

大阪府域における大気環境の経済分析

畑中 弘*

はじめに

環境問題は人口、生産活動の増加による環境への負荷の増大が環境の持つ浄化能を上回ることにより発生する。

歴史的に見ると高度成長期(昭和30年～40年代前半)の激甚な公害時代、昭和40年代後半～50年代にかけての公害対策の実施と公害問題の多様化の時代、昭和50年代後半～60年代にかけての公害問題から環境問題への変化の時代、平成年代の地球環境問題への取り組みの時代に変化している。

環境保全対策はこれらの環境問題を社会経済システムに内部化するためにとられる対策であるから何らかの社会的環境評価に基づいている。それゆえ環境保全対策の評価も社会的環境評価に基づいてなされる。近年、環境保全対策に対して費用対効果による評価がより求められるのも社会的環境評価の一側面と考えられる。しかし、都市環境のように環境改善が顕著には把握し難い環境問題において、費用効果分析を適用すると限界費用の高さのため非効率と判断されるバイアスをもつ可能性を排除できない。

環境は市場取引のできない公共財であり、一部を除いて市場価格が成立しない財ではあるが、経済評価手法を用いその便益を計測することにより環境保全対策の費用便益分析が可能となれば、環境保全対策に対する評価手法の拡大をもちえよう。

環境の経済評価手法には表示選好法のCVM法、顕示選好法のトラベルコスト法、ヘドニック価格法があり、それぞれ適用し得る環境負荷が異なる。本稿では都道府県レベルに影響を及ぼし、環境基準を満たす汚染質と満たさない汚染質が存在する都市型大気汚染を対象として、技術的評価と経済的評価間の乖離の有無を検証する。環境汚染に曝されている人について考えると、悪影響を被る原因物質が何であるか必ずしも明らかでなくても何らかの影響度合いを日々の生活を通じて感じていると考え得る。つまり環境が良い、悪いという評価基準では環境を評価していると考え得る。その評価を通じ住居立地の選好に影響を及ぼすとして、ヘドニック価格法で地

価関数を推定することにより技術的評価では計測し得ない環境に対する選好を明らかにし便益を計測する。

具体的には大阪府域の大気環境を対象に経済的評価を行う。平成10年1月1日の地価データを平成5～7年度、平成7～9年度および平成5～9年度の大気汚染常時測定局の環境データ(二酸化窒素、二酸化硫黄、浮遊粒子状物質)に回帰することにより、大気環境質に対する選好を知り、環境基準に代表される技術的評価との整合性を判断する。なお、ヘドニック価格法における分析の前提条件のうち社会経済的な大きな変化は好ましくないと考えられるので、近年の社会経済的状况を勘案して分析対象時点を選定した。社会的環境評価の複数の評価法において整合的な結果が得られれば、その評価に基づく環境保全対策が社会に受け入れられる可能性は大きいと考えられる。

また、近年環境問題として技術的評価では注目されているが技術的評価基準は未設定の大気環境中の酸性物質⁽¹⁾についての選好を経済的に事前評価し、酸性物質に対する環境保全対策への政策的示唆を得ることも同時に目的とする。

第1章 環境評価

第1節 自然科学的環境評価

自然科学的環境評価は人体に対する影響を基準とした労働衛生的評価、疫学的評価およびそれらを基にした環境基準に代表される濃度、排出量規制を中心とした技術的評価に分類される。大気汚染質に関しては環境基本法、大気汚染防止法に基づき、国は環境基準を設定し、都道府県は環境総合計画を策定して環境保全を目指す。大阪府では平成8年3月に策定した大阪府環境総合計画において環境保全目標を定め、環境基準が定められている項目については原則として環境基準を用いること。ただし、新たな知見が得られたときは環境保全目標について必要な改訂を行うとしている。

*大阪府環境情報センター環境科学室調査課

大阪府では大気汚染防止法に基づき大気汚染常時監視網を整備し大気汚染物質の測定を行っている。

平成 10 年 3 月時点の測定局は一般環境を測定する一般局(85 局)、道路近傍の環境を測定する自動車排ガス局(自排局:38 局)、気象測定を目的とする気象局(3 局)、計 126 局である。このうち対象とする汚染質を継続的に測定している 89 局を分析対象として選んだ。

対象とした大気汚染測定局 89 局の平成 5 ~ 9 年度の測定値の平均値をNO₂、SO₂、SPMについて月平均値(ave.)を横軸に、1 日平均値の年間 98%値(0.98)、1 時間値の最高値(peak)を縦軸に散布図で示す。(図 1 ~ 3) データ出所：大阪府環境白書各年度版

それぞれ(ave.)と(0.98)はよい相関を示すのでどちらかで代表することが可能である。(peak)は統計的には異常値を含む可能性もあるが、公表測定値は測定機器異常、測定値自体の異常を検討後の値であるので異常値を含むと必ずしもいいきれない。年間 98%値で評価するとSO₂は環境基準を満たしNO₂、SPMは環境基準未達成の局がある。

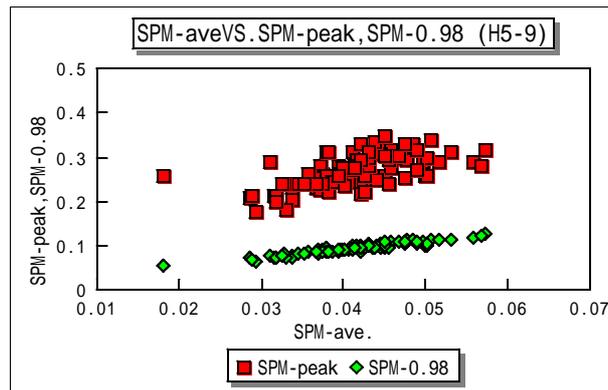


図 3 SPM散布図

第 2 節 社会経済的環境評価

社会経済的環境評価は法令、行政、裁判など法・政治制度による評価と環境汚染による社会的費用を秤量する経済的環境評価に分類できる。経済的環境評価は環境に対する社会の選好に依存する評価法と選好から独立の評価法に分かれる。選好独立型評価法には再生費用法と適用効果法などがあり、再生費用法はある環境を再生する費用を、適用効果法は自然環境の劣化や回復により何らかの価値がもたらされる場合その総価値を環境の価値と評価する。選好独立型評価法の利点は結果の頑健性にあり、環境アセスメントの情報としては有効であるが個人の選好を反映していないから社会的に受容されるかどうかという問題点がある。選好依存型評価法は選好の把握方法により表明選好法と顕示選好法に分類できる。表明選好法は仮想評価法、コンジョイント分析など環境に対する個人の選好から評価額を直接に求める。しかし、仮想評価法、コンジョイント分析とも個人の環境に関する価格付けを聞き取ることが前提であるから情報、予算制約(誰が支払うのか)によるバイアスが避けられず安定性に欠け社会的に受容されにくい。顕示選好法は環境に対する個人の選好を個人が実際に支出している貨幣額からとらえる方法で、トラベルコスト法は人々が訪問するサイトの環境の価値をそれに費やす支出により評価する。ヘドニック価格法は土地や住宅価格に反映する環境の価値をとらえようとするものである。これらは社会の選好に基づいているが、適用できる環境問題に限られるという弱点をもつ。本稿では、ヘドニック価格法を用いて環境に対する選好を明らかにする。以上を下図に示す。(この節は主に鷲田⁽²⁾に従った)

