

道路交通による大気汚染死亡リスクの貨幣評価法に関する研究

Monetary Valuation of Chronic Mortality Risk Caused by Air Pollution from Road Transport

今長 久* 谷下 正義** 鹿島 茂***

by Hisashi IMANAGA, Masayoshi TANISHITA, Shigeru KASHIMA

1. はじめに

自動車交通のもつ外部不経済の一つに大気汚染がある。NO_x や SPM といった物質が人々の健康や農作物、建物や土壌などさまざまなものに被害を与えている。この影響についての貨幣評価は、欧米はもとより、わが国においても行われてきた。

中でも重要な項目である人々の健康への影響を評価するアプローチには、従来から用いられている人的資本(Human Capital)アプローチがある。しかし、この評価方法には、人生を送る楽しみの価値などの非経済的な項目を十分に評価できないという問題点があり、死亡の評価には死亡リスク回避への人々のWTPから統計的生命の価値(VSL)を推計し評価指標とする方法が主流となりつつある。欧州のExternEプロジェクトやWHOの大気汚染リスクの貨幣評価プロジェクトでは、それぞれ310万ユーロ、140万ユーロをVSLとしてそれをベースに死亡に対する評価値を決定している。

表 - 1 は、WHO による健康費用の評価値であり、表中の慢性疾患による死が、肺がんや心臓疾患など自動車交通による大気汚染に起因する死亡による損失の評価である。

しかし VSL は、事故リスクを回避することへのWTPとして推計されているため、大気汚染の死亡の損失額の評価にはVSLを割り引いて利用している。大気汚染などのリスクは、後述するが事故のリスクと違い徐々に大きくなっていく特徴をもつ。つまり年齢が上がるにつれリスクが大きくなるためである。しかし、この割引の大きさの決定にはまだ検討が必要である。

よって本研究では、大気汚染による死亡の損失額を、大気汚染死亡リスクを回避するWTPから推計される統計的生命年の価値(VLYL: Value of Life Year Loss)から計測する。その第一歩として、調査方法について検討する。計測方法としては、VSLの推計にも利用されるCVMを用いる。

表 - 1 WHO による大気汚染の健康被害の評価¹⁾

被害項目	評価値
慢性疾患による死	915,000 Euro/life lost
呼吸器の病院関係費	7,870 Euro/admission
心臓血管の病院関係費	7,870 Euro/admission
慢性気管支炎の発生	209,000 Euro/case
気管支炎の発生	131 Euro/case
活動の制限	94 Euro/day
喘息	31 Euro/attack

2. 大気汚染による死亡リスク

大気汚染が人体に与える影響のうち重大な結果の一つが死亡であろう。このリスクについて考える。大気汚染による死亡リスクには、大きく2つのタイプがある。

- ・急性の疾患による死亡 (Acute Mortality)
- ・慢性の疾患による死亡 (Chronic Mortality)

