

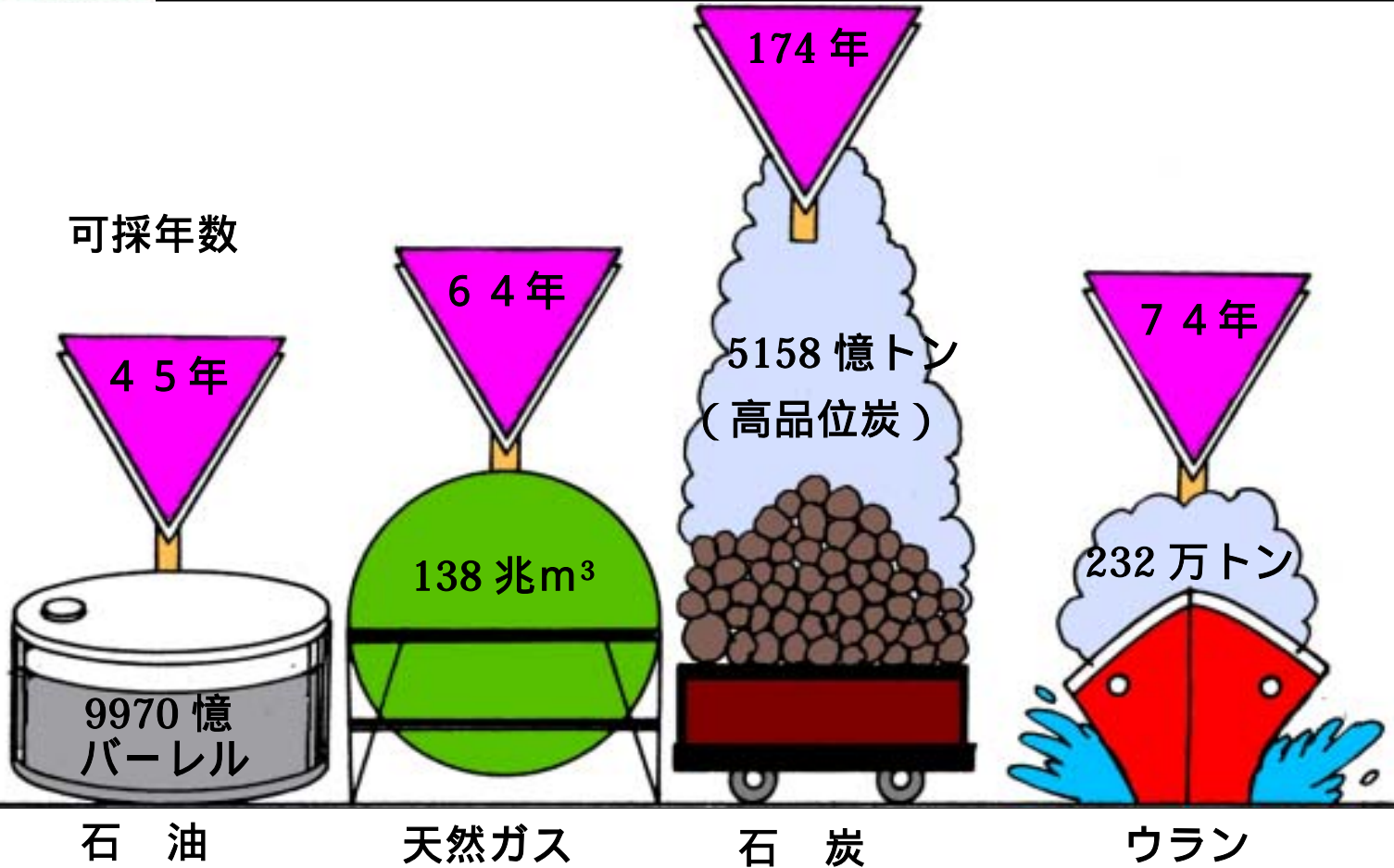
# 自然エネルギーとの協働作業: 太陽電池の今と将来

柿本浩一

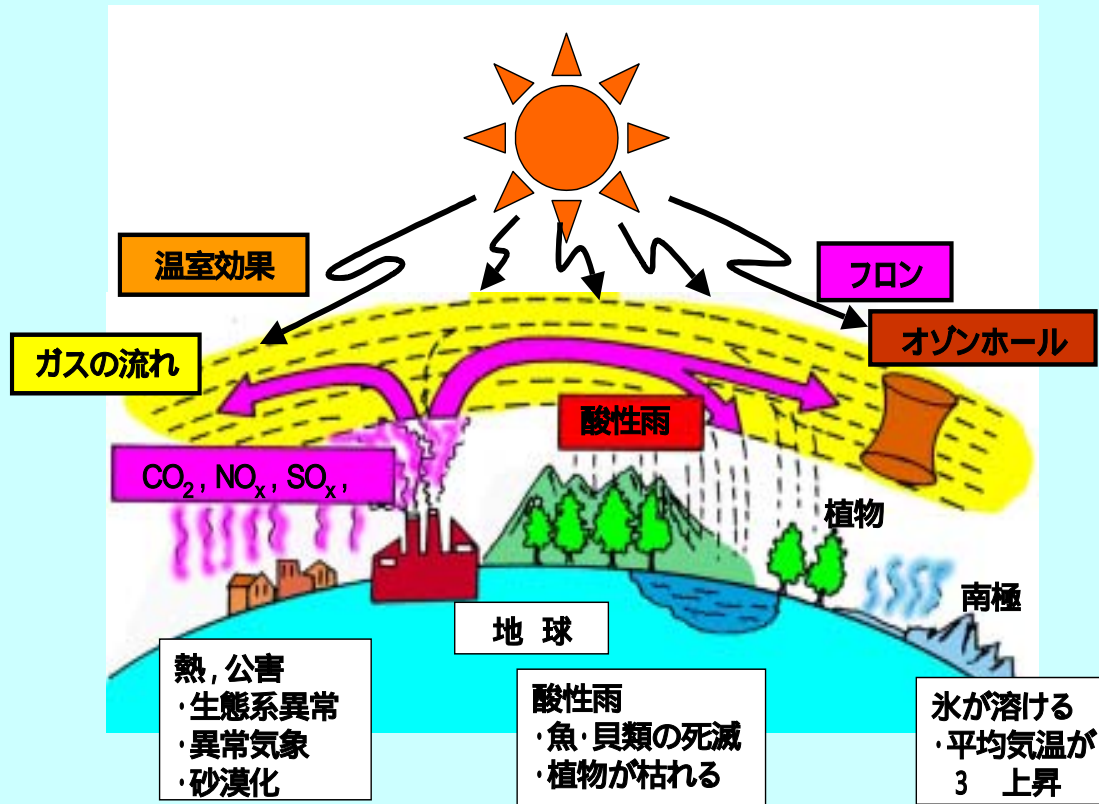
九州大学応用力学研究所  
基礎力学部門



# 世界のエネルギー資源確認可採埋蔵量



# 世界のエネルギー資源確認可採埋蔵量



化石燃料の消費が地球環境に与える影響

# 東アジア環境予測

Study on the Asian scale atmospheric environment

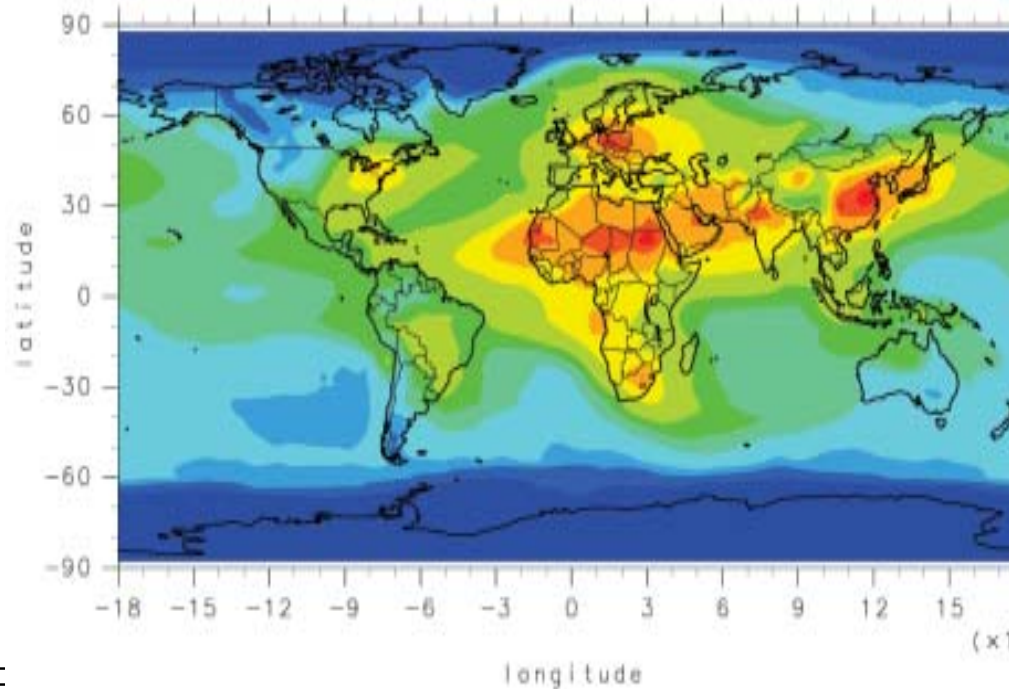
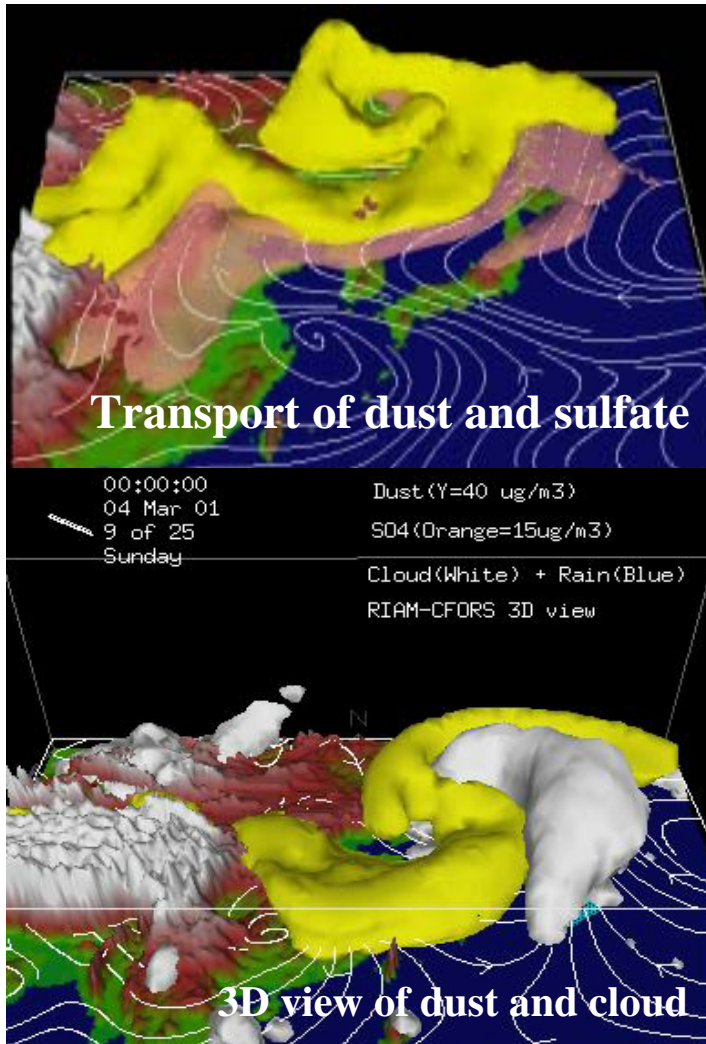
- Tropospheric Chemical Transport and Chemical

