

東アジアにおける環境政策の効率性評価に関する研究：
クアラルンプール市、広島市、上海市の CVM 調査および
東広島市の選択型実験調査を事例として

広島大学大学院国際協力研究科 教授 松岡俊二
ほか 4 名

Working Paper Series Vol. 2003-19
2003 年 8 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：
クアラルンプール市、広島市、上海市の CVM 調査および
東広島市の選択型実験調査を事例として

広島大学大学院国際協力研究科 教授 松岡俊二

ほか4名*

要旨

本研究は、「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」をふまえ、新たに上海市における CVM 調査と、東広島市における選択型実験調査を用いて、異なる経済発展段階における VSL の評価を行なうことを目的としている。対象としたリスクは先行研究と同様、大気汚染と交通事故による死亡リスクである。

死亡リスク削減の価値の定量的評価手法は、既存のデータをもとに WTP を推計する顕示選好法と、アンケートを用いる表明選好法にわけられる。表明選好法はさらに CVM とコンジョイント分析に二分され、後者は特にペアワイズ型コンジョイントと選択型実験が環境評価に用いられる。CVM は直接支払い意志額を推計する手法であり、研究蓄積が多く、バイアスの存在や回避方法についてかなり明らかになってきている。一方、選択型実験はバイアスの存在や回避方法や検証方法についてまだ明らかになっていない点があるものの、支払意志額のほかに属性ごとのトレードオフも同様に評価することが可能な手法である。

本研究の結論は以下のとおりである。第一に、上海市における VSL は大気汚染においては 71.7 万 US ドルから 132.1 万 US ドル、交通事故の VSL の範囲は 88.8 万 US ドルから 156 万 US ドルであるという結果が得られた。東広島市における選択型実験を用いた調査では、VSL は大気汚染リスクでは 459.7 万 US ドル、交通事故では 1,030.9 万 US ドルとなった。第二に、上海市における一人あたり GDP と VSL の比率では、東広島市の大気汚染リスクを除き、Miller (2000)において妥当な VSL として示された範囲を上回る結果が得られた。第三に、上海市と東広島市のどちらの研究においても、大気汚染リスクの VSL より、交通事故の VSL がより高くなった。この結果は松岡ほか(2002)の広島調査の結果と同じであり、大気汚染の VSL のほうが交通事故の VSL よりも高いという Rowlett et al. (1998) の結論を覆す可能性がある。

*神戸大学大学院経済学研究科 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
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 新瀬大輔

1. はじめに

本研究は、松岡ほか(2002)「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」をふまえ、新たに上海市における CVM 調査と、東広島市における選択型実験調査を用いて、異なる経済発展段階における VSL の評価を行なうことを目的としている。対象としたリスクは大気汚染、特に浮遊粒子状物質による死亡リスクであり、比較のために交通事故による死亡リスクの評価も同様に行なっている。

アジア諸国においては、圧縮型工業化や急速な都市化の弊害として、先進国が長い年月をかけて解決してきたさまざまな問題が短い期間に複合的に、かつ集約されて発生している。環境対策が十分なされていないまま急速な経済開発が行なわれることはその典型である。しかしながら、政策に投入できる資金や人的資源は限られているため、費用効率性を重視した政策立案が重要となる。

環境政策の便益のほとんどは死亡リスクの削減であり、アメリカ環境保護庁(USEPA)が実施した大気清浄法(Clean Air Act)の費用便益分析においては死亡リスク削減の便益が全体の 90%近くを占めていると報告されている(USEPA 2000, 松岡ほか 2002)。いくつかの大気汚染物質において、経済成長とともにある一定の水準まで汚染物質排出量が増加し、転換点を迎えた後減少傾向に向かうという「逆 U 字仮説」があてはまるが、人間の健康に対して、より明白かつ直接的な影響を与えて、排出規制の費用が低い汚染物質であれば、転換点はより低い GDP 水準で迎えると考えられる(オコンナー 1996)。この健康に与える影響と規制費用の関係で、より低い GDP 水準で環境対策がなされるといふ考え方は、リスク便益分析の考え方に他ならない。

従来人間の健康に重大な影響を及ぼす環境汚染物質を規制する制作の便益を評価するのは難しいと思われていた(岡 2002)。しかし、健康へのリスクを定量的に評価する手法が発達し、環境政策の便益のほとんどが死亡リスクの削減であるという事実から、死亡件数の削減数によって評価が可能になってきた。すなわち、対象とする規制物質による死亡確率を削減するための支払意志額を求めることによって便益の評価が可能となる。

松岡ほか(2002)においては、クアラルンプール市、広島市を事例として、経済発展段階の違いによるリスク削減便益の比較を行なっている。本研究では、さらに上海市を分析対象に加えることによって、より多様な経済発展段階におけるリスク削減便益の評価が可能になる。また、東広島市を事例として CVM と異なる分析手法でリスク削減便益を評価することにより、松岡ほか(2002)の日本におけるリスク削減便益の評価結果の頑健性を強化することが可能になる。

本研究の分析手法として、上海市におけるリスク削減便益評価は松岡ほか(2002)と整合性を取るために CVM を、東広島市においては異なる分析手法による便益評価を行なうために選択型実験を用いる。

