

エネルギー安全保障の定量的評価の研究^{*1}

A study for quantification of the energy security

戒能 一成^{*2*3}

2004年8月

要 旨

エネルギー安全保障については、従来定性的な国際情勢の評価や石油・石炭などのエネルギー源間での序列尺度による評価を基礎として論じられてきたが、現実に発生しているエネルギー安全保障上の問題とこうした評価法との間に乖離が生じており、地域間・異時点間で比較可能な新たな評価手法の開発と、当該手法に基づいたエネルギー安全保障の概念の再整理が必要な状況にある。

本稿では、国産エネルギー源については設備稼働率、輸入エネルギー源については貿易保険において保険料の算定基礎として使用されている国倍率カテゴリーから算定した輸入安全保障度などを用いて安全保障度に関する定量化指標を作成し、エネルギー源を含めた各種の財の安全保障度を比較することによって、現実のエネルギー安全保障上の問題を適切に反映したエネルギー安全保障度の定量的な評価手法を開発することに成功した。

また、当該輸入時の安全保障の定量的評価結果と様々な輸入財の輸入価格・数量の動向を比較分析した結果、価格・数量と安全保障度の動向は、その背後にある輸入財の供給構造と需給変化の段階を反映した動向を示しており、これらの指標の挙動を分析することにより、今後供給障害の発生する可能性とその相対的な影響の大きさを予測できる可能性があることを明らかにした。

キーワード： エネルギー安全保障、エネルギーセキュリティ、定量的評価、国別リスク

JEL Classification : H56, Q40, Q48

*1 本研究は慶應義塾大学学術フロンティア Global Security Research Institute (G-SEC) の研究成果の一部である。

*2 本稿の内容や試算結果は筆者個人に属するものであり、筆者が所属する独立行政法人経済産業研究所の見解を示すものではない。

*3 独立行政法人経済産業研究所研究員 kainou-kazunari@rieti.go.jp

目 次

表 紙

本 文

1. エネルギー安全保障の基本的考え方

- 1-1. エネルギー安全保障に関する現行の考え方
- 1-2. 現実のエネルギー安全保障における具体的問題と現行の考え方の乖離
- 1-3. エネルギー安全保障の再定義と概念構築
- 1-4. エネルギー安全保障に関する先行研究と本研究の着眼点

2. エネルギー安全保障の定量化手法

- 2-1. エネルギー供給障害の発生過程による類型化
- 2-2. エネルギー源別・供給形態別の安全保障度指標の算定
- 2-3. エネルギー源別の生産・輸入段階での安全保障度
- 2-4. エネルギー源別の転換・供給段階での安全保障度

3. エネルギー安全保障の定量的評価の試行

- 3-1. エネルギー源別の国内生産段階の安全保障度
- 3-2. エネルギー源別の輸入段階の安全保障度
- 3-3. エネルギー源別の生産・輸入の分散度(非集中度)の影響
- 3-4. エネルギー源別の供給側の安全保障度
- 3-5. 最終エネルギー消費部門別エネルギー安全保障度

4. 輸入財別の需給構造と輸入安全保障度の関係

- 4-1. 輸入財別の安全保障度と輸入量・輸入価格についての考察
- 4-2. 現実の輸入財別の価格・数量と安全保障度の動向

5. 本稿の成果と今後の課題

- 5-1. 本稿の成果のまとめ
- 5-2. 今後の課題

別添資料

参考文献

謝 辞

1. エネルギー安全保障の基本的考え方

1-1. エネルギー安全保障に関する現行の考え方

1-1-1. エネルギー政策基本法における関連規定

エネルギー安全保障については、2002年6月に制定されたエネルギー政策基本法第二条に「安定供給の確保」に関する規定があり、エネルギー安全保障に対する基本的な問題意識は、安定供給の確保であり、エネルギーに関する国際情勢の不安定性と特定地域への過度の依存に問題の起源があることを述べている。また、エネルギー安全保障を確保するための多様化・自給率向上などの政策手段が具体的に列記されて説明されている。

しかし、エネルギー安全保障の概念自体は直接的に定義されていない。

エネルギー政策基本法(平成14年6月法律第71号(抄))

(安定供給の確保)

第二条 エネルギーの安定的な供給については、世界のエネルギーに関する国際情勢が不安定な要素を有していること等にかんがみ、石油等の一次エネルギーの輸入における特定の地域への過度な依存を低減するとともに、我が国にとって重要なエネルギー資源の開発、エネルギー輸送体制の整備、エネルギーの備蓄及びエネルギーの利用の効率化を推進すること並びにエネルギーに関し適切な危機管理を行うこと等により、エネルギーの供給源の多様化、エネルギー自給率の向上及びエネルギーの分野における安全保障を図ることを基本として施策が講じられなければならない。

2 他のエネルギーによる代替又は貯蔵が著しく困難であるエネルギーの供給については、特にその信頼性及び安定性が確保されるよう施策が講じられなければならない。

1-1-2. エネルギー基本計画・エネルギー白書から理解される具体的考え方

エネルギー政策基本法第11条、第12条の規定に基づき、経済産業省は、エネルギー基本計画を策定し、また、毎年度エネルギー白書を作成し国会に報告しなければならないこととなっている。

2004年3月に策定された2004年版エネルギー白書では、エネルギー安定供給の確保について、第1部第1章において、エネルギー源の量的不足や、エネルギー価格の急激・大幅な上昇による、経済への悪影響を回避することが必要であると述べている。

しかし、当該エネルギー安定供給の確保のために具体的に採るべき措置としては、エネルギー基本計画において以下の5点であるとされており、その基本的考え方は、エネルギー源毎の比較による序列尺度を拡張した「石油への集中は危険、原子力・新エネルギーなどへの多角化が必要」というものであることが理解される。

- 1) 省エネルギー社会の構築
- 2) 石油をはじめとする輸入エネルギー源の自主開発と供給源の多角化
- 3) エネルギー源の多様化、原子力発電、新エネルギー等の開発の推進
- 4) 中東輸入依存度の高い石油・LPGの備蓄の確保
- 5) 電力などのエネルギー供給システムの信頼性の確保

1-2. 現実のエネルギー安全保障における具体的問題と現行の考え方の乖離

1-2-1. 近年現実に発生したエネルギー安全保障上の具体的問題例

近年、日本を巡ってエネルギー安全保障上発生した具体的問題としては、2001年4月のインドネシア旧アチェ特別州動乱問題、2002年10月からの東京電力他の原子力発電所の特別検査停止問題、2003年3月からのイラク戦争問題などが挙げられる。

これらの問題に共通する点は、現在のエネルギー安全保障問題は、単純なエネルギー源間での序列尺度に基づいた「石油への集中は危険、原子力・新エネルギーなどへの多角化が必要」という単純な図式が全く当てはまらなくなっているという点である。

1-2-2. インドネシア旧アチェ特別州動乱問題(2001年4月)

2001年4月にインドネシア旧アチェ特別州(現ナングロアチェ州)において、自由アチェ運動(GAM)派とインドネシア国軍との間で戦闘が発生し、同特別州においてインドネシア国営石油会社プルタミナにLNGを卸供給していたエクソンモービル社のアルン天然ガス液化プラントが停止を余儀なくされ、同プラントからの日本向け供給が途絶した事件。

アルン天然ガスプラントは、インドネシア全体のLNG産出の約30%弱、日本のLNG需要の約10%を供給しており、東京電力、東北電力向の火力発電用燃料として使用されていた。同プラントの停止に伴い、両社との契約元のインドネシア国営石油会社プルタミナによりインドネシア国内の他の天然ガス供給基地からの振替供給が行われ、実質的な供給障害の影響は微少であった。

しかし、従来エネルギー安全保障上問題が少ないとされてきたLNGにおいて実際に供給障害が起きた点では非常に重要な事件である。

1-2-3. 東京電力原子力発電所における点検結果の不正処理と特別検査停止問題(2002年10月)、関西電力美浜発電所における二次系配管の検査漏れによる死傷事故問題(2004年8月)

2002年10月に、東京電力福島第一原子力発電所1号機の自主点検検査の結果が改ざんされていることが判明し、2002年11月から原子炉等規制法に基づき経済産業大臣により同機の1年間の運転停止命令がなされ、2003年4月から東京電力の17基の原子力発電所全部を特別検査のため停止する措置がとられた事件。

2004年8月においても、関西電力美浜原子力発電所において二次系配管の検査漏れによる配管破断事故により4人が死傷する事故があり、関西電力の11基の原子力発電所全部を検査補修のため順次停止する措置がとられる事件が発生した。

原子力発電については、従来エネルギー安全保障上「多角化して推進すべき」エネルギー源として位置づけられてきたが、その原子力発電が人的要因より問題を生じた場合、実際に供給障害の要因となり得ることを示した点が非常に重要である。

1-2-4. イラク戦争における石油供給(2003年3月)

2003年3月に、アメリカ・イギリス他の多国籍軍が大量破壊兵器の製造保持に関する問題からイラクに宣戦布告し、中東湾岸地域において大規模な戦争が開始されたが、石油の量的確保には大きな問題を生じなかった事件。

従来のエネルギー安全保障においては、日本の石油の湾岸地域への依存を大きな問題として扱ってきたが、イラク戦争開始直後からOPECにおいてはアティーヤOPEC議長声明により「イラクの原油生産途絶に備え、当分の間、OPEC加盟各国が生産枠を超える生産能力の活用を図る」旨が表明され、石油価格の大幅な上昇の問題はあったものの、第一次・第二次石油危機のような供給途絶は発生しなかった。

現行のエネルギー安全保障上、石油の中東依存度を問題とする理由は、第1次中東戦争からイラン・イラク戦争に至る1970～85年頃の中東情勢においては、産油国が油田・製油所を接收し原油価格と供給量を一方的に通告・決定するなどの経済的障害が生じたこと、戦闘が長期化しペルシャ湾を航行するタンカーに対し軍事攻撃が加えられるなどの物理的障害が生じたことを背景としていると考えられる。

しかし、現在の国際石油情勢の市場構造は、上記期間内に原油が異常な高値となりロシア、中東周辺国、ベネズエラなどの産油国が生産能力拡大に積極的な投資を行った一方、OECD諸国では代替油田の開発、天然ガス・原子力・石炭へのエネルギー源の多様化、省エネルギーなどを進めた結果、慢性的な供給過剰に陥っている構図にある。また、産油国の国民消費支出水準の向上や人口増加などに従って、産油国側においても原油売却収入が確保できなくなるような「供給途絶(=供給側から見た場合「需要途絶」)」は好ましくない事態になりつつあることが推察される。

1-3. エネルギー安全保障の再定義と概念構築

1-3-1. 本研究におけるエネルギー安全保障の定義

エネルギー安全保障についての現行の考え方の問題点を改善し、現実には発生している問題点をよりの確に記述すること、エネルギー安全保障を定量化して評価するための基礎的な考え方を明らかにすることを目的として、本研究においては、エネルギー安全保障を以下のように改めて定義して議論を行う。

「エネルギー安全保障あるいはエネルギー安定供給の概念は、エネルギー需要側の短期的対応能力を超えた異常な価格上昇や量的制約が発生する危険度(リスク)の程度が、石油・石炭などの一次エネルギー源間あるいは異時点間で相対的にどの程度異なるかを比較した概念である。」

エネルギー安全保障については、長期的な資源枯渇問題を含めてこれを考察する向きもあるが、一般的な意味での「長期的予見可能性」がある限り資源枯渇問題はエネルギー需給各部門でのエネルギー源の切替投資の問題であり、安全保障問題として扱う理由はないと考えられる。

1-3-2. エネルギー安全保障の定量化の基礎

エネルギー安全保障に関する再定義により、個々の一次エネルギー源に関するエネルギー安全保障は、短期的対応能力を超えた異常な価格上昇・量的制約(以下「供給障害」という)が発生する確率と、当該供給障害を受けて需要側に発生する経済的影響の大きさの積(期待値)として定量的な概念として表現することができる。

さらに、国全体のエネルギー安全保障度は、個々の一次エネルギー源のエネルギー安全保障の程度を一次エネルギー総供給構成比により加重平均した値に、一次エネルギー源の分散による影響を乗じたものとして表現される。

$$ES_i = S_i \times l_i$$

$$ES = \sum_i (ES_i \times X_i) \times D_n \quad (\dots 1) \text{ (エネルギー安全保障の概念的評価式)}$$

i	一次エネルギー源(石油、石炭、天然ガス、核燃料、水力、風力、太陽…)
ES _i	各一次エネルギー源についてのエネルギー安全保障度
S _i	各一次エネルギー源のある期間内での供給側の安全保障度 (0 < S _i < 1)
l _i	各一次エネルギー源についての供給障害による国内経済への影響度
ES	一国全体のエネルギー安全保障度
X _i	各一次エネルギー源の一次エネルギー総供給構成比
D _n	一次エネルギー総供給構成の分散による効果

1-4. エネルギー安全保障に関する先行研究と本研究の着眼点

エネルギー安全保障に関する先行研究としては、定性的な研究結果はあるものの、定量的評価について研究を行っているものは極めて少数しか存在しない。

エネルギー源別のエネルギー安全保障度の定量的評価については、本研究の直接の先行研究となる戒能の研究事例があるほか、財団法人日本エネルギー経済研究所において、輸入エネルギー価格の変動係数をエネルギー源間で相対比較して、エネルギー源間の序列尺度として相対的なエネルギー安全保障度を比較する研究^{*4}が行われている。

本研究においては、生産地や生産時点の異なるエネルギー源の安全保障度を集散的に評価しエネルギー源間の序列尺度で論じるのではなく、エネルギー源が生産地で産出され、輸送され、日本国内で転換され、最終エネルギー消費に適した形態に供給されるまでの総合的な安全保障上の問題(リスク)を相対的に定量化し個別に評価していき、合計の安全保障度を生産地間・異時点間で相互比較する方法により、エネルギー安全保障の定量化評価を試みている点で、他に例を見ないものである。

