

平成23年9月13日
原子力委員会定例会

有価証券報告書を用いた 火力・原子力発電のコスト評価

財団法人 日本エネルギー経済研究所

試算の概要(1)

- ・ 電源別の発電コスト推計方法には、**モデルプラントによる方法**と**有価証券報告書による方法**がある。
- ・ 有価証券報告書による方法では、**償却の済んだ発電設備のコストを評価できない**などの方法上の問題がある。このため、日本においては特に**水力発電についてコストを大幅に過小評価**することとなる。
一方で、**実績値としての発電コストを評価・分析**できることは大きな強みであり、電源の経済性を考慮する上で有用な情報を提示し得る。
- ・ 本試算では、一般電気事業者及び卸電気事業者12社を対象に、H18－22年度の有価証券報告書から発電コストを評価。5年平均で**火力発電10.2円/kWh**、**原子力発電7.2円/kWh**、**地熱等(新エネルギー)発電8.9円/kWh**という結果を得た。
- ・ 火力発電のコストは**一次エネルギー価格の高騰に伴って上昇**しており、平成18年度の9.5円/kWhから、平成20年度には12.5円/kWhに達した。また**火力発電コストの7割以上を燃料価格が占めて**おり、発電コストはエネルギー価格に直結する形で変動する。

試算の概要(2)

- ・ 原子力発電のコストは平成16年のコスト等検討小委員会の試算(5~6円/kWh程度)に比べ、**建設単価の上昇や設備利用率の低迷等により高い水準**となっているものの、**実績値ベースでは他電源に比べて依然として安価**であった。
- ・ 本試算では、**バックエンド費用・廃炉費用等**については電力各社が積み立てているコストが**実績値ベースで加算**されている。但し今後実際にかかる費用がこれと同程度であるかは別途検討が必要。
また、本方法は実績値としての発電コストを評価するものであるため、**今後想定される安全対策の強化によるコスト上昇や、事故が発生した際の損害賠償費用等は含まれていない**。
- ・ 今後、モデルプラントによる方法を併用しつつ、火力・原子力発電のコスト上昇要因や、再生可能エネルギーのコスト低減見通し等を含め、**総合的に発電コスト評価の試みを継続**することが求められる。

発電コストの評価方法

	概要	例	長所	短所(限界)
モデルによる方法	電源ごとにモデルプラントを想定し、適切な建設単価・燃料費・運転維持費・割引率等を想定して、kWh当りの発電コストを試算。	コスト等検討小委員会(2004) OECD "Projected Costs of Generating Electricity"(2010) MIT "The Future of Nuclear Power"(2003,2009)など	同一の経済条件や事業環境下で、すなわち電源特性以外の条件が同一のもとで各種電源比較が可能。従って、今後の電源選択に当たっては有用。	モデルプラントの仕様や個別の建設・運転状況により、試算結果が実績値と必しも一致しない。
有価証券報告書による方法	電力各社が公開する有価証券報告書(財務諸表)の中に記載のある情報(水力・火力・原子力別の営業費用、固定資産など)から各年度において実績値としての発電コストを評価。	電中研(1999) 大島(2010)	事業で実際に必要とされた実績値のため説得力がある。複数年度にわたる評価により変動要因の分析も可能。過去の経済性分析を通じた経営・政策等の評価にあたっては有用。	建設費用とその償却費といった長期にわたるコストを単年度の実績という「断面」で見ない。あくまで実績であり、今後の電源選択に当たって、一定の同一条件下での経済性比較などの分析には適さない面もある。

本検討では、事業で実際に必要とされた実績値の評価に重点を置き、評価手法の限界も踏まえつつ、有価証券報告書による手法を採用。

有価証券報告書による発電コスト試算・・・大島教授試算

- ・立命館大学・大島堅一教授「再生可能エネルギーの政治経済学」では、電力九社の有価証券報告書をもとに、1970年度～2007年度にわたり原子力・火力・水力のコストを試算。
- ・各電源の「総単価」を、以下の「発電単価」「開発単価」及び「立地単価」を合計したものとして定義。

※ 発電単価・・・各社の有価証券報告書をもとに、供給約款料金算定要領に準じて試算。

$$\text{発電単価} = \frac{\text{営業費用} + (\text{電気事業固定資産etc.}) \times \text{報酬率}}{\text{発電電力量(送電端)}}$$

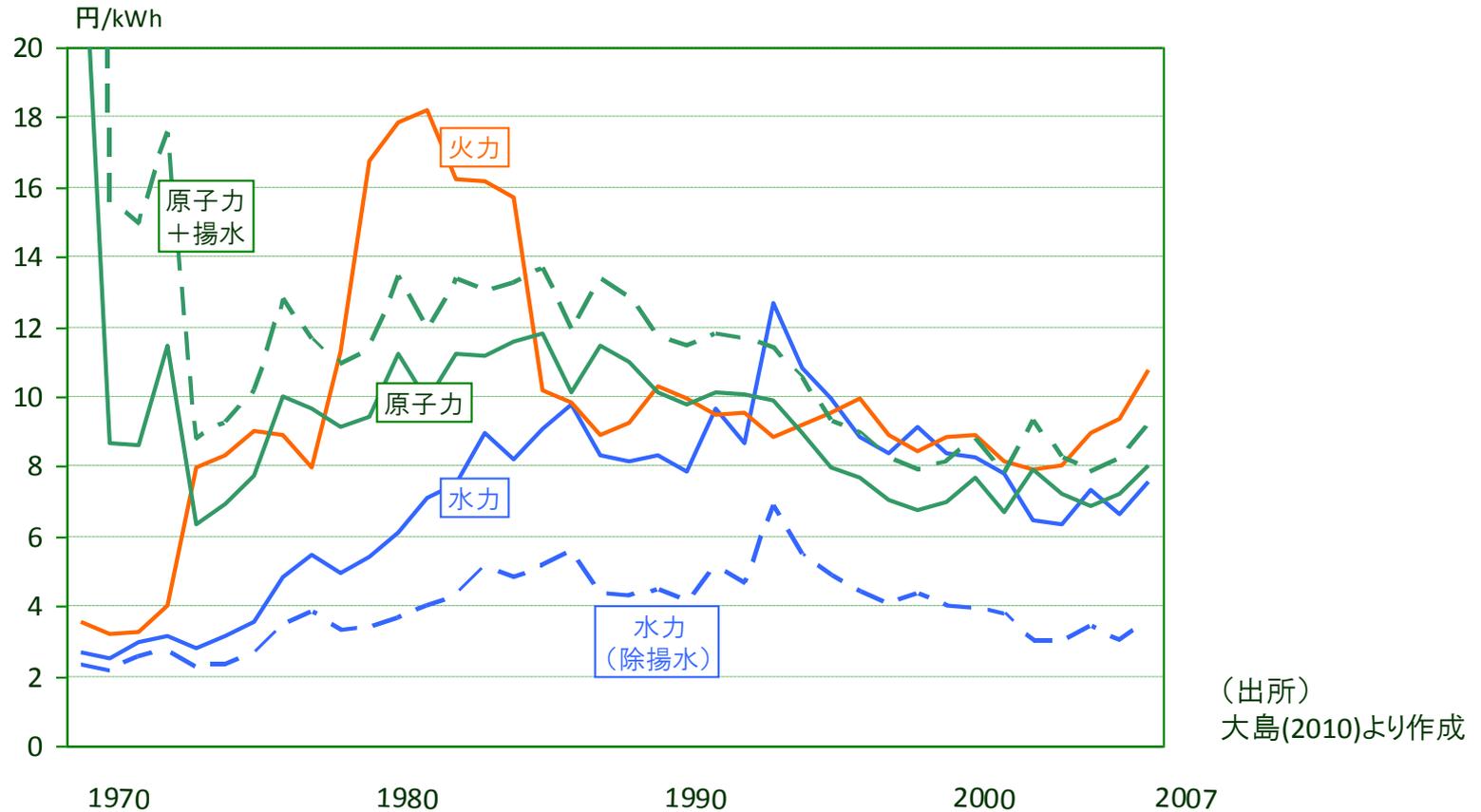
※ 開発単価・・・電源開発促進対策特別会計(電源特会)及び一般会計(科学技術新興費、エネルギー対策費)のうち、原子力・火力・水力に係るものを全て計上。
その合計値を、九電力合計の発電電力量で割る。

