

2050豊かな ゼロカーボン社会

2022.12.01

科学技術振興機構
低炭素社会戦略センター
山田興一

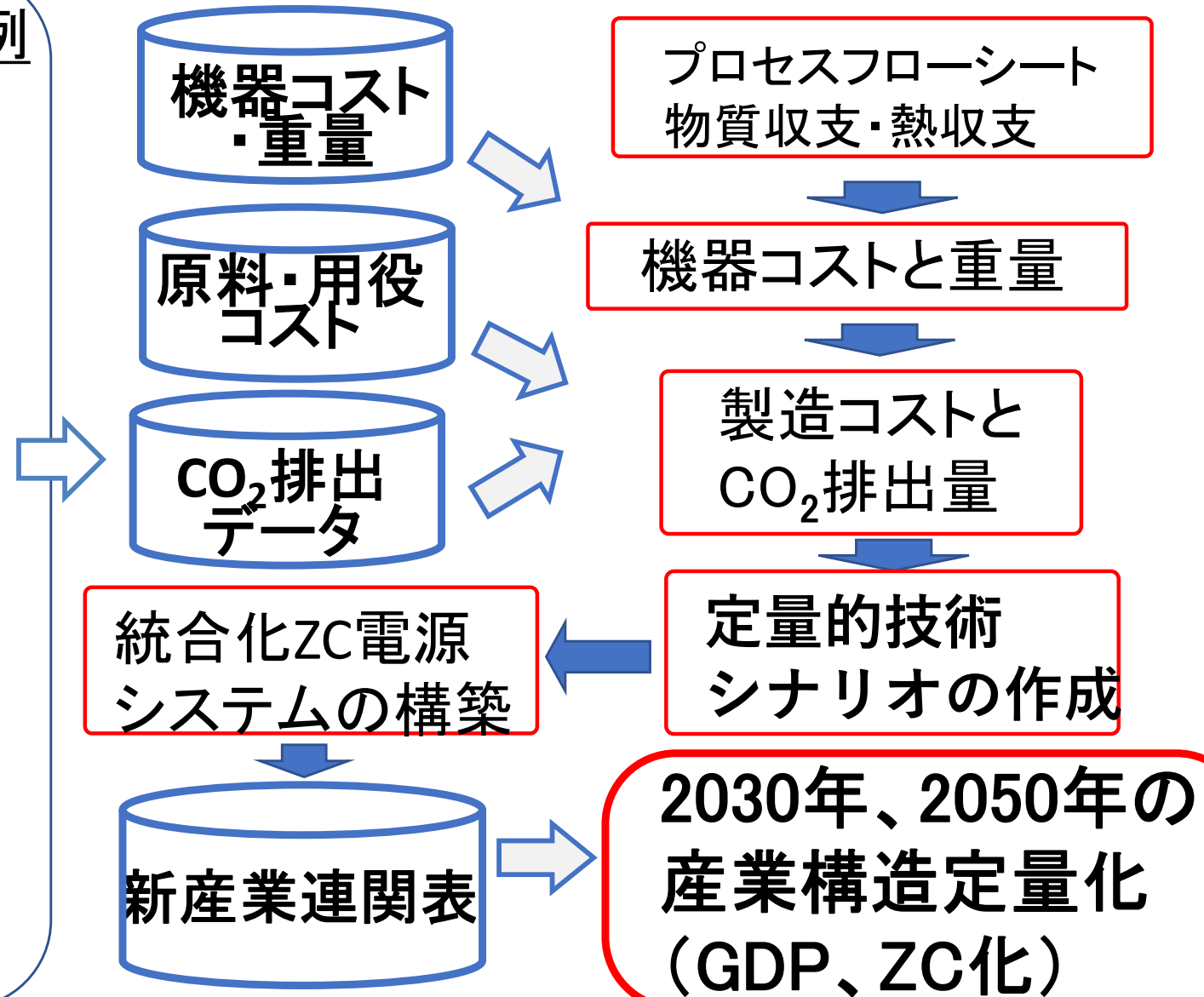
ZC 電力は主要なエネルギー源であり、 2050年にはエネルギー需要が増加する

- ICT関連分野の爆発的な成長により、電力需要が増加する。
- 太陽光発電、風力発電、地熱発電、蓄電池、揚水発電、水素システムなどが重要なシステムとなってくる。その将来コストとCO₂排出量を試算した。
- 30年前に予想した太陽光発電の現在のコスト低下と発電量増大は、ほぼ一致した。

