

環境政策のリスク便益分析—成果と展望—

岡 敏弘*

1999年 1月 26日

1 リスク便益分析とは何か

環境リスク管理のリスク便益分析とは、人体または環境に有害な化学物質の利用、あるいは、有害物質の環境への放出から得られる便益と、そうした物質による環境リスクとの比を求めるということである。こうした比をB/R (benefit/risk) 比と呼ぶことにしよう。この便益は、そうした物質の利用や放出を抑制する政策を採れば、その一部が失われるのであるから、B/R比は、そうしたリスク削減政策の費用と、削減されるリスクとの比に他ならない。したがって、リスク便益分析は、リスク削減政策の単位リスク削減費用を求めると言い換えてもよい。

リスク便益分析は、政策立案者が効率的な環境規制を作成するのを助ける道具である。なぜなら、B/R比に従って、環境規制の諸々の案に優先順位をつけることによって、一定の大きさのリスク削減を最小の費用で達成できるからである。逆の見方をすると、一定の費用で最大のリスク削減を達成できるからである。

リスク便益分析は、費用便益分析とは区別されたものとしての、費用効果分析の一形態である。費用便益分析では、政策のすべての効果が貨幣価値によって定量化され、貨幣価値で表された総便益と総費用との差として純便益が求められる。そして、政策立案者は純便益が正であるか負であるかに基づいて、政策の採否を決めることができる。しかしながら、貨幣価値での政策効果の定量化がいつでもできるとは限らない。貨幣価値をつけるのが難しい効果もあるであろうし、そもそもはじめから貨幣価値などもたないと考えるべき効果もあるであろう。その場合には、すべての効果が共通の尺度で測られているのではないので、「純便益」なるものを得ることはできない。そうであっても、貨幣価値で評価されていないすべての効果が、単一の物的尺度で定量化されれば、そうした単一の尺度による評価と貨幣的評価という二元評価を得、その2つの間の比を求めることができる。リスク便益分析は、貨幣価値で表されない効果のすべてが「リスク削減」という単一の尺度で測られ、他の効果はすべて貨幣価値で測られるという、費用効果分析の特殊ケースなのである。

2 リスク便益分析の実際

リスク便益分析は、リスク削減量の評価と、リスクを減らすための費用の評価とを含まなければならない。人の健康へのリスクの評価におけるわれわれの研究グループの特徴は、リスクの指標として損失余命

*福井県立大学経済学部助教授、〒910-1195 福井県吉田郡松岡町兼定島4-1-1、電話 0776-61-6000、FAX 0776-61-6014、e-mail: oka@fpu.ac.jp

(LLE: loss of life expectancy)を用いる点にある(蒲生・岡・中西 1996)。損失余命を用いることによって、発がん物質だけでなく、さまざまな種類の健康リスクを統一的に扱うことができるようになった。われわれは、化学物質への曝露の健康への影響に関する3種類のモデルを用いて損失余命を計算している。

第1のモデルは、発がん物質のリスクからの損失余命の推定に使うものである。このモデルでは、人がある年齢で1年間ある発がん物質に曝露するとき、その1年間の曝露量が、その年齢以降の生涯にわたる各年齢毎のがん死亡率を一定率で押し上げると仮定され、そこから損失余命が計算される。このモデルに基づいて、われわれは、一定量の発がん物質に生涯曝露したときに、例えば 10^{-5} の超過死亡を与えるというリスクが、0歳の日本人にもたらす損失余命は、66分である(1件のがん死亡は13年の損失余命に相当)と計算した。また、そうした曝露を1年間だけ受けることによる損失余命(全年齢の平均)は0.83分となる。第2のモデルは、われわれが有機水銀のリスクを評価するときに用いたものである(Nakanishi, Oka and Gamo, 1998)。このモデルが第1のモデルと異なるのは、有機水銀への1年間の曝露によって、曝露年齢以降の、がん死亡率のような特定原因での死亡の率ではなくて、全死因での死亡率が、一律に引き上げられると仮定する点だけである。第3のモデルは、神経毒性をもつ有機りん系農薬のリスク評価に用いたものである。このモデルでは、任意の年齢での1年間の曝露が、その同じ年の全死因による年間死亡率だけを上昇させると仮定して、損失余命を計算した。

