

21世紀の水力発電技術

中村サブラヒ・テクノロジスト事務所

はじめに

- **水力発電**は約100年の歴史を有し、**発電電力量で約10%**、電源設備で約20%を占めるまでに至っている。
- 水力発電の開発初期段階では、流れ込み式に始まったが、大規模な貯水池式・調整池式が昭和30年代に建設され、火力・原子力の建設に呼応して揚水式が建設されるようになった。
- 2001年現在、**一般水力において1819地点と21,776MWがすでに開発**されており(12.0MW/1箇所当たり)で、未開発地点は2715地点、12,113MWと1箇所当たりの出力は4.46MWと小さくなっている。
- 今後、豊富な水資源に恵まれる中小規模の開発に適した地域を中心に、水力発電を**核**にした地域の活性化と環境に優しい開発が望まれる。
また、水力発電は二酸化炭素をほとんど発生しないクリーンなエネルギーとして**地球温暖化**の観点からも重要な役割を担っているほか、純国産のエネルギー資源として、繰り返し使える(再生可能)エネルギーの代表として位置づけられる。

日本の水力発電の現状

- 総出力 21.776 MW (1819箇所)
全発電設備の18%

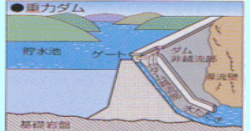

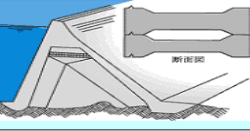



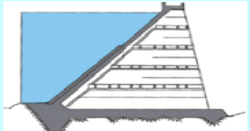

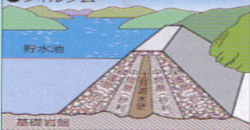

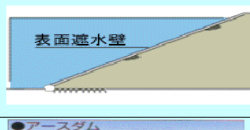

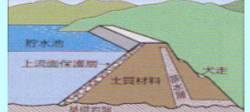

木曾川水系、信濃川水系、利根川水系、阿賀野川水系など

水力発電技術のコア・コンピタンス

- 長い歴史を経た技術の蓄積量、信頼性と地域の産業、文化の発展への貢献実績で随一、純国産のエネルギー資源。
- 運転コスト(ランニングコスト)が安い上、本質的に持続的な再利用可能エネルギー
- 時々刻々変動する需要変動、市況変動への対応性において特異的に優れた特性(経済性、エネルギーセキュリティ的役割)
- 成熟国家日本において、地方の活性化、地場産業の育成という視点で4, 500KWクラスの未開発成長市場が全国的に散在する。
- 世界的視野では、発展途上国において未開発水力資源として膨大なポテンシャルマーケットが存在し、地球環境を損なわない経済発展と日本の国際貢献策として期待される。

水力発電ダムの形式

表7 ダムの形式

<p>(1) 重力ダム</p>	<p>水圧をダム(コンクリート)の重さで支えるもので、日本では最も多い。形が簡単で様々な地形に合わせて造ることが出来る。</p>		
<p>(2) 中空重力ダム</p>	<p>重力ダムの内部を空洞としたもの。重力ダムに比べてコンクリート量は少ないが、複雑な形のため、施工が難しい。</p>		
<p>(3) アーチダム</p>	<p>水圧を兩岸の岩盤で支えるようにアーチ型に築いたもので、谷幅の狭いV字形の地形に適する。重力ダムに比べ、ダムの厚さが薄くすみ、材料コストが軽減できる。</p>		
<p>(4) バットレスダム</p>	<p>水をせき止める鉄筋コンクリート製の薄水版と、その水圧を支える鉄筋コンクリート製のバットレスと呼ばれる壁から構成される。重力ダムと比べてコンクリート量が少ないが、複雑な構造。</p>		
<p>(5) ロックフィルダム (中央遮水壁型) *ロックフィルダム・・・土や岩石を材料として盛り立てて造られるダムで、資材の運搬が困難な場所に最適</p>	<p>水漏れを防ぐためにダム中央部にコアと呼ばれる水を通さない粘土質の材料を盛り立てる。底面積が広く重さが分散されるため、地盤が悪い所でも造ることが出来る。</p>		
<p>(6) ロックフィルダム (表面遮水壁型) *ロックフィルダム・・・土や岩石を材料として盛り立てて造られるダムで、資材の運搬が困難な場所に最適</p>	<p>水漏れを防ぐため、ダム上流側表面にアスファルトやコンクリート等の舗装が施される。</p>		
<p>(7) アースダム</p>	<p>最も古くから灌漑用として用いられた形式で、粘土や土、砂礫などを材料とする。あまり高いダムには向かないが、軟弱な地盤にも造ることが出来る。</p>		

