

カーボンニュートラル社会をリードする Net Zero の追求 —空気調和・衛生工学分野の5つの提言—

カーボンニュートラル社会実現に向けての学会方針検討委員会

空気調和・衛生工学をとりまく社会背景

2050年のカーボンニュートラル（以下、CN）社会実現に向け、日本政府は2030年までに2013年比で46%の温室効果ガス削減を目指し、さらに50%削減に向けて挑戦の継続を表明している。目標の達成には、民生部門における建築・都市の徹底した省エネルギー化・脱炭素化の推進が鍵となっている。空気調和・衛生工学会では、2012年3月に「21世紀ビジョン」、2017年12月に「21世紀ビジョン・プラス」を発表し、3つの提言と学会の役割を示してきた。特に提言2の「ZEBの普及と超低炭素社会への圧倒的寄与」は空気調和・衛生工学分野として社会に大きく貢献できることであり、国の施策に採用されたZEBの定義および未評価技術の評価手法構築など、継続的に活動を実行してきた。しかし、その後の「建築物のエネルギー消費性能の向上に関する法律（建築物省エネ法）」の強化を始めたとした社会情勢の急激な変化や技術開発の進展を鑑みて、空気調和・衛生工学分野としてのCN社会の実現に向けたさらなる貢献が求められている。

これから目指すべきは、本会の先導してきたZEBをさらに進展させたホールライフカーボンの正味ゼロ、“Net Zero”である。そのためには運用時のエネルギー削減だけでなく、建設時、解体時、そしてサプライチェーンを含めた温室効果ガスの抑制が求められる。気候変動が進行する中、世界ではエネルギーの安定供給への影響が懸念される紛争が絶えず、エネルギーセキュリティの面でも省エネルギーの推進が重要である。感染症によるパンデミックや、頻発する激甚災害に対するレジリエンスの観点から、建築設備における備えを充実することも求められている。さらには、SDGsの達成、超高齢化などの社会的課題、建設分野の人手不足に対応するための施工合理化や働き方改革と多岐に渡った課題が山積しており、これらの対策を同時並行で進めていく必要がある。

本会では、2022年4月に「カーボンニュートラル社会実現に向けての学会方針検討委員会」が創設された。委員会は、17名の学識経験者および設計業、総合建設業、設備工事業、エネルギー供給事業の実

務家により構成されている。CN化とその後の社会に向けて5つの提言を行い、空気調和・衛生工学分野として取り組むべき課題と方向性を示した。

提言1 新築と既存のZEB/ZEHを究める

1) 建築と高効率設備のシステムインテグレーション

新築および既存建物の改修では、建築と設備の統合デザインによりZEB/ZEHを実現する。建築と高効率設備、ICT利用による最適化制御などをインテグレートしてシステムを高度化し、ウェルネス・快適性・知的生産性を確保しながら外部からのエネルギー供給を最小化する。

空気調和システムでは、熱負荷の抑制ならびに処理からエネルギー消費に至る一連のフローにおいて、排熱や再生可能エネルギー熱などを野心的に活用する方策を深掘りする。

換気システムでは、室内空気質の確保と外気負荷低減の両立を目指し、外気導入の適正化および外気・室負荷処理の合理的な連携、換気効率に配慮した換気計画や機械換気と自然換気との高度な連携を図る。

給排水衛生システムでは、特に給湯分野における排熱や再生可能エネルギー熱などの利用を促進する。

2) 革新的な環境設計技術の追求

建物のZEB/ZEH化では、BIMやコンピュータシミュレーションを用いて建築・設備を融合した環境設計技術を発展させる。空調分野の設計では、設計用気象データや室内環境グレードなど、考慮すべき設計条件を再考するとともに、来るべきCN社会に対応した設計技術を確立する。建築・都市におけるレジリエンス性や電力の需給調整力の確保、さらには水素・合成燃料の製造および利用など、建物での新たな脱炭素技術の適用を前提とした設備計画、さらにはセクターカップリング（電力・熱・交通など複数の部門を連携）対応など先鋭的な技術の導入に挑戦する。

先進設備やエネルギー利用技術の導入促進のためにシミュレーション手法を活用し、運転実績や複雑な運転判断などの情報を反映し、高度なシステム設計技術を追求する。

3)脱炭素と QOL を両立するスマートマネジメント

脱炭素に加え、ウェルネス・快適性・知的生産性、などの QOL（生活の質）のさらなる向上といった社会の多様なニーズに対応・協調するシステムを実現するために、IoT・AI 活用技術を発展させる。

