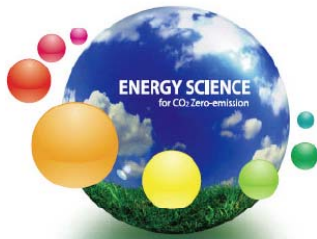


シンビオ社会研究会  
応用科学研究談話会  
2012年2月27日 京都

# 福島原子力事故を考慮した日本、中国、 アメリカの電力システムのシナリオ分析



張 奇 (Ph.D.)  
京都大学  
エネルギー科学研究科



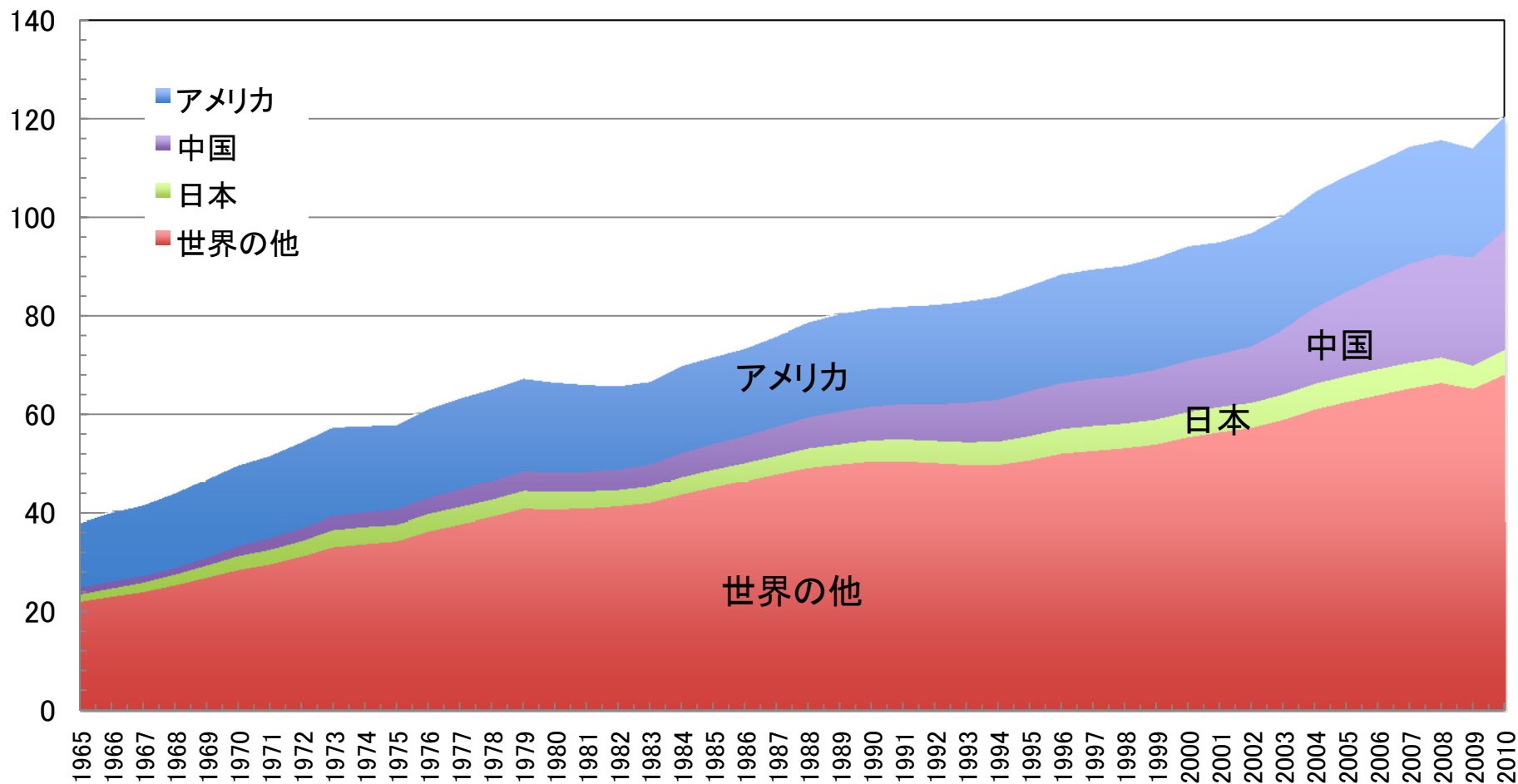
# 内容

- ・ **背景**
- ・ **日本**
- ・ **中国とアメリカ**
- ・ **サマリー**



# 世界の一次エネルギー消費量の推移

億トン石油換算/年



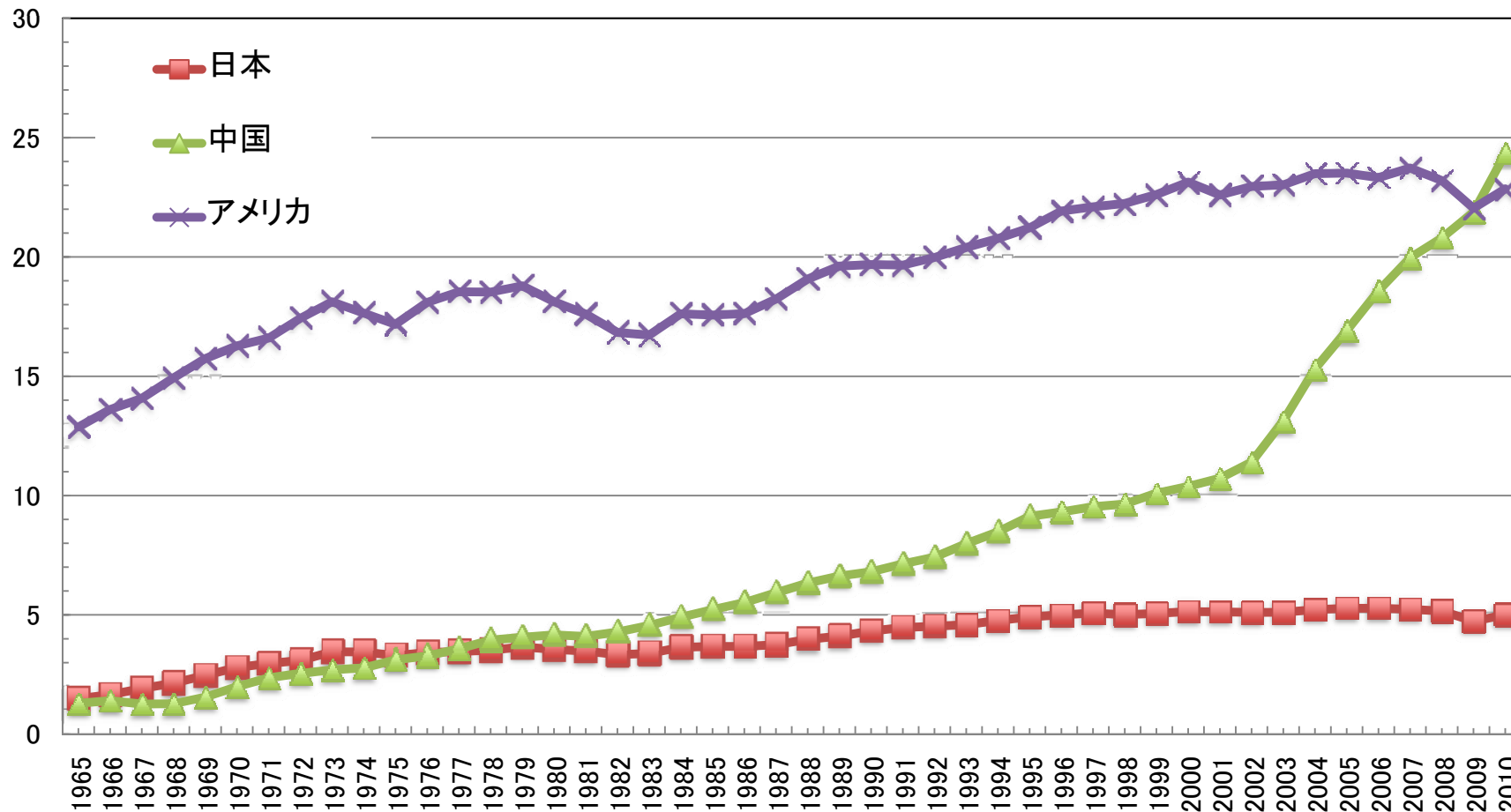
Data Source: BP Statistical Review of World Energy, 2011