2. 分析手法

(1) VSL の計測手法

死亡リスク削減の価値を定量的に評価するには、死亡削減一件あたりの価値を基準にすることで可能となる。死亡削減一件あたりの価値は、削減された死亡リスクに対する支払意志額を、削減された死亡リスクで除することにより求められる。このようにして求められた便宜的な生命の価値は、確率的生命の価値(VSL)として定義される。

VSL を求める手法は、大きく顕示選好法と表明選好法に区別される。顕示選好法は、実存する統計データをもとにして VSL を算出する手法であり、リスク評価の分野においては賃金リスク法が代表的である。賃金リスク法は死亡リスクの高い職業は、そのリスクの分だけ賃金が高くなるということ为前提として、死亡リスクと賃金との関係を分析することで VSL を算出する手法である。賃金リスク法による評価は欧米では多くの研究蓄積があるが、評価できる範囲が労働者に限定されるという問題点があるだけでなく、日本においては賃金リスク法的前提が必ずしも当てはまらないなど、各国の労働環境によっては適正な評価が行なえないという問題点がある。そのため、近年は表明選好法による評価が盛んに行なわれ、その研究蓄積も増加している。

表明選好法とは、アンケートを用いることでリスク削減に対するの選好を直接計測する手法であり、仮想評価法(CVM)とコンジョイント分析が代表的である。どちらの評価手法も、前述の顕示選好法では計測するのが難しいような対象についての評価も事実上可能であるという長所がある一方で、アンケートによる評価であるがゆえに質問形式などが支払意志額に影響を与える可能性があるという短所を持つ。松岡ほか(2002)において行なわれたクアラルンプール市と広島市における VSL の推計と、本研究において説明を行なう上海市における VSL の推計は CVM を用いて評価を行なっている。一方、東広島市における VSL の推計はコンジョイント分析の一つである、選択型実験を用いて評価を行なっている。

(2) 仮想評価法 (Contingent Valuation Method: CVM)

表明選好法に区別される手法の一つとして、仮想評価法(CVM) が挙げられる。CVM は、アンケート調査を用いて、人々の環境改善に対する支払意志額や環境悪化を受け入れるのに必要な補償額を直接的に明らかにする手法である。

松岡ほか(2002)においては、CVM を用いて、クアラルンプール市と広島市における大気汚染および交通事故の VSL を推計して、比較を行なっている。クアラルンプール市における大気汚染リスクの VSL は一人当たり GDP 比の 79-170 倍、交通事故リスクの VSL は一人当たり GDP 比の 49-90 倍であるという結果が得られている。また、広島市における大気汚染リスクの VSL は一人当たり GDP 比の 60-89 倍、交通事故リスクの VSL は一人当たり GDP 比の 96-152 倍である。ただし、クアラルンプール市における交通事故リスクは、スコープテストをクリアしていないため、回答者が削減されるリスクの大きさの違いを把握していない可能性がある。

CVM はアンケートを利用する手法であるという柔軟さゆえに、その結果の信頼性について活発な議論がなされてきた。なぜなら、CVM ではアンケートの設計手法いかんによっては、バイアス

が発生し、評価結果の再現性の低下をもたらす可能性が生じるからである。バイアスとは、アンケートの設計内容や質問方法などが回答に影響を与える現象であり、これらは支払意志額に大きな影響を与える。バイアスを完全に除去することは不可能であるが、バイアスをできる限り除去することにより、CVMの信頼性を高めることは可能である。CVMのバイアスについては研究結果の蓄積により、バイアスへの対処方法や検証方法がかなり明らかになってきている。

(3) 選択型実験 (Choice Experiment: CE)

表明選好法に区別されるもう一つの分析手法として、選択型実験が挙げられる。選択型実験とは、多変量解析手法の一つである、コンジョイント分析の一つの手法であり、複数提示された属性の束の中から、回答者に最も望ましい選択肢を選んでもらうことによって得られたデータをもとにして、属性ごとの支払意志額を推計する方法である。

コンジョイント分析とは、各々の財や政策が持つ属性の価値に対する選好を引き出す手法である(鷺田 1999, Johnson et al. 1998)。コンジョイント分析とCVMの違いは、CVMが主に全体効用の計測に適した手法であるのに対して、コンジョイント分析は属性間の効用のトレードオフを捉えようとするものである。また、CVMは、直接WTPを推計する手法であり、分析によって推計されるものは、変化量に対するWTPあって、それ以外の何物でもない。たとえば、CVMによって求められたWTPを2倍したものは、変化量が2倍になった場合のWTPを示すわけではない。それに対して、コンジョイント分析は、環境質を1単位改善するために限界的に支払われる支払意志額を推計することに主眼を置いた手法である。

