

The background features several large, stylized swirls in light green, light blue, and light purple. Interspersed among these swirls are numerous small, yellow, four-pointed starburst shapes, creating a festive and dynamic atmosphere.

核変換技術への期待

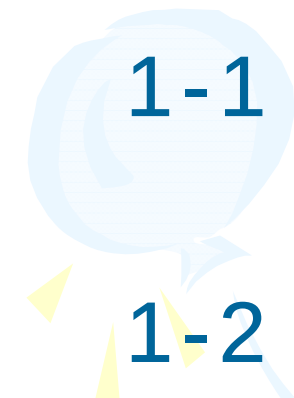
有馬朗人

2011年12月3日



1 化石燃料は有限

使い切ることは負の遺産



1-1 今後何年持つか せいぜい100年

1-2 まだ未発見のもの、質の悪いものはある
かもしれない。だが価額は高くなる

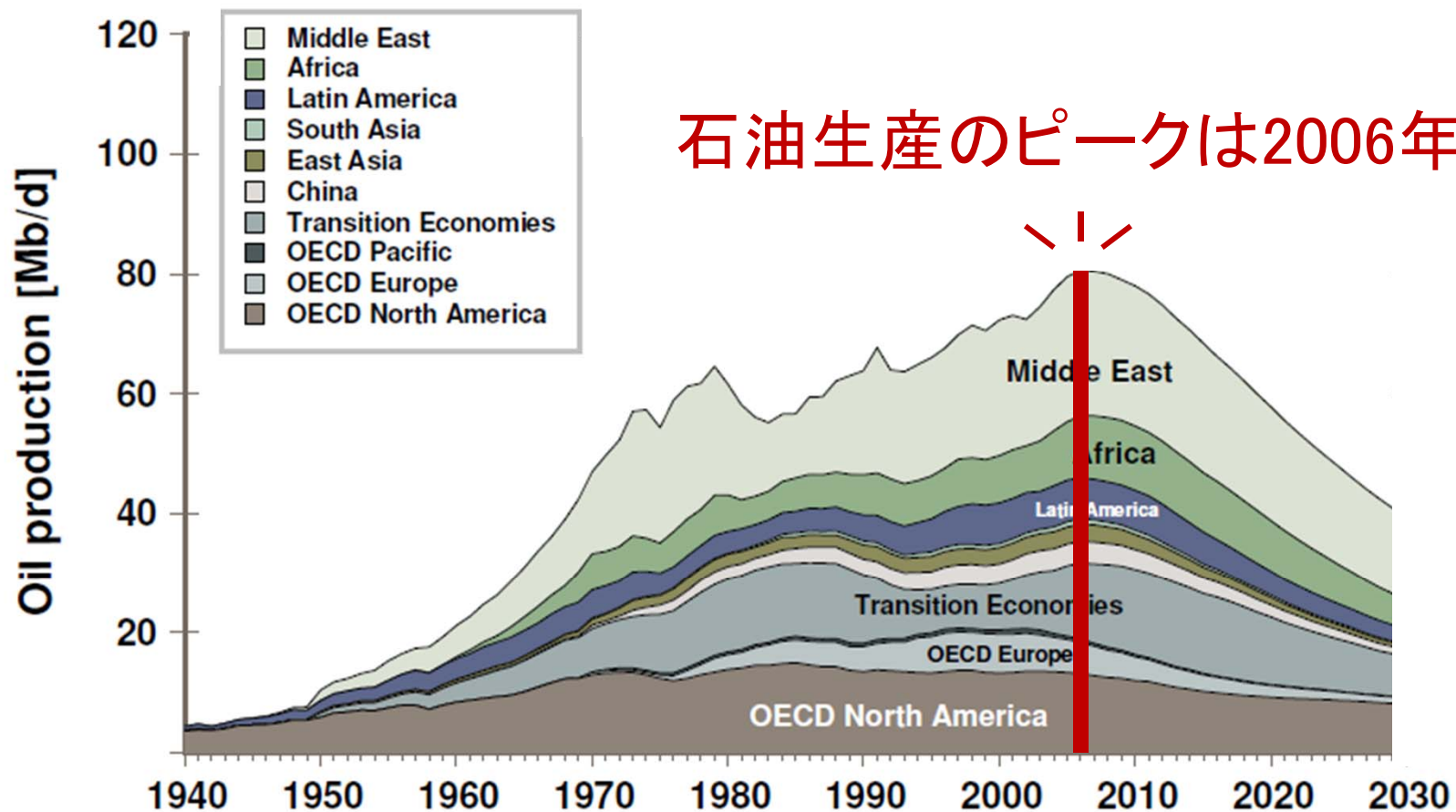


世界のエネルギー資源はいつまでもつか？

	石 油	天然ガス	石 炭	ウラン
確認可採埋蔵量(R)	2009年末 1兆3,331億 バーレル	2009年末 187.5兆m ³	2009年末 8,260億トン	2008年末 631万吨
年生産量(P)	2009年 292億バーレル	2009年 2兆9,700億m ³	2009年 69.4億トン	2008年需要量 5.40万吨
可採年数(R/P)	2009年末 46年	2009年末 63年	2009年末 119年	2008年末 117年 (注)
出 所	BP統計2010	BP統計2010	BP統計2010	URANIUM 2009 (OECD/NEA/IAEA)

(注)ウランについては在庫があるため年生産量は需要を下回る。このためウランの可採年数は確認可採埋蔵量を年需要量で除した値。

資源の枯渇





資源の枯渇に対処せよ

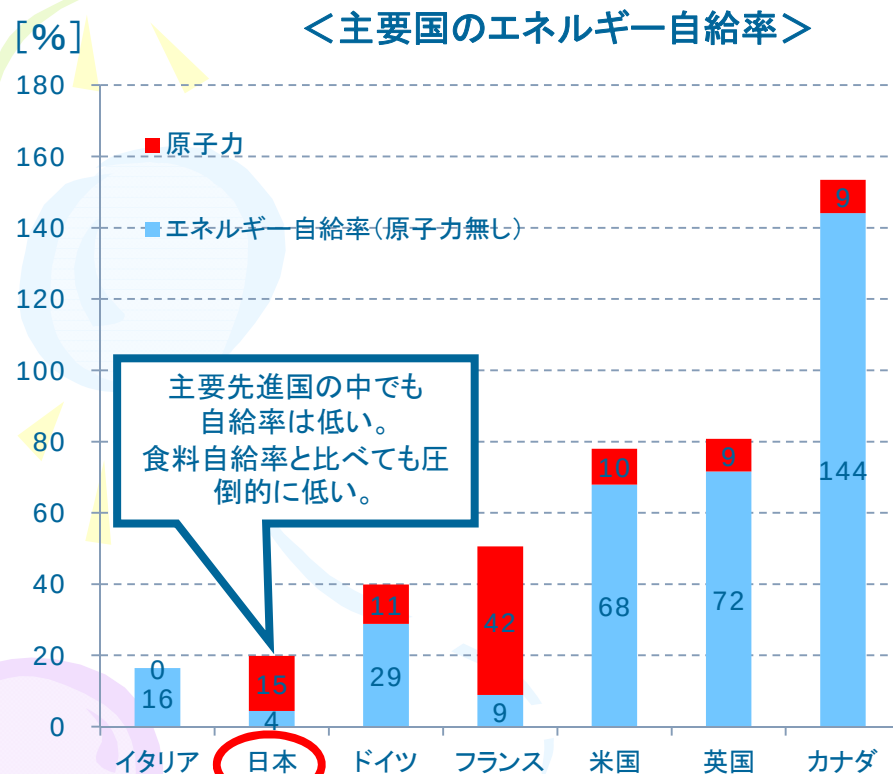


エネルギー資源の安全を保障せよ

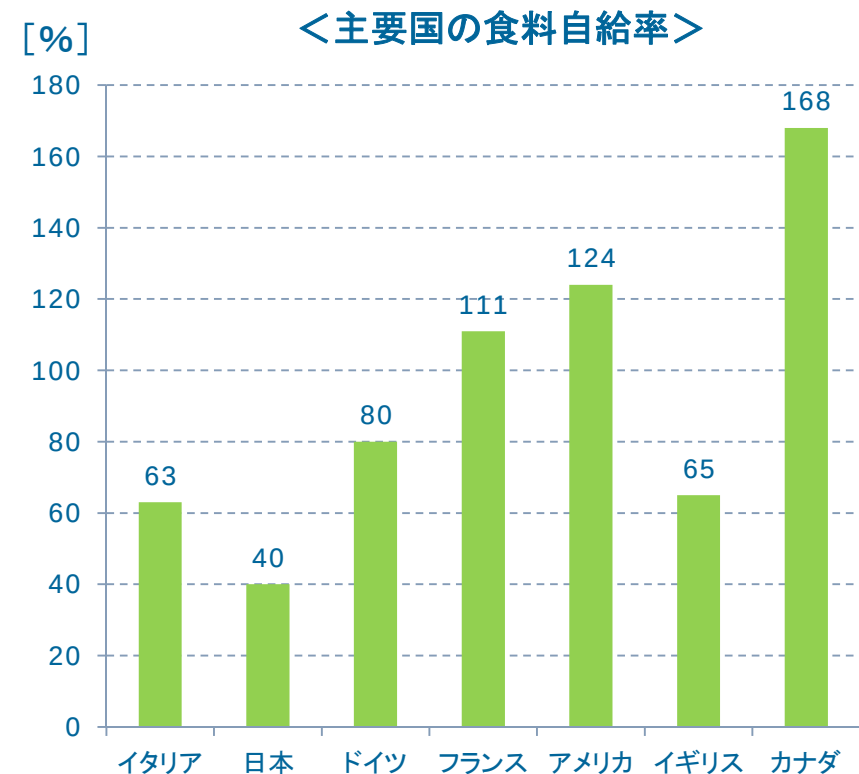


我が国のエネルギー自給率

- 原子力を除いた我が国のエネルギー自給率はわずか4%。
- 主要先進国中最低水準。食料自給率(40%)よりも一けた低い。



【出典】 OECD/IEA, 「Energy Balances of OECD Countries, 2011 Edition」



【出典】 農林水産省ホームページより作成
日本は2009年、他は2007年のデータ



2 地球温暖化

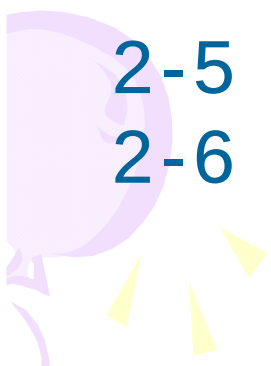
2-1 地球の温度の上昇

2-2 人間が排出するCO₂の増加

2-3 地球の温暖化は本当か。1970年代の冷温化は？



2-4 水俣病の教訓 工業廃水の中の水銀が原因らしいと言われたときに、手を打つべきであった。確実でないと言って後回しにしたため、ずっと大きな賠償金を払わなければならなかった。又疑わしげな理由を考えた科学者の責任



2-5 あぶないという証拠があれば手を打て

2-6 二酸化炭素排出量削減目標

図7 世界と日本の平均温度変化

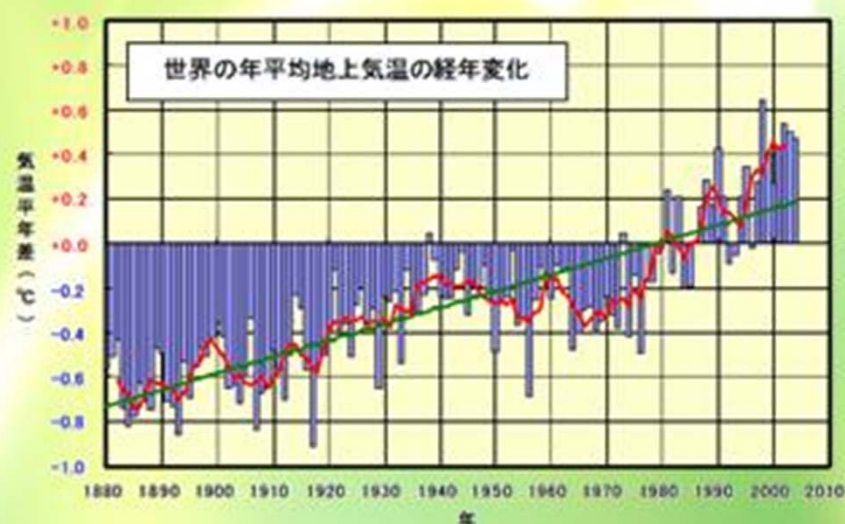


図1 世界の年平均地上気温の平年差（陸上のみ）の経年変化（1880年～2004年）
棒グラフは各年の値、赤線は各年の値の5年移動平均を、緑線は長期変化傾向を示す。
ただし、2004年の値には、1月～11月の期間から算出した値を用いている。

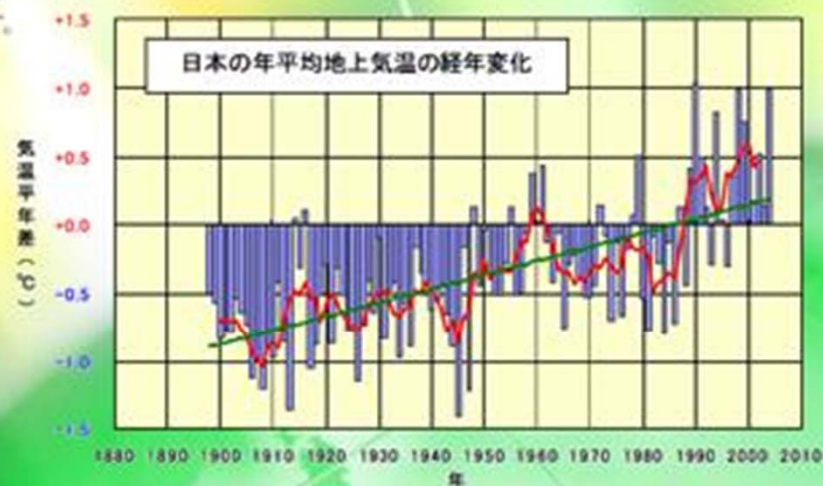
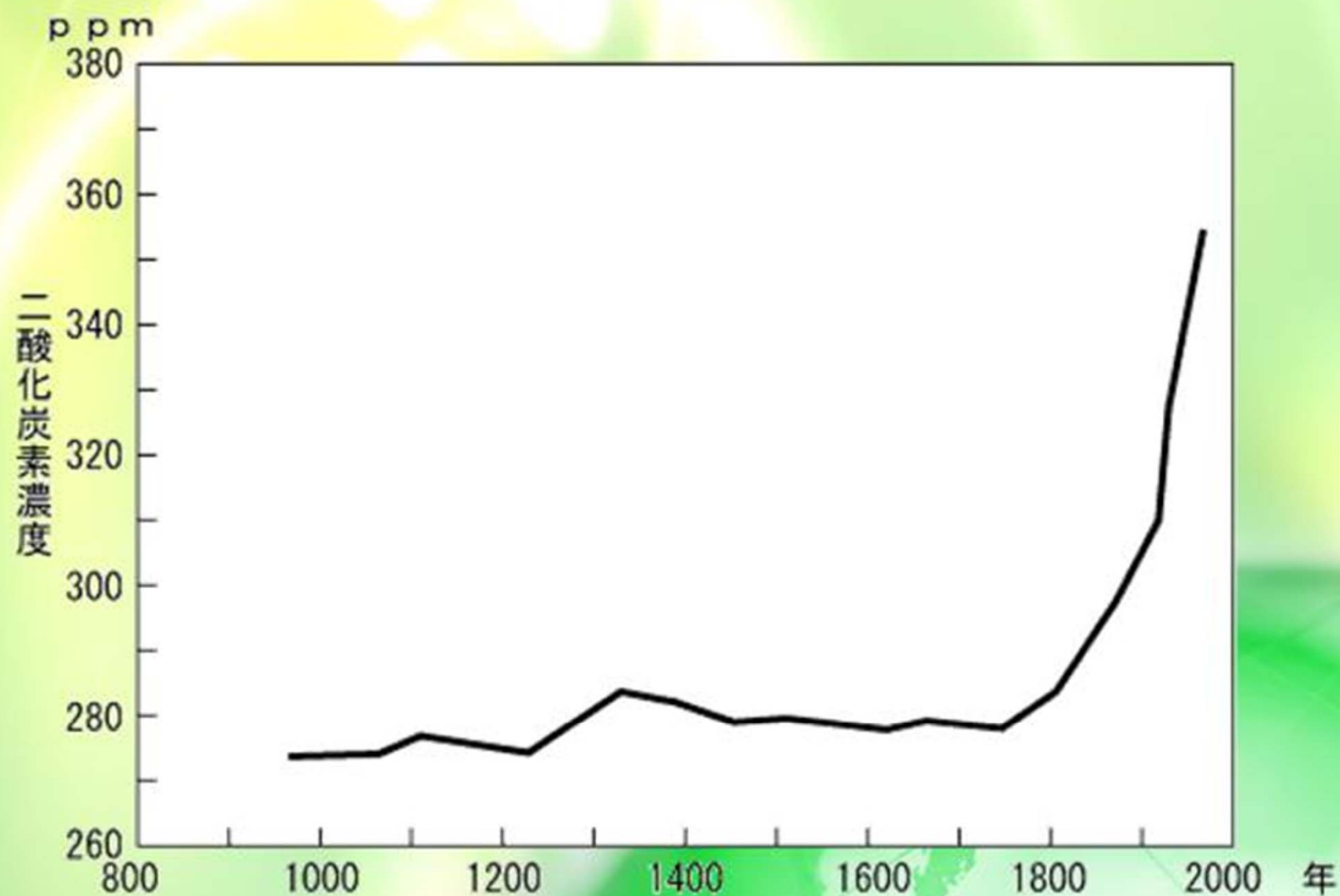


