11.来たるべき脱炭素社会に向けたインフラ分野の可能性

山口　真基[1*]・田中　敬也[1]・乙森　和人[1]・佐々木　正[1]
・篠田　宗純[1]・岡本　由仁[2]

[1]一般財団法人国土技術研究センター（〒105-0001東京都港区虎ノ門3-12-1）

[2]国土交通省　大臣官房　技術調査課（〒100-8918東京都千代田区霞が関2-1-3）

＊ E-mail: *m.yamaguchi@jice.or.jp*

脱炭素社会に向けた社会目標の達成に向け,我が国全体のCO2排出量の概ね3分の2に及ぶインフラ分野の取り組みは欠かせない.特に,約13%を占める建設現場や約15%を占める道路分野,約4割を占める都市分野は脱炭素化に向けて大きな役割を果たすことが期待される.また,河川分野は水力ダムによってCO2排出量の3.6%に相当する再生可能エネルギーを既に創出しているが,更なる貢献の余地がある.本論文では,これらの各分野において今後,取り組むべき施策を具体に例示しつつ示すことで、今後の各分野における更なる議論のきっかけとするためのものである。

Key Words : *カーボンニュートラル,脱炭素社会,低炭素技術,再生可能エネルギー, 脱炭素調達*

1. はじめに

世界各地で気候変動の影響が既に顕在化していると考えられる中、日本を含め世界各国が国際公約として、カーボンニュートラルの目標を掲げている。また、ESG投資（非財務情報である、環境・社会・ガバナンスの要素を考慮する投資）への注目の高まりに応じて、民間企業のCO2排出削減の取組も進められており、脱炭素社会の実現に向けた取り組みが本格化している。

我が国は、脱炭素社会の実現に向けた国際公約[1)]として、温室効果ガス排出について、2030年度の2013年度比46%削減、2050年までに排出を全体としてゼロにする「2050年カーボンニュートラル」を掲げている。我が国のCO2排出量全体のうち、河川や道路、都市や建設施工といったインフラ各分野の排出量の合計は、概ね3分の2に及ぶ。そのため、我が国の脱炭素の目標達成に向け、インフラが大きな役割を果たすことが期待される。また、脱炭素化以外の社会課題も合わせて克服することも期待される。

本稿では、気候変動緩和策としての脱炭素社会の実現に向け、インフラの可能性を明らかにしたうえで、具体的な施策を提案[2)]する。

2. 脱炭素社会に向けた我が国の取り組み

世界共通の長期目標として、産業革命前からの平均気温の上昇を2℃より十分下方に保持するとともに、1.5℃に抑える努力を追求するパリ協定が2015年に締結された。

我が国では、当時の菅内閣総理大臣から、2020年10月26日の第203回国会の総理大臣所信表明演説において、2050年までに温室効果ガスの排出量を全体としてゼロにする（2050年カーボンニュートラル）、脱炭素社会の実現を目指すことが示された。また、2021年4月22日の地球温暖化対策推進本部において、2030年度に温室効果ガスを2013年度から46%削減を目指すことが示された。

さらに、2020年12月、温暖化への対応を経済成長の制約やコストではなく成長の機会と捉えて「経済と環境の好循環」を作っていく産業政策とする、「2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略」が策定された。また、2023年2月に「GX実現に向けた基本方針～今後10年を見据えたロードマップ～」が策定され、5月に「脱炭素成長型経済構造への円滑な移行の推進に関する法律」が成立し、排出削減と経済成長をともに実現するGX（グリーントランスフォーメーション）に向け、GX推進戦略の実現に向けた先行投資を支援するGX経済移行債の発行や、移行債の償還のための炭素排出に応じた

負担金等を企業から徴収するカーボンプライシングの導入等が盛り込まれた。

国土交通省においても、2021年12月に策定された「国土交通省環境行動計画」の重点プロジェクトとして位置づけた「国土交通グリーンチャレンジ」を推進し、脱炭素社会、自然共生社会、循環型社会を広く包含するグリーン社会の実現に向け、施策を総動員することとされた。

以上のように、脱炭素社会実現に向けた取組が本格化する中、今後、各取組をどのように実施すべきか、温室効果ガスの排出実態や各取組の効果を踏まえ、実質的な排出削減に向けて、効果的かつ効率的に進めていくことが必須となる。

