

我が国のエネルギー事情 と 環境問題

2024年2月26日

田中 俊一

(1) エネルギー自給率(2018年)

日本	11.8%
カナダ	175.8%
アメリカ	97.7%
英国	70.4%
フランス	55.1%
ドイツ	37.4%
韓国	16.0%

自給エネルギー 注)
再生可能エネルギー
水力
原子力

世界で最低の日本の自給率

- 再生可能エネルギーは増加しているが。。。
8.2%(2016年) → 9.5%(2017年) → 11.8%(2018年)

化石燃料はほぼ100%輸入

原油:99.7% LNG:97.7% 石炭:99.5%

注) 原発の再稼働に伴い、2021年は約13.4%

エネルギー構成

●エネルギー消費量

	2018年度 509 百万 kl	2030年度 489 百万 kl
再エネ	12%	13~14%
原子力	3%	11~10%
天然ガス	23%	18%
石炭	25%	25%
石油	38%	33%

●総発電電力量 10,650 億 kWh 程度

	2018年度 10,512 億 kWh	2030年度 10,650 億 kWh
再エネ	17%	22~24%
原子力	6%	22~20%
天然ガス	38%	27%
石炭	32%	26%
石油	7%	3%

カーボンニュートラル目標(2030年)

化石エネルギーを41%まで削減

再生エネルギーを36~38%へ増加

内訳: 太陽光15%、風力6%、地熱1%、バイオマス5%、水力10%
原子力は20~22%

日本は太陽光発電の大国

中国	176GW
米国	60GW
日本	56 GW
ドイツ	42 GW

(2018年)



発電能力は、原発56基分
実際の発電量は5%程度
(稼働率は10%程度)

日本のエネルギー：歴史的現実

石炭の採掘

三菱方城炭鉱事故(1914年) 死者671名

三井三池炭鉱事故(1963年) 死者458名、CO2中毒839名

北端夕張炭鉱事故(1981年) 死者93名

水力発電

黒部第4発電所(1963年) 発電規模 33万7千kW

殉職者171名

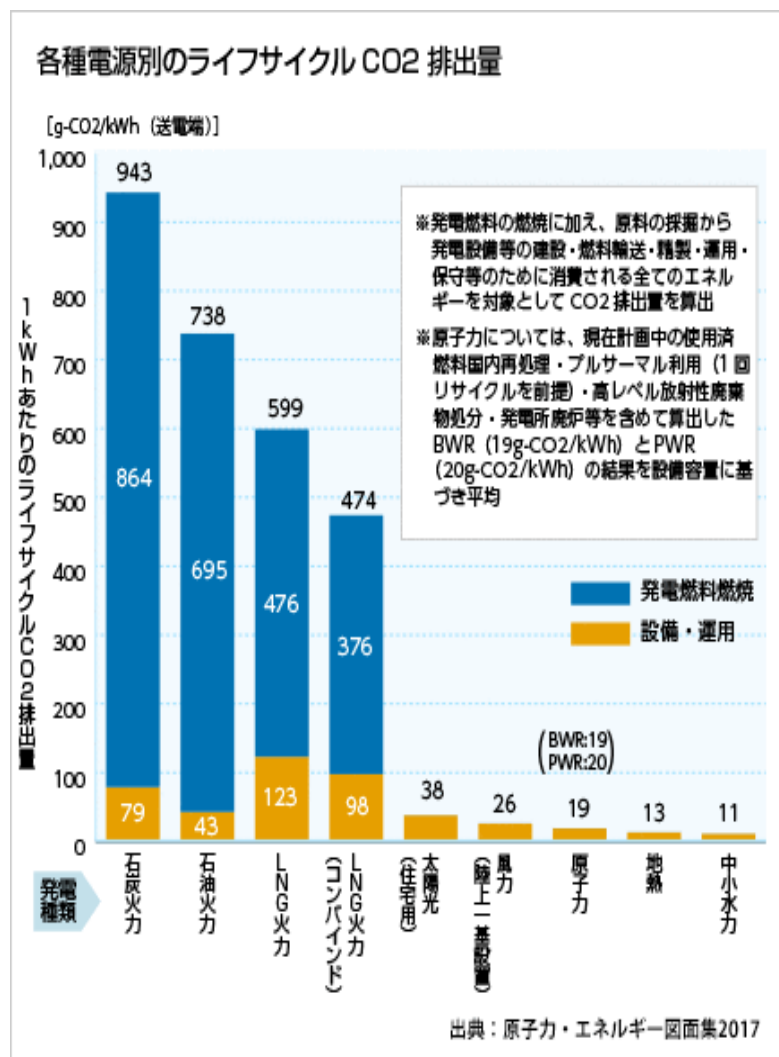
(参考)吉村昭著「高熱隧道」

第2次世界大戦(石炭、石油を求めて海外に進出)

