

「原子力発電の現状の課題と解決策」
～化石燃料は有限です。子供や孫たちのエネルギーはどうなるのでしょうか？～

かねうじ てる
金氏 顯

【自己紹介】

1944年 佐賀県唐津市生まれ、1962年 小倉高校卒
1968年 九州大学動力機械工学修士、三菱重工入社、加圧水型軽水炉(PWR)設計等 31年
1999年 取締役・神戸造船所長、2001年代表取締役常務・機械事業本部長、2004年役員退任
2006年 原子力学会シニアネットワーク連絡会(SNW)設立、代表幹事
2010年 北九州市小倉北区へ約半世紀ぶりに帰郷
2012年 三菱重工・特別顧問退任、北九州産業技術保存継承センター・館長、2016年退任
現在: SNW九州・副会長、エネルギー問題研究所・代表、藤田哲也博士記念会・会員

【はじめに】

エネルギーは人類の生活、経済、防衛などすべての社会活動に必要な基盤である。これまでエネルギーの大半を担ってきた化石燃料はその資源量は有限であり、21世紀後半には生産のピークを過ぎて、以降は人口増加により増えていく需要が減少していく供給を上回りそのギャップは広がる一方になる。そのギャップを埋めるエネルギー源は再生可能エネルギーと原子力であり、化石燃料の大量消費が原因とされる地球温暖化対策の為に脱炭素エネルギーとして重要である。

資源貧国の我が国にとってエネルギー問題を考えることは、激動する国際情勢にあって、我が国の将来を考えることでもある。特に2011年3月の東電福島第一事故後は厳しい新規規制基準により原発の安全性は格段に向上したにも関わらず、国民の原子力に対する信頼は失墜したままである。一方の再生可能エネルギーは太陽光発電が大量に増えているが、電気料金高騰、電力需給安定の面で多くの課題を抱えており、自立電源には程遠い状況にある。

本講演では初めにエネルギーの特質を述べ、世界と日本のエネルギーの状況を概観した後、原子力発電および原子燃料サイクルの現状と課題について述べ、原子力の信頼回復について展望する。

【目次】

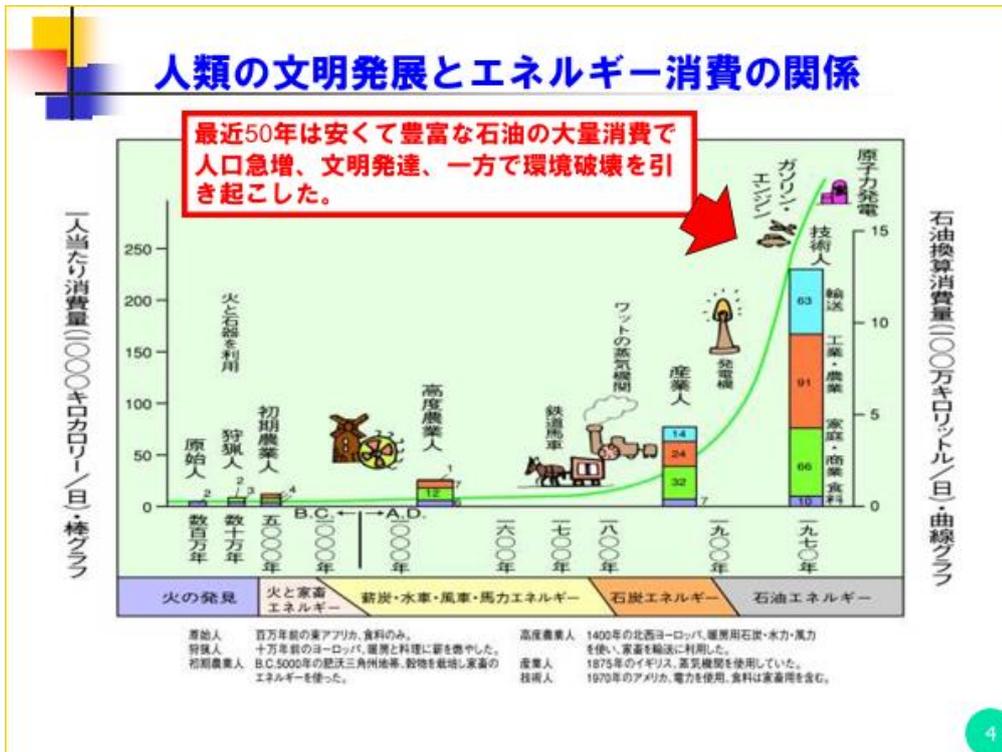
- 第1部 エネルギーとは？ 人類との関わり、エネルギーの要件、資源の種類と特性比較
- 第2部 世界と日本のエネルギー事情、世界の原子力事情
- 第3部 日本のエネルギー事情
- 第4部 我が国の原子力発電の歴史、現状、課題と対策
- 第5部 それでも原子力が必要な理由(わけ)

【講演】

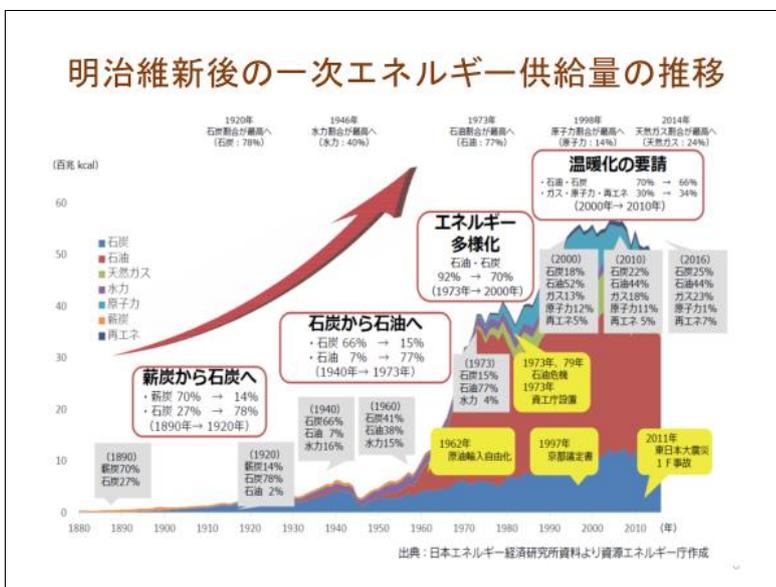
第1部 エネルギーとは？ 人類との関わり、エネルギーの要件、資源の種類と特性比較

1. 人類とエネルギーの関わり

1) 百万年前の「火の発見」から始まり、18世紀の産業革命以降は産業や文明の発展と共にエネルギー需要は増大し、石炭、石油、原子力とエネルギー資源は多様化していった。



2) 我が国は明治維新後の「文明開化、富国強兵」政策により石炭によるエネルギー消費が増え、第2次大戦後は安価な石油に、1970年代の石油危機以降は原子力、天然ガス、石炭と多様化して需要増大に対応、しかしバブル崩壊後は地球温暖化対策もあり、エネルギー消費は頭打ちになっている。



2. エネルギーに必要な4条件: 3E+S

- ① Energy Security: 供給安定性(必要な質の電力を必要な量、必要なときに確保できること)
- ② Economic Efficiency: 経済性(ライフサイクルコストが良いこと)
- ③ Environment Protection: 環境適合性(大気・水質汚染防止、地球温暖化対策など)
- ④ Safety: 安全性(事故リスクの極小化、国民の健康を脅かさない)

3. エネルギー資源の種類

- ① 化石燃料(石油、石炭、天然ガス)
- ② 原子力エネルギー(軽水炉、高速炉)
- ③ 再生可能エネルギー
 - 1) 安定型再生可能エネルギー: 水力、地熱、バイオマス
 - 2) 変動型再生可能エネルギー: 太陽光、風力

4. 資源確認量

化石燃料資源には限りがあり、今後のエネルギー消費の増大を考慮すると、その確保が厳しい。なお、ウランは使用済み燃料を再処理し得られたプルトニウムを高速増殖炉により更にプルトニウムが増殖され約 3000 年分の燃料にすることが出来る。

世界のエネルギー資源確認埋蔵量



(注) 可採年数=確認可採埋蔵量/年間生産量
ウランの確認可採埋蔵量は費用130ドル/kgU未満

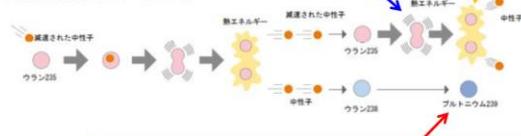
5. ウラン燃料は少量で大きなエネルギーが取り出せ、燃料の運搬、貯蔵の面でも優れており、自給エネルギーと位置付けられる。

ウラン235の1グラムは核分裂によりガソリン2000リットルと同じエネルギーを発生

このウラン235が核分裂した時に発生する熱エネルギー(同じ重量で石油の3,000万倍)により蒸気が発生しタービンを回転させ電気を作る。別の表現では、ウラン235の1グラムはガソリン2000リットルと同じエネルギーを生み出す。

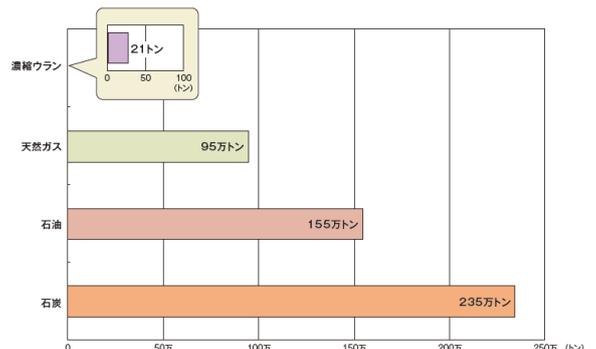
核分裂の結果、ウラン235は2つのより小さい物質になり、これが高レベル放射線廃棄物となる

●軽水炉の核分裂とプルトニウムの生成



一部のウラン238も中性子(質量=1)を吸収し、プルトニウム239になり、この一部は核分裂し熱エネルギーを発生、一部が残る。このプルトニウム239を再利用するのが核燃料サイクルである。

