

対話イン北海道教育大学

# 日本のエネルギーの現状と課題

2020年7月28日

早野睦彦

シニアネットワーク連絡会  
エネルギー問題に発言する会

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

# SNWの活動方針

## 1. 世代を越えた対話

次世代を担う若者との対話により夢と希望を与え、自ら育む手助けをする。

## 2. 情報提供と理解促進活動

市民、先生、マスコミ関係者へのエネルギーと環境問題、原子力、放射線などの理解を促進する為、公開シンポジウムなどの啓発活動を行なう。

## 3. 講師の派遣など

国が推進する「原子力人材育成プログラム」「広聴・広報事業」などを支援し講師派遣を行なう。必要に応じ学校への出前授業を実施。

## 4. 協力団体との水平的なネットワーク連繋

協力団体、組織と連携し問題解決に向け統一的アプローチを行う。

**日本が正しい知識と理性で導かれる一流国であることを願い、その役割を担う若者との対話を行う！**

# お話ししたい内容

1. 文明とエネルギー
2. エネルギーについて
3. 世界と日本のエネルギー事情
4. 日本のエネルギー政策と課題
5. リスクについて考えてみる
6. 皆さんはどう考えますか

# 1. 文明とエネルギー

## 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。

成長要因 人口増加(77億人⇒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)

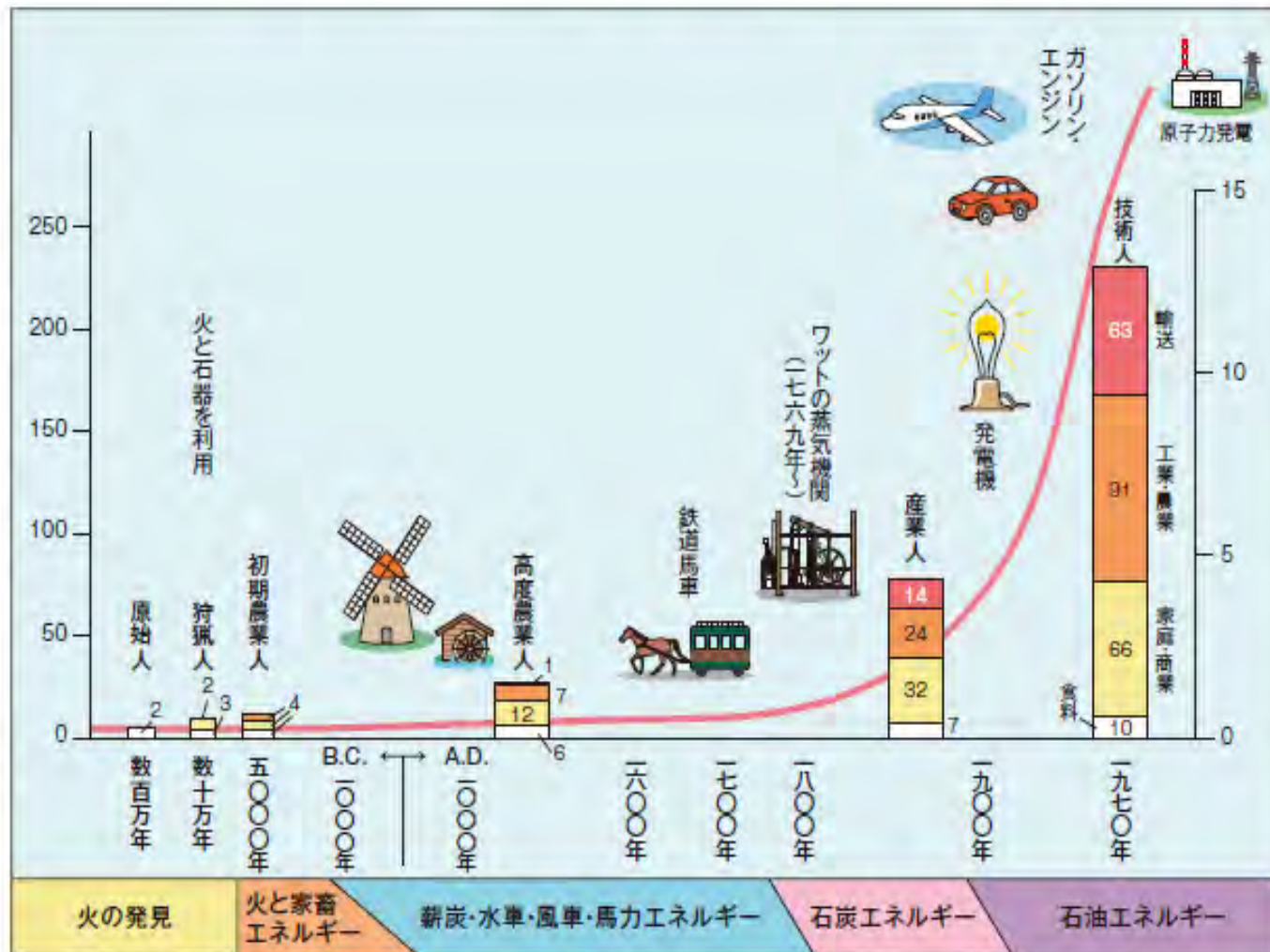
制約因子 地球規模での土地、エネルギー、資源、環境

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・・・」

# 人類とエネルギーのかかわり

一人あたり消費量(二〇〇〇キロカロリー/日)・棒グラフ

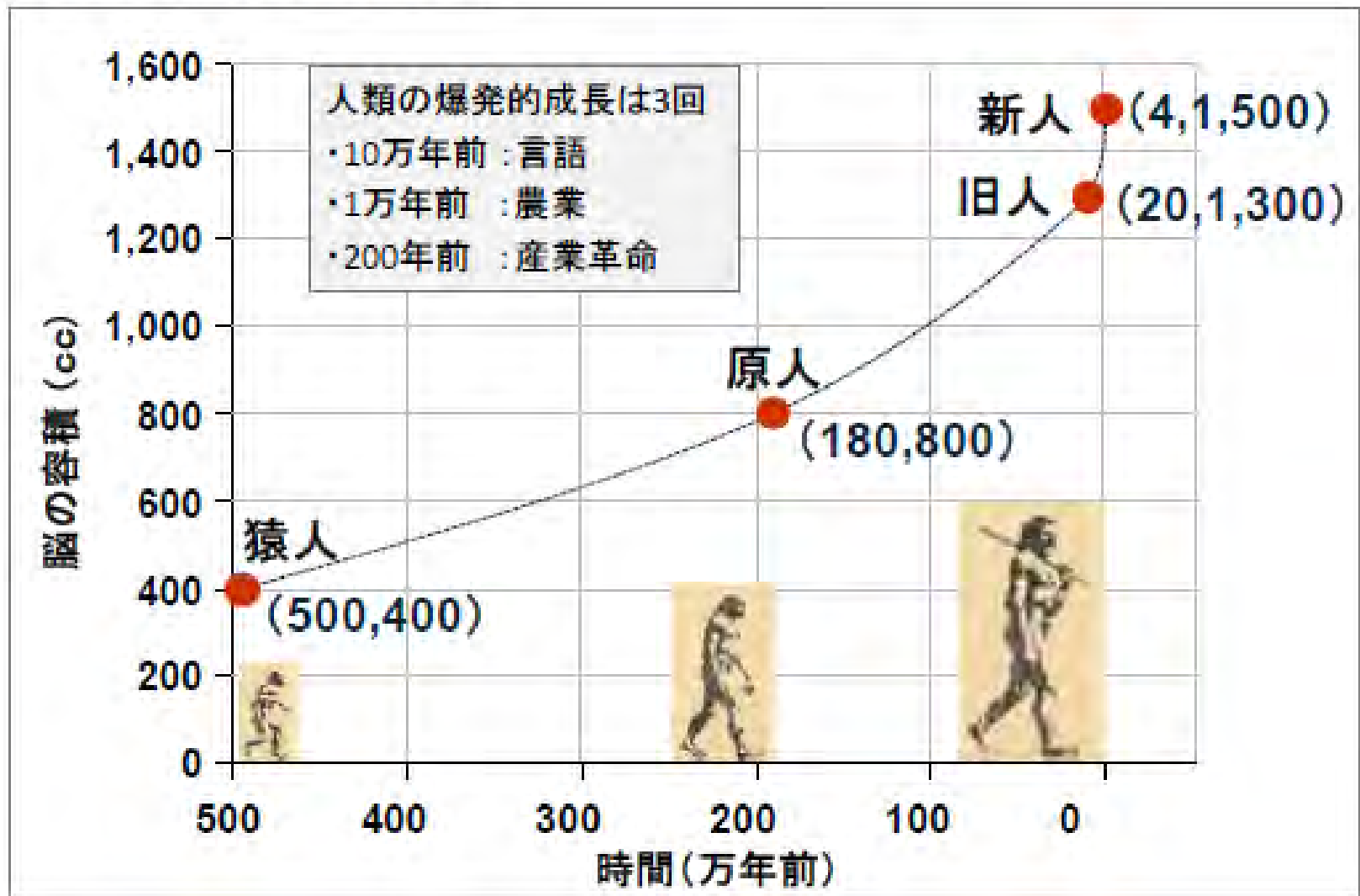


石油換算消費量(二〇〇万キロリットル/日)・曲線グラフ

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。

# 人類の脳の容積推移

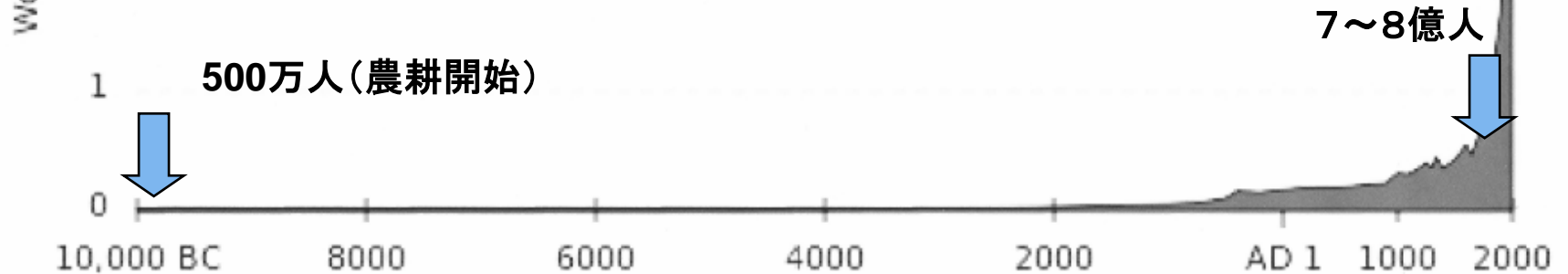


# 文明の転機

- ・火の発見(200~20万年前)
- ・定住・農耕の開始(約1万年前)
- ・蒸気機関(約240年前)
- ・電気の利用(約200年前)
- ・原子力の利用(約70年前)

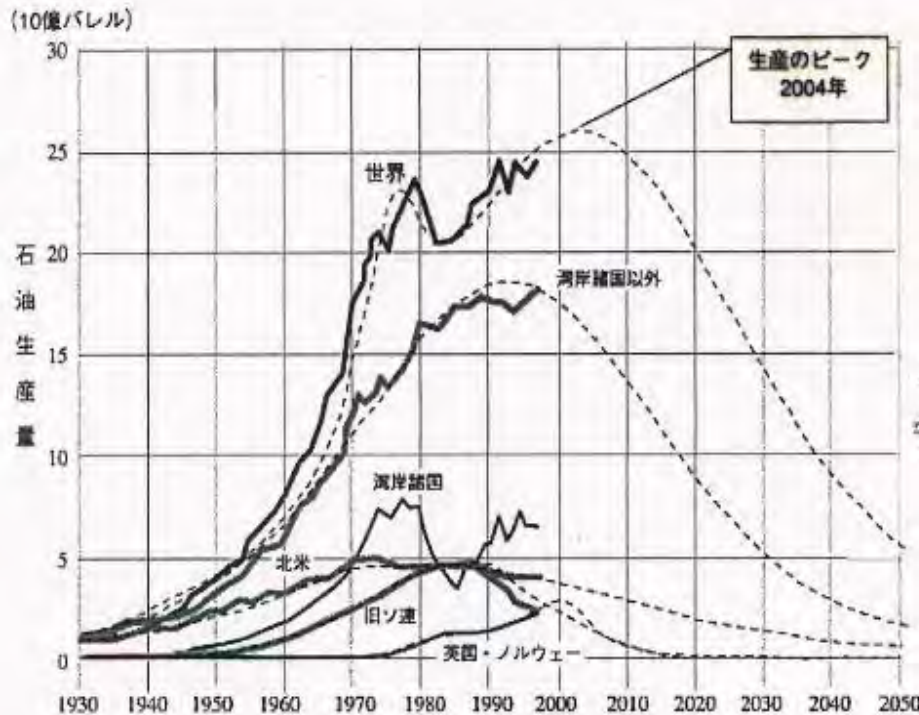
77億人  
(現在)

## 世界人口の推移

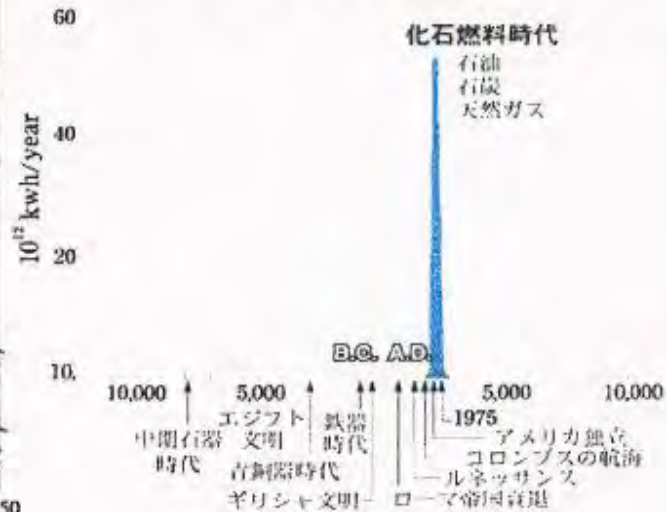


# 年間石油生産量とハバートカーブによる将来予測(C.キャンベル)

(出所: <http://www007.upp.so-net.ne.jp/tikyuu/opinions/illume.html>)



