

# 英国電力市場改革と原子力発電

2013年10月8日

(一財)日本エネルギー経済研究所

戦略研究ユニット 原子力グループ

下郡 けい

# 0. 目次

1. はじめに
2. 英国のエネルギー概況と原子力発電
3. 1990年代の市場改革と原子力発電
4. 2000年代の環境変化と政策変更
5. 2012年の電力市場改革(EMR)
6. まとめ

# 1. はじめに

## □豊富な国産資源を背景に、競争政策を進めてきた英国

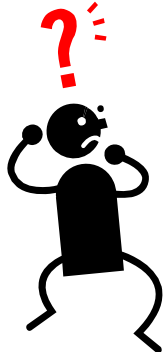
- 1989年電気法制定。1995年に原子力事業の民営化を実施。1990年には発電市場の自由化、1999年には小売市場の自由化を完了。

## □「エネルギー法改正案(Energy Bill 2012-2013)」

- 2012年5月新たな電力市場改革を含む法案が議会に提出。低炭素電源導入促進へ向けてFIT-CfDの導入等を提案。
- 原子力発電もFIT-CfDの適用対象に。

## □英国は原子力発電をどう位置づけてきたのか？

- これまで英国の原子力発電が果たしてきた役割
- 1990年代の市場改革が原子力発電に与えた影響
- 2000年代の英国を取り巻く環境、政策の変化
- 2012年電力市場改革(EMR)の現状



仮説：

原子力発電の推進には政策的な支援が重要な役割を果たしており、経済性にのみ基づいて電源が選択されるような競争的な市場の下では、新設計画は困難に直面する。



(上) Calder Hall原子力発電所(GCR)

(下) Sizewell B原子力発電所(PWR)

(出所) The Telegraph; NDA

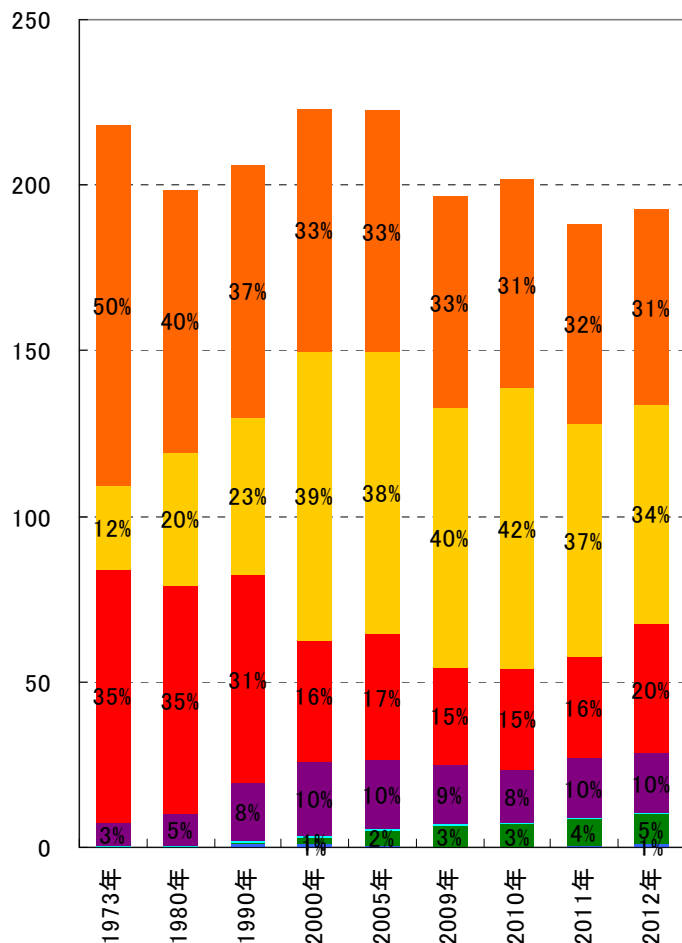
## 2. 英国のエネルギー概況と原子力発電

### 2-1. 一次エネルギー供給構成と電源構成の推移

- 1990年から2000年の間に、電源構成に占める天然ガスの割合が大幅増加。
- 原子力の電源構成に占める割合は20%程度で一定。⇒基幹電源としての役割を果たす。

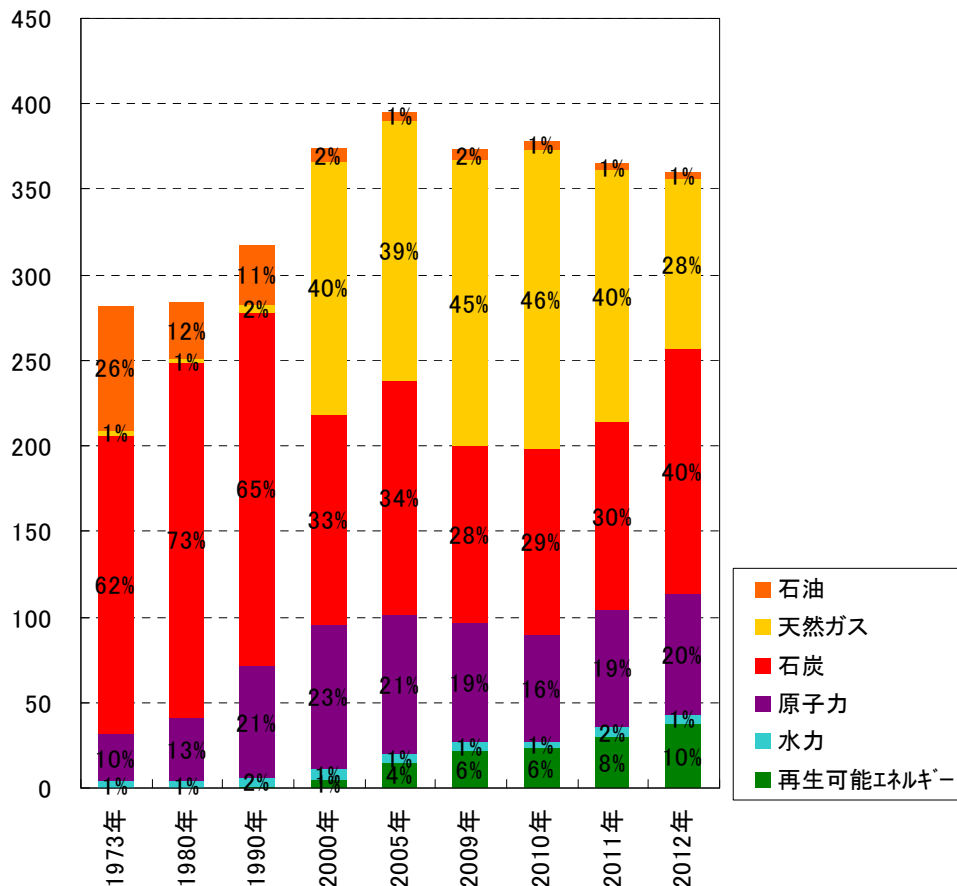
(単位)MTOE

一次エネルギー供給構成の推移



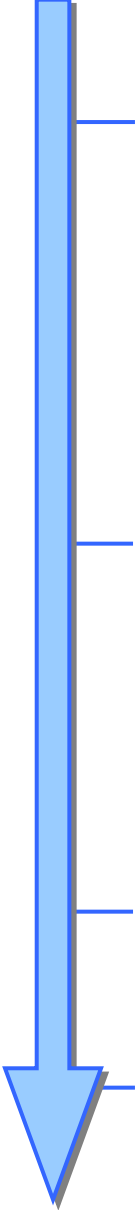
(単位)GWh

電源構成の推移



## 2. 英国のエネルギー概況と原子力発電

### 2-2. 英国の原子力発電開発の歴史

- 
- 1951年 再処理工場B204、操業開始
  - 1954年 英国原子力公社UK Atomic Energy Authority(UKAEA)設立
  - 1956年 世界初のガス冷却炉(GCR)Calder Hall原子力発電所1号機が営業運転開始
  - 1964年 発電用燃料再処理工場B205、操業開始
  - 1965年 原子力施設法施行、第2次原子力開発計画で改良型ガス冷却炉(AGR)を採用決定
  - 1971年 UKAEAから燃料部門が独立、British Nuclear Fuel Ltd.(英国原子燃料公社、BNFL)が発足
  - 1979年 米スリーマイルアイランド2号機事故。第4次原子力開発計画で軽水炉(PWR)を採用決定
  
