

原子力ゼロを考える

山地憲治

地球環境産業技術研究機構(RITE)理事・研究所長

第4回東大エネルギー・環境シンポジウム

2012年11月2日

@安田講堂、東京大学

エネルギー政策の基本目標と福島事故で毀損された項目

3E

エネルギー安全保障

→ (準)国産、自主開発、備蓄、多様化、核燃サイクル、外交、地政学...

経済性/成長

→ グリーンイノベーション/成長、システム輸出、総合エネルギー産業...
+ 発電コスト再評価(過酷事故コスト含む)

環境適合性

→ 低炭素社会、ゼロエミッション電源、省エネ、CCS...

+S

安全性(安心?)

温暖化のリスク
(温暖化懐疑論)

放射線のリスク

(低線量被曝の科学の不確実性)

過酷事故のリスク

(低確率大被害リスクの扱い)

分かり易い主張の陥穽

自然エネルギーの魅力(自然共生)、核融合の魔力(技術の夢)、ピークオイルの説得力(資源制約)

見直し中の現行エネルギー基本計画(2010年6月閣議決定)の目標

エネルギー基本計画に掲げた数値目標(2030年)

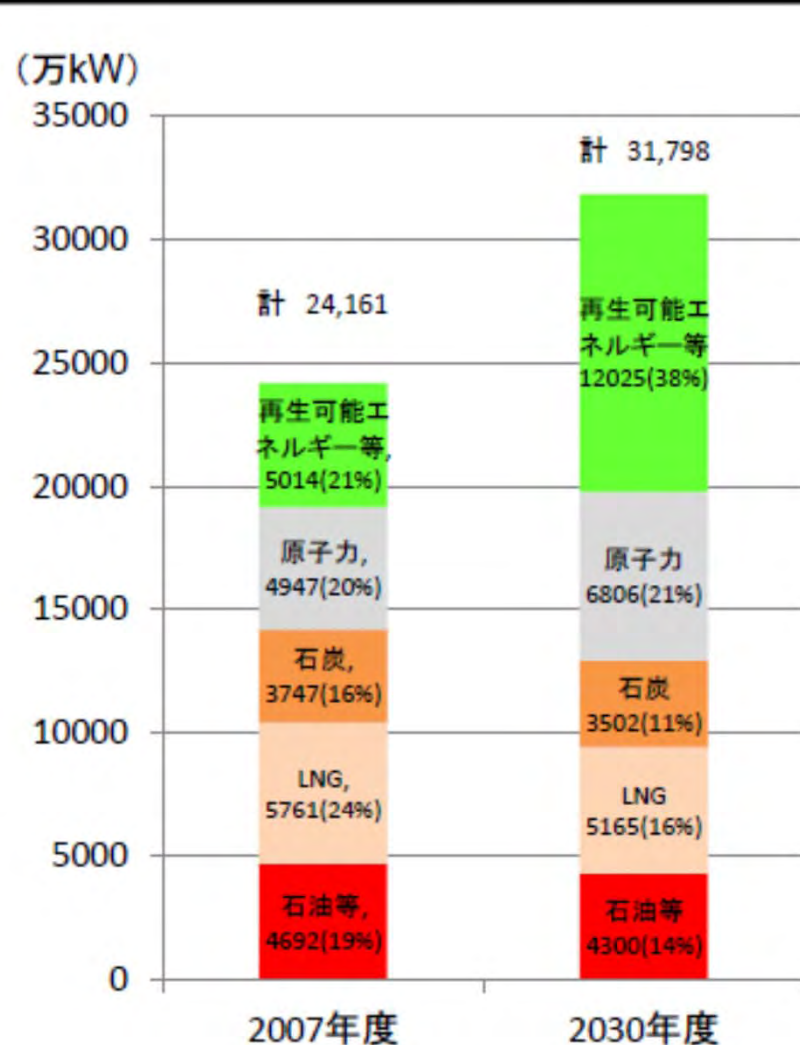
- エネルギー自給率及び化石燃料の自主開発比率を**倍増**
自主エネルギー比率(※)を38%→**70%程度**まで向上
※従来のエネルギー自給率(国産+原子力)に加え、自主開発資源も勘案
- ゼロ・エミッション電源比率を34%→**約70%に引き上げ**
- 「暮らし」(家庭部門)の**CO2を半減**
- 産業部門において、**世界最高のエネルギー利用効率の維持・強化**
- エネルギー製品等の国際市場で我が国企業群が**トップクラスのシェア獲得**

- ①国民を守るためのエネルギーセキュリティの確保
- ②世界のモデルとなる低炭素型経済成長の実現
- ③国民が実感できる日々の「暮らし」の変革
- ④世界全体のCO2削減への貢献や我が国への投資の呼び込みなどを同時に実現

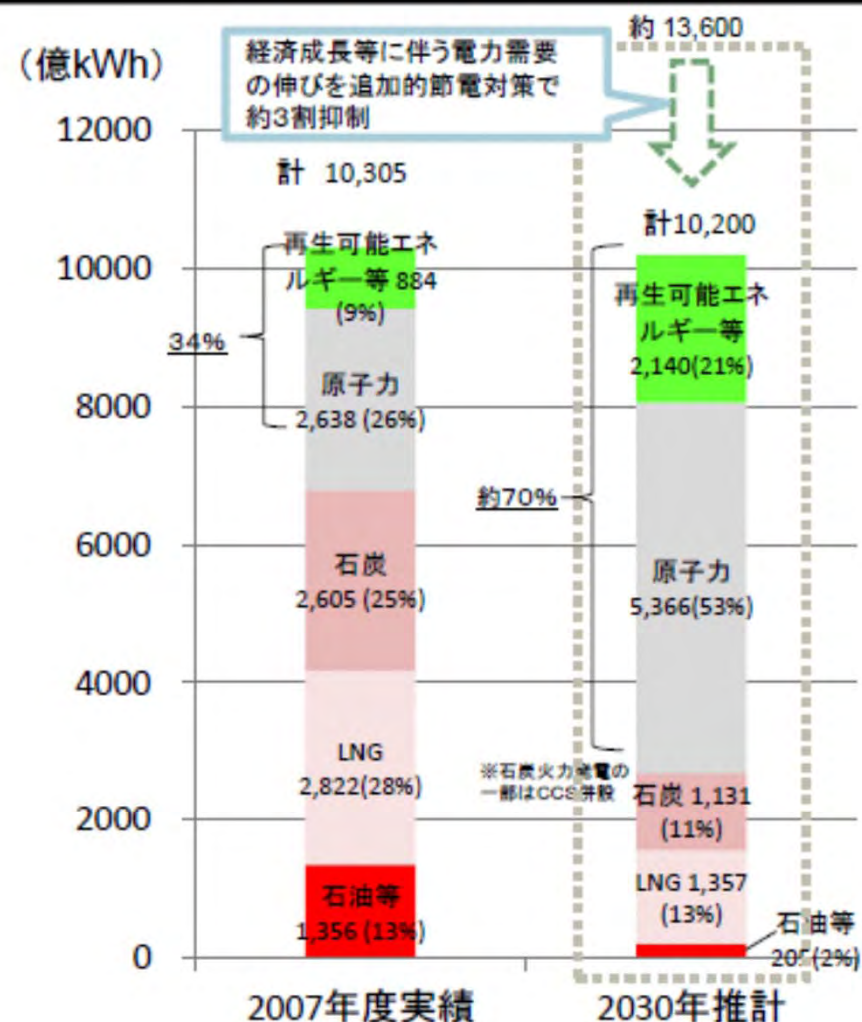
- 本計画に掲げる政策を強力かつ十分に推進することで、エネルギー起源CO2を、2030年に**90年比▲30%程度**もしくはそれ以上に削減。
- これは、2050年に**90年比▲80%に向けた現状からの削減幅の約半分**に相当するきわめて野心的な姿。