中国:中国Mainland



# 日本・中国・アメリカの一次エネルギー消費量の推移

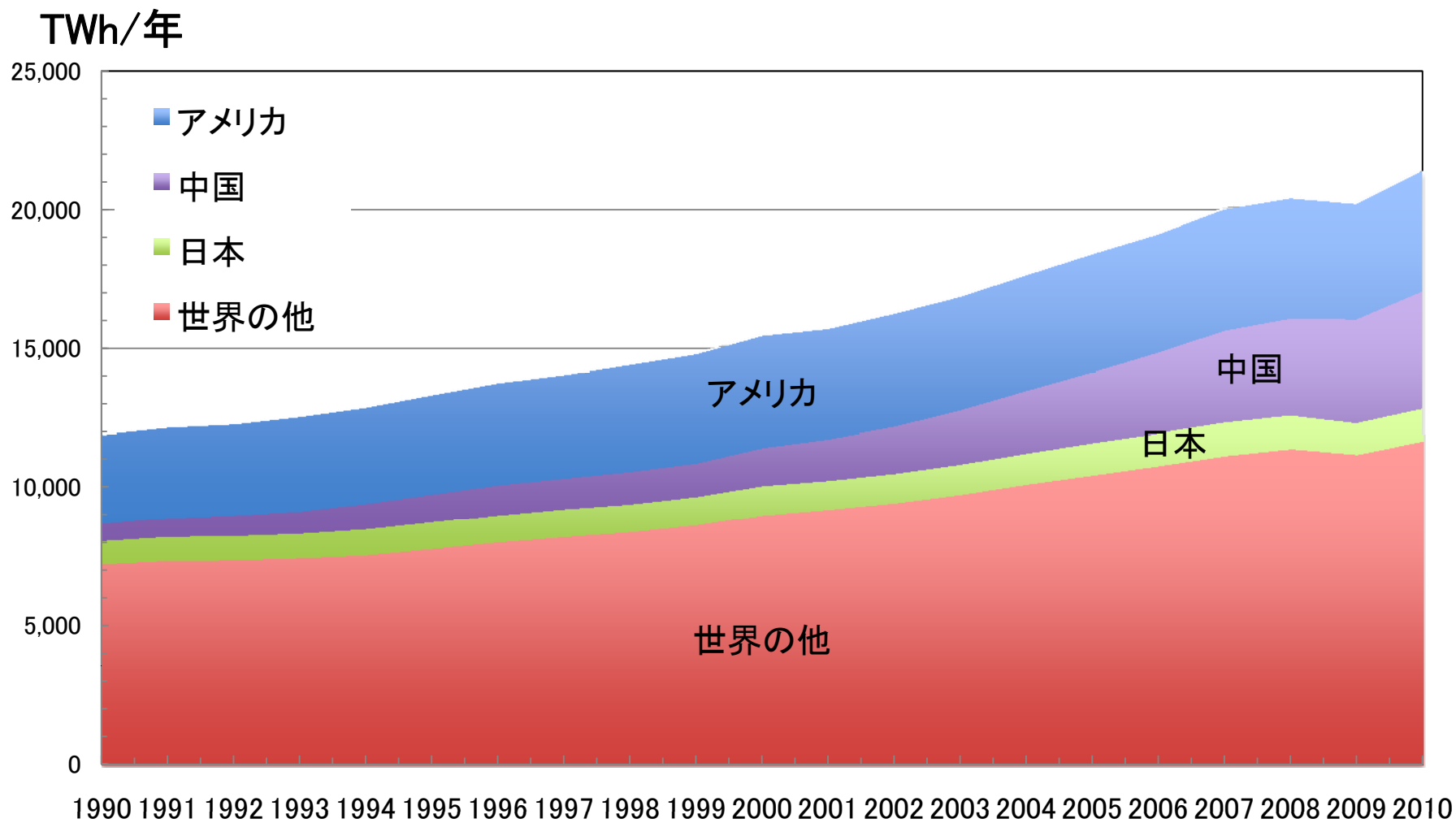
億トン石油換算/年



Data Source: BP Statistical Review of World Energy, 2011



# 世界の発電量の推移

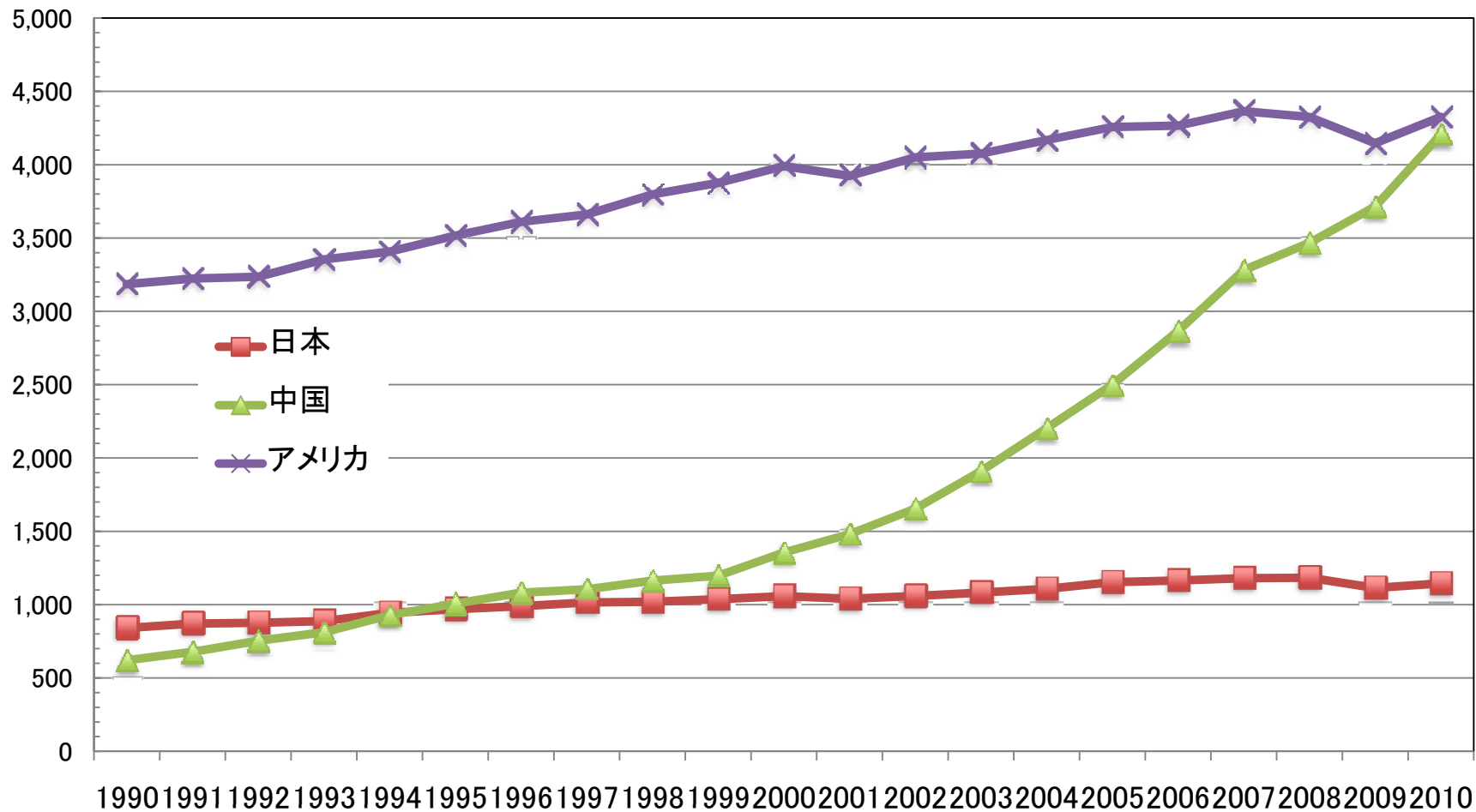


Data Source: BP Statistical Review of World Energy, 2011



# 日本・中国・アメリカの発電量の推移

TWh/年

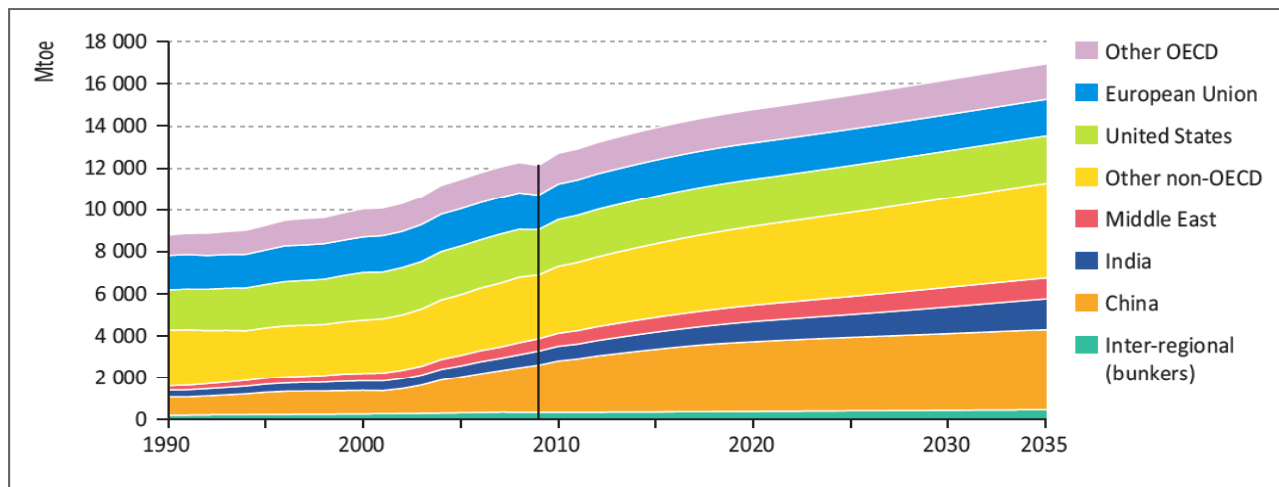


Data Source: BP Statistical Review of World Energy, 2011

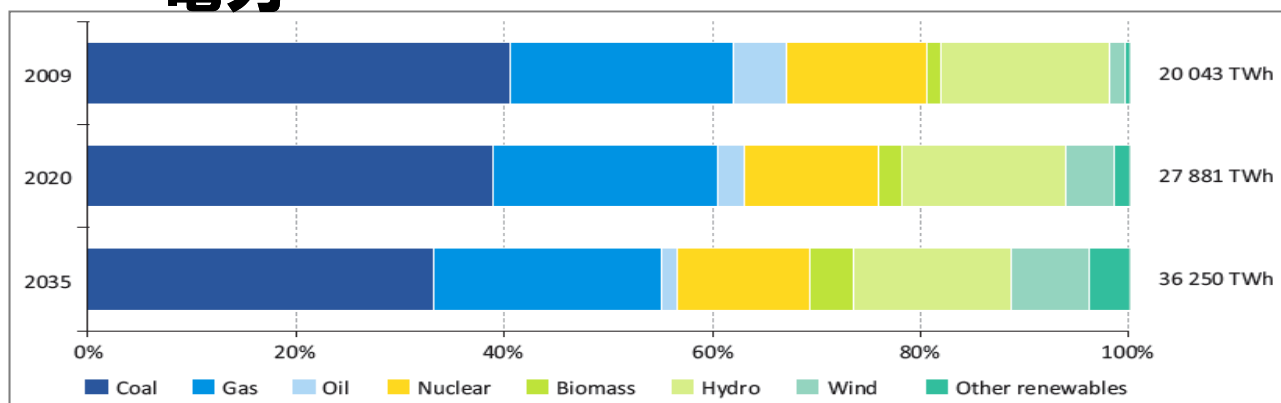


# 2035年までの世界の一次エネルギーと電力シナリオ

## 一次エネルギー

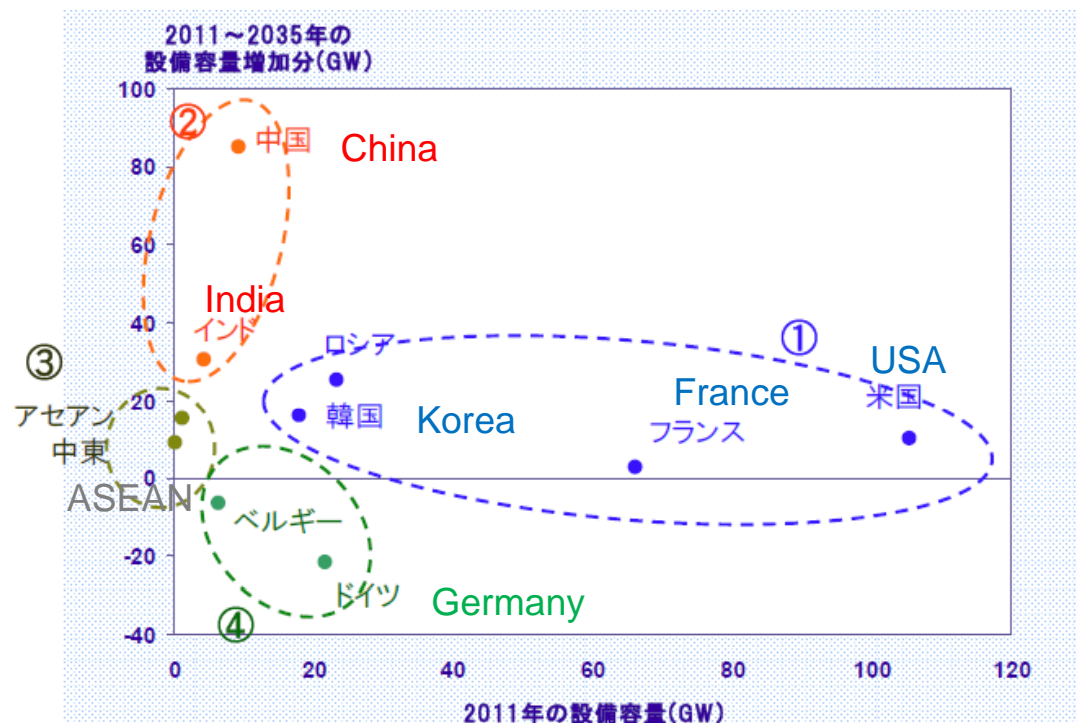


## 電力





# 福島事故の各国原子力政策への影響



① 原子力推進国(米国、フランス等)福島事故後も既存の原子力政策を継続

② 新興開発国(中国、インド等)福島事故後も引き続き、原子力発電所の大量建設を計画

③ 新規導入国(東南アジア、中東等)一部の国で新規導入を再検討中

④ 脱原子力国(ドイツ等)今後順次原子力発電所を閉鎖する見通し

Source: 松尾雄司, アジア/世界の長期エネルギー需給見通し, 原子力委員会第9回新大綱策定会議



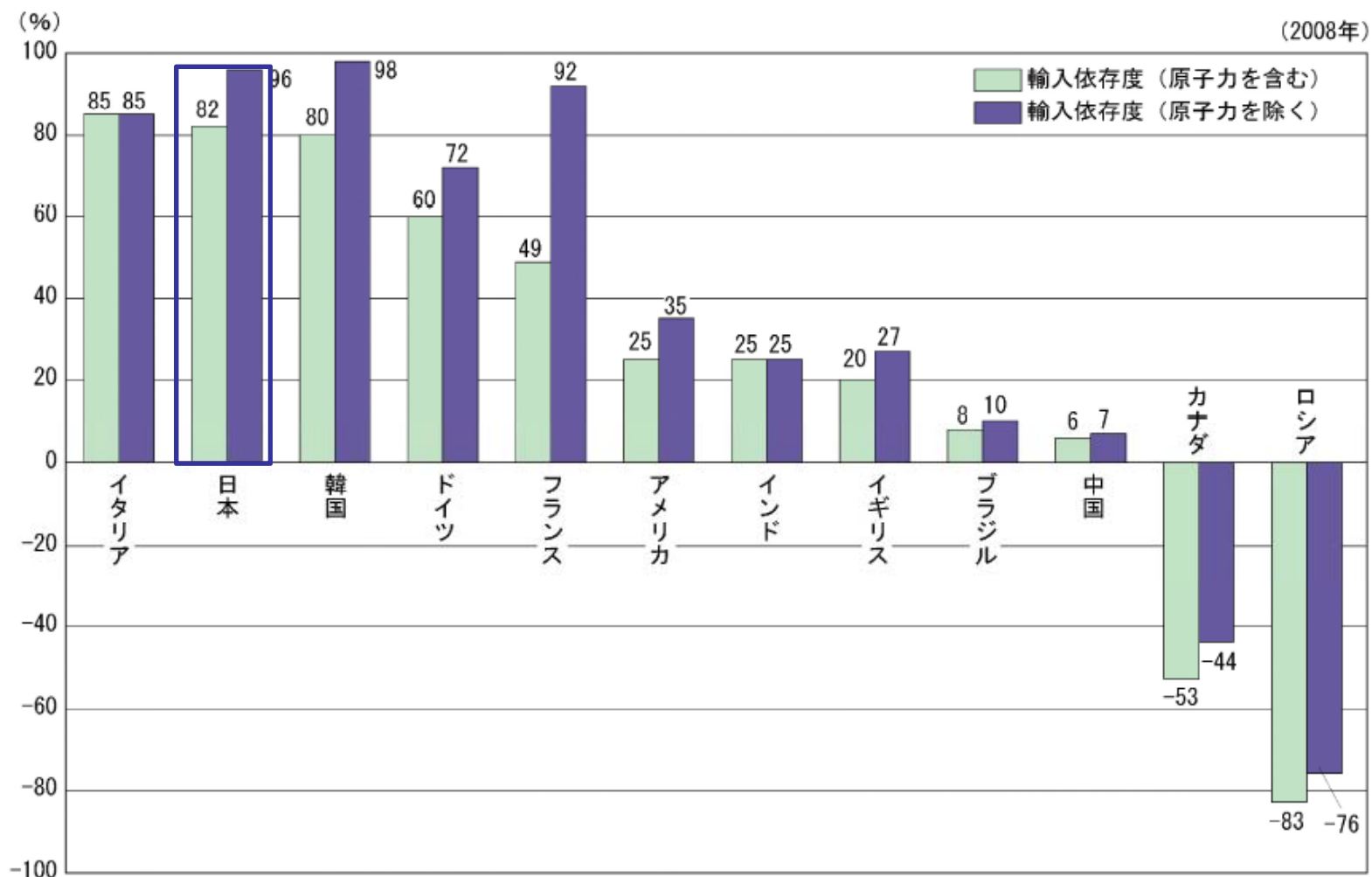


# 内容

- ・ 背景
- ・ **日本:再生(Re-birth)**
- ・ 中国とアメリカ
- ・ サマリー



# エネルギーの82%は輸入に頼っている

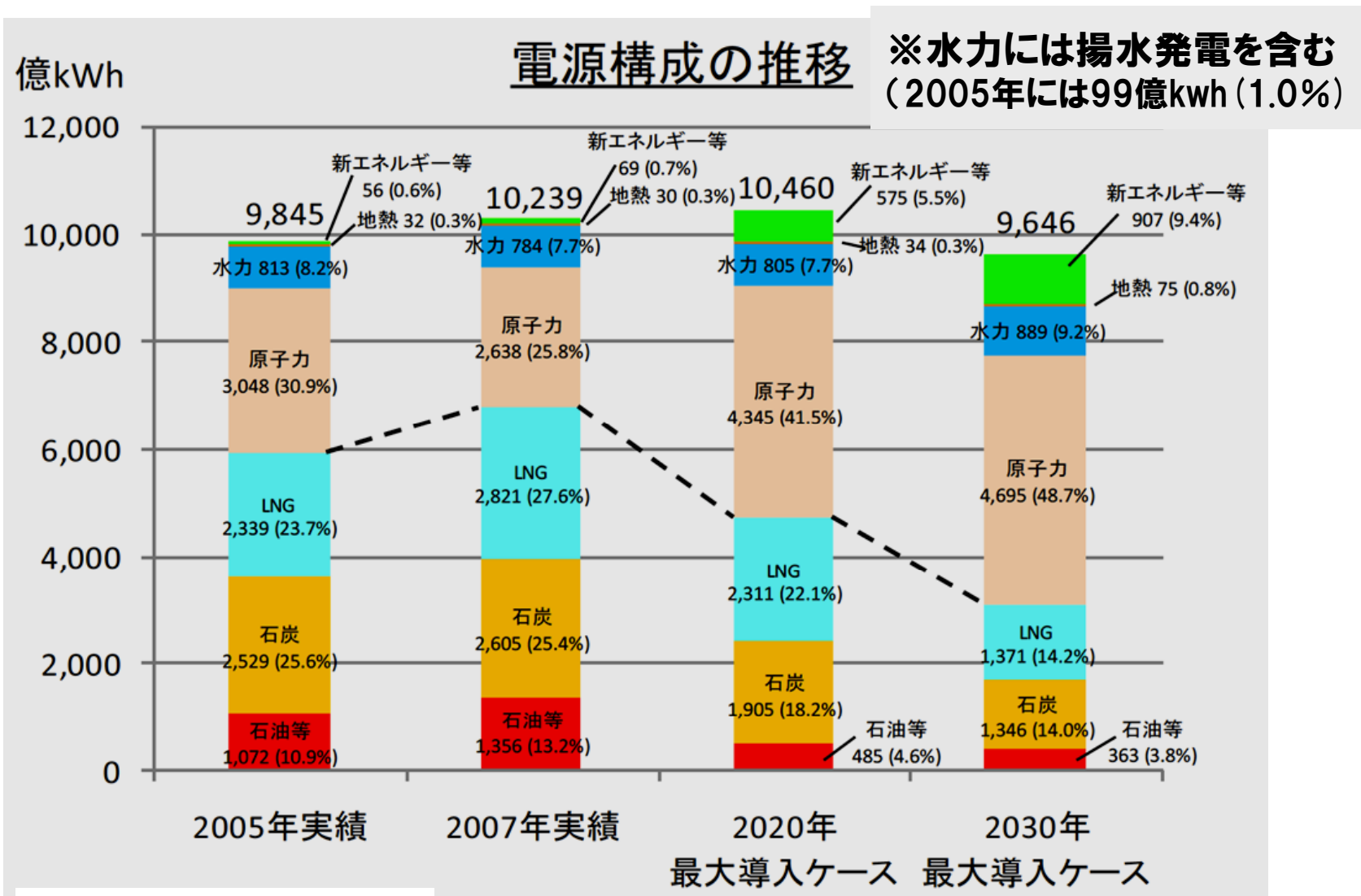


出所: 原子力図面集2011版

IEA, Energy balance of OECD countries/Non-OECD countries [2010 Edition]



