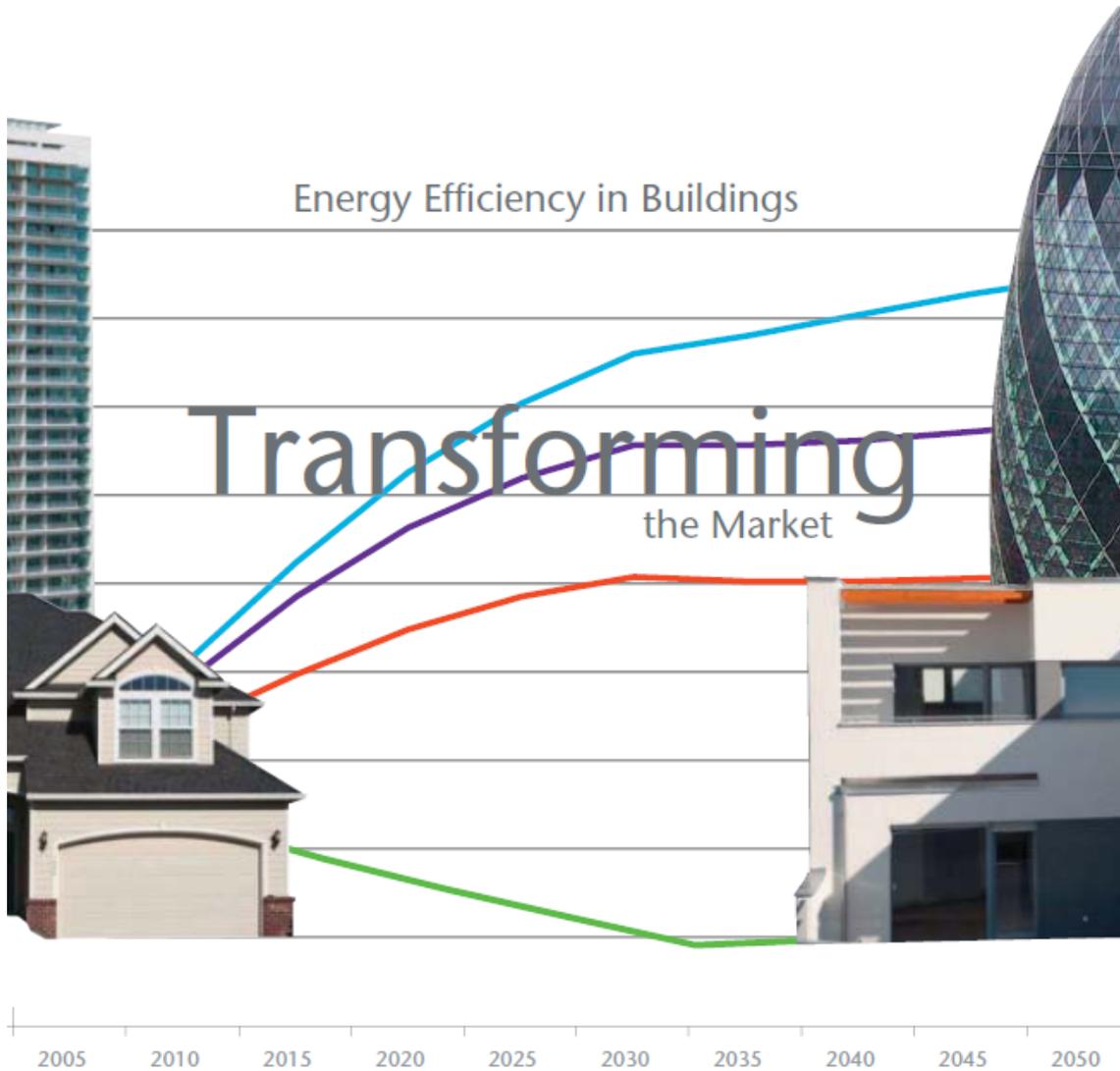


DEDICATED TO MAKING A DIFFERENCE



World Business Council for
Sustainable Development

建物の省エネルギー：市場の変革

【日本語版】

目次

EEB プロジェクト	3
要旨	6
1 章 絶好の機会	10
2 章 住宅、オフィス、商業施設：建物用途別分析	20
3 章 市場変革に向けた行動	51
行動に向けた提言	52
注釈、引用文献	65

本書の和訳に関しては、IPCC/IEA/GEA 対応会議（委員長：村上周三建築研究所理事長）の調査研究活動の一環として、大城賢氏（慶應義塾大学伊香賀研究室大学院生）の協力を得ました。ご協力、ご尽力いただいた各位にここに記して深甚の謝意を表します。

なお、原文（英語）は下記からダウンロードできます。

<http://www.wbcSD.org/web/eeb.htm>

■WBCSD について

World Business Council for Sustainable Development (WBCSD) は、経済成長、エコバランス、社会発展を通じて持続可能な発展に向けた貢献をする約 200 の企業の連合体である。メンバーは、36 カ国以上、22 セクターから構成されている。58 の国際法人組織やパートナー組織から支援を受けている。

我々の使命は、産業界のリーダーとして持続可能な発展を目指し、持続可能な発展に関する課題を解決し、産業界を変革し成長しつづけるための支援を行うことである。

■WBCSD の目的

ビジネスのリーダーシップ

- ー持続可能な発展に向け産業界の先導的な役割を担う

政策の発展

- ー産業界が持続可能な発展に貢献できるように政策のフレームワークを提案する

ビジネスケース

- ー持続可能な発展に資する事業の形態の開発及び推進

ベストプラクティス

- ー持続可能な発展に資する事業貢献の実施と会員企業の中での好事例の共有

国際支援活動

- ー持続可能な未来に向けた、途上国、移行国に対する支援

■EEB プロジェクトについて

本報告書は、EEB (Energy Efficiency in Buildings) プロジェクトの最終レポートの要約版である。

(詳細は www.wbcsd.org/web/eeb.htm を参照)

本プロジェクトは、世界の GDP の半分以上でエネルギー消費量の 3 分の 2 以上を占める 6 地域 (ブラジル、中国、ヨーロッパ、インド、日本、米国) の市場を対象としている。プロジェクトの第 1 段階では、建築の専門家に対する調査を通じて、建築物の省エネルギーに関する市場の分析を行った。その結果は、2007 年発行の “Energy Efficiency in Buildings: Business realities and opportunities” にて報告した。

EEB では高いレベルのシナリオを検討した一方で、省エネルギーに向けた障壁を明確化するために、現在の建築分野のエネルギー需要に関する状況の詳細な調査に基づいた、ボトムアップ・市場主導型のアプローチも採用している。またこのプロジェクトでは、特定のサブセクターにおいて省エネ投資によって将来どのような設計や省エネ設備が選択されるかについてシミュレーションを行うための独自のコンピューターモデルを開発した。

ビジネスリーダー、官僚、NGO 等の建築分野のステークホルダーに働きかけていくことがこのプロジェクトの大きな特徴の一つである。様々なワークショップ、ヒアリングに加え、既に北京、ブリュッセル、デリー、サンパウロの 4 か所にて大規模イベントを開催した。また、下記の都市にてイベントを開催または参加した。

アムステルダム、バルセロナ、北京、ボン、ボストン、ブリュッセル、ブカレスト、
アイントホーフェン、ジュネーブ、グラスゴー、ハートフォード、香港、リュブリャナ、
ロンドン、マドリード、メルボルン、モスクワ、ニューデリー、ニューヨーク、オスロ、
パリ、ポルト、ポズナン、リオデジャネイロ、上海、サンフランシスコ、サンパウロ、
シンガポール、ストックホルム、東京、ワシントン、ウィルミントン、チューリッヒ