現行のエネルギー基本計画における供給側の絵姿②(電源構成)

- (1) 電源構成は、2030年に原子力と再生可能エネルギー等の電源の比率を70%まで高める。
 (2) 節電対策を講じることで、経済成長等の上昇に伴う電力需要の伸びを約3割抑制することを想定。



【設備容量の内訳】



【発電電力量の内訳】

※2030年の「再生可能エネルギー等」には、家庭等での発電量も含む

kWとkWhの違いに注意

kWは**パワー**: 単位時間当たりのエネルギー量、フロー率

- ・発電設備の能力を表す: 100万kWの原子力発電設備など
- ・瞬間の電力需要を表す: 今夏の最大電力需要は3000万kWなど
- ・ $1\text{W}=1\text{ジュール/秒}$ $1\text{kW}=1000\text{ジュール/秒}$

kWh (kW時) は**エネルギー**: $\text{パワー(kW)} \times \text{時間}$

- ・1kWで1時間(h)発電すると1kWhの発電量になる
- ・電気は基本的にはkWh単位(エネルギー量)で販売されている
- ・ $1\text{kWh}=1000\text{ジュール/秒} \times 3600\text{秒(1時間)} = 3,600,000\text{ジュール}$

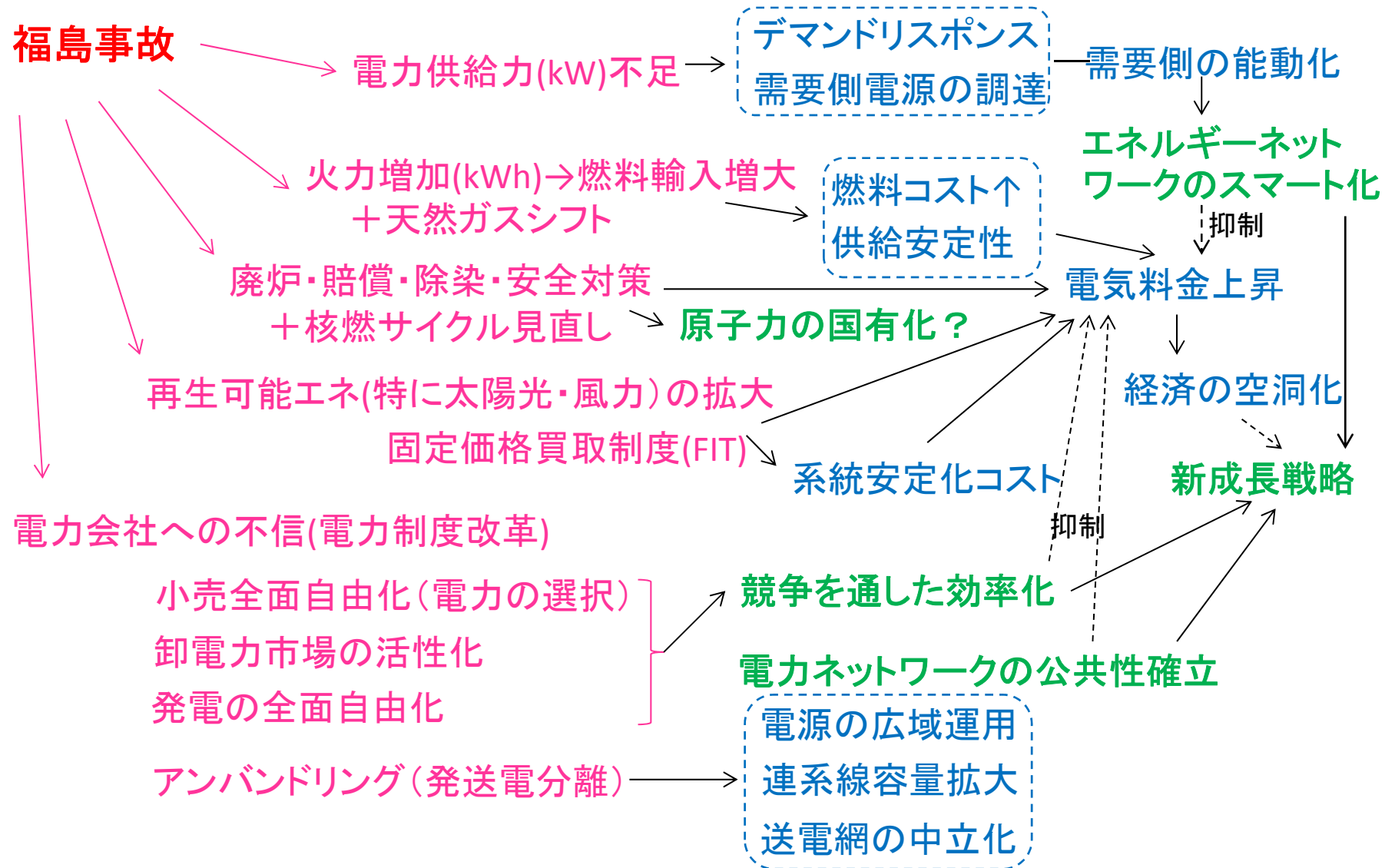
設備利用率とは、発電設備が最大能力(kW)でフルタイム運転した時の発電量(kWh)に対する実際の発電量(kWh)の比率(%)

電力供給では、**各瞬間においてkWがバランス**しなければならない

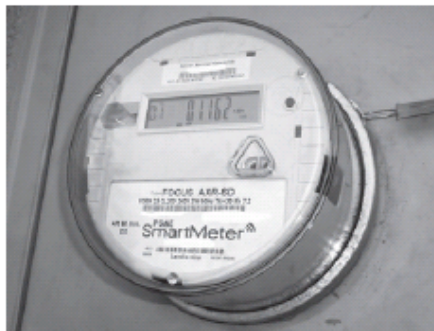
原子力の穴を新エネルギーで埋められるか？

	電気出力(万kW) ()内は電力量(億kWh 設備利用率85%)	太陽電池でkWh代替 (設備利用率12%)	風力発電でkWh代替 (設備利用率20%)
福島第1 1-4号炉	281万kW (210億kWh)	1993万kW	1196万kW
福島第1全体(5, 6号含む)	470万kW (350億kWh)	3327万kW	1997万kW
福島第2全体(1-4号炉)	440万kW (328億kWh)	3117万kW	1870万kW
建設中2基(島根3、大間)	276万kW (205億kWh)	1952万kW	1171万kW
建設準備中12基	1655万kW (1233億kWh)	1億1724万kW	7035万kW
<参考>			
エネルギー基本計画(2030年、設備利用率90%)	6806万kW (5366億kWh)	5億1045万kW	3億627万kW
2009年度実績(設備利用率65%)	4885万kW (2798億kWh)	2億6458万kW	1億4654万kW

