

# 1 大気質

資料 1.1 一般環境大気測定局及び自動車排出ガス測定局

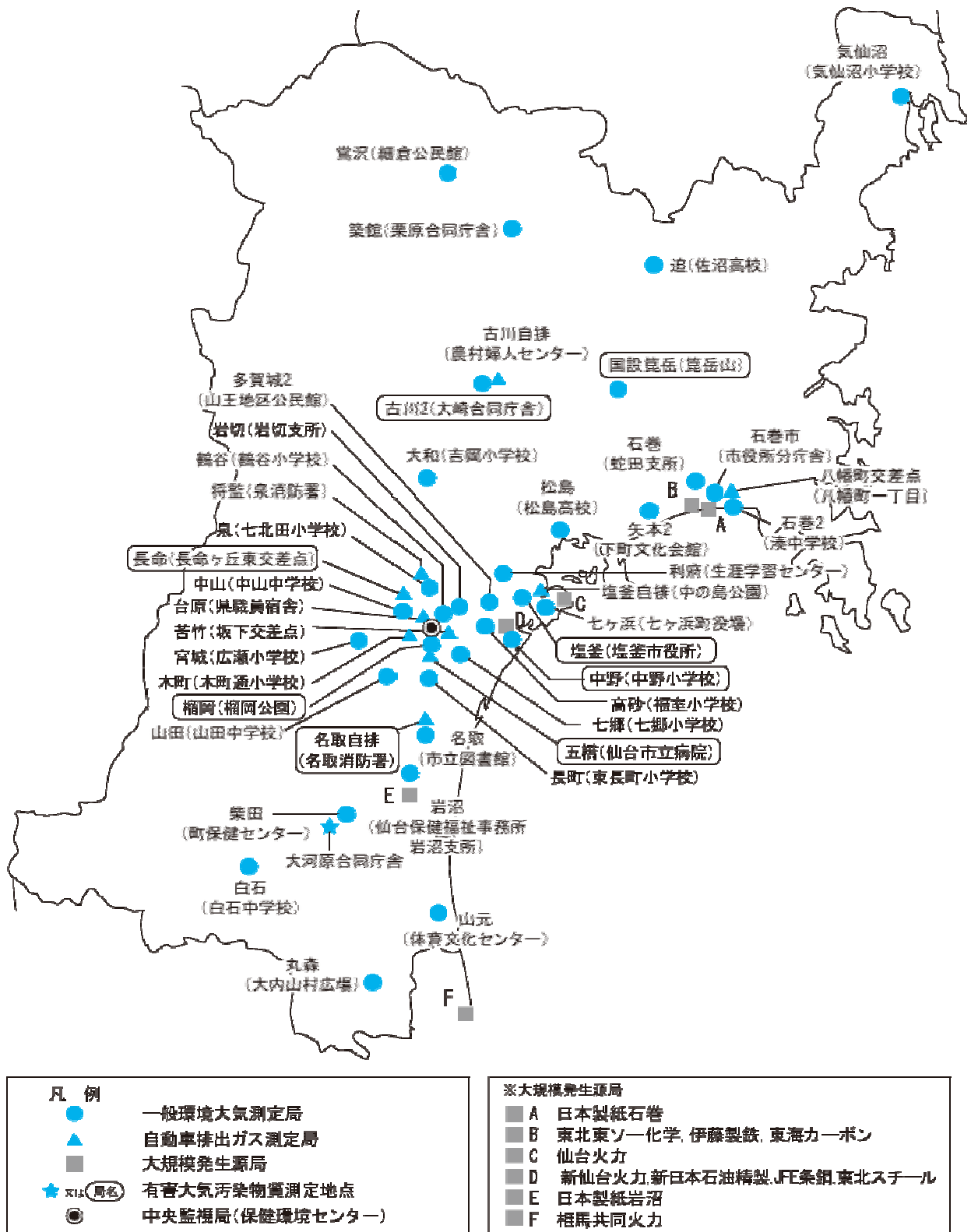


図 1.1-1 宮城県内の大気汚染常時監視測定局等  
(出典：平成 20 年度宮城県環境白書，平成 20 年 12 月，宮城県)

表 1.1-1 一般環境大気測定局

番号	市町村	測定局名	設置場所	設置主体	設置年度	測定項目							
						二酸化硫黄	窒素酸化物	一酸化炭素	オキシダント	炭化水素	浮遊粒子状物質	風向・風速	温度・湿度
1	仙台市	中山	中山中学校	仙台市	S46								
2		岩切	岩切行政サービスセンター	〃	S46								
3		鶴谷	鶴谷小学校	〃	S46								
4		中野	中野小学校	〃	S46								
5		高砂	福室小学校	〃	S52								
6		榴岡	榴ヶ岡公園	〃	S56								
7		七郷	七郷小学校	〃	S46								
8		長町	東長町小学校	〃	S46								
9		山田	山田中学校	〃	S52								
10		泉	七北田小学校	〃	S50								
11		宮城	広瀬小学校	〃	H8								
12	石巻市	石巻	市役所蛇田支所	県	S47								
13		石巻	湊中学校	〃	S52								
14		石巻市*	市役所分庁舎	石巻市	S54								
15	塩釜市	塩釜	市役所	県	S45								
16	気仙沼市	気仙沼	気仙沼小学校	〃	S50								
17	白石市	白石	白石中学校	〃	S50								
18	名取市	名取	市立図書館	〃	S47								
19	多賀城市	多賀城	山王地区公民館	〃	S48								
20	岩沼市	岩沼	仙台保健福祉事務所岩沼支所	〃	S47								
21	登米市	迫	佐沼高校	〃	H6								
22	栗原市	築館	県築館合庁	〃	H7								
23		鶯沢	細倉公民館	〃	S47								
24	東松島市	矢本	下町文化会館	〃	S48								
25	大崎市	古川	県古川合庁	〃	H9								
26	柴田町	柴田	役場	〃	S48								
27	丸森町	丸森	山村広場	〃	H4								
28	山元町	山元	体育文化センター	〃	H15								
29	松島町	松島	松島高等学校	〃	S49								
30	七ヶ浜町	七ヶ浜	役場	〃	S46								
31	利府町	利府	生涯学習センター	〃	S46								
32	大和町	大和	吉岡小学校	〃	S49								
33	涌谷町	国設籠岳	籠岳	国	S49								
34	不定	測定車	不定	〃	H9								

(注) 1. \*印の石巻市局はテレメートしていない。

2 多賀城 局は昭和45年設置の多賀城局を、矢本 局は昭和47年設置の矢本局を、それぞれ平成3年に統合している。

3 古川 局は平成10年3月の県合庁の新築移転に伴い昭和48年設置の古川局を移設している。

4 山元局は平成15年3月に相馬共同火力発電株式会社より寄付を受けた。

表 1.1-2 自動車排出ガス測定局

番号	市町村	測定局名	設置場所	設置主体	設置年度	測定項目					
						二酸化硫黄	窒素酸化物	一酸化炭素	炭化水素	浮遊粒子状物質	風向・風速
1	仙台市	台原	台原1丁目	仙台市	S47						
2		木町	木町通小学校	〃	S48						
3		苦竹	坂下交差点	〃	S48						
4		五橋	市立病院	〃	S55						
5		将監	泉消防署	〃	H13						
6		長命	環境局所管地	〃	H13						
7	石巻市	八幡町交差点	八幡町1丁目	石巻市	S57						
8	塩釜市	塩釜自排	中の島公園	県	S59						
9	名取市	名取自排	名取消防署	〃	S62						
10	大崎市	古川自排	農村婦人センター	〃	H3						

(注) 八幡町交差点はテレメートしていない。

表 1.1-3 大規模発生源監視局

番号	市町村	測定局名	測定項目				
			二酸化硫黄濃度	燃料使用量	発電量	二酸化硫黄排出量	窒素酸化物濃度
1	岩沼市	日本製紙岩沼					
2	仙台市	新仙台火力					
3		新日本石油精製					
4		J F E 条鋼					
5		東北スチール					
6	七ヶ浜町	仙台火力					
7	石巻市	日本製紙石巻					
8		東北東ソー化学					
9		伊藤製鉄					
10		東海カーボン					
11	福島県新地町	相馬共同火力					

表 1.1-4 特定項目測定局

番号	市町村	測定局名	設置場所	設置主体	局区分	測定項目		
						温度	風向・風速	フッ化水素
1	仙台市	八木山	東北放送アンテナ	仙台市	逆転層局			
2		仙台港	新仙台火力煙突	県	逆転層局			
3	東松島市	矢本フッ素	東松島市赤井字鷲塚	〃	HF測定局			

表 1.1-5 有害大気汚染物質測定地点

番号	測定地点	測定項目
1	大河原合同庁舎	トリクロロエチレン, テトラクロロエチレン, ベンゼン, ジクロロメタン, アクリロニトリル, 塩化ビニルモノマー, クロロホルム, 酸化エチレン, 1,2-ジクロロエタン, 1,3-ブタジエン, アセトアルデヒド, ホルムアルデヒド, ニッケル化合物, ヒ素及びその化合物, ベリリウムおよびその化合物, マンガン及びその化合物, クロム及びその化合物, 水銀及びその化合物, ベンゾ(a)ピレン
2	名取自排局	
3	塩釜局	
4	古川局	

資料 1.2 各種の予測式及び予測方法

表 1.2-1(1) 大気予測方法一覧

予測方法	特徴	適用条件
拡散式による予測	ブルームモデル 拡散を連続した煙流で表現する。風下方向では拡散によるものよりも風の移流による乱流、拡散が大きいと考え、風下方向は風速、水平鉛直方向は拡散係数を用いて定式化している。場を定常状態と想定した場合に風下側の濃度の空間分布を予測する。	汚染物質の流れは風下側だけを対象としており、煙源周辺の全方向へ拡散する静穏時（風向が安定しない風速 1m/s 未満の微風時や風向変動の激しい場合を含む。）の予測には適さない。風速 1m/s 以上の有風や風向が安定している場合に限定される。 一定した排出強度の場合に適するが、排出条件が変動する場合には不適である。 計算が簡単で、手軽に時間濃度の予測ができる。 煙源が 20km 程度の局地汚染濃度、都市レベルの予測に適する。 静穏時にはパフモデルを用い年間の気象条件等を与え、重合計算を行えば年平均値を予測することも可能である。 適用事例が多い。
	パフモデル 拡散を煙塊で表現する。連続して円を微小時間ごとに分割し、複数の楕円形の煙として拡散を記述する。微小時間内では風の移流による拡散は考えず、乱流、拡散だけをとりあげ定式化し、移流現象は煙源の位置が微小時間の変化とともに移動することで表している。場が非定常の場合や静穏、微風時の濃度の空間分布を予測する。	ブルームモデルが非定常、静穏微風時には予測できないといった欠点を改善したもので、各時間ごと（1分から5分が適当）に風向や風速が変化しても（非定常の場合）、静穏微風時にも適用可能である。 微小時間ごとに排出条件が変化しても適用可能である。 微小時間ごとに逐次計算を行うので計算時間が長くなる。特に短時間後の都市域の汚染濃度の予測に適している。時間と拡散幅の関係は瞬間濃度値に対応するもので、1時間値の予測では実際よりも高めに予測されやすい。
	JEAモデル 環境庁の自動車排ガスの拡散式として開発したモデルで有風時（直角風、平行風）と無風時の式がある。拡散パラメータは、実験結果から求めた経験的な値である。風速は、鉛直方向のZのべき乗で与えられる。	道路等の線煙源の予測に適している。
	K値規制方式 ブルームモデルにサットンの拡散方程式をもとに水平・鉛直方向の位置を0とし、風下主軸方向の最大着地濃度と最大着地点を求める式を誘導する。水平方向と鉛直方向の拡散係数が等しく、高濃度の出現しやすい風速が 6m/s であると仮定して最大着地濃度を予測する。最大着地濃度は有効煙突口の 2 乗に反比例し、排出量に比例する。	排出口の高さに応じた量的な規制方式である。簡単に最大着地濃度を予測することができ、K 値とともに評価することができる。様々な仮定をおいた簡便式で、予測値の精度は粗い。高煙突化を図れば局地的にK値をクリアするが、汚染が広域化することも予想される。二酸化硫黄だけに限定されている。
	ボックスモデル ある地域（都市域等）の大気空間を1つあるいは多数の箱に区切り、質量保存則から箱の中の汚染物質収支式を導き、汚染濃度の時間変化を定式化している。箱内濃度を一様とみなしている。場が非定常の時の汚染濃度を予測する。	群小煙源の卓越する都市部や煙突高さに比較して対象地域のスケールが大きい広域拡散現象の予測に適している。 自動車排ガスの広域にわたる拡散の予測に適している。 非定常な拡散場に適し、海風時等の循環風系が形成された場合のバックグラウンド濃度の推定に最適である。 地域内の濃度分布等に細かい部分の記述ができない。ボックスを合理的に分割することが重要である。 ボックス内に巨大排出源がある場合には不適である。
	差分モデル 拡散の微分方程式を差分式に変換し、数値的に解いて汚染濃度の分布を予測する。運動方程式をもとに風ベクトルを計算し、拡散方程式に連動させる。風速と拡散係数の分布が複雑な場合でも分布濃度を予測できる。地表面が平坦でない場合にも、鉛直方向への座標変換を行うことで地形の起伏をも記述することができる。	非定常な拡散場（特に局地的）の予測に適している。道路内や起伏に富む地形上の汚染濃度分布の予測に適している。 光化学反応や雨洗等のある場合にも適用可能である。計算時間がかかり、収束演算が難しい。

表 1.2-1(2) 大気予測方法一覧

予測方法		特徴	適用条件
風洞実験による予測	風洞実験	地形、建物、煙突等の幾何学相似、風速分布や乱れ強さ分布等の気流の相似、大気の温位勾配や排出条件、粘性条件等の温度条件の相似性を考慮して、対象とする現象のスケールによって 1/100～1/10,000 の縮尺率で風洞実験装置を設定、大気の流れ拡散状況を再現することで予測する。	複雑な地形や建物等による気流の変化が大きい場合の予測に適し、気流の剥離のある場での拡散予測にも適用できる。 相似形を設定するための条件が多く、風洞といった限定された空間で理想状態を再現するのが難しい。 主として、大気安定度が中立に近い状態での予測に用いられる。 コリオリ力、非定常場の予測が難しい。
屋外実験による予測	野外拡散実験	気象測定と同時に野外でトレーサーガスを放出し、その濃度や気象を実測することで、実大気での気流や拡散現象を解析するもの。 実験時の気象条件が代表性を持っていること、測定系が十分であることが前提条件である。実大気での現象を直接把握するのに有効である。	現地での気象特性や拡散パラメータの推定に使われることがある。例えば、複雑地形を対象とする場合、その地点での拡散幅に既存の線図が利用できるかどうかの確認に使われることがある。
統計モデルによる予測	回帰モデル	過去の濃度と他の気象要素（風向風速等）のデータをもとに最小 2 乗法により係数を求め、その値が将来とも変わらないことを前提に、数時間先の汚染濃度を予測する。	汚染源の状態に無関係に予測を行うので、工場立地等によって汚染源が変化することを予測・評価するアセスメント手法としては不適である。
流体力学による予測	流体	数値流体力学の方法で流れの基礎方程式を解き、同時に拡散の数値を求めるもの。数値モデルの分解能、数値計算誤差の少ないことが前提条件である。リアルタイムの値を求めるのに適している。風向・風速の三次元分布が明らかでないところに適用する。なお流れの基礎方程式を解くとき、計算労力に大きな負担がかかる。	建物周り、山間部等の風の挙動が複雑な場所の濃度分析を解析するために、研究レベルでの利用が行われており、環境影響評価で用いられていることは今のところない。 風洞実験結果とモデルによる計算結果の比較によってモデルの検討がされている段階であるが、計算機の能力の飛躍的向上で将来有力な手法。

資料 1.2.1 プルーム・パフモデル

1. プルームモデル

プルーム式の基本式は次のように与えられている。

(基本式)

$$C(x, y, z) = \frac{Q_p}{2\pi\sigma_y\sigma_z u} \cdot \exp\left(-\frac{y^2}{2\sigma_y^2}\right) \cdot \left( \exp\left\{-\frac{(z-He)^2}{2\sigma_z^2}\right\} + \exp\left\{-\frac{(z+He)^2}{2\sigma_z^2}\right\} \right)$$

年平均値の予測においては、長期的にみたときに、ある風向の出現率がその風向内で一様に分布していると仮定して、水平方向のパラメータ  $\sigma_y$  に無関係な長期平均式 (Holland 式) が用いられる。

(長期平均式)

$$C(R, z) = \sqrt{\frac{1}{2}} \cdot \frac{Q_p}{R \sigma_z u} \cdot \left( \exp\left\{-\frac{(z-He)^2}{2\sigma_z^2}\right\} + \exp\left\{-\frac{(z+He)^2}{2\sigma_z^2}\right\} \right)$$

( $-\pi/16 \leq \arctan(y/x) < \pi/16$  の場合)

$$C(R, z) = 0 \quad (\text{その他の場合})$$

$C(R, z)$  : 計算点  $(R, z)$  の濃度

$R$  : 点煙源と計算点の水平距離 (m) ( $R = \sqrt{x^2 + y^2}$ )

$x, y$  : 計算点の  $x, y$  座標 (m)

$z$  : 計算点の  $z$  座標 (m)

$Q_p$  : 点煙源排出強度 ( $\text{m}^3\text{N/s}$ )

$u$  : 風速 (m/s)

$He$  : 有効煙突高 (m)

$\sigma_y$  : 水平 ( $y$ ) 方向の拡散パラメータ (m) (図 1.2.1-2, 表 1.2.1-3 参照)

$\sigma_z$  : 鉛直 ( $z$ ) 方向の拡散パラメータ (m) (図 1.2.1-2, 表 1.2.1-3 参照)

一般に、拡散幅は大気安定度の影響を受けて変化する。日射を強く受けると大気が不安定になり、大気の流れが乱れるため、拡散幅は大きくなる。日射がなくなると大気の流れは安定し、拡散幅は小さくなる。

このため、建設作業等の予測においては、拡散幅は、通常 Pasquill-Gifford の拡散幅にみられるように大気安定度別に設定されている。

一方、沿道においては、道路周辺や地表付近においては、大気安定度の影響よりも、道路両側の建物及び道路構造による風の乱れの影響の方が大きい。また、道路を走行する自動車によっても風が乱れる。このような要因が重なって沿道では大気安定度の影響が小さくなっているものと考えられるため、沿道における拡散幅を大気安定度別に設定していない。

したがって、拡散幅の式は以下のとおり、車道からの距離で決まる。

鉛直方向の拡散幅  $\sigma_z$

$$\sigma_z = \sigma_{z0} + 0.31L^{0.83}$$

ここで、 $\sigma_{z0}$  : 鉛直方向の初期拡散幅 (m)

遮音壁がない場合 .....  $\sigma_{z0} = 1.5$

遮音壁 (高さ 3m以上) がある場合 .....  $\sigma_{z0} = 4.0$

- $L$  : 車道部端からの距離 ( $L = x - W/2$ ) (m)  
 $x$  : 風向に沿った風下距離 (m)  
 $W$  : 車道部幅員 (m)  
 なお,  $x < W/2$  の場合は  $\sigma_z = \sigma_{z0}$  とする。

水平方向の拡散幅  $\sigma_y$

$$\sigma_y = W/2 + 0.46L^{0.81}$$

なお,  $x < W/2$  の場合は  $\sigma_y = W/2$  とする。

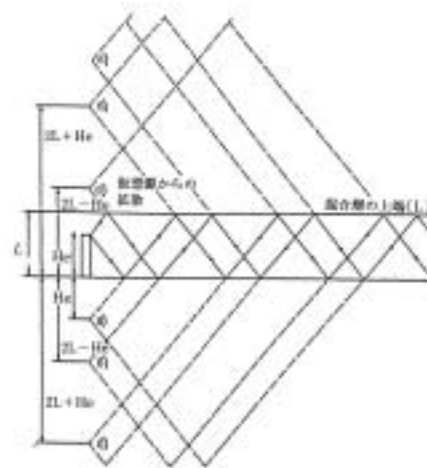
ブルームモデルの基本式では, 地表面における完全反射を仮定しているので,

$$F = \left( \exp\left\{-\frac{(z - He)^2}{2\sigma_z^2}\right\} + \exp\left\{-\frac{(z + He)^2}{2\sigma_z^2}\right\} \right)$$

鉛直項  $F$  は 2 項目の和として与えられる。1 つは有効煙突高さ  $He$  からの拡散を示し, もう 1 つは地表面の下側  $He$  にある仮想源からの拡散を示しており, これが地表面において反射してくる拡散を表現している。混合層の上端 (lid) のように, 上層に逆転層があって鉛直方向の拡散が制約されるような場合については逆転層を考慮した拡散計算を行う必要がある。

上層の逆転層についての計算は, 逆転層の下面においても地表面と同様に完全反射するものとして行う。図 1.2.1-1 に示すように, 地表面と混合層の上端 ( $L$  とする) で何回も反射を繰り返すことになり, 濃度はそれぞれの反射項 (仮想源からの拡散) の和として表される。したがって, 先のブルーム式の  $F$  を次のように修正して計算を実施する。なお,  $n$  は「環境アセスメントの技術」(1999 年 8 月 社団法人環境情報科学センター) によると,  $-3 \sim 3$  程度の範囲で十分であるとされている。

$$F = \sum_{n=-\infty}^{\infty} \left[ \exp\left\{-\frac{(z - He + 2nL)^2}{2\sigma_z^2}\right\} + \exp\left\{-\frac{(z + He + 2nL)^2}{2\sigma_z^2}\right\} \right]$$



出典 U.S. Environmental Protection Agency, "User's guide for the Industrial Source Complex (ISC3) dispersion models" (1995)

図 1.2.1-1 混合層の上端 (lid) における拡散の模式図

有効煙突高 ( $H_e$ ) は, 煙突の実体高 ( $H_0$ ) に排出ガスの浮力と慣性による上昇高さ ( $\Delta H$ ) を加えたもので,

$$H_e = H_0 + \Delta H$$

で示される。

次に, ブルームモデルが適用される有風時における代表的な上昇高さ  $\Delta H$  の推定式を表 1.2.1-1 に示

す。

表 1.2.1-1  $\Delta H$  の推定式

<p>有風時 浮力プルーム</p>	<p>CONCAWE 式(コウカイ: Conservation of Clean Air and Water in western Europe)  <math display="block">\Delta H = 0.175 Q_H^{1/2} \cdot u^{-3/4}</math> <math display="block">Q_H = \rho C_p Q \Delta T</math></p> <p>Moses&amp;Carson 式  <math display="block">\Delta H = (C_1 \cdot V_s \cdot D + C_2 \cdot Q_H^{1/2}) u^{-1}</math> <math display="block">Q_H = \frac{\pi}{4} D^2 \cdot V_s \cdot \rho_s \cdot C_p (T_g - T_a)</math></p> <p>Bosanquet I 式  <math display="block">\Delta H = \Delta H_m + \Delta H_b</math> <math display="block">\Delta H_m = \frac{4.77}{1 + 0.43 \frac{u}{V_s}} \frac{\sqrt{Q' \cdot V_s}}{u}</math> <math display="block">\Delta H_b = 6.37 g \cdot \frac{Q' \cdot \Delta T}{u^3 \cdot T_a} \cdot \left( \ln J^2 + \frac{2}{J} - 2 \right)</math> <math display="block">J = \frac{u^2}{\sqrt{Q' \cdot V_s}} \cdot \left( 0.43 \sqrt{\frac{T_a}{g \cdot d\theta/dz}} - 0.28 \frac{V_s}{g} \frac{T_a}{\Delta T} \right) + 1</math></p>
<p>有風時 ジェットプルーム</p>	<p>Briggs 式 (ジェット・プルーム)  <math display="block">\Delta H = 3 \frac{V_s}{u} D</math></p>
<p>無風時</p>	<p>Briggs 式(無風時)  <math display="block">\Delta H = 1.4 \times Q_H^{1/4} (d\theta/dz)^{-3/8}</math></p>
<p>記号</p>	<p><math>Q_H</math>: 排出熱量 (cal/s)  <math>P</math>: 0 おける排ガス密度 (<math>1.293 \times 10^3 \text{g/m}^3</math>)  <math>C_p</math>: 定圧比熱(0.24cal/K/g)  <math>Q</math>: 単位時間当たりの排ガス量 (<math>\text{m}^3/\text{S}</math>)  <math>Q'</math>: 温度 15 度における排出ガス量 (<math>\text{m}^3/\text{S}</math>)  <math>\Delta T</math>: 排ガス温度 (<math>T_g</math>) と気温の温度差 (<math>T_g - 15</math>)  <math>u</math>: 煙突頭頂部における風速(m/s)  <math>V_s</math>: 排出ガス吐出速度(<math>\text{m/s}^2</math>)  <math>D</math>: 煙突頭頂部内径(m)  <math>C_1</math>: 実験定数 不安定 中立で 0.35 安定で -1.04  <math>C_2</math>: 実験定数 不安定 中立で 0.171 安定で 0.145  <math>g</math>: 重力加速度 (m/S)  <math>\rho_s</math>: 排出ガス密度(<math>\text{g/m}^3</math>)  <math>T_a</math>: 気温 (K)  <math>d\theta/dz</math>: 温位傾度 (K/m)</p> <p>(注1)排煙上昇式の係数は、kcal/s 単位の排出熱量を用いる。従って、排出熱量として MW 単位で計算する場合には、1MW=239kcal/s で換算する必要がある。</p> <p>(注2) <math>d\theta/dz</math> が不明な場合、日中は 0.003 /m(平均的温位勾配), 夜間は 0.010 /m(等温層)を用いた例があると記されている。(「浮遊粒子状物質予測汚染マニュアル」(環境庁大気保全局大気規制課 1997年12月)を参照)。</p>



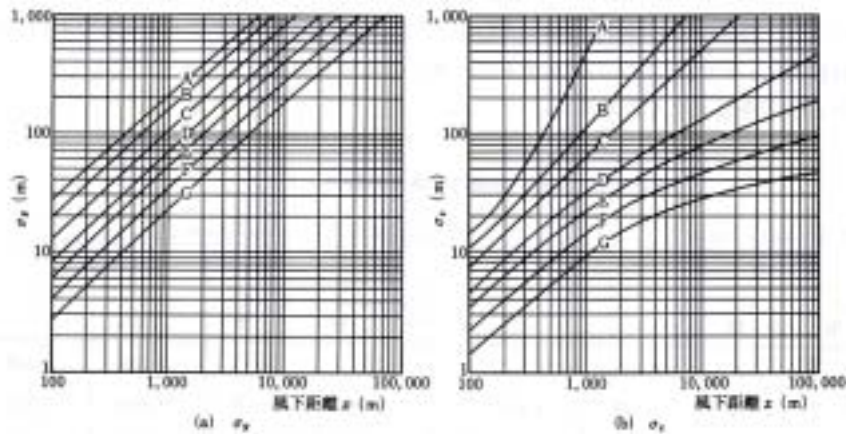


図 1.2.1-2 風下距離の関数としての Pasquill - Gifford の  $\sigma_y$  及び  $\sigma_z$

表 1.2.1-2 大気安定度分類表 (日本式)

地上 10m における風速 (m/s)	日射量 (cal / cm <sup>2</sup> · H)			本 雲 (雲量 8~10) (日中・夜間)	夜 間	
	50.0	49.9~ 25.0	<25.0		上層雲 (10~5) 中・下層雲 (7~5)	雲 量 (4~0)
<2	A	A~B	B	D	G	G
2~3	A~B	B	C	D	E	F
3~4	B	B~C	C	D	D	E
4~6	C	C~D	D	D	D	D
6<	C	D	D	D	D	D

表 1.2.1-3 Pasquill-Gifford 図の近似関係

安定度	$\sigma_y(x) = \gamma_y \cdot x^{\alpha_y}$			$\sigma_z(x) = \gamma_z \cdot x^{\alpha_z}$		
	$\alpha_y$	$\gamma_y$	風下距離 x(m)	$\alpha_z$	$\gamma_z$	風下距離 x(m)
A	0.901	0.426	0~1,000	1.122	0.0800	0~300
	0.851	0.602	1,000~	1.514	0.00855	300~500
				2.109	0.000212	500~
B	0.914	0.282	0~1,000	0.964	0.1272	0~500
	0.865	0.396	1,000~	1.094	0.0570	500~
C	0.924	0.1772	0~1,000	0.918	0.1068	0~
	0.885	0.232	1,000~			
D	0.929	0.1107	0~1,000	0.826	0.1046	0~1,000
	0.889	0.1467	1,000~	0.632	0.400	1,000~10,000
				0.555	0.811	10,000~
E	0.921	0.0864	0~1,000	0.788	0.0928	0~1,000
	0.897	0.1019	1,000~	0.565	0.433	1,000~10,000
				0.415	1.732	10,000~
F	0.929	0.0554	0~1,000	0.784	0.0621	0~1,000
	0.889	0.0733	1,000~	0.526	0.370	1,000~10,000
				0.323	2.41	10,000~
G	0.921	0.0380	0~1,000	0.794	0.0373	0~1,000
	0.896	0.0452	1,000~	0.637	0.1105	1,000~2,000
				0.431	0.529	2,000~10,000
			0.222	3.62	10,000~	

$\Delta H$  の推定式を用いる場合、以下の点に留意すること。

(i) 式の選択

総量規制に用いる有風時の熱ブルーム有効煙突高推定式としては、規模の大小に拘らず CONCAWE 式を用いることを原則とする。

(ii) ダウンウォッシュが生じる場合

強風時に煙突や建物の背後にできる空気力学的な渦領域に排煙が取り込まれる現象を指す。排煙の上昇が望めないため有効煙突高さが低くなるとともに、渦領域内での大きな乱れによって拡散が大きくなり、地上への影響が大きくなることが予想される。煙突によるものをダウンウォッシュ、地形や建物によるものをダウンドラフトと区別しているが、両者に本質的な違いはないと考えられる。

排出ガス速度が風速の 1.5 倍以上であればダウンウォッシュが生じないことがほぼ定説となっている。また、煙突と周囲にある建物も高さとの関係では、煙突が建物の高さの 2.5 倍以上高ければダウンウォッシュの出現する危険性は小さいといわれている。

ダウンウォッシュを考慮した場合の有効煙突高の計算については、「室素酸化物総量規制マニュアル」等に示された下式が利用できる。

$$\Delta H = 2 \left( \frac{V_s}{u} - 1.5 \right) D$$

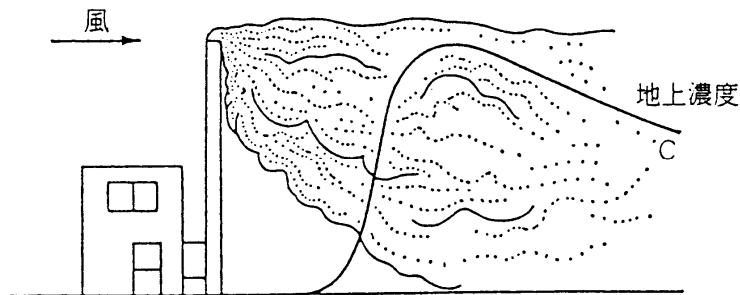
- $\Delta H$  : 有効煙突高さの減少量 (m)
- $V_s$  : 排出ガスの吐出速度 (m/s)
- $D$  : 煙突頭頂部の内径 (m)
- $u$  : 風速 (m/s)

(iii) リッドとの関係

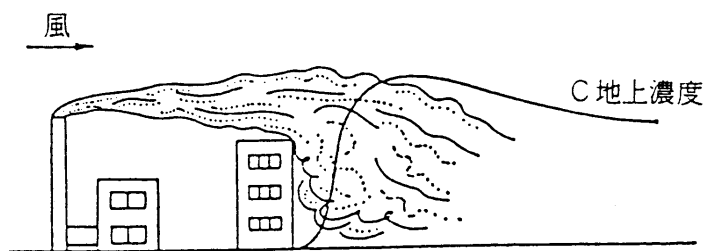
煙突の上空に逆転層などの安定層があると、その安定層によって、煙の上昇が妨げられる場合がある。しかし、排煙の上昇が妨げられるか否かは、排煙の浮力と安定層の強さとの関係により、複雑であって、その予測は困難である。一般に  $H_0 + \Delta H$  が、リッド(上層の安定層の底面)高度  $L$  よりも、わずかに高い場合は、 $H_e = L$  と仮定してもよい。

(iv) 熱浮力のない排煙の上昇

建屋や道路トンネルの換気口の排出ガスなど、常温で熱浮力のない排煙については、ブリッグス式により  $\Delta H$  を計算することが最も実用的なものとして評価されている。この他にボサンケ式、ホランド式などがある。しかし、このような施設では、換気口の形式等により、上昇高度の変動も大きいので、相当規模以上の施設で、その寄与濃度が高く、環境基準に近い濃度の出現が予想される場合には、類似施設での実測あるいは模型実験が望ましい。



(a) ダウンウォッシュとそのときの地上濃度



(b) ダウンドラフトとそのときの地上濃度

図 1.2.1-3 ダウンウォッシュ、ダウンドラフト

## 2. パフモデル

パフ式の基本式は次のとおりである。

(基本式)

$$C(x, y, z) = \frac{Q_p}{(2\pi)^{3/2} \sigma_x \sigma_y \sigma_z} \cdot \exp\left(-\frac{(x-ut)^2}{2\sigma_x^2} - \frac{y^2}{2\sigma_y^2}\right) \cdot \left( \exp\left\{-\frac{(z-He)^2}{2\sigma_z^2}\right\} + \exp\left\{-\frac{(z+He)^2}{2\sigma_z^2}\right\} \right)$$

基本式は瞬間点煙源に対する式であるが、環境影響評価で対象とする煙源の多くは連続発生源であるから、時間について積分することにより連続発生源に適用する。拡散パラメータ  $\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z$  を時間の関数として経過時間  $t$  に比例すると考える。定数を  $\alpha, \gamma$  とすると、

$$\sigma_x = \sigma_y = \alpha \cdot t, \quad \sigma_z = \gamma \cdot t$$

と示される。

有風時と同様に、1つの風向内で濃度が一様であると考え、以下のような式が得られる。

(定常・弱風時)

$$C(R, z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \cdot \frac{Q_p}{\frac{8}{u}} \cdot \left\{ \frac{1}{\frac{2}{-}} \exp\left(-\frac{u^2(z-He)^2}{2 \frac{2}{-} \frac{2}{-}}\right) + \frac{1}{\frac{2}{+}} \exp\left(-\frac{u^2(z+He)^2}{2 \frac{2}{+} \frac{2}{+}}\right) \right\}$$

$C(R, z)$  : 計算点  $(R, z)$  の濃度

$R$  : 点煙源と計算点の水平距離 (m) ( $R = \sqrt{X^2 + Y^2}$ )

$X, Y$  : 計算点の  $x, y$  座標 (m)

$z$  : 計算点の  $z$  座標 (m)

$Q_p$  : 点煙源強度 ( $\text{m}^3\text{N/s}$ )

$u$  : 風速 (m/s)

$He$  : 有効煙突高 (m)

$$\frac{2}{-} = R^2 + \frac{2}{-}(z-He)^2$$

$$\frac{2}{+} = R^2 + \frac{2}{+}(z+He)^2$$

表 1.2.1-4 無風，弱風時に係る拡散パラメータ

安定度		無風時( 0.4m/s)		弱風時(0.5~0.9m/s)	
Pasqill の分類	Shir の分類	$\alpha$	$\gamma$	$\alpha$	$\gamma$
A	-3	0.948	1.569	0.748	1.569
A ~ B	-3 ~ -2	0.859	0.862	0.659	0.862
B	-2	0.781	0.474	0.581	0.474
B ~ C	-2 ~ -1	0.702	0.314	0.502	0.314
C	-1	0.635	0.208	0.435	0.208
C ~ D	-1 ~ 0	0.542	0.153	0.342	0.153
D	0	0.470	0.113	0.270	0.113
E	1	0.439	0.067	0.239	0.067
F	2	0.439	0.048	0.239	0.048
G	3	0.439	0.029	0.239	0.029

(注)  $\sigma_x = \sigma_y = \alpha t, \sigma_z = \gamma t$  (ただし,  $t$ : 経過時間(sec))

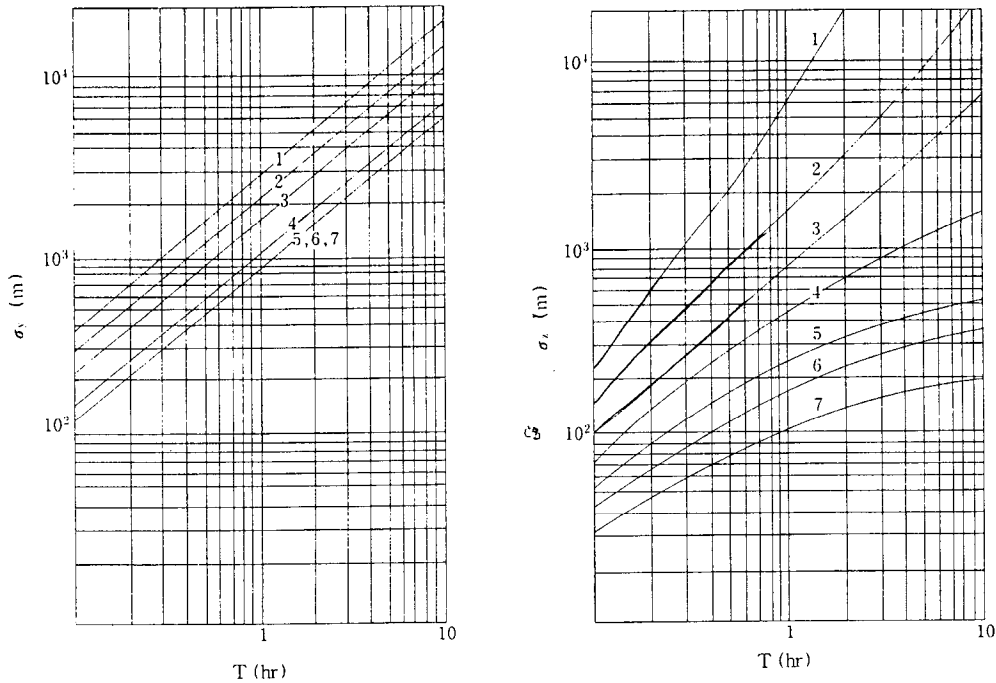


図 1.2.1-4 時間の関数としての拡散パラメータ(ターナー図)

弱風パフ式において  $u=0$  において、風向出現率の補正を行い、さらに 16 方位について重ね合わせると簡易パフ式となる。

(定常・無風時)

$$C(R, z) = \frac{Q_p}{(2\pi)^{3/2}} \left\{ \frac{1}{R^2 + \frac{\alpha^2}{\gamma^2} (z - He)^2} + \frac{1}{R^2 + \frac{\alpha^2}{\gamma^2} (z + He)^2} \right\}$$

$\alpha, \gamma$  : 拡散パラメータに関する定数

なお、沿道の予測計算においては、以下の拡散幅の式を用いる。

初期拡散幅に相当する時間  $t_0$

$$T_0 = \frac{W}{2\alpha}$$

ここで、 $W$ : 車道幅員 (m)

$\alpha$ : 以下に示す拡散幅に関する係数 (m/s)

拡散幅に関する係数  $\alpha, \gamma$

$$\alpha = 0.3$$

$$\gamma = \begin{cases} 0.18 & (\text{昼間 } 7:00 \sim 19:00) \\ 0.09 & (\text{夜間 } 19:00 \sim 7:00) \end{cases}$$

また、計算点から線煙源と直角に引いた線を  $x$  軸とし、 $y$  軸は線煙源と一致させると図 1.2.1-5 のようになる。このとき  $R$  について線煙源の端点から端点まで積分することは、 $y$  について  $y_1$  から  $y_2$  まで積

分するのと同様である。

$y$  についての積分は解析的に可能で次式を得る。

$$C(x, z; y_1, y_2) = \frac{Q_L}{(2\pi)^{3/2} \gamma} \left[ \frac{1}{\eta_1} \left( \tan^{-1} \frac{y_2}{\eta_1} - \tan^{-1} \frac{y_1}{\eta_1} \right) + \frac{1}{\eta_2} \left( \tan^{-1} \frac{y_2}{\eta_2} - \tan^{-1} \frac{y_1}{\eta_2} \right) \right]$$

$$\eta_1^2 = x^2 + \frac{\alpha^2}{\gamma^2} (z - He)^2 \quad \eta_2^2 = x^2 + \frac{\alpha^2}{\gamma^2} (z + He)^2$$

$Q_L$  : 線煙源強度 (Nm<sup>3</sup>/m・s )

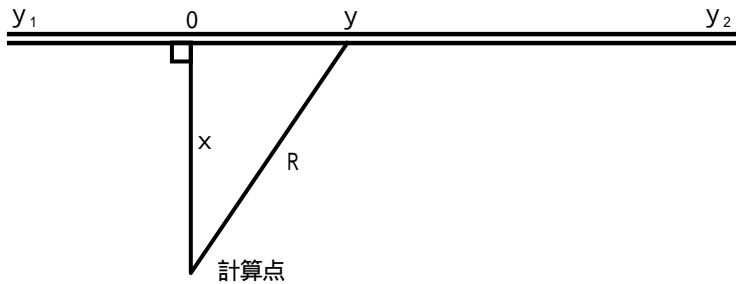


図 1.2.1-5 計算点と  $R$ ,  $y_1$ ,  $y_2$

### 資料 1.2.2 K 値規制方式

本式は、ブルームモデルにサットンの拡散方程式をもとに、水平・垂直方向の位置を 0 とし、風下主軸方向の最大着地濃度  $C_m$  と最大着地濃度出現距離  $X_m$  を求めるものである。