*4 参考文献[4]、[5] 参照。

2. エネルギー安全保障の定量化手法

2-1. エネルギー供給障害の発生過程による類型化

各エネルギー源が供給障害を生じ、エネルギー安全保障度が低下する場合には様々な形態があるが、供給障害の発生過程に応じ生産・輸入段階、転換・供給段階に分類できる。

2-1-1. 生産・輸入段階での障害

エネルギー源を国内で採掘・採取する、あるいは輸入する段階での障害。

国内生産については、化石燃料においては鉱山事故・労働争議など、水力・風力・太陽光など自然エネルギーにおいては気象条件(凧、曇天など)が挙げられる。

輸入については、化石燃料・核燃料などの輸入エネルギー源について、生産国の輸出停止・制限(第1次石油危機)、戦争・内乱・経済混乱による輸出不能化(第2次石油危機、アチエ紛争)などが挙げられる。

2-1-2. 転換・供給段階での障害

エネルギー源を転換し供給する段階での障害。例えば、石油においては国内製油所の事故、核燃料においては原子力発電所の事故・停止(法規・制度による停止を含む^{*5})などが挙げられる。また、電力・天然ガス・熱供給などの専用の供給網を持つものについては、送配電網・パイプラインなどの事故・障害が挙げられる。

2-2. エネルギー源別・供給形態別の安全保障度指標の算定

各エネルギー源が供給障害を発生しない確率(=安全保障度)は、ある特定のエネルギー源の供給形態に対して、生産・輸入段階、転換・供給段階で供給障害が発生しなかった確率の積に、生産・輸入構成の分散による影響^{*6}を乗じた値として概念的に表現できる。

従って、各エネルギー源の各段階の供給障害の発生確率から安全保障度として妥当な指標化を行うことができれば、各エネルギー源についての供給側の安全保障度を推計することが可能であると考えられる。

$$S_i = \prod_k (S_{pk} \times S_{ck} \times X_{ik}) \times D_{ik} \quad \dots \quad (2) \text{ (供給側の安全保障度の概念式)}$$

S_i	各エネルギー源 <i>i</i> についての供給側の安全保障度(1 - 供給障害発生確率)
S_{pk}	各一次エネルギー源 <i>k</i> についての生産・輸入段階の安全保障度
S_{ck}	各一次エネルギー源 <i>k</i> についての転換・供給段階の安全保障度
X_{ik}	各エネルギー源 <i>i</i> を生産する際の一次エネルギー源 <i>k</i> の投入構成比
D_{ik}	各エネルギー源 <i>i</i> を生産する際の一次エネルギー源 <i>k</i> の投入構成の分散による効果

*5 原子力発電所の法規による停止(「定期検査」)は、事故を未然防止し回避するため人為的に供給を停止して保守点検を行う行為であると考えれば、「管理された供給障害」と見なすことが妥当である。

*6 概念上は、一次エネルギー供給元が分散していれば、いずれかの供給元が供給障害を発生した場合でも、他の供給元による増産で代替できる可能性が高く、供給障害に至る確率が低下するものと考えられる。

2-3. エネルギー源別の生産・輸入段階での安全保障度

2-3-1. 国産・準国産エネルギー源

エネルギー源のうち、国産あるいは準国産されているエネルギー源については、事故や自然条件の不適合など、需要側が任意の時間に 1 単位のエネルギー源の追加的供給を要望した際に、これに確実に応えられない状態が供給障害であると考えられる。

従って、国産・準国産エネルギー源については、そのエネルギー源別のエネルギー転換・生産設備容量に対してエネルギー源の産出が可能である確率、すなわち稼働率が安全保障度を示している指標であると考えられることができる。

具体的には、風力発電・太陽光発電については平均稼働率がそれぞれ 20 %、12 %しかないため、需要側が一定容量の風力発電・太陽光発電を整備し供給を得ようとしても、それぞれ 80 %、88 %の確率で無風や曇天などのため供給が得られない、あるいは設備容量に対して低い値の供給しか得られないと考えることができる。

同様に、準国産エネルギー源とされる原子力発電の平均稼働率は約 80 %であり、定期検査中などは供給が得られないため、20 %程度の確率で供給が得られないと考えることができる。

ここで、エネルギー源の自給率を高めることは、必ずしもエネルギー安全保障度を高めることにはならないこと、つまり不安定なエネルギー源をいくら国内で自給してもエネルギー安全保障度は高くないことに留意ありたい。

2-3-2. 輸入エネルギー源

エネルギー源のうち、輸入されるエネルギー源の供給障害が発生する確率を表現する指標としては、エネルギー源の供給国・供給地の経済的・社会的な危険度を示す指標が適切であり、外務省海外渡航情報、貿易保険の国倍率カテゴリー値などを用いることが考えられる。

(1) 外務省海外渡航情報

外務省海外渡航情報は、数段階の定性的指標で各国・地域の危険度を表現するものであり、世界各国・地域での戦争・経済混乱などの危険度に関する公式な評価指標である。

但し、必ずしもエネルギー源の輸出可能性と直結しない人的危険の問題(流行性疾患、軽犯罪の増加など)を含めて評価値が設定されること、実際の経済活動との関連性が薄いことなどの問題があり、エネルギー安全保障の定量化に用いる指標としては不適切であると考えられる。

(2) 貿易保険・国倍率カテゴリー値(別添資料 1 参照)

貿易保険の国倍率カテゴリー値は、8 段階の定量的指標で各国の経済的安定度(輸出入契約の履行度)を表現して貿易保険の引受料を決めるものであり、当該国の経済的危険度に関する公式な評価指標である。

また、貿易保険国別料率は原則先進国共通の指標であり、その数値設定は一定の客観性

を有すること、貿易保険・国倍率カテゴリー値は貿易保険料という実際の経済活動と密接に関連し具体性が高い指標であることなどが利点である。

但し、貿易保険・国倍率カテゴリー値は実態経済の挙動に過敏に反応し戦争・経済混乱などの兆候が見えた段階で直ちに「引受停止」となってしまうそれ以上の深刻さを表現しない傾向があること、通貨危機など金融面で評価が下がった国では却ってエネルギー輸出などの実物輸出を強化する政策を採る国があるため実態を反映しない問題がある。

2-3-3. エネルギー源別生産・輸入段階の安全保障度指標

2-3-1.,2-3-2.の結果から、エネルギー源別の生産・輸入段階の安全保障度は、以下のよう
に表現することが考えられる。

$$Spk = j (Snj \times Xekj) \times Dpk \quad \dots \dots 3) \text{ (生産・輸入段階の安全保障度の概念式)}$$

Spk	各一次エネルギー供給エネルギー源k の生産・輸入段階の安全保障度
j	国 (日本(国産)を含む)
Snj	各国からの供給に関する安全保障度 (0< Snj <1) 国産エネルギー源: = エネルギー生産設備平均稼働率 輸入エネルギー源: = 貿易保険・国倍率カテゴリー値の逆数
Xekj	各国からの各一次エネルギー源kの供給構成 (0< Xekj <1)
Dpk	各一次エネルギー源kの国別供給構成の分散による効果

2-4. エネルギー源別の転換・供給段階での安全保障度

エネルギー源別の転換・供給段階の安全保障度は、エネルギーの転換・供給設備における事故・故障率や法定検査による停止率を1から控除した値であると考えられる。

現実には、日本におけるエネルギー源別の転換・供給段階の供給障害発生確率は、局所的な自然災害や人災による場合を除きほぼ0であり安全保障度は1と考えてよい。

2-4-1. 直接供給によるエネルギー源

エネルギー源のうち、ガソリン、灯油、コークスなど多くの石炭・石油製品では、エネルギー転換を受けた製品が貨物輸送により供給されるため、エネルギー源別の転換・供給段階での供給障害発生確率は、エネルギー転換設備の平均的な事故・故障率や法定検査による停止率に、平均的な貨物の交通事故率を乗じた値がエネルギー源の供給障害発生確率であると考えられる。

2-4-2. ネットワーク供給によるエネルギー源

エネルギー源のうち、電力、都市ガス、熱供給など専用の送配電網・パイプライン・熱媒体管路などのネットワークにより供給されるものについては、エネルギー転換設備・エネルギー供給送配網を含めた平均的な事故・故障率や法定検査による停止率が、エネルギー源の供給障害発生確率であると考えられる。

3. エネルギー安全保障の定量的評価の試行

3-1. エネルギー源別の国内生産段階の安全保障度

3-1-1. 国内生産段階の安全保障度試算値

第2章での定量化手法の検討結果から、国産・準国産エネルギー源の安全保障度は、各エネルギー源の生産設備に関する稼働率として算定される。

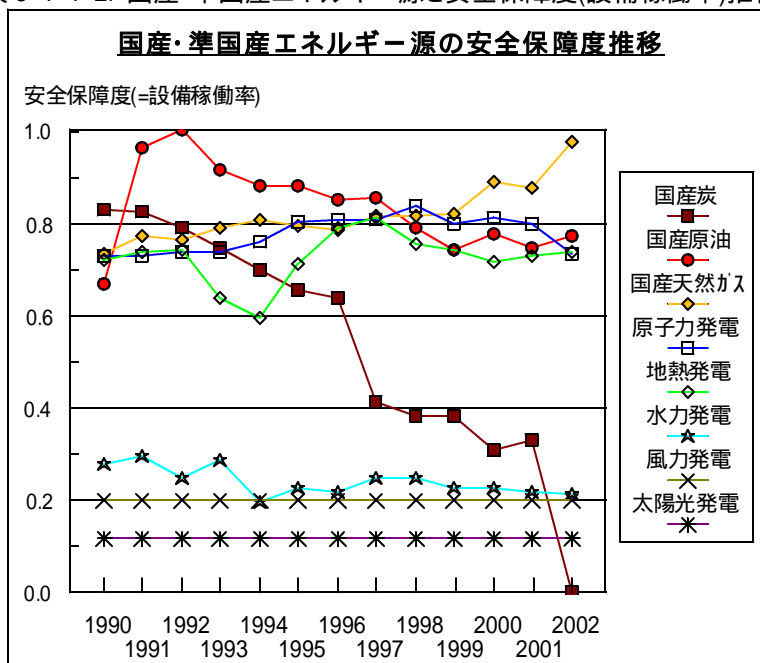
エネルギー生産・需給統計、電力調査統計などの公的統計による1990～2003年の国産・準国産エネルギー源の生産設備の稼働率から試算した各エネルギー源の稼働率(=安全保障度)などを表3-1-1-1. 図3-1-1-2. に示す。

[表3-1-1-1. 国産・準国産エネルギー源と安全保障度(=設備稼働率)・供給構成比率]

エネルギー源	安全保障度(=設備稼働率)			国内供給構成比率		
	1990	1995	2000	1990	1995	2000
国産一般炭	0.83	0.66	0.31	0.056	0.039	0.016
国産原油	0.66	0.88	0.78	0.003	0.003	0.003
国産天然ガス	0.73	0.79	0.89	0.043	0.038	0.035
原子力発電	0.73	0.80	0.80	--	--	--
水力発電	0.28	0.23	0.22	--	--	--
太陽光発電	0.12	0.12	0.12	--	--	--
風力発電	0.20	0.20	0.20	--	--	--
地熱発電	0.72	0.71	0.73	--	--	--

出典) エネルギー生産・需給統計年報、電力調査統計各年度版

[表3-1-1-2. 国産・準国産エネルギー源と安全保障度(設備稼働率)推移]



3-1-2. 国内生産段階の安全保障度の評価

国産の化石燃料では、国産原油・国産天然ガスの安全保障度はほぼ 0.7 ~ 0.9 の値となっているが、国産炭においては国内炭鉱の閉山の影響で 1996 年以降大きく安全保障度が低下して推移している。また、量的に見た場合、各エネルギー源別の国内供給構成比は、最も大きい国産天然ガスにおいても 4 % に満たない小さい値となっている。

準国産エネルギーとして位置づけられている原子力発電については、安全保障度がほぼ 0.8 程度の値で推移してきたが、人的要因に起因する特別検査や事故による停止などにより、近年 0.7 程度迄低下して推移している。

国産の再生可能エネルギーである水力発電・地熱発電・風力発電・太陽光発電では、安全保障度は地熱発電の 0.7 程度が最大であり、水力発電・風力発電・太陽光発電では安全保障度はいずれも 0.2 ~ 0.1 程度の極めて低い値で推移している。

これらの結果は平均値による評価であり、個別に見た場合には、通年を通して発電可能で稼働率が 100 % 近く安全保障度が 1 に近い値をとる水力発電施設や、地質条件や運転管理状態が悪く稼働率の低い油ガス田などが存在することに留意する必要がある。

3-2. エネルギー源別の輸入段階の安全保障度

3-2-1. 輸入段階の安全保障度試算値

第 2 章での定量化手法の検討結果から、輸入エネルギー源の安全保障度は、各エネルギー源の輸出国の 8 段階評価による貿易保険・国倍率カテゴリー値の逆数(1.000 ~ 0.125)を、日本貿易統計の輸入統計から得られる各エネルギー源の輸入国別の輸入金額シェアで加重平均した値として算定される。

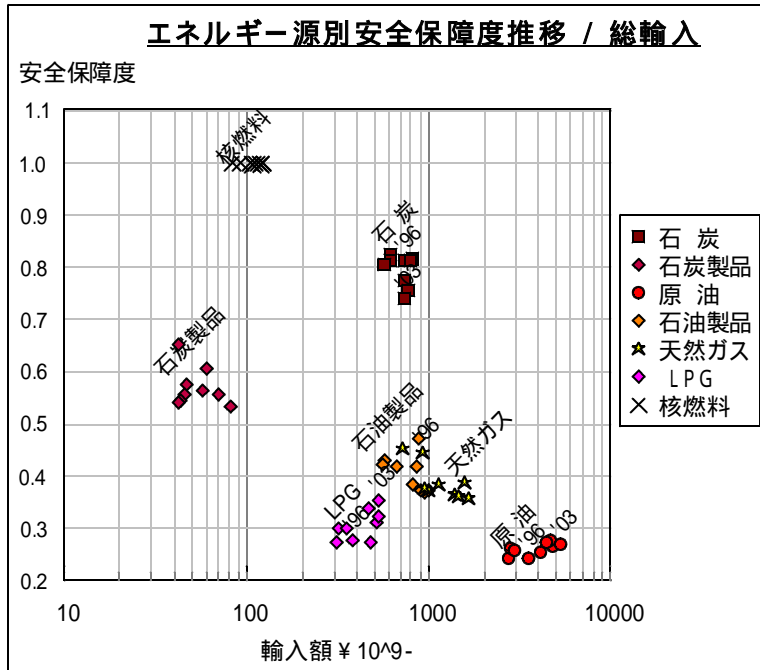
ここでは、貿易保険・国倍率カテゴリー値のデータ制約から、1995 ~ 2003 年(暦年)の値からエネルギー源別の安全保障度を推計した。貿易保険・国倍率カテゴリー値の逆数を安全保障度としているため、最も安全保障度の高い先進国(A)で 1.000、最も安全保障度の低い紛争国・貿易障害発生国(H)で 0.125 の値となる。

