

經濟論叢

第 162 卷 第 2 号

アジアの成長目的と為替金融安定化政策（1）…砂 村 賢	1
国際比較からみた韓国の 自動車流通販売システム（2）……………權 赫 基	28
外部不経済と都市の開発形態……………鄭 炳 潤	44
日本の銀行における X 非効率性の評価……………李 珉 煥	64
非死亡リスクを組み入れた費用効果分析（2）…岸 本 充 生	84

平成10年 8 月

京 都 大 学 經 済 學 會

非死亡リスクを組み入れた費用効果分析(2)

——大気汚染と自動車事故によるリスクの比較——

岸 本 充 生

III 浮遊粒子状物質のリスク・アセスメント

3-4 自動車寄与分の推計

本研究では、大気中PM10濃度のうち、自動車寄与分の外部費用を推計する。たとえば、鎌滝ら [1995] が、東京都のPM10の発生源別割合を推定しているように、いくつかの都市部の地域データは存在するものの、日本全体についてのデータがないため、欧米のデータを参考にする。米国の南海岸大気質管理地域（SCAQMD）によると、自動車寄与分は直接排出と二次生成を合わせて30.8%と推計されている（Small and Kazimi [1995], pp. 18-19）。またイギリスでは、都市大気質レビュー・グループ（QUARG）の第二次報告書では、都市部で70%、地方で5.5%、全国平均で27%であると報告されている（Maddison et al. [1996], p. 67）。日本についても同様であるとして、PM10の排出の30%が自動車起源であると仮定した。そしてPM10の排出量の変化は同じ割合のPM10の濃度変化を引き起こすという単純化を行う（Maddison et al. [1996], pp. 58-59）。このためにPM10濃度の30%が自動車起源であるとす

る。

中西 [1995, 185ページ] はNO_xのリスク・アセスメントを行った際に、人口の5%は自動車排ガス測定局の濃度レベルで生活し、のこり95%は一般測定局の濃度レベルで生活していると仮定した。本研究では日本人全員が平均的に一般局レベルで生活しているという、これよりも少し控えめな仮定を採用す

る。米国で行われた研究のほとんどは、カウンティ (county) 単位で計算している。あるカウンティに住む人全員が、そのカウンティの平均 PM 10 レベルに曝露されているという仮定を用いている。本研究では、日本全体をひとつのカウンティとみなし、人口全員が平均 PM 10 レベルに曝露されていると仮定したことになる。

米国の年間平均バックグラウンド PM 2.5 レベルは、東部で $1\sim 4\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、西部で $2\sim 5\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ とされており (U. S. EPA [1996], p. 65650)、日本でも同様であると仮定して $3\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ とする。PM 2.5 濃度は U. S. EPA の用いる変換係数 0.56 で割ると、PM 10 濃度になり、およそ $5\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ とする。1995年度の一般局の平均値は $35\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ であるので、人為起源の $30\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ の 30%、つまり $9\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ が自動車起源の PM 10 である (つまり、 $\Delta\text{PM 10} = 9$) と推測される。

3-5 PM 10 曝露による健康影響評価

本研究で採用する、濃度反応関数は、次のような式で表される。

$$\Delta\text{CASES} = b * \Delta\text{PM 10} * \text{POP}$$

用いるエンドポイント (case)¹⁾、適用対象人口集団 (POP)、および濃度反応関数の係数 b を表 4 に示す。これらは、Ostro and Chestnut [1998] に従った。ほかに、Chestnut [1995]、U. S. EPA [1997b]、Ostro [1994] もほぼ同じ関数形を用いている。「死亡」に関してのみ、日本と米国の「年間非事故死亡率」の差を考慮して数字を調整した。Ostro and Chestnut [1998] の特徴は、濃度反応関数の係数、および金銭評価額 (後述) に付随する不確実性を考慮するために、低め、中央、高めの 3 種類の値を用い、かつそれらに証拠の確からしさに基づいた確率ウェイトを付けていることである。

