

SNW対話イン北九州工業高等専門学校 2022、基調講演

大規模インフラ施設
“新幹線”と“原子力発電所”
～ 「長期運用」からの比較・分析 ～

2023年1月8日

日本原子力学会シニアネットワーク(SNW)会員

路次安憲

目 次

講師のプロフィール	.....	3
I. 全般事項	.....	4
本稿で述べたいこと、本稿執筆のきっかけ 新幹線と原子力発電所の歴史概略		
II. 「長期運用」の観点での比較分析	.....	14
対象は全設備、耐用年数は千差万別、積極的な更新 社会的寿命もある、未更新個所も多い 新幹線と原子力発電所のおもな相違点		
III. 新幹線、原子力発電所の新增設の必要性	.....	35
基本認識、新幹線と原子力発電所の新増設 海外展開		
終わりに当たって、学生のみなさんへ	.....	49

講師のプロフィール

1968年 京都大学理学部物理学科卒業

1970年 京都大学工学研究科原子核工学修士課程修了

1970年 三菱電機(株)入社

* PWR型原子力発電所向け電気・計装制御システムの開発・設計・建設業務(関電大飯3、4号機等)などに従事。

2000年 三菱電機を退職して通産省(現経済産業省)に勤務

* 原子力安全・保安院において、高経年化対策等の審査業務に従事。

2006年 経産省を定年退官、三菱電機(株)に再就職 (2021年退職)

* 原子力発電所向けシステムの品質保証業務、技術伝承業務、廃止措置対応業務などに従事。

* 京都大学鉄道研究会会員

I . 全般事項

I -1. 本稿で述べたいこと

* “新幹線”と“原子力発電所”は、両者とも国民にとって重要かつ大規模なインフラ施設であることから、可能な限り長く運用することが国民の利益に叶うものである。そのような観点から、

(1) 両者がどのような方策で「長期運用」を維持しているのかを概観し、
類似点・相違点を比較・分析する。

(2) 重要なインフラ施設を今後とも可能な限り自分たちの手で支えるためには、
「人材」及び「サプライチェーン」の維持・向上が不可欠であり、
そのためには、新增設や海外輸出等への注力が必要であることに言及する。

* 本稿においては、原則として「東海道新幹線」「PWR型原子力発電所」をそれぞれの代表例として論ずることとする。

I 一2. 本稿執筆を思い立ったきっかけ

* 10数年前の話となるが、原子力発電と新幹線を比較して、原子炉容器の長期運用を批判しているコラムを見たことがある。

要旨以下のような内容であった。

『40年前に開業した東海道新幹線の開業時の車両(0系)は老朽化してすでに東海道から引退して新型車両に更新されている。ところが原発は、同じ原子炉がそのまま40年も使い続けられようとしている。危険ではないか』

* これを受けた私の感想は、

(1) 原子力発電所を説明する上で、同様に大規模なインフラ施設でありながら人々に身近な存在である新幹線を題材としている発想は素晴らしい。

(2) ただ、内容的には、新幹線の車両と原子炉容器を比較対象とするのはおかしいのではないか。木を見て森を見ない議論である。

* あらためて、自分の眼でシステム全体を俯瞰しながら比較・分析してみようと思い立った。

I-3. 新幹線と原子力発電所の歴史概略

I-3-1. 新幹線



我が国の大動脈
東海道新幹線

これまた大動脈である
名神高速道路と並走

大山崎(京都・新大阪間)
にて撮影
(2019年3月5日)

* 新幹線は「高速鉄道」のコンセプトを世界に広めるとともに、開業以来安全な高速大量輸送機関として君臨し、絶大な経済効果をもたらすとともに、我々のライフスタイルをも変化させる存在となっている。

* 1964年10月(先の東京オリンピック開催の年)に東海道新幹線(東京～新大阪)が開通するとともに次々と新しい路線が建設されてきた。最新のものは2022年9月23日に開業した西九州新幹線(武雄温泉～長崎)である。現在の総延長距離は2,830kmに達している(注1)。



伊吹山麓を疾走する(2014年10月1日撮影)



← 開業初日の東海道
新幹線(大山崎)
(1964年10月1日撮影)

最新の西九州新幹線 →
(長崎駅)
(2022年10月11日撮影)

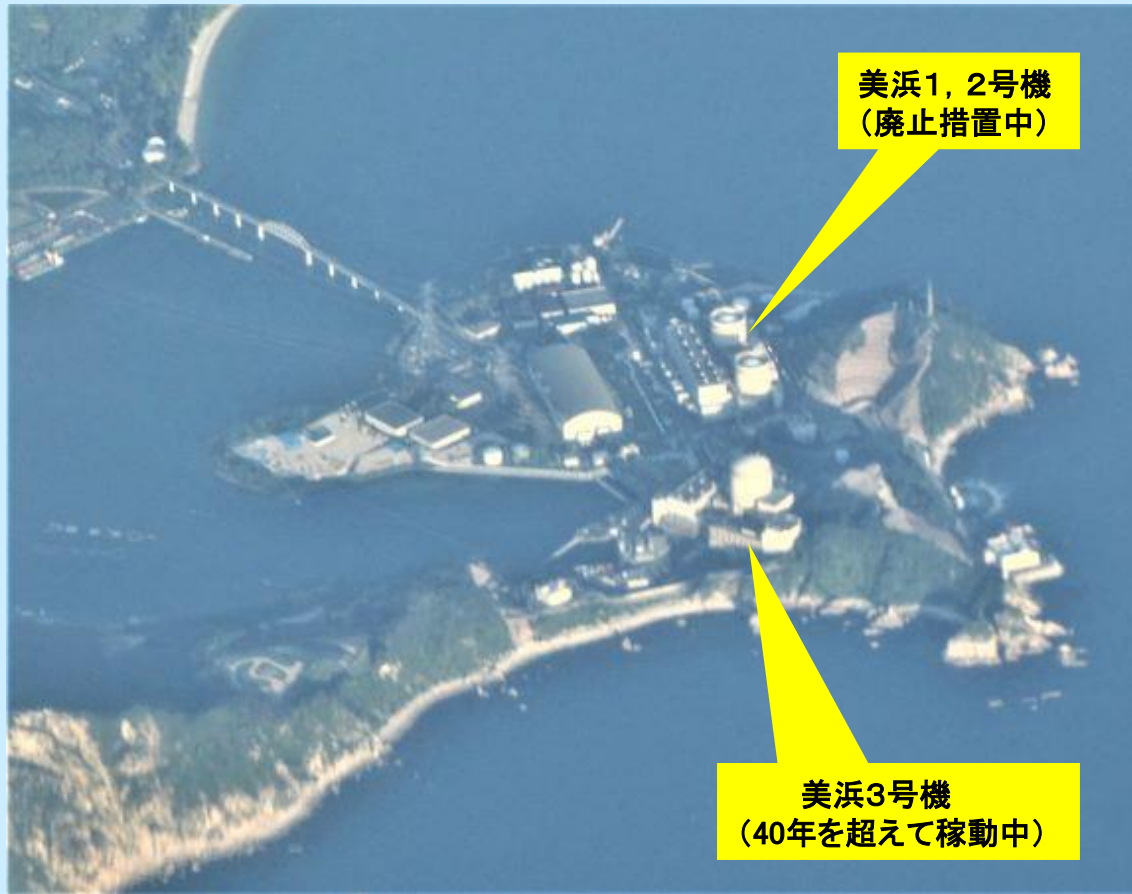


(注1)ミニ新幹線(山形、秋田)及び在来線扱い(上越ガーラ湯沢線)を除いた数値

新幹線の発展概要

年月日	線名	区間等
1964年10月1日	東海道	東京～新大阪 全通 (我が国初の新幹線)
1975年3月10日	山陽	新大阪～博多 全通
1982年6月23日	東北	大宮～盛岡 開通
1982年11月15日	上越	大宮～新潟 全通
1991年6月20日	東北	大宮～東京 開通
1997年10月1日	北陸	高崎～長野 開通
2010年12月4日	東北	盛岡～新青森 開通 (東北新幹線全通)
2011年3月12日	九州	博多～鹿児島中央 全通
2015年3月14日	北陸	長野～金沢 開通 (北陸新幹線全通)
2016年3月26日	北海道	新青森～新函館北斗 開通
2022年9月23日	西九州	武雄温泉～長崎 開通

I-3-2. 原子力発電所



わが国初のPWRである
関西電力美浜発電所

1, 2号機は廃止措置中
3号機は40年を超えて運
転中

4号機の新設が取り沙汰
されている

新千歳～伊丹の航空機から2021年7月17日撮影

* 最初の商業用原子力発電所はイギリスから導入されたガス炉(日本原子力発電(原電)の東海発電所、1966年7月運開)であったが、耐震性の問題等からその後は**米国型の軽水炉が運用されてきている。**

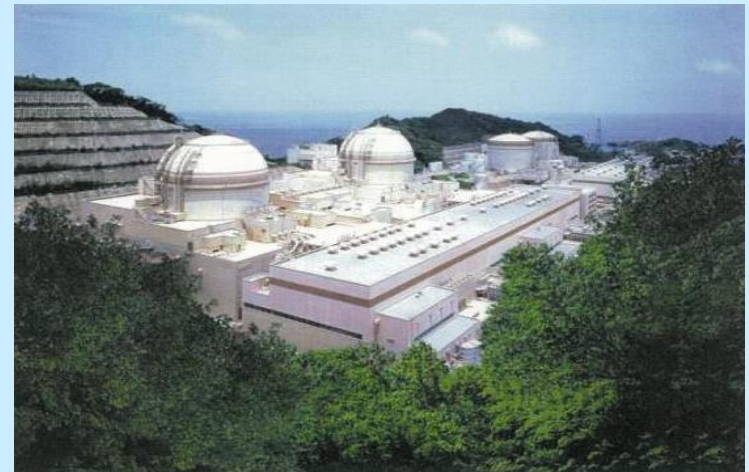
* 初号機は1970年3月運転開始の原電敦賀1号機(BWRの初号機)、次いで関電美浜1号機(PWRの初号機)そして東電福島第一1号機(BWR)となっている。

