

東アジアにおける環境政策の効率性評価に関する研究  
：マレーシア・クアラルンプール、広島市を例に

広島大学大学院国際協力研究科	教授	松岡俊二
広島大学大学院国際協力研究科	大学院生	白川博章
広島大学大学院国際協力研究科	大学院生	本田直子
神戸大学大学院経済研究科	助教授	竹内憲司
東亜大学総合人間・文化学部	助教授	松本礼史

Working Paper Series Vol. 2002-10  
2002年5月

この Working Paper の内容は著者によるものであり、必ずしも当センターの見解を反映したものではない。なお、一部といえども無断で引用、再録されてはならない。

財団法人 **国際東アジア研究センター**  
ペンシルベニア大学協同研究施設

# 東アジアにおける環境政策の効率性評価に関する研究

：マレーシア・クアラルンプール、広島市を例に

広島大学大学院国際協力研究科	教授	松岡俊二
広島大学大学院国際協力研究科	大学院生	白川博章
広島大学大学院国際協力研究科	大学院生	本田直子
神戸大学大学院経済研究科	助教授	竹内憲司
東亜大学総合人間・文化学部	助教授	松本礼史

## 要旨

本研究は、環境政策の効率性評価について、特に政策の社会的便益の評価手法である確率的生命の価値（Value of Statistical Life：VSL）に焦点を当て、経済発展の異なるマレーシア・クアラルンプールと広島市においてVSLの推計を行う。対象としたリスクは大気汚染による健康被害であり、レファレンス・ケースとして交通事故に関するリスクについても調査した。発展途上国における仮想評価法（Contingent Valuation Method: CVM）の適用可能性を検討するとともに、経済発展の段階により人口特性の与える影響がどのように変化するかについて検討を行った。

これまで、死亡リスク削減の経済的評価に関する研究は、欧米を中心に行われている。発展途上国、特にアジア諸国を対象にした研究は少なく、また推計方法は賃金リスク法である（Hammitt et al. 2000, Simon et al. 1999）。賃金リスク法は、人々はより高い賃金を得るためにより高い労働災害を受け入れるといった行動をすることを前提としている。しかし、発展途上国の場合には職業選択の余地が一般に少なく、この前提条件には疑義が残る。それに対して、CVMはアンケートを用いて支払意志額を推計するため、他の評価手法と比べて適用できる範囲が広い。しかし、不適切なアンケートの設計はバイアスを生む。また、市場経済が発達していない発展途上国では、スコープ無反応性とよばれる死亡リスク削減幅が変化したにもかかわらず、支払意志額が統計的に有意に変化しない現象が起きる可能性がある。

本研究の結果、以下の点が明らかになった。第1に、クアラルンプールにおけるVSLは30万ドル～65万ドル（大気汚染による健康リスク）、19～35万ドル（交通リスク）であった。広島市におけるVSLは314万ドル～432万ドル（大気汚染による健康リスク）、529万ドル～699万ドル（交通リスク）であった。第2に、死亡リスク削減に対して影響を与える人口特性としては、所得、年齢、教育水準などがあげられ、それらの正負の符号はクアラルンプールと広島市では一貫性があった。第3に、スコープ無反応性の検定については、ドットをビジュアル・エイドとして用いた場合は1%水準で棄却でき、発展途上国においてVSLをCVMで推計することは可能であるという結論を得た。ただし、リスクラダーをビジュアル・エイドに用いた場合は、スコープ無反応性を棄却することができず、リスクラダーの改良、サンプル数の増加などを行い、再度検証することが必要である。

## (1) はじめに

本研究は、環境政策の効率性評価について、特に政策の社会的便益の評価手法である確率的生命の価値（Value of Statistical Life：VSL）に焦点を当て、経済発展の異なるマレーシア・クアラルンプールと広島市においてVSLの推計を行う。対象としたリスクは大気汚染による健康被害であり、レファレンス・ケースとして交通事故に関するリスクについても調査した。発展途上国における仮想評価法（Contingent Valuation Method: CVM）の適用可能性を検討するとともに、経済発展の段階により人口特性の与える影響がどのように変化するかを検討を行った。

発展途上国における環境政策は、経済開発政策に比べその優先度が低い。「環境クズネッツ曲線」を前提にすると、逆U字のピークである転換点を迎えるまでは、社会的な「経済開発」が「環境の価値」を上回るためである。

こうした理由として、経済インフラを中心とした成長戦略の影響も考えられるが、環境政策がもたらす社会的便益が不明確であり、環境政策の重要性が十分に認識されていないことが大きな要因であると考えられる。環境政策の社会的便益を定量的に評価することができれば、政策の費用便益分析が可能となり、経済開発政策との優先度の定量的な比較によって、公共セクターにおける環境政策の位置付けが向上すると考えられる。

