

第2章 調査、予測及び評価の手法（各論）

2-1 大気質

(1) 環境影響要因の内容

条例で定められている対象事業について、技術指針に示されている標準的な影響要因と大気質との関わりは、次のとおりである。

〔技術指針に示されている標準的な影響要因と大気質との関わり〕

区 分	土地又は工作物の存在及び供用	工事の実施
道路事業	・自動車の走行に伴う二酸化窒素、浮遊粒子状物質による影響（沿道環境大気質）	・工事の実施（建設機械の稼働、資材及び機械の運搬に用いる車両の運行）に伴う粉じん等による影響
ダム事業	_____	・工事の実施（ダムの堤体の工事、原石の採取の工事、施工設備及び工事中用道路の設置の工事、道路の付替の工事）に伴う粉じん等による影響
鉄道事業	_____	・工事の実施（建設機械の稼働、資材及び機械の運搬に用いる車両の運行）に伴う粉じん等による影響
工場事業	・工場の稼働に伴う二酸化窒素、浮遊粒子状物質、二酸化硫黄、粉じん等による影響	・工事の実施（資材及び機械の運搬に用いる車両の運行、切土工等又は既存の工作物の除去、建設機械の稼働）に伴う粉じん等による影響 ・建設機械の稼働に伴う二酸化窒素による影響
最終処分場事業	・存在及び供用（廃棄物の埋立て、廃棄物の搬入に用いる車両の運行）に伴う二酸化窒素、粉じん等による影響	・最終処分場の設置の工事に伴う粉じん等による影響
焼却施設事業	・存在及び供用（焼却場の稼働、廃棄物の搬入に用いる車両の運行）に伴う二酸化窒素による影響 ・焼却場の稼働に伴う浮遊粒子状物質、二酸化硫黄による影響 ・廃棄物の搬入に用いる車両の運行に伴う二酸化窒素、粉じん等による影響	・工事の実施（資材及び機械の運搬に用いる車両の運行、切土工等又は既存の工作物の除去、建設機械の稼働）に伴う粉じん等による影響
し尿処理施設事業	・し尿の搬入に用いる車両の運行に伴う二酸化窒素、粉じん等による影響	・工事の実施（資材及び機械の運搬に用いる車両の運行、切土工等又は既存の工作物の除去、建設機械の稼働）に伴う粉じん等による影響
スポーツ又はレクリエーション施設事業	_____	・工事の実施（資材及び機械の運搬に用いる車両の運行、建設機械の稼働）に伴う粉じん等による影響
土地区画整理事業	_____	・工事の実施（資材及び機械の運搬に用いる車両の運行、建設機械の稼働）に伴う粉じん等による影響
住宅地造成事業	_____	・工事の実施（資材及び機械の運搬に用いる車両の運行、建設機械の稼働）に伴う粉じん等による影響
工業団地造成事業	・工場の稼働に伴う二酸化窒素、浮遊粒子状物質、二酸化硫黄による影響	・工事の実施（資材及び機械の運搬に用いる車両の運行、建設機械の稼働）に伴う粉じん等による影響
土石事業	・存在及び供用（発破作業、採取の用に供する機械の稼働、施設の稼働）に伴う粉じん等による影響	_____

以上のように、対象事業ごとの影響要因を整理すると、基本的に次のように区分される。

【大気質に係る影響要因の区分】

- 自動車の走行等の移動発生源に起因するもの → 道路沿道の大気質
- 工場の稼働等の固定発生源に起因するもの → 固定発生源に係る大気質
- 建設機械の稼働等の建設作業に起因するもの → 建設作業に係る大気質

本技術指針マニュアルでは、上記の大気質に係る影響要因の区分を踏まえ、環境影響評価に係る調査、予測及び評価の手法について記載することとする。

(2) 調査の手法

1) 調査すべき情報

調査すべき情報は、次に示すとおりであり、これらの中から対象事業の種類に応じて、選定する。

- 二酸化窒素の濃度の状況
- 二酸化硫黄の濃度の状況
- 浮遊粒子状物質の濃度の状況
- 気象の状況

ここで、気象の状況とは、風向及び風速等が考えられる。

なお、対象地域が複雑な地形であったり、都市域であるような場合には、予測のためのより詳細な諸係数等の条件を得るために、必要に応じて上層気象や高層気象の状況を調査する必要がある。また、対象事業の発生源の状況や周辺地域の地形、気象及び大気質の濃度の状況等に応じて、上記以外の大気質の濃度の状況について調査することが必要となる場合もある。

2) 調査の基本的な手法

調査の基本的な手法は、文献その他の資料と現地調査を基本とする。

①文献その他の資料

a)大気質の濃度の状況

大気質に係る文献その他の資料としては、国又は地方公共団体が設置している大気測定局の測定結果をとりまとめた資料等がある。

b)気象の状況

気象に係る文献その他の資料としては、全国の気象官署の地上観測データ、都市部を中心に設置されている大気汚染常時監視測定局（一般局及び自排局）の風向・風速観測データ及び地域気象観測システム(AMeDAS)等がある。

②現地調査

a)大気質の濃度の状況

大気質の濃度に関する測定方法は、次に示すとおりである。基本的に環境基準が定められた項目については、環境基準に定められた方法により行い、カドミウム等の有害物質については、大気汚染防止法で定められた方法により行う。また、これらの測定方法以外にも、JISに定められた方法がある。

[大気質の濃度の測定方法①]

項 目	調 査 手 法
<p>①二酸化硫黄 (硫黄酸化物)</p>	<p>①「大気の汚染に係る環境基準について」 (昭和48年5月8日環境庁告示第25号)に定める測定方法に準拠 ・溶液導電率法又は紫外線蛍光法 ②JIS-B-7952「大気中の二酸化硫黄自動計測器」に定める分析方法 ・溶液導電率方式 ・炎光光度検出方式 ・電量方式 ・紫外線蛍光方式 (参考) (排出ガス) a. 排出基準 「大気汚染防止法」(昭和57年7月3日環境庁告示第76号) JIS-K-0103「排ガス中の硫黄酸化物分析方法」に定める方法 b. 自動測定器 JIS-B-7952「大気中の二酸化硫黄自動計測器」に定める方法</p>
<p>大 気 汚 染</p> <p>②一酸化炭素</p>	<p>①「大気の汚染に係る環境基準について」 (昭和48年5月8日環境庁告示第25号)に定める測定方法に準拠 ・非分散型赤外分析計を用いる方法 ②JIS-B-7951「大気中の一酸化炭素自動計測器」に定める分析方法 ・赤外線吸収方式 ・定電位電解方式 (参考) (排出ガス) a. JIS-K-0098「排ガス中の一酸化炭素分析方法」に定める方法 b. 自動測定器 JIS-B-7951「大気中の一酸化炭素自動計測器」に定める方法</p>
<p>③浮遊粒子状物質</p>	<p>①「大気の汚染に係る環境基準について」 (昭和48年5月8日環境庁告示第25号)に定める測定方法に準拠 ・濾過捕集による重量濃度測定方法又はこの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 ②JIS-B-7954「大気中の浮遊粒子状物質自動計測器」に定める分析方法 ・圧電天びん方式 ・ベータ線吸収方式 ・光散乱方式 ・吸光方式 (参考) (排出ガス) a. 自動測定器 JIS-B-7954「大気中の浮遊粒子状物質自動計測器」に定める方法</p>
<p>④二酸化窒素 (窒素酸化物)</p>	<p>①「二酸化窒素に係る環境基準について」 (昭和53年7月11日環境庁告示第38号)に定める測定方法に準拠 ・ザルツマン試薬を用いる吸光光度法又はオゾンを用いる化学発光法 ②JIS B 7953「大気中の窒素酸化物自動計測器」に定める方法 ・吸光光度法 ・化学発光法 (参考) (排出ガス) a. JIS K 0104「排ガス中の窒素酸化物分析方法」に定める方法 b. 自動測定器 JIS-B-7953「大気中の窒素酸化物自動計測器」に定める方法</p>
<p>⑤光化学 オキシダント</p>	<p>①「大気の汚染に係る環境基準について」 (昭和48年5月8日環境庁告示第25号)に定める測定方法に準拠。 ・中性ヨウ化カリウム溶液を用いる吸光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 ②JIS B 7957「大気中のオキシダント自動計測器」に定める方法 ・吸光光度法 ・化学発光法 ・紫外線吸収法 (参考) (排出ガス) a. 自動測定器 JIS-B-7957「大気中のオキシダント自動計測器」に定める方法</p>

出典：「環境アセスメントの技術」(社団法人 環境情報科学センター編、1999年8月)

[大気質の濃度の測定方法②]

