

PM2.5 国内排出抑制策の方向性について（案）

I はじめに

微小粒子状物質（PM2.5）については、平成 21 年に大気環境基準が設定された。PM2.5 の年平均濃度は減少傾向にあるものの、環境基準の達成率は 3～4 割と低い状況にある。

微小粒子状物質（PM2.5）は、生成機構の解明が不十分であり、対策に必要な発生源データ等が不足している。また、越境大気汚染による影響も指摘されている。

また、光化学オキシダントは、窒素酸化物（NO_x）や揮発性有機化合物（VOC）が前駆物質となるなど、PM2.5 と共通する課題が多い。これまで、これらの前駆物質の排出抑制対策の取組が進められており、高濃度域の光化学オキシダントの改善が示唆されているものの、環境基準達成率は 1% に満たない状況にある。

これらの課題に対応し、今後適切な対策を検討していく必要があることから、PM2.5 の現象解明に関する検討を進めるとともに、光化学オキシダント対策と共通する課題が多いことにも留意しつつ、PM2.5 の国内における当面の排出抑制の方向性を検討する必要がある。

II 背景

1. 微小粒子状物質（PM2.5）の特性

PM2.5 等の粒子状物質は、硫酸塩、硝酸塩、炭素成分、金属成分、土壌成分等から構成される混合物であり、その発生機構により一次生成粒子と二次生成粒子に分類される。

一次生成粒子は、発生源から直接大気中へ粒子として排出されるものであり、物の破碎や研磨等による細粒化や物の燃焼等に伴って排出される人為起源のものと、土砂の巻き上げ等による自然起源のものがある。

物の破碎や研磨等によって発生したものや自然起源のものは主に粗大粒子領域に分布しており、物の燃焼に伴って排出されたものは主に微小粒子領域に分布している。

二次生成粒子は、硫黄酸化物（SO_x）、窒素酸化物（NO_x）、塩酸（HCl）及び揮発性有機化合物（VOC）等のガス状大気汚染物質が、主として環境大気中での光化学反応や中和反応などにより蒸気圧の低い物質に変化し、粒子化したものである。

二次生成粒子についても、前駆物質が人為起源のもの（燃焼等に伴う VOC、SO_x、NO_x、HCl など）と、自然起源のもの（植物からのイソプレンやテルペン類の発生など）がある。

2. 大気環境濃度

近年、SO₂、NO₂については、環境基準はほぼ達成されている。

SPMは、黄砂の影響等により平成23年度の環境基準達成率は約7割であったものの、年平均濃度は低減傾向を維持しており、平成24年度は環境基準をほぼ達成している。

PM_{2.5}の年平均濃度は、低減傾向にあるが、平成24年度の環境基準達成率は、一般局で135局(43.3%)、自排局で41局(33.3%)となっている。(別添1参照)

なお、微小粒子状物質(PM_{2.5})の測定局数は、平成26年度末に約1000局となる見込みであり、1300局を目標にさらに監視体制の整備に努めている。

光化学オキシダントについては、昼間の日最高1時間濃度の年平均値の漸増傾向や注意報発令地域の広域化が見られ、また、環境基準達成率(1時間値の年間最高値が0.06ppmを超えない測定局数の割合)は1%以下の水準にとどまっている。平成26年8月に本専門委員会において環境改善効果を適切に示すために提言した新指標(日最高8時間平均値の年間99パーセンタイル値の3年平均値)によれば、関東地域、東海地域、阪神地域等において、近年、域内最高値が低下しており、高濃度域の光化学オキシダントの改善が示唆されている。(別添1参照)

Ⅲ 微小粒子状物質(PM_{2.5})対策の方向性

1. PM_{2.5}寄与割合の定性的評価

1.1 国内発生源の寄与割合

(1) 発生源別寄与割合の推計例

① PM_{2.5}の原因物質と発生源を明らかにし、その寄与割合を推定することは、削減対策を検討する上で重要な知見となる。PM_{2.5}の成分分析結果やレセプターモデル、シミュレーションモデル等を活用して、発生源寄与割合が推計されている事例がある。ただし、これらの発生源別寄与割合の推計は、発生源の分類が統一されていないこと、使用する排出インベントリ情報やモデルの精度が不十分であることなどから、数値を比較し、定量的に評価することが難しい点に留意が必要である。