電力システム改革の構図



(a) 電力メーター

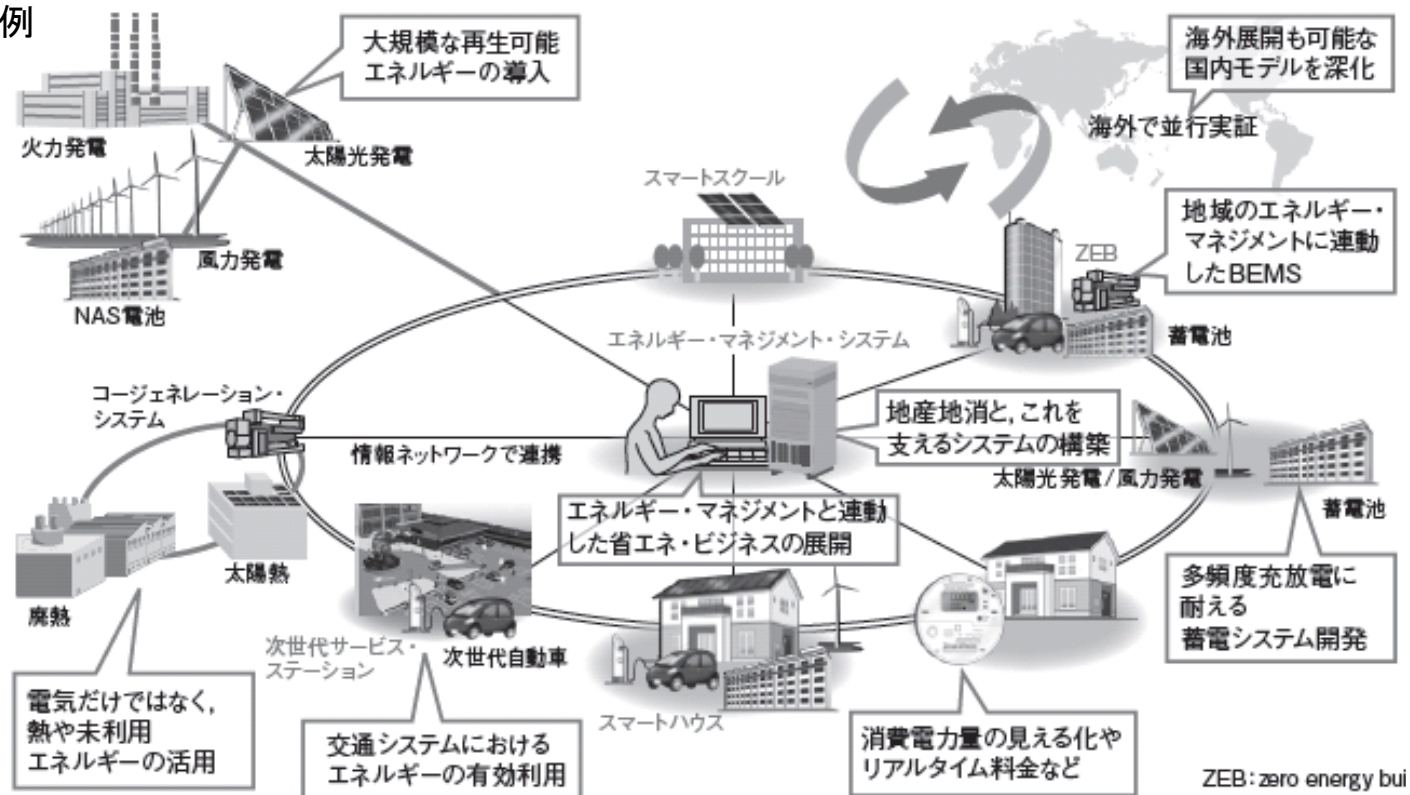


(b) ガス・メーター

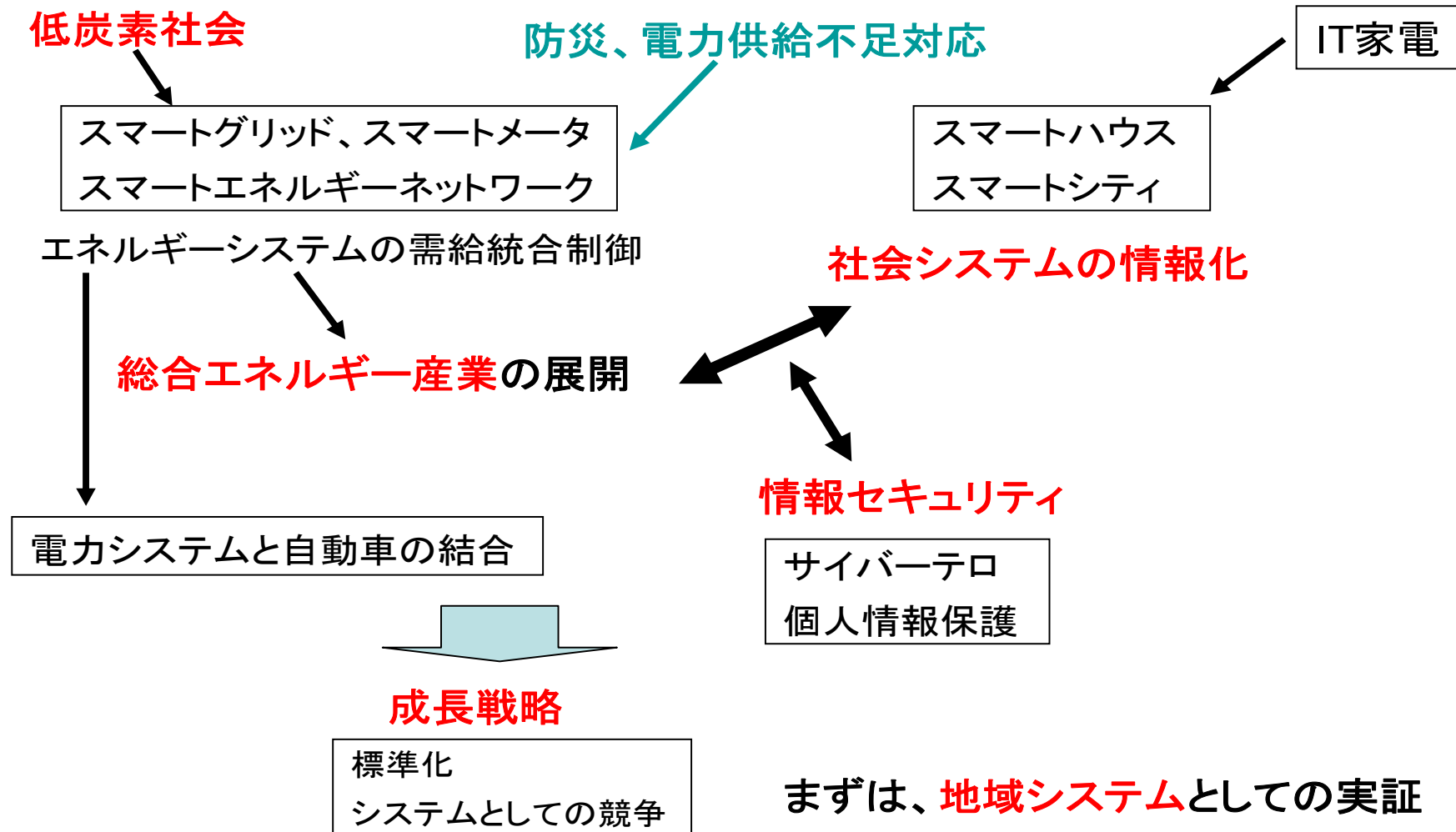


バイオマスや熱など長距離輸送が困難なものは地産地消
電気は情報と統合してスマートに運用(平時)緊急時には分散電源で防災拠点に電力供給

スマートメーターの例



次世代エネルギー・社会システム(スマートコミュニティ)の概念図



情報との統合によるエネルギーシステム改革

次世代エネルギー・社会システム実証事業（24年度予算額：106.0億円）

○横浜市、豊田市、けいはんな（京都府）、北九州市を実証地域として選定し、平成23年度より、住民の参画を得て、大規模実証実験が本格開始。

けいはんな

＜参加プレーヤー＞

- 京都府、関西電力、大阪ガス、オムロン、三菱重工、三菱電機、三菱自動車など
- 約900世帯からなる新興住宅団地にスマートメーターを導入し、デマンドサイドマネジメントを実施。
 - 廃棄物発電、下水汚泥を利用したバイオマス発電など静脈系インフラ実証も実施。

住宅団地型

系統依存度が高い
（中央制御）

横浜市

＜参加プレーヤー＞

- 横浜市、東芝、パナソニック、日立、明電舎、日産、東京ガス、三井不動産など
