

111118 サイエンスアゴラ

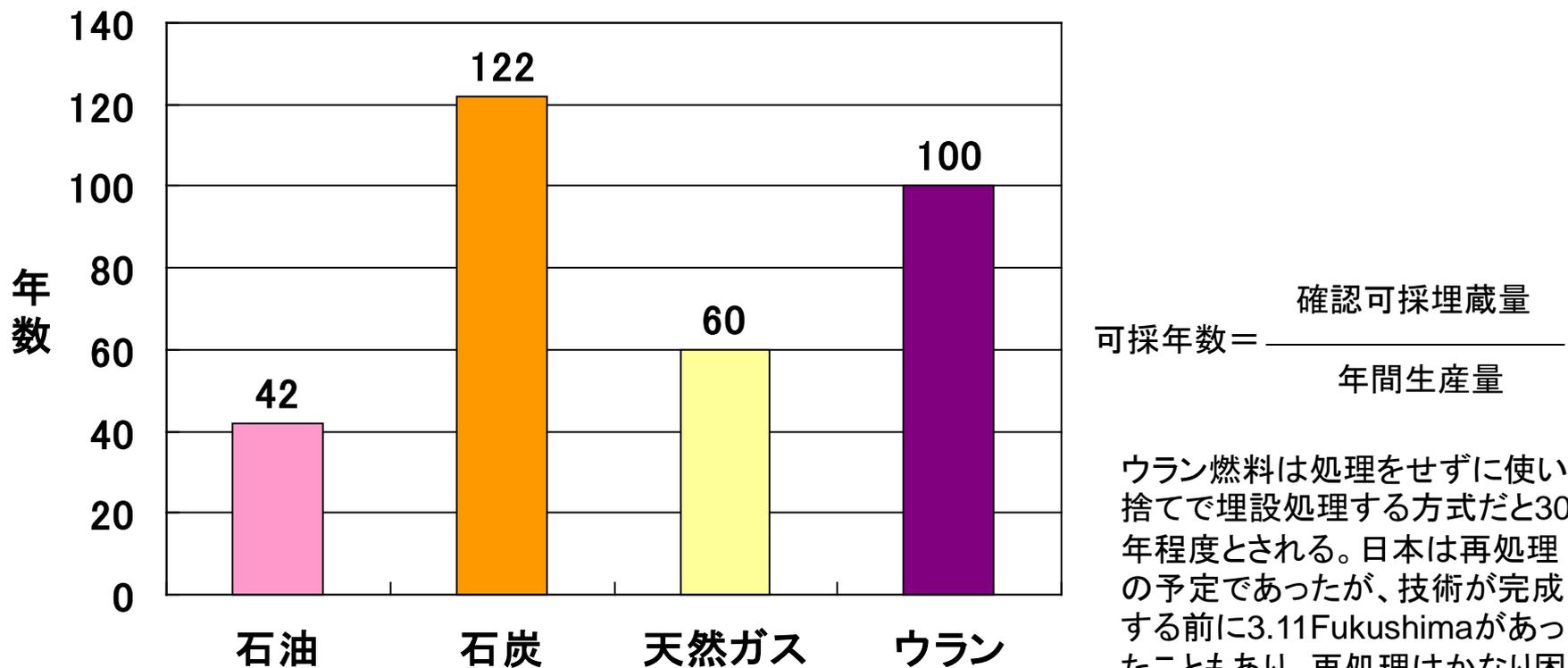
震災を乗り越えて
世界が進んでいくために

科学技術振興機構

北澤 宏一



(4) 世界の枯渇型エネルギー資源可採年数(2008年)



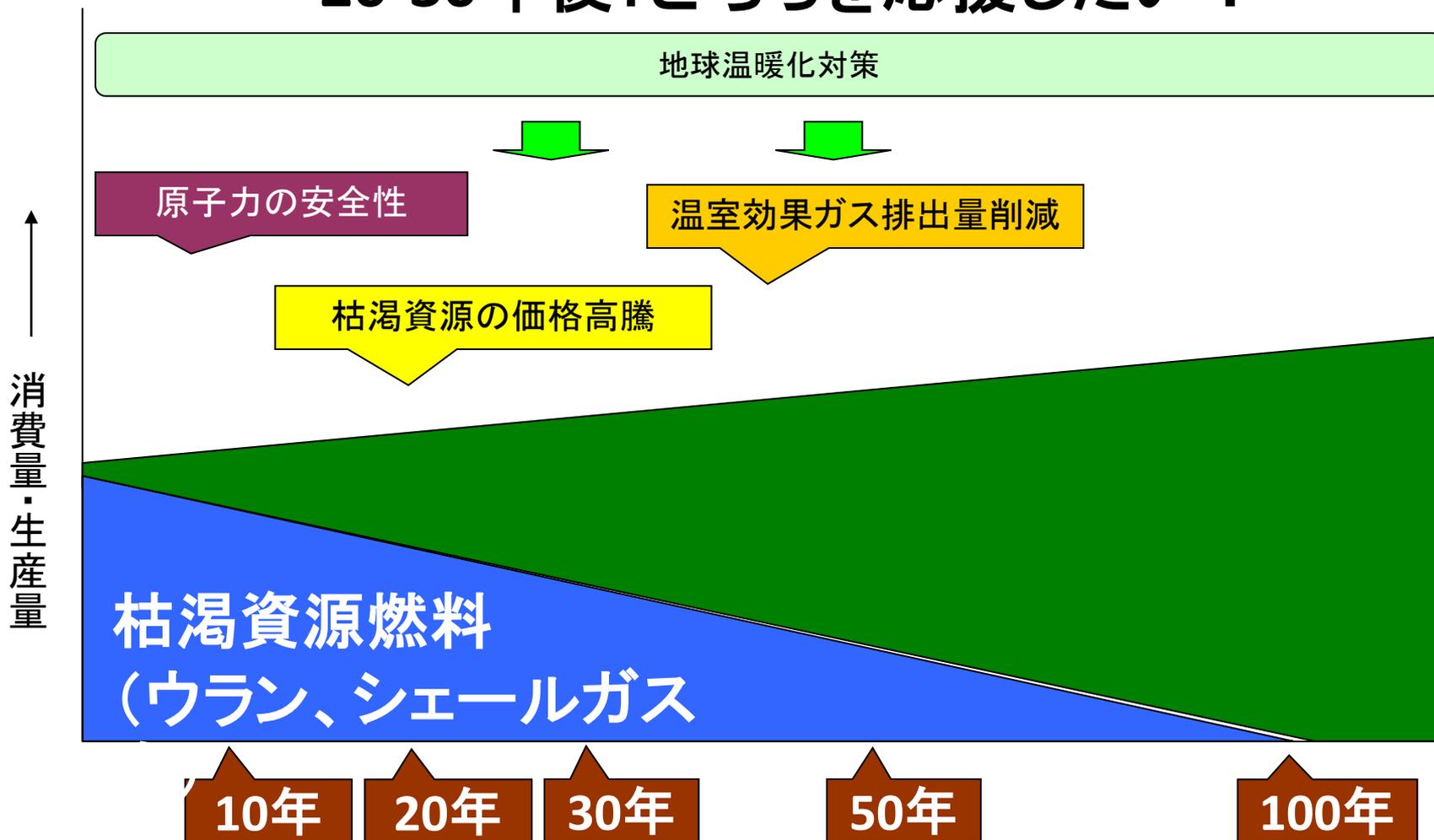
ウラン燃料は処理をせずに使い捨てで埋設処理する方式だと30年程度とされる。日本は再処理の予定であったが、技術が完成する前に3.11Fukushimaがあったこともあり、再処理はかなり困難な状況になっている。

出所:BP統計2009(石油、天然ガス、石炭:2008)
OECD/NEA-IAEA Uranium2007(ウラン2007年)

