



エネルギーへの要求と科学と社会

Institute of Sustainable Science

Institute of Advanced Energy, Kyoto University

Institute of Advanced Energy, Kyoto University



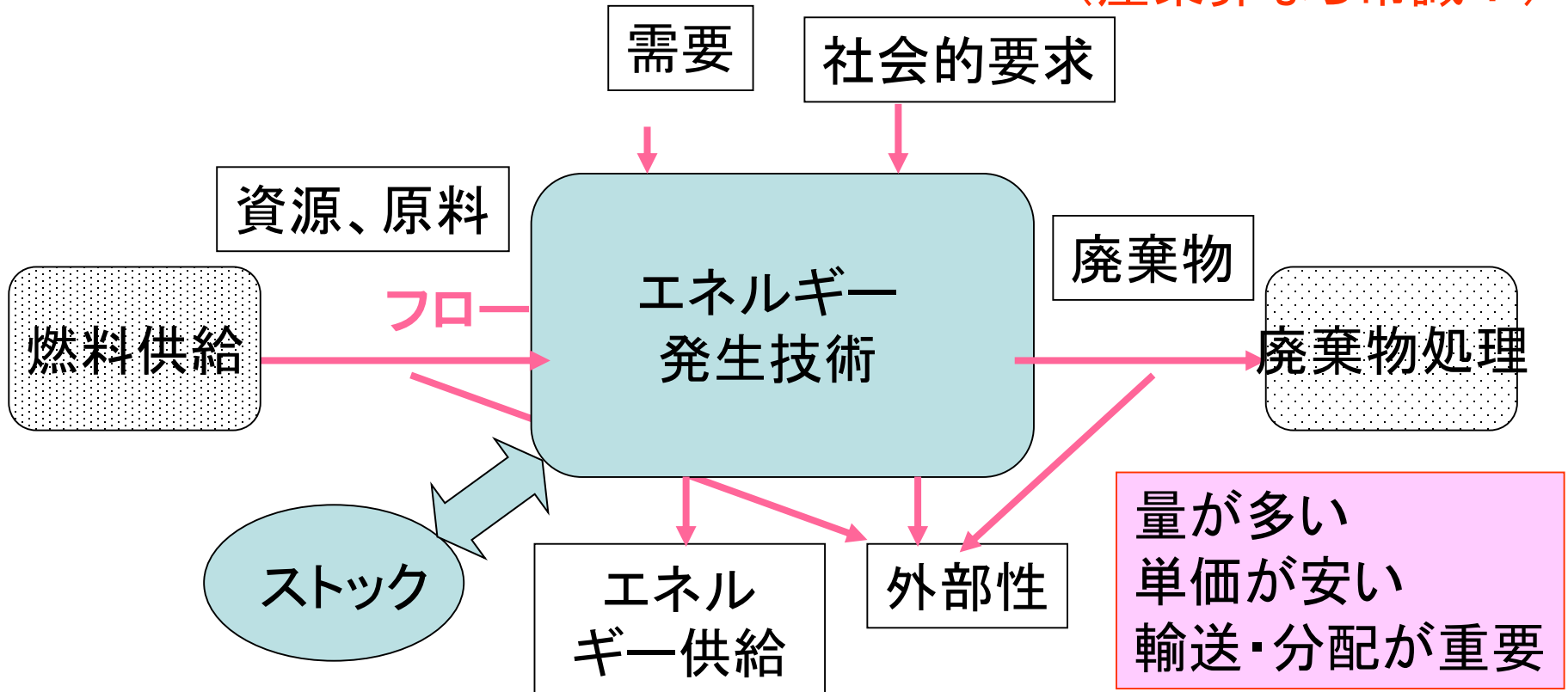
エネルギーは、なくなる可能性だけで人を脅かす。→エネルギー技術開発

- ・ エネルギーは、保存則があるのでなくなるわけではない。
- ・ 資源と環境は、エネルギー供給を制約する。
- ・ 資源制約が解決したければ新しく作ればいい？

→科学は、その要求に答えてきた。

でも、その行き先は、科学には決められない。任せられない。
科学者はそのすべての影響がわかっているわけではない
公平に選択できるわけでもない

(産業界なら常識?)



