

予防原則の経済学的正当化問題（1）

村 木 正 義

はじめに

地球環境問題の解決のための原則として予防原則（precautionary principle）が注目されている中で、著名な環境経済学者ピアス教授は、「最近まで、経済学者は予防原則にほとんど係わってこなかった。あるいは、少なくとも環境経済学者は予防原則を説明することには係わってこなかった」と、経済学の関与の薄さを指摘した（Pearce [1994] p. 132）。しかし、1992年の環境と開発に関するリオ宣言では「深刻な、あるいは不可逆的な被害のおそれがある場合には、完全な科学的確実性の欠如が、環境悪化を防止するための費用対効果の大きな対策を延期する理由として使ってはならない。」と宣した。また、オリオルダンらは、予防原則の概念の1つとして、「応答の釣り合いあるいは過失の許容範囲の費用効果性は、選択された範囲の抑制手段はあまり費用がかからないことを示す。」をあげ（O'Riordan and Camer on [1994] p. 17）、フリーストーンらは、「予防的政策における経済理論の要求は、従来の費用便益分析とはむしろ違った概念であり、起こるかも知れない環境への損害の費用を内部化する試みのために長期的・包括的な経済的評価方法が使われるべきであることを含意する」という（Freestone and Hey [1996] pp. 13-14）。これらからみると、予防原則が経済学の役割を期待していないわけではない。

その後予防原則は国際条約等に広く適用され、また多くの研究・報告がなされている。本論文では、それらを踏まえ、経済学は予防原則をどう捉えてきたか、正当化するのか、また予防原則に関しどのような役割を果たせるかを明ら

かにすることを目的とする。

まず第I章では予防原則と経済学との関係について概観し、第II章では予防原則とリスク評価・リスク管理との関係と、不確実性への対応についてみる。次の第III章では、予防原則を評価するための道具として費用便益分析、期待効用理論、費用効果分析などについて概説する。それらを踏まえ、第IV章では、経済学からみて予防原則は正当化されるのかどうかについて、また予防原則の適用とその措置の選択・策定・評価において経済学はどう役立つかについて論じる。

I 予防原則と経済学

1 予防原則と予防措置

予防原則は1992年のリオ宣言以降国際条約ばかりでなく、地域間あるいは国内の法にも採用されているが、その形態は多様である。それに、予防原則は必ずしも予防的行動(予防措置)を特定しているわけではなく、とくに、条約では予防措置を特定せず、議定書などで決めることが多い。予防措置を特定しない予防原則の経済的含意は乏しく、とくに、本質的要素¹⁾だけからなる予防原則はその傾向が強い。一方予防措置は経済的含意をもつものが多いので、経済学との関係を論ずる場合、予防原則と予防措置を分けて議論する必要がある。

2 選択基準：経済効率性など

予防的政策を行うために使える道具は、禁止と段階的廃止、クリーン生産／汚染防止、代替のアセスメント、健康ベースの職業暴露の制限など沢山あるという Tickner [1999] は、その政策手段あるいは手段のパッケージの選択基準

1) 著者は予防原則の歴史、その適用された国際条約・議定書、予防原則に関する多くの研究・報告などをレビューした結果、予防原則の本質的要素として、科学的確実性の欠如、おそれ、それを防ぐ行動を起こす、の3つがあり、偶有的要素として行動の費用効果性、挙証責任の転換、代替案の探求、意思決定への公衆参加、能力に応じた義務などがあることを指摘した。そして予防原則の本質的概念は、科学的確実性がなくとも、被害や悪影響のおそれがある場合に、それを防ぐ行動を起こすことと言える(村木 [2006a], [2006b])。

には、経済的効率性²⁾に加えて、公平性、行政的実行可能性、信頼性などがあるが、改善に対する動学的で継続的なインセンティブをもたらしことが重要であるという。しかし、これら基準を完全に満たすことはあくまでも理想であって、それぞれの基準が相容れないものもあるので、ある程度のトレード・オフはやむをえない。こうした基準をどこまで網羅的に満たせるかが課題となる (Turner et al. [1994] 邦訳164-165ページ)。さらに現実の政策過程では、これらの判断基準は必ずしも政策決定の決め手にはならず、その政策決定に関与する各主体の政策選好が大きな決定要因になる (横山 [2002] 13ページ)。

環境政策の目標設定に関し、植田は「新古典派的最適汚染モデルによる効率性の達成を目標とすべきであるという立場と、自然科学的知見あるいは公正・正義といった経済性とは別の判断基準に基づくべきであるという立場との2つに大別できる。」³⁾、さらに「いずれの立場をとったとしても、それぞれに課題があり、経済学の貢献の仕方がある。前者の場合には、環境を改善することの便益や、環境破壊に伴う損失の大きさとその帰属を正確に評価することで、効率的な環境政策を提示しうるはずである。後者の場合には、政策目標自体は集合的意思決定プロセスによって決定されるが、設定された目標を効率的に達成する政策手段の選択問題には、経済学が貢献しうるだろう。また、この場合に、設定された目標とその実現に要する費用とを総合的に評価して目標を決めることが考えられ、その場合には総合評価の判断材料を提示することは経済学の役割であろう。」と指摘する (植田 [1996] 102ページ)。これに従うなら、予防原則の適用の際、環境を改善することの便益や、環境破壊に伴う損失

2) 例えば、植田 [1996] 111-112ページは経済的効率性には静学的効率性と動学的効率性があると次のように説明する。前者には二重の意味：ある環境負荷に伴う損害費用と環境負荷を削減するための費用との合計、すなわちある環境負荷に伴う総費用が最小になることと、自然科学的知見あるいは公正・正義といった、効率性とは別の判断基準に基づいて、政策目標として独自に設定されたある環境水準を、最小の社会的費用で達成するという意味がある。また、後者は、長期的に、より費用のかからない技術の導入、すなわち技術革新を促すインセンティブが働くという意味であるという。

3) 後藤 [2003] 21ページは各手段の有効性を判断する評価基準として通常2つの観点、(経済的) 効率性と(影響の) 公平性が議論の主たる対象となるという。

の大きさとその帰属を正確に評価することで、効率的な環境政策を提示しうるはずである。また、予防措置では、設定された目標を効率的に達成する政策手段の選択問題として、また設定された目標とその実現に要する費用とを総合的に評価して目標を決める場合には総合評価の判断材料を提示することで、経済学は貢献しうる。

