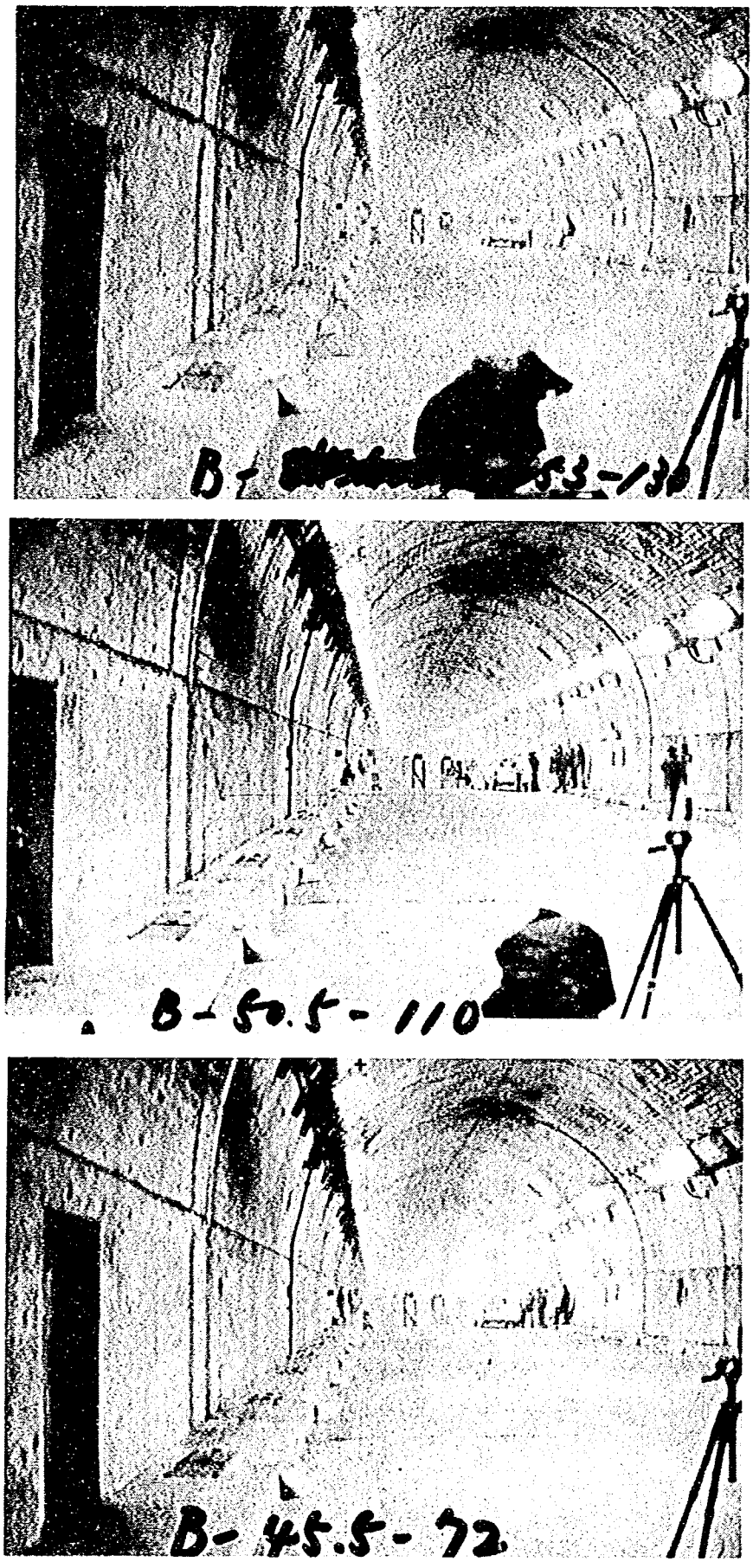




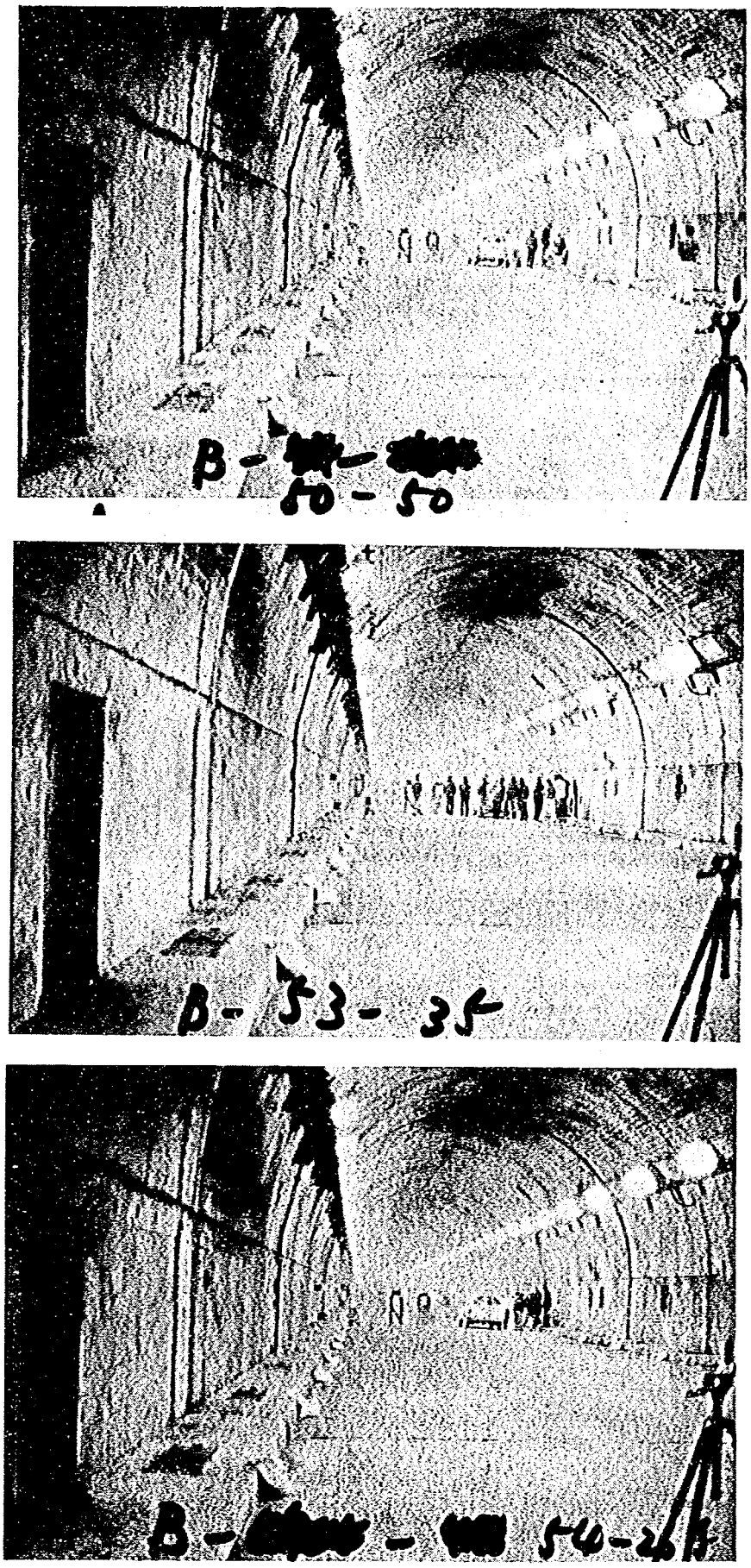
付写真１　同じ照度で撮影している測定が変化した場合



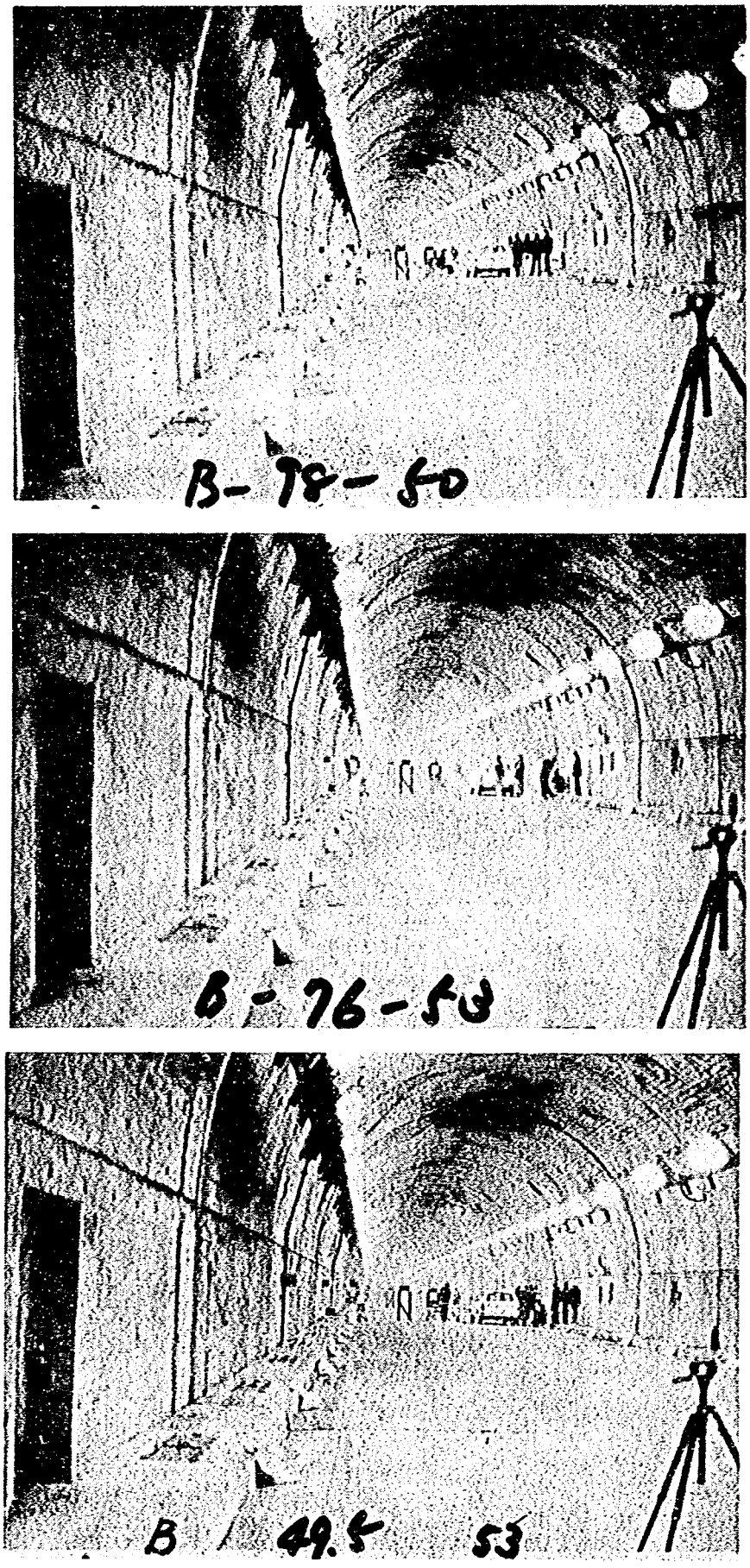
付写真２　同じ照度で撮影している測定が変化した場合



