2025年度
東洋大学修士論文

公共における既存建築物のZEB化推進
～設備改修によるZEB化の費用と便益の分析～

経済学研究科　公民連携専攻　修士課程
学籍番号:3220231001　岡田　歩

東洋大学大学院　経済学研究科　公民連携専攻　修士課程
学籍番号：3220231001　岡田　歩

2025年度　東洋大学　修士論文　要旨

公共における既存建築物のZEB化推進～設備改修によるZEB化の費用と便益の分析～

背景：近年の気候変動への対応として、政府は2020年10月に2050年にカーボンニュートラルの実現を目指すことを宣言した。実現に向け、2030年度以降に新築される住宅・建築物についてはZEH・ZEB水準の省エネルギー性能の確保、2050年には住宅・建築物のストック平均でZEH・ZEB水準の省エネルギー性能が確保されていることを目標とした。ZEBは増加傾向にあるが、新築ZEBの普及スピードに比べ既存建築物のZEB化が遅れている。また、民間建築物のZEB普及率2.2%に対して、公共建築物のZEB普及率は0.34%となっており遅れている。地方公共団体のZEB化のための補助事業活用状況は、新築ZEBについては1/3程度となっており、自立普及期に差し掛かっているが、既存建築物については100%補助事業活用となっており、既存建築物のZEB化が進まない要因として費用面の課題が考えられる。

目的：今後、既存建築物のZEB化件数を増加させていくためには、費用面の課題解決が不可欠である。そこで、本論文では、地方公共団体の既存建築物のZEB化を進めるため、ZEB化の費用と便益の分析を行い、ZEB化改修により通常改修から増額したイニシャルコストをZEB化したことによるエネルギーコスト削減額で投資回収する年数を明らかにした。またイニシャルコスト増額への対策としてPPP（Public Private Partnership）手法を活用したZEB化について方策の検討を行った。

研究方法：2020年に改修により氷見市立西の杜学園のZEB Readyを達成した富山県氷見市、2021年に改修により久留米市環境部庁舎の『ZEB』を達成した福岡県久留米市、新築ZEBを達成し2025年に既存建築物のZEB化を予定している東京都品川区の3つの地方公共団体に質疑を行い、既存建築物のZEB化における課題と対応策を整理した。設備改修によるZEB化事例、標準原単位方式を用いた試算、PPP事業によるZEB化事例を通じて、イニシャルコスト増額への対策の検証を行った。

結果・考察：地方公共団体への質疑を通じて、既存建築物のZEB化推進のためには、ZEB化の必要性の周知と、それに伴うイニシャルコスト上昇についての庁内の合意形成を円滑に実施することが有効であることが判明した。ZEB化にかかるイニシャルコストの上昇につい

て、空調や照明といった設備改修によるZEB化と、PPP事業を活用したZEB化を対策として挙げた。設備改修によるZEB Ready化を行った場合の試算を標準原単位方式を応用して行った。試算は行政系施設・市民文化系施設・社会教育系施設で空調設備と照明設備の設備改修によるZEB Ready化を行った場合で実施した。ZEB化改修による通常改修からの単価の上昇はエネルギーコスト削減額が増加することにより、15年で投資回収することができるという結果となった。電気設備の法定耐用年数は15年、冷暖房設備の耐用年数は13年または15年であることから、設備の耐用年数とほぼ同等の期間で投資回収可能であることが明らかになった。また、もう一つのイニシャルコスト上昇への対策として、PPP事業を活用したZEB化について検討を行った。PPP手法の一つであるESCO事業を活用したZEB化改修事例を紹介しているが、ZEB ReadyやZEB Orientedといった創エネルギーを含まずに達成できるものとなっている。民間からの提案時、環境性能の高さに比例して事業費が増加することが見込まれるため、事業者選定時に価格評価が評価項目の一つとなっている現況では、民間側による施設の環境性能提案がしづらい状況がある。現状では、ZEB発案を行政自らが行う割合が少なく、民間が改修提案を行う際にZEB化提案を行うことでインセンティブを得られる状況となれば民間からのZEB化発案が増加し、結果的にZEB化が増えると考えられる。ZEB化の際にESCO方式等PPPを活用するためには効率的に費用負担を抑えるなどの民間からの提案がより求められる。事業者選定の際、総合評価とし、CO_2削減価格についても考慮した価格点評価が実施されることが望ましい。

結論：公共における既存建築物のZEB化の推進のためには、空調や照明の設備改修を中心としたZEB化を行うことで、改修でも取り組みやすく費用を抑えることができる。ZEB Readyを行った場合の通常改修からのイニシャルコストの増額はエネルギーコスト削減額により15年で投資回収が可能であることを提示し、設備の耐用年数とほぼ同等の期間で投資回収可能であることを示した。更なる民間からの環境性能に配慮された提案のためにもCO_2削減価格についても考慮した価格評価の実施を推奨する。

今後の課題：本論文では、ZEB化行う際の一般的な投資回収年数についてはイニシャルコストを抑えたZEB化の試算を行うため、空調・照明の設備改修のみで、太陽光などの創エネルギー無しのZEB Readyのランクでの試算となった。今後カーボンニュートラル実現のためには創エネルギーが必要であるが、創エネルギーを含めた投資回収が課題である。

目次

第 1 章　序論 1
1-1　研究の背景..... 1
1-2　先行研究..... 2
1-3　研究の目的..... 6
1-4　論文の構成..... 7
第 2 章　ZEB..... 8
2-1　ZEB の定義 8
2-2　ZEB の評価方法 10
2-3　現在提示されている ZEB のメリット..... 11
2-4　ZEB の補助金制度・支援制度について 12
2-5　既存建築物の ZEB 化の進捗状況..... 14
第 3 章　先行事例を通じた既存建築物の ZEB 化の課題について..... 17
3-1　先行事例への質疑..... 17
3-1-1　富山県氷見市立西の杜学園..... 17
3-1-2　福岡県久留米市環境部庁舎..... 18
3-1-3　東京都品川区における ZEB 化に向けた取り組み..... 22
3-2　先行事例を通じた課題..... 25
第 4 章　ZEB 化によるイニシャルコスト上昇への対策 27
4-1　設備改修による ZEB 化..... 27
4-2　標準原単位方式を用いた ZEB 化による費用対効果..... 29
4-3　PPP 事業による ZEB 化 32
第 5 章　結論..... 34
5-1　論文のまとめ..... 34
5-2　結論..... 35
5-3　本研究の限界と今後の課題..... 35
謝辞..... 36

参考・引用文献..... 37

第1章　序論

1-1　研究の背景

近年、気候変動への対応が課題となっており、政府は2020年10月に2050年にカーボンニュートラルの実現を目指すことを宣言した。そして2021年10月の第6次エネルギー基本計画では、2050年カーボンニュートラル、2030年度の46％削減、さらに50％の高みを目指して挑戦を続ける新たな削減目標の実現に向けたエネルギー政策の道筋を示すことを重要テーマとした。二酸化炭素排出量は産業部門・運輸部門では減少傾向だが、業務・家庭部門では増加している。業務・家庭部門の二酸化炭素排出量削減のための目標としては以下が設定されている。2030年度以降に新築される住宅・建築物についてZEH[1]・ZEB[2]基準の水準の省エネ性能の確保を目指し、建築物省エネ法による省エネ基準適合義務化と基準引上げ、建材・機器トップランナーの引上げなどに取り組む。既築住宅・建築物についても、省エネルギー改修や省エネルギー機器導入等を進めることで、2050年に住宅・建築物のストック平均でZEH・ZEB基準の水準の省エネルギー性能が確保されていることを目指すこととした（環境省,2021)。

環境省（2023）によるとZEB件数は2023年7月までの累計で1741件となっており、ZEBは増加傾向にあるが、ZEBのうちの既存建築物の割合は年々低下していっており、新築ZEB普及スピードに比べ既存建築物のZEB化が遅れている。

2050年に建築物のストック平均でZEB基準の水準の省エネルギー確保を目指すためには既存建築物のZEB化の推進加速が不可欠である。環境省（2024）によると全国の地方公共団体の公共建築物は60,184万m^2で既存建築物全体の23%である（図1)。うちZEB（ZEB水準を含む）は207.6万m^2であり、公共建築物のZEB普及率は0.34%となっている。民間建築物のZEB普及率は2.2%となっており、公共建築物のZEB普及率が遅れている状況である。政府がカーボンニュートラルを目指すために設定したZEB化の目標について、民間団体の推進加速を促す意味合いでも本来は地方公共団体が率先して取り組むべきである。

---

[1] ZEH（net Zero Energy House）とは外皮の断熱性能等を大幅に向上させるとともに、高効率な設備システムの導入により、室内環境の質を維持しつつ大幅な省エネルギーを実現した上で、再生可能エネルギー等を導入することにより、年間の一次エネルギー消費量の収支がゼロとすることを目指した住宅と定義されている（資源エネルギー庁,2019)。

[2] ZEB（net Zero Energy Building）とは先進的な建築設計によるエネルギー負荷の抑制やパッシブ技術の採用による自然エネルギーの積極的な活用、高効率な設備システムの導入等により、室内環境の質を維持しつつ大幅な省エネルギー化を実現した上で、再生可能エネルギーを導入することにより、エネルギー自立度を極力高め、年間の一次エネルギー消費量の収支をゼロとすることを目指した建築物と定義されている（資源エネルギー庁,2015)。

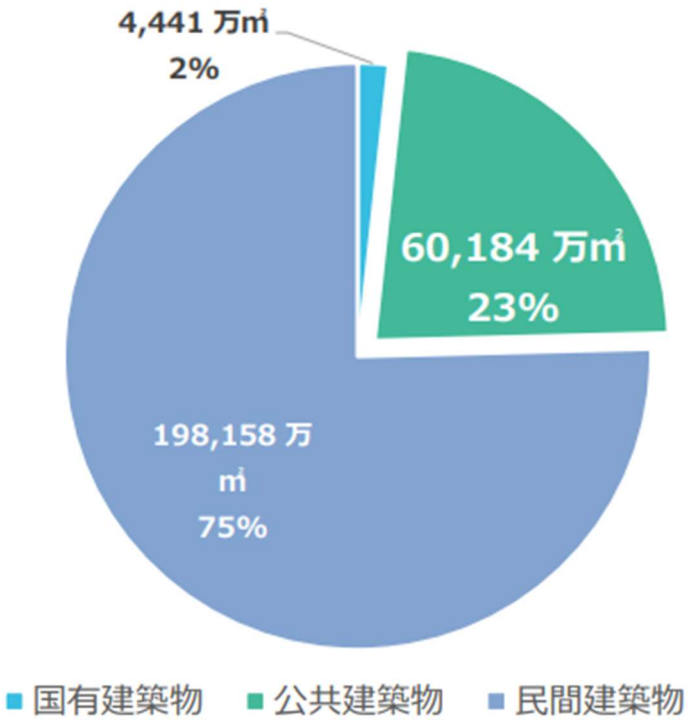


図1　非住宅建築物（ストック床面積）の官民比率

出典：環境省（2024）

1-2　先行研究

末永ら（2016）によると既存建築物の平均築年数は2016年段階で約28.4年で、大規模な改修が必要となってくる築年数30～40年が近づいている。これらの既存建築物における大規模改修を計画する際にはZEB化が望まれること、更に建築物ストックは年々増加していることから既存建築物のZEB化がますます重要となってくることを述べている。また、友永ら（2023）によると非住宅建築物全体の着工件数に占めるZEBの割合は2020年度ベースでみると0.42%と非常に低い水準である。環境省ではZEB取組を推進すべく2016年度からZEB実証事業を継続的に実施している。ZEB実証事業を行っている建物は2016年以降の6年間で新築が114件（85%）、既存建築物が20件（15%）である。現在国内の建築物の大部分を既存建築物が占める中、既存建築物のZEB化の推進が重要な課題であるとしている。

友永ら（2023）はZEB建物の普及が低い要因として建物オーナーにとってZEB化をすることの動機・インセンティブ不足や、ZEB化による建設コスト増が大きな課題としている。2016年度から2021年度までにZEB実証事業を実施した建物オーナーに対してきっかけや動機のアンケートを行っており、最も回答割合が高かったものはいずれの年度についても「自己負担軽減」、「高いコストパフォーマンス」である。これらはZEB化による初期投資増の負担に対して補助金活用によりそれが軽減されることで事業実施に踏み切れたという意味合いととることがで

きる。選択肢「事業戦略と一致」、「ZEB実現の目標達成に寄与」、「業界におけるプレゼンスを高める」、「上位の意思決定」については年度を経る毎に回答割合が高くなっており、SDGs（Sustainable Development Goals）やESG（Environment Social Governance）といった企業の社会的要請・責任がZEB化の取組の動機として後押ししている可能性が高いことが示唆されたとしている。このことはZEB事業実施の一番のきっかけ・動機で2021年度に「事業戦略と合致」が「自己負担軽減」と並び、最も回答割合が高い結果となったことからも分かる。

金ら（2024）はZEB化を普及させる上でビルオーナー等である事業者の意向は非常に重要であるとし、事業者アンケート調査により事業者の意向がZEBの設計プロセスにどのような影響を与えているか調査を行っている。新築・改修でZEB化を実施したそれぞれの事業者に対してアンケートを行っており、ZEB化の動機については「補助金制度」が改修と新築・改修の合計で1位としている。また、改修のみの2位は「既存設備リプレース時期との合致」であり、改修工事のきっかけがZEB化ではなく、設備改修の時期や故障がきっかけとなっている場合が多いとしている。さらに業種ごとの動機の傾向から、行政のZEB化実施動機について「補助金制度」が77.3%と最も高いこと、もう一つ上のZEBランクを目指さなかった理由として「予算削減」や「費用対効果」などのコスト面が多いことを明らかにしており、特に行政において費用面がZEB推進時の課題であることがわかる。すべての業種での補助金の活用について新築では56%であるのに対して改修では84%となっており、改修では補助金の利用はほぼ必須である現状を明らかにしている。

