

英国の新設原子力発電所を対象とする 廃棄物移転価格制度の概要

—政府と民間の責任分担のアプローチ—

Outline of Waste Transfer Pricing for New Nuclear Power Plants in the UK:
An Approach toward Sharing Responsibility for the Cost of Radioactive Waste
Management

キーワード：放射性廃棄物、移転価格、リスクフィー

服 部 徹

英国では、自由化後に新たに建設を決めた原子力発電所から発生し、最終的に地層処分施設で処分する中レベル放射性廃棄物（ILW）と使用済燃料については、「廃棄物移転価格」と呼ばれる固定価格を事業者が支払い、英国政府が引き取って、その後の責任を負う「廃棄物契約」を結ぶという制度がある。本研究ノートでは、英国の廃棄物移転価格の設定方法を概観し、官民の役割分担の一例を紹介する。

- | | |
|---------------------|-------------------------------------|
| 1. はじめに | 3.1. 地層処分施設の固定費と可変費の見積もり |
| 2. 廃棄物移転価格制度の枠組み | 3.2. 地層処分施設の固定費負担割合の算出と見積もり費用の単価の計算 |
| 2.1. 廃棄物移転価格制度 | 3.3. リスクと不確実性の調整 |
| 2.2. 廃棄物移転価格の構成要素 | 3.4. 廃棄物移転価格の設定 |
| 2.3. 廃棄物移転価格の設定プロセス | |
| 3. 価格設定のプロセス | 4. おわりに |

1. はじめに

政府が原子力発電所の新增設の方針を掲げている英国では、自由化後に民間の事業者によって新たに建設されることになる原子力発電所のバックエンド費用については、廃止措置基金プログラム（Funded Decommissioning Programme, FDP）で、事業者が廃炉から廃棄物の処分に必要な全ての費用を独立した基金に積み立てる計画を政府に提出し、承認を受けなければならないことになっている¹。FDPの制度が導入された背景には、2002年に経営破綻に陥

ったBritish Energyを政府が救済せざるを得なかった経験がある。

政府がこれから建設する地層処分施設で処分する中レベル放射性廃棄物²（Intermediate Level Waste, ILW）と使用済燃料（Spent Fuel）については、廃棄物移転価格（Waste Transfer Price, WTP）と呼ばれる固定価格を事業者が英国政府に支払って、それらの所有権を国に移転し、その後の責任を国が負う契約（Waste Contract）を結ぶことが前提となっている。この契約では、原子力発電所を新設する事業者が放射性廃棄物の処分に関して予想される費用を

¹ 英国の原子力発電所は、現在、EDF Energy が運転しているが、いずれも国営時代に建設された発電所で、既に閉鎖となった発電所を含め、既設の原子力発電所の廃棄物処分は国の機関が実施する。

² 英国では、1 トン当たりの放射線量が、アルファ線量で4 ギガベクレル、ベータ線量で12 ギガベクレルを超えない

放射性廃棄物が「低レベル放射性廃棄物」に分類されており、放射線量がそれらを超えるものの、貯蔵施設または処分施設的设计で考慮に入れるのに十分な熱を発生しない廃棄物が「中レベル放射性廃棄物」として分類されている。NDA (2019)を参照。

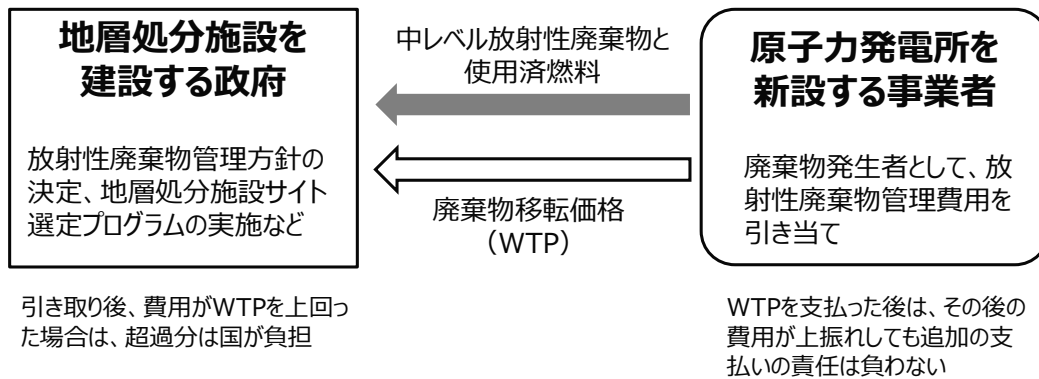


図1 廃棄物移転価格制度の枠組み

すべて負担することを前提とするものの、事業者に対し、不確実性の高い地層処分に係る費用に関する予見性を与えるため、WTPを国に支払った後は、その後の廃棄物処分の費用が想定以上に増加しても、事業者が追加の支払いの責任を負わないようにするものである³。

