

第 2 章 発生源について

2-1 発生源調査結果

(1) 発生源調査の概要

PM_{2.5} の排出実態の把握やレセプターモデル(第 3 章参照)に用いる発生源プロファイルの充実などを目的に、平成 20～21 年度に様々な発生源において、排出ガス中の粒子状物質の濃度、成分を把握するための調査を実施した。調査対象としては、ボイラー、廃棄物焼却炉、自動車などのほか、これまであまり調査されてこなかった喫煙所や調理、野焼きなども対象とした。

粒子は粒径別にばいじん、粒径 10 μm 以下(SPM 相当)、2.5 μm 以下(PM_{2.5} 相当)及び凝縮性ダストを測定対象とし、質量濃度測定及び成分(炭素成分、金属成分、イオン成分)分析を行った。

粒子の採取は、原則としてカスケードインパクトにより行ったが、特殊な条件の場合には環境試料の場合と同じ FRM 法によるなど、発生源に合わせた方法を採用した。

また、あわせて凝縮性ダストの採取も試みた。凝縮性ダストは、ボイラー等の排出ガスが、煙突の中では高温であるためガス状であるが、煙突から排出された直後に外気により急冷されて凝縮する粒子である。ここでは、清浄な空気です約 20 倍に希釈・冷却し、滞留時間を 10 秒程度とりフィルタに採取した(空気希釈法)。

なお、本調査では、いずれの発生源においても単数回の測定であり、排出原単位として再現性を含めた精度が高いとは言えない結果である。ディーゼル自動車排出ガスについては排ガス処理装置の装着などにより、定量下限以下のデータも多かった。今後、更なるデータの蓄積が望まれる。

(2) 粒子状物質の排出濃度

各発生源における PM_{2.5} 排出濃度は、数十～数万 μg/m³であり、発生源の種類や原燃料により、大きく異なっていた。しかし、各発生源におけるばいじんと PM_{2.5} 濃度は全体としては大きな差異はなかった。一般的に、燃焼に伴い発生する粒子の粒径はほとんど 2.5 μm 以下であるとされていることから妥当な結果であると考えられる。

また、これまであまり調査されていなかった未把握の発生源である「タバコの煙」や厨房・家庭台所における「調理」などからも PM_{2.5} が排出されていることがわかった。

さらに、ボイラー等の排気からは、凝縮性ダストも大気中に排出されていることがわかった(図 2-1)。これら未把握発生源や凝縮性ダストの成分としては、いずれも有機炭素(OC)濃度が高かった。

