

2050年低炭素社会の姿

2016.12.13

JST低炭素社会戦略センター

山田興一

発表内容

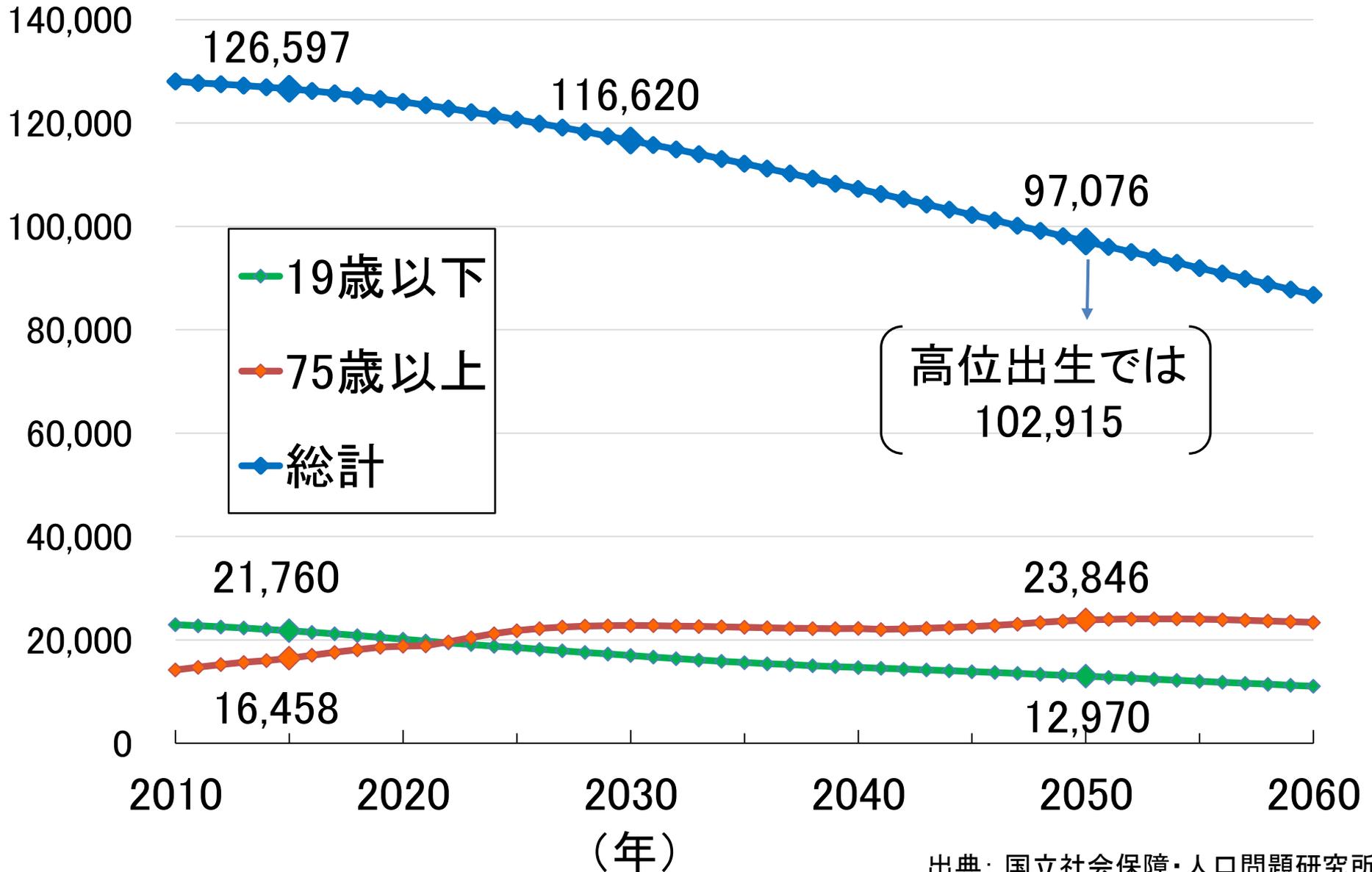
2050年低炭素社会の姿

1. 人口変化
2. 年齢別就業者変化
3. 産業別付加価値とCO₂排出量
4. 2050年への社会変化
5. 再生可能エネルギー技術、コスト
6. 2050年電源構成とコスト
(CO₂排出量80%削減可能、自然と調和)
7. まとめ

(技術シナリオ作成方法論詳細についてはポスター参照)

2010～2060年 人口変化 (出生・死亡中位ケース)

(単位:千人)