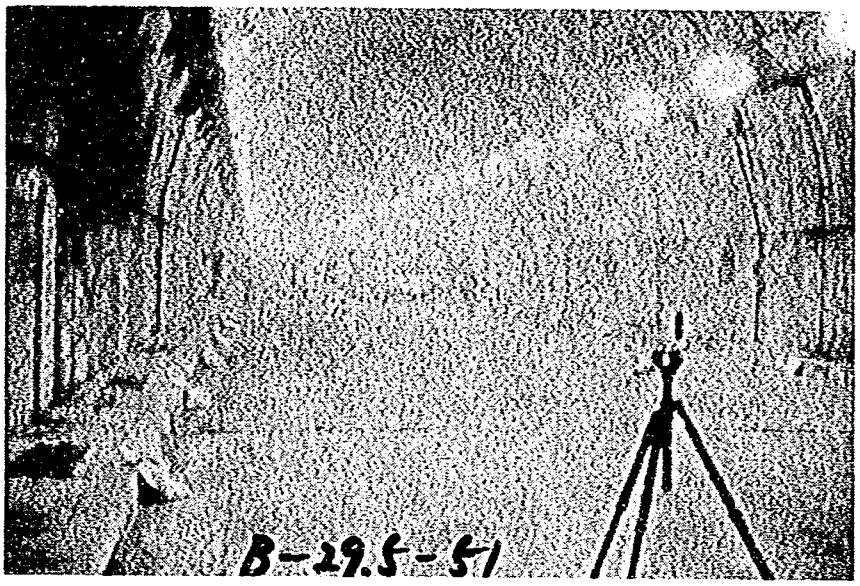
付写真 3　煤煙透過率がほぼ一定で照度が変化した場合



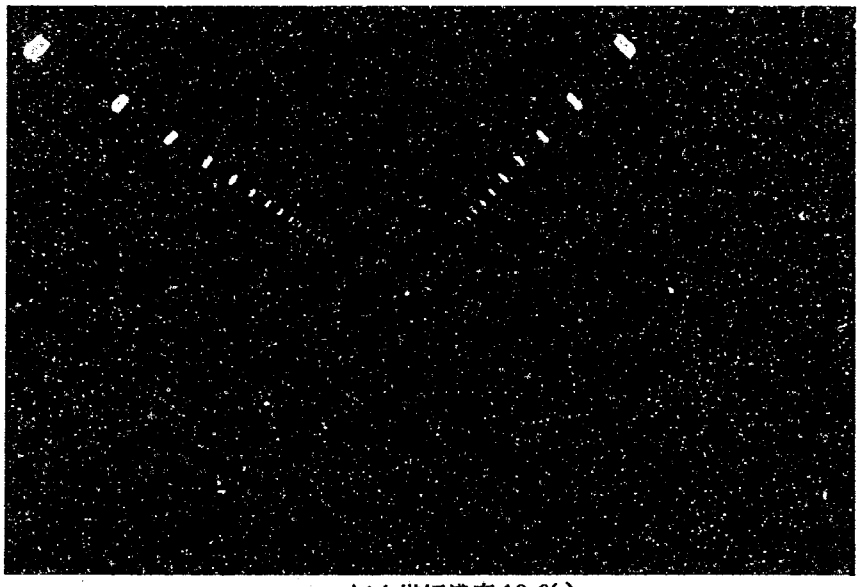
付写真 4　煤煙透過率がほぼ一定で照度が変化した場合



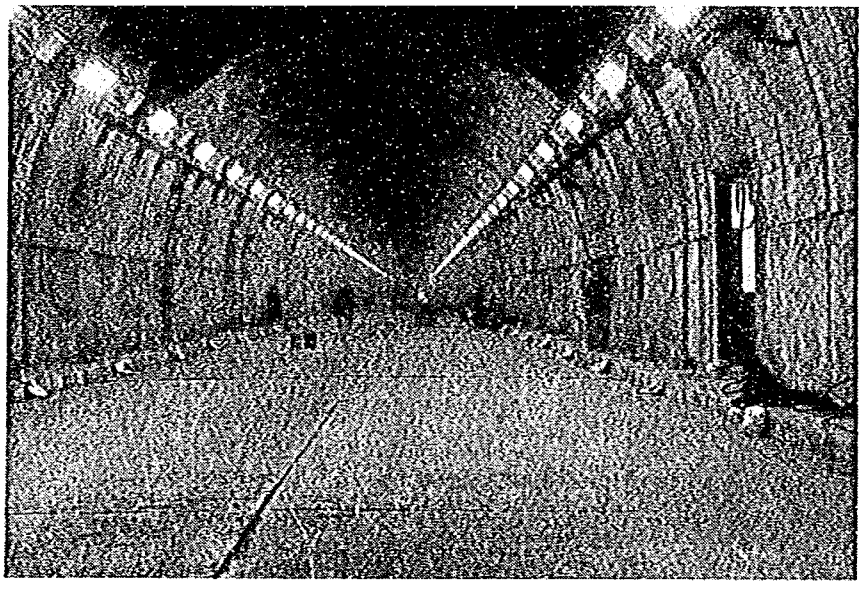
付写真5　照度が一定で煤煙濃度が98～29％まで変化した場合



