

原子力発電は本当に安いのか？

～福島原発震災 2011 (SDP17)：全ライフサイクルに渡る原子力発電のコスト検証

白井 安彦 (NPO 安全工学研究所)、加部 隆史 (NPO 安全工学研究所)

1. はじめに

3月11日午後2時46分に発生した東日本大震災とそれに伴う津波により、福島第一原子力発電所では、全電源喪失状態に陥り、安全を確保するために必要不可欠な①原子炉を止める②原子炉を冷却する③放射性物質を閉じ込めるといった機能のうち、②と③が失われ、原子力発電の事故の深刻度を示す「国際評価尺度 (INES)」に基づく評価がレベル7と認定される深刻な事故が発生し、4ヶ月を経過した現在でもなお収束の目処がたたない状況にある。

このように一度事故が発生した場合、人体のみならず自然環境及び経済活動へ多大な危害をもたらす可能性を有する原子力発電所が、唯一の被爆国である日本で普及してきた理由としては、冷戦下における米国の核不拡散戦略および原子力の平和利用をスローガンにした原子力産業の振興政策、日本の科学技術立国を目指す基幹技術としての開発促進などがあげられるが、政府及び電気事業者が公表している原子力発電のコスト優位性と原子力発電所を立地する自治体に対する財政的インセンティブの付与も大きな理由であると考えられる。

福島第一原発の事故を契機に、国内外において原子力発電の安全性に対する疑念が高まり、原子力発電への依存を減らし自然エネルギーを中心とする代替エネルギーを普及促進させる動きが加速している。

このような状況の中、原子力発電の利点とされてきたコスト優位性の妥当性について改めて検証する必要があると考え、**Safety Service Engineering(SSE)**の概念に基づき原子力発電の全ライフサイクルに渡ってのコストを算出し、他の発電方式との発電単価の比較を行った。以下はその考察結果である。

2. 原子力発電の全ライフサイクルに渡るコスト

2-1 原子力発電のコスト構成

原子力発電の全ライフサイクルにわたって要する費用は以下の式で表される⁽¹⁾。

発電費用=発電に直接要する費用+核燃料サイクル費用+原子力発電所解体費用+財政支出+事故に伴う賠償費用・・・(1)

発電に直接要する費用は、燃料費、人件費、原価償却費、保守費用、租税公課などで構成される電気事業営業費用と固定資産及び財務費用で構成される。発電に直接要する費用を以下建設運転費用とする。

財政支出は、原子力発電所立地自治体への交付金、原子力発電の研究開発に係わる財政支出など、国からの財政支出で構成される。

式(1)を基に、原子力発電の全ライフサイクルに渡る費用を算出し、原子力発電の発電単価を以下で検証する。

2-2 建設運転単価

運転費と建設費については、建設運転単価として電気事業者の有価証券報告書を基に以下の式により導出する。

建設運転単価=(営業費用+事業報酬×事業報酬率)÷発電容量・・・(2)

事業報酬=電気事業固定資産+建設仮勘定×1/2+核燃料資産+営業資本×1.5/12・・・(3)

営業資本=(営業費用-控除費用)・・・(4)

ここで事業報酬率：2005年～2009年まで3.2%
営業費の費用項目を表1に示す。

表1 営業費用項目一覧

給与手当	
給与手当振替額	
厚生費	
雑給	
燃料費	
使用済核燃料再処理費用	※
使用済燃料再処理等準備費	※
特定放射性廃棄物処分費	※
原子力施設解体費	※
消耗品費	
修繕費	
水利使用料	
補償費	
賃借料	
損害保険料	
諸費	
諸税	
減価償却費	
固定資産除去費	
共有設備等分担額	

表2 営業資本算定の際に控除する項目

退職金のうち引当金純増額	
燃料費のうち核燃料費	※
使用済み核燃料再処理費のうち引当金純増額	
電気料金貸倒損のうち引当金純増額	
固定資産税	※

雑税	※
減価償却費のうち除去損	※
原子力施設解体費のうち引当金純増額	
電源開発促進税	
事業税	
試験研究費又は開発費の償却	
株式発行償却	
社債発行費償却及び法人税等	
算定規則第6条の控除収益項目額の合計額	