建築分野のエネルギー問題は、交通や都市計画を含む複雑なシステムの一部であり、気候変動だけでなく社会的にも重要性が高いものである。また、CO₂ 排出量を算出するためには一次エネルギーの構成比も重要となるが、本プロジェクトでは建築物で消費されるエネルギーのみに着目している。

EEB は、WBCSD のプロジェクトの一つである。本プロジェクトは、Lafarge と United Technologies が共同議長を務めており、他に 12 企業 (p67 参照) がコアメンバーとして参加している。また、プロジェクトへのアドバイス、及び第三者チェックは監査委員会によって行われている。

本プロジェクトの監査は、前 UNEP (国連環境計画) 事務局長である Klaus Topfer が委員長を務める委員会によって行われた。監査委員会には以下のメンバーが名を連ねている。

Klaus Topfer (前 UNEP(国連環境計画)事務局長)
Hon. Ellen Claussen (Pew Center on Global Climate Change : アメリカ)、
Thomas Johansson (ルンド大学 : スウェーデン)、
Vivian Ellen Loftness (カーネギーメロン大学 : アメリカ)、
田辺新一 (早稲田大学 : 日本)、
Jiang Yi (清華大学 : 中国)

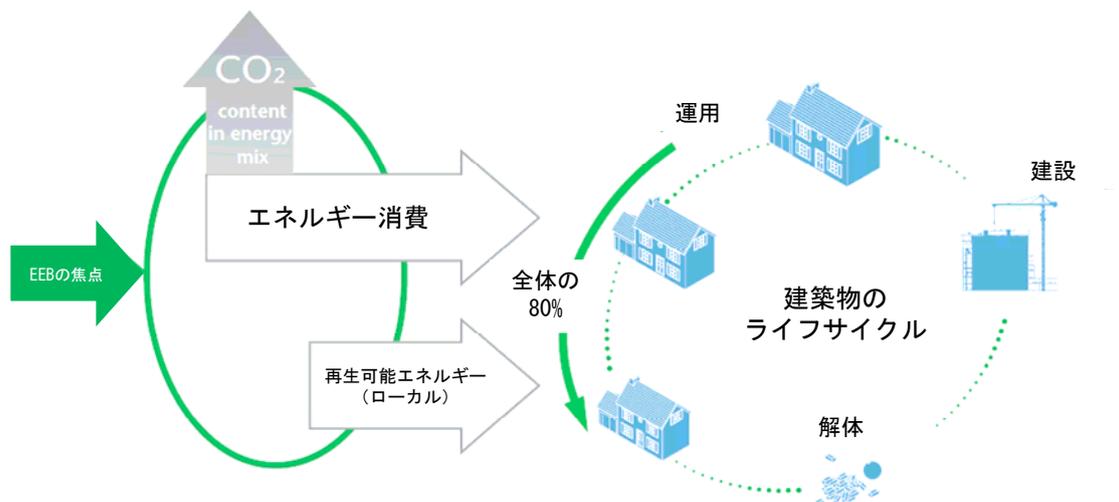


図1 運用時のエネルギー消費量に焦点

■本レポートの概要

EEB プロジェクトはエネルギー消費に焦点を当てているため、サステナブル建築に関する他の側面は対象としていない。交通、水の消費、食事の選択は建築物におけるエネルギー消費量に影響を及ぼすが、本プロジェクトの検討対象外としている。

エネルギーの供給サイドを考慮することは重要であるが、本プロジェクトでは需要側のみに着目している。供給エネルギー源、及びその構成（地域冷暖房を含む）に関しても検討対象外としている（エネルギー供給に関しては WBCSD の他のプロジェクトにて扱われている）。より多くの非化石燃料（太陽光や風力等）によって系統電力エネルギーを賄うことは、気候変動の緩和に向けて重要となる。一方で省エネルギーの推進も非常に重要である。なぜなら、限られた資源の活用を減らし、エネルギー消費者のコストも軽減し、しかも早く実現でき、さらには非化石燃料の活用は数十年間は不可欠だからである。

本レポートでは、建築物の運用段階（竣工後）のエネルギー消費量に着目している。運用時のエネルギー消費量は、建設、解体、及び資材を製造するためのライフサイクルのエネルギーを含めた全体の消費量の約 80% を占めている（図 1）。なお、屋根に設置した太陽光発電等によるローカルな再生可能エネルギーの活用による CO₂ 排出量の削減は考慮しているが、系統電力における再生可能エネルギー導入による排出量削減は考慮していない。

■将来予測における想定

EEB のシナリオ分析において、本ワーキンググループは建築物のエネルギー消費量に関する 3 種類のシナリオを設けた（1 章を参照）。この考えはシミュレーションに影響を及ぼすものであるが、将来における技術の進展、社会構造、社会における価値や考え方を予測するものではない。これらは長期的に変化していくものであり、我々の出すべき結論は読者各々の予想と並行して検討される必要がある。我々の提言は今日起こすべき行動であるため、今日の状況というものが重要なのである。

本シミュレーションでは、エネルギー価格、炭素価格による影響を考慮しているが、炭素価格に関する広範な問題には取り組んでいない。WBCSD の考えに沿って、これらはポスト京都の枠組みによって炭素税や炭素取引の形で価格シグナルとして現れると考えている。

本プロジェクトは、世界的に経済が活気立っていた 2006 年に開始された。今回のレポートは、当時とは全く異なる経済状況下で発行されたものである。本プロジェクトで 2050 年までの予測を行う際には、いずれかの段階で経済状況が安定することを想定しなくてはならない。今回の分析や提言は、経済が“通常の”成長を遂げた場合を想定している。また排出量を削減し気候を安定させるためには、より強力な手段が必要となる。経済界は、より長期的にリターンをもたらすための投資を促進することで、市場を刺激する必要に迫られている。本プロジェクトにおいて検討されている投資は、長期的なエネルギーセキュリティや CO₂ 削減による利益をもたらすだけでなく、行動を起こさせるための要因として作用するものである。

■要旨

エネルギー効率に優れた社会を実現するためには、政府、企業、個人が、省エネルギーへの意識向上を含む多様な行動を通じて、建築分野を変革する必要がある。建築分野は世界のエネルギー消費量の40%を占めており、この量は運輸部門よりも多い。必要以上にエネルギーを消費する建築物が新たに建てられているだけでなく、現存する効率の悪い建築物の多くは2050年まで残ると考えられている。IPCCによるとCO₂レベルを安定化するため、2050年までに地球上でのエネルギー起因の二酸化炭素排出量を48Gt削減（現状の延長線比77%減）する必要があり、そのためにも新築及び既存建築物におけるエネルギー消費量を削減する対策を積極的に打ち出していく必要がある。

4年間の広範な調査に基づき、EEBプロジェクトでは建築物の市場の変革をめざした提言及びロードマップを作成した。本プロジェクトは、現在及び将来における建築物のストックに関する広範な調査から、消費者の趣向や行動、設計や技術、エネルギーに関する法令による影響のモデリング分析を行った。本プロジェクトにおいて扱う6地域は、世界のエネルギー消費量の約3分の2を占めている。ここまで多くのデータ、詳細なモデルを扱い、洗練された報告は過去行われていない。

本プロジェクトの詳細な分析によると、適切な方策を打ち出すことで必要削減量が達成され、2050年までには、建築分野において現在の運輸・産業部門を合わせた値と同量のエネルギー消費削減が可能であることが示された。個人、政府、企業が積極的に省エネルギー手法を導入するために除去すべきコスト、行動、知識に関連する障壁を明確化した。

