

環境経済・政策学会 2009 年大会報告論文

金融保証の義務化の経済効果について

— 一般均衡モデルによる分析 —

法政大学サステイナビリティ研究教育機構*

桑名謹三

詳細は次のとおりである。

報告学会 : 環境経済・政策学会 2009 年大会
会場 : 千葉大学西千葉キャンパス総合校舎
報告時間 : 2009 年 9 月 27 日 日曜日 9:20~12:15 (セッションの時間)
分科会名 : 環境経済理論 モデル分析 (1)

なお、報告論文とは、学会に提出された論文であって、主として討論者が討論のために活用するものである。

*筆者の所属は、2010 年 4 月 1 日時点のものである。

金融保証の義務化の経済効果について
—一般均衡モデルによる分析—
Economic Impact of Obligatory Financial Security
— General Equilibrium Approach —

桑名 謹三 *

本研究は、環境汚染を引起した企業の責任の履行を確保するために、金融保証の手配を義務付ける政策の経済全体に与える効果を一般均衡モデルにより分析したものである。金融保証の義務化の政策の経済効果については、保証料が企業秘密に該当するため、これまで、実証的な分析がなされてこなかった。本研究では、損害保険会社から環境リスクをカバーする責任保険の保険料の見積もりを入手することによって、責任保険・ボンドの保険料・保証料を内生的に算出できる一般均衡モデルを構築し、責任保険の手配の強制化とボンドの手配の強制化との経済効果を比較した。その結果、これまでの日本の環境政策においては、金融保証として、その手配の強制化がなされてこなかったボンドの方が、責任保険よりも優れている場合があることが明らかになった。

1. はじめに

環境汚染を引起した企業の責任を法律で定め、その責任の履行を確保するために、責任保険（以下「保険」という。）、シュアティボンド（以下「ボンド」という。）、銀行保証などの金融保証の手配を企業に対して義務化する政策が実施されている。たとえば、米国の CERCLA（Comprehensive Environmental Response Compensation and Liability Act）や OPA（Oil Pollution Act 1990）においては、責任保険、シュアティボンド、銀行保証、自家保険などが金融保証として認められ、それらの手配が義務付けられている。また、ドイツでは保険が強制化されており、また、スウェーデンではボンドに近いカバーの金融保証が義務化されている。さらに、オランダで実施されている土壌汚染の浄化費用のためのファンド（COFIZE）は、保険金・給付金の支払いの条件が企業のデフォルトとなっていることから、ボンドの範疇にあると考えられる。

金融保証の義務化政策が有用であることの根拠の 1 つは、企業の責任の履行を確保することによって汚染者負担の原則を徹底し、環境損害やそれに起因する健康被害などを原状回復することである。もう 1 つの根拠は資源の最適配分である。Shavell（1986）によれ

* 法政大学環境政策研究所

ば、資力不足の企業はたとえ法律上の責任を負わされても、その小さな資産を超える負担はできないことから当該企業の防災費用は過小となる。そのようなときリスクを適切に反映した保証料の金融保証を義務化すると企業はその保険料・保証料を最小化することとなるため、防災費用が最適化するのである。

金融保証の手配の義務化政策を分析した研究は多く存在する。それらのすべてが、金融保証を手配した企業が、その金融保証の存在によって、防災コストを引下げる行動、いわゆるモラルハザードによる厚生損失を解析的に分析したものである。この種の研究に該当するものが、Jost (1996)、Polborn (1998)、Feess and Hege (2003)、Pitchford (1995) などである。

環境汚染に起因する企業の責任をカバーする金融保証の手配を義務化するような環境政策は、経済全体の多くの部門に影響を与え、しかも、その影響の相互作用も生じることから、このような環境政策の経済効果を分析するためには、各財・サービスの価格が内生的に定まる多部門の一般均衡モデルを用いることが好ましい。しながら、国内外を問わず、金融保証の義務化政策を導入した場合の経済効果を一般均衡モデルを用いて分析した研究は存在しない。

理由は、金融保証の保証料は、企業と金融保証を提供する会社との間の契約における、一種の企業秘密に該当するため、その保証料を内生的に決定できるようなモデルを構築することができなかつたためと考えられる。そこで、本研究においては、適用される金融保証を損害保険会社（以下「保険会社」という。）が提供する保険と、同様に保険会社が提供するボンドに限定したうえで、保険の保険料につき、実際に保険会社から見積もりを入手し、保険料を算出できるモデルを構築し、さらに、その保険料と外生変数として与える企業のデフォルト率によりボンドの保証料を算出できる、応用一般均衡モデルを構築することによって、それらの義務化政策の効果を分析した。加えて、保険会社の生産性が高くなった場合にどのような影響が生じるのかをも分析した。

なお、ボンドは保険会社が行なう保証であり、日本においては、保証証券と呼ばれて商法上は保険と区別されている。保険は、事故を引き起こした企業が法律上の責任を履行するのに要した費用、たとえば環境汚染を引き起こした企業の場合は、汚染の浄化費用や環境汚染に起因して被害を被った者に支払う損害賠償金などを企業の代わりに保険会社が負担することを、保険料を収受することを条件に約定するものである。他方、ボンドは環境を汚染した企業が法律上の責任を履行できない場合、たとえば、汚染の浄化費用が企業の資産規模を上回り企業が倒産してしまうような場合に、保険会社が企業の法律上の責任を企業の代わりに履行することを、保証料を収受することを条件に約定するものである。

2. 分析方法

2.1 ベースとなるモデルの構築

まず、次のような手法を用いて環境リスクを発生する企業に保険を強制付保化する政策を評価するための静学の応用一般均衡モデル¹を作った。2004年度のPRTRデータ、LIMEの被害係数²を用いて、各部門（42部門）が発生する環境リスクを定量化した。その定量化された環境リスクと、日本の保険会社から見積もりを入手した保険の純保険料の関係を定式化した。さらに、2000年度の産業連関表を用いて、各部門の生産量もしくは、化学産業および非鉄金属産業からの中間投入量によって各部門が負担すべき保険料を算出できるようにした。純保険料は、消費者でもある被害者に全額保険金として支払われるものとした。産業連関表に記されている損害保険サービスは、保険料から純保険料を控除したものである。

なおモデルの部門構成については、次の表1を、また、モデルの概要については、補論を参照されたい。なお、表1の網掛けの部門がリスクを発生させるリスク部門である。

表1 部門構成

1	農林水産業	15	金属製品	29	運輸
2	鉱業	16	一般機械	30	通信・放送
3	食料品	17	電気機械	31	公務
4	繊維工業製品	18	輸送機械	32	教育・研究
5	衣服	19	精密機械	33	医療・保健・社会保障
6	木製品	20	その他の製造工業	34	その他の公共サービス
7	パルプ・紙	21	建設	35	対事業所サービス
8	化学製品	22	熱供給業	36	対個人サービス
9	プラスチック	23	上下水道	37	分類不明
10	ガラス製品	24	商業	38	廃棄物処理
11	窯業・土石製品	25	金融	39	石油製品
12	銑鉄・粗鋼	26	生命保険	40	石炭製品
13	その他鉄鋼	27	損害保険	41	電力
14	非鉄金属	28	不動産	42	ガス

2.2 ボンドの場合の考え方

ボンドの場合は、企業がデフォルトに陥ったときには、保険と同様の条件で保証金が支

¹ 本モデルのプログラムはC言語で書かれており、その精度は高く百兆のオーダーの生産要素の需給均衡式における誤差は50万未満と極めて小さい。

² LIMEの被害係数については、伊坪・稲葉（2005）を参照されたい。

払われるものとした。

ところで、被害者が損害賠償金を獲得できる場合のうち、保険が付帯されている割合は、損害賠償金ベースでも事故件数ベースでも 9 割程度となることが知られている (Shavell, 2000; Parsons, 2003)。つまり、保険会社が介入しないような事故については、ほとんどの場合、損害賠償金を被害者が獲得できていないのである。このことは、保険会社の介入によって、損害賠償請求に伴う取引コストが大幅に減少する (Shavell, 1987, p. 263; Freeman, 1997, pp. 29-30) のに対して、保険会社が介入しない場合は、損害賠償請求に伴う高い取引コストによって、被害者は損害賠償を請求することができない可能性が大きいという事実によってある程度説明される。このような「保険会社の介入がなければ、損害賠償金獲得はない。」という状況を勘案して、さらに、モデルが煩雑さを避けるために、本研究においては、企業がデフォルトに陥らないような小規模の損害については、損害賠償金は支払われないものと想定した。つまり、ボンドの場合は、保険の場合より被害者救済の程度は小さいと考えているのである。

