

対話イン九州工業大学

基調講演
原子力をどう考えるか

平成27年11月11日

原子力シニアネットワーク連絡会

早野睦彦 mutsumihiko.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繫

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. 原子力を考える前に
2. エネルギーについて
3. 原子力エネルギーについて
4. 東電福島事故の原因は何か？
反省すべき点は何か？
5. リスクについて考えてみる
6. 各国の原子力に対する立ち位置
7. 皆さんはどう考えますか？

1. 原子力を考える前に

成長の限界(1972年) ローマクラブ

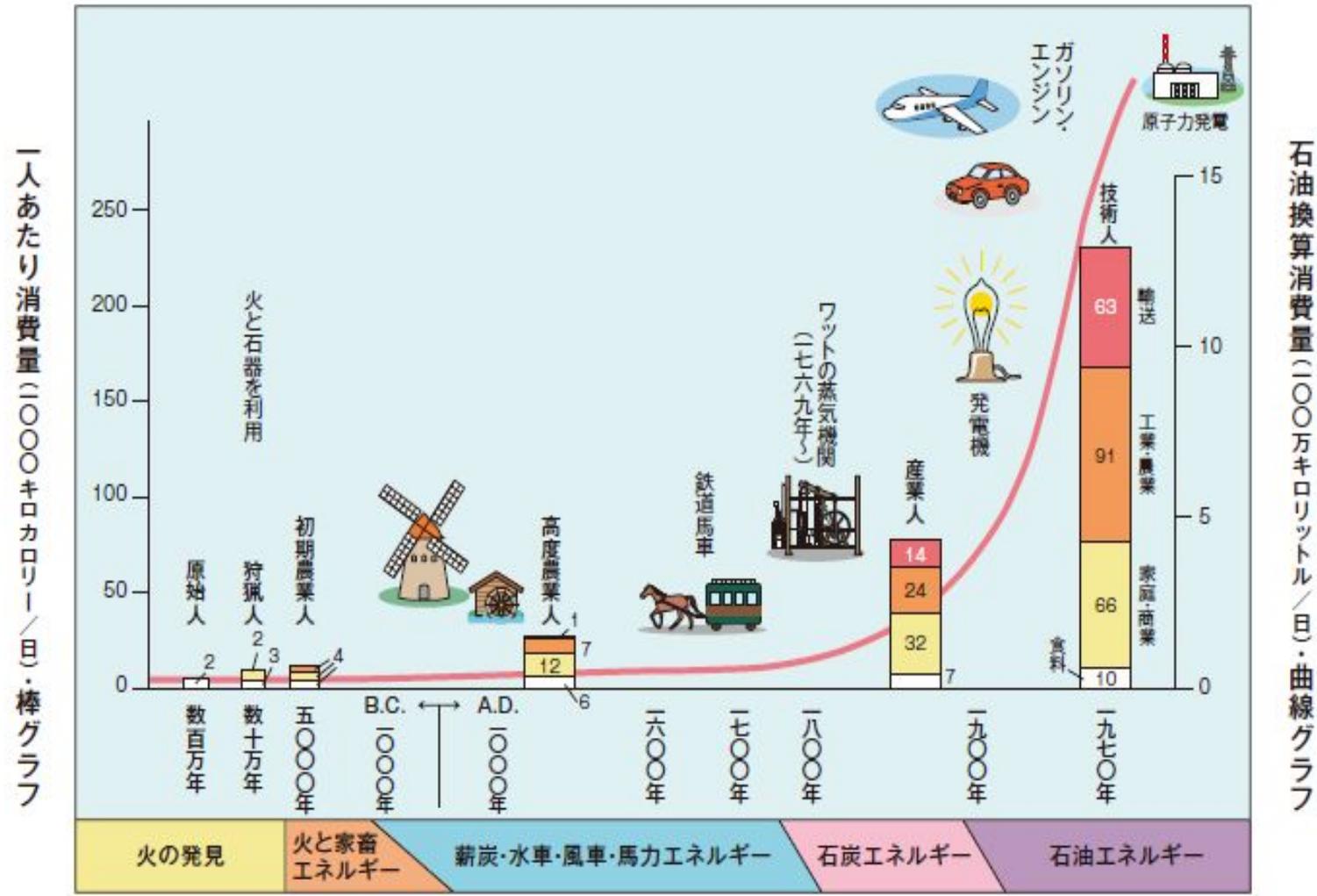
人口と生産の増大をこのまま続ければ、その代償は資源の制約と環境の悪化である。従って、人類はこれ以上の成長を望んではならない。

成長要因 人口増加(70億人⇒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



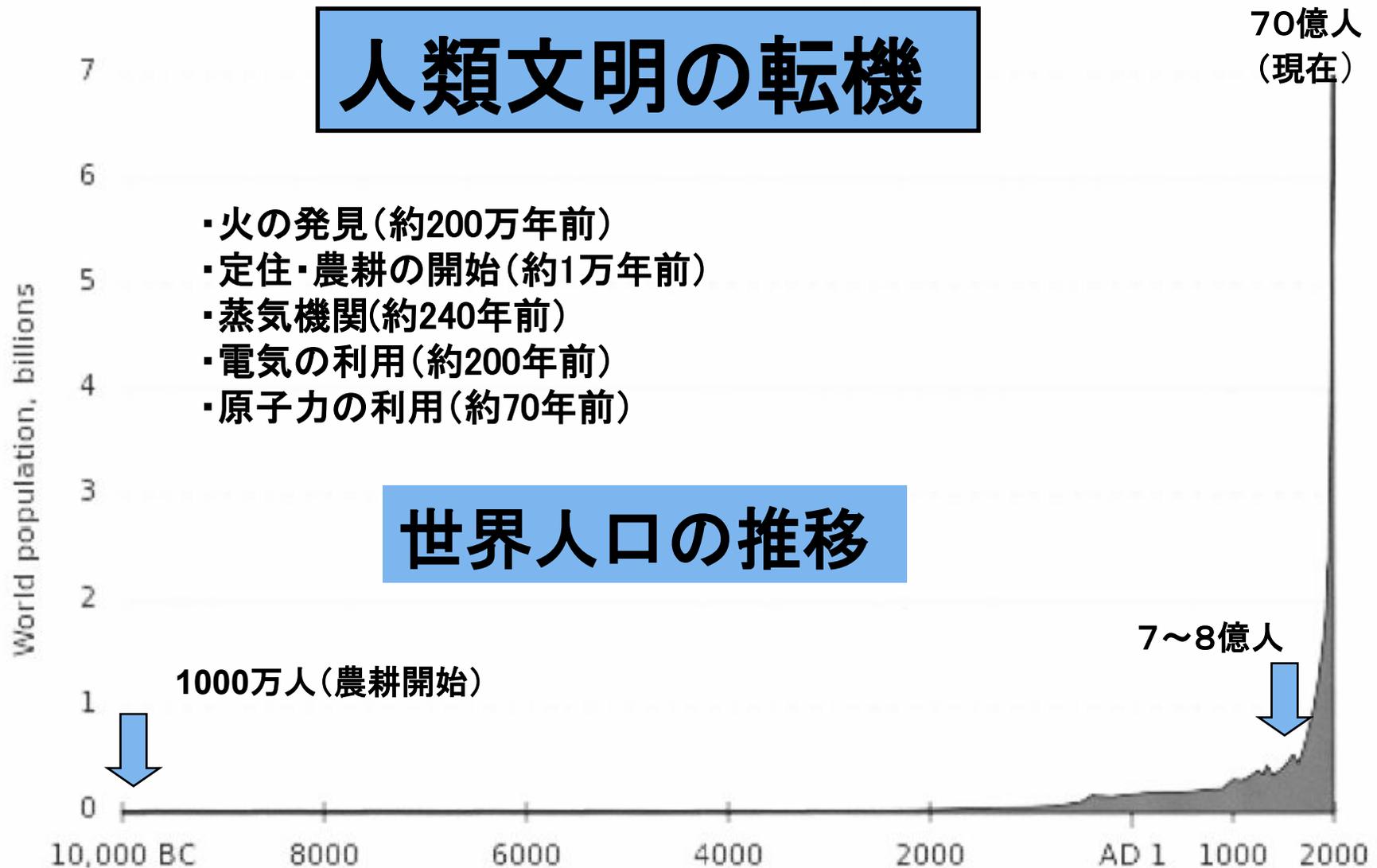
原始人 百万年前の東アフリカ、食料のみ。
 狩猟人 十萬年前のヨーロッパ、暖房と料理に薪を燃やした。
 初期農業人 B.C.5000年の肥沃三角州地帯、穀物を栽培し家畜のエネルギーを使った。

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。

人類文明の転機

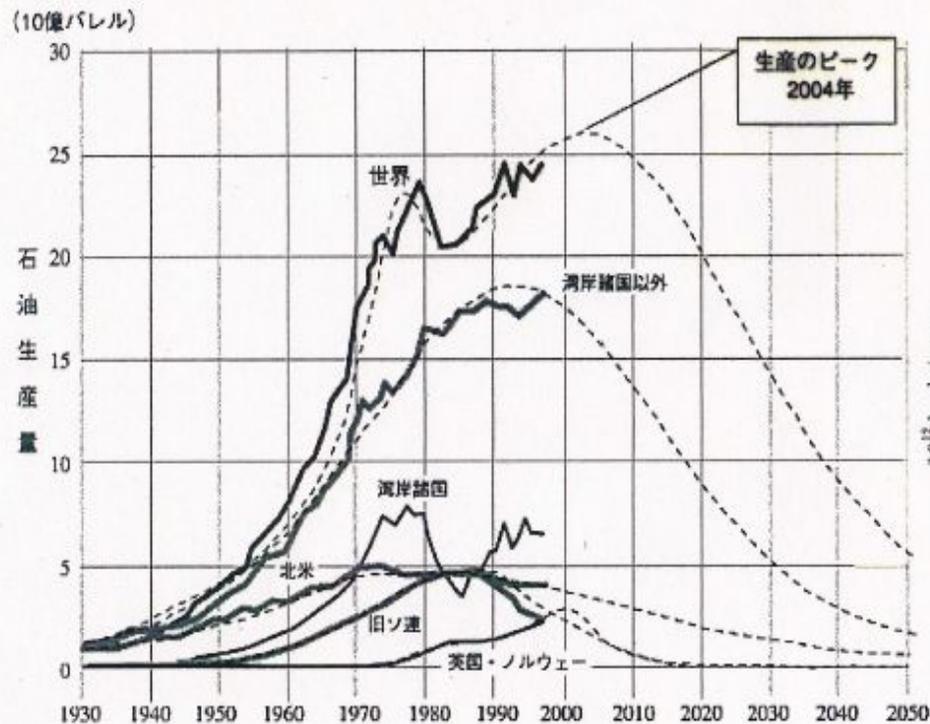
- ・火の発見(約200万年前)
- ・定住・農耕の開始(約1万年前)
- ・蒸気機関(約240年前)
- ・電気の利用(約200年前)
- ・原子力の利用(約70年前)

世界人口の推移

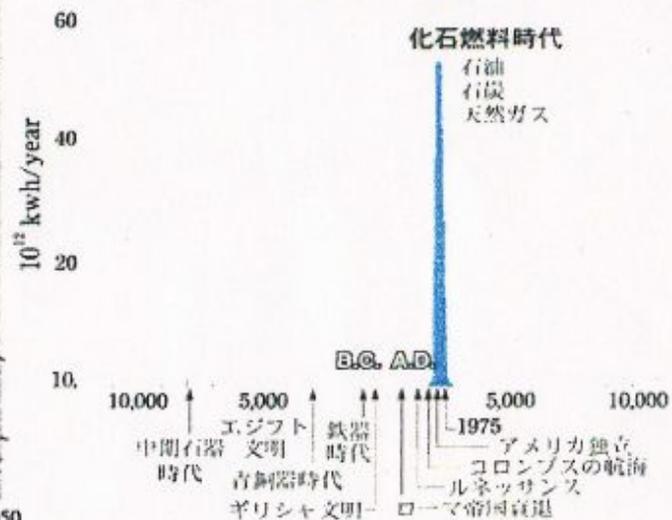


年間石油生産量とハバートカーブによる将来予測(C.キャンベル)