濃度反応関数に、表 4 の係数 (b)、適用対象人口 (POP)、上で推計された

1) 「エンドポイント」とは、影響判定点という意味である (中西 [1995], 9 ページ)。当該リスクが何の発生確率であるかを表すものである。

表4 PM10 曝露の各種エンドポイントの濃度反応関数

エンドポイント (△ cases)	適用対象 (POP)	濃度反応関数の係数(b) *括弧内は確率ウェイトを表す		文 献
死亡 (長期暴露による) (Mortality)	年間非事故死者数	Low	7×10^{-6} (33.3%)	Pope et al. [1995]
		Central	16×10^{-6} (33.4%)	Dockery et al. [1994]
		High	25×10^{-6} (33.3%)	
慢性気管支炎 (Chronic Bronchitis)	25歳以上	Low	3.0×10^{-5} (25%)	Abbey et al. [1993]
		Central	6.1×10^{-5} (50%)	
		High	9.3×10^{-5} (25%)	
呼吸器系の入院 (Respiratory Hospital Admissions)	すべて	Low	4.7×10^{-6} (33.3%)	Pope [1991]
		Central	8.4×10^{-6} (33.4%)	Thurston et al. [1992]
		High	12.0×10^{-6} (33.3%)	
心臓系の入院 (Cardiac Hospital Admissions)	すべて	Low	2.4×10^{-6} (33.3%)	Burnett et al. [1994]
		Central	3.0×10^{-6} (33.4%)	Burnett et al. [1995]
		High	3.5×10^{-6} (33.3%)	
緊急通院 (Emergency Room Visits)	すべて	Low	1.2×10^{-4} (25%)	Samet et al. [1981]
		Central	2.4×10^{-4} (50%)	
		High	3.5×10^{-4} (25%)	
ぜんそく症状日 (Asthma Symptom Days)	ぜんそく患者	Low	3.3×10^{-2} (33%)	Ostro et al. [1991]
		Central	5.8×10^{-2} (50%)	Whitemore and Korn [1980]
		High	19.7×10^{-2} (17%)	
活動制限日 (Restricted Activity days)	18歳以上	Low	2.9×10^{-2} (33.3%)	Ostro [1987]
		Central	5.8×10^{-2} (33.4%)	Ostro and Rothchild [1989]
		High	9.1×10^{-2} (33.3%)	
急性呼吸症状日 (Days with Acute Respiratory Symptoms)	すべて	Low	8.0×10^{-2} (25%)	Krupnick et al. [1990]
		Central	16.8×10^{-2} (50%)	
		High	25.6×10^{-2} (25%)	
子供の気管支炎 (Children with Bronchitis)	18歳未満	Low	0.8×10^{-3} (25%)	Dockery et al. [1989]
		Central	1.6×10^{-3} (50%)	
		High	2.4×10^{-3} (25%)	

出所) Ostro and Chestnut [1998].

PM10の自動車寄与分(Δ PM10)を代入して得られた結果(Δ cases)を表6の左半分に示す。非死亡影響カテゴリーを計算する際には、二重計算を避けるためにいくつかの手続きが必要である(Ostro and Chestnut [1998], p. 104)。これらの結果は、表6に(net)として示した。また、注意すべきは、「死亡」は、正確に言うところ「寿命の短縮」であるということである。U.S. EPA [1997b, p. 37]によると、PM10曝露による死者の年齢分布を推測した結果、平均損失余命は14年となった。

3-6 健康影響の経済的評価

外部費用全体に占める死亡リスクと非死亡リスクの大きさの比率を計算するためには、死亡リスクと、複数のエンドポイントからなる非死亡リスクを共通の単位、すなわち貨幣的な表現で統一的に表す必要がある。それぞれのケースを金銭的に評価するためのデータを表5に示した。

Ostro and Chestnut [1998]に従い、不確実性を考慮するために、低めの値、中間的な値、高めの値の3種類の数字を用いて、それぞれに確からしさの確率を与えた。日本で計測された数値がないので、ここでもまた欧米で計測された数値を用いる。この手続きを「便益移転(benefit transfer)」という。単位金銭評価額は、理論的には、支払意思額(Willingness to Pay: WTP)により推計されることが望ましいが、データがないものに関しては、疾病コスト法(Cost Of Illness: COI)により計算された数値から推測したWTP値を用いる。これが表5にある、'Adjusted COI'である。COIには、痛みや苦しみに関する価値を含んでないのでWTPと比較して過小評価になる。本研究では、Ostro and Chestnut [1998]に従って、WTP/COI比率を2.0とする。また、WTPであれ、COIであれ、推計のほとんどは欧米の人達の選好や所得を基礎にしており、他の国で用いる場合は調整を行う必要がある。たとえば、(1) WTPは(COIも)所得に比例すると仮定する。つまり環境の質に対する所得弾力性が1であるとする。Aunan et al. [1998]は、ハンガリー人の賃金率が