項 目	調 査 手 法
大 気 汚 染 ⑥有害物質 (一般排出基準が定められている物質) ・カドミウム及びその化合物 ・塩素及び塩化水素 ・弗素、弗化水素及び弗化珪素 ・鉛及びその化合物	①大気汚染防止法施行規則第15条等に定める測定方法に準拠 a. カドミウム及びその化合物 JIS-Z-8808「排ガス中のダスト濃度の測定方法」の方法(ダスト試料採取装置を用いて、等速吸引によって排ガスを吸引し、ダスト試料をろ過捕集する)により採取し、原子吸光法、吸光光度法又はポーラログラフ法により測定 b. 塩素 JIS-K-0107「排ガス中の塩素分析方法」(吸光光度法(ABTS法、PCP法、オルトトリジン法)、連続分析法)のうち、オルトトリジン法又は連続分析法により測定 c. 塩化水素 JIS-K-0107「排ガス中の塩化水素分析方法」の方法(イオン電極法、硝酸銀滴定法、チオシアン酸第2水銀法)のうち、チオシアン酸第2水銀法により測定 d. 弗素、弗化水素及び弗化珪素 JIS-K-0105「排ガス中のふっ素化合物分析方法」の方法(ランタン-アリザリンコンプレキソン吸光光度法、イオン電極法)のうちランタン-アリザリンコンプレキソン吸光光度法により測定 e. 鉛及びその化合物 JIS-Z-8808「排ガス中のダスト濃度の測定方法」の方法(ダスト試料採取装置を用いて、等速吸引によって排ガスを吸引し、ダスト試料をろ過捕集する)により採取し、原子吸光法、吸光光度法又はポーラログラフ法により測定
⑦粉じん	①JIS-Z-8814「ロウボリウムエアサンプラ」による空气中浮遊粉じんの測定
⑧炭化水素	①「環境大気中の鉛・炭化水素の測定方法について」(昭和52年3月29日環境庁大気保全局長通達)に定める測定方法に準拠 ・直接法測定方式 ②JIS-B-7956「大気中の炭化水素自動計測器」に定める方法 ・全炭化水素測定方式 ・非メタン炭化水素測定方式 ・活性炭化水素測定方式

出典：「環境アセスメントの技術」(社団法人 環境情報科学センター編、1999年8月)

b) 気象の状況

気象に関する測定方法は、次に示すとおりであり、「気象業務法施行規則」（昭和27年、運輸省第101号）第1条の2又は第1条の3に基づく技術上の基準に基づく方法とする。具体的には、「地上気象観測指針」（気象庁編、平成5年）に準拠し、原則として測定高さは、地上10m（世界気象機関技術規則に準拠）とする。また、高層気象については、「高層気象観測指針」に準拠する。

〔気象の測定方法〕

項 目		調 査 手 法
気 象	①地上気温	<p>「地上気象観測法」（昭和46年1月気象庁観測部長通知）または「発電用原子炉施設の安全解析に関する気象指針」（平成6年4月原子力安全委員会）に定める測定方法に準拠。近年では、ドップラー音波レーダ装置を用いた連続観測手法が実用化されている。</p> <p>①気温 ア. 白金抵抗温度計による観測 イ. 通風乾湿計による観測 ウ. 金属製自記温度計による観測</p> <p>②湿度 ア. 塩化リチウム露点計による観測 イ. 通風乾湿計による観測 ウ. 毛髪自記湿度計による観測</p> <p>③地上風向・風速 ア. 風車型微風向風速計 イ. 超音波風向風速計</p> <p>④全天日射量 ア. 電気式全天日射計 イ. 直達日射乾燥装置</p> <p>⑤放射収支量 ア. 風防型放射収支計</p> <p>⑥気温の鉛直分布 ア. 低層ゾンデ観測 イ. 低層レーウィンゾンデ観測 ウ. 係留ゾンデ観測</p> <p>⑦風向・風速の鉛直分布 ア. 測風気球観測 イ. 低層レーウィンゾンデ観測 ウ. 係留ゾンデ観測 エ. ドップラー音波レーダ（リモートセンシング装置）</p>
	②地上湿度	
	③地上風向・風速	
	④日射量	
	⑤放射収支量	
	⑥上層気温・湿度	
	⑦上層風向・風速	

出典：「環境アセスメントの技術」（社団法人 環境情報科学センター編、1999年8月）

3) 調査地域

調査地域は、大気質に係る環境影響を受けるおそれがあると認められる区域において、住宅等の保全対象が立地する地域(住宅等が立地する地域又は住宅等の立地が予定される地域)を基本とする。

【道路沿道の大気質】

対象道路事業等に係る調査地域は、計画路線の道路構造、沿線の地形、土地利用及び既存の大気質に係る発生源並びに大気汚染測定局の位置等を勘察し、設定する必要がある、一つの目安として、おおむね道路端から100～150mの範囲*が考えられる。

【固定発生源に係る大気質】

固定発生源に係る大気質の調査地域は、対象事業に係る発生源の状況(煙源の規模、高さ、形態等)及び周辺地域の地形、気象等の状況を勘察し、設定する必要がある。

なお、一例として、固定発生源に係る調査地域について、次のように設定されている。

〔固定発生源に係る標準的な調査範囲〕

煙源種類		最大着地濃度距離及び設定方法	対象範囲
ばい煙発生源 (煙突高さ)	50m未満	0.5km(20m)～2km(100m)	1～4km
	50m～150m	2km～9km(200m)	4～18km
	150m以上	9km～2km(500m)	18～30km
粉じん発生源 炭化水素発生源 群小発生源		ばい煙発生源の50m未満に準ずる	1～4km

注：()内は対応する有効煙突高さを示す。

出典)「環境アセスメントの技術」(社団法人 環境情報科学センター、1999年8月)

【建設作業に係る大気質】

調査地域は、対象事業に係る工事区域及びその周辺地域並びに工事用車両の運行が予想される道路の沿道が考えられる。その周辺地域としては、一つの目安として、対象事業に係る工事区域の端部からおおむね数百メートルの範囲が考えられるが、次に示すような点に留意し、適切な範囲を設定する必要がある。

〔調査範囲の設定にあたっての留意点〕

- 事業特性：工事計画の概要(発生源の状況、工事位置、工種等)
- 地域特性：地形や気象等の自然的状況、住居等の保全対象の配置状況等
- 粉じん等の拡散の特性等：土壌の特性(含水率、粒径等)

なお、工事用車両の運行が予想される道路の沿道に係る大気質の調査地域については、基本的に道路沿道の大気質に係る調査地域と同一とする。

4) 調査地点

調査地点は、調査地域のうち、大気質に係る環境影響を予測及び評価するために必要な情報を適切かつ効果的に把握できる地点とする。具体的には、事業特性及び地域特性を踏まえ、予測地点に対応させ、調査地域を代表する地点、住居地域、病院、学校等の環境を保全すべき対象等について、適切に選定する必要がある。

なお、一般に、気象と大気質は、同一地点で測定することが望ましいが、周辺の発生源の影響に敏感に反応する大気質と比較して、気象は代表性が大きいことから、代表点を設定して観測する場合も考えられる。

5) 調査期間等

調査期間は、原則として1年間を対象とする。また、調査時期は、基本的に四季各1週間程度の連続測定とする。

ここで、調査期間等については、年間の平均的な傾向を明らかにするとともに、気象条件や発生源の稼働状況の変化による大気汚染状況の季節変化を把握することを目的として設定している。なお、大気質の濃度の測定は、社会的な要因による影響が大きいことから、事業の実施時点に近い時期を対象とする必要があり、調査は至近の1年間を対象とすることが望ましい。

また、調査時期については、大気質と気象は季節的な変動があることから、春夏秋冬の四季とし、さらに、社会活動や気象の変動の周期はおおむね1週間であることから、1週間程度の連続測定としている。

なお、調査の時間密度は、大気質及び気象ともに、原則として1時間値の連続測定とするが、測定が困難な場合にはこの限りではない。

6) 調査結果の整理

調査により得られたデータは、調査手法、調査日時、調査地域、使用機器等の調査の前提条件等を図表等により整理するとともに、情報の出所及びその妥当性を明らかにする。

大気質に係る調査結果の記載内容の例としては、次のようなものが考えられる。

【調査結果の整理内容(例)】

○大気質の状況

- ・大気質の濃度（日平均値、日最高値、日最低値、期間平均値、年平均値、年間98%値等）
- ・環境基準の適合状況

○気象の状況

- ・風向・風速（風配図、風速階級表等）
- ・大気安定度（大気安定度階級分類表等）
- ・代表性の検討（異常年検定等） 等

(3) 予測及び評価の手法

1) 予測の基本的な手法

予測の基本的な手法としては、次に示す手法が考えられ、これらの中から対象事業の種類に応じて、選定する。

○プルーム式及びパフ式による計算

○事例の引用又は解析

①予測手法の選定

大気質に係る予測は、対象事業の実施に伴う大気質の状態の変化を明らかにし、発生源の種類、規模及び大気質の種類並びに地域特性の状況を踏まえ、評価に際して必要な水準が確保されるよう、その手法を選定する必要がある。

予測の手法としては、拡散計算等（数値シミュレーション）による手法や事例の引用による定性的な手法などが考えられる。

なお、数値シミュレーション（プルームモデル及びパフモデル等）による予測の場合には、1年間の平均濃度を対象とした長期予測を基本とするが、比較的出現の多い気象条件のもとで高濃度の出現が予想される場合等には、高濃度に対する短期予測を行う。なお、短期予測は、特定の気象条件下で行われるため、長期予測に比べ精度が劣ることから、予測の前提条件、適用限界を十分に整理しておく必要がある。

また、予測手法の選定にあたっては、事業特性、地域特性及び選定項目の特性により異なることから、次の点に留意する必要がある。

- 事業特性（発生源（規模、形態）の状況等）
- 地域特性（予測地域の地形、気象及び大気質の濃度の状況等）
- 予測する大気質（選定項目）の特性
- 予測内容（長期予測、短期予測）
- 必要とされる手法の水準（数値計算、事例の引用又は解析）等

②予測の前提条件の整理

予測にあたっては、次に示す条件を整理しておく必要がある。

- 風向・風速等の気象データ
- 拡散パラメーター
- 対象事業からの大気汚染物質の排出量
- バックグラウンド濃度に関するデータ（現況濃度、将来の排出量削減計画）等