* 1973年のオイルショック以降は電源多様化(ベストミックス)の必要性から、原子力発電所の建設が加速され、**2000年～2005年には最高で年間発電電力量の約34%に達していた。**

* 2011年3月11日に発生した東日本大震災に伴う福島第一原子力発電所事故により、状況は一変、“**原子力冬の時代**”へ。



昭和45年8月8日
大阪万博



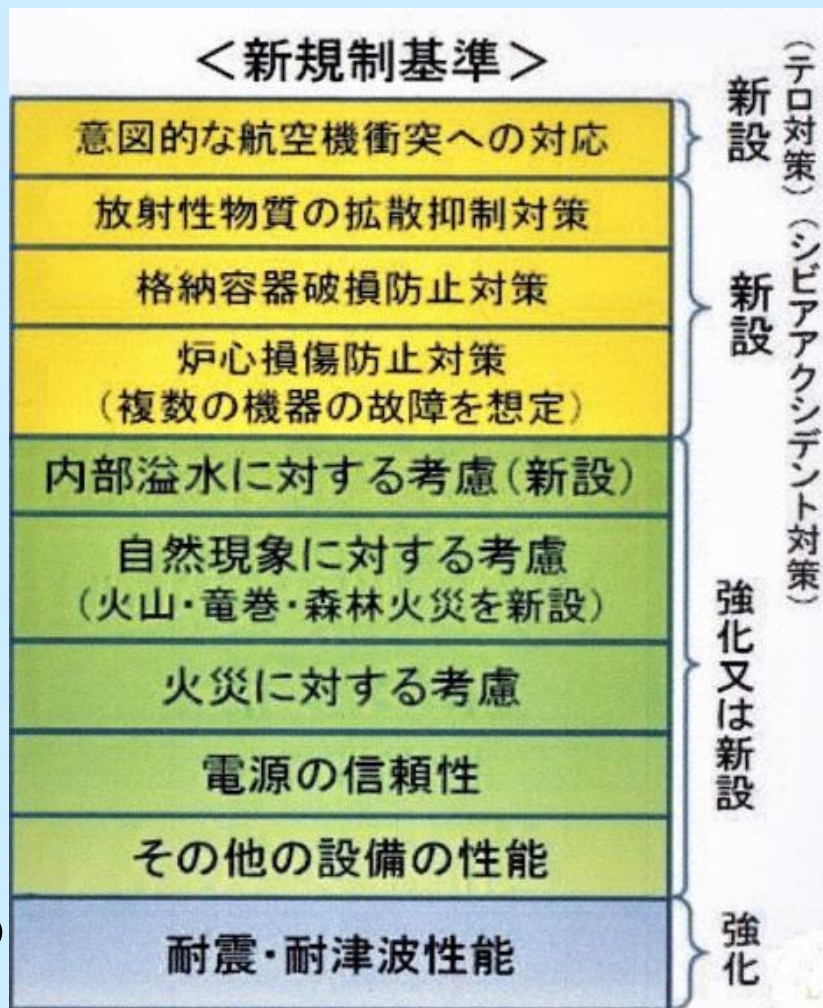
関西電力大飯原子力発電所
向こう側から1～4号機の順で、電気出力の合計は
4,710MW (471万kW) (1、2号機は廃止措置中)
(関西電力パンフレットより)

* 福島第一原子力発電事故を真摯に反省した原子力界は、安全性を抜本的に向上すべく「新規制基準」を策定し、全原子力発電所にバックフィット適用するものとした。

* 時の民主党政権によって原子炉等規制法が改定され、運転許容期間が最大60年と定められた(40年+20年)。

* この結果、小容量の発電所は採算が厳しくなり「廃止措置」を選択した結果、運転可能性のある原発は現時点では最大で36基となっている(次頁参照)。

* 一方、最近の世界情勢(ロシアによるウクライナ侵略、カーボンニュートラルの必要性)から原子力への期待が高まり、政府は60年を超える運転、新型軽水炉等によるリプレースを表明している。

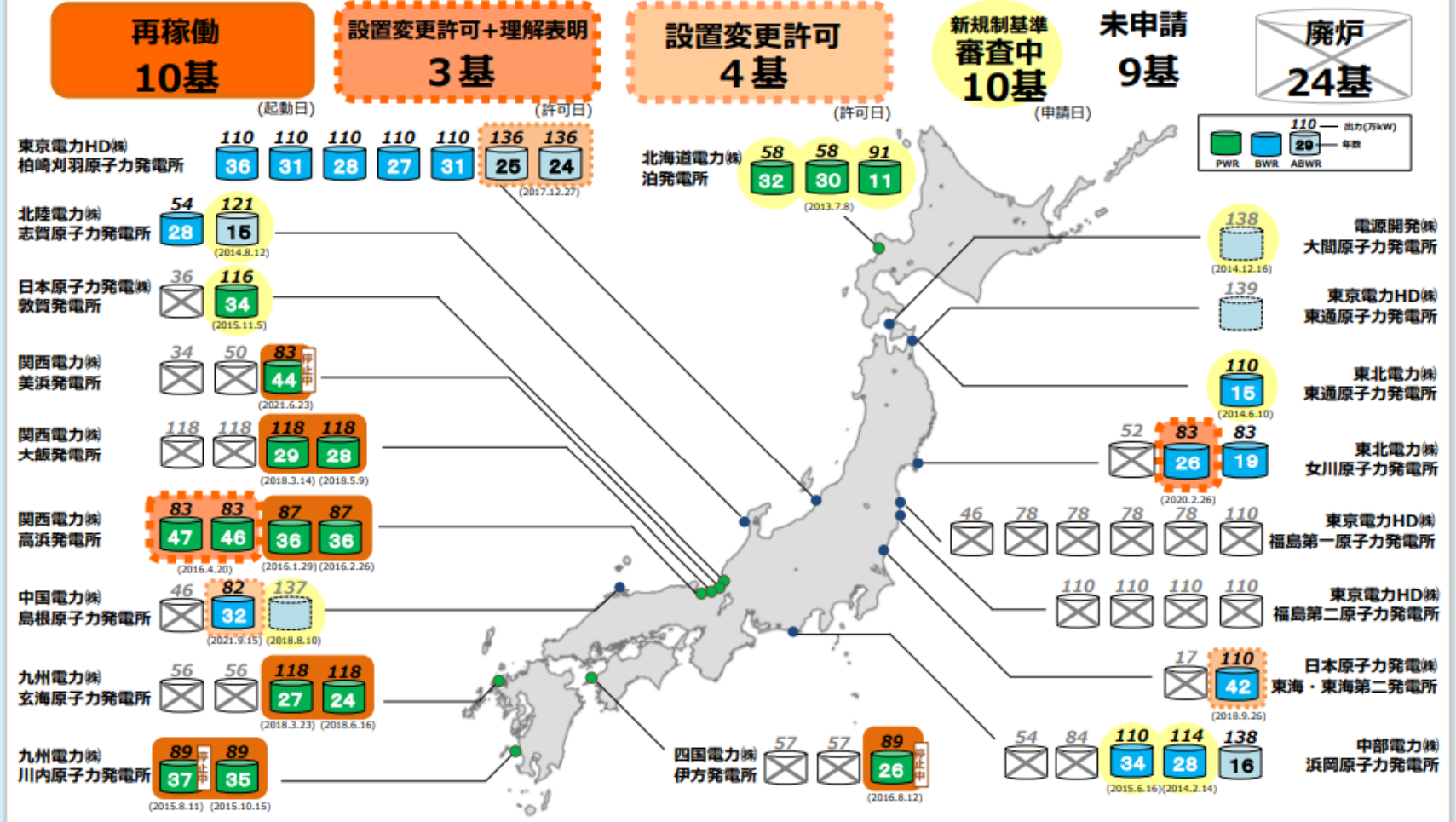


(原子力規制委員会ホームページより)

(参考) 原子力発電所の現状

2021年11月15日時点

- エネルギーミックスの実現に向け、設備利用率の向上や40年超運転も含め、安全確保を大前提として、地元の理解を得ながら再稼働を進める。



(「エネルギー政策の現状(第6次エネルギー基本計画について)(令和3年11月、資源エネルギー庁)より)

我が国の
原子力発電所
(2022年末現在
、経年順)