コンジョイント分析の可能性として、栗山(2000)は以下のものをあげている。

- すべての表明選好法に共通な特徴であるが、評価可能な対象が非常に広く、リスクに対する恐れの前減などといった非市場価値の評価も可能である。
- 属性ごとに計測できる多属性評価手法なので、多目的なプロジェクトの評価などに使える可能性が高い。CVMはプロジェクトの全体的な価値、あるいはプロジェクトの一部のみを評価する手法としては適しているものの、プロジェクトを実行することによって得られる複数の便益を同時に評価するにはコンジョイント分析のほうが優れている。
- 公共事業や環境政策の代替案の評価に使うことができる。代替案の評価にCVMを用いる場合では、政策選択の機会費用を考慮した評価が行なえない。たとえば、個々の政策に対する支払意志額を測定することはCVMでも可能であるが、複数の代替案の中から、他の代替案をあきらめるという機会費用を考慮したうえで一つだけ政策を選択する場合の支払意志額を推計するのはCVMでは困難である。

しかしながら、コンジョイント分析は、研究蓄積もまだまだ少ないために、バイアスの存在、バイアスの回避方法や検証方法においてまだ明らかになっていない点が多い。

コンジョイント分析の代表的な手法として、ペアワイズ評定型コンジョイントと選択型実験の二つの手法が挙げられる。ペアワイズ型コンジョイントとは、二つのプロファイルと呼ばれる属性の組み合わせのペアを提示して、どちらがどれだけ望ましいか評定を与えることによって、属性の部分効用をとらえる手法である。一方で、選択型実験とは、複数のプロファイルの示されているリストについて、最も望ましいプロファイルを選択してもらうことで、属性の部分効用を捉えようとする手法である。ペアワイズ型コンジョイントでは、一回の調査で評価可能な属性数が多く、個人別に属性単位の評価が可能であるという長所を持つ。一方で、選択型実験の長所は、設問の形式が現実の選択行動に非常に近いため回答者が答えやすく、質問数を少なくすることが可能であることから、回答者の負担がそれほどかからないという長所をもつ。しかし、CVMにおいては二肢選択型方式が最もバイアスの生じない手法であるという見解で一致しているが、コンジョイント分析においてはどちらの評価手法が最も優れているかの統一した見解はない。むしろ、個人単位で評価したい、多数の属性を評価したい場合はペアワイズ型、より現実性の高い質問を行ないたい場合や質問時間を短くしたい場合は選択型実験というように、評価者の目的によってどの分析手法を用いるか使い分けるべきであると考えられる。

本研究では、より現実性の高い質問を行なう一方で、評価する属性がそれほど多くないという理由により、選択型実験をリスク評価の手法として用いることとする。また、選択型実験ではCVMと異なり、大気と交通のリスク削減におけるトレードオフを評価できることから、投入できる資源が限られている場合の選択行動に近い評価ができると考えられる。

3. 調査の概要

松岡ほか(2002)におけるクアラルンプール市、広島市のCVM調査を含めた調査の概要を表1と表2において示す。表1においてはCVM調査の概要を、表2においては選択型実験調査の概要を示している。どちらの調査も、微小なリスクの変化を容易に捉えるため、視覚的な補助(ビジュアルエイド)としてリスクラダーを採用した。リスクラダーとは、死因別に見た1年間あたりの死亡確率を、死亡確率の高い順に上から並べた図であり、リスクラダーを用いることによって対象とするリスクの相対的な大きさを把握することが容易となる。支払手段は、松岡ほか(2002)の広島調査の結果を踏まえて、大気汚染リスク削減が健康診断、交通事故リスク削減が安全装置である。どちらの研究も、本調査に先がけてプレテストを複数回行い、適正な提示額の範囲、アンケートの設計、表現のチェックを行い、最終的な質問票にフィードバックを行なった。なお、アンケートの回収率および有効回答数を、表3において示す。

上海市におけるCVM調査は、2002年7月3日から7月16日にかけて行なった。調査方法は戸別に訪問を行い、アンケート協力者に対して面接法により行なった。回答者数は大気汚染リスク削減については320名、交通事故リスク削減については320名の、合計640名である。これらの回答のうち、拒否回答や回答に不備があるものを除いた547サンプルを分析対象とした。大気汚染リスクによる死亡確率は、一年間で100万分の140であり、交通事故リスクによる死亡確率は、一年間

(表1) CVM 調査におけるアンケートの設計

グループ名	KL・広島	G1	G2	G3	G4
	上海調査	-	G1	-	G2
リスクの種類	共通	大気汚染			交通事故
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・うがい薬などの 大気汚染から健康を守る商品			安全装置
	広島・上海	健康診断			
ベースラインリスク	KL (10 年間)	100/100,000			120/100,000
	広島 (1 年間)	100/1,000,000			90/1,000,000
	上海 (1 年間)	140/1,000,000			120/1,000,000
リスク削減幅	KL	30/100,000 および 60/100,000			40/100,000 および 80/100,000
	広島・上海	30/1,000,000 および 60/1,000,000			
調査手法	KL	クアラルンプール市内の一般家庭と、マラヤ大学の学生を対象に、留置き回収法			
	広島	広島市内の一般家庭は郵送回収、広島大学付属学校の保護者は生徒を通じてアンケートの配付・回収			
	上海	上海市内の一般家庭を対象に、面接調査			