  - 1981年 軽水炉Sizewell B、設置許可申請
  - 1986年 旧ソ連チェルノブイリ4号機事故
  - 1987年 Sizewell B建設認可発行
  - 1989年 電気法施行により電気事業の分割・民営化開始
  - 1995年 Sizewell B運転開始
  - 1996年 原子力発電事業会社として国営Magnox Electric(ME)と民営British Energy(BE)社設立。  
BEは1998年にBNFLに吸収される。
  
  - 2002年 政府文書「核の遺産管理：行動戦略」公表、国主導の廃止措置を明記
  - 2002年 経営破たんしたBE社に公的資金導入
  - 2005年 原子力廃止措置機関(Nuclear Decommissioning Authority)成立
  - 2008年 原子力白書で2018年ごろの原子力新規運転開始目標を明記
  - 2009年 BE、EDF Energyの傘下に
  - 2011年 福島第一原子力発電所事故
  - 2012年 ONR、EDFにHinkley Point Cサイトの敷地許可を発行。12月にはEPRにGDAを発行
  - 2013年 DECC、Hinkley Point C発電所計画案へ計画許可を発行。

## 2. 英国のエネルギー概況と原子力発電

### 2-3. 英国の原子力発電所

- Sizewell B原子力発電所以降、現在に至るまで新しい原子力発電所の建設は行われていない。
- 2023年までにほとんどの原子力発電所が停止予定であるため、発電所の新規建設が急がれている。

英国の既設原子力発電所一覧

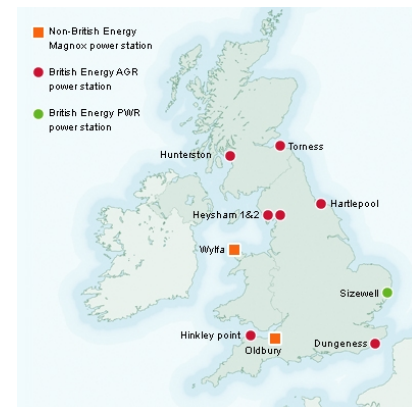
| 発電所               | 炉型  | 出力    | 運転開始      | 停止予定 |
|-------------------|-----|-------|-----------|------|
| Dungeness B-1     | AGR | 61.5  | 1985.4.1  | 2018 |
| Dungeness B-2     | AGR | 61.5  | 1986.1    | 2018 |
| Hartlepool-1      | AGR | 65.5  | 1986.9    | 2019 |
| Hartlepool-2      | AGR | 65.5  | 1986.12   | 2019 |
| Heysham A-1       | AGR | 62.5  | 1986.9    | 2019 |
| Heysham A-2       | AGR | 62.5  | 1986.12   | 2019 |
| Heysham B-1       | AGR | 68.0  | 1989.3.29 | 2023 |
| Heysham B-2       | AGR | 68.0  | 1989.3.29 | 2023 |
| Hinkley Point B-1 | AGR | 65.5  | 1976.6    | 2023 |
| Hinkley Point B-2 | AGR | 65.5  | 1977.1    | 2023 |
| Hunterston B-1    | AGR | 64.4  | 1976.6    | 2023 |
| Hunterston B-2    | AGR | 64.4  | 1977.5    | 2023 |
| Torness-1         | AGR | 68.2  | 1989.3    | 2023 |
| Torness-2         | AGR | 68.2  | 1989.5.13 | 2023 |
| Sizewell B        | PWR | 125.0 | 1995.9.22 | 2035 |
| Wylfa-1           | GCR | 56.5  | 1972.1    | 2014 |

(注)2013年1月1日時点、出力はgross、万kW  
(出所)世界の原子力発電開発の動向2013年版、EDF Energyホームページ

英国の原子力発電所新設計画

| 発電所               | 炉型        | 出力        | 運転開始予定  | 事業者          |
|-------------------|-----------|-----------|---------|--------------|
| Hinkley Point C-1 | EPR       | 167       | 2018    | EDF Energy   |
| Hinkley Point C-2 | EPR       | 167       | 2019    | EDF Energy   |
| Sizewell C-1      | EPR       | 167       | 2020    | EDF Energy   |
| Sizewell C-2      | EPR       | 167       | 2022    | EDF Energy   |
| Oldbury B         | ABWR×2or3 | 276-414   | by 2025 | Horizon      |
| Wylfa B           | ABWR×2or3 | 276-414   | by 2025 | Horizon      |
| Moorside          | AP1000?×3 | Up to 360 | 2023    | NuGeneration |

(注)出力はgross、万kW (出所)World Nuclear Associationホームページ



(出所)Centricaホームページ

# 3. 1990年代の市場改革と原子力発電

## 3-1. 発電市場の自由化と既設原子力発電所

□ 1990年代の発電市場自由化でプール制度の導入。2001年3月からはNETAへ移行。

### プール制度(1990年～2001年)

- ◎資本費充当支払い(設備価格要素、Capacity Element)の実施
- ◎価格の決定はメリットオーダーシステムを採用し、原子力発電は**ほぼゼロに等しい価格で入札**。

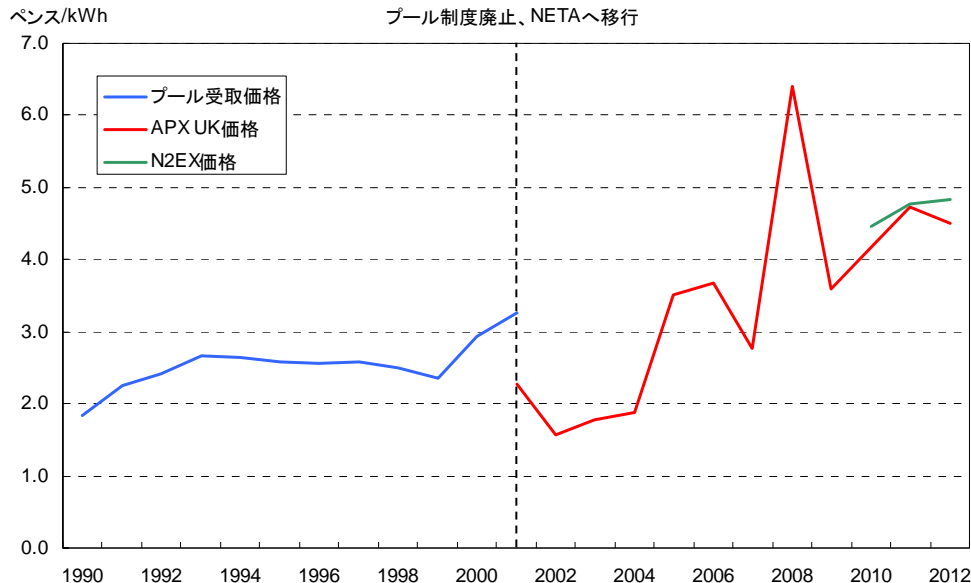
⇒プール市場取引及びCapacity Elementという市場設計を背景にした長期契約を締結していたため、**原子力発電所は確実に資本回収が可能**。

