

カーボンニュートラルの理念と 建築分野における取組み

1967年に米プリンストン大学の眞鍋淑郎氏は、世界で初めて地球の気候をコンピュータ上で再現する「気候モデル」を開発して、大気中のCO₂が増加すると地表の温度が上がることを示しました。これ以降もモデルの改良と研究を続け、2021年のノーベル物理学賞を受賞しました。単純化したモデルへの批判もあったそうですが、現在では世界の学術団体は眞鍋氏の気候モデルを支持しています。

近年、世界各地で、過去に見られないような激しさで、大雨や少雨、顕著な高温、寒波や熱波、大雪等が頻発するようになっていきます。更に地球温暖化により氷河や高山の冠雪も減って、海水面の上昇も心配される中、1997年の京都議定書の後継となる2015年のパリ協定が合意されました。協定では、世界の平均気温の上昇を抑制するため、出来る限り早急に温室効果ガス排出量をピークアウトし、21世紀後半には、温室効果ガス排出量と（森林などによる）吸収量のバランスをとるとしており、先進国では、2050年のネットゼロを目標とする国も多くあります。

日本でも、2020年10月に当時の菅総理が「二〇五〇年までに温室効果ガスの排出を全体としてゼロにする、すなわち二〇五〇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を、ここに宣言いたします。」と表明して、その重要性の認識が高まり、日本の社会、行政、経済界、各企業での取組みが大きく進展することとなりました。

カーボンニュートラルの実現のためには全産業と各家庭の取組みが必要ですが、建設産業と建築物には、大変大きな役割があります。本号においては、カーボンニュートラル達成への最近の動きと様々な課題について紹介いただき、更に行政、施工者団体、施工会社、建築設計事務所の皆さんから、それぞれの取組みをご紹介いただきました。

今後も更なる取組みの進展や拡大も想定されますが、現状について御認識いただき、それぞれの立場で何をしていくべきかを考えていく第一歩となれば幸いです。

カーボンニュートラル達成のための 建築分野の課題

大阪大学 大学院工学研究科 教授 下田 吉之

1 カーボンニュートラルへの動き

2021年10月、2030年度の温室効果ガス排出量を2013年度比46%減とする「地球温暖化対策計画」、2050年の温室効果ガス排出量を実質ゼロとする「パリ協定に基づく成長戦略としての長期戦略」、温室効果ガス排出の大部分を占めるエネルギー需給の将来計画を定める「エネルギー基本計画」の改定が閣議決定された。

2010年代前半までに世界の温暖化対策の目指すべき目標は「2℃目標」、即ち産業革命以来の気

温上昇を2℃以内に抑制することとされており、IPCCの第5次報告書では気温上昇をそれ以下に抑制することは困難とされてきた。2℃目標では2050年の世界全体での排出量を現状からおおよそ半減することが求められる。しかしながら、2015年にパリで開催されたCOP21においては、気温上昇を1.5℃以下に抑える努力をすることとされ、それに従って2018年に発表されたIPCCの1.5℃特別報告書では、気温上昇を1.5℃以下に抑えるための温室効果ガス排出経路として、概ね2050年に正味の温室効果ガス排出量がゼロとなる経路が示された。現在先進国ではこれにあわせて2050年

表1 2030年度の温室効果ガス排出量を2013年度比46%減とする「地球温暖化対策計画」

■ 地球温暖化対策推進法に基づく政府の総合計画

「2050年カーボンニュートラル」宣言、2030年度46%削減目標[※]等の実現に向け、計画を改定。

[※]我が国の中期目標として、2030年度において、温室効果ガスを2013年度から46%削減することを目指す。さらに、50%の高みに向け、挑戦を続けていく。

温室効果ガス排出量・吸収量 (単位：億t-CO ₂)		2013排出実績	2030排出量	削減率	従来目標
		14.08	7.60	▲46%	▲26%
エネルギー起源CO ₂	産業	4.63	2.89	▲38%	▲7%
	業務その他	2.38	1.16	▲51%	▲40%
	家庭	2.08	0.70	▲66%	▲39%
	運輸	2.24	1.46	▲35%	▲27%
	エネルギー転換	1.06	0.56	▲47%	▲27%
非エネルギー起源CO ₂ 、メタン、N ₂ O		1.34	1.15	▲14%	▲8%
HFC等4ガス（フロン類）		0.39	0.22	▲44%	▲25%
吸収源		-	▲0.48	-	(▲0.37億t-CO ₂)
二国間クレジット制度（JCM）		官民連携で2030年度までの累積で1億t-CO ₂ 程度の国際的な排出削減・吸収量を目指す。我が国として獲得したクレジットを我が国のNDC達成のために適切にカウントする。			-

出典：地球温暖化対策推進本部（第47回）資料1-1 地球温暖化対策計画（案）の概要より

カーボンニュートラルを宣言している。

2016年に策定された地球温暖化対策計画では、各部門の省エネルギーや電源構成の変化について、困難ではあるものの、概ね実現可能な対策を積み上げ、言わば「実現可能な目標」として2030年度に2013年度比26%という目標を設定していた。今回の2050年カーボンニュートラル及び2030年度46%削減の目標は、気温上昇を1.5℃に抑えるために必要な、「達成しなければならない目標」として設定されたものであり、その性格が大きく異なる。

この動きの中で、建築分野は今後どのような対策を取るべきであろうか。よく「非連続なイノベーション」による温室効果ガスの削減ということが言われるが、建築は寿命が長く、おそらく2050年の風景の半分程度は既にできており、すべてのストックを2050年までに更新することができない。これは今後出現するイノベーションの成果を2050年までに十分反映することができないことを意味し、自動車や家電・情報機器等と大きく異なる建築分野の特性である。

以下に、建築分野を含んだ今後期待される様々な取組みについて述べていく。

2 脱炭素社会達成の定義

脱炭素社会というと、再生可能エネルギーや原子力、グリーン／ブルー水素などCO₂フリーのエネルギーによってすべてのエネルギー供給が行われる社会を想像する人が多い。しかし、いかなるエネルギー供給源であってもコストや環境影響、安全性等の制約があり、無尽蔵に利用できるわけではない。本来は同時にエネルギー需要の削減努力を行って、

CO₂フリーエネルギー＝エネルギー需要¹⁾

となる状態をカーボンニュートラルと定義すべきである。

現在、日本の電力供給の中で再生可能エネルギーの比率は水力も含めておよそ20%である。2050年カーボンニュートラルのためには、これを原子力や水素などのカーボンニュートラル電源を含めてほぼ100%にまで高めなければならないが、日本における再生可能エネルギーの主力である太陽光発電は既に国土面積当たりの普及量が世界一となっており、風力など他の再生可能エネルギーを拡大したとしても、今後数倍の発電量を確保することは困難であると言わざるを得ない。しかし、もし電力需要を半分にできれば、現在の再生可能電源量でも比率は40%となり、電源量を倍にすることができれば80%にまで大きくなる。このように、大胆な省エネルギーと、カーボンフリーエネルギーの拡大の両面から攻めていくことが、カーボンニュートラル達成のための鍵であると考えている。

なお、電力システムでは「同時同量の原則」があり、瞬時において需要と供給が釣り合わなければ周波数が規定から外れ、大規模な停電を招く恐れがある。これまでは、建築を始めとする需要側が勝手気ままに電力消費量を変動させても、地域全体の需要変動はそれほど急激なものにならないこと、供給側が大型水力、大型火力、原子力など周波数に合わせて一定の速度で回転する発電機を主体に運用されていることにより、需要変動に対してきめ細やかに供給を調整できる機構が準備されており、大規模災害時のような状況以外では周波数の変動が問題になることはなかった。

しかし、太陽光や風力など出力をコントロールできない変動性再生可能エネルギーが大幅に普及した将来においては、主としてこの変動の調節に対応してきた大型火力発電所が相対的にシェアを下げていることもあり、同時同量のバランスを保つことが極めて難しくなる。このため、電池・揚水発電所・水素等の新たな電力貯蔵システムが必要となるとともに、需要側においても電力供給側の調整要請に応じて需要の大きさをフレキシブル

に調整（デマンドレスポンスと呼ぶ）できるようにする必要があり、脱炭素社会における一つの技術的課題となっている。

3 再生可能エネルギーの普及と建築

風況に恵まれた欧州とは異なり、気候・地形の条件から日本における再生可能エネルギー活用は当面太陽光発電を中心に普及すると考えられる。太陽電池の設置方法として大きく分けてメガソーラーのような地上に大規模に設置されるものと、建物の屋根に設置するものがあるが、大規模な架台や電力設備が不要なこと、地上設置型は他の発電所と同様にkWh当たり10円を大きく下回る発電コストが要求されるのに対し、建物に組み込まれた太陽光発電では少なくとも自家消費した場合、建物に供給されている電力の価格15円～25円/kWh程度と同様な価値を持つことから、今後も屋根置き型太陽光発電が増加していくと考えられる。

現在では、初期費用を負担しなくても屋根に事業者が設置した太陽光発電の電力を購入することで太陽光発電の導入が容易となるPPA（Power Purchase Agreement）事業のような新しいビジネスモデルの登場や、フレキシブルで軽量なためこれまで荷重の問題などで設置が困難であった場

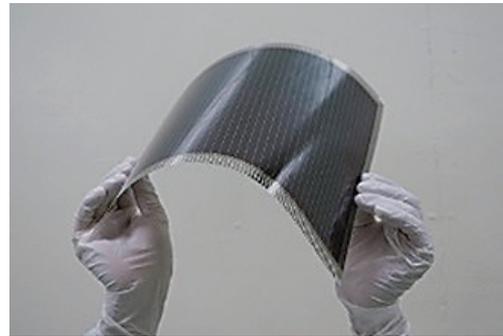


写真1 面積世界最大のフィルム型ペロブスカイト太陽電池モジュール

出典：新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）

所にも設置が可能なペロブスカイト太陽電池が日本発の新しいタイプとして登場するなど、今後の更なる普及が期待される。

ところで、太陽光発電が普及すると、晴天の休日には昼間に太陽光発電以外の大型発電装置への負荷が下がる。このとき、発電量を調整できない原子力発電所等以外の発電所をすべて停止させても電力が余る場合は、蓄電池や揚水発電所等を稼働させて電力を貯蔵するか、それでも余る場合には太陽光発電の発電量を抑制しなければならない。一方で、夕方には太陽光発電の低下と家庭における電力需要増加が同時に起こることで大型発電装置への電力需要が急上昇する。朝から夕方にかけての電力需要の変化がアヒルの形に似ていることからこの現象を「ダックカーブ」と呼んでい