- みなとみらい地区、港北ニュータウン、金沢地区の広域で地域全体のエネルギー管理システムを技術実証。
 - 4000世帯にHEMSを導入。2000台のEVによる実証。
 - 2万7千kWの太陽光発電を導入、熱・未利用エネルギーの利用。

広域大都市型

単一部門（家庭）のみの制御

複数部門の総合制御

豊田市

＜参加プレーヤー＞

- 豊田市、トヨタ自動車、中部電力、デンソー、シャープ、富士通、ドリームインキュベータなど
- 67軒の家庭でHEMSによる家電の自動制御、V to H（家庭への放電）の実証。
 - 3100台の次世代自動車を普及、渋滞情報等の提供による交通部門のデマンドサイドマネジメントを実施。

戸別住宅型

地方中核都市型

系統依存度が低い
（分散制御）

北九州市

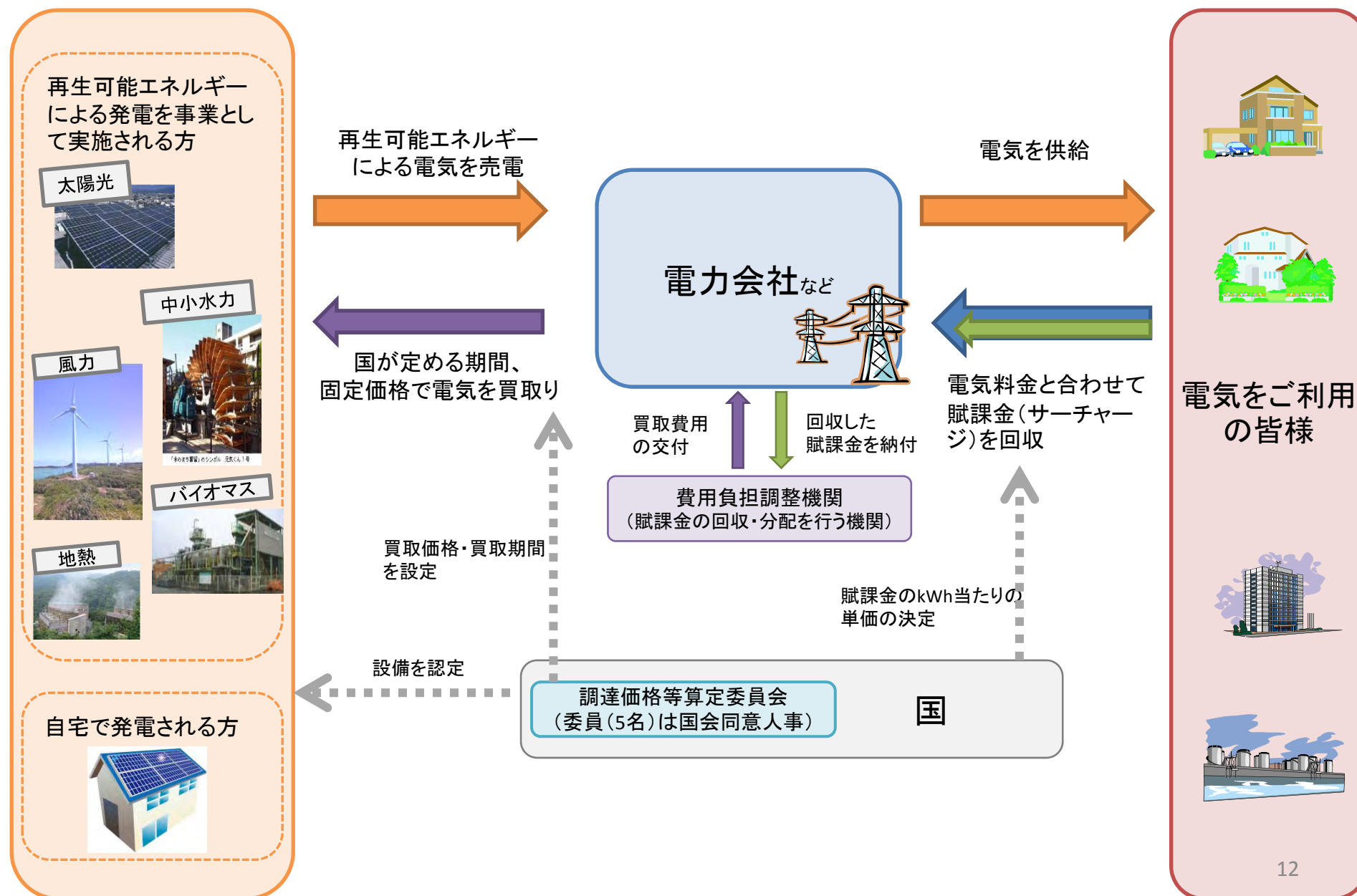
＜参加プレーヤー＞

- 北九州市、富士電機システムズ、日本IBM、新日鐵、NTT西日本など
- 新日鐵による電力の特定供給が行われている地域において、70企業、200世帯にスマートメーターを設置し、リアルタイムで電力価格を変更するダイナミックプライシングを実施。
 - HEMS（ホーム・エネルギー管理システム）によるエネルギー制御、BEMS（ビル・エネルギー管理システム）、交通エネルギー管理などによる地域全体のエネルギー管理システムの実証、構築。