② 「東京都微小粒子状物質検討会報告書」¹では、東京都の大気環境中のPM_{2.5}に関する一次生成粒子と二次生成粒子の割合、発生源寄与割合等について、以下のような推計がなされている。

- ・ 一次生成粒子と二次生成粒子の割合は、一次生成粒子が25%、二次生成粒子が67%、その他が8%となっている。
- ・ 発生源寄与割合を地域別に見ると、都内の発生源による寄与が約2割、都を除く関東地方(関東6県)が約3割、関東地方外(国外を含む)が約2割であった。その他に二次生成有機粒子(約2割)、海塩・土壌、水分(計約1割)であった。(別添2参照)

¹東京都微小粒子状物質検討会、東京都微小粒子状物質検討会報告書(平成23年7月)

- ・ 発生源寄与割合は、自動車、船舶、大規模固定発生源など人為発生源の寄与は東京都と関東6県からの発生源で約34%あり、このうち都内発生源は約11%、関東6県の発生源は約23%であった。アンモニア発生源（農業・畜産含む）、火山など自然発生源の寄与割合は東京都と関東6県からの発生源で約15%あり、このうち都内発生源で約4%、関東6県からの発生源で約11%であった。（別添2参照）

- ③ 名古屋市環境科学調査センターが名古屋市内2地点で行ったPM2.5の成分分析結果²（平成23年度）を用いて、レセプターモデルにより発生源寄与率を推計した結果では、年間の平均で二次生成粒子の寄与が一般局で56%、自排局47%となっている。
- 東京都微小粒子状物質検討会報告書との比較では、硫酸塩、硝酸塩の濃度が東京都よりもかなり低く、名古屋市内における二次生成による影響は、東京都よりも小さいとされている。（別添3参照）

（2）都市部における感度解析結果の例³

3次元大気シミュレーションにより、2005年度の三大都市圏PM2.5濃度に対する発生源・越境輸送の感度解析を行った結果によれば、大阪・兵庫圏では国外の人為発生源の感度が高かったが、愛知・三重圏、首都圏、東京23区の順に小さくなる一方、国内発生源の火山、船舶、自動車排気、自動車以外燃焼、NH₃の感度が高くなっている。季節別に見ると、夏には火山と船舶、春と秋には国外の人為発生源、冬には大阪・兵庫圏と愛知・三重圏では国外の人為発生源、首都圏と東京23区では国内発生源の感度が高かったとされている。

ただし、シミュレーションによるPM2.5濃度計算値は年間を通して3～4割の過小評価となっており、今後のシミュレーションの改良が必要とされていることに留意が必要である。（別添4参照）

（3）その他の知見

- ① 関東地方では、冬季はバイオマス燃焼や硝酸塩、夏季は重油由来の硫酸塩が多い。硝酸塩は国内寄与の割合が多い。
- ② アンモニア（NH₃）は、PM2.5の形成に重要な役割がある。ただし、排出量の推計が非常に不確実である点に留意する必要がある。
- ③ 植物起源のVOCは、二次生成粒子の原因物質であり、その寄与が無視できないと考えられている。
- ④ また、野焼きの影響が指摘されており、諸外国では調理に伴う排気もPM2.5の発生源の一つと指摘されている。

1.2 越境汚染の寄与割合⁴

（1）年平均濃度への寄与割合の推計例

- ① 年平均濃度への越境汚染の寄与割合は、西日本で大きく、九州地方では約7割（中国約6割、朝鮮半島約1割）、関東地方では約4割（中国約4割、朝鮮半島0割）と推計されている。

² 山神真紀子、久恒邦裕、池森文数、微小粒子状物質（PM2.5）の発生源寄与率の推定、名古屋市環境科学調査センター年報第1号（平成24年）

³ 茶谷聡、森川多津子、中塚誠次、松永壮3次元大気シミュレーションによる2005年度日本三大都市圏PM_{2.5}濃度に対する国内発生源・越境輸送の感度解析

⁴ 金谷有剛、日本のPM2.5はどこからくるのか～越境汚染の寄与をさぐる～、中央環境審議会第2回微小粒子状物質等専門委員会資料をもとに作成

- ② 国内発生源の寄与割合は、東側に行くほど大きく、九州地方では約 2 割、関東地方では約 5 割と推計されている。

(2) 高濃度日への寄与割合の推計例

九州地方における高濃度日は越境汚染が支配的であるケースが多い。首都圏などでは高濃度日は国内の影響が支配的な日もある。

2. 既存の施策の評価と排出抑制対策の方向性

2.1 概要

越境汚染の寄与割合は西日本などで比較的高く、感度解析の結果においても越境汚染が低減した場合に我が国の PM2.5 濃度の低減効果が大きいと示唆されていることから、越境汚染対策は重要である。

