

# 日本の脱炭素の半分は産業、建築、運輸次第



CO<sub>2</sub>排出量の約50%を占める三大部門の脱炭素への貢献が欠かせない

工場も建物も車も急には入れ替えられない。時間もお金もかかり、大量の廃棄物も出す。

CO<sub>2</sub>排出量削減に加え、新たな価値を生み出す再利用のアイデアが循環型社会を促進する

問題

課題

解決

問題

## 需要側にも省エネ・脱炭素の余地大

エネルギー需要側には、産業、民生、運輸の3部門があり、それぞれ日本のCO<sub>2</sub>排出量(2018年)の25%、10%、18%を占めている。カーボンニュートラルを実現するためには、これらエネルギー需要側の更なる省エネ・脱炭素化が必要である。

鉄鋼業をはじめとする日本の産業部門は、世界的にみても省エネ技術の導入が進展しており、現状技術では省エネ・脱炭素の余地は小さい。一層の省エネ・脱炭素化には革新的な技術を開発する必要がある。

民生(家庭・業務)部門では省エネ住宅・建築物、運輸部門では電気自動車等の省エネ商品が市場投入されているが、十分普及していない。さらに、商品の利用段階だけでなく、製造・利用・リサイクル・廃棄にわたるライフサイクル全体でのCO<sub>2</sub>削減の取り組みも求められる。

世界的には、デジタル社会、特にAI利用の飛躍的増加に伴う消費電力増大が問題となっている。



業務部門・家庭部門を合計した電力需要は、省エネ対策を取らない場合、2013年度の6,073億kWhから2030年度には6,870億kWhへと13%の増加が見込まれている。省エネ対策が取られた場合の2030年度の電力需要は5,110億kWhと推計されており、目標通り省エネ対策を進めることは、1,760億kWhの電力消費、3.4兆円の電力コストを抑制することにつながる。

※電力総合単価(業務部門)の電気料金=17.61円/kWh。電力総合単価(家庭部門)の電気料金=22円/kWh(エネルギー・経済統計要覧2016年度)。(A)

## 課題解決のポイント

産業部門：製造プロセスの脱炭素化とCO<sub>2</sub>の回収・資源化の技術革新

産業部門では、製造プロセスの技術革新により脱炭素化を進める必要がある。鉄鋼業においては、コークスの燃焼ではなく水素を用いて鉄鉱石から鉄分を取り出す水素還元製鉄の研究開発などが進められている。

また、製造プロセスで発生するCO<sub>2</sub>を事後的に分離・回収し、貯留もしくは使用するCCUS (Carbon Capture, Utilization and Storage) も有効である。産業部門は、比較的限定された場所から一定量のCO<sub>2</sub>が排出されるため、民生部門、運輸部門よりもCO<sub>2</sub>の回収が容易である。

回収したCO<sub>2</sub>を地中等に貯留するのではなく、炭素資源として利用することも脱炭素化には効果的である。①セメント原料として使う、②トリ・ジェネレーション (熱源から生産される熱、電気に加え、発生するCO<sub>2</sub>も有効活用するエネルギー供給システム) において植物工場で利用する、③CO<sub>2</sub>をギ酸に変えて燃料電池の材料として使うなどの技術開発が進められている。

## 課題解決のポイント

## 民生部門：省エネ住宅・建築普及、IoT活用によるエネルギー技術革新

住宅・建築では、ZEH (net Zero Energy House)、ZEB (net Zero Energy Building) という省エネ住宅・建築物を普及させることが政府のエネルギー基本計画の政策目標である<sup>17</sup>。そのためには、これらに対する消費者の認知度を高める一方、省エネ基準への習熟度が低い中小工務店に対し専門教育を行うことも必要である。

デジタル化に対応し、IoTを活用したエネルギー関連の技術革新を行うことも効果的である。複数のセンサーが付いた無線端末のネットワークを構築し、得られたデータを活用することで、空間快適性を維持しながらエネルギー消費を最適化することが可能となる。