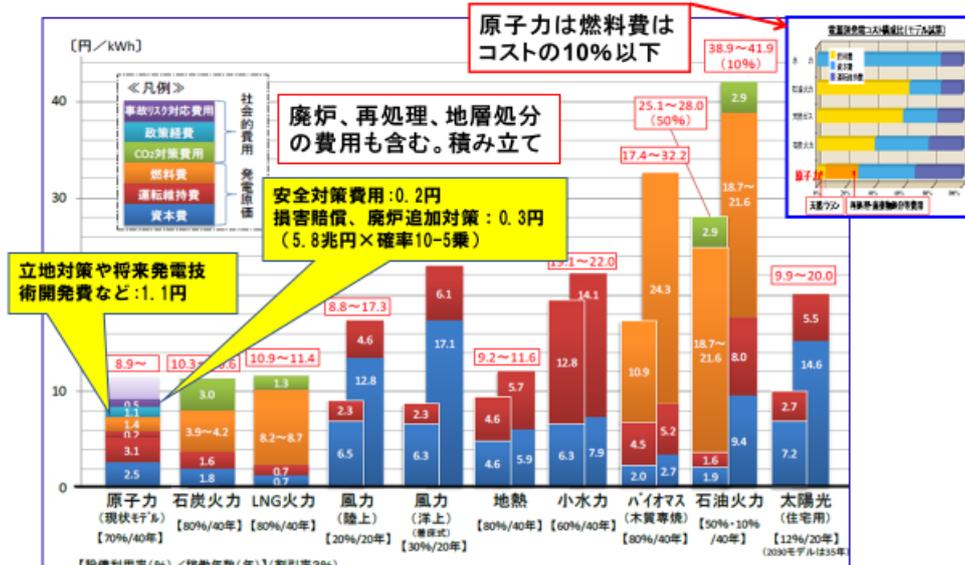
100万kWの発電所を1年間運転するために必要な燃料



6. 経済性比較

1) 発電単価(円/kWh)は各エネルギーの中で原子力が最も安価

主要電源の発電コストの比較(発電原価+社会的費用)



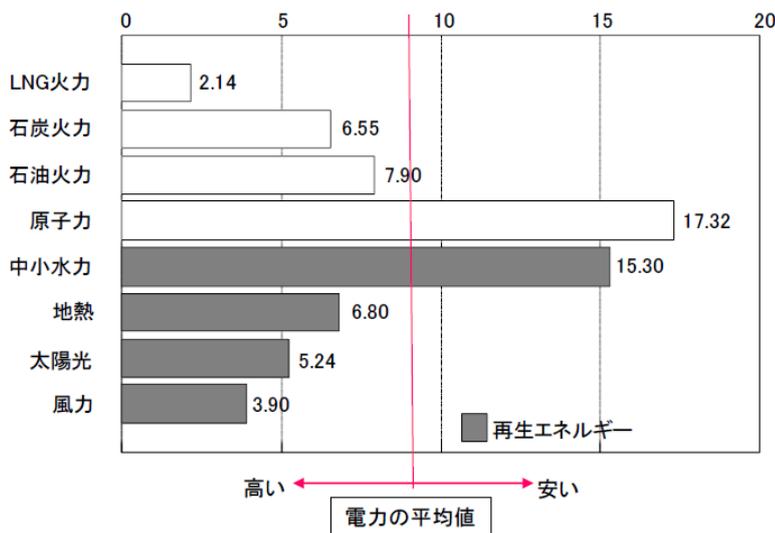
社会的費用を考慮しても原子力の経済性は優位で、かつ他に比べ不確実性が少ない。

2) エネルギー収支比(EPR)という客観的経済評価指標

$$\text{エネルギー収支比(EPR)} = \frac{\text{回収エネルギー}}{\text{投入エネルギー}}$$

- ・石炭火力: 採掘/選炭→輸送→発電→灰捨て
- ・石油火力: 採掘→輸送→精製→発電
- ・LNG火力: 採掘/液化→輸送→発電
- ・原子力発電: 採掘→製錬/フッ化→濃縮→転換/加工→発電(⇒廃炉)→再処理⇒MOX加工→廃棄物処分

図 各電源のエネルギー収支比(EPR)



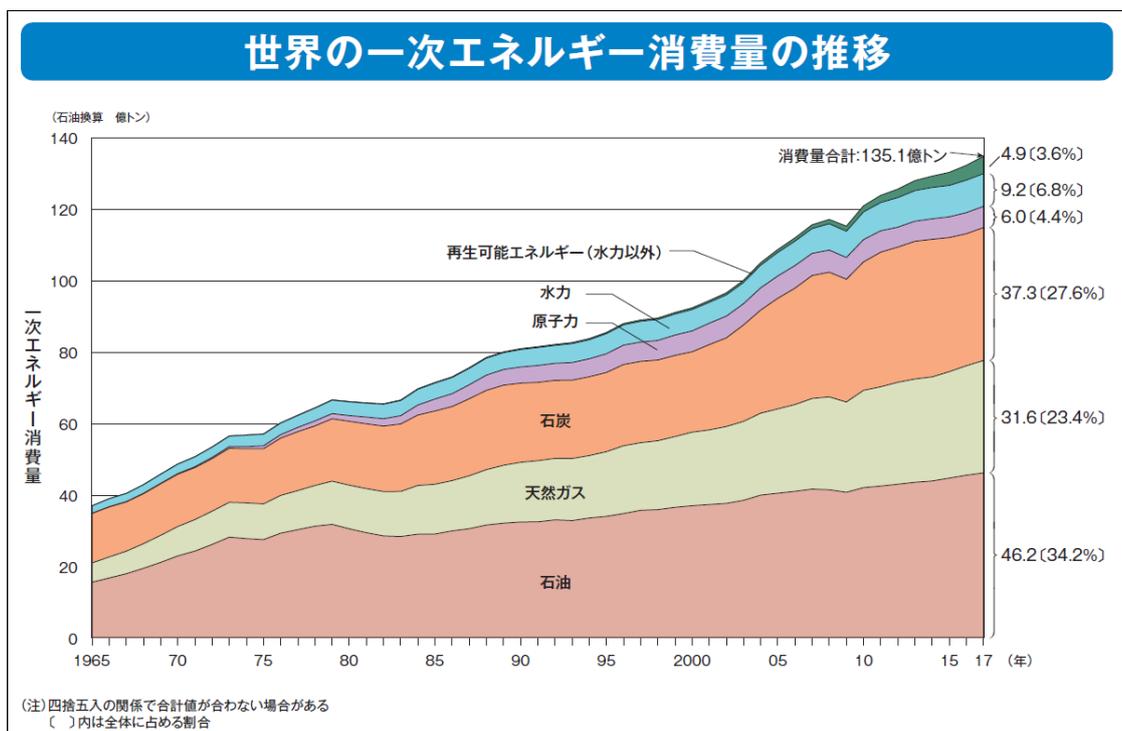
7. 各エネルギー資源の特質比較

エネルギー資源		安全性	供給安定性	経済性	環境適合性
化石燃料	石炭	酸性雨健康影響など	資源量に限界（石油、天然ガスより豊富）	安価	CO2排出量高
	石油	同上	資源量に限界、国際情勢の影響アリ	高価	CO2排出量やや高
	天然ガス	同上	資源量に限界、国際情勢の影響アリ	高価	CO2排出量中程度
原子力	軽水炉	放射能汚染による健康影響など	準国産資源	安価	発電のCO2排出ゼロ
	高速炉		2000年程度		
再生エネ安定型	水力、地熱、バイオマス	水害など	大水力は開発限界に近い 地熱は公園法、温泉が障害 バイオマスは国内材調達難	大水力は安価、他は高、FIT要	発電のCO2排出ゼロ 森林破壊など懸念
再生エネ変動型	太陽光、風力	強風、落雷などで損壊	天候の影響アリ。 火力によるバックアップ要。 自立化は揚水・蓄電池・水素等要	高、FIT要 バックアップ含めると更に高	発電のCO2排出ゼロ

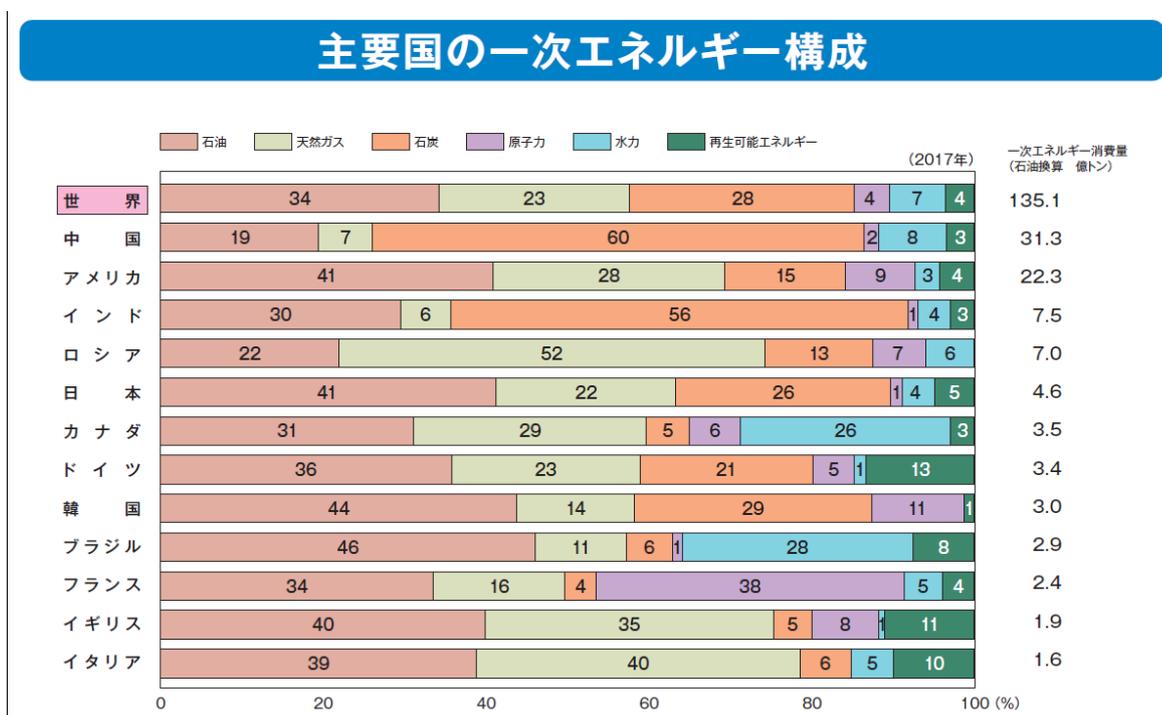
第2部 世界と日本のエネルギー事情、世界の原子力事情

1. 世界の一次エネルギー消費

世界のエネルギー消費量は年代の経過とともに増加しているが、石油消費については先進国における代替エネルギー（原子力等）の積極的利用により、増加傾向は緩やかとなっている。