[2000～2007平均] 原子力1.18円、火力0.01円、水力0.10円、原子力+揚水1.21円

※ 立地単価・・・電源立地対策費の合計値を、九電力の発電電力量で割る。

[2000～2007平均] 原子力0.46円、火力0.11円、水力0.10円、原子力+揚水0.47円

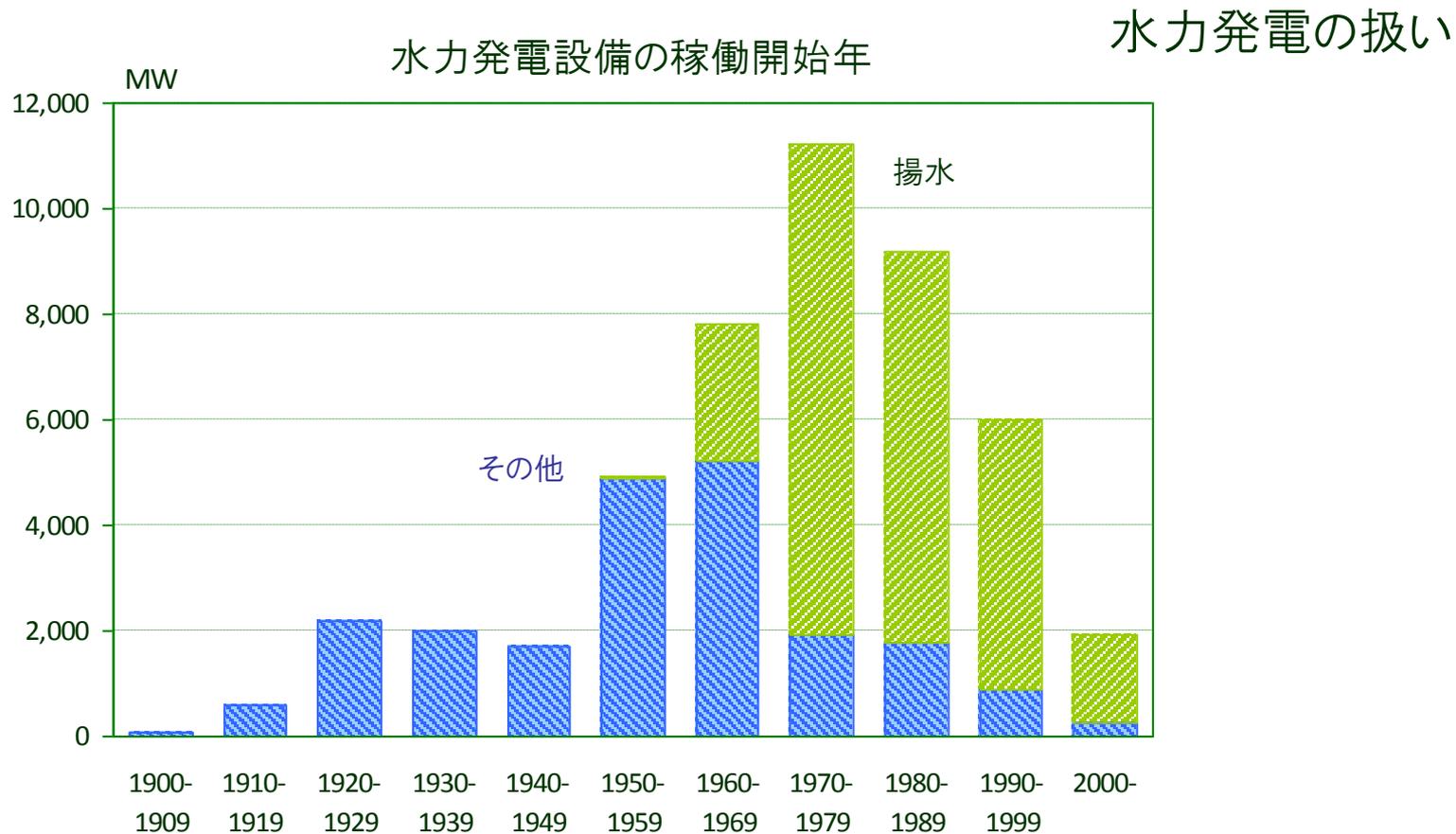
大島教授による試算結果



※ 1970年～2007年平均の発電単価は、原子力8.64円/kWh、火力9.80円/kWh、水力7.08円/kWh、水力(揚水除く)3.88円/kWh、原子力+揚水10.13円/kWh。

※ 更に、「開発単価」(原子力について1.64円/kWh)、「立地単価」(同0.41円/kWh)を加算。
原子力で10.68円/kWh、原子力+揚水で12.23円/kWhとなり、1970～2007年平均で原子力が最も高くなると結論。

有価証券報告書による評価方法に関する論点 1

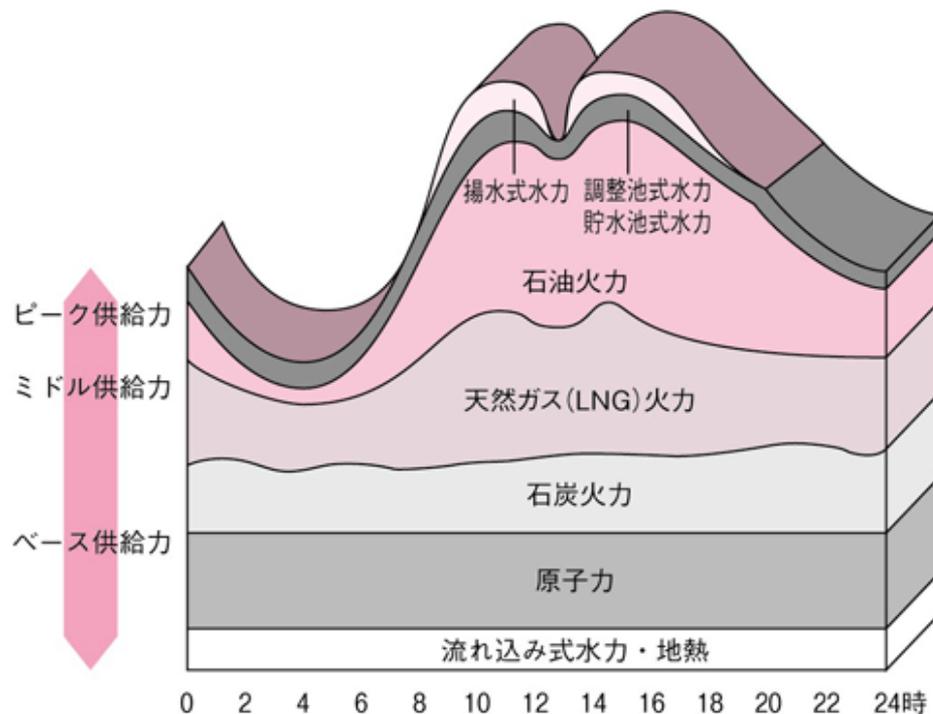


(出所)電力土木技術協会「水力発電所データベース」より作成

- ・ 現在稼働中の水力発電所のうち、揚水を除いたものの約3割は1940年代以前に稼働開始。戦後1950年代～60年代にかけて大量に建設されたものの、70年代以降急速に減少。
- ・ 現在運転している水力発電所(揚水除く)はかなりの部分が初期投資の償却を終えているものと考えられる。そのため、有価証券報告書を用いた分析では水力の発電コストを正しく評価できない。

有価証券報告書による評価方法に関する論点 2

揚水発電の扱い



(出所)中部電力HP

- ・ 日本の電力供給は原子力・流れ込み式水力・地熱・石炭火力等をベース供給力とし、LNG火力をミドル供給力に、石油火力及び調整池式・貯水池式・揚水式水力等をピーク供給力に用いて運営がなされている。一般的には、原子力の出力のみで夜間の電力需要を上回るわけではない。
- ・ 仮に揚水のコストを分配するのであれば、流れ込み式水力・石炭火力等に対しても適切に分配する必要がある。
- ・ 今後、揚水発電による蓄電能力は太陽光発電・風力発電等の再生可能エネルギーの大量導入に伴う系統の不安定化への対処として一定の役割を果すことも期待される。この観点からも、これまでに建設された揚水発電の資本費を全て原子力に算入することは正しくないと考えられる。

有価証券報告書による評価方法に関する論点 3

「開発費用」及び「立地費用」

大島試算(2010)での発電方式ごとの総単価

単位: 円/kWh

	原子力	火力	水力	一般水力	揚水	原子力 +揚水
1970年代 発電単価	8.85	7.11	3.56	2.72	40.83	11.55
開発単価	4.19	0.00	0.00	0.00	0.00	4.31
立地単価	0.53	0.03	0.02	0.01	0.36	0.54
総単価	13.57	7.14	3.58	2.74	41.20	16.40
2000年代 発電単価	7.29	8.90	7.31	3.47	41.81	8.44
開発単価	1.18	0.01	0.10	0.05	0.60	1.21
立地単価	0.46	0.11	0.10	0.07	0.38	0.47
総単価	8.93	9.02	7.52	3.59	42.79	10.11

