特集　地域科学

環境悪化の社会的費用に関する測定方法

森杉寿芳・岡本憲之

近年各種開発が環境に与える影響を事前に評価する，いわゆる“環境アセスメント”の必要性が叫ばれて以来，都市環境の質を評価することが重要になってきている．したがって都市計画も，好ましい影響をできるだけ引き出し，好ましくない影響を最小化することに留意して行なわれなければならない．ここではとくに経済学的な視点に着目して環境評価を行なう方法について検討してみる．

1. 概　　論

都市環境を総合的に評価する場合，いろいろな側面からの評価が可能である．ここでは環境の変化を経済的尺度である貨幣タームで計測し評価する方法を考えてみよう．

いま，ある個人にとっての環境質の価値すなわち効用水準を仮定する．環境が変化することによって一般にはこの個人にとって環境質の価値は変化するであろう．環境改善の場合には，個人は環境の変化によって便益を受け，効用水準は向上する．一方環境悪化の場合には，個人は環境の変化によって被害をこうむり効用水準は低下する．前者の場合には，当初の効用水準より向上した分に対して個人は進んで支払ってもよいと考える．後者の場合には，当初の効用水準より低下した分に対して補償してもらいたいと考える．

わかりやすくするために図1で説明する．横軸が環境質，縦軸が所得のグラフを考え，曲線u_Aはある一定の効用水準に等しい環境質と所得の組合せを示す無差別曲線である．いま，ある個人にとっての当初の状態が，効用水準u_Aに等しい無差別曲線上の点Aにあるとする．このときの環境質はY_A，所得はI_Aである．環境が改善されて環境質がY_Bになると，当初の効用水準u_Aを保つためにはm_Bの所得でよく，CV_Bが進んで支払ってもよい額となる．一方環境が悪化して環境質がY_Cになると，当初の効用水準を保つためにはm_Cの所得が必要であり，個人はCV_Cの額を補償してもらいたいと考える．

このようにある個人が，基準となる効用水準を保持するために，補償してもらいたい（あるいは進んで支払ってもよい）と考える額CVを補償的変差（Compensating Variation）という．CVの値が負のとき（補償の場合）これを費用，正のとき（支払ってもよい場合）便益と呼ぶ．社会的費用あるいは社会的便益とは，それぞれ個人の費用あるいは便益を単純に合計したものをいう．

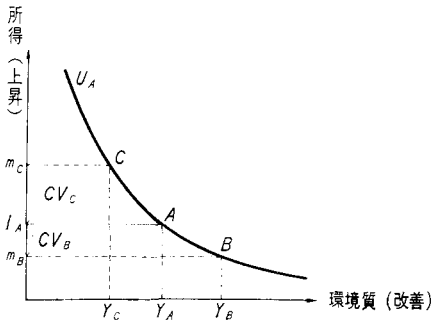

図 1　環境質と所得の無差別曲線

© 日本オペレーションズ・リサーチ学会．無断複写・複製・転載を禁ず．

2. 環境悪化の費用

環境の悪化を経済学的視点から評価する方法は，1.で定義したCVを計測することに尽きる．しかし実際にはこのCVを計測するのが困難な場合が多い．とくに支出の増加や収入の減少といった金銭的被害を費用として計測することは比較的容易であろうが，満足感の低下など心理的被害を費用として計測するのは非常に困難である．

もう少し金銭的費用と心理的費用の区別を明確にしておこう．環境を公共財としてとらえ，個人は所与の所得，私的財の価格および環境のもとで効用最大化行動をするものとする．この結果としての私的財に対する需要関数$\boldsymbol{C}_1(\boldsymbol{P}, I, \boldsymbol{Y})$は次式の解として与えられる．

$$\max_{\boldsymbol{C}} u(\boldsymbol{C}, \boldsymbol{Y}),\ \text{s.t.}\ \boldsymbol{P}\boldsymbol{C} \leqq I \tag{1}$$