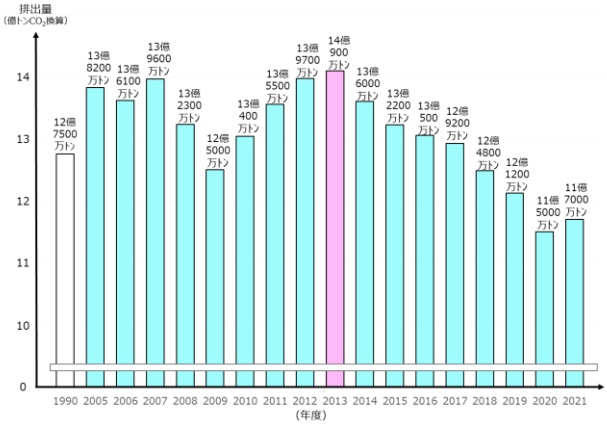
3. 我が国におけるインフラ分野関連のCO2排出状況

(1) 我が国の温室効果ガス排出量

我が国のインフラにおける各分野の脱炭素に向けた取組を検討するにあたり、まずは、我が国のインフラに関連するCO2排出量を整理した。具体的には、我が国全体のCO2排出量の部門別内訳を調査し、それに統計等から設定した割合を乗じて、インフラ各分野の排出量を求めた。

まず、我が国全体の温室効果ガス排出量は、「日本の温室効果ガス排出量データ（1990 ～ 2021年度）確報値[3]」によれば、排出削減の国際公約における基準とされている2013年度以降、全体として減少傾向にあり、2021年度は1,170百万トンであった（図1）。

このうち2021年のCO2の排出量は1,064百万トンとなっており、その電気・熱配分後の内訳は産業部門が35.1%、運輸部門は17.4%、業務その他部門が17.9%、家庭部門が14.7%等となっている（図2）。



※環境省・国立環境研究所「2021年度温室効果ガス排出・吸収量（確報値）概要」資料を元にJICEにて作成

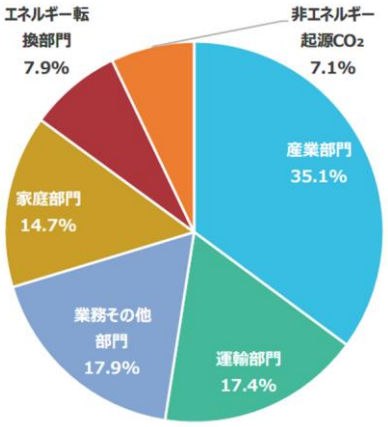
図 1　我が国全体の温室効果ガスの排出量の推移

(2) インフラに関連するCO2排出状況

「日本の温室効果ガス排出量データ（1990 ～ 2020年度）確報値[4]」における2020年の我が国全体の産業部門別のCO2排出量に統計等から設定した割合を乗じて、インフラの各分野に該当する排出量を切り出した（図3）。

その結果、インフラ建設が直接的に関わるCO2排出量は、建設機械の稼働、主たる材料である鉄鋼とセメントの生産、建設関連貨物の輸送に伴う排出量の合計約1.37億トンで、全体の約13%であることが分かった。

また、インフラの維持管理段階のCO2排出量は、我が国全体の約49%であることが分かった。そのうち、道路利用からは、建設関連貨物の輸送分も含めて我が国全体の約15%に相当する約1.38億トンであり、家庭やオフィス、商業施設等の利用からは、約33%に相当する約3.49億トンであった。



※環境省・国立環境研究所「2021年度温室効果ガス排出・吸収量（確報値）概要」

図 2　国内の産業部門別の CO2 排出状況（2020 年）

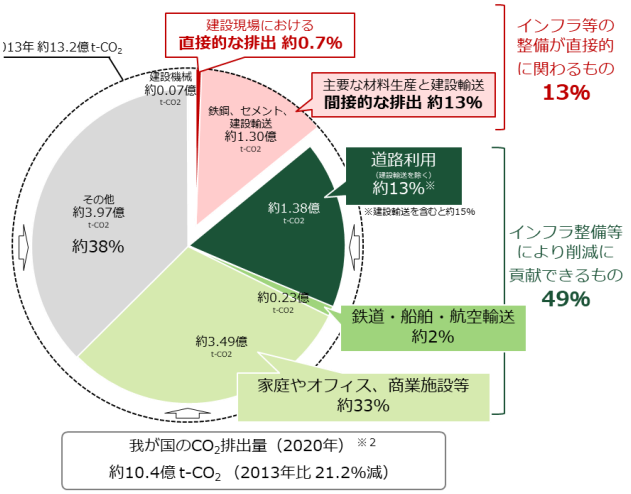


図 3　国内のインフラ関係の CO2 の排出状況（2020 年）

(3) CO2排出量に換算した再生可能エネルギー量

太陽光や水力による発電等の再生可能エネルギーにより、CO2を発生させる火力発電と置き換えることが重要となる。再生可能エネルギー量は、2020年時点で排出量の1/12程度にとどまっているものの、2013年からの7年間で32.8倍と大幅に増加している。このうち、約44%は水力発電であり（図4）、河川分野の役割が期待される。

