

# 原子力事故と エネルギー・温暖化政策

温暖化目標見直し無しに  
エネルギー計画見直しなし

東京大学

先端科学技術研究センター

山口光恒

日本で発生した原子力事故  
各種問題が表面化、ただすべきは正す

**今なすべき事**  
**徹底した原因解明と再発防止・**  
**事故発生時の被害最小化**

(政府、国会：福島原発事故調査委員会)

# エネルギー政策検討の視点

- 日本の将来像（主として成長戦略と世界での地位）  
経済成長、国際競争、雇用、年金、医療、温暖化など
- それに伴う産業構造変化
- 必要とするエネルギー量  
安定供給、効率、環境、安全、経済、質の観点から、予断なしでの再検討  
透明且つデータに基づく議論
- エネルギー・ベストミックス（化石燃料、原子力、Renewables）  
エネルギー基本計画の見直し（総合資源エネ調基本問題委員会）  
コスト（コスト等検証小委員会）  
核燃料サイクル（原子力発電・核燃料サイクル技術等検討小委員会）

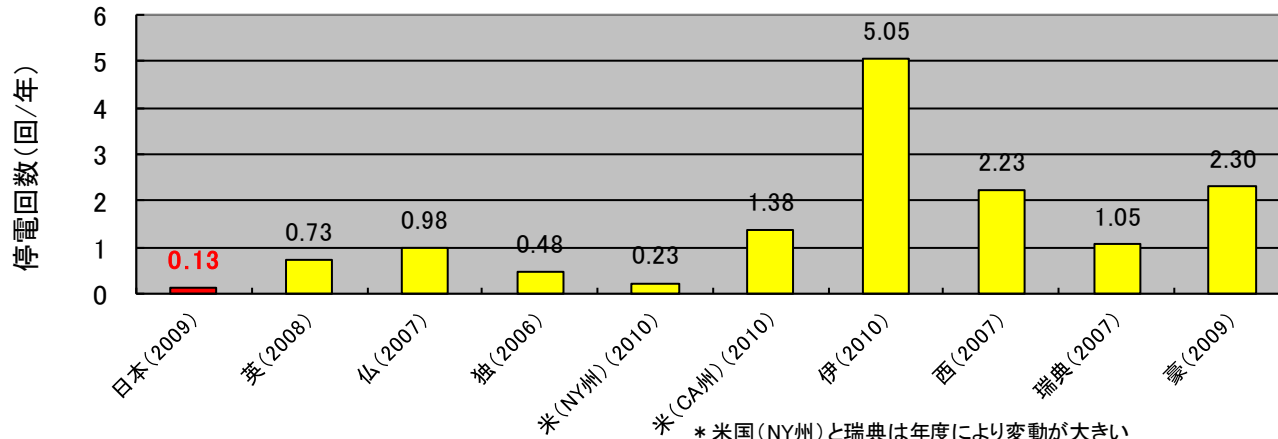
# マクロ経済への影響

大和総研「電力供給不足と日本経済」

2011.7.13

- 電力不足→生産抑制(海外移転)
- 電力料金引き上げ→実質所得引き下げ
- 悲観シナリオではGDPロスは10年間平均14兆円減-2.5%(15年-3.4%)
  - 悲観シナリオ(原発全面停止)、
  - 楽観シナリオ(福島第一、第二、浜岡は稼働せず)
- 需要抑制は考慮せず

# 電力の質 (停電回数及び時間)

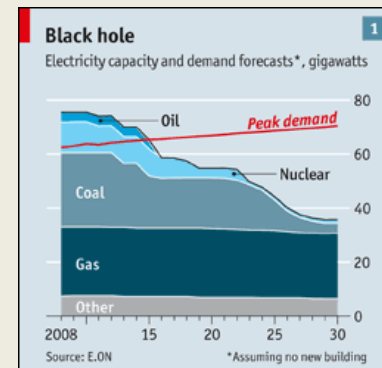
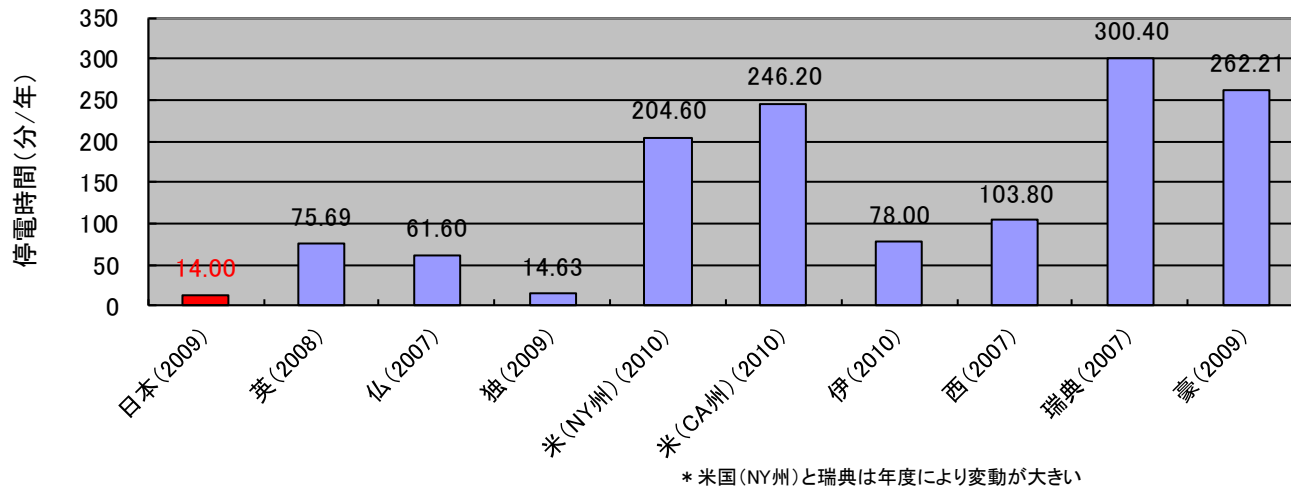