(表2) 選択型実験調査におけるアンケートの設計

リスクの種類	大気汚染	交通事故
支払手段	健康診断	安全装置
支払金額	5,000 円, 10,000 円, 25,000 円, 40,000 円	
ベースラインリスク	90/1,000,000 (100 万分の 90)	100/1,000,000 (100 万分の 100)
リスク削減幅	15/1,000,000 (100 万分の 15), 36/1,000,000 (100 万分の 36)	
調査手法	東広島市内の一般家庭を対象に、留置き回収法	

(表3) アンケート回収数

	CVM 調査地域			選択型実験 (東広島)
	クアラルンプール	広島	上海	
回収数	469	1,287	640	114
サンプル数	469	1,287	640	684
回収率	52%	41%	100%	95%
有効サンプル数	435	1,156	547	603
有効回答率	49%	36%	85%	84%

で100万分の120である。死亡リスクの削減幅は、100万分の30と100万分の60を採用した。評価手法は二段階二肢選択型CVMを採用し、一人につきリスク削減幅の大きさを変えて二回質問を行なった。

東広島市における選択型実験調査は、2002年12月14日から12月18日にかけて行なった。調査方法は戸別に訪問を行い、質問票を後日回収する留置き回収法により行なった。アンケートの配布数は120部であり、回答者数は114名である。一人につき属性の水準を変更して6回質問を行なっていることから、得られたサンプル数は114×6で684サンプルである。これらの回答のうち、拒否回答や回答に不備があるものを除いた603サンプルを分析対象とした。大気汚染リスクによる死亡確率は1年間で100万分の90であり、交通事故による死亡確率は1年間で100万分の100である。死亡リスクの削減幅は、100万分の15と100万分の36である。また、提示額の水準は、5,000円、10,000円、25,000円、40,000円とした。これらのリスク削減の種類、リスク削減幅、提示額の水準を、直行配列を用いて水準を割付けることによって、プロファイルを作成した。

4. 分析の概要

(1) 分析のモデル

上海市におけるCVM調査の分析手順は、松岡ほか(2002)を踏まえて、WTPに影響を与える人口特性などの要因を選定し、複数のモデルを作成した。その中から、赤池情報量基準(AIC)が最小のものを最良のモデルとして、WTPの推計モデルとした。

支払いに同意する確率Pr(yes)が提示額に対してロジスティック回帰すると仮定した場合、Pr(yes)は式(1)として示される。

$$\Pr(\text{yes}) = \frac{1}{1 + \exp(-\alpha - \beta_1(B.P.) - \beta_2 X - \beta_3 I)} \quad (1)$$

ここで、B.P.は対数変換された提示額、Xは人口特性変数のベクトル、Iは調査者ダミーのベクトル、 α は定数項、 β_1 は提示額のパラメータ、 β_2 は人口特性変数のパラメータのベクトル、 β_3 は調査者ダミー変数のパラメータのベクトルとする。なお、調査者ダミーを分析モデルに組み込んでいる理由としては、面接法により調査を行なったため、調査者の違いがWTPに影響を与える可能性があるからである。

WTPの平均値は、Pr(yes)の累積分布関数を積分することによって、WTPの中央値はPr(yes)が0.5となる場合の支払意志額を算出することによって求められる。WTPの値として採用するには理論的には平均値が望ましいが、中央値は累積分布関数の形によらず安定的であり、NOAAによるCVMガイドラインにおける「控えめな評価」に合致する点から、本研究では中央値も併記した。なお、平均値を求める際に累積分布関数を積分しているが、0から無限大まで積分した場合累積分布関数

の関数形によっては値が収束せず、平均値が無限大になるか、あるいは非常に大きな値を示す可能性がある。そのため、本研究では最高提示額(1,000 元)で裾切りを行なっている。

一方で、東広島市における選択型実験調査における選択確率は、条件付きロジットモデルにより、式(2)のように表すことができる。

$$P_{ij} = \frac{\exp(x_i' \beta_j)}{\exp(x_i' \beta_0) + \exp(x_i' \beta_1) + \exp(x_i' \beta_2)} \quad \text{For } j=0,1,2 \quad (2)$$

ここで、 P_{ij} は意志決定者 i が選択肢 j を選択する確率であり、 P_0 は意志決定者 i が選択肢「どちらも選ばない」を選択する確率、 P_1 は意志決定者 i が選択肢「大気汚染リスク削減」を選択する確率、 P_2 は意志決定者 i が選択肢「交通事故リスク削減」を選択する確率とする。 x_i は意志決定者 i により推定されるパラメータ、 β_j は選択肢 j の属性ベクトルであり、 β_0 は「どちらも選ばない」を選択した場合、 β_1 は「大気汚染リスク削減」を選択した場合、 β_2 は「交通事故リスク削減」を選択した場合の係数である。このときの対数尤度関数は、式(3)のとおりになる。

$$\log L = \sum_i \sum_j d_{ij} \ln P_{ij} \quad (3)$$

ここで、 d_{ij} とは、意志決定者 i が選択肢 j を選択した時に1となるダミー変数である。部分価値 x のパラメータは、式(3)より最尤法により推定される。

(2) 人口特性の影響の分析

本調査における上海市と、松岡ほか(2002)におけるクアラルンプール市と広島市において行なわれた CVM 調査の人口特性の分析結果を、表4において示す。いずれもリスク削減幅が小さく、ビジュアルエイドがリスクラダーである場合の人口特性である。