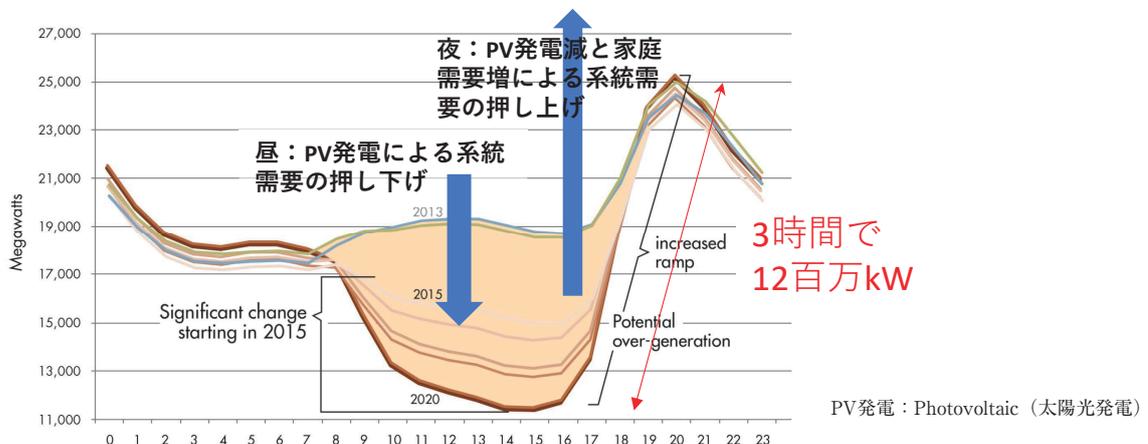


図1 ダックカーブ現象

出典：CAISO

る。既に太陽光発電の普及が進むカリフォルニアでは夕方の3時間で1,200万kW（大型の発電所がおおよそ1ユニット100万kWなので12ユニット分に相当）の急激な電力需要の上昇が起こるようになり、2020年8月にはそれを賄う火力発電所の故障により計画停電に至っている。日本でも九州など太陽光発電が普及した地域で同様のダックカーブが形成されつつあり、建築など需要側では可能な限りこの夕方の電力需要増を緩和する対策、即ち①昼間の余剰電力のヒートポンプ給湯器等による自己消費、②デマンドレスポンスによる夕方の需要急上昇の緩和、③蓄電・蓄熱（海外では躯体蓄熱も検討されている）を検討する必要がある。また、季節的には冬期に暖房の電化進展と日射不足による電力需給逼迫が予想され、建築側ではバイオマスや太陽熱の利用によってこのギャップを緩和することも必要になるだろう。

4 建築の省エネルギー

前述のように、エネルギー消費の削減はCO₂フリーエネルギーの拡大とともに脱炭素社会実現に重要な課題である。IPCCの1.5℃特別報告書の政策決定者向け要約²⁾では、気温上昇を1.5℃以内に抑えることができるとする四つの代表的なシナリオを示しているが、うち三つはBECCS (Bio Energy with Carbon Capture and Storage) 即ちバイオ燃料を大量に栽培して大気中のCO₂を固定し、その燃焼により生じるCO₂をCCS技術で地中に貯留することで実質的に大気中のCO₂を取り除く、いわゆるネガティブエミッション技術に頼ったシナリオである。しかし、そのように大規模にバイオ燃料作物を食糧供給とのコンフリクトを起こさずに栽培できるのか、CCSをこれほど大規模に実施可能なのか等、その実現には大きな課題がある。

一方、残りの一つのシナリオはLow Energy Demand (LED) シナリオという、徹底した省エ

ネルギーを追求するシナリオである。これは情報化（デジタル化、テレワークなど）、シェアリングエコノミー、電化等によって大胆な省エネルギーを実現するシナリオである。その詳細は論文³⁾に譲るが、一つ紹介しておきたいキーワードが「機能統合」である。現在のスマートフォンはかつての電話機、カメラ、目覚まし時計、テレビ、ラジオなどの機能が集約されており、これらの機器を個々に使用するよりも動作時、待機時、更には製造時の排出を含めたライフサイクルのエネルギー消費・温室効果ガス排出量を大幅に削減させている。建設時のエネルギー消費が特に大きい住宅・建築においても、多様な空間機能を集約することでライフサイクルCO₂を削減することは今後検討すべき課題であると思われる。既にコロナ禍で一般的になったテレワークは、住宅の機能の中にオフィスの機能を統合する試みであるとも言える。

筆者らは、ボトムアップシミュレーションによる日本の民生部門のエネルギー消費/温室効果ガス排出の将来予測を研究している⁴⁾が、これまでの検討から家庭部門、業務部門いずれも2050年頃には現在利用可能な技術を最大限普及させることでエネルギー消費を現在の半分程度に抑制することは可能との見通しを得ている。これら技術、特にエネルギー需要の大きなシェアを占める冷暖房に関係する高性能な建築外皮の早期の普及が望まれる。

5 電気自動車の普及と建築

日本で消費されている化石燃料のうち、石炭と天然ガスは過半が電源として利用されており、再生可能エネルギー等の増加によりそれらへの依存度を減らしていくことができるが、石油は過半が輸送用燃料として利用されているので、その削減のためには自動車などモビリティの電動化が必要となる。電気自動車の特徴は充電時間が長いこと

で、40kWhの電池を搭載した車において普通充電（200V、3kW）で満充電に16時間、急速充電（3相200V、50kW）で80%充電に40分程度を要する。したがって、ガソリン車のように急速充電スタンドに向いて給電することは、時間の関係から現実的ではなく、自宅で昼夜の駐車時に充電するか、通勤先や出先で昼間に充電することが一般的になる可能性が高い。いずれの場合でも建築のエネルギーシステムに電気自動車加わることになる。集合住宅の駐車場などではどのような充電メニューを提供するのがよいか、今後検討が必要であろう。

自宅で充電する場合、平均的な住宅のピーク電力が1kW程度であるところに3kWの負荷の増加は、それがある程度普及すると配電システムへの影響を考えなければならない。また、「5月の晴れた休日に遠出して帰宅後充電」すると前述のダックカーブを更に急峻にしてしまうことになる。そこで、充電時間をシステムの負荷に応じて調整するスマート充電や、太陽光発電の電力が余剰になりがちな昼間に先（勤め先や商業施設など）での充電を誘導する仕組みなどが必要になる。後者の場合には1台50kW規模の負荷がぶら下がることになるので、今後の電気設備の設計において留意点となるだろう。一方で電気自動車には災害時・停電時において電気自動車から建物への電力供給に使用できるメリットもあることも忘れてはならない。

6 建物自体のエネルギーの選択

自動車の場合と同様、建物の使用するエネルギーもカーボンニュートラルなエネルギーに転換していく必要がある。

電化には、既に電力に再生可能エネルギーや原子力などカーボンフリー電源のオプションが存在することから、カリフォルニアでは電化政策が進められている。一方で、燃料ならではのサービス

として、①調理など高温の加熱、②電化が進むと住宅・建築分野からの電力需要のピークは現在の夏から冬へ移行することが予想されるが、冬は太陽光発電や風力発電からの電力供給が天候の関係で不足する可能性があり、その不足をカバーするピークカット効果、③災害時など電力供給が途絶した場合のバックアップの3点があり、化石燃料利用を水素利用やバイオマス燃料に転換する手段もある。水素をカーボンニュートラルな形で製造する方法として、再生可能エネルギー由来の電力より製造する（グリーン水素）のほか、化石燃料から水素を製造し、その際発生するCO₂をCCSにより地中へ貯留する（ブルー水素）方法があり、実用化への実証実験が進んでいる。また、水素の建築への供給方法として、水素をそのまま供給するだけでなく、CO₂と合成して現在の都市ガスと同じメタンとして従来と同じように利用できるようにする手法についても開発が進められている。

7 電力システムと協調する建築

ここまで見てきたように、これからの建築にはエネルギー消費者としてその消費量を削減するだけでなく、今後再生可能エネルギー電源の拡大によって生じる電力需給の不安定化を積極的に緩和する役割が求められる。2021年5月には、米国エネルギー省から『A National Roadmap for Grid Interactive Efficient Building』⁵⁾が刊行されている。この中で、Grid Interactive Efficient Building (GEBs) とは、「分散型エネルギー資源の積極的使用に特徴づけられる、スマート技術を用いて電力グリッドへのサービスと居住者のニーズ、コストを最適化する、エネルギー効率の高いビル」と定義されている。即ち、電池、電気自動車、太陽光、燃料電池など分散発電システムを活用し、電力システムの要求と、居住者に対するサービスの要求の両者を両立させる最適制御をビル、ビル群を対象に実行するシステムと考えられ、今後の

スマートビルの目標となるコンセプトである。

8 エネルギー以外の課題

建築分野におけるエネルギー以外の温室効果ガス排出抑制の課題として、以下の2点がある。

一つは木材の利用である。日本の森林は現在全体として成熟した状況にあり、CO₂の吸収量が2013年から2030年で減少すると言われている。これを食い止めるためには木材利用を促進し、伐採した後にエリートツリーと言われる成長が早くCO₂吸収能力の高い樹木を植樹することが必要であり、木造建築の普及拡大はその効果が大きい。

もう一つはエアコンの使用にかかるフロンの問題である。エアコン使用時におけるフロンの漏洩防止は地球温暖化対策計画で挙げられている対策の中でも現在その進捗が遅れている分野であり、ネットワーク等を用いて運転状態を監視して漏洩検知を行うことは同時にエネルギー管理の面でもメリットが期待できる。もちろん温室効果の少ない冷媒を開発することも重要な課題である。

9 まちの重要性

以下は筆者の私見となるが、このように見えてくると、日本で今後重要となってくるのは建築単体でなく街区・まちの単位となるのではないかと考えている。これから世界中で始まるカーボンニュートラル社会への転換の競争において、日本が世界に対して貢献でき、産業を伸ばしていく可能性の高い分野の一つとして、建築・住宅・家電・設備・自動車などその要素技術において世界をリードしているまちづくりの分野があること、また前述のような電力グリッドに貢献できる建築の技術は、VPP（仮想発電所）と言われるように多数の住宅・建築から構成される大きな単位にまとめることでその効果が発揮されること、今後カーボンニュートラル社会への移行ではすべての国民

や中小事業者の参画が必須であり、「明るく豊かなカーボンニュートラル社会」の姿を提示することがそのために必要なこと等が理由である。

既に海外ではカーボンニュートラルのまちづくりの実験が進み、日本でも「脱炭素先行地域」の構想が進んでいる。ここでの日本の課題は、要素を組み合わせることで大きなシナジー効果を生み出すシステム化力と、単に温室効果ガスを排出しないというだけでなく、景観のよさ、快適さ、SDGs全体の課題に配慮できるデザイン力であると考えている。

(参考文献)

- 1) Shimoda et al (2020), Energy demand science for a decarbonized society in the context of the residential sector, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 131, 110051
- 2) 『IPCC1.5℃特別報告書』政策決定者向け要約 (2018)
- 3) Grubler et al (2018), A low energy demand scenario for meeting the 1.5℃ target and sustainable development goals without negative emission technologies, *Nature Energy*, vol. 3, Issue 3, pp. 515-527
- 4) Shimoda et. al. (2021) Evaluating decarbonization scenarios and energy management requirement for the residential sector in Japan through bottom-up simulations of energy end-use demand in 2050, *Applied Energy*, 117510
- 5) US-DOE (2021) A National Roadmap for Grid-Interactive Efficient Buildings
<https://gebroadmap.lbl.gov/>