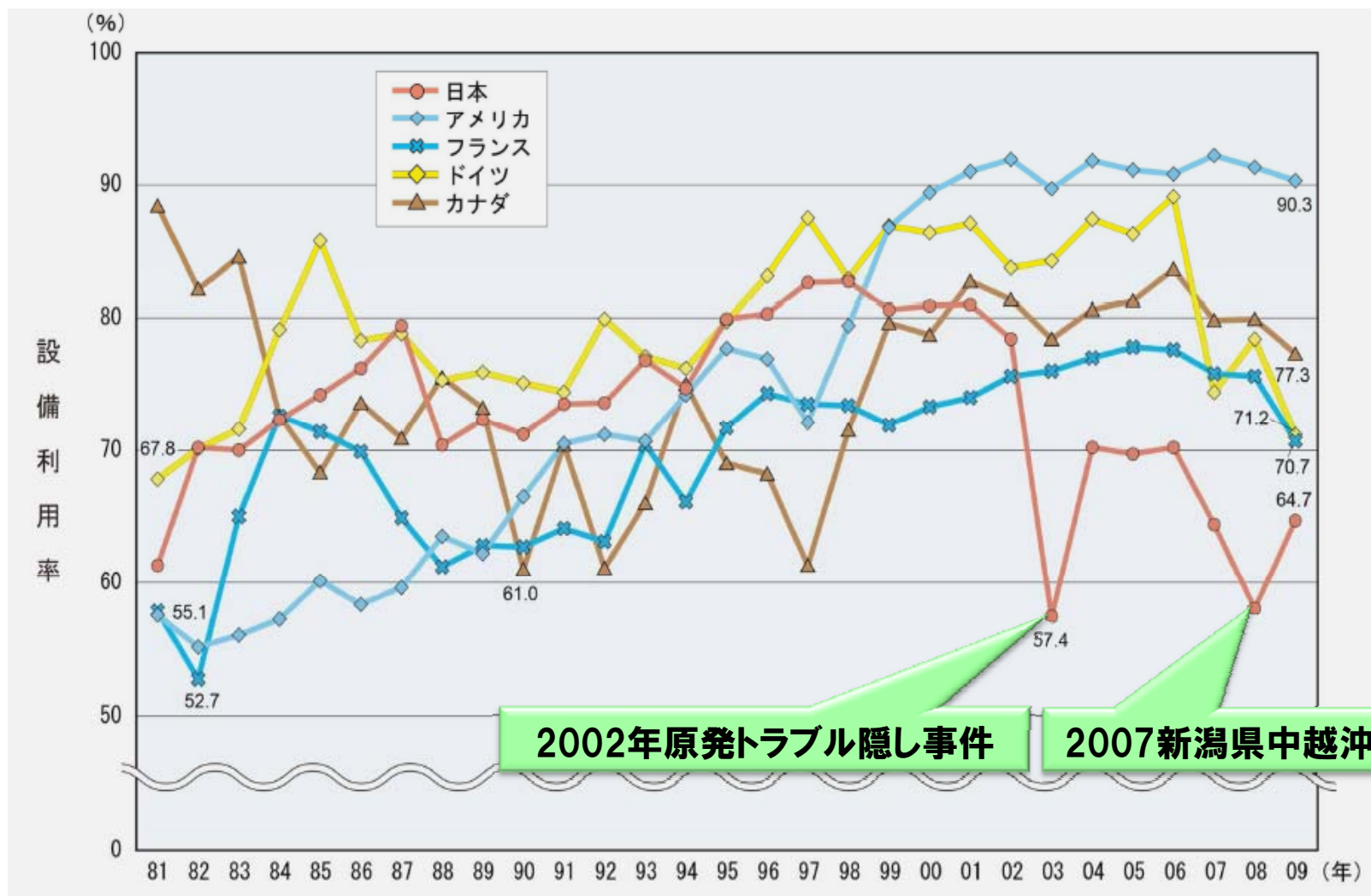
# 経産省の計画



出所：経済産業省、2010



# 主要国の原発設備利用率の推移



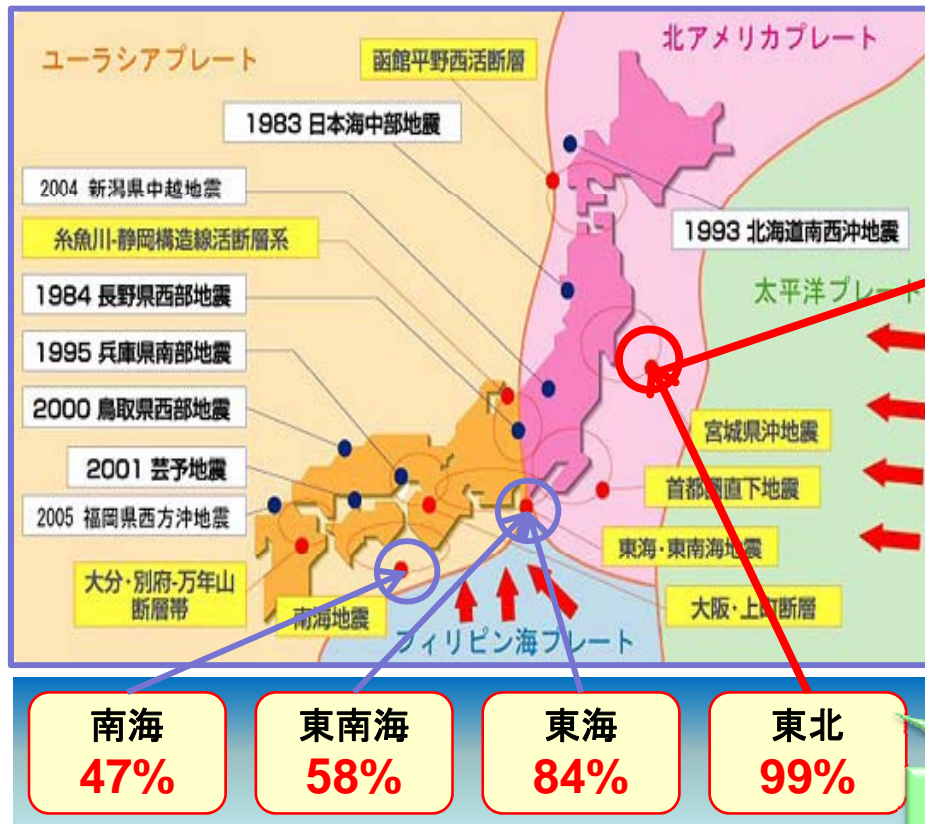
出所：原子力図面集2011版

原子力安全基盤機構「原子力施設運転年報」（平成22年版）

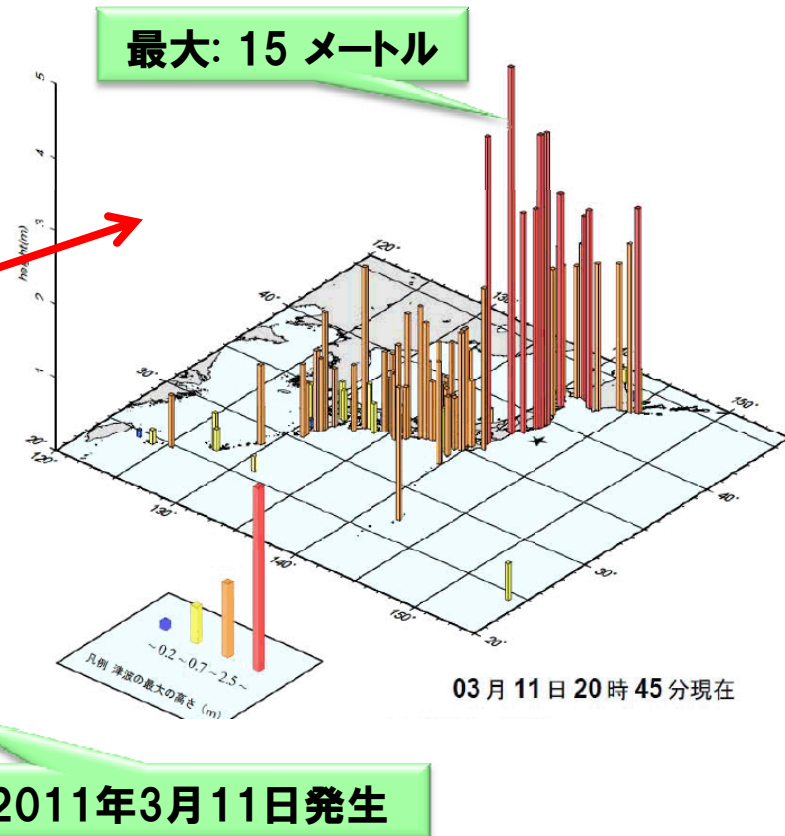


# 日本の地震と津波

## 地震予測 (Mar. 2005)



## 津波の分布 (Mar. 11 2011)

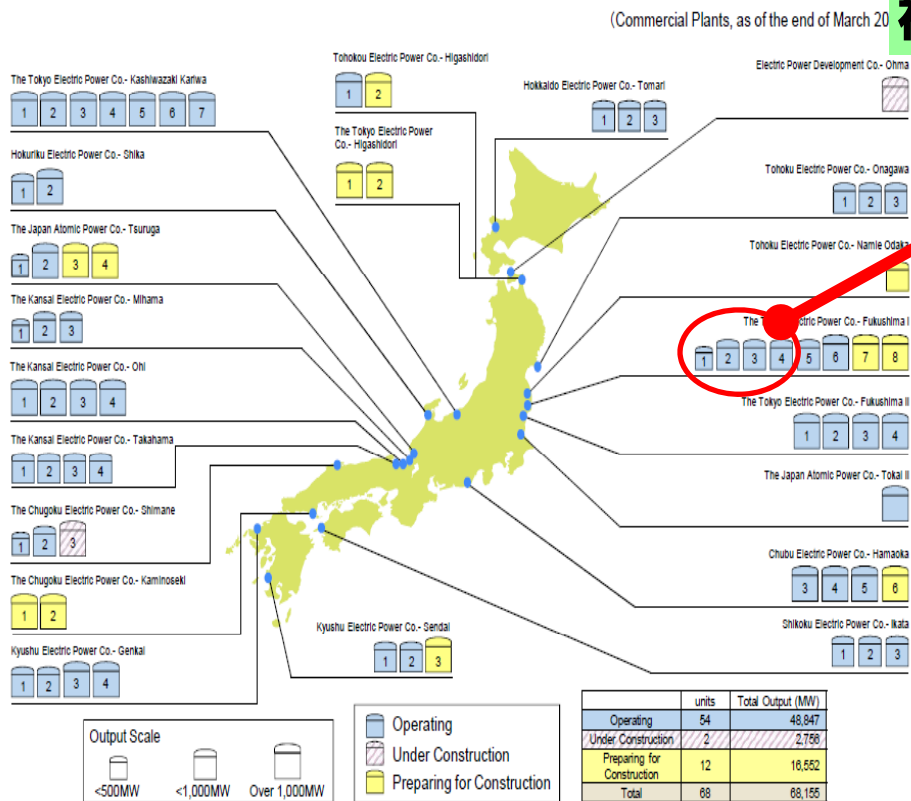


Source: Headquarters for Earthquake Research Promotion,  
Available at <<http://www.jishin.go.jp/main/index-e.html>>

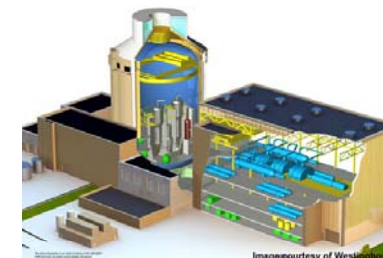


# ポスト福島のエネギー選択

## 福島第一原子力発電所事故 (Mar. 2011)



## 再生可能エネ と 先進原子力

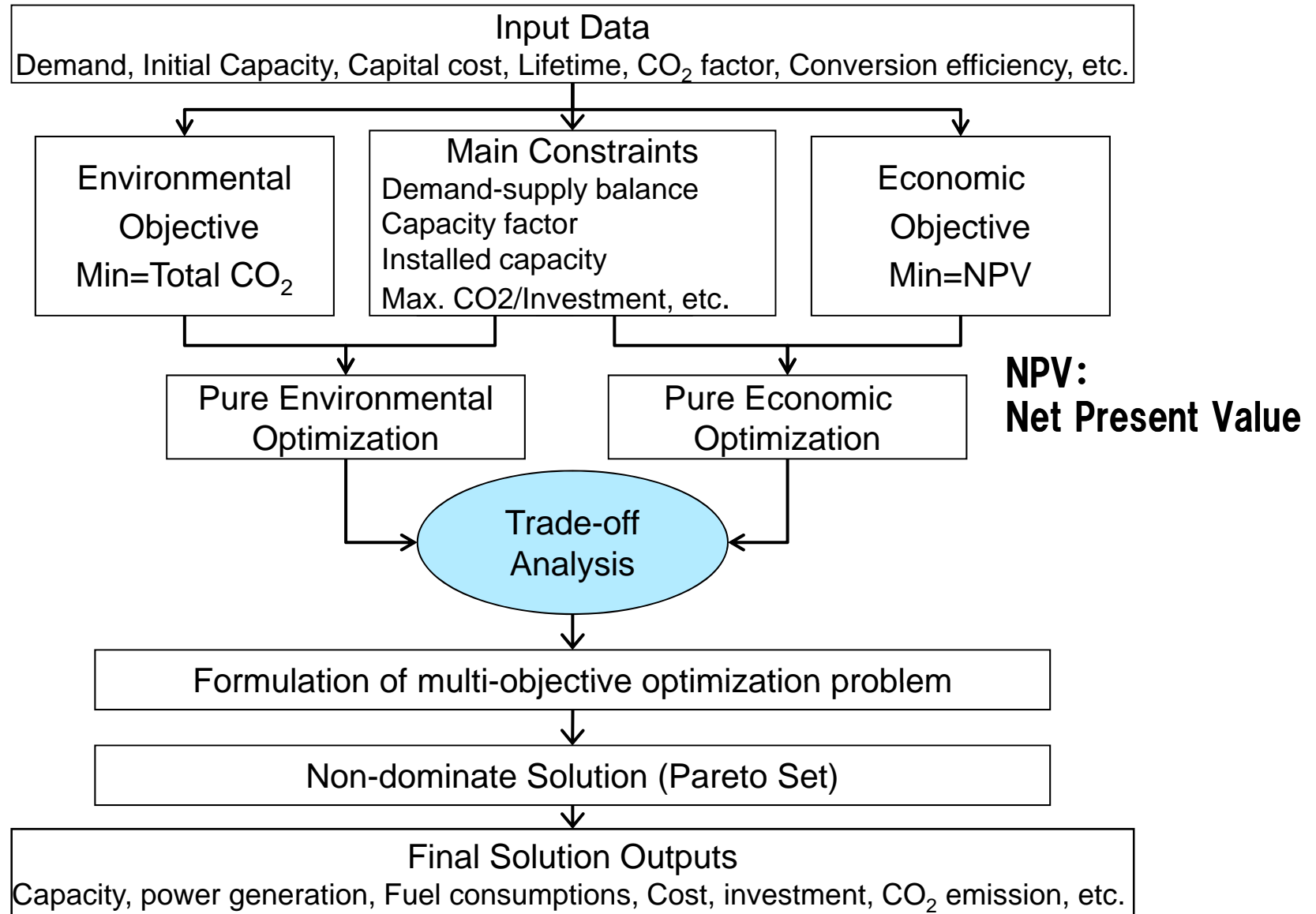


**既存: 48.8 (2.9) GWe**  
**建設中: 2.8 GWe**  
**計画中: 16.6 GWe**

(Note) End of Operation: The Japan Atomic Power Co. - Tokai (March 31, 1998) / Chubu Electric Power Co. - Hamaoka reactors 1 and 2 (January 30, 2009)

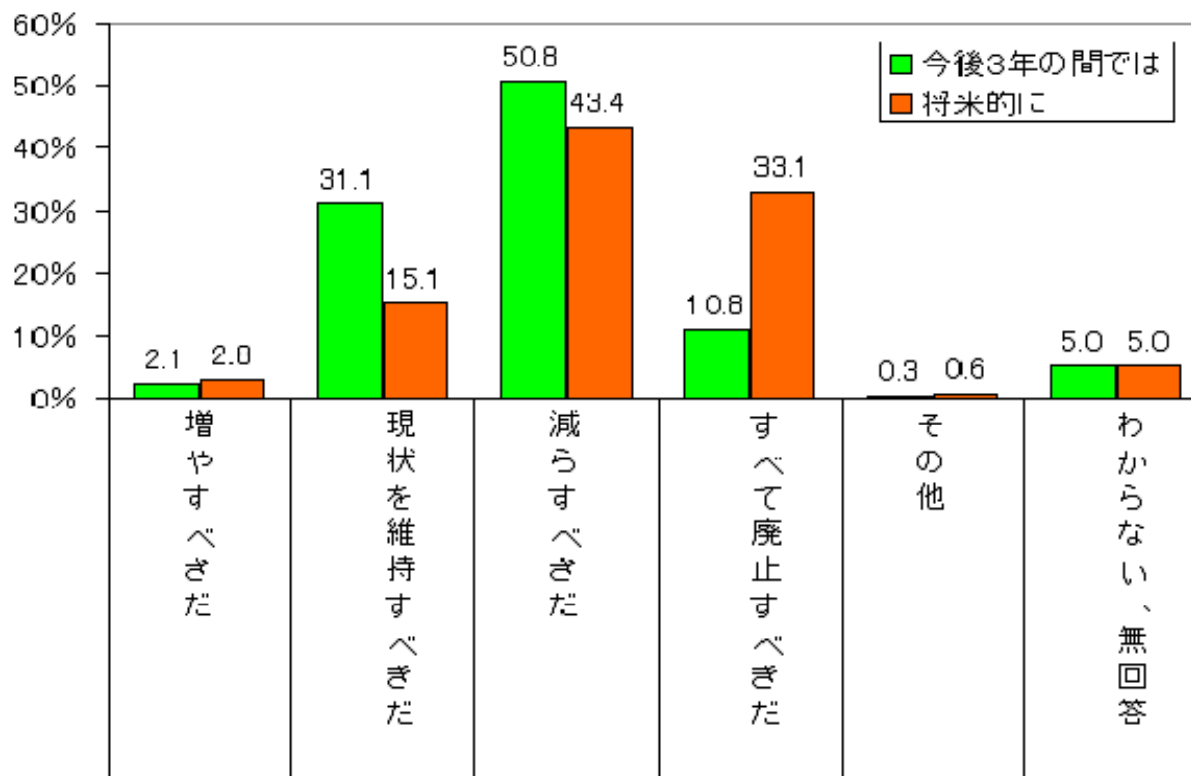


# 多目的最適モデル





# 原発に対する国民意識調査 (2011年8月)



(注) 調査の概要については次の通り。調査時期:2011年8月12日(金)~14日(日)、調査相手:全国の20歳以上の男女2,404人、調査方法:電話法(RDD追跡法)、調査回答数(回答率):1,589人(66.1%)。

