

将来の自動車排出ガス規制による大気質改善効果の予測*

Prediction of air quality improvement impact by future regulations of automobile exhaust gas*

大城 温**・松下雅行***・並河良治****

By Nodoka OSHIRO**, Masayuki MATSUSHITA*** and Yoshiharu NAMIKAWA****

1. はじめに

自動車排出ガスによる大気汚染は、都市部を中心として依然として深刻な問題であるが、将来は自動車排出ガスの規制強化により、大気質は改善されていくと予想される。自動車排出ガスの規制値は、中央環境審議会の答申「今後の自動車排出ガス低減対策のあり方について」（以下、「中環審答申」と記述）を受け、大気汚染防止法第19条に基づき定められた環境省告示「自動車排出ガスの量の許容限度」により定められている。将来の自動車排出ガス量の目標としては、中環審の第2次答申（平成9年）及び第3次答申（平成10年）に示された目標値があり、この目標値が将来の規制値になっている。

これらの目標値に従って今後自動車排出ガスが低減された場合の大気環境の改善効果は、沿道大気環境の改善のための今後の道路交通政策を検討するにあたり、基礎的なデータとなるものである。筆者らは将来の自動車排出ガス低減による大気質濃度の低減効果の推計を行っており¹⁾、推計精度を向上させるために、前回の推計手法を改良した。

2. 大気質改善効果の推計方法

(1) 推計対象

推計対象の大気汚染物質は、二酸化窒素(NO_2)及び浮遊粒子状物質(SPM)とした。ただし、 NO_2 については、一酸化窒素(NO)の濃度も併せて考慮する必要がある。

*キーワード：環境計画、地域環境問題、交通公害

**正会員，工修，国土交通省国土技術政策総合研究所環境研究部道路環境研究室（茨城県つくば市旭1番地，

TEL:029-864-2606，E-mail:ooshiro-n92dw@nilim.go.jp)

***正会員，工修，首都高速道路公団東京建設局

(E-mail:matsushita-m92dp@nilim.go.jp)

****正会員，工修，国土交通省国土技術政策総合研究所環境研究部道路環境研究室(E-mail:namikawa-y92di@nilim.go.jp)

あるため、窒素酸化物(NO_x)全体も推計した。対象地域は、東京都（島嶼部を除く）及び大阪府とした。

(2) 排出源の設定

将来の大気質濃度の推計における道路以外の排出源の影響は、道路からの寄与分を除いた濃度とし、将来もその排出量は変化しないと仮定した。道路からの排出は、全国道路交通情勢調査（道路交通センサス）の対象である幹線道路については線煙源、その他の細街路は面煙源として取り扱うものとした。