出典: 日本「電気事業の現状2011」(電気事業連合会)

日本以外「海外電気事業統計2011」(海外電力調査会)

米(NY州)はコン・エジ社、Manhattan area中心、同(CA州)はPG&E社、加州の代表的Player)

英国は設備投資の遅れで大停電の可能性あり、自由化に逆行して原子力と風力で政府の補助が必要→矛盾  
(Economist Dec. 9, 2010 & August 6, 2009)



# 原子力と温暖化

## Catastrophic Lossへの対応

- 事故頻度は極めて低いが一旦発生すると甚大な損害(abrupt & non-reversible damages)
- Fat Tail Issue (Weitzman)
- 温暖化: Global、原子力: Regional or Domestic
- 気温上昇を「安全」なレベルに抑制することは現時点では不可能(原因: コスト及び他との Priority)
- Geo-engineeringの登場(従来はタブー)

# リスクに対する考え方 (原子力に限らず)

- 安全神話はありません (日本社会の特徴)
- 想定外もありません
  - 隕石の衝突、核戦争、温暖化
- ○か×の考え方 (確率論なし)
  - 日本の安全保障、原子力、化学品基準
- 事故は発生する、との発想の転換
- 対策のコストは逡増する → どこまでやるか
- コストとの見合い

# 温暖化対策の目標

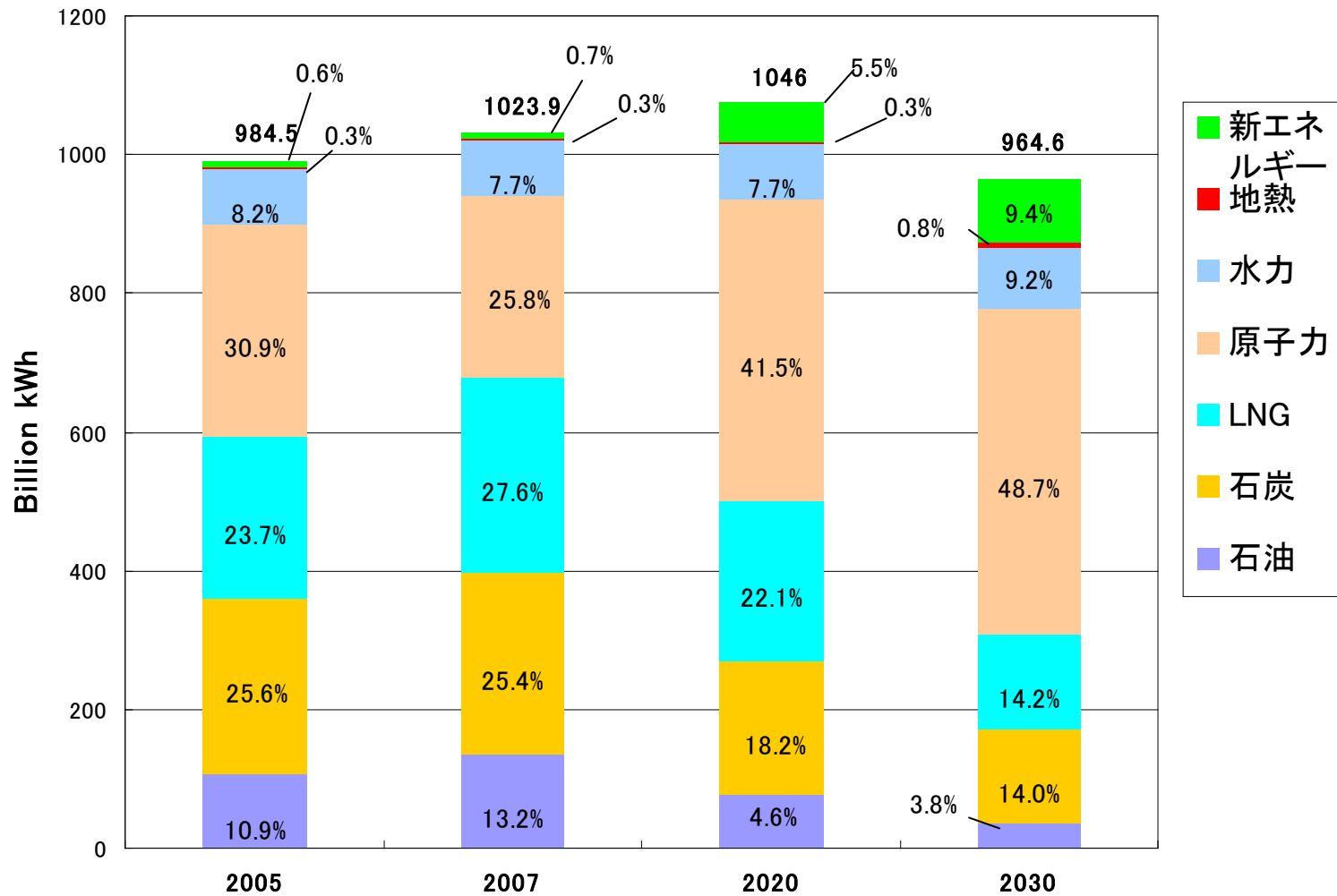
- 気候変動枠組み条約第2条、条約の究極目標  
危険でない濃度での安定化  
但し、持続可能な発展と両立
- IPCC 第4次報告書
- 対策不足のリスクと過度の対策とのバランス  
→ Sustainable Economic Growth