3つのモデルに共通する特徴は、様々な年齢からなる集団にとっての1年間の曝露を、その集団の平均損失余命に対応させたということである。それは、リスク便益分析のために不可欠のことであった。その理由は次の通りである。

通常、リスク削減のための対策は何年かの期間にわたって行われ、したがって、その費用も何年かの期間にわたって発生する。しかも、その期間にわたって一様に発生するのではなく、ある年には多くある年には少なくといった形で不均等に発生するのが普通である。そして、費用の発生時期が違う場合、早く発生する費用は相対的に重く、遅く発生する費用は相対的に軽く評価されるのが自然である。費用の発生時期の違いによる重さの違いを、経済学は、将来の価値を「割引く」というやり方で取り扱う。つまり、現在を第0年として、 t 年目に発生する費用が $C(t)$ であるとする、現在から見たその費用は $C(t)/(1+r)^t$ と評価される。ここで r は「割引率」と呼ばれる。割引率は、人々の主観的な時間選好率を反映すべきであり、理想的な市場均衡においては、それは市場利子率と等しくなるというのが、標準的な経済理論の教えるところである。第0年から第 T 年にわたって $C(0), C(1), \dots, C(T)$ という費用の「流れ」が生じるときには、その現在価値の総額は

$$\sum_{t=0}^T C(t)(1+r)^{-t}$$

によって与えられることになる。

一方、削減リスクもまた、ある期間にわたって不均一に生じるであろう。そして、早く実現するリスク削減は、遅く実現するそれよりも重く評価されなければならない。ここでも、適用される方法は、費用に対するのと同じく、将来のリスク削減を割引くことである。しかしここで厄介な問題が生じる。つまり、リスク削減はいつ生じるのかという問題である。有害物質の曝露が減少するときに生じると見なすべきなのか、あるいは、それによって起こるかもしれない死亡が実際に減少するときに生じると見なすべきなのかという問題である。前者の立場に立つことは明らかに問題である。なぜなら、死亡の原因が生じてから実際に死亡するまでの期間の比較的短い、事故のような場合のリスクと、原因(すなわち曝露)が生じてから実際の死亡までの期間の非常に長い、発がん物質のような場合のリスクとの重さの違いを考慮できないからである。他方、死亡が減少する時をリスク削減時と見なす後者の考え方は、リスク削減量の計算を

非常に複雑にするという欠点をもつ。まず、曝露の減少がその後の死亡確率の減少をどの時期にどれくらい減らすかは、曝露時年齢によって異なるから、ある年の曝露の減少が、各年齢層のどれだけの人口に起こるかを決定しなければならない。次に、それぞれの年齢の人口にとってのその年以降の死亡率の減少が、どの時期にどれだけ生じるかを決定しなければならない。そうして得られる年齢階層別の通時的な死亡数の減少を、年齢層にわたって足し合わせれば、ある年の曝露の減少がもたらす、それ以降の年々の死亡数の減少の時間流列が得られるであろう。考慮の対象となるさまざまな曝露年に関してこのような死亡数の時間流列を得て、次にそれをすべて重ね合わせて始めて、あるリスク削減政策の効果の完全な時間流列が得られるのである。

われわれの、ある人口集団の1年間の曝露の減少から生じる損失余命の減少分をもってリスクの指標とするという方法は、曝露の減少時をリスク削減時とみなすという立場に立ちながら、遅い死亡と早い死亡との重さの違いを考慮できないという欠点を克服することを可能にするものである。なぜなら、われわれの方法では、遅い死亡と早い死亡との重さの違いは、損失余命を計算するときに考慮済みだからである。われわれの方法はまた、リスクという負の財 (bad) の属性の中には、「将来の不安」という要素が含まれるべきであり、そうした負の要素は、曝露が起こったときに既に生産されているのであるといった考え方と整合的なものである。われわれの方法では、曝露が減少したとき損失余命で示されるリスクはただちに減少するのであり、そうした減少分 (第 t 年の損失余命の変化分を $\Delta R(t)$ と書こう) の時間流列 $\Delta R(0), \Delta R(1), \dots, \Delta R(T)$ の現在価値