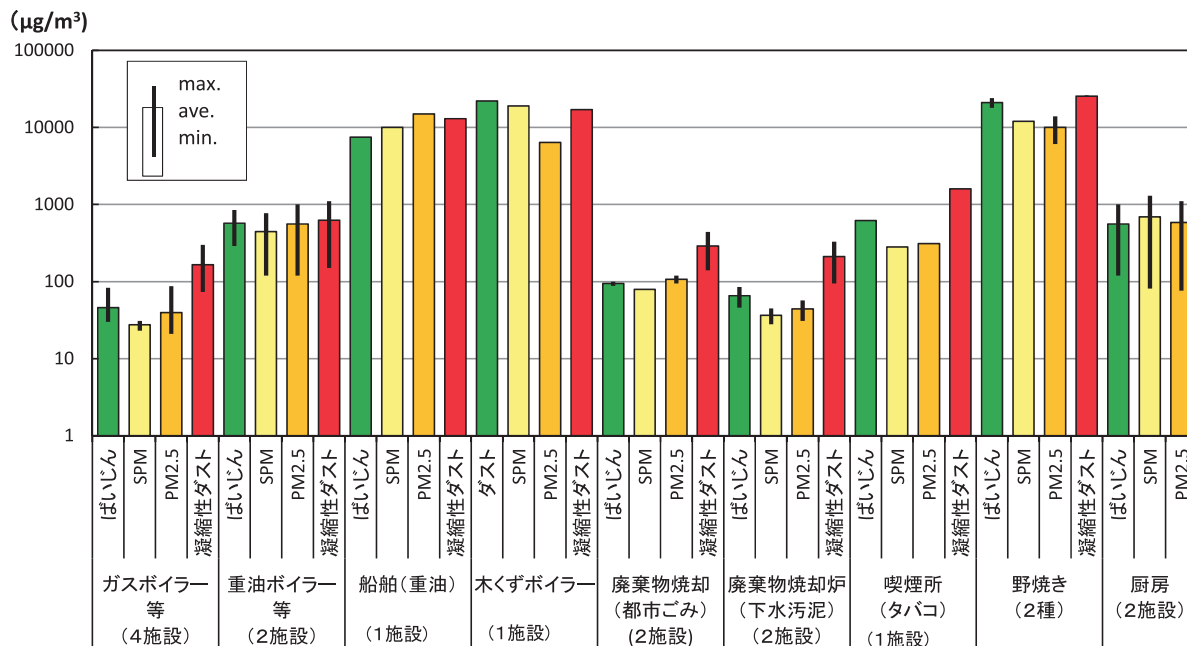


図 2-1 主な発生源からの粒子状物質排出濃度

※ 凝縮性ダストの濃度には、PM2.5 等を含む

(3) 過去の調査結果との比較

過去に実施した調査結果と排出原単位(原燃料一単位あたりの PM 排出量)を比較すると、ボイラー(木くず)等は変わらなかったが、焼却炉(都市ごみ)は、1/10 程度まで大きく低減していた(図 2-2)。また、自動車排出の粒子状物質(PM)も、長期規制適合車に比べ、新長期規制適合車は大幅に減少していた(図 2-3)。これは、廃棄物焼却炉対策やディーゼル車規制などの各種施策の効果であると考えられる。

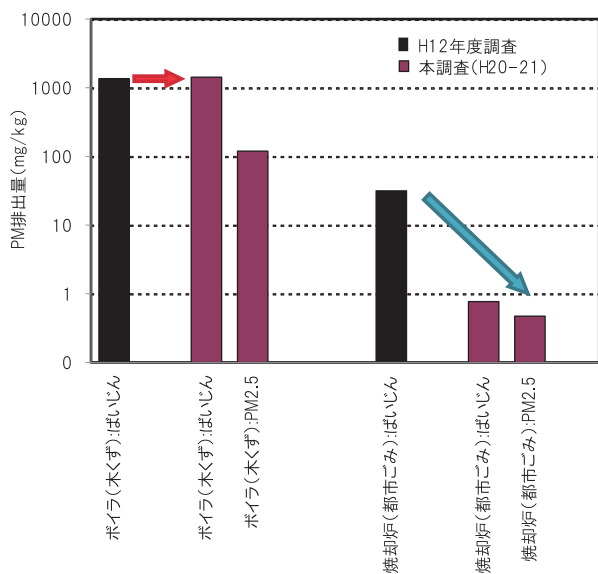


図 2-2 固定発生源 PM 排出原単位の比較

※ 平成 12 年度調査はばいじんのみ

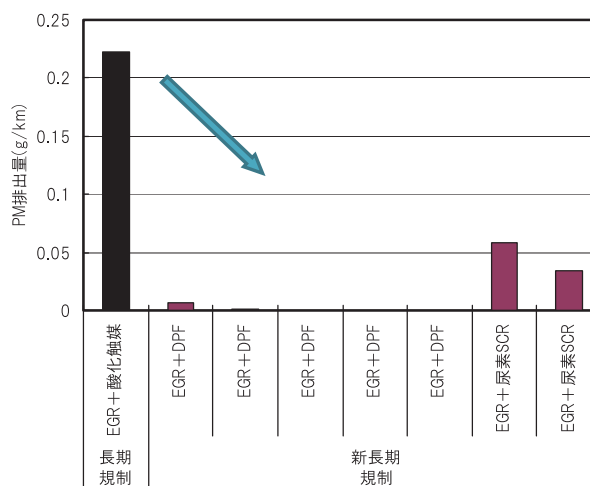


図 2-3 自動車 PM 排出原単位の比較

2-2 共同研究報告

環境中のPM_{2.5}の約3割を占める炭素成分について、発生源寄与解析に資するため、次の共同研究を実施した。

(1) 放射性炭素同位体分析(国立環境研究所との共同研究)

都市ごみ焼却炉、下水汚泥焼却炉では、排出粒子中の全炭素(TC)濃度は比較的小さく、粒子の90%以上が非炭素性であった。一方、地下街排気、調理排気、重油ボイラーでは、粒子の70%以上が炭素性であることがわかった。さらに、地下街排気、厨房排気では、排出粒子中のTCのほとんどがバイオマス起源であることがわかった。一方、都市ごみ焼却炉、下水汚泥焼却炉では、バイオマス起源炭素が30%~50%の割合で混合していることがわかった。また、重油ボイラーから排出されているTCのほとんどは化石燃料起源炭素であった。