「脱炭素社会に向けた住宅・建築物における省エネ対策等のあり方・進め方」について

国土交通省住宅局参事官（建築企画担当）付 課長補佐 池田 亘

1 検討の経緯等

「脱炭素社会に向けた住宅・建築物の省エネ対策等のあり方検討会」については、2020年10月26日、第203回臨時国会において、菅前首相より「2050年カーボンニュートラル、脱炭素社会の実現を目指す」ことが宣言されたことなどを踏まえ、経済産業省・環境省との3省合同で、有識者等で構成する検討会として設置され、4月19日に第1回が開催されて以降、8月10日まで6回にわたり議論され、8月23日にとりまとめが公表されたところである。¹⁾

2 とりまとめのポイント

とりまとめは、大きくはカーボンニュートラルの実現に向けた住宅・建築物の姿などを“あり方”として示した「2050年カーボンニュートラルの実現に向けた取組の基本的な考え方」と省エネルギーの徹底、再生可能エネルギーの導入拡大及び木材の利用拡大による吸収源対策に係る具体的な対策等の“進め方”として示した「2050年カーボンニュートラルの実現に向けた取組の進め方」からなる。

(1) 2050年及び2030年に目指すべき住宅・建築物の姿《あり方》について

目指すべき住宅・建築物の姿については、2050

年カーボンニュートラルの実現¹⁾という高い目標に向け、また、中期的な2030年度の温室効果ガスの排出削減目標ⁱⁱ⁾が、従来の26%から46%へと高い目標設定となっており、新築・省エネ改修に係る対策強化により省エネ量を2割増しとすることが求められていること、更には、電源構成における再生可能エネルギーの割合を36~38%に引き上げる²⁾こととされていることを踏まえ、次のように示されている。

《2050年に目指すべき住宅の姿》

ストック平均でZEHレベルの省エネ性能³⁾が確保されるとともに、その導入が合理的な住宅における太陽光発電設備等の再生可能エネルギーの導入が一般的となること。

《2030年に目指すべき住宅の姿》

新築される住宅についてはZEHレベルの省エネ性能が確保されていること。

新築戸建住宅の6割において太陽光発電設備が導入されていること。

- 1 住宅・建築物のみでカーボンニュートラルを実現するというのではなく、住宅・建築物を含めた我が国社会全体でカーボンニュートラルを実現するとされている。
- 2 見直し後のエネルギー基本計画より（見直し前の計画においては22~24%）
- 3 再生可能エネルギーを導入した場合であっても、それに伴うエネルギー消費量の削減分を含めずに、一次エネルギー消費量の削減量を現行の省エネ基準値から20%削減するもの

表1 見直し後の地球温暖化対策計画における新たな削減目標

温室効果ガス排出量・吸収量 (単位：億t-CO ₂)		2013排出実績	2030排出量	削減率	従来目標
		14.08	7.60	▲46%	▲26%
エネルギー起源CO ₂		12.35	6.77	▲45%	▲25%
部門別	産業	4.63	2.89	▲38%	▲7%
	業務その他	2.38	1.16	▲51%	▲40%
	家庭	2.08	0.70	▲66%	▲39%
	運輸	2.24	1.46	▲35%	▲27%
	エネルギー転換	1.06	0.56	▲47%	▲27%
非エネルギー起源CO ₂ 、メタン、N ₂ O		1.34	1.15	▲14%	▲8%
HFC等4ガス（フロン類）		0.39	0.22	▲44%	▲25%
吸収源		-	▲0.48	-	(▲0.37億t-CO ₂)
二国間クレジット制度（JCM）		官民連携で2030年度までの累積で1億t-CO ₂ 程度の国際的な排出削減・吸収量を目指す。我が国として獲得したクレジットを我が国のNDC達成のために適切にカウントする。			-

出典：地球温暖化対策推進本部（第47回）資料1-1 地球温暖化対策計画（案）の概要より

(2) 2050年カーボンニュートラルの実現に向けた取組の進め方について

I. 家庭・業務部門における省エネルギー対策の強化について

目標の実現に向けては、新築住宅・建築物における省エネ性能の引き上げが不可欠となることから、以下の取組みを組み合わせることとして、主な取組内容とその進め方（主なスケジュール等）が示されている。

①ボトムアップ：省エネ基準適合義務化により省エネ性能を底上げ

- ・住宅を含む建築物について現行の省エネ基準への適合義務化（2025年度）
- ・断熱施工に関する実地訓練を含む未習熟な事業者の技術力向上の支援
- ・新築に対する支援措置について省エネ基準適合の要件化

更に後述の②の取組みを経て、

- ・義務化が先行している大規模建築物から省エネ基準を段階的に引き上げ
- ・遅くとも2030年までに、誘導基準への適合率

が8割を超えた時点で、義務化された省エネ基準をZEH・ZEBレベルの省エネ性能⁴に引き上げ

②レベルアップ：誘導基準や住宅トップランナー基準の引き上げとその実現に対する誘導で省エネ性能を段階的に引き上げ

- ・建築物省エネ法に基づく誘導基準や長期優良住宅、低炭素建築物等の認定基準をZEH・ZEBレベルの省エネ性能に引き上げ、整合させる
- ・国・地方自治体等の新築建築物・住宅について誘導基準の原則化
- ・ZEH、ZEB等に対する支援を継続・充実
- ・住宅トップランナー制度の充実・強化（分譲マンションの追加、トップランナー基準をZEHレベルの省エネ性能に引き上げ）

③トップアップ：誘導基準を上回るより高い省エネ性能を実現する取組みを促すことで市場全体

4 住宅については、強化外皮基準及び再生可能エネルギーを除いた一次エネルギー消費量を現行の省エネ基準値から20%削減、建築物については、再生可能エネルギーを除いた一次エネルギー消費量を現行の省エネ基準値から用途に応じて30%または40%削減（小規模建築物は20%削減）

の省エネ性能の更なる向上を牽引

- ・ ZEH + や LCCM 住宅などの取組みの促進
- ・ 住宅性能表示制度の上位等級として多段階の断熱性能を設定

これらの取組みと合わせ、住宅・建築物の省エネ性能の表示に関する取組みや既存ストックの省エネ性能向上に向けた省エネ改修の取組み等についても強化することとされている。

II. エネルギー転換部門の再生可能エネルギーの導入拡大について

太陽光発電や太陽熱・地中熱の利用、バイオマスの活用など、地域の実情に応じた再生可能エネルギーや未利用エネルギーの利用拡大が重要であるとして、将来における太陽光発電設備の設置義務化も選択肢の一つとしてあらゆる手段を検討し、その設置促進のために取組みを進めることとされ、当面の具体的な取組みが示されている。

- ・ 国や地方自治体の率先した取組み（新築における標準化等）
- ・ 関係省庁・関係業界が連携した適切な情報発信・周知、再生可能エネルギー利用設備の設置に関する建築主への情報伝達の仕組みの構築
- ・ ZEH・ZEB等への補助の継続・充実、特にZEH等への融資・税制の支援
- ・ 低炭素建築物の認定基準の見直し（再エネ導入ZEH・ZEBの要件化）
- ・ 消費者や事業主が安心できるPPA⁵モデルの定着
- ・ 脱炭素先行地域づくり等への支援によるモデル地域の実現。そうした取組状況も踏まえ、地域・立地条件の差異等を勘案しつつ、制度的な対応のあり方も含め必要な対応を検討
- ・ 技術開発と蓄電池も含めた一層の低コスト化

5 Power Purchase Agreement（電力販売契約）

3 おわりに

今後、検討会におけるとりまとめで示された対策とそのスケジュールの具体化を図るため、2021年10月4日から社会資本整備審議会における議論が開始されたところである。とりまとめの結びでも指摘されているように、関係事業者等においても、とりまとめを前提として、更に一層の高みを目指した積極的な取組みが展開されることを期待したい。

（参考文献・注釈）

- 検討会の資料・議事録等については国土交通省ホームページ等に掲載されているので詳細の経緯についてはこちらを参照されたい。
https://www.mlit.go.jp/jutakukentiku/house/jutakukentiku_house_tk4_000188.html
また、本テーマについては、内閣府の再生可能エネルギー等に関する規制等の総点検タスクフォースにおいても取り上げられ、四度にわたり議論が行われたので合わせて紹介させていただく。以下のホームページに資料・議事録等が紹介されているので参照されたい。本テーマが取り上げられているのは第5回、第11回、第13回、第14回である。https://www8.cao.go.jp/kisei-kaikaku/kisei/conference/energy/e_index.html
- エネルギー基本計画や地球温暖化対策計画の見直しにより、省エネ量についても見直し前の計画における削減目標量（原油換算で約5,000万kℓ）から2割増しの約6,200万kℓを目指すこととされ、新築・省エネ改修による省エネ対策の強化により約890万kℓの追加削減が必要となっている。

建設業における カーボンニュートラルへの取組み

一般社団法人日本建設業連合会 建築設計委員会設計企画部会 サステナブル建築専門部会 主査 高井 啓明
(株式会社竹中工務店 設計本部 プリンシパルエンジニア)

1 はじめに

(一社)日本建設業連合会(以下、「日建連」という)では、2021年5月「建設業の環境自主行動計画第7版(以下、「第7版」という)」を公表しました。

「建設業の環境自主行動計画」は1996年に策定以来、持続可能な社会の実現を目指し、テーマ毎に目標を設定して、具体的な環境改善活動の拡充を図りながら、日建連及び会員企業の取組み指針として位置づけられてきました。



図1 建設業の環境自主行動計画第7版

https://www.nikkenren.com/kankyoku/pdf/indep_plan_7_web.pdf

2020年10月、菅前首相が「2050年カーボンニュートラル(温室効果ガス排出量の実質ゼロ)」を宣言し、2021年4月の気候変動サミットにおいて2030年に向けた温室効果ガスの排出削減目標を大幅に引き上げて、2013年度比で46%削減することを表明しました。

こうした動きを踏まえ第7版では、これまでテーマの一つであった「低炭素社会」を「脱炭素社会」に変更しました。カーボンニュートラルへの姿勢を明確にし、「環境経営」、「脱炭素社会」、「循環型社会」、「自然共生社会」の四つの柱で構成し、2021年度から5ヵ年計画として、日建連の目標や実施方針などを掲げています。

近年、世界的にも想定を超える気象災害が発生するなど、気候変動に伴う気候危機を強く認識する必要があります。日本のみならず世界的にも様々な環境問題が顕在化する中、脱炭素(カーボンニュートラル)は特に国内外において喫緊の課題となっています。

ここでは、第7版で示した「脱炭素社会」に向けた、建築分野における「設計段階」の取組みを中心に、「施工段階」の取組み概要について紹介します。併せて、(株)竹中工務店におけるカーボンニュートラルの理念と取組み事例を紹介します。

2 建設業の施工段階における取組み

第7版では、長期目標として「施工段階におけるCO₂排出量を2050年までに実質ゼロとなるための取組みを推進」することを掲げるとともに、「CO₂排出量原単位(t-CO₂/億円)を2030~40年度の早い時期に2013年度比40%削減」とする中間目標を設定しました。

建設工事の施工段階で発生するCO₂は、重機・車両の燃料と電力起源に大別されます。燃料の使

用は、油圧ショベル・ダンプトラック・発電機などのディーゼル機関での軽油の使用が主になります。

電力は仮設事務所でのエアコン・照明、工事での機器、例えばトンネルのシールドマシン、仮設で使用する送風機や照明などがあります。電力使用の削減として省エネ活動や使用電力のグリーン化を進めていますが、CO₂排出量の約80%を占める化石燃料の削減は簡単には進みません。