原子力分野の考え方も同じ  
安全神話が事故の損害を拡大した



# 長期需給見通し(再計算)

## 電源構成(発電電力量)



# 日本の原子力発電の現状

表1. 原子力発電所一覧(2010年12月末現在)

事業者名	発電所名称	最大出力 (千kW)	運転開始	2020年*	2030年*	大震災による 被災の有無	稼働中 10/17現在
北海道電力	泊 1号	579	1989.6		●		
		579	1991.4				
		912	2009.12				○
東北電力	女川 1号	524	1984.6		●	有	
		825	1995.7			有	
		825	2002.1			有	
	東通 1号	1,100	2005.12			有	
東京電力	福島第一 1号	460	1971.3	●		有	
		784	1974.7	●		有	
		784	1976.3	●		有	
		784	1978.10	●		有	
		784	1978.4	●		有	
		1,100	1979.10	●		有	
"	福島第二 1号	1,100	1982.4		●	有	
		1,100	1984.2		●	有	
		1,100	1985.6		●	有	
		1,100	1987.8		●	有	
"	柏崎刈羽 1号	1,100	1985.9		●		
		1,100	1990.9		●		
		1,100	1993.8				
		1,100	1994.8				
		1,100	1990.4		●		○
		1,356	1996.11				○
		1,356	1997.7				
中部電力	浜岡 3号	1,100	1987.8		●		
		1,137	1993.9				
		1,267	2005.1				
北陸電力	志賀 1号	540	1993.7				
		1,206	2006.3				
関西電力	美浜 1号	340	1970.11	●			
		500	1972.7	●			○
		826	1976.12	●			
"	高浜 1号	826	1974.11	●			
		826	1975.11	●			○
		870	1985.1		●		○
		870	1985.6		●		
"	大飯 1号	1,175	1979.3	●			
		1,175	1979.12	●			○
		1,180	1991.12				
		1,180	1993.2				
中国電力	島根 1号	460	1974.3	●			
		820	1989.2		●		○
四国電力	伊方 1号	566	1977.9	●			
		566	1982.3		●		○
		890	1994.12				
九州電力	玄海 1号	559	1975.10	●			
		559	1981.3		●		
		1,180	1994.3				
		1,180	1997.7				○
"	川内 1号	890	1984.7		●		
		890	1985.11		●		
日本原子力発電	東海第二	1,100	1978.11	●		有	
"	敦賀 1号	357	1970.3	●			
		1,160	1987.2		●		
合計		54	48,847				10

出典: 2011 エネルギー・経済統計要覧・日本エネルギー経済研究所編 P.204

\*2020年及び2030年はそれぞれ同年で40年超となる原子力発電所

左: 既設54基の状況

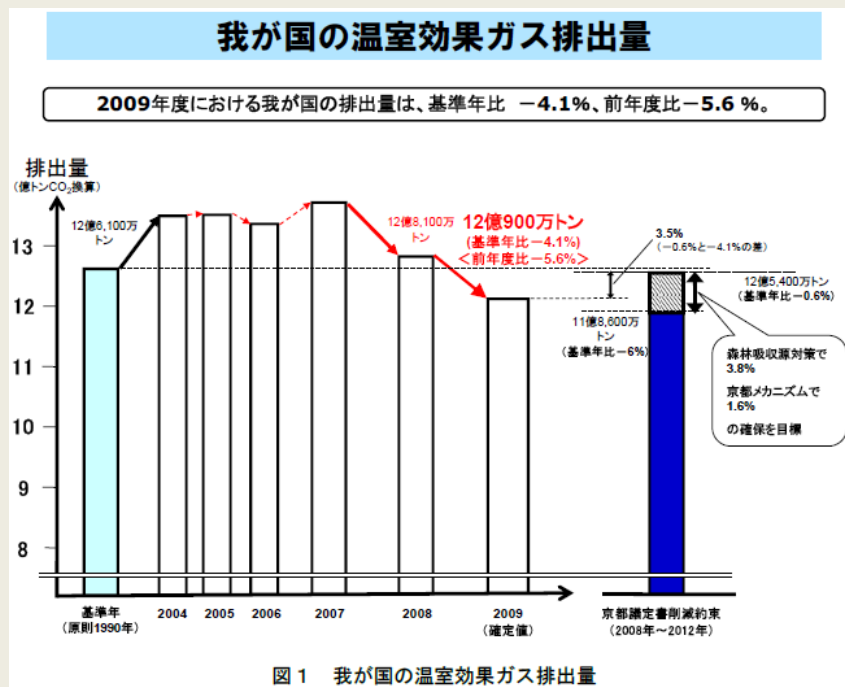
下: 新設の状況(2020 & 2030)