③予測手法の概要

a) 定量的な手法

定量的な手法としては、物理的手法と統計的手法に区分され、物理的手法は、数値シミュレーションによる手法と模型実験や拡散実験による方法に区分することができる。

標準的に用いられる定量的な手法の概要は、次に示すとおりである。

工場・事業場に係る固定発生源や工事中の建設機械等の稼働に伴う大気質の予測には、一般的にこれらのプルームモデル及びパフモデルが用いられている。また、道路沿道における大気質の予測には、建設省が提示している沿道地域の予測モデル*（プルームモデル及びパフモデル）が用いられている。

【ブルームモデルの概要】

参考資料：「環境アセスメントの技術」（社団法人 環境情報科学センター、1999年8月）

①モデルの特徴

有風時に多く適用される式で、濃度の鉛直分布が正規分布をしている「正規型」とそれ以外の分布とする「非正規型」がある。正規型は煙源と拡散場が定常であり、風速及び拡散係数が空間的に一様であるという仮定で解かれる。非正規型は風速及び拡散係数が水平方向には一様であるが、鉛直方向には高さに対して比例すると仮定して解かれるものである。いずれの式も風下方向への拡散効果が移流効果に比較して小さいと考え、拡散効果を見捨てて導かれている。したがって、風速が小さくなると精度が悪くなる、水平方向に拡散場が一様でない場合（例えば地形が複雑である）は使えない、吹き戻しなど、時間的に変化する現象には適用が難しいと考えられる。

ブルームモデルの長所としては、計算が簡易なことや、全国的に活用されていることが挙げられる。特に、正規型の式には、煙の広がり方を示す拡散パラメーターに関する知見や情報が豊富に存在していることなどが挙げられる。ただし、拡散パラメーターは、拡散実験を基に提唱されていることから、活用に際しては実験が行われた状況を十分に考慮する必要がある。

②モデルの基本式

ブルームモデルの基本式は、次のように与えられる。

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

$C(x, y, z)$: 計算点(x, y, z)の濃度

x : 計算点の x 座標 (m)

y : 計算点の y 座標 (m)

z : 計算点の z 座標 (m)

Q_p : 点煙源強度 (Nm³/s)

He : 有効煙突高 (m)

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

年平均値の予測においては、長期的に見たときにある風向の出現率とその風向内で一様に分布していると仮定して、水平方向の拡散パラメーター σ_y に無関係な長期平均式(Holland式)が用いられる。

$$C_{(R, z)} = \sqrt{\frac{1}{2 \pi}} \cdot \frac{Q_p}{\frac{\pi}{8} \cdot R \cdot \sigma_z \cdot u} \cdot F$$

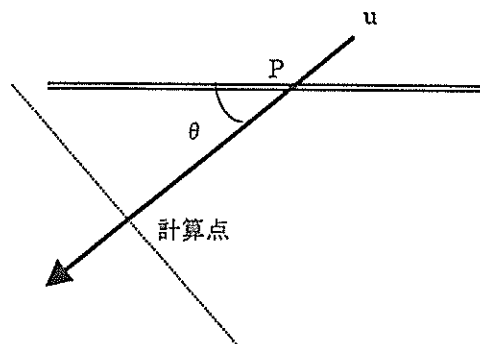
R : 点煙源と計算点の水平距離 (m)

ブルームモデルは、計算が非常に簡単であるという特徴を持つとともに、応用性も大きく、点源に対する計算式として用いられるほかに、積分することによって線源（線に沿って積分）、面源（面内で積分）に対して用いられる。また、上層に混合層の下面（lid）があって上方への拡散が制約される場合にも使われる。あまり複雑でない地形の変化やダウンウォッシュ時などに対しては、有効煙突高さや拡散パラメーターの修正を施して適用することができる。

③線源、面源への適用

線源に対して積分する場合の方法を説明する。点源式の煙源強度 Q_p (Nm^3/s)を単位長さ当たりの煙源強度 Q_L ($\text{Nm}^3/\text{m}\cdot\text{s}$)に置き換えて、線源に沿って積分を行う。

ブルームの基本式を積分する場合は、次に示すように対象とする線源について計算点より風上側の範囲を積分する。この積分は風が線源に対して直角であるならば、誤差関数で表現できるが、他の場合に解析的な積分は無理で、数値積分によることとなる。一般的には線源を小区分に分割して、区分の中点に点源をおく点列方式を採用する。このとき、段階的に区分を変化させ、計算点濃度が変化しなくなるまで小さくすることは数値積分を実行するのと同様である。



〔線源におけるブルーム式の考え方（基本式の場合）〕

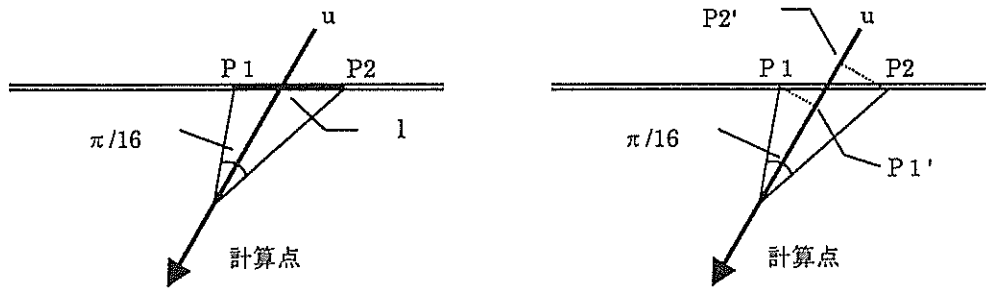
長期平均式による濃度出現範囲は風下側の軸を中心としてその両側 $\pi/16$ 内に一様に分布する。計算点から見ると、次に示すように、風上側の軸を中心としてその両側 $\pi/16$ 内の範囲の煙源からの影響を受けることとなる。そこで、図の左図に示すようにP1からP2まで積分すればよい。実際の計算では積分近似の方法として、

○P1、P2の中点に $Q_L \times l$ (l はP1、P2の長さ)の点源をおいて点源式で計算する。

○左図のようにP1、P2から風の軸に垂線を下ろした点P1'、P2'の間を距離Rについて積分を行い、煙源強度を $Q_1 = Q_L / \cos \theta$ と修正する。

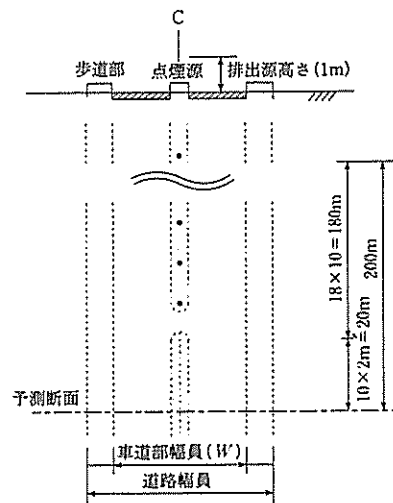
方法が考えられる。

線源ブルーム式を利用する場合には、風速（通常は地上10mで測定される）を地表に近い高さに補正して修正するが、遠方での計算ではこの風速の補正によって過大に評価されるので注意が必要である。また、ブルーム式自体が相当に単純な仮定をおいて計算しているので、煙源が建物に囲まれる（ストリートキャニオンと呼ばれる）などのように移流や拡散に影響がある状態には予測誤差が大きくなるので注意する必要がある。



〔線源におけるブルーム式の考え方（長期式の場合）〕

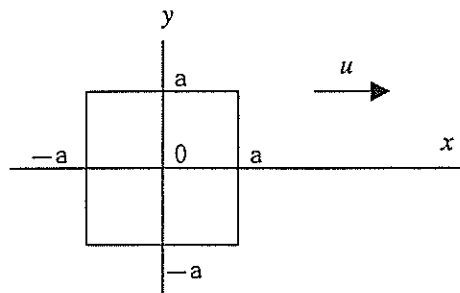
単純に線源を多数の点源の集まりと考えて、各点煙源について点源に対するブルーム式で計算を行い、その濃度を足し合わせるという方法も線源に対してしばしば行われる。例えば、道路事業に対してよく用いられている方法としては、次に示すように、予測断面（計算対象とする範囲）の前後20mは2m間隔、その両側180mは10m間隔として、計算点近くに点源を密に配置してブルーム式で計算を行っている。



出典：日本道路協会「道路環境整備マニュアル」（平成4年4月）による

〔連続点源として線源を計算する場合の配置の例〕

面源に対して計算する場合は、点源式の煙源強度 Q_p (Nm^3/s)を単位面積当たりの煙源強度 Q_L ($\text{Nm}^3/\text{m}^2 \cdot \text{s}$)に置き換えて、面について積分を行う。このとき、面源は次のように与えるものとする。

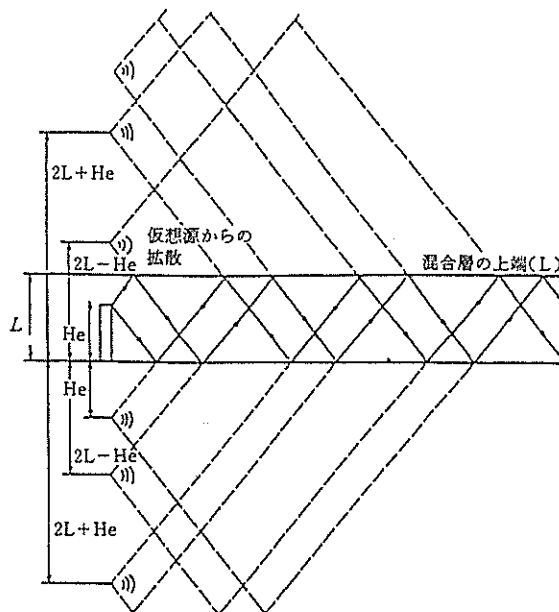


〔面源の置き方〕

④逆転層が存在する場合への適用

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。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、鉛直項Fは2項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。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。次に示すように、地表面と逆転層の下面(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、下式のnは-3~3程度の範囲で十分である。

