

120703 学術会議 今、復興の力強い歩みを
—震災後のエネルギー政策・産業振興を考える

エネルギー政策の選択肢

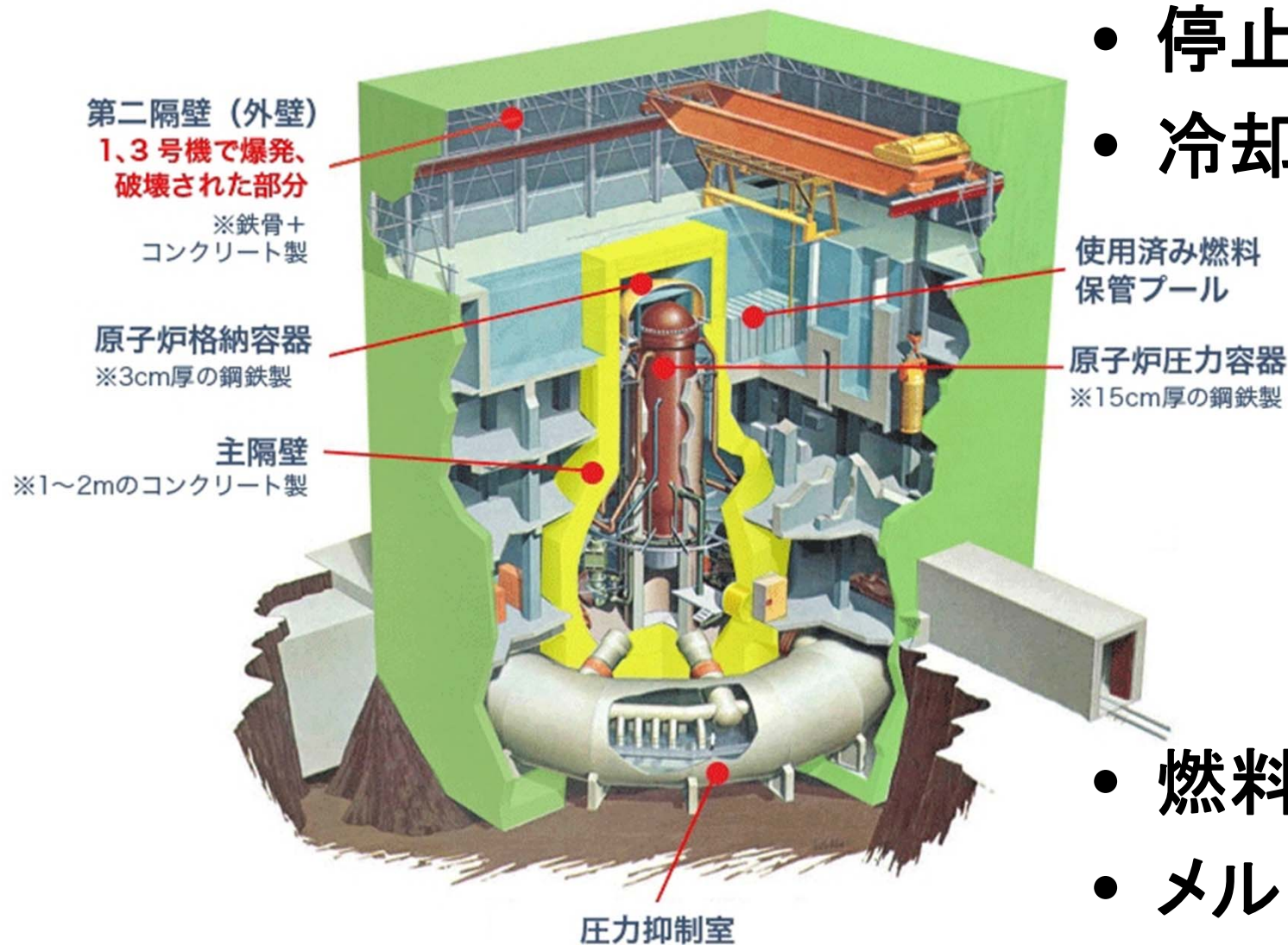
福島第一原発事故独立検証委員会
(民間事故調)

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

北澤 宏一

福島原発で使用されている BWR（沸騰水）型原発の内部構造



Updated 2011.03.27

- 炉芯燃料棒
- 停止後も冷却
- 冷却水喪失

- 燃料棒損傷
- メルトダウン
- 放射能漏れ

Fukushima 事故独立検証委員会

- なぜ「民間事故調」？
民主主義国の**責任かつ特権**
- 日本：政府事故調(畑村)、民間事故調(北澤)、国会事故調(黒川)、東電報告書、他に日経BPLレポート、大前レポート、
- 民間事故調の聴取対象：政府(官邸、各種院委、省)、自治体、住民、医療施設、東電OB、メーカー、匿名、海外 300人余
- 特徴：委員会に**権限一切なし**
- 財団：**日本再建イニシアチブ**(船橋洋一理事長)新設財団2011年10月、関連業界からの寄付を受けない
- **若手ワーキンググループ：30名** (原子力分野を含む)
ヒアリング、草稿
大学院生、**ジャーナリスト、弁護士、大学助教、准教授**
- 有識者委員会：6名(報告書著者)

「原子炉は町上の急坂に駐車するトラック」

○ 多重・多様のブレーキ→「だから大丈夫！」
「深層防護」

- ブレーキ未整備(ベント関連、センサー、予備電源、水冷予備)、他国に遅れ
- ブレーキの操作知識不十分(現場)
- 緊急時の規則マニュアル不備、準備なし、避難計画？

原子力安全保安院、原子力安全委員会の責任放棄

- 安全委: 全電源喪失後の備え「不必要」とする指針
- 安全保安院: 「民間事業者の自主性に任せる」
- NRC勧告など無視: 電源・冷却水喪失への備え
- 規制・推進側: 安全神話→30年間の自縄自縛状態

政府・電気事業者・メーカー

Fukushima 事故独立検証委員会

2012. 3.11

● 空気を読む自縄自縛状態

「100%安全」→「安全性向上」タブーに

必要な対策多数放置(後送り) → 上から下までの怠慢

担当責任者に責任感薄弱 → 誰も責任とらない

→ 事故に対する安全対策とれず

(海外はじょじょに進んでいたのに)

危機対応策作れず(政府内も現場も)

● 電気事業者とメーカー; 「安全向上」がタブーに

● 保安院と電気事業者: 電気事業者への指示文書で

「安全性」はタブー → 文書指示から口頭指示へ:

空気を読み合う自縄自縛社会

- なぜ、権限のない民間事故調に多くが協力したか
東電は公式には協力拒否（OBと匿名のみ）
現役の役人以外は積極的に陳述
「自分も反省するところあり。このままではうまくない。」
「しかし、自分一人が流れに竿を差しても効果はな
かっただろう」無力感
- 安全委、保安院「東電の力が一時非常に大きかった」。
「お役所は東電のためにやっていた時期。やっと今話
せる。」