スマートコミュニティ形成は新成長戦略の柱

- ・再生可能エネルギーの国内市場の拡大：
わが国産業がこの市場を活かせるか？
バリューチェーンの戦略的展開
- ・自然変動電源の大量導入に伴う課題（ビジネスチャンス）
蓄電池への期待、自動車と電力の連携
需要サイドとの情報連携による電力需給制御（スマートグリッド）
- ・スマートコミュニティの形成
エネルギーと情報システムを統合した新しい社会システム
地域単位の実証（震災復興の機会を含む）を通じた展開
国際展開による成長戦略
- ・社会システムとしてエネルギー以外の展開と複合化
地域のニーズを踏まえた総合的ネットワークサービス
ネットワークインフラ形成のファイナンスの工夫

再生可能エネルギーの固定価格買取制度の仕組みについて



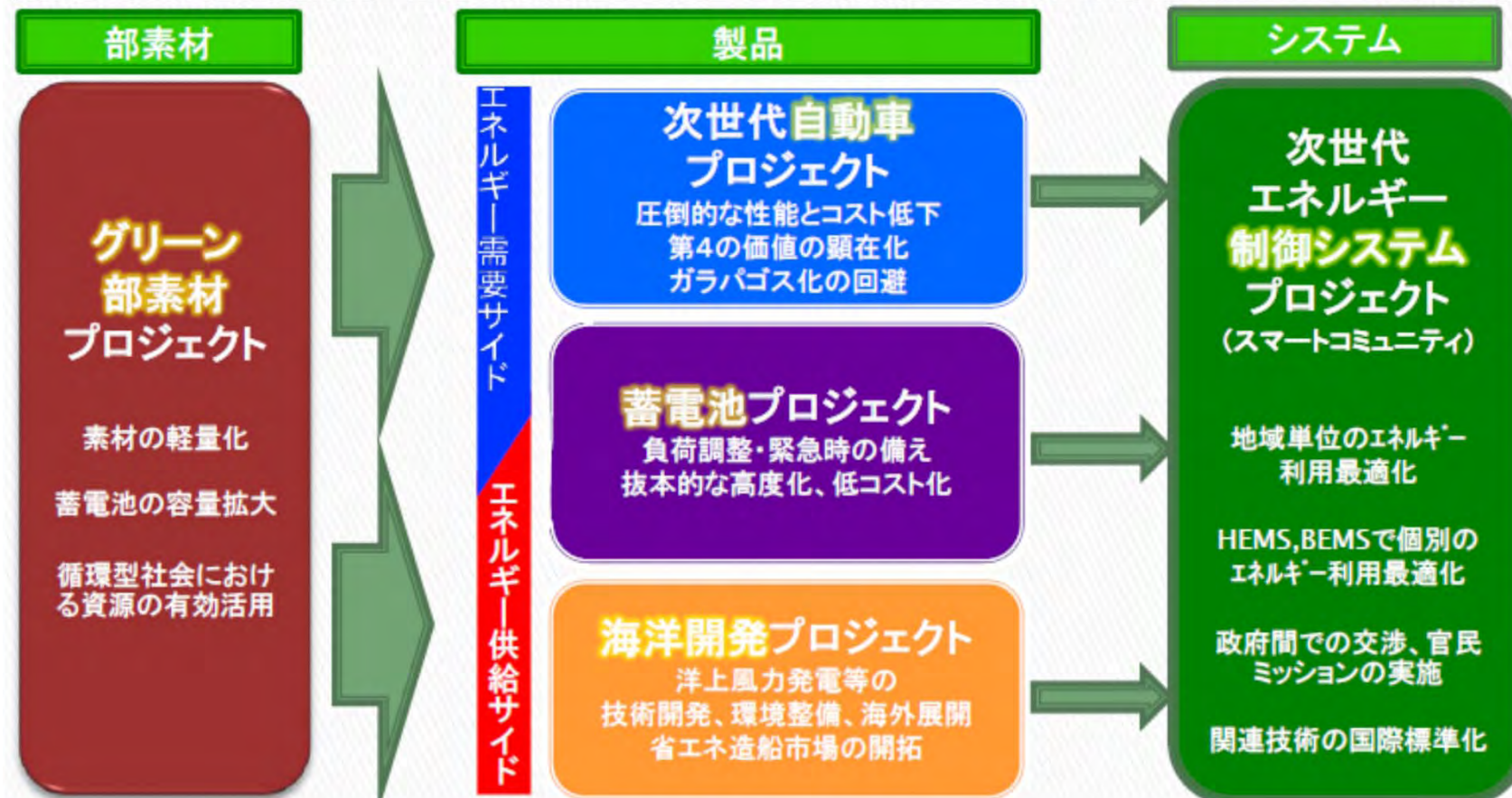
グリーン成長の先導的中核プロジェクト

基本問題委員会120705資料

「制約をバネに変える」
「家計が主役の社会変革を実現する」
「イノベーションの連鎖を起こす」
「内外一体で(Global)稼ぐ(Profitable)持続可能な(Sustainable)新産業を創出する」

そのようなグリーン成長の実例を示す『先導的中核プロジェクト』を集中実施

○以下のようにバリューチェーンの各段階で我が国の強みある産業に関する中長期的な戦略を描くことが重要。



平成23年7月29日(金) エネルギー・環境会議

- 「革新的エネルギー・環境戦略策定に向けた中間的な整理」
・ 原発への依存度低減のシナリオという大きな方向性を決定

平成23年12月21日(水) エネルギー・環境会議

- コスト検証報告
- 基本方針(選択肢原案の策定指示)

現在

- 各審議会における選択肢提示に向けた精力的検討

原子力委員会

【核燃料サイクル政策】

全量直接処分

再処理・直接処分併存政策

全量再処理政策

総合資源エネルギー調査会

【エネルギーミックス】

選択肢1

原発比率を早期にゼロとし、再エネを基軸とする(2030年原発比率0%程度)

選択肢2

原発依存度低減を基本とするが2030年段階で検証を加える
(2030年原発比率15%程度)

選択肢3

原発依存度を低減するが一定程度は維持する(2030年原発比率20～25%程度)