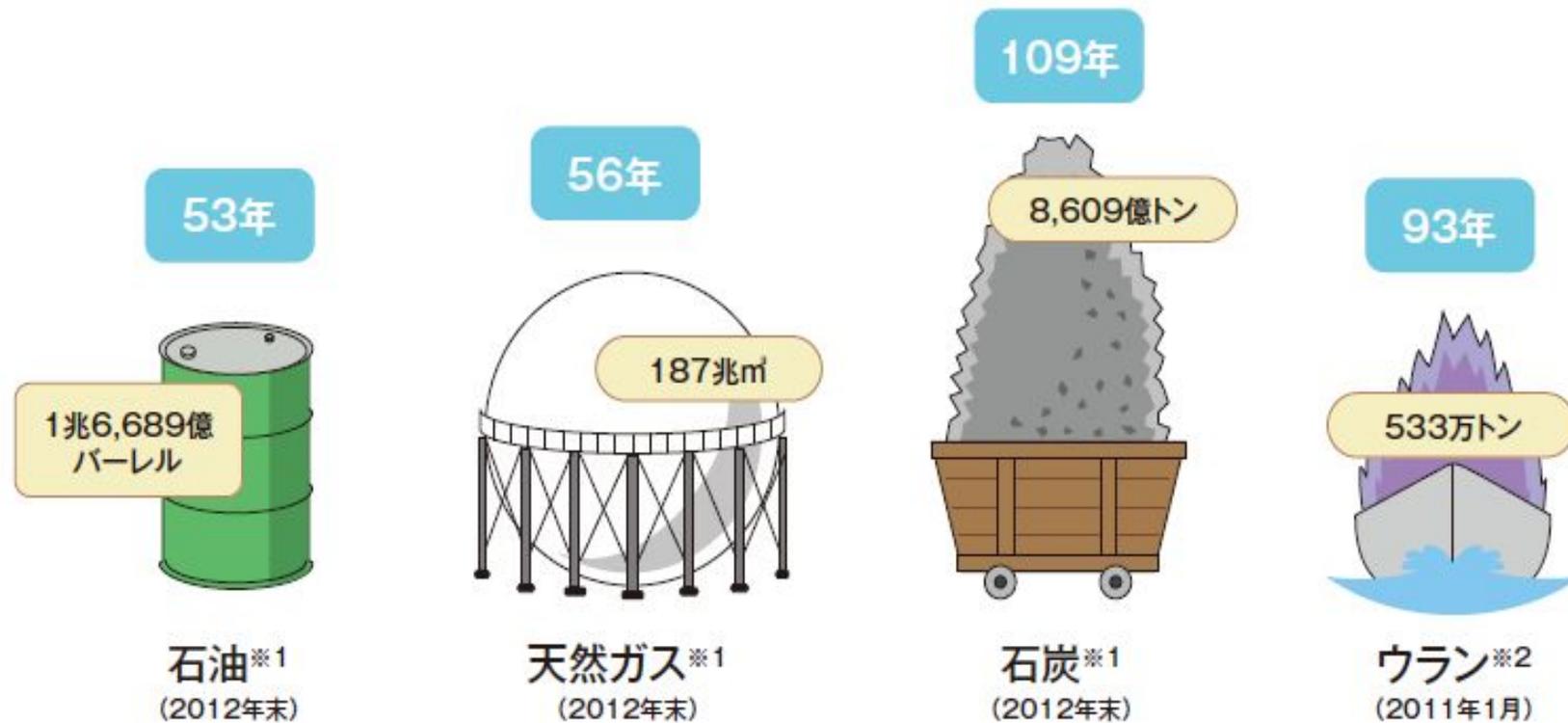
(出所: <http://www007.upp.so-net.ne.jp/tikyuu/opinions/illume.html>)



化石燃料時代は人類史上では一瞬



世界のエネルギー資源確認埋蔵量



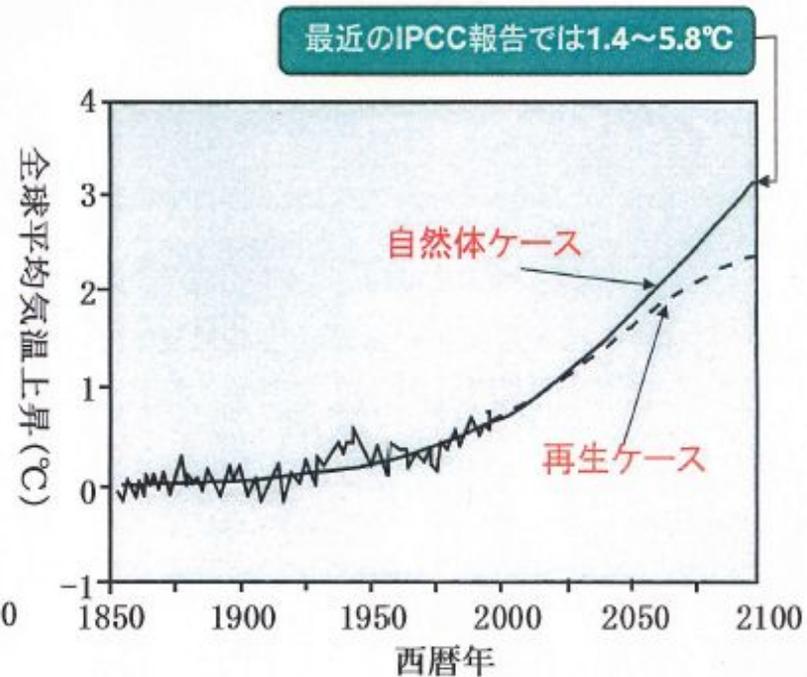
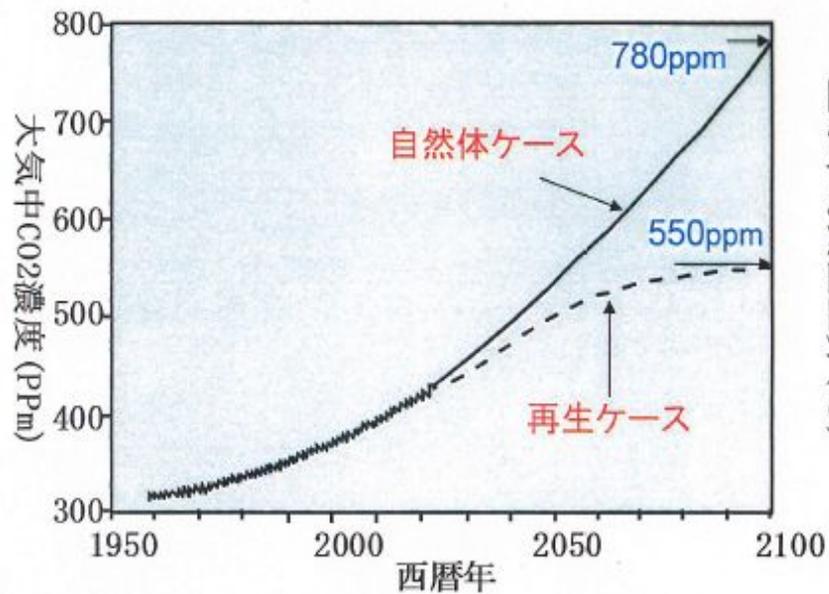
(注) 採算年数=確認可採埋蔵量/年間生産量
ウランの確認可採埋蔵量は費用130ドル/kgU未満

大気中CO₂濃度と全球平均気温上昇の変化の試算例

自然体ケース: CO₂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CO₂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CO₂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)

地球温暖化

将来懸念

- 海面上昇(9~88cm)
- 潮流変化



- 猛暑化、寒冷化
- 砂漠化、洪水
- 陸地の一部喪失



水資源確保に支障
穀物供給不足
火災・害虫による森林破壊

現在の事象

- 過去50年間で地上気温で1°Cの上昇
- 氷山の溶出、氷河の後退
- 大洋の潮流変化
(エルニーニョ現象等)

- 長江の大洪水と黄河の大断流
- 米国中西部の熱波襲来
- アフリカの干ばつ

問題は、地球の慣性が大きく現象として現れるのが、数十年後であり、現象がカオス、フラクタルのため、不可逆現象だろうと予想されることにある。

2. エネルギーについて

一次エネルギー（3分類 日本は96%輸入）

(1)化石燃料（世界は85%～90%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.

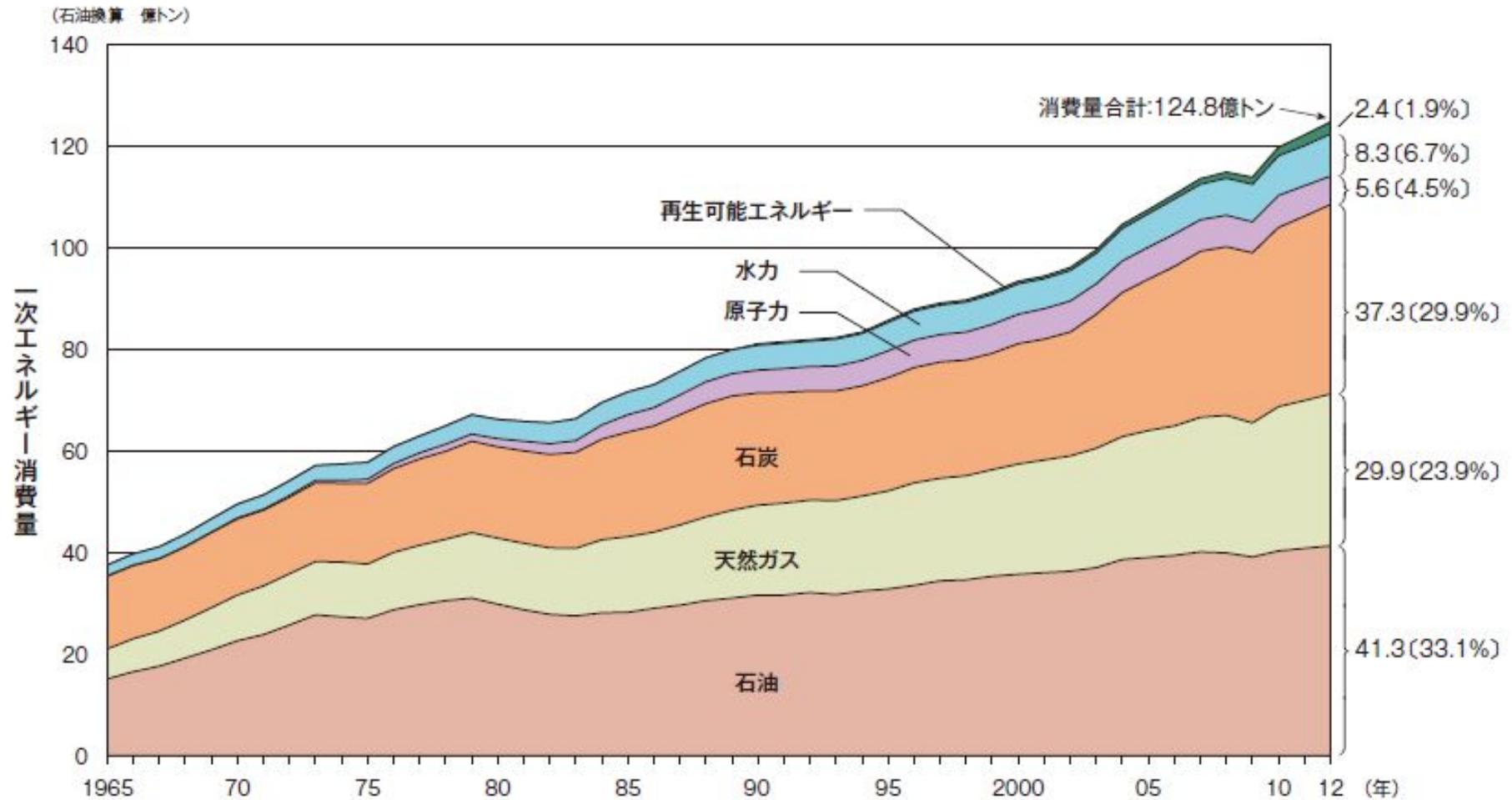
二次エネルギー（一次エネルギーから生産）

電気、都市ガス、水素、ガソリン、灯油、etc.

21世紀のエネルギーと地球環境のまとめ

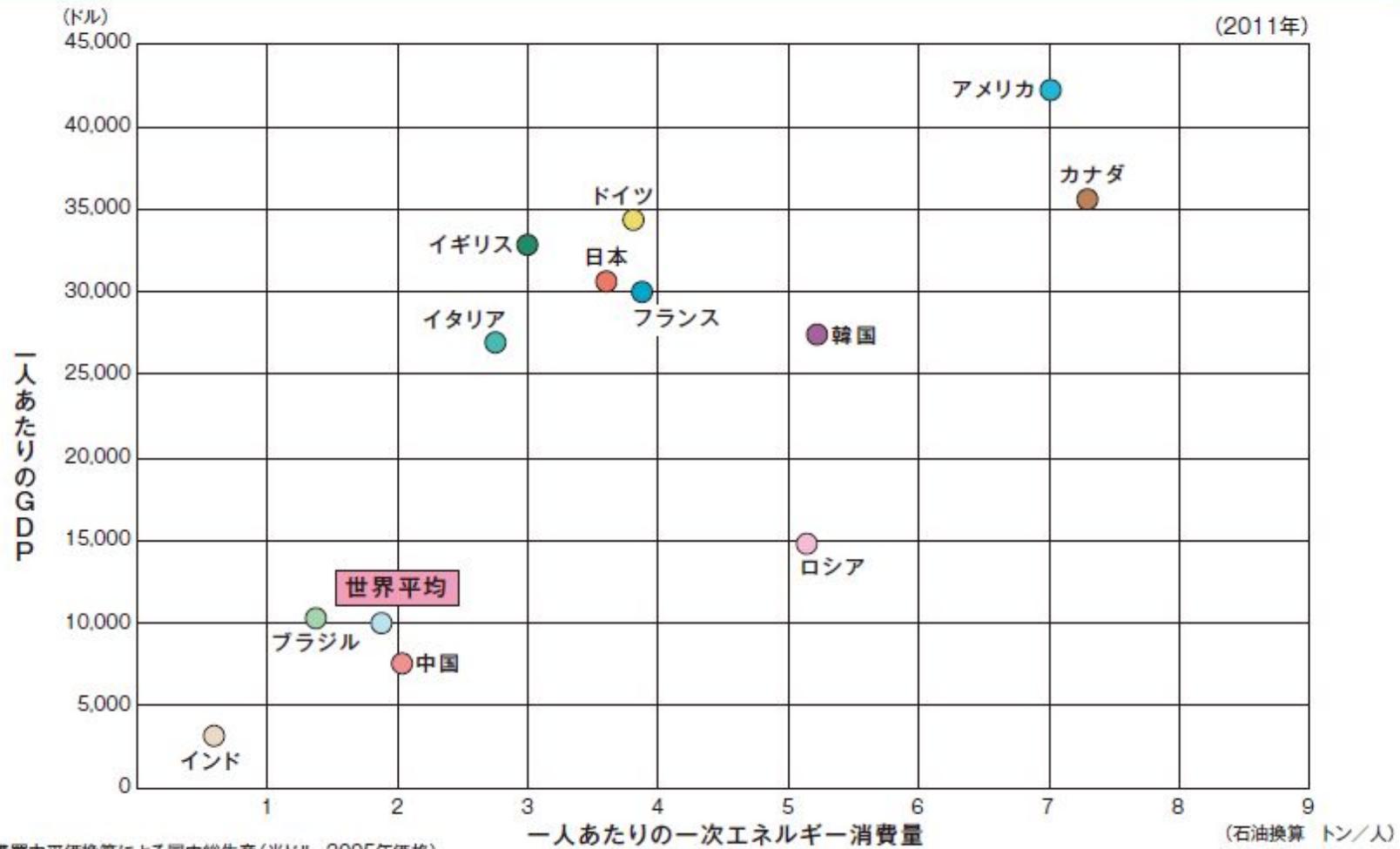
- 世界は当面化石燃料に依存し、代替エネルギー選択の余地は小さい
- 低価格で良質の石油・天然ガスは資源はあと数十年
- 化石燃料供給量は今世紀中は十分だが、環境・経済性に問題
- 今世紀末にはCO₂濃度2倍以上、平均気温最大6°C上昇の可能性
- 地球を救うにはCO₂排出を大幅に減らす全方位戦略が必要
 - ・世界的省エネの推進
 - ・クリーンエネルギーの大幅導入(原子力、再生エネ、新エネ)
 - ・CO₂吸収源の拡大(植林、砂漠緑化、海洋CO₂固定など)
 - ・新技術開発(革新的太陽光発電、バイオ、核融合など)