「最悪のシナリオ」存在明らかに

民間事故調→原子力委員会資料請求 毎日新聞 2011年12月24日

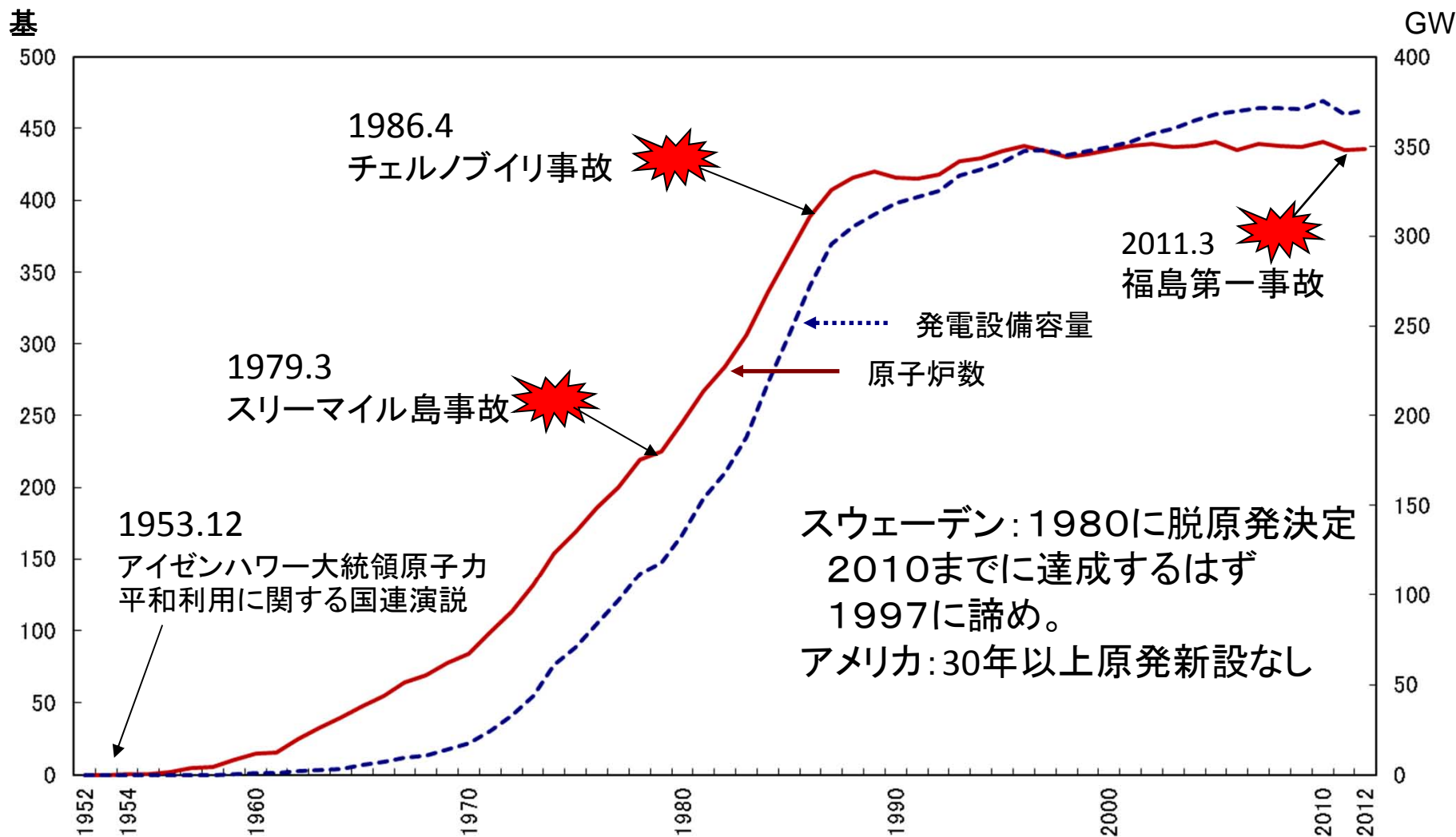
- 4基の炉、3つの使用済み燃料プール、7つの危険
東電の撤退、連鎖的事故、2-3週間のうちに避難対象は首都圏を含め3000万人の可能性。
- 4号機建屋水素爆発、高所の使用済み燃料プール露出、放射能含有量最大。水漏れ空焚きから燃料棒破損・放射能漏えいの恐れ、余震懸念、へり散水
福島50・馬淵国交相ら→緊急補強工事、冷却不可
「神風？」
- 官邸の認識 国家の危機に発展する恐れ
「国として機能しなくなる」 米・欧州の心配
「国民をパニックから護る」→情報の存在自体を隠蔽

● 空気を読み合う自縄自縛社会

- 原子力安全・保安院、原子力安全委員会、関連省庁、**アカデミア**、政治家、電力会社経営陣、関連メーカー、関連財団・社団法人、メディア
- 誰もが「問題ではあった」と感じていた、2元的行政
IAEAの警告 安全委員会無視「優れており有効」
- 誰もが「自分だけ竿を差しても・・・」
「空気を読む」思考に⇔ **帰巢本能が縛る**
- 誰も責任を取れる人がいない「組織的怠慢」
バックフィット機能不全←官僚の無謬性信仰
- 外部から多数の専門外第3者委員を招いて議論する
場の不在(シビリアンコントロールの不在)。