【出所】 資源エネルギー庁ホームページ (<http://www.enecho.meti.go.jp/hydraulic/device/form/top.html>)
および 東京電力パンプレット: 電力設備 平成14年度版 p.31、2002年11月

水力発電の仕組み(ダム式)

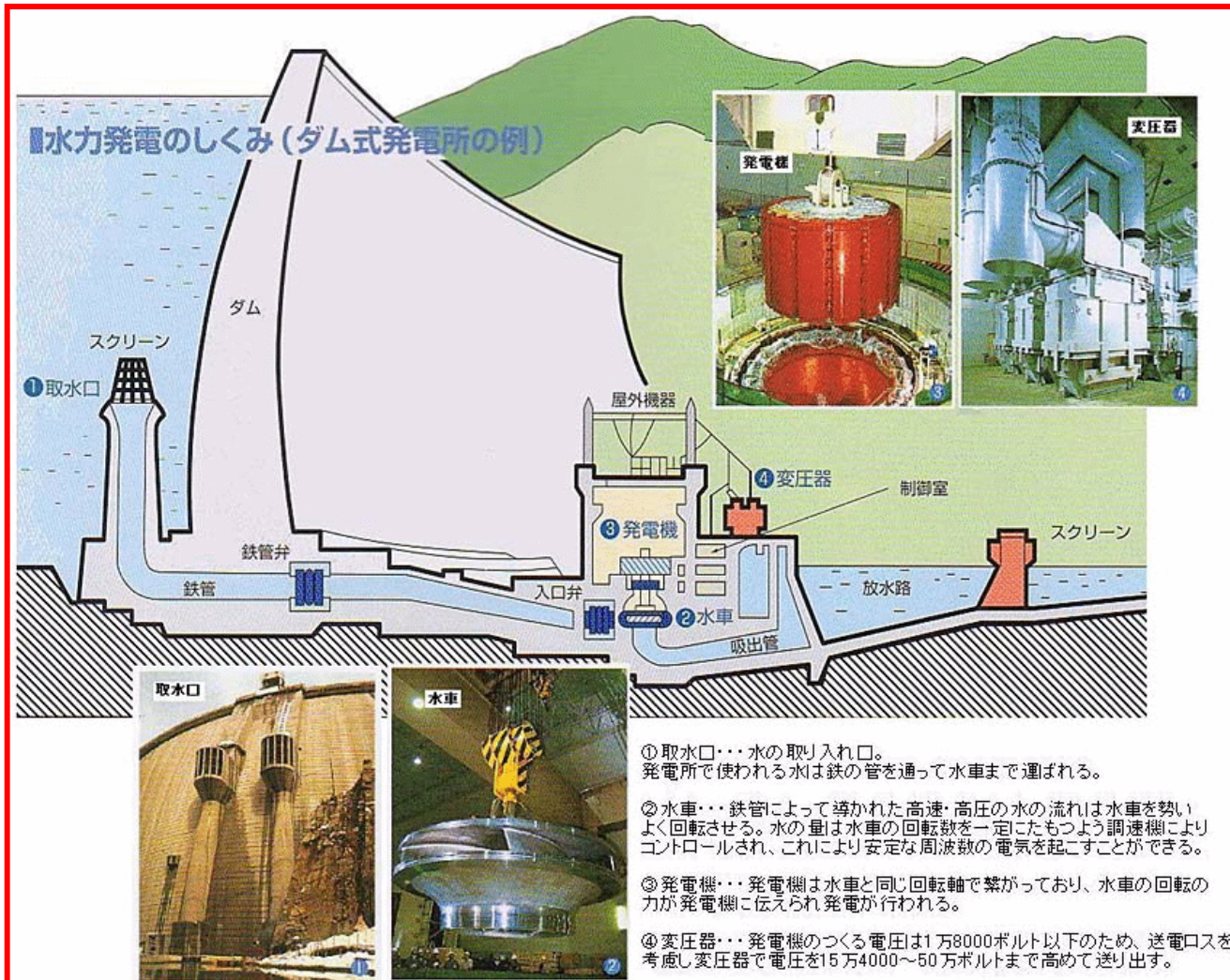


図6 水力発電所のしくみ(ダム式発電所の例)

[出典] 東京電力パンフレット:電力設備 平成14年度版、p.29(2002年11月)