総人口・就業者数(2015年・2050年) (単位:千人)

| | 人口 | | 就業者数 | | 就業者割合 | |
|-------|---------|--------|--------|--------|-------|-------|
| | 2015年 | 2050年 | 2015年 | 2050年 | 2015年 | 2050年 |
| 0～14歳 | 15,830 | 9,390 | 0 | 0 | | |
| 15～19 | 5,930 | 3,580 | 930 | 560 | 16% | 16% |
| 20～24 | 6,120 | 3,810 | 4,030 | 2,510 | 66% | 66% |
| 25～29 | 6,540 | 4,070 | 5,390 | 3,320 | 82% | 82% |
| 30～59 | 49,750 | 32,460 | 40,780 | 28,210 | 82% | 87% |
| 60～64 | 8,480 | 6,090 | 5,340 | 4,120 | 63% | 68% |
| 65～69 | 9,720 | 6,630 | 3,990 | 3,310 | 41% | 50% |
| 70歳以上 | 24,240 | 31,050 | 3,300 | 5,280 | 14% | 17% |
| 総数 | 126,610 | 97,080 | 63,760 | 47,310 | 50% | 49% |

需要増;子育て,教育等サービス,低炭素,適応 供給;生産性向上

出典:総務省統計局

CO₂排出量と付加価値 (2013年)

a) 付加価値額 順位(1~5位) (2050年,②/①の目標値420t/B¥)

| | 産 業 | ①付加価値(兆円) | ②CO ₂ 排出量(Mt) | ②/① |
|---|------------|------------|--------------------------|-----|
| 1 | 卸売業・小売業 | 71 (13.6%) | 63.3 (5.1%) | 893 |
| 2 | 不動産業・物品賃貸業 | 66 (12.7%) | 18.5 (1.5%) | 279 |
| 3 | 公務 | 60 (11.4%) | 4.5 (0.4%) | 76 |
| 4 | 医療・福祉 | 37 (7.0%) | 29.0 (2.3%) | 790 |
| 5 | 建設業 | 31 (6.0%) | 12.3 (1.0%) | 390 |
| | 合 計 | 265 (51%) | 127.7 (10%) | 481 |

(GDP比)

(全CO₂比)