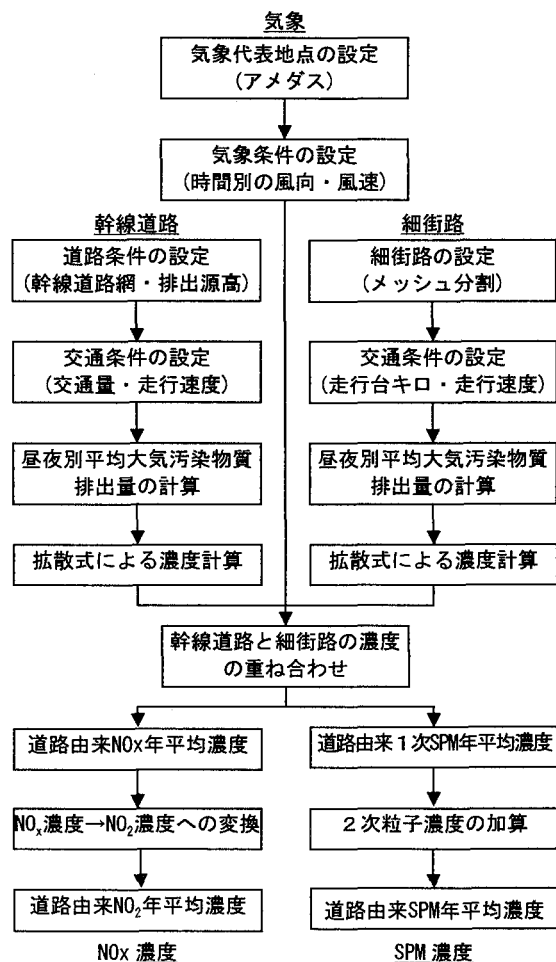


図-1 大気質濃度の推計フロー

細街路の面煙源については、東西2km、南北1.5kmのメッシュに分割して設定した。

幹線道路の走行台キロ及び大型車混入率は道路交通センサスのデータを用い、自動車専用道路の平均走行速度は、多少渋滞があるとしても平均的には規制速度程度であると想定した。一般道路の平均走行速度は文献²⁾の目安に従って、規制速度より遅めに設定した。排出係数については、文献²⁾の方法を用い製造年によって適用される自動車排出ガス規制値が異なることを考慮して、年式別に設定した。細街路の走行台キロは、東京都内及び大阪府内の自動車走行量とセンサス対象道路の走行台キロとの差から、大型車混入率は、東京都及び大阪府の自動車保有台数のうち、大型車の占める割合から求めた。細街路からの自動車排出ガス量は、昼夜別に市区町村ごとの昼間人口及び夜間人口から重み付けを行い、メッシュごとに設定した。

(3) 気象条件の設定

東京都及び大阪府のアメダス観測点の観測データを見ると、東京都では風向風速の傾向が臨海部と内陸部で異なった傾向が見られることから、23区内は東京气象台、多摩地域は府中局を気象の代表地点とし、大阪府は全域がほぼ同一の傾向であるため大阪气象台を代表地点として、地域内を均一の気象条件として扱った。また、風向風速データは昼夜別にと与えた。

(4) 拡散計算

文献²⁾に基づき、大気汚染物質の拡散計算には道路環境影響評価と同様に、有風時(風速1m/s超)はブルーム式(式(1))、弱風時(風速1m/s以下)はパフ式(式(2))を用いた。

$$C(x, y, z) = \frac{Q}{2\pi \cdot u \cdot \sigma_y \cdot \sigma_z} \exp\left(-\frac{y^2}{2\sigma_y^2}\right) \left[\exp\left\{-\frac{(z-H)^2}{2\sigma_z^2}\right\} + \exp\left\{-\frac{(z+H)^2}{2\sigma_z^2}\right\} \right] \quad \dots (1)$$

ここで、

$C(x, y, z)$: (x, y, z) 地点における大気汚染物質濃度((ppm)又は(mg/m³))

Q : 点煙源の大気汚染物質の排出量((ml/s)又は(mg/s))

u : 平均風速(m/s)

H : 排出源高さ(m)

σ_y, σ_z : 水平(y)、鉛直(z)方向の拡散幅(m)

x : 風向に沿った風下距離(m)

y : x軸に直角な水平距離(m)

z : x軸に直角な鉛直距離(m)

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

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

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

t_0 : 初期拡散幅に相当する時間(s)

α, γ : 拡散幅に関する係数

なお、拡散幅については、幹線道路から150m以内では「道路環境影響評価の技術手法」²⁾のものを、150mより外側では風速1m/s超でPasquill-Giffordの拡散幅、1m/s以下でTurner図の拡散幅³⁾を用いた。細街路からの拡散計算は全範囲でPasquill-Gifford及びTurner図の拡散幅を用いた。大気安定度については、濃度への影響が小さかったため昼夜とも中立(D)とした。

(5) NO_x変換式

NO_x濃度とNO₂濃度の変換式については、東京都においては平成6年度に東京都内の一般環境大気測定局で測定されたNO_xとNO₂の関係から、式(3)のように設定した。大阪府においても同様に式(4)を設定した。

$$[NO_2] = 0.273 [NO_x]^{0.757} \quad (3)$$

$$[NO_2] = 0.313 [NO_x]^{0.790} \quad (4)$$

(6) SPMの排出量の推計

SPMの拡散計算はNO_xと同じ方法で行ったが、排出量については排気管からの一次粒子に加えてNO_xより生成される二次粒子(硝酸イオン)も考慮した。この生成量については、以下の式(5)、(6)⁴⁾を用いて計算した。

$$[NO_3^-] = [NO_x] A_N \{1 - \beta \exp(-K_{tN} t)\} \times Pk_{NOx} \quad (5)$$

$$[NH_4NO_3] = [NO_3^-] \times 1.29 \quad (6)$$

A_N : NO_xからNO₃⁻への換算係数(=2.76)

