

バイパス開通に伴う大気汚染の変化予測とその評価

—国道6号線土浦バイパスを例として—

光洋精工 ○篠原正則
国立公害研究所 乙南未広
同 上 原沢英夫
同 上 内藤正明

1. はじめに

近年、自動車交通の拡大に伴ない大気汚染、騒音など沿道住民の受ける被害はますます深刻になりつつある。特に人口の密集している都市域における被害は甚大であり、緊急に解決しなければならない問題である。しかし、自動車交通はその実態がきわめて把握し難いうえ、環境への影響が地域の都市特性によって変わるため、被害の実態も必ずしも明らかとは言えない。

本研究においては、自動車交通の中でも特に大気汚染に着目し、電算機シミュレーションとフィールド実測値をもとに、都市域通過道路の沿道被害を明らかにするとともに、バイパスの環境改善効果を推定し評価するための一連の手法を提示することが主たる目的である。評価に際しては、単に大気汚染濃度レベルのみでなく、都市特性の一要素である人口分布をも考慮する。なお、現在すでにバイパス建設中の道路をフィールドとし、実データをもとに試算・評価することにより提示された手法が実用に供しうることを示す。また、最近ではエネルギー的側面のみならず環境的側面からも電気自動車導入が期待されており、若干ながら、その効果の試算結果も報告する。さらに、本研究過程で開発された「道路周辺環境評価のための電算機システム」についても紹介する。

2. 対象地域の現況とバイパス計画

研究の対象とした地域は、市街地中心部を一級国道6号線が縦貫する土浦市とその周辺地域である。土浦市は人口約2万人、面積約91km²の商工業を中心とした地方中核都市であり、首都圏の衛星都市的性格をもっている。図1は対象地域の人口分布状況を示したものである。図中のメッシュは面積1km²の標準メッシュである。人口は市街地部分に集中するが、郊外部にも国道沿いに人口が増加しておりスプロール現象が認められる。

対象地域を縦貫する国道は、車輛の通行量が多く、慢性的に交通渋滞が発生している。図2は昭和55年7月に市街地中心部に近い道路で実測した交通量(両方向)の時間的变化を示している。午前8時から午後9時までの交通量(全車種、両方向)は約24,000台である。時間的変化のパターンは朝夕、夕方にピークがみられ、その時の車種構成は小型車が多いことからピーク時には通勤及び業務目的の交通量が大部分を占めていると考えられる。また実測時の観察から大型・中型車は長距離貨物輸送が中心で、昼間はほぼ一定の交通量がみられる。夕方から夜間にかけて量的には減少するが大型車は若干増加傾向を示し、夜間の大型・中型車の占める割合が昼間に比べ相対的に大きくなるといった特徴がみられる。

国道の交通渋滞を緩和するために、昭和40年代初期にバイパスが計画された。このバイパスは片側2車線、全長約9kmに及ぶもので、図1破線に示し

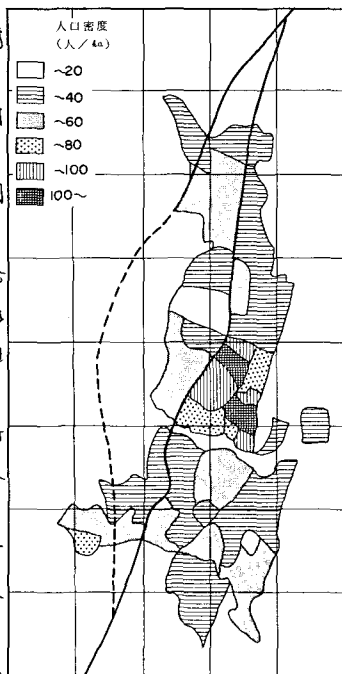


図1 対象地域の人口分布

たように、市街地中心部を大きく迂回するように路線選定されている。バイパスの通過する地区は田、畑、果樹園などの農業的土地利用が主体であるが、バイパス北端及び南端部分は新興住宅地区を形成している。住宅地区は丘陵部に位置するためバイパスは掘削構造になっている。