(2) レボグルコサン分析(埼玉大学との共同研究)

図2-4に発生源サンプルにおけるレボグルコサン等の分析結果を示す。ボイラー(木くず)、野焼き、喫煙所、地下街においては、レボグルコサンが顕著に検出された。この結果はレボグルコサンがバイオマス燃焼に伴って発生する成分であることから、妥当な結果であると考えられる。

一方で、船舶、ボイラー(重油)、厨房や家庭台所からの調理排気といった発生源においてもレボグルコサンは検出されたが、その濃度は他の発生源と比較すると極めて低い値であった。

また、レボグルコサンとイオン成分(K⁺、Cl⁻)との関係では、バイオマス燃焼由来の発生源ではイオン成分、レボグルコサンの両方とも検出されたが、化石燃料燃焼由来ではイオン成分は検出されず、レボグルコサンは微量、検出される結果となった。

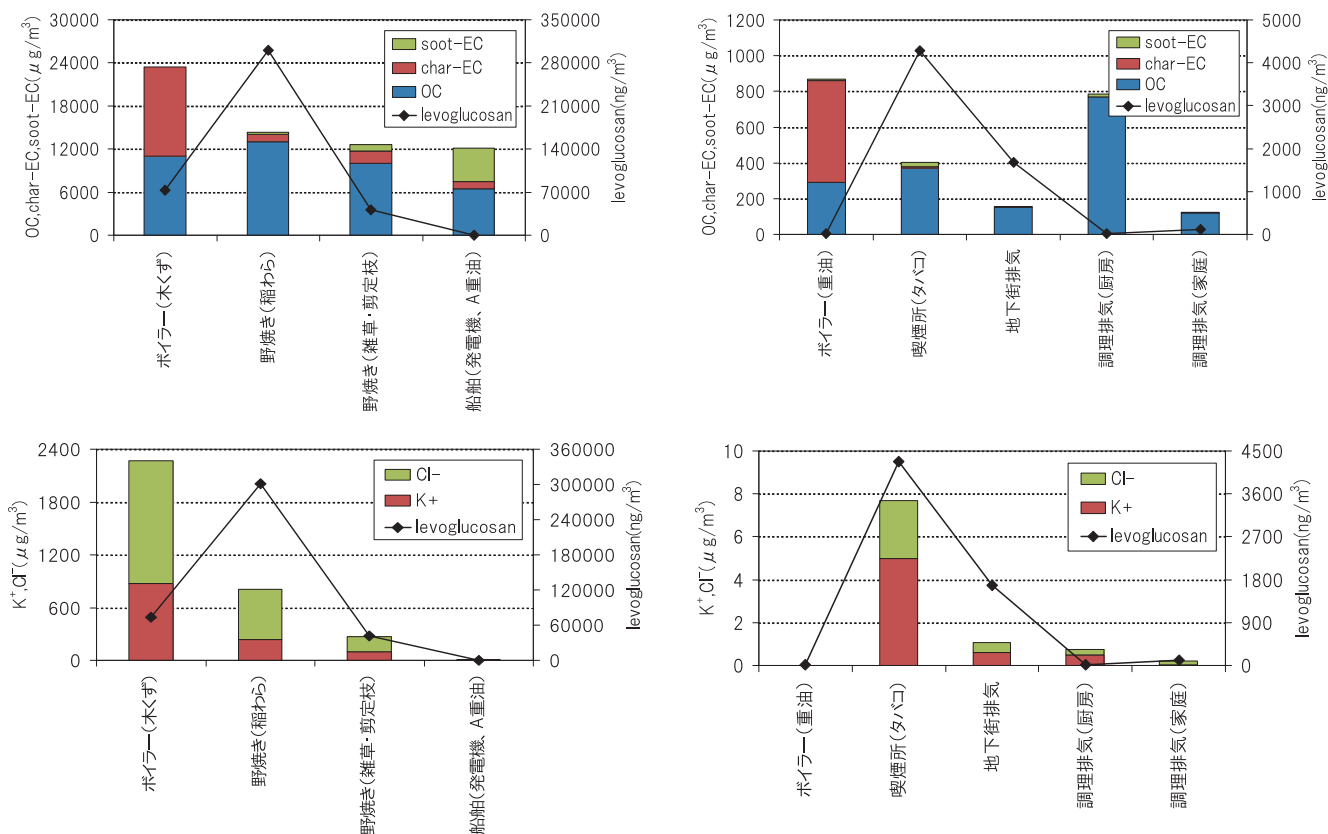


図2-4 各発生源におけるレボグルコサン等の濃度

(3) 重金属同位体分析(東京大学との共同研究)