上海 CVM 調査において、定数項と提示額は大気、交通どちらのリスク削減の場合でも1%水準で有意となった。この結果より、提示額が上昇するとともに、選択される確率が減少するという前提が成立しているといえる。

大気汚染リスク削減においては性別において、交通事故リスク削減においては収入、年齢、教育年数において有意な結果が得られた。

また、上海市での調査では学生回答者の割合が50%以上で大きかったため、学生回答者にダミー変数をつけて分析を行った。分析の結果、交通事故リスク削減においては、10%の水準で有意な値が得られており、WTP に影響を与えた可能性がある。一方、大気汚染リスク削減においては、有意な値は得られなかった。

今回の調査では面接法により調査を行なったため、調査者の違いが WTP に与える影響を調べる

(表4) CVM 調査における分析結果(低リスク削減)

	クアラルンプール市		広島市		上海市	
	大気汚染	交通事故	大気汚染	交通事故	大気汚染	交通事故
constant	-2.63 (-1.06)	1.36 (0.5)	11.41 *** (4.57)	7.30 *** (2.73)	6.99 *** (4.80)	3.77 *** (3.08)
bidding price	-1.09 *** (-4.70)	-1.79 *** (-6.47)	-1.63 *** (-13.95)	-1.53 *** (-13.30)	-1.52 *** (-12.36)	-1.61 *** (-13.10)
income	0.04 (0.16)	0.98 ** (2.26)	0.49 (1.39)	1.21 *** (3.09)	0.01 (0.03)	0.41 ** (2.47)
gender	0.58 (1.12)	-0.12 (-0.24)	-0.28 (-0.92)	0.16 (0.56)	0.53 ** (2.14)	0.25 (1.06)
age	-0.11 *** (-3.78)	-0.07 ** (-2.29)	0.02 (1.05)	0.03 * (1.71)	-0.01 (-0.92)	0.04 *** (3.75)
education	0.74 *** (3.29)	-0.16 (-0.56)	-0.17 (-1.10)	-0.52 *** (-3.40)	0.03 (0.51)	0.13 ** (2.49)
family size	-0.01 (-0.12)	-0.10 (-0.90)	-0.05 (-0.46)	-0.08 (-0.70)	0.07 (0.48)	0.04 (0.23)
ethnic	1.04 * (1.76)	0.92 (1.60)				
Health			-0.03 (-0.11)	-0.31 (-0.99)		
Preference			0.76 *** (3.14)	1.00 *** (3.98)		
Student					-0.56 (-1.31)	0.58 * (1.92)
Inv2					0.85 * (1.81)	0.64 * (1.66)
Inv3					1.63 *** (4.11)	-0.19 (0.49)
Inv4					2.35 *** (5.52)	0.16 (0.42)
Inv5					2.12 *** (4.37)	1.24 *** (2.97)
Inv6					1.46 *** (3.20)	1.02 ** (2.58)

- (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. クアラルンプール市、広島市における大気汚染リスクは、ビジュアルエイドがリスクラダーのものを用いている。
4. 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 は教育水準、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)、student は職業が学生の場合のダミー変数、Inv2~6 は調査者ダミー変数をそれぞれ示す。

(表5) 上海 CVM 調査における WTP 推計モデルの分析結果

	大気汚染		交通事故	
	リスク削減小 (30/1,000,000)	リスク削減大 (60/1,000,000)	リスク削減小 (30/1,000,000)	リスク削減大 (60/1,000,000)
定数項	7.1484*** (11.55)	9.0087*** (11.55)	7.814*** (13.43)	8.9635*** (11.73)
提示額(対数)	-1.2763*** (-11.90)	-1.4817*** (-11.49)	-1.3428*** (-13.44)	-1.4413*** (-11.43)
サンプル数	265	265	278	278
対数尤度	-369.093	-369.427	-390.539	-351.38

ために調査者ごとにダミー変数を付与して分析を行ったところ、どちらのリスク削減においても有意な値が得られた。

(3) VSL の推計

次に、上海市における CVM 調査と、東広島市における選択型実験調査における VSL の推計を行なう。上海 CVM 調査における WTP 推計モデルは、AIC 基準により、大気、交通いずれの場合も定数項と提示額のみモデルを採用する。推計モデルの結果は、表5において示す。

分析の結果、大気汚染リスク削減における WTP は、リスクを 100 万分の 30 削減する場合には 48US ドル、リスクを 100 万分の 60 削減する場合には 62US ドルであるという結果が得られた。また、交通事故リスク削減における WTP は、リスクを 100 万分の 30 削減する場合には 54US ドル、リスクを 100 万分の 60 削減する場合には 67US ドルであるという結果が得られた。いずれの WTP も平均値を用いた評価である。なお、いずれのリスク種類、リスク削減幅においてもスコープテストをパスしたことから、回答者はリスクの種類やリスク削減幅の違いを理解しており、部分全体バイアスは生じていないといえる。