表2. 原子力発電新設計画

事業者名	発電所名称	出力 (千kW)	大震災時 建設中	2020年迄に 運転開始予定	2030年 運転開始予定
東北電力	浪江・小高	825			○
	東通2号	1385			○
東京電力	福島-7号	1380		○	○
	福島-8号	1380		○	○
	東通1号	1385		○	○
中部電力	東通2号	1385			○
	浜岡6号	1400			○
中国電力	島根3号	1373	○	○	○
	上関1号	1373		○	○
	上関2号	1373			○
九州電力	川内3号	1590		○	○
電源開発	大間原子力	1383	○	○	○
日本原子力 発電	敦賀3号	1538		○	○
	敦賀4号	1538		○	○
合計		19308	2756	12940	

10月17日の状況

# 京都議定書（2008－2012年）



- エネ研による最悪シナリオ (停止原発期間内再稼働なし)
- CO<sub>2</sub>排出増: 合計4.7億トン (年平均9300万トン、基準年比+7.4%)。経済成長等を含む、基準年比
- 節電努力のみでは目標達成困難

# 万一目標不遵守の場合の考え方

- 温暖化対策の目的
- カナダの対応 2007年4月  
Penalty無し、強行すれば離脱
- 日本への対応  
Force Majeure(不可抗力) 国内責任論とは切り離し  
温暖化対策の目的は持続可能な発展  
長期にわたる地球規模での削減  
欧米で地震が発生したら？  
地震国日本がForce Majeure条項無しの条約に加盟できるか
- 最大努力は前提(最高のエネルギー効率)

# 中期目標(2020年)への影響

- 鳩山首相による条件付き25%削減宣言  
前提条件:意欲的な目標、主要国全ての参加、公平・実効的枠組み
- 25%の根拠 科学の要請? IPCC報告書の誤った解釈
- 日本の中期目標  
麻生元首相: 2005年比15%減 (90年比8%減) 2009年6月  
鳩山前首相: (2005年比30%減) 90年比25%減 2009年9月
- 上記全てで53基稼働、+原子力9基増設  
(1294万kW) →ここが崩れている
- 稼働率80%以上

# 原子力発電所事故とCO2排出増

2020年時点(化石燃料で代替の場合)

	内容	喪失発電容量	CO2排出増及び90年比
ケース1	福島第一の6基及び41年超の原子炉廃止、新設は2基	23.6GW	99Mt(+8%)
ケース2	被災した15基は2020年でも再開せず、新設はゼロ	26.4GW	111Mt(+9%)

ケース2はケース1から新設2基を除いたシナリオ(喪失発電容量26.3GW)にほぼ同じ  
上記は蓋然性の高いケースとは無関係

# 再生可能エネルギーでの 代替可能性

	A	B	C	D	E	F	G	H
	建設単価 (万円/kW)	発電容量 万kW	稼働率 %	発電量 億kWh	初期コスト 億円	発電単価 (10年) (円/kWh)	CO2削減量 (万トン) 化石燃料平均比	原子力100万kW の代替に必要な 設備容量(万kW)
太陽光	52	100	12	10.5	5,200	49.5	63	667
風力(陸上)	19	100	20	17.5	1,900	10.8	105	400
風力(洋上)	28.9	100	30	26.3	2,890	11.0	158	267
小水力	160	100	80	70.1	16,000	22.8	421	100
地熱	66	100	70	61.3	6,600	10.8	368	114
原子力	27.9	100	80	70.1	2,790	6.2	421	100

日本エネルギー経済研究所の協力を得て作成

原子力100万kWと同量の発電量(70.1億kWh)を得るのに必要な発電容量  
 太陽光:667万kW、風力(陸上):400万kW、風力(洋上):267万kW  
 建設単価には土地代を含まず

# 原子力代替シナリオ (物理的可能性)

	原子力容量 減少分(万kW)	太陽光で代替 必要容量(万kW)	陸上風力で代替 必要容量(万kW)
ケース1	2,357	16,000 (18,800)	9,428 (9,928)
ケース2	2,640	18,000 (20,800)	10,560 (11,060)

2020年

カッコ内は既に中期計画に含まれている数字を合算したもの 太陽光2800万kW、風力500万kW  
需要抑制は考慮せず(但し電気自動車等で需要が増大する要素もある)

仮に1000万戸に太陽光を導入しても3500~4000万kW(エネ研によると2009年では15万戸)  
原子力1基相当必要スペース: 太陽光一山線内側(面積67km<sup>2</sup>)、風力一1km<sup>2</sup>あたり1万kW(伊藤忠テクノソリューションズ報告書2011.2.28)



# 導入ポテンシャル

## 太陽光

- 経産省：7400万kW（戸建て4200万kW、集合住宅1600万kW、非住宅1600万kW）、コスト勘案せず
- 環境省：9200万kW（但し非住宅はFIT買い取り価格36円）で20～7200万kW（24円ではゼロ）、住宅系については太陽光発電協会の2030 outlookを基に2020年2000万kW）

## 風力

- 経産省：2880万kW（FIT 買取価格／期間（20円・15年））
  - 環境省：2437万kW（FIT 買取価格／期間（15円／15年））
- 10147万kW（FIT 買取価格／期間（20円・15年））

上記のうち**国産化率については不明**

# 原子力発電代替の制度(FIT)導入コスト

	ケース 1	ケース 2
太陽光	40(兆円)	45(兆円)
風力	17(兆円)	19(兆円)