付写真 6　照度が一定で煤煙濃度が 98 ～ 29 %まで変化した場合

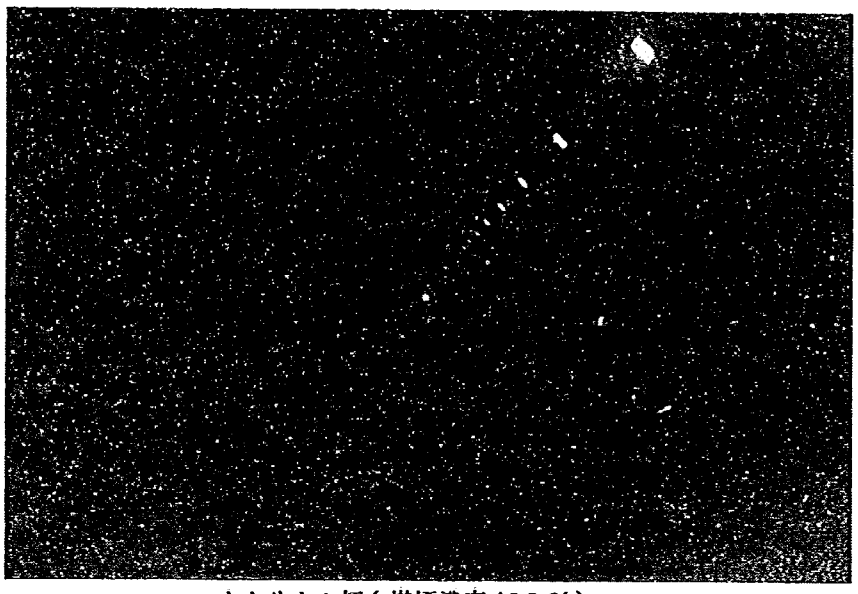


ナトリウム灯（煤煙濃度 19 %）

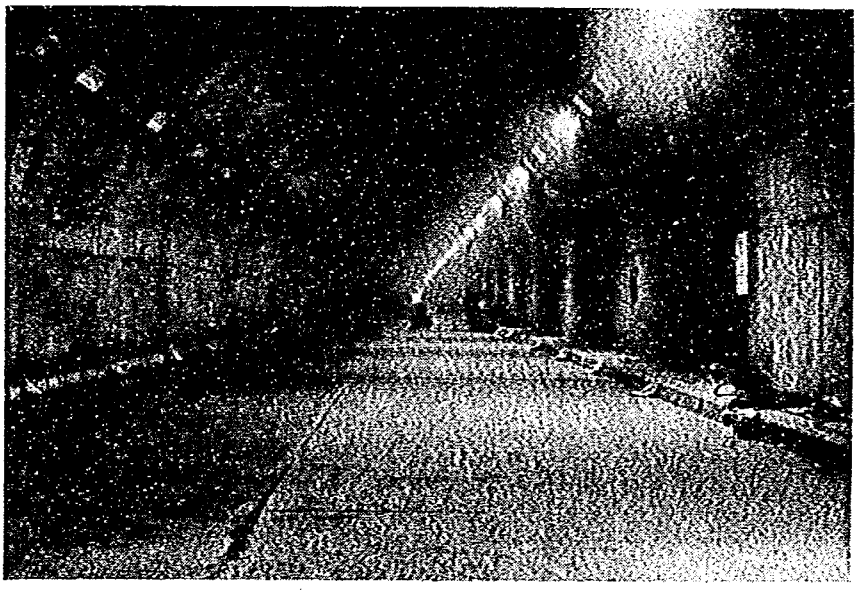


蛍光灯（煤煙濃度 20 %）

付写真 7　煤煙濃度が同じで照明灯の違う場合