したがって、ボンドの保証料は、保険料に、環境汚染を引起した企業のデフォルト率を乗じることによって求めることができる。環境汚染を引起したという条件が付いていない場合の企業のデフォルト率は、企業の信用調査会社の HP などから、ある程度推測できるものの、環境汚染を引起したという条件付のデフォルト率は不明であることから、デフォルト率は外生変数とした。以上より、モデル上は、デフォルト率が 1 の場合のボンドが保険に相当することとなる。

2.3 保険会社の生産性について

環境リスクのような不確実性の大きいリスクについて金融保証の手配を義務付けると、政策が実施される前は、不明であった事項についても情報が大量に収集され、そのことによって明らかにされていく可能性が大きい。つまり、金融保証の手配の義務化によって、リスクの不確実性が減少していくのである。したがって、政策が実施された当初は、大きかった制度の運営コストも、制度の継続とともに減少してくるものと考えられる。このことは、制度の実施にともない保険会社の生産性が向上するという設定でモデル化できる。

保険会社の生産性については、キャリブレーションによって求められた保険会社の生産関数のスケールパラメータを増減させることによって、シミュレートを行った。つまり、スケールパラメータを増やせば、保険会社の生産性が向上し、逆にスケールパラメータを減少させれば、保険会社の生産性が低下するということである。

3. 保険の場合の分析結果

まず、保険の強制化政策の影響について述べる。ボンドの強制化政策の影響は、ボンドの場合は企業の負担が保険より小さくなることから、保険の場合の影響の程度が小さくなるものと考えればよいのである。

3.1 政策が各産業に与える影響

政策実施に伴う各産業の生産量の変化をまとめたものが図1と図2である。また、政策実施後の新しい均衡における価格をまとめたものが図3である。なお、生産量は政策実施前の状態を示す2000年度の産業連関表の生産額を生産量とみなしたものであり、価格は政策実施前の値を1と設定している。

リスク部門が保険の保険料を負担することによって、リスク部門およびその生産物を投入財として使用する産業の生産量は減少している。モデルでは保険の保険料は、リスク部門における化学工業と非鉄金属からの中間投入量により算出される設定になっている³⁾ことから、生産量の減少額は化学工業、非鉄金属が大きい。さらに、リスク部門の中で、化学物質の排出量が最も大きい部門である輸送機械も生産量の減少量が大きい。一方、この政策が新たな損害保険サービスの購入をリスク部門に義務付けるものであることから、損害保険部門の生産量の増加額は、1927億と極めて大きい。このうち政策により強制化された保険サービスが1912億を占め、それ以外の一般損害保険サービスの生産量の増加は、15億である。ただし、損害保険以外の部門では、たとえ生産量が増加している部門であっても、その増加量はわずかである。たとえば、損害保険の次に生産量の増加量が多い商業においても、その生産量の増加量は、453億にすぎない。損害保険、商業以外では、農林水産業、食料品、生保、不動産、通信・放送、その他公共サービス、対事業所サービスのリスク部門からの中間投入が比較的小さい産業において、若干の生産量の増加が見られる。次に国内生産量の変化率であるが、鉱業が最も減少率が大きい。これは、鉱業自体がリスク部門の1つであって、保険料を負担するうえに、鉱業の生産物の価格上昇に伴い輸入量が増大するためである。鉱業の国内生産量の減少率に占める輸入増加のウエイトは、34%である。鉱業の次に生産量の減少率が大きいのは、化学工業、非鉄金属であり、理由は、これらの部門の生産量の減少量が大きいことと同じである。また、水道（含む下水道）の生産量の減少率も大きい。これは、水道部門は、その生産額に比して、発生するリスクが大きく、その結果、生産額に比して負担する保険料が大きいためである。生産量の増加率が約5.99%と他の部門に比べて極端に大きいのは、本政策の性質上損害保険となる。5.99%のうち5.94%が強制化された保険によるものである。損害保険以外で、生産量が増加している産業は、リスク部門からの中間投入量が比較的小さい、農林水産業、食料品、商業、生保、不動産、通信・放送、その他公共サービス、対事業所サービスであるが、それらの増加率は、概ね0.06%以内であって、損害保険に比較すれば極めて小さい増加率となっている。

³⁾ 有害化学物質のほとんどが化学産業もしくは非鉄金属産業により生産されていると考えられることからこの設定を採用した。

図1 国内生産量の変化量

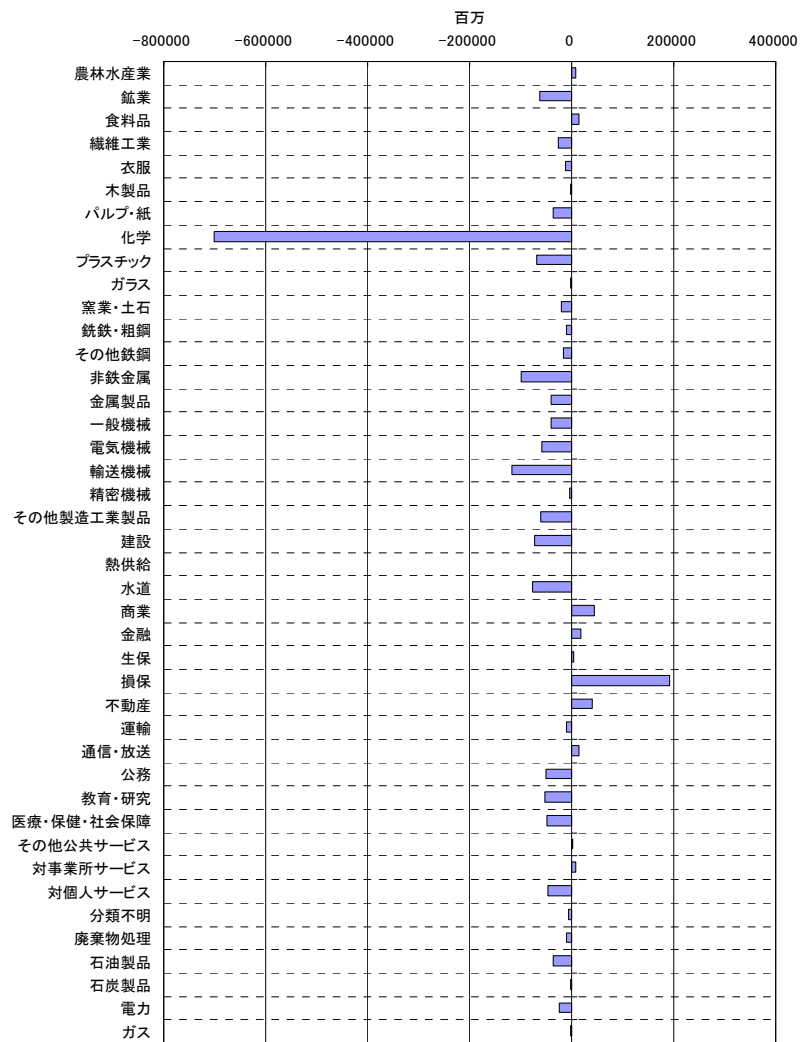
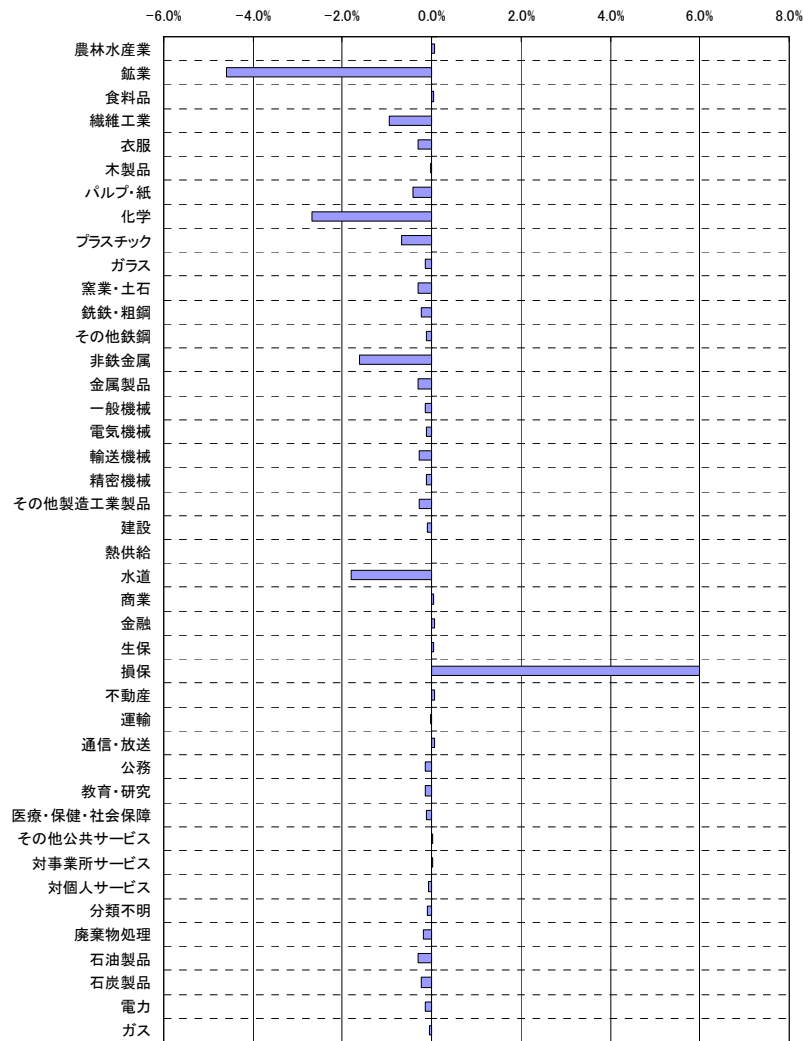