世界の原子炉稼働数と発電設備容量の推移

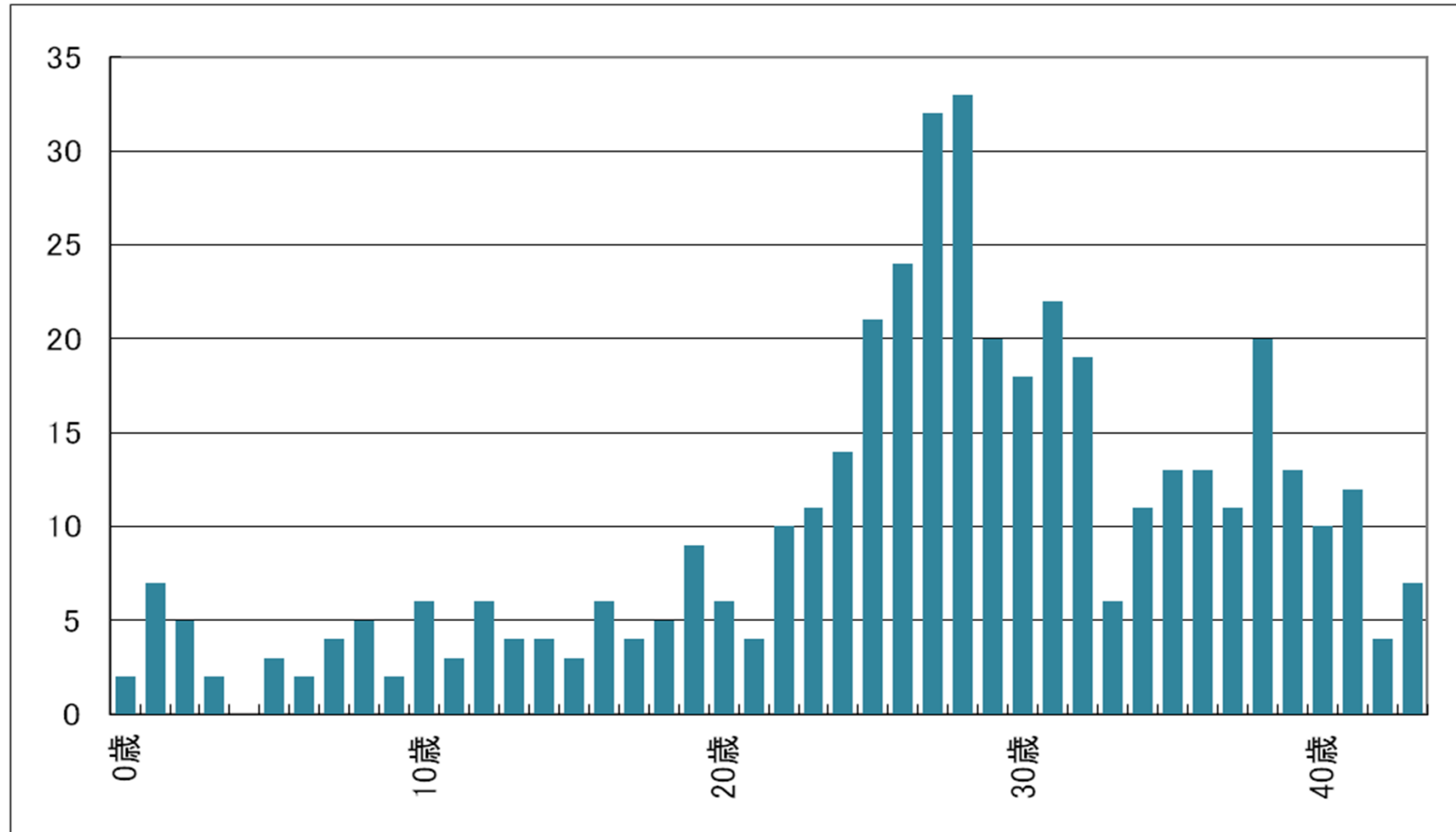
2012年3月末現在
・436基、370.5GW



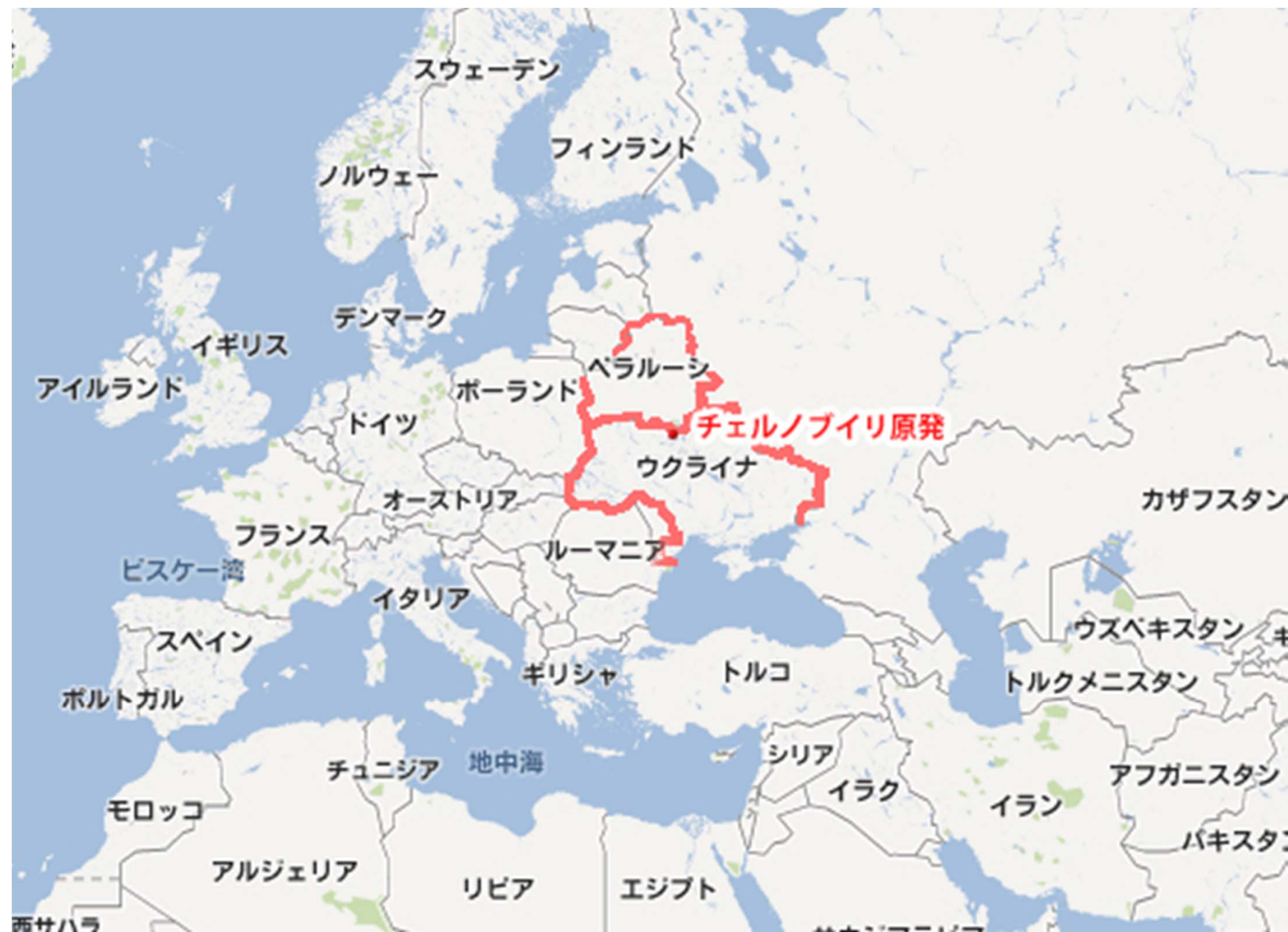
IAEA:PRIS(Power Reactor Information System)データから作成