1Fの事故による放射線の被ばく影響(UNSCAER2020・2021)

- ・ 放射線被ばくにより健康を害した者はゼロ(発電所内外を含めて)
- ・ 放射線被ばくによる死亡はゼロ、将来の影響もない

(2) 発電方式別のCO2排出量



日本の温室効果ガス削減目標

環境省

〈25%に代わる新たな削減目標〉
現時点で、国際的にコミットできる
2020年度の温室効果ガス削減目標は、2005年度比で3.8%減とする。
気候変動枠組条約事務局に登録している **25%削減** 目標を撤回し、上記の性格を有する目標であることを条件として、**3.8%削減** 目標を登録する。

〈既存の目標との比較〉

原発の削減効果を見込まずに比較した場合、1997年策定のいわゆる京都目標COP3(2008~2012年)は2005年比で**+4.0%**、2009年策定の中期目標(2020年)は2005年比で**+2.1%**増加。

英国、ドイツの電力

英国

	1990年	2010年	2015年
発電量(億kWh)	3,200	3,800	3,400
再エネ	60	260	840
原子力	660	620	700
火力	2,500	2,900	1,800
CO2排出量(億トン)	2.2	1.7	1.2
電気料金(円/kWh)	-	18	27

火力が減り、原子力が増加して
CO2排出量が減少

ドイツ

	1990年	2010年	2015年
発電量(億kWh)	5,500	6,300	6,400
再エネ	190	1,000	1,900
原子力	1,500	1,400	920
火力	3,800	3,800	3,600
CO2排出量(億トン)	3.4	3.0	2.9
電気料金(円/kWh)	-	32	40

原子力が減り、再生可能エネルギーは増えたが、石炭火力が増えたため
CO2排出量は減らない

(3) 再生可能エネルギーの厳しい現実

温暖化防止のための目標(COP)

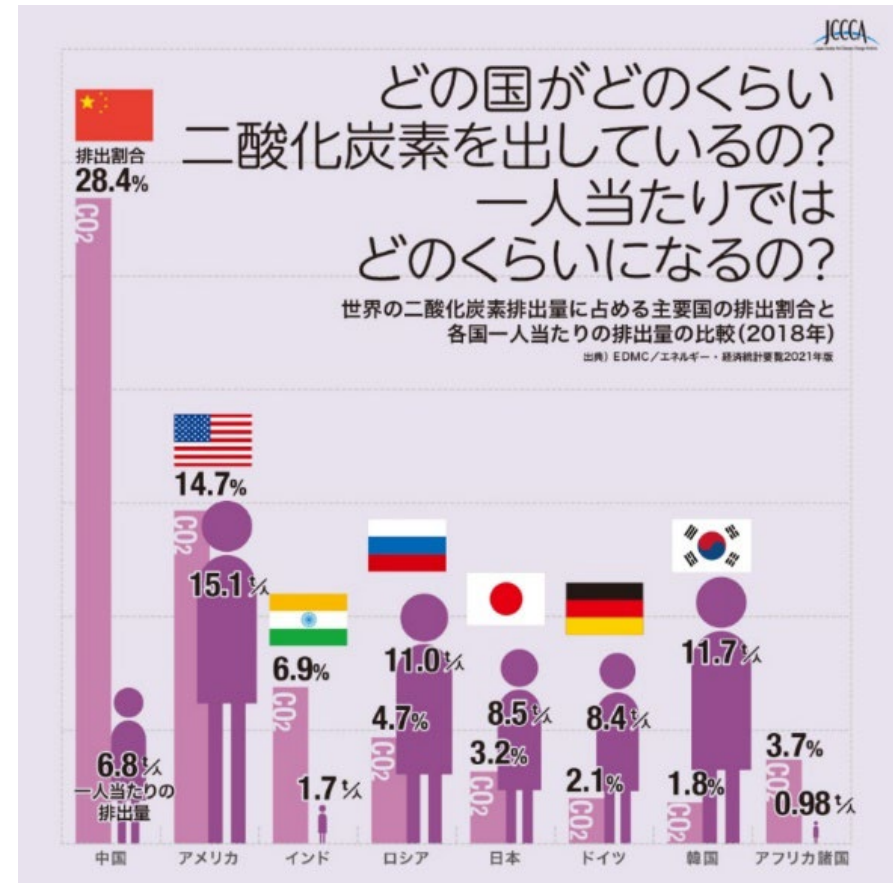
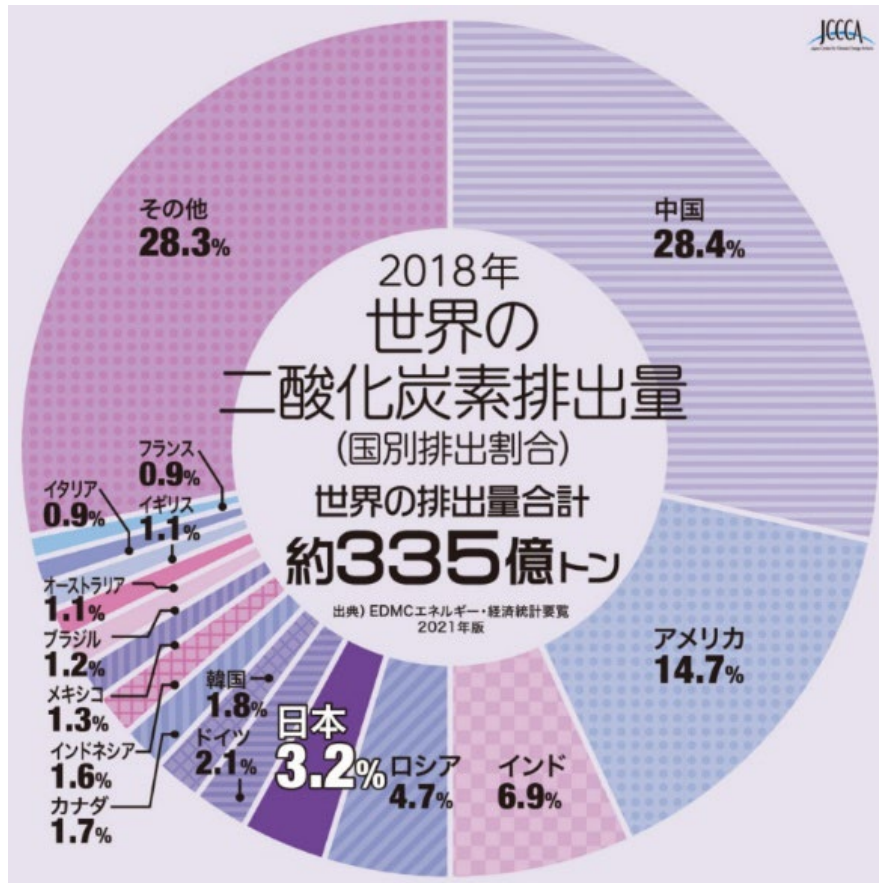
- ・世界の平均気温上昇を産業革命以前に比べて2°Cより十分低く保ち、**1.5°C**に抑える努力をする。2030年までに再エネ3倍にする(COP28)。
- ・温度上昇を1.5°Cに抑えるためには、世界の温室効果ガスを排出量を2030年までに45%削減することが必要(COP24)。
- ・2030年までに化石燃料からの脱却(COP28)。
- ・2050年までに世界の原発を3倍にする(COP28)。