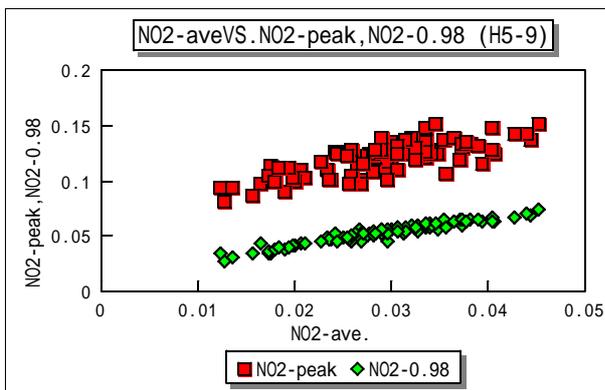


図 1 NO₂散布図

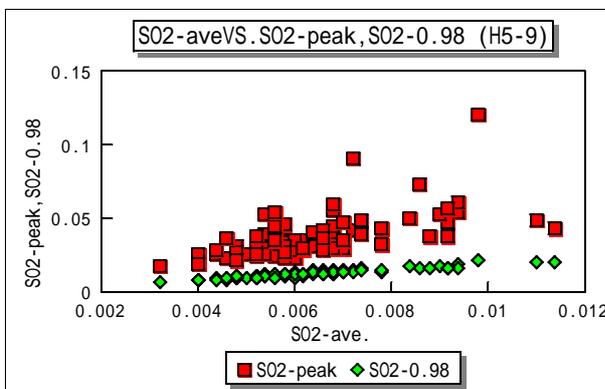
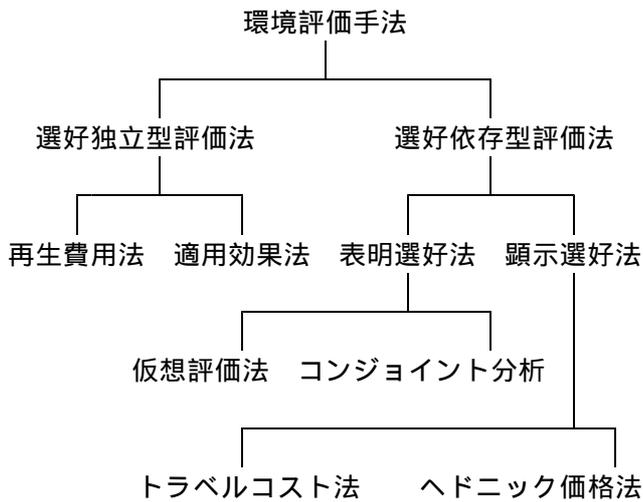


図 2 SO₂散布図



第2章 大気環境の経済評価

第1節 ヘドニック・アプローチ

大気環境質に対する選好を知る方法として、ヘドニック地価関数の推計を行うことにより環境質の評価を行う。ヘドニック・アプローチは地価や住宅価格を被説明変数とし、環境質を説明変数とする地価関数を推定し、推定されたパラメーターから環境質の評価を行う。ヘドニック・アプローチの利点は仮想市場法などと比較して客観性が高いこと、精度の高いデータが豊富に利用可能なこと、貨幣尺度で便益計算ができることなどが挙げられる。一方問題点は地価関数推定に際しての多重共線性と関数型設定の恣意性にある。多重共線性は説明変数の選択や指標化により避け得る場合もある⁽³⁾が選択されなかった変数に対する選好は知ることができない。関数型の設定は平均的水準付近の価値を求める限りは関数型による差は大きくない⁽⁴⁾。環境質を対象にした先行研究には騒音や振動の社会的費用を計測した岩田・浅田⁽⁵⁾、山崎⁽⁶⁾、肥田野・林山・井上⁽⁷⁾がある。騒音は影響が空間的に限定的で、影響を明白に評価し得る汚染質であるから影響を受ける人の選好の把握は容易で経済理論と整合的な結果が得られている。一方、大気汚染に関して金本・中村・矢澤⁽⁸⁾では大気汚染の減少の便益がマイナスになる(パラメーターがプラス)という経済理論と整合的でない結果が得られ、汚染質濃度の二次項を導入してマイナスのパラメーターを推定している。また、Harrison and Rubinfeld⁽⁹⁾では汚染濃度の二次項のみで評価している。しかし、汚染質に対する選好がある濃度を境に逆転するという結果は説得的とはいえない。問題点はむしろ濃度と人体影響の関係を無視しているところにあると考えられる。

ここでは、Rosen⁽¹⁰⁾、金本、中村⁽¹¹⁾、肥田野⁽¹²⁾を参考にヘドニック地価関数の推定を行う。

ローゼンのアプローチ

Rosen によると消費者は多様な属性を持つ財 z とその他のすべての財を代表する合成財 x を所得制約のもとで購入し、効用 $u(x, z)$ を最大化しようとする。

消費者の行動

$$\max_{x, z} u(x, z) \quad \text{subject to } I = x + p(z)$$

ただし I : 所得 x : 合成財

z : 当該財のベクトルとしての特性の消費量

$p(z) : (z_1, z_2, \dots, z_n)$ という特性をもつ財の市場価格関数

一階の条件は

$$u_{z_i} / u_x = p / z_i \quad (1)$$

$$I = x + p(z) \quad (2)$$

ただし $u_{z_i} = u / z_i$ $u_x = u / x$

(1)、(2) を満足する x^* 、 z^* がこの消費者の購入量であり、そのときの効用 u^* も定まる。このとき得られる最大効用 u^* を用いて間接効用関数で表すと $u(x, z) = u(I - p(z^*), z^*) = u^*$ ここで (z) という関数を考え

$$u(I - p(z), z) = u^* \quad (3)$$

(3) は効用水準 u^* を維持した上で財 (z) に支出できる最大額「付け値」を表す。付け値関数は任意の u で定義できるので

$$u(I - p(z), z) = u$$

z_i で両辺を微分して

$$u / x \cdot x / z_i + u / z_i = 0$$

$$x / z_i = - u / z_i / (u / x) \quad \text{だから}$$

$$- u / x \cdot x / z_i + u / z_i = 0$$

$$\text{よって} \quad i = u_{z_i} / u_x$$

付け値関数 v を z_i で微分した v_i は効用関数において z_i と合成財 x の限界代替率を表している。これは特性 z_i の価値の一つの定義といえる。消費者が同質的であれば市場価格関数 $p(z)$ と付け値関数 $v(z)$ は一致する。異質の消費者が存在する場合は $p(z)$ は $v(z)$ の包絡線となり、市場価格関数を用いた環境価値は過大評価をもたらす。しかし、環境の変化が微小であったり、影響範囲が狭い場合は便益を正確に計測し得る⁽¹²⁾。本稿では環境測定値の推移より変化が微小であるという仮定が成立するとした。