環境省（2023）によると、新築ZEBについては補助事業の活用が約1/3となっており、自立普及期に差し掛かっているが、既存建築物については約半数は補助事業を活用をしている。地方公共団体では、新築については全体と同様の約1/3が補助事業活用となっているが、既存建築物については100%補助事業活用となっており、地方公共団体では特に補助事業の活用なしでは既存建築物のZEB化に取り組めていない状況であることが分かる。

末永ら（2016）は既存建築物のZEB化の課題として、新築ZEBとは異なり、新技術の導入に制約があることや、建物の立地条件や設備スペースの点から太陽光発電の設置スペースが限られるほか、特に都市部の隣接した立地では発電能力が低下する懸念を述べている。既存建築物のZEB化の場合は、その建物が竣工してからどの程度経過しているかにより、改修レベルも異なる。また建物の資産価値を向上させるための効果的なタイミングとエネルギー削減効果や費用対効果など、既存建築物のZEB化に向けては建物のライフサイクルを考慮した計画を検討する必要があるとしている。末永ら（2018）は既存建築物のZEB化における投資コストと光熱費の関係について、空調や照明といった設備的な対策は10年以内の投資回収となり、効

果が大きいことを示している。一方、庇や断熱対策の効果は設備的な対策に比べて費用対効果が低く、投資回収には20年以上かかるとしている。建築的な対策については費用対効果に表れない執務室内の温熱環境の快適性向上につながっていることを述べ、設備的手法を優先させつつも、建築的な対策をどのように組み込んでいくかが既存建築物のZEB化実現の大きな課題としている。

非住宅分野におけるZEBの課題について小山（2021）は①戸建住宅と異なり、あらゆる用途建物が対象であり、その規模も大小様々で仕様が異なるため、設計手法や技術、コスト等に関する情報やノウハウを共有することが難しく、属人的な対応になりがちであること、②ZEBの認知が広がっておらず、ZEBを提案する事業者、提案される建築主、両者ともにこれまで提案、実現してきた環境配慮建築から、さらに省エネ性能を向上させてZEBにする意義を共有できなかったことを挙げている。新築についてもZEBの施設用途・規模等さまざまなため、属人的な対応が求められるとしており、既存建築物ではそれに加え、使用状況や改修可能箇所、実施時期等制約が多く、更なる属人的な対応が必要な状況と考えられる。

環境省（2023）は2050年の建物のエネルギー消費量への影響について、既存建築物の影響は極めて大きく、カーボンニュートラル実現のために、既存建築物のZEB化は必須としつつも、既存建築物についてZEBは緩やかな増加傾向と言え、ZEBが進まない理由としてZEBの認知に課題があるとしている。ZEBの認知の課題として、①ZEBを知らない、②「ZEBは技術的に難しい」と思っている、③「ZEBはものすごく高い」と思っているというそれぞれの段階に認知の課題があり、またZEBは現実可能と知っている人の課題としては、④ZEBの進め方がわからない、⑤相談できるZEBプランナーと出会えないという課題があるとしている。そこで、環境省は説明会を基本編と実現編に分けて実施することで、それぞれの認知の段階に合わせた説明を行っている。

金ら（2024）によると行政がZEB化を行う場合の設計者の選定方法について65%がプロポーザル方式、18%が競争入札方式、5%が特命方式、4%がコンペ方式、4%がデザインビルド方式である。コンペ・プロポーザル方式では、必ずしも応募要項にZEBの記載がなされている訳ではない。また、行政におけるZEBの発案者について、行政自らがZEBを発案した6件に対し、事業者以外がZEB化発案したのが15件と、行政が必ずしも自発的にZEBを発案する状況ではないことが判明している。

森山（2021）はPFI[3]事業において温室効果ガス排出量の削減に取り組むことは、財政負担の軽減と地球温暖化対策の推進という、経済、環境の2種類の政策目標を達成するという意義があるとしている。公共施設のライフサイクルコストを削減し、財政負担を軽減することがPFI事業に求められている。

埼玉県本庁舎ESCO[4]事業をはじめとする一部の地方公共団体では従来のESCO事業の課題についてPFI方式を介して解決を試みるPFI型ESCO事業という新しい運営方法を導入している。PFI法に基づくESCO事業のことで、民間資金活用事業であるシェアードセイビングス契約に類似しているが国庫債務負担行為の設定、行政財産の使用料の無償化または減免、BTO（Build Transfer Operate）方式の採用による税制上のリスク回避、プロジェクト・ファイナンス等の資金調達を考える場合の担保権の設定など、PFI特有の法制上及び財政上の措置と財政上及び金融上の支援を受けることが可能となる（環境省,2007）。

大島（2017）は埼玉県本庁舎ESCO事業を事例に、PFI型ESCO事業に期待された財政・環境効果や埼玉県がESCOサービス料として公的資金を追加的に投入したことの意義を検討している。当事業では貨幣的価値に換算した一定の財政効果が見込まれるが、その他にもCO_2削減という環境効果も考慮した環境配慮型VFM[5]（一般的なVFM、ライフサイクルに準拠した維持管理費の削減額、温室効果ガス削減分の貨幣的価値に換算した環境保全効果から算出されるVFM）を用いるべきであるとしている。

森山（2021）によると環境性能の高い施設を整備する場合、その環境性能の高さに比例して事業費が増加することが見込まれるとし、PFI事業において地球温暖化対策を推進するには、事業費と環境性能のトレードオフ解消と、施設の併用開始後における温室効果ガス排出量の削減に関するインセンティブ（以下、「GHG（Greenhouse Gas）削減インセンティブ」）付与の2点が有効であると述べている。施設の環境性能向上や省エネルギー等による事業期間中のCO_2排出削減量を貨幣価値に換算した金額（以下、「CO_2削減価格」）を入札価格から控除し、

---

[3] PFI（Private Finance Initiative）とは、公共施設等の建設、維持管理、運営等に民間の資金、経営能力及び技術的能力を活用することにより、同一水準のサービスをより安く、又は、同一価格でより上質のサービスを提供する手法と定義されている（内閣府民間資金等活用事業推進室,2019）。

[4] ESCO（Energy Service Company）とは、省エネ改修工事による光熱費の削減分で、全ての投資および顧客の利益を確保する事業で、省エネ診断・設計・施工・運転・管理・資金調達等全てのサービスを顧客に提供することと定義されている（ESCO･エネルギーマネジメント推進協議会,2025）。

[5] VFM（Value For Money）とは、支払に対して最も価値の高いサービスを供給するという考え方であると定義されている（内閣府民間資金等活用事業推進室,2001）。

その価格を用いて価格点評価を行うことでCO_2削減量が多くなるような提案を行った民間事業者は、入札価格から控除されるCO_2削減価格が大きくなり、結果として高い価格点を獲得することができ、GHG削減インセンティブとなる。また、仮に環境性能の高い施設整備のために建設費用が増加した場合も、施設の設計から運営に至るまでのプロセスを一つの事業者に包括的に発注することができるPFI事業であれば、建設費用の増加分と同等のエネルギーコストを削減することでライフサイクルコストの増加を抑制することも可能であるとしている。更に、施設併用開始後におけるGHG削減インセンティブの付与に関する方策として事業方式をBOT（Build Operate Transfer）方式とした上でエネルギーコストを民間事業者に負担させるような事業スキームを採用することで、民間事業者が省エネルギーに結びつくような行動を選択するGHG削減インセンティブが機能し、事業全体を通じて温室効果ガス排出量の削減が図られることが期待されるとしている。

1-3　研究の目的

建物の使用年数を60年と仮定すると、現存する建物の約50％は2050年時点でも使用される見込みとなり、2050年までの脱炭素社会の実現に向けては、既存建築物のZEB化、省CO_2化の取組を加速させる必要がある（環境省,2015)。2050年のカーボンニュートラルに向けて既存建築物のZEB化の取組は必須とされているが、新築ではZEB化が進むものの、既存建築物についてのZEB化は進んでいない。先行研究ではZEB化の課題について、建物オーナーにとってZEB化をすることの動機・インセンティブ不足や、ZEB化による建設コスト増、ZEBに関する認知不足などを挙げている。また、特に既存建築物のZEB化では、新技術の導入に制約があることや、建物の立地条件や設備スペースの点から太陽光発電の設置スペースが限られることなどが課題として挙げられている。行政の既存建築物のZEB化実施の最も大きな動機としては補助金活用が挙げられており、補助金受給のためにZEB化を実施している状況であることがうかがえる。行政の補助金活用の要因として厳しい財政状況が挙げられ、特に行政では費用面が既存建築物のZEB化が進まない要因として考えられる。今後既存建築物のZEB化件数を増加させていくためには、費用面の課題解決が不可欠である。そこで、本論文では、地方公共団体の既存建築物のZEB化を進めるため、ZEB化の費用と便益の分析を行い、ZEB化改修により通常改修から増額したイニシャルコストをZEB化にしたことによるエネルギーコスト削減額で投資回収する年数を明らかにする。またイニシャルコスト増額への対策としてPPP（Public Private Partnership）手法を活用したZEB化について方策の検討を行う。

1-4　論文の構成

本論文は以下のように構成する。

第2章では、ZEBの定義と評価方法、ZEB化のメリット、ZEB普及のための補助金制度・支援制度を整理する。その上で、新築のZEB普及スピードと比べ遅れている既存建築物のZEB化の普及推進加速の必要性を述べる。第3章では地方公共団体でのZEB化の課題を把握するため、2020年に改修により氷見市立西の杜学園のZEB Readyを達成した富山県氷見市、2021年に改修により久留米市環境部庁舎の『ZEB』を達成した福岡県久留米市、新築ZEBを達成し2025年に既存建築物のZEB化を予定している東京都品川区の3つの地方公共団体に行った質疑の回答をまとめ、既存建築物のZEB化の課題について分析を行う。第4章では、第3章の結果を踏まえて、設備改修によるZEB化事例と標準原単位方式[6]を応用した試算を通じて、ZEB化にかかるイニシャルコストの上昇についての対策の検証を行う。また、ZEB化にかかるイニシャルコスト上昇へのもう一つの対策としてPPP事業によるZEB化事例を紹介し、PPP手法によるZEB化の方策について検討を行う。最後に第5章では結論と今後の課題を述べる。

[6] 標準原単位方式とは、公共施設の整備において、個々のケースに合わせて公平に計算を行う方式として根本ら（2016）に提唱された方式である。

第2章　ZEB

2-1　ZEBの定義

国内外において、ZEBの定義に関する様々な議論や検討が行われているが、諸外国においてもZEBの定義は定まっていない。その要因として、狭義の定義付けをした場合、用途や規模等の物理的な条件により、ZEBの実現が限定され、業界関係者のモチベーションを低下させる可能性があること、逆に代替手段等を広く認めるような広義の定義付けをした場合、ZEBに関する目標や施策そのものの政策的な意義が低くなることが挙げられている（資源エネルギー庁,2015)。資源エネルギー庁（2015）は政策的な意義とZEBの実現可能性のバランスに配慮した定義が求められるとし、ZEBを先進的な建築設計によるエネルギー負荷の抑制やパッシブ技術の採用による自然エネルギーの積極的な活用、高効率な設備システムの導入等により、室内環境の質を維持しつつ大幅な省エネルギー化を実現した上で、再生可能エネルギーを導入することにより、エネルギー自立度を極力高め、年間の一次エネルギー消費量の収支をゼロとすることを目指した建築物と定義している。現在、ZEBの実現・普及に向けて、『ZEB』、Nearly ZEB、ZEB Ready、ZEB Orientedの4段階のZEBを定性的および定量的に定義している（表1、図2)。

表1　ZEBの定義

	定性的な定義	定量的な定義（判断基準）
『ZEB』	年間の一次エネルギー消費量が 正味ゼロまたはマイナスの建築物	以下の①～②のすべてに適合した建築物
		①基準一次エネルギー消費量から50%以上の削減（再生可能エネルギーを除く）
		②基準一次エネルギー消費量から100%以上の削減（再生可能エネルギーを含む）
Nearly ZEB	ZEBに限りなく近い建築物として、 ZEB Readyの要件を満たしつつ、 再生可能エネルギーにより 年間の一次エネルギー消費量をゼロに 近付けた建築物	以下の①～②のすべてに適合した建築物
		①基準一次エネルギー消費量から50%以上の削減（再生可能エネルギーを除く）
		②基準一次エネルギー消費量から75%以上100%未満の削減（再生可能エネルギーを含む）
ZEB Ready	ZEBを見据えた先進建築物として、 外皮の高断熱化及び高効率な 省エネルギー設備を備えた建築物	再生可能エネルギーを除き、基準一次エネルギー消費量から50%以上の一次エネルギー消費量削減に適合した建築物
ZEB Oriented	ZEB Readyを見据えた建築物として、外皮の高性能化及び高効率な 省エネルギー設備に加え、 更なる省エネルギーの実現に向けた 措置を講じた建築物	以下の①及び②の定量的要件を満たす建築物
		①該当する用途毎に、再生可能エネルギーを除き、基準一次エネルギー消費量から規定する一次エネルギー消費量を削減すること（※1）
		A）事務所等、学校等、工場等は40%以上の一次エネルギー消費量削減
		B）ホテル等、病院等、百貨店等、飲食店等、集会所等は30%以上の一次エネルギー消費量削減
		②更なる省エネルギーの実現に向けた措置」として、未評価技術（WEBPROにおいて現時点で評価されていない技術）を導入すること（※2）