求められたそれぞれの WTP をリスク削減幅で除して、1995 年 US ドル価格に変換した結果、大気汚染の VSL の範囲は 71.7 万 US ドルから 132.1 万 US ドル、交通事故の VSL の範囲は 88.8 万 US ドルから 156 万 US ドルであるという結果が得られた。一人あたり GDP と VSL の比率では、大気汚染においては対一人あたり GDP 比で 201-370 倍、交通事故においては 248-437 倍である。なお、一人あたり GDP は、中国国内における所得格差が大きいことから、上海市都市部における平均値を用いた。

このことから、広島調査と同様に、交通事故リスク削減をもとにした VSL のほうが、大気汚染リスク削減をもとにした VSL よりも高いといえる。また、Miller (2000) と比較して、大気汚染のリスク削減と交通事故のリスク削減の双方において妥当な VSL の範囲として提示された範囲よりも高

(表6) 選択型実験における分析結果

提示額	-0.000025 (-5.72)***
大気汚染	0.0169 (4.33)***
交通事故	0.0379 (9.56)***
対数尤度	-612.41
サンプル数	603

となった。交通事故の VSL においては、学生だけのサンプルはすべての回答者をサンプルとして用いた場合と比較して、平均値を用いた場合で 1.7%から 3.5%、中央値を用いた場合で 3.2 から 8.6% 程度 VSL を上昇させている。東広島市における選択型実験における分析結果を、表 6 において示す。分析により得られた WTP は、大気汚染リスクにおいては 100 万分の 1 リスク削減あたり 5.4US ドル、交通事故リスクにおいては 100 万分の 1 リスク削減あたり 12.1US ドルである。ただし、1 ドルを 125 円として計算している。

Miller(2000)および松岡ほか(2002)との比較を容易にするために、求められた WTP を 100 万分の 1 で除して、求められた VSL を 1995 年 USD 価格に換算した。この結果得られた VSL は、大気汚染リスクにおいては 459.7 万 US ドル、交通事故においては 1,030.9 万 US ドルである。これらの結果は、Miller(2000)が先行研究をもとにして妥当な VSL の範囲として提示した一人あたり GDP 比の 107 倍から 171 倍の範囲と比較した場合、大気汚染リスクについては大気汚染の VSL は一人あたり GDP の 126 倍であることから妥当な VSL の範囲内におさまったものの、交通事故の VSL は一人あたり GDP の 283 倍であり、妥当な VSL の範囲を上回るという結果が得られた。

松岡ほか(2002)と本研究における、各国別のリスク削減に対する WTP と VSL を表 7 において、一人あたり GDP 比における先行研究との比較を表 8 において示す。一人あたり GDP 比を先行研究と比較した場合、大気汚染リスクにおいては、上海調査における一人あたり GDP 比率が最も高く、東広島調査がついで高く、クアラルンプール調査、広島調査の順に続いている。交通事故リスクにおいても上海調査における一人あたり GDP 比率が最も高く、東広島調査がついで高いことには変わりはないが、広島調査が東広島調査に続いており、クアラルンプール調査における一人あたり GDP 比が 4 調査の中で最も低くなっている。

(4) 大気汚染と交通事故の VSL の違い

本研究で扱った上海調査、東広島調査のどちらも大気汚染リスクの VSL よりも、交通事故リスクの

い結果が得られた。広島調査と比較して、交通事故リスクをもとにした VSL が大気汚染リスクをもとにした VSL よりも高い結果が得られたことには変わりはないが、上海調査における対一人あたり GDP 比は広島調査における対一人あたり GDP 比と比較していずれも高い。

支払意志額が高くなった理由として、学生の回答者が多かったことから、環境問題や健康問題に意識の高い人に回答者が偏ったと考えられる。また、面接法を用いたことから、追従バイアスが生じた可能性がある。また、交通事故リスクにおいては、学生回答者が WTP 上昇要因

(表7) WTP と VSL の推計結果

地域	リスク削減幅	リスク種類	WTP(US\$)		VSL (1,000 US\$)	
			平均値	中央値	平均値	中央値
KL	30/100,000	大気	20	19	653	626
	40/100,000	交通	14	12	348	288
	60/100,000	大気	21	20	344	340
	80/100,000	交通	15	13	188	160
広島	30/1,000,000	大気	100	62	3,345	2,067
		交通	159	110	5,289	3,654
	60/1,000,000	大気	130	86	2,167	1,433
		交通	210	175	3,500	2,917
上海	30/1,000,000	大気	48	33	1,598	1,088
		交通	54	41	1,799	1,353
	60/1,000,000	大気	62	53	1,034	878
		交通	67	60	1,114	1,008
東広島	1/1,000,000	大気	5.4	-	5,408	-
		交通	12.1	-	12,128	-

- (注) 1. WTP は年間支払意志額である。
2. KL 調査、広島調査における大気汚染リスクの WTP および VSL は、ビジュアルエイドにリスクラダーを用いたもののみを掲載している。
3. リスク削減幅は、KL では10年間、他は1年間のリスク削減。
4. 為替レートは1US\$=3.8リンギット、広島調査においては1US\$=130円、上海調査では1US\$=8.3元、東広島調査では1US\$=125円とした。
5. 広島調査におけるリスク削減幅が大きい場合の VSL においては、計算上の誤りと思われる箇所があったので、再計算を行なっている。