K_{tN} : NO_xからNO₃⁻への変換率…昼間4.8、夜間3.2⁴⁾(安定度CD~Dに相当)

β : NO_xの初期化比率(=1.0)、t:移流時間

PK_{NOx} : 粒子状物質存在率…昼間0.60、夜間0.80⁴⁾(年間の平均に相当)

3. 推計方法の改良

(1) 排出量推計の見直し

前回の推計¹⁾では、推計した東京都内の平均NO_x濃度に占める道路の寄与濃度の比率と、東京都内のNO_x

排出量に占める道路起源の比率の整合性が低かった。

また、東京都が推計⁵⁾した道路起源のNO_x排出量より過大に推計されていた。この推計では、道路以外移動発生源及び固定発生源について、排出量が推計されている。前回推計の道路由来の排出量と東京都が推計した道路以外の排出量を合わせて比較すると、やはり整合性が低かったため、今回道路起源の排出量の見直しを行った。

前回の推計で用いた排出係数は、文献²⁾の平成30年の排出係数を平成6年に割り戻して求めた。しかし、実際の車の平均的な排出係数は規制値よりも低いため、平成30年の排出係数に、平成30年の自動車に適用される排出ガス規制値と平成6年に走行している自動車に適用される規制値の比を乗じるこの方法で算出した排出係数は、過大であると考えられる。

そこで、割り戻しによる誤差を小さくするため、今回の推計ではNO_xのみ、平成元年の中央公害対策審議会の答申における排出ガス規制の長期目標値に従って設定された平成22年の排出係数^{6), 7)}から割り戻した。SPMについては、当時排出係数がなかったため、前回の推計と同様に計算した。

また、細街路の規制速度を40km/hと想定し文献²⁾で示された目安により、細街路の平均走行速度を30km/hと設定していたが、今回平成6年の道路交通センサスによる都内の平均走行速度が18.6km/hであることから、20km/hに設定した。

これらの設定の見直しにより、東京都の推計したNO_x排出量とほぼ同程度の推計値となり(図-2)、推計精度が向上したと考えられる。

(2) 排出源高さの設定

広域予測では排出源高さの影響はあまり大きくないが、自動車専用道路は高架がほとんどを占めることから、煙源高さは一律に自動車専用道路は10m、その他の道路は従来通り1mとした。

(3) 気象条件の設定

前回の推計では、有風・弱風の境界を文献²⁾に従って1m/sに設定していたが、1m高さで風向を補正すると弱風の出現率が高くなり、煙源近傍の濃度が高めに、遠方の濃度が低めになる。そこで、1m高さに煙源を配置する一般道路については、有風・弱風の境界を0.4m/sに設定した。

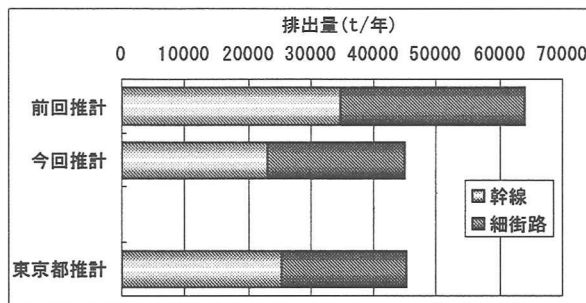


図-2 見直し前後のNO_x排出量と東京都推計⁵⁾

4. 現況濃度の推計

3章の推計方法の改良を踏まえて、平成6年度の年平均濃度分布を推計した。推計の対象地点は、大気常監局のうち隣接府県及び海の影響が小さいと考えられる一般環境大気測定局(東京都36地点、大阪府61地点)である。

まず、道路起源のNO_x及びNO₂排出量を推計し、濃度の予測計算を行った。その結果、東京都における全体のNO_x濃度に占める道路の寄与割合は、東京都による推計と概ね同じ割合であった(図-3)。大阪府では、中環審答申の資料⁸⁾と比較して道路起源がやや大きく推計されていた。

