

2. 発生源影響

2.1. 粒子状物質に関する排出量の推計

2.1.1. 排出量推計対象物質

大気中微小粒子の評価を行うためには、各種発生源から排出される粒子状物質（一次粒子）の排出量を把握することに加えて、大気中粒子の約半分を占める二次生成粒子の原因となる前駆物質に関する排出量を把握する必要がある。

粒子状物質に関する排出量の推計に当たって、排出量を把握することが望ましい物質としては、表 2.1.1 のような物質があげられる。

表 2.1.1 各種発生源と主な排出量推計対象物質

発生源区分			排出量						
			PM	NOx	CO	SOx	NM VOC	NH3	HCl
燃焼系発生源	固定	大規模固定煙源	○	○	○	○	○	○	○
		中小事業所	○	○	○	○	○		
		家庭	○	○	○	○	○		
		小型焼却炉	○	○	○	○	○		○
	移動発生源	自動車(4輪)	○	○	○	○	○	○	
		自動車(2輪)	○	○	○	○	○		
		船舶	○	○	○	○	○		
		航空機	○	○	○	○	○		
		建機	○	○	○	○	○		
		産業機械	○	○	○	○	○		
	農業	野焼き	○	○	○	○	○		○
農機		○	○	○	○	○			
HC蒸発発生源	工業系	精油所・油槽所					○		
		石油化学工場					○		
		給油所					○		
		塗装					○		
		印刷					○		
		接着剤使用工程					○		
		ゴム用溶剤					○		
		その他工業用溶剤					○		
	移動発生源	自動車(4輪)					○		
		自動車(2輪)					○		
自然	建機、産機、農機					○			
	植物起源					○			
その他発生源	農業	畜産						○	
		化学肥料の施肥						○	
	工業系	肥料等製造施設						○	
		都市活動	下水処理施設					○	
	自然	浄化槽						○	
		人の発汗・呼吸						○	
		ペット						○	
		土壌	○						
		海塩粒子	○						
	移動発生源	火山	○			○			
		山火事	○	○	○		○		
		雷		○					
	移動発生源	巻き上げ	○						
タイヤ磨耗		○							

2.1.2. 発生源別排出量の推計法

各種発生源からの大気汚染物質排出量を算出する方法としては、排出量の実態調査をもとに排出量を算出する方法と原単位法と呼ばれる排出係数に活動量を乗じて間接的に推計する方法とがある。

実態調査に基づく排出量の算出では、環境省が実施している大気汚染物質排出量総合調査（以下、マップ調査）が良く知られている。この調査では、全国の都道府県、指定都市、中核市及び大気汚染防止法に定める政令市を対象に、大気汚染防止法に基づき届出されたばい煙発生施設、一般粉じん発生施設、特定粉じん発生施設等を対象として、ばいじん、NO_x、SO_x排出量の個別調査を行っている。この調査は、ある規模以上の事業所からの排出量の実態を反映したものと言えるが、大気汚染に係わる全ての発生源を網羅している訳ではないことに加えて、二次粒子の前駆物質である NMVOC、アンモニア、塩化水素等については調査対象外である。そのため、大気環境評価予測モデルの入力データとしての排出インベントリの作成には、実態調査に基づく方法と原単位法が併用されている。

原単位法では、単位活動量当たりの排出係数を設定し、各種統計資料等より求めた活動量を乗じて排出量を算出するが、特に我が国では、排出係数の情報は少なく、数少ない測定値や諸外国における値を使用しているのが実状であり、その代表性や活動量との対応については、注意が必要である。

以下にこれまで、我が国で実施されてきた主な発生源についての排出量推計法の概要を述べる。

2.1.2.1. 大規模固定発生源

マップ調査で捕捉されている大規模固定発生源については、マップ調査値をもとに、以下のような方法で推計されている。

- PM（TSP、SPM(又は PM₁₀)、PM_{2.5})：TSP はマップ調査のばいじん排出量を採用。SPM(又は PM₁₀)、PM_{2.5} については、文献値をもとに粒径毎に区分。
- NO_x、SO₂：マップ調査値を採用。
- NMVOC、CO：マップ調査の燃料使用量に、施設種別・燃原料種別の平均排出係数を乗じて算出。排出係数は、文献値をもとに設定。
- NH₃：アンモニアによる脱硝を行っている施設について、文献値等もとに排ガス中の濃度を設定、マップ調査の排ガス量を乗じて推計。
- HCl：廃棄物焼却炉について、献値等もとに排ガス中の濃度を設定、マップ調査の排ガス量を乗じて推計。
- 凝縮性ダスト：凝縮性ダストは、硫酸イオンなどの水溶性成分や有機物等から構成されているが、発生源毎の相違が大きく、測定が難しいため、合理的に推計された例は少ない。これまで、水溶性成分が主体であるとして、SO₂排出量に対する硫酸塩の割合を設定して推計した例がある。

2.1.2.2. 中小事業所，小型焼却炉，民生等

マップ調査では把握されていない中小の事業所や家庭で使用されている小規模燃焼機器からの排出量が推計対象である。排出量推計方法としては、これまで、

- ① 燃料種類別（都市ガス，LPG，灯油，A重油など）毎に燃料消費量と排出係数を乗じて算出する方法
- ② 燃焼機器の設置台数に機器別の排出係数を乗じて算出する方法