表5 PM10曝露の各種エンドポイントの経済的評価

エンドポイント	単位あたり金銭評価 (1995年ドル)			推 計 方 法
	Low	Central	High	
死亡A (Mortality)	\$ 2,800,000	\$ 4,800,000	\$ 9,700,000	WTP (USEPA, 1997が採用した調整なしの値)
死亡B (Mortality)	\$ 2,100,000	\$ 3,600,000	\$ 7,300,000	WTP (老人の WTP は労働年齢の WTP の75%と仮定)
死亡C (Mortality)	\$ 1,700,000	\$ 2,900,000	\$ 5,900,000	WTP (PM による平均損失余命を14年として調整した値)
死亡D (Mortality)	\$ 1,100,000	\$ 1,900,000	\$ 3,900,000	WTP (死亡Cについて割引率を用いなかった値)
死亡影響の確率ウェイト	33%	50%	17%	
慢性気管支炎 (Chronic Bronchitis)	\$ 150,000	\$ 220,000	\$ 390,000	WTP
呼吸器系の入院 (Respiratory Hospital Admission)	\$ 7,000	\$ 14,000	\$ 21,000	Adjusted COI
心臓系の入院 (Cardiac Hospital Admission)	\$ 7,500	\$ 15,000	\$ 22,500	Adjusted COI
緊急通院 (Emergency Room Visit)	\$ 260	\$ 520	\$ 780	Adjusted COI
ぜんそく症状日 (Asthma Symptom Day)	\$ 13	\$ 37	\$ 60	WTP
活動制限日 (Restricted Activity Day)	\$ 31	\$ 62	\$ 93	WTP & Adjusted COI
急性呼吸症状日 (Acute Respiratory Symptom Day)	\$ 6	\$ 12	\$ 17	WTP
子供の急性気管支炎 (Child Acute Bronchitis)	\$ 165	\$ 330	\$ 495	Adjusted COI
非死亡影響の確率ウェイト	33.3%	33.4%	33.3%	

出所) Ostro and Chestnut [1998], U. S. EPA [1997b].

米国の16%であるために、米国で推計された単位価値の16%を用いている。(2) 仮想評価法 (Contingent Valuation Method: CVM) 研究の結果は、環境改善に対する所得弾力性が0.35であることを示唆しており、これを用いると、 $GDP \text{ 調整済み単位価値} = \text{単位価値} \times (\text{当該国の GDP} / \text{計測国の GDP})^{0.35}$ となる (Krupnick et al. [1996], p. 320)。しかし本研究では先進国間の便益移転であるため、特に調整を行わなかった。

死亡に関しては、4通りの推計方法を示した。死亡Aは、U.S. EPA [1997b] において用いられた値で、米国で推計された確率的生命の価値の平均的な値であるとされた。確率的生命の価値の多くは、賃金リスク法によって推計されている。賃金リスク法とは、死亡リスクの高い職業には、賃金にリスク補償分が上乗せされていると仮定することにより、職業間の賃金格差から確率的生命の価値を統計的に推計する手法である。評価対象は労働年齢人口であり、彼らの平均損失余命は35年である。U.S. EPA [1997b] は、そのドラフトにおいて、評価対象が大気汚染による死亡であったにもかかわらずこの値を採用したために、過大評価であるとの批判を受けた。そのため、Ostro and Chestnut [1998] が用いたのが、老人の WTP は労働年齢の WTP よりも25%少ないと仮定し、老人の確率的生命の価値は、労働年齢の確率的生命の価値の75%であるとして計算された死亡Bである。死亡Cは、過大評価ではないかとの批判を浴びた U.S. EPA [1997b] が、その最終報告書において批判に答えて補完的に採用した方法である。死亡Aの数字を、割引率5%と損失余命35年という数字を用いて算出した「寿命1年の価値」をもとに、「損失余命14年の場合の確率的生命の価値」を推計した。死亡Dは、死亡Cの計算を、割引率を用いずに行ったものである。