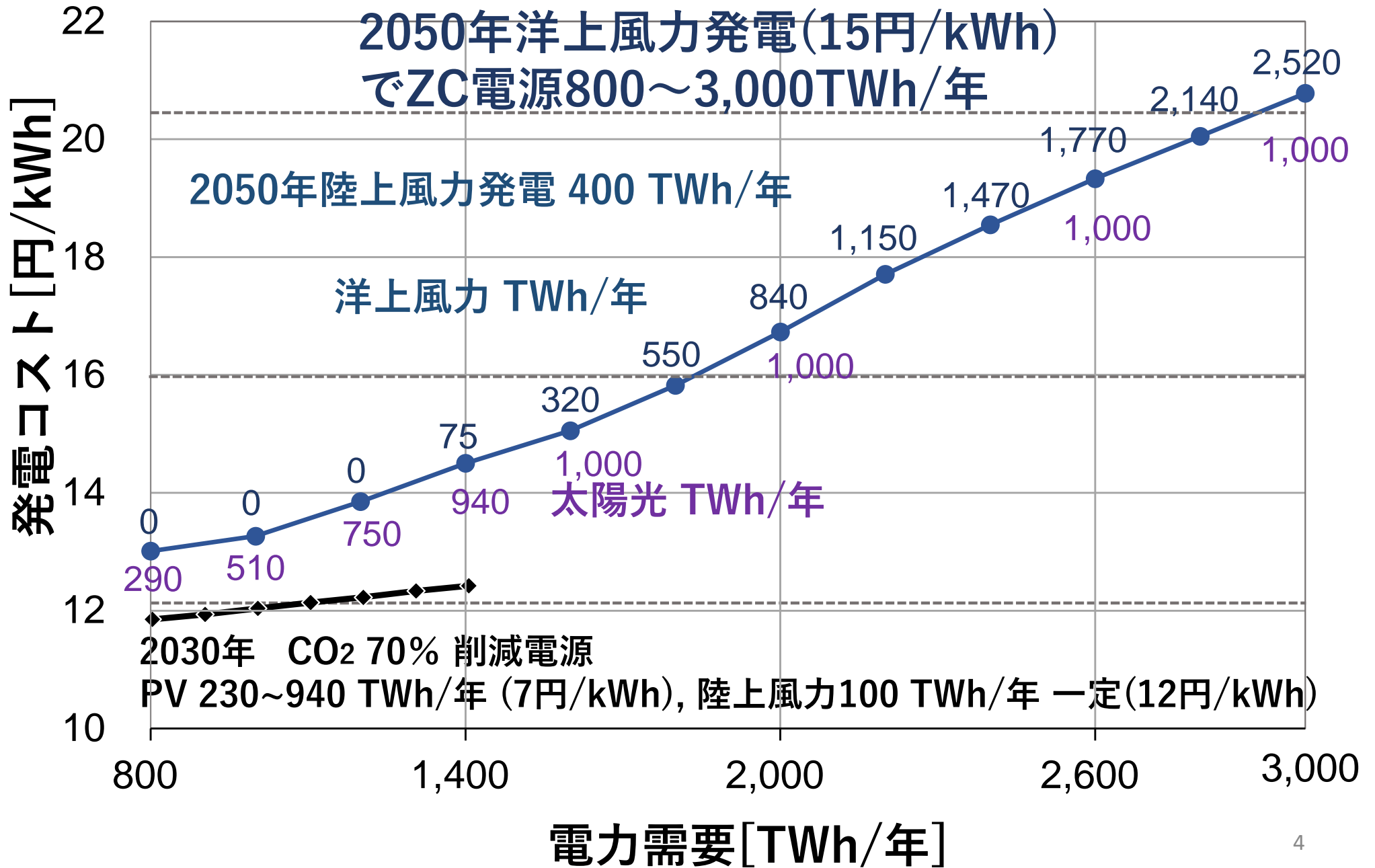
LCS 設計・評価用プラットフォーム

低炭素化技術の例

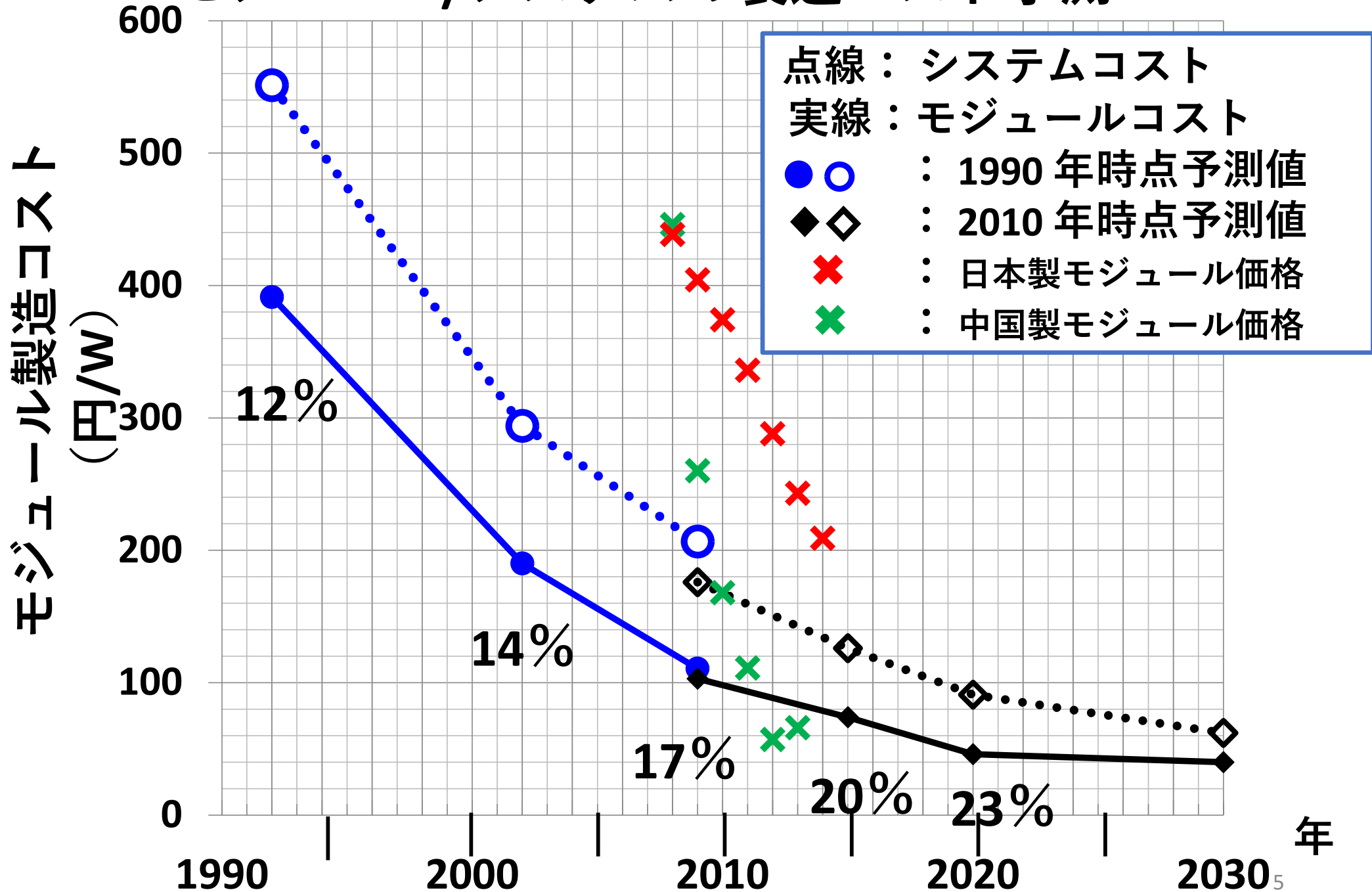
- ・太陽光
- ・風力
- ・中小水力
- ・地熱
- ・木質バイオマス
- ・バイオガス
- ・森林資源
- ・蓄電池
- ・揚水発電
- ・水素
電解/発電
- ・燃料電池
- ・CCS/DAC



発電コストと年間電力需要



科学的知見に基づく太陽電池 モジュール/システムの製造コスト予測



蓄電池の比較

- 鉛電池は、定置用での拡大が見込まれる。
- LiBはエネルギー密度が高く、EV用に適しているが、資源確保やコスト、CO₂排出量に課題がある。

| 蓄電池タイプ | 鉛蓄電池 | | LiB電池 | |
|----------------------------|------------|-----|--------------|--------------|
| | 現在 | 将来 | 現在 | 将来 |
| 充放電回数 @*DOD70 | 4,500 | | 4,000 | |
| 充放電効率 (%) | 87 | | 95 | |
| エネルギー密度 (Wh/kg, (Wh/l)) | 28 (76) | | 277 (626) | 453 (935) |
| セルコスト(¥/Wh) | 7.1 | 3.7 | 12 | 8 |
| システムコスト(¥/Wh) | 24 | 13 | 31 | 20 |
| CO ₂ 排出量 (g/Wh) | 15 | 8 | 68 | 33 |