国土交通省が推進するi-Construction等によるICT施工等の現場導入によって、施工の効率化に伴うCO₂排出量削減に向けた取組みを進めていますが、排出量を大幅に削減するためには、低炭素燃料等の利用拡大やハイブリッド・EV建機等(革新的建設機械)への切替えが必要です。

そのため、日建連では低炭素燃料等利用に関するガイドライン等の作成を行うなど普及に向けた取組みを継続するとともに、今後、重機メーカーを始め、重機を所有する協力会社やリース会社の脱炭素化の促進支援策についても、業界内外のステークホルダーと連携を図ることが求められると考えます。

3 建設業の設計段階における取組み

建設業は、建設工事の施工段階だけではなく建設業界内の削減取組みの枠を超え、上・下流のサプライチェーン全体で削減に取り組む必要があります。特に、供用時の建築物からの排出量が圧倒的に多いことが建設業の特徴となっています。

第7版では、設計における脱炭素社会に向けた取組みとして、「自社オフィスビルの運用段階のZEB化等の推進」、「ZEB/ZEHの普及・推進」、「2025年度までに、新築する自社施設のZEB化等の計画の策定」、「設計・施工物件の運用段階のCO₂削減計画を策定」を目標としています。

日建連会員各社は建築工事受注額の約50%を設計施工一貫方式で受注しており、建物の企画・設計段階から関与しているため、省CO₂建物の設計がこの問題に対応するための重要項目となっています。

日建連は、旧建築業協会時代の1990年より「建築業と地球環境」を重要な課題として各種の活動を行ってきました。また、2012年3月には日建連建築宣言「未来に引き継ぐ確かなものを」を公表し、低炭素・循環型社会の構築に貢献することを基本方針の一つと位置づけ、建築物の運用段階におけるエネルギー消費量の削減が大きな課題となるとの認識を改めて示してきました。

この課題に対する取組み状況をより具体的に把握するために、10年以上にわたり「CASBEEの導入・活用状況の把握」、「省エネに関する性能の把握」、「CO₂排出削減量の推定」のため調査を実施し、「省エネルギー計画書およびCASBEE対応状況調査報告書」をとりまとめています。

4 「省エネルギー計画書およびCASBEE対応状況調査報告書」等からの現状把握データの公表

2020年度の日建連の設計申請物件のBEI¹の分布を図2に示します。工場等を除いた全用途の分布です。平均が0.78で、2024年に0.8を大規模の適合義務基準とすること、2030年までには0.6~0.7にすることを見据えると、より省エネを進めていかなくてはならないことが分かります。

次にBEIの頻度分布について、今年の4月に再調査を行いました(図3)。複数年にわたりBEIが0.7以下の物件にフォーカスして調べたものです。BEIが0.5以下になると7割以上の物件で再エネが導入されている様子が分かります。

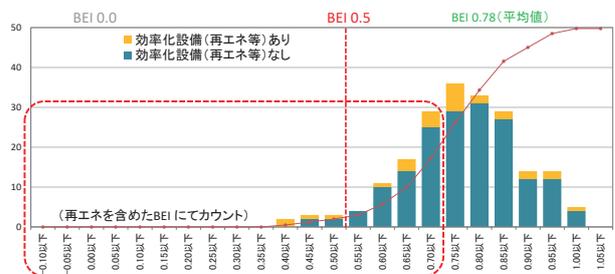


図2 日建連物件のBEI調査(2020年度)

1 Building Energy Index: 設計一次エネルギー消費量/基準一次エネルギー消費量

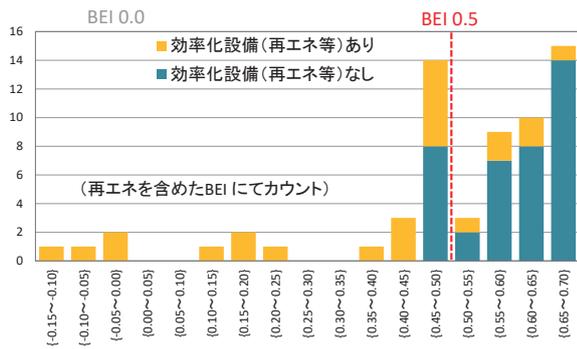


図3 日建連物件のBEI再調査 (2015~2021年)

図4はBEI値とコストアップイメージを2軸にプロットしたグラフです。コストアップイメージとは、各社の標準的な仕様(平均0.78程度)のコストに対する、設計した物件のコストアップイメージを尋ねたものです。

新築物件においては、

- ・ BEI=0.6までのコストは0~10%増と幅はあるものの、コスト増とならない物件もある
- ・ BEI=0.5までのコストは数%~10%の範囲
- ・ BEI=0.25~0になるとコスト増は20%にまで高くなり、実現件数が大きく減っている

一方、改修物件においては、新築の場合の総建築費に比べコスト(建築費)は6割程度と抑えておりますが、新築物件に比べると、省エネ対策部分には2倍以上のコストがかかっているというような状況となっています。

次に、日建連会員企業の設計したZEB建物の分布について説明します(図5)。現時点でZEBレディ以上の物件が77件プロットされています。用

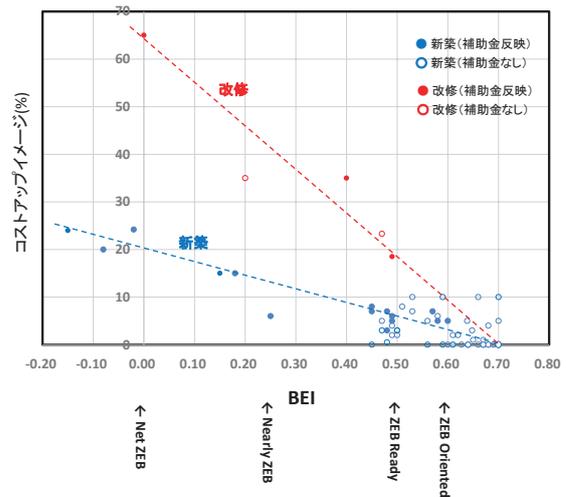


図4 日建連物件のBEIとコストアップイメージ (2021年4月調査)

途別に見ますと、事務所が多く、事務所でZEB性能の高い建物が出現しています。右が新築と改修に分けた図です。77件中、改修が10件となっています。

5 カーボンニュートラルの取組み事例

カーボンニュートラルについての(株)竹中工務店の取組み事例を紹介します。

5.1 全社としての取組み

当社では2020年に、脱炭素社会の実現に向けた長期目標を公表しています。施工時のCO₂排出量削減、設計した建物の運用時のCO₂排出量削減、調達した資材のCO₂排出量削減などについて、2030年目標、2050年ゼロ目標を定めています。

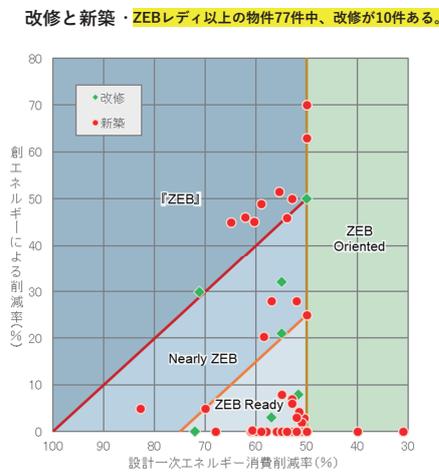
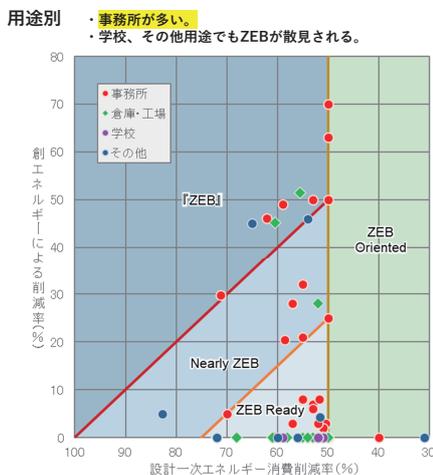


図5 日建連のZEB物件の分布 (2021年4月調査)

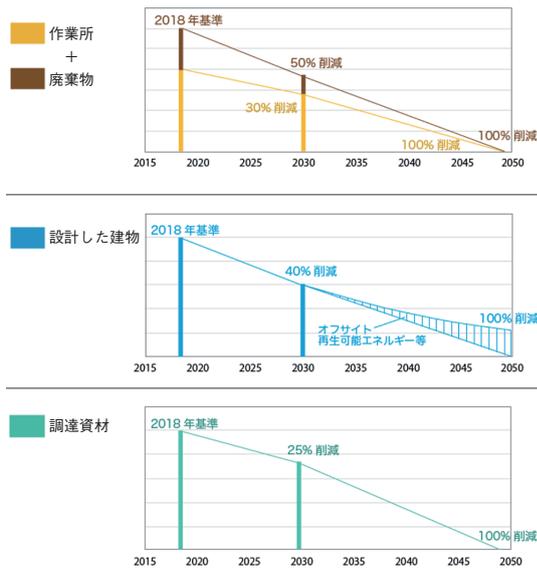


図6 竹中工務店の2030年、2050年に向けたCO₂排出量削減目標

5.2 設計部門としての取組み

当社は今までに多くのZEB建物を実現してきました。2021年4月時点で、一般的な建物より50%削減のZEBレディ21件、75%削減のニアリーZEB2件、100%削減のネットZEBの物件4件があります。事務所以外にも学校、研究所、寮、展示場、スタジアムなどがあります。

設計する建物のCO₂排出量削減目標は、2030年に40%削減、2050年にゼロを目指しています。また、ZEB設計ツールの開発に力を入れています。

そして、設計する各建物のCO₂削減のマネジ

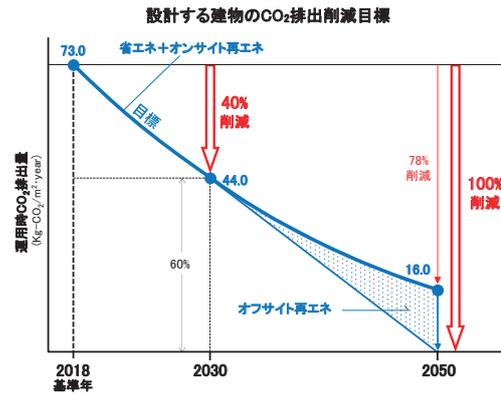


図8 竹中工務店の設計する建物におけるCO₂排出量の削減目標（2030年、2050年）

メントを行っています。2030年に向けた各年の目標に対して、各物件がどのような位置にあるのを見える化しながら取組みを進めています。

次世代の環境品目調達の拡大を念頭に、そのような品目を設計段階で増やす計画です。外壁や屋根の断熱、断熱ガラス、トリプルガラス、木製サッシ、太陽光発電パネル、蓄電池などの採用を増やしていきます。