以上により、我が国のCO2排出量の概ね2/3がインフラに関わりがあることが明らかとなり、再生可能エネルギーに対する役割も含め、脱炭素社会の実現に向けて、インフラ各分野の貢献が課題と言える。

なお、上記の整理はJICEの自主研究から始まったものであり、国土交通省への提案・協議を経て、令和5年2月16日の第32回社会資本整備審議会技術部会[5]で示された。

4. 脱炭素社会に向け、取り組むべき施策

脱炭素社会の実現に向けて取り組むべき施策について、インフラ分野毎にCO2排出等の状況を詳細に把握・分析したうえで、課題・対策等を検討した。

(1) 建設現場関連

まず、建設現場のCO2排出量は、我が国全体の約13%を占めている。この内訳は、鉄鋼とセメントという、主に建設関連資材の生産に伴うCO2 排出量が約10%と大きく、次いで輸送に伴うCO2 排出量が約2%、建設現場からの直接的なCO2 排出量が約0.7%である。このため、建設現場の脱炭素化を進めるためには、建設関連資材調達において、低炭素材料や脱炭素材料の活用が鍵になる。更には、資機材輸送における脱炭素化、現場で使用する機材の低炭素性能向上を含め、サプライチェーン全体での脱炭素化を目指すことが重要である。

このサプライチェーン全体の脱炭素化の方策として、建設工事の「脱炭素調達」を提案する。他業界の主要な民間企業の中には、自社製品の脱炭素化を進めるため、サプライチェーンの上流側からサプライヤーに一定割合の脱炭素化を要請し、実質的な脱炭素化を進めている企業もある。公共工事の脱炭素調達については、オランダ国インフラ・水管理省が環境コストを算定するためのシステムを開発・公開のうえ、提案された環境コストに応じ、入札額を最大5%控除する取組を始めている[6]。我が国でも一部の工事において、総合評価方式の加点評価項目に脱炭素化に向けたイニシアティブへの参加や脱炭素化に資する技術提案を採用し、提案内容に基づきCO2 排出量の削減や算出が試行されている。脱炭素調達の導入に向けては、建設現場におけるCO2 排出量の見える化が重要であり、排出量算出ルールの策定、低炭素化技術の現地実証による効果の検証や適用条件の確認（図5）、効果の認証とデータベース化、削減効果に応じた評価等の調達ルールの整理を進める必要がある。