平成20年度に、発生源解析のための新たな指標を見出すことを目的として、鉛の安定同位体比に着目し、東京大学と共同研究を実施した。その結果、自然起源と人為起源を区別することは可能であるが、人為起源の鉛同位体比の分布は重複しており、かつ分布の範囲も広いため、現段階では不確かさがあることがわかった(図2-5)。

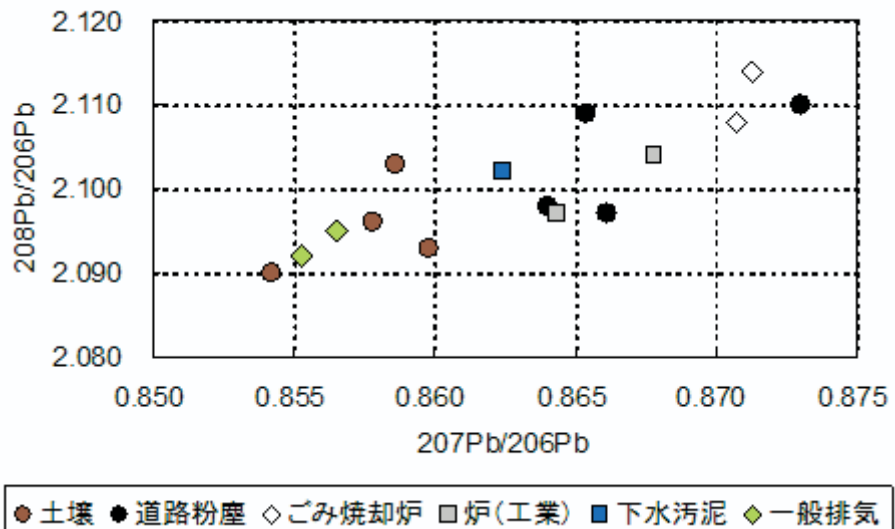


図2-5 発生源からのSPM中鉛安定同位体比の分布

2-3 排出インベントリ

PM_{2.5}の将来濃度を予測し、対策を検討するためには、PM_{2.5}の原因物質の発生源と排出実態を明らかにする必要がある。PM_{2.5}の原因物質の排出目録(インベントリ)の整理に当たっては、今回調査した発生源調査結果も含め、既存の排出原単位及び工場等の操業状況や自動車の運行状況、家庭での調理時間などの活動量データを可能な限り収集し、排出係数を更新した。また、想定されるすべての発生源も考慮した。

ただし、排出原単位や活動量データについては、植物起源やアンモニア発生源など不確実性が高い発生源が多く、本報告の排出インベントリは、まだ改善の余地があり、今後、追加、見直しをしていく必要がある。特に、PM_{2.5}の排出量については、多くの測定は「ばいじん(自動車排出ガスの場合にはPM)」として行われているため、粒径分布の知見からPM_{2.5}/ばいじん(PM)比率を設定した。しかし、全ての施設・燃原料種類別の係数設定が困難であったため、類似施設の係数を代用しているものがあり、今後、データの充実が望まれる。

排出インベントリを推計したところ、PM_{2.5}の原因物質に含まれる発生源について、次のようなことが明らかとなった。

- PM_{2.5}原因物質の排出源は多岐にわたること
- 主要な発生源である工場などの産業・業務部門、自動車などの運輸部門の他に、タバコや調理など、家庭部門からの排出が無視できない割合であったこと
- 植物からの揮発性有機化合物(VOC)の蒸発や火山ガスに含まれる硫黄酸化物(SO_x)など、自然起源も多くあること