VSL が高くなるという結果が得られている。また、松岡ほか(2002)の広島調査においても、交通事故リスクの VSL が高く、クアラルンプール調査では大気汚染リスクの VSL のほうが高い値を示しているもののスコープテストをクリアしている調査グループが少ないことを考慮すると、全体的に交通事故の VSL が大気汚染の VSL よりも高いという傾向が見られるといえる。この結果は、Rowlatt et al. (1998) において、大気汚染は交通事故と比較して非自発的であり、制御不可能なリスクであるため、大気汚染の VSL のほうが高くなるという結論を覆している。

大気汚染リスクよりも交通事故リスクが高くなった原因として、Rowlatt et al. (1998)が指摘した、大気汚染リスクの非自発性と制御の困難さが挙げられる。交通事故リスクはどちらかといえばリスクの発生する原因は自分であり、制御可能なリスクであると考えられているのに対して、大気汚染リスクはどちらかといえばリスクの発生する原因は自分にはなく、制御困難なリスクであると考えられている点が挙げられる。リスクの発生する原因は自分にはないゆえに、汚染者ではない自分がリ

(表8) 推計結果の比較

	国名	リスク	VSL	VSL/GDP Per Capita
広島 CVM	日本	大気汚染	2,166-3,345	60-89
広島 CVM	日本	交通事故	3,500-5,289	96-152
クアラルンプール CVM	マレーシア	大気汚染	252-538	79-170
クアラルンプール CVM	マレーシア	交通事故	155-286	49-90
上海 CVM	中国	大気汚染	727-1,321	201-370
上海 CVM	中国	交通事故	888-1,560	248-437
東広島選択型実験	日本	大気汚染	4,597	115
東広島選択型実験	日本	交通事故	10,309	258
Miller (2000)	日本	リスク一般	4,400-7,000	107-171
Miller (2000)	世界各国	リスク一般	630-900	137-195
Miller (2000)	EU 諸国	リスク一般	2,500-3,600	121-174
Miller (2000)	マレーシア	リスク一般	500-900	118-212
Miller (2000)	タイ	リスク一般	400-800	141-283
Miller (2000)	アメリカ	リスク一般	3,300-4,500	123-168
Miller (2000)	カナダ	リスク一般	2,100-3,100	108-160
Fisher et al. (1989)	(諸研究)	リスク一般	2,200-11,800	-

- (注) 1. VSL の単位は、1,000US\$である。
 2. 一人当たり GDP は、Miller (2000) の結果と統一するため、GDP デフレーターを用いて 1995 年価格の US\$に統一している。
 3. 広島およびクアラルンプールの CVM 調査の結果は、松岡ほか (2002) から引用している。その際、広島調査におけるリスク削減幅が大きい場合の VSL において計算上の誤りと思われる箇所があったので、一人当たり GDP 比を修正している。
 4. 上海調査における一人当たり GDP は、上海都市部における一人当たり GDP を用いている。

リスク削減のために金銭を支払う道理はないと考える可能性がある。また、リスクの制御が困難であると考えているがゆえに、行政の側がリスク削減政策を行なうべきであり、回答者自身がリスク削減に金銭を支払うことは無駄な行動であると判断するとも考えられる。

また、選択型実験を分析手法に用いた場合においては、支払手段バイアスが生じた可能性も原因として考えられる。CVM を用いた調査においては、大気汚染と交通事故のリスク削減について別々にたずねており、それぞれのシナリオについて回答者が抵抗を感じる場合は、拒否回答という形で推計から除外することができた。しかし、選択型実験の調査においては、個別に支払手段の妥当性をたずねる機会が得られなかったため、支払手段バイアスが生じている可能性は否定できない。

(5) CVM と選択型実験の結果の違い

また、同じ国内で行なわれた VSL の研究であるにもかかわらず、選択型実験による VSL が松岡ほか(2002)における広島調査と比較してどちらのリスクにおいても高くなった理由は、以下の二つであると考えられる。

第1の可能性として、リスク削減の限界代替率逓減の問題が挙げられる。東広島調査で用いたリスク削減幅は100万分の15と100万分の36であり、松岡ほか(2002)が用いた100万分の30と100万分の60のリスク削減幅よりも小さい。限界代替率が逓減するならば、たとえば100万分の30のリスク削減に対する支払意志額は、100万分の15のリスク削減に対する支払意志額の2倍よりも少なくなる。一方で、選択型実験は、一単位あたりのWTP(限界支払意志額)を推計する手法であり、限界代替率が一定であることを仮定している。実際に、いずれのCVM調査の推計結果によれば、すべての場合においてリスク削減幅の小さい場合を基準としたVSLは、リスク削減幅の大きい場合を基準としたVSLよりも高いという結果が出ている。また、クアラルンプールにおける調査では、大気汚染に対するリスク削減をもとにしたVSLのほうが、交通事故に対するリスク削減をもとにしたVSLよりも高い結果を示したが、大気汚染のリスク削減量が10万分の30と10万分の60であったのに対し、交通事故のリスク削減量が10万分の40と10万分の80であったことから、限界代替率がVSLに大きな影響を与えている可能性がある。

