

事例研究(ミクロ経済政策・問題分析 III)

- 規制産業と料金・価格制度 -

(第10回 - 事例(4) 再生可能エネルギー問題)

2011年 7月 7日

戒能一成

0. 本講の目的

(手法面)

- 再生可能エネルギー、特に**再生可能電力の地域別需給と電源構成**の問題を理解する
→ 再生可能エネルギーの供給問題への空間経済学の応用

(内容面)

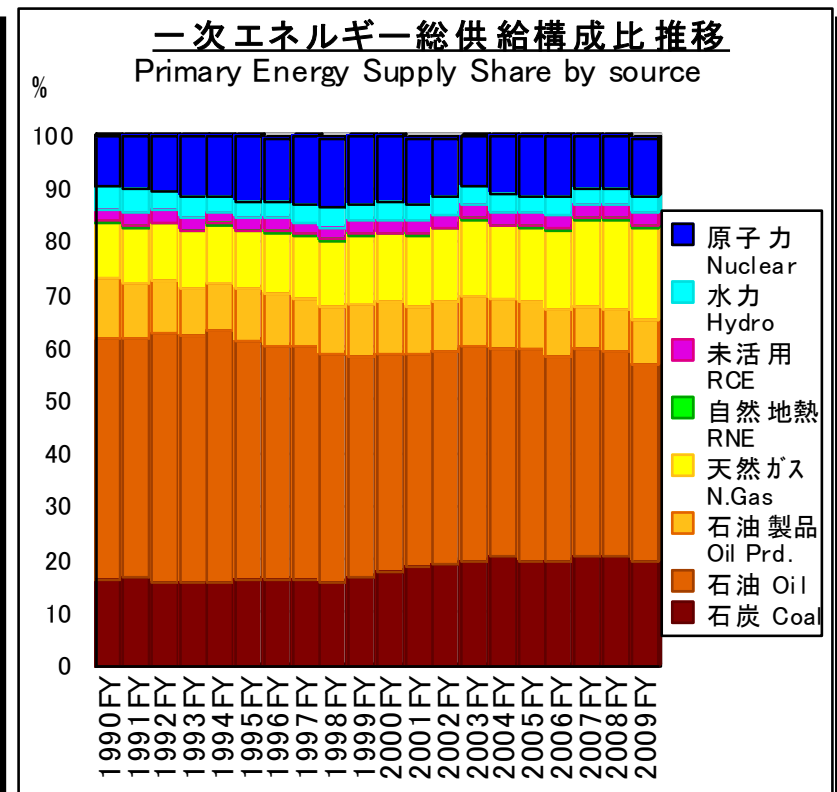
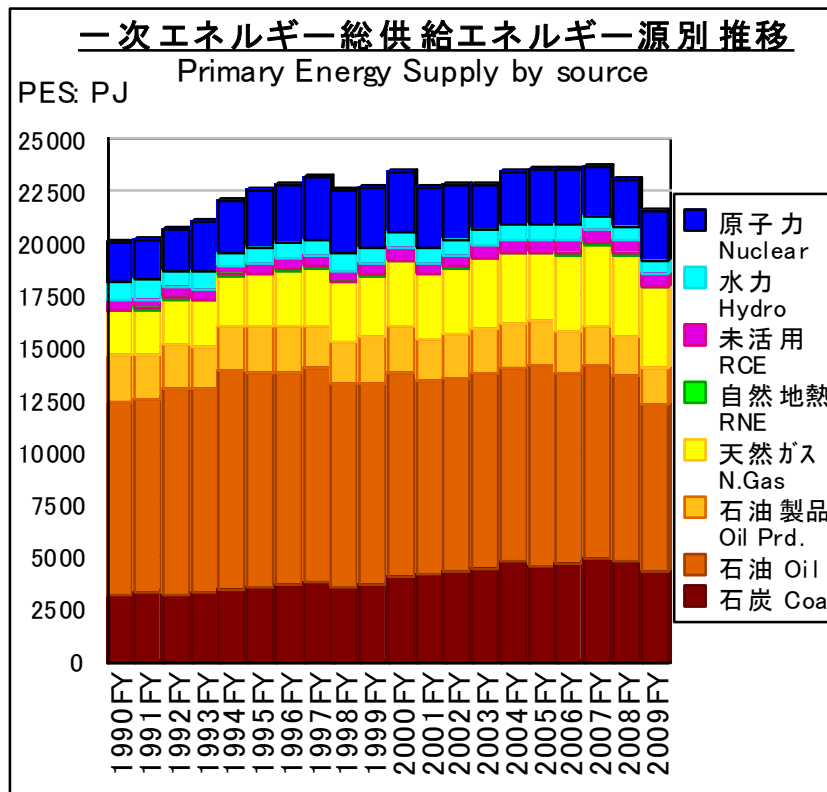
- 再生可能エネルギーの地域別供給推移と供給拡大上の問題を理解する

1. 再生可能エネルギー導入量・比率と国際比較

1-1. 国内再生可能エネルギー導入量 (2009FY)

一次エネルギー総供給 20893 PJ

うち 再生可能エネルギー 1006 PJ (4.8%)

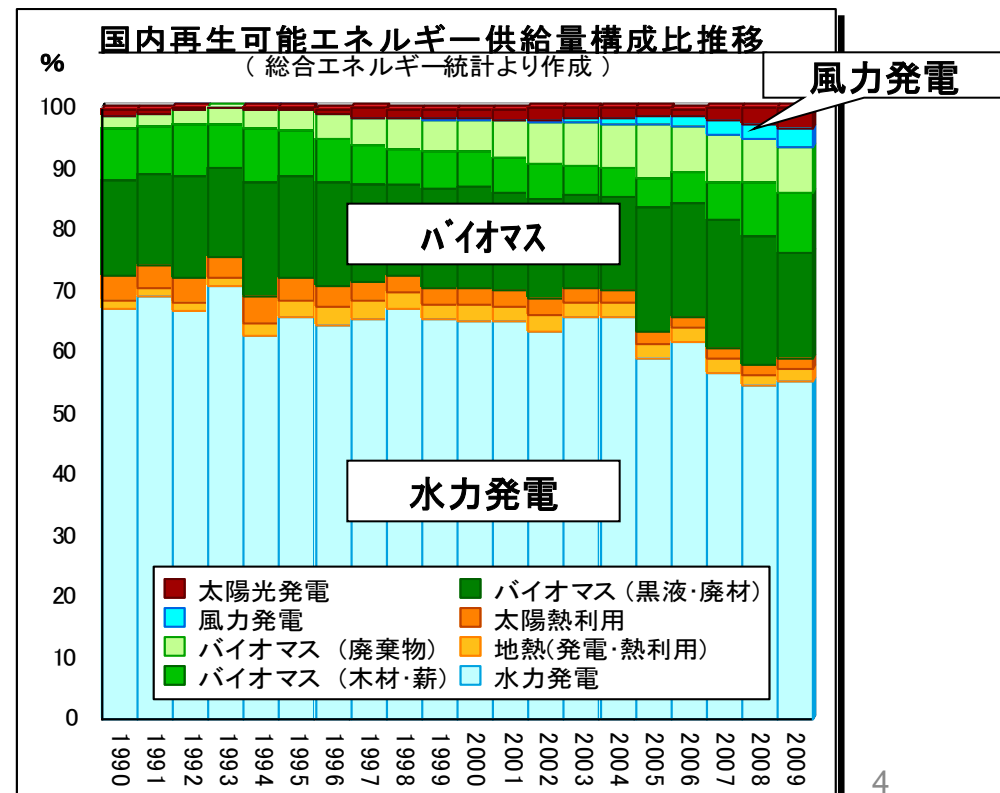
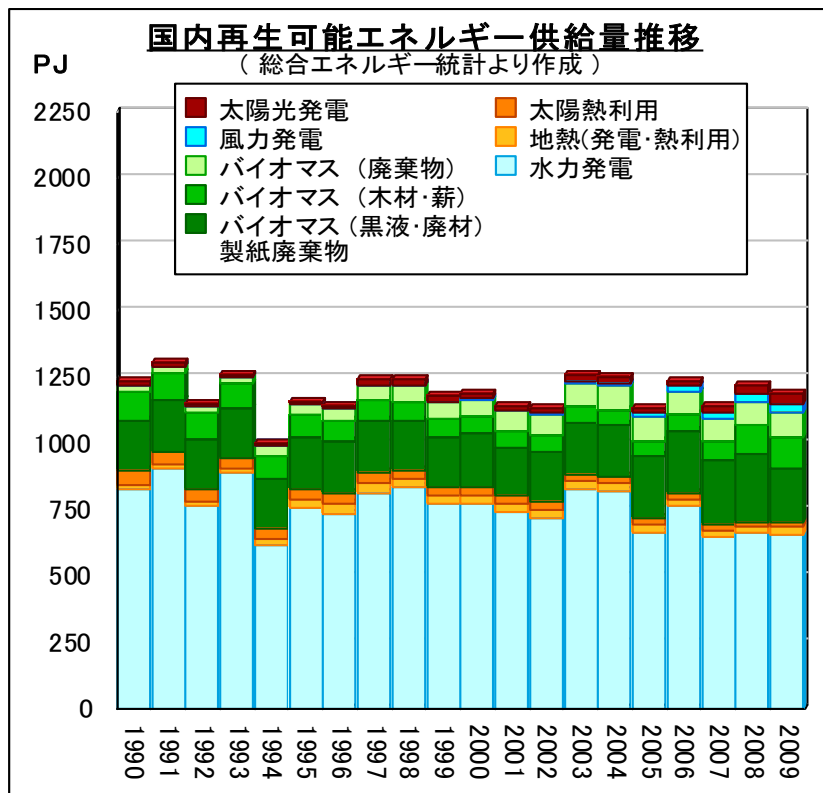


1. 再生可能エネルギー導入量・比率と国際比較

1-2. 国内再生可能エネルギー導入量と内訳

- 再生可能エネルギーの半分以上は**水力発電**

- **RPS法施行('03)以降風力・バイオマスが急増**



1. 再生可能エネルギー導入量・比率と国際比較

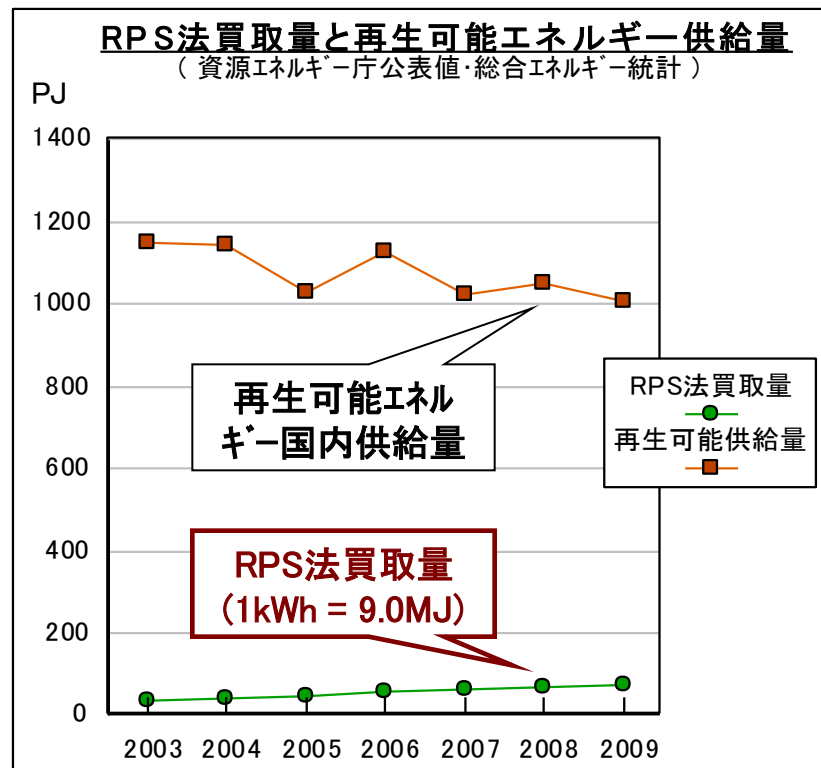
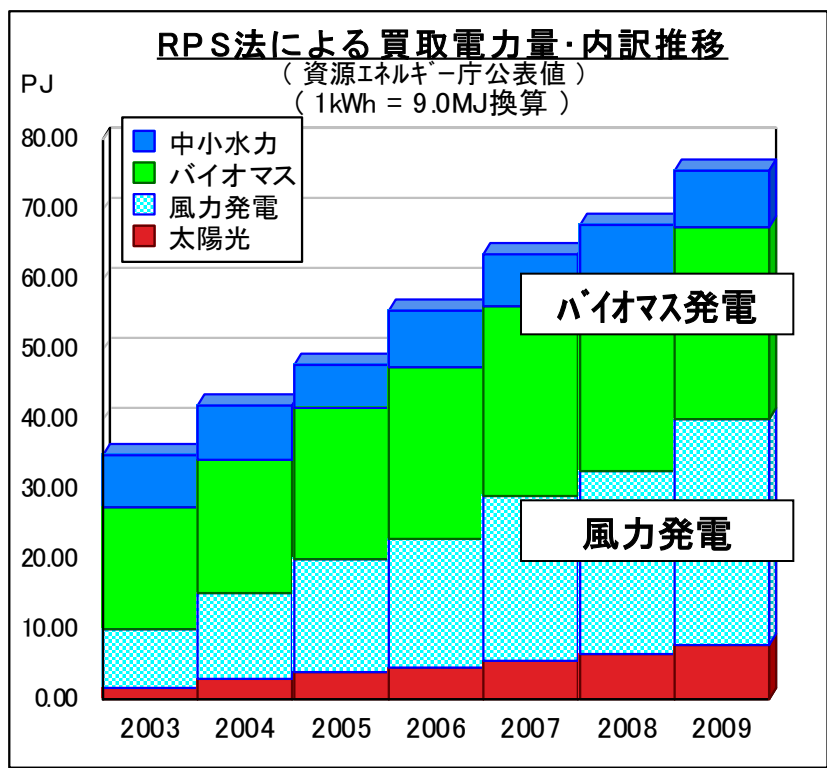
1-3. RPS法(電気事業者新エネ電力特別措置法)