環境政策の便益は多岐にわたるが、死亡リスク削減便益が最も大きなシェアを占めることが知られている。アメリカ環境保護庁（USEPA）が実施した大気清浄法（Clean Air Act）の費用便益分析では、政策の便益の89%は有害汚染物質の削減による死亡率の低下であった（USEPA 1999）。

有害物質の健康リスクが、死亡率の上昇という形であらわされる場合には、それに曝露される人口と曝露の期間とを考慮することによって、その物質が人の集団に対して与える影響を、死亡件数の形で表すことができる。そこで、死亡を1件減らすことの貨幣価値、言い換えれば、1人命の価値がわかれば、それを、削減される死亡件数に乗ずることによって、そのような物質を規制することの便益を求めることができる（山本、岡 1994）。

以下では、まず生命の価値の測定方法を概観しつつ、従来の発展途上国における確率的生命の価値の推計方法に関する問題点をまとめる。そして、CVMを用いてマレーシア・クアラルンプールと広島市をケース・スタディとして、大気汚染による健康被害の死亡リスク削減の便益を推計し、VSLを算出する。そして、発展途上国における仮想評価法の適用可能性を検討する。

## (2) 発展途上国における確率的生命の価値の推計

### ①生命の価値評価の方法

代表的な生命の価値の計測方法として、人的資本法と確率的生命の価値（Value of Statistical Life：VSL）をあげることができる。人的資本法は、失われた労働時間が生み出したはずの価値をもって

生命の価値とする方法である。しかし、この方法は、経済理論的にも倫理的にも問題がある。すなわち、死に対する恐怖などを評価することができず、生命の価値を過小評価する可能性が高い。また、主婦や子供など就労をしていない人の生命の価値は計測することができない（岡 1999）。

一方、VSL は微小な死亡リスクの削減（または増加）に対する支払意志額（Willingness to Pay: WTP）（または受入補償価格：Willingness to Accept compensation: WTA）を死亡リスクの変化で除したものである。すなわち死亡リスク 1 単位あたりの支払意志額を示しており、これをもって便宜上、生命の価値としたものである。VSL はアメリカ環境保護庁やイギリス交通省において政策評価に用いられている。人的資本法と VSL を比較した実証研究では、VSL の値は人的資本費用を大きく上回っている。アメリカにおける研究では、VSL は人的資本法の 8~23 倍（Viscusi 1993）、ニュージーランドでは 8 倍（Miller and Guria 1991）、インドでは 20~48 倍（Simon et al. 1999）に達する。

## ②VSL の推計方法とその問題点

VSL の研究はこれまで欧米を中心として行われ、発展途上国を対象とした研究は少ない。また、VSL の推計方法については大別して、顕示選好アプローチと表明選好アプローチの二つの方法があるが、これまでの多くの研究は、顕示選好アプローチの一つである、賃金リスク法が用いられてきた。

賃金リスク法は、人々は危険な仕事に就く代わりに高い賃金を得ているという仮説にもとづき、死亡リスクの上昇と賃金の上昇の関係より VSL を算出するものである。この方法を用いて発展途上国において VSL を推計した代表的な研究として、Simon et al. (1999)、Hammit and Liu (2000) があげられる。この方法は人々の実際の市場行動から推計するという点で客観的ではあるが、死亡リスクと賃金との間に統計的に有意な関係を見出すことはそれほど容易ではない。この手法を使用する上では、競争原理の働いている労働市場が存在すること、労働者が仕事を自由に変えられること、情報が広範囲に流通していることが前提条件に置かれている（Dixon et al. 1994）。特に、発展途上国では、失業率や不完全雇用の度合いが高い場合、これらの前提条件を満たしていない可能性が高く、賃金と労働リスクの間に統計的に有意な関係を見出すことが難しくなる。

それに対して、表明選好アプローチは、仮想的な状況を設定して直接人々に死亡リスク削減に対する支払い意志額をたずねる方法である。代表的な手法として仮想評価法（Contingent Valuation Method: CVM）があげられる。CVM は他の手法とは異なり既存のデータの有無に制限を受けないことが大きな特長である。しかし、CVM はその信頼性をめぐり活発に議論が行われている（Kahneman and Knetch 1992, Cummings and Harrison 1994）。その中の一つにスコープ無反応性の問題がある。スコープ無反応性とは、評価対象となっている環境の対象範囲や数量を大きく変化させたにもかかわらず、支払い意思額が統計的に有意なほど変化しないという問題である。この現象は財の変化が WTP に変化を与えていないことを示し、CVM により計測された WTP は信頼性が低いという根拠になる。