NO.	電力会社名	プラント名称	型式	運転開始日	経年	備考
1	関西電力	高浜1号機	PWR	1974年11月14日	48	設置変更許可済
2	関西電力	高浜2号機	PWR	1975年11月4日	47	設置変更許可済
3	関西電力	美浜3号機	PWR	1976年12月1日	46	設置変更許可済
4	日本原子力発電	東海2号機	BWR	1978年11月28日	44	設置変更許可済
5	九州電力	川内1号機	PWR	1984年7月4日	38	設置変更許可済
6	関西電力	高浜3号機	PWR	1985年1月17日	37	設置変更許可済
7	関西電力	高浜4号機	PWR	1985年6月5日	37	設置変更許可済
8	東京電力	柏崎刈羽1号機	BWR	1985年9月18日	37	
9	九州電力	川内2号機	PWR	1985年11月28日	37	設置変更許可済
10	日本原子力発電	敦賀2号機	PWR	1987年2月17日	35	新規制基準審査中
11	中部電力	浜岡3号機	BWR	1987年8月28日	35	新規制基準審査中
12	中国電力	島根2号機	BWR	1989年2月10日	33	設置変更許可済
13	北海道電力	泊1号機	PWR	1989年6月22日	33	新規制基準審査中
14	東京電力	柏崎刈羽5号機	BWR	1990年4月10日	32	
15	東京電力	柏崎刈羽2号機	BWR	1990年9月28日	32	
16	北海道電力	泊2号機	PWR	1991年4月12日	31	新規制基準審査中
17	関西電力	大飯3号機	PWR	1991年12月18日	31	設置変更許可済
18	関西電力	大飯4号機	PWR	1993年2月2日	29	設置変更許可済
19	北陸電力	志賀1号機	BWR	1993年7月30日	29	
20	東京電力	柏崎刈羽3号機	BWR	1993年8月11日	29	
21	中部電力	浜岡4号機	BWR	1993年9月3日	29	新規制基準審査中
22	九州電力	玄海3号機	PWR	1994年3月18日	28	設置変更許可済
23	東京電力	柏崎刈羽4号機	BWR	1994年8月11日	28	
24	四国電力	伊方3号機	PWR	1994年12月15日	28	設置変更許可済
25	東北電力	女川2号機	BWR	1995年7月28日	27	設置変更許可済
26	東京電力	柏崎刈羽6号機	BWR	1996年11月7日	26	設置変更許可済
27	東京電力	柏崎刈羽7号機	BWR	1997年7月2日	25	設置変更許可済
28	九州電力	玄海4号機	PWR	1997年7月25日	25	設置変更許可済
29	東北電力	女川3号機	BWR	2002年1月30日	20	
30	中部電力	浜岡5号機	BWR	2005年1月18日	17	
31	東北電力	東通1号機	BWR	2005年12月8日	17	新規制基準審査中
32	北陸電力	志賀2号機	BWR	2006年3月15日	16	新規制基準審査中
33	北海道電力	泊3号機	PWR	2009年12月22日	13	新規制基準審査中

Ⅱ. 「長期運用」の観点での比較・分析

Ⅱ－1. 対象は全設備

* “新幹線”“原子力発電所”ともに、当然ながら、当該インフラ施設を構成する全設備(機器・構造物)を点検・耐用年数評価等の対象としている。
主要設備の例を以下に示す。

設備	新幹線	原子力発電所
土木関連設備	高架橋、トンネル、橋梁、駅舎	港湾設備、原子炉建屋、 取水・排水設備
機械関連設備 動的設備	線路、架線構造物 車両	原子炉容器、タンク類、 タービン、ポンプ
電気関連設備	変電設備、架線	発電機、開閉所、配電設備
計装制御・情報 関連設備	信号・制御システム(CTC、ATC 等)、旅客案内システム	中央計装システム、原子炉制御 保護設備、警報設備

Ⅱ-2. 耐用年数は千差万別

- * 当然のことながら、耐用年数は機器・構造物によって千差万別である。
しかも、同じ機器・構造物でもそれぞれの素材や製造方法、環境や使用条件等によっても耐用年数は異なってくる。
インフラ施設どうしを比較・評価する場合にもこの点の認識が重要である。
 - * 新幹線車両を例として考察すると、一口に車両と言っても多くの機器・構造物から成り立っていて、劣化の度合いはそれぞれ異なっていることが見て取れる。
 - ・最も過酷な条件に晒されている台車では、走行距離80万kmまたは20ヶ月以内(注2)に解体検査を行って、一定以上の磨耗のみられる車輪などを取り替えている。
 - ・パンタグラフのすり板などは、30日または走行距離3万km以内に行われる交番検査において必要があれば交換されており、いわば消耗品的な扱いである。
 - ・車体全般に対しては、160万kmまたは40ヶ月以内(注2)に全般検査が行われる。
- (注2)いずれも2022年4月からN700S、N700A車両に適用される新基準。
それまでは、それぞれ、60万kmまたは18ヶ月以内、120万kmまたは36ヶ月以内であった
(周期延伸に係る活動を次頁に示す)

別紙 1

全般検査・台車検査の周期延伸

○ 周期延伸に取り組む背景

- ・東海道新幹線では、新型車両の積極的な投入や、走行中の車両データの監視体制の確立により、車両故障の件数を減少させるとともに、故障の未然防止を図るなど、より高い信頼性を実現してきました。



N700A(2013年～)



N700S(2020年～)



車両データの監視体制

○ 周期延伸に向けた取り組み

- ・過去3年分(平成25～27年度)の検査・修繕実績を検証した結果、部品の経年劣化による車両故障は発生しておらず、十分な信頼性・耐久性を有することを確認しました。
- ・平成29年7月から令和3年4月にかけて、現行の周期を延伸した走行試験を実施し、台車部品等、約130項目にわたる詳細な分析を行いました。この結果、一部の検査を強化することで、検査周期を延伸しても安全性に問題がないことを確認しました。

※社外の有識者を交えた検討委員会で確認



軸受の劣化状態分析



潤滑材の成分分析



ゴム・金属部品の強度試験

(「東海道新幹線車両における全般検査・台車検査の周期延伸について」(2022年2月17日、東海旅客鉄道株式会社)より)

Ⅱ－3. 積極的に更新されている

Ⅱ－3－1. 新幹線の更新例

- * 機器・構造物の劣化状態を点検し、保守を行うことを基本に、部品交換、全面更新も積極的に実施。
- * 列車の走行に伴って摩耗等の影響が顕著な線路(レール)、架線(パンタグラフと擦れ合うトロリー線)が更新の代表例。
- * さまざまな自動化、機械化が進行中
 - ・右の写真は新幹線レール交換システム(JR東日本)
 - ・次頁はトロリー線摩耗検知システム(JR東海)
- * 「車両」も頻繁に更新 ⇒ 「Ⅱ－4.」



初代“ドクターイエロー”
(西明石駅、1990年5月30日撮影)



警報トロリ線摩耗検知システムの概要

○警報トロリ線

断面図



通常のトロリ線



警報トロリ線

検知線を埋め込み



○警報トロリ線による摩耗検知のしくみ

(註)最新型は検知線として光ファイバを利用



摩耗進行



検知線の断線等



③警報発出

①車両に搭載しているパンタグラフはトロリ線に接触しながら進行するため摩擦によりトロリ線に摩耗が発生

②検知線の断線等により摩耗の進行を検知

(「東海道新幹線 新型警報トロリ線摩耗検知システムの導入について」(2020年9月4日、R東海)より)