揚水式発電ダム

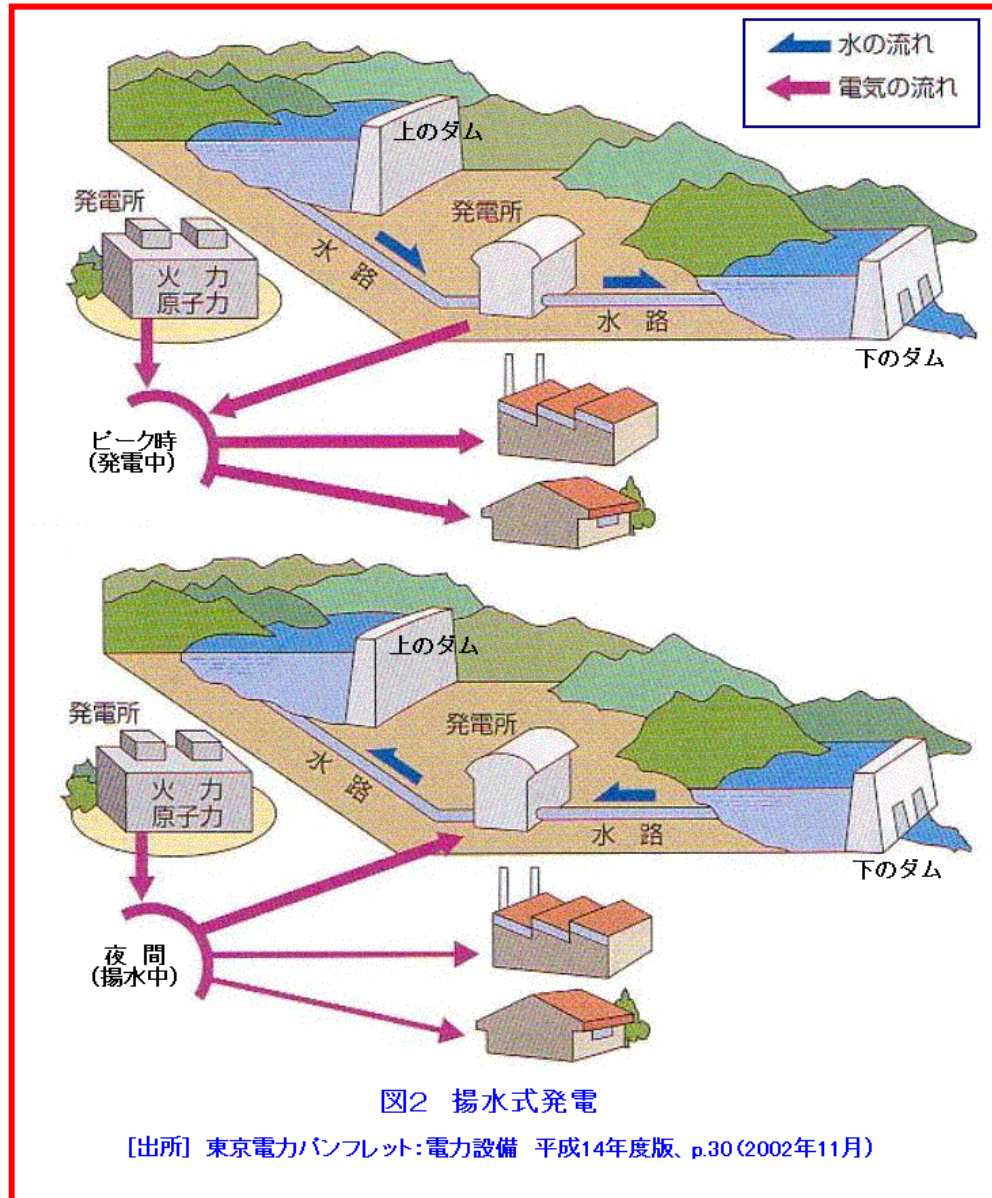





表3 日本における年代別発電施設

	1945年 (昭和20年)		1975年 (昭和50年)		2000年 (平成12年)	
水力(万kW)	643	61.9%	2486	22.1%	4632	17.9%
火力(万kW)	395	38.1%	8077	71.9%	16665	64.4%
原子力(万kW)			661	5.9%	4526	17.5%
その他(万kW)			5	0.04%	62	0.2%
Total(万kW)	1038	100.0%	11228	100.0%	25884	100.0%
発電所の例						
	<p>京都府京都市: 蹴上発電所</p> <p>日本初の電気事業用水力発電所として、明治24年に京都の蹴上発電所が誕生した。</p>	<p>富山県下新川郡: 黒部川第四発電所</p> <p>昭和38年に黒部川第四発電所(通称:黒四)が完成した。水力発電は、飛躍的に増え続ける当時の日本の電力需要をまかなう大きな一翼を担っていた。</p>	<p>岡山県真庭郡: 寄水発電所</p> <p>CO₂の排出が少ない水力発電は、環境に優しい再生可能エネルギーとして注目を浴びている。大型の開発が終わろうとしている今、周辺環境に溶け込むように配慮しながら、中小水力発電の開発を行っている。</p>			

出所: 電気事業便覧(平成13年度版)

[出所] 資源エネルギー庁ホームページ

(<http://www.enecho.meti.go.jp/hydraulic/living/society/top2.html>)

表1 出力別包蔵水力(一般水力)

出力区分 (kW)	既 開 発			工 事 中			未 開 発		
	地点	出力 (kW)	電力量 (MWh)	地点	出力 (kW)	電力量 (MWh)	地点	出力 (kW)	電力量 (MWh)
1,000未満	428	186,815	1,211,263	12	6,200	30,337	371	242,190	1,218,611
1,000～ 3,000	407	726,545	4,143,355	11	19,800	93,521	1,234	2,269,000	9,213,312
3,000～ 5,000	163	614,415	3,310,534	7	29,300	128,987	523	1,961,400	7,889,123
5,000～ 10,000	284	1,920,750	9,976,228	4	27,600	114,700	341	2,293,100	9,184,650
10,000～ 30,000	358	5,952,400	27,766,317	9	133,000	538,514	208	3,289,000	12,245,326
30,000～ 50,000	87	3,300,300	14,696,405	1	34,500	124,178	21	801,900	2,610,500
50,000～ 100,000	66	4,328,600	16,793,990		87,000	90,000	14	879,100	2,353,400
100,000 以上	26	4,746,900	13,555,377		200,000	157,000	3	378,000	1,109,000
計	1,819	21,776,725	91,453,469	44	537,400	1,277,237	2,715	12,113,690	45,823,922
平均		11,972	50,277		12,214	29,028		4,462	16,878

[出所] 資源エネルギー庁ホームページ
<http://www.enecho.meti.go.jp/hydraulic/data/stock/top5.html>