### NETA(2001年3月～)

- ◎ベースプラント、ピークプラントはそれぞれの入札価格にて価格が決定。
- ◎プール制度の11年間の間に、卸売価格が高止まりし、その結果多くの新規参入者が市場に参入して、電力供給過剰の状態。

⇒NETAの導入後、**大幅に卸売価格が下落**。さらに、資本費充当支払いも廃止されたことで、原子力発電所の**資本費回収の先行きが見通しにくくなる**。

一例として、British Energyは経営危機に直面(2002年)



卸売価格の推移をみると、プール制度が廃止されてNETAへ移行した際に、30%近く価格が下落。

(出所) 電力中央研究所「電気事業の規制緩和と原子力発電」、清水紀史「5つの視点から見た英国電力市場」『海外電力』(2006.6)、松田年弘・野村宗訓「英国電気事業再編における原子力発電事業—プール市場における収益性に関する考察—」

## 3. 1990年代の電力市場改革と原子力発電

### 3-2. 発電市場の自由化と原子力発電所の新設(1/3)

#### □原子力発電所の新設にともなう課題

- 原子力発電への投資リスクとして、
  - **経済的リスク**(莫大な建設コスト、長期の投資期間・償却期間、不確実な廃止措置コストやバックエンドコスト)
  - **政治的(政策変更)リスク**(世論や政治的な圧力、政府による方針転換や政策のブレ、許認可手続き)
  - **技術的リスク**(稼働率の低下や安全性向上のための追加投資)
- 競争市場において将来の経営環境に不透明さが増す中で、投資家(経営者、発電事業者)は**投資を可能な限り先延ばしにしようとする傾向**。

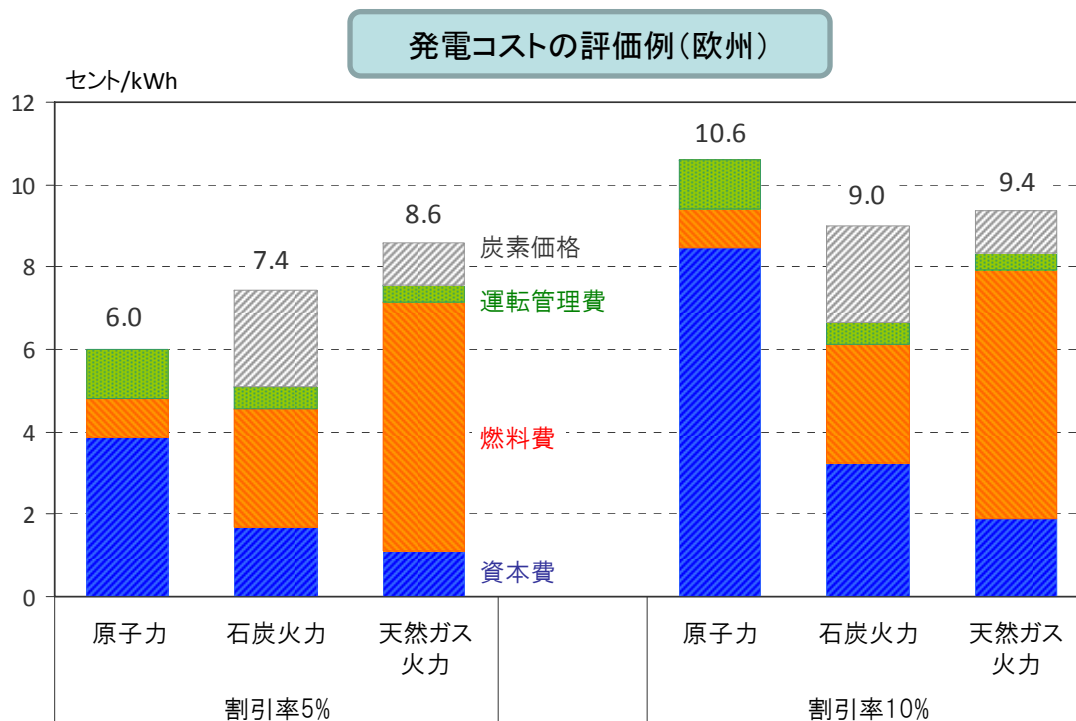


## 3. 1990年代の電力市場改革と原子力発電

### 3-2. 発電市場の自由化と原子力発電所の新設(2/3)

#### □ 原子力発電所の新設にともなう課題

- 欧州を対象とした発電コスト試算例では、原子力発電は火力発電に比べ、割引率5%の条件下では安価、割引率10%では高価になる。
- このため、適切な政策の下では原子力発電が安価であるとしても、政治的・経済的リスクが増大した場合には、発電事業者からみた原子力発電導入のコストは高いものとなる。



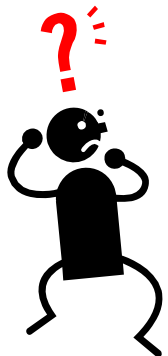
(出所)OECD/NEA, "Projected Costs of Generating Electricity 2010 Edition"

## 3. 1990年代の電力市場改革と原子力発電

### 3-2. 発電市場の自由化と原子力発電所の新設(3/3)

#### □原子力発電所の新設にともなう課題

- 英国における投資家(経営者、発電事業者)の実際の判断として、British Energyの新設計画撤回。
  - British Energyは1996年の設立と同時にPWR3基の新設計画を白紙撤回。当時はプール制度の下で卸売価格が高止まりしていたこと等から、既設の原子力発電所は他電源よりも有利。しかし、1999年の小売全面自由化を前に、供給事業者が長期契約の締結を控える傾向に出たことから、新設計画を取り止め。
  - 2001年からのNETAの導入により、長期契約から市場取引への依存度が高まったため、収益の見通しが不確実になる。
- British Energyによる新設計画撤回以降、英国で原子力発電所の新設の可能性、必要性が指摘され始めるのは、2000年以降。
- 2000年以降何が変わったのか？



# 4. 2000年代の環境変化と政策変更

## 4-1. 脱炭素目標

□ 2000年代、英国を取り巻く環境の変化として、①積極的な脱炭素目標の設定、②北海油田・ガス田の生産量減少傾向、③電力の安定供給への不安。⇒原子力発電の積極的な推進へと英国政府は舵を切る。