第2の理由として、回答者の年齢層の違いがあげられる。松岡ほか(2002)の広島調査における平均年齢と比較して、本調査の平均年齢は高いという結果を得ている。年齢とVSLとの関係を調べた先行研究のいくつかは、年齢とVSLの間には正の相関があるとするもの、負の相関があるとするもの、ある程度の年齢までVSLが増加し、その後減少するという逆U字の関係があるとするものがある。そのため、平均年齢の高さがVSLに影響を与えた可能性があるといえる。しかし、VSLと年齢の間には有意な関係はないとされる研究も多く、また逆U字の関係があるとしても、逆U字のピークとなる年齢も研究によって異なっているなど、まだ明らかになっていない点が多いことに注意せねばならない。

5. 結論

本研究の結論は以下のとおりである。

- 上海市におけるVSLは大気汚染では71.7万USドルから132.1万USドル、交通事故のVSLの範囲は88.8万USドルから156万USドルであるという結果が得られた。東広島市における選択型実験を用いた調査では、VSLは大気汚染リスクでは459.7万USドル、交通事故では1,030.9万USドルとなった。
- 上海市における一人あたりGDPとVSLの比率では、大気汚染においては対一人あたりGDP比で201-370倍、交通事故においては248-437倍である。東広島市においては、大気汚染のVSL

は一人当たり GDP の 126 倍、交通事故の VSL は一人当たり GDP の 283 倍となり、東広島市の大気汚染リスクを除き、Miller (2000)において妥当な VSL として示された範囲を上回る結果が得られた。

- 上海市と東広島市のどちらの研究においても、大気汚染リスクの VSL より、交通事故の VSL がより高くなった。この結果は松岡ほか(2002)の広島調査の結果と同じであり、東アジアにおいては全般的に交通事故リスクの VSL のほうが大気汚染リスクの VSL よりも高いという結果が得られた。また、唯一大小関係が異なるクアラルンプール市の調査結果において、スコープテストをクリアしていない結果があったことを考えると、大気汚染の VSL のほうが交通事故の VSL よりも高いという Rowlatt et al. (1998) の結論を覆す可能性がある。

今後の課題として、調査対象国数をさらに増やすことで、大気汚染リスクと交通事故リスクの VSL の違いをより明らかにするとともに、CVM と選択型実験による VSL の違いが生じる原因を明らかにすることにより、リスク削減便益の評価結果の頑健性をさらに強化することが可能になると考えられる。

参考文献

- OECD (2002) 『OECD レポート 日本の環境政策』 中央法規。
- 岡敏弘 (1999) 『環境政策論』 岩波書店。
- 岡敏弘 (2002) 「政策評価における費用便益分析の意義と限界」『会計検査研究』 第25号。
- 大野栄治 (2000) 「CVM(仮想市場評価法)」大野栄治編著『環境経済評価の実務』 勁草書房。
- 岸本充生 (2000) 「浮遊粒子状物質による健康影響の定量評価および経済評価の現状」『資源と環境』 第9巻第4号。
- 栗山浩一 (2000) 「コンジョイント分析」大野栄治編著『環境経済評価の実務』 勁草書房。
- 竹内憲司 (1999) 『環境評価の政策利用』 勁草書房。
- 竹内憲司 (2002) 「生と死の経済学 死亡リスクの微小な変化に対して人々は何の程度の支払いをするつもりがあるか」『会計検査研究』 第26号。
- 丹後俊郎・山岡和枝・高木晴良 (1996) 『ロジスティック回帰分析 SAS を利用した統計解析の実際』 朝倉書店。
- デビッド・オコナー (1996) 『東アジアの環境問題 奇跡の裏側』 東洋経済新報社。
- 松岡俊二・白川博章・本田直子・竹内憲司・松本礼史 (2002) 「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」『ICSEAD Working Paper Series』 Vol. 2002-10。
- 鷺田豊明 (1999) 『環境評価入門』 勁草書房。
- Adamowicz, W., L., Boxall, P., Williams, M. and Louviere, J. (1998) "Stated Preference Approaches for Measuring Passive Use Values: Choice Experiments and Contingent Valuation" *American Journal of Agricultural Economics*, 80, pp. 64-75.
- Fisher, A., Chesnut, L. G and Violette, D. M. (1989) "The Value of Reducing Risks of Death: A Note On New Evidence" *Journal of Policy Analysis and Management*, 8(1), pp.88-100.
- Johnson, F.R., Ruby, M. C., Desvousges, W. H. and King, J. R. (1998) "Using Stated Preferences and Health-State Classifications to Estimate the Value of Health Effects of Air Pollution" *Triangle Economic Research*.
- Miller, T. R. (2000) "Valuations between Countries in Values of Statistical Life" *Journal of Transport Economics and Policy*, 34(2), pp.169-188.
- Rowlatt, P., Jones-Lee, M., Speckman, M., Loomes, G and Jones, S. (1998) "Valuation of Deaths from Air Pollution" *National Economic Research Associates*.
- USEPA (2000) "The Benefits and Costs of the Clean Air Act 1990 to 2010" EPA-410-R-99-001.