

有害大気汚染物質に係る
発生源周辺における環境影響予測手法マニュアル
(経済産業省－低煙源工場拡散モデル：METI-LIS)

Ver. 3.02

平成 24 年 3 月

経済産業省

有害大気汚染物質の環境影響予測評価手法開発調査

委員会委員名簿

(委員五十音順)

委員長	北林 興二	工学院大学 教授 工学部 機械システム工学科
委員	井手 靖雄	久留米工業大学 教授 交通機械工学科
委員	岡林 一木	三菱重工業株式会社 技術本部 長崎研究所 流体研究室 主席研究員
委員	岡本 眞一	東京情報大学 教授 総合情報学部
委員	山本 晋	独立行政法人 産業技術総合研究所 環境管理研究部門 副部門長
委員	吉門 洋	独立行政法人 産業技術総合研究所 化学物質リスクセンター 大気チーム長
オブザーバ	山下 章仁	経済産業省 産業技術環境局環境指導室
事務局	中山 哲男	社団法人 産業環境管理協会 技術顧問
事務局	鶴崎 克也	社団法人 産業環境管理協会 技術部長
事務局	小林 恵三	社団法人 産業環境管理協会 技術部参与
事務局	小野 憲仁	社団法人 産業環境管理協会 技術部大気課長

目次

1. はじめに	1
1.1. ver3.00 の開発の経緯	2
2. 本マニュアルの適用範囲	3
2.1. 計算対象物質	3
2.2. 発生源対象施設	4
2.2.1. ベンゼン	4
2.2.2. トリクロロエチレン、テトラクロロエチレン、ジクロロメタン	6
2.2.3. アクリルニトリル	8
2.2.4. 塩化ビニルモノマー	9
2.2.5. 1,2-ジクロロエタン	9
2.2.6. ホルムアルデヒド	9
2.2.7. ニッケル化合物	10
2.2.8. アセトアルデヒド	11
2.2.9. クロロホルム	11
2.2.10. 1,3-ブタジエン	12
2.3. 建屋の影響と計算対象範囲	13
2.4. 計算対象時間	13
3. 排出源の把握	14
3.1. 排出場所の特定	14
3.2. 排出量の算定	15
3.2.1. ベンゼン	16
3.2.2. トリクロロエチレン、テトラクロロエチレン	18
3.3. 周辺濃度と排出源の排出量との関係が異常な場合の対処	21
4. 環境濃度の把握	23
5. 気象条件の把握	24
5.1. 必要な気象データと入手方法	24
5.1.1. 風向・風速	24
5.1.2. 日射量	25
5.1.3. 日射量に代わるデータ	25
5.1.4. 大気安定度分類	26
5.2. 気象データの内部処理	26
5.2.1. 風速	27
5.2.2. 日射量	29
5.2.3. 日射量に代わるデータ	29
6. METI-LIS モデル	31
6.1. 拡散計算式	31

6.2.	座標系その他の基本設定	3 2
6.2.1.	計算点の設定	3 2
6.2.2.	風速の高度補正	3 2
6.3.	有効煙突高さの設定	3 3
6.3.1.	Stack-tip downwash	3 3
6.3.2.	浮力等による上昇のない煙源	3 4
6.3.3.	浮力等による上昇が想定される煙源	3 4
6.4.	拡散パラメータ	3 4
6.5.	建物によるダウンウォッシュ	3 6
6.5.1.	基本的な考え方	3 6
6.5.2.	計算の流れ	3 8
6.5.3.	ダウンウォッシュを考慮する方法	4 0
6.6.	その他の注意事項	4 6
6.6.1.	無風時の計算	4 6
6.6.2.	計算値の評価時間	4 6
6.6.3.	年平均値計算	4 7
6.6.4.	ISC モデルとの相違点について	4 7
6.7.	METI-LIS モデルの適用条件	4 8
6.7.1.	METI-LIS モデル適用範囲について	4 8
7.	乾性沈降沈着モデルおよび線源モデル	5 0
7.1.	乾性沈降沈着モデル	5 0
7.1.1.	基礎拡散式	5 0
7.1.2.	重力沈降式	5 0
7.1.3.	煙軸の降下と粒子沈着式	5 1
7.2.	線源モデル	5 2
7.2.1.	拡散式	5 2
7.2.2.	初期拡散幅の設定	5 3
7.2.3.	数値的積分方法	5 3
8.	予測結果の利用と環境影響評価	5 5
8.1.	評価の方法と環境基準	5 5
8.2.	環境基準が設定されていない有害大気汚染物質の環境目標値	5 5
8.3.	風洞実験の利用	5 8

1. はじめに

先端産業技術などの発展に伴い、多種多様な有害化学物質が製造、使用されており、我が国においても「化学物資の審査及び製造等の規制に関する法律」によってその管理がなされている。また、技術の国際化に伴い、一国だけでなく、全世界に及ぼすこれらの有害物質の影響が懸念されるようになり、平成4年(1992)6月に開催された国連環境開発会議(UNCED)で持続可能な発展のための人類の行動計画(アジェンダ21)が採択された。これを契機に有害物質の適正な管理に関して、企業の自主的な取り組みの重要性が認識されるようになった。また、産業廃棄物の越境移動に関するバーゼル条約において、我が国では規制されていない有害物質も対象となっているなどの状況からも、有害化学物質の管理手法、環境影響評価手法の強化の必要性が認識されている。諸外国では、経済協力開発機構(OECD)による有害大気汚染物質に係るワークショップの開催や米国等いくつかの先進国において有害大気汚染物質に係る排出抑制対策の推進等が図られている。

我が国では大気汚染防止法が平成8年(1996)5月に改正・公布され、ベンゼン、トリクロロエチレン、テトラクロロエチレン及びダイオキシン類が有害大気汚染物質の指定物質とされ、さらにベンゼン、トリクロロエチレン、テトラクロロエチレンは環境基準及びその達成期間が設定された。(なお、ダイオキシン類対策特別措置法が平成11年7月に制定、公布、12年1月から施行され、この施行に伴う関係政令の整備等に関する政令により、ダイオキシン類が指定物質から削除されている。また、平成13年4月ジクロロメタンに係る環境基準が設定されている。)

これにより環境庁と通商産業省は「事業者による有害大気汚染物質の自主管理促進のための指針(自主管理指針)」を作成し、当該指針に基づき業界団体に対して有害大気汚染物質の排出状況を把握し、排出を抑制するために必要な措置を自主的に講じる「自主管理計画」の策定を要請した。

このような状況の下、通商産業省は従来からSO_x、NO_x等の物質に関して環境予測評価を実施してきたが、企業による有害大気汚染物質の自主管理計画策定の一助となるように、新たに有害大気汚染物質についての拡散予測モデルを開発することとした。開発に当っては、有害大気汚染物質の排出源はSO_x、NO_xと異なり、建屋排出等地上付近での排出により、地物の影響を受け、従来の大気拡散モデルでは環境予測評価は不可能と考え、建屋の影響を考慮した大気拡散モデルを開発することとした。

拡散モデルの開発に当っては、米国環境保護庁のISC(Industrial Source Complex)モデルを基本としつつ、複数の工場内でのトレーサーガス拡散実験、同工場におけるベンゼン等の分布測定、風洞実験を実施して、地上濃度分布の再現性の向上を図った。ISCモデルの拡散パラメータを見直し、建屋の影響を考慮して開発した大気拡散モデルは(経済産業省一低煙源工場拡散モデル: Ministry of Economy, Trade and Industry-Low rise Industrial Source dispersion Model; METI-LISモデル)と命名された。

この間、事業者団体(77団体)は、平成9年度から3年間にわたり、自主的取組による有害大気汚染物質排出の削減を実施し、化学品審議会リスク管理部会は平成11年度実績の報告を受けたことを踏まえ、平成12年12月「自主管理による有害大気汚染物質対策の評価と今後のあり方について」を取りまとめた。

報告を踏まえ、経済産業省と環境省は、平成13年6月、指針を改正するとともに、関係業界団体に対して、有害大気汚染物質の第2期自主管理計画(実施期間:平成13~15年度、基準年度:平成11年度)策定を要請した。

この第2期自主管理計画は、既に約40%以上の排出削減が実施された第1期自主管理計画（実施期間：平成9～11年度、基準年度：平成7年度）の結果を踏まえた計画であるところから、事業者にとって自主管理計画の策定は更に厳しい環境下にあることが予想されている。

このような要請に対して事業者は従来から METI-LIS モデルによる有害大気汚染物質の複数の排出形態からの排出による重合濃度の計算予測を実施してきたところであるが、METI-LIS モデルに線源拡散モデル（自動車を対象とした拡散モデル）、沈降・沈着プロセスを組み込み、化学物質リスク評価の更なる重要な手段として使用できるよう、システムの拡充を図ることの要望が高まってきた。

このため、既存の METI-LIS モデルに粒子沈降・沈着モデル、工場周辺の道路を走行する自動車等から排出される有害汚染物質の予測も可能なプログラム（周辺地域用線源モデル）を組み込み、その利用を図ることとした。

本マニュアルが有害大気汚染物質による大気汚染の未然防止に役立てられることを期待するものである。

1.1. ver3.00 の開発の経緯

METI-LIS モデル Ver3.00 の開発は、化学物質のリスク評価に係る基礎的な情報や有用なリスク評価ツールを提供し、リスク評価に基づくリスク管理を促進するための情報基盤を整備することを目的とし開発され、METI-LIS モデルを使用したことがない人への利用を促し、利用者の裾野を広げるとともに、使いやすいツールとすることを重点に置かれました。

開発に当たって、METI-LIS モデルの利用者からアンケート、ヒアリングを行い、実際の使用から、入出力、基本的な操作方法、ヘルプ機能の充実等について要望を多くもらいました。

利用者からの要望を踏まえて、専門家ワーキンググループにおいて、改良案について検討を行い、操作の流れと入出力部分での操作性を改善することとし、GUI を一新しました。

2. 本マニュアルの適用範囲

2.1. 計算対象物質

大気汚染防止法は、公害対策基本法の制定を機に、大気汚染防止対策を総合的かつ強力に推進するため、大気保全行政の根幹をなす法律として、昭和 43 年（1968）6 月に制定され、その後、数度にわたる法律改正及び関係政令、総理府令の改正をへて、その内容の充実・整備が図られてきた。しかし、近年、多様な有害物質が大気中から検出され、現在の大気環境がこのまま続けば長期暴露による国民の健康への影響が懸念されることから、健康被害の未然防止の観点から大気汚染防止法が平成 8 年（1996）5 月に改正・公布され、これに合わせて平成 9 年（1997）1 月、2 月及び 8 月に同法施行令等が改正された。

改正された大気汚染防止法には新たに「有害大気汚染物質」の定義が設けられている。有害大気汚染物質とは、「継続的に摂取される場合には人の健康を損なうおそれのある物質で大気汚染の原因となるもの（ばい煙及び特定粉じんを除く）」とされている。ここで除かれるのは、すでに規制対象になっている硫黄酸化物、有害物質（窒素酸化物、カドミウム、鉛など）及びアスベストである。

有害大気汚染物質として、現在、該当する可能性がある 234 物質が、そのうち健康リスクが高く優先的な排出抑制が必要な物質として次に示す 22 物質が挙げられている。

ベンゼン、アクリロニトリル、塩化ビニル（モノマー）、クロロメチルメチルエーテル、アセトアルデヒド、ホルムアルデヒド、酸化エチレン、クロロホルム、1,3-ブタジエン、ジクロロメタン、テトラクロロエチレン、トリクロロエチレン、1,2-ジクロロエタン、ニッケル化合物、ヒ素及びその化合物、水銀及びその化合物、ベリリウム及びその化合物、マンガン及びその化合物、六価クロム化合物、タルク（アスベスト様繊維を含むもの）、ダイオキシン類（ポリ塩化ジベンゾフラン及びポリ塩化ベンゾ-パラ-ジオキシン）、ベンゾ [a] ピレン

このうち、その排出または飛散を早急に抑制しなければならない物質として、ベンゼン、トリクロロエチレン、テトラクロロエチレン及びダイオキシン類が指定物質として指定されている。なお、ダイオキシン類対策特別措置法が平成 11 年 7 月に制定、公布され、12 年 1 月から施行され、この施行に伴う関係政令の整備等に関する政令により、ダイオキシン類を指定物質から削除している。

また、大気汚染防止法においては、有害大気汚染物質について、事業者の排出等の責務が規定されており、事業者は次に示す有害大気汚染物質自主管理物質 12 物質の製造・使用等の状況を把握するとともに、当該物質の毒性・毒性情報等の関連する情報を入手し、環境管理部門、購買部門、製造現場等の当該物質を取り扱う関係者に周知するようになっている。

自主管理物質：ベンゼン、アクリロニトリル、塩化ビニル（モノマー）、アセトアルデヒド、ホルムアルデヒド、クロロホルム、1,3-ブタジエン、ジクロロメタン（塩化メチレン）、テトラクロロエチレン、トリクロロエチレン、1,2-ジクロロエタン、二硫化三ニッケル及び硫酸ニッケル

本マニュアルでは、基本的には上記物質のうち短時間暴露で毒性のあるものや大気中で反応、消滅しな

い物質の拡散予測が可能である。なお、高濃度あるいは低温のため重力拡散する場合は計算できない。

2.2. 発生源対象施設

同法施行令等では指定物質を大気中に排出し、または飛散させる施設で工場または事業場に設置されるものとして下記 11 施設を指定している。

▶ ベンゼン

乾燥施設、コークス炉、回収用蒸留施設、製造用脱アルキル反応施設、貯蔵タンク、原料用反応施設

▶ トリクロロエチレン、テトラクロロエチレン

乾燥施設、混合施設、精製または回収用蒸留施設、洗浄施設、ドライクリーニング機

また、経済産業省が平成 13、14 年度に実施した有害大気汚染物質対策の経済性評価調査では、有害大気汚染物質自主管理物質 12 物質の製造工程及び自主管理物質を原料とする合成工程、貯蔵・出荷・(給油)施設、使用施設からの発生箇所が調べられており、これを引用し取りまとめると次のとおりとなる。なお、同調査では排出抑制対策についても調べられているので合わせて記す。詳細は下記アドレスより報告書の全文がダウンロードできる。

<http://www.safe.nite.go.jp/airpollution/index.html>

http://www.jemai.or.jp/input_news/news-j.asp?ID=194

2.2.1. ベンゼン

(1) . 製造工程における主な発生箇所と対策

(ア) . 発生箇所

- ① 接触改質装置
- ② 抽出設備、抽出ベントスタック
- ③ 回収(分離設備、タールデカンター、水素ガス回収設備)
- ④ 分留設備
- ⑤ 精製設備
- ⑥ その他(タンク、脱気設備)

(イ) . 対策

- ① 化学プラント内の各種工程の塔槽類からの排出抑制対策
 - ・各種工程からのプロセス排気を捕集し排ガス処理装置(既存フレアースタック)により処理
- ② 化学プラント内の各種装置からの漏出抑制対策
 - ・施設・装置(塔槽類)の密閉化
 - ・バルブ、フランジ、圧力調節弁、サンプリング装置等の保守点検、修理
- ③ 工程対策
 - ・クリーナープロダクション

(2) . ベンゼンを原料(合成樹脂、合成繊維)とする合成工程における発生箇所と対策

(ア) . 発生箇所

- ① 吸収塔、反応装置(槽、塔、釜)
- ② 蒸留設備(塔、釜)、精製工程

- ③ 貯蔵タンク、槽

(イ) . 対策

- (1) と同じ

(3) . ベンゼンを溶剤・溶媒として使用する施設での発生箇所と対策

(ア) . 発生箇所

- ① 反応施設、乾燥機、タンク
- ② 反応、抽出施設
- ③ 反応抽出缶

(イ) . 対策

- (1) 製造工程における対策と同じ

(4) . コークス炉における発生箇所と対策

(ア) . 発生箇所

- ① コークス炉蓋の開放時
- ② 乾留中における蓋の隙間
- ③ 炭化室の上昇管の開放時
- ④ 粗ベンゼン(粗軽油)タンク

(イ) . 対策

- ① コークス炉蓋の開放時
 - ・装炭車集じん機、ガイド車集じん機によるガスの捕集・処理
 - ・装炭車着火燃焼装置、装入口シーリング装置、無煙装炭装置による漏洩ガス排出抑制
- ② 蓋の隙間
 - ・炉蓋のシール式装置、炉蓋クリーナーによる漏出抑制対策
- ③ 上昇管からの漏出防止
 - ・上昇管水封装置、上昇管着火装置による漏出防止
- ④ 粗軽油タンクからの排ガス処理
 - ・メチルナフタリン系洗浄油を用いた吸収洗浄法

(5) . 貯蔵・出荷・(給油)施設における発生箇所と対策

(ア) . 発生箇所

- ① タンカー
- ② 貯蔵タンク、
- ③ タンクローリー
- ④ 給油所

(イ) . 対策

- ① 貯蔵、出荷施設
 - ・浮屋根式あるいは固定屋根付き浮屋根式タンクの新設
 - ・排ガス処理(回収、燃焼)
- ② 出荷施設

- ・ベーパーリターン設備の設置
- ③ 給油所
 - ・ベーパーリターン設備の設置
- ④ 作業の改善・管理

(6) . 廃棄施設における発生箇所と対策

(ア) . 発生箇所

- ① 蒸留再生施設
- ② 焼却施設

(イ) . 対策

- ① 蒸留再生施設
 - ・蒸留缶(釜)、精留塔等の施設・装置の密閉化
 - ・配管、バルブ等の維持管理
 - ・受け入れ時の作業管理
- ② 焼却施設
 - ・燃焼管理
 - ・施設・装置・配管、バルブの維持管理、点検

(7) . 製紙工場における発生箇所と対策

(ア) . 発生箇所

汚泥等廃棄物焼却炉の不完全燃焼により非意図的にベンゼンが発生

(イ) . 対策

- ① 燃焼条件の改善(非焼却物の脱水強化、燃焼温度のアップ、空気量の増加)
- ② 焼却炉の更新

2.2.2. トリクロロエチレン、テトラクロロエチレン、ジクロロメタン

(1) . 製造工程における主な発生箇所と対策

(ア) . 発生箇所

- ① 反応装置、調合槽、混合釜
- ② 蒸留塔、回収塔、低沸点除去塔、中間物塔
- ③ 排ガス洗浄装置
- ④ 貯蔵施設

(イ) . 対策

2.2.1 ベンゼン (1) (イ) 製造工程における対策と同じ

(2) . 溶剤・溶媒として使用する場合の発生箇所と対策

(ア) . 発生箇所

トリクロロエチレン		テトラクロロエチレン		ジクロロメタン	
発生箇所の例	使用例	発生箇所の例	使用例	発生箇所の例	使用例

トリクロロエチレン		テトラクロロエチレン		ジクロロメタン	
混合装置	接着剤うすめ液	グリーンシート 作成施設	セラミック基 盤グリセラミ ック・ルリ ンシート・バ インダシート	反応器 重合槽	ポリカー ボネイト
	皮膜処理			発泡剤	発砲ポリ ウレタン
ワックスコー ター	溶剤				
造粒機	造粒溶剤	造粒槽	造粒溶媒		
		乾燥施設	造粒		
		噴流塔	樹脂の溶剤		

(イ) . 対策

2.2.1 ベンゼン (1) (イ) 製造工程における対策と同じ

(3) . 貯蔵・出荷施設における発生箇所と対策

2.2.1 ベンゼン (5) 貯蔵・出荷・(給油)施設における発生箇所と対策、(ア) 発生箇所、(イ) 対策と同じ

(4) . 使用施設(金属等表面処理施設)における排出抑制対策

(ア) . 発生箇所

- ① 排気ダクト
- ② 洗浄装置

(イ) . 対策

- ① 排ガス
 - ・洗浄装置にダクトを接続、揮発した溶剤を活性炭吸着法、冷却法による溶剤回収装置で回収
 - ・局所フードによって溶剤蒸気を捕集、溶剤回収装置で回収
- ② 洗浄装置
 - ・洗浄装置の密閉化
 - ・冷却部の改善
 - ・開口部面積の削減
 - ・排気吸入口の改善と排気風量の調整
 - ・フリーボード比の確保
- ③ 作業の改善・管理
 - ・洗浄方法の改善
 - ・洗浄作業の改善
 - ・取り扱い管理による削減
- ④ 代替物質への転換

(5) . 使用施設(ドライクリーニング施設)における排出抑制対策

(ア) . 発生箇所

- ① 排気(脱臭)工程
- ② 衣類への付着

- ③ その他(蒸留スラッジ、水分離器、排水、溶剤保管施設)

(イ) . 対策

- ① 排気
 - ・活性炭吸着法排ガス処理装置の設置
 - ・ノンダクト方式のドライクリーニング機の導入
- ② 衣類への付着
 - ・衣類に付着する溶剤の削減
- ③ その他
 - ・洗濯方法の管理(洗濯物量、しみ抜き方法、洗濯物の分類)

(6) . 廃棄施設における発生箇所

発生箇所、対策ともベンゼンと同じ

2.2.3. アクリルニトリル

(1) . 製造工程(ソハイオ法)における主な発生箇所と対策

(ア) . 発生箇所

- ① 吸収塔
- ② 蒸留装置

(イ) . 対策

- ① 吸収塔
 - ・燃焼法
 - ・触媒燃焼法
- ② 蒸留
 - ・燃焼法(直接燃焼、触媒燃焼、フレアスタック)
 - ・凝縮処理法
 - ・吸収法

(2) . ABS樹脂、AS樹脂、ニトリルブタジエンゴム、アクリル繊維生産工程における主な発生箇所と対策

(ア) . 発生箇所

- ① 重合工程(ABS樹脂、AS樹脂、アクリル繊維)
- ② 凝固器、脱水器、乾燥器、混練押出器(ABS樹脂、AS樹脂)
- ③ 分離器、乾燥器(ニトリルブタジエンゴム)
- ④ 紡糸工程(アクリル繊維)