これに対して，所与の私的財の価格と環境に対して，ある所与の効用水準$\bar{u}$を維持するために必要な私的財の量，すなわち，補償された需要関数$\boldsymbol{C}_2(\boldsymbol{P}, \boldsymbol{Y}, \bar{u})$は次式の解として与えられる．

$$\min_{\boldsymbol{C}} \boldsymbol{P}\boldsymbol{C},\ \text{s.t.}\ u(\boldsymbol{C}, \boldsymbol{Y}) \geqq \bar{u} \tag{2}$$

ただし　$\boldsymbol{C}$：私的財の購入量ベクトル

$\boldsymbol{Y}$：環境状態ベクトル(公共財とする)

I：所得

u：効用関数　$u=u(\boldsymbol{C}, \boldsymbol{Y})$

$\boldsymbol{P}$：私的財の価格ベクトル

いま，所与の所得I，私的財の価格$\bar{\boldsymbol{P}}$，環境$\bar{\boldsymbol{Y}}$のもとで，ある個人にとっての最大効用を$\bar{u}$，そのときの私的財の購入量を$\boldsymbol{C}_1(\bar{\boldsymbol{P}}, I, \bar{\boldsymbol{Y}})$とする．つぎに環境が変化して$\boldsymbol{Y}$となり，私的財の価格が$\boldsymbol{P}$に，収入が$I$になったとき，先の効用$\bar{u}$を維持するために，私的財を$\boldsymbol{C}_2(\boldsymbol{P}, \boldsymbol{Y}, \bar{u})$購入する必要があるそのための補償所得$m$は次式で与えられる

$$\begin{aligned} m &= \boldsymbol{P}\boldsymbol{C}_2(\boldsymbol{P}, \boldsymbol{Y}, \bar{u}) \\ &= \boldsymbol{P}\boldsymbol{C}_2(\boldsymbol{P}, \boldsymbol{Y}, u(\boldsymbol{C}_1(\bar{\boldsymbol{P}}, \bar{I}, \bar{\boldsymbol{Y}}), \bar{\boldsymbol{Y}}) \end{aligned} \tag{3}$$

このとき補償的変差CVは次式で与えられる．

$$CV = I - m \tag{4}$$

CVのうちで，マイナスになる部分を合計したものを費用と呼んでいたわけである．したがって収入の変化，あるいは購入する必要がある私的財の価格と量がわかれば費用の計測が可能となる．しかし実際には，たとえば収入，価格は変わらないとして，基準となる効用水準を維持するための補償所得に等しい量の私的財が購入されてはいないであろう．すなわち，効用水準を下げてがまんしている個人も多いであろう．

したがって個人の支出の増加額を計測するだけでは実際の費用より低く見積られる危険がある．逆にロンドン第三空港の調査例では，補償所得mを直接計測しようとした．しかし，“空港が建設された場合，いくらの額で立退くか？”という問に対して“無限大”と答えた人の割合が非常に多

表 1　社会的費用の計測方法の分類(注)

評価指標 ＼ 影響分析	個別支出額：市場価格による方法	個別支出額：計算価格による方法	不動産価値	支払い対価
地域比較法	大気－家計支出 騒音－防音装置費用 水質－浄化費用		大気－住宅価値 騒音－　同上 水質－　同上	
質問紙・面接法	大気－家計支出・企業・公共体の費用増 騒音－　同上 水質－　同上	大気－り患率 騒音－家計支出	同　上	騒音－住民のWTP
統計分析 (需要行動分析)	大気－企業・家計・公共体の費用増 騒音－　同上 水質－　同上	大気－死亡率	同　上	水質－レクリエーションの価値

(注) 表は既往の調査において対象としている環境悪化と，その影響を示している．

© 日本オペレーションズ・リサーチ学会．無断複写・複製・転載を禁ず．

かった．しかしこれをもって費用が計測されたとするのは常識的でない．このように収入の減少や支出の増加を直接計測することによって求められる費用の部分を金銭的費用，それ以外の費用の部分を心理的費用と呼ぶことにする．

この心理的費用を計測することは非常に困難だが，土地価格の変化，あるいは金銭的費用を計測した例ではあるが大阪市の調査例に見られるようなレクリエーション関連支出の変化などを参考にしてある程度類推が可能であると考えている．また裁判の際の賠償額，慰謝料の例も役にたとう．