世界の一次エネルギー消費量の推移

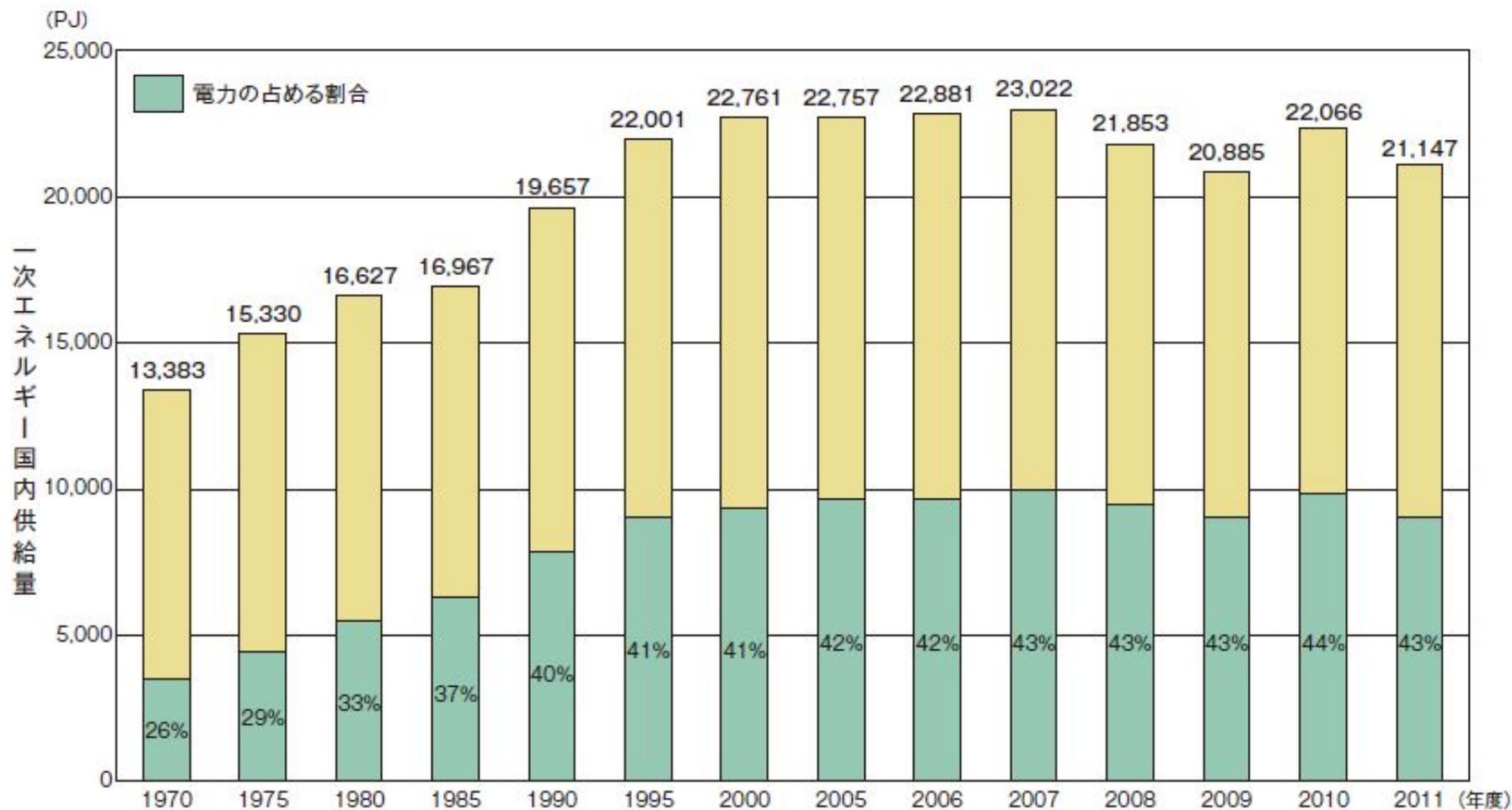


(注)四捨五入の関係で合計値が合わない場合がある
()内は全体に占める割合

一人あたりのGDPと一次エネルギー消費量

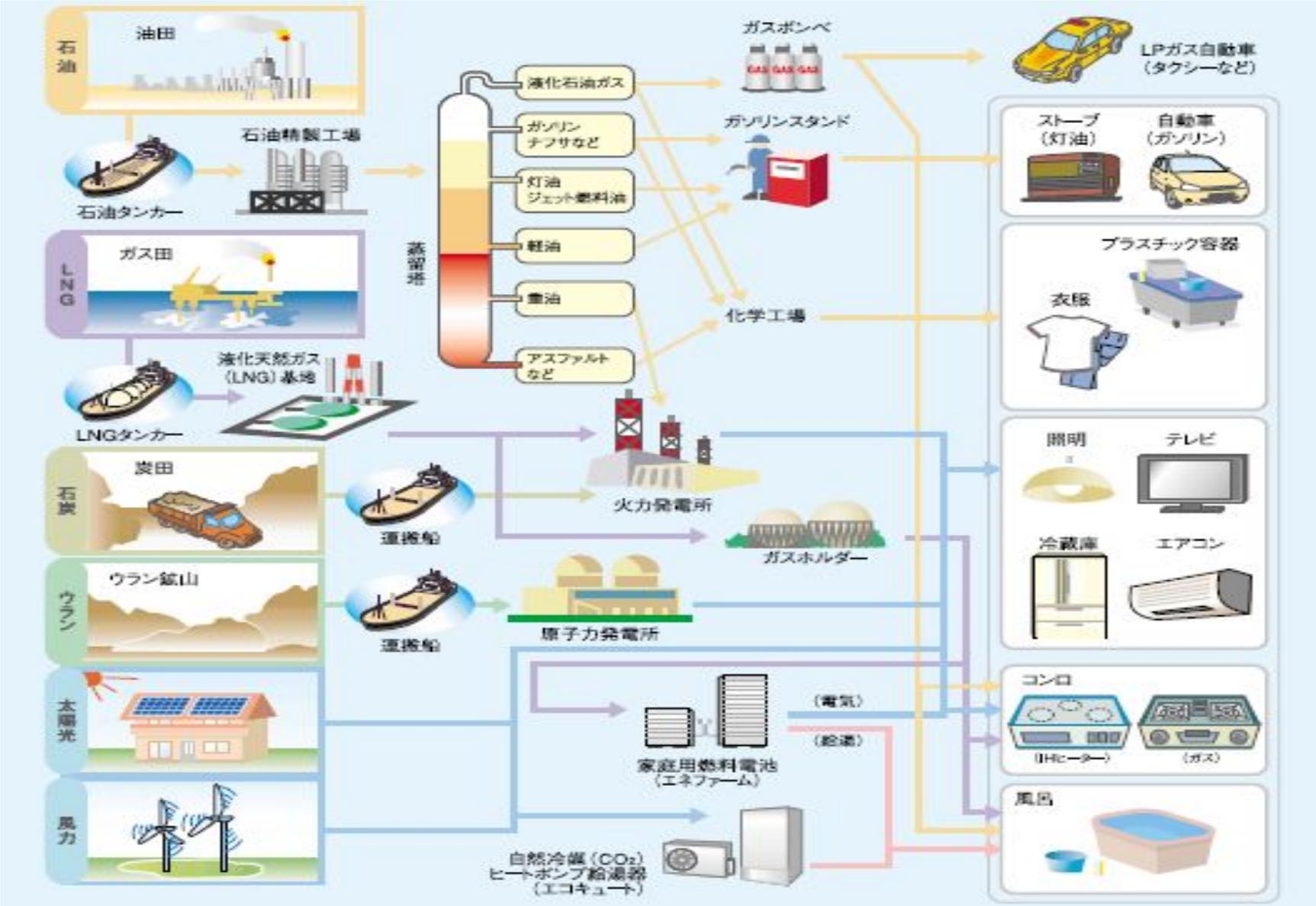


一次エネルギーに占める電力の比率（電力化率）

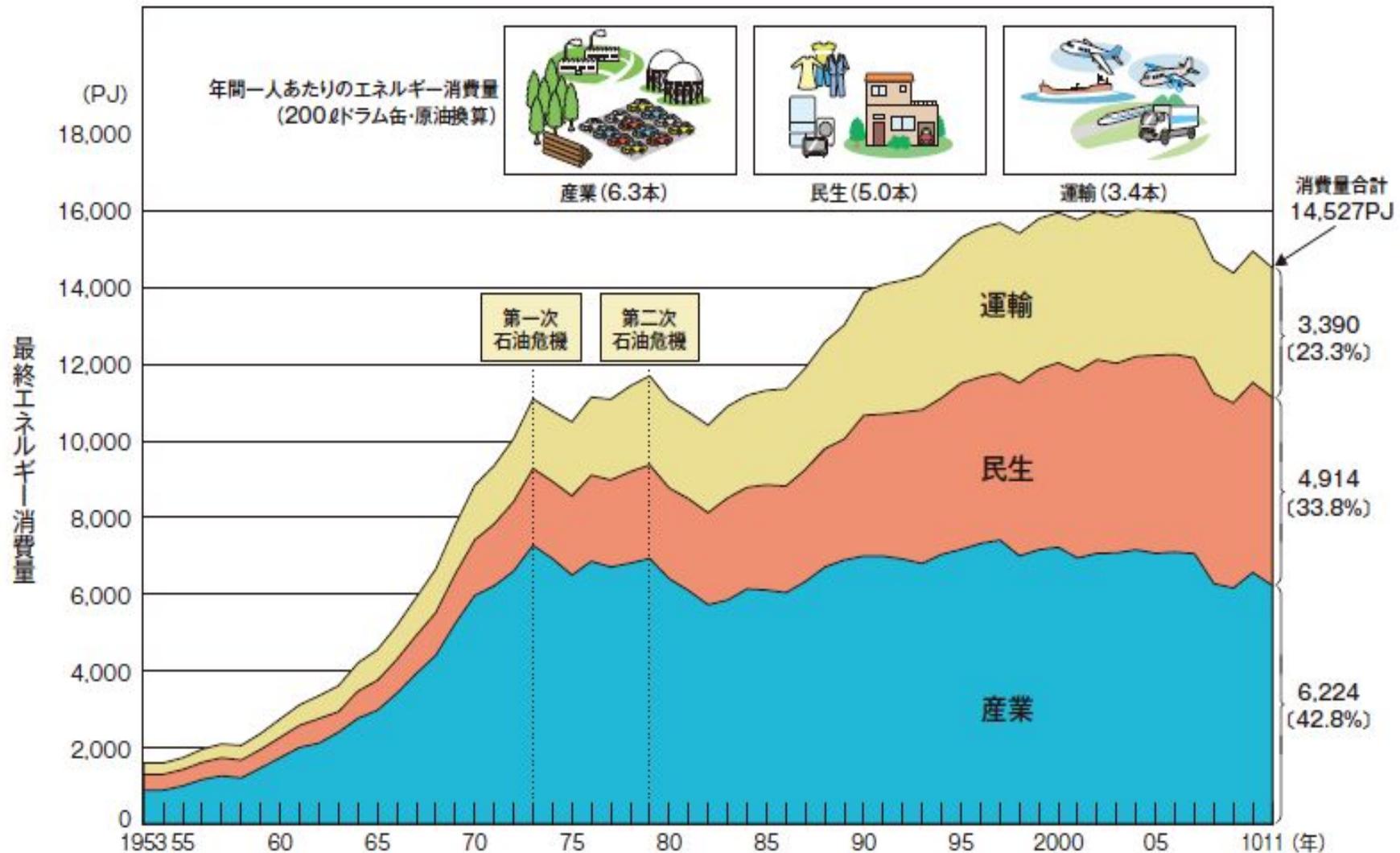


(注) 1PJ(=10¹⁵J)は原油約25,800kℓの熱量に相当 (PJ:ペタジュール)

エネルギーの利用



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(=10¹⁵J)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

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)