- ☞ エネルギーを使わない生活 → 生活様式の変更は困難。
- ☞ 再生可能エネルギーの拡大 → FITによる国民負担が増大(電気料金)不安定な電源。将来の不確定要素(寿命と廃棄物)。
- ☞ 化石燃料を使わない → 90%の輸入エネルギーの代替え手段はあるか

(4) 温暖化対策の難しさ

EDMC/エネルギー・経済統計要覧2021年版



☛ 世界のCO₂排出量の現状は、中国が全体の4分の1、その他発展途上国(アフリカ諸国など)で4分の1、次いで米国、ロシアで日本は3.2%である。

日本をゼロ(カーボンゼロ)にしても全く効果なし → どうしますか？

☛ 一人当たりの排出量では、アフリカ諸国、インドは極めて小さい。エネルギー消費量(二酸化炭素排出量と比例)は、生活や福祉の向上と一体であり、発展途上国のエネルギー消費量の増加は避けられないことが必然である。

発展途上国の生活向上を止めることもできない。二酸化炭素の排出を批判することもできない。

☛ 地球温暖化問題の解決策を探る必要がある。

COP28で原子力利用の拡大を認知したことは大きな前進、しかし、原発の拡大には多くの問題がある。

原子力の今後

1. 1F事故後の原子力を取り巻く環境

原子力安全と規制に対する不信
「安全神話」、「規制の虜」

全ての原子力発電所の停止



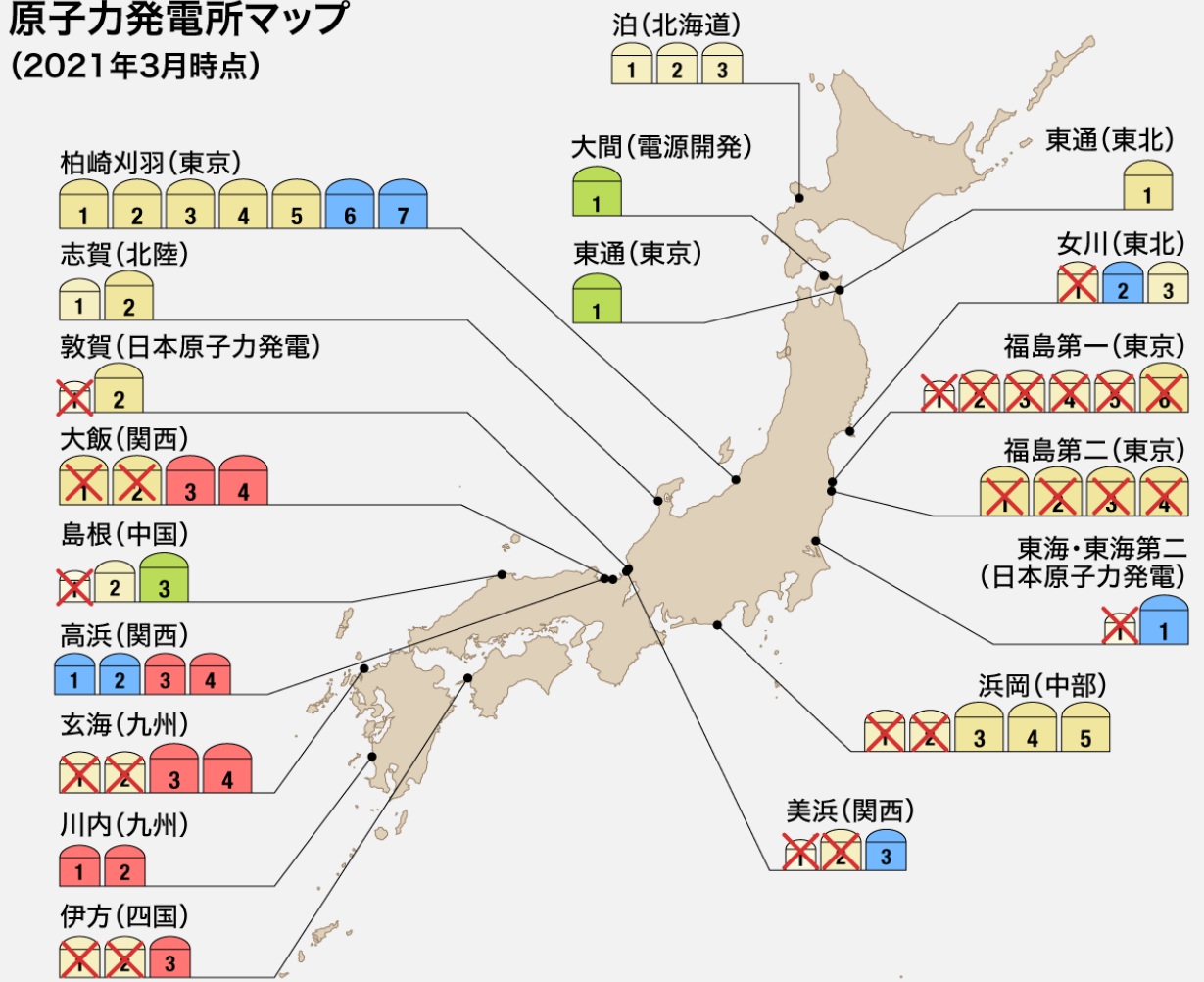
原子力規制委員会発足(2012年)
新規制基準施行(2013年)



原発(川内1号機)の再稼働(2015年)

原子力発電所マップ

(2021年3月時点)



各電力会社公表資料等を参考に編集部作成
 ※東日本大震災前の時点で廃炉決定済だった東海発電所と浜岡発電所1・2号機も地図に含めている。

凡例

出力規模	再稼働済 (定期検査中も含む)
50万kW未満	新規制基準合格
100万kW未満	建設中
100万kW以上	廃炉決定済

新規制基準への適合性審査・検査の現状

(2023年7月現在)

稼働中

PWR: 川内1、2、高浜3、4、伊方3、大飯3、4、玄海3、4、美浜3

工事計画認可

検査(起動前)

検査(起動後)