なお、大気汚染防止法における K 値規制の排煙上昇モデルはボサンケ 式を使用しているが、この式の中では、風速  $u=6\text{m/s}$  が含まれているものであるので、必要に応じて地域の実態に合った平均風速などを参考にしたほうが良い。

#### 最大着地濃度 $C_m$

一般に最大着地濃度は、1 時間値で示されることが多いので、3 分間値を 1 時間値に換算する。最大着地濃度  $C_m$  の 1 時間値の計算式は、以下のとおりである。

$$C_m(1 \text{ 時間値}) = \alpha \times C_m(3 \text{ 分間値}) \quad (\alpha=0.15)$$

$$C_m(3 \text{ 分間値}) = \frac{2q}{e \cdot uH_e^2} \left( \frac{C_z}{C_y} \right) \times 10^{-6}$$

$C_m$  : 最大着地濃度(ppm)

$q$  : 温度 15 度における排出ガス量( $\text{m}^3/\text{s}$ )

$e$  : 自然対数の底

$u$  : 風速( $\text{m/s}$ )

$H_e$  : 有効煙突高さ(m)

$C_y, C_z$  : サットンの拡散パラメータ ( $C_z=C_y=0.12$ )

$$H_e = H_0 + 0.65(H_m + H_t)$$

$$H_m = \frac{0.795 \sqrt{Q \cdot V}}{1 + \frac{2.58}{V}}$$

$$H_t = 2.01 \times 10^{-3} \cdot Q(T - 288) \left[ 2.3 \log J + \frac{1}{J} - 1 \right]$$

$$J = \frac{1}{Q \cdot V} \left( 1460 - 296 \times \frac{V}{T - 288} + 1 \right)$$

$H_m$  : 速度による上昇高さ(m)

$H_t$  : 浮力による上昇高さ(m)

$H_0$  : 排出口の実高さ(m)

$Q$  : 温度 15 度における排出ガス量( $\text{m}^3/\text{s}$ )

$V$  : 排出ガスの排出速度( $\text{m/s}$ )

$T$  : 排出ガスの温度(絶対温度 K)

#### 最大着地濃度出現距離 $X_m$

$$X_m = \left( \frac{H_e}{C_z} \right)^{2/(2-n)}$$

$X_m$  : 最大着地濃度出現距離(m)

$C_z, n$  : サットンの拡散パラメータ

( $C_z = 0.12$   $n = 0.25$ )

### 資料 1.2.3 J E A モデル

以下に、風の状態別の J E A (Japan Environmental Agency) モデルの式を示す。また、線煙源 J E A 式の拡散パラメータを表 1.2.3-1 に示す。

直角風の場合 ( $40^\circ < \theta < 90^\circ$ ,  $\theta$  は風と線煙源の角)

$$C(x,z) = \frac{Q_L}{(U \cdot \sin \theta)^{0.5}} \cdot \frac{A}{x^s} \cdot \exp\left(-B \frac{z^p}{x}\right) \cdot w(x:y_1, y_2)$$

$x$  : 計算点から線煙源までの (垂直) 距離 (m)

$$w(x:y_1, y_2) = (1/2) \left[ \operatorname{erf}\left\{G \cdot \left(y_2/\sqrt{x}\right)\right\} - \operatorname{erf}\left\{G \cdot \left(y_1/\sqrt{x}\right)\right\} \right]$$

$$\operatorname{erf}(\eta) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^\eta \exp(-\zeta^2) d\zeta \quad : \text{誤差関数}$$

$z$  : 計算点からの高さ (m)

$Q_L$  : 線煙源強度 ( $\text{Nm}^3/\text{s} \cdot \text{m}$ )

$U$  : 風速 (m/s)

$\theta$  : 線煙源と風のなす角 ( $40^\circ < \theta < 90^\circ$ )

$y_1, y_2$  : 有限線煙源の端点座標 (m)

$p, a, A, \gamma, B$  : パラメーター

$$S = a \cdot \exp\{0.89 \times L / (U \cdot \sin \theta)\}$$

$$G = \gamma \cdot \exp\{-2.45 \times L / (U \cdot \sin \theta)\}$$

$$f_B = \exp\{-3.12 \times L / (U \cdot \sin \theta)\}$$

$L$  : 放射収支量 ( $\text{kW}/\text{m}^2$ )

平行風の場合 ( $0^\circ < \theta < 40^\circ$ )

$$C(y,z) = \frac{Q_L}{(U \cdot \cos \theta)^{0.5}} \cdot \frac{A}{\sqrt{y^2 + G_2 \cdot z^2}} \cdot w(y:x_1, x_2)$$

$y$  : 計算点から線煙源までの (垂直) 距離 (m)

$z$  : 計算点の高さ (m)

$$w(y:x_1, x_2) = \operatorname{erf}\left\{G_1 \sqrt{x_1} \cdot \sqrt{y^2 + G_2 \cdot z^2}\right\} - \operatorname{erf}\left\{G_1 \sqrt{x_2} \cdot \sqrt{y^2 + G_2 \cdot z^2}\right\}$$

$x_1, x_2$  : 有限線煙源の端点座標 (m)

$x_1 < 0$  のときには、 $x_1$  の代わりに 0 を用い、上式の右辺第 1 項は 1 になる

$A, \gamma, G_1, G_2$  : パラメーター

$$A = 3.29 \exp\{-2.8 \times L / (U \cdot \cos \theta)\}$$

$$G_1 = \gamma \cdot \exp\{-1.61 \times L / (U \cdot \cos \theta)\}$$

無風時の場合 ( $u < 1\text{m/s}$ )

$$C(x,z) = \frac{\pi A Q_L}{(x^2 + G_z^2)^s} \cdot w(x:y_1, y_2)$$

$x$  : 計算点から線煙源までの (垂直) 距離 (m)

$$w(x:y_1, y_2) = (1/\pi) \left\{ \tan^{-1}\left(y_2/\sqrt{x^2 + G_z^2}\right) - \tan^{-1}\left(y_1/\sqrt{x^2 + G_z^2}\right) \right\}$$

$A, S, G$  : パラメーター

$$A = 0.76 \exp(-2.76L)$$

$$S = 0.38 \exp(1.29L)$$

$$G = \begin{cases} 5.5\exp(-4.3L), & L \geq 0 \\ 5.5\exp(-77.6L), & L < 0 \end{cases}$$

表 1.2.3-1 線煙源 J E A 式の拡散パラメータ

地域区分	直 角 風					平 行 風	
	$p$	$\alpha$	$A$	$\gamma$	$B$	$\gamma$	$G_2$
平坦地	1.5	0.86	2.4	0.16	$1.47 \times f_B$	0.063	6.49
低層住宅(粗)	2.5	1.03	5.4	0.12	0.036	0.143	5.24
低層住宅(密)	2.5	0.71	1.07	0.107	0.018	0.143	1.63
中層ビル(粗)	1.5	0.86	4.4	0.12	$0.94 \times f_B$	0.063	8.25



資料 1.2.4 S R I モデル

図 1.2.4-1 のようなビルの中のストリートキャニオン内では、建物により渦が生じ、道路上の風下側は風上側より高濃度となる。

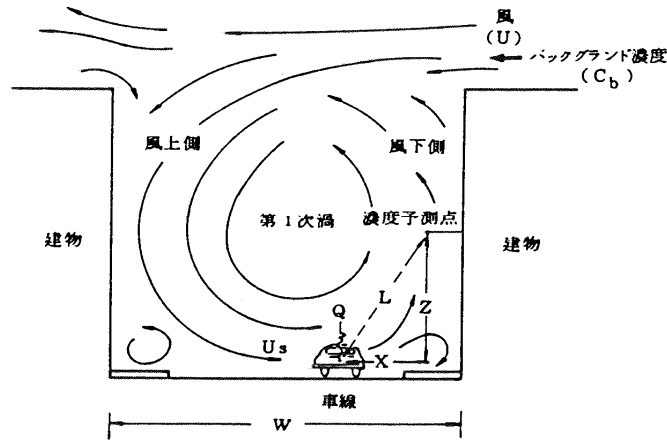


図 1.2.4-1 ストリートキャニオン内のできる渦

$Q$  を道路内での排出量 ( $\text{Nm}^2/\text{m}\cdot\text{s}$ ),  $U$  を建物の上の風速  $U$  ( $\text{m}/\text{s}$ ),  $W$  をストリートキャニオン幅 ( $\text{m}$ ),  $H$  を建物の高さ ( $\text{m}$ ) とすると道路内での  $Q$  による濃度  $\Delta C$  ( $\text{Nm}^3/\text{m}^3$ ) は

$$\text{風下側: } \Delta C_L = \frac{KQ}{(U + 0.5) \left[ (x^2 + z^2)^{1/2} + L_0 \right]}$$

ここで

$K \simeq 7$  (実験定数)

$L_0 \simeq 2\text{m}$  (車の走行による攪拌効果を表す)

$x$ : レーンの中心から濃度予測点までの水平距離 ( $\text{m}$ )

$z$ : 濃度予測点の高さ ( $\text{m}$ )

$$\text{風上側: } \Delta C_W = \frac{KQ}{(U + 0.5)W} \cdot \frac{(H - z)}{H}$$

道路に平行  $\pm 45^\circ$  以内の風向の場合 (図 1.2.4-2):  $\Delta C_I = \frac{1}{2} (\Delta C_L + \Delta C_W)$

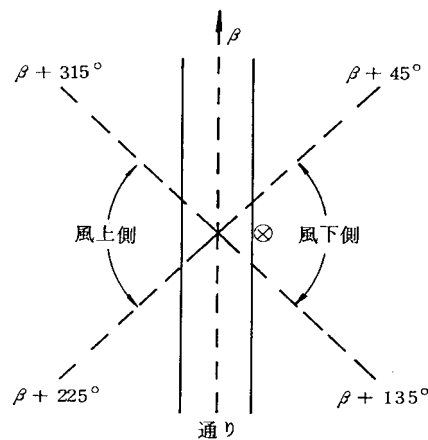


図 1.2.4-2 風下側, 風上側, 平行風の区分

## 資料 1.2.5 差分モデル (ボックスモデル)

### <ボックスモデル>

ボックスモデルでは、汚染源の強さが一様に分布している都市上を高さ  $Z$  をもった大気が通過するとき、大気中の平均濃度がどのように変わるかを問題にしている。

したがって、次式で示されるように、汚染源の強さを一定にすれば、都市の平均濃度は風が弱く最大混合層が低いほど大きくなる。

$$\bar{\varphi} = \frac{Ql}{2VZ}$$

ここで  $\bar{\varphi}$  : 平均濃度 (g/cm<sup>3</sup>)  
 $Q$  : 汚染源の強さ (g/cm<sup>2</sup>/s)  
 $l$  : 流れの方向にとった都市の大きさ (km)  
 $V$  : 水平方向の風速 (移送速度 : m/s)  
 $Z$  : 最大混合層高度 (m)

### <Fick の式>

複雑地形上の拡散の微分方程式の例としては、Fick の式をその基本方程式として考える。

$$\frac{\partial c}{\partial t} + u \frac{\partial c}{\partial x} + v \frac{\partial c}{\partial y} + w \frac{\partial c}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial x} \left( K_x \frac{\partial c}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( K_y \frac{\partial c}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left( K_z \frac{\partial c}{\partial z} \right) + Q$$

この式は、ブルーム式、パフ式の導入のもととなっている式であるが、必ずしも乱流拡散の基本式ではなく、便宜的な式である。Fick の式の解法例としては以下に示す差分モデルがある。

### <差分モデル (日野の方法) >

地表面の高さを  $h(x,y)$  とし、座標系を  $(x,y,z)$  から地形を考慮した  $(\xi,\eta,\zeta)$  に座標変換する。

$$\xi = x, \quad \eta = y, \quad \zeta = z - h(x,y)$$

定常を仮定した座標変換式の方程式は、

$$u \left( \frac{\partial c}{\partial \xi} - \frac{\partial h}{\partial \xi} \frac{\partial c}{\partial \zeta} \right) + v \left( \frac{\partial c}{\partial \eta} - \frac{\partial h}{\partial \eta} \frac{\partial c}{\partial \zeta} \right) + w \frac{\partial c}{\partial \zeta} = \frac{\partial}{\partial \eta} \left( K_y \frac{\partial c}{\partial \eta} - K_y \frac{\partial h}{\partial \eta} \frac{\partial c}{\partial \zeta} \right) - \frac{\partial h}{\partial \eta} \left\{ \frac{\partial}{\partial \zeta} \left( K_y \frac{\partial c}{\partial \eta} \right) \right\} + \left( \frac{\partial h}{\partial \eta} \right)^2 \frac{\partial}{\partial \zeta} \left( K_y \frac{\partial c}{\partial \zeta} \right) + \frac{\partial}{\partial \zeta} \left( K_z \frac{\partial c}{\partial \zeta} \right)$$

となる。風速  $u, v, w$  を求めるのに、大気の流れを地形の影響により流れの歪むポテンシャル流の層 (F 層) と渦動粘性の影響の大きい境界層 (B 層) の 2 層に分け、前者では完全流体のポテンシャル流、後者では境界層方程式を解いて風の流れを求める。図 1.2.5-1 に計算例を示す (風の方向と山の ridge の方向が直角の場合)。

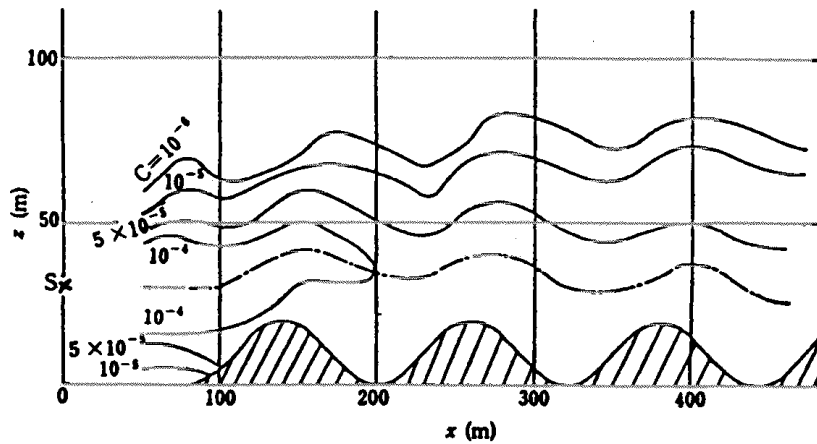


図 1.2.5-1 煙軸を含む鉛直内  $y=0$  での煙の濃度分布  
(波型の丘陵が風に直角に連なる場合)

< 図 1.2.5-1 の計算に用いたパラメータ >

$$h(x,y) = 0 \quad (0 \leq \text{ARG})$$

$$h(x,y) = h_0 \sin^2(\text{ARG}) \quad (0 > \text{ARG})$$

$$\text{ARG} = \pi \left( k \frac{x}{\Delta x} - h_m \right)$$

$$H = 30\text{m}$$

$$Q = 1 \text{ unit / sec}$$

$$L = 100\text{m}$$

$z_1, z_2$  : 拡散係数が変化する境界層の高さ

$x_s$  : 煙源の  $x$  座標

$A_1, A_2, m, n$  等はパラメータ

$$K_y = \begin{cases} A_1 (x - x_s)^{n_1} \sqrt{u^2 + v^2 + w^2} & (0 \leq z < z_1) \\ A_2 (x - x_s)^{n_2} \sqrt{u^2 + v^2 + w^2} & (z_1 < z) \end{cases}$$

$$K_y = \begin{cases} A_3 \sqrt{u^2 + v^2 + w^2} z^m & (0 \leq z < z_1) \\ [A_z + B_z \sin^2 \{(z_2 - z_1)/z\}] \sqrt{u^2 + v^2 + w^2} & (z_1 \leq z < z_2) \\ [A_z + B_z \sin^2 \{(z_2 - z_1)/z\}] \sqrt{u^2 + v^2 + w^2} & (z_2 \leq z) \end{cases}$$

日野の方法は差分法に基づくモデルであるが、このような Fick の式を直接解く方法の利点は (Shir, 1974) 以下の点にある。

モデルに多数の煙源を組み込むことができる。計算時間が煙源の量によらない。

多数の煙源の排出率の不均一性、複雑な都市大気、地表面条件の変化に耐えるモデルである。

刻々変化する気象情報を活用できる。

特別な仮定やパラメータの調整を必要としない。

資料 1.2.6 複雑地形が存在する場合の拡散モデル

複雑地形が存在する場合の拡散モデルは、研究段階のものを含めて多くのものが提案されている。例えば、文献<sup>\*1</sup>などで代表的なモデルの紹介を行っている。ここでは、実用面から、地形の起伏に応じて、簡単にプルームモデルの煙軸を修正する拡散モデルについて述べる。以下に述べるモデルの計算式は、通常のプルームモデルやパフモデルの拡散式と基本的に同じである。異なる点は、通常のプルームモデルやパフモデルで用いる有効煙突高  $He$  が地形の標高によって変化することである。

\* 1 「通商産業省立地公害局編，産業公害総合事前調査における大気に係る環境濃度予測マニュアル」(1985)  
 「原子力安全研究協会，原子力気象に関する調査研究，昭和 58 年度成果報告書」(1984)

(a) クレスタ (CRSTER) モデル<sup>\*2</sup>

クレスタ (Single Source) モデルによるプルーム中心軸の評価方法の概念を、図 1.2.6-1 に示す。地表の評価点からのプルーム中心軸の高さの求め方は、以下のとおりである。

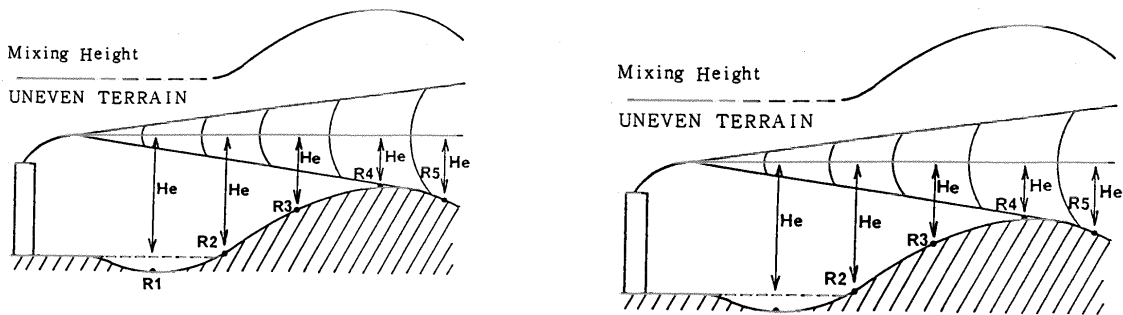


図 1.2.6-1 クレスタモデルの概念図

- 評価点の標高が煙源位置の地形標高より高い場合は、それら標高の差の分だけプルーム中心軸の高さは減少する。
- 評価点の標高が煙源位置の地形標高より低い場合は、プルーム中心軸の高さには修正を加えない。
- プルームが地形に衝突したときは評価を止める。

\* 2 U.S.EPA, Users Manual for single-Source (CRSTER) Model, EPA-450/2-77-013, U.S.EPA, Research Triangle Park, NC, 1977.

(b) ヴァレイ (Valley) モデル<sup>\*3</sup>

ヴァレイモデルによるプルーム中心軸の評価方法の概念を図 1.2.6-2 に示す。地表の評価点からのプルーム中心軸の高さの求め方は以下のとおりである。

- 地形標高から 10m 以内にプルームの中心軸が近づくまではプルームを直進する。
- 地形標高 10m 以内にプルームが近づいた場合は、10m の距離を保ってプルームは進む。

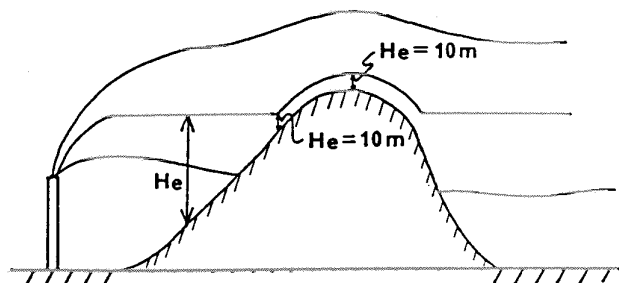


図 1.2.6-2 ヴァレイモデルの概念図

\* 3 Burt, B.A., Valley Model Users Guide, EPA-450/2-77-018, U.S.EPA, Research Triangle Park, NC, 1977.

(c) ERT PSDM モデル\*4

ERT(Environmental Research Technology Inc.) PSDM(Point Source Diffusion Model)モデルによるブルーム中心軸の評価方法の概念を図 1.2.6-3 に示す。地表の評価点からのブルーム中心軸の高さの求め方は以下のとおりである。

評価点の標高が有効煙突高さより低い場合は、有効煙突高さから地形標高の 1/2 を減じた値をブルーム中心軸と評価地点の距離とする。

評価点の標高が有効煙突高さより高い場合は、有効煙突高さの 1/2 をブルーム中心軸と地形表面の距離とする。

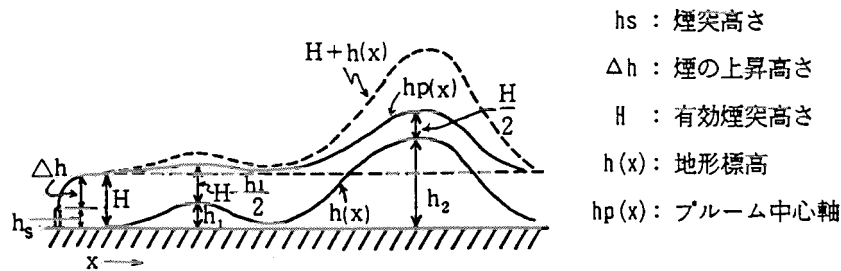


図 1.2.6-3 ERT PSDM モデルの概念図

\* 4 Egan B.A., Turbulent Diffusion in Complex Terrain, Workshop on Air Pollution Meteorology and Environmental Assessment, American Meteorological Society, pp.112-135, 1975

(d) 移流パフモデル

本モデルは、煙の流跡をノンリフトバルーンの観測結果をもとに推定する方法である。即ち、通常のパフモデルで、パフの中心座標を 30 秒程度の時間間隔で観測されたノンリフトバルーンの位置から求めるものである。ノンリフトバルーンの流跡は、中立又は不安定(日中)及び安定(夜間)な条件に分けて求めることが望ましい。地形によって影響を受けた平均的な気流を求めるには、それぞれの条件で数回程度の観測が必要である。

上記のモデルは煙の中心軸を地形の起伏によって変化させるだけの簡易なブルームモデル、あるいはパフモデルである。そのため、通常のブルームモデルよりは現実的であるが、適用には自ずと制約が生じる。3次元的大気汚染物質の移流、拡散を評価する、より詳細なモデルとして、最近比較的良好に用いられるのは、移流(風場)モデルでは、ポテンシャル流にもとづくモデル、客観解析法、また、拡散モデルでは、有限差分法モデルのほかにセル内粒子モデルなどである。

これらの説明を表 1.2.6-1 にまとめて示す。

表 1.2.6-1 3次元モデルの移流、拡散モデル

モデル名	内容
ポテンシャル流モデル	風場や大気汚染物質の移流がポテンシャル流(理想流体で渦なし流れ)に従うとするとモデル。ポテンシャル流モデルに粘性や温度成層効果を組み込んだ擬似(あるいは修正)ポテンシャル流モデルも提案されている。
客観解析モデル	10~20地点の観測データをもとに対象領域内の風を内挿、外挿するモデル。内挿、外挿は変分法などを用いて客観的に行われる。
有限差分モデル	拡散方程式 $\frac{\partial C}{\partial t} + UVC = V(KVC)$ (C:濃度, t:時間, K:拡散係数) を差分近似して濃度分布を求めるモデル。
セル内粒子モデル	大気濃度物質の強度を多数の粒子で模擬し、その移動を追跡し、空間を分割したセル内に存在する粒子の個数から濃度分布を求めるモデル。

以上、各モデルの使用に当たっては原論文を参照し、パラメータの選択、適用範囲などに注意を払う必要がある。

資料 1.2.7 浮遊粒子状物質の予測方法

浮遊粒子状物質の予測方法は環境庁の「浮遊粒子状物質汚染の解析・予測」に述べられているので参考とする。粒径 10 μm 以下の浮遊粒子状物質では、大気中での沈降及び沈着は通常、無視し得るので、ガス状物質の場合と同様の方法により、濃度予測を行う。

大気中での沈降及び沈着が無視できない粒径の大きい粒子状物質については、種々の拡散モデルが提案されており、これらの方法を用いることもできる。正規プルーム式を基本として、近似的に、これらの問題も考慮する方法も開発されている。

沈降を考慮した拡散式

有風時の拡散式として、1 方位内での濃度一様のプルーム式を採用すれば、重力落下及び排出量補正を考慮した予測式は、式(1)で表わされる。

$$C = \left(\frac{2}{\pi}\right) \cdot \frac{Q}{u \frac{\pi}{8} X \sigma_z} \exp\left\{-\frac{(H_e - V_G \cdot X/u)^2}{2\sigma_z^2}\right\} \cdot \exp\left[-\sqrt{\frac{2}{\pi}} \frac{V_G}{u} \int_0^X \frac{dx}{\sigma_z} \exp\left\{-\frac{(H_e - V_G \cdot X/u)^2}{2\sigma_z^2}\right\}\right] \dots\dots (1)$$

↑  
排出量補正項

ここに、

- C : 粒子の地上濃度(mg/m<sup>2</sup>)
- X : 発生源からの風下距離(m)
- Q : 発生源強度(mg/s)
- u : 風速(m/s)
- σ<sub>z</sub> : 鉛直方向拡散幅(m)
- H<sub>e</sub> : 発生源高度(m)
- V<sub>G</sub> : 粒子の重力落下速度(m/s)

ここで排出量補正項の計算方法には、種々の方法が考えられる。

ここで、煙軸落下点 X<sub>0</sub>(X<sub>0</sub>=H<sub>e</sub><sup>u</sup> / V<sub>G</sub>)より遠くのみを計算対象とし、σ<sub>z</sub>=γX<sup>α</sup> とおく方法を用いれば、

$$\text{排出量補正項} = \exp\left[-\sqrt{\frac{2}{\pi}} \frac{V_G}{u} \frac{1}{\gamma(1-\alpha)} (X^{1-\alpha} - X_0^{1-\alpha})\right] \dots\dots (2)$$

となる。

沈降速度

粒子の沈降速度 V<sub>G</sub>は、式(3)で示されるストークス式を用いて計算する。

$$V_G = \frac{2(D/2)^2 \cdot \rho_s \cdot g}{9 \cdot \varepsilon \cdot \rho_a} \dots\dots (3)$$

ここに、

- V<sub>G</sub> : 粒子の沈降速度(m/s)
- D : 粒径(m)
- ρ<sub>s</sub> : 粒子の密度(g/m<sup>3</sup>)
- g : 重力加速度(m/s<sup>2</sup>)      9.8(出典:理科年表)
- ε : 空気動粘性係数(m<sup>2</sup>/s)      14.55 × 10<sup>-6</sup>(出典:理科年表)
- ρ<sub>a</sub> : 空気の密度(g/m<sup>3</sup>)      1226(出典:理科年表)

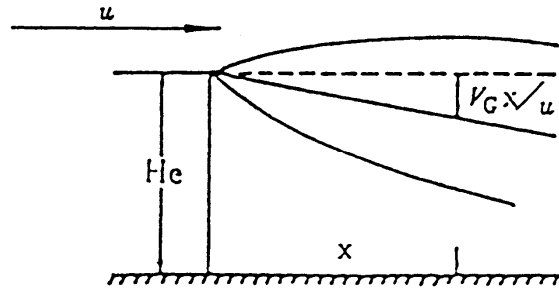


図 1.2.7-1 重力落下する粒子の煙流主軸の傾きの説明

沈着速度の設定方法

沈着速度は、式(4)により表わされる。

$$V_d = \frac{b}{C_0} \quad \dots\dots\dots (4)$$

ここに、

$V_d$  : 沈着速度(m/s)

$b$  : 単位時間、単位面積当りの沈着量(g/m<sup>2</sup>・s)

$C_0$  : 地上濃度(g/m<sup>3</sup>)

大気中のガス状、粒子状物質は、土壌、森林草木、建造物表面、水面などへ輸送され、大気中から除去される。大気中からの除去過程は湿性と乾性沈着に分けられる。乾性沈着では、沈着面の種類やその性状に依存する。さらに、粒子の乾性沈着では粒子の大きさや風速、大気の乱れなどの気象条件の影響を受ける。

これらの値については、多くの報告例があるが、確立した汎用的かつ簡便な方法はないので、その利用については慎重な配慮が必要である。

従って、降下ばいじん等の沈着が問題となる事業については類似事例の調査等も必要であろう。

#### リセプターモデル

従来の発生源を中心とした大気汚染物質の移流拡散計算ではなく、リセプター（拡散を受ける）側に着目したモデルである。すなわち、リセプターモデルは測定された粒子状物質中の化学成分組成に基づいて、類型別の発生源寄与率の推定を行う方法である（注1）。

化学成分組成についての調査データ、あるいは文献値は必要であるが、対象施設以外の発生源について正確な排出量は必要としないため、現状における発生源寄与率を求めるには適している。ただし、将来の発生源の影響の評価には不適である。

#### 排出係数

ばい煙発生施設については、過去に類似施設での排出係数調査も多く実施されているのでそれらの調査報告を参照して、設定すればよい。粉じん発生施設については、あまり十分な調査例がないので、類似施設での新たな調査になる場合もある。しかし、近年この種の調査が多数行われるようになってきている。

自動車からの浮遊粒子状物質の発生量についても、あまり十分な調査は行われていない。

一例として、東京都環境科学研究所が笹子トンネルで実施した調査による値を引用すれば、大型車 2.85g/km・台、小型車 0.74g/km・台となっており、これは走行による土の巻き上げ粉じんも含んでいる（注1）。また、同研究所が東京港第2航路海底トンネルで実施した調査では、大型貨物車 1.24g/km・台、小型貨物車 0.31g/km・台、ガソリン車 0.0094g/km・台（以上注2）より引用）と設定した場合、トンネル内の炭素（排気管からの粒子）の濃度をほぼ正しく再現できたことを報告している（注3）。

自動車走行に伴う粒子状物質の排出係数は車両の走行状態や路面の状態によっても大きく変化する。

従って、対象道路に近い条件でのデータを用いることが望ましい。しかし、このようなデータがない場合には、環境庁の「浮遊粒子状物質汚染の解析・予測」に記載されている表 1.2.7-1 に示す値を参考に設定してもよい(注4)。

表 1.2.7-1 自動車走行に伴う粒子状物質排出係数

(g/台・km)

車 種	排気口	タイヤ摩耗	走行巻き上げ
軽自動車(乗用,貨物)4サイクル	0.005~0.002	0.02~0.1	0.05~0.2
" " 2サイクル	0.01~0.04		
乗用車(触媒付,ガソリン,LPG)	0.005~0.02		
貸客車(触媒なし)	0.01~0.06		
小型貨物(ガソリン)	0.01~0.06		
小型貨物(ディーゼル)	0.20~0.60	0.2~0.6	0.1~0.3
普通貨物(ディーゼル)	0.40~0.80		
大型貨物(ディーゼル)	0.60~1.50		
バ ス(ディーゼル)		0.1~0.4	

\*特殊車は普通貨物とみなす。

(注1)「リセプターモデルによる浮遊粒子状物質発生源寄与の算定」東京都環境科学研究所年報, 1987

(注2)「粒子状物質等汚染物質の発生源寄与に関する調査 - トンネル調査による大型ディーゼル車の排出実態の検討 -」, 東京都公害研究所年報, 1981

(注3)「自動車排出汚染物質の排出実態に関するトンネル調査 - 第二報 -」東京都公害研究所年報, 1984

(注4)環境庁大気保全局大気規制課 監修:「浮遊粒子状物質汚染の解析・予測」, (財)日本環境衛生センター, 1987



## 資料 1.2.8 トンネル坑口部における予測手法

トンネル坑口部周辺の予測は、トンネル坑口から排出される窒素酸化物（又は浮遊粒子状物質）の拡散濃度（トンネルから寄与濃度）と明かり部からの拡散濃度を合算することにより行う。

< トンネルからの寄与濃度の予測方法 >

a. 有風時の予測

トンネルからの寄与濃度は、以下の噴流モデルと等価排出強度モデルを組合せて予測する。

ア. 噴流モデル

噴流モデルでは、トンネル坑口に配慮した点煙源からの拡散計算に、次式を用いる。

$$C_j(x, y, z) = \frac{1}{2} \bar{C}(x) \exp\left(-\frac{y^2}{2\sigma_{jy}^2}\right) \left[ \exp\left\{-\frac{(z-H)^2}{2\sigma_{jz}^2}\right\} + \exp\left\{-\frac{(z+H)^2}{2\sigma_{jz}^2}\right\} \right]$$

$$AC_0U_{T0} = Q$$

$$\frac{U_{T0}}{U_T(x)} = \exp(kx)$$

$$\sigma_{jy} = \frac{W}{\sqrt{\pi}} + \alpha x^\gamma$$

$$\sigma_{jz} = \frac{A}{\sqrt{\pi} \cdot W} + \beta x^\gamma$$

ここで、

$C_j(x, y, z)$  : 噴流モデルによる予測地点  $(x, y, z)$  の拡散濃度 (ppm 又は  $\text{mg}/\text{m}^3$ )

$C_0$  : 坑内濃度 (ppm 又は  $\text{mg}/\text{m}^3$ )

$U_{T0}$  : トンネル坑口からの吐出風速 (m/s)

$U_T(x)$  : 坑口から距離  $x$  でのトンネル風の風速 (m/s)

$Q$  : トンネル坑口からの排出量 (ml/s 又は  $\text{mg}/\text{s}$ )

$A$  : トンネル断面積 ( $\text{m}^2$ )

$W$  : 坑口での道路幅 (m)

$k$  : トンネル風の減衰パラメータ

$\sigma_{jy}$  : 噴流モデルの水平 ( $y$ ) 方向の拡散幅 (m)

$\sigma_{jz}$  : 噴流モデルの鉛直 ( $z$ ) 方向の拡散幅 (m)

$\alpha, \beta, \gamma$  : 拡散パラメータ

$H$  : 排出源高さ (m)

$x$  : 坑口を起点とする吐出方向距離 (m)

トンネル風の減衰パラメータ  $k$  は表 1.2.8-1、パラメータ  $\alpha, \beta, \gamma$  は、表 1.2.8-2 に示すとおりである。

表 1.2.8-1 トンネル風速の距離減衰パラメータ  $k$

換算交通量 注1)	風速階級	風速区分 <sup>注2)</sup>			
		風下風	向い風	追い風	風上風
1000 台/時以下	0~1.0m/s	0.013			
	1.1~2.0 m/s	0.013	0.013	0.013	0.027
	2.1 m/s~	0.027	0.029	0.027	0.05
1001 台/時以上	0~1.0 m/s	0.0076			
	1.1~2.0 m/s	0.0078	0.0078	0.0078	0.013
	2.1~3.0 m/s	0.013	0.013	0.013	0.027
	3.1 m/s~	0.027	0.029	0.027	0.05

注1) 換算交通量とは、次式により大型車類を小型車類に換算した交通量で、その換算係数は3とする。

$$[\text{換算交通量}] = [\text{小型車類交通量}] + [\text{換算係数}] \times [\text{大型車類交通量}]$$

注2) 自然風の風向区分は、道路軸及び予測地点の位置により、図 1.2.8-1 のように区分する。

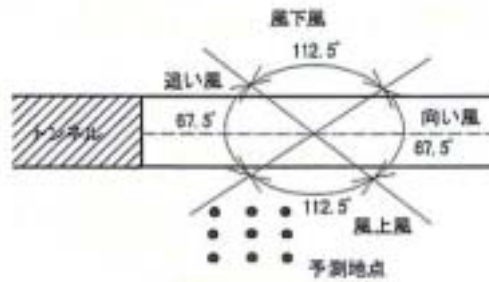


図 1.2.8-1 自然風の風向区分

表 1.2.8-2 噴流モデルの拡散パラメータ

(有風時)

換算交通量	風速階級	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$			
				風下風	向い風	追い風	風上風
1000 台/時以下	1.1~2.0 m/s	0.00076	0.00047	2.18	2.32	2.25	2.50
	2.1 m/s~	0.00040	0.00062	2.58	2.65	2.64	2.84
1001 台/時以上	1.1~2.0 m/s	0.00137	0.00039	2.03	2.03	2.03	2.18
	2.1~3.0 m/s	0.00076	0.00047	2.18	2.32	2.25	2.50
	3.1 m/s~	0.00040	0.00062	2.56	2.65	2.64	2.84

(無風時)

換算交通量	パラメータ	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$
1000 台/時以下		0.00137	0.00039	2.18
1001 台/時以上		0.00092	0.00026	2.03

### イ. 等価排出強度モデル

等価排出強度モデルでは、明かり部に配置した各点煙源からの拡散計算に次式を用いる。

$$C_E(x,y,z) = \frac{q(x)}{2\pi \cdot \sigma_{Ey} \cdot \sigma_{Ez} \cdot U_w} \exp\left(-\frac{y^2}{2\sigma_{Ey}^2}\right) \left[ \exp\left\{-\frac{(z-H)^2}{2\sigma_{Ez}^2}\right\} + \exp\left\{-\frac{(z+H)^2}{2\sigma_{Ez}^2}\right\} \right]$$

$$\sigma_{Ey} = \frac{W}{\sqrt{\pi}} + \alpha x_L^\gamma + 0.46x^{0.81}$$

$$\sigma_{Ez} = \frac{A}{\sqrt{\pi} \cdot W} + \beta x_L^\gamma + 0.31x^{0.83}$$

ここで、

- $C_E(x,y,z)$  : 等価排出強度モデルによる予測地点  $(x,y,z)$  の拡散濃度 (ppm 又は  $\text{mg}/\text{m}^3$ )
- $q(x)$  : 各点煙源の排出量 ( $\text{ml}/\text{s}$  又は  $\text{mg}/\text{s}$ )
- $\sigma_{Ey}$  : 等価排出強度モデルの水平 ( $y$ ) 方向の拡散幅 (m)
- $\sigma_{Ez}$  : 等価排出強度モデルの鉛直 ( $z$ ) 方向の拡散幅 (m)
- $U_W$  : 自然風  $U_N$  とトンネル風  $U_T$  の合成風速 (m/s)
- $A$  : トンネル断面積 ( $\text{m}^2$ )
- $W$  : トンネル坑口での道路幅 (m)
- $x_L$  : トンネル坑口から点煙源までの距離 (m)
- $x$  : 点煙源から予測点までの風下距離 (m)

なお、パラメータ  $\alpha, \beta, \gamma$  については表 1.2.8-2 に示すとおりである。

○各点煙源の排出量  $g$

各点煙源の排出量  $q(x)$  は、次式により求める。

$$q(x) = B \int_{x-x_0/2}^{x+x_0/2} f(x) dx$$

$$f(x) = \frac{A}{\pi \sigma_{Jy} \sigma_{Jz}} \cdot \frac{U_{T0}}{U_T(x)}$$

$$B = \left\{ \int_0^L f(x) dx \right\} / Q$$

ここで、

$x_0$  : 点煙源の間隔 (m)

$\sigma_{Jy}, \sigma_{Jz}$  及び  $U_T(x)$  は、噴流モデルと同様に設定する。

なお、坑口から減衰収束点までの距離  $L$  は 100m とし、その間に点煙源を 10m 間隔で車道中央に配置する。

○風速  $U_w$  とその風向  $\theta$

各点煙源における風速  $U_{w0}$  とその風向  $\theta$  を求めるための自然風とトンネル風のベクトル合成は図 1.2.8-2 のとおりであり、計算は次式を用いる。

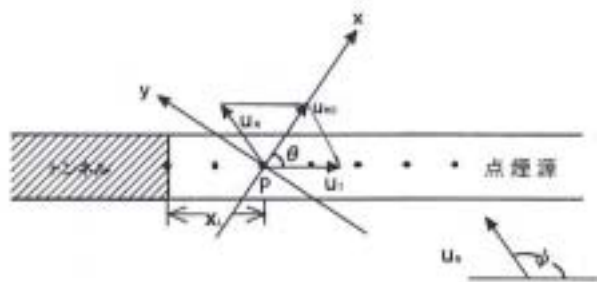


図 1.2.8-2 トンネル坑口付近における自然風とトンネル風のベクトル合成

$$U_{w0} = \sqrt{(U_T + U'_N \cos \psi)^2 + (U'_N \sin \psi)^2}$$

ここで、

$$\begin{aligned} U_{w0} > U_T > U_N \text{ の場合} & \quad U_{w0} = U_T \\ U_{w0} < U_N \text{ の場合} & \quad U_{w0} < U_N \end{aligned}$$

$$\theta = \tan^{-1} \left( \frac{U'_N \sin \psi}{U_T + U'_N \cos \psi} \right)$$

