特集

カーボンニュートラルと土木

Carbon Neutrality in Civil engineering

特集担当主査：羽角 華奈子
特集企画担当：小澤 満津雄、中島 崇、中村 廣遊、吉井 拓也

２０２０年10月、菅首相の所信表明演説において、日本もカーボンニュートラルを２０５０年までに達成することが宣言された。これを契機に温室効果ガスの排出量と吸収または除去量を等しくするという「カーボンニュートラル」の動きが活発になっている。温暖化対策には二酸化炭素削減の緩和策と、温暖化後の自然へ適応する適応策の２種類の対策があり、近年は、災害が増加し、温暖化適応策が注目されていたところであったが、ここで一気に緩和策に舵を切る結果となった。さらに２０２１年５月には、わが国において、国、地方公共団体、事業者、国民が一体となって地球温暖化対策に取り組むための枠組みである「地球温暖化対策の推進に関する法律」の一部が改正され、２０５０年カーボンニュートラルの実現が、国の大きな方針として定められた。

地球の温暖化は１９７０年代から問題として捉えられていた。１９８８年には気候変動に関する政府間パネル（ＩＰＣＣ：Intergovernmental Panel on Climate Change）が設立され、１９９０年に第１次報告書が公表された。ここでは、人為起源の温室効果ガスがこのまま大気中に排出され続ければ、生態系や人類に重大な影響を及ぼす気候変化が生じる恐れがあるという警告を発した。その後、いくつかの特別報告書が公表されており、来年、第６次評価報告書（ＡＲ６）統合報告書が公表される予定である。

温暖化の実態

まず、温暖化の実態はどうなっているのだろうか。**図１**は工業化前と比べた２１００年までの世界平均気温の変化の予測を示す。これは、ＩＰＣＣのＷＧが設定した将来の社会経済の発展の傾向を仮定した共有社会経済経路ＳＳＰ（Shared Socioeconomic Pathway）と放射強制力を組み合わせたシナリオに対するシミュレーションに、観測上の制約や平衡気候感度の評価を組み合わせた結果である。最も気温が上昇するシナリオがＳＳＰ５-８・５で、化石燃料依存型の発展の下で気候政策を導入しない場合を想定している。ＳＳＰ１-１・９は持続可能な発展の下で、工業化前を基準とする21世紀末までの昇温の中央値を概ね１・５℃以下に抑える気候政策を導入

するシナリオである。21世紀末における気温上昇は、SSP5-8・5で3・3℃～5・7℃、SSP1-1・9で1・0℃～1・8℃である。

二酸化炭素排出量の推移

それでは、実際に温室効果ガスの排出量はどのように変化しているのだろうか。**図2**に1990年以降の主要年度別の二酸化炭素（CO_2）排出量および吸収量を部門別に示す。国内の温室効果ガス排出量は二酸化炭素がおよそ9割を占めるため、ここでは二酸化炭素に着目した。

直接排出量は、発電に伴う二酸化炭素排出量をエネルギー転換部門からの排出とした値、間接排出量は、電気事業者の発電に伴う二酸化炭素排出量を電力消費量に応じて需要部門に配分した後の値を示す。平たく言えば、二酸化炭素排出量をエネルギー生産の視点から表現したものが「直接排出量」、エネルギー消費の視点から表したものが「間接排出量」である。

ここで着目したいのは、直接排出量と間接排出量における割合の差異である。例えば1990年度では直接排出におけるエネルギー転換部門の割合が29・9%、家庭部門は5・0%である。これに対して間接排出量における両部門の排出量は、エネルギー転換部門は8・3%に対して家庭部門は11・1%と逆転する。これはエネルギー転換部門では全体の30%程度の二酸化炭素排出量を排出するが、エネルギー転換部門で生み出したエネルギーを家庭で消費するためである。