- 成立: 2002年制定、**2003年**施行
- 新エネ電力対象: **太陽光、風力、地熱、水力**
(1MW以下水路式のみ)、**バイオマス**
* 2009年から太陽光は一部別枠買取義務化
- 義務内容: **電気事業者**は前年度販売電力量
に応じた基準目標量*相当分を新エネ
電力で供給すること
* 現在約 1%相当、今後供給状況に応じ引上げ
- 遵守判定: 3年毎に判定
- 弾力措置: **バンキング**(過剰達成量持越し)可

1. 再生可能エネルギー導入量・比率と国際比較

1-4. RPS法の効果と限界

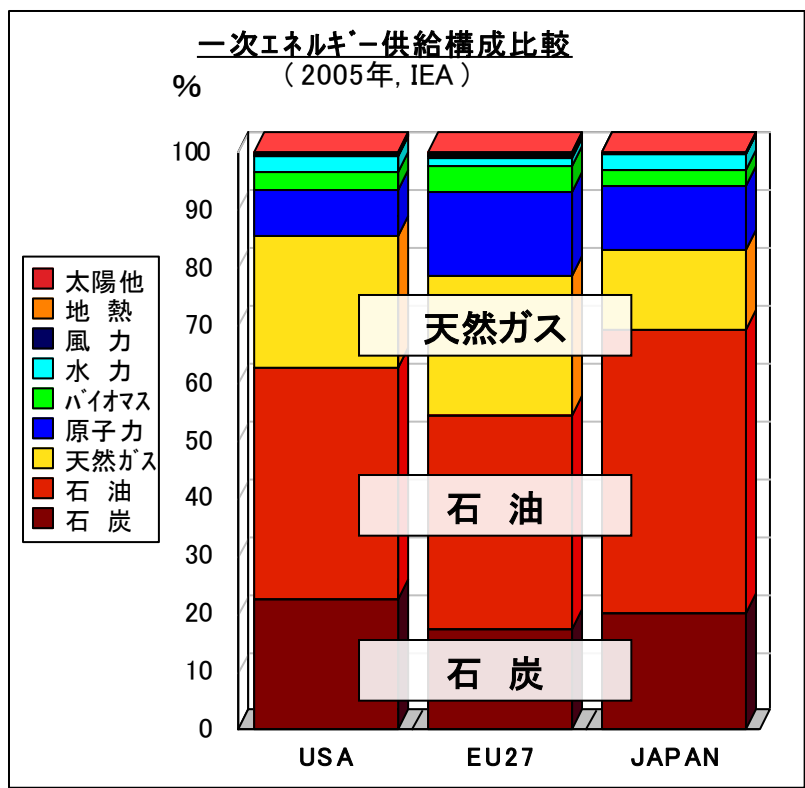
- 風力・バイオマスなど特定のエネルギー源は増加
- **RPS法は電力のみが対象でかつ制約が多く**
再生可能エネルギー全体への寄与は小さい



1. 再生可能エネルギー導入量・比率と国際比較

1-5. 再生可能エネルギー比率の国際比較

- 一次エネルギー供給に占める再生可能エネルギーの比率は**日米欧で大差なし**



再生可能エネルギー比率

2005年度実績値

日本 0.056

EU27 0.068

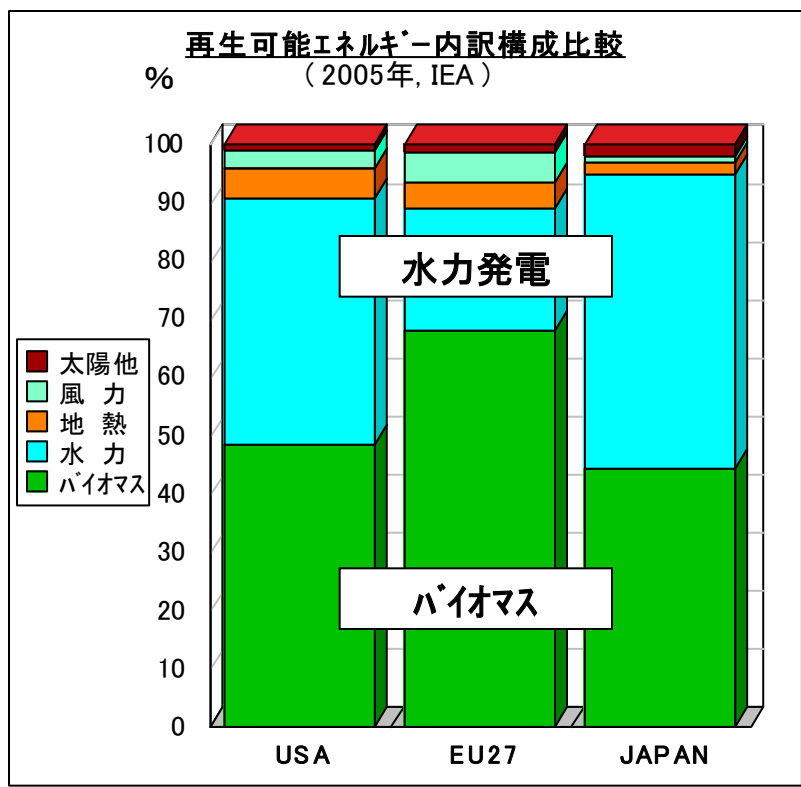
USA 0.063

(IEA統計)

1. 再生可能エネルギー導入量・比率と国際比較

1-6. 再生可能エネルギー内訳構成の国際比較

- 再生可能エネルギーの内訳構成比率は**日米欧**
で異なり、欧州は特異的に水力小・風力大



(2005)	日	米	欧
バイオマス	44.5	48.6	68.1
水力	50.4	42.2	21.3
地熱	2.1	5.4	4.4
(小計)	97.1	96.2	93.7
風力	1.2	2.8	5.0
太陽光・熱	1.8	1.0	1.3

1. 再生可能エネルギー導入量・比率と国際比較

1-7. 再生可能エネルギーの国際比較指標(1)

- 単純な数値の比較だけではなく、社会的条件や地理条件などを考慮した多面的比較が必要

- 再生可能エネルギー/最終エネルギー消費比率

(RNE/FEC)

→ エネルギー自給可能性の指標

- 可住地人口密度

(PDHL)

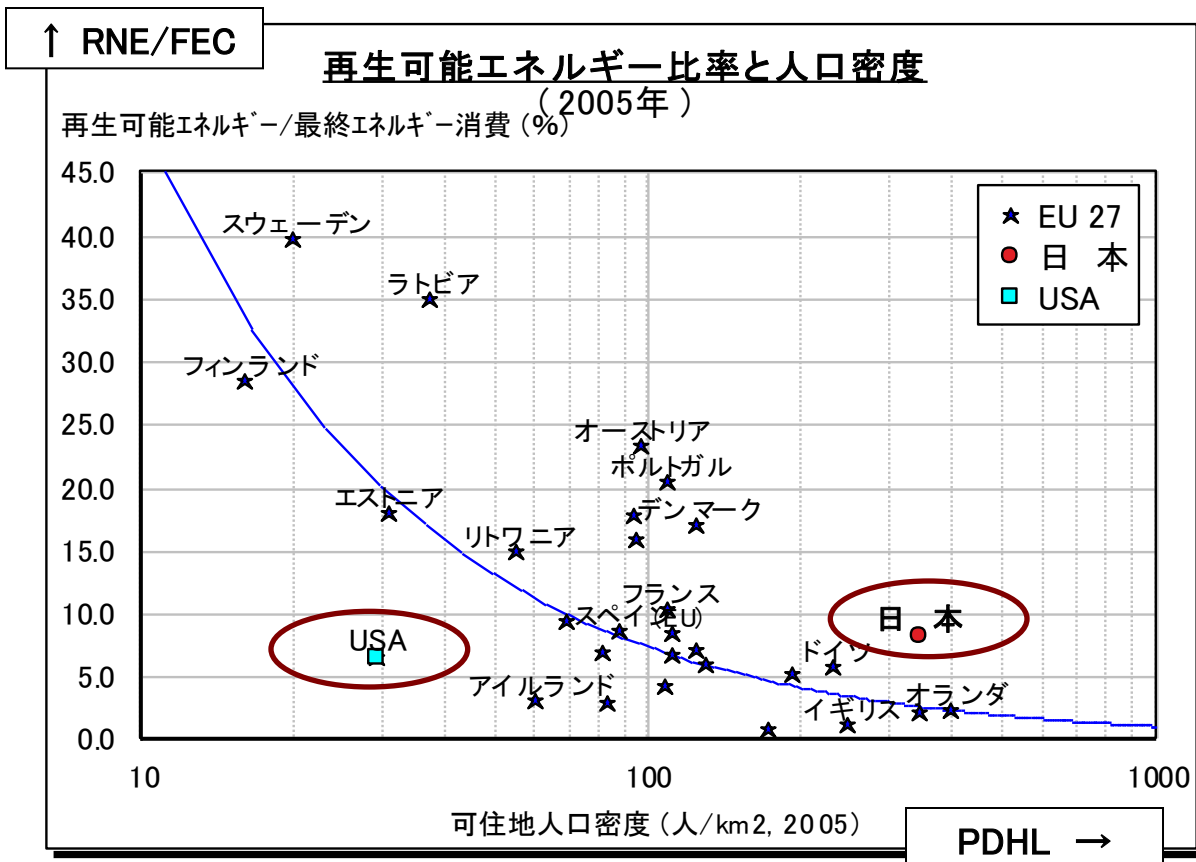
→ 再生可能エネルギーによる土地利用可能性と費用に関する指標

1. 再生可能エネルギー導入量・比率と国際比較

1-8. 再生可能エネルギーの国際比較指標(2)

- 可住地人口密度を揃えて比較した場合の例:

日本の再生可能エネルギー比率は欧州より低?