* DOD : Depth Of Discharge, DOD70は 70% 放電モード時の値

鉄鋼生産量とCO₂排出量の変化

| 年 | 2013 | | 2030 | | 2050 | |
|-------------------------------------|-------------------------|------------------------|-----------|------------------------|-----------|------------------------|
| 品 種 | 百万トン/年 | | | | | |
| | 鉄鋼 生産量 | CO ₂ 排出量 | 鉄鋼 生産量 | CO ₂ 排出量 | 鉄鋼 生産量 | CO ₂ 排出量 |
| 高炉・転炉品 | 86 | 185 | 48 | 95 | 20 | 30 |
| 電炉品 | 25 | 15 | 32 | 14 | 50 | 3 |
| 合計 | 111 | 200 | 80 | 109 | 70 | 33 |
| | | (基準) | | (45%減) | | (70%減) |
| 高炉・転炉 CO ₂ 排出量 原単位 | t-CO ₂ /t-鉄鋼 | | | | | |
| | 2.15 | | 1.98 | | 1.5 | |

電力CO₂原単位は2030年70%減、2050年100%減になる。
2050年ゼロカーボンにするためのCCS+DACCS費用見込みは
4,000円/t-鉄鋼と低い。

国内外CCS/DACS コストとCO₂排出量ケーススタディ

| | ケース1 | ケース2 | ケース3 | ケース4 |
|--------------------|---------------------------------------|---------|---------------------|---------|
| | 国内立地・国内貯留(1,000km) | | 海外立地・海外貯留(11,000km) | |
| | DACS | CC+DACS | DACS | CC+DACS |
| | ¥/kg-CO ₂ | | | |
| CO ₂ 捕集 | 35 | 7 | 25 | 4 |
| CO ₂ 輸送 | 2 | 2 | 0 | 0 |
| CO ₂ 注入 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 |
| 合計 | 37 | 9 | 25 | 4 |
| | g-CO ₂ /kg-CO ₂ | | | |
| CO ₂ 捕集 | 11 | 0.4 | 11 | 0.4 |
| CO ₂ 輸送 | 26 | 26 | 0 | 0 |
| CO ₂ 注入 | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.05 |
| 合計 | 37 | 26 | 11 | 0.5 |

コスト算出の主な前提条件 1.NG: 国内1.5¥/MJ, 海外0.35¥/MJ

2.電力単価: 国内12¥/kWh, 海外6¥/kWh

注: 海外貯留依存は、価格は上記の数倍が予想され、尚且つ実現困難である。

産業連関分析結果 -2030年-

| 年 | 2015 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 | 2030 |
|----------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 電力需要 (TWh/年) | 1,000 | 1,120 | 1,190 | 1,200 | 1,206 | 1,210 |
| 発電部門CO ₂ 削減率(%) | - | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 |
| 電力コスト (円/kWh) | 20.3 | 9.2 | 9.2 | 9.2 | 9.2 | 9.2 |
| ソフトウェア輸出(兆円) | 0.4 | 4.3 | 6.0 | 6.0 | 6.0 | 6.0 |
| ソフトウェア輸入(兆円) | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.4 |
| 機械製品輸出 (兆円) | 9.8 | 9.8 | 11.7 | 13.9 | 15.9 | 17.7 |
| 海外観光客 (兆円) | 1.1 | 1.1 | 1.7 | 4.6 | 6.8 | 6.8 |
| GDP (兆円) | 533 | 565 | 595 | 599 | 603 | 605 |
| 輸出 (兆円) | 87 | 89 | 94 | 99 | 103 | 105 |
| 輸入 (兆円) | 102 | 98 | 102 | 102 | 103 | 103 |
| CO ₂ 排出量 (Mt) | 1,227 | 718 | 740 | 748 | 755 | 758 |
| 排出削減率(%) 2013年比 | 6 | 45 | 44 | 43 | 42 | 42 |

