

日本のエネルギー政策とその課題  
～次世代に伝えておきたいこと～

2025年7月15日

日本原子力学会シニアネットワーク連絡会  
早野睦彦

[mutsumiko.hayano@gmail.com](mailto:mutsumiko.hayano@gmail.com)

# 本日お話ししたいこと

## 1. エネルギーについて

- (1) 人類とエネルギーのかかわり
- (2) 一次エネルギーについて
- (3) 世界のエネルギー情勢と我が国の状況

## 2. 我が国のエネルギー政策とその課題

### (1) 2050年CNに向けてのGXの目論見

CN:カーボンニュートラル

温室効果ガスの排出量と吸収量を均衡させ気候危機を回避

GX:グリーントランスフォーメーション

日本語名:脱炭素成長型経済構造移行

### (2) 第7次エネルギー基本計画

### (3) 日本のあるべき立ち振る舞いは?

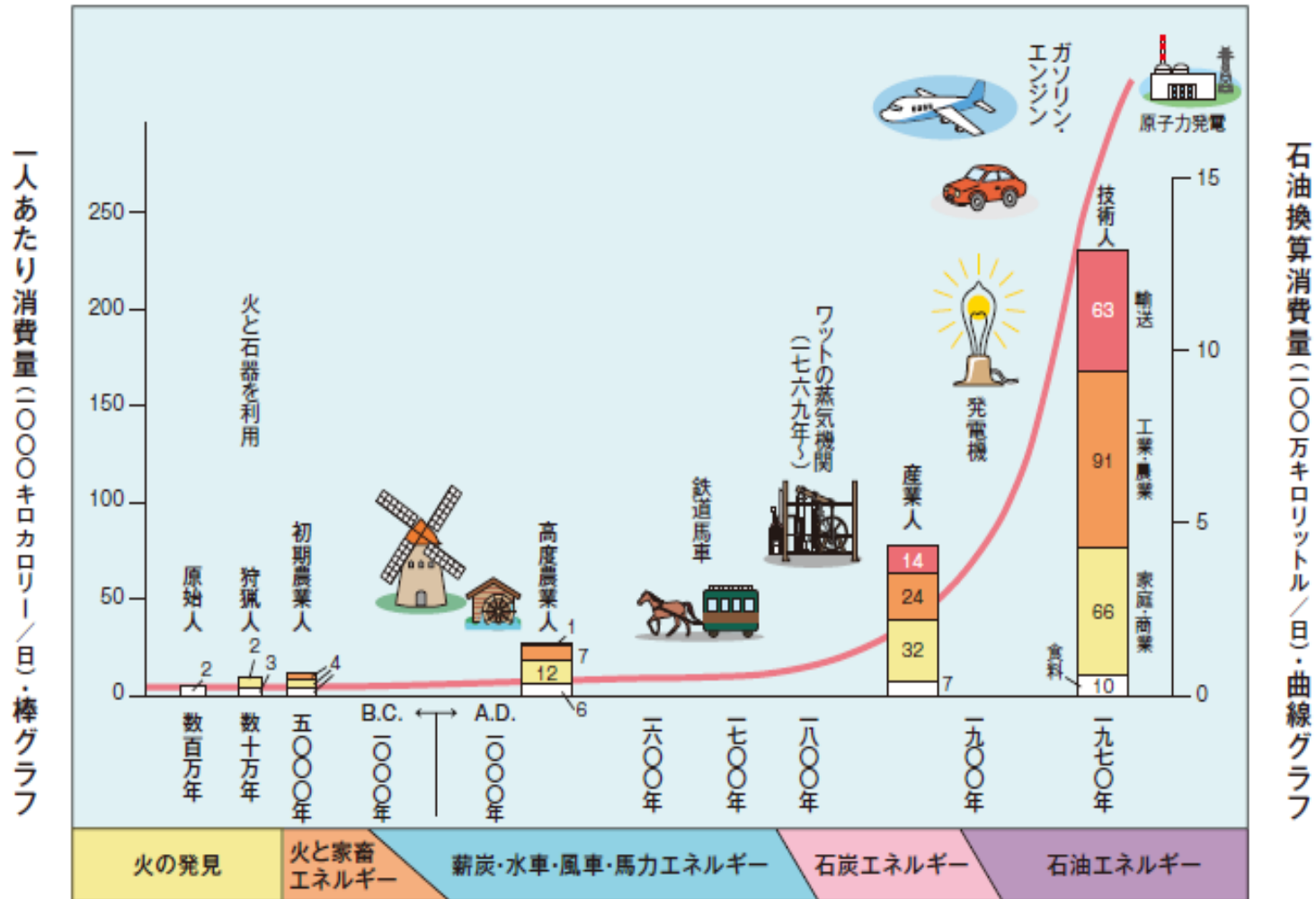
## 3. 次世代に伝えておきたいこと

- (1) 安全とは(リスクについて考えてみる)
- (2) 伝えておきたいこと

- エネルギーは、生きとし生けるもの全てが使用してその営みを支えるもの、その確保は種の発展存続を支配するものである。
- 1次エネルギーは3種類(化石燃料、再エネ、原子力)しかなくそれぞれに一長一短があり、100億になんなんとする人口を支えるには、このエネルギーは嫌だというような贅沢は人類には許されていない。
- 我が国の経済活動を支えるには膨大なエネルギーが必要であるが、日本は世界有数の資源小国であり、エネルギーの約9割を輸入に頼っている。
- 原子力技術は我が国が苦勞して勝ち得た財産であり、これを利することにより初めて技術立国として我が国は立ち行くことができる。
- 生きている限り必ずリスクを伴う。リスクがどの程度のものであるかの認識を共有しリスクミニマムを求めながらもリスクとともに生きてゆく覚悟を決めてこそ成熟した大人の社会である。

# 1. エネルギーについて

## (1) 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。

# 人類文明の発展

## 成長の限界(1972年) ローマクラブ

人口と生産の増大をこのまま続ければ、その代償は資源の制約と環境の悪化である。従って、人類はこれ以上の成長を望んではならない。(生存必須 空気・水・食糧・エネルギー)



成長要因 人口増加(80億人⇒世紀末には100億人?いずれは飽和する)  
生活レベルアップ(現在20%の人口が80%の富を占有:ワイングラス社会)  
制約因子 地球規模での土地、エネルギー、資源、環境

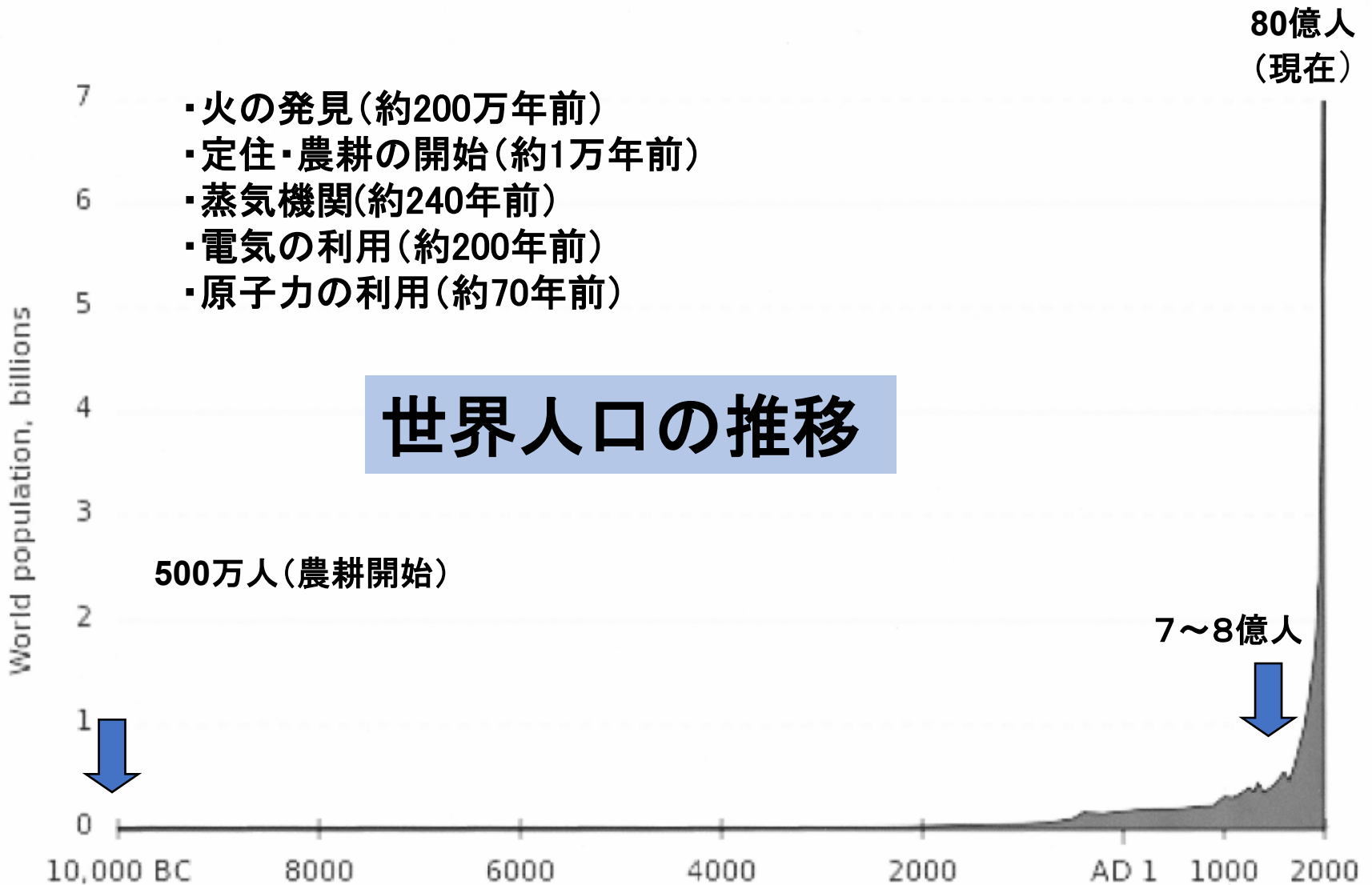


両要因の相克に対する妥協点が存在するのか?



21世紀の課題「地球環境・エネルギー・食糧・水・・・」

# 人類文明の転機



## (2) 一次エネルギーについて

**一次エネルギー(3分類 日本は90%輸入)**

**(1)化石燃料(世界は未だに約85%化石燃料に依存)**

原油、石炭、天然ガス、シェールオイル・ガス、オイルサンド  
メタンハイドレード、etc.

**(2)再生可能エネルギー(水力発電が大半)**

水力、風力、地熱、バイオマス、太陽光、太陽熱、潮流、  
波力、etc.

**(3)原子力エネルギー**

ウラン、プルトニウム、トリウム、etc.