図2 日本の年平均地上気温の平年差の経年変化（1880年～2004年）
棒グラフは各年の値、赤線は各年の値の5年移動平均を、緑線は長期変化傾向を示す。
ただし、2004年の値には、1月～11月の期間から算出した値を用いている。

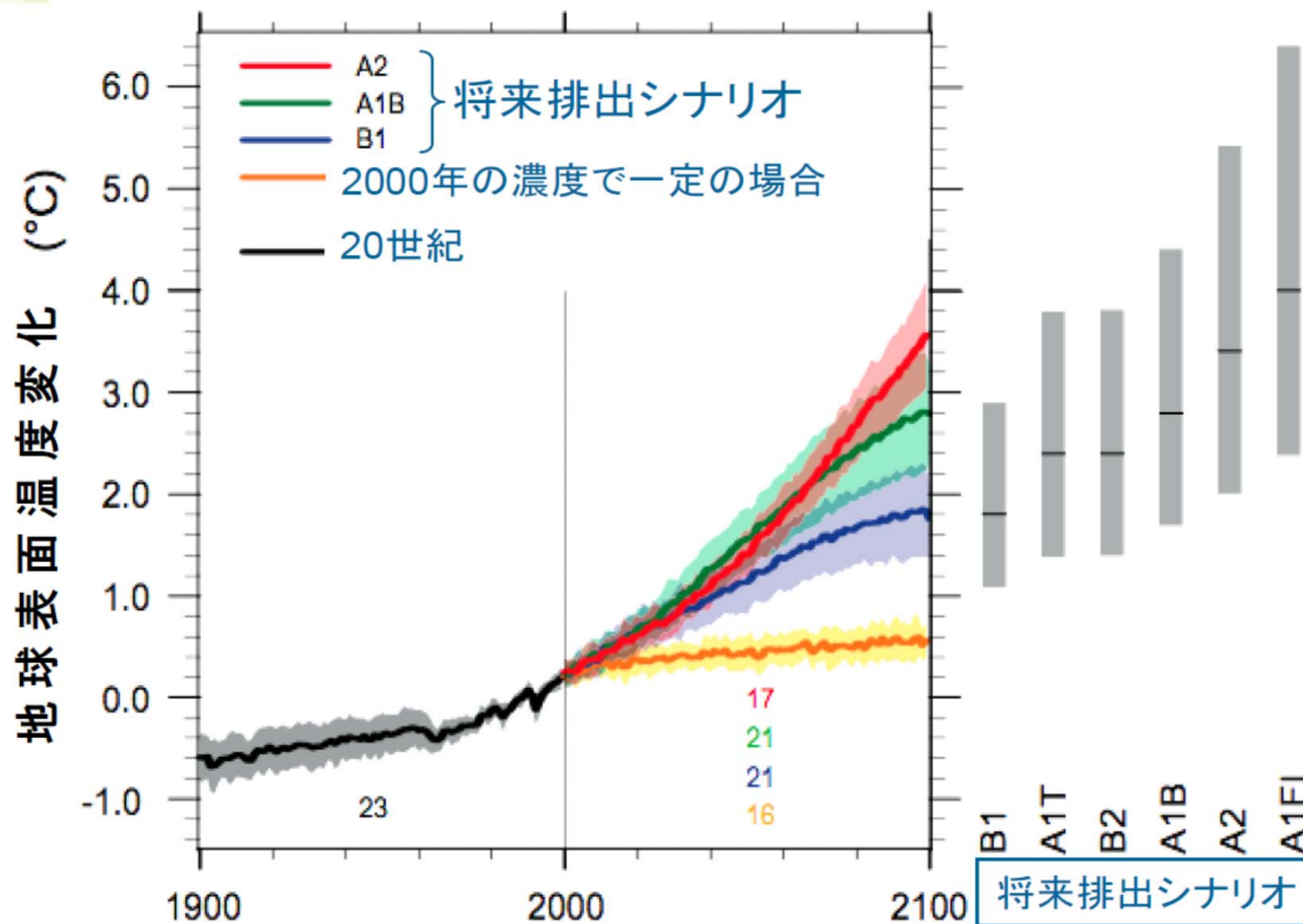
気象庁報道発表資料(平成16年12月)

<http://www.jma.go.jp/jma/press/0412/16a/chijoukion.pdf>

図5 二酸化炭素濃度の経年変化(南極氷床コアの分析結果などから)



気温上昇の予測 (1980～1999年の平均値を基準)

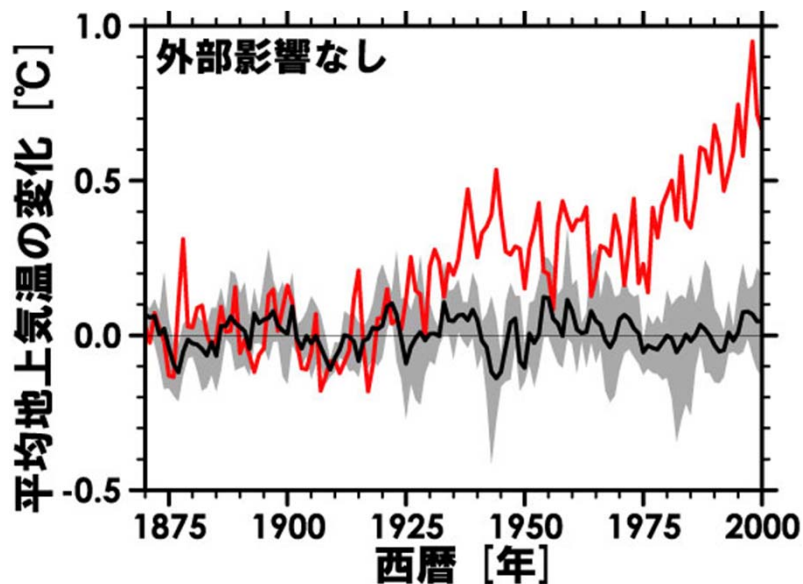
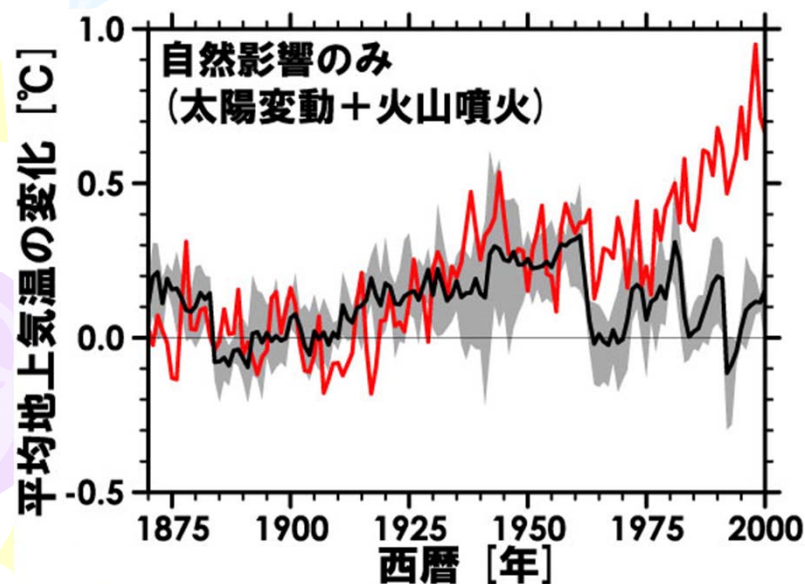
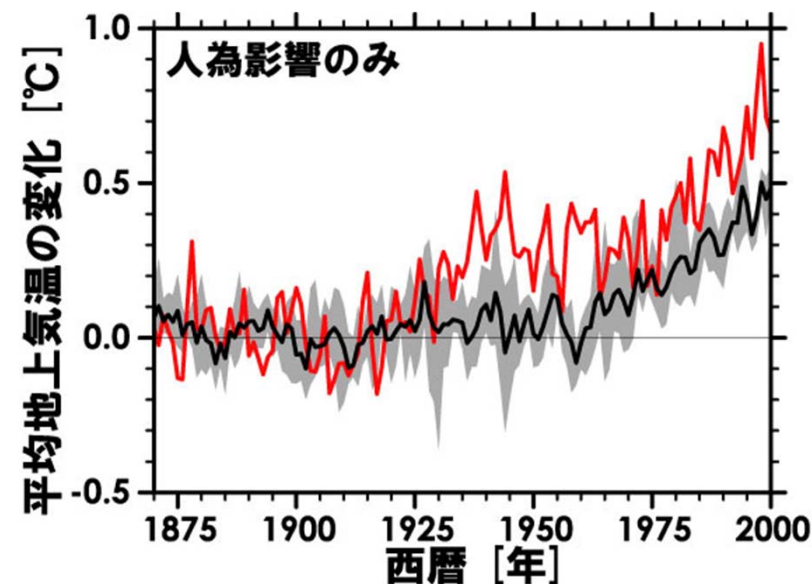
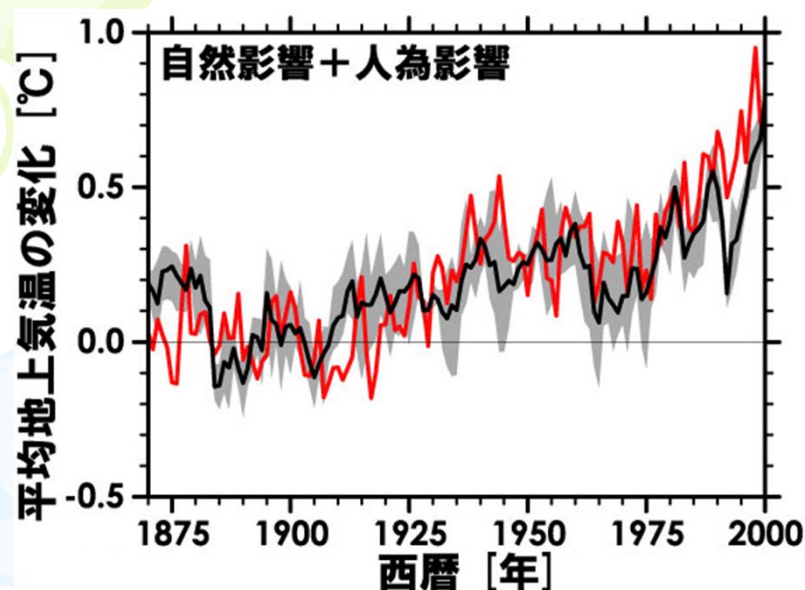


出典: Climate Change 2007: The Physical Science Basis, Working Group I Contribution to the IPCC Fourth Assessment Report Presented by R.K. Pachauri, IPCC Chair and Bubu Jallow, WG 1 Vice Chair, Nairobi, 6 Feb. 2007

出典: 地球環境保全・エネルギー安定供給のための原子力ビジョンを考える懇談会資料

20世紀気候再現実験

全球平均地表気温—18世紀末からの変化



太陽活動の宇宙線への影響

太陽活動強（弱）→太陽風強（弱）、太陽磁場強（弱）
→銀河宇宙線侵入難（易）→宇宙線弱（強）

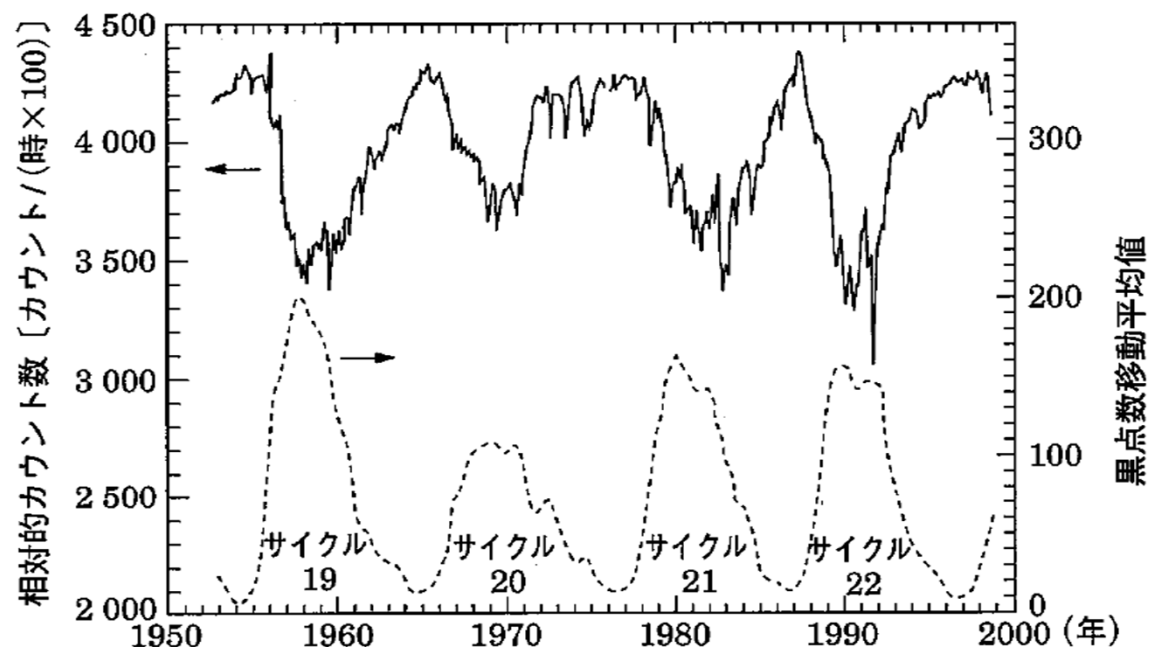


図 7・4 銀河宇宙線の強度変化と太陽活動には逆相関がある。
銀河宇宙線に関しては地上における中性子線の強度変化（左側の縦軸はクライマックス観測所における相対的なカウント数）を示す。太陽活動に関しては黒点数の変化（右側の縦軸は黒点数の移動平均値）を示す（データは米国商務省海洋大気庁国立地球物理データセンター発行の太陽地球物理学データ速報より）