地価関数の推定

被説明変数：平成10年1月1日の地価公示価格

説明変数：土地の周辺環境を考慮して以下の属性の変数を採用した。

土地属性：容積率 面積 近接道路幅員

換算距離 総時間

近隣特性：交通量 人口密度 住宅密度

製造業数 卸小売業数
サービス業数

ダミー：下水道 商業地 工業地

環境濃度：NO₂ SO₂ SPM HNO₃

環境指標：Ind(総合指標)

Ind1(一次汚染質指標)

Ind2(二次汚染質指標)

なお、変数の内容、データ出所は補論1参照。

自排局補正

府下 126 局の大気汚染常時測定局のうち、SO₂、NO₂、SPMを同時に測定している 89 局(一般環境局、自動車排ガス局)の測定データを用い、測定局近隣の 254 サンプルの地価データに回帰した。

環境データの安定性の確保と、パラメーターの安定性の検証のため平成 5 ~ 7 年度、平成 7 ~ 9 年度および平成 5 ~ 9 年度の平均値を環境質による説明変数とした。

一般環境局(一般局)と自動車排ガス局(自排局)の違いは、測定局の立地とサンプルガス採取口の高さが異なっているが、自動車排ガス局の測定データを排除するとデータ数が小さくなること、商業地、工業地が地価データから排除される割合が高いことなどから両局をあわせて用いた。一般局と自排局の測定データは自排局の方が一般に高いが、立地による差と採取口の高さによる差があるので自排局補正を行った。藤井寺市役所局は平成 6 年度まで自排局であったが平成 7 年度から一般局に指定替えとなり採取口が引き上げられた。その結果測定値が下表のように変化した。地理的、社会経済的環境条件は大きくは変化していないと考えられるからその差は採取口の変更によるとできる。藤井寺市役所局の指定替え前後の測定値を示す。

	平成 5.6 年度	平成 7.8 年度
二酸化イオウ	0.006ppm	0.0055ppm
二酸化窒素	0.036ppm	0.028ppm
浮遊粒子状物質	0.043mg/m ³	0.044mg/m ³

これより、採取口高さの違いによる自排局補正を SO₂ 10%、NO₂ 20%、SPM 0%とした。

第 2 節 地価関数の推定(濃度指標)

地価関数の説明変数として大気汚染常時測定値を用いて推定した。

推定式は $p = \alpha_0 + \alpha_1 z_1 + \dots + \alpha_n z_n + e_p$

大気環境質を濃度単位で説明変数とすると、すべての変数は符号条件を満たすが有意水準は HNO₃ を除いて低い。濃度指標は人体影響を必ずしも直接的には反映していないから有意水準が低下すると考えら

れる。ただし、変数削除テスト結果は環境汚染質が説明変数として有意であることを示している。

推定結果 1 濃度指標

	H5-9	H5-7	H7-9
	推定量 P-値	推定量 P-値	推定量 P-値
定数項	251.1(.00)	223.8(.01)	270.2(.00)
容積率	0.790(.00)	0.794(.00)	0.795(.00)
面積	0.075(.39)	0.080(.36)	0.071(.41)
近接道路幅	7.341(.02)	7.168(.02)	7.485(.02)
換算距離	-0.079(.00)	-0.077(.00)	-0.079(.00)
総時間	-3.101(.00)	-3.204(.00)	-3.033(.00)
自動車走行数	21.26(.01)	22.98(.01)	19.54(.01)
人口密度	0.029(.00)	0.027(.01)	0.031(.00)
住宅密度	-0.054(.01)	-0.050(.02)	-0.057(.01)
製造業数	-2.961(.01)	-3.003(.00)	-2.822(.01)
卸小売業数	3.171(.00)	2.990(.00)	3.329(.00)
サービス業	-2.273(.27)	-1.867(.37)	-2.650(.20)
下水道ダミー	64.6(.00)	66.6(.00)	63.7(.00)
商業地ダミー	29.0(.41)	31.1(.39)	26.6(.45)
工業地ダミー	-29.2(.11)	-28.0(.12)	-28.3(.11)
NO ₂	-1607(.60)	-3704(.22)	-859(.77)
SO ₂	-9001(.25)	-4771(.50)	-10673(.15)
SPM	-2037(.23)	-1386(.45)	-2388(.10)
HNO ₃	-6388(.05)	-4704(.11)	-7414(.03)
R-Bar-Squared	0.8214	0.8185	0.8240
F-stat.	F(4,235)= 4.69(.00)	F(4,235)= 3.85(.01)	F(4,235)= 5.45(.00)
DW-statistic	2.38	2.37	2.38

注：F-stat. は環境汚染質：(NO₂ ~ HNO₃)の変数削除テスト結果

第 3 節 地価関数の推定(影響指標)

前節では濃度指標で推定を行った。環境汚染質全体では説明変数として有意であるが個別のパラメーターは有意水準が低く推定された。そこで、大気環境質の影響度合を勘案して総合指標化し経済評価を行う。個別の汚染質の人体への影響度合は A C G I H - T W A を用いて SO₂ : H₂SO₄ : NO₃ : HNO₃ = 1:10:0.7:1 とする⁽¹²⁾。(補論 2) H₂SO₄、HNO₃濃度は大気汚染常時測定局では測定していないが SO₂濃度、NO₂(H-L)濃度と 1:1 とする。(補論 3) SPM に関しては測定単位も異なり、単一物質ではないので人体への影響度合を環境基準値から SO₂濃度 1 単位に対して指標化する。

指標化の手順

SO₂、NO₂の人体影響度合と環境基準値を比較すると影響度合と環境基準値は逆比になっているので、

それが SPM に対しても成立すると仮定して SPM のSO₂濃度 1 単位に対する影響度合を算出する。

	影響度合	環境基準(長期評価)	影響度合×環境基準
SO ₂	1/(1ppm)	0.04ppm	0.04
NO ₂	0.7/(1ppm)	0.06ppm	0.042
SPM	x/(1mg/m ³)	0.1mg/m ³	0.04

x = 0.4となるから SPM1mg/m³はSO₂1ppmの0.4倍の影響度合とする。

以上の準備により大気環境質の総合指標:Ind は

$$\begin{aligned} \text{Ind} &= \text{SO}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 + \text{NO}_2 + \text{HNO}_3 + \text{SPM} \\ &= \text{SO}_2 + 10\text{SO}_2 + 0.7\text{NO}_2 + \text{HNO}_3 + 0.4\text{SPM} \end{aligned}$$

一次汚染質のみを用いた総合指標を Ind1 とする。

$$\text{Ind1} = \text{SO}_2 + \text{NO}_2 + \text{SPM} = \text{SO}_2 + 0.7\text{NO}_2 + 0.4\text{SPM}$$