道路以外の排出源による寄与は、地域内で均一とは言えないものの、東京都や大阪府では工場・事業場の寄与があまり小さくなく、大きな固定発生源が少ないと考えられるため、対象常監局による実測のNO_x濃度と推計した道路起源のNO_x濃度との差の平均値(東京都21ppb、大阪府16ppb)を他の排出源の寄与分と仮定した。次に、対象常監局毎に推計した道路起源のNO_x濃度に他の排出源の寄与分を加算して対象常監局毎のNO_x濃度の推計値とし、(3)式の変換式によりNO₂濃度を算定した。

このように、前回の推計で過大であったNO_x排出量等を改善した結果、対象常監局毎に求めた年平均NO₂濃度の計算値と実測値は、図-4, 5のように概ね一致した。また、計算値と実測値の単回帰式に関して、東京及び大阪の両方で傾きが1に近づき、切片が0に近づいたこと、前回の推計より決定係数が向上したことから、推計精度が良くなったと考えられる。

次に、道路起源のSPM濃度を推計した。その結果、東京都における道路寄与の割合は、中環審の答申の

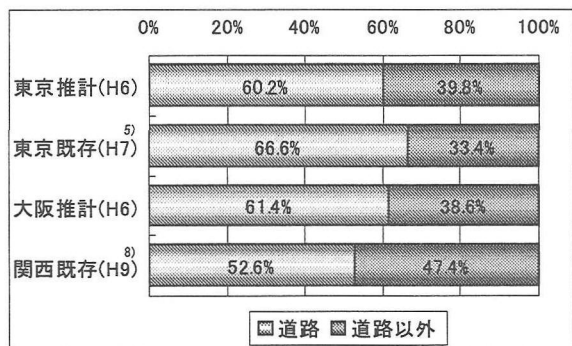


図-3 道路起源のNO_x排出量推計の比較

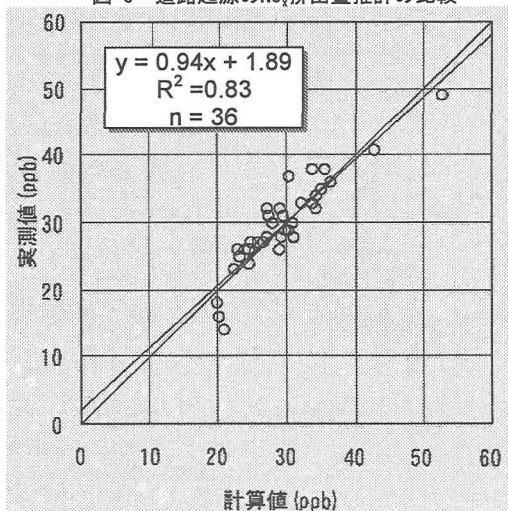


図-4 年平均NO₂濃度の計算値と実測値(東京都)

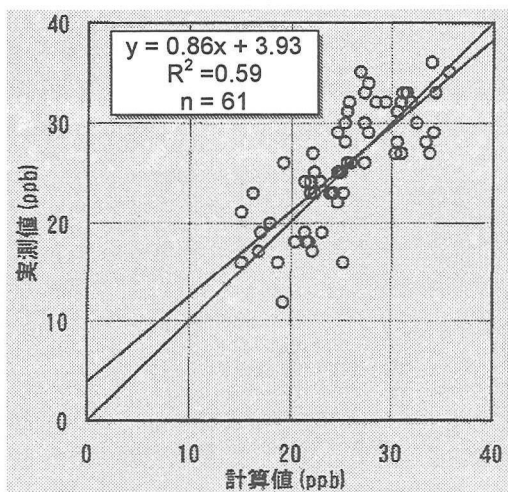


図-5 年平均NO₂濃度の計算値と実測値(大阪府)