**二次エネルギー(一次エネルギーから生産)**

電気、都市ガス、水素、アンモニア、ガolin、灯油、etc.

# エネルギー源の三要件

- 1.大量にあること
- 2.集中してあること
- 3.エネルギー密度が高いこと

(再生エネは大量にあるが、集中していない。エネルギー密度が著しく低い)

## エネルギー利用の条件

**EPR (Energy Profit Ratio) エネルギー収支比**  
(得られるエネルギー／取出すためのエネルギー)

エネルギーの質から化石エネルギー代替技術を考える必要がある。

# エネルギーの特徴

- 長所だけのエネルギーはなくいずれも一長一短がある
- 科学技術により長所を活かし短所を抑えて人類は発展してきた
- 人類80億が生きてゆくにはエネルギーをえり好みする余裕はない

## ① 化石燃料

使い勝手が良いが、資源が有限で大気汚染、温暖化の本になること

## ② 再生可能エネルギー

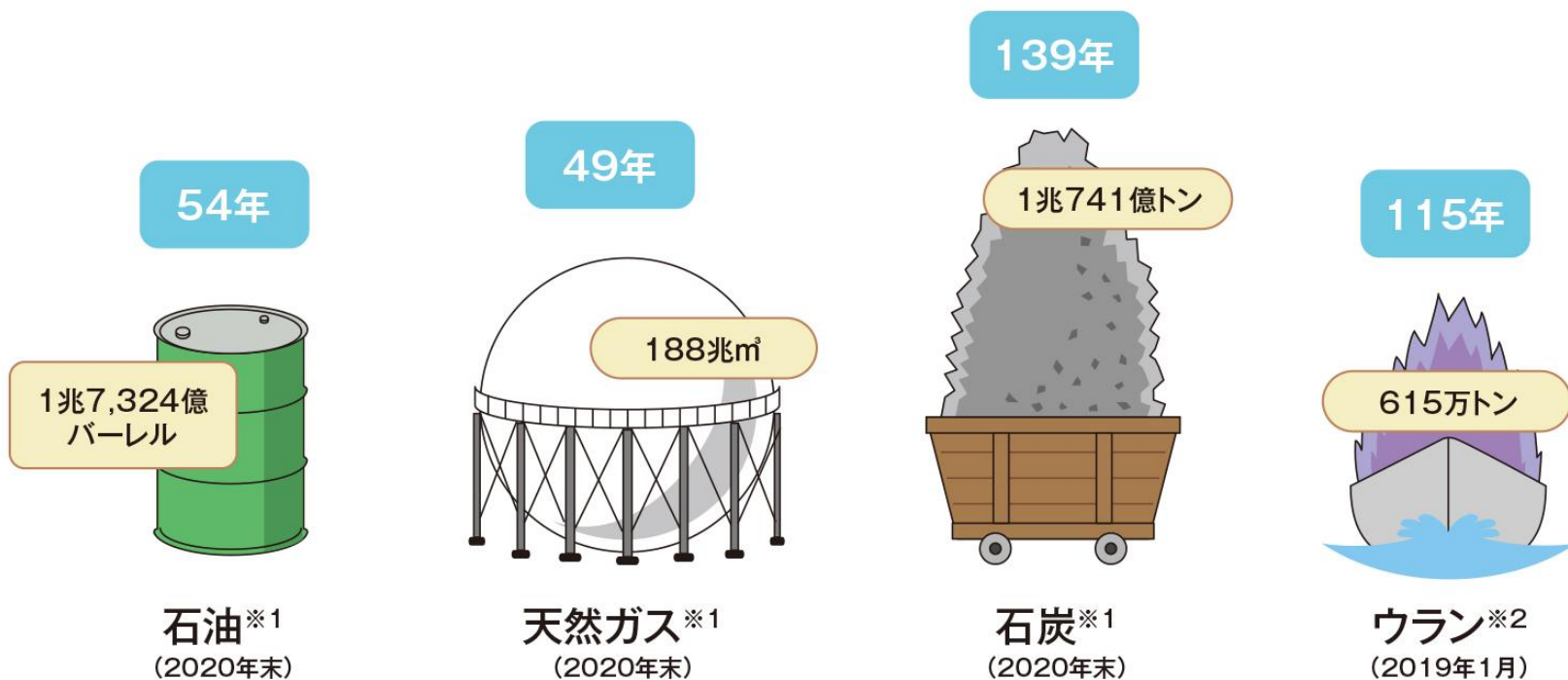
資源は無限であるが、エネルギー密度が低すぎることで、不安定であること

## ③ 原子力

高速炉になれば資源的には無限であるが、エネルギー密度が高すぎて取扱いが難しいこと

原子力はそのエネルギーの特質から資本集約型が適していて、本質的に分散型小型原子炉よりも集中型大型原子炉が適している

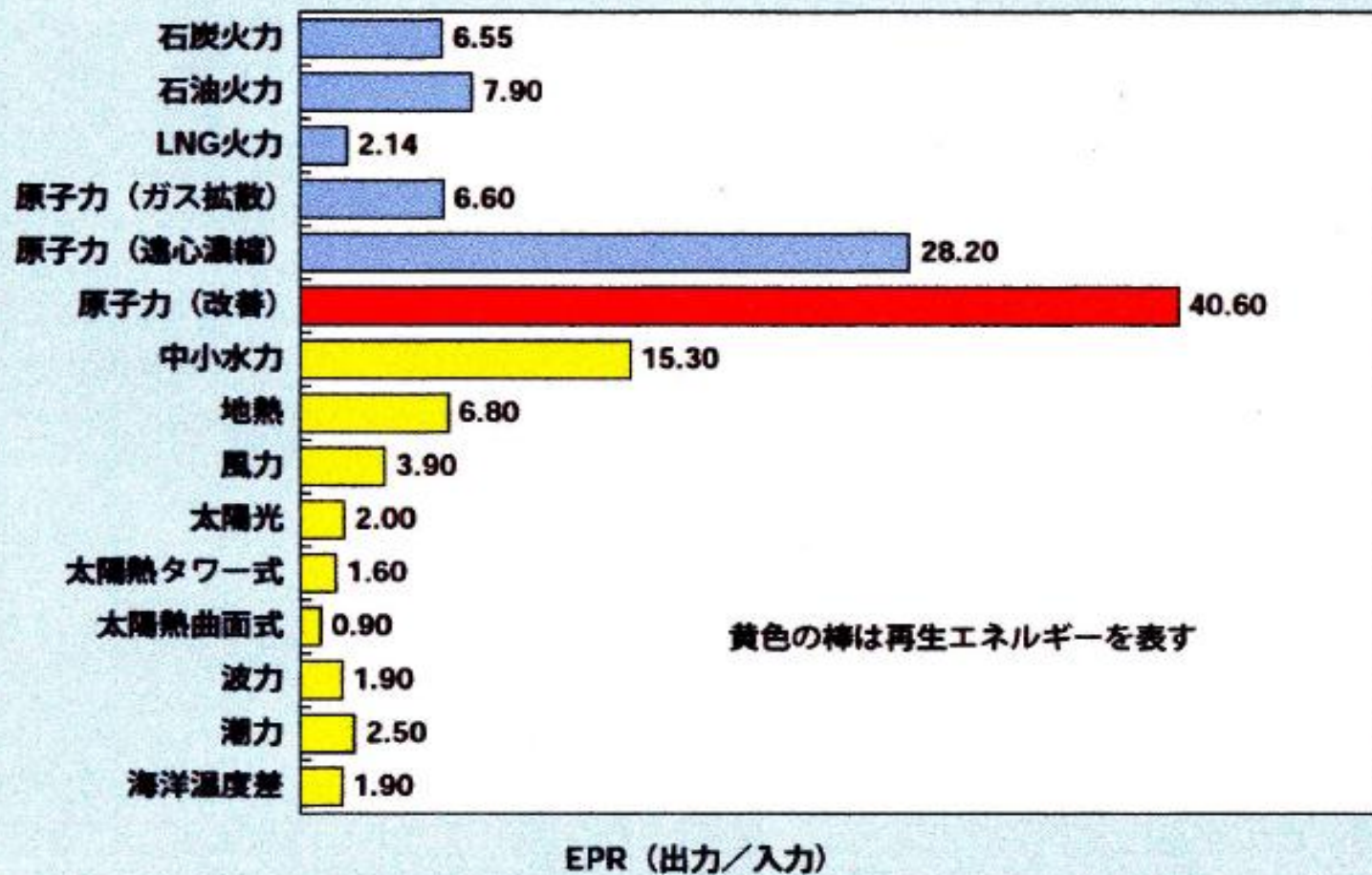
# 世界のエネルギー資源確認埋蔵量



(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

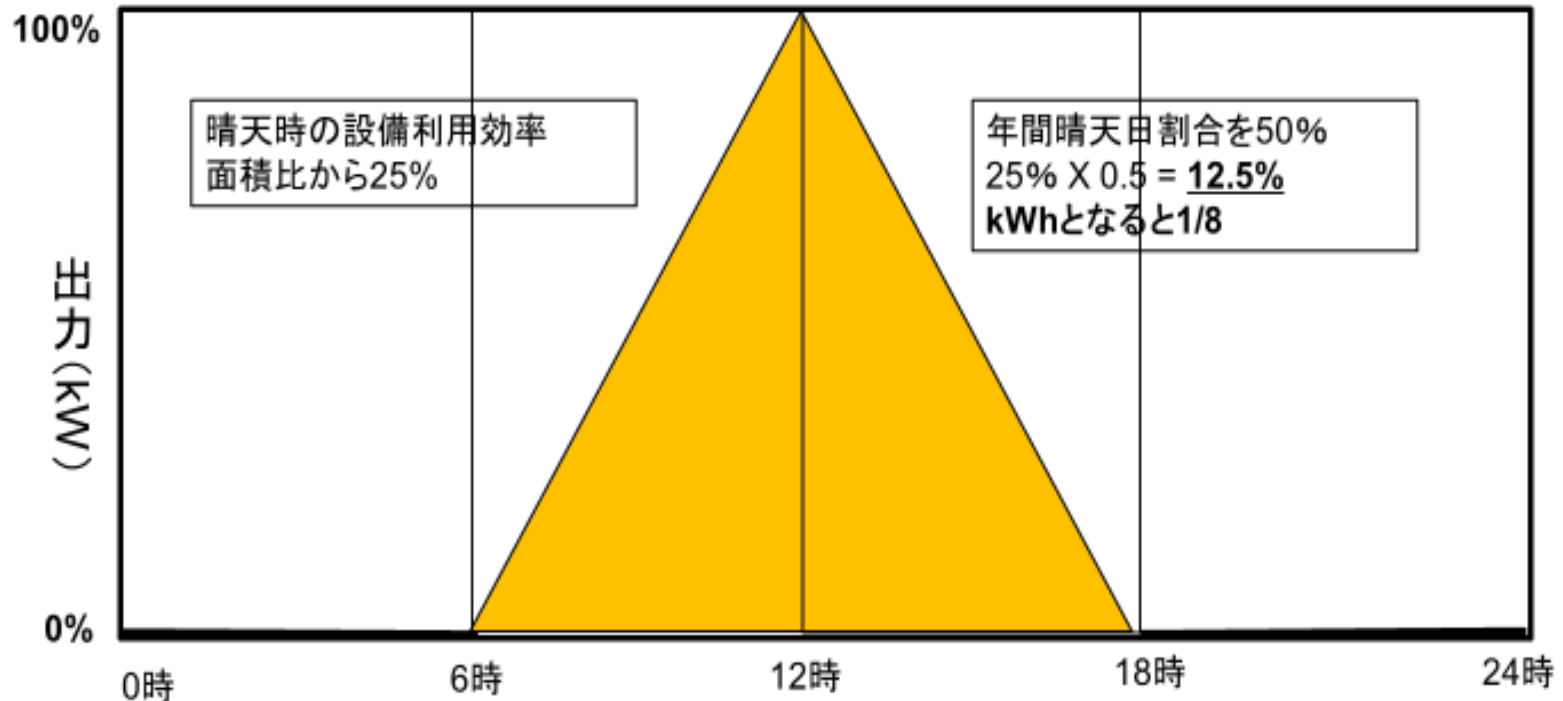
# 発電方式のEPR比較

(電中研ニュース439)



