



# 第18回 原子力機構報告会

未来へげんき  
To the Future / JAEA

「ニュークリア×リニューアブル」で拓く新しい未来

## 原子力機構が歩む道

～脱炭素社会構築に向けて原子力を如何に活用するか～

令和5年11月15日

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構

理事長 小口正範





- わが国を取り巻く大きな変化の波
- わが国の現状
- G X ポリシーの本質
- 脱炭素社会の構築に向けて原子力が果たす役割
- 機構が目指す研究の方向性
- 原子力が抱える問題点と解決の方向性
- まとめ

# わが国を取り巻く大きな変化の波

日本はどうして生きてゆくか

この大きな課題を今の世代が将来世代のために解決しなければならない

## 政治的

国連を中心とした戦後の国際秩序がロシアのウクライナ侵攻を機に機能不全に陥りつつある

## 経済的

わが国の産業立国政策の前提となっていた自由貿易体制が崩れつつあり、むしろブロック化の傾向が顕著にみられるようになってきた

## 社会的

従来の炭素消費型社会から脱炭素社会即ちサステナブル社会への急速な転換が現実的な問題として俎上に上がってきた

## わが国の現状

国力の低下、国家アセットの老朽化、人口減少・高齢化による国民の担税能力の低下、各種資源を過度に他国に依存

同時性・緊急性

それを原子力技術を使って成し遂げたい

## ● 食料自給率

わが国土は**1億2,000万人の人口を養うだけの食料を産出できない**。加えて第一次産業従事者の減少によって状況は**今後一層の悪化が懸念される**

## ● エネルギー自給率

わが国土は**産業立国を支えるだけのエネルギー源を提供してくれない**。特にEVをはじめ各分野で電化が一層進むにつれ**グリーンエネルギーの確保自体が一層難しくなる**

## ● 国力の頹勢

わが国の**基本的BS（人口、社会インフラ、社会制度など）は劣化している**。さらに過去遺産の保持にリソースの多くを割いており**新規投資への余力がない**。さらに今後高齢化、人口減少が続き**国民の担税能力は低下してゆく**

## ● 国際情勢の複雑化

戦後日本の躍進の大前提（吉田ドクトリン）であった国連を中心とした国際秩序、米国（ドル）を中心に構築された**安定的な自由主義貿易体制が崩壊しつつある**

## ● 国民の意識

失われた30年の間に**政策、国民意識などにおいて内向きな性向が強くなり、国際社会に積極的に関与してゆく気風が薄れつつある**（精神的鎖国）  
バッシング⇒パッシング⇒ナッシング（衰えてゆく老大国のイメージ）