世界の原子炉の年齢

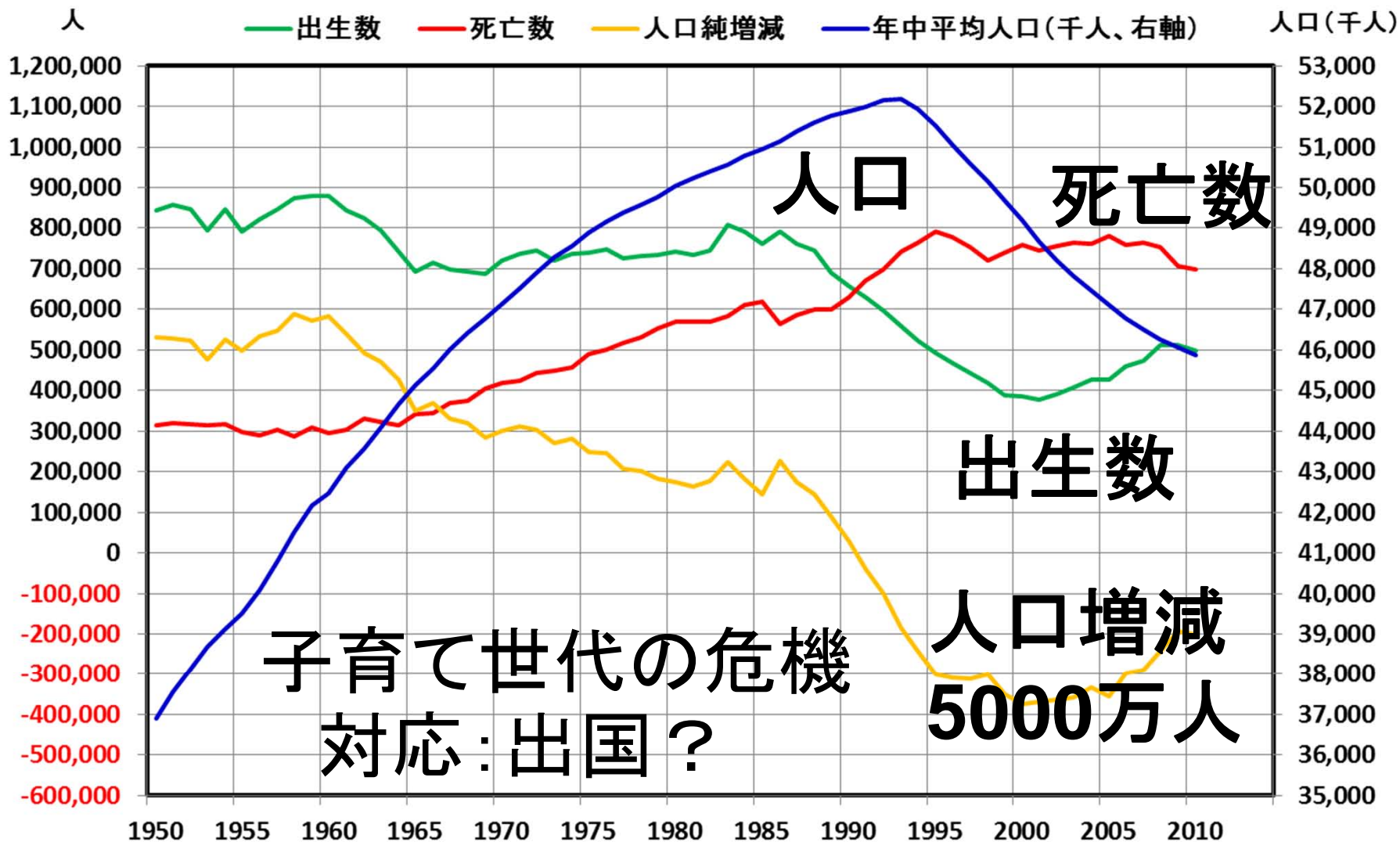
2012年3月末現在
平均年齢27.5歳



IAEA:PRIS(Power Reactor Information System)データから作成



ウクライナの人口動態 1950年～2010年



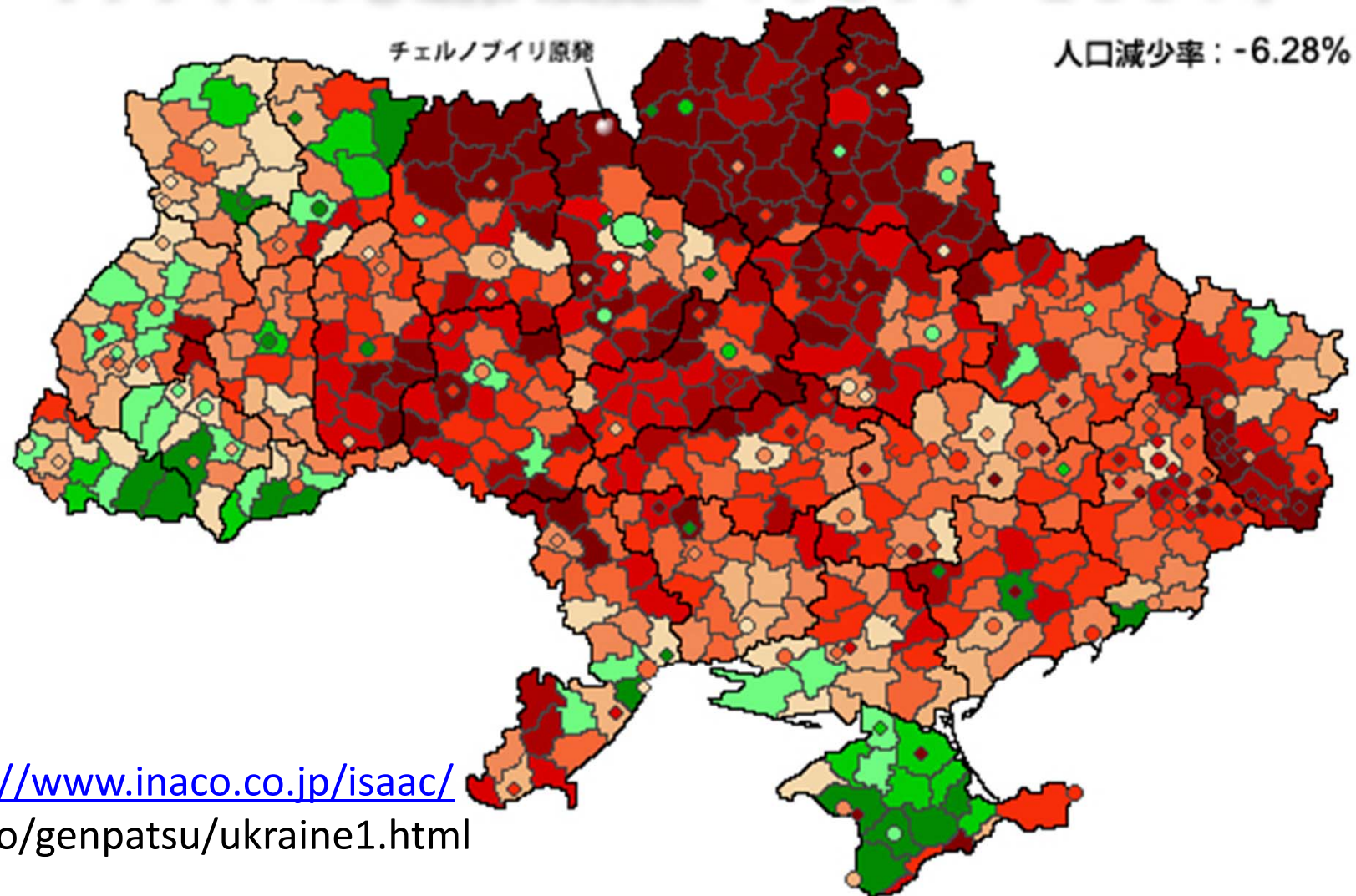
データ：国連人口統計年鑑

グラフ：© 三極経済研究所

↑ チェルノブイリ

面積60万km² 日本の1.6倍

ウクライナの地域別人口変動 1989年—2001年



<http://www.inaco.co.jp/isaac/shiryo/genpatsu/ukraine1.html>

3.11 Fukushima ドイツの危機対応

- ドイツ倫理委：子孫に「負の遺産」を押し付けない。
- 成功しなければドイツに未来はない、産業も移行。
- 原子炉8基を即時停止、2015-2022に残り18基を停止
- 輸入電力に依存せずにやる。
- 今後5年融資1373億ドル：ドイツ開発銀行
- 国民一人年5万円を再生可能エネ投資（既に開始）
- 当面石炭・天然ガス火力も増強
- 2020まで北南超高压送電ケーブル3000km
- 再生／全電力比率目標：

現在17%→2020に35%→2030に50%→

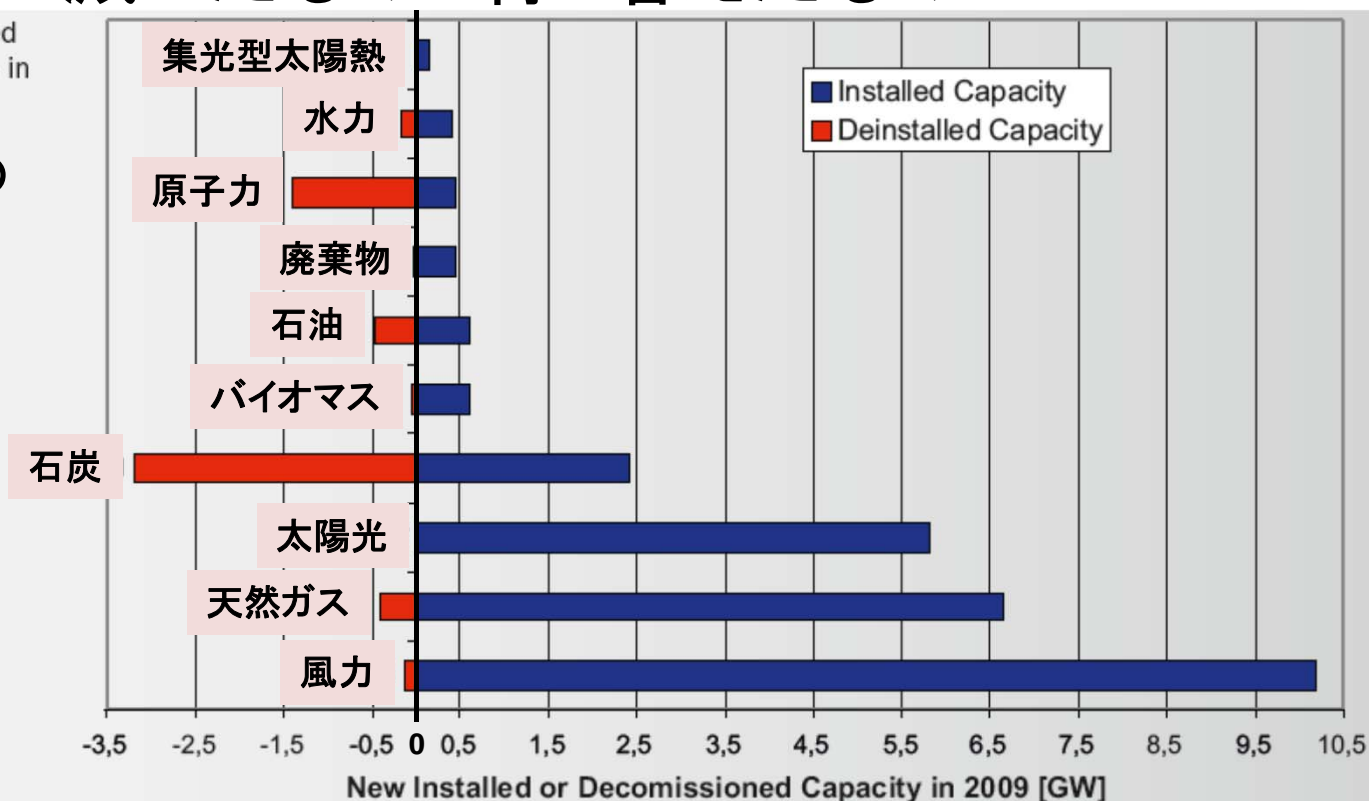
<http://www3.ocn.ne.jp/~elbe/kiso/energiepltk00.html>

エネルギー源転換の開始(欧州 2009)

赤: 減ったもの 青: 増えたもの

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

設備容量ベースでの
導入量比較



2009年の欧州: 風力、天然ガス、太陽光に転換中

2009および2010年の再生可能エネルギーへの投資額各国比較 10位まで

Table 4. Renewable Energy Investment, Top 10 Countries, 2009 versus 2010

2010 Rank	Country	2010 Investment (billion dollars)	2009 Investment (billion dollars)	2009 Rank
1	China	54.4	39.1	1
2	Germany	41.2	20.6	3
3	United States	34.0	22.5	2
4	Italy	13.9	6.2	8
5	Rest of EU-27	13.4	13.3	4
6	Brazil	7.6	7.7	7
7	Canada	5.6	3.5	9
8	Spain	4.9	10.5	6
9	France	4.0	3.2	12
10	India	4.0	3.2	11

