

# 海外におけるカーボンニュートラル動向と先進事例

## Overseas Carbon Neutral Trends and Advanced Case Studies

名古屋市立大学  
Nagoya City University  
尹 奎英  
Gyuyoung YOON

キーワード：カーボンニュートラル (Carbon Neutral)、ZEB (Zero Emission Building)、省エネルギー (Energy Efficiency)、脱炭素化 (Decarbonization)、電化 (Electrification)、カーボンオフセット (Carbon Offset)

### はじめに

昨年 3 月に公開された IPCC の第 6 次評価報告書 (統合報告書)<sup>1)</sup>によると、すでに世界平均気温は 1.1℃の温暖化に達していると指摘している。また、「この 10 年間に行う選択や実施する対策は、現在から数千年先まで影響を持つ。」という文言が盛り込まれた。正にまったなしの差し迫った危機であり、取り返しのつかない結果をもたらすかもしれないと警告している。パンデミックや戦争のニュースで注意が向けられていないだけで危機的な状況にあることに変わりはない。

2020 年ごろから世界の国々と地域では、年限付きのカーボンニュートラルを目指す相次いで宣言しており、その取り組みを加速化させている。日本では 2020 年 10 月に 2050 カーボンニュートラルを宣言した。「2050 年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略<sup>2)</sup>」はその取り組みの一環であり、温暖化への対応を成長の機会として捉え、14 の成長分野を取り上げて今後の取り組みをまとめている。

このようにカーボンニュートラルに向けて対策を急いでいるなかで、建築分野においては、これまでの取り組みの加速化に加えてビジネス創出の機会と捉えてイノベーションが巻き起こることを期待している。そこで本報では将来展望の材料として、カーボンニュートラルに関わる取り組みの海外動向を概観し、これから求められる対策と課題について考察した。

## 1. カーボンニュートラルへの道筋

### 1.1 Kaya Identity<sup>3)</sup>

CO<sub>2</sub> 排出量を 4 つのファクター表す有名な方程式がある。4 つのファクターは人口、GDP、エネルギー、CO<sub>2</sub> である。

$$F = \frac{F}{E} \times \frac{E}{G} \times \frac{G}{P} \times P \quad (1)$$

ここで、F は CO<sub>2</sub> 排出量、E はエネルギー消費量、G は GDP、P は人口である。また、右辺にある、F/E、E/G、G/P はそれぞれ Carbon Intensity、Energy Intensity、Income level と呼び、各係数は人口と CO<sub>2</sub> 排出量を結びつけている。Carbon Intensity は一次エネルギー消費量に対する CO<sub>2</sub> 排出量の比率であり、いわゆる CO<sub>2</sub> 排出係数である。また、Energy Intensity はエネルギー利用効率の逆数として理解するとわかりやすい。Income level は豊かさを表す指標である。

CO<sub>2</sub> 排出量を減らすためには前述の係数を小さくすればよいが、Income level を小さくするのは論外であろう。では、Carbon Intensity、Energy Intensity をいかに小さくするかがカギとなる。

さて、IEA が定期的に発行している Key World Energy Statistics<sup>4)</sup>という報告書があり、次のような表が記載されている。この表を見ると、先ほど述べた各係数の値が読み取れる。例えば、各係数の世界平均値はそれぞれ 2.35 (tCO<sub>2</sub>/toe)、0.17 (toe/\$10<sup>3</sup>)、10.65 (\$10<sup>3</sup>/person) となる。各々の単位は見

慣れないものであるが、世界と日本の値とを見比べると日本の現状が見えてくる。

まず Carbon Intensity は 2.62 となり、世界レベルに比べて 11.5% 高い。つぎに Energy Intensity は 0.07 で、世界レベルに比べて 58% も低い。最後に Income level は 48.47 となり、世界レベルに比べて約 4.6 倍も大きい。豊かな国でありながら、エネルギー利用効率は先進的な水準にいて、誇れるレベルにいるといえる。しかしながら、一次エネルギー消費に対する CO<sub>2</sub> の排出強度においては惜しくも世界に後れをとっていることになる。