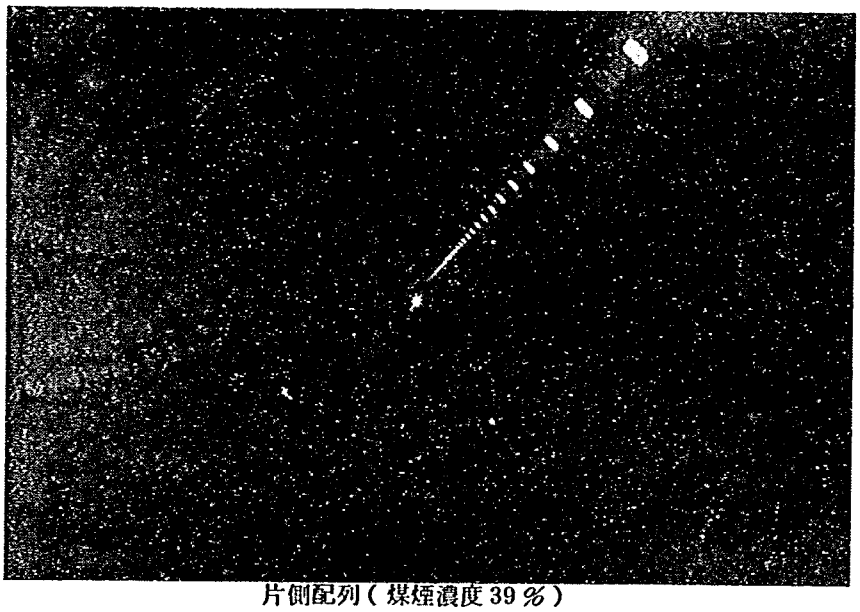
ナトリウム灯（煤煙濃度 18.5 %）



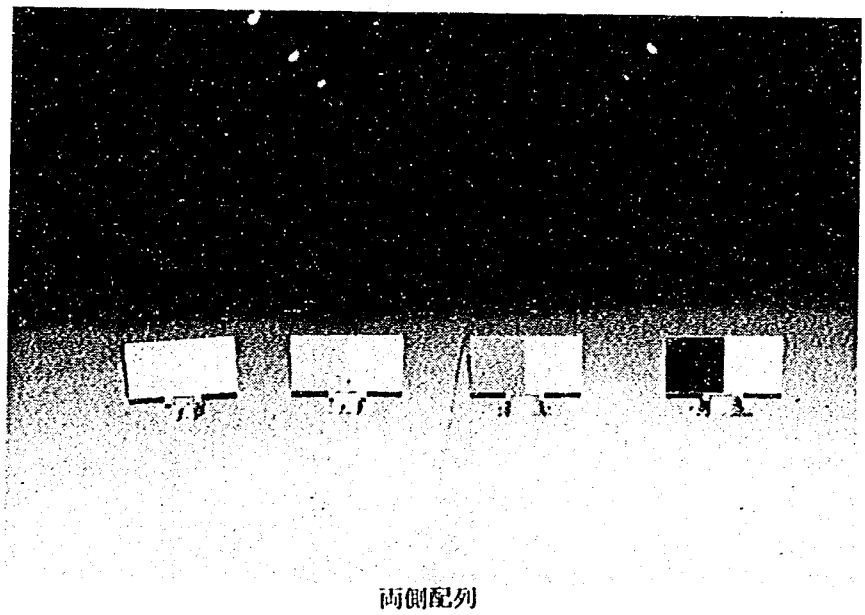
蛍光灯（煤煙濃度 23 %）

付写真 8　煤煙濃度が同じで照明灯の違う場合

両側配列（煤煙濃度 39 %）



片側配列（煤煙濃度 39 %）



両側配列

付写真 9　照度が一定で配列の違いによる場合

道路トンネル照明と煤煙濃度に関する研究報告書

Lighting and smoke concentration in Road Tunnel

ISSN 0386－5878
土木研究所資料第2096号
昭和59年3月（1984）

水谷敏則・堀内浩三郎
石村利明・冨田敦子
平田弘志

キーワード　道路トンネル，照明，煤煙濃度

要　旨

本報告書は，道路トンネル内において所要の視距を確保するために必要な照明の明るさと煤煙濃度との関係を把握することを目的として実施した実験およびその解析の結果をまとめたものである。

郵便はがき

3 0 5 －□□

四十円切手をはって下さい

茨城県筑波郡豊里町大字旭一番地

建設省土木研究所

トンネル研究室　御中

No.　14

No.　14

配布先氏名

配布先住所

土木研究所資料第2096号　　部

上記のとおり受領しました。

所　属（住所）

氏　名　　印