

環境アセスメントのための 大気汚染物質濃度簡易予測手法

片谷 教孝¹・原 秀幸²

¹ 正会員 山梨大学大学院医学工学総合研究部 持続社会形成専攻 助教授(〒400-8511 甲府市武田 4-3-11)

E-mail: katatani@js.yamanashi.ac.jp

² 株式会社フジオ住研 (〒400-0024 甲府市北口 1-4-14)

環境影響評価法の制定など、ここ 10 年ほどの間に環境影響評価制度はいくつかの大きな変化をとげた。その一方、予測評価に用いられる手法については、ほとんど変化がないままに推移している。本研究では大気環境の予測手法のうち、自動車交通による影響の予測評価を簡便に行うことを目的として、自動車交通量データのみを用いる統計的手法を開発した。この手法を実際のアセスメント事例に適用した結果、スクリーニングレベルの一次評価には有効であることが確認された。

Key words: *Environmental assessment, Air pollution, Prediction method, Statistical model*

1. はじめに

自動車の排ガスによる大気汚染は、環境問題の中でも特に大きな要因の一つである。このような状況に対応し、環境の保全を図るために、種々の施策が実施されている。環境影響評価(以下環境アセスメントとよぶ)もその代表的な施策の1つであり、日本では長らく法制化が遅れていたが、1997年の環境影響評価法の施行により、ようやくその形態が整った。これまでの環境アセスメントの事例を見ると、道路事業はもちろんのこと、大半の事例において、自動車交通に起因する大気汚染が、予測評価の対象として取り上げられており、環境アセスメントの中でも自動車による大気汚染が重要な問題となっていることがわかる。

環境アセスメントで用いられる予測手法については、各都道府県等が技術指針を示している例が多いが、必ずしも明確に規定されているわけではない。的確な予測を行うためには、対象地域の自然条件や都市化の状況等の人工的な条件に合わせ、また対象事業の特性も考慮した予測評価手法を選定することが必要である。しかし現実には、極めて画一的な手法が用いられている傾向が強い。そのことが環境アセスメントの結果に対する不信任や批判につながっている面が否定できず、一部では「環境アセスメント」などと言って、有効性を疑問視する声も聞かれる。また手法が画一的であることは、場合によって

は必要以上の作業が行われる可能性を意味する。アセスメントにおいて必要となる予測精度は、案件ごとに、また予測項目ごとに異なる。例えば自動車に起因する大気汚染については、道路事業以外の事業では、要求される精度がそれほど高くない場合も多い。そのため、必要な精度に対応した手法の選択肢があれば、より合理的なアセスメントの実施が可能となると考えられる。

環境アセスメントに関する研究も数多く行われているが、戦略的環境アセスメント(SEA)の導入など、制度や手続き面での改良の必要性や具体的な手法の提案はみられる¹⁾ものの、予測手法のような技術面での研究は、環境省²⁾などわずかな例が見られるにすぎない。近年この分野の研究の中心となっている環境アセスメント学会でも、予測手法に関する論文や総説がいくつか見られ、鷹取ら³⁾、青山ら⁴⁾、若松⁵⁾、青山⁶⁾が代表的なものであるが、より詳細な予測を目的としたものか、予測手法全般を解説したものであつて、本研究のような簡易化を主眼としたものは見られない。また海外の研究事例や、環境アセスメントを直接の目的としない大気環境分野の研究事例に対象を広げても、手法の簡易化に関する事例は見当たらないのが現状である。

本研究の目的は、予測の目的や地域特性に合わせた予測手法という観点から、それほど高い精度を必要としない場合に適用可能な、簡便な予測手法を得ようという点にある。なお本研究では、事業実施前の段階で行われる