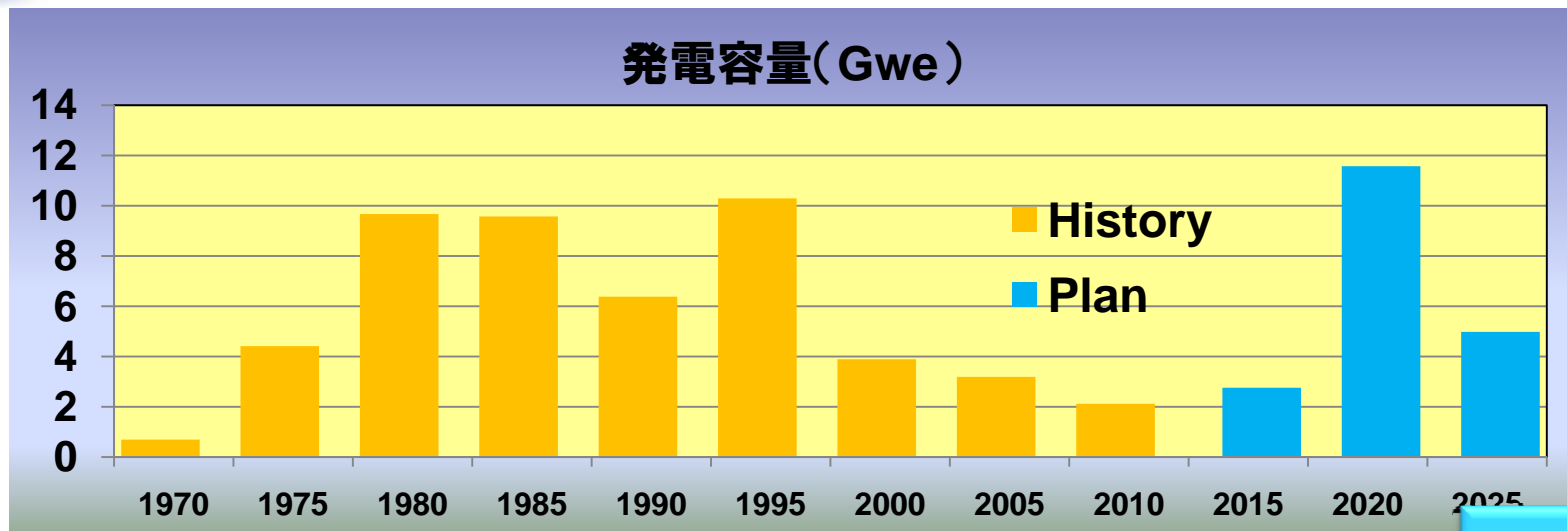
(資料)NHK放送文化研究所「原発とエネルギーに関する意識調査」

出所: 社会実態データ図録



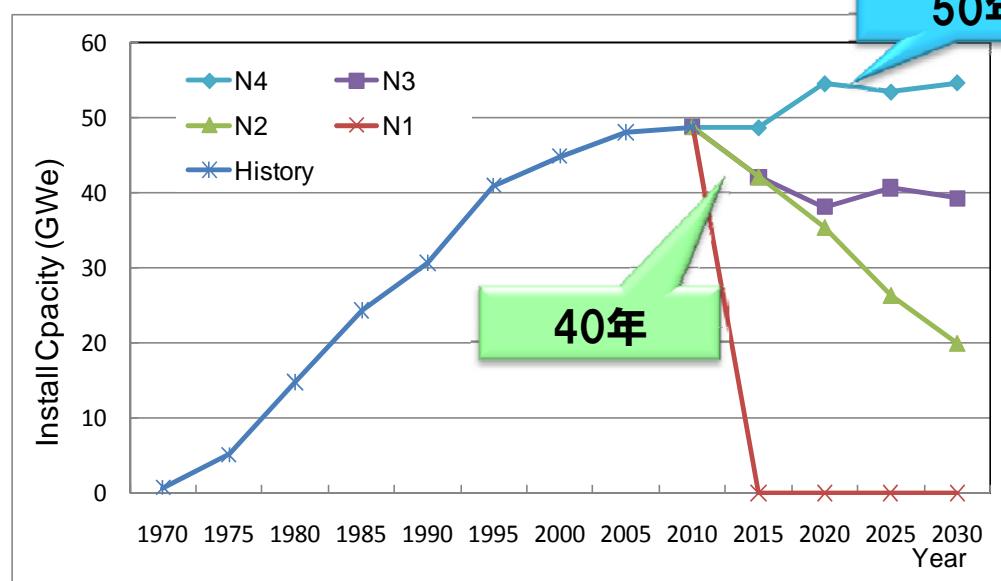


# 原子力発電のオプション



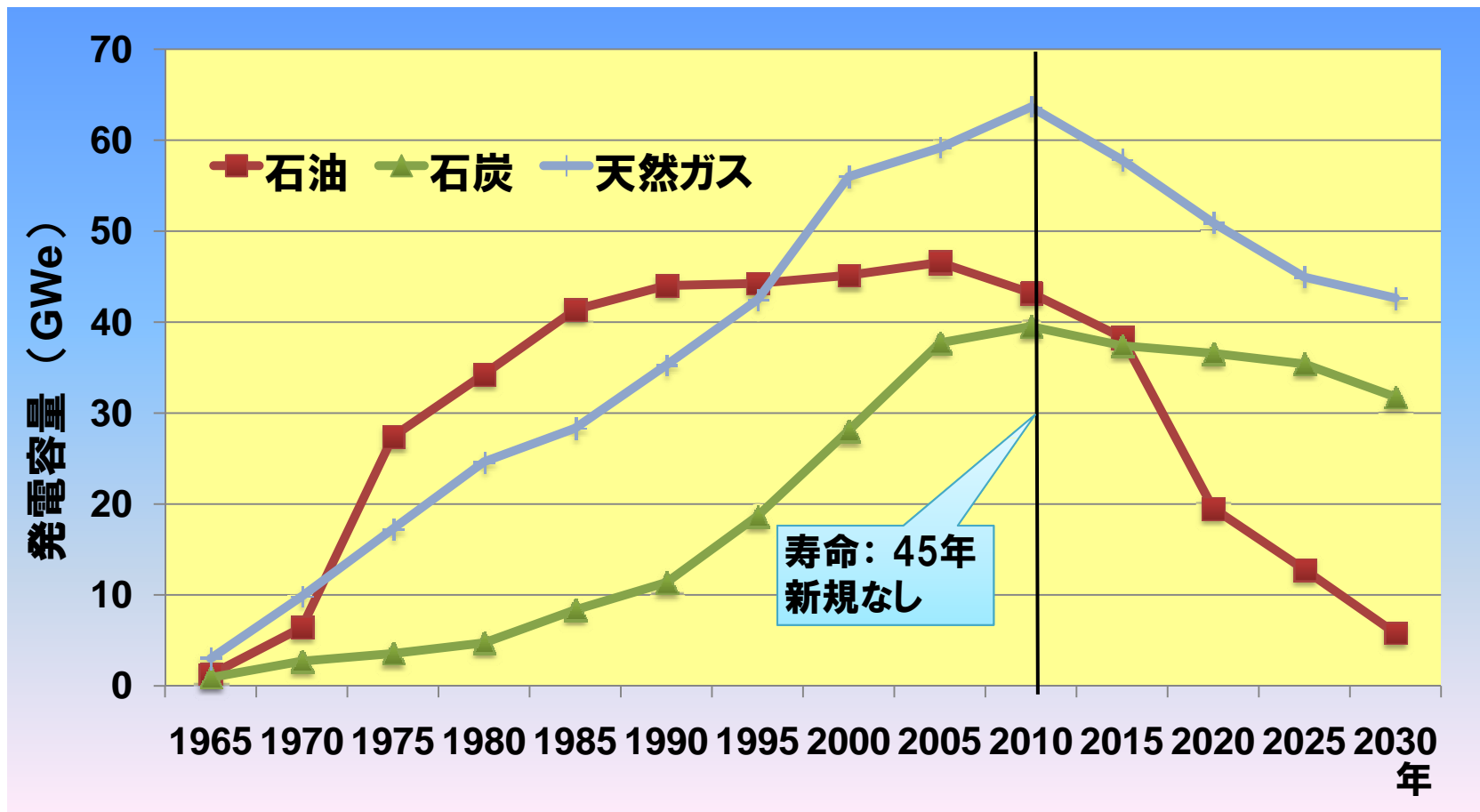
↓

N1	全て廃止
N2	減らす
N3	現状維持
N4	増やす





# 火力発電所の今後



**天然ガス、石炭発電所だけ新設可能**



# 再生可能エネルギーのポテンシャル

**太陽光発電 <1億kW**

**風力発電 <5000万kW**

**水力発電 2100万kW**

**揚水発電 2700万kW**

**バイオマス発電 200万kW**

出所:

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、2011

経済産業省、平成22年度新エネルギー等導入促進基礎調査事業調査報告書、2011

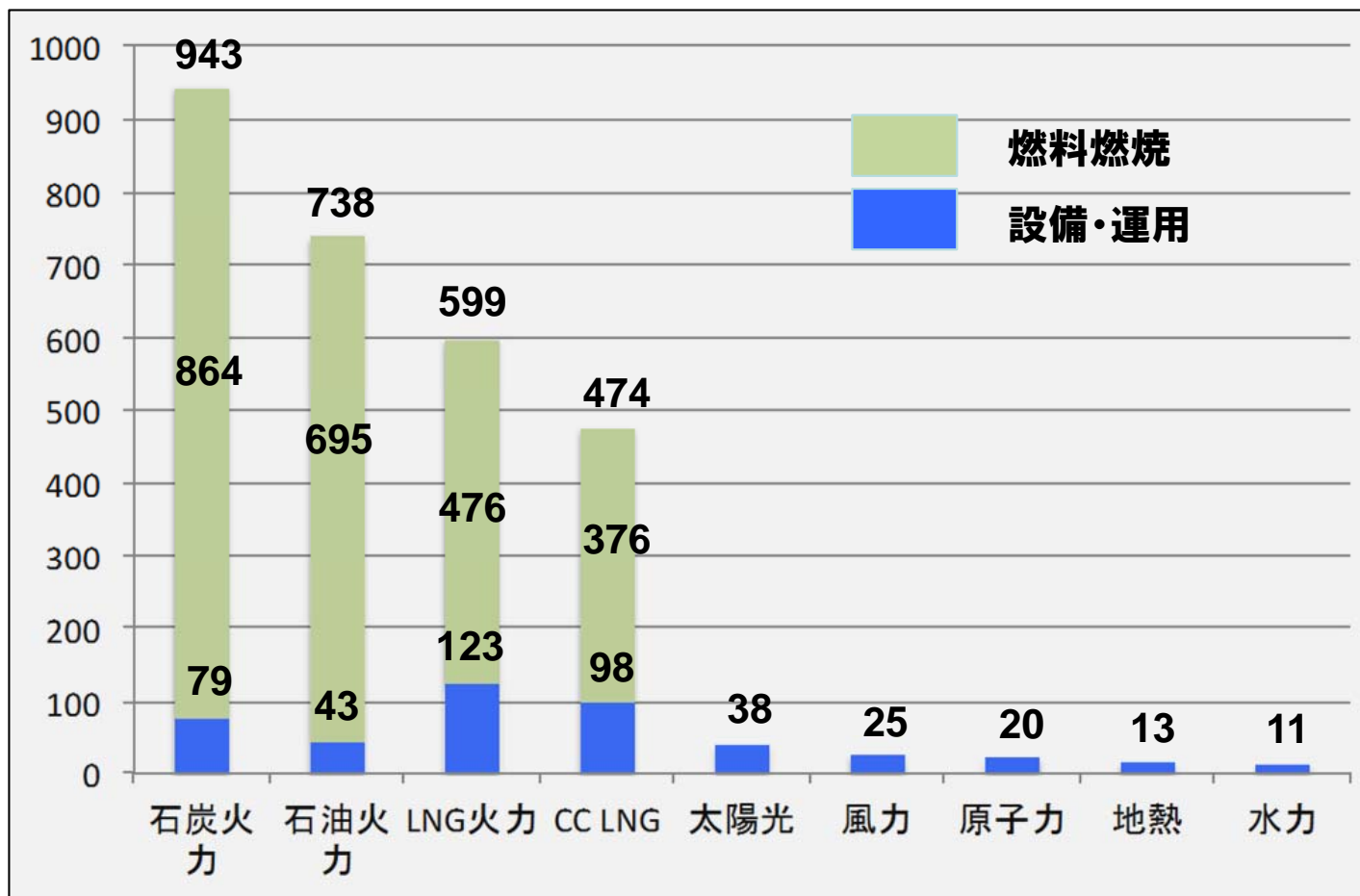
風力協会、中長期導入目標、2011

資源・エネルギー庁、電源開発計画、2011

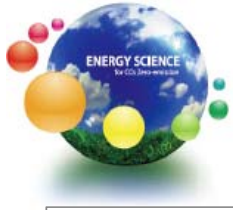


# 各種電源別CO<sub>2</sub>排出量

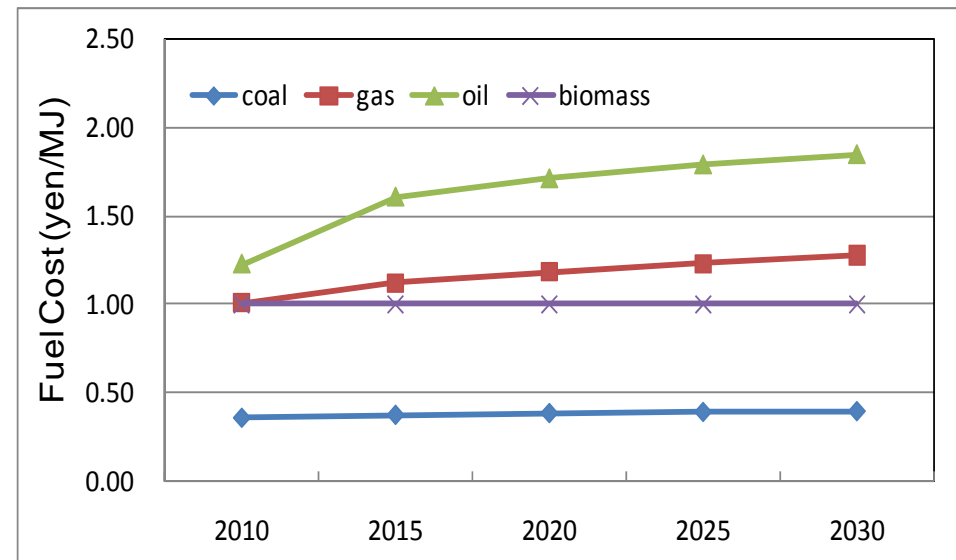
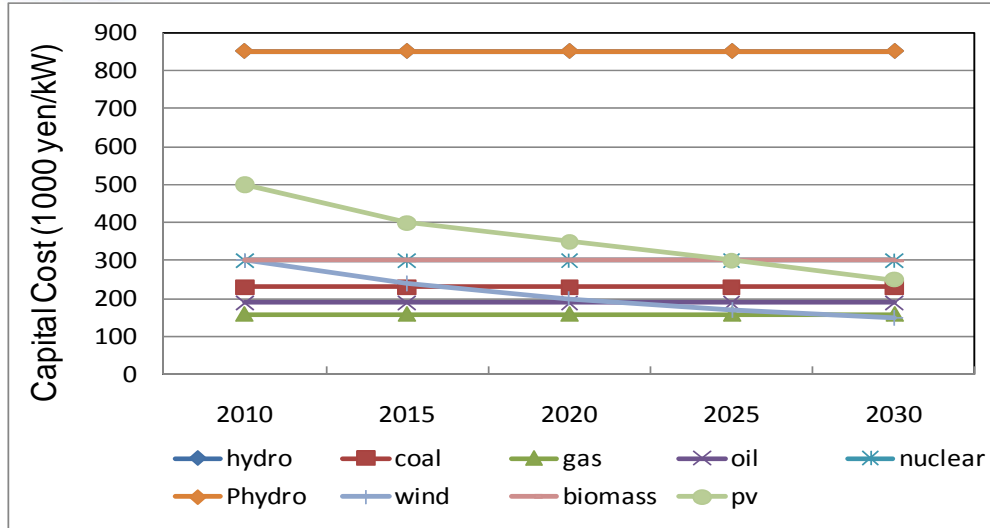
二酸化炭素排出量 (g CO<sub>2</sub> / 1kwh)



出所:電力中央研究所、2011



# 資本コストと燃料コスト



Data Source:  
 Cost estimation council, 2011  
 IEA, World Energy Outlook, 2011



# 原子力発電のリスクコスト

## ○損害額5.7兆円と仮定した場合の試算

- 今回は、福島第一原発でのシビアアクシデントにおける損害額を基に算出したモデルプラントの損害想定額を、日本の原子力事業者が原発稼働期間の40年かけて用意するものという前提で試算してはどうか。
- シビアアクシデントの損害額は、現時点で明らかになっている数字だけをもとにして、5.7兆円とすると

$$\frac{5.7 \text{兆円} \times \frac{1}{40 \text{年}}}{2882 \text{億kWh(国内の2010年度の原発発電量)}} = 0.5 \text{円/kWh}$$

## ○但し、5.7兆円という損害額は、あくまでも下限

- 現時点では、廃炉費用や賠償費用も確定しておらず、除染に係る中間貯蔵施設や最終処分施設などの費用も見積もられていない。さらに、生命身体への影響のコストなども計算できない。現時点で、これらの費用について、説得力のある確度が高い推計値を得ることは困難。
- 従って、5.7兆円という額はあくまでも下限と考えられる一方、現時点で上限を設定することは困難といわざるを得ない。
- 報告書には、見込めていない費用などを明記することは必要。

## ○損害額が1兆円増加すれば、事故リスクコストは、0.09円増加

- 今後、損害額が明らかになり、額が増加した場合、すぐに試算が見直せることが必要。
- 感度分析をすると、損害額1兆円増加すると、事故リスクコストは0.09円/kWh増加  
⇒仮に10兆円と想定すれば、0.9円/kWh、仮に20兆円と想定すれば、1.7円/kWh