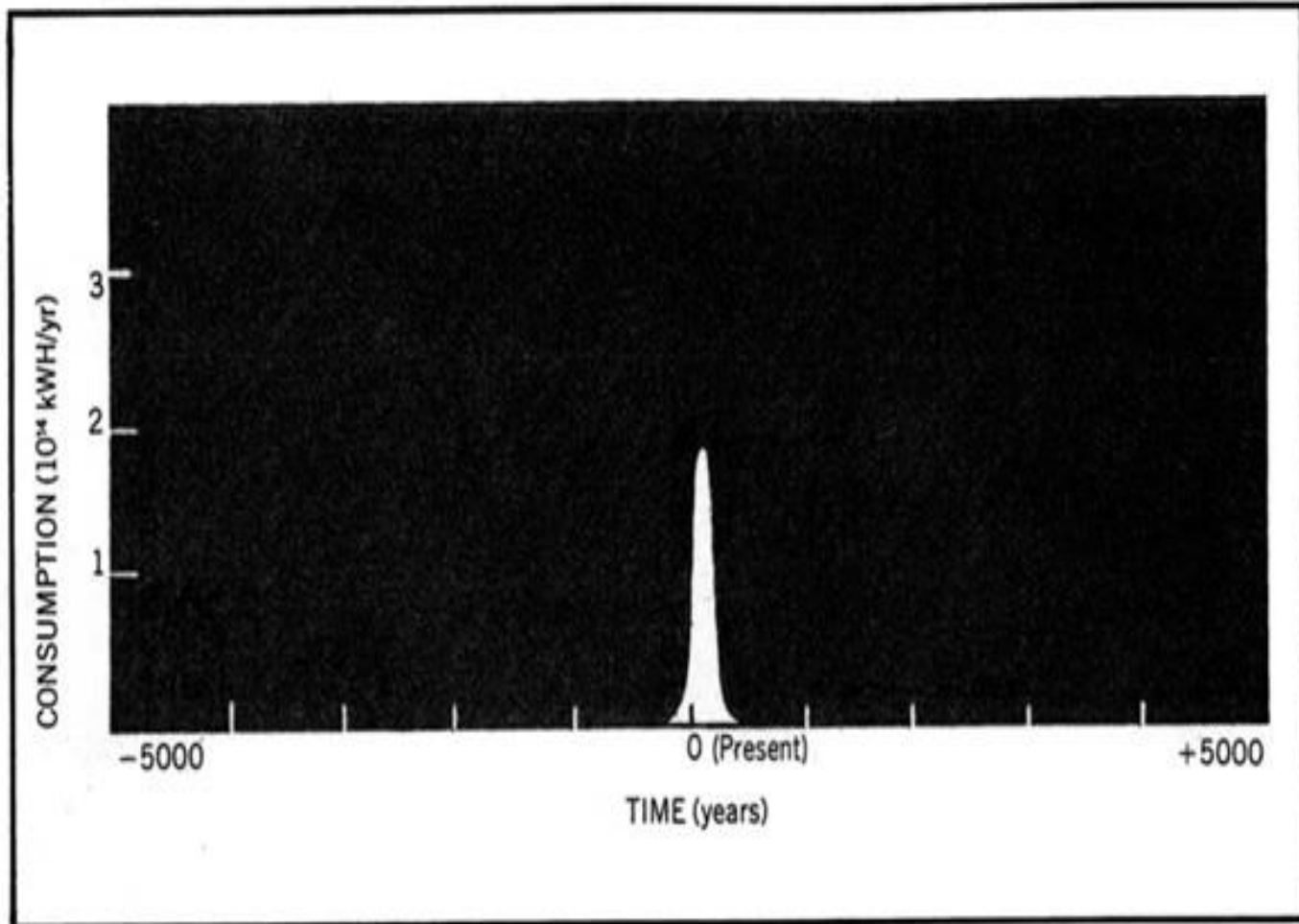
## 化石燃料時代は人類史上では一瞬





# ハバートの「一本のマッチ」の警告

世界の化石燃料消費の増加と消耗は、長い闇世の中の本のマッチの閃光のようなものだ

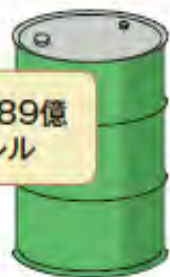


The rise and fall of the world's rate of consumption of fossil-fuel resources is like the flame of one match in the long night—a delta function in the darkness.

# 世界のエネルギー資源確認埋蔵量

53年

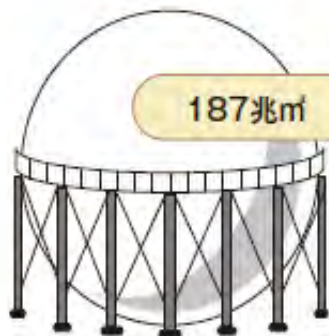
1兆6,689億  
バレル



石油※1  
(2012年末)

56年

187兆m<sup>3</sup>



天然ガス※1  
(2012年末)

109年

8,609億トン



石炭※1  
(2012年末)

93年

533万トン



ウラン※2  
(2011年1月)

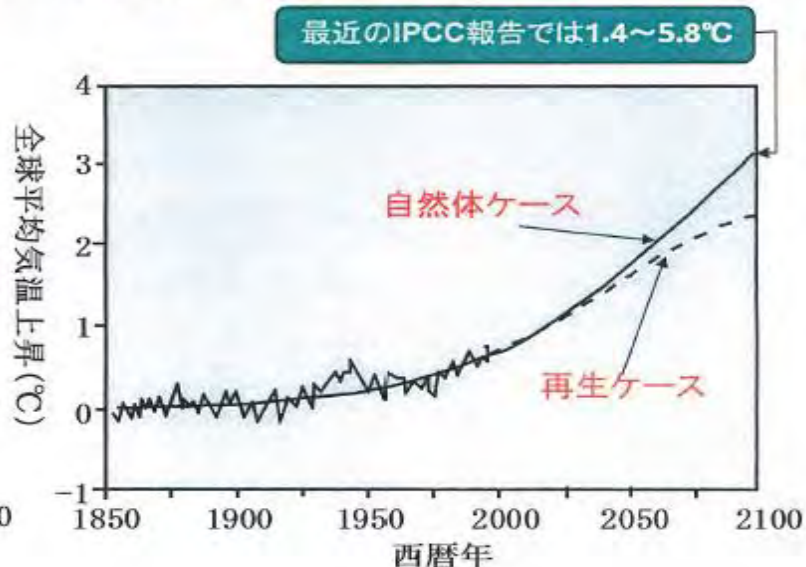
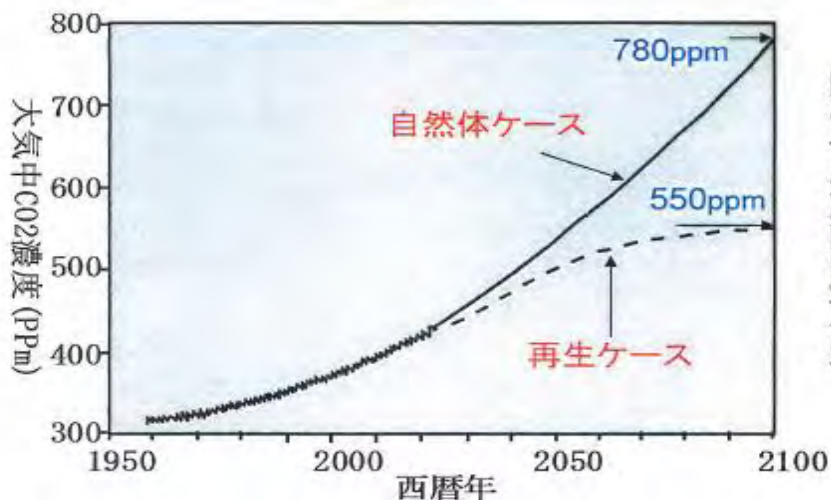
(注) 可採年数=確認可採埋蔵量/年間生産量  
ウランの確認可採埋蔵量は費用130ドル/kgU未満

## 大気中CO<sub>2</sub>濃度と全球平均気温上昇の変化の試算例

自然体ケース：CO<sub>2</sub>排出抑制策をとらずエネルギーシステムコストを最小化するように行動するケース

再生ケース：2100年時点でのCO<sub>2</sub>濃度550ppmとするために抜本的に諸対策を行うケース

(省エネ、原子力、バイオマス、廃ガス田注入、風力、海洋貯留、植林、etc.)



出典：「地球を救うシナリオCO<sub>2</sub>削減戦略」  
茅陽一監修 B&Tブックス 日刊工業新聞社(2000年8月)

コロナ禍で2020年度はCO<sub>2</sub>が8%程度減少の可能性と報じられています。2050年度のCO<sub>2</sub>削減目標は、これを毎年2050年まで続けることです。続けられますか！経済は破綻するでしょう。温暖化問題解消がいかに深刻かということを示しています。

## 2. エネルギーについて

一次エネルギー(3分類 日本は約90%輸入)

(1)化石燃料(世界は約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、ガソリン、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

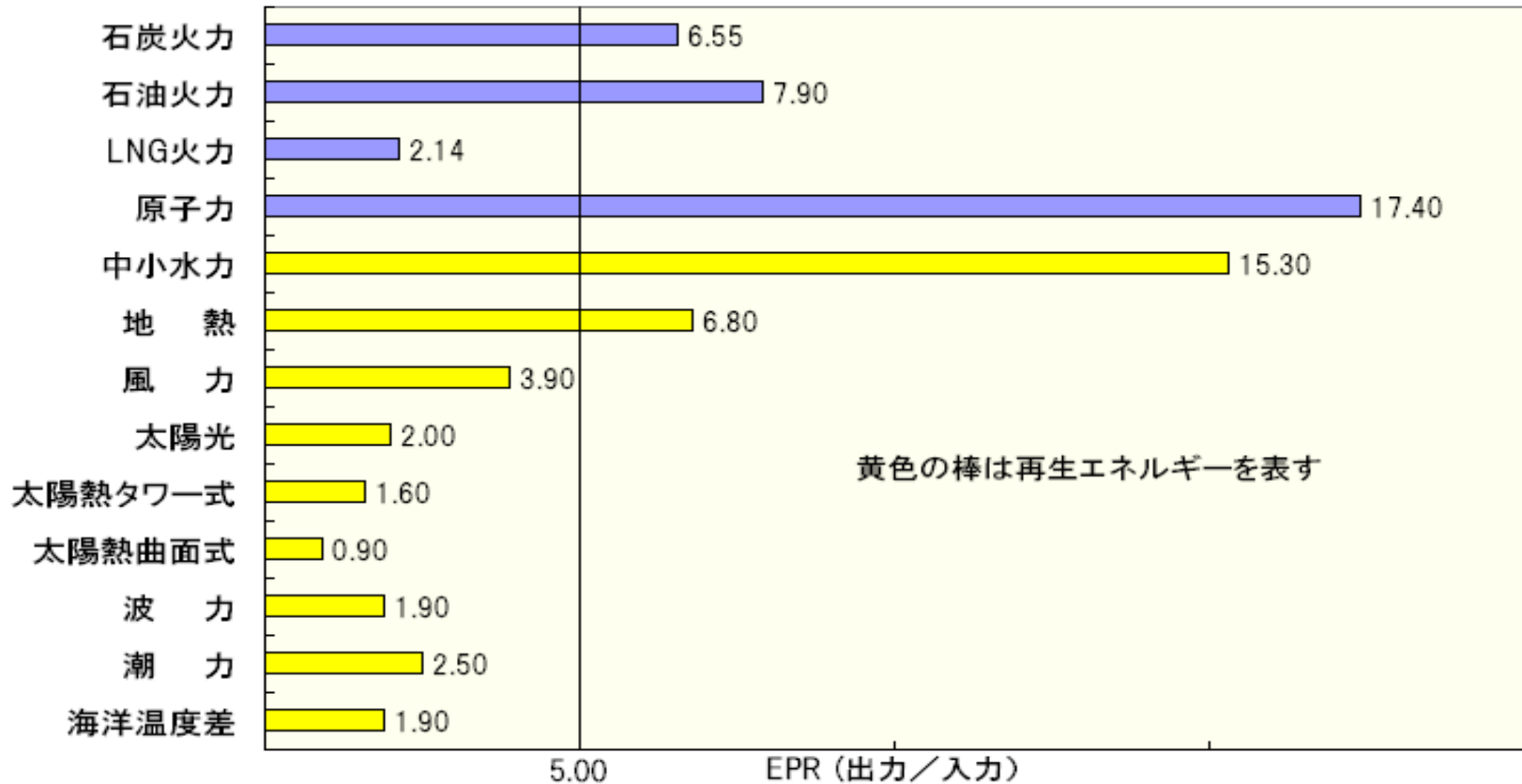
(再生エネは大量にあるが、集中していない。エネルギー密度が著しく低い)