GDPの年間平均成長率は+0.8%/年[2015年(533兆円)と2030年(605兆円)]。

産業連関分析結果 -2050年-

| 年 | 2015 | 2050 | 2050 | 2050 | 2050 | 2050 |
|----------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 電力需要 (TWh/年) | 1,000 | 1,698 | 2,276 | 2,435 | 3,003 | 3,223 |
| 発電部門CO ₂ 削減率(%) | - | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 電力コスト (円/kWh) | 20.0 | 11.3 | 15.8 | 15.8 | 21.6 | 25.0 |
| ICT-家計支出 (兆円) | 1.8 | 9 | 195 | 195 | 780 | 780 |
| ICT-資本形成 (兆円) | 9.3 | 47 | 71 | 71 | 71 | 71 |
| ICT-輸出 (兆円) | 0.4 | 2 | 42 | 91 | 91 | 91 |
| ICT-輸入係数 | 0.078 | 0.008 | 0.078 | 0.008 | 0.078 | 0.008 |
| GDP (兆円) | 553 | 708 | 930 | 1,014 | 1,472 | 1,573 |
| 輸出 (兆円) | 87 | 119 | 161 | 209 | 209 | 209 |
| 輸入 (兆円) | 102 | 106 | 168 | 132 | 265 | 165 |
| CO ₂ 排出量 (Mt) | 1,227 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 排出削減率(%) 2013年比 | 6 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |

GDPの年間平均成長率は+3.1%/年[2015年(533兆円)と2050年(1,573兆円)]。

産連分析結果 -2050年 (CCS,DACなし)-

| 年 | 2015 | 2050 | 2050 | 2050 | 2050 | 2050 |
|----------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 電力需要 (TWh/年) | 1,000 | 1,679 | 2,260 | 2,418 | 2,987 | 3,207 |
| 発電部門CO ₂ 削減率(%) | - | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 電力コスト (円/kWh) | 20.0 | 11.3 | 15.8 | 15.8 | 21.6 | 25.0 |
| ICT-家計支出 (兆円) | 1.8 | 9 | 195 | 195 | 780 | 780 |
| ICT-資本形成 (兆円) | 9.3 | 47 | 71 | 71 | 71 | 71 |
| ICT-輸出 (兆円) | 0.4 | 2 | 42 | 91 | 91 | 91 |
| ICT-輸入係数 | 0.078 | 0.008 | 0.078 | 0.008 | 0.078 | 0.008 |
| GDP (兆円) | 553 | 709 | 931 | 1,014 | 1,473 | 1,573 |
| 輸出 (兆円) | 87 | 119 | 161 | 209 | 209 | 209 |
| 輸入 (兆円) | 102 | 105 | 167 | 131 | 264 | 164 |
| CO ₂ 排出量 (Mt) | 1,227 | 141 | 141 | 144 | 159 | 163 |
| 排出削減率(%) 2013年比 | 6.3 | 89 | 89 | 89 | 88 | 88 |

CCS、DACなしのときの部門別CO₂排出量

| 年 | 2015 | 2050 | 2050 | 2050 | 2050 | 2050 |
|---------------------------|-------|------|------|------|------|------|
| CO ₂ 総排出量 (Mt) | 1,227 | 141 | 141 | 144 | 159 | 163 |
| 漁業 (Mt) | 5 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| 化学工業 (Mt) | 50 | 34 | 33 | 34 | 36 | 37 |
| セメント (Mt) | 43 | 24 | 23 | 24 | 25 | 25 |
| 廃棄物処理 (Mt) | 31 | 36 | 35 | 36 | 40 | 42 |
| 水運 (Mt) | 12 | 10 | 10 | 10 | 11 | 11 |
| 航空輸送 (Mt) | 8 | 9 | 11 | 12 | 17 | 19 |
| 上記6部門以外 (Mt) | 1,078 | 24 | 24 | 25 | 26 | 26 |

- 電力の再エネ化、鉄リサイクル、EV車化、電化、省エネを進めても、この表に示すようにCO₂排出は残る。
- ZCを実現するためにCCSとDACは必要である。

経済的困窮にある学生への支援

- 経済的困窮の学生（推定20万人）が、就学の機会を得て学業に専念できるよう、給付型奨学金制度を充実させる。
- 期限付きポストドクター制度の廃止によりポストドクターの経済基盤を確保し、拡大する情報通信サービス産業を支える人材、新ビジネスを生み出す。
- 支援総額 10兆円/年
- これを産業連関分析の変化として与えた。

まとめ

2050年までのエネルギー関連機器システム、鉄鋼、化学製品などの技術内容、コスト、CO₂排出量を定量化した。これらのデータを、日本社会の姿を定量的に表現できる新しい拡張型産業連関表とリンクさせることにより、さまざまな条件下での現在と未来の社会を定量化することが可能になった。