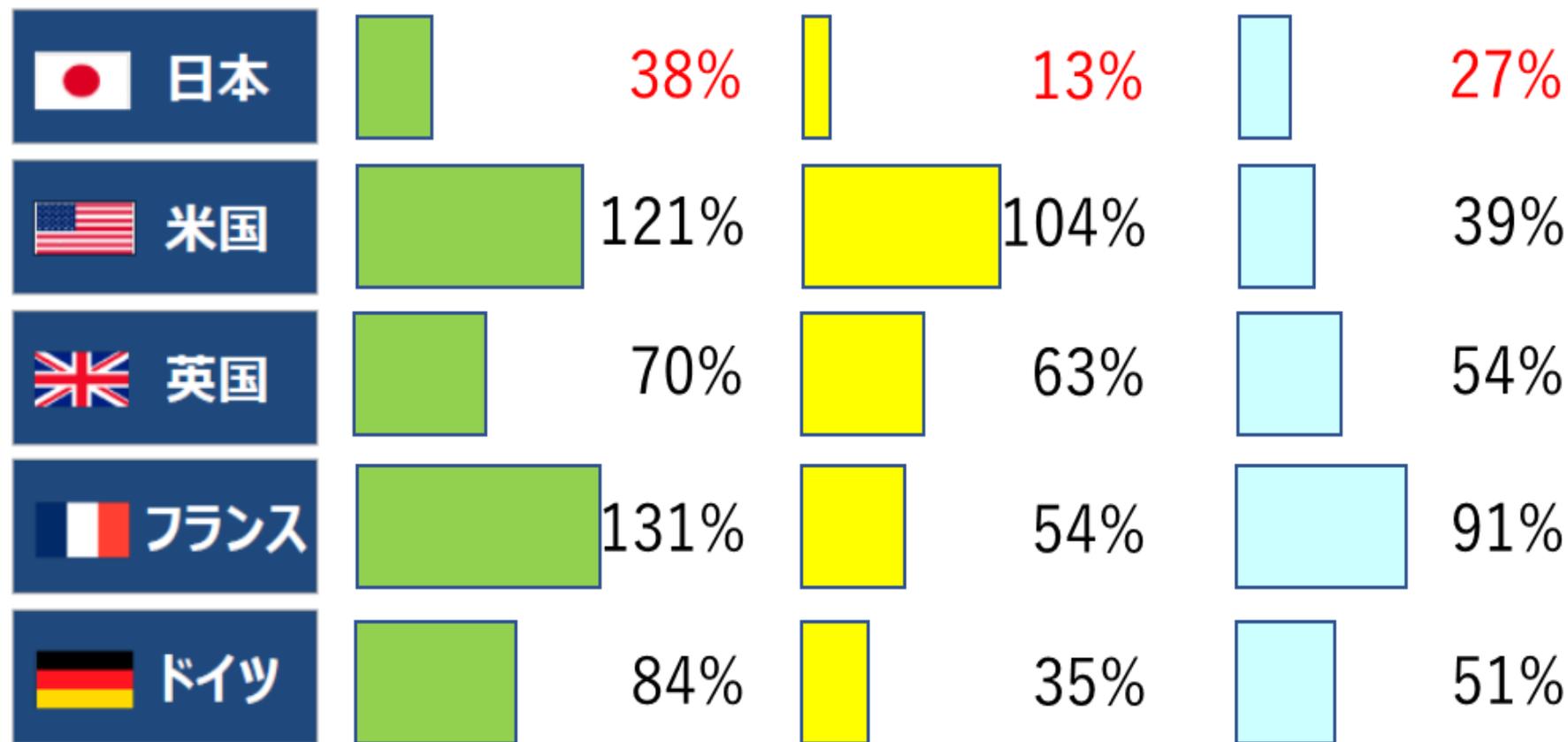
# わが国の現状（資源の自給率）



食料自給率

エネルギー自給率

脱炭素エネルギー率



食料自給率(2019)：農林水産省公表資料（諸外国・地域の食料自給率等について）より経済産業省作成

エネルギー自給率(2021)：IEAデータベース(令和5年6月22日時点で得られたデータ)、日本は「総合エネルギー統計(2021年度確報値)」より経済産業省作成

※日本は年度ベース

出典：経済産業省総合資源エネルギー調査会基本政策分科会（R5.6.28開催）を基に作成  
脱炭素エネルギー率は電源構成比率に占める、原子力、水力、再生可能エネルギーの割合

# わが国の現状（経済力の低下、厳しい国家財政）



各国のGDP推移

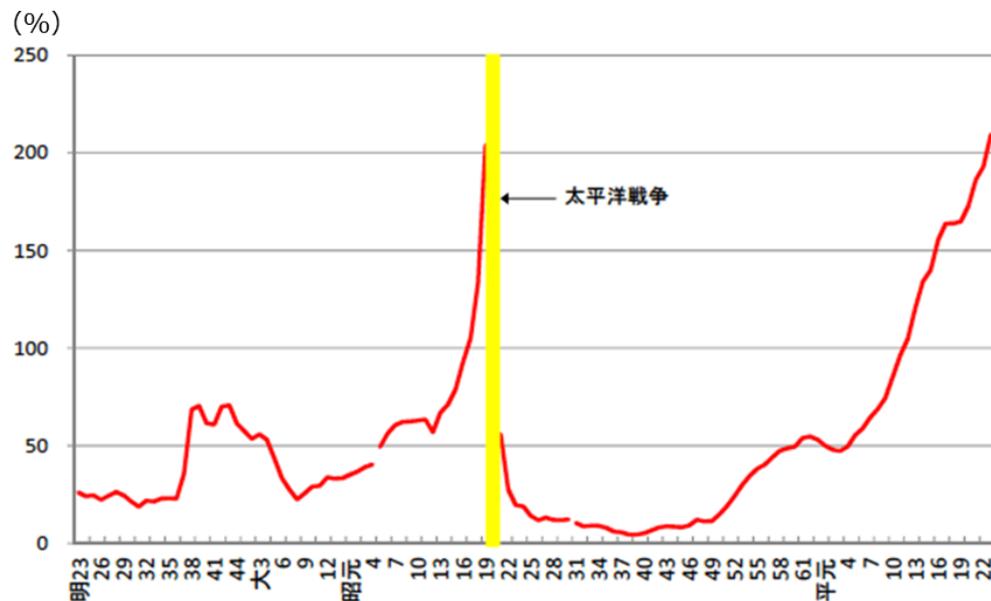
	2005年	2010年	2015年	2020年	2023年
日本	4,830	5,760	4,440	5,050	4,230
アメリカ	13,040	15,050	18,210	21,060	26,950
中国	2,290	6,030	11,110	14,860	17,700
フランス	2,200	2,650	2,440	2,650	3,050
ドイツ	2,850	3,400	3,360	3,880	4,430