の2通りの方法が行われている。大気環境評価モデルの入力データ等、地域別の排出量を推計する必要がある場合には、地域別の燃料消費量の把握ができることから①の方法が採用されている。

活動量である燃焼消費量については、総合エネルギー統計（資源エネルギー庁長官官房総合政策課編、年刊）やガス事業統計（資源エネルギー庁ガス市場整備課編、月刊）など、エネルギーに関する各種統計資料をもとに地域別の消費量が推計されている。

排出係数については、一般には、我が国の既存調査資料をもとに設定されるが、適切なデータが無い時には、諸外国の同様な機器についての排出係数を参考に設定されることもある。

2.1.2.3. 移動発生源

①自動車

- ・ 走行時排出量：走行量と排出係数（単位距離当たりの排出量）を乗じて算出する。走行量は、幹線道路については、国土交通省の全国道路街路交通情勢調査（以下、道路交通センサス）などに基づく平日、休日別走行量や交通モデルによる推計値などが使用される。道路交通センサスの調査対象外の細街路における走行量については、一般に、自動車輸送統計における全道路走行量推計値と幹線道路走行量の差分を細街路走行量としている。排出係数は、環境省や地方自治体の実測データをもとに設定している車種別、規制年別、平均旅行速度別の排出係数が使用される。平均旅行速度は、道路交通センサスの混雑時旅行速度や交通量をもとにした平均旅行速度推定モデルの推定値、交通モデルの結果などが使用される。
- ・ 蒸発ガス：最近では、停車中や走行中に排気管以外から発生するガソリン蒸気の排出量も推計されるようになっている。排出要因としては、以下のような3つの排出要因について排出量が推計されている。

DBL (Diurnal Breathing Loss)：駐車中に、温度変化等によるタンク内気体の呼吸に起因する蒸発ガス

HSL (Hot Soak Loss)：エンジン停止直後に発生する蒸発ガス

RL (Running Loss)：走行時に発生する蒸発ガス

排出量は、実測データを基に設定された排出係数や排出モデルを用い、環境条件

(気温)、燃料の蒸気圧を考慮して推計されている。

- ・ タイヤ摩耗、巻き上げ粉じん

タイヤ摩耗および巻き上げ粉塵は、走行時の排気ガスと同じように、排出係数(単位距離当たりの排出量)を乗じて算出する。排出係数は、長い間、浮遊粒子状物質汚染予測マニュアル(環境庁大気保全局大気規制課監修、1997)に示されている値が使用されてきたが、排出量を的確に把握するため、最近、環境省の調査((財)日本環境衛生センター、2006)において、検討がなされ、新しい排出係数の試算が行われている。

②船舶

船舶からの排出量については、陸上に近い港湾区域における排出量が推計されてきたが、最近では、大気環境モデルへの入力を考慮し、港湾区域外の洋上での排出を含めた従来よりも広範囲の推計がなされている。

排出量推計方法としては、

- ① 燃料消費実績を用いて燃料当たりの排出係数により排出量を推計する方法
- ② 船舶活動量と活動量当たりの排出係数から算出する方法

の2つがあるが、地域別の排出量を推計する場合には、港湾区域内の活動量をもとにした推計が行われている。

港湾区域内の活動量は、各港の港湾統計や港湾統計年報(国土交通省総合政策局情報管理部、年刊)から求めている。排出係数については、国内における各種調査結果や諸外国における排出係数データをもとに、主機、補機エンジン別に設定された値が使用されている。

③航空機

航空機については、これまで、主要な空港における離着陸時とある一定の高度までの排出量が推計されている。排出量は、空港別、機種別の発着機数に、機種別、LTOサイクル(Landing and Take-off: アプローチ、アイドリング、離陸、上昇の4モード)別の排出係数を乗じて求める。空港別、機種別発着機数は、航空輸送統計年報((国土交通省総合政策局情報管理部、年刊)、新東京国際空港公団資料などの統計資料のデータを用いている。機種別、LTOサイクル別の排出係数は、諸外国の排出係数を参考に設定されている。

④建設、産業、農業機械

建設機械、産業機械、農業機械からの排出量は、各機械の保有台数、稼働状況(仕事量)、排出係数(仕事量当たりの排出量)を乗ずることにより求めている。

活動量(保有台数、稼働状況)については、経済産業省、国土交通省、農林水産省等の関連する省庁の統計データや地方自治体の調査データ等から推定している。排出係数は、環境省調査(環境省、1995)で設定された値が使用されている。

ガソリンエンジンを使用している機械からは、ガソリン蒸気の蒸発があり、自動

車と同様の手法で推計出来ると考えられるが、我が国では、これまで、排出量が推計された例は見あたらない。

2.1.2.4. 固定蒸発発生源

固定発生源からの NMVOC の排出は、

- ① 製油所、油槽所、給油所等での燃料の漏出
- ② 石油化学基礎品製造、塗料製造、印刷インキ製造、カーボンブラック製造などの工業プロセス
- ③ 塗装工程、印刷工程、接着剤、金属表面処理、ゴム用溶剤、クリーニング等の有機溶剤の使用