一方で、国内の発生源についても、固定発生源や自動車、船舶、NH₃の発生源等が、年平均濃度又は高濃度日において一定の寄与割合を占めていると考えられ、特に関東地方などでは国内の寄与割合が大きいと考えられることから、国内における排出抑制対策を着実に進めることが必要である。

その際、PM2.5 の生成機構や発生源の寄与割合について科学的に解明すべき課題が残されていることや、PM2.5 を構成する成分が多く種々の対策が必要であることを踏まえ、現時点の知見に基づき既存の大気汚染防止施策を PM2.5 対策の観点を含めて更に推進していく短期的課題と、調査研究等による知見の集積を図りつつ総合的に取り組む中長期的課題を整理し、段階的に対策を検討していくことが適当と考えられる。

以上を踏まえ、短期的課題と中長期的課題について以下に列挙した。両課題の列挙にあたっては、以下を基本的方針とした。

・ 短期的課題

PM2.5 の削減に確実に寄与する一次生成粒子 (ばいじん、ディーゼル微粒子等)、並びに PM2.5 と光化学オキシダントの前駆物質 (NO_x、VOC) について、排出規制等の取組状況、排出実態や排出抑制技術の状況等を踏まえ、対策強化の可能性を検討する。

また、PM2.5 の削減を進める上で重要であるが、大気汚染防止法に基づく規制等が行われていない物質 (NH₃) 等について、取組を検討する。

・ 中長期的課題

短期的課題と並行して、総合的な対策に取り組む上での基礎となる現象解明や情報整備に取り組み、その進捗状況に応じて追加的な対策を検討する。

<p>短期的課題</p>	<p>1. 固定発生源</p> <p>排出削減に確実に寄与するばいじんについては、排出実態や最新の排出抑制技術の状況等を踏まえ、対策強化の可能性について、速やかに検討すべきではないか。</p> <p>窒素酸化物 (NO_x) 及び揮発性有機化合物 (VOC) については、これまでの光化学オキシダント対策としての取組や最新の排出抑制技術の状況等を踏まえ、対策強化の可能性について、速やかに検討すべきではないか。</p> <p>2. 移動発生源</p> <p>移動発生源については、粒子状物質、窒素酸化物等に対する排ガス規制の強化スケジュールが示されているところであり、着実にその実施を図るとともに、低公害車等の普及を進めるべきではないか。</p> <p>3. その他</p> <p>アンモニアや野焼きについては、大気汚染防止法の規制対象となっていないが、PM_{2.5} の濃度上昇に寄与することから、アンモニアの排出量把握や、野焼きの影響について一般への周知を行いつつ、排出抑制の取組を推進すべきではないか。</p>
<p>中長期的課題</p>	<p>1. 二次生成粒子（特に、二次生成有機粒子）の生成能に関する科学的知見の充実を踏まえ、PM_{2.5} やオキシダント生成能の高い VOC を対象とした排出抑制対策を検討すべきではないか。</p> <p>2. 固定発生源からの凝縮性ダストについて、適切な測定方法の開発や排出実態の解明を進め、排出抑制対策を検討すべきではないか。</p> <p>3. シミュレーションモデルの高度化や排出インベントリの精緻化を踏まえ、寄与割合の高い発生源を推計し、効果的な対策を検討すべきではないか。</p>

2. 2 各種発生源に対する対策

(1) 固定発生源

<ばいじん>

(これまでの取組)

- ① ばい煙発生施設からのばいじんの排出量は、減少傾向にある。環境省の大気汚染物質排出量総合調査によれば、ばいじんの排出量は、平成 11 年度（約 7.5 万トン）から平成 23 年度（約 3.7 万トン）の間にほぼ半減している。（別添 5 参照）
- ② 大気汚染防止法に基づくばいじんの排出規制については、平成 10 年に廃棄物焼却炉