b) CO₂排出量 順位

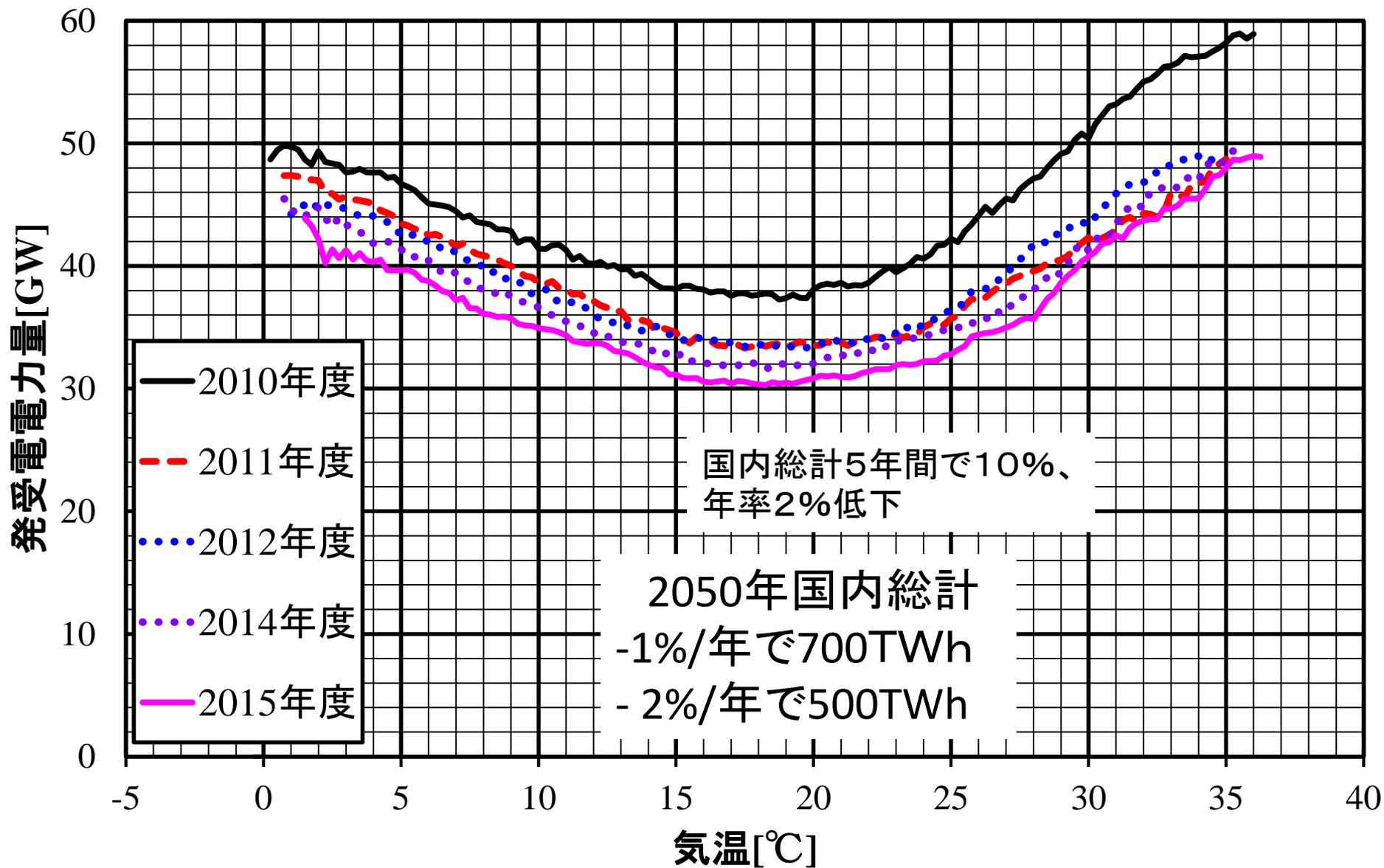
| | 産 業 | ②CO ₂ 排出(Mt) | ①付加価値(兆円) | ②/① |
|---|--------------|-------------------------|-------------|--------|
| 1 | 運輸業・郵便業・運輸燃料 | 259 (20.7%) | 26.6 (5.1%) | 9,800 |
| 2 | 鉄鋼業 | 200 (15.9%) | 6.0 (1.1%) | 33,600 |
| 3 | 電気ガス熱供給水道業 | 172 (13.7%) | 9.1 (1.7%) | 18,900 |
| 4 | 化学工業 | 82 (6.5%) | 8.0 (1.5%) | 10,300 |
| 5 | 石油製品・石炭製品製造業 | 66 (5.2%) | 4.4 (0.8%) | 15,100 |
| | 合 計 | 779 (62%) | 54.0 (10%) | 14,400 |

C) 付加価値あたりのCO₂排出量（低い順）

（2050年②/①の目標値＝420t-CO₂/B¥）

| | 産 業 | ②/① | ② CO ₂ 排出量 (Mt) | ① 付加価値 (兆円) |
|----|--------------------------|-------|-------------------------------|----------------|
| 1 | 金融業、保険業 | 107 | 2.5 (0.2%) | 23.5 (4.5%) |
| 2 | 不動産業・物品賃貸業 | 279 | 18.5 (1.5%) | 66.3 (11.4%) |
| 3 | 建設業 | 390 | 12.3 (1.0%) | 31.5 (6.0%) |
| 4 | 農業、林業 | 654 | 4.2 (0.3%) | 6.5 (1.2%) |
| 5 | 情報通信業 | 716 | 20.6 (1.6%) | 28.8 (5.5%) |
| 6 | 医療、福祉 | 790 | 29.1 (2.3%) | 36.8 (7.0%) |
| 7 | サービス業（公務、教育、 研究、生活など） | 859 | 96.7 (7.7%) | 112.6 (21.5%) |
| 8 | 卸売業、小売業 | 893 | 63.3 (5.1%) | 71.0 (13.6%) |
| 9 | 宿泊業、飲食サービス業 | 3,470 | 48.8 (3.9%) | 14.1 (2.7%) |
| 10 | 製造業 | 6,625 | 698.9 (55.7%) | 105.5 (20.2%) |
| 11 | 運輸業、郵便業 | 9,760 | 259.2 (20.7%) | 26.6 (5.1%) |
| | 合 計 | 2,400 | 1,254 | 523.1 |

東電管内発受電電力量(平日9-21時)



