

原子力発電所の 事故リスクコストの試算

原子力発電・核燃料サイクル技術等検討小委員会(第3回)

平成23年10月25日

内閣府 原子力政策担当室

目次

- コスト等検証委員会からの依頼事項
- 事故リスクコスト試算の考え方
- 損害費用の計算方法
- 損害費用の試算
- 事故発生頻度の考え方
- 事故リスクコストの試算結果
- 本試算の留意事項

コスト等検証委員会からの依頼事項

- 原子力発電の将来リスク対応費用
 - 東京電力福島第一原子力発電所の事故を踏まえ、賠償費用、除染費用、追加的な廃炉費用等が生じていることを念頭に、原子力発電が有する将来顕在化する可能性のあるコストを算出する。

事故リスクコスト試算の考え方

- 事故リスクコストは下記の考え方で試算

- ①
$$\frac{\text{損害費用(円)} \times \text{事故発生頻度(/炉年)}}{\text{総発電量(kWh)}}$$
- ② 損害費用は、追加廃炉費用と損害賠償額の合計
- ③ 試算に当たっては、以下を考慮して損害費用を規格化
 - モデルプラントの出力規模
出力:120万kWe、稼働率:60%、70%、80%
 - サイトの地域性
一人当たりGDP、一人当たり雇用者報酬、地域差物価
 - サイト周辺の人口
30km圏内人口

損害費用の試算方法

- モデルプラント(直近7年間に稼働したプラント)を想定し、シビアアクシデントによる原子力災害の発生を仮定して、予測し得る損害額を試算
- 災害による損害には下記の項目が考えられる
 - 物理的損害(喪失した財産価値、又は財産価値回復までの除染費用等)
 - 人的損害(死亡・障害・避難または移住等)
 - 経済・社会的損害(生産損失・就労不能による損害、風評被害等)
- 損害額の算定は公表された数値を参考とする
- ただし、将来リスクは立地やプラントの世代ごとに異なることに留意すべき

損害費用の試算(1)

東京電力に関する経営・財務調査委員会の試算

- 東京電力に関する経営・財務調査委員会報告書
(平成23年10月3日公表)
- 福島第一原子力発電所の廃炉費用
 - 1号機～4号機(追加費用分) 9,643億円
- 損害賠償額
 - 一過性の損害 2兆6,184億円
 - 年度毎に発生しうる損害分
 - 初年度分 1兆246億円
 - 2年目以降単年度分 8,972億円

上記の合計: 5兆5,045億円

損害費用の試算(2)

除染費用について

- 東京電力に関する経営・財務調査委員会報告書
 - 廉価な除染手段等による回復の可能性もある反面、除染費用が財物価値を上回ることにより損害額が多額となる場合が発生し得るため、具体的に見積もることが出来るまで相当の期間を要すると考えられる
- 東京電力株式会社福島第一、第二原子力発電所事故による原子力損害の範囲の判定等に関する中間指針(平成23年8月5日)
 - 当該財物の価値を上回る費用については原則として損害賠償の範囲外(一部文化財等を除く)

今回の試算では、財物価値の範囲内での除染行為が損害費用内に含まれるものとして考慮し、財物価値を超えて行われると考えられる除染(主として低空間線量率の森林など)、中間貯蔵施設の建設などについては、今後の政府の判断・動向に基づき、随時最新のデータに更新をしていくこととする。

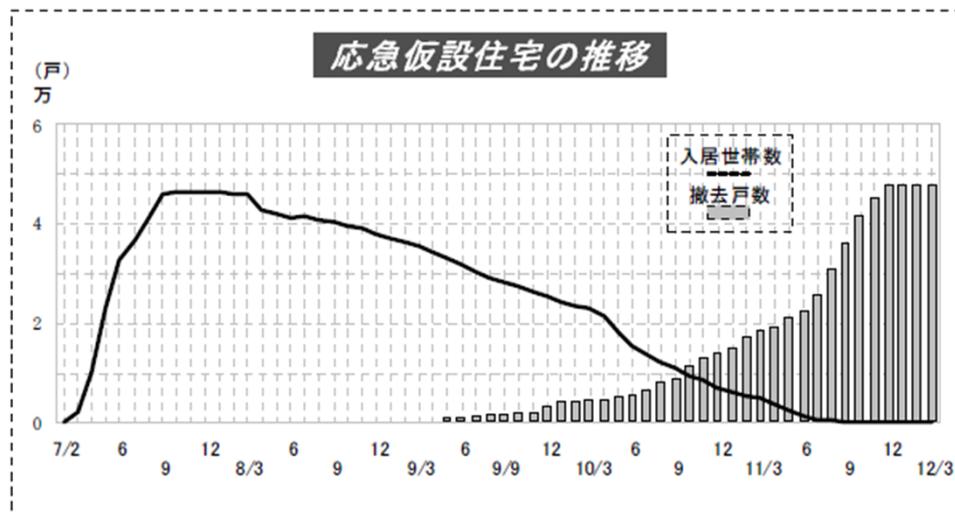
損害費用の試算(3)