$$\sum_{t=0}^T \Delta R(t)(1+r)^{-t}$$

を得て、費用の現在価値とそれとの比 (B/R 比) をとることははるかに容易なのである。

以上がリスク便益分析の基本形である。われわれは、シロアリ駆除剤クロルデンの禁止に関するリスク便益分析で、この基本形を用いた。発がん性が疑われ、1986年に禁止されたクロルデンの代替薬剤として、クロルピリフォスなどの有機りん系殺虫剤が用いられるようになったが、それらは神経毒性をもつ。われわれは、クロルデンの代替物質のリスクを、上記の第3のモデルを用いて推定し (Gamo, Oka and Nakanishi 1995)、それをクロルデンの発がんリスクと比較する (どちらも損失余命で表されている) ことによって、表1に示すようなリスク削減の時間流列を得た。他方、薬剤の切り換えによるシロアリ駆除剤の価格の上昇と、薬効の減少とによるシロアリ駆除費用の上昇分から、同じく表1に示すリスク削減費用の流列を得た (Oka, Gamo and Nakanishi 1997)。5%の割引率の下での、リスク削減の現在価値 (1987年) は22,741年の損失余命であり、費用の現在価値は1兆330億円であった。したがって、B/R比は、損失余命1年あたり4500万円となる。なお、この例では、リスク削減の発生と費用の発生との時間的なずれが小さいので、割引率を変えても、結果はほとんど変わらない。

ある場合には、リスクと費用の時間流列の、割り引きされた現在価値を用いるよりもむしろ、その流列と等価な現在価値を与える、一定の値の年々のリスクおよび費用を用いるのが便利である。リスク削減は、定常状態における1年あたりの値の形で求める方が容易な場合が多いからである。一般に、 N 年間にわたる一定の年価値 A と、その期間の初めにおける現在価値 P との間には、

$$A = P \frac{r}{1 - (1+r)^{-N}}$$

という関係がある (r は割引率)。

ガソリン中のベンゼン含有率を削減させる規制に関するリスク便益分析では、当初の投資費用1000億円が、割引率5%、期間25年の仮定の下に、上の式に従って年価値70億円に換算され、130億円/年の維持管

表 1: Risk-reduction and cost in the prohibition of chlordane

Year	Risk-reduction LLE(year)	Cost (billion yen)
1987～1991	103	140
1992～1996	6165	289
1996～2001	11612	452
2002～2006	11690	452
2007～2011	11842	454
2012～2016	11998	457

理費用と合わせて 200 億円/年の費用をかけた対策が、年々 7.3 件の白血病—81 年の損失余命に相当—を減らすことにつながったと推定された (Kajihara et al. 1998)。ここから B/R 比は余命 1 年あたり 2.5 億円と計算された。

苛性ソーダ製造における水銀法の禁止に関するリスク便益分析では、さらに異なった方法が用いられた (Nakanishi, Oka and Gamo 1998)。そこでは、まず、400 万 t の苛性ソーダの生産に伴って、4.8t の水銀が、日本の 10 の湾に排出されるという仮想的な場合の水銀摂取量を、バックグラウンドの水銀摂取量と対比することによって、この規制によって回避されたと思われる損失余命が、年々 75.2 年であると推定された。他方、その規制を満たすために支出された費用 (1973 年から 2005 年にわたる) の時間流列の年価値を、それによって削減された水銀の排出量の同じ期間における時間流列の年価値で割ることによって、削減される水銀 1g あたりの費用 8950 円を得た。これに、上の仮想的な湾で削減される水銀量 4.8t を乗じたもの、430 億円が、75.2 年の損失余命の短縮のための費用であったと見なせば、余命 1 年あたり 5.7 億円という B/R 比が得られる。

以上が、われわれが行っているリスク便益分析のやり方である。

3 ダイオキシン削減対策のリスク便益分析

このようなリスク便益分析の方法を、現在日本で対策が進行中であるダイオキシンの排出削減に適用してみよう¹。

厚生省が 1997 年 1 月に「ごみ処理に係るダイオキシン発生防止等ガイドライン (新ガイドライン)」を策定して以来、現状での日本のダイオキシン発生量の 80% を占めると言われる、都市ごみ焼却施設でのダイオキシン排出抑制対策は急速に進みつつある。まず、ごみ焼却施設の周辺の最大濃度地点においても、耐容 1 日摂取量 (TDI) 10pg-TEQ/kg/日を超えないということを根拠に、1998 年 12 月から既設炉に適用される排ガス中ダイオキシン濃度の基準値 80ng-TEQ/Nm³ が決められ、1997 年時点でこの基準値を満たしていない全国 114 の施設には、基準適用までに「緊急対策」を行うことが義務づけられた。さらに、2002 年 12 月からは、もっと厳しい基準 (表 2) を満たすことが求められる。この基準を満たすことをめざして、2002 年までに「恒久対策」がとられることになっている。