次に、東京都と関東地方全体からの排出量を比較した(図2-6、7、8)。

SO_xは、東京都、関東地方ともその他が約9割を占めているが、これらは火山(浅間山と三宅島雄山)からの排出が大半を占めていると推定された。人為発生源は、東京都では運輸部門の排出量の方が、産業・業務部門より多くなっているが、関東全体では産業・業務部門の排出量の方がわずかに多くなっていた。

窒素酸化物(NO_x)、PM及びPM_{2.5}は、東京都では、運輸部門からの排出量が大きくなっているが、関東全体では運輸部門と産業・業務部門の差は少なくなっている。

非メタン揮発性有機化合物(NMVOC)は、東京都では、ほとんどが産業・業務部門からの排出であったが、関東地方全体では、産業・業務部門のほか、その他からの排出も多かった。これは、植物由来のものと推定された。

アンモニア(NH₃)も、東京都、関東地方ともその他が約9割を占めているが、これらは農業・畜産等からの排出が多くを占めていると推定された。

その他が大部分の排出量を占めるものもあったが、今後の対策を考える上では人為起源の排出が重要であると考えられる。

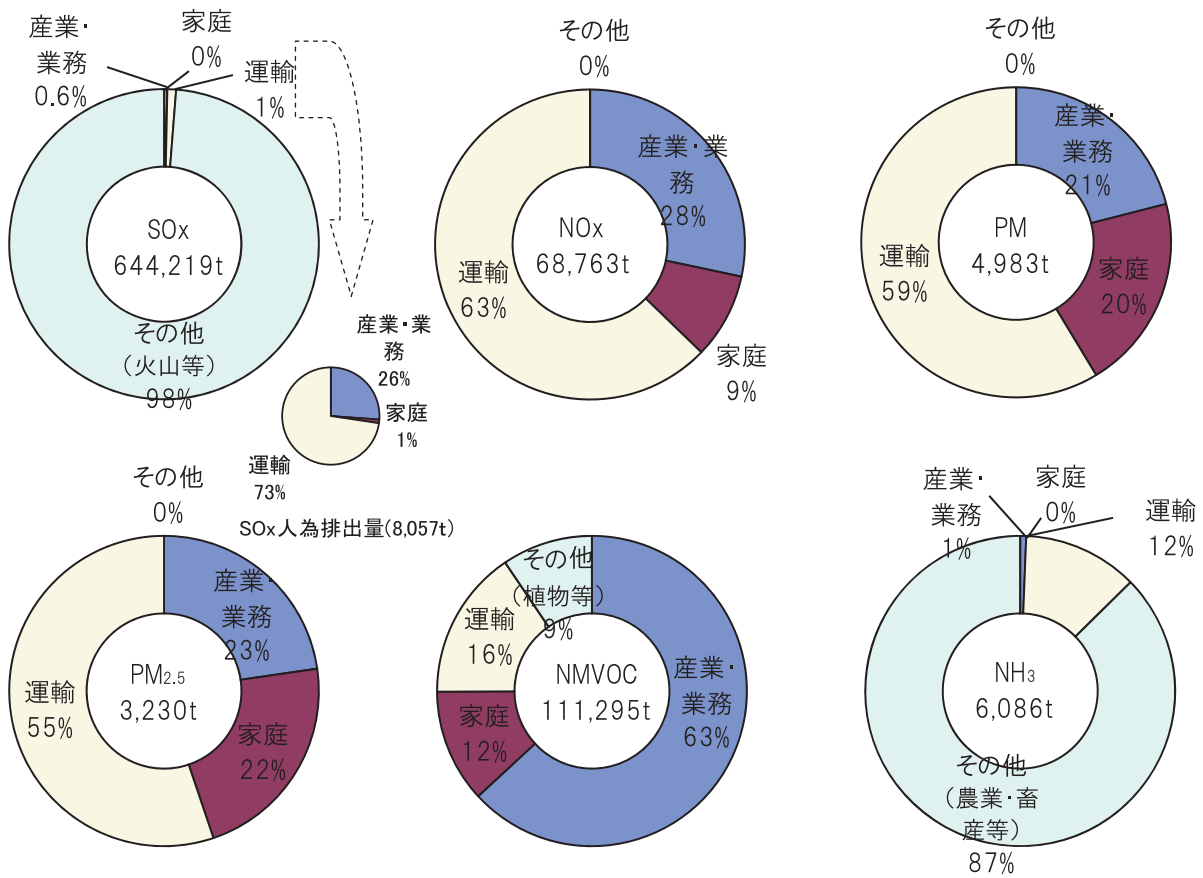


図 2-6 東京都における PM_{2.5} 等の大気汚染物質排出量(平成 20 年度)