未開発電力が約15%ある

水力発電の年表

表2 水力発電に関する年表

水力開発の幕開け			大規模水力開発の時代 高度経済成長期							環境に配慮した水力開発の時代 安定成長期													
明治		大正	昭和							安定成長期				平成									
21	24	43	3	14	16	20	28	31	38	39	41	45	48	53	55	56	63	6	9	10	11		
水力発電開始（三居沢発電所）	事業用水力発電営業開始（嶽上発電所）	第一次発電水力調査	第一次世界大戦開始	ラジオ放送開始	太平洋戦争開始	終戦	テレビ放送開始	佐久間発電所完成	黒部川第四発電所完成【日本の高さのアーチダム（黒部ダム）】	東京オリンピック開催・東海道新幹線開業	原子力発電営業開始	万国博覧会開催	第一次オイルショック	第二次オイルショック	石油代替エネルギーの開発及び導入の促進に関する法律施行	第五次発電水力調査	新高瀨川発電所完成【東洋一の規模のロックフィルダム（高瀨ダム）】	青函トンネル・本四連絡橋開通	新エネルギー導入大綱決定	気候変動枠組条約第三回締約国会議（COP3）開催	神流川発電所善工【世界最大の揚水発電所】	地球温暖化対策推進大綱決定	海水揚水発電（実証試験）開始

【出所】 資源エネルギー庁ホームページ
<http://www.enecho.meti.go.jp/hydraulic/living/society/top2.html>

