

科学的根拠とデータに基づくエネルギー政策に向けて

- Towards Energy Policy based on Scientific Evidence and Data -

March 2, 2012

2012年3月2日、東京大学

University of Tokyo

Tatsujiro Suzuki

鈴木達治郎

Vice Chairman, Japan Atomic Energy Commission

原子力委員会委員長代理

本発表は筆者の個人的見解に基づくものであり、必ずしも原子力委員会や政府の見解を代表するものではない



まとめ (Summary)

1. 3・11以降エネルギー政策決定過程の再構築が行われている。
Restructuring of energy policy making process is underway after 3/11.

- その中で「客観的なデータに基づく検証」が基本原則として含まれている。
- “Verification based on objective data” is included as an important principle.

2. 発電コストの再検証の中で、「データ」のみならず「方法論」や「前提」が議論の対象となった。

During the process of cost evaluation, not only “data” but “methodologies” and “assumptions” became subjects of debate.

- 不確実性の扱いが特に重要 How to deal with uncertainties is most important

3. 透明性と公正性が国民の信頼醸成に極めて重要であることが認識された。

We recognize “transparency” and “fairness” are very important for gaining public trust.

- 合意できる点、できない点を明確にすること Clarify what is agreed and what is not
- 全てのデータをサイトに掲載して誰でも再計算できるようにすること Put all data and methodologies on the website so that everyone can verify the numbers



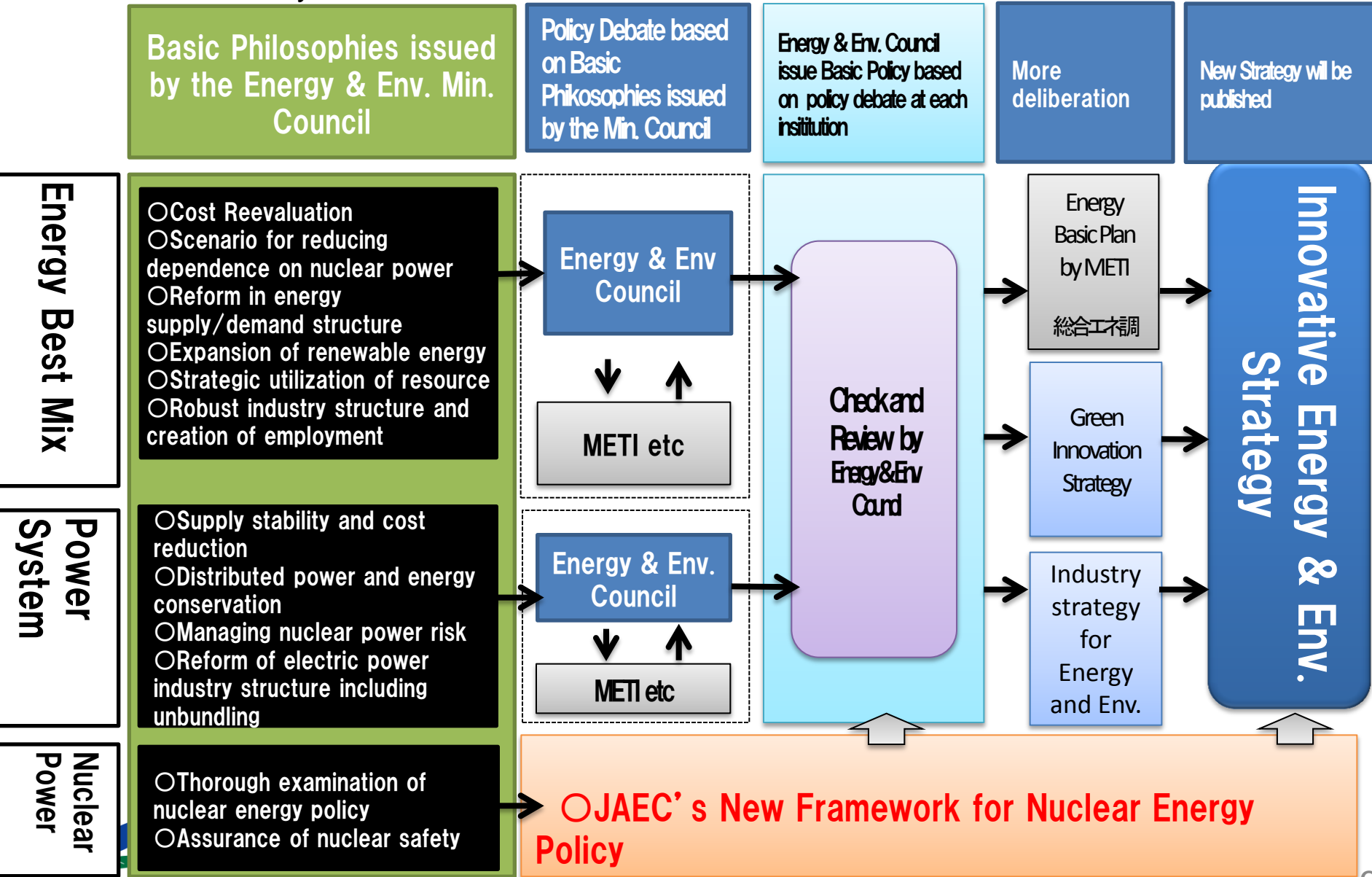
6. Towards Innovative Energy and Environmental Strategy

