

# 原子力のエネルギーセキュリティレベル向上に果たす役割の評価研究

山田 英司

## I. 本研究の目的

エネルギーセキュリティに関し守るべき対象は、一国の産業経済や国民生活に係るエネルギー需要を安定的に経済的に確保するという「国益」(national energy security)から、国際社会の一員として守るべき環境や安全に係る社会的な要請に対応した「国際的公益」(global energy security)へと量・質ともに変化している。

1. 本研究においては、まず、エネルギーセキュリティを定量的かつ総合的に評価するため評価軸及び評価指標の設定を行い、その上で、わが国のエネルギーセキュリティレベルを主要なエネルギー消費国間の相対的な位置関係から捉えることにより定量的に評価する手法について提案する。

2. 次に、原子力開発利用を取り巻くリスク要因について、先進主要国の原子力開発利用の状況等を踏まえて分析し、原子力開発利用の方向性に大きな影響を与えるものをシナリオドライバーとして原子力開発利用に係る分岐シナリオを設定する。

3. 原子力発電シナリオについて、上述のエネルギーセキュリティに係る定量的評価手法を活用して、エネルギーセキュリティレベルの推移を評価分析するとともに、エネルギーセキュリティレベルを最大化する原子力発電比率について検討を行う。加えて、原子力開発利用の持続可能性の観点からウラン資源制約の克服の可能性について、また、利用継続性維持の観点から適正な使用済燃料バランスのあり方について考察を行う。

## II. エネルギーセキュリティに係る評価手法及び試算<sup>1)</sup>

今世紀中に顕在化が懸念されるリスク要因として資源制約と環境制約があり、また、わが国が目標とすべきエネルギー政策の柱として「安定供給」、「環境適合性」、「経済性」が挙げられる。これらの評価軸に関し、状況を定量的に示すことが出来る評価指標として、表-1に示すものを設定した。

表-1 エネルギーセキュリティに係る指標

評価軸	指標として採用する数値
1. エネルギー利用効率	単位 GDP 当たりの一次エネルギー供給量
2. 調達の脆弱性	エネルギー供給に係る中東とロシアへの依存度
3. 供給源の多様化	ハーフィンダル指数 $H = \sum Wi^2$ ( $Wi$ : 各エネルギーのシェア) 同指数は、市場の集中度測定手法として活用されている。
4. エネルギー消費に係る 二酸化炭素排出	二酸化炭素排出に係る指標 $= \sum Wi \times Ci$ ( $Ci$ : 単位エネルギー消費量当たりの炭素排出量)
5. 経済への影響	化石燃料輸入額の GDP に対する割合

上述の各評価指標に係る 2005 年データ<sup>2)</sup>に関し、先進 8 ヶ国 (日本、韓国、米国、カナダ、英国、フランス、ドイツ、イタリア) 及び 1 地域 (EU) の間の比較において、正規分布を仮定し正規分布曲線上の偏差値(平均 50)を評点として評価を行う。偏差値を評点とする手法は、全体の中での位置づけを明確にするために採用されるものであり、異質な指標を含めた総合的な相対的評価を実施することが可能となる。

評価結果によると、図-1に示すように、わが国のエネルギー供給に係るセキュリティレベルは、エネルギー利用効率については世界トップの評点であるが、他の評価指標については平均以下の評点であり、総合としても平均を下回る位置にある。一方、電力供給に係るセキュリティレベルは、5つの電源が極めてバランスのよい電源構成を達成しており、これが多様化指数を向上させ全体としても、先進各国とほぼ同等の位置を占める。