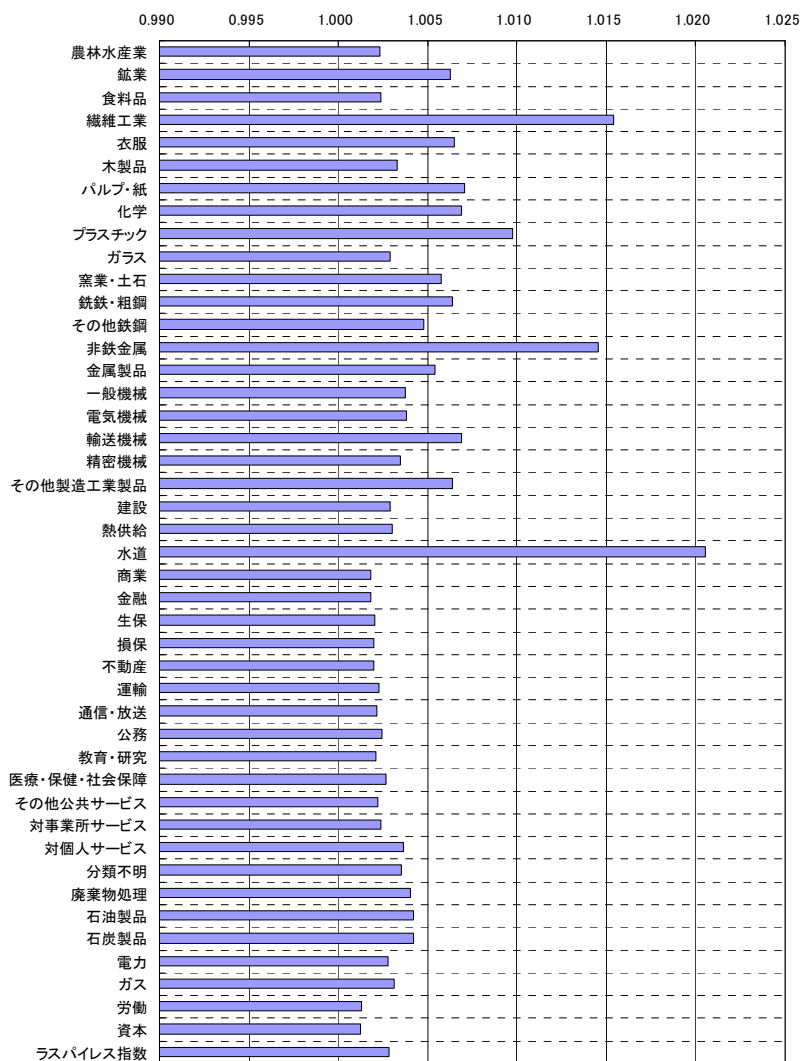
図2 国内生産量の変化率



次に価格であるが、生産額に対して保険料負担の大きい、水道の価格の上昇が著しい。また、重要な中間投入財が保険料算出根拠となっており、かつ、適用される保険料率が小さくない部門である繊維工業，非鉄金属での価格上昇が大きい。その他のリスク部門においても価格がラスパイレス指数⁴⁾を上回っている。価格がラスパイレス指数を下回るのは、農林水産業，食料品，商業，金融，生保，損保，運輸，通信・放送などであって、おおむね生産量が増加している部門に一致する。生産要素の価格（賃金，レンタル）は，経済全体の生産量が減少することによって，生産要素が過剰となるため，ラスパイレス指数より低くなっている。

4) 生産物の量による価格の加重平均値である。物価指数の1つ。

図 3 均衡価格



以上より、保険の強制付保化という環境政策は、リスク部門だけでなく、経済全体に広範な影響を与えることがわかった。

3.2 政策による厚生変化

ここでは、政策の実施に伴う厚生の変化について述べる。厚生の評価の方法については、様々な考え方があり、一律な評価手法があるわけではないので、いくつかの指標における厚生変化の評価について述べることにする。応用一般均衡分析において厚生変化を GDP によって示す研究もあるが、本モデルのような静学のモデルによる分析においては、生産要素の賦存量が一定であることから、GDP により厚生変化を評価することはせずに、等価変分もしくは補償変分をベースとして厚生変化を評価するのが一般的である。本論においては等価変分を採用した。これは、静学の応用一般均衡モデルを使った市岡（1991）、川崎（1999）、鷲田（2004）などの先行研究に従ったものである。

3.2.1 消費者の等価変分

消費者の等価変分は、-1940 億円である。これは、政策の実施により価格が上昇し、生産量が減少することから、保険金を含んだ消費者の実質消費支出が減少するためである。保険金が損害保険業より支払われるため、実質の消費支出の減少額は、比較的小さく抑えられる。もし、保険のこのような被害者救済の仕組みがなければ、消費者の等価変分は格段に小さくなったと考えられる。

3.2.2 消費者の等価変分とリスクの減少量の和

政策の実施により化学物質によるリスクが減少する。このリスクの減少量は、被害者である消費者が被る環境問題に起因する損害の期待値の減少量であり一種の厚生の変化とみなすことができる。そこで、消費者の等価変分にリスクの減少量を加えたものを厚生変化を評価する指標と考える。リスクの減少量は、1043 億円であったことから、この指標は-897 億円となる。

3.2.3 政府の支出を考慮した指標

消費者は、政府の支出によってサービスを受けることから、厚生を評価する指標は、政府の支出を勘案したものでなければならないという考え方もある。本モデルでは、政府は1つの消費者として価格に応じて財・サービスの購入量を最適化するように設定されている。したがって、政府の等価変分を算出することができる。そこで、ここでは等価変分、リスクの減少量、政府の等価変分の和を厚生指標と考える。政府の等価変分は、-3241 億円であるので、消費者の等価変分とリスクの減少量と政府の等価変分の和は、-4138 億円となる。

3.2.4 厚生変化の評価

上記の厚生変化は、損害保険業の保険における事業費率を50%とし、保険の保険料は見積もりに対する回答の平均値を採用した場合のものである。この値は、①市岡（1991）によれば、消費型付加価値税（税率4%）を導入した場合の等価変分ベースの厚生損失が6兆7950 億円であること、②本政策においては、企業より排出される化学物質が減少することによってリスクが減少し、しかも、本モデルで評価している化学物質によるリスクはひかえめに評価されたものであること、③鷺田（2004）によれば、京都議定書を遵守するために炭素税を導入した場合の等価変分ベースの厚生損失が4~2兆円の水準にあること、④本政策がリスクを発生するすべての産業に保険を強制付保化するという、これまでの日本における環境政策においては考えられないようなドラスティックな政策であること、以上4点を勘案すれば決して大きくないと考えられる。