昭和40年代後半より建設が開始されたが、石油ショックなどの影響を受けたために工事が遅れている。また、道路幅員も片側2車線の計画から当面片側1車線を南通させる段階的建設計画に変更されている。現在のところ北部分約3kmの供用が開始されている。昭和55年1月に行なった交通量の実測調査では両方向で1時間に400台前後であり、国道の交通量の2割弱に過ぎず、未だバイパスとして充分機能を果たしていないのが現状である。

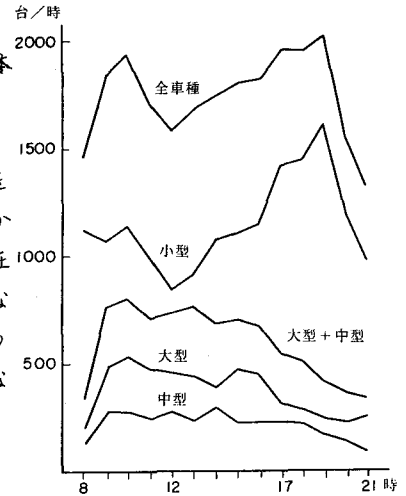


図2 交通量の時間変化(両方向)

3. 大気汚染予測モデルと仮定

自動車排出ガスの拡散をシミュレートする従来の数式モデルの多くは、道路沿線の建物を考慮に入れない平坦地でのモデルであり、風向も道路に対して特定の方向のみを扱っている。しかし、一般の道路では地域によって沿線の建物密集程度や道路の方向がそれぞれ異なり、それらのモデルをそのまま適用するには問題がある。一方、本論文で採用する池田モデル⁴⁾の利点は①道路沿線の建物高さとその疎密度がパラメータとして入れられること、②道路に対する風の方向が任意に設定できることにある。

池田モデルの詳細は文献(4)を参照されたい。池田モデルに含まれるパラメータには以下のものがある。

γ, S : 水平及び鉛直方向の濃度分布パターンに関わるもの

a_y, b_y, a_z, b_z : プリュムの分散の増加に関わるもの

σ_{y0}, σ_{z0} : プリュムの初期分散に関わるもの

m : 風速の鉛直分布にかかわるもの

風速の鉛直分布指数 m はここでは与へて仮定する。また、水平方向の分布はガウス分布($\gamma=2$)で、建物によってあまり大きな変化はないものと仮定し、中立状態での乱流統計結果⁴⁾より、 $a_y=0.84$, $b_y=0.84$ とする。さらに、道路上においては汚染物質が一様に拡がっていると考え、初期拡散幅の σ_{y0} は車道幅員と等しくとる。鉛直方向に関するパラメータ、 a_z, b_z, σ_{z0}, S についてはフィールド測定データより推定する。

今回のシミュレーションでは計算対象高さ(Receptor)の高さとしては、人間への影響を考え地上1.5mに設定する。しかし、予定されているバイパスの道路構造のほとんどが切土もしくは高架・盛土であり、この場合は以下のように若干の修正をおこなう。

a. 切土の場合

深さ h_0 の切土は、周囲を平均高さ h_0 の建物でぎっしりかこまれた平坦な道路と等しいとみなす。ただし、計算対象高さは建物上1.5mとする。

b. 高架・盛土の場合

道路高さ以上には建物が存在しないと仮定し、建物のない平坦な道路とする。

本研究では平均濃度や月平均濃度を評価対象としており、風向・風速の変化を考慮しなければならない。ここでは、それぞれの平均濃度を風向出現頻度を重みとした加重平均濃度で算出する。なお、各風向の代表風速としては各風向の平均風速を採用する。この平均濃度算出法は従来よりしばしば用いられている方法である。