– Structures for New Energy/Environmental Policy Making Processes –

By Mid-2011

End of 2011

2012



エネルギー環境会議：革新的エネルギー戦略の基本理念

New Energy Policy: Three Philosophies (July 29, 2011) by Energy and Environment
Min. Council

- (1) 原子力依存度の低減と原子力政策の徹底検証：
Reducing dependency on nuclear power, strategic approach for energy security, complete reevaluation of nuclear energy policy
- (2) 分散型エネルギーシステムの実現と国際貢献：
Realization of distributed energy system, international contribution, multi-eyed approach)
- (3) 国民との合意形成：二項対立を超えた国民的議論と「客観的データに基づく」戦略の検討：
*National debate in order to overcome “pro-” “anti-” conflict, **strategy based on objective data**, dialogue with various sectors of the public.*



原子力委員会の活動

JAEC's Activities for Nuclear Energy Policy

- 原子力新政策大綱の議論を再開(2011年9月27日): Restarted the deliberation process for new Framework for Nuclear Energy Policy (Sept. 27, 2011)
 - 福島事故後一時中断
It was suspended after the 3/11 Fukushima accident
 - メンバーを多少入れ替え、批判的専門家を追加
Members of the Committee have been changed slightly to reflect changing circumstances after the accident
- 原子力発電・核燃料サイクル技術検討小委員会を設置 Established Sub-Committee on Issues for Nuclear Power and Fuel Cycle Technology Technologies
 - 7人の専門家、直接の利害関係者を省く: 7 expert members (Chair: Tatsujiro Suzuki) excluding direct stakeholders
 - データと根拠に基づく選択肢と評価軸の提示: Identify options and criteria for evaluations based on objective data and evidence
 - 意思決定は行わない: Not intended to make final decisions
 - 多数決を取らないで、合意しない点は明記する: Identify key differences of different opinions, not intended to take majority vote



核燃料サイクルコスト検証プロセス

Nuclear Fuel Cycle Cost Evaluation Process

- 核燃料サイクルコスト: 2004年の発電コスト手法を継承。データのアップデートを基本。

Nuclear Fuel Cycle cost: Based on 2004 data and methodologies

- モデルプラント・コスト手法で、3つの燃料サイクルモデルを比較

3 fuel cycle models are compared

- 「全量再処理」「直接処分」と「現状ベース(50%再処理+50%貯蔵後再処理)」
- “All reprocessing” “Once-through(Direct Disposal)” and “Current Status (50% reprocessing and 50% storage+reprocessing)”



Table 1 Nuclear Fuel Cycle Cost of a Model Plant

Costs of Three Cycle Models (1) —Discount rate: 0%, 1%—

(yen/kWh)