(出所)大島(2010)より作成

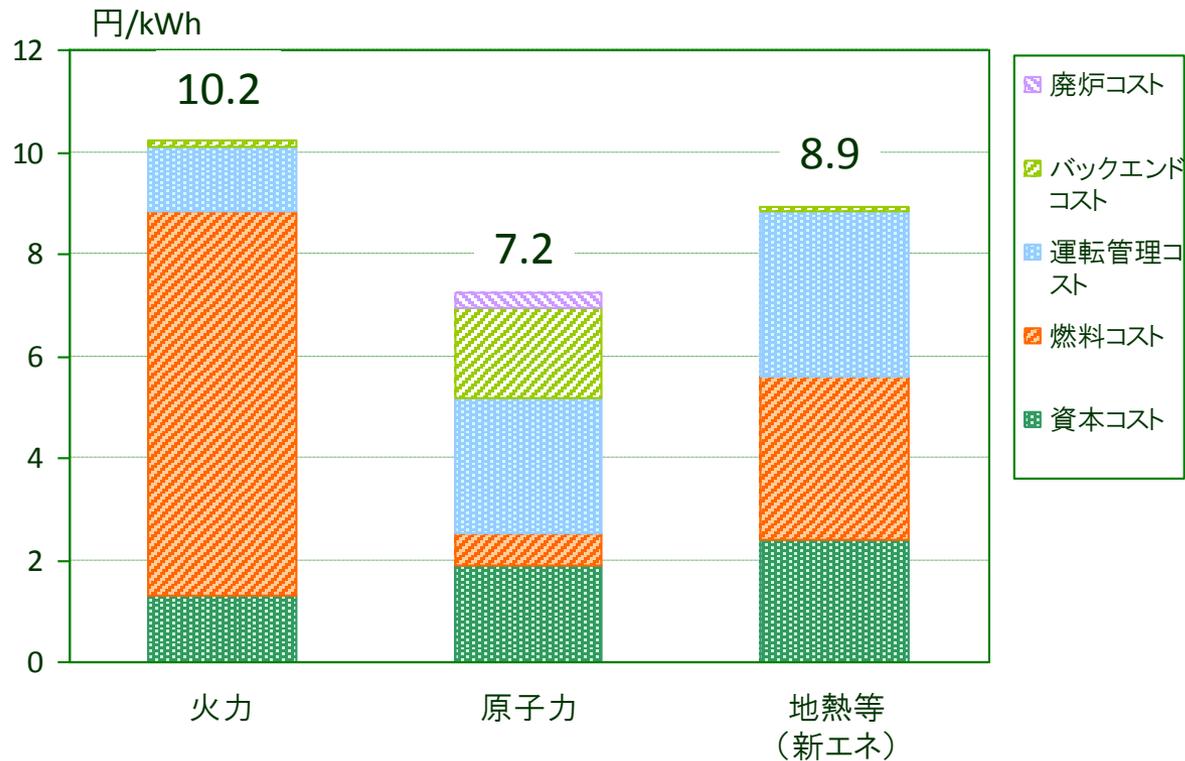
原子力及び新エネルギーの開発単価

単位: 円/kWh

	原子力	新エネルギー
1970年代	4.19	10.21
1980年代	2.26	25.13
1990年代	1.49	15.88
2000年代	1.18	11.11

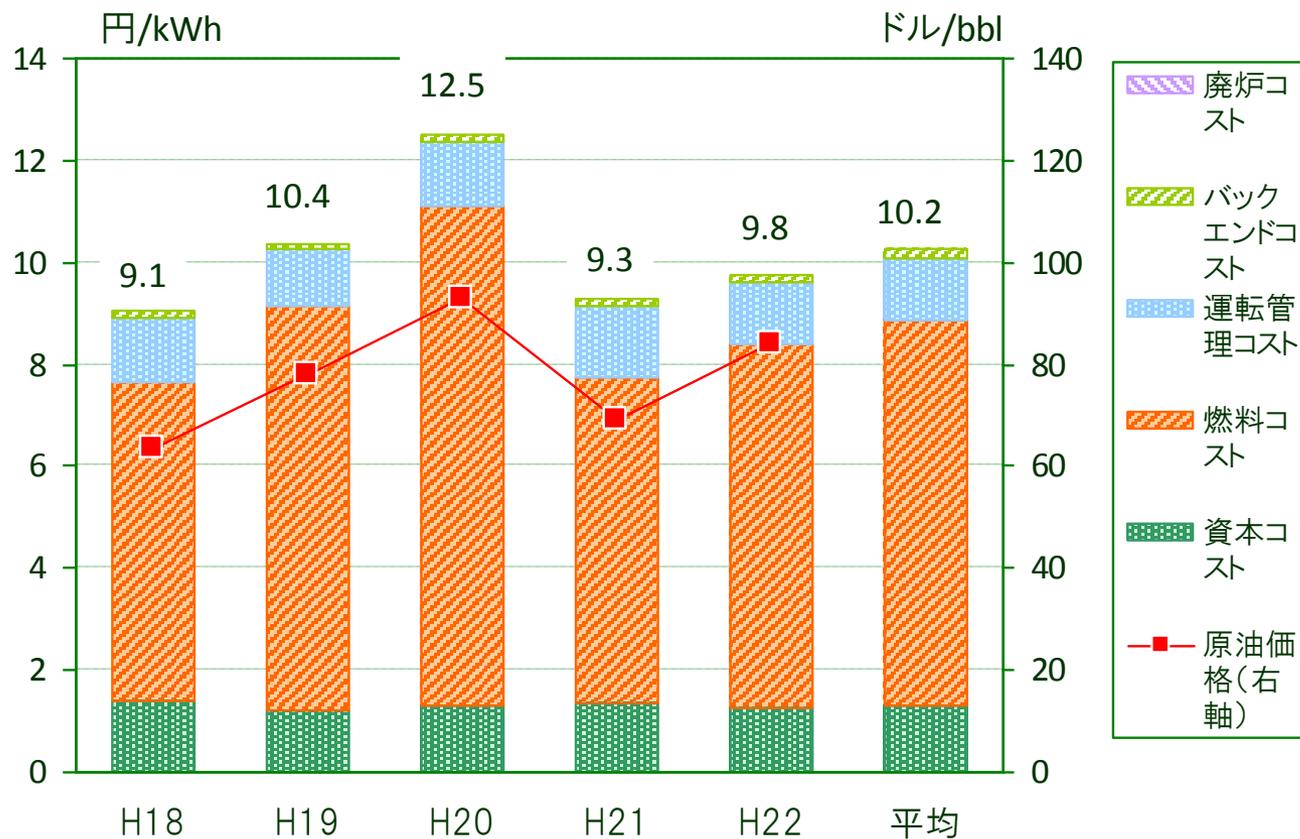
- ・ 原子力の「開発単価」には高速増殖炉・高温ガス炉・核融合等の先進的技術開発のコストが含まれているが、仮にこれらの研究開発がない場合でも既存の軽水炉による発電は継続できる以上、これらを全て軽水炉による発電のコストに含めることは妥当でない。
- ・ 仮に同様の手法により新エネルギーの開発コストを計算すると、10円/kWhを上回る水準となる。

試算結果 1 …… 電源別発電コスト(5年平均)



- ・ 一般電気事業者及び卸電気事業者12社を対象とし、平成18～22年度の有価証券報告書を用いて発電コストを試算。
- ・ 5年度平均の発電コストは、火力が10.2円/kWhと最も高い。
- ・ 火力の発電コストのうち、燃料コストが7.5円/kWhと、全体の74%を占める。