※再生可能エネルギー量の対象は敷地内に限定し、自家消費分に加え、売電分も対象に含めることとする。
※1　一次エネルギー消費量の対象は、平成28年（2016年）省エネルギー基準で定められる空気調和設備、空気調和設備以外の機械換気設備、照明設備、給湯設備及び昇降機とする（「その他一次エネルギー消費量」は除く）。また、計算方法は最新の省エネルギー基準に準拠した計算方法又はこれと同等の方法に従うこととする。
※2　未評価技術は公益社団法人空気調和・衛生工学会において省エネルギー効果が高いと見込まれ、公表されたものを対象とする。なお、未評価技術のリストは、今後、評価方法の更新や未評価技術の実証結果等を踏まえつつ、必要に応じて適宜見直すこととする。

出典：環境省（2025）に基づき作成

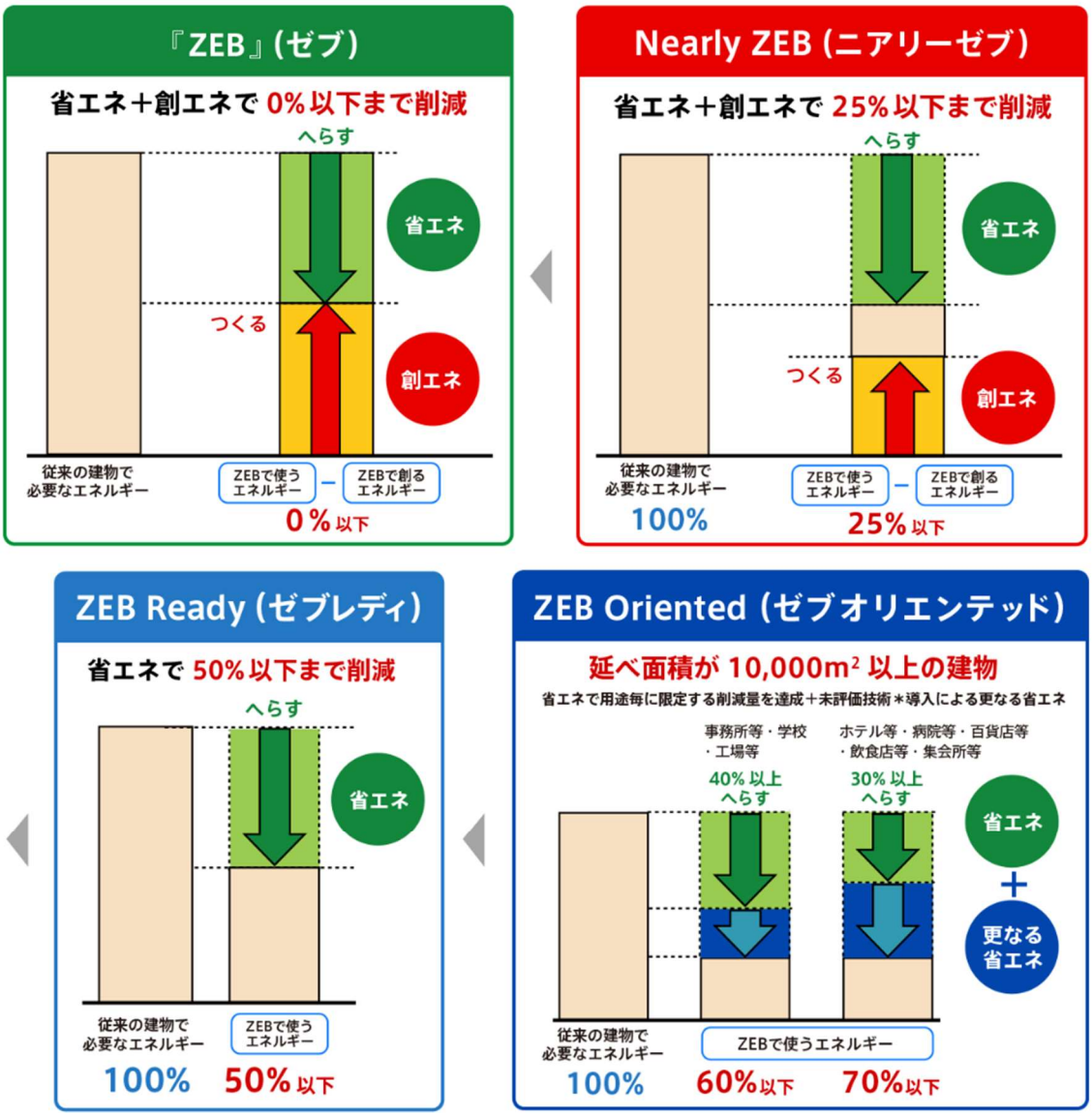


図2　ZEBの定義

出典：環境省（2025）

2-2　ZEBの評価方法

ZEBの評価に当たっては、建築物省エネ法の評価方法が用いられる。省エネ性能の評価対象となるのは、建物に設ける空気調和設備、換気設備、照明設備、給湯設備、昇降機でBEI（Building Energy Index）を用いて計算する。国立研究開発法人建築研究所が公表している建築物のエネルギー消費性能計算プログラムを使用してBEIを算出する。BEIは、実際に建てる建物の設計一次エネルギー消費量を、地域や建物用途、室使用条件などにより定められている基準一次エネルギー消費量で除した値で評価する。新築される住宅・建築物の一次エネ

ルギー消費量基準に適合となる水準は、BEI≦1.0である。再生可能エネルギーを除きBEI≦0.50の場合にZEB Ready、さらに再生可能エネルギー導入によって0.00<BEI≦0.25となる場合にはNearly ZEB、BEI≦0.00となる場合には『ZEB』と判定される。

2-3　現在提示されているZEBのメリット

環境省（2025）ではZEBを実現することのメリットとしてエネルギー消費量を削減することのほかに大きく以下の4つのメリットを挙げている。

1. 光熱費の削減：エネルギー消費量の削減に伴い、建物の運用に係る光熱費を削減することができ、仮に創エネ設備がなくても省エネルギー基準相当の建物と比較し、光熱費を約40～50％削減できる。
2. 快適性・生産性の向上：自然エネルギーの適切な活用、個人の好みに配慮した空調や照明の制御などにより、省エネルギーを実現しつつ快適性・生産性を向上させることができる。
3. 不動産価値の向上：ZEBのような環境・エネルギーに配慮した建物は、他の一般的な建築物と比較して不動産としての価値の向上、街としての魅力の向上などにつなげることができる。
4. 事業継続性の向上：ZEBを実現することで、災害等の非常時において必要なエネルギー需要を削減することができ、さらに再生可能エネルギー等の活用により部分的にではあってもエネルギーの自立を図ることができる。

建築物を取り巻く関係者には、公共建築物のオーナー、民間建築物のオーナー、テナント、建物を訪れる人など、さまざまな立場のステークホルダーが存在し、ZEB化によって得られるメリットはその立場によって異なるものの、それぞれの関係者に対するメリットが存在していることを挙げている（図3）。

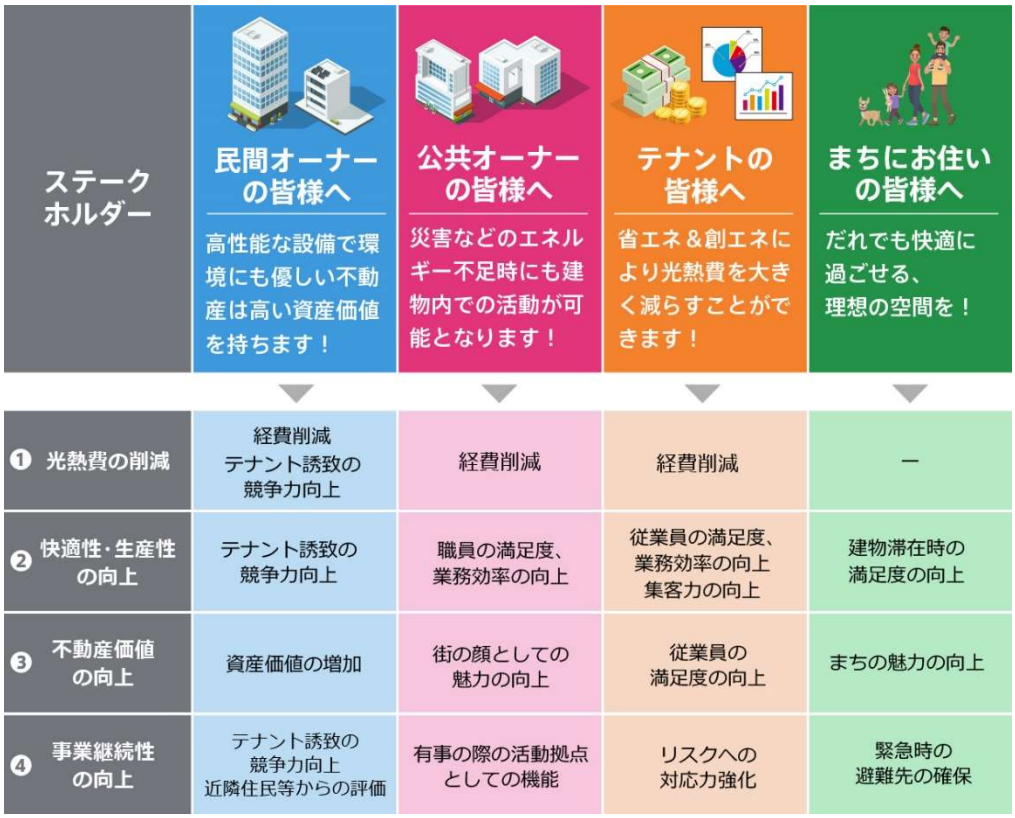


図3　ZEBのメリット

出典：環境省（2025）

2-4　ZEBの補助金制度・支援制度について

ZEB普及のために経済産業省・環境省を中心に補助・支援事業が実施されているが、経済産業省は民間団体向けの補助事業を行っている。地方公共団体の既存建築物のZEB化を対象とした補助・支援制度としては大きく3つある。1つ目は環境省の建築物等のZEB化・省CO_2化普及加速事業、2つ目は総務省の脱炭素化事業債そして3つ目は環境省の業務用建築物の脱炭素改修加速化支援事業である。1つ目の補助金は環境省が民間企業等と地方公共団体を対象に支給している。建築物等のZEB化・省CO_2化普及加速事業のうち、ZEB普及促進に向けた省エネルギー建築物支援事業の既存建築物のZEB普及促進事業として支給している。ZEBの更なる普及拡大のため、既存建築物ZEB化に資するシステム・設備機器等の導入を支援するものとなっている。延べ面積やZEBのランクに応じて補助率を設定しており、2,000m^{2}未満のZEB Readyは補助対象外である。2024年度までは既存建築物の2,000m^{2}未満のNearly ZEBと10,000m^{2}以上のZEB Orientedに対する補助率はどちらも2/3であったが、2025年度からは1/2となっており、補助額が減額傾向にあることが分かる（図4）。注意点として都道府県、指定都市、中核市及び施行時特例市は対象外の補助金となっている。

延べ面積	補助率等	
	新築建築物	既存建築物
2,000㎡未満	『ZEB』1/2 Nearly ZEB 1/3 ZEB Ready 対象外	『ZEB』2/3 Nearly ZEB 1/2 ZEB Ready 対象外
2,000㎡～10,000㎡	『ZEB』1/2 Nearly ZEB 1/3 ZEB Ready 1/4	『ZEB』2/3 Nearly ZEB 2/3 ZEB Ready 2/3
10,000㎡以上	『ZEB』1/2 Nearly ZEB 1/3 ZEB Ready 1/4 ZEB Oriented 1/4	『ZEB』2/3 Nearly ZEB 2/3 ZEB Ready 2/3 ZEB Oriented 1/2

図4　ZEB普及促進に向けた省エネルギー建築物支援事業の補助対象等
出典：環境省（2025）

2つ目に地方債として脱炭素化推進事業債がある。地方公共団体実行計画に基づいて行う公共施設等の脱炭素化のための地方単独事業となっており、公共施設等のZEB化や省エネルギーを対象に交付税措置を行っている。公共施設若しくは公用施設をZEB基準相当（『ZEB』、Nearly ZEB、ZEB Ready、ZEB Oriented、ZEB Oriented相当）に適合させるための改修又はZEB基準相当に適合する公共施設、もしくは公用施設の新築、増築若しくは改築事業を対象としている。ZEB Oriented相当とはZEB Orientedと同様の省エネ基準のもので面積要件、WEBPRO未評価技術の導入要件がないものである。交付税措置の対象となる設備は空気調和設備、照明設備、太陽光発電設備（売電を主たる目的とするものを除く）などである。脱炭素化推進事業債の事業期間は現時点では2025年度までとなっている。注意点として、地方交付税の不交付団体は交付税措置の適用はない。

3つ目に環境省が行う業務用建築物の脱炭素改修加速化支援事業（通称：脱炭素ビルリノベ事業）の業務用建築物の脱炭素改修加速化事業がある。これは既存の業務用建物における省エネルギー改修や省エネルギー機器導入を支援することで改修を促すものである。改修後の外皮性能BPI（Building Palstar Index）が1.0以下となっていること及び一次エネルギー消費量が省エネルギー基準から用途に応じて30%又は40%程度以上削減されること（ホテル・病院・百貨店・飲食店等：30%、事務所・学校等：40%）、BEMSによるエネルギー管理を行うこと等を主な要件としている。主な対象設備としては、断熱窓、断熱材、高効率空調機器、高効率照明器具等であり、補助額は改修内容に応じて定額（補助率1/2～1/3相当）となっている。2025年度からは脱炭素ビルリノベ事業に新たに業務用建築物の脱炭素改修先進モデル導入事