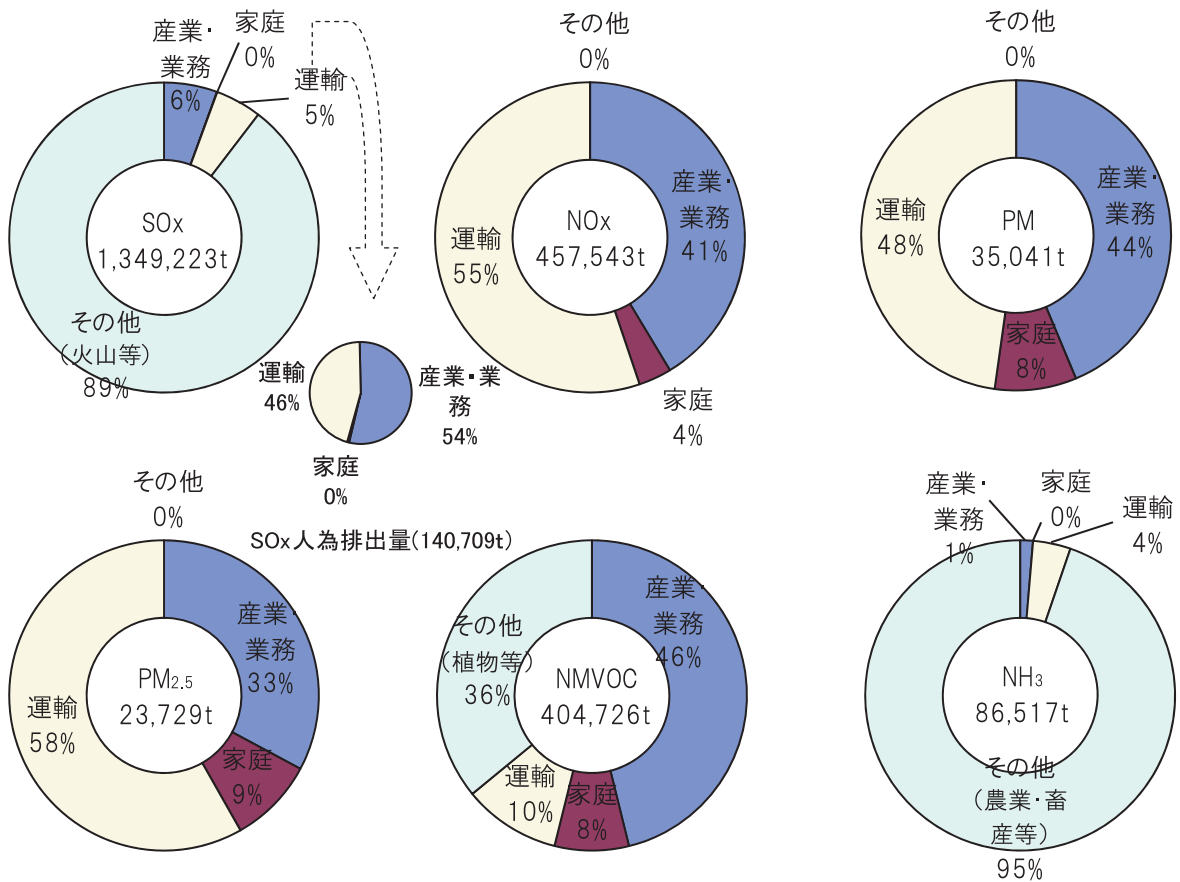
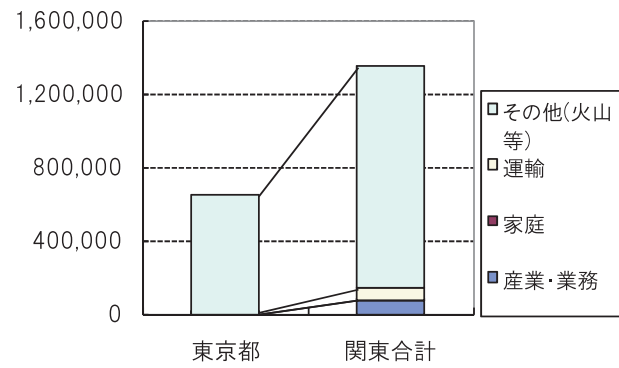