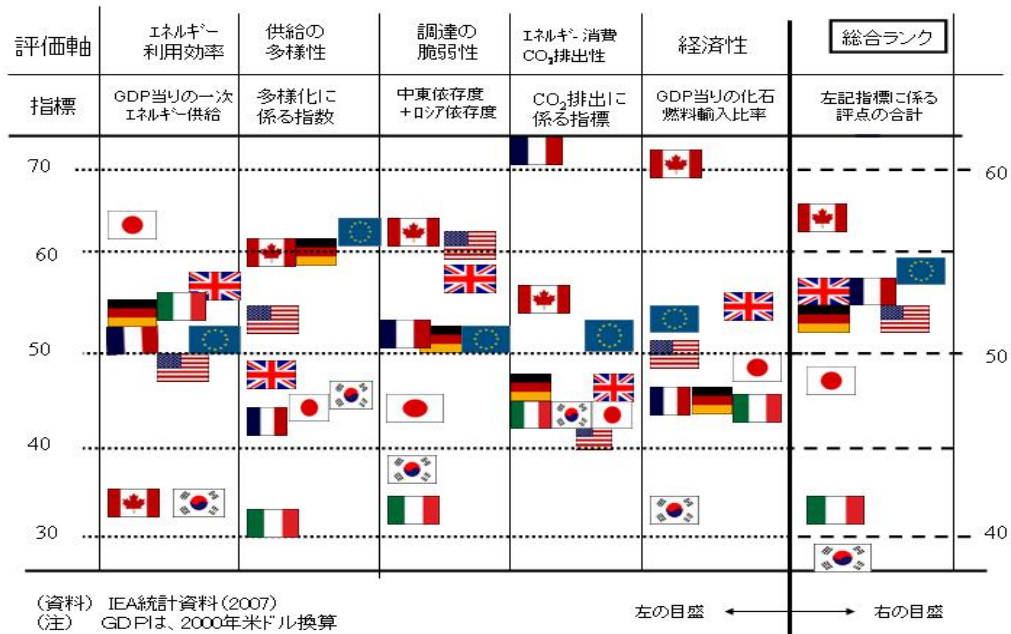


図-1 先進諸国との比較におけるエネルギーセキュリティレベルの評価

### III. 原子力を巡るリスク要因及び分岐シナリオの設定

原子力開発利用を巡っては、多様なステークホルダー（利害関係者）が関与するため、多様なリスク要因に取り囲まれ、単にエネルギーの安定供給の確保、地球環境問題への対応といったエネルギー・環境政策の視点のみならず、国や立地地域における政治状況、社会の受容性、国際関係等を勘案しつつ取り組んで行かざるを得ない。これらのリスク要因のうち、表-2に示す原子力開発利用の方向性に大きな影響を与えるリスク要因をシナリオドライバーとして、分岐シナリオ<sup>3)</sup>を作成し、先進諸国の現状を当てはめると図-2のようになる。

表-2 原子力開発利用に影響を与えるリスク要因

リスク要因	懸念される事態及び事例
1. 深刻な原子力事故	なにより影響が甚大なのは、深刻な原子力事故の発生である。TMI事故及びチェルノブイル事故は、原子力の社会的受容性の低下、脱原子力政策への転換等をもたらしている。
2. 原子力発電の低稼働あるいは建設期間の長期化	低い設備利用率、建設に係る時間的な不透明性は、投資回収性の疑問から、原子力発電が電気事業者の電源の選択肢から除外される懸念を生じさせる。
3. 再処理工場の長期停止	プルトニウム利用の遅延あるいは再検討に繋がるのみならず、サイト内の使用済燃料貯蔵容量に余裕がない場合、原子力発電所の運転停止を余儀なくされる懸念がある。
4. 技術力や人材に係る制約	米国は長い冬の時代にプラント・機器の製造能力やプラント建設エンジニアリング能力を喪失した。また、大型圧力容器や蒸気発生器製造施設の製造能力の制約は“原子カルネサンス”の隘路になる懸念がある。
5. ウラン資源制約	確認埋蔵量及び解体核・備蓄等のウラン資源量を年間消費量で除した“可採年数”は85年程度と、石油や天然ガスよりは長い。世界的な原子力発電開発の増加を考慮すると、ウラン資源量が開発の制約となる懸念がある。