3 予防原則を適用した条約の経済的配慮

予防原則を適用した国際条約などで経済的考慮や経済的な対策を求めているものは必ずしも少なくない。例えば、リオ宣言では経済的配慮に関して4点を原則として指摘している。すなわち、「各国は共通であるが差違のある責任を負う」(その原則7)、「予防的アプローチは各国によってその能力に応じて広く適用されなければならない」(原則15の前段)、「環境悪化を防止するための費用対効果の大きな対策を延期してはならない」(原則15の後段)、そして「国の機関は、汚染者が原則として汚染による費用を負担するというアプローチを考慮しつつ、さらに公益に適切に配慮して、国際的な貿易及び投資を歪めることなく、環境費用の内部化と経済的手段の使用の促進に努力すべきである」(原則16)、という。具体的例として、気候変動枠組条約では「共通に有するが差異のある責任」、「各国の能力とその社会的および経済的状况に応じて」、「気候変動に対処するための政策及び措置は、可能な限り最小の費用によって地球規模で利益がもたらされるように費用対効果の大きいものとするについて」も考慮を払うべきである。」と明記している。また、2001年の残留性有機汚染物質に関するストックホルム条約はリオ宣言の原則を引用しつつ上の4点を明示している。

経済的手法の利用が拡大する中、環境条約を国内で実施するための手段として経済的手法を利用する例も登場したと、磯崎・高村 [2002] 230ページは米国やEUが導入したオゾン層破壊物質の生産アローワンスの取引制度はモントリオール議定書実施のために国内または域内において経済的手法を導入した

ものであると紹介している。さらに、京都議定書では、私人や企業の経済合理的な判断を活用し、その行動を誘導する経済的手法を国際的に利用するしくみ、京都メカニズムを多数国間環境条約として初めて規定した⁴⁾ という。

II 予防原則とリスク評価・リスク管理⁵⁾

「予防原則の主なゴールはリスクについて十分な科学的情報が利用できる前にリスクの防止を促進すること」(Treich [2001]), 「環境管理でリスクと不確実性を扱う方法が必要になり、それに応じて予防原則は現れた」(Rogers et al. [1997]) などと、予防原則はリスク/不確実性への対応ととらえられる。また、EU は予防原則を社会的重要性が大きいか、データを使用できないか、得ることが困難な状況で使ってきたが、米国は安全性と不確実性の要因を組み込んだリスク評価のプロセスを採り (Burger [2003]), 必ずしも予防原則とは言わず、予防的防止と言われることの促進に努めた (Harremoes et al. [2002] pp. 2-3) といわれる。

本章では予防原則とリスク評価・リスク管理とはどんな関係があるのかについて考察する。

1 リスク管理とは

リスク評価とリスク管理については、米国研究協議会が1983年に定式化したものが広く受け入れられている (関沢 [1993], 横山 [1993])。すなわち、リスク評価の手続きには、リスク研究とリスク評価の2つのレベルがあり、とくに後者では、有害性の特定、量-反応評価、曝露量評価を行い、これらを統合してリスクの大きさを判定する。これを受けて、リスク管理する。

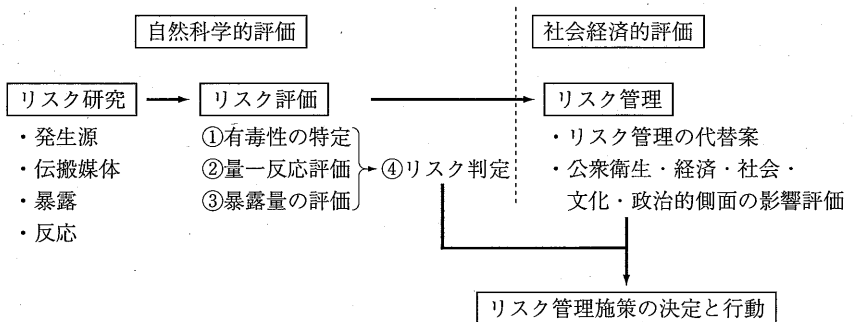
4) 議定書は、自国国内での削減量と同等に、外国で削減した削減量を議定書の削減義務の達成のために利用できる制度を設けた。これが、京都メカニズムと呼ばれる制度であり、共同実施、クリーン開発メカニズム、排出量取引がある (磯崎・高村 [2002] 230ページ)。

5) リスク評価はリスクアセスメント (risk assessment)、リスク管理はリスクマネジメント (risk management) とも呼ばれている。

リスク管理について、リスク評価及びリスク管理に関する米国大統領／議会諮問委員会編 [1998] 3 ページは「人間の健康や生態系のリスクを減らすために、必要な措置を確認し、評価し、選択し、実施に移すプロセスである」とし、その目標は、「社会、文化、倫理、政治、法律について考慮しながら、リスクを減らしたり、未然に防止したりするための科学的に妥当で費用対効果の優れた一連の行動を実施することである」という。また池田は、リスク管理はリスク評価・判定の結果と社会・経済的かつ政治的な関心を総合化して、適切な資源の配分の制度・手段を選択する主観的意思決定の過程として定義されるという (池田 [2004] 42ページ)。

このリスク評価とリスク管理の区別について、鷲田 [1999] は、「環境問題に関する評価問題では、隠れている現実や発生するであろう現実のとらえ方の正確さを基準とする評価、自然科学的な評価と、より主観的な大切さとか望ましさについての秩序や考え方が基準になる社会経済的な評価がある」という。これを加味して考えると、リスク評価・リスク管理を第1図のように書くことができる。

第1図 自然科学／社会経済的評価とリスク評価・リスク管理のスキーム



2 予防原則とリスク評価・リスク管理の関係

予防原則の評価は立場により異なることが多いが、リスク学との関係について

て吉岡は次のように説明する。リスク学と予防原則はそれぞれ固有の問題意識とそれに対応した守備範囲をもつものとして理解すべきであるが、重なり合う部分においては、概ね対立関係にある⁶⁾。しかし、リスク学の立場から見た場合、予防原則は決して排斥すべきものではなく、定量的評価の誤りやすさに対するセイフティーネットとしての意味をもちうる。定量的評価そのものが困難であったり、評価の不確実性が大きい場合において、実践的に取るべき指針として採用されてよいと思われる。両者の関係は互恵的なものとなりうるという(吉岡 [2003] 13-16ページ)。

予防原則がリスク評価を前提とするか否かに関して、岩間可能なデータでは潜在的危険性の評価という科学者による十分なリスク評価ができない場合に予防原則は適用されるという考え方で、科学者によるリスク評価により潜在的な危険とそれに付随する科学的不確実性が確認された場合に適用されるという考え方の対立があるという(岩間 [2004])。実際の条約等ではこの点を明確にしているものは少ない。2002年に採択された、持続可能な開発に関する世界首脳会議実施計画書では、「リオ宣言の第15原則に記されている予防的アプローチに留意しつつ、透明性のある科学的根拠に基づくリスク評価手順と科学的根拠に基づくリスク管理手順を用いて……」(環境省編 [2004] 68ページ)と言及しているが、両者の関係を明確にしていない。ただ、衛生植物検疫措置の適用に関する協定(SPS協定)とカルタヘナ協定のみ例外的で、まずリスク評価を行い、予防原則はリスク管理の段階ではじめて問題になるという後者の立場をとっている。またEUも同様の立場をとっている(岩間 [2004])。