## 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。

# 発電方式のEPR比較



(注)原子力では、ガス拡散と遠心を半分ずつにしている

設備利用率は、石炭、石油、LNG、原子力は75%、水力45%、風力35%、太陽光15%、太陽熱15%

## 電源を得る手段(発電)をEPRで評価

[出典]天野治:石油の代替エネルギーをEPRから考える、日本原子力学会誌、Vol.48、No.10(2006)、p.762

# 化石燃料の特徴と課題

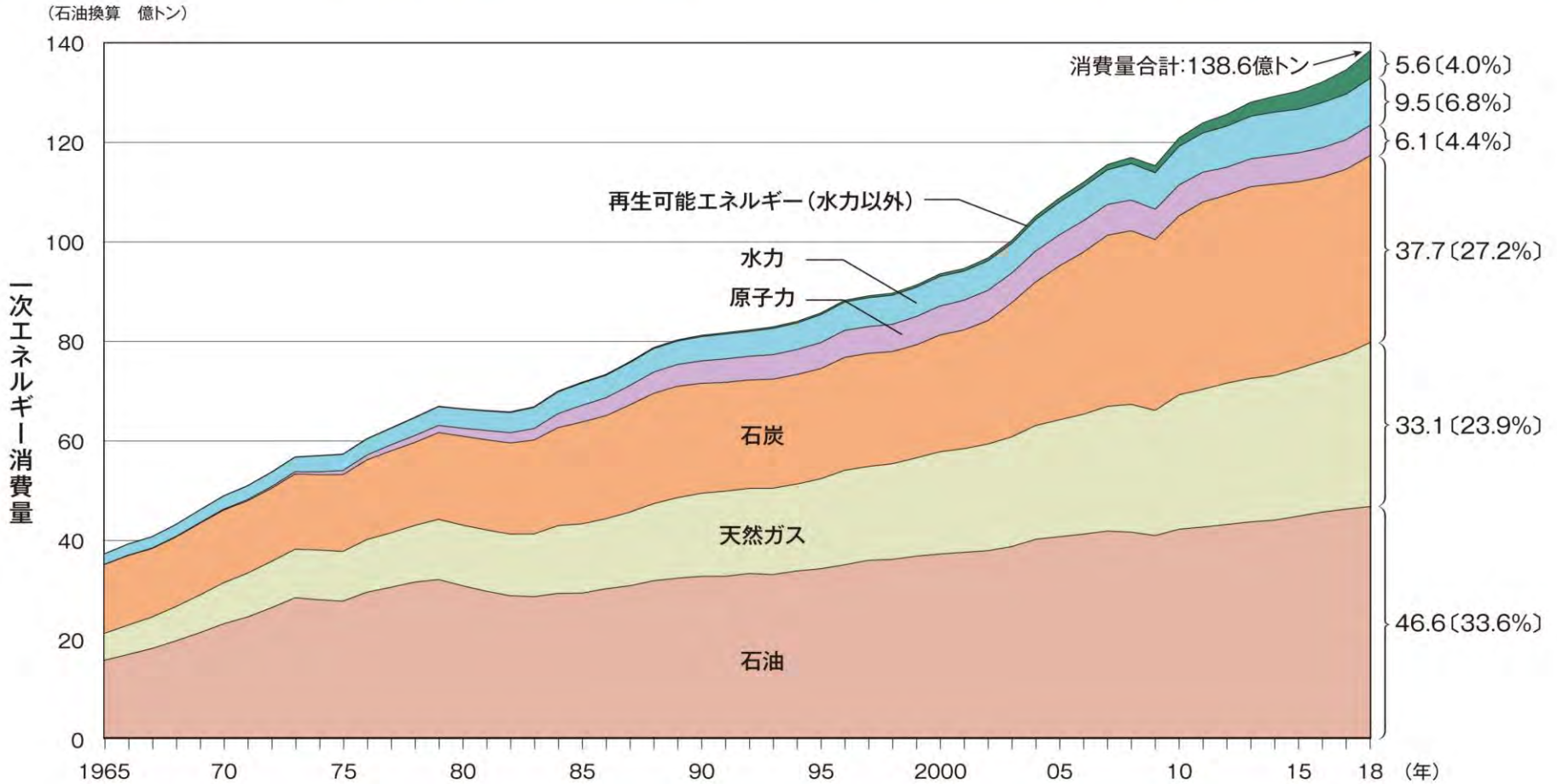
## 一次エネルギーとして圧倒的な依存度

- 産業革命を支えた動力源
  - 抜群の資源量、エネルギー密度、取り扱い易さ
  - 多様な用途：産業、運輸、民生用燃料、電気など
  - 抜群の資源量、エネルギー密度、取扱い易さ
- 戦後復興・高度成長の原動力
  - 電源として
  - 工業用、民生用燃料
  - 化学製品の原材料

## 地球温暖化問題、資源枯渇問題

- 効率的な活用
- CO<sub>2</sub>の分離・回収・処分
- 水素社会への転換

# 世界の一次エネルギー消費量の推移



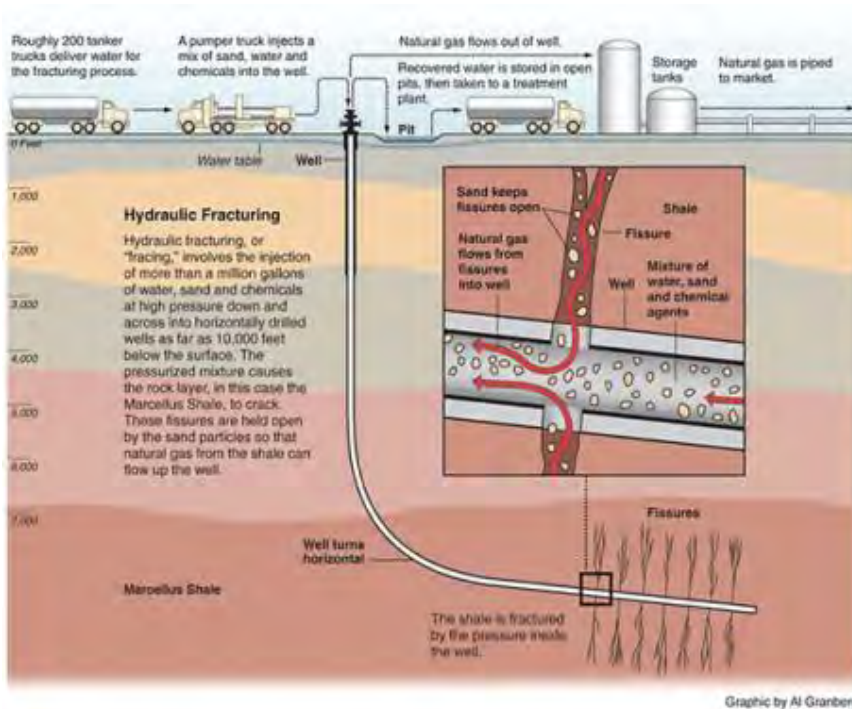
(注) 四捨五入の関係で合計値が合わない場合がある  
〔 〕内は全体に占める割合



# シェールガスの可能性はどうか

## 米国でのシェール革命

- ・シェール層からのガス・石油を安価に供給できるようになり、米国エネルギー情勢は様変わり。2008年→2012年で、貿易赤字6983億ドル→5395億ドル、石油製品輸入量11MB／日→7.7MB／日に激減。米国経済の大転換。
- ・米国の中東依存度激減。世界戦略への影響懸念。



シェールガス・オイルの掘りかた

# 変動型再エネ（太陽光と風力）の特徴と課題

## エネルギー密度が低く、エネルギー供給が間欠的

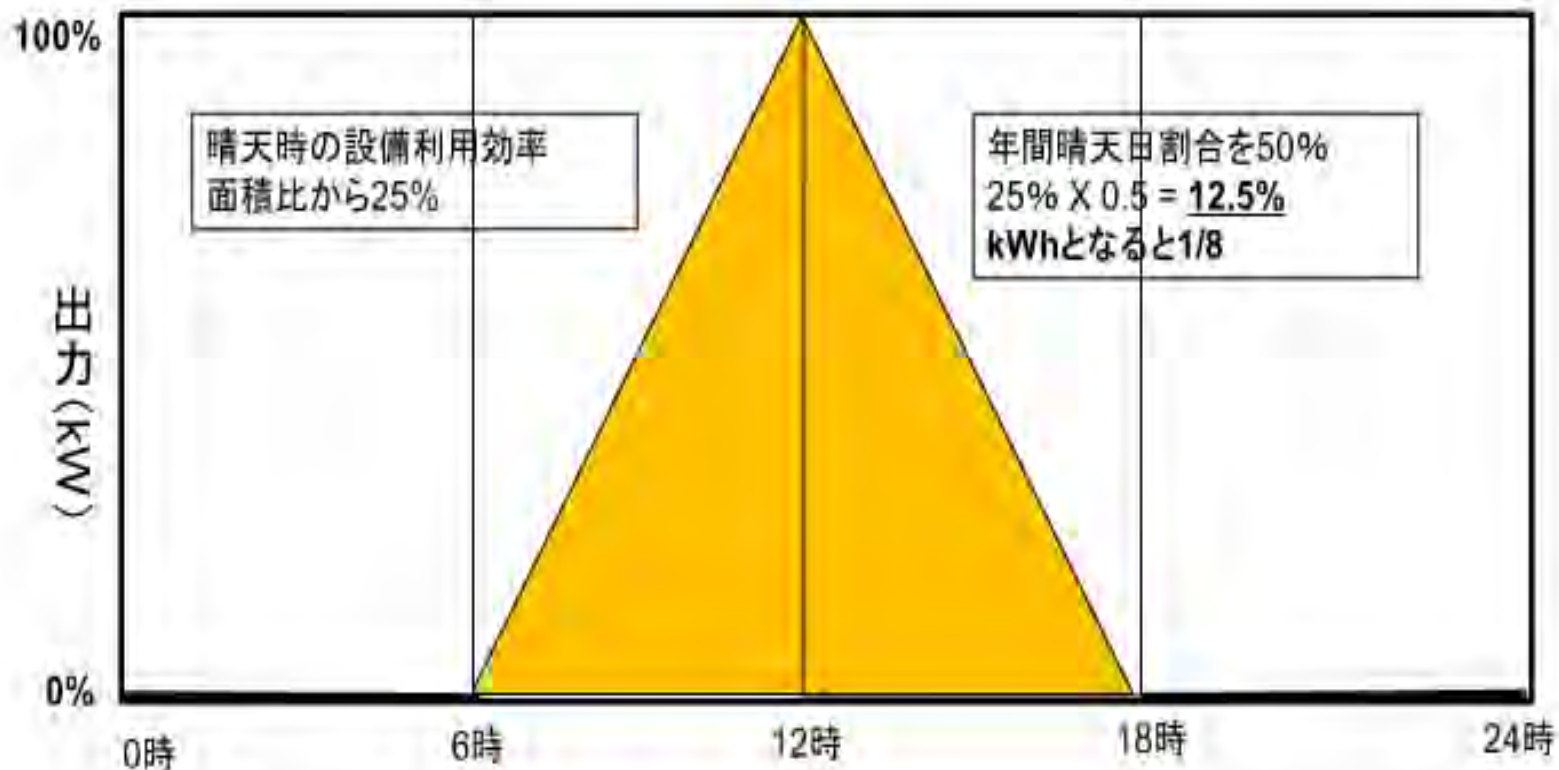
- 山手線内側分面積の太陽光パネルで原子炉1基分（100万kW）
- 太陽光は夜間ゼロ、太陽光、風力とも天候次第
  - 需要に応じた発電ができない
  - バックアップ電源が必要

## 経済的に自立した主力電源化

- 安価で大規模な電力貯蔵システム
  - 蓄電システム（蓄電池では非現実的）
  - 水素システム

註 安定型再エネ（水力、バイオ、地熱発電等）は規模の拡大に限度がある

# 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

# 原子力の特徴と課題

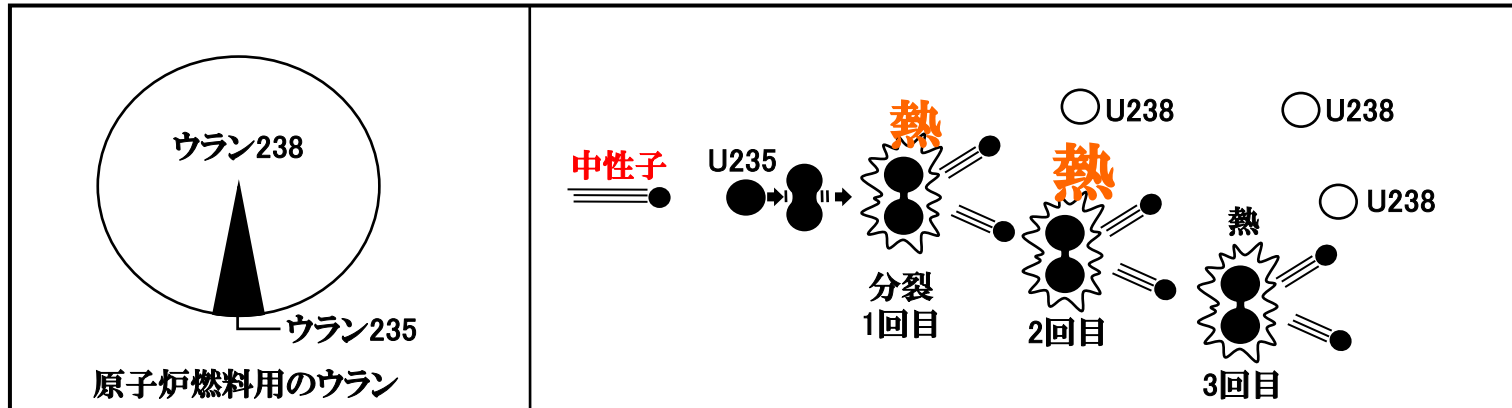
## エネルギー密度が著しく高く、資源量豊富、備蓄性高

- 核分裂エネルギー
  - 100万kWの発電所を1年間運転するのに必要な燃料
    - ・石炭約200万トン、石油約130万トン、天然ガス約100万トン
    - ・核燃料 約20トン (10万分の1)
- 資源量が豊富 備蓄性が高い
  - ⇒ 準国産エネルギー、安定供給性高
  - 装荷した燃料は3～4年継続使用
  - 核燃料サイクル・再処理路線により、プルトニウムも資源として活用 (資源量の制約がほぼなくなる)

## 社会的受容度が低い、軍事との関連性

- 事故が起きた時の社会的影響が大きい
- 核に対する嫌悪感
- わからないものに対する不安 (低線量被ばくなど)
- 高度な科学技術への不信 (制御できないのでは)


