

原子力エネルギーの役割と課題

早稲田大学共同原子力専攻

岡 芳明

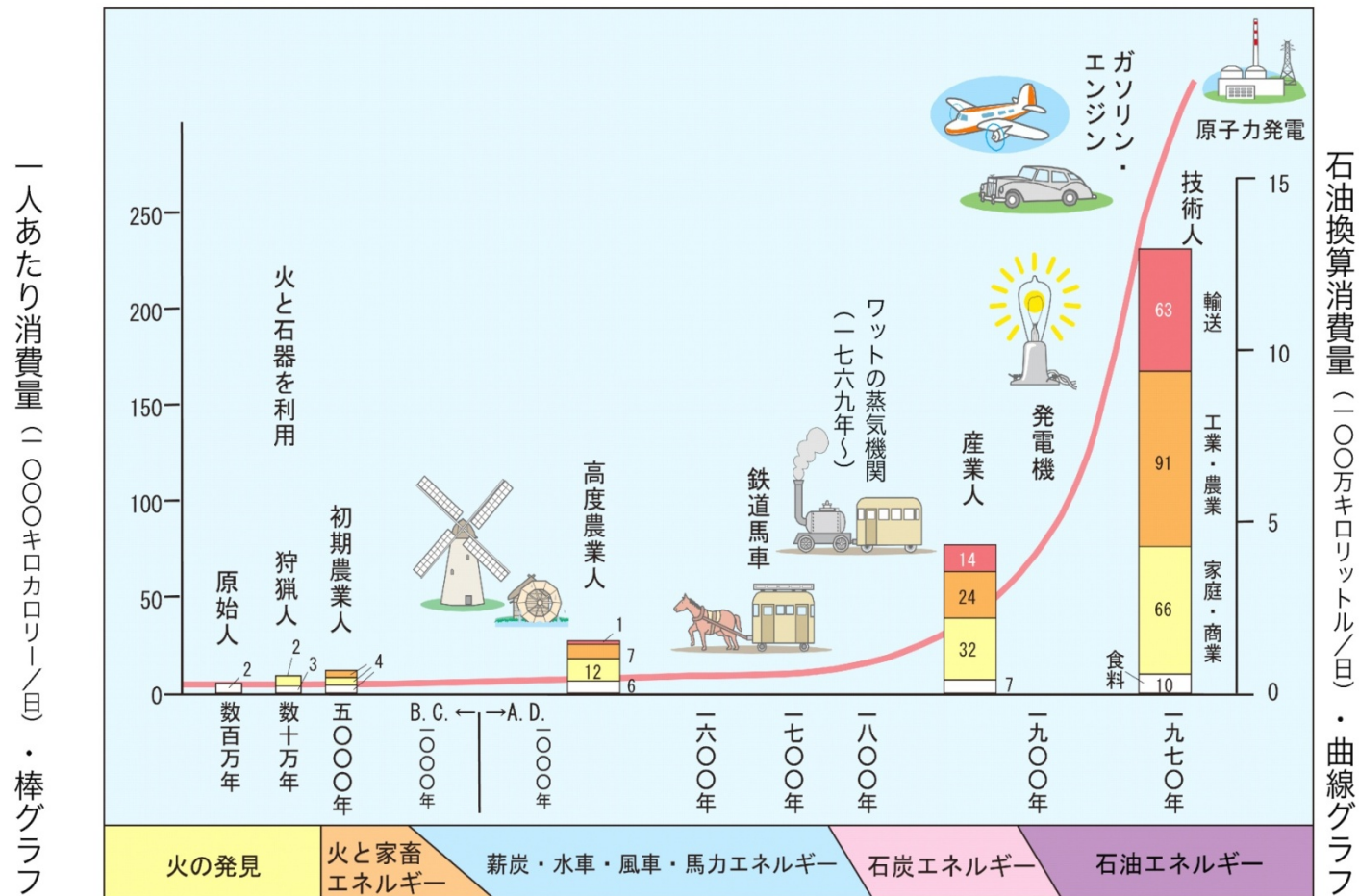
早稲田大学理工学術院シンポジウム「東電福島事故とその教訓」2011年7月15日

目次

1. エネルギー利用の現状
2. 電気エネルギー
3. エネルギーと地球環境問題
4. 原子力エネルギーの役割と課題
 - 原子力エネルギーの利用、経済性
 - 原子力発電技術
 - 新型原子炉
 - 国際展開と海外市場
5. まとめ

エネルギー利用の現状

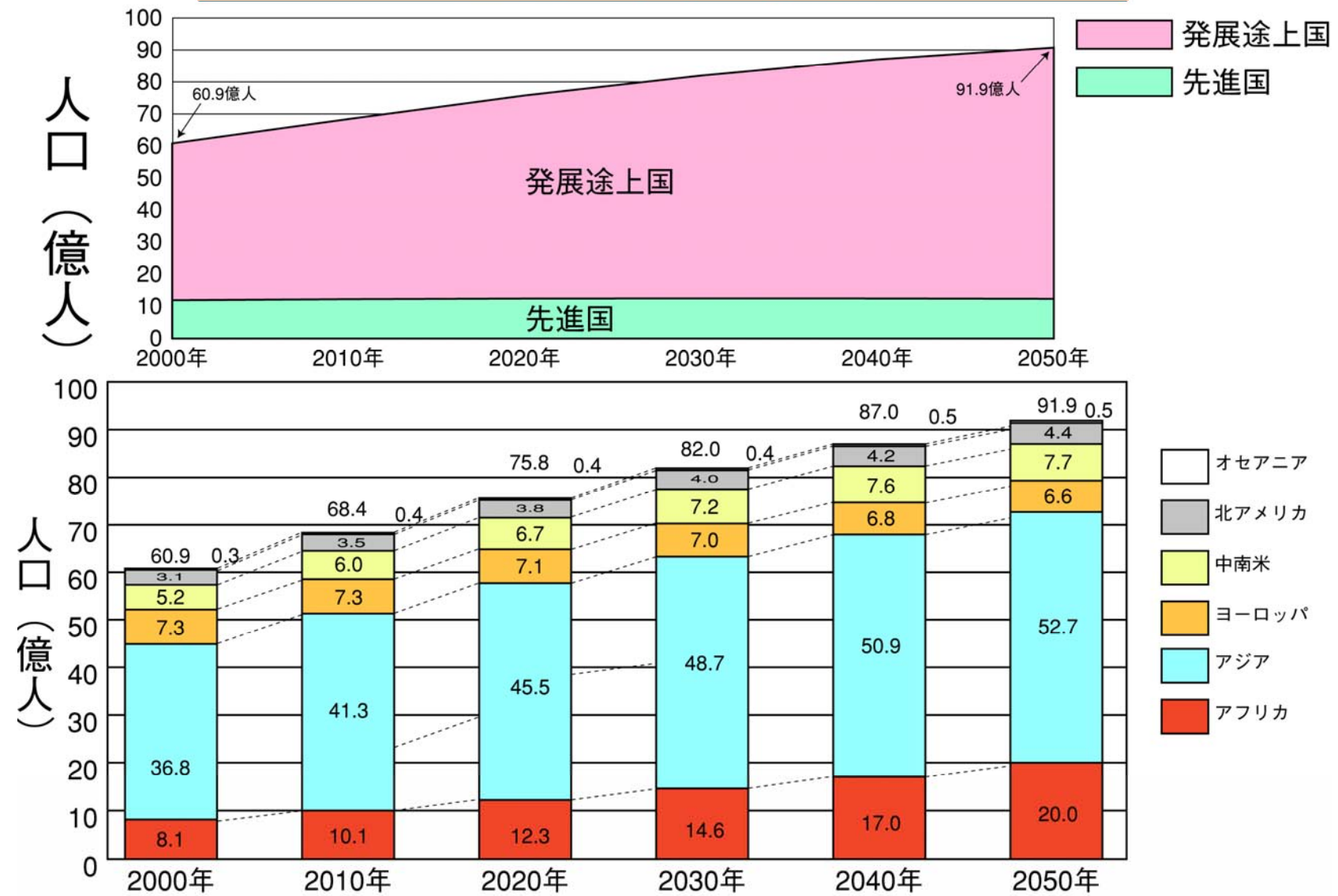
人類とエネルギーのかかわり



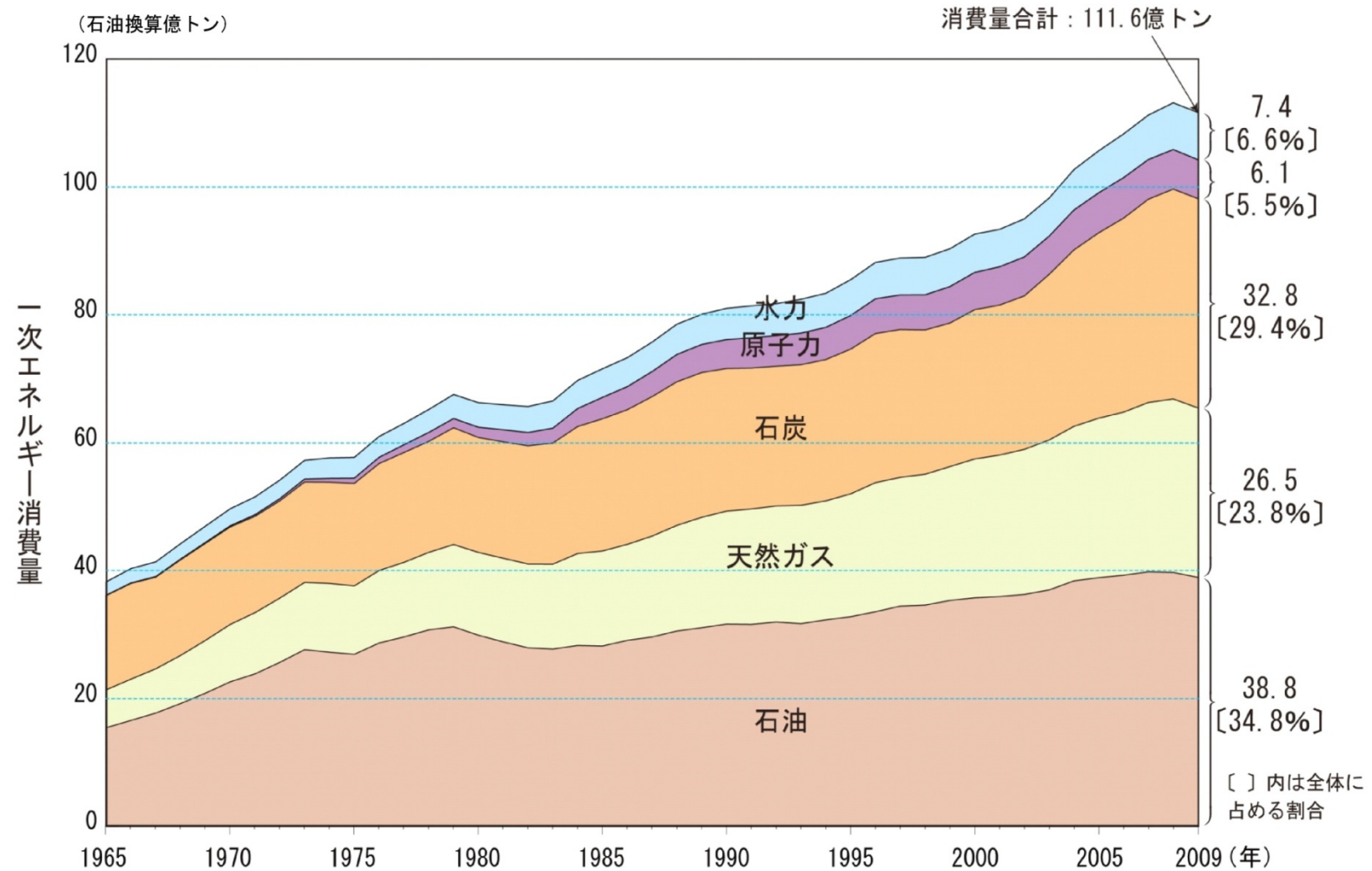
原始人 百万年前の東アフリカ、食料のみ。
 狩猟人 十万年前のヨーロッパ、暖房と料理に薪を燃やした。
 初期農業人 B.C. 5000年の肥沃三角州地帯、穀物を栽培し家畜のエネルギーを使った。

高度農業人 1400年の北西ヨーロッパ、暖房用石炭・水力・風力を使い、家畜を輸送に利用した。
 産業人 1875年のイギリス、蒸気機関を使用していた。
 技術人 1970年のアメリカ、電力を使用、食料は家畜用を含む。