ここで、

$U_T$  : 点煙源位置におけるトンネル風の風速 (m/s)

$$U_T(x_L) = U_{T0} \exp(-kx_L)$$

$U_{T0}$  : トンネル坑口からの排出風速 (m/s)

$X_L$  : トンネル坑口から点煙源までの距離 (m)

$k$  : トンネル風の減衰パラメータ

$U_{T'}$  : 自然風  $U_N$  の補正風速 (m/s)

$$U_{N'} = \begin{cases} U_N \cdot X_L/L & (X_L \leq L) \\ U_N & (X_L > L) \end{cases}$$

$$L = 10r$$

(相当半径  $r$ (m) は  $r = \sqrt{A/\pi}$  より計算)

$\psi$  : 自然風とトンネル風の角度

$A$  : トンネル断面積 (m<sup>2</sup>)

自然風とトンネル風の合成風速  $U_W$  は、点源における初期風速  $U_{W0}$  から次式により求める。

$$U_W = \begin{cases} U_{W0} \exp(-kx) & (U_{W0} > U_N, U_W > U_N) \\ U_N & (U_W < U_N) \end{cases}$$

注) 風速の距離減衰パラメータ  $k$  は、表 1.2.8-1 の値とする。

#### ○噴流モデルと等価排出強度モデルの重み付け

噴流モデルと等価排出強度モデルの重み付けは、トンネル坑口からの距離に応じて次式により設定される比を用いて行う。

$$\text{噴流モデル : 等価排出強度モデル} = \begin{cases} \frac{200-R}{200} : \frac{R}{200} & (R \leq 200) \\ 0 : 1 & (R > 200) \end{cases}$$

ここで、

$R$  : トンネル坑口から予測地点までの距離 (m)

なお、重み付けに用いるトンネル坑口から予測地点 ( $x, y$ ) までの距離  $R$  (m) は、図 1.2.8-3 のとおりである。

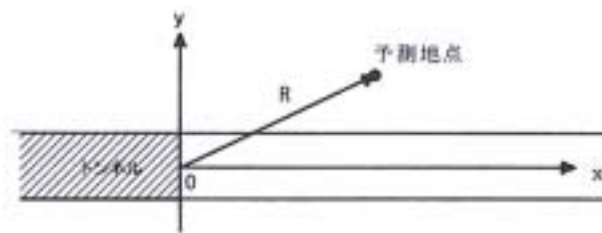


図 1.2.8-3 トンネル坑口から予測地点までの距離  $R$

### 資料 1.2.9 換気塔における予測手法

換気塔における大気質の予測は、点煙源を有効煙突高さ  $H_e$  に配置し、ブルーム式(資料 1.2.1 参照)により行う。ただし、弱風時の出現頻度が高い場合には、パフ式及びターナーの拡散幅を用いて予測することができる。この場合、排気上昇高さは、Briggs の式に代表風速を  $u = 1.0\text{m/s}$  として設定する方法が考えられる。

#### ○有効排出高さ $H_e$

換気塔の有効排出源高さ  $H_e$  は、次式により計算する。

$$H_e = H_0 + \Delta H$$

ここで、 $H_0$  : 排出口の高さ

$\Delta H$  : 排気上昇高さ

排気上昇高さは、熱浮力をもたず排出速度のみをもった排気に対して設定された次の Briggs の式により計算する(図 1.2.9-1)

$$\Delta H = 3 \frac{V_s}{u} D$$

ここで、

$V_s$  : 換気塔吐出速度 (m/s)

$u$  : 換気塔頭頂部における風速 (m/s)

$D$  : 換気塔頭頂部内径 (m)

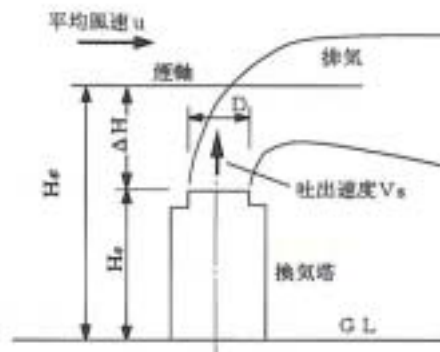


図 1.2.9-1 換気塔の有効排出源高さ

また、換気塔及び建物によりダウンウォッシュが生じる場合 ( $V_s < 1.5u$  の場合) は、 $\Delta H$  を次式により計算する。

$$\Delta H = -2 \left( 1.5 - \frac{V_s}{u} \right) D$$

#### ○予測に用いる気象条件

換気塔における大気質の予測では、気象条件として風向、風速のほか拡散幅の設定に用いる大気安定度も整理する。

大気安定度は、表 1.2.9-1 に示す Pasquill の大気安定度階級分類法に基づき分類する。放射収支量のデータが得られる場合には、「発電用原始炉施設の安全解析に関する気象指針」(原子力安全委員会(1982))の分類表を用いることもできる。分類のための風速は、地上高さ 10m で観測又は推定された値を用いる。

表 1.2.9-1 Pasquill の大気安定度階級分類法 (日本式, 1959)

風速 (地上10m) (m/s)	日射量 (kW/m <sup>2</sup> )			本雲 (8~10) (日中・夜間)	夜間	
	0.60	0.60~ 0.30	0.30		上層雲(5~10) 中・下層雲(5~7)	雲量 (0~4)
<2	A	A-B	B	D	(G)	(G)
2~3	A-B	B	C	D	E	F
3~4	B	B-C	C	D	D	E
4~6	C	C-D	D	D	D	D
6<	C	D	D	D	D	D

注1) 日射量については原文は定性的であるので、これを相当する量を推定して定量化した。

2) 夜間は日の入り前1時間から日の出後1時間の間を指す。

3) 日中・夜間とも本雲(8~10) 野時は風速のいかんにかかわらず中立状態Dとする。

4) 夜間(注2))の前後1時間は雲量の状態いかんにかかわらず中立状態Dとする。

なお、本表は「窒素酸化物総量規制マニュアル[増補改訂版]」(公害研究対策センター, 1993)に掲載されているものであるが、ここではこの表の中の日射量を kW/m<sup>2</sup> に換算したものである。

風速は、べき乗則を用いて排出口の高さで推定した値を用いる。このときに用いるべきべき指数は、表 1.2.9-2 を参考に設定する。

表 1.2.9-2 大気安定度別べき指数

Pasquill 安定度	A	B	C	D	E	F, G
べき指数 $\alpha$	0.1	0.15	0.20	0.25	0.25	0.30

注) アメリカ EPA が長期濃度シミュレーションモデルに用いたべき指数

風速を排出口の高さで推定するとしたのは、換気塔の有効排出源高さにおける自然風の風速を推定することは難しいことと、排出口の高さの位置で風速を推定すれば、一般には煙軸高さの風速より低く推定され、最大地上濃度が高めに計算されることによる。

なお、気象条件を整理するには、表 1.2.9-2 に示すような整理表を用いるとよい。

表 1.2.9-2 気象条件の整理表の例

時刻	風向												
	N			NNE			NE			…	NNW		
	大気安定度	平均風速 (m/s)	出現頻度 (%)	大気安定度	平均風速 (m/s)	出現頻度 (%)	大気安定度	平均風速 (m/s)	出現頻度 (%)		大気安定度	平均風速 (m/s)	出現頻度 (%)
1	A									…			
	A-B									…			
	B									…			
	B-C									…			
	C									…			
	C-D									…			
	D									…			
	E									…			
	F									…			
G									…				
2	A									…			
	A-B									…			
	B									…			
	B-C									…			
	C									…			
	C-D									…			
	D									…			
	E									…			
	F									…			
G									…				
3	A									…			
	A-B									…			
	B									…			
	B-C									…			
	C									…			
	C-D									…			
	D									…			
	E									…			
	F									…			
G									…				
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	
24	A									…			
	A-B									…			
	B									…			
	B-C									…			
	C									…			
	C-D									…			
	D									…			
	E									…			
	F									…			
G									…				

○予測に用いる拡散幅

予測に用いる拡散幅は、次の Huber の式により計算する。

鉛直方向拡散幅  $\sigma_z$

$$\sigma_z = \begin{cases} 0.70L_b & (x < 3L_b) \\ 0.70L_b + 0.067(x - 3L_b) & (3L_b \leq x \leq 10L_b) \\ \gamma_z(x + x_0)^{\alpha_z} & (x > 10L_b) \end{cases}$$

水平方向拡散幅  $\sigma_y$

$H_0 / H_b > 1.2$  の場合  $\sigma_y = X^{\alpha_y}$

$H_0 / H_b \leq 1.2$  の場合

$$\sigma_y = \begin{cases} 0.35L_b' & (x < 3L_b) \\ 0.35L_b' + 0.067(x - 3L_b) & (3L_b \leq x \leq 10L_b) \\ \gamma_y(x + x_0)^{\alpha_y} & (x > 10L_b) \end{cases}$$

ここで、

$H_b$  : 換気所建物の高さ (m)

$W_b$  : 換気所建物の幅 (m)

$L_b$  :  $H_b$  と  $W_b$  のうち小さいほうの値 (m)

$L_b'$  :  $W_b < 10H_b$  ならば  $L_b' = W_b$  (m)

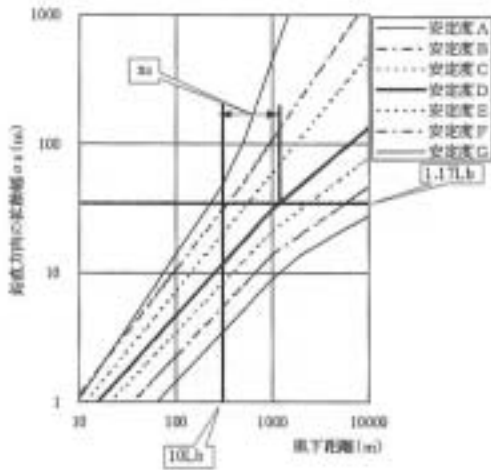
$W_b \geq 10H_b$  ならば  $L_b' = H_b$  (m)

$x$  : 換気塔から予測地点までの風下距離 (m)

$x_0$  : P-G 線図において、 $\sigma_z = 1.17L_b$  となる風下距離と  $10L_b$  との差 (m)

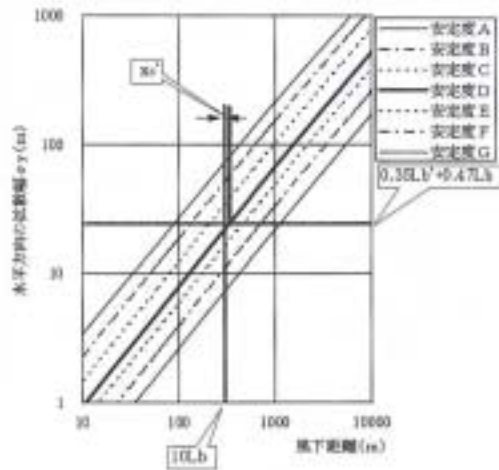
(図 1.2.9-2 参照)

$\alpha_z, \gamma_z, \alpha_y, \gamma_y$  : P-G 線図の近似式の係数



$L_b=30\text{m}$ 、大気安定度が D の場合における鉛直方向拡散幅  $\sigma_z$  の  $X_0$  の求め方を示す。

図 1.2.9-2(1) P-G 線図を用いた  $X_0$  の求め方



$L_b=30\text{m}, L_b'=30\text{m}$  大気安定度が D の場合における水平方向拡散幅  $\sigma_y$  の  $X_0'$  の求め方を示す。

図 1.2.9-2(2) P-G 線図を用いた  $X_0'$  の求め方

ただし、換気所建物の影響が考えられない場合は、Briggs の内挿式に基づく拡散幅、(表 1.2.9-3) が利用できる。この場合、換気塔周辺の土地利用の状況に応じて、「都市域」あるいは「開けた平坦地」の拡散幅を用いる。



表 1.2.9-3 Briggs の内挿式に基づく拡散幅

【都市域】

大気安定度	水平方向の拡散幅 $\sigma_y$ (m)	鉛直方向の拡散幅 $\sigma_z$ (m)
A / B	$0.32x (1+0.0004x)^{-1/2}$	$0.24x (1+0.001x)^{1/2}$
C	$0.22x (1+0.0004x)^{-1/2}$	$0.20x$
D	$0.16x (1+0.0004x)^{-1/2}$	$0.14x (1+0.0003x)^{-1/2}$
E / F	$0.11x (1+0.0004x)^{-1/2}$	$0.08x (1+0.00015x)^{-1/2}$

【開けた平坦地】

大気安定度	水平方向の拡散幅 $\sigma_y$ (m)	鉛直方向の拡散幅 $\sigma_z$ (m)
A	$0.22x (1+0.0001x)^{-1/2}$	$0.20x$
B	$0.16x (1+0.0001x)^{-1/2}$	$0.12x$
C	$0.11x (1+0.0001x)^{-1/2}$	$0.08x (1+0.0002x)^{-1/2}$
D	$0.08x (1+0.0001x)^{-1/2}$	$0.06x (1+0.0015x)^{-1/2}$
E	$0.06x (1+0.0001x)^{-1/2}$	$0.03x (1+0.0003x)^{-1}$
F	$0.04x (1+0.0001x)^{-1/2}$	$0.016x (1+0.0003x)^{-1}$

注) 換気塔から予測地点までの距離  $x$  が 100 ~ 10,000m までの範囲に用いることができる。

○  $\text{NO}_x$  変換式

換気塔における  $\text{NO}_x$  変換式は、次式を用いる。

$$[\text{NO}_2] = 0.374 [\text{NO}_x]^{0.858}$$

ここで、

$[\text{NO}_2]$  : バックグラウンド濃度を含む二酸化窒素濃度 (ppm)

$[\text{NO}_x]$  : バックグラウンド濃度を含む窒素酸化物濃度 (ppm)

窒素酸化物から二酸化窒素への変換は、沿道と一般環境では変換式の係数が異なる。換気塔に用いる上記の  $\text{NO}_x$  変換式は一般局データに基づいて設定したものであるが、これは換気塔から拡散が数 km に及び、沿道の窒素酸化物と二酸化窒素の関係より一般局の関係に近い状況にあることによる。なお、式は、1995 年～2004 年(10 年間)のデータに基づいて設定したものである。

ただし、予測地域の窒素酸化物及び二酸化窒素濃度を適切に再現することのできるデータが、回帰分析をするのに十分な数だけ得られ、その回帰式が十分信頼できる場合は、その回帰式を用いることができる。

資料 1.2.10 粉じん等の事例引用又は解析による経験式

本式は、予測地点における 1 ヶ月当たりの風向別降下ばいじん量に当該季節別風向出現割合を乗じ、全風向について足し合わせて、当該季節の降下ばいじん量を計算する。

(1) 1 日当たりの降下ばいじん量

$$C_d(x) = a \cdot (u / u_0)^{-b} \cdot (x / x_0)^{-c}$$

ここで、 $C_d(x)$  : 1 ユニットから発生し拡散する粉じん等のうち発生源からの距離  $x$  (m) の地上 1.5m に堆積する 1 日当たりの降下ばいじん量 (t/km<sup>2</sup>/日/ユニット)

- $a$  : 基準降下ばいじん量 (t/km<sup>2</sup>/日/ユニット)  
(基準風速時の基準距離における 1 ユニットからの 1 日当たりの降下ばいじん量)
- $c$  : 降下ばいじんの拡散を表す係数  
( $a, c$  については、資料 1.4 表 1.4.-4 参照)
- $u$  : 平均風速 (m/s)
- $u_0$  : 基準風速 ( $u_0=1$ m/s)
- $b$  : 風速の影響を表す係数 ( $b=1$ )
- $x$  : 風向に沿った風下距離 (m)
- $x_0$  : 基準距離 (m) ( $x_0=1$ m)

(2) 風向別降下ばいじん量

ア. 工事区分がトンネル以外の場合

ユニットが一様に移動し作業することにより粉じんが一様に発生する面発生源を想定する。

予測地点の風向別降下ばいじん量の計算では、季節別の施工範囲を風向別に細分割し、その細分割された小領域 ( $x dx d\theta$ ) にその面積に応じた降下ばいじん量の寄与量 ( $N_u N_d a x dx d\theta$ ) を割り当てて計算する。(図 1.2.10-1 参照)

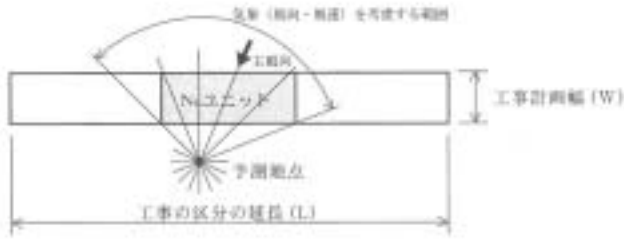
$$R_{ds} = \left( N_u \cdot N_d \int_{-\pi/16}^{\pi/16} \int_{x_1}^{x_2} C_d(x) x \cdot dx d\theta \right) / A$$

$$= \left( N_u \cdot N_d \int_{-\pi/16}^{\pi/16} \int_{x_1}^{x_2} a \cdot (u_s / u_0)^{-b} \cdot (x / x_0)^{-c} x \cdot dx d\theta \right) / A$$

ここで、 $C_d(x)$  : 1 ユニットから発生し拡散する粉じん等のうち発生源からの距離  $x$  (m) の地上 1.5m に堆積する 1 日当たりの降下ばいじん量 (t/km<sup>2</sup>/日/ユニット)

- $R_{ds}$  : 風向別降下ばいじん量 (t/km<sup>2</sup>/月)。なお、添え字  $s$  は風向 (16 方位)
- $N_u$  : ユニット数
- $N_d$  : 季節別の平均月間工事日数 (日/月)
- $u_s$  : 季節別風向別平均風速 (m/s) ( $u_s < 1$ m/s の場合は、 $u_s = 1$ m/s とする。)
- $x_1$  : 予測地点から季節別の施工範囲の手前側の敷地境界線までの距離 (m)
- $x_2$  : 予測地点から季節別の施工範囲の奥側の敷地境界線までの距離 (m)  
( $x_1, x_2 < 1$ m の場合は、 $x_1, x_2 = 1$ m とする。)
- $\theta_s$  : トンネル延長方向と予測対象風向との角度。なお、添字  $s$  は風向 (16 方位) を表す。(ラジアン)
- $A$  : 季節別の施工範囲の面積 (m<sup>2</sup>)

(ア) 予測地点と施工範囲の位置関係から  
予測計算を行う風向の範囲



(イ) ある風向における予測計算範囲



資料：「道路環境影響評価の技術手法」(財)道路環境研究所 平成 19 年

図 1.2.10-1 工事区分がトンネル以外の場合の予測計算の考え方

イ. 工事区分がトンネルの場合

予測地点の風向降下ばいじん量の計算では、坑口にある線発生源を風向別に細分割し、その細分割された線発生源( $xd\theta / \cos\theta$ )に長さに応じた降下ばいじん量の寄与量を割り当てて、計算する。

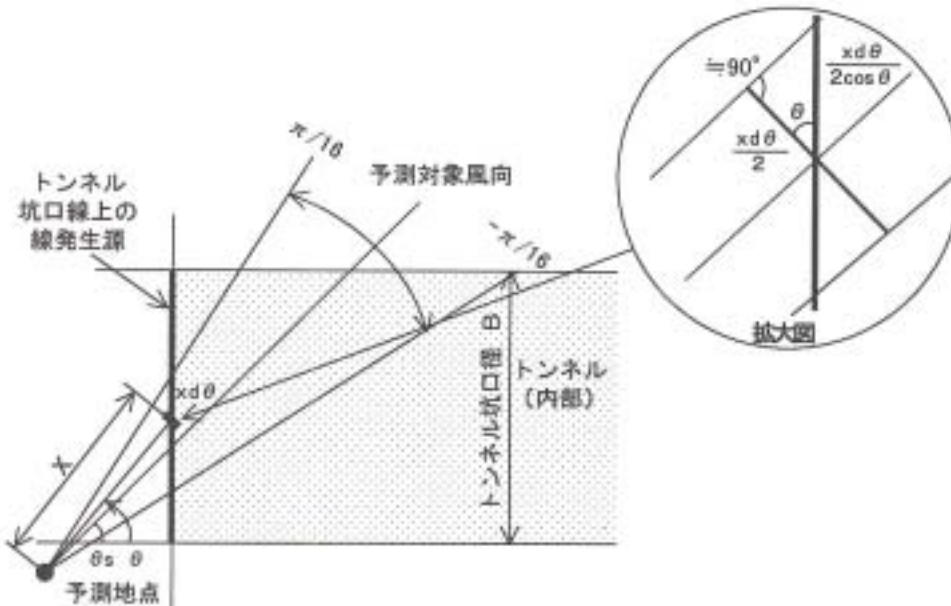
(図 1.2.10-2 参照)

$$R_{ds} = \left( N_d \int_{\theta_s - \pi/16}^{\theta_s + \pi/16} C_d(x) \frac{x}{\cos\theta} d \right) / B$$

ここで、 $C_d(x)$  : 1 ユニットから発生し拡散する粉じん等のうち発生源からの距離  $x$  (m) の地上 1.5m に堆積する 1 日当たりの降下ばいじん量 (t/km<sup>2</sup>/日/ユニット)

$B$  : トンネル坑口径 (m)

$\theta_s$  : トンネル延長方向と予測対象風向との角度。なお、添字  $s$  は風向 (16 方位) を表す。(ラジアン)



資料：「道路環境影響評価の技術手法」(財)道路環境研究所 平成 19 年

図 1.2.10-2 工事区分がトンネルの場合の予測計算の考え方

### ウ．工事用車両の場合

粉じんの発生源は工事用車両の通行帯から一様に発生する面発生源を想定する。予測地点の風向別降下ばいじん量の計算では、工事用車両通行帯を風向別に細分割し、その細分割された小領域 ( $x \cdot d\theta dx$ ) にその面積に応じた降下ばいじん寄与量 ( $N_{HC} N_d a x \cdot d\theta dx$ ) を割り当てて、計算する。(図 1.2.10-3 参照)

$$R_{ds} = N_{HC} \cdot N_d \int_{-\pi/16}^{\pi/16} \int_{x_1}^{x_2} C_d(x) x \cdot dx d\theta$$

ここで、

- $N_{HC}$  : 工事用車両の平均日交通量 (台/日)
- $N_d$  : 季節別の平均月間工事日数 (日/月)
- $x_1$  : 予測地点から工事用車両通行帯の手前側の端部までの距離 (m)  
( $x_1 < 1m$  の場合は、 $x_1 = 1m$  とする。)
- $x_2$  : 予測地点から工事用車両通行帯の奥側の端部までの距離 (m)
- $W$  : 工事用車両通行帯の幅員 (m)。基本的に 3.5m とする。

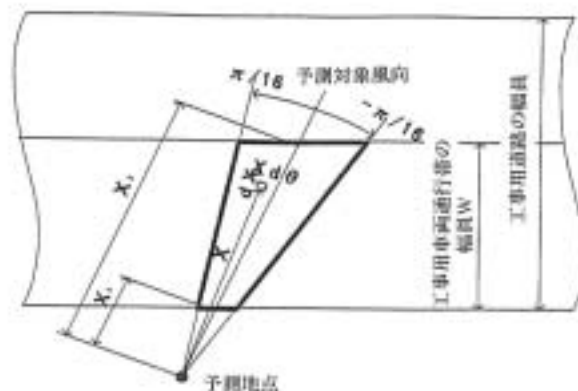


図 1.2.10-3 工事用車両の場合の予測計算の考え方

### (3) 季節別降下ばいじん量の計算

季節別降下ばいじん量の計算式は次のとおりである。

$$C_d = \sum_{s=1}^n R_{ds} \cdot f_{ws}$$

- $C_d$  : 季節別降下ばいじん量 ( $t/km^2/月$ )
- $n$  : 方位 (=16)
- $f_{ws}$  : 季節別風向出現割合。なお、 $s$  は風向 (16 方位) を示す。

### 資料 1.2.11 野外拡散実験

エアートレーサー拡散実験は種々の目的のために行われるが、主な用途は下記のとおりである。

濃度を予測する。

濃度を予測するための数式モデルあるいは模型実験を検証し、その予測精度を保証する際に必要なデータを収集する。

濃度を予測するための数式モデル中のパラメータを設定する際に必要なデータを収集する。

対象発生源の排出量等の排出条件を明らかにするため、類似施設等について、トレーサー拡散実験を実施する。

エアートレーサー拡散実験は一般に多額の費用を要するので、その実施に際しては、目的を明確にし、そのために必要な適切なデータが得られるように慎重に計画を立案する。

現地において、建設予定の対象施設の煙源条件を設定して、トレーサーを放出し、施設完成後の濃度を直接に予測する方法では、実験時の気象条件等の偶然的要素が大きく影響するので、長期平均濃度の予測には不適である。むしろ、特定の高濃度汚染発生の可能性が高い気象条件下での濃度分布の予測等に用いる方が有効である。

一般に、エアートレーサー拡散実験は上記の目的、について実施するのが最も有効である。特に、前例がないような施設の排気口の形状及びその周囲の障害物や地形については、有効な情報が得られることが多い。

十分な排出係数等のデータがない発生源であり、かつ大気汚染が主要な評価項目である場合には、類似施設あるいは模型(装置の一部あるいは一部の車両等を運転する等により、完成後あるいは工事中の状況を模擬する。)について、エアートレーサー拡散実験を行い、トレーサー濃度と対象汚染物質濃度との濃度比及び両者の濃度分布から対象汚染物質の排出量及びその拡散特性を把握することができる。

数十 $\mu\text{m}$ 以上の粒径の粒子状物質や密度の大きいガス状物質などのトレーサーを用いる場合には、事前に予備実験等を行い、トレーサーの性能等を十分に把握しておくことが必要である。

一般のガス状汚染物質を対象とするトレーサー物質としては、フロン( $\text{CBrF}_3$ 等)などが多く使用される。放出位置、放出時間、放出方法(高所源、線発生源等の場合は、多少複雑である。)、大気採取位置、大気採取時間、放出開始から大気採取開始までの時間、分析方法などについても慎重な計画立案が必要である。特に、家屋密集地域や林地内では、トレーサー放出開始から大気採取開始までの時間を十分にとり、濃度が定常状態になっていることを確認する必要がある(ただし、濃度の非定常状態の把握が目的の場合は、この限りではない)。

一般にトレーサー拡散実験は、その季節の卓越風が安定して吹いている好天時に実施されることが多い。そして海陸風の交替時、静穏時、強風時、降雨時、深夜早朝などに行われることは少ない。従って、作業の容易な時のデータのみが蓄積される傾向が見られる。従って、拡散実験により得られた拡散パラメータを用いる際には、そのデータの履歴にも十分な配慮をすることが必要である。

さらに、拡散実験の実施に際しては、どのような条件時のデータの収集を目的としているかを考慮して、噴霧捕集の時期及びサンプリング網の配置を決定することが重要である。

### 資料 1.3 長期平均濃度の算出方法

大気拡散式一覧に示した各計算式は原則として、ある風向、風速、大気安定度の条件下における1時間程度の平均化時間に対応する濃度の計算に用いられるものである。したがって、年平均濃度など、より長期間の平均値の計算においては、所定の期間の毎時の気象条件下における濃度計算値を加算して、平均値を求める方法もあるが、一般的には下記の方法が採用される。

所定の平均期間において、有風時には風向、風速、大気安定度階級別、無風時には大気安定度階級別の出現頻度を求めて、各階級別の1時値の計算値から次式により平均値 $\bar{C}$ を求める。

$$\bar{C} = \sum_i \sum_j \sum_k C_1(D_i, U_j, S_k) \cdot f_1(D_i, U_j, S_k) + \sum_k C_2(S_k) \cdot f_2(S_k)$$

ここで、 $C_1(D_i, U_j, S_k)$ ：風向 $D_i$ 、風速 $U_j$ 、安定度 $S_k$ のときの1時間濃度  
(有風時)

$f_1(D_i, U_j, S_k)$ ：風向 $D_i$ 、風速 $U_j$ 、安定度 $S_k$ の出現頻度  
(平均期間の全時間数で割って正規化)

$C_2(S_k)$ ：安定度 $S_k$ のときの1時間濃度(無風時)

$f_2(S_k)$ ：安定度 $S_k$ (無風時)の出現頻度(平均期間の全時間数で割って正規化)

上記の式を原則として求めるが、「道路環境影響評価の技術手法」(財)道路環境研究所、平成19年)においては、年平均濃度は式及び式を用いて計算する。

$$Ca = \frac{\sum_{t=1}^{24} Ca_t}{24} \dots\dots\dots$$

$$Ca_t = \left[ \sum_{s=1}^{16} \{ (Rw_s / uw_{ts}) \times fw_{ts} \} + Rc_{dn} \times fc_t \right] Q_t \dots\dots\dots$$

ここで、

- $Ca$  : 年平均濃度 (ppm 又は  $mg/m^3$ )
- $Ca_t$  : 時刻  $t$  における年平均濃度 (ppm 又は  $mg/m^3$ )
- $Rw_s$  : プルーム式により求められた風向別基準濃度 ( $m^{-1}$ )
- $fw_{ts}$  : 年平均時間別風向出現割合
- $uw_{ts}$  : 年平均時間別風向別平均風速 (m/s)
- $Rc_{dn}$  : パフ式により求められた昼夜別基準濃度 ( $s/m^2$ )
- $fc_t$  : 年平均時間別弱風時出現割合
- $Q_t$  : 年平均時間別平均排出量 ( $ml/m \cdot s$  又は  $mg/m \cdot s$ )

なお、添字の  $s$  は風向 (16 方位)、 $t$  は時間、 $dn$  は昼夜の別、 $w$  は有風時、 $c$  は弱風時を示す。

資料 1.4 排出係数等について

表 1.4-1 ユニットの排出係数と排気管高さ

工事の種類	ユニット	排出係数 (g/ユニット/日)		代表排気管 高さ (m)
		NO <sub>x</sub>	SPM	
掘削工	土砂掘削	9,700	290	3.1
		5,400	220	3.1
		3,800	110	3.1
	軟岩掘削 硬岩掘削	18,000	520	2.9
		10,000	400	2.9
		7,000	200	2.9
盛土工 (路体, 路床)	盛土 (路体, 路床)	8,600	260	3.0
		4,800	190	3.0
		3,400	100	3.0
法面整形工	法面整形 (掘削部)	4,400	140	2.4
		2,500	110	2.4
	法面整形 (盛土部)	1,800	71	2.4
路床安定処理工	路床安定処理	11,000	--	2.9
		9,900	--	3.0
		9,600	--	3.1
パーチカル ドレーン工	サンドドレーン 袋詰めサンドドレーン	34,000	--	2.3
		32,000	--	2.3
		31,000	--	2.3
締固改良工	サンドコンパクションパイル	34,000	--	2.3
		32,000	--	2.3
		31,000	--	2.3
固結工	粉体噴射攪拌	27,000	--	2.0
		22,000	--	2.0
		22,000	--	2.0
土留・仮締切工	鋼矢板 (アースオーガ併用圧入工)	34,000	--	2.3
		27,000	--	2.4
		26,000	--	2.4
旧橋撤去工	旧橋撤去	15,000	--	2.1
		9,100	--	1.9
		6,800	--	1.7
掘削工 (トンネル)	トンネル機械掘削 (2方)	47,000	1,400	-
		26,000	1,100	-
		25,000	980	-
	トンネル発破掘削 (2方)	63,000	1,900	-
		34,000	1,400	-
		32,000	1,300	-
場所打杭工	リバースサーキュレーション工	18,000	--	2.2
		15,000	--	2.3
		15,000	--	2.3
地中連続壁工	地中連続壁	43,000	--	2.3
		40,000	--	2.3
		39,000	--	2.4

注) 1. トンネル工事における区分の欄に示した排出係数は、夜間も稼働することを前程として設定した。トンネル以外の排出係数は、昼間のみの作業を前程として設定しているため、夜間工事の場合には補正するものとする。  
2. 排出係数は、建設機械の実際の稼働状態に適応した ISO 規格の C1 モードと実作業に基づく負荷率を考慮して設定した値である。

資料：「道路環境影響評価の技術手法」(財)道路環境研究所，平成 19 年

表 1.4-2 自動車走行の排出係数 (平成 30 年)

単位: g/km・台

項目	窒素酸化物 (NO <sub>x</sub> )		浮遊粒子状物質 (SPM)		一酸化炭素 (CO)		二酸化硫黄 (SO <sub>2</sub> )		
	小型車類	大型車類	小型車類	大型車類	小型車類	大型車類	小型車類	大型車類	
平均 走行 速度	20km/h	0.118	2.08	0.007	0.107	0.636	1.45	0.012	0.033
	30	0.097	1.67	0.006	0.086	0.510	1.15	0.010	0.028
	40	0.077	1.35	0.004	0.071	0.368	0.975	0.009	0.024
	50	0.070	1.23	0.004	0.065	0.314	0.909	0.008	0.023
	60	0.064	1.15	0.004	0.060	0.275	0.856	0.008	0.022
	70	0.057	1.09	0.003	0.054	0.250	0.778	0.008	0.021
	80	0.059	1.16	0.003	0.053	0.304	0.733	0.007	0.021
	90	0.068	1.39	0.004	0.056	0.439	0.718	0.008	0.022
	100	0.086	1.75	0.005	0.063	0.659	0.731	0.008	0.025
	100	0.113	-	0.007	-	0.965	-	0.009	-
	110	0.148	-	0.009	-	1.360	-	0.010	-

備考: (排出係数式)  $y = a/x + bx + cx^2 + d$

$x$ : 平均走行速度 (km/h),  $y$ : 排出係数 (g/km・台),  $a, b, c, d$ : 回帰パラメータ (表 4.3 参照)

資料: 「道路環境影響評価の技術手法」(財)道路環境研究所, 平成 19 年

表 1.4-3 排出係数算出式の係数 (平成 30 年)

項目	車種	a	b	c	d
NO <sub>x</sub>	小型車種	-0.902	$-5.78 \times 10^{-3}$	$+4.39 \times 10^{-5}$	+0.261
	大型車種	-7.12	$-8.95 \times 10^{-2}$	$+7.35 \times 10^{-4}$	+3.93
SPM	小型車種	-0.0687	$-3.85 \times 10^{-4}$	$+2.87 \times 10^{-6}$	+0.0170
	大型車種	+0.0318	$-3.10 \times 10^{-3}$	$+2.27 \times 10^{-5}$	+0.158
CO	小型車種	-12.50	$-5.59 \times 10^{-2}$	$+4.48 \times 10^{-4}$	+2.20
	大型車種	+10.9	$-1.68 \times 10^{-2}$	$+1.15 \times 10^{-4}$	+1.19
SO <sub>2</sub>	小型車種	+0.0783	$-1.62 \times 10^{-4}$	$+1.31 \times 10^{-6}$	+0.0112
	大型車種	+0.0411	$-6.99 \times 10^{-4}$	$+5.51 \times 10^{-5}$	+0.424

資料: 「道路環境影響評価の技術手法」(財)道路環境研究所 平成 19 年

表 1.4-4 (1) 基準降下ばいじん量  $a$  及び降下ばいじんの拡散を表す係数  $c$

工事用道路の状況	$a$ (t/km <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> /台)	$c$ (-)
現場内運搬 (未舗装, 未舗装敷砂利)	0.2300	2.0
現場内運搬 (未舗装 + 敷鉄板)	0.0300	2.0
現場内運搬 (未舗装 + 散水, 未舗装敷砂利 + 散水)	0.0120	2.0
現場内運搬 (舗装路)	0.0140	2.0
現場内運搬 (舗装路 + タイヤ洗浄装置)	0.0007	2.0

注)パラメータ  $a$  及び  $c$  の値は工事用車輛通行帯の幅員を 3.5m として解析することにより設定した。

資料: 「道路環境影響評価の技術手法」(財)道路環境研究所, 平成 19 年



表 1.4-4(2) 基準降下ばいじん量  $a$  及び降下ばいじんの拡散を表す係数  $c$

種別	ユニット	$a$ (t/km <sup>2</sup> /日/ ユニット)	$c$ (-)	ユニット近傍での 降下ばいじん量 (t/km <sup>2</sup> /8h)
掘削工	土砂掘削	17,000	2.0	
	軟岩掘削	20,000	2.0	
	硬岩掘削	110,000	2.0	
	硬岩掘削(散水)	30,000	2.0	
盛土工(路体, 路床)	盛土(路体, 路床)	-	-	0.04
法面整形工	法面整形(掘削部)	-	-	0.07
	法面整形(盛土部)	6,800	2.0	
路床安定処理工	路床安定処理	7,500	2.0	
サンドマット工	サンドマット	2,300	2.0	
締固改良工	サンドコンパクションパイル	8,200	2.0	
固結工	高圧噴射攪拌	-	-	0.04
	紛体噴射攪拌	9,200	2.0	
	深層混合処理(CDM工法)	-	-	0.12
法面工	種子吹付	11,000	2.0	
	モルタル吹付	4,500	2.0	
	植生基材吹付	4,200	2.0	
アンカー工	アンカー	4,100	2.0	
	アンカー(注水)	420	2.0	
既製杭工	ディーゼルパイルハンマ	12,000	2.0	
	油圧パイルハンマ	640	2.0	
	中掘工	1,100	2.0	
場所打杭工	オールケーシング	-	-	0.02
掘削工 (トンネル)	トンネル機械掘削(2方)	300	2.0	
	トンネル発破掘削(2方)	300	2.0	
構造物取壊し工	コンクリート構造物取壊し(非散水)	13,000	2.0	
	コンクリート構造物取壊し(散水)	1,700	2.0	
	自走式破砕機による殻の破砕	12,000	2.0	

注1) 基準降下ばいじん量  $a$  は, 8時間/日の稼働時間で設定した。

注2) パラメータ  $a, c$  は, トンネル以外の場合のユニットでは発生源を施工範囲上に, トンネルの場合のユニットでは坑口の線上に配置して求めた値である。

注3) パラメータ  $a, c$  は地上1.5mで測定した降下ばいじん量に基づいて設定した。

注4) パラメータユニット近傍での降下ばいじん量は, 降下ばいじん量が少なく明確な距離減衰傾向がみられないユニットに対して設定した。

資料: 「道路環境影響評価の技術手法」(財)道路環境研究所, 平成19年

## 資料 1.5 基準年の異常年検定について

### (1) 検定方法

検定方法は、分散分析による不良標本の F 分布棄却検定法を用いる。データの年数は基準年 1 年と比較年 10 年間の最近 11 年とする。評価対象としては、風向別出現回数及び風速階級別出現回数などが考えられる。

### (2) 気象官署の設定の考慮事項

(ア) 過去 11 年間、風速塔の移転、改築などを行っていないこと。

(イ) 地物による風向など気象の癖がなるべく少ないこと。

(ウ) 同一県又は隣接県に所在し、通常の気候区分からみて対象地域と同一の気候区分に属すること。

### (3) F 分布棄却検定法

正規分布をなす母集団から取り出した標本のうち

- ・ 不良標本と見られるもの： $X_0$
- ・ その他のもの： $X_1, X_2, \dots, X_i, \dots, X_n$

とした場合、

$$\cdot X_0 \text{ を除く他の } n \text{ 個の標本の平均： } \bar{X} = \sum_{i=1}^n X_i / n$$

として、標本の分散からみて  $X_0$  と  $\bar{X}$  の差が有意ならば  $X_0$  を棄却する。

#### (F 分布検定の手順)

仮説：不良標本  $X_0$  と他の標本（その平均値） $\bar{X}$  との間に有意な差はないとする。

$$H_0: X_0 = \bar{X} \quad (\bar{X} = \sum_{i=1}^n X_i / n)$$

$F_0$  を計算する。

$$F_0 = \frac{(n-1)(X_0 - \bar{X})^2}{(n+1)S^2}$$

ただし、

$$S^2 = \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2 / n$$

自由度  $\nu_1 = 1, \nu_2 = n - 1$  を求める。

有意水準（危険率） $\alpha$  を決め、F 分布表より  $F_{\nu_2}^{\nu_1}(\alpha)$  の値を求める。

$F_0$  と  $F_{\nu_2}^{\nu_1}(\alpha)$  を比較して

$F_0 \geq F_{\nu_2}^{\nu_1}(\alpha)$  ならば仮説棄却： $H_0: X_0 = \bar{X}$  は棄却

$F_0 < F_{\nu_2}^{\nu_1}(\alpha)$  ならば仮説採択： $H_0: X_0 = \bar{X}$  は採択

とする。

危険率  $\alpha$  での棄却限界を求めるには  $F_0 = F_{\nu_2}^{\nu_1}(\alpha)$  とおいて  $X_0$  を計算すればよい。

$$X_0 = \bar{X} \pm S \sqrt{\frac{(n+1)}{(n-1)} F_{\nu_2}^{\nu_1}(\alpha)}$$

危険率  $\alpha$  は 1%、2.5%、5% の 3 種類とした。 $F_{\nu_2}^{\nu_1}(\alpha)$  のそれぞれの値は F 分布表より

$$1\% : F_9^1(0.01) = 10.56$$

$$2.5\% : F_9^1(0.025) = 7.21$$

$$5\% : F_9^1(0.05) = 5.12$$

となる。

表 1.5-1 風向出現回数の異常年棄却検定例

地 点：A

統計年：平成 11 年 1 月～20 年 12 月

検定年：平成 21 年 1 月～21 年 12 月

風向	統計年													検定年		判定 :採択 x :棄却			棄却限界 (5%)	
	S42	S43	S44	S45	S46	S47	S48	S49	S50	S51	X	S	S52	Fo	5.0%	2.5%	1.0%	上限	下限	
NNE	244	276	206	256	242	228	276	330	316	300	267.4	39.6	328	1.92				367	168	
NE	146	151	120	154	151	119	160	170	139	135	144.5	16.5	156	0.40				186	103	
ENE	42	48	36	57	59	53	49	66	52	48	51.0	8.6	53	0.04				73	29	
E	73	57	53	54	41	87	57	57	60	39	57.8	14.0	64	0.16				93	23	
ESE	60	44	48	61	64	66	33	48	39	31	49.4	12.8	39	0.54				81	17	
SE	62	93	79	66	50	62	65	88	84	61	71.0	14.0	73	0.02				106	36	
SSE	150	187	186	127	104	171	167	149	158	114	151.3	28.6	148	0.01				223	80	
S	240	206	250	256	262	281	265	264	281	254	255.9	21.7	191	7.34	x	x		310	202	
SSW	187	159	200	189	186	221	193	162	193	226	191.6	21.4	207	0.42				245	138	
SW	83	61	77	107	119	85	90	47	85	118	87.2	23.1	62	0.98				145	29	
WSW	50	42	33	38	36	22	27	20	23	29	32.0	9.6	14	2.85				56	8	
W	50	45	46	46	35	28	33	35	22	31	37.1	9.2	35	0.04				60	14	
WNW	106	98	89	88	77	78	94	103	77	84	89.4	10.7	88	0.01				116	63	
NW	281	286	221	265	277	236	292	261	193	244	255.6	31.8	242	0.15				335	176	
NNW	496	506	527	492	479	516	451	461	435	489	485.2	29.1	512	0.69				558	412	
W	602	629	684	626	682	630	606	598	601	582	624.0	34.7	571	1.91				711	537	
CALM	48	40	65	38	56	45	62	61	162	143	72.0	43.7	137	1.81				181	0	