2年目以降の損害賠償額の推定

- 2年目以降の損害賠償額については、検討されている除染計画を考慮して5年目までの発生を考慮。
- 過去の大規模災害の避難者の推移を踏まえて、損害賠償額は直線的に減少すると仮定

⇒1兆3458億円追加
(3～5年目)

(参考) 阪神・淡路大震災における応急仮設住宅入居者の推移



長期間の避難生活を余儀なくされた大規模災害における応急仮設住宅への避難者の推移の例

出典) 兵庫県、「阪神・淡路大震災の復旧・復興の状況について」、平成22年12月

損害賠償額の換算について(1)

- モデルプラントの損害費用は、今回の事故の損害賠償額試算を参考に以下を考慮して求める
 - 福島県と原子力発電所立地県平均の比
 - 一人当たりGDP比(立地県平均／福島県): **0.97**
 - ・ 営業損害(初年度分、2年目以降)
 - ・ 営業損害に係る間接被害(初年度分、2年目以降)
 - 一人当たり雇用者報酬比(立地県平均／福島県): **1.03**
 - ・ 就労不能等に伴う損害(初年度分、2年目以降)
 - 消費者物価地域差指数比(全国／東北): **1.02**
 - ・ 一次立入費用(初年度分、2年目以降)
 - ・ 帰宅費用(初年度分、2年目以降)

参考資料) 内閣府、統計情報・調査結果、県民経済計算、<http://www.esri.cao.go.jp/>
総務省、平成21年平均消費者物価地域差指数の概況、<http://www.stat.go.jp/>

損害費用の試算(5)

損害賠償額の換算について(2)

■ 損害賠償額の換算結果

| 項目 | 賠償額(億円)[1] | 換算係数 | 換算後(億円) | 備考 |
|-------------------|------------|------|---------|-------------|
| 一過性の損害分 | 26,184 | | 26,184 | |
| 政府による避難等の指示等に係る損害 | | | | |
| 検査費用(物) | 67 | 1.00 | 67 | |
| 財物価値の喪失又は減少等 | 5,707 | 1.00 | 5,707 | |
| いわゆる風評被害 | 13,040 | 1.00 | 13,040 | |
| いわゆる間接被害 | 7,370 | 1.00 | 7,370 | |
| 初年度分 | 10,246 | | 10,208 | |
| 政府による避難等の指示等に係る損害 | | | | |
| 検査費用(人) | 315 | 1.00 | 315 | |
| 一時立入費用 | 79 | 1.02 | 81 | 消費者物価地域差指数比 |
| 帰宅費用 | 1,139 | 1.02 | 1,162 | 消費者物価地域差指数比 |
| 精神的損害 | 1,276 | 1.00 | 1,276 | |
| 営業損害 | 1,915 | 0.97 | 1,858 | 一人当たりGDP比 |
| 就労不能等に伴う損害 | 2,649 | 1.03 | 2,728 | 一人当たり雇用者報酬比 |
| いわゆる間接被害 | 2,874 | 0.97 | 2,788 | 一人当たりGDP比 |
| 2年目以降単年度分 | 8,972 | | 8,918 | |
| 検査費用(人) | 293 | 1.00 | 293 | |
| 一時立入費用 | 105 | 1.02 | 107 | 消費者物価地域差指数比 |
| 帰宅費用 | 447 | 1.02 | 456 | 消費者物価地域差指数比 |
| 精神的損害 | 688 | 1.00 | 688 | |
| 営業損害 | 1,915 | 0.97 | 1,858 | 一人当たりGDP比 |
| 就労不能等に伴う損害 | 2,649 | 1.03 | 2,728 | 一人当たり雇用者報酬比 |
| いわゆる間接被害 | 2,874 | 0.97 | 2,788 | 一人当たりGDP比 |