各エネルギー源別の輸入安全保障度の試算結果を表 3-2-1-1、図 3-2-1-1. に示す。

[表 3-2-1-1. 輸入エネルギー源別安全保障度と輸入金額の推移]

エネルギー源	安全保障度(=リスク逆数)			輸入金額(10 億円)		
	1995	2000	2003	1995	2000	2003
石 炭	0.825	0.803	0.740	623	587	748
石炭製品	0.575	0.564	0.533	47	58	83
原 油	0.244	0.266	0.271	2781	4804	5314
石油製品	0.432	0.369	0.374	576	968	1011
天然ガス(LNG)	0.453	0.365	0.359	720	1406	1695
LPG	0.273	0.312	0.356	314	529	542
核燃料	1.000	1.000	0.997	117	123	119

[図 3-2-1-1. 輸入エネルギー源別安全保障度と輸入金額の推移]



3-2-2. 輸入段階の安全保障度のエネルギー源別評価

エネルギー源別の輸入段階の安全保障度を貿易保険・国倍率カテゴリー値を用いて定量化する手法については、当該手法により現実の輸入段階でのエネルギー安全保障上の問題を適切に反映した定量的指標が得られることが判明した。

個別エネルギー源の試算結果とその評価は以下のとおり。

(1) 石炭・石炭製品

石炭については、輸入段階での安全保障度が 0.8 前後で推移しており、輸入化石燃料中最も安全保障度が高い結果となっている。

1995 年から 2003 年にかけて石炭需要のうち発電用などに用いる一般炭の需要のみが大幅に増加したことから、石炭の主な輸入先は 1995 年のオーストラリア、カナダ、アメリカから、2003 年にはオーストラリア、中国、インドネシアに変化しており、石炭の安全保障度は低下傾向にある。

しかし、なお石炭の輸入全体の約 50 %をオーストラリアから輸入する構造には変化がないため、全体の安全保障度はなお他の化石燃料と比較して極めて高い水準に保持される結果となっている。

石炭製品の大部分は中国からのコークス輸入であり、安全保障度は 0.5 ~ 0.6 程度で推移している。石炭製品については、輸入量・輸入金額ともに他の化石燃料と比較すると非常に小さい。

(2) 原油・石油製品(LPG)

原油については、輸入段階での安全保障度 0.2 ~ 0.3 程度で推移しており、輸入される化石燃料中最も安全保障度が低い結果となっている。原油の輸入先は、アラブ首長国連邦、サウジアラビア、イランなどであり、上位輸入国の構成には殆ど変化がなく、安全保障度は相対的に他の化石燃料と比較して低い値のまま推移している。

原油において注意すべきは、2003 年のイラク戦争の発生に関して原油は大幅に値上がりしたが、戦闘区域がイラク内陸部に限定されていたことから、中東湾岸諸国の貿易保険・国別カテゴリ値は殆ど変化がなく、また日本はイラクから原油の輸入が非常に少量であったことなどから、イラク戦争の影響が殆ど見られないことである。

石油製品(LPGを除く)については、サウジアラビアなど中東諸国から輸入されるナフサや、韓国などから輸入される軽油・灯油などの燃料製品であり、全体としての安全保障度は 0.4 前後で推移している。

LPGについては、輸入段階での安全保障度 0.3 程度で推移しており、近年若干改善傾向にある。LPGの主な輸入先は、サウジアラビア、アラブ首長国連邦などであるが、1995 年から 2003 年にかけてオーストラリアからの輸入が増大し、インドネシアからの輸入が減少したため、安全保障度が若干改善する傾向となっている。

(3) LNG

天然ガス(LNG)については、1995 年から 1998 年にかけて輸入段階での安全保障度が 0.45 から 0.35 に大幅に低下して推移している。これは、日本がLNG輸入の 30 ~ 40 %を依存するインドネシアの経済混乱と国内紛争を受けて貿易保険・国倍率カテゴリが 1998 年に C G に引下げられたこと、国内の天然ガス(LNG)需要の増加により中東(カタール、オマーンなど)のカテゴリD水準の国からの輸入が増加したためであり、特にインドネシアに関しては 2001 年の供給障害の発生を「予告」する形で安全保障度が悪化していたことが注目される。

天然ガス(LNG)については、従来は比較的安全保障上優れたエネルギー源と見なされてきたが、現状では安全保障度が石油製品より低い値となり原油やLPGと殆ど大差ない水準に迄低下していること、また従来原油の供給上「問題あり」とされた中東湾岸地域からのLNG輸入が急激に増加していることに注意が必要である。

(4) 核燃料

核燃料については、輸入段階での安全保障度はほぼ 1 で推移している。日本で用いられる軽水炉用の濃縮ウラン燃料は、その大部分がアメリカ、フランスなどの先進国から輸入されているため、安全保障度は極めて高い値を示す結果となっている。

原子力発電は、他の発電方式と比較して設備費が高く燃料費が低い特性があるため、核燃料の輸入額は他のエネルギー源と比較して 1 桁以上小さい結果となっている。

3-3. エネルギー源別の生産・輸入の分散度(非集中度)の影響

エネルギー源別の生産・輸入の分散度(非集中度)については、生産・輸入を通算した供給構成比の2乗和の8乗根の逆数で表現することが考えられる。

8乗根の逆数とする理由は、分散度が完全1国集中の場合1、2国複占の場合1.09、貿易分類の全地域(約240地域)に均等に分散していればほぼ2となるためである。

$$Dpk = \left(\sum_j (Xek_j)^2 \right)^{-1/8} \quad \dots \quad (4) \text{ (生産・輸入段階の分散度の評価式)}$$

Dpk 各一次エネルギー源k についての生産・輸入段階の分散度(非集中度)

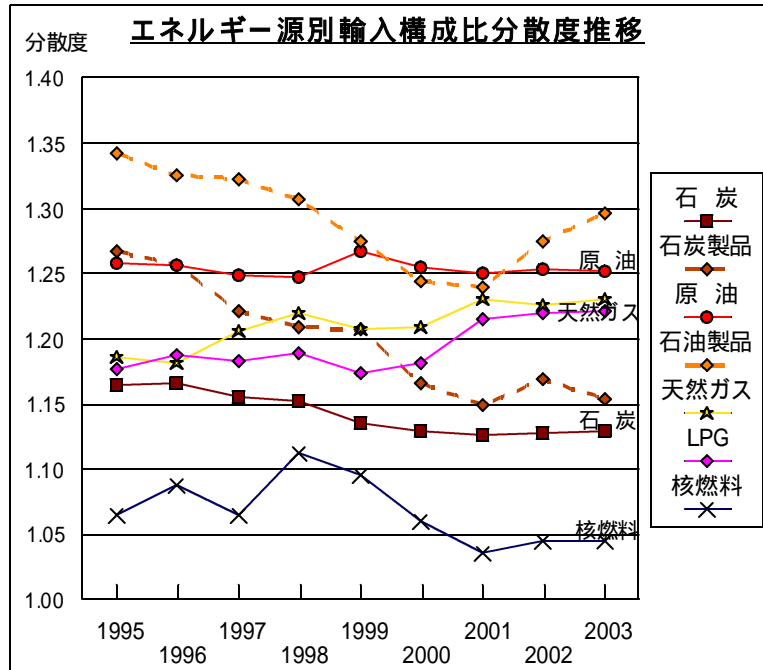
j 国 (日本(国産)を含む)

Xekj 各一次エネルギー源kについてのj国 (日本(国産)を含む)の供給構成比

当該方法で分散度(非集中度)を評価した場合、水力発電・風力発電や原子力発電など、国産・準国産エネルギー源はいずれも分散の評価値が最低の1となる⁷。

一方、当該方法でエネルギー源別の輸入構成比の分散度(非集中度)を試算した結果は、図3-3-1-1. のとおりであり、原油・石油製品で分散度(非集中度)が高く、石炭や核燃料で分散度(非集中度)が低い結果となり、各エネルギー源の輸入構成はエネルギー安全保障上の対策の1つである「分散」を既に織込んだ対応がとられていることが理解される。

[図 3-3-1-1. エネルギー源別輸入構成比分散度(非集中度)推移(n=8)]



*7 エネルギー源を全部国産していることは、供給源を日本という特定の国に限定していることに他ならず、本手法による供給源の分散の評価としては最低の値を与えることとなる。

国産エネルギー源による分散の効果の評価する場合には、供給元でのエネルギー施設の分布形態など、国単位の問題よりも細かい、供給源の具体的な構造・構成において評価すべきものと考えられる。

3-4. エネルギー源別の供給側の安全保障度

3-4-1. エネルギー源別の供給側の安全保障度の評価式

3-1. ~ 3-3. の結果などから、エネルギー源別の供給側の安全保障度の評価は、以下の式により行うことが妥当であると考えられる。

$$\begin{aligned} S_i &= k (S_{pk} \times X_{ik}) \times D_{ik} \\ S_{pk} &= j (S_{nj} \times X_{ekj}) \times D_{pk} \\ D_{ik} &= (k (X_{ik}^2))^{-1/3} \\ D_{pk} &= (j (X_{ekj}^2))^{-1/8} \quad \dots \dots 5) \text{ (供給側の安全保障度の評価式)} \end{aligned}$$

S_i	各エネルギー源 <i>i</i> についての供給側の安全保障度(1 - 供給障害発生確率)
S_{pk}	各一次エネルギー源 <i>k</i> についての生産・輸入段階の安全保障度
D_{ik}	各エネルギー源 <i>i</i> を生産する際の一次エネルギー源 <i>k</i> の投入構成の分散による効果 (1 < D_{ik} < 2)
X_{ik}	各エネルギー源 <i>i</i> をエネルギー転換により生産する際の一次エネルギー源 k の投入構成 (0 < X_{ik} < 1、一次エネルギー源の直接利用時は 1)
j	国 (日本(国産)を含む)
S_{nj}	各国からの供給に関する安全保障度 (0 < S_{nj} < 1) 国産エネルギー源: = エネルギー生産設備平均稼働率 輸入エネルギー源: = 貿易保険・国倍率カテゴリー値の逆数
X_{ekj}	各国からの各一次エネルギー源 <i>k</i> の供給構成 (0 < X_{ekj} < 1)
D_{pk}	各一次エネルギー源 <i>k</i> の供給国 <i>j</i> の分散による効果 (1 < D_{pk} < 2)

3-4-2. 主要エネルギー源別の供給側の安全保障度の試算結果

3-4-1. に従い、主要なエネルギー源別の供給側の安全保障度を試算した結果は表 3-4-2-1. 図 3-4-2-1. のとおり。参考迄に一次エネルギー供給推移を図 3-4-2-2. に示す。

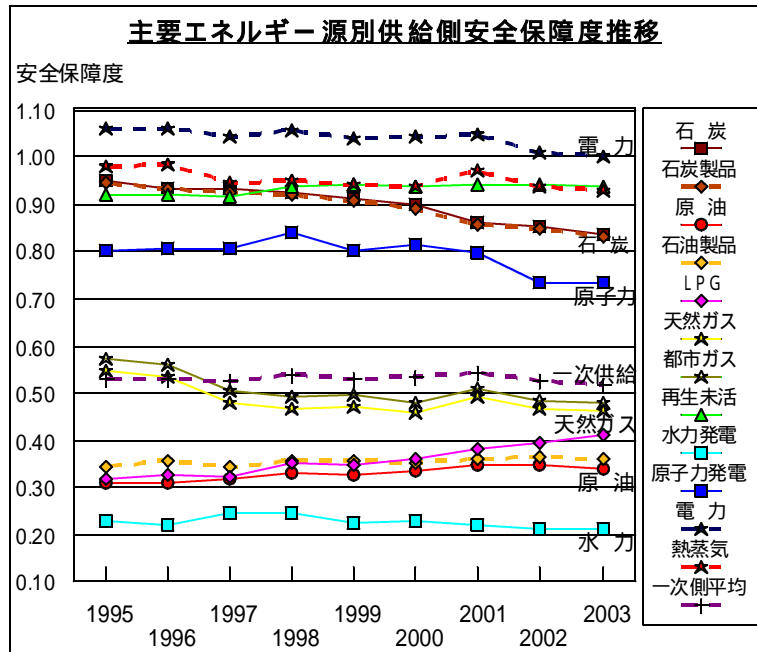
[表 3-4-2-1. 主要エネルギー源別の供給側安全保障度の試算結果]

エネルギー源	供給側の安全保障度									
	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	
石 炭	0.949	0.935	0.931	0.924	0.912	0.897	0.862	0.851	0.836	
石炭製品	0.947	0.932	0.925	0.921	0.909	0.889	0.857	0.847	0.829	
原 油	0.309	0.310	0.318	0.331	0.328	0.335	0.348	0.346	0.341	
石油製品*	0.345	0.355	0.346	0.357	0.356	0.351	0.362	0.364	0.359	
LPG	0.318	0.326	0.324	0.353	0.348	0.360	0.381	0.395	0.411	
天然ガス	0.547	0.534	0.479	0.467	0.470	0.456	0.490	0.466	0.461	
再生未活用	0.918	0.920	0.914	0.936	0.941	0.938	0.939	0.940	0.937	
水力発電	0.229	0.220	0.248	0.248	0.227	0.227	0.220	0.214	0.214	
原子力発電	0.803	0.808	0.806	0.838	0.799	0.813	0.797	0.733	0.733	
都市ガス	0.571	0.559	0.504	0.493	0.494	0.479	0.511	0.485	0.481	
電 力	1.062	1.061	1.044	1.053	1.037	1.043	1.045	1.011	1.000	
熱蒸気供給	0.981	0.984	0.945	0.947	0.943	0.936	0.970	0.935	0.928	