RNE/FEC =

-0.095 * PDHL

(0.001)***

+6.1x10⁻⁴ * PDHL²

(0.004)***

+22.32

(0.013)**

R²= 0.422

	EU27	日本
RNE/FEC	8.5 %	8.4%
PDHL	112	343

1. 再生可能エネルギー導入量・比率と国際比較

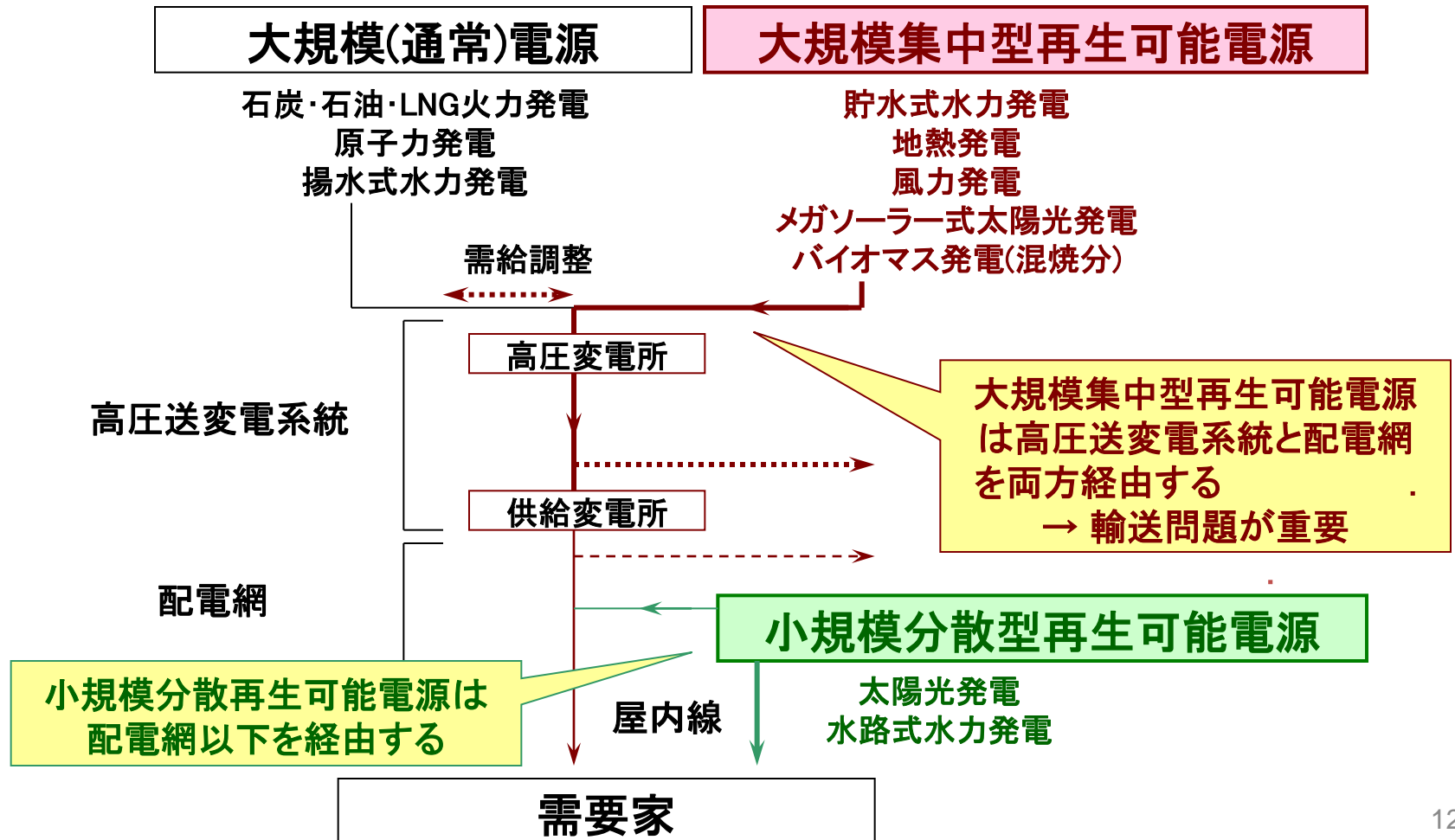
1-9. 再生可能エネルギー比率の比較と考察

- 可住地人口密度を揃えて比較した場合、日本の再生可能エネルギー比率は欧米に遜色ない
- 日本では相対的に降水量が多く、地形が急峻で水力発電に有利 (= バイオマス・風力不利)
- 一方、平地の土地利用・宅地化が進み農林業生産が減退気味であるためバイオマス開発利用の拡大に限界あり、緯度・風況や土地利用制限(国立公園)条件から風力にも問題多

→ **独自路線による再生可能エネルギー戦略が必要** ¹¹

2. 再生可能エネルギーの導入状況と空間分布

2-1. 大規模集中型/小規模分散型の相違(電力)

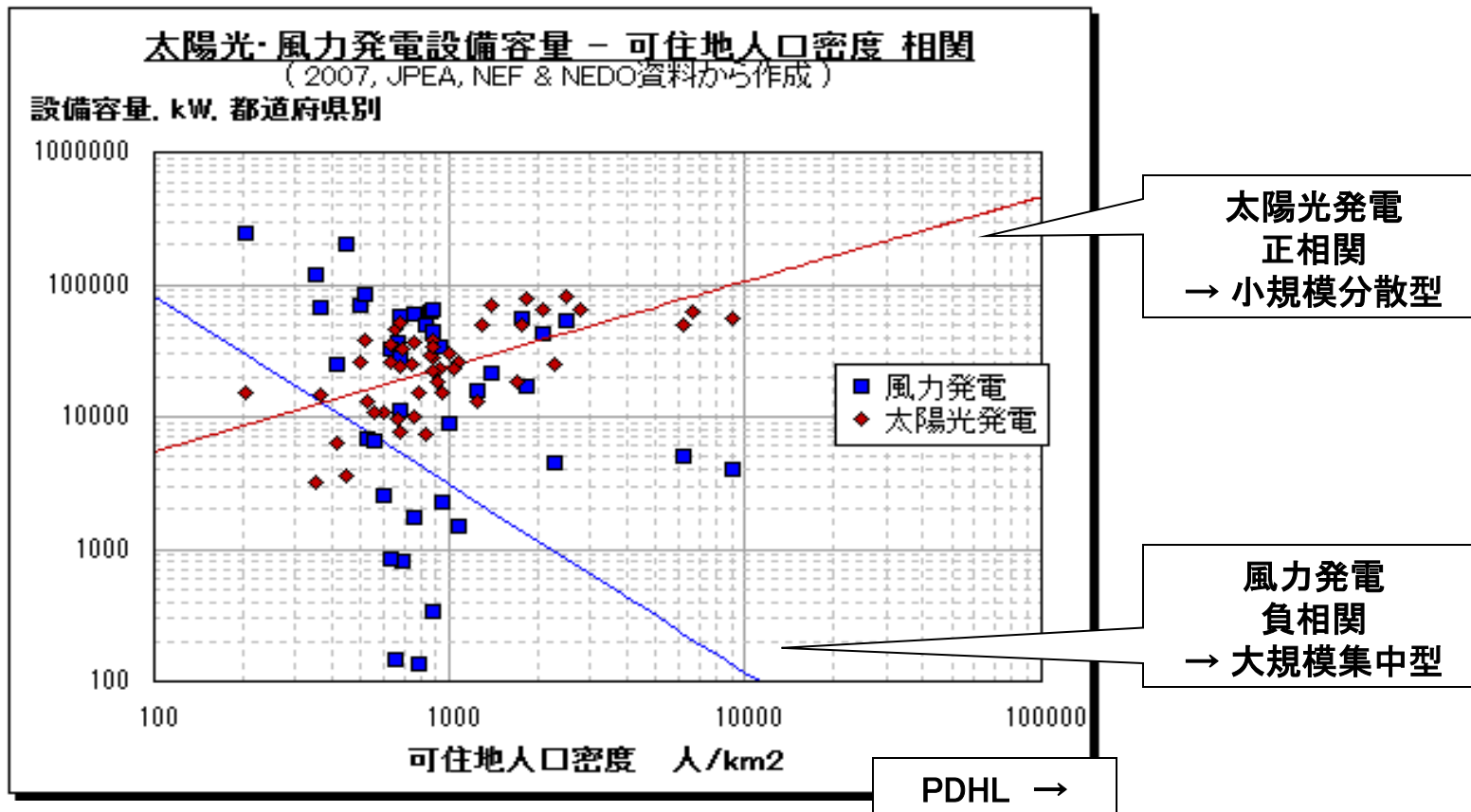


2. 再生可能エネルギーの導入状況と空間分布

2-2. 大規模集中型/小規模分散型の事例(電力)

大規模集中型 → 可住地人口密度と**負**相関

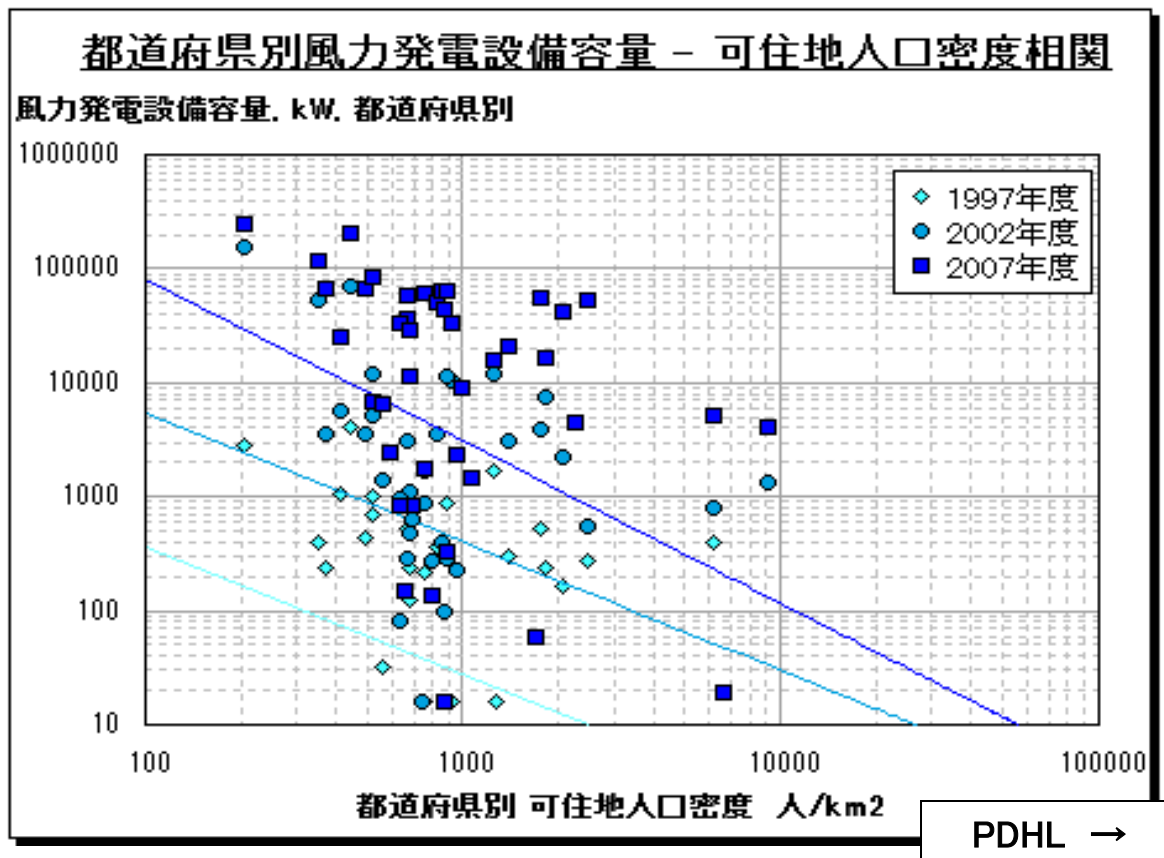
小規模分散型 → 可住地人口密度と**正**相関



2. 再生可能エネルギーの導入状況と空間分布

2-3. 大規模集中型：風力発電

- 国内の風力発電設備容量分布は、可住地人口密度と負相関を保ちながら拡大



(→ 風力発電設備容量が極端に低い都道府県は、外洋に面していない「内陸」都道府県が多い：
(海陸風が利用できず高地は国立公園が多い))

2. 再生可能エネルギーの導入状況と空間分布

2-4. 大規模集中型：風力発電

$$-\ln W_{Ci} = \beta_0 + \beta_1 * \ln PDHLi + \beta_2 * \ln SNOWi + \beta_3 * \ln RAINi + \beta_4 * \ln WINDi + \beta_5 * INLDi + e_i \quad (\text{Cross Section, '97, '02, '07})$$

W_{Ci}: 都道府県別風力発電設備設置容量 (kW) NEDO

PDHLi: 都道府県別可住地人口密度 (人/km²) 総務省

SNOWi: 30年平均 10cm以上積雪日数 (days) 東京天文台理科年表

RAINi: 30年平均 降水量 (mm) 同

WINDi: 30年平均 10m/s以上風速日数 (days) 同

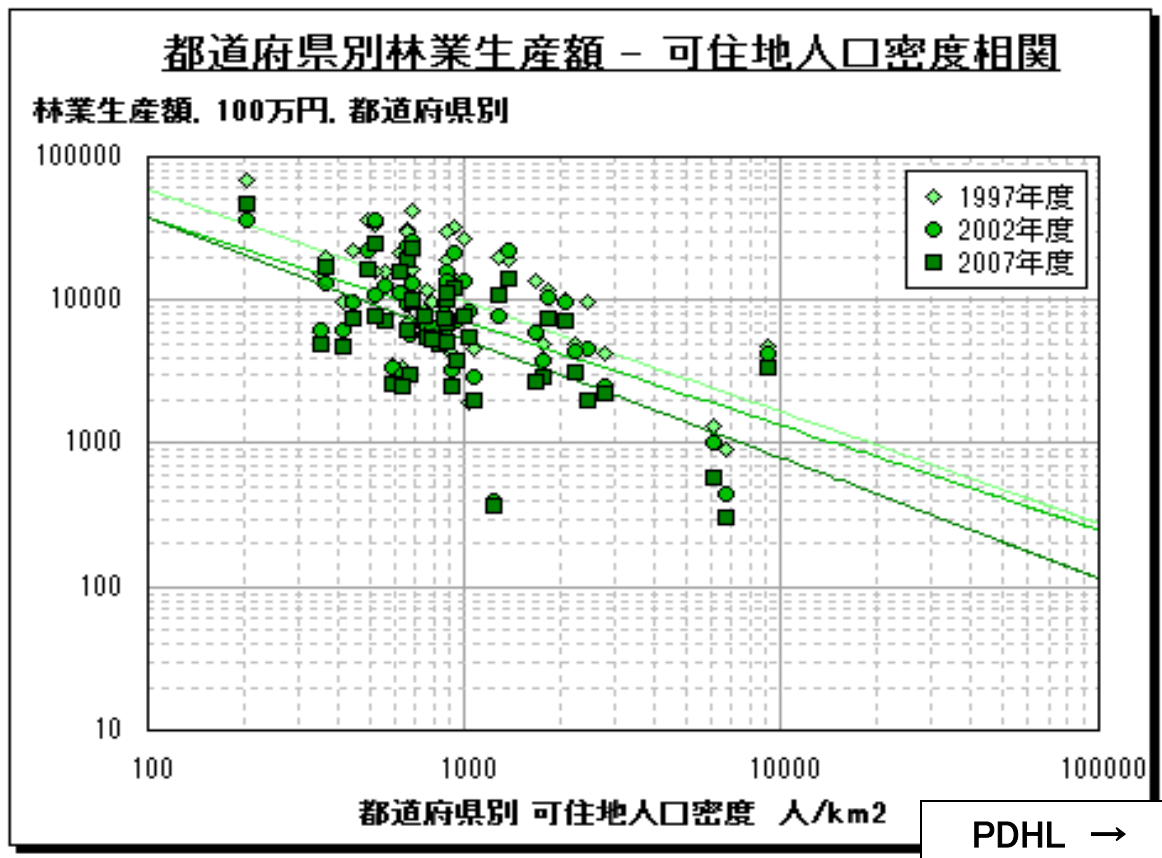
INLDi: 内陸都道府県(外洋に面していない都道府県)ダミー

(p)	β_1 PDHL	β_2 SNOW	β_3 RAIN	β_4 WIND	β_5 INLD	β_0
1997	-0.687 (0.061)*	-0.019 (0.747)---	-0.806 (0.464)---	-0.020 (0.912)---	-2.503 (0.000)***	+15.60 (0.073)*
2002	-0.839 (0.046)**	-0.001 (0.989)---	+0.030 (0.985)---	+0.071 (0.733)---	-3.707 (0.000)***	+12.71 (0.286)---
2007	-0.964 (0.028)**	+0.050 (0.408)---	+1.621 (0.342)---	+0.203 (0.300)---	-4.459 (0.000)***	+4.749 (0.705)---