[1] 東京電力に関する経営・財務調査委員会報告書、平成23年10月3日

損害賠償額の換算について(3)

- プラント出力比
 - モデルプラント^[1] 1,200MWe
 - 福島第一(1~3号機) 2,028MWe
 - モデルプラント出力／福島第一(1~3号機): **0.59**
- 既設の原子力発電所サイト周辺の人口比
 - 30km圏内人口の全サイト平均と福島第一サイトとの比
(全サイト平均／福島第一サイト): **1.03**^[2]

[1] コスト等検証委員会(第1回) 資料5-3

[2] 原子力安全・保安院、「原子力発電所周辺における人口及び世帯数について」(原子力安全委員会第4回防災指針検討WG、資料防WG第4-4号;平成23年9月14日)を用いて内閣府で算定

オンサイト損害費について

- 経営・財務調査委員会報告書による福島第一原子力発電所の1号機～4号機の廃炉費用の追加分 9,643億円
- 事故によって汚染された発電所の廃炉については、電気出力規模には依存しないと仮定
- 4号機については1～3号機に比べ汚染レベルが低く、追加の廃炉費用は少額に収まると想定。
- 追加の廃炉費用を3基分の廃炉費用として保守的に算定
- モデルプラントの追加廃炉費用; **3,214億円**

モデルプラントの損害費用について

- モデルプラントにおける損害費用は、福島第一原発事故の賠償費用を補正した費用(3兆5,664億円)に追加の廃炉費用(3,214億円)を加えて導出する

➡ 3兆8,878億円

事故発生頻度の考え方(1)

実績・確率的影響に基づく評価

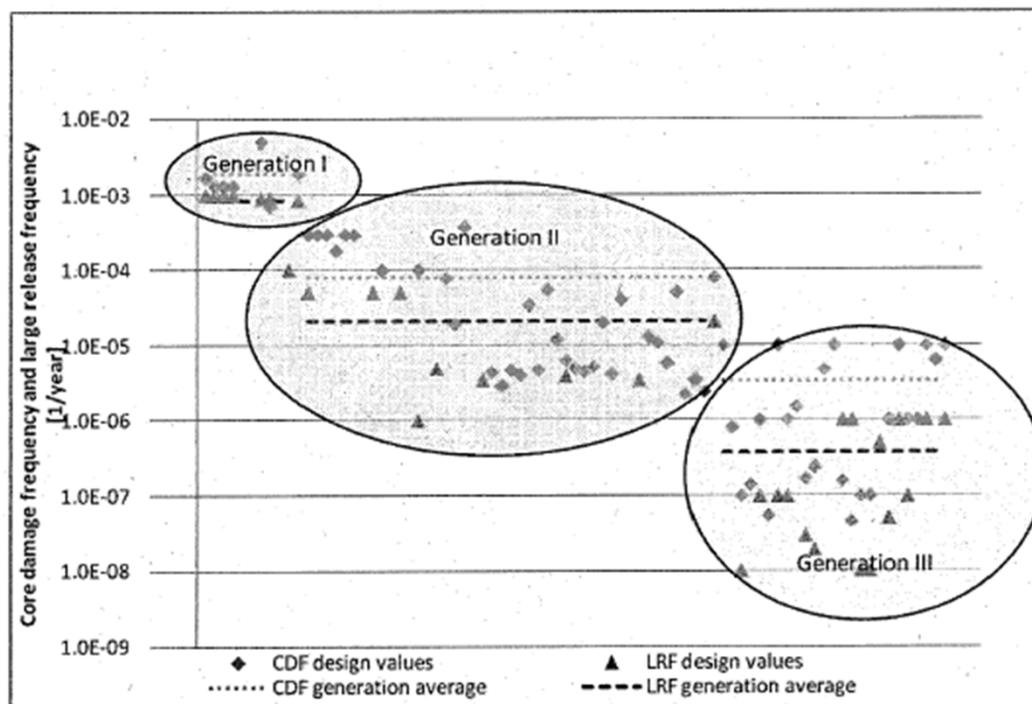
| ケース | | 事故発生頻度(1/炉年) | 備考 |
|---------------------|-----------|--|--|
| 国内商業炉のシビアアクシデント発生実績 | | 6.7×10^{-4} (1事故) 2.0×10^{-3} (3事故) | 1,494炉年(廃止プラント含む) シビアアクシデントは福島第一-1,2,3の事故を1又は3事故として評価 出典;“ Nuclear Technology review 2011” (IAEA,2011) |
| 世界商業炉のシビアアクシデント発生実績 | | 2.1×10^{-4} (3事故) 3.5×10^{-4} (5事故) | 14,353炉年(廃止プラント含む) シビアアクシデントはTMI-2,チェルノブイリ-4、福島第一-1,2,3の事故を3又は5事故として評価 出典;“ Nuclear Technology review 2011” (IAEA,2011) |
| 既設炉のIAEA安全目標 | 炉心損傷頻度 | 1×10^{-4} 以下 | 出典:INSAG-12(IAEA) |
| | 早期大規模放出頻度 | 1×10^{-5} 以下 | |
| 将来炉のIAEA安全目標 | 炉心損傷頻度 | 1×10^{-5} 以下 | |