4. モデルパラメータの推定

大気汚染物質として検討しなければならない項目は多々あるが、本研究では NO_x および CO のみに限定する。

各々の物質に関するバックグラウンド濃度とモデルパラメータは、フィールド測定データを基に、最小二乗誤差の基準で推定する。推定結果を表1に示す。 a_z を除いて、 NO_x と CO に関して著しい差はみられない。また、プルームの鉛直方向の分布を示すパラメータ S は2.0と推定されたが、これは鉛直方向の分布も水平方向と同様にガウス分布とみなせることを示している。図3はこれらの推定パラメータを用いた NO_x 計算濃度と測定濃度の比較を例示したものである。相関係数は NO_x で0.96、 CO で0.75となり、比較的良好な結果であり、採用したモデルの妥当性を示している。

パラメータ推定の基礎となったフィールド調査は昭和55年10月の穏やかな日に行なわれたものである。パラメータ値は気象条件等により本来変化するものであり、ここで推定された値に一般性はないが、本研究では表1の値を一応採用する。

なお、排出係数としては表2⁶⁾のものを採用した。

表1 パラメータの推定値

	a_z	b_z	σ_{z0}	S	バックグラウンド濃度
NO_x	0.10	1.45	1.0	2.0	6 ppb
CO	0.01	1.65	1.0	2.0	0.277 ppm

表2 排出係数 ($\text{g}/\text{km} \cdot \text{台}$)

	小型車	中型車	大型車
NO_x	0.31	1.81	2.53
CO	7.83	7.54	2.07

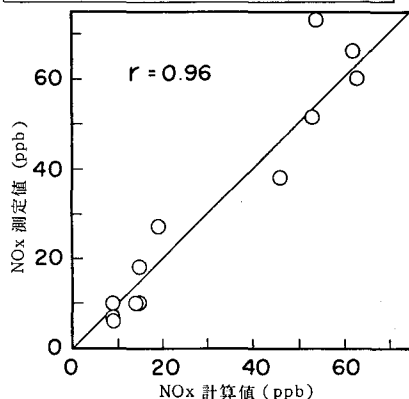


図3 計算濃度と測定濃度の比較

5. 入力データ

a. 道路データ

道路に関するデータのはほとんどは都市計画地図と計画路線図より読みとり入力した。また、沿線の建物状況に関するデータは当該市の住宅地図を参考にし、フィールド調査により決定した。

b. 風向・風速データ

今回のシミュレーションおよび評価の目的は突発的な高濃度汚染に対する緊急的な制御ではなく、長期的な汚染源の規制計画にある。したがって、対象とする時間スケールは月単位とする。また、交通量が昼と夜では極端に異なるため、各々の月について、昼間(7:00~19:00)と夜間(19:00~7:00)に分けて評価する。

c. 交通量データ

現状交通量は県警が当該地区で測定した総交通量データにフィールド測定による車種別混合率を乗じて推定する。

バイパス利用後の交通量はバイパスの運用によって異なると思われる。まず考えられることは、大型車の現国道進入禁止である。さらに、このバイパスは暫定的に当面は2車線(片側1車線)で崩通し、最終的には4車線にする計画があるため、これらの組合せより、表3のような4つのケースを想定する。

また、バイパスが崩通することによって、今まで混雑を避けるため、別の都市内ルートを通っていた車が当該道路およびバイパスを利用することが考えられる。したがって、この交通量の増加を考慮し、交通誘発率 α をパラメータとして導入する。ただし、大型車はすべて通過交通と仮定し、中型車および小型車のみにこの誘発率を適用する。

なお、交通量の現国道およびバイパスへの分配は車線数に比例して行なう。

表3 想定される交通形態

	旧道への大型車進入禁止	使用車線数
ケース1	なし	2車線
ケース2	なし	4車線
ケース3	あり	2車線
ケース4	あり	4車線

d. 人口データ

評価項目として人口を考慮したものも採用するが、既存の人口データは本研究のような道路周辺の局所的汚染評価に適用するには粗すぎる。そこで、今回は住宅地図より沿線の戸数を数え、それをもとに昼夜に分けて人口を推定した。

6. 評価関数

道路周辺の大気の状態を評価するのに、現在では、主に自動車排ガス測定局における測定値の平均や、基準値を達成した測定局の割合などが用いられている。しかしながら、今回のように比較的限られた地域の将来にわたるバイパスの効果を評価するには、このような考え方では対応できないのは明らかである。そこで、本研究では、道路からの直接的影響がはばなくなるとと思われる道路端から100 mまでを対象領域とし、次に挙げる指標²⁾を評価関数とする。