に対する排出基準の規制強化が行われた。ダイオキシン類に関する排出規制と相まって、廃棄物焼却炉からのばいじん排出量は大幅に削減され、大気環境中の SPM 及び PM2.5 の低減に寄与したと考えられる。

- ③ 廃棄物焼却炉以外の施設に対するばいじんの排出規制については、昭和 60 年に小型ボイラー、昭和 63 年にガスタービン及びディーゼル機関、平成 3 年にガス機関及びガソリン機関が新たに規制対象として追加されているが、昭和 57 年以降、排出基準値の見直しは行われていない。

(課題)

- ① ばいじんの排出規制について、大防法に基づく排出規制の状況、中小事業所の排出実態、及び排出抑制技術の開発や普及の動向等を踏まえて、追加的な排出抑制策の可能性を検討すべきではないか。
- ② 固定発生源からの一次生成粒子の測定方法においては、煙突からの排出直後に大気との混合・冷却により凝縮し、粒子化する凝縮性ダストが粒子として測定されず、微小粒子状物質の排出量を過小評価している可能性がある。凝縮性ダストを精度よく測定することは、インベントリの精緻化のためにも重要であることから、適切な測定方法の開発や排出実態の解明を進め、必要に応じ、追加的な対策を検討すべきではないか。
- ③ 諸外国で主要発生源の一つと指摘される調理に伴う排気について、日本でも排出実態の把握が必要ではないか。

<SO_x、NO_x>

(これまでの取組)

- ① ばい煙発生施設からの SO_x 排出量は減少傾向にあり、NO_x は 1980 年代後半から増加傾向にあったものの、2000 年代後半からは減少に転じている。(別添 5 参照)
- ② SO_x については、昭和 51 年に排出基準が強化 (K 値第 8 次規制等) されて以降、昭和 60 年に小型ボイラー、昭和 63 年にガスタービン及びディーゼル機関、平成 3 年にガス機関及びガソリン機関が新たに規制対象として追加されているが、排出基準の見直しは行われていない。脱硫技術は、技術的にはほぼ確立されており、新たな処理技術の開発よりも従来技術のコスト低減が重視されている。
- ③ NO_x については、排出抑制技術の動向も踏まえ、地域によっては、条例による上乘せ規制により、法律よりもきびしい排出基準が設定されている状況があり、光化学オキシダントの前駆物質としての排出抑制の取組も求められている。
- 一方で、大気汚染防止法に基づく NO_x の排出基準は、昭和 58 年に強化 (第 5 次) が行われて以降、SO_x 同様、小型ボイラー等が規制対象に追加されているが、排出基準の見直しは行われていない。

(課題)

- ① NO_x の排出規制について、大防法に基づく排出規制の状況、条例による規制強化の状況、中小事業所の排出実態、及び排出抑制技術の開発や普及の動向等を踏まえて、追加的な排出抑制策を検討すべきではないか。

- ② SO_x 、 NO_x からの二次生成に関する科学的知見の充実を踏まえて、より効果的な排出抑制のあり方を検討すべきではないか。

<VOC>

(これまでの取組)