(イ) . 対策

- ① 重合工程
 - ・直接燃焼法、触媒燃焼法(ABS樹脂、AS樹脂)
 - ・ペーパーリターン法、水または溶剤による吸収法、活性炭吸着法(アクリル繊維)
- ② 凝固器、脱水器、乾燥器、混練押出器(ABS樹脂、AS樹脂)
 - ・凝縮除去法、吸収法、活性炭吸着法、直接燃焼法、触媒燃焼法

③ 分離器、乾燥器

・吸収法、活性炭吸着法、排ガス燃焼法、吸収法と活性炭吸着法の組み合わせ、吸収法と排ガス燃焼法の組み合わせ

④ 紡糸工程(アクリル繊維)

・吸収法、活性炭吸着法

(3) . 貯蔵・出荷施設における発生箇所と対策

2.2.1 ベンゼン (5) 貯蔵・出荷・(給油)施設における発生箇所と対策、(ア) 発生箇所、(イ) 対策に記述した方法並びにフレアスタック、燃焼法、凝縮法、吸収法

2.2.4. 塩化ビニルモノマー

(1) . 塩化ビニルモノマー(VCM) 及びポリ塩化ビニルの製造工場における発生箇所と対策

工程分類	主な発生箇所	対策
反応、重合	塩素・塩酸除去塔	なし
反応後、重合後	吸収塔	溶媒吸収
精製、乾燥等	精製塔	溶液吸収
処理	タール焼却炉冷却塔	
その他	タンク	

2.2.5. 1,2-ジクロロエタン

(1) . 1,2-ジクロロエタン(EDC) の製造工場における発生箇所と対策

工程分類	主な発生箇所	対策
反応、重合	反応塔、塩素・塩酸除去塔	燃焼、活性炭吸着、苛性ソーダ吸収ベントガス凝縮、ソルベント吸収
反応後、重合後	脱水塔、吸収塔、分離槽	燃焼、活性炭吸着、苛性ソーダ吸収
精製、乾燥等	精製塔	燃焼、溶液吸収
処理	活性汚泥曝気槽、廃液燃焼炉、排ガス燃焼炉、排水処理塔	
その他	タンク、中間タンク、反応液タンク	

2.2.6. ホルムアルデヒド

(1) . 製造工程(メタノール酸化法)

(ア) . 主な発生箇所と対策(貯蔵、出荷工程を含む)

- ・設備構造は密閉化、漏洩防止対策が取られている。
- ・排気は燃焼法、洗浄法、吸着法等により処理

(2) . 有機合成原料としての使用

- ・製造工程と同じ

(3) . 紙・パルプ製造(工業用雑種紙製造、段ボール原紙製造、白版紙製造の各調整工程・

抄紙工程、)、(紙力剤、難燃剤にホルムアルデヒド含有)

- ・工程で発生するガスを水またはアルカリ性の水溶液で洗浄

(4) . 木質ボード、繊維ボード製造

(ア) . 主な発生箇所と対策(生産工程、貯蔵工程)

- ・圧延機周辺にて大気を吸引し、直接燃焼法で処理
- ・集じんダクトと中間部において散水处理

(5) . グラスウールの製造、(水溶性フェノール樹脂：ホルムアルデヒド 6.3%含有)

(ア) . 主な発生箇所と対策(生産工程)

- ・調合工程の揮発ガスは無処理
- ・繊維化工程の排ガスは吸引後、硬化工程の排ガスは産で洗浄後、湿式電気集じん機で処理

(6) . 自動車製造(鑄造工程、粘結剤)

- ・無処理

(7) . 自動車部品の製造(フェノール樹脂製造部品等の熱加工工程)

- ・無処理

(8) . 可変抵抗器の製造

- ・液切りの励行

(9) . 繊維加工(繊維の樹脂加工)

- ・未対策

(10) . 自動車の製造

(ア) . 主な発生箇所(塗装工程：非意図的生成)と対策

- ・塗装オープン中での燃焼で副生、燃焼法により処理

2.2.7. ニッケル化合物

(1) . ニッケル精錬工程、堆積場から排出

・ニッケル精錬工程からの対策としては、精錬のための焙焼炉、焼結炉、溶鋳炉、転炉、平炉、溶解炉等からの排ガスを集じん装置(電気集じん、洗浄集じん、ろ過集じん)を設置、除去。

・堆積場における対策方法は、散水、薬液の散布、堆積物表面の締め固め、防じんカバーの設置、防じん壁の設置、建築物内設置(屋内方式)。

(2) . 硫酸ニッケルの製造

- ・ニッケル精錬工程と同じ

(3) . 鉄鋼の製造(製鋼工程；転炉、電気炉)

- ・ろ過集じん

(4) . 鉄鋼の製造(メッキ工程)

- ・スクラバー設置、排ガスを水あるいはアルカリ洗浄

(5) . 自動車の製造(メッキ工程)

- ・排出は微量のため無処理

(6) . 電気メッキ加工

(ア) . 主な発生箇所(鍍金工程)と対策

- ・排出は微量、一部で排ガス処理

(7) . 光学ガラス素地の製造(調合工程；酸化ニッケル、硝酸ニッケル)

- ・排ガスをバグフィルターで処理

(8) . 同精鉱(非意図的発生)

- ・乾燥設備、焼結炉、溶鉱炉、精製ろからの排ガスをサイクロン、電気集じん機(乾式、湿式)、バグフィルター、スクラバー、ガス洗浄により処理

(9) . 発電(石炭燃焼)

- ・電気集じん機、湿式排煙脱硫装置により同時除去

2.2.8. アセトアルデヒド

(1) . 製造工程

(ア) . 発生箇所と対策(貯蔵、出荷工程を含む)

- ・設備構造の密閉化で対処、排気はスクラバーで洗浄処理またはフレア処理

(2) . 有機合成原料として使用される酢酸の製造、酢酸エチル等の製造

- ・アルデヒドの製造工程と同じ

(3) . 自動車の塗装工程からの非意図的生成(塗装オープン中での燃焼での副生)

(ア) . 主な発生箇所(塗装工程：非意図的生成)と対策

- ・循環熱風ガスを燃焼法により処理

2.2.9. クロロホルム

(1) . 製造工程

(ア) . 発生箇所と対策(貯蔵、出荷工程を含む)

- ・設備構造の密閉化で対処、排気は凝縮法、活性炭吸着法、焼却法等により処理

(2) . 有機合成原料として使用している工程

- ・製造工程と同様

(3) . 化成品原料として使用している工程

- ・局所排気そのまま排出

(4) . 化学工業の溶剤として使用している工程

- ・一部、凝集回収、活性炭吸着法または燃焼法による排ガス処理が行われている。局所排気はそのまま排気されている。

(5) . クラフトパルプの製造工程

(ア) . 発生箇所と対策

- ・パルプの漂白工程により発生、アルカリ水によるスクラバー処理(悪臭防止)

2.2.10. 1,3-ブタジエン

(1) . 製造工程における主な発生箇所と対策

(ア) . 発生箇所

- ① 抽出蒸留塔
- ② 精製分離塔

(イ) . 対策

- ①、②ともフレアスタックにより燃焼

(2) . 製品貯蔵、出荷

- ① 製品貯蔵；燃焼法、凝縮処理、吸収法
- ② 出荷；燃焼法、凝縮処理、吸収法、ベーパーリターン法

(3) . スチレンブタジエンゴム (SBR)、ニトリルブタジエンゴム (NBR)、スチレン・ブタジエンラテックス、ポリブタジエンラテックス製造工程 (乳化重合) における発生箇所と対策

- ・分離工程；燃焼炉、フレアスタック、凝縮処理法、吸収法により処理

(4) . 合成ゴム・熱可塑性エラストマー製造工程 (溶液重合) における発生箇所と対策

- ・脱溶工程；燃焼炉、フレアスタック、凝縮処理法、吸収法により処理

(5) . クロロプレンゴム製造工程における発生箇所と対策

- ・異性化工程；フレアスタック
- ・仕上工程；凝縮除去法、活性炭吸着法、燃焼法

(6) . ABS 樹脂加工製造工程における発生箇所と対策

・原料受け入れ；ポリブタジエンラテックス中の未反応モノマーが残留、気温変化で 1,3-ブタジエンが飛散

- ・グラフト重合工程；密閉化
- ・仕上工程；凝縮除去法、活性炭吸着法、燃焼炉、フレアスタック、混練押出器の密閉化

(7) . 1,4-ブタンジオール製造工程における発生箇所と対策

・原料貯蔵工程；受入れ時の圧抜き、気温上昇による圧抜き時に排出。排出ガスはフレアスタック等で燃焼処理

- ・反応工程；燃焼炉、フレアスタック処理
- ・精製分離工程；燃焼炉、フレアスタック処理

(8) . 液状ポリブタジエン樹脂製造工程における発生箇所と対策

- ・貯槽；フレアスタック処理
- ・反応層；フレアスタック処理
- ・後処理工程；フレアスタック処理

本マニュアルにおいては、上記施設を有害大気汚染物質の固定発生源として想定し、その排出諸元が明らかな物質の予測手法について記述してある。SO₂ 等これ以外の物質についても排出諸元が明らかなもの、自動車走行に伴うベンゼンの排出等移動発生源からの排出諸元が明らかなものについても拡散予測

が可能である。

2.3. 建屋の影響と計算対象範囲

有害大気汚染物質に関わる発生源の多くは排出される高度が低い、いわゆる低煙源であり、排出源近傍の建物等による気流の乱れの影響を受けて、ダウンウォッシュを生じる。METI-LIS モデルは、排出源と建屋の位置関係によりダウンウォッシュを生じる場合はダウンウォッシュを考慮した拡散モデルになっている。ダウンウォッシュを生じない場合は通常の拡散モデルで計算できるようになっている。

METI-LIS モデルは厳密な流体力学方程式についての数値計算ではなく、定常一様のガウス型プルームモデルの有効煙突高さや拡散幅を補正して建物後流の拡散濃度を計算するものである。建屋の高さと幅のどちらか小さい値(L)を指標として3Lより煙源に近い範囲については計算不可能である。

建屋背後の乱流域に巻き込まれた煙でも、風下距離が大きくなるに伴い、その拡散幅 σ_y 、 σ_z は建屋がない場合の値に近づく傾向を示すので、ISCモデルでは建屋による乱れの影響が支配的な領域は、風下距離xが建屋高度の10倍としている。今回のMETI-LISモデルでは風洞実験を最大30Lまで実施しモデルの構築を行ったが、ISCモデルと同様に建屋による乱れの影響を受ける範囲を $3L \leq x \leq 10L$ とし、この範囲のダウンウォッシュを考慮した拡散モデルで計算するようになっている。10Lより風下側はPasquill-Gifford線図の安定度に応じた近似式により計算するようになっているが、10Lにおいて σ_z の大きさに違いが生じないよう考慮してある。

2.4. 計算対象時間

METI-LIS モデルは、1時間毎の8,760時間(年間時間数)の計算が可能であるので、任意の期間の平均値(年間、期別、月別、日別、1時間等)の計算が可能である。

3. 排出源の把握

有害大気汚染物質の排出源は煙突、ダクトのような通常の排出口の他に fugitive emission といわゆる「漏れ」などの意図しない排出源があることが多く、有害大気汚染物質の排出総量を正確に把握することには多くの困難を伴う。発生源周辺への影響予測モデルでは発生源の排出量データが必要であり、対象とする施設におけるすべての発生源について排出量と位置を特定する必要がある。また、排出濃度、排出ガス量が一定でない場合はそれらの時間変化別の濃度・排出ガス量を把握する必要がある。排出量の把握は対象施設で使用される物質の導入量、使用量、製品出荷量などの物質収支から計算したり、排出箇所ごとの実測などによって把握する。

METI-LIS モデルでは排出諸元が明らかでない固定発生源や移動発生源からの拡散予測はできない。

3.1. 排出場所の特定

各排出源からの排出総量の把握には、主要な排出口については濃度・排出ガス量を測定し、排出総量を算出し、各プロセスの物質収支等から推定した総量と比較して排出源の所在状況を把握する。排ガス中の有害大気汚染物質濃度の測定には JIS 法、環境庁マニュアル法などの公定法がある。また、微小な排出源の調査には検知管（表 3-1）やガスリーク検知器など、簡易で現場測定が可能な測定法で確認し、必要に応じて詳細測定を行う。

表 3-1 （その 1） 検知管例（ベンゼン検知管）

メーカー名	検知管名	測定範囲	試料採取法	検知剤の変色
ガステック社	121PH (大気環境測定用)	0.00015ppm (0.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) ~ 0.003ppm (10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	捕集管を 220°C に加熱し、50ml/min にて 5 分間採取	白色から茶色
光明理化学工業社	No. 118SC 型	1ppm (3250 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) ~ 100ppm (325000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	400ml 採取	白色から緑褐色
ドレーゲル社	8101841	0.5ppm (1630 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) ~ 10ppm (32500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	2000ml 採取	白色から黄土色
マインセーフィアフ°ライオンズ (MSA) 社	807024	1ppm (3250 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) ~ 25ppm (81000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	1500ml 採取	灰白色からブラウン色

表 3-1 (その2) 検知管例 (トリクロロエチレン検知管)

メーカー名	検知管名	測定範囲	試料採取法	検知剤の変色
ガステック社	132P (大気環境測定用)	0.009ppm (50 μg/m ³) ~ 0.037ppm (200 μg/m ³)	50ml/minにて1時間採取	黄色から淡桃色
光明理化学工業社	No. 1S4SB 型	0.2ppm (1090 μg/m ³) ~ 3.2ppm (1750 μg/m ³)	400ml 採取	淡橙色から青紫色
ドレーゲル社	6728541 (DJ628)	2ppm (10900 μg/m ³) ~ 50ppm (27800 μg/m ³)	500ml 採取	灰白色からオレンジ色
マインセーフティアフ° ライアンス (MSA) 社	Per-5 No. 804429	5ppm (27300 μg/m ³) ~ 60ppm (327000 μg/m ³)	300ml 採取	白色からグリーン色

表 3-1 (その3) 検知管例 (テトラクロロエチレン検知管)

メーカー名	検知管名	測定範囲	試料採取法	検知剤の変色
ガステック	133P (大気環境測定用)	0.007ppm (50 μg/m ³) ~ 0.029ppm (200 μg/m ³)	50ml/minにて1時間採取	黄色から淡桃色
光明理化学工業社	No. 135SB 型	0.2ppm (1380 μg/m ³) ~ 2.0ppm (13800 μg/m ³)	400ml 採取	淡橙色から青紫色
ドレーゲル社	8101551 (DJ697)	0.1ppm (690 μg/m ³) ~ 1ppm (6900 μg/m ³)	900ml 採取	黄白色から青色
マインセーフティアフ° ライアンス (MSA) 社	8101551 (DJ697)	5ppm (34600 μg/m ³) ~ 250ppm (1730000 μg/m ³)	1000ml 採取	白色からグリーン色

3.2. 排出量の算定

有害大気汚染物質の排出量を算定するには、物質収支による方法と実測による方法がある。トリクロロエチレン、テトラクロロエチレンを用いた洗浄施設等のように取扱量＝総排出量として扱えるものについては、物質収支による方法により算定できる。また、その取扱量が少ない場合は、物質収支の方法が低コストで算定できる利点があることから、物質収支による方法を用いる方が良い。開放系の場合は測定箇所や時間などで測定値に大きな変動があり、平均値を定めることが困難であるので、物質収支で算定することが望ましい。

METI-LIS モデルは1時間毎の8,760時間の気象条件、排出条件をインプットすれば年間の実時間計算が可能であるが、排出条件を8,760時間分設定するのが困難である場合には、施設の稼働状況を考慮して、排出変動の少ない期、時間帯に区分し、期別、時間帯別の平均的な稼働時間を設定し、期別、時間帯別の1時間当たりの有害大気汚染物質排出量を次式により計算する。なお、このようにして区分された期、時間帯内では1時間当たりの排出変動はないものとする。

$$q_{j,s,i} = q_{j,s} \times \frac{1}{T_{t,s}} \times R_{s,i}$$

$q_{j,s,i}$: 有害物質 j の期 s 、時間帯 i についての 1 時間当たりの排出量 (m^3/h)

$q_{j,s}$: 有害物質 j 、期 s についての総排出量 (m^3/h)

$T_{t,s}$: 期 s についての総稼働時間数 (h)

$R_{s,i}$: 期 s 、時間帯 i についての稼働比率

$$\sum_i R_{s,i} \times T_{s,i} = T_s$$

$T_{s,i}$: 時間帯 i の 1 日の時間数

T_s : 期 s についての 1 日の総稼働時間数 (h)

期別、時間帯は例えば次のように設定する。

期 月別、春、夏、秋、冬、その他稼働状況に応じた期(例えば、1月1日0時～2月4日24時等)

時間帯 全日(0時～24時)、早朝(6時～8時)、午前(8時～12時)、午後(13時～17時)、夕刻(17時～19時)、夜(20時～6時)、深夜(22時～3時)、その他稼働状況に応じた時間帯(例えば、10時～12時)

以下にベンゼン、トリクロロエチレン、テトラクロロエチレンを例にして施設別の排出量算定方法の一例を記述する。これ以外の物質、施設についての排出量算定方法については決められた方法が現在無いが、これに準ずることが出来ると考えられるものについては準用するものとする。

3.2.1. ベンゼン

(1) . コークス製造工程

コークス製造工程から排出されるベンゼンの排出量の算定は実測による。

コークス製造工程から排出されるベンゼンは原料炭の乾留過程で生成し、原料炭の供給時等に大気中に排出される。

コークス炉は幾つかの窯に分れており各窯毎に装炭、窯出しが行われ、装炭は装炭車により各窯毎に行われ、この時、ベンゼン及び炭じんを含んだ排ガスは装炭車に装着されたフードにより集められ、着火、燃焼後、ダクトを通じて各コークス炉に設置された装炭用集じん機(バッグフィルター)により除じんされ、煙突より放出される。また、窯出し時においてはフードを装着したガイド車により集められ、装炭時と同様にダクトを通じて窯出し用集じん機(バッグフィルター)により除じんされ、煙突より放出される。

このようにコークス製造工程の主要なベンゼン排出箇所は各集じん機の排ガスと考えられるが、コークス炉全体が完全密閉でないことに起因する不特定・無数の漏出(fugitive emission)も考慮する必要がある。

装炭時、コークス炉の炉蓋の開閉時(窯出し時)に排出される排ガス中のベンゼン排出量は、集じん機の運転状況に伴って変化する排ガス量とその時の排ガス濃度を測定することによって排出総量を推定す

る。コークス製造工程に伴う集じん機の排ガス量、ベンゼン濃度は周期的に変化するため、それぞれのパターン毎に試料採取を行い、排ガス量、濃度を求め、排出量を算定する。

コークス炉の操業時に各窯の蓋の隙間から排出されるベンゼンについては適切なサンプリング方法がないので、コークス炉の窯の上部蓋並びに側部蓋のそれぞれの極近傍で大気を採取、分析し排出量を推定する。

装炭時、窯出し時のベンゼン排出量はコークス炉毎(コークス炉 A、B 等)に算定する必要がある。また、装炭時用煙突、窯出し用煙突に分かれている場合にはそれぞれの煙突ごとに排出量を算定する必要がある。各窯の装炭時の排出時間は 4 分前後(排ガス量ほぼ一定)、窯出し時の排出時間 8 分程度(この時間内に排ガス量の変動あり)であるので、装炭時、窯出しの平均的な排ガス量、ベンゼン排出量を求めておき、1 時間に何回装炭、窯出しがあるかを調べ、1 時間に装炭時用煙突、窯出し用煙突から排出されるベンゼン量を特定する。期、時間帯別排出量の計算は前述のとおりである。

各窯の蓋の隙間から排出されるベンゼン排出量は、年間における各コークス炉の操業時間を考慮して、期、時間帯別に設定する。拡散計算は排出位置を特定できないので、コークス炉全体から排出されるとし、点源列(10m~30m 間隔)で与える。

(2) . 回収用蒸留施設、製造用脱アルキル反応施設、原料用反応施設

これら施設から排出されるベンゼンの排出量の算定は基本的に実測による。これら施設には一般にはベントが取り付けられているので、ベントガス量とその時のベンゼン濃度を測定することによって排出量を推定する。なお、ベントガス量及びベントガス中のベンゼン濃度は周期的に変化するため、工場の操業状況を考慮して試料採取を行い、濃度を求めて排出量を算定する。

期、時間帯別排出量は、前述のように設定する。

(3) . タンク

タンクには浮き屋根式と固定屋根式があるが、浮き屋根式では払い出し時にベンゼンの排出があるが、少量であるので無視しても良い。固定屋根式タンクでは呼吸ロスと受入ロスがある。呼吸時、受入時のベンゼン排出量は下記に示す排出係数¹を用いるが、受入ロスについては実測を行うことが望ましい。なお、排出防止対策がなされている場合には、その効率を乗ずる。

	受入ロス	呼吸ロス
ベンゼン(沸点 80.1℃)	0.12kg/k1	0.67kg/k1・タンク

受入時の実測によるベンゼンの排出量の算定は、タンクベントガス量(実測または原料受入時の液面変化量より計算)とガス中のベンゼン濃度より計算する。

タンクのベンゼン排出量は期、時間帯別に設定しても良いが、一つのタンクへの 1 回の受入時間はタンクの規模により数時間から数日であり、この間排出量が一定であるので、過去の実績より排出日時を特定して設定しても良い。受入時間外は、全て呼吸ロスしていると考える。