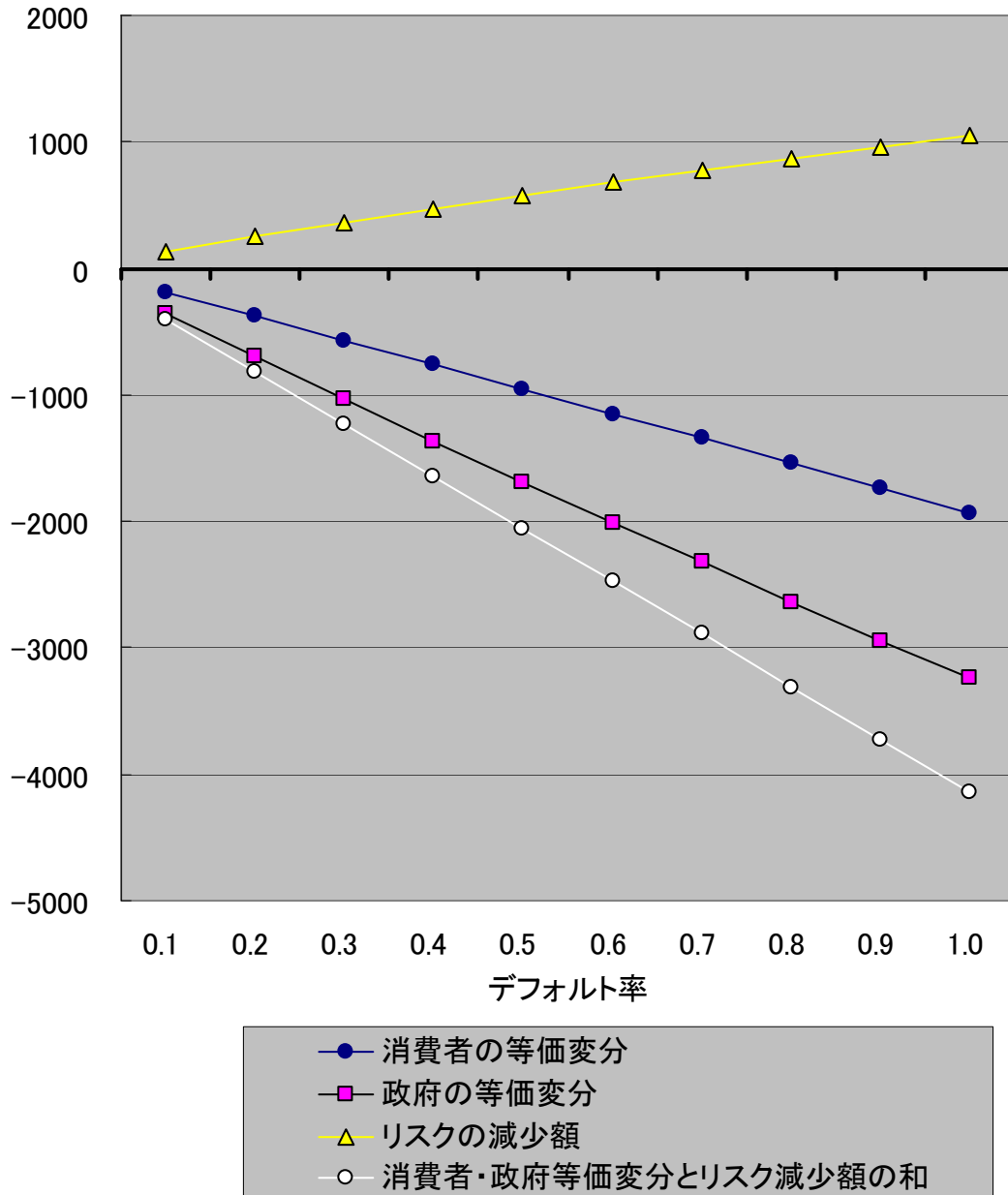
4. 保険とボンドの比較

4.1 デフォルト率と厚生変化

ここで、ボンドを金融保証として採用した場合の厚生変化はどうなるかをシミュレートし

てみる。デフォルト率を外生変数として与えた場合のボンドの手配の強制化による厚生変化を示したものが、図4である。

図4 デフォルト率と厚生変化



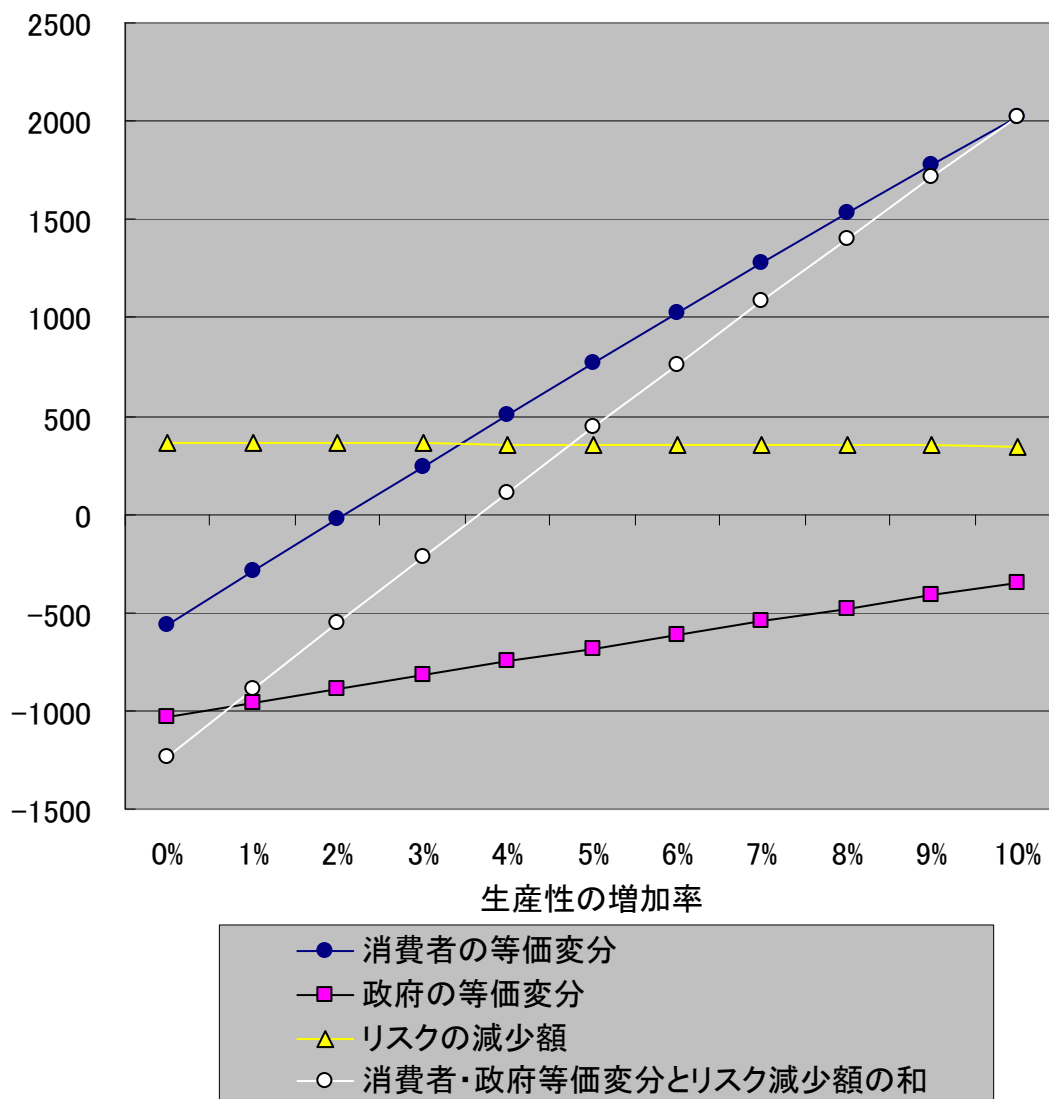
デフォルト率が低いと、ボンドの保証料が減少するため、当然のことであるが、デフォルト率が低いほど厚生変化は良好となる。この図において、デフォルト率が1のときが保険の強制化に相当することを勘案すると、ボンドの強制化の方が経済全体に与える負の影響