質問：再生可能エネルギーでやっていけるのか？

いずれ(100年後)その道を選ぶしかない

20-30年後：どちらを応援したい？

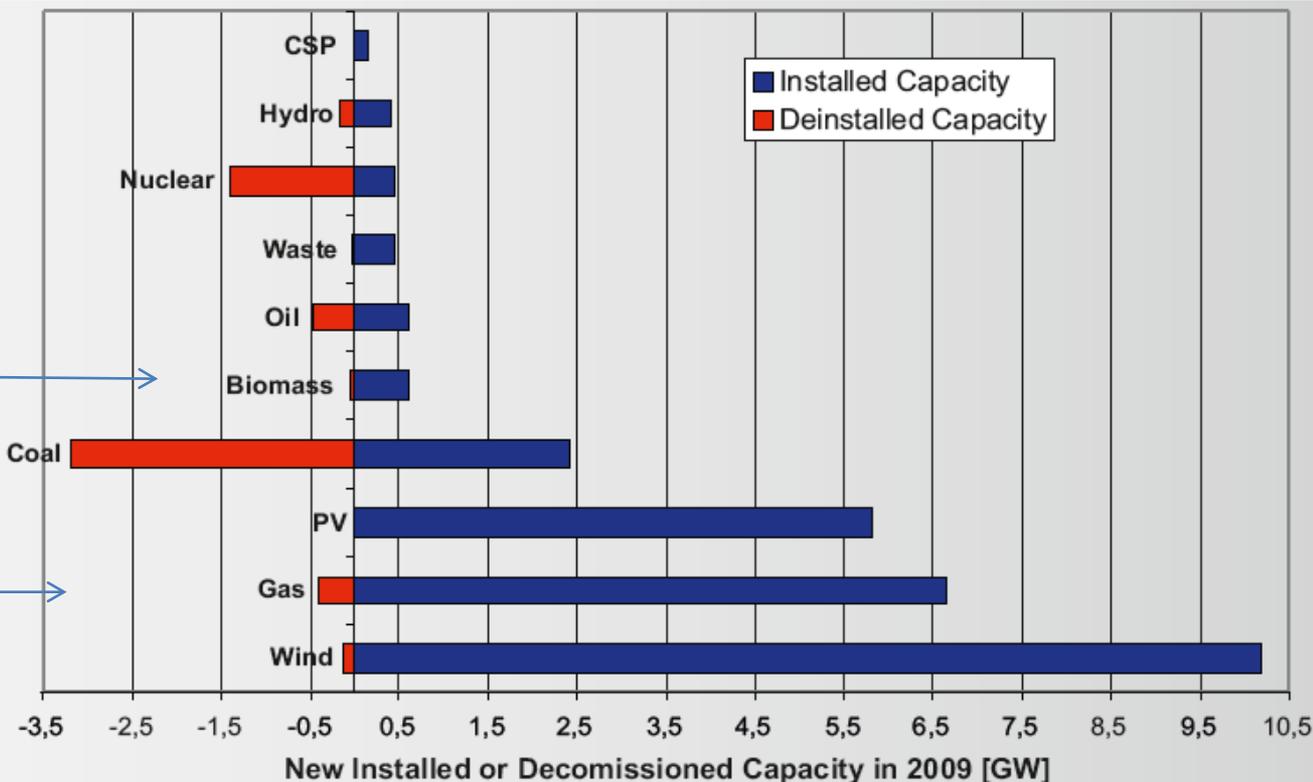


資源の枯渇、温室効果ガス排出量削減、技術革新などを踏まえた短期的・中期的・長期的なタイムスケールでの取り組みが必要

エネルギー源転換の現状(2009)欧州

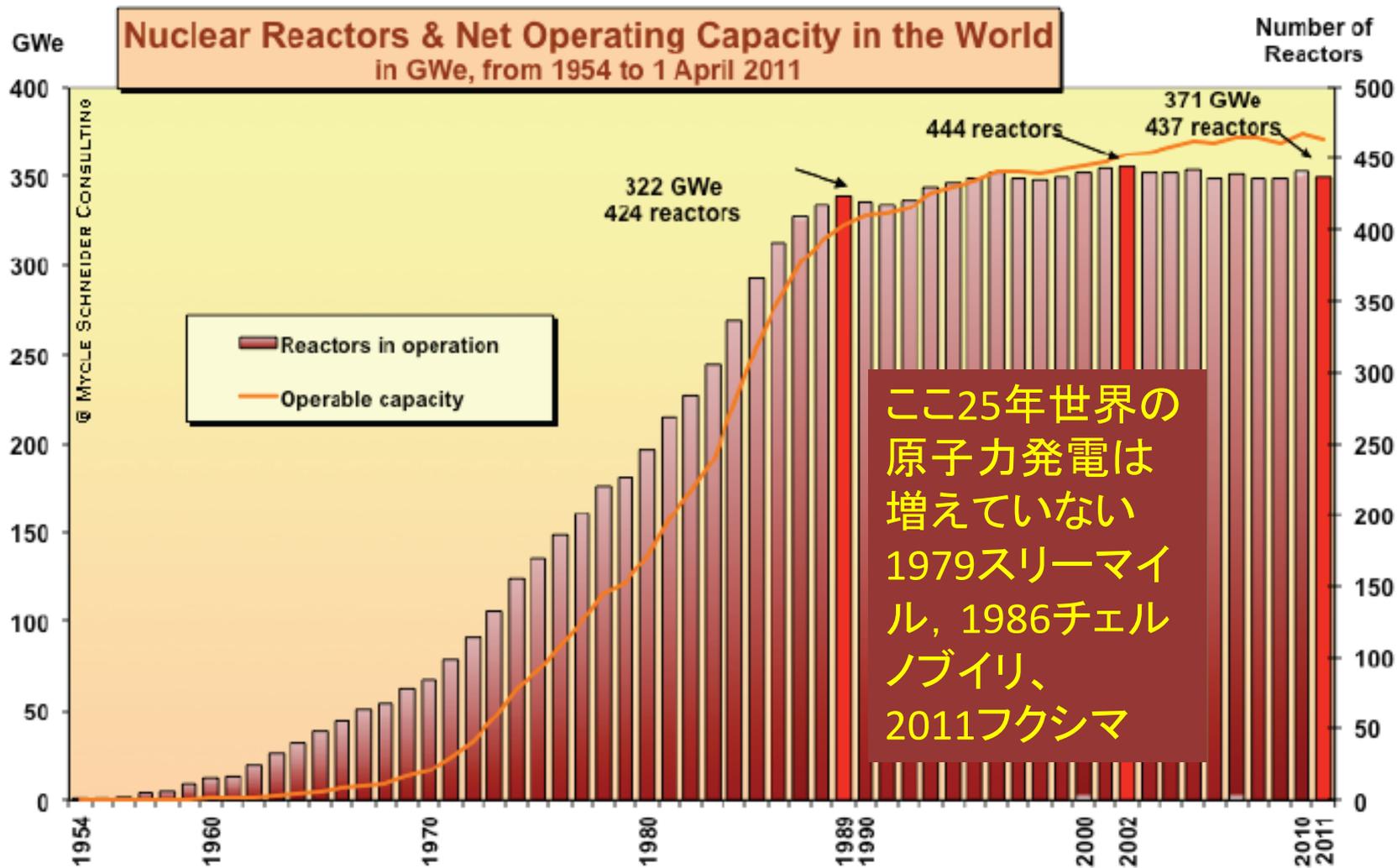
Fig. 5: New installed or decommissioned electricity generation capacity in Europe in 2009

原子力 →
石炭 →
石炭 →
太陽光 →
天然ガス →
風力 →



石炭、原子力から
天然ガス、風力、
太陽光への転換

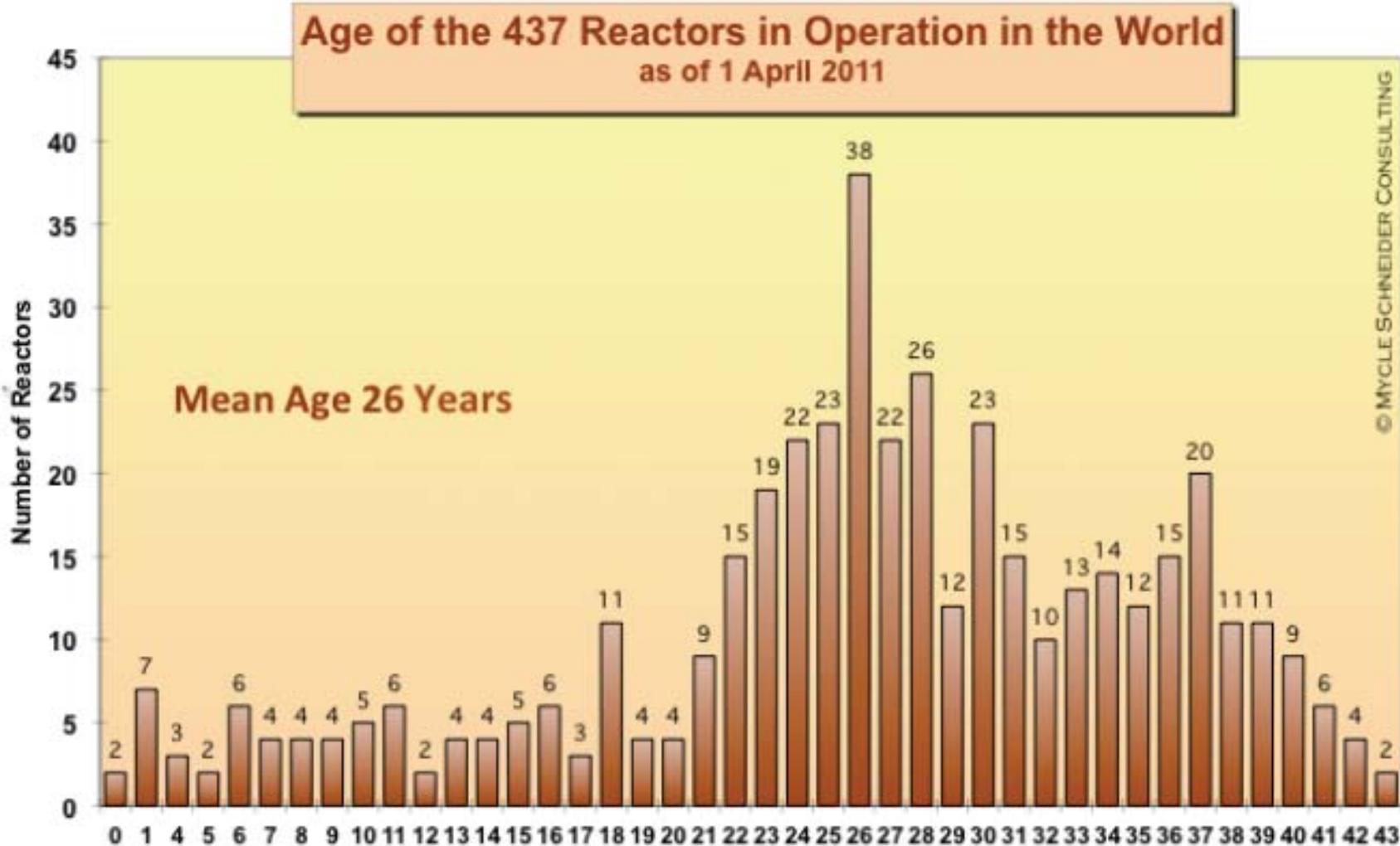
(7) 世界全体の原子力発電量の推移 1966年-2011年



ここ25年世界の原子力発電は増えていない
 1979スリーマイル, 1986チェルノブイリ,
 2011フクシマ

Source: IAEA-PRIS, MSC, 2011

(8)稼働中の世界の原子炉437基の年齢



世界437基の原子炉は高齢が多い。米国では寿命40年、
 仏では原則30年。今後退役増大。新設計画は中国とインド。
 当面は退役分を計画中新設ではカバーできない。→減少予想

Sources: IAEA-PRIS, MSC, 2011

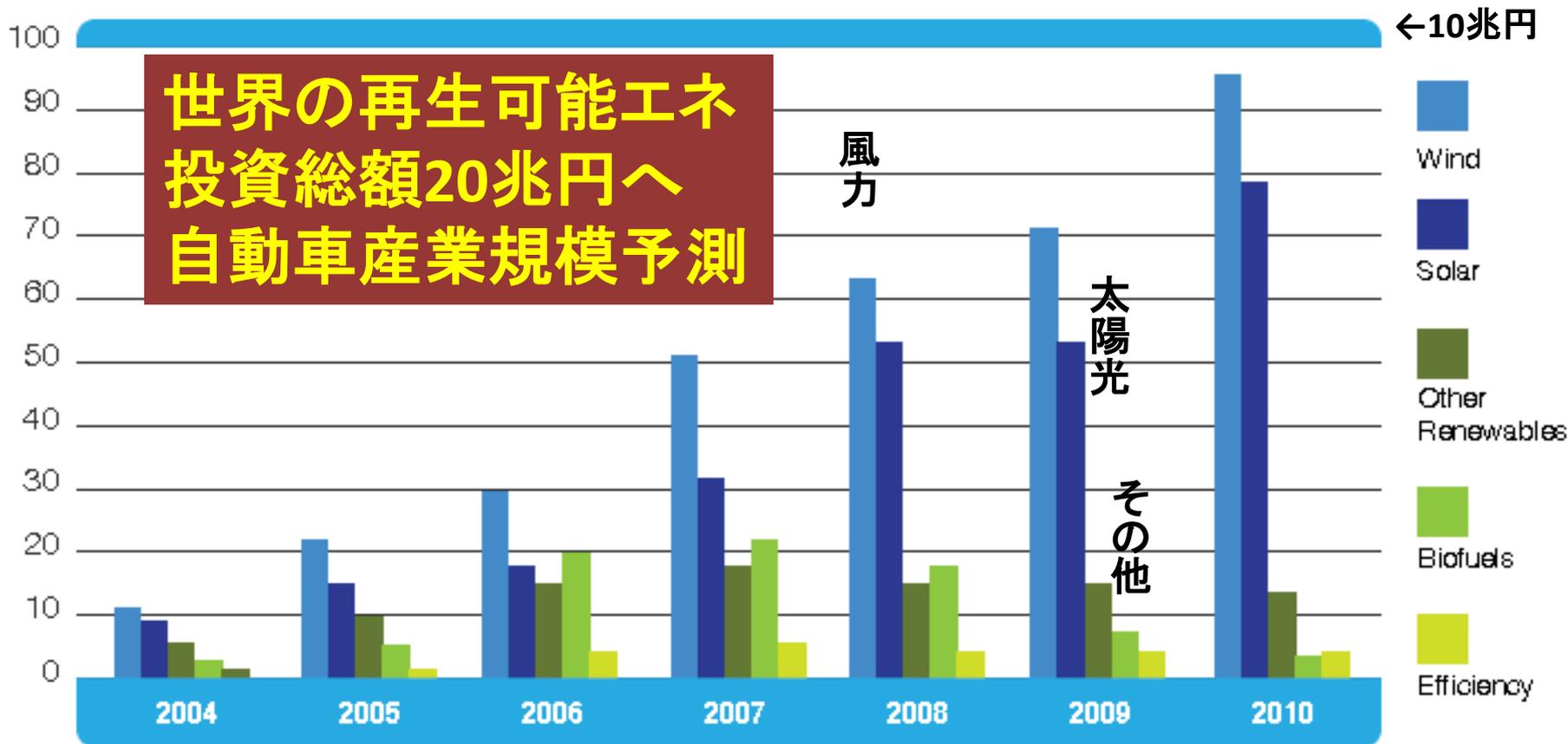
3. 11 : 海外の反響

- フランス 「変更なし」 76%電力が原子力
2020年までに23%を自然エネに 原子炉新設しない
- アメリカ、イギリス 「変更なし」
30年の間(TMI後)原子炉新設なし、技術空洞化
原子カルネッサンスの動き(ブッシュ時代に提案→再停止)
- スウェーデン 変更なし(温暖化ガス排出ゼロ発電)
2010 原子炉の数(10基)。国は経済支援しない。
- 中国 原子力?再生可能エネの方が現在大きい。
非常に活発な投資を双方に。両者とも世界最大投資。
安全規制強化、計画遅延
- ドイツ、オーストリア、イタリア、**スイス**
脱原発を国として決定
- デンマーク 風力電力の3割以上(市民風車制度)

再生可能エネルギー種別投資額比較2004-2010

FIGURE 3: G-20 INVESTMENT BY TECHNOLOGY 2004-10 (BILLIONS OF \$)