(1) 人口密度荷重平均濃度, PWI

道路周辺の大気質を評価するに際しては、汚染濃度のみならず、沿道人口の分布も大きな影響要因になると考えられる。この指標は対象沿線住民がすべて道路ぎわの大気濃度に曝露されていると仮定し、1人当り平均でどの程度の曝露濃度であるかを示している。式で表わすと次のようになる。

$$PWI = \frac{1}{P_0} \int_A \rho(a) \cdot C(a) da$$

ここに、

P_0 = 対象地域全人口

A = 対象地域

$\rho(a)$ = a 点における人口密度

$C(a)$ = a 点における汚染レベル

(2) 累積曝露面積比率, $S(C_s)$

土地利用の側面からみて、沿線のどのくらいの面積割合が、どの程度の汚染レベルであるかを知ること重要である。すなわち、対象地域のうち何%の面積が、ある汚染レベル C_s 以上に曝露されているかを示すのがこの指標である。この指標は次の累積曝露人口比率と対比することで、より興味ある結果が導かれる。

$$S(C_s) = \frac{100}{A_0} \int_A N(a, C_s) da$$

ただし、

$$N(a, C_s) = \begin{cases} 1, & C(a) \geq C_s \\ 0, & C(a) < C_s \end{cases}$$

ここに、

A_0 = 対象地域の全面積

(3) 累積曝露人口比率, $P(C_s)$

この指標はある汚染レベル C_s 以上に曝露されている人口の比率を表わす。

$$P(C_s) = \frac{100}{P_0} \int_A \rho(a) \cdot N(a, C_s) da$$

ただし、実際の計算にあたっては、道路垂直方向100 m以内は人口が一様分布していると仮定する。

7. シミュレーション結果とその評価

図4・図5に NO_x に関する人口荷重平均指標を示す。図4をみると、どのケースをとっても、全体として現状より低い値を示しており、バイパスの効果がみられる。また、2車線使用、4車線使用に関係なく、大型車規制はした方が好ましい結果となっている。しかし、これらの結果は、当然ながら、現国道からバイパスへの汚染転化の結果と思われる。

そこで、人口荷重平均指標を現国道とバイパスに分けて算出したのが図5である。図からわかるように2車線使用の場合は大型車規制を施行しても現国道とバイパスの間に大差はない(ケース3)。しかし、4車線使用になると大型車規制あり(ケース4)は大型車規制なし(ケース2)に比べ、全体としては若干よくなるが、現国道とバイパスの汚染状況に大差が生じる。相方のバランスを考えるなら、大型車規制も一考を要する。

図6・図7に CO に関する人口荷重平均指標を示す。傾向は主旨 NO_x の場合と同じで、バイパスの効果が予想されるが、誘発率が高くなるとかえって悪くなる場合も考えられる。また、大型車規制は NO_x ほど汚染状況に影響を与えない。これは、大型車の CO 排出係数が小型車、中型車に比して低いためと思われる。

図8は、昼間としては年間を通じて最も風が弱く、大気質の劣化する12月为例にとり、 NO_x の累積曝露面積比率と累積曝露人口比率を現状とケース4について示したものである。曝露面積からみるとバイパスの開通は「山つぶし」効果をもたら、高濃度汚染地域は減

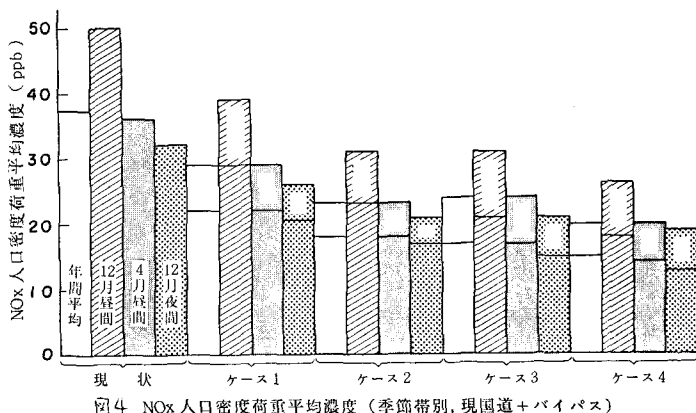


図4 NO_x 人口密度荷重平均濃度 (季節別, 現国道+バイパス)