業が追加されている。既存の業務用建築物の先進的な脱炭素改修を促すため、脱炭素改修の実施に併せて建築物のライフサイクル全体でのCO_2排出量の低減に資する技術・建材等を取り入れたモデル実証を実施する取組に対して支援を行い、技術面・調達面なども考慮した社会実装モデルの創出に貢献するものである。

この3つの支援事業以外にも環境省の地域脱炭素推進交付金や、文部科学省の公立学校施設整備費負担金や学校施設環境改善交付金といった国庫補助事業など、対象の地方公共団体や対象施設に合わせた支援事業も行われている。

2-5　既存建築物のZEB化の進捗状況

脱炭素社会に向けた省エネルギー化に関する中長期的な取り組みとして、省エネ基準の義務基準を上げるという強制的な措置によりZEB化を推進しようという動きがある。脱炭素社会に向けた住宅・建築物における省エネ対策などのあり方・進め方に関するロードマップ（図5）の中で、遅くとも2030年までに義務基準をZEBレベルに引上げ、2050年にはストック平均でZEH・ZEB基準の水準の省エネ性能が確保されているとともに、その導入が合理的な住宅・建築物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を目指すとしている。新築・既存別累計認証数（全国）（図6）によるとZEBは2023年7月までの累計で1741件となっており、増加していっているが、既存建築物のZEB化は全体の約2割と遅れている。既存建築物の割合は2019年度25%、2020年度22％、2021年度20%、2022年度14%と年々低下していっており、新築ZEBの普及スピードに比べて遅れていることが分かる（環境省,2023)。

図5　脱炭素社会に向けた住宅・建築物における省エネ対策などのあり方・進め方に関するロードマップ

出典：国土交通省（2021）

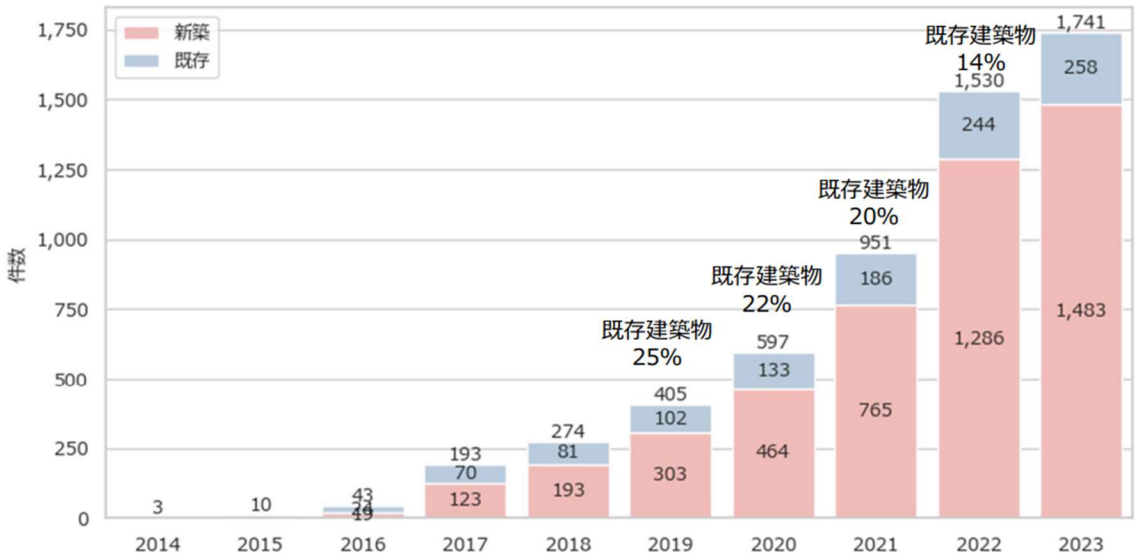


図6　新築・既存別累計認証数（全国）

出典：環境省（2023）

2050年までにストック平均でZEB基準の水準の省エネ性能を確保するためには、既存建築物のZEBの加速が必要である。第3章では既存建築物のZEB化に取り組んだ地方公共団体への質疑を通じ、既存建築物のZEB化の課題とその解決策を検討した。

第3章　先行事例を通じた既存建築物のZEB化の課題について

3-1　先行事例への質疑

地方公共団体でのZEB化について課題を把握するため、2020年に改修により氷見市立西の杜学園のZEB Readyを達成した富山県氷見市、2021年に改修により久留米市環境部庁舎の『ZEB』を達成した福岡県久留米市、新築ZEBを達成し2025年に既存建築物のZEB化を予定している東京都品川区の3つの地方公共団体に質疑を行った。ZEBリーディング・オーナーとして登録している地方公共団体の中から2件以上のZEBに取り組んでいる地方公共団体に絞り、その中で既存建築物のZEB化について取り組んでいる地方公共団体として氷見市と久留米市を選出した。品川区については既存建築物のZEB化は未実施であったが、ZEB化取組予定数が他の地方公共団体に比べ圧倒的に多く、今後の計画に既存建築物も予定していたため、質疑対象とした。具体的な質疑内容は付録にて記載する。

3-1-1　富山県氷見市立西の杜学園

氷見市では氷見市環境基本計画のもと、温室効果ガス排出量削減目標として、2030年度には基準年度（2013年）比で40％削減することとしている。氷見市所有公共施設における省エネ機器の導入や省エネ行動等、地球温暖化対策の取組みを推進しており、建築物を更新する際は環境基本計画に基づきZEBの手法を取り入れるとしている。

氷見市立西部中学校と久目小学校、速川小学校、明和小学校の学校統合に伴い、9年制の氷見市立西の杜学園へ名称変更し、旧氷見市立西部中学校校舎を改修して使用することとなった。その際、当初予定していたNearly ZEBの構想段階では、屋根への発泡ウレタンフォーム吹付や、Low-E複層ガラスの採用等による断熱性能向上や、創エネ設備の太陽光発電等を計画していた。しかし、予算やスケジュールの関係で、設備の導入が困難になり、上記設備については見送り、結果として、空調・照明のみの必要最低限の設備改修で省エネ率51％を達成するZEB Readyとなった（表2）。

表2　氷見市立西の杜学園のZEB内容

ZEBの分類	ZEB Ready
都道府県（地域区分）	富山県（5地域）
新築/既築	既存建築物
竣工年	2020年
延べ床面積	3,279㎡
回数（地上/地下）	地上3階
主な構造	鉄筋コンクリート造
建物用途	学校等
一次エネルギー削減率（創エネ除く/含む）	51%/51%

出典：環境省（2025）に基づき作成

氷見市立西の杜学園のZEB化について、2024年12月16日に氷見市教育委員会事務局学校教育課総務企画担当者へメールで質問した。担当者からの回答によると、補助金活用し、財源不足を補うことが今回のZEB化の動機であった。統合改修とZEB化を同時に行ったが、もともと統合改修の計画に空調の更新・LED化等の省エネに関する工事を含めていた。統合改修事業では文科省の補助単価が決められており、ZEB化の改修費を除いても文科省の補助単価を上回っていた。通常改修と比較した際にZEB化の初期投資費用は高くなっているものの、ZEB化にかかる工事費用をZEB化の補助金としてもらうことにより市単独の負担を減らすことができた。富山県氷見市立西の杜学園では庁内の合意形成には特に課題はなく、改修実施後3年間のエネルギー使用量や削減率を環境省に毎年報告するため、空調デマンドの設定や学校現場と調整することに時間を要したとのことだった。学校施設について、市では長寿命化し80年程度使用するものとして考えている。ZEB化を行うことで電気料金の削減効果が非常に大きいと考えており、今後についても大規模改修等の際には可能な範囲でZEB化を検討していく。

3-1-2　福岡県久留米市環境部庁舎

久留米市地球温暖化対策実行計画（事務事業編）では、当市の事務事業により排出される温室効果ガスを2030年度に2013年度比で40％削減するという目標を掲げている。既存の市有施設から排出される温室効果ガスを削減するために、2019年度に策定した既存公共建築物ZEB化モデル計画に基づき、2030年度までに複数施設のZEB化に取り組むこととしている。2020年

度に環境部庁舎において既存の公共建築物で全国初となる『ZEB』の認証を取得し、2021年度に中央図書館において既存の公共図書館で全国初となるZEB Readyの認証を取得している。

福岡県久留米市の環境部庁舎（表3）は、外皮性能の向上や空調設備等の改修によって一次エネルギー削減率106%を達成し（創エネ含む）、日本における既設の公共建築物としては、初めての『ZEB』に認証されている。建物の外皮断熱強化は、建物の構造を調査した上で、効率的に室内温度低下を防止するようウレタン系断熱材やLow-Eペアガラスを導入し、空調設備のダウンサイジングによってイニシャルコストの低減、エネルギー消費量の削減を実現している。さらに広い屋根面積を活用して、容量の大きい太陽光発電システムを導入することにより創エネを含んだ一次エネルギー削減率を大幅に改善した事例である。ZEB化の実施にあたっては、事前のZEB化可能性調査や担当部局のみならず複数部局の連携による効率化などを検討されている点が特徴的である。

表3　福岡県久留米市環境部庁舎のZEB内容

ZEBの分類	『ZEB』
都道府県（地域区分）	福岡県（6地域）
新築/既築	既存建築物
竣工年	2021年
延べ床面積	2,089m^2
回数（地上/地下）	地上3階
主な構造	鉄筋コンクリート造
建物用途	事務所等
一次エネルギー削減率（創エネ除く/含む）	67%/106%

出典：環境省（2025）に基づき作成

福岡県久留米市環境部庁舎のZEB化について、2024年12月17日に久留米市役所環境政策課担当者へオンラインインタビューを実施した。担当者の回答によると、建物改修タイミングの補助金活用が今回のZEB化の動機であった。環境部庁舎は築30年の建物で改修についての話が出た時点では空調の大規模改修を行っていなかった。改修の際に、使用できる財源を検討した際、ZEBに行きついた。2019年の久留米市地球温暖化対策実行計画（事務事業編）にはZEB化というワードは入れていなかったが、庁内では建物や設備の改修時期を意識しており、その際に建物の脱炭素化について進めたいという考えが出ていた。当施設のZEB化実施時には都

市建設部にZEBに興味関心が高い職員がおり、都市建設部と環境部でZEB化への興味関心が高まった。そのタイミングで庁舎改修を考える時期となったため、補助金活用と脱炭素意識が合致しZEB化検討を進めていった。当施設については、環境部庁舎であることから環境部の管理となり、他施設のZEB化検討よりも踏むべきステップを簡略化でき、ZEB化を進めやすかったと考えている。福岡県の補助金活用により、市の費用負担なしでZEB化可能性調査を実施している。ZEB化検討時の調査業務について、ZEB実現が保証できない中で市の財源だけで調査を行うのは難しいという意見も出ており、福岡県の補助金を活用することでZEB化可能性調査の実施に踏み切ることができた。

課題として、ZEB化を行うことでイニシャルコストが増加することから、庁内で通常改修に加えてZEB化までする必要があるかという議論が生じ、説明する過程で苦労した。初期投資はかかるが、一次エネルギー消費量を削減し、長い期間で投資回収効果が見込めることを説明することで合意形成に至っている（表4)。また、費用をかければZEB化ができると分かっていたが予算に限りがあった。市ではZEB化の前例がなく、他の事例を調べ、既存技術だけでできるというノウハウを学び、ZEB化の実施に至った。夏は暑く冬は寒い施設であったが、ZEB化改修により断熱性が増したため快適な施設となった。実際にZEB化を行ったことで、省エネ化が実現でき、快適性が増したという声があがっている。

環境部庁舎については外皮断熱も含めた改修を行い、『ZEB』を達成しているが、中央図書館はガラス交換とLED照明・ガス空調高効率更新のみでZEB Readyを実施しており設備の改修のみでできる範囲で検討する場合もある。発注形式については、改修設計業務（実施設計とコミッショニング[7]）と工事発注を分割して実施しており、発注形式についての支障は感じていない。

当初、久留米市地球温暖化対策実行計画（事務事業編）にはZEB化というワードは入れていなかったが、2024年改定時にZEB化という言葉を入れて、ZEB化を目標として掲げるようになっている。当市では建物の使用年数を60年としており、環境部庁舎は築30年である。今後もあまり古くない施設で改修対象については個別にZEB化実施について検討を行う。明確にZEB化実施の築年数を決めると実施に無理が出てくると考え、ZEB化を行う築年数を明示することは行っていない。計画上は全ての公共施設の改修時に必ずZEB化の検討を行うこととしている。極端にコストが高くなる場合は除き、ZEB化をアピールするべき施設であれば進めていく等、

[7] 既設建物のコミッショニングとは、現状の運用性能を分析し、より適切な運転にするために必要な調整や改修、ならびに運転の最適化を提案し、性能検証して実現するプロセスのことである（建築設備コミッショニング協会,2025)。

個別具体的に検討していく。空調改修が必要な施設や大規模改修が必要な施設、断熱性が高い施設、長期的な施設の活用が見込める施設は検討対象となりやすい。また文化財のような建物についてはZEB化せず、市民が使用する生涯学習センターなどは検討に入りやすい。環境部庁舎と合わせて複数の施設について可能性調査を行ったため、順次改修を行っていく予定である。今後の計画については営繕・管財の担当者とZEB化できそうな施設を判断していくか、都度ZEB化可能性調査を実施するかは未定である。