表 1 Energy Indicators (2019 Key World Energy Statistics by IEA)

Region / Country / Economy	Population (million)	GDP (billion 2010 USD)	GDP (PPP) (billion 2010 USD)	Energy prod. (Mtoe)	Net imports (Mtoe)	TPES (Mtoe)	Elec. cons. <sup>1</sup> (TWh)	CO <sub>2</sub> emissions <sup>2</sup> (Mt of CO <sub>2</sub> )	TPES/pop. (toe/capita)	TPES/GDP (toe/1000 2010 USD)	TPES/GDP(PPP) (toe/1000 2010 USD)	Elec. cons./pop. (kWh/capita)	CO <sub>2</sub> /TPES (tCO <sub>2</sub> /toe)	CO <sub>2</sub> /pop. (tCO <sub>2</sub> /capita)	CO <sub>2</sub> /GDP (kgCO <sub>2</sub> /2010USD)	CO <sub>2</sub> /GDP (PPP) (kgCO <sub>2</sub> /2010USD)	Region / Country / Economy
World	7 519	80 079	113 555	14 035	-	13 972 <sup>(a)</sup>	23 696	32 840 <sup>(b)</sup>	1.86	0.17	0.12	3 152	2.35	4.37	0.41	0.29	World
OECD	1 295	51 133	50 410	4 181	1 275	5 309	10 352	11 579	4.10	0.10	0.11	7 992	2.18	8.94	0.23	0.23	OECD
Middle East	237	2 368	5 344	2 032	-1 243	750	979	1 785	3.17	0.32	0.14	4 132	2.38	7.53	0.75	0.33	Middle East
Non-OECD Europe and Eurasia	340	2 759	5 641	1 924	-757	1 122	1 559	2 464	3.30	0.41	0.20	4 581	2.20	7.24	0.89	0.44	Non-OECD Europe and Eurasia
China	1 394	10 441	21 201	2 450	863	3 077	6 349	9 302	2.21	0.29	0.15	4 555	3.02	6.67	0.89	0.44	China
Non-OECD Asia	2 501	6 619	18 743	1 521	440	1 877	2 712	4 179	0.75	0.28	0.10	1 085	2.23	1.67	0.63	0.22	Non-OECD Asia
Non-OECD Americas	497	4 329	6 509	792	-177	612	1 024	1 064	1.23	0.14	0.09	2 060	1.74	2.14	0.25	0.16	Non-OECD Americas
Japan	126.7	6 141.4	4 827.7	41.3	400.8	432.0	1 027.7	1 132.4	3.41	0.07	0.09	8 111	2.62	8.94	0.18	0.23	Japan

## 1.2 カーボンニュートラルの道筋

前節では Kaya 方程式を紹介し、CO<sub>2</sub> 排出量と人口との関係、そして CO<sub>2</sub> 排出量を減らすための取り組みを概論的に述べた。ここでは、カーボンニュートラルのためのすこし具体的な取り組みについて述べる。