推計された死亡・非死亡健康影響 (表6左半分) に、それぞれのエンドポイントの経済的評価額 (表5) を掛け合わせると、それぞれの年間コストが計算される。その際、健康影響と金銭評価額の両者に与えられた確率ウェイトを用いて、年間コストの90%信頼区間を推計した²⁾。これを表6の右半分に示した。

2) 統計ソフトの@ risk (Palisade Corporation) を用いた。

表6 健康影響の定量化と金銭評価

エンドポイント (Δcases)	年間件数・年数			年間価値1995年ドル (百万)		
	Low	Central	High	10th percentile	Mean	90th percentile
死 亡	7,833	17,903	27,974 A B C D	21,932 16,449 13,316 8,773	89,492 67,808 53,851 35,515	173,659 130,692 105,628 69,464
損 失 余 命	109,657	250,643	391,630			
慢性気管支炎	23,236	47,246	72,031	5,112	11,998	18,426
呼吸器系の入院	5,259	9,399	13,427	37	131	282
心臓系の入院	2,685	3,357	3,916	20	50	88
緊急通院 (net)	126,329	255,791	374,287	66	132	200
ぜんそく症状日	1,477,006	2,595,950	8,817,280	19	123	326
活動制限日 (net)	24,025,917	48,542,738	71,560,477	745	2,980	6,655
急性呼吸症状日 (net)	63,541,490	136,034,533	204,944,950	763	1,576	2,459
子供の気管支炎	178,630	357,260	535,890	59	118	177
総年間健康費用 (死亡A)				28,752	106,599	202,272
総年間健康費用 (死亡B)				23,269	84,915	159,305
総年間健康費用 (死亡C)				20,136	70,958	134,241
総年間健康費用 (死亡D)				15,593	52,622	98,077
そのうち非死亡健康費用				6,820	17,107	28,613

注) ΔPM10 = 9 (μg/m³), 日本人口 (1995年10月1日現在) = 124,327,130 (人), 年間死者数 (1995年) = 922,062 (人) 年間非事故死者数 (1995年) = 863,053 (人) (#全死者数から損傷・中毒 (ICD-9 で 800-999) による死者数を引いた) 25歳以上の人口 = 86,058,950 (人), 18歳以上の人口 = 99,517,409 (人), 18歳未満の人口 = 24,809,711 (人) ぜんそく患者数 = 全人口の 4 %

#「平成5年度 患者調査」では、日本のぜんそく患者は1,066,000人 (0.8%) であったが、疫学研究の行われた米国では、人口の4.7% がぜんそく患者であるとされ、日米で定義が異なると思われる。そのため日本人口の4%がぜんそくであると仮定した。

IV 自動車事故のリスク・アセスメント

4-1 外部費用と内部費用

自動車事故による死者は、事故後24時間の統計で毎年1万人前後にのぼる。道路交通の社会的費用（この中には私的費用と外部費用を含む）には、自分の死傷費用、他人の死傷費用、救急医療費用、警察・道路管理費用、物損費用などが挙げられる。これらのうち、どれが私的費用でどれが外部費用であるかは自明ではない。本研究では、歩行中および自転車乗車中の自動車事故のみを扱う。理由は、そのほとんどが自動車交通の外部費用であると考えられるからである。一方、自動車乗車中の事故の死亡や負傷の費用は、自動車運転者は自分のリスク・レベルを選ぶことができるという意味ですべて内部費用であると考えることができる³⁾。例えば、大阪から東京へ移動するときに、自動車を運転して高速道路を走るか、新幹線に乗るか、人々は費用や時間とともにリスク・レベルも自由に選択していると考えられる。

しかし、これにはいくつかの、自明でない仮定を必要とする。ひとつは、個々の運転者は事故に遭う確率を正確に知っているという仮定である。実際は、多くの人が自分は平均的ドライバーよりも安全であると思っており（'it'll never happen to me' syndrome）、この仮定が妥当であるかは疑問である。次に、ドライバーが直面する物理的なリスクは他人の行動の影響がないとする仮定である。追加的な自動車走行が他のドライバーが事故に遭う確率を増やす部分は外部費用である。このロジックは混雑費用と同様である。1 km 走行あたりの事故リスクを r 、単位時間あたりの自動車フローを F 、とすると、 r は F の増加関数、 β が定数として、 $r = \beta F^\gamma$ と表すことができる。線形なら γ は 1 となるが、Vickrey は 0.5、そしてイギリス交通省はゼロと推定した。自動車事故全体の外部費用の計測には、これらの仮定を再検討する必要があるだろう。