Key words:大気汚染, 健康被害, 貨幣評価, CVM

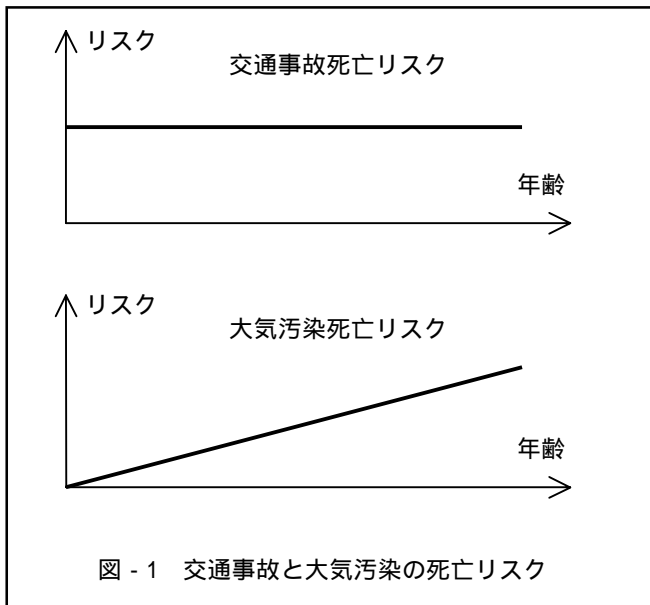
*中央大学大学院 理工学研究科 土木工学専攻 博士後期課程

**中央大学 理工学部 土木工学科 助教授

***中央大学 理工学部 土木工学科 教授

〒112-8551 文京区春日 1-13-27 中央大学 土木工学科 交通計画研究室

TEL : 03-3817-1817 FAX : 03-3817-1803 e-mail : q@kc.chuo-u.ac.jp



前者は、汚染された大気に暴露後、数日のうちに死亡する場合を指し、後者は、日常的な暴露の結果徐々に健康を害し、やがて発病し死亡するという原因と結果の間に時間的間隔があるという特徴をもつ。その点が前者とは異なった特徴である。そのため、リスクは汚染された大気に暴露する時間がかさむにつれて大きくなっていく。

この違いを模式的に表現すると図 - 1 のようになる。リスクの大きさは比較できないが事故のリスクは、安全水準が変わらない限り、一定であると考えられる。VSLはこの前提のもとに計算される。つまり、回避される1年あたりの事故リスク p を回避するための1年あたりのWTPを一生のリスクー生のWTPと考えて式(1)のように計算される。

$$VSL = WTP / p \quad \dots (1)$$

一方、大気汚染リスクは、暴露時間と共にリスクが大きくなるので、年齢が上がるにつれてリスクも大きくなる。このように、リスクが現在は小さく将来に向かいだんだん大きくなる。つまり p が時間とともに変化する。

本研究では、このような疑問を考慮して、各時間帯におけるリスクの大きさとその時に失う人生の長さを考慮したVLYLによる評価を行う。VLYLは、人生のうち一年を失う価値であり、そのWTPから現在の年齢を t 、寿命を T とすると、

$$\int_t^T VLYL dt = \int_t^T WTP / p(t) dt \quad \dots (2)$$

となり、毎年の違うリスクに対する評価を求めることができる。大気汚染による損失額は、このVLYLに失う人生の長さを乗ずることで求めることができる。大気汚染が原因で死亡した人の損失額 $L(t)$ は式(3)のようにあらわされる。

$$L(t) = VLYL \times (T - t) \quad \dots (3)$$

3. 大気汚染が人々の健康に与える影響

CVMを用いてVLYLを計測するためには、現状の大気汚染によるリスクの大きさを知る必要がある。大気汚染物質が人々の健康にどの程度影響するかを定量化する方法には、大きく2つの方法がある。

動物実験の結果を人間に外挿する方法 疫学的研究（コーホート分析）

SPMについて考えると、ラットなどの動物に対して、汚染物質を吸わせたときの死亡率とその実験条件（暴露濃度、暴露時間）から人の影響を推計する。この外挿の際には、体重または、体表面積などから換算するが、異なった種族間でのリスク値の外挿には多くの難しい問題がある。

一方、暴露濃度の異なる地域あるいは対象群の濃度および暴露時間とリスクとの関係を検証する手法である。この方法の問題点としては、対象を長期にわたって観測する必要があること、サンプルが大量に必要なことなどがあげられる。

ここでは、いくつかの研究結果を紹介する。まず、海外における文献として、Popeら¹⁾やDockeryら²⁾の研究がある。PopeらはPM₁₀の人体に与える影響について、1982 - 1989の間に全米151の都市に住む約55万人を対象とした疫学的調査を実施した。その結果、PM₁₀の濃度が24.5 μg/m³でのリスク率（暴露濃度の大きい対象と小さい対象での死亡率の比）を1.17と推計している。Dockeryらは、全米6都市8,111人についての14 - 16年間にわたる疫学調査よ

りリスク率を 1.26 と推計している。また, Rabl⁴⁾ は Pope の結果を利用して, PM₁₀ のリスクを 4.3×10^{-4} YOLL/(person・year)per $\mu\text{g}/\text{m}^3$ としている。

わが国における研究としては, 岩井ら⁵⁾⁶⁾がある。前者は, 動物実験からの推計で後者は Garshick⁷⁾らの疫学研究をもとにした推計である。自動車排ガスによる肺がんのユニットリスク^{注1}をそれぞれ 12.27×10^{-5} , 4.16×10^{-4} (death/person)per($\mu\text{g}/\text{m}^3$)としている。