Items	Discount rate: 0%			Discount rate: 1%		
	Reprocessing model	Direct disposal model	State-of-the-Art model*	Reprocessing model	Direct disposal model	State-of-the-Art model
Uranium fuel	0.62	0.72	0.62	0.65	0.75	0.68
MOX fuel	0.17	—	0.17	0.16	—	0.12
(Total at the front end)	0.79	0.72	0.79	0.82	0.75	0.80
Reprocessing, etc.	1.10	-	1.10	1.06	—	0.79
Temporary storage	—	0.14	0.07	—	0.12	0.06
High-level radioactive waste disposal	0.24	—	0.24	0.16	—	0.12
Direct disposal	—	0.41–0.48	—	—	0.24–0.28	—
(Total at the back end)	1.34	0.56–0.63	1.41	1.21	0.37–0.41	0.98
Total	2.14	1.28–1.35	2.21	2.03	1.11–1.15	1.78

(Note) The total may not correspond to the sum of all the items due to rounding.

(Sending end)

*50% of spent fuel is reprocessed first, and the rest will be reprocessed after interim storage period.

Table 2 Nuclear Fuel Cycle Cost of a Model Plant

Costs of Three Cycle Models (1) —Discount rate: 3%, 5%—

(yen/kWh)

Items	Discount rate: 3%			Discount rate: 5%		
	Reprocessing model	Direct disposal model	State-of-the-Art model	Reprocessing model	Direct disposal model	State-of-the-Art model
Uranium fuel	0.73	0.81	0.77	0.81	0.88	0.86
MOX fuel	0.15	—	0.07	0.14	—	0.04
(Total at the front end)	0.88	0.81	0.84	0.94	0.88	0.90
Reprocessing, etc.	1.03	-	0.46	1.04	-	0.30
Temporary storage	—	0.09	0.05	-	0.07	0.04
High-level radioactive waste disposal	0.08	—	0.04	0.05	—	0.01
Direct disposal	—	0.10–0.11	—	—	0.05–0.05	—
(Total at the back end)	1.11	0.19–0.21	0.55	1.08	0.12–0.12	0.36
Total	1.98	1.00–1.02	1.39	2.03	1.00–1.01	1.26

(Note) The total may not correspond to the sum of all the items due to rounding.

(Sending end)