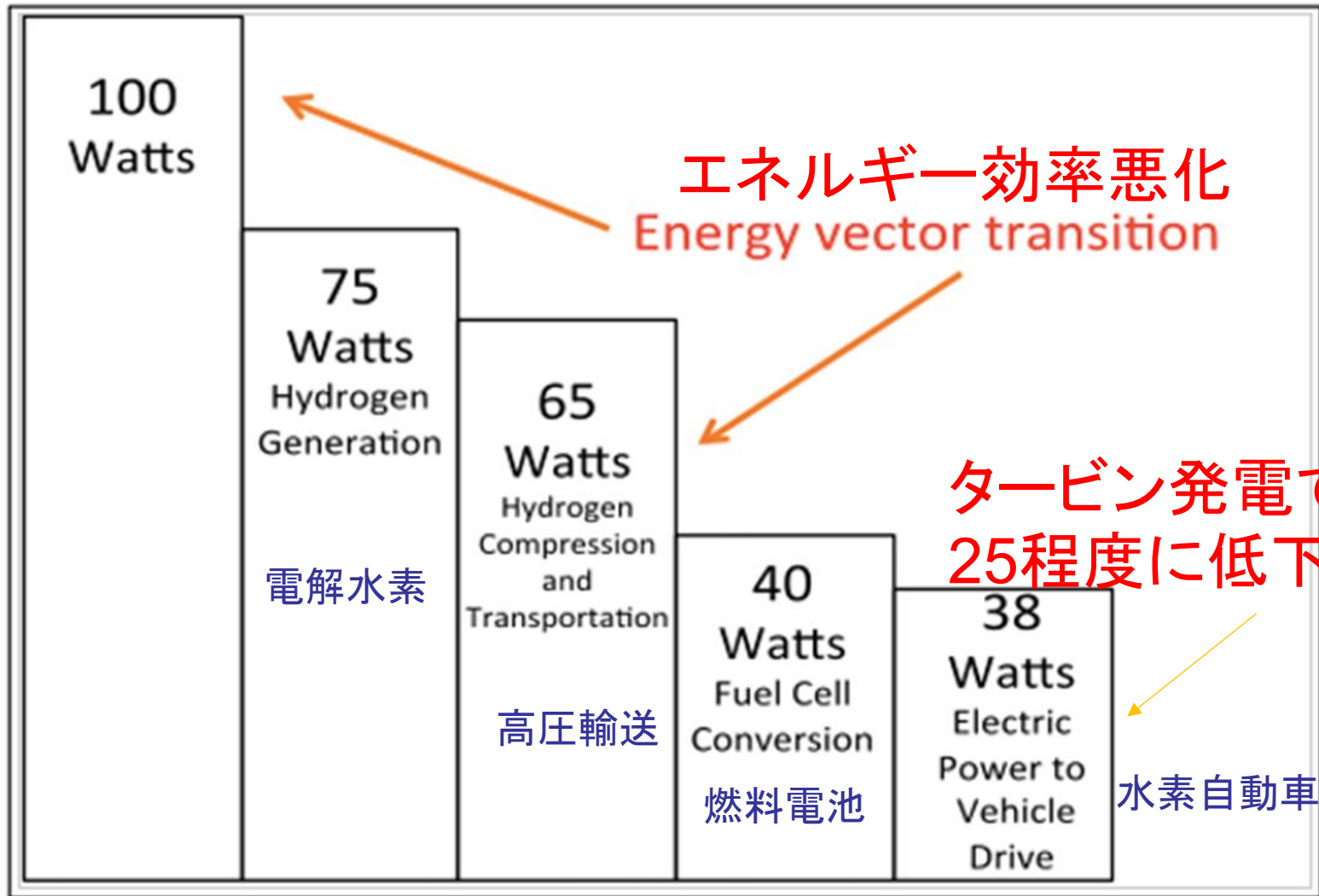
電気を得る手段 (発電) をEPRで評価

# 太陽光発電の設備利用効率

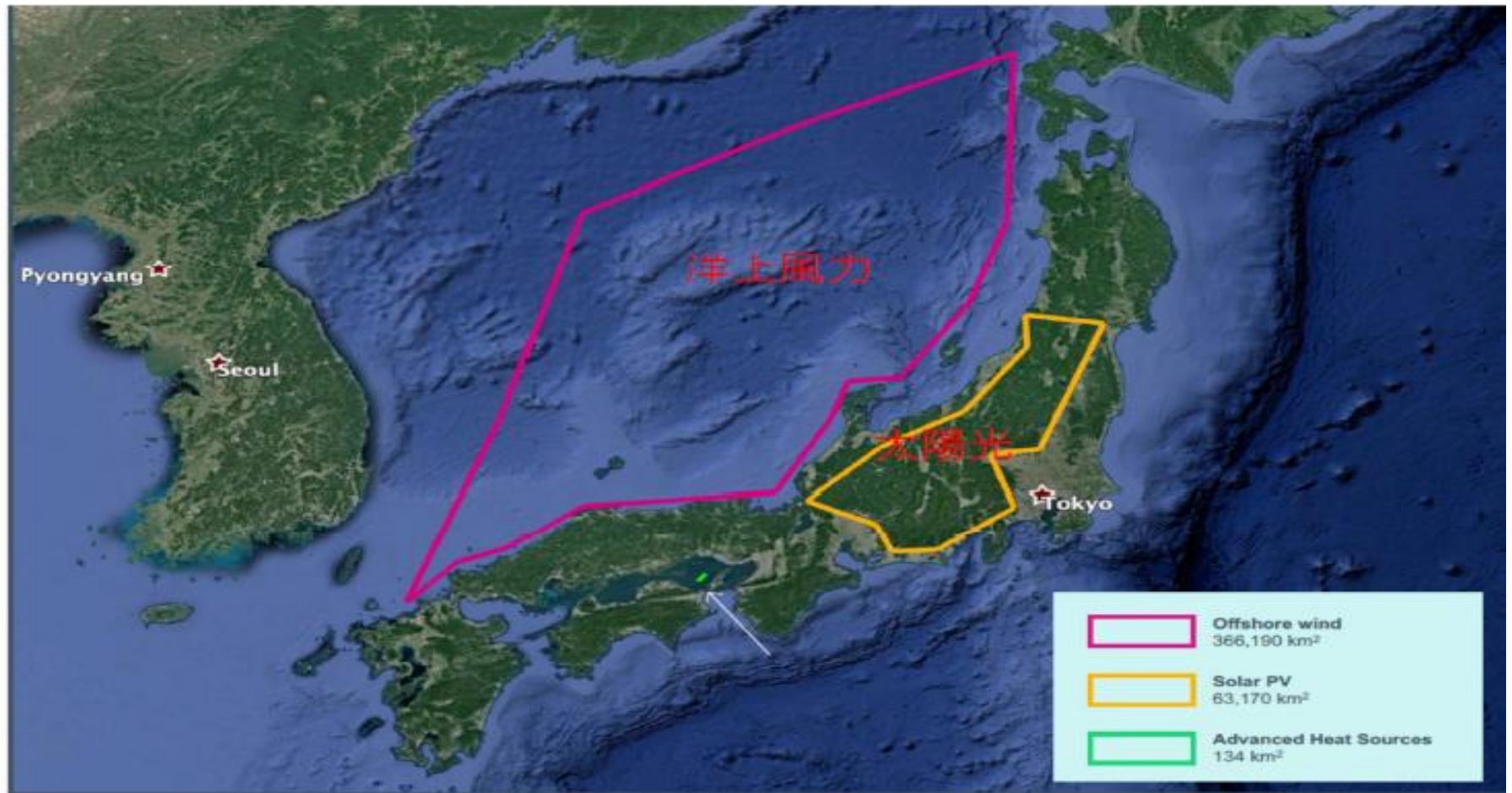


- kWh（発電量）とkW（設備容量）の相違の認識が大切
- 同じ設備容量でも、太陽光の発電量は原発の約1/7
- このような非効率な発電に国民は20年間に約60兆円の月賦返済を強いられている