10億ドル

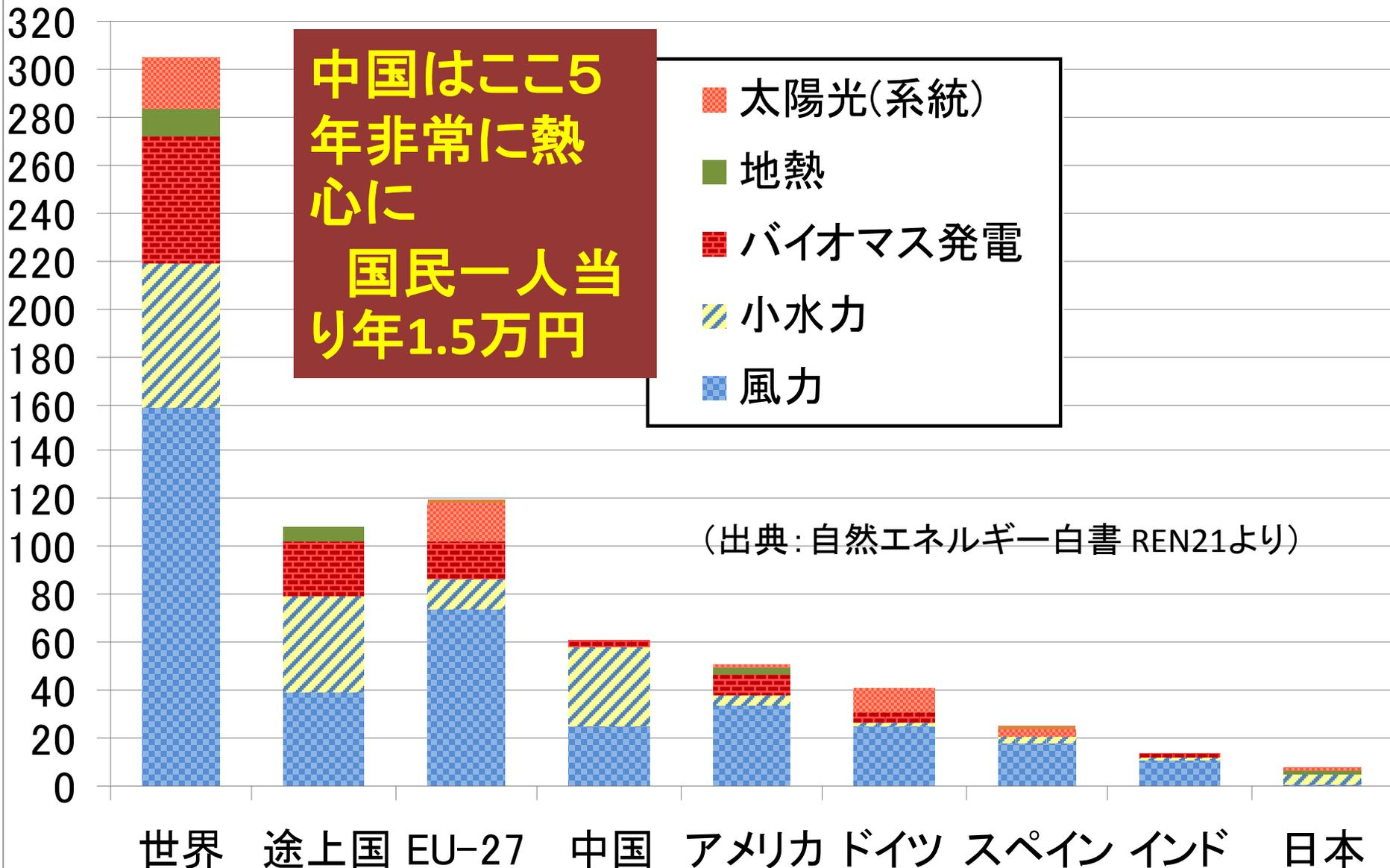


日本の電力
総売り上げ15兆円
化石エネ輸入25兆円

Ref: Who's winning the Clean Energy Race? 2010 edition
(The Clean Energy Economy, The PEW Charitable Trust.)

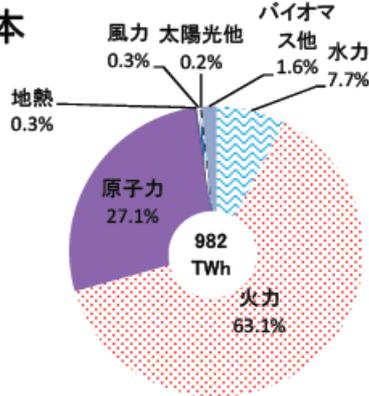
再生可能エネルギー発電設備容量(2010)

[GW]

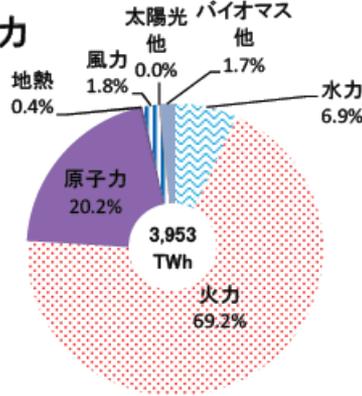


各国の電源別エネルギー構成

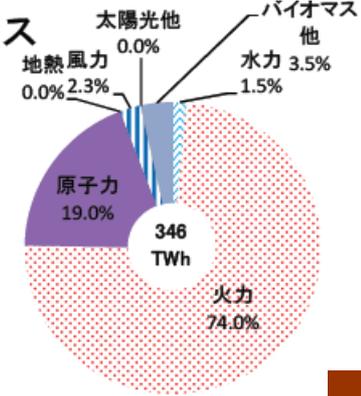
日本



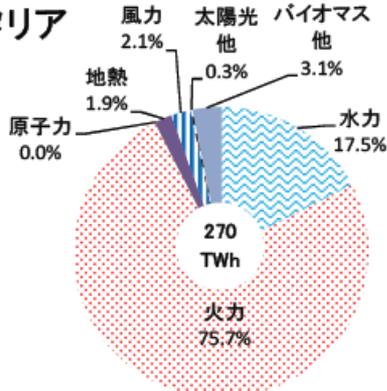
アメリカ



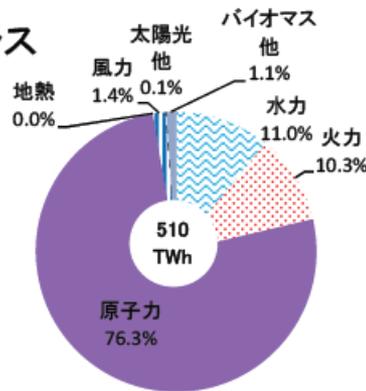
イギリス



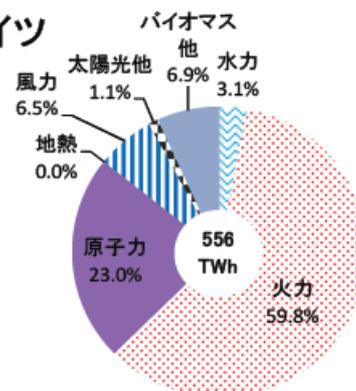
イタリア



フランス

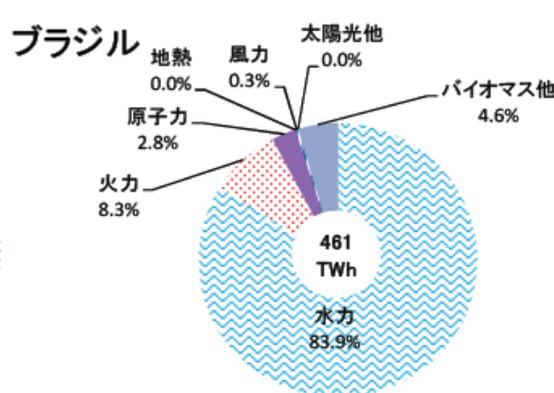
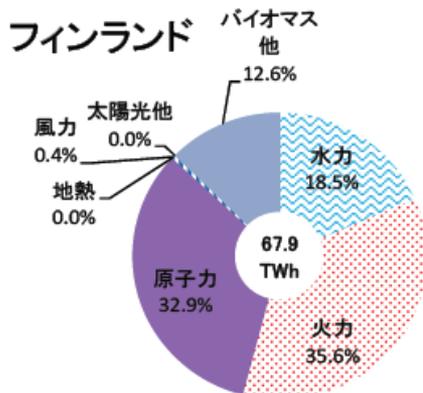
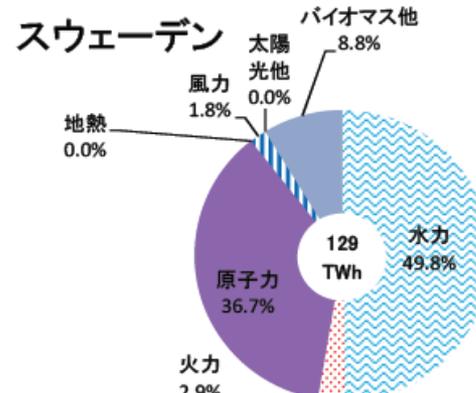
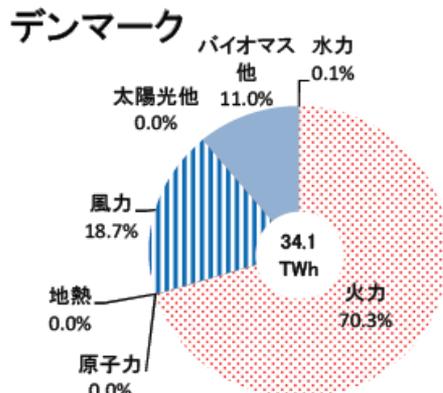
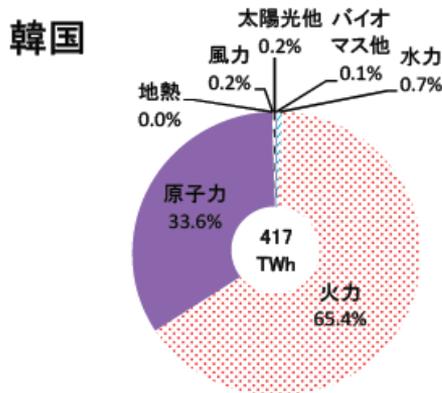


ドイツ



円グラフ中央の太字は年間総発電量

OECD典型例：化石エネ6-8割、今後脱原発、脱化石エネに向けて世界は動く
そのスピードと初期の方針のみが問題



円グラフ中央
の太字は年間
総発電量

(出典: U.S. Energy Information Administration (EIA) 2009年)

**スウェーデン: 温暖化ガス排出ゼロ、
原子力を徐々に減らせば目標達成 (コスト・景観)**

デンマーク: 風力30%

ブラジル: ほとんど水力+バイオマス

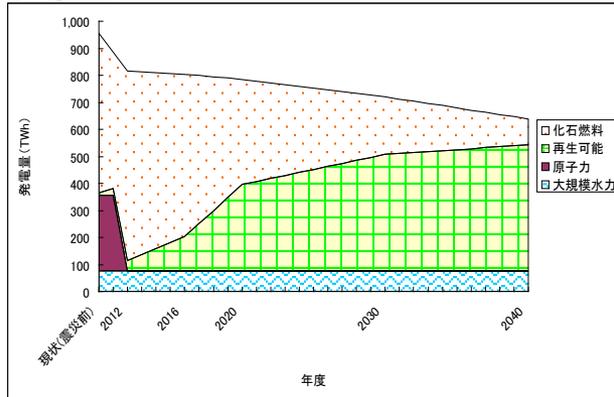
1.1 学術会議東日本大震災復興対策委員会 「エネルギー政策の選択肢分科会」

9月調査報告：学術会議ホームページに詳細

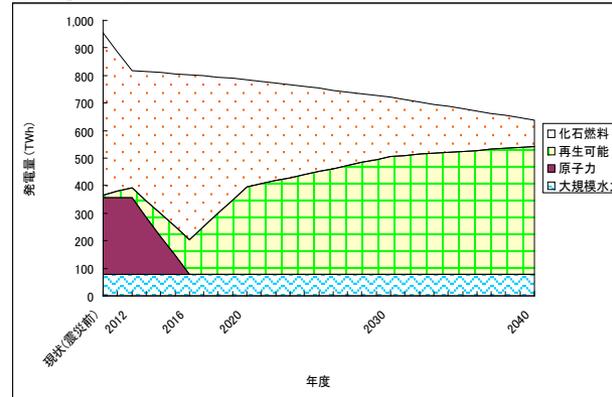
- 抜本的にエネルギー政策を従来の枠にとらわれずに見直すきっかけを作り、積極的な情報発信を目指す。
- 学術会議のポテンシャルを活かす。その他の多くの委員会との連携を推進し、尊重する。
- 東日本大震災復興計画の進捗をも視野に入れるため、常に迅速に資料収集などを行い、中間時点でも未定稿現状報告ができるように務める。
- 今後の長期的な検討（WG設置など）の体制作りを準備し、エビデンスベースでの資料作りと提言報告などを目指す。
- 日本全体のあらゆる組織や団体の力および情報をフレキシブルに自己の判断により出典を明記して採り入れる。