再処理モデル

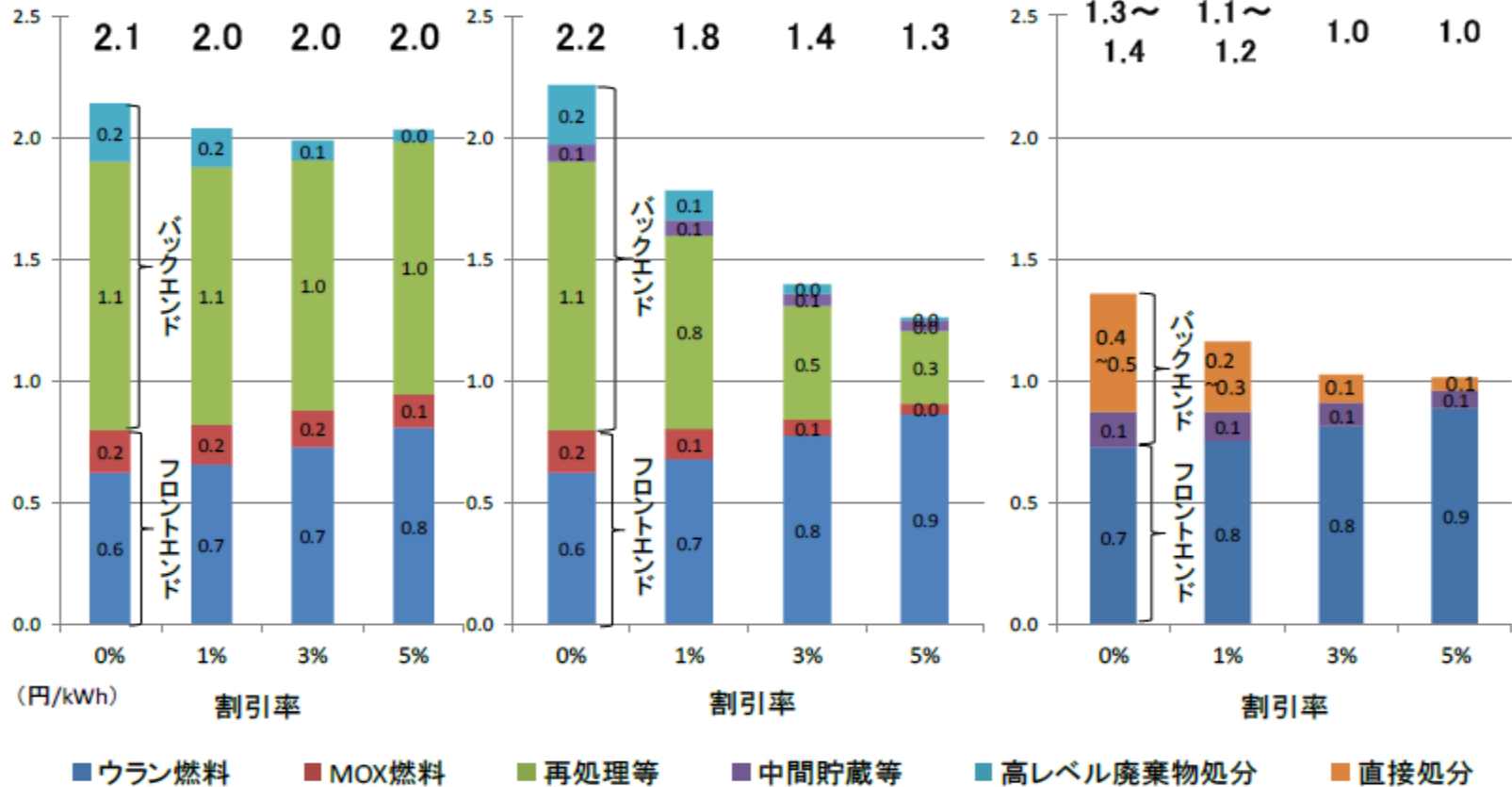
使用済燃料全量を再処理してリサイクルするモデル

現状モデル

使用済燃料全量を適切な期間貯蔵しつつ再処理していく現状を考慮

直接処分モデル

使用済燃料全量を中間貯蔵後に直接処分するモデル



(図 17) 核燃料サイクル費用の比較
(再処理モデルと現状モデルと直接処分モデル)

出所: コスト等検証委員会報告書、2011年12月19日。

<http://www.npu.go.jp/policy/policy09/pdf/20111221/siryoy3.pdf>

事故対応リスク評価プロセス： Accident Risk Cost Method

事故損害費用の算定手法：Method to estimate accident risk cost

- モデルプラントを採用：Model LWR plant (120万キロワット軽水炉、ある平均的な立地サイトを想定、稼働率は60~80%)：
Model Plant, 1200MWe, capacity factor=60,70,80%, consider site characteristics variations such population density)
- 事故コストは損害賠償想定額を基準、除染廃止措置コスト、避難費用、医療費、失業対策、食品汚染、風評被害等現在想定されている損害費用をもとに算定、将来の除染費用は含まず。
Economic damage includes; lost assets (onsite and offsite), land decontamination, evacuation/relocation, loss of job, inspection of foods, human health (mental anguish), other socio-economic damages such as compensation to rumor-induced damage in the market
- 発電所規模に依存しない損害費用(避難費用など)と規模に依存する費用を別途計算
Economic damage grouped into one-time damage (rumor-induced and inspection: not proportional to the amount of released FP) and yearly recurrent damages (proportional to level of contamination)
- その結果、1基あたり約5兆円と算定；ただし将来除染費用が高まった場合の増加コストも計算し、1兆円増加するたびに0.1円/kWh増加することを明示。
As a result, accident cost is estimated to be about 5 trillion yen based on report by the Management and Finance Committee for TEPCO. But it also clarifies that cost would be increased by 0.1 yen/kWh if total compensation costs were increased by 1 trillion yen



事故リスク対応コスト計算手法(2)

Accident Risk Cost Method (2)

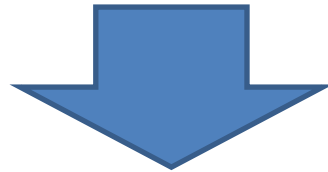
- 期待値に基づく方式 : Expected Value Method
 - 総損害額 \times 事故確率 / 総発電量
Total Damage Cost \times Accident Probability / Total lifetime power generation
- 相互扶助による保険料方式 : Insurance Cost based on “pool” (mutual cooperation) scheme
 - 総損害額を全原子力発電事業者で相互負担
Total damage costs will be shared by all nuclear power utilities