# グリーン水素の問題 (変換を繰り返す度に落ちる効率)



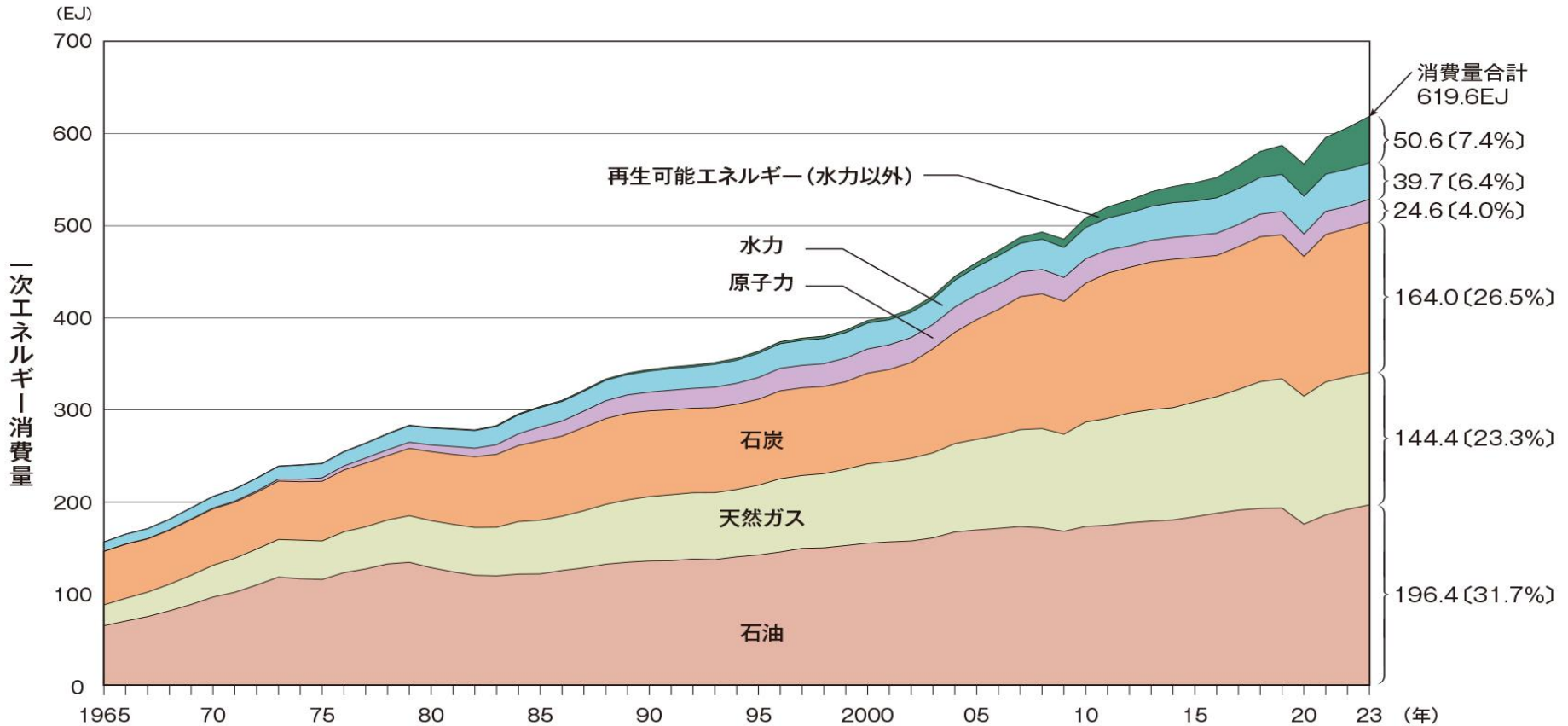
# 熱需要を再エネで行う場合



出典：英研究機関Lucid Catalyst2020年9月レポート

# (3) 世界のエネルギー情勢と我が国の状況

## 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

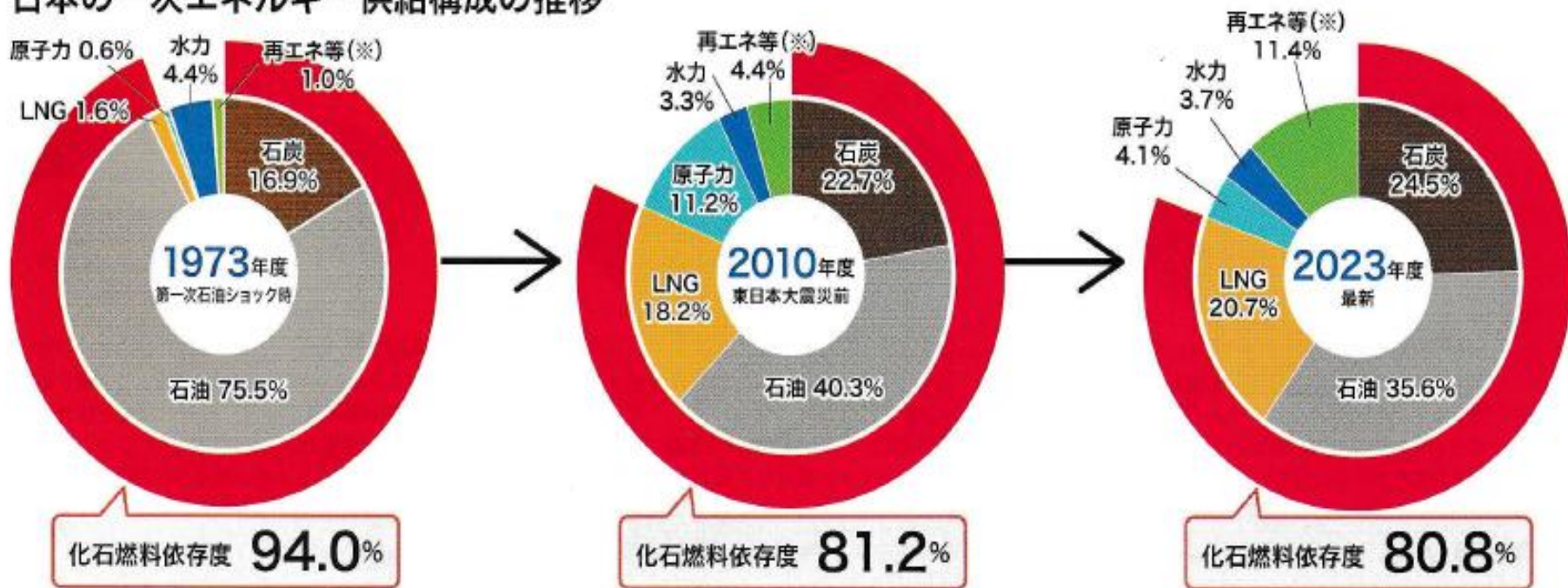
〔 〕内は全体に占める割合

1EJ(=10<sup>18</sup>J)は原油約2,580万kℓの熱量に相当(EJ:エクサジュール)

Q 日本はどのようなエネルギーを利用していますか？

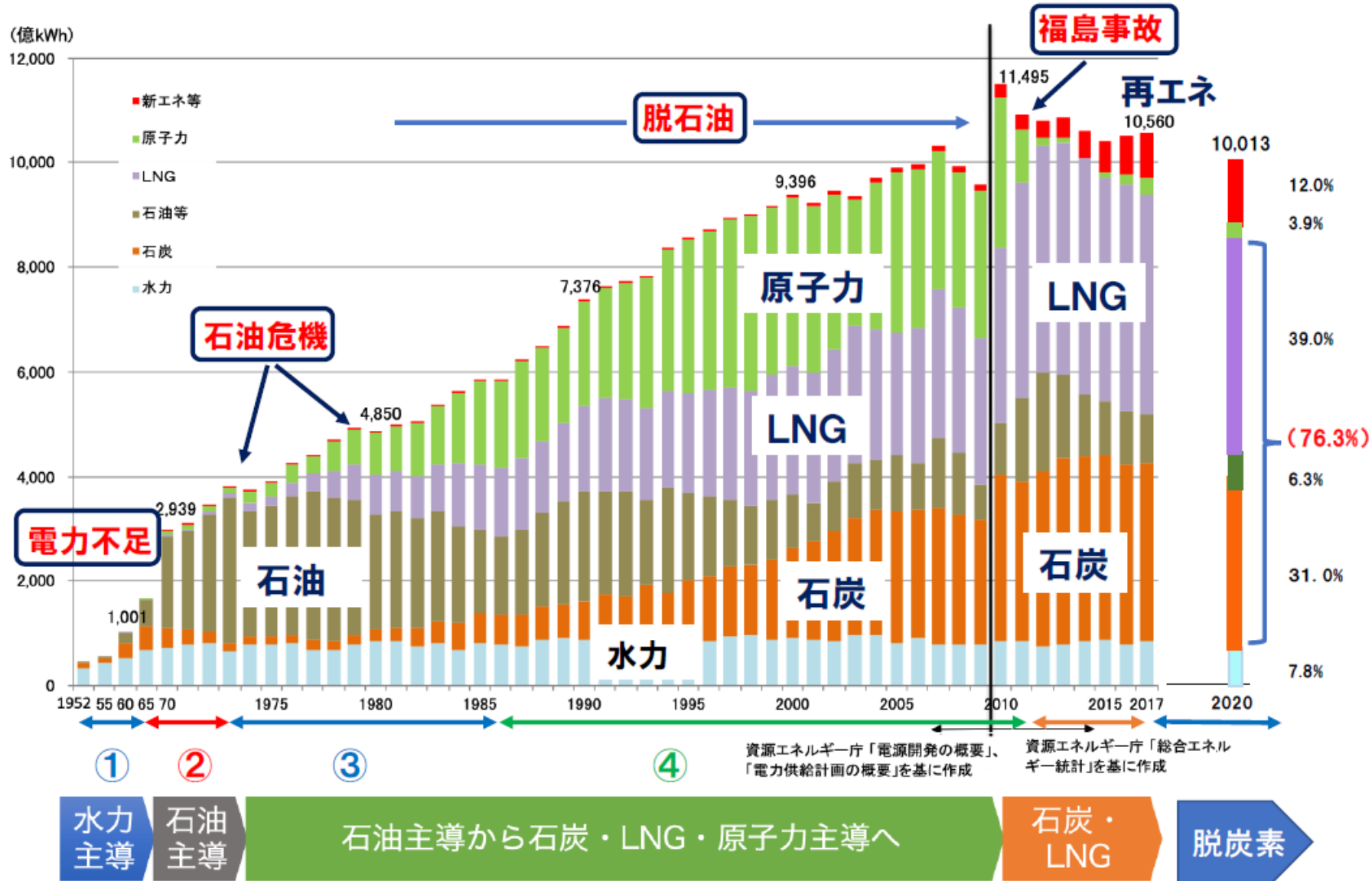
A 海外から輸入される石油・石炭・天然ガス(LNG)など化石燃料に大きく依存しています。

### 日本の一次エネルギー供給構成の推移



出典：資源エネルギー庁「総合エネルギー統計」の2023年度速報値  
※四捨五入の関係で、合計が100%にならない場合がある  
※再エネ等(水力除く地熱、風力、太陽光など)は未活用エネルギーを含む