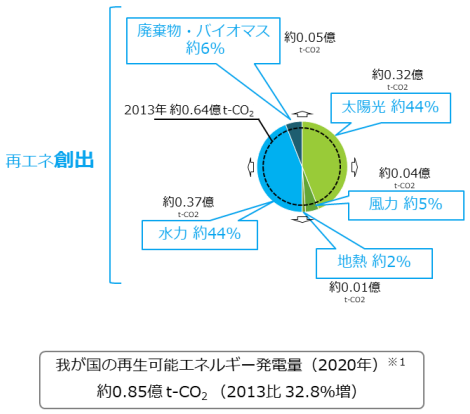


図 4　国内の再生エネルギーの CO2 換算量（2020 年）

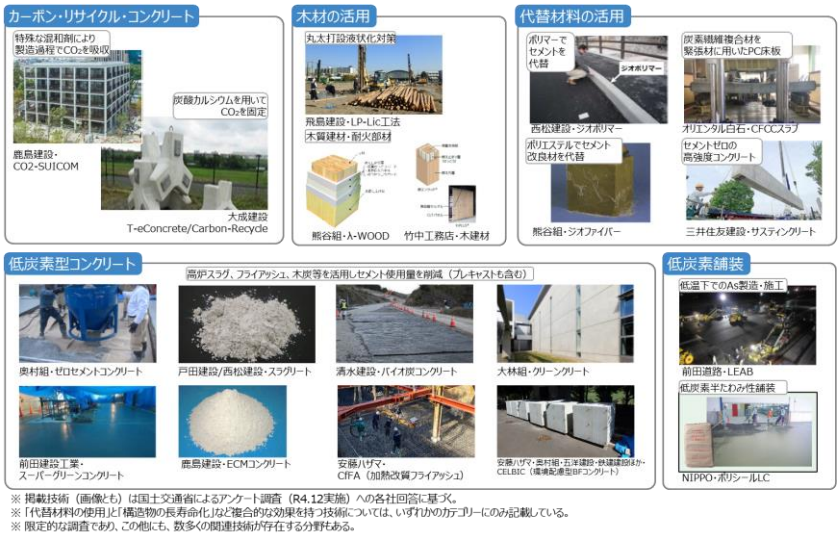


図 5　建設業者等が進める脱炭素化技術（例）

(2) 道路利用関連

道路における人や物の輸送によるCO2 排出量は、我が国全体の約15%を占めている。この削減に関しては、ガソリン車のEV 車への切り替えにより対応可能という考え方もあるが、熟慮する必要がある。なぜならば、現在の交通状況で、全ての車をEV 車に転換した場合に必要な電力量は我が国の年間発電量の約15%、原子力発電所約20 基に相当する量であるためである（図6）。大量のエネルギーを消費することを考えると、渋滞等で生じるエネルギーの無駄な消費を削減していくことが、非常に大きな効果を持つと考えられる。

大きな電力を使わなくてはならないことに対して、鉄道は我が国の電力の2% [7] を消費しているが、明治・大正・昭和の創設期の電力供給が安定していない時期に自社で構築した電力を供給する仕組みとして、水力発電所や火力発電所、送電線や変電所等を所有し、安定した移動手段を確保している。JR 東日本では、2015 年度に消費電力の約56%を自社で供給した[8]。このような事実を踏まえると、道路分野においても、道路交通の電動化を図るための発電、送電、給電を支えるインフラがどういったものであるかを検討していくことに大きな意味がある（図7）。

さらに、前述した自動車の走らせ方（渋滞対策や社会の仕組みの変化等）、インフラの長寿命化、道路施設の省エネ・再エネ活用、新たなモビリティの活用といった取組も脱炭素化に資する取組であり、そういった観点からこれまでの取組を再評価する必要がある。

道路種別	走行台キロ（億台km/年）	換算走行消費電力量（億kwh/年）	道路施設消費電力※1（億kwh/年）	道路合計消費電力（億kwh/年）	年間供給力発電量※2（億kwh/年）	道路使用電力比率（%）
高速＋都市高速	1,008	316	15	332	10,404	3.2%
一般国道	2,274	539	15	555		5.3%
県道・市町村道等	3,929	678		678		6.5%
合計	7,211	1,533	31	1,564		15.0 %

※各道路の電力消費量＝道路種別（大型・小型）別における走行台キロ※3 ÷ 電費※4

※1 国土交通省 社会資本整備審議会 第78回基本政策部会資料より（2013年度データ）
※2 経済産業省 資源エネルギー庁 総合エネルギー統計より（2015年度データ）
※3 2015年度 全国道路・街路交通情勢調査および道路経済調査データより
※4 EV各車カタログおよびHPデータを参考に平均値を算出（大型車1.6km/kwh、小型車6.4km/kwh）

図 6　全自動車の EV 化に必要な発電量



図 7　自動車への給電方法の体系

(3)都市関連

我が国全体のCO2 排出量のうち、約5 割が家庭やオフィス、商業施設、道路利用や鉄道輸送等に関連しており、市街地等の人口が全人口の約8 割であることを考えると、CO2 排出量の全体の約4 割が都市由来と言える。このため、今後の社会目標達成に向け、都市の脱炭素施策の推進が非常に重要である。

従前より、住宅・建築を含む都市分野では、都市機能の集約化、住宅・建築物の低炭素化、公共交通の利用促進、緑・エネルギーの面的利用等、環境負荷に配慮した施策を展開している（図8）。

一方、今後の都市におけるカーボンニュートラルは、省エネ・再エネの拡大、デジタル技術による人・モノのスマートな移動、流域治水と連携したグリーンインフラ等、新しい視点も踏まえて、地域の課題解決とともに取り組む必要があり、市民や企業等のステークホルダーの理解・協力が不可欠である。

そのため、データの蓄積とモニタリングによる都市のカーボンニュートラルの可視化が必要である。可視化へ参加してもらうことにより、市民や企業等の行動変容を促す施策や、環境によい取組を行っている都市に住んでいることを誇りと思うような施策等、都市施策のあり方が問われている。



出典：国土交通省HP 都市の低炭素化の促進に関する法律

図 8　低炭素まちづくりのイメージ

(4)河川・水資源関連

図4で示したように、我が国の再生可能エネルギーの44%はダムの貯留水や河川の流水等を活用した水力発電により創出されている。一方、既に開発されている水力発電量は、年間可能発電電力量の約68%にとどまっている。使用されていない水力エネルギーのポテンシャルをダムの「再開発」や「運用の見直し」などによって、余すことなく活用することで、脱炭素社会への更なる貢献が期待される（図9）。