事業アセスメントを適用対象に想定しているが、予備的評価への適用という観点では、計画アセスメントや戦略的環境アセスメントにも適用が可能と考えられる。一方で本研究で開発した手法は、アセス対象が交通量の大きな変化を伴う事業、たとえば計画交通量が非常に多い道路事業の場合や、対象地域の大气汚染状況が既に環境基準を超過あるいは接近しているような場合には、交通による大气汚染の重要度が高くなるため、適用対象には含めないことが適当である。

2. 予測手法の現状と問題点

森本³⁾によれば、東京、神奈川、千葉、山梨、長野の5都県における46事例の大气汚染予測評価手法を調査したところ、ほとんどがブルーム・パフモデルによる予測を行っており、一部にJEAモデルを利用した例が見られるものの、割合では1割にも満たない。すなわち、極めて画一的な手法が用いられていることが明らかとなっている。

ブルーム・パフモデルは、窒素酸化物総量規制マニュアルをはじめとして、多くの大气汚染予測に関連するマニュアルやガイドライン等に記載された、最もスタンダードといえる予測手法であり、これまでの適用事例の蓄積も多いため、信頼性もある程度確保されていると言える。しかし、これを用いて年平均濃度等の長期予測を行うためには、多くの計算量を要し、必ずしも有利とは言えない。また環境アセスメントに限らず、地方自治体が環境保全施策検討のために濃度予測を行う際にも、同様のことが言え、場合によっては円滑な環境行政の遂行の妨げとなる可能性も否定できない。特に、スクリーニングレベルの予測を行う際や、対象事業に伴う交通量が現状と比較して少なく（具体的には数%程度）、影響がそれほど大きくないことがあらかじめ予想される場合には、要求される精度レベルはやや低下することから、簡便な予測手法も適用の可能性が出てくる。

もし簡便な予測手法が適用可能となれば、その部分の予測評価に要する作業量が軽減され、その分をより重要性の高い予測評価項目の作業に投入することによって、環境アセスメント全体の信頼性が向上することが期待される。

3. 本研究のモデルの考え方

自動車に起因する大气汚染物質の濃度は、一般に交通量と正の相関を持つ。ただし自動車から排出された汚染物質は、大気中の移流・拡散により濃度が変化するため、

交通量と濃度の間には、必ずしも比例的な関係は存在しない。しかしマクロに見れば、交通量と大气汚染物質濃度の間には、線形の関係があるとみることが可能である。もちろん自動車以外の発生源の影響を強く受けるような場合には、このような関係は成り立たないが、そういう場合を除けば、交通量から大气汚染物質濃度を推定することは十分に可能というのが、本研究のモデルの基本スタンスである。

4. 研究方法と使用データ

本研究では、まず大气汚染物質濃度と自動車交通量データの関連性を確認するため、種々の交通量データを用いて重回帰分析を行った。次に、実際の濃度予測に用いる統計モデルを得るため、複数の交通量データを用いた重回帰分析を行った。最後にそこで得られた重回帰モデルを用いて、実際の環境アセスメント事例に適用を試み、一般のブルーム・パフモデルによる予測結果と比較することによって、有効性を検証した。

本研究では次のデータを使用した。これらのデータは全国レベルで同一手法で測定されたものとしてほとんど唯一のものであり、本研究のモデルはこれらのデータの使用を前提としたものである。

(1) 大气汚染物質濃度データ

大气汚染物質濃度データは大气汚染法令研究会監修の「日本の大气汚染状況（HI2年度版）」⁸⁾の年平均値を使用した。対象地点は青森県5局、宮城県15局、栃木県15局、神奈川県22局、埼玉県31局、長野県11局、愛知県30局、香川県10局、熊本県11局、合計150局とした。これは、種々の地域特性をもつ県を対象とする方針で選定したものである。なお、固定発生源の強い影響が予想されるような地点は、あらかじめ除外した。具体的には、大都市圏内部で、市街地内部および工業地帯内部に所在する地点を除外した。ただし除外基準に厳密な定量性を持たせることは困難であった。この除外のため、対象地点数は各都道府県の常時監視測定局数よりも少なくなっている。対象年度は平成11年度として、年平均濃度データを用いた。対象物質は、NO、NO₂、SPM、ベンゼン、非メタンHC(NMHC)、COとした。