Weather map -

Study on the climate variation by using the global

aerosol transport model

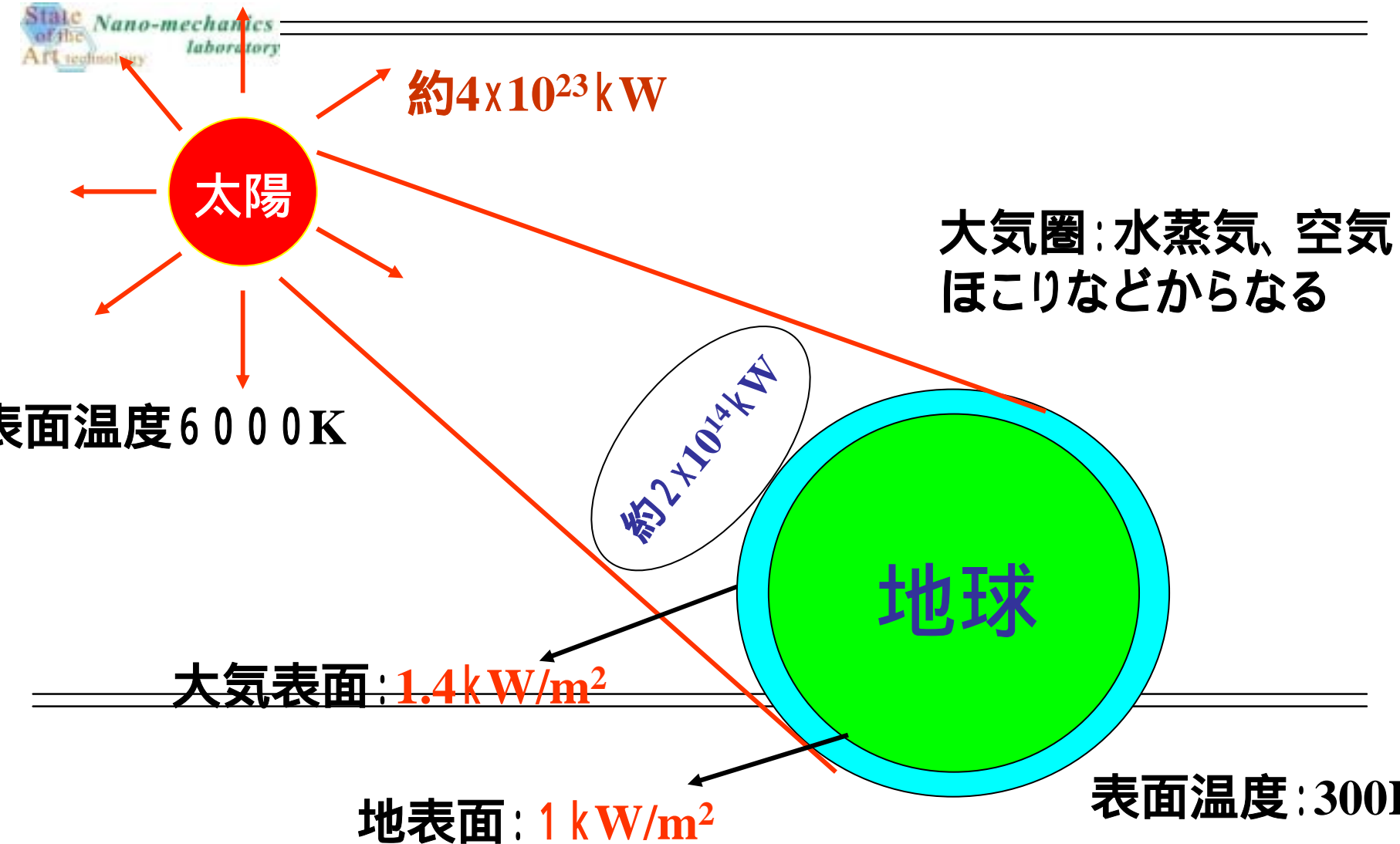
State of the Art technology Nano-mechanics laboratory



Annual averaged Aerosol Optical Thickness  
From Global Aerosol Transport Model Simulation

after Profs. Uno & Takemura

# 太陽光のエネルギー密度



# 太陽から降り注ぐエネルギー

地球上の全太陽エネルギー  
 $1.2 \times 10^{14}$  kW (消費の1万倍)

日本の全太陽エネルギー  
 $5 \times 10^{10}$  kW (消費の100倍)



豊富な太陽エネルギー  
(エネルギーは1秒あたりに換算している)