スコープ無反応性の原因については研究者の間で意見が分かれている。Beattie et al.(1998)は、イギ

リスにおいて交通事故による死亡リスクおよび非死亡リスク削減に対する WTP を調査しスコープ無反応性を観測した。その結果、回答者はリスク削減に対する WTP を表明したのではなく、漠然とリスクが下がることを好んでいるに過ぎないと結論づけた。それに対して、Carson (1997) は、CVM のスコープ無反応性の原因は不適切なアンケートの設計にあり、CVM そのものの問題ではないと主張している。Corso et al.(2001)は、VSL 研究における CVM のスコープ無反応性の原因は、回答者が微小なリスクの変化を十分に認識できないためであると考えた。そしてリスクコミュニケーションを改善すれば、死亡リスク削減の変化に対する WTP の変化が大きくなることを実証研究で示した。

さらに、スコープ無反応性は経済学的に説明できるという見解もある。Arrow et al. (1993)、Hanemann (1994) はスコープ無反応性は貨幣と評価対象財との限界代替率の逓減で説明できると主張した。この指摘は、発展途上国における CVM の利用に関する問題に示唆を与えている。すなわち、CVM が利用可能な状況は、評価対象財と所得の間にトレードオフの関係が成立する場合であり、市場経済が十分に発達しておらず、このトレードオフが成立しない場合、CVM は機能しない。換言すれば、仮にこの前提条件が満たされていない場合は、環境財の変化に対して WTP は変化せず、スコープ無反応性が現れる可能性が高い。したがって、発展途上国においてもスコープ無反応性を棄却できれば、CVM が適用可能であるという一つの根拠になると考えられる。

また、発展途上国における VSL 研究では、便益移転とよばれる方法でも推計が行われている。便益移転とは、過去におこなわれた VSL 研究を統合して、別の地域の VSL を推計する方法である。具体的には、被説明変数に過去に行われた VSL をとり、説明変数に過去の研究が対象とした地域の所得や調査方法などを設定し、重回帰分析を行う。

代表的な研究として Miller (2000) があげられる。Miller は 11 の先進国と台湾および韓国における過去の研究をもとに、アジアの発展途上国を含む 43 ヶ国の VSL を推計している。その際、説明変数としては、所得と調査手法に関するダミー変数が用いられた。

この方法の問題点は、説明変数にどのような変数を用いるべきかが不明なことである。その点を明らかにするためには、CVM などを用いて、WTP に影響を与える要因をケース・スタディを通じて検討する必要がある。

以下ではこれまでの先行研究の検討を踏まえ、クアラルンプールと広島市で CVM 調査を実施し、VSL を推計するとともに、人口特性が WTP に与える影響とスコープ無反応性を検証し、発展途上国における CVM の利用可能性について検討する。

### (3) CVM 調査の概要

CVM 調査の概要を表 1 に示す。アンケートで用いたシナリオは以下のとおりである。まずクアラルンプールにおける調査では、大気汚染を原因として死亡するベースラインリスクは Chestnut et al. (1997) を参考に PM<sub>10</sub> の濃度をもとに今後 10 年間で 100/100,000 とした。支払手段は、大気汚染から健康を守る様々な手段（マスク、飲み薬、うがい薬など）を用いて死亡確率を引き下げるこ

ができるとした。そして、死亡リスクを10年間で30/100,000だけ引き下げるケース60/100,000引き下げる二つの場合について、それぞれ一ヶ月に支払ってもよいと思う額を尋ねた。交通リスクについては、Road Safety Council (1998)の統計を用いて、二輪車による死亡事故のデータをもとに、ベースラインリスクを10年間で120/100,000とした。支払手段は、交通事故から身を守る様々な手段（ヘルメット、エアバックなど）とした。そして10年間で40/100,000だけ引き下げるケースと80/100,000だけ引き下げる二つの場合について、それぞれ一ヶ月に支払ってもよいと思う額を尋ねた。

広島市における調査では、対象リスクのベースラインリスクはそれぞれ年間100/1,000,000（大気汚染による健康リスク）、年間90/1,000,000（交通リスク）とした。各リスクのベースラインリスクは、大気汚染リスクに関しては、岸本（2000）を参考に広島市におけるPM<sub>10</sub>の濃度をもとに設定し、また交通リスクに関しては広島県の交通事故に関する統計を参照した。支払手段は、大気汚染の死亡リスクを早期発見によって下げる特別な健康診断とサイド・エアバッグなどの安全装置とした。そして、それぞれ年間死亡リスクを30/1,000,000引き下げるケースと60/1,000,000引き下げる二つのケースについて一年間の支払意志額を尋ねた。