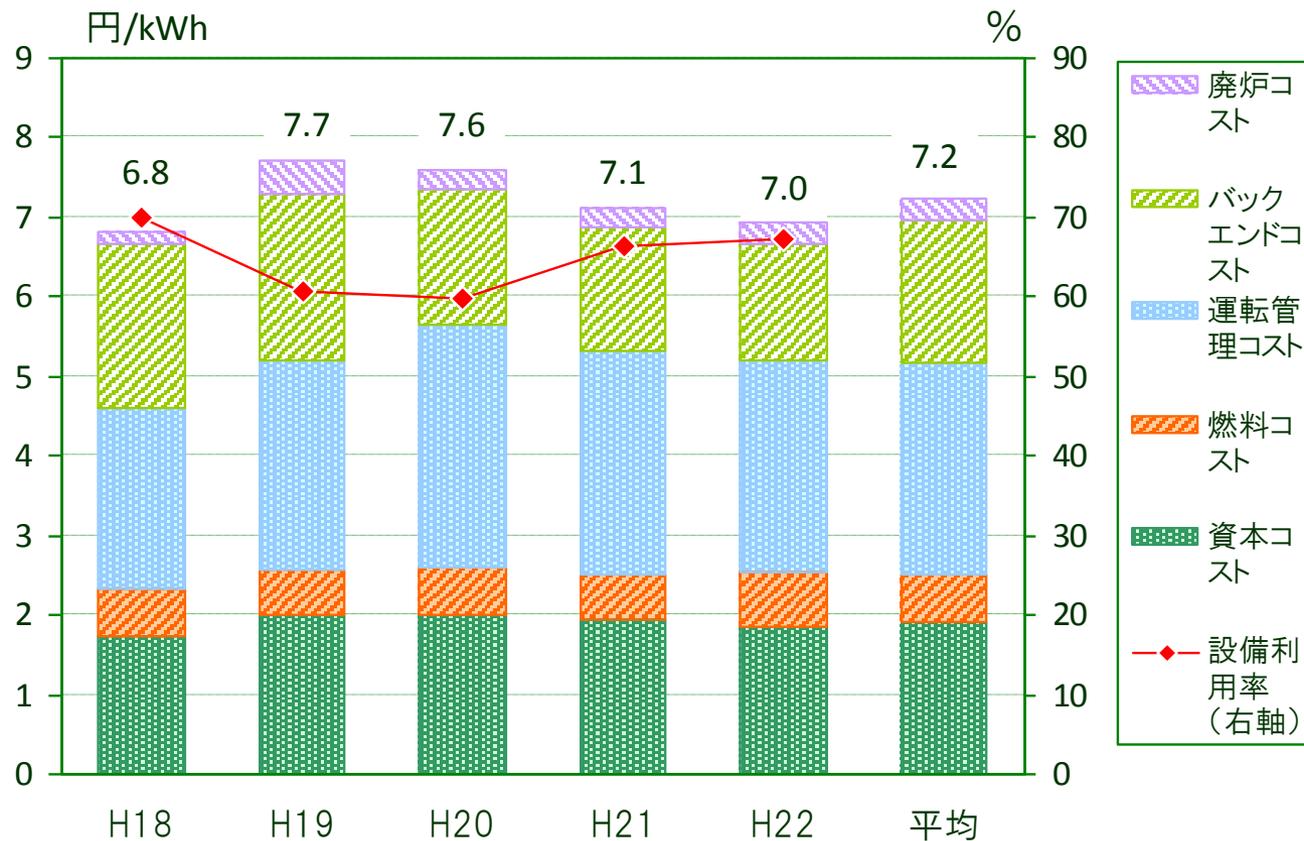
試算結果 2 …… 火力発電コストの推移



火力発電のコストは7割以上が燃料コストであり、原油価格の変動に応じて大きく変化する。

原油価格が高騰した平成20年度には、燃料コストの比率は78%に達した。

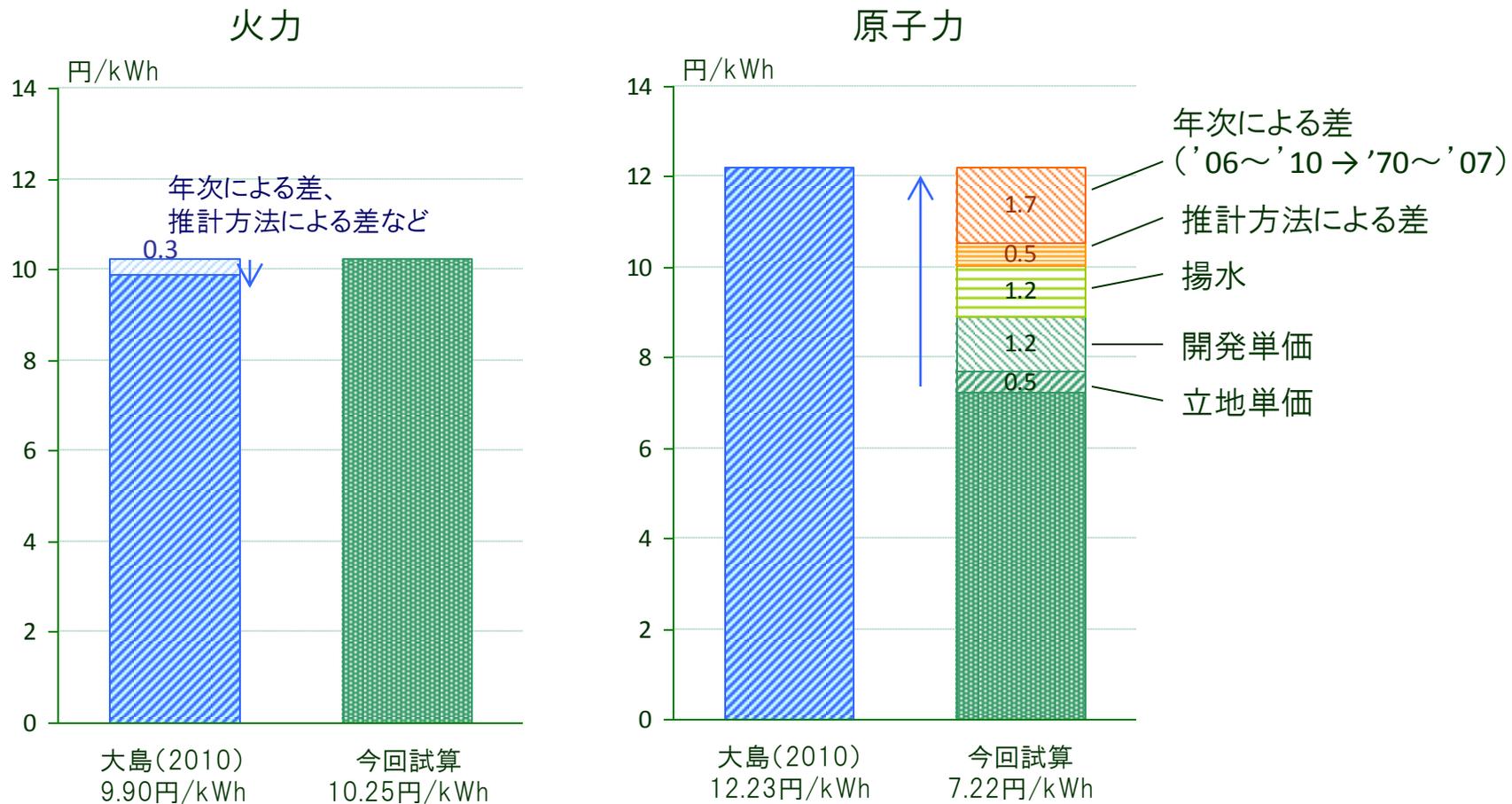
試算結果 3 …… 原子力発電コストの推移



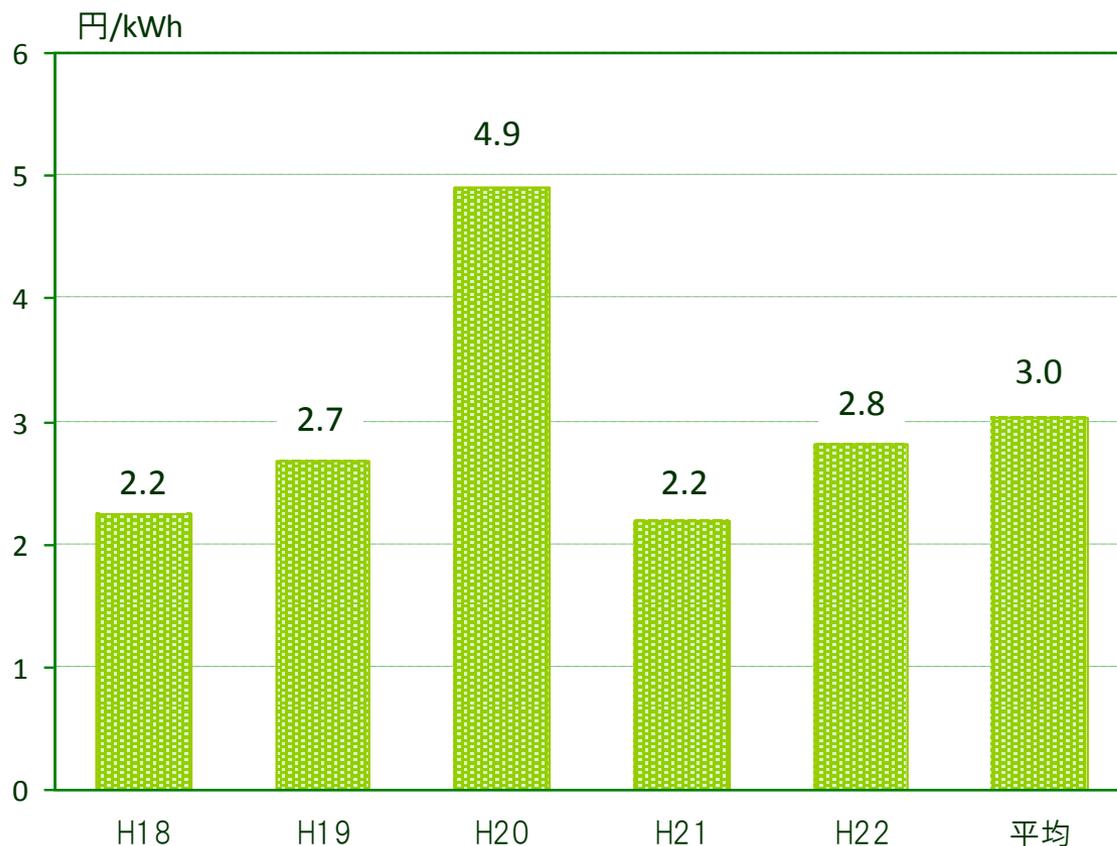
原子力の発電コストは設備利用率の上下に合わせて変動するものの、概ね7円/kWh前後で安定的に推移。