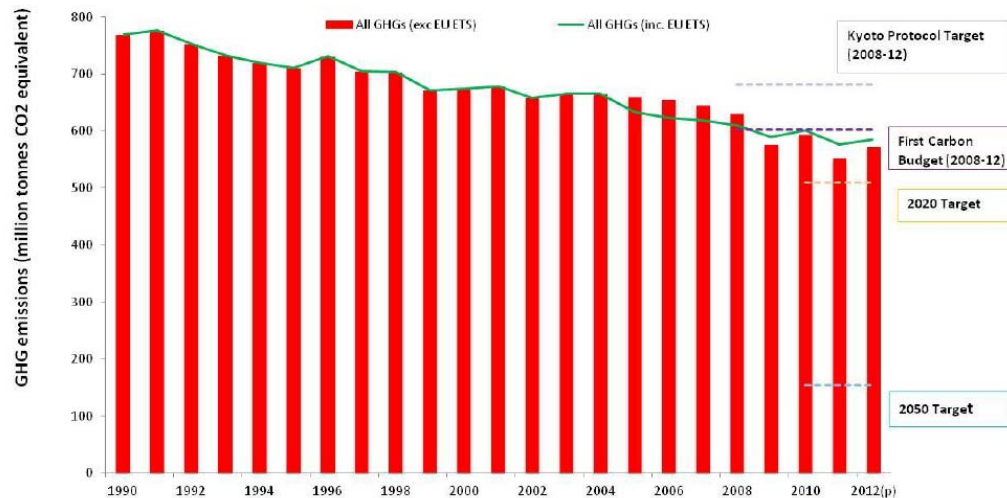
□ 野心的な脱炭素目標

2000年 気候変動プログラム: 2010年までにCO2排出量を1990年比20%削減

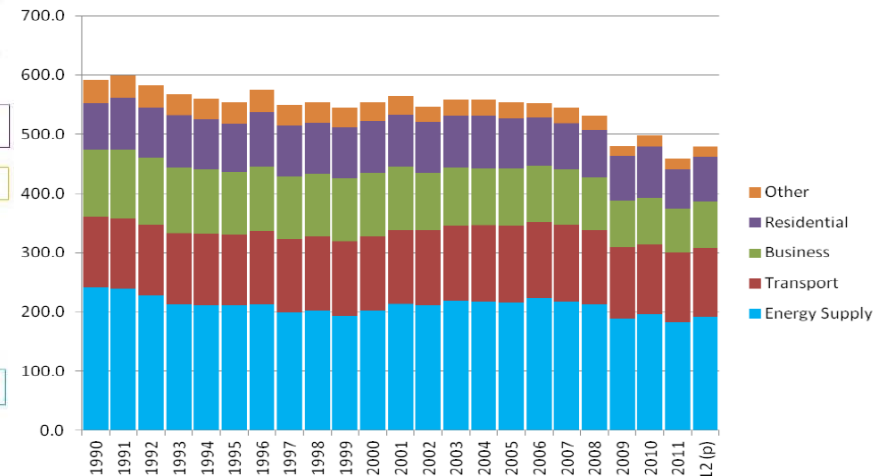
2003年 エネルギー白書: 2050年までにCO2排出量を1990年比60%削減

2008年 気候変動法: 2050年までに温室効果ガス排出量を1990年比80%削減

英国GHG排出量の推移(1990年～2012年)



英国CO2排出量の推移(部門別)



(出所) DECC, UK Greenhouse Gas Emissions: Performance Against Emissions Reduction Targets – 2012 Provisional Figures

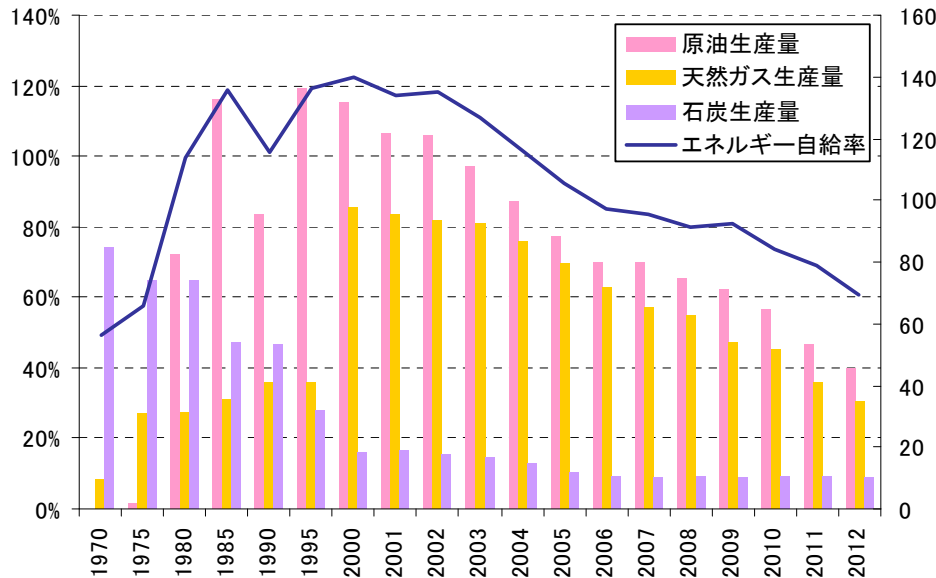
# 4. 2000年代の環境変化と政策変更

## 4-2. エネルギー安全保障上の懸念拡大

### □ 北海油田・ガス田の生産量減少傾向

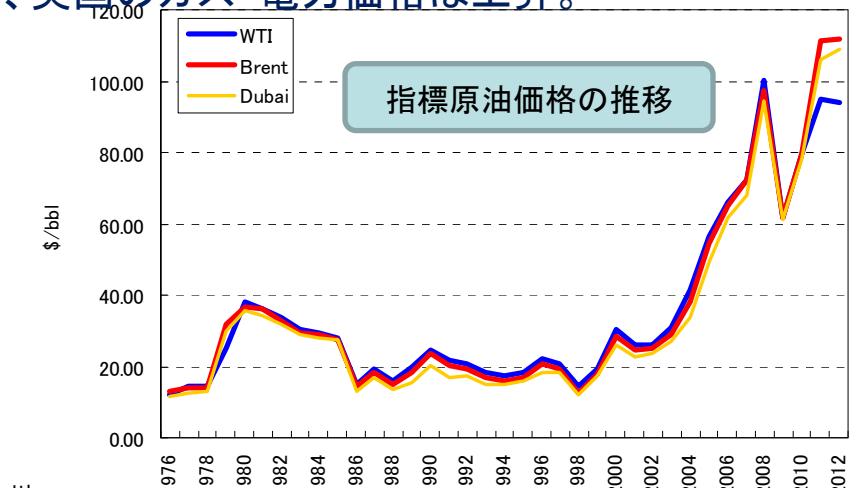
- 石油、ガスの生産量減少に伴い、エネルギー自給率が大きく低下。
- 2003年末以降の世界的な原油価格高騰により、英国のガス・電力価格は上昇。

