

核燃料サイクルコスト、事故リスクコストの試算について（見解）

平成23年11月10日
原子力委員会

原子力委員会（以下、「委員会」という。）は、原子力発電・核燃料サイクルの総合評価に資するデータ等の整理を行うことを使命とする「原子力発電・核燃料サイクル技術等検討小委員会」（以下、「検討小委」という。）を9月27日に設置し、委員会がエネルギー・環境会議コスト等検証委員会から依頼された（1）原子力発電の核燃料サイクル費用の算出、（2）原子力発電の将来リスク対応費用の算出を付託した。検討小委は、10月11日より4回の会合を開催してこれらについて検討を進めてきた。本日、委員会は、その結果について添付資料とともに以下のように報告を受けた。

（1）原子力発電の核燃料サイクル費用の算出について

- モデルプラント（120万キロワット、過去7年間で建設された軽水炉プラントを基準）に係る核燃料サイクルコストを試算した結果、割引率3%のケースにおいては、軽水炉使用済燃料を全量再処理する再処理モデルが約2円/kWh、軽水炉使用済燃料の直接処分モデルが約1円/kWhである（表1、表2）。
- 使用済燃料の一部を中間貯蔵したのち再処理する現状モデル（再処理50%、中間貯蔵後に再処理50%）のコストはそのほぼ中間（約1.4円/kWh）に位置する。
- 前回（平成16年）試算では、再処理モデルは試算していないため、現状モデルと比較すると、今回の結果は、フロントエンド側のウラン燃料コストが上昇したが、バックエンド側で再処理時期を3年から20年としたことによる現在価値換算の結果、コストが多少低くなった。
- 感度解析の結果、核燃料サイクルコストを支配するコスト成分は再処理コストとウラン価格であり、埋設処分コストはそれほど大きな影響力をもたない。
 - 再処理を行う場合では再処理等及びMOX燃料の単価が1.5倍になると、核燃料サイクルコストが約20%上昇する。直接処分を行う場合ではウラン価格が2倍になると、核燃料サイクルコストが約35%上昇する。

（2）原子力発電の将来リスク対応費用の算出について

- 将来リスク対応費用として事故リスクコストを算出した。事故リスクコストの試算としては、モデルプラントについて、まず単位発電量当たりの事故による損害期待値（＝損害費用×事故発生頻度^[1]/総発電電力量）を試算した。
- 損害費用は、現在までに公表され検証可能なデータとして、東京電力に関する経営・財務調査委員会報告書を参考として、モデルプラントに換算して約5兆円と仮定した。ただし今回の事故損害額も今後さらに増加する可能性があり、それに応じて損害額の見直しが必要である。
- 事故発生頻度については意見が分かれた。今後建設を想定するモデルプラントのコスト

[1] 一年あたりの事故発生確率

を算定するとの前提からは IAEA の安全目標である 1×10^{-5} /炉年に基づき試算すべきとの意見があったが、この目標を達成しない限り既存の原子炉の稼働を認めないことを前提にすべきとの指摘があった。

- 一方、我が国において約 1,500 炉年の運転経験で 3 つの過酷事故を経験したことから、こうした事故の発生頻度を 2×10^{-3} /炉年に基づき試算すべきとの意見があったが、これは今回事故以降に施される安全対策を考慮しないことを前提にしているため、この数字をモデルプラントの事故発生頻度とするのは現実的ではないとの指摘がされた。
- 試算の結果、稼働率 80～60%の条件で、前者では 0.006 円～0.008 円/kWh、後者では 1.2 円～1.6 円/kWh の範囲となった（表 3）。
- また、損害保険料が将来リスク対応費用に該当するのではないかと指摘があった。しかしながら、原子力事故のように大数の法則に乗らない「極めて稀な事象で巨大な損害」をもたらす対象に対しては、実社会において損害保険は成立していない（例：船舶油濁損害賠償保障法）。
- そこで、米国プライスアンダーソン法の考え方に倣い、事業者負担の上限を定め、事業者間相互扶助の考え方に基づいて事故リスクコストを試算した。
- その結果、総損害額を 5～10 兆円、支払期間を 40 年とし、国内の原子力による発電電力量で除した場合、0.45 円/kWh～0.89 円/kWh となった（表 4）。