地球の全消費エネルギー  
 $1 \times 10^{10}$  kW

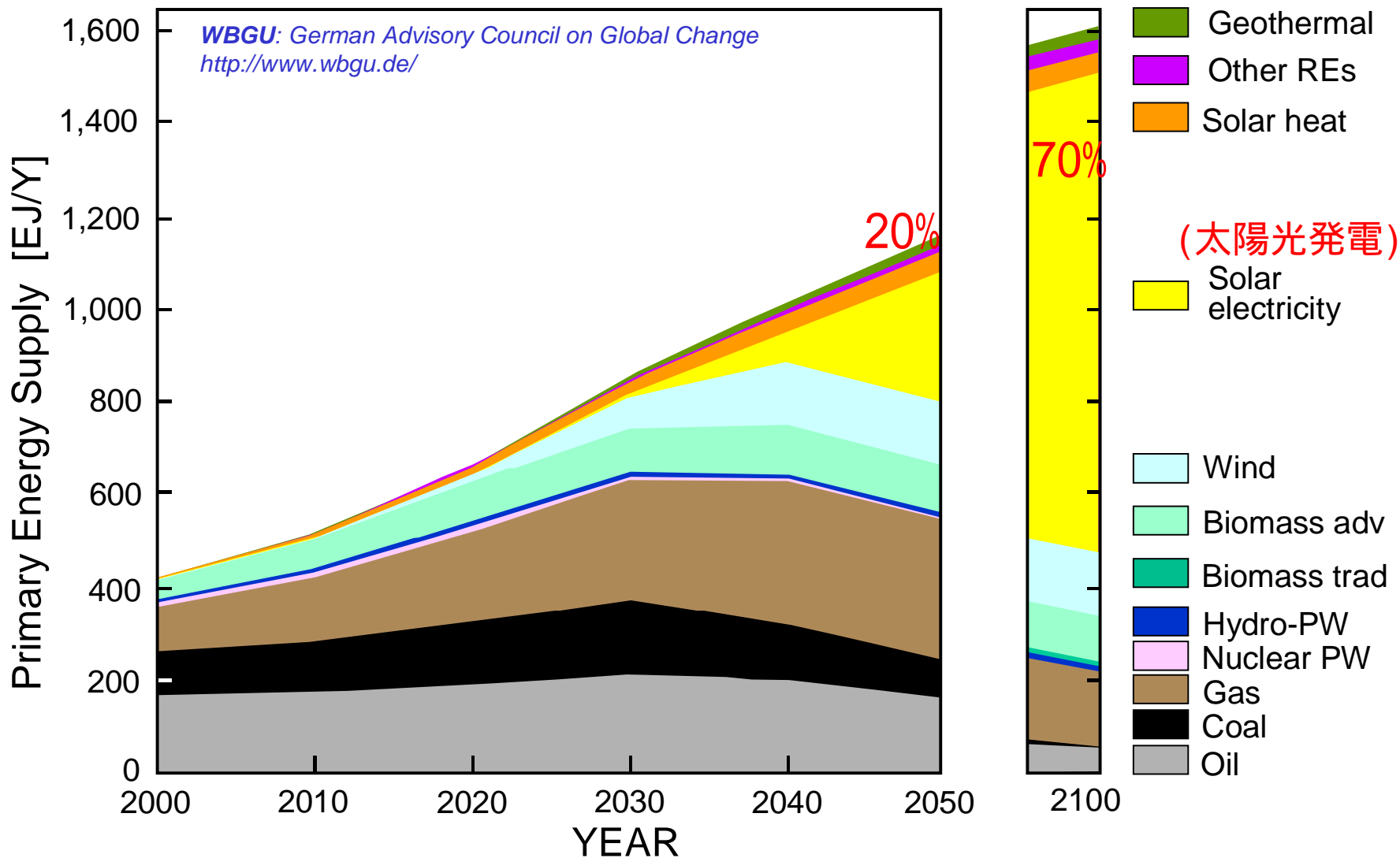


日本の全消費エネルギー  
 $5 \times 10^8$  kW



# 世界のエネルギーの動向

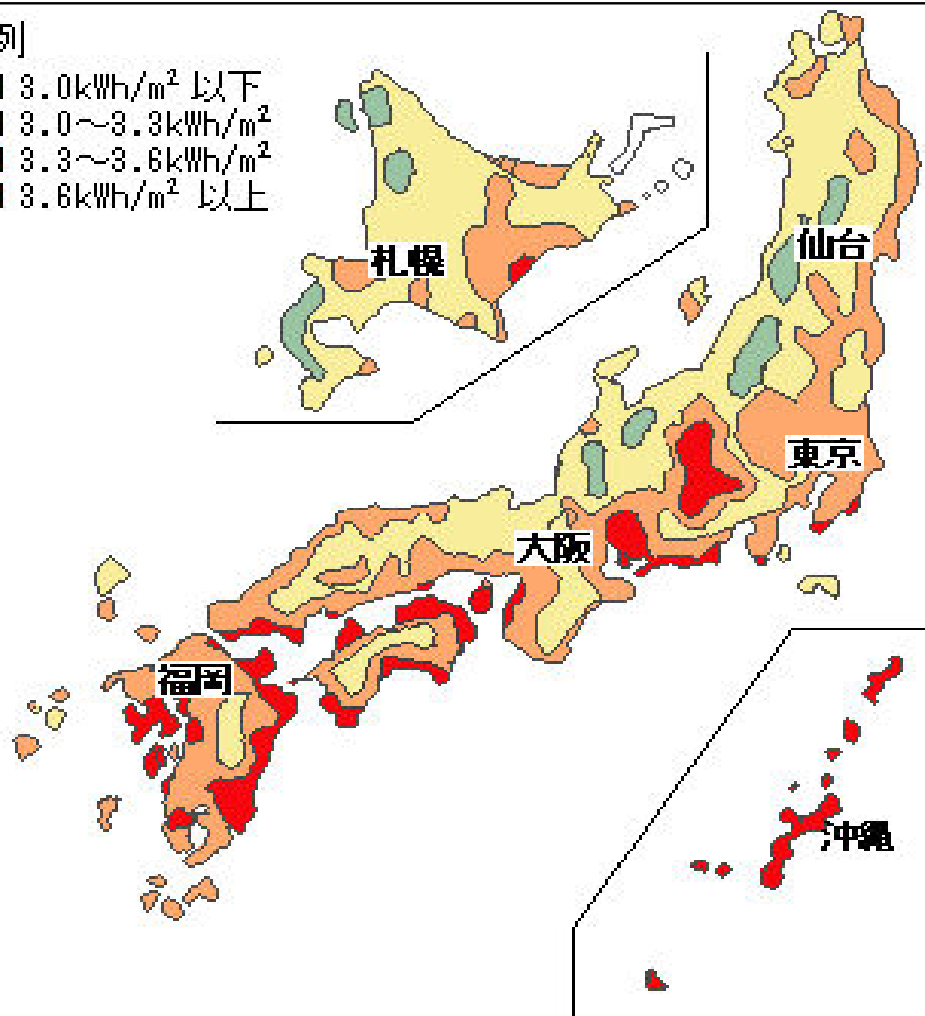
## WBGU's World Energy Vision 2100



# 日本の平均日射量

凡例

- 3.0kWh/m<sup>2</sup> 以下
- 3.0~3.3kWh/m<sup>2</sup>
- 3.3~3.6kWh/m<sup>2</sup>
- 3.6kWh/m<sup>2</sup> 以上





# 太陽電池の特色

## 長所

Stress-mechanics  
laboratory  
AFT technology

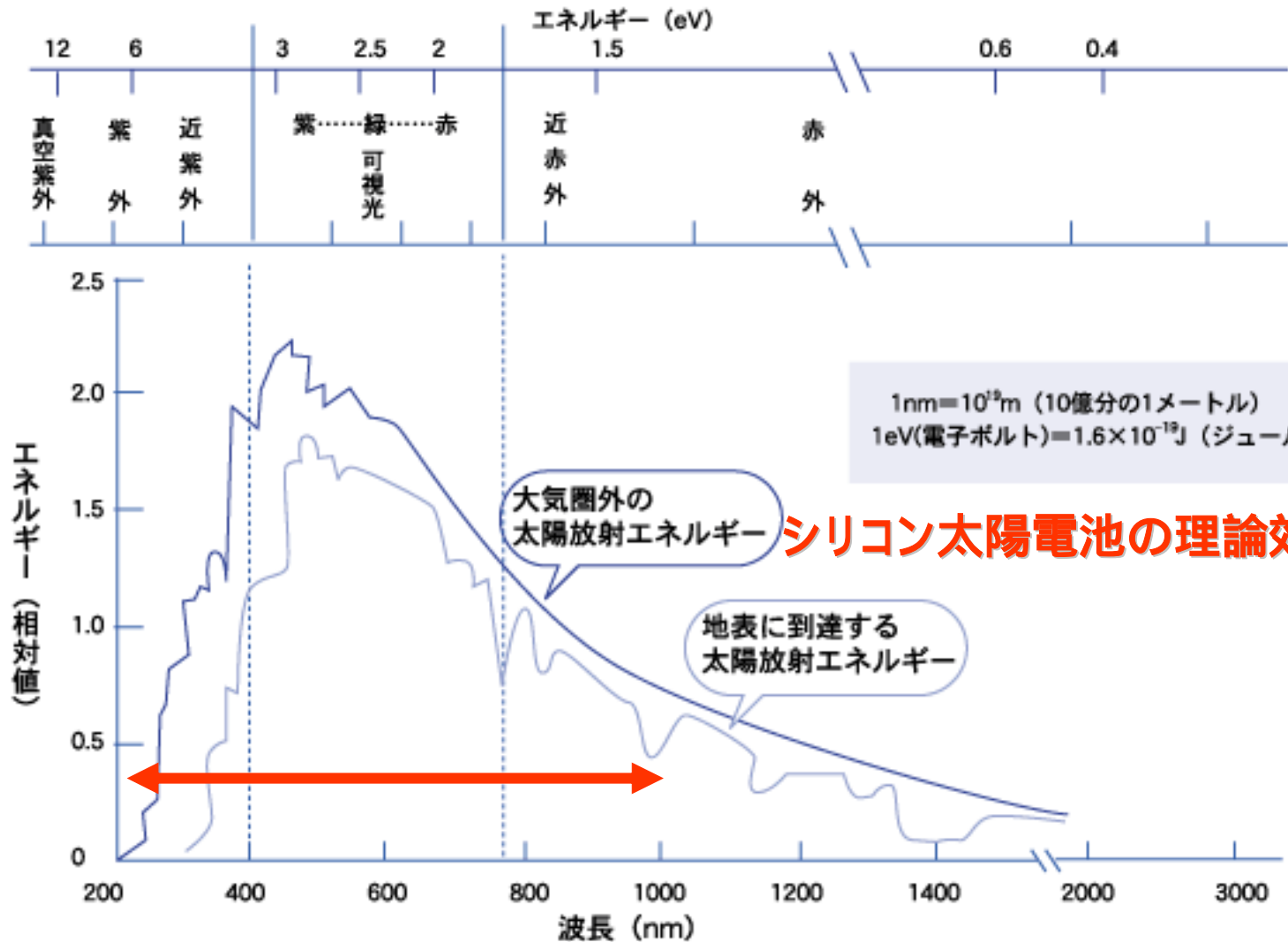
1. 直流の光発電装置
2. エネルギー源が太陽光:タダ
3. 環境を害する排出物:無
4. 機械的な可動部分無し:雑音無し
5. 長寿命(単結晶シリコン:30年、  
アモルファスシリコン:10年以上)

## 短所

1. 天候、時刻によって出力が激変、季節、温度によっても変動
2. 現在では一般電力より単価高
3. 面積あたりの出力小、エネルギー変換効率低

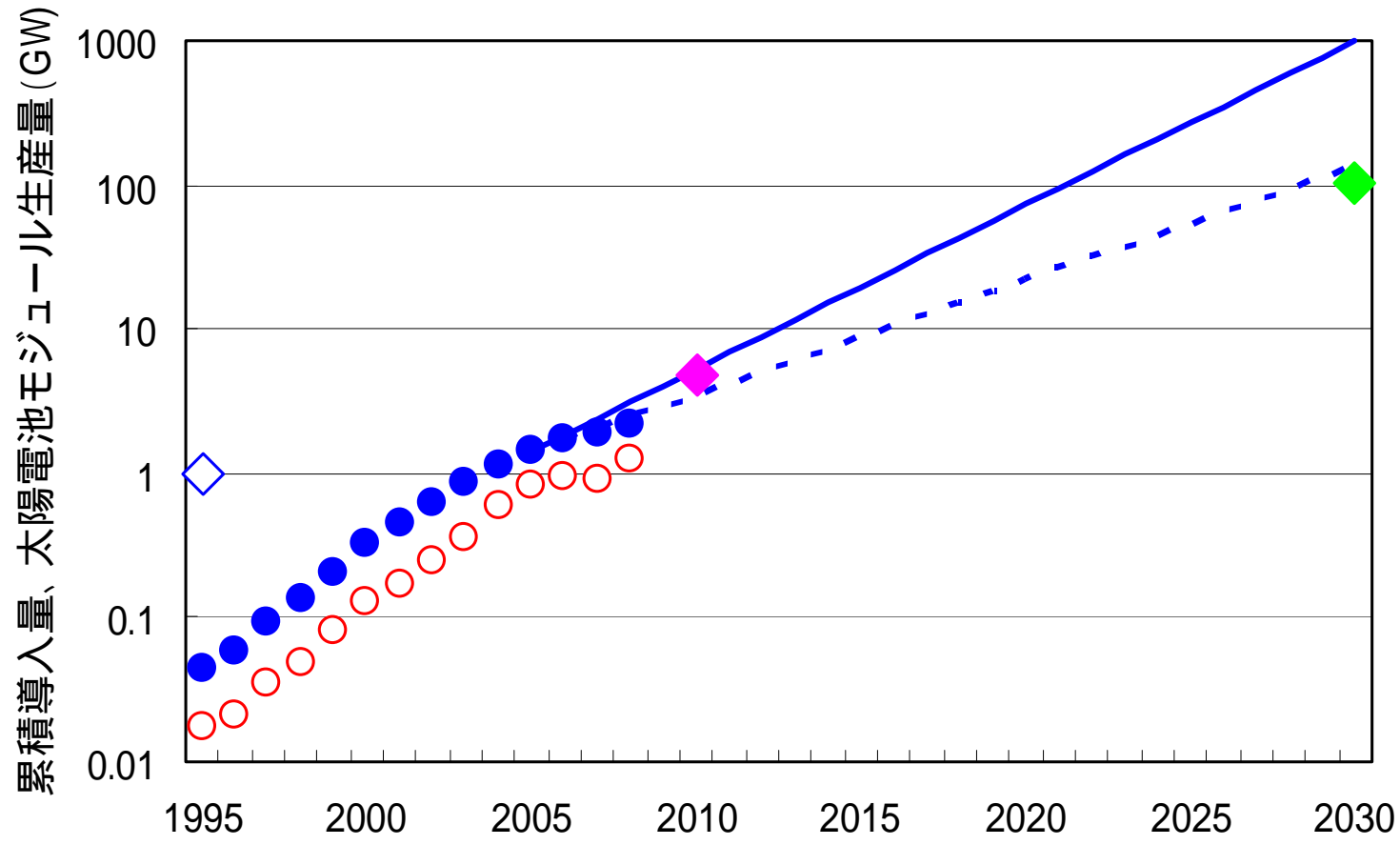
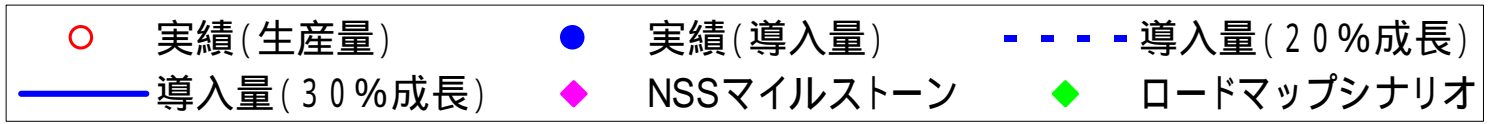
# 太陽光の波長分布