世界の人口予測



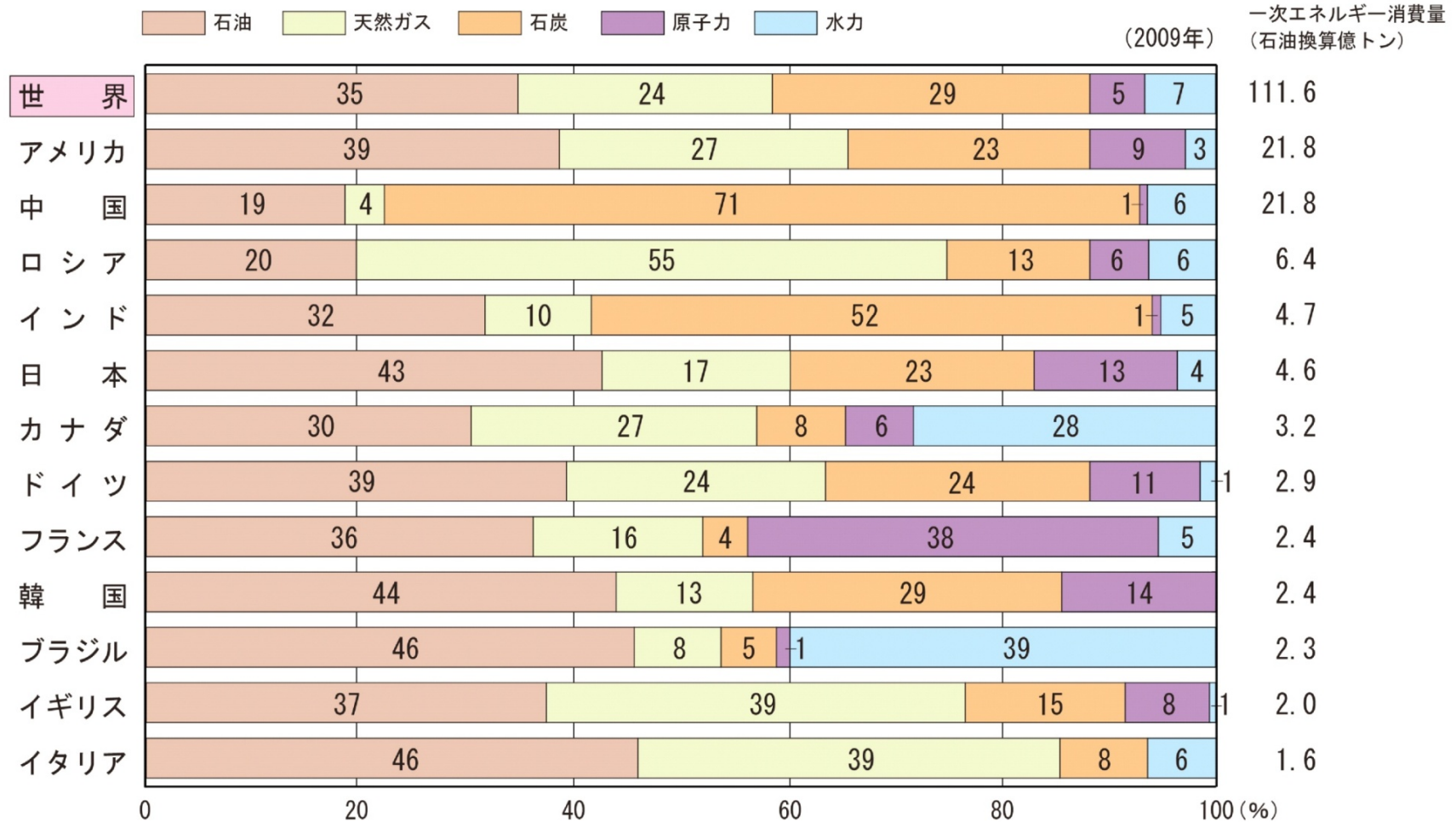
世界の一次エネルギー消費量の推移



(注) 四捨五入の関係で合計値が合わない場合がある

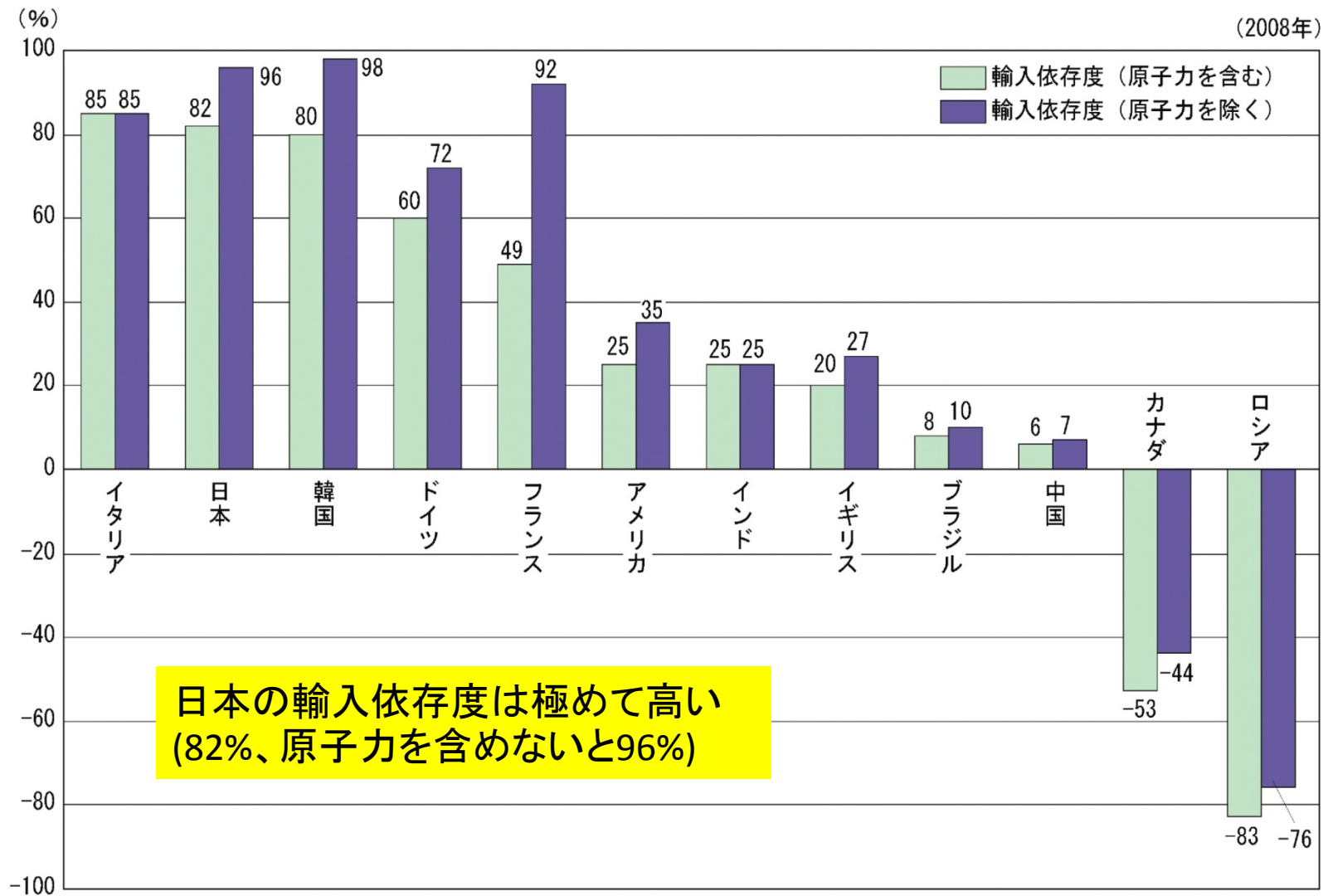
主要国の一次エネルギー構成

化石燃料(石油、石炭、天然ガス)が主体(フランスでも56%)