1.4 各選択肢における電源別発電構成の推移

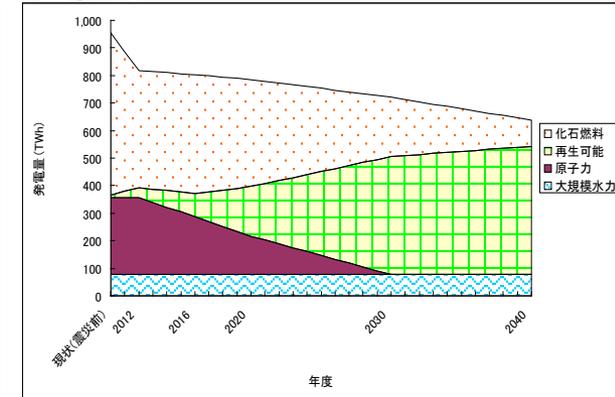
選択肢 A



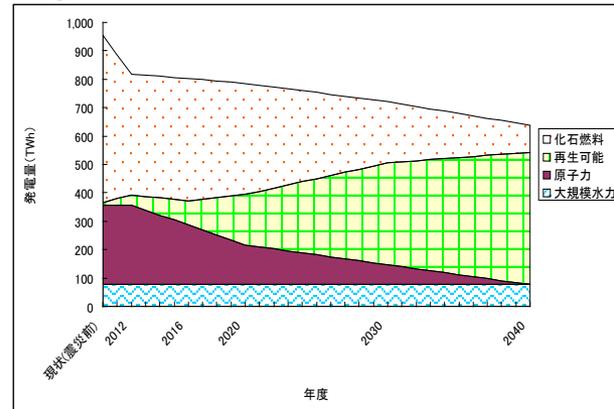
選択肢 B



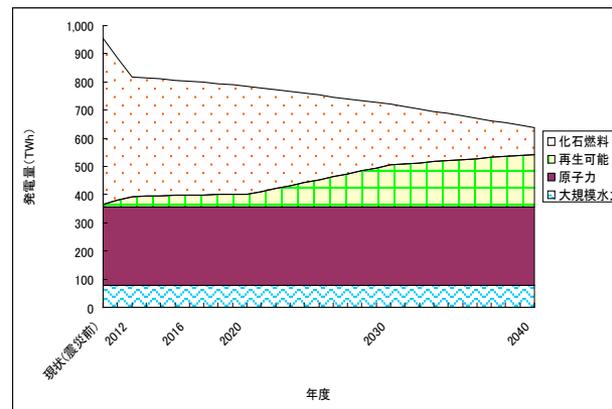
選択肢 C



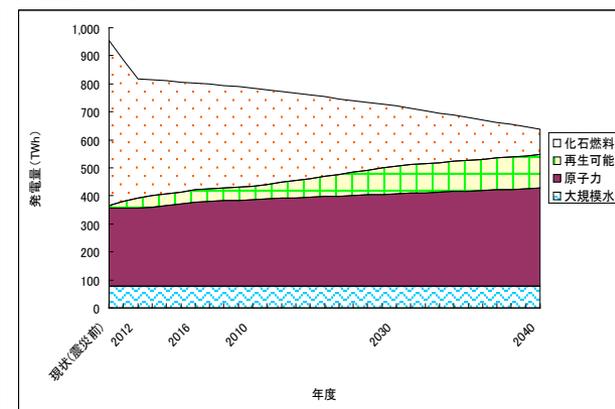
選択肢 D



選択肢 E



選択肢 F



・初年度の発電量の減少は、15%節電の定着化を想定。その後の減少は省エネと人口減を想定。

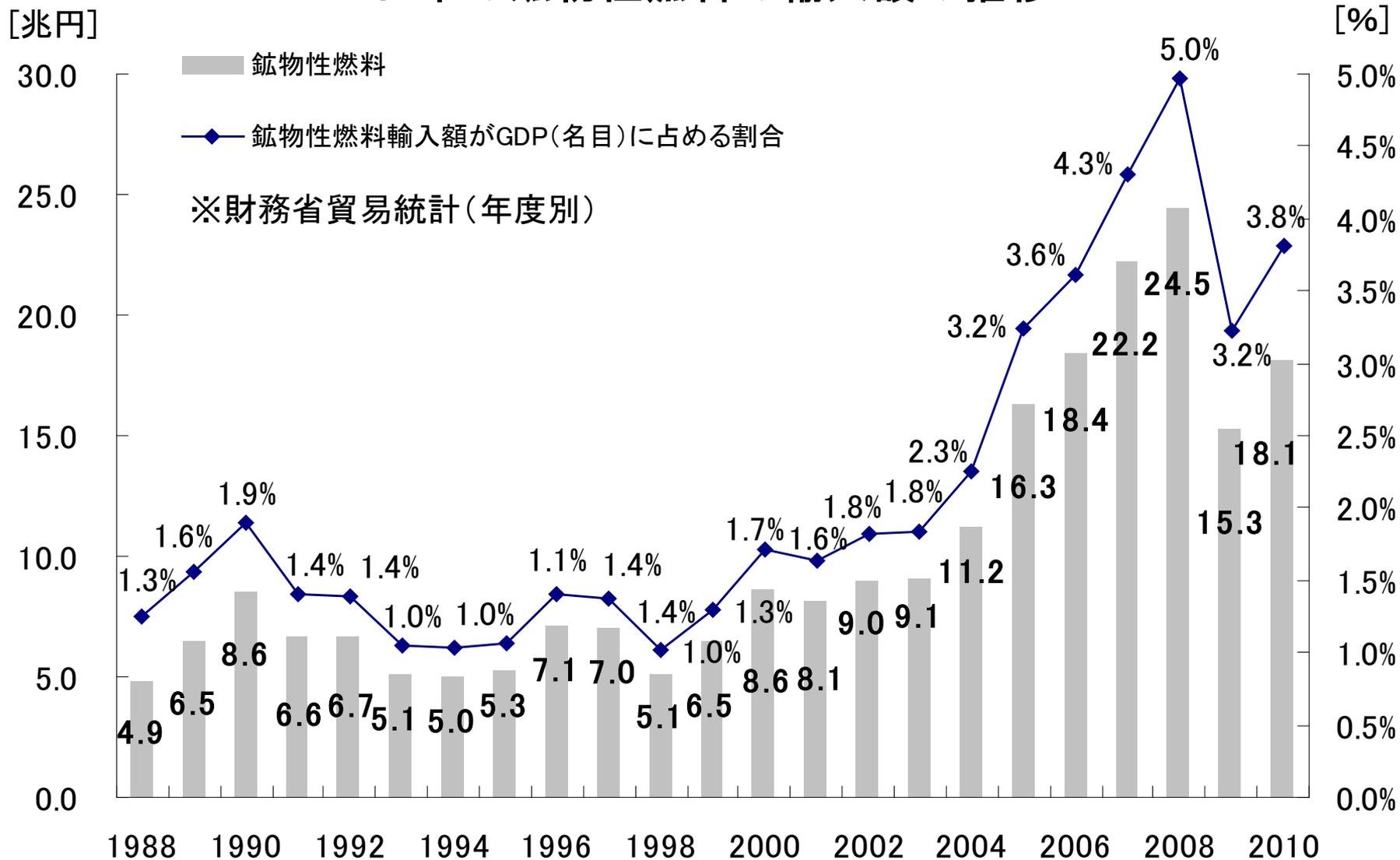
1.3 各選択肢における試算結果(事務局試算)概要

	選択肢 A	選択肢 B	選択肢 C	選択肢 D	選択肢 E	選択肢 F
シナリオ	原発即停止	原発5年で停止	原発20年で停止	原発寿命で停止	原発現状維持	原発増強
2011-16年再エネ投資額	約5兆円/年	約5兆円/年	約3兆円/年	約3兆円/年	約1兆円/年	約1兆円/年
2016年主な再エネ導入量	風力27GW 太陽光37GW	風力27GW 太陽光37GW	風力14GW 太陽光23GW	風力13GW 太陽光27GW	風力2GW 太陽光4GW	風力2GW 太陽光4GW
標準家庭の電気代	2016年+752円 2020年+1,717円 2030年+2,121円	2016年+763円 2020年+1,729円 2030年+2,121円	2016年+278円 2020年+719円 2030年+2,118円	2016年+278円 2020年+659円 2030年+1,748円	2016年▲390円 2020年▲432円 2030年▲825円	2016年▲390円 2020年▲432円 2030年▲710円
備考	当面火力で補うが、2020年までに50%再エネに移行。最初の投資額が大きい。		再エネへの移行が緩やか。技術開発や量産効果で安価になることも期待。		15%節電の前提により電気代は安価。原発発電コストの見直しや賠償額により、上記より高額になる可能性も。	

主な算出前提

- ・すべてにおいて、節電15%を実施したと仮定
- ・A~Fすべてで2020年に温室効果ガス25%削減(1990年比)、2030年ゼロエミッション電源70%を達成
- ・E,Fについて、福島原発の事故の賠償額は含んでいない。
- ・発電コスト 水力:11.9円、火力(石炭6.2円、LNG6.5円、石油等11.2円、原発5.9円
太陽光:48円→31円、風力:20円→18円、地熱20円、バイオマス21.8円

日本の鉱物性燃料の輸入額の推移



国産エネ化→新規財源 20-25兆円になる(15-20万円/国民)

英国で2011FIT料金改定：メガソーラー値下げ 個人優遇

- 旧: Price paid per kWh
- GBP USD Size
- £0.41 \$0.66 < 4kW retrofit
- £0.36 \$0.58 4 to 10 kW or <4 kW ~~new build~~
- £0.31 \$0.51 10 to 100 kW
- £0.29 \$0.47 100 kW to 5 MW

英国では家庭用の小型ソーラーは特に優遇 50円/kWh 日本??

新規 New Tariffs: Price paid per kWh 2011年5月18日報道

- £0.41 \$0.66 < 4kW retrofit
- £0.36 \$0.58 4 to 10 kW or <4 kW new build
- £0.31 \$0.51 10 to 50 kW?
- £0.19 \$0.31 50 to 150 kW
- £0.15 \$0.24 150 to 250 kW
- £0.09 \$0.14 250 kW to 5 MW

英国の最新FIT価格(全量買取)でメガソーラー級kWh14セント！すでにグリッドパリティに！

<http://www.renewableenergyworld.com/rea/blog/post/2011/05/cuts-to-uk-solar-incentive-may-spread-economic-benefits?cmpid=WNL-Wednesday-May18-2011>

環境省太陽光発電 導入ポテンシャル調査 2010

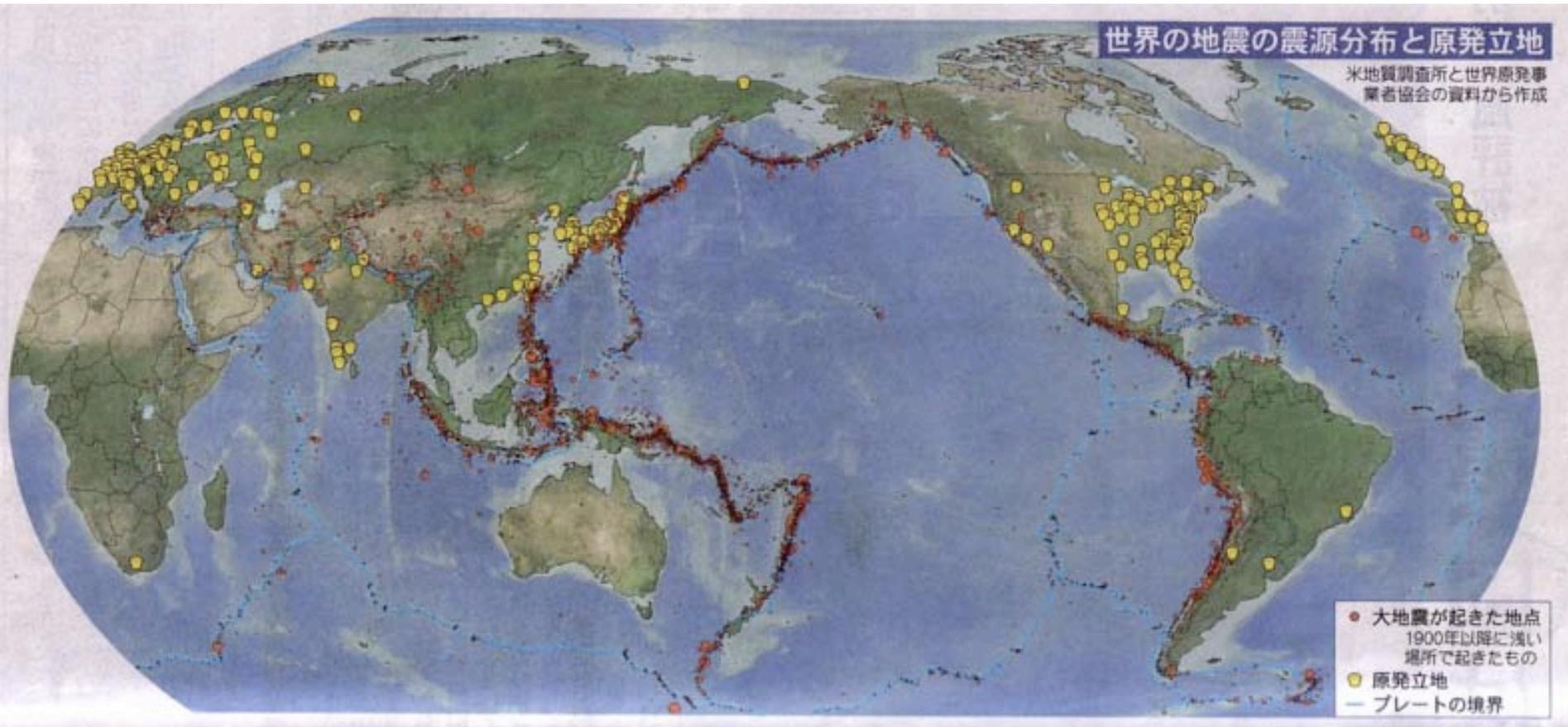
- 戸建て住宅: 53 GW
- 集合住宅・オフィス: 22 GW
- 公共用建築物: 23 GW
- 工場・倉庫等: 29 GW
- 未利用地: 27 GW
- 耕作放棄地 70 GW