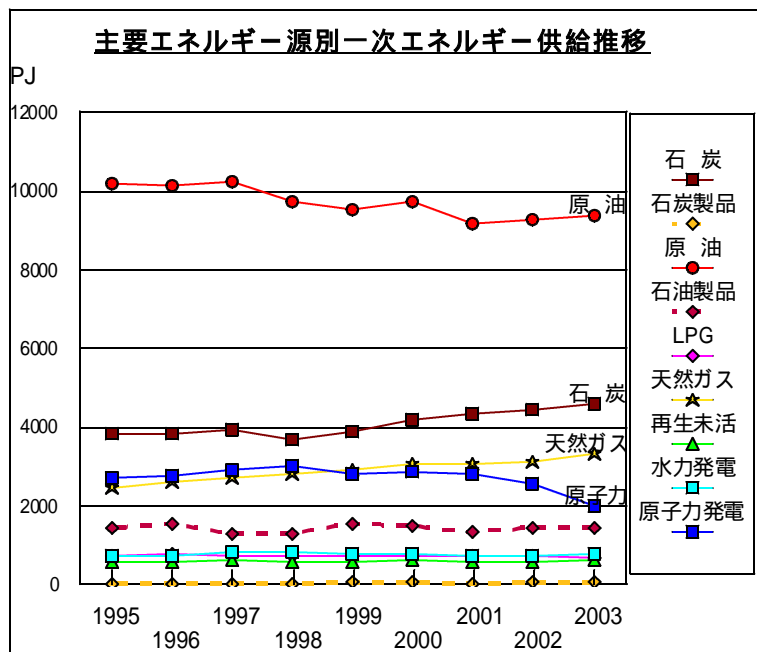
表注) 石油製品にはLPGを含まない。

石炭製品 ~ 電力などの一次エネルギー源の投入構成比は総合エネルギー統計により試算。

[図 3-4-2-1. 主要エネルギー源別供給側安全保障度推移]



[図 3-4-2-2. 主要エネルギー源別一次エネルギー供給量推移(参考)]



3-4-3. 主要エネルギー源別の供給側安全保障度の評価

(1) 石炭・石炭製品

石炭については、安全保障度 0.9 前後で推移しており、化石燃料中最も安全保障度が高い

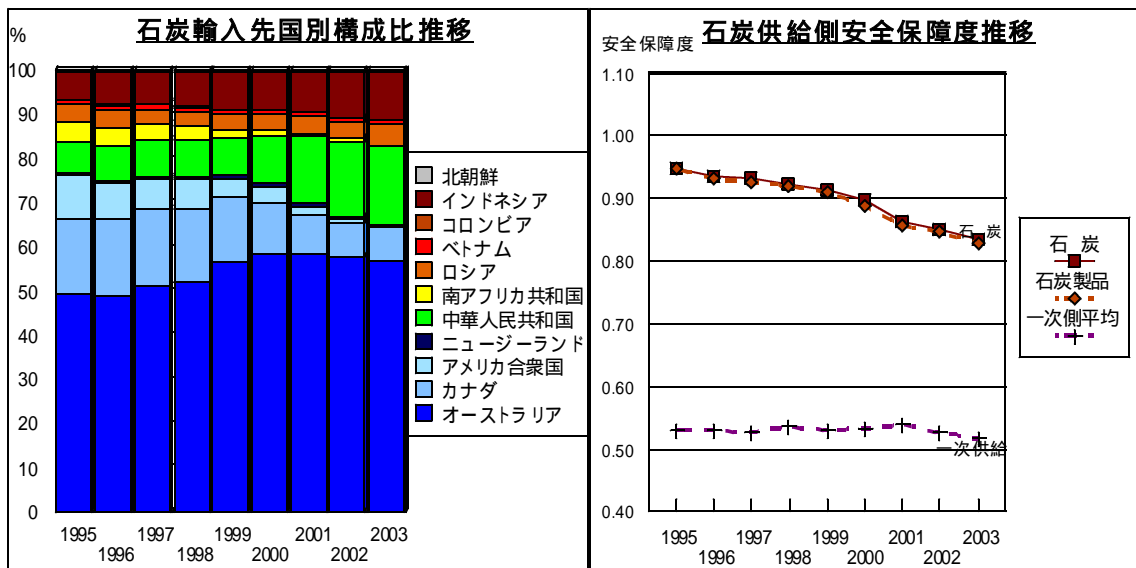
結果となっている。但し、近年、一般炭を中心とする需要の拡大とともにエネルギー安全保障度の低下傾向が見られる。

石炭については、従来、オーストラリア、カナダなどを主要な供給源とし、エネルギー安全保障上極めて優れたエネルギー源と考えられてきたが、需要の拡大とともに中国、インドネシア、ロシアなど貿易保険・国倍率カテゴリー値が相対的に低い国からの輸入が近年急増しており、こうした国からの輸入分については、少なくともその動向を監視し何らかの安全保障上の対策を検討しておく必要があるものと考えられる。

石炭製品については、輸入量が極めて少量であり、国内需要の大部分は輸入原料炭からのエネルギー転換により国内で生産・供給されているため、安全保障度は石炭の値とほぼ同じ値で推移している。

石炭の輸入先国別構成推移と安全保障度推移を図 3-4-3-1,2. に示す。

[図 3-4-3-1,2. 石炭輸入先国別構成比・石炭安全保障度推移]



(2) 原油・石油製品・LPG

原油については、安全保障度 0.3 前後で推移しており、化石燃料の中で最も安全保障度が低い状態で推移している。

原油については産出地域が限定されるため、従来、石油備蓄による短期的対策、自主開発原油の拡大など輸入先国の供給構成を分散させるなどの長期的対策により、安全保障度の向上が図られてきた。しかし、ナイジェリア、スーダン、イラク、ベネズエラなど貿易保険・国倍率カテゴリーが著しく低い国に輸入先を多角化することは、安全保障度を殆ど向上させず、供給が停止して「逆効果」となる場合があることが観察される。

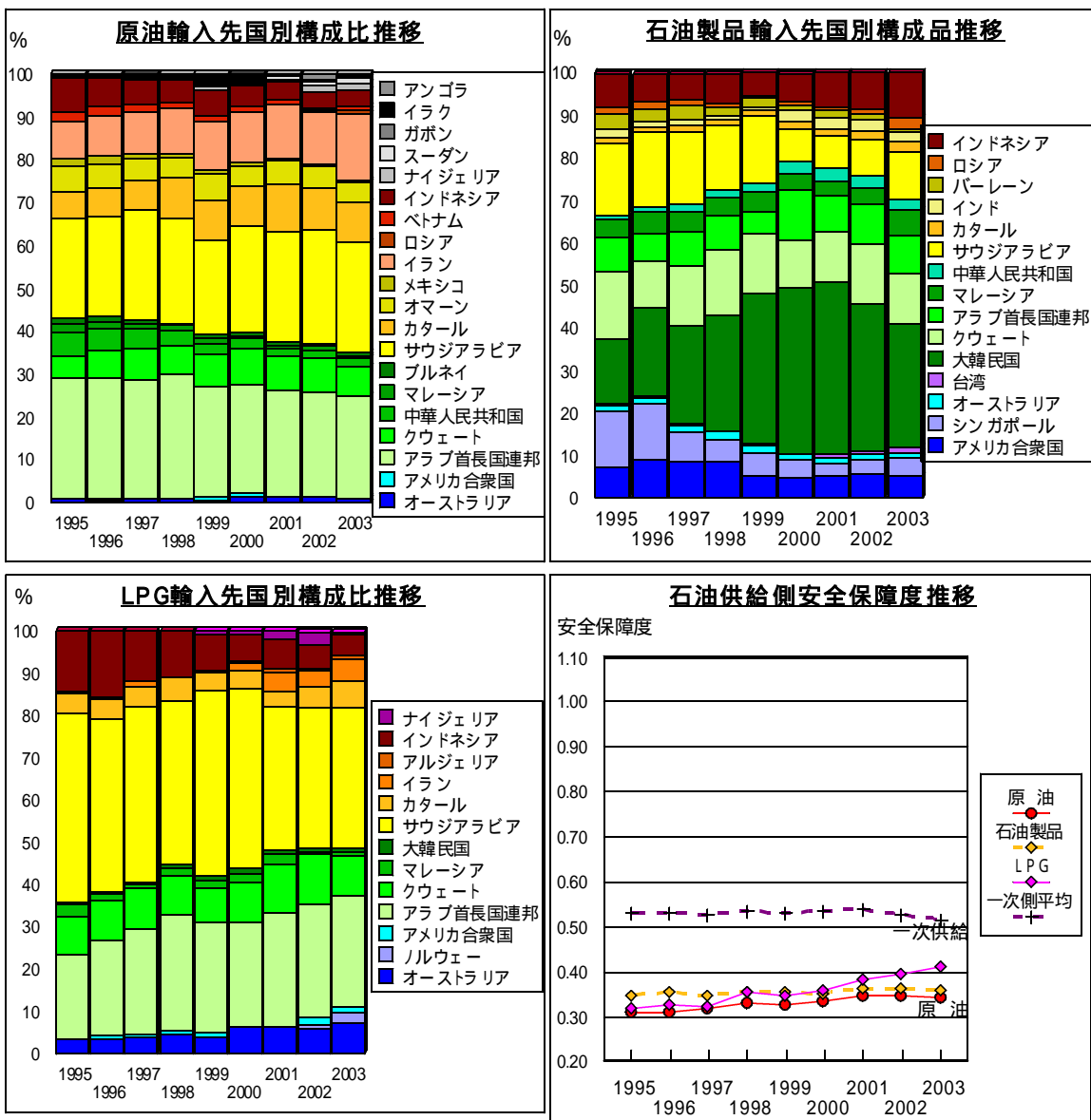
石油製品(LPGを除く)については、国内需要の大部分は国内での石油精製により原油からエネルギー転換されて生産・供給されているため、安全保障度は原油とほぼ同じ値で推移して

いる。石油製品の輸入分の大部分は石油化学原料用ナフサであるが、韓国、シンガポール、中東諸国など石油精製設備を持つ極めて多数の国から輸入があり、これらの国の間でシェアが激しく変動していることが観察される。

LPGについては、従来そのほぼ全量の中東地域に依存し、安全保障度が原油とほぼ同じ 0.3 程度の水準で推移してきたが、近年、オーストラリアからの輸入増大、インドネシア、ナイジェリアなどの貿易保険・国倍率カテゴリーが著しく低い(下がった)国からの輸入の減少、またこれらの結果としての輸入先の分散化・多角化により、安全保障度は徐々に向上し 0.4 を超える水準となっていることが注目される。

石油の輸入先国別構成推移と安全保障度推移を図 3-4-3-3.~ 6. に示す。

[図 3-4-3-3.~ 6. 石油輸入先国別構成比・石油安全保障度推移]



(3) 天然ガス・都市ガス

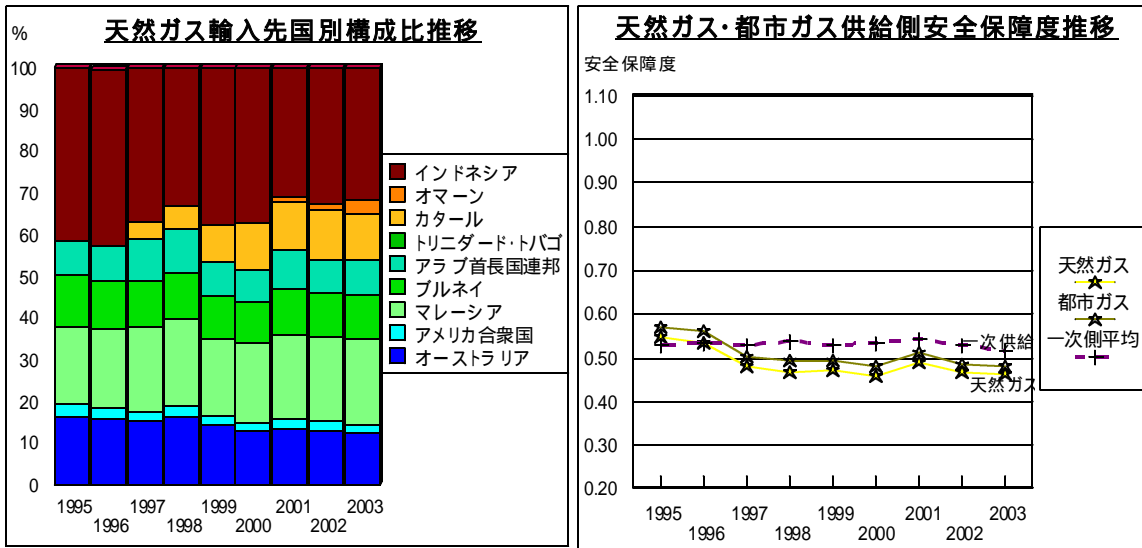
天然ガスについては、安全保障度 0.4 前後で推移しているが、近年エネルギー安全保障度の著しい低下傾向が見られる。既に天然ガスの安全保障度は、一次エネルギー総供給の平均値以下であり、原油やLPGと大差ない水準に迄低下しているため、原油やLPG同様に備蓄や自主開発など安全保障上の措置を検討する必要があると考えられる。

天然ガスについては、従来インドネシア、マレーシア、オーストラリアなど中東以外の地域を主要な供給源とし、エネルギー安全保障上相対的に優れたエネルギー源と考えられてきたが、インドネシアの経済混乱・国内紛争の発生による安全保障度の低下、カタール、オマーンなど安全保障度が相対的に低い中東諸国からの輸入が増加しており、特にこうした国からの輸入分については、安全保障上の対策を早急に講じる必要があるものと考えられる。