に伴い発生するもの等について、推計が行われている。

推計は、基本的に、活動量に排出係数を乗じて算出するが、排気の処理装置があるものについては、設置率と処理率から除去量を求め、排出量を補正する。活動量は、石油系燃料の生産量と出荷・販売量、石油化学製品の生産量、塗料や接着剤の出荷量などであるが、燃料については、石油資料月報（石油連盟、月刊）やエネルギー生産需給統計年報（通産省調査統計部資源エネルギー統計調査室、年刊）、石油化学製品については、化学工業統計年報（経済産業省経済産業政策局調査統計部、年刊）、塗料や接着剤については、化学工業統計や各業界団体の資料やヒアリング調査結果などから求められている。

排出係数は、燃料、石油化学製品製造、塗料製造等については、新しいデータが無く、1970年代に資源エネルギー庁の実測結果をもとに設定された値や諸外国の値を参考に設定されてきた。

環境省は、揮発性有機化合物の排出抑制対策の進捗状況を把握するため、VOC 排出インベントリの整備を進めており、平成 19 年度において、平成 12 年度のデータを対象に作成したインベントリの見直しを行うとともに、その精度等を向上させたインベントリ（平成 17 年度のデータを使用）を作成している。そこでは、発生源の定義を明確にするとともに、推計に使用するデータや大気排出率の見直しを行い、大気中に排出される VOC について、発生源品目別の排出量を推計している。今後は、このような新しい知見の活用が望まれる。

2.1.2.5. 自然起源の発生源

自然起源の排出としては、植物からの NMVOC、海塩粒子などが排出量の推計対象となる。

植物起源 NMVOC は、二次粒子の原因物質と考えられており、人為起源の NMVOC の排出量が減少するに従い、その寄与が無視できないと考えられており、推計精度の向上が求められている。我が国では、これまで、米国 EPA の BEIS2 に準じて、植物からの VOC 排出量（イソプレン、モノテルペン）を推計した例がある。そこでは、BEIS2 の排出係数と

国土数値情報、農水省の森林、農作物作付面積等から推計した植生面積とから、環境条件（気温、日射等）を考慮して、排出量を推計している。

近年、諸外国では、環境影響に対する植物起源 VOC の重要性が認識され、排出モデルの開発や排出係数の実測などが行われており、新しい植物起源 VOC インベントリが開発されている。これらのモデルは、多くの測定結果をもとに主要な VOC 種別毎に、葉面温度や日射量を変数とした排出アルゴリズムを作成し、実測された植物種毎の基礎排出係数と詳細な植生データとから、VOC の排出を推計するもので、従来よりも精度の高いエミッションインベントリの作成が期待できる。

海塩粒子については、1980 年代に提案された風速を変数とした発生モデルにより、推計されている。

2.1.2.6. その他

その他の発生源としては、野焼き等のバイオマス燃焼、喫煙に伴う粒子の排出、三元触媒装着自動車、農業（畜産、施肥）、下水処理、浄化槽などの都市活動、ペット、発汗に伴う NH₃ の排出などを考慮することが望ましい。これらは、農水省の統計、厚生労働省資料などから求めた活動量と排出係数とから推計しているが、我が国における排出係数は存在しないため、諸外国の値が使用されている。

野焼きについては、農業廃棄物について、その生産量と生産量当たりの排出係数とから排出量を推計する。生産量当たりの排出係数は、生産量当たりの残渣、焼却率、焼却量当たりの排出係数とから求めるが、焼却量当たりの排出係数は諸外国の値が使われている。

喫煙による粒子発生量については、これまで、環境評価用としての推計はなされておらず、環境評価モデルの入力データとしては考慮されていない。

その他、火山や山火事、雷などからの排出もあるが、特殊なイベントにおける発生であり、通常は考慮されない。

2.2. 我が国における粒子状物質に関する排出インベントリの現状

2.2.1. 発生源別排出量

大気中における化学反応により生成される二次生成粒子の寄与が大きくなりつつある状況においては、大気中における粒子状物質の発生源別寄与濃度や低減対策を検討するためには、窒素酸化物や揮発性有機物質等からの二次粒子生成モデルを組み込んだ化学物質輸送モデルによる評価が必要である。モデル入力用排出インベントリは、各種発生源からの総排出量だけでなく、時間、空間的に配分された排出量が必要である。以下に、我が国で化学物質輸送モデル用に作成された排出インベントリについて、現状を紹介する。

表 2.2.1 に、近年我が国で作成され、論文、報告書等で公表されている排出インベントリの概要を示す。

表 2.2.1 我が国で作成された化学物質輸送モデル入力用排出インベントリの概要

インベントリ名		環境省	JCAP II	CRIEPI/NIES	EAGrid2000-JAPAN
推計地域		関東・関西	全国	関東	
対象年		2000 年度	2000 年度	2000 年度	2000 年度
空間分解能		1km	3 次メッシュ	3 次メッシュ	3 次メッシュ
時間分解能		夏期、冬期 時刻(1 時間)別	月別 時刻(1 時間)別	月別 時刻(1 時間)別	月別 時刻(1 時間)別
対象成分	ガス	SO ₂ , NO _x , NMVOC, HCl,CO,NH ₃	SO ₂ , NO _x , NMVOC, HCl,CO,NH ₃	SO ₂ , NO _x , NMVOC, HCl,CO,NH ₃	CO,CO ₂ ,NH ₃ , NMVOC, NO _x , SO ₂
	粒子	SPM	TSP, SPM, PM ₁₀ , PM _{2.5} 凝縮性粒子	TSP, PM _{2.5} 凝縮性粒子	PM ₁₀ , PM _{2.5}
備考					