懷疑論のカーブの比較でも期間が長くなり素直に 注意深く見れば、近年の「ずれ」が明らかに

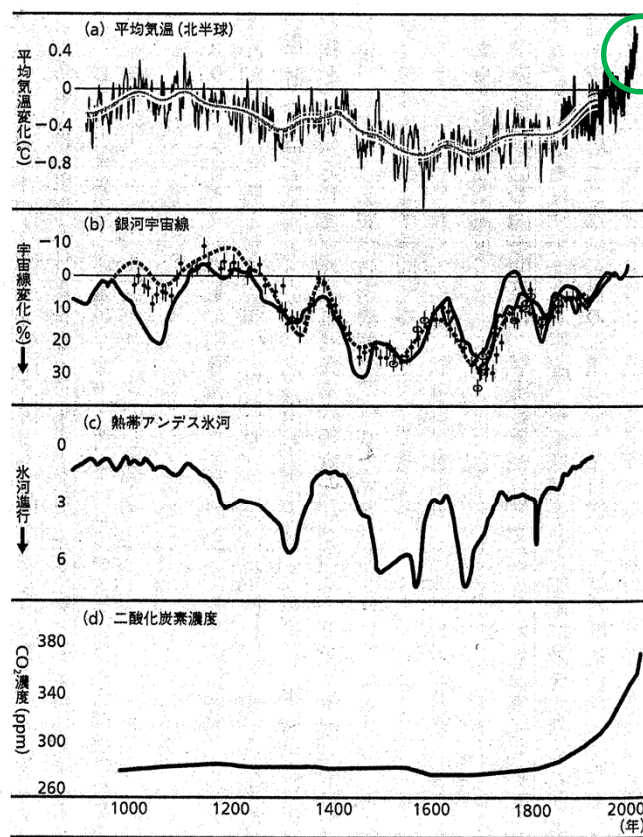


図1-11 過去1200年間の北半球平均気温(a)、銀河宇宙線強度(b)と熱帯アンデス氷河の消長(c)の経時変化。これらの変動は細部に到るまでよく対応している。平均気温は図1-1(b)と同じもの、宇宙線強度は炭素同位体 ^{14}C とベリリウム同位体 ^{10}Be から得られた結果をまとめたもの(カークビー2007)。比較のため、二酸化炭素濃度の変化(d)を示しておく

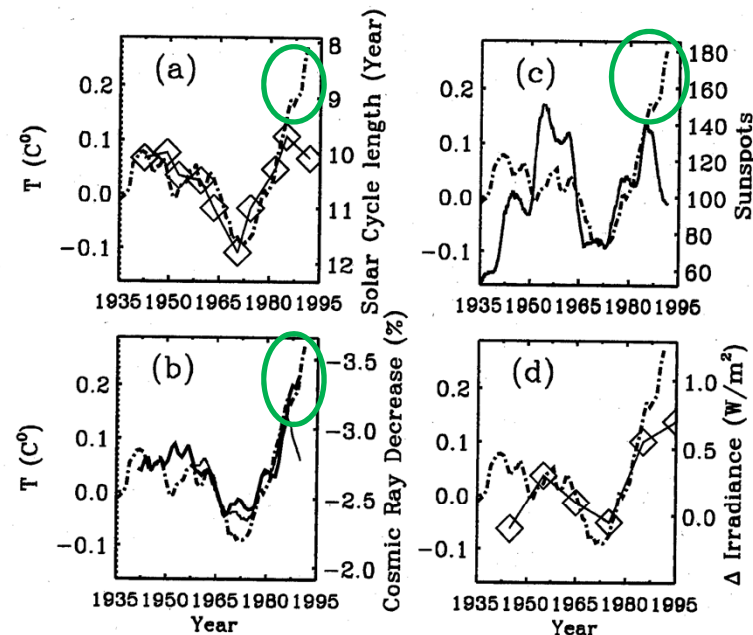
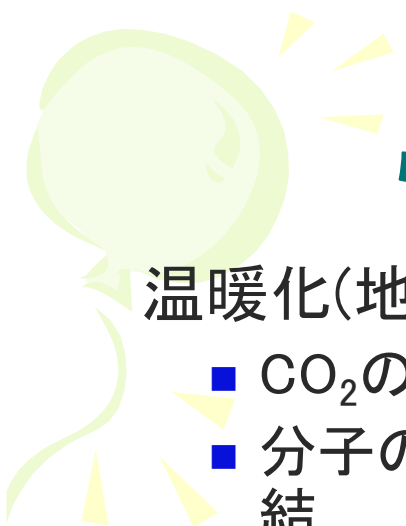


FIG. 3. 11 year average of northern hemispheric marine and land temperatures (dash-dotted line) compared with (a) unfiltered solar cycle length; (b) 11 year average of cosmic ray flux (from ion chambers 1937–1994, normalized to 1965), thick solid line; the thin solid line is cosmic ray flux from Climax, Colorado neutron monitor (arbitrarily scale); (c) 11 year average of relative sunspot number; (d) decade variation in reconstructed solar irradiance (zero level corresponds to 1367 W/m^2 , adapted from Lean *et al.* [6]). Note the 11 year average has removed the solar cycle in (b) and (c).

(温暖化・気候変動の科学)

- このような背景のもと、2001年のIPCC第3次報告において、当時としては妥当と思われた少数の研究をもとに、意図的ではないがシグナルが明瞭に見える “ホッケースティック” の図を示したのは不注意であり残念なことであった。
- これをきっかけに起こり、2009年の”クライメートゲート“で再燃・拡大した温暖化懐疑論は、地球温暖化の理論的基礎を少しも揺るがしていない(独断による宣言を除き理論に挑戦しようとしていない)。
- 「宇宙線が気候を変える」という一連のSvensmarkの論は本人の主張を外れてCO₂による温暖化否定に大きく利用された。関連する論文自体の不十分さ・相互矛盾とともに、何故このような事態が生じたかは今後検証されるべきである。

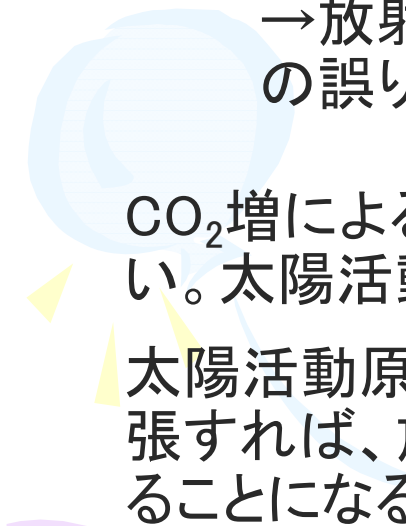


懷疑論の誤りの主要ポイント

温暖化(地球全体を加熱)の理論的基礎に全く反論していない

- CO₂の増加は観測事実
- 分子の赤外放射特性と物理法則(放射伝達方程式)の直接的帰結

→放射強制力の理論的基礎やManabe and Wetheraldはじめ論文の誤りを指摘すべき



CO₂増による放射強制力(=加熱効果)は物理法則により否定できない。太陽活動活発化など、他の原因の有無には無関係に仿っている。

太陽活動原因論で温暖化を説明し、CO₂増加によるものではないと主張すれば、放射強制力の存在(物理法則とその量的見積もり)を否定することになるが、そのことにまったく言及していない



→論理的にそうなる事に気付いていない

まとめ(温暖化・気候変動の科学)

- 人為起源温室効果ガスの増加による地球温暖化・気候変化は物理法則にもとづく理論的予言である。
- 物理学同様、実験的検証が求められる。
この場合には「人類は地球に対してCO₂を増やしたら気候はどうなるか?という地球物理実験(geophysical experiment) を始めた」(Roger Revell, 1957)
- 現在、この実験では理論検証にとってノイズとなる他の要因による温度変化を僅かに超えるシグナルが見えている。しかしS/N比は大きくはない。
- CO₂排出削減、エネルギー転換のように人類全体にかかわる大問題だけに、実際観測の証拠がないと社会や国際政治は動かない。一方、危険な気候変化を避けるためには一刻も早いアクションが必要である。
- このような背景のもと、2001年のIPCC第3次報告において、当時としては妥当と思われた少数の研究をもとに、意図的ではないがシグナルが明瞭に見える “ホッケースティック” の図を示したのは不注意であり残念なことであった。
- これをきっかけに起こり、2009年の”クライメートゲート“で再燃・拡大した温暖化懐疑論は、地球温暖化の理論的基礎を少しも揺るがしていない(独断による宣言を除き理論に挑戦しようとしていない)。
- 「宇宙線が気候を変える」という一連のSvensmarkの論は本人の主張を外れてCO₂による温暖化否定に大きく利用された。関連する論文自体の不十分さ・相互矛盾とともに、何故このような事態が生じたかは今後検証されるべきである。

IPCC報告書の信頼性に関して — 学術団体の反応

- ICSU(国際科学会議)2010年2月23日声明

「・・・報告書の一部に誤りを生じたことは今や明らかであるが、その作業の膨大さを考えるならば驚くべきことではない。しかしながら、・・・これらの正確さの欠如は小さいものであり、主要な結論を少しも損ねるものではない。・・・」

- 日本学術会議 2010年4月30日公開シンポジウム開催

論点多数(科学の内容、IPCCのシステムと改善、社会とのコミュニケーション)全体としての声明発表せず。

- 同上 地球惑星科学委員会有志 2010年6月23日

IPCC第4次報告書を取り巻く状況について

「・・・本委員会は、この度の事態を憂慮しつつも、IPCC第4次報告書のこうした透明性・客観性に鑑み、その主要な結論の信頼性は依然として高く、揺らぐものではないと認識しております。」

- アメリカ科学アカデミー有志255名 2010年5月7日 Science 誌にレター発表

IPCC報告書の主要結論をサポート。さらに、

“Many recent assaults on climate science and, more disturbingly, on climate scientists by climate change deniers, are typically driven by special interests or dogma, not by an honest effort to provide an alternative theory that credibly satisfies the evidence.”

.... “We also call for an end to McCathy - like threats of criminal prosecution against our colleagues..”



IPCCの(地球科学的基礎に関する)主要な結論

(1) 気候システムの温暖化には疑う余地がない。このことは、大気や海洋の世界平均温度の上昇、雪氷の広範囲にわたる融解、世界平均海面水位の上昇が観測されていることから今や明白である。

Warming of the climate system is unequivocal, as is now evident from observations of increases in global average air and ocean temperatures, widespread melting of snow and ice, and rising global average sea level.

(2) 20世紀半ば以降に観測された世界平均気温のほとんど(大部分)は、人為起源の温室効果ガス濃度の観測された増加によってもたらされた可能性が非常に高い。

Most of the observed increase in global average temperatures since the mid-20th century is very likely due to the observed increase in anthropogenic greenhouse gas concentrations.

世界の表面温度が4°C上昇した世界(4°C World)

4°C世界では世界の50%が 居住不能に

沿岸部は海面水位上昇で居住が制限され、
砂漠が拡大、森林が枯死、海洋は生物の
住まぬ死の海へ

生存可能な人口は10億人以下
➤ +4°Cの世界では世界人口の10%以下が
生存可能、人類にとっては生きるか死ぬか
の問題

英国・気候変化に関するTyndall Centre所長
Kevin Anderson教授(2009年9月)

4°C世界の収容可能な人口は 10億人以下

ドイツ・Potsdam研究所長
Hans Joachim Schellnhuber教授
(2009年3月)

温暖化した地球(8°C以上)の
収容可能な人口は5億人以下

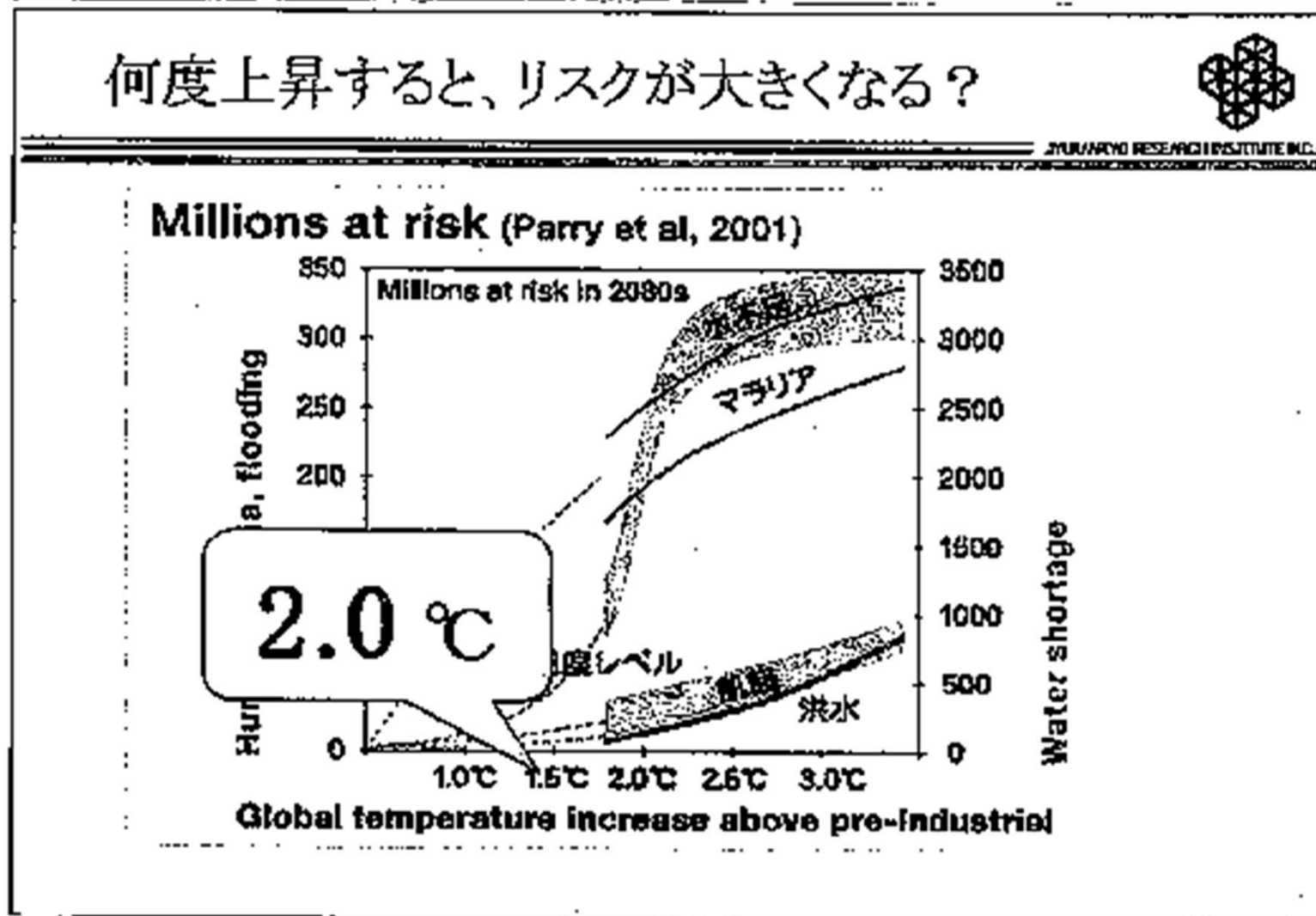
英国・James Lovelock博士(2006年)