都市ガスについては、現状において天然ガスをほぼ唯一のエネルギー源として生産されており、二次エネルギーであるにもかかわらず、エネルギー源の分散による効果が殆どないため、その安全保障度は天然ガスと大差ない水準で推移している。

天然ガスの輸入先国別構成推移と、天然ガス・都市ガスの安全保障度推移を図 3-4-3-7.,8. に示す。

[図 3-4-3-7.,8. 天然ガス輸入先国別構成比、天然ガス・都市ガス安全保障度推移]



(4) 再生可能・未活用エネルギー、水力発電、原子力発電

再生可能・未活用エネルギーについては、現状においてその大部分は回収電力・回収蒸気などの未活用エネルギーであり、その安全保障度は 1 であること、さらに再生可能エネルギーの大部分は地熱発電が占め、その安全保障度は 0.7 程度であるため、極めて高い安全保障度で推移している。今後、新エネルギーの開発導入の拡大政策に伴い、風力発電などの導入が拡大する場合、再生可能・未活用エネルギーの安全保障度は低下することが予想される。

水力発電については、その稼働率が毎年の降水量に大きく影響されるため、稼働率から算定した安全保障度はエネルギー源の中で最も低い0.2 前後で推移している。

原子力発電については、安全保障度が0.8 前後で推移してきたが、2002 年・2003 年度における稼働率の低下問題により、0.7 程度まで安全保障度が低下している。しかし、こうした問題にもかかわらず、原子力発電の安全保障度はなお一次エネルギー総供給の平均値よりも高い値で推移している。

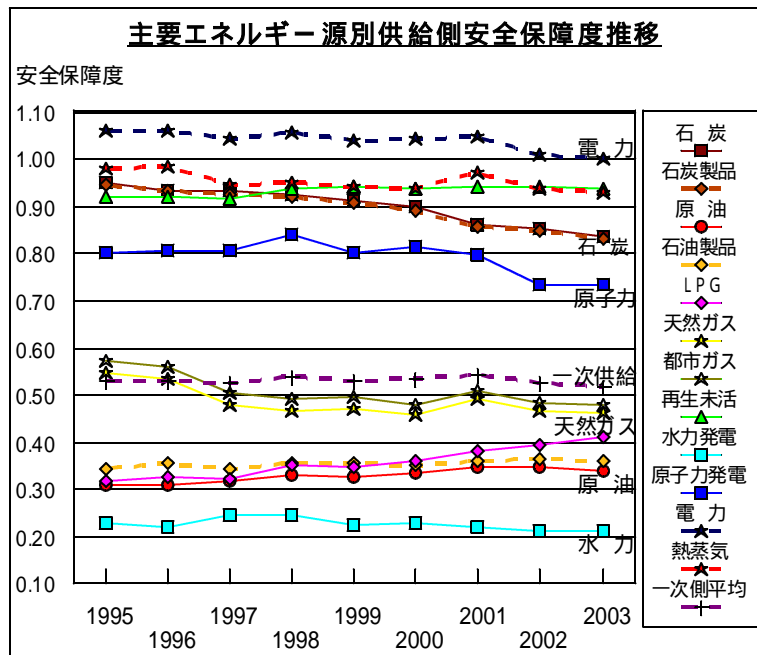
(5) 電力、熱蒸気供給

電力、熱蒸気供給については、安全保障度がエネルギー源の中で最も高い1 前後の水準で推移している。

電力や熱蒸気供給のエネルギー転換に投入された一次エネルギー源の安全保障度を単純に加算平均すると0.6 ~ 0.7 程度の値となるが、電力や熱供給においては、一次エネルギー供給側のエネルギー源の選択性が極めて高く、また長年に亘りエネルギー源の多様化政策が展開されてきたため、エネルギー源の分散による効果が非常に大きく働いており、安全保障度が極めて高い水準で推移する結果となっている。

実際に、原子力発電における2002 年・2003 年度の稼働率の低下に際し、石炭・石油などの他のエネルギー源の投入により、電力の供給が不足する事態は回避されており、エネルギー源の選択性に優れた二次エネルギー源である電力や熱蒸気供給のエネルギー安全保障上の効果が実証されたことが指摘できる。

[図 3-4-2-1. 主要エネルギー源別供給側安全保障度推移] (再掲)



3-5. 最終エネルギー消費部門別エネルギー安全保障度

3-4. においては、エネルギー源別の供給側のエネルギー安全保障度を試算したが、各最終エネルギー消費部門別のエネルギー源の消費(需要)構成から、直ちに最終エネルギー消費部門別のエネルギー安全保障度を試算⁸することができる。

$$S_d = \sum_i (S_i \times X_{id}) \quad \dots 6) \text{ (最終消費部門の安全保障度の評価式)}$$

S_d 最終エネルギー消費部門dの安全保障度
 S_i 各エネルギー源iについての供給側の安全保障度(1 - 供給障害発生確率)
 X_{id} 各最終エネルギー消費部門のエネルギー源iの消費(需要)構成 (0 < X_{id} < 1)

総合エネルギー統計による各最終エネルギー消費部門別のエネルギー源消費(需要)構成と、3-4. における試算値を用いて、最終エネルギー消費部門別のエネルギー安全保障度を試算した結果は、表3-5-1-1.、図3-5-1-1. のとおり。

石炭、電力・蒸気などのエネルギー源の利用が多い製造業や、電力の利用の多い民生家庭・業務他部門においては、相対的に他の部門と比較してエネルギー安全保障度が高い結果となっている。

一方、運輸部門においては、自動車・航空機・船舶などの移動体のエネルギー源が各種の石油製品に大きく依存していることから、エネルギー安全保障度が相対的に低い結果となっている。同様の理由から、農業機械・漁船など移動体の利用の多い非製造業部門でも相対的にエネルギー安全保障度が低い⁹結果となっている。

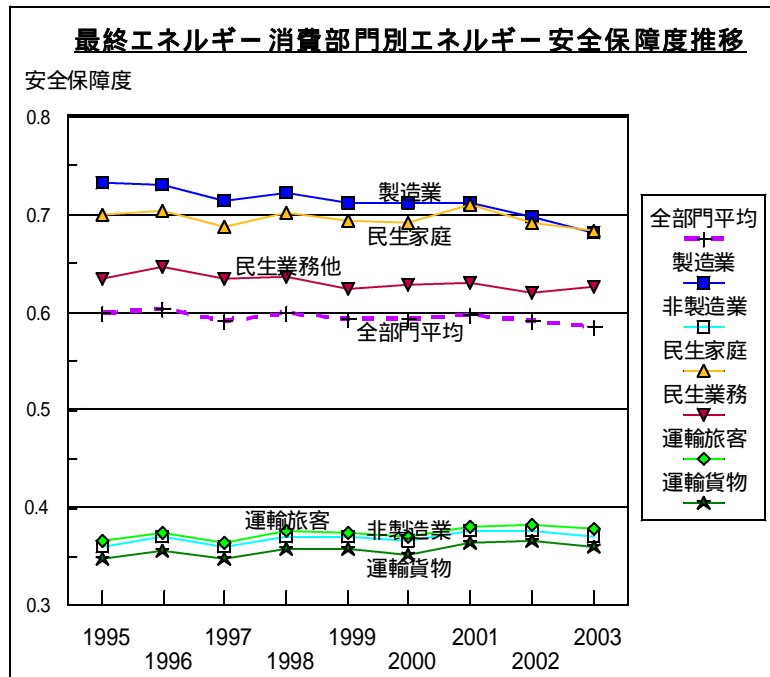
[表 3-5-1-1. 最終エネルギー消費部門別エネルギー安全保障度推移]

部 門	最終エネルギー消費部門別安全保障度								
	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
全部門	0.599	0.603	0.591	0.598	0.593	0.593	0.598	0.590	0.584
産 業	0.680	0.681	0.670	0.678	0.672	0.672	0.674	0.662	0.649
非製造業	0.360	0.370	0.360	0.371	0.371	0.366	0.376	0.377	0.371
製造業	0.731	0.729	0.713	0.722	0.711	0.711	0.712	0.697	0.681
民 生	0.664	0.672	0.659	0.664	0.654	0.656	0.665	0.650	0.652
家 庭	0.699	0.702	0.686	0.701	0.692	0.690	0.710	0.691	0.683
業務他	0.633	0.645	0.635	0.635	0.624	0.628	0.630	0.618	0.626
運 輸	0.358	0.367	0.357	0.369	0.368	0.363	0.374	0.376	0.372
旅 客	0.366	0.374	0.365	0.376	0.375	0.370	0.380	0.383	0.378
貨 物	0.347	0.356	0.347	0.358	0.358	0.353	0.363	0.366	0.361

*8 最終エネルギー消費部門においては、現実の需要はエネルギー使用機器毎に細分化されており、暖房などの特定の用途を除いてはエネルギー源の間の代替性は殆どないと考えられることから、最終エネルギー消費部門でのエネルギー源構成の分散による効果を考慮することは不適切であると考えられる。

*9 ここでの最終エネルギー消費部門のエネルギー安全保障度の試算は各部門の平均的な安全保障度を示すものであり、石油依存度の高い製造業業種や家庭部門における灯油での暖房用途、旅客部門における鉄道利用など、個別の業種やエネルギー利用形態により部門全体の評価が必ずしも当てはまらない場合がある。

[図 3-5-1-1. 最終エネルギー消費部門別エネルギー安全保障度推移]



4. 輸入財別の需給構造と輸入安全保障度の関係

4-1. 輸入財別の安全保障度と輸入量・輸入価格についての考察

4-1-1. 輸入財別の安全保障度の評価と需給構造の模式化

第3章においては、エネルギー源別の供給側でのエネルギー安全保障度の推移が、稼働率や貿易リスクによる生産・輸入段階でのエネルギー源別のエネルギー安全保障度と、その供給構成の分散による効果により定量的に評価できることを示した。

本章においては、当該評価の意味をより深く理解するため、エネルギーを含めた全部の輸入財について、その輸入段階での安全保障度の評価と各財の需給構造の関係について考察を行う。

議論の簡略化のため、各財の需給構造について以下のような前提を設け、模式的な需給構造を考える。

輸入財の需要構造については、平常時は増加を続けるが、供給障害が発生した際には価格の上昇などの経済的影響により需要は時間とともにある程度減少していくことが考えられる。

輸入財の供給構造については、政情不安国(L)と政情安定国(H)の2国からの供給を考え、政情不安国(L)については「ある頻度」で供給障害が発生すると考える。最も極端な供給構造として、政情不安国(L)の潜在供給力が卓越する場合と、政情安定国(H)の潜在供給力が卓越する2通りの場合が考えられ、前者では供給障害の発生確率とその規模・影響が大きく、後者ではその逆であると考えられる。

模式化による考察の前提

(需 要)

- ・ 財の需要は、通常時には需要量が増加する方向に需要曲線が移動する。
- ・ 財の需要は、供給障害発生時には、供給障害発生直後においては同一の需要曲線上で需要が減少する方向に移動するが、供給障害発生から一定時間をおいた後には需要量が減少する方向に需要曲線自体が移動する。

(供 給)

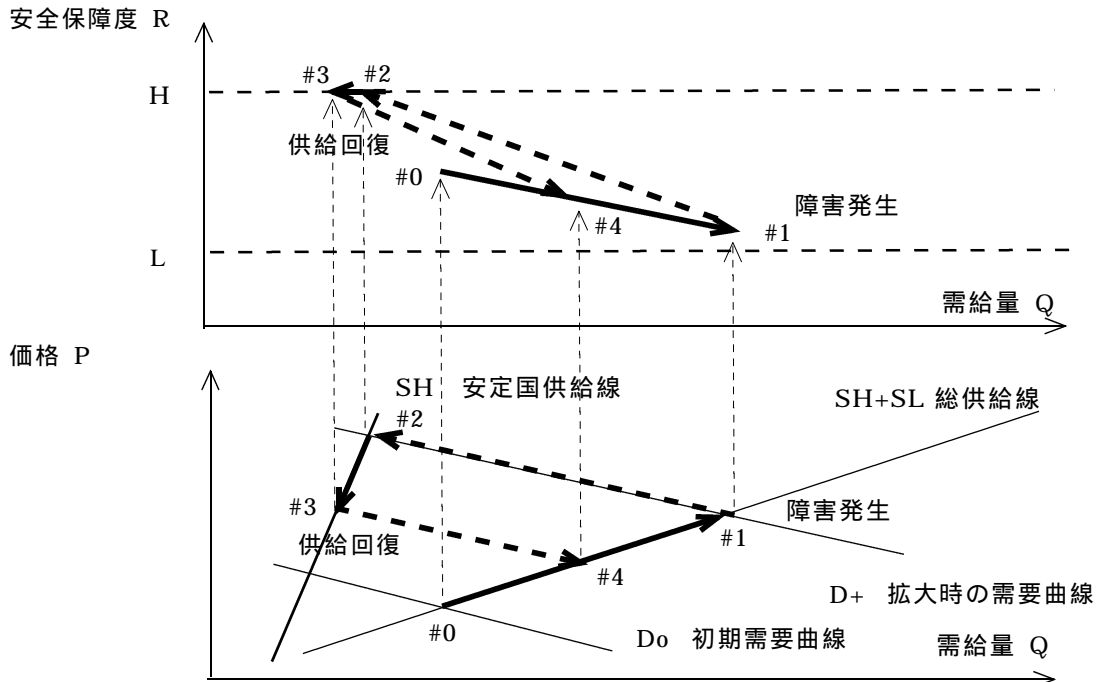
- ・ 財の供給は、政情不安国(L)と政情安定国(H)の2国による独立した供給を想定し、国際カルテルなどが存在しないものとする。
- ・ 財の供給において、政情不安国(L)は、一定の頻度で国内政情不安・事故などにより供給障害を発生して供給が0となり、一旦供給障害が発生すると長い時間をおいた後に供給が徐々に回復するものとする。

4-1-2. 輸入財の供給構造 -1 政情不安国(L)の潜在供給力が相対的に卓越する場合

政情不安国(L)の潜在供給力が、政情安定国(H)よりもはるかに大きく卓越している供給構造を持った財の需給では、供給障害前後での需給と安全保障度は模式的に図4-1-2-1のような挙動を示すと考えられる。