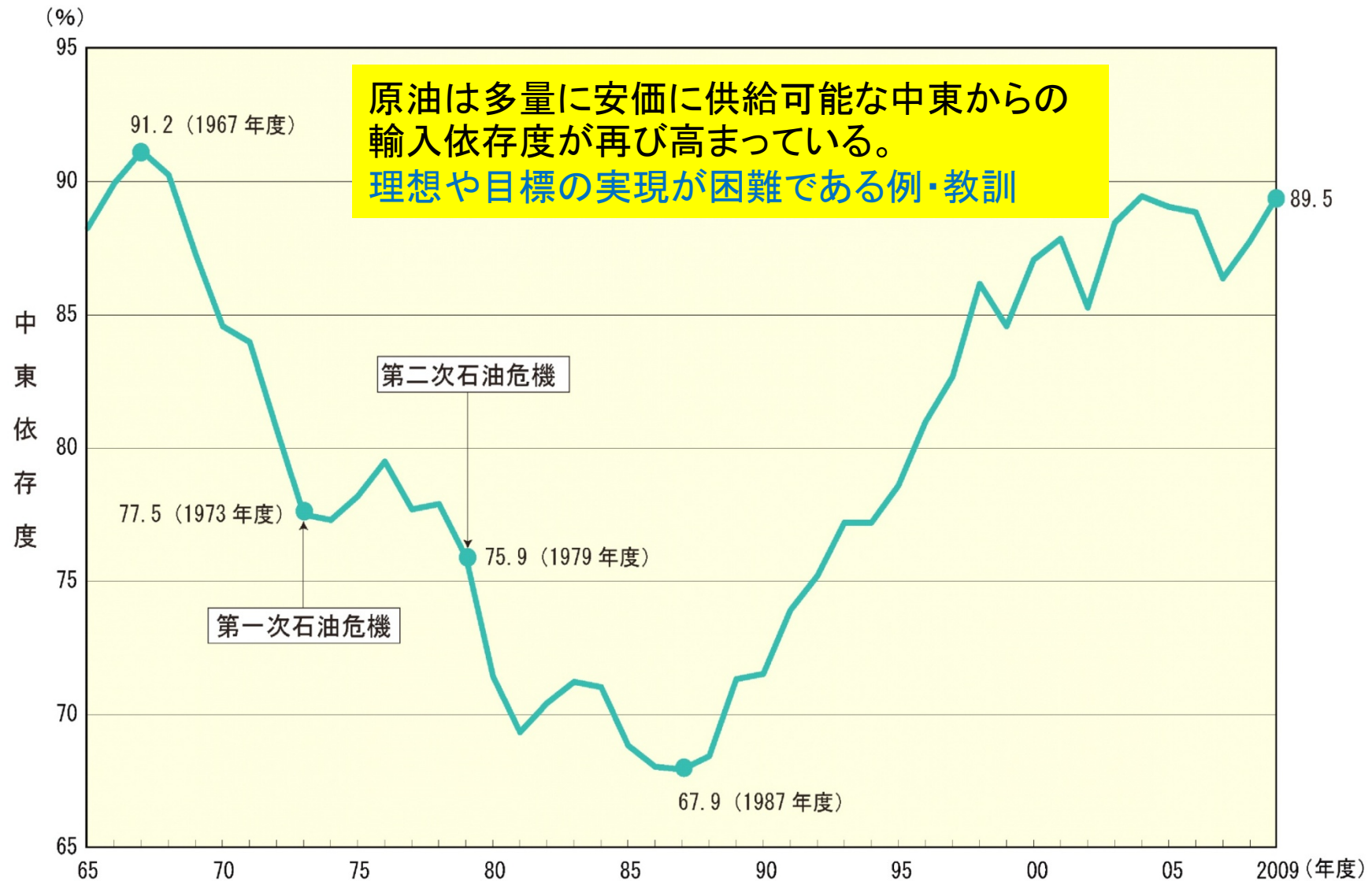
(注) 四捨五入の関係で合計値が合わない場合がある

主要国のエネルギー輸入依存度

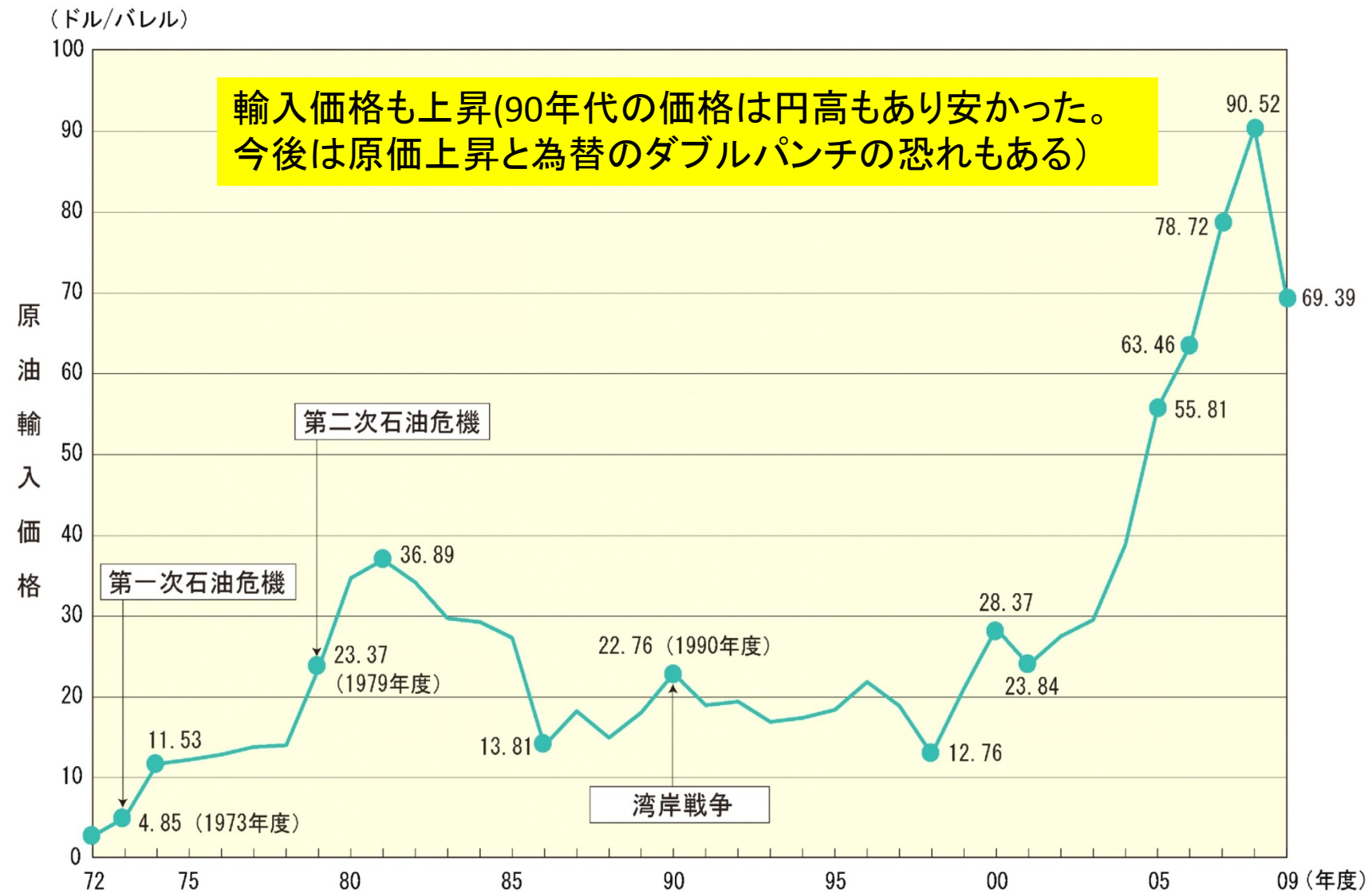


(注) 下向きのグラフは輸出していることを表す

原油輸入の中東依存度の推移



原油輸入価格の推移

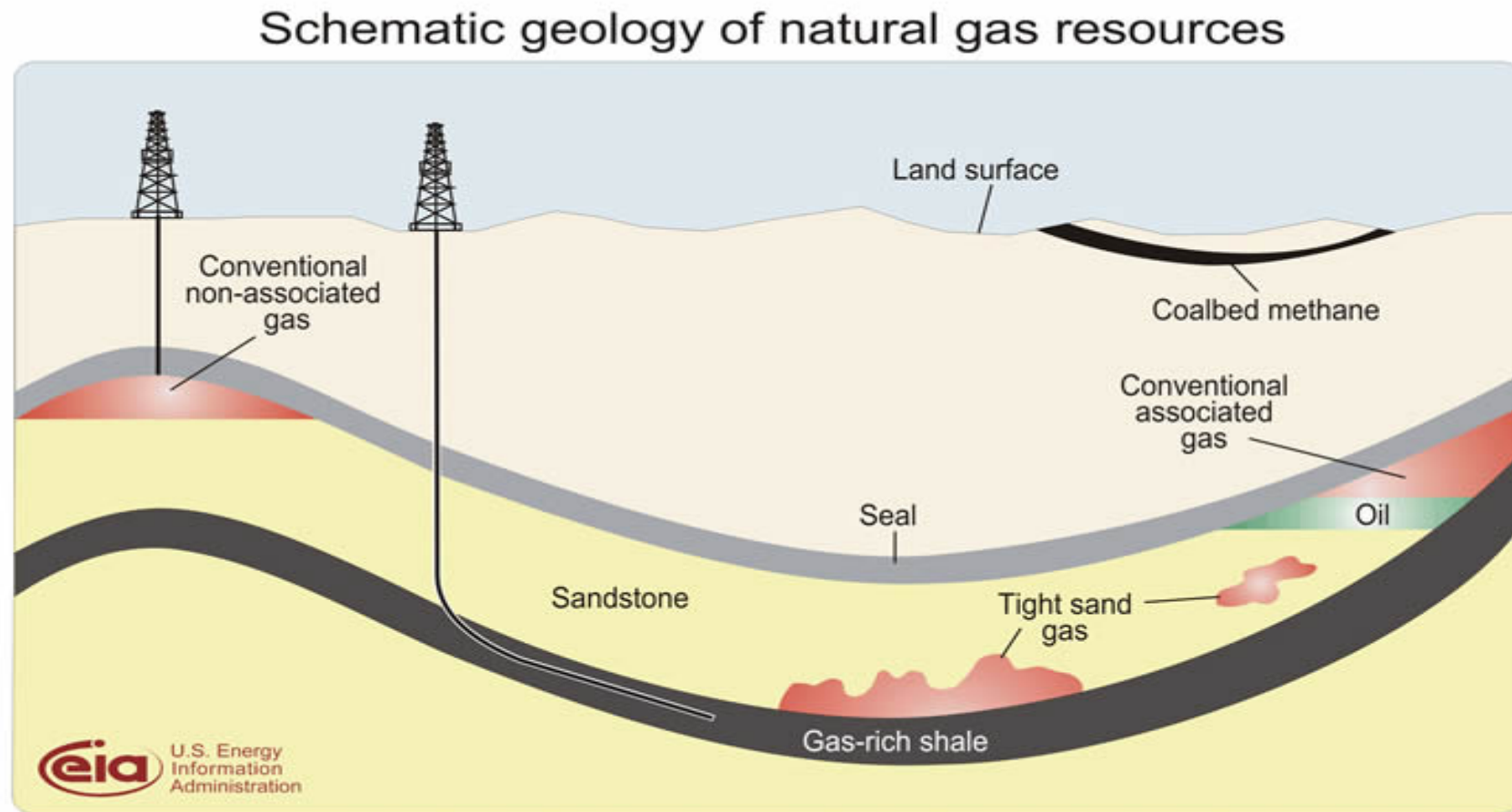


1次エネルギーの現状 まとめ

- エネルギー消費は産業・国民活動と深い関連(国民総生産とよい相関)
- 途上国が発展の過程で今後ますます利用が増加。
- エネルギー資源確保は国家安全保障の重要な要素
- エネルギー資源確保で戦争、紛争にもなる
- 化石燃料(石油、石炭、天然ガス)が主体(フランスでも56%)
- 日本の輸入依存度は極めて高い(82%、原子力を含めないと96%)
- 原油は多量に安価に供給可能な中東からの輸入依存度が再び高まっている。輸入価格も上昇(日本は価格上昇と円安が重なるとダブルパンチを受ける。)

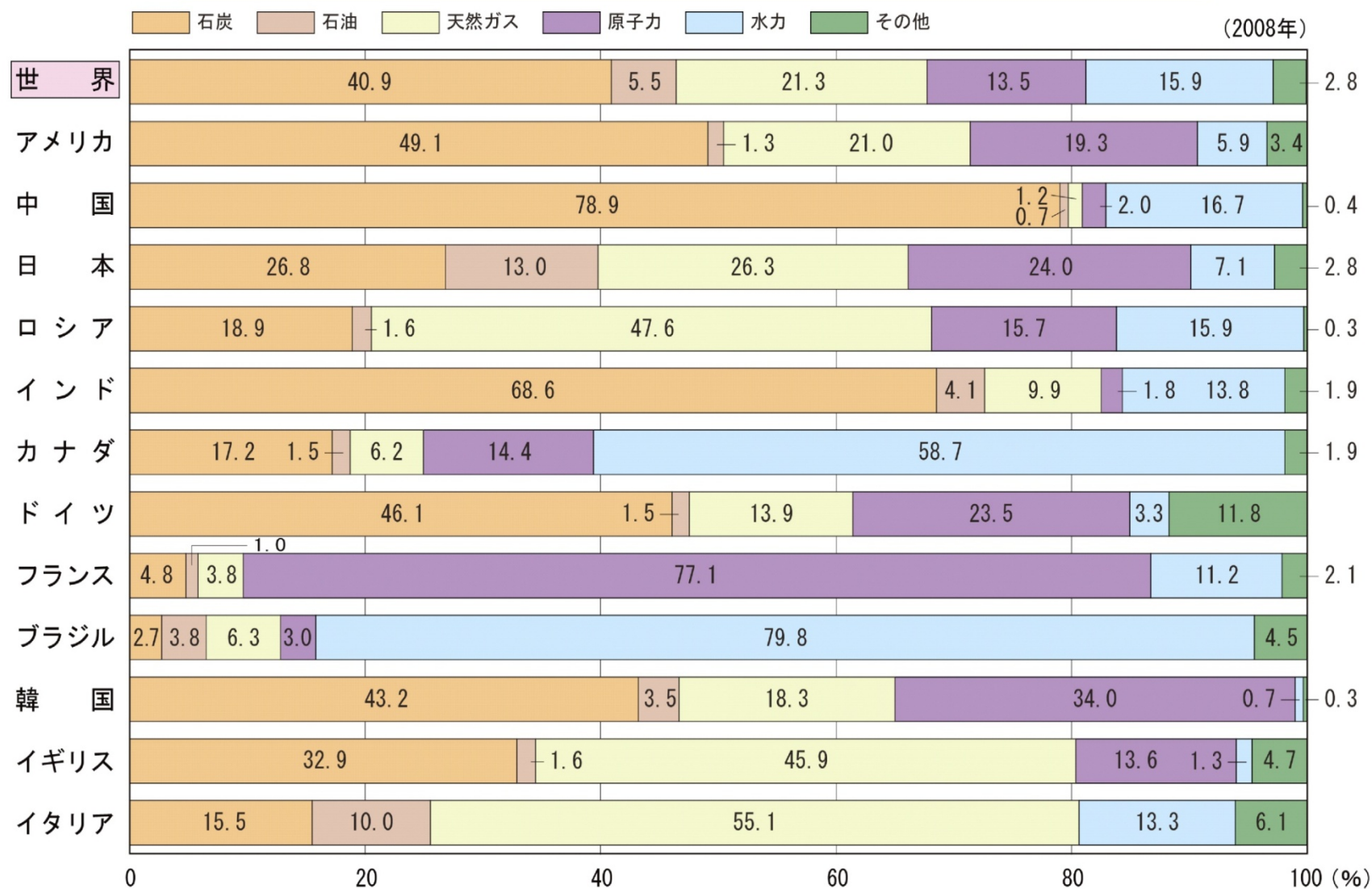
シェールガス

非在来型天然ガス資源: 頁岩層に存在、水圧破碎と水平坑井採掘技術で採掘可能に
天然ガス価格上昇により経済性獲得、米国、カナダ、ブラジル、ポーランド、中国などに資源
日本にはない。天然ガス価格が安くなる要因に。水が油臭くなる環境問題あり。