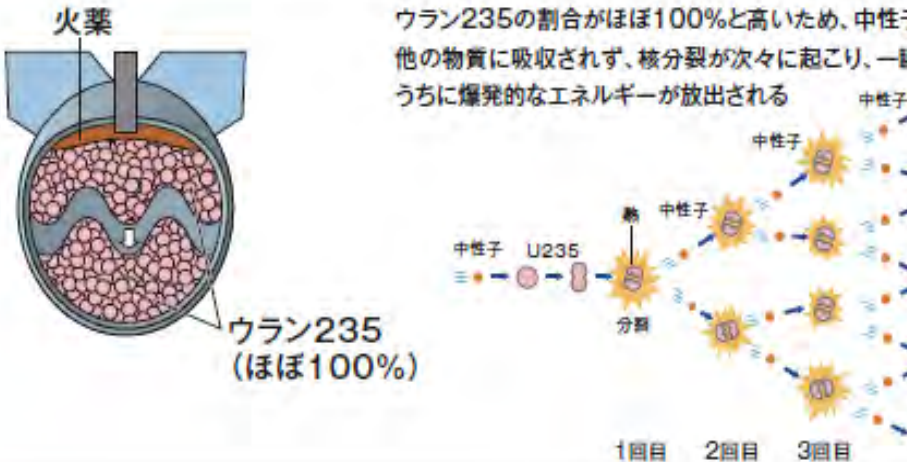
# 核分裂エネルギー



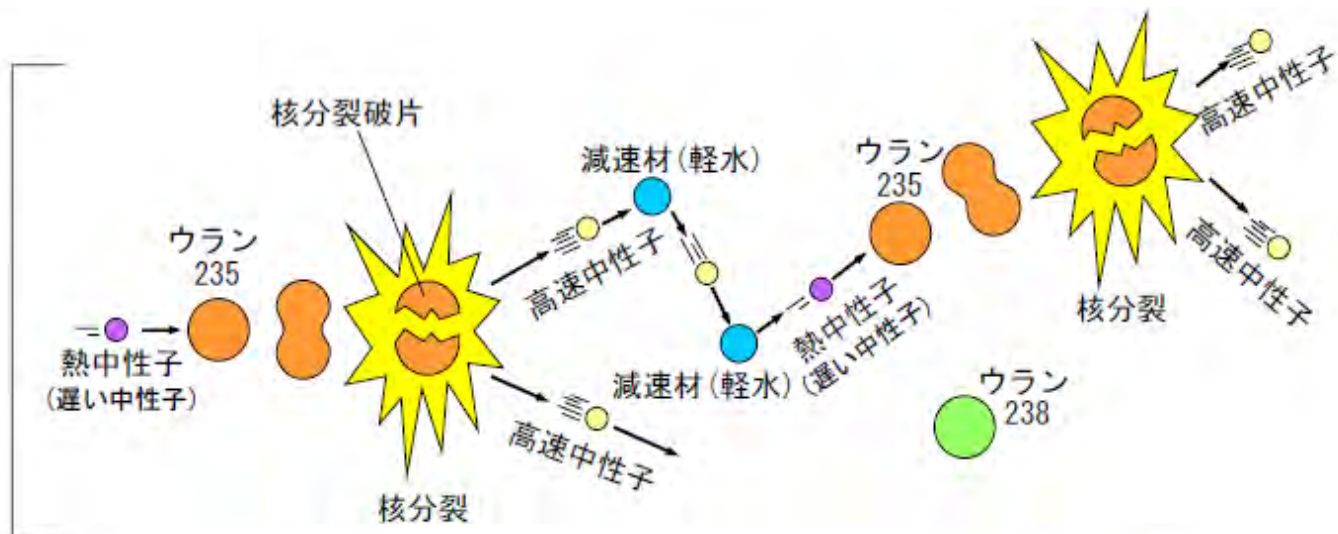
核分裂エネルギー MeV単位 ⇔ 化学反応 eV単位

即ち、100万倍エネルギー密度が高い。これが「ウラン1gが石炭3トンに相当する」ことであり、「廃棄物の毒性は高いがその量は著しく少ない」理由である。

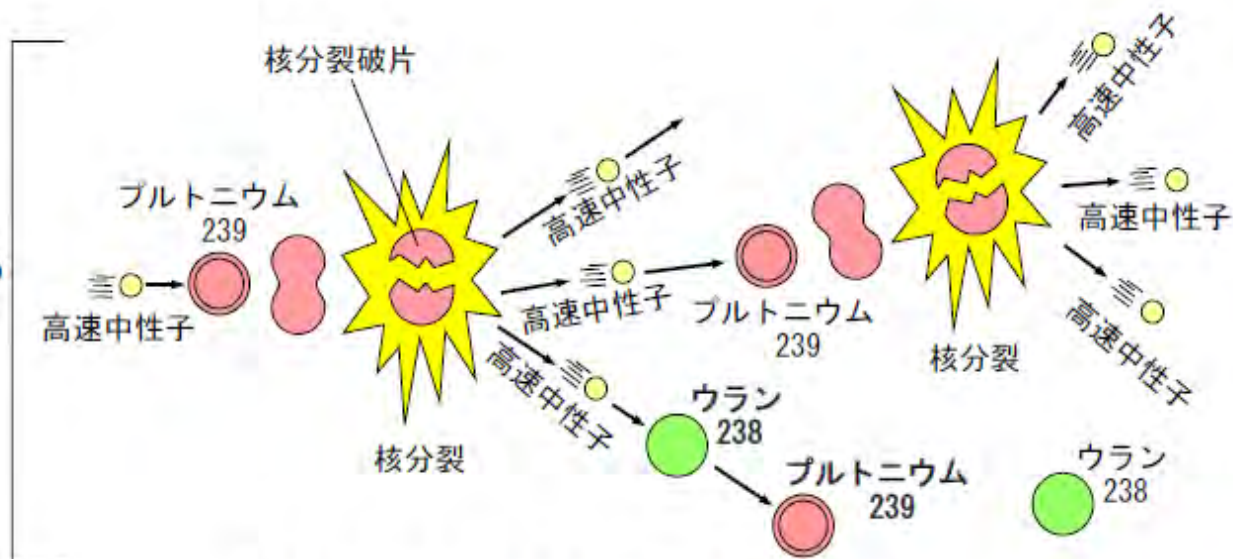
# 原子力発電と原子爆弾の違い

	ウラン235とウラン238の割合と核分裂連鎖反応	核分裂数の制御の方法
原子力発電の場合	<p>ウラン235の割合が低く、中性子がウラン238に吸収される等の理由により核分裂が一定の規模で継続する</p>  <p>ウラン235 (3~5%) ウラン238 (95~97%)</p> <p>1回目 2回目 3回目</p>	<p>制御棒が多数設置されており、また自己制御性があるため急激に核分裂数が増加することはない</p>
原子爆弾の場合	<p>ウラン235の割合がほぼ100%と高いため、中性子が他の物質に吸収されず、核分裂が次々に起こり、一瞬のうちに爆発的なエネルギーが放出される</p>  <p>火薬</p> <p>ウラン235 (ほぼ100%)</p> <p>1回目 2回目 3回目</p>	<p>制御棒が設置されておらず、自己制御性がないため、急激に増加する核分裂を止めることはできない</p>