光は波と粒子の性質をもつ



シリコン太陽電池の理論効率: 27%

# 日本における太陽電池モジュール生産量 およびPVシステムの累積導入量の年推移

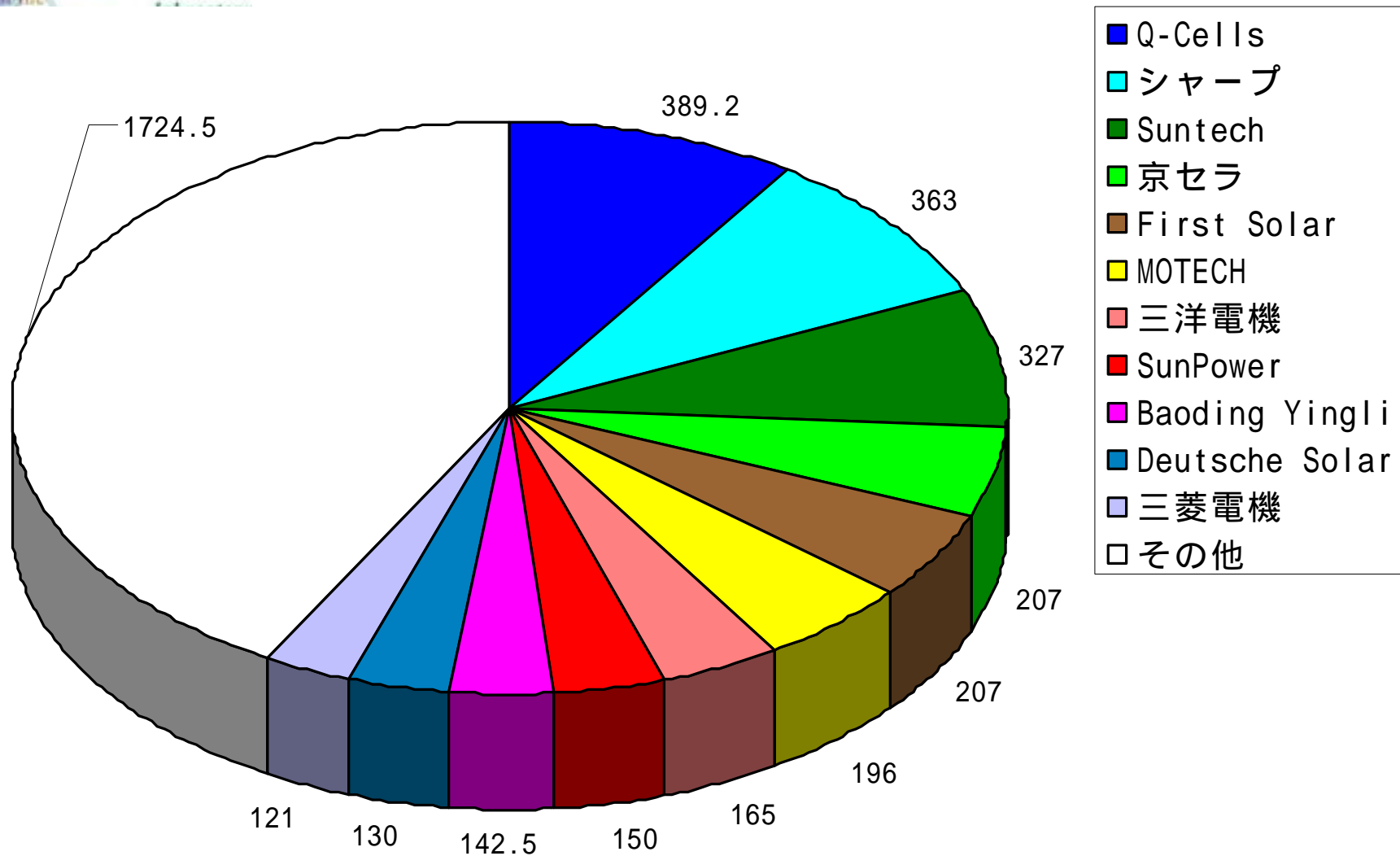


==

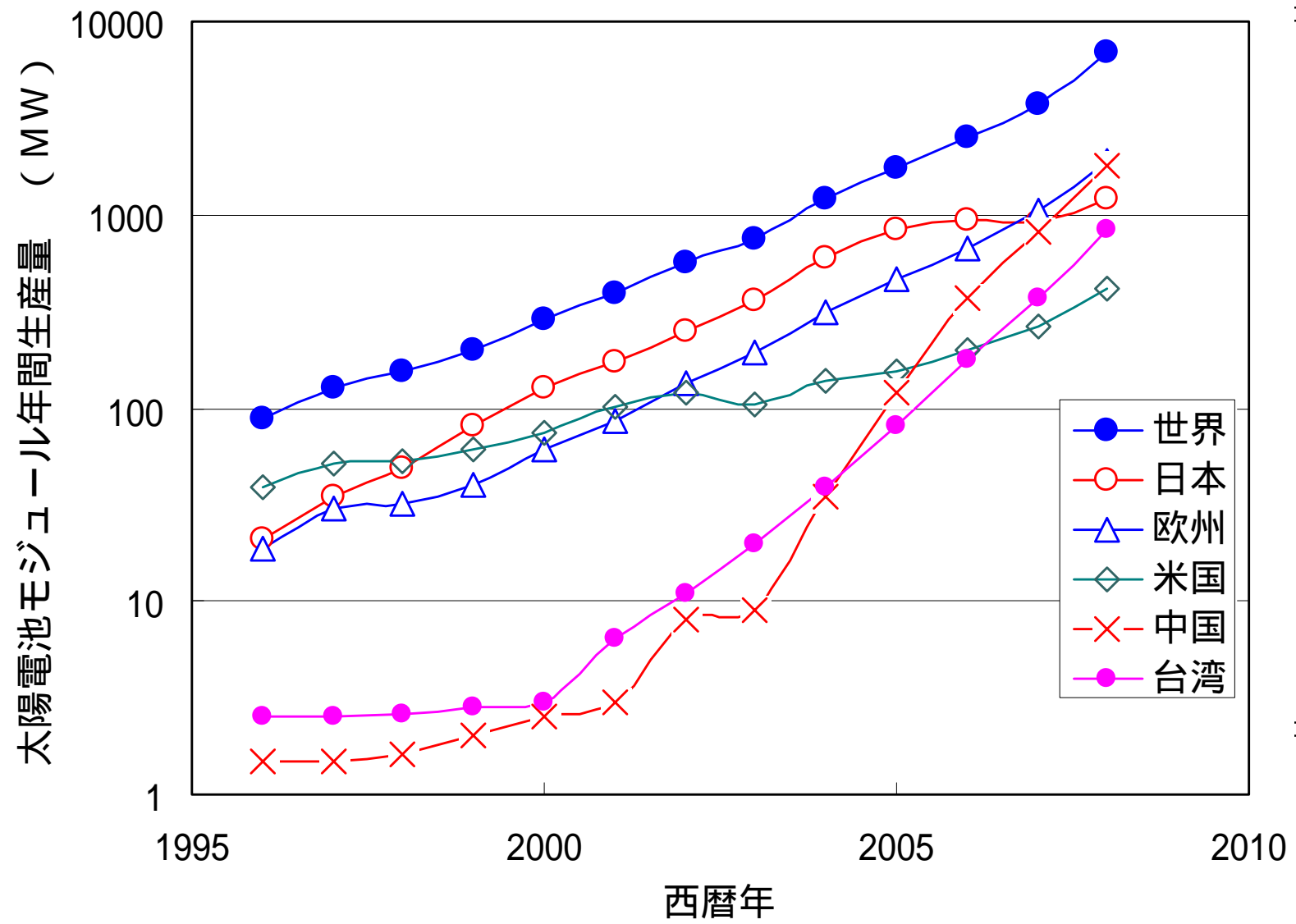
==

==

# 世界における2007年の企業別太陽電池生産量（MW）



# 太陽電池の出荷量の推移



# フィードイン・タリフ(電力価格の買取)制度の効果

国名	ドイツ	スペイン	イタリア	フランス	米国	韓国	日本
買取額	0.408 ~ 0.5181-円 / kWh 低減率 6.5% / 年	0.441-円 / kWh ( <100kW ) 0.231-円 / kWh ( >100kW )	0.445 ~ 0.491-円 / kWh	0.31-円 / kWh ( 住宅用 ) 0.551-円 / kWh ( BIPV )		0.76 ドル / kWh	50円 / kWh
買取期間	20年	25年	20年	20年			10年
開始年	2004年1月	1999年	2006年3月	2003年1月		2005年	2010年度