結果に大きな違いがあることや, 外国とわが国においては, 平均的な体格の差や PM の成分などに違いがあることから, わが国におけるリスクの研究を今後も精力的に行う必要がある。

注1: 単位濃度の汚染物質に一生さらされたときの死亡確率である。

4. CVM による死亡リスクの計測方法

自動車の大気汚染が, 人体に与える影響に関して今回は, 大気汚染によるユニットリスクを 10×10^{-5} と仮定して, 調査を行う。これは, 既存研究の結果にばらつきがあることにくわえ, CVM 調査では, アンケート調査時に被験者にリスクを提示するため被験者が認識しやすいリスクを作成する必要があるためである。その他, リスクの決定に際して以下のような仮定をおく。

現状の大気汚染濃度を $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ とする

大気汚染のユニットリスクを $10/100,000$ (life-time)per($\mu\text{g}/\text{m}^3$)とする

平均寿命を 75 歳とする

25 歳未満では大気汚染による死亡リスクはない

大気汚染の年間リスクは毎年線形で増加する

現在肺がんでない場合は, 5 年間は大気汚染が原因で死亡する可能性はない(発病する可能性がないわけではない)

このような仮定を置くと生涯リスク^{注2}は, 100×10^{-5} となり, ある人の年齢とそのときの死亡リスクの関係は図 - 2 のようになる。このとき次の

ことに注意する必要がある。26 歳での死亡リスクは 2×10^{-5} であり, 27 歳での死亡リスクは 4×10^{-5} であるので 27 歳までに死亡している可能性は $(2+4) \times 10^{-5}$ となる。

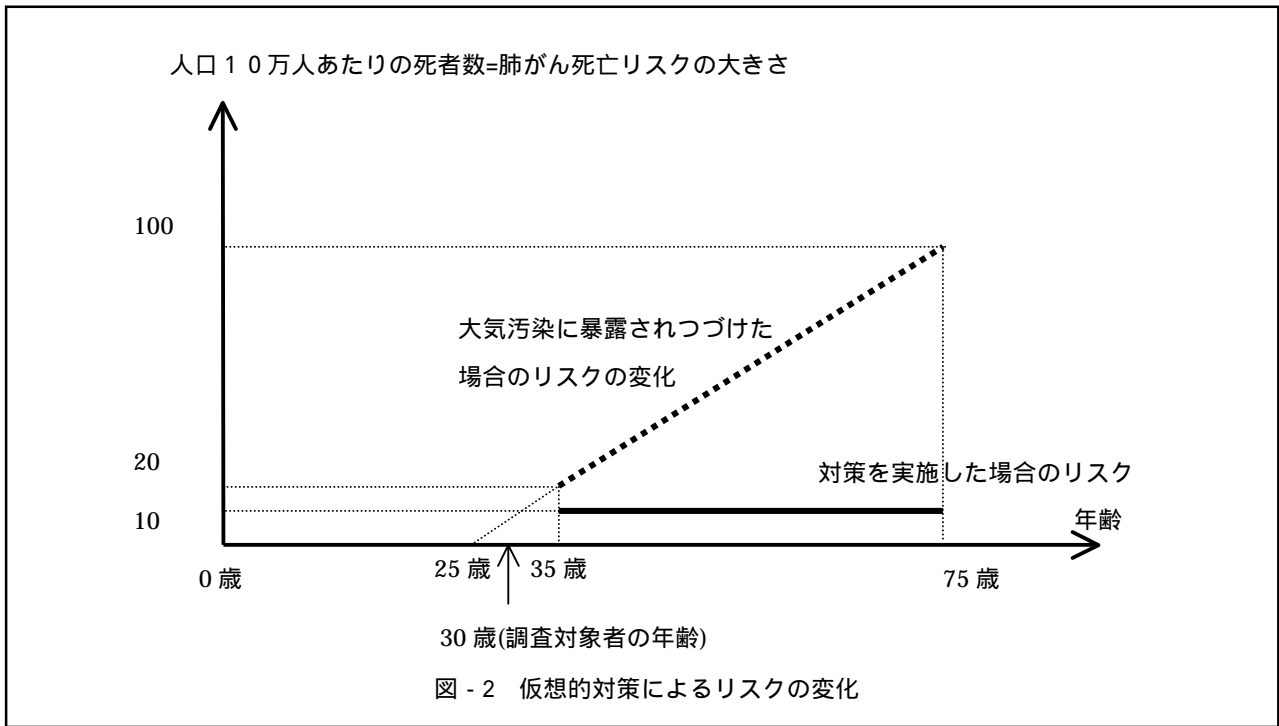
注2: ある濃度に一生さらされたときの死亡確率である。ユニットリスクに汚染物質濃度を乗じたものに等しい。