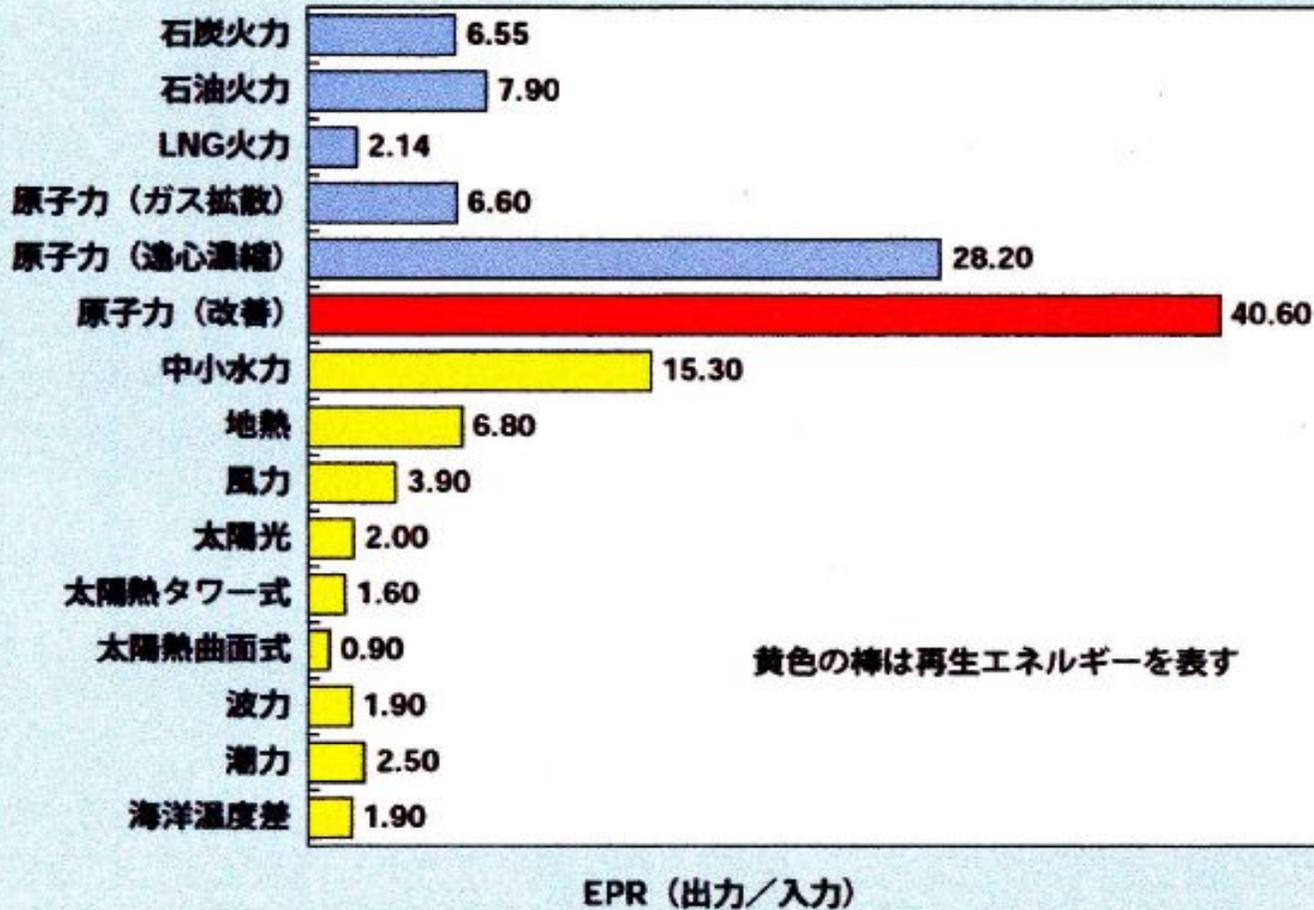
エネルギー利用の条件

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

(電中研ニュース439)

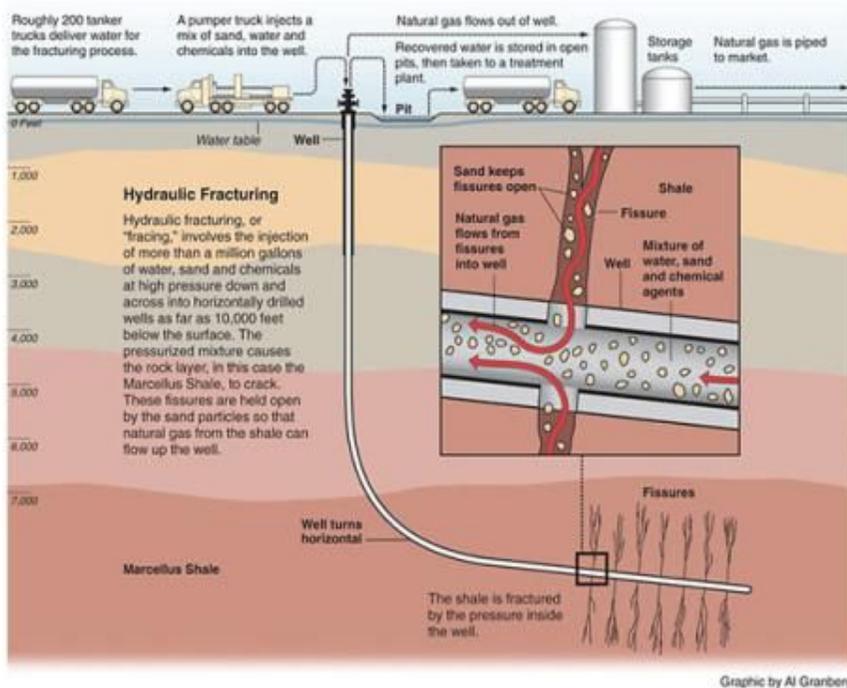


電気を得る手段 (発電) をEPRで評価

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

なぜ米国で急速に開発が進んだのか

- ・豊富な掘削経験と技術力の蓄積
- ・地下資源の所有権は地主で、民間活力大。
- ・ガスパイプラインの充実。
- ・原油国際価格急騰で経済性メリット。

シェールガス・オイルの問題点

- ・シェールガスは非在来型資源。
- ・硬い岩石を水圧破碎(大量の水を高圧で投入) エネルギー収支比(EPR)が低い。
- ・大量の化学薬剤を入れるための環境問題。
- ・生産井の減衰が急速(最初の2年間で80%減少)。次から次へと井戸を掘る必要。
- ・米国で成功して他国でも成功するとは限らない
- ・経済的に成立する資源量は限界がある。 20

自然エネルギーの可能性はどの程度か

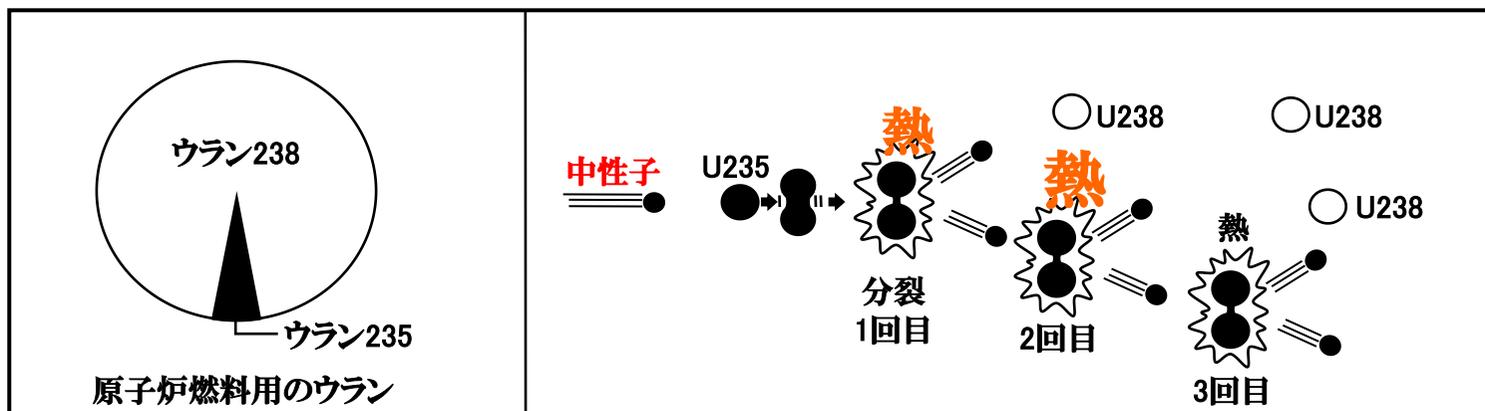
- ・自然エネルギー(太陽光・風力等)は再生可能で無限のイメージがあるが、利用するためには様々な制限があり、有限となる。
- ・資源エネルギー庁は、CO2削減目標達成するための自然エネルギー最大導入目標を定めた。(立地制限限界、大量生産効果、FITの最大利用等を最大限適用)

自然エネルギーの最大導入目標(万KW)

	太陽光発電	風力発電	合計	発電割合
2020年	1,400	500	1,900	2.40%
2030年	5,300	670	5,970	6.80%

- ・2030年の最大導入でも、太陽光、風力合計で全発電量の7%程度
- ・太陽光、風力は変動電源であり、バックアップ電源か蓄電設備が必要(コスト大)
- ・多額のFIT(買い取り制度)で導入。電気料金へ跳ね返り、消費者負担に

3. 原子力エネルギー(核分裂)