(単位：10億米ドル)

為替相場

	2005年	2010年	2015年	2020年	2023年9月
対ドル	110.2	87.8	121.0	106.8	149.4
対ユーロ	137.1	116.3	134.3	121.9	157.9

(単位：円)



(出所) 財務省「社会保障・税一体改革について」

わが国の政府債務残高の名目GDPに対する比率

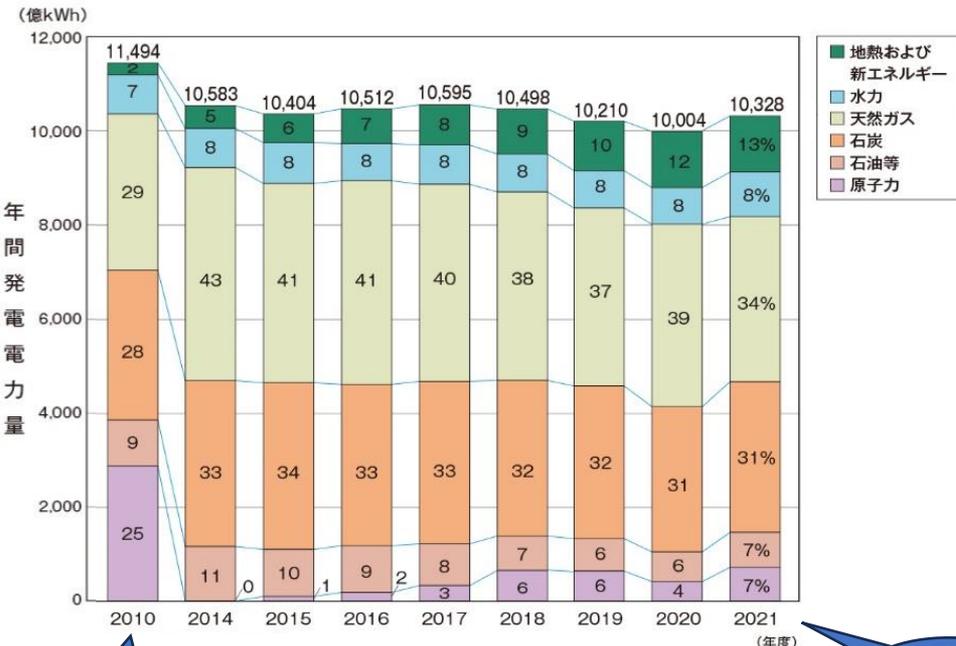
出典：<各国のGDP推移> IMF GDP,current prices  
<https://www.imf.org/external/datamapper/NGDPD@WEO/OEMDC/ADVEC/WEO/WORLD/USA>  
 <為替相場> 2005年～2020年 世界の統計（総務省統計局）を基に算出（年平均）  
 2023年9月 三菱UFJ銀行 外国為替相場チャート表  
<https://www.bk.mufg.jp/tameru/gaika/realtime/chart.html>

# わが国の現状（エネルギーミックス）



エネルギーは私たちが健康で便利な生活を営む上で絶対不可欠である。食料はある意味何とかかなる（と思う）。しかし、**エネルギーは自給率を高めてゆかなければ（それも脱炭素で）日本は国際社会の中でプレゼンスを発揮できない。**