響が小さいことは明らかである。

4.2 損害保険部門の生産性の向上を考慮した分析

損害保険の生産性が向上した場合に、厚生変化がどのようになるかをシミュレートした。図 5 は、デフォルト率が 0.3 の場合のボンドの強制化政策において、損害保険業の生産性向上が各厚生指標にどのような影響を与えるかを示したものである。

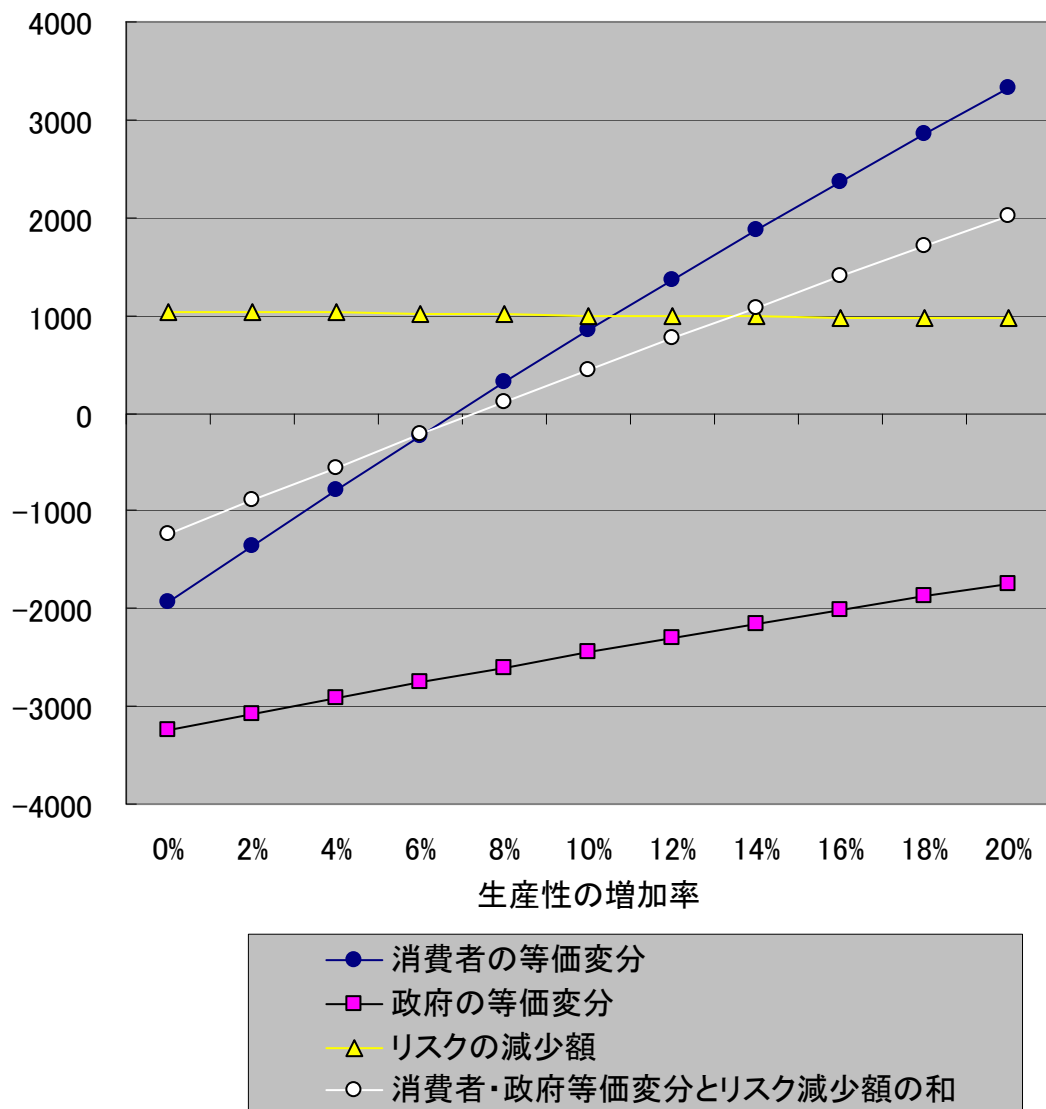
図 5 損害保険部門の生産性向上と厚生変化（ボンドの場合）



リスクの減少額は、損害保険部門の生産性の変化にほとんど反応しないが、それ以外の指標は程度の差こそあれ反応することがわかる。総合的な厚生指標である、消費者の等価変分とリスクの減少額と政府の等価変分の和は、損害保険部門の生産性が 3.5%程度向上すれば、正となる。これに対して、同様の図を保険の場合について作成すると図 6 のとお

りとなる。

図 6 損害保険部門の生産性向上と厚生変化（保険の場合）



保険の場合も、ボンドの場合と同様に、リスクの減少量は損害保険部門の生産性の向上に反応せず、その他の厚生指標は反応することがわかる。総合的な指標である消費者の等価変分とリスクの減少量と政府の等価変分の和が正となるのは、損害保険部門の生産性の増加率が約 8% のときであり、ボンドの場合より損害保険部門の生産性がより大きく向上しないと、総合的厚生指標が正とならない。

4.3 保険とボンドの比較のまとめ

保険の場合は、企業のデフォルトにかかわらず、環境汚染が生じた場合に保険金が支払われるのに対して、ボンドは企業がデフォルトに陥った場合にのみ、保証金が支払われることから、金融保証の手配を義務付けた場合の企業の負担が、ボンドの方が保険より小さくなる。したがって、損害保険部門の生産性が同じであるときは、当然、ボンドの手配の義務化政策が保険のそれより、経済全体に与える負の影響が小さくなる。

また、保険やボンドのような金融保証においては、その手配の義務化によって、カバーするリスクに関する情報を収集することができ、リスクの不確実性が減少する。そのことによって、中長期的に見れば、制度を実施した後に、損害保険部門の生産性が向上することとなる。そのような、損害保険部門の生産性の向上を視野に入れたときも、ボンドの方が保険よりも、低い生産性の向上度合いにおいて、厚生変化が正になることから、保険よりも優れているといえる。

さらに、本モデルにおけるボンドの定式化は、環境汚染を生じさせた企業がデフォルトに陥ったときに、企業の責任額の全額を保険会社が支払うとしているが、現実には、保険会社はデフォルトに陥った企業の債権者として、その企業からある程度の資金を回収するため、本モデルの定式化よりも、現実のボンドの保証料は低くなる。このことから、本研究の分析結果以上にボンドの方が保険よりも優れている可能性が大きいといえる。

しかも、Polborn (1998) が指摘しているとおり、ボンドは企業のモラルハザードを最低限度に抑止する効果も有することを政策立案者は理解しておく必要がある。

しかしながら、本研究においてボンドの手配の義務化政策が保険に優越する最大の理由は、ボンドの場合でデフォルトに陥らなかった企業が損害賠償金を支払わないという設定、換言すればボンドの保証金が保険金より大幅に小さく、そのことによって企業の負担が保険の場合よりも減少している点にある点に注意する必要がある。つまり、被害者救済制度としては、ボンドの方が保険よりはるかに劣っていることを前提としているのである。

したがって、ボンドが保険に優越するのは、事故発生確率が極めて小さく、かつ、事故が発生した場合の損害額が巨額で企業のデフォルト率が高くなるようなリスクに対して、その手配を義務化する場合である。

5. まとめと今後の課題

一般均衡モデルを用いて、金融保証の1つである保険およびボンドの手配の義務化政策の経済効果を分析した。金融保証、特に保険の手配の義務化政策は、被害者救済のために有用であり、また、環境リスクのような公害型の被害は、社会的弱者に集中することを勘案すれば、正義論的見地からも、必要であるといえる。

手配の義務化が経済全体に与える負の影響が大きい保険の強制化の場合であっても、その負の効果は、温暖化対策の炭素税などの他の環境政策による負の経済効果より小さいこ

とからも、金融保証の手配の義務化は、有用な政策といえよう。

しかも、本研究で明らかになったように、同じ金融保証であっても、企業のデフォルトをトリガーとして保証金が支払われるボンドの場合は、その手配の義務化政策が与える負の影響は、さらに小さいことから、巨額な損害に焦点を当てるような場合であれば、一層有用な政策となる場合がありうる。

日本の環境政策において、手配が義務付けられている金融保証は、原子力リスクや海洋油濁リスクについて、保険の手配が義務付けられているだけであるが、それらの政策を含めて、さらに、それ以外のリスクをも勘案して、ボンドの手配の義務化政策を検討することは価値のあることといえよう。

