

来たるべき脱炭素社会に向けた インフラ分野の可能性



技術・調達
政策グループ
総括（研究主幹）

井上 清敬

河川政策
グループ
総括（研究主幹）

田中 敬也



道路政策
グループ
総括（研究主幹）

牧野 浩志

技術・調達
政策グループ
副総括（研究主幹）

篠田 宗純



1 はじめに

気象災害が激甚化・頻発化する等、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、気候変動に対して、適応策に加え、緩和策の推進が重要である。

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組が本格化している。

我が国の全体のCO₂排出量のうち、河川や道路、都市や建設施工といったインフラの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、この脱炭素化に向けた取組を通じて、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上で、具体的な施策を提案する。

2 脱炭素社会に向けた我が国の取組

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¹⁾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%削減することを示された。

さらに、2020年12月に、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、施策を総動員するとされた。

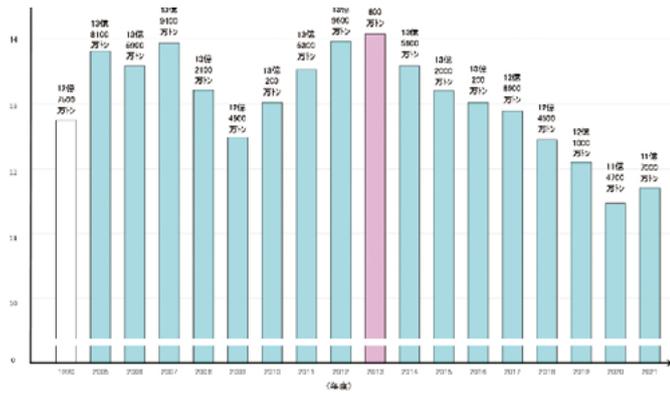
このように、脱炭素社会の実現に向けた取組が本格化する中、今後、各取組をどのように実施すべきか、温室効果ガスの排出実態や各取組の効果を踏まえ、実質的な排出削減に向けて効果的かつ効率的に進めることが重要である。

3 我が国におけるインフラ分野のCO₂排出状況

3.1 我が国の温室効果ガス排出量

我が国のインフラの各分野の脱炭素に向けた取組の検討にあたり、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の各分野の排出量を求めた。

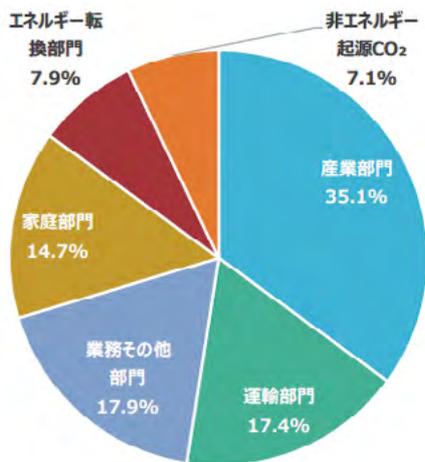
まず、我が国全体の温室効果ガス排出量は、「日本の温室効果ガス排出量データ（1990～2021年度）確報値²⁾」によれば、排出削減の国際公約の基準とする2013年度以降、全体として減少傾向にあり、2021年度は1,170百万トンである（図1）。



※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

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」

図2 国内の産業部門別のCO₂の排出状況(2020年)

3.2 インフラに関するCO₂排出量

「日本の温室効果ガス排出量データ(1990~2020年度)確報値³⁾」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、インフラの建設段階である建設現場の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は約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3.49億トンである。

3.3 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に置き換えることが可能である。この再生可能エネルギー量は、2020年時点で排出量の1/12程度にとどまるものの、2013年からの7年間で32.8倍と大きく増加している。このうち、約44%は水力発電であり(図3)、河川分野の役割が期待される。

以上より、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分かった。また、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の各分野の貢献が重要と言える。