また、対策の遅れは最終的なCO₂排出量を増加させるとともに、気候を安定させるためのコストの増加につながる。

建築分野の気候変動への対応に関して、3種類のシナリオを設定した。

- ・気候変動に対して無頓着、無対応
- ・不十分な対応によりエネルギー効率は徐々にしか改善されず、気候変動の影響の抑制に失敗
- ・計画的、徹底的な対応により、建築市場を変革し、それによって気候変動を解決

- ・最終エネルギー消費量のうち建築分野の占める割合は30-40%
- ・世界全体での建築分野からのCO₂排出量は9Gt（2005年）
- ・EEBの対象6地域において、2050年までのエネルギー消費の伸びは76%
- ・2050年には世界全体での人口は27億人（42%）増加する

エネルギー消費量、炭素排出量を抑制するためには、3 番目のシナリオを辿ることが不可欠である。特定の地理条件やサブセクターに合った適切な対策に、エネルギー問題に対する意識を向上させること等の対策を組み合わせることが、完全な解決に向けて必要となる。建築物のエネルギー基準、建物性能表示とその結果の開示、エネルギー・炭素価格の適切な設定、補助金、労働力の強化、パッシブ・アクティブ手法を組み合わせたエネルギー効率に優れた技術・デザイン等の追加的な対策によって、建築物におけるエネルギー消費を削減し、エネルギー問題に関する関心を向上させ、消費者や投資家の行動を変革することが可能である。しかし、これらの変革は市場原理だけに任せておくことはできない。

多くの省エネルギー手法は、今日のエネルギー価格で十分に採用可能である。エネルギー価格が原油価格 60 ドル/バレル相当の場合、対象 6 カ国での省エネルギーへの投資（年間合計 1500 億ドル＝15 兆円）によって、エネルギー消費及び炭素排出量を 40%削減するとともに、投資は 5 年以内に回収できることが分かった。さらに追加で 1500 億ドル（＝15 兆円）の投資を行うことで、5~10 年で投資を回収しつつ、追加的に約 12%の削減を達成し、排出量は合わせて約半分に抑えることができる。必要とされる 77%の削減を達成するためには、今日のエネルギー価格では回収が不可能であり、本レポートに示されるような追加的なステップを踏む必要がある。

EEB のモデルから、エネルギー及び炭素価格の上昇は、省エネ手法の導入率をわずかに上げる程度の効果に過ぎないことが示された。炭素価格を追加で 1 トンあたり 40 ドル（＝4000 円）上乘せしても、削減量は 52%から 55%にしか向上しない。

※パッシブデザインとは、自然換気、自然光利用、建築物の形状や立地、蓄熱体、太陽光利用、日射遮蔽などを利用することである。

■市場変革に向けた行動

ロードマップに示されるように、市場を変革するためには、デベロッパーから建築物のオーナー、政府や政策決定者まで、建築分野を横断した総合的な対応が必要である。以下の提言は、長期的なエネルギー消費の削減及び炭素排出削減に向けて必要となるステップを示したものである。

・透明性の向上に向けた、法令の強化及び建物性能表示

政策決定者及び政府は、現状の建築法令に、気候条件に即したより厳しいエネルギー性能の要求を加えるとともに、長期的にそれらを改正・強化していくことが求められる。また不動産・建設業界及び政府は、非住宅建築物のオーナーに対し、自らの建物のエネルギー性能表示を求めるとともに、エネルギーの測定法、性能表示方法を開発することが必要である。

性能の測定、改善点の明確化、また省エネ方策導入によるメリットの提示に向けては、建築物のエネルギー監査を導入すべきである。集合住宅では、住人が各住戸のエネルギー制御を行い、使用量に応じて料金を支払うべきである。業務用建築におけるエネルギー監査は、防火、健康、安全面の監査と同じような強制力をもってなされるべきである。

・省エネ投資へのインセンティブの強化

政府は、省エネルギー対策への投資が長期的に回収可能になるよう、税制優遇や補助金を提供することが必要となる。省エネやオンサイトでの再生可能エネルギー利用を促進するためには経済的メカニズムの導入が必要である。2050年に52%の削減を達成するためには、年間3千億ドル(30兆円)の投資が必要となる。投資回収年数が今日のエネルギー価格を標準として10年を超えるような手法については、何らかの追加的なインセンティブを与える必要がある。初期コストのハードルを乗り越えるためには、不動産業界及び個人が創造的なビジネスモデルの考案に努める必要がある。

・統合設計アプローチ、イノベーションの推進

不動産業界は事業スキームや契約方法を見直し、設計者、建設業者、エネルギー会社、エンドユーザーを早い段階から設計チームの一員として組み込むべきである。政府は、デベロッパーの省エネ建築への意欲を高めるようなインセンティブを与えるべきである。戸建住宅においては、建築物の総合的な性能を向上させる統合アプローチに対する補助金が必要である。

・省エネ行動を可能にする技術の開発、利用

IPCCによる77%削減の目標を達成する上で、10年以内に回収可能な技術で賄える分は必要な量のうち約3分の1でしかない。政府機関による、建築物における有効な省エネ技術の研究開発に対する支援、投資が必要である。

新築・既設の建築物は、エネルギー消費を最小化し、また技術発展に対応してエネルギーの最適な運用を行うことを可能にするIT技術を導入すべきである。今日様々な技術が存在するが、それらはさらに改善、

拡大することが可能である。エネルギー事業者は、当該建物のエネルギーの利用形態がベストプラクティス（最新の省エネビル）からどの程度乖離しているかを確認することなどにより、その建物の省エネ化に貢献することが可能である。

・省エネルギーに向けた労働力の育成

不動産・建設業界は、建築分野に関わる全ての主体に対して省エネルギーに向けたトレーニングを推進し、特に建築物の建設、改修、維持管理に携わる主体に対する職業プログラムを創出するべきである。住宅の改修においては、“システムインテグレーター”を育成することが重要となる。

・エネルギー問題への意識の結集

不動産・建設業界や政府機関等の主体は早急に行動の変革を起こし、建築分野のエネルギー消費の影響に対する意識を向上させることが必要である。また、自らの建築物においてエネルギー消費量を削減し、気候変動緩和に対する貢献を示すことが必要である。

1章 絶好の機会

各国がエネルギーセキュリティ及び気候変動問題を解決するために、建築分野のエネルギー消費を徹底的に削減する必要がある。そのためにいくつかの先進国は、対策を講じないケース（BAU：Business As Usual）から80%以上の削減を達成しなくてはならない。中国やインド等の途上国は、エネルギー消費削減に向けて段階的な調整が求められる。それらに伴う作業や投資によって、経済成長や雇用創出が見込まれる。省エネは温室効果ガス削減を最も少ないコストで達成できる方策である^{注1}。

建物の省エネによって大幅なエネルギー消費量の削減を達成することは可能である。多くの建築物において、粗末な設計、技術不足、不適切な運用によってエネルギーは浪費されているからである。省エネを達成するためには専門知識と資金が必要となるが、このような変革は市場の力のみでは成し遂げられない。建築の専門家、ビルオーナー、テナントの中には、その緊急性を充分には理解しておらず行動を起こす意欲に欠けている人が多い。BAUシナリオでは、短期間での投資回収を重視する考え方が省エネ対策の普及を阻害している。建物のエネルギー消費についての透明性の向上、市場変革に向けたビジネスモデルの創出、エネルギー消費の変革を起こすためには政府による行動が不可欠であり、各国が新築・既存の住宅、業務用建物等において対策を行うことが必要である。