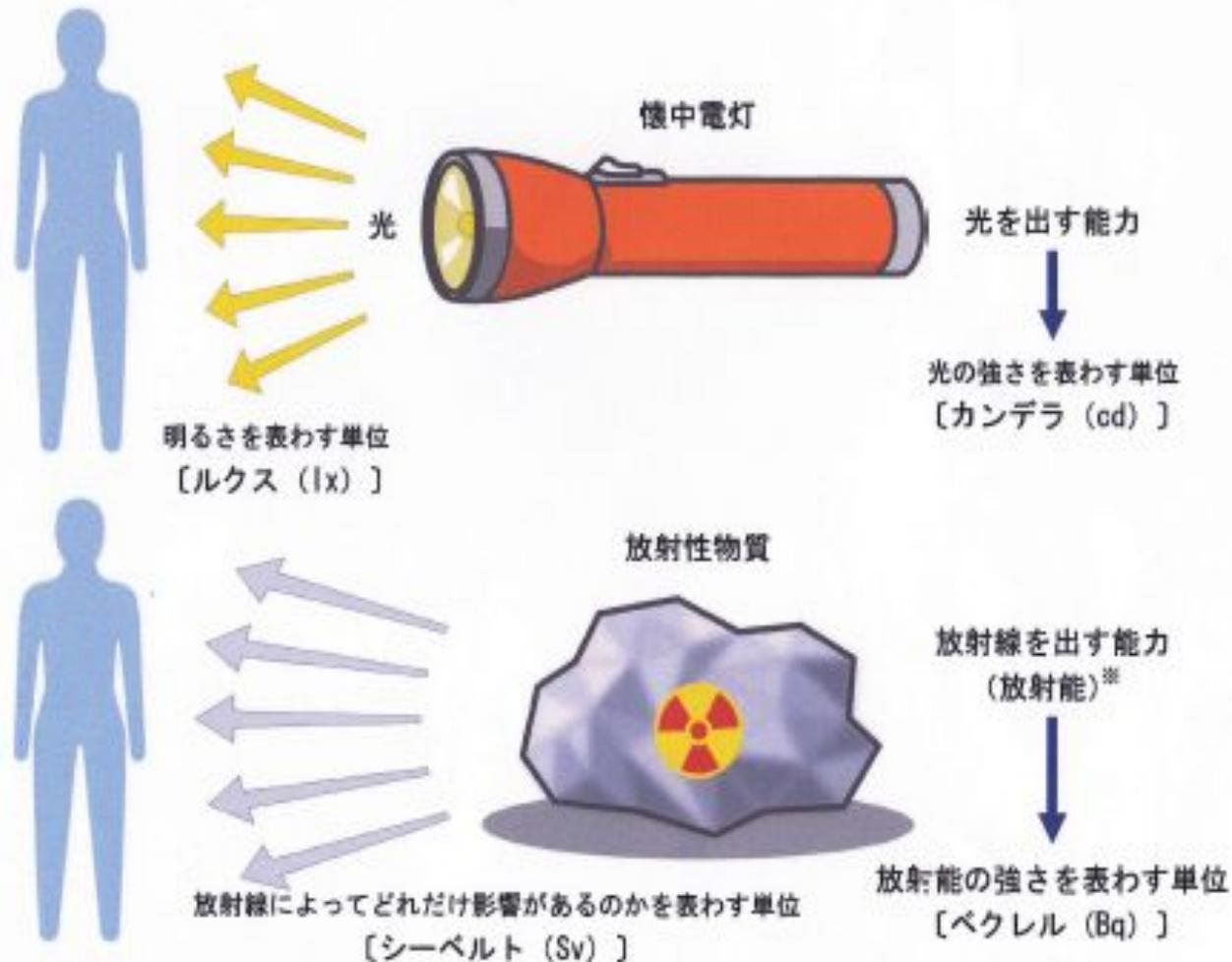
核分裂エネルギー MeV単位 ⇔ 化学反応 eV単位

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

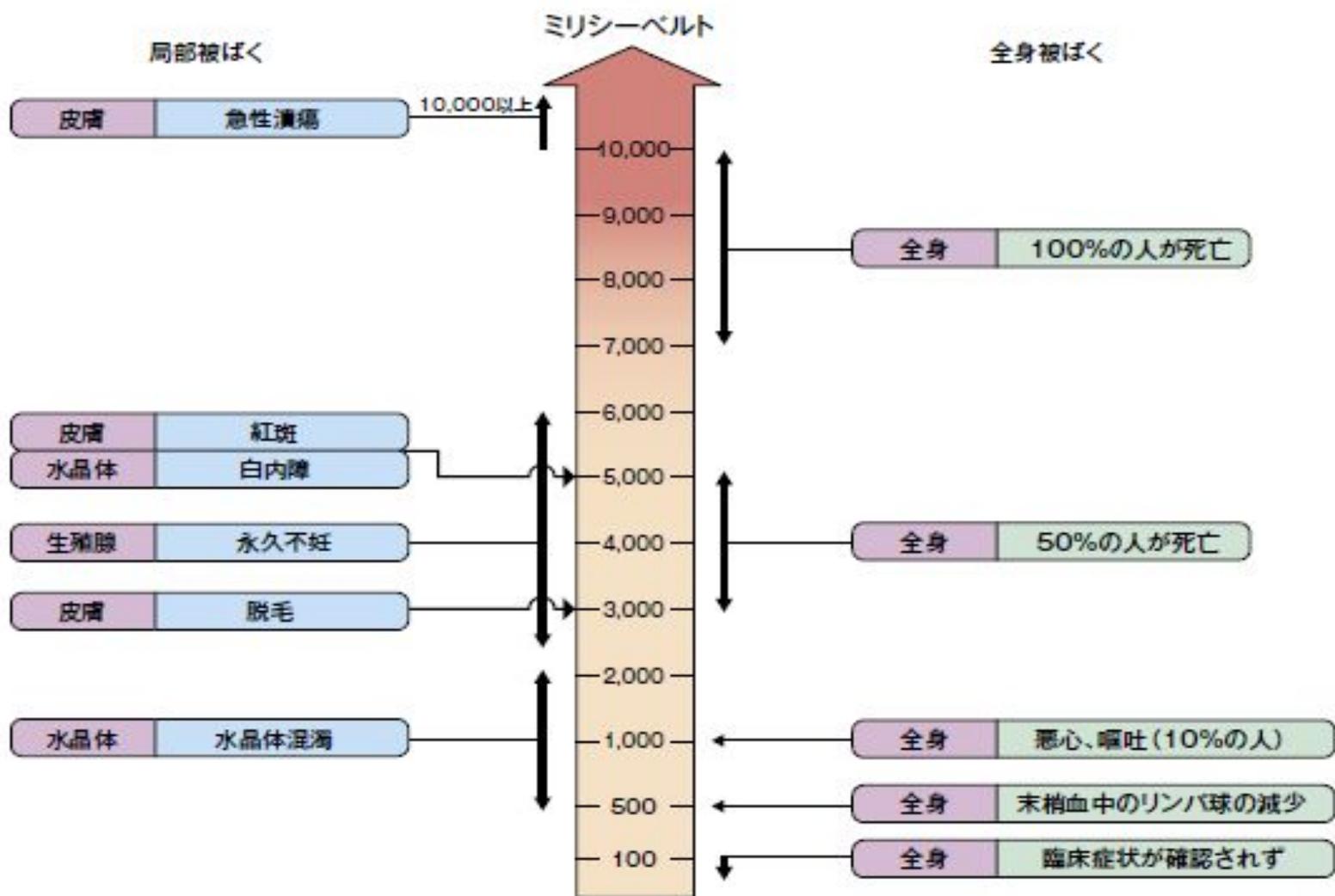
	ウラン235とウラン238の割合と核分裂連鎖反応	核分裂数の制御の方法
原子力発電の場合	<p>ウラン235の割合が低く、中性子がウラン238に吸収される等の理由により核分裂が一定の規模で継続する</p>  <p>ウラン235 (3~5%) ウラン238 (95~97%)</p> <p>1回目 2回目 3回目</p>	<p>制御棒が多数設置されており、また自己制御性があるため急激に核分裂数が増加することはない</p>
原子爆弾の場合	<p>ウラン235の割合がほぼ100%と高いため、中性子が他の物質に吸収されず、核分裂が次々に起こり、一瞬のうちに爆発的なエネルギーが放出される</p>  <p>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

放射能と放射線



※放射能を持つ物質（放射性物質）のことを指して用いられる場合もある

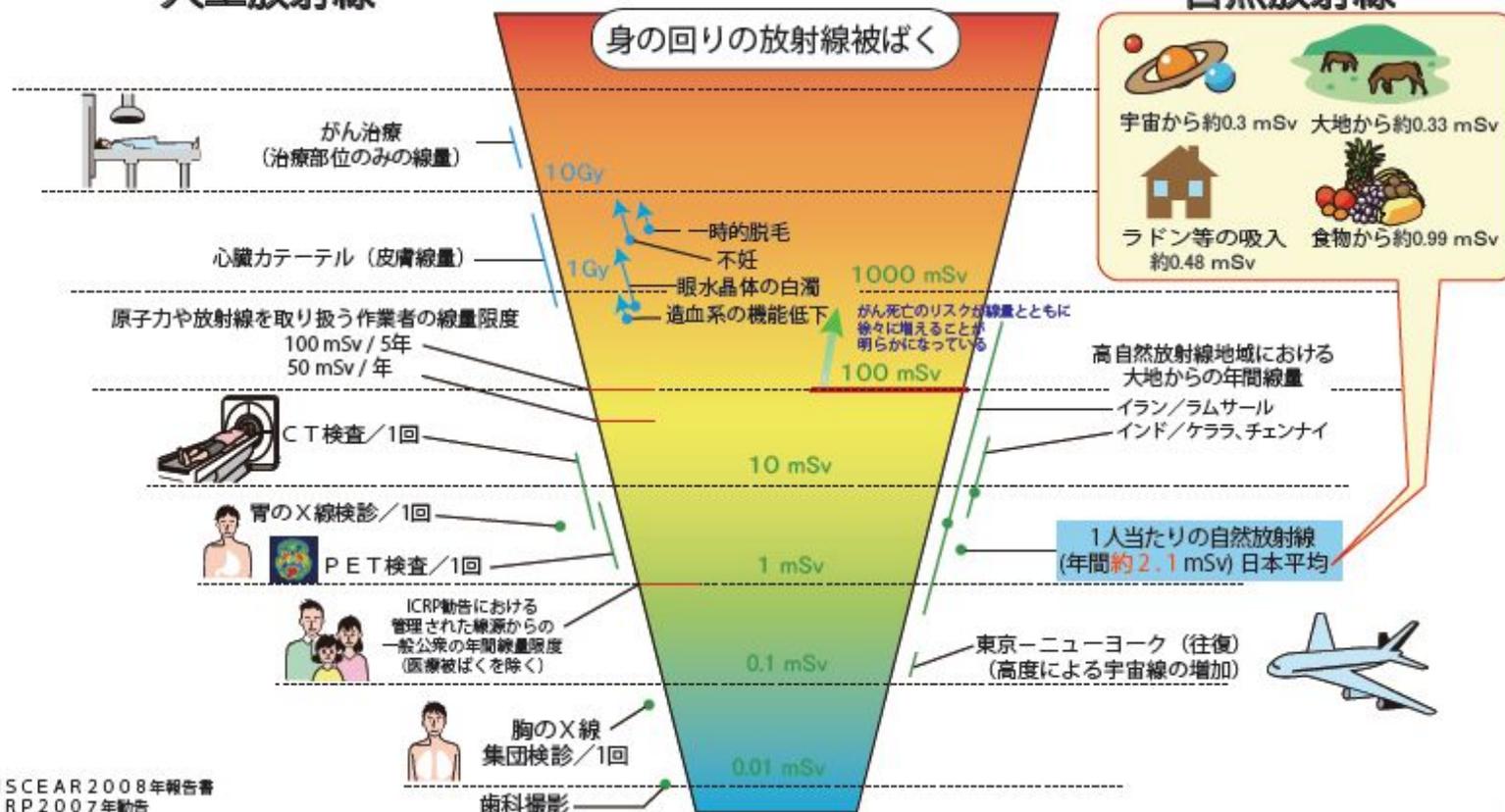
放射線を一度に受けたときの影響



放射線被ばくの早見図

人工放射線

自然放射線



・ UNSCEAR 2008年報告書
・ ICRP 2007年勧告
・ 日本放射線技術会医療被ばくガイドライン
・ 新版 生活環境放射線 (国民線量の算定)
などにより、放医研が作成(2013年5月)

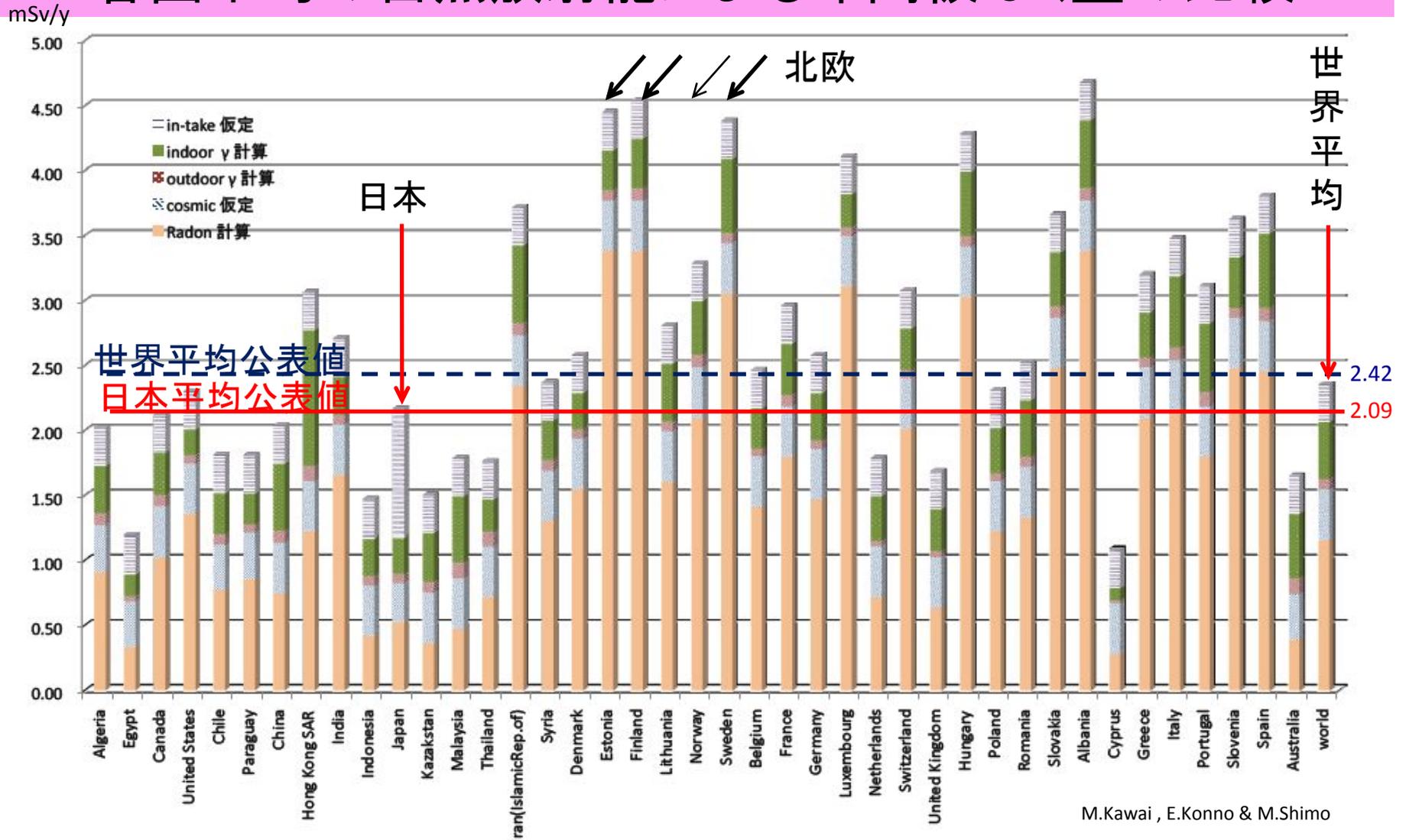
【ご注意】

- 1) 数値は有効数字などを考慮した概数です。
- 2) 目盛(点線)は対数表示になっています。目盛がひとつ上がる度に10倍となります。
- 3) この図は、引用している情報が更新された場合変更される場合があります。

【線量の単位】
各臓器・組織における吸収線量: Gy (グレイ)
放射線から臓器・組織の各部位において単位重量あたりにどれくらいのエネルギーを受けたのかを表す物理的定量。
実効線量: mSv (ミリシーベルト)
臓器・組織の各部位で受けた線量を、がんや遺伝的影響の感受性について重み付けをして全身で足し合わせた量で、放射線防護に用いる線量。
各部位に均等に、ガンマ線 1 Gy の吸収線量を全身に受けた場合、実効線量で1000 mSv に相当する。

独立行政法人 **NIRS**
放射線医学総合研究所
<http://www.nirs.go.jp>
Ver.130502

各国平均の自然放射能による年間被ばく量の比較



国連科学委員会 UNSCEAR 2000レポートデータに基づく評価

日本で一般人の基準とされる1 mSvを加えた場合3.09mSvです。
 福島的主要都市での被ばくは、高くとも北欧並み(4.5 mSv以下)です

放射線と生活習慣によって がんになる相対リスク

(対象:40～69歳の日本人)

要 因	がんになるリスク
1000～2000ミリシーベルトの放射線を受けた場合	1.8倍
喫煙	1.6倍
飲酒(毎日3合以上)	
痩せ過ぎ	1.29倍
肥満	1.22倍
200～500ミリシーベルトの放射線を受けた場合	1.19倍
運動不足 ^{*1}	1.15～1.19倍
塩分の取り過ぎ	1.11～1.15倍
100～200ミリシーベルトの放射線を受けた場合	1.08倍
野菜不足 ^{*2}	1.06倍

食品基準～国際比較

(単位:ベクレル/kg)

核種	各国			
	食品群	日本	米国	EU
放射性セシウム	乳児用食品	50	1,200	400
	牛乳	50		1,000
	飲料水	10		1,000
	一般食品	100		1,250
食品基準値の考え方		被ばく線量が年間1ミリシーベルト以内になるように設定。 一般食品は50%、牛乳と乳児用食品は100%が汚染されていると仮定して算出。	被ばく線量が年間5ミリシーベルト以内になるように設定。 食品中の30%が汚染されていると仮定して算出。	被ばく線量が年間1ミリシーベルト以内になるように設定。 食品中の10%が汚染されていると仮定して算出。