[図 4-1-2-1. 政情不安国(L)の潜在供給力が相対的に卓越する場合]

政情不安国(L)の潜在供給力が相対的に卓越する場合

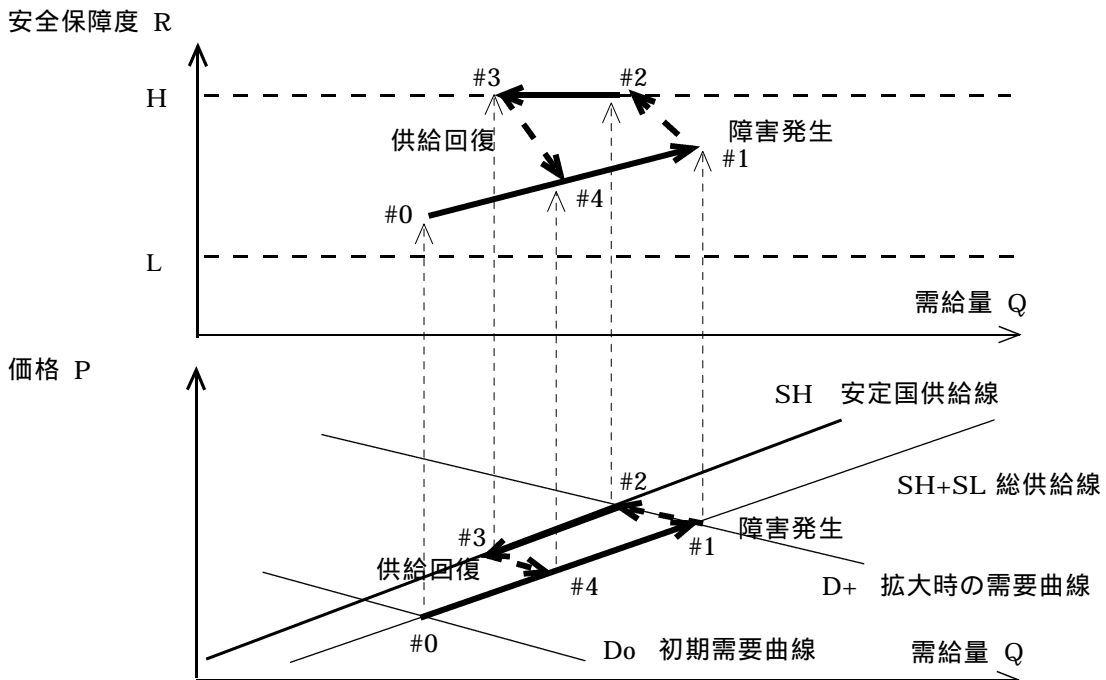


4-1-3. 輸入財の供給構造 -2 政情安定国(H)の潜在供給力が相対的に卓越する場合

4-1-2. の場合とは逆に、政情不安国(L)の潜在供給力が政情安定国(H)よりも小さく、政情安定国(H)の潜在供給力が卓越する供給構造を持った財の需給では、供給障害前後での需給と安全保障度は模式的に図 4-1-3-1. のような挙動を示すと考えられる。

[図 4-1-3-1. 政情安定国(H)の潜在供給力が相対的に卓越する場合]

政情安定国(H)の潜在供給力が相対的に卓越する場合



4-1-4. 輸入財の供給構造と安全保障度推移

4-1-2、4-1-3. での考察の結果から、価格・数量と安全保障度の推移を見た場合、輸入財の供給構造が政情安定国(H)の潜在供給力が卓越するか、政情不安国(L)の潜在供給力が卓越するかにより、需要拡大～障害発生～供給回復の各段階に応じて表 4-1-4-1.のように異なる挙動を示すことが理解される。

特に、需要拡大期に安全保障度がどのように変化しているかという点と、供給障害の前後に需要がどの程度変化しているかという点については、輸入財の供給構造により明確な挙動の差異が見られるものと考えられる。

これらのことから、各輸入財の価格・数量と安全保障度の推移が過去のどのような推移を示し、現在どのような段階にあるかが特定できれば、今後供給障害が発生する可能性とその規模・影響をある程度予測することが可能であると考えられる。

[表 4-1-4-1. 輸入財の供給構造・需給変化に応じた価格・数量・安全保障度の挙動]

供給構造	需給変化	需要拡大期		供給障害直後		需要減退期		供給回復期	
		(#0)	(#1)	(#1)	(#2)	(#2)	(#3)	(#3)	(#4)
政情不安国(L)潜在供給力卓越									
輸入価格		上昇		上昇		低下		低下	
輸入数量		増加		大幅減少		減少		増加	
安全保障度		下降		上昇		(不変)		下降	
政情安定国(H)潜在供給力卓越									
輸入価格		上昇		上昇		低下		低下	
輸入数量		増加		減少		減少		増加	
安全保障度		上昇		上昇		(不変)		下降	

4-2. 現実の輸入財別の価格・数量と安全保障度の動向

4-1.のような模式的な供給構造下での輸入財の価格・数量と安全保障度の挙動に関する理解を基礎に、現実の輸入財別の価格・数量と安全保障度の試算結果によりその動向を、総供給、輸入に関する静態的分析、輸入に関する動態的分析の順に分析した。

4-2-1. 各財の総供給に関する供給金額・安全保障度推移の分析

(1) 一時点断面での財間比較分析

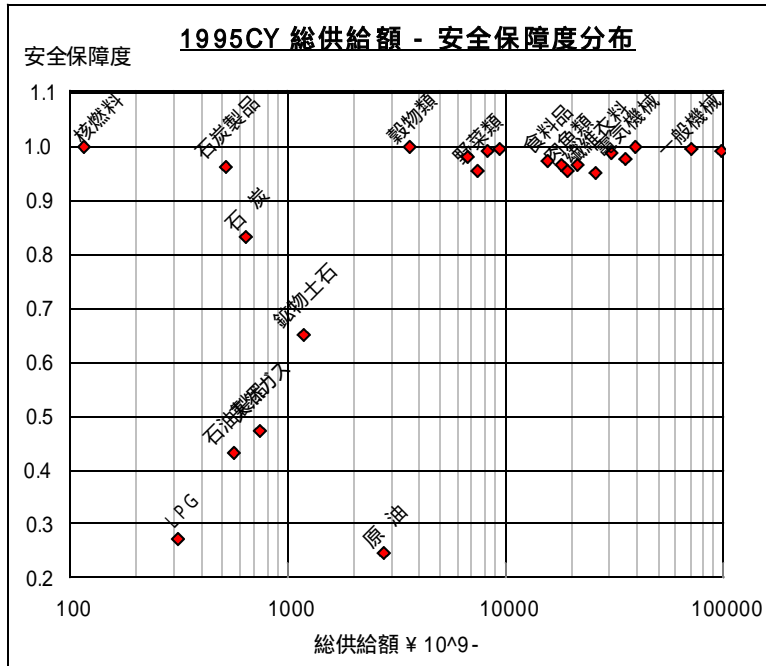
各財について、国産による供給を考慮した総供給金額と安全保障度の関係を 1995 年、2003 年について分析した結果を図 4-2-1-1., 図 4-2-1-2. に示す。

当該結果から、エネルギー、特に石油(原油・石油製品・LPG)と天然ガスについては、相対的に最も安全保障度の低い財であり、エネルギーに関して特段の安全保障上の問題を検討し措置しなければならない必然性が理解される。

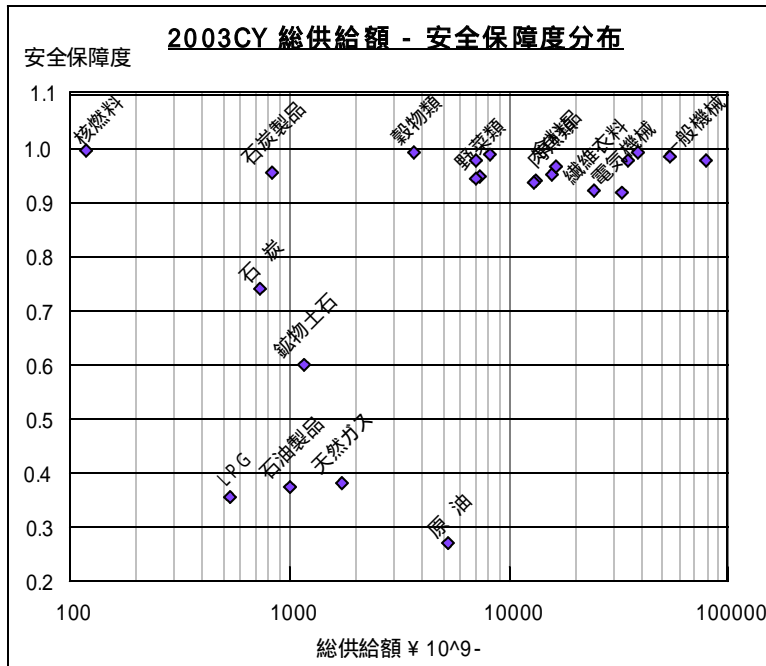
必需財である食料とエネルギーを比較した場合、総供給に関する食料とエネルギーの安全保障度が大きく異なっていることが観察される。このような差異が生じる理由は、食料安全保

障政策においては、穀物などを中心に国産自給型政策が採られているのに対し、エネルギー政策においては経済的・技術的に全面的な国産自給型政策を採ることは困難であり、主要なエネルギー源を輸入することを前提とした上で、安全保障度の向上を図る政策を採らざるを得ないことによるものである。

[図 4-2-1-1. 1995 年における財別の総供給額-安全保障度分布]



[図 4-2-1-2. 2003 年における財別の総供給額-安全保障度分布]

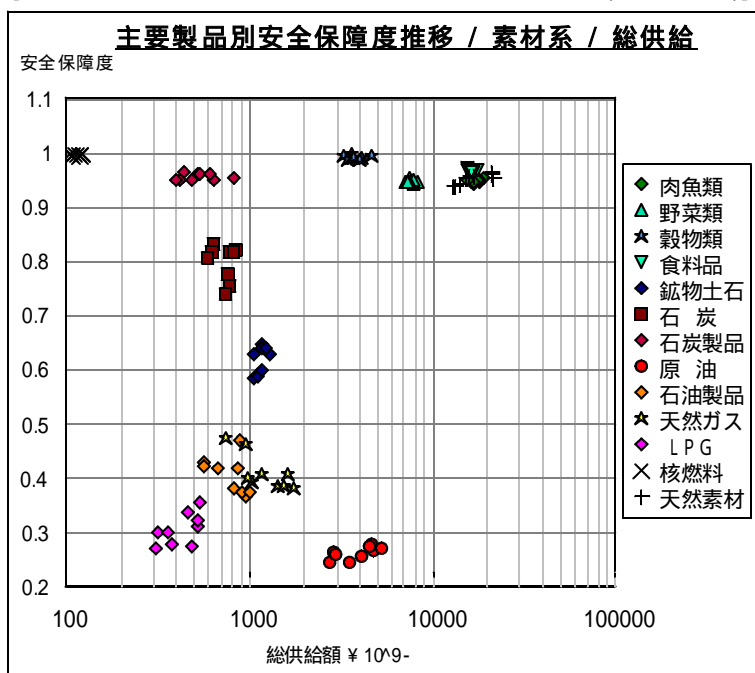


(2) 時系列による財間比較分析

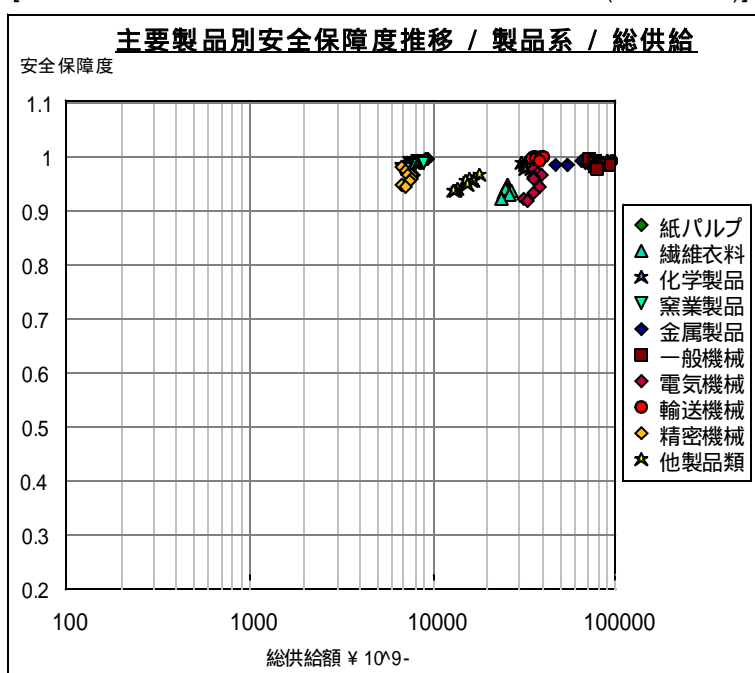
各財について、国産による供給を考慮した時系列の総供給金額と安全保障度の関係を素材系、製品系の財について分析した結果を図 4-2-1-3., 図 4-2-1-4. に示す。

紙パルプ～各種機械など製造業が産出する製品については、自給率が高いことから、安全保障度の変化が殆ど見られないが、素材系の財については安全保障度が相対的に大きく変動して推移していることが観察される。

[図 4-2-1-3. 素材系財の総供給額-安全保障度推移(1995-2003)]



[図 4-2-1-4. 製品系財の総供給額-安全保障度推移(1995-2003)]