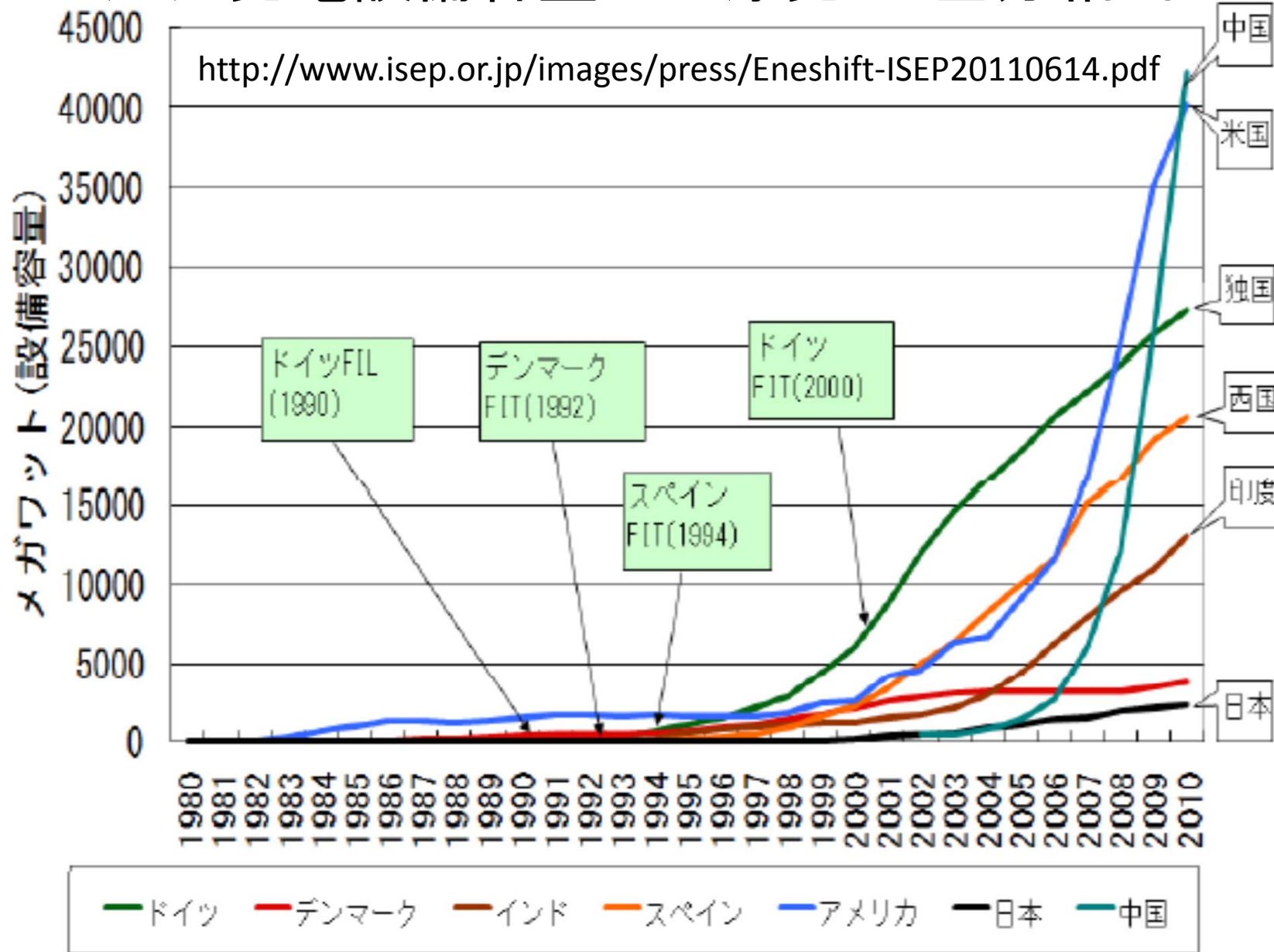
日本は10位までには入っていなかった

Ref: Pew Charitable Trusts, "Who's Winning the Clean Energy Race –
Edition 2010" (Philadelphia: 2011).

日本: 家庭用太陽光発電設備などを中心に約33億ドル
(国連環境計画(UNEP2011.7.7))

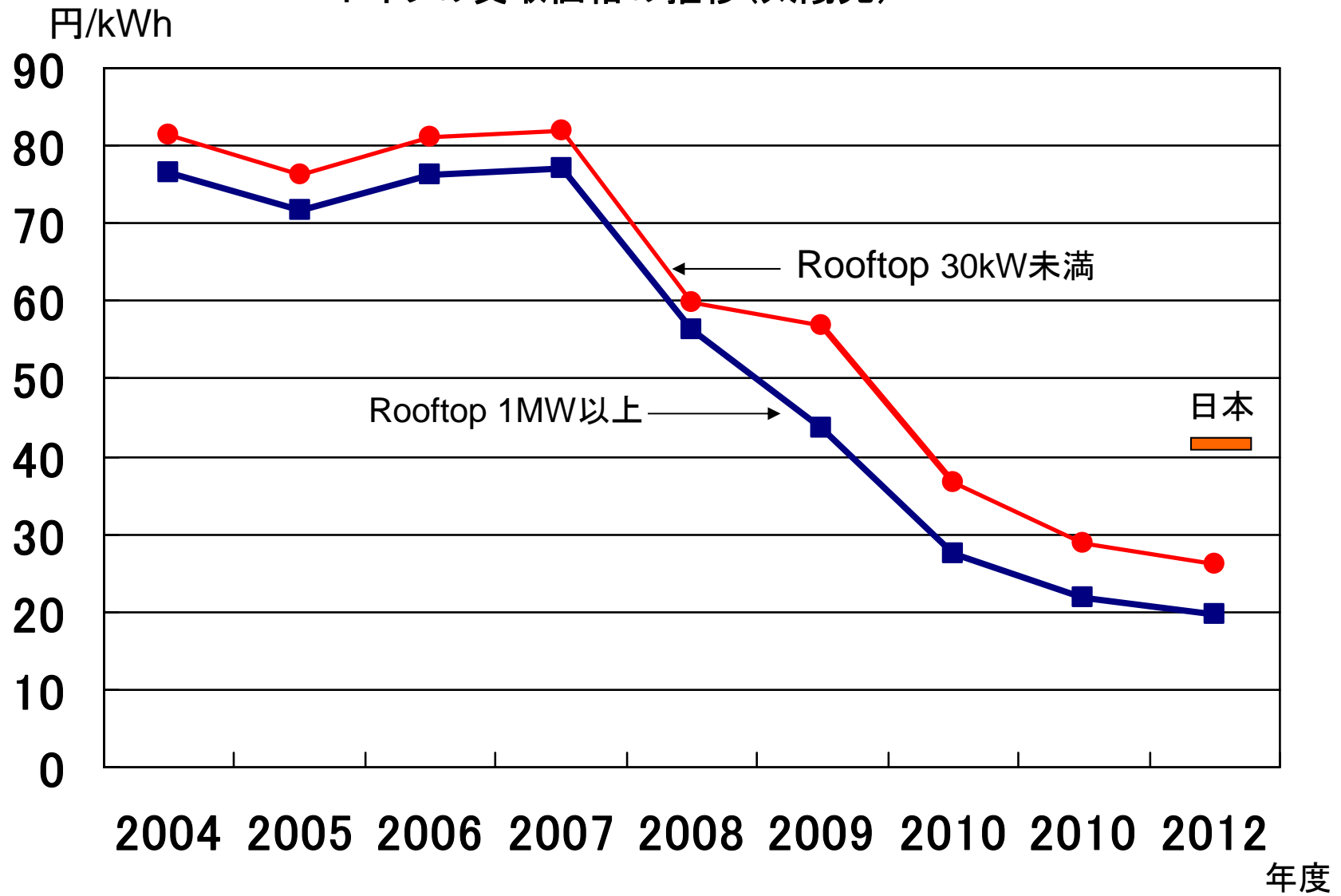
風力発電設備容量

原発30基分相当へ



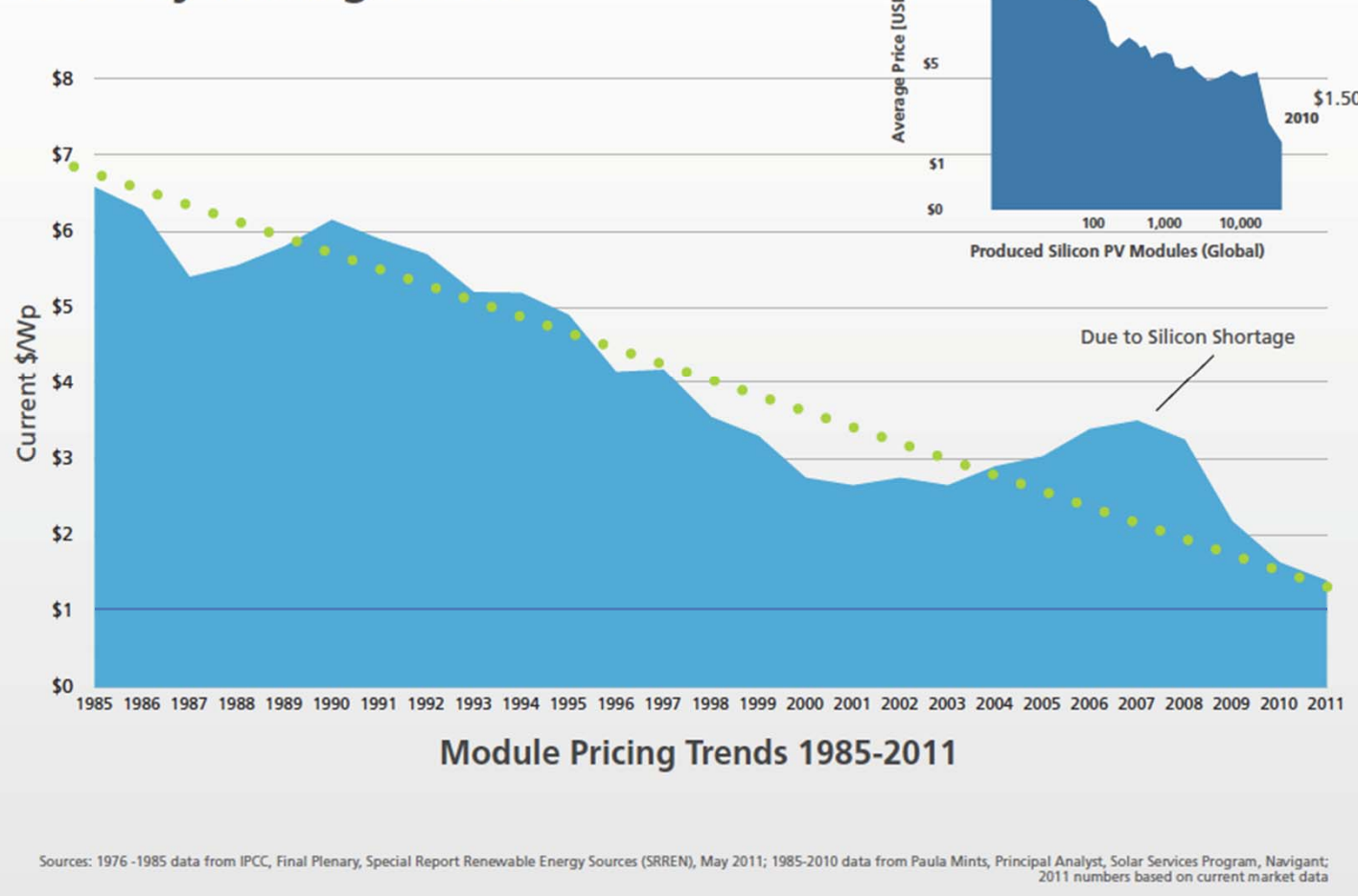
データ : GWEC

ドイツの買取価格の推移(太陽光)