この他、船積み時にもベンゼンが排出されるが、これもタンクと同様、過去の実績より排出日時を設定する。船積み時のベンゼン排出係数は 0.016kg/k1 である。

¹ 環境庁；炭化水素類発生源実態調査報告書，昭和 52 年の石油化学製品における排出係数よりベンゼンの沸点 80.1℃より設定

3.2.2. トリクロロエチレン、テトラクロロエチレン

トリクロロエチレン、テトラクロロエチレンの発生施設である乾燥施設、混合施設、精製または回収用蒸留施設、洗浄施設、ドライクリーニング機には、一般に排気ダクトが取り付けられている。実測による方法の場合には、ダクトの排ガスをサンプリング、分析することにより排出量を算定する²。

(1) . 物質収支による方法

取扱量を総排出量とし、大気以外の排出経路(水域、土壌、廃棄物)に排出される量を算定し、総排出量から差し引くことで大気への排出量を算出する。

式で表すと次のようになる。

総排出量 = 取扱量

取扱量 = 年間受入量 + 年間保有量増減

大気への排出量 = 総排出量 - 廃棄物としての排出量 - 水域への排出量 - 土壌への排出量

年間保有量増減は算定期間の終点と始点における在庫量の差で、在庫量が増えれば減算し、減れば加算する。また、配管などへのホールドアップ量も考慮する。含有率が 100%でない場合は、含有率を乗じて純粋な量を算定する。

(ア) . 廃棄物としての排出量の算定

洗浄剤が産業廃棄物として破棄されている中かなり多量に存在するので、廃棄物として排出される量を算定することが必要である。廃棄物中の塩素系有機溶剤の含有量は、自社の廃棄物のサンプリングを行い洗浄剤の沸点以上に保持し溶剤を蒸発させ、初期の重量で乾燥後の重量で除して算出する(重量法)。この他、液比重や沸点によって推定することもできる。

(I) . 重量法による有機溶剤含有量の算定

- ① 重量を測定した蓋付き秤量ビンにサンプルを採取し、採取したサンプルの重量を測定する。
(W1:秤量ビンの重量、W2:サンプル入り秤量ビンの重量)
- ② 秤量ビンの蓋をはずし、溶剤の沸点以上の高温槽に秤量ビンを入れ、3時間以上保持する。
- ③ 乾燥剤を入れたデシケーター中に秤量ビンと蓋ごと室温まで冷却する。
- ④ 冷却後、秤量ビンと蓋ごと重量の測定をする(W3)。

$$\text{廃棄物中の溶剤含有率} = [1 - (W3 - W1)/(W2 - W1)] \times 100(\%)$$

- ⑤ ②から④を繰り返し、一定値に達した値を真値とする。

(II) . 液比重や沸点で推定する方法

溶剤中に被洗浄物からの汚れが溶出すると、溶剤の比重や沸点温度が変化する。この性質を利用して溶剤中の油の含有率を推定することができる。液の比重は市販の浮秤比重計を使用するか、比重瓶を使用して測定することができる。また、沸点温度は蒸気洗浄装置に付いている温度計で確認できる。これらの方法は、簡易に溶剤中の油の含有率を推定できる方法なので推奨する。ただし、この方法を用いるには、あらかじめ、溶剤中の油の含有量と比重及び沸点温度の関係図を作成しておく必要がある。

² 中小企業事業団；金属洗浄における塩素系有機溶剤の自主管理計画達成マニュアル，平成9年より引用

図 3-1 にトリクロロエチレン並びにテトラクロロエチレン中の各種油の含有量と沸点温度及び比重の関係を示す。

トリクロロエチレン

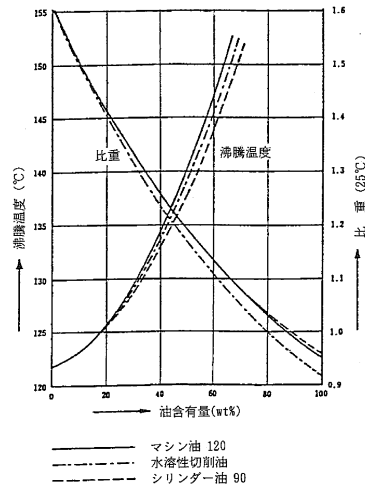


図 3-1 (その 1) 塩素系有機溶剤中の各種油の含有量と沸点温度及び比重の関係

テトラクロロエチレン

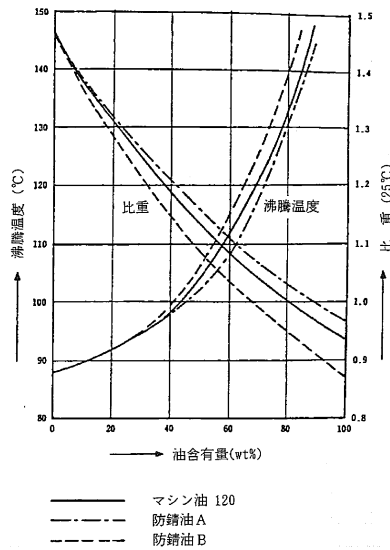


図 3-1 (その 2) 塩素系有機溶剤中の各種油の含有量と沸点温度及び比重の関係

以上のようにして測定した値をもとに、下記計算式により廃棄物としての排出量を計算する。

$$[\text{廃棄物としての排出量}](\text{kg}) = [\text{廃棄物量}](\text{kg}) \times [\text{溶剤の含有率}(\%)] / 100$$

水域への排出量は 1 日の総排水量に濃度を乗じて次式により算出する。なお、排出基準を守るため、排水ばっ気処理や活性炭吸着処理を行っている場合は、処理施設から排出される水中の溶剤濃度測定を行うことが必要である。

$$[\text{水域への排出量}](\text{kg}) = [1 \text{ 日の総排水量}](\text{リットル}) \times [\text{稼動年間日数}] \times [\text{排水中の溶剤濃度}](\text{mg}/10^6)$$

水域へは洗浄装置の水分離器を経由して排出されるので、水分離器からの排水量を測定し、塩素系有機溶剤の水への飽和溶解度から算出することもできる。トリクロロエチレンは 0.11%、テトラクロロエチレンは 0.015% である。

(イ) . 土壌への排出量の算定

塩素系有機溶剤が事故や配管などの漏れ、不注意などによって土壌中に排出される場合がある。土壌への排出量の算定は、その状況から判断して漏洩量を推定し、時間経過などを勘案して算出する。

(ウ) . 水域への排出量の算定

水域への排出は水質汚濁防止法により排水基準が設定されており、基準濃度以下に処理して排出することが求められている。

(トリクロロエチレン : 0.3mg/1 以下、テトラクロロエチレン : 0.1mg/1 以下)

(2) . 実測による方法

前述のように開放系の場合は、測定箇所や時間などで測定値に大きな変動があるので、平均値を求める

ことは困難である。

排気ダクトなどの排出口で濃度測定を行い、稼動中の平均濃度を算出する。次に、排出口の排出ガス量を風量計で測定する。この他、定常的作業以外に洗浄装置などの洗浄作業で排出される量を別途算出し、下記計算式で大気への排出量を算定する。

$$\text{大気への排出量} = 1 \text{ 日当たりの操業中の平均ガス量} \times \text{操業中の平均濃度} \\ \times \text{年間操業日数} + \text{清掃、定修時などの排出量}$$

このようにして求められた年間の塩素系有機溶剤の大気への排出量を、前述の方法により期、時間帯別の排出量を算定する。なお、事故などによる土壌などへの流出時の時間帯の排出量は除くことが望ましい。土壌への流出がある場合には、過去の実績からその日時、土壌への流出量、気象条件を用いて、有効煙突高さ $H_e=0$ として計算する。

なお、敷地境界濃度の予測にあたり、発生源の排出量の正確な把握が大切であるため、理想的には敷地境界でのフラックスを計測し、排出量を確認するのが最良である。このフラックスは鉛直断面内での濃度と風速の測定により求められるが、ある程度の技術力と費用を必要とする。このため、排出量が少なく、精確な調査の必要性が低い場合には、このような調査を実施しないでよい。

3.3. 周辺濃度と排出源の排出量との関係が異常な場合の対処

最終的に把握された排出源の排出量は、後に述べる気象データと合わせて拡散モデルに入力することにより、排出源周辺の濃度分布が計算されて出力されることとなる。

しかし、こうして得られた結果は決して丸ごと信用すべきものではない。できる限り多面的に結果を検討し、妥当な値であるかどうかを確認した方がよい。

多面的な検討として、最も直接的に行えるのが拡散モデル対象区域に選んだ排出源周辺における実測濃度との比較検証である。その際、予め確認すべき点として、

- ① 実測濃度の測定方法が妥当であり、得られた濃度の精度が良いかどうか、
- ② 実測地点は拡散モデルが成立する領域であるかどうか（排出源の直近では拡散モデルが成立しない）、
- ③ 実測濃度の測定時間に対応させた拡散モデルの平均化時間を設定したかどうか、

等がある。①については第4章を、②と③については第6章の説明を確認されたい。

さて、妥当な方法で実測された周辺濃度と対応する計算濃度が数倍以上も食い違う場合は、排出量の把握が十分でなかった可能性がある。その原因としては下記のものが考えられる。

- ① 未把握排出源がある。（実測濃度の方が高い場合のみ）
- ② 排出量の算定に誤りがある。

①に関しては3.1 排出場所の特定で記述した方法により再度調査する。

その他、周辺の他工場からの排出も考えられる。風上側と風下側の敷地境界線での濃度を同時に実測し、風上側が風下側に比べて明瞭に低濃度でない場合は、風上側の他の工場等の影響が加わっていることも疑わねばならない。また、その方向が風上にならないときの敷地境界線での拡散濃度を実測して、自工場のみ排出源の影響を把握した上で計算値との関係を確認する必要がある。

②の可能性については、種類の異なるいくつかの原因が考えられる。まず実測濃度と計算濃度が1桁以上も異なる場合には、単純な計算ミスがなかったかを点検し、再計算する。排出量の桁数のほか、単位に誤りがないかどうか注意する。こうして確認してもなお1桁以上の差を生じる場合は、再度①に戻って濃度実測とそのときの風向などから他の排出源を探索する。最終的に他の特定の排出源が見出せない場合、しかも風向や場所によらず数値の幅（実測濃度－計算濃度）があまり変化しない場合は、その差をバックグラウンド濃度として扱い、一律に計算濃度に上積みする対処方法も検討に値する。

4. 環境濃度の把握

工場での敷地境界濃度及び発生源周辺の有害大気汚染物質環境濃度が現在どの程度であるか、あるいは、拡散モデルを使用して予測した環境濃度値を検証するための基礎資料を得ることを目的として、一般的に発生源の把握及び気象条件の把握と同時に環境濃度の把握が実施される。

また、環境濃度の把握は新規発生施設を立地する場合、当該地域のバックグラウンドはどうなっているか、3.3 節で述べた周辺濃度と排出量の関係が適切に評価されていることを確認するためにも利用される。

平成9年3月施行の改正大気汚染防止法に有害大気汚染物質対策の推進が規定され、それに伴って指定物質（ベンゼン等3物質）等のモニタリングの基準が示された。その中で、モニタリングで把握すべき環境濃度は1年間の平均濃度で、そのために測定は1日を単位として行い、原則として月1回1日（24時間）の頻度で実施する（12個の平均値）こととなっている。これは、環境基準が年平均値で規定されたことが理由であるが、1時間の環境濃度を測定し発生源とその時の気象条件を解析することで、特定の発生源が周囲に与える環境影響を推定することができる。また、測定された環境濃度と同一の発生源、気象条件下で実施された拡散モデルによる予測濃度結果の整合性が確認された場合は、様々な発生源、気象条件下での予測が可能である。

有害大気汚染物質は欧米諸国や日本で200種類前後の物質が定められており、個々の物質の有害性が異なるほか、物性、排出形態、濃度が異なり、有害大気汚染物質測定ではその状況に対応してサンプリング条件、分析条件を決定していく必要がある。いくつかの物質については公定法あるいはそれに準じた推奨法（測定マニュアル）が公表されており、目的に応じて引用して利用することができる。

また、揮発性有機化合物の場合のように、専用の分析システムが市販されているものがあり、これらは装置のマニュアルに準じて操作することにより、精度の高い分析を行うことができる。実際の測定では分析機器の整備状況などの条件もあり、専門的分析機関に委託することが多いが、この場合もサンプリング条件、測定方法、測定機器の種類について一定の予備知識は必要である。

実測した環境濃度を拡散モデルの検証に用いるときのことを考えると、測定ポイントの選定に当たって以下の考慮が必要である。

拡散モデルの適用範囲内であること。拡散モデルはあまり排出源の近傍では適用できない（第6章のMETI-LISモデル参照）。

測定ポイントはあまり建物等の近傍に設定せず、ある程度周囲が開けた場所とすること。建物の大きさにもよるが、壁際から数メートル以内では、建物の影響を強く受けた気流により、拡散モデルが精度良く成立しない恐れがある。同様に、建物屋上での測定においても、ポール等を用い、屋上からさらに数メートル上での測定が望ましい。

発生源の風下側だけでなく、発生源の影響を受けない風上側にも測定ポイントを設けること。思いがけない他の発生源の影響が加わっていることがあり、それをチェックするために風上側の測定値が役立つ。

5. 気象条件の把握

5.1. 必要な気象データと入手方法

拡散の結果として汚染物質の濃度がどのような分布となるかを算定するのが拡散モデルである。拡散状況は気象条件に支配されるため、拡散モデルへの入力データとして、汚染物質排出量等と並んで気象データが不可欠である。

拡散モデルによる濃度分布の計算は最長でも1時間を単位として行うため、気象データは少なくとも評価対象期間全体にわたる1時間ごとの値が必要である。もし1時間を10分間隔に区切った6個のデータがあるなら、10分を単位とした6回の拡散計算の結果を平均して1時間平均濃度を求めると精度は向上する。

拡散状況に影響する気象条件は、風向・風速と大気安定度である。このうち、風向・風速は風向・風速計により測定したデータを用いることができる。しかし、大気安定度は直接測定することはできず、昼間は日射量等、夜間は雲量等のデータに基づいて判定される。

5.1.1. 風向・風速

毎時1個のデータを用いる場合、気象台をはじめとして気象関係では通常、風向・風速は表記時刻までの1時間のうちの最後の10分間の平均値が記録されている点に注意が必要である。毎10分等の詳しいデータがない場合は、これを毎時の代表値として用いることとなり、それがむしろ通例となっている。

風向・風速データは拡散モデルにおいて濃度分布計算に用いられるほか、それに先立って大気安定度の判定に必要とされる。大気安定度はそれほど局所性を重視する必要がないため、地域あるいは地方を代表する風速データを用いることが可能である。しかし、拡散モデル式に用いる風向・風速は局所性を重視しなければならない、その測定場所は評価対象地域内にあることが望ましい。評価対象地域が狭いためにその地域内で測定データが得られない場合、平坦地域であっても、排出源を中心として半径5km程度以内のデータであることが望ましい。10km以上離れた測定場所のデータを用いた場合は参考データと解釈すべきである。なお、たとえ10km以内であっても排出源との間に山があったり、山の上で測定されたデータを用いることには慎重な検討を要する。

また、測定場所周辺の建築物・樹木・丘等の局所的な影響を受けないよう、それらの高さとは比べた測定高さが重要である。測定の地上高さを h とすると、少なくとも $h \geq 6\text{m}$ であること、測定位置がビル屋上の場合を除き半径 h の円内に高さ $(2/3)h$ 以上のビル等が存在しないこと、さらに、半径 $10h$ の円内に h 以上の高さの大きな建築物（視野角10度以上）がほとんど存在しないこと、等を目安とする。

風向データの望ましい表現は、北から東まわりに測った角度（度、欠測=999以上）、または16方位（北=16、北北東=1、・・・、無風=0、欠測=99以上）であり、これ以外の表記法の場合は予め変換する必要がある。

風速データは 0.1ms^{-1} の桁まで表記されているのが望ましい。

(風向・風速データの入手)

上記のような条件に適合するデータが評価対象地域内で独自に測定されている場合はそれが利用できる。しかし、独自のデータがない場合は近隣地域で気象官署、大気汚染常時監視局等を探索し、その種の施設が存在すれば多くの場合は風向・風速が測定されている。ただし、気象庁のアメダス局の風速データは通常 0.1ms^{-1} の桁までは表記されず、 1ms^{-1} 単位であるため、これを用いた拡散モデルの計算結果はいわば“荒削り”なものとなる。しかし、前述のように拡散式に用いる風速は局所性を重視しなければならないから、近くに気象官署がなければ、それよりも数多く密に配置されているアメダス局データにより拡散式の計算を行う方がよい。気象官署・アメダスのデータ入手については気象官署に、大気汚染監視局のデータについては自治体の担当部局に相談するとよい。

METI-LIS モデルソフトにおいては、CD-ROM 等で提供されている年度別の全国のアメダス風向・風速データが利用できる³。そのうちから最寄りの適当な地点を選択すれば、そのデータが読み込まれ、大気安定度判定および拡散式の計算が行われる。

5.1.2. 日射量

全天日射計による表記時刻までの 1 時間の積算入射量データ (単位: MJm^{-2}) を入力することにより、前記の風速データと合わせて、昼間のパスキル安定度階級を判定する。

日射量は快晴・晴れ・曇という天候に支配されるが、天候はそれほど局所的ではなく、同じ平野内では場所によらず類似であることが多い。従って、日射量は評価対象地域内やその隣接地域で測定されていなくても、10~20km 離れた地点のデータを代用することも許容できる場合がある。

(日射量データの入手)

全天日射量は、現在では気象台においてさえ必ずしも常時測定されてはおらず、独自の測定がない場合は一般に入手することはかなり困難である。都市域では、大気汚染常時監視局のうちに日射量を測定している局が若干存在する。

METI-LIS モデルソフトでは日射量データは用いず、次項に従って日射量を算定する。そのため適切なアメダス局を選定し、その日照データを用いる。

5.1.3. 日射量に代わるデータ

気象庁のアメダスにより、およそ 20km 四方ごとに 1 点の割合で日照率が測定されている。日照率は表記時刻までの 1 時間のうち一定強度以上の日照のあった時間を 0.1 時間単位で 0~10 の数字で表したものである。これに時刻ごとの太陽高度等を加味した演算を加えることにより、高い精度で日射量を推算することができる。具体的な算定方法は 5.2.3 に示す。METI-LIS モデルソフトにはこの推算式が組み込まれている。

³ ソフトウェアで使用できる CD-ROM は「アメダス年報」である(2001 年までは「アメダス観測年報」)。CD-ROM の入手は(財)気象業務支援センター 振興部オフラインデータ担当 (〒101-0054 東京都千代田区神田錦町 3-17 東ネンビル TEL. 03-5281-0440 URL <http://www.jmbc.or.jp>) で可能である。

国立環境研究所の大気環境事関知データに関しては次の URL を参照してください。
独立行政法人 国立環境研究所 (https://www.nies.go.jp/igreen/lend_guide.html)

5.1.4. 大気安定度分類

(1) . 安定度分類表

パスキルの安定度階級を表 5-1 に従って判定する。この夜間の安定度分類については次項で述べる。

表 5-1 安定度階級表

地上風速 U (ms ⁻¹)	日 中				夜 間 (日射量=0)
	日射量 Q (単位 0.01kWm ⁻²)				
	60<Q	30~59	15~29	1~14	
U<2.0	A	A-B	B	D	F
2.0~2.9	A-B	B	C	D	E
3.0~3.9	B	B-C	C	D	D
4.0~5.9	C	C-D	D	D	D
6.0<U	C	D	D	D	D

(2) . 夜間の安定度分類

夜間のパスキル安定度階級は、元来は雲量データにより判定する。しかし、現在では気象台を含めても夜間の雲量を毎時測定している例はない。雲量に代わる量として、正味放射計の測定データを基準とした判定も提案されているが、それも独自に測定しない限り、一般には入手困難である。

そもそも夜間の大気安定度は、ある程度の風速があれば中立に近づき、風速が小さいときは雲量に応じた放射冷却の強弱によって差があると考えられたが、同じ雲量でも時間の進行とともに放射冷却自体が進行するほか、周辺の地形によっても地方によっても、また季節によっても強弱の程度は異なり、雲量のみで判定すること自体に無理がある。しかも夜間の弱風時はいずれにせよ安定であって、昼間の晴天時と曇天時ほどの安定度の差はない。これまでの種々の調査で測定された乱流データの解析結果を見ても、その数値は主として風速に応じて変化しており、正味放射量による差はそれほどではない。

そのため、夜間の安定度は風速のみに依存するものと仮定してモデル化を行った。従って夜間に関しては風向・風速データのみを用いることとなり、雲量その他のデータ入力が必要としない。

なお、METI-LIS モデル Version 1 においては表 5-1 の夜間の安定度を、パスキルにならって弱風側から順に G、F、E としていたが、国内データの分析結果に基づいて改められた。

5.2. 気象データの内部処理

評価対象地域の気象条件について、拡散計算の入力データとして特別に測定し、あるいは既存のデータを探索して入手できたら、次に、それらのデータをそのまま拡散モデル入力として使用できるかどうかフォーマットを点検する。そのまま入力してもモデルソフトによって内部で適切に処理される範囲であればよいが、そうでない場合は予め一定の処理を行わねばならない。入力データのフォーマットについて、ソフトの操作マニュアルを確認する必要がある。頒布されているアメダスデータ CD-ROM を利用する場合はこのような心配はない。