軽水炉の  
反応過程



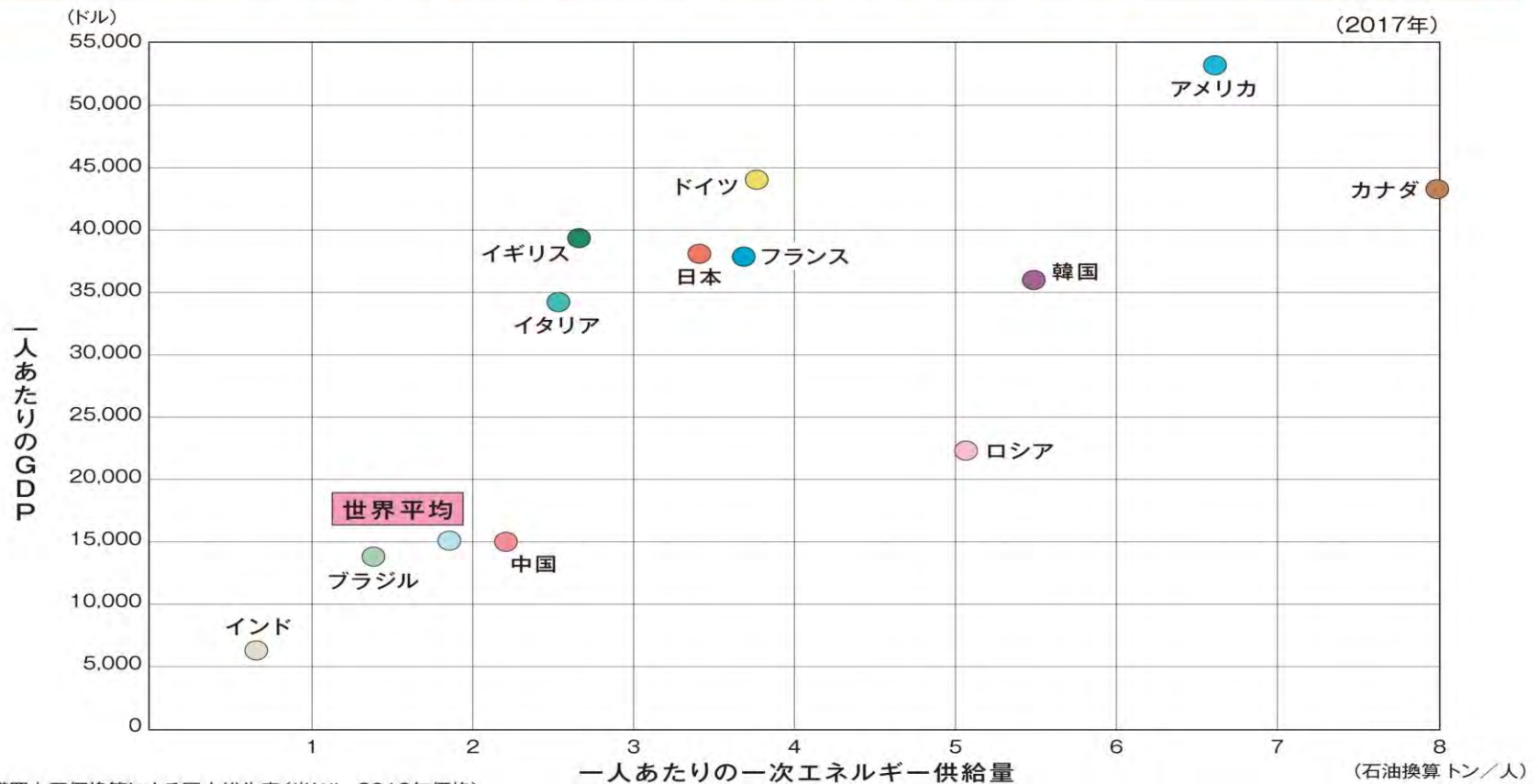
高速増殖炉の  
反応過程



核分裂連鎖反応

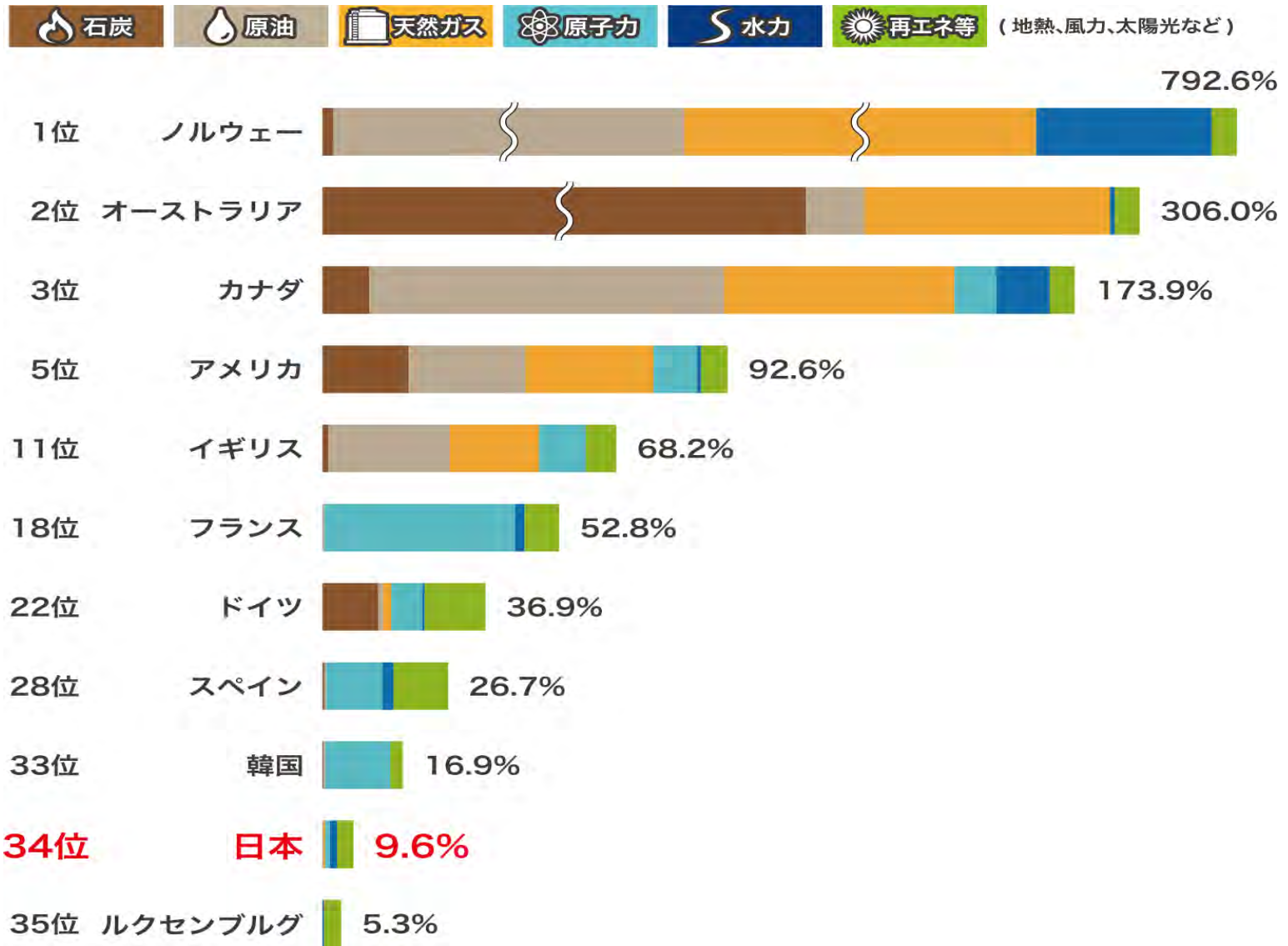
# 3. 世界と日本のエネルギー事情

## 一人あたりのGDPと一次エネルギー供給量

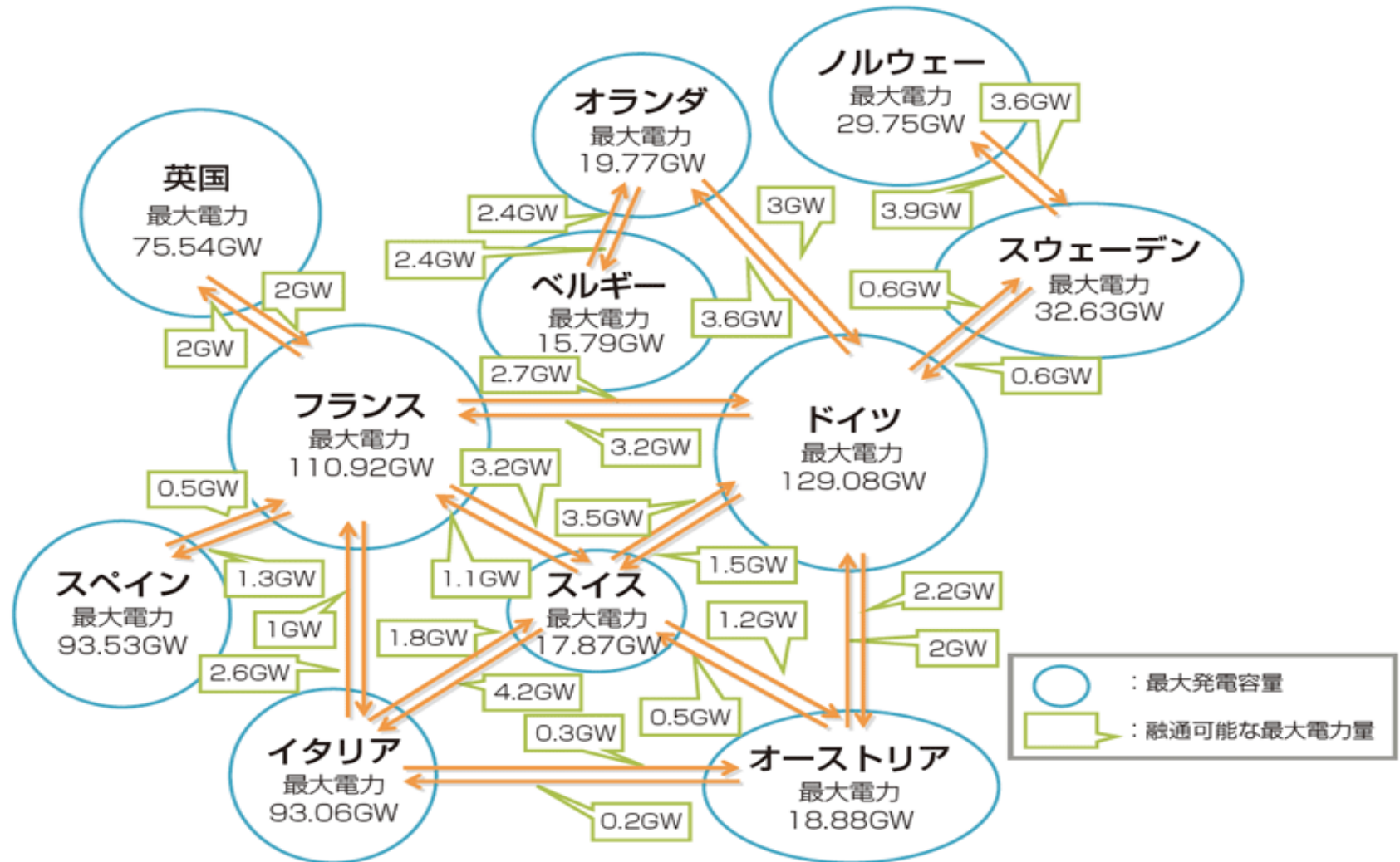




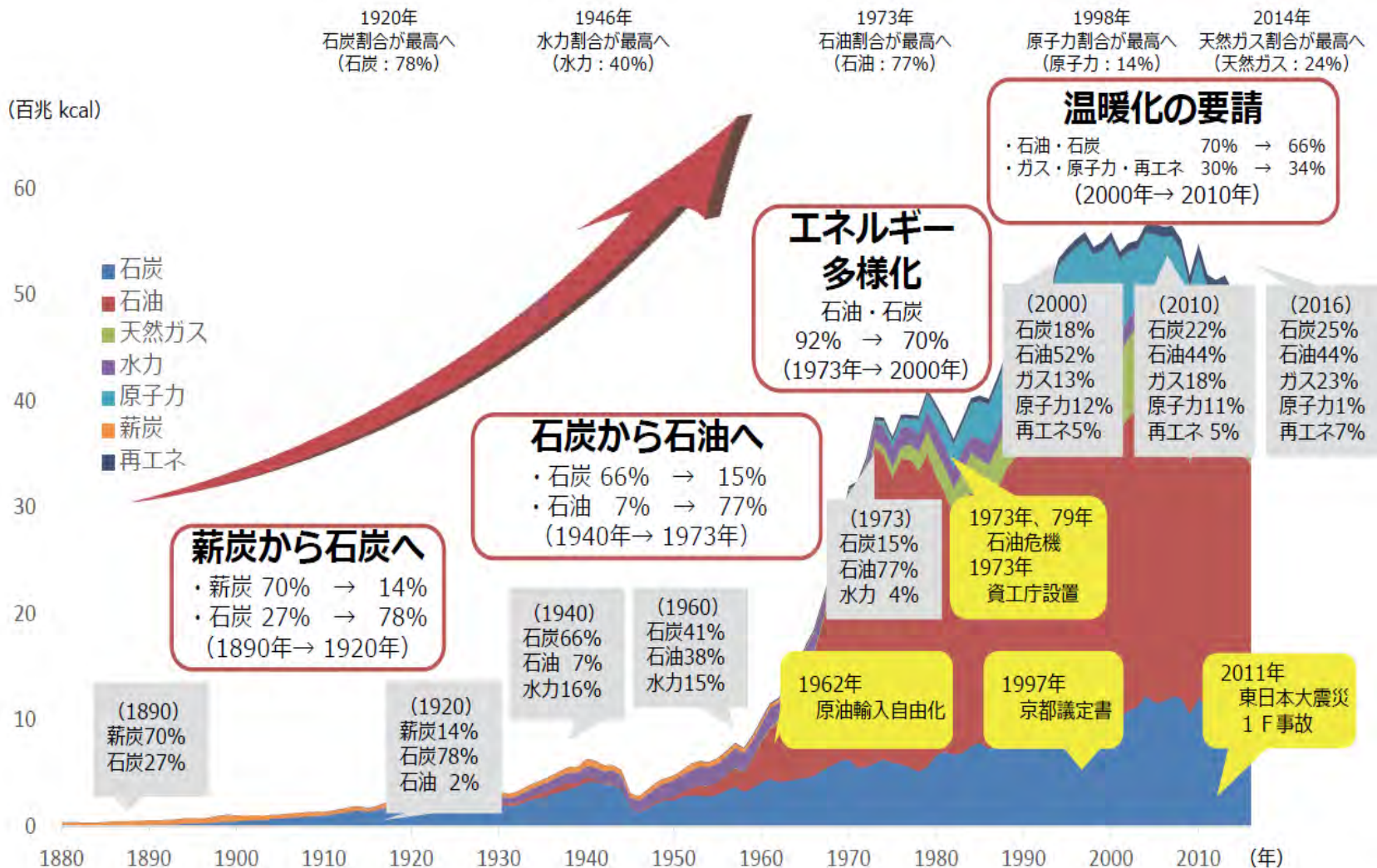
# 主要国の一次エネルギー自給率比較（2017年）



# ヨーロッパの電力網



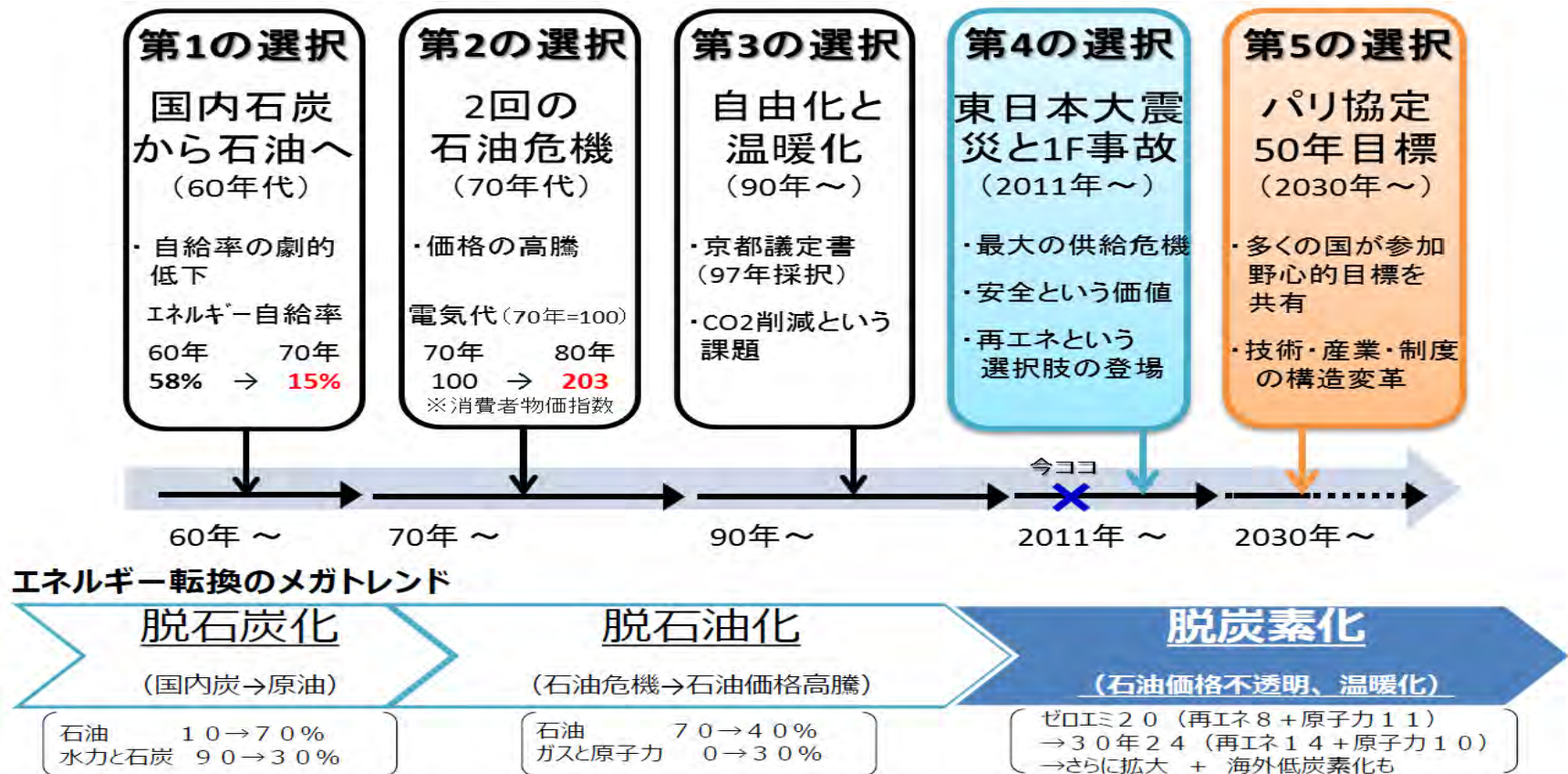
# 明治維新後の一次エネルギー供給量の推移



出典：日本エネルギー経済研究所資料より資源エネルギー庁作成

# 20世紀後半以降のエネルギー資源利用の変遷

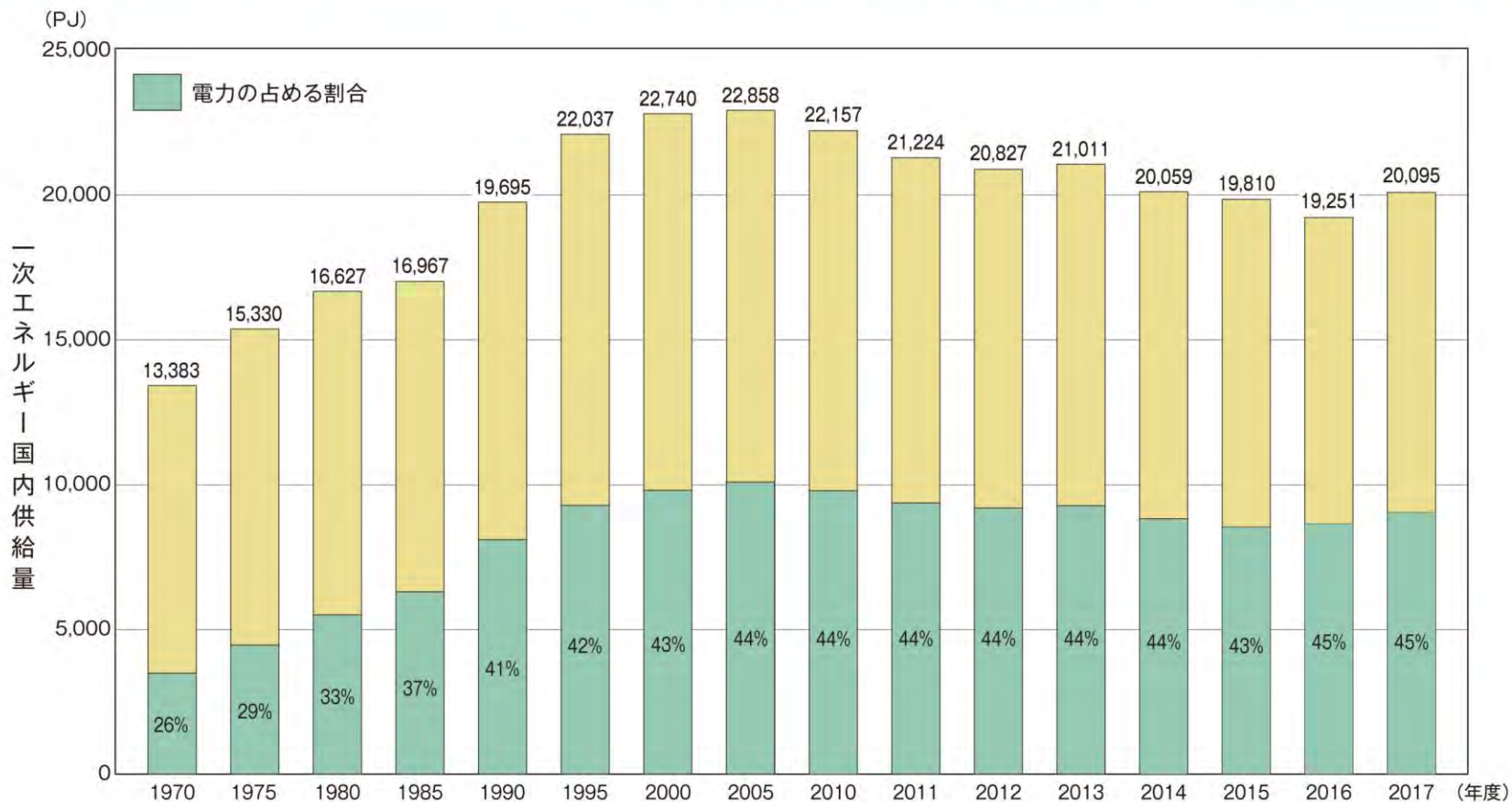
1940年代までは水主火従・1950年代に火主(石炭主)水従へ  
 1960年～90年代は石炭、石油、天然ガス、原子力時代ミックスへ  
 21世紀は地球温暖化抑制が課題・四半期以降は脱炭素に



# 石油輸送のリスク

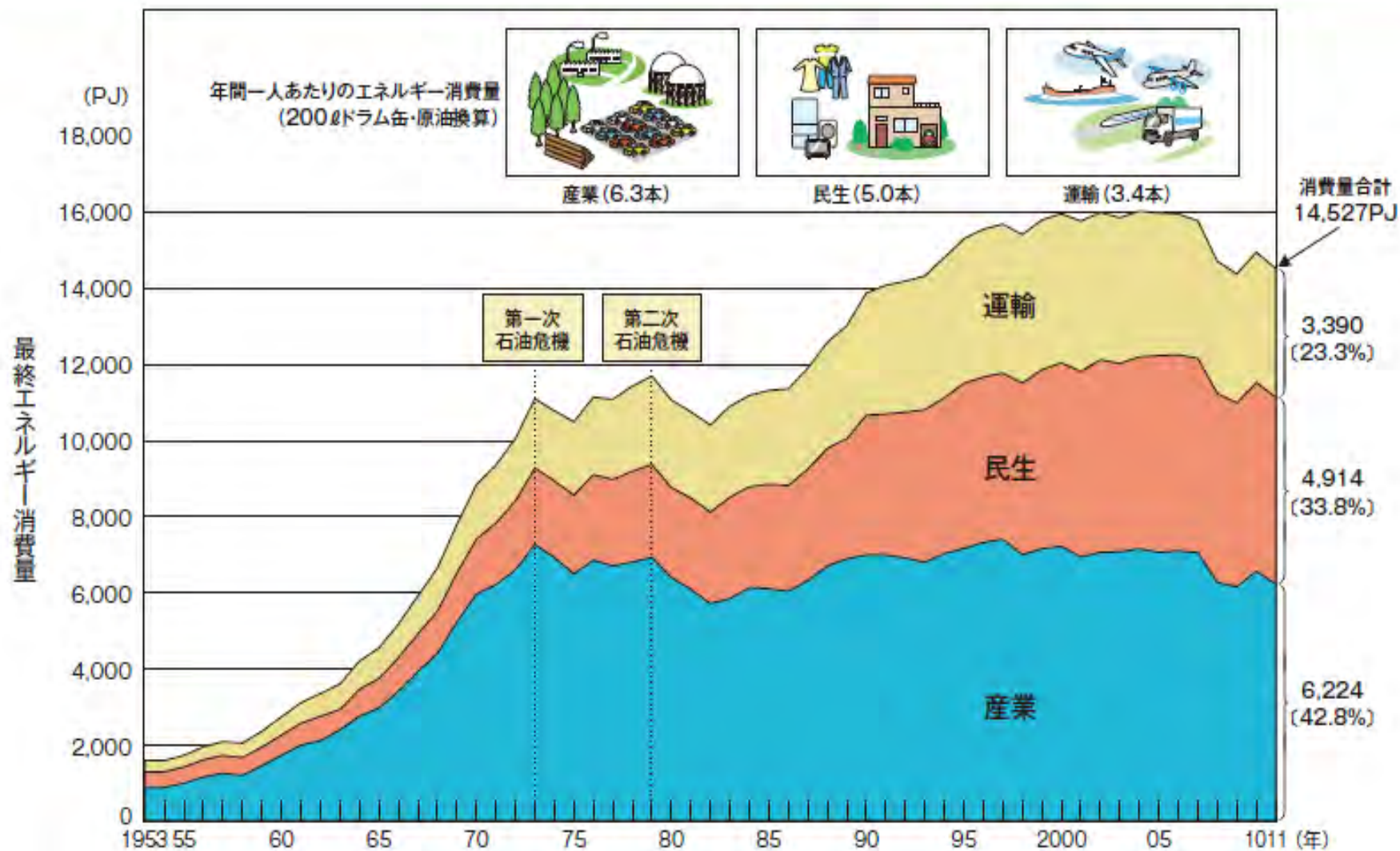


# 一次エネルギーに占める電力の比率（電力化率）



(注) 1PJ(=10<sup>15</sup>J)は原油約25,800kℓの熱量に相当(PJ:ペタジュール)

# エネルギーの使われ方



(注) 四捨五入の関係で合計値が合わない場合がある  
 1PJ(=10<sup>15</sup>J)は原油約25,800kℓの熱量に相当(PJ:ペタジュール)  
 ( )内は全体に占める割合

# 4. 日本のエネルギー政策と課題

## エネルギー基本計画 (安定供給性、経済性、環境適合性のトリレンマ)

- 1970年代の2回の石油危機、1990年代の新たな地球温暖化・電力自由化問題を受け、エネ2002年4月:「エネルギー政策基本法」施行  
エネルギー施策を長期的、総合的かつ計画的に推進することを目的とする。
- 国は「エネルギー基本計画」を策定し3年毎に見直す。
  - 2003年10月(第一次)
  - 2007年3月(第二次):原子力の導入、再生可能エネルギーの利用拡大、化石燃料の安定供給確保
  - 2010年6月(第三次):エネルギー自給率を約70%とする、ゼロ・エミッション電源(原子力・再エネ)の比率を約70%とする
  - 2014年4月(第四次):東日本大震災及び東京電力福島第一原子力発電所事故を受け、2030年目標を策定(再エネ22~24%。原子力20~22%、化石56%)
  - 2018年7月(第五次):第4次2030年長期エネルギー需給見通しの実現と2050年を見据えたシナリオの設計



# エネルギー資源の選択

- ・ 持続性ある発展を目指し、最適なエネルギー資源群の選択組合⇒**エネルギー・ミックス**
- ・ 資源選択の4要素 **S + 3E**
  - **S**            安全性            **Safety**
  - **3E**            供給安定性        **Energy Security**
    - 経済性            **Economic Efficiency**
    - 環境適合性        **Environment Protection**
- ・ より高度な**S + 3E**（第5次エネルギー基本計画）