小計224GW 導入可能

- 地熱 33.6GW (20円、20年)
- 小水力 3-4GW
- 風力: 陸上→洋上→浮上体(洋上) : エネ全体

(9) 世界の地震の震源分布と原発立地

特に大地震(マグニチュード6以上)の2割が日本



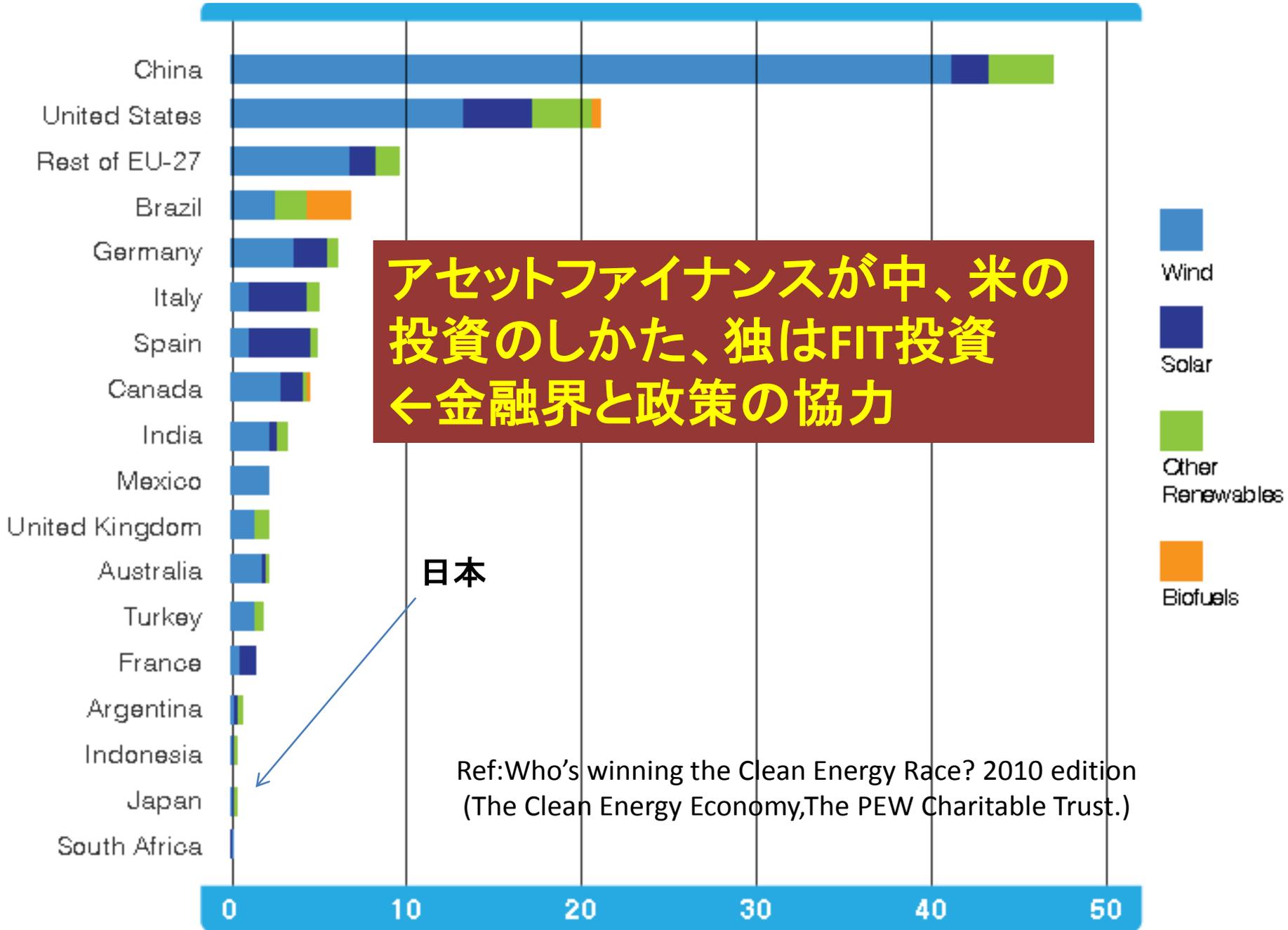
日本と台湾のみが地震地域に原発サイトを有する 首都台北のすぐ北に3基
スイス:「1回の事故でも国(観光)はお終い」→国が脱原発決定(9月)

再生可能エネ(分散型)一雇用大

- 雇用が原子力の5倍 現地雇用多い
- 屋根や土地を貸与
- 住民資金、市民エネ、外部投資の組み合わせ

- 被災地は高齢者比率65歳以上が6割
- 17%の再生可能エネ導入で30万人の雇用増(独)、日では30%の原子力導入で雇用8万人増(独の人口は日本の半分)。
- 太陽電池などでは屋根貸しなどで高齢者への収入増可能。風力は地域収入可。

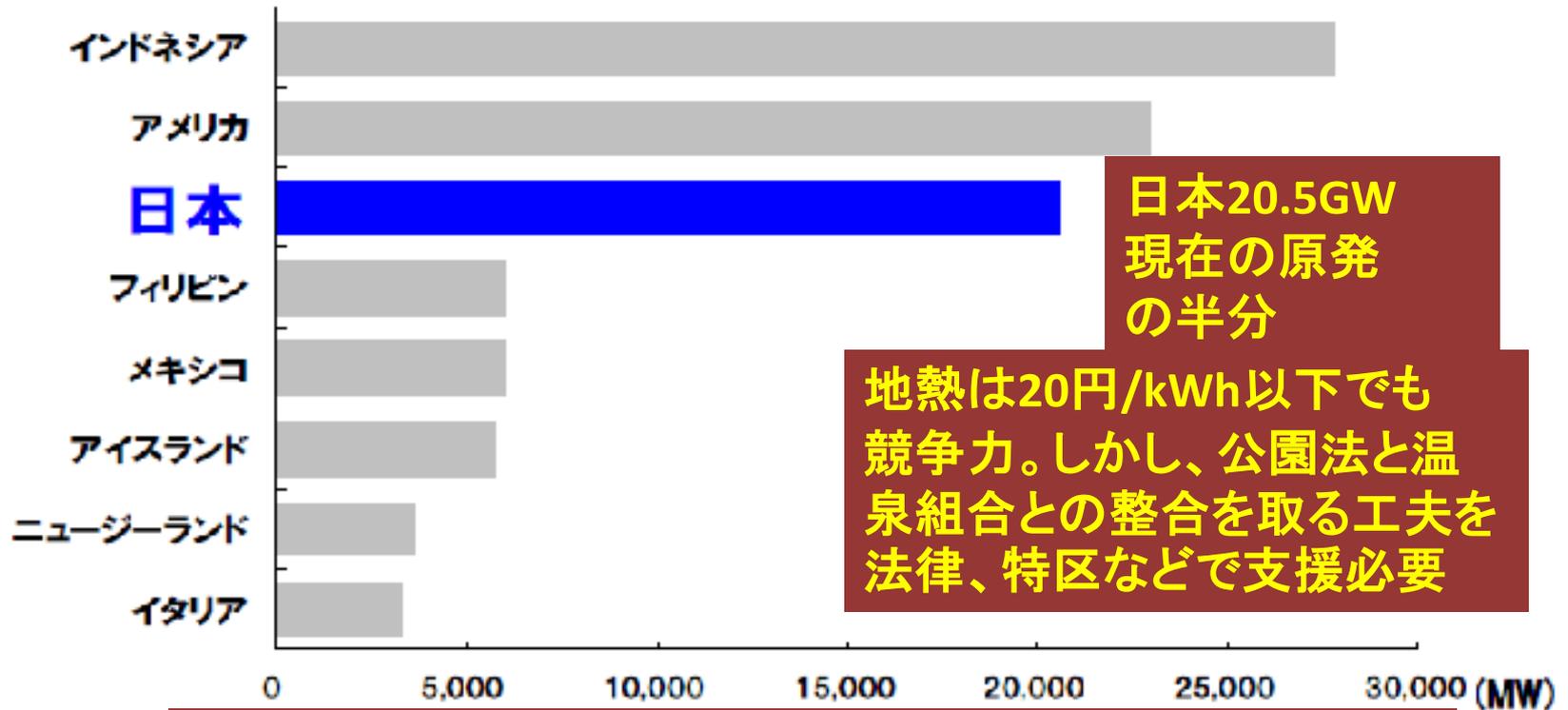
再生可能エネ設備融資総額比較(2010年) 10億ドル



現在の技術開発動向

- **地熱**: 世界の設備の7割が日本一富士電機、三菱重工
電力の15%程度は開発着手容易(環境省調べ)。
- **太陽電池**: サンシャイン計画による技術蓄積。しかし、ここ
数年国内需要低調、設備投資で海外先行。
中、米、独先行。しかし、技術は新製品: CIGS(昭和
シェル石油九州工場2011低価格)、有機太陽電池(三
菱化学2011フレキシブル、塗布型)、 dendroライトシリコ
ン電池(東北大発表: 低価格型)、薄膜塗布型シリコン
プロセス(北陸先端大)、MOCVD薄膜原料迅速切替法
シリコン(東北大)などに期待
- **風力発電機**: 三菱重工のギアレス型—欧州洋上発電で注
目、九大の風レンズ型(風速の低いところ・景観)、洋上浮
体の技術開発依然必要(ノルウェー、スウェーデンなど先
行)
- **海洋エネルギー**: 技術開発は北欧先行

世界の地熱資源(150°C以上浅部)国別比較



日本20.5GW
現在の原発
の半分

地熱は20円/kWh以下でも
競争力。しかし、公園法と温
泉組合との整合を取る工夫を
法律、特区などで支援必要

地熱は稼働率高く、設備初期コストも安価。法規制による
煩雑な手続きが阻害要因。日本は資源量大。

(単位: 億t-cX単位: 10¹⁵J)