## 運輸部門：車載用電池・FCV等技術開発、シェアリング・共同輸送の促進

運輸部門も、省エネ・脱炭素を促進する商品の普及が求められる。特に、CO<sub>2</sub>の直接排出量の85%を占める自動車分野の取り組みが重要である。

自家用車では、電動車の普及に向けて、車載用電池の技術開発、航続距離、安全性を向上させることが求められる。さらに、資源の有効活用という観点からは、カーシェアリングを通じて自家用車の稼働率を向上させることも望まれる。

貨物自動車においては、現在4割程度にとどまる積載率を最適レベルに引き上げるために、業者やメーカーが連携して共同輸送等に取り組む必要がある。公共交通においても、乗り合いタクシーやデマンドバスなどにより平均乗車人員や稼働率を高める工夫が求められる。貨物自動車については、航続距離、積載量、燃料充填時間という点でメリットの大きい燃料電池車(FCV)の開発を促進することも有効といえる<sup>18</sup>。

また、自動車は、走行時だけでなく、部品材料の取得時、製品の製造時、そして廃棄時にもCO<sub>2</sub>が排出されるため、ライフサイクル全体で脱炭素効果を高めることが求められる。

### 解決

## 解決への糸口【技術動向】

### ① 産業部門

実用化時期

#### 製造プロセスの技術革新

- 電炉による鉄鋼生産は、CO<sub>2</sub>排出量が高炉の約4分の1であることに加え、鉄スクラップを再生利用する循環型社会の観点から注目されている。なお、スクラップに混入している銅などの不純物や、溶融時に窒素が混入することで、電炉で製造できる鋼種には制約があり、高級鋼の製造は困難といわれてきたが、現在、技術開発が進展している<sup>19</sup>。
- セメントの主原料である生石灰は、石灰石の脱炭酸反応を利用する現行の製造方法では、CO<sub>2</sub>が発生する。このセメント製造工程のCO<sub>2</sub>を再資源化し、セメント原料や土木資材として再利用する技術の開発や、実用化に向けた実証試験が行われている<sup>20</sup>。
- 素材を生産する化学品製造プロセスのエネルギー消費は大きいため、革新的生産プロセスの開発が進められている。特定の化学反応を促進させる物質として「触媒」があるが、AIを活用して、触媒を発見することで、短期間で圧倒的にエネルギー効率の高い製造プロセスを見出す可能性がある。

2020-25

2025-35

2025-35

#### 参考事例

国立研究開発法人産業技術総合研究所の触媒化学融合研究センターは、触媒反応をAIで予測する技術を開発した<sup>21</sup>。産総研では触媒化学と情報科学を融合させた「キャタリストインフォマティクス」を提唱しており、触媒開発期間の大幅な短縮への活用が期待される。

## カーボンリサイクル技術

- 発電所や製造工場の排気ガスなど、CO<sub>2</sub>が発生している場所でCO<sub>2</sub>を分離・回収する技術の開発が進んでいる。現在、化学吸収法・物理吸収法・固体吸収法・膜分離法などがあり、コスト低減と所要エネルギー削減が課題である。
- 大気中からCO<sub>2</sub>を直接吸収分離するDAC (Direct Air Capture) は、国際宇宙ステーションや潜水艦といった特殊な分野で使われてきたが、カーボンニュートラル実現に向けて、実証機の開発、商用化が進展している。

2025-35

2025-35

### 参考事例

スイスの大学発のベンチャーであるClimeworks社は、DAC技術を利用したCO<sub>2</sub>プラントを始めて商業化した。回収したCO<sub>2</sub>はコカ・コーラの販売する炭酸水に使われるなど取り組みがなされている。また、同社は、アイスランドで毎年4,000トンのCO<sub>2</sub>の回収が可能なプラントを2021年に完成させた。稼働に必要なエネルギーは、近くにある地熱発電所の再エネでまかない、回収したCO<sub>2</sub>は、地中奥深くに埋めるという計画<sup>22</sup>。

## ② 民生(業務・家庭)部門

### 省エネ住宅・建築物

- 機器や動力をできるだけ使わずに自然光や太陽光を取り入れるパッシブソーラーを取り入れることで、エネルギー消費を抑制しつつ、快適な暮らしを実現しようとするパッシブハウスの建築が進んでいる<sup>23</sup>。