2°C / CO₂・450ppm気候ターゲットは災害のための処方箋 (prescriptions for disaster)あるいは保証された災害 (guaranteed disaster)

➤これまでの0.8°Cの平均気温の上昇で危険な気候変化が起こりかねない。
CO₂濃度を350ppmに引き下げる必要がある(現在のCO₂濃度は390ppm)

米国・NASAゴダード研究所長 James Hansen博士

何度上昇すると、リスクが大きくなる？





二酸化炭素排出量削減目標

- 京都議定書；2005年2月発効
- 2008年、日本におけるG8サミット
 - ー2050年までに世界で50%削減（深刻な気候変動を回避するために不可欠）
- 2009年7月、イタリアのラクイラにおけるG8サミット
 - ー2050年までに世界で50%削減を達成するために、先進国で80%を削減

- 2020年までの中期削減目標

日本;1990年比25% (2005年比30%)削減(鳩山前首相)

EU ; 1990年比20-30%(2005年比14-25%)削減

米国;1990年比3% (2005年比17%)削減



他国の削減目標

フランス：2050年までに75%削減

英国：2050年までに60%削減→80%削減へ

EU：2050年までに60～80%削減

米カリフォルニア州：2050年までに80%削減

米国：2050年までに80%削減



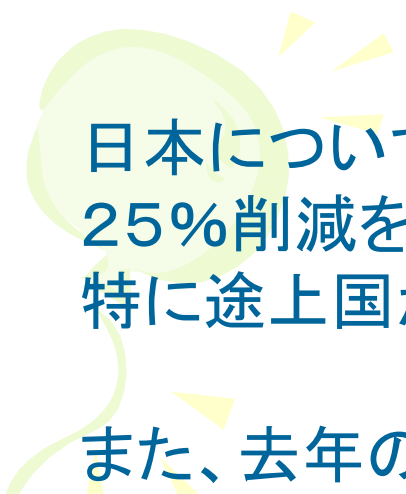
NPO法人日本気候政策センター 森 眞昭夫理事長

EUの温室効果ガス削減目標値ですが、2020年までに1990年比20%から30%削減ということで、現在EU諸国の環境相は協議を続けているところですがポーランドが現水準よりも削減することを拒絶しているので(ポーランドは石炭を主エネルギー源としていることもあって、かねてからEUの政策に抵抗をしています)、20%以上の削減を合意できないでいます。しかし、ドイツ、UK、スペイン、スウェーデン、ギリシャなど、少なくとも7か国は30%削減に向けて動いており、25%削減ならば、ポーランドを除く27か国が合意できるであろうということです。

しかしながら、EUは、全加盟国が合意しなければならないので、最終的な削減目標値が決定されるのにはもう少し時間がかかるものと思われます。

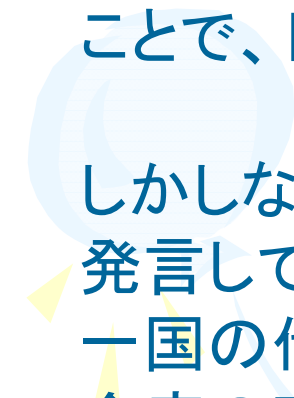
いずれにしても、COP18までには、25%で決まるのではないのでしょうか。
この情報は、Financial Times Europe June 22 2011 によります。



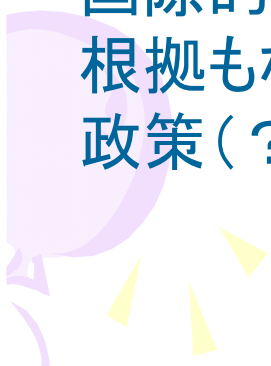


日本については、主要排出国が参加することを条件にして25%削減を目標としている点で評価されていません。特に途上国から批判されています。

また、去年のカンクンのCOP17で、環境省の南川発言が日本政府の京都議定書の単純延長に対する反対と受け取られたことで、日本の評価は芳しくありません。

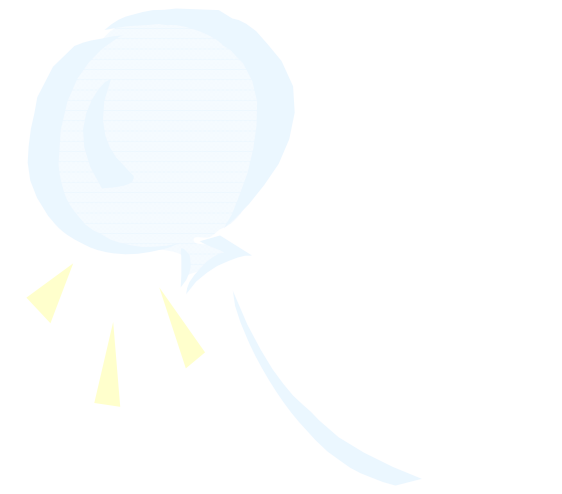


しかしながら、鳩山さんが国連総会で1990年比25%削減を発言している事実は、国際法上の拘束力はないにしても、一国の代表者の発言として無視してよいものではありません。今度の東日本大地震で25%削減が無理だというのならば、国際的にキチンと通用する論理で説明すべきです。根拠もなく、25%削減目標との関連も示さない再生エネルギー政策(?)を打ち出しても、国際的には説得性を持ちません。



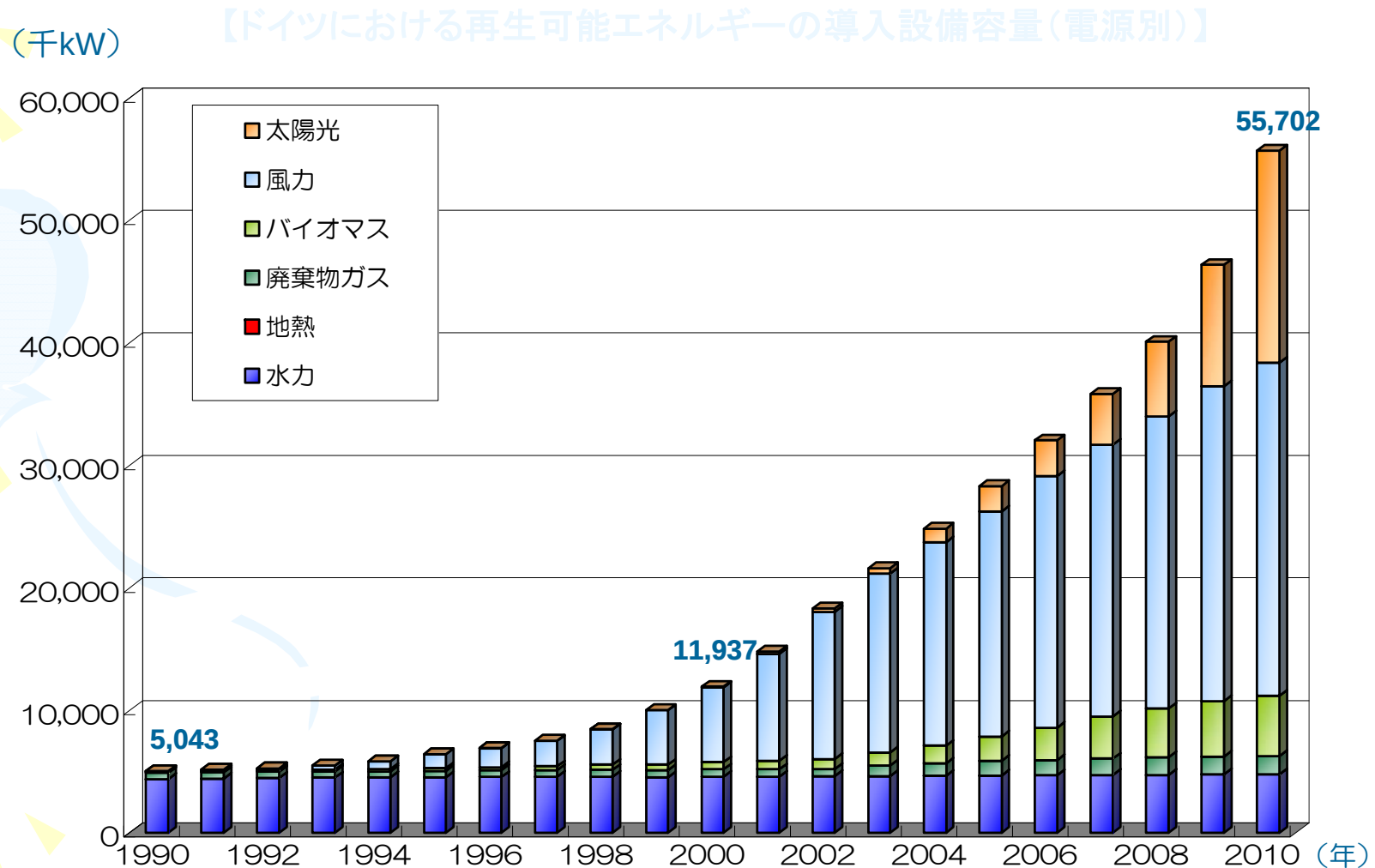


3 ドイツの再生可能エネルギー開発への努力



ドイツにおける再生可能エネルギーの設備容量

- ドイツでは、2000年4月に再生可能エネルギーの固定価格買取制度を導入
- 2000年から2010年にかけて、導入設備容量は約5倍に拡大

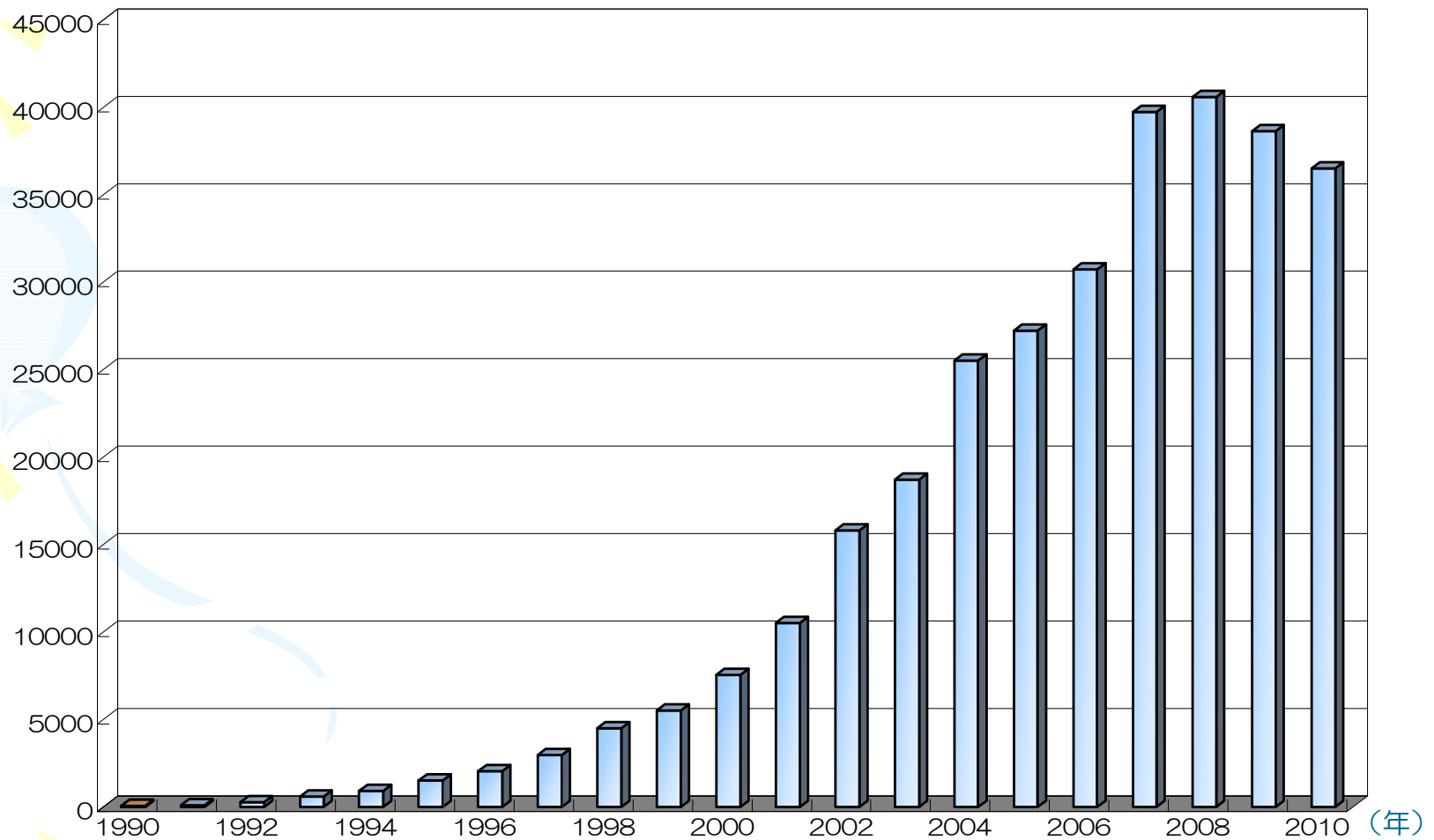


出典：ドイツ環境省（BMU）「Entwicklung der erneuerbaren Energien in Deutschland im Jahr 2010」より

ドイツにおける発電電力量(風力)

＜ドイツにおける風力発電の発電電力量＞

(百万kWh)