なお、今回の調査では、回答者にリスク・レベルや削減するリスクの大きさを分かりやすく伝え、リスクコミュニケーションを改善するために、ビジュアル・エイドを用いた。ビジュアル・エイドには幾つかの種類があり、代表的なものとして、リスク・ラダーとドットがある。リスク・ラダーとは、他のリスクと比較することでリスクの大きさを伝えるものであり、異なるリスクをはしご上にプロットしたものである。一方ドットは、回答者にリスクの大きさを面積で示す方法である。ビジュアル・エイドはWTPに影響を与えることが知られている（Loomis et al. 1997, Corso et al. 2001）。そこで、本研究では、大気汚染に関するリスクについては、ビジュアル・エイドとしてリスクラダー、ドットを用いるバージョンとビジュアル・エイドなしのバージョンの3パターンの質問を作成し、ビジュアル・エイドのWTPに与える影響も考慮した。なお、レファレンス・ケースである交通リスクについては、リスクラダーを用いた。

支払い意志額の質問方式は、比較的少ないサンプル数でも統計的に有意な結果を得ることが可能で、バイアスの少ない質問方式であると考えられている、二段階二肢選択方式を用いた。この方法は、まず大気汚染から身を守る商品を提示された金額で購入することに賛成するかどうかをたずねる。そして賛成と答えた人にはさらに高い金額を提示し、反対と答えた人には低い金額を提示して2回たずねる方式である。

以上の点を踏まえ、質問票の作成を行った。なお、質問票を作成するまでには、プレテストを行い、そこで判明した問題点を最終的なアンケート調査に反映させた。マレーシア調査の場合は、広島大学のマレーシア留学生を対象としたプレテストを2回実施した。また、広島市における調査では東広島市民、大学の教職員・学生などを対象とし、同じく2回実施した。

本調査は、クアラルンプールにおいては、2001年5月～6月にかけて実施した。配布回収の方法は訪問留置き調査である。配布した対象は、一般家庭とマラヤ大学の学生である。配布数は896件で回収数は469件であった。回収したアンケートのうち有効回答は435件であった。

広島市における本調査は、2001年10月30日から12月14日にかけて広島市内の中区を中心に行

った。市内の一般家庭への留置郵送回収を実施するとともに、広島大学附属学校を通じて配布回収を行った。合計3,176部配布し、1,287部の回答を得た（表2参照）。

#### （4）分析結果

##### ①分析モデル

分析は以下の手順で行った。まず始めに、WTPに影響を与える要因を検討し、次にWTPを推計する式を確定するために赤池情報量基準 (Akaike Information Criterion: AIC) を用いて変数を選択し、その推計式に基づきWTPを計算した。

WTPの対数がロジスティック分布すると仮定して、需要曲線を推定した。すなわち、WTPの対数がロジスティック分布すると仮定すると、提示額 (bidding price) が提示されたとき、人々が支払いに同意する確率  $P(\text{yes})$  の関係は、以下の式で表すことができる。

$$\text{Pr}(\text{yes}) = \frac{1}{1 + \exp(-\alpha + \beta_1(\text{bidding price}) - \beta_2 X)} \quad (1)$$

ここで、 $X$  は人口特性のベクトル、 $\alpha$  は定数項、 $\beta_1$  は対数変換した提示額の係数、 $\beta_2$  は人口特性の係数のベクトルである。

##### ②人口特性の支払意志額に与える影響

表3にリスク削減幅が小さい場合の分析の結果を示す。WTPに影響を与える要因は以下のとおりである。なお、リスク削減幅が大きい場合でもこの傾向はほとんど変化しない。

まず、全てのケースで、提示額は統計的に有意であった。これは、提示額の増加により次第に賛成する人の割合が少なくなることを示している。

教育に関してはクアラルンプールにおける大気汚染リスクの場合は全て統計的に有意であり、高学歴の回答者ほどWTPが高くなる傾向があることが明らかになった。しかし、広島市における大気汚染リスクの場合は統計的に有意ではなかった。ところが、交通リスクの場合はクアラルンプールでは教育水準は統計的に有意ではないが、広島市では有意な結果を得た。

年齢に関しては、大気汚染に関する質問ではクアラルンプールにおいてビジュアル・エイドにリスクラダーを用いた場合のみ統計的に有意であった。交通リスクに関しては両都市において統計的に有意であった。なお、年齢が上昇するほど支払意志額は減少する傾向があることが分かった。

世帯人数は広島市におけるG1のケースのみ統計的に有意であり、世帯人数の増加するほど支払意志額が減少する傾向があることを示している。なお、広島市における調査では人々の健康に対す