一日の電力需要変動への対応パターン

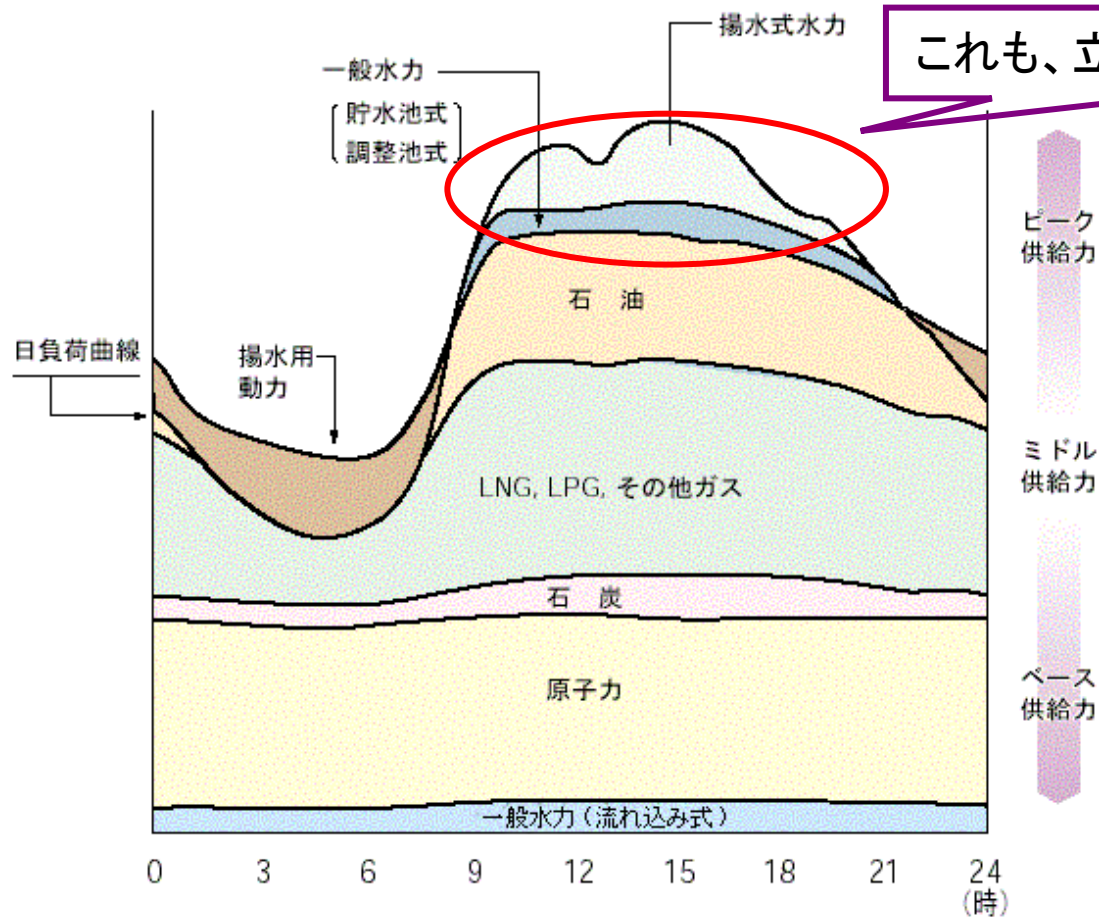


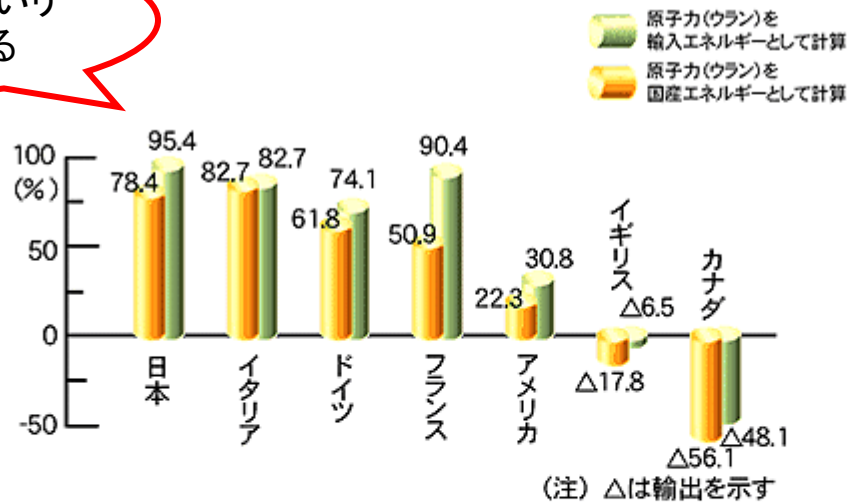
図1 一日の時間帯別発電の組合せ

[出所] 東京電力ホームページ