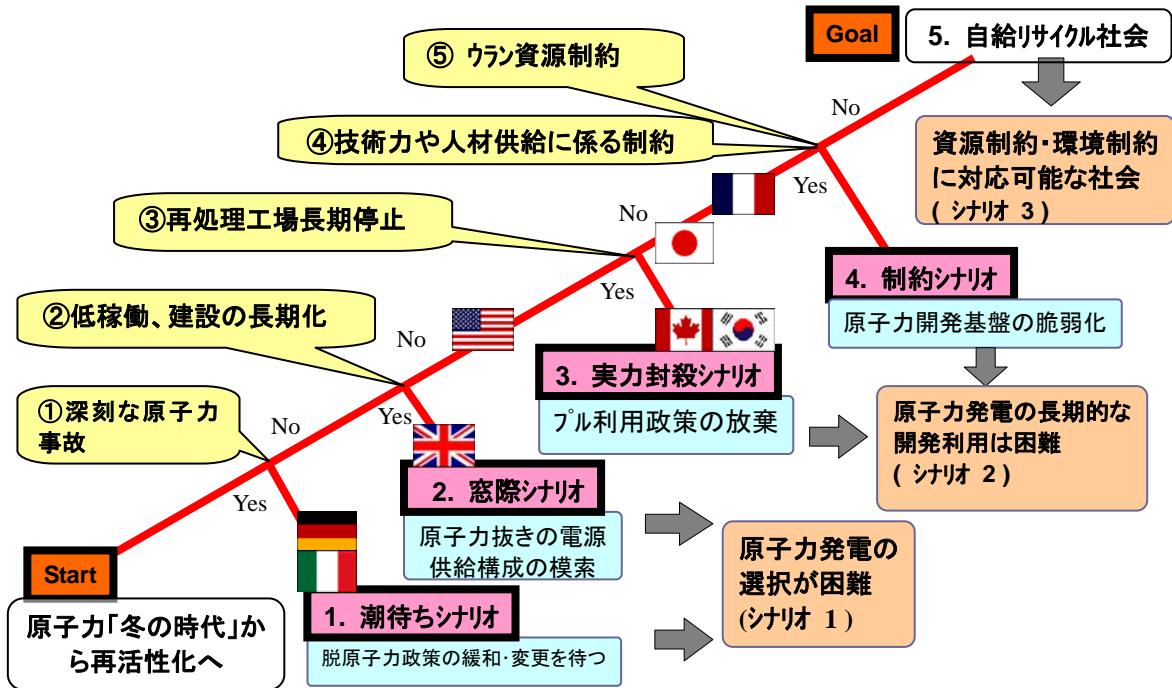


図 - 2 原子力開発利用に係る分岐シナリオ

世界的に回復基調にある原子力発電であるが、各国はそれぞれ、固有及び共通のリスクを抱えている。同分岐シナリオにおいて、わが国は、全般としてフランスに次ぐ好位置にあるが、初の商用再処理工場が運転開始直前の段階にあり、同工場が円滑に運転されるか否かにより、リサイクル社会への道が開けるか、原子力の有する利点を生かせず実力を封じる状況に陥るかの分岐点に位置している。

#### IV. 原子力開発利用に係るシナリオのエネルギーセキュリティ評価

上記のシナリオドライバーに基づき作成した下記の3つの原子力発電シナリオに関し、(財)エネルギー経済研究所が作成したエネルギー需給展望<sup>4)</sup>に基づき長期に亘る電力需要や電源構成に係る見通しを作成し、上記Ⅱ. で提案したエネルギーセキュリティに係る定量的評価手法により、わが国のエネルギーセキュリティレベルの推移の試算を行う。なお、原子力発電は2030年頃までは現在計画中の原子炉が建設され、それ以降に下記の分岐が発生する、また、原子炉は運転期間60年でリプレイスされ、比較対象国のデータは2005年数値としている。

表-3 エネルギーセキュリティ評価に係るシナリオ設定

シナリオ	内 容
A. 原子力減速シナリオ	原子力発電に係る事故や低稼働により原子力発電は選択されない。
B. 原子力発電比率維持シナリオ	廃止された発電「容量」の見合いで新規炉が建設され、原子力発電比率は、30～40%台で推移。FBR導入の余地は小さい。
C. 原子力発電基数維持シナリオ	廃止された発電「基数」の見合いで新規炉が建設され、原子力発電比率は60%台まで上昇。軽水炉との並存の下、FBR導入余地は大きい。