(2) 交通量データ

交通量データは「HI1年度一般道路交通センサス」⁹⁾を使用した。これは、現時点で利用し得る全国を対象として交通量調査データの中で、最新のものである。ここでは、ある地点の濃度は、その地点を中心とした一定距離範囲内の交通量に依存するという仮定をおき、影響範

囲の距離としては、大気常時監視測定局から半径2キロ、3キロ、4キロ以内の3とおりを試みた。使用した交通量の項目は、平日の24時間自動車交通量、乗用車交通量、貨物車交通量、大型車交通量（大型車のみ12時間計）、大型車混入率、混雑度、旅行速度の7項目である。これらのデータについて、測定局ごとに影響範囲内の交通量を集計した。使用した交通量観測地点は合計3094地点であった。

なお、元の交通量データは断面交通量であるため、これを台キロ交通量に換算した。具体的には、影響範囲内の道路の区間距離のすべてを交通量観測地点で調査した自動車が走行したと仮定して、以下の式で台キロ交通量を算出した。

$$\text{交通量} \times \text{区間距離}(\%) = \text{台キロ交通量} \quad (1)$$

※区間距離・・・地図上から実際の道路の距離を測りとった。

5. 単回帰分析

NO、NO₂、SPM、ベンゼン、NMHC、CO濃度と上記で示した7つの交通量データについて回帰分析を行い、各交通量との相関係数を求めた。その散布図の一例として、全国のNO₂年平均濃度と24時間交通量の関係を図-1に示し、物質別交通量との相関係数をまとめた結果を表-1～表-6に示す。

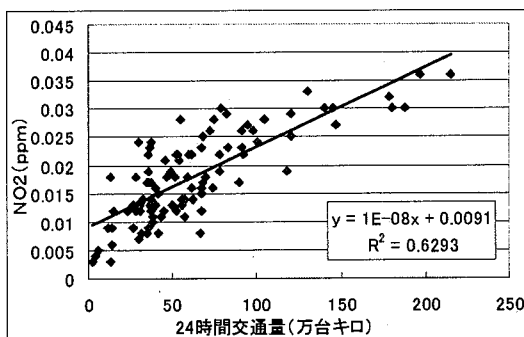


図-1 全国のNO₂年平均濃度と24時間交通量の関係
(測定局から3km以内の交通量データを使用)

表-1 各交通量とNOとの相関係数 (n=150)

測定局からの距離	2キロ	3キロ	4キロ
24時間交通量	0.700**	0.722**	0.708**
乗用車交通量	0.677**	0.698**	0.679**
貨物車交通量	0.678**	0.712**	0.718**
大型車交通量	0.690**	0.723**	0.723**
大型車混入率	0.435**	0.438**	0.429**
旅行速度	-0.467**	-0.542**	-0.565**
混雑度	0.266**	0.230**	0.374**

(**=1%有意, *=5%有意)

表-2 各交通量とNO₂との相関係数 (n=150)

測定局からの距離	2キロ	3キロ	4キロ
24時間交通量	0.720**	0.771**	0.765**
乗用車交通量	0.720**	0.762**	0.749**
貨物車交通量	0.665**	0.731**	0.747**
大型車交通量	0.671**	0.736**	0.753**
大型車混入率	0.392**	0.393**	0.394**
旅行速度	-0.542**	-0.633**	-0.648**
混雑度	0.314**	0.382**	0.436**

(**=1%有意, *=5%有意)

表-3 各交通量とSPMとの相関係数 (n=140)