資材調達におけるCO₂削減も重要です。コンクリートを用いるため、当社が開発したCO₂発生量の少ない高炉スラグを用いたECM²セメント、更に技術開発中のCO₂吸収型コンクリートを設計段階で採用することを進めています。

木造木質化も資材のCO₂排出、CO₂の固定化、適正森林管理によるCO₂吸収に貢献します。積極的な中高層の木造木質建物にチャレンジしていきます。

グリーンインフラ技術を用いた建物周辺における取組みも重要です。当社が開発したレインスケープという手法では、大雨時に敷地内に雨水を貯め、浸透させ、水質を浄化しながら、雨水を建物にも再利用するものです。大雨時に敷地外への流出抑制に効果があります。

また、設計する各建物において、SDGsへの貢献を17のゴール毎に検討しています。

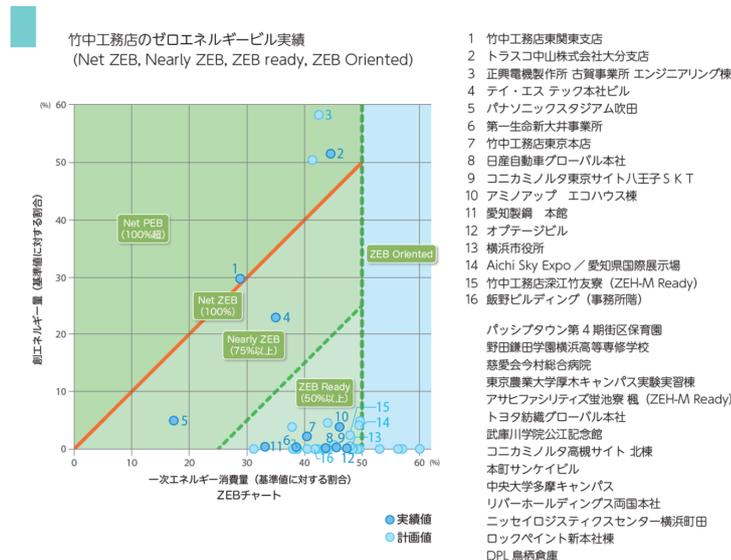


図7 竹中工務店のZEBプロジェクト

2 ECM : Energy · CO₂ · Minimum

5.3 調達部門としての取組み

調達部門における2030年に向けたCO₂削減計画について説明します。2030年に25%削減を目標としています。調達する資材のCO₂排出量は、鉄骨鋼材、セメント、鉄筋のウエイトが高くなっています。

脱炭素に向けたメーカー選定の時代に入っています。鉄骨ミルメーカー、セメントメーカーの取組みなど、各メーカーの技術開発を注視しながら資材調達を進めていきます。

これまで20年ほどグリーン調達を進めてきましたが、これからは脱炭素調達へ移行していくと考えています。製品調達段階では低炭素品目、設計段階ではZEB品目、施工段階では低炭素調達施策を推進していきます。

設計と同様、ECMセメントやECMソイルの調達拡大、採用を推進します。鉄スクラップを主な原料とした低炭素・循環型の電炉鋼材の拡大・採用を推進します。

当社が開発したエボルダンという軽量エコダクトの拡大・採用を推進します。ダンボールとアルミを再利用し、保温性も確保した技術です。

5.4 生産部門としての取組み

生産部門、作業所における2030年に向けたCO₂削減計画について説明します。2010年頃の作業所での取組みは、事務所のこまめな消灯、アイドルリングストップ、省燃費運転程度でした。排出の割合は軽油が3/4、電力が1/4となっています。

作業所の事務所においては、省エネ・省CO₂仮設ハウス「エコフィス」を2009年に開発し、その後も作業所事務所の高気密化・高断熱化を進めてきました。

(株)竹中工務店東関東支店の事例では、エミッションについてはリデュース、リユースを実施し、産業廃棄物の100%リサイクル化を実現すること、作業所のゼロカーボンについては省エネ活動、グリーン電力利用、BDF利用、カーボンクレジット購入によるオフセットなどを行いました。結果、ゼロエミッション、建設時のゼロカー

ボン、運用時のZEBをすべて達成しています。

これからの作業所におけるCO₂削減メニューとお客様への提案を検討しています。削減メニューはお客様のご要望に合わせて検討し、提案させていただきたいと考えています。

5.5 ライフサイクルCO₂ゼロに向けた取組み

ライフサイクルCO₂ゼロに向けた設計・資材調達・建設の取組みですが、省エネビルからZEBビルへ、更に再エネ調達を増やし蓄電や期間エネルギー貯蔵も図る運用時の脱炭素、そして、建設時、資材調達時のCO₂も減らしていく総合的なライフサイクルCO₂ゼロビルを目指していきたいと考えています。

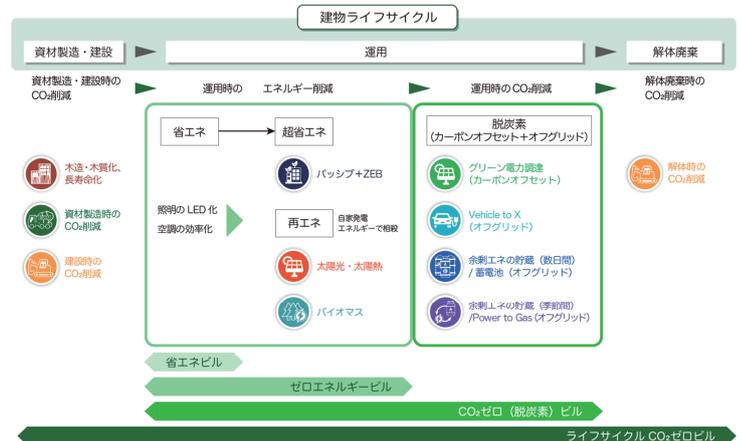


図9 ライフサイクルにおけるカーボンゼロを目指して（竹中工務店）

6 おわりに

カーボンニュートラルについては、国が宣言し、長期方針を示したことで、全産業を挙げての目標設定と取組みが始まりました。

建築分野においても、低炭素社会に向けた住宅・建築物の省エネ対策、再エネの導入拡大、木材の利用拡大が政策として議論され、建築物省エネ法、建築基準法が改正されようとしています。

建設業においても、これらの動きを注視し、積極的な関与を行いながら、率先した活動とステークホルダーとの連携を進めていくことが重要と考えています。

建設会社における カーボンニュートラルに向けた取組み

大成建設株式会社 環境本部カーボンニュートラル推進部 計画室長 高橋 工

1 建設業界における脱炭素に向けた取組み

建設業界団体である（一社）日本建設業連合会（以下、「日建連」という）では、従来より地球温暖化防止対策として、「施工段階におけるCO₂排出抑制」と「設計段階における運用時のCO₂排出抑制」に取り組んできた。工事（施工段階）とお客様に提供する建物の運用（設計段階における運用時）の省CO₂取組みであるが、2020年10月の日本政府による「2050年カーボンニュートラル」宣言を受け、更に脱炭素化に向けた取組みが必要となってきている。

2021年5月に発行した「建設業の環境自主行動計画（第7版）」では、脱炭素社会実現のための中期目標として、「施工段階でのCO₂排出量原単位（t-CO₂/億円）を2013年度比で2030～2040年度の早い時期に40%削減」、また「CO₂排出量を2050年までに実質0とするための取組みを推進」することを掲げている。

また同月に、日建連として更なるCO₂削減を推進する組織として環境委員会環境経営部会の下に「カーボンニュートラル対策WG」を設置した。脱炭素化に向けた取組みは建設業の様々な技術的知見が必要となるため、環境分野の組織だけではなく、建築本部の設計部門や土木本部の技術関連委員会と連携が可能な組織横断のメンバーで構成した。

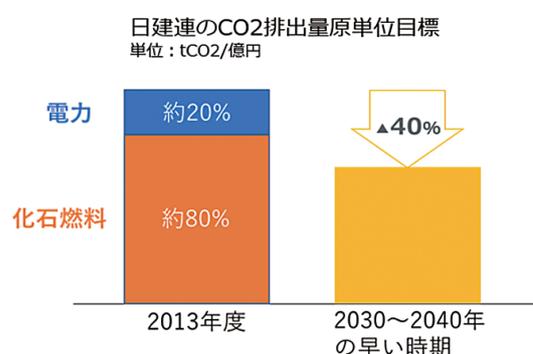


図1 日建連のCO₂削減目標

<施工段階のCO₂排出抑制>

工事（施工段階）におけるCO₂排出量は、内勤のオフィス部門を含んだ建設会社の事業活動における排出量の大部分を占めている。CO₂排出量の削減は、エネルギー、大きく分けて電力と燃料の使用に起因する排出量があるが、工事におけるCO₂の約80%を占める重機や車両の燃料（建設業では軽油が主燃料）の削減が重要となっている。

「施工段階のCO₂排出抑制」では、工事現場に建設機械を持ち込み、施工する専門工事会社の協力が必須となる。具体的には、省燃費運転の励行や燃費効率の高い建機、省エネ機器の採用等、地道な活動の積み重ねにより進められている。

日建連では、全国各地での「省燃費運転講習会」の開催、温暖化対策について分かりやすく解説した資料「わたしたちにできる地球温暖化防止」の作成、「建設業におけるバイオディーゼル燃料利用ガイドライン」の発行などを通じ、CO₂削減に向けた活動を展開してきた。



図2 温暖化対策の解説資料
「わたしたちにできる地球温暖化防止」

今後カーボンニュートラル化に向けて、再エネ電力の導入や建設機械におけるハイブリッド型や電動型重機・車両の利用やバイオディーゼル燃料等の代替燃料の普及・展開、AIやIoTを活用した効率化施工といった取組みが必要となってくるが、これらの推進にはメーカーによる建設機械の開発と市場普及、リース業での先進的な機械の導入といった関連業界の取組みとの連携やこれらへの金銭的な助成などの行政支援が重要となってくる。

<設計段階における運用時のCO₂排出抑制>

日本のCO₂排出量の3分の1は住宅・建築物に係るものであり、その大部分を建物の運用段階でのCO₂排出量が占めている。日建連の会員企業は建築工事受注額の約50%を設計施工一貫方式で受注しており、建物の企画・設計段階から関与しているため、省CO₂建物の設計がこの問題に対応するための重要項目となっている。加えて、「2030年までに新築建築物の平均でZEB（ゼロ・エネルギー・ビル）を実現することを目指す」という政府目標への対応も必要である。

日建連では、会員企業の省CO₂、省エネ設計によるCO₂削減量や削減率の継続的な調査、公開やZEB等の事例紹介、不動産業界といった発注者や国等との省エネルギー性能に関する連携活動

を推進し、脱炭素化を目指している。

2 大成建設のカーボンニュートラルに向けた取組み

建設会社各社では、日建連の環境自主行動計画を鑑み、カーボンニュートラル化に向けた様々な取組みを行っているが、大成建設での事例をいくつか紹介する。

<環境方針・目標>

当社は、グループ理念「人がいきいきとする環境を創造する」の下、自然との調和の中、建設事業を中核とした企業活動を通じた良質な社会資本の形成に取り組み、「持続可能な環境配慮型社会の実現を目指す」ことを環境方針・環境目標に定めている。「脱炭素社会」「循環型社会」「自然共生社会」「安全が確保される社会」の四つの社会の実現に向けて2050年目標「TAISEI Green Target 2050」を2018年に見直し、2020年にはTCFD¹に賛同するとともに、日本政府の脱炭素宣言を受けてこの目標を一部改定し、「脱炭素社会」の実現のために、2050年に事業活動におけるCO₂排出量実質0を目指していくこととした。