東電福島事故による被災実態

- **概況**：避難生活者については、外部被曝、内部被曝ともに放射線影響を苦しめなければならないレベルではない。
- **外部被曝**：
 - ① 実生活に伴う外部被曝は、モニタリング・ポストの数値から単純に推定されるレベルよりは実態として低い。
 - ② 外部被曝の多寡は、保育園、学校や会社での被曝よりも、居住環境の違いによる影響が優越している。
- **内部被曝**：
 - ① 各方面での陰膳調査などによれば、福島も含めて被災地の食品が憂慮すべき放射能汚染を被っている実態はない。
 - ② 日常生活を通じての内部被曝に関しては、ポロニウム210、カリウム40を中心とする自然放射性物質による寄与が圧倒的に優越している。
- **放射線の影響は、現在、心理的・社会的影響が問題である。**

人体中の放射性核種

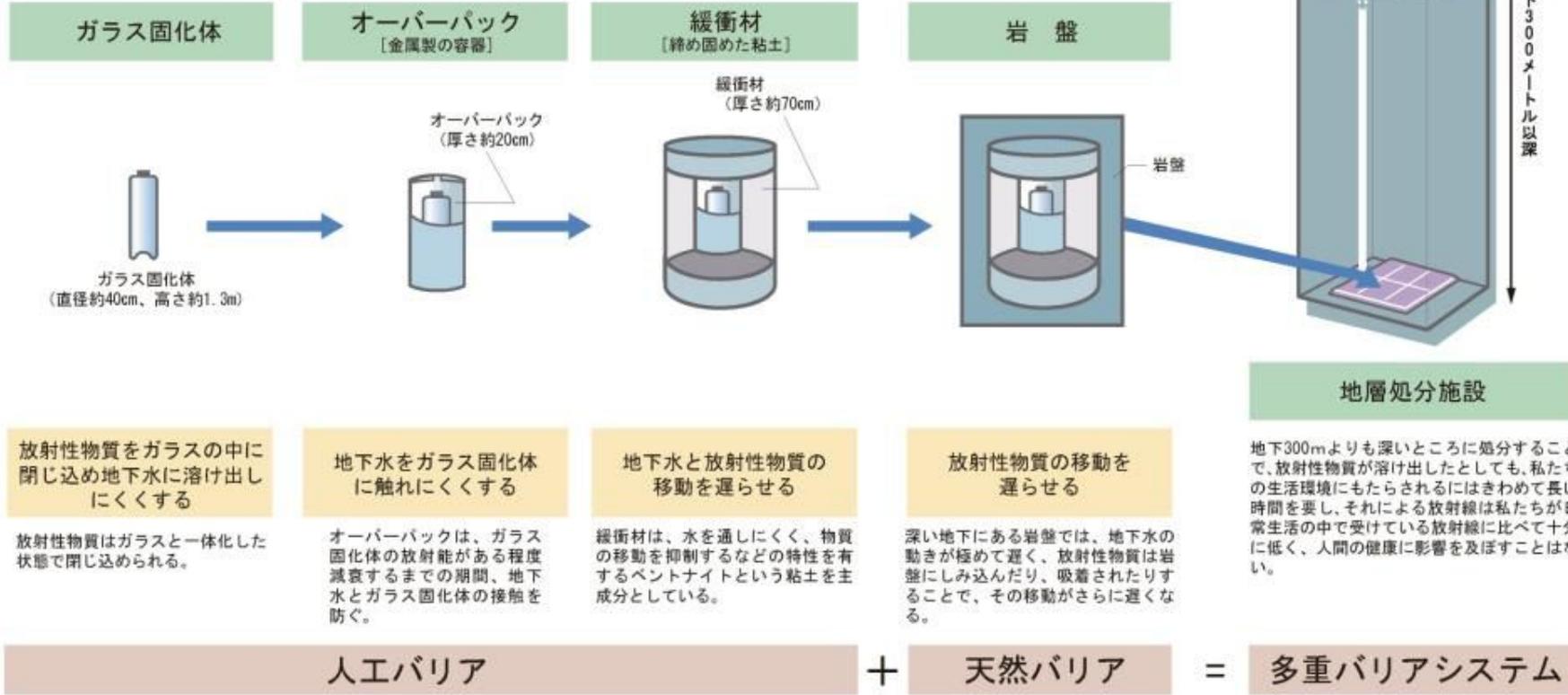
体重60kgの日本人の場合

アイソトープ	放射能
カリウム40	4,000ベクレル
炭素14	2,500ベクレル
ルビジウム87	500ベクレル
鉛210・ポロニウム210	20ベクレル

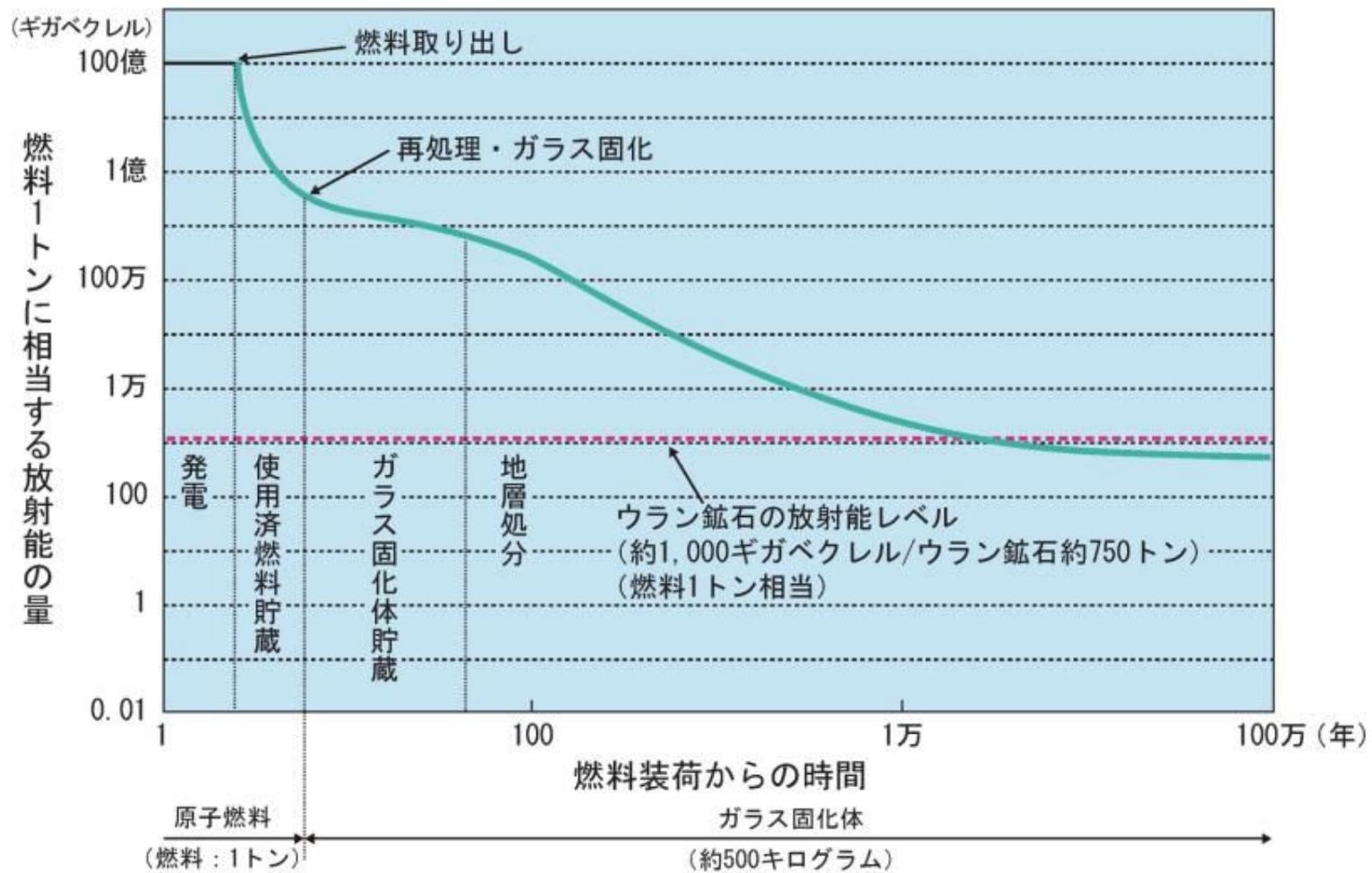
[出典] 科学技術庁資料：「生活環境放射線」、(財)原子力安全研究協会

高レベル放射性廃棄物多重バリアシステム

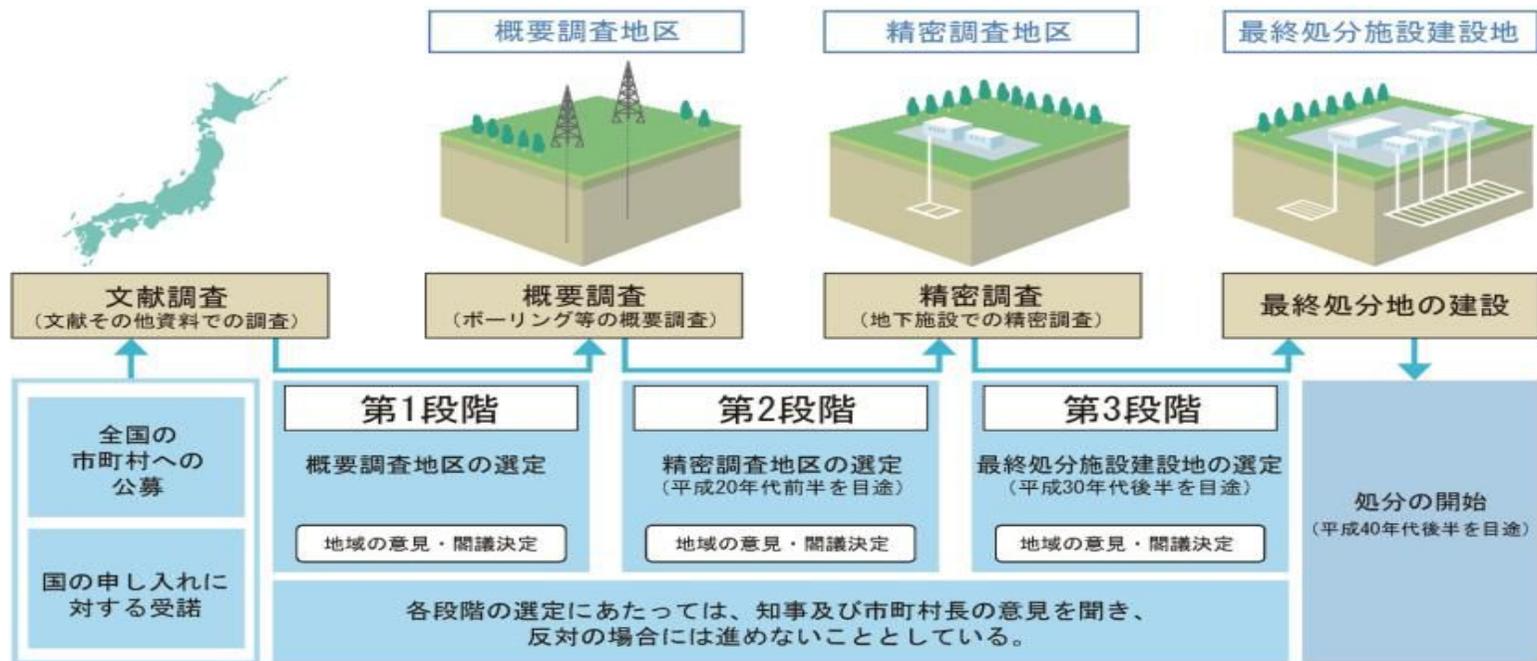
- ・我が国には歴史的に安定した地層は広範囲に存在する。
- ・安定した地層の最大の懸念は、地下水の浸食による溶出。
 深地層地下水は数CM/年しか動かず、酸素を殆ど含まず腐食性低い。
 さらに多重バリアシステムで地下水による浸食の可能性を低減している。



高レベル放射性廃棄物の放射能の減衰



高レベル放射性廃棄物処分地の選定プロセス



何故今まで処分地が選定できていないのか

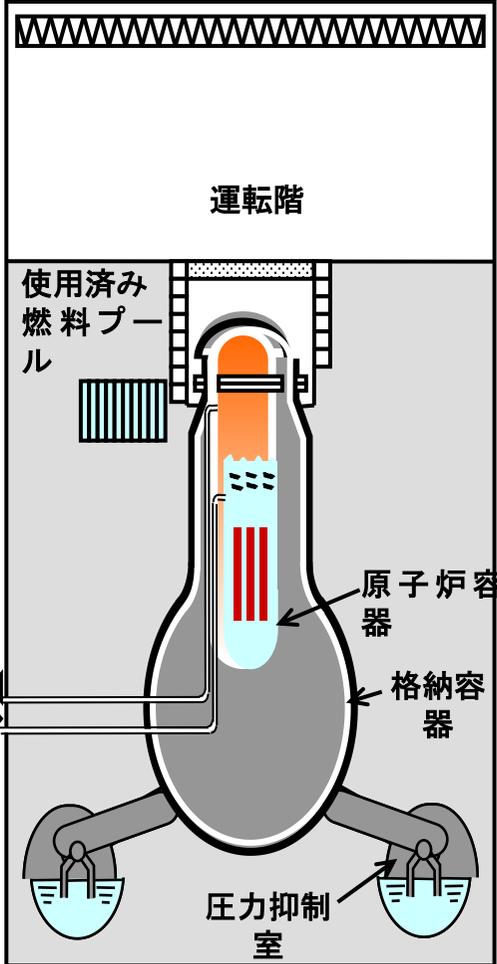
高知県東洋町の田嶋町長は文献調査に入る意向を示した。途端に反原発の方たちから抗議の電話が町役場に殺到。通常業務不能事態に。町内には反原発グループが押しかけ住民を洗脳。町は2分化され、対立。町長リコール、出直し選挙で田嶋町長落選。