- ① 固定発生源から排出される VOC については、SPM や光化学オキシダントに係る大気環境の改善に必要であるとして、平成 18 年 4 月から大気汚染防止法に基づく規制と自主的取組のベストミックスによる排出抑制に取組んだ結果、平成 22 年度の VOC 排出量を平成 12 年度比で 4 割以上削減し、VOC 排出量の削減目標（3 割）を達成した。
- ② 「今後の揮発性有機化合物（VOC）排出抑制対策の在り方について（答申）」（平成 24 年 12 月、中央環境審議会大気環境部会揮発性有機化合物排出抑制専門委員会）においては、「制度の見直しについて特段の必要性は認められず、法規制と自主的取組を組み合わせた現行の VOC 排出抑制制度は、このまま継続することが適当」とされており、継続的な取組により、今後も排出抑制が期待されている。
- ③ 従前の自動車排ガス対策や VOC 排出抑制対策により、 NO_x と VOC の濃度は長期的に低下しており、高濃度域の光化学オキシダント濃度の改善が示唆されている⁵。（別添 1 参照）
- ④ 一方、VOC 排出抑制制度の施行以降、環境省が毎年度更新している VOC 排出インベントリにおいて、燃料小売業からの VOC 排出量は、平成 24 年度時点において自主的取組による削減が進まず、排出量にほとんど低減がみられない。（別添 6 参照）
- ⑤ 燃料小売業から排出される VOC については、給油所において、タンクローリから地下タンクへの燃料受入時に排出されるものと車両へ給油する時に排出されるものがある。
- 車両への給油時の燃料蒸発ガス対策については、燃料供給施設側での対策及び自動車構造側での対策があるが、「今後の自動車排出ガス低減対策のあり方について（第五次答申）」（平成 14 年 4 月 16 日中央環境審議会）において、「対策を導入した場合の実行可能性、蒸発ガスの回収効率の確保に必要なリード蒸気圧等の条件といった技術的課題、対策による効果等についての検討を進め、また、炭化水素排出量全体に占める寄与度や他の発生源に対する炭化水素対策に関する検討状況及び欧米での状況も踏まえ、早急に結論を出すことが適当である。」とされている。
- また、タンクローリから地下タンクへの燃料受入時の燃料蒸発ガス対策については、日本国内でも既にいくつかの自治体の条例で義務付けされているが、同答申において「今後推進していくことが強く望まれる。」とされている。

(課題)

- ① 給油所における有効な燃料蒸発ガス対策について、速やかに検討すべきではないか。
- ② $PM_{2.5}$ 及びオキシダント生成能の高い VOC をそれぞれ明らかにすること、植物起源 VOC の排出量の実態把握を進めること等により、VOC 排出抑制策の検討を中長期的に進めるべきではないか。

⁵ 光化学オキシダント調査検討会、光化学オキシダント調査検討会報告書（平成 26 年 3 月）

(2) 移動発生源

<自動車（オフロード車を含む。）>

(これまでの取組)

- ① 自動車については、大気汚染防止法（自動車単体対策、燃料対策）により、累次にわたる規制強化が行われ、低公害車・次世代自動車の普及が進んでいる。その結果、SO_x、NO_x、PM、HC 等の排出量が大幅に低減するなど、大気汚染の改善に貢献している。（別添 7 参照）
また、自動車からの排出ガス総量は、最新の排出ガス規制が適用される車両に代替が進むことにより、大きく削減すると予想される。各種自動車の排出ガス規制により、平成 32 年の排出量は平成 23 年と比べ、NO_x : 58 万トン→29 万トン、PM : 2.7 万トン→0.7 万トン、HC : 13 万トン→5 万トンに削減されると推計される。（別添 8、9 参照）
- ② 「今後の自動車排出ガス低減対策のあり方について（第十一次答申）」（平成 24 年 8 月 10 日、中央環境審議会）において、PM_{2.5}については、「まずは、これまでの排出ガス規制等による PM 低減対策を着実に実施することとし、今後、PM_{2.5}に対する総合的な対策及びブラックカーボンの温暖化の効果と削減対策を検討する中で、自動車に必要な対策についても検討する。」とされている。
- ③ VOC については、HC 又は非メタン炭化水素（NMHC）について規制強化が進められてきた。同答申においては、「今後、VOC について、工場・事業場等を含めた総合的な低減対策を検討することとなった場合には、その一環として、改めて自動車の排出ガス低減対策及び燃料規格のあり方について、その効果と課題を踏まえて検討する。」とされている。
- ④ 特定特殊自動車（オフロード車）については、「特定特殊自動車排出ガスの規制等に関する法律」（オフロード法）に基づき、排出ガス規制が行われており、NO_x、PM の大幅削減のための規制強化が順次実施されている。
- ⑤ また、大都市地域においては、自動車 NO_x・PM 法に基づき、国が総量削減基本方針を定め、関係 8 都府県が総量削減計画を策定し、自動車からの NO_x 及び PM の排出量の削減に向けた施策を計画的に進めてきている。

(課題)

- ① 自動車（オフロード車を含む）については、大気汚染防止法によりこれまで排出ガス規制の強化が行われてきており、今後も NO_x、PM 等の規制の強化が予定されていることから、引き続き、着実にその実施を図るとともに、低公害車等の導入を進めていくことが適切ではないか。
- ② 自動車 NO_x・PM 法に基づく総量削減基本方針に定める目標の達成に向けて、車種規制の実施、局地汚染対策等、総合的な自動車排出ガス対策の推進に引き続き取り組んでいくべきではないか。
- ③ （再掲）給油所における有効な燃料蒸発ガス対策について、「今後の自動車排出ガス低減対策のあり方について（第五次答申）」（平成 14 年 4 月 16 日中央環境審議会）を踏まえ、速やかに検討すべきではないか。