平成18～22年度平均で、資本コスト26%、燃料コスト8%、運転管理コスト37%、バックエンドコスト25%、廃炉コスト4%。

大島(2010)の試算結果との差異



火力発電と原子力発電の価格差



火力発電と原子力発電の価格差は平成18～22年平均で3円/kWh程度。
仮に揚水分の価格増1.1円/kWh及び「開発単価」及び「立地単価」の価格差1.5円/kWhを
最大限見込んだとしても、原子力発電のコストは火力を下回る。

原油価格が高騰した平成20年度には、価格差は4.9円/kWhに達した。

Findings

- ・ 電力12社の有価証券報告書を用いて試算を行った結果、平成18～22年度の実績値としての火力発電及び原子力発電のコストはそれぞれ10.2円/kWh及び7.2円/kWhと試算された。
- ・ 原油価格が高騰した平成20年度には燃料コストの比率は78%まで上昇、火力発電コストは12.5円/kWhまで上昇した。
- ・ 火力発電と原子力発電の価格差は5年間平均で3.0円/kWh、平成20年度には4.9円/kWhまで上昇。
火力発電コストの7割以上は燃料費であり、化石燃料の価格変動の影響を直接的に受ける。
- ・ 新エネルギー発電(地熱発電)のコストは8.9円/kWhと、火力発電よりも安い結果となった。

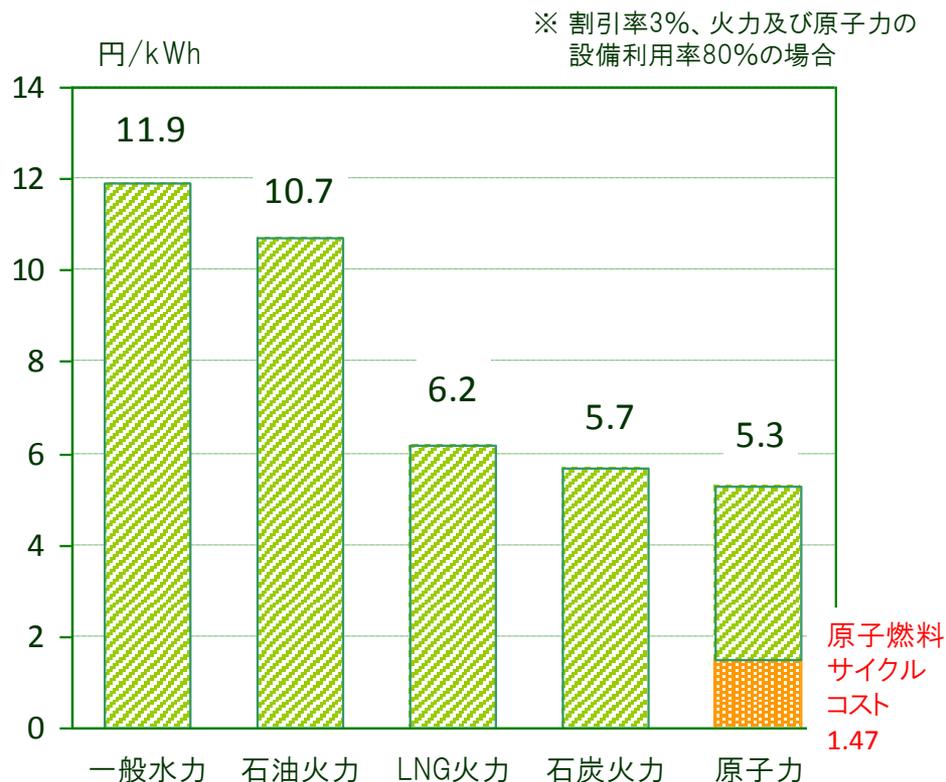
Implications — 今後、これらを含め正確なコスト評価の試みを継続する必要がある。

- ・ 有価証券報告書によるコスト算定は実績値での評価であるため、過去の電源選択の是非は評価できるが、「今後新設される電源の中でどれが最もコスト競争力があるか」を評価するには適切ではなく、モデル手法のほうが適している。
- ・ 今後、安全対策の強化や損害賠償といった原子力発電コストの増加要因、化石燃料価格の上昇による火力発電コストの将来の増加等、さまざまな要因に対するより詳細な分析が不可欠。このために、モデルを用いる手法を併用し、更に検討を進める必要がある。

[参考資料]

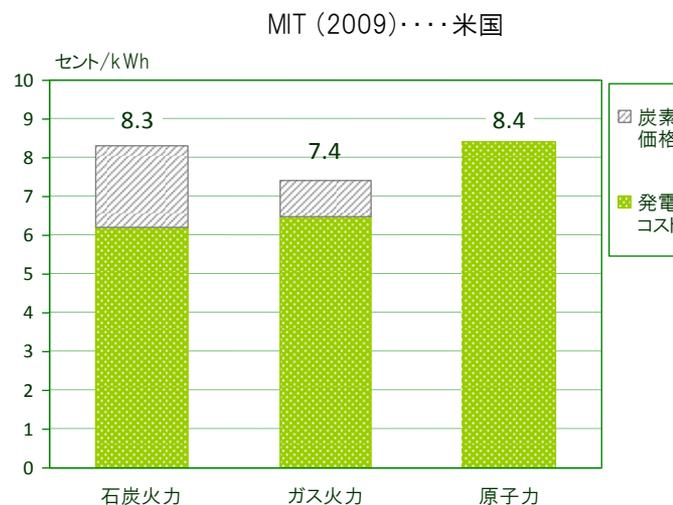
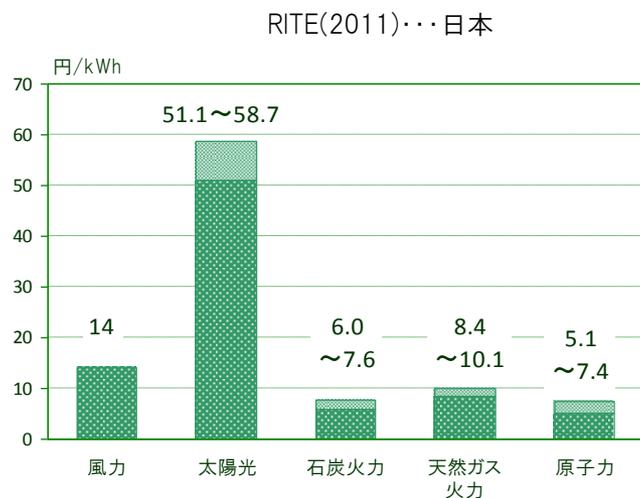
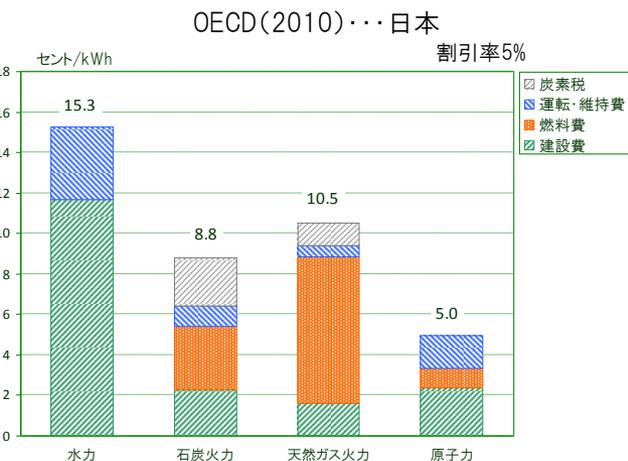
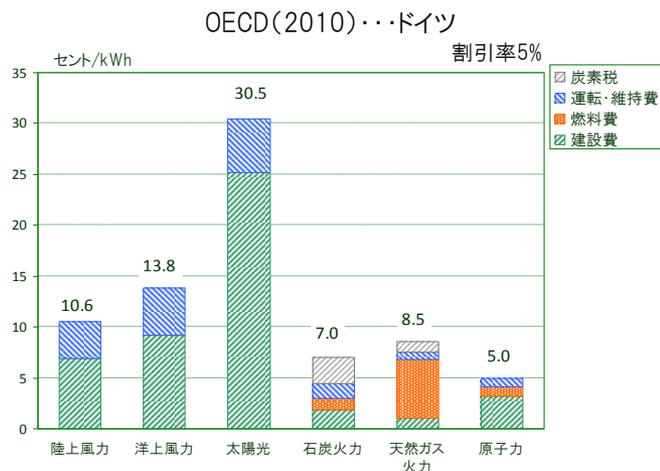
モデルによる発電コスト試算例(1)