次に、予防原則とリスク評価・リスク管理との関係についてみる。

まずリスク評価との関係では、サンティロらは、規制行動の優先順位がつけ

6) 吉岡は、予防原則の思想を支持する人々の多くは、人の生命・健康の保護に関して、現行よりも厳しい対策を取るべきだと考え、それに対してリスク学関係者の多くは、(予防原則と対極をなす)推定無罪原則に対して概して好意的であり、また、現行の対策は厳しすぎるので緩和すべきだと考える傾向がある。さらに前者は技術進歩に関して概して批判的であるのに対して、後者は概して好意的であるという。

られた事柄におけるリスク・ベースのアプローチの有用性は認めるが、現行のリスク評価では十分に環境や健康を保護することができない。予防原則は自然のシステムにおける本来の不確実性を認識し、補償し、そして責任あるタイムリーで決定的な防止行動のための中核的な骨組みを与える。リスク評価のメカニズムは予防原則を包摂できないし、すべきでもなく、また予防原則を実施する手段として見るべきでもない。予防原則を従来のリスク評価の枠組みに取って代わるべき科学的过程ととらえると主張した (Santillo et al. [1998])。また、Morris [2002] は一般的に、フォーマルなリスク評価の結論に反対する決定を正当化する手段として予防原則が採用される。予防的アプローチの一部としてリスク評価が受け入れられた場合でさえ、継続する意思決定における、その重要性は予防原則の採用によって傷つけられる傾向があるという。

これに対して、予防原則をリスク管理との関係で論じるものがある。チャップマンは、サンティロらの「予防原則は本来重要な科学的道具だ」という点は絶対間違っている。予防原則は実際はリスク管理のための数多くのアプローチのうちの一つにすぎない。それは政策の道具であって、科学の道具ではないと反論をした (Chapman [1999])。

西岡 [2000] は、予防原則はまずはリスクを回避するような予防的行動をとるという選択基準をとる。このとき、リスク管理は、予防的アプローチの一環として、適応可能な範囲で用いられるという。また、予防原則の対極となる行動選択基準は、リスク管理ではなく、なにもしないで見守るであり、なりゆきにしたがって対処していくという行動選択基準である。リスク管理が出来るまで決定を行なわないという選択も、この何もしない行動選択基準の一部である。予防原則はリスク管理を否定してはいない。予防原則はこのようなリスク管理を行えない事態において、あるいはリスク分析に基づく管理に意図的に入り込まないで、はじめからそのようなリスク事象が起こらないような手を打つことを意味するという。

この問題に対し、岸本は EU が2000年に発表した「予防原則に関する委員

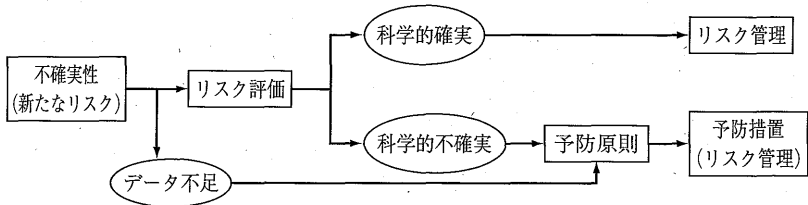
会からのコミュニケーション」(EU [2000] 邦訳117-120ページ)において整理されたと説明する。そこでは、伝統的なリスク分析の3要素、すなわち、リスクの評価、リスク管理戦略の選択、リスクのコミュニケーションがはっきり区別され、予防原則はリスク管理の一つの戦略であることが明記された。そしてリスク評価手続きのなかで用いられる安全側の仮定と混同してはならないことが強調されたという。また、予防原則を適用する前には、できるだけ完全な科学的評価を行い、可能な場合には不確実性の程度を明確にしておかなければならないことも指摘されたという。これは、予防原則は、リスク評価を否定したり、とってかわったりするものではなく、リスク評価を前提としていることを意味するという(岸本 [2003])。

著者は科学的に不確実ではあるが人の健康や環境への甚大な損失が懸念されるリスクに対し、まず予防原則(PP)を適用し、費用効果分析(CEA)により予防的行動すなわち予防措置を決定し、実行すべきとPP-CEA法を提唱した(村木 [2002])。その含意には、次の点が含まれる。予防原則とリスク評価の関係では、EUのいうようにリスク評価を前提とする場合も、岩間がいうデータ不足のようにリスク評価を前提としない場合もある。また、リスク評価を行った場合、その結果が科学的に十分確実である場合はリスク管理に進むことができるが、科学的に十分確実でない場合はリスク管理に進めない⁷⁾。その状態を打破するのが予防原則であり、予防原則を適用することで、科学的確実性の欠如するおそれに対し、予防的行動をとることが決まる。ただ、この段階で予防措置まで具体的に決まることは少なく、次の段階で決まることが多い。予防原則が多様な形態として適用される中で、リスク評価・リスク管理との関

7) 例えば、池田 [2004] 42ページは「リスク・マネジメントとはリスクの判定(評価)を踏まえたうえで、どのような性格のリスクを選択するか、どの程度のリスクならば受け容れられるか、リスクをどんな手段で軽減するか、リスク削減策の代替案の費用・効果はどの程度なのか、等々を検討する過程となる。」という。さらに「リスク・マネジメントの過程は、客観的、技術的な部分(フィジカル)と、文化的、倫理的な部分(メタフィジカル)の両面を含む統合的政策科学(メタ科学)の性格をもっていることを意味している。すなわち、科学と文化はもともとリスク分析の両輪であり、科学的判断が不可能である場合に限って文化の出番となるわけではない。」という。

係で位置づけることは難しいが、科学的確実性の欠如するおそれに対し、予防原則がリスク評価とリスク管理の橋渡しをすると考えるべきである。あえていうなら予防原則はリスク評価とリスク管理の中間に位置するといえる。予防原則について考える場合、予防措置と分けて考える方がよい場合が多いことを主張してきたが、この場合もそれに該当する。予防原則を予防措置と分けて考えると、チャップマンや西岡とは異なり、「リスク管理は予防原則の一つの戦略」であり、「予防措置はリスク管理の一つの戦略」であるという方がより多くのケースに当てはまると言えよう。これらの関係は第2図のようなスキームに描ける。このスキームにより、予防原則とリスク評価との関係について、また予防原則と予防措置を分けて考えることで予防原則とリスク管理との関係について統一的に説明できる。