# 日本の発電電源推移 (1950年～2020年)



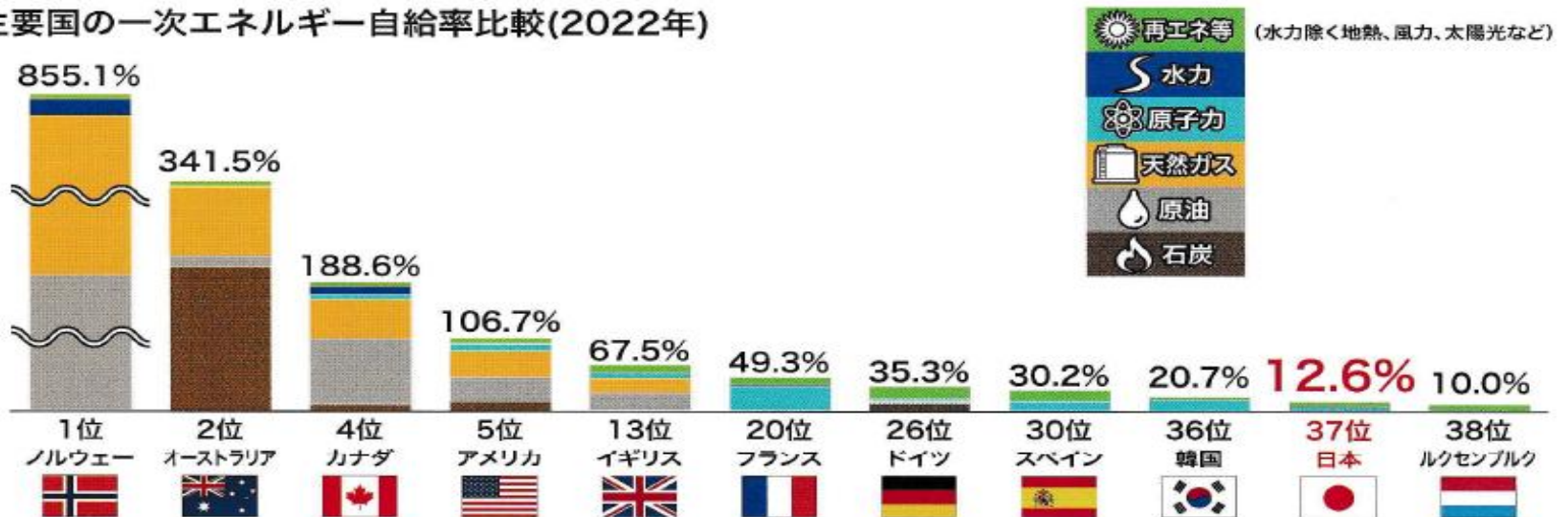
# 主要国の一次エネルギー自給率比較（2022年）

## エネルギー自給率の推移

Q 日本は、国内の資源でどのくらいエネルギーを自給できていますか？

A 2022年度の日本の自給率は12.6%で、他のOECD諸国と比べても低い水準です。

### 主要国の一次エネルギー自給率比較(2022年)



出典:IEA「World Energy Balances 2023」の2022年推計値、日本のみ資源エネルギー庁「総合エネルギー統計」の2022年度確報値。※表内の順位はOECD38カ国中の順位

### 我が国のエネルギー自給率



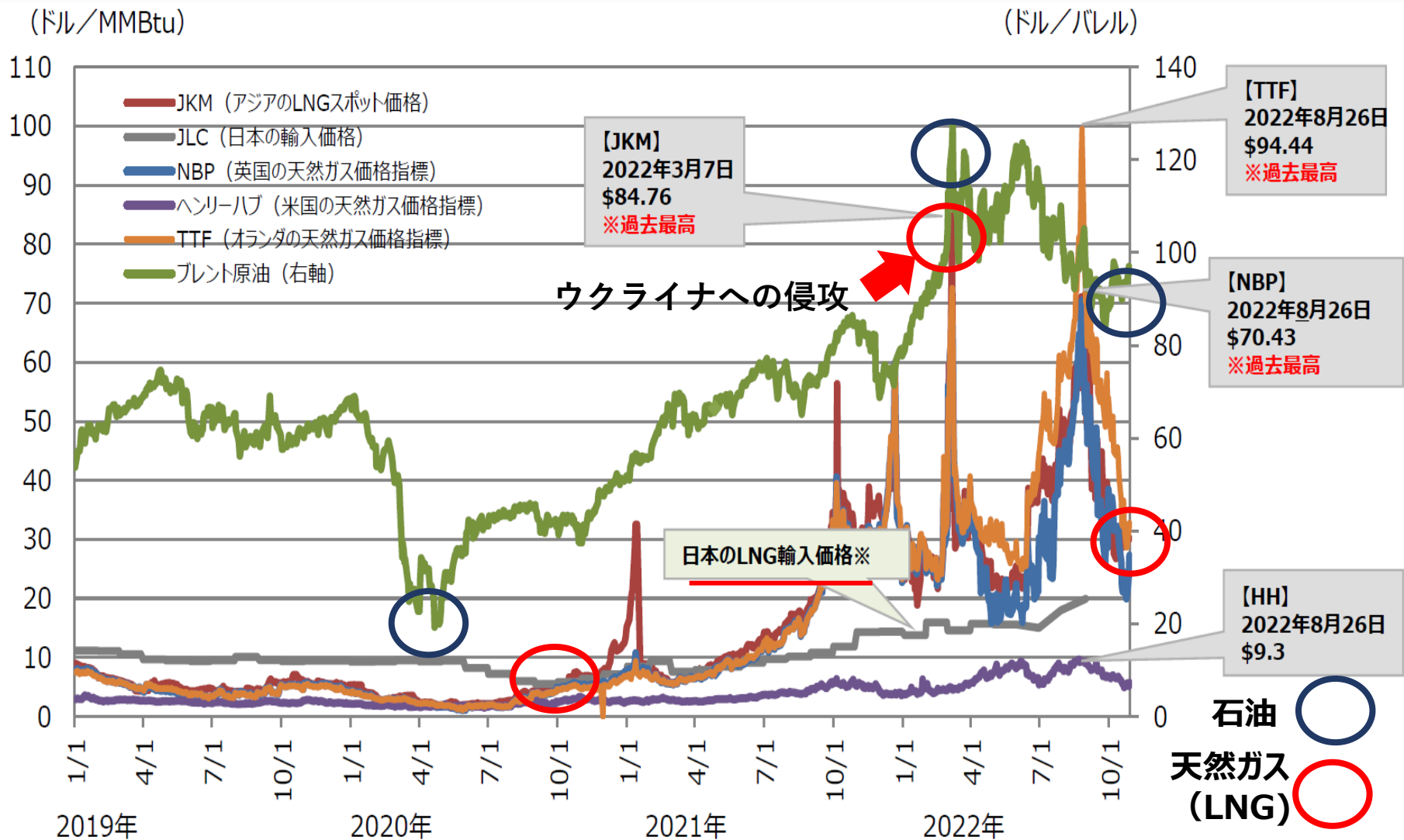
一次エネルギー:石油、天然ガス、石炭、原子力、太陽光、風力などのエネルギーのもともとの形態  
エネルギー自給率:国民生活や経済活動に必要な一次エネルギーのうち、国内で産出・確保できる比率



# 石油輸送のリスク



# 石油・天然ガス・LNGスポット価格急上昇

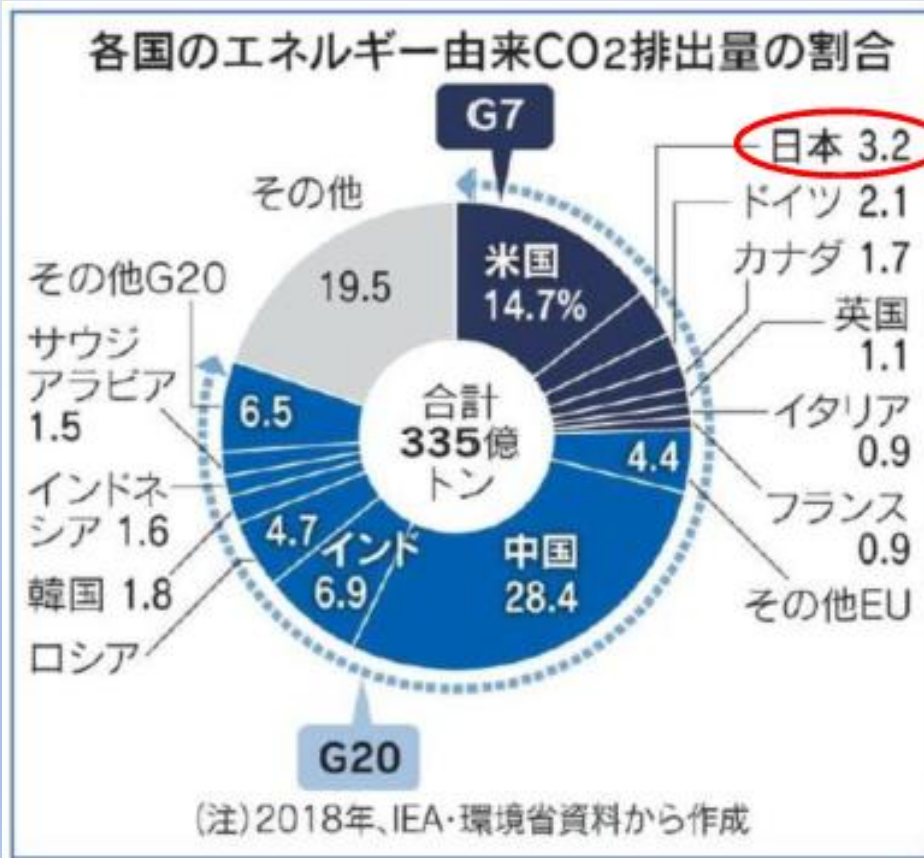


## 2. 我が国のエネルギー政策とその課題

### 日本のエネルギー政策の基礎 S+3E



# 国別CO2排出量とCO2目標削減率



国名	2030年時点の目標削減率 (13年比)
英国	-54.6%
スイス	-49.4%
ブラジル	-48.7%
<b>日本</b>	<b>-46.0%</b>
米国	-45.6%
サウジアラビア	-43.3%
EU27	-41.6%
カナダ	-40.4%
南アフリカ	-33.3%
韓国	-23.7%
ウクライナ	-23.0%
豪州	-18.4%
メキシコ	-0.4%
タイ	7.0%
カザフスタン	8.6%
中国	14.1%
マレーシア	23.1%
ロシア	51.8%
インド	99.2%
インドネシア	131.0%
パキスタン	234.6%

(出所) RITE分析結果を基に作成

# (1) 2050年CNに向けてのGXの目論見

## GX(グリーントランスフォーメーション)とは？

- 日本語名:脱炭素成長型経済構造移行(2023.5.12立法名)
- 概念  
過去幾度となく安定供給の危機に見舞われてきた我が国のエネルギー供給構造を「産業革命以来の化石エネルギー中心の産業社会構造からクリーンエネルギー中心へ転換する」こと  
※ クリーンエネルギー:再エネ、原子力、H<sub>2</sub>、NH<sub>3</sub>、合成燃料、バイオ燃料、CCUS付き化石エネルギー他
- 意味合い  
人類が火の発見(約200万年前)以来、文明は燃焼エネルギーに依存して発展してきた。これから脱却するのは文明の大転換であり、至難の業であることの覚悟が必要
- 留意すべきこと  
GXで疲弊したドイツの惨状を他山の石とし、**国力が衰退しないよう慎重に事を進めるべきである**