2. 再生可能エネルギーの導入状況と空間分布

2-5. 大規模集中型：バイオマス (木質：林業生産)

- 国内の林業による木質系バイオマス生産額は、可住地人口密度と負相関

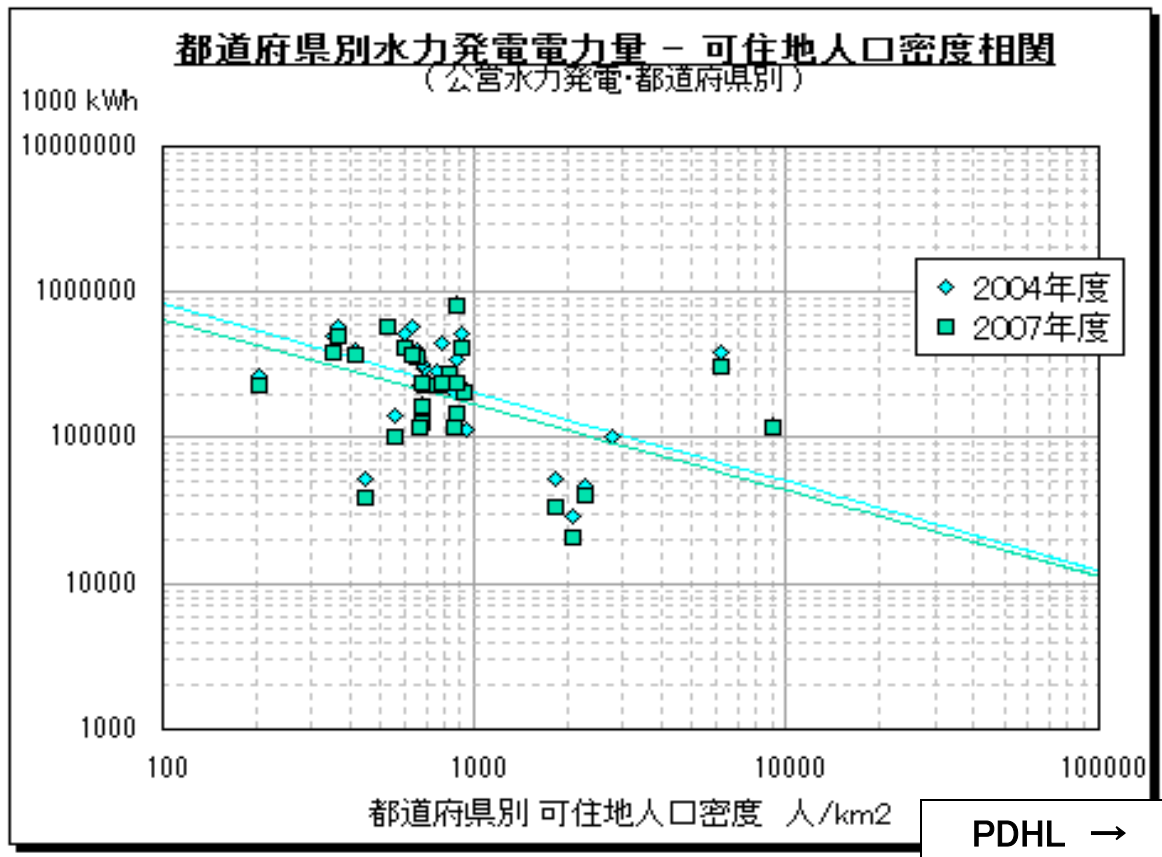


(→ 国内生産は停滞:
RPS法施行以降の
増加は輸入に依存
(間伐材などを国内
集荷することは費用
が嵩むため))

2. 再生可能エネルギーの導入状況と空間分布

2-6. 大規模集中型：水力発電 (公営水力)

- 国内の公営水力発電量は、可住地人口密度と負相関

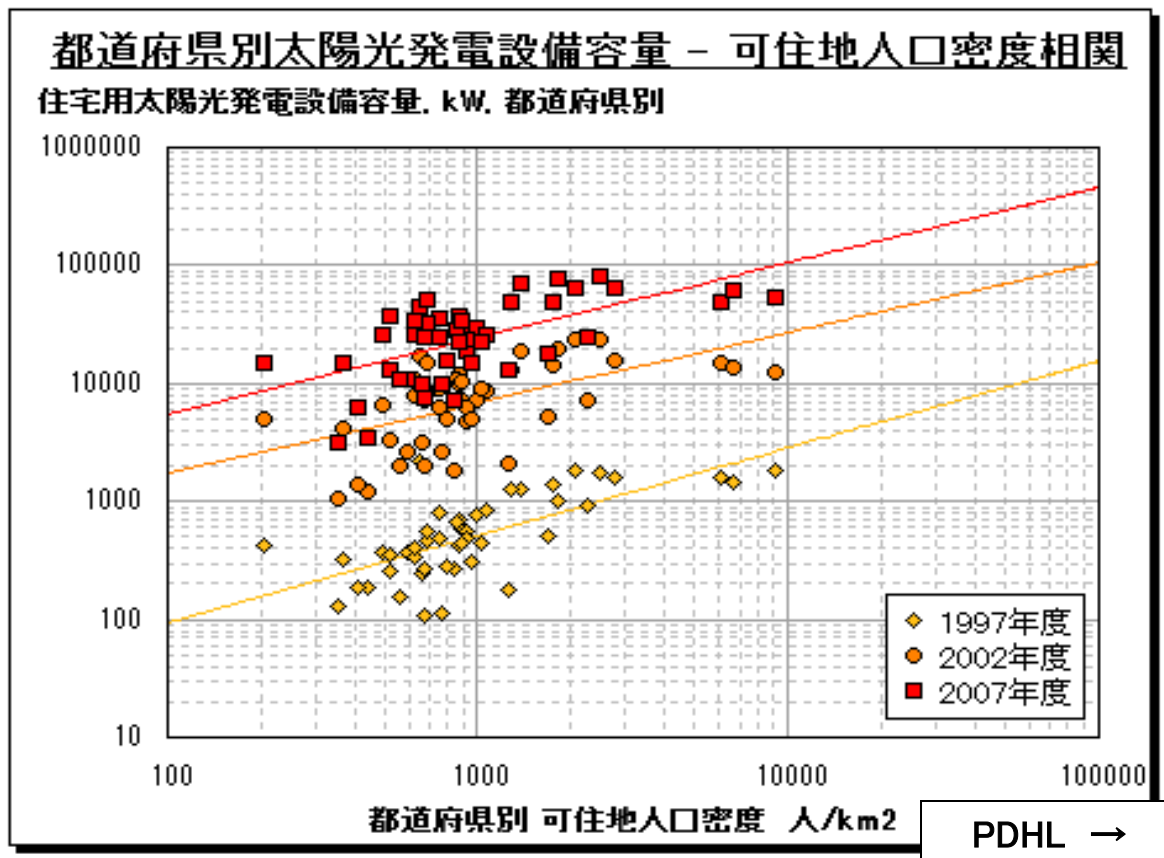


(→ 国内発電電力量は
停滞：
(RPS法上1000kW
以下の流下式水力
のみが対象))

2. 再生可能エネルギーの導入状況と空間分布

2-7. 小規模分散型：太陽光発電 (住宅用)

- 国内の住宅用太陽光発電設備設置容量は
可住地人口密度と正相関を保ちながら拡大



(→ 可住地人口密度と設備容量の関係はわずかに飽和傾向あり: 人口密度が過度に高いと一戸建住宅の比率が低下するためと推察される)

2. 再生可能エネルギーの導入状況と空間分布

2-8. 小規模分散型：太陽光発電 (住宅用)

$$-\ln SC_i = \beta_0 + \beta_1 * \ln PDHL_i + \beta_2 * \ln HHD_i + \beta_3 * \ln SUNS_i + \beta_4 * \ln RAIN_i + \beta_5 * \ln SNOW_i + e_i \quad (\text{Cross Section, '97, '02, '07})$$

SC_i: 都道府県別住宅用太陽光発電設備設置容量 (kW) NEF

PDHL_i: 都道府県別可住地人口密度 (人/km²) 総務省

HHD_i: 都道府県別県民所得 (百万円 /年) 県民経済計算

SUNS_i: 30年平均年間日照時間 (時間) 東京天文台理科年表

RAIN_i: 30年平均年間降水量 (mm) 同

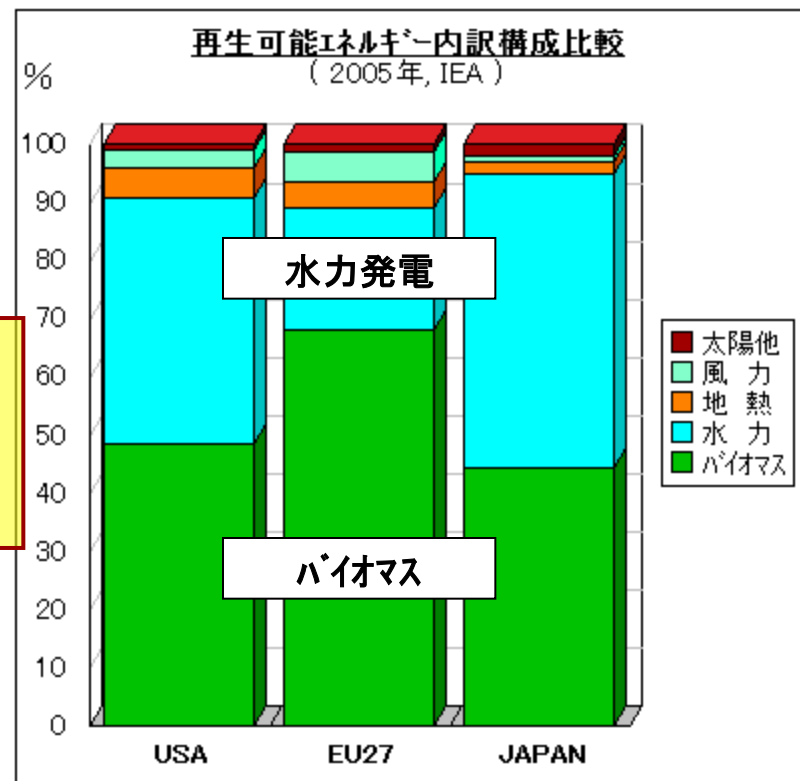
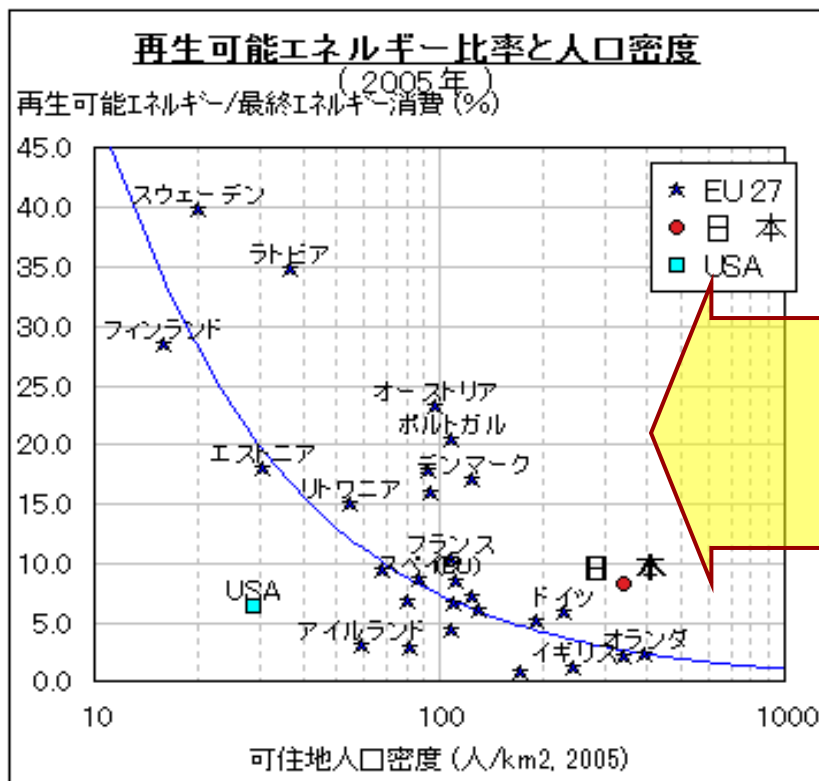
SNOW_i: 30年平均10cm以上積雪日数 (日) 同