第2図 予防原則とリスク評価・リスク管理のスキーム



3 リスク学の不確実性への対応

1) リスク学の拡張：新たなリスク

従来、生起確率の分かっている、あるいは含まれる要素を定量化できる危険をリスクと呼び、確率計算が不可能な危険を不確実性と呼び、前者は未然防止原則の対象で、後者は予防原則の対象とされてきた。しかし、これまでのリスク管理の枠組みに当てはまらないようなリスク事象が増え、従来のリスクあるいは不確実性を生起確率と被害の大きさの2面で捉えることの限界が指摘され、リスクと不確実性を分けて捉えるのではなく、より広義なリスク、すなわち新たなリスクという概念として捉えるべきとの考えが提出されている。

一般にリスクという場合、確率計算が可能か否かを問わず、できるだけ広く大きく取りたいという酒井は、現実世界においては、リスクと不確実性はそれほど明確に区別できるものではなく、渾然一体となっているので、客観的な意味合いで、確率計算が可能かどうかを問うこと自体に無理がある。それよりもむしろ、確率計算を適用すればこのように分析でき、適用しなければあのように解明できると主観的に考えたほうが現実的であるという(酒井 [2003] 233 ページ)。また、細江 [1995] も確率を主観的判断にまで拡張することにより、リスクと不確実性を分ける必要がないという。

新たなリスク事象として、西岡 [2000] は、不確実性が増大し定量的な確率把握が困難なリスク、事象に不可逆性や遅れがあり、結果の重大性が予想されるリスク、さらに決定に関与する利害関係者が広がり、各自の利害関係が大きく異なるリスクの3種があるという。これに対し、標 [2003] はリスク事象の分類では、同じリスク事象が複数の分類枠に属することもままたり、必ずしも適切に分類できない。さらにこれらの事象は、起こるかもしれない事柄そのもの、事柄の深刻さの程度、起こる確率等になんらかの大きな不確実性を伴っており、それが従来からのリスク管理の枠組みを逸脱させた要因である。この不確実性の大きさがリスク管理の方法を規定するとも考えられるという。

この学際的で、かつ、広義の新たなリスクの概念について、池田は次のように説明する。どのような望ましくない出来事が起こりうるのか、起こりうる見込みはどの程度か、起こった場合の結果はどの程度か、という3つ要素から構成されるとする。これを3重項と呼び、式①で表す。

$$R = \{(S_i, P_i, D_i)\}, (i=1, 2, 3, \dots, n) \quad \dots\dots\textcircled{1}$$

S_i : 望ましくない出来事の性質や性格づけのシナリオの集合、

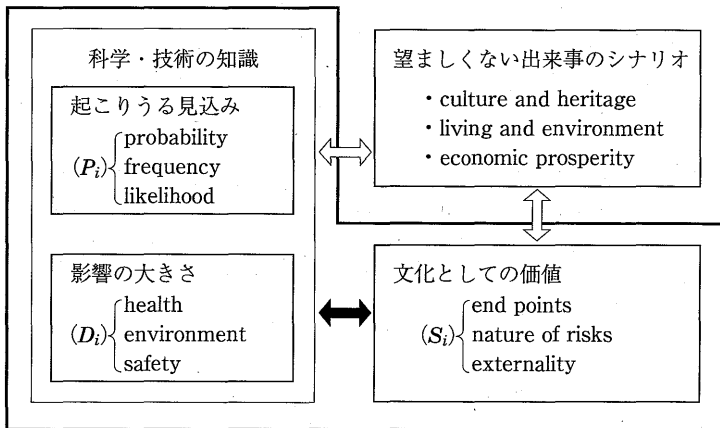
P_i : 各シナリオの発生する頻度や確率の集合、

D_i : 各シナリオから出てくる望ましくない結果の大きさと

その測度の集合

これらの関係を図示すると第3図のとおりで、従来のリスクの出現確率と結果の大きさの積 $\langle P_i * D_i \rangle$ に、出来事（事象）の望ましくなさにかかわる要素を加え、シナリオとして明示的に入れたところにその特徴がある。リスク事象の性格を、シナリオという形式でわかりやすく表現することにより、これまであいまいにしてきた安全と危険の間に介在するさまざまな問題を明示的に取り扱えるようにした。こうすることにより、一般市民の安全と危険の判断（当該のリスクの大きさの範囲ならば、受け入れられるのか、拒否するのかという選択）に暗黙に含まれていた価値判断の自由度を増やすと考えられるという（池田 [2004] 38-40ページ）。

第3図 リスク概念の3重項による構成



出典：池田 [2004] 39ページ。

また、Klinke and Renn [2001] は、リスクを評価するのに、被害の大きさと発生確率の2大要素に加え、不安定性⁸⁾（統計学的不確実性，ファジー不確実性，無知），普遍性（潜在的被害の地理的拡散，世代内公正），持続性（潜在

8) Klinke and Renn [2001] は、被害の程度は測定可能であるが、発生確率については発生頻度のほか発生時期も含まれ、それらを確認できる方法はないため、不確実性に代わる用語として不安定性 (incertitude, Stirling [1994] により導入された) を用いている。

的被害の時間的拡大, 世代間公正), 可逆性 (被害発生前の状態への復元可能性), 遅発性 (最初の事象と被害発生との間の潜在期間で, 物理的・化学的・生物学的特性), 波及可能性 (個人やグループによる社会的混乱や心理的反応を発する個人・社会・文化の利益と価値の侵害) の5つの判定基準が有用であるという。

2) 新たなリスクに対応するリスク管理

新たなリスクの管理は, 結果と生じやすさについての合理的な仮定を行わなければならない。例えば, 英国 (ILGRA)⁹⁾ は結果の不確実性が増すにつれ, 信頼できる結果が仮定され, 起こりやすさの不確実性が増すにつれ, リスクが現実化するというような結果が仮定されるという。さらにこのような仮定の組み合わせが, 信頼できるシナリオを作り出す。このような方法で行われるリスク評価の結果は, 伝統的なリスク評価の結果ほど十分なものでないことは明らかであるが, シナリオを作り出す際にケースバイケースで行われる適切な判断によって, このことは深刻な欠点とはならないだろう。一度シナリオが確立されれば, 伝統的な手法が意思決定に情報を提供するため, 可能な限り, リスク管理行動の効用と費用 (利点と欠点) を特定し評価するために使用することができる。金銭的に示すことが不可能または難しい要素については, 定性的な形で意思決定に持ち込むべきであると説明する (英国のリスクアセスメントに関する省庁間連絡グループ (ILGRA) [2002] 551ページ)。

ピアスは意思決定におけるリスクと不確実性を統合する簡単な包括的ルールはないが, リスク評価とリスク管理はしばしば不確実性のある状況にも対応する。すなわち, たとえ不確実性を確率的な結果として表すことができなくとも, 用量と反応の評価づけと, 許容性と管理の決定について, 同様の手順が適用されるという (Pearce [1994] p. 149)。

国民は, 多くの場合, 専門家とは非常に異なった方法でリスクを認識す

9) 英国ではリスク評価に関する省庁間連絡グループ (Interdepartmental Liaison Group on Risk Assessment) が予防原則に関する政策ガイドラインを報告書として公表している。