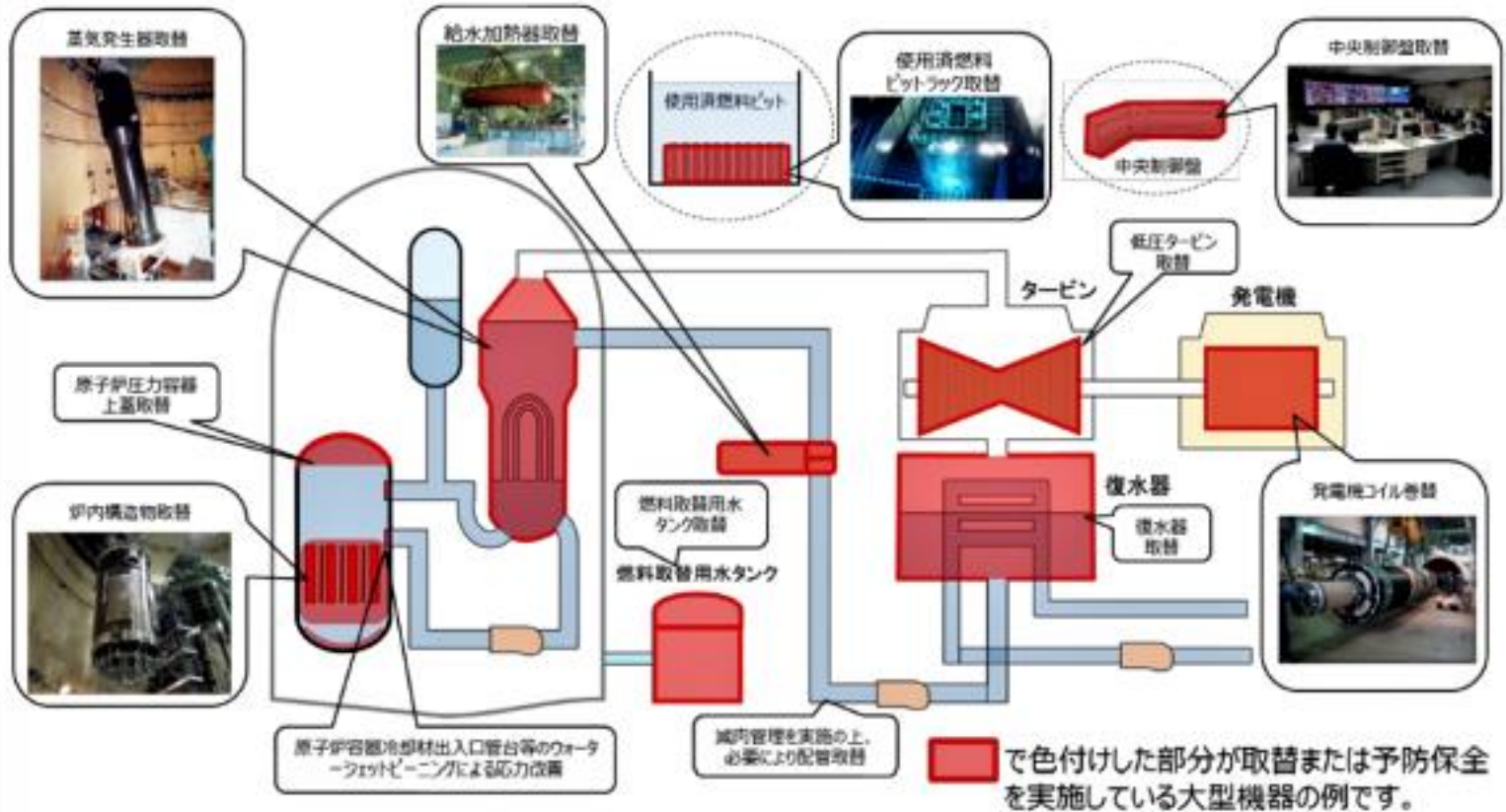
Ⅱ－3－2. 原子力発電所

- * 新幹線と同様、関係するすべての機器・構造物の劣化状態を点検しながら、**保守(補修)、部品交換、全面更新を選択、実施**
- * 「安全最優先」の文化的風土から、「**十分な予防保全**」(注3)としての前広な更新が行われている。
- * マスメディアなどでは、運転年数の長い原発は具体的な内容を吟味することなく「**老朽原発**」などと呼ばれることも多いが、中身は全く異なる。**新品のオンパレードとなっているプラントも多い。**
- * 関西電力美浜3号機の更新例を次頁に示す。

(注3)トラブルが起きないように予防するために行うという考え方に沿った設備保全。
原子力の場合はその時期や周期をできるだけ前倒ししようとの風土がある。

原子力発電所では主要機器も積極的な更新が行われている

原子力発電所の大型機器の取替（美浜3号機の例）



（出典）電気事業連合会より提供

（「原子力のポテンシャルの最大限発揮と安全性の追求」(令和3年4月14日、資源エネルギー庁)より)

Ⅱ-4. 「社会的寿命」も存在

- * 寿命
 - (1) 物理的(技術的)寿命
 - (2) 社会的(経済的)寿命

(1) 物理的(技術的)寿命

経年劣化等の物理的現象によって当該機器・構造物に求められる機能や性能が達成できなくなる(耐用年数に達した)こと。

(2) 社会的(経済的)寿命

物理的にはまだ使用可能であるが、以下の理由で寿命と判断。

- ① 当初定められた機能や性能自体が世の中のニーズに後れを取ってきている
- ② 製品の技術進歩が急激で、使用されている部品の製造中止等によって保守等に支障をきたすようになっている
- ③ 当該インフラの運営が、経営的に現実的でないと判断された時。
(例; 福島第一原発事故後の小容量原発の廃止措置選択)

* 新幹線の場合には「車両」が社会的寿命の典型例であり、原子力発電所においては、「中央計装システム」がこれに近い存在であろう。

東海道新幹線における車両更新例

* 開業以来次々と更新が行われているが、
以下に例示するような理由による
「社会的寿命」も大きな要素を占める。

①速度向上

主として航空機との競争から、

- ・最高速度向上 (210km/h→285km/h)
- ・曲線部の速度向上 (車体傾斜)
- ・加減速性能向上

②車両デザイン、車内設備向上

③省エネルギー

④走行機器類の信頼性向上

* もちろん、車体の金属疲労などによる
物理的寿命もある。

(鋼製車体の腐食、300系以降のアルミ車体での
圧力変動による変形等)



(上)開業初期の「0系」車内
(Wikipediaより)

(下)最新鋭の「N700S」車内
(2022年4月1日撮影)



東海道新幹線車両の主要な変遷



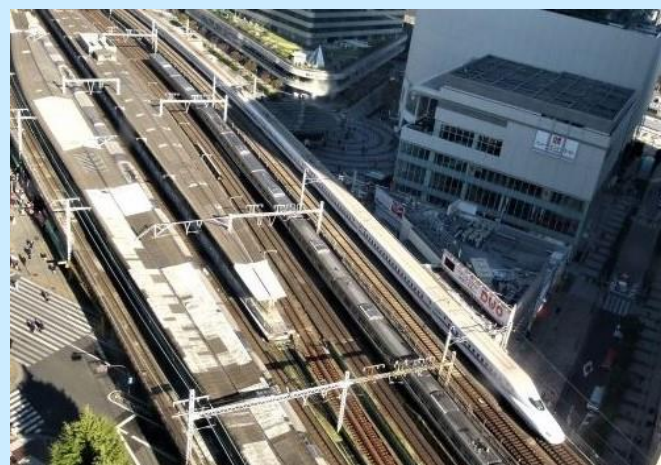
東海道新幹線開業初日のO系ひかり号
(大山崎にて、1964年10月1日撮影)



2階建て車両4両を組み入れた100N系グランドひかり
(博多南車両基地にて、1991年5月22日撮影)



大幅な速度向上を実現した300系(左)と500系(中央)
(静岡駅、1998年11月16日撮影)



現在の主力車種であるN700系
(有楽町付近の俯瞰 2015年11月4日撮影)

原子力発電所中央計装システム更新例

- * 原子力発電所は安くて安定した電力を届けることが最大の目的であり、一般の人々と触れ合う場所でもないことから、社会的寿命による更新圧力はそれほど大きくはない
- * その中において“中央計装システム”(注4)は、
 - ①運転員の負担軽減、ヒューマンエラー低減
 - ②デジタルトランスフォーメーション等の技術進歩を取り入れる要請等の理由から社会的寿命が優先される例である。
- * 中央計装システムの更新は、原子炉系統やタービン発電機系統の制御・保護設備のデジタル化更新と合わせて大規模に行われるのが一般的である。

(注4)中央制御室において運転員が発電所全般の遠隔監視、運転制御を司る上で必要となるツール・装置等の全般を指す。

中央制御盤のデジタル化更新

新規制基準適合のため対策工事等を実施

最新の技術導入

- 中央制御盤の視認性、操作性等の向上
- 待機所として免震事務棟の設置



最新設計の中央制御盤のデジタル式への取替え(イメージ)

(関西電力ホームページ「高経年化対策—当社の40年以降運転に向けた取り組み—」より)

Ⅱ-5. 未更新の設備も多い

十分な点検・保修(補修)をした上で、「安全に使用可能なものは使い続ける」との思想で新幹線も原子力発電所も一致している。

Ⅱ-5-1. 新幹線

- * 新幹線を構成する機器・構造物の中では、土木系の鉄橋(鋼橋:鋼製桁の橋梁)、高架橋(コンクリート橋)、トンネルなどが更新されていない代表例である。
- * 新幹線の鋼橋、コンクリート橋、トンネルは、自然現象に加えて多頻度な列車の通過による荷重、振動等に晒されることから、入念な検査と、変状が生じた際の当該箇所の補修・補強が行われている。
- * 東海道新幹線においては、2013年から「大規模改修工事」が実施されている。これは、鋼橋、コンクリート橋、トンネルの各構造物において「予防保全」として変状発生を抑止する対策を実施し、その後引き続き状態を観察の上、必要な箇所に部材取替等の根本的で総合的な改修を実施するもの。2019～2022年度における追加の計画例を次頁に示す。

東海道新幹線 大規模改修工事の例

表 大規模改修工事

構造物種別	鋼橋	コンクリート橋	トンネル
実施イメージ			
主な工事内容	<ul style="list-style-type: none"> ・橋桁の接合部の補強 ・橋桁を支える部材の取替、補強 	<ul style="list-style-type: none"> ・コンクリート表面を鋼板で保護 	<ul style="list-style-type: none"> ・トンネル裏の隙間を充填 ・ロックボルトで補強

(「東海道新幹線 大規模改修工事の今後の計画について」(2019年10月7日、東海旅客鉄道(株)より) ←

Ⅱ－5－2. 原子力発電所

*「Ⅱ－3－2.」で記述のとおり、運転開始後40年程度の原子力発電所においてはほとんどの機器・構造物が更新されている。

* 未更新の機器・構造物は、原子炉容器、原子炉格納容器、建屋（コンクリート及び鉄骨製）、港湾設備、取水口・排水口程度で、**土建関係構造物が多いことは新幹線と共通事象。**