本研究ノートでは、英国の廃棄物移転価格制度において、民間の事業者が建設する原子力発電所から生じる放射性廃棄物の処分費用をめぐる国と事業者の責任分担のあり方と、その背後にある考え方について述べた上で、WTPの設定方法について紹介する。

2. 廃棄物移転価格制度の枠組み

2.1. 廃棄物移転価格制度

すでに述べたように、英国の廃棄物移転価格制度とは、新規に建設される原子力発電所を対象として、最終的には政府の地層処分施設で処分する使用済燃料と中レベル放射性廃棄物を事業者から政府に引き渡し（所有権を移転）、合わせてWTPを支払うことで、その後で費用が上振れして、WTPを超えても、事業者が追加的な支払いの責任を負わないようにする制度である（図1）。現在、このWTPが適用されることになっているのは、Hinkley Point Cのみである（OECD/NEA, 2021）。

この制度の下では、事業者が放射性廃棄物の処理・処分の費用を負担するという原則は維持される。言い換えると、自由化後に民間の事業者によって建設される原子力発電への補助は行わないという原則である。ただし、将来の費用が上振れするリスクについては国が引き受けることになっている。その際、WTPには、リスクの負担に見合う対価が含まれ、国はそれを受け取るが、利潤を求めるものではない。

こうした制度の創設には、放射性廃棄物の処分事業が非常に長期にわたる事業であり、その費用に関しては非常に大きな不確実性があるというだけでなく、地層処分は国が独占的に行うため、事業者自身はその費用を管理できないことも反映されている。不確実性が大きい地層処分の費用に関して予見性を確保することは、英国政府が目指す新增設の促進にもつながる。

2.2. 廃棄物移転価格の構成要素

廃棄物移転価格（WTP）の設定にあたっては、最も正確に見積もられた費用にリスクプレミアムを加えた「推定価格（Pricing Cost Estimate）」を求めることになっている。移転後の費用が、後述する上限を超えるリスクの負担に対する対価としての「リスクフィー」を推定価格に加えたものがWTPとなる（図2）。