る¹⁰⁾。コルスタッドは、「心理学者は個人が確率やリスクを評価することが困難であることを示している。個人は一貫して低確率で起こる出来事の可能性を過大評価し、高確率で起こる出来事の可能性を過小評価する。この不一致により客観的リスク（リスクと被害の統計的な関係）と主観的リスク（客観的リスクへの個人の認識）を意味する」という（Kolstad [2000] 邦訳230ページ）。

III 予防原則の評価法

経済学は予防原則をどう評価するか、また予防原則は経済学に何を期待するかを明らかにするために、まずそのために使える評価法について概説する。環境政策の評価基準は多いが、ここでは経済的効率性を評価する方法について見たい。

1 費用便益分析

政策の評価法として現在最も多用されている費用便益分析¹¹⁾は、その政策がもたらす便益と費用を全て貨幣額で数量化し、便益が費用を上回るかどうかを基準として、政策実施の適否を判定する。リスク削減の場合は、リスク削減のための費用Cとそれにより得られる便益Bの比率 B/C をさまざまにリスク削減施策について計算し、その値が1より大きいものを施策として選択するか、あるいはその値が最も大きいものから順に実施していくことが効率的となる¹²⁾。

費用便益分析を行う過程はいくつかの基本ステップがあるが¹³⁾、不確実性、

10) リスク認識の代表的研究は Slovic [1987] があるが、その概要については、吉川 [1999]、深澤 [2005] が分かりやすい。

11) 例えば、Mishan [1988]、宮川 [1975]、Dasgupta and Pearce [1972]、Boardman et al. [2001]。

12) 費用便益分析は潜在的パレート効率性ルールあるいは純便益基準によるカルドア・ヒックス基準を基礎とする（Boardman et al. [2001] 邦訳41ページ）。

13) 費用便益分析の主要ステップとして、たとえばボードマンらは、① 選択肢の書き出し・明示、② 便益や費用計算の当事者決定、③ 影響の分類と測定の物差しの選定、④ 影響の期間を通じたの数量的予測、⑤ すべての影響の金銭的評価、⑥ 便益・費用の割引計算と現在価値算出、⑦ 代替案の正味現在価値（NPV）の算出、⑧ 感度分析実施、⑨ NPVと感度分析に基づく推奨案作成からなるという（Boardman et al. [2001] 邦訳10-24ページ）。

とくに予測した影響の大きさと、それに与えた値についての何らかの不確実性に対応する方法として期待価値分析、感度分析、準オプション価値などが用いられる (Boardman et al. [2001] 邦訳199-236ページ)。

費用便益分析を環境政策に適用することに1960年代以来根強い批判がある。例えば、Schrader-Frechett [1985] は、それらの批判は、取引不可能な価値であるはずの生命の価値を便益として取引可能なものとして扱っている点、本来共約不可能な価値を比較し、計算しようとする点、そして分配の正義の観点を考慮に入れることができない点の3点にまとめられるという。また最近でも、アッカーマンらは費用便益分析には、評価のためのアプローチが不正確で非現実的であること、時間割引は環境問題の将来の被害と不可逆性を平凡なものにすること、便益を貨幣額で表し社会全体で集計することは公正と道德の問題を排除すること、価値付けという複雑な費用便益の操作は客観的でも透明でもないという4つの根本的な欠陥を指摘している (Ackerman and Heinzerling [2002] p. 1563)。

これに対し、岡は1960年代から現在までの間に、費用便益分析法の発達や政策課題の変化を認めつつも、費用便益分析が実際の政策決定に影響した証拠があまり認められず¹⁴⁾、政策決定において重要な役割を演じていない。そこには費用や便益の分配の問題と、対象とするものが公共財の性質を持っているという本質的な限界があるからだという (岡 [2004])。

このような問題はあがあるが、現在でも多用される費用便益分析は予防原則で問題となる不確実性にどう対処するのか。Gollier [2001] は、「もし予防原則が時々良いアドバイス、また時々悪いアドバイスを与えるとするならば、注意深い費用便益分析を行う必要がある。行動前に学ぶ待ち時間の便益に予防原則を釣り合わせるという方法で、科学的不確実性を考慮に入れるとき、標準的な費

14) Morgenstern [1997] p. 456 は政策の費用便益を調査した21の事例中、便益が費用を量的に上回ったのは、ガソリン中鉛の規制、飲料水の鉛の基準値の設定とオゾン層破壊物質 (CFCs) の規制の3例であり、そのうち、便益が費用を上回るという事実が、その規制の採用を助けた可能性が高そうなのは、水道水の鉛の基準値の設定だけであったという。

用便益分析を精緻にすることができる」ことを示し、また「単純な最大値を好む費用便益分析を捨てることで重大な間違った結論を避けることができる」という。

政策の結果が出るまでに時間がかかり、その間に経済情勢が変化するために、期待される便益と費用が特定の確定値をとらず、また人間の活動と結果との対応関係は複雑で、1つの行為から想定される複数の結果のどれが出てくるかはその時の状態に依存するような不確実性のある世界では、単純な費用便益分析は使えず、本項以下の分析が必要となる。

不確実性と不可逆性下で、リスク評価テクニック、費用便益分析、意思決定基準をいかに結合できるかを論証した Farrow [2004] は、不確実性を組み入れることによる費用便益分析の増強は、予防原則の実際の実施を許すリスク管理への実験的な道を与えることであると言う。

2 期待効用理論と一般化された期待効用理論

1) 期待効用理論

経済学者は伝統的にリスク中立かリスク回避の文脈でルールを展開し、前者は期待値理論を、後者は期待効用理論を導いたといわれる。ピアスは予防原則には不確実性の文脈で強い予防的活動をとることに力点を置くという含意があり、その性質のために、予防原則は政策決定者がリスク回避である度合いが高いことを含意するので、予防原則にとって期待効用理論=期待効用モデルは魅力的であるという (Pearce [1994] p. 132 および p. 137)。

長い間、効用と社会厚生 of 合理性と適用可能性をめぐる、学問上の論争が行われてきた。現在では、厚生経済学上の主要な定理は効用の序数性と個人間比較不可能性を前提にして議論されているが¹⁵⁾、効用の序数性が否定された場合、いわゆる効用の可測性の問題が浮上してくる。また、多くの研究が人々はたびたび期待効用理論にも、期待値理論にも従わないことを示した¹⁶⁾。