建築分野に関わる全ての関係者は緊急性を理解するとともに、エネルギー問題を最優先するような感覚を持つ必要がある。ビジネスとして成功を収めるためにも、建築分野の変革が必要であり、革新的な技術とビジネスモデルを導入する必要がある。政策決定者は市場変革を実現するため、強力な規制の枠組みを導入する必要がある。

建築は、最終エネルギー消費量及びCO₂排出量が全体の30-40%を占めている^{注2}ことから、その削減に取り組む意義は大きい。排出量はエネルギー源の転換によっても削減可能であるが（再生可能エネルギーの利用等）、EEBプロジェクトは以下の3点に着目する。

- ①エネルギー需要削減：エネルギー効率に優れた設計、資材、機器の利用
- ②オンサイトでの再生可能エネルギーあるいは未利用エネルギーの利用
- ③スマートグリッドの利用：余剰エネルギー利用のためのシステムの活用

省エネ型社会に向けて安定的に移行していくことが必要である。エネルギーは、社会、経済を発展させるために重要であるが、その安定性はエネルギーセキュリティ、気候変動によって脅かされている。エネルギー供給・価格が不安定で

“人々に対して、今が好機であることを理解させることが課題である”

EEBのファイナンス
ワークショップ参加者

2008.10

あると社会的な大変動を起こし、経済、人類、環境に重大な影響を及ぼしかねない。再生可能エネルギーを活用することも重要であるが、急速に導入することは難しいため、早急な対応が必要な今、それよりも省エネルギーがより重要である。

独自の数値解析

我々の結論及び提言は、本プロジェクトにて開発したデータベースやコンピューターモデルによる建物のエネルギー消費に関する4年間の検討作業の成果である。このモデルは様々な政策や規制、価格シグナルや行動の変化が世界の建築分野のエネルギー消費に及ぼす影響を予測する初の手法であり、建物用途ごとに異なる特徴を反映した詳細なデータに基づいている^{注3}。我々の分析（2章を参照）は、課題の重大さと、現状の延長（BAU）では目標達成が困難であることを示している。結論として、現状の経済、政策の状況下では、投資が回収可能であっても、建築に関わる意思決定者の多くは省エネに対する十分な努力をしていないことが分かった。住宅そして業務用建築のオーナーが投資回収を判断する期間は一般的に非常に短い。

絶好の機会

短い投資回収の範囲内で、必要な投資を行うための方策が必要となる。これは省コストでエネルギー消費削減を達成する新たな製品やサービスの開発に向けた絶好の機会となり得る。この市場の規模は、0.9～1.3兆ドル（90～130兆円）に相当する（3章を参照）。

新築及び既存の建築物は、設計・運用段階ともにパッシブ、アクティブ手法を組み合わせることでエネルギーをより多く削減することが可能である。設計手法や技術を組み合わせることで、機器性能に関わらずエネルギー消費量を3分の2に抑えることが可能である。多くの国で既にエネルギー消費量が非常に少ない建物が存在しており、我々の目標を達成することは技術的に可能であることを示している（本レポートの例を参照）。これらの実例は世界的に増加する兆候を見せており、この勢いで省エネ建築を標準的なものへ移行させることが必要である。

“ビジネスは徐々に変化していくものであるが、我々は革新的な技術を必要としている”

EEBのファイナンス
ワークショップ参加者

2008.8

変革を起こす 3 つの方策

1次報告書にて、建築分野の市場変革に向けた政策のフレームワークとして、3つの方策を打ち出した。それらは本報告書における基礎となるものである。

- ・ 開発、運用時の適切な経済メカニズムによるエネルギーの価値向上、省エネルギーに向けた投資の促進
- ・ 都市レベルから個々の建築物までの統合設計アプローチの推進。個々の要素における性能向上のみでなく、建物全体での総合的なエネルギー消費削減
- ・ 建築物の専門家、ユーザー間での省エネ行動の促進に向けた変革。意識啓発や訓練、教育などの様々なアプローチ

これらの3つの方策は、規制、税制優遇、補助金、教育等の政策によって支援すべきである。

誤った楽観視による油断

迅速な進歩を辿るためには様々な障壁が存在し、それらは市場・政策の失敗、専門家の誤った知識や理解、ユーザーの行動まで多岐にわたる。

いくつかの調査によって、断熱のように投資期間内で回収可能なものや、利益を生む省エネ手法が存在することが明らかになっている^{注4}。また他の調査では、設計や技術のポテンシャルは非常に大きいため、比較的少ない炭素価格の上昇（炭素税やキャップ&トレードシステムを通じたもの）で追加的な省エネ投資が可能となるとしている。これらの調査結果はいずれも建築分野における省エネルギーの重要性、緊急性を示すものであるにもかかわらず、しかも経済的、技術的に実現可能なものであるが、こうした考え方はまだ一般的ではない。

我々はまず、特定の建物用途における現実的な判断基準に基づくモデル計算を行い、長期的な効果を生む省エネ手法は標準的な投資条件に適合せず、実行に移されそうもないことを明らかにした。そのような標準的な判断基準の下では、トータルでのエネルギー消費量はわずかしこ削減されない。住宅、非住宅建築ともに、建築分野の省エネ投資においては視野が非常に短期的である。特に住宅では初期投資が重要視されている^{注5}。したがって、存続期間内に回収可能であるにも関わらず、省エネ対策への投資が進んでいない。

2番目に、金銭的に魅力のある投資の回収を妨げる障壁があることが挙げられる。例えば；

- ・ エネルギー消費、コストの不透明性により、バリューチェーン間のエネルギーコストへの注目が限定的になり、投資の機会を見逃したり、導入された技術が適切な形で利用されない
- ・ エネルギー効率に最も優れたアプローチの推進に失敗、もしくはそれを阻害している政策が存在する
- ・ 政策、建築規制の遅れや強制力が不足している
- ・ 建築物のバリューチェーンの複雑さと過度な独立性による、設計、運用時の統合アプローチの阻害^{注6}
- ・ 適切な省エネソリューションの不足（地域事情に応じた最適解が必ずしも共有されていない）

- ・オーナーとユーザー間のインセンティブスプリット（省エネ投資を行った主体がエネルギー消費削減分のメリットを得られない）
- ・建築の専門家の中には必ずしも省エネルギーに関する意識、理解が充分ではない（1次報告書に記載。サステナブル建築への関与、エネルギー効率に優れた機器の導入を阻害する^{注7)}）

これらの結果として、必要とされるエネルギー消費の削減が達成されないこととなる。現在の政策のままでは、フランスの戸建住宅、中国の集合住宅でのエネルギー消費量の増加の抑制は困難であることが、シミュレーションによって示された。日本のオフィスのエネルギー消費量は削減されるが、充分ではない。

建築分野のエネルギー消費の変化：3種類のシナリオ

建築分野のエネルギー消費の今後数十年の変化について3種類のシナリオを設定した（図2）。これらのシナリオは将来的な選択肢であり、予測に基づいたものではない。これにより、脅威及びチャンスを認識するとともに、様々な不測の事態に対するビジネスプランの策定に役立つ。これらの予測は、モデリング（2章を参照）に使用するための構造や考えを提供し、建築分野におけるエネルギーの浪費を絶つための課題を理解する上で役立つものである。