環境省インベントリは、環境省が平成 14 年度に実施した「浮遊粒子状物質環境汚染実態解析調査」((財) 日本気象協会、平成 15 年 3 月) で、非定常モデルによるシミュレーションを行うために作成されたものである。

また、前述のとおり、環境省は、平成 19 年に、揮発性有機化合物 (VOC) についての排出インベントリの改訂を行い、発成品目別 VOC 排出量を公表している。このインベントリでは、有機二次粒子の前駆物質となる蒸発発生源からの VOC 排出量について、最新の調査結果が反映されている。表 2.2.2 に、固定発生源からの VOC 排出量を示す。(詳細は環境省ホームページ：<http://www.env.go.jp/press/press.php?serial=8430> を参照)。

表 2.2.2 固定発生源からの VOC 排出量推計結果（環境省、2007）

発生源	排出量（千t/年）	
	平成12年度	平成17年度
塗料	480	400
燃料（蒸発ガス）	170	180
印刷インキ	130	80
化学品	130	80
工業用洗浄剤	80	50
ラミネート用接着剤	60	50
接着剤	60	40
製造機器類洗浄用シンナー	60	40
ドライクリーニング溶剤	50	40
粘着剤・剥離剤	60	40
その他の発生源品目	180	200
合計	1,460	1,200

JCAPII（Japan Clean Air Program）インベントリは、（財）石油産業活性化センターが実施している自動車と石油業界の共同研究プログラム JCAP II において、自動車から排出されるガスが大气環境に及ぼす影響について CMAQ を用いて評価するために作成されたものである。自動車からの排出量推計には、始動、冷間時の排出増加や DBL(Diurnal Breathing Loss)、HSL(Hot Soak Loss)、RL(Running Loss)などの蒸発ガス、走行距離による触媒の劣化、故障や違法改造などの高排出車からの排出、温湿度等の環境条件の補正などが考慮されている。

CRIEPI/NIES インベントリ（速水、2004）は、（財）電力中央研究所と（独）国立環境研究所の共同研究で作成されたもので、CMAQ を用いた二次粒子の濃度予測に使用された。自動車からの排出量は、JCAP の成果が取り入れられている。

EAGrid2000-Japan（Kannari, et al. 2007）は、東アジア域における長距離大気輸送モデルへの入力用として開発された EAGrid2000（（Kannari, et al. 2007）の一部として開発された日本域を対象とした詳細インベントリである。JCAP の成果など、新しい成果が取り入れられた排出インベントリである。表 2.2.3 に EAGrid2000-Japan によって推計された発生源ごとの汚染物質排出量を示す。

表 2.2.3 各種発生源からの排出量推計結果の例 (Kannari, et al 2007)

発生源	SO ₂ (Gg)	NO _x (Gg)	NMVOC (Gg)	NH ₃ (Gg)	CO (Gg)	PM ₁₀ (Gg)	PM _{2.5} (Gg)	CO ₂ (Tg)
工業系燃焼	509	821	45	1	1,059	60	43	536
発電	142	181	4	3	13	9	6	331
家庭系燃焼	1	42	2	0	43	4	3	74
廃棄物焼却・野焼き	34	66	19	2	310	25	18	42
道路輸送	26	945	495	14	3,927	75	57	206
船舶	159	333	14	0	31	19	17	16
航空機	0	20	5	0	17	1	1	4
固定蒸発発生源 ^a			1,452					
農業系 NH ₃ 発生源 ^b				286				
その他 NH ₃ 発生源 ^c				110				
総計	872	2,408	2,036	414	5,400	192	147	1,209
Streets et al.(2003)	801	2,198	1,920	339	6,806	-	-	1,145
REAS ^c	926	1,970	1,880	347	2,580	-	-	1,199

a: 精油所からガソリンスタンドにおける給油までの石油流通経路(235Gg)、産業工程(35Gg)、塗料使用(783Gg)、印刷インク使用(183Gg)、その他溶剤使用(217Gg)における排出

b: 畜産(266Gg)、施肥(19Gg)

c: 人、ペット(101Gg)、産業工程(8Gg)

d: <http://www.jamstec.go.jp/frsgc/research/d4/emission.htm>

その他、JCAP と(独)国立環境研究所は、排出係数に活動量を乗じて推計する原単位法に基づく排出量推計システム GBEAMS (Georeference-Based Emission Activity Modeling System)を開発している((財)石油産業活性化センター、2007)。このシステムは、推計手法を明確にするとともに、公開データの使用を前提として、推計結果の透明性を確保するシステムになっている。現在、推計結果の精度評価やシステムの改良を行っているが、このようなシステムでは、同一発生源からの複数排出物の一元管理、データの更新、新規物質の推計が容易にできるなどの特色がある。