今後はどうするのか

今までの地方自治体からの誘致申し出方式を改め、国が前面に立ち、候補地を定め、国の責任で地元の理解を得る方式とすることを検討中。

4. 東電福島事故の原因は何か？ 反省すべき点は何か？

福島第一原子力発電所の損傷状況



	1号機	2号機	3号機	4号機
水素爆発	運転階	圧力抑制室	運転階	運転階
炉心燃料	溶融有り	溶融有り	溶融有り	ない
炉心冷却	IC作動 津波襲来まで	RCIC作動	RCIC作動	定期検査中
格納容器	破損	破損	破損	健全

福島事故の真の原因は何か

直接的原因: 1000年に一度といわれる巨大地震とそれに続く巨大津波 : **天災**

間接的原因: 巨大津波に起因するシビアアクシデント対策の不備 : **人災**

地震発生

原子炉停止
外部電源喪失
非常用DG/炉心冷却系起動



設備は設計通りに機能した

津波襲来

非常用DG/直流電源喪失(全電源喪失)
炉心冷却機能喪失、制御機能喪失
炉心損傷
格納容器破損、原子炉建屋への漏洩
原子炉建屋の水素爆発



津波による多重故障および共通要因故障によるシビアアクシデントへの考慮、対応策が欠如

環境への大規模な放射性物質の放出



放射線事故時の社会対応体制の不備

福島第2、女川東海第2はなぜ安全確保できたのか？福島第1との違いは何か？

福島第1

津波高さ:13.1m
設計基準津波:5.7m
敷地高さ:10~13(5,6号機)m
1~4号機:甚大な被害
5~6号機:停止中、非常用DG(空冷式)
一台稼働

福島第2

津波高さ:9.1m
設計基準高さ:5.2m
敷地高さ:12m
一部電気系統に浸水したが、非常用電源確保

女川

津波高さ:13m
設計基準津波:9.1m
敷地高さ:14.8m(一部浸水)

東海第2

津波高さ:5.4m
設計基準高さ:5.7m
敷地高さ:8m
防波堤高さ:6.1mにかさ上げ工事中
(一部浸水)

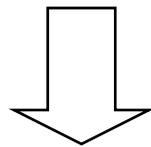
教訓

敷地高さ、浸水対策、
非常用電源の多様化、
冷却機能の確保等の対
策により十分事故は回
避できる

反省すべき点

直接要因

- 不十分であった津波対策
過去の津波情報を活かせず地震にのみとらわれてきたこと等
- 不十分であった過酷事故対策
9.11テロ後の海外の強化対策を顧みず、我が国にテロはないとの思い込み
地震や津波などの外的事象に対する過酷事故対策が不十分
- 不十分であった緊急時対応、事故後対応等
オフサイトセンターが地震で使用できず。共通要因事象への認識の甘さ

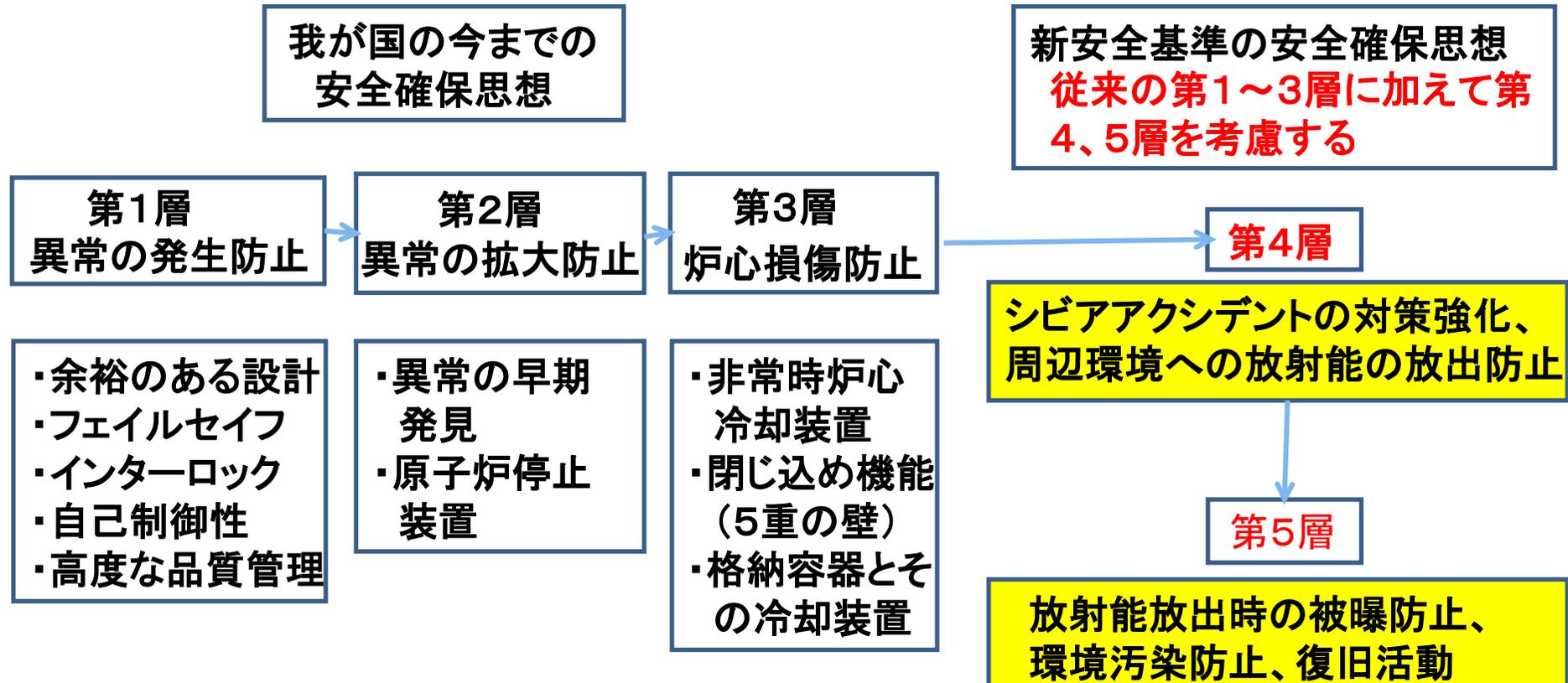


背後要因

- 事業者の安全意識と安全に関する取組不足
- 規制当局の安全に対する意識の不足
- 国際的取組や共同作業から謙虚に学びとろうとする姿勢不足

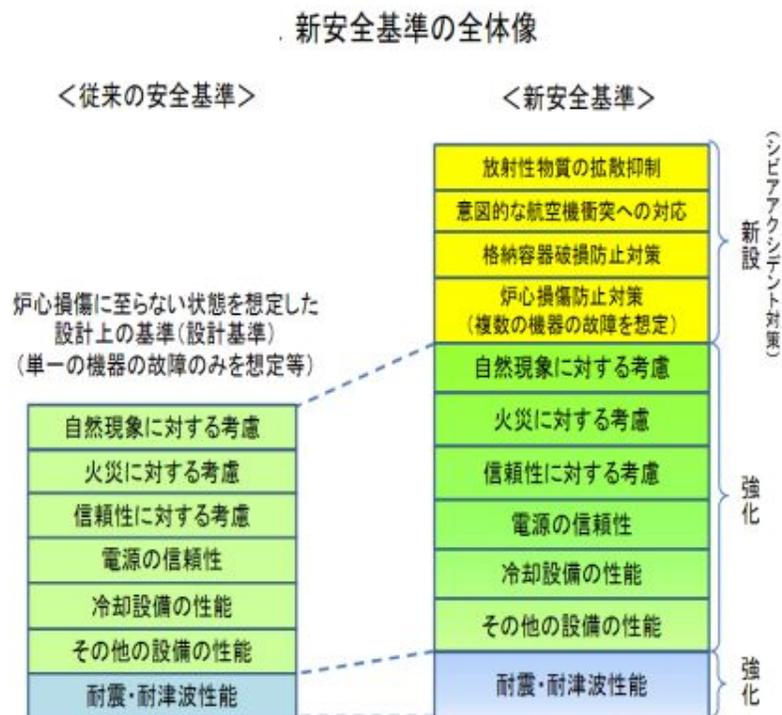
今後の安全確保をどうするか

- ・シビアアクシデント対策の不備、放射線事故時の社会対応体制の不備という反省
- ・原子力安全確保としての深層防護思想の深化



原子力規制委員会の新安全規制と電力会社の対応

新安全規制の骨子(2013.6.20)



- すぐ実施**
- 事故時の司令塔となる緊急時対策所
 - ケーブルの難燃化
 - 電源車やポンプの配備
 - フィルター付きベント装置(BWR)
- 5年猶予**
- 航空機テロなどに対処する施設
 - 非常用バッテリー(3つ目)

電力各社の再稼働・申請の状況(2015.6)

- 再稼働2基(川内1, 2号機)
- 地元同意1基(伊方3号機)
- 再稼働申請済み
15原発25基(上記を含む)

東電の反省と今後の改革

- 原子力改革監視委員会、原子力改革特別タスクフォース設立
- 福島事故の反省、根本原因分析、総括、当時の会社組織内の問題
- 原子力安全改革プラン: 組織対策、経営層の改革、コミュニケーション活動の改革他

福島の実況と今後の展望

- 事故が日本に齎したものは？
 - ⇒ 被曝、環境汚染、食物汚染、風評被害
 - ⇒ 国民の反原発感情、不信感の増幅
 - ⇒ 責任あるべきエネルギー政策の漂流
- 今、日本に求められるものは？
 - 政治の強いリーダーシップによる
 - ⇒ 福島の復興
 - ⇒ エネルギー危機からの脱却

5. リスクについて考えてみる

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

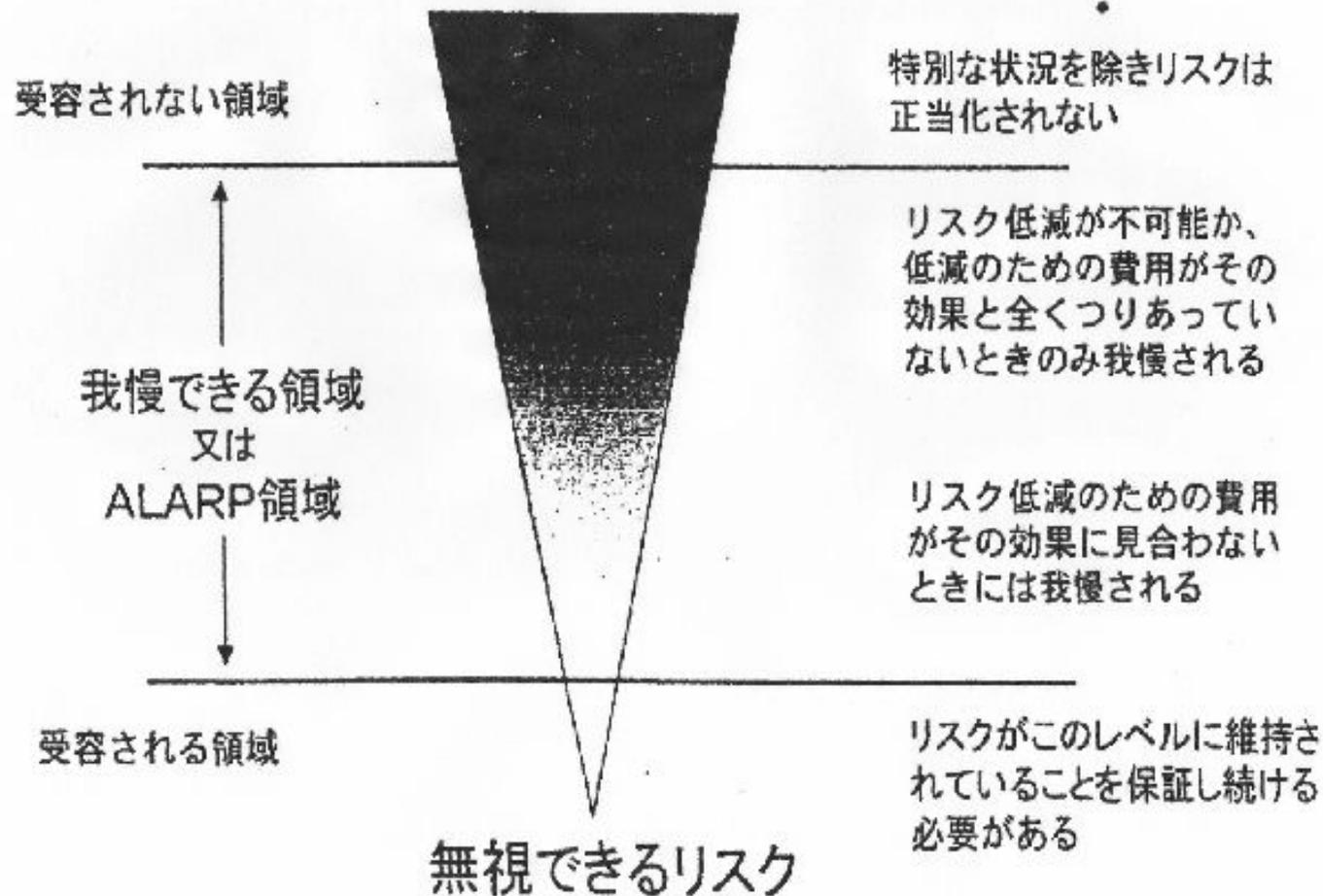
リスク嫌いの日本人・リスクの文化差(2)

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?)