る関心や支払態度の影響を検証し、健康を守るためにはある程度の出費を認める人ほど支払意志額が大きいことが分かった。

以上の分析より、所得、教育水準、年齢などの要因が WTP に影響を与えており、その正負の符号はクアラルンプールと広島市では同じ傾向にあることが分かった。

### ③ VSL の推計

次に、WTP を推計するために、AIC を用いて変数選択を行った。その結果、全てのケースにおいて説明変数は提示額のみとすることが望ましいことが分かった。

ところで、WTP の期待値、すなわち平均 WTP は、(1)式を 0 から無限大まで積分した値に等しい。しかし、WTP がロジスティック分布すると仮定した対数ロジットモデルでは、この積分は必ずしも収束しない。そこで、最高提示額で裾切りを行った。また、この需要曲線で 50%の人が購入すると推定される価格が WTP の中央値になる。

表4に WTP と VSL の推定結果を示す。まず、クアラルンプールにおける大気汚染による死亡リスクを 10 万分の 30 引き下げる際の WTP (平均値) は、最大でリスクラダーを用いた場合の 20 ドルであり、最小はドットを用いた場合の 11 ドルであった。死亡リスク削減幅が 10 万分の 60 の場合は、最大はやはりリスクラダーを用いた場合の 21 ドルであり、最小はビジュアル・エイドなしの 18 ドルであった。

一方、広島における大気汚染による死亡リスクは、10 万分の 30 引き下げる際の WTP (平均値) は、最大でリスクラダーを用いた場合の 100 ドルであり、最小はドットを用いた 94 ドルである。死亡リスク削減幅が 10 万分の 60 の場合は、最大はリスクラダーを用いたケースの 130 ドルであり、最小はビジュアル・エイドを用いないケースの 116 ドルであった。

交通リスクの WTP に関しては、クアラルンプールでは、リスク削減幅が大きいときが、15 ドル、小さいときが 14 ドルと大気汚染に対するリスクよりも低い傾向が見られた。一方、広島においては、交通リスク削減に対する WTP は大気汚染による健康リスク削減よりも大きく、リスク削減幅が小さいときは 159 ドル、削減幅が大きいときは 210 ドルと推計された。

表5に今回の調査で推計された VSL (平均 WTP に基づく) と便益移転により VSL を推計した Miller (2000) の結果とを比較した。まず、広島における VSL の推計結果では、1995 年米ドル表示で、323 万ドル～445 万ドル (大気汚染による健康リスク)、554 万ドル～720 万ドル (交通リスク) であった。これに対し、Miller の研究では、日本の VSL は 440 万ドル～770 万ドルと推計しており、ほぼ近い値が出ていると考えられる。一方、クアラルンプールの VSL は、25 万ドル～54 万ドル (大気汚染による健康リスク)、16 万ドル～29 万ドル (交通リスク) であったが、Miller の推計では 50 万ドル～90 万ドルである。交通リスクの VSL は、Miller の推計よりも値が小さい。

これまで交通リスクに関する VSL と大気汚染リスクに関する VSL とでは、大気汚染リスクは非自発性・制御不能性・不確実性が強いため、大気汚染リスクに関する VSL の方が大きいと考えられてきた (Spackman et al. 1998)。マレーシアでは従来の見解を支持する結果を得たが、広島では従来

とは逆の結果を得た。このことは、リスク削減に対する支払い意思額は、単にリスクの種類だけで決まらず、評価対象となっているリスクを取り巻く社会的条件が深くかかわっていることを示唆している。

#### ④スコープ無反応性の検証

最後に、発展途上国における CVM の適用可能性を検討するために、スコープ無反応性を検証する。リスク削減幅の増加により、WTP の絶対額は全てのケースで増加している。しかし、問題はこの違いが統計的に有意といえるかどうかである。

リスク削減幅の増加により WTP が統計的に有意に異なるかどうかを尤度比検定 (Likelihood ratio test) により検証を行った。尤度比検定法は、異なるサンプルを個別に推定したときの対数尤度とプールしたサンプルの対数尤度との関係から、支払意志額関数の関数型の違いが統計的に意味のあるものか否かを検討する方法である<sup>(注1)</sup>。

その結果を表 6 に示す。クアラルンプールにおける調査では、ドットを用いた場合は、有意水準が 1% 以下でリスク削減幅の増加により WTP が有意に増加しており、スコープ無反応性は棄却された。しかし、ビジュアル・エイドを用いない場合とリスクラダーをビジュアル・エイドに用いた場合では、有意に増加しているとはいえない。一方、広島市における調査では、全てのケースでリスク削減幅の増加により WTP が有意に変化していることが分かった。