## 資料 1.6 窒素酸化物の変換モデル

発生源から排出される $\text{NO}_x$ のかなりの部分は $\text{NO}$ として大気中に放出されている。 $\text{NO}$ は大気中で反応により、一部が $\text{NO}_2$ に変化する。この反応のメカニズムはほぼ明らかになっているが、変化速度は化学反応の速さだけでなく、拡散の速さにも関係するため、簡単には見積もることができない。

現在までに各種の変換モデル（表 1.6-1 参照）が提案されているが、どのような場合にも無条件で適用できるものはまだ確立していない。現在も各方面で調査研究が進められているので、転換モデルの利用に当たっては、最新の知見を集めることが大切である。

周辺の環境濃度データが十分整備されていて、窒素酸化物の濃度が著しくは変化しないときには、統計モデルが有効である。この場合、必ず対象地域周辺のデータをもとに回帰式を求めるべきで、ほかの地域で決められた式をそのまま用いることは望ましくない。また、自動車排ガス測定局と一般環境測定局とでは回帰式が異なるので注意が必要である。

非統計モデルとしては、指数近似モデル（横山モデル）あるいは指数近似モデル（改良横山モデル）が適用された実績が最も多い。発生源の寄与を直接算出できるので利用しやすい。しかしその半面 $\text{NO}_x$ の排出量が多くなると、環境中の $\text{NO}_2/\text{NO}_x$ は減少すると考えられているのに、この比が排出量に依らず一定になってしまうことが問題である。発生源の排出量が大幅に異なるときは、パラメータのチェックが必要である。

定常近似モデルはまだ適用実績がすくないのが欠点である。 $\text{NO}_2$ への転換は期別・時間帯別に行うことを除けば統計モデルと同様にバックグラウンド濃度を加えた総 $\text{NO}_x$ 濃度に対して行われる。理論モデルであるため、パラメータはそれぞれ独立な方法により見積ることができるのが特長である。

予測は原則として対象事業寄与分に予測時点におけるバックグラウンド濃度を加算して行う。

統計モデルと改良型定常近似モデルでは窒素酸化物の全重合濃度を求めたのち二酸化窒素への変換を行う。指数近似モデルでは、対象事業寄与分の二酸化窒素を算出し、二酸化窒素のバックグラウンド濃度を加えて環境濃度の予測値とする。前者の2つのモデルでは、厳密な意味では、対象事業寄与分は定義できないが、この見積が必要なときは、対象事業寄与分を加えた窒素酸化物濃度から変換した二酸化窒素濃度より、対象事業寄与分を加えない窒素酸化物濃度より変換した二酸化窒素濃度を差し引いて求める。

いずれの場合も、中間結果である窒素酸化物の予測環境濃度、対象事業の寄与分をあわせて明記する。

参考として、1995年～2004年（10年間）の全国の一般局及び自排局の年平均値と年間98%値等のデータを用いて、自排局の年平均値からその自排局と同一市町村内にあるすべての一般局の年平均値の平均（バックグラウンド濃度の年平均値）を差し引いた道路の影響と考えられる年平均値を計算し、これらを変数として最小二乗法により換算式のパラメータを設定したものを表 1.6-2 に示す。

表 1.6-1 NO<sub>x</sub> から NO<sub>2</sub> への変換式

モデル	換算式	備考
統計モデル	$[NO_2] = a[NO_x]^b$ または $[NO_2] = a[NO_x] + b$	$a, b$ : 大気測定局データの回帰係数
指数近似モデル	$[NO_2] = [NO_x]_{DF} \left\{ 1 - \left( \frac{\alpha}{1 + \beta} \cdot \exp(-kt) + \beta \right) \right\}$ <p> <math>\alpha</math>: 排出口での NO/NO<sub>x</sub> 比  <math>\beta</math>: 平衡近似係数  <math>k</math>: NO<sub>2</sub> 反応係数                      固定発生源 <math>k = 0.0062U[O_3]_{BG}</math>                      移動発生源 <math>k = 0.23U[O_3]_{BG}</math>                      移流時間(s) <math>t = x/U</math> <math>U</math>: 風速(m/s)                 </p>	$\alpha = 0.83$ (固定発生源) $\alpha = 0.80$ (移動発生源) $\beta = 0.30$ (昼) $\beta = 0.0$ (夜)
指数近似モデル	$[NO_2] = [NO_x]_{DF} \left\{ \frac{k_1[O_3]_{BG}}{k_1 + k_2[O_3]_{BG}} - \left( \beta - \frac{k_1[O_3]_{BG}}{k_1 + k_2[O_3]_{BG}} \right) \exp(A) \right\}$ $A = -P_1(k_1 + k_2[O_3]_{BG}) \times \frac{(Q/U)^{P_2}}{[NO_x]_{DF}}$ <p> <math>k_1, k_2</math>: 反応速度定数  <math>\beta</math>: 排出口での NO/NO<sub>x</sub> 比  <math>P_1, P_2</math>: 経験定数(安定度により変化する。)                 </p>	$NO_2 + hv^{k_1} \rightarrow NO + O_3$ $k_1 (\text{min}^{-1}) = 0 \sim 0.4$ $NO + O_3^{k_2} \rightarrow NO_2 + O_2$ $k_2 (\text{min}^{-1}\text{ppm}^{-1}) = 20 \sim 30$ 点源 $P_1 = 0.004 \sim 0.008$ $P_2 = 0.18 \sim 0.20$ 線源 $P_1 = 0.012 \sim 0.019$ $P_2 = 0.65 \sim 0.73$
定常近似モデル	$[NO_2] = \left( \frac{s}{2} \right) - \sqrt{\frac{s^2}{4} - [PO] \times [NO_x]}$ <p> <math>[NO] = [NO_x] - [NO_2]</math>  <math>s = [PO] + [NO_x] + \beta_0</math> <math>[O_3] = \beta_0([NO_2] / [NO])</math>  <math>[PO] = (1 - \alpha)[NO_x]_{DF} + [O_3]_{BG} + [NO_2]_{BG}</math>  <math>\alpha</math>: 排出口での NO/NO<sub>x</sub> 比                 </p>	$k_1, k_2, k_3$ : 反応速度定数 $NO_2 - hv^{k_1} \rightarrow NO + O$ $O + O_2 + M^{k_2} \rightarrow O_3 + M$ $NO + O_3^{k_3} \rightarrow NO_2 + O_2$ $k_1 = 0.48 \text{min}^{-1} (50 \text{cal/cm}^2 \cdot \text{h})$ $k_3 = 28 \text{min}^{-1}\text{ppm}^{-1} = 0.95$

注) [NO<sub>2</sub>]: NO<sub>2</sub>濃度, [NO<sub>x</sub>]<sub>BG</sub>: NO<sub>x</sub>のバックグラウンド濃度, [NO<sub>x</sub>]<sub>DF</sub>: 拡散式で推定されたNO<sub>x</sub>濃度

表 1.6-2 年平均値から年間 98% 値 (又は年間 2% 除外値) への換算式

項目	換算式
二酸化窒素	$[年間 98\% 値] = a ([NO_2]_{BG} + [NO_2]_R) + b$ $a = 1.10 + 0.56 \cdot \exp(-[NO_2]_R/[NO_2]_{BG})$ $b = 0.0098 - 0.0036 \cdot \exp(-[NO_2]_R/[NO_2]_{BG})$
浮遊粒子状物質	$[年間 2\% 除外値] = a ([SPM]_{BG} + [SPM]_R) + b$ $a = 2.12 + 0.10 \cdot \exp(-[SPM]_R/[SPM]_{BG})$ $b = -0.0155 + 0.0213 \cdot \exp(-[SPM]_R/[SPM]_{BG})$

[NO<sub>2</sub>]<sub>R</sub>: 二酸化窒素の道路寄与濃度の年平均値 (ppm)

[NO<sub>2</sub>]<sub>BG</sub>: 二酸化窒素のバックグラウンド濃度の年平均値 (ppm)

[SPM]<sub>R</sub>: 浮遊粒子状物質の道路寄与濃度の年平均値 (mg/m<sup>3</sup>)

[SPM]<sub>BG</sub>: 浮遊粒子状物質のバックグラウンド濃度の年平均値 (mg/m<sup>3</sup>)

資料: 「道路環境影響評価の技術手法」(財)道路環境研究所, 平成 19 年

## 資料 1.7 日平均値と年平均値の関係

大気汚染に関する環境基準は、1 時間値あるいはその 8 時間平均値又は 1 日平均値で定められている。一方、長期平均モデルにより算出される濃度は年平均値である。このため、予測した年平均値を環境基準の定められている平均化時間の所定のパーセンタイル値に換算し、環境基準と比較するか、あるいは環境基準を年平均値に換算し、比較する。

前者の具体的な方法の例として、次の方法が考えられる。まず、類似条件下での大気質の調査に基づき、年平均値と環境基準に対応する平均化時間の濃度の統計的関係を求める。図 1.7-1 は  $\text{NO}_2$  の年平均値と日平均の 98 パーセンタイル値の関係の例である。両者はほぼ直線関係にあり、一次回帰式により一方から他方を推定できる。この関係を使って、予測した年平均値を日平均値に換算する。

後者として  $\text{SO}_2$  を対象にした例が総量規制マニュアル(環境庁, 1975)に以下のように示されている。

$\text{SO}_2$  の場合には 1 時間値についても環境基準が定められているので、これについても同様な換算を行い、どちらか低い方の年平均値を採用する。普通は、この結果は日平均値からの換算値になる。

地域内のある測定局の 1 日平均濃度について低濃度から高濃度にむかって累積出現頻度を求める。これを対数正規確率紙にプロットした例が図 1.7-2 である。多くの場合、この分布は直線で近似できる(対数正規分布)。次に、出現頻度が 50% から例えば、93.3%(平均値+1.5 $\sigma$ , 図の A B)の間の回帰直線を引き、その直線上かその延長上で基準値の 0.04ppm に対応する出現頻度を求める。累積頻度分布が対数正規分布より大きくはずれている場合には、他の分布を仮定して同様の算定を行うことも考えられる。

この 0.04ppm に対応する出現頻度と 1 日平均値の算術年平均値を、地域内の測定局について対数正規確率紙にプロットした例が図 1.7-3 である。これも普通は直線で近似できるので回帰直線を求める(図の実線)。これを最も安全側に平行移動させた直線上(図の破線)で 98% に対応する濃度を換算値とする。図の場合は 0.018ppm となる。

対象地域において上記の換算が難しい場合には類似した地域での換算値を調査し、そのうちの安全側の値を採用する。

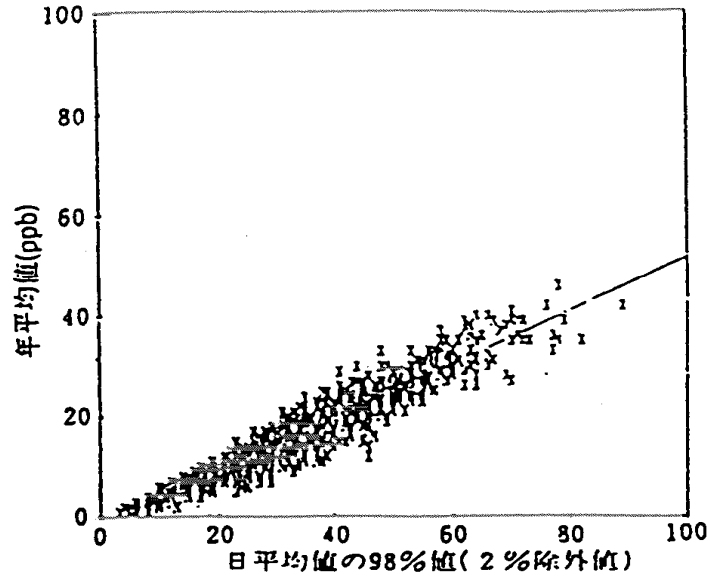


図 1.7-1 NO<sub>2</sub>の年平均値と98%値との関係

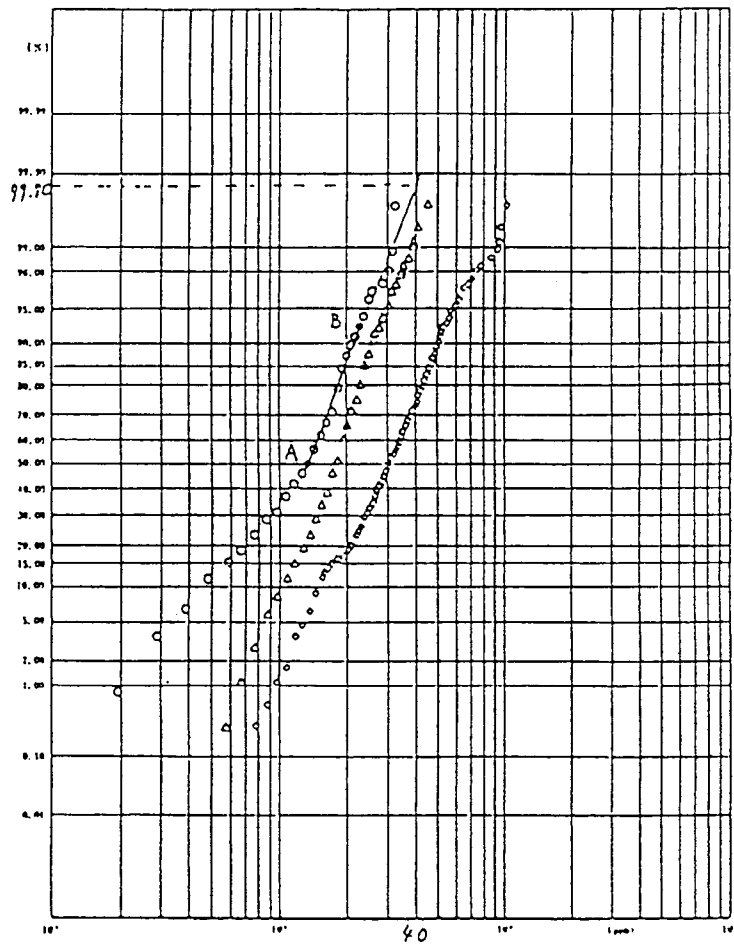


図 1.7-2 SO<sub>2</sub>の日平均値の累積頻度分布の例

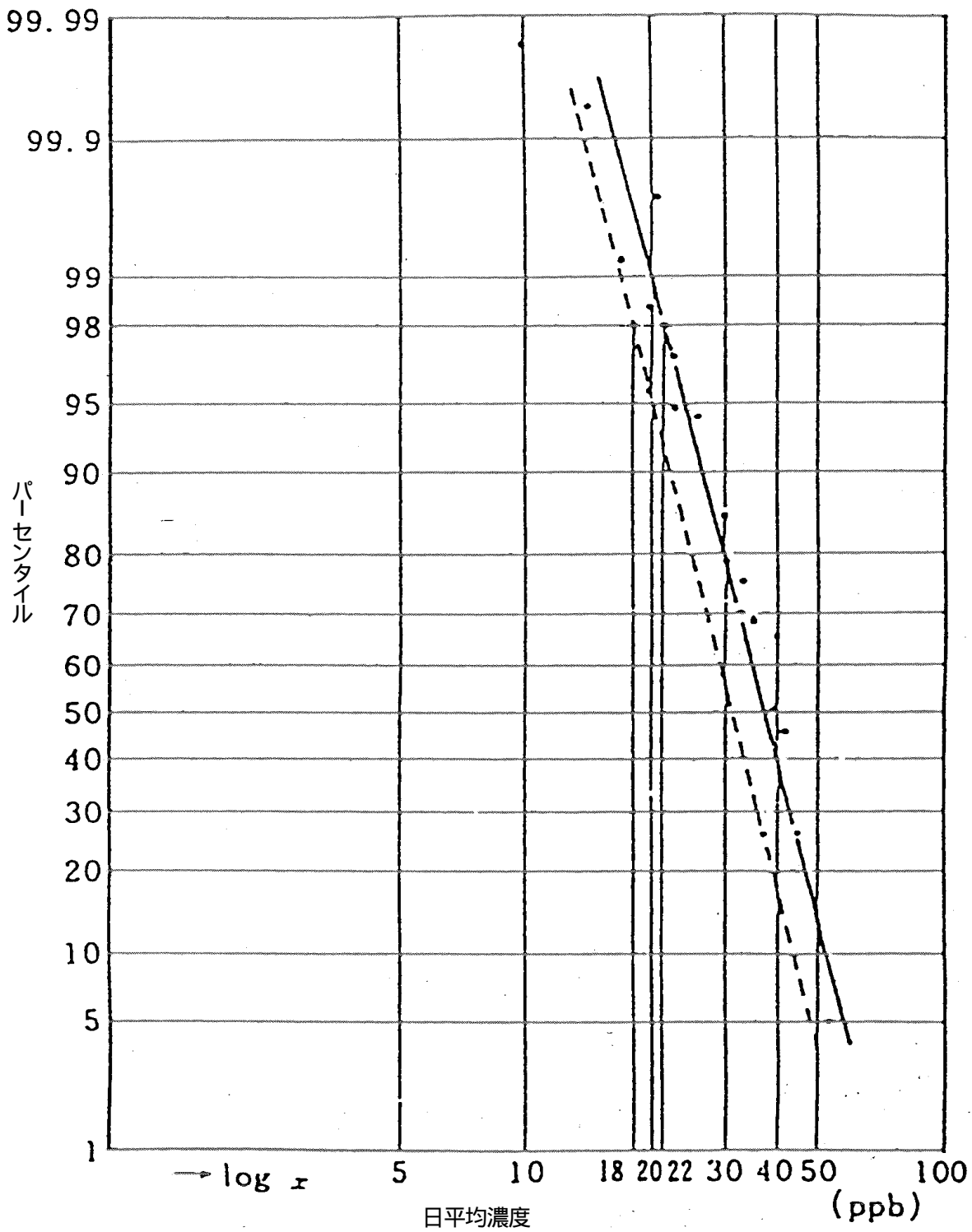


図 1.7-3 日平均値の 98% 値の換算例



資料 1.8 大気汚染に係る環境基準等

表 1.8-1 (1) 大気汚染に係る環境基準 (1)

物質	二酸化硫黄 SO <sub>2</sub>	一酸化炭素 CO	(注2) 浮遊粒子状物質 SPM	(注4) 光化学オキシダント Ox	(注6) 二酸化窒素 NO <sub>2</sub>	(注8) 非メタン炭化水素 NMHC
環境上の条件	1時間値の1日平均値が0.04ppm以下であり、かつ1時間値が0.1ppm以下であること。	1時間値の1日平均値が10ppm以下であり、かつ1時間値の8時間平均値が20ppm以下であること。	1時間値の1日平均値が0.10 mg/m <sup>3</sup> 以下であり、かつ1時間値が0.20mg/m <sup>3</sup> 以下であること。	1時間値が0.06ppm以下であること。	1時間値の1日平均値が0.04ppmから0.06ppmまでのゾーン内又はそれ以下であること。	光化学オキシダントの日最高1時間値0.06ppmに対応する午前6時から午前9時までの非メタン炭化水素
達成期間	原則として5年以内に達成すること	できる限り速やかに維持達成すること	[同 左]	[同 左]	1時間値の1日平均値が、0.06ppmを超える地域にあっては、1時間値の1日平均値0.06ppmが達成されるよう努めるものとし、その達成期間は原則として7年以内とする	の3時間平均値は0.20ppmCから0.31ppmCの範囲にあること。
測定方法	(注1) 溶液導電率法又は紫外線蛍光法	非分散型赤外分析計を用いる方法	(注2) 濾紙捕集による重量濃度測定方法又はこの測定方法によって測定された重量濃度と直線的な関係を有する量が得られる光散乱法、圧電天びん法若しくはベータ線吸収法	(注5) 中性ヨウ化カリウム溶液を用いる吸光度法若しくは電量法、紫外線吸収法又はエチレンを用いる化学発光法	(注7) ザルツマン試薬を用いる吸光度法又はオゾンを用いる化学発光法	ガスクロ分離FID検出器による直接法又は全炭化水素とメタンの差量法
告示年月日	昭和48年5月8日(環告25)				昭和53年7月11日 (環告38)	昭和51年8月13日 中公審答申

- (注1) 平成8年10月25日、硫黄酸化物の測定法に紫外線蛍光法が追加された。  
 (注2) 浮遊粒子状物質とは、大気中に浮遊する粒子状物質であって、その粒径が10μm以下のものをいう。  
 (注3) 昭和56年6月17日、浮遊粒子状物質の測定法に圧電天びん法とベータ線吸収法が追加された。  
 (注4) 光化学オキシダントとは、オゾン、パーオキシアセチルナイトレートその他の光化学反応により生成される酸化性物質(中性ヨウ化カリウム溶液からヨウ素を遊離するものに限り、二酸化窒素を除く。)をいう。  
 (注5) 平成8年10月25日、光化学オキシダントの測定法に紫外線吸収法又はエチレンを用いる化学発光法が追加された。  
 (注6) 1時間値の1日平均値が、0.04ppmから0.06ppmまでのゾーン内にある地域にあっては、原則として、このゾーン内において、現状程度の水準を維持し、又これを大きく上回ることとならないよう努めるものとする。  
 (注7) 平成8年10月25日、二酸化窒素の測定法にオゾンを用いる化学発光法が追加された。  
 (注8) 光化学オキシダントの生成防止のための大気中炭化水素濃度の指針。  
 本基準は工業専用地域、車道その他一般公衆が通常生活しない地域又は場所については、適用しない。

表 1.8-1 (2) 大気汚染に係る環境基準 (2)(注1)

物質	ベンゼン	トリクロロエチレン	テトラクロロエチレン	シクロロメタン
環境上の条件	1年平均値が0.003 mg/m <sup>3</sup> 以下であること。	1年平均値が0.2 mg/m <sup>3</sup> 以下であること。	1年平均値が0.2 mg/m <sup>3</sup> 以下であること。	1年平均値が0.15 mg/m <sup>3</sup> 以下であること。
達成期間	できる限り速やかに維持達成すること。	[同 左]	[同 左]	[同 左]
測定方法	キャニスター若しくは捕集管により採取した試料をガスクロマトグラフ質量分析計により測定する方法又はこれと同等以上の性能を有すると認められる方法			
告示年月日	平成9年2月4日(環告4)			平成13年4月20日 (環告30)

- (注1) ベンゼン等による大気汚染に係る環境基準  
 本基準は工業専用地域、車道その他一般公衆が通常生活しない地域又は場所については、適用しない。

表 1.8-1 (3) 大気汚染に係る環境基準 (3)(注1)

物 質	ダイオキシン類 (媒体: 大気)
環境上の条件	1年平均値が 0.6pg - TEQ / m <sup>3</sup> 以下であること (注2)
達成期間	できるだけ速やかに維持達成すること
測定方法	ポリウレタンフォームを装着した採取筒をろ紙後段に取り付けたエアサンプラーにより採取した試料を高分解能ガスクロマトグラフ質量分析計により測定する方法
告示年月日	平成 11 年 12 月 27 日 (環境庁告示第 68 号)

(注1) ダイオキシン類による大気の汚染, 水質の汚濁(水底の底質の汚染を含む。)及び土壌の汚染に係る環境基準について

(注2) 基準値は 2,3,7,8 - 四塩化ジベンゾ-パラ-ジオキシンの毒性に換算した値とする。

本基準は, 工業専用地域, 車道その他一般公衆が通常生活しない地域又は場所については, 適用しない。

表 1.8-1 (4) 大気汚染に係る環境基準 (4)(注1)

物 質	微小粒子状物質 (注2)
環境上の条件	1年平均値が 15 µg/m <sup>3</sup> 以下であり, かつ, 1日平均値が 35 µg/m <sup>3</sup> 以下であること。
測定方法	微小粒子状物質による大気の汚染の状況を的確に把握することができると認められる場所において, 濾過捕集による質量濃度測定方法又はこの方法によって測定された質量濃度と等価な値が得られると認められる自動測定機による方法
告示年月日	平成 21 年 9 月 9 日 (環告 33)

(注1) 微小粒子状物質による大気の汚染に係る環境基準について

(注2) 微小粒子状物質とは, 大気中に浮遊する粒子状物質であって, 粒径が 2.5 µm の粒子を 50% の割合で分離できる分粒装置を用いてより粒径の大きい粒子を除去した後に採取される粒子をいう。

本基準は, 工業専用地域, 車道その他一般公衆が通常生活していない地域又は場所については, 適用しない。

表 1.8-2 有害大気汚染物質による健康リスクの低減を図るための指針となる数値 (指針値)

物 質	環境上の条件
アクリロニトリル (注1)	1年平均値が 2 µg/m <sup>3</sup> 以下であること。
塩化ビニルモノマー (注1)	1年平均値が 10 µg/m <sup>3</sup> 以下であること。
水銀 (注1)	1年平均値が 40ng Hg/m <sup>3</sup> 以下であること。
ニッケル化合物 (注1)	1年平均値が 25ng Ni/m <sup>3</sup> 以下であること。
クロロホルム (注2)	1年平均値が 18 µg/m <sup>3</sup> 以下であること。
1,2-ジクロロエタン (注2)	1年平均値が 1.6 µg/m <sup>3</sup> 以下であること。
1,3-ブタジエン (注2)	1年平均値が 2.5 µg/m <sup>3</sup> 以下であること。

(注1) 今後の有害大気汚染物質対策のあり方について (第七次答申), 中央環境審議会大気環境部会

(注2) 今後の有害大気汚染物質対策のあり方について (第八次答申), 中央環境審議会大気環境部会

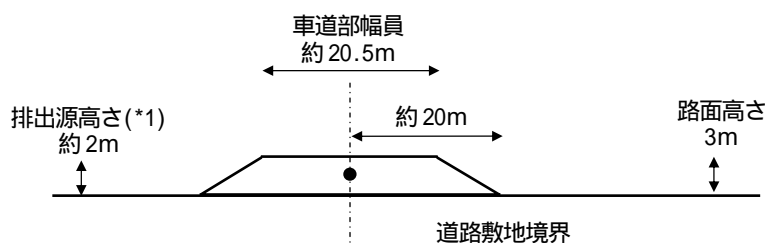
資料 1.9 予測計算例

(例題 1) 自動車の走行に係る二酸化窒素の予測計算例

(1) 予測諸元

表 1.9-1 予測諸元 (例)

項目	諸元
道路条件 (図 1.9-1 参照)	
道路構造	盛土
車道部幅員	20.5m
路面高さ	3m
道路勾配	2%
交通条件	
予測対象時期	平成 32 年
交通量	20,000 台/日 (詳細は表 1.1-29 参照)
時間変動・車種構成比	表 9.2 参照
走行速度	小型車 80km/h, 大型車 80km/h
車種分類	小型車 (乗用車, 小型貨物車), 大型車 (普通貨物車, バス)



\*1: 排出源高さ = (路面高さ+1m)/2 とした。

図 1.9-1 道路条件

表 1.9-2 予測交通量

時間帯	交通量		時間変動 係数	混入率		走行速度	
	小型車	大型車		小型車	大型車	小型車	大型車
7- 8	835	245	5.4	77.3	22.7	80	80
8- 9	942	278	6.1	77.2	22.8	80	80
9-10	1139	301	7.2	79.1	20.9	80	80
10-11	1234	466	8.5	72.6	27.4	80	80
11-12	963	277	6.2	77.7	22.3	80	80
12-13	838	242	5.4	77.6	22.4	80	80
13-14	954	266	6.1	78.2	21.8	80	80
14-15	1140	300	7.2	79.2	20.8	80	80
15-16	1293	267	7.8	82.9	17.1	80	80
16-17	1237	203	7.2	85.9	14.1	80	80
17-18	1202	158	6.8	88.4	11.6	80	80
18-19	889	211	5.5	80.8	19.2	80	80
19-20	645	175	4.1	78.6	21.4	80	80
20-21	537	183	3.6	74.6	25.4	80	80
21-22	228	132	1.8	63.3	36.7	80	80
22-23	155	145	1.5	51.8	48.2	80	80
23-24	77	183	1.3	29.6	70.4	80	80
24- 1	72	128	1.0	36.0	64.0	80	80
1- 2	35	125	0.8	22.1	77.9	80	80
2- 3	33	127	0.8	20.8	79.2	80	80
3- 4	48	172	1.1	21.7	78.3	80	80
4- 5	66	114	0.9	36.6	63.4	80	80
5- 6	99	141	1.2	41.1	58.9	80	80
6- 7	323	177	2.5	64.6	35.4	80	80
合計	20,000		100.0	74.9	25.1		

(2) 予測計算例

ア．時間別平均排出量

窒素酸化物の時間別平均排出量は、次式により求める。

$$Q_t = V_w \times \frac{1}{3600} \times \frac{1}{1000} \times \sum_{i=1}^2 (N_{it} \times E_i)$$

ここで、 $Q_t$  : 時間別平均排出量(ml/m<sup>3</sup>・s(又はmg/m<sup>3</sup>・s))  
 $E_i$  : 車種別排出係数(g/km<sup>3</sup>・台)  
 $N_{it}$  : 車種別時間別交通量(台/h)  
 $V_w$  : 換算係数(ml/g(又はmg/g))  
 窒素酸化物の場合：20 ,1 気圧で 523ml/g  
 浮遊粒子状物質の場合：1000mg/g

出典：「道路環境影響評価の技術手法」(財)道路環境研究所，平成 19 年

予測に用いる排出係数を表 1.9-3 に示す。

表 1.9-3 予測に用いる排出係数

項目	窒素酸化物(NO <sub>x</sub> )	
	小型車類(80 km/h)	大型車類(80 km/h)
排出係数	0.068	1.39

出典：「道路環境影響評価の技術手法」(財)道路環境研究所，平成 19 年

予測断面付近については、縦断勾配(2.0%)が続くので、表 1.9-4 に示す勾配による補正を行う。

表 1.9-4 排出係数の縦断勾配による補正係数

車種	速度区分	適用勾配範囲 (%)	排出係数の補正係数窒素酸化物(NO <sub>x</sub> )
小型車類	中～高速 (60 km/h 以上)	+4 $i$ 0	1+0.38 $i$
		0 > $i$ > -4	1+0.19 $i$
大型車類	中～高速 (60 km/h 以上)	+4 $i$ 0	1+0.43 $i$
		0 > $i$ > -4	1+0.22 $i$

出典：「道路環境影響評価の技術手法」(財)道路環境研究所，平成 19 年

時間別窒素酸化物の排出量の算出例を表 1.9-5 に示す

表 1.9-5 時間別平均排出量の算出(窒素酸化物)

時間帯	$N_{1t} \times E_1$ (小型車)			$N_{2t} \times E_2$ (大型車)			$N_{it} \times E_i$	$V_w$	$Q_t$ (ml/m <sup>3</sup> ・s)
	$N_{1t}$	$E_1$	$N_{1t} \times E_1$	$N_{2t}$	$E_2$	$N_{2t} \times E_2$			
7- 8	835	0.171	143.1	245	3.78	926.3	1,069.4	523	0.1554
8- 9	942	0.171	161.4	278	3.78	1,051.1	1,212.5	523	0.1761
9-10	1139	0.171	195.2	301	3.78	1,138.0	1,333.2	523	0.1937
10-11	1234	0.171	211.5	466	3.78	1,761.9	1,973.3	523	0.2867
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
3- 4	48	0.171	8.2	172	3.78	650.3	658.5	523	0.0957
4- 5	66	0.171	11.3	114	3.78	431.0	442.3	523	0.0643
5- 6	99	0.171	17.0	141	3.78	533.1	550.1	523	0.0799
6- 7	323	0.171	55.3	177	3.78	669.2	724.6	523	0.1053

### イ．点煙源の配置

点煙源は，図 1.9-2 に示すとおり，車道部の中央に，予測断面を中心に前後合わせて 400mの区間に配置する。その際，点煙源の間隔は，予測断面の前後 20mの区間で 2m間隔，その両側それぞれ 180mの区間で 10mとする。

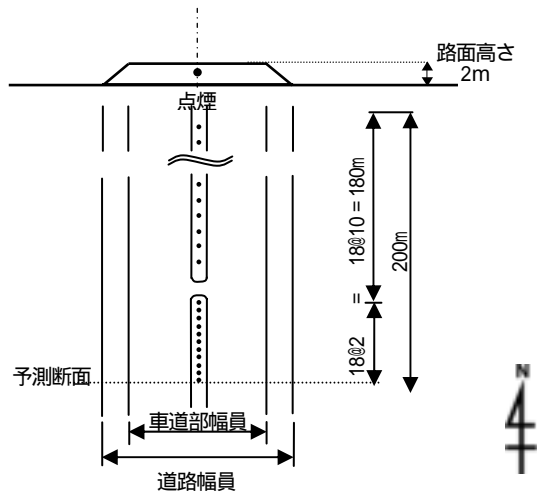


図 1.9-2 点煙源の配置

### ウ．風向・風速の設定

予測に用いる気象条件(風向・風速)の諸元の例を表 1.9-6 に示す。また，排出源高さの風速は，次式により求める。

$$U = U_0 (H / H_0)^P$$

ここで， $U$ ：高さ  $H$ (m)の推定風速(m/s)  
 $U_0$ ：基準高さ  $H_0$ (m)の風速(m/s)  
 $H$ ：排出源の高さ(m)  
 $H_0$ ：基準とする高さ(m)  
 $P$ ：べき指数

なお，排出源の高さは，図 1.9-1 のとおり， $H=2$ mとし，べき指数は，郊外の値( $P=1/5$ )とする。

出典：「道路環境影響評価の技術手法」(財)道路環境研究所，平成 19 年

表 1.9-6 気象条件(風向・風速) (例)

調査地点： 地区(測定点高さ10m)

時刻	有風時の出現状況																		弱風時の 出現頻度 (%)
	項目	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW		
1	出現頻度(%)	10.3	4.2	0.3	0	0	0	0	0.3	1.9	1.4	1.1	0.8	0.8	7.2	10.3	9.2	52.2	
	平均風速(m/s)	2.2	2.1	3	0	0	0	0	2	2.3	2.2	3	2.3	2.3	2.2	2.4	2.2		
2	出現頻度(%)	11.7	3.6	0.8	0	0	0	0	0.3	1.1	2.2	0.6	0.8	1.1	10.6	11.1	10	46.1	
	平均風速(m/s)	2.3	2.2	2.7	0	0	0	0	2	2.3	2.6	2.5	2.7	2.3	2.2	2.3	2.1		
3	出現頻度(%)	10.3	3.9	0.3	0	0	0	0	0	1.9	0.6	1.1	0	0.6	9.4	9.4	10	52.5	
	平均風速(m/s)	2.3	2.4	2	0	0	0	0	0	3	3	2.3	0	2	2.2	2.3	2.3		
4	出現頻度(%)	11.4	5	0.3	0	0	0	0	0	1.4	1.1	0.6	0	1.9	8.9	13.1	7.5	48.9	
	平均風速(m/s)	2.4	2.2	2	0	0	0	0	0	2.4	3.3	2.5	0	2	2.3	2.3	2.3		
5	出現頻度(%)	8.9	5.8	0.8	0	0	0	0	0	2.5	0	0.6	0.3	0.8	10	11.9	8.1	50.3	
	平均風速(m/s)	2.3	2.3	2.3	0	0	0	0	0	2.8	0	3	2	2.3	2.3	2.3	2.2		
6	出現頻度(%)	12.2	4.2	0.6	0	0	0	0	0.6	1.1	0.8	0.6	0	3.1	8.1	10.8	9.2	48.9	
	平均風速(m/s)	2.3	2.4	2.5	0	0	0	0	2	2.5	2.3	3	0	2.3	2.4	2.4	2.2		
7	出現頻度(%)	12.2	4.7	1.1	0.3	0	0	0	0.6	1.1	0.6	0.6	0.3	1.9	12.2	6.9	6.9	50.6	
	平均風速(m/s)	2.5	2.2	2.3	2	0	0	0	2	2.3	3	3	3	2.3	2.3	2.2	2.4		
8	出現頻度(%)	10.3	4.4	1.4	0	0	0	0	0.8	1.9	0.8	0.6	0.3	1.7	6.4	7.8	4.7	58.9	
	平均風速(m/s)	2.3	2.4	2.4	0	0	0	0	2.3	2.3	2.3	2.5	2	2	2.3	2.4	2.1		
9	出現頻度(%)	2.8	3.9	4.4	0	0	0	0	1.7	5.6	1.4	0	0.8	3.1	5.6	2.5	2.8	65.6	
	平均風速(m/s)	2.2	2.8	3	0	0	0	0	2.3	2.3	3.6	0	2.3	2.1	2.7	2.7	2		
10	出現頻度(%)	2.2	5.6	3.6	0.3	0	0	0.3	3.3	7.8	2.2	0.6	0.8	1.7	3.1	1.7	2.2	64.7	
	平均風速(m/s)	3.4	3	2.3	3	0	0	2	2.1	2.4	2.5	2.5	2.3	2	2.4	3.5	3.9		
11	出現頻度(%)	2.5	6.4	4.7	1.1	0.3	0	0.6	6.7	12.2	4.2	1.1	0	2.2	2.5	1.9	1.4	52.2	
	平均風速(m/s)	3.7	2.9	3.1	2.5	2	0	2.5	2.1	2.4	2.7	2.3	0	2.8	4.1	4	4.6		
12	出現頻度(%)	3.6	6.1	5	0.6	0	0	0.3	6.4	16.4	4.4	1.1	0.8	3.6	2.2	2.2	2.5	44.7	
	平均風速(m/s)	2.8	3.3	2.8	2	0	0	2	2.3	2.5	3	2.3	2	2.7	2.5	4.1	4.3		
13	出現頻度(%)	3.1	7.2	2.8	1.1	0.3	0	0.3	3.6	20.6	8.3	2.2	2.2	2.5	3.1	3.1	1.9	37.8	
	平均風速(m/s)	3.4	3.1	2.7	2.5	3	0	2	2.6	2.5	2.6	2.1	2.4	3.1	3.7	3.7	4.9		
14	出現頻度(%)	4.7	7.8	3.1	0.6	0.3	0	0.6	4.5	19.2	11.1	1.4	1.7	2	3.6	3.9	3.3	32.3	
	平均風速(m/s)	3.6	2.9	2.7	3	2	0	2.5	2.3	2.4	3	2.6	2.2	2.7	3.7	3.1	3.4		
15	出現頻度(%)	3.3	6.7	3.3	0.3	0.6	0	0	3	18	9.4	3	2.2	2.2	5.3	5.8	2.8	34.1	
	平均風速(m/s)	3.6	3.1	3.6	2	2	0	0	2.4	2.7	2.6	2.7	2.3	2.1	3.3	4.1	4.3		
16	出現頻度(%)	4.2	6.4	3	0.3	0	0	0.3	4.2	15	9.7	3	2.2	3	3.9	5.8	3	36	
	平均風速(m/s)	3.6	2.8	3.1	2	0	0	2	2.3	2.6	2.7	2.4	2.1	3	4.1	3.1	3.7		
17	出現頻度(%)	6.7	7.2	3.3	0	0.6	0	0.6	5.8	10	6.4	6.4	1.7	4.7	1.9	4.4	1.9	38.5	
	平均風速(m/s)	3	2.8	3.6	0	3	0	2	2.4	2.4	2.5	2.7	2.2	2.4	3.1	3.3	4.3		
18	出現頻度(%)	8	6.1	2.2	0.6	0	0	0	4.4	6.1	7.5	3.9	1.7	4.4	2.8	2.2	4.4	45.7	
	平均風速(m/s)	2.4	2.4	3.4	2.5	0	0	0	2.3	2.2	2.6	2.4	2.3	2.2	2.6	2.5	3.4		
19	出現頻度(%)	6.9	10.6	0.8	0.3	0	0	0	2.2	2.8	2.8	3.6	1.7	1.7	5	2.8	4.7	54.2	
	平均風速(m/s)	2.6	2.5	3	2	0	0	0	2	2.2	2.6	3	2.7	2.3	2.2	2.1	2.7		
20	出現頻度(%)	10.6	13.6	1.4	0	0	0	0	1.4	0.8	3.6	1.4	0.3	1.7	3.3	4.4	6.1	51.4	
	平均風速(m/s)	2.2	2.4	2.4	0	0	0	0	2	2.3	2.5	2.6	2	2.3	2.3	2.1	2.3		
21	出現頻度(%)	9.7	9.2	2.2	0	0	0	0	0.3	1.7	1.7	0.6	0	1.9	5.6	7.8	5	54.4	
	平均風速(m/s)	2.5	2.4	2.6	0	0	0	0	2	2.5	2.5	2.5	0	2	2.3	2.1	2.4		
22	出現頻度(%)	9.4	5.6	1.1	0.3	0	0	0	0	1.4	1.9	0.6	0.3	0.3	8.1	10.3	8.9	51.9	
	平均風速(m/s)	2.4	2.3	2.3	2	0	0	0	0	2.4	2.9	2	2	2	2.3	2.3	2.2		
23	出現頻度(%)	10.8	3.1	1.4	0	0	0	0	0.3	2.2	1.1	1.1	0	0.8	6.1	11.7	7.8	53.6	
	平均風速(m/s)	2.2	2.5	2.4	0	0	0	0	2	2	2.5	2.8	0	2.3	2.1	2.3	2.2		
24	出現頻度(%)	11.1	5.8	0.8	0	0	0	0	0.6	2.2	0.6	0.6	0.3	1.1	7.2	11.4	9.2	49.2	
	平均風速(m/s)	2.2	2.2	2.3	0	0	0	0	3	2.1	3	3.5	2	2	2.2	2.2	2.2		
通年	出現頻度(%)	7.8	6.1	2	0.2	0.1	0	0.1	2.1	6.5	3.5	1.5	0.8	2	5.9	6.8	5.6	48.9	
	平均風速(m/s)	2.5	2.6	2.9	2.4	2.4	0	2.2	2.3	2.5	2.7	2.6	2.3	2.4	2.5	2.5	2.5		