(p)	β_1 PDHL	β_2 HHD	β_3 SUNS	β_4 RAIN	β_5 SNOW	β_0
1997	+0.538 (0.000)***	+0.931 (0.177)---	+2.796 (0.028)**	-0.750 (0.047)**	-0.008 (0.727)---	-15.13 (0.130)---
2002	+0.360 (0.001)***	+0.650 (0.374)---	+4.515 (0.001)***	-0.368 (0.437)---	-0.022 (0.423)---	-26.36 (0.060)*
2007	+0.387 (0.000)***	+0.831 (0.223)---	+3.669 (0.010)**	-0.266 (0.535)---	-0.029 (0.211)---	-20.15 (0.083)*

2. 再生可能エネルギーの導入状況と空間分布

2-9. 大規模集中型/小規模分散型と空間問題

- 現状日米欧とも再生可能エネルギーの大半は大規模集中型の水力・バイオマスであり、**国・地域別に比較すると可住地人口密度と負相関になる**

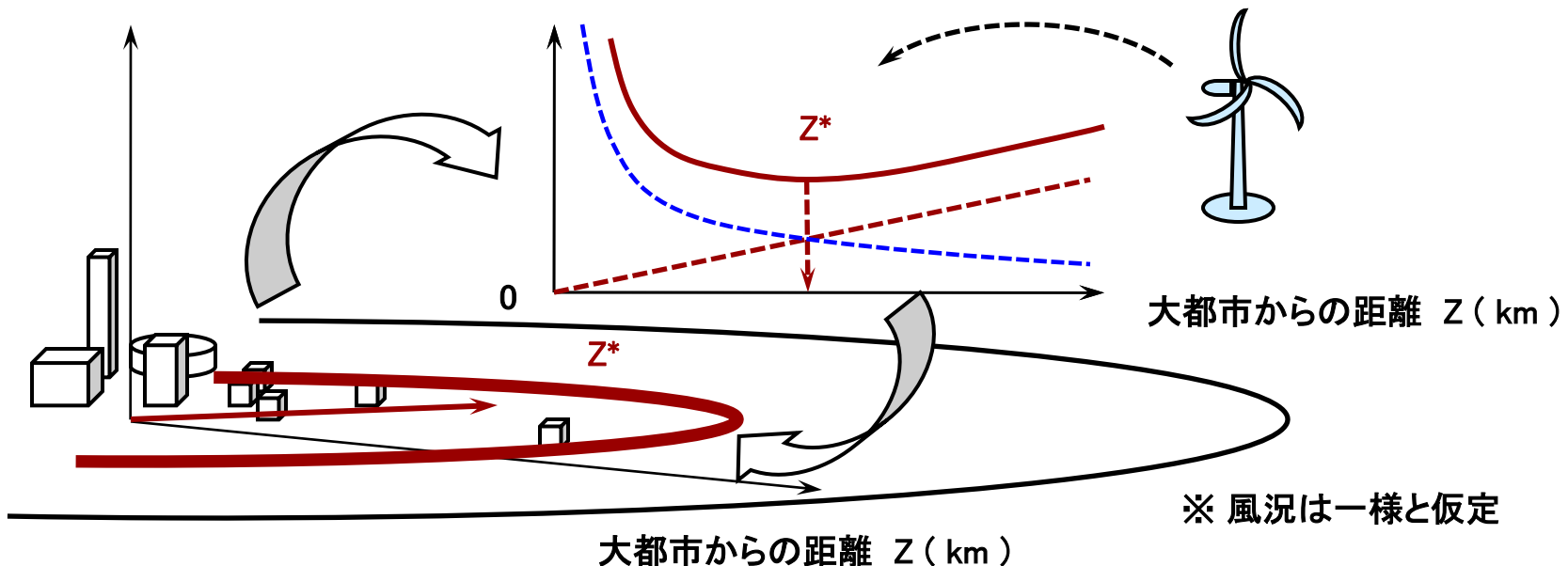


3. 大規模集中型再生可能エネルギー拡大上の問題

3-1. 大規模集中型再生可能エネルギーと空間的問題

- 大規模集中型においては、用地取得・周辺環境対策などの費用と、送電線などの輸送ネットワーク費用の関係から、最適立地距離が存在

⇒ **輸送ネットワーク整備の問題が存在**

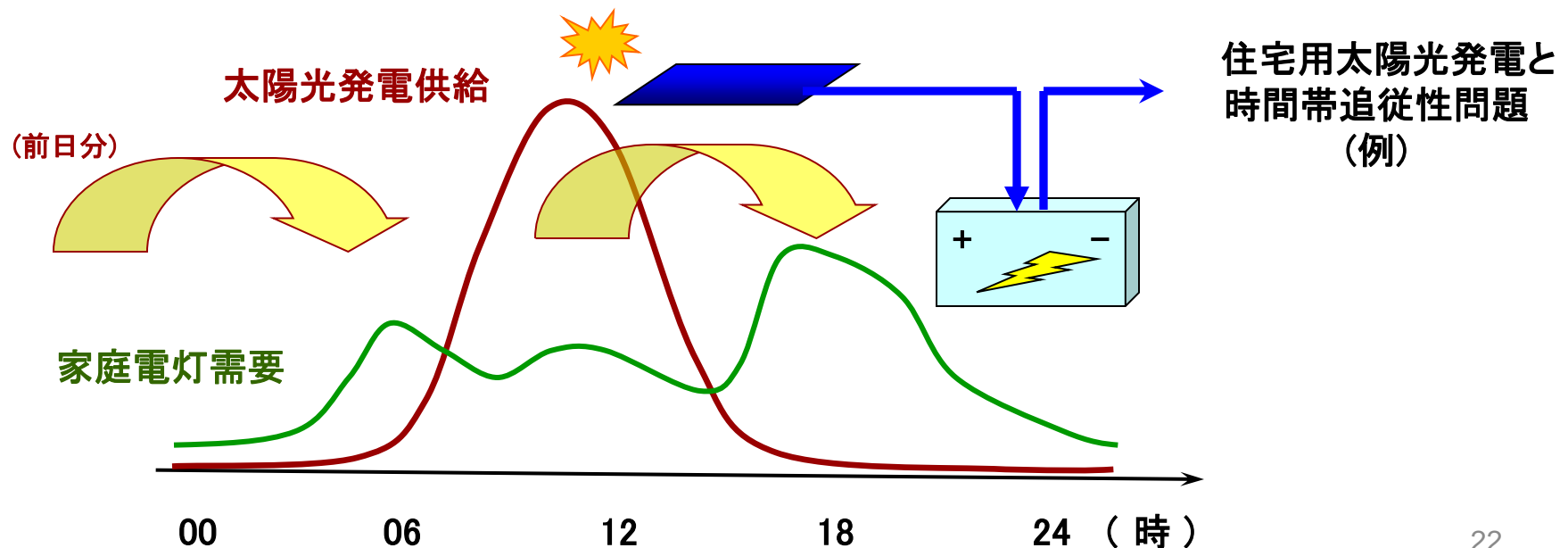


3. 大規模集中型再生可能エネルギー拡大上の問題

3-2. 再生可能エネルギー導入と時間的問題

- 電力などの需給においては、季節別・時間帯別に変化する需要に対し供給側で追従することが必要(大規模集中型・小規模分散型共通)

⇒ **季節追従・時間帯追従の問題が存在**



3. 大規模集中型再生可能エネルギー拡大上の問題

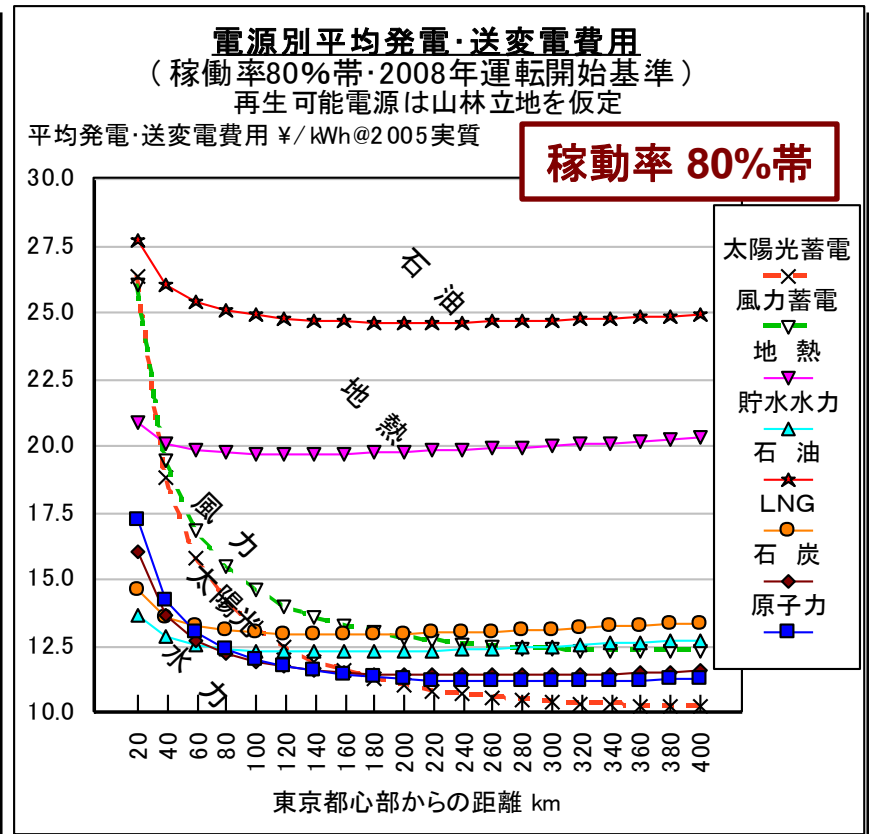
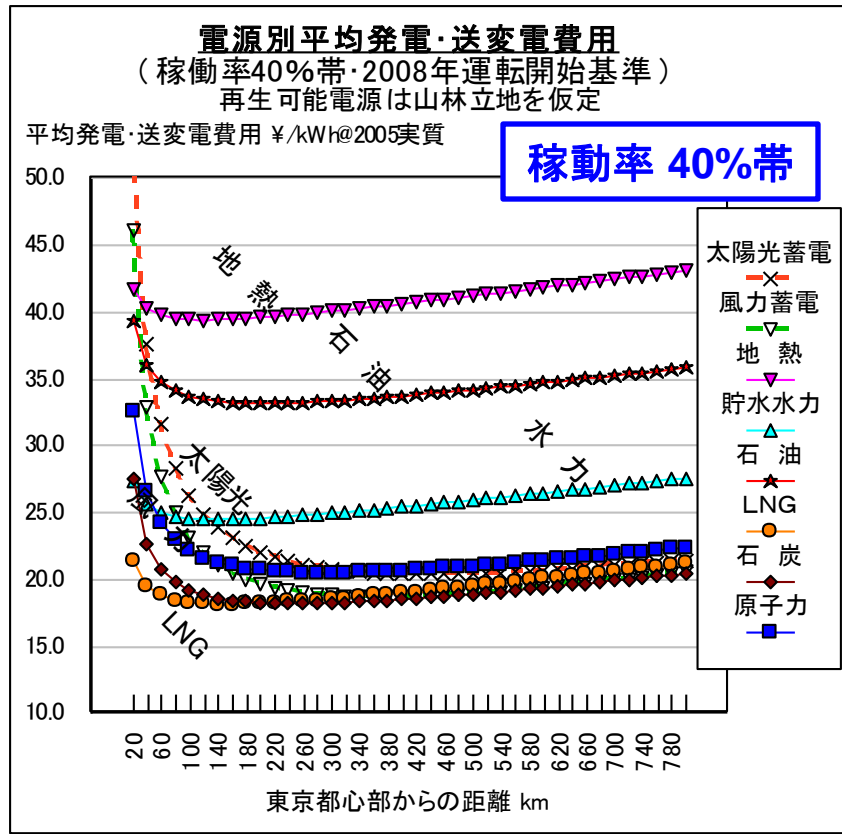
3-3. 再生可能エネルギー導入と需給上の問題点

問題点 種類	空間的問題	時間的問題	
	輸送ネットワーク	季節追従	時間帯追従
(大規模集中型)			
バイオマス	○(貯蔵・輸送容易)	○	○
地熱発電	×ネットワーク要	○	○
水力発電(貯水式)	×ネットワーク要	×追従不可	○
水力発電(流下式)	×ネットワーク要	×追従不可	×追従不可
風力発電	×ネットワーク要	×追従不可	×追従不可
太陽光発電(メガ)	×ネットワーク要	×追従不可	×追従不可
(小規模分散型)			
太陽光発電	○(需要地設置)	×追従不可	×追従不可

3. 大規模集中型再生可能エネルギー拡大上の問題

3-4. 大規模集中型と費用最小化距離問題(1)