³ 同様の制度は、ドイツでも導入されている。佐藤(2021)を参照。なお、時期的には英国が先行して導入しているが、

筆者の知る限り、ドイツが英国のWTPの制度を参照したという明確な情報は見当たらない。

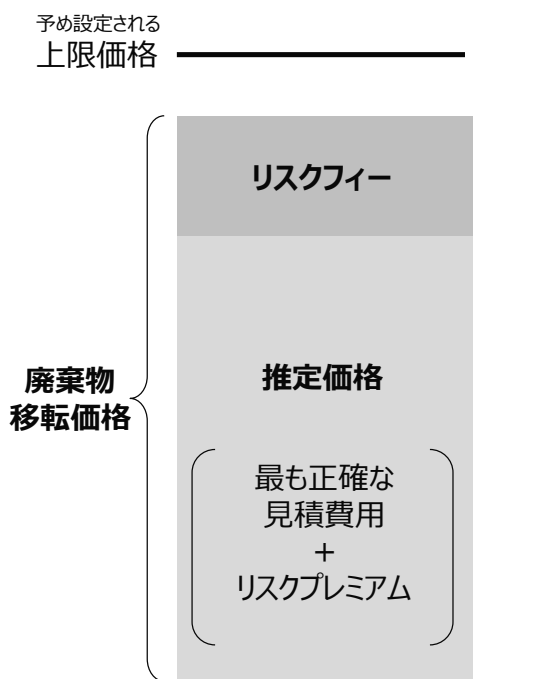


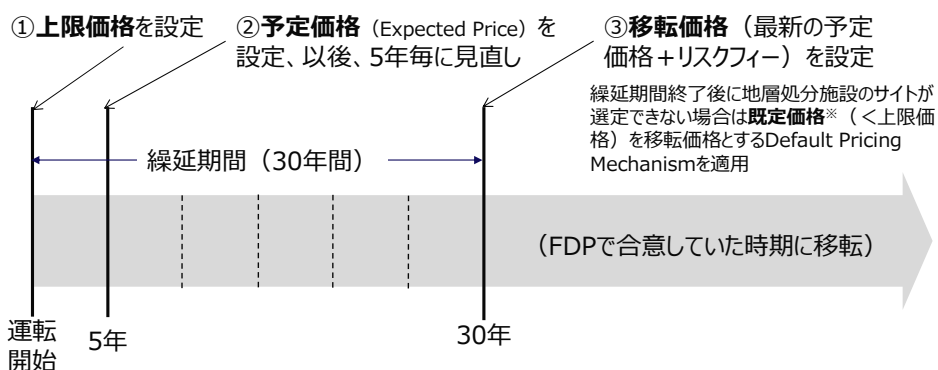
図2 廃棄物移転価格の構成要素

WTPには、あらかじめ上限価格 (cap) が設定されることになっている。将来の負担額がどの程度になるかが分からなければ、新增設を行う事業者の資金調達は難しくなる。上限価格は、事業者が費用負担に関する予見性を与えるためであり、Waste Contractに記載されることになる。

2.3. 廃棄物移転価格の設定プロセス

WTPの設定に至るまでに、関連する様々な価格が設定されることになる (図3)。まず、運転開始時に、上限価格が設定される。これは最終的には国務大臣 (Secretary of State) が決定する。この段階では、地層処分施設 (Geological Disposal Facility) のサイトが決まっていないことが想定され、一般的な情報に基づいて費用の見積もりが行われる。楽観バイアスを考慮して、見積もり費用を引き上げ、不測の事態への備えを加味するため、モンテカルロ法⁴を組み合わせ、リスク調整後の費用の分布を作成する。得られた分布の中で、実際の費用が特定の値を超えない確率に基づいて、後述する上限価格が設定される。想定する確率は定められていないが、試算例では99%点で設定する例が示されている。これは、計算された費用の分布が正しければ、費用が上限を上回る確率は1%ということになる。

WTPは新設の原子力発電所の運転開始後30年が経過したときに決定される。運転開始から30年間は「繰延期間」として、より正確な費用の見積もりに基づいてWTPを設定するための時期となる。運転開始の5年後に、繰延期間終了時点で設定されるWTPの予測値となる「予定



※上限価格を超えないが、それに近い水準となることを想定

図3 廃棄物移転価格の設定に至るプロセス

⁴ シミュレーションの方法で、予測したい変数 (例えば費用) に影響を与える要因 (例えば廃棄物の量) を確率変数として、適切な確率分布を仮定し、乱数を発生させて、そ

の分布に従う様々な値をとらせることで、予測したい変数のとりうる値を統計的に把握する手法。

価格 (Expected Price)」が提示される。その後、5年ごとに最新の見積もりを反映して予定価格は見直され、最終決定までに現実的な値に近づけていくことになっている。時間の経過とともに費用に関する不確実性の減少を期待してのことでもあるが、長くなりすぎると、十分な費用の積立ができなくなる恐れがあることから30年で区切られている。

WTPの設定に影響を与える大きな要素は、地層処分施設に関する見積もり費用（及び費用単価）である。ただし、地層処分施設のサイトは決定しておらず、制度導入時には、2025年以降に決定することが期待されていた（DECC, 2011, p.15）。後述するが、地層処分施設のサイトが決まる前と決まった後では、費用の見積もりに利用できる情報が異なり、費用に関する不確実性も異なる。予定価格の設定方法も、地層処分施設のサイト選定前と後では異なる。

繰延期間の終了とともに、最終的なWTPが設定されることになる。その後、FDPで合意していた時期に廃棄物の移転が行われる。繰延期間終了後に地層処分施設のサイトが選定できない場合は、上限価格を超えない「既定価格」と呼ばれる価格が移転価格となる（Default Pricing Mechanism）。これは上限価格を超えないものの、それに近い水準となることを想定している。最終的には国務大臣がWTPを設定する。なお、決定されたWTPについては、紛争解決⁵（Dispute Resolution）の適用除外となる。