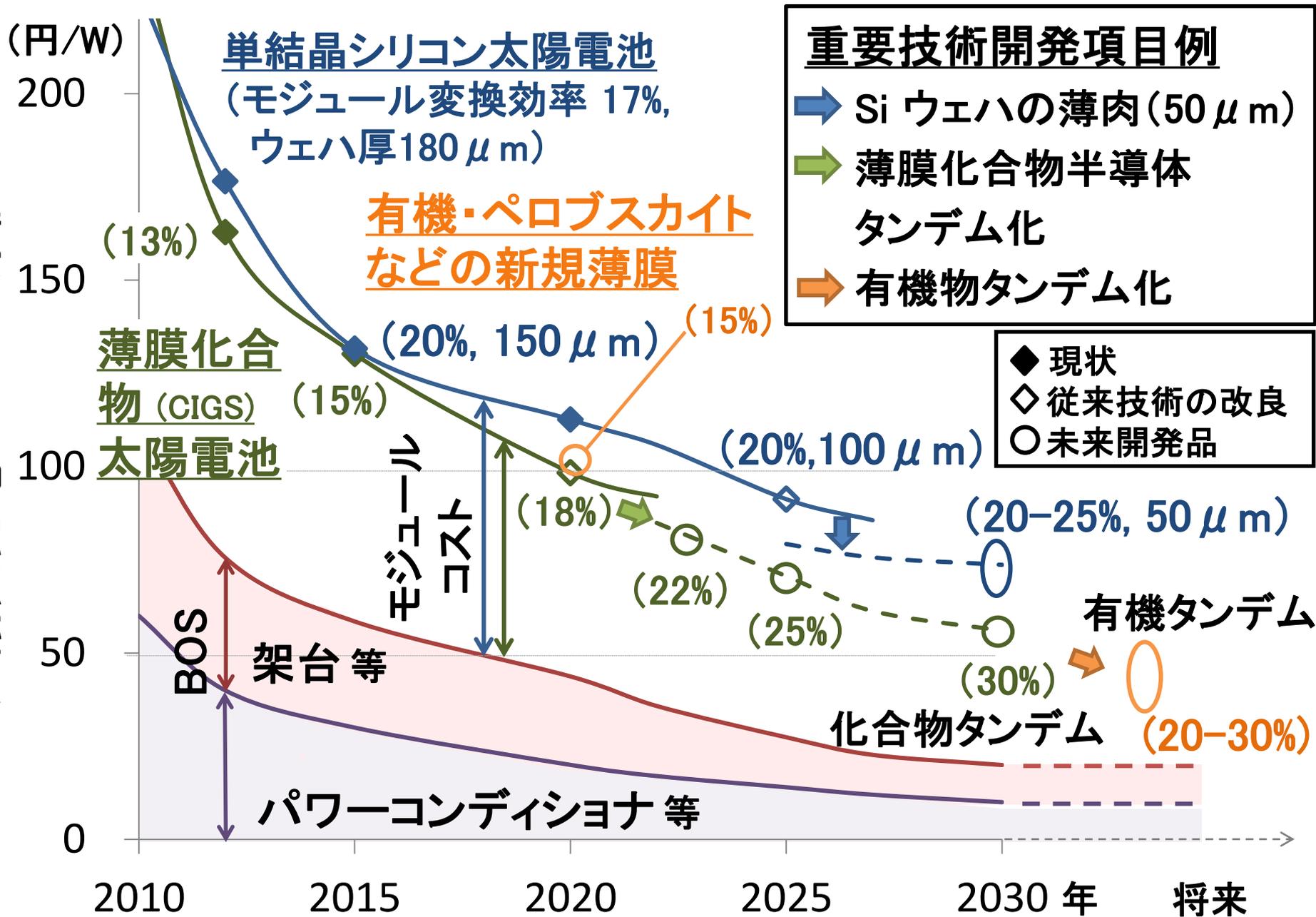
現在から2050年への変化

| | 変化割合 (%) | 年率変化 (%/年) | 変化値 |
|-----------------|-------------|---------------|----------------|
| 人口 | -23 | -0.7 | 1.27 → 0.97億人 |
| 労働人口 | -25 | -0.8 | 0.64 → 0.48億人 |
| GDP | +15 | 0.4 | 523 → 600兆円 |
| 一人当たりGDP | +50 | 1.2 | 4.1 → 6.2百万円/人 |
| エネルギー | -40 | -1.5 | 20 → 12EJ |
| CO ₂ | -80 | -4.5 | 12.5 → 2.5億t |