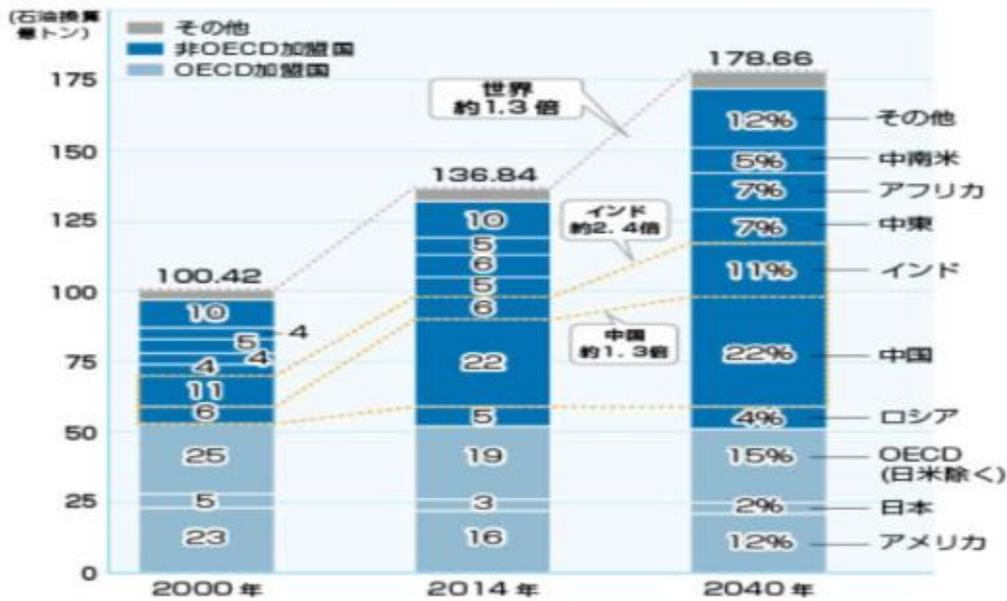


2. 主要国のエネルギー構成は各国の天然資源や政策などの事情により異なるが、日本は世界的にも石油依存度が高い状況となっている。また、フランスは原子力エネルギーの供給割合が高い(約40%)という特徴がある。

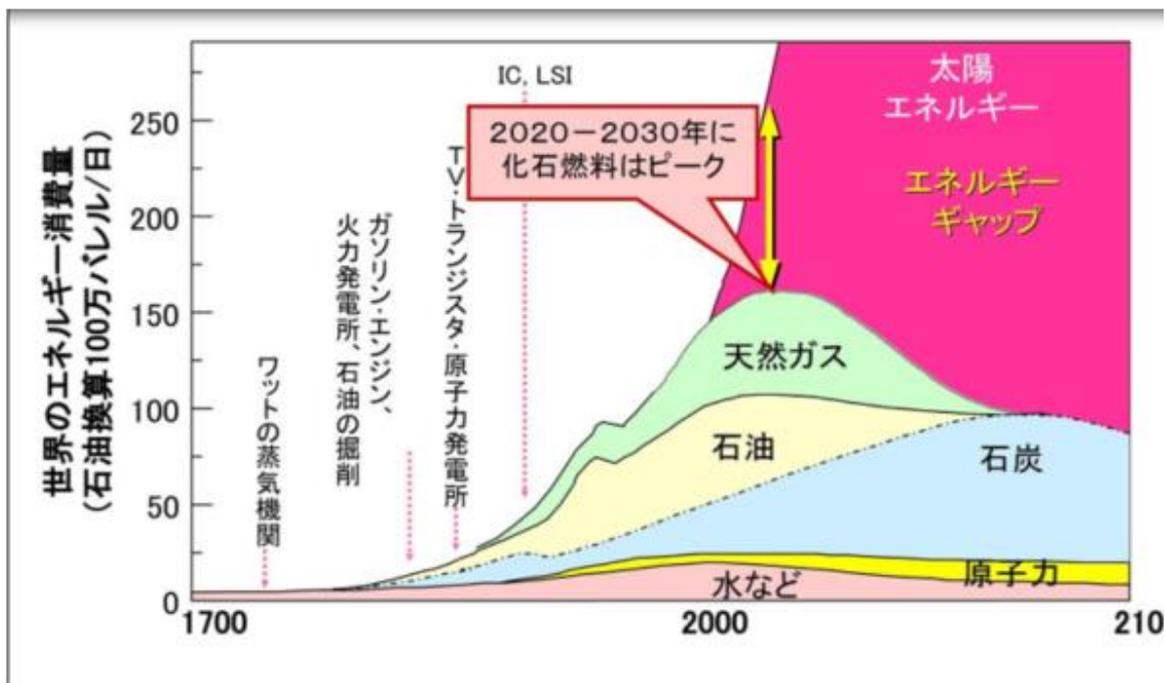


3. 世界のエネルギー需要の将来予想と供給見通し

世界の1次エネルギー消費の推移と見通し



今後中国、インドなどアジア、アフリカ諸国が人口増大、生活向上/経済成長しエネルギー消費は膨大に増加

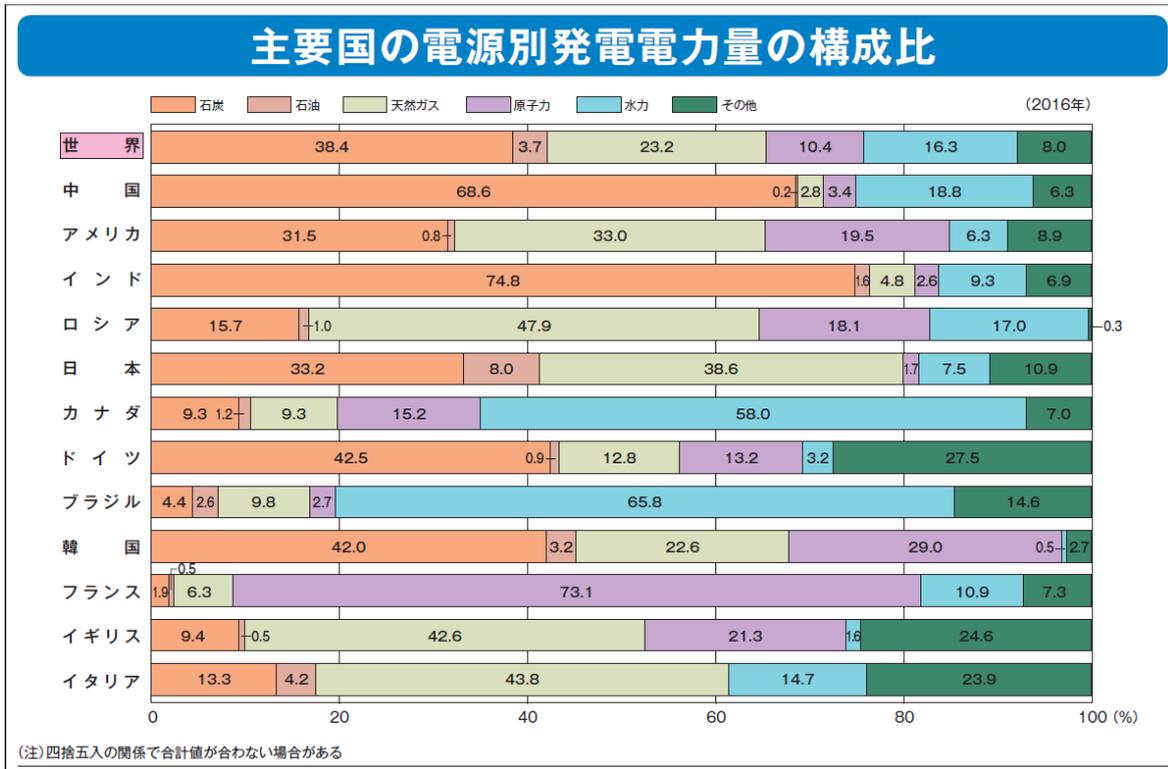


これまで人類が化石燃料に頼ってきたエネルギー消費は今後ピークとなり、需要とのギャップが大問題になる。

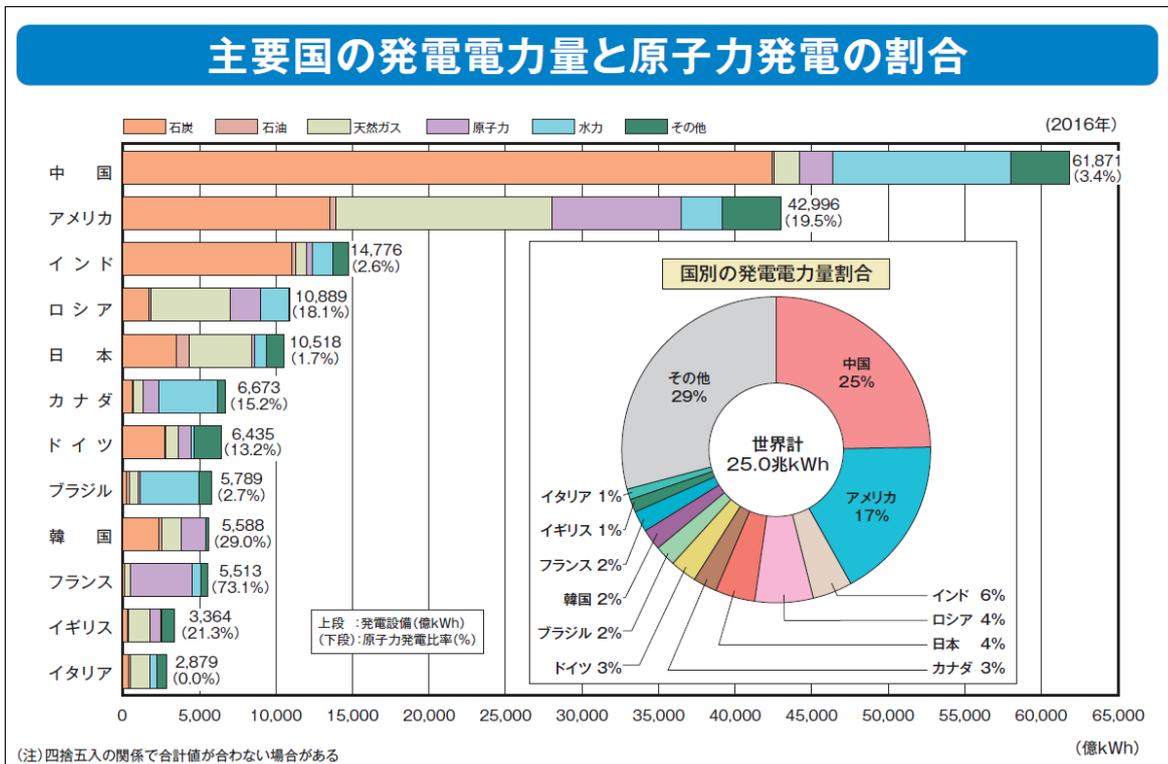
IEA(国際エネルギー機関)は石油の2040年供給は現在の約1/3になることは確実であると予測しており、増大する需要とのギャップをどう埋めるのか、深刻な問題である。