測定局からの距離	2キロ	3キロ	4キロ
24時間交通量	0.439**	0.454**	0.454**
乗用車交通量	0.412**	0.426**	0.423**
貨物車交通量	0.459**	0.478**	0.490**
大型車交通量	0.475**	0.495**	0.506**
大型車混入率	0.363**	0.351**	0.376**
旅行速度	-0.299**	-0.350**	-0.388**
混雑度	0.227**	0.223**	0.276**

(**=1%有意, *=5%有意)

表-4 各交通量とベンゼンとの相関係数 (n=26)

測定局からの距離	2キロ	3キロ	4キロ
24時間交通量	0.757**	0.690**	0.639**
乗用車交通量	0.729**	0.661**	0.606**
貨物車交通量	0.774**	0.705**	0.672**
大型車交通量	0.732**	0.701**	0.655**
大型車混入率	0.469*	0.417*	0.320
旅行速度	-0.062	-0.386*	-0.401*
混雑度	0.050	0.129	0.154

(**=1%有意, *=5%有意)

表-5 各交通量とNMHCとの相関係数 (n=66)

測定局からの距離	2キロ	3キロ	4キロ
24時間交通量	0.435**	0.479**	0.456**
乗用車交通量	0.427**	0.457**	0.424**
貨物車交通量	0.397**	0.471**	0.469**
大型車交通量	0.328**	0.419**	0.416**
大型車混入率	0.140	0.242*	0.267*
旅行速度	-0.563**	-0.523**	-0.483**
混雑度	0.352**	0.331**	0.321**

(**=1%有意, *=5%有意)

表-6 各交通量とCOとの相関係数 (n=50)

測定局からの距離	2キロ	3キロ	4キロ
24時間交通量	0.539**	0.620**	0.607**
乗用車交通量	0.563**	0.617**	0.597**
貨物車交通量	0.446**	0.576**	0.602**
大型車交通量	0.456**	0.575**	0.602**
大型車混入率	0.166	0.270	0.306*
旅行速度	-0.536**	-0.610**	-0.600**
混雑度	0.418**	0.392**	0.431**

(**=1%有意, *=5%有意)

NO、NO₂、SPM ではすべての項目で1%有意となった。CO は、乗用車より大型車や貨物車による影響が高

くなった。混雑度に関しては、相関がさほど高くならなかった。これは、混雑が必ずしも大都市圏だけのものではないためと考えられる。NO₂の相関係数はNOより高くなった。中でも24時間交通量がもつとも相関が高くなり、大型車、乗用車より交通量全体における相関が高いという結果が得られた。同様にSPMもすべての項目で1%有意となったが、NO、NO₂と比べると全体的に相関は低く、各相関係数の差が少なかった。乗用車交通量より大型車交通量による影響が高く、大型車混入率もある程度の相関が認められた。SPMは、固定発生源の排出が比較的多く、自然発生源もあり、汚染の地域スケールが大きいため、相関が低くなったと考えられる。

ベンゼンは24時間交通量、乗用車交通量、貨物車交通量、大型車交通量がすべて1%有意となった。逆に大型車混入率、旅行速度、混雑度は高い有意性が認められなかった。ベンゼンは自動車台数に依存し、旅行速度や混雑度など道路事情の影響が少ない。

NMHCは、大型車混入率以外はすべて1%有意、大型車混入率も3キロ、4キロ地点は5%有意の結果となり、多くの項目が1%有意の結果となった。最も相関が高かった項目は旅行速度であり、NMHCは交通量より速度による影響が高い傾向が見られる。

COは大型車混入率以外すべて1%有意となった。相関係数の傾向がNMHCと似ているが、相関係数は若干高くなった。中でも24時間交通量が最も高くなり、旅行速度も高い相関が認められたため、交通量全体の影響と旅行速度による影響が考えられる。

6. 重回帰分析

NO、NO₂、SPM、ベンゼン、NMHC、CO濃度について、24時間交通量、乗用車交通量、貨物車交通量、大型車交通量、大型車混入率、旅行速度、混雑度を説明変数とし、変数減少法、または強制投入法で重回帰分析を行った。紙面の関係上、個々の分析結果は割愛し、得られた重回帰式のみ示す。