15) 例えば、依田 [1997]。

16) 例えば、ターナーらは、人々は起こるかもしれないと思うほどその事象の起こる確率を高くノ

これら期待効用理論の問題点に対し、佐々木 [1991] 34ページは短所はあるが、全般的に見るとこの理論を前提にして得られた結論は不確実性の存在する経済で観察される現象を比較的うまく説明しているし、これに代わる行動原理として提案された代替案で大多数の経済学者に支持されたものがないことから、「不確実性下の人々の行動原理として採用する」という。また、Pearce [1994] はモデルとして期待効用の使用は未解決の問題であるとしながらも、費用便益分析が代表的な合理的意思決定に反映すると想像されるならば、期待効用モデルを適用することは合理的かも知れない。これらの場合は経済的評価は永遠に重要であるという。さらに、酒井 [1982] および [1997] は不確実性下の意思決定問題では、現在最も有力な期待効用理論を適用すれば、この問題に対する1つの解答が得られると言う。

選択可能な行為が a_1, \dots, a_m と m 個あり、生起可能な状態が s_1, \dots, s_n と n 個存在し、状態 s_j の生起確率が p_j であるようなリスクの世界において、ある人が行為 a_i を選び、状態 s_j が発生したときの得られる利得が y_{ij} であるとする。この利得行列が与えられた時、複数の行為の中からベストの選択をするための判断基準は、行為 a_i がもたらす利得の期待効用レベルを $EU_i = \sum_j p_j U(y_{ij})$ とすると、 $EU_1, EU_2, \dots, EU_i, \dots, EU_m$ の中の最大値に対応する行為、つまり式②となる (酒井 [2003] 225ページ)。

$$\text{Max}_i EU_i = \text{Max}_i \left\{ \sum_j p_j U(y_{ij}) \right\} \quad \dots\dots ②$$

2) プロスペクト理論と一般化された期待効用理論

期待効用理論では人々の効用関数は同じとしたが、効用関数は個人的・主観的なものであるから、人々の間で異なるのが普通であり、また同じ個人について

↘ するという連結の誤謬、自分には起こらないとする事象の楽観主義の誤謬、低い確率を正しく認識できない低確率の過小あるいは過大ウェイトづけの問題、決定に際して今いるところを参照点とするため、損失の評価づけが絶対値の等しい利得より大きくなる損失回避現象、複雑な問題を扱うことが不可能であるかのようにリスクの問題を実際よりも単純化する傾向、などがあると指摘している (Turner et al. [1994] 邦訳142-143ページ)。

でも心理や感情の動きに応じて変化する可能性がある。これらを考慮して、プロスペクト理論などの「より一般化された期待効用理論」が登場してきた。それに関し、酒井 [2003] 227-228ページは、経済学者間で未だそれほど普及していないが、将来性のある研究方向であるとして、次のように説明している。

一般化された期待効用理論においては、効用関数 U は1変数 y の関数ではなく、むしろ変数 y およびシフトパラメーター β の関数と見なされ、 $U=U(y; \beta)$ で表す。人間の抱く高揚感や恐怖感の存在は、パラメーター β の変化を通じて、効用曲線 U を上下にシフトさせるだろう。さらに、リスクの頻度評価にあたっては、確率 p そのものではなく、何らかのフィルターを経た加重値 $w(p)$ がむしろ問題となる。

利得行列で、任意の行為 a_i がもたらす利得から獲得可能な加重価値レベル WV を、 $WV_i = \sum_j w(p_j) U(y_{ij}; \beta_i)$ とすると、「一般化された期待効用基準」とは、「これら $WV_1, \dots, WV_i, \dots, WV_m$ の中の最大値に対応する行為、すなわち、式③に対応する行為を選択せよ」という基準である。明らかに、この基準においては、経済的ファクターと心理的ファクターが微妙に組み合わされているという。

$$\text{Max}_i WV_i = \text{Max}_i \left\{ \sum_j w(p_j) U(y_{ij}; \beta_i) \right\} \quad \dots\dots ③$$

さらに、酒井はプロスペクト理論は加重値 $w(p)$ の効果を重視するが、効用関数のシフトパラメーター β の効果には注意を払っていない。この点から2つの効果をとともに考慮している一般化された期待効用理論¹⁷⁾ は、プロスペクト理論をさらに拡張した一般理論であると言える説明している。

ただ心理学者のカーネマンとトヴェルスキーが提唱したプロスペクト理論¹⁸⁾

17) プロスペクト理論を数学的に一般化し、整理した Machina [1983] は、従来の期待効用理論を一般化すれば説明がつくので、一般化された期待効用理論と呼んでいる(西村 [2000] 78ページによる)。

18) フォン・ノイマン=モルゲンシュテルン型の期待効用でうまく表現できないケースを定式化したのが Kahneman and Tversky [1979] によるプロスペクト理論である。サクデンヤベルなどよりやや異なる形で定式化され、後悔理論とも呼ばれている(西村 [2000] 78ページによる)。

に関し多田は、その価値関数の大きな特徴は、人々が物事を評価する際の出発点ないし基準点を形成する参照点がある点、利得よりも同じ規模の損失を価値ベースで深刻に感じる損失回避性がある点、そして効用関数の限界効用逓減の法則にあたる感度逓減がある点であるという (多田 [2003] 98-102ページ)。このように、価値関数はシフトパラメーターを含んでいないが、期待効用理論の効用関数とはかなり違った性質となっている。また、ピアスは人の行動の説明における期待効用理論の明らかな欠点を考慮して、プロスペクト理論は人がリスクに関してどう行動するかを説明することを探しているという (Pearce [1994] pp. 137-138)。

このように、期待効用理論はプロスペクト理論や一般化された期待効用理論へと精緻化が進んだが、これらの理論が予防原則、すなわち不確実性に対する予防的行動をどこまで妥当に評価できるかには問題がある。

3 シナリオによる評価

確率計算ができないケース、主に不確実性の評価方法としてはシナリオによる評価がある。直面している不確実性には、例えば m 個の採択可能な政策と n 個の想定可能なシナリオが存在すると仮定すると、それら政策の中でベストのものを選定するための判断基準は主に3つある。その1つは利得の平均値を最大にするような政策を選定する平均基準、2つ目は各政策について最善のシナリオを想定し、その最善シナリオをさらに最善にするような政策を選定するマキシマックス基準である。そして3つ目の基準は、各政策について最悪のシナリオを想定し、その最悪シナリオを最善にするような政策を選定するマキシミン基準である。マキシミン基準は、 $N_i = \text{Min}_j \{y_{i1}, \dots, y_{ij}, \dots, y_{im}\}$ と置く時、

$$\text{Max}_i N_i = \text{Max}_i \{ \text{Min}_j y_{ij} \} \dots\dots ④$$

に対応する政策を選定する基準である (酒井 [2003] 233-238ページ)。

どの基準を採用するかはリスクと便益の配分の公平性の問題、いわゆる分配

の正義に関係する。リスクに関する意思決定において、石原 [2004] は、ロールズはマクシミン原理を、ハーサニーは平均的基準を選ぶべきといているが、一般的にはバイズ主義的な意思決定論を採用し、不確実性や不平等が大きい場合にはマクシミン原理を採用するという解決策が考えられるかもしれないという。