* このうち、「**原子炉容器の中性子照射による脆化（注5）**」は、**新幹線には見られない原子力発電所特有の劣化事象である（次頁参照）。**

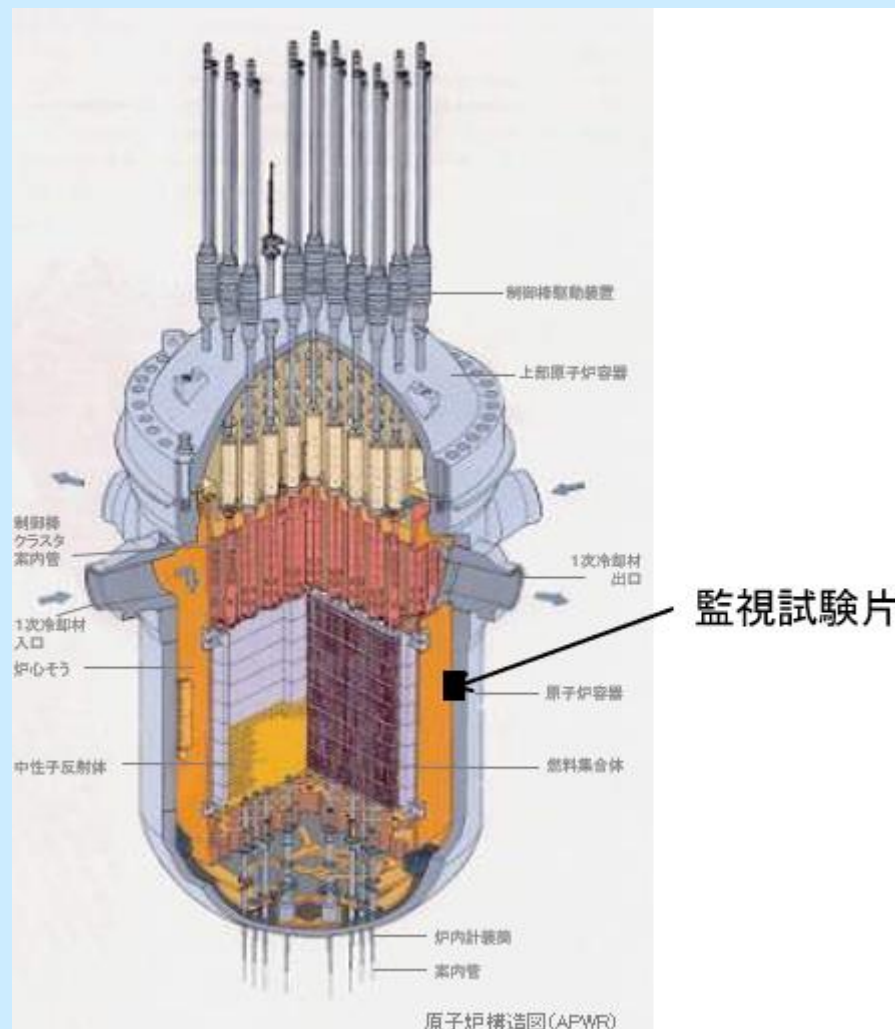
（注5）高エネルギーの中性子の照射により、原子炉容器（低合金鋼）の粘り強さが低下する（脆くなる）現象。万一の事故時に非常用炉心冷却装置が作動することにより、原子炉容器内に冷たい水が注入され急冷される事象（加圧熱衝撃事象）に対する原子炉容器の健全性評価が必要とされる。

原子炉容器の中性子照射脆化の評価

原子炉圧力容器の劣化(脆化)傾向を定量的に把握する目的で「監視試験片」を挿入している。

* 原子炉容器と同一材料の監視試験片を原子炉容器よりも中性子照射量が高いバッドル領域に設置して加速試験として実施(PWRの例)。計画的にこれを取り出して強度試験を行って、破壊靱性の変化を評価する。

* これまでの結果では、60年運転でも十分な健全性を保つものと評価されている。



Ⅱ－6. 新幹線と原子力発電所の主な相違点

Ⅱ－6－1. 規制機関の関与

- * 新幹線の場合は、鉄道事業者が状態を観察した上で、運用の安全性について自社の技術基準に照らして自主的に判断する。
- * 原子力発電所においても事業者が自社の技術基準に従って運用するのだが、経年劣化に係る技術評価自体が国(原子力規制委員会)の審査対象となっている。
- * 規制委員会(規制庁)が「実用発電用原子炉施設における高経年化対策審査ガイド及び実施ガイド」を作成しており、電気事業者(電力会社)は個別プラント対応で、運転開始後30年の時点からそれらガイドに基づいた「高経年化技術評価」を実施して規制委員会の審査を受ける。
- * 高経年化技術評価の流れを次頁に示す。

高経年化技術評価の概要

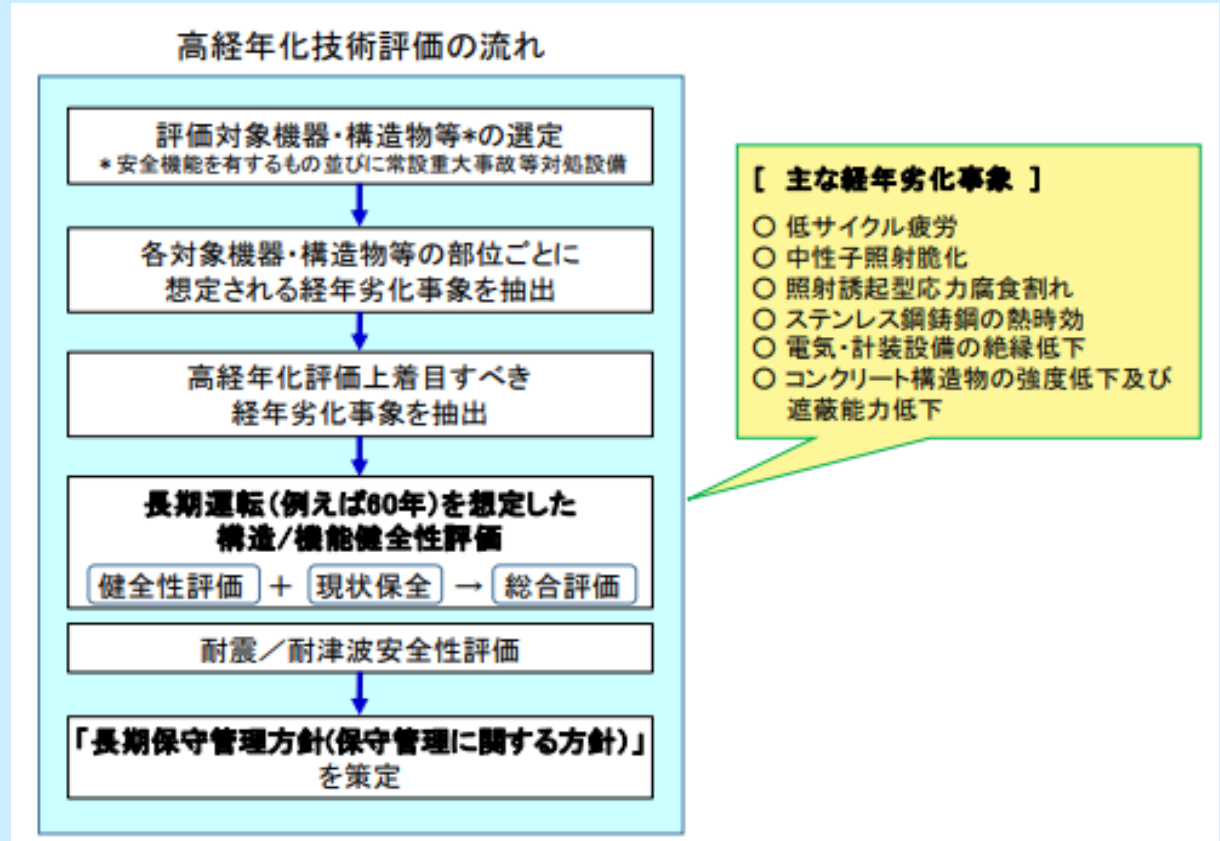
高経年化技術評価とは、「技術的寿命」を判断する上での科学的手法であって、

運転開始から30年を超える原子力発電所に対して、

今後の運転継続への健全性を確保・確認する目的で、

機器・構造物に想定される経年劣化事象に対して、

長期運転(例えば60年)を想定した上で、構造や機能の健全性を評価する活動をいう。



(「原子力発電所の運転期間と機器・構造物の経年劣化影響 に関する技術レポート」(平成30年7月、11電力)より)

Ⅱ-6-2. 国民感情？

- * 東海道新幹線は開業から58年が経過したが、国民からの、「運転を続けて大丈夫だろうか」「老朽化して危ないから廃止せよ」等の声は聞こえてこない。
 - * 一方、原子力発電所は現在の法律で運転期間が最長60年となっていることに対して、政府は「安全審査等で停止していた期間を組み入れた形で60年を超える運転を容認する」考えであるが、賛否両論がある。
 - * この差はどうして生まれるのだろうか？
 - ・福島第一原発事故があったから？（新幹線も事故を起こせば大惨事となろうが）
 - ・新幹線は自分が利用して安全であることを実感しているから？一方の原子力発電所は自分にとってわけのわからない存在だから判断できない？
 - * 国民への訴求力のある一部メディア等の脱原発が「イデオロギー化」していて、理性的・合理的判断を封印・放棄していることも要因のひとつかも知れない。
- ⇒学生の皆さんはどう思いますか。講義終了後に尋ねますので考えておいてください

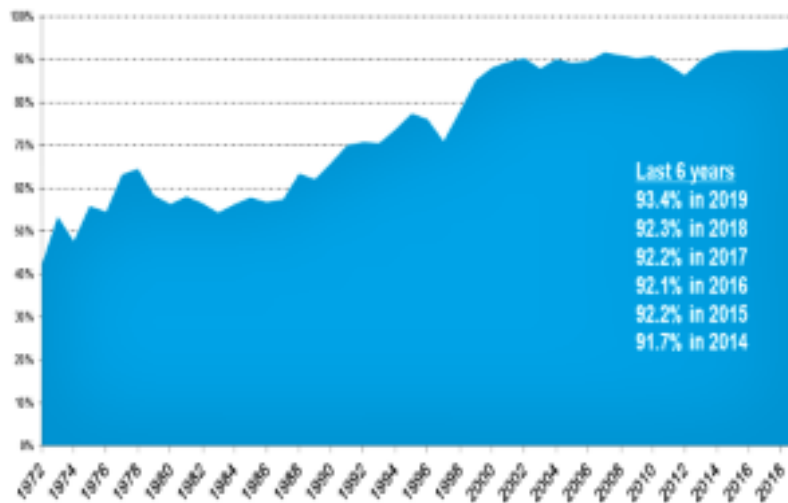
【補遺】原子力発電所の60年を超える運転について

- * 新幹線には運転期間の制限はなく、安全に運用可能であることを技術的に判断した上で営業を継続させている。
(どのインフラであっても基本的に同様)
- * 日本の原子力発電所は、原子炉等規制法に最長60年の規定がある。
(福島第一原発事故後に定められたもので科学的根拠なし。このような制限は世界にも見当たらない)
- * プラントの寿命は「全面的に更新することが現実的ではない機器・構造物」に支配されるが、当然プラントによって異なるものである。
- * 法律で一律に期限を決めるようなものではなく、プラントごとの技術評価によるべし
例えば、従来から行われていた、運転開始30年後から10年ごとの高経年化技術評価の結果として運転継続可否を判断するなどが科学的な姿勢であろう。
(12月21日の原子力規制委員会でこの方式に決定されたと報じられている)
- * 規制当局は審査基準(合格基準とそれを立証するための受け入れ可能な方法等)を明示する必要があるだろう。