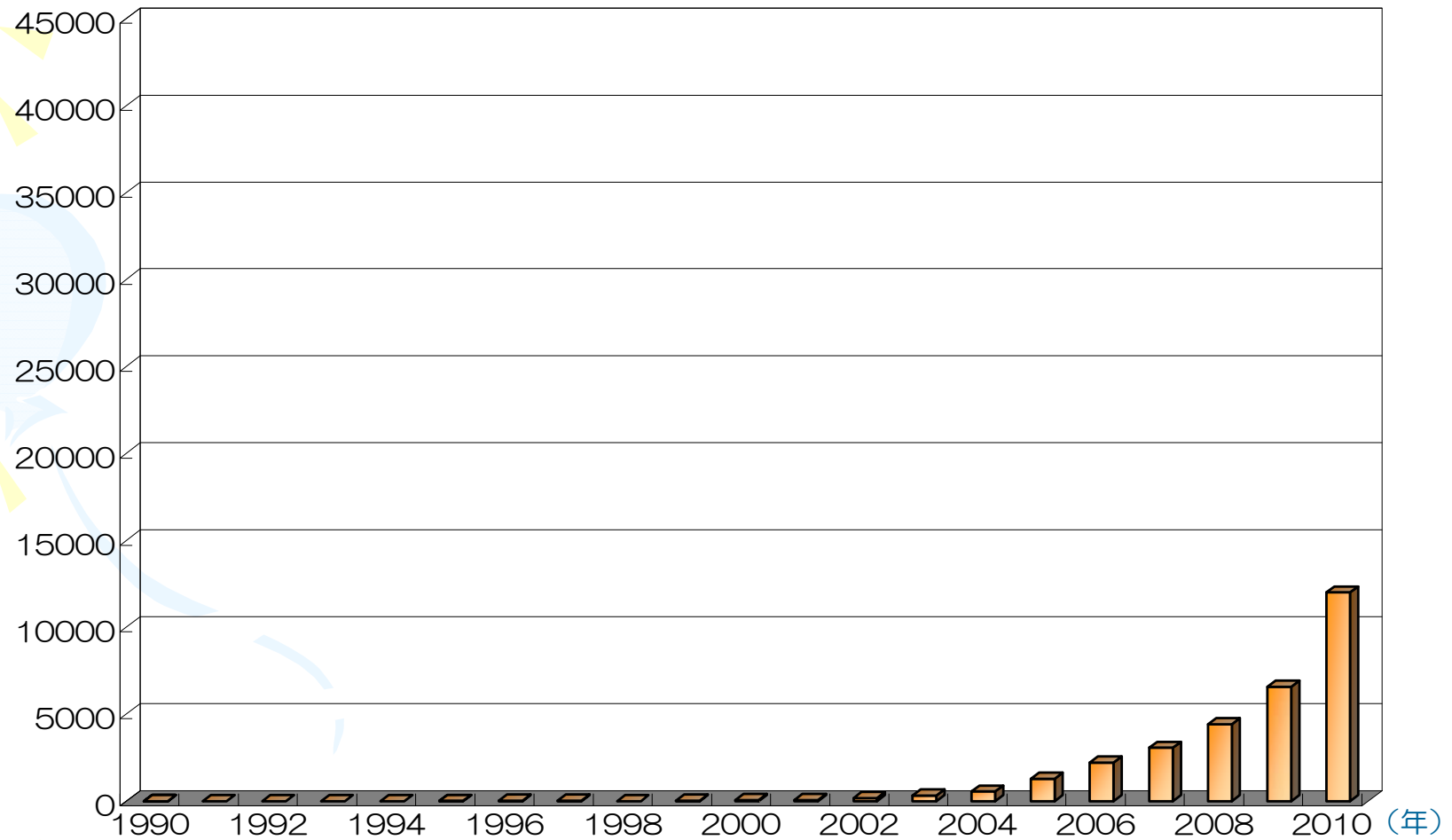


出典：ドイツ環境省 (BMU) 「Entwicklung der erneuerbaren Energien in Deutschland im Jahr 2010」 より

ドイツにおける発電電力量(太陽光)

＜ドイツにおける太陽光発電の発電電力量＞

(百万kWh)



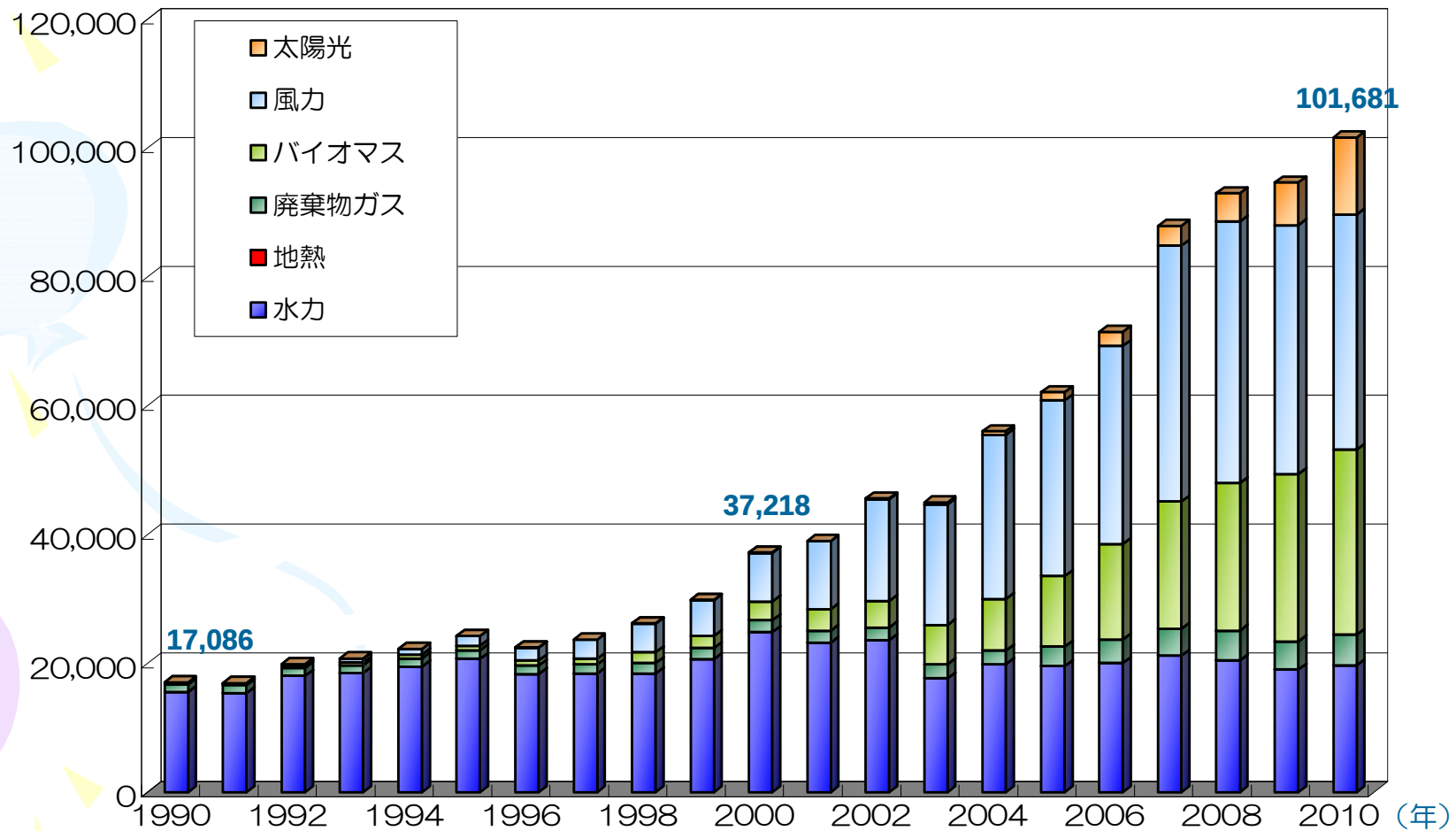
出典：ドイツ環境省 (BMU) 「Entwicklung der erneuerbaren Energien in Deutschland im Jahr 2010」 より

ドイツにおける再生可能エネルギーの発電電力量

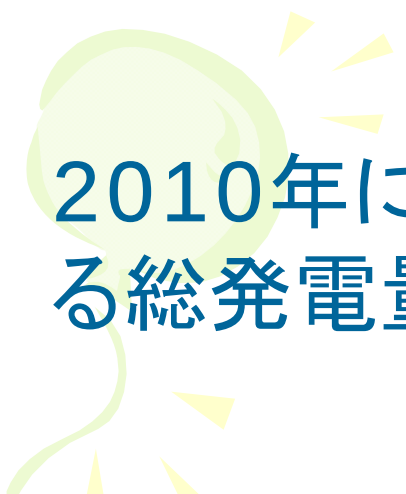
■ 2000年から2010年にかけて、発電電力量は約2.5倍に拡大

(百万kWh)

【ドイツにおける再生可能エネルギーの発電電力量(電源別)】

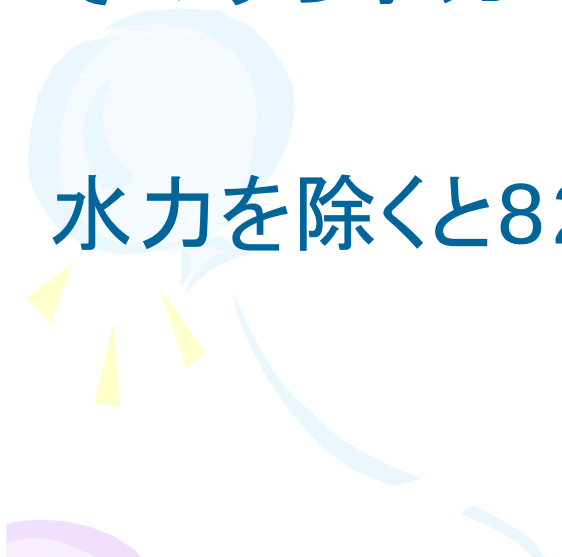


出典：ドイツ環境省 (BMU) 「Entwicklung der erneuerbaren Energien in Deutschland im Jahr 2010」より



2010年におけるドイツの再生可能エネルギーによる総発電量は一年間に1035億kW時(キロ、ワット、時)

そのうち水力によるものは206億kW時



水力を除くと829kW時





日本の総発電量は、 9565億kWh

日本の原子力発電は、2800億kWh

(2009年度)

ドイツの再生可能エネルギー発電

950億kWh

水力を除けば800億kWh (2009年)



日本の2009年の総発電量の

$800 / 9565 \sim 8,4\%$



日本の2009年の原子力発電量の

$800 / 2800 \sim 30\%$

全量買取制度の大枠

- 実用化されている全ての再生可能エネルギーが買取対象。
- 制度導入後10年目の年間買取費用は、約4,600億円～6,300億円と試算され、電気料金に上乗せする方式(電気の使用量に応じて公平に負担)とすることが基本とされている(約+0.5円～+0.7円/kWh)。

買取対象

全量買取を基本

太陽光発電、風力発電(小型も含む)、
中小水力発電(3万kW以下)、地熱発電、
バイオマス発電(他用途の利用に著しい影響がないもの)

余剰買取を基本

住宅等における小規模な太陽光発電等
(省エネインセンティブの向上等の観点)

※いずれも新設を対象とすることを基本(既設設備は、価格等に差をつけて買い取る等、何らかの措置)

買取価格／買取期間

今後価格の低減が期待される
太陽光発電等

買取価格 : 当初は高い価格を設定し、段階的に引き下げ
買取期間 : 10年

上記以外

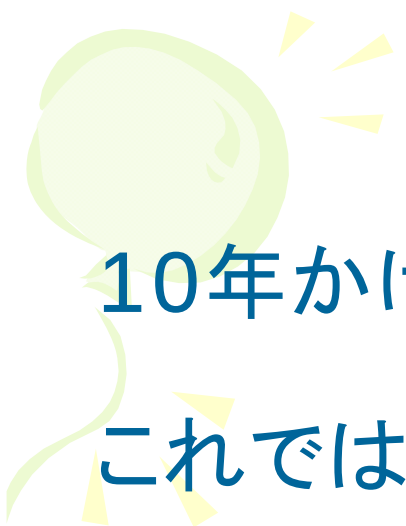
買取価格 : 15～20円/kWh程度(一律)
買取期間 : 15～20年

制度導入時の影響(制度導入後10年目)

※標準家庭の電気使用量は300kWh/月と想定

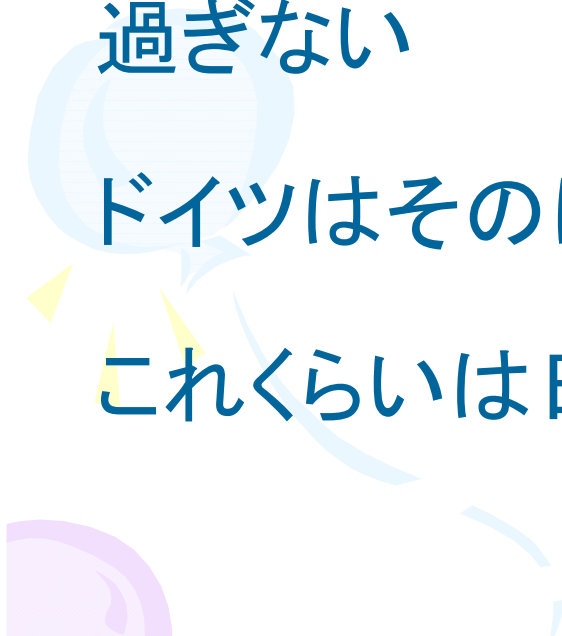
累積導入量 (万kW)	年間発電量 (億kWh)	CO2削減量 (万t)	CO2削減コスト (円/t-CO2)	年間買取費用 (億円)	標準家庭の負担額(円/月)※
3,200～3,500	400～500	2,400～2,900	19,000～22,000	4,600～6,300	150～200

出典:再生可能エネルギーの全量買取に関するプロジェクトチーム第5回会合 資料より(2010.7.23)



10年かけて最大500億kWhでは残念

これでは日本の2009年度の総発電量の5%に
過ぎない



ドイツはそのほぼ2倍、950億kWh(含水力)

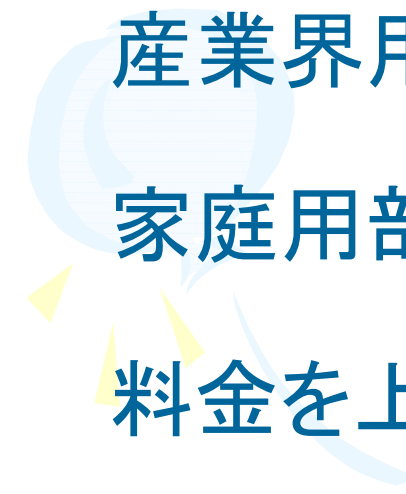
これくらいは日本でも伸ばそう





産業界が国際競争力を保つため

産業界用の電力価格を低く保たねばならない



家庭用部門はその分を引きうけ大幅に電力

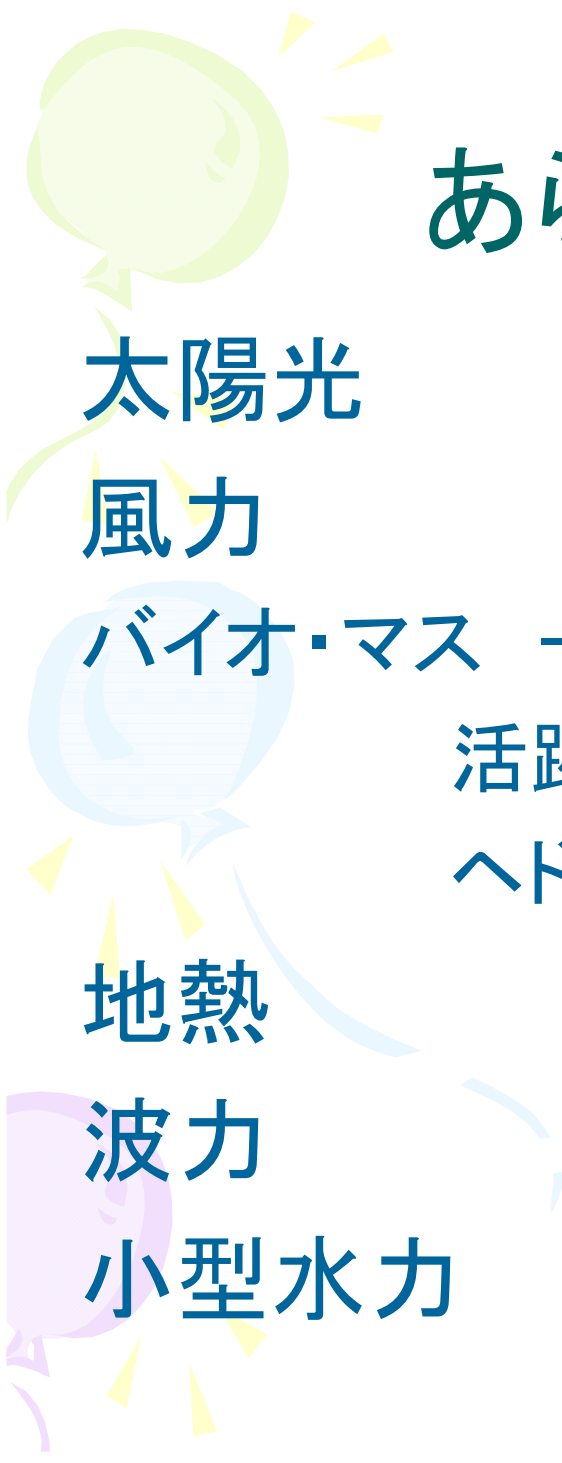
料金を上げなければならない



日本の将来のため その覚悟をしよう

ドイツの例で学ぶこと

- 1 2000年以降10年で水力を除き、約800億kWhを創出した
これは日本の2010年の電力10社の販売総電力量9064億kWhの10%弱
2000年以降10年間にドイツの総電力に占める
新エネルギーの割合は10.4%増した
この程度までは日本でも今後10年にやるべし
でも10年に10%増、これを2倍にできるか
- 2 ドイツの風力発電は既に飽和 これ以上は困難
従って海上風力を、そして
- 3 ドイツでも日本でも更に太陽発電に向っている
しかしドイツでは日照時間は余り有利でない
- 4 バイオ・マスを進めよ