4. 世界の電力消費

1) 主要国の電源構成は、資源の有無や保有する資源の種類、政策等によって異なっている。日本は少資源国でエネルギー自給率が低いいため、エネルギー確保とリスク分散の観点から電源の多様化を図っている。

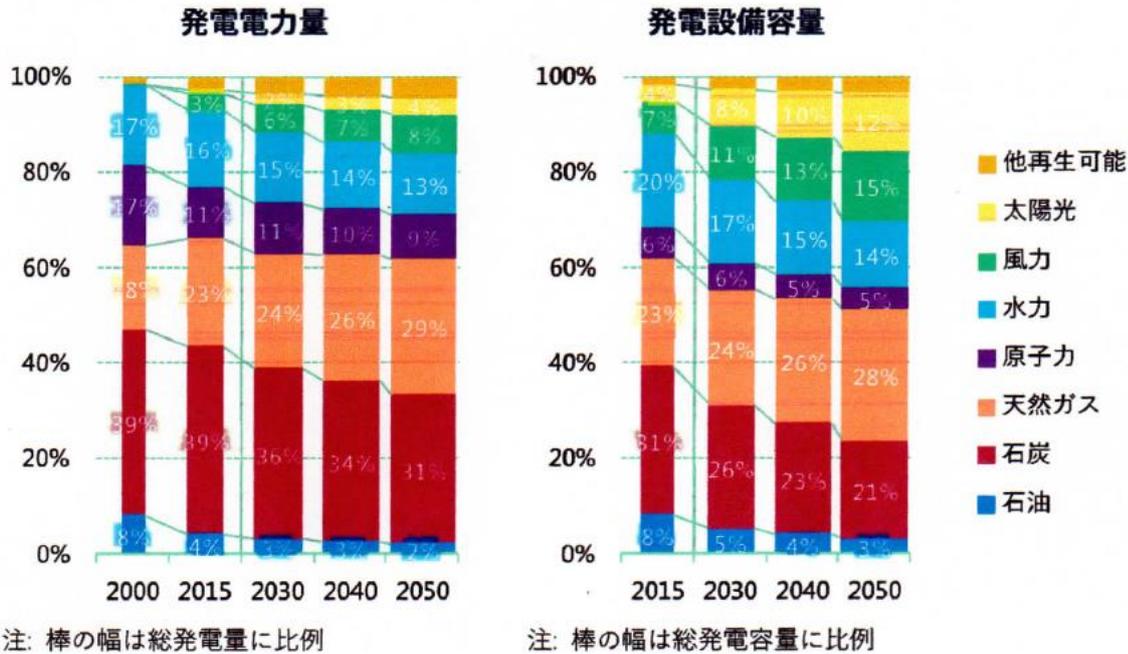


2) 発電電力量が世界一の中国は、石炭に偏った発電をしているが、第2位のアメリカは、99基の原子力発電設備が稼働する原子力発電大国である。



日本エネルギー経済研究所の「アウトック 2018」による世界の発電構成は下図のようになっており、国際的にもかなり確度が高いとの評価を得ている。石炭が減少し、天然ガスと太陽光、風力が増加、原子力は横ばいとなっている。

図11 | 世界の発電構成



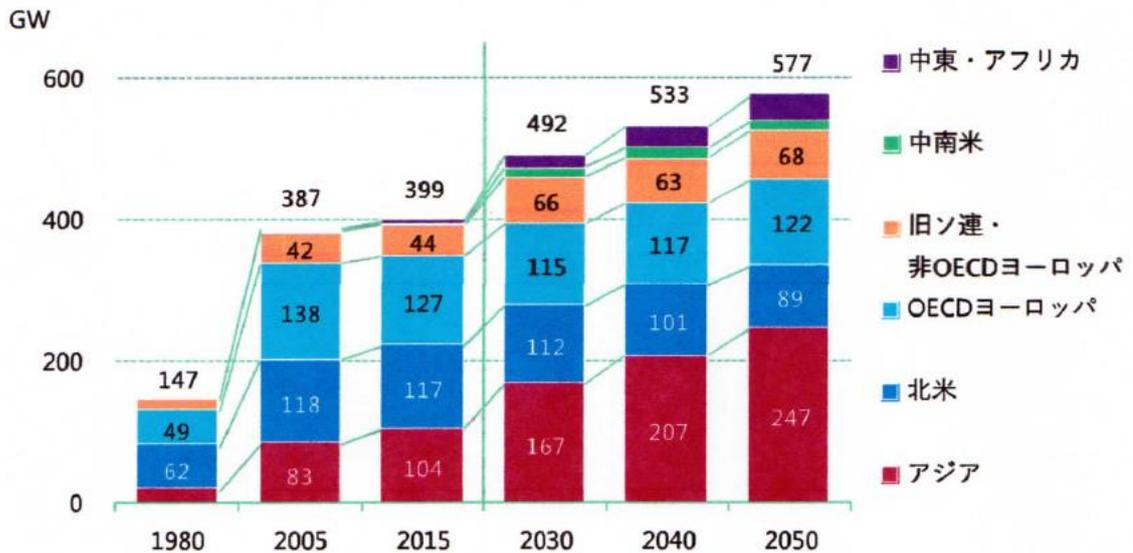
5. 世界の原子力事情

1) 2030年と2050年の原子力発電予測

世界は原子力発電への依存が増大する

2030年、2040年、2050年における原子力発電設備容量の予測は下図の通り
(出典日本エネルギー経済研究所アウトック 2018)

図3-18 | 原子力発電設備容量[レファレンスシナリオ]



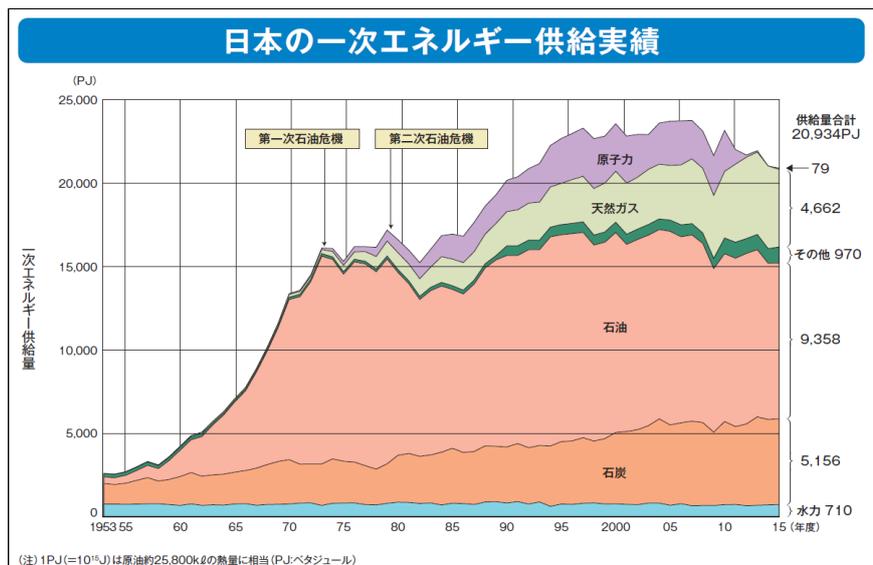
2) 欧米先進国の原子力開発は停滞気味と言われるが、アジア諸国を中心に原子力推進の潮流は強い。

- 世界で現在運転中の原発は 439 基 4 億 600 万 kw で過去 1 年間に 8 基が運転開始した (中国 5 基、米国、韓国、ロシア各 1 基)
- 現在建設中の世界の原発は 69 基、7,290 万 kw である。
- 新設計画の進展も見込まれ、世界各国で 98 基、1 億 1,116 万 kw の新規建設が計画。
- 世界では原子力発電は必要欠くべからざるものとして認識され、脱原発に向かっている国はドイツ、スイス、ベルギー、台湾等ほんの一部、明らかに世界の潮流は原子力推進へ。



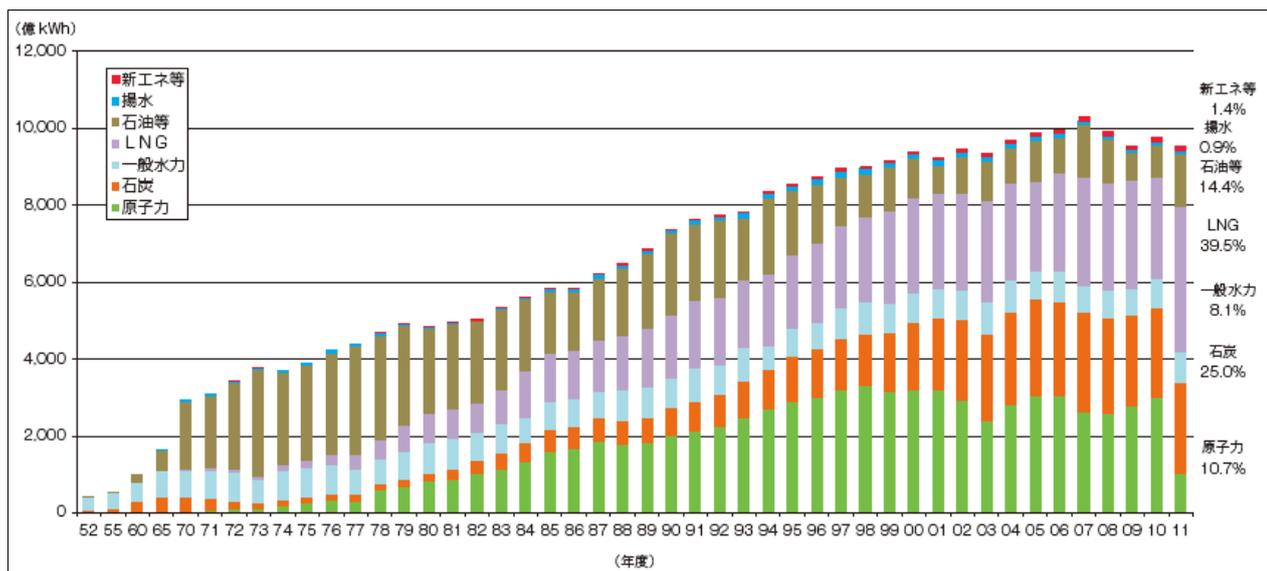
第3部 日本のエネルギー事情

1. 一次エネルギー供給は近年ほぼ一定であり、また石油危機以降も石油への依存度が高い。2011年東日本大震災以降は原子力がゼロとなり、石炭、天然ガスが増えている。