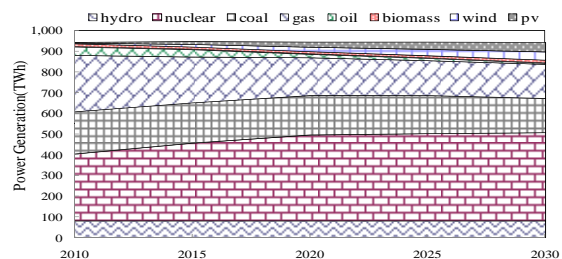
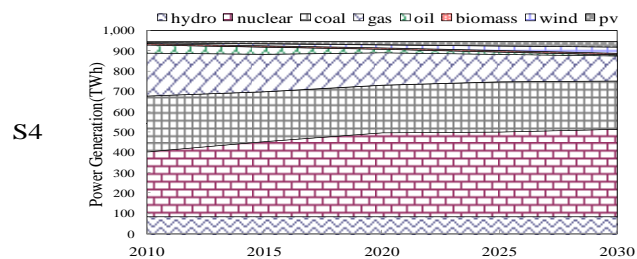
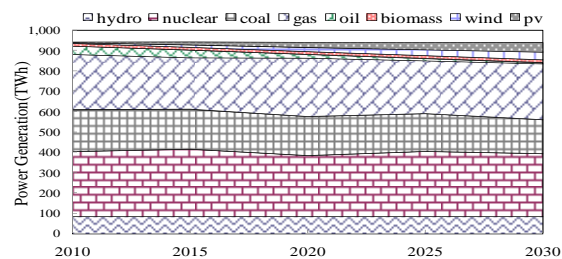
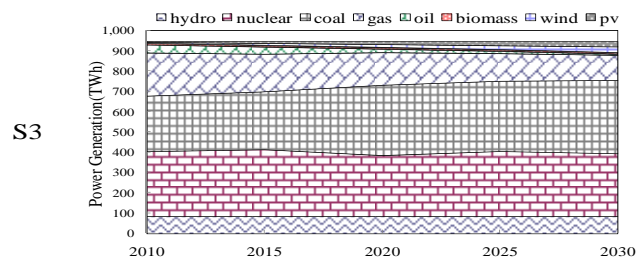
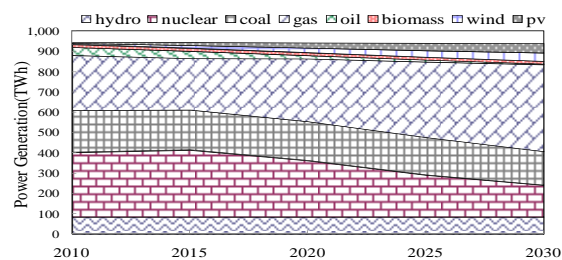
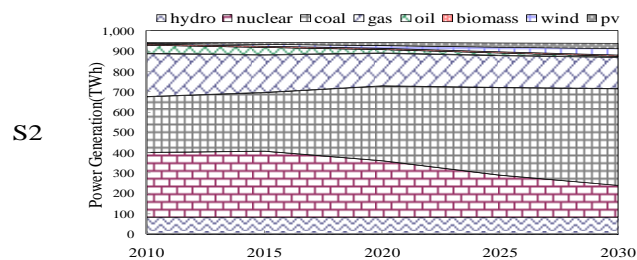
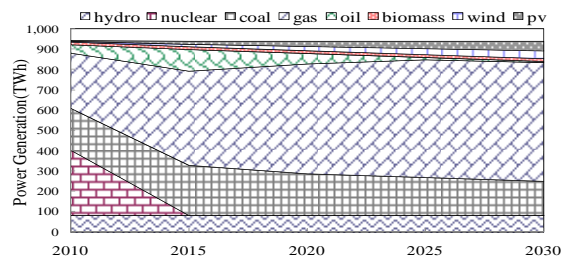
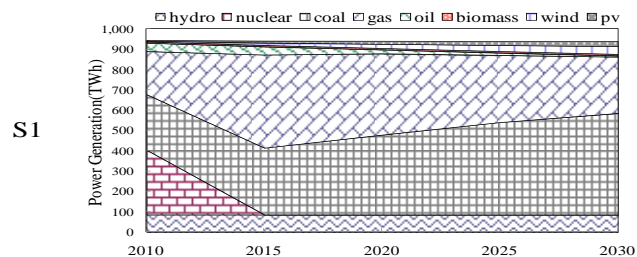
Data Source: Cost estimation council, 2011