柏崎6, 7 設置変更許可審査終了

女川2 設置変更許可審査終了

島根2 設置変更許可審査終了

高浜1, 2 起動前検査

東海2

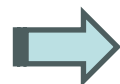
設置変更審査中

PWR: 泊1, 2, 3

BWR: 浜岡3, 4、島根3、志賀2、敦賀2、大間、東通

国民の原子力利用についての理解、信頼回復が最も大事！

地元了解



起動

2. 原子力界の病根

2.1 核燃料サイクル神話

2.2 軽水炉サイクルのまやかし

2.3 現実ばなれした原子力政策

2.1 燃料サイクル神話

天然ウランの同位体存在比 U-235 : 0.72%
 U-238 : 99.27%

原子炉の中で核反応

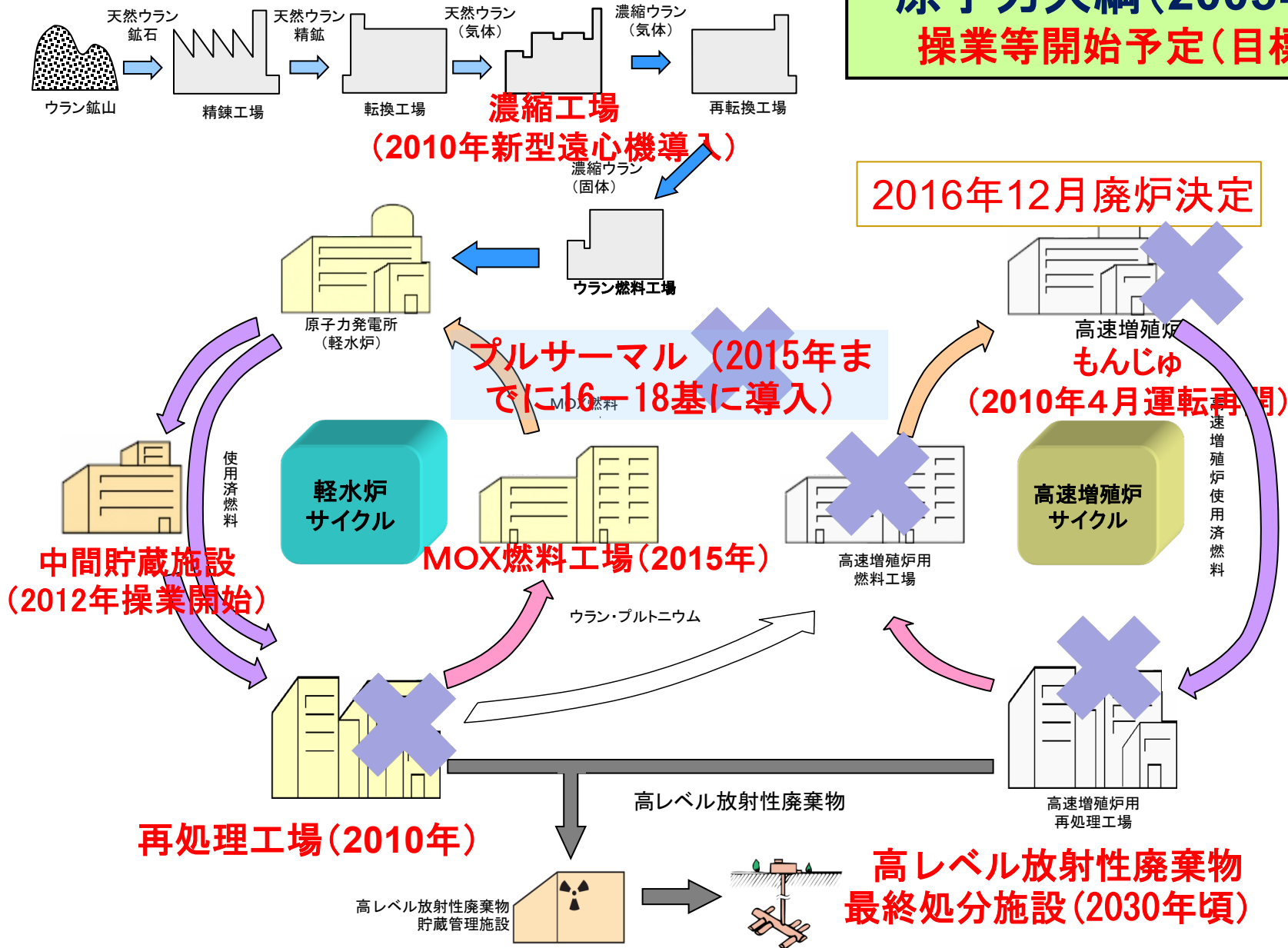


核燃料物質であるPu239を生産することにより、数千年の核燃料が確保できるというシナリオ。

高速増殖炉サイクル

- i) 天然ウランには、 ^{238}U (非核分裂性)が99.2%含まれている。
高速炉の中で中性子を吸収させて核分裂性の ^{239}Pu に核変換。
- ii) ^{239}Pu を再処理で抽出し、再び高速炉燃料として利用。
- iii) 高速炉増殖炉では使用した以上の ^{239}Pu 燃料が生み出される。

原子力大綱(2005年)
操業等開始予定(目標)



燃料サイクル(高速炉サイクル)では、高速増殖炉とMOX使用済み燃料の再処理技術が必須であるが。。

。

2024年の現実

- 高速増殖実証炉「もんじゅ」の破綻
- 軽水炉再処理施設の稼働もできず、MOX燃料再処理施設は計画もない。
- 廃棄物処理施設(ガラス固化)はトラブル続き。
- 高レベル廃棄物(ガラス固化体)の処分の目途は全くない