<船舶>

(これまでの取組)

- ① 船舶から排出される大気汚染物質については、海洋汚染等及び海上災害の防止に関する法律（以下、「海防法」という。）により、原動機としてディーゼル機関が設置されている船舶（定格出力が130kW以下のものを除く。）について、NO_xの放出量に係る放出基準が定められているとともに（第19条の3）、SO_x及びPMの削減のため、燃料油の品質の基準として、硫黄分の濃度基準が定められている（第19条の21）。硫黄分の濃度基準は、早ければ2020年に強化が予定されている。（別添10参照）
- ② これらのNO_x、SO_x、PMに係る規制は、MARPOL条約付属書VIにおいて段階的な強化が予定されており、順次海防法においても規制の強化が実施される予定である。
- ③ VOCについては、大気汚染に係る基準は定められていないが、環境大臣は、船舶からの揮発性有機化合物の放出の抑制を図るため必要があると認めるときは、国土交通大臣に対し、港湾を特定して、揮発性物質放出規制港湾の指定を求めることができると規定されている（第19条の23）。

(課題)

- 船舶については、引き続き、今後予定されているNO_xやSO_x等の排出規制の実施を着実に進めることが適切ではないか。

(3) その他

<NH₃発生源>

(これまでの取組)

- ① アンモニア（NH₃）は、二次生成粒子の原因物質となるが、排出量の不確実性が非常に高い。主要な発生源は、農地への施肥や家畜排せつ物と推計されている。
- ② NH₃については、大気汚染防止の観点での排出規制は措置されていない。
- ③ 一方、水質汚濁防止の観点から、水質汚濁防止法に基づき、畜産農業施設等からの硝酸性窒素等を含む汚水等の排出規制や地下浸透規制、湖沼や閉鎖性海域の水質保全の観点から富栄養化対策が行われている。また、過剰な施肥や家畜排せつ物の不適正な取扱いは硝酸性窒素による地下水汚染の原因となることから、その未然防止対策（施肥量の適正化、家畜排せつ物の適正管理の推進等）が行われている。

(課題)

- ① 農畜産業等のNH₃については、排出量の把握、排出インベントリの精緻化について科学的知見の充実を図りつつ、当面、硝酸性窒素による地下水汚染の防止策や、指定湖沼及び閉鎖性海域における富栄養化対策として実施されている窒素負荷低減対策を推進していくことが適切ではないか。

<野焼き>

(これまでの取組)

- ① 野焼きは、廃棄物処理法において原則禁止されているが、例外として、国又は地方公共団体がその施設の管理を行うために必要な廃棄物の焼却（河川敷の草焼き、道路

側の草焼きなど)、農業、林業又は漁業を営むためにやむを得ないものとして行われる廃棄物の焼却(焼き畑、畔の草及び下枝の焼却など)等が認められている。

- ② 野焼きにより、地域的、季節的に PM2.5 の濃度が上昇する可能性がある。

(課題)

- ① 野焼きの影響について実態把握を行うとともに、野焼きが PM2.5 濃度の上昇に直接的に影響する可能性があることを一般に周知し、濃度上昇が予測される気象条件の際には実施しないように要請すべきではないか。

3. 今後の検討課題

- (1) PM2.5 の排出抑制策を進める上での基礎となる常時監視体制の整備、排出インベントリの整備・更新、シミュレーションモデルの精緻化、二次生成粒子の生成機構の解明、凝縮性ダストの測定方法の開発等の科学的知見の充実に取り組む必要がある。
- (2) PM2.5 の発生源や原因物質は多様であり、環境基準を達成するためには種々の対策が必要となる。PM2.5 対策に必要な現象解明や情報整備を進めることにより、取り組むべき対策の効果や優先度、課題等を明らかにしつつ、発生源別寄与や対策効果・コスト、実施可能性等に関する知見を踏まえ、総合的・効果的な排出抑制対策を検討する必要がある。