コスト等検討小委員会(2004)



- ・ 日本の原子力発電コストは、コスト等検討小委員会によれば割引率3%の条件で5.3円/kWh。

モデルによる発電コスト試算例(2)



- ・ 米国では建設コストの上昇、高い割引率想定、天然ガス価格の低迷などから、炭素税などのない条件では原子力のコストは火力を上回る、という試算が多い。
- ・ 日本では、金利(割引率想定)が低い水準にあることにより、原子力発電コストは米国に比べ安くなっている。

有価証券報告書による発電コスト試算例（電中研）

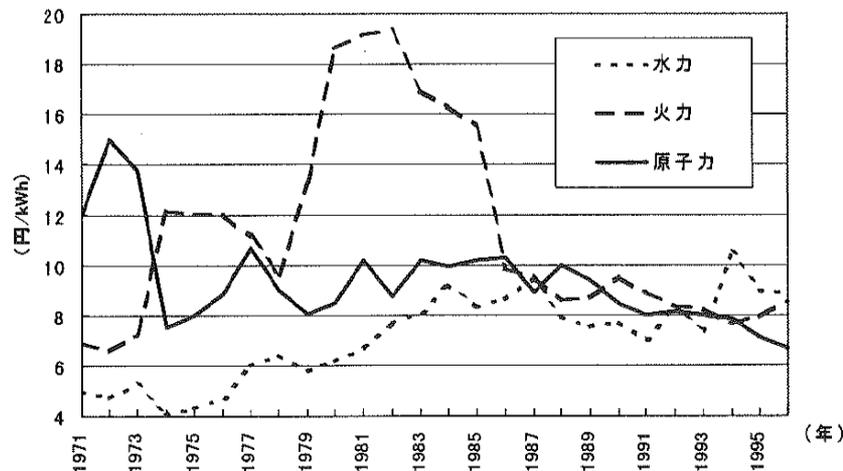


図1 財務諸表に基づく電源別発電コスト

・電力中央研究所・國武ら(1999)は一般電気事業者9社の財務諸表に基づき、1971年度～1995年度の期間にわたって発電コストを試算。

発電コスト(円/kWh)

$$= \frac{[\text{電気事業営業費用}] + [\text{支払利息}]}{\text{発電電力量(発電端)}}$$

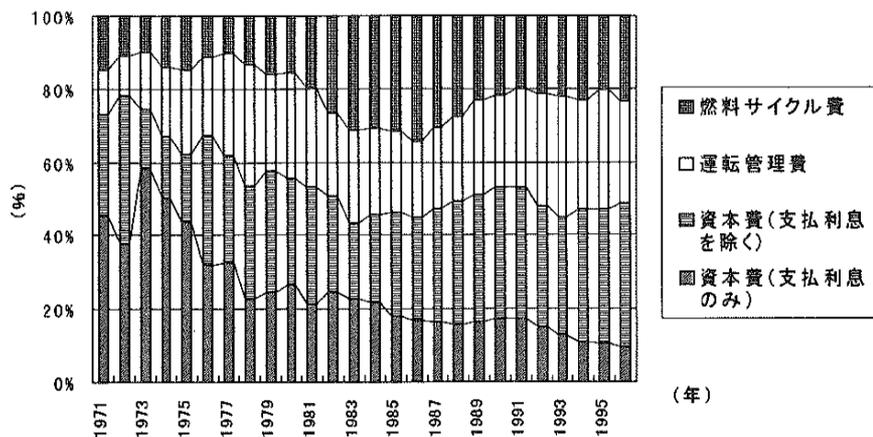


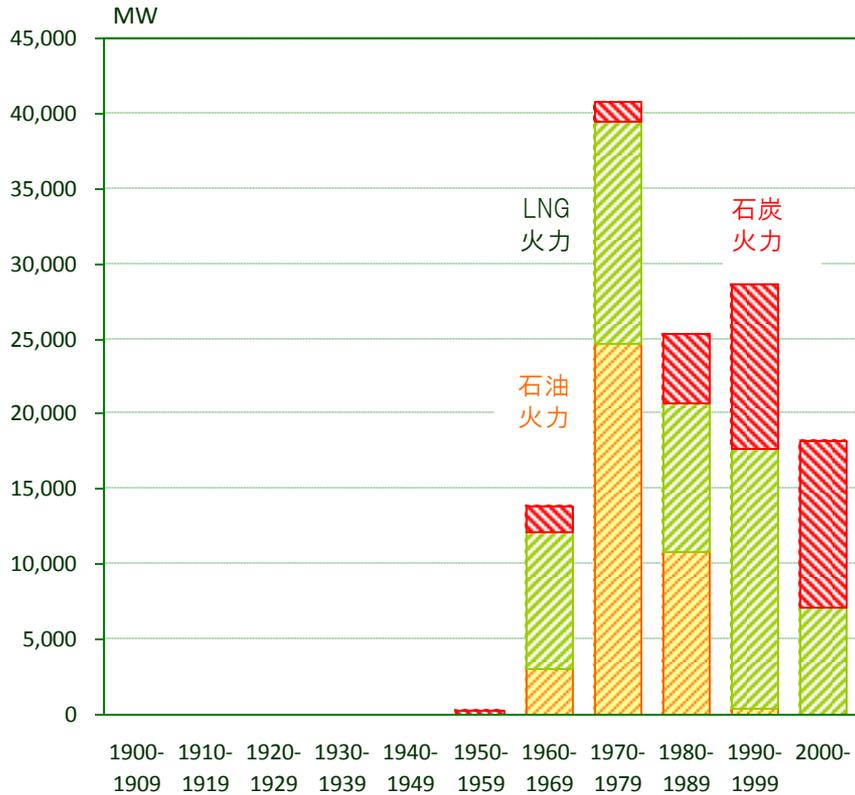
図2 財務諸表に基づく原子力発電コストの構成割合

・支払利息については財務諸表中、水力・火力・原子力の区分がないため、それぞれの電源について [電気事業固定資産+建設仮勘定]の値を算出し、それが電気事業全体に占める比率に応じて支払利息を按分。

(出所)國武(1999)