選択肢4

社会的コストを適切に負担する仕組みの下で、市場における需要家の選択に委ねる

中央環境審議会

【温暖化対策】

低位

既に取り組まれ、或いは想定されている対策・施策を継続する

中位

新たに、合理的な誘導策や義務付け等を実施する

高位

社会的効用を勘案すれば導入すべきだが、初期投資の大きい低炭素技術・製品等に、導入可能な最大限の対策を見込み、それを政府が大胆な施策で後押しする

エネルギー・環境会議

6月29日 : 3つの選択肢を提示、7月－8月上旬 : 国民的議論、9月14日 : 革新的エネルギー・環境戦略

エネルギー・環境会議選択枝の概要（1/2）

15

2030年

	2010 年	ゼロシナリオ		15シナリオ	20-25シナリオ
		追加対策前	追加対策後		
原子力比率	26%	0% (▲25%)	0% (▲25%)	15% (▲10%)	20~25% (▲5~▲1%)
再生可能 エネルギー比率	10%	30% (+20%)	35% (+25%)	30% (+20%)	25~30% (+15~20%)
化石燃料 比率	63%	70% (+5%)	65% (現状程度)	55% (▲10%)	50% (▲15%)
非化石電源 比率	37%	30% (▲5%)	35% (現状程度)	45% (+10%)	50% (+15%)
発電電力量	1.1 兆 kWh	約 1 兆 kWh (▲1割)	約 1 兆 kWh (▲1割)	約 1 兆 kWh (▲1割)	約 1 兆 kWh (▲1割)
最終エネルギー 消費	3.9 億 kl	3.1 億 kl (▲7200 万 kl)	3.0 億 kl (▲8500 万 kl)	3.1 億 kl (▲7200 万 kl)	3.1 億 kl (▲7200 万 kl)
温室効果ガス 排出量 (1990 年比)	▲0.3%	▲16%	▲23%	▲23%	▲25%

※比率は発電電力量に占める割合で記載。
括弧内は震災前の 2010 年からの変化分。

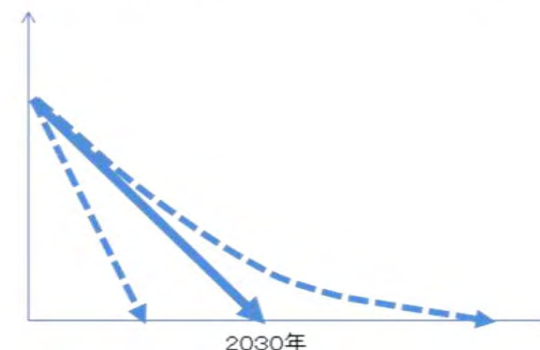
エネルギー・環境会議選択枝の概要（2/2）

16

原発ゼロシナリオ

- ・2030年までに原発ゼロ。使用済核燃料は直接処分
- ・再エネ比率：35%程度（太陽光：1200万戸（耐震強度が劣る住宅にも補強の上、設置）、風力：東京都の2.2倍の面積に設置）
- ・化石燃料比率65%程度
- ・厳しい省エネ規制（効率の悪い機器の使用禁止措置など）

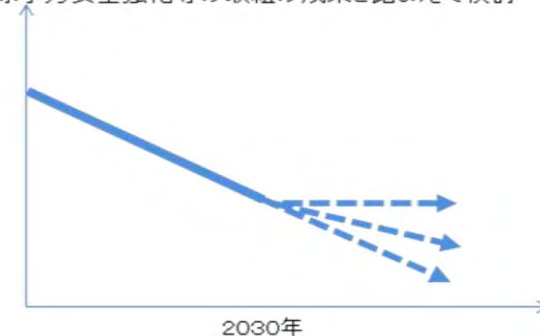
選択枝（1）：意思を持ってゼロにする



原発15シナリオ

- ・原発依存度を着実に下げ、2030年に15%。核燃料サイクル政策は再処理・直接処分があり得る。
- ・再エネ比率：30%程度（太陽光：1000万戸（耐震強度が満たされるすべての家屋に設置）、風力：東京都の1.6倍の面積に設置）
- ・化石燃料比率55%程度

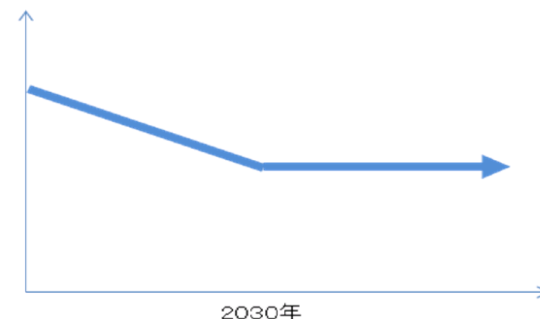
選択枝（2）：比率を低減させ、その後は再エネ、原子力安全強化等の取組の成果を踏まえて検討



原発20～25シナリオ

- ・原発依存度を緩やかに下げ、2030年に20～25%。新設・更新が必要。核燃料サイクルは再処理・直接処分があり得る。
- ・再エネ比率：25～30%程度
- ・化石燃料比率50%程度

選択枝（3）：比率を低減させるが、意思を持って一定比率維持



革新的エネルギー・環境戦略の問題点(1)

(2012年9月14日決定)

・原子力に関する曖昧な政策方針

― 第一の柱は、「原発に依存しない社会の一日も早い実現」

第二の柱が、「グリーンエネルギー革命の実現」、第三の柱は、「エネルギーの安定供給」、さらに、以上の三本柱を実現するために、「電力システム改革」を断行。

― 2030年代に原発稼働ゼロを可能とするよう、あらゆる政策資源を投入する。

― 安全性が確認された原発は、これを重要電源として活用する。

― 現実を踏まえ、エネルギー戦略を構築するに当たっては謙虚な姿勢で臨み、いかなる変化が生じても柔軟に対応できるようにしなければならない。

― 原発に依存しない社会への道筋に関しても、これを現実的なものとしていくために、グリーンエネルギー拡大の状況、国民生活・経済活動に与える影響、国際的なエネルギー情勢、原子力や原子力行政に対する国民の信頼の度合い、使用済核燃料の処理に関する自治体の理解と協力の状況、国際社会との関係などの点について、常に関連する情報を開示しながら、検証を行い、不断に見直していく。

革新的エネルギー・環境戦略の問題点(2)

・内部的な論理矛盾

ー原発に依存しない社会の実現に向けた3つの原則：1)40年運転制限を厳格に適用する、2)原子力規制委員会の安全確認を得たもののみ、再稼働とする、3)原発の新設・増設は行わない。

⇔経済産業大臣は、島根3、大間の建設継続は容認の姿勢。

ー国際的責務を果たしつつ、引き続き従来の方針に従い再処理事業に取り組みながら、今後、政府として青森県をはじめとする関係自治体や国際社会とコミュニケーションを図りつつ、責任を持って議論する。

⇔核燃料サイクル政策に関して、使用済核燃料を直接処分する政策を採用する。(「エネルギー・環境政策に関する選択肢」(6月29日)における原子力ゼロシナリオに関する記述)

・閣議決定(2012年9月19日)での扱い

今後のエネルギー・環境政策については、「革新的エネルギー・環境戦略」(平成24年9月14日エネルギー・環境会議決定)を踏まえて、関係自治体や国際社会等と責任ある議論を行い、国民の理解を得つつ、柔軟性を持って不断の検証と見直しを行いながら遂行する。

革新的エネルギー・環境戦略の問題点(3)