以上の報告内容を、当委員会は適切と考える。なお、この結果を利用する際には以下の点に留意することが適切である。

- 核燃料サイクルを含めた原子力発電に関する今後の方針の検討に際しては、現実的な前提のもと、政治・経済情勢の影響及び技術開発の動向も含めた総合的な観点での議論が必要である。
- 試算結果のみならず、前提条件、計算手法などすべて公開し、透明性の高い検証可能な議論とすること。特に試算された将来リスク対応費用は、短期間の検討結果であるから、不確実性の高いものであることを明記すること。なお、計算手法も合わせて提示しているので、前提条件を変えての再試算も可能である。
- 将来の電源選択の参考としては、モデルプラントにおける発電コスト試算がふさわしく、その場合は同じ条件で利用されうる電源を同じ条件で比較することが望ましいことを明記すること。例えば、原子力発電に事故リスクコストを含めるのであれば、他の電源についても将来リスク対応費用を試算して含めるべきであること。
- 事故リスクコストの算定に当たっては期待値の考え方が基本であると考え。これに使う事故発生頻度については、表 3 のように日本が最低限達成すべきである IAEA の安全目標に基づくものと、世界及び日本の原子力発電所の運転経験に基づくものがありうるが、その利用に当たってはその数値の持つ意味を勘案し、慎重を期すべきと考える。
- 一方、原子力損害の補完的補償に関する条約（CSC）などの国際的な動向を考えると、相互扶助の考え方による損害賠償制度に基づく事故リスクコストの考え方にも一定の合理性があると考えられる。その際、民間と国の負担の考え方については検討が必要になる。

以 上

表1 モデルプラントの核燃料サイクルコスト

各サイクルモデルのコスト(1) –割引率0%, 1%–

(円/kWh)

項目	割引率0%			割引率1%		
	再処理 モデル	直接処分 モデル	現状 モデル	再処理 モデル	直接処分 モデル	現状 モデル
ウラン燃料	0.62	0.72	0.62	0.65	0.75	0.68
MOX燃料	0.17	-	0.17	0.16	-	0.12
(フロントエンド計)	0.79	0.72	0.79	0.82	0.75	0.80
再処理等	1.10	-	1.10	1.06	-	0.79
中間貯蔵	-	0.14	0.07	-	0.12	0.06
高レベル廃棄物処分	0.24	-	0.24	0.16	-	0.12
直接処分	-	0.41~0.48	-	-	0.24~0.28	-
(バックエンド計)	1.34	0.56~0.63	1.41	1.21	0.37~0.41	0.98
計	2.14	1.28~1.35	2.21	2.03	1.11~1.15	1.78

註)各項目ごとの四捨五入の関係で合計があわない場合がある。

(送電端)

表2 モデルプラントの核燃料サイクルコスト

各サイクルモデルのコスト(2) –割引率3%, 5%–

(円/kWh)

項目	割引率3%			割引率5%		
	再処理 モデル	直接処分 モデル	現状 モデル	再処理 モデル	直接処分 モデル	現状 モデル
ウラン燃料	0.73	0.81	0.77	0.81	0.88	0.86
MOX燃料	0.15	-	0.07	0.14	-	0.04
(フロントエンド計)	0.88	0.81	0.84	0.94	0.88	0.90
再処理等	1.03	-	0.46	1.04	-	0.30
中間貯蔵	-	0.09	0.05	-	0.07	0.04
高レベル廃棄物処分	0.08	-	0.04	0.05	-	0.01
直接処分	-	0.10~0.11	-	-	0.05~0.05	-
(バックエンド計)	1.11	0.19~0.21	0.55	1.08	0.12~0.12	0.36
計	1.98	1.00~1.02	1.39	2.03	1.00~1.01	1.26

註)各項目ごとの四捨五入の関係で合計があわない場合がある。

(送電端)

表3 損害の発生頻度に基づく事故リスクコストの試算について

モデルプラントでの事故リスクコスト

発生頻度 (/炉年)	モデルプラント稼働率毎の 事故リスクコスト (円/kWh)			損害額が一兆円増加した際に 追加されるコスト (円/kWh)		
	設備利用率 60%	設備利用率 70%	設備利用率 80%	設備利用率 60%	設備利用率 70%	設備利用率 80%
1.0×10^{-5} (既設炉の早期大規模放出 に対するIAEAの安全目標)	0.008	0.007	0.006	0.002	0.001	0.001
3.5×10^{-4} (世界での商業炉シビア アクシデント頻度, 57年に1回の頻度に相当 ^[1])	0.28	0.24	0.21	0.06	0.05	0.04
2.0×10^{-3} (国内での商業炉シビア アクシデント頻度, 10年に1回の頻度に相当 ^[1])	1.6	1.4	1.2	0.32	0.27	0.24

[1] 発電用原子炉が50基稼働していた際の事故発生頻度

表4 保険制度を参考にした事故リスクコストの試算について

米国の共済制度を例とした事故リスクコストの試算

- モデルプラントにおける当技術等検討小委員会の廃炉費用を含む損害賠償額試算は、4兆9,936億円
- あくまで試算の観点から、プライスアンダーソン法を参考に事業者間相互扶助制度があることを仮定して5兆円、また、感度解析として損害額の約2倍の10兆円での損害額を算出

損害額	支払期間	原子力による 総発電電力量 ^[1]	事故リスクコスト
5兆円	40年	2,800億kWh	0.45 円/kWh
10兆円			0.89 円/kWh

[1] 平成22年度実績・エネルギー環境会議資料より

- なお、世界の原子力発電所所有者で分担すれば、さらに低減することも可能