事故確率をめぐる議論

Debate over accident probability

- IAEA基準の事故確率 (1×10^{-5}) を採用すべき IAEA Safety Standard (1×10^{-5}) should be used
- 実際に起きた深刻事故の確率を採用すべき
Actual probability of severe accident should be used
 - 世界 (world) : 3.5×10^{-4}
 - 日本 (Japan) : 2.0×10^{-3}



どちらを採用すべきか合意に達しなかった。

No agreement reached which probability should be used.



Table 3 Estimation of the Accident Risk Cost based on the Frequency of Occurrence of
Damage based on 5 trillion yen
Accident Risk Cost of a Model Plant

事故確率 Frequency of occurrence (/reactor year)	事故リスクコスト Accident risk cost of the model plant, by operation rate (yen/kWh)			事故リスク追加コスト Additional cost per increase in the amount of damage by 1 trillion yen (yen/kWh)		
	Utilization factor 60%	Utilization factor 70%	Utilization factor 80%	Utilization factor 60%	Utilization factor 70%	Utilization factor 80%
1.0×10^{-5} (IAEA safety goal for an early large release from an existing reactor)	0.008	0.007	0.006	0.002	0.001	0.001
3.5×10^{-4} (Frequency of severe accidents at commercial reactors around the world; equivalent to once every 57 years ^[1])	0.28	0.24	0.21	0.06	0.05	0.04
2.0×10^{-3} (Frequency of severe accidents at commercial reactors in Japan; equivalent to once every 10 years ^[1])	1.6	1.4	1.2	0.32	0.27	0.24

[1] Frequency of occurrence of accidents on the condition that 50 power reactors are in operation



Table 3 Estimation of the Accident Risk Cost in Reference to the Insurance Scheme Estimation of the Accident Risk Cost under the U.S. Mutual Aid Scheme

- Amount of damage, including expenses for decommissioning reactors, as estimated by the Subcommittee in relation to the model plant: 4.9936 trillion yen
- Exclusively for the purpose of making estimation, the Subcommittee calculated the amount of damage as 5 trillion yen based on the assumption that there is a mutual assistance scheme for nuclear plant operators in reference to the Price-Anderson Act. As a result of sensitivity analysis, the estimated amount of damage nearly doubled to 10 trillion yen.

総損害額 Amount of damage	支払期間 Period of payment	総発電量 Total nuclear power generation ^[1]	事故対応コスト Accident risk cost
5 trillion yen	40 years	280.0 billion kWh	0.45 yen/kWh
10 trillion yen			0.89 yen/kWh