買い取り価格  
が35円で20年  
なら45兆円は  
156兆円

## 制度の前提

存続期間10年、買取期間 太陽光10年(メガソーラーは15-20年)、風力15年

## 制度導入コストの考え方:

太陽光(風力)と原子力のコストの差分×発電量、差分は平均で  
太陽光24円、風力7円、(原子力のコストは8円)

## 制度導入コストの増減要素(コスト等検証委員会)

減少要素:原子力のコスト上昇(規制強化、事故時の社会的損害、使用済み核燃料)

増加要素:系統安定化コスト、土地代、太陽光発電設備設置補助金

その他コストへの影響要因:太陽光、風力等の**技術革新のスピード**、  
制度存続期間、買取期間・金額

感度分析:価格差1円で約2兆円の増減

2020年時点で原子力の不足分を  
全てRenewableで賄うのは非現実的  
必然的に中期目標の見直し

# 温暖化中期目標の凍結と見直し

- 排出量増加は必至（中期目標維持不能）
- 25%目標は凍結（前提未達のため国際的整合性）
- 麻生目標（05年比15%減）を目処とする
- 原子力事故による排出を考慮すると上記は
  - ケース 1: 2005年比 8%減（1990年比 ±0%）
  - ケース 2: 同 7%減（同 1%増）に相当（これでも限界削減費用\$150は飛び抜けて高い）
- その後冷静な状況下で今後の原子力の復旧の状況、省エネ進展・自然エネルギー導入状況をみて判断
- 日本独自のUnilateralな目標も必要

# 原子力を巡る世界情勢

- 方針変更 独伊Su、米仏英口中などは推進

英国は本年7月原子力推進を確認

- IAEA 2010年375GW

Energy, Electricity and Nuclear Power Estimates for the  
Period up to 2050, 2011 Edition

低位予測560GW、高位予測1228GW

世界、或いは隣国が大増設をしても日本は 撤退するの  
か、その理由は何か(地震・津波問題)