2020-25

### エネルギーマネジメント

- 家庭・ビル・工場で、IoTを活用したエネルギーマネジメントサービス(HEMS/BEMS/FEMS等)の活用が広がっている。
- 身の回りにある熱や振動などの密度の低いエネルギーを「収穫」して電気エネルギーに変換する「エネルギーハーベスティング」技術が注目されている。これをセンサーに取り入れることで、電力コストがかからないセンサーネットワークを自由に張り巡らせることが可能になる。エレベーターや自動販売機、建設機械などに導入されているが、トンネルや橋梁等のインフラ老朽化の監視にも応用できる可能性がある<sup>24</sup>。

2020-25

2020-25

### 参考事例

マットを踏んだ時とマットから離れた時に、自己発電を用いて異なる二種類の無線ID送信することで、滞在時間等の行動履歴を把握できるIoTセンサーマットが商品化された(グローバルエナジーハーベスト)<sup>25</sup>。

### データセンターにおける省エネ

- データセンターは、寒冷地への設置など気候・環境条件を加味した立地選定によって消費電力を大幅に削減することが可能である。

2020-25

### 参考事例

外気を室内に直接導入しない新たな冷房コンセプトを採用し、省エネとサーバ室内の調湿・除塵など空気環境の安定を両立させる技術開発も行われている(鹿島)<sup>26</sup>。  
冷却の必要性がないデータセンターの開発に取り組んでいる例もある(米国・Microsoft)<sup>27</sup>。

## 情報提供とインセンティブ

- 企業活動が環境に与える負荷の可視化および情報提供が民間主導で進められている。

2020-25

### 参考事例

国際的なNGO団体「CDP」は企業の温室効果ガス排出量等の情報開示を促し、気候変動に関する戦略や対応等が特に優れた企業を「気候変動Aリスト」に掲載している<sup>28</sup>。ESG投資における重要な評価指針の1つとなっており、注目は年々高まっている。

- 世帯構成や居住地域等によって家庭内のエネルギー消費やCO<sub>2</sub>排出量は異なってくる。家族構成の似た近隣の家庭のエネルギー消費量やCO<sub>2</sub>排出量を示すことで、省エネやCO<sub>2</sub>排出量削減のインセンティブを高める取り組みがある。

2020-25

### 参考事例

東京電力では、契約者がプロフィールを入力することで、家族構成等が似た他の家庭と電気の使い方を比較することができる「くらしTEPCO web」を提供している<sup>29</sup>。また、電気料金の請求額を減らすための節約アドバイスをナッジを活用して行うことで、家庭の省エネ行動を促したという実証事業も行われている<sup>30</sup>。

## コミュニティソーラー

- 自宅に屋根を持たず、太陽光発電を設置できない住人であっても、希望者は地域に設置される太陽光発電からの電力供給を受けられるコミュニティソーラーの取り組みが始まっている。再エネを利用可能な住人を増やす効果が期待される。

2020-25

### 参考事例

米・Nexamp社は米国・マサチューセッツ州を中心に個人向け、企業向けのコミュニティソーラーを展開。普段使用している家庭の電力代が10-20%安くなるメリットを提供している<sup>31</sup>。

## 生活者のカーボンニュートラルに向けた行動変容サービス

- 生活者が自身の生活のGHG排出量を見える化し、GHG削減に向けた行動をとりやすくするサービスが一般個人向け、企業の従業員向け、政府からの情報発信で始まっている。

2020-25

### 参考事例

NTT docomoは生活者がより手軽に楽しくカーボンニュートラルに貢献する行動を継続できることを目的に「カボニューレコード」と呼ばれるサービスを提供。位置情報から推定する移動手段の情報、環境配慮商品の購買情報などから、CO<sub>2</sub>削減量や貢献度を自動で算出する他、ゲーム要素を取り入れることで、楽しみながら行動を継続できる仕掛けを取り入れる<sup>32</sup>。環境省・Cool Choiceでは、脱炭素社会の実現に向け、生活者一人ひとりのライフスタイルの転換が重要な点を掲示している（下図）。「ゼロカーボンアクション30」として脱炭素に繋がる行動をサイト上で整理・掲載している<sup>33</sup>。