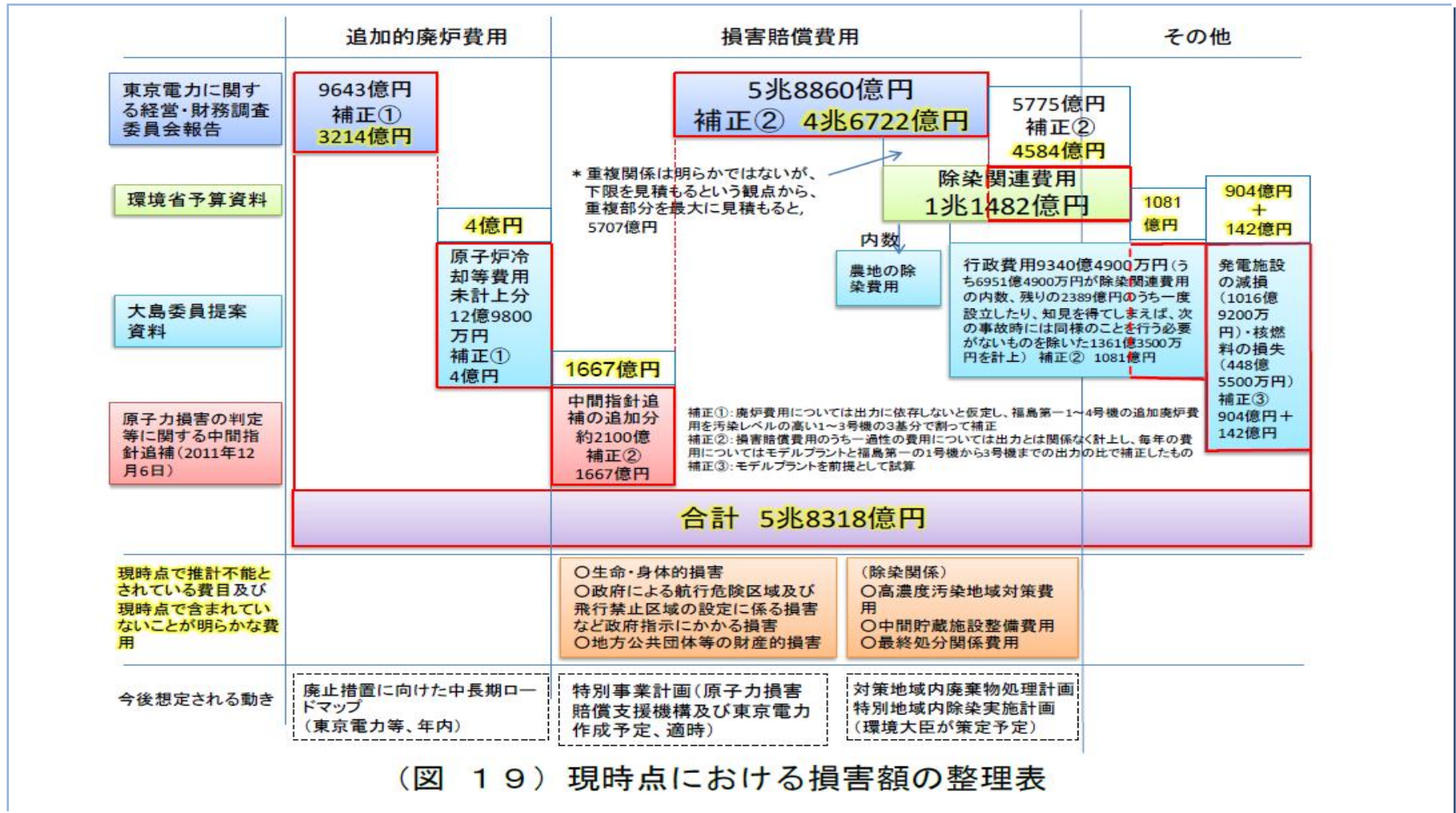
[1] Actual result in FY2010, Energy and Environment Council

- The amount of damage could be further reduced if it is shared among nuclear plant operators around the world.