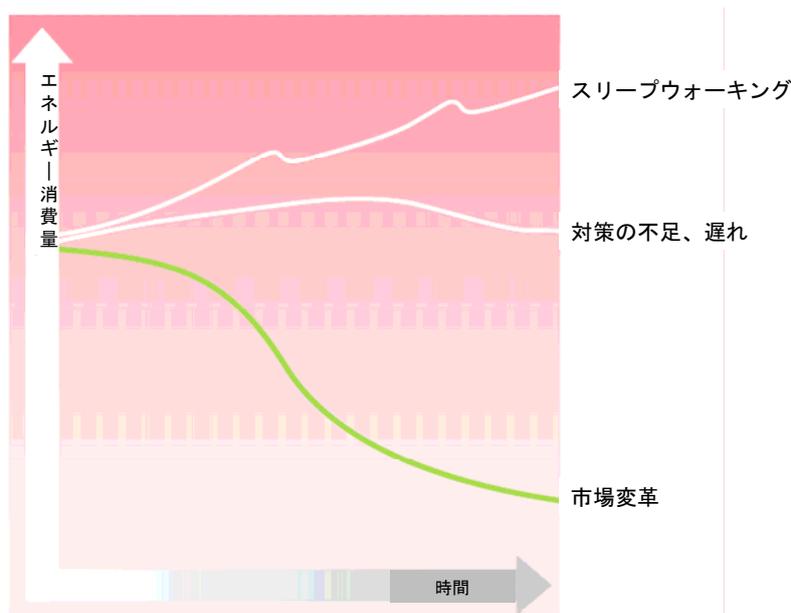


図2 建築分野のエネルギー消費の3つのシナリオ

・スリープウォーキングシナリオ

スリープウォーキングケースでは、一時的な改善は起こってもすぐに途絶えてしまい、トータルのエネルギー消費は2050年までに急増する。省エネ建築の増加は不規則かつ遅い。

このシナリオは、現状の傾向のまま都市化、経済成長、エネルギー消費が何の対策もないまま進んだ場合に起こることが予想される。結果として、エネルギー価格の急騰による経済危機、エネルギー供給の途絶、異常気象が引き起こされる。このようなパターンは不安定性、不確実性を生みだし、ビジネスを妨げ、投

資を弱体化させる。高いエネルギー効率への移行は高コストかつ手間のかかるものとなる。恐慌が起きれば、人類は旧態依然とした行動様式に逆戻りし、ほとんど進歩がなくなる。

このようなパニック的な状況においては、準備不足のままに新たな規制や立法が行われ、社会の不確実性や不安定性により、新規投資も阻害されかねない。

・ 対策の不足、遅れシナリオ

このシナリオでも省エネ建築への移行が遅れ、2020年にはエネルギー消費量が現状と同等に戻る。現在のように多くの議論がなされても、実際の行動が不十分なパターンが続いた場合、このようなシナリオを迎えることが予想される。省エネに対する意識は高まるものの、実際の行動は協調的でなく、断片的なものとなる。自主的、及び強制的な建物性能表示等の手法によって、一時的には行動が促進される。サステナビリティへの意識が高まることによって、人々や企業の行動もある程度変化し、個人は省エネルギー行動を起こすようになる。省エネ建築への投資も進み、技術開発も加速する。

このような変化は様々な国で起こるが、規模は小さく不連続であり結果として浸透しない。エネルギー効率の改善は非常に遅く、建物数の増加及びサービスレベルの向上によって相殺されてしまう。企業にとってはビジネスチャンスが断片的であるため、積極的な投資が行われにくい。

・ 市場変革シナリオ

建築分野において必要となる省エネルギーを達成するためには、市場変革を起こすことが唯一のシナリオとなる。

このシナリオではエネルギー価格は高水準かつ安定的に保たれ、人々に対し消費削減を促す。建築規制法は強化され、新築・既設に対し適用されるとともに、エネルギー、気候変動に対する法令の新たな施行、設計手法や技術の新たな開発・導入、新たな投資メカニズムの開発が行われる。また、長期的に建物に対するエネルギー性能の要求水準は高くなる。これらはすべて、気候変動による経済面、社会面、環境面での脅威に対して世界全体が協調して行われるものである。

エネルギー問題への幅広い意識の向上は、行動を変化させるとともにエネルギー効率に優れた技術、手法への理解を広める。市場変革のシナリオを迎えることで、エネルギー及び建築分野において長期的なビジネスチャンスも生まれる。

エネルギー供給、及びその影響

本報告書は、このプロジェクトの使命及び省エネルギーを推進するという最優先の目的に基づき、エネルギー消費とエネルギー効率に着目している。しかし、エネルギーはそれ自体が価値を持つものではなく、どのように使われるかが重要である。人々はエネルギーそのものではなく、それによってもたらされるサービス（暖房、冷房、照明、通信等）を求めている。

幸いなことに、同レベルのサービスが提供されるのであれば、エネルギー消費量が削減されても人々は満足する。だが悪いことに、多くの国でエネルギーは、建物のオーナーやオペレーターにとって本質的に貴重なものと見なされていないため、省エネルギーの優先順位は相対的に低い。

トータルのエネルギー消費は、人口、一人当たりの占有床面積、床面積当りのエネルギー消費の3つのパラメーターによって決定され、以下の式によって表わされる。

$$\text{エネルギー消費量} = \text{人口} \times \text{一人当たり占有床面積} \times \text{床面積別のエネルギー消費量}$$

これらの要素は様々な要因によって直接的に影響を受けるとともに、経済活動、政策による間接的な影響を受ける。

人口動態、社会・文化の傾向、建築物や機器の設計、気候といった要因は直接的に影響する。快適性の要求レベルのような文化的な要因も影響を及ぼす。また社会動向は世帯のサイズ、それに伴う床面積、一人当たりのエネルギー消費量に影響する。例えば、高齢者の増加やライフスタイルの変化は、一人暮らし世帯の増加をもたらす。都市化は特に途上国において、戸建住宅よりエネルギー効率に優れる傾向にある集合住宅の増加につながるが、人々が都市部を離れスプロール化が起こった場合はその限りではない。

経済状況は人口移動、及びその繁栄に影響する。例えば、欧州では東部から西部へ民族移動が起こったし、中国では経済の低迷による工場の閉鎖に伴い、多くの労働者が地方へと移動した。

気候は、エネルギー供給、特に冷暖房に影響を及ぼす。建物の設計や機器の選択は必要とするエネルギー需要を決定する。これらの要因は、建築分野のエネルギー消費を増加させる恐れのある二つの傾向を生み出す可能性がある。

- ・ 途上国における人口増加、都市の繁栄、都市化
 - 中国における 2000 年から 2020 年までの間の床面積増加量は、現在の米国のオフィス床面積の 2 倍に相当するといわれている^{注8}。都市人口は 2005 年では 40%以下だが、2030 年までにはおよそ 60%に増加する。
 - 都市居住、高収入、利用可能な機器の増加は住宅でのエネルギー消費増加につながり、特に暖房、給湯機器に影響する。
- ・ 先進国における効率の悪い既存建築物の存続
 - 先進国では、省エネルギー法策定以前に建てられた建築物が 2050 年まで残存する可能性がある。フランスでは、最初の規制が始まった 1975 年以前に建てられた建築物のうち約半数が 2050 年まで残存するとされている。
 - 先進国では 1990 年時点で家庭用電化製品（機器）が家庭全体のエネルギー消費に占める割合は 16%であったが、機器効率は向上したにも関わらず 2005 年には 21%に増加した^{注9}。



図3 中国の都市部・郊外部人口の予測

建築物のエネルギー消費に関するギャップ

多くの国において建築分野はトータルのエネルギー消費のうち 30～40%を占めている^{注10}。全ての分野におけるエネルギー消費の増加は、人口の増加（2050年には2000年比で50%増加すると予想されている）、及び一人当たりのエネルギー消費量の増加に起因している。