クアラルンプールにおける調査では、ビジュアル・エイドにドットを用いることで、CVM が発展途上国でも利用可能であることを示している。リスクラダーを用いたケースでスコープテストをパスできなかった原因は、技術的な問題として回答者がリスクラダーの意味を十分に理解できなかったのではないかと考えられる。この点については、リスクラダーの説明方法を改善して再度検証する必要がある。また、今回のクアラルンプール調査では、サンプル数が 100 件以下であったため、より詳しく検討するためには、サンプル数を増加させることも必要である。

#### (5) 結論

本研究の結果、以下の点が明らかになった。第 1 に、クアラルンプールにおける VSL は 30 万ドル～70 万ドル (大気汚染による健康リスク)、19～35 万ドル (交通リスク) であった。広島市における VSL は 241 万ドル～468 万ドル (大気汚染による健康リスク)、673 万ドル～943 万ドル (交通リスク) であった。第 2 に、死亡リスク削減に対して影響を与える人口特性としては、所得、年齢、教育水準、などがあげられ、それらの正負の符号はクアラルンプールと広島市では一貫性があった。第 3 に、スコープ無反応性は、ドットをビジュアル・エイドとして用いた場合は 1% 水準で棄却でき、発展途上国において VSL を CVM で推計することは可能であるという結論を得た。ただし、リスクラダーをビジュアル・エイドに用いた場合は、スコープ無反応性を棄却することができず、リスクラダーの改良、サンプル数の増加などを行い、再度検証することが必要である。

今後の調査ではサンプル数を増やし、どのビジュアル・エイドが望ましいか、また大気汚染と交通リスクのリスク削減に対する WTP の違いについて検討する必要がある。

(注1) 例えば、サンプル A の支払意志額  $WTP_A$  とサンプル B の支払意志額  $WTP_B$  の差が統計的に有意であるかを検定する場合を想定する。サンプル A のみで推定したときの対数尤度  $LL_A$ 、サンプル B のみで推定したときの対数尤度が  $LL_B$ 、またサンプル A と B をプールして推定したときの対数尤度を  $LL_{A+B}$  とする。ここで、 $WTP_A$  と  $WTP_B$  の支払意志額関数が等しいという帰無仮説を検定する。尤度比検定によってこの検定を行うためには次式がカイ二乗分布に従うことを利用する (栗山 1998)。

$$-2 \times [LL_{A+B} - (LL_A + LL_B)] \sim \chi^2$$

## 参考文献

- Arrow, K., Solow, R., Portney, P.R., Leamer, E.E., Radner, R. and Schuman, H.(1993) Report of NOAA panel on contingent valuation, 58, *Federal register* 4601(January 15).
- Beattie, J., J. Covey, P. Dolan, L. Hopkins, M. Jones-Lee, G. Loomes, N. Pidgeon, A. Robinson, and A. Spencer.(1998), "On the Contingent Valuation of Safety and the Safety of Contingent Valuation: Part 1 —Caveat Investigator," *Journal of Risk and Uncertainty* 17, pp.5–25.
- Carson, R.T.(1997), "Contingent valuation surveys and tests of insensitivity to scope", In Kopp, R.J. Pommerehne, W.W. and Schwarz, N.(Eds.), *Determining the value of Non-Marketing Goods*, Kluwer academic publisher.
- Chestnut, L.G et al. (1998), "Health Effects of Particulate Matter Air Pollution in Bangkok," *Final Report Prepared for Pollution Control Department*, Thai Government, March.
- Chestnut, L.G et al. (1997) "Transferability of Air Pollution Control Health Benefits Estimates from the United States to Developing Countries: Evidence from the Bangkok Study", *American Journal of Agricultural Economic*, 79(5), pp. 1630-1635.
- Corso, P.S, Hammitt, J.K and Graham, J.D.(2001) ,"Valuing mortality-risk reduction: Using visual aids to improve the validity of contingent valuation", *Journal of Risk and Uncertainty*, 23(2), pp.165-184.
- Cummings, R. G and Harrison, G.W.(1994), "The measurement and decomposition of nonuse values: a critical review", *Environmental and resource economics*, 5, pp.225-247.
- Department of Environment (DOE) (1999), "Malaysia Environmental Quality Report 1999," *DOE, Ministry of Science, Environment and Technology*, Kuala Lumpur
- Department of Statistics (2000a), "Compendium of Environment Statistics Malaysia 2000", *Department of Statistics*, Kuala Lumpur
- Department of Statistics (2000b), "Buletin Perangkaan Social (Social Statistics Bulletin) Malaysia 2000", *Department of Statistics*, Kuala Lumpur
- Dixon, J.A., Scura, L.F., Carpenter, R.A, Sherman, P.B. and Manopimoke S.(1994), "*Economic analysis of environmental impacts of development projects, 2<sup>nd</sup> edition*", World Bank (環境経済評価研究会 (訳) (1998) 『新環境はいくらか』, 築地書館) .
- Hammitt, J. K., Jin-Tan Liu, Jin-Long Liu (2000)," Survival is a luxury good: The increasing value of a statistical life", NBER Summer institute workshop on public policy and the environment, Cambridge, Massachusetts.
- Hanemann, W.M.(1994), "Valuing the environment through contingent valuation", *Journal of economic perspectives*, 8(4), pp.19-43.
- Kahneman, D. and Knetsch, J.L.(1992), "Valuing public goods: the purchase of moral satisfaction", *Journal of environmental economics and management*, 22, pp.57-70.
- 岸本充生 (2000) 「浮遊粒子状物質における健康影響の定量的評価および経済評価の現状」, 資源と環境, 9(4), pp.265-273。