⋮

事故発生頻度の考え方(2)

原子炉世代による事故発生頻度の違い

- 第1世代原子炉から第3世代原子炉への技術進展に伴い、事故発生頻度(炉心損傷頻度、早期大規模放出頻度)は低減すると評価されている。



第1世代原子炉:
1950~60年代に開発され
た初期のプロトタイプ原子炉

第2世代原子炉:
1970~90年代に導入され
た商業用原子炉

第3世代原子炉:
1990年代から導入された、
さらに進化的な改良が入れ
られた原子炉

出典: OECD/NEA, "Comparing Nuclear Accident Risks with Those from Other Energy Sources", 2010.

モデルプラントの事故発生頻度

原子力の安全性を世界最高水準まで高める対応

- 国内の原子力発電所においては、福島事故を踏まえた対応を実施中。
 - 電源の強化(電源車の配備等)
 - 注水の強化
 - 津波対策(防潮堤、水密化) 等
- 今後建設される原子力発電所については福島事故の教訓を設計に反映



シビアアクシデントの発生頻度は少なくともIAEA安全目標を満足

事故発生頻度の考え方(4)

モデルプラントの事故発生頻度

最新の知見などを考慮し、今後建設していくモデルプラントの事故発生頻度として、以下の範囲を参考に試算

| 事故発生頻度 | 説明 |
|--------------------------|--|
| 1.0×10^{-5} /炉年 | 既設炉の早期大規模放出頻度に対するIAEAの安全目標に基づく頻度 福島事故の教訓を反映し、今後建設される炉のシビアアクシデント発生頻度は、少なくともIAEA安全目標を満足すると想定 |
| 2.1×10^{-4} /炉年 | 福島第一1～3号機とも東日本大震災の大津波を起因としていることから、本事故を1事象とし、TMI-2、チェルノブイリ-4事故とともに3事故として、世界の商業炉の運転年数から算定した頻度 福島第一と同じ旧タイプの炉を、今回の事故経験を踏まえた安全対策を行わずに供用し続けることと同義 |
| 3.5×10^{-4} /炉年 | 福島第一1～3号機の事故発生を独立事象とし、TMI-2、チェルノブイリ-4事故とともに5事故として、世界の商業炉の運転年数から算定した頻度 福島第一と同じ旧タイプの炉を、今回の事故経験を踏まえた安全対策を行わずに供用し続けることと同義 |
| 6.7×10^{-4} /炉年 | 福島第一1～3号機とも東日本大震災の大津波を起因としていることから、本事故を1事象として国内商業炉の運転年数から算定した頻度 福島第一と同じ旧タイプの炉を、今回の事故経験を踏まえた安全対策を行わずに供用し続けることと同義 |
| 2.0×10^{-3} /炉年 | 福島第一1～3号機の事故発生を独立事象として国内商業炉の運転年数から算定した頻度 福島第一と同じ旧タイプの炉を、今回の事故経験を踏まえた安全対策を行わずに供用し続けることと同義 |