建築・設備運用データを集約し、データ駆動型による建物運用の最適化マネジメント手法を確立して、建物の徹底的なエネルギー管理を実現する。

建物の継続的な運用最適化を目指すにあたり、コミッションングなどによる設計、施工ならびに運用段階における設備システムの性能検証・改善プロセスを定着させるとともに、専門家としてエネルギー消費量・CO₂ 排出量とその低減に対する継続的なマネジメントをリードする。

提言 2 建築・都市とエネルギーインフラの需給連携を強化する

1)需要と供給の両面からのヒエラルキーアプローチ

Net Zero 化に向けては、需要サイド（建築・都市）における省エネルギーの徹底を最優先とし、次に需要サイドでの再生可能エネルギー活用や CO₂ 回収・利用を推進し、最後に供給サイド（エネルギーインフラ）より CN 化された電気・燃料・熱を調達するという優先順位で取り組む。

大多数を占める既存建物の改修による Net Zero 化においても、この優先順位は変わらない。

空気調和・衛生工学分野においては、需要サイドと供給サイドが連携した Net Zero 化の推進が期待されている。発電量を調整しづらい再生可能エネルギーの大量導入は供給サイドでの需給調整（同時同量・周波数調整など）に要する負担が大きい。この負担の低減に寄与する需要サイドの取り組みが求められるため、蓄エネ技術（蓄熱・蓄電・水素貯蔵など）および設備機器の運転調整を活用したデマンドレスポンスや、セクターカップリングなどによる需給調整を推進する。これにより供給サイドでの太陽光発電・風力発電などの再生可能エネルギー利用の拡大・エネルギー自給率向上に貢献する。

また、Net Zero 化に貢献する新技術である、建材一体型やフィルム型などの次世代型太陽光発電や、オンサイト CCU（熱源からの排ガスなど需要サイドで排出される CO₂ を分離・回収して利用）などの導入を支援する。

2)規模に応じたカーボンニュートラル都市デザイン

Net Zero 化に向けては、建物単体の取り組みに加え、エネルギー密度および再生可能エネルギー地産地消の観点から、都市の規模に応じた地域エネルギーをデザインすることが重要である。

大都市においては、大規模な建物が密集している。一方、オンサイトでの太陽光発電など再生可能エネルギーの設置が限定されるため、それに頼り過ぎない都市デザインが必須である。エネルギー密度の高さを生かし、複数の建物のエネルギー負荷特性に合わせて熱源などを高度に運用し、スケールメリットを生かせる地域冷暖房などのエネルギー面的利用の導入を推進する。その結果、建物単体では導入困難な省エネルギー技術、IoT・AI 活用技術、未利用エネルギー活用や熱融通などの技術導入が可能となる。また、熱源プラントへのオンサイト CCU 導入や水素直接利用も効果が期待できる。

低容積で低密度の地方都市では、大規模な太陽光発電設備などのオンサイトでの再生可能エネルギー利用、蓄エネ技術を活用したデマンドレスポンスなどの需給調整、自営線を活用したマイクログリッドなどの導入により、エネルギーの地産地消を推進する。

提言 3 設備のエンボディドカーボンを削減する

1)エンボディドカーボン評価方法の策定

企業の環境経営強化に伴い、建物の建材や設備の製造、施工、運用時の冷媒漏洩などに関連する CO₂ 換算排出量をエンボディドカーボンとして区別し、その評価と削減が求められてきている。また、設備では運用段階の排出量を含めたホールライフカーボン（以下、WLC）の評価が重要となる。関連する建物の LCA の取組みは、1990 年代から日本建築学会を中心に継続的に進められ、2024 年の指針改定など、時代に即して変化してきた。2023 年には我が国のデファクトスタンダードとなる建築物 WLC 算定ツールの整備が開始されるなど、この分野で急速な変化が生じている。本会は、ZEB の取り組みなどで CN に大きく貢献してきたが、エンボディドカーボンの分野では設備に関する評価法のこれまでの検討蓄積を最新状況へと更新することが必要であり、今後積極的に取り組んでいく。中長期的には、個別の設備関連資機材の製品環境宣言（EPD）への取り組みが必要であり、活性化を支援する。