- 栗山浩一(1998) 『環境の価値と評価手法』, 北海道大学図書刊行会。
- Loomis, J. B. and P.H. du Vair (1993), “Evaluating the effect of alternative risk communication devices on willingness to pay: results from dichotomous choice contingent valuation experiment”, *Land Economics*, Vol. 69, No. 3, pp. 287-298.
- 岡敏弘 (1999) 『環境政策論』, 岩波書店。
- Miller, T.R. (2000), “Variations between countries in values of statistical life”, *Journal of transport economics and policy*, 34(2), pp. 169-188.
- Miller, T.R. and Guria J.(1991), “*The value of life in New Zealand*”, Land Transport Division Ministry of Transport.
- Road Safety Council (1998), “Quality of Roads in Malaysia”, Highway Planning Unit’s Report to the Economic Planning Unit (EPU), Prime Minister Department, (<http://www.kkr.gov.my/Bpj/Safety/quality.pdf>).
- Spackman, P.R, Jones, M., Joes-Lee, S., Loomes,G(1998), “Valuation of death from air pollution, NERA/CAPER
- Simon, N.B., M.L. Cropper, A. Alberini, and s. Arora (1999), “Valuing mortality reductions in India: A study of compensating wage differentials”, manuscript, The World Bank.
- USEPA (1999) ,”*The Benefits and Costs of the Clean Air Act 1990 to 2010*”, Washington, D.C., 642p. (EPA-410-R-99-001)
- Viscusi, W. Kip(1993), “The value of risks to life and health”, *Journal of economic literature*,31, pp.1912-1946.
- 山本秀一・岡敏弘 (1994) 「飲料水リスク削減に対する支払意志調査に基づいた統計的生命の価値の推定」, 環境科学, 7(4), pp. 289-302。

(表1) アンケート設計

		グループ名			
		G1	G2	G3	G4
リスクの種類	共通	大気汚染	大気汚染	大気汚染	交通
ビジュアルエイド	共通	なし	リスクラダー	ドット	リスクラダー
支払手段	KL	マスク, うがい薬など大気汚染から健康を守る商品			安全装置
	広島	健康診断			安全装置
ベースラインリスク	KL	100/100,000			120/100,000
	広島	100/1,000,000			90/1,000,001
リスク削減幅	KL	30 (SMALLER), 60 (LARGER)			40 (SMALLER), 80 (LARGER)
	広島	30 (SMALLER), 60 (LARGER)			
WTP質問形式	共通	ダブルバウンド法			

(注) ベースラインリスクおよびリスク削減幅はKLは10年間の死亡リスクであり、広島は年間の死亡リスクである。

(表2) アンケート回収数

グループ名	地域	
	KL	広島市
G1	117	314
G2	120	319
G3	98	322
G4	100	332
回収数合計	435	1,287
回収率 %	49%	41%

(表3) ロジットモデルによる分析結果 (低リスク削減)