以下では、データ入力後に気象データがどのようにして利用されるかを解説する。

5.2.1. 風速

(1) . 大気安定度の決定

風速データはまず大気安定度の判定に用いられるが、その風速は地上 10m 相当とされている。入手した風速データの測定高度がこれと大きく異なる場合は 10m 相当に補正する必要がある。補正には後述すべき法則 (5.1) 式を用いる。しかし、その補正係数 (べき指数) が安定度に依存するため、一度で決定することはできない。そこで、まず中度の安定度に対応する補正係数を用いて 10m 相当の風速に変換し、これを用いて安定度を判定する。安定度が決まったら、再度その安定度に対応する補正係数を用いて 10m 相当の風速に変換する、この繰り返しは回数を増すほど近似精度が上がることになるが、極端な高度差の場合を除き繰り返しは省略できる。

(2) . 拡散式入力風速

拡散式で用いる風速は排出口高さ相当のものとされている。使用する風速データの測定高さ h がこれより低い場合は、前述 (5.1.1) の測定高さ条件を満たしていない恐れがある。 h が排出口より高い場合は概してその心配はないであろう。しかし、 h と排出口高さが 2 倍以上も異なる場合は風速の高さ補正が必要となる。補正式としてはべき法則 (式 5.1) が用いられる。

$$U_2 = U_1 \left(Z_2 / Z_1 \right)^P \quad (5.1)$$

U_1 : 観測高度の風速 (m/s) Z_1 : 観測高度 (m)

U_2 : 排出口高さの風速 (m/s) Z_2 : 排出口高さ (m)

べき指数 P は周辺の地形・地物の状況に影響され、普遍的な数値はないが、

表 5-2 のような数値が用いられる。METI-LIS モデルでの扱いは次章でふれる (6. 2. 2)。

表 5-2 べき指数 P (EPA の CDM に用いられた値)

安定度		A	B	C	D	E	F
P	1	0.1	0.15	0.2	0.25	0.25	0.3
	2	0.15	0.15	0.2	0.25	0.3	0.3
		0.07	0.07	0.1	0.15	0.35	0.55

1. 環境庁窒素酸化物総量規制マニュアル等
2. ISC3、CDM2.0 等の値（上段 Urban、下段 Rural 用）

5.2.2. 日射量

日射量は昼間の安定度分類に不可欠のデータである。日射量の表現にはいくつかの単位が用いられる。安定度の区分に係する数値を各単位で示すと表 5-3 の関係になる。

表 5-3 日射量の単位と数値

calcm ⁻² h ⁻¹	Wm ⁻²	MJm ⁻² h ⁻¹
12.5	145	0.52
25	290	1.05
50	580	2.1

5.2.3. 日射量に代わるデータ

気象庁のアメダスで測定されている日照率 ss (0~10) は以下の関係により日射量 rr (0.01MJm⁻²h⁻¹) に換算することができる。

$$rr = (r_0 + 0.1ss(r_{10} - r_0)) \cos z \quad (5.2)$$

例外的に、 $ss = 0$ の場合は

$$rr = (77 + 15.2sm) \cos z \quad (5.3)$$

ただし、 r_0 と r_{10} および(5.2.3)式中の数値は統計的に求めた係数（単位は rr と同じ）で、 $r_0 = 144$ であり、 r_{10} は時刻により表 5-4 に示すように変化する。 sm はその日の 8~17 時の 10 個の ss の平均値である。 $\cos z$ (z は太陽の天頂距離) は以下の手順で計算される。

$$\cos(z) = \sin(la) \sin(sl) + \cos(la) \cos(sl) \cos(ha) \quad (5.4)$$

- la : 対象地の緯度
- n : 元日から数えた日数
- ne : 元日から春分までの日数 (約 80)
- da : 1 年を周期とした対象日の位相 ($2\pi (n-ne)/365$)
- sl : 太陽赤緯の概算 ($23.5\sin(da)$)
- ha : 対象時刻-30 分の太陽時角 (南中時 0)

ha の値は、例えば 12 時には 11~12 時の平均として 11 時 30 分の太陽時角を採用する。南中時刻は月日、緯度経度、タイムゾーン (9 固定) より計算により求める。

表 5-4 日照率 10 相当の垂直面日射量 r_{10} の時別値 (単位 $0.01\text{MJm}^{-2}\text{h}^{-1}$)

時刻	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
r_{10}	270	320	340	351	351	351	351	351	330	300	260	220

文献) 吉門洋, 1990: アメダス日照データと毎時全天日射量の関係, 公害, 26, 1-8.

吉門洋, 2003: パスキル式安定度階級の夜間の分類方法について, 大気環境学会

誌

6. METI-LIS モデル

有害大気汚染物質に係る環境影響予測に用いる METI-LIS モデルは、煙突や排気口といった点煙源⁴からの排出をモデル化するために、定常一様状態を仮定したガウス型プルーム式を基本としている。この章では、基本となるガウス式、有害大気汚染物質を含む排出ガスの上昇高さ、拡散パラメータの決定方法、排出源近傍の建物等によるダウンウォッシュのモデル化方法及びこの拡散モデルの適用条件などについて説明する。

METI-LIS モデルは米国環境保護庁（EPA）の ISC（Industrial Source Complex）モデルの考え方に基づいている。有害大気汚染物質に関わる発生源の多くは排出される高度が低い、いわゆる低煙源であり、排出源近傍の建物等による気流の乱れの影響を受けて、ダウンウォッシュが生じやすいと考えられる。ISC モデルは EPA が推奨する拡散モデル群の中で、ダウンウォッシュの影響を考慮できるモデルの一つであり、ダウンウォッシュが生ずる条件に対して適用することが推奨されている⁵。しかし、今回の調査において実施した一連の拡散実験等による調査結果に対して ISC モデルを適用すると、良好な再現性は得られなかった。これは、一つには EPA のモデルが短時間平均濃度の最大値を対象として評価されていることとも関係している。そこで、今回の METI-LIS モデルでは、短時間平均濃度の濃度分布（特に y-方向、横風方向）を極力精度良く予測できることを目的として、風洞実験を行って ISC モデルの予測性能を改良した手法を用いている。

ISC モデルに記載されていない項目や、我が国において各種の調査に用いられてきた方法と著しく齟齬をきたす手法については、通産省の「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手法マニュアル」（昭和 60 年、以下「通産省マニュアル」という）に示される手法を用いている。

6.1. 拡散計算式

点煙源に対する拡散計算式は定常一様のガウス型プルームモデルを用いる。計算の対象とする各排出源及び各時刻について、計算座標の原点は煙源の地上位置に置き、x-軸は風下方向を正として、y-軸は x-軸と水平方向（横風方向）に直角とし、さらに z-軸は鉛直方向に直角とする。各時刻の濃度計算においてはユーザーが設定した計算点を排出源毎の計算座標系に変換する。この x-軸、y-軸方向の変換方法については後述する。各排出源による各計算点に対する個々の影響を合計して、その時間における全排出源からの影響濃度とする。

⁴ 面煙源及び線煙源については点煙源に分割すれば計算することができる。

⁵ 現在、ISC モデルに代わる新しい手法が検討段階にあるが、現時点でのダウンウォッシュに対する推奨モデルは ISC モデルである。

$$C_{(x,y,z)} = \frac{QV}{2\pi U_s \sigma_y \sigma_z} \left[\exp - 0.5 \left(\frac{y}{\sigma_y} \right)^2 \right] \quad (6.1)$$

- C : x, y, z における濃度 (m³/m³ : ppb, ppm など)
 Q : 汚染物質の排出強度 (m³_N/s)⁶
 V : 鉛直項 (6.2 式)
 u_s : 放出高度での平均風速 (m/s)
 σ_y, σ_z : 水平方向、鉛直方向の拡散パラメータ (m)

鉛直項はガウス型プルームの鉛直方向の分布を表すもので、この項には、計算点の高さ、排出されたプルームが上昇することによる高さの効果（これを有効上昇高さとする）を含んでいる。

$$V = \left[\exp - 0.5 \left(\frac{z_r - h_e}{\sigma_z} \right)^2 \right] + \left[\exp - 0.5 \left(\frac{z_r - h_e}{\sigma_z} \right)^2 \right] \quad (6.2)$$

- z_r : 計算点の高さ (m)
 h_e : 有効上昇高さ (m)

6.2. 座標系その他の基本設定

6.2.1. 計算点の設定

ユーザーは計算を行う位置を直交 (X-Y) 座標系で設定することとなり、東西・南北方向の計算範囲と分割数を任意に指定する。この座標系において、X-軸はユーザーが指定する計算範囲の原点から東を正とし、Y-軸は北を正とする。

排出源の x、y 座標をそれぞれ x_s、y_s、計算点の x、y 座標をそれぞれ x_r、y_r とすると、各計算対象時刻における計算点の設定は次のように行われる。

$$\begin{aligned}
 x &= -(x_r - x_s) \sin(WD) - (y_r - y_s) \cos(WD) \\
 y &= (x_r - x_s) \cos(WD) - (y_r - y_s) \sin(WD)
 \end{aligned} \quad (6.3)$$

ここで、WD は風が吹いてくる方向からの角度である。計算における風下距離 x は拡散パラメータを計算するために用いられるとともに、排出源近傍の建屋等によるダウンウォッシュの計算において利用される。

6.2.2. 風速の高度補正

5章で説明したように、計算においては、測定された風速データを排出源の実高さ相当の高度における風速に補正して利用する。補正は風速のべき則を用いて行う。べき則は以下のとおりである。

⁶ m³_N は標準状態 (0°C、1atm) における気体の体積。N は Normal を意味する。

$$U_s = U_{ref} \left(\frac{h_s}{z_{ref}} \right)^p \quad (6.4)$$

- u_s : 排出源の出口高さ h_s における風速 (m/s)
- u_{ref} : 風速測定高度 z_{ref} における風速 (m/s)
- h_s : 排出源の出口高さ (m)
- z_{ref} : 風速測定高度 (m)

ここで、べき p は安定度に応じて設定するが、平均的な値として表 6-1 に示す値を利用することができる。ただし、排出源近傍の建屋等によるダウンウォッシュの計算においては、6.5 章に述べる方法に従って風速を設定する。

表 6-1 風速の補正に用いるべき p の標準的な値

安定度	べき p
A	0.07
B	0.07
C	0.10
D	0.15
E	0.35
F	0.55

注：ISC モデルにおける田園地域に適用する値

6.3. 有効煙突高さの設定

6.3.1. Stack-tip downwash

有害大気汚染物質を排出する排出源が煙突である場合に、その煙突の塔体が風に対して障壁となるようなことがあり、このような場合に生ずるダウンウォッシュを stack-tip downwash と呼んでいる。排出源からの排出ガスの上昇力が風速の 1.5 倍以下である時、この stack-tip downwash に対する煙源高さの修正を適用する。

ISC モデルでは、Briggs⁷によって提唱された stack-tip downwash の方法を用いており、その方法をそのまま採用する。この方法では、物理的な排出源の高さを次のように修正している。

$$h'_s = h_s + 2d_s \left(\frac{v_s}{u_s} - 1.5 \right) \quad V_s < 1.5u_s \quad (6.5)$$

$$h'_s = h_s \quad V_s \geq 1.5u_s \quad (6.6)$$

- h'_s : 修正後の実高さ (m)
- d_s : 排出源の口径 (m)

⁷ Briggs (1973) Diffusion Estimation for Small Emissions, ATDL Contribution File No. 79, Atmospheric Turbulence and Diffusion Laboratory.

v_s : 排出口における排出速度 (m/s)

ただし、排出源近傍の建屋等によるダウンウォッシュの計算においては、この修正は行わない。

6.3.2. 浮力等による上昇のない煙源

排出源から排出されるガスが周囲の気温と比較して特に高温でなく、またその速度が小さい場合には、浮力等による上昇のない排出源とみなして、排出源の実高さをそのまま計算に利用する。有害大気汚染物質を排出する排出源の多くにみられる換気口や排気塔はこの扱いで良いと考えられる。

排出源近傍の建屋等によるダウンウォッシュの計算においては 6.5 章に述べる方法に従って、建屋による影響を考慮する。

6.3.3. 浮力等による上昇が想定される煙源

$$h_e = h_s + \Delta h \quad (6.7)$$

$$\Delta h = 0.175 Q_H^{1/2} u^{-3/4} \quad (6.8)$$

h_e : 有効上昇高さ (m)
 h_s : 排出源の実高さ (m)
 Δh : 浮力による排出ガスの上昇効果 (m)
 Q_H : 排出熱量 (cal/s)

$$Q_H = \rho C_p Q (T_s - T_A) \quad (6.9)$$

ρ : 0°Cにおけるガス密度 ($1.293 \times 10^3 \text{g/m}^3$)
 C_p : 定圧比熱 (0.24cal/K/g)
 Q : 単位時間当たりの排出ガス量 (m^3/s)
 T_s : 排出ガス温度 (°C)
 T_A : 周囲の気温 (°C、デフォルトは 15°C)

6.4. 拡散パラメータ

拡散パラメータは Pasquill-Gifford 線図の近似式を用いる。ISC モデルで用いられている表 6-2 及び表 6-3 に示す近似式を利用する。この近似式は排出源からの風下距離の関数であり、(6.1) 式の横風方向 (σ_y) 及び鉛直方向 (σ_z) についてそれぞれ求める。各時刻について、観測によって決定された安定度に応じて使い分けをする。ここで、気象条件として設定する大気安定度は 11 種類に区分されるが、近似式は A~F までの 6 種類について与えられていることから、表 6-2 に示すように置き換えて利用する。(大気安定度の算出に必要なデータに付いては 5.1 を参照)。

表 6-2 観測された大気安定度と近似式のインデックスの関係

大気安定度	A	A-B	B	B-C	C	C-D	Dd	Dn	E	F	G
近似式	A		B		C		D		E	F	

注：大気安定度の Dd、Dn はそれぞれ昼、夜の D

σ_y に対する式は次の通りである。

$$\sigma_y = 465.11628(x) \tan(TH) \quad (6.10)$$

$$TH = 0.017453293[c - d \ln(x)] \quad (6.11)$$

(6.10) 及び (6.11) 式において、風下距離 x の単位は km、係数 c 、 d は表 6-3 の通りである。
 σ_z に対する式は次の通りである。

$$\sigma_z = ax^b \quad (6.12)$$

風下距離 x の単位は km、 σ_z は m である。係数 a 、 b は表 6-4 の通りである。

表 6-3 Pasquill-Gifford の σ_y を計算するために用いるパラメータ

$$\sigma_y = 465.11628(x) \tan(TH)$$

$$TH = 0.017453293 [c - d \ln(x)]$$

Pasquill 安定度階級	c	d
A	24.1670	2.5334
B	18.3330	1.8096
C	12.5000	1.0857
D	8.3330	0.72382
E	6.2500	0.54287
F	4.1667	0.36191

σ_y の単位は m、 x の単位は km、TH はラジアン

表 6-4 Pasquill-Gifford の σ_z を計算するために用いるパラメータ

Pasquill 安定度階級	x (km)	σ_z (m) = ax^b (x は km)	
		a	b
A*	< .10	122.800	0.94470
	0.10-0.15	158.080	1.05420
	0.16-0.20	170.220	1.09320
	0.21-0.25	179.520	1.12620
	0.26-0.30	217.410	1.26440
	0.31-0.40	258.890	1.40940
	0.41-0.50	346.750	1.72830
	0.51-3.11	453.850	2.11660

	>3.11	**	**
B*	<.20	90.673	0.93198
	0.21-0.40	98.483	0.98332
	>0.40	109.300	1.09710
C*	all	61.141	0.91465
D	<.30	34.459	0.86974
	0.31-1.00	32.093	0.81066
	1.01-3.00	32.093	0.64403
	3.01-10.00	33.504	0.60486
	10.01-30.00	36.650	0.56589
	>30.00	44.053	0.51179
E	<.10	24.260	0.83660
	0.10-0.30	23.331	0.81956
	0.31-1.00	21.628	0.75660
	1.01-2.00	21.628	0.63077
	2.01-4.00	22.534	0.57154
	4.01-10.00	24.703	0.50527
	10.01-20.00	26.970	0.46713
	20.01-40.00	35.420	0.37615
	>40.00	47.618	0.29592
F	<.20	15.209	0.81558
	0.21-0.70	14.457	0.78407
	0.71-1.00	13.953	0.68465
	1.01-2.00	13.953	0.63227
	2.01-3.00	14.823	0.54503
	3.01-7.00	16.187	0.46490
	7.01-15.00	17.836	0.41507
	15.01-30.00	22.651	0.32681
	30.01-60.00	27.074	0.27436
>60.00	34.219	0.21716	

* σ_z が 5000m を超えた場合は 5000m とする。

** σ_z は 5000m

6.5. 建物によるダウンウォッシュ

6.5.1. 基本的な考え方

ISC モデルにおける排出源近傍の建屋によるダウンウォッシュに対する計算方法は、Huber と Snyder の方法に基づいている。彼らは高さの2倍の幅をもった建物模型を用いて、大気安定度についてはパスキル安定度の C と D の中間に相当する条件で種々の実験を行い、ダウンウォッシュ時に適用する拡散パラメータを導き出している。今回の検討では、種々の建物配置や大きさ等に対して詳細に行った風洞実験による結果に基づいて、地上濃度分布の再現性を ISC モデルと比較して向上させることができた。

(1) . ダウンウォッシュを考慮する範囲

最初にダウンウォッシュを考慮する風下方向の範囲を算出する。この方法は ISC モデルを踏襲している。建屋の高さと幅のどちらか小さい値 (L) を指標として、3L~10L の範囲についてはダウンウォッシュを考慮した拡散パラメータを用いる。ここで、3L より煙源に近い範囲については、計算対象外として

いる。10L より風下側では、Pasquill-Gifford 線図の安定度に応じた近似式によって算出するが、10L において拡散パラメータの大きさに違いが生じないように考慮している。 σ_z を例として説明すると、後述する 10L における (6.13) 式と (6.14) 式による値を等しいと仮定し⁸、(6.15) 式を導く。そして、10L より xz 風上側に仮想の点源を設定し、10L より風下側についてはこの仮想点源からの拡散パラメータを用いて計算を行う。

(2) . σ_z について

σ_z の推定方法は次の通りである。

$$\sigma_z = C_{z1} \cdot L + C_{z2}(x - 3L) \quad 3L \leq x < 10L \quad (6.13)$$

$$\sigma_z = \sigma_x[x + x_z] \quad 10L \leq x \quad (6.14)$$

σ_z	:	ダウンウォッシュを考慮した場合の σ_z (m)
C_{z1}, C_{z2}	:	パラメータ (実験によって求める)
L	:	建屋の高さ H_b と幅 W_b のどちらか小さい値 (m)
$\sigma_z[x + x_z]$:	風下距離 $x + x_z$ においた仮想点源からの σ_z (m)
x_z	:	仮想点源からの風下距離 (km)

$$x_z = \left(\frac{\sigma_z[10L]}{a} \right)^{1/b} - 0.01L \quad (6.15)$$

$\sigma_z[10L]$: (6.13) 式による 10L における σ_z (m)

a, b : Pasquill-Gifford 線図の近似式のパラメータ

風洞実験による改良は (6.13) 式の C_{z1} 、 C_{z2} を実験による σ_z に基づいて修正を行った⁹。具体的には建屋の大きさや配置を考慮した実験ケース毎に σ_z の算出を行い、最小自乗法によるフィッティングを行って C_{z1} 、 C_{z2} を決定した。

(3) . σ_y について

σ_y は建屋の幅と高さの比 (W_b/H_b) で区分して、その区分ごとに σ_z と同様の計算式を用いる。ただし、風向によって考慮すべき建屋の幅が変化することから、図 6-1 に示すように、風下方向と直角方向に投影面を設けて、建屋の投影面に対する幅 (W'_b) を用いている¹⁰。

$1 \leq W'_b/H_b \leq 5$ の場合、

$$\sigma'_y = C_{y1} \cdot W'_b + C_{y2}(x - 3H_b) \quad 3H_b \leq x < 10H_b \quad (6.16)$$

$$\sigma'_y = \sigma_y[x + x_y] \quad 10H_b \leq x \quad (6.17)$$

⁸ ISC モデルでは、10L における σ_z を 1.2L として数値を丸めており、このことによって若干の不連続が生じる。

⁹ ISC モデルでは (6.13) 式の C_{z1} 、 C_{z2} が定数として与えられており、 $C_{z1}=0.7$ 、 $C_{z2}=0.067$ を用いている。同様に (6.16) 式等の C_{y1} 、 C_{y2} については、 $C_{y1}=0.35$ 、 $C_{y2}=0.067$ を用いている。

¹⁰ ISC モデルでは、 C_z についても投影断面の幅を用いている。今回のモデルでは、実験結果により W_b でも同じ傾向となることから、そのまま用いている。ただし、風向により直角に近い角度で風が当たる方向を幅として採用する。

(6.16) 式と (6.17) 式との関係は (6.13) 式と (6.14) 式の場合と同様に行う。建物の幅が非常に大きい場合($W'_b/H_b > 5$)には、(6.16) 式の C_{y1} に乗じられる W'_b を H_b に置き換えて計算を行う。逆に建物の幅が非常に狭く、縦長の場合($W'_b/H_b < 1$)には、(6.16 式) の C_{y2} に乗じられる H_b を W'_b に置き換えて計算を行っている。

$W'_b/H_b > 5$ の場合、

$$\sigma'_y = C_{y1} \cdot H_b + C_{y2}(x - 3H_b) \quad 3H_b \leq x < 10H_b \quad (6.18)$$

$$\sigma'_y = \sigma_y [x + x_y] \quad 10H_b \leq x \quad (6.19)$$

$W'_b/H_b < 1$ の場合、

$$\sigma'_y = C_{y1} \cdot W'_b + C_{y2}(x - 3W'_b) \quad 3W'_b \leq x < 10W'_b \quad (6.20)$$

$$\sigma'_y = \sigma_y [x + x_y] \quad 10W'_b \leq x \quad (6.21)$$

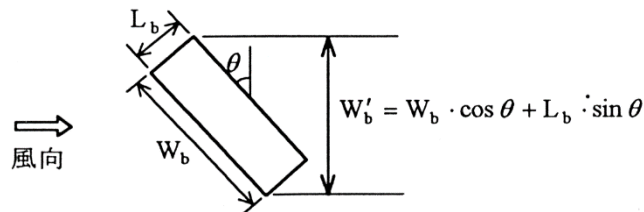


図 6-1 風向と建屋に角度がある場合の投影幅の求め方

風洞実験による改良は、最も一般的に存在することが想定される横長の建物 ($1 \leq W_b/H_b \leq 5$) を対象として検討を行った。また、周辺建物の配置を建物の数が少ない場合 (建屋列) と多い場合 (建屋群) に分けて検討を行い、 C_{y1} 、 C_{y2} を決定した。なお、建屋列と建屋群は下記のように想定している。