資料⁸⁾に示された関東地域の一般局の平均値よりやや大きい、大阪府における道路寄与の割合は、関西地域の一般局の平均値と同程度であった(図-6)。

5. 将来濃度の推計

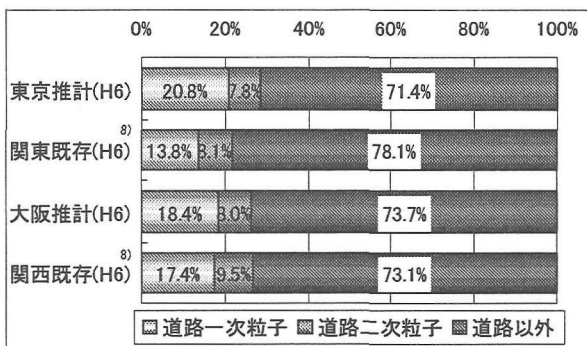


図-6 道路起源のSPM排出量推計の比較

将来濃度推計の対象年度は、平成22(2010)年度及び平成32(2020)年度である。各年度の排出係数は文献²⁾に示された値及び算出方法によった。平成32年度を推計対象とした理由は、全ての自動車の中環審第3次答申の目標値を達成していると予想されるためである。各年度の自動車走行台キロについては、平成32年度の自動車走行台キロを大型車及び小型車、幹線道路及び細街路の区分でそれぞれ伸び率を予測し、平成22年度は線形補間して伸び率を設定した。

推計の結果、これらの結果と前回の推計を比較すると、道路起源のNO_x排出量が少なく推計されたため、道路起源以外も含めた全体の将来NO_x濃度及びNO₂濃度は高めに推計された。

東京都では平成32年度までに道路起源の排出量がNO₂で1/3強、SPMで約1/8まで削減されるため、平成32年度には6年度と比べNO₂で40%前後、SPMで20%前後、年平均濃度が低減すると予想された(図-7, 8)。その結果、年平均NO₂濃度は、平成32年度までに東京都内でも0.03ppm未満となる地域が大部分であった(図-9)。また、SPMに関しては、平成32年度までに概ね年平均値0.04mg/m³未満になると予想された(図-10)。

大阪府を対象とした推計でも、同様に道路起源のNO₂排出量及びSPM排出量が削減されると予想された(図-7, 8)。年平均NO₂濃度は、平成32年度までにすべてのメッシュで0.03ppm未満となった(図-11)。また、年平均SPM濃度も平成32年度には、すべてのメッシュで0.035mg/m³未満という推計結果であった(図-12)。

これらの濃度は年平均濃度であるため、直接的に環境基準との比較はできない。文献²⁾による年平均値の日平均値の年間98%値(NO₂の場合)及び日平均

の年間2%除外値（SPMの場合）の換算式を用いると、一般局ではNO₂の年平均値で約0.03ppm、SPMの年平均値で約0.40mg/m³が環境基準に概ね相当する。

これらの環境基準相当値を将来濃度の推計値と比較すると、平成32年度には東京都では大部分のメッシュで、大阪府ではすべてのメッシュでNO₂及びSPMの環境基準を達成すると予想される。ただし、これらの濃度はメッシュの平均値であるため、局所的には環境基準を超過する箇所もある可能性がある。特に、SPMについては、全体の濃度に対する道路の寄与が小さいため濃度の低減割合も小さい。そのため、環境基準達成率の向上も、NO₂と比較して少ないと考えられる。

6. まとめと今後の課題

本研究では、東京都及び大阪府における将来の自動車排出ガスの規制強化によるNO₂及びSPM濃度の低減効果の推計方法を改良することで精度向上を図り、NO_xの推計精度は向上した。その結果、今後の自動車排出ガス規制の強化により、平成32年度までにNO₂及びSPMの環境基準を概ね達成できると予想された。

今後は、今回までの推計で中環審の第3次答申までを考慮しているが、平成14年に出された第5次答申まで考慮した予測を行うことが課題である。また、NO₂と比較して影響要因に不明な部分が多いため精度が低いと考えられるSPMについても、推計手法を改良していく必要があると考える。