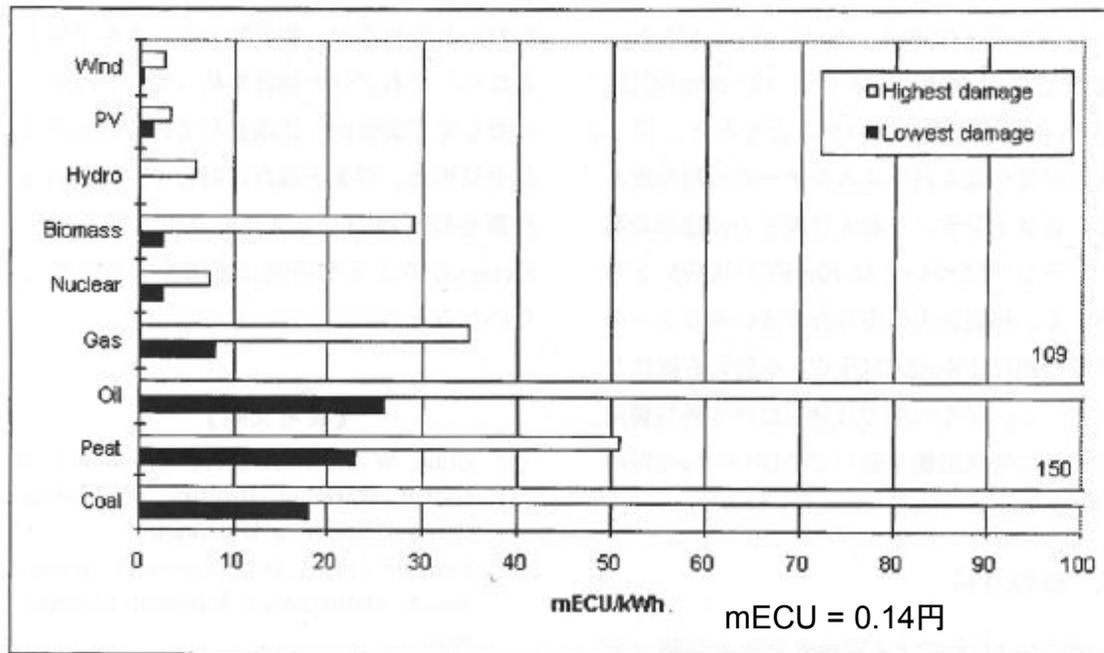
ALARP as low as reasonably practical 合理的に実行可能な限りリスクを低減する

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

ExternEプロジェクト:

- 欧州委員会(EC)が米国エネルギー省と協力して1991~1999年にかけて実施
- エネルギーの生産、消費に関係する環境影響と社会的費用について、統一的な定量評価手法の開発、評価が目的
 - 大気汚染物質、放射性物質、地球温暖化による影響についても評価
- 各エネルギーチェーンの各ステージについて評価
 - 燃料の採集、燃料輸送、発電、電力輸送、廃棄物管理



●外部コストの評価

(統一的な定量評価のため、金銭価値換算して表現される)

<大気汚染物質>

・SO₂、NO_x、アンモニア、微粒子などを評価

・健康、農作物、インフラストラクチャー、森林及び生態系への影響を評価

<地球温暖化>

・CO₂、CH₄、N₂Oを評価

・海面上昇、農作物、生態系・多様性、健康(高温ストレス、低温ストレス、マラリア)、自然現象(ハリケーン、河川洪水、吹雪)を評価

欧州各国における電源別外部性の評価結果(金銭価値換算)

(出典) ExternE, Externality of Energy, Vol. 10 National Implementation. European Commission. 1999.
ExternEにおける環境外部性評価の動向、西村一彦、電力経済研究 No.42, 1999.10

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

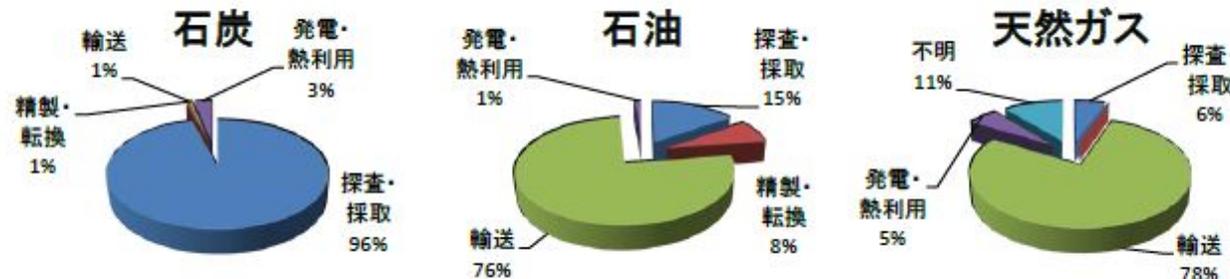
*1 中国については、石炭データは中国石炭産業年鑑が入手できる1994～1999年についてのみ解析されている。

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*3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)

原子力のリスクの特殊性とは

- 事故が起きたときの社会的な影響が大きい
 - 放射性物質による広範囲の環境汚染
 - 大規模かつ長期間にわたる避難
 - 低確率ではあるが広範囲に影響が及ぶハザード
(低確率であることにより安全神話に陥りがち)
 - 外的事象(地震、津波など)を考慮しても本当に低確率か
- 社会における受容性が低い
 - 大きなハザードに対する受容性
 - わからないものに対する不安(低線量被曝リスクなど)
 - 核に対する嫌悪感
 - 高度な科学技術への不信(制御できないおそれ)

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. 各国の原子力に対する立ち位置

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8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75~80%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2/3

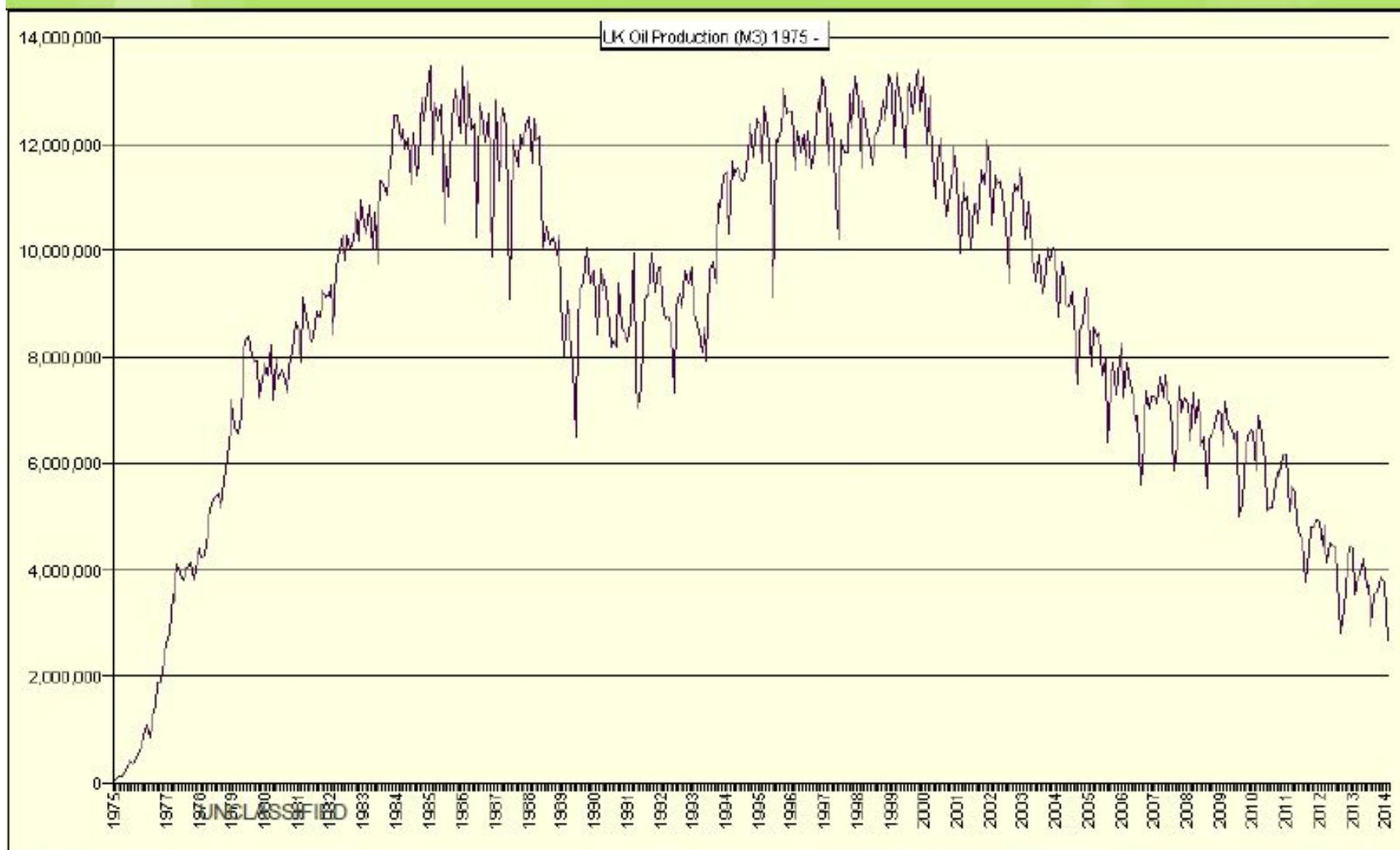
欧州(独、仏、英、北欧、ウクライナ)

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)



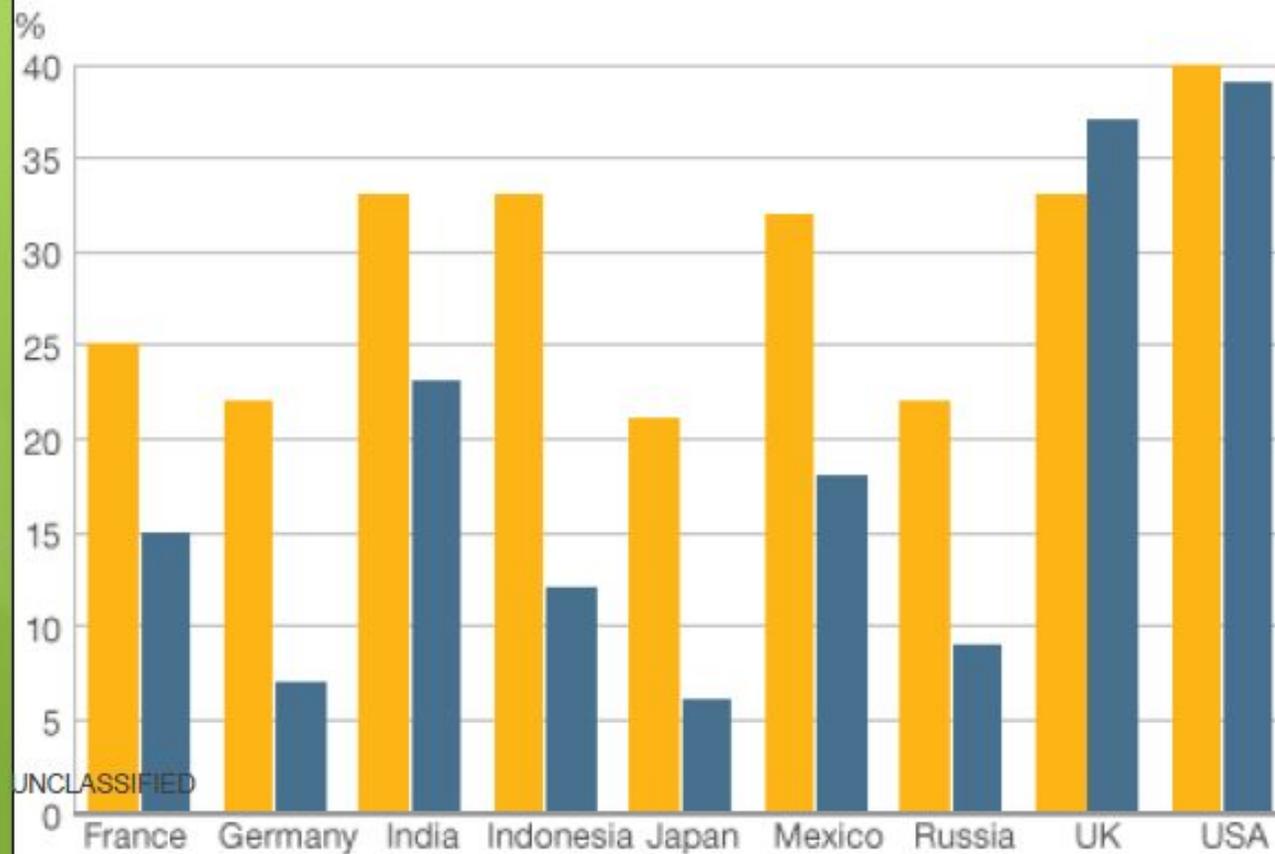
福島第一原発事故後:原子力に関する国際世論

Shifting opinions

Agree: Nuclear power is relatively safe/important electricity source/should build new plants

2005

2011



UNCLASSIFIED
Source: BBC World Service/GlobeScan

大国(米、露、中国、インド)

1. 米 104基の原発を有する原子力大国。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は本年には臨界になるとの情報。
3. 中国 高度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、原発の建設計画も目白押しにある。
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。

7. 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)

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事

- 世界人口・70億人(2012/11 国連発表)
- 14億人が電気の恩恵を知らない(同上)
- 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)

先人訓

- ・ 寺田寅彦

正当に怖がることはなかな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」

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
- ・リスク学から見た安全と安心(木下富雄)
等々