世界の動向

- **設備利用率**について、米国は、1970年代に日本より低い状態であったが、1980年代から、**産業界、規制当局の双方において継続的な利用率向上の取組が進められた結果**、1990年代に日本を抜き、**直近では90%前後を確保**。
- また、**長期運転**については、諸外国において、例えば米国では、**運転中原子炉の半数が40年を超える運転**を行う中、さらに**80年運転の認可**も行われるなど、**長期運転への動き**が出ている。

米国の設備利用率



出典：NEIホームページ

諸外国における長期運転の動き

アメリカ	運転中94基のうち、40年超運転：47基 ・60年まで延長認可：取得済86基、申請予定4基 ・80年まで延長認可：取得済4基、審査中6基、申請予定12基 ※NRCは2021年1月、100年までの延長に向け、技術課題を議論する会合を開催
フランス	運転中56基のうち、40年超運転：14基
イギリス	運転中15基のうち、40年超運転：4基

出典：IAEA PRIS, US NRC, NEI等より資源エネルギー庁作成（2021年4月現在）

2

（「原子力のポテンシャルの最大限発揮と安全性の追求」（令和3年4月14日、資源エネルギー庁）より）

Ⅲ. 新幹線、原子力発電所の新增設の必要性

Ⅲ－1. 基本認識

* 前項までの考察により、新幹線、原子力発電所ともに対象設備の特性を踏まえた丁寧なメンテナンスの実行によって事業の継続は可能であり、求められる基本的な役割(注6)は果たすことができる。

(注6)新幹線 ; 安全で高速な大量輸送
原 発 ; 安全で安定した低額な電力供給

* 但し、メンテナンスのみでは将来への技術発展性に限りがあり、重要なインフラ施設を自家薬籠中のものとする上での「人材育成」、「サプライチェーンの維持」に問題がある。

* 解決策としては、新幹線、原発ともに国内における新增設(リプレース含)をしっかりと行った上で、技術立国日本の発展を見据えた海外展開が必要である。

Ⅲ-2. 新幹線の新增設

- * 北陸新幹線 金沢～敦賀(2023年度開業予定)
敦賀～新大阪(未着工)
- * 北海道新幹線 新函館北斗～札幌
(2030年度開業予定)
- * 西九州新幹線 新鳥栖～武雄温泉(未着工)
- * リニア中央新幹線 品川～名古屋
(2029年度開業予定(注7))
名古屋～新大阪(未着工)



建設中の北陸新幹線敦賀駅(新千歳～伊丹の航空機より、2021年7月17日)

日本の国土の狭さ、人口減少から先細りは否めない



リニア試乗時に撮影
(2016年8月4日)

← 走行実験中のMLX01系

試乗車内での前面映像 →
(501km/h走行中)



(注7)大井川の水問題で静岡県が待ったをかけているため遅れる予想

Ⅲ-3. 原子力発電所の新增設・リプレース

- * 「脱炭素」に加え「脱ロシア」が喫緊の課題となった世界の情勢を踏まえると、エネルギー安全保障とグリーン成長を同時追求するためには、原子力の活用が最大の鍵となる。
- * この目的を達成するため政府は、既設炉の再稼動、運転期間延長に加えて、**新たな安全メカニズムを組み込んだ次世代革新炉の開発・建設を進めることとしている(注8)。**
- * 「次世代革新炉」とは、①新型軽水炉、②小型モジュール炉(SMR)、③高温ガス炉、④高速炉、を指している(次頁参照)。
- * 政府は、まずは廃止決定した炉の次世代革新炉への建て替えを想定しているようだが、そのような中途半端な施策ではなく、**新規立地点への新設も含めて考える必要があろう(予定地は十分ある;P.40参照)。**
- * 新增設・リプレースを進めることにより、研究・開発成果の「出口」が見えることになり、「人材育成」、「サプライチェーンの強化」が達成されることになる。

(注8)第6次エネ基の「…原子力の依存度を低減…」は次期改定時に削除すべきものと思量

次世代革新炉

◆主な次世代原子炉

種類	特徴	運転開始のメド
新型軽水炉	既存原発の技術をベースに、デジタル技術の活用などで安全性や効率化を図る	2030年代 (商用炉)
小型モジュール炉 (SMR)	出力30万kw以下で連結して利用可能。主要部を工場で作り、工期や費用を大幅に縮小	40年代 (実証炉)
高温ガス炉	ヘリウムガスを利用し、冷却機能を失っても燃料が溶けない。発電しながら水素も作れる	30年代 (実証炉)
高速炉	高速の中性子を利用し、効率的に核燃料を燃やせる。放射性廃棄物の量も減少	40年代 (実証炉)
核融合炉	太陽内部で起きている核融合反応を人工的に再現。高レベル放射性廃棄物が出ない	50年以降

- ・100万超kW級の大型PWR,BWR
- ・当面の新增設・リプレース対応

- ・小型PWR,BWR
- ・国内小電力会社、海外向け

- ・30万kW級、950°CHeガス冷却
- ・水素製造、再エネと調和も可

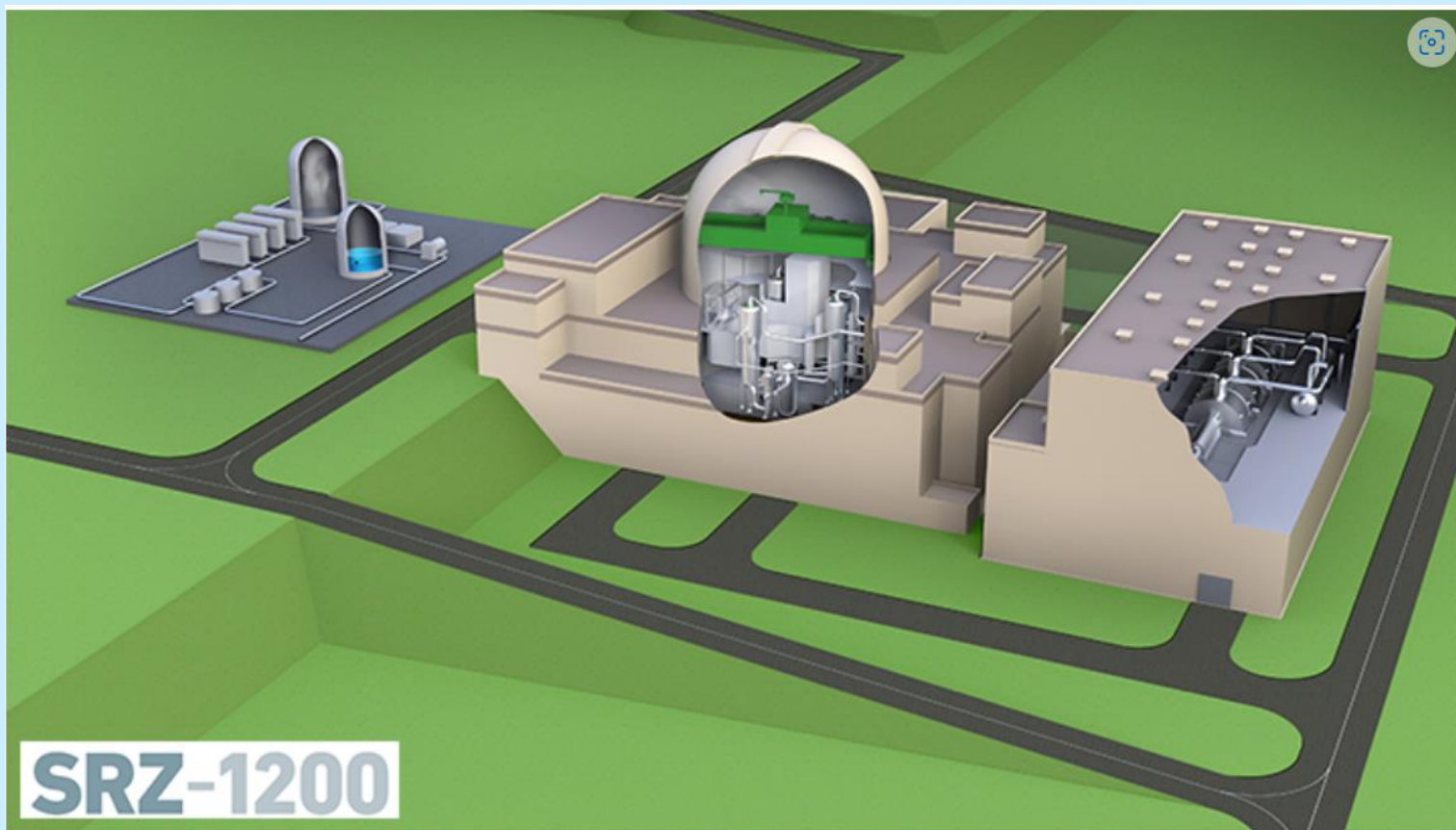
- ・原型炉「もんじゅ」の後継機
- ・当面、米国テラパワー社に協力

- ・国際共同開発実験炉ITER
- ・日本実験装置JT-60SA

“核融合炉”はさらに次の世代となる

(「エネルギー危機と原子力の役割」(令和4年10月12日、金氏顕氏、対話イン松江工業高専基調講演)より)