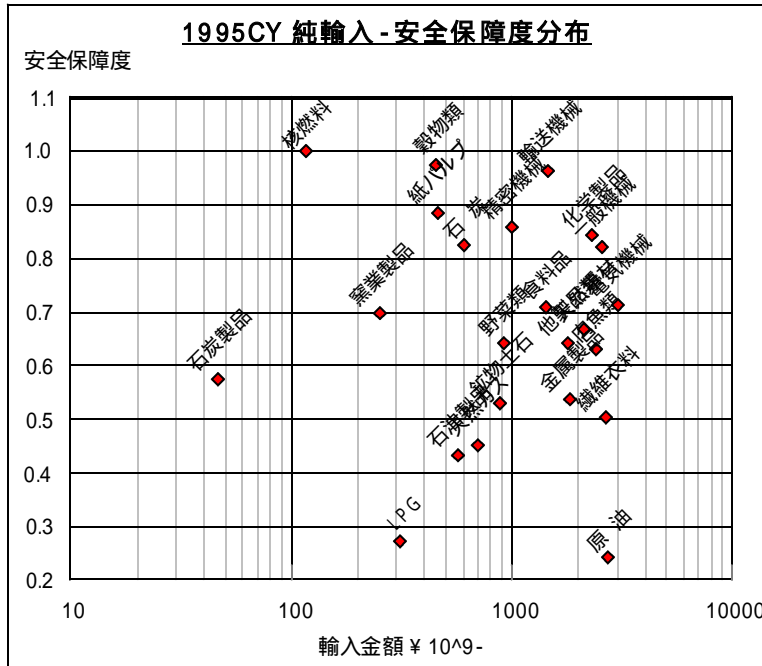
4-2-2. 各財の輸入に関する輸入金額・安全保障度推移の分析

(1) 一時点断面での財間比較分析

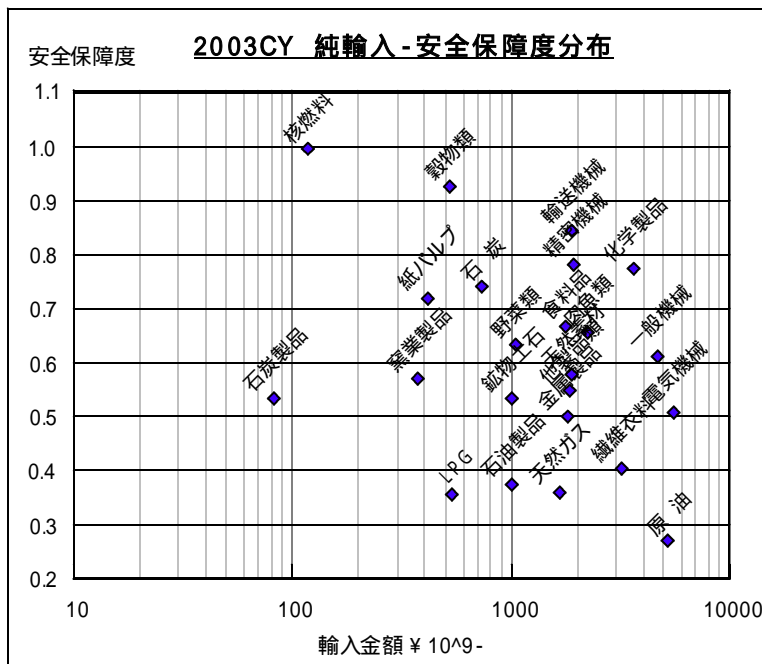
各財について、輸入分のみ金額と安全保障度の関係を1995年、2003年について分析した結果を図4-2-2-1., 図4-2-2-2. に示す。

輸入額のみを見た場合でも、石油・天然ガスの安全保障度が低いことが観察される。

[図 4-2-2-1. 1995 年における財別の輸入額-安全保障度分布]



[図 4-2-2-2. 2003 年における財別の輸入額-安全保障度分布]

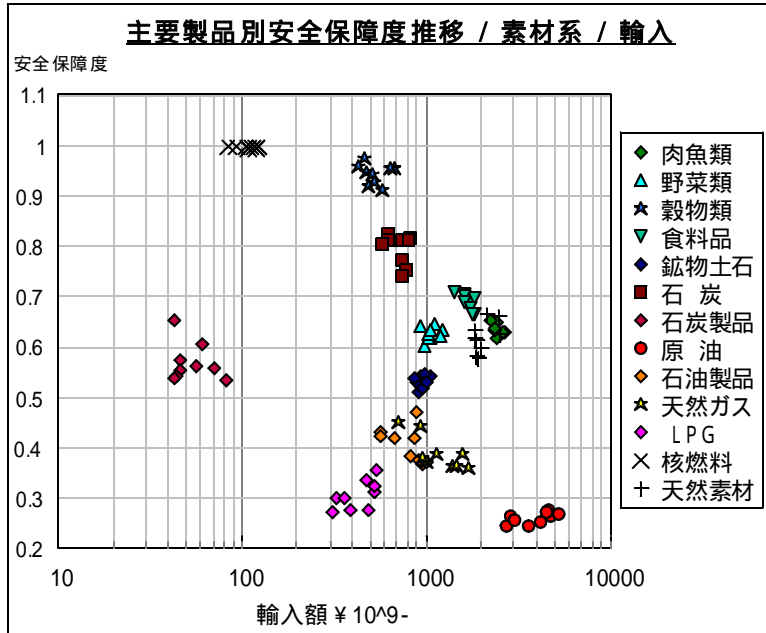


(2) 時系列による財間比較分析

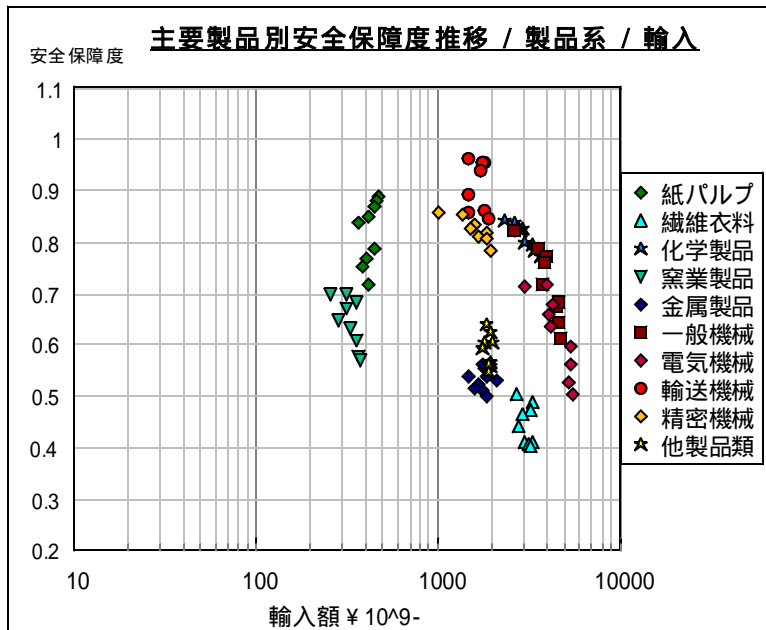
各財について、時系列での輸入金額と安全保障度の関係を素材系、製品系の財について分析した結果を図 4-2-2-3, 図 4-2-2-4. に示す。

輸入分だけを見た場合、素材系財と比較して製品系財の輸入に関する安全保障度が著しく低下していることが観察される。特に、電気機械、一般機械、繊維衣料などでは、中国、東南アジア諸国からの輸入拡大に伴い輸入安全保障度が大きく低下している。

[図 4-2-2-3. 素材系財の輸入額-安全保障度推移(1995-2003)]



[図 4-2-2-4. 製品系財の輸入額-安全保障度推移(1995-2003)]



4-2-3. 各財の輸入に関する数量・価格・安全保障度の動向分析

(1) エネルギー源に関する数量・価格・安全保障度の動向

4-1. における各財の供給構造や需給変化に応じた価格・数量・安全保障度の模式的な挙動を念頭に、各財の輸入数量・輸入金額・安全保障度についての 1995 年から 2003 年にかけての変化^{*10} を分析し、各財がこの期間においてどのような供給構造・需給変化の段階に分類されるのかを分析した結果を表 4-2-3-1. に示す。

1995 年から 2003 年の期間において、輸入財の中で唯一、天然ガスについては、政情不安国の供給が卓越する構造下で需給が逼迫している状態(図 4-1-2-1.の #0 #1 の状態)にあると考えられ、今後供給障害・価格高騰が発生する懸念が高いと考えられる。

一方、石油(原油・石油製品・LPG)については、40 ~ 60 %の価格高騰により需要が減少しており、地域紛争・事故・災害による小規模の供給途絶や、特定国の一方的で急激な価格の引上げなど、軽度の供給障害が発生・継続しているか、あるいは発生した直後の状態を示しており、イラクやベネズエラの動向が反映されたものと考えられる。

[表 4-2-3-1. 各財の近年における価格・数量・安全保障度の挙動と推定供給構造・需給段階]

品目	肉魚類	野菜類	穀物類	食料品	天然素材	鉱物土石	石 炭
輸入価格変化 dp	-0.092	-0.183	-0.287	-0.079	-0.297	-0.056	-0.205
輸入数量変化 dq	+0.126	+0.126	+0.163	+0.138	+0.191	+0.044	+0.203
安全保障度変化 dS	+0.150	+0.090	+0.105	+0.079	+0.026	+0.074	+0.052
推定供給構造	安定	安定	安定	不安定	安定	安定	安定
推定需給段階	需要拡大	需要拡大	需要拡大	需要拡大	需要拡大	需要拡大	需要拡大
品目	原 油	石油製品	L P G	天然ガス	核燃料	紙パルプ	繊維衣料
輸入価格変化 dp	+0.584	+0.579	+0.435	+0.356	+0.501	-0.306	-0.093
輸入数量変化 dq	-0.099	-0.288	-0.042	+0.195	-0.214	+0.342	+0.144
安全保障度変化 dS	+0.209	-0.038	+0.316	-0.004	+0.117	-0.027	-0.053
推定供給構造	不安定	不安定	不安定	不安定	安定	安定	不安定
推定需給段階	価格高騰	価格高騰	価格高騰	需給逼迫	価格高騰	需要拡大	需要拡大
品目	化学製品	窯業製品	金属製品	一般機械	電気機械	輸送機械	精密機械
輸入価格変化 dp	+0.062	-0.114	-0.253	-0.044	-0.270	-0.307	-0.625
輸入数量変化 dq	+0.172	+0.296	+0.368	+0.406	+0.971	+0.395	+2.253
安全保障度変化 dS	+0.057	-0.027	+0.049	-0.070	-0.114	+0.011	+0.066
推定供給構造	安定	不安定	安定	不安定	不安定	安定	不安定
推定需給段階	需要拡大	需要拡大	需要拡大	需要拡大	需要拡大	需要拡大	需要拡大

*10 ここでの分析においては、単年度の輸入構成の変動による影響を避けるため、価格・数量・安全保障度とも 1995 年-1998 年の平均値と 2000 年-2003 年の平均値を比較している。

表注) 財の分類は、HS貿易分類コードの上 2 桁分類とし、エネルギー源についてのみ細分類を設けて算定した。

(2) 石油製品に関する数量・価格・安全保障度の例外的挙動と本手法の問題点

石油製品については、表 4-1-4-1. のいずれの類型にも該当せず、価格上昇・数量減少とともに安全保障度が低下する現象が見られるが、これは、エネルギー安全保障度が相対的に高かった国で突発的に供給障害や急激な価格改訂などが行われた場合や、貿易保険・国倍率カテゴリー値が正しくリスクを反映していなかった場合に見られる挙動である。

具体的に、石油製品の大部分を占めるナフサの価格は、サウジアラビアなど特定の生産国による価格設定力が非常に強い市場環境にあること、韓国・台湾など産油国以外から供給される石油製品では供給国の貿易保険・国倍率カテゴリー値が高くても原料である原油の挙動に間接的に影響を受けることから、このような挙動が見られるものと考えられる。

従って、本稿におけるエネルギー安全保障度の評価における問題点として、石油製品・石炭製品などの二次製品については、その評価において単に供給国の貿易保険・国倍率カテゴリー値ではなく、供給国の原油や原料炭などの原料調達を考慮した上で評価を行う必要があることが理解される。

(3) エネルギー以外の財に関する数量・価格・安全保障度の挙動と積極的貿易リスク低減策

エネルギー以外の財では、輸入依存度がエネルギーと比較して大幅に低いものの、繊維衣料、窯業製品、一般・電気・精密機械などにおいては、中国・東南アジアからの輸入需要の拡大とともに安全保障度の低下が観察され、今後注意が必要であると考えられる。

これらの国々については、日本との経済的な関係が今後とも非常に強くなるものと考えられるため、単に短期的・消極的な安全保障度の最適化を図るだけでなく、中長期的な視点から、これらの国々における輸送・港湾インフラの整備や、輸出関連制度・政策などシステム面での整備などにより貿易リスクの低減に関する協力を展開し、国が中核となって積極的な安全保障度の向上対策を採っていくことが期待される。

5. 本稿の成果と今後の課題

5-1. 本稿の成果のまとめ

5-1-1. エネルギー安全保障の基本的考え方

エネルギー安全保障については、従来の定性的なエネルギー源の間での序列による評価を改め、現実のエネルギー安全保障上の問題点を反映した定量的評価の基礎とする観点から、以下のように定義して議論することができる。

「エネルギー安全保障あるいはエネルギー安定供給の概念は、エネルギー需要側の短期的対応能力を超えた異常な価格上昇や量的制約が発生する危険度(リスク)の程度が、石油・石炭などの一次エネルギー源間あるいは異時点間で相対的にどの程度異なるかを比較した概念である。」

5-1-2. エネルギー安全保障の定量化手法

エネルギー安全保障の定量的な評価については、供給障害の発生過程に応じ、生産・輸入段階、転換・供給段階の安全保障度に分類できるが、現実の供給障害の大部分は生産・輸入段階の供給障害として発生しており、供給側の安全保障を定量的に評価する際には、生産・輸入段階での安全保障度をどのように評価するかが重要である。

国産・準国産エネルギー源の国内生産に伴う生産段階での安全保障度は、エネルギー生産設備の年平均稼働率を用いて定量化することができる。

輸入エネルギー源に関する輸入段階での安全保障度は、日本貿易統計における国別輸入構成を基礎に、貿易保険・国倍率カテゴリー値を用いて定量化することができる。

さらに、日本に一次エネルギー供給されるエネルギー源の供給側の安全保障度は、国産・輸入を通算した生産段階・輸入段階の安全保障度の加重平均に、国産・輸入を通算した供給構成の分散による効果を反映させることによって、定量的に評価を行うことができる。