更に、2021年5月に発表した中期経営計画(2021-2023)では、環境分野のフロントランナーを目指してカーボンニュートラルに向けた取組みを加速させることとし、重点施策として、「事業活動によるCO₂排出量目標を2050年「実質ゼロ」(カーボンニュートラル)へ」、「ZEB性能の向上とグリーン調達拡大」を掲げている。

<事業活動によるCO₂排出削減>

・TAISEI Sustainable Action (TSA)

当社は、環境目標達成のための全社員で取り組む環境負荷低減活動TAISEI Sustainable Action

1 Task force on Climate-related Financial Disclosures :
気候関連財務情報開示タスクフォース



図3 「TAISEI Green Target 2050」と「TAISEI Sustainable Action」の関連図

(TSA)を推進している。これには、事業活動の中でも、特にCO₂排出量が多い工事施工に関わる多くの関係者が、環境負荷低減の重要性を認識し具体的な取り組みを進めることが重要となる。これまで全作業所で実施してきた重機・車両のエコドライブ・点検整備、エアコンの温度設定抑制などの七つのアクションからなる「CO₂ゼロアクション」に、CO₂削減効果のある様々な取り組みレベルの具体的な技術や活動を加えたものを「アクションリスト」としてまとめ、使用する材料や製品、技術を写真で分かりやすく解説している。

またTSAの活動を加速させるツールとして「TAISEI Sustainable Action ポイントシステム」を業界で初めて構築し運用している。

このシステムは、「アクションリスト」の取り組み効果をポイント化することで成果が定量的に評価できるため、各工事現場での目標設定、実施評価が可能となり、より効果的な活動の推進、展開

が図れるツールとなっている。

TSA活動の教育・啓発は、全社でのeラーニングを始め、関連する本部組織や支店の幹部、管理系社員、作業所長への説明会、若年社員の研修会など、様々な機会を捉えて繰り返し実施し、浸透を図っている。また目標達成に向けた取り組みに関する表彰制度を設けており、他の部門の模範となる環境低減活動を評価し、社員の環境に対する意識の向上に努めている。

工事現場におけるカーボンニュートラルに向けた先進的な取り組みとしては、国内初の仮設作業所事務所におけるZEB Ready認証の取得がある。仮設建築物でありながら断熱性能の向上に加え、高効率な空調システム・LED照明・自然採光などの省エネ化技術を導入することで標準的な建築物と比べて、一次消費エネルギーを50%以上削減している。2021年度までに5作業所での実績があり、そのうちの一つは、お客様の建物とともに

ZEB Readyの認定を取得している。

・作業所CO₂計測・集計システム

CO₂削減目標を達成するためには、当社の事業活動において、TSAという削減活動とともに、どの程度のCO₂が排出されているのかを把握することが極めて重要となる。建設会社の事業活動において、CO₂排出量の大部分を占める建設現場では、建設機械などから発生する排出量を効率的に把握することは、CO₂削減に向けた取組みを行う上で重要な課題であり、より実態に合わせた計測・集計システムの構築が必要不可欠であった。従来の排出量の計測・集計は、建設機械等の稼働状況を調査し、規定の燃費情報等により算出する方法が一般的であったが、データ集計などに時間を要し、煩雑な作業となっていた。

そこで当社は、AIを活用して建設現場で発生するCO₂排出量を効率的に計測・集計するシステムの開発に着手している。2023年4月を目標にすべての建設現場に対し、本システムの導入を進めている。本システムは以下に示す情報を計測・集計することで、建設現場で発生するCO₂排出量を効率的に把握することが期待できる。

- (1) 建設現場に設置したカメラとAIの画像認識機能を用いて建設機械の稼働状況から排出量を自動算出する「現場運用情報」
- (2) 電気使用量や電子マニフェストなどの外部の取引会社から提供されるデータである「外部システム情報」
- (3) 燃料購入金額など支出・取引データを社内システムで管理する「社内システム情報」

今後、当社は本システムの建設現場への適用拡大を図るとともに、全社員が参画する環境負荷低減活動（TSA）に活用し、カーボンニュートラルに向けた取組みを更に加速させていく。加えて、将来的には本システムの社外への展開を目指し、建設業界におけるカーボンニュートラルへ貢献していく。

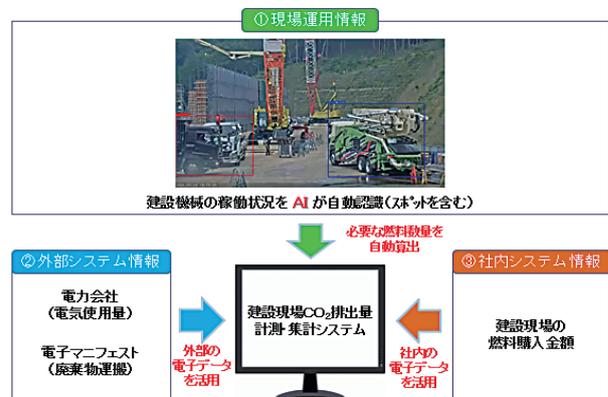


図4 システム概要図

<サプライチェーンにおけるCO₂排出削減>

CO₂排出量の国際的な分類として自社の事業活動のCO₂排出量をスコープ1（化石燃料の使用による直接排出）とスコープ2（購入電力の使用による間接排出）に分け、その上流、下流におけるCO₂排出量を「スコープ3」と呼ぶ。

このスコープ3には、材料調達やその輸送など（上流）から、顧客に販売した製品やその廃棄など（下流）の一連の流れの中で排出されるCO₂排出量が該当し、15の категорияに分類され「サプライチェーン排出量」とも呼ばれる。

建設業の場合、上流では購入する建設材料（カテゴリー1）、下流ではお客様に引き渡す建物の運用による生涯排出量（カテゴリー11）がスコープ3排出量の大部分を占めることが多い。当社が中期経営計画の中で掲げる「グリーン調達の拡大」は、上流の施策であり、「ZEB性能の向上」は下流の施策である。

・「スコープ3」上流における取組み

具体的な排出量削減の取組みの一つとして、低炭素材料の採用がある。当社は建築物の設計・施工・運用・解体における、環境負荷の小さい資機材及び工法の適用を目的とした「大成建設グリーン調達ガイドライン」を2001年より制定・運用している。グリーン調達品目には、低炭素材料だけではなく、使用することで低炭素化に貢献する

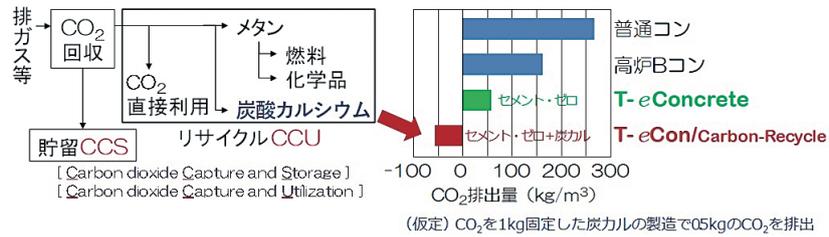


図5 カーボンリサイクル・コンクリート概要図

LED照明や高効率の設備機器も含まれる。

もう一つは、低炭素材料の開発である。当社はCO₂収支をマイナスにすることを可能とした、カーボンリサイクル・コンクリート「T-eConcrete/Carbon-Recycle」の開発を行っている。工場の排気ガス等より回収したCO₂とカルシウム成分を反応させ、製造することによりコンクリート内部へCO₂を固定する。直接CO₂をコンクリートに取り込む場合の課題であった、コンクリート内部の鉄筋腐食や強度の低下等の課題が改善され、大量のCO₂を取り込み、コンクリートCO₂収支をマイナスとすることが可能となった(図5：赤文字部)。

今後、自社施工案件での使用が可能となってくれば、グリーン調達拡大における、大きなメニューの一つとなる。

・「スコープ3」下流における取組み

省エネ、省CO₂設計により建物の省エネ性能を向上させ、顧客の建物の運用段階におけるCO₂を削減することが、スコープ3下流における取組みであり、前述の「ZEB性能の向上」である。

政府が2014年に策定したエネルギー基本計画において、「2020年までに新築公共建築物等で、2030年までに新築建築物の平均でZEBの実現を目指す」という目標が示された。当社は、エネルギー基本計画の発表と前後して技術センター内にいち早く『ZEB』の建物を実現した。

その後、オフィスビルなどでZEB等を実現した建築物を多数建設することで、確実な技術とノウ



図6 技術センターに建設された『ZEB』

ハウを蓄積してきた。更に、ZEBプランナー登録、ZEBリーディング・オーナー登録などのZEB化への取組みを積極的に行い、ZEB建築のリーディングカンパニーとして「市場性のあるZEB」の普及拡大に取り組んでいる。

2021年9月には、一次エネルギー収支ゼロを目指す工場『ZEF』(Net Zero Energy Factory)の第一号プロジェクトを始動し、建築物省エネルギー性能表示制度(Building Energy-efficiency Labeling System、以下、「BELS」という)で、5段階評価の最高ランクを獲得すると同時に、大規模生産施設で国内初となる『ZEB』認証を取得した。

既存の建築物のリニューアルについても、建物特性を考慮した、より省エネルギーな設備機器の導入や太陽光発電パネルなどの創エネルギー設備を設置するリニューアルZEB等の取組み、技術開発に関する市場形成に現在注力している。

既存建築物を改修工事でZEB化する「リニューアルZEB」では、建物を使いながらリニューアル

することが求められ、建物特性を考慮した、より省エネルギーな設備機器の導入や太陽光発電パネルなどの創エネルギー設備を設置する必要がある。

そこで当社は、改修工事における更なるZEB化技術と施工技術の向上を図るため、当社が保有する関西支店ビル、横浜支店ビル及び大成ユーレック川越工場で「リニューアルZEB」を実践し、併せて建築物省エネルギー性能表示制度(BELS)のZEB認証取得を目指すこととした。

当社は、様々な建物用途、新築及び既存建物においてZEBを提供することで顧客のカーボンニュートラルに貢献していく。

<カーボンニュートラルに向けて>

CO₂排出量「ゼロ」の実現が容易ではないことは周知の事実である。今後の政府のエネルギー政策や脱炭素技術の進展状況など多くの不確定要素がある中で進めていかなくてはならないことであり、自社の努力だけでは実現できないからである。

建築物は、顧客の発注があり、構成される多くの材料の製作メーカー、それらを施工する専門工事会社の協力があって建設される。したがって、建築物のカーボンニュートラルを実現するためには、当社の技術力の向上や取組みだけでなく、顧客の脱炭素化への意識や理解、材料メーカーによる材料生産における低炭素化、効率的な施工による活動など、サプライヤーや顧客との脱炭素化に向けた意識の共有や協働による削減がますます重要になってくる。当社もカーボンニュートラル化に向けた取組みを強化しつつ、会社経営に関わる重要課題として推進していく。