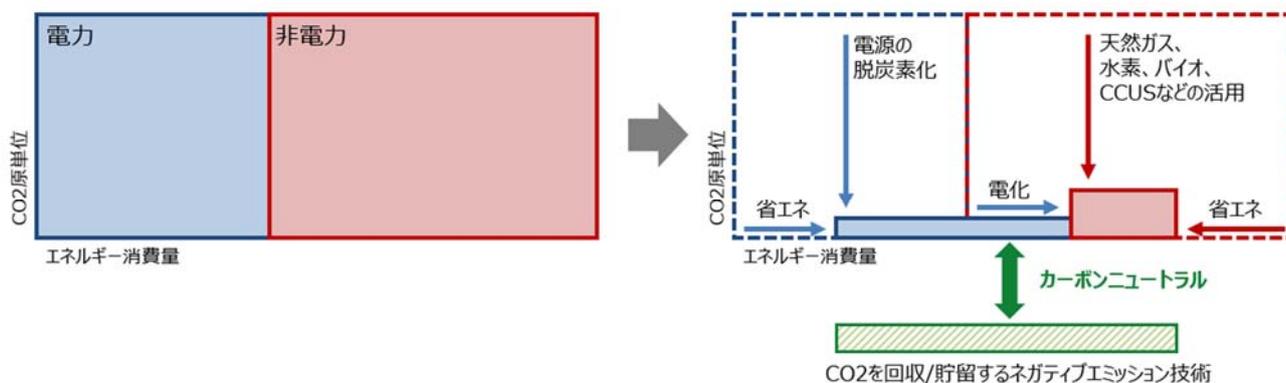


図 1 CO<sub>2</sub> 排出削減のイメージ<sup>5)</sup>

図 1 はグリーンイノベーション戦略推進会議の資料からの抜粋で、カーボンニュートラルの実現に向けた取り組みを理解するのに役立つ。図の左側にある青と赤の四角は CO<sub>2</sub> 排出量を表しており、青は電力、赤は熱など非電力のエネルギー源の利用に由来する CO<sub>2</sub> 排出量である。また図の横幅はエネルギー消費量、高さは CO<sub>2</sub> 原単位であり、エネルギー消費量と CO<sub>2</sub> 原単位をかけ合わせれば CO<sub>2</sub> 排出量となることがわかる。一方で、図の右側には CO<sub>2</sub> 削減のイメージを表している。青と赤の四角はその面積を小さくして、CO<sub>2</sub> 排出量が減少している。ここで、青と赤の四角が小さくなる理由は、まずそれぞれの四角の幅が狭くなり両端が中央に寄せられることがわかる。これは省エネルギーを推進し、エネルギー消費量を減らす取り組みのことを意味する。それと同時に各四角の高さも低くなっており、CO<sub>2</sub> 原単位の低下、つまりは電源と熱利用の脱炭素化を図ることを意味する。先ほどの Kaya 方程式に当てはめると省エネルギーは Energy Intensity を小さく、CO<sub>2</sub> 原単位低下は Carbon Intensity を小さくすることに等しい。

ここで、注目してほしいことが 2 つある。1 つ目は、省エネルギーと CO<sub>2</sub> 原単位低下により四角面積を削減させているが、その縮小度合いは、省エネルギーに比べて CO<sub>2</sub> 原単位低下のほうが大きいこと

がわかる。(※この図はイメージを表しているのみで定量的な観点で解釈することは適切ではないかもしれない) そうすると、四角の面積を削減させるために安易に CO<sub>2</sub> 原単位の低下だけに期待を寄せるかもしれない。しなしながら、省エネルギーは決して見過ごすことのできない取り組みの一つであることを忘れてはならない。これについては次章で詳しく述べる。

2 つ目は、青と赤の四角の高さの違いに注目してほしい。青の四角の高さは赤に比べて低く、電力のほうが非電力に比べて CO<sub>2</sub> 原単位が低い。これは、電力のほうが排出係数を低く抑えることが比較的容易であることの現れであり、そこで電化という取り組みが考えられている。図示のように、青い四角の右端は元々の非電力分野まで突き出しており、非電力の利用を電力利用へシフトさせる電化はもう一つの取り組みとなる。

最後に、上記の省エネルギー、CO<sub>2</sub> 原単位の低下、電化を行っても CO<sub>2</sub> 排出量はゼロにならず、カーボンオフセットを施してニュートラルにする。カーボンオフセット手法としては、炭素固定化手法、例えば、CO<sub>2</sub> 回収貯蔵、植林などが考えられている。

以上のように、カーボンニュートラルへの主な取り組みとして、省エネルギー、CO<sub>2</sub> 原単位の低下、電化、カーボンオフセットを述べた。これらの取り組みは優先順位や推進する時期、各々の推進度合いは中長期的な視点に立ち、合理的に決定し進める必要がある。一例として電化の推進について考えてみる。図 2 は ELECTRICITY MAPS が提供するリアルタイムの電力の CO<sub>2</sub> 原単位を国や地域別に表示してくれるサービスの画像である。2023 年 9 月 20 日の 16 時に閲覧した結果であるが、日本（東京）は 545g/kWh に対して、北部中央スウェーデンは 15g/kWh と非常に小さいことがわかる。これを見れば国ごとに異なる諸事情によって優先事項は変わることは安易に想像できる。