(http://www.tepco.co.jp/corp-com/materials/pdf_data/suh03-j.pdf)

エネルギーセキュリティ (他国非依存、自立ランキング)

お金に換算できないリスクを負っている



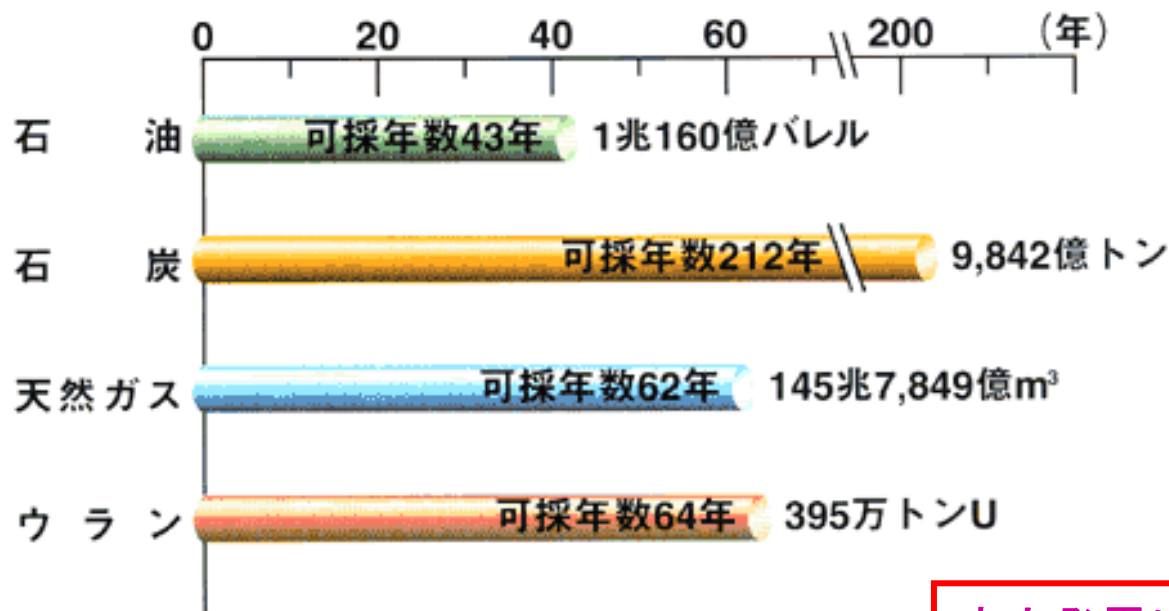
出典: 考えよう、日本のエネルギー(2001)