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



出典 : U.S.Environment Protection Agency:
[User's guide for Industrial Source Complex(ISC3) dispersion models](1995)

〔混合層の上端(lid)における拡散の模式図〕

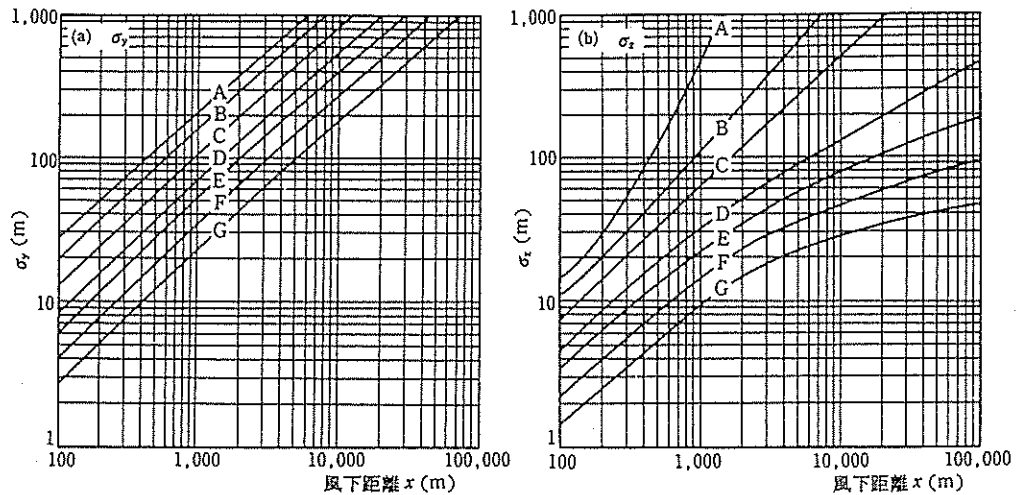
⑤拡散パラメーター

a) Pasquill-Giffordの拡散パラメーター

ブルームモデルに利用する拡散パラメーター σ_y 、 σ_z は距離の関数として与えられる。次に示すPasquill-Gifford線図が最も一般的であり、実際の拡散計算においては、この図から読みとった近似式(次表)が用いられる。この線図は平坦地で行われた拡散実験の結果に基づいて得られたもので、その評価時間は3分間であるといわれている。そこで、この拡散パラメーターを用いてブルーム式による1時間値の計算を行う場合には、次のように σ_y を修正して用い

ることが多い。なお、べきの0.2 (=1/5) は時間希釈係数と呼ばれるもので、本来は安定度などによって変化するものであるが、一般的な値としてこの値を用いることが多い。

$$\sigma_{y'} = (60/3)^{0.2} \sigma_y \approx 1.82 \sigma_y$$



出典：「窒素酸化物総量規制マニュアル」（環境庁大気保全局大気規制課、平成7年）

[Pasquill-Gifford線図]

[Pasquill-Gifford線図の近似式]

$\sigma_y(x) = \gamma_y \cdot x^{\alpha_y}$			
安定度	α_y	γ_y	風下距離 x(m)
A	0.901	0.426	0~1,000
	0.851	0.602	1,000~
B	0.914	0.282	0~1,000
	0.865	0.396	1,000~
C	0.924	0.1772	0~1,000
	0.885	0.232	1,000~
D	0.929	0.1107	0~1,000
	0.889	0.1467	1,000~
E	0.921	0.0864	0~1,000
	0.897	0.1019	1,000~
F	0.929	0.0554	0~1,000
	0.889	0.0733	1,000~
G	0.921	0.0380	0~1,000
	0.896	0.0452	1,000~

$\sigma_z(x) = \gamma_z \cdot x^{\alpha_z}$			
安定度	α_z	γ_z	風下距離 x(m)
A	1.122	0.0800	0~300
	1.514	0.00855	300~500
	2.109	0.000212	500~
B	0.964	0.1272	0~500
	1.094	0.0570	500~
C	0.918	0.1068	0~
D	0.826	0.1046	0~1,000
	0.632	0.400	1,000~10,000
	0.555	0.811	10,000~
E	0.788	0.0928	0~1,000
	0.565	0.433	1,000~10,000
	0.415	1.732	10,000~
F	0.784	0.0621	0~1,000
	0.526	0.370	1,000~10,000
	0.323	2.41	10,000~
G	0.794	0.0373	0~1,000
	0.637	0.1105	1,000~2,000
	0.431	0.529	2,000~10,000
	0.222	3.62	10,000~

出典：「窒素酸化物総量規制マニュアル」（環境庁大気保全局大気規制課、平成7年）

b) Briggsの拡散パラメーター

Briggsも拡散実験の結果を整理して次のような近似関数を提案している。田園地域用のものはPasquillが用いた実験結果を含めて整理しているの、Pasquill-Gifford線図との相違はそれほど無いと考えてもよい。McElroyとPoolerが都市域で行った拡散実験結果を元にして提案された都市域については、この種のデータが少ないことから、米国などではよく使われているようである。ただし、田園地域用と比較して大きな拡散パラメーターであることから、注意して使う必要がある。なお、評価時間は特に触れられておらず、米国での計算例においても時間希釈係数の指定はされていない。

[Briggsの拡散パラメーター]

田園地域用 $10^2 \leq x \leq 10^4$

安定度	$\sigma_y(m)=$	$\sigma_z(m)=$
A	$0.22x(1+0.0001x)^{-0.5}$	$0.20x$
B	$0.16x(1+0.0001x)^{-0.5}$	$0.12x$
C	$0.11x(1+0.0001x)^{-0.5}$	$0.08x(1+0.0002x)^{-0.5}$
D	$0.08x(1+0.0001x)^{-0.5}$	$0.06x(1+0.0015x)^{-0.5}$
E	$0.06x(1+0.0001x)^{-0.5}$	$0.03x(1+0.0003x)^{-1}$
F	$0.04x(1+0.0001x)^{-0.5}$	$0.016x(1+0.0003x)^{-1}$

都市地域用 $10^2 \leq x \leq 10^4$

安定度	$\sigma_y(m)=$	$\sigma_z(m)=$
A-B	$0.32x(1+0.0004x)^{-0.5}$	$0.24x(1+0.001x)^{0.5}$
C	$0.22x(1+0.0004x)^{-0.5}$	$0.20x$
D	$0.16x(1+0.0004x)^{-0.5}$	$0.14x(1+0.0003x)^{-0.5}$
E-F	$0.11x(1+0.0004x)^{-0.5}$	$0.08x(1+0.0015x)^{-0.5}$

出典：「窒素酸化物総量規制マニュアル」（環境庁大気保全局大気規制課、平成7年）

⑥有効煙突高さ

ばい煙発生源（工場・事業場）等からの排出ガスは一般に環境大気より高温であることから浮力を持つと同時に煙突の通風力によってある程度の速度（運動量）をもって排出される。排出されたプルームは周囲の空気を取り込みながら拡大し、気流によって風下へ流されながら上昇する。上向きの運動量がゼロになるか、プルームの持つ浮力がゼロになるかのどちらかの状態でプルームは上昇を止め、気流によって水平に運ばれていく。この排煙の上昇分を ΔH とする。煙突の実高さ（ H_0 ）にこの ΔH を加えたものは有効煙突高さ H_e と呼ばれる。

$$H_e = H_0 + \Delta H$$

正規型のモデルでは、煙源を大きさを持たない排出源としてある高度におき、そこから水平に移流・拡散させる。そこで、 H_e は正規型のモデルにおける発生源の高さとして与えられる。

熱による浮力を持つプルームを浮力プルーム(Buoyant Plume)と呼び、排出ガスの温度が低く、運動量のみが支配的であるようなプルームをジェットプルーム(Jet Plume)と呼ぶ。また、最終上昇高に達するまでの過程を上昇過程のプルーム(Bending Plume又はBent Plume)と呼び、近隣の建物によるダウンウォッシュなどの影響を予測する場合に重要である。

ΔH については、1950年代より研究が始まり、多くの理論式、実験式が提案されてきた。日本国内でよく使われる式は、現在の「窒素酸化物総量規制マニュアル」や「浮遊粒子状物質汚染予測マニュアル」に使われているCONCAWE式、「硫黄酸化物総量規制マニュアル」や

改訂前の「窒素酸化物総量規制マニュアル」に用いられたMoses and Carson式、大気汚染防止法のK値規制に用いられてきたBosanquet I式がある。

《CONCAWE式》

$$\Delta H = 0.175 \cdot Q_H^{1.2} \cdot u^{-3.4}$$

Q_H : 排出熱量 (cal/s)

$$Q_H = \rho C_p Q \Delta T$$

ρ : 0°Cにおける排ガス密度 ($1.293 \times 10^3 \text{ g/m}^3$)

C_p : 定圧比熱 (0.24 cal/K/g)

Q : 単位時間当たりの排ガス量 (Nm^3/s)

ΔT : 排出ガス温度 (T_c) と気温の温度差 ($T_c - 15^\circ\text{C}$)

u : 煙突頭頂部における風速 (m/s)

《Moses and Carson式》

$$\Delta H = (C_1 \cdot V_s \cdot D + C_2 \cdot Q_H^{1.2}) \cdot u^{-1}$$

V_s : 排出ガスの吐出速度 (m/s)

D : 煙突頭頂部内径 (m)