2. わが国の発電電力の多様化の推移

1973年度の第一次オイルショックを契機として、原子力、石炭火力、LNG火力等、電源の多様化を推進、高度経済成長。2010年度と東電福島事故後の2011年度の電源構成を比べると、原子力の代替は主にLNGと石油であることが分る。



3. 第5次エネルギー基本計画(7月3日閣議決定)の内容と問題点

第5次エネルギー基本計画

長期的に安定した持続的・自立的なエネルギー供給により、我が国経済社会の更なる発展と国民生活の向上、世界の持続的な発展への貢献を目指す
3E+Sの原則の下、安定的で負担が少なく、環境に適合したエネルギー需給構造を実現

「3E+S」	⇒	「より高度な3E+S」
○ 安全最優先 (Safety)	+	技術・ガバナンス改革による安全の革新
○ 資源自給率 (Energy security)	+	技術自給率向上/選択肢の多様化確保
○ 環境適合 (Environment)	+	脱炭素化への挑戦
○ 国民負担抑制 (Economic efficiency)	+	自国産業競争力の強化

情勢変化 ①脱炭素化に向けた技術間競争の始まり ②技術の変化が増幅する地政学リスク ③国家間・企業間の競争の本格化

2030年に向けた対応

- ～温室効果ガス26%削減に向けて～
- ～エネルギーミックスの確実な実現～
- 現状は道半ば
- 計画的な推進
- 実現重視の取組
- 施策の深掘り・強化

2050年に向けた対応

- ～温室効果ガス80%削減を目指して～
- ～エネルギー転換・脱炭素化への挑戦～
- 可能性と不確実性
- 野心的な複線シナリオ
- あらゆる選択肢の追求
- 科学的レビューによる重点決定

<主な施策>

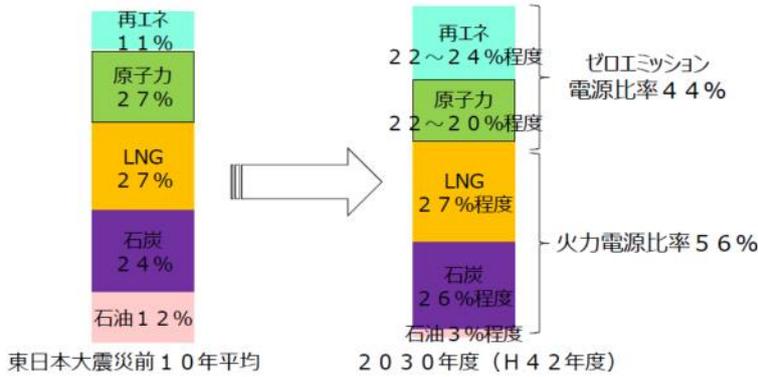
- **再生可能エネルギー** [震災前10%→30年22~24%]
・主力電源化への布石
・低コスト化, 系統制約の克服, 火力調整力の確保
- **原子力** [震災前25%→30年22~20%]
・依存度を可能な限り低減
・不断の安全性向上と再稼働
- **化石燃料** [震災前65%→30年56%]
・化石燃料等の自主開発の促進
・高効率な火力発電の有効活用
・災害リスク等への対応強化
- **省エネ** [実質エネルギー効率35%減]
・徹底的な省エネの継続
・省エネ法と支援策の一体実施
- **水素/蓄電/分散型エネルギー**の推進

<主な方向>

- **再生可能エネルギー**
・経済的に自立し脱炭素化した主力電源化を目指す
・水素/蓄電/デジタル技術開発に着手
- **原子力**
・脱炭素化の選択肢
・安全炉追求/バックエンド技術開発に着手
- **化石燃料**
・過渡期は主力、資源外交を強化
・ガス利用へのシフト、非効率石炭フェードアウト
・脱炭素化に向けて水素開発に着手
- **熱・輸送、分散型エネルギー**
・水素・蓄電等による脱炭素化への挑戦
・分散型エネルギーシステムと地域開発
(次世代再エネ・蓄電、EV、マイクログリッド等の組合せ)

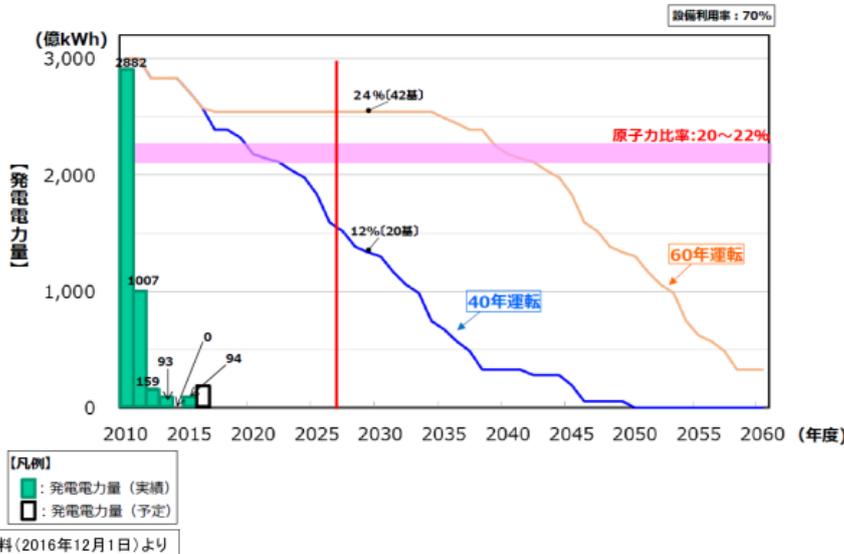
基本計画の策定 ⇒ 総力戦 (プロジェクト・国際連携・金融対話・政策)

2030年度のエネルギー需給構造見通し



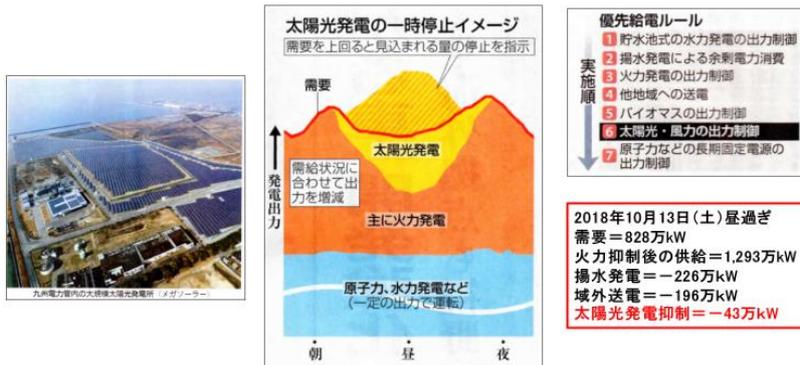
《問題①》「2030年原子力20~22%」は再稼働だけでは困難、エネルギー情勢懇談会委員が「新增設」不可欠と強く提言したにも拘らず「新增設」の文言は記載されなかった。

既設炉の再稼働による発電電力量の見通し



《問題②》「2030年再エネ22~24%」は太陽光、風力を現状の約2倍が必要となり、太陽光発電の春秋時の出力抑制常態化や買取価格減額、更にFITの廃止も視野にあり実現困難と予測。

九州では太陽光発電導入が多く、春・秋の電力需要減時期は出力抑制



《問題③》「2050年再エネを主力電源」は自立電源化のための蓄電池の現価格の1/1000実現が必要であり、実現性は非常に不透明。

2050年再エネ自立電源化には蓄電池コストの抜本的低減

単位：円/kWh

		現状	将来	現在の コスト	家庭用 パリティ	産業用 パリティ
発電	再エネ	再エネ	再エネ	150円	25円	15円
	+	+	+	20円	7円 (30年目標)	7円 (30年目標)
調整	火力	蓄電池	蓄電池	130円	18円	8円
	CO2排出	CO2フリー	CO2フリー	蓄電池コスト： 4万円/kWh <small>LIBのセル価格 (エネ庁ヒアリング) NASはシステムで 4万円/kWh程度 (2022年電池市場) (参考値)</small>	蓄電池コスト： 約400円/kWh <small>100分の1</small>	蓄電池コスト： 約40円/kWh <small>1000分の1</small>

蓄電池はバックアップなしでの成立前提、1日の需要全体の3日分の容量が必要としてエネ庁が算定。
調整コストは蓄電池コストと蓄電池の耐用年数（10～30年？）とその間の充・放電回数によると推察。



再エネ・蓄電池システムの大規模化、低コスト化の技術革新は不透明。実現可能な範囲で選択することになり、調整火力維持も必要となろう。

エネ庁エネルギー基本計画資料2018/7より

第4部 我が国の原子力発電の歴史、現状、課題と対策

1. 原子力平和利用の歴史は 65 年前に始まった。

1953 年 国連総会で米国アイゼンハワー大統領の歴史的演説『Atoms for Peace』

1954 年(S29) 我が国初の原子力関係予算(235 万円)計上

1955 年(S30) 原子力基本法: 平和利用に限定、民主・自主・公開の 3 原則

1963 年(S38) 原研動力試験炉 JPDR 発電試験成功(10 月 26 日は「原子力の日」)

1966 年(S41) 日本原子力発電(株)東海発電所運転開始(ガス炉、166MWe)

1970 年(S45) 原電敦賀発電所(BWR、357MWe)、関電美浜 1 号機(PWR、340MWe)運転開始

2009 年(H21)までの 39 年間に 56 基(BWR32 基、PWR24 基)が運転開始

<石油危機後に高度経済成長とともに原子力発電所建設推進>



2010 年(H22) 54 基(BWR30 基、PWR24 基)運転、全電力の約 30%

2011 年(H23) 3 月 11 日東日本大震災、東電福島第一原発 1~4 号機過酷事故発生

2. 炉型は 2 種類ある。

BWR: 沸騰水型軽水炉(Boiling Water Reactor): 直接サイクル

PWR: 加圧水型軽水炉(Pressurized Water Reactor): 間接サイクル

・いずれも低濃縮ウラン(3~5%)を燃料とし、軽水(H₂O)を冷却材、減速材、遮蔽材として使用する原子炉で、主として米国で開発され世界各国で実用化され、原子力発電所の 90%以上を占める。