今後の課題であるが、ボンドの場合のモデルの精緻化である。企業がデフォルトに陥らなかった場合にも、損害賠償金が支払われるケースおよびその場合の取引コストの増加をモデルに採り入れて分析を行う必要があると考えている。また、保険会社の生産性の向上に関しても、スケールパラメータを変化させる手法ではなく、保険会社の事業費率を変化させる手法の方が適切な場合もありうることから、この点においてもモデルの改善が必要であると考えている。

補論 1. リスクの定量化

1. 漸進的リスク

(1) LIME の被害係数の推定

まず、PRTR データの対象となっている 354 種の化学物質のうち LIME の被害係数が定められていない化学物質について被害係数を推定した。LIME の被害係数が定められている 101 種の化学物質の係数のうち、特に有害な PCB とダイオキシン類の係数を除き、さらに残りの係数について排出先ごとに高い値のものを 10 種除外した 89 種類の化学物質の被害係数の平均値を LIME の被害係数が定められていない化学物質の被害係数とした。次に LIME の被害係数は、排出先が埋立および廃棄物としての移動の場合の値が定められていないことから、埋立については、土壌への排出の場合の被害係数の 1/100、廃棄物としての移動はリサイクル率等を勘案して土壌への排出の場合の被害係数の 4%の 1/100 とした。

(2) PRTR データの整理

LIME の被害係数を用いて算出したリスクが 500 万円未満の部門は、リスクの定量化の対象から除外した。次に PRTR データ上の部門と本論のモデルとは部門の区分けが異なるため、PRTR データの値を各部門の財の生産量等を勘案して、本モデルの部門別のデータへと変換した。さらに、環境省の届出外排出量の推測値を本モデルの部門へと届出排出量のウェイトを用いて配分した。

(3) DALY の金銭換算

LIME の被害係数は、化学物質の単位排出量あたりの障害調整生存年（DALY: Disability-adjusted life-year）の損失で示されていることから、余命が 1 年短縮した場合の損害賠償額を厚生労働省の統計や自賠責保険の慰謝料の水準等を考慮して推定し、1DALY の金銭換算値を 1 千万円とした。この値は、LIME におけるコンジョイント分析を用いた金銭換算値 9.7 百万円とほぼ同水準のものであり問題ない値と考えられる。

2. 不測かつ突発的なリスク

不測かつ突発的なリスクについては、インシュアランス統計号の一般賠償責任保険の 1996 年から 2005 年度までのデータを用いて算出した。データにおける平均保険金額超の部分についてはリスクが薄くなることから、その部分についてはレートオンライン（単位保険金額あたりのリスク）をデータの値の半分として計算を行なった。

3. リスクの合計

漸進的なリスクと不測かつ突発的なリスクの合計は表 a.1 のとおりである。

表 a.1 リスクの定量化のまとめ

部門	リスク	部門	リスク
鉱業	82.95	一般機械	230.47
繊維工業製品	338.11	電気製品	271.44
衣服	18.05	輸送機械	1139.72
木製品	38.21	精密機械	23.03
パルプ・紙	335.81	その他の製造工業製品	740.88
化学製品	936.11	水道	851.63
プラスチック製品	614.47	対個人サービス	1047.81
窯業・土石製品	235.39	廃棄物処理	69.06
銑鉄・粗鋼	124.92	石油製品	61.45
その他鉄鋼	124.92	石炭製品	6.83
非鉄金属	634.85	電力	9.99
金属製品	344.82	合計	8280.93

補論 2. 保険料

1. 損害保険会社からの保険料水準の入手

日本で EIL を販売している損害保険会社に、典型的な化学工場に対する EIL の保険料の見積もり依頼を行なった。保険条件は、①保険金額 1 事故 25 億円／保険期間中通算 50 億円、②自己負担額 500 万円、③縮小てん補割合 90%、④保険期間は 2007 年 10 月 1 日より 1 年間、⑤リトロアクティブデイトは保険始期の 3 年前である。また、典型的な化学工場の条件は、①年間生産額 118 億円、②化学物質の排出量は PRTR データ上の平均的化学工場のものと同量、③周囲の人口密度は 1400 人／平方 km などである。化学工場の条件は、2000 年の産業連関表と PRTR データより平均的な化学工場を示す値を算出したものである。損害保険会社からの回答は、純保険料で 10.38 百万円～38.06 百万円であった。

2. リスクと保険料の関係

日本の化学産業は、EIL の保険料見積もりに採用した典型的な化学工場が 2218 集まったものと想定していることから、リスクの保険料の関係を導くことができる。保険料は、リスクの 0.2459 倍～0.9018 倍となった。この倍数を本モデルではリスク乗数と呼ぶ。

3. 保険料率

リスク部門の産業には、中間投入財をリスクの源泉としている部門と、当該部門で処理する目的物が有害物質を含んでおりその部門の操業そのものがリスクの源泉となっている部門が存在する。後者は、水道および廃棄物処理部門で前者はそれ以外の部門である。まず、中間投入財をリスクの源泉としている部門について述べる。有害化学物質のほとんどが化

学産業か非鉄金属産業で生産されていることから、リスクを①化学産業が生産する物質によるもの、②非鉄金属産業が生産する物質によるもの、③化学産業も非鉄金属産業も生産する物質によるものに分離して、①は化学産業から中間投入財に起因する、②は非鉄金属産業からの中間投入財に起因する、③は化学産業と非鉄金属産業からの中間投入財の合計に起因すると考え、中間投入財の量に乗じてリスクを算出するためのリスク係数を求めた。次に操業そのものがリスクの源泉になっている部門については、リスクを生産額で除してリスク係数を求めた。したがって、保険料率は、リスク係数×リスク乗数となる。

4. ボンドの保証料

ボンドの保証料は保険料にデフォルト率を乗じたものとする。

補論 3. データセット

保険料関連以外のデータについては、主として 2000 年の産業連関表をベースとした。このデータセットを 42 部門表と呼ぶこととする。

1. 付加価値項目の処理

付加価値項目における処理は、次のとおりである。なお、ここでの処理は、鷲田(2004, pp.184-185)に従った。①資本減耗引当を費用化する。そのためには、各部門の資本投入を、2000 年度の産業連関表における固定資本行列より計算し、各部門における資本投入のウエイトによって、資本減耗引当を各中間投入に按分し、配分した。②家計外消費支出を営業余剰の一部とする。つまり、家計外消費支出と営業余剰の合計を営業余剰とみなす。また、営業余剰を資本と資本税の合計とみなす。資本税の税率は、各部門共通の値とする。③賃金・俸給にその他の給与及び手当を加えて、それを実質労働供給量とする。④社会保険料を労働税とみなす。したがって、労働税率は、各部門により異なることとなる。⑤間接税より補助金を差し引いた額を物品税とする。物品税率は、物品税額を資本税を含む資本と労働税を含む労働供給量の和で除した値とする。したがって、物品税率は、各部門によって異なることとなる。

2. 最終需要項目の処理

最終需要項目における処理は次のとおりである。なお、ここでの処理は、鷲田(2004, pp.184-185)に従った。①公的・民間固定資本投資と政府支出を統合する。本論においては、この合計額を外生需要とよぶこととする。②家計外消費支出を外生需要に加える。③在庫投資については、シミュレーション過程において一定であって変化しないものとする。④2000 年度においては、貿易収支は均衡していたと想定する。したがって、すべての財の輸出入の合計値における輸出超過比率を求め、各財の輸出額にその輸出超過率を乗じた値を、各財の輸出額から控除し、その額を外生需要に加える。⑤付加価値項目の処理①において、中間投入額に割り振られることによって増加した各財に対する需要を外生需要から控除した。⑥最終需要項目のうち民間消費および外生需要に含まれている負の値を、シミュレーションにおいて問題が発生しないように、すべて在庫投資に含めて、値を 0 と