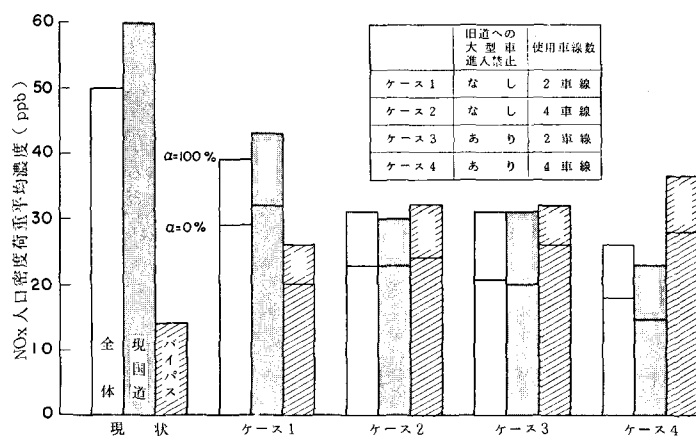


図5 12月昼間の NO_x 人口密度荷重平均濃度 (現国道, バイパス別)

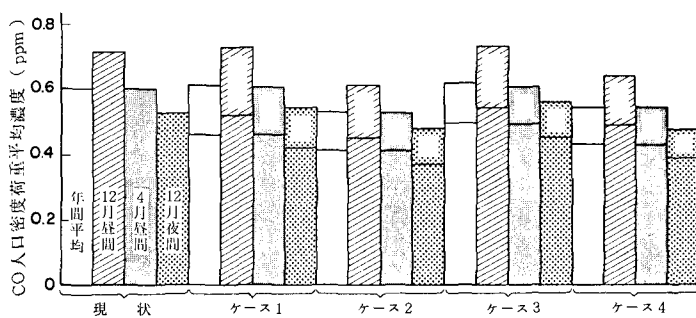


図6 CO 人口密度荷重平均濃度 (季節別, 現国道+バイパス)

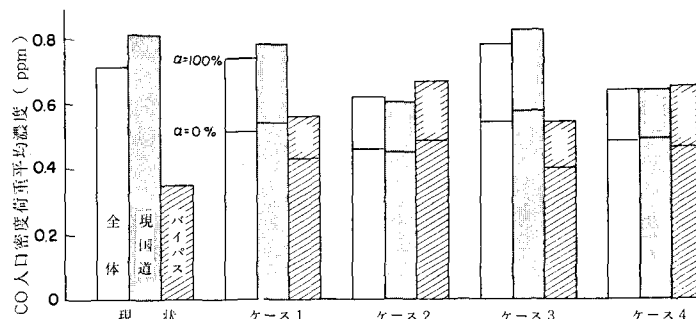


図7 12月昼間の CO 人口密度荷重平均濃度 (現国道, バイパス別)

少するが、低濃度汚染地域は増加することになる。一方、曝露人口からみると、全体的に減少していることがわかる。しかし、これはバイパス予定地周辺の人口密度が現在のところ比較的小さいためであり、もし将来、バイパス周辺に現国道並みの人口がはりつければ図下段の曝露人口分布は上段の曝露面積分布に一致してくることは明白である。このことから今後の土地利用、特に住宅配置には十分な配慮が必要と思われる。

8. 電気自動車普及に伴う大気汚染の変化予測

電気自動車は排ガスが出ないため、内燃機関自動車に代って普及すれば、排ガスによる大気汚染の状況はかなり改善されるものと思われる。ここでは、現道号線に電気自動車が導入された場合の NO_x に対する曝露人口変化の試算例を示す。なお、国道総人口は約12,000人である。