http://en.wikipedia.org/wiki/Feed-in_tariff#Germanyより作成

Solar Industry Growth has Produced Steadily Falling Prices



太陽電池：日本でも2011年にグリッドパリティに到達

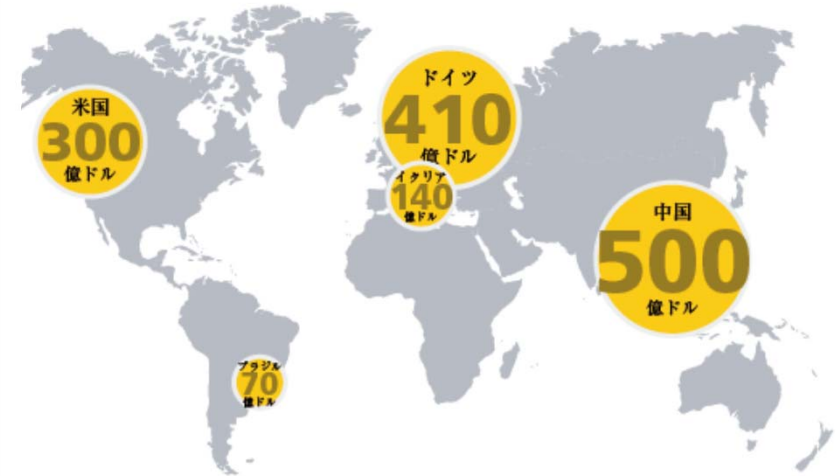
<http://thinkprogress.org/climate/2011/12/11/387108/solar-power-much-cheaper-than-most-realize-study/>

世界の再生可能エネルギー投資額推移

図12.世界の自然エネルギー(大型水力を除く)への投資額(2004年~2010年)



世界の再生エネ投資
2010年20兆円に
6年で10倍
2大産業に:自動車並へ



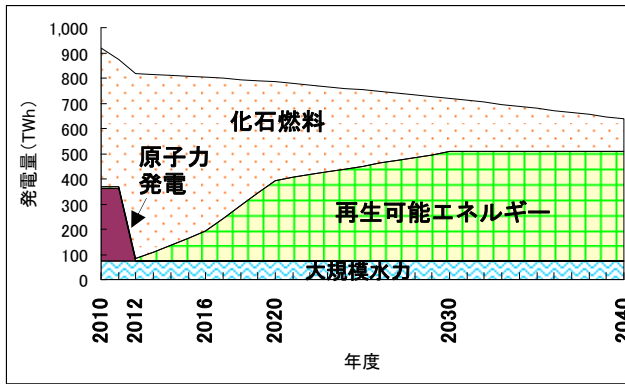
金融投資と小規模投資を含め、世界全体の自然エネルギーへの投資は2010年には記録的規模の2110億ドルに達した。中国は約500億ドルを呼び込み、2年連続で市場をけん引した。

「電力供給源に係る6つのシナリオ」 2011.6月
学術会議 東日本大震災対策委員会
エネルギー政策の選択肢分科会

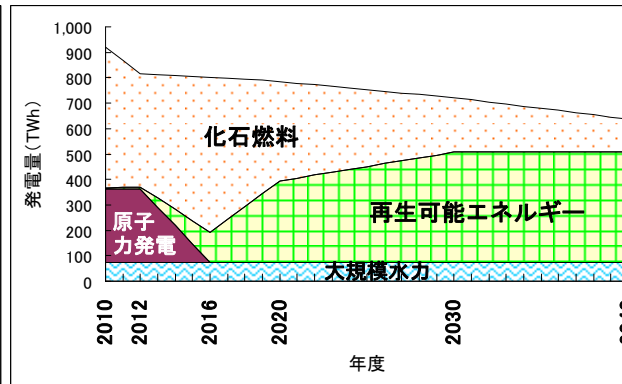
- A: 速やかに原子力発電を停止し、当面は火力、順次再生可能エネルギーによる発電に移行。
- B: 5年程度かけて、電力の30%を再生可能エネルギー及び省エネルギーで賄い、原子力発電を代替する。
- C: 20年程度かけて、電力の30%を再生可能エネルギーで賄い、原子力発電を代替する。
- D: 今後30年の間に寿命に達した原子炉より順次停止する。その間に電力の30%を再生可能エネルギーで賄い、原子力による電力を代替する。
- E: より高い安全性を追求しつつ、寿命に達した原子炉は設備更新し、現状の原子力による発電の規模を維持し、同時に再生可能エネルギーの導入拡大を図る。
- F: より高い安全性を追求しつつ、原子力発電を将来における中心的な低炭素エネルギー²¹に位置付ける。

学術会議の危機対応： エネルギー選択肢分科会提案 シナリオ別発電構成一覧 2011年6月

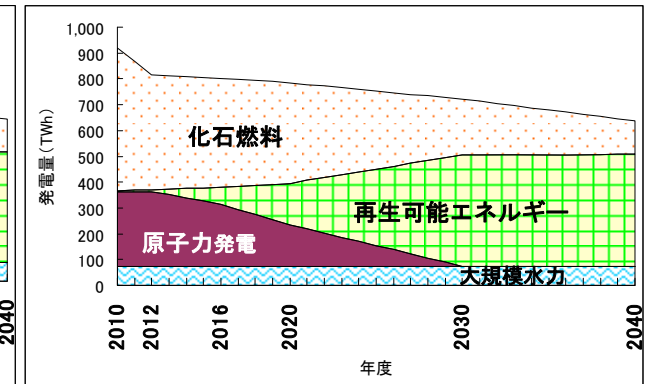
シナリオ A



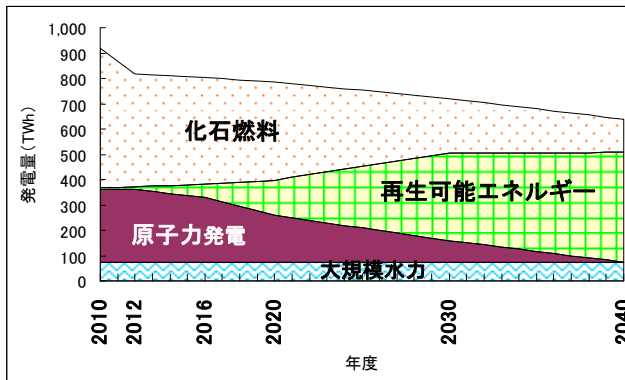
シナリオ B



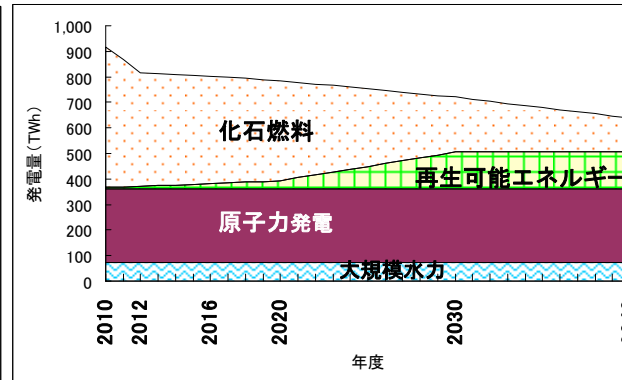
シナリオ C



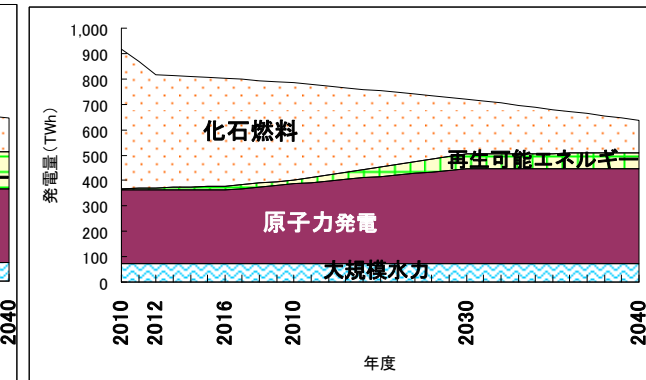
シナリオ D



シナリオ E



シナリオ 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。
- ・温室効果ガス排出量削減目標達成を前提