# 日本における太陽電池モジュール生産額の推移

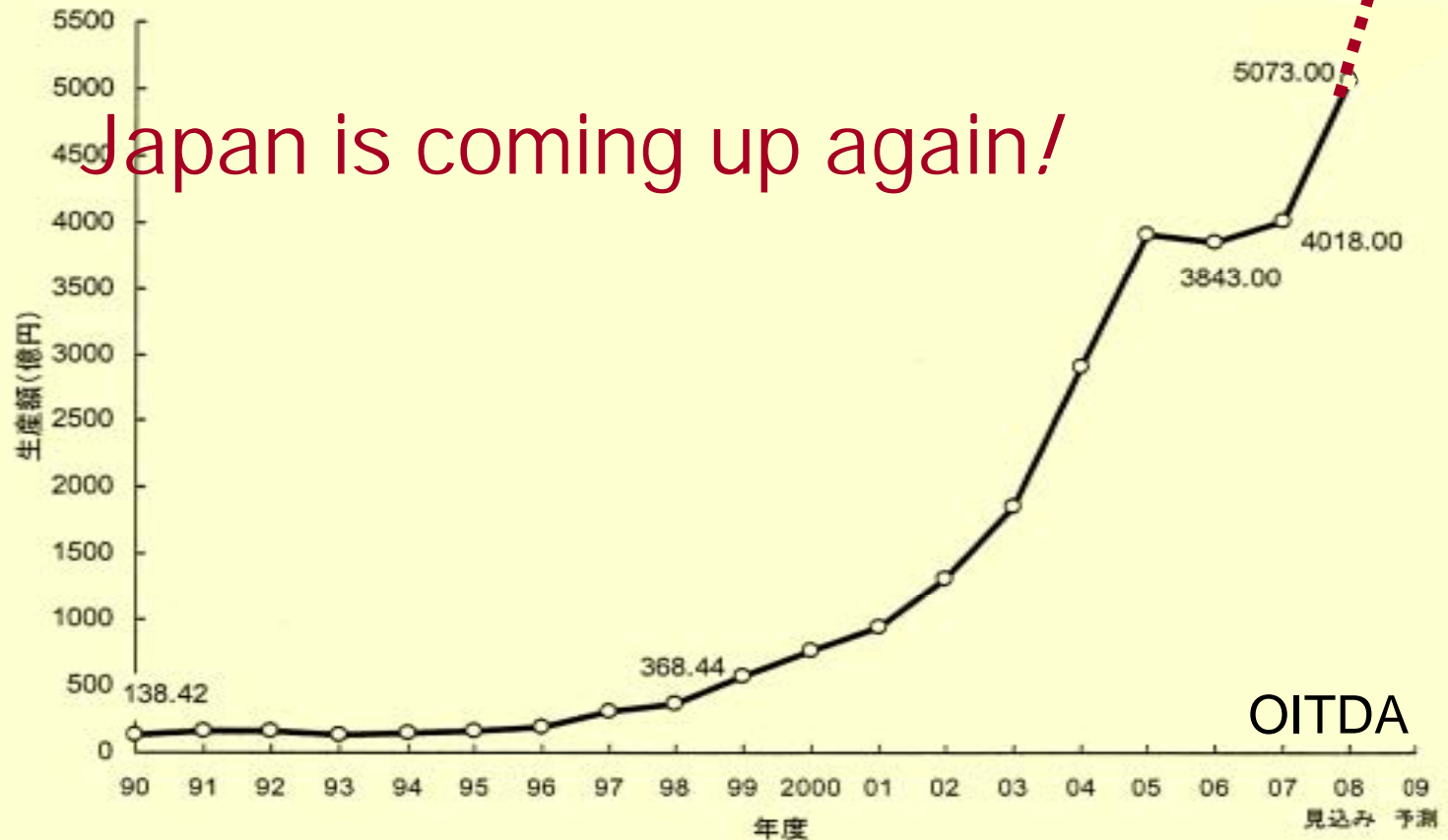
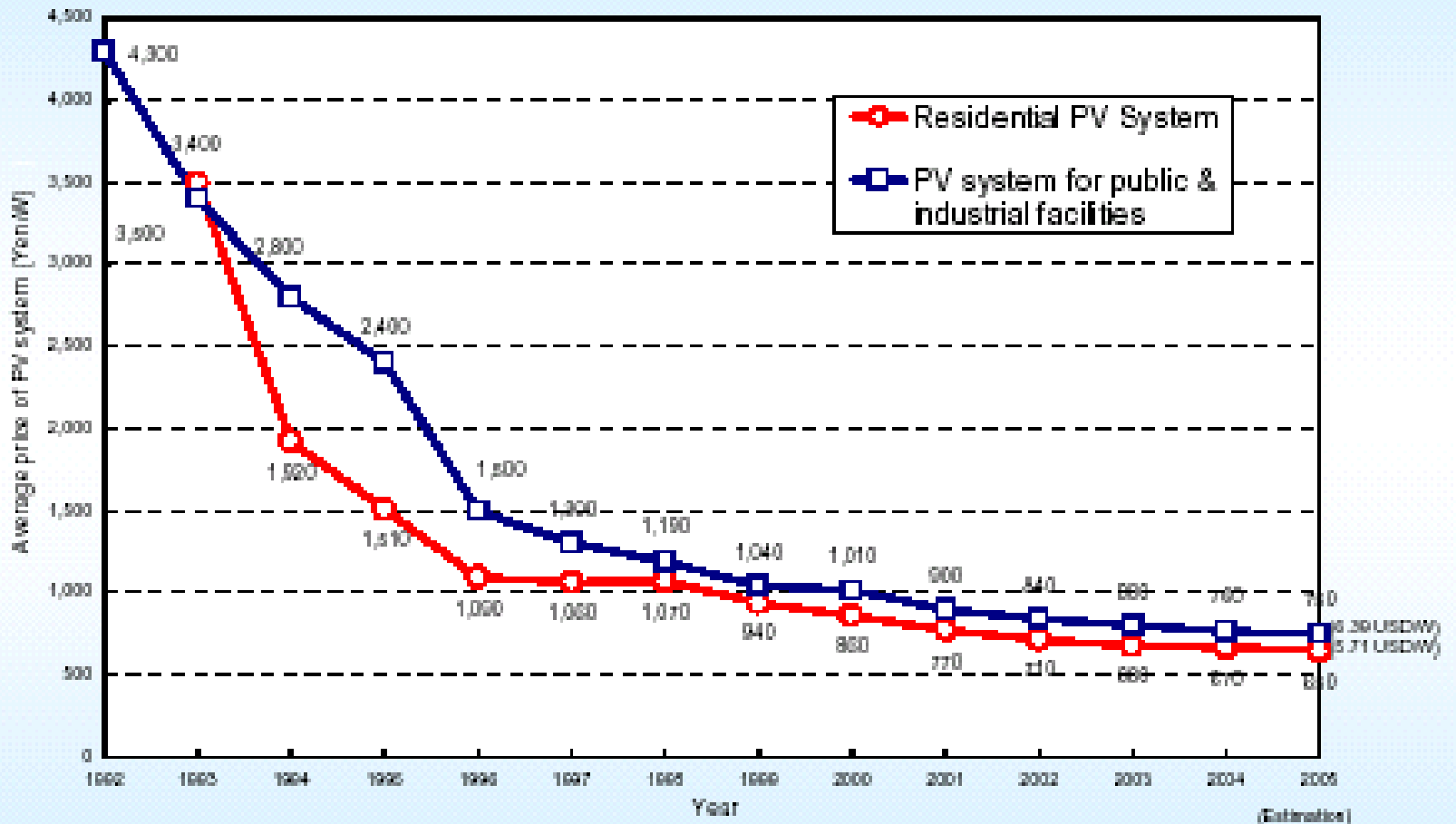