- 再生可能電源の多くは海岸・山林などに立地
- 戒能モデルを用い費用最小化距離等を試算



3. 大規模集中型再生可能エネルギー拡大上の問題

3-5. 大規模集中型と費用最小化距離問題(2)

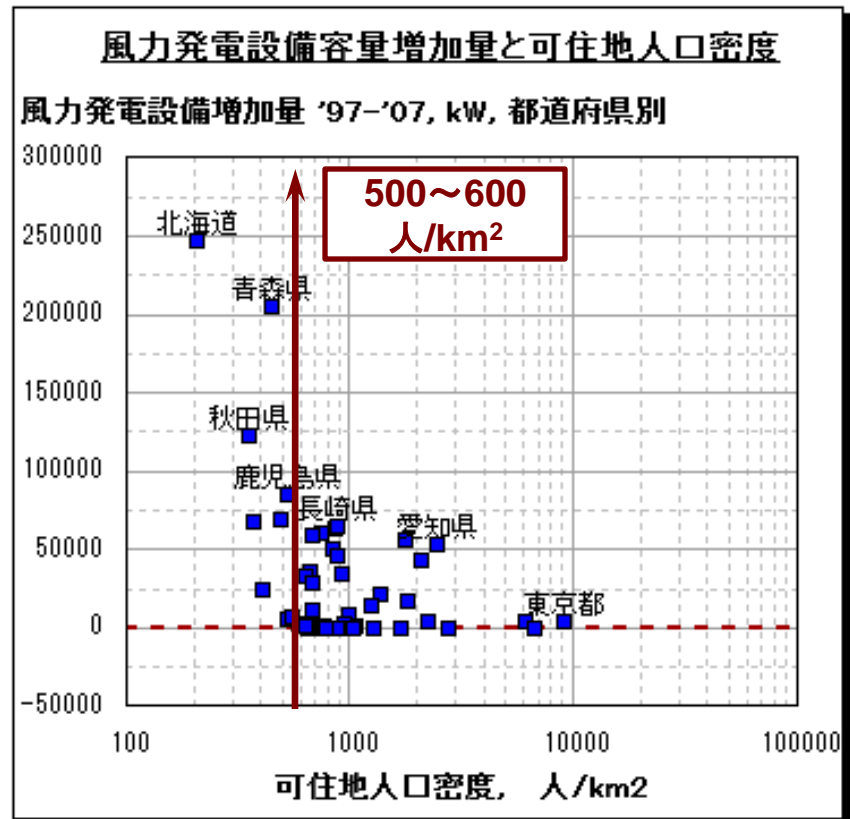
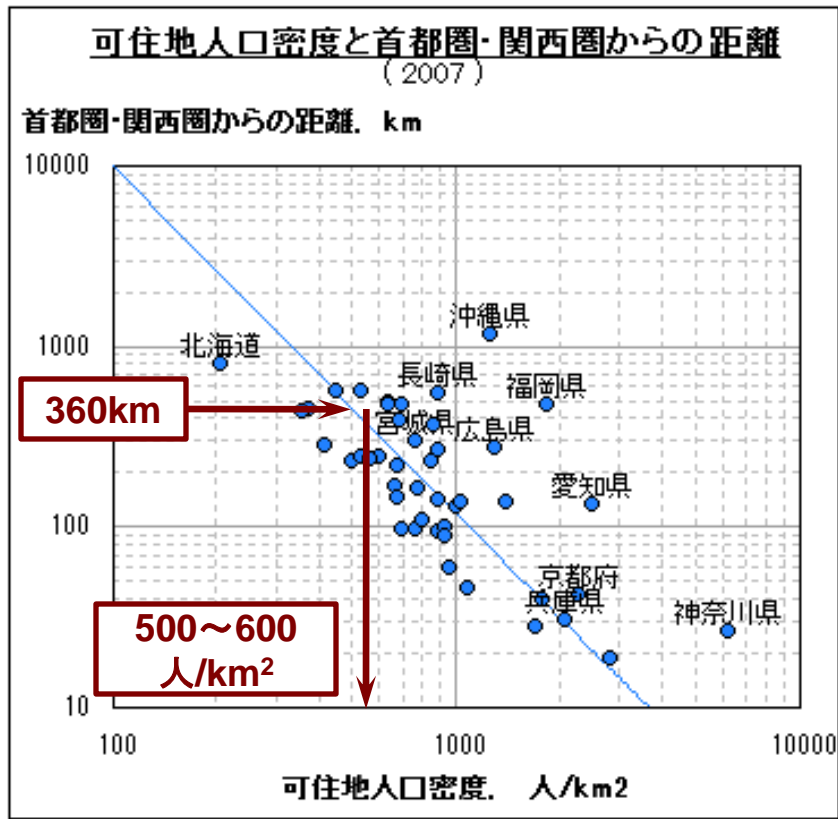
- 山林立地を前提として費用最小化距離・最小費用を求めると、**貯水式水力・風力**が最廉価

	費用最小化 距離(km)	最小費用(¥/kWh)	
		低稼働率(40%)	高稼働率(80%)
貯水式水力	140	24.6	12.3
地熱	120	39.5	19.7
風力発電	360	18.7	-- (実現困難)
太陽光(効)	440	20.4	-- (実現不能)
LNG複合	160	18.2	13.0
石炭火力	240	18.2	11.4

3. 大規模集中型再生可能エネルギー拡大上の問題

3-6. 大規模集中型とRPS法の影響(1)

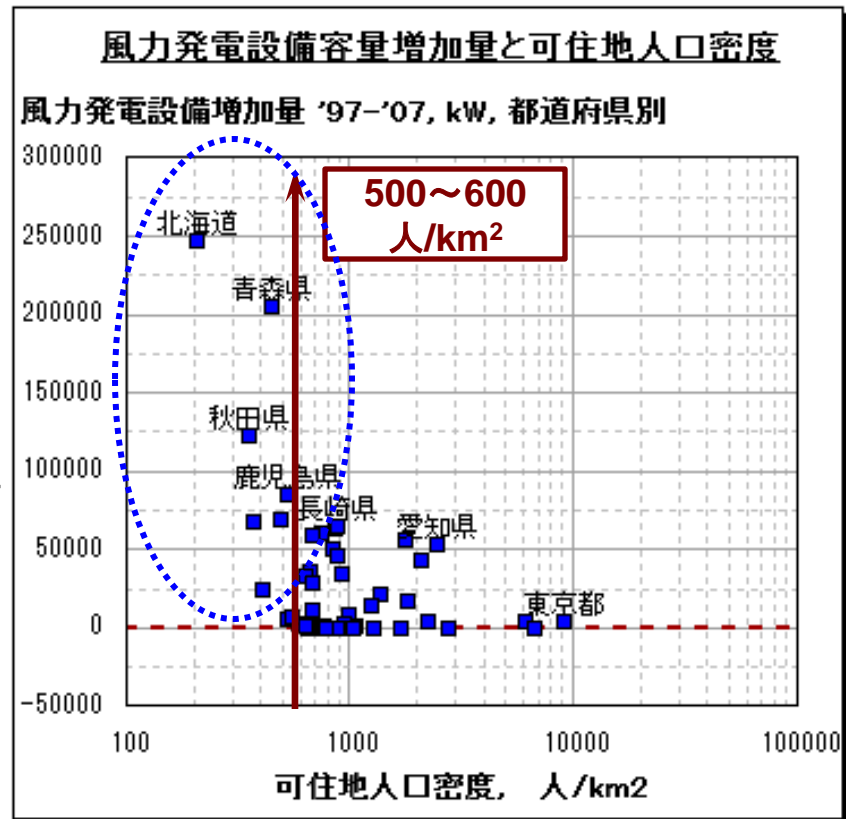
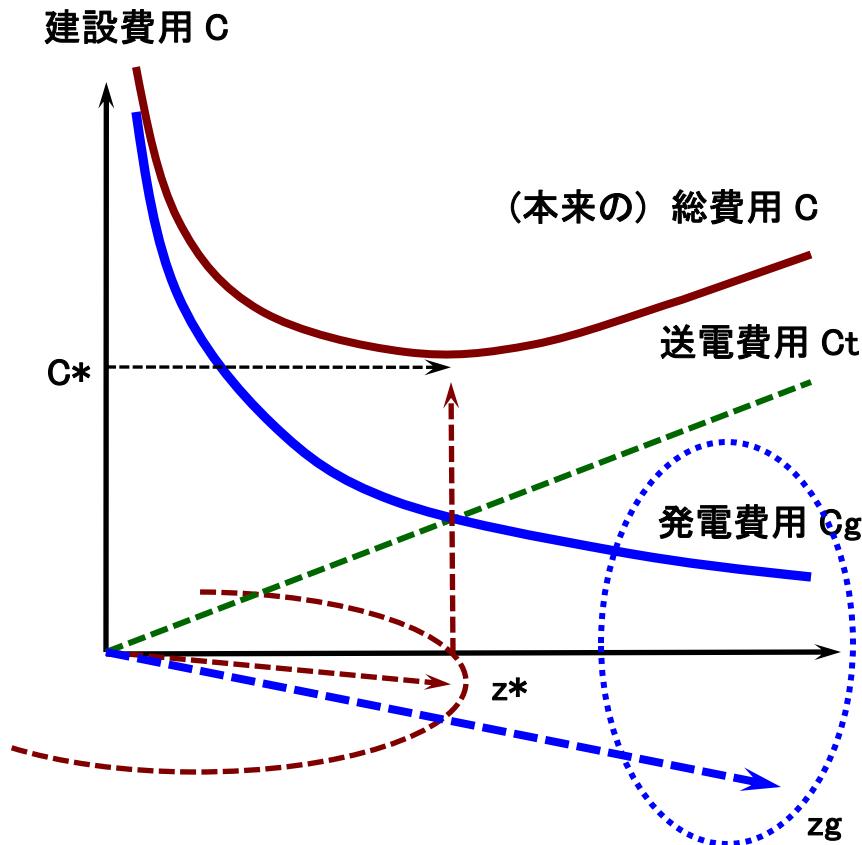
- 現実のRPS法では場所・時間帯に関し制約なし、**風力発電では最小費用等は実現せず**



3. 大規模集中型再生可能エネルギー拡大上の問題

3-7. 大規模集中型とRPS法の影響(2)

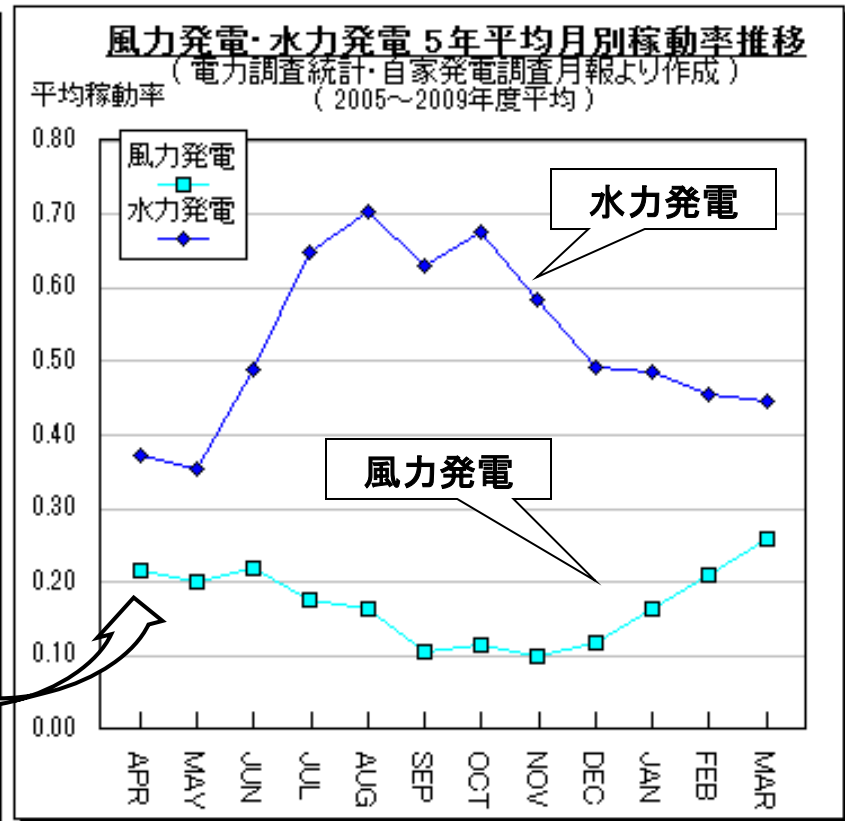
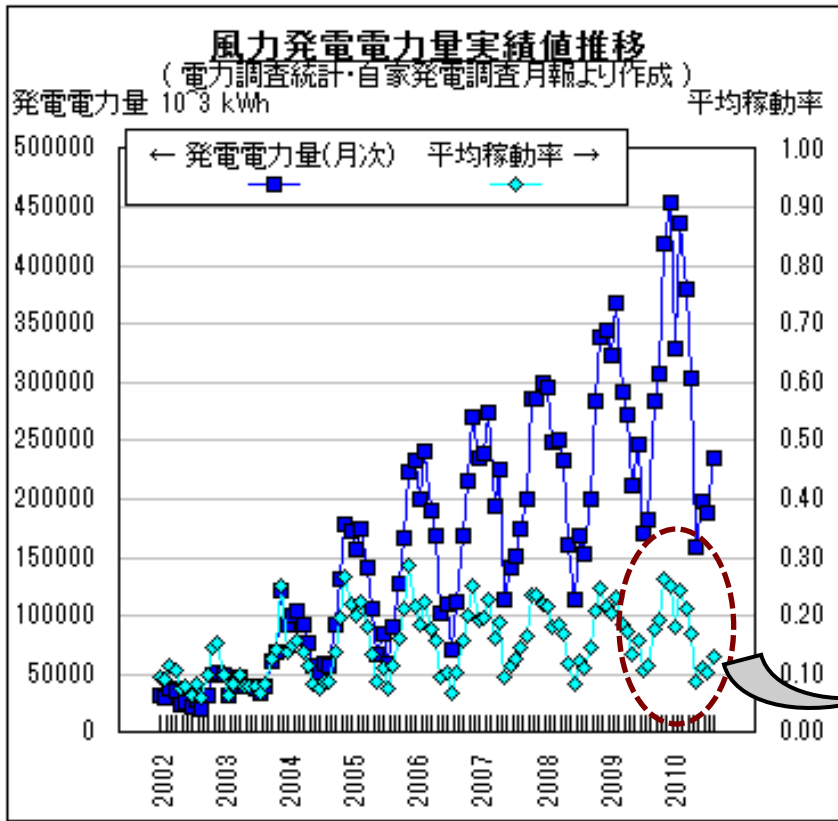
- 送電線など輸送ネットワーク費用を考慮しない、
部分最適な立地点は本来の最適点より遠方