電気エネルギー

主要国の電源別発電電力量の構成比



(注) 四捨五入の関係で合計値が合わない場合がある

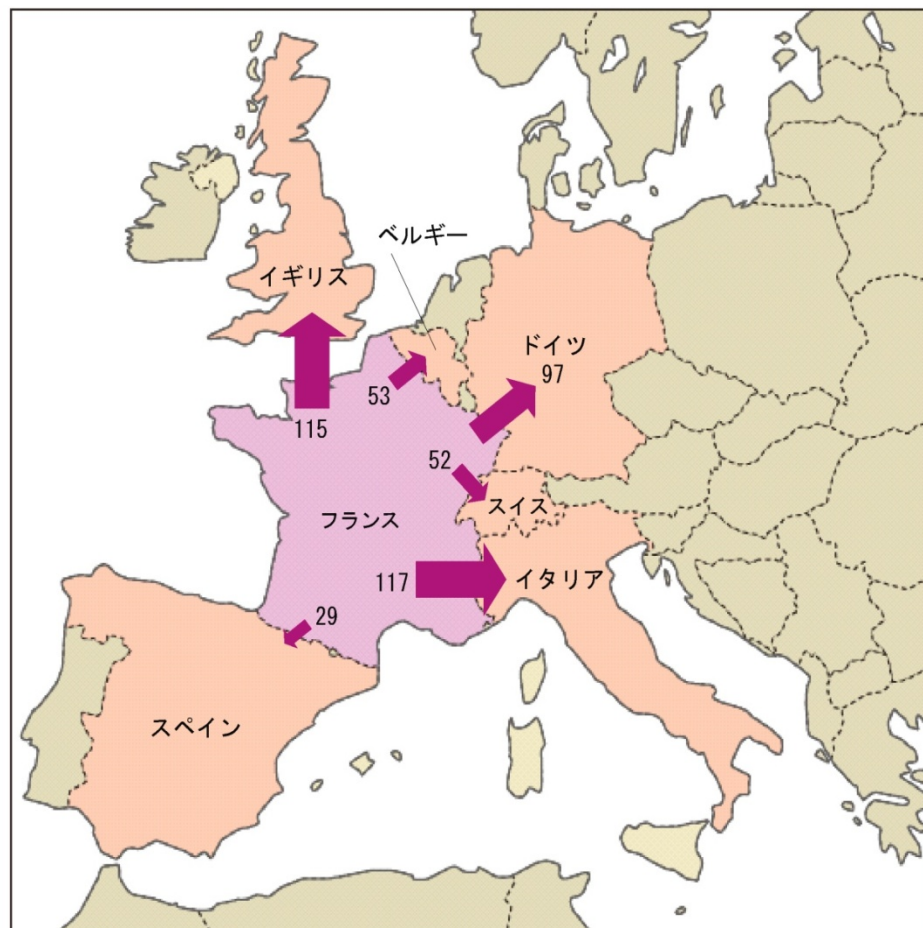
出典：IEA「ENERGY BALANCES OF OECD COUNTRIES (2010 Edition)」/「ENERGY BALANCES OF NON-OECD COUNTRIES (2010 Edition)」

発電電力量(世界の平均)：火力発電が68%、原子力13.5%、水力15.5%、その他は2.8%

フランスを中心とした電力の輸出入

(2008年)

単位：億kWh



フランスからの輸出電力量 (A)	463億kWh
フランスの発電電力量 (B) (送電端)	5,492億kWh
輸出比率 (A/B)	8%

(注) 四捨五入の関係で合計値が合わない場合がある

電気エネルギー

- 発電電力量(世界の平均): 火力発電が68%、原子力13.5%、水力15.5%、その他はまだ2.8%
- 電力化率が増加中(情報機器、エアコン等の増加)
- 大量に貯蔵できない。負荷追従は揚水水力、火力などで行っている。
- 欧州等では送電網があり電力の売買・輸出入が行われている。(フランスの原子力の電気をスイスの揚水発電所に貯めてイタリアやドイツに)
- 日本は国外と送電線でつながっていない特殊な国、しかも東日本と西日本で周波数が違うため融通できる電力量に制限がある
- 電力自由化の状況も国によって違う(発電、送電、配電)。欧州などではガス事業と電力事業の統合も進行中。
- 各種分散電源、2次電池、電気自動車、燃料電池、省エネ設備などの普及の可能性、スマートグリッド。(多くは発電ではなく蓄電設備。)
- 発電は必要(蓄電のためにも)
- 発電技術の進歩は遅い。結局火力頼りに。温暖化問題は？
- 大都市の大電力需要を如何にまかなうかの課題。

エネルギーと地球環境問題

地球温暖化と気候変動？

- 2000 英国 記録的な洪水 史上最多降雨(1766年観測以来)
- 2003 欧州 記録的な熱波。3500人が死亡
- 2005 カナダ 歴史上最も暑い夏
- ブラジル 60年間で最悪の干ばつ、アマゾン川水位が30年間で最低
- 米国 史上最大のハリケーン(カトリナ)、1300人死亡
- 2006 アフリカの角 (50年間で最悪の)長期間の干ばつ
- 2009 アルゼンチン 北中部で記録的な熱波
- 2010 中国 1500人地滑りで死亡(北西部)
- オーストラリア 50年間で最悪の洪水(北東部)
- パキスタン 史上最大の洪水(2000万人が影響を受けた)
- ロシア モスクワで熱波
- 2011 米国 南東部で何回か竜巻、数百人死亡

世界のCO₂ 排出量

- 中国20%、米国20%、日本4%
- 1人当たり、米国18.38トン/人、日本9トン/人
中国5トン/人、インド1.25トン/人
- 中国やインドなどによる増加が予想される。
- なお京都議定書は世界の28%しかカバーしていない。

日本のCO₂ 排出量

	直接	最終利用先
• 電気事業	約32%	
• 産業部門	約28%	34%
• 運輸部門	約19%	19%
• 家庭	5%	14%
• 業務その他		19%
• エネルギー転換	2%	6%

Setting & meeting Target for GHG Emission Reduction by 2020

Consistency with global climate change

科学性

Rise in global temperature
< 2 °C

Marginal cost should
be equal among
developed countries
for 25% CO₂ reduction

公平性 Fairness among countries

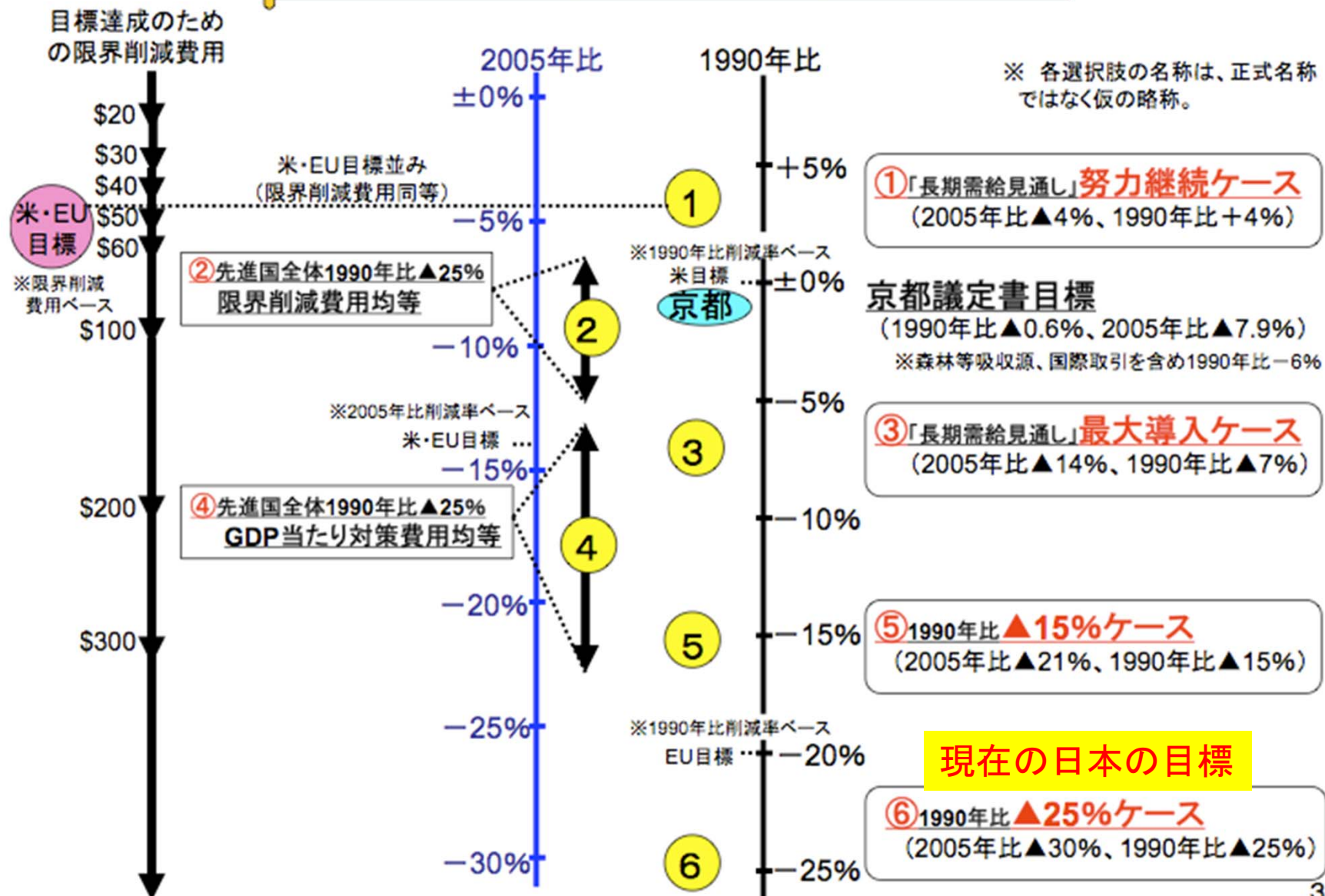
Cost benefit should be
considered to install
the technologies

Feasibility 実現可能性

出典(スライド22-28):早稲田大学未来エネルギーシンポジウム2009年11月
湯原哲夫教授(キャノングローバル研究所理事)の発表資料より
(内閣官房中期目標検討委員会への湯原委員提出資料)

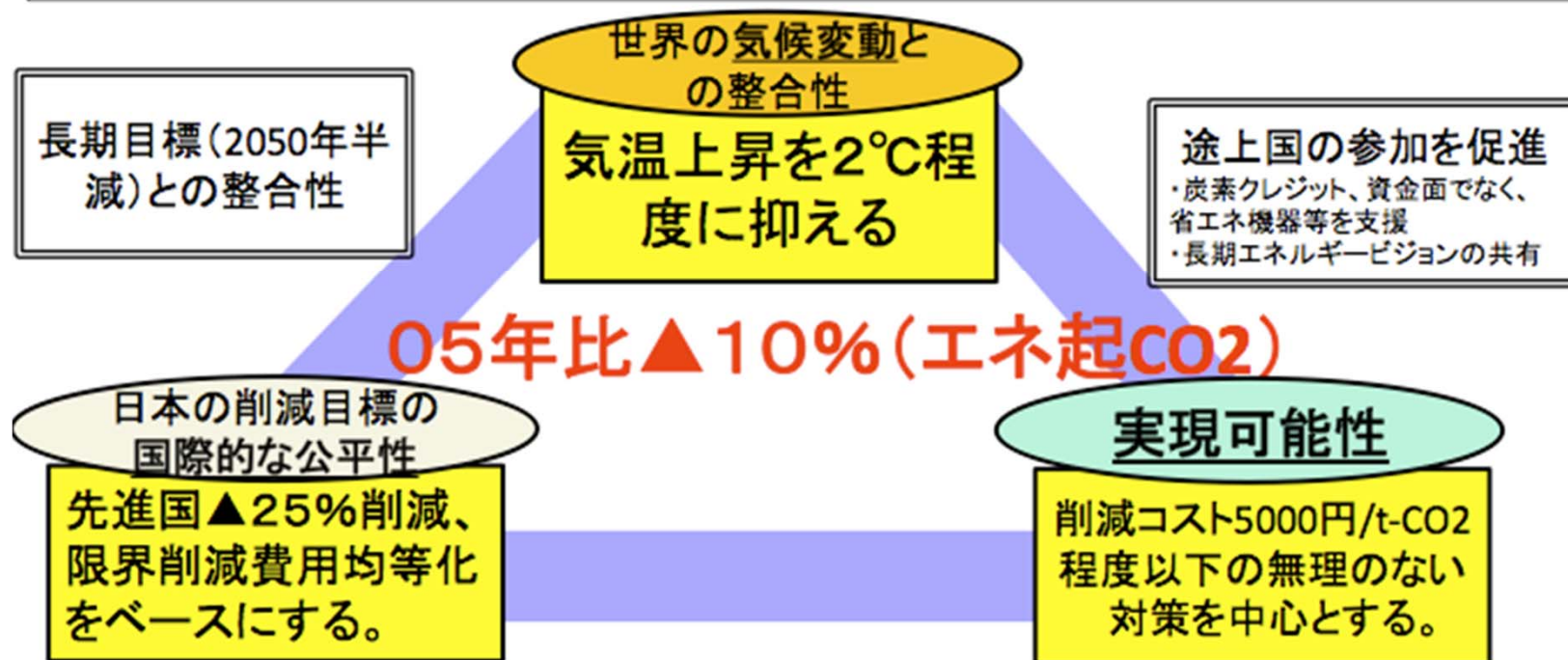
「中期目標検討委員会」の分析結果の概要

中期目標の6つの選択肢



1. 気候変動の科学、国際公平性、実現可能性から見た削減目標

- ①2050年に世界のGHG排出量半減目標は、気温上昇を2℃程度に抑える気候目標に相当。この排出削減カーブ(CO₂濃度で450ppm安定化)を日本に適用した場合、2020年に05年比▲10%(エネ起源CO₂)の削減が必要。
- ②世界モデル(RITE、国環研)では、先進国全体▲25%-各国で限界削減費用均等化ケースで、日本の削減率は2020年に05年比▲9～▲11%(エネ起源CO₂)、限界削減費用は90～130ドル/t-CO₂(3月27日第6回委員会資料)。
- ③実現可能性を高めるため、限界削減コストが5000円/tCO₂以下の対策を積み上げ、原子力の稼働率を90%、LNG火力発電の効率改善を実施した場合、2020年に05年比▲10%達成可能。
- 以上を勘案すると、05年比▲10%(エネ起CO₂)が、3つの側面で整合性がとれた最も妥当な削減目標である。