・不明確な温暖化対策目標

—我が国は、第四次環境基本計画(平成24年4月27日閣議決定)において、2050年までに温室効果ガス排出量を80%削減することを目指す。

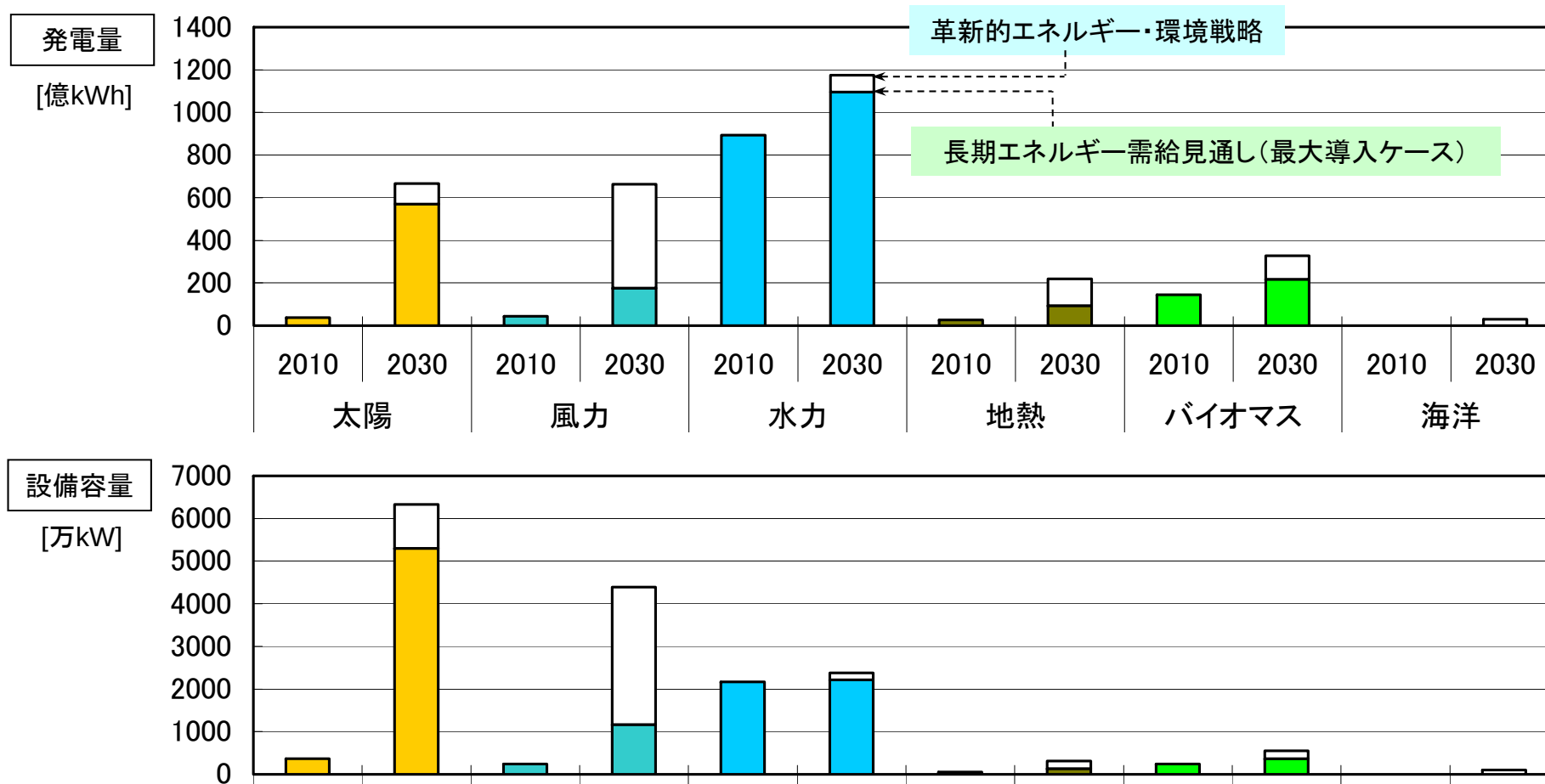
—国内における2030年時点の温室効果ガス排出量を概ね2割を削減(1990年比)することを目指す(慎重ケースを前提とした場合の値。**成長ケースを前提とした場合、概ね1割の削減**(1990年比)となる)。

—国内における2020年時点の温室効果ガス排出量は、原発の稼働が確実なものではないことからある程度の幅で検討せざるを得ないが、一定の前提をおいて計算すると、5~9%削減(1990年比)となる(慎重ケースを前提とした場合の値。**成長ケースと前提とした場合、2~5%削減**(1990年比)となる)。

—森林の適正な整備や木材利用等の推進により、2013年から2020年までの平均で算入上限値3.5%分(2020年時点で3%程度)の吸収量の確保を目指す。

—我が国の技術等を活用した海外での排出削減への貢献分を我が国の削減目標の達成に活用する二国間オフセット・クレジット制度をはじめとして、我が国の技術等による地球規模での削減を推進