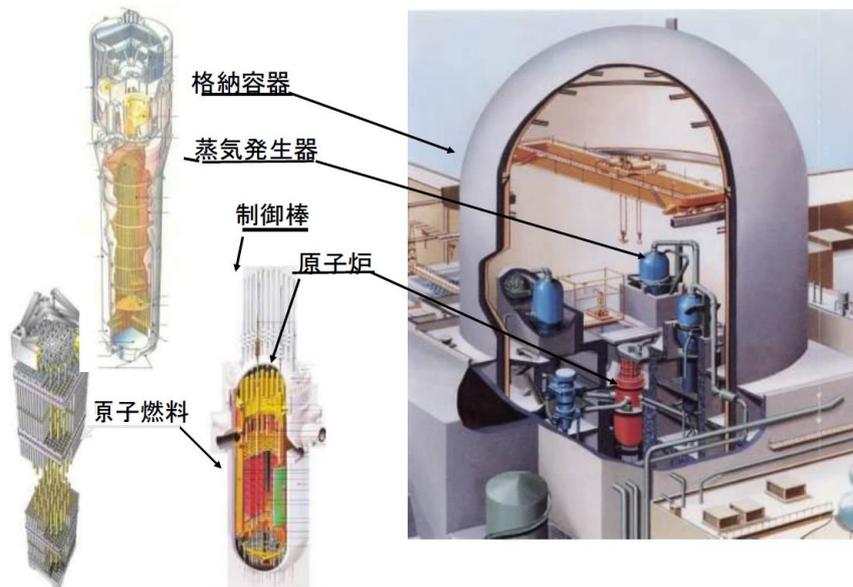
・我が国は 1960 年代に PWR を米国ウエスチングハウス社と技術提携した三菱重工(当初は三菱原子力工業)が、BWR を米国ジェネラルエレクトリック社と技術提携した東芝、日立製作所が、輸入技術を段階的に国産化し、国内の原子力発電所を 1970 年代から次々と設計し建設していった。

・PWR と BWR のシェアは、国内はほぼ半々だが、世界では PWR が 3/4、BWR が 1/3 である。

PWRとBWR

	加圧水型軽水炉 PWR	沸騰水型軽水炉 BWR
概要	Pressurized Water Reactor	Boiling Water Reactor
世界の運転中NPPの炉型別割合 (2007.3)		
特徴	間接サイクル。蒸気発生器、一次冷却材ポンプが必要。タービンに放射能は行かない。	直接サイクル。タービンに放射能が行く。
原子炉圧力	およそ150気圧(15MPa)	およそ70気圧(7.0MPa)
運転基数	世界: 267基、うち日本: 24基	世界: 89基、うち日本: 26基
日本のメーカー(電力)	三菱重工(関電、九電、四電、北海道電、日本原電)	東芝、日立GE(東電、中部電、東北電、中国電、北陸電、電源開発、日本原電)
世界のメーカー	Westinghouse(米)、AREVA(仏)、ロストアトム(露)、斗山重工(韓)、上海電気他(中国)、	GE日立(米)
導入国	アメリカ、フランス、ロシア、中国、韓国、台湾、ドイツ、ベルギー他多数	アメリカ、ドイツ、台湾など

<原子炉の構造(PWR)>



<原子炉の構造(BWR)>



3. 2011年3月11日福島第一原子力発電所事故の原因と安全対策

(1) 設計震度を超える地震には耐えたが、設計高さを超える津波に耐えられなかった！

午後2時46分地震発生、運転中の1, 2, 3号機は制御棒が燃料に自動挿入され核分裂反応停止。非常用ディーゼル発電機起動し、非常用炉心冷却系が作動、しかし午後3時27分頃に津波第1波、3時35分頃に第2波が襲来し、1~4号機は被水。非常用全電源(交流、直流)喪失。炉心冷却不能となり、炉心溶融(1, 2, 3号機)、水素発生(1, 2, 3号機)、格納容器漏洩により原子炉建屋水素爆発(1, 3, 4号機)。多くの住民が避難した。

福島第一原子力発電所1~4号機の被害状況 2011年3月19日

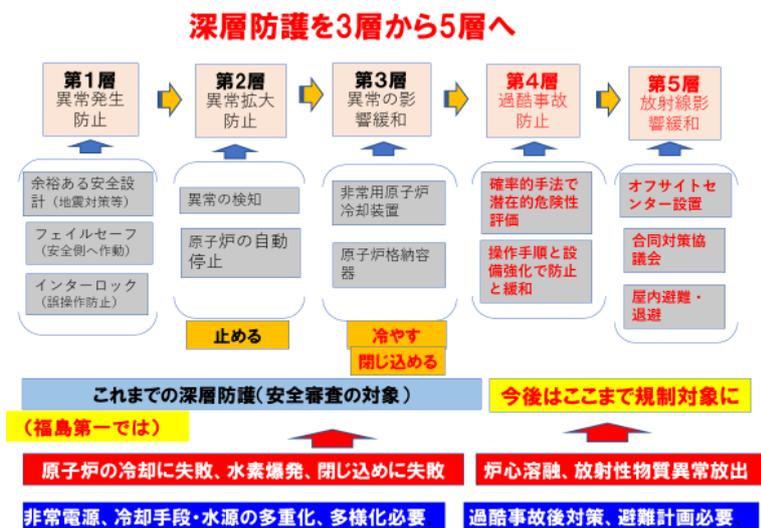


(2) 2012年9月に原子力規制組織の抜本的改革

2重組織(原子力安全・保安院と原子力安全委員会)⇒原子力規制委員会(環境省外局)
 規制と推進の同居(経産省内に原子力安全・保安院)⇒経産省から分離
 複数の省庁にまたがった規制⇒原子力規制委員会に一本化

(3) 2013年7月に事故再発防止を期して新規制基準制定

① 深層防護を3層(「止める」「冷やす」「閉じ込める」まで、過酷事故は想定しない) ⇒5層(過酷事故を想定し、その対策と避難)へ深化。



- ② 地震、津波の規模を過去を上回る「基準地震動」「基準津波」として想定し、設備の耐震強化、防潮堤の嵩上げ、水密扉設置、非常電源を高台に設置など。

川内原子力発電所の津波対策の状況

○津波防水対策海水ポンプエリア防水対策工事



- ③ 電源、水源の多様化、多重化、高所設置
- ④ 火山、竜巻、森林火災への対策新設

川内:竜巻対策

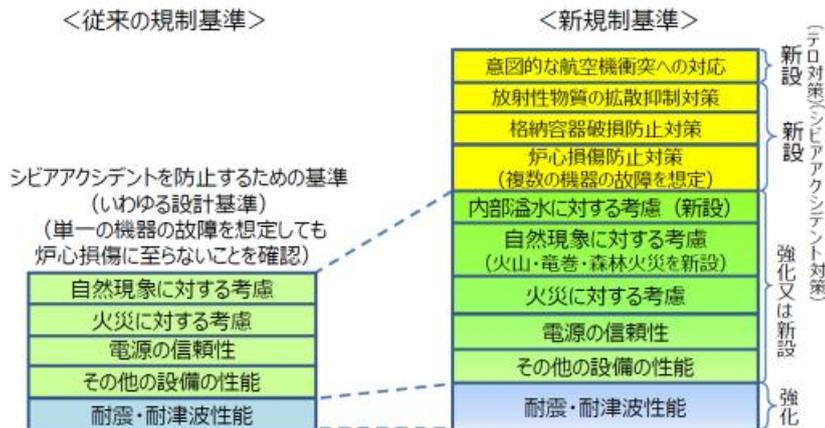
◆竜巻対策：日本で発生した過去最大の竜巻風速を踏まえ、風速100m/秒の竜巻を想定して対策



- ⑤ 過酷事故対策:炉心損傷防止対策、格納容器損傷防止対策、放射性物質拡散対策
- ⑥ 意図的な航空機衝突への対応(テロ対策)

世界で最も厳しい水準の新規制基準の策定

- 高い独立性を有する原子力規制委員会の下、世界で最も厳しい水準の新規制基準を策定。
- 新規制基準においては、地震・津波の想定を見直し、安全対策を抜本強化すると共に、重大事故の発生を防止するシビアアクシデント対策やテロ対策を新たに規定。



出典：原子力規制庁資料 57

<安全目標(リスク)>

・定性的安全目標

原子力の利用活動に伴って放射線の放射や放射性物質の放散により公衆の健康被害が発生する可能性は、公衆の日常生活に伴う健康リスクを有意に増加させない水準に抑制されるべき

・定量的安全目標

—原子力施設の事故に起因する敷地境界の公衆の個人平均急性死亡リスク、および施設からある範囲の距離にある公衆の個人のがんによる死亡リスクは、ともに年当たり 100 万分の 1 程度を超えない

—セシウム 137 の放出量が 100TBq (福島第一原発事故の百分の 1) を超える事故は、原子力発電所 1 基あたり 100 万年に 1 回以下 に抑制する。

(参考)生活における身近なリスクによる個人死亡率 1/年より小さい。

全死亡	1.0×10^{-2}
悪性新生物(がん)	8.0×10^{-3}
交通事故	4.5×10^{-5}
転倒・転落	6.4×10^{-5}

4. 放射線被曝は正しく怖がろう(「被爆」は核兵器による被ばく)

1)放射線は自然界に満ちている。世界平均 2.4mSv(シーベルト)/年、10mSv/年以上の地域もある。日本は 2.0mSv/年、医療被曝を含めると 5.9mSv/年。