図2.6.2.2 日本における太陽電池生産額推移

# 日本の住宅用太陽光発電システム価格の推移



## Trends of average price of PV system



Rate as of Feb. 1, 2006 : 1 JPY = 0.008532 USD

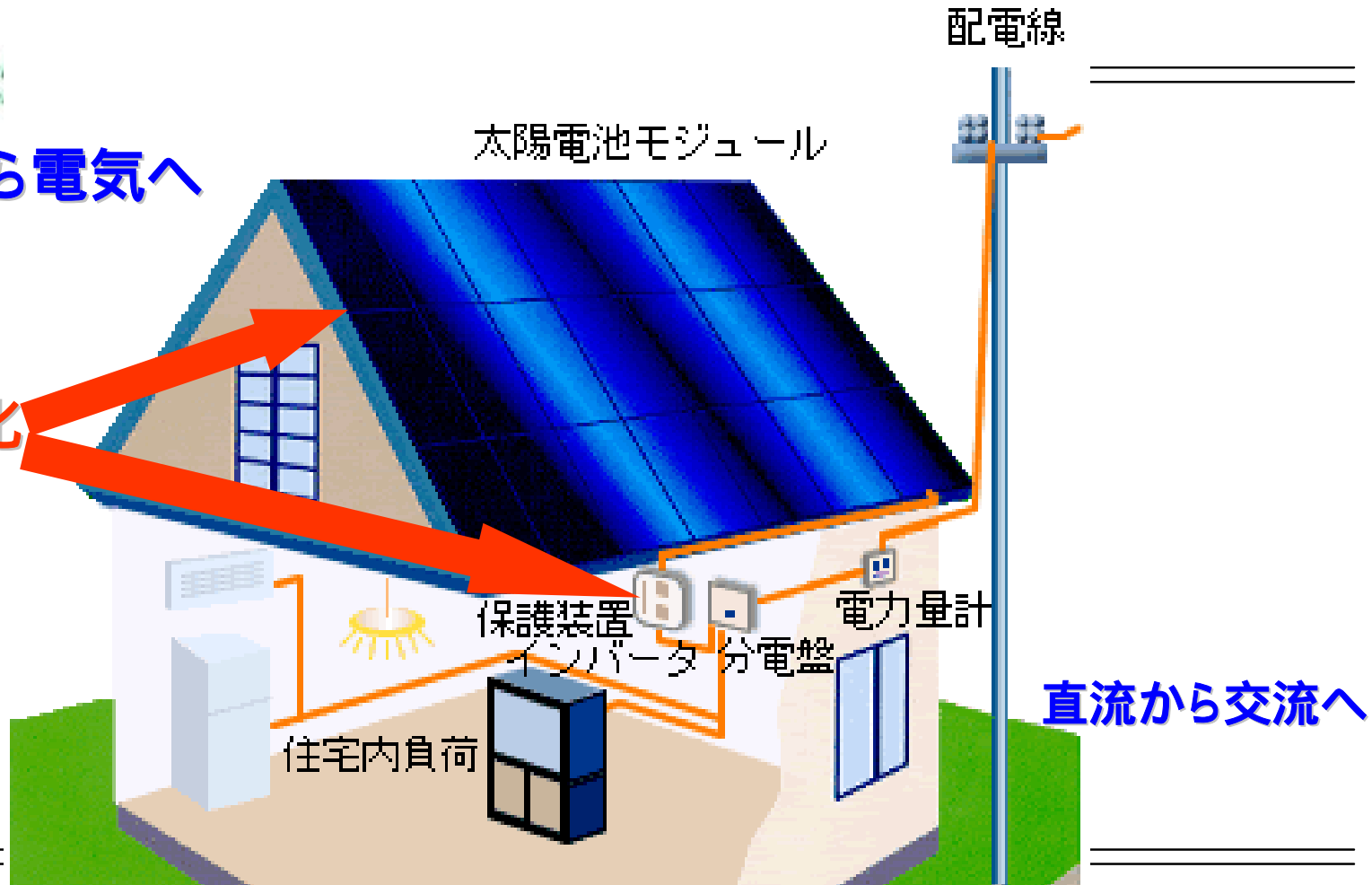


# 個人住宅用太陽光発電システム

State of the Art technology Nano-mec. la

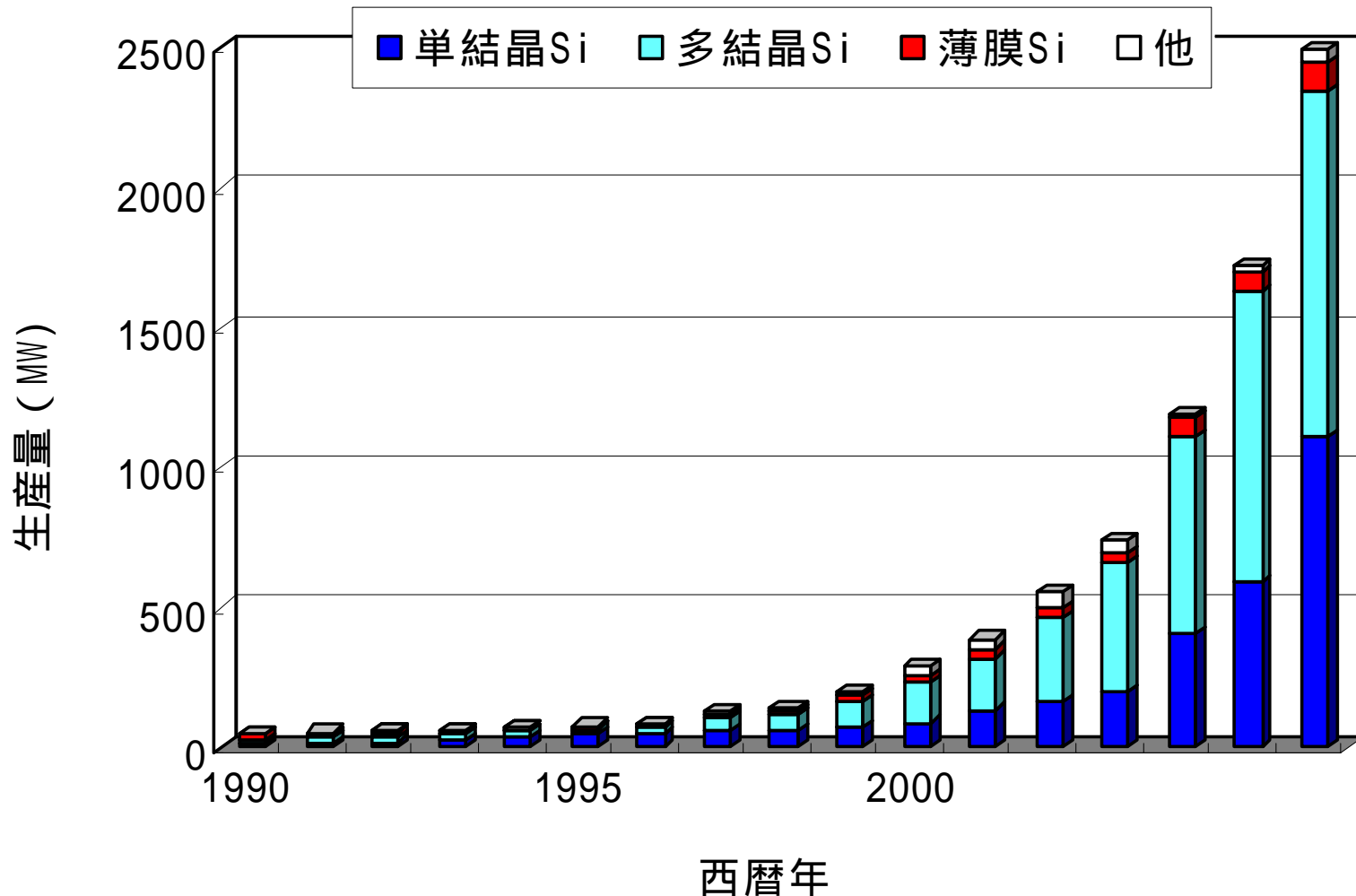
光から電気へ

高効率化



直流から交流へ

# 世界における太陽電池材料別生産量



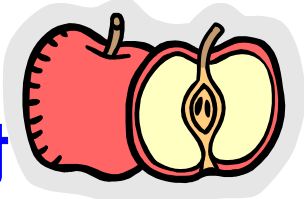
# 体積 $1 \text{ cm}^3$ の中にSi原子は何個？

## 驚異的な数

地球:りんご = りんご:原子



対



対

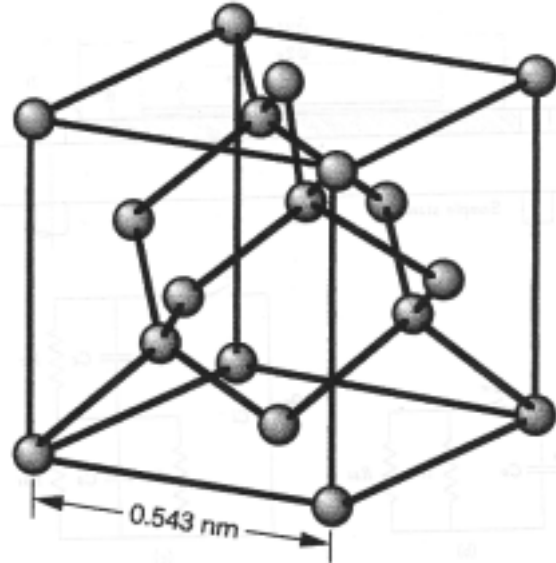
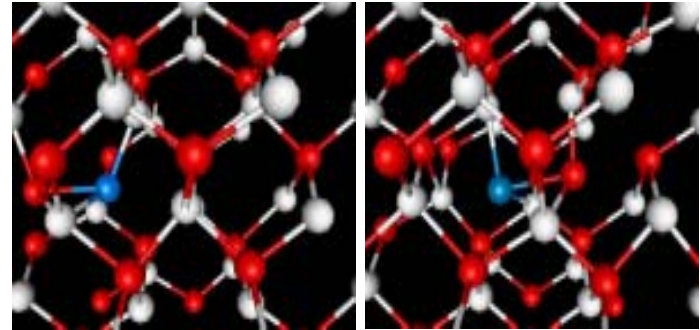
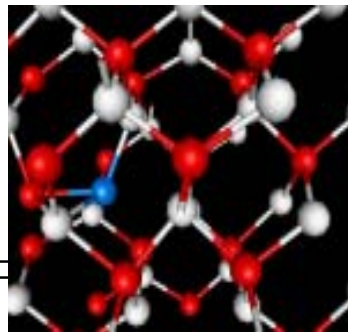
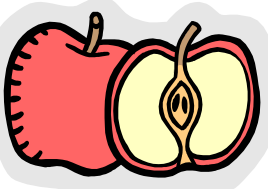
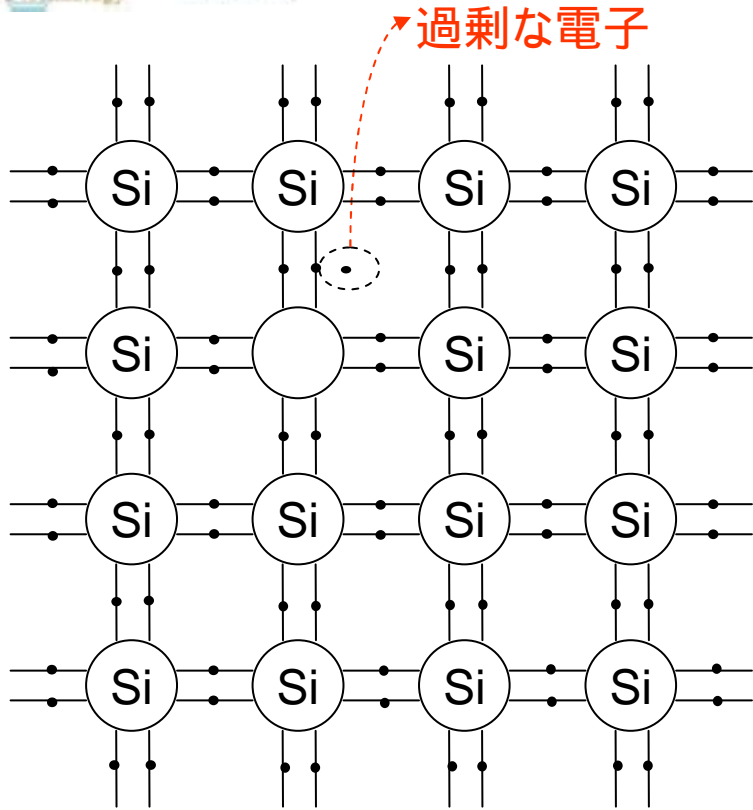


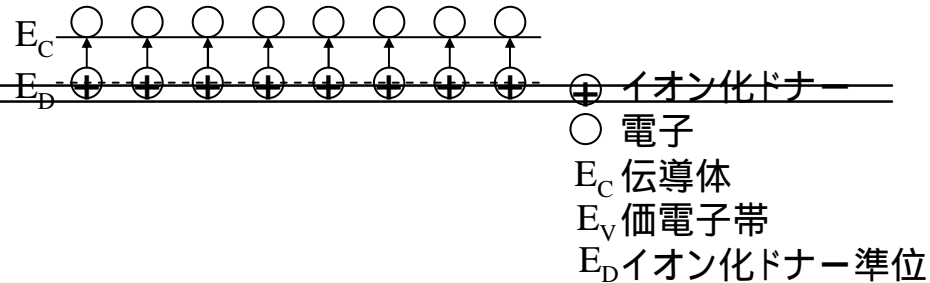
図1.5 Si単結晶のダイヤモンド状構造  
(格子定数:  $0.543 \text{ nm}$ 、原子密度:  $5.0 \times 10^{22} \text{ cm}^{-3}$ )