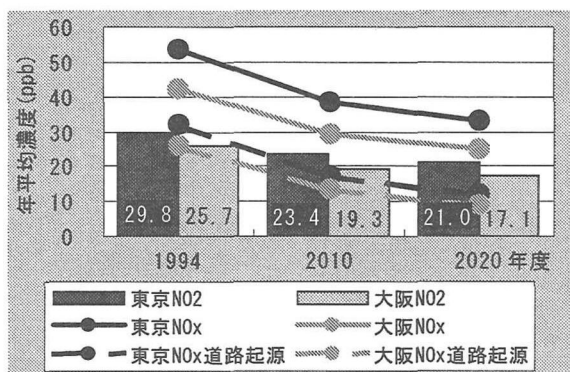


図-7 将来のNO₂及びNO_x年平均濃度の推移

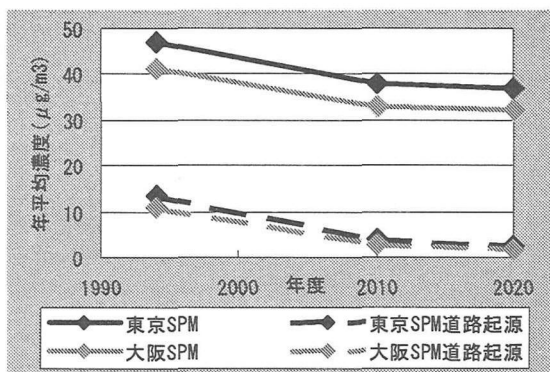


図-8 将来のSPM年平均濃度の推移

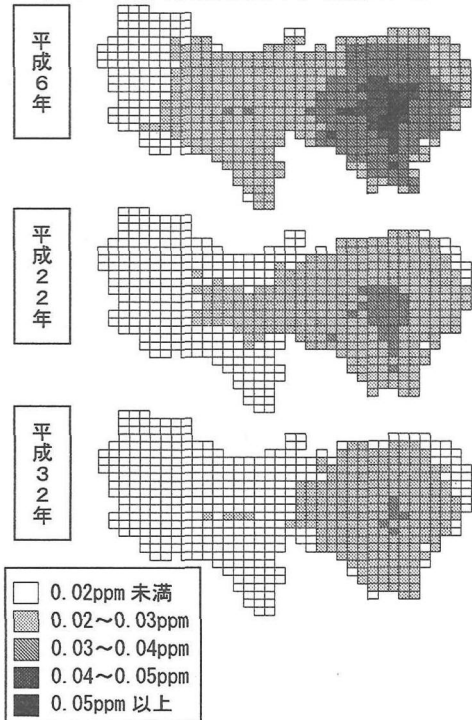


図-9 将来の年平均NO₂濃度分布の低減見通し(東京都)

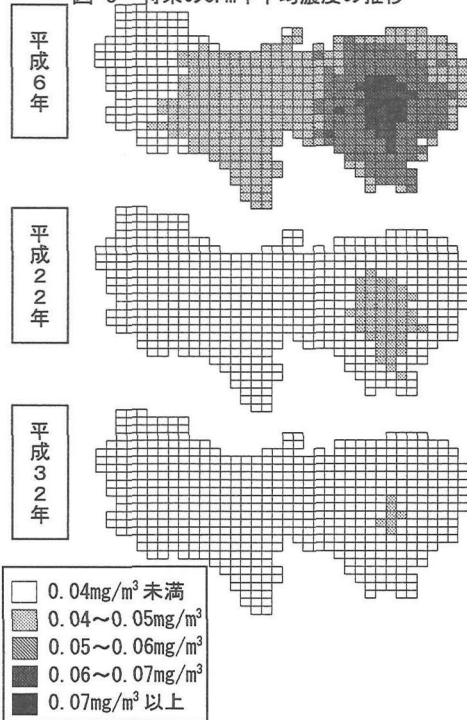


図-10 将来のSPM年平均濃度分布の低減見通し(東京都)

参考文献

- 1) 大城温・山本昌弘・松下雅行・並河良治・大西博文：「将来の自動車排出ガスの低減による大気質改善効果」，第38回環境工学研究フォーラム講演集，pp.112-114，2001.
- 2) 建設省土木研究所：「土木研究所資料第3742号道路環境影響評価の技術手法（その1）」，pp.18-62，2000.
- 3) 環境庁大気保全局大気規制課編：「窒素酸化物総量規制マニュアル」，pp.196-207，1993.
- 4) 環境庁大気保全局大気規制課監修：「浮遊粒子状物質汚染予測マニュアル」，1997.
- 5) 東京都環境保全局：「都内自動車走行量及び自動車排出ガス量調査」，1996.
- 6) 中島威夫・山田治・石塚俊光：「自動車から排出されるガス量に関する調査」，土木技術資料，Vol.33，No.9，pp.47-51，1991.
- 7) 石田稔・西尾崇・小野田豊：「車両大型化の自動車排出ガスへの影響」，土木技術資料，Vol.37，No.7，pp.56-59，1995.
- 8) 中央環境審議会：「今後の自動車排出ガス総合対策のあり方について（答申）（参考資料）」，pp.12-13，2000.