# GX実現に向けた基本方針(これからの10年間) その目指す方向

- 2050カーボンニュートラル(CN)に向けた国際公約の実現
  - ・2030年度のCO2排出量の46%削減(2013年度基準)
- 安定的・安価なエネルギー供給構造の実現
  - ・徹底した省エネの推進
  - ・再エネの導入拡大
  - ・原子力の活用
  - ・その他「H2/NH3生産・供給網構築支援」「脱炭素電源投資」  
「関連技術開発」
- 経済成長の実現
  - ・日本企業が有する「脱炭素関連技術」を最大限活用
  - ・脱炭素分野で新たな需要と市場を創出
  - ・世界市場(特にアジア)のCNの実現に貢献

## GX実現に向けた基本方針(これからの10年間) 目指す方向を実現する上での施策(方法)

### ◇ 向こう10年間に150兆円の投資

- ・官20兆円(GX経済移行債 … 民間投資の呼び水)
- ・民間130兆円

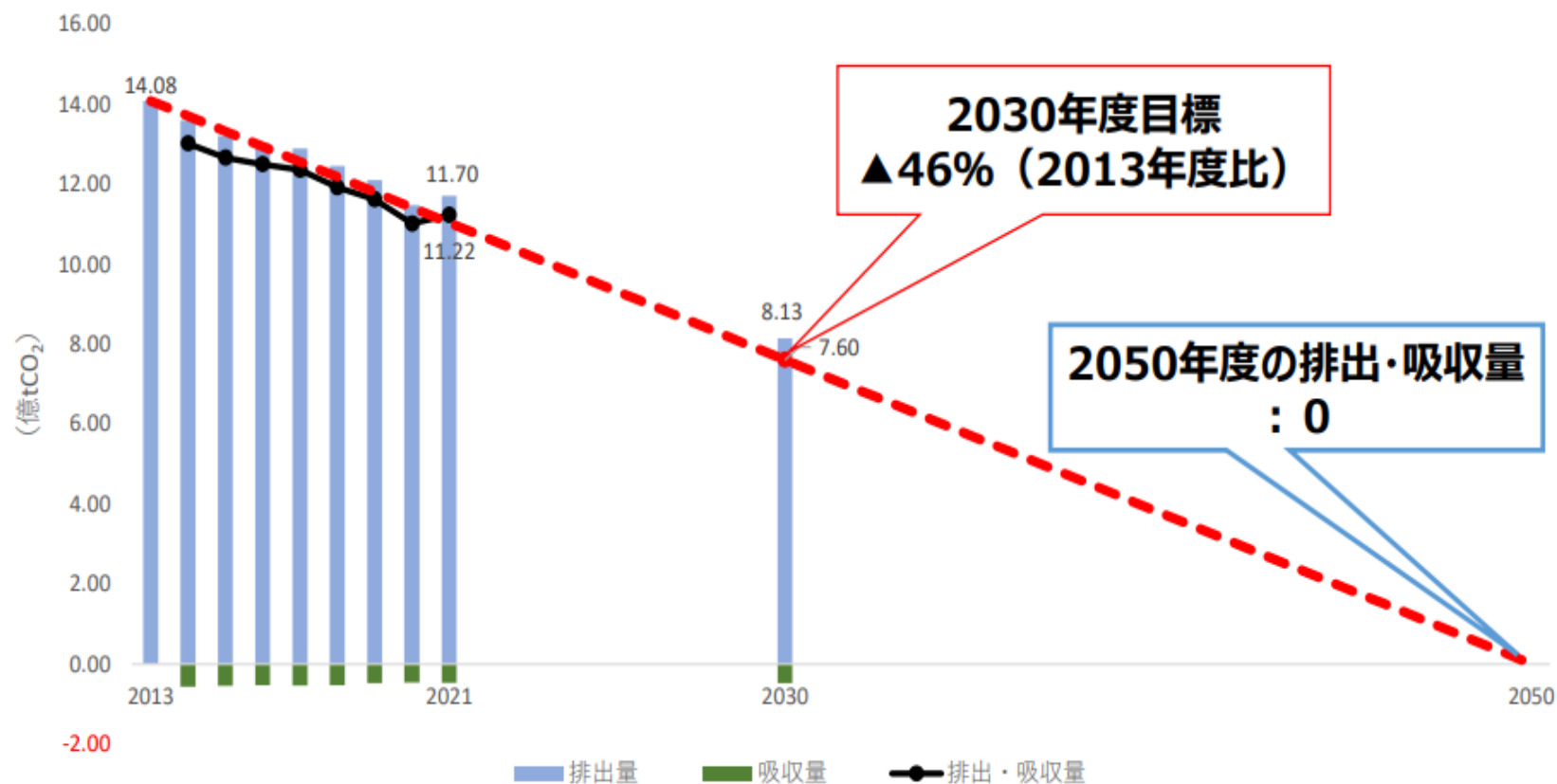
### ◇ (財政／金融支援)×(税制／規制(カーボンプライシング等))

- ・アメとムチ

### ◇ 諸外国との連携

- ・特にアジア諸国(アジアゼロエミッション共同体(AZEC)等)

# 日本の2030年度目標と2050年カーボンニュートラルの目論見



(出典)環境省地球環境部会会議資料(2023年6月26日開催)より抜粋

# GX実現に向けた基本方針の構成

- 「エネルギー政策」  
エネルギーの安定供給の確保を大前提とした、GXに向けた脱炭素に取り組む
  - ①徹底した省エネの推進
  - ②再エネの主力電源化
  - ③原子力の活用
  - ④その他「H2/NH3生産・供給網構築支援」「脱炭素電源投資」「関連技術開発」
  
- 「GXを進める施策(方法)」  
経済成長と脱炭素を同時に達成する「成長志向型カーボンプライミング構想」実現に向けた政策パッケージ

## (2) 第7次エネルギー基本計画

2040年に向けて再生可能エネルギーを主力電源としつつ、特定の電源や燃料に依存しすぎないようにバランスの取れた電源構成を目指す。

1. 再エネを主力電源に : 4割~5割を目指す
2. 原子力も大いに活用 : 2割を目指し安定供給と脱炭素
3. S+3Eの原則 : 安全を大前提として安定供給。経済効率、環境適合を目指す
4. エネルギー危機に備えた強靱な需給構造 : 特定の電源に偏らないこと
5. 化石燃料からの脱却 : 脱炭素から非効率な石炭火力のフェードアウト
6. 次世代技術の導入 : ペロブスカイト太陽電池など次世代新技術を開発して再エネへの貢献と地域共生
7. 電力需要の増加への対応 : データセンター、半導体工場の急激な電力需要への対応

## 【参考】2040年度におけるエネルギー需給の見通し

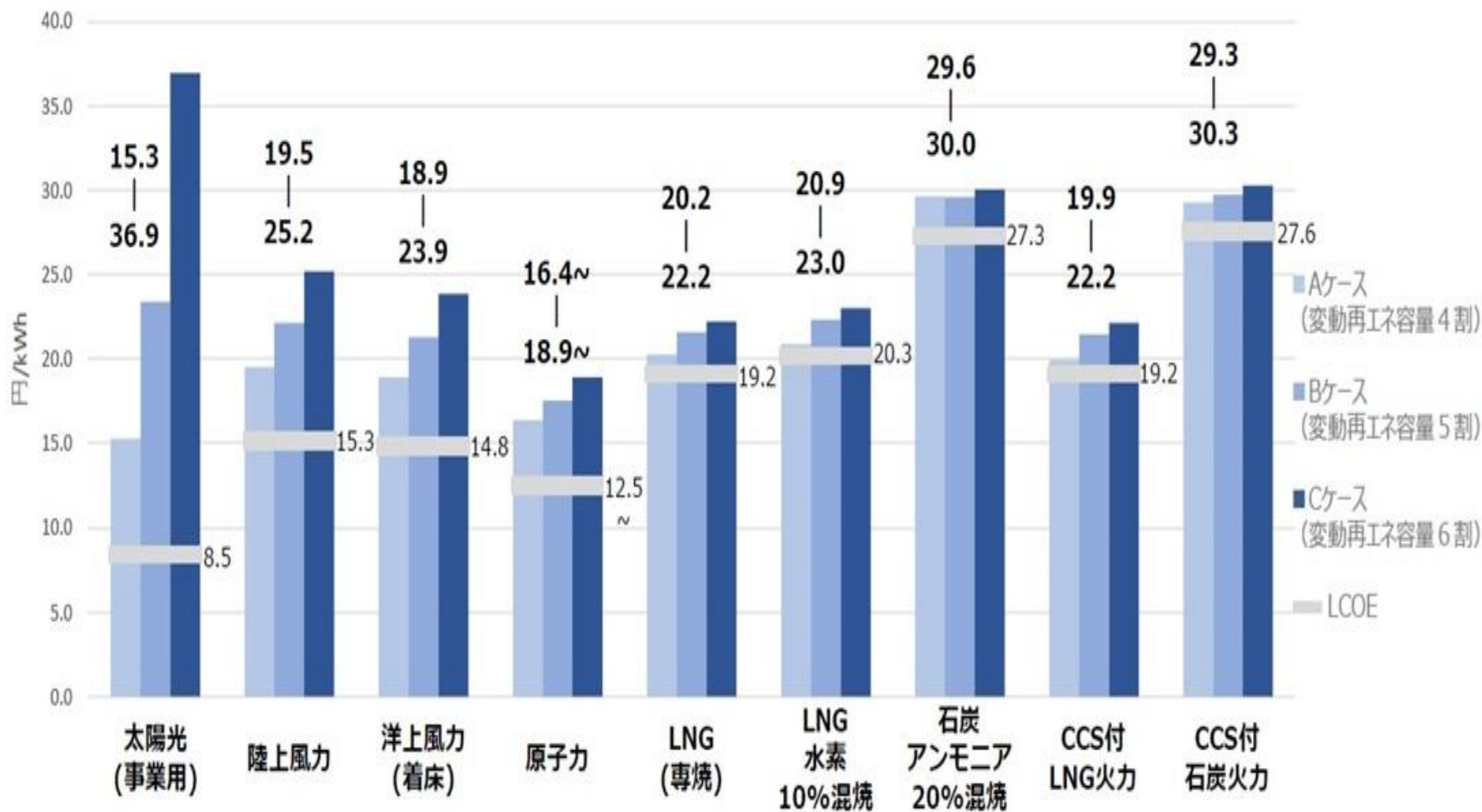
- 2040年度エネルギー需給の見通しは、諸外国における分析手法も参考としながら、**様々な不確実性が存在することを念頭に、複数のシナリオを用いた一定の幅として提示。**

		2023年度 (速報値)	2040年度 (見通し)
エネルギー自給率		15.2%	3～4割程度
発電電力量		9854億kWh	1.1～1.2兆 kWh程度
電源構成	再エネ	22.9%	4～5割程度
	太陽光	9.8%	23～29%程度
	風力	1.1%	4～8%程度
	水力	7.6%	8～10%程度
	地熱	0.3%	1～2%程度
	バイオマス	4.1%	5～6%程度
	原子力	8.5%	2割程度
火力		68.6%	3～4割程度
最終エネルギー消費量		3.0億kL	2.6～2.7億kL程度
温室効果ガス削減割合 (2013年度比)		22.9% ※2022年度実績	73%