した。

3. 税率・移転率の計算

税率・移転率の計算は次の表 a.2 のとおりである。

表 a.2 税率移転率の計算

No.	項目	値	出典・計算方法
①	粗資本収入	115694919	42 部門表の営業余剰の合計
②	資本税総額	16598100	国民経済計算年報
③	資本収入	99096819	① - ②
④	資本税率	0.1674938	② / ③
⑤	総労働投入	250990316	42 部門表の賃金・俸給の合計
⑥	総所得	350087135	③ + ⑤
⑦	所得税額	27609100	国民経済計算年報
⑧	所得税率	0.0788635	⑦ / ⑥
⑨	社会保障費負担額	27444700	国民経済計算年報
⑩	社会保障費負担率	0.0783939	⑨ / ⑥
⑪	貯蓄総額	30557200	国民経済計算年報
⑫	貯蓄率	0.103572	⑪ / (⑥ - ⑨ - ⑦)
⑬	総民間消費支出額	281008931	42 部門表の家計消費の合計
⑭	政府から家計への移転	16532796	⑬ - ⑥ × (1 - ⑧ - ⑩) × (1 - ⑫)
⑮	外生支出総額	145501654	42 部門表の外生需要の合計
⑯	在庫投資総額	-378740	42 部門表の在庫純増の合計額
⑰	粗外生支出総額	145122914	⑮ + ⑯
⑱	外生支出総額	161655710	⑭ + ⑰
⑲	移転率	0.1022716	⑭ / ⑱

補論 4. モデルの定式化

1. 生産関数と価格方程式

j 部門の生産量を X_j とするとき、トップレベルの生産関数を

$$X_j = \pi_j \left\{ \alpha_j A_j \frac{\sigma_j^{-1}}{\sigma_j} + (1 - \alpha_j) B_j \frac{\sigma_j^{-1}}{\sigma_j} \right\}^{\frac{\sigma_j}{\sigma_j - 1}} \quad \dots\dots (a.1)$$

とする。 π_j は、スケールパラメータ、 α_j は、シェアパラメータでありキャリブレーション

により求められる値である。 σ_j は、トップレベルの生産関数における代替の弾力性であり、その値は外生的に与える。 A_j は、中間投入財によるコブ=ダグラス型の合成財で、 j 部門への i 財の投入量を x_{ij} とするととき、

$$A_j = \prod_{i=1}^{42} x_{ij}^{\rho_{ij}} \quad \dots\dots (a.2)$$

とする。指数の ρ_{ij} は、キャリブレーションによって求められる。次に、 B_j は、生産要素によるCES型合成財である。 j 部門への労働の投入量を l_j 、資本の投入量を k_j とするととき、

$$B_j = \left\{ \beta_j l_j^{\frac{\eta_j-1}{\eta_j}} + (1-\beta_j) k_j^{\frac{\eta_j-1}{\eta_j}} \right\}^{\frac{\eta_j}{\eta_j-1}} \quad \dots\dots (a.3)$$

とする。 β_j は、シェアパラメータでありキャリブレーションにより求められる値である。 η_j は、生産要素間の代替の弾力性であり、その値は外生的に与える。

ここで、 i 財の価格を p_i 、中間投入財 x_{ij} に対する保険料率を ξ_{ij} 、ラスパイレス指数を ϕ 、サービス率を ε 、損害保険サービスの価格を p_{27} 、デフォルト率を d_j とすると、合成財 A_j のコスト C_{Aj} は、

$$C_{Aj} = \sum_{i=1}^{42} \left[\{ p_i + d_j (\phi + p_{27} \varepsilon) \xi_{ij} \} x_{ij} \right] \quad \dots\dots (a.4)$$

となる。なお、サービス率は、損害保険サービス／純保険料・純保証料である。コストとしては中間投入財の価格だけでなく、保険料・保証料および損害保険サービスを考慮しなければならないのである。ラスパイレス指数 ϕ は、

$$\phi = \sum_{i=1}^{42} (m_i p_i) \quad \text{ただし、} \quad m_i = \frac{C_i^0}{\sum_{h=1}^{42} (p_h^0 C_h^0)} \quad \dots\dots (a.5)$$

である。 C_i^0 は、基準状態における i 財の個人消費量、 p_i^0 は、基準状態における i 財の価格である。

$$\text{ここで、} \quad q_{ij} = p_i + d_j (\phi + p_{27} \varepsilon) \xi_{ij} \quad \dots\dots (a.6)$$

$$\text{とすると、} \quad C_{Aj} = \sum_{i=1}^{42} (q_{ij} x_{ij}) \quad \dots\dots (a.7)$$

である。ここで、次の最適化問題を解く

$$\min_{x_{ij}} C_{Aj} \quad \text{s.t.} \quad A_j = \prod_{i=1}^{42} x_{ij}^{\rho_{ij}} \quad \dots\dots (a.8)$$

次に B_j の最適化を行う。 B_j を投入するのに要する費用を C_{Bj} とすると、

$$C_{Bj} = \left\{ (1+\tau_j^0) \left[(1+\tau_j^\ell) w l_j + (1+\tau^k) r k_j \right] \right\} \quad \dots\dots (a.9)$$

となる。 w は、賃金率、 r は、レンタル(資本用役率)、 τ_j^0 は、 j 部門の物品税率、 τ_j^ℓ は、 j 部門の労働税率、 τ^k は、全部門共通の資本税率である。

ここで

$$w_j = (1 + \tau_j^0)(1 + \tau_j^\ell)w, \quad r_j = (1 + \tau_j^0)(1 + \tau_j^k)r \quad \dots\dots (a.10)$$

とすれば,

$$C_{Bj} = w_j \ell_j + r_j k_j \quad \dots\dots (a.11)$$

である。ここで、次の最適化問題を解く

$$\min_{\ell_j, k_j} C_{Bj} \quad \text{s.t.} \quad B_j = \left\{ \beta_j \ell_j \frac{\eta_j^{-1}}{\eta_j} + (1 - \beta_j) k_j \frac{\eta_j^{-1}}{\eta_j} \right\}^{\frac{\eta_j}{\eta_j - 1}} \quad \dots\dots (a.12)$$

次にトップレベルの生産関数の最適化を行う。ここで、中間投入財の合成財である A_j の価格を p_{Aj} 、生産要素の合成財である B_j の価格を p_{Bj} とする。

以下の最適化問題を解く。

$$\min_{A_j, B_j} (p_{Aj} A_j + p_{Bj} B_j) \quad \text{s.t.} \quad X_j = \pi_j \left\{ \alpha_j A_j \frac{\sigma_j^{-1}}{\sigma_j} + (1 - \alpha_j) B_j \frac{\sigma_j^{-1}}{\sigma_j} \right\}^{\frac{\sigma_j}{\sigma_j - 1}} \quad \dots\dots (a.13)$$

(a.8)、(a.12)、(a.13)の最適化問題を解くことによって、中間投入係数 $x_{Aij} (= x_{ij}/X_j)$ 、労働の投入係数を $\ell_{Bj} (= \ell_j/X_j)$ 、資本の投入係数 $k_{Bj} (= k_j/X_j)$ を財・サービスの価格、賃金、レンタルおよびパラメータで表すことができる。

次に各部門の予算制約式の両辺を生産量で除することによって、

$$p_j = \sum_{i=1}^{42} (q_{ij} x_{Aij}) + w_j \ell_{Bj} + r_j k_{Bj} + \phi d_j \Xi_j \quad \dots\dots (a.14)$$

という価格方程式を得る。なお、 Ξ_j は生産量に乗じる保険料率である。

2. 消費需要の決定

表 a.2 でその値を示した、労働の賦存量を L 、資本の賦存量を K 、所得税率を τ^y 、社会保障費負担率を τ^t 、貯蓄率を s 、政府の税収を G 、移転率を b とし、さらに消費者は、環境リスクによる損害の被害者でもあり、保険金・保証金を受け取れることを勘案すると、消費者の所得 I は、

$$I = (wL + rK)(1 - \tau^y - \tau^t)(1 - s) + bG + \sum_{j=1}^{42} \sum_{i=1}^{42} \{ \phi d_j \xi_{ij} x_{ij} \} + \sum_{j=1}^{42} \{ \phi d_j \Xi_j X_j \} \quad \dots\dots (a.13)$$

となる。ここで、消費者の効用関数 U_c を

$$U_c = \left\{ \sum_{i=1}^{42} \left(\gamma_i C_i \frac{\mu - 1}{\mu} \right) \right\}^{\frac{\mu}{\mu - 1}} \quad \dots\dots (a.14)$$