生産性向上; AI, 超自動化, システム化, 省エネ, 電化, 産業構造変化

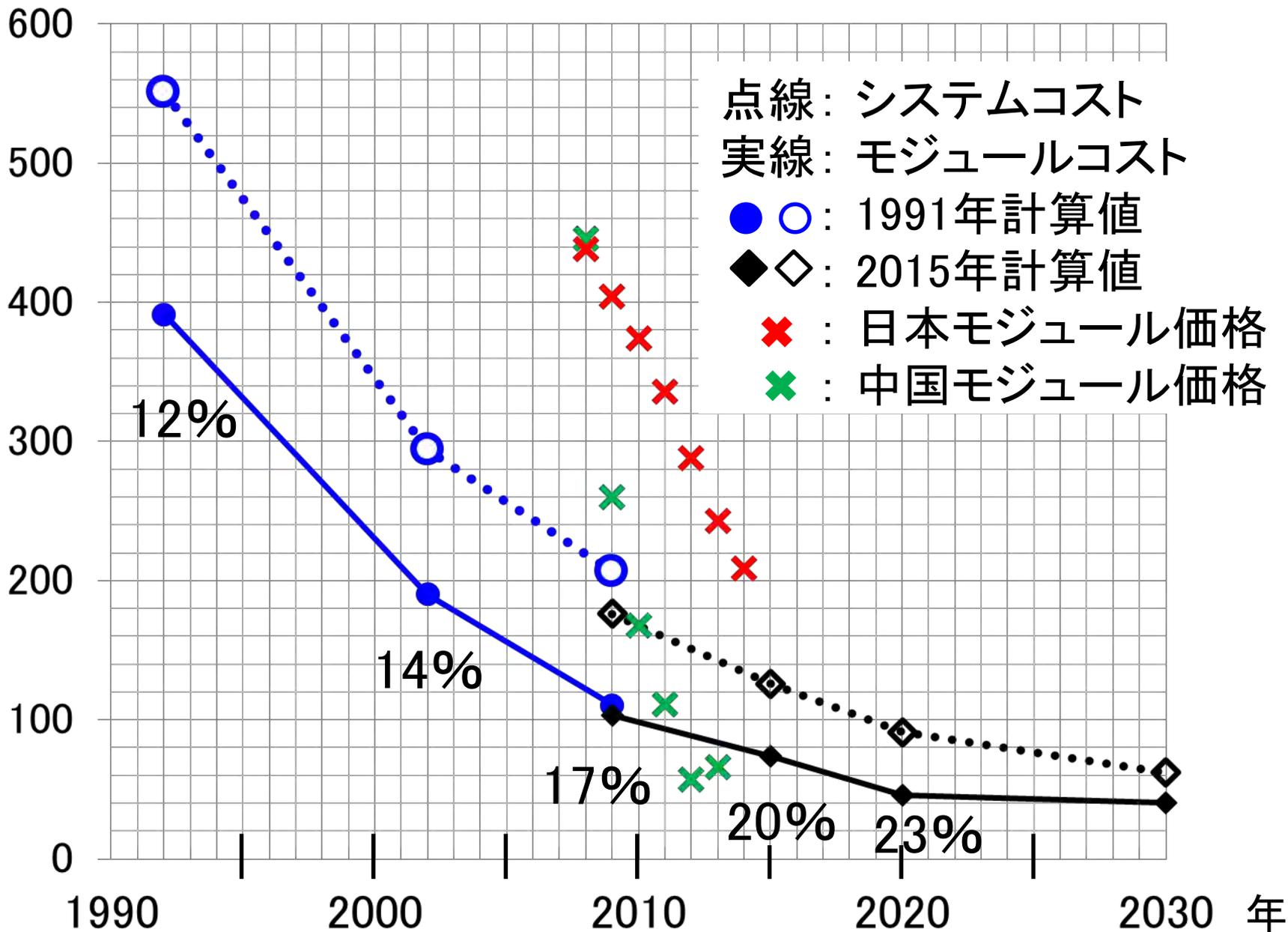
太陽光発電システムの発展と原価の展望

太陽光発電システム原価



太陽光発電モジュール・システム製造コスト

モジュール製造コスト(円/W)