2)冷媒漏洩の現状把握と影響評価、対策検討

オゾン層破壊防止の観点での冷媒対策は、HFC化により解決され一段落したが、温室効果ガスとしてキガリ改正に従った段階的な削減が必要となっている。これに対し、使用機器廃棄時の冷媒回収と保管や再利用の徹底は当然であるが、運用時の漏洩分をCO₂換算して温暖化影響を評価・認識し、漏洩防止にも取り組む必要がある。なお、設備分野では、冷媒漏洩による直接的な大気への影響に加え、漏洩した状態での能力低下による影響の評価も求められる。長期的には、低GWP冷媒や自然冷媒への移行、冷媒漏洩量の少ないシステムの開発などが必要である。メーカー、設備技術者、運転管理者、建物オーナーなどの関係者間で正しい現状認識と影響の定量評価の共有、対策の検討を促進する。

3)サーキュラーエコノミーへの取り組み

サーキュラーエコノミー（循環経済）は、3Rの取組に加え、資源投入量・消費量を抑えた経済活動として、CNにも貢献する新しい社会へのキーワードとなっている。単なる効率や省エネルギーの観点では古い建物は建て替えが選択される場合が多いが、サーキュラーエコノミーの観点では改修して使い続けるなどの選択枝も重要となる。建築分野における建材の代表的な取り組みとして、木材や電炉鋼材、リサイクルコンクリートなどがあり、設備分野では再生冷媒、段ボールダクト、再生樹脂管などがある。近年、水資源循環に資するゼロウォータービル（ZWB）の検討や、オンサイトでの自然エネルギー利用・再生可能エネルギー導入も進んでいる。循環・再生型の建築環境の在り方として、リジェネラティブデザイン（環境再生型デザイン）の重要性が一層高まっている。これまで、コンパクト化、複合機能化などが新しい設備のキーワードであったが、修繕や再利用、分解・リサイクルのし易さなどの観点が重要となる。IT分野では、“as a service”という定額制を含む有償のサービスが普及し一般的になってきている。建築設備の分野でも、エネルギーや空調機能における同様のサービス事業が始まっている。この仕組みでは主要設備が事業者所有となるため、最適化や長寿命化、リサイクルに比較的容易に取り組むことができる。本会として長期的視点でサーキュラーエコノミーに向けた取り組みに貢献する。

提言 4 適応策としてのウェルネスとレジリエンスを推進する

1)変化していく平常に対応したウェルネスの推進

CNの取り組みと、人のウェルネス・快適性・知的生産性は両立させていかななくてはならない。世界気温の上昇シナリオに伴い、今世紀末には日本の年平均気温が約1.4～4.5℃上昇すると予測されている。降雨日数は減少する一方、50mm以上の雨の頻度は約2倍増え、強い台風の割合が増加する。また、気候変動によって野生動物生息地の移動が起こり、ウイルス感染症の頻度が増加すると予測されている。温室効果ガスの排出を抑制する緩和策と共に、進行していく平常の変化に対応する適応策を推進していく必要がある。気温の上昇は、熱中症や感染症の頻度増加による健康リスク、知的生産性への悪影響、そして社会活動の停滞をも引き起こしうる。建築環境のノンエナジーベネフィットに関する定量的評価手法を確立し、確保すべき温熱環境条件および空気質条件を明らかにしていく。その要件は一意に定まるのではなく、個人や働き方の多様性を反映させていく必要がある。

2)マルチハザードに対する建築・設備によるレジリエンスの確保

今後、建築および設備として想定すべき自然災害は、大規模地震に限定されない。気候変動の進行により、熱波、寒波、集中豪雨、集中豪雪、台風、パンデミックなどの頻度および規模が高まっていくと予想される。マルチハザードの発生を前提に、気象条件や設計の前提条件を見直す必要がある。

建築の熱性能や設備技術が高度化すると、平常時からその性能を最大限発揮できる運用が重要になる。また、ZEB/ZEHやZWB技術は、災害時の自立性確保にも応用が可能である。異常気象に対応した立ち上げ時間や換気量などの運用条件を検討する必要がある。本会では、ヒューマンファクターを考慮し、平常時および非常時を想定した環境条件の許容範囲および設備の運用条件を明らかにしていく。

提言 5 情報と教育の基盤としての学会活動を充実させる

1) 他学協会との積極的な連携

CN社会実現のための課題は多岐に渡っており、迅速で適格な対応には、建築および設備に関連した国内学協会・海外学協会との積極的な連携が必要で

ある。各学協会の得意とする分野や地域特性を踏まえた技術などの情報を共有し、共同研究などを通じて速やかな課題解決を図る。

これまでも2019年より REHVA と nZEB に関する共同研究を継続しており、ASHRAE から共同研究の打診がある。これらの活動を通じて政策やインセンティブに関する最新情報を得るとともに、本会的確なアクションにつなげる。