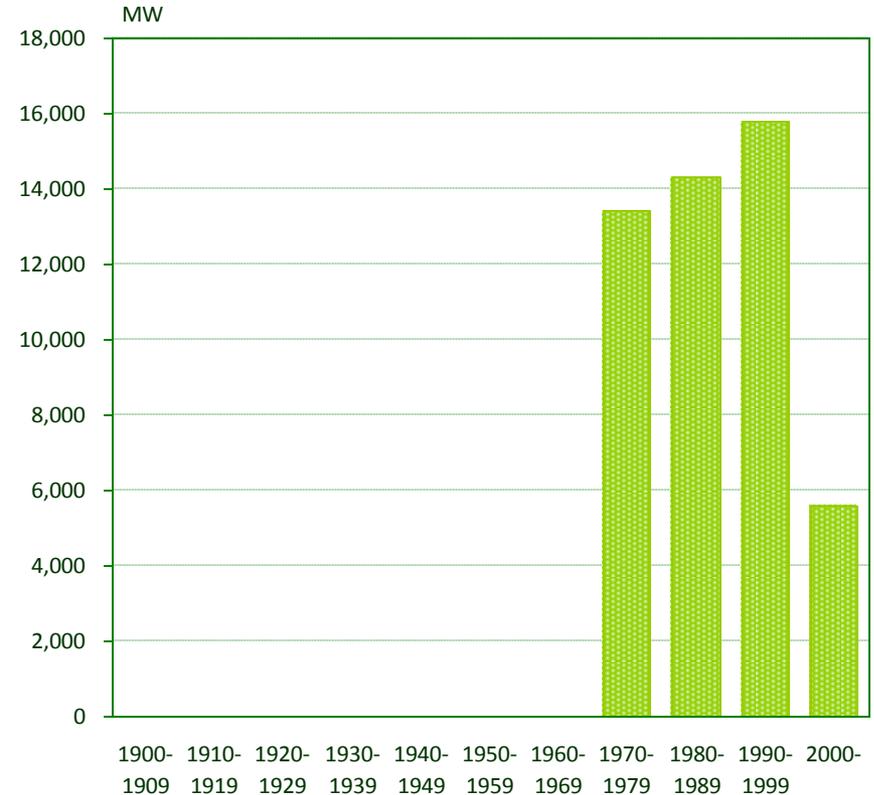
火力発電所・原子力発電所の運転開始年（一般電気事業者・卸電気事業者）

火力発電



(出所)「平成19年度 電力需給の概要」

原子力発電



(出所)日本エネルギー経済研究所
「エネルギー・経済統計要覧」

- ・ 現在稼働中の火力発電所は1960年代以降、原子力発電所は1970年代以降に建設されている。

本研究での試算方法とポイント

	本研究	電中研(1999)	大島(2010)
試算概要	電中研試算を基本とし、原子力関連の費用項目を詳細化	発電にかかる費用を資本費、運転管理費及び燃料サイクル費の3つに区分し単価を試算	電気料金の算定根拠となる発電原価の試算方法に則り、報酬率を用いて試算
試算式	$\text{発電単価} = (\text{電気事業営業費用} + \text{支払利息}) / \text{発電電力量 (送電端)}$ <p>* 支払利息は各電源の「電気事業固定資産＋建設仮勘定」に応じて按分。</p>	$\text{発電単価} = (\text{電気事業営業費用} + \text{支払利息}) / \text{発電電力量 (発電端)}$ <p>* 支払利息は各電源の「電気事業固定資産＋建設仮勘定」に応じて按分。</p>	$\text{発電単価} = (\text{電気事業営業費用} + \text{報酬率} \times (\text{電気事業固定資産等})) + \text{開発費用} + \text{立地費用} / \text{発電電力量 (送電端)}$ <p>* 原子力には更に「揚水」を加算。</p>
対象年度	2006～2010年度 * 直近の原油価格高騰やリーマンショック等を反映。	1971～1996年度 * 2回の石油危機と原油価格下落や、電力向け長期貸出金利の低下が反映されている。	1970～2007年度 * 2回の石油危機と原油価格下落、電力向け長期貸出金利低下などは反映されている反面、2008年以降の原油価格高騰が反映されていない。
対象企業	一般電気事業者10社、電源開発、日本原子力発電 * 原子力・大規模火力を有する主要な電気事業者を網羅。	沖縄電力を除く一般電気事業者9社 * 電源開発及び日本原子力発電が含まれず、両社の特殊要因が排除される。	沖縄電力を除く一般電気事業者9社 * 電源開発及び日本原子力発電が含まれず、両社の特殊要因が排除される。

本研究のポイント

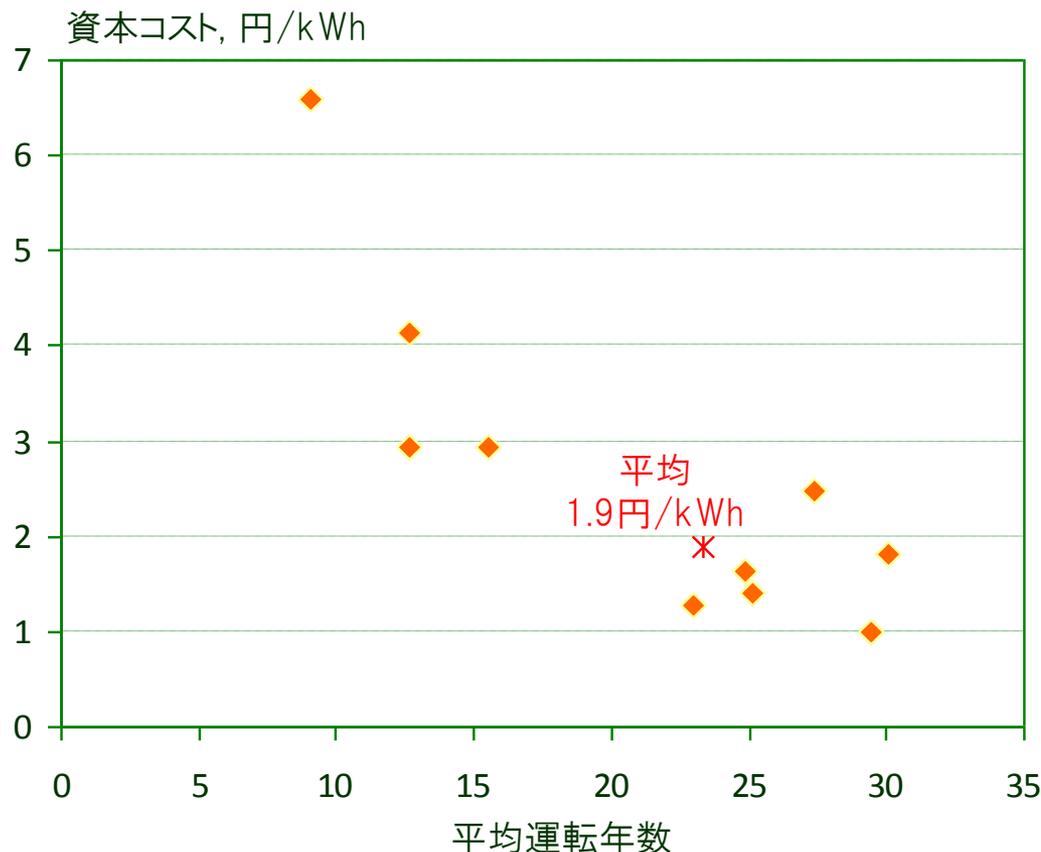
- ・2007-8年の原油価格高騰やリーマンショック等、直近(2010年度)までの電気事業環境を反映
- ・客観的・中立的な評価を試み、あくまで「コスト実績値に見る電源別特徴」を把握
- ・平成21・22年度には各社の報告書に「新エネルギー」の項目が追加されたため、これについても推計

本研究での発電単価区分

区分	要素別分類
資本コスト	固定資産税、減価償却費、固定資産除却費、共有設備等分担額
燃料コスト	燃料費
バックエンドコスト	使用済燃料再処理等費、使用済燃料再処理等準備費、廃棄物処理費、特定放射性廃棄物処分費
廃炉コスト	原子力発電施設解体費
運転管理コスト	上記を除く全て

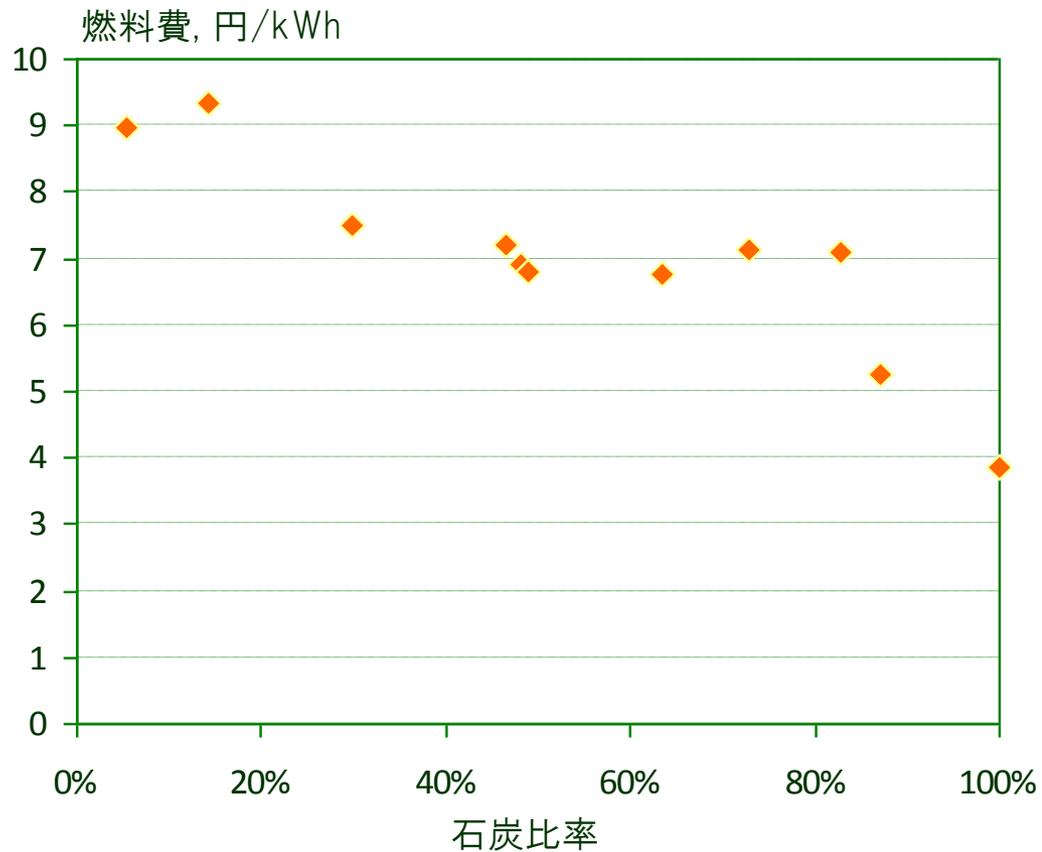
- ・ 有価証券報告書に記載される電気事業営業費用の明細表に記載されている費用項目を分類し、発電単価を資本コスト・燃料コスト・バックエンドコスト・廃炉コスト及び運転管理コストに分解。