動的な概念。動いているし、時間の遅れもある

- 資源豊富/エミッション少 でも制約されるものがある
- 物質によらない制約もある。(需要等)より広範な外部性
- 成長速度も制約される。



エネルギー投資

Institute of Sustainable Science

Institute of Advanced Energy, Kyoto University

Institute of Advanced Energy, Kyoto University



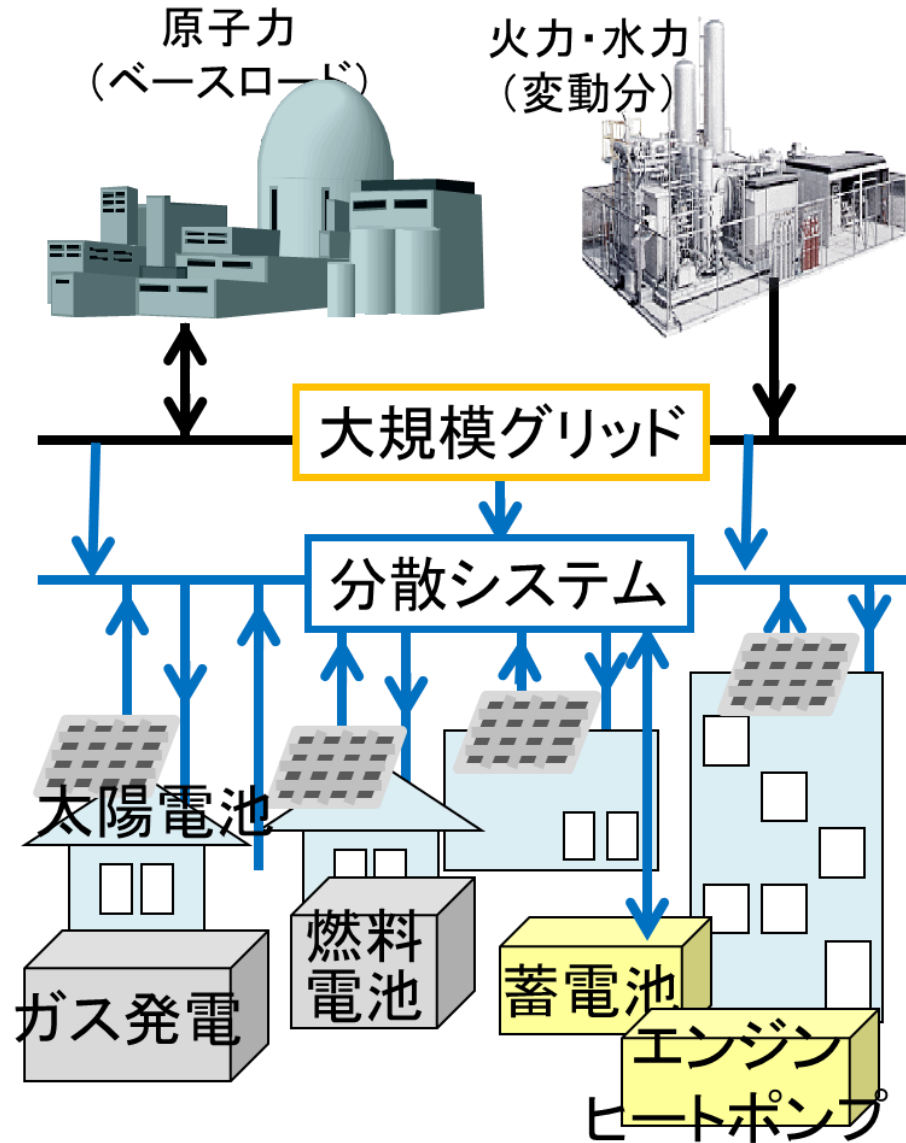
エネルギー技術は社会の投資により開発

- 成果は投資者により、事後回収される
 - 事業として成立したものが残っている
 - 成熟した産業は売り上げの3～20%を開発に投資
 - 社会（公共）が投資したものもある（特に基礎研究）
 - 社会が成果を享受することもある（GDP増加等）
- 投資は、サプライチェーン全体に行われる
 - **社会インフラ、利用機器、後始末、損害回復**は大きな投資
 - 技術開発、環境、安全対策投資は損害防止にも使う
 - 損害（環境、人命含む）の低減も投資の効果

エネルギーシステムの変化

Zero-carbon energy Kyoto

- 消費者による自家用電源が普及しつつある
- ピーク時に自家発電
→ 消費者サイドによる電力供給
→ 安定な大規模電源が基盤を支える
→ 負荷は平準化される
- 途上国システムは先進国と違うが、分散性は類似



投資と効果の間には時間差がある

- ・ エネルギー投資は、回収に時間がかかる
 - －現在の繁栄は、過去の投資の結果
 - －過去世代の「恩」は、感じるより大きい
- ・ 現在の投資は、未来に行くほど効果が小さくなる
 - －未来世代は、成長と投資、開発の効果により必ずより豊かになっている
- ・ 「割引率」効果は、損害に対しても適用される
 - －未来世代の損害コストは、現在に割り戻せば小さい
 - －きわめて遠い将来の損害はゼロに収れんする？
 - 「命の値段」であれば、単価も上がっているが。。