ウラン資源の確認埋蔵量は200年分

2008年：OECDのOutlook(The Red Book)

世界のウラン資源の需給について、世界の原子力発電所が現在の3倍に拡大した場合でも、ワンスルー燃料サイクルだけを用いて100年以上のウラン供給が可能であり、非在来型資源(例えば、リン鉱石中のウランを加えれば、供給可能な期間は更に2倍以上になると予測している

○ 既知資源(確認済資源及び推定資源)

454万t < 80ドル/kgU

547万t < 130ドル/kgU

● 未発見資源 1050万t

リン鉱石に含まれるウラン資源 2200万t(US-DOE 1979推定値)

2.2 軽水炉サイクルのまやかし

FBRの実用化の見通しが無いまま、六ヶ所再処理工場を稼働させ燃料サイクルの路線を維持することと、余剰プルトニウムを消費するために、プルサーマル路線、すなわち軽水炉サイクル政策を導入したが、1F事故によって、軽水炉サイクルは完全に破綻しているのが現実。

- ☞ プルサーマルによるウラン燃料の節約効果は、最大で**15%**であり資源節約にはならない。
- ☞ 既に40トン余の在庫を有し、六ヶ所再処理工場を稼働せせれば、さらにPuの在庫が増えて、**カットオフ条約違反**等の深刻な国際問題になる。
- ☞ 多数の原発を新增設しなければ、プルサーマルによって六ヶ所再処理工場で抽出されるPuの消費は不可能である。
- ☞ プルサーマルで使用したMOX使用済み燃料は、六ヶ所再処理工場では再処理ができないので、直接処分になる。高レベル廃棄物の短寿命化の詭弁。**軽水炉サイクルはサイクルでない！**

なぜ燃料サイクルに拘る？

再処理の中止は、即、使用済み燃料の処分、高レベル廃棄物の処理・処分政策の見直しが不可欠。

再処理を止めた時に問題となるのは、使用済み燃料の最終処分である。使用済み燃料は、既に2万トン程度蓄積されており、最終処分は、今後の原発の稼働に拘わらず解決しなければならない課題である。我が国は、使用済み燃料は六ヶ所再処理工場で再処理し、高レベル廃棄物はガラス固化体に加工して、300m以深の地層に処分するとしてきた。

再処理した後の高レベル廃棄物は、300年程度でウラン鉱山レベルの放射能にまで減衰するといった科学的にも技術的にも裏付けのない詭弁を弄し、再処理と燃料サイクルに拘ってきた原子力政策の矛盾を直視することを国も電気事業者も逃げている。

Puの利用(消費)ができない現実から燃料サイクル政策が破綻しているのは明白である。六ヶ所再処理工場の稼働すれば、より厳しい現実と直面する(時間の問題！)。

使用済み燃料の直接処分は国際常識

世界の多くの原発先進国は、再処理を行わないこととし、使用済み燃料の直接処分を志向している。立地の難しさは、各国とも同じであり、立地が決まるまでは発電所内に鋼製、またはコンクリートキャスクに乾式貯蔵している。

乾式貯蔵であれば、200年程度は貯蔵可能であり、この間に国民的な合意を得て立地問題の解決を図ることとしている。

高レベル廃棄物の短寿命化の虚言

使用済み燃料には、長寿命のTRU(マイナーアクチノイド)が含まれており、これを抽出分離して消滅させることができれば、残りの高レベル廃棄物の寿命を大幅に短寿命化できるとされている。

TRUの消滅方法としては、加速器と高速炉が検討されたが、いずれも、工学的にも安全性の点でも成立しない。物理的素過程としてTRUの核種の消滅(核分裂)があっても、100%消滅できるシステムはない。

そもそも、極めて少量のTRUを使用済み燃料から抽出・分離する技術がない。

2.3 現実離れた原子力政策

「エネルギー基本計画」(2021年7月)の基本は、2050年カーボンニュートラル達成に向けた政策

骨子

- ① 2050年カーボンニュートラル(2020年10月表明)、2030年の46%削減、更に50%の高みを目指して挑戦を続ける新たな削減目標(2021年4月表明)の実現に向けたエネルギー政策の道筋を示すこと。
- ② 世界的な脱炭素に向けた動きの中で、国際的なルール形成を主導することや、これまで培ってきた脱炭素技術、新たな脱炭素に資するイノベーションにより国際的な競争力を高めるための政策を提示すること。
- ③ 安全性の確保を大前提に、気候変動対策を進める中でも、安定供給の確保やエネルギーコストの低減(S+3E)に向けた取組を進めること。

原子力の位置づけ(意味不明)

2050年カーボンニュートラルや2030年の新たな削減目標の実現を目指すに際して、原子力については安全を最優先し、再生可能エネルギーの拡大を図る中で、**可能な限り原発依存度を低減**する。

2030年に向けた政策対応(原子力)