表4　環境部庁舎のZEB化費用

	標準改修	ZEB化改修
改修内容	照明のLED化、老朽化に伴う空調設備の更新（熱源、冷却塔、冷温水ポンプ、ファンコイルユニットの更新）	真空ペアガラス、硬質ウレタンフォーム断熱、パッケージエアコンの導入（更新前はガス吸収式）、全熱交換器、LED照明、太陽光・蓄電池ほか
費用（※1）	6,300万円	2億500万円
国庫補助金	－	1億3000万円（補助率3/4）
実質負担額	6,300万円	7500万円（補助率3/4）
年間コスト削減額	111万円/年	290万円/年
実質回収年数（※2）	－	6.7年（補助率3/4）

※1 設計費、施工費、消費税
※2 （実質負担額_ZEB改修-実質負担額_標準改修）/（年間コスト削減額_ZEB改修-年間コスト削減_標準改修）
※3本事業では交付税措置を活用したが、実質負担額には考慮していない。交付税措置も考慮した場合は、市の持ち出しは5,400万円になる見込みである。

出典：環境省（2025）に基づき作成

環境部庁舎については補助金を活用し、『ZEB』（蓄電池有り）で実施しているが、久留米市環境部では国庫補助金がない場合の費用についてもZEBランクごとの比較を行っている（表5）。久留米市によると、国庫補助金が無い場合も標準改修とZEB Readyを比較した際、ZEB Ready化によるイニシャルコストの増額分をZEB Ready化による20年間のランニングコスト削減差が上回っており、投資回収が可能であることが分かる。

表5　環境部庁舎のZEB化費用（経費評価・国庫補助金が無い場合）

（単位:万円）	標準改修	ZEB Ready	『ZEB』 蓄電池無し	『ZEB』 蓄電池有り
改修内容	空調 照明LED	空調 照明LED 躯体断熱	空調 照明LED 躯体断熱 太陽光発電	空調 照明LED 躯体断熱 太陽光発電 蓄電池
費用 （設計費、施工費、消費税）	6,300	8,410	11,061	
①イニシャル差 （対標準改修）	－	2,110	4,761	
②20年間ランニングコスト 削減額差（対標準改修）	－ (-110万円/年)	-1,600 (-190万円/年)	-3,400 (-280万円/年)	-3,600 (-290万円/年)
③次期空調改修コスト差 （対標準改修）	－	-1,300	-1,300	-1,300
④20年間コスト削減額差 （対標準改修④=②＋③）	－	-2,900	-4,700	-4,900
20年間分コストメリット額 （①＋④）	－	790	-61	-9,300

※久留米市への質疑により入手した資料に基づき作成

3-1-3　東京都品川区におけるZEB化に向けた取り組み

品川区では、最上位の行政計画である品川区長期基本計画の推進に向け、品川区総合実施計画において地球環境にやさしいまちづくりを掲げ、区有建築物のZEB化を推進するとしている。さらに、品川区環境基本計画では、2027年度までに12施設のZEB・ZEH化を行う計画となっている。また、行政の積極的姿勢を、民間事業者や区民のZEB認知度向上につなげるため、2022年5月にオープンした品川区立環境学習交流施設エコルとごしでは、環境学習や情報発信といった施設機能に加え、都内公共建築物初となるNearly ZEB建築物としての施設特性を生かし、展示パネルによるZEBの紹介やガイドツアー等、様々な事業を展開している。区が率先して区有建築物等のCO_2排出量削減の取り組みを進める中で、区有建築物における脱炭素化としてZEB化を推進している。ZEBリーディング・オーナーとして品川区が登録している導入実績・導入計画では現在までに、ZEBを既に実施済みの新築3施設に加え、今後新築を更に3施設、既存建築物を2施設、増改築を1施設と計9施設（表6）、ZEH-Mを1施設それぞれ認証取得済みとなっており、ZEBの取組に意欲的であることがうかがえる。

表6　導入実績・導入計画

	建築物の名称	区分	都道府県	新築/既存建築物	建物用途	延べ面積	階数	竣工年	一次エネルギー削減率		ZEBランク
									創エネ含まず	創エネ含む	
1	品川区立環境学習交流施設「エコルとごし」	実績	東京都	新築	集会所等	1,912m²	3階	2022	58.0%	91.0%	Nearly ZEB
2	八潮北公園管理事務所	実績	東京都	新築	事務所等	283m²	1階	2023	58.0%	67.0%	ZEB Ready
3	北品川高齢者多世代交流支援施設	実績	東京都	新築	その他	630m²	3階	2024	53.0%	53.0%	ZEB Ready
4	中原保育園および児童センター	計画	東京都	新築	病院等	1,768m²	5階	2025	52.0%	59.0%	ZEB Ready
5	城南第二小学校	計画	東京都	新築	学校等	9,640m²	5階	2029	53.0%	55.0%	ZEB Ready
6	八潮南特別養護老人ホーム	計画	東京都	増改築	病院等	6,280m²	3階	2027	55.0%	58.0%	ZEB Ready
7	大原児童発達支援センターおよび大原児童センター	計画	東京都	既存建築物	その他	853m²	3階	2025	55.0%	58.0%	ZEB Ready
8	（仮称）八潮在宅子育て支援施設	計画	東京都	既存建築物	その他	3,530m²	5階	2025	78.0%	81.0%	Nearly ZEB
9	源氏前小学校	計画	東京都	新築	学校等	8,903m²	5階	2029	52.0%	53.0%	ZEB Ready

出典：一般社団法人環境共創イニシアチブ（2025）に基づき作成

品川区のZEB化について、2024年10月30日に品川区企画経営部施設整備課担当者へメールで質問した。担当者の回答によると、当区ではZEB化の動機について特に脱炭素化を重要視している。品川区環境基本計画および国の地域脱炭素ロードマップに沿った二酸化炭素排出削減量を定め、区が率先して区有建築物等の排出量削減の取り組みを進める中で、区有建築物における脱炭素化としてZEB化を推進している。脱炭素化のためのZEB化のため、通常改修とのコスト差に関わらず、新改築および大規模改修工事については原則ZEB化を検討している。ZEB Ready以上を検討しており、ZEB化が可能であれば基本的には実施しているとの回答であった。ZEB化の際の課題について、区で初のZEB（新築ZEB）を取得した当初は、庁内の合意形成に課題を感じていた。ZEB化の必要性とそれにかかる費用が課題としてあり、特にイニシャルコストについて、当初は従来の建築物と比較して高額になることと捉えられ、財政所管と営繕所管が同じ部局であるものの、意見を取りまとめに苦慮したとの回答を得た。当区ではライフサイクルへの先行投資としての観点から説得することで、最終的な合意に至っている。

当区の担当者は既存建築物のZEB化について、新改築とは異なり一定程度の制約があるものの、どの施設でもZEB化は可能と感じているとの回答を得た。特に既存施設のZEB化では、新築と異なり、施設のこれまでの使用実態やエネルギー消費量を把握しているため、適切な能力の機器導入が可能であり、光熱費等のランニングコストの更なる低減が見込めると考えており、既存建築物のZEB化について新築ZEB化にはないメリットも感じている。発注方式については従来同様工事発注で実施しているが、その点について支障となったことは特にないとの回答を得た。

また、ZEB化推進についての担当者の想いとして下記の回答を得た。『ZEB認証建築物は近年全国で増加傾向にあるものの、いまだ「ZEB認証建築物＝特殊な建築物」と捉えられることも少なくない。さらに、運用開始後の実績に関する資料が少なく、運用成果に対して多くの関心が寄せられている。区では現在、ZEBリーディング・オーナーに10施設のZEB認証施設を登録しており、今後これら施設のエネルギーの削減実績や設備運用の工夫等の知見を広く展開していくことで、ZEB認証建築物の普及への一助に努めていきたい。あわせて地域住民にとって身近な区有施設の計画的なZEB化を引き続き推進していくとこで、まち全体の脱炭素化への機運醸成にもつなげていきたい』。新築・既存建築物ともにZEB化に取り組んでおり、ZEB化推進について積極的な姿勢がうかがえる。

3-2　先行事例を通じた課題

氷見市・久留米市・品川区への質疑回答を基にそれぞれのZEB化の取組についての要点を表7にまとめた。久留米市、品川区では庁内でZEB化の必要性やZEB化に係るイニシャルコストの上昇について庁内の合意形成を図ることに課題を感じていた。一方、氷見市では庁内の合意形成での課題は感じていない。久留米市・氷見市共に補助金による財源確保を目的としたZEB化を行っているが、氷見市についてはZEB化にかかる工事費用をZEB化の補助金としてもらうことにより市単独の負担は減額しているため、イニシャルコストが減額となっており、合意形成に課題を感じていないと考えられる。また、ZEB化の旗振り役として施設整備課が主体となった品川区に対して、氷見市では実際に施設所管課である学校教育課が主体となり財源確保を目的としたZEB化を計画したため庁内の合意形成に課題が少なかった可能性が考えられる。ZEB化の旗振り役については地方公共団体ごとに異なるが、環境政策課や施設整備課が中心となる例は多く考えられるため、ZEB化の必要性・イニシャルコストの上昇に対する回答は多くの地方公共団体で必要となると考えられる。

上記の質疑を通じて、既存建築物のZEB化推進のためにはZEB化の必要性とZEB化にかかるイニシャルコスト上昇について説明し、庁内の合意形成を円滑に実施することが有効であると考えられる。序論でも述べたように2050年のカーボンニュートラルの実現のためにはZEB化は必須となっているが、今回の質疑を通じ地方公共団体内では必要性の認識が浸透しきっていない状況が見受けられる。第1章の先行研究の中で、ZEBが進まない理由として①ZEBを知らない、②「ZEBは技術的に難しい」と思っている、③「ZEBはものすごく高い」と思っているというそれぞれの段階に認知の課題があるとしているが、今回の質疑を通じて「ZEBを実施すべきである」という認知に至っていない地方公共団体も少なくないと考えられる。対策として、環境省では説明会を実施するなどにより浸透を図っている。

2つ目の課題として挙げられたZEB化にかかるイニシャルコストへの上昇への対策は第4章で検討する。また、先述したように、地方公共団体での既存建築物のZEB化については全て補助事業の活用を行っており、補助なしでの実施実績がない。今回質疑を行った氷見市、久留米市についてもZEB化の主目的としては補助金活用による財源不足の補填といったところにあり、今後補助事業の対象でなくなった場合、ZEB化の取組が減少する可能性がある。そこで、費用について補助事業の活用なくては既存建築物のZEB化の経済的なメリットは無いのかについても第4章で検証を行う。

表7　先行事例のZEB化の取組

自治体名	富山県氷見市	福岡県久留米市	東京都品川区
アンケート回答日	2024/12/16	2024/12/17	2024/10/30
アンケート回答部署	氷見市教育委員会事務局 学校教育課 総務企画担当	久留米市役所 環境政策課	品川区企画経営部施設整備課
人口（人） (2024/12/1現在)	42,228	300,338	412,856
財政力指数	0.47	0.51	0.55
改修施設例	西の杜学園	環境部庁舎	（計画）大原児童発達支援センターおよび大原児童センター
ZEB化主目的	補助金活用により財源不足を補填	補助金活用により財源不足を補填	脱炭素化
補助金活用	・二酸化炭素排出抑制対策事業費補助金　（一社）静岡県環境資源協会 ZEBに関するもの ・公立学施設整備費国庫負担金 文部科学省 増築に関するもの ・学校施設環境改善交付金 文部科学省 統合改修に関するもの	事前調査：福岡県エネルギー利用モデル構築促進事業費補助金	未定（改修施設は2025年竣工予定）
課題	実施後3年間エネルギー使用量や削減率を環境省に毎年報告するための空調デマンドの設定や学校現場との調整（庁内の合意形成での課題は感じなかった）	ZEB化の必要性とそれにかかる費用（特にイニシャルコスト）についての庁内の合意形成	ZEB化の必要性とそれにかかる費用（特にイニシャルコスト）についての庁内の合意形成
対策	調整に時間を要したものの結果として計画を達成	初期投資はかかるが、一次エネルギー消費量を削減し、長い期間で回収効果が見込めることを説明	・ライフサイクルへの先行投資の観点からの説得 ・既存施設ZEB化は施設のこれまでの使用実態やエネルギー消費量を把握しているため、適切な能力の機器導入が可能となり、光熱費等ランニングコストの更なる低減が見込める。
発注方式	事前調査（アドバイザリー契約）：ZEBプランナーと特命随意契約 設計業務：条件付き一般競争入札 工事：条件付き一般競争入札	・事前調査：公募型プロポーザル方式（4社応札） ・設計業務：公募型プロポーザル方式（2社応札） ・ZEB化改修工事（個別発注）：一般競争入札	工事発注
ZEB化目的リーディングオーナー登録済施設 (2025.1.8時点)	2施設	2施設	9施設

出典：質疑回答に基づき作成

第4章　ZEB化によるイニシャルコスト上昇への対策

4-1　設備改修によるZEB化

第3章の質疑を通じ、ZEB化によるイニシャルコスト上昇が課題として明確となった。ZEB化を行うためのイニシャルコストの上昇は避けられないものの、コスト上昇を抑えて実施する方法もある。

パナソニック京都ビルでは2023年に建築躯体の改修を伴わず、設備改修のみで可能な限りコストを抑制してZEB Readyを達成したことで省エネ大賞を受賞している（表8)。事前にZEB化可能性調査を実施し、通常改修とZEB化改修それぞれに必要な改修内容とそれによるBEI値を算出し空調・照明の設備改修のみでZEB Readyの達成ができることを判断している。空調の高効率化、照明のダウンサイジングやセンサによる自動制御を用い、消費電力を軽減しZEB Readyを達成している。可能性調査の手順としては、まず既設と同等性能の機種選定を実施しBEI値を計算した。この時点ではZEB Readyに到達しておらず、ここからダウンサイジングや選定機種の見直し等の検討を行い、BEI値の向上を試みた（半田,2024)。空調設備と照明設備の改修のみでBEI0.5以下を達成し、ZEB Readyとなることが判明したことから給湯設備と換気設備については既存流用となっている（表9)。