再生可能エネルギーの導入目標



- いずれの再エネも、「革新的エネルギー・環境戦略」において導入目標が上積みされている。特に風力発電。
- 発電量の増加分の2／3は、太陽光発電と風力発電。

出所：第27回エネルギー総合工学シンポジウム資料、2012年10月5日

価格差の大きい日本と欧米の天然ガス

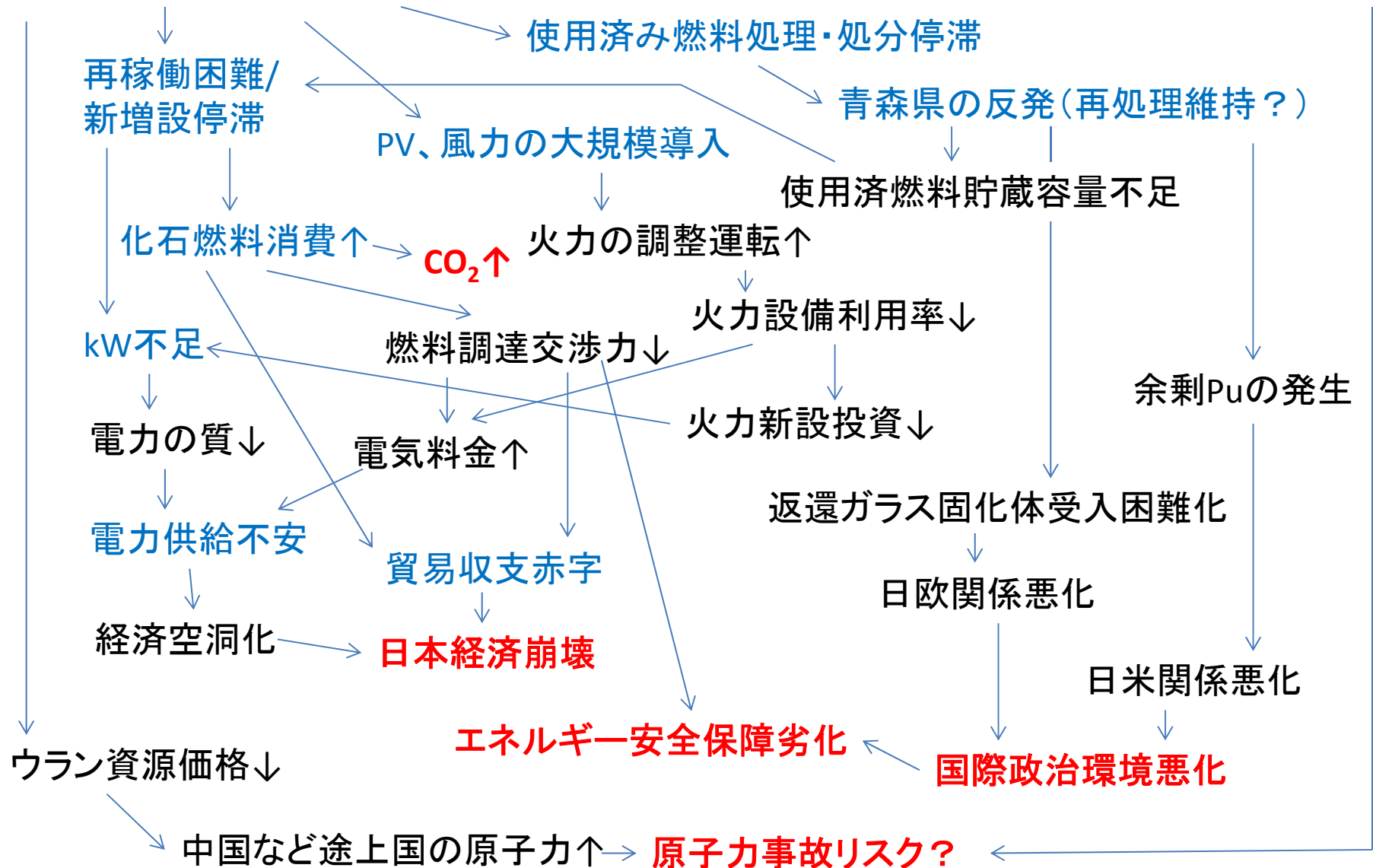


Natural Gas Prices in UK, US, and Japan for 2005-2012

考えられる原子力ゼロ政策の影響シナリオ

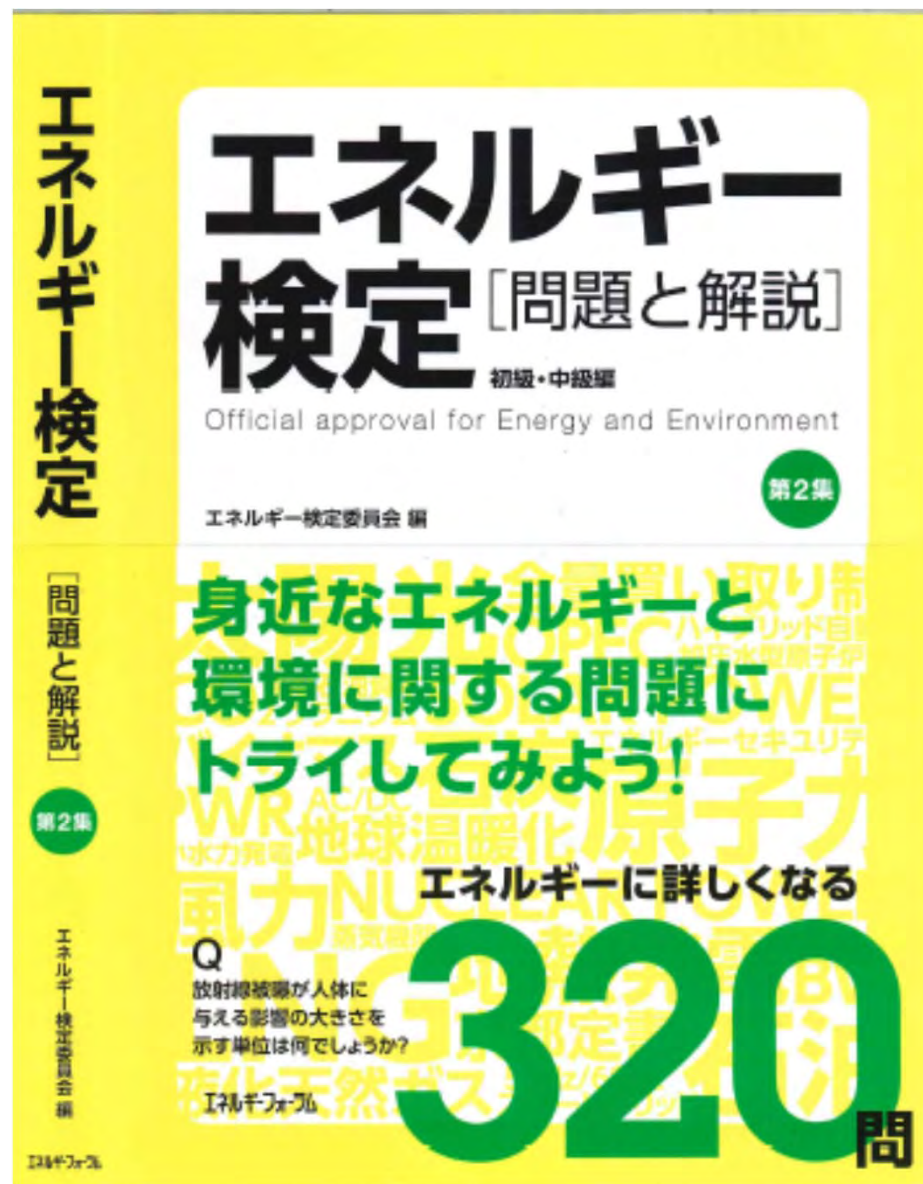
原子力ゼロ政策の表明/実施

原子力人材基盤劣化



エネルギーと地球温暖化対策を一体とした政策の構築

- ・**原子力という選択肢の維持**: 安全対策による**信頼回復**、既存原子炉の運転・・・
- ・**活動量調整を含む徹底した省エネ**: 情報通信を活用して消費者行動変化を誘導(**スマートコミュニティ**の活用)・・・
- ・**再生可能エネルギーの最大限の導入**: 全量固定価格買取制度の活用(被災地(特に長期避難地域)への支援にも)、瓦礫中のバイオマス・休耕田や廃棄土地の活用、電力系統安定化対策(**需要の能動化**も活用)・・・
- ・**化石燃料の活用**: 特に**天然ガス**、**クリーンコール技術**(A-USC、IGCC、**CCS**)、2国間クレジット獲得、褐炭＋CCSによるクリーン水素・・・
- ・**エネルギーシステムの強靱性増強**: 全国連系での電力・エネルギーシステムの強化、次世代エネルギー・社会システム構築の加速(被災地復興の機会も活用、**分散型エネルギーの防災利用**)・・・



ウェブ検定(無料)

<http://www.ene-kentei.jp/>