3) 何が外部費用で何が私的費用であるかは、理論的には明白であるが、実際のカテゴリはしばしば困難である。以下の議論は、Maddison et al. [1996, p. 121] に従う。

4-2自動車事故データと経済的評価

自動車事故データは、2通りのデータを用いて分析する。ひとつは、警察庁関係のデータで、負傷者を重傷者と軽傷者に分類するものである(財団法人交通事故総合分析センター [1996])。これを表7Aに示した。死亡の4,108人の内訳は、男性2,256人、女性1,852人である。生命表を用いて、これらの死者のそれぞれの平均余命を合計して、全体の損失余命を計算すると、合計で96,034年になった。平均すると、1人あたり23.4年である。これらの経済的評価には、日本と同様に、死亡・重傷・軽傷という3区分を行っているイギリス政府の用いている数字を採用する(U.K. Department of the Environment, Transport and the Regions [1997])。これらの数字は若干低目の値であると思われるが、「首尾一貫したWTPアプローチに基づく」とされており、そのまま用いた⁴⁾。

もうひとつは、保険の分野で用いられている、傷害を6段階に分類した自賠責保険簡易傷害度(Abbreviated Injury Scale: AIS)である(社団法人日本損害保険協会 [1997])。これらのデータは表7Bに示される。受傷程度は、1(軽度)、2(中度)、3(重度)、4(重傷)、5(重篤)、6(瀕死)に分類される。しかし、これに対応する米国政府の用いているAISは、5段階であり、米国の経済的評価を外挿するために⁵⁾、5段階に合わせる必要がある。そこで、日本のAIS6(瀕死)は、人数がきわめて少ないので、AIS5(重篤)に含めた。経済的評価額は、米国交通省の値を使用した(U.S. Department of Transportation [1994])。これもWTPに基づいて推計された値である。

ただし、死者数に比べて負傷者数は、報告されていないものがあるために過小評価になっているという指摘がある。病院における治療データを調査し、警

4) Maddison et al. [1996] では、最新データに基づいて、死亡のコストのみを、£2,000,000に変更して計算を行っているが、これはより適切な外部費用の算出を目的とするので妥当である。しかし本論文では、死亡コストと非死亡コストの割合を調査することをひとつの目的とするので、値は調整しない。

5) ただし、Miller et al. [1989] は、AISは事故のコストを計算するためには適切でないことを指摘し、より適切な指標として、「最大AIS(maximum AIS: MAIS)」を用いている。

表7A 自動車事故のリスク・アセスメント (A)

日本の分類 イギリスの分類	死 亡 fatal	重 傷 serious	軽 傷 slight
自転車乗車中 (人) (同乗者も含む)	1,221	12,767	124,622
歩 行 者 (人)	2,987	14,372	66,696
計 (人)	4,108	27,139	191,318
損 失 余 命 (年)	96,034		
金 銭 評 価 (1995 £)	827,715	94,355	7,305
金銭評価合計 (1995 million £)	3,400	2,561 計 3,958	1,398

出所) 財団法人 交通事故総合分析センター【交通事故統計年報 平成7年版】202ページ。

U. K. Department of the Environment, Transport and the Regions, 1996.

表7B 自動車事故のリスク・アセスメント (B)

ATS	6	5	4	3	2	1
日本の分類 米国の分類	死亡 fatal	瀕死・重篤 critical	重症 severe	重度 serious	中度 moderate	軽度 minor
人 対 車 両	4,211	5,122	5,957	13,804	60,317	135,100
Cost per Injury (1994 \$)	2,600,000	1,980,000	490,000	150,000	40,000	5,000
金銭評価合計 (1994 million \$)	10,949	10,142	2,919	2,071	2,413	676
			非死亡計 18,219			

出所) 社団法人 日本損害保険協会 [1997]。

U. S. Department of Transportation Federal Highway Administration, 1994.

察に届けられた件数と比較した結果、重傷で76%、軽傷で62%しか報告されていないことが分かった (Maddison et al. [1996], p. 131)。日本についてのデータはないので本研究ではこの点は考慮しなかった。