建屋列： 風が吹いてくる方向に対して建屋が1つであり、風下方向については列を作ることを考える。建屋が1棟あるいは複数の建屋が列上に並んでいるような建物の少ない工場を想定している。

建屋群： 風が吹いてくる方向に対して建屋が複数個並び、風下方向について列を作ることを考える。排出源周辺に多数の建屋が散在しているような工場を想定している。

(4) . その他の考慮

風洞実験による改良は σ_y 、 σ_z のほかに、ISC モデルでは考慮されていない建屋の影響によるプルームの中心軸の低下、風速の減少に対する考慮を行うとともに、建屋に対して風向が直角に当たらない場合について、排出源位置を仮想的に横方向にずらして計算する方法 (仮想排出源の設置) を採用している。

6.5.2. 計算の流れ

排出源近傍の建屋等によるダウンウォッシュを考慮する場合の計算の流れは以下の通りである。

- ① 排出源周辺にある建屋をピックアップして②及び③の処理を行う。複数ある場合は②及び③を全ての建物に対して行う。
- ② 建屋を直方体近似して、各建屋(1~i)に対して高さ H_b 及び幅 W_b を決定する。
- ③ 建屋が排出源からみて、風下及び風上方向に $5L^*$ 、横方向に L^* の範囲に一部分でもかかる場合は、

ダウンウォッシュの影響が生ずるものとして④のチェックを行う。ここで、 L^* は H_b と W_b のどちらか小さな値とする（図 6-2）。

- ④ 影響があると判定された建屋に対して、GEP Stack Height¹¹の判定を行い、この高さが最も大きくなる建物を代表建物としてダウンウォッシュの検討対象とする。

$$\text{GEP Stack Height} = H_b + 1.5 \cdot \min(H_b, W_b) \quad (6.22)$$

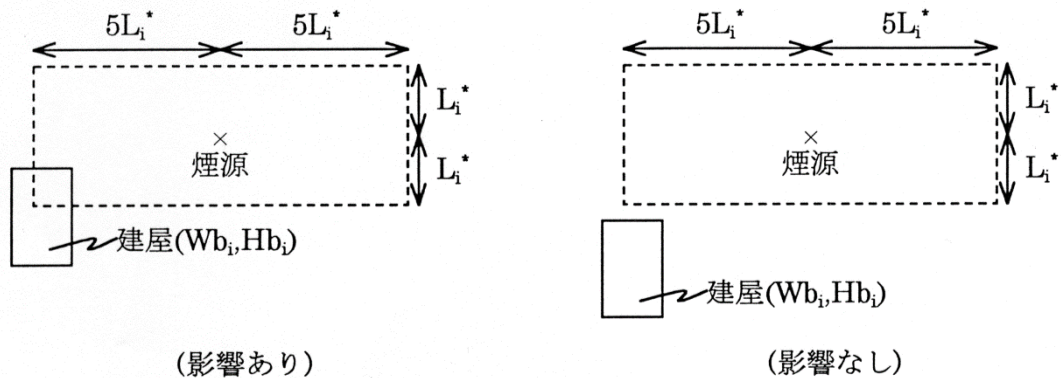


図 6-2 ダウンウォッシュの影響の判定方法

- ⑤ 建屋の配置が風向に対して直角でなく、斜めに風が当たるような場合についての GEP Stack Height の算出には (6.23) 式を利用する（図 6-1）。

$$\text{GEP Stack Height} = H_b + 1.5 \cdot \min(H_b, W_b')$$

W_b' : 風向軸に対する建屋の投影幅

$$W_b' = W_b \cdot \cos \theta + L_b \cdot \sin \theta \quad (6.24)$$

- ⑥ 有効上昇高さと GEP Stack Height を比較する。有効上昇高さが GEP Stack Height を超える場合にはダウンウォッシュの影響を考慮しない。
- ⑦ 計算領域にある影響建物を含む複数の建屋が、建屋列（少数建屋）か、建屋群（多数建屋）かを判断する。影響建物の高さを H_b とすると、その建屋を含む複数の建屋グループの広さが風下方向に $5H_b$ 以上、横方向に両側 $3H_b$ 以上の場合に建屋群と判断する。ただし、煙源は建屋グループの風下側、風上側のどちらにあってもよいものとする（図 6-3）。

¹¹ GEP (Good Engineering Practice) Stack Height ダウンウォッシュの影響を避けるために必要

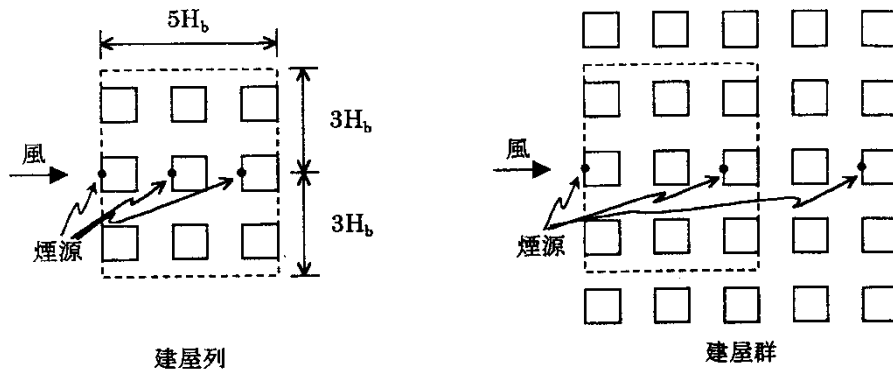


図 6-3 建屋列と建屋群の判定方法

6.5.3. ダウンウォッシュを考慮する方法

拡散計算において用いる (6.13) 式から (6.21) 式のパラメータの算出方法は以下の通りである。

(1) . C_{z1} のモデル化

C_{z1} は建屋列か建屋群に関係なく、無次元化した実煙源高さ H_s (h_s/H_b) の 1 次式として与え、その係数は建屋の高さと幅の比 (W_b/H_b) の関数として求める。

$$C_{z1} = a \cdot H_s + b \tag{6.25}$$

$$a = -0.00125 \left(\frac{W_b}{H_b} \right)^2 + 0.02 \left(\frac{W_b}{H_b} \right) - 0.392 \quad \frac{W_b}{H_b} \leq 5$$

$$a = -0.26 \quad \frac{W_b}{H_b} > 5$$

$$b = -0.0045 \left(\frac{W_b}{H_b} \right)^2 + 0.051 \left(\frac{W_b}{H_b} \right) + 0.645 \quad \frac{W_b}{H_b} \leq 5$$

$$b = 0.788 \quad \frac{W_b}{H_b} > 5$$

風向が建屋に対して直角に当たらない場合については、(6.25) 式で算出した値を $C_{z1(0^\circ)}$ とおき、建屋と風向軸との角度が θ (ただし、 $0^\circ < \theta \leq 45^\circ$) であるときの $C_{z1(\theta)}$ を次のように算出する。

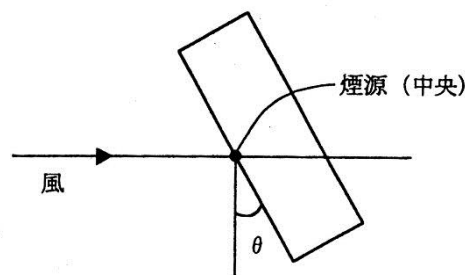


図 6-4 風向が建屋に対して直角に当たらない場合の考え方

$h_s > H_b$ の場合

$$C_{z1}(\theta) = C_{z1}(0^\circ) \quad (6.26)$$

$h_s \leq H_b$ の場合

$$\begin{aligned} C_{z1}(\theta) &= C_{z1}(0^\circ)(1 - 0.010\theta) && \text{建屋列} \\ C_{z1}(\theta) &= C_{z1}(0^\circ)(1 - 0.003\theta) && \text{建屋群} \end{aligned} \quad (6.27)$$

(2) . C_{z2} のモデル化

C_{z1} と同様にモデル化を図るが、建屋群と建屋列の場合で傾向が異なるので、対象建屋の状況に応じて次のように算出する。

建屋群の場合

$$C_{z2} = 0.052 \quad (6.28)$$

建屋列の場合

$$C_{z2} = a \cdot H_s + b \quad (6.29)$$

$$a = 0.039$$

$$b = 0.0137 \left(\frac{W_b}{H_b} \right) - 0.0085 \quad 1 \leq \frac{W_b}{H_b} \leq 5$$

$$b = 0.0038 \quad \frac{W_b}{H_b} < 1$$

$$b = 0.059 \quad \frac{W_b}{H_b} > 5$$

風向が建屋に対して直角に当たらない場合については、 C_{z1} と同様に (6.28)、(6.29) 式による結果を $C_{z2}(0^\circ)$ とおき、建屋と風向軸との角度が θ (ただし、 $0^\circ < \theta \leq 45^\circ$) であるときの $C_{z2}(\theta)$ を次のように算出する。

$h_s > H_b$ 及び建屋列の場合

$$C_{z2}(\theta) = C_{z2}(0^\circ)(1 - 0.0136\theta) \quad \frac{W_b}{H_b} > 1.0 \quad (6.30)$$

$$C_{z2}(\theta) = C_{z2}(0^\circ) \quad \frac{W_b}{H_b} \leq 1.0$$

$h_s > H_b$ 及び建屋群の場合

$$C_{z2}(\theta) = C_{z2}(0^\circ) \quad (6.31)$$

$h_s \leq H_b$ 及び建屋列の場合

$$C_{z2}(\theta) = C_{z2}(0^\circ)(1 - 0.072\theta) \quad \frac{W_b}{H_b} > 1.0 \quad (6.32)$$

$$C_{zz}(\theta) = C_{zz}(0^\circ)$$

$$\frac{W_b}{H_b} \leq 1.0$$

$h_s \leq H_b$ 及び建屋群の場合

$$C_{zz}(\theta) = C_{zz}(0^\circ)(1 - 0.0098\theta) \quad (6.33)$$

(3) . C_{y1} のモデル化

C_{y1} のモデル化においては、建屋の幅の代わりに (6.24) 式に従って求められる風向軸に対する建屋の投影幅 (W'_b) を用いる。

C_{y1} は C_{z1} と同様に無次元化した実煙源高さ H_s (h_s/H_b) の 1 次式として与え、その係数は建屋の高さと幅の比 (W'_b/H_b) の関数として求める。

$$C_{y1} = c \cdot H_s + d \quad (6.34)$$

$$c = -0.0170 \left(\frac{W'_b}{H_b} \right)^2 + 0.173 \left(\frac{W'_b}{H_b} \right) - 0.80 \quad \frac{W'_b}{H_b} \leq 5$$

$$c = -0.36 \quad \frac{W'_b}{H_b} > 5$$

$$d = 0.0464 \left(\frac{W'_b}{H_b} \right)^2 - 0.461 \left(\frac{W'_b}{H_b} \right) + 1.93 \quad \frac{W'_b}{H_b} \leq 5$$

$$d = 0.791 \quad \frac{W'_b}{H_b} > 5$$

風向が建屋に対して直角に当たらない場合については、(6.34) 式で算出した値を $C_{y1}(0^\circ)$ とおき、建屋と風向軸との角度が θ (ただし、 $0^\circ < \theta \leq 45^\circ$) であるときの $C_{y1}(\theta)$ を次のように算出する。

$h_s > H_b$ の場合

$$C_{y1}(\theta) = C_{y1}(0^\circ) \quad (6.35)$$

$h_s \leq H_b$ の場合

$$\begin{aligned} C_{y1}(\theta) &= C_{y1}(0^\circ)(1 - 0.015\theta) && \text{建屋列} \\ C_{y1}(\theta) &= C_{y1}(0^\circ)(1 - 0.0069\theta) && \text{建屋群} \end{aligned} \quad (6.36)$$

(4) . C_{y2} のモデル化

C_{y2} については実験結果より建屋列の列数 N に対して傾向がみられたので、下記に示すような方法で算出を行う¹²

¹² 有害大気汚染物質に係る発生源周辺における環境影響評価マニュアルの資料「列数のパラメータ化について」に示すように、配布するソフトウェアのプログラミングにおいては、ここで示した列数の考慮は行わずに、建屋列、建屋群どちら

建屋列の場合

$$C_{y2} = 4.29 \times 10^{-4} \cdot N^2 - 7.86 \times 10^{-3} \cdot N + 0.073 \quad 1 \leq N \leq 7$$

$$C_{y2} = 0.039 \quad N \geq 8 \quad (6.37)$$

建屋群の場合

$$C_{y2} = 0.039 \quad (6.38)$$

風向が建屋に対して直角に当たらない場合については、 C_{z2} と同様に (6.37)、(6.38) 式で算出した値を $C_{y2(0^\circ)}$ とおき、建屋と風向軸との角度が θ (ただし、 $0^\circ < \theta \leq 45^\circ$) であるときの $C_{y2(\theta)}$ を次のように算出する。

$h_s > H_b$ の場合

$$C_{y2(\theta)} = C_{y2(0^\circ)} \quad \text{建屋列}$$

$$C_{y2(\theta)} = C_{y2(0^\circ)}(1 + 0.0149\theta) \quad \text{建屋群} \quad (6.39)$$

$h_s \leq H_b$ の場合

$$C_{y2(\theta)} = C_{y2(0^\circ)} \quad \text{建屋列}$$

$$C_{y2(\theta)} = C_{y2(0^\circ)}(1 + 0.019\theta) \quad \text{建屋群} \quad (6.40)$$

(5) . 風速の補正係数のモデル化

建屋の周辺では、建屋の配置や周囲の状況によって違いもあるが、特に建屋の背後域などにおいて風速が変化する。濃度計算に当たっては、この建屋による風速変化を考慮した風速を用いる。実験結果によれば、排出源の高さによって傾向が異なり、排出源の高さが周囲の建屋より低い場合には、その配置によって影響を受ける。風速の補正は計算に用いる排出源の実高さにおける風速に補正係数 α を乗じて行うこととする。なお、ISC モデルでの設定と同様に、補正の結果によって風速が 1m/s 未満になった場合には風速を 1m/s として計算を行っている。

$$u'_s = \alpha u_s \quad (6.41)$$

u'_s : 建屋による風速変化を考慮した風速 (m/s)

α : 補正係数

$h_s > H_b$ の場合

$$\alpha = 0.76 \quad \frac{W_b}{H_b} < 1$$

$$\alpha = 0.8 - 0.039 \left(\frac{W_b}{H_b} \right) \quad 1 \leq \frac{W_b}{H_b} \leq 5 \quad (6.42)$$

らの場合にも $C_{y2}=0.039$ として計算を実施している。

$$\begin{aligned}
 \alpha &= 0.61 & \frac{W_b}{H_b} &> 5 \\
 h_s \leq H_b \text{ の場合 (建屋列)} & & & \\
 \alpha_{(1 \text{ 列})} &= 0.66 & \frac{W_b}{H_b} &< 1 \\
 \alpha_{(1 \text{ 列})} &= 0.72 - 0.056 \left(\frac{W_b}{H_b} \right) & 1 \leq \frac{W_b}{H_b} \leq 5 & \quad (6.43) \\
 \alpha_{(1 \text{ 列})} &= 0.44 & \frac{W_b}{H_b} &> 5 \\
 \alpha_{(N \text{ 列})} &= \alpha_{(1 \text{ 列})} - 0.076(N - 1)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 h_s \leq H_b \text{ の場合 (建屋群)} & & & \\
 \alpha &= 0.72 & \frac{W_b}{H_b} &< 1 \\
 \alpha &= 0.913 - 0.194 \left(\frac{W_b}{H_b} \right) & 1 \leq \frac{W_b}{H_b} \leq 3 & \quad (6.44) \\
 \alpha &= 0.33 & \frac{W_b}{H_b} &> 3
 \end{aligned}$$

風向が建屋に対して直角に当たらない場合については、建屋と風向軸との角度 θ を用いて、(6.42) ~ (6.44) 式における α を以下のように修正する。

$$\begin{aligned}
 h_s > H_b \text{ の場合} & & & \\
 \alpha_{(\theta)} &= [1 + 0.013\theta - 2.2 \times 10^{-4}\theta^2] \cdot \alpha_{(0^\circ)} & W_b > H_b & \\
 \alpha_{(\theta)} &= \alpha_{(0^\circ)} & W_b \leq H_b & \quad (6.45)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 h_s \leq H_b \text{ 及び } W_b > H_b \text{ の場合} & & & \\
 \alpha_{(\theta)} &= [1 + 0.053\theta - 8.3 \times 10^{-4}\theta^2] \cdot \alpha_{(0^\circ)} & \text{建屋列} & \\
 \alpha_{(\theta)} &= [1 + 0.099\theta - 1.98 \times 10^{-3}\theta^2] \cdot \alpha_{(0^\circ)} & \text{建屋群} & \quad (6.46)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 h_s \leq H_b \text{ 及び } W_b \leq H_b \text{ の場合} & & & \\
 \alpha_{(\theta)} &= \alpha_{(0^\circ)} & & \quad (6.47)
 \end{aligned}$$

(6) . 煙源高さ補正のモデル化

排出源近傍に建屋がある場合、建屋後流に生ずるウェークの影響を受けてブルームの軸が低下する傾向を示す。排出源の実高さに応じて次のように補正する。

$$h_s \leq 0.5H_b \text{ の場合} \quad h_e = 0 \quad (6.48)$$

$$0.5H_b < h_s \leq H_b \text{ の場合} \quad h_e = 0.5h_s \quad (6.49)$$

$$H_b < h_s < 2.5H_b, \quad \frac{W_b}{H_b} \leq 1 \text{ の場合} \quad \begin{array}{l} h_e = 0.56h_s \quad \text{建屋列} \\ h_e = 0.67h_s \quad \text{建屋群} \end{array} \quad (6.50)$$

$$H_b < h_s < 2.5H_b, \quad \frac{W_b}{H_b} > 1 \text{ の場合} \quad h_e = 0.44h_s \quad \text{建屋列} \quad (6.51)$$

(7) . 仮想煙源位置に関するモデル化

建屋に対して風が斜めから当たるような場合には、プルームは建屋の壁に沿って進むために、煙軸が横風方向にずれることになる。この効果をズレ幅 Δy_s となる仮想的な排出源を導入することによって取り入れる。この影響は排出源の高さが建屋より低い場合に大きくなり、高くなるにつれて小さくなると想定される。

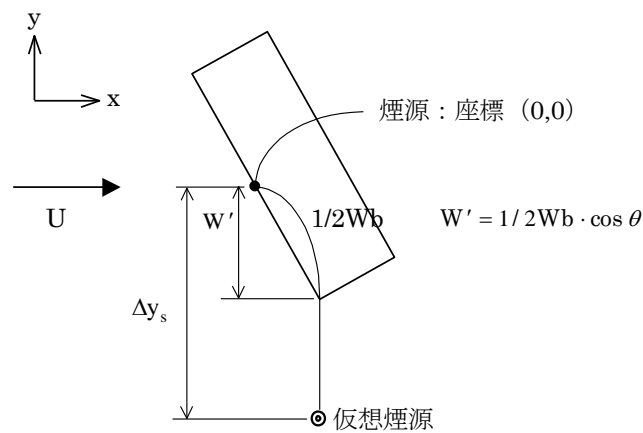


図 6-5 風向変化がある場合の煙源位置

建屋列の場合

$\frac{W_b}{H_b} \leq 1.0$ の場合

$$\begin{array}{ll} \frac{\Delta y_s}{W'} = 2.0 & \frac{h_s}{H_b} \leq 1.0 \\ \frac{\Delta y_s}{W'} = -4.0 \left(\frac{h_s}{H_b} \right) + 6.0 & 1.0 < \frac{h_s}{H_b} \leq 1.5 \\ \frac{\Delta y_s}{W'} = 0.0 & \frac{h_s}{H_b} > 1.5 \end{array} \quad (6.52)$$

$\frac{W_b}{H_b} > 1.0$ の場合

$$\begin{aligned}
 \frac{\Delta y_s}{W'} &= 2.0 & \frac{h_s}{H_b} &\leq 1.0 \\
 \frac{\Delta y_s}{W'} &= -3.0 \left(\frac{h_s}{H_b} \right) + 5.0 & 1.0 < \frac{h_s}{H_b} &\leq 1.67 \\
 \frac{\Delta y_s}{W'} &= 0.0 & \frac{h_s}{H_b} &> 1.67
 \end{aligned}
 \tag{6.53}$$