最大導入ケース対策項目の検討(2020 年)

添付資料

(ただし、全ての対策項目についてではなく、建築物省エネ等、一部の対策項目については除外した項目についての検討)

※これまでに各機関より提出されたデータ等を基に、最大導入ケースに含まれる一部の対策について、対策設備の使用年数を前提として

省エネメリット(燃料の削減等によるコスト削減額)、税負担、金利を考慮したネットコスト(*)を試算した。

※使用年数を前提とし、2020 年の CO2 削減量とネットコストより、CO2 削減コスト(**)を試算した。

※下記の表中、カッコ内赤字のコストは対策導入による「メリット」(燃料の削減等による省エネメリット)である。

※つまり、対策によっては、実施することにより、「メリット」が見込まれる。

				技術導入		CO2 削減 量	CO2 削減量	CO2 削減コス ト	使用年数ベース の
部門	対策項目			使用年 数	初期投資	(2020 年)	(項目毎加算)	(**)	ネットコスト(*)
				年	億円	万トンCO 2	万トン CO2	円/CO2トン	億円
1	産業	製鉄	電力需要設備効率の改善	15	1,600	42	42	(49,973)	(3,148)
2	産業	製鉄	省エネ設備の増強	30	1,500	74	116	(26,425)	(5,866)
3	産業	業種横断	高効率空調	15	116	61	177	(21,467)	(1,965)
4	産業	紙パ	高効率古紙パルプ製造技術	30	55	15	192	(18,180)	(818)
5	産業	化学	バイオマス資源を活用したプロピレン製造技術	30	213	58	250	(17,756)	(3,100)
6	民生	高効率空調	高効率セントラル空調、高効率マルチ空調	15	3,330	218	468	(17,158)	(5,613)
7	産業	化学	内部熱交換型蒸留塔	50	669	52	520	(16,254)	(4,185)
8	産業	化学	膜分離による蒸留プロセスの省エネ化技術	30	814	94	614	(15,948)	(4,497)
9	産業	業種横断	高性能工業炉	15	150	154	767	(15,792)	(3,636)
10	転換	電力	風力発電	20	2,640	155	922	(15,916)	(4,934)
11	産業	化学	熱併給発電技術(CHP)	30	400	42	964	(15,101)	(1,907)
12	産業	業種横断	産業HP(加温乾燥)	15	293	29	993	(14,738)	(640)
13	産業	業種横断	高性能ボイラー	15	300	124	1,117	(14,493)	(2,687)
14	産業	化学	低温排熱の回収システム構築	30	427	34	1,151	(14,305)	(1,476)
15	民生	高効率照明	LED 照明、有機EL照明	10	13,000	283	1,434	(14,093)	(3,988)
16	産業	化学	ガスタービンの普及	30	500	38	1,473	(14,070)	(1,621)
17	民生	省エネ型ネットワーク デバイス、情報機 器	ネットワーク・情報通信機器(ルーター、サーバ ー、ストレージ)	5	44,900	1,436	2,909	(13,606)	(9,768)

25

18	産業	紙パ	廃材等利用技術	30	920	108	3,017	(13,452)	(4,358)
19	産業	紙パ	高温高压型黒液回収ボイラー	30	600	23	3,040	(8,460)	(584)
20	民生	省エネ型ディスプレイ	低電力液晶ディスプレイ、プラズマディスプレイ、有機ELディスプレイ	10	26,200	398	3,438	(7,485)	(2,981)
21	産業	化学	ナフサ接触分解技術	30	717	23	3,461	(7,350)	(514)
22	産業	製鉄	廃プラスチックの製鉄所でのケミカルリサイクル拡大	30	280	163	3,624	(6,693)	(3,273)
23	産業	化学	熱併給発電技術(CHP)の効率化	30	3,327	105	3,729	(5,439)	(1,718)
24	民生	高効率給湯器	太陽熱利用	15	2,473	107	3,837	(3,377)	(544)
25	産業	セメント	省エネ設備導入	30	193	18	3,855	(972)	(52)
26	産業	セメント	燃料代替廃棄物(廃プラ等)利用技術	30	73	21	3,876	(523)	(33)
27	産業	製鉄	SCOPE21 型コークス炉	50	3,300	120	3,996	(23)	(14)
28	民生	トップランナー家電	トップランナー家電	10	28,300	1,048	5,044	3,561	3,734
29	産業	製鉄	自家発・共同火力発電設備の高効率化更新	30	6,000	105	5,149	4,524	1,425
30	民生	建築物の省エネ・空調等	BEMS	15	14,300	568	5,718	5,575	4,753
31	民生	業務用給湯等	業務用 HP、コジェネ、FC	15	11,700	340	6,058	9,103	4,643
32	民生	省エネ住宅	住宅の省エネ性能向上	30	46,600	728	6,786	13,274	28,994
33	転換	電力	太陽光発電	30	67,100	372	7,158	14,708	16,414
34	民生	高効率給湯器	家庭用HP、潜熱回収式給湯器、コジェネ、FC	15	41,900	799	7,956	18,427	22,079
35	運輸	次世代自動車・燃費向上	ハイブリッド自動車、電気自動車、プラグインハイブリッド自動車、燃料電池自動車、クリーンディーゼル自動車、天然ガス自動車	15	119,000	2,100	10,056	21,507	67,748
総計				—	443,888	10,056	—	—	75,868

(*) ネットコスト＝省エネメリットを含めたコスト＝(初期投資)+(税負担)+(金利(法定耐用年数))-(省エネメリット)×(使用年数)

税負担:償却資産に係る固定資産税として算出

税負担＝ $\Sigma((前年評価額) \times (1 - 減価率) \times 1.4\%)$ 、

1.4%は標準税率、減価率は法定耐用年数に応じて決定

金利:初期投資費用を年間定額ずつ支払う場合に発生する金利

金利＝(初期投資額)×($\eta - 1$)

初期投資費用に対して実際に支払う金額の比率を η とする。金利を年率 3%とし、支払い年数(法定耐用年数)に応じた比率 η を使用

3. 具体的削減対策とその効果

(限界削減費用5000円以下を目安とした削減目標(試算))

実現可能性

○「長期需給見通し」の最大導入ケースに関する日本エネルギー経済研究所の分析結果を基に、初期投資、固定資産税、金利負担、使用年数、燃料費節約効果を考慮し、対策毎にCO2の1トンあたりの削減コストを算出(詳細別紙)。

①削減コスト5000円/t-CO2以下の対策を積み上げ

②原子力発電を05年70%から20年90%まで向上させる

③従来LNG火力発電(汽力)の半数を複合発電(MACC)にリプレース

CO2削減コスト〔赤字は便益が上回ることを示す。〕

最大導入ケース対策項目の検討(2020年)

(ただし、全ての対策項目についてはなく、建築物省エネ等、一部の対策項目については除外した項目についての検討)

※これまでに各機関より提出されたデータ等を基に、最大導入ケースに含まれる一部の対策項目について、対策設備の使用年数を前提として省エネメリット(燃料の削減等によるコスト削減額)、税負担、金利を考慮したネットコスト(*)を試算した。
※使用年数を前提とし、2020年のCO2削減量とネットコストより、CO2削減コスト(**)を試算した。
※下記の表中、カッコ内赤字のコストは対策導入による「メリット」(燃料の削減等による省エネメリット)である。

部門	対策項目	技術導入		CO2削減量 (2020年) 万トンCO2	CO2削減コスト (2020年) 円/CO2トン	使用年数ベースの ネットコスト(*) 億円
		使用年数 年	初期投資 億円			
1 産業	製鉄	電力需要設備効率の改善	15	1,600	42	(49,973)
2 産業	製鉄	省エネ設備の増設	30	1,500	74	(26,425)
3 産業	業種横断	高効率空調	15	116	61	(21,467)
4 産業	紙パ	高効率古紙パルプ製造技術	30	55	15	(18,180)
5 産業	化学	ハイマス資源を活用したプロセス製造技術	30	213	58	(17,756)
6 産業	化学	内部熱交換型蒸留塔	50	689	52	(16,254)
7 産業	化学	膜分離による蒸留プロセスの省エネ化技術	30	814	94	(15,948)
8 転換	電力	風力発電	20	2,640	155	(15,916)
9 産業	業種横断	高性能工業炉	15	150	154	(15,792)
10 産業	化学	熱供給発電技術(CHP)	30	400	42	(15,101)
11 産業	業種横断	産業HP(加温乾燥)	15	293	29	(14,738)
12 産業	業種横断	高性能ボイラー	15	300	124	(14,493)
13 産業	化学	低温排熱の回収システム構築	30	427	34	(14,305)
14 産業	化学	ガスタービンの普及	30	500	38	(14,070)
15 民生	高効率照明	LED照明、有機EL照明	10	13,000	288	(13,837)
16 産業	紙パ	木材等利用技術	30	920	108	(13,452)
17 民生	省エネ型ネットワークデバイス	ネットワーク・情報通信機器(ルーター、サーバー、ストレージ)	5	44,900	1,488	(13,128)
18 民生	高効率空調	高効率セントラル空調、高効率マルチ空調	15	3,330	382	(9,795)
19 産業	紙パ	高温高圧型黒液回収ボイラー	30	600	23	(8,460)
20 民生	省エネ型ディスプレイ	低電力液晶ディスプレイ、プラズマディスプレイ、有機ELディスプレイ	10	26,200	401	(7,431)
21 産業	化学	ナフタレン脱炭素化技術	30	717	23	(7,350)
22 産業	製鉄	炭素回収・利用技術(炭素回収・利用技術)	30	280	163	(6,693)
23 産業	化学	熱供給発電技術(CHP)の効率化	30	3,327	105	(5,439)
24 民生	高効率給湯器	太陽熱利用	15	2,473	107	(3,377)
25 産業	セメント	省エネ設備導入	30	193	18	(3,079)
26 産業	セメント	燃料代替炭素(炭素)の利用技術	30	73	21	(3,000)
27 産業	製鉄	SCOPE21型コークス炉	50	3,300	120	(2,220)
28 民生	トップランナー家電	トップランナー家電	10	28,300	1,048	(2,269)
29 産業	製鉄	自家発電・共同火力発電設備の高効率化更新	30	6,000	105	(5,374)
30 民生	建築物の省エネ・空調	BEMS	15	14,300	624	(5,997)
31 民生	省エネ住宅	住宅の省エネ性能向上	30	46,600	728	(13,274)
32 民生	業務用給湯等	業務用HP、コージェネ、FC	15	11,700	258	(13,773)
33 転換	電力	太陽光発電	30	67,100	372	(14,708)
34 民生	高効率給湯器	家庭用HP、潜熱回収式給湯器、コージェネ、FC	15	41,900	799	(18,427)
35 運輸	次世代自動車・燃費	ハイブリッド自動車、電気自動車、プラグインハイブリッド自動車、燃料電池自動車、クリーンディーゼル自動車、天然ガス自動車	15	119,000	2,100	(10,254)
総計			443,888	10,254		76,556

(*) ネットコスト=省エネメリットを含めたコスト=(初期投資)+(税負担)+(金利(法定耐用年数))-(省エネメリット)×(使用年数)
税負担:償却資産に係る固定資産税として算出
税負担=Σ((前年評価額)×(1-減価率)×(1.4%))
1.4%は標準税率、減価率は法定耐用年数に応じて決定
金利:初期投資費用を年間定額ずつ支払う場合に発生する金利
金利=(初期投資額)×(利率)
初期投資費用:対策導入に際して実際に支払う金額の比率をηとする。金利を年率3%とし、支払い年数(法定耐用年数)に応じた比率ηを使用
省エネメリット:対策導入の結果としての燃料削減等によるコスト削減額
(**) CO2削減コスト = (ネットコスト)/(対策別2020年CO2削減量)×(使用年数)

①のみ
05年比▲5.7%(エネ起CO2)

①、②を実現した場合
05年比▲9.4%(エネ起CO2)

①、②、③を実現した場合
05年比▲10.1%(エネ起CO2)

削減コストは割高(5000円以上)だが、低炭素社会に向けた重要基幹製品。②、③の一部が実行困難な場合に備え、補助金、税優遇等の政策導入により低コスト化を図り、一定量の導入を図るべき。

「中期目標検討委員会」の分析結果の概要

2005年比15%削減

2020年の最大導入ケース実現の姿

—企業の姿／家庭の姿—

最大導入ケース」に向け、技術的ポテンシャルの最大限まで機器・設備効率を改善し、これらの製品を更新時に最大限導入するには、今から2020年までに約**52兆円**の社会的負担が必要。