IEAは、建築分野に対し2050年までにBAU比で必要なCO₂削減量の17%相当分を貢献するよう呼び掛けている（図5）。エネルギー供給にかかわるCO₂排出原単位の削減はエネルギー事業者の努力としてカウントされるため、それとは別に削減努力を行う必要がある。人口の増加を考慮すれば、EEBの対象地域では平均して55%の削減を達成する必要があり^{注11}、エネルギー消費量の大きい地域（米国等）では2050年までにBAU比で80%の削減が求められる。

このような取り組みは人口増加や社会・経済発展と並行して行われなくてはならない。よって、先進国では生活水準を低下させることなく、途上国においては生活水準を向上させつつ、大幅なエネルギー消費の削減を達成することが目標となる。

我々の予測では、現状の傾向が続けばブラジル、中国、インドは国連の定める“Level of High Development”に達するとしているが、同時にインドを除くEEBの対象6地域では、全てエネルギー消費量がIEAの目標を超えてしまう（図6）。

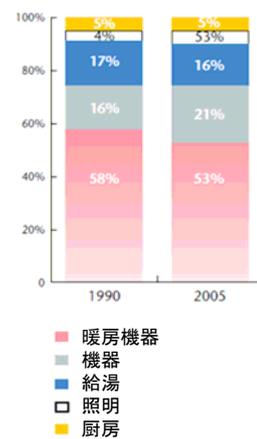


図4 機器利用の増加

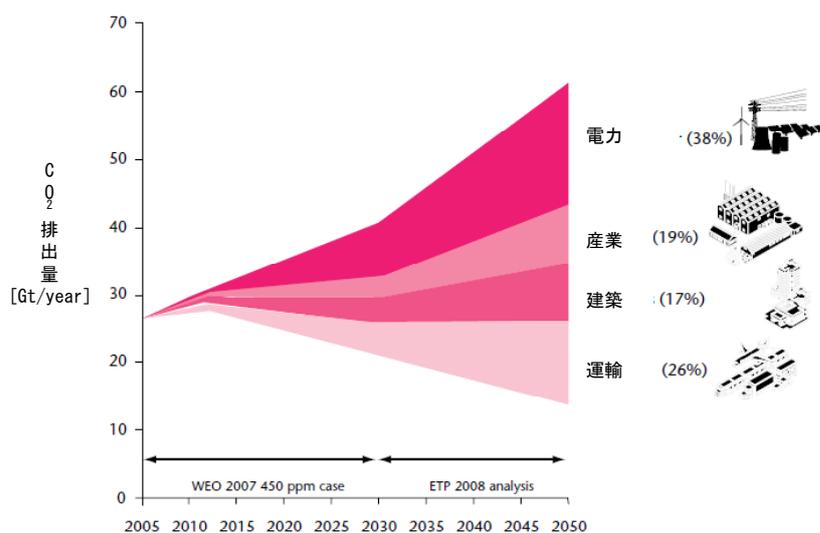


図5 期待されているCO₂削減量の分野別内訳（IEA, 2008）

この IEA の目標を達成するためには、EEB の対象 6 地域において建築物のエネルギー消費量を平均して 17%削減する必要がある。BAU ケースでのエネルギーの使い方、生活水準を向上させながらこの目標を達成するのは非常に難しい。

“対策の不足、遅れシナリオ” のケースのようにエネルギー効率が徐々にしか改善しないケースでは、建築物のエネルギー需要の増加を相殺するにはほど遠く、トータルのエネルギー消費を削減することも不可能になる。

また建築分野においてはその存続期間が他と異なるため、早急な対応が求められる。建物は自動車などと異なり、数十年から長い地域では一世紀の間存続するものである。自動車に関しては十数年程度で一国のほぼ全車両が一新されるため、新しい技術や高い効率のものが普及しやすいが、今建てられた建築物は今世紀の終わりまで残っている可能性がある。