### 環境省・Cool Choice ゼロカーボンアクション30

<p><b>エネルギーを節約・転換しよう!</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1 再エネ電気への切り替え</li> <li>2 クールビズ・ウォームビズ</li> <li>3 節電</li> <li>4 節水</li> <li>5 省エネ家電の導入</li> <li>6 宅配サービスをできるだけ一回で受け取ろう</li> <li>7 消費エネルギーの見える化</li> </ol>	<p><b>太陽光パネル付き・省エネ住宅に住もう!</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>8 太陽光パネルの設置</li> <li>9 ZEH(ゼッチ)</li> <li>10 省エネリフォーム 窓や壁等の断熱リフォーム</li> <li>11 蓄電池(車載の蓄電池) ・省エネ給湯器の導入・設置</li> <li>12 暮らしに木を取り入れる</li> <li>13 分譲賃貸も省エネ物件を選択</li> <li>14 働き方の工夫</li> </ol>	<p><b>CO<sub>2</sub>の少ない交通手段を選ぼう!</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>15 スマートムーブ</li> <li>16 ゼロカーボン・ドライブ</li> </ol>	<p><b>食ロスをなくそう!</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>17 食事を食べ残さない</li> <li>18 食材の買い物や保存等での食品ロス削減の工夫</li> <li>19 旬の食材、地元の食材でつくった菜食を取り入れた健康な食生活</li> <li>20 自宅でコンポスト</li> </ol>
<p><b>環境保全活動に積極的に参加しよう!</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>30 植林やゴミ拾い等の活動</li> </ol>	<p><b>CO<sub>2</sub>の少ない製品・サービス等を選ぼう!</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>28 脱炭素型の製品・サービスの選択</li> <li>29 個人のESG投資</li> </ol>	<p><b>3R(リデュース、リユース、リサイクル)</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>24 使い捨てプラスチックの使用をなるべく減らす。マイバッグ、マイボトル等を使う</li> <li>25 修理や修繕をする</li> <li>26 フリマ・シェアリング</li> <li>27 ゴミの分別処理</li> </ol>	<p><b>サステナブルなファッションを!</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>21 今持っている服を長く大切に着る</li> <li>22 長く着られる服をじっくり選ぶ</li> <li>23 環境に配慮した服を選ぶ</li> </ol>

環境省ウェブサイト (<https://ondankataisaku.env.go.jp/coolchoice/pdf/zerocarbonaction30.pdf>) より作成

### ③ 運輸部門

#### 電池の技術革新

- 車載用電池で現在主流の液体リチウム電池は、安全性、経済性、充電時間、重量、希少資源への依存など多くの技術課題がある。今後は、全固体電池(2030年頃)、「フッ化物電池」・「亜鉛負極電池」という革新型電池(2035年頃)へと進化することが見込まれている。

2025-35

#### 参考事例

トヨタ自動車は、液体リチウム電池の課題を解決した「全固体電池」を2027年にも電気自動車(EV)に投入する方針を表明した<sup>34</sup>。  
NEDOは、資源制約が少ない安価な材料を使用しながらも、高いエネルギー密度と安全性を両立可能な革新型電池である「フッ化物電池」と「亜鉛負極電池」の研究開発を産官学で開始した<sup>35</sup>。

#### 電動車へのワイヤレス給電

- 路面などに埋め込んだ送電コイルから走行中の車両に給電するワイヤレス給電技術の開発が進められている。この技術によって、車載のバッテリーが小型化・軽量化され、走行・製造・廃棄時のエネルギー消費が削減される。充電時間を気にせず無限走行が可能で、車両の稼働率が向上することも期待される<sup>36</sup>。

2035以降

#### カーボンリサイクル燃料(合成燃料・e-fuel・SAF)

- 商用車は、走行距離等の面から電動化ではなく、従来の内燃機関でCO<sub>2</sub>排出量が少ない燃料を用いる取り組みも効果的である。合成燃料は製造コストが課題であり、コスト削減のための研究開発が世界各国で進められている。航空機向けのジェット燃料においても、バイオマスや廃食油、排ガスなどを原材料とするSAF燃料(持続可能な航空燃料)の開発が進められている<sup>37</sup>。

2025-35

#### 参考事例

航空機で使用する燃料に占めるSAFの割合を、2030年までに10%へ増加させることを目指す2030 Ambition Statementへの世界の航空会社への加盟が増加している<sup>38</sup>。