あらゆる可能性を使え

太陽光

風力

バイオ・マス — 現在日本ではバイオ・マスが一番
活躍。特にパルプ作製時の黒液の活躍。
ヘドロ公害がなくなった

地熱

波力

小型水力

世帯数ではマンションも入るため、一戸建てすべての屋根に
太陽電池を載せると仮定

【前提条件】

日本の一戸建て住宅数...2745万戸(総務省「日本の統計2011」

H20年より)

太陽電池の出力(一戸建て)...3.5kW程度(平均的な設備)

太陽電池の設備利用率...12%

(総合資源エネルギー調査会 新エネルギー部会

第6回RPS法小委員会資料2007

)

日本の電力の総発電量 ...9565億kWh(生産量) H21年度

日本の一次エネルギー消費量 ...5.0億t(石油換算)H21年度

(電気エネルギー換算→5.8兆kWh)

(総合エネルギー統計2009年)

【計算】

全太陽電池総発電量(年間)

$$3.5(\text{kW}) \times 8760(\text{h/Y}) \times 0.12 \times 27450000$$

$$=1000\text{億kWh/Y}$$

日本の電力総発電量に占める割合 ...10%といったところ

$$1000\text{億kWh} \div 9565\text{億kWh} = 0.10$$

日本の一次エネルギー消費量に占める割合...1%は越えるが2%にも満たないレベル(約1.7%)

$$1000\text{億kWh} \div 5.8\text{兆kWh} = 0.017$$

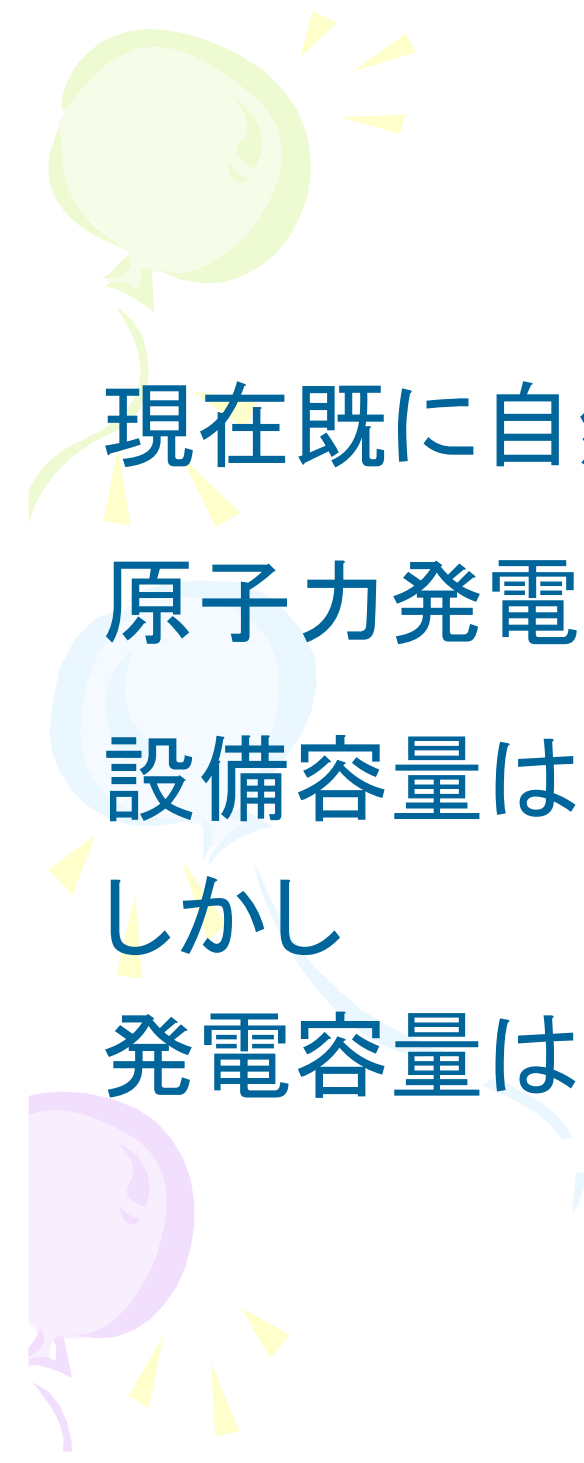
仮に、総発電量を太陽光で全量賄うとすれば、13,600km²必要で、東京都、神奈川県、埼玉県、千葉県を合計した面積にほぼ匹敵。

$$9565\text{億kWh} \div 70.11\text{kWh/m}^2 \text{※} = 13,643\text{km}^2$$

※単位面積あたりの太陽光出力を0.0667kW/m²(環境省平成22年度再生可能エネルギー

導入ポテンシャル調査より)、利用率12%として算定)

*ただし、蓄電池のロスは考慮していない。



現在既に自然エネルギーによる発電は
原子力発電と同じくらいという説は本当か
設備容量は同じくらいになった

しかし

発電容量は自然エネルギーは原子力の1/3

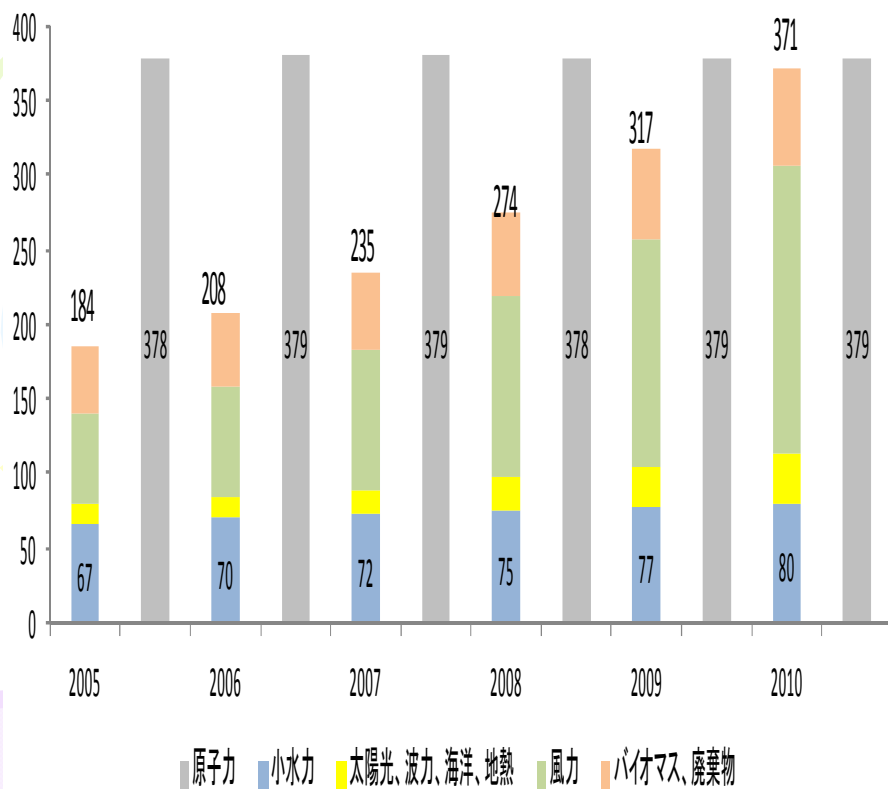
世界の再生可能エネルギー等と原子力発電所の設備容量と発電電力量の比較

○ワールドウォッチのデータをもとに小水力の値を推計(※)すると、設備容量ベースではワールドウォッチ同様、2010年度には、再生可能エネルギー等が原子力発電とほぼ同程度になるまで増加している。

○一方、再生可能エネルギー等は稼働率が低いことから、発電電力量でみると、再生可能エネルギー等は原子力発電の1/3低度にとどまっている。

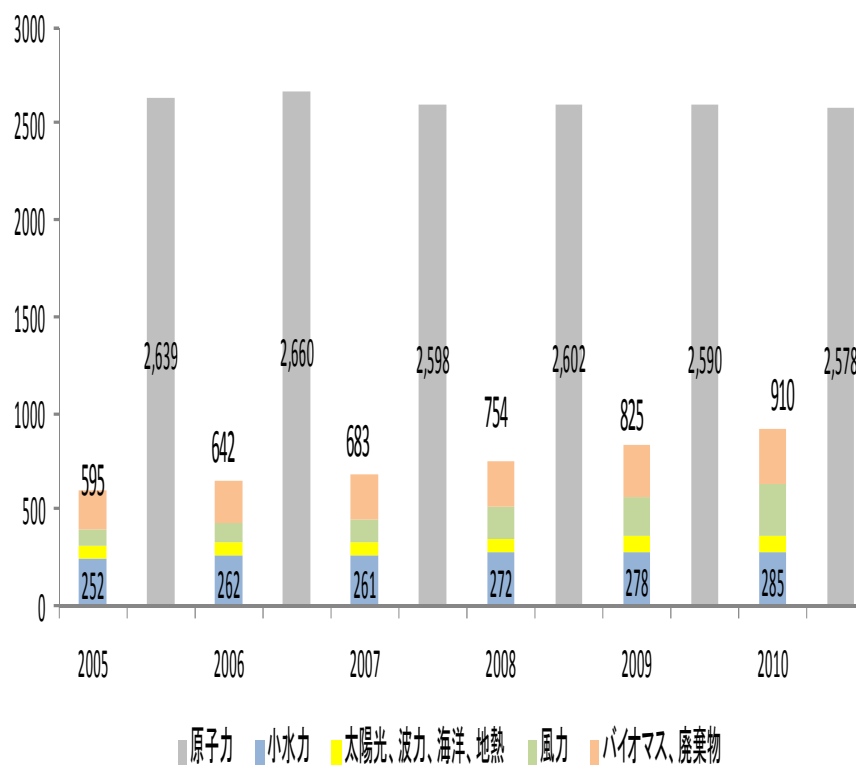
GW

原子力発電と再生可能エネルギー等(大規模水力除く)の設備容量の推移



TWH

原子力発電と再生可能エネルギー等(大規模水力除く)の発電電力量の推移



※)EIAのデータでは、08年度までしか公表していないため、09年、10年に関しては以下の方法で推計

・小水力(設備容量)の推計方法:05年→08年の水力発電(大規模含む)と同じ増加率で小水力も増加していると仮定し、10年の小水力の値から05年～09年の小水力の値を推計。