建屋群列の場合

$$\begin{aligned}
 \frac{\Delta y_s}{W'} &= 2.5 & \frac{h_s}{H_b} &\leq 1.0 \\
 \frac{\Delta y_s}{W'} &= -3.0 \left(\frac{h_s}{H_b} \right) + 5.5 & 1.0 < \frac{h_s}{H_b} &\leq 1.83 \\
 \frac{\Delta y_s}{W'} &= 0.0 & \frac{h_s}{H_b} &> 1.83
 \end{aligned}
 \tag{6.54}$$

$$W' = \left(\frac{1}{2} W_b \right) \cos \theta
 \tag{6.55}$$

6.6. その他の注意事項

6.6.1. 無風時の計算

ISC モデルでは無風・弱風時（1.0m/s 未満）に対して計算を行わない。しかし、年平均値を算出するために必要であることから、METI-LIS モデルでは無風時に対しては通産省マニュアルに示されるパフ式及び Turner 線図による拡散パラメータを用いて計算を行う。弱風時についてはプルーム式で計算する。なお、無風時についてはダウンウォッシュの影響を考慮しない。また、無風時について浮力等によるプルームの上昇が想定される場合には、Briggs の無風時の式（6.55 式）を用いる。

$$\Delta h = 1.4 Q_H^{1/4} (d\theta/dz)^{-3/8}
 \tag{6.55}$$

Δh : 浮力による排出ガスの上昇効果 (m)

$d\theta/dz$: 温度勾配 (°C/m)

昼・・・0.003°C/m (大気安定度 A~DD)

夜・・・0.010°C/m (大気安定度 DN~G)

その他の記号は上述参照。

6.6.2. 計算値の評価時間

本マニュアルで示した計算は観測によって得られた 1 時間値の気象条件を対象として行われる。また、計算に入力する煙源条件についても気象条件に合わせて 1 時間値として整理する。

一方、拡散モデルの検討において実施した風洞実験の評価時間は 3 分間値であり、また、Pasquill-Gifford 線図の評価時間も数分間程度であると言われている。計算結果を 1 時間値として評価するためには、何らかの時間補正を行う必要があるが、現時点では適当な補正方法がないため、結果を評価する際に十分に注意を払う必要がある。ISC モデルでは時間補正についてはコメントされておらず、そのままの計算値を評価している。

なお、従来よく用いられてきた時間補正の方法としては、1/5 乗則を用いて、 σ_y を大きくする方法¹³があるが、ダウンウォッシュのような場に用いることの妥当性については検討されていない。また、風洞実験を用いて年平均値を計算する場合に用いられる方法を利用して、1 風向に対して風向軸を変化させて複数の計算を行い、その結果を平均（場合によっては重み付けをして平均）して評価する方法があるが、こちらの方法についても検証は行われていない。

6.6.3. 年平均値計算

ベンゼン等の物質に係る環境基準は年平均値で評価されることとなっていることから、本マニュアルでは年間の全ての時刻に対して実施した計算結果を統計的に処理することにより、年平均値の算出を行う。

年平均値で濃度分布図を求める場合、気象条件として 16 方位の風向データを用いて、各風向について風向軸を固定して計算を行うと隣接方位との境界で不連続が発生して、ヤツデ状の分布になることがある。この不連続を回避するため、長期平均計算モードでは、気象前処理プログラムで乱数を発生させ、対象期間内における同一風向内での風向分布を均一にすることで、この不連続を緩和させている。

6.6.4. ISC モデルとの相違点について

本章の最初で述べたように、METI-LIS モデルは改良を行ったダウンウォッシュの手法以外については原則として ISC モデルを基本としているが、我が国におけるこれまでの経緯を踏まえていくつかの部分について修正を行っている。

ISC モデルと異なる点については以下の通りである。

① 点煙源のみを対象とする。

ISC モデルでは線、面、体積源などの煙源に対して、別の取り扱いを行っており、線、面源は積分計算を行っている。体積源については点源近似している。

② 対象地域を指定しない。

ISC モデルでは、田園地域、都市地域の区分があり、具体的には、拡散パラメータを Pasquill-Gifford 線図（田園地域用）、Briggs 線図（都市域用）に分けている。

③ 浮力のある発生源に対しては CONCAWE 式を採用する。

ISC モデルでは、Briggs による一連の式を安定度、排出状況（温度、排ガス速度）に応じて使い分けている。

④ 無風時についても計算を行う。

ISC モデルでは、1.0m/s 未満の風速については計算を行わない。

¹³ 計算値を 3 分間値、求める 1 時間値を 60 分値として、 $\sigma_y = \sigma_y \cdot \left(\frac{60}{3}\right)^{1/5} = 1.82 \cdot \sigma_y$ として計算に用いる。指数値にはこの他 1/4 など様々な値が提唱されている。

6.7. METI-LIS モデルの適用条件

6.7.1. METI-LIS モデル適用範囲について

第6章のMETI-LISモデルは、限られた3分値の風洞実験結果を用いて計算パラメータの調整を行いモデル化されたものであるため、適用にあたっては十分な注意を有する。そこで、モデルを構築するにあたって用いた風洞実験データ的前提条件を各項目毎にまとめることで、モデルの適用範囲を示す。

(1) . 計算領域

拡散モデル構築のための基礎データ取得のために風洞実験を実施したが、風洞実験における建屋範囲及び濃度計測の範囲は図5.6のとおりである。風洞実験では、濃度の計測範囲は最大30Lまでである。ここで、Lは建物の幅か高さのうち小さい方の値である。

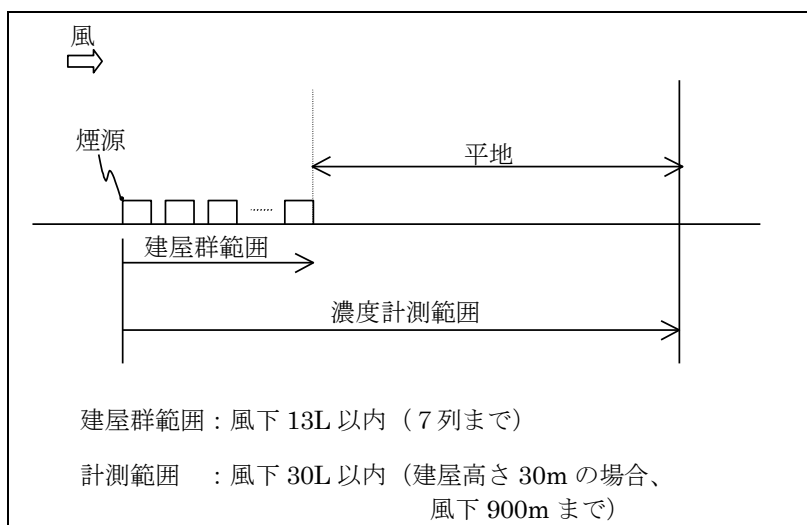


図 6-6 風洞実験における建屋群の範囲と濃度の計測範囲

(2) . 煙源高さ

モデル構築の際は $0.5 \leq Z_s/H_b \leq 1.5$ の範囲内の風洞実験データのみを使用した。ここで、 Z_s は煙源高さ、 H_b は建物高さである。なお、 $1.5 < Z_s/H_b \leq 2.5$ の範囲については、 $0.5 \leq Z_s/H_b \leq 1.5$ の実験データから外挿した値を用いてモデル構築を行った。 $Z_s/H_b > 2.5$ については、ISCモデルと同様に、建物によるダウンドラフトの影響はないものとした。従って、次のような取り扱いを行った。

$Z_s/H_b > 2.5$ → ISCモデル（ダウンドラフト発生時の補正無し）

$Z_s/H_b \leq 2.5$ → METI-LISモデル

(3) . 建屋幅

モデル構築の際は、 $1.0 \leq W_b/H_b \leq 5.0$ の範囲内の風洞実験データのみを使用した。ここで、 W_b は建物幅である。

(4) . 適用範囲のまとめ

ここで、METI-LISモデルの適用範囲を、モデル構築の際に用いた風洞実験データの範囲を考慮して、表5.5にとりまとめた。

表 5.5 METI-LIS モデルの風洞実験で確認された適用範囲

項目	METI-LIS モデルの範囲
計算領域	$3L \leq x \leq 30L^{(*1)}$
建屋群範囲	$x \leq 13L$
煙源高さ	$0 \leq Z_s/H_b \leq 2.5^{(*2)}$
建屋幅	$1.0 \leq W_b/H_b \leq 5.0$

(* 1) 計算領域の最大範囲について

ここでは、計算領域の最大範囲として風洞実験における計測範囲である 30L としている。しかし、煙源からある程度風下に離れると拡散幅が建屋サイズに対して比較的大きくなり、一般的な粗度上を拡散していく現象に近づくと考えられるため、遠方に位置する建屋の影響は小さくなっていくものと予想される。このような観点からすると、30L 以上離れた領域や、建屋群が 13L を越えて広がっているような場合にも原理的には適用可能であると考えられる。

また、同様な理由から団地等の建物が工場敷地境界のそばにあるような場合にも、団地及び工場群を「建屋群」として取り扱えば、METI-LIS モデルを適用することが可能であり、特殊な取扱を行う必要はないと考えられる。

ただし、実際に風下のどれくらい遠くまで METI-LIS モデルが適用できるか、或いはどれくらい遠くまで建屋群が広がっている場合まで適用できるかに関しては、現在のところ検証するための材料が少ないため、今後の検討が望まれる。

(* 2) ただし、前述のとおりモデル構築の際は $0.5 \leq Z_s/H_b \leq 1.5$ の範囲内の風洞実験データのみを使用しており、この範囲外のパラメータは外挿した値を用いて使用する。範囲外の適用の妥当性については今後検討の余地がある。

7. 乾性沈降沈着モデルおよび線源モデル

有害大気汚染物質ではニッケル化合物、ダイオキシン(粒子に付着したもの)について、その形態が10μm以上の粒子状物質では、沈降現象を伴うのでこの予測には乾性沈降沈着モデルによる評価が必要である。乾性沈降沈着モデルは10μm以上の粒子を対象とし、10μm未満の粒子についてはガス状物質とみなし、通常のMETI-LISモデルにより評価を行うこととする。

一方、有害大気汚染物質の工場敷地境界での予測濃度を実施する場合は、敷地境界の近傍に自動車道が走っている場合がある。ベンゼンなどは自動車排ガス中にも含まれており、これらの影響を無視できない場合がある。この場合には、移動発生源からの汚染物質の予測も行う必要がある。しかし、移動発生源からの予測はMETI-LISモデルであつかう点源の拡散形態と同じではないため、あくまで上述の問題が生じた場合に補足的情報を与えるためのものと考えられる。なお、移動発生源では、建屋ダウンウォッシュを受けないものとしている。

7.1. 乾性沈降沈着モデル

7.1.1. 基礎拡散式

基礎拡散式は点源ブルーム式(7.1)を使用する。

$$C_{(x,y,z)} = \frac{Q}{2\pi\sigma_y\sigma_z u} \exp\left(-\frac{y^2}{2\sigma_y^2}\right) \left[\exp\left(-\frac{(z-He)^2}{2\sigma_z^2}\right) + \exp\left(-\frac{(z+He)^2}{2\sigma_z^2}\right) \right] \quad (7.1)$$

表 7-1 拡散式記号

記号	意味
C	濃度
x, y, z	座標
He	有効煙突高 (METI-LIS で評価したもの)
Q	排出量
u	風速
σ_y	水平方向拡散幅 (METI-LIS で評価したもの)
σ_z	鉛直方向拡散幅 (METI-LIS で評価したもの)

7.1.2. 重力沈降式

重力沈降はストークス式(7.2)を使用する。

本式で粒子は球形を仮定している。球形でない場合の重力沈降速度は一般に減速する。表 7-3 は抵抗の強さを示す抵抗補正係数(参考値)で、粒子の計状により各抵抗補正係数の逆数を式(7.2)に乗じたものが、粒子の沈降速度となる。

$$V_s = 2r^2\rho_p g / 9\mu\rho_a \quad (7.2)$$

表 7-2 重力沈降式(ストークス式) 記号

記号	意味
----	----

V_s	粒子の沈降速度
r	粒子半径
ρ_p	粒子のみかけ密度 (通常は 1000kg/m ³)
ρ_a	空気密度
μ	空気の動粘性係数
g	重力加速度

表 7-3 粒子形状による抵抗補正係数

形状	軸長比	α^*
球形	1	1.00
楕円体	4	1.28
円筒 1	1	1.06
円筒 2	4	1.32
三角形	—	1.20

0~80 μm について粒径と重力沈降速度の関係は図 7-1 に示すとおりである。

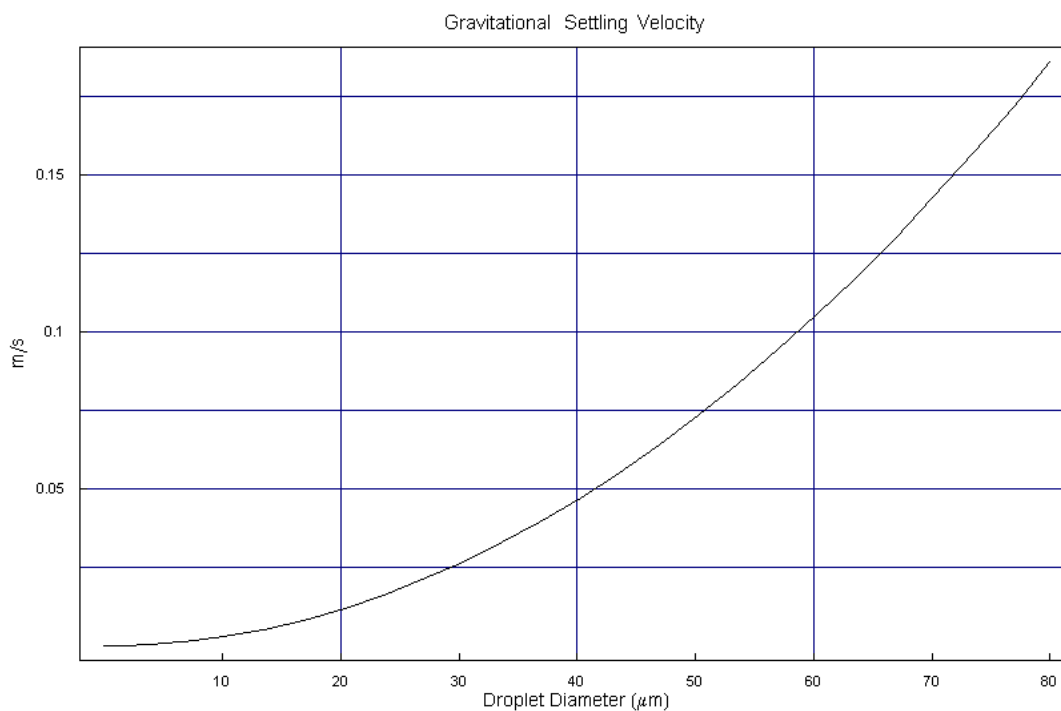


図 7-1 球形粒径と重力沈降速度の関係

7.1.3. 煙軸の降下と粒子沈着式

重力沈降は次の 2 つの式を使用し計算結果を得る。

(1) 煙軸の降下

重力沈降による煙軸の降下は式 (7.3) で考慮した。

$$He \rightarrow He - V_s x/u \tag{7.3}$$

表 7-4 粒子沈降式記号

記号	意味
He	有効煙突高 (METI-LIS で評価したもの)
u	平均風速
x	風下距離
V_s	粒子の沈降速度

(2) . 粒子沈着式

沈降した粒子状物質の一部は地面に吸収されるため、同時期に放出された物質の大気中残存量は時間とともに減少する。ここでは浮遊粒子状物質汚染予測マニュアルにある次の乾性沈着補正式を用いて、沈着による大気中汚染物質の現象、および沈着量を考慮する。本モデルは拡散式反射項を通じて沈着効果を表現するもので、補正係数 を導入している。

$$C_{(x,y,z)} = \frac{Q}{2\pi\sigma_y\sigma_z u} \exp\left(-\frac{y^2}{2\sigma_y^2}\right) \left[\exp\left(-\frac{(He - V_s x/u - z)^2}{2\sigma_z^2}\right) + \alpha(x) \exp\left(-\frac{(He - V_s x/u + z)^2}{2\sigma_z^2}\right) \right] \quad (7.4)$$

$$\alpha(x) = 1 - \frac{2V_d}{V_s + V_d + (uHe - V_s x)/\sigma_z \times (d\sigma_z/dx)} \quad (7.5)$$

$$V_d = V_s + 0.006u \quad (7.6)$$

$$FLUX = V_d C(x, y, z_{ref}) \quad (7.7)$$

表 7-5 粒子沈着式記号

記号	意味
Q	粒子排出量
C	濃度
x, y	座標 (風下を x 軸とする)
z_{ref}	参照高さ
FLUX	汚染物質の沈着量
U	平均風速 (地上 10m)
V_d	乾性沈着速度

7.2. 線源モデル

7.2.1. 拡散式

線源形態の発生源は点源ブルーム式 (7.8) を数値的に積分して求める。

$$C_{(x,y,z)} = \frac{Q}{2\pi\sigma_y\sigma_z u} \exp\left(-\frac{y^2}{2\sigma_y^2}\right) \left[\exp\left(-\frac{(z - He)^2}{2\sigma_z^2}\right) + \exp\left(-\frac{(z + He)^2}{2\sigma_z^2}\right) \right] \quad (7.8)$$

表 7-6 拡散式記号

記号	意味
C	濃度
x, y, z	座標
He	有効煙突高 (=0) ¹⁴
Q	単位長さ・単位時間あたりの排出量 (例 kg/km/hr)
u	風速
σ_y	水平方向拡散幅 (PG 線図)
σ_z	鉛直方向拡散幅 (PG 線図)

7.2.2. 初期拡散幅の設定

道路近傍で観測される水平初期拡散幅については知見がとぼしく、ここでは USEPA (米国環境保護庁) がリリースする ISC3 線源計算スキームにならい道路幅÷2.15 と設定する。

鉛直方向拡散幅については旧建設省で行われた実験があり、気象条件による変化が少ないことが確認されている。これらの知見に基づき鉛直方向初期拡散幅は 3.5m に設定する。

7.2.3. 数値的積分方法

点源プルーム式の数値的に積分方法はいくつか有るが、実用面で広く使用されている方法として、シンプソン公式による数値積分がある。

(1) . シンプソン公式

シンプソン公式は関数を区分的に 2 次の多項式で近似し、この近似式を解析的に積分したものである。例えば区間 で定義されている関数 を区間端点と中点を通る 2 次式で近似した場合、解析的に求めた定積分値は次のようになる：

$$\frac{x_2 - x_1}{6} \left(f(x_1) + 4f\left(\frac{x_1 + x_2}{2}\right) + f(x_2) \right) \quad (7.9)$$

(2) . 計算手法

区間を逐次的に 2 分割しながらシンプソン公式を使用すれば、計算機の精度範囲内で定積分値を求めることができる¹⁵。計算プログラムでは Numerical Recipes in C を参考に、区間 で定義された関数 の定積分値 を次の公式で求めた。

$$f_i = f\left(a + \frac{b-a}{N-1}(i-1)\right) \dots i = 1, \dots N$$

$$S_N = \frac{b-a}{N} \left[\frac{1}{2}f_1 + f_2 + f_3 + \dots + f_{N-1} + \frac{1}{2}f_N \right] \quad (7.10)$$

$$\int_a^b f(x)dx \approx \frac{4}{3}S_{2N} - \frac{1}{3}S_N$$

¹⁴ 線源高さ・有効高さは 0 とする。

¹⁵ 32 ビットマシンでは相対誤差で 10^{-6} 程度が限界とされる (Numerical Recipes in C より)。

(3) . 打ち切り誤差の設定

分点を増やしても数値積分値がほぼ変わらなくなった時に計算が収束したとみなした。数値的には次の不等式が満足される場合に収束とする。

$$|curr - prev| < TOL \times \frac{|curr| + |prev|}{2} \quad (7.11)$$

記号	意味
<i>curr</i>	最新の数値積分値
<i>prev</i>	直前の数値積分値
<i>TOL</i>	設定打ち切り誤差

理論上シンプソン公式により計算機の精度範囲内で真値を求めることができる。本プログラムでは計算時間節約のため、打ち切り誤差値を 0.03 とした。

8. 予測結果の利用と環境影響評価

8.1. 評価の方法と環境基準

予測結果が定量的な場合、何らかの評価尺度を用いて比較することにより環境影響の度合いを判断する。このような尺度としては環境基準が良く用いられる。汚染物質によっては環境基準が定められていないもの、あるいは環境基準があっても予測結果の平均時間と環境基準の評価時間が異なって直接比較できないものがある。

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、ジクロロメタンの場合は、予測値、環境基準値とも年平均値であることから直接評価することができる。なお、評価にあたっては、予測値からバックグラウンド値を差し引いた値を環境基準値と比較する。年間のバックグラウンド値は地方自治体などで公表されている当該地域の平均的な値等を用いる。

敷地外で予測値が環境基準値を超えている場合は、環境基準値以下になるよう発生源対策を行う。複数の発生源がある場合には寄与率、発生源対策の費用効果等を考慮して対策を立てる。なお、対策後の発生源データをインプットして、敷地外の濃度が環境基準値以下になることを確認することが重要である。表 8-1 にベンゼン、トリクロロエチレン、テトラクロロエチレン及びジクロロメタンに係る環境基準を示す。

表 8-1 ベンゼン、トリクロロエチレン、テトラクロロエチレン及びジクロロメタンに係る環境基準

物質	環境上の条件	測定方法
ベンゼン	1年平均値が 0.003mg/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 0.2mg/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 0.2mg/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
ジクロロメタン	1年平均値が 0.15mg/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

8.2. 環境基準が設定されていない有害大気汚染物質の環境目標値

地域住民の健康と環境を守り、発生源の環境影響評価の実施、汚染対策の策定などの具体的な目標を達成するために、汚染物質の環境における濃度レベルを決めたものが環境基準である。しかし、環境基準という言葉は本来行政用語であるため、その内容はそれぞれの国の行政目的によって相違してくる。環境基準の概念には次の四つの意味がある。

- ① 行政行為のために法的規制をもつ基準(Standard)
- ② 地域環境行政のための指針(Guide, Guideline)
- ③ 地域環境の行政的又は技術的対策のための目標または当面望ましい目標(Goal)
- ④ 環境の質を判定するための判定条件(Criteria)