(a) NO

$$Y = 2.332 \times 10^{-8} \times X_1 - 3.692 \times 10^{-4} \times X_2 + 2.217 \times 10^{-2} \quad (2)$$

(測定局から4キロ以内の)X₁=大型車交通量、X₂=旅行速度

(b) NO₂

$$Y = 3.98 \times 10^{-9} \times X_1 + 3.981 \times 10^{-2} \times X_2 + 1.618 \times 10^{-2} \times X_3 - 7.703 \times 10^{-3} \quad (3)$$

(測定局から4キロ以内の)X₁=24時間交通量、X₂=大型車混入率、X₃=混雑度

(c) SPM

$$Y = 5.336 \times 10^{-9} \times X_1 + 5.117 \times 10^{-2} \times X_2 + 7.724 \times 10^{-3} \times X_3 + 1.632 \times 10^{-2} \quad (4)$$

(測定局から3キロ以内の)X₁=乗用車交通量、X₂=大型車混入率、X₃=混雑度

(d) ベンゼン

$$Y = 2.591 \times 10^{-6} \times X_1 + 0.387 \times X_2 + 0.79 \quad (5)$$

(測定局から2キロ以内の)X₁=24時間交通量、X₂=混雑度

(e) NMHC

$$Y = 8.648 \times 10^{-8} \times X_1 - 4.664 \times 10^{-3} \times X_2 + 0.349 \quad (6)$$

(測定局から2キロ以内の)X₁=24時間交通量、X₂=旅行速度

(f) CO

$$Y = 1.164 \times 10^{-7} \times X_1 - 6.69 \times 10^{-3} \times X_2 + 0.614 \quad (7)$$

(測定局から3キロ以内の)X₁=24時間交通量、X₂=旅行速度

NOでは大型車交通量が、NO₂では24時間交通量が選択された。NO、NO₂は旅行速度や混雑度といった交通の状態より24時間交通量、乗用車交通量などの交通量による影響が高く、交通量の増減が濃度に直接反映される結果となった。

SPMは乗用車交通量、大型車混入率、混雑度が選択されたが、大型車混入率による影響が最も高い影響がある結果となった。

ベンゼンは石油化学系の工場などが無い地域では、自動車由来がほとんどであると推定されるが、都市部特に石油化学系の工場などが多く立ち並ぶ地域では、自動車由来より工場由来が多くなる。このため変数減少法では良い結果が得られなかったため、いくつかの説明変数を強制投入した結果、最も説明力が高くなった結果を用いた。COとNMHCは比較的に旅行速度や混雑度の交通状態による影響も寄与しており、一酸化炭素は低速の時排出される物質であるため、このような結果となったと思われる。

以上より、どの汚染物質の回帰式も何らかの交通量と、混雑度または旅行速度で表すことができると結論づけられる。

なお、重回帰式による予測値と実測値の散布図から、ばらつきの原因を検討したが、十分に定量的に説明できる原因は見出せなかった。ただし離島にある測定局は明らかに離れた結果を示しており、本研究のモデルを適用することは望ましくないと言える。

7. 予測手法の検証

重回帰分析で算出した回帰式について、具体的な事例による検証を行うため、過去の環境アセスメント事例と照らし合わせ検討を行った。ここでは紙面の関係で、2つの事例のみの結果を示す。

(1) 甲府市西関東連絡道路の事例

この計画路線は、山梨県の甲府市、笛吹市(旧石和町と春日居町)、山梨市を南西から北東に通過する国道140号の北側を平行する形で計画され、延長約6.2kmの地域高規格幹線道路である。計画区間を図-2に示す。なお、実際の道路は既に2005年に開通し、供用されている。