つまり二酸化炭素の排出量は、単にエネルギー生産側に依存するものではなく、消費側の需要によって変化すると言える。このためカーボンニュートラルに向けた二酸化炭素の排出量削減には、エネルギー生産の効率を上げることと併せて、エネルギーを消費する側の消費量削減の双方の取り組みが必要である。

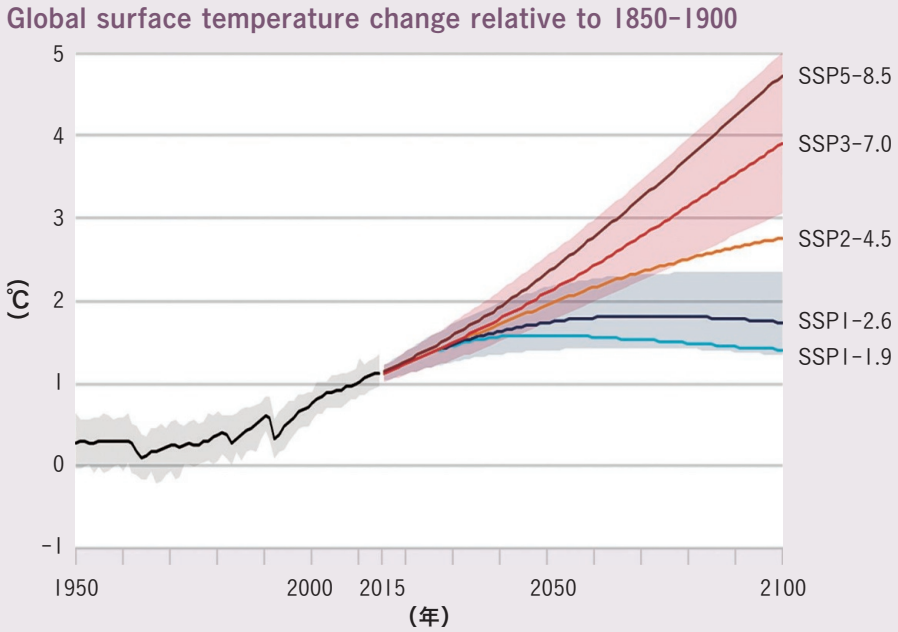
また、間接排出量の割合に着目すると、いずれの年代でも産業部門が最多の割合を占めるものの、運輸、商業・サービス、家庭の各部門も無視できない割合であることが分かる。特に商業・サービス部門や家庭部門は、1990年と比較して近年割合が増加している。このため二酸化炭素排出量の削減には、社会の取り組みだけでなく私たち個人の取り組みも必要であると言える。

一方、二酸化炭素の吸収量は、排出量に対して十分に伸びていないことが分かる。二酸化炭素排出量を完全になくすことは困難であり、2050年のカーボンニュートラル達成に向けて、二酸化炭素吸収量を増やすことも重要と言える。二酸化炭素の直接回収や貯留などの技術に期待が持たれる。

カーボンニュートラルに向けた取り組み

実際のカーボンニュートラルへ向けた取り組みはどのようなものがあるのだろうか。

図3上段はカーボンニュートラルに向けた社会全体の取り組みを表し、**図3**下段は土木のライフサイクルの各段



IPCC第6次評価報告書では、将来の社会経済の発展の傾向を仮定した共有社会経路（SSP）のシナリオ5種と、放射強制力を組み合わせたシナリオを仮定し、気候予測を行っている
SSP1-2.6：持続可能な発展。21世紀末における気温上昇約1.8℃。
SSP5-8.5：化石燃料依存型の発展。21世紀末における気温上昇約4.4℃。

図1　温暖化の実態と予測（出典：気候変動に関する政府間パネル（IPCC）第6次評価報告書 第1作業部会報告書 政策決定者向け要約 暫定訳（文部科学省及び気象庁）を基に作成）