二次汚染質のみを用いた総合指標を Ind2 とする。

$$\text{Ind2} = \text{H}_2\text{SO}_4 + \text{HNO}_3 = 10\text{SO}_2 + \text{HNO}_3$$

総合指標 Ind を用いた地価関数の推定結果を示す。

推定においては総合指標を環境指標とした。

推定式は

$$p = \alpha_0 + \alpha_1 z_1 + \dots + \alpha_n \text{Ind} + e_p \quad (1)$$

$$\ln(p) = \alpha_0 + \alpha_1 z_1 + \dots + \alpha_n \ln(\text{Ind}) + e_p \quad (2)$$

とした。推定式(1)により地価に及ぼす環境指標の限界効果を、推定式(2)により地価の環境指標に対する弾力性を知る。

推定結果 2 環境指標 (推定式1)

	H5-9	H5-7	H7-9
	推定量 P-値	推定量 P-値	推定量 P-値
定数項	172.6(.02)	142.6(.05)	183.7(.01)
容積率	0.776(.00)	0.771(.00)	0.781(.00)
面積	0.079(.39)	0.082(.38)	0.077(.40)
近接道路幅	7.556(.02)	7.354(.02)	7.654(.01)
換算距離	-0.076(.00)	-0.075(.00)	-0.077(.00)
総時間	-2.922(.00)	-2.728(.00)	-2.977(.00)
自動車走行数	19.61(.01)	19.18(.02)	18.62(.01)
人口密度	0.025(.01)	0.024(.02)	0.026(.01)
住宅密度	-0.049(.03)	-0.046(.03)	-0.050(.02)
製造業数	-3.542(.00)	-3.534(.00)	-3.579(.00)
卸小売業数	3.049(.00)	2.875(.00)	3.159(.00)
サービス業	-1.978(.31)	-1.627(.40)	-2.207(.25)
下水道ダミー	66.0(.00)	65.8(.00)	67.6(.00)
商業地ダミー	31.3(.39)	34.8(.34)	28.8(.42)
工業地ダミー	-28.1(.11)	-28.5(.09)	-27.2(.12)
Ind	-1531(.00)	-1272(.00)	-1613(.00)
R-Bar-Squared	0.8201	0.8169	0.8219
F-stat.	F(1,238)= 13.93(.00)	F(1,238)= 10.15(.00)	F(1,238)= 15.68(.00)
DW-statistic	2.36	2.37	2.38

注：F-stat. は環境指標:Indの変数削除テスト結果

推定結果 3 環境指標 (推定式 2)

	H5-9	H5-7	H7-9
	推定量 P-値	推定量 P-値	推定量 P-値
定数項	4.495(.00)	4.573(.00)	4.498(.00)
容積率	8.7E-4(.00)	8.7E-4(.00)	8.8E-4(.00)
面積	7.5E-5(.60)	7.7E-5(.59)	7.4E-5(.61)
近接道路幅	0.013(.00)	0.012(.00)	0.013(.00)
換算距離	-2.2E-4 (.00)	-2.1E-4 (.00)	-2.2E-4 (.00)
総時間	-0.011(.00)	-0.011(.00)	-0.011(.00)
自動車走行数	0.049(.00)	0.048(.00)	0.047(.00)
人口密度	8.1E-5(.00)	7.9E-5(.00)	8.1E-5(.00)
住宅密度	-1.4E-4 (.00)	-1.4E-4 (.00)	-1.4E-4 (.00)
製造業数	-0.006(.00)	-0.006(.00)	-0.006(.00)
卸小売業数	0.004(.00)	0.004(.00)	0.005(.00)
サービス業	-0.004(.15)	-0.003(.21)	-0.004(.12)
下水道ダミー	0.218(.00)	0.219(.00)	0.221(.00)
商業地ダミー	0.268(.00)	0.274(.00)	0.265(.00)
工業地ダミー	-0.078(.08)	-0.078(.07)	-0.076(.09)
ln(Ind)	-0.290(.00)	-0.255(.01)	-0.290(.00)
R-Bar-Squared	0.8568	0.8552	0.8578
F-stat.	F(1,238)= 10.18(.00)	F(1,238)= 8.19(.01)	F(1,238)= 10.58(.00)
DW-statistic	2.12	2.11	2.12

注：F-stat. は環境指標:ln(Ind)の変数削除テスト結果

Ind1、Ind2 を説明変数とした推定結果を示す。

推定結果 4 環境指標(Ind1,Ind2 推定式 1)

	H5-9	H5-7	H7-9
	Coef. P値	Coef. P値	Coef. P値
Ind1	-5065 (.00)	-4904 (.00)	-5003 (.00)
Ind2	-1875 (.00)	-1443 (.01)	-2017 (.00)

推定結果 5 環境指標(ln(Ind1),ln(Ind2) 推定式 2)

	H5-9	H5-7	H7-9
	Coef. P値	Coef. P値	Coef. P値
ln(Ind1)	-0.308(.00)	-0.308(.00)	-0.296(.00)
ln(Ind2)	-0.236(.00)	-0.190(.02)	-0.240(.00)

Ind、Ind1、Ind2 とともに符号条件をみだし、係数も安定で有意水準も高く環境汚染質の影響度合いを考慮することの正当性が示唆される。一次汚染質と二次汚染質の削減はともにプラスに評価され、測定されていない二次汚染質を無視できないことを示している。推定式 2 の弾力性(H5-9)で評価すると環境指標1%の削減が地価0.29%上昇の便益を生むと算定された。同様に一次汚染質単独の1%削減は0.31%、二次汚染質単独の場合は0.24%の便益を生じる。

第 4 節 地価関数の推定(用途地域別)

用途地域の異なる地点に居住する人の環境質に対

する選好に違いがあるかどうかを用途地域別に回帰分析を行うことにより検証する。なお準工業地域はサンプル数が少ないので分析対象から除いた。平成7～9年度の推定結果をしめす。他の年度も同様の結果であった。

推定結果6 用途地域別 (推定式1)

	住宅地 n=178		商業地 n=60	
	推定量	P-値	推定量	P-値
定数項	250.2	(.00)	462.1	(.05)
容積率	0.023	(.70)	1.175	(.00)
面積	0.042	(.28)	-0.058	(.72)
近接道路幅	5.175	(.00)	7.291	(.07)
換算距離	-0.040	(.00)	-0.135	(.06)
総時間	-2.072	(.00)	-10.38	(.00)
自動車走行数	7.921	(.00)	46.82	(.02)
人口密度	0.012	(.00)	0.061	(.03)
住宅密度	-0.014	(.00)	-0.125	(.01)
製造業数	-1.774	(.01)	-7.394	(.03)
卸小売業数	4.713	(.00)	4.228	(.00)
サービス業	-8.779	(.00)	-4.404	(.08)
下水道ダミー	35.4	(.00)	146.9	(.02)
Ind	-381.8	(.04)	-4995	(.00)
R-Bar-Squared	0.7549		0.7493	
F-stat.	F(1,164)= 3.83	(.05)	F(1,46)= 15.32	(.00)
DW-statistic	1.68		2.34	