2.2.2. 発生源別プロフィール

窒素酸化物や揮発性有機物質等からの二次粒子生成モデルを組み込んだ化学物質輸送モデルによる評価を行うためには、各発生源からの排出量に加えて、発生源毎に、粒子の粒径分布や化学組成、二次生成粒子の前駆物質である NO_x や NMVOC 等の組成に関する情報(発生源プロフィール)が必要になってくる。海外では、後述するように各種発生源毎に、組成データが整備されている例もあるが、我が国では、蒸発発生源から排出される VOC 組

成以外は、公表された資料が極めて少なく、化学物質輸送モデルの各使用者が、それぞれ海外の情報をもとに設定しているのが実状である。以下に、我が国における状況を述べる。

2.2.2.1. VOC 組成

蒸発発生源の VOC 組成については、環境省の VOC 排出に関する調査報告書（環境情報科学センター 平成 15 年）に我が国の調査データが掲載されており、それをもとに各化学反応モデルに合わせてグルーピング化された組成データが使用されている。

燃焼発生源の VOC 組成については、我が国のデータがほとんどなく、米国の組成データソフトウェア SPECIATE や化学物質輸送モデル用排出データ作成プログラム SMOKE(Sparse Matrix Operator Kernel Emissions Modeling System, <http://www.smoke-model.org/index.cfm>)の組成分解データをもとに設定している。

自動車からの VOC 組成については、JCAP (Japan Clean Air Program) が測定したデータが公開されている (表 2.2.4)。

表 2.2.4 自動車排気中の NMVOC 組成 ((財) 石油産業活性化センター 2002)

		OLE	PAR	TOL	XYL	FORM	ALD2	ETH	PAR2	メタン/ 総炭化水素
ガソリン排気	GV01	1.1%	94.9%	0.6%	0.1%	1.0%	0.7%	1.6%	0.0%	0.91
	GV02	2.4%	87.8%	1.0%	1.4%	3.0%	1.6%	2.8%	0.1%	0.69
	GV03	1.4%	89.6%	1.7%	3.8%	0.5%	0.4%	2.4%	0.1%	0.56
	GV04	0.8%	89.3%	1.3%	3.0%	3.3%	1.2%	0.9%	0.1%	0.83
	GV05	0.0%	90.4%	1.0%	6.4%	0.9%	1.3%	0.0%	0.0%	0.83
	GV06	0.2%	92.9%	1.3%	2.6%	2.0%	0.6%	0.4%	0.1%	0.79
	GV07	0.0%	93.4%	2.0%	4.2%	0.2%	0.1%	0.0%	0.1%	0.47
	GV08	0.0%	91.4%	2.7%	5.3%	0.3%	0.2%	0.0%	0.1%	0.54
ガソリン蒸発	DBL	1.9%	92.6%	0.4%	0.2%	0.2%	4.5%	0.0%	0.2%	0.00
	HL	0.9%	90.1%	2.6%	2.0%	0.4%	3.0%	0.1%	1.0%	0.00
	RL	1.6%	89.6%	2.0%	1.9%	0.3%	3.7%	0.0%	0.8%	0.00
ディーゼル排気		4.4%	68.4%	1.8%	2.7%	6.4%	2.1%	5.2%	9.1%	0.01

2.2.2.2. 粒子状物質の組成、粒径分布

粒子状物質の組成 (EC、OC、SO₄ など) 粒径分布に関する我が国の公表されたデータは、ほとんどない。そのため、化学物質輸送モデルの入力データは、米国の組成データ SPECIATE や排出インベントリ AP-42 等のデータを参考に使用する燃料毎に設定されることが多い。JCAP では、(社) 日本自動車工業会や (財) 日本自動車研究所で測定され

た内部調査データをもとに、ディーゼル車の炭素組成や粒径分布を設定している（表 2.2.5）。

表 2.2.5 ディーゼル車からの PM 組成（（財）石油産業活性化センター 2005）

交通センサ ス車両区分	ナンバープレート 調査による重量区分	重量 区分%	PM 測定結果割振り	PM 組成		
				EC%	OC%	OTR%
乗用車	—	—	乗用車	78.29	7.66	14.05
バス	2.5—3.5t	52.4	中重車 3t 以下	52.08	21.39	26.52
	3.5—12t	38.1	重量車（10t 以上）			
	12t 以上	9.5	重量車（12t 以上）			
小型貨物	1.7—2.5t	6.0	軽～中重量 2—2.5t	45.69	20.28	34.03
	2.5—3.5t	34.3	中重車 3t 以下			
	3.5—12t	59.7	重量車（10t 以上）			
貨客車	1.7t 以下	1.0	乗用車	70.06	13.72	16.22
	1.7—2.5t	37.6	軽～中重量 2—2.5t			
	2.5—3.5t	61.4	中重車 3t 以下			
普通貨物車	1.7—2.5t	0.1	軽～中重量 2—2.5t	36.09	31.01	32.90
	2.5—3.5t	2.5	中重車 3t 以下			
	3.5—12t	70.9	重量車（10t 以上）			
	12t 以上	26.5	重量車（12t 以上）			
特殊車	—	—	重量車（10t 以上）	29.8	24.6	45.6