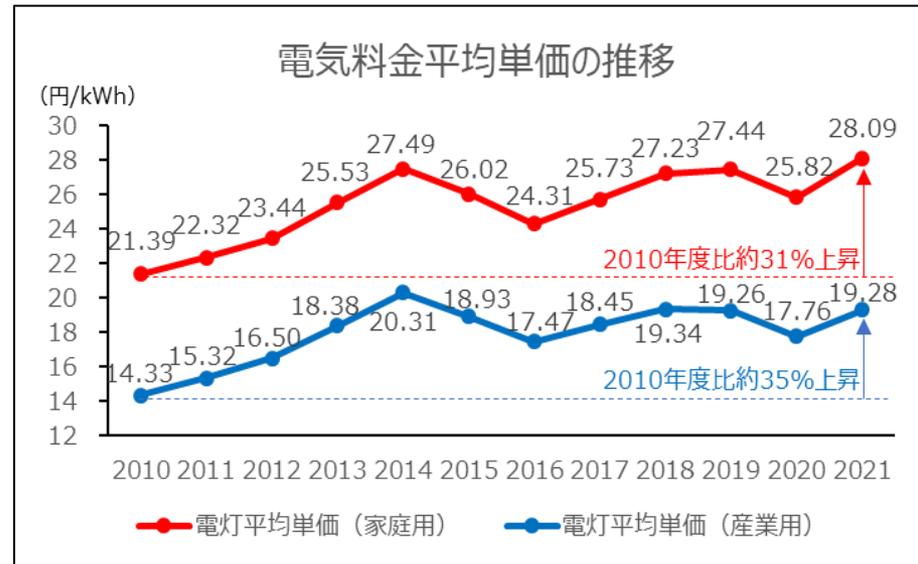
これまでのエネルギーミックスの考え方は古い。1 + 1 + 1 = 3 のようなことをやるのではなく 1 + 1 + 1 = 5 くらいの相乗効果を追求すべき



非炭素  
34%

非炭素  
28%

出典：エネルギー図面集を基に作成



出典：日本のエネルギー2022（資源エネルギー庁）を基に作成



- わが国の宿痾（食料、エネルギー資源の他国への過度の依存）の解決
- 脱炭素社会の実現という新しい価値観のもとで過去の劣勢を一旦ご破算にして（このままでは他の先進国どころか発展途上国にも負ける）、フレッシュスタートする（新しいディメンションで国際競争に勝つ）



- **低資源、高効率な社会**をつくる  
（巨大な国家財政を必要としないコンパクトな社会の実現）



- エネルギー供給という意味では、エネルギー資源の開発、改質、輸送、機械として極限まで無理をした発電設備を必要とする現状のシステムからコンパクトで継続性のある**低資源・高効率なシステム**に変える
- 少ない人口、土地面積で**生産性、付加価値の高い産業システムを構築する**（農産物の工場生産化、分散型自立社会の構築による輸送コストの極端な削減など）  
**これらを全て脱炭素で実現する**

# G Xポリシーの本質（なぜ日本の電気料金が高いのか）

H<sub>2</sub>

一般的に言われているのは  
エネルギー価格（石油、ガス、石炭等）の高騰（国際的争奪戦）及び円安による  
だが、果たしてそうだろうか？（それだけだろうか？）

**実はその背後に設備稼働率の低下という別の問題がある**

- リニューアブルは本質的に（基本的性格から）**稼働率は低い**
- リニューアブルのバックアップ電源であるガス発電はその影響を受けて**低稼働状態にある**
- 原子力は停止している、或いは廃炉が決まっているプラントが多く実際に**稼働しているプラントは一部である**
- 石炭火力は「CO<sub>2</sub>排出制限」により**稼働率を低く抑えられている**

**結果、国民、産業界は高い電力コストを負担している⇒これは政策の問題では？**

# 脱炭素社会に向けて原子力が果たす役割（1 / 2）



## 問題解決の方向性

1 + 1 = 2 ではなく  
3 にも 4 にもする

### 【方向性その1】

各種電源の組み合わせ（ミックス）だけではなく、その**相乗効果を追求する**

- 未稼働資産（廃炉立地、劣化ウラン）を活用して巨大なウラン電池を作り、リニューアブルエネルギーを一括蓄電したうえで電力会社がコントロールするかたちでグリッドに流す
- 高温ガス炉をコンビナートのエネルギーセンターとし（水素、熱、電気の供給）不足分をリニューアブルエネルギーで補うことで工業地帯を一挙に脱炭素化する