(4)有風時の計算例

各々の点煙源から排出される窒素酸化物の濃度は、有風時(風速 1m/s を超える場合)についてはブルーム式を用いて予測する。

[ブルーム式]

$$C(x,y,z) = \frac{Q}{2\pi \cdot u \cdot \sigma_y \cdot \sigma_z} \exp\left(-\frac{y^2}{2\sigma_y^2}\right) \left[ \exp\left\{-\frac{(Z-H)^2}{2\sigma_z^2}\right\} + \exp\left\{-\frac{(Z+H)^2}{2\sigma_z^2}\right\} \right]$$

ここで、 $C(x,y,z)$  :  $(x,y,z)$  地点における窒素酸化物濃度(ppm) (又は浮遊粒子状物質濃度(mg/m<sup>3</sup>))  
 $Q$  : 点煙源の窒素酸化物の排出量(ml/s) (又は浮遊粒子状物質の排出量(mg/s))  
 $U$  : 平均風速(m/s)  
 $H$  : 排出源の高さ(m)  
 $\sigma_y, \sigma_z$  : 水平(y), 鉛直(z)方向の拡散幅(m)  
 $x$  : 風向に沿った風下距離(m)  
 $y$  : x軸に直角な水平距離(m)  
 $z$  : x軸に直角な鉛直距離(m)

なお、拡散幅  $\sigma_y, \sigma_z$  は、以下の式により求めた。

$$\sigma_y = W/2 + 0.46L^{0.81} \quad (x < W/2 \text{ の場合} : \sigma_z = W/2)$$

$$\sigma_z = \sigma_{z0} + 0.31L^{0.83} \quad (x < W/2 \text{ の場合} : \sigma_z = \sigma_{z0})$$

ここで、 $L$  : 車道部端からの距離( $L = x - W/2$ ) (m)  
 $x$  : 風向に沿った風下距離(m)  
 $W$  : 車道幅員(m)  
 $\sigma_z$  : 鉛直方向の初期拡散幅(m)  
 遮音壁がない場合  $\sigma_{z0} = 1.5$   
 遮音壁(3m高さ以上)がある場合  $\sigma_{z0} = 4.0$

出典：「道路環境影響評価の技術手法」(財)道路環境研究所，平成 19 年

予測計算例( 地区(時間帯: 10~11時 風向:E, 風速 2.0m/s, 予測地点: 道路敷地境界(地上 1.5m)) )  
 有風時 拡散幅:  $\sigma_y \cdot \sigma_z$

SEQ.	1	2	3	4	5	...	26	27	28	29
$Y_0$	-200	-190	-180	-170	-160		-6	-4	-2	0
$X_0$	20	20	20	20	20		20	20	20	20
$\theta$ [rda]	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6		1.6	1.6	1.6	1.6
$x$	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0		20.0	20.0	20.0	20.0
$y$	200.0	190.0	180.0	170.0	160.0		6.0	4.0	2.0	0.0
$L$	9.8	9.8	9.8	9.8	9.8		9.8	9.8	9.8	9.8
$\sigma_y$	13.2	13.2	13.2	13.2	13.2		10.3	10.3	10.3	10.3
$\sigma_z$	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6		3.6	3.6	3.6	3.6

SEQ.	30	31	32	33	34	...	55	56	57
$Y_0$	2	4	6	8	10		180	190	200
$X_0$	20	20	20	20	20		20	20	20
$\theta$	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6		1.6	1.6	1.6
$x$	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0		20.0	20.0	20.0
$y$	2.0	4.0	6.0	8.0	10.0		180.0	190.0	200.0
$L$	9.8	9.8	9.8	9.8	9.8		9.8	9.8	9.8
$\sigma_y$	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3		13.2	13.2	13.2
$\sigma_z$	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6		3.6	3.6	3.6

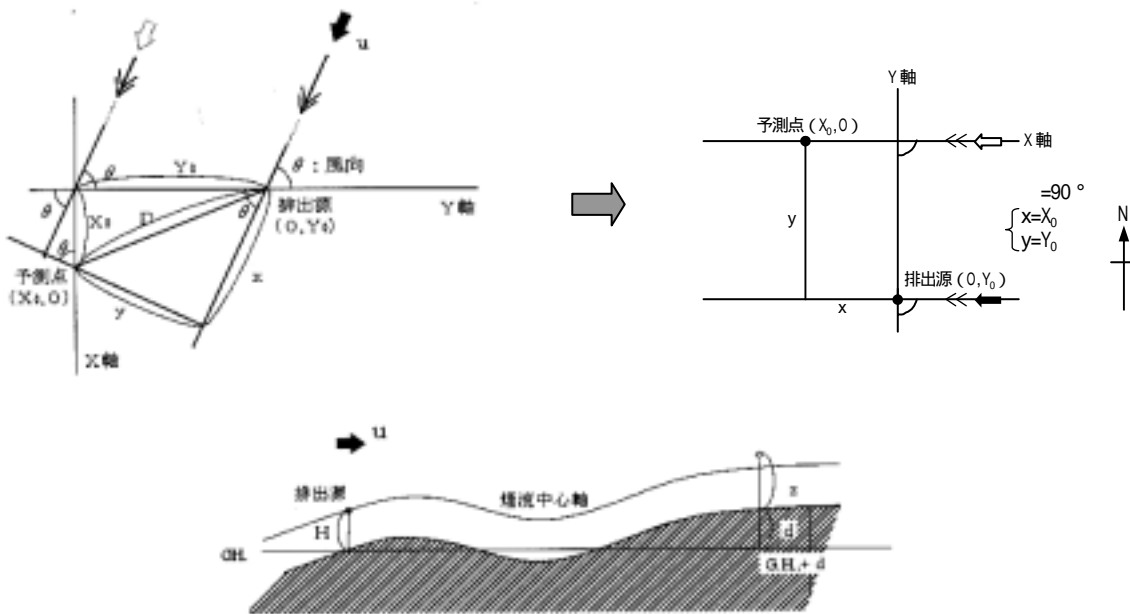


図 1.9-3  $x, y, z$  のとり方

出典：「道路環境影響評価の技術手法」（財）道路環境研究所，平成 19 年

窒素酸化物の濃度( $\text{No}_x$ )

SEQ.	1	2	3	4	5	...	26	27	28	29
$Q$	0.2867	0.2867	0.2867	0.2867	0.2867		0.2867	0.2867	0.2867	0.2867
$U$	2	2	2	2	2		2	2	2	2
$H$	2	2	2	2	2		2	2	2	2
$\sigma_y$	13.2	13.2	13.2	13.2	13.2		10.3	10.3	10.3	10.3
$\sigma_z$	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6		3.6	3.6	3.6	3.6
$x$	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0		20.0	20.0	20.0	20.0
$y$	200.0	190.0	180.0	170.0	160.0		6.0	4.0	2.0	0.0
$z$	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5		1.5	1.5	1.5	1.5
$C(x,y,z)$	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000		0.0008	0.0009	0.0010	0.0010

SEQ.	30	31	32	33	34	...	55	56	57
$Q$	0.2867	0.2867	0.2867	0.2867	0.2867		0.2867	0.2867	0.2867
$U$	2	2	2	2	2		2	2	2
$H$	2	2	2	2	2		2	2	2
$\sigma_y$	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3		13.2	13.2	13.2
$\sigma_z$	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6		3.6	3.6	3.6
$x$	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0		20.0	20.0	20.0
$y$	2.0	4.0	6.0	8.0	10.0		180.0	190.0	200.0
$z$	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5		1.5	1.5	1.5
$C(x,y,z)$	0.0010	0.0009	0.0008	0.0007	0.0006		0.0000	0.0000	0.0000

窒素酸化物濃度(ppm) : 0.0131



(5)無風時の計算例

各々の点煙源から排出される窒素酸化物の濃度は 無風時(風速 1m/s 以下の場合)についてはパフ式を用いて予測した。

[パフ式]

$$C(x,y,z) = \frac{Q}{(2\pi)^{3/2} \cdot a^2 \cdot \gamma} \left\{ \frac{1 - \exp\left(-\frac{l}{t_0^2}\right)}{2l} + \frac{1 - \exp\left(-\frac{m}{t_0^2}\right)}{2m} \right\}$$

ここで、

$$l = \frac{1}{2} \left\{ \frac{X^2 + y^2}{a^2} + \frac{(Z-H)^2}{\gamma^2} \right\}$$

$$m = \frac{1}{2} \left\{ \frac{X^2 + y^2}{a^2} + \frac{(Z+H)^2}{\gamma^2} \right\}$$

なお、初期拡散幅に相当する時間、及び拡散幅に関する係数は以下のとおりとした。

$$t_0 = W/2\alpha$$

$$\alpha = 0.3$$

$$\gamma = \begin{cases} 0.18(\text{昼間: 午前7時} \sim \text{午後7時}) \\ 0.09(\text{夜間: 午後7時} \sim \text{午前7時}) \end{cases}$$

ここで、 $W$ : 車道幅員(m)

出典:「道路環境影響評価の技術手法」(財)道路環境研究所,平成19年

10~11時の風向Eの場合の、道路敷地境界(地上1.5m)での予測計算例を以下に示す。

予測計算例( 地区(時間帯:10~11時 風向:E 予測地点:道路敷地境界(地上1.5m))) 無風時  
拡散幅:1.0m

SEQ.	1	2	3	4	5	.....	26	27	28	29
$Y_0$	-200	-190	-180	-170	-160		-6	-4	-2	0
$X_0$	20	20	20	20	20		20	20	20	20
$\theta$	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6		1.6	1.6	1.6	1.6
$x$	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0		20.0	20.0	20.0	20.0
$y$	200.0	190.0	180.0	170.0	160.0		6.0	4.0	2.0	0.0
$z$	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5		1.5	1.5	1.5	1.5
$H$	2	2	2	2	2		2	2	2	2
$a$	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3		0.3	0.3	0.3	0.3
$\gamma$	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18		0.18	0.18	0.18	0.18
$l$	224448	202782	182226	162782	144448		2426	2315	2248	2226
$m$	224633	202967	182411	162967	144633		2611	2500	2433	2411

SEQ.	30	31	32	33	34	...	55	56	57
$Y_0$	2	4	6	8	10		180	190	200
$X_0$	20	20	20	20	20		20	20	20
$\theta$	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6		1.6	1.6	1.6
$x$	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0		20.0	20.0	20.0
$y$	2.0	4.0	6.0	8.0	10.0		180.0	190.0	200.0
$z$	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5		1.5	1.5	1.5
$H$	2	2	2	2	2		2	2	2
$a$	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3		0.3	0.3	0.3
$\gamma$	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18		0.18	0.18	0.18
$l$	2248	2315	2426	2582	2782		182226	202782	224448
$m$	2433	2500	2611	2767	2967		182411	202967	224633

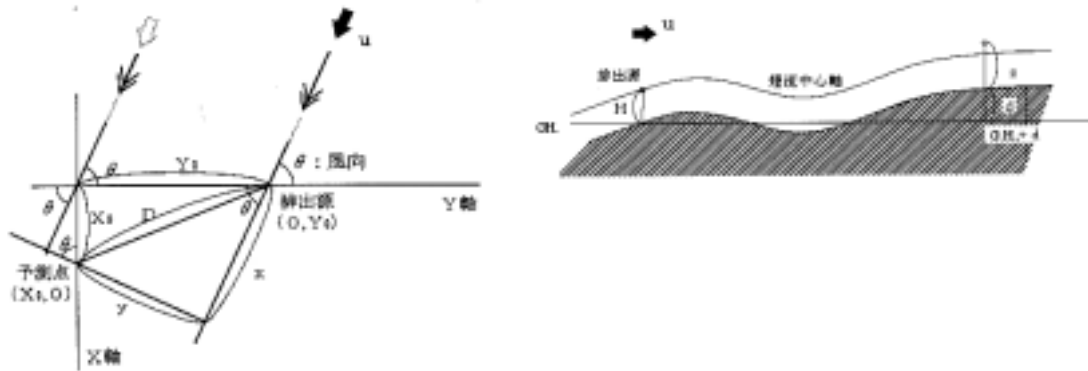


図 1.9-4  $x, y, z$  のとり方

出典：「道路環境影響評価の技術手法」（財）道路環境研究所，平成 19 年

窒素酸化物の濃度( $No_x$ )

SEQ.	1	2	3	4	5	.....	26	27	28	29
$Q$	0.2867	0.2867	0.2867	0.2867	0.2867		0.2867	0.2867	0.2867	0.2867
$a$	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3		0.3	0.3	0.3	0.3
$\gamma$	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18		0.18	0.18	0.18	0.18
$W$	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0		25.0	25.0	25.0	25.0
$t_0$	41.7	41.7	41.7	41.7	41.7		41.7	41.7	41.7	41.7
$l$	224448	202782	182226	162782	144448		2426	2315	2248	2226
$m$	224633	202967	182411	162967	144633		2611	2500	2433	2411
$C(x,y,z)$	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000		0.0003	0.0004	0.0004	0.0004

SEQ.	30	31	32	33	34	.....	55	56	57
$Q$	0.2867	0.2867	0.2867	0.2867	0.2867		0.2867	0.2867	0.2867
$a$	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3		0.3	0.3	0.3
$\gamma$	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18		0.18	0.18	0.18
$W$	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0		25.0	25.0	25.0
$t_0$	41.7	41.7	41.7	41.7	41.7		41.7	41.7	41.7
$l$	2248	2315	2426	2582	2782		182226	202782	224448
$m$	2433	2500	2611	2767	2967		182411	202967	224633
$C(x,y,z)$	0.0004	0.0004	0.0003	0.0003	0.0003		0.0000	0.0000	0.0000

窒素酸化物濃度(ppm) : 0.0077

以上の計算過程を，風向別，時間帯別を実施し，年平均値を予測する。

(6)重ね合わせ

年平均濃度は、以下の式を用いて、有風時及び弱風時の拡散濃度を重ね合わせた。

$$Ca = \frac{\sum_{t=1}^{24} Ca_t}{24}$$

$$Ca_t = \left[ \sum_{s=1}^{16} \{ (Rw_s / uw_{ts}) \times fw_{ts} \} + Rc_{dn} \times fc_t \right] Q_t$$

ここで、 $Ca$  : 年平均濃度(ppm 又は  $mg/m^3$ )  
 $Ca_t$  : 時刻における年平均濃度(ppm 又は  $mg/m^3$ )  
 $Rw_s$  : プルーム式により求められた風向別基準濃度( $m^{-1}$ )  
 $fw_{ts}$  : 年平均時間別風向出現割合  
 $uw_{ts}$  : 年平均時間別風向別平均風速(m/s)  
 $Rc_{dn}$  : パフ式により求められた昼夜別基礎濃度( $s/m^2$ )  
 $fc_t$  : 年平均時間別弱風時出現割合  
 $Q_t$  : 年平均時間別平均排出量( $ml/m \cdot s$  又は  $mg/m \cdot s$ )

なお、添字の  $s$  は風向(16 方位),  $t$  は時間,  $dn$  は昼夜の別,  $w$  は有風時,  $c$  は弱風を示す。

出典：「道路環境影響評価の技術手法」(財)道路環境研究所，平成 19 年

(7)NOx 変換

NOx 変換は、以下の式を用いる。

$$[NO_2]_R = 0.0683 [NOx]_R^{0.499} (1 - [NOx]_{BG} / [NOx]_T)^{0.507}$$

ここで、 $[NOx]_R$  : 窒素酸化物の対象道路の寄与濃度(ppm)  
 $[NO_2]_R$  : 二酸化窒素の対象道路の寄与濃度(ppm)  
 $[NOx]_{BG}$  : 窒素酸化物のバックグラウンド濃度(ppm)  
 $[NOx]_T$  : 窒素酸化物のバックグラウンド濃度と対象道路の寄与濃度の合計値(ppm)  
 ( $[NOx]_T = [NOx]_R + [NOx]_{BG}$ )

出典：「道路環境影響評価の技術手法」(財)道路環境研究所，平成 19 年

予測結果より、道路敷地境界の地上 1.5mの高さにおける $[NOx]_R$ は、0.007(ppm)と算出される。

また、現地調査結果より、 $[NOx]_{BG}$ を 0.027(ppm)として、上式にあてはめると、

$$[NO_2]_R = 0.0683 \times (0.007)^{0.499} \times \{ 1 - 0.027 \div (0.007 + 0.027) \}^{0.507}$$

$$= 0.0026(\text{ppm}) \quad 0.003(\text{ppm})$$

(8)予測結果

予測結果及び現地調査結果より、年平均値は表 1.9-7 のとおり予測される。

表 1.9-7 予測結果

項目	予測結果(*1)		
	寄与濃度	バックグラウンド濃度	年平均値
二酸化窒素(ppm)	0.003	0.018	0.021

\*1：道路敷地境界における地上 1.5mの値。

(9)年平均値から年間98%値又は年間2%除外値への換算

基準又は目標と予測の結果との間に整合が測られているか評価するために、表1.9-8に示す換算式を用いて、年間98%値除外値を算出する。

表 1.9-8 年間98%値への換算式

項目	換算式
二酸化窒素	$[年間98\%値] = a ([NO_2]_{BG} + [NO_2]_R) + b$ $a = 1.10 + 0.56 \cdot \exp(-[NO_2]_R / [NO_2]_{BG})$ $b = 0.0098 - 0.0036 \cdot \exp(-[NO_2]_R / [NO_2]_{BG})$

[NO<sub>2</sub>]<sub>R</sub> : 二酸化窒素の道路寄与濃度の年平均値(ppm)

[NO<sub>2</sub>]<sub>BG</sub> : 二酸化窒素のバックグラウンド濃度の年平均値(ppm)

出典：「道路環境影響評価の技術手法」(財)道路環境研究所，平成19年

上式を計算すると

$$[二酸化窒素の年間98\%値] = 1.9655 \times (0.018 + 0.003) + 0.0037$$

$$0.045(\text{ppm})$$

ここで、 $a = 1.10 + 0.56 \cdot \exp(-0.0026/0.018) = 1.9655$

$b = 0.0098 - 0.0036 \cdot \exp(-0.0027/0.018) = 0.0067$

(例題2) 建設機械の稼動に係る粉じん等の予測計算例

(1) 予測断面

- ・ 道路構造 : 盛土
- ・ 車道部幅員 : 20.5m

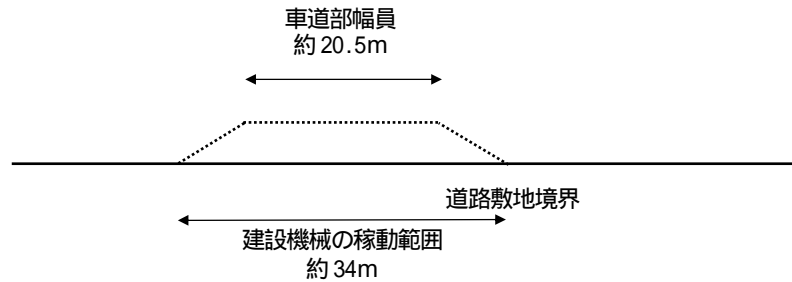


図 1.9-5 予測断面

(2) 建設機械

建設機械の設定は以下のとおりとした。

- 工 種 : 路体・路床盛土工
- ユニット数 : 1 ユニット
- 工事日数 : 18 日/月
- ユニットの施工能力 : 980m<sup>3</sup>/日

(3) 施工範囲

施工範囲は、季節別の施工範囲が工事の区分の延長全体にわたると想定して設定した。

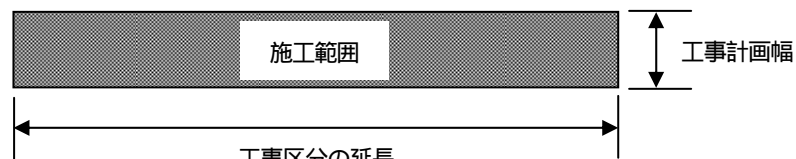


図 1.9-6 施工範囲の設定

(4) 稼働時間

建設機械が稼動する時間は 8:00 ~ 12:00, 13:00 ~ 17:00 とした。

(5) 気象条件

予測に用いる気象条件(風向・風速)は、現地調査における 8:00~12:00,13:00~17:00 の風向・風速結果を用いた。一例として表 1.9-9 に春季のデータを示す。

表 1.9-9 季節別風向・風速( 地区)

季節	有風時の出現状況																
	項目	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW
春季	出現頻度(%)	12.5	1.8	3.6	0.0	0.0	14.3	19.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.6	10.7	7.1	1.8
	平均風速(m/s)	1.4	1.4	1.9	0.0	0.0	2.8	2.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.9	2.0	1.9	1.9

\*1:8:00~12:00,13:00~17:00 までの地上 10.0m高さでの風速を集計した。

\*2:弱風時は風速 1.0m/s 以下。

(6) 予測計算例

(1) 季節別風向別降下ばいじん量

ユニットによる粉じん等の発生源としては、ユニットが施工範囲を一様に移動し、作業することにより粉じん等が一様に発生する面発生源を想定した。

予測地点の風向別降下ばいじん量の計算は、季節別の施工範囲を風向別に細分割し、その細分割された小領域( $x d\theta dx$ )にその面積に応じた降下ばいじんの寄与量( $N_u N_d a x d\theta dx / A$ )を割り当てて、風向別の拡散による距離減衰及び季節別風向別平均風速を加味して、1ヶ月当たりの降下ばいじん量を算出した。

$$R_{ds} = N_u \cdot N_d \int_{-\pi/16}^{\pi/16} \int_{x_1}^{x_2} a \cdot (u_s/u_0)^{-b} \cdot (x/x_0)^{-c} x dx d\theta / A$$

ここで、

$R_{ds}$  : 季節別風向別降下ばいじん量(t・m/s/km<sup>2</sup>/月) 添字  $s$  は風向(16 方位)を示す。

$N_u$  : ユニット数

$N_d$  : 季節別の平均月間工事日数(日/月)

$x_1$  : 予測地点から季節別の施工範囲の手前の敷地の境界線までの距離(m)

$x_2$  : 予測地点から季節別の施工範囲の奥行き敷地の境界線までの距離(m)

( $x_1, x_2 < 1m$  の場合は,  $x_1, x_2 = 1m$  とする)

$a$  : 基準降下ばいじん量(t/km<sup>2</sup>/月/ユニット)

(基準風速時の基準距離における 1 ユニットからの 1 日当たりの降下ばいじん量)

$u_s$  : 季節別風向別平均風速(m/s)

( $u_s < 1m/s$  の場合は,  $u_s = 1m/s$  とする)

$u_0$  : 基準風速( $u_0 = 1m/s$ )

$b$  : 風速の影響を表す係数( $b = 1$ )  $x$  : 風向に沿った風下距離(m)

$x_0$  : 基準距離(m) ( $x_0 = 1m$ )  $c$  : 降下ばいじんの拡散を表す係数

$A$  : 季節別の施工範囲の面積(m<sup>2</sup>)

出典:「道路環境影響評価の技術手法」(財)道路環境研究所,平成 19 年

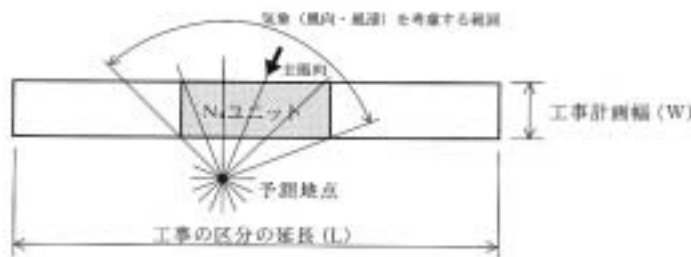


図 1.9-7 予測地点と施工範囲の位置関係から、予測計算を行う風向の範囲

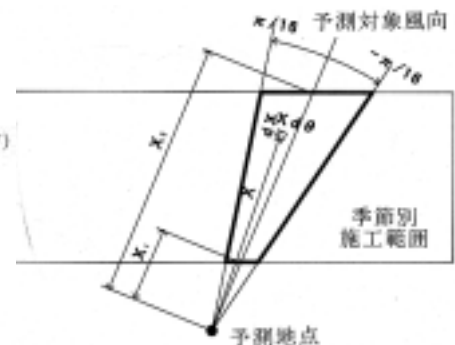


図 1.9-8 ある風向における予測計算範囲

地区における，風向 W の場合の，道路敷地境界(地上 1.5m)での予測計算例を以下に示す。

予測計算例( 地区(風向;W 予測地点;道路敷地境界(地上 1.5m)))

予測対象地区	地区	方位 13	W
--------	----	-------	---

工種	ユニット名 路体盛土,路床盛土	メッシュ NO.	距離 (m)	施工面積 (m <sup>2</sup> )	方位別季節別降下ばいじん量		
					春季	夏季	.....

記号	内容	単位	入力データ
$N_u$	ユニット数	(ユニット)	1
$N_d$	月間工事日数	(日/月)	18
$a$	基準降下ばいじん量	-	1,500
$c$	拡散係数	-	1.7
$A$	季節別施行面積	(m <sup>2</sup> )	8,000

1	2	0.8	0.46		
2	4	2.4	0.32		
3	6	4.0	0.24		
4	8	5.6	0.19		
5	10	7.2	0.16		
6	12	8.8	0.14		
7	14	10.3	0.12		
8	16	11.9	0.11		
9	18	13.5	0.10		
10	20	15.1	0.09		
11	30	99.5	0.38		
12	40	139.2	0.31		
13	50	179.0	0.26		
14	60	218.8	0.22		
15	70	258.6	0.20		
16	80	298.4	0.18		
17	90	338.2	0.17		
18	100	377.9	0.15		
19	110	417.7	0.14		
20	120	457.5	0.13		
21	130	497.3	0.13		
22	140	537.1	0.12		
23	150	576.8	0.11		
24	160	616.6	0.11		
25	170	656.4	0.10		
26	180	696.2	0.10		
27	190	736.0	0.10		
28	200	775.8	0.09		
	計	7956.5	4.95		

	春季	夏季	.....
出現頻度(%)	3.6		
平均風速(m/s)	1.9		

(2)季節別降下ばいじん量

16 方位の季節別降下ばいじん量を算出した後，以下の式により季節別降下ばいじん量を算出する。

$$C_d = \sum_{s=1}^n R_{ds} \cdot f_{ws}$$

ここで，  
 $C_d$  ; 季節別降下ばいじん量(t/km<sup>2</sup>/月)  
 $n$  ; 方位(=16)  
 $f_{ws}$  ; 季節別風向出現割合 添字  $s$  は風向(16 方位)を示す。

出典;「道路環境影響評価の技術手法」(財)道路環境研究所，平成 19 年

## 2 騒音

### 資料 2.1 $L_{Aeq}$ 式における地表面効果による補正量の計算 ( $L_{grnd}$ )

#### 1. $\Delta L_{grnd}$ の計算基本式

道路から沿道の予測点に音が伝搬する場合、路面、道路の法面、沿道の地面など多種類の地表面の影響を受けて減衰する。この減衰効果(超過減衰)に関する補正量  $\Delta L_{grnd}$  は、舗装路面の種類にかかわらず、個々の地表面による減衰効果の和として、次式で計算する。

$$\Delta L_{grnd} = \sum_{i=1}^n \Delta L_{grnd,i}$$

$$\Delta L_{grnd,i} = \begin{cases} -K_i \log_{10}(r_i / r_{c,i}) & r_i \geq r_{c,i} \\ 0 & r_i < r_{c,i} \end{cases}$$

ここで、

- $\Delta L_{grnd,i}$  :  $i$  番目の地表面効果による補正量 [dB]
- $K_i$  :  $i$  番目の地表面上での超過減衰を与える係数
- $r_i$  :  $i$  番目の地表面上での伝搬距離 [m]
- $r_{c,i}$  :  $i$  番目の地表面上での超過減衰が生じ始める距離 [m]

係数  $K_i$  や定数  $r_{c,i}$  は地表面の種類によって異なる。次に代表的な 3 種類の地表面 (柔らかい畑地、草地、固い地面) について  $K_i$  と  $r_{c,i}$  の計算式を示す、

なお、アスファルトなどの舗装面では、 $\Delta L_{grnd} = 0$  とする。

#### 2. 地面による超過減衰に関する係数 $K_i$

係数  $K_i$  は、地表面の種類と平均伝搬経路高  $H_{a,i}$  の関数として次式で計算する。

##### (1) 柔らかい畑地

$$K_i = \begin{cases} 3.93\sqrt{H_{a,i} + 0.081} + 15.1 & 0.6 \leq H_{a,i} < 1.5 \text{ の場合} \\ 20.0 & H_{a,i} \geq 1.5 \text{ の場合} \end{cases}$$

##### (2) 草地

$$K_i = \begin{cases} 6.98\sqrt{H_{a,i} - 0.537} + 9.85 & 0.6 \leq H_{a,i} < 1.5 \text{ の場合} \\ 2.48\sqrt{H_{a,i} - 1.42} + 16.0 & 1.5 \leq H_{a,i} < 4.0 \text{ の場合} \\ 20.0 & H_{a,i} \geq 4.0 \text{ の場合} \end{cases}$$

##### (3) 固い地盤

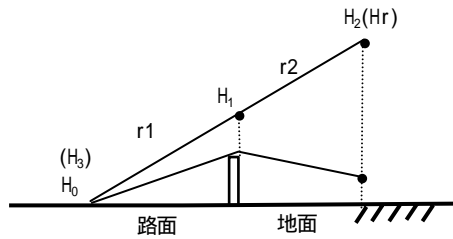
$$K_i = \begin{cases} 4.97H_{a,i} - 0.472H_{a,i}^2 + 5.0 & 0.6 \leq H_{a,i} < 3.0 \text{ の場合} \\ 1.53\sqrt{H_{a,i} - 2.94} + 15.3 & H_{a,i} \geq 3.0 \text{ の場合} \end{cases}$$

係数  $K_i$  の計算に必要な平均伝搬経路高  $H_{a,i}$  は、図 2.1-1 に示すように最短伝搬経路を考え、前後の地表面境界上での伝搬高さ  $H_{i-1}$  と  $H_i$  により次式で与える。

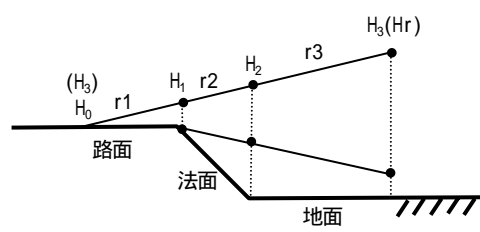
$$H_{a,i} = \frac{(H_{i-1} + H_i)}{2}$$

(注) 切土については、法肩部の  $H_2$  が 1m 以下となっても、 $H_2 = 1m$  として扱う。

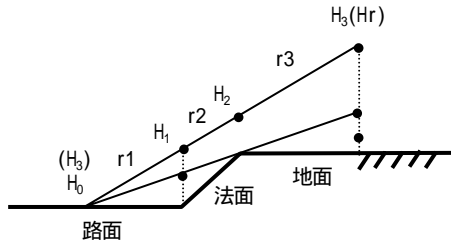
平面



盛土



切土



高架

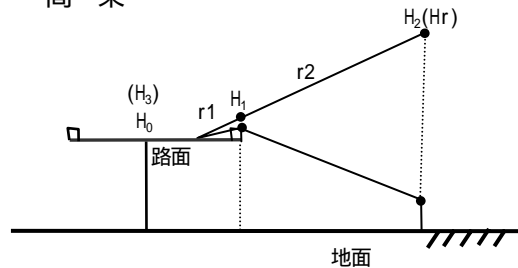


図 2.1-1 各地表面上の伝搬経路高さ

#### 4. 地表面による超過減衰が生じ始める距離 ( $r_{c,i}$ )

i 番目の地表面上での超過減衰が生じ始める距離  $r_{c,i}$  は地面の種類と平均伝搬経路高  $H_{a,i}$  のほかに、音源側と予測地点側の高さの差に関する変数  $Z_i$  の関数として次式で与えられる。

$$r_{c,i} = g(Z_i) \cdot (H_{a,i})^{f(Z_i)}$$

$$Z_i = \frac{|H_{i-1} - H_i|}{(H_{i-1} + H_i)}$$

$Z_i$  は  $H_{a,i}$  と同様に最短伝搬経路を考え、前後の地表面境界上での伝搬高さ  $H_{i-1}$  と  $H_i$  により与える。また、 $f(Z_i)$  と  $g(Z_i)$  は  $Z_i$  の関数として次式で計算する。

##### 〔1〕柔らかい畑地

$$f(Z_i) = \begin{cases} 2.09 & 0.0 \leq Z_i < 0.4 \text{ の場合} \\ 2.09 - 0.124(Z_i - 0.4) + 0.711(Z_i - 0.4)^2 - 2.47(Z_i - 0.4)^3 & 0.4 \leq Z_i < 0.8 \text{ の場合} \\ 2.00 - 1.72(Z_i - 0.8) + 21.6(Z_i - 0.8)^2 - 189(Z_i - 0.8)^3 & 0.8 \leq Z_i < 1.0 \text{ の場合} \end{cases}$$

##### 〔2〕草地

$$f(Z_i) = \begin{cases} 2.3 & 0.0 \leq Z_i < 0.4 \text{ の場合} \\ 2.3 - 0.3871(Z_i - 0.4) + 0.920(Z_i - 0.4)^2 - 5.47(Z_i - 0.4)^3 & 0.4 \leq Z_i < 1.0 \text{ の場合} \end{cases}$$

##### 〔3〕固い地盤

$$f(Z_i) = \begin{cases} 2.3 & 0.0 \leq Z_i < 0.2 \text{ の場合} \\ 2.3 + 0.170(Z_i - 0.2) - 1.38(Z_i - 0.2)^2 - 0.648(Z_i - 0.2)^3 & 0.2 \leq Z_i < 1.0 \text{ の場合} \end{cases}$$



$$g(Z_i) = a + bZ_i + cZ_i^2 + dZ_i^3$$

ここで、関数  $g(Z_i)$  を計算するための各地表面での係数は、表 2.1-1 のとおりである。

表 2.1-1  $g(Z_i)$  における係数

地表面の種類 ( $\sigma_e$ )	$a$	$b$	$c$	$d$
柔らかい畑地	35.1	3.26	- 61.2	30.3
草地	23.8	1.69	- 38.2	23.3
固い地面	18.6	0.946	- 32.5	32.2

ただし、 $\sigma_e = 1,250$  で  $H_{a,i} < 1.1$  については  $r_{0,i}$  を次のように別に計算する。

$$r_{0,i} = g(Z_i) \cdot (1.1)^{f(Z_i)} \cdot 10^{H_{a,i}-1.1)h(Z_i)}$$

$$\text{ここで、} h(Z_i) = 0.517 - 0.0592Z_i - 1.30Z_i^2 + 1.19Z_i^3$$

出典：日本音響学会 道路交通騒音調査研究委員会：道路交通騒音の予測モデル“ASJ RTN-Model 2008”，日本音響学会誌，Vol.65，No.4，pp.192-195，2009

3.2.2 遮音壁(1回回折)の回折補正量  $\Delta L_{dif, sb}$

1枚のまっすぐな遮音壁や盛土・切土の法面部など、回折点がある場合の回折補正量  $\Delta L_{dif, sb}$  は、次式で与える。なお、平面道路の縁石、ガードレール、ガードケーブルなどは無視する。

$$\Delta L_{dif, sb} = \Delta L_d \quad (3.4)$$

注記：回折補正量の計算結果が -30 dB を超えるような幾何配置では遮音壁の透過音が無視できない場合もあるため、遮音壁の設計には十分な注意を要する。なお、遮音壁の透過音の計算方法については 3.2.9 項に示す。

3.2.3 有限長遮音壁の回折補正量  $\Delta L_{dif, fb}$

有限長遮音壁の計算方法として、上方の回折音だけを考慮する 1パスの方法と、上方と側方の回折音の寄与を合成する方法を示す。

(1) 1パスの方法

図-3.3のような点音源 S と予測点 P を考える。ユニットパターン計算において線分 SP と有限長遮音壁が交差する場合には無限長の遮音壁として式 (3.4) により  $\Delta L_{dif, sb}$  を計算し、交わらない場合には遮音壁が無いものとして(高架道路であれば高欄を遮音壁として)計算する。

(2) 上方と側方の回折音を考慮する方法 [3, 4]

図-3.4に示すように有限長遮音壁 ABCD が、道路端に設置されている場合を考える。遮音壁を含む平面を図のように4本の直線で9分割する。有限長遮音壁 ABCD による回折補正量を  $\Delta L_{dif, fb}$  とし、次式で計算する。

1) 高架道路、盛土道路、切土道路

$$\begin{aligned} \Delta L_{dif, fb} &= \Delta L_{1-5} \\ &= 10 \log_{10} \left\{ 10^{\Delta L_{123}/10} \right. \\ &\quad + \left( 10^{\Delta L_{0-5}/10} - 10^{\Delta L_{123}/10} \right) \\ &\quad \cdot \left. \left( 10^{\Delta L_{146}/10} + 10^{\Delta L_{234}/10} \right) \right\} \quad (3.5) \end{aligned}$$

ここで、 $\Delta L_{ijk\dots}$  は図-3.4の領域  $\Gamma_i, \Gamma_j, \Gamma_k$  が開放の場合(領域  $\Gamma_i, \Gamma_j, \Gamma_k$  以外の領域を半無限長障壁と考えた場合)の  $\Delta L_d$  である。

2) 平面道路

回折補正量  $\Delta L_{dif, fb}$  は有限長障壁 ABCD の挿入損失として与える。挿入損失として回折補正量



図-3.3 1パスの方法

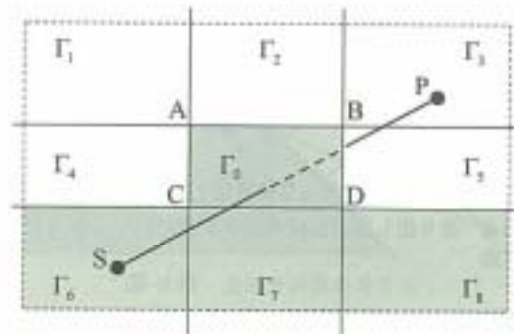


図-3.4 有限長障壁 ABCD の回折計算のための領域分割

を計算する方法については、3.2.8 項を参照。

$$\Delta L_{dif, fb} = \Delta L_{1-5} - \Delta L_{0-5} \quad (3.6)$$

3.2.8 低層遮音壁の回折補正量  $\Delta L_{dif, low}$

平面道路に設置されている高さ 1 m 程度の低層遮音壁の回折補正量  $\Delta L_{dif, low}$  は、遮音壁の挿入損失として次式で計算する。

$$\Delta L_{dif, low} = \Delta L_{d,1} - \Delta L_{d,0} \quad (3.12)$$

ここで、 $\Delta L_{d,1}$  は図-3.10に示す配置において遮音壁先端  $O_1$  を頂点とした場合の  $\Delta L_d$ 、 $\Delta L_{d,0}$  は下端部  $O_0$  を頂点とした仮想障壁の  $\Delta L_d$  である。

文 献

- [3] 山本貢平, 梶田竜太, 高木興一, “有限長障壁に対する音の回折効果の計算方法について,” 音響学会誌, 50, 271-278 (1994).
- [4] K. Takagi, R. Hotta and K. Yamamoto, “A simple method for the calculation of noise attenuation by a finite length barrier,” *Appl. Acoust.*, 43, 353-365 (1994).