自給率・生産量の推移

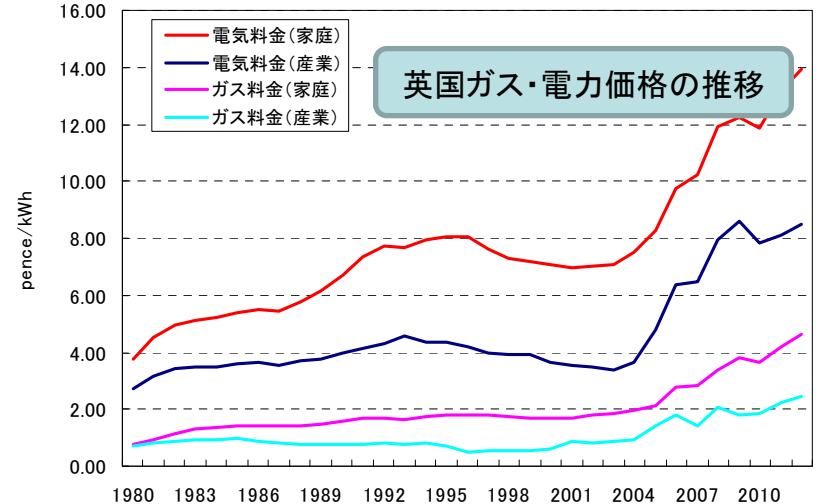


(出所) IEA, Energy Balances of OECD Countries 2013;  
BP Statistical Review of World Energy June 2013;  
DECC, Quarterly Energy Prices, June 2013

指標原油価格の推移



英国ガス・電力価格の推移



## 4. 2000年代の環境変化と政策変更

### 4-3. 電力の安定供給への懸念

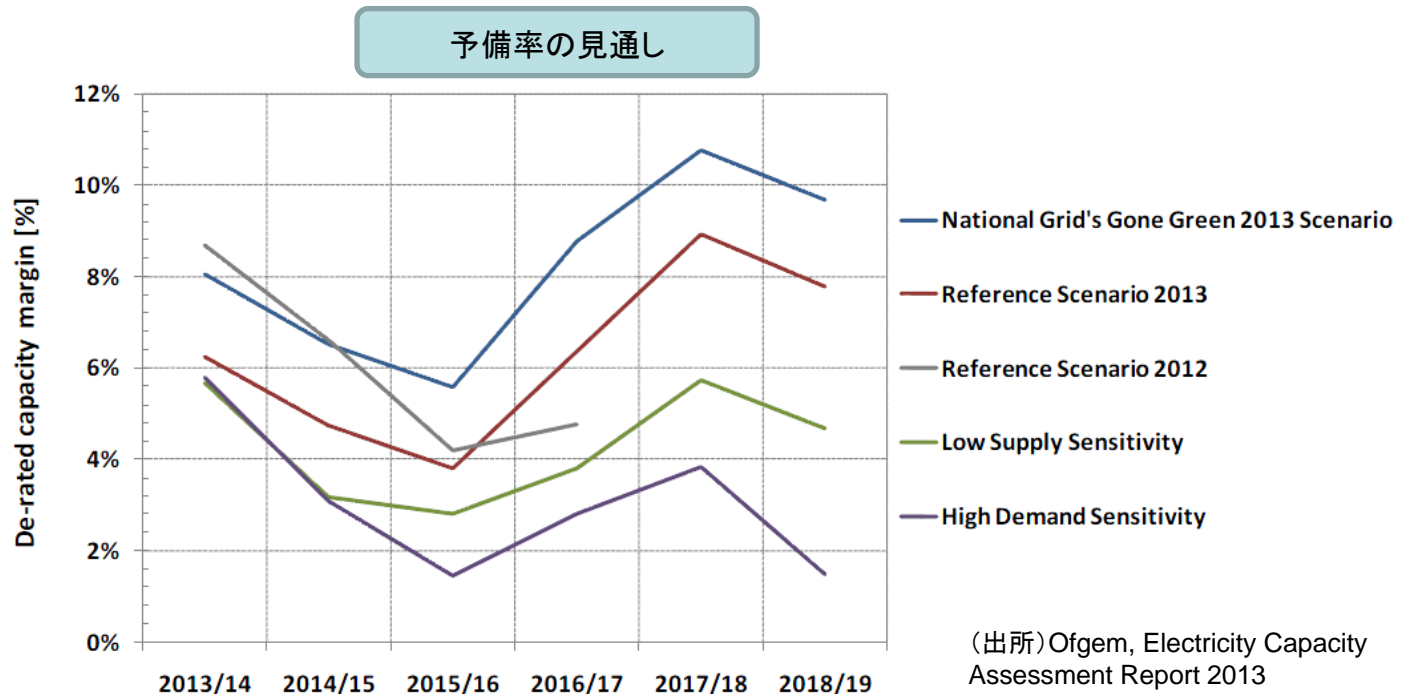
#### □ 既設発電所の約20%が閉鎖

- 既設発電所の設備容量の21% (約19GW) が閉鎖予定
- EUの環境規制 (NOx、SOx規制) に基づく火力発電所の閉鎖、既設のPWR (Sizewell B) を除くすべての原子力発電所の閉鎖 (2023年まで)
- 特に原子力発電所は、設備容量が1092.7万kWから125万kWへ大幅に減少見込み。

#### □ 一方で電力需要の拡大

- 2050年までに輸送部門や熱需要の電化等により電力需要が30%～100%拡大見込み。

⇒ 拡大する需要を満たし、閉鎖する発電所分の供給量を補うには、発電所の新設が必要。



## 4. 2000年代の環境変化と政策変更

### 4-4. 原子力政策の変更

- 積極的な脱炭素目標の設定、エネルギー安全保障上の懸念拡大、電力の安定供給の懸念拡大を受けて、2000年代は原子力政策が変化

| 公表年   | 文書名  | 主な内容  |
|-------|--|---|
| 2003年 | エネルギー白書<br>Energy White Paper, Our energy future - creating a low carbon economy   | 「重要な脱炭素電源であるが、 <b>原子力発電の現在の経済性は新たな導入には不十分</b> 。この白書では、原子力発電所の新設に関する具体的な提言は行わないが、炭素目標を達成するため、 <b>将来的に新たな原子力発電所の建設が必要となる可能性を排除はしない</b> 。」   |
| 2006年 | エネルギーレビュー報告書<br>The Energy Challenge, Energy Review Report 2006                    | <b>化石燃料価格の高騰と炭素価格の導入</b> により、低炭素電源として <b>原子力の経済性は改善</b> してきており、新規の原子力発電所はエネルギー政策目標達成に重要な貢献をする。<br>ただし、新設へ投資、建設、運転し、廃止措置のすべてのコストや長期的なすべての廃棄物管理コストを支払うのは民間企業であることを確認した上で、原子力発電が英国の公共政策目標達成へ利益をもたらすという観点から、政府は新設への潜在的な障壁へ取り組む予定、と明記。 |
| 2007年 | エネルギー白書<br>Meeting the Energy Challenge, A White Paper on Energy May2007           | 再生可能エネルギーやCCS(二酸化炭素回収・貯留)は技術の成熟度やコスト競争力の面でまだ改善の余地があり、電力の安定供給や温室効果ガスの排出削減には <b>原子力発電の利用拡大が必要との方針</b> を示す。  |
| 2008年 | 原子力白書<br>Meeting the Energy Challenge, A White Paper on Nuclear Power January 2008 | 英国が直面する <b>気候変動問題への対処とエネルギー安全保障の確保</b> という2つの大きな課題に取り組むには、エネルギー企業に対し <b>新規原子力発電所への投資という選択肢を示すことは公共の利益</b> である。新規原子力発電所が将来的に役割を果たすとすれば、市場に対して新設が投資の選択肢になりうるという明確なシグナルが必要であり、本白書はそのシグナルとなる。   |