### 【方向性その2】

脱炭素社会の構築という新しい要請に応えつつ、**長期安定型のエネルギー源を目指す**

- ウラン燃料の長寿命化、高レベル廃棄物の減容、毒性低減、再資源化
- 高レベル放射性廃棄物が発する放射線や熱を直接電気に変える（放射線発電、熱発電）手段の社会実装



## 【方向性その3】

原子力の特徴を生かして**様々な分野**（医療、素材、農業をはじめ各産業分野）**での活用**を考える

- がん治療薬の開発
- 動力源としての活用（超小型原子力電池など）
- 放射線、熱から直接電気を生み出す技術の実用化（スピントロニクス）

これらを  
高効率・低資源で  
達成する

エネルギー相乗効果の追求



Synergy

長期安定型のエネルギー源  
を目指す



Sustainable

様々な分野での活用



Ubiquitous



上述した原子力の課題を解決するため、原子力機構が行うべき研究開発を以下のように整理。これにより原子力機構ミッション・ビジョンの実現を目指す。

## I ニュークリア×リニューアブルの相乗効果（**Synergy**）のための研究開発

原子炉自体の徹底した安全性、効率性の追求とあわせ、再生可能エネルギーとの連携による、日本におけるエネルギー生産の最適化を目指した研究開発

## II 原子力自体を**Sustainable**にするための研究開発

国民の原子力に対する大きな懸念の一つであるバックエンド問題の解決や原子力全般の安全性を示すことにより、国民に安心を与える研究開発

## III 原子力利用の多様化（**Ubiquitous**化）に向けた研究開発

原子力が本来有するポテンシャルを最大限に活かすことにより、多様な分野へ応用され、原子力があたりまえのように日常に安心して利用されることを目指した研究開発

# 機構が目指す研究の方向性（イメージ図）



原子力機構のビジョンの達成  
「ニュークリア × リニューアブル」で拓く新しい未来

社会に  
価値を還元

Synergy

ウラン蓄電池の開発

軽水炉の安全性向上

高温ガス炉の開発

福島第一原子力発電所の  
廃止措置

高速炉の開発

原子力エンジン