3 建築（材料）コストとカーボンニュートラル化推進

最後に、建築のコストに関連する事例を少し紹介する。

材料の低炭素化は、CO₂削減に貢献するが、そのコスト（価格）は、従来品より削減されず、コ

ストアップとなる場合が多い。環境に配慮されていて、コストが高いため普及しないという構図は今までも多く、材料を使用する顧客にとっても材料を開発・生産するメーカーの立場でもCO₂削減のマイナス要因となる。これを解決する施策として現在政府内で議論されているのが、炭素税（カーボン・プライシング）である。例えば、CO₂排出量が多い材料に対して、炭素税を課し、低炭素材料の価格を結果的に下げることで普及・推進を図るという仕組みである。このような規制による環境施策も今後期待される。

(参考文献)

- 1) 「建設業の環境自主行動計画（第7版）」（一社）日本建設業連合会
https://www.nikkenren.com/kankyoku/pdf/indep_plan_7_web.pdf
- 2) 「TAISEI Green Target 2050」を改定
https://www.taisei.co.jp/about_us/wn/2021/210225_5086.html
- 3) AIによる建設現場のCO₂排出量計測・集計システムの開発に着手
https://www.taisei.co.jp/about_us/wn/2021/210909_8453.html
- 4) カーボンリサイクル・コンクリート「T-eConcrete[®]/Carbon-Recycle」を開発
https://www.taisei.co.jp/about_us/wn/2021/210216_5079.html
- 5) 大規模生産施設において国内初となる『ZEB』認証を取得
https://www.taisei.co.jp/about_us/wn/2021/210921_8477.html
- 6) 既存建築物のゼロ・エネルギー・ビル化「リニューアルZEB」の推進を強化
https://www.taisei.co.jp/about_us/wn/2021/210817_8420.html

カーボンニュートラルに向けた提案 —設計事務所における考え方と具体的な取組み—

株式会社日建設計 デジタル推進グループ シニアダイレクター 滝澤 総

1 はじめに

2020年10月、政府は2050年までに温室効果ガス排出を全体としてゼロにする、カーボンニュートラルを目指すことを宣言した。続く2021年4月の気候サミットでは、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、50%削減の高みに向け挑戦することも表明され、カーボンニュートラルに向けた動きが加速している。我が国の温室効果ガス排出の約3分の1は業務・家庭用途が占めており、都市と建築のデザイン・エンジニアリングに知見と経験を積み重ねている設計事務所の役割は重要である。

本稿では、当社のカーボンニュートラルへの取組みについて述べたのち、クライアント・社会への六つの提案を紹介したい。

2 これまでのオペレーションサイドの取組み

日建設計は1997年に設計事務所として初めてISO9001、14001を取得し、品質マネジメントシステム（QMS）と並んで環境マネジメントシステム（EMS）を制定した。EMSでは設計を含めた日常的な業務活動を「オペレーションサイド」、設計業務などの結果としてプロジェクトにつくり込む環境性能を「プロジェクトサイド」と

呼び、全社環境方針の下、エネルギー、資源、ウェルネスなどのモニタリング項目を定めて運用している。図1にクラウドBEMSを活用した日建設計東京ビルのエネルギー、水資源のダッシュボードの表示例を、表1にSustainability Reportで報告した当社施設からのCO₂排出量を示す。

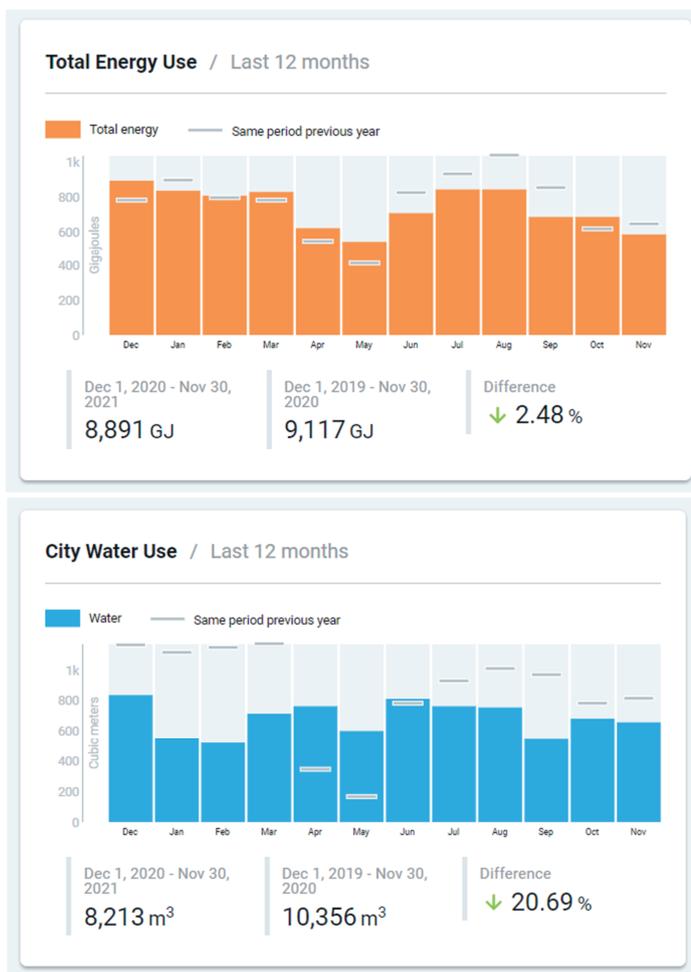


図1 見える化に配慮したダッシュボードの例

表1 温室効果ガス排出量¹⁾

SCOPE別総温室効果ガスGHG(CO₂)排出量(単位:ton-CO₂)

	2019年	2020年
SCOPE1	295	245
SCOPE2	2,481	2,121

注) CO₂排出量の算定は、「温室効果ガス排出量算定・報告マニュアル」(環境省、経済産業省)に基づき行っています。なお、各年度のCO₂排出量の算定には、各々前年度の電力使用に係るCO₂排出係数確定値を用いることとなっています。

集計対象範囲

エネルギー消費量および温室効果ガス(GHG)排出量の集計対象範囲は、「エネルギーの使用の合理化等に関する法律」に基づいて報告義務のある施設です。

3 クライアント・社会への提案～プロジェクトサイドの取組み

前項で当社例を示したように、設計・監理業務から発生する環境負荷は主として人手によるため、建築のLCCO₂(Life Cycle CO₂)の中では0.3%程度と極めて小さい(参考文献2におけるモデル事務所ビル・基準設計の試算例)。一方で、品質・コストの8割が設計で決まり、後工程では仕様変更の柔軟性は低下する³⁾ことから、計画初期から参画し、資材製造、建設、運用、改修、廃棄の仕様に関わる設計事務所の責任は重大である。

日建設計は、2021年3月に気候非常事態宣言⁴⁾を表明し、経済活動と脱炭素社会実現の両立を社

1. 私たちの働き方を革新し、日建設計の企業活動に起因する温室効果ガス排出を2050年にゼロとします。
2. 2050年の都市・建築デザインと働き方のカーボンニュートラルモデルを目標として提起し、バックキャストアプローチにより、2021~2050年で必要となる対策を年次計画として提示します。
3. 集合と分散を繰り返すこれからの地域のあり方を展望し、インフラと建築の機能を融合した柔軟なシステムによる身近なカーボンニュートラルを提案します。
4. 企業の環境配慮を評価するスクリーニングシステムの構築を支援し、ESG不動産/都市基盤投資の促進に貢献します。
5. クライアントと緊急行動の必要性を共有して課題解決を支援します。さらには社会に向けて発信して共感を呼びかけます。

図2 日建設計気候非常事態宣言⁴⁾より

会に働きかけていくことをコミットした。図2に気候非常事態宣言を、表2に宣言を具体化する六つの提案を示す。具体的な提案は順に紹介したい。

表2 カーボンニュートラル実現の六つの提案

1	サプライチェーンを理解して支援する。
2	運用起因CO ₂ を削減する。
3	建設起因CO ₂ を削減する。
4	再エネを確保して地域に貢献する。
5	環境性能評価システムの普及を支援する。
6	CO ₂ アプリを開発して行動変容を促す。

提案1) サプライチェーンを理解して支援する

地球温暖化対策推進法により企業による自社の排出量、即ち燃料の使用(Scope 1)と電力・DHC¹⁾などの使用(Scope 2)の把握、削減努力は広く行われているが、現在は事業活動に関係するあらゆる排出量を合計した「サプライチェーン排出量」を企業の責任範囲と考えることが一般的となった。サプライチェーン排出量のうち、Scope 1、2以外をその他の間接排出量Scope 3と呼び、図3に示す15のカテゴリに分類されている。

例えば、Scope 3のカテゴリ2といった建設に伴うCO₂排出量の割合が多ければ建設起因CO₂、カテゴリ13が多ければテナントのエネルギー消費に伴う運用CO₂の削減などを経営戦略課題として解決策を検討することが重要である。

また、気候変動に対応した経営戦略の開示(TCFD²⁾や、脱炭素に向けた目標の設定(SBT³・RE100⁴⁾)など脱炭素経営の見える化を通じた企業価値向上の動きが加速しており、国内外の最新情報に基づく検討も必須となっている。

提案2) 運用起因CO₂を削減する

2021年8月、国土交通省、経済産業省、環境省は住宅・建築物に係る省エネ対策等の強化の進め方を発表した⁶⁾。2024年度から省エネ基準が引き

1 District Heating and Cooling : 地域冷暖房

2 Task force on Climate-related Financial Disclosures : 気候関連財務情報開示タスクフォース

3 Science Based Targets

4 100% Renewable Electricity

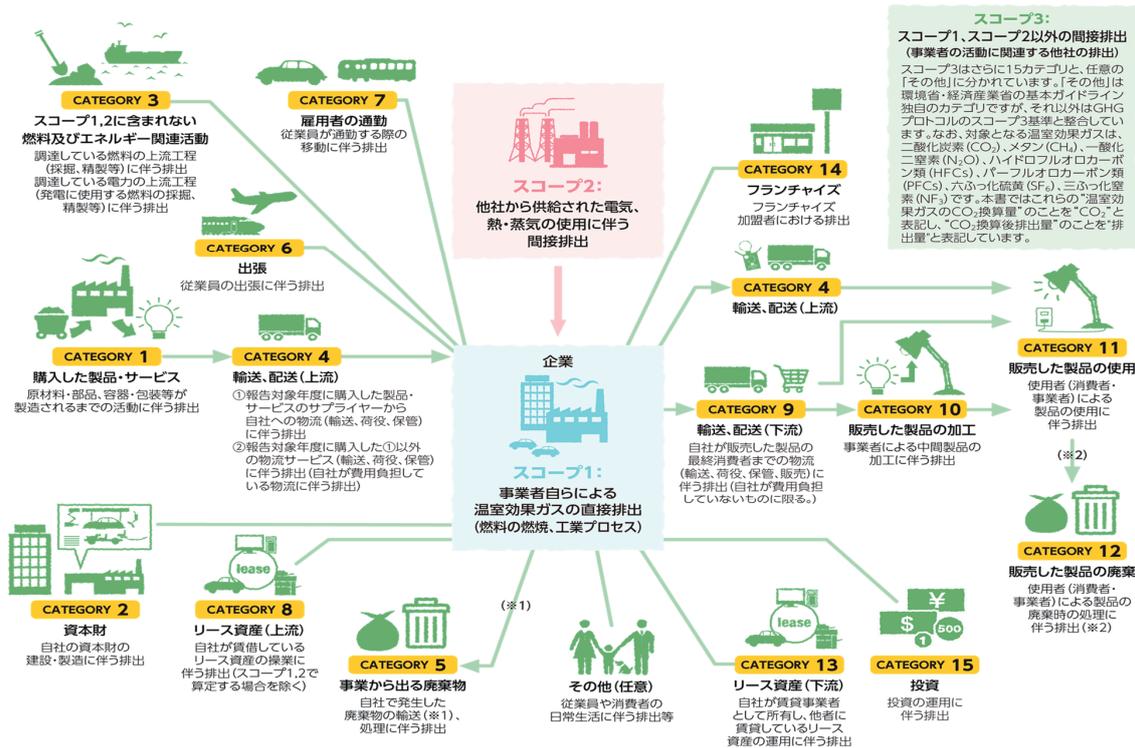


図3 サプライチェーン排出量のスコープとカテゴリ⁵⁾

上げられ (BEI⁵=0.8程度、大規模建築物から)、遅くとも2030年度までに更なる引き上げ(用途に応じてBEI=0.6または0.7)が実施される。3月に見直された東京都のゼロエミッション東京戦略など自治体の基準などにも注意して各企業の運用起因CO₂の削減目標値を定めることが必要である。