図 2-7 関東地方における PM_{2.5} 等の大気汚染物質排出量(平成 20 年度)

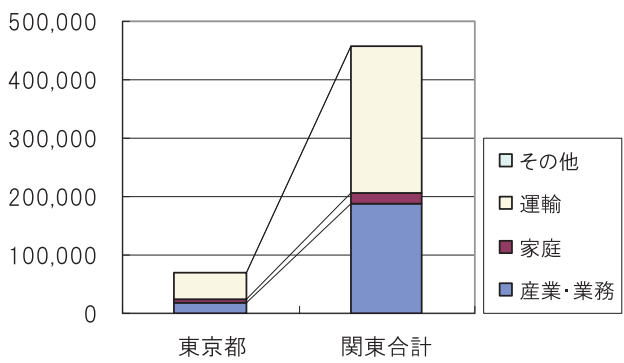
(SOx)

(t/y)



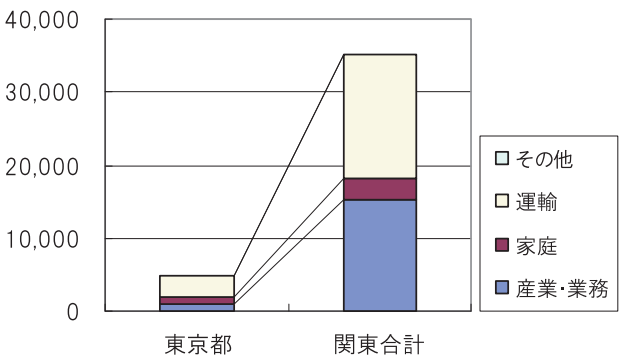
(NOx)

(t/y)



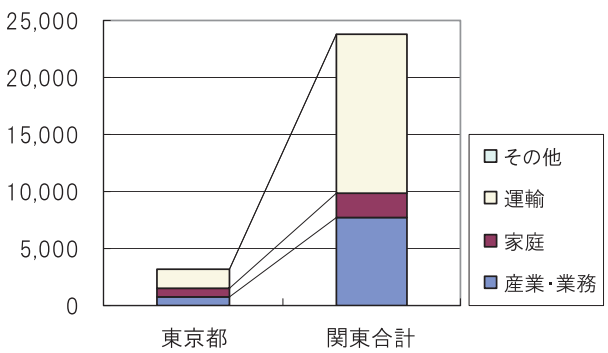
(PM)

(t/y)



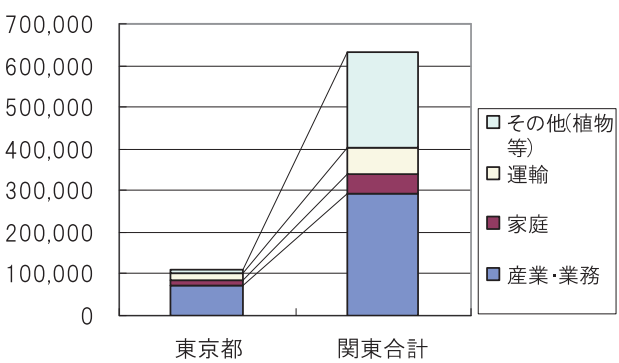
(PM2.5)

(t/y)



(NMVOC)

(t/y)



(NH₃)

(t/y)

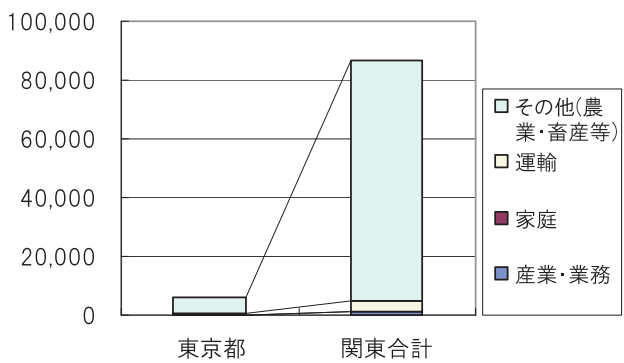


図 2-8 東京都と関東地方における PM_{2.5} 等の大気汚染物質排出量の比較(平成 20 年度)