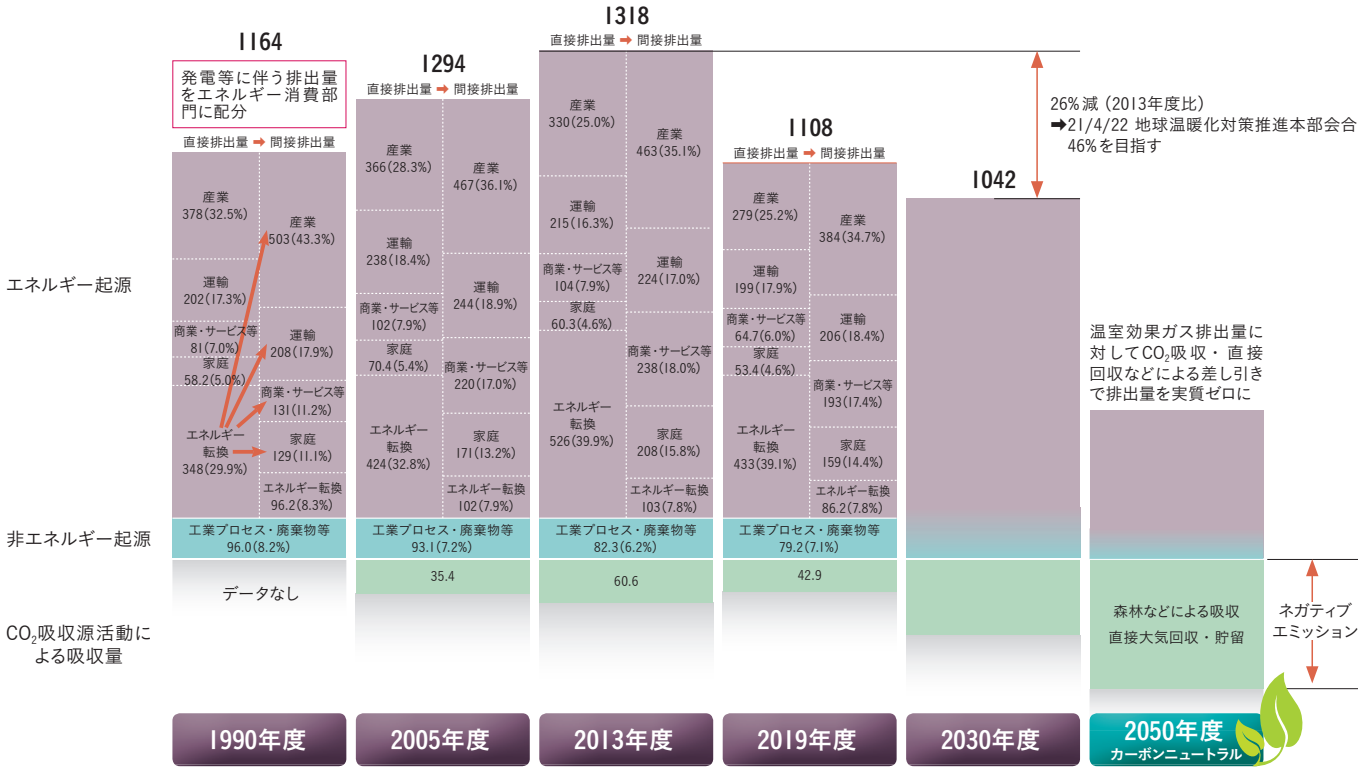


図2　二酸化炭素（CO_2）排出量の年度別グラフ（単位：百万t）

※温室効果ガス排出・吸収量算定結果（環境省）のデータをもとに作成

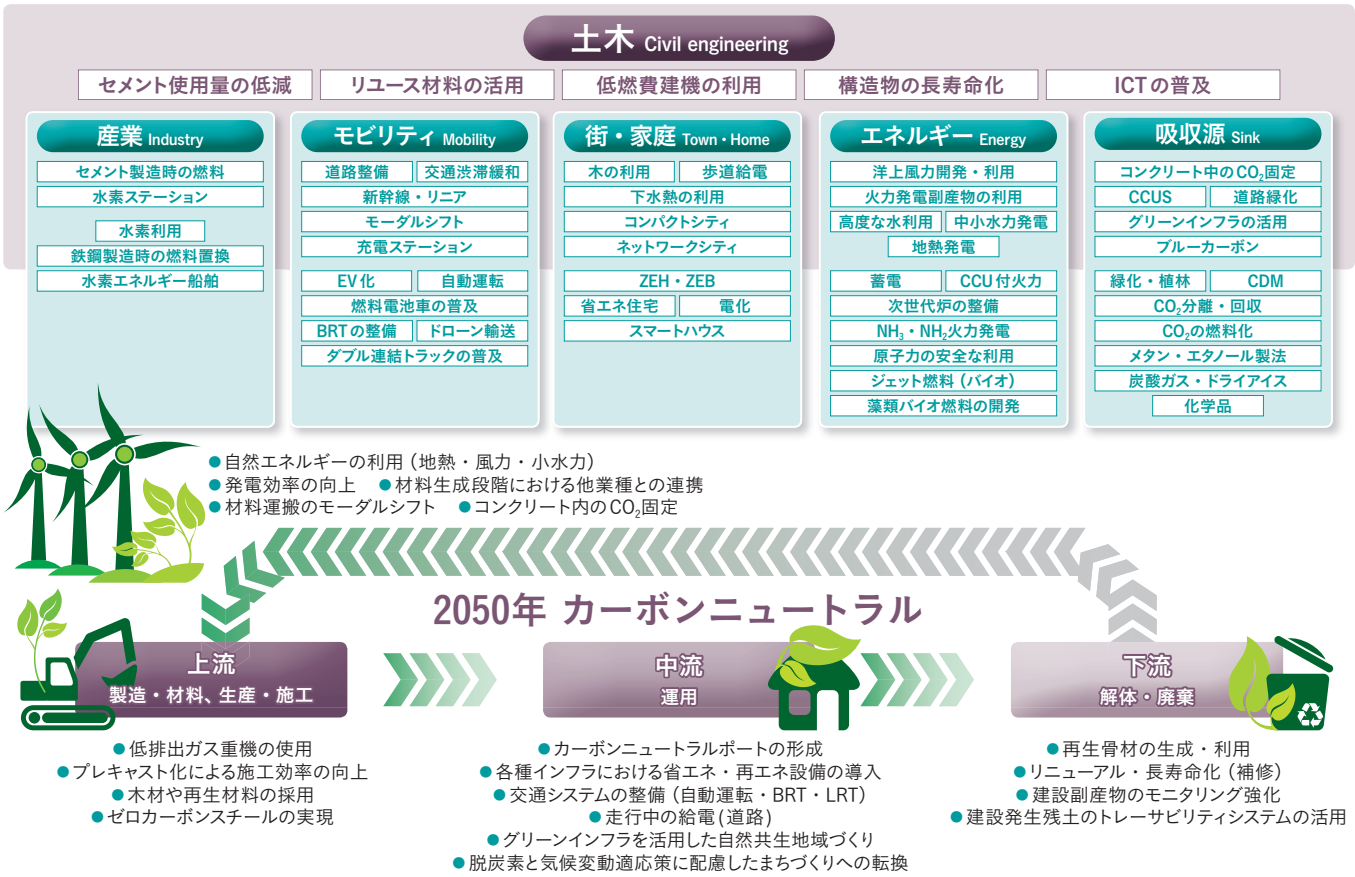


図3　2050年カーボンニュートラル達成に向けた土木の取り組み（提案）

階における取り組みを表している。

はじめに上段に着目する。土木と他の部門の境界に配置される項目は、両部門に該当する取り組みであることを表す。図を俯瞰すると、土木単体で完結できる取り組みが少ないことが分かる。