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⁴⁾で示された。

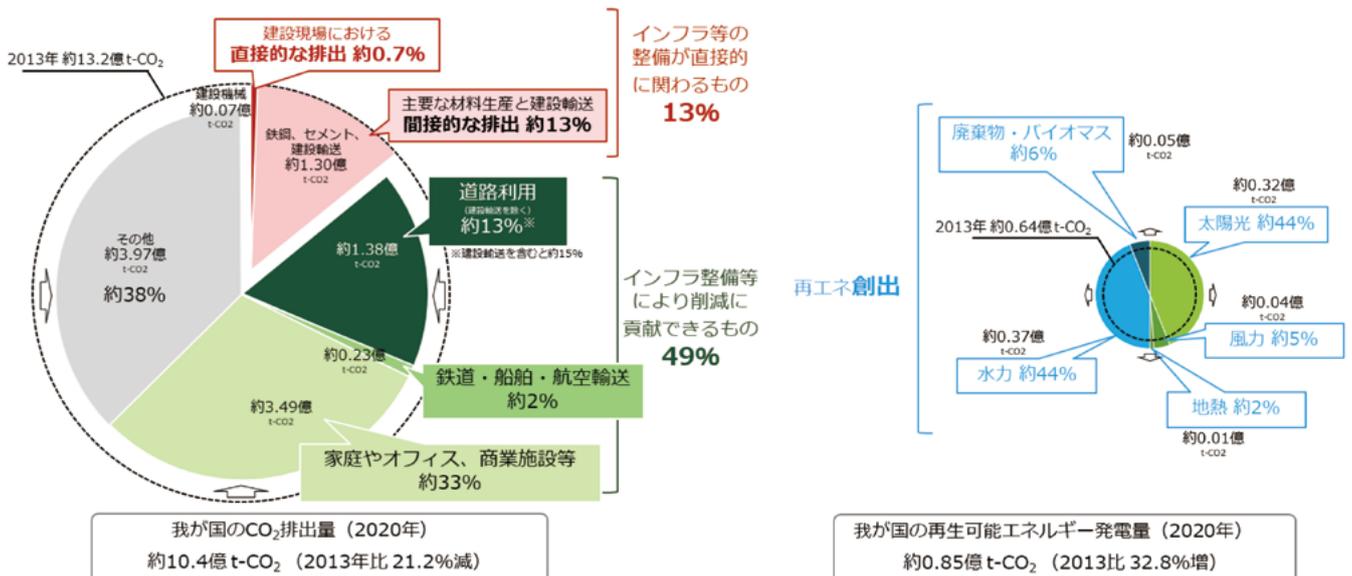


図3 国内のインフラ関係のCO₂の排出状況と再生可能エネルギーのCO₂換算量(2020年)

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を、インフラの分野毎にCO₂排出等の状況をもう少し詳細に把握・分析したうえで検討した。

4.1 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たる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、建設関連資材への低炭素材料や脱炭素材料の活用が鍵になるとともに、資機材の輸送の脱炭素化、現場で使用する機材の低炭素性能の向上を含むサプライチェーン全体での脱炭素化が重要である。

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。民間の主要メーカーの中には、製造する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の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、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・公開の上で、提案による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⁵⁾。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の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、排出量の算出

ルールの整理、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4)、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。

4.2 道路利用関係

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基に相当する量だからである(図5)。大量のエネルギーを消費するという事を考えると、渋滞等で生じているエネルギーの無駄な消費を減らせることは非常に大きな効果を持つと考えられる。

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

※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各車力タログおよびHPデータを参考に平均値を算出(大型車1.6kwh/kwh、小型6.4kwh/kwh)

図5 全自動車のEV化に必要な発電量

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%⁶⁾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



※掲載技術(画像とも)は国土交通省によるアンケート調査(R4.12実施)への各社回答に基づく。

図4 建設業者等が進める脱炭素化技術(例)

所等を所有し、安定した移手段の確保を行っている。JR 東日本では 2015 年度に消費電力の約 56%を自前で供給した⁷⁾。こういった事実を踏まえると、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は大きな意味がある (図6)。



図6 自動車への給電方法の体系

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。

具体的な CO₂ 削減効果の検討として、JICE と東北地方整備局は三陸沿岸道路について共同研究を行った結果を報告する。

三陸沿岸道路は、令和 3 年 12 月の東日本大震災から 10 年で全線開通したが、震災前は無駄な公共事業の代表例として事業化を凍結された道路である。しかし、東日本大震災の際にはわずかな開通区間が「命の道」として評価され、復興事業の象徴として事業が行われた。そして開通後 1 年で、時間短縮や交通事故減少などの直接効果や、観光、企業立地、港湾振興などの様々な経済波及効果を沿線地域にもたらし、地域の希望となっている。