# Renewables: 持続的促進に向けて

## 願望とReality

- SRREN (Special Report on renewable energy sources) 2011

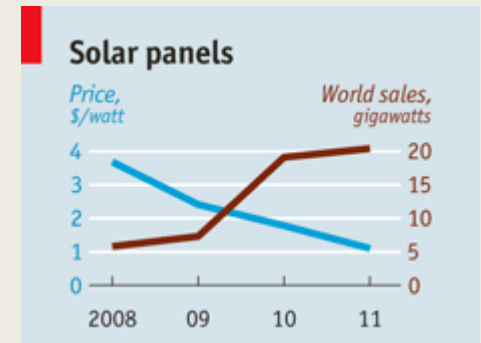
Press Releaseによる誤解、2050迄に77%？

4つのシナリオの一つ、2050年のCO2を37億t、原子力は2045年廃止

- 何のためのRenewablesなのか

温暖化対策としては非効率

エネルギー安全保障、分散電源



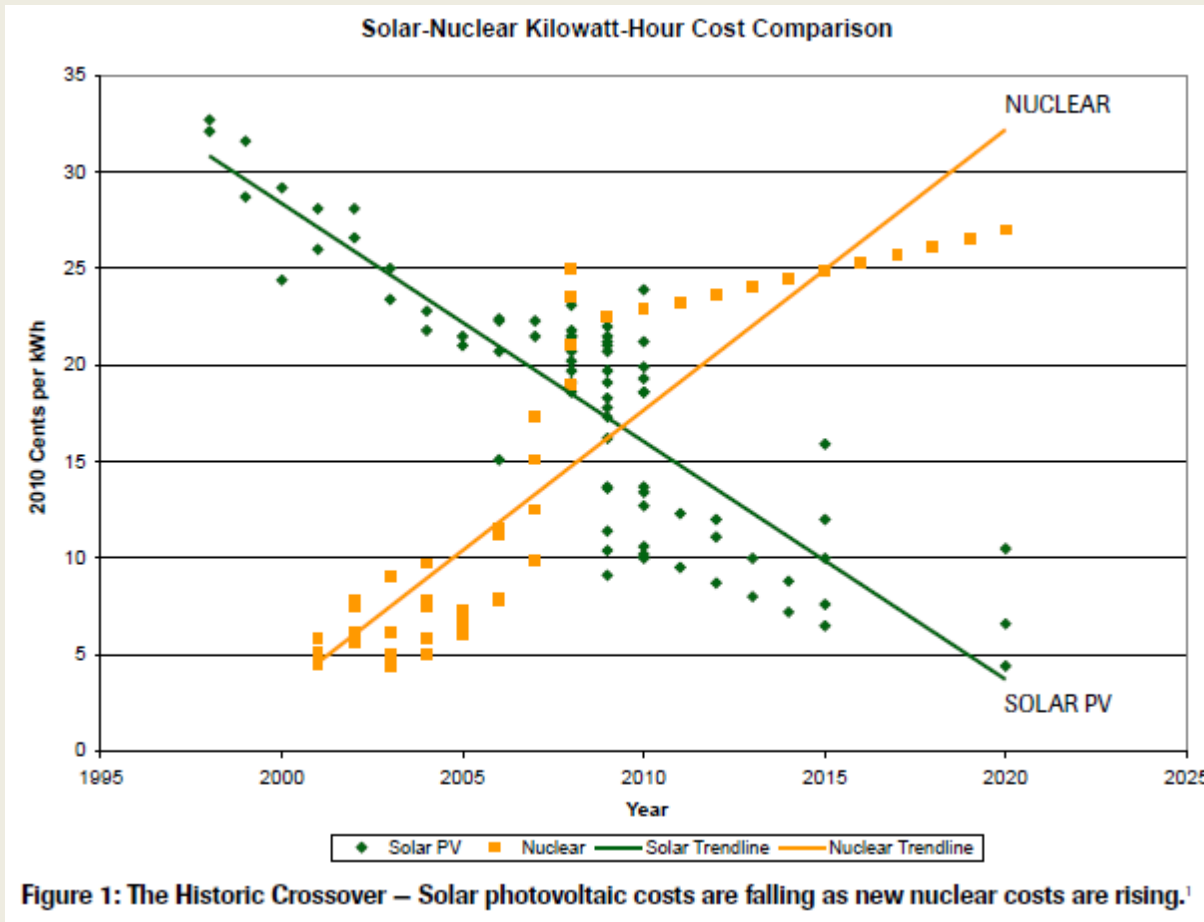
Economist, Oct. 15, 2011

- Green Growth、雇用、産業政策(要検証)

Mr. Obama's subsidies for green technology fattened the bottom line of a few chosen firms but did very little to spur jobs (Economist, Sept. 10, 2011)

- FITの落とし穴(買取価格とロビイング、技術開発面)

# 孫論文 原子力と太陽光のコスト



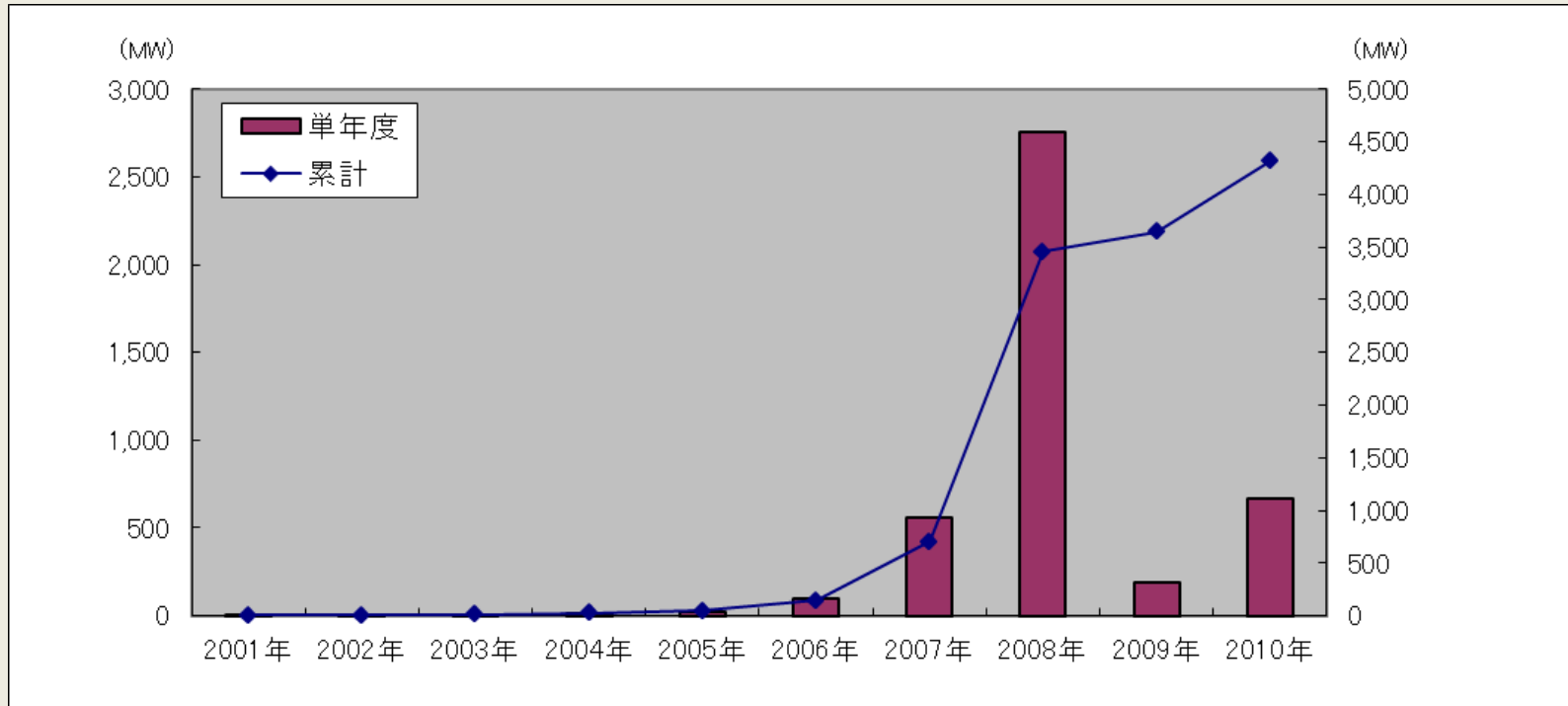
40円で20年間固定価格  
買い取りを主張、  
世界2011年6月号

買い取り価格が30円  
台前半なら、太陽光  
発電は全滅だろう  
毎日新聞2011年8月  
8日

- 1、反原発組織の求めに応じて書かれたもの non-peer reviewed paper
- 2、アメリカではなくノースカロライナの話
- 3、稼働率を18%としていること(日本は日照の関係で12%)
- 4、太陽光は州と連邦の税額控除後の事業者にとってのコストを用いていること