注：F-stat.は環境指標：Indの変数削除テスト結果

推定結果7 用途地域別 (推定式2)

	住宅地 n=178		商業地 n=60	
	推定量	P-値	推定量	P-値
定数項	4.976	(.00)	2.915	(.00)
容積率	4.0E-5	(.88)	0.001	(.00)
面積	1.4E-4	(.38)	-1.3E-4	(.62)
近接道路幅	0.019	(.00)	0.012	(.01)
換算距離	-1.6E-4	(.00)	-2.6E-4	(.05)
総時間	-0.010	(.00)	-0.019	(.00)
自動車走行数	0.037	(.00)	0.085	(.01)
人口密度	7.3E-5	(.00)	1.2E-4	(.01)
住宅密度	-1.1E-4	(.00)	2.2E-4	(.00)
製造業数	-0.008	(.00)	-0.011	(.04)
卸小売業数	0.019	(.00)	0.005	(.02)
サービス業	-0.036	(.00)	-0.004	(.25)
下水道ダミー	0.151	(.00)	0.436	(.00)
ln(Ind)	-0.164	(.04)	-1.006	(.00)
R-Bar-Squared	0.7704		0.7247	
F-stat.	F(1,164)= 3.83	(.05)	F(1,46)= 15.32	(.00)
DW-statistic	1.67		2.49	

注：F-stat.は環境指標：ln(Ind)の変数削除テスト結果

推定式1、2とも用途地域別で大きく異なるのは容積率に対するパラメーターで、住宅地では有意とはいえない。これは住宅地においては容積率200%の地点が133地点(178地点中)と多く説明変数のばらつきが少なすぎるためと思われる。面積について商業地でパラメーターがマイナスになったが有意水準は低い。全体でも面積については両推定式とも有意水準が低く用途地域による差とはいえない。

有意なパラメーターの符号は用途地域間で整合的であり、弾力性で比較すると3倍以内の差に収まっているが、Indについては商業地域は住宅地域の6倍の値を示し、商業地域での環境改善がより求められていると解釈できよう。

Ind、Ind1、Ind2を説明変数とした推定結果をまとめて示す。

推定結果8 環境指標 (用途地域別：住宅地 推定式1)

	H5-9		H5-7		H7-9	
	Coef.	P値	Coef.	P値	Coef.	P値
Ind	-419	(.02)	-370	(.04)	-381	(.04)
Ind1	-1226	(.05)	-1233	(.06)	-1078	(.06)
Ind2	-516	(.03)	-425	(.06)	-474	(.05)

推定結果9 環境指標 (用途地域別：商業地 推定式1)

	H5-9		H5-7		H7-9	
	Coef.	P値	Coef.	P値	Coef.	P値
Ind	-4848	(.00)	-4555	(.00)	-4995	(.00)
Ind1	-19025	(.00)	-19124	(.00)	-19039	(.06)
Ind2	-5847	(.00)	-5307	(.00)	-6090	(.00)

推定結果10 環境指標 (用途地域別：住宅地 推定式2)

	H5-9		H5-7		H7-9	
	Coef.	P値	Coef.	P値	Coef.	P値
ln(Ind)	-0.189	(.03)	-0.183	(.03)	-0.164	(.04)
ln(Ind1)	-0.182	(.04)	-0.187	(.05)	-0.159	(.05)
ln(Ind2)	-0.154	(.04)	-0.141	(.05)	-0.134	(.06)

推定結果11 環境指標 (用途地域別：商業地 推定式2)

	H5-9		H5-7		H7-9	
	Coef.	P値	Coef.	P値	Coef.	P値
ln(Ind)	-0.971	(.00)	-0.897	(.00)	-1.006	(.00)
ln(Ind1)	-1.295	(.00)	-1.309	(.00)	-1.301	(.00)
ln(Ind2)	-0.752	(.00)	-0.653	(.00)	-0.794	(.00)

地域別に分析しても符号条件をみたし、係数も安定である。商業地に比べて住宅地の有意水準は若干低下する。

推定式2の環境指標のパラメーターは地価の環境指標に対する弾力性をあらわしている。推定式1のパラメーターから平均値まわりの弾力性を求め、両者を比較することにより関数型による推定値の差の有無を検証する。

弾力性	住宅地(n=178)		商業地(n=60)	
	推定式 1	推定式 2	推定式 1	推定式 2
Ind H5-9	-0.19	-0.19	-0.97	-0.97
Ind H5-7	-0.17	-0.18	-0.93	-0.90
Ind H7-9	-0.17	-0.16	-0.98	-1.01
Ind1 H5-9	-0.20	-0.18	-1.37	-1.30
Ind1 H5-7	-0.20	-0.19	-1.38	-1.31
Ind1 H7-9	-0.17	-0.16	-1.34	-1.30
Ind2 H5-9	-0.15	-0.15	-0.75	-0.75
Ind2 H5-7	-0.12	-0.14	-0.70	-0.65
Ind2 H7-9	-0.14	-0.13	-0.77	-0.79

住宅地、商業地別の推計では平均値まわりの弾力性と両対数モデルのパラメーターはよい一致を示し、関数型による差は大きくないことがわかる。

第5節 経済評価と技術評価の比較

1 濃度指標

濃度指標の技術的評価は環境基準が設定されている汚染質と、設定されていない汚染質に分かれる。

環境基準が設定されていない汚染質については、 H_2SO_4 は SO_2 と同程度存在し、 HNO_3 は代理変数 $NO_2(H-L)$ と同量存在する。 H_2SO_4 は SO_2 と相関するから経済評価の説明変数に採用できない。 SO_2 のパラメーターは H_2SO_4 の評価を含んだものと解釈できる。環境基準の達成状況と経済評価をまとめると

	NO_2	SO_2	SPM	H_2SO_4	HNO_3
環境基準	×		×	未設定	未設定
経済評価	-	-	-		

経済評価で有意水準は低い NO_2 、 SO_2 、SPMのパラメーターがマイナスとなり、これらのさらなる削減が求められている。 SO_2 は環境基準を満たしているが、濃度基準ではカウントされていない H_2SO_4 を含んだ評価とすれば妥当な結果と考えられる。 HNO_3 は有意水準も高くマイナスに評価され二次汚染質を無視できないことが分かる。

2 影響指標

環境基準値は人体への影響も考慮して設定されているが、個別の汚染質についての基準であって複数の汚染質による影響を総合評価するには設定されていない。しかし、影響を受ける人からみれば個別の汚染質による影響度合いを判別できるわけではなく総合的に影響を受けている。そこで人体影響を SO_2 1 ppmあたりに換算した環境指標を作成して地価関数を推定した。環境指標は対象とした汚染質すべての影響を総合した Ind、一次汚染質を総合した Ind1、二次汚染質を総合した Ind2 とした。対象地域は用途地域別にも推定した。パラメーターはすべてマイナスであったので P-値と弾力性で比較する。(値は平成7-9年)