2.3. 海外における粒子状物質に関する排出インベントリの現状

2.3.1. 米国における排出インベントリの現状

米国では、EPA（環境保護庁）が各種発生源からの大気汚染物質についての排出インベントリを National Emissions Inventory(NEI)として作成し、インターネット上で公開している。NEI では、点源、非点源、移動発生源、植物発生源などからの大気汚染物質や有害大気汚染物質についてのデータベース作成を目的として、データの収集、解析、配布までの一連の業務計画が立案され、計画的にインベントリデータベースが作成されている。現在、EPA のホームページでは、1996,1999、2002 の NEI が公開されている。表 2.2.6、2.2.7 に、NEI を元に作成された米国における一次粒子としての PM_{2.5} の排出量と二次粒子の前駆物質となる窒素酸化物や VOC 等の発生源毎の排出量推計結果を示す。

また、EPA では排出量推計に使用する各種排出源の排出係数として、AP-42 Fifth Edition (1995)を整備しているが、最近では、排出係数情報を FIRE という名前でソフトウェア化し、発生源分類コード (SCC: Source Classification Code) による検索など利便性を向上させている。また、近年、FIRE は、インターネット上に移され、WebFIRE (<http://cfpub.epa.gov/oarweb/index.cfm?action=fire.main>)という名前で公開されている。その他、植物起源のエミッションインベントリシステム BEIS (Biogenic Emissions Inventory System)、自動車の排出モデル MOBILE6、オフロードエンジンの排出モデル NONROAD、大気環境評価モデル用の排出インベントリ作成ソフトウェア SMOKE(Sparse Matrix Operator Kernel Emissions)など、各種インベントリ作成システムやツールが提供

されている。

その他、EPA は、各種発生源の TOC (Total Organic Compound)や PM の化学組成に関する情報を SPECIATE というソフトウェアで提供している。SPECIATE では、発生源毎の PM 粒径分布、炭素組成などの情報が集約されている。

PM_{2.5} については、EPA は、インターネット上に PM_{2.5} Inventory Resource Center (<http://www.epa.gov/ttn/chieff/eiip/pm25inventory/index.html>)というウェブサイトを立ち上げ、各種発生源からの PM_{2.5} 排出量推計や粒子の組成に関する情報を集約している。

また、最近、二次粒子生成にとって寄与が大きいと考えられている植物起源の VOC 等のエミッションインベントリについては、NCAR (The National Center for Atmospheric Research)より MEGAN (Model of Emissions of Gases and Aerosols from Nature)という全球を対象とした新しいモデルが公開されている。

表 2.2.6 米国における各種発生源からの微小粒子状物質の排出量 (USEPA,2004)

TABLE 3-11. EMISSIONS OF PRIMARY PM _{2.5} BY VARIOUS SOURCES IN 1999			
Source	Emissions (10 ⁹ kg/y)	Major PM Components	Notes
On-road vehicle exhaust	0.21	Organic compounds, elemental carbon	Exhaust emissions from diesel (72%) and gasoline vehicles (28%).
Non-road vehicle exhaust	0.37	Organic compounds, elemental carbon	Exhaust emissions from off-road diesel (57%) and gasoline vehicles (20%); ships and boats (10%); aircraft (7%); railroads (6%).
Fossil fuel combustion	0.36	Crustal elements, trace metals	Fuel burning in stationary sources such as power plants (33%); industries (39%); businesses and institutions (25%); residences (3%).
Industrial processes	0.35	Metals, crustal material, organic compounds	Metals processing (29%); mineral products (27%); chemical mfg. (11%); other industries (33%).
Biomass burning	1.2	Organic compounds, elemental carbon	Managed burning (47%); residential wood burning (28%); agricultural burning (7%); wildfires (18%).
Waste disposal	0.48	Organic compounds, trace metals	Open burning (91%); incineration (9%).
Fugitive dust	3.3	Crustal elements	Dust raised by vehicles on paved (19%) and unpaved roads (40%); construction (15%); dust from raising crops (24%) and livestock (2%).
Windblown dust	NA ¹	Crustal elements	Dust raised by wind on bare land.
Other	0.02	Organic compounds, elemental carbon	Structural fires.
Total	6.2		

¹NA = not available.

Source: Adapted from U.S. Environmental Protection Agency (2001).

表 2.2.7 米国における二次粒子生成前駆物質の排出量 (USEPA,2004)

TABLE 3-12. EMISSIONS OF PRECURSORS TO SECONDARY PM_{2.5} FORMATION BY VARIOUS SOURCES IN 1999

Precursor	Emissions (10 ⁹ kg/y)	Secondary PM Component	Notes
SO ₂	17	Sulfate	Exhaust from on-road (2%) and non-road (5%) engines and vehicles; fossil fuel combustion by electrical utilities, industries, other sources (85%); various industrial processes (7%); and other minor sources (1%).
NO _x ^{1,2}	26	Nitrate	Exhaust from on-road (34%) and non-road (22%) engines and vehicles; fossil fuel combustion by electrical utilities, industries, other sources (39%); lightning (4%); soils (4%); and other minor sources (5%).
Anthropogenic VOCs	16	Various mainly unidentified compounds of 'OC'	Evaporative and exhaust emissions from on-road (29%) and non-road (18%) vehicles; evaporation of solvents and surface coatings (27%); biomass burning (9%); storage and transport of petroleum and volatile compounds (7%); chemical and petroleum industrial processes (5%); other sources (5%).
Biogenic VOCs ¹	44	Various mainly unidentified compounds of 'OC'	Approximately 98% emitted by vegetation. Isoprene (35%); monoterpenes (25%); all other reactive and non-reactive compounds (40%).
NH ₃	45	Ammonium	Exhaust from on-road and non-road engines and vehicles (4%); chemical manufacturing (3%); waste disposal, recycling, and other minor sources (4%); livestock (73%); and fertilizer application (16%).