¹これは筆者と岸本充生との共同研究である。

表 2: 新ガイドラインによるごみ焼却施設の排ガス中ダイオキシン濃度基準

炉の種類	区分	基準値 (ng-TEQ/Nm ³)
全連続炉	新設炉	0.1
	既設炉 (旧ガイドライン適用炉)	0.5
	既設炉 (旧ガイドライン非適用炉)	1
准連続炉	既設炉 (連続運転)	1
バッチ炉	既設炉 (間欠運転)	5

「緊急対策」の費用は、2施設への訪問調査と、残りの112施設への電話調査とによってデータを得た。費用のうち、対策の設備工事費については、すべての施設からデータを得たが、維持管理費の増分のデータを得られない施設もあった。そうした施設の維持管理費は、データを得た施設の対策別の平均値から推定した。設備を改造するのではなく、「廃炉」という対策をとった施設もある。そうした施設については、寿命短縮によって、新たな施設を早く建設しなければならなかったためにかかる余分の費用をもって、ダイオキシン対策費とした。すなわち、寿命以前に廃炉にする場合の費用は

$$5000 \times Q[1 - (1 + r)^{1998 - (Y + 21)}] \quad [\text{万円}]$$

であるとした。ここで、 Q は1日あたり処理能力[t/日]、 Y は下の施設の使用開始年である。なお、「旧ガイドライン」が出た1991年以降1998年までの、ごみ焼却施設の受注単価の実績に基づいて、処理能力1t/日あたりの施設建設費単価を5000万円としている。

改造工事によって造られた設備は、炉の平均寿命を21年として、炉全体の余命の期間存続するとし、その期間と割引率3%とに基づいて年費用に換算した。廃炉費用は期間21年、割引率3%で年費用に換算した。それらに維持管理費増加分を加えたものが、緊急対策のための年費用となる。114施設全体の年費用は27億8000万円となった。

「緊急対策」によって、ダイオキシンの排出がどれだけ減ったかは、厚生省が発表している対策前と対策後の排ガス中ダイオキシン濃度から計算できる。つまり、処理されるごみの量1tあたりの排ガス量を5000m³として、排ガス量に、対策前後のダイオキシン濃度をかければよい。そのようにして計算されたダイオキシン排出削減量は720g/年であった。したがって、緊急対策のダイオキシン1gあたりの削減費用は380万円であったということになる。

2002年までに行われる恒久対策は、まだ一部しか行われていないので、緊急対策のように実績に基づいた費用と削減リスクとの評価はできない。そこで、施設毎に、2002年までに要求される排ガスの濃度基準と現状の排ガス中ダイオキシン濃度とを比べて、どの程度の対策が必要かを予測し、その費用を緊急対策の実績から推定するという方法をとった。すなわち、以下の手続きで費用と削減量とを推定した。

1. 現在の排ガス中ダイオキシン濃度が、2002年以降に適用される基準値を満たしていれば対策は行わず、そうでなければ何らかの対策を行うと仮定。
2. 2002年の基準値を満たしていない施設で、2002年に16歳以上になり、かつ、集塵機を取り替えるなどの大規模な改造を最近していない施設は、2002年に廃止されると仮定する。そうした施設の寿命

以前の廃止による費用は、

$$5000 \times Q[(1+r)^{1998-2002} - (1+r)^{1998-(Y+21)}] \quad [\text{万円}]$$

であるとみなす。ここで、 Q は施設の規模(t/日)、 r は時間割引率(3%と仮定)、 Y は施設の使用開始年である。つまりこれは、緊急対策の場合の廃炉と同じく、更新が早まることによる建設費現在価値の増加分である。2000年に21歳以上になる施設の費用は0である。

- 現在の排ガス中ダイオキシン濃度が、2002年以降に適用される基準値の10倍を超えている場合は、燃焼の改善のために炉本体をいじり、冷却機を改善し、集塵機をバグフィルターに取り替え(減温塔の設置含む)、粉末活性炭の投入を行うとする。その工事費は16000万円/[t/時]であり、維持管理費の増加分は4300円/tであるとする。費用についてのこれらの仮定は、緊急対策を行った施設の実績からの推定である。工事費16000万円/[t/時]は、BFの設置を行いかつその他の対策もフルに行っているとされる5施設の工事費の加重平均である。