# 最適結果：発電量構成

Least Generation Cost

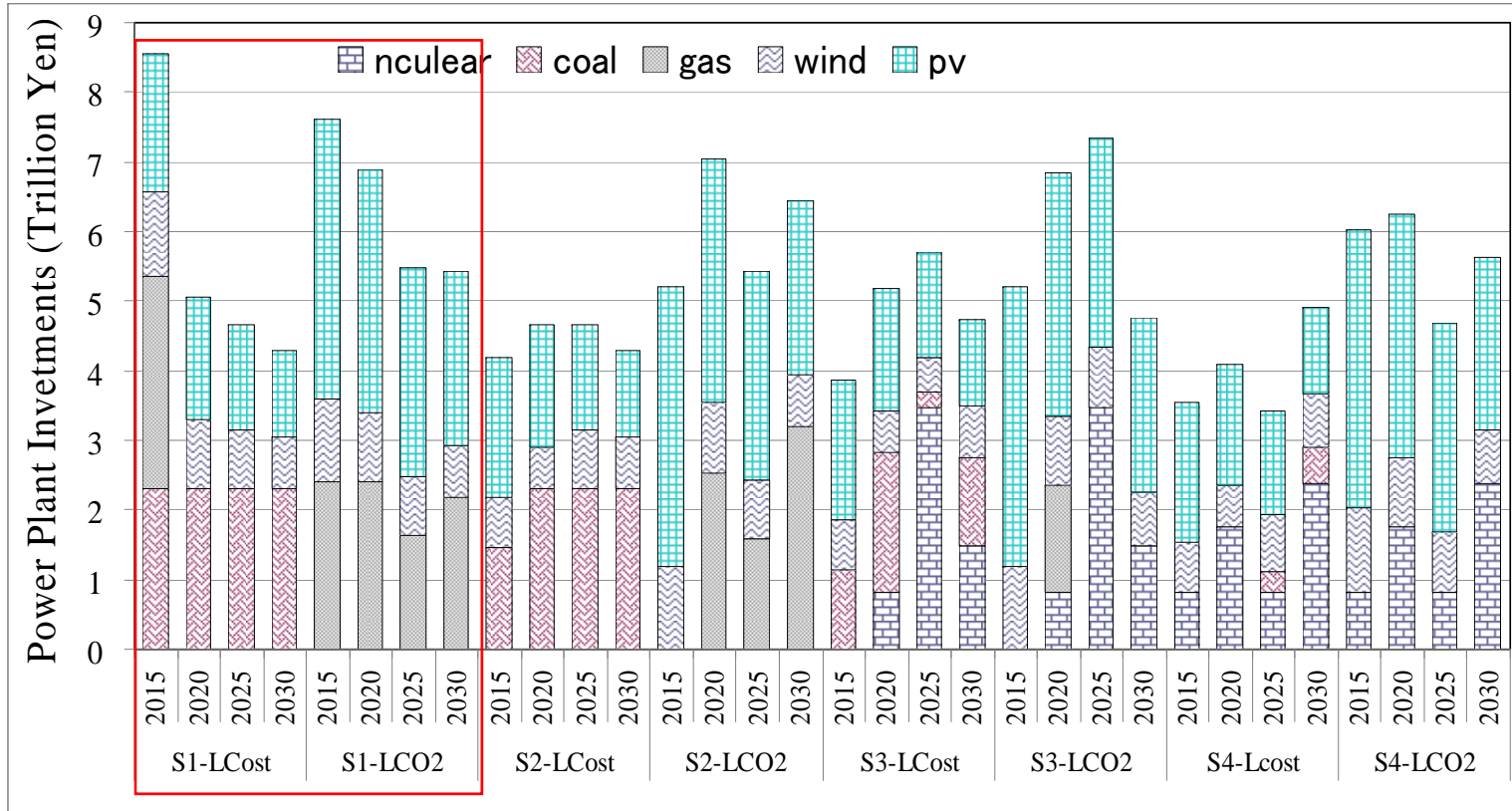
Least CO<sub>2</sub> Emission



シナリオ	原発政策
S1	全て廃止
S2	減らす
S3	現状維持
S4	増やす



# 最適結果：設備投資



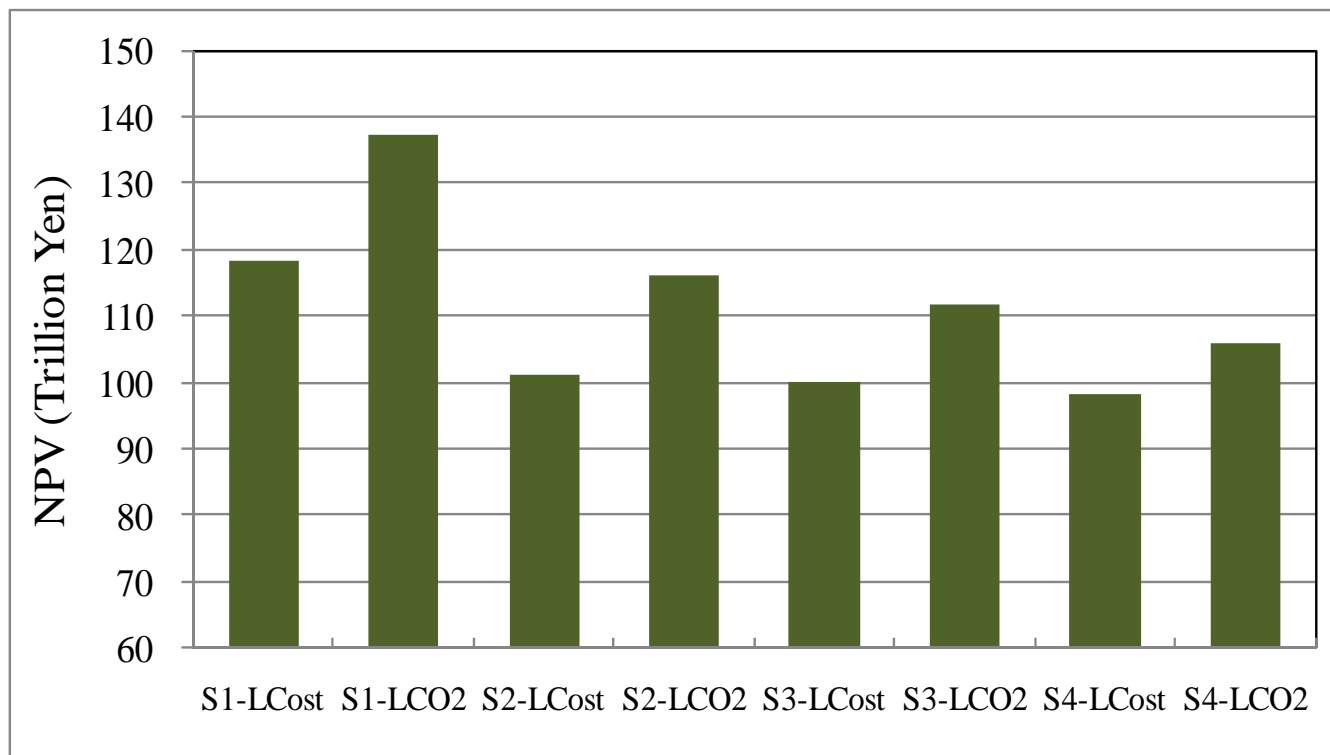
シナリオ	S1	S2	S3	S4
原発政策	全て廃止	減らす	現状維持	増やす





# 最適結果：純現在価値 (NPV)

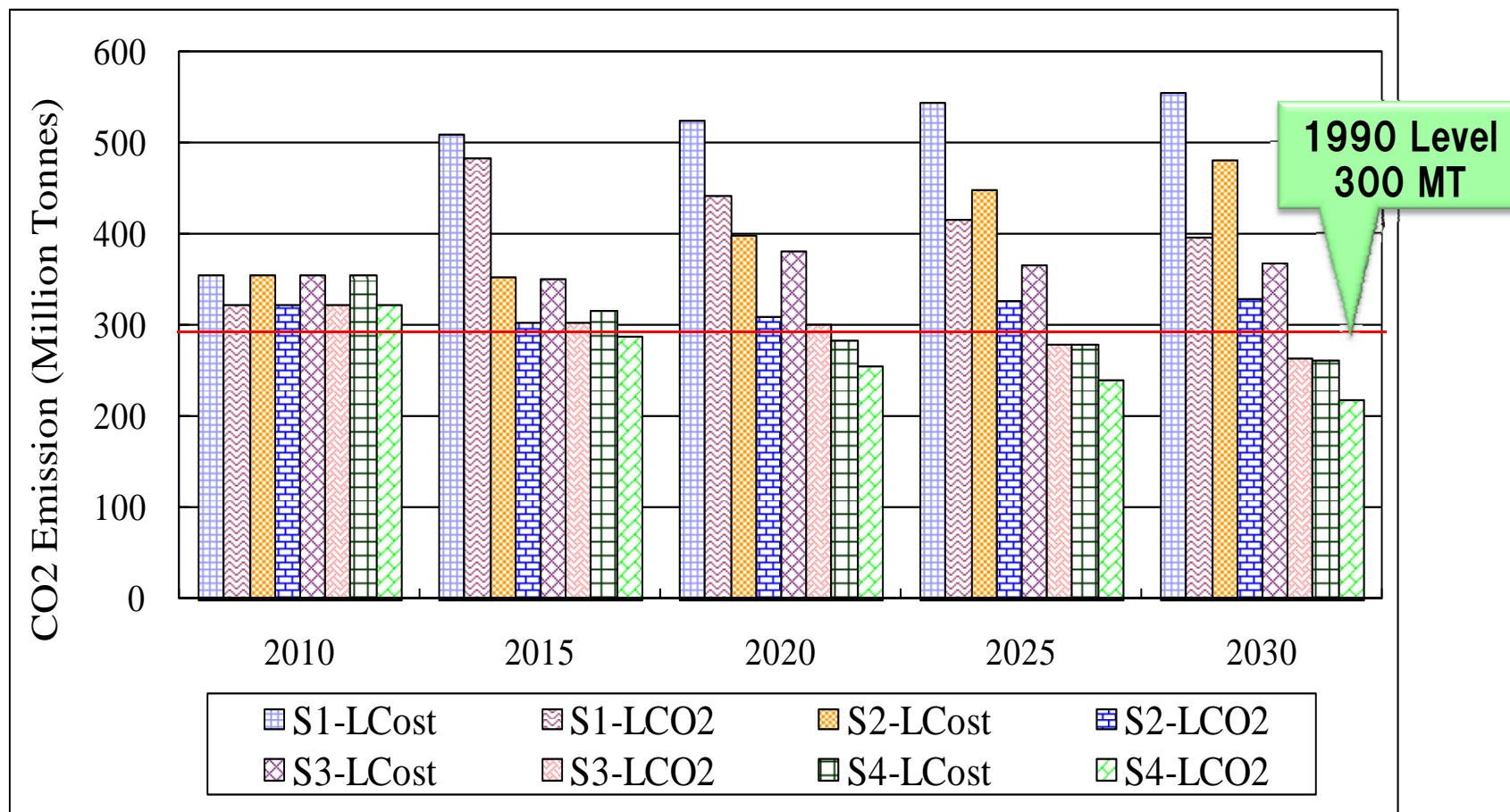
NPV: Net Present Value, 純現在価値



シナリオ	S1	S2	S3	S4
原発政策	全て廃止	減らす	現状維持	増やす



# 最適結果：CO2排出量



シナリオ	S1	S2	S3	S4
原発政策	全て廃止	減らす	現状維持	増やす

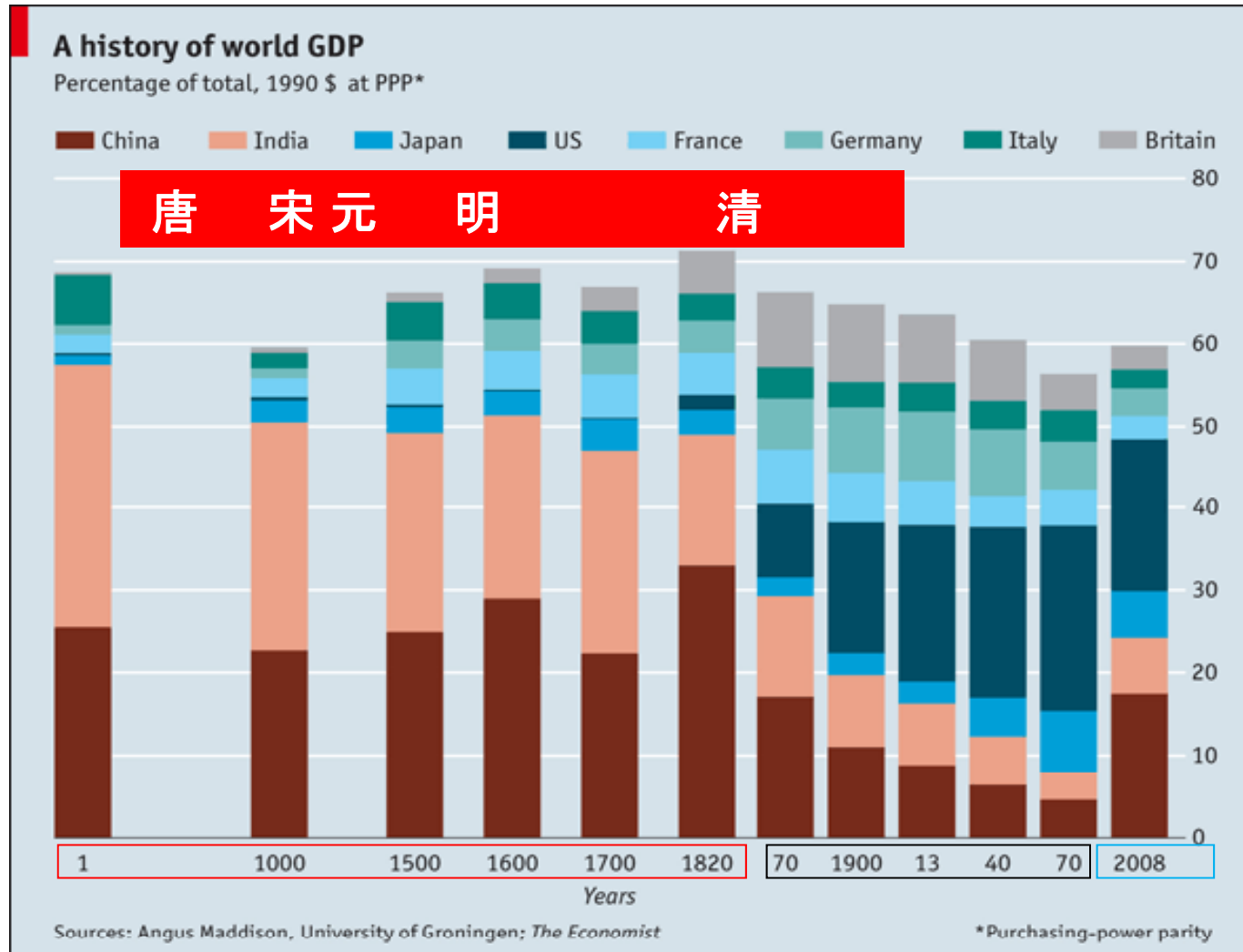


# 内容

- ・ **背景**
- ・ **日本:再生(Re-birth)**
- ・ **中国:再繁栄 (Re-rise)**
- ・ **アメリカ:再バランス (Re-balance)**
- ・ **サマリー**



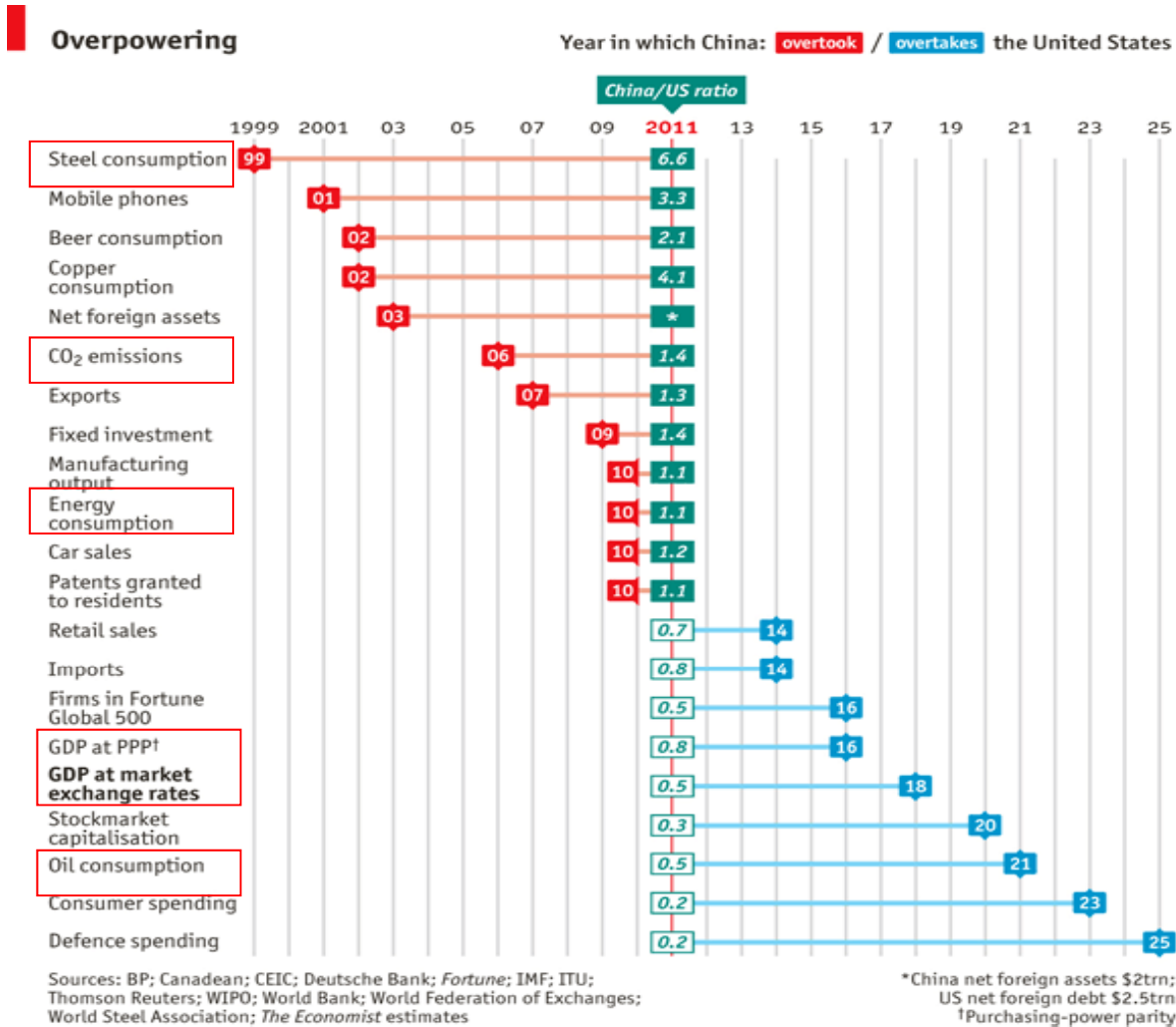
# 主要国のGDPの割合の推移



Source: The Economist, 2012, <http://www.economist.com/>



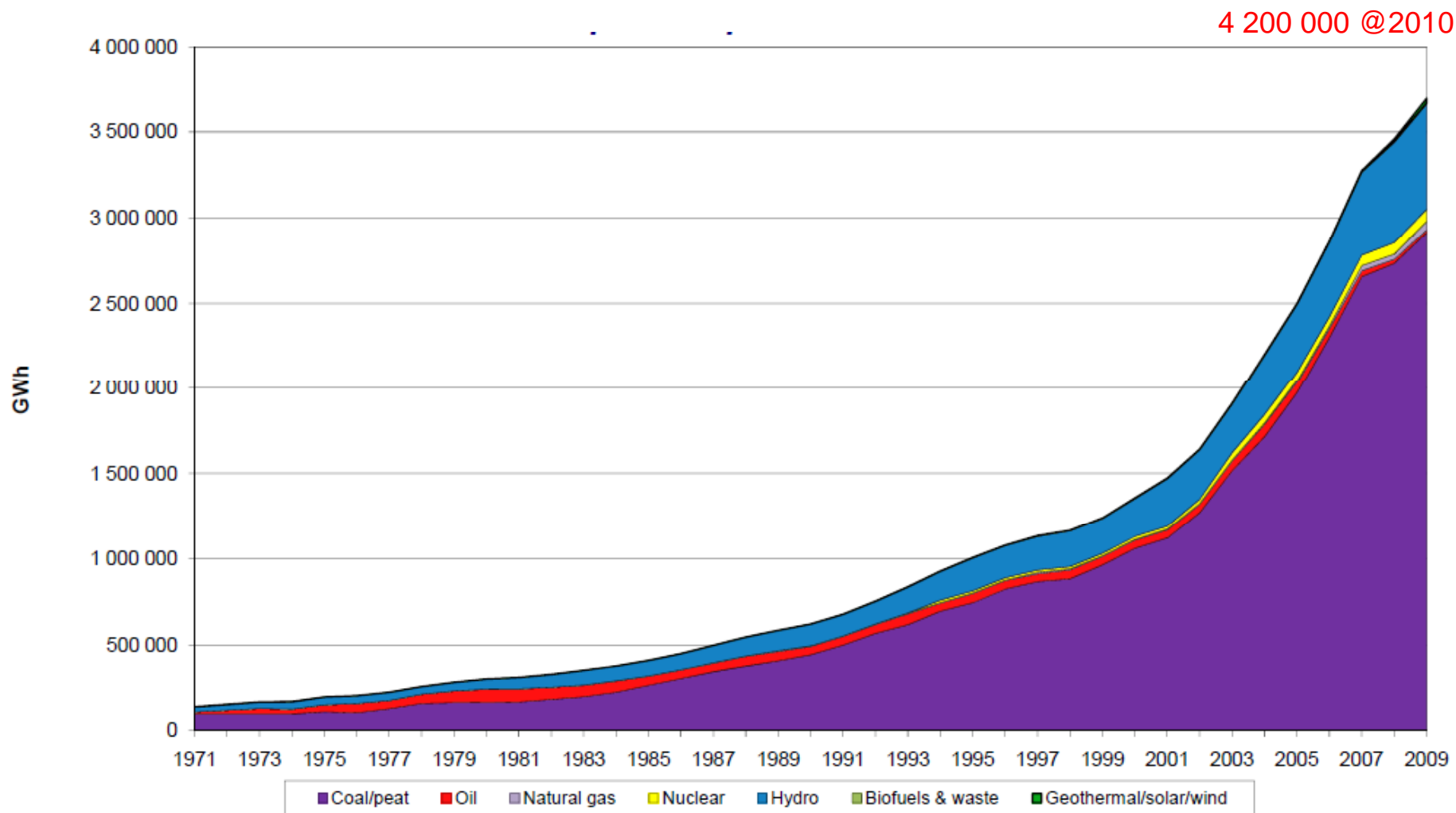
# 中国とアメリカの比較



Source: The Economist, 2012, <http://www.economist.com/>



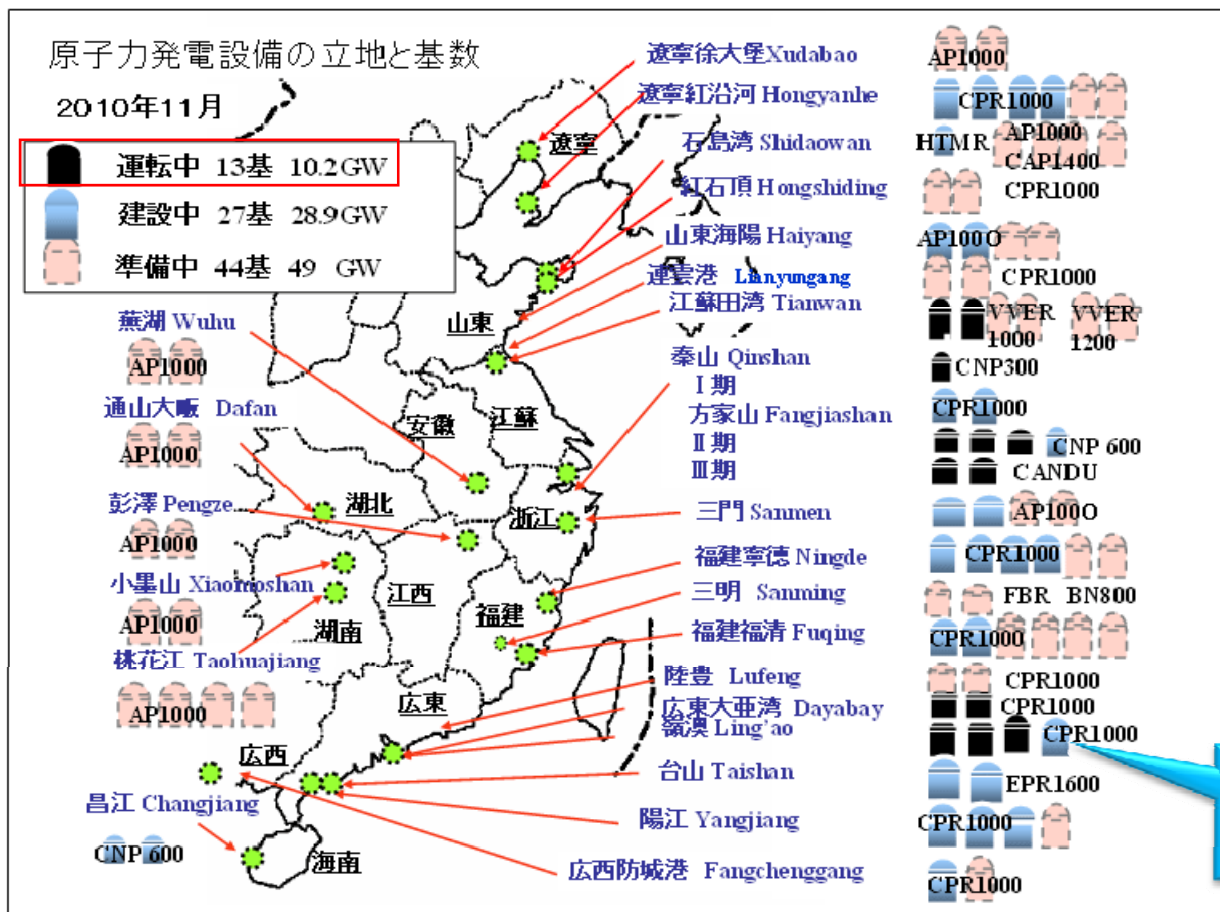
# 中国の発電量の推移



Source: IEA, 2011



# 中国の原子力発電所



2011年8月  
運転開始

出所: ATOMICA 中国の電力事情と発電計画  
<http://www.rist.or.jp/atomica/data/pict/14/14020302/11.gif>

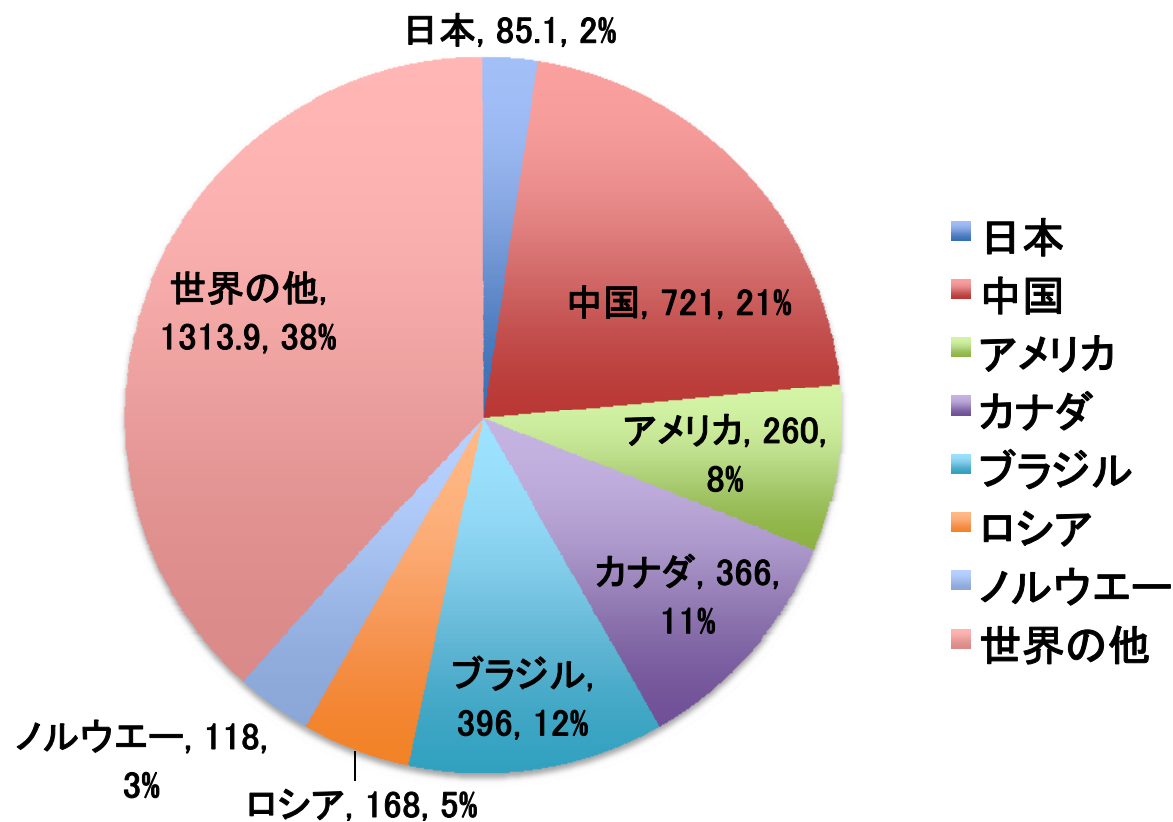
60 GWe by 2020, 100-200 GWe by 2035

Source: WNA, 2012



# 世界の地域別の水力発電量とシェア (2010年)

世界の地域別の水力発電量とシェア



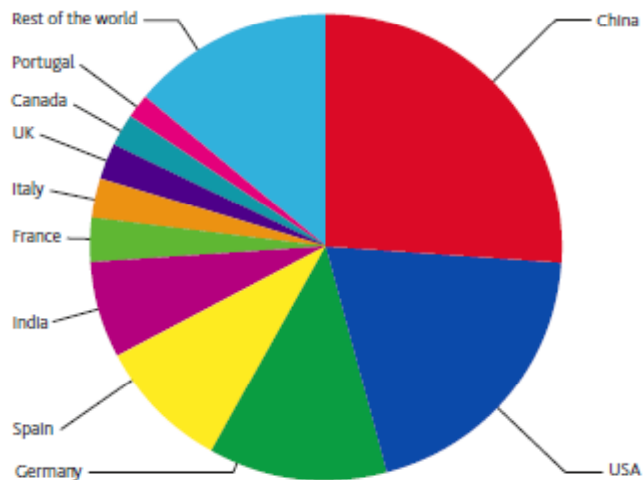
Data Source: BP Statistical Review of World Energy, 2011