¹Includes estimates of natural sources from Guenther et al. (2000).

²Emissions expressed in terms of NO₂.

Source: Adapted from U.S. Environmental Protection Agency (2001).

2.3.2. 欧州における排出インベントリの現状

欧州では、ここ 10 年位の間、以下に示すような、いくつかの排出インベントリに関するプログラムが実施され、大気汚染物質や温暖化物質に関する排出インベントリが整備されてきた(EEA, 2007)。

- OECD Control of Major Air Pollutants (MAP) Project
- DGXI Inventory
- CORINE Programme
- Co-operative Programme for Monitoring and Evaluation of the Long Range Transmission of Air Pollutants in Europe (EMEP)
- IPCC/OECD Greenhouse Gas Emissions Programme.

この中では、1985 年に開始された CORINE (Coordination of information on the environment) プログラムの一部である大気汚染物質に関する排出インベントリ CORINAIR(The Core Inventory of Air Emissions in Europe)が良く知られている。

自動車からの排出量については、COPART(Computer Programme to calculate Emissions from Road Transport)という排出量推計ソフトウェアが開発されている。COPART は、CORINAIR の一部分と考えられており、現在、COPART4 がリリースされている。

排出データについては、EEA が取りまとめたものが、EEA のホームページで EEA aggregated and gap filled air emission data として、公開されている。

(<http://dataservice.eea.europa.eu/dataservice/metadetails.asp?id=983>)

植物起源のエミッションについては、CORINAIR においても推計されているが、推計精度の向上を目的に、Natural and Biogenic Emissions and Assessment of Impacts on Air Quality (NATAIR)などのプロジェクトが、欧州域内における 10km メッシュの分解能を有する BVOC エミッションインベントリの開発を進めている。

2.4. 排出量推計についての課題

粒子状物質に関する我が国の排出インベントリについては、これまで、推計例が幾つか存在するが、その推計には多くの課題が残されている。

第一の課題は、各種発生源に関する排出係数の整備である。自動車については、環境省や地方自治体が、実測データをもとに、CO, THC, NO_x, PM 等の汚染物質の排出係数を定めている。また、排出量総合調査の対象施設に関しては、ばいじんの排出量が把握されている。しかしながら、それ以外の発生源については、ほとんど実測データがないのが実状である。また、実測調査に基づくデータがあるものについても、粒子の粒径分布や組成、二次粒子生成に大きな影響を及ぼす NMVOC の組成に関する情報はほとんど存在せず、数少ない実測データや海外の情報をもとに推計がなされているのが現状である。排出寄与の大きな発生源については、粒子の粒径分布や炭素組成、NMVOC 組成の調査を行い、粒径や組成に関する情報を整備していくことが必要と考えられる。

自動車については、我が国の排出インベントリとしては、比較的整備が進んでいるが、最近、排出寄与の大きいディーゼル車に排気後処理装置が装着され、排気中の NO₂/NO_x 比が大きく変わりつつあるため、新しい車両の排気組成に関する情報収集を実施していく必要がある。また、タイヤ、ブレーキなど、排気管以外の発生要因からの排出量も整備されつつあるが、同時に粒径分布や組成についての情報を蓄積していくことが必要である。

また、排出ガス対策が進み、新型車からの排出量が減少するに従い、古い車両や故障車等の高排出車からの排出寄与が大きくなりつつあるため、このような車両からの排出量を推計することも必要と考えられる。

排出係数に乗ずる活動量については、排出係数よりは信頼性が高いと考えられるが、大気環境モデルに入力するためには、地域別に集計し、さらに、計算メッシュに配分する必要がある。しかしながら、我が国における活動量に関する社会統計は、全国や都道府県別に集計されているものがほとんどであり、詳細な地域配分をするための情報が不足してい

る。最近では、地理情報システム（GIS）上で情報を管理することが行われるようになりつつあるため、これらの情報の整備とそれを活用した排出量推計システムの開発が望まれる。

近年、粒子中の¹⁴Cの測定から、バイオマス起源の炭素の寄与を調べた研究結果が報告されている。これらの報告では、化石燃料起源の粒子がほとんどと考えられる都市部においても無視できない割合のバイオマス起源の炭素が存在することが確認され、植物起源のNMVOCやバイオマス燃焼による粒子やNMVOCの排出量推計精度の向上に対する要求が高まっている。前述したように、近年、海外において、植物起源のエミッションインベントリについての進展が見られることから、我が国でも、それらの成果を取り入れた推計精度の高いエミッションインベントリの早急な整備が望まれる。