コスト検証委員会で5.8兆円と修正

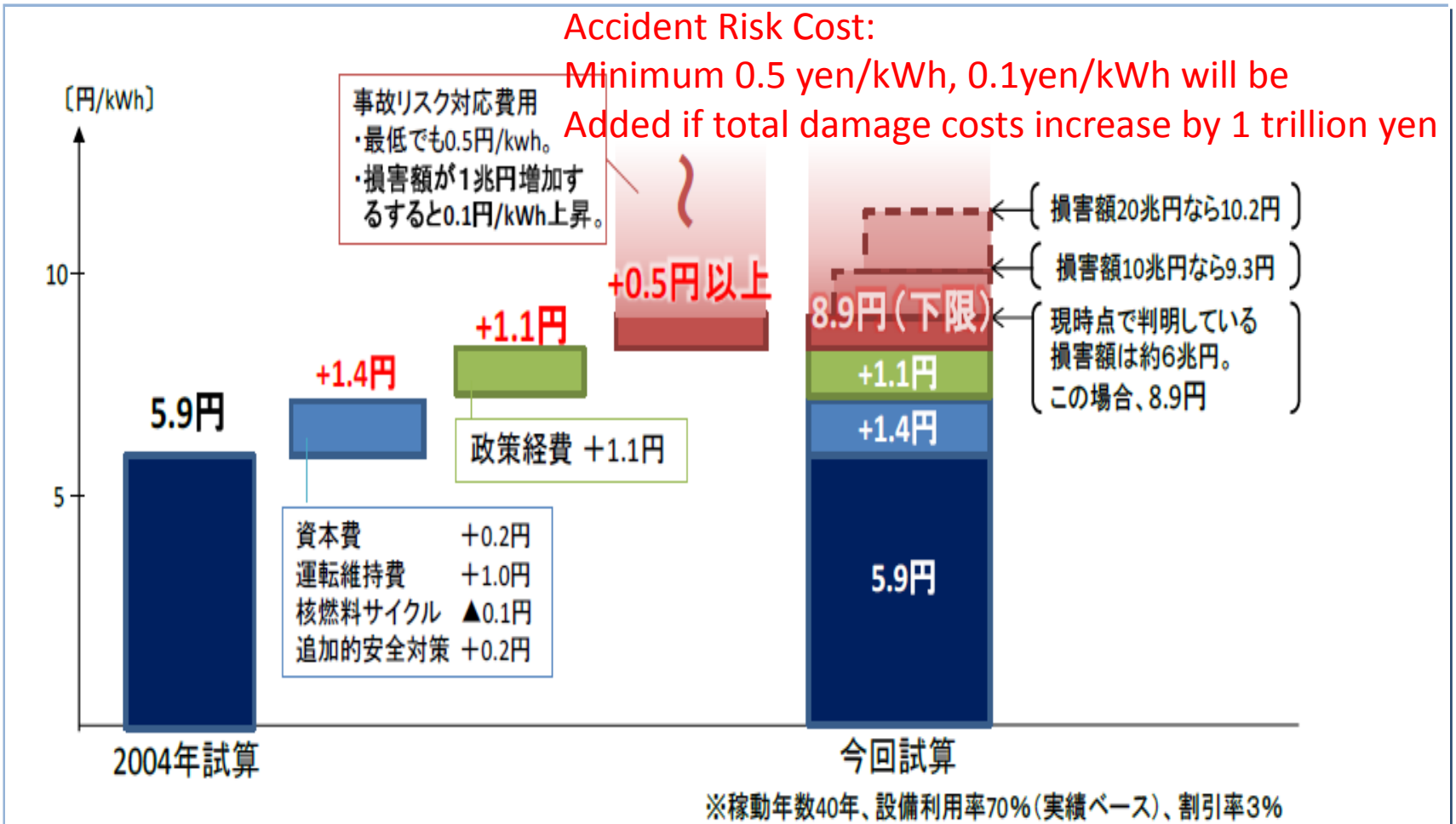
Accident Risk Cost has been reevaluated by Cost Verification Committee



(図 19) 現時点における損害額の整理表

出所: コスト等検証委員会報告書、2011年12月19日。

<http://www.npu.go.jp/policy/policy09/pdf/20111221/siryu3.pdf>



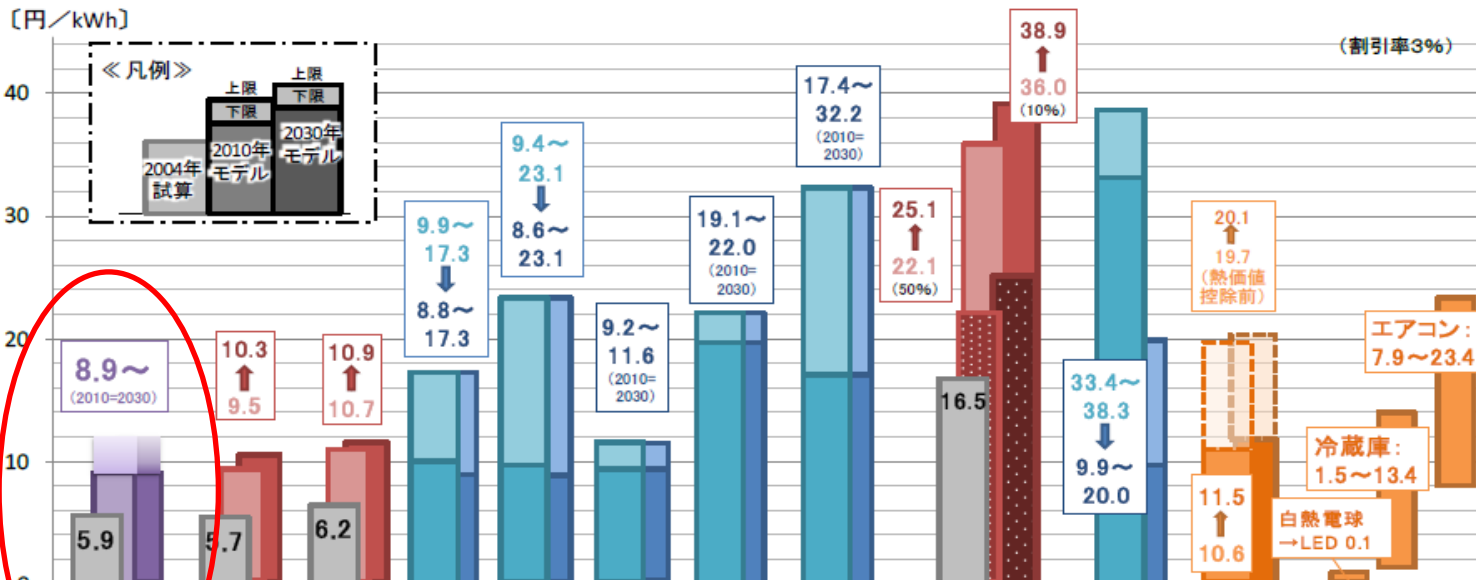
(図 20) 原子力の発電コスト (2004年試算と今回試算)