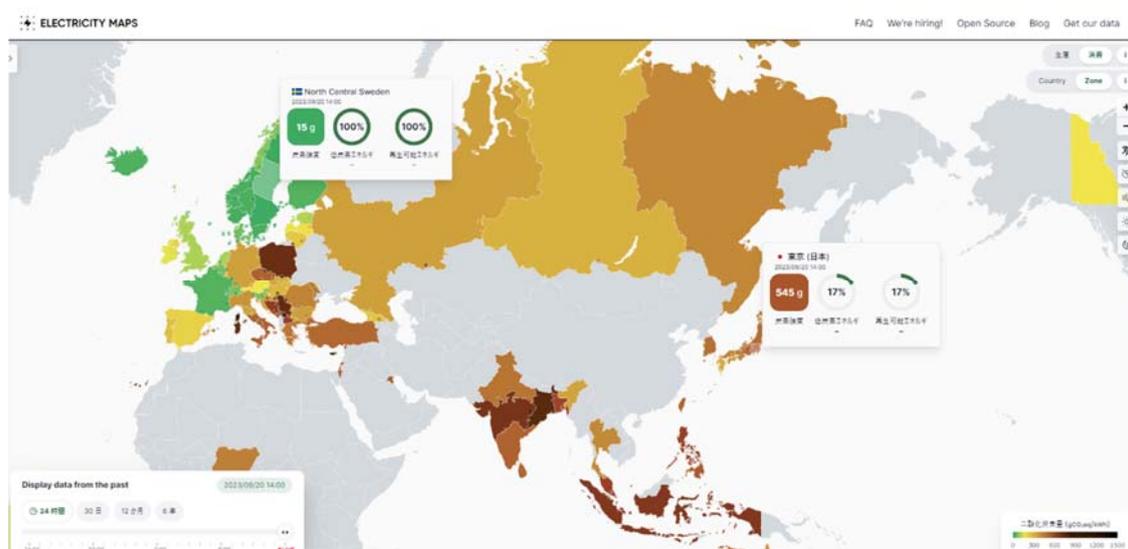


図 2 ELECTRICITY MAPS が提供する電力の CO<sub>2</sub> 排出係数例<sup>6)</sup>

## 2. 海外におけるカーボンニュートラル

ここでは、EU の EPBD、アメリカの ASHRAE の Standard の概要を紹介し、カーボンニュートラルに関連する定義などの動向を述べる。

### 2.1 改訂 EPBD (EU/2024/1275)<sup>7)</sup>

EPBD は Energy Performance of Building Directive の略語であり、建物のエネルギー効率を向上させて EU の気候変動とエネルギー削減目標に貢献することを目的とした EU の指令である。2002 年に公布されてから 2010 年と 2018 年の改訂を経て現在最新の改訂の最中にある。その改訂 EPBD (EU/2024/1275) でゼロエミッションビルディングに関する項目があるので、それを取り上げて紹介する。

EPBD では、ゼロ・エミッション建築物を定義し、その実現に向けたタイムスケジュールを示している。また、EPBD で示されているゼロ・エミッション建築物（以後、ZEB と記す）とは、附属書 I に従

って決定されるエネルギー性能が極めて高く、必要とするエネルギー量がゼロまたは極めて少なく、化石燃料による現場での炭素排出量がゼロであり、建物運用時の温室効果ガス排出量がゼロまたは極めて少ない建築物としている。さらに、11条には、以下の要求水準が示されている。

- ・ ZEB は、化石燃料による炭素排出をオンサイトで発生させることはできない。
- ・ ZEB のエネルギー需要の最大閾値は、少なくともコスト最適レベルを達成する観点から設定されなければならない。ZEB のエネルギー需要の最大閾値は、ニアリゼロエネルギー建築物について設定された一次エネルギー総使用量の閾値より少なくとも 10% 低くなければならない。
- ・ ZEB の運用時の温室効果ガス排出量の最大閾値を設定すること。
- ・ 新築または改築された ZEB の年間一次エネルギー総使用量は、技術的・経済的に可能な場合、別途定める方法により賄われなければならない。
- ・ ZEB は、経済的・技術的に可能な場合、外部からの信号に反応し、エネルギー使用、発電、貯蔵を適応させる能力を提供しなければならない。