# 風力発電の累積導入量 (TOP10)

**TOP 10 CUMULATIVE CAPACITY DEC 2011**

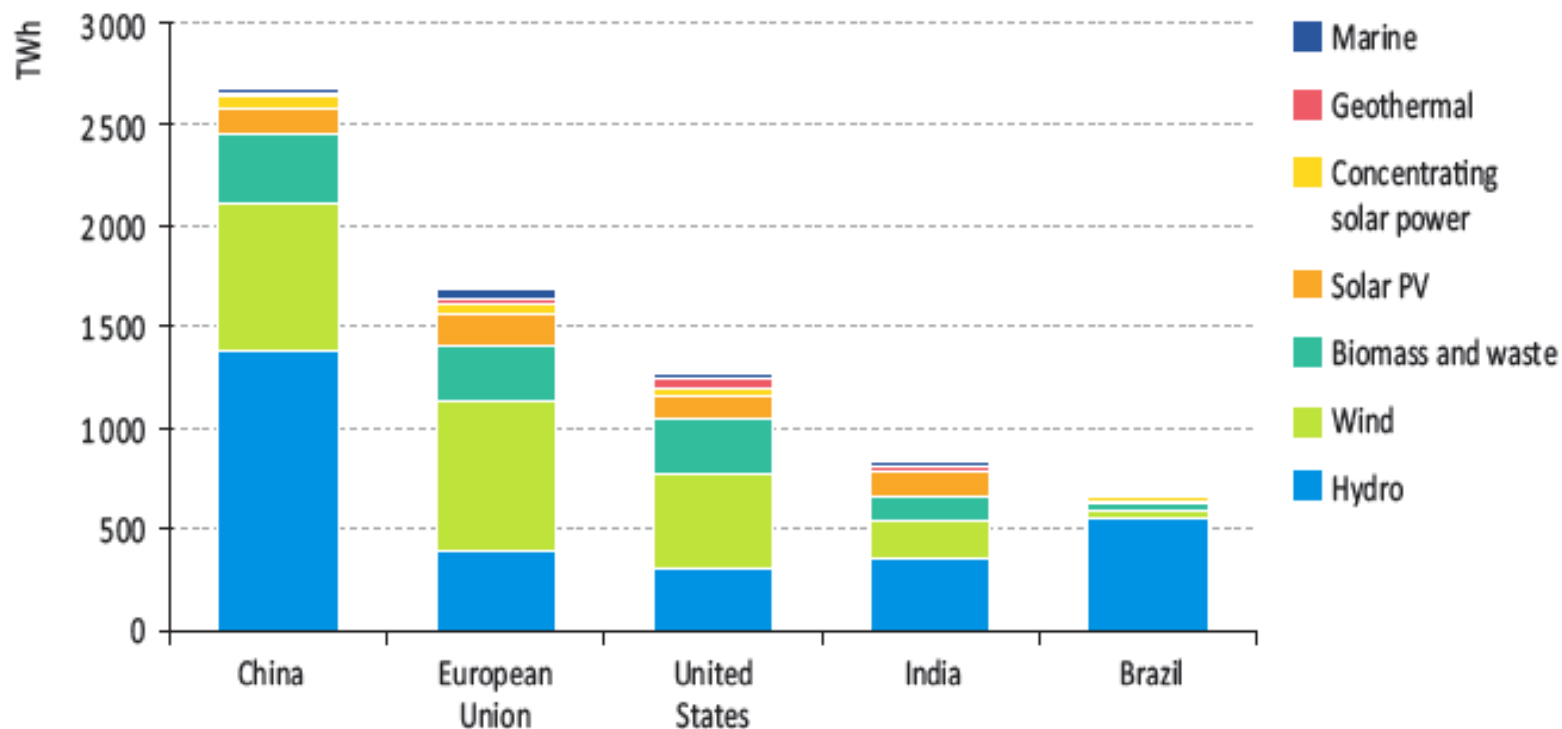


Country	MW	% SHARE
China**	62,733	26.3
USA	46,919	19.7
Germany	29,060	12.2
Spain	21,674	9.1
India	16,084	6.7
France**	6,800	2.9
Italy	6,747	2.8
UK	6,540	2.7
Canada	5,265	2.2
Portugal	4,083	1.7
Rest of the world	32,446	13.6
<b>Total TOP 10</b>	<b>205,905</b>	<b>86.4</b>
<b>World Total</b>	<b>238,351</b>	<b>100.0</b>

Source: Global wind statistics 2011, 07.02.2012



# 最大再生可能エネルギーの 電力生産量



Source: IEA, World Energy Outlook 2011 Edition



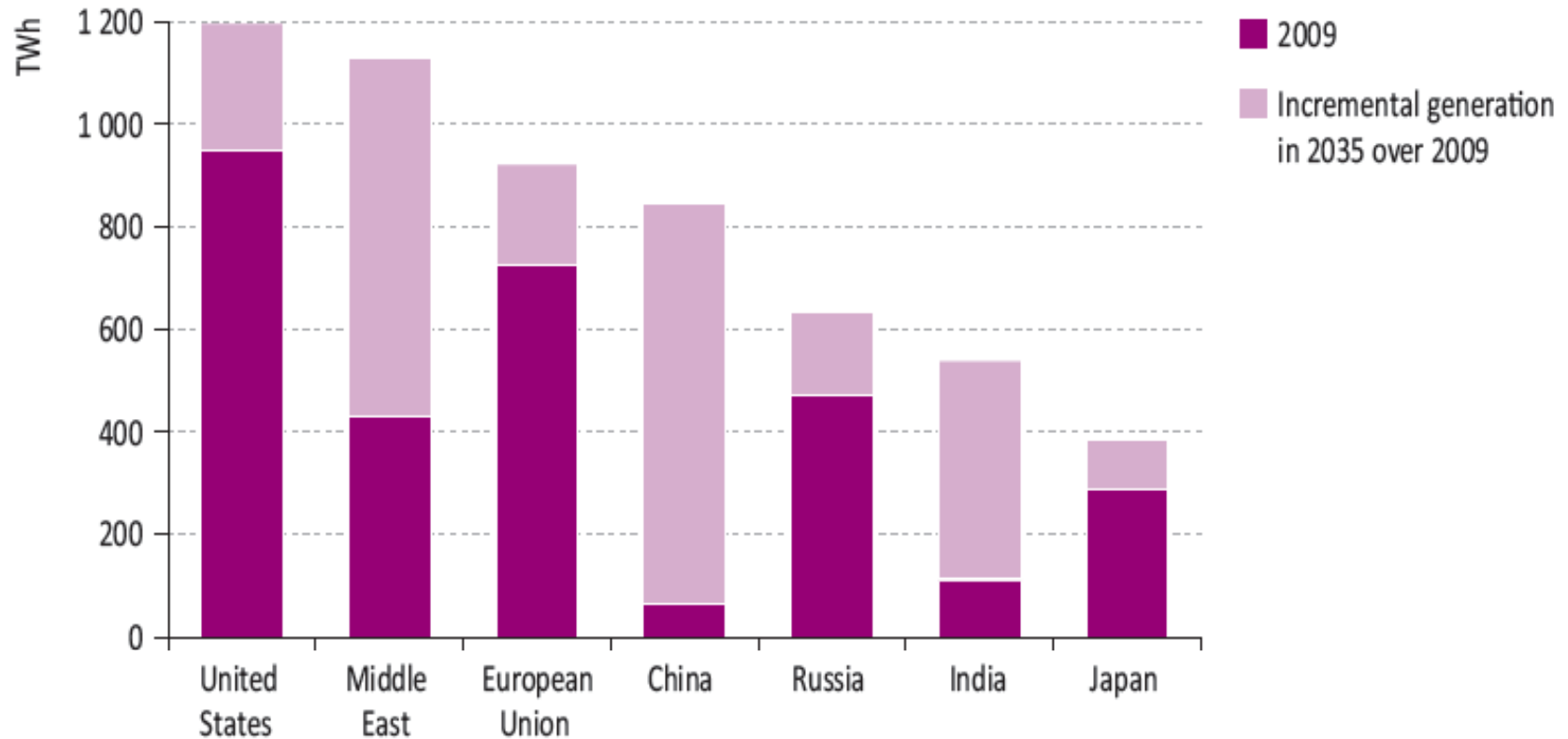
# シェールガスの埋蔵量



Source: The Economist, 2011, <http://www.economist.com/>



# 世界のガス発電シナリオ

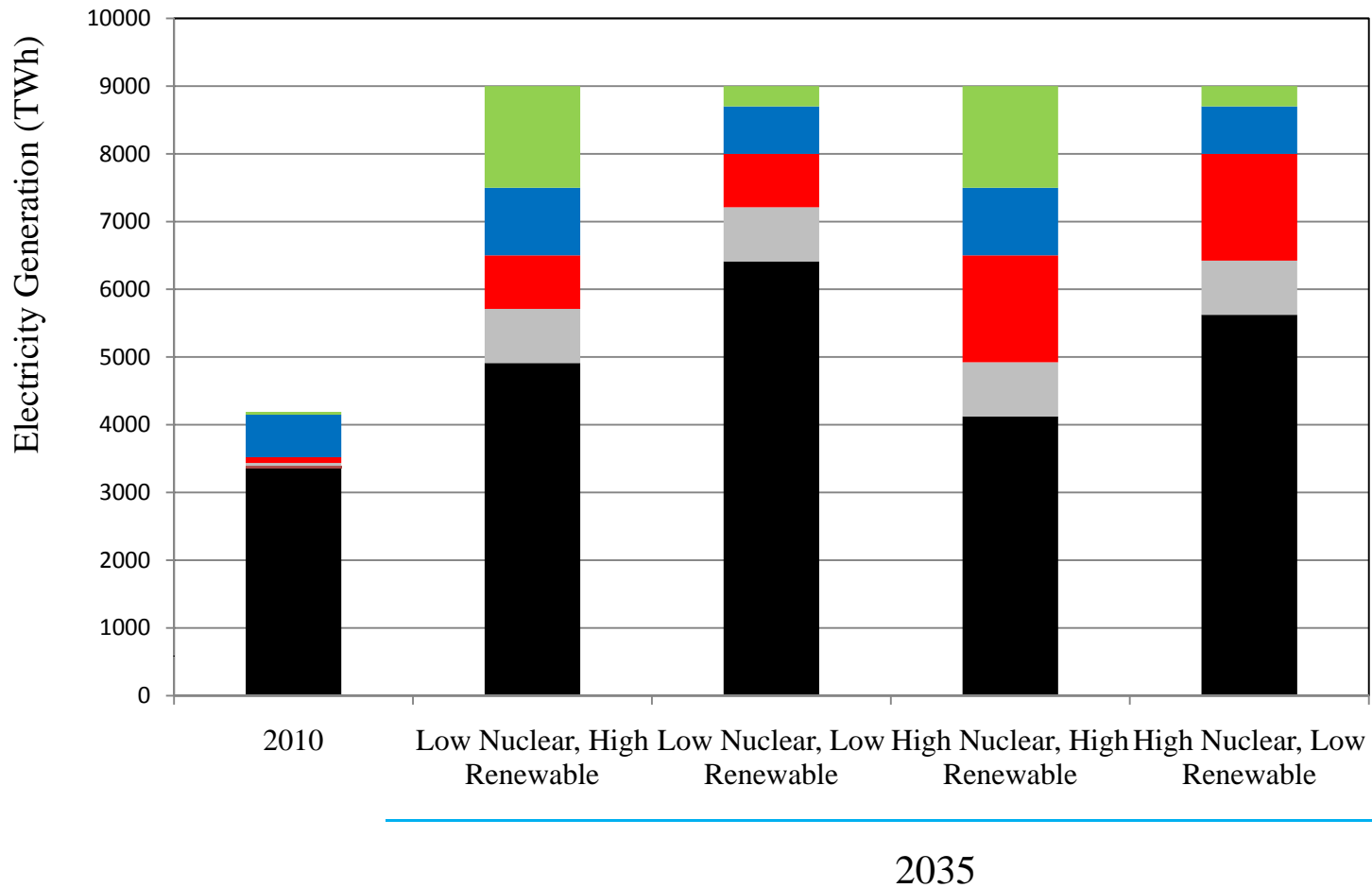


Source: IEA, World Energy Outlook 2011 Edition



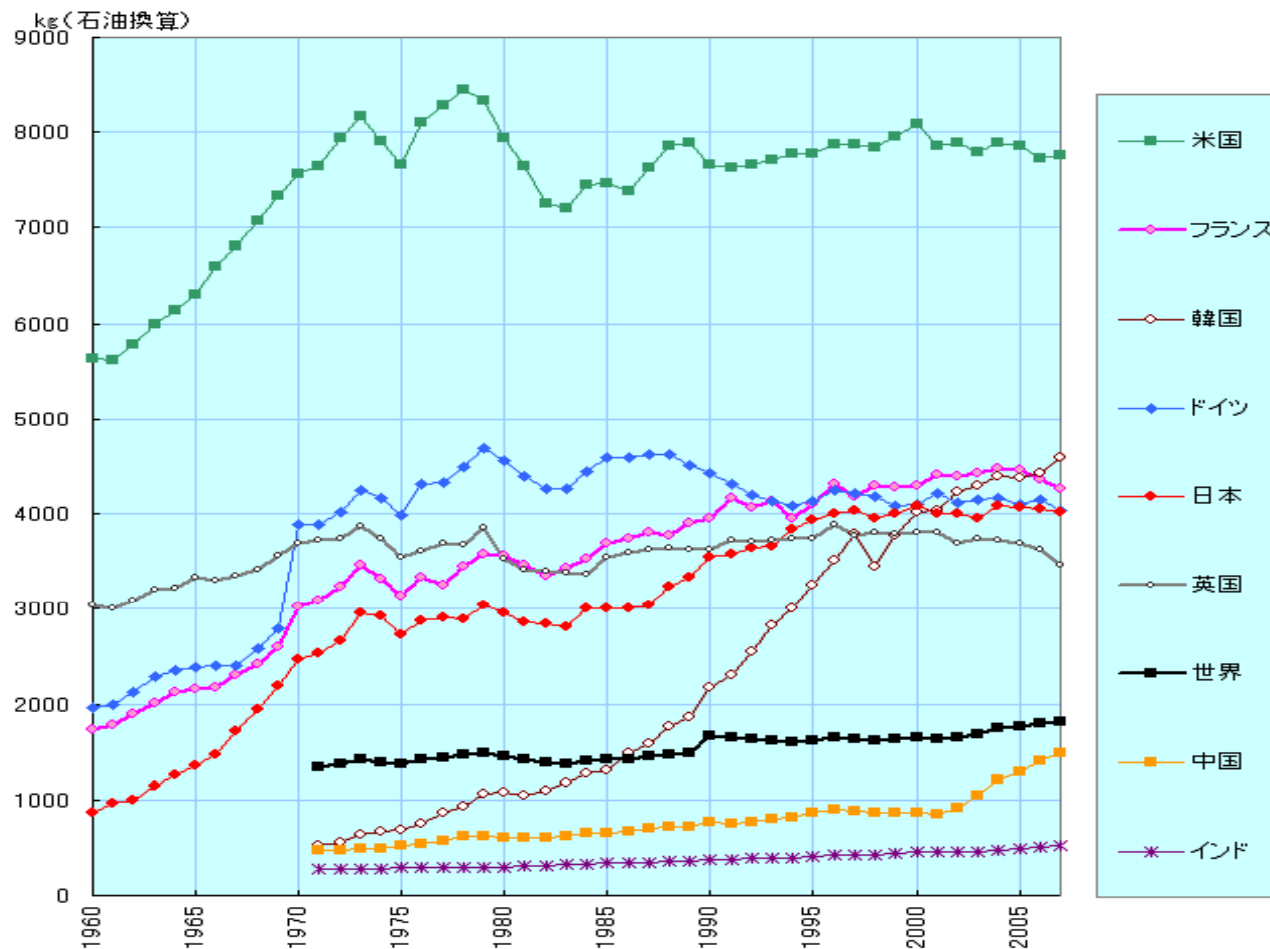
# 2035年までの中国電力シナリオ

Coal
  Oil
  Gas
  Nuclear
  Hydro
  Renewables (No Hydro)