(参考) 新たなエネルギー需給見通しでは、2040年度73%削減実現に至る場合に加え、実現に至らないシナリオ(61%削減)も参考値として提示。73%削減に至る場合の2040年度における天然ガスの一次エネルギー供給量は5300～6100万トン程度だが、61%削減シナリオでは7400万トン程度の見通し。 9



## 変動再エネの増加に伴う統合コストの増加



※2040年の電源システムについて、一定程度、地域間連系線が増強され、系統用蓄電池が実装されているケースを想定しており、これらによる統合コストの引き下げ効果は、上記結果に加味されている。加えて、デマンドレスポンスを一定程度考慮した場合、統合コストの一部を考慮した発電コストが上記より低い水準になる。

※地域間連系線の増強費用や蓄電池の整備費用は、「ある特定の電源を追加した際」に電力システム全体に追加で生じるコストではないため、計算には含まれない。

※水素、アンモニアは熱量ベース。

### (3) 日本のあるべき立ち振る舞いは？

日本、脱石炭でG7最下位  
(2024年11月18日 日本経済新聞)



国にはそれぞれのエネルギー事情があり、脱石炭に向けて努力しているならば、**最下位もなんら愧じることはない。**

海外からの激しい非難にもかかわらず火力発電を主体的に使わなければならない理由が、電力負荷と無関係の変動性を有する太陽光発電への対策であることはもっと国民に向けて周知すべきあるし、海外諸国に対する強い外交力が求められる。外交力が弱いと我が国の衰退を招きかねない。(例えば、「アジア・ゼロエミッション共同体(AZEC)」を日本が主導を主張するなど)

### 3. 次世代に伝えておきたいこと

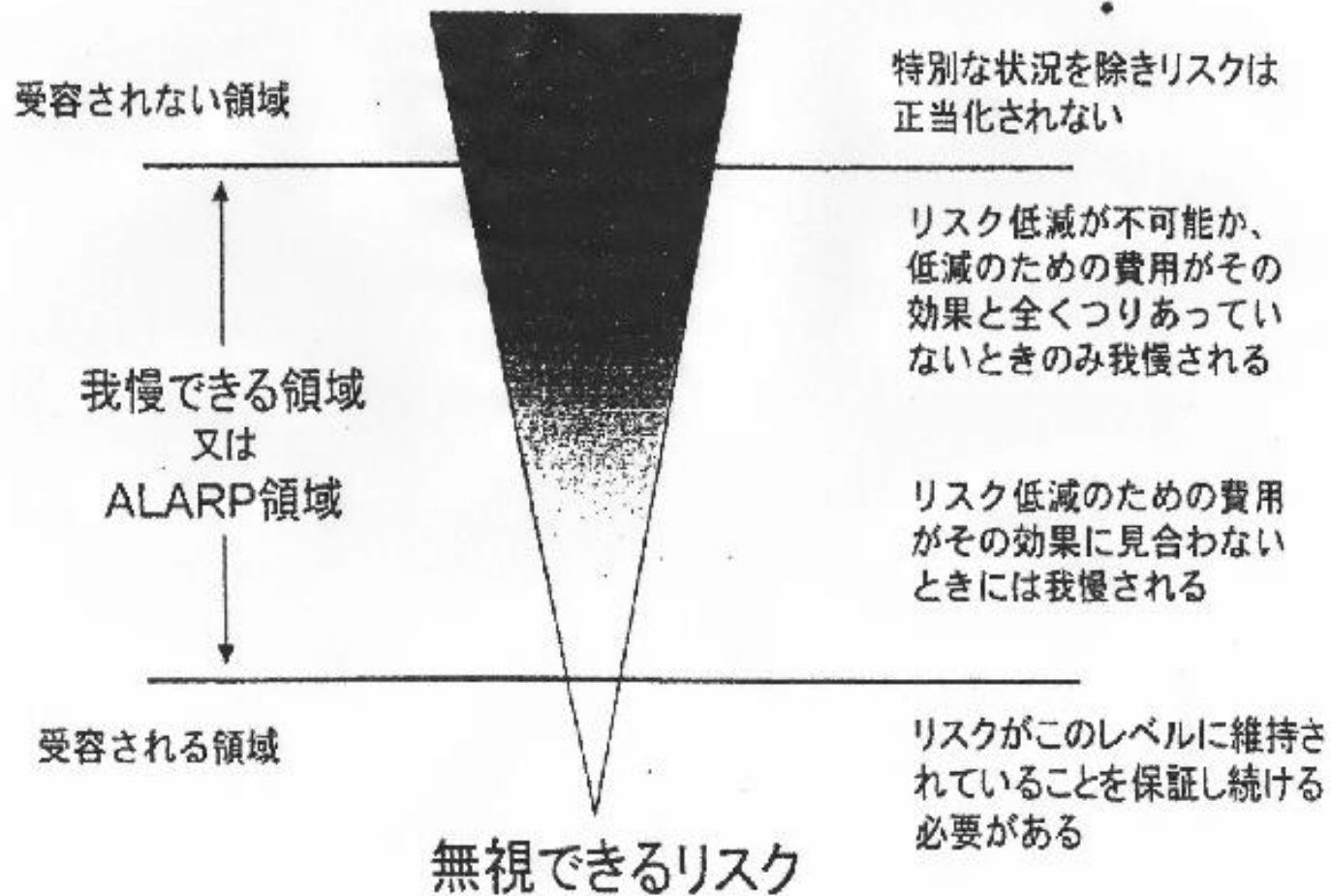
#### (1) 安全とは(リスクについて考えてみる)

##### リスク嫌いの日本人・リスクの文化差

リスクという言葉が日本人には好まれない。行政でもリスクという言葉はイメージが悪いとさけるし、研究者もPRAをPSAと読み替えたがる。日本人にとってリスクは消極的であり、受動的であり、押し付け的である。しかし、リスク嫌いの日本人も安全／危険の二項対立的発想によるのではなく、リスクという確率的発想を持つべきではないだろうか。

科学技術論的に絶対安全やゼロリスクはありえない。科学技術には必ず光と陰が存在する。科学技術を使う人間側の問題である。原子力もそれを失った場合のリスクも考える必要がある。

だとすれば、どの程度のリスクなら受け入れるかの問題となる。(How safe is safe enough?)



**ALARP as low as reasonably practical 合理的に実行可能な限りリスクを低減する**

リスクのレベルと ALARP (英国原子力公社)

# 各エネルギー源における過酷事故について①

○OECDの報告によると、化石燃料においては、採取、精製・転換、輸送等のフロントエンドにおける事故が、エネルギーチェーン全体での事故のほとんどを占める。  
 ○OECD加盟国に比べ、OECD非加盟国において事故被害が大きい。

化石燃料、水力、原子力の各エネルギーチェーンで1969～2000年に発生した過酷事故(死亡者5名以上)

エネルギーチェーン	OECD 加盟国			OECD 非加盟国		
	事故件数	死亡者数(人)	死亡者数/発電量(GW・年)	事故件数	死亡者数(人)	死亡者数/発電量(GW・年)
石炭 (うち、中国(1994～99年)*1)	75	2,259	0.157	1044 (819)	18,017 (11,334)	0.597 (6.169)
石油	165	3,713	0.132	232	16,505	0.897
天然ガス	90	1,043	0.085	45	1,000	0.111
LPG	59	1,905	1.957	46	2,016	14.896
水力	1	14	0.003	10	29,924	10.285
原子力	0	0	-	1	31*2	0.048

\*1 中国については、石炭データは中国石炭産業年鑑が入手できる1994～1999年についてのみ解析されている。

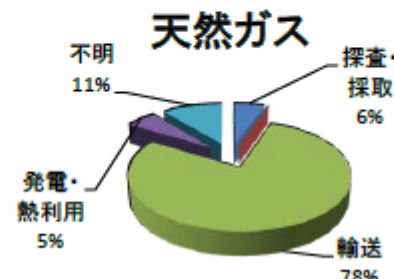
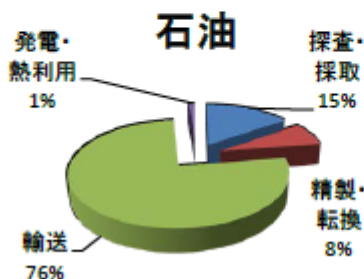
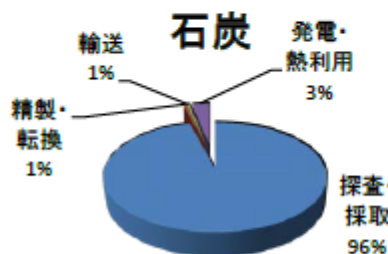
なお、2002～2009年における中国の石炭採掘による死亡者数は平均約5,000人/年。  
 (出典)(独)新エネルギー・産業技術総合開発機構 委託調査「世界の石炭事情調査 -2010年度-」

\*2 事故直後の死亡者のみ。

(出典: OECD2010 NEA No.6861 "Comparing Nuclear Accident Risks with Those from Other Energy Sources")

## エネルギーチェーンにおける各過程ごとの事故数の分布

※ 水力及び原子力については、全て発電過程での事故による死亡者数



## ○主な事故原因

### 石炭:

ガス爆発、火災、落盤等による炭坑での事故

### 石油・天然ガス:

交通事故、タンカー事故、パイプラインの不具合等による輸送中の事故

(出典)OECD2010の主なデータソースであるPSI 1998<sup>3</sup>を元に資源エネルギー庁にて作成

\*3 Severe Accidents in the Energy Sector. Hirschberg S., Spiekerman G. and Dones R., 1998 (Paul Scherrer Institut)

(出典)第10回 総合資源エネルギー調査会 基本問題委員会 資料(平成24年2月1日)