Sustainable

Ubiquitous

各種施設廃止措置

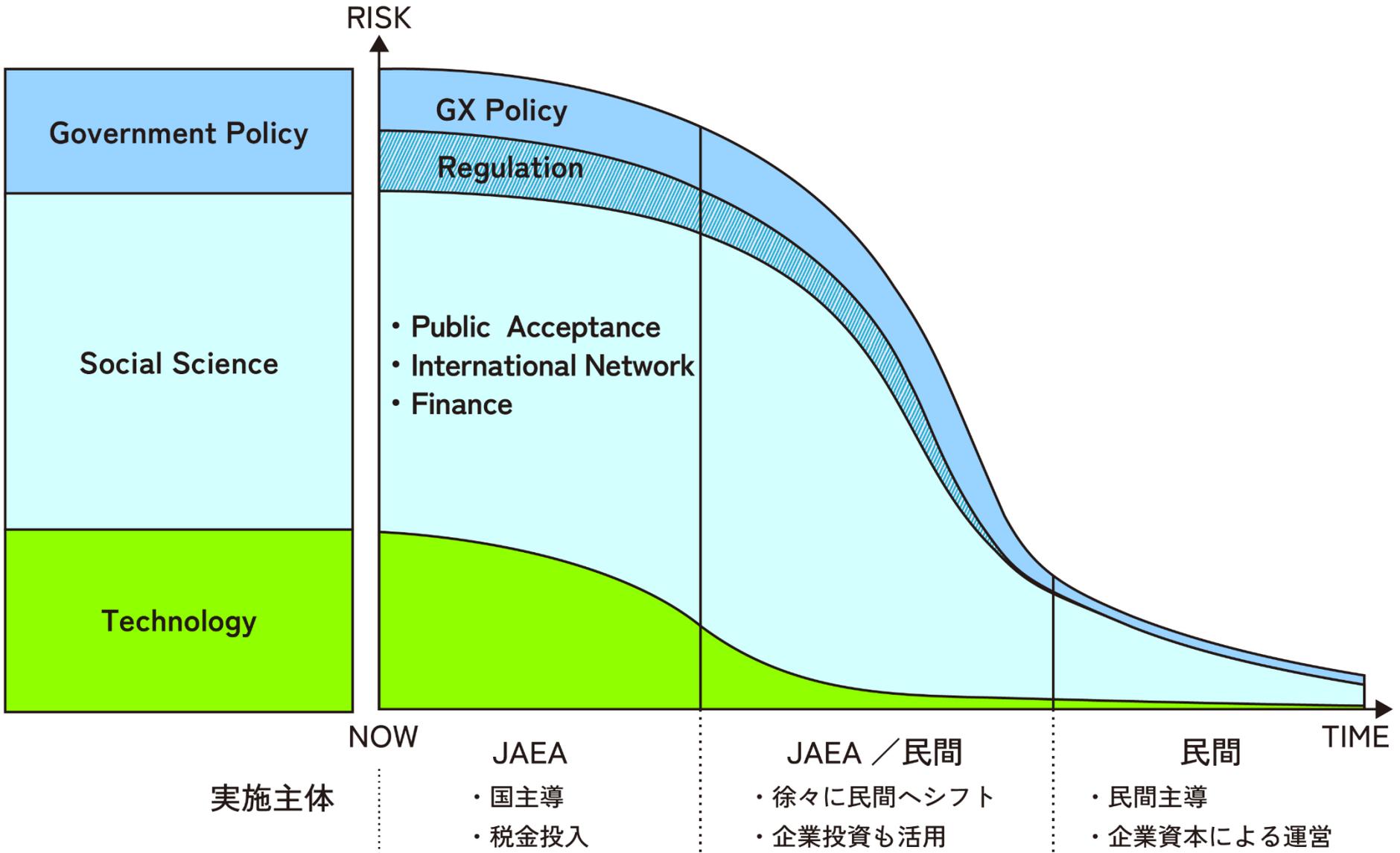
核セキュリティ

医療用アイソトープ生産

高レベル放射性廃棄物の減容・有害度低減、再資源化

人材育成  
国際協力  
etc.

# 機構が目指す研究の方向性（リスクと社会実装）



# 機構が目指す研究の方向性 (潜在Valueの顕在化と新たなValueの創出)



RISKの低減 → Valueの顕在化 + 新しいValueの循環と再生産

新しい資本主義  
(成長と分配)

RISK、Value

新しいValue

**RISK**

- Government Policy ↓
- Social Science ↓
- Technology ↓

**Valueの顕在化**

GX政策  
のValue

**潜在 Value**

TIME

官主導  
(税金投入)

民間主導  
(Valueの循環と再生産)



## 原子力が抱える問題点

### □ 安全への懸念

- 自然災害や人為的ミスにより原子炉のコントロールシステムがうまく機能しない場合、きわめて膨大な被害（直接被害、間接被害）を広範囲に及ぼす：福島第一原子力発電所
- 福島第一原子力発電所のように事故を起こしたプラントの廃止措置（事故終息）についてそのプロセスが確立していない
- 放射線被ばくの人体への影響度（特に食物摂取による内部被ばく）がうまく国民に伝わっていない
- テロや戦争などによる原子力施設（発電所、燃料製造施設など）への攻撃に対して十分な防御措置が取られていない

### □ 放射性廃棄物への懸念

- 軽水炉による発電により高エネルギー、長半減期の物質（高レベル放射性廃棄物）が核分裂生成物として生成されるがこの処分が未確定である（使用済燃料から取り出した廃液をガラス固化体として管理保管中）：再処理工場が長期間にわたり未稼働
- また、原子力施設の利用や実験などにより発生する中レベルや、一部の低レベル放射性廃棄物の処理処分も未確定である（減容した後ドラム缶で保管）
- 大気、海洋中に放出される低い濃度の放射性物質（トリチウムなど）がもたらす環境影響に懸念が持たれている