C_1 : 実験定数、不安定・中立で0.35、安定で-1.04

C_2 : 実験定数、不安定・中立で0.171、安定で0.145

《Bosanquet I式》

$$\Delta H = \Delta H_m + \Delta H_b$$

$$\Delta H_m = \frac{4.77}{1 + 0.43 \frac{u}{V_s}} - \frac{\sqrt{Q \cdot V_s}}{u}$$

$$\Delta H_b = 6.37 \text{ g} \frac{Q \cdot \Delta T}{u^3 \cdot T_a} \left(\ln J^2 + \frac{2}{J} - 2 \right)$$

$$J = \frac{u^2}{\sqrt{Q \cdot V_s}} \left(0.43 \sqrt{\frac{T_a}{g \cdot d \theta / dz}} - 0.28 \frac{V_s}{g} \frac{T_a}{\Delta T} \right) + 1$$

g : 重力加速度 (9.8 m/s^2)

T_a : 気温 (K)

$d \theta / dz$: 温位傾度 (K/m)

改訂前の「窒素酸化物総量規制マニュアル」では、大規模煙源に対する式としてMoses and Carson式、中小規模煙源に対する式としてCONCAWE式という使い分けが行われていた。Moses and Carson式は安定度を考慮できる式であるが、原論文に示される不安定時の係数において、弱風時に極端に高いHeを計算するため、この係数を用いずに不安定・中立時と安定時の2通りの係数を用いてきた。しかし、その後の種々の検討により、安定度の導入が必ずしも精度の向上に効果を示していないことから、改訂後のマニュアルではCONCAWE式が全煙源に対して採用されている。Bosanquet I式はK値規制で用いられる風速6m/s程度でCONCAWE式とほぼ同等の値を示す。

これらの式は有風時の浮カブルームについての最終上昇式であるが、有風時のジェットブルームの式、上昇過程式については知見がない。「窒素酸化物総量規制マニュアル」では、次の式を示している。

《有風時のジェットブルームについてのBriggsの式》

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

《Montgomeryによる上昇過程式》

$$\Delta H = (1000 Q_H)^{1.3} u^{-1} f(x)$$

$$\text{中立 } (-0.0017 < \frac{d\theta}{dz} \leq 0.0016) \quad : f(x) = 0.84 x^{0.56} \quad (x \leq 3,000\text{m})$$

$$\text{弱安定 } (-0.0016 < \frac{d\theta}{dz} \leq 0.0070) \quad : f(x) = 1.26 x^{0.49} \quad (x \leq 2,800\text{m})$$

$$\text{強安定 } (-0.0070 < \frac{d\theta}{dz} \leq 0.0187) \quad : f(x) = 4.64 x^{0.26} \quad (x \leq 1,960\text{m})$$

【パフモデルの概要】

参考資料：「環境アセスメントの技術」（社団法人 環境情報科学センター、1999年8月）

①モデルの特徴

煙源から瞬間的に放出された煙塊の拡散を示す式であり、拡散係数が空間的に一様であることを前提として導かれたものである。プルームモデルと同様に拡散係数が用いられ時間の関数として与えられる。

パフモデルは、瞬間的な煙というのは現実的でないことから、時間積分することにより連続発生源に対して適用される。この場合、発生源の時間的な変化を考慮できるばかりでなく、水平方向の風向・風速の変化にも対応できるので、原理的にはかなり複雑な気象条件にも対応できる。しかし、時間積分に計算時間がかかるために、これまでプルームモデルが適用できるような場合には、適用されてこなかった。

年平均値の算出では、プルームモデルと併用して、プルームモデルが有風時に適用されるのに対し、発生源及び拡散場に一様を仮定し、積分時間を無限大として積分して定常状態を表した簡易パフ式が、無風時に対して適用される。

②基本式

パフ式の基本式は、次のとおりである。

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

③弱風パフ式

基本式は、瞬間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。拡散パラメーター σ_x 、 σ_y 、 σ_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 α 、 γ とすると、

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

と示される。x方向に風が風速 u (m/s) で吹いているとすると、次式のようなパフ式が得られる。

$$C(x, y, z) = \frac{Q_p}{(2\pi)^{3/2} \gamma} \cdot \exp\left(-\frac{u^2}{2\alpha^2}\right) \cdot (G_1 + G_2)$$

$$G_1 = \frac{1}{\eta^2} \left[1 + \frac{\sqrt{\pi/2} u x}{\alpha \eta} \cdot \exp\left(-\frac{u^2 x^2}{2\alpha^2 \eta^2}\right) \cdot \operatorname{erfc}\left(\frac{u x}{\sqrt{2\alpha \eta}}\right) \right]$$

$$G_2 = \frac{1}{\eta^2} \left[1 + \frac{\sqrt{\pi/2} u x}{\alpha \eta} \cdot \exp\left(-\frac{u^2 x^2}{2\alpha^2 \eta^2}\right) \cdot \operatorname{erfc}\left(\frac{u x}{\sqrt{2\alpha \eta}}\right) \right]$$

ここで、

$$\eta^2_- = x^2 + y^2 + \frac{\alpha^2}{\gamma^2} (z - \text{He})^2$$

$$\eta^2_+ = x^2 + y^2 + \frac{\alpha^2}{\gamma^2} (z + \text{He})^2$$

$$\text{erfc}(W) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_w^\infty e^{-t^2} dt$$

有風時と同様に、一つの風向内で濃度が一様であると考え、次のような式が得られる。この式が窒素酸化物総量規制マニュアルで推奨されている無風・弱風時の拡散式で、弱風パフ式と呼ばれる。

$$C_{(R, z)} = \sqrt{\frac{1}{2\pi}} \frac{Q_P}{\frac{\pi}{8}\gamma} \cdot \left(\frac{1}{\eta^2_-} \cdot \exp\left(-\frac{u^2 (z - \text{He})^2}{2\gamma^2 \eta^2_-}\right) + \frac{1}{\eta^2_+} \cdot \exp\left(-\frac{u^2 (z + \text{He})^2}{2\gamma^2 \eta^2_+}\right) \right)$$

$$\eta^2_- = R^2 + \frac{\alpha^2}{\gamma^2} (z - \text{He})^2$$

$$\eta^2_+ = R^2 + \frac{\alpha^2}{\gamma^2} (z + \text{He})^2$$

$$R^2 = x^2 + y^2$$

なお、弱風パフ式により予測を行う場合には、風速 u と水平方向拡散パラメーター α により風向出現率の補正を行う必要がある。

④簡易パフ式

弱風パフ式において $u = 0$ とおいて、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。地域シミュレーションモデルや環境影響評価においては、弱風式よりもこちらが使用されることが多い。

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

⑤線源、面源に使用する無風時のパフ式

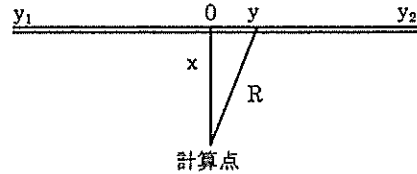
無風時の線源・面源に適用するパフ式は、簡易パフ式を積分して利用する。

線源に対して積分する場合、次のように考える。計算点から線源に下ろした垂線を x 軸とし、線源を y 軸とする。距離 R ($R^2 = x^2 + y^2$) について線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 まで積分することと同等であるから、次式のような線源パフ式を得ることができる。

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

$$\eta^2_1 = x^2 + \frac{\alpha^2}{\gamma^2} (z - He)^2$$

$$\eta^2_2 = x^2 + \frac{\alpha^2}{\gamma^2} (z + He)^2$$



〔無風時における線源の積分の考え方〕

面源については、面源を等積の円形の面源として考えると、点源式を積分することができ、次のように表される。

$$C_{(R,z)} = \frac{Q_A}{2\sqrt{2\pi}\lambda} \left\{ \ln \frac{B_- + \sqrt{(B_-)^2 + (2\alpha\gamma R(z - He))^2}}{A_- + \sqrt{(A_-)^2 + (2\alpha\gamma R(z - He))^2}} + \ln \frac{B_+ + \sqrt{(B_+)^2 + (2\alpha\gamma R(z - He))^2}}{A_+ + \sqrt{(A_+)^2 + (2\alpha\gamma R(z - He))^2}} \right\}$$

$$A_{\pm} = \alpha^2 (z \pm He)^2 - \gamma^2 R^2$$

$$B_{\pm} = A_{\pm} + \gamma^2 R_0^2$$

⑥ 逆転層が存在する場合への適用

パフ式にlidを入れる場合については、ブルーム式と同様に逆転層の下面を考慮するように修正して計算を実施する。

$$C_{(R,z)} = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \frac{Q_P}{\frac{\pi}{8}\gamma} \cdot \sum_{n=-\infty}^{\infty} \left\{ \frac{1}{\eta^2_{n-}} \cdot \exp\left(-\frac{u^2(z - He + 2nL)^2}{2\gamma^2\eta^2_{n-}}\right) + \frac{1}{\eta^2_{n+}} \cdot \exp\left(-\frac{u^2(z + He + 2nL)^2}{2\gamma^2\eta^2_{n+}}\right) \right\}$$

$$\eta^2_{n-} = R^2 + \frac{\alpha^2}{\gamma^2} (z - He + 2nL)^2$$

$$\eta^2_{n+} = R^2 + \frac{\alpha^2}{\gamma^2} (z + He + 2nL)^2$$

⑦拡散パラメーター

「硫黄酸化物総量規制マニュアル」では、パフ式に適用する拡散パラメーターとして、Psquill-Gifford線図を時間の関数にしたTurner線図を利用した。しかし、この線図はもともと無風や弱風に適したものではない（風速5m/sとして変換した）ことから、「窒素酸化物総量規制マニュアル」では、Psquill-Gifford線図を元にして、次のような無風・弱風時に係る拡散パラメーターを示している。