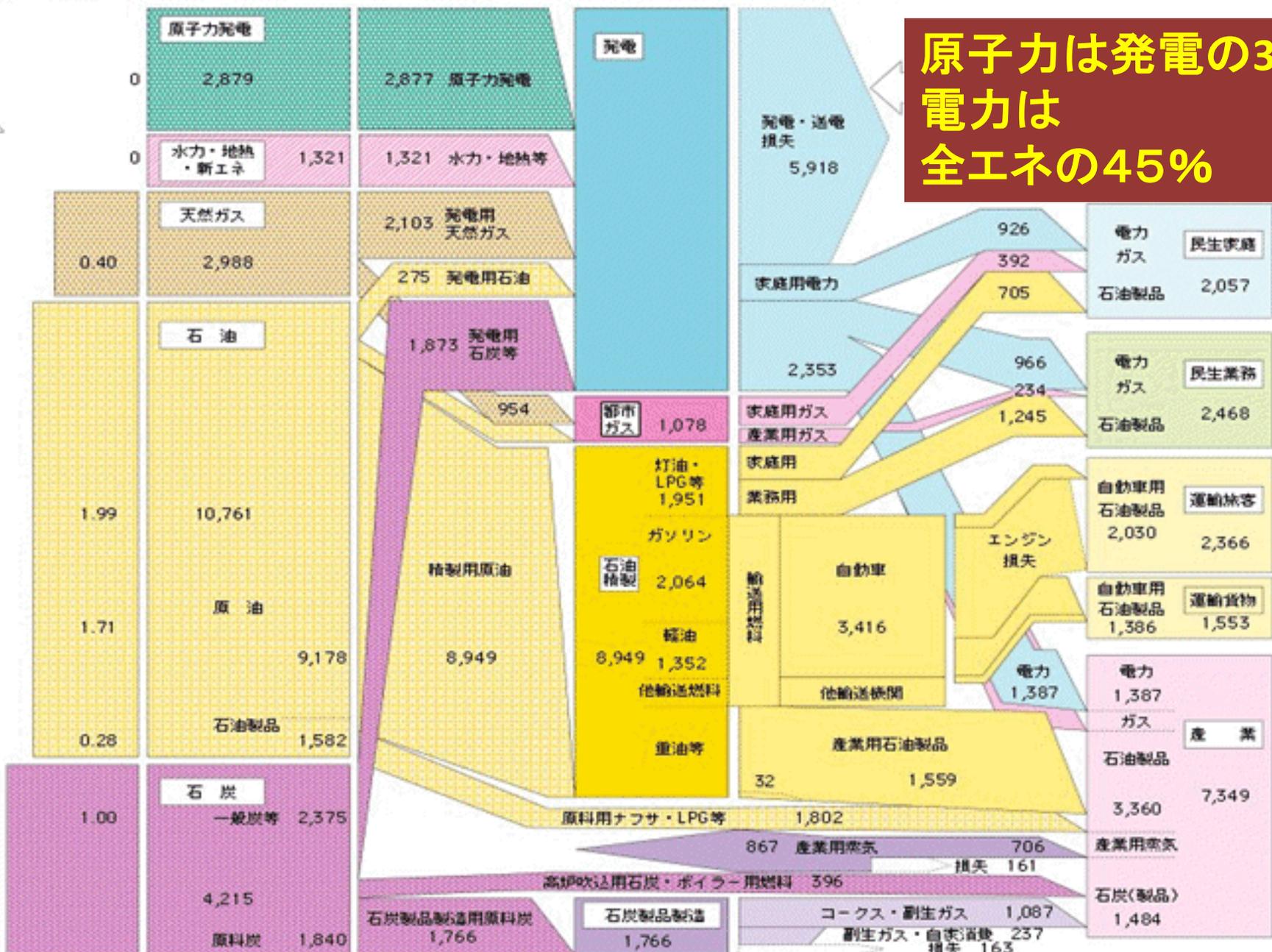
CO₂排出量

一次エネルギー-国内供給 22,101

エネルギー-転換/転換損失 ▲6,309

最終エネルギー-消費 15,792

CO₂ 排出量が少ないエネルギーの利用



原子力は発電の3割、
電力は
全エネの45%

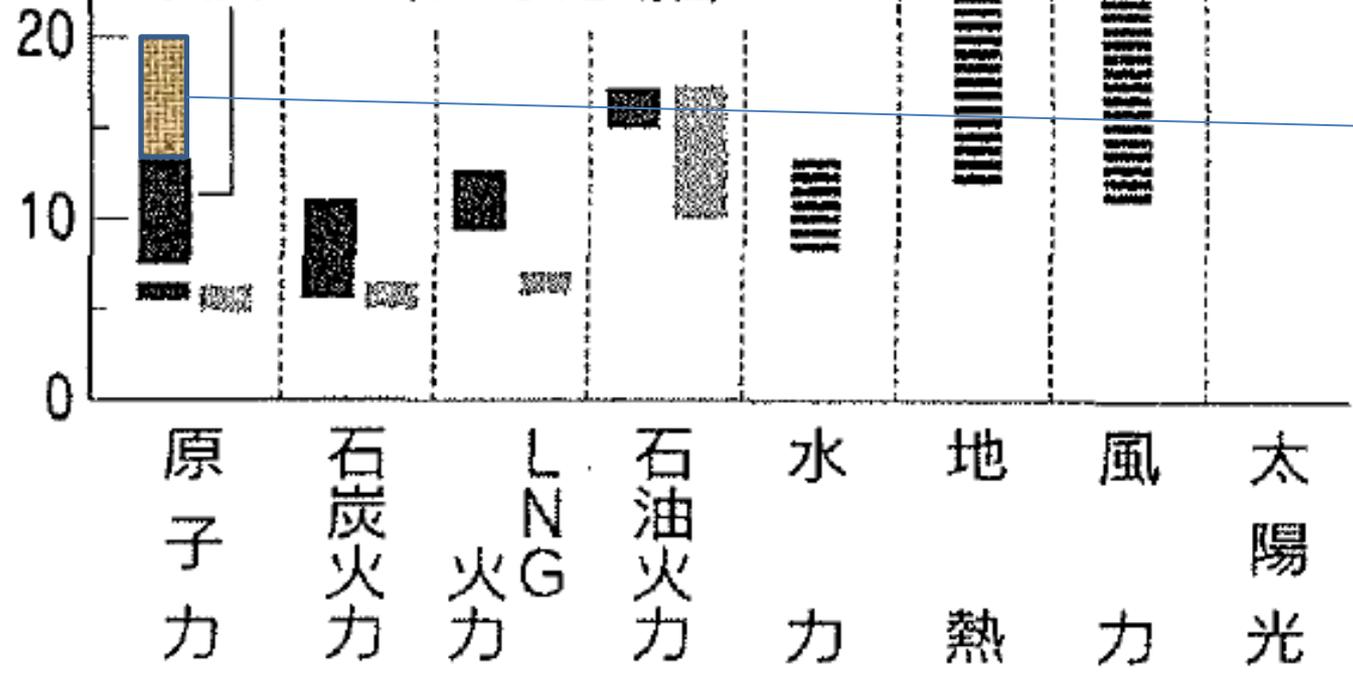
省エネルギー

¥/kWh 電源別発電コストの比較

(円/キロワット時)

日本経済研究センター
 試算(2011年)
 経産省試算(2004年)
 経産省試算(2011年)

福島原発事故処理・賠償費用を上乗せした場合



出典: 2011年
7月19日

日経新聞

出典: 2011年
8月23日

電気新聞

2011年10月26日 総合資源エネルギー調査会

日本エネルギー経済研究所豊田正和理事長

「原子力から再生可能エネルギーに移行した結果、エネルギーコストの上昇を招き、産業が移転するなどして「日本経済の停滞や生活水準の低下を招く恐れがある。そういうことは考慮しているか」

日本のGDP500兆円 電力費 15兆円

娯楽費100兆円 PG 25兆円

化石エネ輸入20-25兆円 必要投資 5兆円

原子力産業5兆円(含発電) (~5兆円)

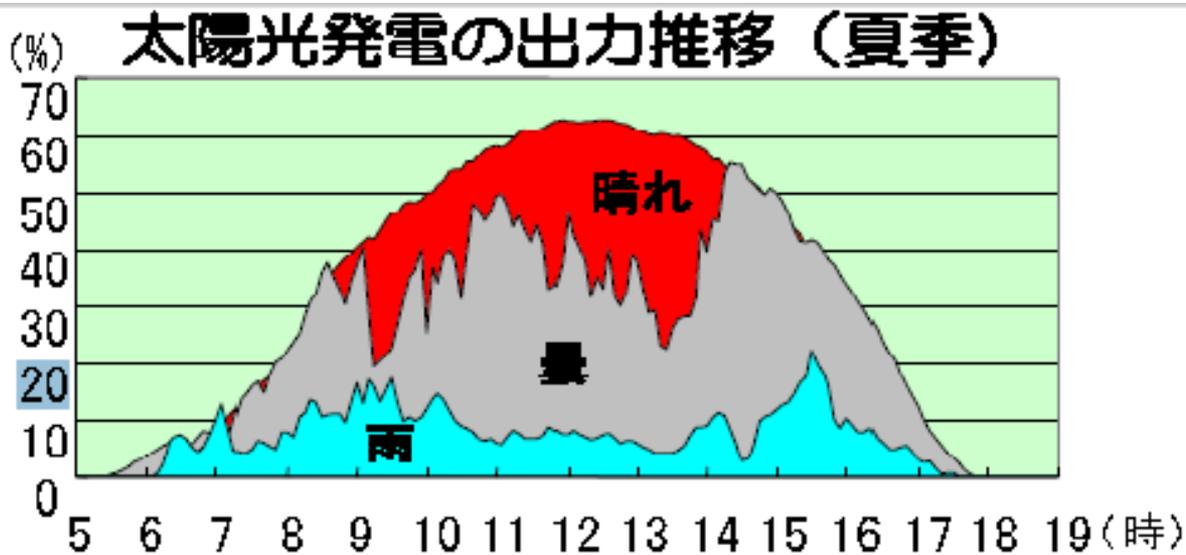
面積の問題：再生可能エネルギーでどこまで

- 太陽電池 1kW:7.5m²
100万kW:2.7kmx2.7km 待ち受け面積
- 風力発電 太陽電池の面積の2倍弱
- ウラン核分裂 1個の原子核 200MeV
化学反応 10eV
→核燃料1kg/日 v.s.
化石燃料トラック1000台/日

全エネルギーを再生可能エネでまかなえるか
米、露など 問題なし 十分な面積
中国—西電東送(数千km送電ケーブル)
欧州・日本 かなり問題 (海のない国は深刻)
洋上風力

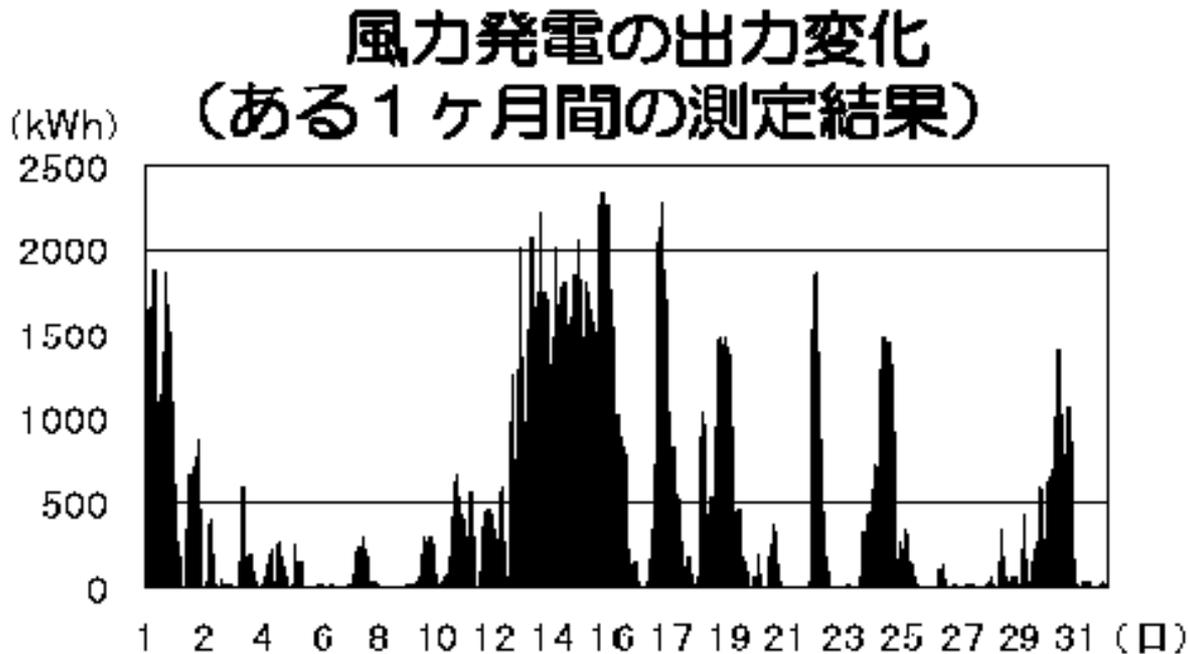
3. 11 : 国内の反響

- 国民 原子力即時ないし段階的廃止 8割
- 経団連 原子力の経済コスト寄与大
- 原子力推進側行政
 - 安全である → リスクのない利益はない
 - より安全に 10^{-6} → 10^{-7}
- 原子力安全委 20111020新防災指針案:
- 避難・屋内退避措置範囲を現行の「8～10キロ圏」から「30キロ圏」に拡大
 - 50キロ圏に「放射性ヨウ素対策区域」義務
- 原子力発電コスト見直し