維持管理費の増加分単価は、緊急対策事例での実績の平均値である。維持管理費計算の基になる年間処理トン数は、「平成9年版施設年報」による。ただし、そこに情報のないものについては、処理能力(t/日)に300を乗じたものに、全連、准連、その他の区分に応じて以下の数値を乗じたものをもって年間処理トン数と見なした。

全連 0.744352684 准連 0.60441591 その他 0.658451455

これらの数値の根拠は「施設年報」に情報があるものの実績である。

- 現在の排ガス中ダイオキシン濃度が、2002年以降に適用される基準値を超えるが、その10倍を超えない場合は、集塵機をバグフィルターに取り替え(減温塔の設置含む)、粉末活性炭の投入を行うとする。ただし、すでにバグフィルターを設置しているところは、粉末活性炭の投入だけを行うとする。バグフィルター+活性炭の工事費は13000万円/[t/時]、活性炭投入装置の工事費は270万円/[t/時]とする。維持管理費の増分(活性炭)は、600円/tであるとする(緊急対策の実績から)。13000万円/[t/時]の根拠は、緊急対策でBFを設置した施設とそうでない施設との平均工事費単価の差である。活性炭投入装置の費用は、1施設の活性炭関係の費用から。
- 廃炉以外の工事は2000年に行われると仮定。工事費は、施設の耐用年数を21年、割引率を3%として、年費用に換算する。ただし、廃炉以外の工事を行った場合、補助金の制約から、最低7年はその施設を使用すると仮定する。つまり、施設の使用開始年に21を加えたものから、工事年である2000を差し引いたものと7とのうち、大きい方を、その工事で造られた部分の耐用年数とする。こうして得られた工事費の年費用と維持管理費とを足しあわせて、年総費用を得る。
- こうした対策によって、排ガス中ダイオキシン濃度は基準値の50%になると仮定して、現状の濃度との差から、排出削減量を求める。

この作業を全国1601施設について行った。その結果は、2002年までに、3500億円の投資が必要であるというものであり、その年換算費用は330億円となる。維持管理費の増加分150億円/年とあわせて、年間総費用は480億円になる。これによって、1800gのダイオキシンの排出を削減することになり、1g当たりの削減単価は、2600万円と、緊急対策よりも1桁高いものになる(最高値は17億円/g)。

リスク便益分析を行うためには、このダイオキシン排出量の削減によってリスクがどれだけ減ったのかについての知識が必要である。横浜国大の研究グループでは、ダイオキシンのリスク評価の研究は精力的に進めているが、上記のごみ焼却施設からの排出削減によって、実際のダイオキシンの人の健康へのリスクが経年的にどのように減少していくかについての知見はまだない。ここでは、簡便な暫定的なリスク削減量の推定を行う。

環境庁の評価(環境庁 1997)によると、現在の日本人のダイオキシン摂取量は、0.29～3.53pg-TEQ/kg/日で、このうち、食物を経由するものが0.26～3.26pg-TEQ/kg/日と大半を占める。食物経由での摂取は、土壌や生物に長年にわたって蓄積したものを摂っているということであり、その排出源としては過去に使われていた農薬など様々なものが考えられ、現在最大の排出源といわれるごみ焼却施設が必ずしもその原因の大半を占めるとは言えない。また、そうした過去からの蓄積分の摂取量は、現在行われているごみ焼却施設でのダイオキシン削減対策によっては容易には減少しないと思われる。本来は、現在の対策による環境中の蓄積の減少を予測してリスク削減量の評価をすべきであるが、現状ではそれは困難である。そこで、ダイオキシンへの曝露のうち、大気経由分の削減だけが、この対策によって直ちに実現すると見なし、その部分のリスク削減を推定する。