ここで注目したいのは、エネルギー需要の最大閾値を設けていることで、需要側に一定以上の省エネルギーを求めている点である。加えて、外部からの信号に反応する能力、つまり、デマンドレスポンスのような能力を要求しており、省エネルギーだけを求めているものではないことがわかる。

## 2.2 ASHRAE Standard 228-2023<sup>9)</sup>

ASHRAE スタンダード 228 は、ゼロネットエネルギー、ゼロネットカーボンビルディング性能の標準的な評価方法を定めたものであり、2023 年 5 月に発表された。評価境界は敷地境界であり、評価方法のポイントとなるのは、建物運用時の CO<sub>2</sub> を対象とすることに加えて、運用時のフロン漏れ分もカウントしている点である。加えて、Embodied CO<sub>2</sub> については将来展望を示していることである。また、オフサイト再生可能エネルギー（以後、RE と記す）の要件があり、上限を設けていることやカーボンオフセットの要件があり、同じく上限を設けていることが挙げられる。

式(2)は、本スタンダードに示されている温室効果ガス量の算出式である。式中の E<sub>rec</sub> は要件を満たしたオフサイト RE を指しており、最低 15 年間の長期契約を結んでいるなど条件がある。また、オフセットの上限値が決まっている。例えば、事務所建築の場合、地域により異なるが 257kWh/(m<sup>2</sup>・年)から 440kWh/(m<sup>2</sup>・年) (925.2~1,584MJ/(m<sup>2</sup>・年)) までの幅をもって定めている。

次に DF<sub>rec</sub> はスタンダード 8 条に定めているオフサイト RE の割引係数であり、2022 年 1 月 1 日以前は 0.75~0.85 (エネルギーソースの場所によって異なる)、それ以後は 0.95 とする。CCO は、スタンダード 8 条に示す信認されたカーボンオフセットを表しており、12 か月以内に吸収された CO<sub>2</sub> に限定されるなど要件がある。また、冷媒漏洩分とインポートされたエネルギーの 2 割相当分の CO<sub>2</sub> を上限としている。

$$\text{GHG}_{\text{net}} = [ \Sigma(E_{\text{imp}} * \text{GEF}_{\text{imp}}) + \Sigma(\text{REF}_{\text{leak}} * \text{GEF}_{\text{ref}}) ] - [ \Sigma(E_{\text{exp}} * \text{GEF}_{\text{exp}}) + (E_{\text{rec}} * \text{GEF}_{\text{rec}} * \text{DF}_{\text{rec}}) + \text{CCO} ] \quad (2)$$

ここで、

GHG <sub>net</sub>	= net greenhouse gas emissions of the site
E <sub>imp</sub>	= imported energy by energy form crossing the site boundary
GEF <sub>imp</sub>	= greenhouse gas emission factor by energy form for imported energy crossing the site boundary
REF <sub>leak</sub>	= refrigerant mass leakage across the site boundary for each type of refrigerant
GEF <sub>ref</sub>	= greenhouse gas emission factor for each type of refrigerant
E <sub>exp</sub>	= exported energy by energy form crossing the site boundary
GEF <sub>exp</sub>	= greenhouse gas emission factor by energy form for exported energy crossing the site boundary
E <sub>rec</sub>	= qualified off-site renewable energy.
GEF <sub>rec</sub>	= greenhouse gas emission factor by energy form for qualified off-site renewable energy
DF <sub>rec</sub>	= discount factor for off-site renewable energy
CCO	= credited carbon offset

ここで注目したいのは、エネルギー消費量、CO<sub>2</sub>排出量ともに外部から持ち込んだ分から差し引くことを認めているが、その上限を設けていることである。つまり、むやみに外部からの持ち込み分で相殺させることを許さず建物の省エネルギーを一定レベル以上に求めていることになる点である。