# Renewables スペインの例

## 太陽光発電の単年度及び累計容量の推移(MW)



CNE (2010) Información Estadística sobre las Ventas de Energía del Régimen Especialを基に作成

2004年再生可能エネルギー促進政令

2007年政令 (FIT導入)

2008年政令 (新規買取価格引き下げ、発電容量上限設定) → バブル崩壊

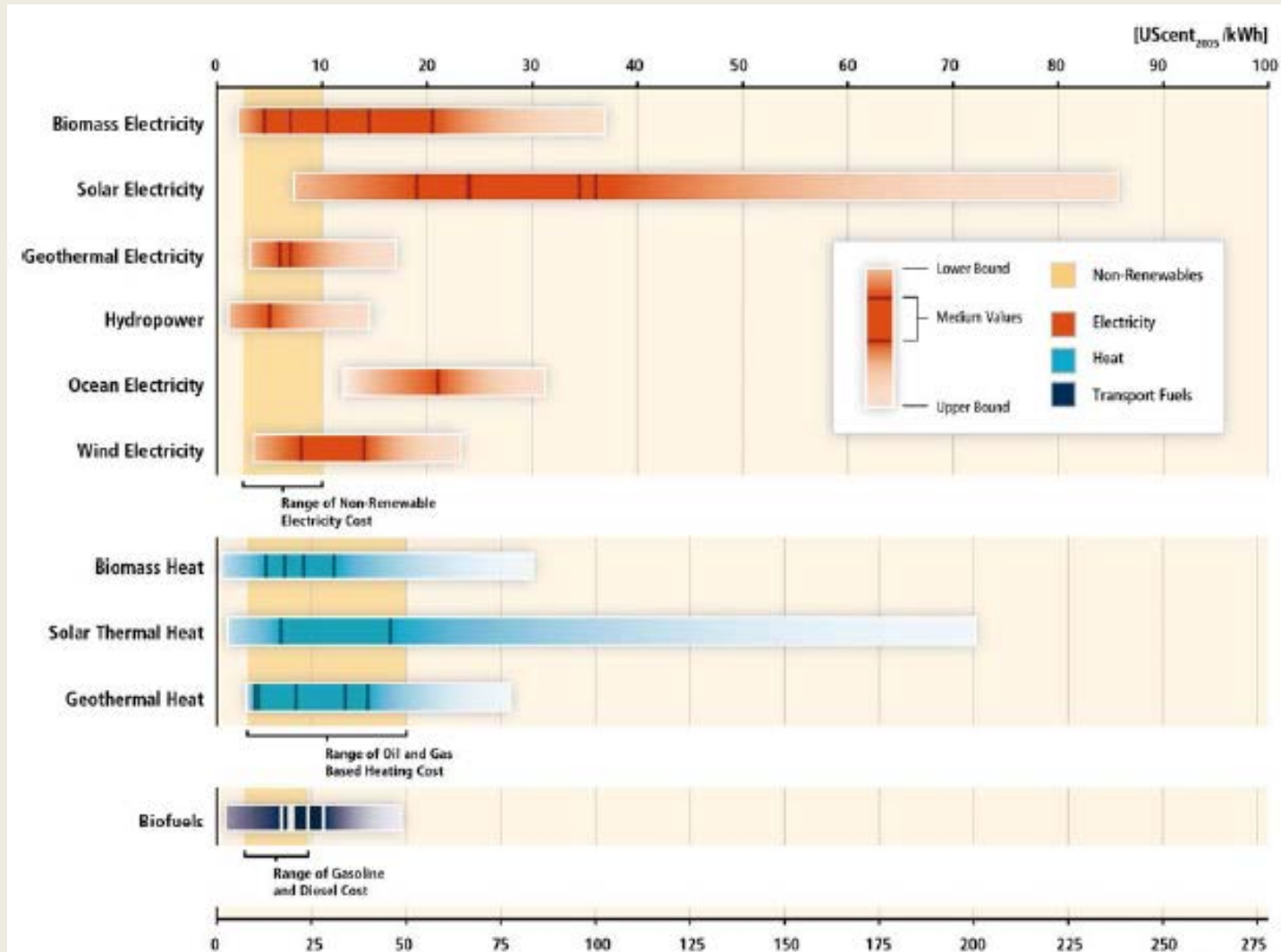
2010年11月政令 (メガソーラーの抑制)

2010年12月政令法 (契約内容の遡及変更)

2011年1月 (電力会社救済政府保証債券の発行)