原子力の社会的信頼の獲得と安全確保を大前提として原子力の安定的な利用の推進

- ❏ 安全最優先での再稼働：再稼働加速タスクフォース立ち上げ、人材・知見の集約、技術力維持向上
- ❏ 使用済燃料対策：貯蔵能力の拡大に向けた中間貯蔵施設や乾式貯蔵施設等の建設・活用の促進、放射性廃棄物の減容化・有害度低減の技術開発
- ❏ 核燃料サイクル：関係自治体や国際社会の理解を得つつ、六ヶ所再処理工場の竣工と操業に向けた官民一体での対応、プルサーマルの一層の推進
- ❏ 最終処分：北海道2町村での文献調査の着実な実施、全国の出来るだけ多くの地域での調査の実現
- ❏ 安全性を確保しつつ長期運転を進めていく上での諸課題等への取組：保全活動の充実等に取り組むとともに、諸課題について、官民それぞれの役割に応じ検討

研究開発の推進

- ❏ 2030年までに、民間の創意工夫や知恵を活かしながら、国際連携を活用した高速炉開発の着実な推進、小型モジュール炉技術の国際連携による実証、高温ガス炉における水素製造に係る要素技術確立等を進めるとともに、ITER計画等の国際連携を通じ、核融合研究開発に取り組む。

(1) 具体性のない次世代革新炉

新たな安全メカニズムを組み込んだ次世代革新炉として革新軽水炉が開発目標として掲げられているが、新たな安全メカニズムは全く具体性がない。

軽水炉の安全性向上のための開発

半世紀以上、国際的に研究開発が続けられ、その反映として様々な改良を経た現在のPWRやBWR軽水炉であり、1F事故の後に、新たな安全規制基準が決められ、既存の軽水炉についての一層の安全性向上が求められている



新規制基準を踏まえて、さらなる安全メカニズムを備えた軽水炉開発を次世代革新炉の目標とするのが適切で、現実的。

(夢にもならぬ夢で遊ぶ時間もお金も余裕はないはず)

中小型軽水炉

中小型炉の開発の歴史は古い。

スウェーデン: PIUS-PWR 炉(1984年):

東大: ISER-PWR (Inherent Safety and Economical Reactor)

三菱グループ: MISIR-PWR (Mitsubishi Intrinsic Safe Integrated Reactor)

日本原子力研究所: SPWR (System-integrated PWR)

PIUS-BWR: 米国ORNL

SBWR (Simplified BWR): 米国GE社、

TOS-BWR: 東芝TOS-BWR

安全性の画期的な改善もなく、経済性などに劣ることからこれまで商用原発として実現した例はゼロ。最近、米国で建設予定であった小型モジュール炉(SMR)は、モジュール化ができず、コストが増大し、発電単価が高くなることから中止。

電力グリッドが整備され、大量の電気を必要とする先進国にとって小型炉はメリットがなく、世界の原発の歴史は、EPR(EU)、APWR, ABWR(米国)に見られるように、逆に大型化の一途をたどってきた。

高速(増殖)炉

日本:もんじゅ開発の中止、廃炉(2016年)

1980年から約11,000億円の開発費を投資、廃炉にさらに数千億

仏国:実用炉「スーパーフェニックス」を建設、稼働(1986年)、1998年に閉鎖

新たな高速増殖炉ASTRIDの開発放棄(2019年)

米国、英国:実用炉の開発は放棄(数10年前)

高速増殖炉は技術的な問題が克服できず、安全性の面でも本質的で重大な課題を抱えている。

高温ガス炉

西ドイツ:1980年代から90年代にかけて開発研究

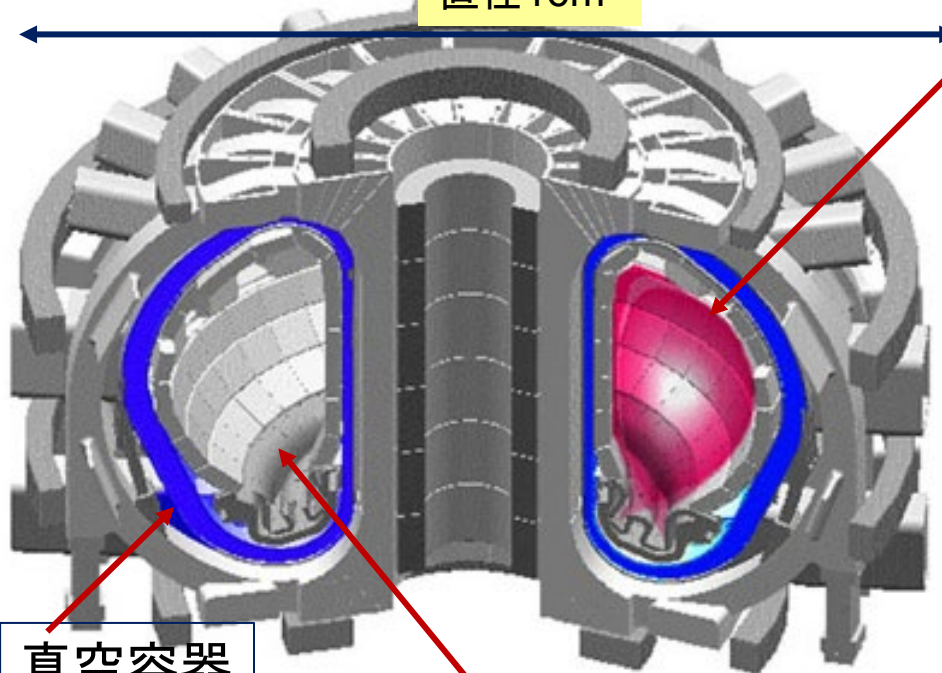
日本:原研が高温工学試験研究炉を建設し、1998年に臨界、2004年に950°Cを達成、触媒を使つての水分解を達成。しかし、ヘリウムガスタービンの開発ができず中断。