それぞれ地域住民の健康と環境を守るという目的では四つとも同じことであるが、その内容と運営の方法とはそれぞれ相違する。この四つの概念のうち、基準は法的、行政的に規制力をもつもので最も強力である。指針と目標には必ずしも明確な区別はないが、判定条件は環境基準設定の基礎となる条件であって、化学的知見の集積である。環境基準は判定条件から導き出されるものであるが、そのほか費用一便益関係や、化学的、経済的な実効可能性なども考慮される。

環境基準設定のためには、汚染物質濃度の人体への作用、動植物や物質への影響などについて化学的検討が必要であるが、なかでも人間の健康への影響が最優先する。このように環境基準の設定に当たっては、様々な要素を考慮する必要がある。したがって、環境基準の国際的比較はその基準の持つ性格や役割、更には測定の方法(例えば1時間値と30分値)、測定方法などについても正しい理解の上に行わなければならない。なお、1963年に世界保健機構(WHO)の大気汚染に関する専門委員会は、大気汚染の指標として、濃度、暴露時間及びそれに相当する影響についての四つのカテゴリーを次のように示した。“人の健康を保護し、生活環境を保全するうえで維持されることが望ましい”環境条件を考えるために参考になるので、これを次に示す。

- | | |
|---------|---|
| レベル I | ある値又はそれ以下の値ならば、現在の知識では直接的にも間接的にも影響(反射または適応もしくは防御反応の変化を含めて)が観察されない濃度と暴露時間の組み合わせ。 |
| レベル II | ある値及びそれ以上の値ならば、感覚器官の刺激、草木の被害視程の減少またはその他の環境への悪影響が起りそうな濃度と暴露時間の組み合わせ。 |
| レベル III | ある値及びそれ以上の値ならば、重要な生理機能の阻害又は慢性疾患もしくは生命の短縮に導く可能性のある諸変化が起りそうな濃度と暴露時間の組み合わせ。 |
| レベル IV | ある値及びそれ以上の値ならば、住民のうち敏感な集団に急性疾患又は死が起りそうな濃度と暴露時間の組み合わせ。 |

日本の環境基準は環境基本法に明確に定義されており、住民の生活環境において、公害現象により一般住民の健康、生活環境が損なわれることのないような汚染レベルを示すもので、公害防止の行政上の目標値である。この基準は汚染がこれ以下に「維持されることが望ましい」ものであり、少し超過したからといって、直ちに住民の健康が損なわれるものではない。しかし、超過した状態が続けば、老人、病弱者への影響や死亡の増加などを生じることになりかねないレベルである。汚染を基準以下に保つことによって、これらの影響が排除され、住民の健康状態は望ましい状態で維持されることになる。もしこの基準を超過するような場合は、行政当局は汚染の低減のために各種の対策をとることになるが、排出基準の

場合とは異なり、各排出源に対して直接規制を行うものではない。しかし、環境基準を維持するうえで、規制の強化が必要になることも考えられ、間接的な排出源規制の性格も有していると言えよう。

環境基準の設定に当たっては、人の健康の保護が最優先であり、生活環境の保全是経済の健全な発展よりも優先される。また、この基準は常に適切な化学的判断が加えられ、必要な改正が行われる。日本では、政府が行政上の目標として基準を設定し、これを達成するために公害防止計画の策定、排出基準の見直し等所要の施策を行っている。したがって、この基準は学問上の許容限界でもなく、それが達成できない場合に直ちに公権力を発動する規制基準でもない。

中央環境審議会大気部会では有害大気汚染物質に係る環境目標値の設定の考え方を次のように示している。

現在、大気汚染に係る環境基準や大気環境指針は、閾値(それ以下では健康影響が起こらないとされている量・濃度)があるとされている物質について定められている。このため、その具体的な数値は、疫学調査、動物実験等の結果から健康影響を起こさない最大の量(最大無毒性量)を求めた上で定めており、このような設定方法は国際的にも広く定着したもの。

これに対して、遺伝子毒性のある発がん性物質は、一般に閾値がないとされており、極微量に存在しても健康影響(発がん)を発生させる可能性を否定できない。このような閾値のない物質については、従来のように最大無毒性量を求めることができないため、別の方法で環境目標値を定める必要がある。

閾値のない物質は暴露量がゼロにならない限り健康影響の発生率(健康リスク)もゼロにならないものの、暴露量が小さくなれば健康リスクも低くなることから、暴露量から予測される健康リスクが十分低い場合には、その暴露量は「実質的には安全とみなすことができる」という考え方が広く受け入れられるようになっている。したがって、この「実質的には安全とみなすことができる」暴露量に相当する大気環境濃度値をもって環境目標値とすることが考えられる。

このような考え方にに基づき、閾値のない物質の環境目標値を定める場合は、どのような健康リスクのレベルであれば「実質的には安全とみなすことができる」かをあらかじめ定めなければならない。この場合、国内外で検討・評価・活用されているリスクレベルを参考にし、有害大気汚染物質についての社会的必要性等をも勘案した上で、専門家を含む関係者の意見を広く聴いて、リスクレベルを定める必要がある。

以上のことから、有害大気汚染物質の環境目標値を定める場合、閾値のある物質は従来どおり最大無毒性量に基づき定められた上で、当該リスクレベルに相当する大気環境濃度を環境目標値とすることが考えられる。いずれにしても、個々の物質の具体的な環境目標値の設定は、当該物質に係る環境影響に関する科学的知見などに基づき、専門家の検討を経て行う必要がある。

また、環境目標値を定める場合には、科学的知見を十分蓄積しその評価を行なう必要があるが、数多くの有害大気汚染物質について一度に行なうことは事実上困難である。このため、健康リスクが高く、優先的な取り組みが必要な物質から順次定めていくことが現実的と考えられ、さらに設定した環境目標値は、新しい知見などの充実に応じ見直しを行なうことが必要である。

さらに、中央環境審議会大気部会では閾値のない物質に係る環境基準設定に当たってのリスクレベル(以下「RL」という)を次のように示している。

目標とすべき RL に相当するものとして設定される環境基準は、「維持されることが望ましい」基準であり、「常に適切な科学的判断が加えられ、必要な改正がなされなければならない」と法律上規定されていることから、このような法的位置付けも踏まえ目標とすべきリスクレベルを考えることが必要である。

さらに、ここで考える RL は政策目標の基礎、個々の物質の健康リスクを公平に評価するための物差しとなるもので、排出等抑制のための技術的可能性等も勘案して個別物質ごとに決定される排出抑制基準値や自主管理目標値とは異なる。したがって、RL は個別物質ごとに考える必要はなく、一律に定めてよい。

なお、このような RL は、有害大気汚染物質のうち健康リスクが高いため、優先的に対策に取り組むべき物質を選定する際に、健康リスクが高いかどうかを判断する基準にも利用できる。

以上のような考え方を踏まえ、大気環境分野の RL の国際的動向、自然災害等のリスク、水質保全分野で採用されている RL 等を勘案し、 10^{-6} ~ 10^{-5} を目標とすることが考えられるが、現段階では RL の 10^{-5} (10 万分の 1) を当面の目標に、有害物質対策に着手していくことが適当と考えられる。

人の健康に対するリスクは低い方が望ましいのは当然で、今回提言する RL はあくまでその RL を超えるような汚染が生じている有害物質の低減を図るにあたり、当面目標とすべきレベルを明らかにしたものである。したがって、現在 RL の汚染が生じていない物質でも、そのレベルまで汚染が進むことを容認するものではなく、継続的な環境負荷低減の努力を行うことが望まれる。

特に今回提言する RL は各物質一律の RL であり、多数の有害物質全体としてみた場合は、複数の物質が暴露することによって、より高いリスクが生じる恐れがあるため、社会の各主体は個々の物質について自主的に可能な限りの環境負荷低減の努力を行ない、総体としてリスクを低減することが望まれる。このように、閾値のない物質については、環境基本法の理念にのっとり、環境への負荷をできる限り低減することを旨として対策を講じていくべきことを特に期待したい。

8.3. 風洞実験の利用

第 6 章で記述した METI-LIS モデルの他に、風洞実験を利用して年平均値を予測する方法もある。モデル構築にあたっては、次に示すようなモデルの適用を想定していないケースなどもあり、その場合の調査については風洞実験が有効な手段となる。

- ① 煙源から建物の高さと同幅のどちらか小さい値 (L) の 3 倍未満の風下距離で拡散予測を行う場合
- ② モデル化の対象とされていない下記の場合など
 - ・ 地形の影響を受けると考えられる場合、または近傍に高層ビルなど巨大な障害物がある場合。
 - ・ 煙源近傍の建屋が非常に長く、ストリートキャニオンを形成しており、ガスがそれに沿って拡散する可能性が高い場合。
 - ・ 煙源が比較的大きな線煙源、または面煙源の場合。

以下に風洞実験例を簡単に紹介する。

ここで対象とする煙源は、ほとんどが低煙源であり、しかも建物影響を強く受けるため、大気安定度の影響は受けにくいと考えられる。そのため、気象条件を中立・有風化して、風洞実験により工場周辺の年平均値を直接予測する。

まず、風速階級毎にその風速階級の風配図を用いて、当該地区の円形で製作した地形模型を重合法風洞実験により風向出現頻度にあわせて 360° 回転させ、風速階級毎の平均濃度を求める。

次に、風速階級別の出現頻度によって、それぞれの実験結果を重み付け平均し年平均値を予測する。

実験結果の一例¹⁶を図 8-1 に示す。これにより環境基準と直接比較することができる。

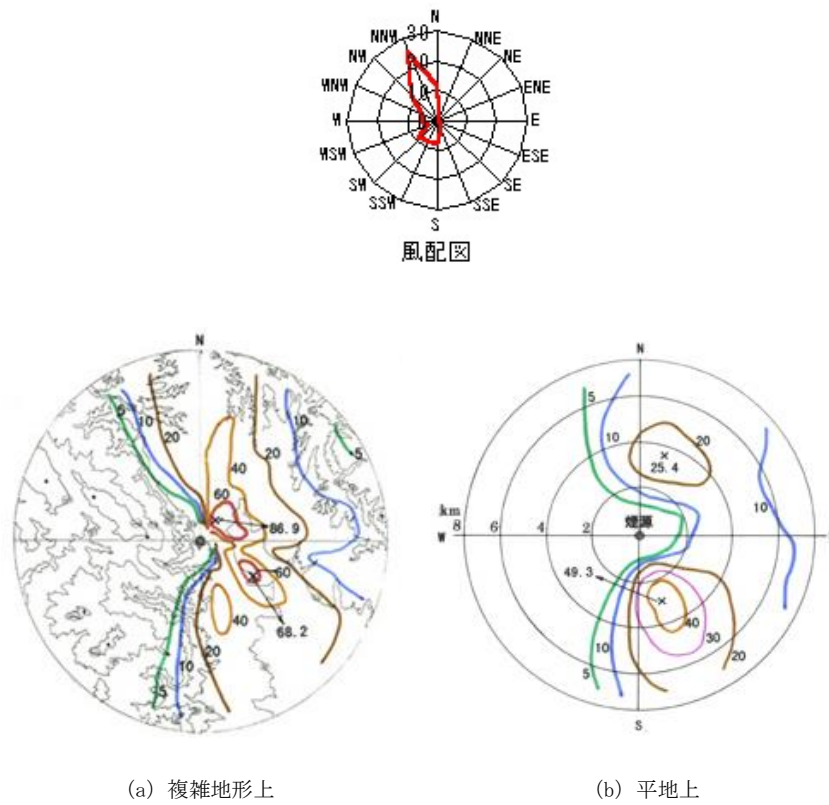


図 8-1 風洞実験による年平均値の予測例

¹⁶ 産業公害防止協会：複雑地形での長期平均濃度予測手法開発研究（3次）、昭和63年3月

資料編

目次

A.	大気汚染防止法	1
1.	有害大気汚染物質対策の体系	1
(1).	定義と基本的考え方	1
(2).	各主体の役割	1
(3).	指定物質対策	2
(4).	制度の見直し	3
2.	法規制改正点の解説	3
(1).	定義の追加	3
(2).	対策の推進	3
(3).	指定物質	4
(4).	附則の追加	4
(5).	自主管理促進に関する通達等	5
B.	METI-LIS モデルと ISC モデルの比較	7
C.	列数のパラメータ化について	10
D.	有害大気汚染物質対策の経済性評価調査に関する文献	11
E.	METI-LIS プログラム開発関係機関一覧	12

A. 大気汚染防止法

大気汚染防止法は、公害対策基本法の制定を機に、大気汚染防止対策を総合的かつ強力に推進するため、大気保全行政の根幹をなす法律として、昭和 43 年（1968）6 月に制定され、その後、数度にわたる法律改正及び関係政令、総理府令の改正をへて、その内容の充実・整備が図られてきた。しかし、近年、多様な有害物質が大気中から検出され、現在の大気環境がこのまま続けば長期暴露による国民の健康への影響が懸念されることから、健康被害の未然防止の観点から大気汚染防止法が平成 8 年（1996）5 月に改正・公布され、これに合わせて平成 9 年（1997）1 月、2 月及び 8 月に同法施行令等が改正された。

1. 有害大気汚染物質対策の体系

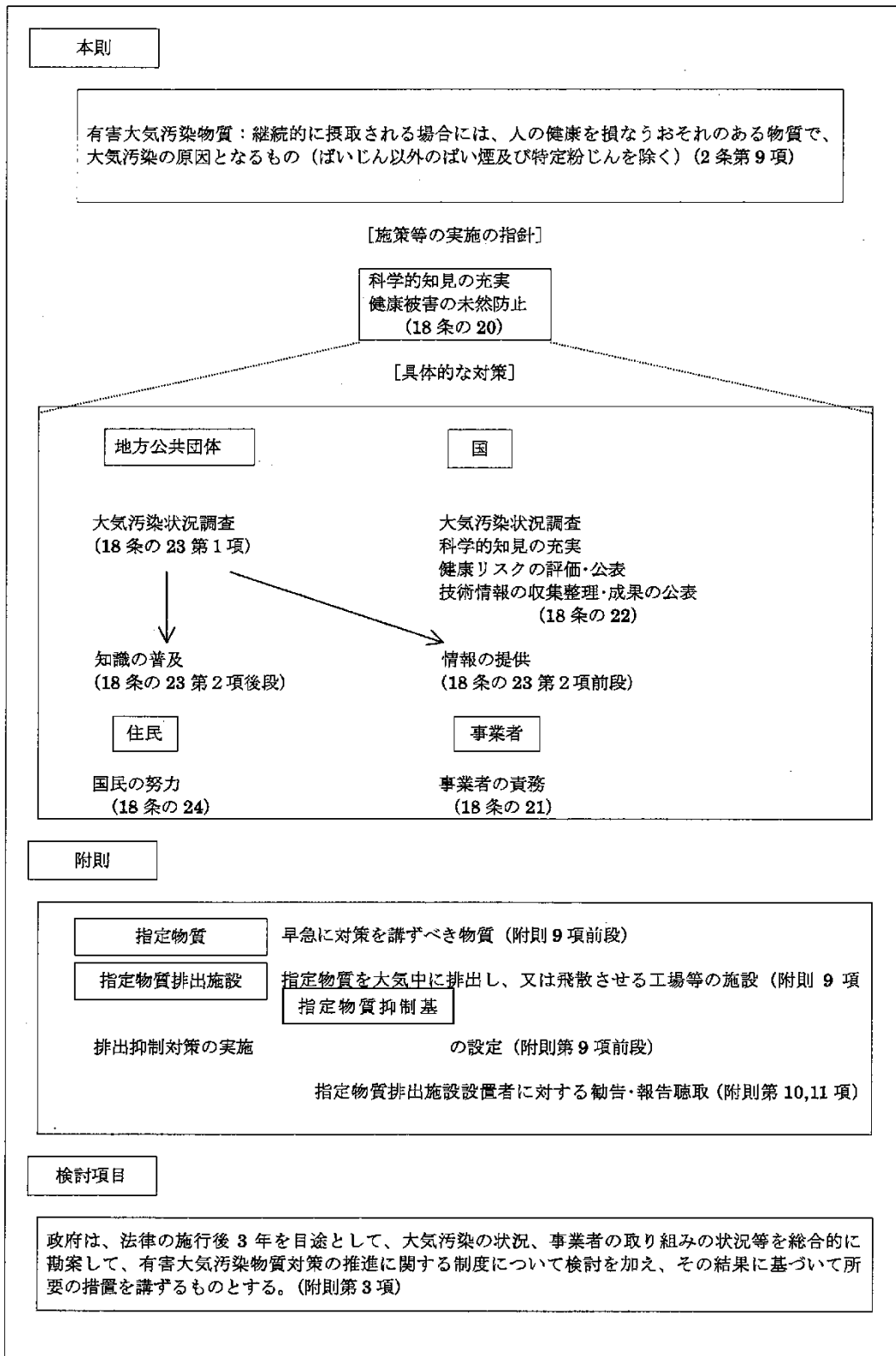
改正された大気汚染防止法では「有害大気汚染物質対策の推進」に関する新たな章が設けられている（第 2 章の 3）。その概要は次のとおりである。（付図 A. 1 参照）

(1) . 定義と基本的考え方

- ① 有害大気汚染物質とは、継続的に摂取される場合には人の健康を損なうおそれのある物質で大気汚染の原因となるもの（ばい煙及び特定粉じんを除く）であること。（第 2 条第 9 項）
- ② 有害大気汚染物質対策は、科学的知見の充実の下に、将来にわたって人の健康被害が未然に防止されることを旨として、実施されなければならないこと。（第 18 条の 20）

(2) . 各主体の役割

- ① 事業者は、有害大気汚染物質の排出状況の把握、及び排出抑制の責務を有すること。（第 18 条の 21）
- ② 国は、有害大気汚染物質による大気汚染状況の調査、健康影響に関する科学的知見の充実、健康リスクの評価・公表、排出抑制に関する技術情報の収集・普及に努めなければならないこと。（第 18 条の 22）
- ③ 地方公共団体は、有害大気汚染物質による大気汚染状況の調査、事業者に対する情報の提供、住民に対する知識の普及に努めなければならないこと。（第 18 条の 23）
- ④ 国民は、日常生活に伴う有害大気汚染物質の排出の抑制に努めなければならないこと。（第 18 条の 24）



付図 A-1 有害大気汚染物質対策の体系

(3) . 指定物質対策

- ① 有害大気汚染物質のうち早急に排出を抑制しなければならない「指定物質」を排出する「指定物

質排出施設」について、環境庁長官が「指定物質抑制基準」を設定すること。(附則9項)

- ② 都道府県知事は、指定物質排出施設を設置する事業者に対して、指定物質抑制基準を勘案して必要な勧告を行い、報告を求めることができること。(附則第10、11項)

(4) . 制度の見直し

- ① 政府は、改正法施行後3年を目途として、各種の事情を総合的に勘案して、有害大気汚染物質対策に係る制度について検討を加え、健康被害を未然に防止するため、所要の措置を講ずること。(附則第3項)

さらに、大気汚染防止法の改正に伴い施行令(政令)、施行規則(総理府令)が新たに告示、公布された。その概要は次のとおりである。

(ア) . 大気汚染に係る環境基準の設定

平成9年2月、ベンゼン、トリクロロエチレン、テトラクロロエチレンによる大気汚染に係る環境基準及び達成期間が設定された。(環境庁告示第4号)また、平成13年4月、ジクロロメタンに係る環境基準が告示された(環境庁告示第30号)。

(イ) . 指定物質の指定と指定物質排出施設の指定

有害大気汚染物質のうち早急にその排出を抑制すべき物質(指定物質)として、ベンゼン、トリクロロエチレン、テトラクロロエチレン及びダイオキシン類が指定され、指定物質及び指定物質排出施設の種類ごとに指定物質の排出の抑制に関する基準が規定された。(環境庁告示第5号、政令第270号、)

(ウ) . 事業者による有害大気汚染物質の自主管理計画の策定等

排出抑制対策の実施の一環として、通商産業省は環境庁と協力して「事業者による有害大気汚染物質の自主管理の促進のための指針」により、事業者の自主管理を促進していくことになり、事業者はその事業者団体ごとに有害大気汚染物質に係る自主管理計画を作成・実施し、その結果を報告することとなった。

2. 法規制改正点の解説

(1) . 定義の追加

大気汚染防止法に新たに「有害大気汚染物質」の定義が設けられている。有害大気汚染物質とは、「継続的に摂取される場合には人の健康を損なうおそれのある物質で大気汚染の原因となるもの(ばい煙及び特定粉じんを除く)」とされている。ここで除かれるのは、すでに規制対象になっている硫黄酸化物、有害物質(窒素酸化物、カドミウム、鉛など)及びアスベストである。

(2) . 対策の推進

大気汚染防止法に「有害大気汚染物質対策の推進」に関する新たな章が設けられている。まず、施策等の実施の指針として、有害大気汚染物質対策は科学的知見の充実の下に、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ようにすることを旨とするとされている。また、事業者の自主的な取り組みを推進することが重要であり、国及び地方公共団体がこれを促進するとの考えのもとに、事業者の責務(有害大気汚染物質の排出状況の把握及び排出抑制)が設けられている。

(3) . 指定物質

有害大気汚染物質として、現在、該当する可能性がある 234 物質が、そのうち健康リスクが高く優先的な取組物質として次に示す 22 物質が挙げられている。

ベンゼン、アクリロニトリル、塩化ビニル（モノマー）、クロロメチルメチルエーテル、アセトアルデヒド、ホルムアルデヒド、酸化エチレン、クロロホルム、1,3-ブタジエン、ジクロロメタン、テトラクロロエチレン、トリクロロエチレン、1,2-ジクロロエタン、ニッケル化合物、ヒ素及びその化合物、水銀及びその化合物、ベリリウム及びその化合物、マンガン及びその化合物、六価クロム化合物、タルク（アスベスト様繊維を含むもの）、ダイオキシン類（ポリ塩化ジベンゾフラン及びポリ塩化ベンゾ-パラ-ジオキシン）、ベンゾ [a] ピレン
--