環境庁(1997, p.95 表3-6)に従って、大気経由のダイオキシン曝露量を、大都市地域0.18pg-TEQ/kg/日、中小都市地域0.15pg-TEQ/kg/日、その他の地域0.02pg-TEQ/kg/日とする。大都市・中小都市・その他(郡部)の人口をそれぞれ、2500万人、7300万人、2200万人とし、ダイオキシンの単位リスクとしてUSEPAが出している発がんポテンシー、 $1.0 \times 10^{-4}[\text{pg}/\text{kg}/\text{day}]^{-1}$ を使うと、大都市・中小都市・その他の地域の生涯発がんリスクは、それぞれ450件、1090件、50件の発がんとなる。生涯の曝露で1件のがん死亡を起こすような量に1年だけ曝露するときの損失余命0.16年を、これらに乗じて足し合わせると、現在の大気からのダイオキシンに1年間曝露することによる日本全体の損失余命は250年になる。対策前のごみ焼却場からのダイオキシンの総排出量を4300g/年とすると、緊急対策による削減720gは、その17%を減らしたことになる。都市ごみ焼却施設の大気からのダイオキシン摂取量への寄与率を82%とすると、緊急対策による削減リスクは、年々35年の損失余命ということになる。緊急対策費用27.8億円をこれで割ると、B/R比8000万円/年を得る。

恒久対策は、480億円をかけて、1800g/年のダイオキシンを減らすので、同様の計算により、削減リスクは88年の余命で、B/R比は5.5億円/年になる。

4 リスク便益分析の結果をどう活かすか

上のように、環境政策についてのB/R比を求める方法がかなり確立し、実際の推定例も蓄積してきている。では、これらの結果に基づいてどのような政策提言ができるのであろうか。リスク便益分析の利用法としてこの論文の最初に述べたことは、B/R比の大小に従って政策の代替案の中から選択をすることによって、より少ない費用で同じリスク削減が達成できる、あるいは逆に、同じ費用でより多くのリスクが削減できるということであった。

例えば、ダイオキシン対策のB/R比は、緊急対策では、上で紹介した他の事例と比べて低い方だが、恒久対策では最も高い部類に属する。リスク便益分析使用の論理をそのまま使えば、恒久対策で使おうとしている社会の資源をほかの対策に回せばもっと多くのリスクを減らすことができるのではないかということになる。しかしながら、そのように言い切るためにはまだ情報が不足している。

まず、リスク評価の不確実性がある。

第1に、上でも述べたように、ダイオキシン対策によって減らされるリスクのうち、ここで評価したのは、大気経由の曝露によるリスクだけであった。食物経由のリスクの将来の減少分を加えると、リスク削減量はもっと大きくなることは確かである。しかし、そうしたリスク削減が生じるのが遠い将来であるとすると、食物経由のリスクを考慮に入れることがここで推定した削減量を何桁も大きくするということがないかもしれない。

第2に、上のようなダイオキシンの発がんポテンシーを使っていいかどうかという問題がある。ダイオキシンの発がんリスクには閾値があるという説が有力であるが、それが正しいとすると、ポテンシーは使えず、閾値以下の曝露量での発がんリスクはずっと小さくなるであろう(それを定量的に評価することはまだ行われていないが)。そのことは、対策のB/R比を押し上げる効果を持つであろう。

第3に、発がんリスクだけを考慮に入れるのでは不十分ではないかという問題がある。実際ダイオキシンには発がん性以外の様々な毒性が知られている。しかし、それらをどのように定量的に評価してリスク便益分析に組み込むべきかは、まだはっきりしていない。この要素の組入れはB/R比を引き下げるであろう。

第4に、恒久対策については費用の推定の面での不確実性がある。ここでは、適用される基準値と現在の排ガス濃度との関係・使用開始年・既存対策などから、既存施設をいくつかの類型に分けて、どのような対策が行われるかを仮定し、今得られる限りの実績から求めた費用関数を適用して、費用を推定したが、今後実際に対策がとられていけば、それを追跡調査して、ここでの仮定が正しかったのかどうかを検証する必要があるだろう。

第5に、ダイオキシン対策のB/R比が非常に高いということが、仮に動かせない事実となったとしても、そこに振り向けられている資源を減らして他のリスク削減政策に回すべきだと言えるためには、ダイオキシン対策よりもB/R比の小さい他の具体的なリスク削減策を見つけださなければならない。そのためには、これからリスク削減政策の課題となりそうな環境汚染物質を網羅的に洗い出して、それらのB/R比を一覧表にして見るという作業が必要である。リスク便益分析を有効に活用するためには、そうした研究が不可欠である。