使用済燃料再処理費用、使用済燃料再処理等準備費、特定放射性廃棄物処分費、原子力施設解体費が含まれているが、六ヶ所村が未だ操業しておらず実際に必要な使用済み核燃料の廃棄処理費用と計上している費用に乖離があること、実際の原子炉解体費用と計上されている原子力施設解体費用に乖離があることから、今回の算出では除外した。

また控除費用は有価証券報告書からは発電方式による分類が不可能な項目があるため、※の項目のみ算出に用いた。

以上の条件の下算出した原子力発電の建設運転単価を表3に示す。

表3 原子力発電の建設運転単価

	2005年	2006年	2007年	2008年	2009年	平均
建設運転単価	6.25	6.27	7.06	7.60	7.15	6.83

出所：電気事業者の有価証券報告書を基に作成

2-3. 核燃料サイクル単価

核燃料サイクルとは、原子力発電所で燃料として用いるウラン鉱石の採鉱・精錬、転換・濃縮、燃料加工し、原子力発電所で使い終わった使用済燃料を再処理し、MOX燃料としての再利用、そして最終的な放射性廃棄物の処理・処分、これらに関連する輸送（運搬）を含む、一連の流れのことであり、電気事業者は核燃料サイクル費用として、電気事業法による使用済核燃料再処理引当金に関する省令および特定放射性廃棄物の最終処分に関する法律に基づき、それぞれ、使用済核燃料再処理引当金および特定放射性廃棄物に関する拠出金を計上しているが、再処理を行う予定である六ヶ所村再処理工場は現時点で操業していないこと、および根拠となる法律が制定されてから31年も経過しており、その引当金額の妥当性に疑問が生じる。

よって今回は、電気事業分科会コスト等検討小委員会(2004年)において電気事業連合会が算出した核燃料サイクルの単価を採用することとする。

表4 核燃料サイクル事業費

事業項目	金額[億円]
六ヶ所村第一工場操業費用	11兆円
返還高レベル放射性廃棄物管理	3,000億円
返還低レベル放射性廃棄物管理	5,700億円

高レベル放射性廃棄物輸送	1,900億円
高レベル放射性廃棄物処分	2兆5,500億円
TRU廃棄物地層処分	8,100億円
使用済燃料輸送	9,200億円
使用済燃料中間貯蔵	1兆100億円
MOX燃料加工	1兆1,900億円
ウラン濃縮工場バックエンド	2,400億円
六ヶ所村第二工場操業費用	11兆億円
合計	29兆8,000億円

出所：モデル試算による各電源の発電コスト比較

(電気事業連合会)⁽²⁾

使用済燃料は適切な期間貯蔵された後、全て再処理するものとし、割引率2%の条件下で算出した核燃料サイクル単価は1.6円となる。

ただし核燃料サイクル事業のうち、高速増殖炉ふげん及びもんじゅの運転管理費などは独立行政法人日本原子力研究開発機構への財政支出として計上している。

現在日本がイギリス及びフランスへ委託している使用済み核燃料処理に係わる全ての費用がこれらに含まれているかは、更なる精査が必要とされる。例えば、両国の最新施設の建設費を日本は多くの部分を負担している。

2-4. 原子力施設解体単価

電気事業法による原子力発電施設解体引当金に関する省令で規定されている下式に基づいて、電気事業者は原子力発電施設の解体費用を1989年より毎年計上している⁽³⁾。

$$\text{原子力施設解体費用} = (\text{総見積額} \times 90\% \times \text{累積発電電力量}) / (\text{想定発電電力量} - \text{前年度積立額}) \dots (5)$$

$$\text{想定総発電電力量} = \text{認可出力} \times 40\text{年} \times 365\text{日} \times 24\text{時間} \times \text{設備利用率}(76\%) \dots (6)$$