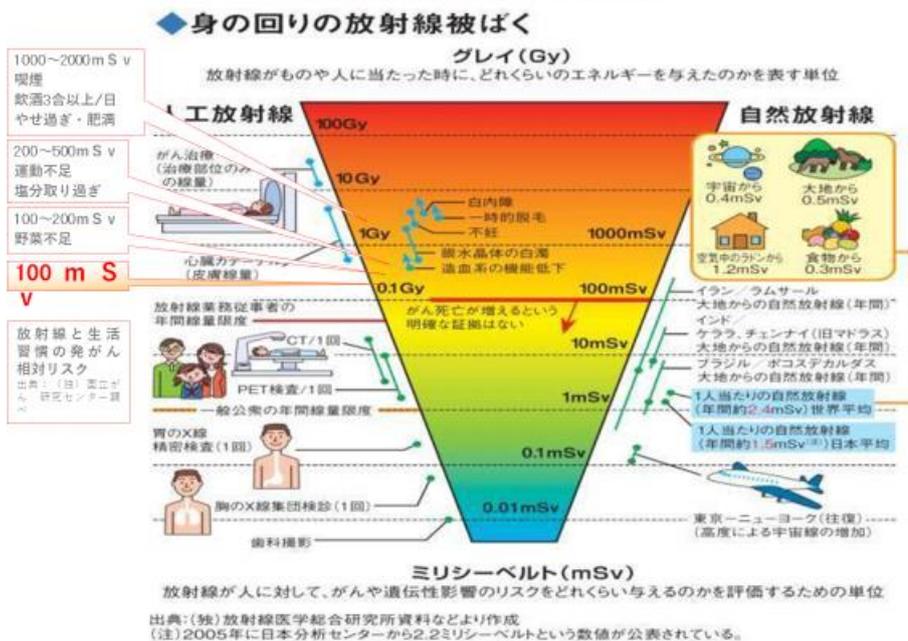
2)チェルノブイリ事故の被曝は最大約 5,000mSv、平均約 100mSv。

福島事故は最大 25mSv、平均 0.8mSv。

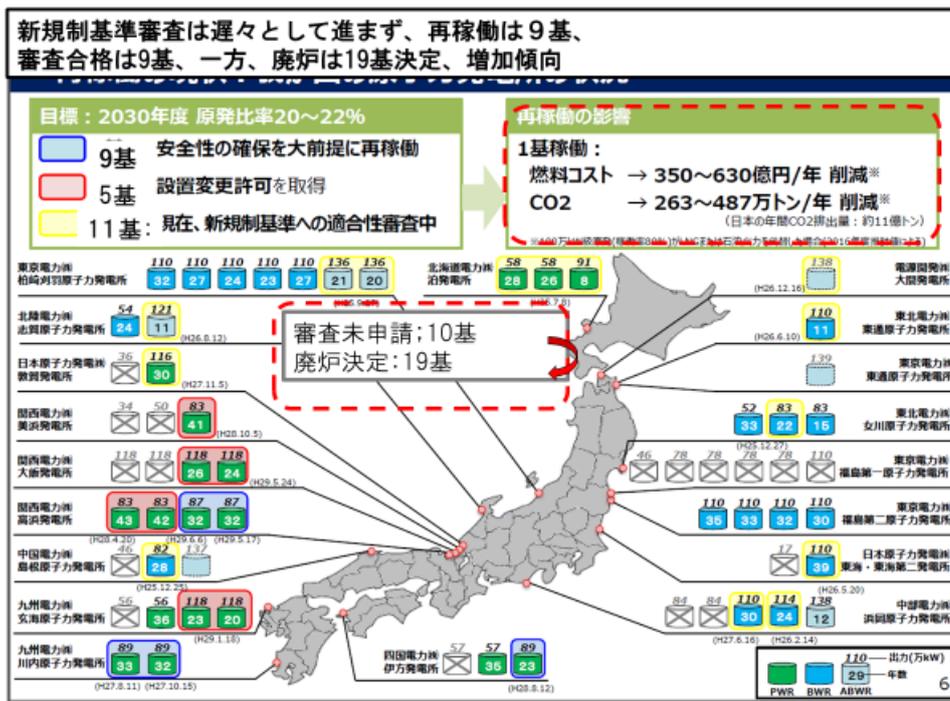
3)100mSv 以下の被曝は生活習慣病、たばこ等と区別がつかない。100mSv 以下の被曝は広島、長崎、チェルノブイリの被曝追跡調査から健康被害の報告は無い。

4) WHO(世界保健機構)や UNSCEAR(国連科学委員会)は独自の調査により、福島での被曝は健康に影響を及ぼすレベルではないと報告。

放射線の人体への影響

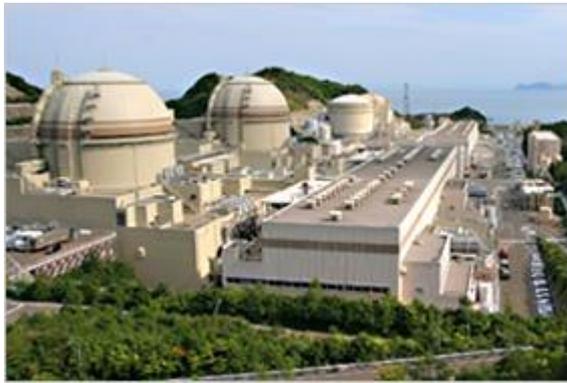


5. 2018年11月現在の原子力発電所の再稼働は9基、廃炉は19基から東北電力女川1号も加わり20基



原発ゼロの数年間には火力の焼き増しで年間 3.5 兆円超の化石燃料代が国外に流出

これまで新規基準審査合格は15基、内再稼働は9基(九電川内1, 2、玄海3, 4、関電高浜3, 4、大飯3, 4、四電伊方3、全てPWR)、地元了解未3基(東電柏崎刈羽6, 7、日本原電東海2)、運転延長準備中3基(関電美浜3、高浜1, 2)。



関電大飯 3, 4号機

・BWRの再稼働、北電泊3の再稼働が電力安定供給・万一のブラックアウト対策として待ち望まれる。

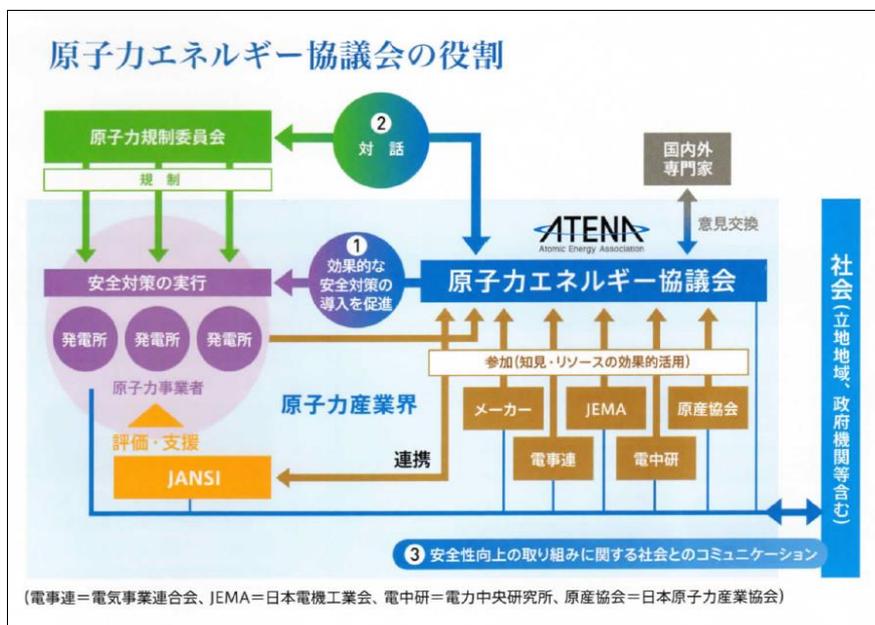


東京電力柏崎刈羽原発 5~7号機

・原子力規制委員会は当初半年で審査完了と目論んでいたが、実態は最初の合格まで2年半かかった。遅れの主要因は基準地震動の策定に規制当局が震源を特定しない地震動を強要しているためと言われている。エネルギー安全保障の観点から規制委員会の審査の迅速化が望まれる。

6. 原子力事業者の安全性向上促進と信頼回復のために

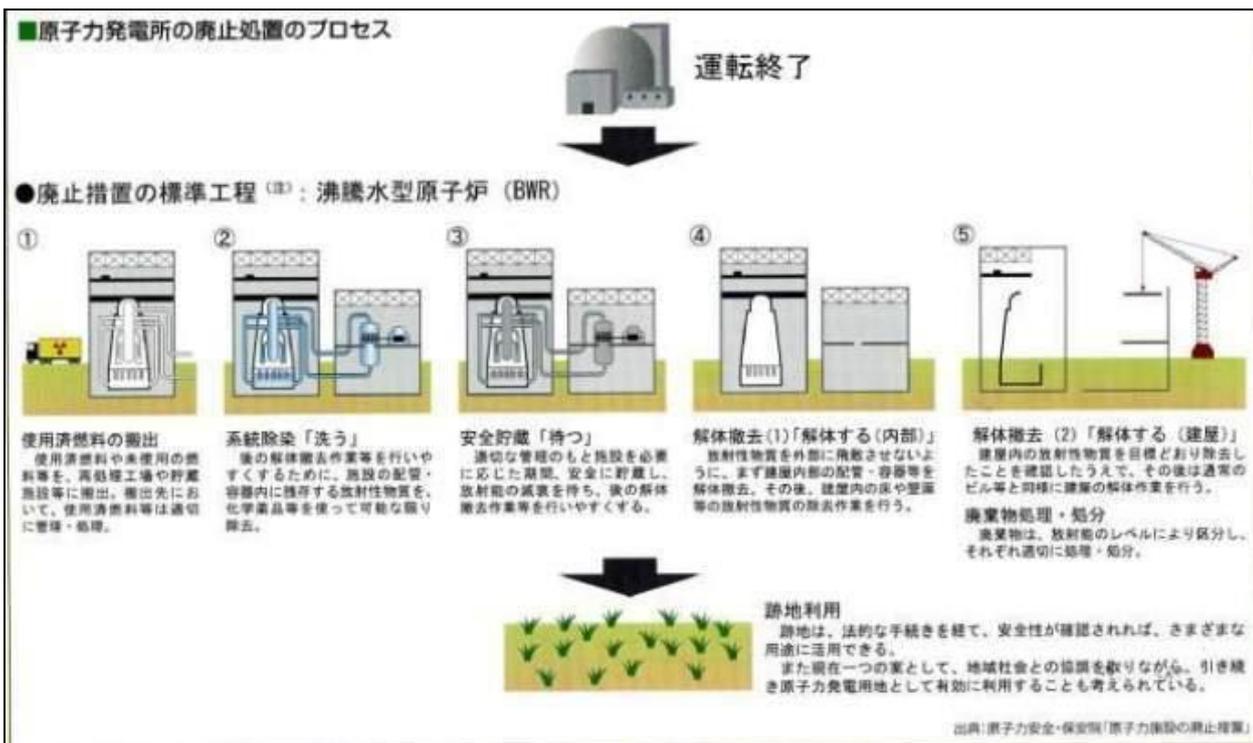
・東電福島第一原子力事故の後に原子力の安全性を向上させるための組織が産業界にできたが、これらはバラバラに電力事業者や規制委員会と対応していた。これらを一体となって束ねるために2018年7月に新たな組織として「原子力エネルギー協議会」(ATENA)が発足し、理事長にはメーカーである三菱重工の元原子力事業部長が就任した。



今後、この ATENA が原子力産業界を束ねて、原子力規制委員会と対話し、また対峙することが期待される。

7. 廃炉工事の実態

- ・廃炉となった原子力発電所がすでに 20 基と増えた。廃炉技術についてはこれまであまり一般に関心がなかつたこともあり、心配される向きもあるが、廃炉工事は今後ロボット技術等の進展により更に改善の余地はあるもののプロセスは既に確立しており、また実績もある。
- ・海外では米国やドイツで 11 基が完了し、日本では原研動力炉が 1996 年完了、現在ふげん、東海 1 号(ガス炉)、浜岡 1, 2 号、福島第 1~4 号が廃止措置工事中。
- ・廃炉に伴う解体廃棄物は約 54 万トン、うち 93%は放射性ではなく、5%がクリアランス対象(要検査)、2%が低レベル放射性廃棄物である。