費用の計測方法を分類すると表1のようになる．

まず評価指標に着目して，①個別支出計測法，②不動産価値による計測法および，③支払い対価の計測方法に分類される．

第1の個別支出計測方法は，個人的調整過程において個人がとる行動に必要な追加的費用を，行動別に積み上げた支出額をもって社会的費用とする計測方法である．

ところで，個人がとる行動に必要な追加的な財またはサービスは，経済的観点から2つに分類される．その第1は，当該財の市場がほぼ完全であり，市場価格が存在する通常の財である．これに対して，医療サービス，生命などの財の市場は不完全であるか，またはまったく存在しない．前者の財が必要な行動においては，市場価格が使用され後者の財が必要な行動においては，いわゆる計算価格が用いられる．

第2の不動産価値による計測方法は，つぎのような考え方にしたがった計測方法である．すなわち，もしも不動産市場が完全競争市場であれば，1単位の不動産価値は，その不動産をもっとも効率よく利用する活動によって得られる便益から，土地以外の費用を差し引いた値の，時間的流れを割り引いた現在価値に等しい．したがって，もし環境悪化による費用(便益)が増加(減少)すれば，人々のこれらの変化に対する評価を反映して，その不動産価値は下落する．本計測方法は，この不動産価値の変化分をもって環境悪化の社会的費用とする方法である．

このように，個別支出計測法では，個人的調整過程において，個人のとる行動に必要な財またはサービスの価格は一定であると仮定し，追加的な財の量に価格を乗じたものを社会的費用としている．また，不動産価値の計測方法では，価格の変化分をもって，社会的費用としている．これら2つの計測方法は，いずれも市場(計算)価格によって社会的費用を評価している．しかし，たとえ市場が完全であっても測定の究極の対象である支払い対価は，その費用の増加分（または価値の減少分）とは異なる．それは，消費者余剰が存在するからである．第3の支払い対価の計測方法は，この消費者余剰をも測定しようとするものであり，この点が前の2つの方法と異なる．

つぎに上記いずれの定義による社会的費用であっても，それが特定の環境悪化を原因とするものでなければならない．この原因—結果の関係づけの方法によって，従来の社会的費用の計測方法を分類すれば，①地域比較法，②質問紙・面接法および，③統計的分析の3つにわかれる．

第1の地域比較法とは，環境悪化の対象地域とよく似た環境のよい地域を選定し両地域における評価値の差をもって社会的費用とする方式である．

第2の質問紙・面接法とは，主として環境悪化の被害者と思われる人々の主観による評価値を直接に尋ねる方式である．

第3の統計分析とは，多くの環境悪化の異なる地域における適当な指標をデータとして，これと環境悪化レベルとを統計的に結合する方式である．指標として，ある財またはサービスに対する需要量をとったとき，これを需要行動分析という．

ここで，個別支出法の理論と需要行動分析の理論について若干説明を加えておく．

個別支出法の理論では，仮に，環境状態$\bar{Y}$がYに変化し，価格$\bar{P}$および所得$\bar{I}$は変化しないものとしておく．もし，いくつかの財C^1の支出額が

© 日本オペレーションズ・リサーチ学会．無断複写・複製・転載を禁ず．

所得に占める割合が非常に小さく所得効果が無視できれば，通常の需要曲線 $C_1^1(\bar{P}, I, Y)$ と補償された需要曲線 $C_2^1(\bar{P}, Y, \bar{u})$ とは一致すると考えられるから，(4)式は(5)式のように表現することができる．

$$CV=\bar{P}^1\{C_1^1(\bar{P},\bar{I},\bar{Y})-C_1^1(\bar{P},\bar{I},Y)\}$$
$$+\bar{P}^2\{C_1^2(\bar{P},\bar{I},\bar{Y})-C_2^2(\bar{P},Y,\bar{u})\} \quad (5)$$

ただし $C\triangleq\begin{pmatrix}C^1\\C^2\end{pmatrix}$ $C_i\triangleq\begin{pmatrix}C^1{}_i\\C^2{}_i\end{pmatrix}$ $P\triangleq\begin{pmatrix}P^1\\P^2\end{pmatrix}$