木質バイオマスをどの用途に向けるか

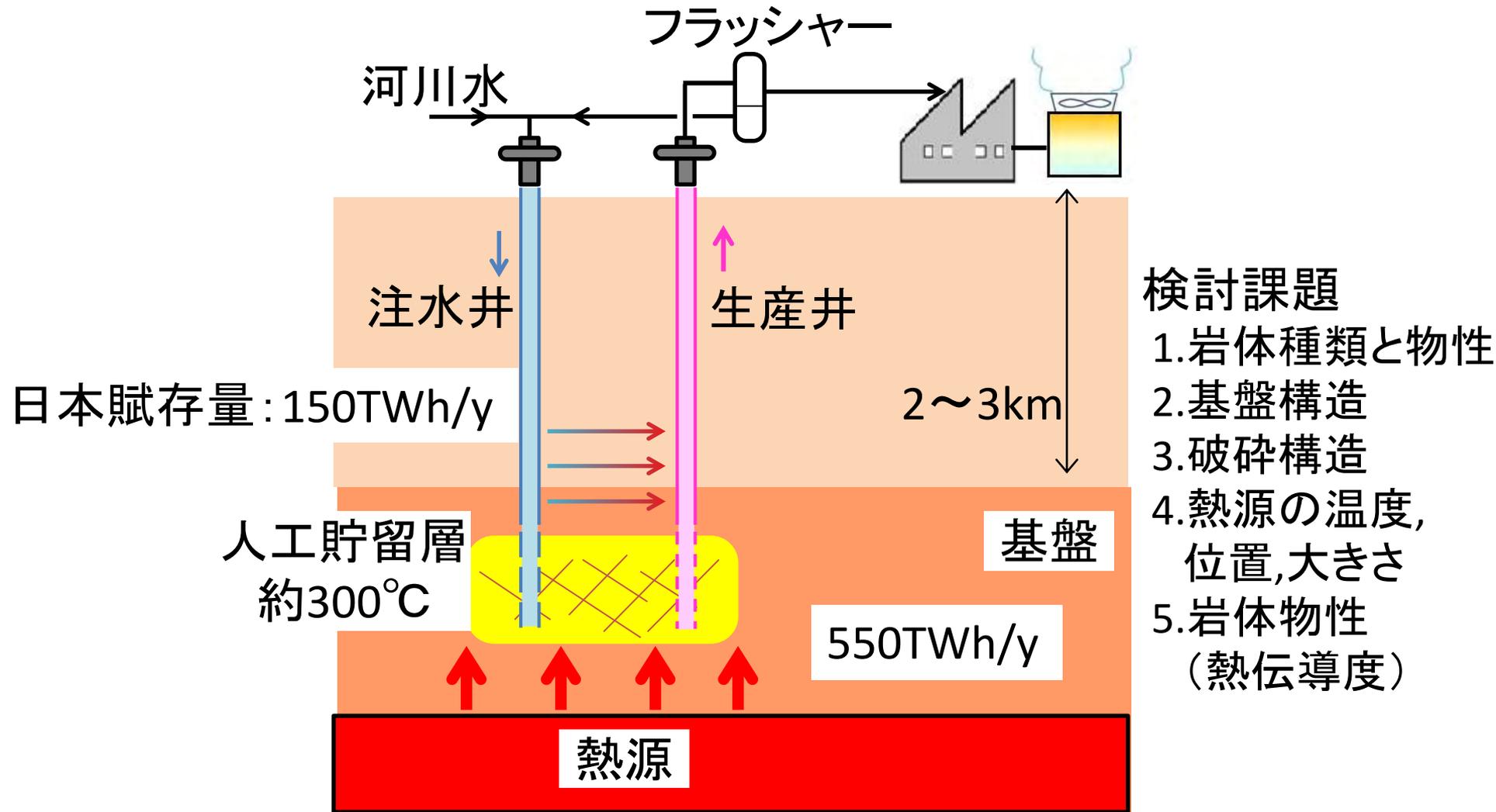
| 用途例 | バイオマス年間必要量 |
|--------------|-------------------------------------|
| 木材(用材、パルプ) | 現総需要7200万 m^3 (国産2800万 m^3) |
| 合成樹脂(500万トン) | 6000万 m^3 |
| 水素(電力100TWh) | 2億 m^3 |

日本の森林成長量：1～2億 m^3 /年

全バイオマス発熱量：0.9～1.8 EJ/年(日本エネ消費量の5～10%)