  - 安全性            : 国民が受容可能な安全レベル・安全目標
    - ・ 安全最優先+技術・ガバナンス改革による**安全の革新**
  - 供給安定性 : 震災前の自給率
    - ・ 資源自給率+技術自給率向上/選択肢の多様化確保
  - 経済性            : 国際競争力ある料金
    - ・ 国民負担抑制+**自国産業競争力の強化**
  - 環境適合性 : GHG (Green House Gas) 削減目標達成
    - ・ **環境適合性+脱炭素化への挑戦**

2030年度達成目標 : 天然ガス27% 石炭26%  
石油3% 再エネ22~24% 原子力20~22%



## 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  
 3 E + 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供給構造を実現

「3 E + S」	=	「より高度な3 E + 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

<主な施策>

- 再生可能エネルギー
  - ・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
  - ・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
  - ・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
  - ・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

### 2050年に向けた対応

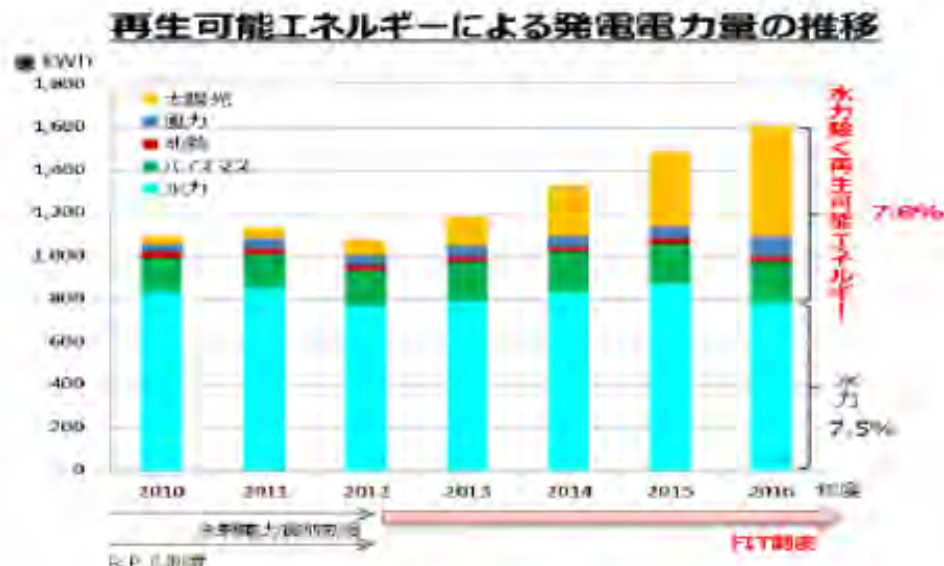
- ～温室効果ガス80%削減を目指して～
- ～エネルギー転換・脱炭素化への挑戦～
  - 可能性と不確実性
  - 野心的な複数シナリオ
  - あらゆる選択肢の追求
  - 科学的レビューによる重点決定

<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/アンタル技術開発に着手
- 原子力
  - ・脱炭素化の選択肢
  - ・安全が追求/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、非効率な炭・鉄・アクト
  - ・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  
(次世代エネルギー 蓄電 EV、マイクログリッド等)

## 再生可能エネルギーの現状

- 再生可能エネルギーは、固定価格買取（FIT）制度の創設以来、発電電力量は2.7%（2011年度）から8.1%（2017年度、水力を除く。含めると16%）に増加。
- 導入障壁が低くリードタイムが短い太陽光発電に偏っている。



## 課題解決方針（2050年に向けて）/第5次エネルギー基本計画

- ・ 国内の再生可能エネルギー価格を国際水準並みに引き下げる。
- ・ FIT制度による補助からの早期自立。
- ・ 既存送電網の開放を徹底。
- ・ 補完電源としての火力容量維持の仕組みを整える。

### 以上と並行して、自立した主力電源化に向けて技術革新による ブレークスルーに取り組むべき課題

- ・ 発電効率の抜本的向上
- ・ 高性能の低価格蓄電池、水素システムの開発
- ・ 需給調整を精緻に行なうデジタル技術の開発
- ・ 再エネの分布に応じた送電網の増強
- ・ 分散型ネットワークシステムの開発