また解体費用の見積額については、総合エネルギー調査会原子力部会報告(昭和60年7月)において標準工程に基づいて試算されており、110万kW級の原子力発電所につき約300億円とされている。これは建設費の10%程度に相当する金額である。

しかしながら現在解体作業を行っている東海第一原子力発電所の解体費用は927億円と見積もられており、引当金の額を大きく上回っている。

よって今回の試算では、解体費用＝建設費用として、原子力施設解体単価を以下の式で導出する。

$$\text{原子力施設解体費用単価} = \text{原子力施設解体費用合計} / \text{想定総発電電力量} \dots (7)$$

$$\text{想定総発電電力量} = \text{定格出力} \times 24\text{時間} \times 365\text{日} \times \text{設備利用率}(70\%) \dots (8)$$

また解体は運転開始から40年後に実施するものとし毎年積み立てるものとし、解体後は新規の原子力発電所を新設しないものとして想定発電容量を計算する。ただし現在建設中である泊3号、大間、島根3号については2050年に解体するものとして計算する。

以上の条件の下で算出した原子力施設解体単価は2.64円となる。

2-5.財政支出単価

原子力発電に関する財政支出には、電源三法制度（電源開発促進税法、電源開発促進特別会計法、発電用施設周辺地域整備法）に基づく電源立地対策費及び電源利用対策費と一般歳出により構成されている。

電源開発促進税法とは、発電施設（原子力・水力）の設置促進、運転の円滑化、利用の促進、安全の確保と円滑な電気供給の財源として販売電気に対して1000kWh当り375円の電源開発促進税を課すことを規定する法律である。納付された電源開発促進税は、電源開発促進特別会計法に基づき発電用施設周辺地域の整備のための交付金の交付及び安全対策の財政措置を目的とする電源立地対策と発電用施設等の利用の促進・安全の確保・円滑な電気供給を目的とする電源利用対策に利用されている。名目上は全ての電源に対して支出できていることになっているが、そのほとんどが原子力発電目的に支出されている。原子力発電に関する財政支出の推移を図1に示す。

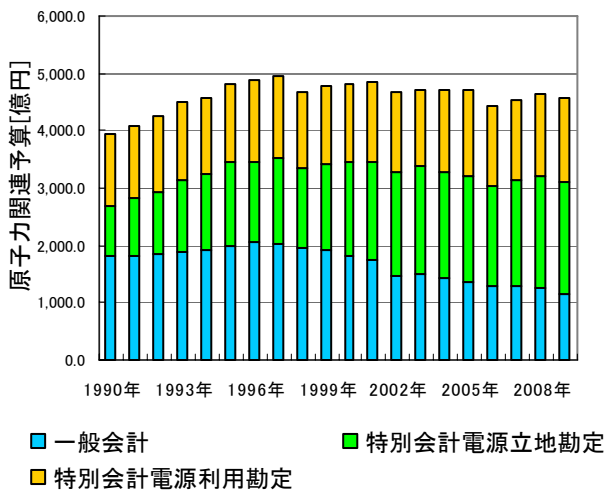


図1 原子力関連予算の推移

出所：原子力関係予算（内閣府原子力委員会）を基に作成⁽⁴⁾

上記の原子力関連予算を基に以下の式で原子力発電の財政支出単価を導出する。

$$\text{財政支出単価} = \text{財政支出合計} / \text{総発電容量} \quad \dots (9)$$

算出した原子力発電の財政支出単価（1990年～2009年の平均）は1.67円となる。

また経済産業省資源エネルギー庁「電源立地制度の概要」において、定格出力135万KWの原子力発電所を新設した場合（建設期間7年、運転開始まで10年、運転年数35年）に原子力発電所所在都道府県、市町村及び周辺市町村に交付される財政支出を表に示す。