仮に発電できても、出力密度が小さく経済性が劣っていることと、1000°C以上の高温に耐えるための核燃料等の構造材料も特殊であり、一般的な発電炉としての可能性はない。

(2) 核融合炉

ITER概念図

直径16m



真空容器

ブランケットセグメント

核融合炉心からの中性子を遮へいし、熱を取り出して発電するとともに、燃料であるトリチウムを生産(冷却、増殖、遮へい)

プラズマ(重水素D、3重水素T)

DとTの核融合反応



14MeV中性子と3MeVの α 線が発生



中性子を止めて熱エネルギーに変換
Li冷却材の中で ${}^6\text{Li}(n, \alpha)$ 反応でTを増殖

克服困難(不可能)課題

- ・真空容器他の構造材料は、14MeV中性子照射に耐えられない。
(2, 3年の寿命と評価)
- ・大量のトリチウムを増殖する必要
- ・14MeV中性子の遮へいには大きな空間が必要(背計上不可能)

(3) 原子力は科学技術であるとの認識が必要

原子力社会には「信ずればできる」という非科学的考え方があるが、今、原子力政策で求められていることは、

① 1F事故で露になった安全神話に対する科学技術的な対策

② 過去の研究開発を踏まえ、現実を見据えた科学技術政策

従来の原子力政策の誤りの見直しが求められているにも拘わらず、2023年に出された政策(いわゆる岸田政策)は、従来の誤りを全く反省することなく、逆に50年以上前の原子力黎明期に戻っている。

エネルギー基本計画では、「2030年までに、民間の創意工夫や知恵を活かしながら、国際連携を活用した高速炉開発の着実な推進、小型モジュール炉技術の国際連携による実証、高温ガス炉における水素製造に係る要素技術確立等を進めるとともに、ITER計画等の国際連携を通じ、核融合研究開発に取り組む」と記述されているが、科学技術的な視点が全くない。

最近、社会の一般的風潮としてメディアなどで取り上げられることを狙った科学技術のパフォーマンス的な発表も少なくないが、原子力社会にある、「信ずればできる」という非科学的考え方は厳に慎むべきである。

3. 原発の再生のために

☆ 原発の長期的な利用に展望を見え出すことができるかどうかは、「安全神話」に象徴される原子力界の独善的な姿勢を反省し、技術と社会に謙虚になることを前提に、事故の後でも日本社会のために原子力が必要であるという確信を国民・社会と共有できるかにかかっている。

☆ 原発の新增設は極めて難しい。社会的に受容されるかの問題に加え、政府の脱原発政策と電力自由化の中で事業者が新規原発建設の莫大な投資ができるかという課題もある。

☆ 燃料サイクルに拘泥することは、原子力利用の再興の芽を摘むことになる。合理性もなく、技術的にも実現できないことが明確になっている政策に留まる限り、原発の稼働は一過性に終わる。

現実を見据えた整合性のある政策とは

① 燃料サイクル政策からの脱皮

「もんじゅ」の廃炉が3年前に決められた時点で、高速増炉サイクルは完全に破綻し、また、1F事故によって軽水炉サイクルも実質不可能になっていることを踏まえた政策全般の見直すこと。

② 地球温暖化防止のための必須の手段

原子力は、2030年、2050年のCO₂ガス削減目標を達成するための最も信頼性のおける手段であることを明確にすること。

③ 全電力の20～22%を担保するための政策

CO₂ガス削減目標の達成、エネルギー資源確保の点で、エネルギー基本計画では全電力の20～22%を原子力に依存するとする一方、可能な限り原子力依存度を減らし、原発の新增設はしないという政策には整合性がないので、20～22%の目標を達成するための政策として見直すこと。