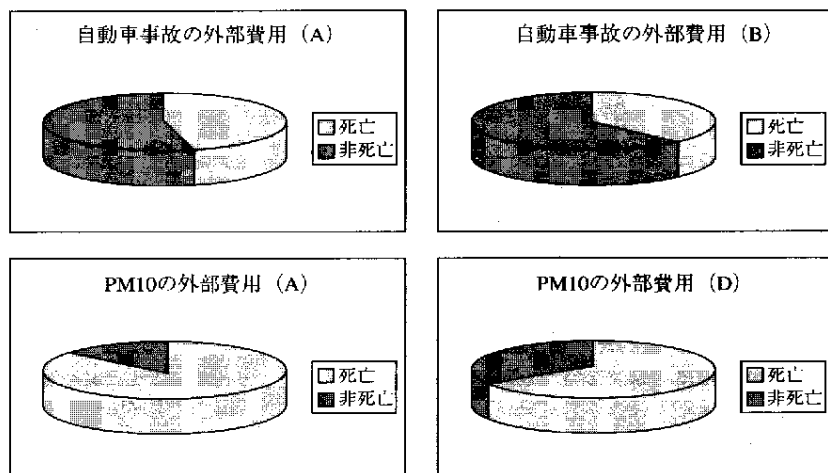
V 非死亡リスクを組み込むことの影響

表7 Aと表7 Bの結果を用いて、表8に、外部費用に占める、死亡コストと

表8 外部費用に占める死亡・非死亡の割合

			死 亡	非 死 亡
自動車事故	A	金額 (million £)	3,400	3,959
		%	46	54
	B	金額 (million \$)	10,949	18,219
		%	38	62
PM 10	死亡A	金額 (million \$)	89,492	17,107
		%	84	16
	死亡B	金額 (million \$)	67,808	17,107
		%	80	20
	死亡C	金額 (million \$)	53,851	17,107
		%	76	24
	死亡D	金額 (million \$)	35,515	17,107
		%	67	33

図2 外部費用に占める死亡・非死亡の割合



非死亡コストの金額および割合を示した。

表から分かるように、PM10への曝露による健康影響が、交通事故に比べて、死亡コストの占める割合が二倍程度大きい。これを図示すると図2のようになる。PM10に関しては、死亡コストの割合が最も大きいAと最も小さいDについて示した。また自動車事故による死亡に適用した確率的生命の価値は、イギリスとアメリカの政府でマニュアル化されているので、そのまま用いたが、たとえ、PM10で用いた最大値である、\$4,800,000を表7Bに適用しても、外部費用に占める死亡費用の割合は、53%にしかない。

VI お わ り に

本研究では、生命へのリスク削減対策の費用効果分析を行う際に、非死亡リスクを考慮すべきかどうかについて、PM10への曝露と自動車事故を例にとって検討した。そのために、非常に粗い計算ではあるものの、日本における自動車排ガス起源のPM10曝露による死者数と様々な非死亡影響の発生件数の推計を試みた。

すなわち本研究の成果は以下の2点に分けられる。

第一に、PM10曝露による健康被害の推計を日本について初めて行ったことである。その際、濃度反応関数の外挿および、経済的評価の便益移転という2つの手続きについて詳しく述べた。非常に多くの仮定を用いているため不確実性は高いものの、自動車起源のPM10曝露により、年間およそ1万8千人が死亡していると推計された。この数字は、年間の交通事故死者数（自動車乗車中のもも含めて）よりもかなり多い。ただし、損失余命で表すと差はほとんどなくなる。交通事故死者は、はっきり数字で現れるために注目されやすいが、大気汚染の健康影響は他の原因によるものと区別することができず、統計的に推測するしかないために、軽視されやすいかもしれない。また、PM10曝露による年間コストは、500億ドル～1000億ドルに上った。これは、為替レートを1ドル=130円で計算すると、7兆円～14兆円になる。

第二に、生命へのリスクを削減する政策の優先順位を決める目的で費用効果分析を用いる際に、非死亡影響を含める必要があるかどうかを、排ガス中のPM10への曝露と、歩行中および自転車乗車中の自動車事故という自動車起源の全く性質の異なる2つのリスクを例にとって検討し、「寿命を1年延長するためにかかる費用」を指標に比較する場合は、非死亡影響を考慮することが必要である可能性があることを示した。ただし、経済的評価額には不確実性が高く、より正確な数字が得られれば、再計算を行う必要がある。今後、発がん物質への曝露の影響など、様々なリスクについて非死亡影響を含めた把握が必要と思われる。