# 原子力発電所の現状

**再稼働 9基**  
稼働中 9基、停止中 0基 (2024.12)

**設置変更許可 6基**  
(2024.12)

**新規制基準 審査中 12基**  
(申請12)

**未申請 10基**

**廃炉 23基**  
決定済・核付中

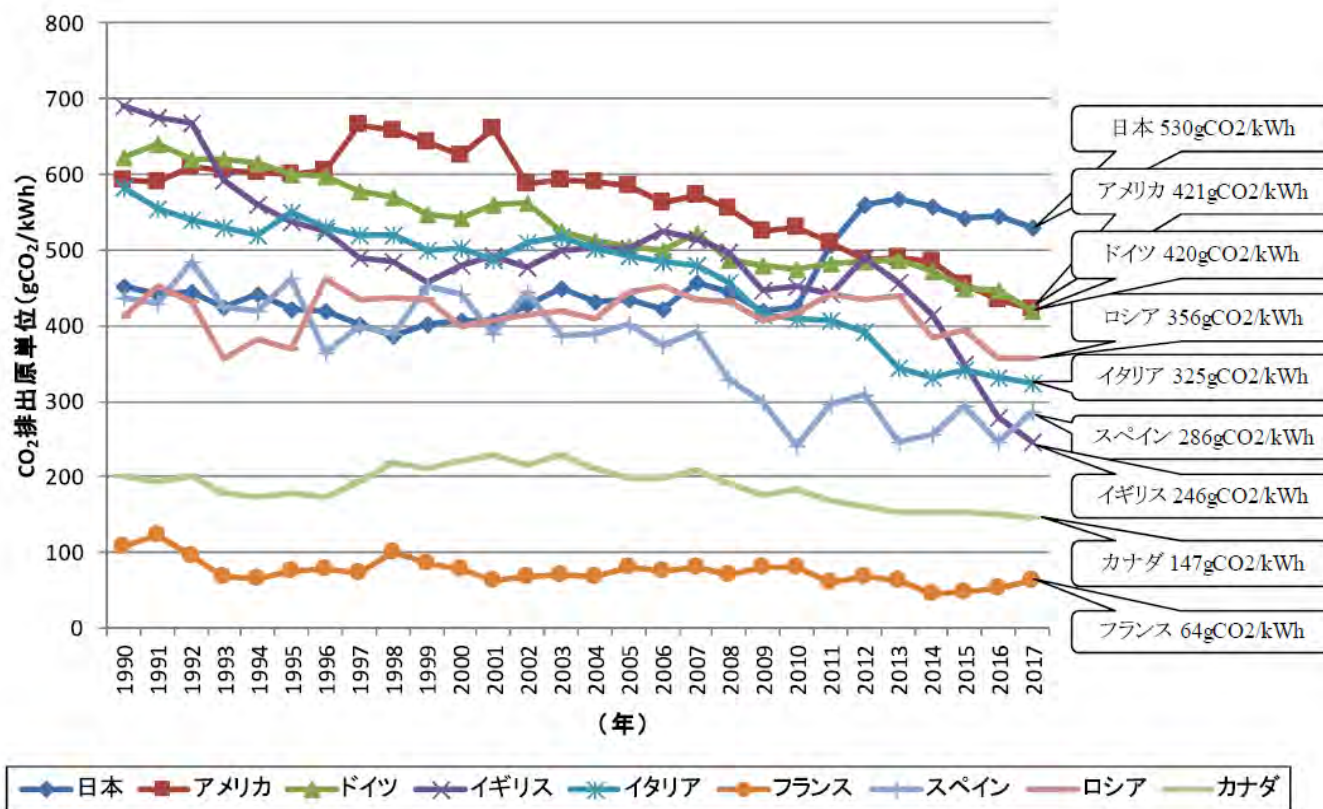


1基再稼働により、燃料コスト350～630億円／年、CO<sub>2</sub>排出量260～490万トン／年削減  
(100万kWe 稼働率80%、LNGもしくは石炭火力代替)

このまま新設計画がないと2050年頃には原発ゼロとなり、我が国はエネルギー植民地に墮する。

## 各国の電力のCO<sub>2</sub>排出原単位(全電源)の推移

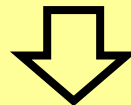
○ 主要先進国で2017年の電力のCO<sub>2</sub>排出原単位(全電源)が最も大きいのは日本で530gCO<sub>2</sub>/kWhとなっており、アメリカが421gCO<sub>2</sub>/kWh、ドイツが420gCO<sub>2</sub>/kWhで続く。一方、最も小さいのはフランスの64gCO<sub>2</sub>/kWhで、カナダが147gCO<sub>2</sub>/kWhで続く。



## 5. リスクについて考えてみる

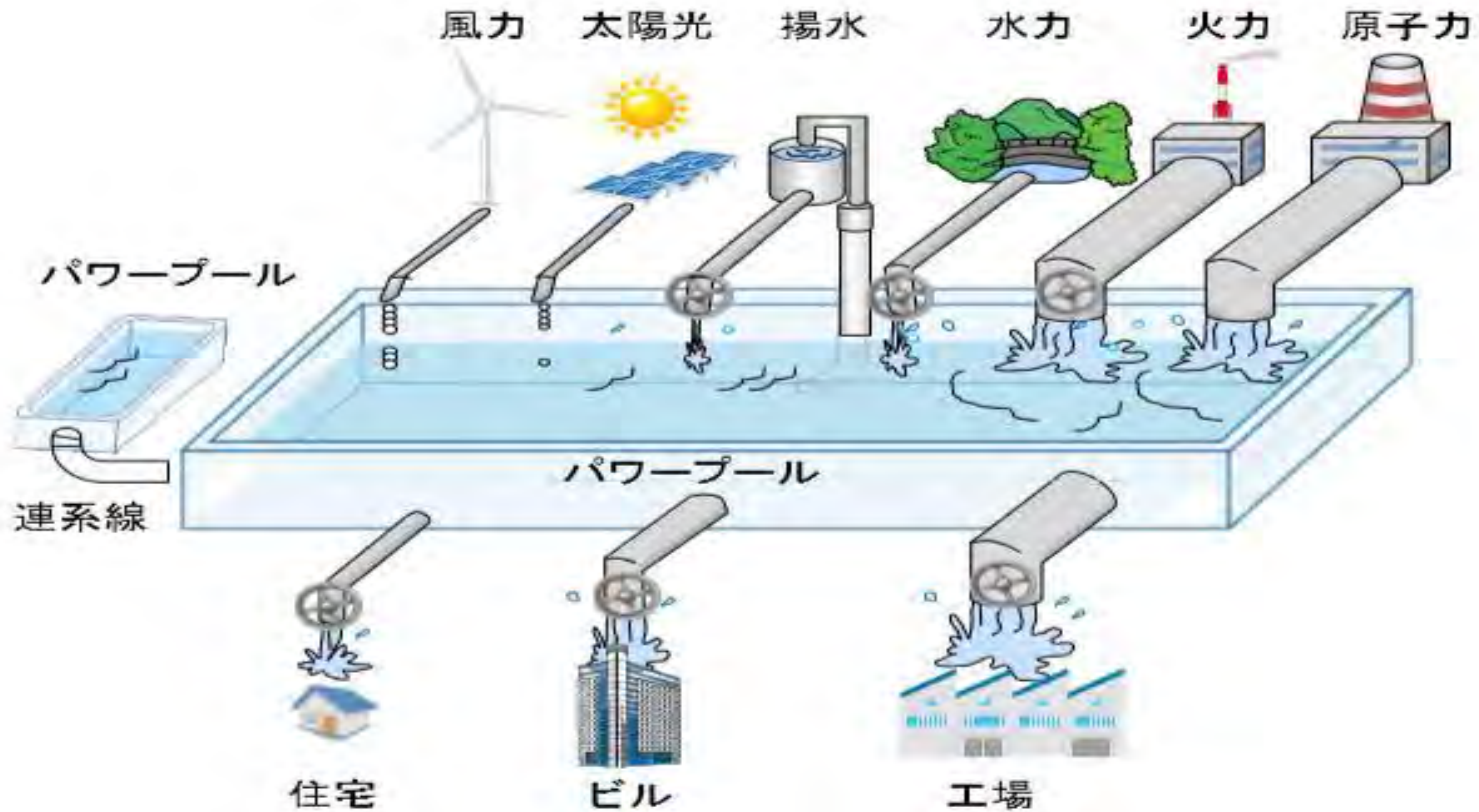
### 北海道胆振東部地震による全道大停電の原因と問題点

- ・2018年9月6日、北海道南部の胆振を震源とする最大震度7の地震が発生、震源地に近い苫東厚真火力発電所の1号機、2号機、4号機が停止。3基の発電所の総出力は165万kWで道内の電力の約50%を供給していた。
- ・この結果、電力需給バランスが崩れ、ドミノ倒しのように全道の火力発電所、水力発電所が送電系から切り離されて、全道大停電になった。
- ・この大停電は、泊1、2、3号機(総出力207万kW)が動いていれば防止できた。



これは発電所を一極集中せず、多様化・多地域に分散してリスク分散を図ることの重要性を示唆するものである。

# 電力系統 ≡ プール



## 同時同量

電力の需要・供給のバランスを維持し  
水位(周波数)を一定に保つ。

50ヘルツ(北海道・東北・東京)

60ヘルツ(中部・北陸・中国・四国・九州・沖縄)



# リスクとは？

安全・安心との言葉がよく用いられるが非常に情緒的な言葉である。意識としては、安全が「受け入れ可能な客観的リスク」、安心が「主観的リスク」として使われているようである。

一方、リスクとの言葉もよく用いられるが、ハザードとの区別がなされていないことが多い。一般に危険を引き起こす現象がハザードであり、そのハザードに社会や個人が被害を蒙る確率をかけたものがリスクである。即ち、いくら大きな台風が到来しようとしてそこに社会や個人が存在しなければリスクゼロである。国語辞典にもリスク＝危険の誤訳がある。

# リスク嫌いの日本人・リスクの文化差(1)

リスクの語源は、ラテン語のrisicoで絶壁の間を縫って航行すること。その後、大航海時代、ルネッサンス時代の冒険を厭わない時代の精神である。そこには危険を冒しても積極的に能動的に選択するという文化である。サッカーの元全日本監督のオシム氏の言葉「リスクをとらない選手はわがチームには不要である」今回のW杯も諸外国チームと比較してリスクを冒していない感あり。

一方、日本ではリスクに見合う言葉自体が見当たらない。それは地政学的に見て安全であり冒険する時代精神が乏しかったことに由来する。我が国で存在するリスクの中心は自然災害でこれに対しては一種の諦観ができてしまった。(ライシャワー大使曰く「タイフーンメンタリティー」) また、「お上に宜しく願います」社会

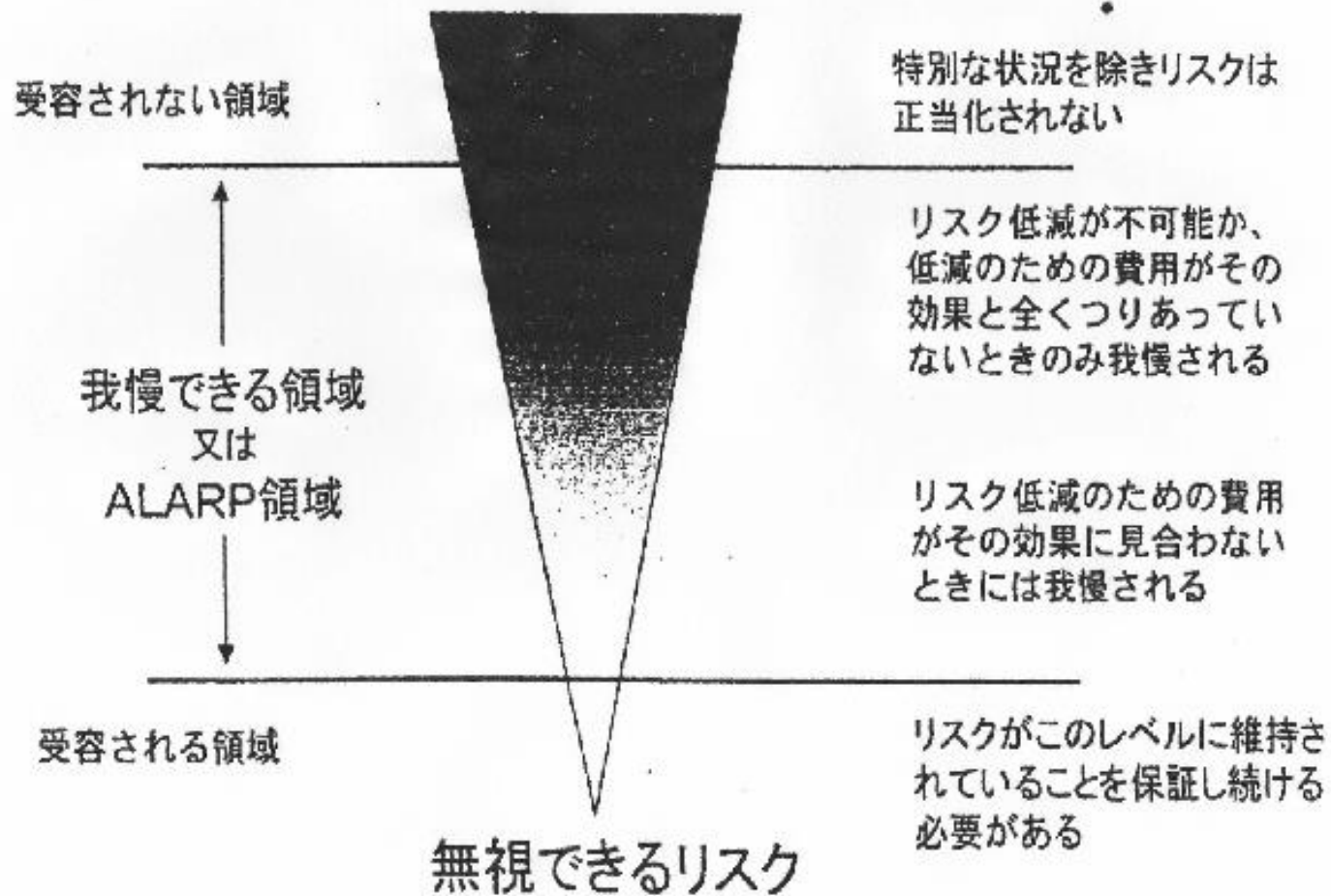
## リスク嫌いの日本人・リスクの文化差(2)

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れるし、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。

PRA Probabilistic Risk Assessment

PSA Probabilistic safety Assessment

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)

# エネルギーの外部コストの評価例

## 各燃料チェーンで重要な影響経路

(IAEAが12カ国の研究機関と共同で実施した「原子力と他のエネルギーシステムのリスク比較に関する共同研究プログラム」(1994-1998)において分析されたもの)

燃料チェーン	発生源	影響	燃料チェーン	発生源	影響
石炭	CO2	地球温暖化	ガス	CO2	地球温暖化
	SO2およびNOx放出に伴う硫酸塩および硝酸塩	死亡率と疫病発生率の増加		NOx放出に伴う硝酸塩	死亡率と疫病発生率の増加
	一次粒子の放出に伴う粒子状物質	死亡率と疫病発生率の増加		放出されたNOxから形成されるオゾン	疫病発生率の増加と死亡率増加の可能性
	放出されたNOxから形成されるオゾン	疫病発生率の増加と死亡率増加の可能性		設備またはパイプラインからの漏洩	事故に伴う損害
	石炭採掘	石炭粉塵による疾病	原子力	過酷事故の起こる可能性	死傷および財産の損害のリスク
	石炭採掘	炭鉱事故における死傷		使用済燃料再処理	長期間(数千年)の死亡率と疫病発生率の増加
	鉄道とトラックによる石炭輸送	事故にともなう死傷		バイオマス	NOx放出に伴う硝酸塩
石油	CO2	地球温暖化	一次粒子の放出に伴う粒子状物質		死亡率と疫病発生率の増加
	SO2およびNOx放出に伴う硫酸塩および硝酸塩	死亡率と疫病発生率の増加	放出されたNOxから形成されるオゾン		疫病発生率の増加と死亡率増加の可能性
	一次粒子の放出に伴う粒子状物質	死亡率と疫病発生率の増加	植物の輸送		道路の破損と事故
	放出されたNOxから形成されるオゾン	疫病発生率の増加と死亡率増加の可能性			大気汚染
	石油輸入	エネルギー供給確保に伴う費用	水力	土地利用	地域の環境の変化