※これ以上のスピードでの普及を図るには、購入時点での消費者への義務づけ、さらには耐用年数到来前の強制買換といった国民行動への強権的な措置の導入が必要。

企業の姿

工場 引き続き世界最先端の省エネ技術を最大限導入

3 兆円



- 業種ごとに最先端技術を導入
鉄鋼、化学、窯業土石、紙・パルプ等のエネルギー多消費産業を中心とした各業種において、更新時には全て世界最先端の技術を導入

- 業種横断的高効率設備を導入

オフィス等 トップランナー制度、グリーンII等による最先端の省エネ機器の急速な普及

17. 2兆円

- サーバー・ストレージ・ネットワーク機器（ルーター）：
高効率なサーバー（省エネ率約20%）、ストレージ（省エネ率80%）、
省エネ型ネットワーク機器（省エネ率45%）が急速に普及

- 照明：LED・有機EL照明の普及

- 産業用・業務用空調・給湯器

- 断熱性等の省エネ性能向上：最も厳しい基準を満たす新築が増加

- 自動車：

次世代自動車の加速的普及とインフラ整備（水素スタンド・充電設備の普及等）



発電所等

4 兆円

- 原子力の推進

- 火力発電の高効率化：GCCなどの高効率発電の導入

- クリーンな電源構成：

- 工場、公共施設等大型建築物への太陽光発電の積極的導入
- よりCO2排出の少ない電源構成

企業全体で、**25.6兆円**の負担

家庭の姿

住宅 断熱性等の省エネ性能の向上
太陽光パネルの設置

12. 2兆円



太陽光パネル

- 最も厳しい基準を満たす新築が急増
- 太陽光パネルの普及

家庭の機器・設備 トップランナー制度、グリーンII等による最先端の省エネ機器の急速な普及

8. 8兆円

- テレビ等ディスプレイ：
ブラウン管から液晶、プラズマ、有機ELへの移行

- 蛍光灯、冷蔵庫、家庭用エアコン等
市場で購入される機器すべてが現在の最高水準を満たす

- 給湯器・コジェネ
高効率給湯器（ヒートポンプ・潜熱回収型）、
コジェネ（含燃料電池）の普及



高効率給湯器



冷蔵庫



燃料電池

自動車 自動車の燃費改善と次世代自動車の普及

5 兆円

- 自動車の燃費の継続的改善

- 次世代自動車の加速的普及

（1台当たり150万円の追加負担増）



次世代自動車

国民全体で、**26.7兆円**の負担

エネルギーと地球環境問題 まとめ

福島事故前

- 国際的に表明した日本の目標は1990年比で25%削減(2005年比で30%削減)、温暖化対策基本法案を国会審議のため用意した。
- 努力すれば達成可能な日本の削減目標は、2020年に2005年比で10%削減目標(①削減コスト5000円/t-CO₂以下の対策を積み上げ、②原子力発電稼働率を90%に向上させ、③LNG火力発電の効率向上で)
- これらの目標は原子力の利用なくして達成困難。

これからどうする？

- 削減目標は①科学性、②公平性、③実現可能性で対処の必要
- 根拠のない数字は国の信用だけでなく、経済力も雇用も失う。(企業の生産拠点の海外移転)
- 温暖化対策基本法をみなおし
- 「国際競争力向上」を至上命題に国を建てなおす。日本国民の内向き指向、国際センス欠如に気が付いて努力する必要。
- 国も地方も企業も大学もすべての活動を「国際競争力向上」を共通の視点とし、目標にする。内向きの仕組みも作り直す。

国際競争力向上とは？

グローバルな世界(土俵)で主役をとれること。

合理化・一元化(組織運営体制や規則)

競争的環境での切磋琢磨

1. 開発や国内利用の成果を国際競争力向上に生かす。

新エネルギーの過去の研究開発：サンシャイン計画(1973年)、ムーンライト計画、ニューサンシャイン計画(1993年)：石炭液化、地熱利用、太陽光発電、水素エネルギーに重点；2000年に終了

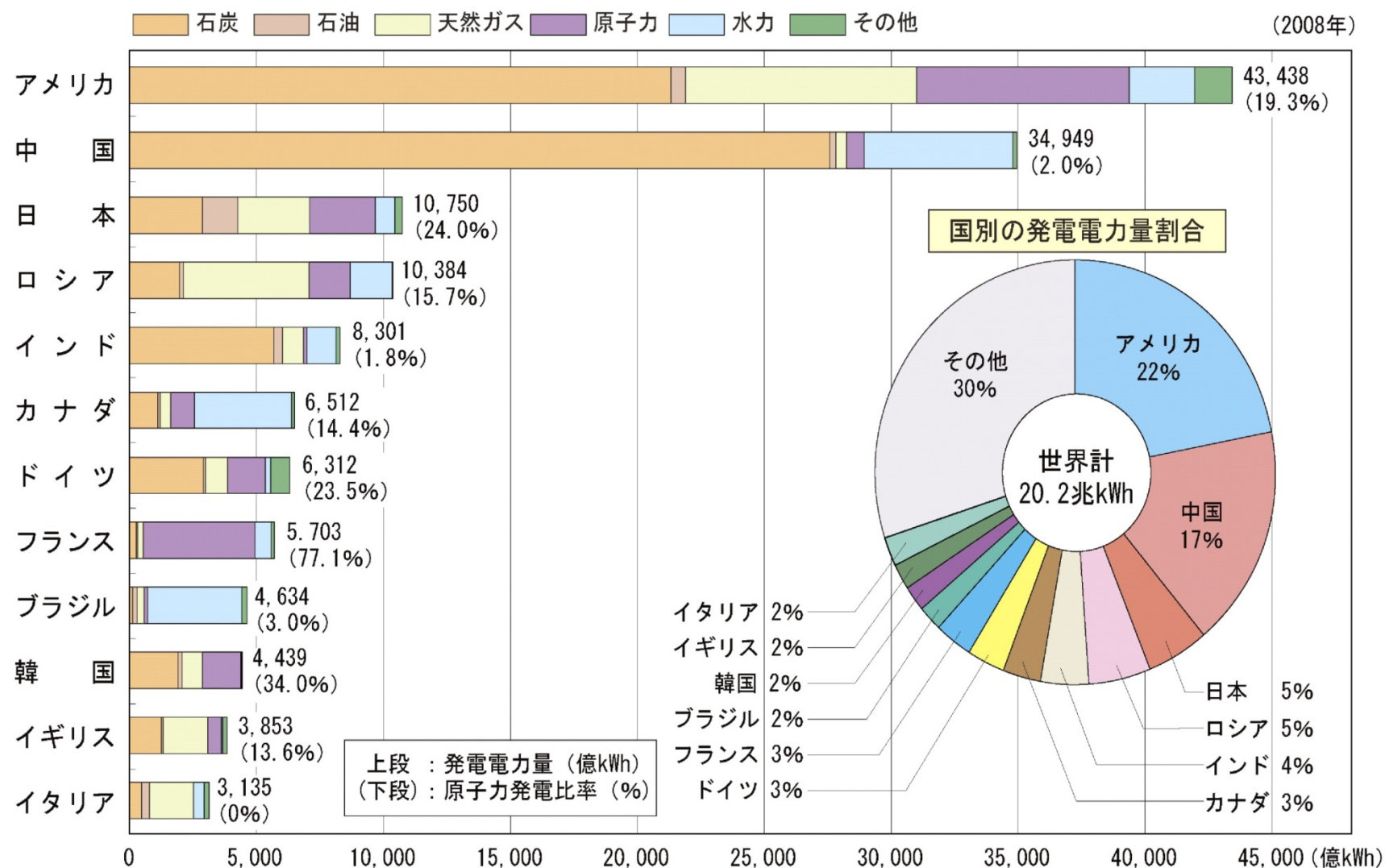
例：太陽光発電や原子力発電の官民挙げた国際的売込み

2. 国際標準で国内利用と開発を行う。失敗例：携帯の規格、今後の例：電気自動車の規格

3. 国際競争において有利になるように温暖化防止メカニズムや戦略を考え実行する：例：日本の優れた省エネルギー技術を各国が使うと日本の温暖化ガス削減量にも反映できる。

原子力エネルギー

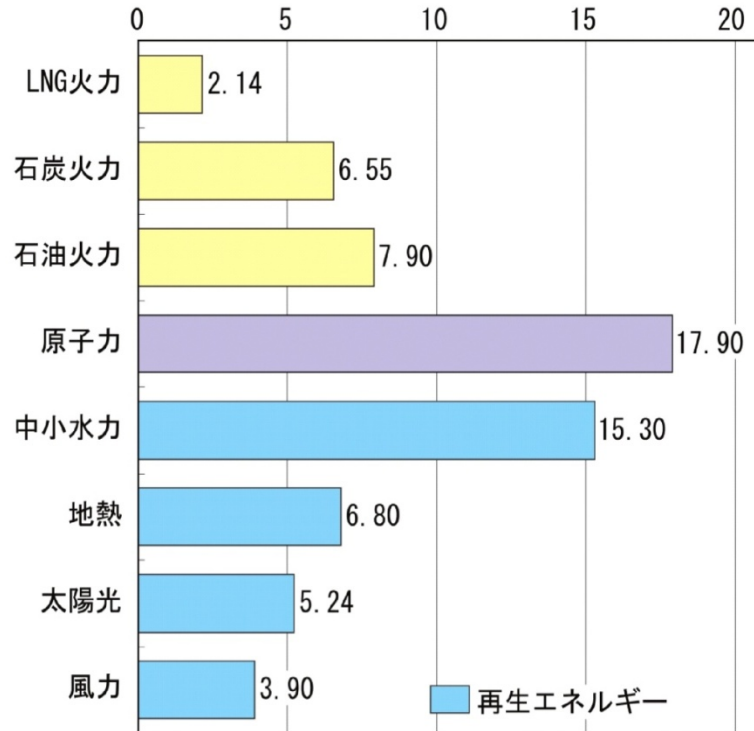
主要国の発電電力量と原子力発電の割合



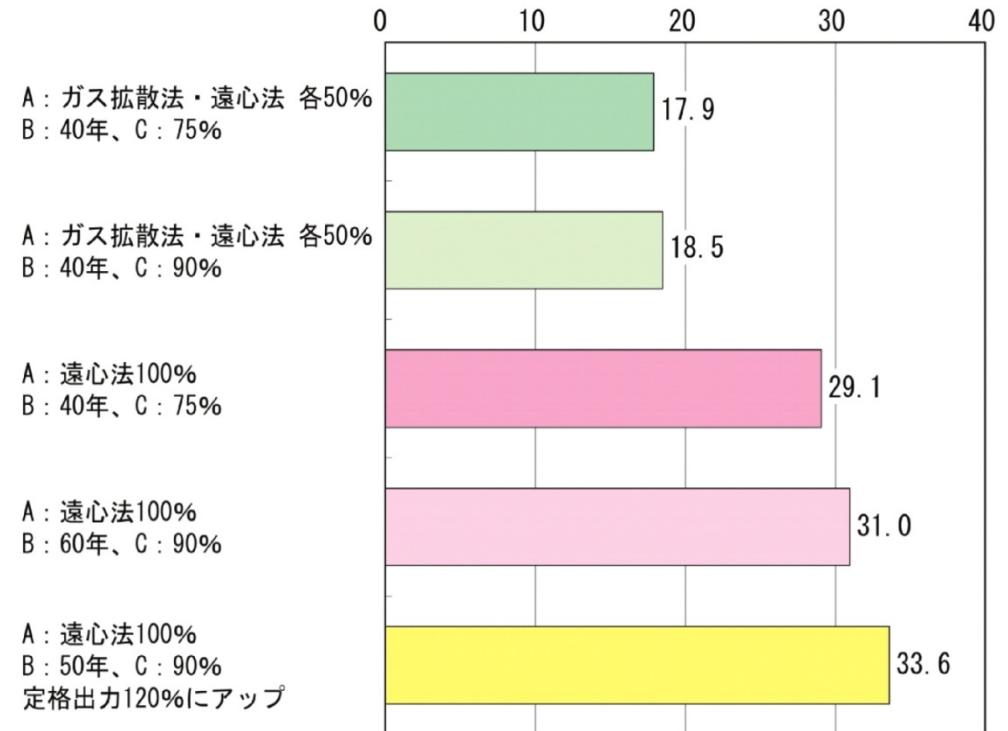
(注) 四捨五入の関係で合計値が合わない場合がある

各電源のエネルギー収支比

各電源のエネルギー収支比（EPR）



原子力発電のエネルギー収支比（EPR）



A: ウラン濃縮法
B: 発電所耐用年数
C: 発電所設備利用率

(注1) エネルギー収支比（EPR）＝出力エネルギー／入力エネルギー（EPR: Energy Profit Ratio）

入力エネルギー＝設備エネルギー＋運用エネルギー

設備エネルギーは、発電所の建設や燃料採掘等にかかわるもの

運用エネルギーは、発電所の運転・補修・燃料輸送・廃棄物処理等にかかわるもの

出力エネルギー＝設備容量×設備利用率×（1－所内利用率）

設備利用率は、石炭・石油・LNG・原子力とも75%、水力45%、風力35%、太陽光15%を想定

(注2) ここでは、日本で発電を行った場合の評価結果を示している。木質ペレットは熱量での評価

經濟性

日本の発電コスト(kWh当たり)