また、本会のサポートを通じて、若手研究者の国際学会発表および技術賞受賞作品を中心とした最新技術の海外発信を図る。さらに学協会主催のイベントへの参加を促すことで、会員間の交流を深める。

2) 学会メディアを通じた活動成果の国内外への速やかな発信

本会の出版物である空調・衛生設備設計基準、ZEBの定義と評価方法に関するガイドラインなどは、CN社会に大きく貢献するものである。本会の研究活動の成果を便覧、SHASE-P（ポリシー）、SHASE-S（スタンダード）、SHASE-G（ガイドライン）、SHASE-M（マニュアル）、SHASE-R（レポート）として整理し、英訳版も含めて積極的に発信する。国・自治体などの公的な基準や企業の取り組みの方向性を正しく導くために行動する。また、空調・衛生設備の適切な運用方法などCN社会に資する一般に向けた解説資料を適時公開する。

3) 環境・設備分野の多様な人材の育成

少子高齢化により、空調・衛生工学分野を担う人材の確保および定着が課題となっている。本分野は、人々の生活を支え、社会活動の基盤を支える重要な役割を担っている。多様な人材が働きやすい環境を確保するため、ICT、AI、ロボティクスなどの先進技術の積極的な導入を支援する。また、CN社会を担う技術者の自己研鑽をサポートし、初級、中級などの能力に応じた講習会や講演会の充実を図る。資格制度の創設により、高い能力を持った技術者・専門家を学会として認定する。若い世代のみならず、社会に広く、業界の役割と魅力を発信していく。

【用語集】

- ZEB / nZEB (zero energy building / net zero energy building) : 省エネと創エネにより正味のエネルギー使用量を0にする建物
- Net Zero : ホールライフカーボンの正味ゼロ
- SDGs (sustainable development goals) : 国連総会で採択された17項目の持続可能な開発目標
- ZEH (zero energy house / net zero energy house) : 省エネと創エネにより正味のエネルギー使用量を0にする住宅
- ICT (information and communication technology) : 情報通信技術
- BIM (building information modelling) : 建築情報モデリング
- IoT (internet of things) : モノのインターネット
- AI (artificial intelligence) : 人工知能
- QOL (quality of life) : 生活の質
- CCU (carbon dioxide capture and utilization) : 二酸化炭素の回収・有効利用
- エンボディドカーボン : 建築物や設備のライフサイクル全体を通じて、資材の製造・輸送・建設プロセスに関連する二酸化炭素の排出量のこと
- WLC (whole life carbon) : 建築物のライフサイクル全体を通じた二酸化炭素排出量
- LCA (life cycle assessment) : 建築物のライフサイクル全体を通じた評価
- HFC (hydro fluoro carbon) : ハイドロフルオロカーボン。代替フロンとして使用され、オゾン層破壊係数は低い、地球温暖化係数は高い
- GWP (global warming potential) : 地球温暖化係数
- 3R (reduce, reuse, recycle) : 使用量削減、再利用、リサイクル
- ZWB (zero water building / net zero water building) : 水資源循環型建物
- ヒューマンファクター : 人的要因または人的特性を表し、人間の持っている物理的特性、生理的特性、心理的特性、行動的特性などが含まれる
- REHVA (Representatives of European Heating and Ventilation Associations) : 欧州暖房換気空調協会
- ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating, and Air-conditioning Engineers) : 米国暖房冷凍空調学会
- SHASE (The Society of Heating, Air-Conditioning and Sanitary Engineers of Japan) : 空調・衛生工学会

カーボンニュートラル社会実現に向けての学会方針検討委員会

委員長	秋元 孝之	芝浦工業大学
幹事	中野 淳太	法政大学
	柳 宇	工学院大学
委員	岩本 静男	神奈川大学
	植田 俊克	新菱冷熱工業
	清田 修	東京ガス
	呉 賢明	東京電力ホールディングス
	小瀬 博之	東洋大学
	佐藤 正章	鹿島建設
	佐部利 俊和	高砂熱学工業
	竹部 友久	日本設計
	田中 英紀	名古屋大学
	近本 智行	立命館大学
	原 英嗣	国土舘大学
	水出 喜太郎	日建設計
	村上 正吾	大成建設
	山本 佳嗣	東京工芸大学