P-値	Ind	Ind1	Ind2
全域	.000	.000	.001
住宅地	.035	.055	.054
商業地	.000	.000	.000

弾力性	Ind	Ind1	Ind2
全域	-0.29	-0.30	-0.24
住宅地	-0.16	-0.16	-0.13
商業地	-1.01	-1.30	-0.79

人体影響を考慮した環境指標ではパラメーターは有意水準も高くマイナスに推定された。一次汚染質だけでなく、二次汚染質に対してもマイナスの評価であったことは、一次汚染質を、測定されていない二次汚染質に変換するような削減策は効果が限定的であることを意味すると解釈できる。用途地域別では商業地の環境改善がより求められているといえる。

第6節 費用便益分析

尼崎、西淀川、川崎、名古屋の公害訴訟に対する判決や和解成立を受け、ディーゼル車からの粒子状物質の低減装置に対する触媒被毒を防止するためディーゼル燃料(軽油)の硫黄含有量を現行の 1/10 の 50ppm に抑制する必要がある。石油元売り各社は 2003 年 10 月をめどに、低硫黄軽油の供給体制を整える。(日経 2000,11,25 記事) これにより SPM 汚染がどの程度改善されるかは低減装置の性能に左右されるので確実には予測できないが、移動発生源由来の SO_2 排出量は確実に減少する。そこで、軽油の低硫黄化による費用便益分析を地価関数推定により得られたパラメーターを用いて行う。さらに 2007 年には軽油(50 10ppm)、2008 年にはガソリン(100 10ppm)が規制強化される見とおしであり(日経 2004,3,22 記事) この場合についても同様に試算する。

前提

ヘドニック地価関数のパラメーターは環境データとして平成 5-9 年平均値を用いた場合の総合指標 Ind 推定値を採用する。パラメータ推定値：1530 円/㎡/ppb
 軽油の硫黄分は旧基準 0.05% = 500ppm を満たしているとし 50ppm に低減されるとする。(試算)
 50ppm から 10ppm に低減されるとする。(試算)
 ガソリンの硫黄分は現行基準 100ppm を満たしているとし 10ppm に低減されるとする。(試算)
 軽油消費量は 200 万 kl/年、ガソリンは 300 万 kl/年(大阪府統計年鑑および軽油石油引取税決算額より逆算)とする。
 環境改善を受ける面積は道路両側、道路幅と同じとする。府内道路面積 132 k ㎡(H9 年度:出所平成 11 年度大阪府統

計年鑑)

SO₂ 排出量と環境測定値の関係

1tSO₂ = 0.000169ppb(補論3)

軽油の比重 0.82、ガソリンの比重 0.78 とする。(石油年鑑 1999/2000 オイル・レポート社、ガソリン規格値)

軽油脱硫のための設備投資とコスト負担

平成4年10月1日JIS改訂により軽油中の硫黄分が0.5%から0.2%に引き下げられた。そのとき第2段階の低硫黄化として0.05%へ引き下げた場合のコスト試算が石油連盟によって行われ建設費用2900億円(平成元年価格)、ランニングコスト180億円より軽油1l当たりのコスト増2.6円とされている。(石油販売年鑑1995 燃料油脂新聞社 p172)

日経新聞 2000,11,25 の記事によると深度脱硫装置への投資額は日石三菱150億円、出光興産200億円、ジャパンエナジー、コスモ石油それぞれ100億円以上で、ランニングコストは前回の引き下げよりは費用がかかると予想されるから軽油価格への影響は前回程度として大きな違いはないとする。(試算)

日経新聞 2004,3,22 の記事によると硫黄除去装置や高性能触媒導入コストは元売5社計670億円、経済産業省では法規制に先だて出荷を始めた石油会社に計50億円の補助金を分配する。ランニングコストは不明なので、この場合は政府、民間の初期投資額をコストとする。(試算)

試算

排出量削減の計算

$$SO_2(\text{量}) = ((500-50)/10E6) * (2*10E6) * 0.82 * (64.1/32) \\ = 1480\text{t/年}$$

$$SO_2(\text{濃度}) = 0.000169 * 1480 = 0.25\text{ppb}$$

便益

$$B(SO_2) = 1530 * 0.25 * 132 * 2 * 10E6 = 1.01 * 10E11 \\ = 1010 \text{ 億円}$$

$$B(H_2SO_4) = 1530 * 0.25 * 10 * 132 * 2 * 10E6 \\ = 1.01 * 10E12 = 10100 \text{ 億円}$$

$$B(SO_2 + H_2SO_4) = B(SO_2) + B(H_2SO_4) \\ = 1010 + 10100 = 11110 \text{ 億円}$$

費用

$$C = 2.6 * (2 * 10E6) * 1000 = 520 \text{ 億円/年}$$

試算

排出量削減の計算

$$\text{軽油分 } SO_2(\text{量}) = ((50-10)/10E6) * (2*10E6) * 0.82 * (64.1/32) \\ = 130\text{t/年}$$

$$SO_2(\text{濃度}) = 0.000169 * 130 = 0.022\text{ppb}$$

ガソリン分 SO₂(量)

$$= ((100-10)/10E6) * (3*10E6) * 0.78 * (64.1/32) = 420\text{t/年}$$

$$SO_2(\text{濃度}) = 0.000169 * 420 = 0.071\text{ppb}$$

便益

$$\text{軽油分 } B(SO_2) = 1530 * 0.022 * 132 * 2 * 10E6 \\ = 8.89 * 10E9 = 89 \text{ 億円}$$

$$B(H_2SO_4) = 1530 * 0.022 * 10 * 132 * 2 * 10E6 \\ = 8.89 * 10E10 = 889 \text{ 億円}$$

$$B(SO_2 + H_2SO_4) = B(SO_2) + B(H_2SO_4) \\ = 89 + 889 = 978 \text{ 億円}$$

$$\text{ガソリン分 } B(SO_2) = 1530 * 0.071 * 132 * 2 * 10E6 \\ = 2.87 * 10E10 = 287 \text{ 億円}$$

$$B(H_2SO_4) = 1530 * 0.071 * 10 * 132 * 2 * 10E6 \\ = 2.87 * 10E11 = 2870 \text{ 億円}$$

$$B(SO_2 + H_2SO_4) = B(SO_2) + B(H_2SO_4) \\ = 287 + 2870 = 3157 \text{ 億円}$$

費用

$$C = 670 + 50 = 720 \text{ 億円}$$

費用便益分析の結果、試算では1兆1千億円の便益を生じると試算された。現行SO₂濃度を6ppbとすると0.25ppbの削減は約4%となるので弾力性としてIndに対する推定値0.29を用いると地価を1.2%上昇させる便益が生まれると計算される。平成10年の大阪府内宅地の決定価格は81兆円(大阪府統計年鑑)であるから、公示地価と決定価格間の定義、算定の違いはあるが妥当な試算値と考えられる。