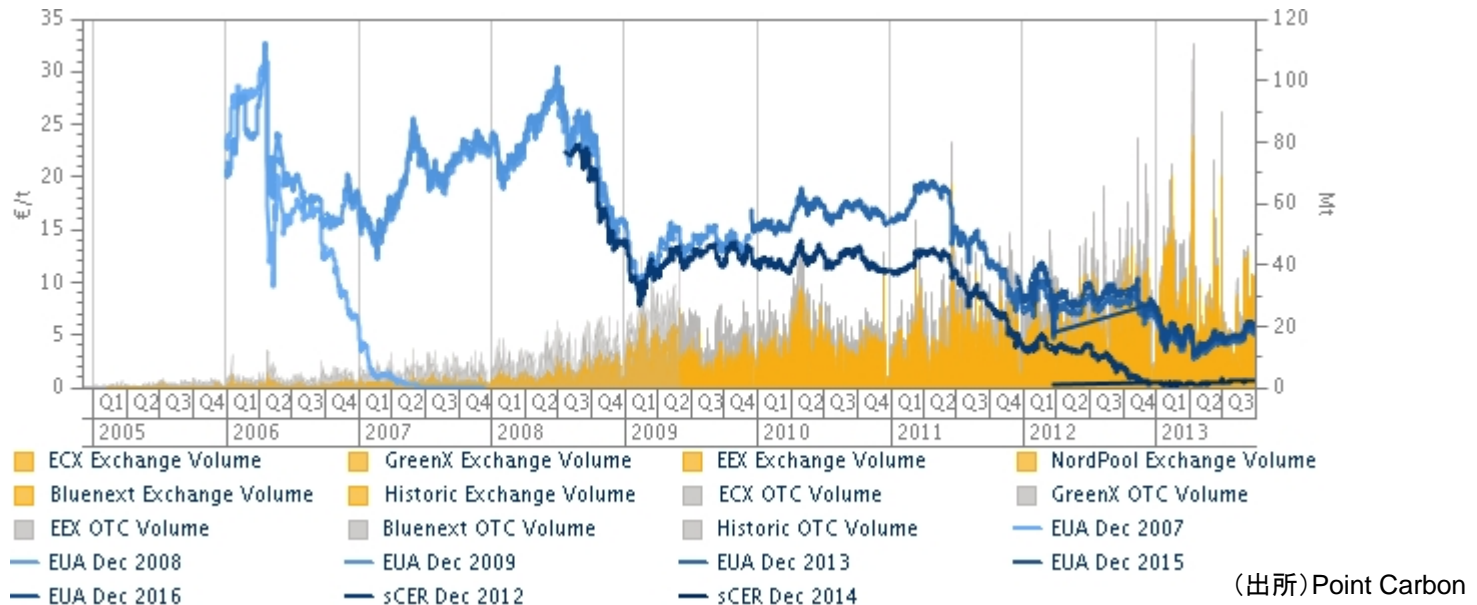
## 4. 2000年代の環境変化と政策変更

### 4-5. 炭素価格の下落

#### □ 2008年第3四半期以降の炭素価格の下落

- 炭素価格の導入により、原子力発電の経済性が改善されたと「2006年エネルギーレビュー報告書」で指摘。
- しかし、2008年第3四半期以降、EU-ETSの炭素価格が大幅に下落。現在も低水位。

欧州炭素価格の推移(2006年～2013年第3四半期)



脱炭素目標の達成、エネルギー安全保障の確保、供給の多様化を早期達成するには、原子力発電所の新設を2025年までに行わねばならない、と政府は指摘。(National Policy Statement、2011年6月)

# 5. 2012年の電力市場改革(EMR)

## 5-1. EMRの背景・目的

### □ 電力市場改革に関する報告書(White Paper)(2011年7月)

#### – 英国が直面する課題

- 既設発電所の大規模な閉鎖による電力供給への脅威
- 野心的な脱炭素化目標実現へ向けた取り組み
- 電力需要の拡大

#### – 課題を解決するために必要とされる長期的な投資が行われない市場状況

- 2020年までに発電・送電部門に1100億ポンドの投資が必要。
- しかし、現在の市場では化石燃料プラント(固定費が安く運転費が高い)が価格決定の役割を担っており、低炭素電源への投資リスクが高い。

### □ エネルギー法改正案(Energy Bill 2012-13)(2012年5月議会提出)

#### – EMRの目的

- 再生可能、原子力、石炭(CCS)、ガスと多様なエネルギー源を利用して、電力の安定供給を確保する
- 再生可能エネルギー導入目標とGHG排出削減目標達成のため、持続可能な低炭素技術への十分な投資を確保する
- 適正な電力価格を維持しつつ、必要な投資をもたらす

#### – 主な施策

- FIT-CfDの導入: 低炭素電源への投資支援
- 発電容量市場(Capacity Market): 供給の確保
- 炭素の下限価格(CPF: Carbon Price Floor)の設定
- 火力発電所へのCO<sub>2</sub>排出基準値の設定

(出所) DECC, Planning our electric future: a White Paper for secure, affordable and low-carbon electricity July 2011;  
DECC, Electricity Market Reform: policy overview  
November 2012



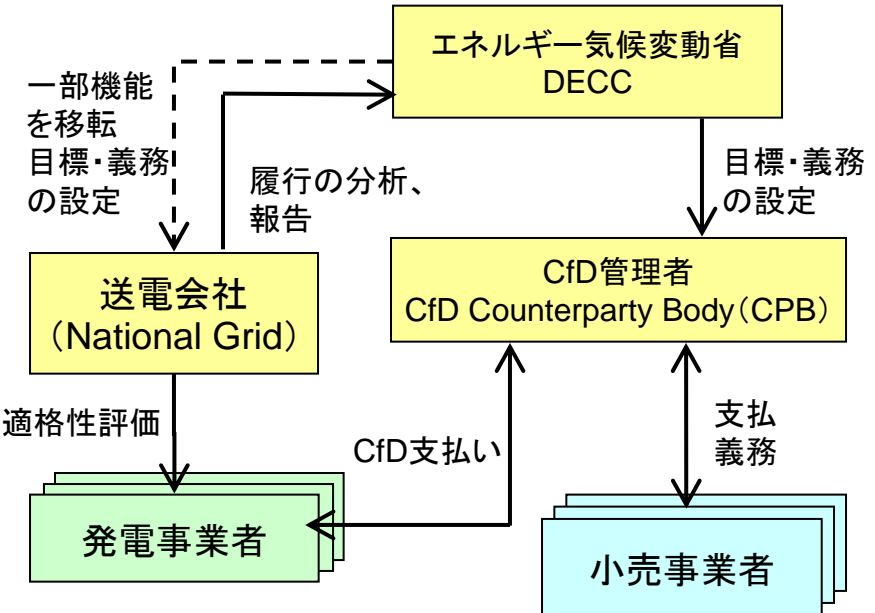
# 5. 2012年の電力市場改革 (EMR)