### 3. 先進事例からみるカーボンニュートラルへの展望

ここからは、ゼロエネルギービルディングの先進事例として ASHRAE 本社ビルを取り上げて述べる。表 2 に建物概要と主な仕様を示す。革新的な建築環境技術を導入し、ネットゼロエネルギーの経済的実現可能性を証明した改修プロジェクトとして 2020 年に改修が行われた。図 3 は当該建物の概観であり、窓面積を方位ごとに変えていることが特徴的である。

表 2 建物概要と主な仕様

建物概要	所在地:アメリカ・アトランタ 改修年:2020年(1978年竣工) 構造:RC造 用途:執務室、会議室など 延べ床面積:約6,200m <sup>2</sup> 在室人員:100人程度
主な仕様	空気熱源 HP チラー、直膨コイル外調機、放射パネル、置換換気、昼光利用、窓面積率・庇の方位別最適化、太陽光パネル(332kWp)、コンセント5.4W/m <sup>2</sup> エネルギー収支:完全ゼロエネルギービル達成(53%の省エネ率)

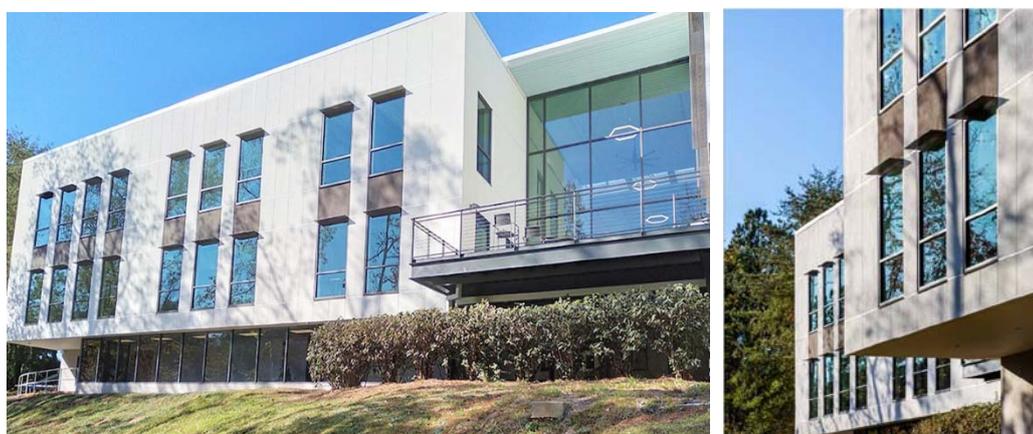


図 3 ASHRAE 本社ビル

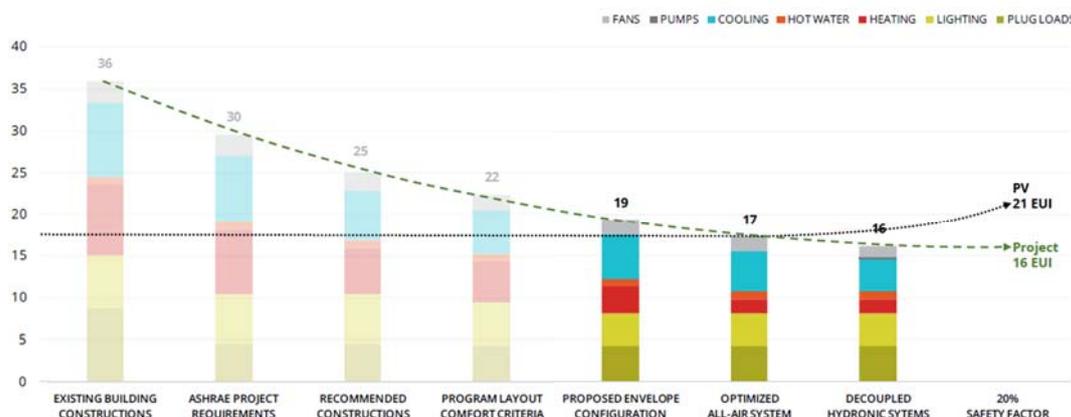


図 4 ゼロエネルギービルディングへのアプローチ

図4に当該建物のゼロエネルギービルディングへのアプローチを示す。図中の縦軸の EUI 単位は  $\text{kBTU}/(\text{sf}^2 \cdot \text{年})$  ( $1\text{kBTU}/(\text{sf}^2 \cdot \text{年})=3.15\text{kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{年})$ ) である。レファレンスビルの EUI ( $36\text{kBTU}/(\text{sf}^2 \cdot \text{年})$ ) は類似のオフィスビルエネルギー消費量から設定している。ネットゼロエネルギー実現のための計画として、Baseline の設定をはじめとし、立地の風土や気候を考慮し自然換気の促進、窓面積率の最適化、ゾーニングの見直し、さらには、高効率システムを検討し徹底した省エネに取り組んだ ( $16\text{kBTU}/(\text{sf}^2 \cdot \text{年})$ )。さらに、太陽光パネルを採用し創エネ ( $21\text{kBTU}/(\text{sf}^2 \cdot \text{年})$ ) でネットゼロエネルギーを目指す計画を行った。

図5に太陽高パネルの設置様子を示す。建物の屋根と敷地内駐車スペースに合計  $332\text{kWp}$  の太陽光パネルを設置している。なお、駐車場に設置しているパネルは列間の間隔を狭め、エネルギー密度を高めている。地元の電力会社によって設定された系統連系を行う場合の最大上限内、かつネットゼロを達成する容量で設定し、年間予想電力量の 95%に相当する。当該建物の年間エネルギー消費量は  $18.5\text{kBTU}/(\text{sf}^2 \cdot \text{年})$  ( $58.3\text{kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{年})$ ) であり、太陽光パネルによる年間エネルギー生成量は未確認であるが、計画値とおりの生成量が確保できたとすればネットゼロエネルギーを達成できたことになる。