### ④ 全部門共通

#### 炭素会計プラットフォームによる見える化・GHG削減計画策定

- 自社・サプライチェーンおよび投融資先における排出量を把握する炭素会計サービスが登場し、世界的に普及し始めている。測定の国際基準としては、企業の温室効果ガス排出量を算定する「GHGプロトコル」および、金融機関が投融資先企業の温室効果ガス排出量を算定する「PCAF」がある。

2020-25

- 日本では、第5次エネルギー基本計画(2018年)において、「住宅については、2020年までにハウスメーカー等が新築する注文戸建住宅の半数以上で、2030年までに新築住宅の平均でZEH(Net Zero Energy House; 年間の一次エネルギー消費量の収支がゼロとすることを目指した住宅)の実現を目指す」とする政策目標を設定。経済産業省、環境省、国土交通省の3省が補助金等によるZEH促進施策を行っている。
- 自動車では、使用段階(Tank to Wheel)のみならず、原材料の採取から製造、使用、廃棄に至るライフサイクル全体を通じた環境負荷について評価するライフサイクルアセスメント(LCA)導入の動きがある。欧州では2024年からバッテリーのLCA規制制度の導入が予定されている。また、自動車のCO<sub>2</sub>排出評価をTank to WheelベースからLCAベースに変更することが検討されている。
- 各国で中期的な乗用車の電動化政策が採用されている。英国では、内燃機関車は2030年に、ハイブリッド車は2035年に販売禁止の予定。日本は2035年までに新車販売の100%を電動車とする予定<sup>39</sup>。
- TCFD(気候関連財務情報開示タスクフォース)は2017年6月に最終報告書を公表し、企業等に対し、自社の気候変動関連リスク及び機会を開示することを推奨している。東京証券取引所はコーポレートガバナンスコードの変更により、プライム市場に上場する企業に対してTCFD開示を2022年4月より義務化<sup>40</sup>。
- TCFD以外でも気候変動・脱炭素を目指す国際的イニシアティブに参画する日本企業が増加している。2023年6月時点でTCFDには1,389機関(世界で4,638機関)、温室効果ガスの削減目標を設定するSBTには515社(世界で2,698社)、事業活動で使用する電力を100%再生可能エネルギーにすることを旨とするRE100には81社(世界で412社)が加盟し、いずれも世界で第1位もしくは2位<sup>41</sup>。
- 2022年2月に経済産業省 産業技術環境局より『GXリーグ基本構想』を発表、日本におけるGX(グリーントランスフォーメーション)を牽引していくことが重要な中で、GXに積極的に取り組む「企業群」が、一体として経済社会システム全体の変革を行うための議論と新たな市場の創造のための実践を行う場として「GXリーグ」を設立した<sup>42</sup>。2023年6月時点で日本のGHG排出量の4割以上を占める企業が会員として参画している<sup>43</sup>。
- 温室効果ガスの排出削減または吸収量の増加につながる事業を行った企業へ発行するカーボンクレジット制度が日本ではJ-クレジット制度として2013年度から開始している。2020年度でJ-クレジットの活用量は60万トン程度にとどまる(2021年度の日本の排出量は11.2億トン)<sup>44</sup>。
- カリフォルニア州では2023年2月に二酸化炭素除去法(SB 308)を導入し、電力会社、セメント会社等の炭素排出量の多い企業に対して2027年より、自社の排出量を炭素除去クレジットの購入により補償することを義務化。2027年時点では補償義務化は排出量の1%にとどまるが、2045年までに100%の補償を求める<sup>45</sup>。
- 欧州連合(EU)はガソリンなどで走るエンジン車の新車販売を2035年に禁止するとしてきたが、2023年3月に環境に良い合成燃料を使うエンジン車は認めると大きく方針を変更した<sup>46</sup>。

## SDGsとの対応



**問題** 需要側にも省エネ・脱炭素の余地大 **課題** 産業・民生・運輸部門の脱炭素化の推進

### 対応するSDGsターゲット

- 7.2 2030年までに、世界のエネルギーミックスにおける再エネの割合を大幅に拡大させる。
- 7.3 2030年までに、世界全体のエネルギー効率の改善率を倍増させる。
- 13.2 気候変動対策を国別の政策、戦略及び計画に盛り込む。