エネルギーの「外部性」

Institute of Sustainable Science

Institute of Advanced Energy, Kyoto University

Institute of Advanced Energy, Kyoto University



エネルギーは商品であるだけでなく、市場の外で
ヒト、社会、環境に影響を及ぼす。

→ エネルギー技術の外部性

- ・ エネルギーは、利益も損害（命/金）も与える
 - －取引関係者以外にも影響する
 - －コストに反映されているものもある（内部化）
 - ダムや原発の立地、石炭採掘の人命損失など。
- ・ 地球環境問題（いわゆる「温暖化」）は最大の外部性の一つ
 - －2100年GDPの10%オーダーとされる
 - －すでに人類はコストを払っている
 - －すでに一部「内部化」されている。
- ・ 原子力は、（拡大した）外部性の大きなエネルギー

発電により人は死ぬ

- ・ 水力：ダム建設。ロシアでは爆発事故。中国では決壊事故(1975)。
- ・ 火力：爆発、転落等。最大は石炭採掘で発生。大気汚染も多い。
- ・ バイオマス：大気汚染
- ・ 原子力：美浜での蒸気事故で5名。
ウラン採掘、ウラン鉱からの放射性物質。
- ・ チェルノブイリは直後28名。
その後19名。小児がん15名。
今後数10万ガンで死亡との説あり。
- ・ 太陽光：屋根からの転落

Coal – world average 161

Coal – China 278

Coal – USA 15

Oil 36 (36% of world energy)

Natural Gas 4

Peat 12

Solar (rooftop) 0.44

Wind 0.15

Hydro 0.10 (europe)

Hydro - world 1.4

(171,000 Banqiao dead
板橋ダム決壊)

Nuclear 0.04

(incl. Chernobyl 1986
assuming 4000 death)

[death/kwh]

(by WHO data, etc.)

技術的には、「脱原発」そのものは難しくない

- ・わが国には火力中心にそれだけの発電容量はある。
 - もともと必要時のみ稼働する発電所
 - 燃料費はかかる
 - 再生可能エネルギーに代替のエネルギー供給能力はない
- ・原発の停止、廃炉そのものは技術的にはほぼ確立されている
 - 炉の停止、解体は容易(事故炉でなければ)
 - 使用済み燃料の再処理、廃棄物処分技術は運転継続と同じ

しかし『原発を止める』ことでは完結しない

- ・エネルギーの選択は、**サプライチェーン全体**の問題
 - 現在日本の繁栄は過去のエネルギー選択の結果
 - 現世代の選択は、後世への負担を決める(費用、リスク)

使用済み燃料は残る。放射能は変わらない

- ・現在、使用済み燃料はほとんど発電所に保管されている
 - 原発は「中間貯蔵施設」としての役割が大きい(運転中は管理)
 - 将来的には再処理の予定？(まだまともに動いていない)
 - さらにその後、高レベル廃棄物処分場に移送(場所さえ未定)
 - 直接埋設するオプションの方が安い(リスクは同じと限らない)
- ・原子力発電は、いくつかの費用をその内部で計上している
 - 使用済み燃料の管理、再処理、最終処分の一部
 - 脱原発したらこれらは別途財源から支払う必要がある
 - 運転者、技術者、教育は原子力が存在しなければなくなる