図4 主要国のエネルギー輸入依存度

[出所] 資源エネルギー庁ホームページ

(<http://www.enecho.meti.go.jp/hydraulic/living/domestic/top.html>)

人類の未来エネルギー埋蔵量



出典：考えよう、日本のエネルギー(2001)

水力発電は、無限！
(永久的可採埋蔵量)

図5 エネルギー資源の確認可採埋蔵量

[出所] 資源エネルギー庁ホームページ

(<http://www.enecho.meti.go.jp/hydraulic/living/reclaim/top.html>)

CO₂排出量比較



出典: ライフサイクルCO₂排出量による発電技術の評価「(財)電力中央研究所」

図3 日本の電源別CO₂排出量の比較

[出所] 資源エネルギー庁ホームページ

(<http://www.enecho.meti.go.jp/hydraulic/living/clean/top.html>)

- 包蔵水力 (TWh/年)

アフリカ	1, 750
アジア	6, 800
北中央アメリカ	1, 660
南アメリカ	2, 665

水力発電技術力の世界ランキング

- 先駆者はアメリカ、応用実績では中国がトップであり、日本は世界三位となっている。

- 「長江」 8468 MKW (世界一の規模)
- 中国全土で 17200 MKW



電力コスト比較

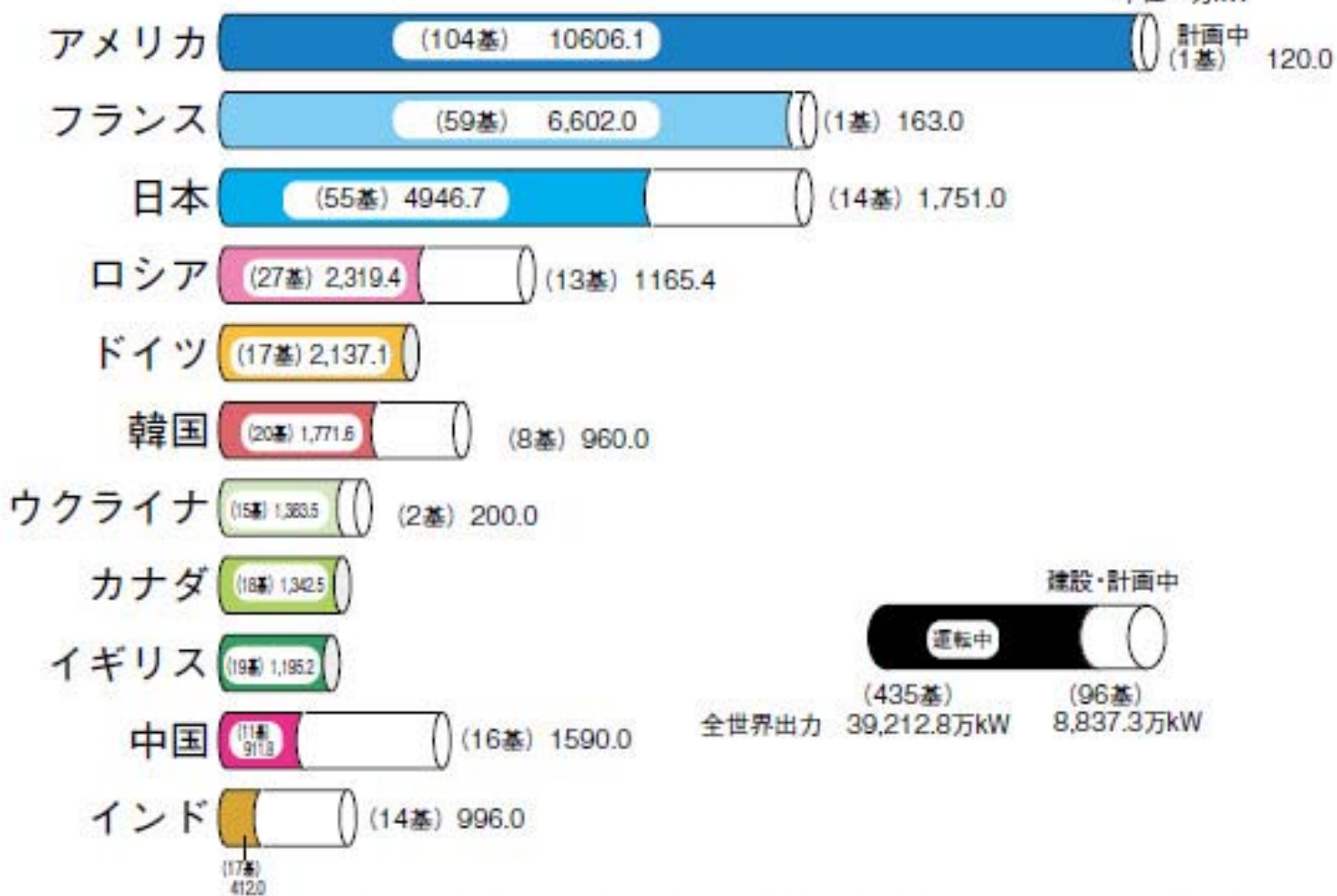
- 原発の寿命と後処理の問題。
- 解体ラッシュは2020年にやってくる
- 原発の止め方は分かっているけど、解体の仕方は分かっていない。(建物の解体後、その土地に放射性物質を残さずに元あった状態の更地にする)
- 一基の解体に3億円(米国の試算)、払えないため法手続き上寿命を延長した。(30年→60年)