三菱重工革新軽水炉 SRZ-1200



(三菱重エプレスリリースより)

- * 三菱重工が北海道電力、関西電力、四国電力、九州電力と共同で開発中
- * 現状の軽水炉をさらに安全に、レジリエントにした1200MW級のプラント
- * コアキャッチャー(溶融燃料の受け皿)の設置や放射性物質の放出防止を強化

次世代軽水炉新增設予定地(例)

43



敦賀原発3、4号機の増設予定地



上関原発の建設予定地



川内3号機の完成予想図



東電東通1, 2号機完成予想図

各電力会社のホームページより

(「原子力発電の基礎と安全確保について」(令和3年12月8日、金氏顕氏、北九州高専講演資料)より)

Ⅲ-4. 海外展開

Ⅲ-4-1. 海外展開の必要性

- * 日本は「技術立国」として、最先端科学技術への飽くなき挑戦を続けて世界に貢献してきた実績がある。
今後とも世界の人々の生活水準の向上と、日本自身の発展のためにその姿勢は堅持すべき。
- * 新幹線も原子力も多くのサプライチェーンを抱えた裾野の広い産業であり、
国産化率も非常に高い分野である。
- * 国産化率が高いこと、即ち経済が自力で回って国民所得の向上につながる
これら産業の維持・継承は我が国の安全保障上も極めて重要であり、
政府は新幹線・原発技術の輸出を国策として支援すべきである。

Ⅲ-4-2. 新幹線の海外展開

* 台湾高速鉄道(台湾新幹線:台北～高雄間約345km)は、日本連合7社(注9)が欧州連合との競争を勝ち抜いて実現した現状唯一の新幹線輸出実績。

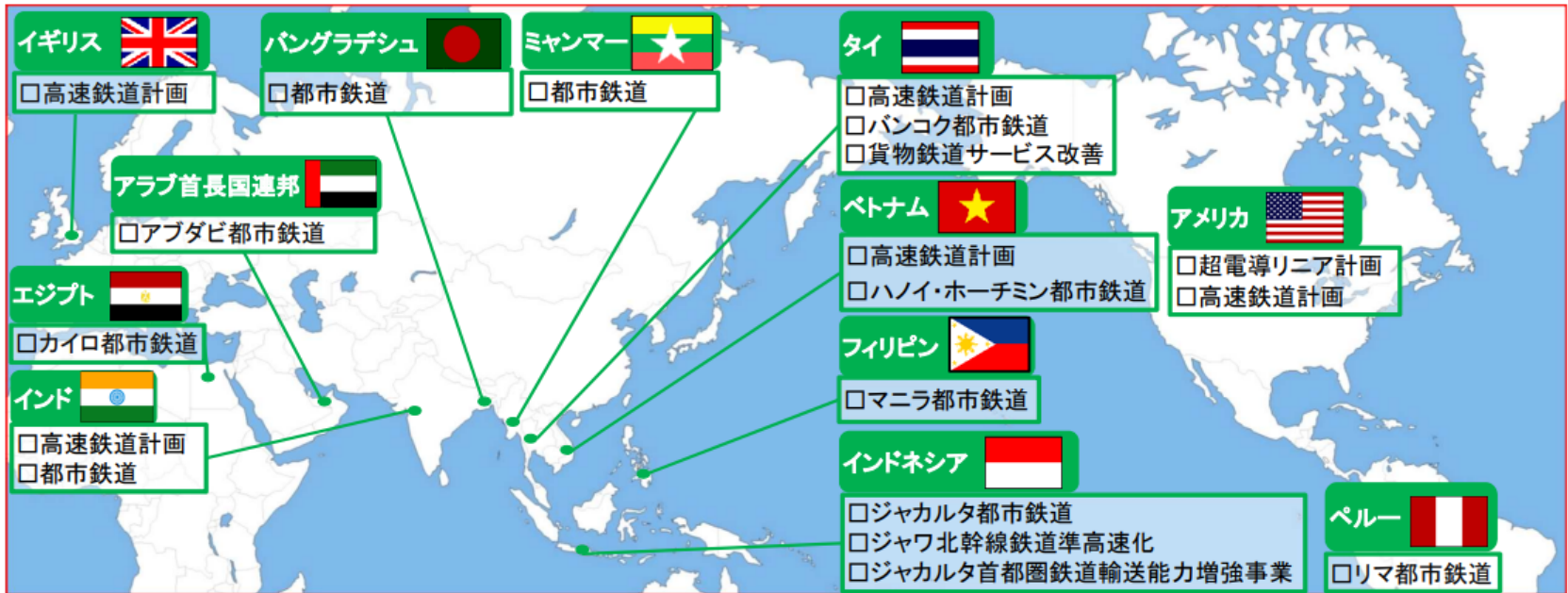
(注9)三菱重工、東芝、川崎重工、三井物産、三菱商事、丸紅、住友商事

⇒本講演終了後に、台湾新幹線開業時の記録動画「海を渡った新幹線」を短時間ではあるが上映する。

* その後、JR東海やJR東日本がアメリカのテキサス、インドのムンバイなどで受注したものの、様々な事情で建設工事は停滞しているのが現状。

* 国土交通省では、「新幹線というシステムをパッケージで海外に売り込むには、実際に運用しているJRが積極的に関与することが不可欠であり、政府をはじめ、運行会社や車両メーカーなどが一致協力することが必要」としている。

主な鉄道プロジェクトと海外展開に向けた取組



現状

- ◆ 都市化への対応、経済成長、雇用拡大、環境問題への対応等を目的に多くの国が鉄道整備を検討、推進中。
- ◆ 安全、安定、高頻度、大量輸送、省エネルギー性等の面で優れた我が国鉄道システムに対する国際的な期待。

※目標：2025年に約34兆円のインフラシステム受注
「インフラシステム海外展開戦略2025」

我が国鉄道インフラの海外展開促進

具体的な取組み

相手国への
トップセールス

実現可能性調査や
コンサルティング等を通じた
海外鉄道計画への積極的関与

資金調達支援
＜例＞
(株)海外交通・都市開発事業支援機構
(JOIN), JICA, JBIC 等

鉄道技術・規格の**国際標準化**
対応や**技術基準策定支援**

(国土交通省ホームページより)

Ⅲ-4-3. 原子力発電の海外展開

*「原子力産業の国際展開実績」を次頁に示す。

*さまざまな努力の結果、個別のシステムや機器については相当な実績があるが、悲願のプラント輸出は実現していない。

*経産省が有識者会議「原子力小委員会」(2022年12月8日開催)に諮って了承された原子力政策の方向性と行動指針では、海外対応に関して以下の表明がなされている。

- ・海外プロジェクトへの参画を目指す官民連携チームを組成
- ・米英仏等との戦略的な連携による自律的な次世代革新炉の研究開発促進
- ・ウクライナを始め、世界の原子力安全・セキュリティ確保に貢献