緩斜面では現状コストの1/3、エネルギー換算で石炭の1.5倍
のコスト 0.5円/MJ (4,000円/ m^3 木材)に低減可能である。

高温岩体発電実現に向けた地下構造理解の重要性



利用効率98% 高温岩体発電100TWh(30GW)に必要な水量11億m³/年 (河川量の0.5%), 発電コスト 7円/kWh

リチウムイオン電池の現状と将来シナリオ

| | | | 現状 | 2020年 | 2030年 |
|------------------------------------|-----|------|--|--|------------------------------|
| | | | Ni系電池 | Ni系電池 | Li ₂ O系 |
| 生産規模[GWh _{ST} /y] | | | 1 (10) | 10 | 10 |
| 収率 [%] | | | 66 (90) | 90 | 90 |
| エネルギー密度[Wh _{ST} /kg] | | | 250 | 340 | 500 |
| 活物質(正極/負極) | | | LiNi _{0.85} Co _{0.12} Al _{0.03} O ₂ /黒鉛 | LiNi _{0.85} Co _{0.12} Al _{0.03} O ₂ /黒鉛 | Co-Li ₂ O/ SiO |
| 正/負極容量密度 [mAh/g] | | | 200/300 | 270/380 | 440/2000 |
| 正/負極の 実容量対理論値の比 | | | 0.71/0.78 | 0.97/0.99 | 0.75/0.75 |
| 製造コスト [円 /Wh _{ST}] | 変動費 | 原材料費 | 10.2 (7.5) | 4.8 | 2.8 |
| | | 用役費 | 0.5 (0.4) | 0.4 | 0.3 |
| | 固定費 | | 3.2 (1.7) | 1.4 | 2.1 |
| | 合計 | | 13.9 (9.6) | 6.6 | 5.2 |

発電コスト(円/kWh)とCO₂排出量原単位(g-CO₂/kWh)

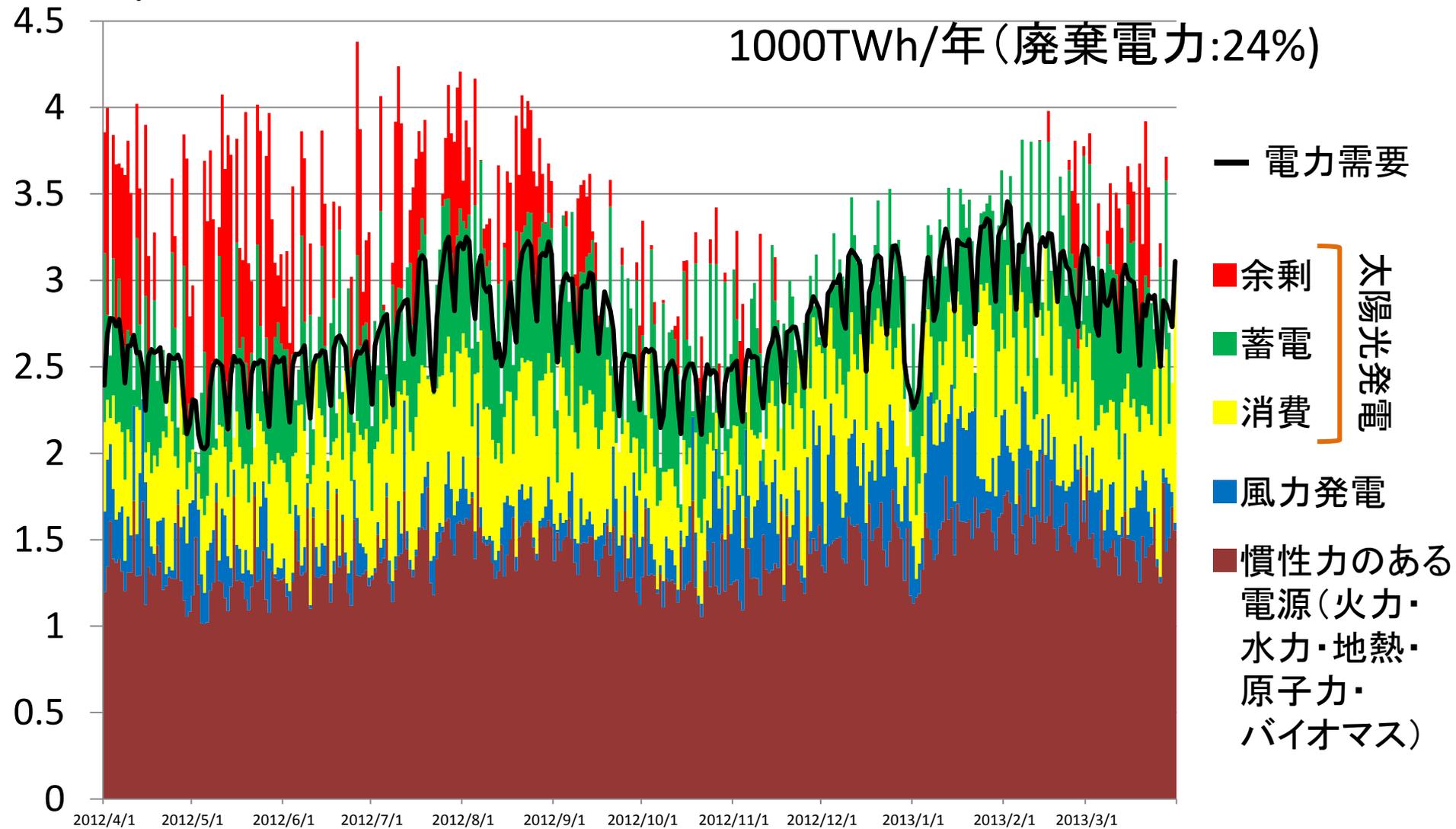
| | 2013 | | 2030 | | 2050 | |
|-------|------|-----------------|------|-----------------|------|-----------------|
| | コスト | CO ₂ | コスト | CO ₂ | コスト | CO ₂ |
| 原子力 | 8.8 | — | 8.8 | — | 8.8 | — |
| 一般水力 | 10.8 | — | 10.8 | — | 10.8 | — |
| 石炭 | 7.7 | 864 | 7.8 | 810 | 7.8 | 810 |
| LNG | 10.8 | 376 | 11.4 | 341 | 11.8 | 341 |
| 石油 | 16.7 | 695 | 17.9 | 695 | 18.9 | 695 |
| 太陽光 | 16.0 | — | 9.5 | — | 5.7 | — |
| 風力 | 14.1 | — | 10.2 | — | 8.4 | — |
| 地熱 | 12.5 | — | 12.5 | — | 8.0 | — |
| バイオマス | 33.6 | — | 10.9 | — | 10.9 | — |