電力の安定供給問題：
欧州の経験—全電力
2割に達するまでは蓄電
池などを使わず火力で
変動する風力などを調節
可。

太陽電池と風力は両方が
混じる方が平坦化に有利
両者ともに広域で平均化
されるとさらに有利に⇒
スマートグリッド化



プラグインハイブリッド車
や電気自動車の普及望ま
しい。さらに、揚水発電(5
GW程度)を太陽電池など
変動電力の需給調節用に

より将来的には水素電解
による貯蔵⇒燃料電池や
水素エンジン、また海外
からの水素輸入備蓄も

High voltage direct current power transmission projects



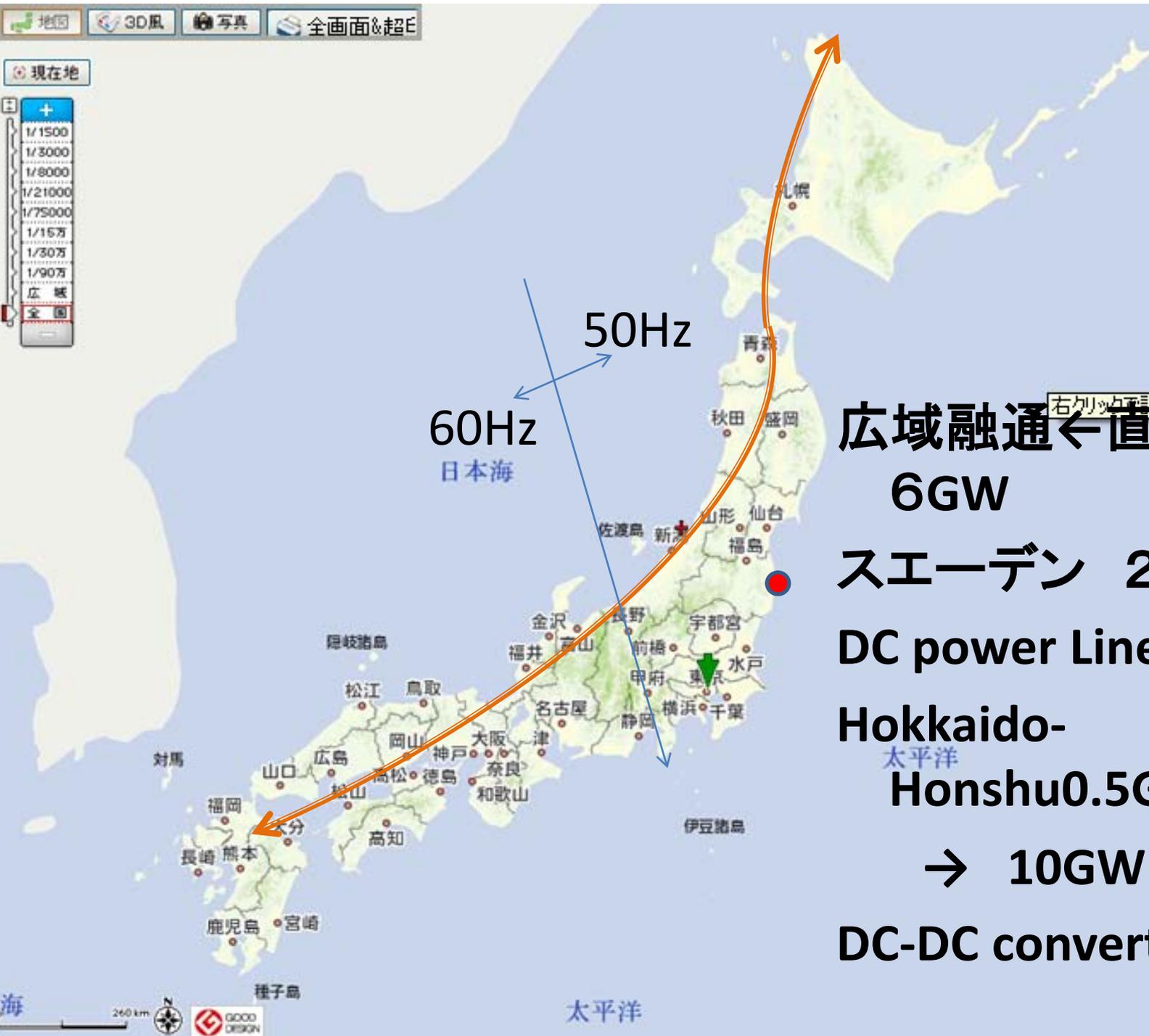
欧州の超高压海底送電
赤: 既設、緑: 建設中
青: 計画中

広域融通が有利:
欧州: 15年間急速に電力融通進行。

高压送電網。一部直流超長距離(スウェーデン2000km)

世界最長の海底送電
450kV、480km
スウェーデンー蘭間





広域融通 ← 直流超高压
6GW

スウェーデン 2000km

DC power Line

Hokkaido-
Honshu 0.5GW

→ 10GW

DC-DC converter: easier

技術革新と経済成長（豊かさ）

☆プロセス・イノベーション

生産性の向上⇒コスト低下
給与向上、より多くの価値入手

☆ プロダクト・イノベーション

新製品⇒新価値
“新たな価値入手へ”

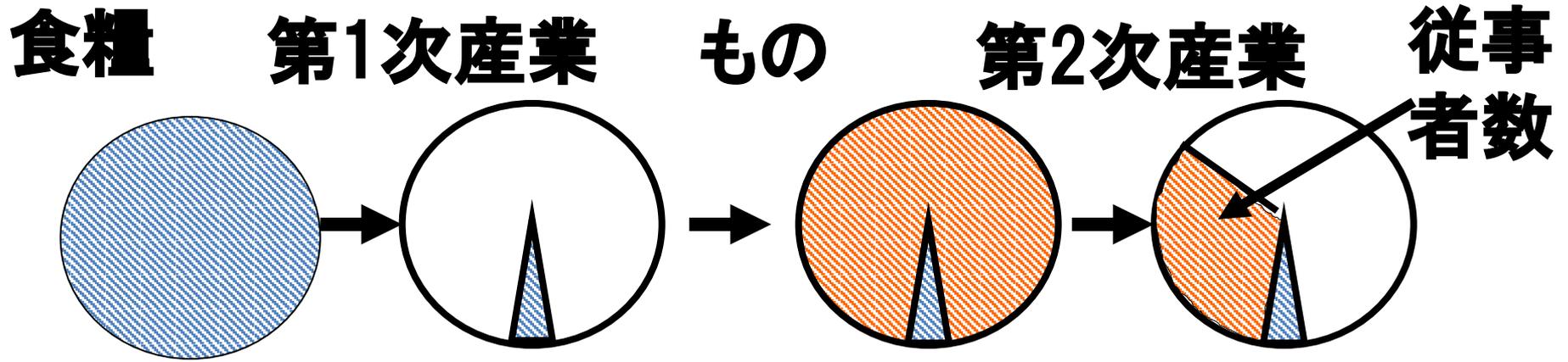
2つのイノベーションの繰り返し
→産業革命以来200倍以上成長
(1760～)