・小水力(発電電力量)の推計方法:設備容量ベースでの小水力/水力(大規模含む)比率を、水力(大規模含む)の発電電力量に掛けて、小水力の発電電力量を推計

・09年、10年の各電源毎の設備容量、発電電力量の推計方法:05年→08年の各電源の設備容量、発電電力量の伸び率が09年、10年にも適用して推計。



再生可能エネルギー開発で

ドイツ、イギリス、フランス

自国の製品は使われず



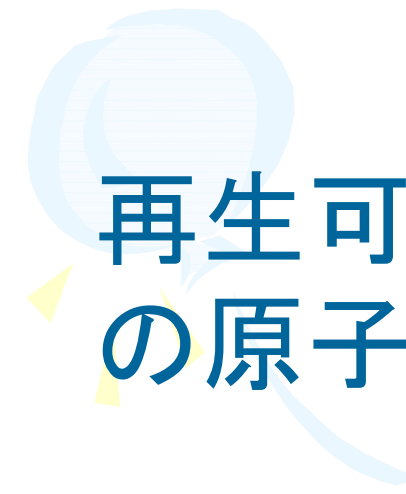
中国、台湾、日本、韓国の安い製品が
利用されている

日本はその轍を踏まないように



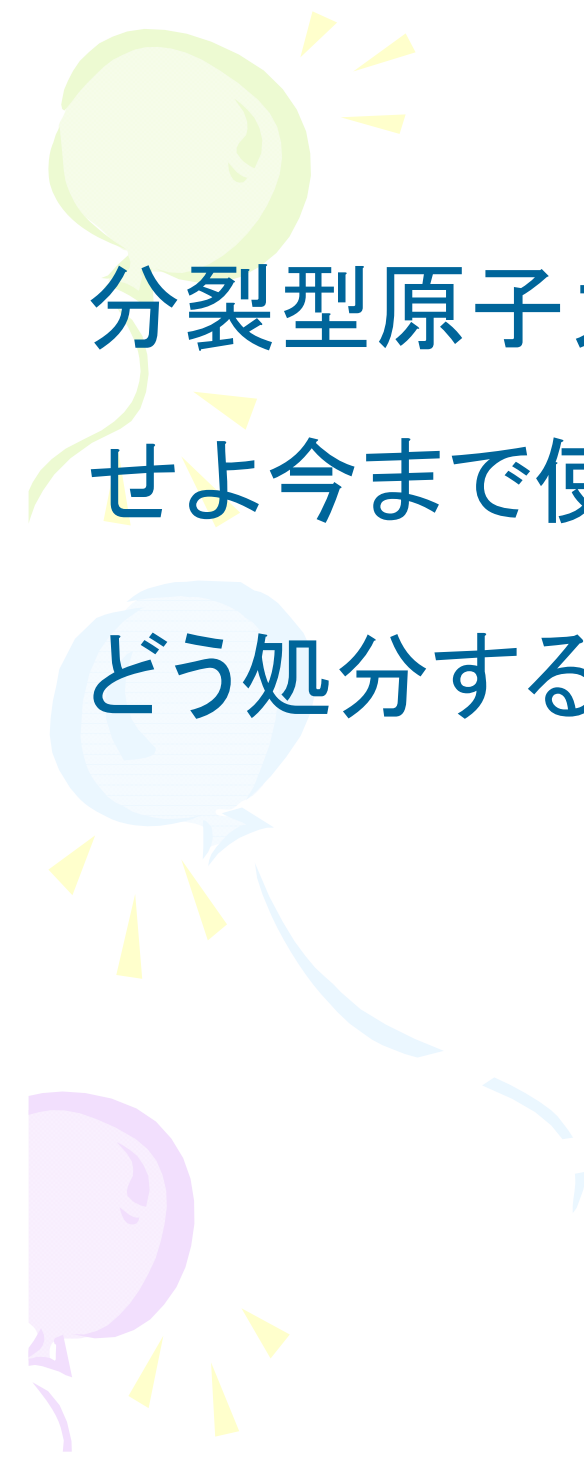


21世紀後半、22世紀には
化石燃料は涸渇する

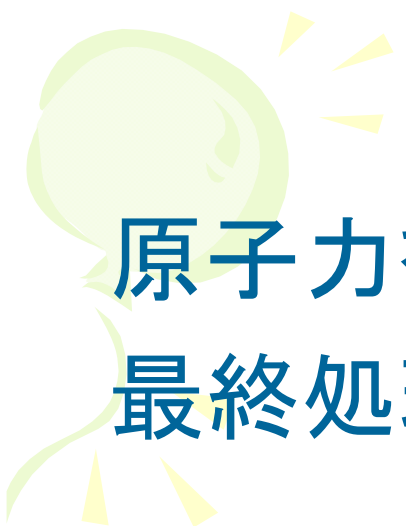


再生可能エネルギーと分裂型と融合型
の原子力エネルギーしかない



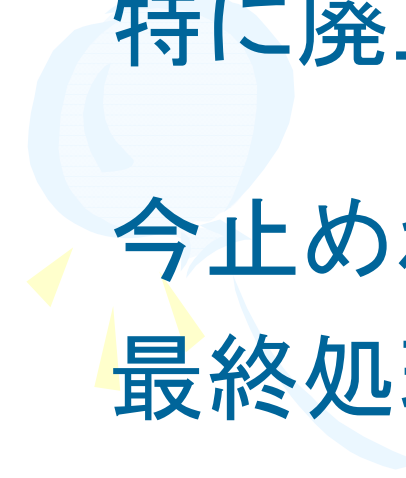


分裂型原子力については賛成にせよ反対に
せよ今まで使ってきた使用済核燃料を
どう処分するか早急に対策をたてよ



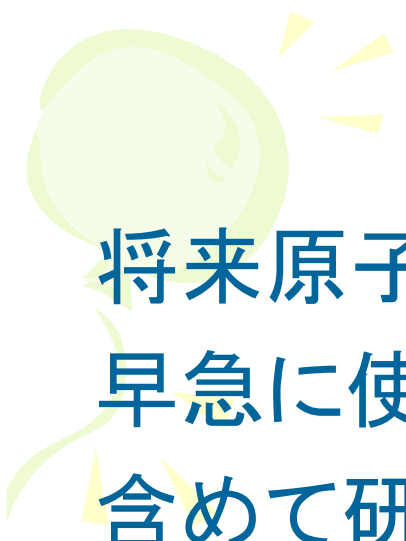
原子力を使用するにせよ止めるにせよ
最終処理場を早く決めよ

特に廃止派に強くお願いしたい

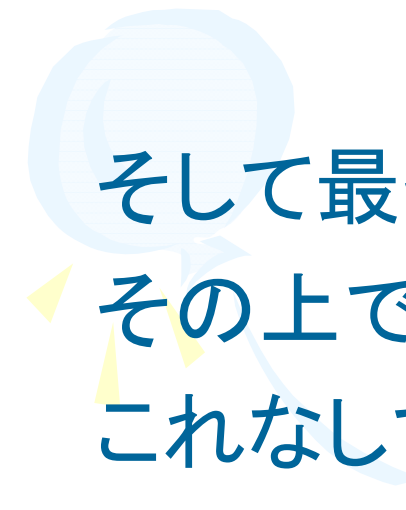


今止めれば、原子力発電所がそのまま
最終処理場になってしまう可能性が大きい





将来原子力を利用しようとするならば
早急に使用済核燃料の処理法をリサイクルも
含めて研究を進めよ



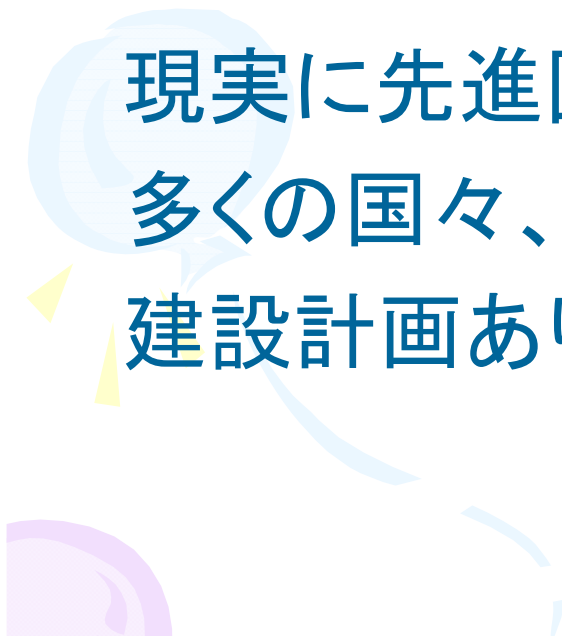
そして最終処理法のより良い方法を発明せよ
その上で最終処理場を早く決める
これなしで原子力を続けるわけには行かない





4 核分裂型原子力エネルギー

好きであろうと嫌いであろうと使わざるを得ない

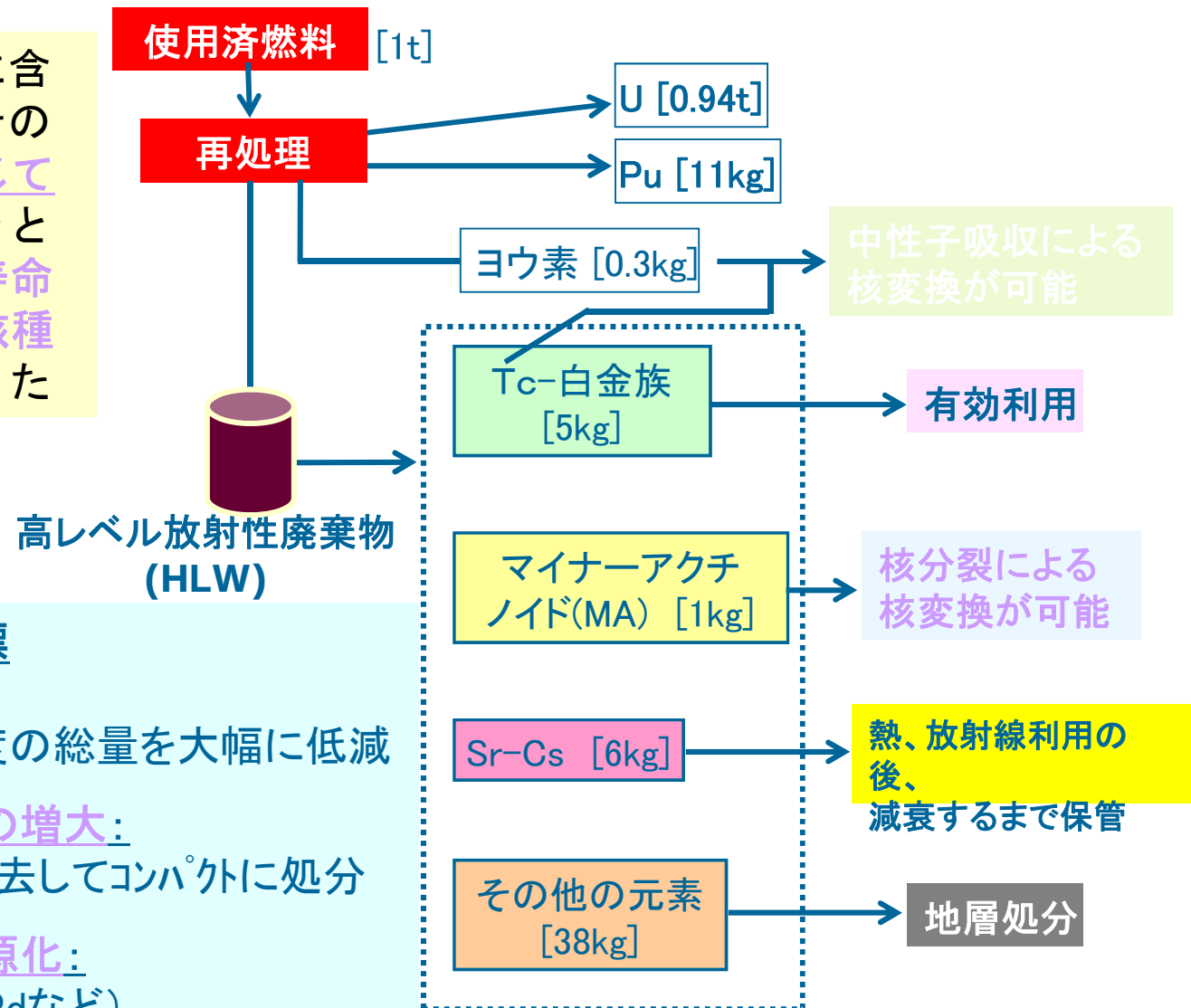


現実に先進国では多量に使っているし
多くの国々、中国・インド・ヴェトナム等々で
建設計画あり



分離変換技術 (Partitioning & Transmutation)

高レベル放射性廃棄物に含まれる放射性核種を、その半減期や利用目的に応じて分離する（分離技術）とともに、長寿命核種を短寿命核種あるいは非放射性核種に変換する（変換技術）ための技術」



目標

- ・長期リスクの低減:
廃棄物の潜在的有害度の総量を大幅に低減
- ・処分場の実効処分容量の増大:
発熱の大きい核種を除去してコンパクトに処分
- ・放射性廃棄物の一部資源化:
希少元素の利用 (Ru、Pdなど)

使用済燃料中の核分裂生成物の利用可能性について

利用の主目的		主な核種半減期	主な利用分野と利用の可能性分野
放射線源	ガンマ線	^{137}Cs (30.0年)	照射線源、厚さ測定、液面測定、密度測定、ガンマ線透過診断、バルブ開閉機器、機器校正用線源
		^{241}Am (432年)	厚さ測定、密度測定、ガンマ線透過診断、絶縁ガス密度測定、蛍光線分析、硫黄濃度測定
	ベータ線	^{90}Sr (29.1年)	厚さ測定、膜厚測定、静電気除去、たばこ量目計
		^{147}Pm (2.62年)	グローランプ、夜間指示、メタルワイヤランプ、ネオンランプ、高電圧防襲装置、粒状汚濁物測定、厚さ計
	アルファ線	^{241}Am (432年)	煙感検出器、微風計、湿度計、集電式電位測定器、エアロゾル中和器、レーダ受信部、有害ガス検出器
	中性子線	$^{241}\text{Am-Be}$	中性子ラジオグラフィ、水分測定、石油資源探査
熱源	ベータ線	^{90}Sr (29.1年)	寒冷地熱源、原子力電池
照射ターゲット		^{237}Np (2.14×10^6 年) → ^{238}Pu (87.7年)	熱源、原子力電池(宇宙用電源)
		$^{241}\text{Am} \rightarrow ^{238}\text{Pu}$	
		^{244}Cm (18.1年) → ^{252}Cf (2.65年)	水分計、石油探査機器、放射化分析装置、中性子ラジオグラフィ、がん治療用線源
		^{99}Tc (2.13×10^5 年) → ^{100}Ru (安定)	安定な白金族元素としての利用
希少元素		Ru	原子力施設内での利用、或いは30-50年経過後に安定な白金族元素として利用
		Rh	
		Pd (^{107}Pd (6.50 × 10 ⁶ 年))	原子力施設内での利用、核融合分野での利用
人工元素		^{99}Tc (2.13×10^5 年)	天然では得られない人工の元素としての利用
安定濃縮同位体		$^{90}\text{Sr} \rightarrow ^{90}\text{Zr}$ (安定)	崩壊生成物で、濃縮度の極めて高い安定同位体としての利用
		$^{137}\text{Cs} \rightarrow ^{137}\text{Ba}$ (安定)	

可能性検討の着目点

①コスト

- 再処理に新たなプロセスを付加してでも回収すべき「高価な」元素は、今のところ見当たらない。

②放射能

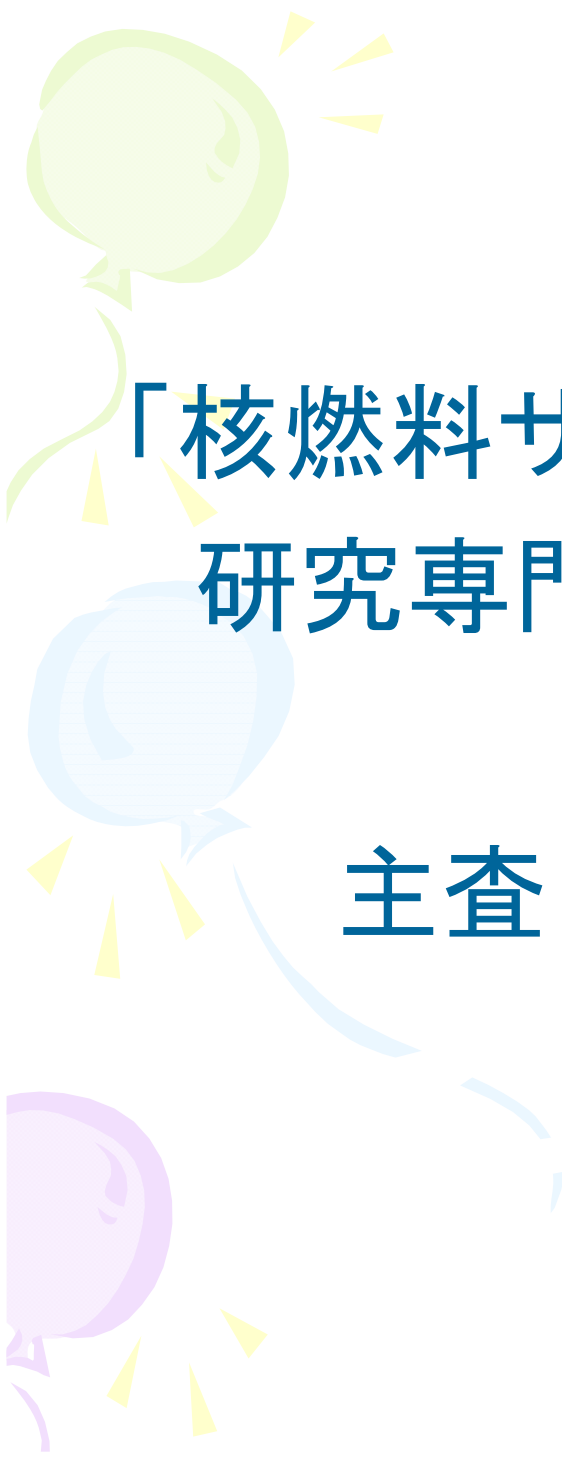
- 放射性核種の随伴は避けられない。
- 放射能レベルを落とすために、高い分離係数、同位体分離、長期の冷却期間が必要になると、コストがさらに上昇。

③供給可能な量と需要の関係

- 例えば、2002年の我が国のパラジウム(Pd)の需要は36t/年。
- 我が国で発生する年間約1,000tの使用済燃料に含まれるPdの総量は $1.98\text{kg/t} \times 1000\text{t/年} = \text{約}2\text{t/年}$
- 他の元素では将来的には需要を満たし得るものがあるかもしれない。

現在の考え方

- ガラス固化の工程や廃棄物処分の観点から有意義なものを分離対象元素の候補とする。
- 対象元素の分離後の有効利用(熱源、放射線源、触媒)を考える。
- 利用後の処分までを含めて、全体としてメリットが大きい場合に採用。
➔ 今のところ、**Sr、Cs分離**の効果が検討されている状況

Three balloons in green, blue, and purple are positioned on the left side of the slide. Each balloon has a string and a small yellow starburst above it.