このうち、その排出または飛散を早急に抑制しなければならない物質として、ベンゼン、トリクロロエチレン、テトラクロロエチレン及びダイオキシン類が指定物質として指定されている。

(4) . 附則の追加

大気汚染防止法附則第 9 項では、指定物質及び指定物質を大気中に排出する施設を政令で定めること、指定物質抑制基準を定めることを規定している。このため、同法施行令等が改正され、指定物質として、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が指定され、指定物質を大気中に排出し、または飛散させる施設で工場または事業場に設置されるものとして 11 施設が指定された。また、トリクロロエチレン等による洗浄施設など指定物質を排出する施設（洗浄施設については、トリクロロエチレン等が空気に接する面の面積が 3 m² 以上のもの）について、指定物質の排出の抑制に関する基準が指定され、新たに設置する施設については平成 9 年(1997)4 月 1 日から、既存の施設については平成 10 年(1998) 4 月 1 日から適用されることとなった。

なお、附則 10、11 項では、都道府県知事は、指定物質排出施設を設置する事業者に対して、指定物質抑制基準を勧告して必要な勧告を行い、報告を求めることができることとなっている。

また、環境庁告示第 4 号、30 号ではベンゼン、トリクロロエチレン、テトラクロロエチレン及びジクロロメタンに係る環境基準が設定され（付表 A. 1）、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ようにすることを旨として、その維持、または、早期達成に努めるものとするとしている。なお、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または場所については適用されない。

付表 A-1 ベンゼン、トリクロロエチレン、テトラクロロエチレン及びジクロロメタンに係る環境基準

物質	環境上の条件	測定方法
ベンゼン	1年平均値が 0.003mg/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 0.2mg/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 0.2mg/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
ジクロロメタン	1年平均値が 0.15mg/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

(5) . 自主管理促進に関する通達等

大気汚染防止法においては、有害大気汚染物質について、事業者の排出等の責務が規定されている。このため、通商産業省は環境庁と協力して「事業者による有害大気汚染物質の自主管理の促進のための指針」を作成し、事業者の自主管理対策の促進を図ることとし、平成 8 年（1996）10 月、関係する業者団体に通知した。その内容は次のとおりである。

- ① 事業者は、トリクロロエチレン、テトラクロロエチレン、塩化メチレンなど有害大気汚染物質 13 種の製造・使用等の状況を把握するとともに、当該物質の毒性・毒性情報等の関連する情報を入手し、環境管理部門、購買部門、製造現場等の当該物質を取り扱う関係者に周知する。

自主管理物質： ベンゼン、アクリロニトリル、塩化ビニル（モノマー）、アセトアルデヒド、ホルムアルデヒド、クロロホルム、1,3-ブタジエン、ジクロロメタン（塩化メチレン）、テトラクロロエチレン、トリクロロエチレン、1,2-ジクロロエタン、二硫化三ニッケル及び硫酸ニッケル、ダイオキシン類（平成 9 年 9 月 追加）

- ② 有害大気汚染物質のモニタリングを適宜行い、当該物質の排出の状況を十分把握し、排出抑制対策の実施に活用する。
- ③ 事業者は、その属している業種または類似した業種において策定されている自主管理計画を踏まえ、有害大気汚染物質の大気への排出抑制対策として、平成 11 年度末を目途とする排出源単位の低減、排出量の削減等の客観的排出管理目標を定め、その達成状況を毎年度評価する。
- ④ 排出管理目標の達成を図るため、自主管理計画を踏まえ、現時点で利用可能な排出抑制技術の活用を努めるとともに、製造工程の変更、代替物質の使用、製品中の対象物質の削減等の適切な対策をとる。
- ⑤ 取引関係がある関係事業者に対し、有害大気汚染物質についての自主管理の実施の周知・要請、安全情報・技術情報の提供等を積極的に行う。

B. METI-LIS モデルと ISC モデルの比較

既存の野外実測データを用いて METI-LIS モデルの精度検証を実施した。今回、検証に用いたデータは国内の鶴見地点で実施された野外実測データ¹である。ただし、METI-LIS モデル及び ISC モデルの濃度値の平均化時間は 3～10 分間相当であるのに対し、比較対象としている野外実測結果はおおよそ 1 時間である。そこで、今回は METI-LIS モデル及び ISC モデルの計算を 10 分平均毎の気象データを用いて 6 回行い、それらの平均を 1 時間平均値として野外実測データとの比較を行った。

鶴見地点の野外実験では、建屋によるダウンウォッシュの影響をみるために、トレーサーガス実験を行っている。平地上に仮設ビル（高さ 4.9m、幅 9.8m、奥行き 2.4m）を設置し、ビルの風下側の中央部上端から点源としてトレーサーガス（SF6）を放出している。濃度のサンプリングは円弧状に 6 列（風下約 10m、20m、30m、45m、100m）である。

この野外実験では、全 8 ケースの実測を行っているが、今回はこのケースの中から、大気安定度が中立に近く、風が建屋に対してほぼ直角にあたるケース（RUN8）について予測精度の検証を行った。

比較結果を図 B. 1 及び表 B. 2 に示す。また、気象条件を表 B. 1 に示している。

METI-LIS モデルは、ISC モデルよりも相関係数が大きくなっており、予測精度が向上していることが確認できた。

付表 B-1 鶴見地点野外トレーサーガス拡散実験条件

RUN No.	DATE	TIME	風向 (deg)	風速 (地上 10m)	安定度
RUN8	1991/7/6	14:30～14:40	143	3.7	中立 (C-D)
	1991/7/6	14:40～14:50	136	4.0	中立 (C-D)
	1991/7/6	14:50～15:00	134	4.3	中立 (C-D)
	1991/7/6	15:00～15:10	140	3.8	中立 (C-D)
	1991/7/6	15:10～15:20	141	3.4	中立 (C-D)
	1991/7/6	15:20～15:30	149	3.6	中立 (C-D)

ただし、計算時は安定度 D として入力した。

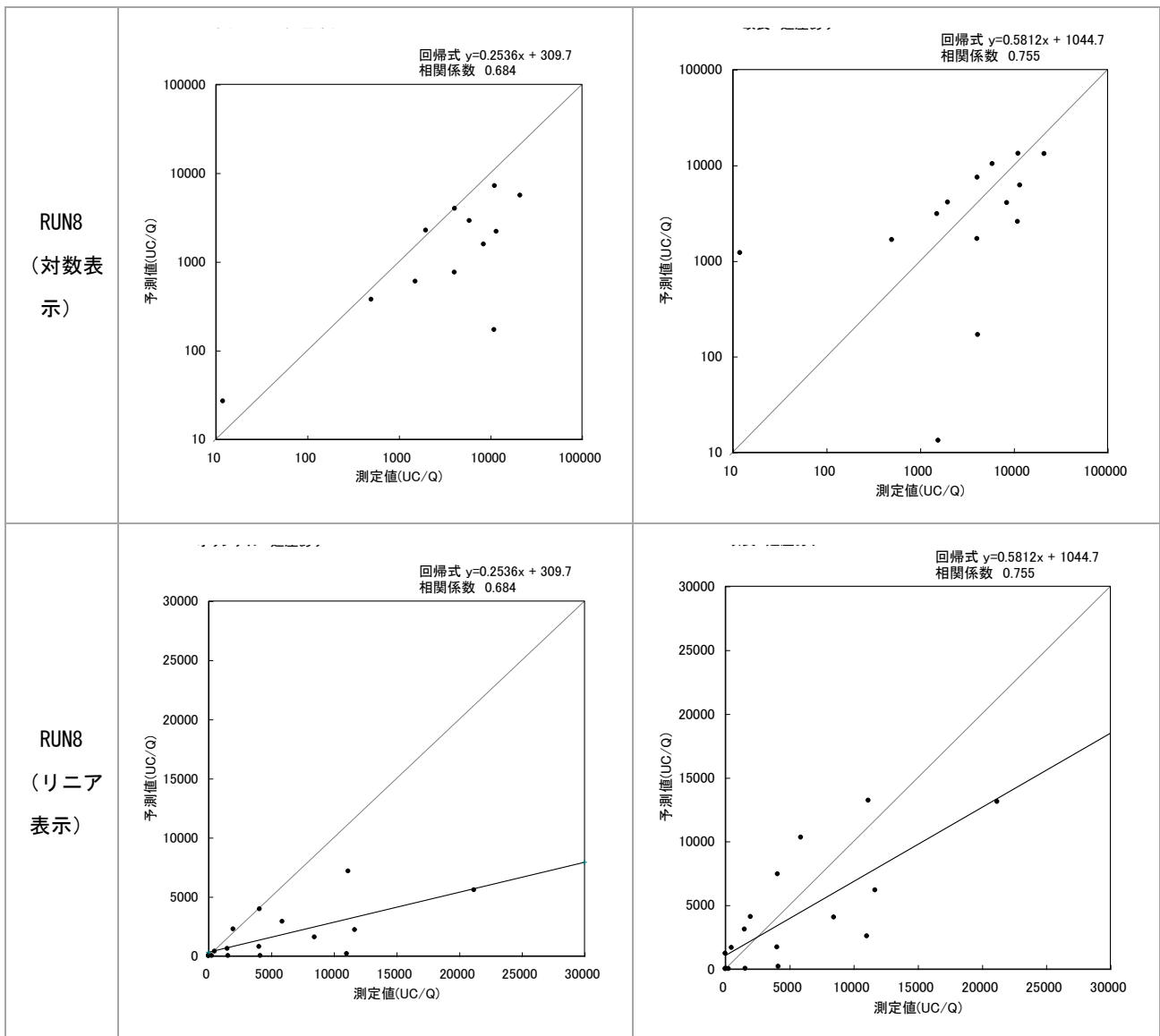
付表 B-2 METI-LIS モデルと ISC モデルの比較

(鶴見地点) (1 時間値)

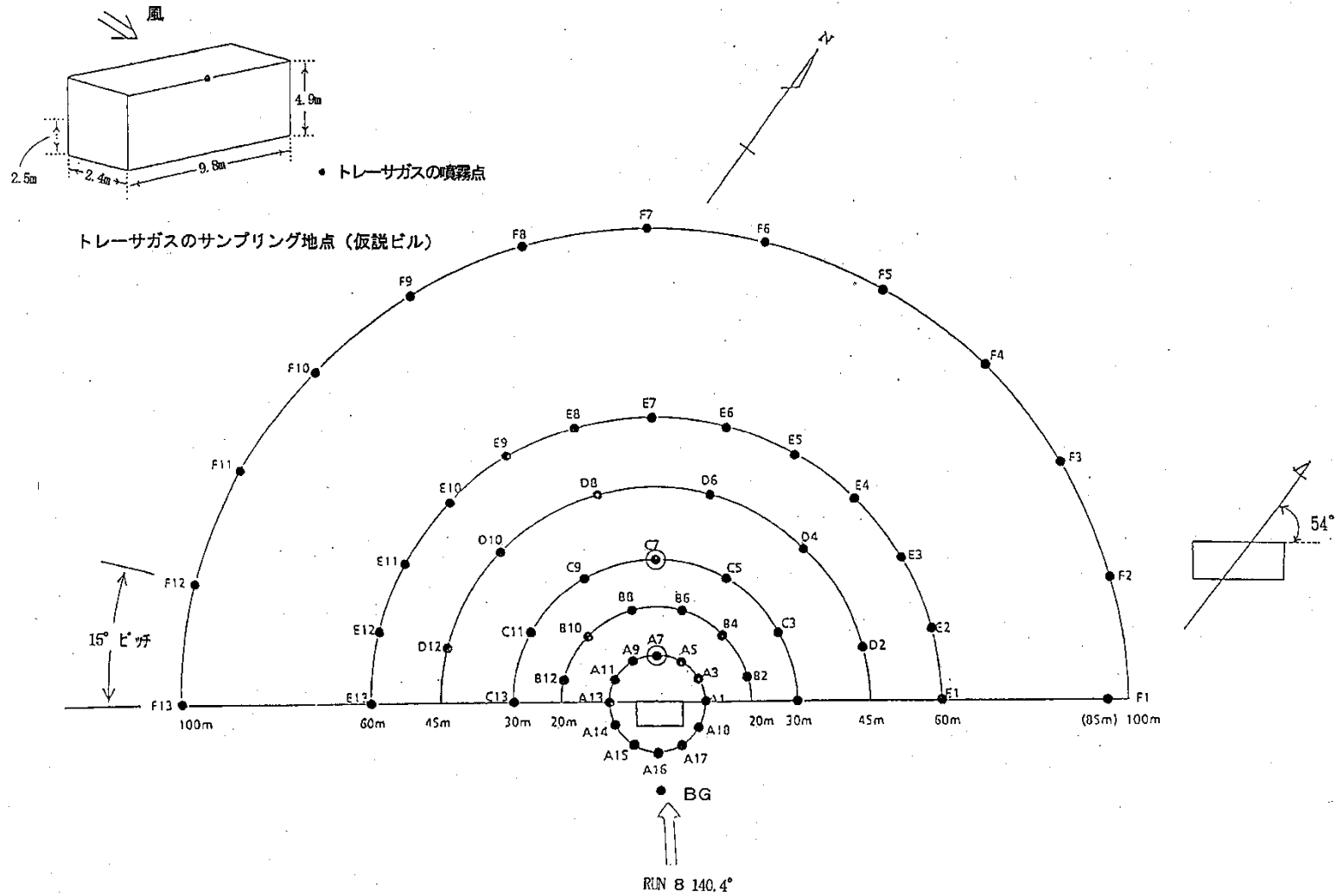
Run No.	ISC モデル			METI-LIS モデル		
	相関係数	回帰式	変動係数	相関係数	回帰式	変動係数
Run 8	0.684	$y=0.2536x+308$	0.929	0.755	$Y=0.5812x+1045$	0.767

鶴見地点	ISC モデル	METI-LIS モデル
------	---------	--------------

¹ (社) 産業公害防止協会：都市型 NOx 拡散シミュレーション手法開発調査報告書 「トレーサーガス拡散実験」、平成 3 年



付図 B-1 METI-LIS モデルの鶴見地点への適用結果 (野外実測との比較) : (1 時間値)



付図 B-2 鶴見地点野外実験配置

C. 列数のパラメータ化について

構築したモデルに基づいて拡散計算を実施するプログラムを作成する場合に、最もプログラミングが困難あるいは、条件の設定が困難と考えられる点は、「列数の設定」であると考えられる。すなわち、様々な形状の建屋が乱立している実工場の中で、建屋の並びが何列かということ判断するのは困難であり、ある程度主観的な判断が要求される場合も出てくると考えられる。

この困難さを避ける一つの方法として、「列数のパラメータ化」を省略し、列数の値が必要なモデル関数（例えば C_{y2} ）を安全サイドの評価側（濃度が高くなる側）の値に固定することが考えられる。ここでは、この手法を用いた場合と、実際に列数を入力した場合にどの程度、濃度値に差が出てくるかを検討した。

まず、モデルの関数の中で、列数の値が必要となるのは、「建屋列」の場合である。この場合、METI-LIS モデルの各パラメータの中で、 C_{y2} 列数の関数になっており計算結果に大きな影響を及ぼすと考えられる。そこで、次の2条件について、地上の軸上濃度分布の比較を行った。

(a) 共通条件

建屋列、列数=1、 $W_b=30\text{m}$ 、 $H_b=30\text{m}$ 、 $Z_s/H_b=0.5$ 、 $\theta=0^\circ$

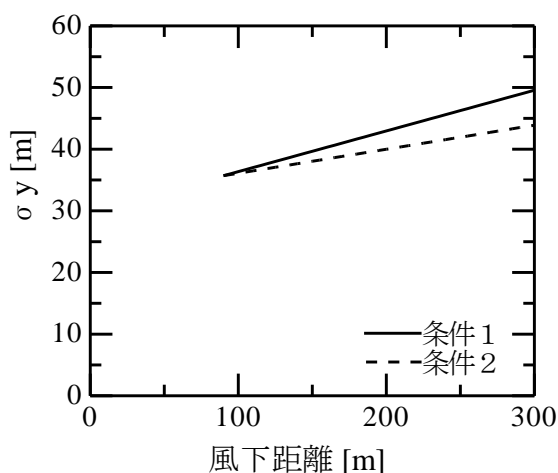
(b) 比較条件

条件1 C_{y2} ：列数=1として、列数を考慮して計算

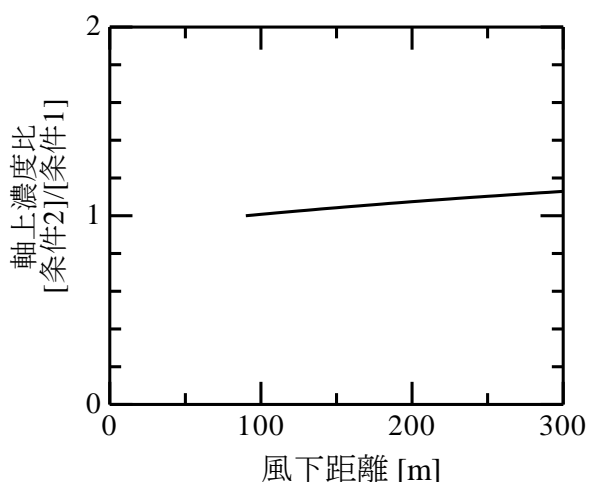
条件2 C_{y2} ：軸上濃度が高くなるように、なるべく C_{y2} が小さくなる値に設定。（列数のパラメータ化を省略）

今回は C_{y2} の下限値である 0.039 に設定。

計算結果を付図 C-2 及び付図 C-1 に示す。なお、 σ_y 、軸上濃度分布比とも、 $3L < X < 10L$ の範囲で描画している。この範囲は METI-LIS モデルのダウンウォッシュモデルの適用範囲である。これらより、条件2の場合、すなわち列数のモデル化を省略した場合の方が安全サイドの予測になっているものの、その程度は約1割程度であることがわかる。



付図 C-2 水平方向拡散幅の比較



付図 C-1 地上の軸上濃度分布比

D. 有害大気汚染物質対策の経済性評価調査に関する文献

- 1) 有害大気汚染物質対策技術調査報告書 平成8年3月 (株)エックス都市研究所
- 2) 金属洗浄における塩素系有機溶剤の自主管理計画達成マニュアル 平成9年度 中小企業事業
- 3) 平成8年度 有害大気汚染物質削減対策調査報告書 平成9年3月 (社)産業と環境の会
- 4) 有害大気汚染物質排出対策マニュアル 平成11年12月 (株)ぎょうせい
- 5) 平成11年度 有害大気汚染物質削減対策調査報告書 平成12年3月 (社)産業と環境の会
- 6) 化学品審議会第17回リスク管理部会資料5「実施報告書」、平成12年8月
- 7) クロロカーボン適正使用ハンドブック 平成12年9月 クロロカーボン衛生協会
- 8) 化学品審議会リスク管理部会「自主管理による有害大気汚染物質対策の評価と今後のあり方について(報告)」、平成12年12月
- 9) 平成12年度有害大気汚染物質対策のあり方に関する研究調査報告書 平成13年2月 (株)エックス都市研究所
- 10) 同上資料編

E. METI-LIS プログラム開発関係機関一覧

- ◆委託 経済産業省
- ◆受託 社団法人 産業環境管理協会
- ◆開発参加

METI-LIS 開発検討委員会

社団法人 産業環境管理協会

独立行政法人 産業技術総合研究所 化学物質リスク管理研究センター

三菱重工株式会社 技術本部 長崎研究所

株式会社 数理計画

プログラムの著作権

< 著作権 >

本ソフトウェアに関するプログラム及びドキュメント等の著作権は、経済産業省が有しております。使用者は、著作権法及び著作権に係わる国際条約等関連法規を遵守して下さい。

本ソフトウェアに対するリバースエンジニアリング、逆コンパイル、逆アセンブル及びその他の改変は一切禁止します。なお、計算メインプログラム部分はソース公開してあり大型コンピュータ等でコンパイルして使用することが可能ですが、本プログラムソースを改変して使用することは一切禁止します。

本ソフトウェアを使用した成果を発表・報告する場合は、発表文等に以下の日本語又は英語の引用文を入れるとともに、発表文の別刷り（または要旨）を送付していただきます。

引用文例：「本計算には経済産業省で開発された METI-LIS プログラムを使用しました。」

「The METI-LIS program, which was developed by the Ministry of Economy, Trade and Industry of Japan, was utilized for thISCalculation.」

< 責任の制限 >

本ソフトウェア及びドキュメント等は、現状有姿のみでの提供となります。

本ソフトウェア及びドキュメント等を使用し計算した予測結果の評価及び整合性等に対しては、本プログラム使用の引用を明記する、しないに関わらず保証するものではありません。なお、本プログラム内容に関するお問い合わせに関しては、一切回答致しません。

本ソフトウェアの著作者及び製造・配布に関わるいかなる者も、当ソフトウェアの使用、または使用不能によって発生する損害に対する責任は、それが直接的であるか間接的であるか、必然的であるか偶発的であるかに関わらず、負わないものとします。

< 本ソフトウェアの配布の制限 >

営利目的の個人、法人、団体等が、利益を得る目的で本ソフトウェアを配布、または他の製品と合わせて配布することを禁止します。

< 発表文の別刷り等の送付先 >

発表文の別刷り等及びプログラムバグ情報は以下の送付先まで御連絡下さい。

〒100-8901 東京都千代田区霞ヶ関1丁目3番1号 経済産業省 製造産業局 化学物質管理課 METLI-LIS 担当
--