例えば発電に関する各項目は、土木とエネルギーの両部門が一体となって取り組まなければ実現しない。また土木の中にある「低燃費建機の利用」も、厳密に言えば低燃費建機の開発が必要であり、これは他産業部門との関わりが生じる。このようにカーボンニュートラルに関する取り組みは、程度の大小はあるものの、土木以外の部門との関わりが必ず生じるのである。

このように、カーボンニュートラルに向けた取り組みは、社会全体が相互に関わり合って実行しなければならない課題であると言える。

図3下段では土木のライフサイクルの中での具体的な取り組みを示した。低排出ガス重機の使用やプレキャスト化のように、現在進行中・あるいは既に実施されている取り組みもあるが、今後取り組んでいく、あるいは現在の取り組みをより深化させていくことが必要な項目もある。

土木の特色として特に考えないといけない点は、土木構造物のライフサイクルは長期間に及ぶことである。達成目標年である２０５０年の時点で、現在進行中のプロジェクトはもちろんのこと、現時点で存在する構造物は、大半が残存するであろう。

このため、２０５０年にカーボンニュートラルを目指すためには、将来取り組む話ではなく、現時点で実現可能な取り組みは順次進めていかなければならない。

カーボンニュートラルと深く関わる社会的な動きとして、国連の持続可能な開発目標ＳＤＧｓ(Sustainable Development Goals)がある。ＳＤＧｓは国連が２０３０年までに達成を目指す17のゴールを示している。ゴール13に「気候変動に具体的な対策を」が挙げられており、カーボンニュートラルに資する取り組みは、ゴール13を達成するための一つと言うことができ、さらに、17のゴールはそれぞれが密接に関わっており、カーボンニュートラルに資する取り組みが複数のゴールの実現へつながっていく可能性も大いにある。

本特集では、巻頭言として、東京大学 総長特別参与 大学院工学系研究科の沖大幹教授へのインタビューを通じて、温暖化の影響や国際社会での流れ、土木が何をすべきかを概観する。カーボンニュートラルへの動きが「社会的な」要求から生まれていることが述べられている。目標である２０５０年は科学的にではなく、あくまで国際社会の中の日本の位置関係から決められたものである。今後国際社会で日本が競争力を確保していくためには、この目標に向き合って対策をしていかなければならないのが現状だ。

まず具体的な事例として、土木以外の業界、自動車業界および飲料業界でのカーボンニュートラルへの取り組みを紹介する。自動車業界では、運輸部門からの排出量が多いこともあり、各国、各社が独自の方法を標準化しようと、競争しながら進んでいる。飲料業界においては、温室効果ガスの排出量だけでなく、資源循環、特に水資源の保護をしながら事業活動を行っていることが紹介されている。また、先進的にカーボンニュートラルに取り組んでいる欧州での事例を紹介する。

次に土木業界における取り組みを紹介する。まず、カーボンニュートラルに資する新しいコンクリートを取り上げた。さらに、土木材料の一つであるセメントの製造過程において、カーボンニュートラル社会に重要な位置を占めることが予想されるリチウムイオン電池をリサイクルする技術について紹介する。また、土木に近い分野として、建築分野における木の利用や発電事業におけるカーボンニュートラルへ向けた取り組みを紹介する。

また、カーボンニュートラル達成のためには、要素技術の開発だけでなく、より広い視野に立って、「まち」というシステムから考え直す必要がある。まず兵庫県の川西市から都市における低炭素化の取り組みを紹介する。また、みなかみ町から、カーボンニュートラルと深く関わるＳＤＧｓの視点を取り入れている教育を含めた取り組みを紹介する。

最後に、産官学のこれからを背負う中堅世代からのカーボンニュートラルへ対する率直な意見をいただいた。

２０２０年の菅首相の宣言から約1年がたとうとしている。われわれ土木技術者はこの1年で何を始め、これから何をしていくべきだろうか…