今回は予測地点を甲府市桜井町(図中の予測地点)とし、計画路線による供用時の大気汚染濃度の影響を予測した。予測値が環境基準に適合しているか検証するため、日平均値の年間98%値及び、日平均値2%除外値に換算した。

得られた結果は、NO_x濃度、CO濃度のいずれも、アセスメントで実際に用いられたブルーム・パフモデル(表中ではアセスメントモデルと表記)との比較において、表-7に示すように10%程度の誤差範囲におさまる値が得られた。

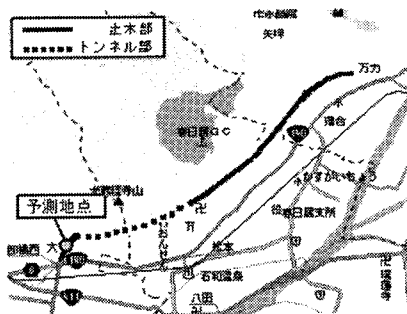


図-2 西関東連絡道路計画路線図

表-7 大気汚染物質予測結果

	二酸化窒素の 日平均値(ppm)	一酸化炭素の 日平均値(ppm)
アセスメントモデル	0.0387	1.327
本研究モデル	0.0352	1.355
環境基準値	0.04~0.06	10以下

(2) 豊科町廃棄物最終処分場建設の事例

長野県では中信地域での廃棄物最終処分場の不足が見込まれることに対応して、廃棄物事業団を事業者として、豊科町に処分場の建設を計画した。建設予定地と予測対象地点を図-3に示す。ここでは、供用時の廃棄物搬入車両による排気ガス中の汚染物質による影響(二酸化窒素、

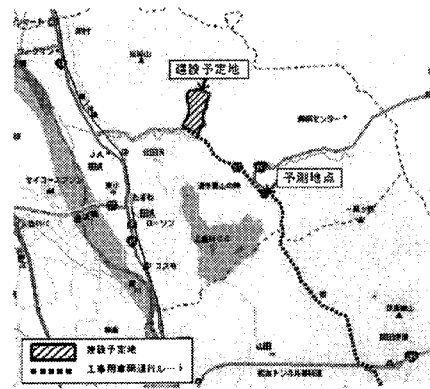


図-3 豊科町廃棄物最終処分場計画位置図

一酸化炭素)を対象として、本研究のモデルの適用を試みた。事例(1)と同様に、日平均値の年間98%値及び、日平均値2%除外値に換算した。

その結果、表-8に示すように、実際のアセスメントで用いられたブルーム・パフモデルによる予測結果と10%程度の誤差範囲におさまる結果が得られた。

表-8 大気汚染物質予測評価結果

	二酸化窒素の 日平均値(ppm)	一酸化炭素の 日平均値(ppm)
アセスメントモデル	0.0287	1.0675
本研究モデル	0.0301	1.1950
環境基準値	0.04~0.06	10以下

(3) 検証結果の評価

これらの結果から、本研究のモデルは従来の環境アセスメントの大半で用いられてきたブルーム・パフモデルとほぼ同様の結果が得られることが示された。ただしここで取り上げたのは、いずれも近隣に大規模固定発生源が存在しない地点での予測事例である。本研究のモデルは、自動車交通量のみを用いているため、当然ながら固定発生源からの排出には対応していない。そのため、近隣に大規模固定発生源が存在するような事例は、本研究のモデルの適用範囲外とする必要がある。

8. モデルの適用範囲

本研究で提案しているモデルは統計モデルであるため、モデル作成に用いたデータの性質に強く影響されることは言うまでもない。そこで使用したデータの性質に基づくモデルの適用可能範囲についてふれておくことにしたい。