3. 大規模集中型再生可能エネルギー拡大上の問題

3-8. 大規模集中型とRPS法の影響(3)

- 風力発電の設備容量は増加したが**発電電力量は非需要期に偏在、季節追従は改善せず**



3. 大規模集中型再生可能エネルギー拡大上の問題

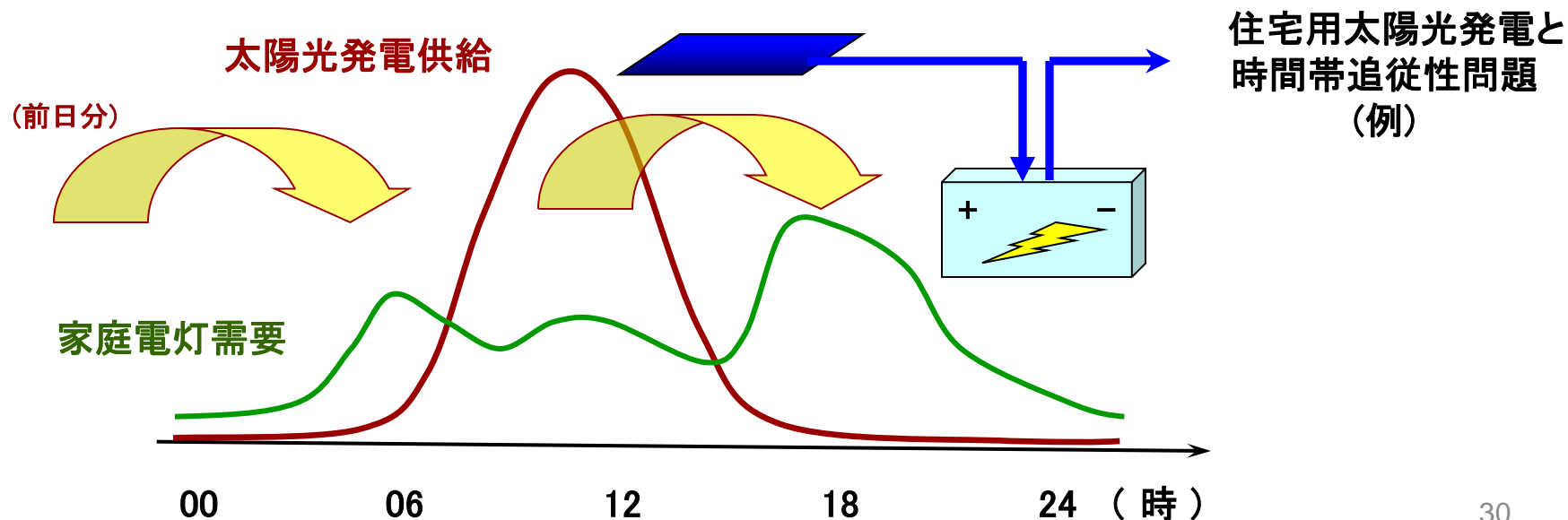
3-9. 大規模集中型と支援政策の問題点

- 大規模集中型再生可能エネルギーの費用最小化距離・最小費用などの問題は、通常の火力発電の空間配置問題と同じ
- 従って、送電線など輸送ネットワーク費用の問題や、季節・時間帯追従の問題を考慮しない形で供給拡大の支援政策を行うことは不合理であり、また過度な条件制約は量的拡大を阻害
- 大規模集中型再生可能エネルギーの導入支援は、**輸送ネットワーク費用や季節・時間帯別の価値を反映した簡明な支援政策**に改めるべき

4. 小規模分散型再生可能エネルギー拡大上の問題

4-1. 小規模分散型と時間帯問題

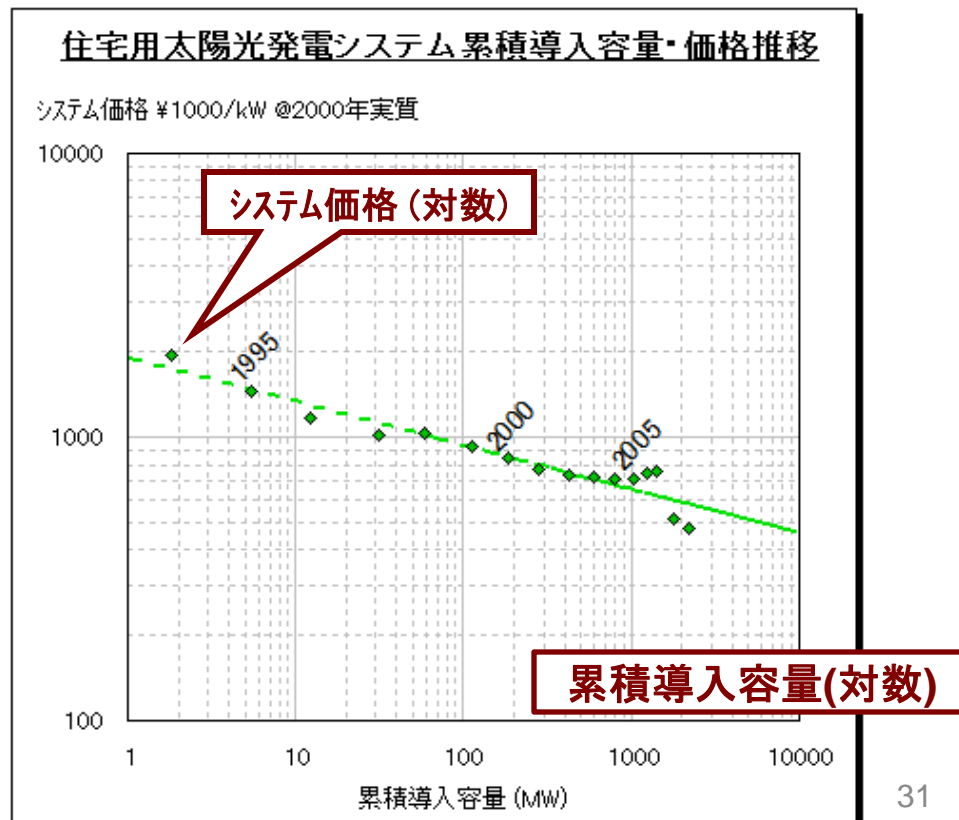
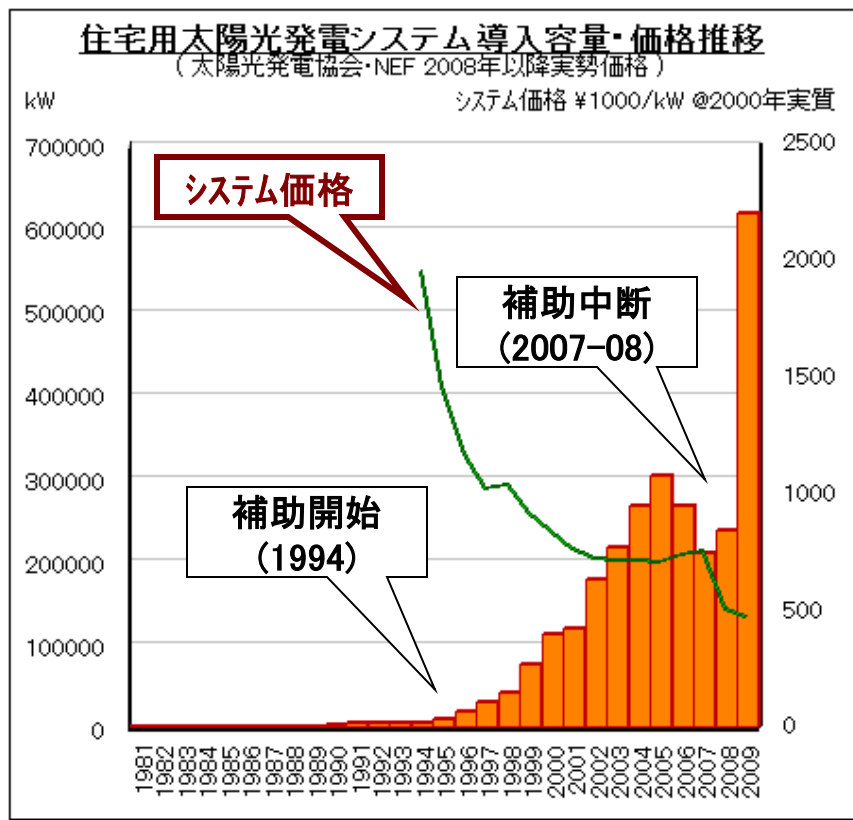
- 小規模分散型再生可能エネルギーでは、主に時間帯別の需要に供給側で追従することが必要
⇒ **特に電力においては蓄電設備の役割が重要、以下太陽光発電について議論**



4. 小規模分散型再生可能エネルギー拡大上の問題

4-2. 太陽光発電設備の価格推移

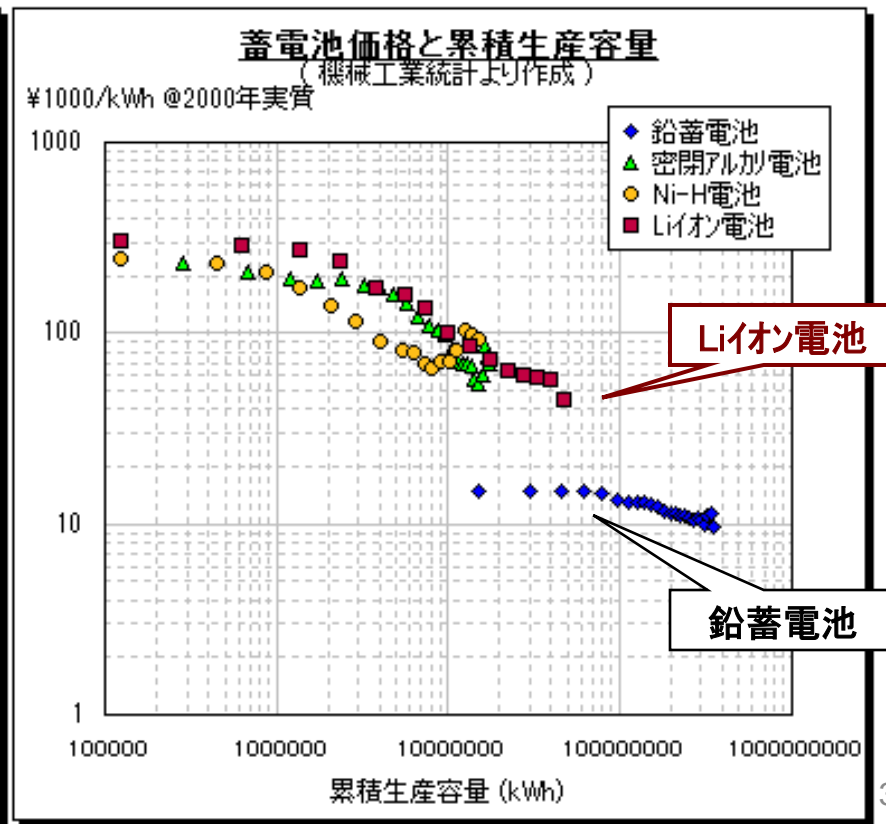
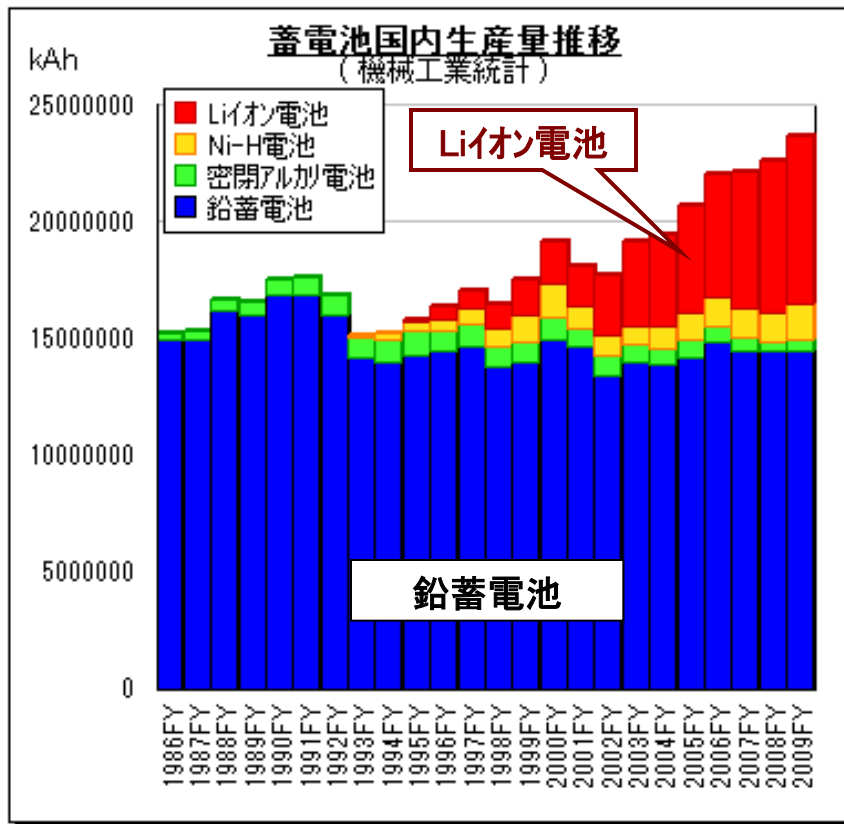
- **太陽光発電設備の価格は量産効果(累積生産効果)による価格低減の影響が非常に大**