第3章 結論

1)SO₂は環境基準を満たす状況であるが、大気汚染常時測定局の測定値は酸化生成物のH₂SO₄をカウントしていない。SO₂の評価には酸化してH₂SO₄となる部分を含めた総合評価が必要となる。SO₂はH₂SO₄と相関するのでH₂SO₄の代理変数となりえる。経済評価で環境基準を満たしているSO₂に対してマイナスのパラメーターが得られたことは、さらなるSO₂排出量の削減の必要性を示している。

2)NO₂はSO₂に比べて水溶性が低く人体に対する直接影響は小さい。しかし、酸化してHNO₃となると強い影響を与える。経済評価ではHNO₃を表す代理変数としてNO₂の月平均最大値と月平均最低値の差を用いてマイナスのパラメーターを得た。これより導かれることは、総排出量の削減によらず目先の環境改善のためにNO₂を酸化して測定値の低下を図ればHNO₃を生成させることにより却って環境負荷を増加させる場合もあることである。

3)環境測定値を説明変数として用いる場合、濃度基準より人体への影響を基準とした環境指標を用いた方が説得的な結論が得られる。環境基準値は人体への影響も考慮して設定されているが、個別の汚染質についての基準であって複数の汚染質による影響を総合評価するようには設定されていない。環境基準値設定において、人体への複合影響を考慮する必要があることが示唆される。

4)人体への影響を考慮した環境指標に対してパラメータは安定にマイナスで大気環境のさらなる改善が求められている。一次汚染質の削減だけでなく二次汚染質の削減も求められていて、用途地域別では商業地域での環境改善がより求められている。

5)環境指標に対する限界効果は 1513 円/ppb/m²、弾力性は 0.29、特に環境改善が選好される商業地ではそれぞれ 4848 円/ppb/m²、0.97 の推定結果が得られた。

謝辞

本稿執筆にあたり、大阪大学大学院経済学研究科齊藤慎教授にご指導頂いたことに深く感謝いたします。

補論

1) 変数の内容、データ出所

被説明変数

地価：公示地価(1000 円/m²) (1)

説明変数

容積率：容積率(%) (1)

面積：土地面積(m²) (1)

近接道路幅員：近接道路幅員(m) (1)

換算距離：近接駅までの距離 (1)

ただし、バス使用が合理的な場合はバス停までの距離(m) (2)

総時間：ターミナル駅(地下鉄御堂筋線の各駅)までの時間 (3)

ただし、バス使用が合理的な場合はバス乗車時間を含む(分) (2)

自動車走行台数：近隣の幹線道路へのアクセシビリティの代理変数(1000 台/m)
推定の詳細は補論(4)参照

人口密度：近隣の人口密度(人/k m²) (4)

住宅密度：近隣の住宅密度(戸/k m²) (4)

製造業数：近隣の製造業事業所数(/1000 人) (4)

卸小売業数：近隣の卸小売業事業所数(/1000 人) (4)

サービス業数：近隣のサービス業事業所数(/1000) (4)

下水道ダミー：下水道あり 1 なし 0 (1)

商業地ダミー：商業地域、近隣商業地域 1 (1)

工業地ダミー：準工業地域 1 (1)

NO₂-ave.：環境測定値のうち(ave.)を代表値として用いた(ppm) (5)

SO₂-ave.：環境測定値のうち(ave.)を代表値として用いた(ppm) (5)

SPM-ave.：環境測定値のうち(ave.)を代表値として用いた(ppm) (5)

HNO₃：代理変数 NO₂(H-L)を用いた(ppm)

Ind：人体影響を考慮した環境総合指標

Ind1：人体影響を考慮した一次汚染質の環境総合指標

Ind2：人体影響を考慮した二次汚染質の環境総合指標

データ出所：

- (1) 平成 10 年地価公示 国土庁地価鑑定委員会
- (2) ゼンリン電子地図帳 Z 西日本版(2000.6) ゼンリン精密住宅地図(1996 ~ 2000) 吉田地図
- (3) 時刻表(1999.8) J T B
交通規制地図(1997) ワラチャ出版
- (4) 大阪府統計年鑑 各年度版
- (5) 大阪府環境白書 各年度版
大気汚染常時測定局測定結果 各年度版

2) 大気中酸化物質を含めた影響指標

A C G I H (American Conference of Governmental Industrial Hygienists)は、米国の産業衛生の専門家の組織で化学物質等の職業的許容濃度の勧告値や化学物質の発ガン性の分類を公表して、その値は世界的に重要視されている。許容濃度は、毎日繰り返しある物質に暴露したときほとんどの労働者に悪影響が見られないと思われる大気中濃度を T L V (Threshold Limit Values)として示している。

T L V には T W A (Time Weighted Average:時間加重平均値)：毎日繰り返し暴露したときほとんどの労働者に影響がみられないような大気中の物質濃度の時間加重平均値と S T E L (Short Term Exposure Limit:短時間暴露限界値)：T W A が許容範囲内であっても労働者が作業中の任意の時間にこの値を超えて暴露してはならない 15 分間の時間加重平均値が示されている。そのほか T L V - C (Ceiling value:天井値)：作業中のどの時点においても超えてはならない値がある。SO₂、H₂SO₄、NO₂、

HN₃についてTWA、STELをまとめる。

	TWA	STEL
二酸化イオウ	2ppm	5ppm
硫酸	1mg/m ³	3mg/m ³
二酸化窒素	3ppm	5ppm
硝酸	2ppm; 5.2mg/m ³	4ppm; 10mg/m ³

H₂SO₄をガス状濃度に換算すると次の表となる。

	TWA	STEL
二酸化イオウ	2ppm	5ppm
硫酸	0.2ppm	0.7ppm
二酸化窒素	3ppm	5ppm
硝酸	2ppm	4ppm

長期影響を示すTWAでは酸化生成物のH₂SO₄はSO₂の10倍、HN₃はNO₂の1.5倍、短期影響を示すSTELではH₂SO₄はSO₂の7倍、HN₃はNO₂の1.3倍限界値が厳しいことがわかる。

逆に考えてSO₂ = 1ppmの影響を1とした場合の各汚染質の影響度合いを表にすると

	TWA	STEL
二酸化イオウ	1	1
硫酸	10	7
二酸化窒素	0.7	1
硝酸	1	1.3

3) SO₂とH₂SO₄の関係

SO₂の測定は簡便なPbO₂法により始められ、測定機器の開発を待って導電率法によるSO₂測定が行われるようになった。PbO₂法は円筒に一定面積のPbO₂を塗布し、百葉箱中で1ヶ月間大気に暴露してSO₂を捕捉させ測定する。PbO₂によりSO₂は酸化されてSO₃として固定される。測定単位はSO₃mg/day/100cm²である。PbO₂は化学的特性からSO₂だけでなくH₂SO₄も同時に捕捉する。一方導電率法はSO₂を選択的に測定するからH₂SO₄をカウントしない。PbO₂法はSO₂汚染の改善により測定感度の不足と、鉛廃棄物の問題から測定を休止するようになり、大阪市では平成2年、大阪府では平成5年で打ち切られた。乾性沈着の測定を行いH₂SO₄を測定し、その解析においてSO₂/H₂SO₄比が必要となったので過去のPbO₂法による測定値と導電率法によるSO₂測定値の解析を行うと共にSO₂排出量とそれぞれの測定値の関係を解析する。まず、それぞれの測定値の推移をみる。(図1)