その結果、原子力は、電力供給に占める割合が60%程度に達するまでは、わが国のエネルギーセキュリティレベル向上に貢献することも示された。

## V. 原子力開発利用の今後のあり方に関する考察

1. 経済産業省の新・国家エネルギー戦略では、2030年頃の数値目標として電力供給に占める原子力の割合を30～40%程度以上としているが、図-3に示すように、上記IV.の試算及び2005年断面で原子力発電比率を増減させる方式による試算によれば、原子力発電比率が60%程度に達するまでは、エネルギーセキュリティレベルは向上していくものと考えられ、諸情勢を勘案しつつ、この辺りを目標として原子力開発利用を推進していくことの有効性を示唆した。

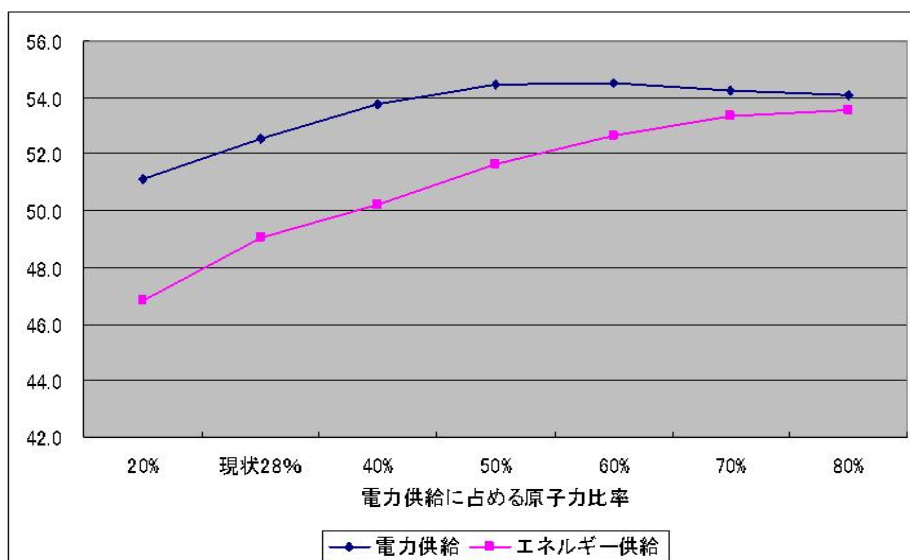


図-3 原子力発電比率とエネルギーセキュリティレベルとの相関

2. その最適比率を目指す場合、ウラン精鉱の累計所要量を試算すると、世界の確認ウラン資源量570万トン<sup>5)</sup>のうち、わが国は原子力発電容量(2006年末13%)見合いで確保できると仮定する場合、概ね2060～70年頃までのウラン精鉱量が賄われるに過ぎない。ウラン資源確保に向け外交努力とともに、非在来型資源(リン鉱石産出に伴う副産物等)までを視野に入れた採鉱開発の推進、さらに、ウラン精鉱所要量の抑制に向け、FBR及び次世代軽水炉の開発導入等の原子炉戦略及び核燃料サイクル両面からの技術的なアプローチが必要となることを示した。

3. 使用済燃料中間貯蔵は、使用済燃料発生と需要に応じた再処理との間に生じる時間的なギャップを吸収するとともに、再処理工場が停止した場合の対応措置を提供でき、核燃料サイクルの柔軟な運用を可能とする。同施設は、六ヶ所再処理工場の運転に係る不透明性、次の民間再処理工場の建設時期等が未定であること等を考慮すると、国内でさらに数ヶ所での立地が必要であることを示した。

### 参考文献等

- 1) 第II章は、日本原子力学会誌と文論文誌、2007年12月、第6巻、第4号、383-392に掲載済み。また、第III章、IV章及びV章は、同論文誌に投稿済・査読中(平成20年6月末現在)
- 2) IEA/OECD エネルギー統計、BP 統計、DOE/EIA 情報等により算出
- 3) ピーター・シュワルツ、“シナリオ・プランニングの技法”、東洋経済新聞社(2000)
- 4) わが国の長期エネルギー需給展望、(財)エネルギー経済研究所定例研究報告会、2006年4月
- 5) IAEA-NEA/OECD “Uranium 2005: Resources, Production and Demand”, (2006)