原子力発電所の稼働年数と資本コストとの関係



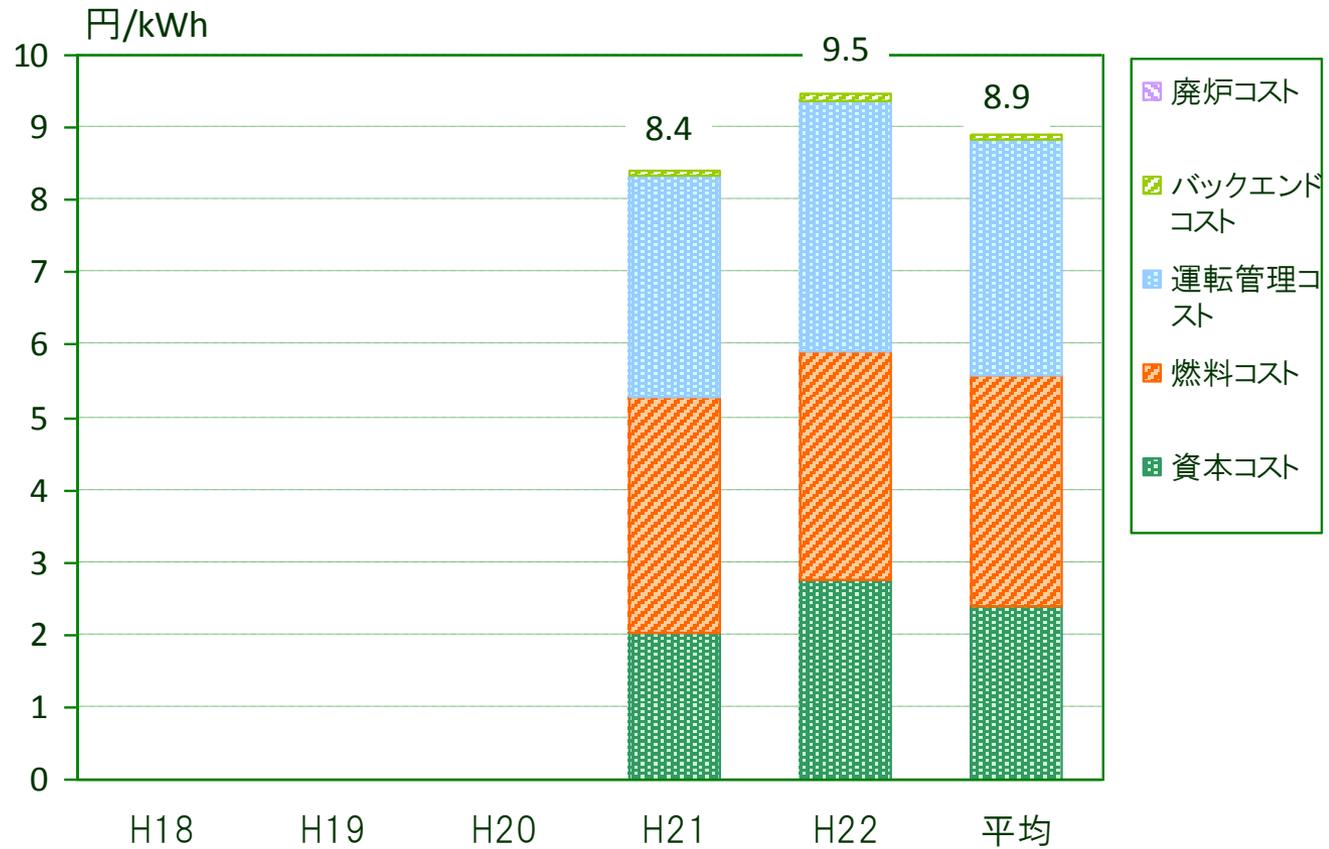
- ・ 電力会社ごとに原子炉の平均運転年数(発電設備容量による加重平均)を取ると、それが短い電力会社ほど資本コストが高くなる傾向が見られる。
- ・ 現行の試算(1.9円/kWh)では、水力発電ほどではないにせよ、原価償却の観点から資本コストを若干低く評価している可能性がある。
- ・ 仮に平均運転年数を15年程度とした場合には、資本コストは1.9円/kWhからおよそ3円/kWh程度まで上昇。

火力発電の石炭比率と燃料コストとの関係



火力発電(石炭、LNG、石油)に占める石炭の比率が高い電力会社ほど、燃料コストは低く抑えられる傾向にある。

地熱等(新エネルギー)発電のコスト



「新エネルギー」に分類される電源の大半は、九州電力・東北電力等における地熱発電。発電コストは8～9円/kWhと、火力発電に比べると低い水準にある。

新エネルギー発電設備(地熱等)の例

九州電力

	名称	運転開始年	MW
地熱	大岳発電所	1967	12.5
	八丁原1号機	1977	55
	八丁原2号機	1990	55
	山川発電所	1995	30
	滝上発電所	1996	27.5
	大霧発電所	1996	30
	地熱計		210
風力	甕島風力発電所	1990	0.25
	野間岬ウインドパーク発電所1・2号機	1998	0.6
	野間岬ウインドパーク発電所3～5号機	1999	0.9
	野間岬ウインドパーク発電所6～10号機	2003	1.5
	風力計		3.25

・ 2010年現在、九州電力の地熱発電設備は21万kW、風力発電設備は0.3万kW。

・ 地熱発電所は1990年代に多数建設され、その後新規建設が行われていない。

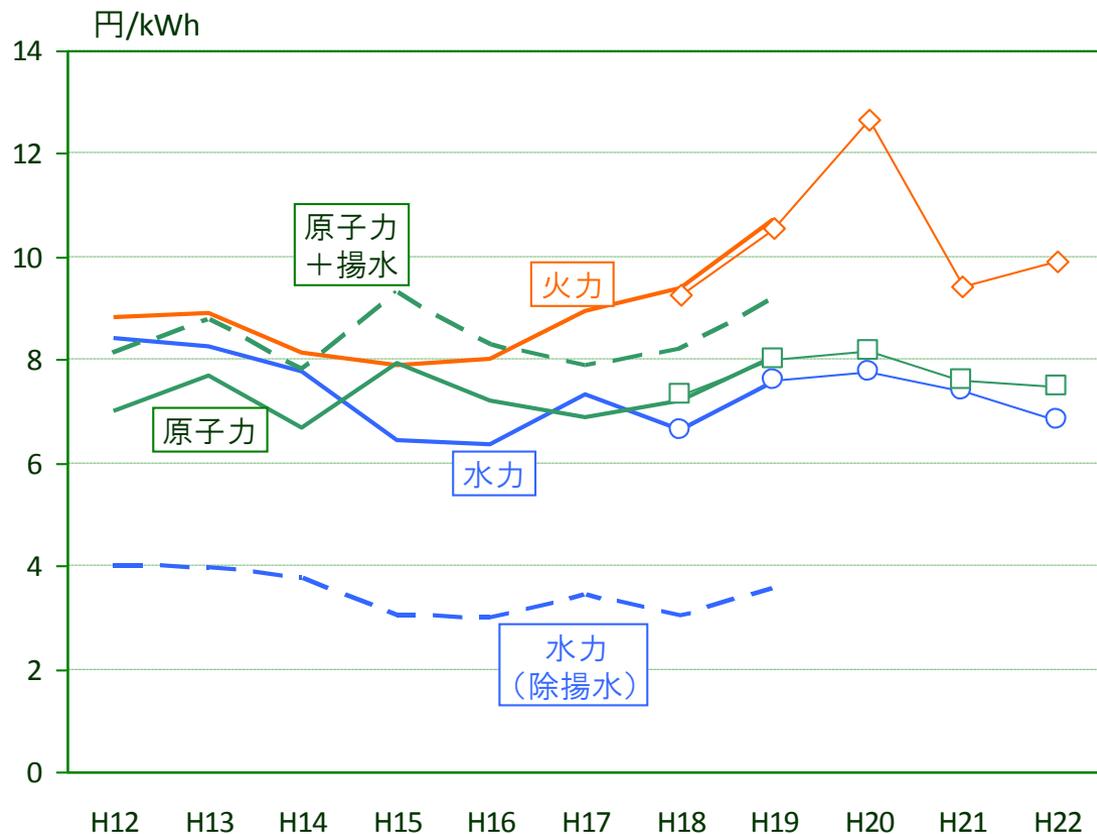
東北電力

	名称	運転開始年	MW
地熱	上の岱地熱発電所	1994	28.8
	葛根田地熱発電所1号機	1978	50
	葛根田地熱発電所2号機	1996	30
	澄川地熱発電所	1995	50
	柳津西山地熱発電所	1993	65
	計		223.8

(出所)各社HPより作成

報酬率を用いた方法によるコスト試算

H12～H19: 大島教授試算、H18～H22: 今回試算



大島教授の方法と同じ報酬率を用いた試算でも、平成20年度の火力の発電コストは12.7円/kWhまで上昇。原子力とのコスト差は4.5円/kWhに及ぶ。