3. 価格設定のプロセス

以下では、より具体的なWTPの設定のプロセスとして、DECC (2011)が示している16のステップを説明する。

3.1. 地層処分施設の固定費と可変費の見積もり

ステップ1から4では、地層処分施設の固定費と可変費の見積もりが行われる。

ステップ1では、地層処分施設の建設と運用の責任主体である原子力廃止措置機関（Nuclear Decommissioning Authority, NDA）の放射性廃棄物管理局（RWMD、現在は放射性廃棄物管理会社RWM社）から、費用の見積もりに関するデータが提供される。

ステップ2およびステップ3では、NDAが中レベル放射性廃棄物と使用済燃料1単位当たりの可変費（ステップ2）および地層処分施設の固定費（ステップ3）の現時点での最良の見積もりを提供することとなっている。

ステップ4では、地層処分施設が複数必要かどうかの見通しが立てられることとなっている。これまでのところ、地層処分施設は1つという前提であるが、将来、2つ目の施設が必要となるかもしれない可能性が高まったと考えられる場合には、前提を変更することは可能となっている。

ちなみに、NDAが2008年に公表した見積もり費用は、2008年当時の価格で122億ポンドとされている。

3.2. 地層処分施設の固定費負担割合の算出と見積もり費用の単価の計算

ステップ5からステップ13で、地層処分施設の固定費のうち、新設の原子力発電事業者が負担する割合と、見積もり費用の単価を計算する。

ステップ5では、現在、保管されている廃棄物の量をNDAによる最新の情報に基づき推定する。

ステップ6では、新設の原子力発電所からの廃棄物の量について、対象とする新設の原子力発電所の特性に照らして予測される量と、繰延期間終了後に予想される新設の原子力発電所

⁵ WTPの計算方法の適用をめぐり、政府と事業者の間で意見の相違がある場合、独立した専門家によって解決を図る

手続きを指す。

の出力に基づいて推定することとなっている。これは新設の発電所の設備容量に依存するが、保守的な数字を想定することとなっている。

ステップ7では、既設分と新設分の廃棄物の量を足し上げて、地層処分する廃棄物の総量を推定する。

ステップ8では、新設の原子力発電所の事業者が負担する地層処分施設の可変費の割合を V_N/V_T とする。ただし、 V_N は、その事業者の総可変費、 V_T は地層処分施設全体の可変費とする。

ステップ9では、新設の原子力発電所の事業者の地層処分施設の固定費の負担を総可変費のシェアに応じて配分する。

ステップ10では、資金調達のための負担金（financing charge）を理論上の値に基づき適用する（「仮想的地層処分施設」アプローチ）。利子率は、国家財政委員会のガイダンスと整合的な利子率を用いる。また、地層処分施設の支出計画は、NDAの最新の費用見積りに基づいて作成される。ちなみに、実質利子率2.2%で計算すると、固定費負担分の約38%の増加に相当するとされている。

ステップ11では、固定費の負担分について、原子力発電所を運転する事業者の可変費用の総額のシェアに応じて、その使用済核燃料と中レベル放射性廃棄物に割り振り、その上で、使用済燃料と放射性廃棄物の単位当たりの固定費負担額を計算する。

ステップ12では、ステップ2で得られた単位当たり可変費用と、ステップ11で得られた単位当たり固定費負担分を合算して、単位当たり総費用を得る。

ステップ13では、使用済燃料のキャニスター当たりの費用見積りをtU当たりの金額に換算する。

3.3. リスクと不確実性の調整

ステップ14と15において、見積もり費用が変動するリスクや不確実性の影響を考慮した調整が行われる。このプロセスは、地層処分施設

のサイト選定後の「推定価格」を設定する場合と、サイト選定前にそれを「予定価格」として設定する場合とで異なるため、個別に説明する。

3.3.1. 地層処分施設のサイト選定後の推定価格の設定

ステップ14では、基準となる費用単価の見積もりをリスクと不確実性に応じて調整する。地層処分施設のサイトの選定後であれば、業界の適正な基準に沿って、透明性の高い方法で、サイト固有の費用見積もりに関連するリスクと不確実性の評価を行う。これにより、使用済燃料と中レベル放射性廃棄物の費用単価について、リスク調整後の費用の分布を得る。