国が科学技術を振興

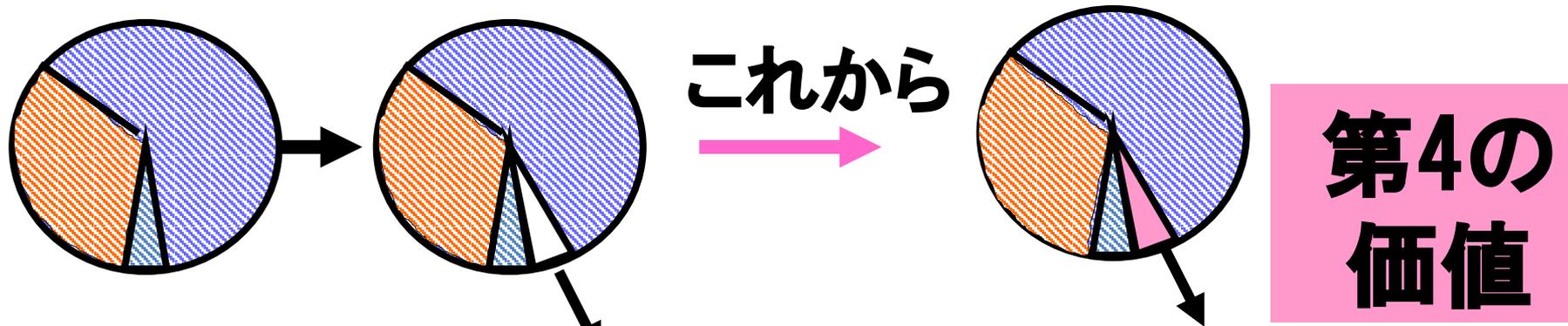
経済成長
への
寄与率
85%

車の両輪
↓
経済成長

生産性向上と新たな価値創製



サービス 第3次産業

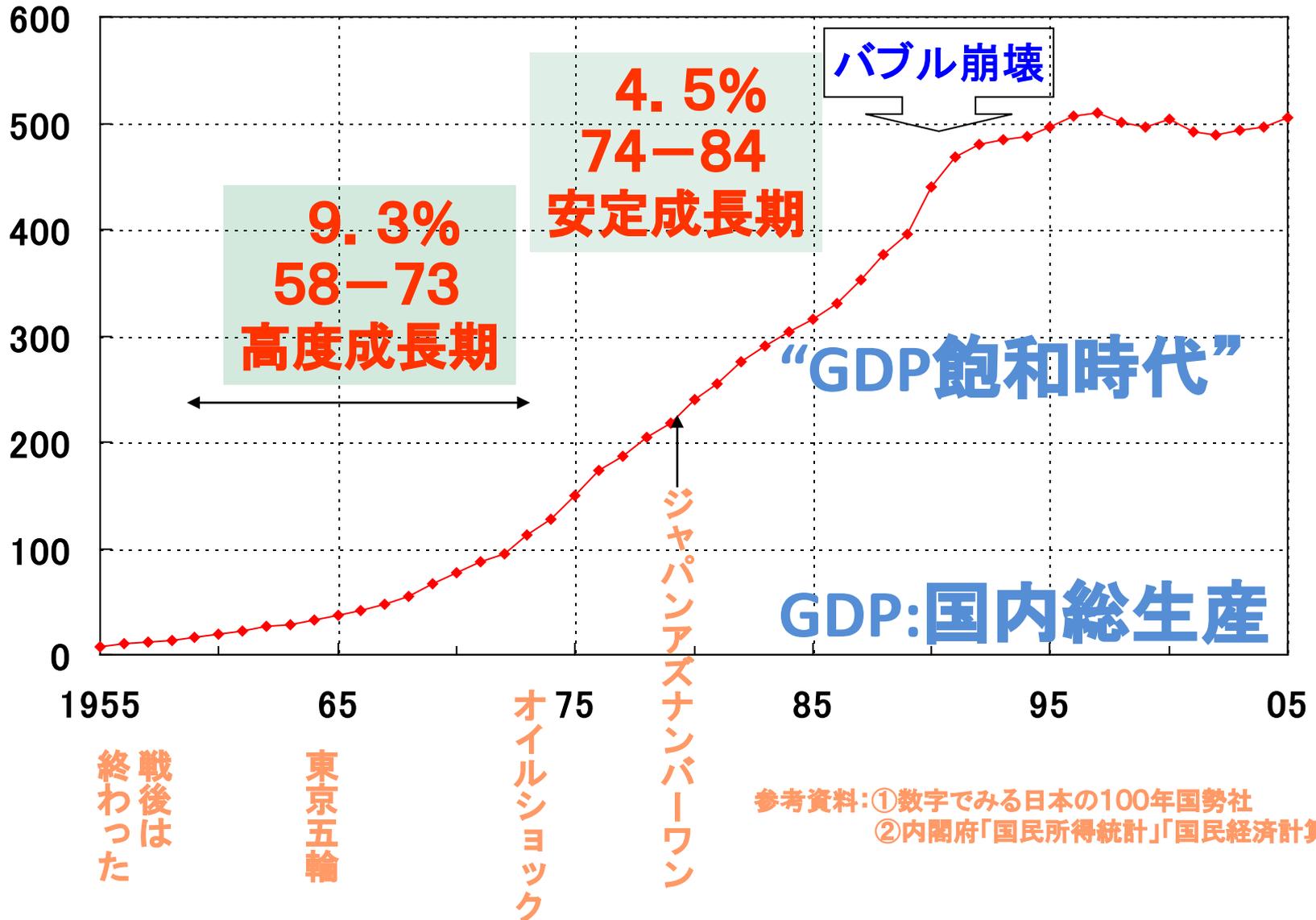


余剰労働力(失業者)
GDP25兆円相当:4.3%

第4次産業

日本のGDPの変遷 1955～

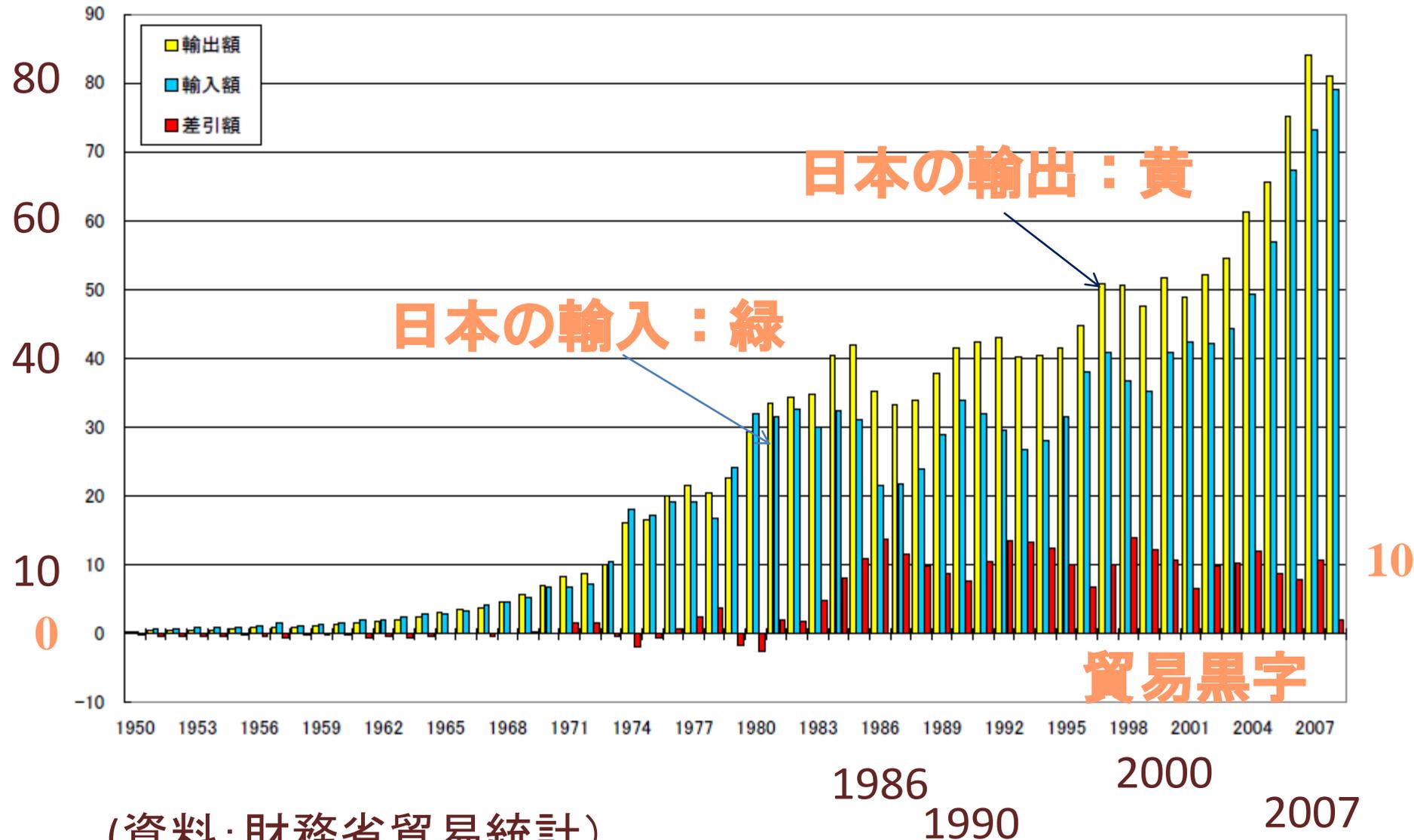
〈単位:兆円〉



対世界輸出入額及び差引額の推移

兆円

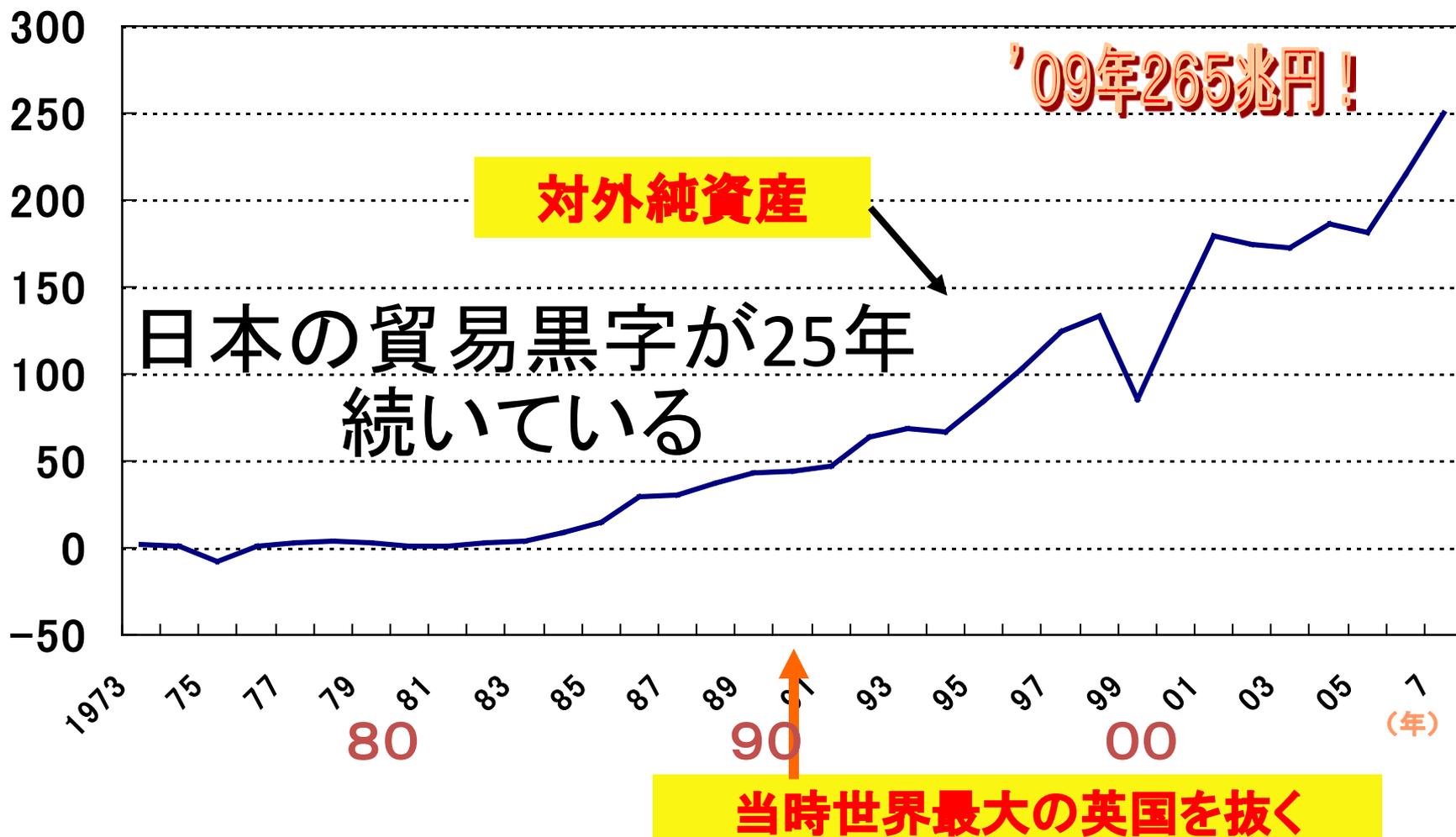
(兆円)



(資料:財務省貿易統計)

日本の対外純資産

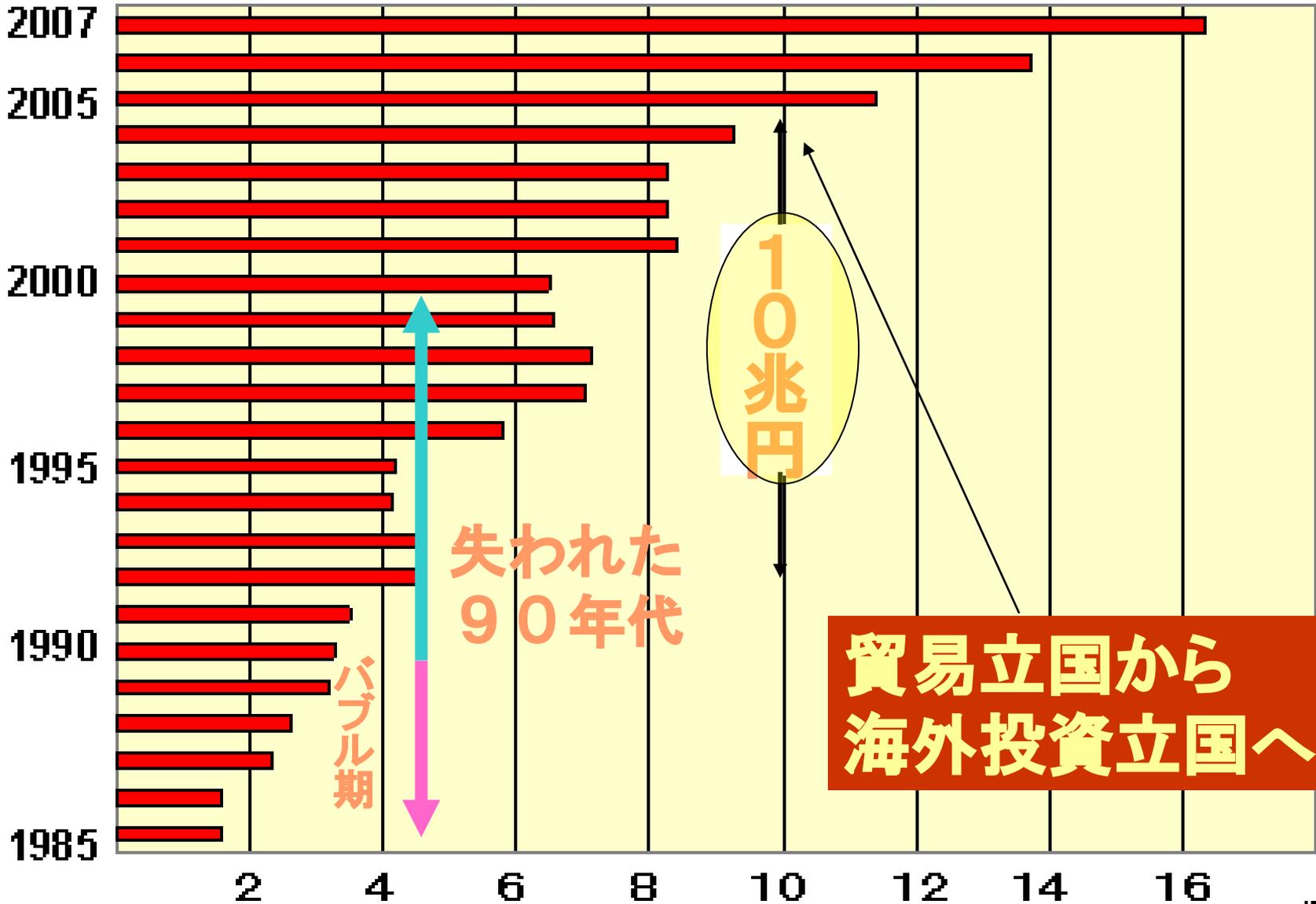
(単位・兆円)



参考資料:財務省調べ「本邦対外資産負債残高」

日本の所得収支 ← 海外投資

(暦年)



10兆円

失われた90年代

バブル期

貿易立国から
海外投資立国へ!!!

(出所:財務省 国際収支状況)

(兆円)

日本の経常収支の推移

経常収支 = 貿易収支 + サービス収支 + 所得収支 + 移転収支

財務省「国際収支統計」

(兆円)

海外投資からの所得収
支黒字が2005以降貿易
黒字を追い抜いた