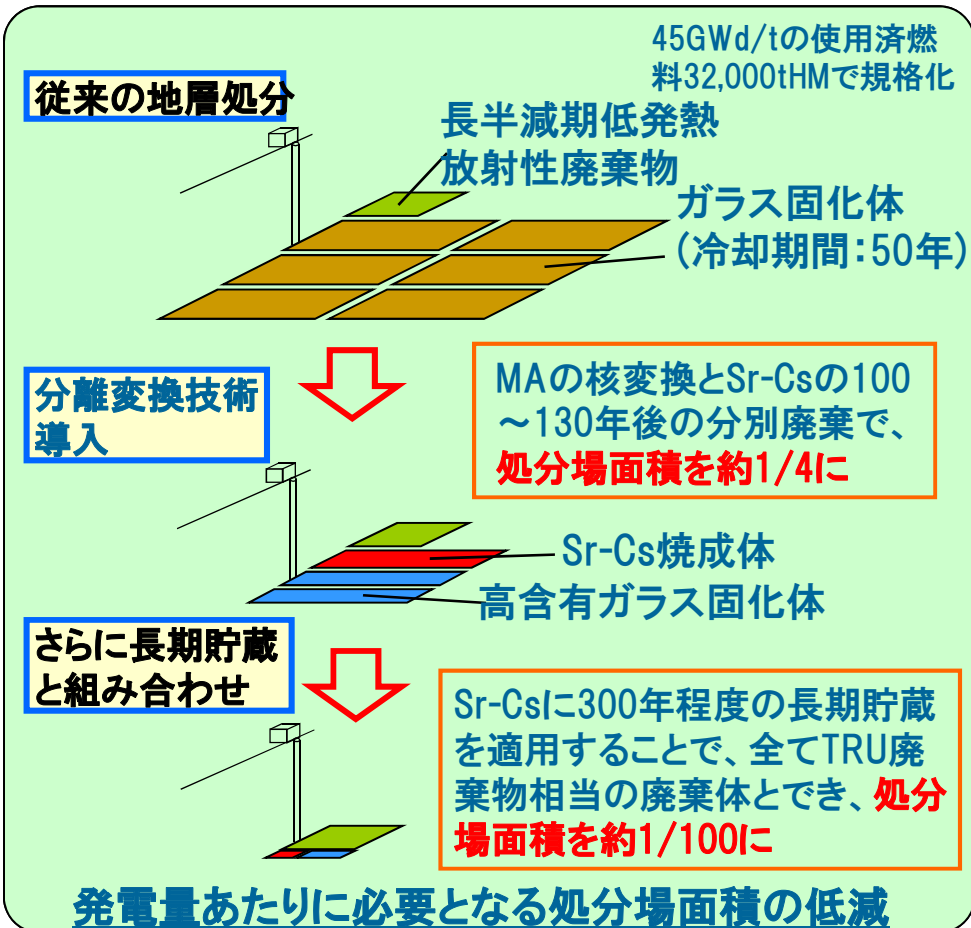
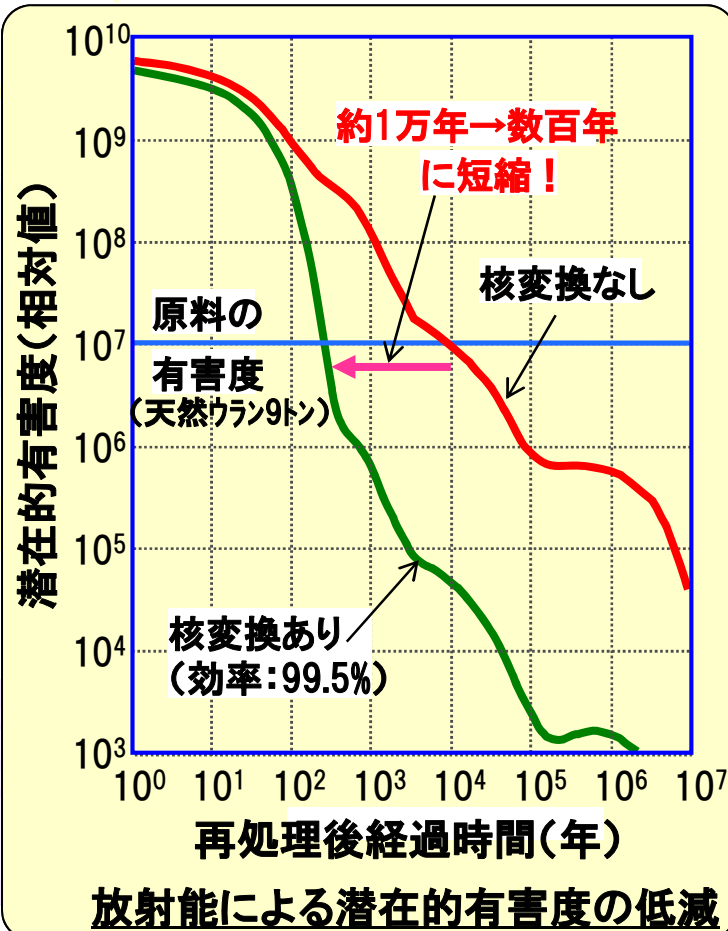
「核燃料サイクルの物質・放射線利用」 研究専門委員会

主査 藤井靖彦(東工大)

分離変換技術の導入効果

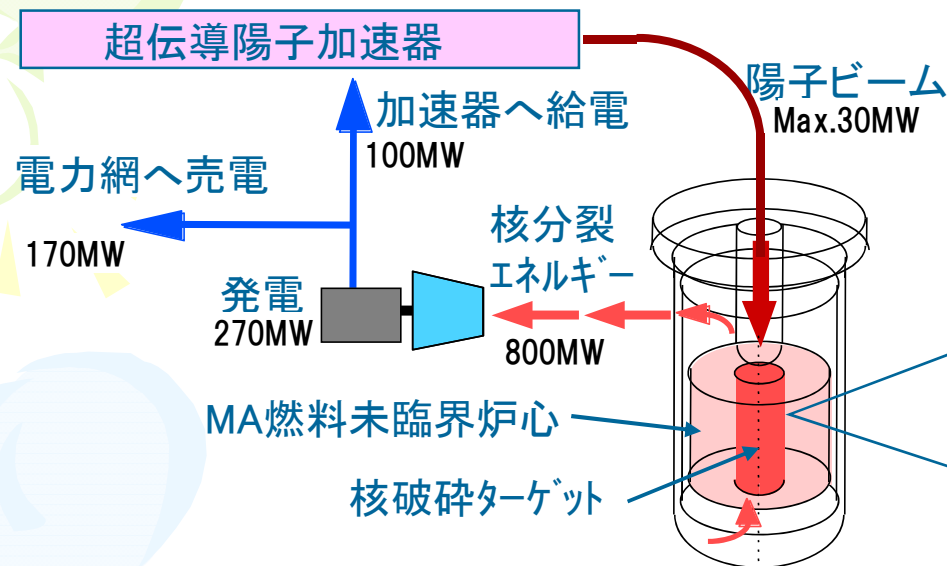
高レベル放射性廃棄物の

- ◆ 放射能(特に α 崩壊核種)を → **短寿命化** (1万年から数百年に)
- ◆ 発熱を減らして処分場を → **コンパクト化** (究極的には千年に1箇所)

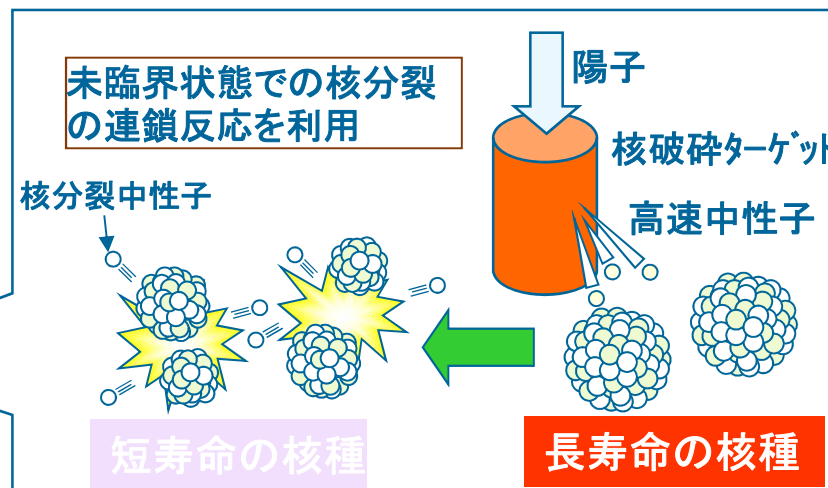


MA: マイナーアクチノイド、Sr: ストロンチウム、Cs: セシウム

加速器駆動システム(ADS)を用いた核変換



ADSによる核変換の原理



ADSの仕組み:

- ・超伝導加速器で大強度の陽子を高効率で加速。
- ・陽子はビームダクト・ビーム窓を通して鉛・ビスマス(Pb-Bi)に入射。
- ・Pb-Biは核破砕ターゲットと炉心冷却材を兼ねる。
- ・燃料の主成分はマイナーアクチノイド(MA)。
- ・陽子はPb-Biとの核破砕反応で大量の中性子を発生。
- ・その中性子によりMAを核分裂反応で核変換。
- ・さらに核分裂で発生した中性子も核変換に使用。
→核分裂の連鎖反応で、1個の中性子を20個に増倍。
- ・核分裂で発生する熱で発電し、加速器に供給。

ADSの特徴:

- ・加速器を止めれば核分裂の連鎖反応は停止
→ **安全性が高い**。
- ・通常の原子炉(臨界炉)でMA燃料を用いると安全上の問題が生じるが、ADSでは影響が小さいため使用可能。
- ・Pb-Biは化学的に不活性。

分離変換技術に関する世界の動向

□ 米国

- オバマ政権は、ヤッカマウンテン処分場見直しを表明。
- ブルー・リボン・パネルを設けて、今後の政策を検討中。

□ フランス

- 2006年の「廃棄物管理研究法」に基づき、ADSとFBRの両方を並行して研究
- 但し、ADSは下記の欧州の枠組みが中心。

□ ベルギー

- 老朽化した照射炉(BR2)の代替として、50MW程度の出力を持つ照射用ADSであるMYRRHAの2015年着工を目指して研究・開発・設計を精力的に実施中
- 核変換実験、鉛合金高速炉開発、燃料・材料照射、RI製造等が目的。

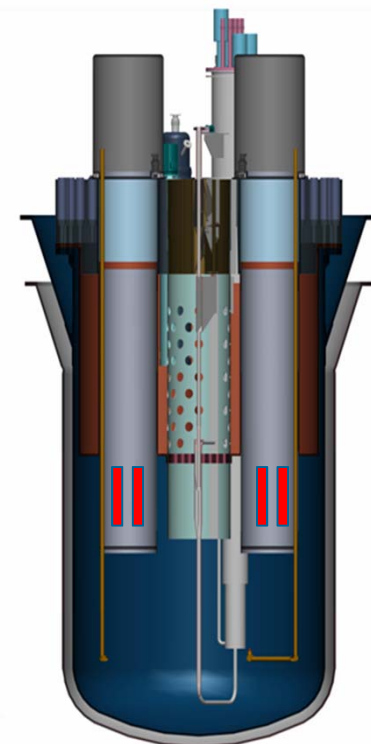
□ 欧州

- 様々な原子力政策の国が集まるが、廃棄物処分の負担軽減のニーズは一致。このため、分離変換技術の研究開発を精力的に展開
- 欧州枠組みプログラム(FP6、FP7等)においてEUROPART、EUROTRANS等の多様なプロジェクトを展開し、研究者・技術者の教育・育成にも活用

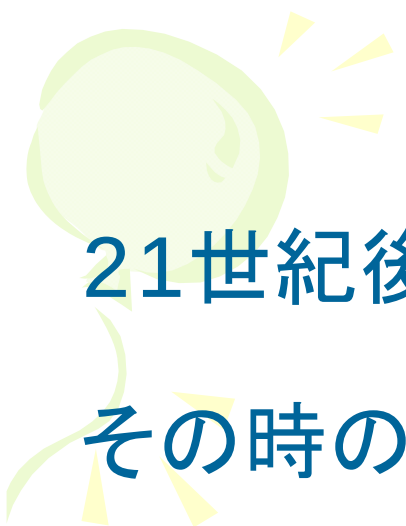
□ 中国: DT中性子源と未臨界体系を組み合わせたADS模擬実験装置VENUSを設置

□ インド: トリウム資源の利用を狙ったADSの研究を実施中

□ OECD/NEA、IAEA: 分離変換技術に関する情報交換会議やベンチマーク活動を主催



ベルギー原子力研究センターで建設が計画されてる照射用ADS:MYRRHA



21世紀後半、22世紀には化石燃料はなくなる

その時のエネルギーとして

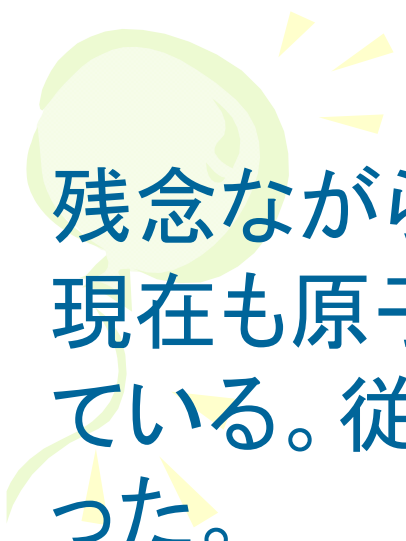
再生可能エネルギーと原子力しかない

原子力を将来利用するならば

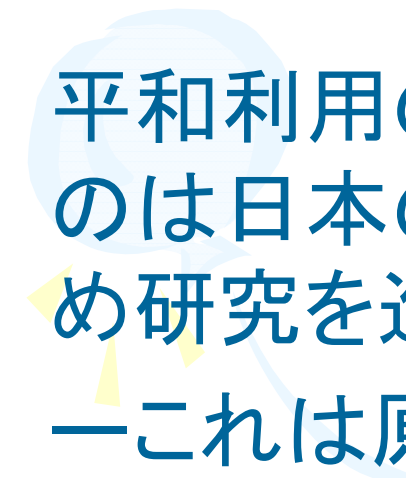
最終処理法を研究開発し



最終処理場を早急にきめよ



残念ながら第2次世界大戦で勝利を収めた国々は現在も原子力を兵器として用いることに力点を置いている。従って最終処理法などの研究が後廻しであった。



平和利用のためのみに原子力を研究開発しているのは日本のみ。大いに誇りを持って人類の将来のため研究を進めよう。

—これは原子力賛成反対とは独立などちらのためにも重要な研究である—