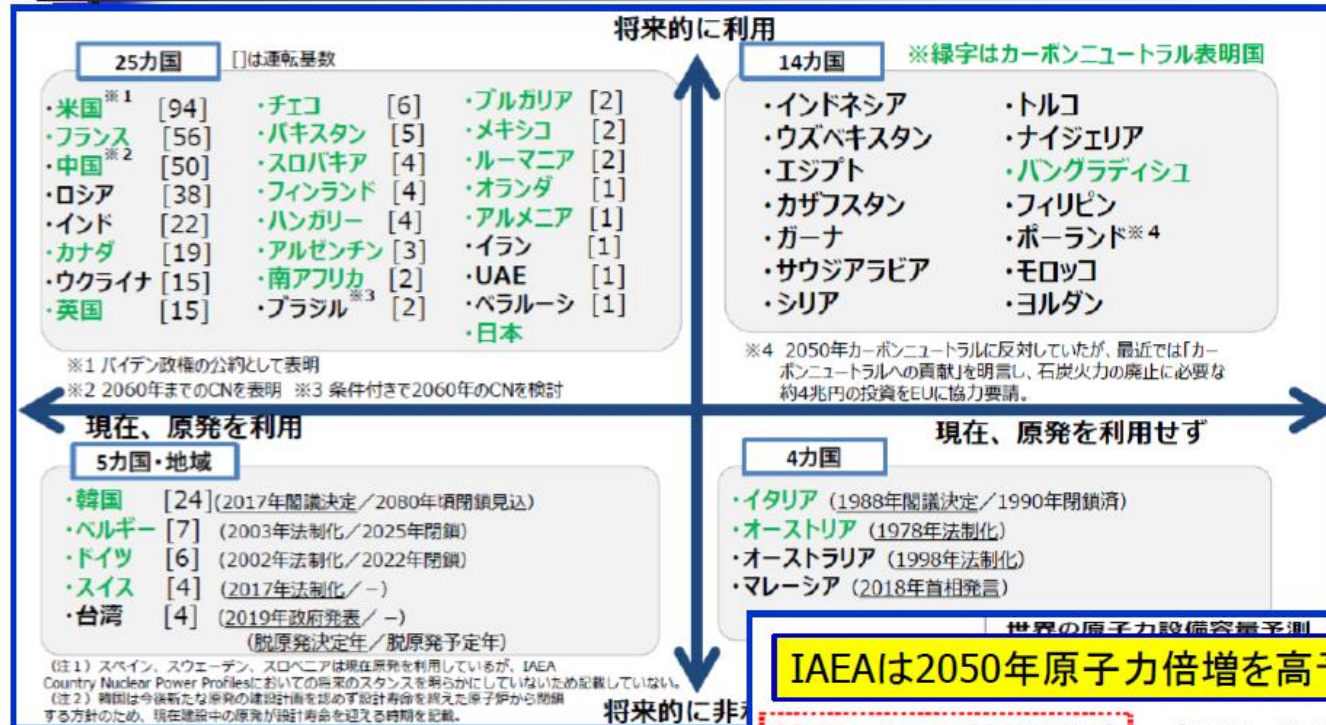
官民一体となった海外への力強い取り組みを期待したい。

原子力産業の国際展開実績

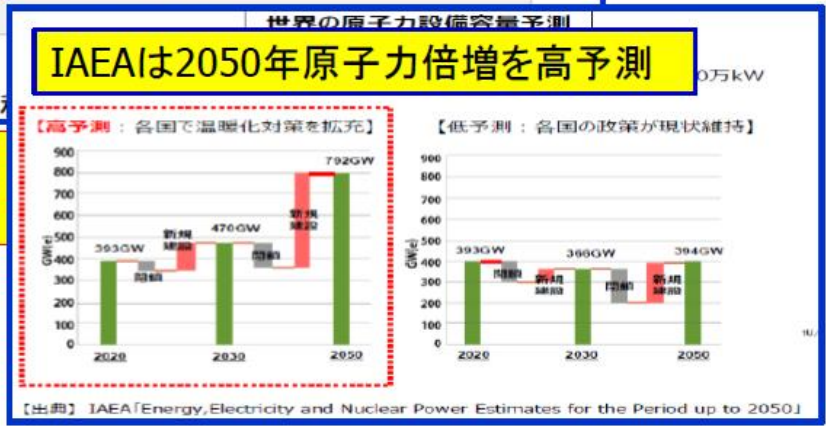
項目	実績等
機器の輸出	<ul style="list-style-type: none"> ・三菱重工;仏、米、ベルギー、フィンランド向け蒸気発生器、原子炉容器、同上蓋 中国向け原子炉容器、冷却材ポンプ、タービン 台湾向けタービン ・三菱電機;中国向け中央計装システム、原子炉制御保護装置、発電機 台湾向け発電機 ・東芝/HH;米国向け原子炉圧力容器 ・日立;米国向け原子炉圧力容器、再循環ポンプ、タービン発電機 ・東芝、日立;台湾向け原子炉主要機器
プラントの輸出	トルコ、英国等への売り込みに努力するもプラント輸出の実績なし
海外との合併、買収	<p>日立;米国 GE 社との合併提携で国際展開</p> <p>東芝;米国 Westinghouse 社買収も米国原発建設で多大の損失を出し撤退</p> <p>三菱重工;仏 <u>Areva/Framatome</u> 社との提携</p>

(「原子力産業が電気電子系の若い技術者に期待すること」(小川修夫氏、九州工大にて、2022年10月5日)をベースとした)

世界の潮流は原子力発電推進



韓国は原発推進に転換。ベルギーは延期。
 ドイツは3基を来年4月中旬まで待機。



(SNW会員、金氏顕氏より)

【補遺】火力発電の海外展開

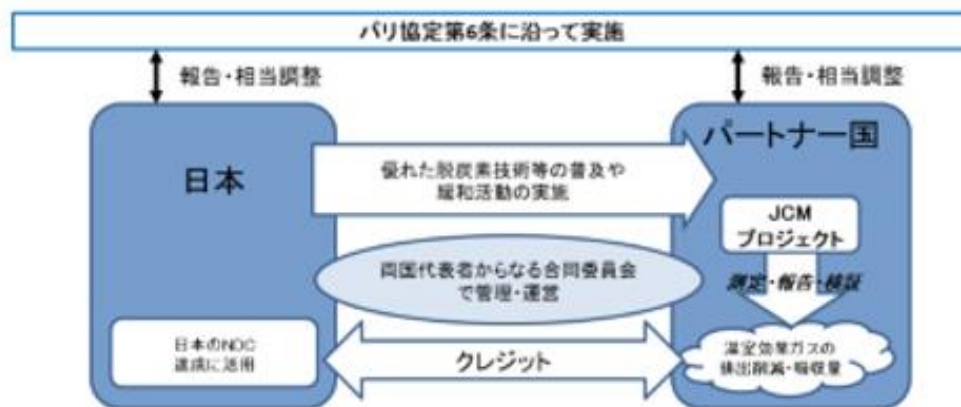
- * 本稿の対象範囲外ではあるが、日本の火力発電の優秀さは世界中で有名で高効率石炭火力は発展途上国から切望されているものである。
- * 日本は自国のみならず世界全体のカーボンニュートラル実現に貢献することを標榜している。そのためには日本の高効率な火力発電技術あるいはCCS(CO₂貯留)技術を発展途上国に輸出することが効果的である。
- * そのような活動は日本がこれまでに実施してきた二国間クレジット制度(JCM: Joint Crediting Mechanism)(次頁参照)によって可能であり、2021年11月のCOP26においてパリ協定6条(市場メカニズム)に関する基本的な基準(注10)について合意が図れている。
- * 我が国経済の活性化のためにも、政府は火力発電の世界展開への道に舵を切るべきである。

(注10)海外で実現した排出削減・吸収量を各国の削減目標の達成に活用できるもの

(参考) 二国間クレジット制度 (JCM) の積極的な活用

- 途上国等への優れた脱炭素技術、製品、システム、サービス、インフラ等の普及や対策実施を通じ、実現した温室効果ガス排出削減・吸収へのわが国の貢献を定量的に評価するとともに、わが国のNDCの達成に活用する。
- これまで17か国※と二国間文書について署名をしており、200件以上の温室効果ガス排出削減・吸収プロジェクトを実施中。

※モンゴル、バングラデシュ、エチオピア、ケニア、モルディブ、ベトナム、ラオス、インドネシア、コスタリカ、パラオ、カンボジア、メキシコ、サウジアラビア、チリ、ミャンマー、タイ、フィリピン



- わが国のNDCの達成に活用するため、官民連携で2030年までの累積で1億t-CO₂程度の国際的な排出削減・吸収量を目指す。(地球温暖化対策計画(2021年10月閣議決定))
- 2021年11月のCOP26においてパリ協定6条(市場メカニズム)のルールが合意されたことを踏まえ、JCMをより一層、積極的に活用していく。
- このため、**今後3年を目途として、JCMのパートナー国を世界全体で30か国程度とすることを目指し、関係国との協議を加速する。**

146

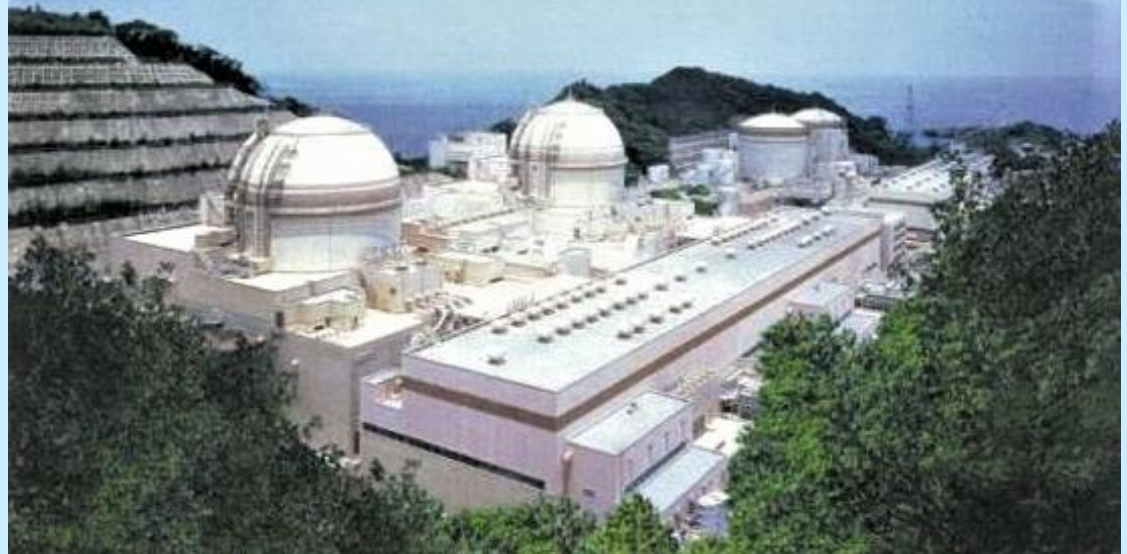
(「クリーンエネルギー戦略 中間整理」(産業技術環境局・資源エネルギー庁、2022年5月13日)より)

終わりに当たって ～ 学生のみなさんへ

- * エネルギー政策の基本は国益と現実主義です。
エネルギーは我々国民の生存に不可欠なものであることから、対策に当たっては「ドリーマー」(夢見がちな憧れがベース)ではなく「リアリスト」(科学的合理的な判断がベース)たるべきです。
- * 2050年(カーボンニュートラル達成目標年)は、まさしくみなさんが社会の中堅として活躍される頃。
そのために、今後毎年何をなすべきかを、現実を踏まえて合理的に考えながら行動につなげてほしい。
- * 日本の未来は皆さんの双肩にかかっています。
今後のご活躍を祈念します！



ご清聴ありがとうございました



*** 台湾新幹線開業時の記録動画「海を渡った新幹線」のURLは以下の通り。**

<https://www.youtube.com/watch?v=GvtpVtyuWrk>