まず本研究では、大都市の市街地や工業地帯を除外したデータを用いたため、それらの地域に適用することは

適当でない。このような地域は、一般に固定発生源の影響を強く受け、自動車交通量データのみを説明変数とする本研究のモデルの適用は困難である。

また回帰分析において、離島の測定局は回帰直接から明らかに外れていた。これは、本研究の重回帰式における定数項が、他地域の移動発生源や固定発生源の影響による一種のバックグラウンド濃度に相当しており、離島の場合にはその影響の割合が全く異なることによるものと考えられる。

さらに、本研究のモデルは平成 11 年度のデータを用いて作成した統計モデルであるため、大気汚染濃度や交通量データ、およびそれらの関係に寄与する排出係数データに大幅な変動が生じた場合には、適用が困難となる。近年の低公害車の普及は、国内全体の平均的な排出係数を低下させていると予想される。ただしそれらの影響が短期間に強く現れることは考えにくい。ため、少なくとも道路交通センサスの実施間隔である 3～6 年程度の期間であれば、モデルの適用は可能と考えられる。新たなデータが得られた段階では、当然モデルの再構築が必要となる。

なお、本研究のモデルを適用した予測結果が環境基準等の保全目標値に近くなったような場合には、より精度の高い予測手法を適用して再度評価することが必要である。

9. おわりに

本研究では、環境アセスメントを行う際に、それほど高い精度を必要としない場合に適用するために、自動車交通量と大気汚染レベルの関係を、簡便に表現するモデルを得ることを目的とした。

はじめに、交通量と大気汚染物質濃度の関係について単回帰分析を行った結果、大半の組み合わせにおいて有

意な相関が得られ、自動車交通との関連が確認された。次いで重回帰分析を行い、最も説明力のあった重回帰式を濃度予測モデル式として導いた。その結果、どの汚染物質のモデルも、何らかの交通量データと、混雑度または旅行速度のような速度関連データの組み合わせで説明することができることが示された。

最後に、得られたモデル式の有効性を検証するため、実際のアセスメント事例に適用した。その結果、通常のブルーム・パスモデルを用いたアセスメントの結果とほぼ同様の予測値が得られ、8 章に示したような適用可能範囲においては、本研究のモデルが有効であることが示された。

参考文献

- 1) 原科幸彦, 改訂版環境アセスメント, 日本放送出版協会, 2003.ほか
- 2) 環境省, 平成 17 年度環境影響評価技術手法要素別課題検討調査報告書, 日本環境アセスメント協会, 2006.
- 3) 森本大輔, 平成 15 年度山梨大学工学部循環システム工学科卒業論文, 2004.
- 4) 鷹取敦, 青山貞一, 地形・構造物を配慮した道路環境アセスについて, 環境アセスメント学会誌, 1(1), p61, 2003.
- 5) 青山貞一, 鷹取敦, 梶山正三, 環境大気濃度から排ガス濃度を高濃度で推定する手法について, 環境アセスメント学会誌, 1(1), p63, 2003.
- 6) 若松伸司, 大気汚染に関する予測・評価技術, 環境アセスメント学会誌, 3(2), pp1-7, 2005.
- 7) 青山貞一, 大気汚染に関する予測・評価技術, 環境アセスメント学会誌, 3(2), pp8-13, 2005.
- 8) 大気汚染法令研究会監修, 平成 12 年版日本の大気汚染状況, ぎょうせい, 2000.
- 9) 国土交通省道路局編, 平成 11 年度道路交通センサス一般交通量調査 CD-ROM, (社)交通工学研究会, 2001.

A SIMPLIFIED PREDICTION METHOD OF AIR POLLUTANT CONCENTRATIONS FOR ENVIRONMENTAL IMPACT ASSESSMENTS

Noritaka KATATANI and Hideyuki HARA

A simplified prediction model was developed to predict air pollutant concentrations to be applied in environmental impact assessments. This model is based on the statistical relationship between pollutant concentrations and automobile transportation volume data. The validations of the model were carried out by the trial calculations according to the existing assessment results. As a result, the proposed model was judged useful unless large point sources are existing in the surrounding area.