出所: コスト等検証委員会報告書、2011年12月19日。

<http://www.npu.go.jp/policy/policy09/pdf/20111221/siryo3.pdf>

【コスト試算のポイント】

- モデルプラント形式(最近7年間の稼働開始プラント、最近3年間の補助実績等を基に設定)
- CO2対策費用、原子力の事故リスク対応費用、政策経費等の社会的費用も加算。
- 2020年、2030年モデルは燃料費・CO2対策費の上昇、技術革新等による価格低減を見込んで試算。



シナリオ等	原子力	石炭火力	LNG火力	風力		地熱	小水力	バイオマス(木質専焼)	石油火力	太陽光(住宅用)	ガスコージェネ	省エネ
	核燃料サイクル 現状モデル	新政策 シナリオ	新政策 シナリオ	陸上 横ばい ~低減	洋上 着床式 横ばい ~低減	-	-	-	新政策 シナリオ	参照~パラダイムシ フト	新政策 シナリオ	-
設備利用率	70%	80%	80%	20%	30%	80%	60%	80%	50%・10%	12%	70%	-
稼働年数(2030年時点)	40年	40年	40年	20年	20年	40年	40年	40年	40年	20年(35年)	30年	-
留意点・ポイント (※増加要因・削減要因・その他(導入ポイントシナリオに関する記述を含む。))	8.9円は下限。事故の損害額が5.8兆円から1兆円増えることに0.1円増。	燃料費・CO2対策費用上昇。発電効率向上。	燃料費のウェイト大。発電効率向上。シェールガスのメリットは資源戦略が鍵。	量産効果でコスト低減の可能性あり。立地の拡大には、規制・制度改革、系統強化等が必要。	安定電源として有望。電源線のコストの問題がある。導入可能量拡大には、立地に係る課題の解決が必要。	安定的な発電が可能。多くの場所で可能性あり。	未利用間伐材の収集・運搬距離等により燃料費が変動。	主に燃料費が上昇。	量産効果でコスト半減の可能性あり。次世代太陽電池が実現すれば、コストはさらに下がる可能性あり。大量導入には、系統対策が必要。	熱の利用を勘案すると大規模集中電源並み。電気代(業務・産業:13.7円)の節約を考慮すると需要家のメリット大。	機器によって幅あり。電気代(家庭:20.4円)の節約を考慮するとメリット大。	-
今後の対応	○原子力の事故費用:最新の情報が得られ次第、数字を見直し。 ○技術革新や量産効果によるコスト低下:技術革新の進歩や普及の動向に応じて、試算結果の見直しや試算への組み込み。 ○系統安定化対策:エネルギーミックスのシナリオが固まった段階でシナリオ毎に試算。 ○経済効果:エネルギーミックスのシナリオが決まった段階でマクロ的な効果として分析・試算。											

(図 36) 主な電源の発電コスト (2004年試算/2010年・2030年モデルプラント)