# 原子力と他の社会リスクを比較

## ■ 2003年 安全目標専門部会報告

- ◇ 定性的目標;
  - 日常リスクを有意に増加させない
- ◇ 定量的目標;
  - **個人の平均死亡リスク  $< 10^{-6}$ /年**

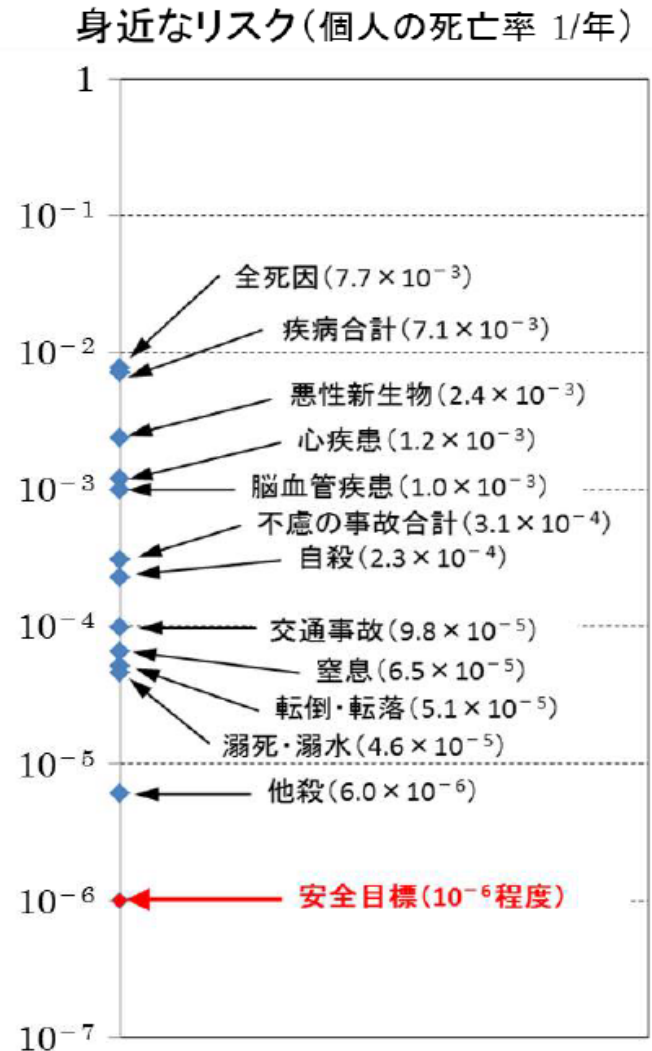
## ■ 2006年 性能目標検討分科会報告

- ◇ 安全目標から、十分に保守的な前提で性能目標を導出 → 設計には便利
  - **炉心損傷頻度 CDF  $< 10^{-4}$ /年**
  - **格納容器損傷頻度 CFF  $< 10^{-5}$ /年**

## ■ 2013年 原子力規制委員会

- ◇ 事故後の長期避難の弊害に配慮
  - **Cs-137放出量が100TBqを超過する頻度  $< 10^{-6}$ /年**

## ■ 他の社会リスクと比較するには**死亡リスクの評価が必須**



## 皆さんはどのように考えますか

- 須らく科学技術には光と陰があり、光だけの科学技術は存在しない。（両刃の剣）
- 原子力の光と陰のコントラストはとりわけきつい。（薄く広くに対し、原子力は深く狭い）
- 科学技術を使う人間側の問題である。
- 一方、世界のエネルギー動向は・・・
- 原子力を失うリスクも考えるべきでは（原子力放棄は国家の自殺行為では）

# 社会に生きるからにはリスクと共存する覚悟と決意

ゼロリスクはない。生きている限り必ずリスクを伴う。リスクがどの程度のものであるかの認識を共有して、リスクミニマムを求めながらもリスクとともに生きてゆく覚悟を決めてこそ成熟した大人の社会と考える。

# 次世代に期待すること

常々思うこと、良きにつけ悪きにつけ、人間の好奇心と飽くなき探求心によってあらゆる発展がなされてきた。原子力にとどまらずゲノム開発も宇宙開発も先端技術にとって危険はつきもの、科学者、技術者にとってリスクは超えるべき課題であり挑戦の連続である。そうやって人類は発展してきた。誰がこの営みを止めることができようか。

- 視座を高くし、遠くを見つめて
- 一時の感情に流されず冷静な目を養う

- サイエンスリテラシー
- メディアリテラシー

(メディアの責任は本当に重い、放射能で恐怖に陥れるのは犯罪行為)

## エネルギーを考えることは世界を考えること

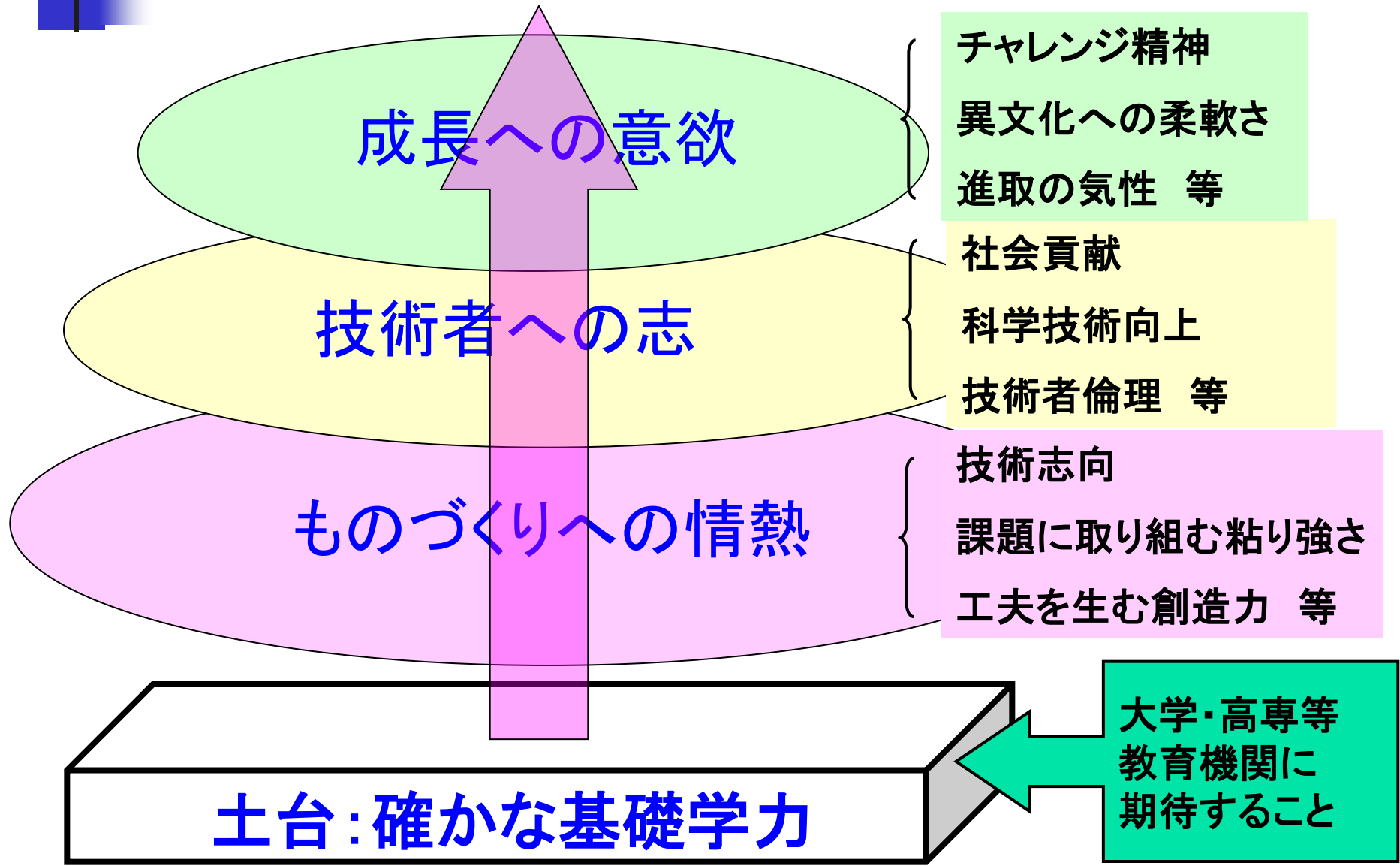
世界の人口は約80億人、しかし5人に一人は未だ電気の恩恵に浴していない。これから更なるエネルギー争奪戦に入る。

資源小国日本がこれからも一流国を目指すのか、二流国で甘んじるのか、それは次世代の覚悟の問題です。サイエンスリテラシー、メディアリテラシーに磨きをかけて決して教条主義に陥ることなく、自分の頭で考えること、それが我が国に残された道であり。そのような覚悟を持って冷静に次世代革新炉を見つめていただきたい。

# まとめ

1. 人類の約1万年に及ぶ文明の発展は莫大なエネルギーの増産によるおかげである。一次エネルギーは3種類しかなく、それぞれに一長一短があって良いだけのエネルギーはない。長所を活かし短所を抑える科学技術により人類は発展してきた。
2. 我が国はエネルギー自給率約10%であり、世界の中でも極めて自給率の低い資源小国であることを認識することである。これを克服するには国民の知恵（科学技術力）が必要である。
3. 我が国は、2050年カーボンニュートラルの国際約束、ロシアのウクライナ侵攻等により、エネルギーの安定かつ妥当な価格での供給が厳しい状況にある。
4. 再生可能エネルギー依存も限界があり、第7次エネ基で原子力復活を指示したことは極めて妥当な選択である。政権が変わっても維持しなければならない。
5. ゼロリスクはない。生きている限り必ずリスクを伴う。リスクがどの程度のものであるかの認識を共有して、リスクミニマムを求めながらもリスクとともに生きてゆく覚悟を決めてこそ成熟した大人の社会と考える。

# 【付録】 技術者に期待するもの



# 【付録】 社会にとって魅力の若者像

- **新しいことへチャレンジする**
- **自己主張や他人とのコミュニケーションの能力 共同作業を苦にしない。地元行事、スポーツ**
- **健康で明るく前向きに物事を考える**
- **基礎的学力を身に付けている、日本語、英語、仏語、郷土史なども**
- **仕事に情熱と熱意を持つ、仕事に対する確かな理念を持つ**
- **常に社会の動きに目を向けている、世の中の動向に関心を持っている**

1. **勝者は、つねに問題解決に寄与する**  
**敗者は、つねに問題を引き起こす**
2. **勝者は、つねに計画を持っている**  
**敗者は、つねに言い訳を考える**
3. **勝者は、つねに「引き受けた」という**  
**敗者は、つねに「私と関係ない」という**
4. **勝者は、つねに解決法を考えている**  
**敗者は、つねに問題点を指摘する**
5. **勝者は、つねに「難しいが可能だ」という**  
**敗者は、つねに「可能かもしれないが難しすぎる」という**

## 【付録】 情報汚染チェック 10の原則

1. 論理の飛躍(接続詞を挿入して検証)
2. 量を言わない主張(単位の無理解)
3. 確率を伴わない危険予測は単なる扇動(活断層、火山)
4. 深層防護(多重防護における前段否定)と絶対安全(ゼロリスク)の誤解
5. 時間軸を持たない主張
6. グローバルな視点のない主張
7. 原発リスクを減ずることが技術進歩、これを無視する主張
8. 失敗を許さない主張
9. 情緒的主張
10. 改善と改革による前進(Plan Do Check Act)を無視した主張

**皆さんへ**

**福島第一原子力発電所事故から14年余が過ぎ、  
漸く原子力復活の兆しが見えてきた。**

**将に若い皆さんに原子力の将来が託されています。  
存分に力を発揮されんことを望みます。**

**ご清聴有難うございました。**

初日の出（大洗海岸）