生命リスク削減対策の費用効果分析を行う際に非死亡影響を考慮する方法は2通り考えられる。ひとつは、非死亡影響の削減便益をあらかじめ計算し、対策費用からこれを引いたものを「ネットの費用」として、これを「獲得余命数」で割る方法である。もうひとつは、損失余命1年を基本単位として、非死亡影響に0から1の間のウェイトを付けて、損失余命指標に統合する方法である。これは、「生活の質」の計算においてすでに適用されている方法である。

最後に、本論文では直接触れなかったが、以上のような分析だけでは捉えきれない重要な課題として、リスクの分配という問題が残っている。本研究では主に、リスク削減対策の効率性に焦点を当てた分析を行った。しかし、確率現象として表すと見えなくなるが、自動車事故も大気汚染も、生物的弱者および社会的弱者というサブ人口集団が、平均的な集団よりも高いリスクを負担していると考えられる。社会的な規制の設計にこういった分配問題をどう組み入れていくかが今後の課題である。

参考文献

- Aunan, K., Patzay, G., Aasheim, H. A., Seip, H. M. [1998] Health and Environmental Benefits from Air Pollution Reductions in Hungary, *The Science of the Total Environment*, 212, pp. 245-268.

- Chestnut, L. G. [1995] Dollars and Cents: The Economic and Health Benefits of Potential Particulate Matter Reductions in the United States, Prepared for the American Lung Association.
- 鎌滝裕輝, 秋山薫, 渡辺琢美, 石井康一郎, 塚田泰久, 風間秀泰, 吉野昇 [1995] 「浮遊粒子状物質の地域別リセプターモデル (CMB 法) による発生源の環境への負荷率推定」『東京都環境科学研究所年報』18-26ページ。
- 厚生省大臣官房統計局統計情報部編 [1996] 『平成7年簡易生命表』財団法人厚生統計協会。
- 財団法人 交通事故総合分析センター [1996] 『交通事故統計年報 平成7年版』。
- Krupnick A., Harrison, K., Nickell, E. and Tomann, M. [1996] The Value of Health Benefits from Ambient Air Quality Improvements in Central and Eastern Europe: An Exercise in Benefits Transfer, *Environmental and Resource Economics*, 7, pp. 307-332.
- Maddison, D., Pearce, D., Johansson, O., Calthrop, E., Litman, T. and Verhoef, E. [1996] *Blueprint 5: The True Costs of Road Transport*, Earthscan, London.
- Miller, T. R., Luchter, S. and Brinkman, C. P. [1989] Crash Costs and Safety Investment, *Accident Analysis & Prevention*, 21(4), pp. 305-315.
- 中西準子 [1995] 『環境リスク論』岩波書店。
- 社団法人 日本損害保険協会 [1997] 『自動車保険データに見る交通事故の実態』「Vol. 4 人身事故・物損事故の件数と損失額」。
- Ostro, B. [1994] Estimating the Health Effects of Air Pollution: A Methodology with an Application to Jakarta Policy, WP 1301, World Bank, Washington DC.
- Ostro, B. and Chestnut, L. [1998] Assessing the Health Benefits of Reducing Particulate Matter Air Pollution in the United States, *Environmental Research, Section A*, 76, pp. 94-106.
- Small, K. A. and Kazimi, C. [1995] On the Costs of Air Pollution from Motor Vehicles, *Journal of Transport Economics and Policy*, 29(1), pp. 7-32.
- U. K. Department of the Environment, Transport and the Regions [1996] 1996 Valuation of the Benefits of Prevention of Road Accidents and Casualties, *Highway Economics Note No. 1*.
- U. S. Department of Transportation [1994] Motor Vehicle Accident Costs, Federal Highway Administration (FHWA), Technical Advisory, T7570. 2.
- U. S. Environmental Protection Agency [1996] National Ambient Air Quality Standards for Particulate Matter; Proposed Rule, *Federal Register*, 61, pp. 65637-65713.

U. S. Environmental Protection Agency [1997b] *The Benefits and Costs of the Clean Air Act, 1970 to 1990*, Prepared for U. S. Congress by U. S. Environmental Protection Agency.