表8　パナソニック京都ビルのZEB化内容

ZEBの分類	ZEB Ready
都道府県（地域区分）	京都府（6地域）
新築/既築	既設
竣工年	2023年
延べ床面積	2,969㎡
回数（地上/地下）	地上4階
主な構造	鉄骨鉄筋コンクリート造
建物用途	事務所等
一次エネルギー削減率（創エネ除く/含む）	53%/58%

出典：一般社団法人環境共創イニシアチブ（2023）に基づき作成

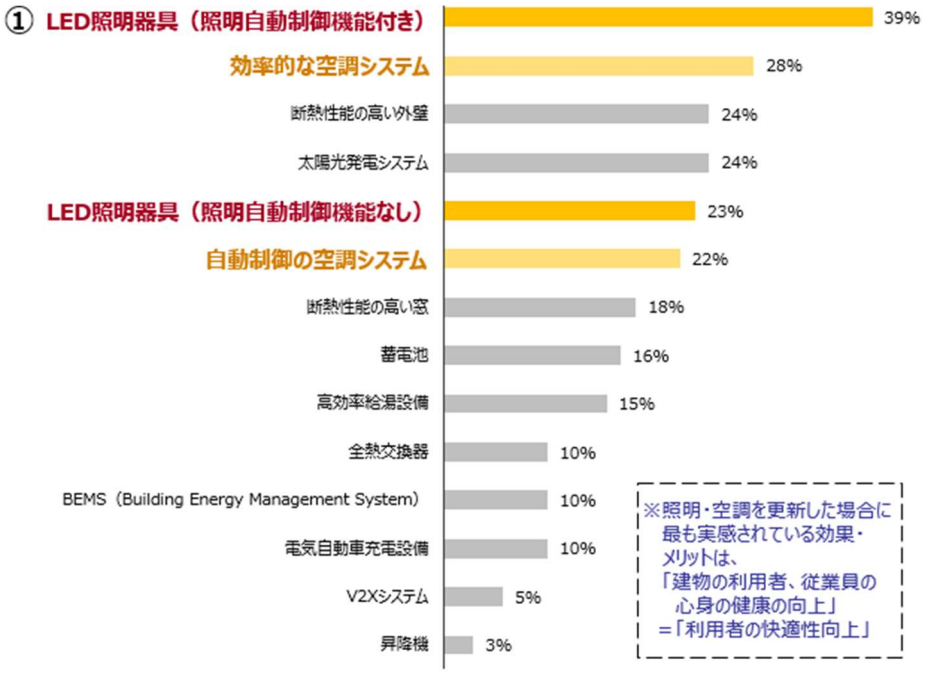
表9　パナソニック京都ビルの ZEB可能性調査の詳細

ZEB化対象設備	通常改修（既設の同等置換）（BEI/ALL=0.61）		ZEB化改修（BEI/ALL=0.47）	
	設備詳細	BEI（MJ/延床m^2年）	改修内容	BEI（MJ/延床m^2年）
空調	高効率 ビルマル ダクト隠蔽 一部氷蓄熱 全熱交換器	0.73 （536.33）	室外機：高効率化、設置制約下での組合せ検討 室内機：ダクト形の省電力検討（ダクト静圧の確認とファン動力の少ない機種への再選定） 氷蓄熱：非蓄熱機種に変更、ダウンサイズ、一部配管見直し・改修 熱交：費用対効果を考慮し改修見送り	0.49 （422.52 ）
照明	高効率LED化 システム天井 ショールーム 共用部等	0.35 （143.5）	照度見直し（部屋ごとの実測に基づくシミュレーションによる最適化とダウンサイズ 事務所平均照度：750lx⇒500lx） 照明制御（調光）は通常改修時も同等に導入。	0.33 （133.39 ）
換気	天井扇 ダクトファン	0.61 （20.31）	既存流用	0.61 （20.31）
給湯	電気温水器	2.13 （25.26）	既存流用	2.13 （25.26）

出典：半田（2024）に基づき作成

パナソニック京都ビルでは、改修後の2023年4月から9月のエネルギー使用量の実績値においても改修前と比べ-26%の削減を達成しており高い削減効果を達成している。

また、パナソニック（2024）のアンケートによると、既存改修のZEB化で導入する設備として、LED照明、高効率空調システムが多く採用されている（図7）。



※n=74　オフィスを改装や設備増設によってZEB化した建物のオーナー、総務・建物管理者）

図7　ZEBに伴い改修・新たに導入した設備

出典：パナソニック（2024）

戸田建設（2023）では設備機器の容量適正化と機器の高効率化を行うことによるZEB Ready仕様とする場合のコストダウンを試算している。自社の実績を基にした試算として、ZEB Ready対応による設備コストは約4%増加（全体工事費の約1.0%）（設備機器の容量適正化によるコストダウン含む）と設計料約3%増加（全体工事費の約0.1%）により、イニシャルコストの増加率は全体工事費の約1.1%としている。機器容量の適正化、高効率機器の導入を行うことでランニングコストを約12%低減することが見込める。イニシャルコストの上昇に対して、ランニングコストの低減により、投資金額は約10年で回収可能であると試算している。

戸田建設では10年以内の投資回収を試算しているが、新築で想定されたものであることから、既存建築物のZEB化を行う際の一般的な投資回収年数について試算を行う。

4-2　標準原単位方式を用いたZEB化による費用対効果

試算については、公共施設の整備において、個々のケースに合わせて公平に計算を行う方式として根本ら（2016）に提唱された標準原単位方式を応用し通常改修とZEB化改修のパターン別にコスト比較を行うこととする。ZEB化のランクとしては4-1で述べた設備改修のみで達成ができるZEB Readyで試算を行う。

第1章の先行研究でふれたようにZEBは様々な用途建物が対象であり、その規模も大小様々で仕様が異なるため施設ごとに条件が大きく異なると言える（小山,2021）。そこで今回は総務省の公共施設試算ソフトの更新費用単価（表10）を基にする。更新費用単価として最も割合の多い建替え40万円/m²をベースに更新単価設定を行う。

表10　公共施設の更新費用単価表

施設種別	建替え
行政系施設 市民文化系施設 社会教育系施設 産業系施設 医療施設	40万円/m²
保険・福祉施設 ｽﾎﾟｰﾂ･ﾚｸﾘｴｰｼｮﾝ系施設	36万円/m²
学校教育系施設 子育て支援施設	33万円/m²
公営住宅	28万円/m²

出典：総務省（2016）に基づき作成

更新費用単価は2016年当時の総務省ソフトの値であるため、当時よりも建築単価が上昇していることを考慮し、以下のとおり時点修正を行う。

建設工事費デフレーター[8]（2015年度基準）によると非住宅・非木造・鉄筋RC2016年度を100.0とした際の2022年度（暫定）は121.2となっており、2022年度基準の割増率は1.212倍である。建替え単価40万円/m²に時点修正を行い、修正後単価は40×1.212=48.48のため更新単価は48.48万円/m²とする。

根本ら（2016）では、建築費の内訳を「躯体3割、設備3割、内装3割、その他1割」であるとしている。設備は電気設備、空調設備、給排水衛生設備であるが、通常改修では空調設備と電気設備のうちの照明設備を対象とするものとし、通常改修の改修単価率を2割（20%）と仮定する。ZEB化改修の場合、設備コストは通常改修の約4%増加することから0.2×1.04=0.208として20.8%をZEB化改修の改修単価率とする（戸田建設,2023）。改修単価は式（1）より得られる。式（1）で得た通常改修とZEB化改修の改修費用を基に、単価の上昇を式（2）で算出する。通常改修の際に使用する機器のエネルギーコストを0とした時、ZEB化の場

[8] 国土交通省が建設工事の価格変動を把握するための指標として発表している。

合は設備選定時に機器容量の適正化、高効率機器の導入により約12%の削減ができる（削減率）（戸田建設,2023)。資源エネルギー庁が行った2022年度の業種別エネルギー消費統計調査によると「地方公務」の延床面積（m^2）当たりの電力利用額/年は2317円である（新電力ネット,2025）ZEB化改修による通常改修からのエネルギーコスト削減額は式（3）より得られる。ZEB化投資回収年は数式（4）を用いて算出する。

$$\text{改修単価} = \text{更新単価} \times \text{改修単価率} \tag{1}$$

$$\text{単価の上昇} = \text{ZEB化改修の改修単価} - \text{通常改修の改修単価} \tag{2}$$

$$\text{エネルギーコスト削減額} = \text{電力利用額/年} \times \text{削減率} \tag{3}$$

$$\text{ZEB化投資回収年数} = \text{エネルギーコスト削減額} \div \text{単価の上昇} \tag{4}$$

今回の計算では割引率は1%とすると、今回の試算については表11の通りとなり、投資回収年数は15年となる。割引率を3%とした場合、投資回収年数は18年となる。

表11　通常改修とZEB化改修の投資回収年数比較

項目	単位	通常改修	ZEB化改修
改修単価（イニシャルコスト）　※1	万円/m^2	9.694	10.084
単価の上昇 ※2	万円/m^2	-	0.388
エネルギーコスト削減額 ※2	万円/m^2	-	0.0278
ZEB化投資回収年数 ※2	年	-	15

※1 更新単価48.48万円/m^2、通常改修の改修単価率を20%、ZEB化改修の改修単価率を20.8%とする。
※2 対通常改修

上記の結果から、ZEB化投資回収が15年で可能となり、照明設備を含む電気設備の法定耐用年数[9]は15年、冷暖房設備の耐用年数は13年又は15年であることから、設備の耐用年数とほぼ同等の期間で投資回収を行うことができると考えられる。ZEB化改修の際にエネルギーコスト

[9] 減価償却資産の「耐用年数」とは、通常の維持補修を加える場合にその減価償却資産の本来の用途用法により通常予定される効果をあげることができる年数、すなわち通常の効用持続年数のことをいい、その年数は「減価償却資産の耐用年数等に関する省令」（昭和 40 年（1965 年）大蔵省令第 15 号）により定められている（東京都主税局,2020)。

削減により、投資回収を行う試算を行ったが、イニシャルコスト増額に対するもう一つの対策としてPPP事業の活用が考えられる。

4-3　PPP事業によるZEB化

質疑を行った3つの地方公共団体全てで発注方式については工事発注を一般競争入札でおこなっており、そのことについて不便さを感じていないという回答が多かった。氷見市・久留米市はZEB化の動機として、財源不足を挙げており、財源不足の対策としてPPPがある。

多くの地方公共団体にとって、厳しい財政状況や人口減少、公共施設の老朽化などに適切に対応しながら、活気に溢れる地域経済を実現していくことは、喫緊の課題となっている。PPPとは、公共施設等の建設、維持管理、運営等を行政と民間が連携して行うことにより、民間の創意工夫等を活用し、財政資金の効率的使用や行政の効率化等を図るものである（国土交通省,2025)。PPP手法の一つであるESCOを活用したZEB化改修を行った事例としては新潟県柏崎市の公共施設である柏崎海洋センターシーユース雷音や横浜市の泉区総合庁舎、大場みすずが丘地区センター、磯子土木事務所などが挙げられる。全てESCO事業により設計、ZEB認証から施工まで一連で実施している。

柏崎海洋センターシーユース雷音では、改修によって一次エネルギー消費量を51%削減し、ZEB Readyを実現している。当施設は、コージェネレーション・空冷ヒートポンプを中心とした熱源・給湯・昇温システムの再構築、LED照明、ペレットストーブ、BEMS装置等の導入、窓断熱強化（高性能遮熱断熱サッシ、Low-E複層ガラス）等により一次エネルギー削減率51%を達成し、ZEB Readyを実現している。ZEB化すると初期費用が増えるため、イニシャルコストの増額についてはESCO事業を活用、ZEB関連設備については補助金の利用を前提に予算化を行っており、ESCO事業公募条件に補助金確保ができない場合、予算議決が得られない場合の解除条件を付けている。

泉区総合庁舎ESCO事業による改修工事ではZEB Orientedを取得している。長寿命化対策事業として、別途工事でESCO事業による空調改修工事より前にサッシの改修工事を行っており、ESCO事業の主な工事内容としては高効率空冷ヒートポンプチラーへの更新、高効率パッケージ空調機への更新、空調機の二酸化炭素濃度による外気導入量制御の導入、空調機のインバータ制御の導入、換気ファンの室温による発停制御の導入、換気ファンの一酸化炭素濃度による発停制御の導入、照明のLED化、太陽光発電システムの導入を行っており、設備部分の改修を中心に行っている。ZEB Orientedの要件に再生可能エネルギーの導入は求められていな

いが、ESCO事業者の提案により、省エネ改修の一環として太陽光発電システムの導入を行っている。

どちらの事例もパッシブ技術としては窓断熱強化やサッシ改修工事にとどまっており、設備の改修を中心に行っている。末永（2018）で述べられたように、既存建築物については設備的手法を優先させたZEB化を行っている。ESCO方式を活用した地方公共団体Aにヒアリングを行った際、ESCOにすることで通常の空調更新やLED化の費用で、サッシを新しくする、ダウンサイジングしたら費用を抑えられるといった考えが出てくることを期待したものの、光熱水費の削減部分は維持管理に充てられ、当初の目論見とは異なる結果となったという回答があった。