加えて、脱炭素化の観点からも地域に新しい希望をもたらすものである。具体的には、単なる旅行速度向上だけでなく、信号や急カーブ、沿道利用のある道路における停止・加速がなくなることで、予想以上に CO₂ 削減効果があることが分かってきた。共同研究の結果、ETC2.0 のデータを用いて車の停止・加速の挙動を細かく分析することにより、精緻に CO₂ 削減効果が算定できる可能性が分かってきた (図7)。

これまで地方の未整備の高規格道路は、高速ネットワークとしてつながることによる直接効果や経済波及効果などで必要性が語られているが、新たなデータ分析による CO₂ 削減効果に加えて、使うエネルギーの効率化や走行の快適性向上など「新たな社会的価値」による、地方の高規格道路の再評価についても検討を進めて行く必要がある。

4.3 都市分野

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重要である。

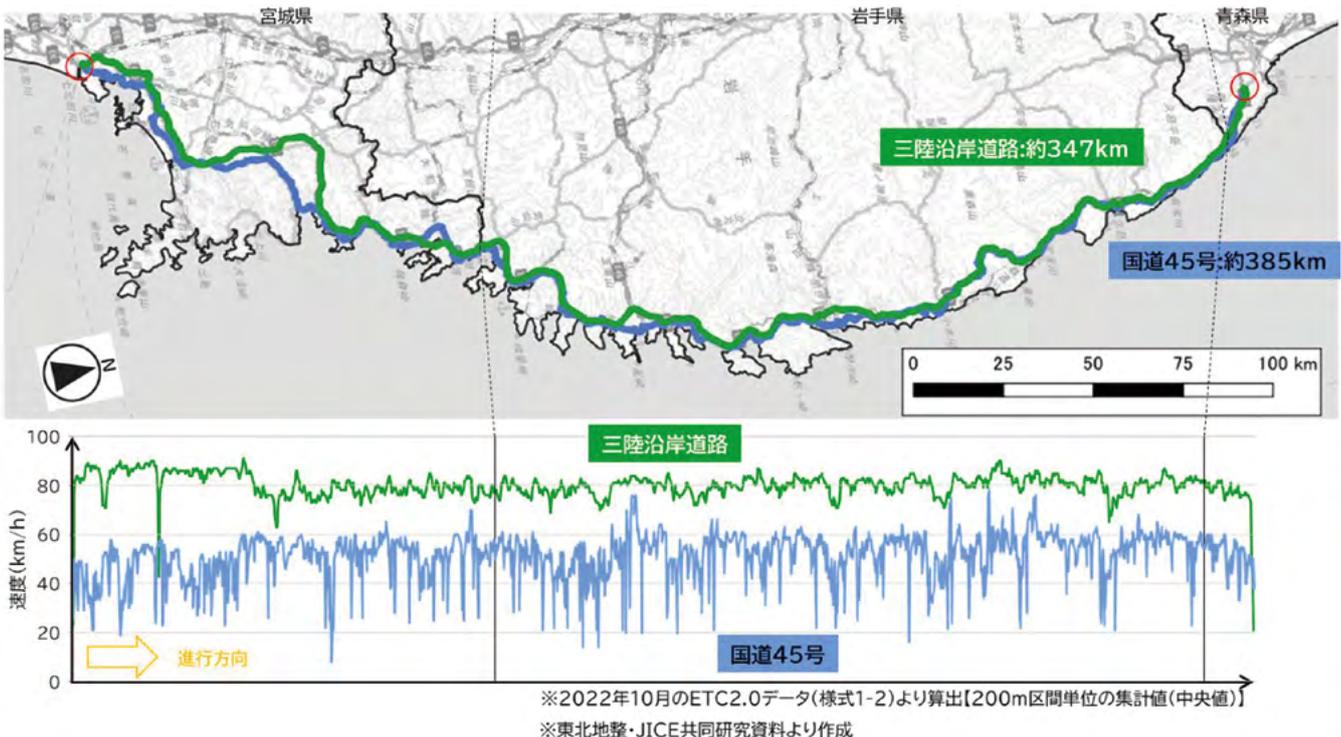


図7 三陸沿岸道路の CO₂ 削減効果

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）。

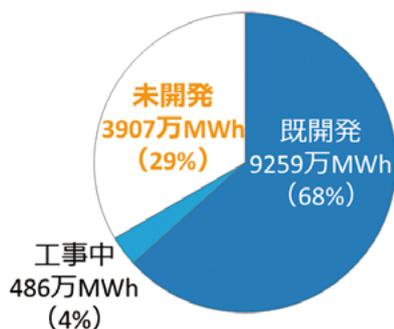
一方、今後の都市のカーボンニュートラルは、省エネ・再エネの拡大、デジタル技術による人・モノのスマートな移動、流域治水と連携したグリーンインフラ等、新しい視点も踏まえて、地域の課題解決とともに取り組む必要があり、市民や企業等のステークホルダーの理解・協力が不可欠である。