〔無風・弱風時の拡散パラメーター〕

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

出典：「窒素酸化物総量規制マニュアル」（環境庁大気保全局大気規制課、平成7年）

⑧有効煙突高さ

無風・弱風時に有効煙突高さ式については知見が非常に少なく、ほぼ唯一の式として、次に示す無風時のBriggs式が通常使われている。

$$\Delta H = 1.4 Q_H^{1/4} (d \theta / d z)^{-3/8}$$

無風時のBriggs式については、「窒素酸化物総量規制マニュアル」では無風時の代表風速を0.4m/sとしていることから、無風時のBriggs式によるΔHの値と風速2m/sでのCONCAWE式のΔHの値を0.4m/sで線形内挿した値を計算に用いている。

無風・弱風時には逆転層の出現率が多いことから、有効煙突高さの算定に当たっては逆転層との関係を十分に検討する必要がある。無風・弱風時の有効煙突高さは逆転層が存在しなければ、一般には有風時より高くなり地上への影響は小さくなるが、逆転層によって上昇が阻害される場合には影響が生ずることが考えられる。

【複雑地形が存在する場合の拡散モデルの概要】

参考資料：「ごみ処理施設環境アセスメントマニュアル」（社団法人 全国都市清掃会議、昭和61年6月）

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。ここでは、一般的に使用されている、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示す。次に示すモデルの計算式は、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。

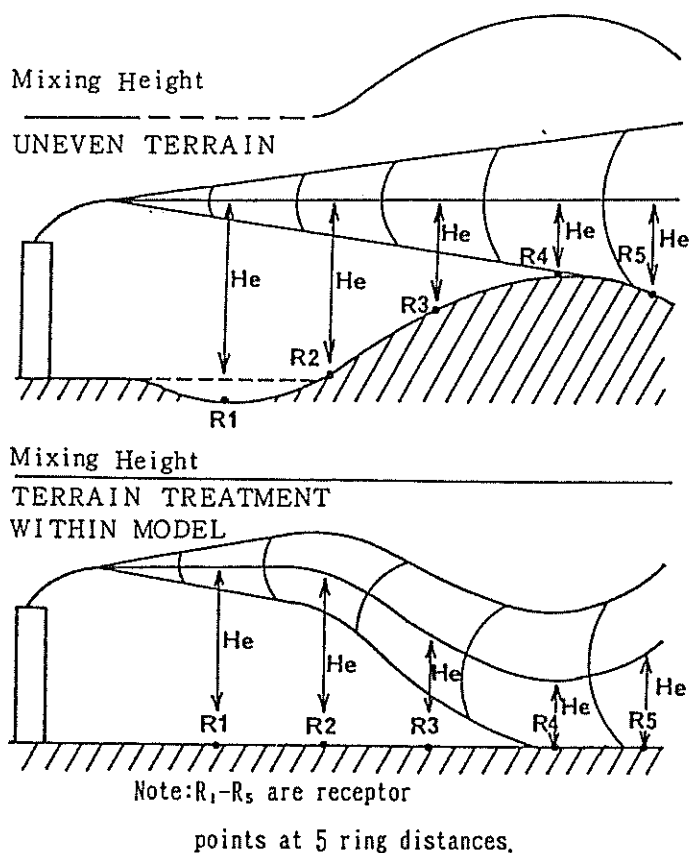
〈クレスト（CRSTER）モデル〉

クレスト（Single Source）モデルによるプルーム中心軸の評価方法の概念は、次に示すとおりである。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。

○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。



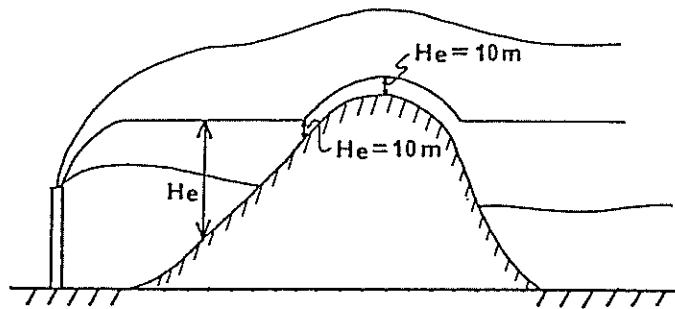
〔クレストモデルの概念図〕

〈ヴァレイ (Valley) モデル〉

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は、次に示すとおりである。地表の評価点からのプルーム中心軸の高さの求め方は、次のとおりである。

○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は直進する。

○地形標高から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。

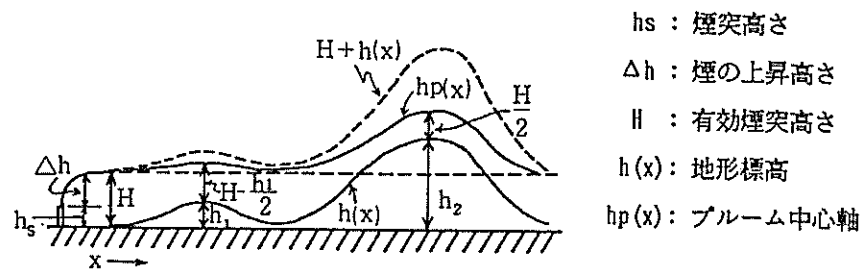


〔ヴァレイモデルの概念図〕

〈ERT PSDMモデル〉

ERT (Environmental Research Technology Inc.) PSDM (Point Source Diffusion Model) モデルによるプルーム中心軸の評価方法の概念は、次に示すとおりである。地表の評価点からのプルーム中心軸の高さの求め方は、次のとおりである。

- 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を減じた値をプ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をプルーム中心軸と地形表面の距離とする。



〔ERT PSDMモデルの概念図〕

【道路沿道予測に用いられるプルームモデル・パフモデルの概要】

参考資料：「道路環境整備マニュアル」（社団法人 日本道路協会、平成4年4月）

道路沿道における大気質の予測には、建設省が提示している沿道地域の予測モデル（プルームモデル及びパフモデル）が用いられている。

大気質の濃度については、点源を連続して配置し、各々の点源からの排出される大気質の濃度を合成して求める。この場合、各々の点煙源から排出される大気質の濃度は、有風時（風速1m/sを超える場合）についてはプルームモデルを、また、弱風時（風速1m/s以下の場合）についてはパフモデルを用いて予測する。

道路沿道予測に用いられるプルームモデル及びパフモデルの概要は、以下に示すとおりである。

〈プルームモデル〉

1) 基本式

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

ここで、

$C(x, y, z)$: (x, y, z) 地点における大気質の濃度 (ppm, mg/m³)

Q : 点煙源の大気汚染物質の排出量 (ml/s, mg/s)

u : 平均風速 (m/s)

H : 排出源の高さ (m)

σ_y, σ_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)

2) 拡散幅（一般的な道路構造（平面、盛土、切土、高架））

《直角方向の拡散幅 (σ_z)》

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

ここで、

σ_{z0} : 鉛直方向の初期拡散幅 (m)

$$\begin{cases} \text{遮音壁のない場合} \cdots \sigma_{z0} = 1.5 \\ \text{遮音壁のある場合} \cdots \sigma_{z0} = 4.0 \end{cases}$$

L : 車道端部からの距離 ($L = x - W/2$) (m)

x : 風向に沿った風下距離 (m)

W : 車道幅員 (m)

なお、 $x < W/2$ の場合は $\sigma_z = \sigma_{z0}$ とする。

《水平方向の拡散幅 (σ_y)》

$$\sigma_y = W/2 + 0.46 \cdot L^{0.91}$$

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

〈パフモデル〉

1) 基本式

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

$$\text{ここで、 } l = 1/2 \cdot \left\{ \frac{x^2 + y^2}{\alpha^2} + \frac{(z - H)^2}{\gamma^2} \right\}$$

$$m = 1/2 \cdot \left\{ \frac{x^2 + y^2}{\alpha^2} + \frac{(z + H)^2}{\gamma^2} \right\}$$

t_0 : 初期拡散幅に相当する時間 (s)

α, γ : 拡散幅に関する係数

2) 拡散幅等の係数 (一般的な道路構造(平面、盛土、切土、高架))

《初期拡散幅に相当する時間 (t_0)》

$$t_0 = W / 2\alpha$$

ただし、

W : 車道幅員 (m)

α : 次に示す拡散幅に関する係数

《拡散幅に関する係数 (α, γ)》

$$\alpha = 0.3$$

$$\gamma = \begin{cases} 0.18 & (\text{昼間; 原則として午前7時から午後7時まで}) \\ 0.09 & (\text{夜間; 原則として午後7時から午前7時まで}) \end{cases}$$

なお、上式の各々のモデル式における点煙源の大気汚染物質の排出量 Q の算出にあたっては、車種別の排出量を車種別に設定した交通量及び排出係数により求め、求めた車種別の排出量を合算して Q を求めるものとする。ここで、車種別の排出係数については、既存のデータ等を参考に速度別に適切に設定する必要がある。