ダムの運用については、令和５年度より国土交通省、水資源機構の管理する72ダムで運用高度化による増電の取組の試行が実施されることとなっている。この取り組みをより効果的なものとするためには、降雨予測等に関する新技術の積極的な導入が重要であり、内閣府のSIP（戦略的イノベーション創造プログラム）の研究開発成果である「長時間アンサンブル予測」の活用が考えられる。この技術は、単に予測精度の向上を図るという従来型の技術開発の延長線にとどまるものではなく、予測の不確実性を前提としたうえで、多数の予測の「幅」をどう活用するかという、予測技術の「使い方」に新たな考え方を持ち込むものである[9]（図10）。今後、このような新技術の普及促進を図ることが重要である。

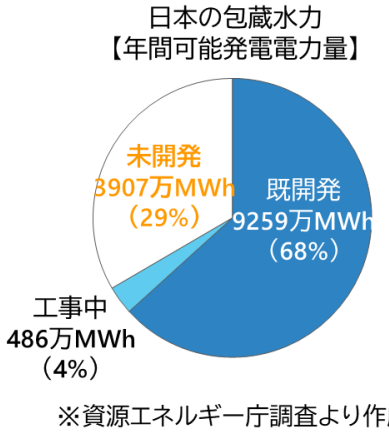


図 9　日本の包蔵水力（年間可能発電電力量）

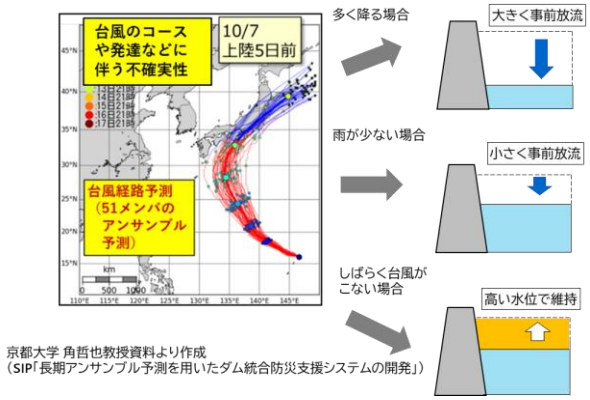


図 10　長期アンサンブル予測を用いたダムの運用

5. まとめ

脱炭素社会の実現に向け、2050年カーボンニュートラルの実現を目指すとともに、2030年度までに、温室効果ガスを2013年度から46%削減することが我が国の国際公約である。一方、2020年時点の削減率は2割強に留まっており、さらに約3割の削減が必要な状況である。

そのため、カーボンニュートラルの実現には、温室効果ガスの排出削減に加えて、再生可能エネルギーの創出も含めた総合的な施策の推進が重要である。また、地球環境やカーボンニュートラルの価値観をQuolity of LifeやWell-Beingに織り込む等、国民個々人が自分事化し、その必要性を理解することも重要である。これらの実現のためには、これまでの取組の単なる継続ではなく、社会システムの見直し、国土や地域の利用方法の変革も併せて議論し、近年我が国が抱える様々な社会課題の克服に繋げることも重要である。本稿で提案したインフラ分野の新たな施策に加え、国土形成や国土強靭化、社会資本整備の議論への展開も含め、インフラ分野の果たすべき役割は大きいと考えている。本稿が、今後のインフラ各分野における更なる議論のきっかけとなり、「2050年カーボンニュートラル」に向けた脱炭素化の取組み促進への一助となれば幸いである。

参考文献

1) 総理官邸：第二百四回国会における菅内閣総理大臣施政方針演説，2021.1.18
2) 一般財団法人国土技術研究センター：JICE REPORT 43, 2023.7
3) 国立研究開発法人国立環境研究所：日本の温室効果ガス排出量データ，2023.4.21
4) 国立研究開発法人国立環境研究所：日本の温室効果ガス排出量データ，2022.4.19
5) 国土交通省：第 32 回社会資本整備審議会技術部会，2023.2.16
6) 一般財団法人国土技術研究センター：JICE REPORT 41, 2022.6
7) 国土交通省エコレールラインプロジェクト推進会議（2012.7.30）
8) 東日本旅客鉄道 HP
9) 角哲也,加納茂紀,道広有理：長期アンサンブル降雨予測を用いたダム操作のパラダイムシフト（河川77(1),2021）