SO₃とSO₂の妥当な換算率(左右の目盛の比率)で両

者の推移を見るとその差がH₂SO₄を表している。

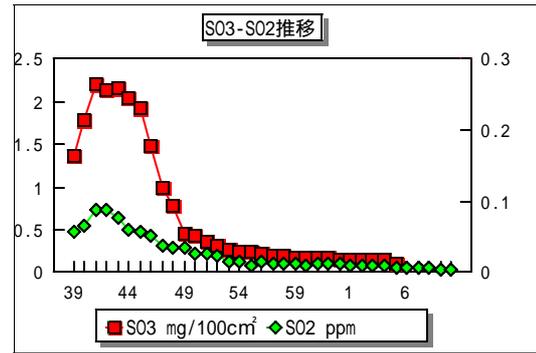


図1 SO₃とSO₂測定値の推移 データ出所：大阪府環境白書：測定値は国設大阪局のデータ

つぎに(H₂SO₄ + SO₂)-H₂SO₄推移ではPbO₂法による測定値をSO₃ = (H₂SO₄ + SO₂)として乾性沈着による測定値の単位に換算したものと、乾性沈着によるH₂SO₄をプロットした。補助線の比率からSO₂/H₂SO₄比は1とした。(図2)

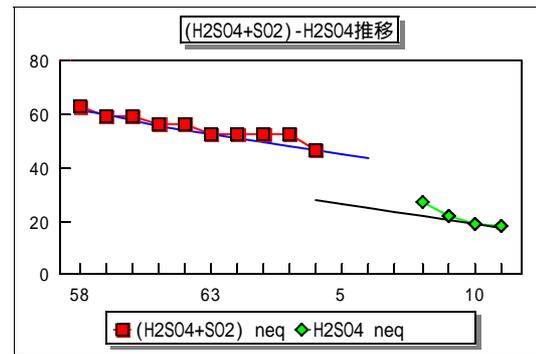


図2 (H₂SO₄ + SO₂)とH₂SO₄の推移 データ出所：大阪府環境白書、(3)

府下のSO₂排出量と国設大阪局でのSO₃およびSO₂測定値の散布図をしめす。(図3)

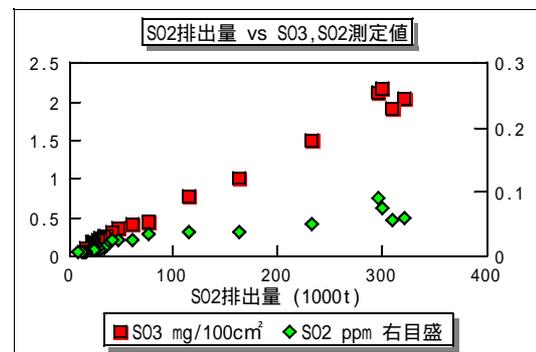


図3 SO₂排出量vsSO₃測定値,SO₂測定値 データ出所：大阪府環境白書

回帰式を推定すると

$$SO_2 = 0.010 + 0.000169 \cdot SO_2 \text{ 排出量} \quad (7.4) \quad (12.1) \quad R\text{-sq} = 0.8855$$

濃度を国設大阪局のデータで代表することは問題との考えもあるが、長期間の測定データが得られることと府下平均濃度を求める場合の継続測定局のばらつきによる加重度の変化を避け得るメリットの方が大きいと判断した。

4) アクセシビリティの代理変数

(1) 自動車走行台数と環境測定値の関係

自動車走行台数の詳細な公表データは入手困難である。入手可能なデータは主要交差点での点データに限られる。被説明変数を自動車走行台数の実測値とし、交差点近傍の自排局におけるNO、NO₂測定値を説明変数として回帰分析を行う。(平成10年度：n = 7)

回帰分析の結果 Y：自動車走行台数

$$Y = -9559 + 1697023 \cdot NO$$

(-0.76) (9.26) R-sq=0.9448

$$Y = 850 + 2567829 \cdot NO_2$$

(0.01)(1.22) R-sq=0.2282

回帰分析により自動車走行台数の代理変数としてNO測定値が利用可能であることができる。

また、NO₂と走行台数に有意な相関関係はない。

(2) 自動車走行台数の推定

自動車走行台数は汚染物質の排出や騒音を考慮しなければ幹線道路へのアクセシビリティを含む道路の利便性の代理変数と考えられる。ただし走行台数は車線数により大きく影響されると考えられるから、NO測定値から推定した走行台数を対象地点の平均道路幅員で基準化する。

$$\text{自動車走行台数} = 1700 \cdot \text{NO測定値(ppm)} / \text{道路幅員(m)}$$

単位：1000台/m

参考文献

- (1) 乾性沈着要素の生成要因の解析 大阪府公害監視センター H11.3
- (2) 環境評価入門 鷲田豊明 勁草書房 1999.5.30 第1版
- (3) 矢澤則彦・金本良嗣(1992)「 H^* ・ N^* ・ A^* ・ P^* における変数選択」環境科学会誌 5(1),pp.45-56
- (4) 肥田野登(1992)「 H^* ・ N^* ・ A^* ・ P^* による社会資本整備 便益の計測とその展開」土木学会論文集 No.449/ -17,pp.37-46
- (5) 岩田規久男・浅田義久(1985)「交通騒音の社会的費用の計測」環境研究 No.55,pp.124-132
- (6) 山崎福寿(1991)「自動車騒音による外部効果の計測」環境科

学会誌 4(4),pp.251-264

(7) 肥田野登・林山泰久・井上真志(1996)「都市内交通のもたらす騒音および振動の外部効果の貨幣計測」環境科学会誌 9(3),pp.401-409

(8) 金本良嗣・中村良平・矢澤則彦(1989)「 H^* ・ N^* ・ A^* ・ P^* による環境の価値の測定」環境科学会誌 2(4),pp.251-266

(9) Harrison,D.andD.Rubinfeld(1978)Hedonic housing price and the demand for clean air. Journal of Environ. Econ. Manage.,5,pp.81-102

(10) Rosen,Sherwin(1974):Hedonic Prices and Implicit Markets,Product Differentiation in Pure Competition,Journal of Public Economics,Vol.82,pp.34-55

(11) 金本良嗣・中村良平(1984)「環境の経済的価値環境」情報科学 13-2,pp.13-18

(12) 環境と社会資本の経済評価 - H^* ・ N^* ・ A^* ・ P^* の理論と実際- 肥田野登 勁草書房 1997.10.30 第1版