ZEB化の際にESCO方式等PPPを活用するためには、効率的に費用負担を抑えるなどの民間からの提案がより求められる。金ら（2024）の研究より行政自らがZEB発案する方が、提案されるよりも件数としては少なく、行政が必ずしも自発的にZEBを発案する状況ではないことが明らかになっていることから、民間が改修提案を行う際にZEB提案を行うことでインセンティブを得られる状況となれば民間からのZEB発案が増加し、結果的に改修時のZEB化が増えると考えられる。

第1章で述べたように、現状は民間側の提案の際に環境性能を上げることで事業費が高くなってしまうというトレードオフ状態となっていることから（森山,2021)、事業者選定時に価格評価が評価項目の一つとなっている現況では、民間側による施設の環境性能提案がしづらい状況がある。2023年に経済産業省が中心となり産学官金連携のGXリーグを設立している。2023年度に成立した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（通称GX推進法）に基づき、2026年度から排出量取引制度の本格導入を予定しており、CO_2排出価格（炭素価格）が経済社会活動へ取り組まれることが具体化している。カーボンプライシングが一般的になりつつある中で、今後は改修の中でも炭素価格について考慮が必要であると考えられる。一般競争入札の場合も価格のみでなく、総合評価とし、CO_2削減価格についても考慮した価格点評価が実施されることが望ましい。

第5章　結論

5-1　論文のまとめ

第1章では、気候変動への対応として2030年度以降に新築される住宅・建築物についてはZEH・ZEB水準の省エネルギー性能の確保、2050年には住宅・建築物のストック平均でZEH・ZEB水準の省エネルギー性能の確保を目指すという政府目標について触れた。環境省ではZEB取組を推進すべく2016年度からZEB実証事業を継続的に実施しており、ZEBは増加傾向にあるものの、既存建築物のZEB普及スピードは新築のZEB化に比べて遅れている現状をまとめた。現在、国内の建築物の大部分を既存建築物が占める中、既存建築物の平均年数は大規模な改修が必要となる時期に突入している。既存建築物のZEB化推進が重要な課題であり、直近の改修時に取り組む必要性があることを整理した。さらに先行研究から、ZEB化の課題についてZEB化を行う動機・インセンティブ不足やZEB化による建設コスト増、ZEB化に関する認知不足などのZEB化が進まない要因を整理した。既存建築物のZEB化の際に補助事業活用がほぼ必須であり、特に地方公共団体では100%補助事業活用となっており、補助無しでは既存建築物のZEB化に取り組めていない現状を記載した。今後、既存建築物のZEB化件数を増加させていくためには、費用面の課題解決が不可欠であるであることを指摘した。

第2章では、ZEBの定義をまとめた上で、既存建築物のZEB化の進捗状況について現状を明らかにした。

第3章では、先行事例として氷見市・久留米市・品川区の3つの地方公共団体のZEB化事例を紹介し、それぞれの地方公共団体へ行ったZEB化についての質疑を通じ、庁内のZEB化の合意形成を行うためZEB化の必要性の浸透とZEB化にかかるイニシャルコスト上昇への対策が必要であることを整理した。

第4章では、第3章で明らかになった課題であるイニシャルコストの上昇について、空調や照明といった設備改修でのZEB化と、PPP事業によるZEB化を対策として挙げた。設備改修でZEB化の改修を行ったパナソニック京都ビルの事例を通じ、設備改修でのZEB化を行う際の検討の流れと、改修後のエネルギー使用量の削減実績値を紹介した。既存建築物のZEB化改修を行ったオーナーへのアンケート結果を基に、特にLED照明と高効率空調システムが多く採用されていることを示した。また、設備改修により既存建築物のZEB化行う際の一般的な投資回収年数を標準原単位方式を応用して算出した。通常の設備改修と比較しZEB Ready化の改修により増額する金額を算出し、エネルギーコスト削減額により何年でZEB化のためのイニシャルコスト増額分の投資回収を行うことができるかについて試算を行っている。その結果、ZEB化投

資回収は15年で可能であることを示し、設備の耐用年数とほぼ同等の期間で投資回収可能であることを示した。

5-2　結論

公共における既存建築物のZEB化の推進のためには、設備改修を中心としたZEB化を行うことで、改修でも取り組みやすく費用を抑えることができる。ZEB Readyを行った場合の通常改修からのイニシャルコストの増額はエネルギーコスト削減額により15年で投資回収が可能であることを提示し、設備の耐用年数とほぼ同等の期間で投資回収可能であることを示した。また、PPP事業によるZEB化など更なる民間からの環境性能に配慮された提案のためにもCO_2削減価格についても考慮した価格評価の実施を推奨する。

5-3　本研究の限界と今後の課題

本研究の課題として、現時点での行政の既存建築物のZEB化は全て補助金活用事例であることから、補助金無しで実施した事例は紹介できていない。第4章で行ったZEB化行う際の一般的な投資回収年数については、イニシャルコストを抑えたZEB化の試算を行うため、空調・照明改修のみで太陽光などの創エネルギー無しのZEB Readyでの試算となった。今後カーボンニュートラル実現のためには創エネルギーが必要であるが、創エネルギーを含めた投資回収は課題である。本論文では設備改修によるZEB Ready化は、設備の法定耐用年数とほぼ同等の期間での投資回収が可能という試算を行ったが、現状は公共における改修でZEB化を実施する際はほぼ補助金を活用しているため、現時点で補助金がなくなると既存建築物のZEB化推進の遅れにつながりかねない。

現実的な課題として、環境省が行うZEB説明会等を通じ、環境部署等のZEBについての認識は進むものの、実際に庁内でZEB化の合意形成を行うためには施設管理課や財政担当課も納得するようにZEB化の必要性について認知を広げていくという必要がある。今後、既存建築物のZEB化がLED化のように改修時には当たり前に実施することが広がっていくことを期待する。

謝辞

本研究の遂行にあたり、主指導教授の松本先生には、大変お世話になりました。論文の書き方から環境経済学の視点でのご指導など、都度適切な助言を賜り、本研究を通して学術的な新たな知見を得ることができました。副指導教授の天神先生には伝わりやすい論文になるためのご指導や論文報告会に向けた助言を賜りました。また、ご退任まで主指導頂きました根本先生には論文構成段階から様々なご助言を頂き、論文の方向性を与えて頂きました。

事例調査にご協力賜りました地方公共団体関係部署の皆様にも、大変貴重なお話と丁寧なご対応を頂きました。職場関係者にはアンケート協力等、様々な面で協力頂きました。お世話になった皆様に対して、この場をお借りして、心から御礼申し上げます。

最後になりますが、常に寛大な心で接してくださいました職場関係者や家族には、改めて感謝申し上げます。皆様の支えがあったからこそ、この論文を完成させることができました。本当にありがとうございました。

参考・引用文献

ESCO･エネルギーマネジメント推進協議会（2025）ESCO事業とは,https://www.jaesco.or.jp/esco-energy-management/esco/,（2025年6月1日）.

一般社団法人環境共創イニシアチブ（2023）ＺＥＢリーディング・オーナー導入実績①,https://sii.or.jp/file/zeb_leading_owner/ZEB2023L-00004-P_01.pdf,（2025年6月2日）.

一般社団法人環境共創イニシアチブ（2024）ＺＥＢリーディング・オーナー登録票,https://sii.or.jp/file/zeb_leading_owner/ZEB2020L-00015-G.pdf,（2025年5月24日）.

大島誠（2017）PFI型ESCO事業における環境配慮型VFMと追加的サービス料について―埼玉県本庁舎ESCO事業を事例に―,日本地域政策研究/18巻,pp.36-44.

大島誠（2018）PFI型ESCO事業に期待された効果と事業スキームについて,横浜市立大学論叢人文科学系列2018年度：Vol.70 No.2・3,pp.225-p245.

環境省（2007）ＥＳＣＯ導入のてびき（自治体向け）,https://www.env.go.jp/council/35hairyo-keiyaku/y352-01/ref06-4.pdf,（2025年5月26日）.

環境省（2015）公共建築物のZEB化検討ステップに応じた課題と解決策,https://www.env.go.jp/earth/zeb/news/pdf/ZEB_public_buildings_MOE_20240110.pdf,（2025年5月24日）.

環境省（2023）ZEB（Net Zero Energy Building）説明会 既築建築物のZEB化の実例と進め方～ZEB実現編～,https://www.env.go.jp/earth/zeb/news/pdf/R5_zeb_zitsugen.pdf,（2025年5月28日）.

環境省（2024）ZEB普及状況や公共建築物のZEB化の課題,https://www.env.go.jp/earth/zeb/news/pdf/zebseminar_Realization_Chapter2.pdf,（2025年6月2日）.

環境省（2025）ZEBの定義,https://www.env.go.jp/earth/zeb/detail/01.html,（2025年6月6日）.

環境省（2025）ZEBのメリット,https://www.env.go.jp/earth/zeb/detail/03.html,（2025年1月26日）.

環境省（2025）ZEB普及促進に向けた省エネルギー建築物支援事業,https://www.env.go.jp/earth/zeb/hojo/pdf/01_R6_hosei.pdf,（2025年5月26日）.

環境省（2025）令和7年度（2025年度）当初予算,https://www.env.go.jp/earth/42024_00004.html,（2025年6月1日）.

環境省（2025）事例-氷見市立西の杜学園,https://www.env.go.jp/earth/zeb/case/tech_08.html,（2025年6月6日）.

環境省（2025）事例-久留米市環境部庁舎,https://www.env.go.jp/earth/zeb/case/tech_12.html,（2025年6月6日）.
建築設備コミッショニング協会（2025）コミッショニングとは,https://www.bsca.or.jp/outline/commissioning02.html,（2025年6月10日）.
環境省（2025）ZEB・PORTAL改修ZEBコラム,https://www.env.go.jp/earth/zeb/column/rnw_03.html,（2025年5月22日）.
金政秀,坂東健太郎,林立也（2024）ZEB群アンケートによる事業者の意向が設計プロセスに与える影響,日本建築学会環境系論文集/89巻（2024）824号,pp.641-658.
国土交通省（2021）脱炭素社会に向けた住宅・建築物における省エネ対策などのあり方・進め方に関するロードマップ（2021.8）,https://www.mlit.go.jp/jutakukentiku/house/content/001419725.pdf（2025年5月24日）.
国土交通省（2025）建設工事費デフレーター,https://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/jouhouka/sosei_jouhouka_tk4_000112.html,（2025年5月31日）.
国土交通省（2025）PPP/PFI,https://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/kanminrenkei/1-1.html,（2025年5月22日）.
小山勝弘（2021）ＺＥＨ・ＺＥＢの普及に関する現状と課題―実務者の視点から―,日本不動産学会誌/35巻1号,pp.82-87.
資源エネルギー庁（2015）ＺＥＢロードマップ検討委員会とりまとめ,https://warp.da.ndl.go.jp/info:ndljp/pid/9766998/www.meti.go.jp/press/2015/12/20151217002/20151217002-1.pdf,（2025年6月1日）.
資源エネルギー庁（2019）ＺＥＨの定義（改定版）＜戸建住宅＞,https://www.enecho.meti.go.jp/category/saving_and_new/saving/assets/pdf/general/housing/zeh_definition_kodate.pdf,（2025年6月1日）.
新電力ネット（2025）産業別の光熱費・エネルギー利用量の目安,https://pps-net.org/industryenergy,（2025年5月22日）.
末永直之,久保井大輔,吉澤昭彦,矢田部隆志,上谷勝洋,荻田俊輔,開口善（2016）既存建築物へのZEB化適用技術導入に向けた基礎的検討,平成28年度大会（鹿児島）学術講演論文集/第10巻 都市・環境編,pp.293-296.
末永直之,久保井大輔,田辺慎吾,河野匡志,湯澤秀樹（2018）既存建築物に対するZEB化技術の適用性評価研究（第１報）建築物ストック調査と自社建物へのZEB化技術の適用性検討,平成30年度大会（名古屋）学術講演論文集/第10巻 都市・環境編,pp.325-328.

総務省（2016）公共施設試算ソフト,https://management.furusato-ppp.jp/?dest=info,（2025年5月31日）.

東京都主税局（2020）償却資産の評価に用いる耐用年数,https://www.tax.metro.tokyo.lg.jp/kazei/work/shokyak_sis/taiyo_nensu,（2025年5月22日）.

戸田建設（2023）ZEB化による費用対効果について,https://www.toda.co.jp/solution/energy_arch/pdf/cost_effect.pdf,（2025年5月22日）.

友永拓史,金政秀,中島光博,瀬戸裕紀子（2023）ZEB事業における事業者意思決定の経緯に関する研究（環境省ZEB実証事業）,令和5年度大会（福井）学術講演論文集/第10巻 都市・環境編,pp.229-232.

内閣府民間資金等活用事業推進室（2001）VFM（Value For Money）に関するガイドライン,https://www8.cao.go.jp/pfi/hourei/guideline/guideline.html,（2025年5月22日）.

内閣府民間資金等活用事業推進室（2019）ＰＰＰ/ＰＦＩ事業事例集,https://www8.cao.go.jp/pfi/pfi_jouhou/jigyou/jireisyu/pdf/jireisyu.pdf,（2025年5月22日）.

根本祐二,天神良久（2023）公共施設再編の複数の選択肢を公平に比較する計算方式（標準原単位方式）の提言.

パナソニック（2024）既存改修におけるZEB化とウェルビーイングの両立に関する一考察.

半田圭（2024）京都ビルにおけるZEB Ready化を伴う省エネ改修.