4 費用効果分析

費用効果分析が他の手法と大きく異なる点は、便益を価格化せず、前もって定めた水準なり目標を達成することに焦点をあてている点にあり、一般的には便益の貨幣価値測定が難しい政策に役立つ手法である (Dixon et al. [1994] 邦訳61ページ)。

費用効果分析は、式⑤のように、リスクを1単位削減するときの費用を表している。さまざまなリスク削減策についてこの値 C/E を計算し、その中から最も小さい値のリスク削減策を選択することになる。

$$C/E = (\text{リスク削減のための費用}) / (\text{リスクの削減量}) \dots\dots ⑤$$

費用効果分析の有効性と弱点について、岡は、ある環境基準を達成することがすでに動かせない目標になっていて、それを達成するための手段がいくつかあり、貨幣評価されうる部分の便益や費用がそれぞれ異なっている場合、最も少ない費用で目標を達成する手段またはその組合せを探すというのは、ある意味での効率性の追求である。また、WTP を推定することが困難な場合はきわめて多いが、そうした場合にも有効であるという (岡 [1999] 178-180ページ)。さらに、費用効果分析も費用や効果の推定における不確実性を免れないが、それによる結果の信頼性のなさは費用便益分析ほどではない。その理由は、費用効果分析では政策間の相互比較しにくいところにある。しかし、費用効果分析の本質的な弱点は、単一の政策についてその是非を判定できないことであると指摘する (岡 [2004])。

アッカーマンは、化学物質の健康への影響についての完全な証明や科学的に合意を待つことに望みがないから、健康への重大なリスクがありそうだと思う合理的根拠をもった段階ですぐに予防的なやり方で行動を起こすことが必須である。リスク規制で頼るべきは予防原則であり、それは、現実に死者が出る前に介入することであり、実際に何人の死者が出るかを数えることができるようになる前に介入することだと言う (Ackerman and Heinzerling [2004] p. 117)。これに対し、岡 [2004] は、予防原則に頼るとしても、リスクの大きさを量的に知ることは必要だし、あるリスク水準を確保するのにかかる費用を知ることも必要である。そして、それらの量的情報が、リスク削減便益ほど信頼性が低くないとしたら、費用効果分析を行うというのは、予防原則からの自然の帰結であるという。

このような特徴と弱点を持つ費用効果分析は、予防原則の適用可否についてはほとんど無力であるが、対策の評価においては有用である。

費用効果分析には不確実な段階で対策を実施する以上あまりにも莫大な投資による対策を避けるという側面があるという村山 [2002] は、因果関係に関する不確実性が高ければ、対策によって期待される効果も不確実となり、本来の費用効果分析には適さないとも考えられるが、従来の大規模プロジェクトの費用効果分析がどちらかというと環境費用の不確実性が高いのに、投資効果の確実度は高いとされてきたのに対して、予防原則ではこれとは逆に、効果の不確実性が高くとも、環境費用を抑える確実性を選択していると考えられるという。

参考文献

Ackerman, F. and L. Heinzerling [2002] "Pricing the Price-less: Cost-Benefit Analysis of Environmental Protection," *University of Pennsylvania Law Review*, Vol. 150, pp. 1553-1584.

——— [2004] *Priceless: On Knowing the Price of Everything and the Value of Nothing*, New York, The New Press.

- Boardman, A. E., D. H. Greenberg, A. R. Vining and D. L. Weimer [2001] *Cost-benefit Analysis: Concepts and Practice*, 2nd ed., Upper Saddle River, NJ, Prentice Hall. (岸本光永監訳, 出口亨・小滝日出彦・阿部俊彦訳『費用・便益分析—公共プロジェクトの評価手法の理論と実践』ピアソン・エデュケーション, 2004年)。
- Burger, J. [2003] “Workshop 5.6 Differing Perspectives on the Use of Scientific Evidence and the Precautionary Principle,” *Pure Appl. Chem.*, Vol. 75, No. 11-12, pp. 2543-2545.
- Chapman, P. M. [1999] “Risk Assessment and the Precautionary Principle: a Time and a Place,” *Marine Pollution Bulletin*, Vol. 38, No. 10, pp. 944-947.
- Dasgupta, A. K. and D. W. Pearce [1972] *Cost-benefit Analysis: Theory and Practice*, London, Macmillan. (尾上久雄・阪本靖郎共訳『コスト・ベネフィット分析: 厚生経済学の理論と実践』中央経済社, 1975年)。
- Dixon, J. A., L. F. Scura, R. A. Carpenter, P. B. Sherman and S. Manopimoke [1994] *Economic Analysis of Environmental Impacts of Development Projects*, 2nd Edition, Earthscan Publications. (環境経済評価研究会訳『新環境はいくらか』築地書館, 1998年)。
- EU Commission of the European Communities [2000] “Communication from the Commission on the Precautionary Principle” (http://europa.eu.int/comm/dgs/health_consumer/library/pub/pub07_en.pdf). (環境省編 [2004] 115-138ページ)。
- Farrow, S. [2004] “Using Risk Assessment, Benefit-Cost Analysis, and Real Options to Implement a Precautionary Principle,” *Risk Analysis*, Vol. 24, No. 3, pp. 727-735.
- Freestone, D. and E. Hey [1996] “Origins and Development of the Precautionary Principle” in *The Precautionary Principle and International Law: The Challenge of Implementation*, eds. by Freestone, D. and E. Hey, The Hague: Kluwer Law International.
- Gollier, C. [2001] “Should we beware of the Precautionary Principle?,” *Economic Policy*, Vol. 26, No. 33, pp. 303-327.
- Harremoes, P., D. Gee, M. MacMarvin, A. Stirling, J. Keys and S. Guedes (eds.) [2002] *The Precautionary Principle in the 20th Century: Late Lessons from Early Warnings*, Earthsca, London, and European Environment Agency.
- Kahneman, D. and A. Tversky [1979] “Prospect Theory: An Analysis of Decision Making under Risk,” *Econometrica*, Vol. 47, No. 2, pp. 263-291.