9月に環境省が策定・賛同者募集を開始した「リーディングテナント行動方針」⁷⁾は、入居先選定時と入居後の二つで構成され、それぞれで、①省エネ、②再生可能エネルギーの活用、③安全性、健康・快適性、知的生産性の確保の三つを理

念として掲げている。入居後の①省エネの指針としては、グリーンリースやエコチューニングなどの活用も示されており、関係者一体となった運用CO₂削減の試みとして期待される。

運用起因CO₂削減に期待される技術のロードマップを図4に示す。技術開発を促進しつつ、経済的に採用可能な技術のスクリーニングを行うこと、BESTシミュレーションによるCO₂削減効果などエビデンスに基づいた評価を行うことが重要である。

	2021	2030	2040	2050
Passive	断熱強化 高性能ガラス 日射遮蔽ルーバー	真空断熱材 木製サッシュ グリーンウォール	CO ₂ 由来断熱材 オープンエアブレイス	
Active	高効率熱源・電源・照明 放射冷房空調システム 個別空調のCO ₂ 制御&外気冷房	次世代TR*機器 個人最適化空調制御 スマートコンセント	次世代高効率機器 直流送電	
IoT	人流分析FF*制御 IoT活用コミッションング カーボン手帳	DR*対応制御 監視制御機器の省電力化 テナント電力量見える化	個人単位のCO ₂ 排出量抑制 (家庭と組合せ) 炭素税評価	
創エネ	大容量太陽光発電の屋上設置 DR*対応システム	ペロブスカイト電池による 太陽光発電設置範囲拡大 PPAアライアンス	地方連携 空き家活用発電&スマート グリッド	

図4 開発が期待される技術のロードマップ

5 Building Energy Index: 設計一次エネルギー消費量/基準一次エネルギー消費量

提案3) 建設起因CO₂を削減する

運用起因のCO₂削減が進む中、新築・改修・保全などの比率が増え、建設起因CO₂ (Scope 3)削減のニーズが高まっている(図5)。前述のように資材製造、建設などの仕様に関わる設計事務所の責任は重大である。資機材の選択、設計の工夫を織り込んだ削減手法を検討するとともに、施工の工夫も評価できる仕組みが大切である。

現在、建設起因CO₂は工事金額に価格当たり排出原単位を乗じて簡易に求めることが一般的である。これに対し資機材量と資機材原単位から算出するとともに、低環境負荷材料・施工を評価可能な詳細検討システムを整備することで、低炭素発注の枠組みを検討する。

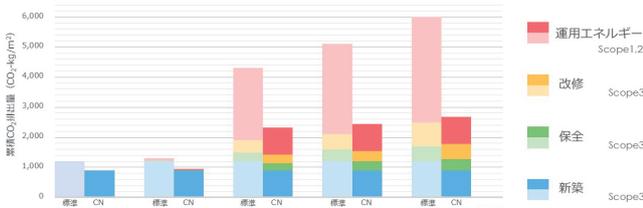


図5 LCCO₂の試算例 (標準設計とカーボンニュートラル設計の比較、累積年数毎の経年変化)

提案4) 再エネを確保して地域に貢献する

コロナ禍を契機に変わった働き方や、都心と郊外、都市と地域のあり方を展望すると、例えば、低層建築が多い地域の再エネポテンシャルを活かして融通可能な再エネを確保しつつ、地域に貢献するスキームに参画するなどの連携が重要となっている。脱炭素先行地域、SDGs未来都市など、地方の価値向上に焦点を当てた施策も提示されており、働き方・暮らし方の多様化とエネルギーの高度利用を目指した計画が必要である。

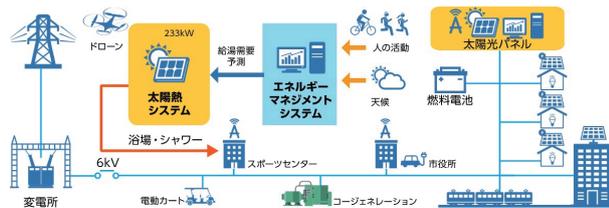


図6 再エネや人の活動に着目した郊外型エネルギーマネジメントのイメージ

提案5) 環境性能評価システムの普及を支援する

建築分野においては、エネルギー性能、健康・快適性能、それらの複合評価など多様な環境性能評価が存在(表3)し、複雑化の傾向にある。

表3 多様な環境性能評価

評価対象	日	米	欧
エネルギー性能	BELS, eマーク, BELS (L), ENERGY STAR	Energy Star, Building EQ	EU Energy Label
総合的な環境性能 (建築仕様を評価)	CASBEE, DBJ GB認証, CASBEE (L), トップレベル事業所, 東京都のみ	LEED, LEED (Certified), LEED (Platinum)	Living Building Challenge, BREEAM (英)
健康・快適性 (建築仕様+運用+サービス面を評価)	CASBEE-WO, CASBEE	WELL, WELL (Platinum)	fitwel, fitwel
その他	ABINC, ABINC, ランドスケープ	Arc, arc, Arc (Platinum), PEER, PEER (Platinum), 送電効率	SITES (Sustainable Sites Initiative), ランドスケープ, Parksmart, Parksmart (Platinum), 駐車場, GRESB (購), GRESB (不動産(企業単位))

性能認証は企業のフラグシップビルに対して取得されることが多かったが、体系立てた企業・資産評価に向け、保有資産全般に対し統一的な評価軸が必要になっている。ESG評価としては、DBJ-GB認証⁸⁾や既存ビル向けのArc⁹⁾などが有名である。Arcはエネルギー、水、廃棄物、交通、人の五つのKPI⁶⁾を世界のビッグデータと相対評価して90点満点で指標化する仕組みであって、複数施設の横串性能分析による、改修施設や改修項目の優先順位付けへの活用を期待している。

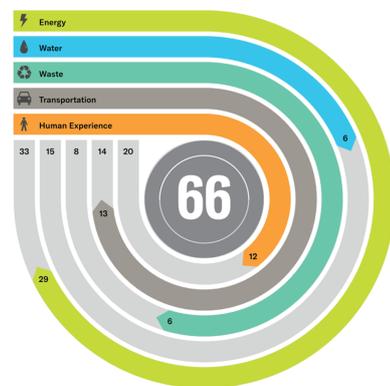


図7 Arcによる日建東京ビルの予備評価

6 Key Performance Indicators: 最重要指標

提案6) CO₂アプリを開発して行動変容を促す

カーボンニュートラルに向けては、働き方の工夫など、ユーザと一体となった取組みが必要である。2021年6月に発表された経済産業省等のグリーン成長戦略でも14重点分野の一つのライフスタイル関連で行動変容、その技術としてナッジ、BI-Techが位置付け¹⁰⁾られており、期待が高い。

建物ユーザそれぞれに対しユーザの環境意識を醸成し行動変容のきっかけを作る仕組みとして、在席表示システムなどと連動して、現在の使用状態に基づくCO₂排出を表示するとともに、効果的なナッジによりワークプレイス利用を誘導してカーボンニュートラルを促進しつつ、好みに適した空間・環境体験を提供するなどが有効と考える。



図8 開発中のCO₂アプリのイメージ

4 おわりに

カーボンゼロに向けては、各施策のCO₂削減効果を積み上げるフォアキャスティングアプローチでは到達しない検討結果となることが多い。2050年からバックキャストして、2025年、2030年、2040年にどんな中間目標を目指すか検討した「カーボンニュートラルロードマップ」を作成し、打ち手と効果を継続的に検証しながら、必要に応

じて有効な手法を追加する取組みが必要であろう。

図9に2021年5月に立案したオペレーションサイドである日建設計東京ビルのロードマップの例を示す。ここでは、2050年度にエネルギー使用量を2013年比30%と設定し、エネルギーCO₂排出係数を想定して計算を行い、徹底した運用起因のCO₂削減と再生エネルギーの導入検討を行った。

一方、2030年までの短中期の改修については、BEMSデータに新たに124ヵ所の電力測定を加えて利用者の有無に関わらず消費される「ベース電力」の洗い出しと対策立案を行うなど、詳細検討も行っている。これらの実践結果も提案に反映していきたい。

ESG投資の普及により、カーボンニュートラルと良好な執務環境のワーカーへの提供は企業の最重要テーマの一つとなった。都市・建築分野の果たすべき役割は大きく、ステークホルダの一員として提案と実現に貢献したい。

(参考文献)

- 1) 日建設計、<https://www.nikken.jp/ja/dbook/sustainability2021ja>, Sustainability Report, p.8
- 2) 日本建築学会編『地球環境建築のすすめ』p.229, 彰国社
- 3) 例えば、経済産業省「2020年版ものづくり白書」p.3
- 4) 日建設計「気候非常事態宣言」https://www.nikken.co.jp/ja/insights/kiko_hijojitaisengen.html
- 5) 環境省「サプライチェーン排出量の算定と削減に向けて」p.57
- 6) 国土交通省、経済産業省、環境省「2050年カーボンニュートラルの実現に向けた住宅・建築物の対策をとりまとめ」p.19
- 7) 環境省「リーディングテナント行動方針に関する説明会」https://www.env.go.jp/earth/zeb/news/pdf/20211108_tenant.pdf, p.11
- 8) 日本政策投資銀行「DBJ Green Building認証」https://www.dbj.jp/service/program/g_building/
- 9) Arc Japan、Arc for all、<https://arcjapan.jp/>
- 10) 経済産業省他「2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略」<https://www.meti.go.jp/press/2021/06/20210618005/20210618005-3.pdf>, p.161



図9 日建設計東京ビルのカーボンゼロの挑戦的試算