(2) 6つのシナリオの試算結果

シナリオ	A	B	C	D	E	F
	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2.4兆円 /年	約2.2兆円 /年	約0.5兆円 /年	約0.4兆円 /年
2016年主な再エネ導入量	風力37.6GW 太陽光31.3GW	風力37.6GW 太陽光 31.3GW	風力17.1GW 太陽光14.2GW	風力17.1GW 太陽光14.2GW	風力3.4GW 太陽光2.8GW	風力3.4GW 太陽光2.8GW
標準家庭の電気代(原子力 のコスト5.9円 /KWhの場合)	2016年+766円 2020年+1,821円 2030年+2,290円	2016年+766円 2020年+1,821円 2030年+2,290円	2016年+205円 2020年+666円 2030年+2,290円	2016年+155円 2020年+615円 2030年+1,761円	2016年▲168円 2020年▲163円 2030年+420円	2016年▲187円 2020年▲256円 2030年▲145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減少。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

日本経済の考慮

- 5兆円の再生可能エネ設備投資/年必要
原発なしで温暖化ガス排出削減2020
日本の電力費 15兆円/年
うち原子力 5兆円/年
- 日本の娯楽費 100兆円/年
うちP費用 20兆円/年
- 化石エネ輸入代 20-25兆円/年
- 日本の経常収支黒字 15-25兆円/年

海外情勢

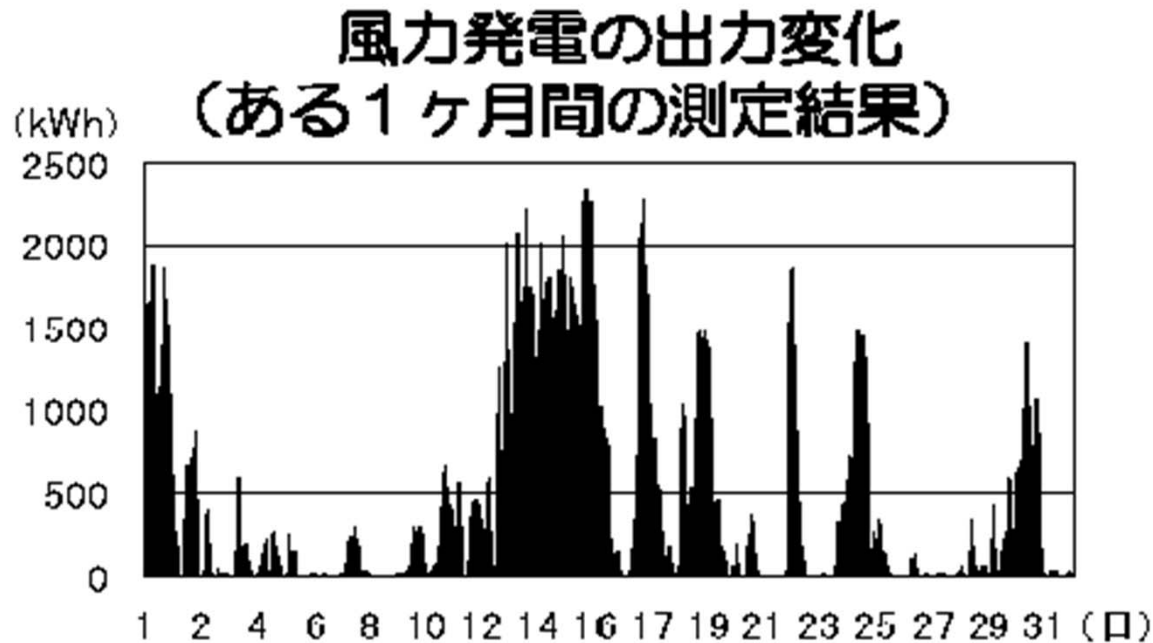
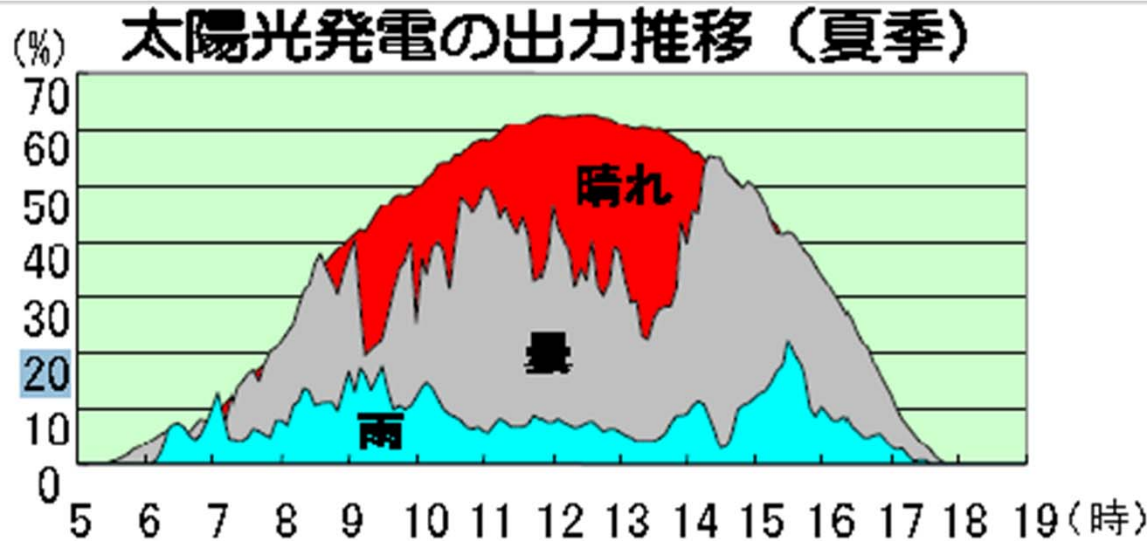
- 欧州: エネルギー転換がすでに進行中(脱原発、脱化石)
国土の高度利用・観光国は脱原発へ: 独、墺、瑞、伊、白(日本より国土狭い)
減原発: 瑞、仏
国土の広い国は余裕を以て模様眺め: 米、露、中、印
中国はあらゆるエネルギー最大速度開発を企図 自然エネルギーはすでに世界1
原子力はまだ14基、2020には仏目を抜いて第2位を計画
- 欧州の動きが自然エネルギーコストを下げることに貢献(一部グリッドパリティ達成)
太陽光で20円/kWh 風力で10円/kWh 切った
- 欧州で自然エネルギーがベストミックスの一角に
(20%:ドイツ 40%:デンマーク) EU全体目標 2020年20%
- ドイツ: 倫理委員会で決定“子孫に負の遺産残さない”
成功しなければドイツに未来はない、産業も移行。
原子炉8基を即時停止、2015-2022に残り18基を停止
仏などからの輸入電力に依存せずにやる(当面石炭LNG増強)
国民一人年5万円を再生可能エネルギー投資中
2020までドイツ北南超高压送電ケーブル3000km計画 電力の広域融通

日本の情勢

- 原子力の安全リスク v.s. 他のエネルギーのリスク
これを比較できるように
- ドイツなどの倫理的考慮 v.s. 日本の状況
科学技術系以外の人々の考え方: 例—仏教界、基督教界
学術会議第2部、第3部の意見
- 日本経済の特殊性の考慮
- 再生可能エネ投資は5兆円/年程度必要
再生可能エネは国産エネ
化石エネ輸入代金 5兆円→25兆円に (これが財源になる)
日本の形状収支黒字 蓄積世界最大 現在も巨額黒字/年
このために円高持続→製造業海外移転時代→失業
一時的に輸入増やすべき: たとえば中国からのパネル
国民の価値観の変化
娯楽費(100兆円)と電力産業(15兆円産業)規模の比較
原子力産業は年5兆円 (比較: パチンコ産業20兆円/年)

こんご必要なこと

- 国内、海外の情勢のウォッチ
- エネルギー・コストのウォッチ
- 脱原発依存路線のウォッチ
- ベストミックス状態の吟味・モニタリング
情勢変化のウォッチ
- 必要な電力形態の未来像
- 必要な技術開発項目
再生可能エネの技術開発項目
例：太陽光一効率、プロセス改革（塗布・塗料型など）
風力、地熱、地中一定温度熱源、海洋エネ、
例：省エネ
例：原子力一本質安全炉、中性子源による高レベル廃棄物処理、
例：新時代のエネルギー貯蔵方式
電解・貯蔵・輸送・発電産業
- 経済性の考慮、社会との関わり、法基盤



【出典】総合資源エネルギー調査会新エネルギー部会資料

電力の安定供給問題：

欧州の経験—風力などが全電力の2割程度に達するまでは蓄電池不必要。水力や火力の出力調整をこまめに行っている。供給も需要も変動するので、電力はなるべく広域で合算して調節するのが有利。欧州は広域融通が進み、アフリカとも連携計画進行中。さらにスマートグリッド化で強力に。