ここで, 年齢 30 歳の被験者への質問を例示する。この対象者が現在肺がんではないとする。すると, 5 年間は大気汚染が原因の肺がんが死亡することはない。5 年後には肺がんによるリスクで死亡する可能性は, 20×10^{-5} となり, それがだんだん増加していき 20 年後にはその確率は 50×10^{-5} となる。

このような状況の被験者に対して, リスクを削減する対策として, 空気清浄機を家に取り付けることで死亡リスクを現状の水準(30 歳のときのリスク水準)に抑えることができるというものを提示する。つまりこの被験者がこの対策を実施した場合, 今後大気汚染によるリスクは, 10×10^{-5} のままとなる。この空気清浄機のフィルターの費用として年間最大でいくらまでなら支払っても良いかを質問する。

この質問から得られた年間の WTP が W だとする。1 年目から 5 年目まではリスク 0 に対する WTP が W となりその後は, 毎年 2×10^{-5} づつ増加するリスクに対する WTP が W と考え推計する。VLYL の推計式は, 式(4)のようになる。ただし i は, 割引率である。

$$\sum_{t=35}^{75} [(t - t_{30}) \times (75 - t) \times \text{VLYL}] = \sum_{t=30}^{75} \frac{W}{(1+i)^{(t-30)}} \quad \dots (4)$$



5. プレ調査

調査の前段階の試算をするために、25歳前後の学生に調査を実施した。WTPの平均は、約5,000円となった。

この場合VLYLは約84万円と計算される。寿命が75歳とすれば生命の価値は、4200万円となる。ただし割引率は0としている。

著者らが以前に学生に行った交通事故リスクからVSLを計測する調査のプレ調査での推計値は、1億4400万円であった。

今回の調査から得られた値は、統計的生命の価値の約30%という結果となった。

6. おわりに

今回の結果は、あくまで参考であり、今後調査を実施する予定である。

今回の試算から得られた知見として、高年齢時の影響が大きく影響する点がある。たとえば、平均寿命を80歳として推計すると人生の価値は2800万円となる。遠い将来に付いての考慮が重要となる。また、大気汚染による喘息などの非死亡リスクについての評価も行う必要がある。

参考文献

- 1)IWW/INFRAS, External Costs of Transport, 2000
- 2)C.A.Pope, et al., Particulate Air Pollutions as a Predictor of Mortality in a Prospective Study of U.S. Adults, Critical Care Medicine, Vol 151, pp669-674 1995
- 3)D.W.Dockery et al., An Association Between Air Pollution and Mortality in Six U.S. Cities, The England Journal of Medicine, Vol 329, pp1753-1759, 1993
- 4)A.Rabl, Mortality Risks of Air Pollution: the Role of Exposure-Response Functions, Journal of Hazardous Materials, 61, pp91-98, 1998
- 5)岩井和郎ら、ディーゼル排出粒子成分の人肺癌リスク試験。動物実験からの計算値, 大気汚染学会誌, 第27巻, 第6号, pp289-302, 1992
- 6)岩井和郎ら、ディーゼル排出粒子成分人肺癌リスク試験, 疫学データからの計算と動物実験および人肺沈着量からの計算値との比較, 大気汚染学会誌, 第27巻, 第6号, pp296-303, 1992
- 7)E.Garshick et al., A Case-control study on lung cancer and diesel exposure in railroad workers,Amer. Rev. Respir. Dis., 135, pp1242-1248, 1987
- 8)岸本充生, 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 Vol.9, No.4, 2000