BAU ケースでの徐々に起こる改善では不十分である。

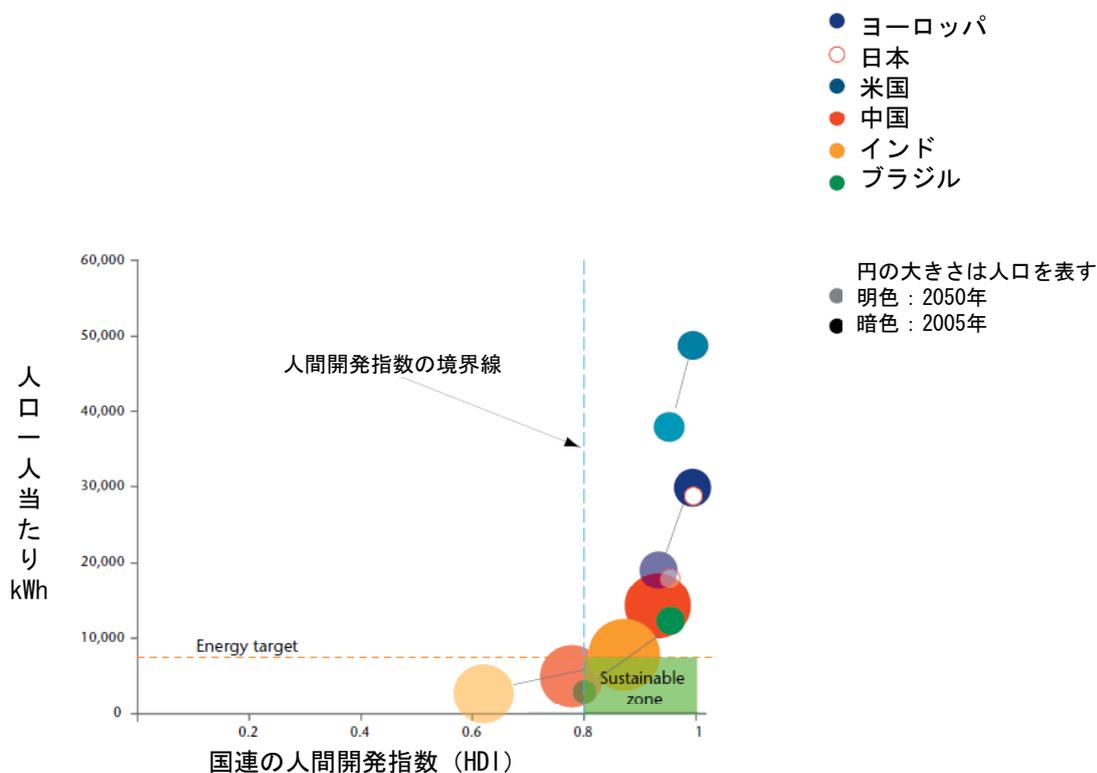


図6 2050年のアンサステナブルな発展

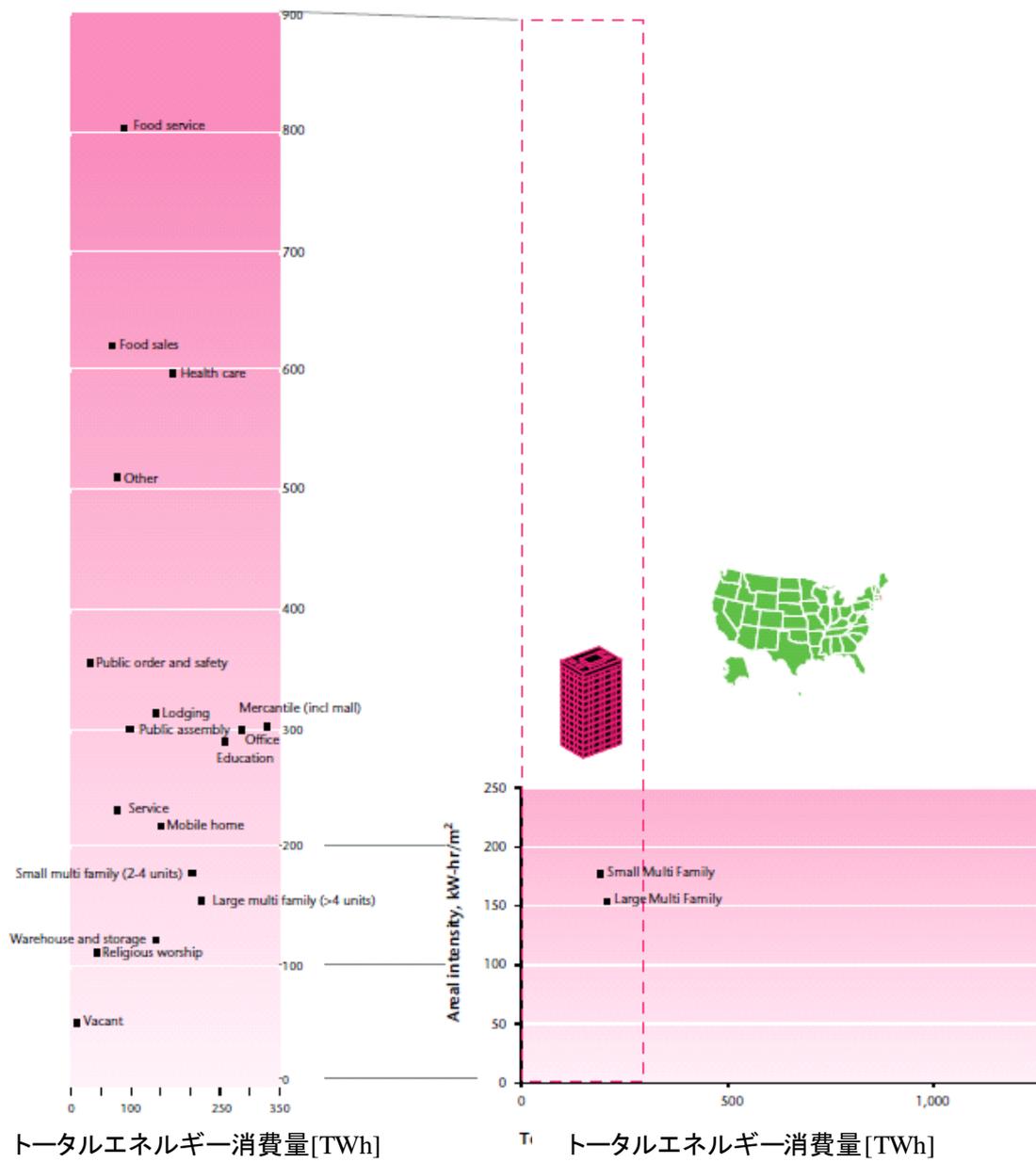


図 7, 8 エネルギー消費量（一人当たり）と総エネルギー消費量

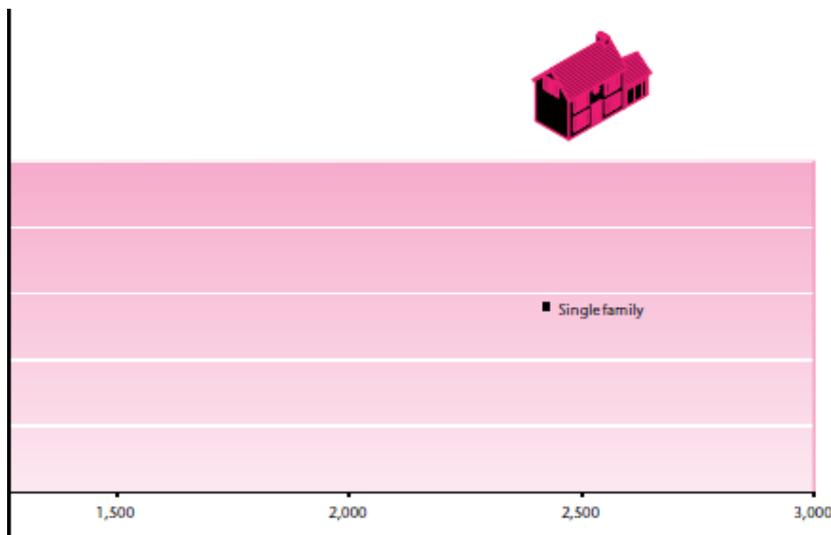
複雑なセクターに対するセグメント化されたアプローチの必要性

建物の種類やそのエネルギー消費量は国によって異なり、また気候条件も異なることから、建築分野は複雑なセクターである。

建物のエネルギー消費に関する意思決定の際には、トップダウン型のアプローチよりは、障壁の明確化及びその除去を適切に行うボトムアップ型のアプローチが重要となる。建築物の個々のエネルギー消費の特性に基づいたボトムアップ型の分析である。

本報告書では、最大のセクターである住宅（戸建と集合を区別している）、オフィス、商業施設を中心に分析を行っている。対象6地域においてこれらのセクターを足し合わせると世界中のすべての建物のエネルギー消費の半分以上を占める。その他の用途（レストランなど）は一建物当りのエネルギー消費は大きいですが、トータルでは消費量が多くないため、今回は扱っていない（図7、8）。

分析では、全ての建物用途に関わる政策、建設オプション、金銭的要因、行動を考慮し、全ての建築物に適用できる課題を明確化する。建物用途ごとについては次章にて述べる。



市場変革の達成

必要な進歩は、市場の力単独では成し遂げられないため、政策、行動の変化によってサポートする必要がある。どのようにして省エネ建築を人類の発展のための鍵として位置づけるか、我々の答えを以下に示す。

- ① 如何にして建築物のエネルギー消費に関する透明性を向上させ、知識を広めるか？
- ② 優れた性能を有するものが利益を得るようなインセンティブを如何にして与えるか？
- ③ 新技術の開発、PRに要するコストを如何にして調達するか？
- ④ 初期コスト、及び短期間でのコスト収支が重視されている状況を如何にして克服するか？
- ⑤ 好事例、及び技術革新事例を如何にして広めるか？
- ⑥ 省エネに対する意識を如何にして根付かせ、またその優位性を確保するか？
- ⑦ 建築分野に関わる全ての関係者に如何にして行動を起こさせるか？

2章 住宅、オフィス、店舗：建物用途別の分析

エネルギー消費に及ぼす影響や省エネルギーへの障壁を除去する方法を把握するため、世界の建物のエネルギー消費量の50%以上を占める6地域における4つの建物用途の特徴について調査した。本章では詳細な分析、及びモデリングについて述べる。また、フランス（戸建住宅）、中国（集合住宅）、日本（オフィス）に関してのケーススタディの概要を示すとともに、現状及び市場変革が起きた場合の2050年におけるエネルギー消費のトレンドを示す（モデルの概要は21ページを参照）。そして、省エネルギーへの障壁を明確化するとともに、最終章にて提言を行うための基礎となる提案を建物用途ごとに行う。