とする。 C_i は、 i 財の個人消費量、 γ_i は、シェアパラメータでキャリブレーションによって決定される値、 μ は、代替の弾力性であって、外生的に与える値である。次に消費者の予算制約式は、

$$I = \sum_{i=1}^{42} (p_i C_i) \quad \dots\dots (a.15)$$

となる。次の最適化問題を解くことによって消費需要関数を求めることができる。

$$\max_{C_i} U_c \quad \text{s.t.} \quad I = \sum_{i=1}^{42} (p_i C_i) \quad \dots\dots (a.16)$$

3. 外生需要の決定

以下における外生需要の決定方法は、鷲田(2004, pp.199-200)に従った。
*i*財の在庫投資を I_i^v とすると、税収や貯蓄から消費需要に使われる収入 I_g は、

$$I_g = (1-b)G - \sum_{i=1}^{42} (p_i I_i^v) \quad \dots\dots (a.17)$$

となる。ここで、外生消費を g_i とし、外生需要に関する評価関数 U_g を

$$U_g = \left\{ \sum_{i=1}^{42} \left(\delta_i g_i^{\frac{\lambda-1}{\lambda}} \right) \right\}^{\frac{\lambda}{\lambda-1}} \quad \dots\dots (a.18)$$

とする。 δ_i は、シェアパラメータでキャリブレーションによって決定される値、 λ は、代替の弾力性であって、外生的に与える値である。あとは、消費需要と同様のロジックにより外生需要関数を求めることができる。

4. 輸出入量の決定

以下における輸出入量の決定方法は、鷲田(2004, pp.203-204)に従った。輸出入財は、国内財と全く同質と考える。*i*財の輸出量を F_i 、輸入量を M_i 、為替レートを e_x として、

$$F_i = \Psi_i^f \left(\frac{p_i}{e_x} \right)^{\zeta^f} \quad \dots\dots (a.19)$$

$$M_i = \Psi_i^m \left(\frac{p_i}{e_x} \right)^{\zeta^m} + \nu_i X_i \quad \dots\dots (a.20)$$

と設定する。 Ψ_i^f 、 Ψ_i^m は、スケールパラメータであって、キャリブレーションによって決定される値である。 ν_i は、輸入が国内生産量によってどれだけ変動するかを定めるものであって、

$$\nu_i = \frac{\kappa_i M_i^0}{X_i^0 + M_i^0 - \kappa_i M_i^0} \quad \text{ただし、} \quad \kappa_i = 1 - \frac{X_2^0 M_i^0}{M_2^0 X_i^0} \quad \dots\dots (a.21)$$

とした。 M_i^0 は基準状態における *i*財の輸入量、 X_i^0 は基準状態における *i*財の国内生産量、 $i=2$ は鉱業を示す。

ζ^f は、輸出の ζ^m は、輸入の弾力性であり、外生的に値は与えられる。

5. 需給均衡式の決定

損害保険サービスを除く *i*財の需給均衡式は次のとおりとなる。

$$X_i = \sum_{j=1}^{42} x_{ij} + C_i + g_i + I_i^v + F_i - M_i \quad \dots\dots (a.22)$$

損害保険サービスの需給均衡式は、損害保険サービスの需要があることに注意すると、

$$X_{27} = \sum_{j=1}^{42} x_{27j} + C_{27} + g_{27} + I_{27}^v + F_{27} - M_{27} + \sum_{j=1}^{42} \sum_{i=1}^{42} \{ \epsilon d_j \xi_{ij} x_{ij} \} + \sum_{j=1}^{42} \{ \epsilon d_j \Xi_j X_j \} \dots\dots (a.23)$$

となる。生産要素の需給均衡式は、

$$\sum_{j=1}^{42} \ell_j = L, \quad \sum_{j=1}^{42} k_j = K \quad \dots\dots(a.24)$$

となり、税収 G の均衡式は、

$$G = s(wL + rK)(1 - \tau^y - \tau^t) + (wL + rK)(\tau^y + \tau^t) + \sum_{j=1}^{42} [\tau_j^\ell w \ell_j + \tau_j^k r k_j + \tau_j^0 \{(1 + \tau_j^\ell) w \ell_j + (1 + \tau_j^k) r k_j\}] \dots\dots(a.25)$$

となる。また、貿易収支の均衡式は、

$$\sum_{i=1}^{42} p_i M_i = \sum_{i=1}^{42} p_i F_i \quad \dots\dots(a.26)$$

となる。

以上で示した連立方程式体系の変数は、42 の財・サービスの価格および生産量、賃金、レンタル、為替レート、税収となり、その数は合計で 88 となる。一方、方程式は、42 の価格方程式、42 の財・サービスの需給均衡式、2 の生産要素の需給均衡式、税収の均衡式、貿易収支の均衡式となりその数は、88 となる。したがって、解が定まることとなる。

補論 5. 外生パラメータの設定

1. 弾力性

代替の弾力性については、川崎(1999)でも指摘されているように、弾力性の計測のために用いた分析データの期間、性質、推定に用いる関数形によって、大きく変化する。したがって、本モデルでは、鷲田(2004)、Shoven(1992)、市岡(1991)、川崎(1999)などを参考として、標準シナリオを表 a.3 のとおり設定した。外生需要の弾力性については、鷲田(2004)に従い、より固定値に近づけるために、低い値を設定した。また、輸出入の弾力性についても、鷲田(2004)に従い、低い値を設定した。

2. サービス率

純保険料・純保証料に対する損害保険サービスの割合であるサービス率は、環境汚染賠償責任保険の保険料見積もりを依頼した損害保険会社のうち回答のあった損害保険会社の事業費率より計算した全保険種目の値ではなく、インシュアランス統計号より推定した一般賠償責任保険のサービス率である 1.0 を標準シナリオとした。

3. リスク乗数

前述のとおり、リスク乗数は、0.2459~0.9018 である。そこで、標準シナリオにおいては、リスク乗数は、リスク乗数変動するレンジの中間値である 0.574 を採用した。

表 a.3 標準シナリオにおける外生パラメータ

変数	記号	値
トップレベルの生産関数における生産要素の CES 関数型合成財と中間投入財のコブ=ダグラス関数型合成財間の代替の弾力性	σ	0.5
生産要素(労働・資本)間の代替の弾力性	η	0.6
消費者の効用関数における代替の弾力性	μ	0.6
外生需要の評価関数における代替の弾力性	λ	0.3
実質輸出の弾力性	ζ^f	-0.25
実質輸入の弾力性	ζ^m	0.25
サービス率	ε	1.0
リスク乗数	θ	0.574

参考文献

- Feess, Eberhard and Ulrich Hege(2003) “Safety Monitoring , Capital Structure, and “Financial Responsibility”,” *International Review of Law and Economics*, Vol.23, 323～339.
- Freeman, Paul A. and Kunreuther Howard (1997), *Managing Environmental Risk Through Insurance*, Boston: Kluwer Academic Publishers.
- 市岡修(1991), 『応用一般均衡分析』, 有斐閣.
- 伊坪徳宏・稲葉敦編(2005), 『ライフサイクル環境影響評価手法』, 産業環境管理協会.
- Jost, Peter-J.(1996) “Limited Liability and Requirement to Purchase Insurance,” *International Review of Law and Economics*, Vol.16, 259～276.
- 川崎研一(1999), 『応用一般均衡モデルの基礎と応用』, 日本評論社.
- Parsons, Christopher (2003) “Moral Hazard Liability Insurance,” *The Geneva Papers on Risk and Insurance* , Vol.28, 448～471.
- Pitchford, Rohan(1995) “How Liable Should a Lender Be?,” *American Economic Review*, Vol.85, 1171～1186.
- Polborn, Mattias(1998) “Mandatory Insurance and the Judgment-Proof Problem,” *International Review of Law and Economics*, Vol.18, 141～146.
- Shavell, Steven(1986) “The Judgement Proof Problem,” *International Review of Law and Economics*, Vol.6, 45～58.
- Shavell, Steven(1987) *Economic Analysis of Accident Law*, Cambridge: Harvard University Press.
- Shavell, Steven(2000) “On the Social Function and the Regulation of Liability Insurance,” *The Geneva Papers on Risk and Insurance* , Vol.25, 166～179.
- Shoven J. B. and Whalley J.[1992], *Applying General Equilibrium*, Cambridge: Cambridge University Press (小平裕訳[1993], 『応用一般均衡分析—理論と実際』, 東洋経済新報社)
- 鷲田豊明(2004), 『環境政策と一般均衡』, 勁草書房.