$$8 / (0.543 \times 10^{-9})^3 = 5.0 \times 10^{22} \text{ cm}^{-3}$$

# 不純物添加半導体 (N-type)

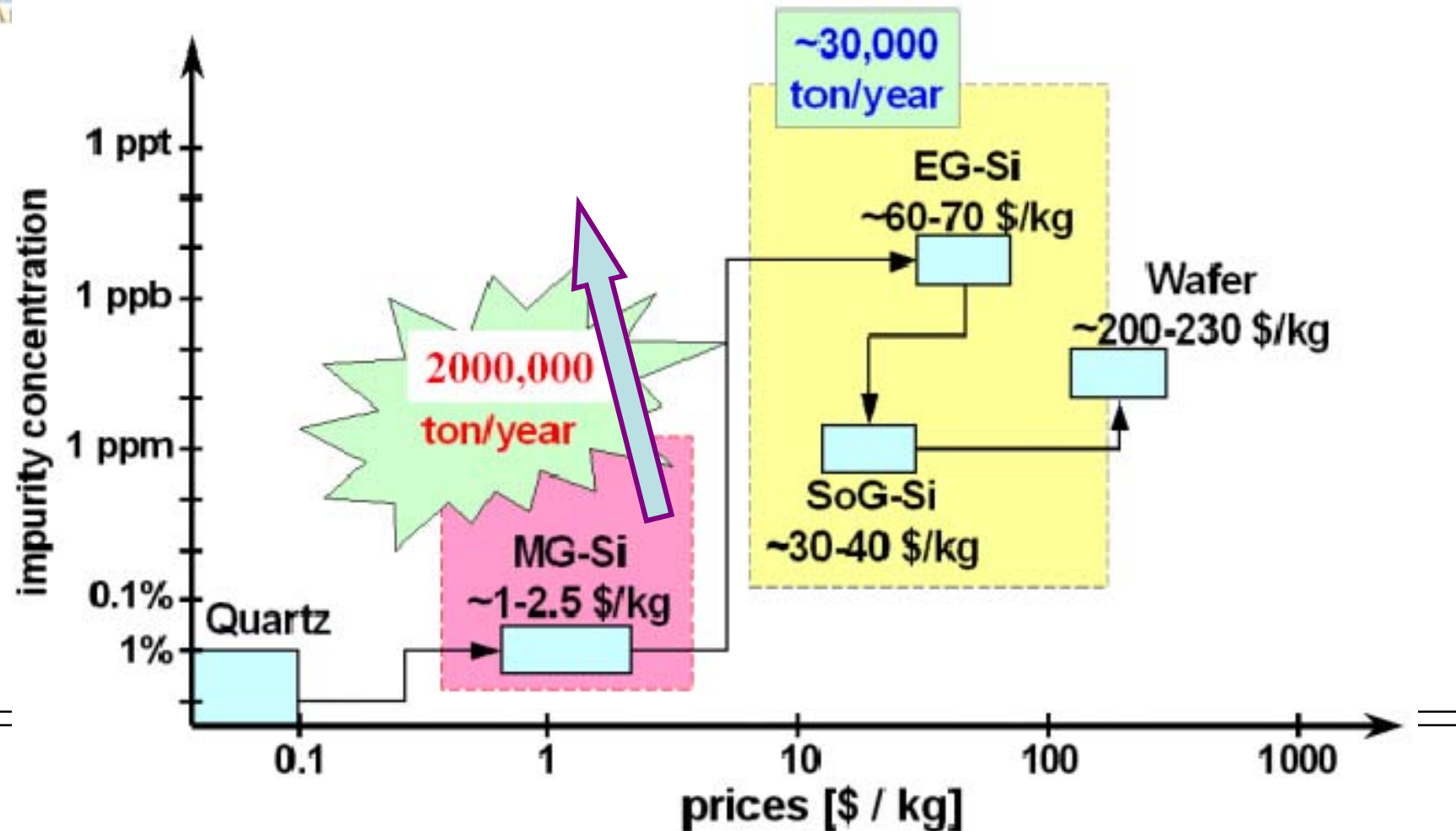


	1A	2A	3A	4A	5A	6A	7A	B		1B	2B	3B	4B	5B	6B	7B	0	
1	H																	He
2	Li	Be											B	C	N	O	F	Ne
3	Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar
4	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
5	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
6	Cs	Ba	L	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
7	Fr	Ra	A	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	Uuu	Uub	Uut	Uuq	Uup	Uuh	Uus	Uuo
	L	La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Th	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu		
	A	Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr		



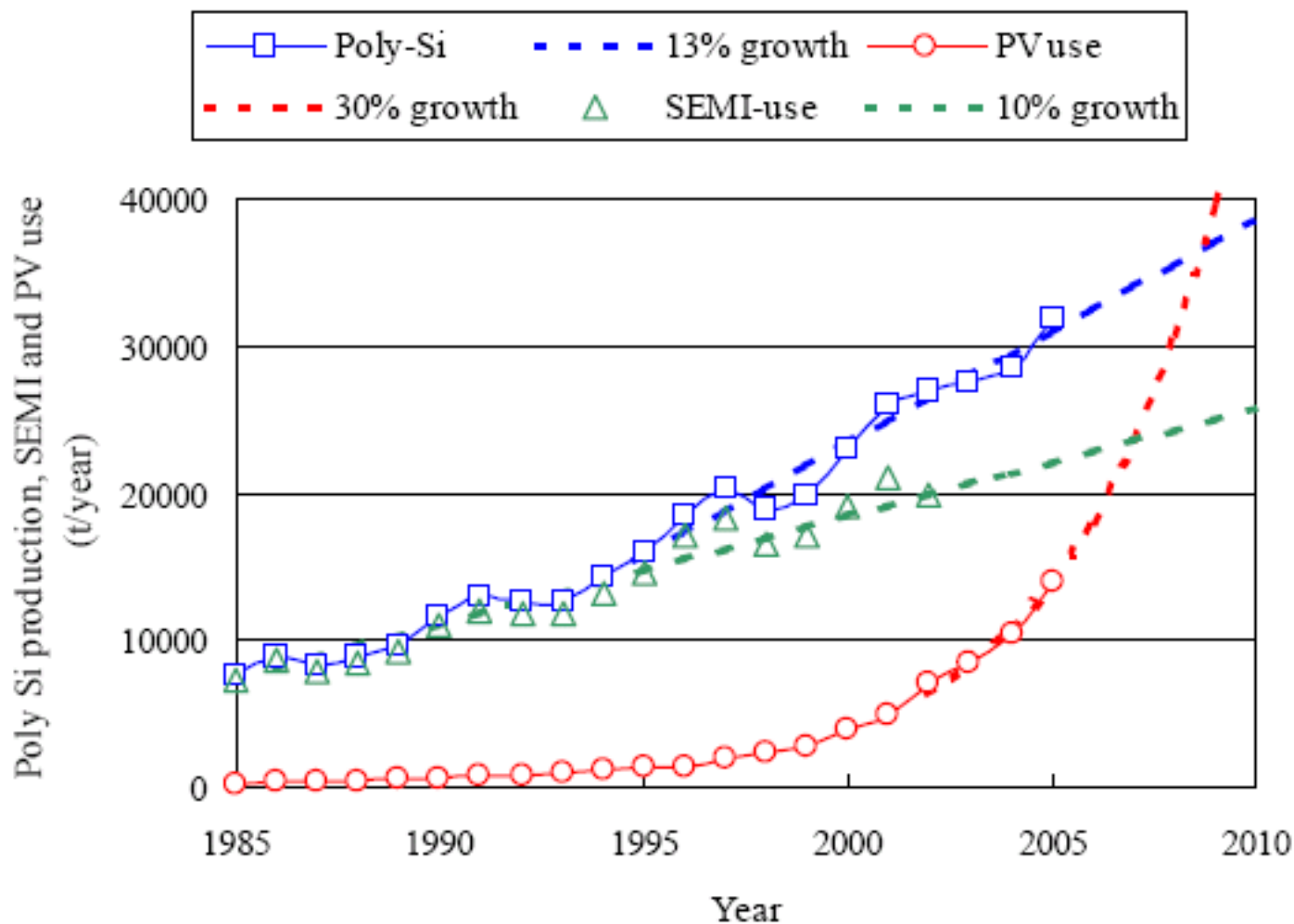
福岡ドーム1杯  
にインク1滴

# 多結晶シリコンの需要



太陽電池級 (SOG) Si、金属級 (MG) Si 等  
低品位Siの有効利用の必要性

# 多結晶シリコンの需要



ポリシリコンの生産量と太陽電池用および  
半導体用ポリシリコン消費量との比較



# 金属グレードシリコン (3N)

( Xamen, China )