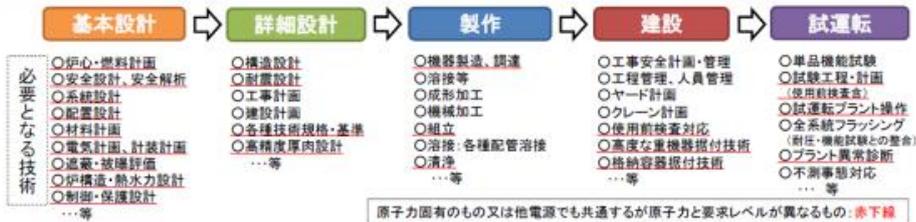


8. 原子力発電所建設の技術伝承は大丈夫か？

- ・日本でもっとも最近に営業運転を開始した原子力発電所は北海道電力の泊 3 号で、2009 年 12 月である。当時、建設中の原子力発電所は 3 基、着工準備中が 11 基もあったが、2011 年の東電福島事故以降、これらはすべて凍結された。新規建設が途絶えて PWR は 9 年、BWR は 12 年も経っている。
- ・原子力発電所の設計、建設に必要な技術は多岐、広範にわたり、工学のすべての分野の総合技術を必要としている。再稼働や廃炉では経験できない技術が非常に多い。

原子力発電所の設計・建設に必要な技術・人材

- (1) 原子力発電の設計・建設については、火力やその他の発電以上の安全性が要求される。物量が膨大で、高い品質が必要な作業となるため、高度なプロジェクトマネジメント、エンジニアリング能力が要求される。
- (2) プラント建設や運転・保守における知識・経験を、技術開発にフィードバックし、プラントの継続的な安全性向上が図られてきた。
- (3) 建設・運転・保守の知識・経験を蓄積し、より高い安全性を実現するためには、原子力発電所の運転が少ない状況が障害となりうる。

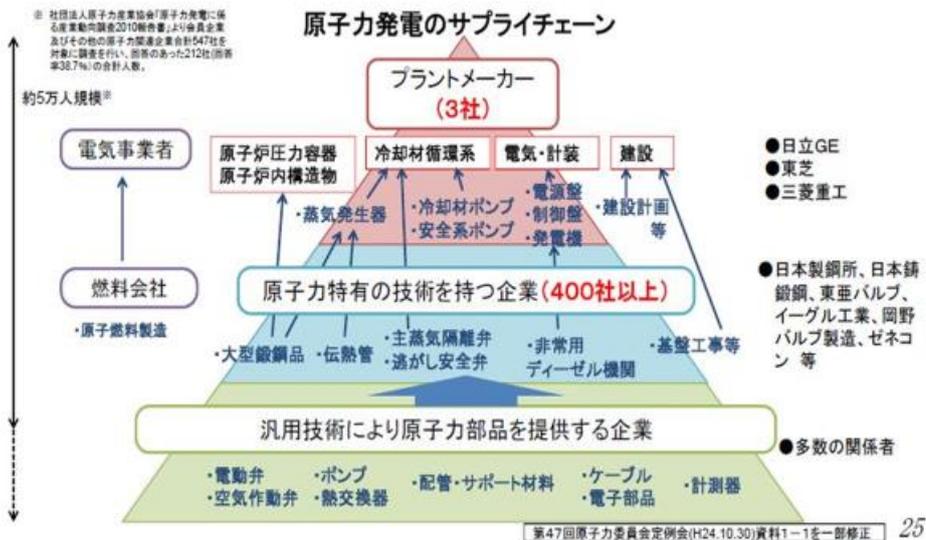


各工程における経験の蓄積と技術開発とのフィードバック



・また原子力産業のすそ野は広く、原子力産業界には約 8 万人が従事している。。建設が途絶えるとサプライチェーンが消失してしまう恐れがある。

原子力発電は高度技術・産業の総合



・技術は実践により人から人へ伝承されるものなので 10 年以上も途絶えると危機的である。英国や米国では30年以上も建設が途絶えたために自国のメーカー独力では原子力発電所建設が出来なくなって中国、フランスなどに依存しようとしている。我が国も将来原子力発電所の建設をしようとしても中国などから輸入しなくてははいけなくならないように、建設中 3 基の建設再開、計画中の着工を出来るだけ早期に開始しなければならない。

・しかし、そのためには信頼回復、規制委員会の迅速な審査、電力自由化の下での電力会社の財務体質改善、政府による優遇策などが必要で、障壁は非常に高い。

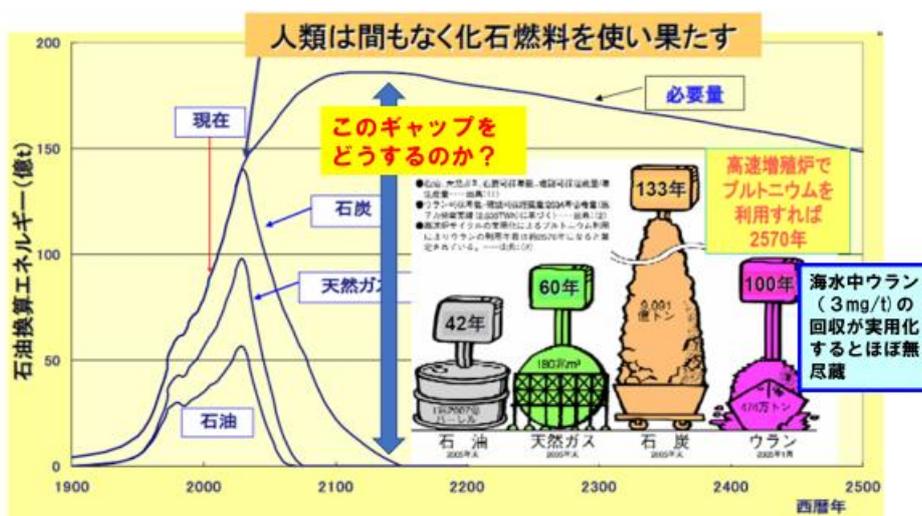
・別の打開策として輸出があるが、現在英国で日立が ABWR を、トルコで三菱重工が ATMEA1 (120 万 kw 級 PWR) を FS 中であるが、見通しは明るくなく前途多難である。

・原子力の信頼回復のためには安全性により優れた原子炉の開発も必要であり、小型炉 (SMR)、高温ガス炉などの開発が既に米国では進められており、我が国でもメーカーが中心になって開発が始められようとしている。

第5部 それでも原子力が必要な理由(わけ)

1) 化石燃料は有限、21 世紀末には石油、天然ガスはほぼ枯渇。

化石燃料資源は有限である



2) 石炭はまだ残るが、二酸化炭素排出。CCS(二酸化炭素回収・貯蔵)は経済性と貯蔵適地が困難。

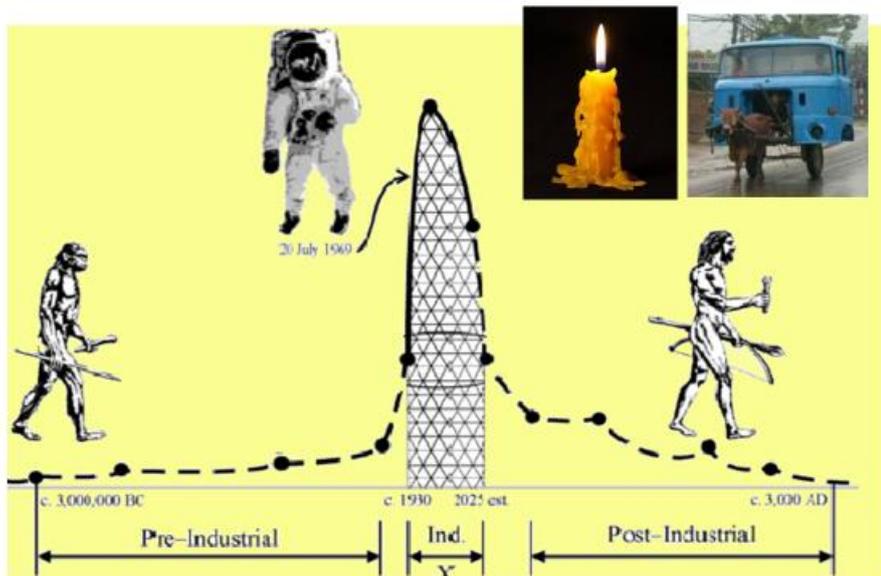
3) 再生可能エネルギー(太陽光、風力)が自立電源となるにはハードルがあまりにも高い。

4) 代替エネルギー(例:核融合)が確立するまでは原子力技術を維持しなければならない。

【エピローグ】

地球上で何億年も前に植物や動物の死骸が化石となった化石燃料を人類は 1700 年代の産業革命以来僅か 400 年で消費尽くしてしまうだろう。その後はまた元の蠟燭と牛馬に頼る原始人になるのだろうか

EPILOGUE



【推奨参考図書】

「憂国の原子力誕生秘話」 後藤茂著、エネルギーフォーラム新書、2012 年 9 月

「とことん語る福島事故と原子力の明日」、エネルギー新書、日本電気協会新聞部、2012 年 5 月

「福島原発事故はなぜ起こったか～政府事故調核心解説」畑村洋太郎他、講談社、2013 年 4 月

「原発は安全か～たった一人の福島事故報告書」竹内純子著、小学館、2017 年 1 月

「復興の日本人論～誰も書かなかった福島」川口マーン恵美著、グットブックス、2017 年 11 月

「低線量放射線を超えて」宇野賀津子著、小学館 101 新書、2013 年 8 月

「「反原発」の不都合な真実」藤沢数希著、新潮新書、2012 年 2 月

「脱原発が地方を滅ぼす」産経新聞九州支局、産経新聞出版、2013 年 4 月

「ドイツの脱原発がよくわかる本～日本が見習ってはいけない理由」川口マーン恵美著、草思社、2015. 4

「それでも原発が必要な理由」櫻井よしこ、奈良林直共著、WAC、2017 年 5 月

「小池・小泉の「脱原発」のウソ」金子熊夫、小野章昌、河田東海夫共著、飛鳥新社、2017 年 11 月

「誰も知らなかった小さな町の原子力戦争」田嶋裕起著、WAC、2008 年 3 月