森山真稔（2021）PFI事業における地球温暖化対策-インセンティブスキーム活用の視点からの考察-,公益事業研究/72巻（2020-2021）2号,pp.43-53.

付録
（各地方公共団体への質問内容と回答）

氷見市

① 氷見市立西の杜学園をZEB化にする検討は、特に何にメリットを感じてのご推進となりましたでしょうか。（脱炭素：第6次エネルギー基本計画・省エネ・補助金・市長方針等）

補助金を活用し財源不足を補うため。

② スケジュールでコストを含めた調査・庁内調整・予算確保・設計事業者の公募を2018年4月～9月と短期間で実施されているように感じました。スピード感の要因があれば教えてください。

当時、県内に公共施設ZEB化の実績がある事業者は1社しかおらず、特命随意契約を行ったため。

③ ZEB化の掛増し費用の実質負担額について、4200万円・投資回収年数約20.3年という通常改修と比較した際にZEB化の初期投資費用は高くなりますが、ZEB化実施となった要因を教えてください。

統合改修とZEB化を同時におこなったが、もともと統合改修の計画に空調の更新・LED化等の省エネに関する工事を含めていました。統合改修事業では文科省の補助単価が決められており、ZEB化の改修費を除いても文科省の補助単価を上回っていたことから、ZEB化にかかる工事費用をZEB化の補助金としてもらうことにより市単独の負担を減らすことができたため。

④ コスト検討時に、投資回収年数が何年以内であれば実施可能といった目安がございましたら教えてください。

特にありません、目的が財源不足を補うもののため。

⑤ 今回活用の国庫補助金について名称を教えていただけますでしょうか。

二酸化炭素排出抑制対策事業費補助金（一社）静岡県環境資源協会ZEBに関するもの
公立学施設整備費国庫負担金 文部科学省 増築に関するもの
学校施設環境改善交付金 文部科学省 統合改修に関するもの

⑥ ZEB化を実施することで通常の改修と比較して苦労された点や課題等がありましたら教えてください。

工事に関しては特にありません。
実施後3年間、エネルギー使用量や削減率を環境省に毎年報告する必要があります。結果として計画を達成することができましたが、そのための空調デマンドの設定や学校現場との調整に時間を要しました。（空調設定温度はこちらで決定していますが、熱い寒いといったものについて学校現場のほうが敏感なので、温度設定の変更や使用時間等について）

⑦ 庁内の合意形成等で苦労された点や工夫されている点がありましたら教えてください。

特にありません

⑧ 今回のZEB化について発注方式はどのようにされましたか。また、それ以外で検討したものがあれば何故そちらに決まったかも教えてください。（工事発注・リース・PFI等）

事前調査（アドバイザリー契約）：ZEBプランナーと特命随意契約
設計業務：条件付き一般競争入札
工事：条件付き一般競争入札

⑨ 既存施設のZEB化についてはどのような利点があるとお考えでしょうか。今後も実施を検討されていますか。

学校施設については長寿命化し80年程度使用するものとして考えているため、ZEB化を行うことで電気料金の削減効果が非常に大きいと思います。今後についても、大規模改修等の際には可能な範囲で実施を検討しております。

⑩ ZEB化施設について、利用者（生徒）へのPRや環境教育を実施されていますでしょうか。

完了年度に事業概要説明資料を配布しPRを行いました。今後についても、大規模改修等の際には可能な範囲で実施を検討しております。

久留米市

① ＺＥＢ化の目的について特に重要視されているものを教えてください（脱炭素：第6次エネルギー基本計画・省エネ・補助金・市長方針・ライフサイクルコスト等）

きっかけは環境庁舎の建物改修です。冬は寒くて夏は暑い築30年の建物で、空調の大規模改修を行っていませんでした。何か財源がないかと考えたところZEBに行きつきました。現在は久留米市の実行計画の中で建物の脱炭素化・ZEB化を組み込んでいます。2019年の策定時にはZEB化ワードは入れていませんでしたが2024年改定時にZEB化という言葉を入れて、ZEB化を目的として掲げています。

② 環境部と都市建設部の積極的な連携が『ZEB』実現の成功要因の一つと拝見しました。連携のポイントや、庁内の合意形成等で工夫されている点を教えてください。

ZEBに興味関心が高い職員（都市建設部）がいて、それに乗っかる職員がいて検討を重ねていきました。2019年に温暖化対策実行計画を策定した際に建物の脱炭素化を何かしら進めたいという話が出ており、設備や建物の改修意識もありました。ZEBに関心が高まり、共通認識として建物への脱炭素化を感じていました。そのタイミングで庁舎改修を考えるときが来て、財源と脱炭素意識とが合致して検討に至りました。環境部庁舎だから環境部の管理となり、他の建物を調整するよりも踏むべきステップを簡略化出来たというのは進めやすかった理由としてあると思います。

③ 既存建築物のZEB化について、ZEB実現が保証できない中での調査業務について、福岡県の補助金活用により、市の費用負担なしでZEB化可能性調査を実施されたとのことでしたが、可能性調査が有償では難しいという状況でしょうか。今後も1件ごと補助金を活用した調査業務を事前実施するご計画でしょうか。

当時は財源がなければ何ができるか分からない中で、市の財源だけで調査を行うのは難しいという意見も出ておりました。福岡県の財源があり可能性調査を実施できました。環境庁舎と合わせて業務委託で複数の施設の可能性調査を実

施しました。環境庁舎以外も順次改修を行っていく予定です。今後の計画について調査を行うかは未定。営繕・管財とこれならできそうと判断していくか、都度可能性調査を実施するかは未定です。

④ 既存建築物のZEB化を検討の際、通常の改修と比較して苦労されている点や課題、もしくはやりやすい点等がありましたら教えてください。

庁内で通常改修に加えて何故ＺＥＢ化までする必要があるかという議論が生じました。お金がかかる為、そこまでする必要があるかという意見があり、初期投資はかかるが、一次エネルギー消費量を削減し、長い期間で投資回収効果が見込めることを説明することに苦労しました。庁内では前例がないため、予算に限りがある中でお金をかければできると分かっていましたたが、他の事例を確認しながら既存技術だけでできるという確認をし、ノウハウを学び実施に至りました。

⑤ 既存施設のZEB化についてはどのような利点があるとお考えでしょうか。

ZEB化により、省エネ化が実現でき、快適性が増したという声が出ていました。夏は暑く・冬は寒い施設でしたが、断熱性が増したため快適な施設となり利点を感じています。

⑥ 改修時のZEB化について、環境部庁舎は築30年ですが、築何年以内のもの（今後何年使用予定のもの）であれば改修時のZEB化を検討されますか。

建物使用年数は60年で考えています。何年のものを実施ということは決めていないが、あまり古くなく改修対象に入るものの実施を検討します。明確に築年数を決めると無理が出てくると思い、築年数についての決まりを設けておらず、個別に検討をするというイメージです。実施計画や目標としてはZEB化を必ず検討するようにと呼びかけを行っています。

⑦ 改修時のＺＥＢ化についてコスト検討時に、ＺＥＢ化にする場合としない場合の違いについて教えてください（ZEB化が可能であれば基本的には実施や、通常改修と比較した投資回収年数が何年以内であれば実施、設備改修のみでできる場合のみ実施、補助金を活用できる場合のみ実施等）。

計画上は全ての公共施設としています。極端にコストが高くなる場合は除いたり、ZEB化をアピールするべき施設であれば進めていったりと個別具体的に検討していきます。文化財のような建物についてはZEB化せず、市民の方が来るような生涯学習センターなどは検討に入りやすいと考えています。建物選定の基準で言うと、可能性調査を行った施設についてもわざわざZEB化をする施設ではなく、空調改修が必要や、大規模改修が必要な施設、断熱性が高い施設、長期的な施設の活用が見込める施設は検討対象となりやすく、その後個別検討に入るという流れです。

⑧ 環境部庁舎については『ZEB』の実現ですが、ZEB化の際には基本的には『ZEB』を目指されるのでしょうか。施設によってはNearly ZEB・ZEB Readyを目標とされるのでしょうか。（環境部庁舎は外皮断熱等の実施を行っておりますが、他施設について、設備の改修のみでできる範囲で検討という可能性はありますか。）

『ZEB』にこだわっておらず、Nearly ZEBやZEB Readyも実施しています。設備のみの改修で実現可能であれば、設備のみで実施する可能性もあります。中央図書館は改修を終えていますが、ガラス交換とLED照明・ガス空調高効率更新のみでZEB Readyを実施しています。

⑨ ZEB化について発注方式で使いやすいと感じられるものがあれば教えて下さい。（工事発注・リース・PFI:DB等）

分割しての工事発注を行い、支障はありませんでした。改修設計業務（実施設計とコミッショニング）と工事発注を分割して実施しました。ZEBの認証を得られた内容で施工できるかを改修設計業務で確認できました。

⑩ 改修の際ZEB化実施検討する他自治体にアドバイスがあれば教えてください。

先行しているZEB事例を研究するのが参考になるため先行事例を見ることをお勧めします。また、財源確保は避けては通れないためしっかり考える必要があります。

⑪ 使用した補助金を教えてください。

環境省のレジリエンス強化型ZEB実証事業（現在は重点対策加速化事業）を使用し、補助率は3/4でした。環境部庁舎については地方債も活用し、交付税上乗せしたことで通常改修よりも安く済んでいます。

品川区

①品川区総合実施計画より、区有建築物の新築・改築時にＺＥＢ化（建築物全体の排出量削減）可能性を検討すると拝見いたしました。ＺＥＢ化の目的について特に重要視されているものを教えてください（脱炭素：第6次エネルギー基本計画・省エネ・補助金・市長方針・ライフサイクルコスト等）

品川区環境基本計画および国の地域脱炭素ロードマップに沿った二酸化炭素排出削減量を定め、区が率先して区有建築物等の排出量削減の取り組みを進める中で、区有建築物における脱炭素化としてZEB化を推進しております。

②改修時のＺＥＢ化についてコスト検討時に、ＺＥＢ化にする場合としない場合の違いについて教えてください。(ZEB化が可能であれば基本的には実施や、通常改修と比較した投資回収年数が何年以内であれば実施、設備改修のみでできる場合のみ実施、補助金を活用できる場合のみ実施等)

新改築および大規模改修工事についてはZEB Ready以上を検討しており、ZEB化が可能であれば基本的には実施しております。

③現在計画されている大原児童発達支援センターおよび大原児童センターや、（仮称）八潮在宅子育て支援施設について、ZEB化を検討の際、通常の改修と比較して苦労されている点や課題、もしくはやりやすい点等がありましたら教えてください。

ZEBに係る建築工事では、外皮（外壁側建具等改修、天井断熱材改修等）や内部（断熱材改修）の工事となり、通常の工事と比較し特別特殊な工事ではないと感じております。苦労する点は実際の工事でいかに当初設計どおりに監理するかかと思います。また、設備工事としては、空調については高効率機種を選定する必要が出てきますが、一般的な機種と比べ設備スペースが大きい、機種のバリエーションが少ない、初期コストが大きいなどといった課題が考えられます。逆に建築的な断熱性能が高いため空調負荷はやや抑えられるということがメリットとして挙げられます。

④新築ＺＥＢ化と既存建築物のZEB化それぞれで、庁内の合意形成等で苦労された点や工夫されている点を教えてください。

区で初のZEB取得（新築ZEB化）した当初は、庁内の合意形成として、ZEB化の必要性とそれにかかる費用が課題でした。特にイニシャルコストについて、当初は「従来の建築物」と比較して高額になることと捉えられ、財政所管と営繕所管が同じ部局であるものの、意見を取りまとめに苦慮しましたが、ライフサイクルへの先行投資としての観点から説得することで、最終的な合意に至っております。

⑤ZEB化について発注方式で使いやすいと感じられるものがあれば教えて下さい。（工事発注・リース・PFI:DB等）

当区では、従来同様工事発注で実施しており、支障となったことは特にないと感じております。

⑥既存施設のZEB化についてはどのような利点があるとお考えでしょうか。現在リーディング・オーナー導入計画に登録されているもの以降も実施を検討されていますか。

新築と違い、施設のこれまでの使用実態やエネルギー消費量を把握しているため、適切な能力の機器導入が可能であり、光熱費等のランニングコストの更なる低減が見込めます。また、区ではZEB化した施設について、エネルギー収支の見える化や導入技術紹介のサイン設置などの情報発信を行なっており、区民・利用者へのZEBへの関心向上および普及への意識啓発を図れると考えております。
また、現在設計・計画を進めている新改築・大規模改修事業では、原則ZEB化を検討して
おります。

⑦既存施設の改修の際のZEB化を実施検討する他自治体にアドバイスがあれば教えてください。

改修ZEBを行なった他自治体でも言われていることですが、改修ZEBは新改築とは異なり一定程度の制約があるものの、どの施設でもZEB化は可能と感じております。

⑧品川区は特にＺＥＢリーディング・オーナーへのご登録が多いですが、ＺＥＢ化推進についての想いを教えていただけますでしょうか。

ZEB認証建築物は近年全国で増加傾向にあるものの、いまだ「ZEB認証建築物＝特殊な建築物」と捉えられることも少なくありません。さらに、運用開始後の実績に関する資料が少なく、運用成果に対して多くの関心が寄せられております。区では現在、ＺＥＢリーディング・オーナーに10施設のZEB認証施設を登録しており、今後これら施設のエネルギーの削減実績や設備運用の工夫等の知見を広く展開していくことで、ZEB認証建築物の普及への一助に努めていきたいと考えております。また、あわせて地域住民にとって身近な区有施設の計画的なZEB化を引き続き推進していくとこで、まち全体の脱炭素化への機運醸成にもつなげていきたいと考えております。