上記条件で財政支出単価を次式により算出する。

$$\text{財政支出単価} = \text{電源立地地域対策交付金} / (\text{許可出力} \times \text{暦日時間} \times \text{設備利用率}) \quad \dots (10)$$

ただし設備利用率は70%とする。

定格出力135万kWの原子力発電所を新設した場合の財政支出単価は4.28円となり、現在支出されている金額を上回るものとなる。

表5 定格出力135万kWの原子力発電所を新設した場合の電源立地対策交付金のモデルケース

電源立地対策交付金	1,215億円
電源立地初期対策交付金相当分	52億円
電源立地促進対策交付金相当分	142億円
原子力発電施設等周辺地域交付金相当分	597億円
電力移出県等交付金相当分	275億円
原子力発電施設等立地地域長期発展対策交付金相当分	149億円
原子力発電施設立地共生交付金	25億円
合計	1,240億円

出所：電源立地制度の概要（経済産業省資源エネルギー庁）を基に作成⁽⁵⁾

2-6.原子力事故賠償単価

福島原子力発電の事故に対する損害賠償の範囲は、経済産業省の原発事故経済被害対応チームにより検討されており、その範囲として、政府による避難等の指示に係る損害、政府等による出荷制限指示等に係る損害、政府等による作付制限指示等に係る損害、風評被害、政府による航行危険区域設定に係る損害が挙げられている。

未だ損害賠償の金額は決定していないが、政府が総額4兆円とし損害賠償支援機構を通して賠償金が支払い、10年間で電力会社が償還する試算を行ったとの報道もある。

(<http://www.asahi.com/business/update/0502/TKY201105020519.html>)

但し、福島第一原発事故については不確定要素が多く、産業界への賠償、避難住民の精神的負担への賠償、汚染水処理費用、廃炉に伴う長期的工事の総額等は、未確定ではあるが、ここでは、あくまで仮に損害賠償金額を4兆円と仮定して以下の式で損害賠償単価を算出する。

$$\text{損害賠償単価} = \text{損害賠償金額} / (\text{許可出力} \times \text{暦日時間} \times \text{設備利用率}) \quad \dots (11)$$

暦日時間は10年、設備利用率は70%とする。

以上の条件で算出した損害賠償単価は1.34円となる。

3.発電方式による発電単価の比較

前章で示した算出結果を式(1)に代入すると原子力発電の全ライフサイクルに渡る発電単価は13.97円となった。

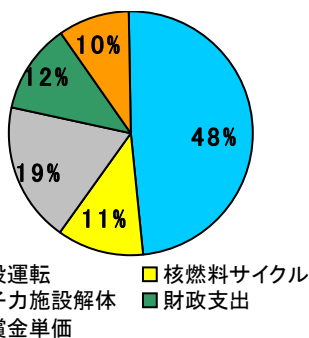


図2 原子力発電の全ライフサイクルに渡る発電単価

次に原子力発電の発電単価とその他の発電方式における発電単価の比較を行う。

火力発電の単価および水力発電の単価は、電気事業者の有価証券報告書を基に、それぞれ式(2)、式(12)および式(2)、式(13)により算出する。

$$\text{事業報酬} = \text{電気事業固定資産} + \text{建設仮勘定} \times 1/2 + \text{貯蔵品} \times 1.5/12 + \text{営業資本} \times 1.5/12 \quad \dots(12)$$

事業報酬率：2005年～2009年まで3.2%

$$\text{事業報酬} = \text{電気事業固定資産} + \text{建設仮勘定} \times 1/2 + \text{営業資本} \times 1.5/12 \quad \dots(13)$$

事業報酬率：2005年～2009年まで3.2%

発電方式別の発電単価を図3に示す。原子力発電の単価が13.97円と最も高くなり、政府及び電気事業者連合会が公表している発電単価5.2円（設備稼働率80%）と大きく乖離しており、コスト優位性の妥当性と合理性が不十分であることが明らかになった。

参考データとして電気事業者が提出する原子炉設置許可申請書に記載されている発電単価の一覧を表6に示す。平均は13.36円となり、筆者らの条件付き試算13.97円とかなり近くなる。