49 円:	太陽光
10-14 円:	風力
8-13 円:	水力
7-8 円:	火力(天然ガス)
5-6 円:	原子力

新エネルギーを大量に供給する場合は蓄電池をつけて安定供給する必要がある。コストはアップする。

大量に供給できるようになった場合は差額を他の電源で補うことは金額的に不可能。正当な理由もない。

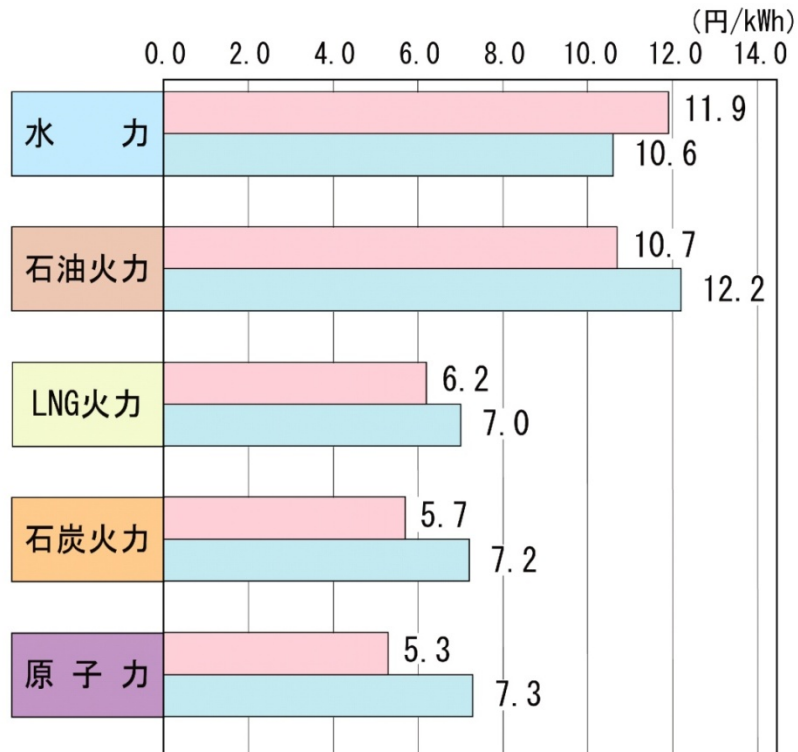
火力は温暖化ガス排出コスト、新エネも原子力も特有のコストを含んで安価な必要。

日本の電源別供給量

62%:	火力
29%:	原子力
9%:	水力

新エネルギーはまだ電力供給にほとんど寄与していない。大量に供給できるかは未定。風力はたとえば農業や漁業の副業、太陽光は交通信号電源(蓄電器つき)など高コストをカバーできる方策やニッチあるいは大規模停電対策で導入などで実用化をはかる方策。目標はメーカーが他の電源より安くなる価格で売り出せること(メーカーがこれができる実用化です。原子力もそうでした。)

1キロワットアワーあたり電源別発電コスト（送電端）



上 段 ■ 運転年数を各電源とも40年とした場合
・割引率は各電源とも3%とした

下 段 ■ 運転年数を各電源の法定耐用年数（水力40年、石油15年、LNG15年、石炭15年、原子力16年）に置き換えた場合
・割引率は各電源とも2%とした

<試算の前提>

電源別諸元	運転年数	設備利用率	1基当たりの出力	
水力	40年	45%	1.5万kW	・平成14年度運転開始ベース
石油火力	40年	80%	40万kW	・為替レート（平成14年度平均値） 121.98円/\$
LNG火力	40年	80%	150万kW	・燃料価格（平成14年度平均値）
石炭火力	40年	80%	90万kW	石油 27.41\$/bbl
原子力	40年	80%	130万kW	石炭 35.5\$/t
				LNG 28,090円/t
				・石油、石炭、LNGの燃料上昇率 IEA「World Energy Outlook」

<原子燃料サイクルコストの内訳>※

原子燃料サイクルコスト計	1.47円/kWh
フロントエンド計	0.66円/kWh
バックエンド計	0.81円/kWh
再処理（輸送込み）	0.50円/kWh
中間貯蔵（輸送込み）	0.04円/kWh
HLW貯蔵・輸送・処分	0.15円/kWh
TRU処理・貯蔵・処分	0.09円/kWh
再処理デコミ	0.03円/kWh

※運転年数を40年とした場合（割引率3%）

原子力発電技術の現状

日本は世界で最も進んだ原子力発電技術を保有
原子力発電所はもっとも巨大な工業製品のひとつ
日本メーカはこれを納期どおり作ってきた
協力して仕事をする日本人に適した分野
国際展開を期待

PWRの原子炉及び原子炉冷却設備

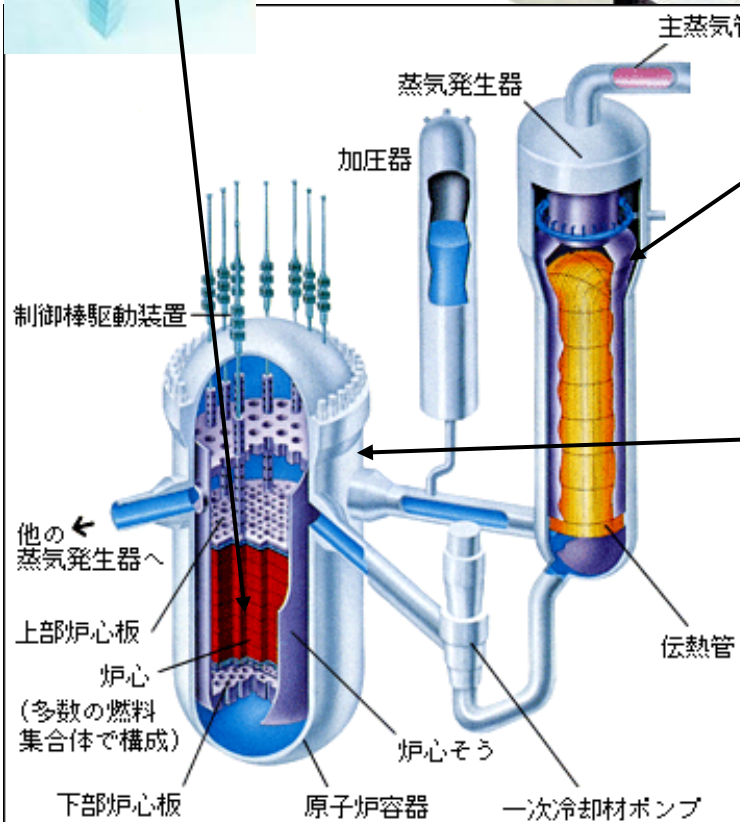
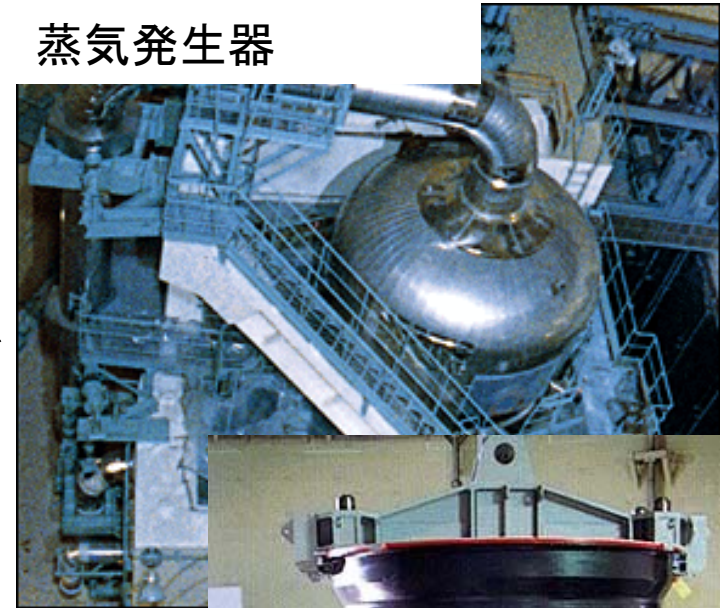
燃料集合体



原子炉格納容器



蒸気発生器

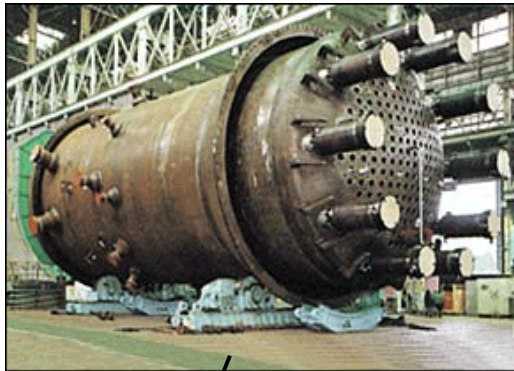


原子炉压力容器
(PWR)

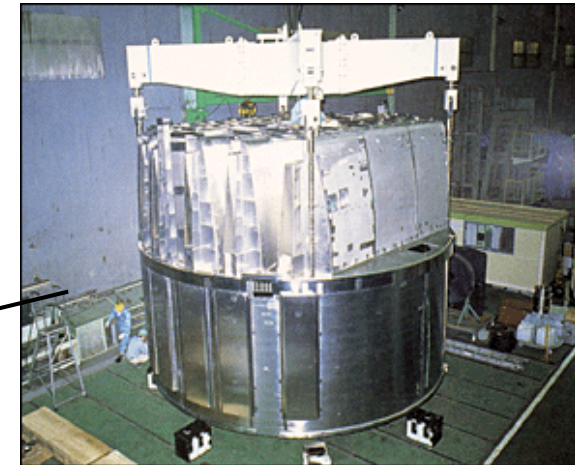
「三菱の原子力」より
<http://www.mhi.co.jp/atom/hq/index.html>



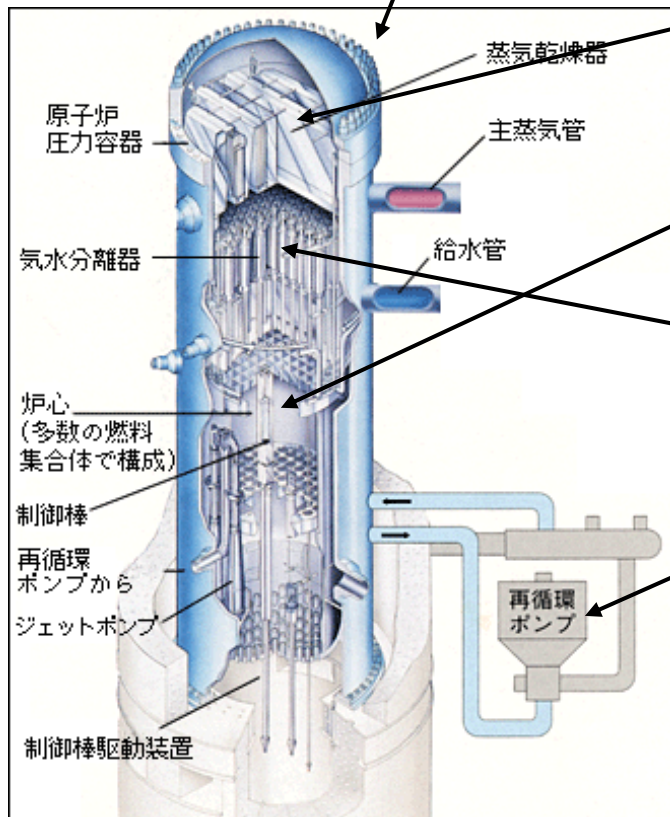
BWRの原子炉及び原子炉冷却設備



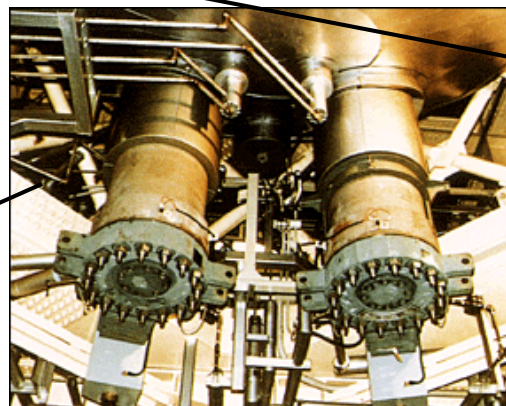
原子炉压力容器
(ABWR)