- Klinke, A. and O. Renn [2001] "Precautionary Principle and Discursive Strategies: Classifying and Managing Risks," *Journal of Risk Research*, Vol. 4, No. 2, pp. 159-173.
- Kolstad, C. D. [2000] *Environmental Economics*, New York, Oxford University Press. (細江守紀・藤田敏之の監訳『環境経済学入門』有斐閣, 2001年).
- Machina, M. [1983] "Generalized Expected Utility Analysis and the Nature of Preserved Violation on the Independence Axiom" in *Foundations of Utility and Risk Theory with Applications*, eds. by Stigum, B. P. and F. Wnstop, D. Reidel Publishing Co.
- Mishan, E. J. [1988] *Cost-benefit Analysis: an Informal Introduction*, 4th edition London, Unwin Hyman.
- Morgenstern, R. D. (ed.) [1997] *Economic Analyses at EPA: Assessing Regulatory Impact*, Washington, D. C., Resources for the Future.
- Morris, J. [2002] "The Relationship between Risk Analysis and the Precautionary Principle," *Toxicology*, Vol. 181-182, pp. 127-130.
- O'Riordan, T. and J. Cameron [1994] "The History and Contemporary Significance of the Precautionary Principle" in O'Riordan and Cameron (eds.) [1994].
 —— (eds.) [1994] *Interpreting the Precautionary Principle*, London, Earthscan Publications.
- Pearce, D. [1994] "The Precautionary Principle and Economic Analysis" in O'Riordan and Cameron (eds.) [1994].
- Rogers, M. F., J. A. Sinden and T. D. Lacy [1997] "The Precautionary Principle for Environmental Management: A Defensive-expenditure Application," *Journal of Environmental Management*, Vol. 51, pp. 343-360.
- Santillo, D., R. L. Stringer, P. A. Johnston and J. Tickner [1998] "The Precautionary Principle: Protecting against Failures of Scientific Method and Risk Assessment," *Marine Pollution Bulletin*, Vol. 36, No. 12, pp. 939-950.
- Schrader-Frechette, K. S. [1985] *Science, Policy, Ethics, and Economic Methodology*, D. Reidel Publisher Company, pp. 4-43.
- Slovic, P. [1987] "Perception of Risk," *Science*, Vol. 236, pp. 280-285.
- Stirling, A. [1994] "Diversity and Ignorance in Electricity Supply Investments: Addressing the Solution rather than the Problem," *Energy Policy*, Vol. 22, pp. 195-216.
- Tickner, J. [1999] "A Map toward Precautionary Decision Making" in *Protecting Public Health & the Environment-Implementing the Precautionary*, eds. by Raf-

- fensperger, C. and J. Tickner, Principle Island Press, pp. 162-186.
- Treich, N. [2001] "What is the Economic Meaning of the Precautionary Principle?," *The Geneva Papers on Risk and Insurance*, Vol. 26, No. 3, pp. 334-345.
- Turner, R. K., D. Pearce, and I. Bateman [1994] *Environmental Economics an Elementary Introduction*, Harvester Wheatsheaf. (大沼あゆみ訳『環境経済学入門』東洋経済新報社, 2001年)。
- 池田三郎 [2004] 「リスク分析事始—健康・安全・環境リスクへの対応する戦略思考」(池田三郎・酒井泰弘・多和田真編『リスク, 環境および経済』勁草書房)。
- 石原孝二 [2004] 「リスク分析と社会」『思想』第963号, 82-101ページ。
- 依田高典 [1997] 『不確実性と意思決定の経済学』日本評論社。
- 磯崎博司・高村ゆかり [2002] 「地球環境問題と国際環境法」(森田恒幸・天野明弘編『地球環境問題とグローバル・コミュニケーション』岩波書店)。
- 岩間 徹 [2004] 「国際環境法上の予防原則について」『ジュリスト』第1264号, 54-63ページ。
- 植田和弘 [1996] 『環境経済学』岩波書店。
- 英国のリスクアセスメントに関する省庁間連絡グループ (ILGRA) [2002] 「予防原則: 政策と適用 (英国)」(環境省編 [2004])。
- 岡 敏弘 [1999] 『環境政策論』岩波書店。
- [2004] 「環境リスク管理と経済分析」『思想』963号, 36-59ページ。
- 環境省編 [2004] 『環境政策における予防的方策・予防原則のあり方に関する研究会報告』。
- 岸本充生 [2003] 「予防原則」(中西準子・蒲生昌志・岸本充生・宮本健一編『環境リスクマネジメントハンドブック』朝倉書店)。
- 吉川肇子 [1999] 『リスク・コミュニケーション』福村出版。
- 後藤則行 [2003] 「環境問題・環境政策の評価基準」(植田和弘・森田恒幸編『環境政策の基礎』岩波書店)。
- 酒井泰弘 [1982] 「第1章不確実性と経済学—序説」『不確実性の経済学』有斐閣。
- [1997] 「リスク管理に関する経済手法—最近の動向—」『日本リスク研究学会誌』第8巻第1号, 75-80ページ。
- [2003] 「環境リスクマネジメント」(吉田文和・北畠能房編『環境の評価とマネジメント』岩波書店)。
- 佐々木宏夫 [1991] 『情報の経済学—不確実性と不完全情報』日本評論社。
- 標 宣男 [2003] 「予防原則の現状とその問題点」『聖学院大学論叢』第15巻第2号, 91-107ページ。
- 関沢 純 [1993] 「定量的リスク評価の手続き」『日本リスク研究学会誌』第5巻第

1号, 59-62ページ。

- 多田洋介 [2003] 『行動経済学入門』日本経済新聞社。
- 西岡秀三 [2000] 「予防原則と後悔しない政策リスク管理との対比の観点から」『日本リスク研究学会誌』第12巻第2号, 40-48ページ。
- 西村周三 [2000] 『保険と年金の経済学』名古屋大学出版会。
- 深澤信幸 [2005] 『リスク・パーセプションと人間行動』高文堂出版社。
- 細江守紀 [1995] 『不確実性と情報の経済学 第2版』九州大学出版会。
- 宮川公男 [1975] 『システム分析概要』有斐閣。
- 村木正義 [2002] 「予防原則と費用効果からみたダイオキシン排出削減策の評価（1）」『経済論叢』第170巻第5・6号, 440-455ページ。
- [2006a] 「予防原則の概念と実践的意義に関する研究（1）」『経済論叢』第178巻第1号, 33-57ページ。
- [2006b] 「予防原則の概念と実践的意義に関する研究（2）」『経済論叢』第178巻第5・6号, 49-71ページ。
- 村山武彦 [2002] 「環境リスク管理における予防原則の考え方」『予防時報』第211号, 14-19ページ。
- 横山 彰 [2002] 「環境保全と公共選択」（寺西俊一・石弘光編『環境保全と公共政策』岩波書店）。
- 横山栄二 [1993] 「リスクアセスメントの枠組み—その歴史と動向」『日本リスク研究学会誌』第5巻第1号 56-58ページ。
- 吉岡 斉 [2003] 「特集のねらい—予防原則思想の発展を目指して—」『環境ホルモン文明・社会・生命』第3巻第2003-4号, 8-18ページ。
- リスク評価及びリスク管理に関する米国大統領／議会諮問委員会編, 佐藤雄也・山崎邦彦訳 [1998] 『環境リスク管理の新たな手法』化学工業日報社。
- 鷺田豊明 [1999] 『環境評価入門』勁草書房。