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。可視化に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、環境により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。

4.4 河川・水資源分野

図3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%にとどまっており、まだ使わ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徹底的に活用することで、脱炭素社会への更なる貢献が期待される（図9）。

日本の包蔵水力
【年間可能発電電力量】



※資源エネルギー庁調査より作成

図9 日本の包蔵水力（年間可能発電電力量）

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った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



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

活用するかという、予測技術の「使い方」に新たな考え方をもち込むものである⁸⁾ (図10)。今後、このような新技術の普及促進を図っていくことが重要である。

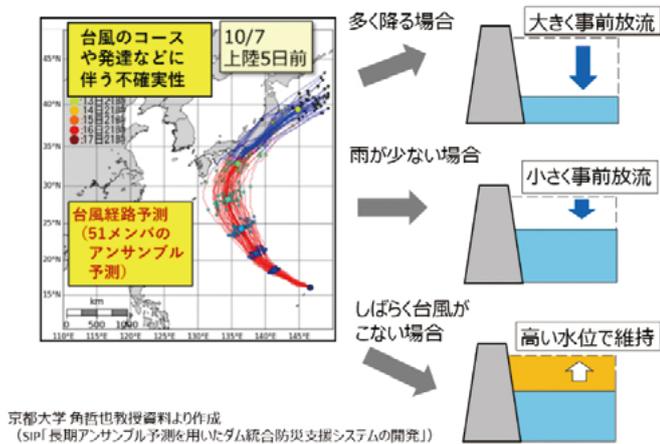


図10 長期アンサンブル予測を用いたダムの運用

次に、脱炭素社会の実現に向けた新たな取り組みとして、上水道ネットワークの再構築を提案する。現在の上水道ネットワークでは、高度成長期に将来の水需要の増加を見込んで流量が豊富な河川の下流部で取水し、上流の需要地域までポンプアップする施設整備が行われている地域がある。このような地域において、取水地点を上流部に移設し、ポンプを使わずに自然流下による配水を行うことで電気使用量の削減を図るとするのが本提案である(図11)。このような上水道ネットワークの再構築は、電気使用量の削減という目的だけでなく、老朽化に伴う施設更新、地域の社会経済構造の変化や水需要の減少に併せた水道施設の縮小、近隣水道事業との連携・広域化等と併せて行うことが適当である。本提案の実現には、河川管理者と水道事業者の連携が不可欠であり、上水道の整備・管理の国土交通省への移管を機に、このような新たな施策の検討が開始されることを期待する。

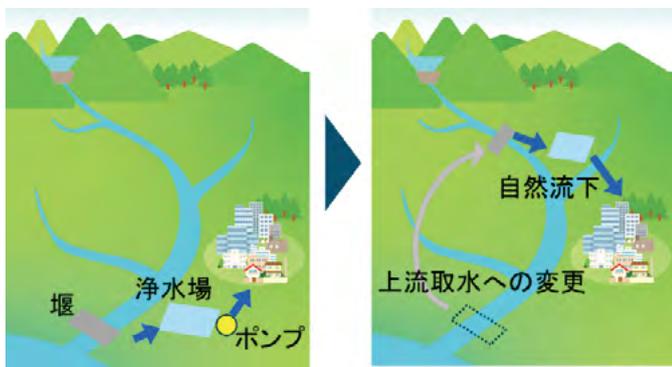


図11 上水道ネットワークの再構築(上流取水への変更)

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Quality 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、国土や地域の利用の仕方の変革も併せて議論して、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、国土形成や国土強靱化、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。

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) 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
- 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，2022.4.19
- 4) 国土交通省：第32回社会資本整備審議会技術部会，2023.2.16
- 5) 一般財団法人国土技術研究センター：インフラ建設分野の低炭素化に向けた我が国の現状と今後の展望，2022.6
- 6) 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)
- 7) 東日本旅客鉄道株式会社 HP
- 8) 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)