図5 太陽光パネルの設置様子

ここからは、前述の ASHARE スタンダード 228 を適用して当該施設の温室効果ガス量を算出した例について述べる。GEF は温室効果ガス排出係数であり、スタンダードの定め通りの  $0.276\text{kgCO}_2\text{e}/\text{kWh}$  (WECC California) を用いる。また、 $\text{GEF}_{\text{imp}}$  は  $\text{GEF}_{\text{exp}}$  と同一で、 $\text{GEF}_{\text{rec}}$  は同じと仮定する。インポートしたエネルギー  $E_{\text{imp}}$  は  $58.3\text{kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{年})$  であり、 $\text{REF}_{\text{leak}}$  は今回の試算では無いものと仮定した。図6にその温室効果ガス量試算結果を示す。

上記のオンサイトでの  $\text{CO}_2$  排出分に対して、つぎのオフセットオプションが認められている。まず、オンサイト RE の逆潮分でオフセットするオプションである  $E_{\text{exp}}$  は  $54.2\text{kWh}/\text{m}^2$  となる(図中の①)。これは、本試算において、自己消費率は 30% ( $22.3\text{kWh}/\text{m}^2$ )、PV 発電量は全体消費(自己消費分も含めて)の 95% ( $77.5\text{kWh}/\text{m}^2$ ) と仮定した算出した。次にオフサイト RE でオフセットするオプションである  $E_{\text{rec}}$  は、当該施設に当てはめると 4A 地域(アトランタ)、オフィスビルに該当するので  $306\text{kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{年})$  となる(図中の②)。最後にいわゆるクレジットカーボン分である CCO は  $E_{\text{imp}}$  の 2 割相当分までと認められている。そのため、一次エネルギーベースで  $11.7\text{kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{年})$  までオフセットできるものとなる(図中の③)。

$$\text{GHG}_{\text{net}} = [\Sigma(E_{\text{imp}} \times \text{GEF}_{\text{imp}}) + \Sigma(\text{REF}_{\text{leak}} \times \text{GEF}_{\text{ref}})] - [\Sigma(E_{\text{exp}} \times \text{GEF}_{\text{exp}}) + (E_{\text{rec}} \times \text{GEF}_{\text{rec}} \times \text{DF}_{\text{rec}}) + \text{CCQ}]$$