## 5-2. EMRの主な施策 (1/2)

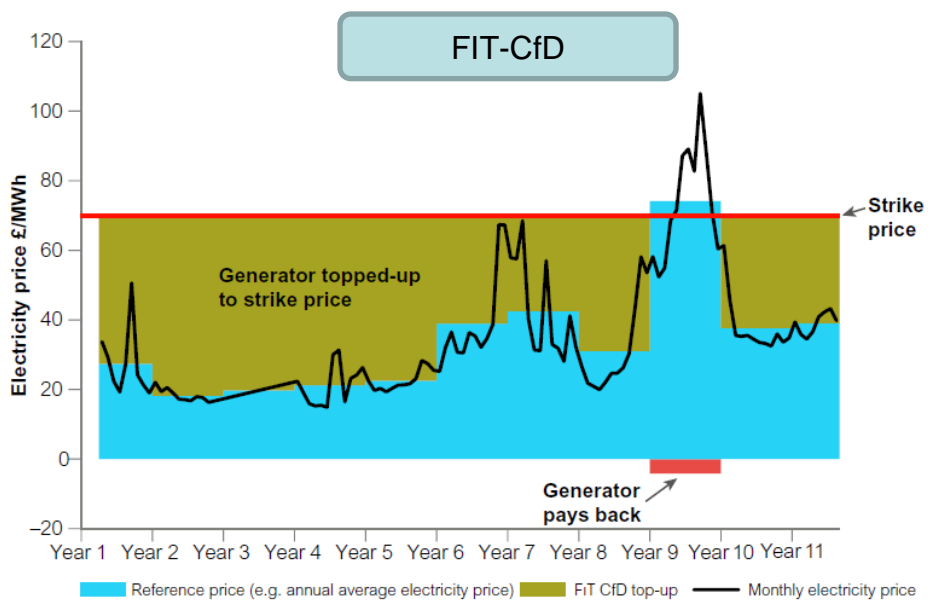
- 差額清算方式を用いた低炭素発電電力の固定価格買取制度 (FIT-CfD)
- 発電容量市場 (Capacity Market) 制度
- 炭素の下限価格 (CPF: Carbon Price Floor) の設定
- 火力発電所へのCO2排出基準値の設定

### □ FIT-CfD (Feed-in Tariff with Contracts for Difference)

- CfD契約は、発電事業者へ電力の市場価格 (reference price) と投資回収に必要な長期的な予想価格 (strike price、ストライク価格) を支払う、長期的な民法上の契約。発電事業者が電力価格の変動に長期的に晒されることを防ぎ、投資リスクを減らし、消費者への負担を最小にした上で低炭素発電への投資を呼び込むことを目的。



(出所) DECC発表資料



# 5. 2012年の電力市場改革(EMR)

## 5-2. ストライク価格をめぐる交渉状況

- ストライク価格をめぐり、英国政府とEDF Energyの間で交渉が行われている
  - ストライク価格: 各技術の建設・運転コスト、投資家が直面するリスクを反映して政府が決定。



政府の“信頼性が高く、継続的”な支払いモデル、“投資家へ信用、安定性を与えることが重要”という発言に同意する。産業界の懸念を理解していることを歓迎。我々もCfDを堅牢なものとするべく取り組みを続ける。  
 原発新設のためのCfDの期間、ストライク価格のインフレーション調整に関してより明確化させることが重要。  
 (Written evidence, Energy and Climate Change Committee, 2012年6月)

£96~97/MWh: 40年間 (Independent, Mar. 10, 2013)  
 At least £100/MWh (Reuters.uk, Apr. 18, 2013)  
 At least £95/MWh: 40年間 (Bloomberg, May 3, 2013)  
 Above £95/MWh (WGI, Jul. 3, 2013)  
 At least £93/MWh (Financial Times, Oct. 4, 2013)  
 £90~93/MWh: 35年間? (The Sunday Telegraph, Oct. 5, 2013)

Around £80/MWh (Reuters.uk, April 18, 2013)  
 £90/MWh以上は拒否 (FT, Oct. 4, 2013)  
 £90~93/MWh: 35年間? (The Sunday Telegraph, Oct. 5, 2013)

DEPARTMENT OF  
**ENERGY**  
 & CLIMATE CHANGE

“適正な価格”を得られなければ、EDF Energyとの交渉を打ち切る用意がある。政府側が交渉においては強い立場にある。(Edward Davey長官、Utility Week, September 19, 2013)

“数週間内に”合意に達するだろう。(Michael Fallon大臣、FT, Oct 2, 2013)

⇒FIT-CfDが機能するには、政府と事業者が何らかの着地点を見出すことが重要。

## 5. 2012年の電力市場改革(EMR)

### 5-2. EMRの主な施策(2/2)

- 差額清算方式を用いた低炭素発電電力の固定価格買取制度(FIT-CFD)
- 発電容量市場(Capacity Market)制度
- 炭素の下限価格(CPF: Carbon Price Floor)の設定
- 火力発電所へのCO2排出基準値の設定

#### □ 発電容量市場(Capacity Market)制度

- 既設発電所の閉鎖や太陽光・風力といった間欠性電源の急増が今後見込まれる状況で、予備率が2020年には10%を下回ると想定。
- 政府が、安定供給に必要な信頼できる発電容量を評価・決定し、National Gridが競売を行う。落札した発電事業者は、容量支払いを受ける代わりに、その発電容量に見合った電力の供給を行う。