資料 2.3 反射音の計算方法

出典：日本音響学会 道路交通騒音調査研究委員会：道路交通騒音の予測モデル“ASJ RTN-Model 2008”，日本音響学会誌，Vol.65，No.4，pp.197-200，2009.

3.5 反射音の計算方法

掘削・半地下構造道路や高架・平面道路併設部の予測では、反射を取り扱う必要がある。その場合、反射面が平坦でその大きさが音の波長に比べて十分大きい場合には鏡面反射として扱ってよい。一方、表面に凹凸がある場合には散乱反射として扱う。

3.5.1 鏡面反射法

(1) 計算式

図-3.15(a)のように音源Sと予測点P及び端部をOとする平坦な半無限反射面を考える。この場合の反射音は、図-3.15(b)に示すように反射面に対するSの鏡像音源S'から反射面と相補的に設定した半無限吸音障壁(仮想障壁)を回折してPに到達する音波と見なす。

この考えに基づく鏡面反射法の計算式を以下に示す。

$$L_{A,refl} = L_{WA} - 8 - 20 \log_{10} r + \Delta L_{refl} + \Delta L_{abs} \quad (3.30)$$

ここで、 $L_{A,refl}$ は反射音のA特性音圧レベル[dB]、 $r$ はS'からPまでの直達距離[m]、 $\Delta L_{refl}$ は反射面の面積が有限であることによる補正量[dB](以下、反射補正量と呼ぶ)、 $\Delta L_{abs}$ は反射面の吸音性に関する補正量[dB](3.5.3項参照)である。

(2) 反射補正量  $\Delta L_{refl}$

$\Delta L_{refl}$ は、以下に示す反射補正量計算の基本量  $\Delta L_r$ を用いて計算する。

1) 反射補正量計算の基本量  $\Delta L_r$

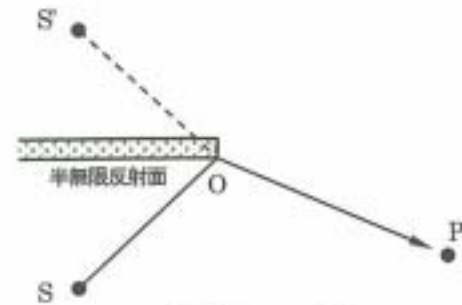
$\Delta L_r$ は、音源の鏡像S'、回折点O、予測点Pとしたときの回折経路S'OPと直達経路S'Pの経路差  $\delta$ [m]を用いて次式で計算する。

$$\Delta L_r = \begin{cases} -20 - 10 \log_{10}(c_{spec} \delta) & c_{spec} \delta \geq 1 \\ -3 - 19.3 - \sinh^{-1}((c_{spec} \delta)^{0.33}) & 0 \leq c_{spec} \delta < 1 \end{cases} \quad (3.31)$$

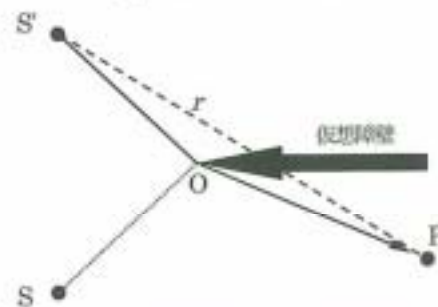
$c_{spec}$ は表-3.2に示した値を用いる。 $\Delta L_r$ と $\delta$ の関係を図-3.16に示す。

2) 半無限反射面での反射補正量  $\Delta L_{refl}$

図-3.15(a)のような半無限反射面での反射補正量  $\Delta L_{refl}$ は、図-3.15(b)のように仮想障壁を設定



(a) 平坦な面での反射



(b) 音源の鏡像S'からの伝搬

図-3.15 半無限平面面による反射音の扱い方

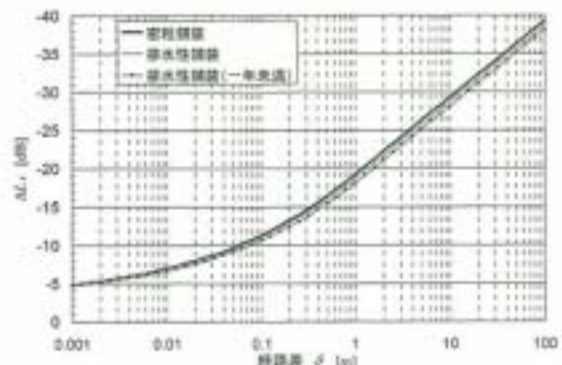


図-3.16  $\Delta L_r$ と経路差 $\delta$ の関係

し次式で計算する。

[図-3.15(b)でPからS'が見えないとき]

$$\Delta L_{refl} = \Delta L_r \quad (3.32)$$

[図-3.15(b)でPからS'が見えるとき]

$$\Delta L_{refl} = 10 \log_{10}(1 - 10^{\Delta L_r/10}) \quad (3.33)$$

3) 帯状反射面での反射補正量  $\Delta L_{refl,slit}$  (スリット法)

図-3.17(a)に示すように、音源Sと予測点P及

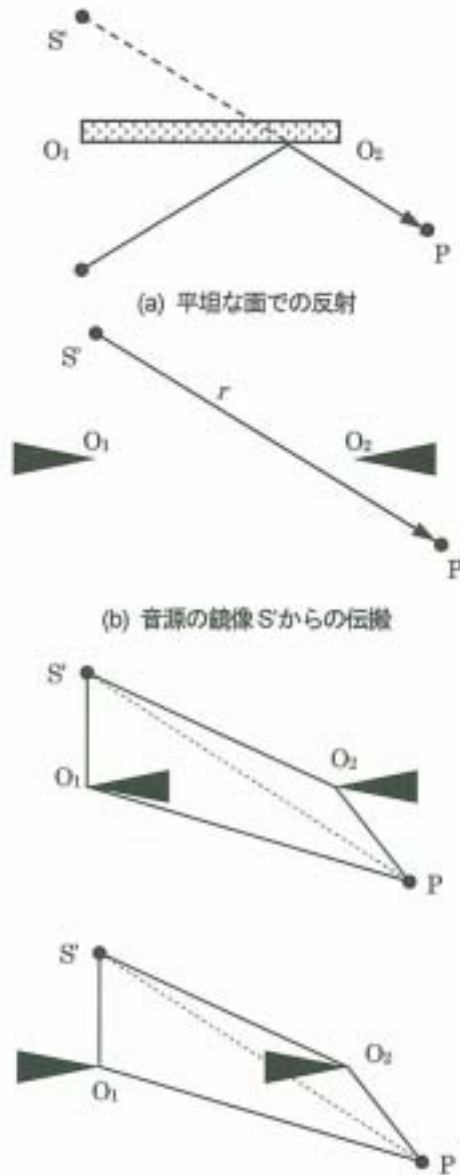


図-3.17 スリット法による反射音の扱い方

### 3) 帯状反射面での反射補正量 $\Delta L_{\text{refl,slit}}$ (スリット法)

図-3.17(a)に示すように、音源Sと予測点P及び平坦で有限幅の反射面  $O_1 \sim O_2$  を考える。この場合の反射音は、図-3.17(b)に示すように反射面に対するSの鏡像音源  $S'$  から反射面と同じ幅の開口(スリット)  $O_1 \sim O_2$  を透過してPに到達する音波と見なすことができる。

開口を透過する音のエネルギーは、図-3.17(c)に示す二つの仮想障壁によって回折する音のエネルギーの差として求める。この方法による反射補正量  $\Delta L_{\text{refl,slit}}$  は次式で計算する。

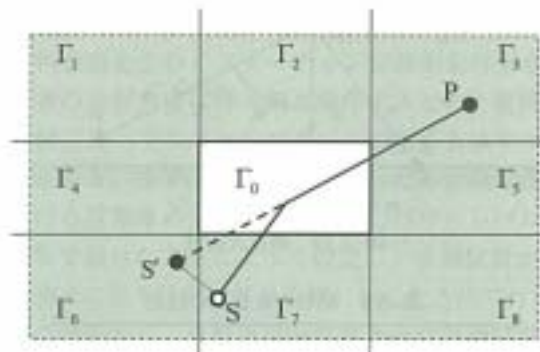


図-3.18 矩形面(領域  $\Gamma_0$ )における反射音の計算

$$\Delta L_{\text{refl,slit}} = 10 \log_{10} \left| \frac{10^{\Delta L_{\text{refl},1}/10}}{10^{\Delta L_{\text{refl},2}/10}} \right| \quad (3.34)$$

ここで、 $\Delta L_{\text{refl},1}$  又は  $\Delta L_{\text{refl},2}$  は  $O_1$  又は  $O_2$  をエッジと考えたときの反射補正量  $\Delta L_{\text{refl}}$  [dB] であり、式(3.32)、式(3.33)で計算する。

### 4) 矩形反射面での反射補正量 $\Delta L_{\text{refl,rect}}$

建物外壁のような矩形面での反射は、その面を無限大障壁に含まれる開口面と見なし、音源Sの鏡像  $S'$  からその開口を透過して予測点Pに到達する音として計算する。

図-3.18に示すように、仮想した無限大障壁を仮想開口面の4辺を延長した直線で9分割する。ここで、領域  $\Gamma_i, \Gamma_j, \Gamma_k$  からの音の寄与を  $D_{ijk}$  と表す。このとき全領域を通して到達するエネルギーに対する矩形開口面(領域  $\Gamma_0$ )から到達するエネルギーの比をレベル表示した反射補正量  $\Delta L_{\text{refl,rect}}$  [dB] は、次式で計算する [13]。

$$\begin{aligned} \Delta L_{\text{refl,rect}} &= 10 \log_{10} D_0 \\ &= 10 \log_{10} (1 - D_{1-8}) \end{aligned} \quad (3.35)$$

ここで、 $D_0$  は領域  $\Gamma_0$  を透過する音の寄与、 $D_{1-8}$  は領域  $\Gamma_1$  から  $\Gamma_8$  ( $\Gamma_0$  以外) を透過する音の寄与であり、 $D_0 + D_{1-8} = 1$  を仮定している。 $D_{1-8}$  は次式により計算する [3]。

$$D_{1-8} = D_{123} + D_{678} + D_4 + D_5 \quad (3.36)$$

$$D_4 = (1 - D_{123} - D_{678}) \times D_{146} \quad (3.37)$$

$$D_5 = (1 - D_{123} - D_{678}) \times D_{358} \quad (3.38)$$

$$D_{ijk} = 10^{\Delta L_{\text{refl},ijk}/10} \quad (3.39)$$

ここで、 $\Delta L_{\text{refl},ijk}$  は領域  $i, j, k$  が「開」で他の領域が「閉」の場合の  $\Delta L_{\text{refl}}$  で、式(3.31)から式



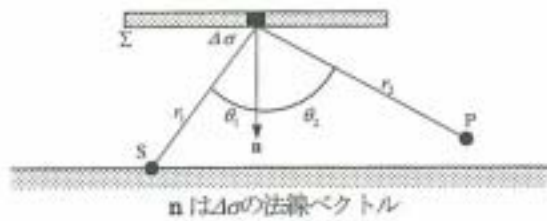


図-3.19 散乱反射法

表-3.5 材料の吸音率の目安

材 料	$\alpha_{A,RTN}$
高架表面吸音板	0.90
掘削側壁吸音板	0.85
吸音型遮音壁 (統一型金属板)	0.75
建物外壁吸音材	0.75
橋脚吸音材	0.70
植栽帯の側面吸音板	0.70
コンクリート面, アスファルト面	0.00~0.02

(3.33) を用いて計算する。

### 3.5.2 散乱反射法

反射面を Lambert の余弦則に従う散乱反射面と仮定して計算する方法である [14]。図-3.19 に示すように、半自由空間中に点音源 S、予測点 P、反射面  $\Sigma$  を考える。P における反射面全体からの反射音の A 特性音圧レベル  $L_{A,refl}$  [dB] は、次式で計算する。

$$L_{A,refl} = L_{WA} - 13 + 10 \log_{10} \int_{\Sigma} \frac{\cos \theta_1 \cdot \cos \theta_2}{r_1^2 \cdot r_2^2} d\sigma + \Delta L_{abs} \quad (3.40)$$

注記：この方法では、反射角  $\theta_2$  が  $90^\circ$  に近づくと反射音のパワーが 0 に近づき、誤差が大きくなるので注意を要する。

### 3.5.3 吸音に関する補正量 $\Delta L_{abs}$

吸音に関する補正量 (吸音補正量)  $\Delta L_{abs}$  [dB] は、次式で計算する。

$$\Delta L_{abs} = 10 \log_{10}(1 - \alpha_{A,RTN}) \quad (3.41)$$

ここで、 $\alpha_{A,RTN}$  は道路交通騒音のスペクトルを考慮した吸音率で、実験により  $\alpha_{A,RTN}$  が得られている場合はその値を用いる。また、表-3.5 に示す吸音材の平均斜入射吸音率の判定基準値 [15, 16] を用いてもよい。

## 文 献

- [3] 山本貢平, 根田電太, 高木興一, “有限長障壁に対する音の回折効果の計算方法について,” 音響学会誌, 50, 271-278 (1994).
- [13] 福島昭則, 山本貢平, “エネルギーの相補性を仮定した回折補正量計算モデルとその応用,” 音響学会騒音・振動研究, N-2006-56 (2006.11).
- [14] ハインリッヒ クットルフ (訳: 藤原恭司, 日高孝之), 室内音響学 (市ヶ谷出版社, 東京, 2003), 第 4 章.
- [15] 平成 7 年度建設技術評価制度公募課題「騒音低減効果の大きい吸音板の開発」.
- [16] 日本道路公団試験研究所, 試験研究所技術手帳騒音の基礎から応用まで (日本道路公団試験研究所, 東京, 2000), p. 89.

資料2.4 建物・建物群背後における騒音

出典：日本音響学会 道路交通騒音調査研究委員会：道路交通騒音の予測モデル“ASJ RTN-Model 2008”，日本音響学会誌，Vol.65，No.4，pp.209-213，2009。

文中の(3.2.3項)及び(3.2.8項)は資料1.2-2，また，(3.5.1項)及び(3.5.3項)は資料1.2-3を参照のこと。

6. 建物・建物群背後における騒音

沿道の建物・建物群の背後では、それらの遮蔽効果によって道路交通騒音は減衰する。その程度を予測するための方法として、本予測モデルでは、単独の建物周辺及び多数の建物が密集している建物群の背後における騒音の予測計算方法を示す。

6.1 単独建物の背後における騒音 [1, 2]

単独の建物が立地している沿道の建物周辺における騒音の予測計算方法として、本予測モデルでは次の方法を示す。

建物は有限長で厚みのある障害物である。単独建物周辺では、建物の遮蔽効果による減衰と壁面による反射音を考慮する必要がある。そこで、有限長遮音壁の回折補正量の計算方法(3.2.3項)及び反射音の計算方法(3.5.1項)を応用し、直接音(回折音)と反射音の寄与を合成して $L_{A0,i}$ を計算する(図-6.1参照)。なお、ここでは建物は直方体と見なしてモデル化している。また、建物壁面の吸音はないものと想定している。

ユニットパターンでの計算は次式による。

$$L_{A,i} = 10 \log_{10} \left( 10^{L_{A0,i}/10} + 10^{L_{A1,i}/10} \right) \quad (6.1)$$

$$L_{A0,i} = L_{WA,i} - 8 - 20 \log_{10} r_{0,i} + \Delta L_{bldg,i} \quad (6.2)$$

$$L_{A1,i} = L_{WA,i} - 8 - 20 \log_{10} r_{1,i} + \Delta L_{b-refl,i} \quad (6.3)$$

ここで、 $L_{A,i}$ は音源 $S_i$ についてのA特性音圧レベル[dB]、 $L_{A0,i}$ は $S_i$ からの直接音(回折音)のA特性音圧レベル[dB]、 $L_{A1,i}$ は $S_i$ からの壁面反射音のA特性音圧レベル[dB]である。また、 $\Delta L_{bldg,i}$ は単独建物の回折補正量[dB]、 $\Delta L_{b-refl,i}$ は反射面である壁面の大きさが有限であることに関する補正量[dB]、 $r_{0,i}$ と $r_{1,i}$ は、音源 $S_i$ 及びその反射面に対する鏡像音源 $S'_i$ から予測点Pまでの直線距離[m]である。

6.1.1 単独建物の回折補正量  $\Delta L_{bldg}$

(1) 1パスの方法

建物の側方回折は考慮せず、上方回折のみを考慮する方法である。図-6.2に示すように、ユニットパターンでの計算において線分SPと建物が交わる場合には厚さ $D$ [m]の厚みのある無限長障壁として考え、式(3.7)で計算した $\Delta L_{dif,d}$ を $\Delta L_{bldg}$

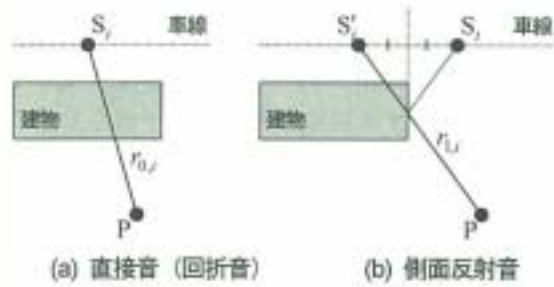


図-6.1 単独建物背後の騒音の計算

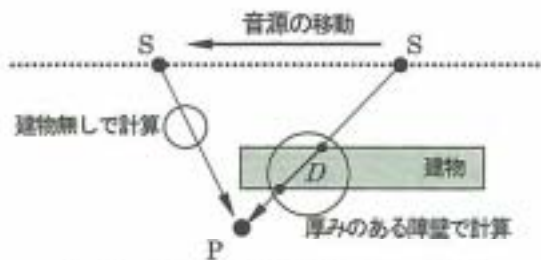


図-6.2 1パスの方法による $\Delta L_{bldg}$ の計算

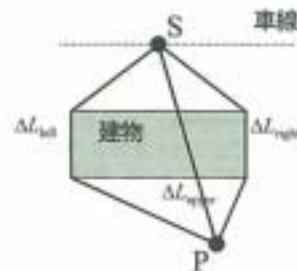


図-6.3 上方と側方の回折を考慮した $\Delta L_{bldg}$ の計算

とする。交わらない場合には建物が無いものとして $\Delta L_{bldg} = 0$ とする。

(2) 上方と側方の回折音を考慮する方法

図-6.3に示すように線分SPが建物と交わる場合には、次式で $\Delta L_{bldg}$ を計算する。なお、交わらない場合には $\Delta L_{bldg} = 0$ とする。

$$\Delta L_{bldg} = 10 \log_{10} \left\{ 10^{\Delta L_{upper}/10} + \left( 1 - 10^{\Delta L_{upper}/10} \right) \times \left( 10^{\Delta L_{left}/10} + 10^{\Delta L_{right}/10} \right) \right\} \quad (6.4)$$

ここで、 $\Delta L_{upper}$ 、 $\Delta L_{left}$ 、 $\Delta L_{right}$ は、それぞれ建物の上方、左方、右方の回折に伴う減衰に関する補正量[dB]であり、最短伝搬経路の経路差を持つ厚みのある無限長障壁として考え、式(3.7)で計算する。

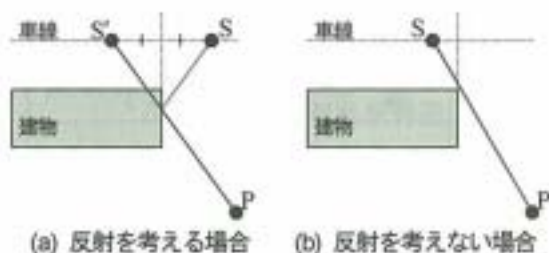


図-6.4 側面反射の取り扱い

### 6.1.2 壁面反射音の補正量 $\Delta L_{b-refl}$

図-6.4に示すような音源S、予測点P、建物の配置を考える。対象とする建物側面（反射面）を含む鉛直平面を考え、この面に対し、(a) SとPが同じ側に位置する場合はSの鏡像音源S'を考えて反射音を計算し、(b) 同じ側でない場合には、反射音は考慮せず、式(6.1)の右辺第2項を省略する。

$\Delta L_{b-refl}$ は、鏡面反射法の矩形反射面での反射補正量  $\Delta L_{refl,rect}$  (3.5.1項(2)の4))と低層遮音壁の回折補正量  $\Delta L_{dif,low}$  (3.2.8項)の考え方をを用いて次式で計算する。

$$\Delta L_{b-refl} = \Delta L_{refl,rect} - \Delta L_{0-5} \quad (6.5)$$

ここで、 $\Delta L_{refl,rect}$ は式(3.35)から式(3.39)により計算する。 $\Delta L_{0-5}$ は図-3.18の領域 $\Gamma_0$ から $\Gamma_8$ までを仮想障壁として式(3.31)から式(3.33)で計算した補正量  $\Delta L_{refl}$ である。

建物側面の吸音が考えられる場合は、3.5.3項に述べる吸音補正量  $\Delta L_{abs}$ を補正する。

## 6.2 建物群背後における騒音

### 6.2.1 概 要

多数の建物が密集している建物群の背後における騒音の予測計算方法として、本予測モデルでは次の三つの方法を示す。

(1) 複数の建物が十分な間隔をおいて立地し、建物間の多重反射の影響が無視できる場合  
予測点Pから道路を見通す角度の和が、およそ $90^\circ$ よりも大きい場合は、6.1節に示す方法を応用して計算する。

(2) (1)以外の場合で、建物群背後における特定点の  $L_{Aeq}$  を求める場合

6.2.2項に示す方法によって計算する。

(3) (1)以外の場合で、建物群背後における評価区間の平均的な  $L_{Aeq}$  を求める場合

6.2.3項に示す方法によって計算する。

### 6.2.2 戸建て住宅群背後における特定点の

$$L_{Aeq}[3,4]$$

平面道路又は盛土道路の沿道に複数の戸建て住宅が立地している場合、住宅群背後の特定点における等価騒音レベル  $L_{Aeq}$  [dB]は、住宅群が存在しない場合の等価騒音レベル  $L_{Aeq,0}$  [dB]と住宅群による減衰に関する補正量  $\Delta L_{bldgs}$  [dB]によって、次式のように表される。

$$L_{Aeq} = L_{Aeq,0} + \Delta L_{bldgs} \quad (6.6)$$

#### (1) 平面道路の場合

道路が平面道路（住宅地と同じ高さにある道路）の場合、住宅群による減衰に関する補正量  $\Delta L_{bldgs,flat}$  [dB] (式(6.6)の  $\Delta L_{bldgs}$  に添え字 flat を付けて表記) は次式で計算する。

$$\Delta L_{bldgs,flat} = p \cdot \Delta L_{bldgs,B} + q \quad (6.7)$$

$$\Delta L_{bldgs,B} = \begin{cases} a \log_{10} \left\{ \frac{3\phi}{2\pi} (1-b) + b \right\} & (\phi \neq 0) \\ a \log_{10} b - 32.8\xi - 0.242H \\ + 0.358d_{road} + 3.60 & (\phi = 0) \end{cases} \quad (6.8)$$

$$a = 74.2e^{-0.174d_{road}} + 4.74 \quad (6.9)$$

$$b = 8.82e^{-0.236d_{road}} \quad (6.10)$$

$$p = -2.05 \times 10^{-2} (h_P - 1.2) + 1 \quad (6.11)$$

$$q = -0.684/h_P + 0.570 \quad (6.12)$$

ただし、 $h_P$ は予測点Pの高さ[m]、 $\phi$ は見通し角[rad]、 $\xi$ は建物率、 $d_{road}$ は予測点Pから道路までの水平距離[m]、 $H$ は建物の高さ[m]である。ここで、 $\phi$ は、水平面において予測点Pから道路への垂線を中心とした頂角 $2\pi/3$ の2等辺3角形(基準3角形)を考えた場合の頂角に対する点Pから道路が見える角度の総和  $\phi = \phi_1 + \phi_2 + \dots$  (図-6.5参照)を、また $\xi$ は、基準3角形の面積に対する立地した住宅面積の合計の割合(図-6.6参照)を表す。

#### (2) 盛土道路の場合

道路が盛土道路（住宅地よりも高い位置にある道路）の場合、住宅群による減衰に関する補正量  $\Delta L_{bldgs,bank}$  [dB] (式(6.6)の  $\Delta L_{bldgs}$  に添え字 bank を付けて表記) は、道路(音源)の高さ  $h_S$  [m]を考慮した次式で計算する。



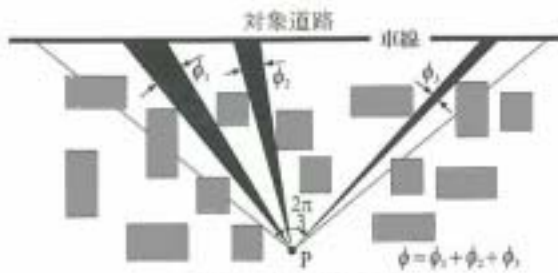


図-6.5 見通し角  $\phi$

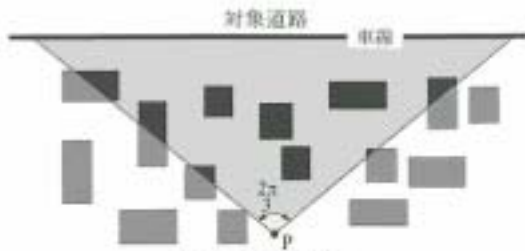


図-6.6 建物率  $\xi$

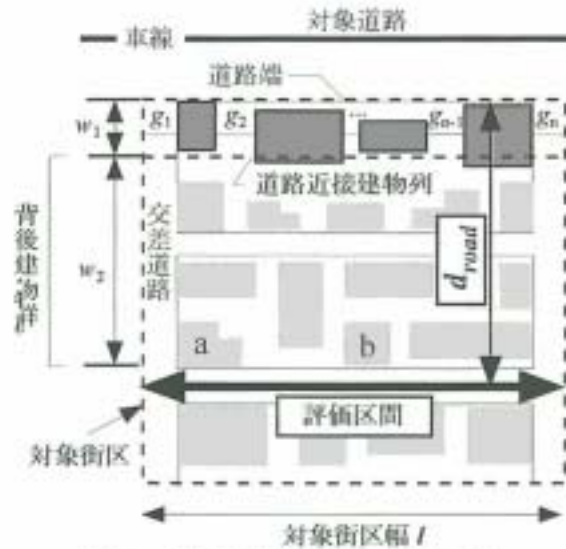


図-6.7 沿道市街地のモデル化 (平面図)

$$\Delta L_{\text{bldgs, bank}} = m \cdot \Delta L_{\text{bldgs, flat}} + n \quad (6.13)$$

$$m = r(h_p - 1.2) + s \quad (6.14)$$

$$n = t(h_p - 1.2) + u \quad (6.15)$$

$$r = -8.21 \times 10^{-4}(h_s - 0.3)^2 + 9.09 \times 10^{-3}(h_s - 0.3) - 1.88 \times 10^{-2} \quad (6.16)$$

$$s = 2.19 \times 10^{-3}(h_s - 0.3)^2 - 4.59 \times 10^{-2}(h_s - 0.3) + 1 \quad (6.17)$$

$$t = 5.16 \times 10^{-3}(h_s - 0.3)^2 - 5.97 \times 10^{-2}(h_s - 0.3) + 5.66 \times 10^{-2} \quad (6.18)$$

$$u = -4.03 \times 10^{-2}(h_s - 0.3)^2 + 4.49 \times 10^{-1}(h_s - 0.3) \quad (6.19)$$

ここで、 $\Delta L_{\text{bldgs, flat}}$  [dB] は、式 (6.7) に  $h_p = 1.2$  を代入して得られる値である。

式 (6.7)、式 (6.13) が有効であるのは、予測点 P が道路から 20~50m の範囲にあり、見通し角  $\phi$  は 0~0.92、建物率  $\xi$  は 0.12~0.39、建物の高さ  $H$  は 4~10m、音源高さ  $h_s$  は 0.3~8.3m、受音点高さ  $h_p$  は 1.2~8.2m に限定され、更に予測点の高さ  $h_p$  は建物の高さ  $H$  以下の条件を満たす場合に限定される。

なお、住宅地内に高さの異なる住宅が混在している場合や住宅の屋根が陸屋根 (水平の屋根) でない場合は、立地している住宅の屋根の平均高さ

を  $H$  とすればよい [5]。

注記：基準 3 角形の外の範囲に立地する住宅群の配置条件も、上記の範囲から大きく逸脱しないこととする。

### 6.2.3 建物群背後における評価区間の平均的な $L_{\text{Aeq}}$ [6-9]

道路からの距離が一定の評価区間 (区間長:  $l$  [m]) における等価騒音レベルのエネルギー平均値  $\overline{L_{\text{Aeq}}}$  [dB] は、建物群が存在しない場合の等価騒音レベル  $L_{\text{Aeq},0}$  [dB] と建物群による減衰に関する補正値の区間平均値  $\overline{\Delta L_{\text{bldgs}}}$  [dB] によって、次式のように表される。

$$\overline{L_{\text{Aeq}}} = L_{\text{Aeq},0} + \overline{\Delta L_{\text{bldgs}}} \quad (6.20)$$

建物群による減衰に関する補正量  $\overline{\Delta L_{\text{bldgs}}}$  は、遮音壁が設置されていない平面道路の場合、図-6.7 のように、騒音の予測・評価のための対象街区 (区間長:  $l$  [m]) を設定し、これを道路近接建物列と背後建物群に大別してモデル化し、 $w_2$ 、 $\alpha$ 、 $\beta$  を用いて次式により計算する。なお、この計算方法では地表面効果を無視している。

$$\overline{\Delta L_{\text{bldgs}}} = 10 \log_{10} \alpha - 0.78 \left( \frac{\beta}{1-\beta} \right)^{0.63} \times w_2^{0.86} \quad (6.21)$$

計算に用いる建物パラメータは表-6.1 のとおりである。

本法は、建物群中を伝搬する音の寄与のみを考慮した予測計算方法である。予測点が高さより高



表-6.1 建物パラメータの定義

$w_1$	道路端から道路近接建物列の平均後面位置までの水平距離 [m]。ある建物の後面位置が道路端より 15 m 以上の場合、道路端より 15 m として計算する。従って、 $w_1 \leq 15$ とする。
$w_2$	道路近接建物列の平均後面位置から評価区間の直前の建物 (図-6.7 では建物 a、b が相当する) の後面位置までの水平距離 [m]。背後建物群の奥行きを表す。
$\alpha$	道路近接建物列の間隙率。次式で定義される。 $\alpha = \left( \sum_{i=1}^n g_i \right) / l$ <p>ここで、<math>l</math> は対象街区幅 [m] を、<math>g_i</math> (<math>i = 1 \sim n</math>) は道路近接建物列の <math>i</math> 番目の建物間隔 [m] を表す。<math>g_1</math>、<math>g_n</math> は、評価区間の両端 (一般的には、市街地外周の交差道路の中心線) から最も近い建物側壁面までの距離を示す。また、<math>g_2 \sim g_{n-1}</math> は隣接する建物間の最短距離とする。</p>
$\beta$	背後建物群の建物密度。次式で定義される。 $\beta = \frac{A_2}{w_2 l}$ <p>ここで、<math>A_2</math> [m<sup>2</sup>] は背後建物群中の建物の建築面積の和を表す。<math>\beta</math> は同一街区でも評価区間位置 (<math>d_{eval}</math>) により異なる。</p>

い場合や、遮音壁の設置された高架道路、盛土道路に対する騒音予測では、建物群の上方を伝搬する音の寄与も併せて考慮する必要がある。その方法は文献 [6, 8, 9] を参照。

#### 文 献

- [1] 上坂克巳, 大西博文, 三宅龍雄, 高木興一, “幹線道路に面した単独建物後方の騒音レベルの計算方法,” 騒音制御, 23, 189-199 (1999).
- [2] 上坂克巳, 大西博文, 三宅龍雄, 高木興一, “道路に直面した単独建物および建物列後方における等価騒音レベルの簡易計算方法,” 騒音制御, 23, 430-440 (1999).
- [3] 藤本一寿, 山口晃治, 中西敏郎, 穴井 謙, “平面道路に面する地域における戸建て住宅群による道路交通騒音減衰量の予測法,” 音響学会誌, 63, 309-317 (2007).
- [4] 山口晃治, 藤本一寿, 穴井 謙, 平塚靖浩, “盛土道路に面する地域における戸建て住宅群による道路交通騒音減衰量の予測法,” 騒音制御, 33, 153-161 (2009).
- [5] 藤本一寿, 穴井 謙, 塚谷賢志, 関藤大樹, “戸建て住宅群による道路交通騒音の減衰一切表係数および高さが異なる住宅群への適用,” 音響学会騒音・振動研究, N-2003-64 (2003).
- [6] 上坂克巳, 大西博文, 千葉 隆, 高木興一, “道路に面した市街地における区間平均等価騒音レベルの計算方法,” 騒音制御, 23, 441-451 (1999).
- [7] 上坂克巳, 木村健治, 大西博文, 千葉 隆, 高木興一, “平面道路に面した市街地における区間平均等価騒音レベルの簡易計算方法,” 騒音制御, 25, 233-242 (2001).
- [8] 上坂克巳, 木村健治, 並河良治, 大西博文, 千葉 隆, 高木興一, “盛土道路の沿道市街地における  $L_{Aeq}$  計算方法の実測値による検証,” 騒音制御工学会研究発表会講演集, pp. 261-264 (2001.9).
- [9] 上坂克巳, 木村健治, 並河良治, 千葉 隆, 高木興一, “沿道市街地における区間平均等価騒音レベルの簡易計算方法—遮音壁の設置された道路を対象として—,” 騒音制御工学会研究発表会講演集, pp. 105-108 (2002.9).

資料 2.5 建設機械の騒音源データ

表 2.5-1 (1) 建設機械の騒音源データ

時間変動特性	機械名	作業内容	規格	$L_{WA,eff}$ [dB]	$L_{A,eff,10m}$ [dB]	$L_{A5,10m}$ [dB]	騒音源の高さ [m]	標準稼働時間 [h]
時間変動特性	ブルドーザ	サンドマット	3.2t	100	72	77	1.3	5.2
		盛土敷き均し	15t	103	75	78	1.5	5.2
		—	16t			84	1.5	5.2
		サンドマット	18t	108	80	85	1.6	6.9
		—	21t			86	1.6	6.9
		—	32t			87	1.7	6.9
	油圧クローラドリル	軟岩掘削	38.5t	110	82	86	1.7	6.9
		硬岩掘削		115	87		施工条件による	4.8
	岩盤切削機	硬岩掘削	895kW	114	86		1.7	—
	バックホウ	土砂掘削	0.7m <sup>3</sup>	101	73	77	1.2	6.2
		土砂掘削	0.8m <sup>3</sup>	102	74	78	1.5	6.2
		法面整形(盛土)	0.8m <sup>3</sup>	111	83	90	施工条件による	6.2
		軟岩掘削	1.2m <sup>3</sup>	103	75	78	1.5	6.2
		土砂掘削積み込み	1.4m <sup>3</sup>	104	76	81	1.6	6.2
		軟岩掘削	1.6m <sup>3</sup>	103	75	79	1.8	6.2
	クラムシェル	深礎工	0.5m <sup>3</sup>	103	75	80	1.5	6.4
		深礎工	0.7m <sup>3</sup>	106	78	83	1.5	6.4
	スラリープラント	スラリー攪拌	20m <sup>3</sup> /h	96	68	72	1.0	—
	ホイールローダ	1.1m <sup>3</sup> 未満		102		79	1.5	4.5
2.2m <sup>3</sup>			107		84	1.6	4.5	
スタビライザ	路床安定処理	16.1t	110	82	85	1.5	5.0	
	路床安定処理	24.5t	113	85	88	1.6	5.0	
ボウリングマシン	アンカ削孔	φ95~165	116	88	94	施工条件による	—	
変動騒音	サンドコンパクション	サンドコンパクション						
		パイル	155ps	108	80	81	施工条件による	5.8
	ロードローラ		10~12t	104		76	1.2	5.3
			10t	93	65	69	1.2	5.3
				98	70	73	1.2	5.3
	タイヤローラ		10t	104		76	1.2	4.9
			13.5t	98	70	74	1.2	4.9
			20.5t	91	63	67	1.2	4.9
			10t	98	70	74	1.6	5.6
	振動ローラ		3t			81	0.9	4.5
			4t			82	0.9	4.5
			6t			84	1.0	4.5
			10t			86	1.5	4.5
	パイプロハンマ		40kW	110		88	施工条件による	6.6
			60kW	110		88	施工条件による	6.6
	油圧圧入引抜機					68	施工条件による	—
	アースオーガ			104		79	施工条件による	5.5
	オールケーシング掘削機			109		86	施工条件による	6.2
	トラッククレーン	鋼橋仮設	120t 吊り	101	73	74	2.2	5.7
コンクリート橋仮設		120t 吊り	98	70		2.2	5.7	
鋼桁仮設		200t 吊り	98	70	72	2.2	5.8	
鋼橋仮設		360t 吊り	100	72	77	2.3	5.8	
クローラクレーン	コンクリート橋仮設	360t 吊り	103	75	79	2.3	5.8	
	鉄筋かご建て込み	55t 吊り	97	69	73	1.8	5.6	
ラフテレーンクレーン	コンクリート橋仮設	80t 吊り	98	70	73	2.2	5.6	
	鋼橋仮設(搬入・地組)	50t 吊り	108	80	89	1.0	5.7	
コンクリート製造プラント	コンクリートミキシング	3m <sup>3</sup> × 2	108	80	83	—	7.5	

表 2.5-1 (2) 建設機械の騒音源データ

時間変動特性	機械名	作業内容	規格	$L_{WA}$ [dB]	$L_{A,10m}$ [dB]	騒音源の高さ [m]	標準稼働時間 [h]	
定常騒音	コンクリートカッタ		45 cm	106		0.0	—	
			80 cm	106		0.0	—	
	空気圧縮機		$\leq 5 \text{ m}^3/\text{min}$	101		0.6	—	
			$5 \sim 15 \text{ m}^3/\text{min}$	105		1.0	—	
	発動発電機		$\leq 50 \text{ kVA}$	98		0.7	—	
			$50 \sim 150 \text{ kVA}$	102		1.3	—	
		リバースサーキュレーション			103		施工条件による	7.2
		グラウトポンプ		65 l/min	84		1.0	—
種子吹き付け機			$4 \text{ m}^3$	107		施工条件による	6.9	
	ボーリングマシン		5.5 kW	96		施工条件による	—	

時間変動特性	機械名	作業内容	規格	$L_{JA}$ [dB]	$L_{AE,10m}$ [dB]	$L_{WAeff}$ [dB]	$L_{Aeff,10m}$ [dB]	$L_{A,Fmax,10m}$ [dB]	騒音源の高さ [m]	標準稼働時間 [h]
非常常衝撃騒音	ブレーカ (大型)					120	92	96	114	—
	ロータリーパーカッション	グラウチング孔				110	82		施工条件による	4.8
		鋼橋仮設ボルト締め				115	87	95	施工条件による	—
	インパクトレンチ	鋼橋仮設ボルト仮締め				108	80	89	施工条件による	—
		ドリフトピン打ち				112	84	94	施工条件による	—

時間変動特性	機械名	作業内容	規格	$L_{JA}$ [dB]	$L_{AE,10m}$ [dB]	$L_{WAeff}$ [dB]	$L_{Aeff,10m}$ [dB]	$L_{A,Fmax,10m}$ [dB]	騒音源の高さ [m]	標準稼働時間 [h]	
分離衝撃騒音	油圧ショベル	法面整形 (盛土)	$0.7 \text{ m}^3$			103	75	91	施工条件による	6.2	
			$0.35 \text{ m}^3$			118	90	101	施工条件による	6.2	
		法面整形 (盛土突き固め)	$0.7 \text{ m}^3$			105	77	92	施工条件による	6.2	
			$0.8 \text{ m}^3$			112	84	94	施工条件による	6.2	
	ディーゼルハンマ		4.5 t			133	105	112	施工条件による	6.0	
			不明			134	106	110	施工条件による	6.0	
	油圧ハンマ		4.5 t			134	106	114	施工条件による	6.0	
			杭打ち	7 t			119	91	100	施工条件による	6.1
			中掘杭の打ち止め	7 t			121	93	102	施工条件による	6.1
			杭打ち	11 t			119	91	101	施工条件による	6.1
		鋼管下杭打設	10 t			127	99	110	施工条件による	6.1	
		ヤットコ打ち	10 t			125	97	109	施工条件による	6.1	

- 注 1) コンクリートカッタ, 空気圧縮機, 発動発電機の  $L_{WA}$ , ホイールローダの  $L_{WAeff}$  は, 低騒音型建設機械の判定基準値 [6] を参考にして設定した。
- 注 2) 騒音の時間変動特性は, データが採取されたときの変動特性で記入しているが, 現場条件やデータ採取のタイミングが変わると別の見方をしなければならないものがある。
- 注 3) 標準的稼働時間は, 建設機械等損料表 [8] により, 該当機械の「年間標準運転時間」を「年間標準運転日数」で除して求めた。運転時間は, 機械が目的作業のために使用される時間で, 機械の実作業時間の他に, 組み合わせ作業における一時的な待ち時間やエンジンの空転時間を含んでおり, 一般に機械の実作業時間より大きな値である。また, 運転日数は, 運転時間の多少にかかわらず, 目的作業のために機械が実際に運転される日を通算した日数である。従って, 本表に示す騒音源データの値が, 標準稼働時間の間連続して発生している訳ではないことに注意が必要である。
- 注 4) 分離衝撃騒音の欄の  $L_{WAeff}$  又は  $L_{Aeff,10m}$  は, 分離衝撃騒音が連続的に発生している状態について求めた値である。
- 注 5) 騒音源高さは, 0 m 及び施工条件によるものを除き, 日本建設機械要覧 [9] により該当する建設機械の主要寸法を参考として推定した。

出典: 日本音響学会建設工事騒音予測調査研究委員会, 建設工事騒音の予測モデル“ASJ CN-Model 2007” - 日本音響学会建設工事騒音予測調査研究委員会報告 -, 日本音響学会誌 64 巻 4 号, pp. 229-260, 2008.