したがって，(5)式の右辺第1項については直接支出額の増加分をもって費用の計測が可能であるが(5)式の右辺第2項については財 C^2 の支出額が所得に占める割合が大きく，補償された需要曲線 $C_2^2(\bar{P}, Y, \bar{u})$ と通常の需要曲線 $C_1^2(\bar{P}, \bar{I}, \bar{Y})$ が異なるため，直接支出額の変化分をもって費用を計測することは困難である．実は，この部分が先に述べた心理的費用に相当しているわけである．

つぎに需要行動分析の理論について簡単に述べる．ある環境要素 Y がある私的財 C の補完財であって，もし当該私的財に対する需要がゼロであれば，当該環境要素に対する限界効用もゼロとなる仮定を設ける．これは大部分の財に対して成立する現実的な仮定である．このとき，Cの価格$\bar{P}'_C$を十分大きくとり，Cに対する需要がゼロとなるとき，$\partial m/\partial Y=0$ となる．

いま，環境状態Yが Yに変化し，価格$\bar{P}$および所得 Iは変化しないものとする．また当該私的財以外の他財を C' とし，その価格を $P_{C'}$ であらわす．このとき，補償的変差CVは (4)式より以下のようにみちびかれる．

$$\begin{aligned}CV&=m(\bar{P}_C,\bar{P}_{C'},\bar{Y},\bar{u})-m(\bar{P}_C,\bar{P}_{C'},Y,\bar{u})\\&=[m(\bar{P}_C,\bar{P}_{C'},\bar{Y},\bar{u})-m(\bar{P}'_C,\bar{P}_{C'},\bar{Y},\bar{u})]\\&\quad+[m(\bar{P}'_C,\bar{P}_{C'},\bar{Y},\bar{u})-m(\bar{P}'_C,\bar{P}_{C'},Y,\bar{u})]\\&\quad+[m(\bar{P}'_C,P_{C'},Y,\bar{u})-m(\bar{P}_C,P_{C'},Y,\bar{u})]\\&=[m(\bar{P}_C,\bar{P}_{C'},\bar{Y},\bar{u})-m(\bar{P}'_C,\bar{P}_{C'},\bar{Y},\bar{u})]\\&\quad+[m(\bar{P}'_C,\bar{P}_{C'},Y,\bar{u})-m(\bar{P}_C,\bar{P}_{C'},Y,\bar{u})]\end{aligned} \quad (6)$$

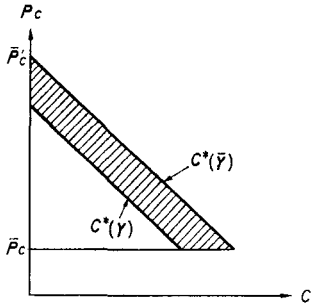

図 2　需要行動分析

$$=\int_{\bar{P}_C}^{\bar{P}'_C}C^*(\bar{Y})dP_C-\int_{\bar{P}'_C}^{\bar{P}_C}C^*(Y)dP_C \quad (7)$$
$$=\int_{\bar{P}_C}^{\bar{P}'_C}(C^*(Y)-C^*(\bar{Y}))dP_C \quad (8)$$

ただしC^*：補償された需要曲線Cの私的財成分

(6)式より (7)式をみちびくのに (9)式の関係を用いた．

$$\frac{\partial m(P_C,P_{C'},Y,\bar{u})}{\partial P_C}=C^*(P_C,P_{C'},Y,\bar{u}) \quad (9)$$

故に，本仮定にしたがう場合には，当該財の消費者余剰の減少分として社会的費用を計算することができる．すなわち，図2の斜線の部分によって社会的費用をあらわすことができる．

つぎに，具体的に大気汚染と騒音を例にとり，その社会的費用の発生形態を整理しておこう．

3.　大気汚染の影響

大気汚染の影響を大きく分類すると，①健康への影響，②人的物質への影響，③植物への影響，④動物への影響，⑤自然環境への影響，にわかれる．①の健康への影響では，治療・予防等の医療支出の増加，病気・死亡等による生産力の低下，その他移転費用等の形をとって社会的費用が発生していると考えられる．これらに関しては，呼吸器疾患による病気・死亡の費用を見積った Ridker (1967)の研究等がある．