5-1-3. エネルギー安全保障の定量的評価の試行

具体的に、エネルギー安全保障度を以下により算定して試算を行った。

$$S_i = k (S_{pk} \times X_{ik}) \times (k (X_{ik}^2))^{-1/3}$$

$$S_{pk} = j (S_{nj} \times X_{ekj}) \times (j (X_{ekj}^2))^{-1/8}$$

S_i	各エネルギー源 <i>i</i> についての供給側の安全保障度(1 - 供給障害発生確率)
S_{pk}	各一次エネルギー源 <i>k</i> についての生産・輸入段階の安全保障度
X_{ik}	各エネルギー源 <i>i</i> をエネルギー転換により生産する際の一次エネルギー源 k の投入構成 ($0 < X_{ik} < 1$ 、一次エネルギー源の直接利用時は 1)
j	国 (日本(国産)を含む)
S_{nj}	各国からの供給に関する安全保障度 ($0 < S_{nj} < 1$)
	国産エネルギー源: = エネルギー生産設備平均稼働率
	輸入エネルギー源: = 貿易保険・国倍率カテゴリー値の逆数
X_{ekj}	各国からの各一次エネルギー源 <i>k</i> の供給構成 ($0 < X_{ekj} < 1$)

当該試算結果から、電力や熱・蒸気供給などエネルギー源の選択性の高い二次エネルギー

源と、未活用エネルギー源の利用が最も安全保障度が高く、次いで石炭・石炭製品、原子力発電、地熱発電などの安全保障度が一次エネルギー供給の平均を上回る安全保障度を示す結果となった。

また、天然ガス・都市ガス、石油(原油・石油製品・LPG)など石炭以外の化石燃料、水力発電などの自然エネルギーについては、安全保障度が一次エネルギー供給の平均を下回る結果となった。

これらの供給側の安全保障度の試算結果は、エネルギー源の如何にかかわらず、各エネルギー源の供給側の安全保障度を上回る地域からの供給や高い稼働率の国産・準国産エネルギー源の供給増加はエネルギー安全保障上評価できること、各エネルギー源の供給側の安全保障度を下回る地域からの供給や低い稼働率での国産・準国産エネルギー源の供給増加は、エネルギー安全保障上評価できないことを示しているものである。

また、これらの供給側のエネルギー源別の安全保障度の試算結果を用いて、最終エネルギー消費部門別のエネルギー安全保障度を試算することができる。

5-1-4. 輸入財別の需給構造と輸入安全保障度の関係

エネルギーを含めた輸入財について、輸入価格、輸入数量、輸入段階の安全保障度の時系列での挙動は、その財の国際的な供給構造や、需給変化の段階をある程度反映して推移している。

このため、需要拡大期に安全保障度がどのように変化しているかという挙動や、供給障害の前後に需要がどの程度変化しているかという挙動などから、今後供給障害が発生する可能性とその規模・影響をある程度予測することが可能であると考えられる。

具体的に、1995年-2003年の主要輸入財における価格・数量・安全保障度の挙動から、今後天然ガスについては、インドネシアなど貿易保険・国倍率カテゴリー値の低い国で供給障害(供給の部分的途絶や急激な価格高騰など)が発生する可能性が高い状況にあることが示された。また石油(原油・石油製品・LPG)については、小規模な供給障害が発生・継続している状態を示しており、今後とも供給国の情勢に注意が必要であることが示された。

エネルギー源以外の輸入財では、繊維衣料、窯業製品、一般・電気・精密機械などにおいては、中国・東南アジア諸国からの輸入による供給拡大とともに安全保障度が低下する傾向が見られ、今後注意が必要であることが示された。

5-2. 今後の課題

5-2-1. エネルギー安全保障の国際比較評価への展開

エネルギー安全保障については、従来、石油の中東依存度やエネルギー源の自給率などの間接的な指標により主要先進国の間で国際比較による議論がなされてきたが、現状の本研究の定量的評価手法の適用範囲は日本に関する評価に止まっている。

従って、今後、本稿における手法と同様の手法を主要先進国に应用することにより、日本の

エネルギー安全保障度を国際間で相対的に比較することが必要である。

5-2-2. エネルギー安全保障の国内・国際産業連関評価への展開

(1) 国内産業連関分析を応用した安全保障評価への展開

本稿においては、エネルギー安全保障度の定量的評価を行ったが、その意味は数量的な影響とその可能性に関するものに止まっている。

従って、2-2. 2)式で概念的に示したような、エネルギー供給障害が引起こす国内への経済的影響とその波及を分析対象とするためには、本稿における定量的な評価の試算結果を基礎に、さらに産業連関分析を応用した評価を行う必要がある。

(2) 国際産業連関分析を応用した間接波及効果の反映

本稿における輸入エネルギー源のエネルギー安全保障度の定量的評価においては、供給国の貿易保険・国倍率カテゴリー値を用いたが、4-2-3. (2)に示したとおり、石油製品・石炭製品などの評価に当たっては、供給国が原料となる原油や原料炭をどのように調達しているのかを評価に反映しなければならないことが示された。

また、エネルギー源以外の輸入財においても、エネルギー源の供給途絶が供給国の国内経済に波及し、結果として当該財の二次的な供給途絶の問題を発生する可能性が考えられる。例えば、ある地域での原油の供給が途絶した場合、当該地域からの原油にほぼ全部のエネルギー源を依存する国では、輸出に回すだけの生産に必要な原油が入手できず、日本への輸入財の供給に二次的な問題を生じることが考えられる。

従って、こうした間接的な波及効果を分析するためには、日本と貿易面での結びつきの深いアジア・太平洋諸国などの国際産業連関分析を応用した評価を行う必要がある。

5-2-3. エネルギー安全保障の定量的評価の政策評価への応用

エネルギー安全保障については、エネルギー源の自主開発支援、国家備蓄・民間備蓄などの各種の政策措置が講じられている。

しかし、これらの政策の取捨選択や相互比較についての考え方や、政策評価における考え方はなお定性的な段階に止まっており、同一の安全保障度をもたらす他の政策措置との比較や費用対効果分析などは行われていない。例えば、現状では、貿易リスクが高い国に輸入先を多角化することや、貿易リスクが低い国で成功率の低い自主開発プロジェクトを実施すること、貿易リスクのない国内に費用のかかる備蓄基地を整備・運営することの間では、効果に関する尺度がないため、有効な比較や評価が行われていない状況にある。

従って、本稿におけるエネルギー安全保障度の評価手法を用いて、各種の政策措置がもたらす効果を見積もり、その費用対効果や代替可能性を比較することによって、エネルギー安全保障政策の政策評価を行う必要がある。

(別添資料)

貿易保険国倍率カテゴリー表(例) ; 2003/11/4 実施分 (独)日本貿易保険

A

112 シンガポール 192 日本 201 アイスランド 202 ノルウェー 203 スウェーデン 204 デンマーク
205 英国 206 アイルランド 207 オランダ 208 ベルギー 209 ルクセンブルク 210 フランス
213 ドイツ 215 スイス 217 ポルトガル 218 スペイン 220 イタリア 222 フィンランド
225 オーストリア 302 カナダ 304 アメリカ合衆国 601 オーストラリア 606 ニューゼaland

B

106 台湾

C

103 大韓民国 105 中華人民共和国 108 香港 113 マレーシア 116 ブルネイ 129 マカオ
138 クウェート 147 アラブ首長国連邦 211 モナコ 216 アゾレス諸島(葡) 212 アンドラ
223 ポーランド 227 ハンガリー 242 スロベニア 245 チェコ 280 リヒテンシュタイン
281 パチカン 282 サンマリノ 301 グリーンランド(デンマーク) 317 タークス・カイコス諸島(英)
327 西インド諸島(仏) 303 サンピエール・ミクロン(仏) 320 トリニダード・トバゴ 324 プエルトリコ(米)
325 バージン諸島(米) 332 バージン諸島(英) 384 セント・マーチン 405 ギアナ(仏) 409 チリ
502 セウタ及びメリラ(西) 523 カナリー諸島(西) 548 レユニオン 555 ボツワナ
580 マデイラ諸島(葡) 607 クック諸島(ニュージーランド) 608 トケラウ諸島(ニュージーランド)
609 ニウエ島(ニュージーランド) 618 ニューカレドニア(仏) 619 仏領ポリネシア 620 グアム(米)
621 (米領)サモア 627 北マリアナ諸島連邦(米) 680 ノーフォーク島(豪)
682 ケルマディック諸島(ニュージーランド) 683 ミッドウェー諸島(米) 685 ウェーク島(米)
686 ウォーリス・フツナ諸島(仏) 687 クリスマス諸島(豪) 688 ココス諸島(豪) 689 ジョンストン島(米)

D

111 タイ 123 インド 135 パハレーン 137 サウジアラビア 140 カタール 141 オマーン
143 イスラエル 219 ジブラルタル(英) 221 マルタ 230 ギリシャ 233 サイプラス 235 エストニア
236 ラトビア 237 リトアニア 246 スロバキア 305 メキシコ 311 コスタリカ 314 バミューダ諸島(英)
315 パハマ 319 バルバドス 328 ケイマン諸島(英) 414 フォークランド諸島(英) 504 テュニジア
537 セントヘレナ(英) 547 モーリシャス 550 ナミビア 551 南アフリカ共和国

E

133 イラン 224 ロシア連邦 241 クロアチア 309 エルサルバドル 312 パナマ 380 アルバ(蘭)
501 モロッコ 503 アルジェリア 506 エジプト 556 スワジランド 628 バラオ

F

110 ベトナム 117 フィリピン 125 スリランカ 126 モルディブ 132 ブータン 153 カザフスタン
231 ルーマニア 232 ブルガリア 329 グレナダ 326 蘭領アンティール 330 セントルシア
336 セント・ビンセント及びグレナディーン 407 ペルー 612 フィジー 614 トンガ 617 ナウル

G

118 インドネシア 120 カンボジア 127 バングラデシュ 144 ヨルダン 149 イエメン共和国
150 アゼルバイジャン 234 トルコ 306 グアテマラ 308 ベリーズ 316 ジャマイカ
323 ドミニカ共和国 333 ドミニカ 334 モントセラト(英) 335 セント・クリストファー・ネイビス
337 アンギラ(英) 401 コロンビア 410 ブラジル 412 ウルグアイ 510 セネガル
552 レソト 602 パプアニューギニア 610 サモア 611 バヌアツ 616 ビトケアン島(英)

H

104 北朝鮮 107 モンゴル 121 ラオス 122 ミャンマー 124 パキスタン 128 東ティモール
130 アフガニスタン 131 ネパール 134 イラク 145 シリア・アラブ 146 レバノン
148 ガザ・エリコ 151 アルメニア 152 ウズベキスタン 154 キルギス 155 タジキスタン
156 トルクメニスタン 157 グルジア 228 セルビア・モンテネグロ 229 アルバニア
238 ウクライナ 239 ベラルーシ 240 モルドバ 243 ボスニア・ヘルツェゴビナ
244 マケドニア 307 ホンジュラス 310 ニカラグア 321 キューバ 322 ハイチ
331 アンティグア・バーブーダ 402 ベネズエラ・ボリバル 403 ガイアナ 404 スリナム
406 エクアドル 408 ボリビア 411 パラグアイ 413 アルゼンチン 505 リビア
507 スーダン 508 西サハラ 509 モーリタニア 511 ガンビア 512 ギニアビサウ 513 ギニア
514 シエラレオネ 515 リベリア 516 コートジボワール 517 ガーナ 518 トーゴ 519 ベナン
520 マリ 521 ブルキナファソ 522 カーボヴェルデ 524 ナイジェリア 525 ニジェール
526 ルワンダ 527 カメルーン 528 チャド 529 中央アフリカ 530 赤道ギニア 531 ガボン
532 コンゴ共和国 533 コンゴ民主共和国 534 ブルンジ 535 アンゴラ 536 サントメ・プリンシペ
538 エチオピア 539 ジブチ 540 ソマリア 541 ケニア 542 ウガンダ 543 タンザニア
544 セーシェル 545 モザンビーク 546 マダガスカル 549 ジンバブエ 553 マラウイ
554 ゼンビア 558 コモロ 559 エリトリア 613 ソロモン諸島 615 キリバス 624 ツバル
625 マーシャル諸島共和国 626 ミクロネシア連邦 (引受停止国を含む)

(参考文献)

- [1] 資源エネルギー庁「エネルギー政策基本法に基づく「エネルギー基本計画」(2003)
- [2] 資源エネルギー庁「2004年度版エネルギー白書」(2004)
- [3] 経済産業省総合資源エネルギー調査会総合部会エネルギーセキュリティWG報告(2001)
- [4] 財団法人日本エネルギー経済研究所「石炭需給・価格の動向とわが国の石炭安定供給への課題 - 地球温暖化対策を踏まえた石炭利用とその展望 -」(2004)
- [5] 戒能「エネルギー政策の展開」(2002) 電子出版による無償公開
<http://www.iser.osaka-u.ac.jp/saijo/cd/2002/kaino01-28.Pdf>
- [6] 独立行政法人日本貿易保険「貿易保険国倍率カテゴリー表」(2004)
http://www.nexi.go.jp/insurance/ins_bairitu/ins_bairitu_frame.html
- [7] 戒能「総合エネルギー統計の解説」(2002) 電子出版による無償公開
<http://www.rieti.go.jp/users/kainou-kazunari/download/index.html>

(謝 辞)

本研究の実施に当たっては、時系列での貿易保険の国倍率カテゴリー表の入手が不可欠であったが、当該資料の入手に際して大変な御尽力を頂いた、独立行政法人日本貿易保険広報部後藤氏に深く感謝するものである。

また、本研究の実施にあたって御指導・御助言を頂いた、慶應義塾大学 G-SEC 経済・エネルギー・環境セキュリティ・スタディの参加者の皆様に感謝するものである。