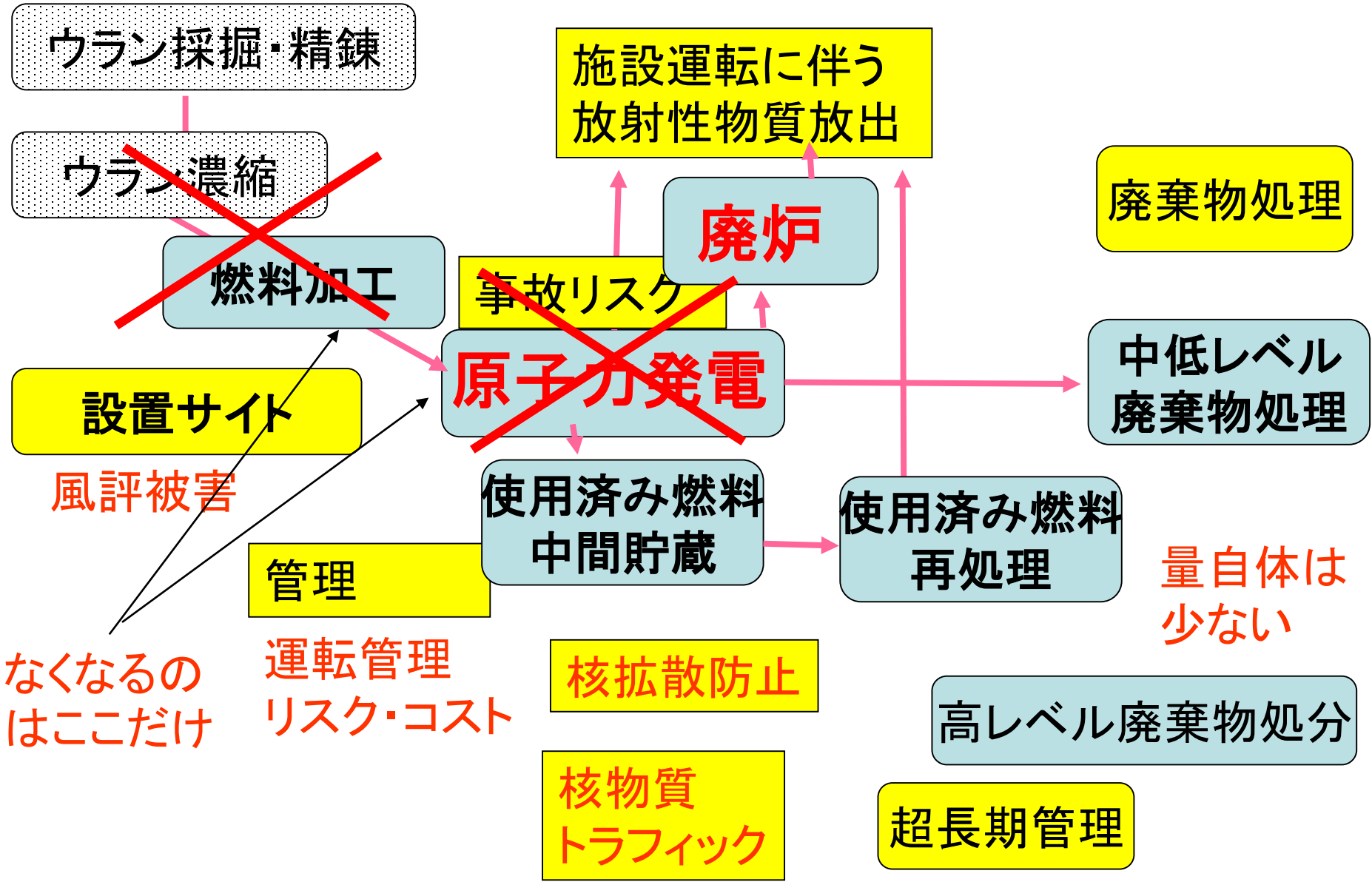
いずれにしても原子力の後始末は現世代責任

- ・ 脱原発も、再稼働も、確実にエネルギーと経済に影響する
 - どちらにしても将来世代に管理責任と費用を残す



原子力エネルギーシステム

Institute of Sustainable Science



エネルギー供給は技術によって対応可能だが

- ・資源の制約は、技術によって置き換わる。
 - 資源ではなく、それを届けるシステムこそがエネルギー技術
 - エネルギー技術は、社会の要求に応じて開発される
- ・環境制約もサプライチェーンのひとつ。
 - エネルギーは、後始末まで考えなければ完結しない
 - エネルギーサプライチェーンのもっとも弱いところが制約する

エネルギーは、社会が選択する

- ・エネルギー技術への投資は過去の社会の選択の結果
 - 技術の選択は、将来の社会像も変える
- ・現在日本のエネルギー選択は世界標準ではない
 - これからの主役は新興国→途上国



エネルギーのリスク

Institute of Sustainable Science

Institute of Advanced Energy, Kyoto University

Institute of Advanced Energy, Kyoto University



エネルギーは人命・環境・社会に損害を及ぼす

- ・対策、被害拡大防止、回復は技術だけではできない
 - 人命、通貨によるコストは、必ずしも受益者が払ってはいない
 - 他国、他地域、子孫世代が払うこともある
 - 被害も、仮想リスクも、**現実コストを発生する点で等価**
- ・人類の繁栄、幸福、発展もエネルギーによってもたらされた
 - エネルギー利用の便益は経済的利益だけではない
 - エネルギー利用による人間活動の増加自体が**持続性の危機**

エネルギーは、社会が選択する

- ・投資効果の享受も地球環境影響も、未来世代が行う
 - 経済成長の効果も害も未来世代が受ける→割引率！
 - 人類全体の生存は、エネルギー選択によって決まる