技術者倫理として許されることではない。(何の技術的根拠、裏付けもなく、基本設計を改ざんするに等しい)

主要国の原子力発電設備

(2008年1月1日現在)

単位：万kW



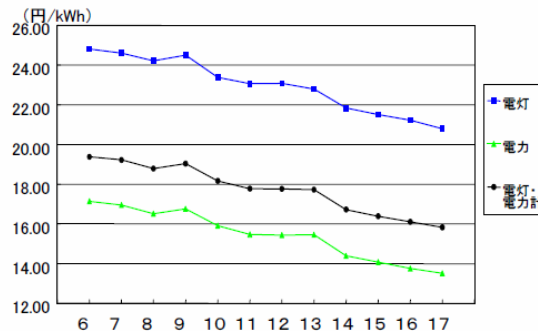
出典：日本原子力産業協会「世界の原子力発電開発の動向2007/2008年版」他

透明性の高い、客観的成本比較はなされているか？

1-(3) 水力発電のコスト等

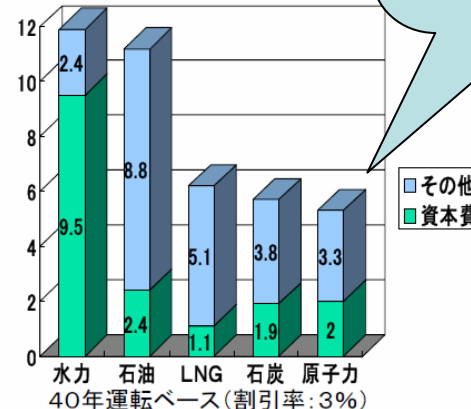
このコストには大きな政策的意図が組み込まれている

※参考：電気料金の推移(第1回 研究会資料から引用)



※電灯料金は、主に一般家庭部門における電気料金の平均単価で、電力料金は、自由化対象需要分を含み、主に工場、オフィス等に対する電気料金の平均単価。
 ※平均単価の算定方法は、電灯料収入、電力料収入をそれぞれ電灯、電力の販売電力量(kWh)で除したものを。

※参考：電源種ごとのモデルプラント発電単価(第1回 研究会資料から引用)



(参考：履歴)

- H7/4 電気事業法改正 → IPPが参入
- H12/3 自由化開始 → 特別高圧/契約電力2,000kW以上(大規模工場・デパートなど)
- H16/4 自由化拡大 → 高圧/契約電力500kW以上(中規模工場・スーパーなど)
- H17/4 自由化拡大 → 高圧/契約電力50kW以上(小規模工場など)