- 1) 文献（株）数理計画、平成18年度環境省委託業務結果報告書「自動車排出ガス原単位及び総量算定調査」、平成19年3月
- 2) （財）石油産業活性化センター、平成13年度JCAP技術報告書 大気モデル技術報告書（1）、平成14年3月
- 3) （財）石油産業活性化センター、平成13年度JCAP技術報告書 大気モデル技術報告書（2）、平成14年3月
- 4) （財）石油産業活性化センター、平成16年度JCAP技術報告書 CMAQを用いた高濃度都市域の大気汚染解析技術の構築、平成17年3月
- 5) （財）日本環境衛生センター、平成17年度環境省請負業務調査結果報告書「道路粉じん等汚染寄与調査」、平成18年3月
- 6) （社）環境情報科学センター、平成14年度 揮発性有機化合物（VOC）排出に関する調査報告書～VOCインベントリー～、平成15年3月
- 7) エヌエス環境株式会社、環境省委託業務報告書 平成18年度 揮発性有機化合物（VOC）の浮遊粒子状物質および光化学オキシダント生成にかかる調査報告書、平成19年3月
- 8) 環境省：平成14年度浮遊粒子状物質環境汚染実態解析調査報告書（平成15年3月）
- 9) 環境省「未規制自動車からの排出実態調査報告書」（平成7年10月）
- 10) 環境省 水・大気環境局大気環境課、揮発性有機化合物（VOC）排出インベントリ（平成12年度及び平成177年度排出量）、平成19年3月
- 11) 環境庁大気保全局大気規制課監修、浮遊粒子状物質対策検討会編集、浮遊粒子状物質汚染予測マニュアル、東洋館出版社、1997年12月
- 12) 経済産業省経済産業政策局調査統計部、化学工業統計年報、年刊
- 13) 国土交通省総合政策局情報管理部、港湾統計年報、年刊
- 14) 国土交通省総合政策局情報管理部、航空輸送統計年報、年刊
- 15) 資源エネルギー庁ガス市場整備課編、ガス事業統計月報、日本ガス協会、月刊

- 16) 資源エネルギー庁長官官房総合政策課編、総合エネルギー統計、通商産業研究社、年刊
- 17) 石油連盟、石油資料月報、月刊
- 18) 速水洋、小林伸治、大気中二次粒子の濃度予測手法の開発、電力中央研究所報告、No.T03037,平成 16 年 3 月
- 19) 通産省調査統計部資源エネルギー統計調査室、エネルギー生産需給統計年報年刊
- 20) Akiyoshi Kannari, Yutaka Tonooka, Tsuyoshi Baba and Kentaro Murano, Development of multiple-species 1 km x 1 km resolution hourly basis emissions inventory for Japan, Atmospheric Environment, Volume 41, Issue 16, May 2007, Pages 3428-3439
- 21) Donkelaar, A., R. Martin, R. Park, C. Heald, T.-M. Fu, A. Guenther, Model evidence for a significant source of secondary organic aerosol from isoprene, Atmospheric Environment, 41, 1267-1274, 2007.
- 22) EEA aggregated and gap filled air emission data, <http://dataservice.eea.europa.eu/dataservice/metadetails.asp?id=983>
- 23) EEA, Computer Programme to Calculate Emissions from Road Transport COPERT 4 , 2006, <http://lat.eng.auth.gr/copert/>
- 24) EEA, EEA aggregated and gap filled air emission data, <http://dataservice.eea.europa.eu/dataservice/metadetails.asp?id=983>
- 25) EEA, EMEP/CORINAIR Emission Inventory Guidebook – 2007,
- 26) Keisuke Nansai, Noriyuki Suzuki, Kiyoshi Tanabe, Shinji Kobayashi and Yuichi Moriguchi, Design of Georeference-Based Emission Activity Modeling System (G-BEAMS) for Japanese Emission Inventory Management, 13th International Emission Inventory Conference in Clearwater, Florida, June 7 - 10, 2004
- 27) US EPA and NOAA, Biogenic Emissions Inventory System (BEIS), <http://www.epa.gov/AMD/biogen.html>
- 28) US EPA, Compilation of Air Pollutant Emission Factors AP 42, Volume I, Fifth Edition, 1995, <http://www.epa.gov/otaq/ap42.htm>
- 29) US EPA, National Emissions Inventory (NEI) Air Pollutant Emissions Trends Data, <http://www.epa.gov/ttn/chief/trends/>
- 30) US EPA, SPECIATE Version 4.0, 2006, <http://www.epa.gov/ttn/chief/software/speciate/index.html>
- 31) US CEMPD, SMOKE, <http://www.smoke-model.org/index.cfm>
- 32) US EPA, PM 2.5 Inventory Resource Center, <http://www.epa.gov/ttn/chief/eiip/pm25inventory/index.html>
- 33) US NCAR, Model of Emissions of Gases and Aerosols from Nature (MEGAN), <http://bai.acd.ucar.edu/Megan/>

- 34) US EPA, WebFIRE, <http://cfpub.epa.gov/oarweb/index.cfm?action=fire.main>
- 35) US EPA, Air Quality Criteria for Particulate Matter Volume I, EPA/600/P-99/002aF, 2004

未定稿