# 主要国の一人当たりエネルギー消費の推移



(注) 消費量は1次エネルギー供給量のこと。原資料はInternational Energy Agency(IEA)

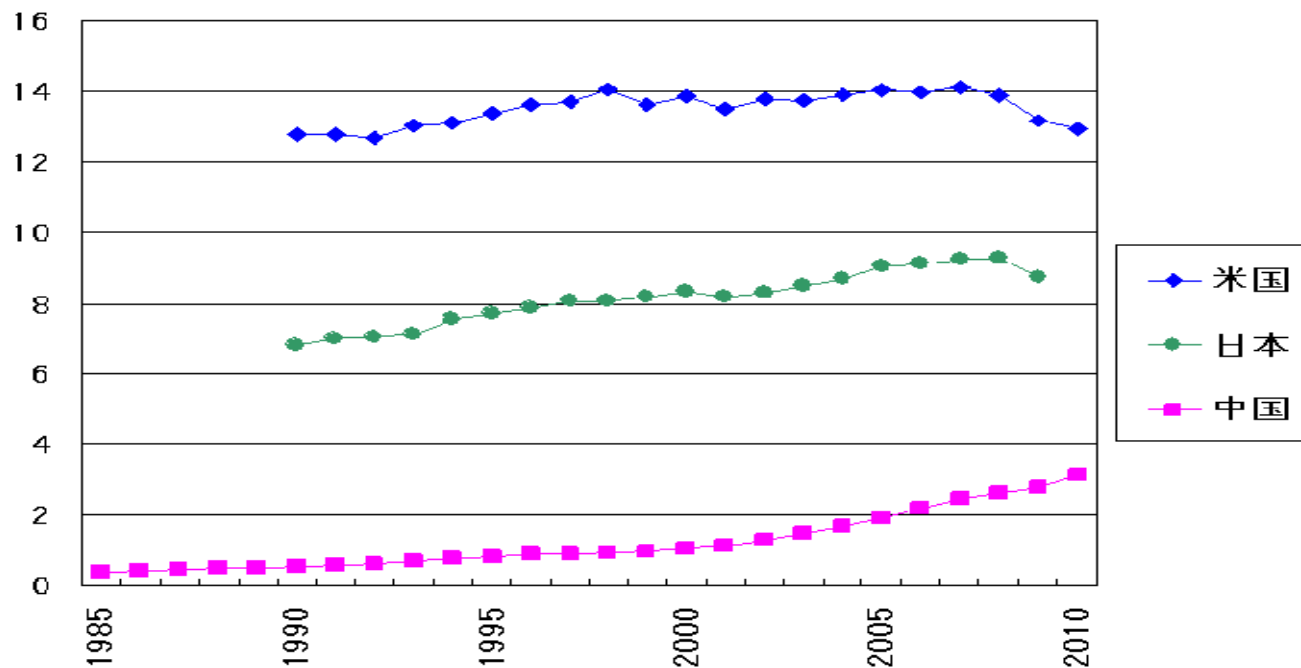
(資料) 世銀, WDI Online 2010.8.3

<http://www2.ttcn.ne.jp/honkawa/images/4020.gif>



# 日本・中国・アメリカ一人当たり 電力消費

MWh



下記の出典をもとに作成した。

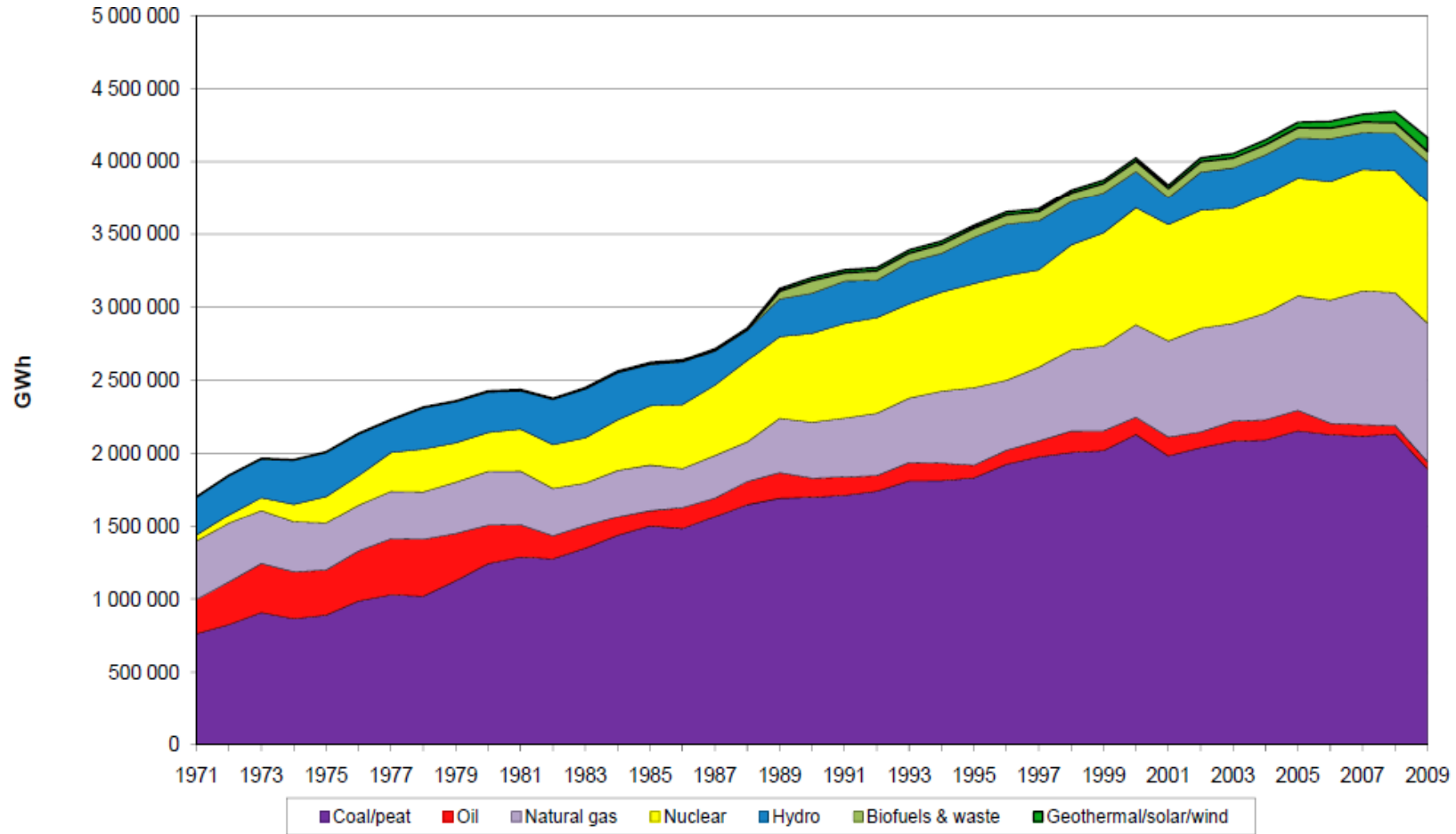
[出典] BP Statistical Review of World Energy June 2010, 中国統計年鑑2002～2010 中国50年統計  
International Energy Agency "Energy Statistics of OECD Countries and IEA/OECD Energy  
Statistics of Non-OECD Countries III. 8 Electricity Information (2010 Edition) Part III  
総務省統計局HP, 2-4 主要国の人口の推移(1999～2009年) 1991～1994年、  
1996～1999年実績は、総務省「10月1日現在推計人口」

出所: ATOMICA、中国の電力事情と発電計画

<http://www.rist.or.jp/atomica/data/pict/14/14020302/05.gif>



# アメリカ発電量の推移



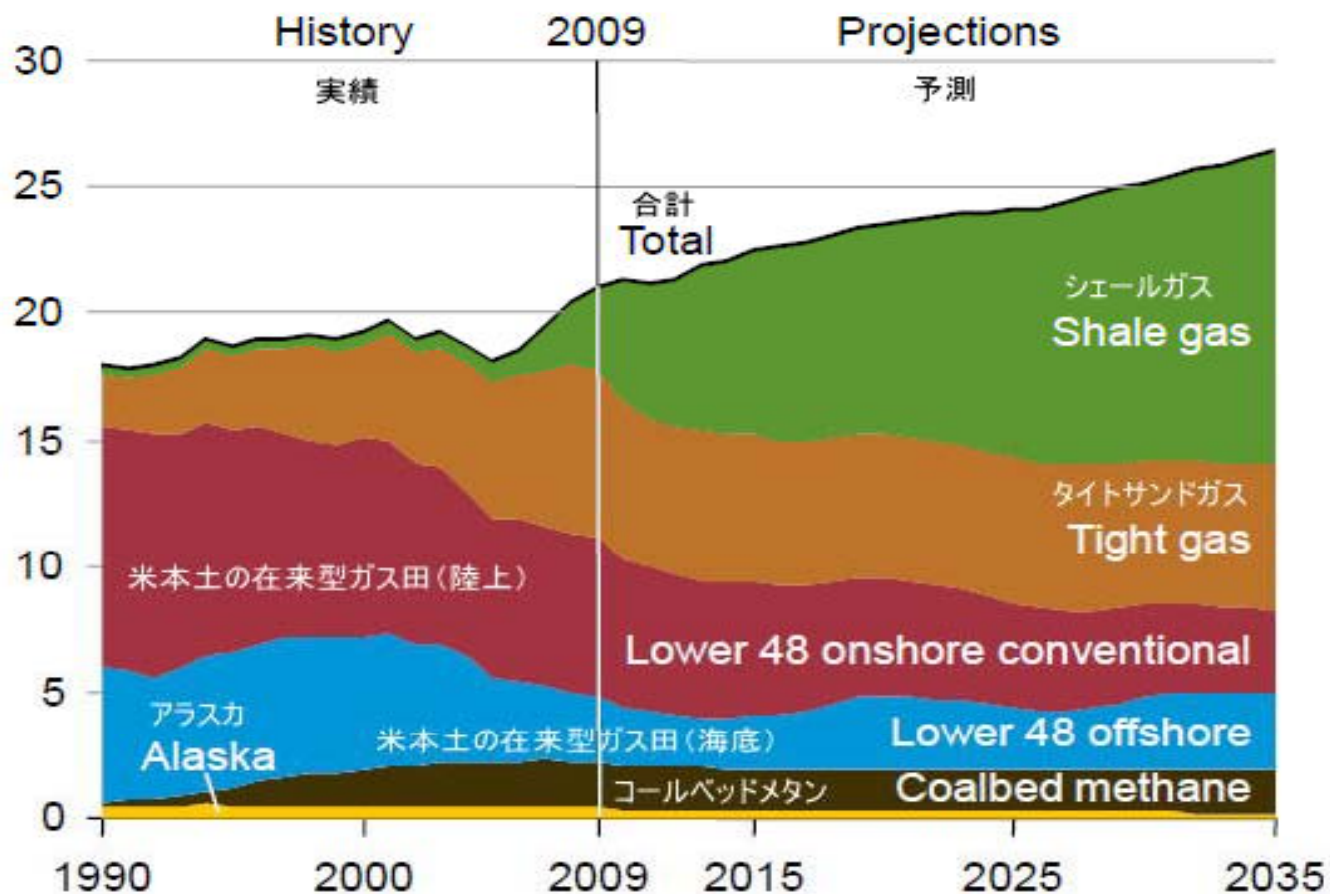
Source: IEA, 2011





# アメリカのガス生産推移

(trillion cubic feet per year)

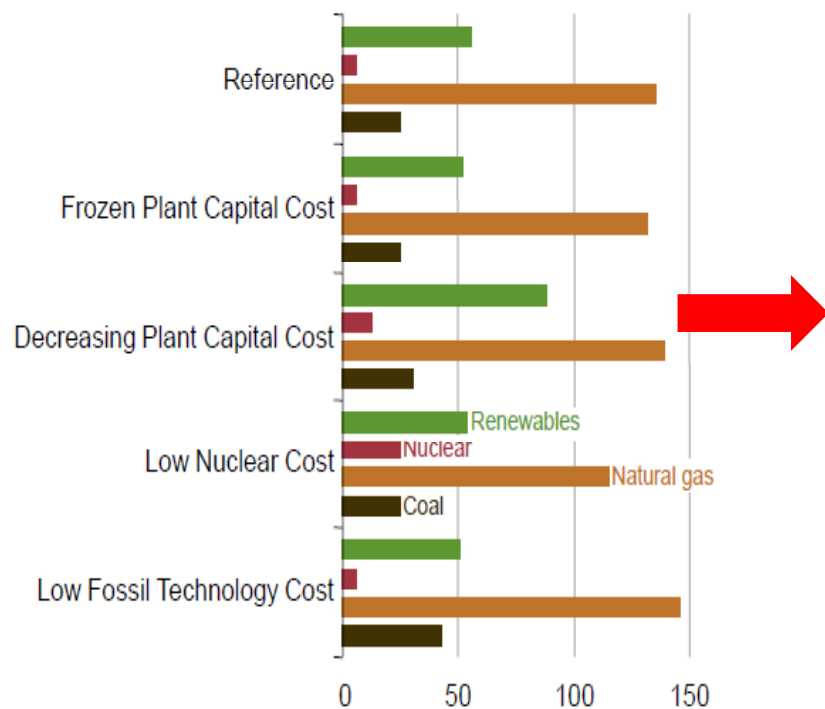


Source: U.S. EIA, Annual Energy Outlook 2011

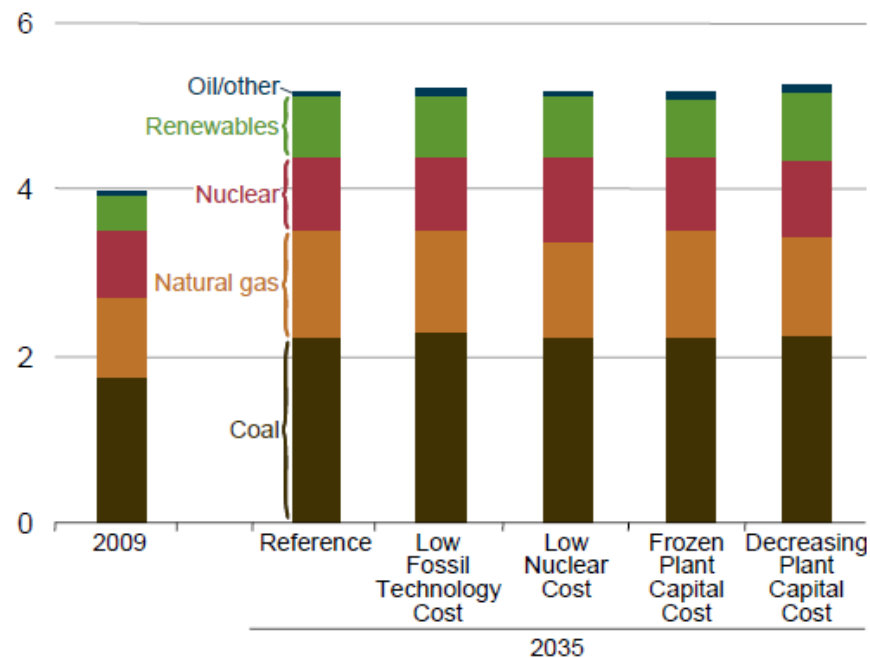


# 2035年までのアメリカ発電シナリオ オ

Additions of generating capacity (GWe)  
新規増加発電容量 (GWe)



Electricity Generation (1000TWh)  
発電量 (1000TWh)



Source: U.S. EIA, Annual Energy Outlook 2011



# サマリー

- **日本:再生 (Re-birth):**

四つの原子力シナリオに基づく、2030年までの電力シナリオを最適分析した  
原子力を全て廃止する場合20年間は最大40兆円増加、50億トンCO<sub>2</sub>排出増加

- **中国:再繁栄 (Re-rise)**

2035年まで発電量2010年の2倍

原子力:100-200GWe, 年間発電量:800-1600TWh

再生可能エネルギー:1000-2500TWh

- **アメリカ:再バランス (Re-balance)**

2035年まで発電量20%増加、主にシェールガスと風力

世界の唯一のスーパーパワーですが、再バランスしている。

HP: <http://www.energy.kyoto-u.ac.jp/gcoe/en/scenario/HP/Zhang/>