ステップ15で、リスクと不確実性に伴う費用を増加させた後、「推定価格」を得る。地層処分施設のサイトの選定後において、推定価格は、リスク調整後の費用分布の95%点で設定される。これは、実際の費用が、95%の確率で推定価格よりも小さくなる、つまり、実際の費用が見積もり費用を上回る確率は5%以内に抑えるということになる。この推定価格と最良の見積もり費用の差を「リスクプレミアム」とみなすとしている（DECC, 2011, p.22）。見積もり費用が分布の50%点とした場合、95%点との差、すなわちリスクプレミアムは、分布の幅（標準偏差）が広いと大きくなり得る。しかし、サイト選定後の費用の見積もりは、より確実で、不確実性を考慮した費用の分布の幅も狭くなることで、リスクプレミアムも小さくなることが見込まれる。

3.3.2. 地層処分施設のサイト選定前の予定価格の設定

地層処分施設のサイト選定前に、予定価格として推定価格を設定する場合には、暫定的なアプローチを適用する。具体的には、「NDAの基準推定値+楽観バイアス増額分+リスクプレミアム予測値」で計算する。楽観バイアスとは、一般に、物事を自分にとって都合よく解釈して

しまう傾向を指すが、ここでは費用を過小評価してしまうことを意味する。このような楽観バイアスをどう考慮するかは、英国財務省からガイダンスも示されている。それによると、地層処分施設は、非標準的な土木プロジェクトに分類され、6～66%の増額による調整が推奨されている。ただし、プロジェクトの初期段階では常に上限（66%）の適用が促されており、WTPの試算例においても、NDAの推定値の66%を増加させることとなっている。

これに加える、リスクプレミアムの予測値は、NDAのガイダンスが示している費用の変動幅を利用する。これは費用の項目によるが、例えば、-10%から+40%と示されている場合、見積もり費用（最尤値）が10であれば、その変動幅は9から14となる。その上で、以下の簡単な近似式を用いて、50%点と95%点を推定する。

$$50\%点=(最小値+(4\times最尤値)+最大値)/6$$

$$95\%点=50\%点+((最大値-50\%点)/5\times 4.5)$$

見積もり費用（最尤値）が10のケースで計算すると、50%点が10.5、95%点は13.65となり、リスクプレミアムは3.65となる。この計算を使用済燃料と中レベル放射性廃棄物の試算例の数値を用いて行くと、リスクプレミアムは、それぞれ15.49%、7.02%となる（DECC, 2011, p.78）。

3.4. 廃棄物移転価格の設定

最後のステップ16は、推定価格にリスクフィーを加えてWTPを算定するプロセスである。

すでに述べたように、WTPは上限価格を超えない範囲で設定され、繰延期間の終了が地層処分施設のサイトの選定の前に到来する場合には、2.3節で述べたDefault Pricing Mechanismにより決定されることになる。

リスクフィーは、「(確率×費用の超過分) + マークアップ」で計算される。ここでの「確率」

とは、実際の費用が上限を超える確率のことである。費用の超過分というのは、費用が上限を超える場合に想定される費用と上限の差である。マークアップの水準は国務大臣が決めることになっているが、確率の値も含め未定である。

ここでは、あくまで計算方法を理解するためとしてDECC(2011, pp.61-63)が示した試算例の条件を用いて説明する。まず、マークアップは50%の増加としている。つまり、確率×費用の超過分の1.5倍となる。次に、国が定める上限については、NDAが開発した費用モデル（Parametric Cost Model）に、モンテカルロ法を適用して得られた分布⁶の99%点で設定するものとしている。すなわち、この設定では、実際の費用が上限を超える確率は1%となる。この上限を超えた場合の費用をどのように設定するのかについては、モンテカルロ法で得られた費用の分布の最大値を1%の確率で生じる費用の平均値の代理変数として使うことが想定されている⁷。つまり、この例では、得られた分布の最大値から99%点の値を差し引いた値が費用の超過分ということになる。今、この超過分を1000とすると⁸、最終的にリスクフィーは、

$$(1\%\times 1000)\times 1.5=15$$

となる。

上限が高く設定されていれば、費用の超過分は小さくなり、結果としてリスクフィーも小さくなる、という関係になる。また、リスクフィーは、モンテカルロ法で得られる費用の分布の99%点の値と最大値の差にも依存する。偶発的な変動リスクの影響が大きく、分布の裾が長くなっている場合には、上限を超える超過分が大きくなるため、リスクフィーも高くなる。地層処分施設のサイト選定後であれば、費用の変動リスクは小さくなり、分布の裾も短くなって、99%点の値と最大値の差も小さくなることか