4. 小規模分散型再生可能エネルギー拡大上の問題

4-3. 蓄電池設備の価格推移

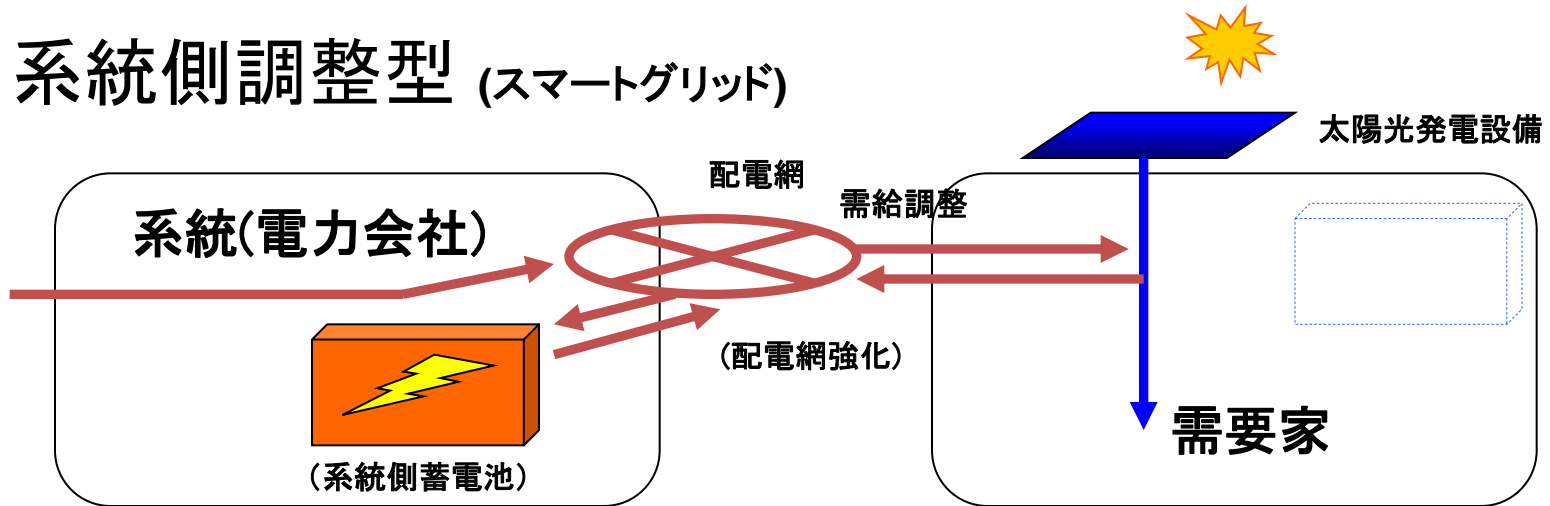
- **蓄電池設備の価格もまた量産効果による価格低減の影響が非常に大**



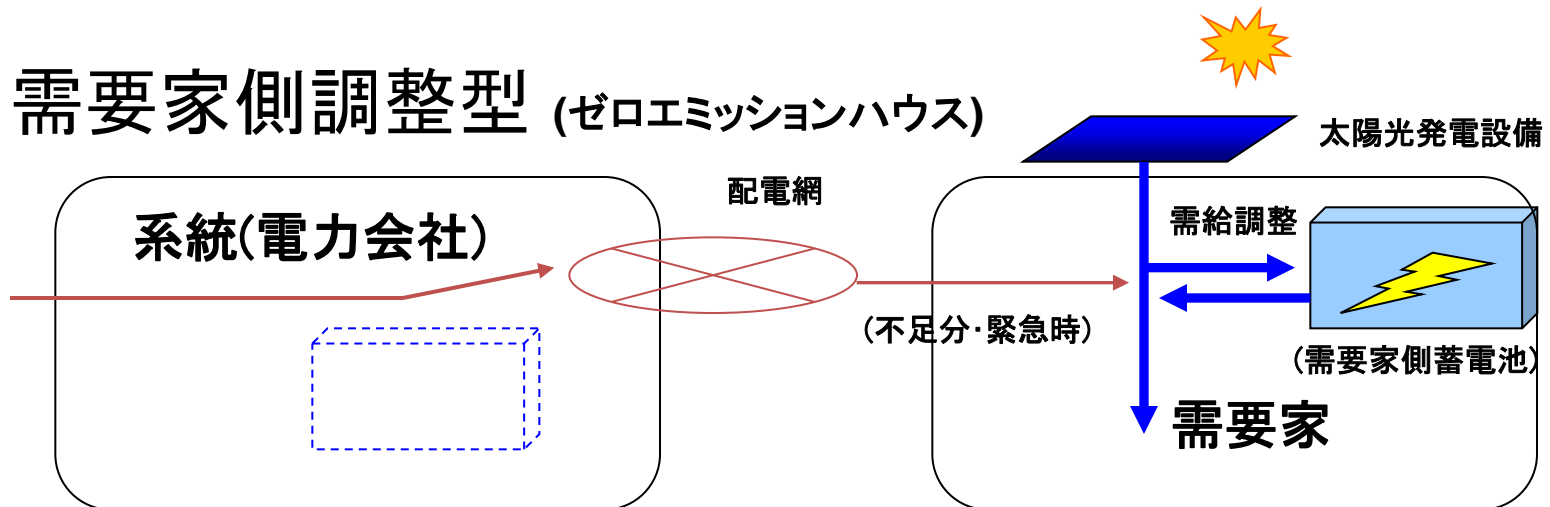
4. 小規模分散型再生可能エネルギー拡大上の問題

4-4. 住宅用太陽光発電の時間帯追従の2方式

- 系統側調整型 (スマートグリッド)



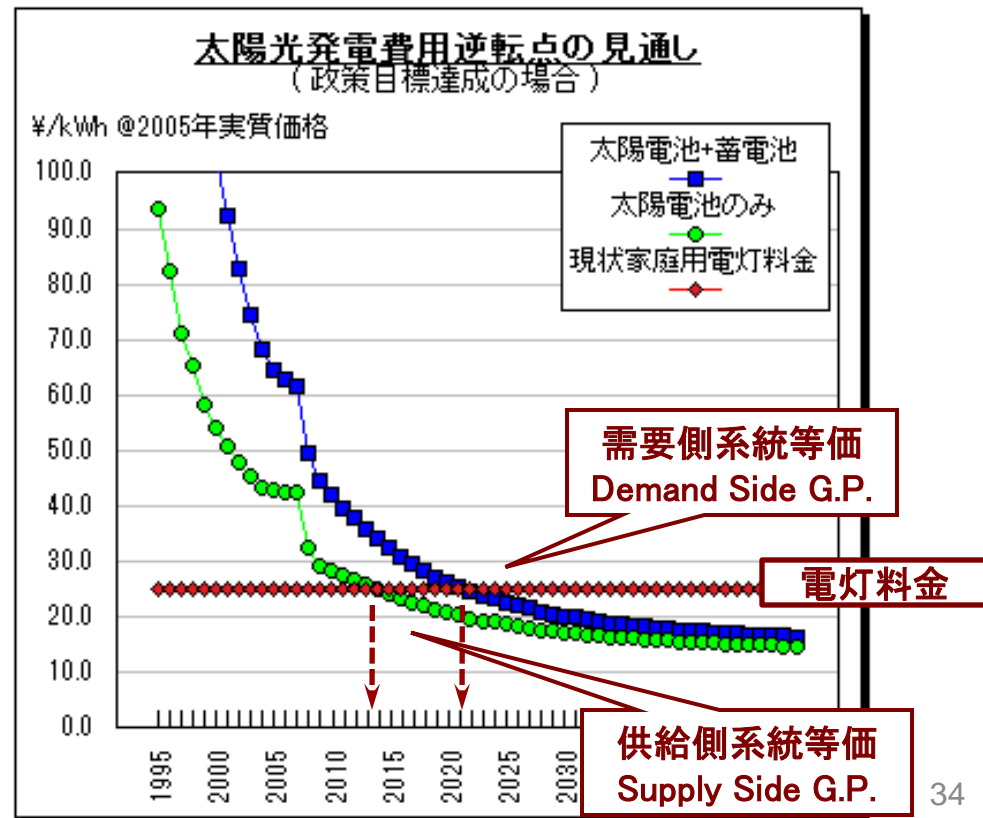
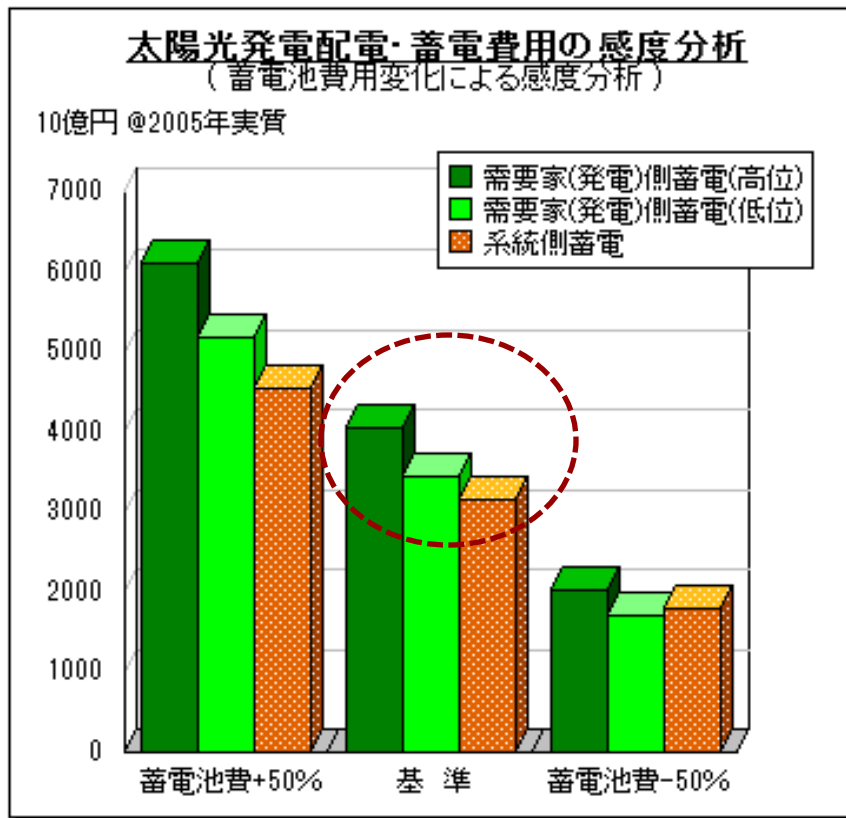
- 需要家側調整型 (ゼロエミッションハウス)



4. 小規模分散型再生可能エネルギー拡大上の問題

4-5. 時間帯追従方式別の費用比較・予測 ('08)

- 需要家側調整より**系統側調整の方が費用低**
- 2020年前後に「**系統等価(Grid Parity)**」実現



4. 小規模分散型再生可能エネルギー拡大上の問題

4-6. 小規模分散型と支援政策の問題点

- 住宅用太陽光発電と時間帯追従に必要な蓄電池の費用については、量産効果の影響が非常に大きく、今後価格の逐次低減が期待可
- 現時点での支援費用が多少嵩むとしても、量産効果による将来の費用低減と大量普及に寄与するならば現状の支援の正当化は可能
- 逆に量産効果の発現により費用が低減してもなお高額買取などの助成を行うといった「**過剰助成(利権化)**」の問題に注意すべき
(ex. 旧食糧管理政策下の政府購入米価)