【その他の定量的な手法】

上記以外の大気質の予測に係る定量的な手法としては、次に示すような手法が考えられる。

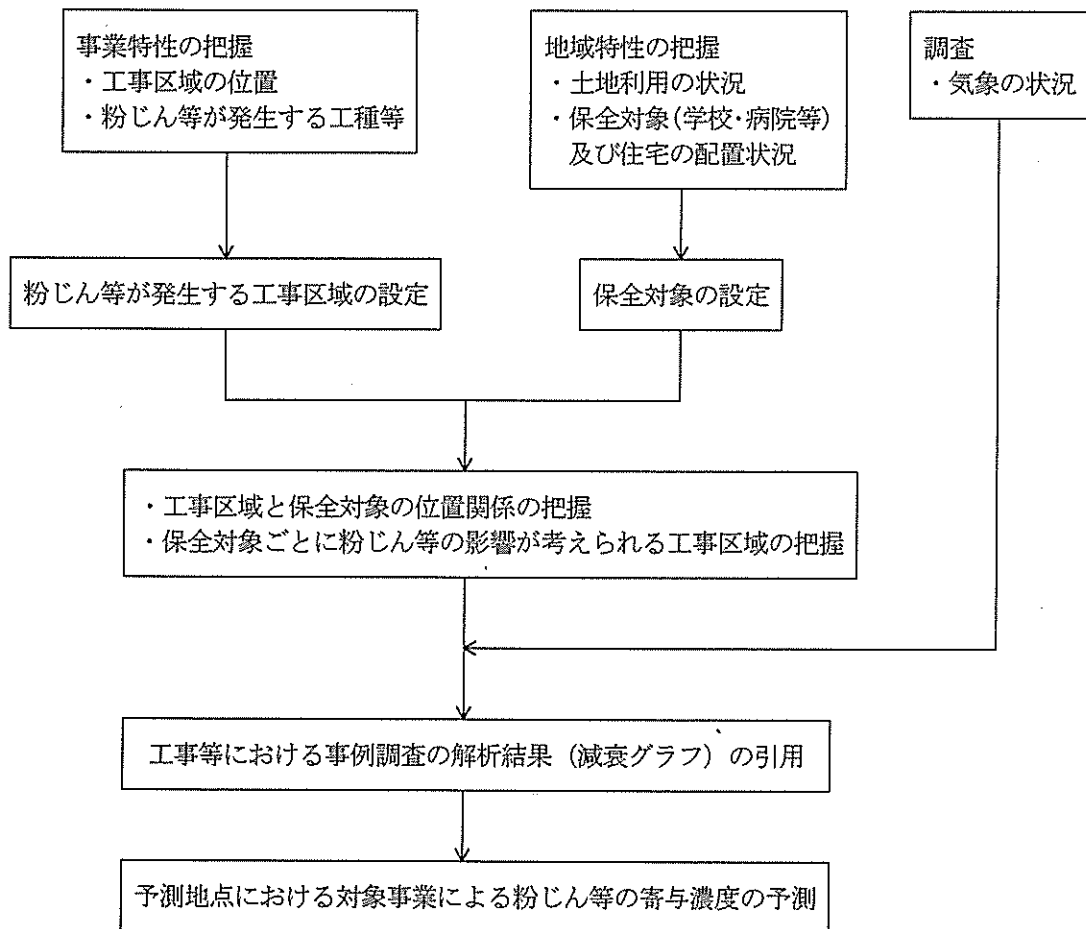
〔その他のモデルの概要〕

手 法		概 要	運用条件・特徴	運用状況
拡散計算	ボックスモデル	空間を箱として取り扱い、その内部濃度は一様として、箱内への流入流出、箱内での生成消滅により濃度を算出する。純粋なものと複数のものがある。	対象とする系内は一様で、系の境界での物質移動、風向・風速が明確にされていることが前提条件。非定常場での濃度変化、化学変化を含む濃度変化の予測に適している。	研究レベルでの利用がほとんどで、環境影響評価に用いられることは少ない。系内での化学反応を考慮することが容易なため、比較的長時間の移流や二次生成物質の予測評価に対して適用されることが多い。
	数値解析法	拡散の微分方程式を差分式等に変換して数値的に解を求めるもの。	風向・風速の3次元分布が明解にされており、モデルの分解能が適切であり、数値計算誤差の少ないことが前提条件である。海陸風、山間部等の複雑地形、ストリートキャニオン等風の分布や拡散係数が空間的に変化する場に適用が可能。年平均値を求めるには計算量が大きくなる。	ストリートキャニオン、山間部等の風の挙動が複雑な場所の濃度分布を解析するような、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ることは少ない。
統計的方法		回帰モデルと分類による。過去濃度や気象との関係等について統計分析して、確率的に濃度を予測する。	正確な実測データが十分にあり、将来の状況が現状データの範囲内にあることが前提条件である。	濃度の予測については、環境影響評価に用いられることは少なく、光化学汚染の予報などに用いられている。環境影響評価では、年平均値と日平均値との換算、 $\text{NO}_x \rightarrow \text{NO}_2$ の変換などに用いられる。
風洞実験		風洞装置に地形や建物と煙源の模型を入れ、気流やトレーサガスの濃度を実験的に計測することにより実際をシミュレートする。	実物と模型の間で相似則が成立することが前提条件である。複雑な地形・地物等の数値モデル化の困難な要因の影響を調べるのに適している。	拡散計算を補って、拡散現象に及ぼす地形や建物の相対的な影響を調べるのに用いられる場合がある。
野外実験		気象測定と同時に野外でトレーサガスを放出し、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。
数値流体力学		数値流体力学の方程式で流れの基礎に拡散の数値を求めるもの。	数値モデルの分解能、拡散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3次元分布が明らかでないところに適用する。なお、流れの方程式を解くとき、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布を解析するために、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との比較によってモデルが検討されている段階であるが、計算機の能力の飛躍的な向上で将来有力な手法である。

出典：「環境アセスメントの技術」（社団法人 環境情報科学センター、1999年8月）

【「粉じん等」に係る予測の考え方】

予測の基本的な手法については、次に示すように予測対象時期における工事計画の概要（粉じん等の主な発生源とその位置）を勘案し、これと類似する工事規模の調査事例と現地調査による対象地域の気象の状況の関係を整理することにより、当該予測地点における粉じん等の状況の変化を予測する。



【「粉じん等」に係る基本的な予測手順】

b) 定性的な手法

定性的な手法としては、類似事例から類推する方法、事業実施による大気汚染物質の排出量を算出して地域全体の排出量と比較する方法、環境保全対策による効果を予測し、環境影響を低減させることを確認する方法、気象条件等の要因を解析して、影響の程度を予測する方法等がある。

2) 予測地域

予測地域は、調査地域のうち、大気質に係る環境影響を受けるおそれがあると認められる区域において、住宅等の保全対象が立地する地域（住宅等が立地する地域又は住宅等の立地が予定される地域）とする。

【道路沿道の大気質】

対象道路事業等に係る予測地域は、基本的に調査地域と同じ地域と考えられる。

【固定発生源に係る大気質】

固定発生源に係る大気質の予測地域は、基本的に調査地域と同じ地域と考えられる。

なお、一例として、「焼却施設事業」に係る予測地域について、次に示すように設定している例がある。

〔ごみ焼却処理施設に係る予測地域の設定の考え方（例）〕

ごみ処理量	連続炉 (t/日)	50	100	300	400
	バッチ炉 (t/時)	2	5	12	18
煙突実体高 (m)		40	59	80	100
予測対象範囲(半径) (km)		2	3	4	5

備考) 調査対象範囲は、おおむね予測対象範囲の半径の2倍を半径とした範囲としている。
出典：「ごみ焼却処理施設 環境アセスメントマニュアル」(社)全国都市清掃会議、昭和61年6月)

【建設作業に係る大気質】

予測地域は、基本的に調査地域と同じ地域と考えられる。

3) 予測地点

予測地点は、予測地域のうち、大気質に係る環境影響を的確に把握できる地点とする。具体的には、住居地域、病院、学校等の分布状況、大気質に係る発生源の状況等を勘案し、予測地域を代表する地点、特に環境影響を受けるおそれがある地点、環境を保全すべき対象等への影響を的確に把握できる地点などの観点から、適切に設定する。

なお、道路事業については、交差点やトンネル周辺等、面的な影響が問題となる場合には、メッシュにより予測地点を設定するが、直線道路の場合など一定区間における影響を捉える場合には、道路断面（道路と直角方向）において予測地点を設定する。この場合、道路事業の影響の及ぶ範囲は、通常、道路端から100～150m程度*とされているので、これを考慮し

出典：*「道路環境整備マニュアル」(社団法人 日本道路協会編、平成4年4月)

て適切な間隔で設定する。また、予測地点における予測高さは、通常、1.5mであるが、高架道路の近傍に高層建物があり、環境影響が及ぶおそれがあるような場合には、当該地点を予測地点として設定するなど、事業の特性及び地域特性に応じて、適切に設定する必要がある。

4) 予測対象時期等

①工事中

工事中における予測対象時期等は、工事の実施による大気質に係る環境影響が最大となる時期とする。具体的には、工事工程において、大気汚染物質の排出量が大きくなる時期（工事最盛期）が考えられる。また、工事最盛期以外の時期において、気象条件等の特定の要因により、工事の実施による環境影響が大きくなると想定される場合には、その時期についても対象とする必要がある。なお、粉じん等の予測については、工事区域の裸地面積が最も大きくなる時期を対象とする場合も考えられる。

また、工事工程が長期にわたる場合などには、各工期・工区ごとに予測する必要がある。

②存在・供用時

存在・供用時における予測対象時期等は、対象事業の活動が定常状態となる時期とする。

また、事業特性及び地域特性に留意し、例えば冬季に逆転層が生じるといった場合には、大気環境が悪化しやすい時期も対象とする必要がある。なお、事業が段階的に併用される場合や定常状態に至るまで長期間を要するような場合には、事業による影響が最も大きくなる時期や中間段階の時期なども対象とする必要がある。

5) 予測の不確実性の検討

①予測条件の不確実性

a) 発生源条件

発生源条件に関連する不確実性は、空間的にも時間的にも多様な変化を示す大気汚染物質の排出の実態を、計算式に入力するために行う種々のモデル化において生ずるものが多い。このため、不確実性を減少させるためには、次の点に留意する必要がある。