⁶ 分布の導出については、DECC(2011, pp.36-38)で説明されている。

⁷ モンテカルロ法で得られた分布の最大値は、あくまでシミュレーションで得られた最大値であって、実際の費用が

その値を超える可能性も考慮しているということである。

⁸ DECC (2011, p.63)では、使用済燃料と中レベル放射性廃棄物のそれぞれについて、試算例による数値を用いた説明がある。

ら、結果的にリスクフィーは小さくなる。

4. おわりに

DECC(2011, p.64)は、サイト選定前の仮想事例で、予想されるWTPや、その上限価格の試算例を示している。単位当たり費用の見積もりに対して、予想価格は約2倍、上限は約3倍になるとしている。固定費部分は、国有時代の原子力発電所の廃棄物処分のためにも必要であり、新設の原子力発電所が増えても、それによって固定費が増えることはなく、将来的に、新設に伴う費用の上振れリスクがあるのは可変費部分のみであるとしている。

また、発電電力量当たりの単価の試算例も示されている (DECC, 2011, pp.66-68)。運転期間中に確保した資金が、その後の運用によってどの程度増やせるかに依存するが、2008年価格で、予想されるWTPの場合はMWh当たり0.20～0.43ポンド、上限価格で設定された場合はMWh当たり0.33～0.71ポンドとなることが示されている。ただし、これらはあくまで計算方法を理解するための試算例であって、現実に決まる値を予想しているものではないことは、DECC(2011)においても強調されている。

1996年に民営化されたBritish Energyが2002年に経営破綻し、費用負担の責任を果たせなくなったため、政府が救済せざるを得なかったことが契機となってFDPの制度が整備され、FDPの承認にあたって、政府は事業者と廃棄物移転契約を結ぶこととされ、廃棄物移転価格制度も合わせて整備された。

事業者が最終的に費用の上振れリスクを回避できることについては、欧州における国家補助の観点から問題視する議論もあったが、2015年10月には、欧州委員会も、この制度が国家補助規則に抵触しないとの判断を示している (European Commission, 2015)。その判断は、基本的には、事業者がWTP設定時点で現実的とされる費用を負担すること、実際の費用が上限を

上回る確率は極めて低く設定されることなどに基づいている。

英国政府の側からすれば、ほぼ確実にこの価格を上回らないという水準に上限を設定する必要があるが、事業者にとっては、その水準があまりに高ければ、過度な負担となり、受け入れることは困難になる。

WTPの設定は複雑であるが、原子力発電所の新設を考える上で、政府と民間の事業者が、長期的なバックエンド事業の不確実な費用の発生に対して、どのように責任を分担すべきかを検討する上で参考となる貴重な制度の事例である。

【参考文献】

DECC (2011). “Waste Transfer Pricing Methodology for the disposal of higher activity waste from new nuclear power stations”.

European Commission (2015). “State aid: Commission approves UK pricing methodology for nuclear waste transfer contracts,” Press Release.

NDA (2019). “2019 UK Radioactive Waste Inventory,” Report prepared for the Department for Business, Energy & Industrial Strategy (BEIS) and the Nuclear Decommissioning Authority (NDA) by Pöyry Energy Ltd and Wood Nuclear Ltd.

OECD/NEA (2021). Ensuring the Adequacy of Funding Arrangements for Decommissioning and Radioactive Waste Management, NEA No.7549.

佐藤佳邦(2021). 「ドイツの放射性廃棄物管理責任をめぐる議論と資金確保に向けた制度的対応—放射性廃棄物処分基金 (KENFO) について—」電力中央研究所報告 Y20003.

服部 徹 (はっとり とおる)

電力中央研究所 社会経済研究所