資料2.6 工事の区分ごとの工種及びユニットの騒音源データ (参考)

種別	ユニット	A 特性実効音響パワーレベル	評価量	補正值
		$L_{WAeff}$ [dB]	記号	$\Delta L$ [dB]
掘削工	土砂掘削	103	$L_{A5}$	5
	軟岩掘削	113	$L_{A5}$	6
	硬岩掘削	116	$L_{A5}$	5
盛土工 (路体, 路床)	盛土 (路体, 路床)	108	$L_{A5}$	5
	法面整形 (盛土部)	100	$L_{A5}$	5
	法面整形 (掘削部)	105	$L_{A5}$	5
路床安定処理工	路床安定処理	108	$L_{A5}$	5
サンドマット工	サンドマット	105	$L_{A5}$	5
バーチカルドレーン	サンドドレーン・袋詰めサンドドレーン	110	$L_{A5}$	5
締固改良工	サンドコンパク	111	$L_{A5}$	5
	ションパイル			
固結工	高圧噴射攪拌	103	$L_{A5}$	3
	粉体噴射攪拌	103	$L_{A5}$	3
	薬液注入	107	$L_{A5}$	6
法面吹付工	法面吹付	103	$L_{A5}$	3
植生工	客土吹付	101	$L_A$	—
アンカ工	アンカ	114	$L_{A5}$	6
現場打擁壁工				
現場打カルバート工	コンクリートポンプ車を使用したコンクリート工	105	$L_{A5}$	5
RC 躯体工				
現場打躯体工				
既製杭工	ディーゼルパイルハンマ	134	$L_{A,Fmax,5}$	9
	油圧パイルハンマ	121	$L_{A,Fmax,5}$	8
	中掘り工	103	$L_{A5}$	5
鋼管矢板基礎工	油圧パイルハンマ	126	$L_{A,Fmax,5}$	9
	中掘り工	109	$L_{A5}$	5
場所打杭工	オールケーシング工	106	$L_{A5}$	6
	硬質地盤オールケーシング	110	$L_{A5}$	5
	リバースサーキュレーション工	103	$L_{A5}$	3
	アースドリル工	106	$L_{A5}$	5
	アースオーガ工	101	$L_{A5}$	5
	ダウンザホールハンマ工	119	$L_{A5}$	6
	深礎工	深礎工 (機械掘削)	103	$L_{A5}$
土留・仮締切工	鋼矢板 (パイプロハンマ工)	112	$L_{A5}$	6
	鋼矢板 (高周波パイプロハンマ工)	113	$L_{A5}$	5
	鋼矢板 (ウォータージェット併用パイプロハンマ工)	114	$L_{A5}$	5
	鋼矢板 (オールケーシング併用パイプロハンマ工)	106	$L_{A5}$	5
	鋼矢板 (油圧圧入引抜工)	102	$L_{A5}$	5
	鋼矢板 (アースオーガ併用圧入工)	102	$L_{A5}$	5
オープンケーソン工		106	$L_{A5}$	5
ニューマチックケーソン工		104	$L_{A5}$	5
地中連続壁工	地中連続壁	107	$L_{A5}$	3
架設工	鋼橋架設	118	$L_{A,Fmax,5}$	8
	コンクリート橋架設	100	$L_{A5}$	5
掘削工 (トンネル)	トンネル機械掘削	109	$L_{A5}$	3
掘削工 (トンネル)	掘削工 (ずり出し)	110	$L_{A5}$	6
構造物取壊し工	構造物取り壊し	119	$L_{A,Fmax,5}$	8
	構造物取り壊し (圧砕機)	105	$L_{A5}$	5
	構造物取り壊し (自走式破砕機による殻の破砕)	111	$L_{A5}$	3
旧橋撤去工	旧橋撤去	119	$L_{A,Fmax,5}$	8
アスファルト舗装工				
コンクリート舗装工	上層・下層路盤	102	$L_{A5}$	6
	表層・基層	106	$L_{A5}$	5
コンクリート舗装工	コンクリート舗装	106	$L_{A5}$	5

補正值: A 特性実効音響パワーレベルから求まる実効騒音レベルをもとに, 騒音規制法に規定されている評価量を推定するための補正值

出典: 日本音響学会建設工事騒音予測調査研究委員会, 建設工事騒音の予測モデル "ASJ CN-Model 2007" - 日本音響学会建設工事騒音予測調査研究委員会報告 -, 日本音響学会誌 64 巻 4 号, pp.229-260, 2008.

資料 2.7 鉄道軌道騒音の予測方法

1. 高架構造区間

高架構造区間の予測方法としては、(財)鉄道総合技術研究所による「常磐新線における鉄道騒音の予測」の提案式(M法)と東京都建設局で提案されている予測式(I法)がある。最近提案され、考慮する音源も多く、汎用性が広いのはM法である。

M法の予測基本式は、次に示すとおりである。

(1) 転動音( $L_1$ )= $[PWL_1+30\log_{10}(V/100)] - 8+10\log_{10}[(2/r_1)\tan^{-1}(l/2r_1)] + \alpha_d - \Delta L$

$PWL_1$  : バラスト軌道では 100dB(A), スラブ軌道では 105dB(A)

$l$  : 列車長 (m)

$r_1$  : 最寄りの軌道(レールレベル高さ)と受音点との距離(m)(図 2.7-1 参照)

$V$  : 列車速度 (km/h)

$\alpha_d$  : 防音壁の遮音効果(図 2.7-2 参照)

$\Delta L$  : 家屋密度による補正值(図 2.7-3 参照)

(2) 構造物音( $L_2$ )= $[85 + 20\log_{10}(V/100)] - 8+10\log_{10}[(2/r_2)\tan^{-1}(l/2r_2)] - \Delta L$

$l$  : 列車長 (m)

$r_2$  : 受音点と高架橋下面中心との距離(m)

$V$  : 列車速度 (km/h)

(3) 車両発生音( $L_3$ )

=  $[PWL_3+60\log_{10}(nV/100)+10\log_{10}(l_M/l)] - 8+10\log_{10}[(2/r_1)\tan^{-1}(l/2r_1)] + \alpha_d - \Delta L$

$PWL_3$  : 外扇型では 62dB(A), 内扇型では 52dB(A)

$n$  : ギヤ比

$l_M$  : モーター車両の長さの合計 (m)

(4) 総合音(合成音)

転動音( $L_1$ )と構造物音( $L_2$ )及び車両発生音( $L_3$ )より、鉄道軌道騒音レベル合成音をピーク騒音レベルとして求める。

$L_{Amax} = 10\log_{10}(10^{(L_1/10)} + 10^{(L_2/10)} + 10^{(L_3/10)})$

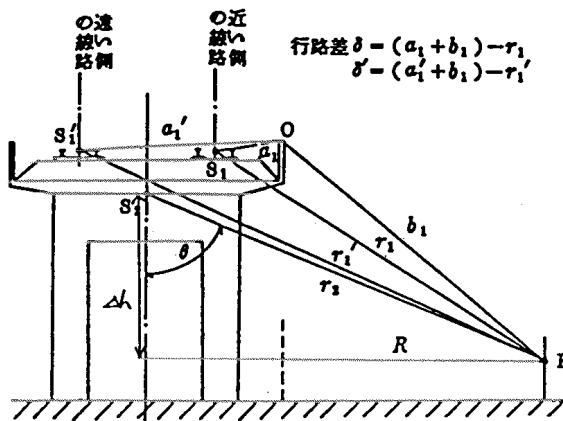


図 2.7-1 高架鉄道騒音の伝搬経路(転動音, 構造物音)

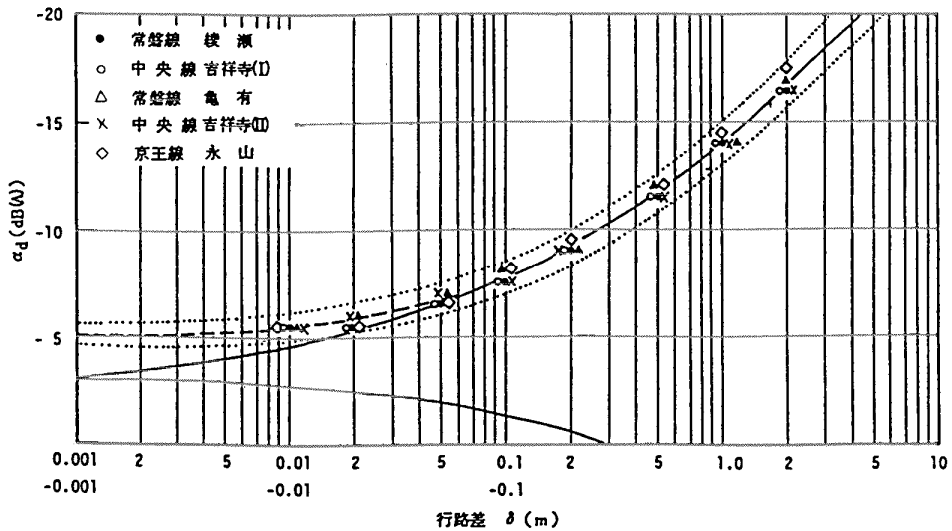


図 2.7-2 防音壁遮音効果 ( d ) を求める計算図表

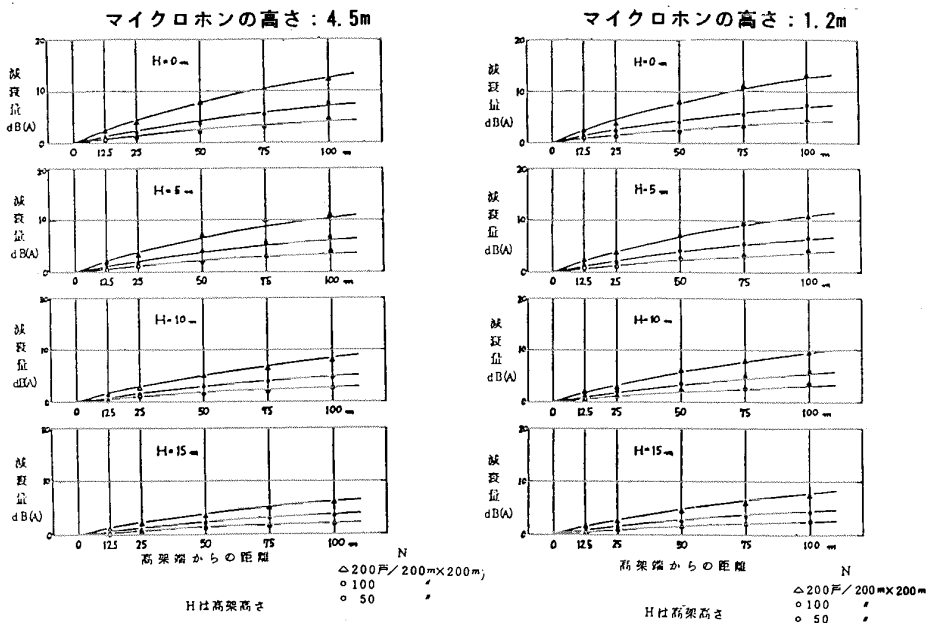


図 2.7-3 家屋密度と超過減衰量 ( 4 L )

2. 鋼橋区間

前記M法が適用できる構造形式は、鉄筋コンクリート・ラーメン構造に限られ、鋼橋には適用できない。そこで、鋼橋区間については類似構造を持つ橋梁について実測を行い、転動音と構造物音のパワーレベルを求め、高架構造予測基本式に適用して予測式を作成する。

( 1 ) 転動音と構造物音のパワーレベルの検討

実測結果を基に転動音と構造物音のパワーレベルについて列車速度との関係式を検討し求める。なお、転動音と構造物音の基本式は、次のとおりである。

基本式

(7) 転動音

[転動音の理論式]

$$L_1(r) = PWL_A - 8 + 10 \log_{10}[(2/r_1) \tan^{-1}(l/2r_1)] + \alpha_d - \Delta L \quad \dots\dots\dots (1) \text{式}$$

[転動音パワーレベル]

$$PWL_A(V) = PWL_1(V_0) + 30 \log_{10}(V/V_0) \quad \dots\dots\dots (2) \text{式}$$

$PWL_A$  : 線路方向単位長さ ( 1 m ) 当たりの転動音の音源パワーレベル ( dB(A) )

$V$  : 予測条件における想定列車速度 ( km/h )

$V_0$  : 基準列車速度 ( km/h )

$PWL_1(V_0)$  : 列車速度  $V_0$  における転動音パワーレベル ( dB(A) )

(1) 構造物音

[構造物音の理論式]

$$L_2(r) = PWL_B - 8 + 10 \log_{10}[(2/r_2) \tan^{-1}(l/2r_2)] - \Delta L \quad \dots\dots\dots (3) \text{式}$$

[構造物音パワーレベル]

$$PWL_B(V) = PWL_2(V_0) + 20 \log_{10}(V/V_0) \quad \dots\dots\dots (4) \text{式}$$

$PWL_B$  : 構造物の単位長さ当たりの構造物音のパワーレベル ( dB(A) )

$V$  : 予測条件における想定列車速度 ( km/h )

$V_0$  : 基準列車速度 ( km/h )

$PWL_2(V_0)$  : 列車速度  $V_0$  における構造物音パワーレベル ( dB(A) )

転動音・構造物音モデル式の設定

(7) 転動音パワーレベル ( $PWL_1$ )

転動音パワーレベル ( $PWL_1$ ) の設定は、図 2.7-4 に示すフローのとおりである。

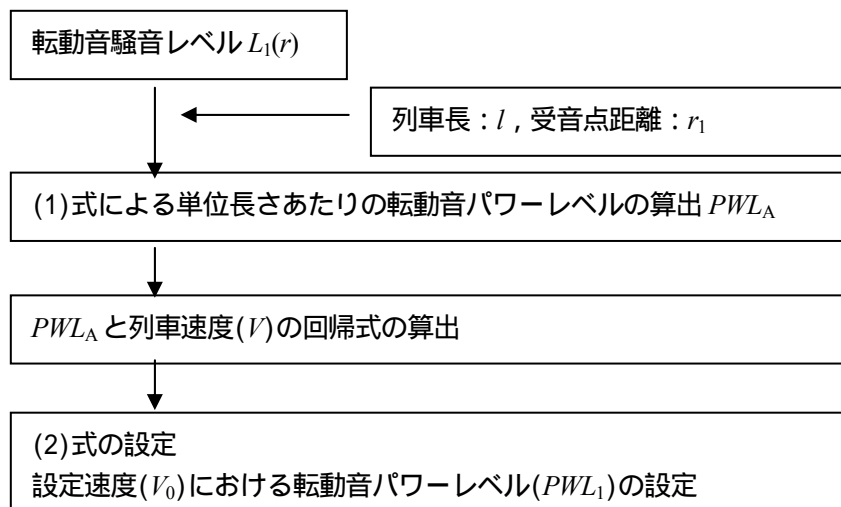


図 2.7-4 転動音パワーレベル ( $PWL_1$ ) 等の設定フロー

- (イ) 転動音パワーレベル( $PWL_A$ )と列車速度( $V$ )の回帰式の算出  
 実測結果に基づく転動音パワーレベル( $PWL_A$ )と列車速度の回帰式の例を図 2.7-5 に示す。

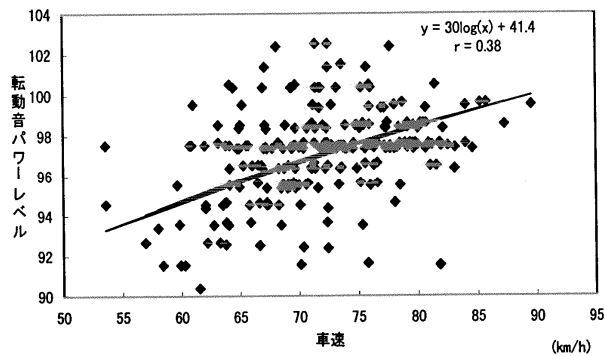


図 2.7-5 転動音パワーレベルの回帰式 (例)

回帰式より、 $Y=30\log_{10}(X)+41.4$  dB(A)となり、仮に計画設定速度  $V_0=65$ km/h で、(2)式は、  
 $PWL_A = 95.8$  dB(A) +  $30\log_{10}(V/65)$

と表すことができ、転動音のモデル式は次のとおりとなる。

$$L_1(r) = 95.8 + 30\log_{10}(V/65) - 8 + 10\log_{10}[(2/r_1)\tan^{-1}(1/2r_1)] + \alpha_d - \Delta L$$

この式は、予測対象鋼橋と類似構造を持つ橋梁において、実測による回帰式を作成し、計画設定速度  $V_0=65$ km/h とした場合のモデル式である。

- (ウ) 構造物音パワーレベル( $PWL_2$ )  
 構造物音パワーレベル( $PWL_2$ )の設定は、図 2.7-6 に示すフローのとおりである。

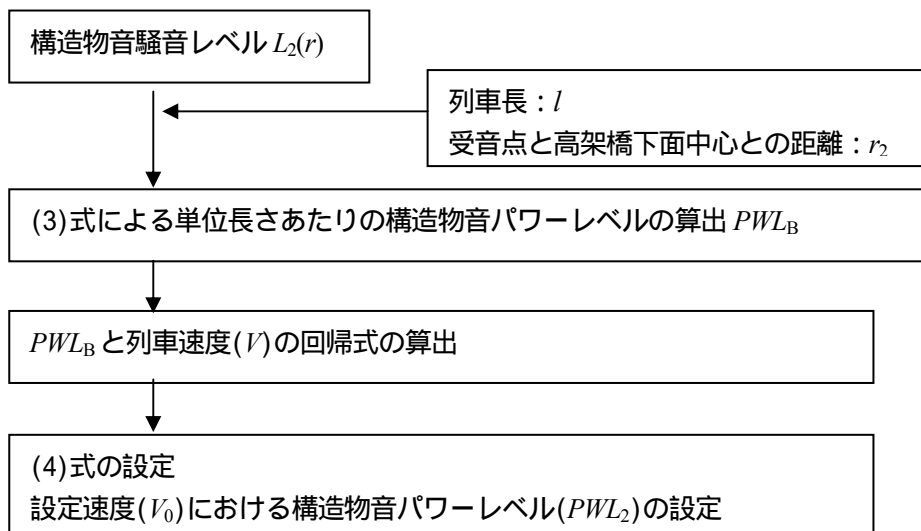


図 2.7-6 構造物音パワーレベル( $PWL_2$ )等の設定フロー



(I) 構造物音パワーレベル( $PWL_B$ )と列車速度( $V$ )の回帰式の算出

実測結果に基づく構造物音パワーレベル( $PWL_B$ )と列車速度の回帰式の例を図2.7-7に示す。

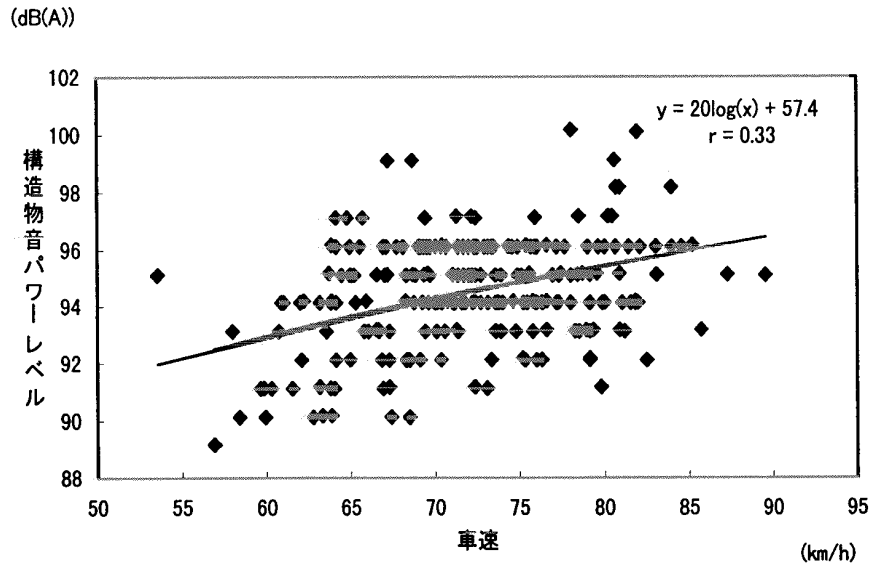


図 2.7-7 構造物音パワーレベルの回帰式 (例)

回帰式より  $Y=20\log_{10}(X)+57.4$  dB(A)となり、仮に計画設定速度  $V_0=65$ km/h で、(4)式は、  
 $PWL_B = 93.7$  dB(A) +  $20\log_{10}(V/65)$   
 と表すことができ、構造物音のモデル式は次のとおりとなる。

$$L_2(r) = 93.7 + 20\log_{10}(V/65) - 8 + 10\log_{10}[(2/r_2)\tan^{-1}(1/2r_2)] - \Delta L$$

この式は、予測対象鋼橋と類似構造を持つ橋梁において、実測による回帰式を作成し、計画設定速度  $V_0=65$ km/h とした場合のモデル式である。

以上の検討結果より、転動音と構造物音は次式で表せる。

転動音( $L_1$ )の参考例<sup>(注)</sup>

$$L_1 = 95.8 + 30\log_{10}(V/65) - 8 + 10\log_{10}[(2/r_1)\tan^{-1}(1/2r_1)] + ad - \Delta L$$

構造物音( $L_2$ )の参考例<sup>(注)</sup>

$$L_2 = 93.7 + 20\log_{10}(V/65) - 8 + 10\log_{10}[(2/r_2)\tan^{-1}(1/2r_2)] - \Delta L$$

(注) この式は、予測対象鋼橋と類似構造を持つ橋梁において、実測による回帰式を作成し、計画設定速度  $V_0=65$ km/h とした場合のモデル式である。

車両発生音と総合音(合成音)は、高架構造の予測と同様に、次式で表せる。

車両発生音( $L_3$ )

$$L_3 = [PWL_3 + 60\log_{10}(nV/100) + 10\log_{10}(l_M/l)] - 8 + 10\log_{10}[(2/r_1)\tan^{-1}(1/2r_1)] + ad - \Delta L$$

総合音(合成音)

転動音( $L_1$ )と構造物音( $L_2$ )及び車両発生音( $L_3$ )より、鉄道軌道騒音レベル合成音をピーク騒音レベルとして求める。

$$L_{Amax} = 10\log_{10}(10^{(L_1/10)} + 10^{(L_2/10)} + 10^{(L_3/10)})$$

単発騒音暴露レベルの算出

ピーク騒音レベル( $L_{Amax}$ )から、単発騒音暴露レベルを求める。

$$L_{AE} = L_{Amax} + 10\log_{10}(3.6S/V)$$

$L_{AE}$  : 単発騒音暴露レベル (dB(A))

- $L_{Amax}$  : ピーク騒音レベル (dB(A))
- $S$  : 列車長 (m)
- $V$  : 列車速度 (km/h)

#### 等価騒音レベルの算出

「在来鉄道の新設又は大規模改良に際しての騒音対策の指針」(環境庁大気保全局自動車環境対策第一課, 1995)により示された指針値(等価騒音レベル  $L_{Aeq}$ )と比較するため, 前項 で求めた単発騒音暴露レベルから等価騒音レベルを算出する。

$$L_{Aeq,T} = 10 \log_{10} [(\sum_{i=1}^n 10^{L_{AEi}/10})/T]$$

- $L_{Aeq,T}$  : 等価騒音レベル (dB(A))
- $L_{AEi}$  : 1本ごとの単発騒音暴露レベル (dB(A))
- $n$  :  $L_{Aeq,T}$ の対象としている時間における運転本数(本)
- $T$  :  $L_{Aeq,T}$ の対象としている時間(秒)
  - 昼間の場合(7~22時)  $T=54,000$
  - 夜間の場合(22~翌7時)  $T=32,400$

資料 2.8 騒音に係る環境基準等

表 2.8-1 騒音に係る環境基準  
(平成 10 年 9 月 30 日環境庁告示第 64 号)

< 騒音に係る環境基準 >

地域の 類型	時間の区分		該 当 地 域
	昼 間 ( 6 <sup>00</sup> ~ 22 <sup>00</sup> )	夜 間 ( 22 <sup>00</sup> ~ 6 <sup>00</sup> )	
AA	50 デシベル以下	40 デシベル以下	仙台市青葉区荒巻字青葉の第 2 種中高層住居専用地域の 内、文教地区(公園区域を除く)
A 及び B	55 デシベル以下	45 デシベル以下	仙台市他 25 市町村( )の区域で第 1 種・第 2 種低層住 居専用地域、第 1 種・第 2 種中高層住居専用地域、仙台市 の第 1 種・第 2 種住居地域、準住居地域、近隣商業地域(一 部地域に限る)、他 25 市町村の第 1 種・第 2 種住居地域、 準住居地域
C	60 デシベル以下	50 デシベル以下	仙台市及び仙台市外 25 市町村( )の区域で近隣商 業地域( B の項に掲げる地域を除く。)、商業地域、 準工業地域及び工業地域等の地域

( ) 仙台市他 25 市町村: 仙台市、石巻市、塩竈市、気仙沼市、白石市、名取市、角田市、多賀城市、岩沼市、登米市、栗原市、東松島市、  
大崎市、大河原町、村田町、柴田町、亘理町、松島町、七ヶ浜町、利府町、大和町、富谷町、大衡村、美里町、  
女川町、南三陸町

平成 20 年 3 月 31 日現在

< 「道路に面する地域」の騒音に係る環境基準 >

地 域 の 区 分	時 間 の 区 分	
	昼 間	夜 間
A 地域のうち 2 車線以上の車線を有する道路に面する地域	60 デシベル以下	55 デシベル以下
B 地域のうち 2 車線以上の車線を有する道路に面する地域 及び C 地域のうち車線を有する道路に面する地域	65 デシベル以下	60 デシベル以下

ただし、幹線交通を担う道路に近接する空間については、上表にかかわらず、特例として次表の基準値の欄に掲げるとおりとする。

< 「幹線交通を担う道路に近接する空間」の騒音に係る環境基準 >

地 域 の 区 分	時 間 の 区 分	
	昼 間	夜 間
A, B 及び C 地域	70 デシベル以下	65 デシベル以下
備考 個別の住居等において騒音の影響を受けやすい面の窓を主として閉めた生活が営まれていると認められるときは、屋内へ透過する騒音に係る基準(昼間にあっては 45 デシベル以下、夜間にあっては 40 デシベル以下)によることができる。		

(注) 環境庁大気保全局長通知(平成 10 年 9 月 30 日付け環大企第 257 号)

1. 「幹線交通を担う道路」とは、高速自動車国道、一般国道、都道府県道及び市町村道(市町村道にあつては 4 車線以上の区間に限る。)等。
2. 「幹線交通を担う道路に近接する空間」とは、次の車線数の区分に応じ道路端からの距離によりその範囲が特定される。
  - ・ 2 車線以下の車線を有する幹線交通を担う道路 15 メートル
  - ・ 2 車線を超える車線を有する幹線交通を担う道路 20 メートル

< 航空機騒音に係る環境基準 >

地域の類型	基準値 (単位: WECPNL)	該当地域 (昭和49年12月27日, 昭和51年12月28日指定)
類型	70 以下	霞目飛行場及び松島飛行場の周辺地域
類型	75 以下	仙台空港・霞目飛行場及び松島飛行場の周辺地域

< 新幹線鉄道騒音に係る環境基準 >

地域の類型	基準値	当該地域 (昭和52年5月20日指定)
類型	70デシベル以下	東北新幹線鉄道の本線及び測線軌道中心から両側にそれぞれ300m以内の区域 (以下「沿線地域」という。)のうち, 都市計画法に規定する第1種・第2種低層住居専用地域, 第1種・第2種中高層住居専用地域, 第1種・第2種住居地域及び準住居地域
類型	75デシベル以下	沿線区域のうち, 都市計画法に規定する近隣商業地域, 商業地域, 準工業地域, 工業地域

表 2.8-2 在来鉄道の新設又は大規模改良に際しての騒音対策の指針

対象となる在来鉄道騒音		指針値[等価騒音レベル( $L_{eq}$ )]		
新 線	鉄道事業法第8条又は軌道法第5条の施工許可を受けて工事を施工する区間を指し, また, 上記法律の適用を受ける線路構造が普通鉄道と同様であり, 鉄道運転規則が準用される新設線路軌道を走行する列車に適用される。	昼 間	7時~22時	60デシベル以下
		夜 間	22時~翌日7時	55デシベル以下
		住居専用地域等住居環境を保護すべき地域にあっては, 上記指針値の一層の低減に努めなければならない。		
大規模改良線	鉄道事業法第12条及び軌道法施行規則第11条による変更許可を受け工事を施工する区間で複線化, 道路との立体交差化等の高架化された区間を走行する列車に適用される。	昼夜(24時間)において騒音レベルの状況を改良前より改善すること。		

備考1 「一層の低減に努める」場合とは

都市計画法に規定する第1種・第2種低層住居専用地域, 第1種・第2種中高層住居専用地域, 第1種・第2種住居地域及び準住居地域, 前記用途地域への指定予定がある地域及びこれと同等の土地利用状況にある地域でかつ列車運転本数が少ない場合など技術的に可能な場合を指す。

2 指針の適用外

- (1) 都市計画法に定める工業専用地域, 住民の生活が考えられない地域
- (2) 地下化区間及び新幹線鉄道
- (3) 分岐機設置区間, 防音壁の設置及びロングレール化が困難な区間
- (4) 事故, 自然災害, 大晦日等通常とは異なる運行をするとき

(注1) 平成7年12月9日以前に新線及び大規模改良線として工事が許可申請されている区間は 指針の適用対象外となる。

(注2) 運転本数の増大は 指針の対象とはならないが, 本数を「2倍以上」に増大させる場合は「大規模改良」準用される。

(注3) 普通鉄道には, 新交通システム・モノレール・ケーブルカー・ミニ新幹線等が含まれる。

表 2.8-3 騒音に係る規制基準等

		騒音規制法	県公害防止条例				
指定地域	仙台市の都市計画区域及び石巻市他 24 市町村の都市計画法で定める用途地域(環境基準の指定地域に同じ)		県内全域				
規制対象	特定施設	金属加工機械等 11 施設	法政に定める 11 施設にクーリングタワー等 7 施設を加えた計 18 施設				
	その他	特定建設作業騒音, 自動車騒音	深夜営業騒音, 拡声器騒音				
規制・指導主体	指定地域を有する市町村		県保健所及び指定地域を有する市町村				
工場・事業場騒音			時間区分	昼間(8 <sup>00</sup> ~19 <sup>00</sup> )	朝(6 <sup>00</sup> ~8 <sup>00</sup> ) 夕(19 <sup>00</sup> ~22 <sup>00</sup> )	夜間(22 <sup>00</sup> ~6 <sup>00</sup> )	
	区域区分						
	第 1 種区域: 文教地区(条例のみ該当), 第 1 種低層住居専用地域, 第 2 種低層住居専用地域			50 デシベル	45 デシベル	40 デシベル	
	第 2 種区域: 第 1 種中高層住居専用地域, 第 2 種中高層住居専用地域, 第 1 種住居地域, 第 2 種住居地域, 準住居地域			55 デシベル	50 デシベル	45 デシベル	
	第 3 種区域: 近隣商業地域, 商業地域, 準工業地域			60 デシベル	55 デシベル	50 デシベル	
第 4 種区域: 工業地域			65 デシベル	60 デシベル	55 デシベル		
(備考) 都市計画法に基づく用途地域の指定のない地域及び仙台市の一部の近隣商業地域については, 公害防止条例施行規則に基づき「第 2 種区域」の基準を適用する。							
規制基準等	工場・事業場騒音	〔特定建設作業騒音の規制基準〕		〔飲食店営業に係る深夜営業騒音の規制基準〕			
		規制種別	第 1 号区域	第 2 号区域	地域の区分	許容限度	
		基準値	85dB (敷地境界線)		文教地区, 第 1 種低層住居専用地域, 第 2 種低層住居専用地域	40 デシベル	
		作業禁止時間	19 <sup>00</sup> ~7 <sup>00</sup>	22 <sup>00</sup> ~6 <sup>00</sup>	第 1 種中高層住居専用地域, 第 2 種中高層住居専用地域, 第 1 種住居地域, 第 2 種住居地域, 準住居地域	45 デシベル	
		1 日当たりの作業時間	10 時間以内	14 時間以内	近隣商業地域, 商業地域, 準工業地域	50 デシベル	
	作業期間	連続 6 日以内		工業地域	55 デシベル		
	作業禁止日	日曜日その他の休日					
	(備考) 第 1 号区域: 第 1 種, 第 2 種及び第 3 種区域並びに第 4 種区域のうち学校, 保育所, 病院, 図書館, 特別養護老人ホームの敷地 80m までの地域 第 2 号区域: 指定地域のうち第 1 号区域以外の区域						
	その他	〔自動車騒音の要請限度〕(L <sub>Aeq</sub> )		〔拡声器の使用基準〕			
		区域の区分	時間の区分		規制種別	店頭・街頭に設置	自動車に設置
		昼間 (6 <sup>00</sup> ~22 <sup>00</sup> )	夜間 (22 <sup>00</sup> ~6 <sup>00</sup> )	音量基準	一つの拡声器の放送音量又は他の拡声器の放送音量との合成音量として地上 1.2m の高さで 70 デシベル以下	拡声器の正面から 1m の位置で 75 デシベル以下	地上 1.2m の高さにおいて 65 デシベル以下
1 a 区域及び b 区域のうち車線を有する道路に面する区域		65 デシベル以下	55 デシベル以下	使用時間	8:00~19:00		10:00~15:00
2 a 区域のうち二車線以上の車線を有する道路に面する区域		70 デシベル以下	65 デシベル以下	使用禁止区域	学校, 保育所, 病院, 患者の収容施設のある診療所, 図書館, 特別養護老人ホームの周囲 100m		
3 b 区域のうち二車線以上の車線を有する道路に面する区域及び c 区域のうち車線を有する道路に面する区域	75 デシベル以下	70 デシベル以下	使用方法	総幅員 5m 未満の道路においては設置しない。地上 5m 以上の位置での使用拡声器の延長が 10m 以内の広場又は道路に落ちるようになる。1 回 10 分以内とし、次の使用までに 10 分以上の休止時間をおく。	総幅員 6.5m 未満の道路の場合一地点において 5 分以内の使用。総幅員 5m 未満の道路においては設置しない。1 回 10 分以内とし、次の使用までに 10 分以上の休止時間をおく。		
(備考) a 区域: 第 1 種低層住居専用地域, 第 2 種低層住居専用地域, 第 1 種中高層住居専用地域, 第 2 種中高層住居専用地域 b 区域: 第 1 種住居地域, 第 2 種住居地域, 準住居地域 c 区域: 近隣商業地域, 商業地域, 準工業地域, 工業地域							
上表に掲げる区域のうち幹線交通を担う道路に近接する区域に係る限度は, 特例として上表の区分にかかわらず次表のとおりである。							
		時間の区分					
		昼間 (6 <sup>00</sup> ~22 <sup>00</sup> )	夜間 (22 <sup>00</sup> ~6 <sup>00</sup> )				
		75 デシベル以下	70 デシベル以下				

資料 2.9 予測計算例

1. 道路交通騒音の計算例

道路交通騒音の計算例を以下に示す。

(1) 予測の前提条件

予測の条件を下記のように設定する。

道路構造及び予測地点

予測を行う道路構造及び予測地点は図 2.9-1 のとおりとする。

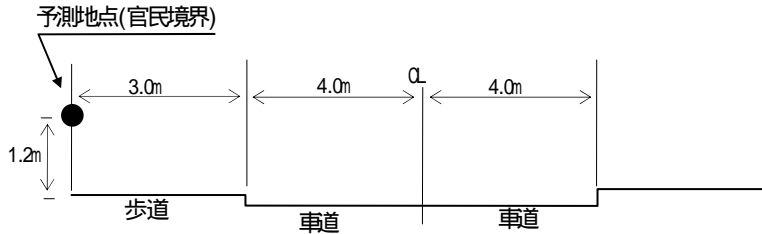


図 2.9-1 道路構造及び予測地点位置

音源の高さ

自動車走行に伴う音源の高さは、0mに設定する。

交通量

交通量は表 2.9-1 のとおり設定する。

表 2.9-1 交通量の設定

時間帯	小型車交通量 (台)	大型車交通量 (台)
6:00~7:00	300	40
7:00~8:00	500	50
⋮	⋮	⋮
4:00~5:00	200	30
5:00~6:00	300	30
合計	8,000	2,000

走行速度

走行速度は、60km/hとする。

予測時間帯

予測時間帯は、7:00~8:00の1時間帯とする。

(2) 計算手順

計算車線位置・離散音源の設定

ここでは、図 2.9-2 に示すとおり離散音源をセンターライン上に、 $i_0$  を中心に上下 20 の音源を設定する。また、離散音源の間隔は  $7.10\text{m}$  ( $\ell_0 = ((4.0\text{m}(\text{車道幅}) + 3.0\text{m}(\text{歩道幅}))^2 + (1.2\text{m})^2)^{1/2}$ ) とする。

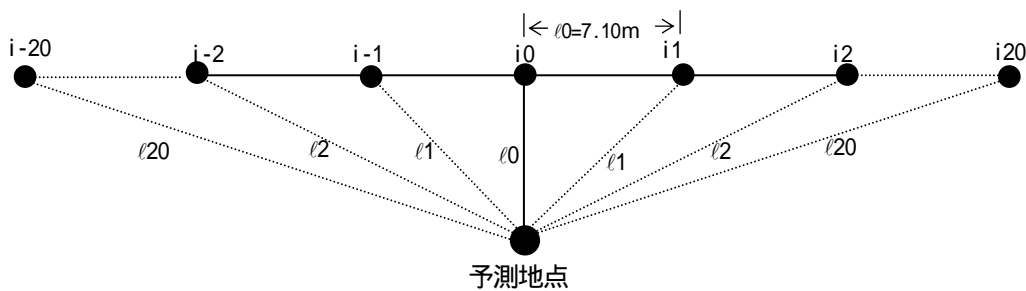


図 2.9-2 離散音源の設定

### 各離散音源 - 予測地点間の騒音伝播計算

伝搬計算の基本式に代入する。以下に離散音源が i0 地点の例を示す。

<大型車の例>

$$\begin{aligned} L_{PA,i0}(\text{大型}) &= L_{WA} - 8 - 20\log_{10}r + \Delta L_{dif} + \Delta L_{gnd} \\ &= 106.6 - 8 - 20\log_{10}7.10 + 0 + 0 \quad 81.6\text{dB} \end{aligned}$$

$L_{PA,i}$  : A特性音圧レベル [ dB ]

$L_{WA}$  : 大型車騒音のA特性パワーレベル [ dB ] = 106.6 (第2編 表 2.2-2 より)

$r$  : 音源点から予測地点までの距離 [ m ] = 7.10

$\Delta L_{dif}$  : 回折効果による補正量 [ dB ] = 0 (回折減衰なし)

$\Delta L_{gnd}$  : 地表面効果による補正量 [ dB ] = 0 (コンクリート, アスファルトは補正量 0)

### ユニットパターンのエネルギー積分 (単発騒音暴露レベル)

各離散音源からの騒音伝播計算を大型車, 小型車別に実施し, A 特性音圧のユニットパターンの時間積分値 (単発騒音暴露レベル) を求める。

<大型車の例>

$$\begin{aligned} L_{AE} &= 10\log_{10} \frac{1}{T_0} \sum 10^{L_{PA,i}/10} \cdot t_i \\ &= 10\log_{10} (1 \times (10^{(81.6/10)} + 10^{(78.7/10)} + 10^{(74.7/10)} \cdot \dots + 10^{(55.6/10)}) \times 0.42) \quad 82.8 \text{ (dB)} \end{aligned}$$