#### □ 炭素の下限価格(CPF: Carbon Price Floor)の設定

- 炭素価格が低迷した際に、政府が目指す再生可能エネルギーへの投資が行われないう可能性がある。それを防ぐため、炭素価格の下限値を設定。

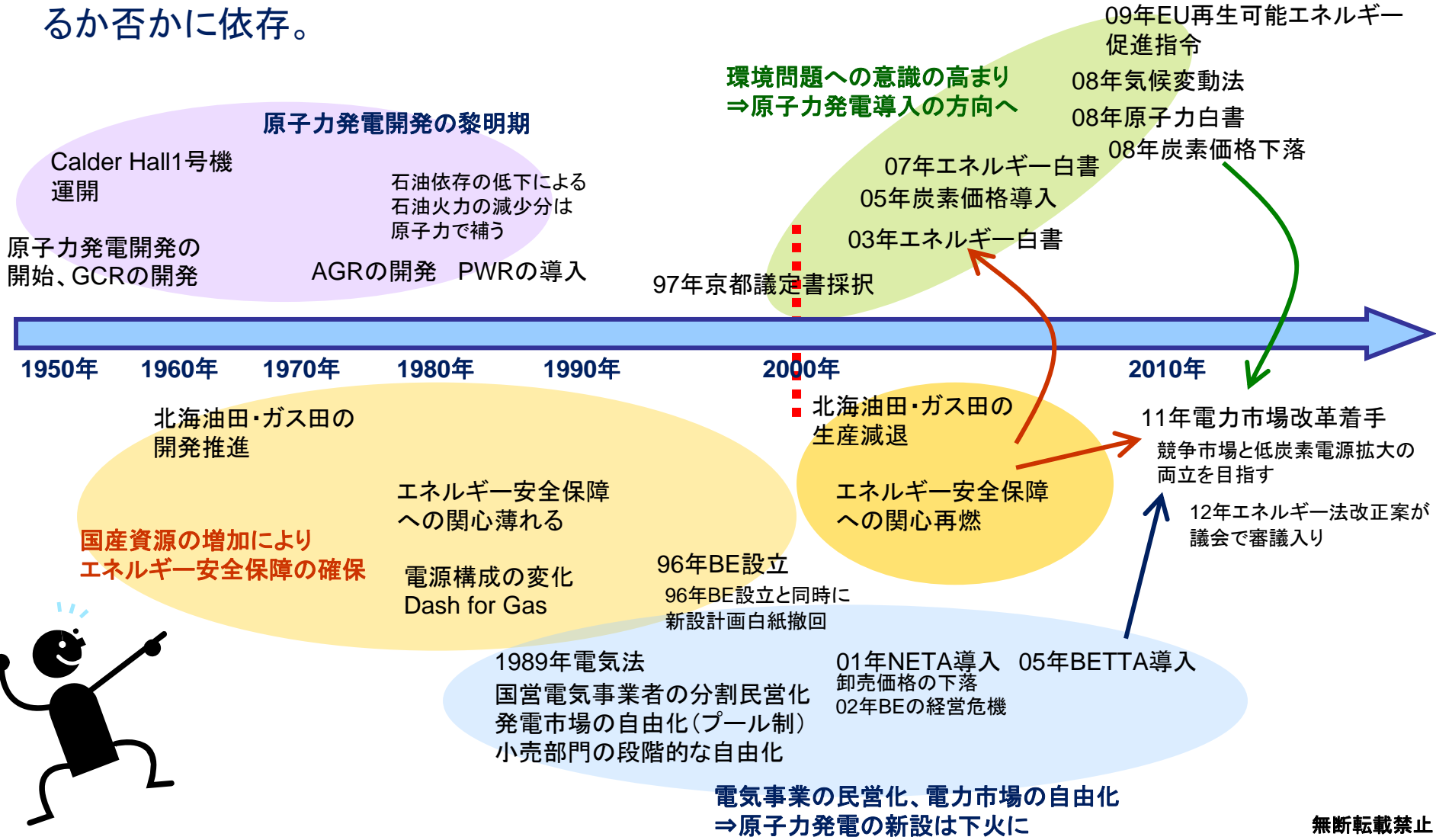
#### □ 火力発電所へのCO2排出基準値の設定

- 新設される火力発電所毎にCO2排出量の年間上限値(EPS: Emissions Performance Standard)を導入。

# 6. まとめ

## 6-1. ここまでの総括

- 英国では原子力発電所の新設へ向けて、投資環境を整えるべく制度設計を模索。
- FIT-CfDが成功するかは、政府と事業者間のストライク価格に関する交渉が合意に達するか否かに依存。



電気事業の民営化、電力市場の自由化  
⇒原子力発電の新設は下火に

## 6. まとめ

### 6-2. 分析・インプリケーション

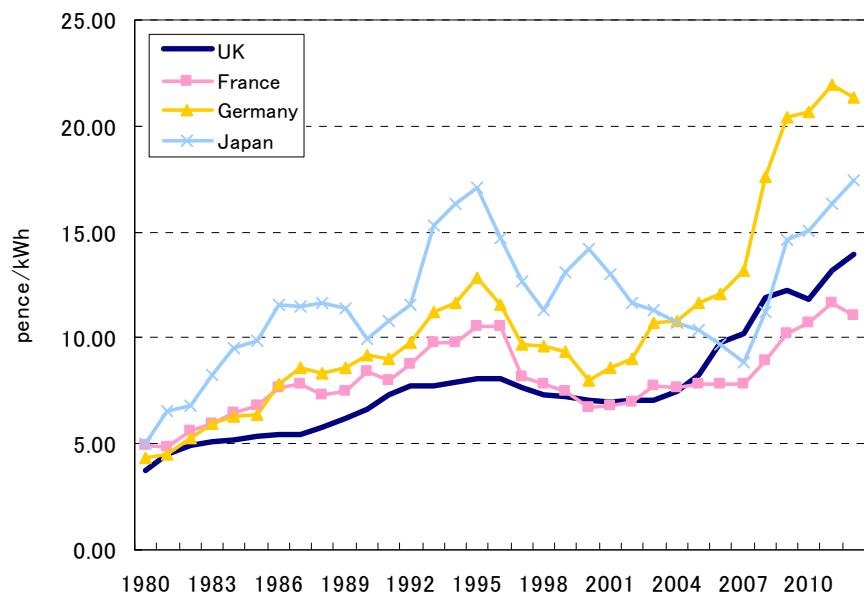
- 英国では豊富な国産資源を背景に、原子力発電も事業民営化、市場自由化へ
- 競争的な市場では、初期投資が大きく・長期的且つ安定的な収益を必要とする原子力発電は投資先として選択されず
- 投資リスク軽減のためFIT-CfD導入を検討。機能すれば、原子力発電所新設の政策変更リスク、経済的リスクを低下させる可能性。
- 政府が2025年までの新設を目指すならば、政府と事業者間での合意が必須

⇒ 英国の電力市場改革から日本は何を学ぶべきか

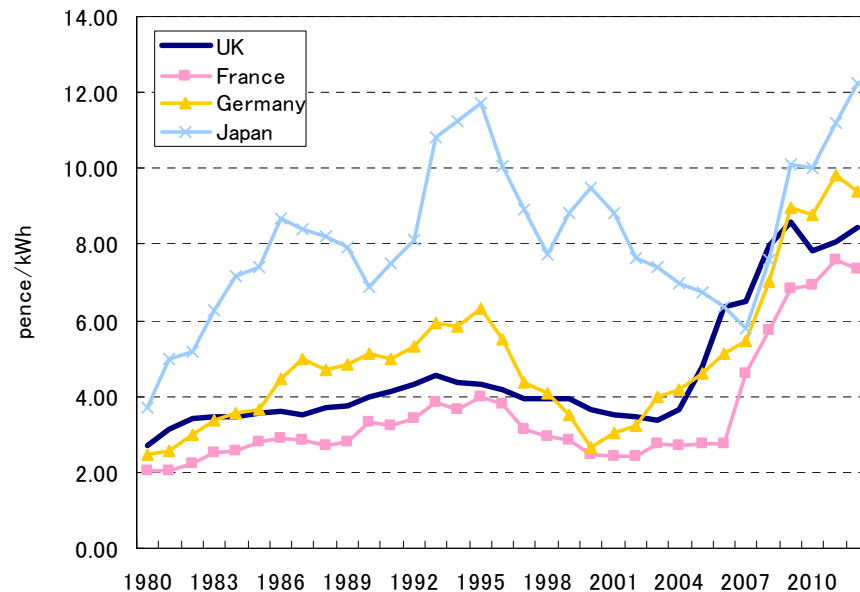
- British Energy新設計画白紙撤回の教訓—小売自由化にともなう需要家の離脱リスク
- 気候変動対策、エネルギー安全保障の確保の観点



電気料金の推移(家庭)

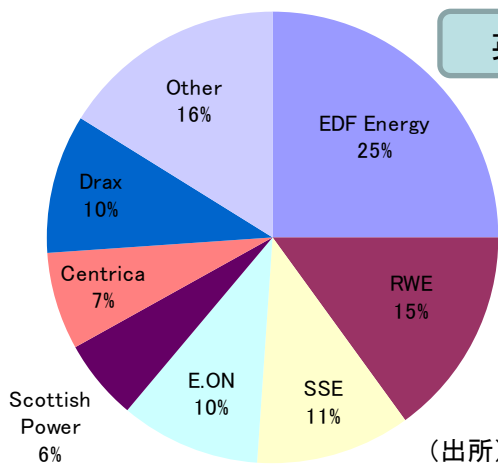


電気料金の推移(産業)



(出所) DECC, Quarterly Energy Prices, September 2013

英国の発電設備シェア



(出所) Ofgem, 2013 Great Britain and Northern Ireland National Reports to the European Commission



ご清聴ありがとうございました