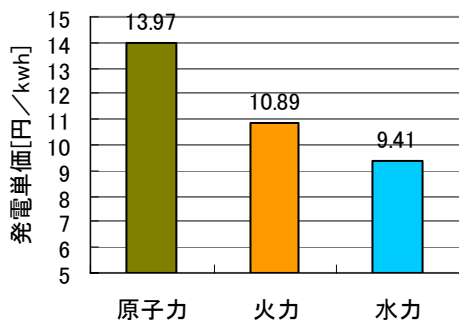


図3 発電方式による発電単価の比較

4.まとめ

3月11日の東日本大震災を起因として発生した福島第一原子力発電所の事故により、日本の原子力発電における安全管理体制の不備、原子力発電の危険性が顕在化した。これにより原子力発電に依存するエネルギー供給体制を改め、自然エネルギーを中心とする代替エネルギーの発電量を増加させる方針転換についての機運が高まっている。

そこで本稿において、原子力発電の利点として挙げられていた発電コストの優位性について、その妥

当性を検証した。

その結果、原子力発電の発電単価は13.97円となり、政府及び電気事業者連合会が公表している発電単価5.2円（設備稼働率80%）と大きく乖離しており、原子力発電のコスト優位性について合理性と妥当性が不十分であることが明らかになり、今後これらを踏まえた議論が必要とされる。

表6 設置許可申請書記載の発電単価

原子炉	発電単価	申請年	単価区分
女川1号	16.98	1970年	初年度単価
福島第二1号	10.32	1972年	初年度単価
玄海2号	6.86	1974年	初年度単価
柏崎刈羽1号	14.04	1974年	初年度単価
伊方2号	17.51	1975年	初年度単価
福島第二2号	10.79	1975年	初年度単価
川内1号	10.75	1976年	初年度単価
福島第二3号	14.55	1977年	初年度単価
福島第二4号	13.43	1978年	初年度単価
川内2号	13.02	1978年	初年度単価
浜岡3号	18.7	1978年	初年度単価
敦賀2号	14.02	1979年	初年度単価
柏崎刈羽2号	17.72	1981年	初年度単価
柏崎刈羽5号	19.71	1981年	初年度単価
島根2号	15.65	1981年	初年度単価
泊1号	17.9	1982年	初年度単価
泊2号	14.37	1982年	初年度単価
玄海3号	14.7	1982年	初年度単価
玄海4号	11.51	1982年	初年度単価
伊方3号	15.06	1983年	初年度単価
大飯3号	14.22	1985年	初年度単価
大飯4号	8.91	1985年	初年度単価
柏崎刈羽3号	13.93	1985年	初年度単価
柏崎刈羽4号	14.24	1985年	初年度単価
浜岡4号	13.87	1986年	初年度単価
志賀1号	16.58	1987年	初年度単価
女川2号	12.3	1987年	初年度単価
柏崎刈羽6号	11.24	1988年	耐用年平均
柏崎刈羽7号	10.37	1988年	耐用年平均
女川3号	14.42	1994年	耐用年平均
東通1号	11.27	1996年	耐用年平均
浜岡5号	9.29	1997年	耐用年平均
志賀2号	8.69	1997年	耐用年平均
大間	11.55	1999年	耐用年平均
泊3号	9.07	2000年	耐用年平均
平均	13.36		

参考文献

- (1)大島堅一：有価証券報告書総覧に基づく発電単価の推計、高崎経済大学論集第43巻第1号、2000年
- (2)モデル試算による各電源の発電コスト比較、電気事業者連合会、2004年
- (3)原子力に係る既存の引当金及び拠出金制度の概要、資源エネルギー庁、2004年
- (4)原子力関係予算案（各年度）、内閣府原子力委員会
- (5)「電源立地制度の概要」、経済産業省資源エネルギー庁、2010年
(2011.07.11, kabe@safetylabo.com)