(2030年は2020年、2050年は2030年技術で計算、CO₂排出は燃料燃焼分のみ)

1日ごとの各電源の発電量 (2050年80%削減シナリオ)

TWh/日

1000TWh/年(廃棄電力:24%)



2050年CO₂80%削減時(113Mt-CO₂)の電力供給量とコスト

| 電力供給 (TWh) | | 700 | 800 | 900 | 1000 |
|---------------|--------|------|------|-------|-------|
| 年間発電電力量 (TWh) | 原子力 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 水力 | 130 | 130 | 130 | 130 |
| | 石炭 | 70 | 32 | 0 | 0 |
| | LNG | 143 | 238 | 317 | 317 |
| | 太陽光 | 328 | 369 | 433 | 531 |
| | 風力 | 83 | 89 | 103 | 218 |
| | 地熱 | 12 | 12 | 12 | 12 |
| | 地熱(高温) | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | バイオマス | 25 | 30 | 31 | 31 |
| | 合計 | 791 | 900 | 1,025 | 1,239 |
| 蓄電池容量 (GWh) | | 455 | 527 | 621 | 810 |
| 水素 (TWh) | | 0 | 0 | 6 | 54 |
| 揚水 (TWh) | | 67 | 66 | 70 | 74 |
| 発電コスト (¥/kWh) | | 11.4 | 11.5 | 11.7 | 12.8 |

2050年電力消費量と限界CO₂削減率（90%以上）

| 電力消費量(TWh) | | 700 | | 800 | | 900 | 700 |
|--------------|--------|------|-------|------|-------|-------|-------|
| 削減率(%) | | 90 | 94 | 90 | 92 | 89 | 100 |
| 年間発電電力量(TWh) | 原子力 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 |
| | 水力 | 130 | 109 | 130 | 116 | 123 | 114 |
| | 石炭 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | LNG | 159 | 95 | 159 | 133 | 173 | 2 |
| | 太陽光 | 250 | 520 | 417 | 545 | 568 | 496 |
| | 風力 | 127 | 218 | 160 | 229 | 242 | 220 |
| | 地熱 | 12 | 5 | 12 | 6 | 6 | 3 |
| | 地熱(高温) | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| | バイオマス | 12 | 18 | 16 | 21 | 22 | 18 |
| | 合計 | 789 | 1,064 | 993 | 1,150 | 1,233 | 1,054 |
| 蓄電池容量(GWh) | | 313 | 215 | 606 | 329 | 507 | 260 |
| 水素(TWh) | | 8 | 108 | 44 | 103 | 93 | 103 |
| 揚水(TWh) | | 50 | 54 | 54 | 59 | 65 | 49 |
| 発電コスト(¥/kWh) | | 11.4 | 23.8 | 12.4 | 22.8 | 20.5 | 25.8 |

明るい低炭素社会構築による イノベーション進展分野

1. エネルギー
2. 生産性向上機器・システム
3. 子育て、高齢者等の生活支援
4. 教育、研究
5. 生活質向上

技術・組み合わせシステム進歩を
取り入れた街づくりからのボトムアップと
国家戦略からのトップダウンによる
明るい低炭素社会