事故リスクコストの試算結果

コスト等検証委員会が設定したモデルプラント条件で単価に換算
電気出力120万kW, 稼働率60,70,80%

| 損害費用 | 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) | | |
|---------------------|---|----------------------------------|--------|--------|
| | | 60% | 70% | 80% |
| モデルプラント 38,878億円 | 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) | 0.0062 | 0.0053 | 0.0046 |
| | 2.1×10^{-4} (世界商業炉シビアアクシデント頻度; 事故を3回と設定) | 0.13 | 0.11 | 0.10 |
| | 3.5×10^{-4} (世界商業炉シビアアクシデント頻度; 事故を5回と設定) | 0.22 | 0.18 | 0.16 |
| | 6.7×10^{-4} (国内商業炉シビアアクシデント頻度; 事故を1回と設定) | 0.41 | 0.35 | 0.31 |
| | 2.0×10^{-3} (国内商業炉シビアアクシデント頻度; 事故を3回と設定) | 1.2 | 1.1 | 0.92 |

本試算の留意事項

- 以下の項目は、損害費用の算定に含まれていない
 - 損害賠償額を超える除染費用
財物価値を超える除染費用は計上されていない。本除染費用については、政府で検討中の除染計画の具体化を待って算定。
 - 経営・財務調査委員会の推計で計上されていない項目
被害実態が明らかではなく、現時点では推計不能とされた項目は計上されていない。また、2年目以降の賠償額の積算も仮定を置いて行っており、東電への損害賠償請求の実態が明らかになると、賠償額は変わり得る。

参考資料

【参考】日本と米国の原子力損害賠償制度の 枠組み比較

| | 日本 | アメリカ |
|----------------|--------------------------|---|
| 事業者責任 (責任額) | 無限 | 有限 (措置額同額) |
| 賠償措置額 | 1,200億円 | 120億ドル (9,240億円) ※民間保険 (4億ドル) + 事業者共済 (116億ドル) (事後拠出) (+5%の手続き費用) |
| 政府補償 限度額 | 必要と認める場合には援助 (限度規定なし) | 賠償が責任限度額を超える場 合、大統領による調査報告に基 づき、議会が十分かつ迅速な 補償を行うために必要な措置を 取る |
| 免責事項 | ・社会的動乱 ・異常に巨大な天災地変 | ・戦争行為 |
| 国際条約 | 未加盟 | CSCを批准 |

※円換算レート: 1USDollar=77円 (2011/8/15時点)

(参考)

原子力損害賠償の積立てを仮定した試算

■ モデルプラントにおける当技術検討小委員会の損害賠償額試算は、3兆5,664億円(廃炉費用と合わせて、3兆8,878億円)。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約4兆円の措置で算定した場合

■ 試算:

上記約4兆円措置額を各々40年、30年、16年で積立てるケース

(割引率0%)

- ✓ 40年積立てケース: $4兆円 \div 40年 \div 約2,800億kWh(エネルギー環境会議資料より) = 約0.36円/kWh$ 、30年積立てケース: $約0.48円/kWh$ 、16年積立てケース: $約0.89円/kWh$

(割引率3%)

- ✓ 40年積立てケース: $約0.19円/kWh$ 、30年積立てケース: $約0.30円/kWh$ 、16年積立てケース: $約0.71円/kWh$

■ 現行の我が国原子力損害賠償制度(政府保障契約分)は、一発電所当たりの保険料3,600万円/年。

東北電力東通発電所(110万kW単基)の場合に、これを円/kWh単に換算すると以下となる。

0.0047円/kWh(80%稼働率)~0.0062円/kWh(60%稼働率)

【参考】東京電力に関する経営・財務調査委員会の 試算についての留意点

- 福島第一原子力発電所の廃炉費用
 - …現時点においてもなお不確定な要素が多く、災害損失引当金として合理的な見積りを行うことは困難…必ずしも廃炉費用としての具体的な積み上げによる試算ではないことから、東電の会計上の引当の要否とは無関係に検討…
- 損害賠償額
 - …本報告による試算は、支援機構が損害賠償のために十分な資金援助のための資金枠を準備するものであって、必ずしも損害賠償の支払予想額として具体的な損害額の積み上げによって行った試算ではないことから、東電の会計上の引当の要否とは何ら無関係に検討…

東京電力に関する経営・財務調査委員会報告書(平成23年10月3日公表)より抜粋