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。揚水発電(数GW程度が既存)を変動電力の需給調節用に転用可。

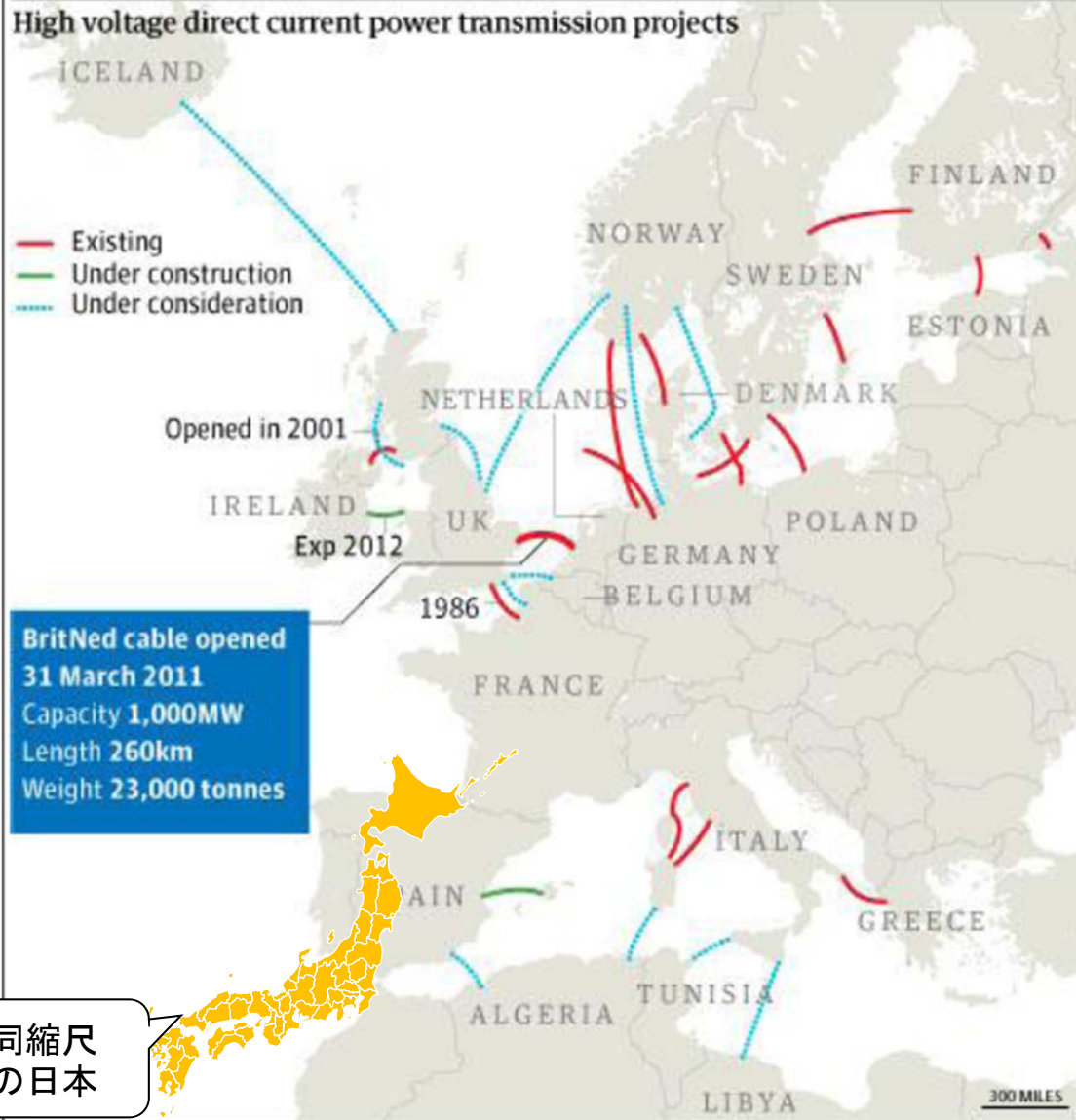
2050年を目標に水素電解など化学エネルギーによる国家備蓄・貯蔵へ。

世界は？ 欧州高圧直流送電網

海底ケーブルで 広域融通進む

The European supergrid

<http://www.smartgridnews.com/artman/publish/Business-The-road-to-happiness-3779.html>



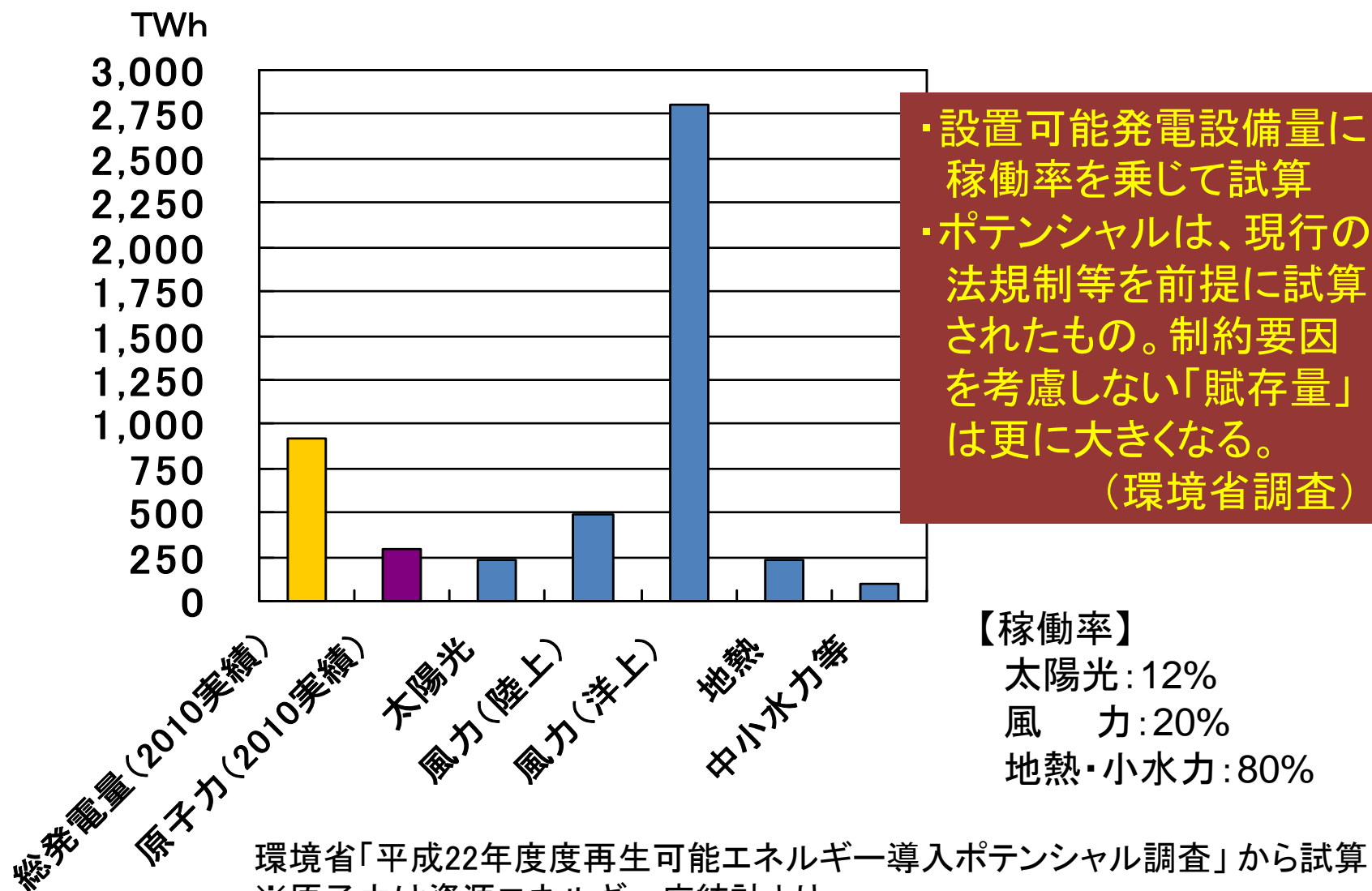
同縮尺
の日本

HVDC cable network: the key to “weather-proofing” the large scale use of renewable energy. It will develop over 10-15 years, leg by leg.

longest subsea power cable 580km、450kV



(5) 再生可能エネルギーのポテンシャル(年間発電量に換算)



・設置可能発電設備量に稼働率を乗じて試算
 ・ポテンシャルは、現行の法規制等を前提に試算されたもの。制約要因を考慮しない「賦存量」は更に大きくなる。
 (環境省調査)

脱原発を決めた国

(国土面積: 仏>西、瑞>日>独>伊>韓>澳>瑞>台>白)

日本よりも国土の狭い国は脱原発

大地震(マグニチュード6以上)の起こる

場所 ● : 世界の2割が日本 ● : 原発立地