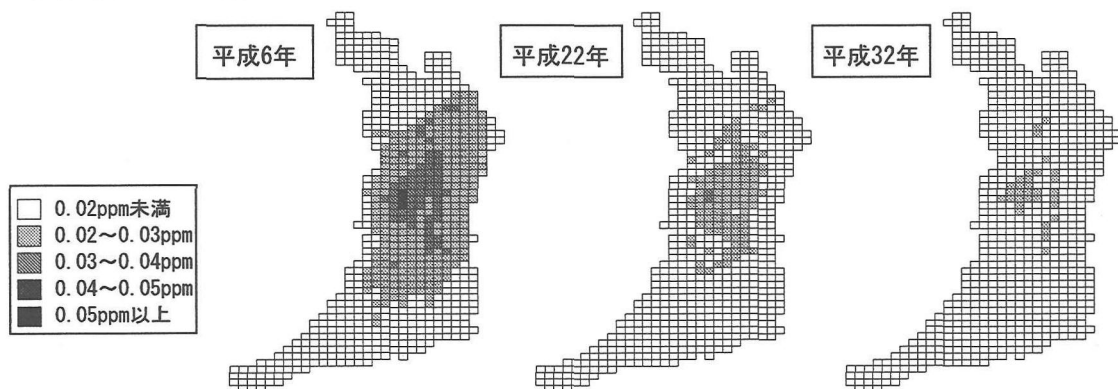


図-11 将来の年平均 NO_2 濃度分布の低減見通し(大阪府)

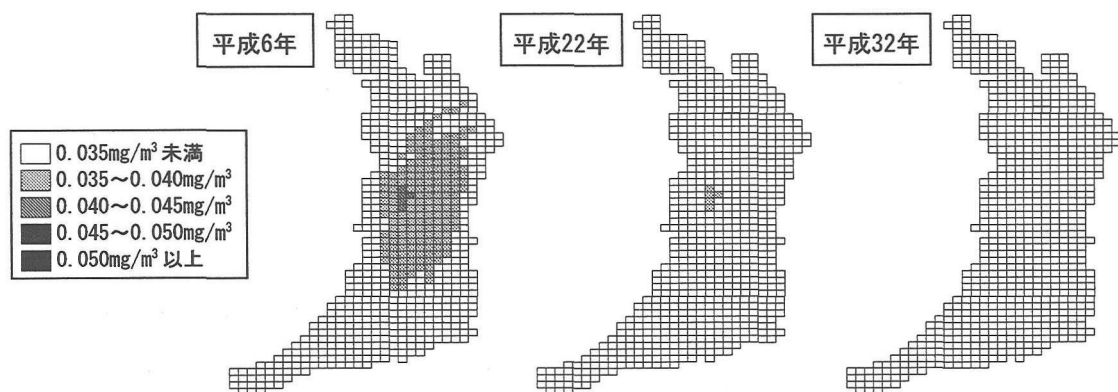


図-12 将来の年平均 SPM 濃度分布の低減見通し(大阪府)

将来の自動車排出ガス規制による大気質改善効果の予測*

大城 温**・松下雅行***・並河良治****

本研究では、東京都及び大阪府における将来の自動車排出ガスの規制強化による NO_2 及びSPM濃度の低減効果を明らかにすることにより、沿道大気環境の改善のための今後の道路交通政策に必要な基礎データを提供することを目的としている。今回、 NO_x 及びSPM濃度の推計方法を改良することで精度向上を図り、 NO_x の推計精度を向上させた。その結果、今後の自動車排出ガスの規制強化により、平成32年度までに NO_2 及びSPMの環境基準を概ね達成できると予想された。

Prediction of air quality improvement impact by future regulations of automobile exhaust gas*

By Nodoka OSHIRO**, Masayuki MATSUSHITA*** and Yoshiharu NAMIKAWA****

The purpose of this study is provision of the basic data about the reduction effect of nitrogen dioxide(NO_2) and suspended particulate matter (SPM) concentration in the roadside air by tighter control on exhaust emissions from automobiles. On the study, it was predicted the environmental quality standards of NO_2 and SPM will be attained in general by 2020.