②の人的物質への影響は，大気汚染物質あるいはよごれによる物質の腐食，悪化，色質の低下等の影響があるが，物質の寿命短縮，生産性の低下，代替のための費用，防止・保守の費用その他物質価値の低下等の形をとって，社会的費用が発生し

© 日本オペレーションズ・リサーチ学会．無断複写・複製・転載を禁ず．

ていると考えられる．これらに関しては，Mueller & Stickney (1970) によるゴムの生産に関する費用の研究，Gillette (1973) によるSoxの一般財に対する影響の研究等がある．

③の植物への影響では，生産量の減少，防止・保守の費用，代替の費用，移植・再植林の費用，その他価値の低下等の形をとって社会的費用が発生していると考えられる．これらに関しては，Pell (1972) による農耕作物と装飾作物への影響の研究，Millecan (1970) によるかんきつ類・ぶどうへの影響の研究等がある．

④の動物への影響では，生産量の低下，価値の低下等の形をとって社会的費用が発生していると考えられる．

⑤の自然環境への影響では，自然資源（レクリエーション資源等）の損失，生態系への影響が考えられ，Vars & Sorenson (1972) による大気質とレクリエーション活動との関係に関する研究，Mellon Institute による大気汚染による光の阻害の影響に関する研究等がある．

4. 騒音の影響

騒音の影響を大きく分類すると，①聴覚への影響，②身体への影響，③心理的影響，④生活妨害，⑤人間以外の動物への影響，⑥建造物への影響が考えられる．①，②，③は人間の健康への影響ということでまとめられる．聴覚や身体への影響は騒音レベルが相当高くないとあらわれないので，実際には心理的影響がほとんどである．④の生活妨害は，睡眠・休息の阻害，会話・電話・テレビ・ラジオ・授業等の聴取妨害，思考・記憶・その他の行動の阻害が考えられる．

⑤の人間以外の動物への影響は実際にはほとんどあらわれていないものと考えられる．

⑥の建造物への影響では，考古学的・歴史的建造物への影響等が問題となる．

以上のような影響を受けて，実際の社会的費用の発生形態としては，①医療支出の増加，②健康被害による生産力の低下，③学校その他の社会活動の阻害，④移転等の費用，⑤防音費用，⑥動物の生産性の低下，⑦物的被害，⑧その他心理的被害，が考えられる．

騒音の影響は心理的なものが非常に大きいため，防音費用や医療支出等の直接支出額の増加を計測するだけでは実際の社会的費用よりかなり低く見積られると考えられる．したがって，土地価格や家賃と騒音レベルとの関連を分析して社会的費用を計測しようと試みている研究例が多い．

む す び

以上，社会的費用の意味とその理論的展開，社会的費用の計測方法，大気汚染と騒音の影響について述べてきたわけであるが，実際に社会的費用を計測しようとすると，まだまだ困難な問題が多い．とくに心理的費用の部分をどのように計測するかは，ほとんど研究例が見られず，今後に残された課題といってよい．しかし，だからといって環境悪化の社会的費用の計測に関する研究を放棄してよいというわけにはいかない．それは，都市環境の質を総合的に評価しようとする場合，評価の1つの視点として，経済学的な見方はやはり重要だからである．社会的費用の計測に関する研究成果が期待されているゆえんである．

参 考 文 献

1) 森杉寿芳：環境悪化の社会的費用の計測方法について，土木学会学術講演会概要集，昭和51年10月．

2) 大阪市環境保全局環境部：公害による経済被害調査結果報告書，昭和49年2月

3) The Hon. Mr. Justice Roskill : COMMISSION ON THE THIRD LONDON AIRPORT Report, LONDON HER MAJESTY'S STATIONERY OFFICE, 1971.

4) OECD : Economic Measurement of Environmental Damage, 1976.

5) OECD : Environmental Damage Costs, 1974.

もりすぎ・ひさよし　1943年生　三菱総合研究所
おかもと・のりゆき　1947年生　三菱総合研究所

© 日本オペレーションズ・リサーチ学会．無断複写・複製・転載を禁ず．