(出典) IAEA、2000, "IAEA Working Material, IAEA's activities on comparative studies of health and environmental risks associated with electricity generation systems, procedures on the technical committee meeting to summarize the achievement of a five year study of impacts and risks of energy systems"

# 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

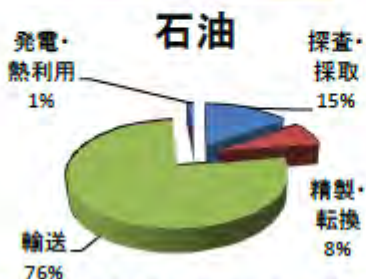
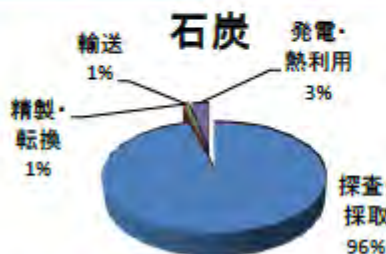
\*1 中国については、石炭データは中国石炭産業年鑑が入手できる1994～1999年についてのみ解析されている。

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-」

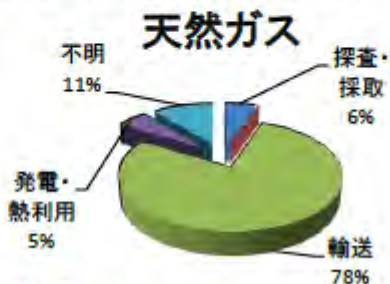
\*2 事故直後の死亡者のみ。

(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

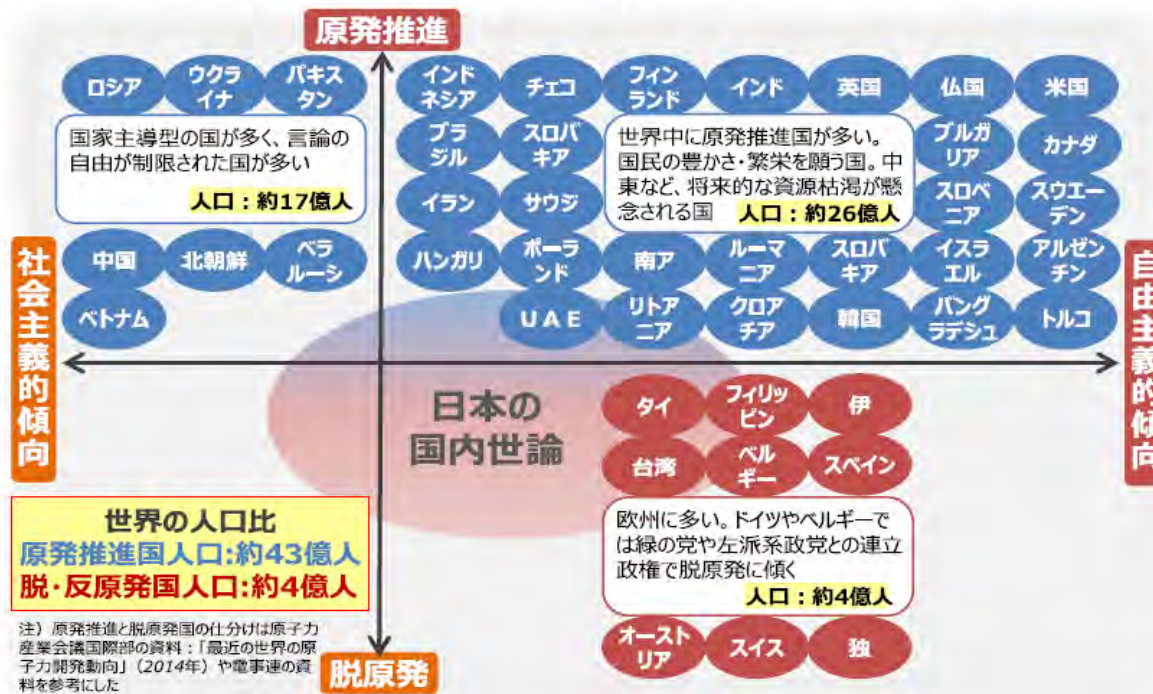
(出典)OECD2010の主なデータソースであるPSI 1998<sup>3</sup>を元に資源エネルギー庁にて作成

\*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) 5

# 各国の原子力に対する立ち位置

世界における原発推進と脱原発 v s 自由主義と共産社会主義



第1図 世界における原発推進と脱原発 v s 自由主義と共産社会主義  
 (原発推進と脱原発国の仕分けは原子力産業会議国際部の資料:「最近の世界の原子力開発動向」(2014年)等を参考にした)

## 欧州(独、仏、英、北欧、ウクライナ)

1. 独 2022年までに順次原発を停止しゼロにする「脱原発」政策、しかし、現在も7基の原発を運転している。再エネ促進のためFITを実施し電気代の高騰に産業界が苦しんでいる。しかし、国民は脱原発が倫理的に正しいとの認識が強く(ストイックな国民性)容易に路線変更を認めない。現実には国内に豊富な褐炭火力と隣国との売買電で凌いでいる。壮大な国家実験である。
2. 仏 日本と同じ資源小国であり、原発が70%以上を占める。オランド大統領があまりに大きな原発比率のため原発を50%程度まで落としてエネルギーの多様化として再エネを提唱しているが、実態としては変わっていない。電気代は独の約6割



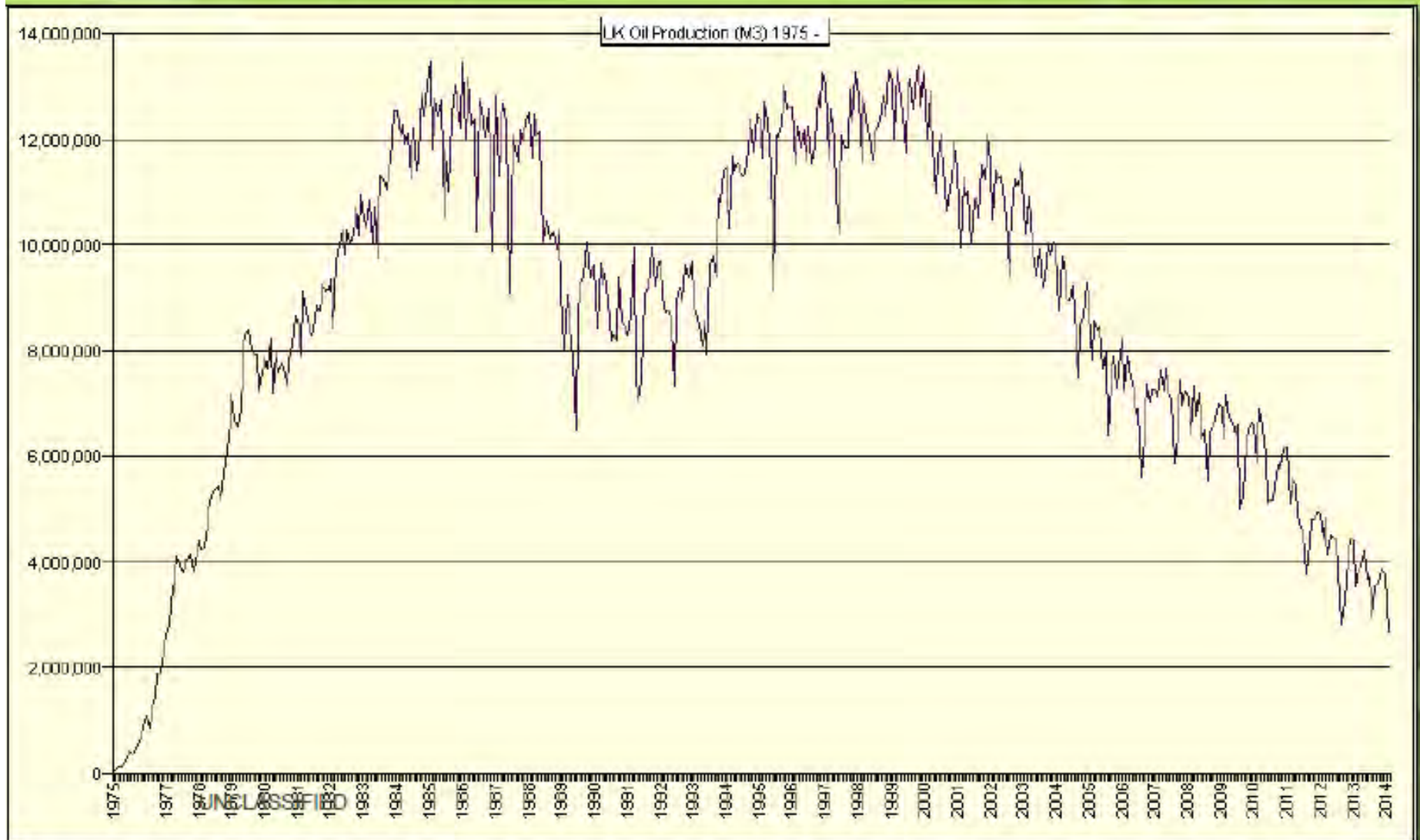
## 欧州(独、仏、英、北欧、ウクライナ)

3. 英 原発の歴史は最も古く、老朽化した原発が多い。原発の開始は早かったが、その後、北海油田が見つかり原発建設はスローダウン。しかし、北海油田の急速な縮小と温暖化問題の提起国としての意識から、近年とみに原発建設に積極的である。福島事故後のアンケートで原発支持が増えた唯一の国。
4. 北欧 スウェーデンはチェルノブイリ事故後脱原発を宣言したが、その後撤回し原発運転を継続している。フィンランドは大戦前のソ連にエネルギー支配された苦い経験からエネルギー自立のためには原子力が必要との立場をとる。両国とも非常に厳しい安全基準を求めている。ノルウェーは資源大国でありまた水力が豊富で原発をもたない。

## 欧州(独、仏、英、北欧、ウクライナ)

5. ウクライナ チェルノブイリ事故の当事国である。事故後、原発すべてを停止したが経済が成り立たないこと、およびフィンランドと同様にロシアのエネルギー支配を逃れるため原発路線に再転換した。現在は事故以前よりも原発割合が多く約4割。昨今の政情もロシアとEUのエネルギー問題に絡むものであり、ウクライナに限らずエネルギーは政治不安定の影響因子として大きいものがある。

# 英国国内石油生产量 (1975-2014)



## 大国(米、露、中国、インド)

1. 米 104基の原発を有した原子力大国。近年、シェールガスの開発によってエネルギー資源輸入国から輸出国に転じようとしている。原発の新設も以前ほどの勢いはない。古い原子炉の老朽化によるコスト高から廃炉もある。全体としてモラトリアム状況
2. 露 資源大国、石油、天然ガスとも豊富に生産するが、原子力開発も精力的に行っている。高速増殖実証炉BN-800は運転中。BN-1200の実用炉推進中
3. 中国 国土が広い割に石炭を除いて資源に恵まれない。従って、エネルギー資源確保に必死であり、原発の建設計画は目白押し。高速炉、熔融塩炉など新型炉推進中
4. インド エネルギー資源として石炭、トリウムがある。従って、将来はトリウム核燃料サイクルを目指している。そのためには高速増殖炉によるPuサイクルが必要で高速増殖実証炉DFBRは本年にも臨界になるとの情報

# 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。

## 6. 皆さんはどう考えますか

- 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)

# 世界のエネルギー動向

エネルギーを考えることは世界を考えること

- 世界人口・77億人
- 14億人が電気の恩恵を知らない
- 化石燃料の争奪戦が始まっている
- 世界の石油産出量はピークを過ぎた
- 世界主要国は福島事故後も原子力に期待
- 2035年頃、原発保有国は55カ国以上に

# 次世代の諸氏に期待すること

常々思うこと、良きにつけ悪しきにつけ、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、人工知能、宇宙開発など先端技術に危険はつきもの、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。

- 視座高く、視野広く、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)



# 先人訓

- ・ 寺田寅彦

正当に怖がることはなかなかかむずかしいことである。

- ・ 吉本隆明

文明は不可逆反応である。(あったものをなかったことにはできないものである。)

# 永井隆博士の遺書

(長崎医科大学教授 自らも被爆しながら患者の救護にあたった)

「すべては終わった。祖国は敗れた。吾大学は消滅し吾教室は烏有に帰した。余等亦人々傷つき倒れた。住むべき家は焼け、着る物も失われ、家族は死傷した。今更何を云わんやである。唯願う処はかかる悲劇を再び人類が演じたくない。原子爆弾の原理を利用して、これを動力源として、文化に貢献出来る如く更に一層の研究を進めたい。転禍為福。世界の文明形態は原子エネルギーの利用により一変するにきまっている。そうして新しい幸福な世界が作られるならば、多数犠牲者の霊も亦慰められるであらう」

# 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(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. 外国(米国、中国、ロシア、ドイツなど)の状況を見逃した主張
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. PDCA(Plan Do Check Act)を見逃した主張

# ご静聴ありがとうございました

## データの主な出典

- ・政府関係資料 経産省、文科省、環境省の放射線、除染関係広報資料
- ・原子力・エネルギー図面集 電気事業連合会
- ・原子力百科事典ATOMICA (財)高度情報科学技術研究機構(RIST)
- ・原子力研究開発機構 広報資料
- ・日本原子力学会 学会事故調最終報告書
- ・電中研ニュース
- ・放医研資料
- ・いま改めて考えよう地層処分 原子力発電環境整備機構(NUMO)
- ・リスク学から見た安全と安心(木下富雄)  
等々