58.3kWh/(m<sup>2</sup>・年)  
① 54.2kWh/(m<sup>2</sup>・年)      ② 306 kWh/(m<sup>2</sup>・年) まで      ③ 11.7kWh/(m<sup>2</sup>・年) 相当分まで

・カーボンニュートラル実現へのオプション

- ① オンサイト RE でオフセット (逆送)      残り  $4.1\text{kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{年})$
- ② オフサイト RE でオフセット
- ③ クレジットカーボンでオフセット

図6 ASHRAE 本社ビルの温室効果ガス量試算結果とカーボンオフセット実現オプション

オンサイト再生可能エネルギー量( $E_{exp}$ )で消費したエネルギー量をオフセットし、一次エネルギーベースで $4.1\text{kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{年})$ まで減少された。あとは、オフサイト再生可能エネルギー、もしくはクレジットカーボンでのオフセットで残りの分を相殺すれば定義上のゼロネットカーボンを達成することとなる。ここで、オフサイト再生可能エネルギー、クレジットカーボンオフセット可能な量はそれぞれ $306\text{kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{年})$ まで、 $11.7\text{kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{年})$ までとなっており、両者のオプションを用いてゼロネットカーボンは十分達成可能であることがわかる。またオフサイト再生可能エネルギーのオフセット可能量が比較的大きく、クレジットカーボンでのオフセットを使わなくても達成できることがわかる。

以上で、ASHRAE スタンダード 228 によるネットゼロカーボンの定義に従い、ASHRAE 本社ビルの実績データを用いて試算してみた。カーボンニュートラルを目指すうえで、省エネルギー、オンサイト RE、オフサイト RE によるオフセットに加えて、カーボンのオフセットに対する取り組みが必要になってくる。またそれらの案分をどのように考慮し設定するかが問われている。この事実は従前の省エネルギー率、オンサイト RE、オフサイト RE の導入量をどう設定するかにも波及する可能性がある。さらに、総合的に考えて設計に反映していく必要のある課題の一つであると考えられる。

## まとめ

カーボンニュートラル達成に向けた道筋と主な取組みについて概観し、EU のゼロエミッションビルディング、ASHRAE の関連スタンダードを紹介した。また、ゼロエネルギービルディングの先進事例を紹介し、 $\text{CO}_2$  排出量収支の試算例を示した。

そのことから、これからの建築分野にはこれまでと同様に省エネルギーのための建物性能の向上が求められていることに加えて、外部からの信号に反応してエネルギー需要を調整する能力が求められることが見えてきた。さらに、省エネルギー、エネルギーオフセット、カーボンオフセットの3つのオプションをどのように組み合わせでカーボンニュートラルを目指すか問いかけられているといえる。

## <参考文献>

- 1) AR6 Synthesis Report Climate Change 2023, IPCC, 2023. 3
- 2) 2050 年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略、経済産業省、2021. 6
- 3) Kaya, Impact of Carbon Dioxide Emission Control on GNP Growth: Interpretation of Proposed Scenarios. Paper presented to the IPCC Energy and Industry Subgroup, Response Strategies Working Group, Paris (mimeo).1990
- 4) 2019 Key world energy statistics, IEA, 2019. 9
- 5) [https://www.meti.go.jp/shingikai/energy\\_environment/green\\_innovation/gi\\_008.html](https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/green_innovation/gi_008.html) (2024 年 6 月閲覧) 第 3 回 グリーンイノベーション戦略推進会議
- 6) <https://app.electricitymaps.com/map> (2023 年 9 月 20 日閲覧)
- 7) <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2024/1275/oj> (2024 年 6 月閲覧)
- 8) ANSI/ASHRAE Standard 228-2023, Standard Method of Evaluating Zero Net Energy and Zero Net Carbon Building Performance, ASHRAE, 2023. 5

## 謝辞

この資料の一部(第3章の事例紹介)はASHRAE Net Zero Headquarters Renovation Winter Conference 2023 Tour handout 資料、ASHRAE のサイトを参考に作成しました。ここに記して関係各位に感謝を表します。

Stanton Stafford, PE, LEED Fellow Buro Happold

Gregory Walker, AIA, LEED AP Houser Walker Architecture