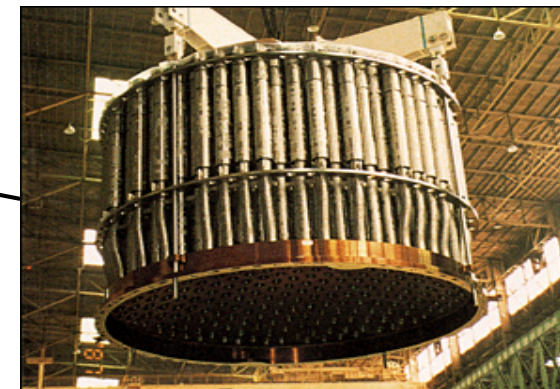
蒸気乾燥器



燃料集合体



原子炉内臓型冷却材再循環ポンプ



気水分離器

全交流電源喪失や炉心溶融事故を 設計に取り入れた新型軽水炉

AP1000

欧州軽水炉など

国際展開と海外市場

日本原子炉メーカーの国際展開

- 東芝がWH(ウエスチングハウス)を買収
- 日立がGE(ゼネラルエレクトリック)と合併会社(日立・GEニュークリアーエナジー)設立
- 三菱重工業がAREVAと中型軽水炉や高速炉で提携

世界の原子力発電プラントメーカー

日米: 東芝/WH、日立/GE、三菱重工業

欧州: AREVA

ロシア: ロスアトム (GIDROPRES)

カナダ: AECL

韓国: DOOSAN(斗山)重工業

中国: 上海核工業公司 など

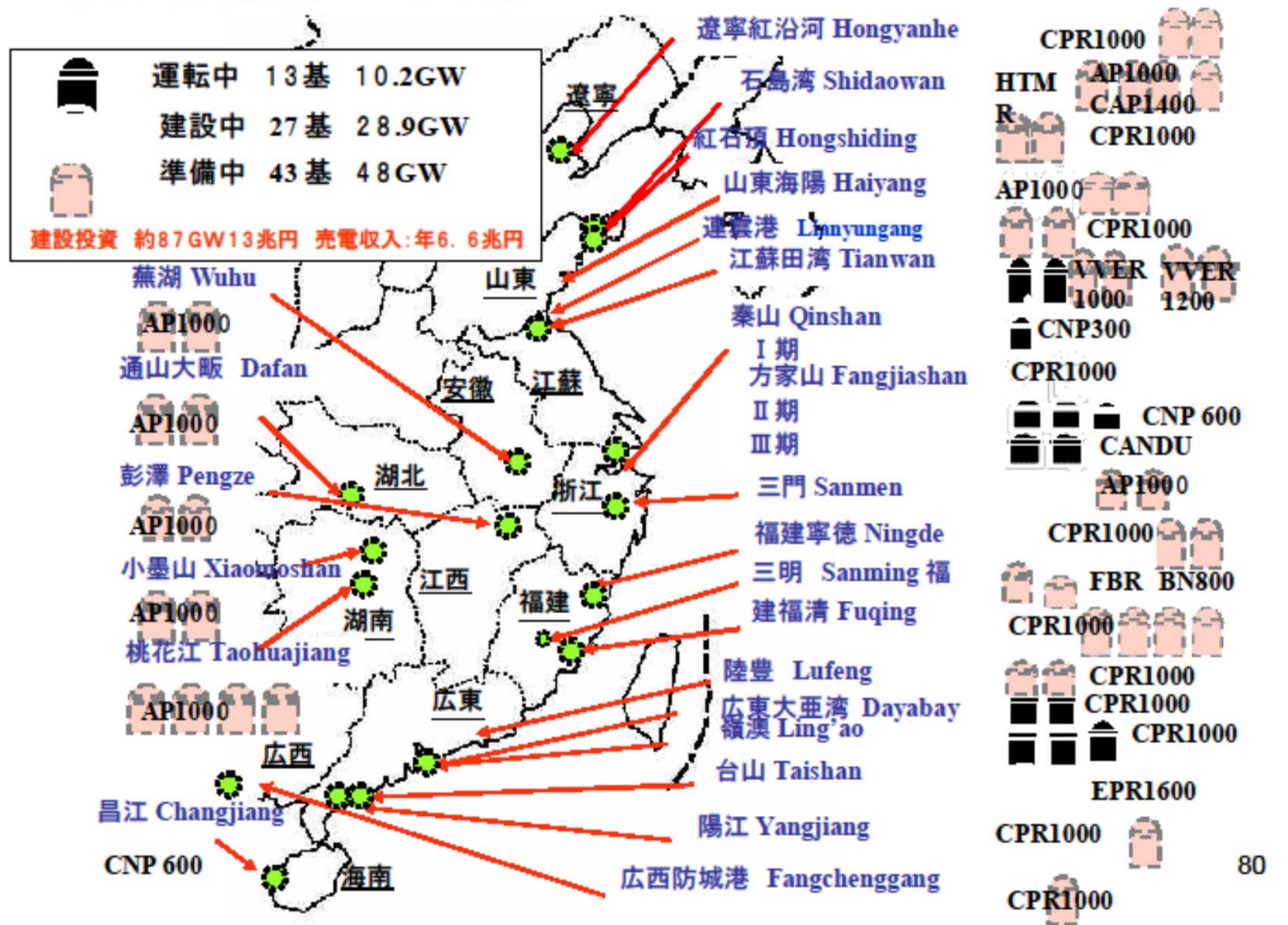
注: 大型原子炉圧力容器部材の鍛造では日本製鋼所(室蘭)が世界シェアの7割。

原子力発電所の新規建設

- 中国：国産のほかAP1000、EPR、VVER(ロシア)など建設中、建設計画多数、そのうち輸出も(2, 3年後?)、パキスタンには10年前に国産炉2基輸出し運転中。
- インド：国産のほか米国、ロシア
- アラブ首長国連邦：韓国(建設準備中、安全審査中)
- ベトナム：1期計画：ロシア、2期計画入札準備中、ロシアと日本？
- トルコ：入札準備中日本？欧州？
- サウジアラビア：計画発表(福島事故後)
- 先進国は米国、フィンランド、フランス、韓国、英国、ベルギーなどで建設計画あり
- ドイツとイタリアは原子力再構築に向けて準備していたところ、福島の事故で逆の結果になった。(イタリアは国の債務が巨大でユーロ危機)
- もう一つの脱原発国スウェーデンは再生可能エネルギーの寄与割合が脱原発を決めた時の条件を満たせず、脱原発は進んでいない。
- 米国は多数の建設計画が福島事故後も進行中。日本メーカーが主導していた一部の計画は、建設母体が売電会社のため投資リスクが増大したため建設中断・停止の様様。
- フィンランドの原発建設は欧州の先頭を着々と進んでいる。廃棄物処分場もある。(スウェーデンは20年前まで北欧の盟主だったが、フィンランド(産業ではノキアなど、教育も素晴らしい、国が効率的に機能している。責任や担当が明快)と国の活力が逆転したように見える。)

中国の原子力発電

原子力発電設備の立地と基数



東電福島事故の影響？

- 国内は少子高齢化の影響でエネルギー・電力需要が伸び悩むため、日本では原子力発電所の新規建設は多くないと従来(事故前)からの予測だった。
- そのためもあり、これまで国内で仕事をしてきた日本の原子力メーカー(東芝、日立、三菱重工)は海外展開を数年前から図ってきている。
- 海外の原子力新規建設計画は東電福島事故の影響はほとんどない。(中国、ベトナム、インド、アラブ首長国連邦、フランス、サウジアラビアなど。)
- 米国オバマ大統領も原子力発電をエネルギー源の一つとして利用する方針を表明
- 国内は大津波・大地震対策、事故の原因の反映などが必要で、特に新規建設は遅延の可能性はある。
- 地球温暖化防止の観点では新エネルギー(太陽光、風力、バイオマス、地熱など)の発電コスト、大量供給力への挑戦がはじまる。
- 地球温暖化防止(大幅な温暖化ガス放出削減)の日本の国際約束を果たすには両方とも必要(競合しない)。(新エネルギーも多量に利用されるようになると、残念ながら夢から覚めて、マイナス面の克服も同時に求められるようになる。多量の産業廃棄物、騒音・野生生物、食糧生産との競合、景観、鉱物汚染水など。)
- 温暖化ガスを放出せず、安価に大量供給可能なことが実証されている唯一の発電技術である原子力エネルギー利用の新展開が図られると期待。
- 国際競争の中で原子力事業を展開する必要性がより明らかになった。

原子力の役割と課題

- 国家安全保障の一環としてのエネルギー安全保障(海外のエネルギー資源への依存の低減、米国は25%以下の目標、日本の1次エネルギー源の海外依存率は現在約83%)
- 電力の安定・安価な供給:化石燃料価格の上昇の影響を受けず、温暖化ガスを放出せず、多量の電気を安価に供給できる現在唯一の発電方式
- 地球環境保護、温暖化防止
- 加速器・放射線利用による健康で文化的な生活(ユッケの食肉中毒は放射線照射で防げます。米国ではハンバーガー中毒以来放射線照射が行われています。)
- 科学技術を先導する役割:加速器・レーザー・核融合は電磁気・電源技術と量子力学・相対論との融合で原子力分野で創出・発展しました。計算科学も原子力で誕生し発展しました。
- 原子力発電所は人類が作るもっとも巨大な構築物:多くの分野の集大成、日本はこれを納期どおり作ってきた:日本人がその能力を発揮している分野。
- 安全な原子力発電が世界的に求められている。人口の多い国(数千万人以上の国)の経済発展(健康で文化的な生活)のためにはエネルギーが必要。
- 変革期はチャンスでもある。世界標準の原子力発電プラントを日本が作る。
- 原子力による日本の国際競争力への貢献(21世紀を日本が勝ち抜くために)

既設原発停止のリスク

既設原発を停止するほうがそこだけ見ると安全なようだが、

節電に伴う熱中症による死亡、暗闇による犯罪や事故、交通事故の増加、

大規模停電(需要が供給を上回ると発生する、復旧に長期間かかる)による医療活動の停止、老人や幼児など弱者死亡増大の可能性等でリスクはかえって増大する。

長期的に経済活動が停滞すると失業者増による犯罪増加等も。

エネルギー供給の主役

- 長期的に変化してきた。最初は木材、(牛馬、水車、風車なども利用)。
- 化石燃料が200年以上主役、(1769年ワットの蒸気機関、蒸気ボイラーは最初によく爆発事故。約150年たって定着)
- 石炭、石油、天然ガスと主役が入れ替わりつつある。現在は天然ガスがより増えつつある
- 日本では国内炭(戦前・戦後)、石油・輸入炭、天然ガスの順で主役が替わりつつある。
- 地球温暖化問題が新しいパラダイム。
- 長期的(数十年)な変化のなかで再生可能エネルギー・新エネルギーはどのような役割を果たせるか。挑戦は以前から始まっている(サンシャイン計画1973年開始)。
- 原子力は比較的新しい技術(50年)
- エネルギー技術は長期的視点で考える必要。技術面のみならず、国家安全保障など政治面、国家基幹技術としての国際競争力など経済面等、多様な視点と検討が必要。地球温暖化防止のパラダイムも。
- 原子力発電の可否をいま議論するのは適切ではない。放射線健康被害の調査にも長期間かかる。
- 地球温暖化防止はどうするのか。
- 長期的には(温暖化防止コストも含めて)経済原理が支配する。グローバルな時代に、国内視点の、結果的に国に頼る視点は不十分？

まとめ

- 原子力発電の議論は事故の結果や影響がわかってから、頭を冷やしてから行うべき。今すぐ行う必要はない。再生可能エネルギー振興の検討と原子力の検討は別にして行うべき。供給力も違う。
- エネルギー供給の主役は産業革命以来ずっと化石燃料。今後も急には変化しない。変化できるとする根拠がない。化石燃料をめぐっては戦争にもなってきた(第2次大戦、中東、アフリカなど)。
- エネルギー政策は多面的検討が必要。安定供給、安全保障、経済面、温暖化防止、地政学、安全性、社会面など。情報を集めて、多面的に分析・研究・検討・立案し、政策決定しないと取り返しのつかない失敗になる。議論だけではだめ。なんでも国民感情におもねようとするのは無責任。個別の選択枝の国民投票的決定は、間接民主主義にも反する。
- 既設原発は停止させた場合の2次リスクのほうが大きい。
- 電力不足、高価格電力(現在でも韓国の2倍)による企業の海外移転、日本経済の停滞は、失業者増による犯罪増加を招き、危険を増大する。安心な国ではなくす選択をするのか。(米国は多民族国家だから危ないのではありません、貧困層の犯罪率が高いのです。)
- エネルギー源をめぐっては、紛争の火種は日本周辺にもある。我々の子孫が将来戦争・紛争をしなくてはいけなくなる可能性も否定できないことも考えてください。
- 東アジア地域は長期間大規模戦争・紛争がなかったのがこの地域の経済的発展の原因です。

ご清聴ありがとうございました