○類似事例の実態調査や稼働条件の検討を行い、できる限りの確に発生源の実態を把握する。

○事業計画の熟度を高め、各種の諸元をより確実なものに設定する。

なお、発生源に関連して、予測結果に影響を及ぼす項目として、次のようなものが考えられる。

○発生源の諸元（煙源高、口径及び位置等）

○大気汚染物質の排出量

○稼働状況（工場・事業場、交通量等）の季節・時間変動

○排出係数の選定や精度及び使用燃料の種類や量

○煙源のモデル化（点源、面源及び線源） 等

b) 拡散場の設定

拡散場の設定に係る不確実性としては、拡散場のモデル化と気象の代表性によるものがある。

拡散場のモデル化については、気象の日変化、季節変化の特徴を反映した区分を的確に行うことが重要であるが、基本的には年間全時間の気象条件を利用することになるので、発生源における稼働パターンの問題と比較すれば、不確実性の程度は小さい。

また、気象の代表性については、煙源における気象が地域の状況を反映していなかった場合、プルームモデルの拡散計算では、風向が大きく影響し、結果が全く違ったものになるため、予測地域における気象の特徴を十分に把握しておく必要がある。

なお、拡散場に関連して、予測結果に影響を及ぼす項目として、次のようなものが考えられる。

- 風向、風速の出現状況
- 大気安定度（拡散パラメーター）設定及び出現状況
- 混合層高度や逆転層の取り扱い及び出現状況 等

②予測手法の不確実性

既に解説した予測手法は、精度的にはかなり完成した手法であるが、それが地域の特性に合致したものではない場合は、予測の不確実性が大きくなる。例えば、プルームモデルを選定した場合、基本的には平坦地を前提としているため、複数地形であったり、ヒートアイランド現象が起こるなど、特異な気象が出現する場合には、それらを十分に考慮し得る手法を選定しないと、予測結果は、大きく変化してくるので注意が必要である。

③予測の前提として用いた環境保全対策の不確実性

新規又は未検証の環境保全対策を講じる場合など、その効果が科学的に不明な場合があり、こうした場合には、予測自体の不確実性が大きくなるので注意が必要である。

6) 予測結果の整理

予測結果を整理する方法としては、予測濃度をメッシュ図により表示する方法と、同一の予測濃度地点を線で結ぶ等濃度線（コンター）により表示する方法がある。

メッシュ図は、濃度階級や予測濃度値を用いて表示するが、全体的な傾向が把握しにくいため、このような場合には、コンターにより把握する。なお、コンター図を用いる場合には、予測濃度とともに最大着地点と風向別の極大値の出現位置等を示す。

また、予測の結果は、予測の条件（予測地域、予測地点、予測時期、予測モデル、用いたパラメーター等）及びその設定根拠を図表等により、的確に整理するとともに、予測値と現況値、予測の前提とした環境保全措置等を表等により整理し、環境基準の達成状況等を明らかにする。

大気質に係る予測結果の記載内容の例としては、次に示すようなものが考えられる。

【予測結果の整理内容(例)】

- 等濃度線(コンター)図、予測濃度・濃度階級(メッシュ)図
- 大気濃度予測結果(現況値、予測値)表
- 環境基準との比較結果(達成状況)表 等

7) 環境保全措置の検討

大気質に係る選定項目について環境影響がないと判断される場合及び環境影響の程度が極めて小さいと判断される場合以外の場合には、環境保全措置の検討を行う必要がある。

大気質についての環境保全措置は影響要因の内容に応じて、事業特性並びに地域特性を勘案して、適切に検討する必要がある。

自動車の走行に起因する道路沿道の大気質についての環境保全措置としては、対象事業の実施に伴う発生交通量の抑制のほか、植栽による道路の遮蔽や環境施設帯の設置などが考えられる。固定発生源の大気質についての環境保全措置としては、煙突の高さや設置場所の変更などの構造的な工夫に加え、使用燃料の削減や排煙処理技術の導入により発生源からの汚染物質の排出量を低減させることが重要である。建設作業の大気質についての環境保全措置としては、工法の変更や工事用車両の運行ルート分散などの施工計画上の対策に加え、裸地や工事用車両の走行道路へ散水、作業方法、作業の時間の改善などの建設工事の実施段階での配慮が必要となる。

大気質に係る一般的な環境保全措置の例としては、次のようなものがある。

〔大気質に係る環境保全措置の例〕

区 分	環境保全措置の内容、効果等
道路沿道の大気質	<ul style="list-style-type: none"> ・人や物資の輸送手段の変更、効率化等による発生交通量の抑制 ・植栽による道路の遮蔽(樹木による浄化作用、拡散促進効果) ・環境施設帯の設置(拡散の効果)
固定発生源の大気質	<ul style="list-style-type: none"> ・煙突の高さ、設置場所等の変更 ・燃料使用量の削減、効率化 ・使用燃料の種類及び質等の改善 ・汚染物質の排出抑制 (燃焼法の改善、排煙脱硝装置、排煙脱硫装置、集じん装置、有害物質処理装置等の設置等)
建設作業の大気質	<ul style="list-style-type: none"> ・工法の変更、排ガス対策型建設機械の採用 ・工事用車両の運行ルート分散、工事工程の平準化 ・裸地、工事用道路への散水、仮囲いの設置 ・工事用車両の洗車(粉じんの発生抑制) ・良質燃料の使用(建設機械からの発生負荷の低減) ・作業方法の改善(同時稼働、高負荷運転を極力避ける等) ・作業時間の改善(粉じん発生の抑制のための強風時の作業の回避)

8) 評価の手法

①回避又は低減等の評価

評価は、対象事業の実施により生じるおそれがある大気質への影響が、事業者により実行可能な範囲内で、できる限り回避又は低減されているかどうかの観点から行う。

この際、大気質に係る選定項目についての調査及び予測の結果から、環境影響がないと判断される場合及び環境影響が極めて小さいと判断される場合には、そのことをもって評価し、調査及び予測の結果を踏まえ、環境保全措置の検討を行った場合には、環境保全措置の実施による環境影響の回避又は低減の程度をもって評価する。

大気質に係る選定項目について、環境影響がない、又は極めて小さいと判断される場合とは、対象事業実施区域及びその周囲の住宅等の保全対象が立地する地域において、対象事業の実施により大気質濃度が現状から変化しない、又はほとんど変化しない、場合などが考えられる。

したがって、評価にあたっては、対象事業の実施に伴う大気質に係る選定項目についての寄与濃度と現状濃度とを比較することなどにより、大気質の変化の状況を可能な限り定量的に把握したうえで、対象事業の実施による影響の程度を明らかにすることが重要である。

②基準又は目標との整合

大気質については環境基準が定められているので、大気質に係る選定項目についての環境基準との整合性が図られているかどうかの検討を行う。具体的には、対象事業の実施により環境基準の達成と維持に支障が生じないかどうかの観点から検討する。また、その他、国、関係する地方公共団体により環境の保全の観点から大気質に係る選定項目についての基準、目標等が示されている場合には、その基準、目標等との整合性が図られているかどうかの検討を行う。

[参考：大気汚染に係る環境基準]

(1)大気の汚染に係る環境基準について（昭和48年5月8日環境庁告示第25号）

及び二酸化窒素に係る環境基準について（昭和53年7月11日環境庁告示第38号）

（昭49環庁告35・昭53環庁告38・昭56環庁告47・平8環庁告73・平8環庁告74・一部改正）

物 質	二酸化いおう	一酸化炭素	浮遊粒子状物質	光 化 学 オキシダント	二酸化窒素
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0.10mg/m ³ 以下であり、かつ、1時間値が0.20mg/m ³ 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までのゾーン内またはそれ以下であること。
測定方法	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	濾過捕集による重量濃度測定方法又はこの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	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	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
備考					
<p>1 浮遊粒子状物質とは、大気中に浮遊する粒子状物質であつて、その粒径が10μm以下のものをいう。</p> <p>2 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。</p>					

第1 環境基準

環境基準は、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適用しない。

第2 達成期間

1. 一酸化炭素、浮遊粒子状物質または光化学オキシダントに係る環境基準は、維持されまたは早期に達成されるよう努めるものとする。
2. 二酸化いおうに係る環境基準は、維持されまたは原則として5年以内において達成されるように努めるものとする。
3. 二酸化窒素に係る環境基準は、
 - ① 1時間値の1日平均値が0.06ppmを超える地域にあつては、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。
 - ② 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つては、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、又は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。
 - ③ 環境基準を維持し、又は達成するため、個別発生源に対する排出規制のほか、各種の施策を総合的かつ有効適切に講ずるものとする。

(2)ベンゼン、トリクロロエチレン及びテトラクロロエチレンによる大気汚染に係る環境基準について（平成9年2月4日環境庁告示第4号）

物 質	環境上の条件	測 定 方 法
ベンゼン	1年平均値が $0.003\text{mg}/\text{m}^3$ 以下であること。	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
トリクロロエチレン	1年平均値が $0.2\text{mg}/\text{m}^3$ 以下であること。	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
テトラクロロエチレン	1年平均値が $0.2\text{mg}/\text{m}^3$ 以下であること。	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

第1 環境基準

環境基準は、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適用しない。

第2 達成期間

ベンゼン、トリクロロエチレン及びテトラクロロエチレンによる大気汚染に係る環境基準は、継続的に摂取される場合には人の健康を損なうおそれがある物質に係るものであることにかんがみ、将来にわたって人の健康に係る被害が未然に防止されることを旨として、その維持又は早期達成に努めるものとする。