$T_0 = 1\text{s}$  (基準の時間)

$\Delta t_i = 7.1 / 60000 / 3600 = 0.42$

### 等価騒音レベルの計算

対象とする1時間当たりの交通量を考慮し, 等価騒音レベルを求める。

<大型車の例>

$$\begin{aligned} L_{Aeq} &= L_{AE} + 10\log_{10} N - 35.6 \\ &= 82.8 + 10\log_{10} 50 - 35.6 \quad 64.2 \\ N &: 50(\text{台}/3600\text{s}, 7:00 \sim 8:00) \end{aligned}$$

以上の計算を小型車についても実施し, 大型車, 小型車の等価騒音レベルを合成し, 1時間当たりの等価騒音レベルを求める。

さらに, 他の1時間ごとの等価騒音レベルを求め, 基準時間帯において等価騒音レベルを計算する。

## 2. 建設作業騒音の計算例

建設作業騒音の計算例を以下に示す。ここでは, 計画段階の環境アセスメント等で, 工事計画の熟度が低い場合を想定する。

### (1) 予測法の選択

工事計画の熟度が低いことから, 工種別予測法を選択する。

### (2) ユニットの設定

ここでは, 道路土工の掘削工, 土砂掘削を設定する。ユニットの配置及び予測点を図 2.9-3 に示す。

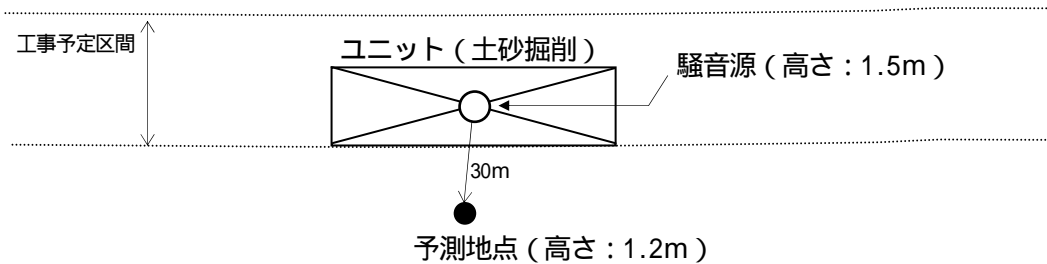


図 2.9-3 ユニットの配置及び予測点

(3) 評価時間の設定

評価時間  $T$  は、ユニットが連続的に稼働している時間長とする。

(4) 等価騒音レベルの予測

予測地点における実効騒音レベル  $L_{Aeff,i}$  を次式により計算する。

$$L_{Aeff,i} = L_{WAeff,i} - 8 - 20 \log_{10} \frac{r_i}{r_0} + \Delta L_{d,i} + \Delta L_{g,i}$$

$$= 103 - 8 - 20 \log_{10} (30/1) + 0 + 0 = 65.5 \text{ (dB)}$$

$L_{WAeff,i}$  : A 特性実効音響パワーレベル (dB) (103dB : 資料 2.6 より)

$r_i$  : ユニットの中心から予測地点までの距離 (m) (30m)

$r_0$  : 1 m (基準の距離)

$\Delta L_{d,i}$  : 回折に伴う減衰に関する補正量 (dB) (0 = 回折減衰なし)

$\Delta L_{g,i}$  : 地表面の影響による減衰に関する補正量 (dB) (0 = 下表より)

$$\Delta L_g = -K \log_{10} \left( \frac{r}{r_c} \right)$$

$r$  : 音源から予測点までの距離 (m) = 30m

$r_c$  : 過剰減衰が生じ始める距離 (m) (下表より, 30.9m)

地表面の影響による減衰量に関する補正値の係数  $K, r_c^*$

			予測点高さ $H_r$			
			1.2m	4m	7m	12m
音源高さ $H_s$	5m	$K$	12.0	13.6	-	-
		$r_c$	137.0	465.0	-	-
	3m	$K$	9.6	11.9	13.0	
		$r_c$	70.6	261.0	486.0	
	1.5m	$K$	7.2	11.5	13.8	16.6
		$r_c$	30.9	128.0	259.0	458.0
	0m	$K$	4.6	8.3	10.3	11.2
		$r_c$	14.6	37.6	71.4	126.0

\* 資料 : 「建設工事騒音予測モデル ASJ CN-Model 2002」(日本音響学会誌 58 巻 11 号, 2002, pp.711-731)より

(5) 騒音規制法に規定する評価量の推定

計算された予測点における等価騒音レベルに、発生騒音の時間変動特性に対応させてユニットごととに与えられている補正値  $\Delta L$  を加えることにより推定する。(補正値  $\Delta L$  は、資料 2.6 参照)

$$L_{A5} = L_{Aeq} + \Delta L$$

$$= 65.5 + 5 = 70.5 \text{ (dB)}$$

$\Delta L$  : (土砂掘削の補正値 = 5dB) (資料 2.6 より)



## 4 振動

### 資料4.1 道路交通振動の予測方法

「道路環境影響評価の技術手法」(財団法人道路環境研究所, 2007)による計算手順を示す。

#### 1. 予測計算方法の基本的考え方

道路交通振動に影響を及ぼす主な因子としては、交通量、車線、車線数、車速、路面平坦性、地盤条件、道路構造、及び道路からの距離が挙げられる。予測式の検討に当たっては、まず平面道路の予測基準点における振動レベル  $L_{10}$  をとりあげ、交通量、車線数、走行速度、路面平坦性、及び地盤条件データをもと振動レベルを予測する式を作成した。この予測式を基本とし、主として補正項の形で道路構造の影響及び道路からの距離の影響を予測式に反映させた。予測式を基本とし、主として補正項の形で道路構造の影響及び道路からの距離の影響を予測式に反映させる。

#### 2. 予測式の適用範囲

- ア. 等価交通量 : 10 ~ 1,000 (台/500秒/車線)
- イ. 走行速度 : 20 ~ 140 (km/h)
- ウ. 車線数 : 高架道路以外 2 ~ 8, 高架道路 2 ~ 6
- エ. 路面平坦性等 : 高架道路以外 路面平坦性標準偏差 1 ~ 8 (mm)  
高架道路 伸縮継手部より  $\pm 5$ m 範囲内の最大高低差 1 ~ 30 (mm)
- オ. 盛土高さ : 2 ~ 17m
- カ. 切土高さ : 2 ~ 18m
- キ. 掘割深さ : 2 ~ 6m

#### 3. 予測条件の設定

##### ア. 車線数

上下線合計の車線数を設定する。

##### イ. 道路構造による補正

盛土道路、切土道路、掘割道路は、現地盤からの路面高さを設定する。盛土高さ、切土高さ及び掘割深さが小さな(2m以下の)場合は、平面道路として取り扱う。また、高架道路の場合は、別項の定数項で考慮するため、路面高さは設定しない。

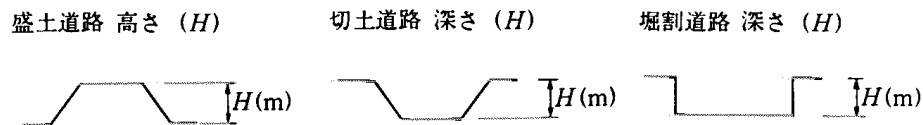


図4.4-1 路面高さ(H)

##### ウ. 路面の平坦性

盛土道路、切土道路、掘割道路は、3mプロフィール・メータによる路面凹凸の標準偏差値で定義される当該地区における路面平坦性の補修基準値( $\sigma$ )を設定する。

高架道路は、伸縮継手部前後の段差量で定義された路面平坦性の補正基準値( $H_p$ )を設定する。

表 4.1-1 路面平坦性の基準

項目 \ 道路の種類	自動車専用道路	交通量の多い 一般道路	交通量の少ない 一般道路
縦断方向の凹凸 $\sigma$ (mm)	8 m プロフィール 90 (PrI) 3 m プロフィール 3.5 ( $\sigma$ )	3 m プロフィール 4.0~5.0 ( $\sigma$ )	-
段差 $H_p$ (mm)	10	15~20	20~30

エ．交通量

交通量は、時間ごとの上下線合計台数を用いる。  
車種分類は、大型車、小型車の2車種分類とする。

オ．走行速度

予測に用いる平均走行速度は、法定速度又は、規制速度をあらかじめ設定できる場合はその速度を基本とする。ただし、沿道環境の保全の観点から法定速度もしくは設定した規制速度より10km/h程度高めの速度を設定してもよい。

カ．地盤条件

当該道路上を大型車が走行した時に、その周辺で発生する地盤振動の卓越振動数を設定する。  
地盤卓越振動数は原則として大型車の単独走行を対象とし、対象車両の通過ごとに地盤振動を1/3 オクターブバンド分析器により周波数分析し、振動加速度レベルが最大を示す周波数帯域の中心周波数を読みとる。これを10台以上の車両について測定し、その平均値を地盤卓越振動数とする。

現地の状況によりこれが難しい場合には、予測地点の地盤に概ね等しい地盤条件を有する地点における既往の実測結果より推定する。

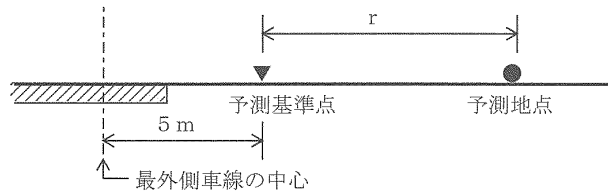
キ．予測基準点

道路構造別に定めた予測基準点から予測地点までの水平距離を設定する。(図 4.1-1 参照)

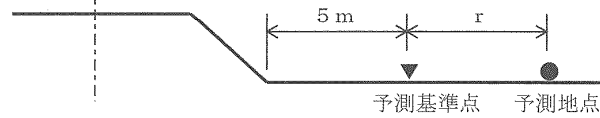
ク．係数値及び補正項の設定

道路交通振動予測式に関わる係数値及び補正項は、その道路構造に応じ、表 4.1-1 のように設定する。

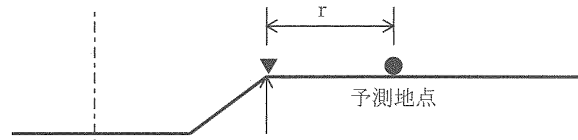
1) 平面道路：  
最外側車線中心より 5 m 地点



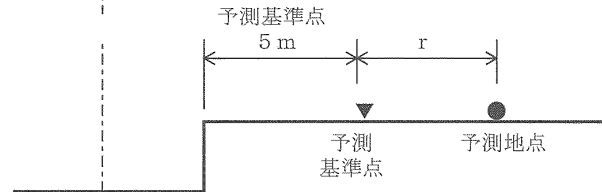
2) 盛土道路：  
法尻より 5 m



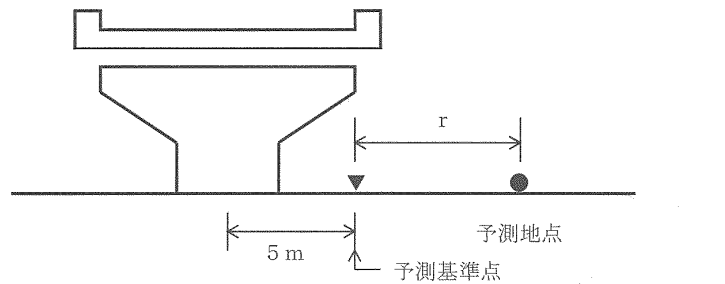
3) 切土道路：  
法肩地点



4) 掘割道路：  
法肩より 5 m 地点



5) 高架道路：  
予測側橋脚の中心より 5 m 地点



6) 高架道路（平面併設）：  
併設する平面道路の最外側車線中心より 5 m 地点

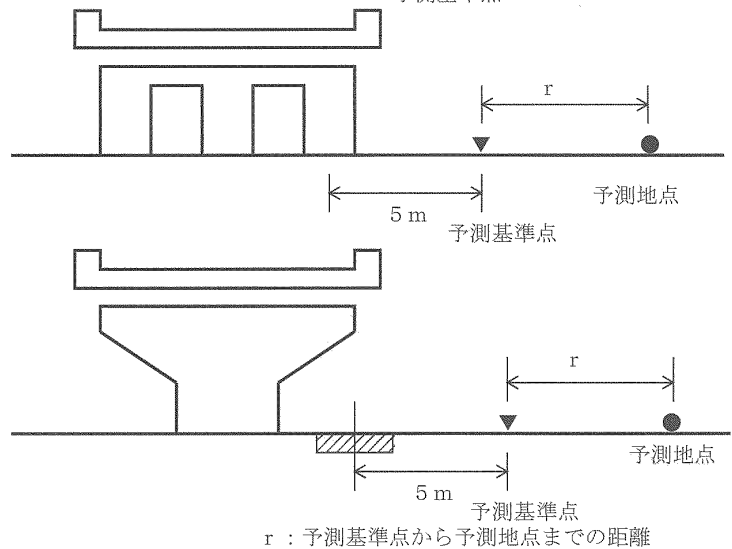


図 4.1-2 予測基準点の位置

出典：「道路環境影響評価の技術手法」（財団法人 道路環境研究所，2007）

表 4.1-2 道路交通振動予測式の定数及び補正值等

道路構造	K	a	b	c	d	$\alpha_{\sigma}$	$\alpha_f$	$\alpha_s$	$\alpha_1 = \beta \log(r/5+1)/\log 2$ r: 基準点から予測地点までの距離(m)
平面道路 高架道路に併設された場合を除く	100 < V ≤ 140 km/hのとき	47	12	3.5	27.3	アスファルト舗装では 8.2log <sub>10</sub> σ  コンクリート舗装では 19.4log <sub>10</sub> σ  σ: 3m <sup>2</sup> プロフィールメータによる路面凹凸の標準偏差(mm)	f ≥ 8Hzのとき -17.3log <sub>10</sub> f  f < 8Hzのとき -9.2log <sub>10</sub> f-7.3  f: 地盤卓越振動数(Hz)	0	β: 粘土地盤では 0.068L <sub>10</sub> <sup>*</sup> -2.0  β: 砂地盤では 0.130L <sub>10</sub> <sup>*</sup> -3.9
盛土道路								-1.4H-0.7 H: 盛土高さ(m)	β: 0.081L <sub>10</sub> <sup>*</sup> -2.2
切土道路								-0.7H-3.5 H: 切土高さ(m)	β: 0.187L <sub>10</sub> <sup>*</sup> -5.8
掘割道路								-4.1H+6.6 H: 掘割深さ(m)	β: 0.035L <sub>10</sub> <sup>*</sup> -0.5
高架道路	V ≤ 100 km/hのとき	47	12	7.9	1本橋脚では 7.5  2本以上橋脚では 8.1	1.9log <sub>10</sub> Hp Hp: 伸縮継手部より±5m範囲内の最大高低差(mm)	f ≥ 8Hzのとき -6.3log <sub>10</sub> f  f < 8Hzのとき -5.7	0	β: 0.073L <sub>10</sub> <sup>*</sup> -2.3
高架道路に併設された平面道路								3.5	21.4

出典: 「道路環境影響評価の技術手法」(財団法人 道路環境研究所, 2007)

資料 4.2 建設機械の振動レベル

(鉛直方向, 単位 dB)

工種	建設作業		建設作業機器からの距離 (m)						
			5	7	10	15	20	30	40
土工	ブルドーザ	9~21t	64~85		63~77		63~78		53~73
		60, 40t	64~74	63~73					
	トラクタショベル		56~77		53~69		43~63		
	油圧ショベル		72~83		64~78		58~69		54~59
			69~73	66~72	64~66	58~62		43~58	
	スタレーブドーザ		88		77		67		58
	振動ローラ			52~90		44~75		43~68	
	振動コンパクタ			46~54		40~44		43	
ダンプトラック			42~69		41~68	67	34~63	62	
基礎工・土留工	ディーゼルバイルハンマ	~2t		75~80		61~74		52~68	
		2~3t		72~84		70~81		56~72	
		3~4t		76~89		73~85		89~73	
		4t~		70~91		63~72		61~72	
	ドロップハンマ			63~89		54~80		65~83	
	油圧ハンマ	6.5t		85~88		70~83		61~81	
		8~8.5t		85~91		67~88		59~79	
	バイブロハンマ	~30kw		71~77		61~71		51~58	
		30~40kw				70~75		60~69	
		40kw~		72~92		69~88		53~79	
	アースオーガ			50~61		44~57		40~47	
	アースドリル	20t 級機械式		59~67		54~60		50~52	
		30t 級油圧式		58~61		45~55		40~51	
	オールケーシング掘削機	1300mm クローラ式		57~68		49~67		43~59	
		2000mm クローラ式		53~68		50~63		46~58	
	リバースサーキュレーションドリル	1500~4000mm 発動発電機		61~68		51~64		41~54	
3000~3500mm 発動発電機			44~60		43~50		40~42		
プレボーリング工法			50~64		41~61		38~59		
中掘工法			43~62		41~59		37~55		
軟弱地盤処理工	サイドドレーンパイプφ50~120kw		75~91		62~87		65~78	57~71	
	サンドコンパクションパイプφ60kw			70~81	84	65~75	83	65~74	69
	サンドレンドロップハンマ2t		65~88		81		59~69		
	DJM工法2軸				82		69		
	重錘落下締固め				72~104	71~98	71~97	72~91	77~87
構造物取壊し工	大型ブレーカ	200~400kg		66~77			62~70		
		600kg		63~75		55~60	46~50		
	大型油圧ブレーカ				69~82		56~65	53~56	
	コンクリート圧砕機油圧圧縮式			48~55		46~58		34~49	
	コンクリート圧砕機油圧ジャッキ式			41~46		38~42			
コンクリートカッター自走式80cm			42~48		40~44		40~41		

出典:「建設作業振動対策マニュアル」( (社)日本建設機械化協会, 1994 )

資料4.3 ユニット別の基準点における振動レベル

種別	ユニット	地盤の種類	評価量	内部減衰係数 $\alpha$	基準点振動レベル (dB)
掘削工	土砂掘削	未固結地盤	$L_{10}$	0.01	53
	軟岩掘削	固結地盤	$L_{10}$	0.001	64
	硬岩掘削	固結地盤	$L_{10}$	0.001	48
盛土工（路体、路床）	盛土（路体、路床）	未固結地盤	$L_{10}$	0.01	63
法面整形工	法面整形（掘削部）	固結地盤	$L_{10}$	0.001	53
路床安定処理工	路床安定処理	未固結地盤	$L^{*1}$	0.01	66
サンドマット工	サンドマット	未固結地盤	$L_{10}$	0.01	71
パーティカルドレーン工	サンドドレーン・袋詰めサンドドレーン	未固結地盤	$L_{10}$	0.01	83
締固改良工	サンドコンパクションパイル	未固結地盤	$L_{10}$	0.01	81
固結工	高圧噴射攪拌	未固結地盤	$L_{10}$	0.01	59
	粉体噴射攪拌	未固結地盤	$L_{10}$	0.01	62
	薬液注入	未固結地盤	$L_{10}$	0.01	53
法面吹付工	法面吹付	未固結地盤	$L_{10}$	0.01	48
既製杭工	ディーゼルパイルハンマ	未固結地盤	$L_{max}$	0.01	81
	油圧パイルハンマ	未固結地盤	$L_{max}$	0.01	81
	プレボーリング	未固結地盤	$L_{max}$	0.01	62
	中掘工	未固結地盤	$L_{10}$	0.01	63
鋼管矢板基礎工	油圧パイルハンマ	未固結地盤	$L_{max}$	0.01	81
	中掘工 <sup>*2</sup>	未固結地盤	$L_{10}$	0.01	64
場所打杭工	オールケーシング工	未固結地盤	$L_{10}$	0.01	63
	硬質地盤オールケーシング	未固結地盤	$L_{10}$	0.01	61
		固結地盤	$L_{10}$	0.001	56
	リバースサーキュレーション工	未固結地盤	$L_{10}$	0.01	54
	アースドリル工 <sup>*2</sup>	未固結地盤	$L_{10}$	0.01	56
	ダウンザホールハンマ工	未固結地盤	$L_{10}$	0.01	67
土留・仮締切工	鋼矢板（バイプロハンマ工）	未固結地盤	$L_{10}$	0.01	77
	鋼矢板（超高周波バイプロハンマ工）	未固結地盤	$L_{10}$	0.14	81
	鋼矢板（ウォータージェット併用バイプロハンマ工）	未固結地盤	$L_{10}$	0.01	75
	鋼矢板（油圧圧入引抜工）	未固結地盤	$L_{10}$	0.01	62
	鋼矢板（アースオーガ併用圧入工）	未固結地盤	$L_{10}$	0.01	59
オープンケーソン工	オープンケーソン	未固結地盤	$L_{10}$	0.01	55
地中連続壁工	地中連続壁	未固結地盤	$L_{10}$	0.01	52
架設工	コンクリート橋架設	未固結地盤	$L_{10}$	0.01	55
構造物取り壊し工	構造物取り壊し（大型ブレーカ）	未固結地盤	$L_{10}$	0.01	73
	構造物取り壊し（ハンドブレーカ）	未固結地盤	$L_{10}$	0.01	50
	構造物取り壊し（圧砕機）	未固結地盤	$L_{10}$	0.01	52
	構造物取り壊し（自走式破砕機による殻の破砕）	未固結地盤	$L_{10}$	0.01	69
旧橋撤去工	旧橋撤去	未固結地盤	$L_{10}$	0.01	76
アスファルト舗装工	上層・下層路盤	未固結地盤	$L_{10}$	0.01	59
コンクリート舗装工					
アスファルト舗装工	表層・基層	未固結地盤	$L_{10}$	0.01	56
コンクリート舗装工	コンクリート舗装	未固結地盤	$L_{10}$	0.01	75
現場内運搬（未舗装）		未固結地盤	$L_{10}$	0.01	57

注）トンネル部の機械掘削，現場内運搬（舗装）については，影響が小さいため，基準点振動レベルを示していない。

1 定常振動のスタビライザ移動時の最大値を測定

2 国土交通省土木工事積算基準書に記載されていないが施工例があるため参考として記載した。

出典：「道路環境影響評価の技術手法」（財団法人 道路環境研究所，2007）

資料 4.4 振動に係る規制基準及び勧告

表 1.3-3 振動に係る規制基準

		振動規制法	県公害防止条例																														
指定地域		仙台市の都市計画区域及び石巻市他 24 市町村の都市計画法で定める用途地域（環境基準の指定地域に同じ）	県内全域																														
規制対象	特定施設	圧縮機等 10 施設	法律に定める 10 施設に冷凍機等 3 施設を追加し計 13 施設																														
	その他	特定建設作業振動，道路交通振動	-																														
規制・指導主体		指定地域を有する市町村	県保健所及び指定地域を有する市町村																														
規制基準等	工場・事業場振動	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">区域区分</th> <th colspan="2">時間区分</th> </tr> <tr> <th>昼間 (8<sup>00</sup>～19<sup>00</sup>)</th> <th>夜間 (22<sup>00</sup>～6<sup>00</sup>)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>第 1 種区域：第 1 種低層住居専用地域，第 2 種低層住居専用地域，第 1 種中高層住居専用地域，第 2 種中高層住居専用地域，第 1 種住居地域，第 2 種住居地域，準住居地域</td> <td>60 デシベル</td> <td>55 デシベル</td> </tr> <tr> <td>第 2 種区域：近隣商業地域，商業地域，準工業地域，工業地域</td> <td>65 デシベル</td> <td>60 デシベル</td> </tr> </tbody> </table> <p>(備考 1) 都市計画法に基づく用途地域の指定のない地域及び仙台市の一部の近隣商業地域については，公害防止条例施行規則に基づき「第 1 種区域」の規制基準を適用する。 (備考 2) 第 1 種，第 2 種区域のうち学校，保育所，病院，図書館，特別養護老人ホームの敷地及びその周囲おおむね 50m の区域内においては 5 デシベルを減じた値とする。</p>			区域区分	時間区分		昼間 (8 <sup>00</sup> ～19 <sup>00</sup> )	夜間 (22 <sup>00</sup> ～6 <sup>00</sup> )	第 1 種区域：第 1 種低層住居専用地域，第 2 種低層住居専用地域，第 1 種中高層住居専用地域，第 2 種中高層住居専用地域，第 1 種住居地域，第 2 種住居地域，準住居地域	60 デシベル	55 デシベル	第 2 種区域：近隣商業地域，商業地域，準工業地域，工業地域	65 デシベル	60 デシベル																		
	区域区分	時間区分																															
昼間 (8 <sup>00</sup> ～19 <sup>00</sup> )		夜間 (22 <sup>00</sup> ～6 <sup>00</sup> )																															
第 1 種区域：第 1 種低層住居専用地域，第 2 種低層住居専用地域，第 1 種中高層住居専用地域，第 2 種中高層住居専用地域，第 1 種住居地域，第 2 種住居地域，準住居地域	60 デシベル	55 デシベル																															
第 2 種区域：近隣商業地域，商業地域，準工業地域，工業地域	65 デシベル	60 デシベル																															
その他	<p>〔特定建設作業の振動〕</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>規制種別</th> <th>第 1 号区域</th> <th>第 2 号区域</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>基準値</td> <td colspan="2">75 デシベル（敷地境界線）</td> </tr> <tr> <td>作業禁止時間</td> <td>19<sup>00</sup>～7<sup>00</sup></td> <td>22<sup>00</sup>～6<sup>00</sup></td> </tr> <tr> <td>1 日当たりの作業時間</td> <td>10 時間以内</td> <td>14 時間以内</td> </tr> <tr> <td>作業期間</td> <td colspan="2">連続 6 日以内</td> </tr> <tr> <td>作業禁止日</td> <td colspan="2">日曜日その他の休日</td> </tr> </tbody> </table> <p>(備考 1) 第 1 号区域とは，第 1 種低層住居専用地域，第 2 種低層住居専用地域，第 1 種中高層住居専用地域，第 2 種中高層住居専用地域，第 1 種住居地域，第 2 種住居地域，準住居地域，近隣商業地域，商業地域及び準工業地域並びに工業地域のうち学校，保健所，病院，図書館，特別養護老人ホームなどの敷地の概ね 80m の区域 (備考 2) 第 2 号区域とは，指定地域のうち第 1 号区域以外の区域</p> <p>〔道路交通振動の要請限度〕</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">区域区分</th> <th colspan="2">時間区分</th> </tr> <tr> <th>昼間 (8<sup>00</sup>～19<sup>00</sup>)</th> <th>夜間 (19<sup>00</sup>～8<sup>00</sup>)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>第 1 種区域</td> <td>65 デシベル</td> <td>60 デシベル</td> </tr> <tr> <td>第 2 種区域</td> <td>70 デシベル</td> <td>65 デシベル</td> </tr> </tbody> </table>		規制種別	第 1 号区域	第 2 号区域	基準値	75 デシベル（敷地境界線）		作業禁止時間	19 <sup>00</sup> ～7 <sup>00</sup>	22 <sup>00</sup> ～6 <sup>00</sup>	1 日当たりの作業時間	10 時間以内	14 時間以内	作業期間	連続 6 日以内		作業禁止日	日曜日その他の休日		区域区分	時間区分		昼間 (8 <sup>00</sup> ～19 <sup>00</sup> )	夜間 (19 <sup>00</sup> ～8 <sup>00</sup> )	第 1 種区域	65 デシベル	60 デシベル	第 2 種区域	70 デシベル	65 デシベル	<p>〔指定地域を有する市町村〕 仙台市，石巻市，塩竈市，気仙沼市，白石市，名取市，角田市，多賀城市，岩沼市，登米市，栗原市，東松島市，大崎市，大河原町，村田町，柴田町，亘理町，松島町，七ヶ浜町，利府町，大和町，富谷町，大衡村，美里町，女川町，南三陸町</p>	
規制種別	第 1 号区域	第 2 号区域																															
基準値	75 デシベル（敷地境界線）																																
作業禁止時間	19 <sup>00</sup> ～7 <sup>00</sup>	22 <sup>00</sup> ～6 <sup>00</sup>																															
1 日当たりの作業時間	10 時間以内	14 時間以内																															
作業期間	連続 6 日以内																																
作業禁止日	日曜日その他の休日																																
区域区分	時間区分																																
	昼間 (8 <sup>00</sup> ～19 <sup>00</sup> )	夜間 (19 <sup>00</sup> ～8 <sup>00</sup> )																															
第 1 種区域	65 デシベル	60 デシベル																															
第 2 種区域	70 デシベル	65 デシベル																															

## 新幹線鉄道振動に係る勧告

「環境保全上緊急を要する新幹線鉄道振動対策について」(昭和51年3月12日運輸大臣宛 環境庁長官勧告)

### 1. 指針

- (1) 新幹線鉄道振動の補正加速度レベルが、70 デシベルを超える地域について緊急に振動源及び障害防止対策等を講ずること。
- (2) 病院、学校その他特に静穏の保持を要する施設の存する地域については、特段の配慮をするとともに、可及的速やかに措置すること。

### 2. 測定方法等

#### 3. 指針達成のための方策

### 2. 測定方法等

- (1) 測定単位は、補正加速度レベル(単位デシベル)を用いること。

注) 補正加速度レベルとは、鉛直振動の振動数を  $f$  (単位 ヘルツ) 及び加速度実効値を  $A$  (単位 メートル毎秒毎秒) とするとき、 $A$  の基準値  $A_0$  (単位 メートル毎秒毎秒) に対する比の常用対数の 20 倍、すなわち  $20\text{Log}(A / A_0)$  (単位 デシベル) で表わしたものを言う。

この場合、 $A_0$  は次の値とする。

1	$f$	4 の場合、 $A_0 = 2 \times 10^{-5} f^{1/2}$
4	$f$	8 の場合、 $A_0 = 10^{-5}$
8	$f$	90 の場合、 $A_0 = 0.125 \times 10^{-5} f$

- (2) 指示計器の動特性は緩(Slow)とすること。

- (3) 測定は、上り及び下りの列車を合わせて、原則として連続して通過する 20 本の列車について、当該通過列車ごとの振動のピークレベルを読み取り、レベルの大きさが上位半数のものを算術平均する。なお、測定時期は、列車速度が通常時より低いと認められる時期を避けて選定するものとする。

### 3. 指針達成のための方策

- (1) 新幹線鉄道振動の振動源対策として 構造物の振動低減対策等の措置を講ずるものとする。なお、以上の措置を講じても現在の防止技術では振動を低減することが困難な場合もあるので、早急に構造物の防振対策、振動遮断対策などの技術開発を図るものとする。
- (2) 新幹線鉄道振動の障害防止対策として、既設の住居等に対する建物の移転補償、改築及び補強工事の助成等の措置を振動が著しい地域から実施するものとする。特に、今後早急に家屋の防振対策技術の開発を図り、家屋補修等により振動の影響を軽減する措置を講ずるものとする。
- (3) 新幹線鉄道振動対策の実施に当たっては、「新幹線鉄道騒音に係る環境基準(昭和50年7月環境庁告示第46号)」に基づく騒音対策その他の環境対策と有機的に連携して実施するものとする。



## 5 悪臭

資料5.1 工場・事業所における悪臭物質及びその他の物質の排出状況

(財)日本環境衛生センターによる

工場・事業所		物質	硫化水素	メチルメルカプタン	硫化メチル	二酸化メチル	アンモニア	トリメチルアミン	アセトアルデヒド	スチレン	炭化水素類	ケトン・アルデヒド類	アルコール類	エステル類	窒素化合物	硫素化合物	低級脂肪酸類	その他
畜産農業	養豚場																	
	養牛場																	
	養鶏場																	
飼料肥料製造工場	複合肥料製造工場																	
	魚腸骨処理場																	
	獣骨処理場																	
	鶏糞乾燥工場																	
食料品製造工場	フェザー処理場																	
	コーヒー製造工場																	
	畜産食料品製造工場																	
	水産食料品製造工場																	
	調味料製造工場																	
	つけ物工場																	
	パン菓子製造工場																	
化学工場	製茶工場																	
	でんぷん製造工場																	
	石油製造工場																	
	コークス製造工場																	フェノール, クレゾール類
	パルプ製造工場																	
	セロファン製造工場																	
	化学肥料製造工場																	
	無機化学工業製品製造工場																	
	石油化学系基礎製品製造工場																	
	発酵工場																	
	プラスチック製造工場																	DOP
	合成ゴム製造工場																	
	レーヨン製造工場																	
	油脂加工製品製造工場																	
	塗料製造工場																	
	印刷インキ製造工場																	
医薬品製造工場																		
接着剤製造工場																		
めっき工場																		
廃プラスチック再生工場																		
FRP 製品製造工場																		
その他の製造工場	繊維工場																	
	木材・木製品・家具製造工場																	
	印刷工場																	
	塗装工場																	
	たばこ製造工場																	
	なめし皮製造工場																	
	鋳物工場																	フェノール, クレゾール類
サービス業・その他	製鉄工場																	
	廃棄物処理場																	
	下水処理場																	
	し尿処理場																	
	火葬場																	
	と畜場																	
	へい獣処理場																	
	病院・診療所・検査センター																	
クリーニング店洗濯工場																	トリクロロ, パーケルン	

	飲食店																				
	写真屋・現像所																				
	ガソリンスタンド																				
	プロパンガス詰替え所																				
	旅館・ホテル																				
	美容院・理髪店																				
	廃品回収業																				
	自動車修理工場																				
移動 発生源	自動車・トラック																				
	航空機																				
建設作業現場																					
下水・用水																					
ごみ集積場																					
個人住宅																					

(注) : 測定で検出された物質 : 検出された可能性のある物質 : 悪臭の原因となっている物質

(出典) 加藤龍夫, 石黒智彦, 重田芳廣: 悪臭の機器測定, 講談社, 297 ~ 298(1984)

資料5.2 T.O.E.R.経験則

業 種		規模 (工程)	公害対策	T.O.E.R. (Nm <sup>3</sup> /分)	臭気到達 距離 (km)	指定有効煙 突高(m)	
製紙工場	クラフトパルプ 工場	(連 続 蒸 解)	最も進んでいる(工程改善, 薬液, 既設火室)	10 <sup>6-7</sup>	1~3	30~120	
			進んでいる	10 <sup>7-8</sup>	2~4	30~120	
			進んでいない	10 <sup>9-10</sup>	6~10	30~120	
	SCP工場 (セキミカパルプ)	-	-	10 <sup>8-9</sup>	3~6	30~60	
	地球釜	(ブロー時)	-	10 <sup>7</sup>	1~2	-	
化学工場	セロファン工場	-	進んでいる(工程改善, 薬液)	10 <sup>6-7</sup>	1~3	-	
			進んでいない	10 <sup>8</sup>	3~4	-	
	レーヨン工場	-	進んでいる(工程改善, 薬液)	10 <sup>6-7</sup>	1~3	10~50	
			進んでいない	10 <sup>8</sup>	3~4	-	
石油化学工場	-	-	10 <sup>7-8</sup>	2~4	10~40		
畜 産	養豚場	10~50 頭	-	10 <sup>6</sup>	1	0~5	
		200 頭以上	-	10 <sup>7-8</sup>	2~3	0~5	
	養鶏場	3000~10000 羽	-	10 <sup>6</sup>	1	0~5	
		30000 羽以上	-	10 <sup>6-7</sup>	1~3	0~5	
へい獣処理 施設	魚腸骨	原料 20t/日以下 (従来の方式)	-	10 <sup>8-9</sup>	3~5	0~10	
		原料 40t/日以下 (アス方式, ミル方式, 油 温脱水方式)	(工程改善, 直燃)	10 <sup>6</sup>	1	5~10	
	獣 骨	原料 20t/日以下 (従来の方式)	-	10 <sup>8</sup>	2~4	0~10	
		原料 30t/日以下 (デューク方式, オルブ ライト方式, 油温脱水方式)	(工程改善, 直燃)	10 <sup>6</sup>	1	5~10	
	フェザー	原料 10t/日以下 (従来の方式)	-	10 <sup>8</sup>	2~4	0~10	
		原料 20t/日以下 (ダグラーソン方式, オルブ ライト方式, 油温脱水方式)	(工程改善, 直燃)	10 <sup>6</sup>	1	5~10	
都市清掃施 設	し尿処理場	-	最も進んでいる(直燃, 樹脂, 活 性炭)	10 <sup>6</sup>	0.5 以下	10~30	
			進んでいる(直燃, 薬液, オゾン)	10 <sup>6-7</sup>	1~3	10~25	
			進んでいない	10 <sup>7-8</sup>	2~4	5~20	
都市清掃施 設	下水処理場	-	進んでいる(直燃, 薬液, オゾン)	10 <sup>5</sup>	0.5 以下	10~30	
		(特に汚泥乾燥排気のある とき)	進んでいない	10 <sup>6-7</sup>	1~3	10~30	
	団地等の汚水処 理場	-	-	10 <sup>5</sup>	0.5 以下	5~20	
			(連続機械炉)	(燃焼炉の改善)	10 <sup>5</sup>	0.5 以下	0~30
	ごみ焼却場	-	(バッチ固定炉)	-	10 <sup>6-7</sup>	1~3	0~60
			火葬場	-	進んでいる(再燃焼)	10 <sup>4-5</sup>	0.3 以下
			進んでいない	10 <sup>6</sup>	1~2	25~50	
有機溶剤関 係工場	金属印刷工場	-	進んでいる(直燃, キャタコン, 活性炭)	10 <sup>5-6</sup>	0.5~1	5~30	
			進んでいない	10 <sup>7</sup>	1~2	5~30	
			進んでいる(直燃, キャタコン)	10 <sup>5-6</sup>	0.5~1	5~25	
	グラビア印刷工 場	-	進んでいない	10 <sup>7</sup>	1~2	5~25	
			進んでいる(直燃, キャタコン)	10 <sup>5-6</sup>	0.5~1	5~25	
塗装工場	(自動車等)	進んでいない	10 <sup>7-8</sup>	2~3	5~25		
FRP工場	(造船, バスタブ, 浄化槽, ダクト等)	-	10 <sup>6</sup>	1~2	5~20		
飼・肥料工場	飼料工場	(フィッシュソリーブル工 場)	進んでいない	10 <sup>8-9</sup>	3~6	10~30	
			進んでいる(電気法, 薬液)	10 <sup>8-9</sup>	1~3	10~30	
		(配合飼料工場)	-	10 <sup>6</sup>	1~2	10~30	
		(スターチ飼料工場)	-	10 <sup>6-7</sup>	1~3	20~60	
	肥料工場	鶏糞乾燥所(大規模直火 ロータリーキルン)	-	10 <sup>7-8</sup>	2~6	5~20	
(配合肥料工場)		-	10 <sup>6-7</sup>	1~3	20~30		
鋳物工場	-	進んでいる(直燃, 薬液)	10 <sup>6</sup>	1~2	10~30		
		進んでいない	10 <sup>7-8</sup>	2~4	10~30		
薬品工場	医薬品製造工 場	-	進んでいる(薬液, 酸化法)	10 <sup>6</sup>	1~2	10~50	
			進んでいない	10 <sup>7-8</sup>	2~4	10~50	

資料 5.3 悪臭に係る規制基準

公害防止条例施行規則 平成7年9月27日宮城県規則第79号

(改正 平成16年9月21日規則第103号)

別表第二 (第三条関係)

六 悪臭の規制基準

施設の種類	許容限度		
	敷地境界線	排出口	排水
別表第一第六号の表一の項及び二の項に掲げる施設	臭気指数一五	悪臭防止法第四条第二項第一号に定める規制基準を基礎として、悪臭防止法施行規則(昭和四十七年総理府令第三十九号)第六条の二に定める方法により算出した臭気排出強度又は臭気指数	臭気指数三一
備考			
<p>1 臭気指数とは、気体又は水に係る悪臭の程度に関する値であって、試料とする気体又は水の臭気を人間の嗅覚で感知することができなくなるまで気体又は水の希釈をした場合における当該希釈倍数(以下「臭気濃度」という。)を次式により変換したものをいう。</p> $Y = 10 \log C$ <p>Y : 臭気指数 C : 臭気濃度</p> <p>2 臭気排出強度とは、排出ガスの臭気指数及び流量を基礎として、次式により算出したものをいう。</p> $C = 10^{Y/10}$ $q_d = 60 \times C \times Q_0$ <p>C : 臭気濃度 Y : 臭気指数 q<sub>d</sub> : 臭気排出強度(単位 温度零度、圧力一気圧の状態に換算した立方メートル毎分) Q<sub>0</sub> : 排出ガスの流量(単位 温度零度、圧力一気圧の状態に換算した立方メートル毎秒)</p> <p>3 臭気指数及び臭気排出強度の算定は、平成七年環境庁告示第六十三号に定める方法(三点比較式臭袋法)により行うものとする。</p>			

別表第一

六 悪臭に係る特定施設

番号	施設の種類
一	飼料又は有機質肥料の製造の用に供する施設で次に掲げるもの(原料として、魚腸骨、鳥獣骨、フェザー又はこれらのソリュブルを使用するものに限る。) (一) 原料置場 (二) 原料処理加工施設 (三) 真空濃縮施設 (四) 乾燥施設 (五) 脱臭施設
二	有機質肥料の製造の用に供する施設で次に掲げるもの(一の項に掲げるものを除く。) (一) 原料置場 (二) 原料処理加工施設 (三) 強制発酵施設 (四) 乾燥施設 (五) 脱臭施設