State Nano-mechanics  
of the Art technology laboratory

Silica

Wash

Melt

Si Melt Transfer

Solidification

Si Materials



Silica



Wash



# 金属グレードシリコン

State of the Art  
Nano-mechanics  
Technology  
laboratory

Silica

Wash

Silica· Chips  
· Charcoal

Melt

Melt

Si Melt transfer

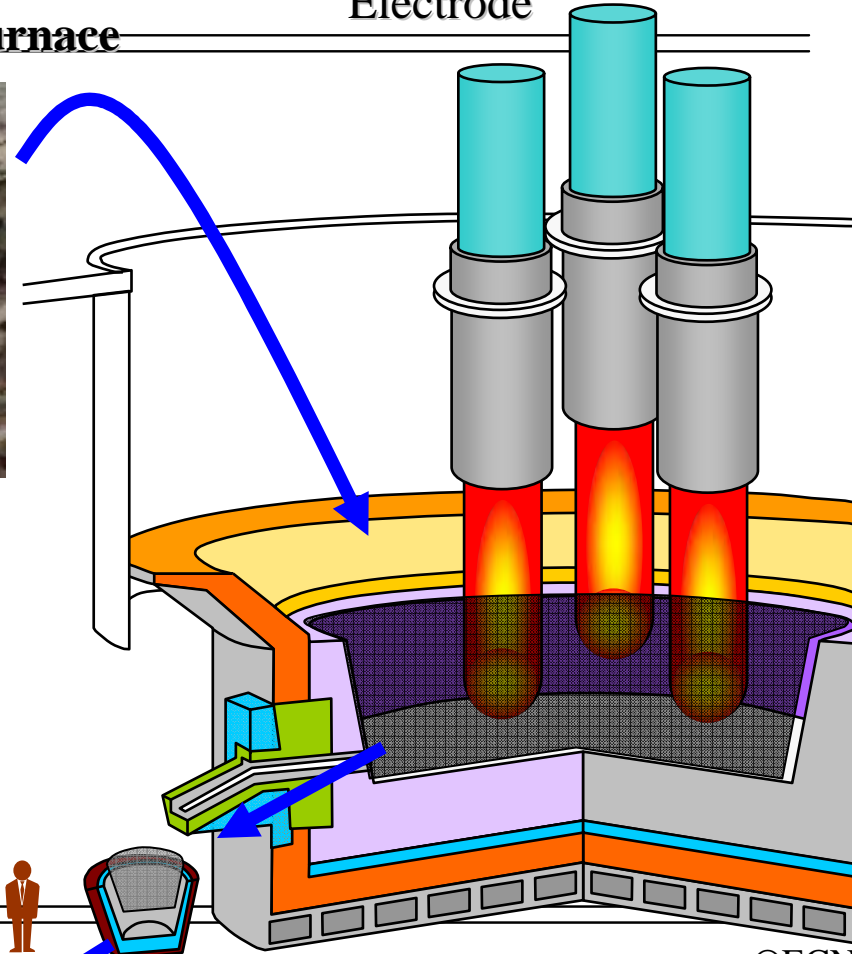
Solidification

Ingot



Ark furnace

Electrode



Solidification

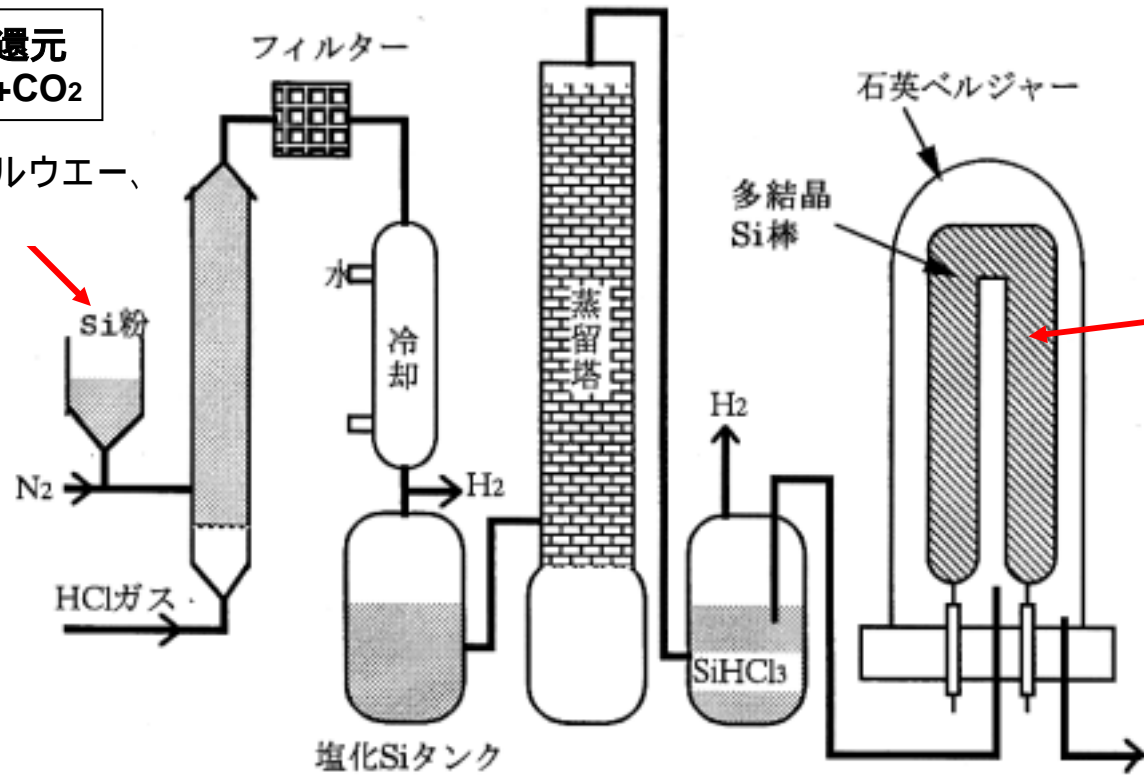




# シーメンス法(化学純化法)

珪石の炭素還元  
 $\text{SiO}_2 + \text{C} = \text{Si} + \text{CO}_2$

ブラジル、ノルウエー、  
中国

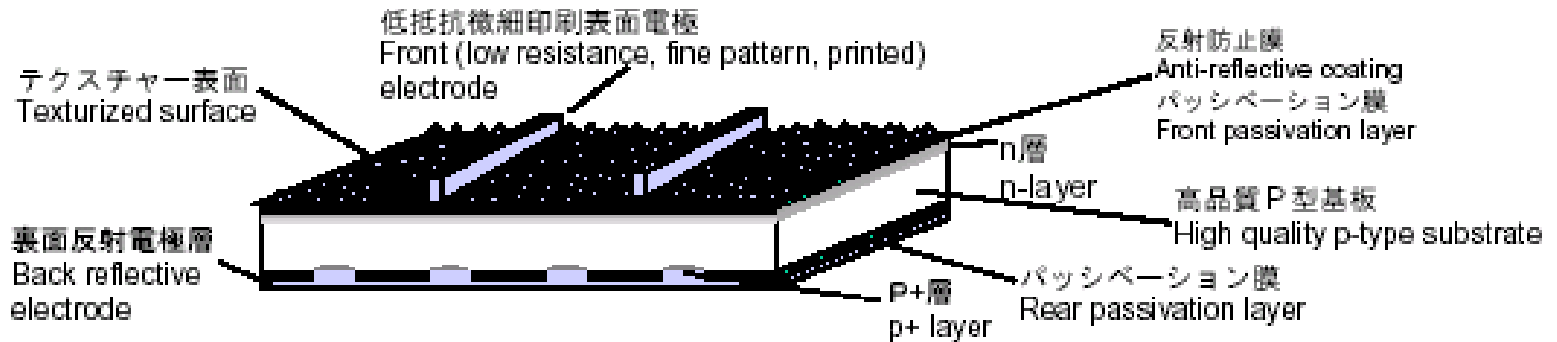


水素還元反応  
 $\text{SiHCl}_3 + \text{H}_2 = \text{Si} + 3\text{HCl}$   
1100C

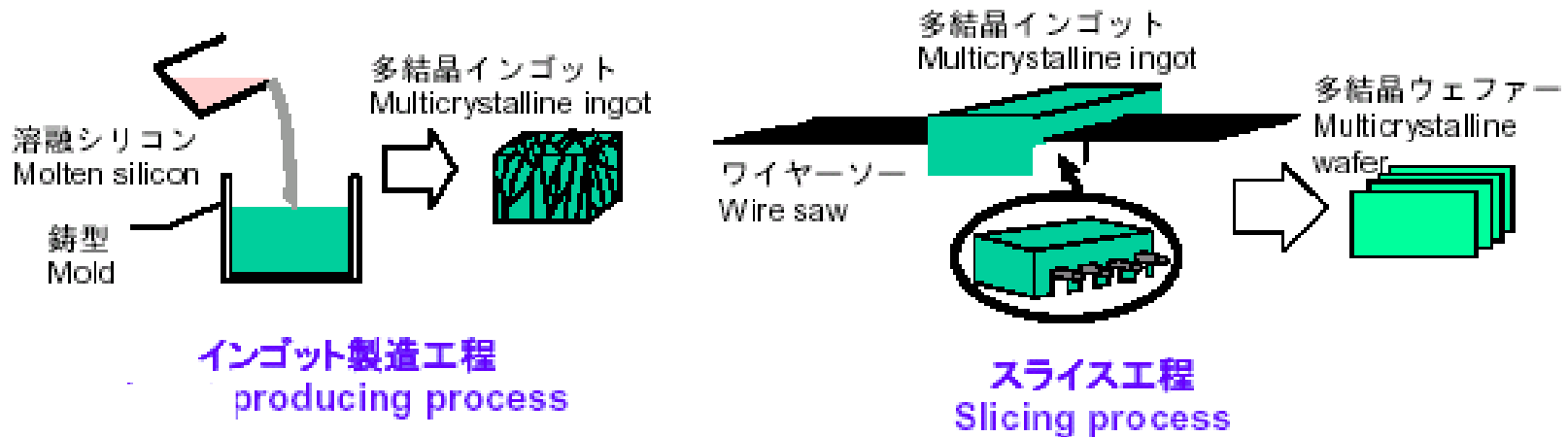
図 5.1 シーメンス法による高純度多結晶Siの製造工程

MEMC, トクヤマ、Wacker Chemie, Dow Corning  
年産: 2万トン

# Si太陽電池の製造プロセス



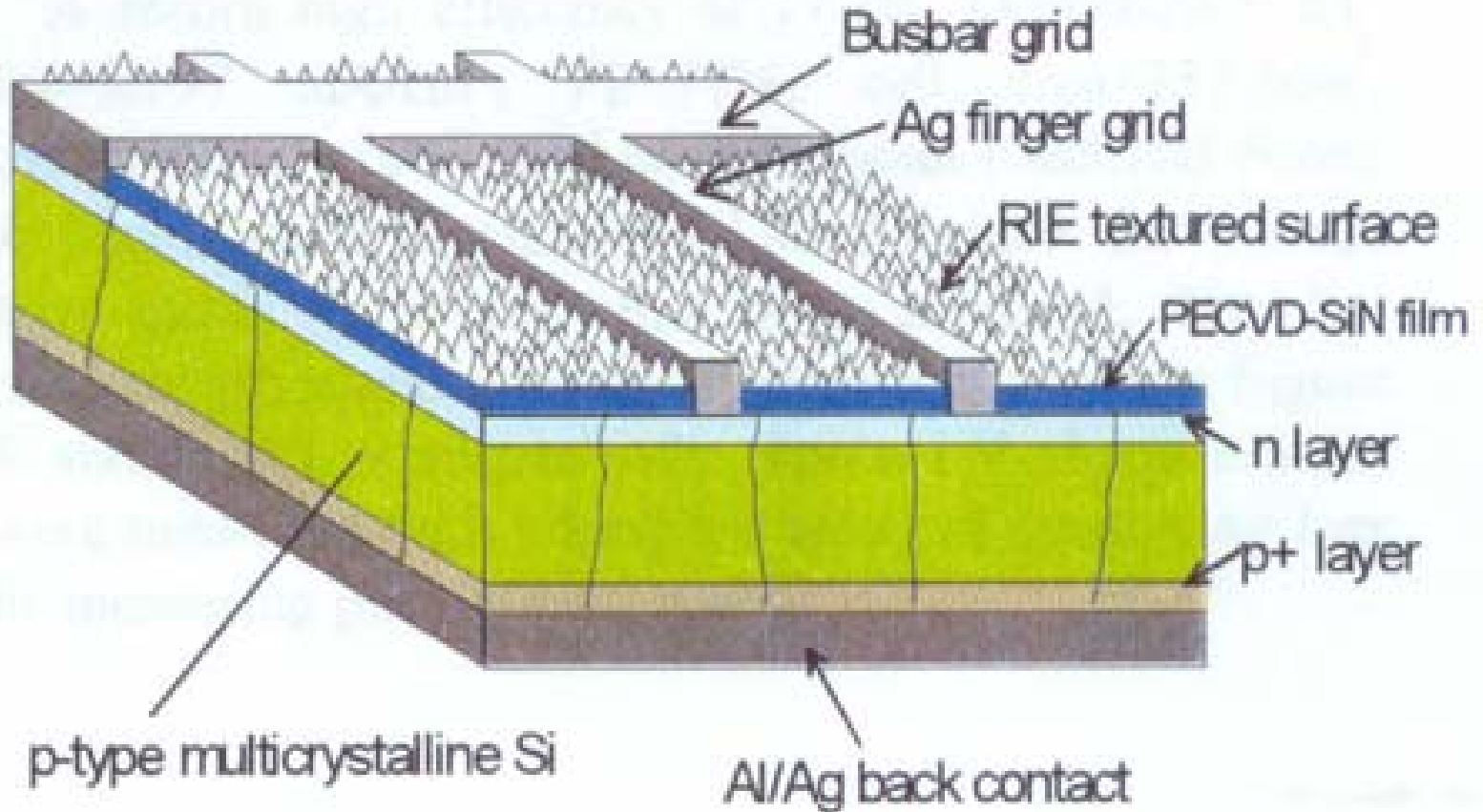
## 高効率多結晶シリコン太陽電池 High-efficiency Multicrystalline Silicon Solar Cell



## 高効率多結晶Si太陽電池

(目標：150  $\mu\text{m}$ 厚セルで効率 > 20% (225 $\text{cm}^2$ )、コスト < 100円/W)

# Si太陽電池の構造例



実用の多結晶Si太陽電池の構造例

# まとめ

- 太陽電池の高効率化:  
16%→18, 20%それ以上(理論値27%)
  - 太陽電池の低価格化:必要なものだけ作る(もったいない)
  - 実現するための対策:  
研究開発の更なる推進:世界との協力と競争
-