とはいえ、ダイオキシン対策の枠の中だけでも、リスク便益分析の観点から何か言えることはないだろうか。そこで注目すべきなのは、ダイオキシン対策の中だけをとってみても、B/R比は非常にばらついているということである。各焼却施設毎にダイオキシン削減対策の効率性は異なるのである。表3は、対策の種類別に削減単価を見たものである。廃炉は最も安く、次いで活性炭、フルメニューであり、バグフィルター+活性炭が最も削減単価が高い。廃炉は、他の対策よりも安いから選ばれているということからすると、安いのは当然である。工事費の仮定においてバグフィルターの費用が高く設定されているのに加えて、フルメニューを行う施設は、元々基準値を10倍以上上回る排ガスを出していた施設なので、削減量が大きいということが、フルメニューの削減単価が、バグフィルター+活性炭のそれよりも小さくなった原因であろう。

表4は、適用される基準値別の削減単価を示している。明らかに基準値の緩い施設ほど削減単価が小さくなっている。特に0.5ng-TEQ/Nm³の基準がガイドラインでかかる、旧ガイドライン適用炉費用が非常に高く、それ以外の、1ng-TEQ/Nm³と5ng-TEQ/Nm³の基準値が適用される施設だけで対策をとった場合には、2300万円/gの費用で、1757g/年と、全削減量の96%を減らすことができるのである。

次に、排出基準値を変えると、単位削減費用がどのように変わるかを見てみよう。表5にその結果を示す。旧ガイドライン適用炉の基準を1ng-TEQ/Nm³にゆるめても、現状と比べて大して費用は減らないことがわかる。すべての基準値を一律5ng-TEQ/Nm³にすると、B/R比は3.7億円/年に下がる。これに対して全連続炉の基準値を一律0.1ng-TEQ/Nm³にすると、B/R比は7.7億円/年になる。現在のごみ焼却施設

表 3: 対策の種類別に見たダイオキシン削減単価

対策の種類	施設数	費用(万円/年)	ダイオキシン削減量(g/年)	削減単価(万円/g)
廃炉	728	72 2041	1196	604
フルメニュー	118	214 4790	399	5373
BF+AC	253	182 5096	168	10860
AC	81	8 7106	21	4116

表 4: 適用される排出基準別に見たダイオキシン削減単価

ダイオキシン排出基準値 (ng-TEQ/Nm ³)	施設数	費用 (万円/年)	ダイオキシン削減量 (g/年)	削減単価 (万円/g)
0.5	93	74 6815	75	9981
1	448	276 3016	1147	2409
5	1060	126 9202	610	2082

でのダイオキシン削減政策は、リスクを減らすために、5.5億円/年の費用はかけるけれども、7.7億円/年の費用はかけないという、環境政策におけるB/R比の1つの実績を残したわけである。この実績は他のリスク削減政策を考えると、少なくとも参照されるべきである。

表 5: 排出基準の変化とダイオキシン削減単価

現行基準との違い	削減単価(万円/g)	B/R比(億円/年)
一律 5ng-TEQ/Nm ³ に	1760	3.7
旧ガイドライン適用炉の基準を 1ng-TEQ/Nm ³ に	2498	5.2
現行基準	2609	5.5
全連続炉を一律 0.1ng-TEQ/Nm ³ に	3709	7.7

ここで推定したのは、ごみ焼却施設からのダイオキシン削減の「緊急対策」、および「恒久対策」のうち既設分についてのB/R比である。このあと、推定すべきものは、ごみ処理の広域化を含めた新設炉の対策のB/R比であろう。また、産業廃棄物の焼却施設のB/R比も求める必要があろう。新設炉対策のB/R比を求める作業は、今対策を行っている炉が廃炉になる将来の時期をも視野に入れた、費用と削減リスクとの推定を含むものになるであろう。

参考文献

- [1] Gamo, M., Oka, T. and Nakanishi, J. (1995), *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, **21**, 151-157.

- [2] 蒲生昌志・岡敏弘・中西準子(1996) 環境科学会誌, **9**, 1-8.
- [3] Kajihara, H., Ishizuka, S., Masunaga, S. and Nakanishi, J.(1998), SRA Annual Meeting.
- [4] 環境庁ダイオキシンリスク評価研究会(1997), ダイオキシンのリスク評価.
- [5] Nakanishi, J., Oka, T. and Gamo, M.(1998), *Environ. Engg. and Policy*, **1**, 3-9.
- [6] Oka, T., Gamo, M. and Nakanishi, J.(1997), *Japanese Journal of Risk Analysis*, **8**, 174-186.