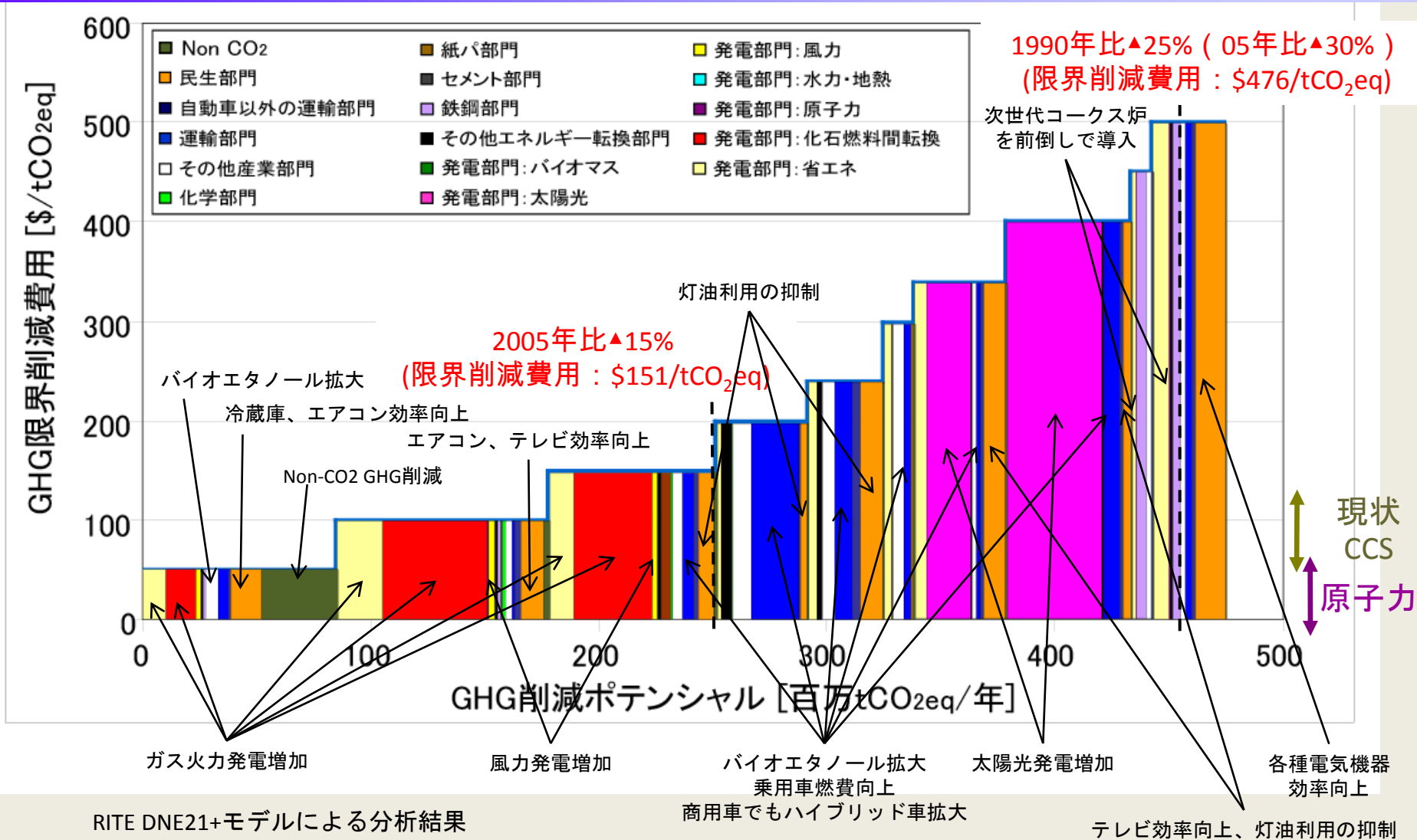


# 再生可能エネルギーのコスト



# 2020年の日本の部門別・技術別・費用別の排出削減可能量

資料提供: RITE



注) 原子力発電、CCS (二酸化炭素回収・貯留) は比較的安価な費用で大きな排出削減可能量を有しているが、不確実性が大きいいため、グラフからは除外している。

# FITと太陽光

## (価格設定の難しさ、市場への政府の干渉)

- The solar industry is taking off, but that does not justify the wasteful subsidies that created it. (補助金の非効率性)
- The green jobs they were meant to bring are largely, though not entirely, in China. (自国での雇用増加? →中国へ)
- Opportunity costs of programmes so expensive.
- Left governments paying through the nose for whatever the industry can ship, rather than encouraging true innovation. (技術革新?)
- In 2008 and 2009, the average price of a solar panel halved. Yet European subsidies for solar power hardly fell. Hence last year's surge in demand.
- The cost to European electricity users was enormous. (コスト)
- So Europe's regulators have moderated their largesse. France announced a moratorium on its feed-in tariff last December, and Italy and Germany also made their subsidies less generous. (欧州での見直しの動き)
- Wider economic ills in Europe have given investors further pause, causing European demand for solar panels to plummet. In Germany, annual sales are expected to fall by more than 30%.

# エネルギー政策の考え方

- 3つのE+安全・経済・質の面から徹底検証  
（原子力についてはバックエンドも含めた検証）
- 原子力最大の懸念は安全性  
（地震・津波を考慮、発生確率と損害）
- 温暖化対策として原子力は欠かせない  
（世界的には大增設の流れ、日本が貢献できる）
- Renewablesを無理のない範囲で最大限導入  
（独西英米等での動き）
- 選択肢としての原子力を残すべき（新旧交代）
- 省エネの重要性

# エネルギー源のBest Mixに向けて

発電エネルギー源	長所	短所
化石燃料	安価(石油を除く)、使い勝手よし	エネルギー安全保障問題、CO2排出(但しCCSあり)、枯渇性と長期価格上昇傾向、国富流失
原子力	温暖化対策、エネルギー安全保障、コスト(但し精査が必要)、化石燃料価格の変動に左右されない	巨大リスクの可能性、立地制約
自然エネルギー(太陽光、風力)	温暖化対策、エネルギー安全保障、分散電源、化石燃料価格の変動に左右されない	高コスト(特に太陽光)、補助金、立地制約、騒音(風力)、別途系統安定化対策が必要