計算には前節までと同様に他田モデルを使い、交通量データは昭和55年7月に実測したものをを用いる。図9には電気自動車への想定置換率とそのときの累積曝露人口が示されている。図が示すように、電気自動車の効果は大きく、なかでも大型車の電気自動車化は NO_x 汚染を著しく低下させる。例えば、大型車だけの置換(ケースD)は全体を50%置換(ケースC)するよりも効果がある。なお、ケースC、Dともに、 $NO_x 40 ppb$ 以上の地域に住む人口は0になると試算された。

9. おわりに

本研究は、都市特性としての人口分布を加味し大気汚染の側面から、バイパスの効果、大型車規制、電気自動車の普及等について検討、評価してきた。手法としての一般性にもかかわらず、対象とした汚染物質は NO_x とCOのみであり、実際にはその他の汚染物質や二次汚染、相乗効果なども考慮する必要がある。

また、本研究では人口を重要な要素と考え、現在の人口データを一応使用した。しかし、将来の汚染予測、防止対策計画は、本来、将来人口をもとにおこなわれるべきものである。ここで得られた結果が、確度の高い将来予測人口を用いて修正されるならば、より信頼できるものとなるであろう。

<参考文献>

1) 村田他; 三重県公害センター年報, 第2号, pp. 26-30, 1974. 2) 田村他; 1)と同じ, pp. 37-41. 3) 環境庁; 窒素酸化物総量規制マニュアル検討調査, 1979. 4) Ikeda, Y.; 5-H Intl Clean Air Cong., 1980. 5) 足立他; オ7回環境問題シンポジウム講演論文集, pp. 42-49, 1979. 6) 環境庁; 環境影響評価法及び地域環境特性把握のための手引資料集の作成, 1980. 7) 落合他; 公害と対策, 13, pp. 58-64, 1977.

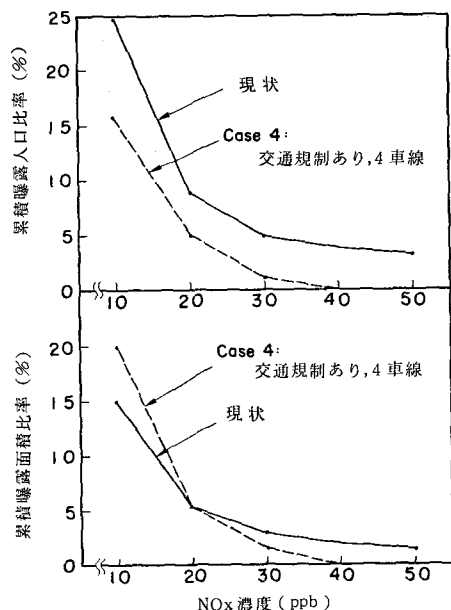


図8 曝露面積及び曝露人口の累積比率

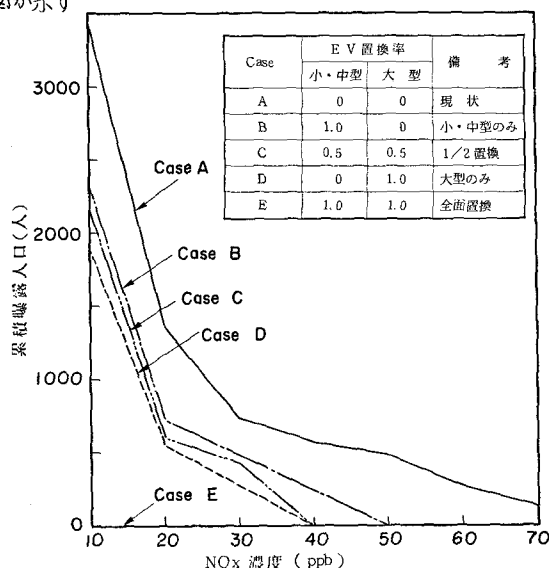


図9 電気自動車 (EV) 普及に伴う NO_x 曝露人口の変化