# 原子力が抱える問題点と解決の方向性（2 / 3）

H<sub>2</sub>

## 問題解決の方向性

### □ 原子力施設の安全性

- 安全性の高い新型炉や原子力施設の事故耐性を高める研究開発を進め、仮に事故が発生した場合でも被害を最小限度に抑える仕組みの構築
  - ✓ 固有の安全性の高い新型炉（高速炉、高温ガス炉）の開発【大洗研】
  - ✓ 事故耐性を高めた原子燃料の開発【原科研】
  - ✓ 自然災害などに対応できる設備の強化（安全上重要な施設の保護強化）【核サ研 他】
- 廃炉作業で知見を蓄積した安全かつ効率的な廃炉に向けた取組み
  - ✓ 既存原子力施設の安全な廃止措置【敦賀部門、核サ研、人形峠、青森 他】
  - ✓ 高放射線環境下での遠隔処理技術の開発【敦賀部門、福島部門】
  - ✓ 燃料デブリなどの性状・特性分析、放射性瓦礫の処理技術などの開発を進めて事故プラントの廃炉手順の明確化【福島部門、大洗研、核サ研、原科研】
- 放射線被ばくによる人体への影響度などについては知見が集約されてきているが、**今後は国民の理解に向けた適切な情報発信が必要**【広報部、原科研】
- テロや戦争による攻撃から原子力施設をどう防御するかはこれからの課題。これはわが国だけではなくIAEAなどが主導する核不拡散活動や平和利用の核施設への攻撃防止などについて国際的な枠組みを再構築する必要あり（ロシアによるウクライナ侵攻でこれまでの努力が白紙化した）【ISCN、安全・防災部門】

## □ 放射性廃棄物の扱い

- 原子炉で核反応を起こさせると同時に核分裂生成物が生成され、その中にはプルトニウムやマイナーアクチノイドと呼ばれる高エネルギーで半減期が極めて長い元素が含まれる（高レベル放射性廃棄物）。これを**中性子を使って改質し毒性の低減や半減期の短縮などのトリートメントを行う**。同時に高レベル放射性廃棄物に含まれる**希少金属（白金、イリジウム、バナジウムなど）を抽出して再資源化する**。【大洗研、原科研、核サ研、J-PARC】
- ✓ 核分裂生成物のうちプルトニウムは抽出して燃料として再利用、その他のアクチノイドは**高速炉で中性子を当てて（燃やして）別の物質に転換することにより毒性の低減、半減期の短縮（10万年⇒3百年）を実現する**【大洗研、核サ研】
- ✓ また希少金属の抽出技術についても研究開発中【原科研】
- ✓ 更に高レベル放射性廃棄物から発生する熱や放射線などをエネルギー源として再利用することも研究開発中【原科研】

ごみは地中に埋めるという発想から、燃やす、分別リサイクルという方向性に転換する（どうしても残る最後の残滓は地層処分and/or低レベル放射性廃棄物として埋設処分）

【幌延、東濃】

- 大気、海洋中に放出される放射性物質（例えばトリチウム）などは（規制基準を十分に下回るよう）十分に希釈し、人体や環境への有意な影響を排除する方向で取り扱う【福島部門】



- 今年度のノーベル経済学賞受賞者ハーバード大学のクラウディア・ゴールドディン教授は、社会に大きな変革を起こした技術としてラジオ、自動車、コンピューターを挙げて、その発明から実用化或いは普及までそれぞれ70年以上の年月を必要としたと分析している。
- 原子力もその発見（マリー・キュリーのラジウムの発見（20世紀初頭））から120年、具体的に利用されたのが（悲劇的なことに：またこれが日本人の原子力の原風景になっている）原爆だとするとそれから70年あまりである。
- この時間軸の中で私たちは**原子力の持つ可能性を十分に理解していないし、またコントロールする手段についても未熟である**。しかしながら、**原子力という原子核反応から生ずるエネルギーは宇宙の成り立ちそのものであり、核反応から生ずる放射線は宇宙にあってはごく普通のものである**。
- 人類は炭素消費型社会から決別して脱炭素社会（サステナブル社会）を目指そうとしている。この時代背景にあって、**原子力機構は原子力を用いた新しい社会の構築に向けて一層の研究開発に努めてゆく所存である**。