	クアラルンプール				広島市			
	G1	G2	G3	G4	G1	G2	G3	G4
constant	6.98 ** (2.56)	-2.63 (-1.06)	-4.10 (-1.58)	1.36 (0.5)	8.41 *** (3.83)	11.41 *** (4.57)	12.53 *** (4.97)	7.30 *** (2.73)
bidding price	-1.36 *** (-6.49)	-1.09 *** (-4.70)	-1.96 *** (-5.68)	-1.79 *** (-6.47)	-1.48 *** (-14.21)	-1.63 *** (-13.95)	-1.60 *** (-14.41)	-1.53 *** (-13.30)
income	1.16 *** (3.44)	0.04 (0.16)	0.15 (0.41)	0.98 ** (2.26)	0.76 ** (2.31)	0.49 (1.39)	0.41 (1.27)	1.21 *** (3.09)
gender	-0.17 (-0.30)	0.58 (1.12)	0.39 (0.79)	-0.12 (-0.24)	-0.13 (-0.53)	-0.28 (-0.92)	-0.39 (-1.47)	-0.16 (-0.56)
age	0.06 (1.65)	-0.11 *** (-3.78)	-0.01 (-0.41)	-0.07 ** (-2.29)	0.01 (0.51)	0.02 (1.05)	0.00 (0.31)	-0.03 * (-1.71)
education	0.66 ** (2.28)	0.74 *** (3.29)	0.50 ** (2.04)	-0.16 (-0.56)	-0.03 (-0.20)	-0.17 (-1.10)	-0.16 (-1.07)	0.52 *** (3.40)
family size	-0.07 (-0.63)	-0.01 (-0.12)	-0.09 (-0.66)	-0.10 (-0.90)	-0.27 *** (-2.72)	-0.05 (-0.46)	-0.09 (-0.92)	0.08 (0.70)
ethnic	-0.69 (-1.12)	1.04 * (1.76)	0.53 (0.91)	0.92 (1.60)				
Health					0.23 (0.69)	-0.03 (-0.11)	0.40 (1.27)	0.31 (0.99)
Preference					0.87 *** (3.64)	0.76 *** (3.14)	0.28 (1.10)	1.00 *** (3.98)

- (注) 1. 上段は係数、下段はt値を示す。
2. \*\*\*は1%、\*\*は5%、\*は10%有意を意味する。
3. Bidding priceは提示額の対数、incomeは所得の対数、genderは性別ダミー (1=男性,0=女性)、ageは年齢、educationは最終学歴および教育年数 (KL: Primary School=1, Secondary School=2, High School/Pre-University/A-level=3, First Degree=4, Higher Degree (Master, PhD)=5)、(広島は教育年数)、family sizeは世帯人数、ethnicは民族ダミー (1=マレー系、その他=0)、Healthは健康への関心に対するダミー変数 (健康への関心度に対する5段階評価において、関心の強い上位2項目=1、それ以外=0)、Preferenceは健康に対する支払態度に関するダミー変数 (健康維持のための出費に対する態度の5段階評価において、出費をやむをえないと感じる上位2項目=1、それ以外=0) をそれぞれ示す。

(表4) WTP と VSL の推計結果

地域	リスク削減幅	グループ	WTP		VSL (1,000 US\$)	
			平均値	中央値	平均値	中央値
KL	Smaller	G1	17	15	562	498
		G2	20	19	653	626
		G3	13	11	433	358
		G4	14	12	348	288
	Larger	G1	18	17	306	287
		G2	21	20	344	340
		G3	19	17	309	289
		G4	15	13	188	160
広島	Smaller	G1	97	56	3,248	1,874
		G2	100	62	3,345	2,067
		G3	94	58	3,135	1,938
		G4	159	110	5,289	3,654
	Larger	G1	116	75	3,853	2,513
		G2	130	86	4,321	2,881
		G3	119	54	3,960	1,805
		G4	210	175	6,990	5,819

(注) WTP は年間支払額である。為替レートは 1US\$=3.8 リンギット、1US\$=130 円で計算した。

(表5) VSL の推計結果の比較

	国名	リスクの種類	VSL (1995 US\$, ,000)	VSL / GDP per capita
本研究	マレーシア	大気汚染	252-538	79-170
	日本	大気汚染	3,231-4,453	82-113
	マレーシア	交通	155-286	49-90
	日本	交通	5,541-7,204	141-183
Miller (2000)	マレーシア	リスク一般	500-900	118-212
	タイ	リスク一般	400-800	141-283
	カナダ	リスク一般	2,100-3,100	108-160
	日本	リスク一般	4,400-7,000	107-171
	アメリカ	リスク一般	3,300-4,500	123-168

(注) 本研究の VSL は統計資料の制約により 2000 年の GDP デフレーターを用いて 1995 年価格にした。

Miller(2000) の VSL/GDP per capita は、World Bank のデータを基に再計算している。

(出所) World Bank, World Development Indicators, <http://devdata.worldbank.org/data-query/>、および日本統計年鑑

(表6) スコープ無反応性の検証

地域名	グループ	カイ二乗検定
KL	G1	0.53
	G2	0.38
	G3	6.67***
	G4	0.29
広島	G1	11.26***
	G2	12.55***
	G3	11.87***
	G4	20.22***