インセンティブスプリット（テナント・オーナー問題）

オーナーが直接使用しない全ての建物に共通して、インセンティブスプリットと呼ばれる障壁が存在する。これはエネルギー消費量削減による利益を得る主体と省エネ対策への投資を行う主体が異なることを指し、住宅、業務用建物を問わず発生する。例として、オーナーが省エネ投資を行っても、光熱費削減による利益を得るのが居住者である場合が挙げられる。これは、オーナーが投資を行う直接的なインセンティブを削ぐことを意味する（省エネ投資によって高い家賃が得られる場合でもそれは同様である^{注12}）。一方で、エネルギー料金をオーナーが支払う場合は、テナントはエネルギーを節約するインセンティブを削がれることになる。インセンティブスプリットにおける関係を表1に示す。

オーナーとテナントの関係は、テナントがエネルギー料金を支払わない慣習によっても複雑になっている。多くの集合住宅やオフィスでは、個々の制御システムやメーターを備えていない。暖房費は賃料に含まれていたり、床面積に応じて徴収されている場合が多く、テナントには省エネを行うインセンティブが働かない。テナントがエネルギー料金を直接支払う場合、暖房のエネルギー消費量は10-20%削減されるとされている^{注13}。

表1 インセンティブスプリット

エネルギー料金の支払者	省エネ対策の投資／実行者	
	オーナー	テナント
大家	投資インセンティブが働く	省エネインセンティブが働かない
テナント	投資インセンティブが働かない	省エネインセンティブが働く

EEB のモデル

EEB の定量的シミュレーションモデルは、建物のエネルギー消費を分析するに当たって独自のアプローチを採用している。意思決定者の設計・建設における投資選択行動のシミュレーションを行い、経済的、技術的な行動、そして政策に対する市場の反応を予測している。

モデルでは約 2 千万棟の建物（2050 年では 3 千万棟）において 609 種類の建設オプションを想定し、エネルギー解析を行った。模式図を図 9 に示す。

利用可能なオプションの現在価値の比較によって意志決定が行われるものとしてシミュレーションが行われる。モデルでは 5 年間の現在価値の計算を行う。また、より長期での検討を行うために、期間を 10～20 年に設定したケースでも検討を行った。

それぞれの建物用途において、建物の種類及びエネルギー消費量を組み合わせるために、基準となるモデルを設けた。データベースは、EEB と 4 大学の共同で作成された^{註14}。基準モデル及びそれぞれの設計・建設手法によるエネルギー消費量は建物エネルギー消費量解析ツール（市販品）を用いて計算した。コスト計算は、市場のデータ及び専門家の協力によって決定した。

本モデルではエネルギーを消費する全ての機器システムを考慮している。省エネ対策のオプションは、外皮、照明、暖房、換気、空調、給湯、機器において設定されている。オンサイトのエネルギー生産としては、太陽光発電システムを考慮した。

本モデルを用いて 2050 年まで 5 年毎に、機器の交換だけでなく建築物の増減も考慮して計算を行った。

- ・ トータル、正味のエネルギー消費（1 次、オンサイト）、CO₂ 排出量（建物用途毎に、オンサイトのエネルギー生産を含む）
- ・ 投資、運用コスト（1 世帯あたり、トータル）
- ・ 政策に伴うローン、補助金、税金
- ・ 政策のトータルコスト
- ・ ビジネスチャンス

建物用途毎のモデル、シミュレーションの詳細は EEB のウェブサイトにて閲覧可能である。

www.wbcsd.org/web/eeb.htm.

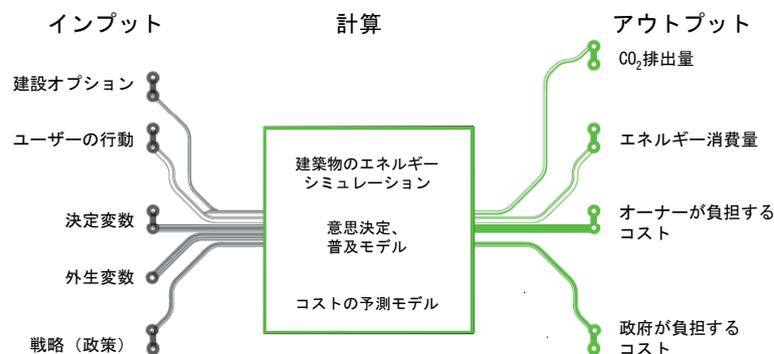


図 9 EEB モデルの概要

■住宅

住宅は、EEBの対象6地域のいずれにおいても業務用建築よりも多くのエネルギーを消費している。政府や自治体が管理する大規模な公共住宅を除いて、個々の住宅でのエネルギー消費量は比較的小さいが、所有形態が多様であることが課題である。

固有のエネルギー消費形態や省エネへの障壁を明確化するため、戸建住宅と集合住宅を区別して調査を行った。戸建住宅はブラジル、インド、米国に多く、他の地域では戸建と集合が同数程度であるが、バランスは様々な要因によって変化し得る。

- ・人口の増加に伴い、土地の効率的な利用のために集合住宅は増加する
- ・都市化の進行は、都市内の土地不足によって集合住宅の増加を促進する
- ・対照的に、経済成長は富裕化による戸建住宅の増加につながる
- ・高齢化の進行は、人口密度の減少、一人暮らしの世帯増加につながる

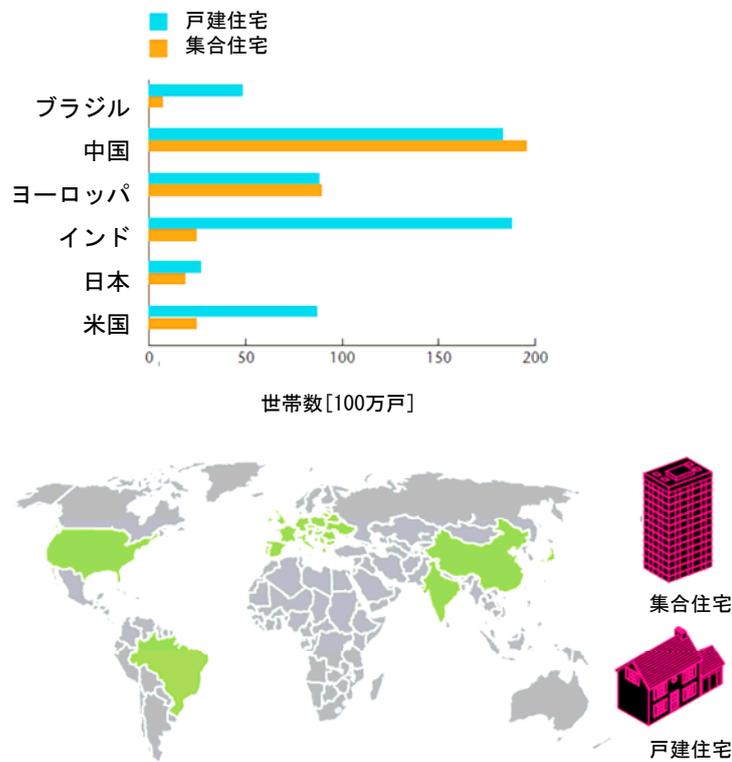


図10 世帯数

中国の都市部では、1990年から2006年の間に世帯当たりの人数は3.5人から2.95人に減少したが、同時に一人当たりの年間収入は1,516元から12,719元に増えた^{注15}（図11）。

エネルギー消費の特徴

住宅のエネルギー消費量は全ての地域で増加している。これは住宅の大規模化、快適性の追求、家電機器の増加に起因している。先進国では、外気と接する壁面や屋根が小さいことに加え、床面積が小さい集合住宅の方が冷暖房エネルギー消費が少ないため、一般的に戸建住宅よりエネルギー消費量は少ない傾向にある。米国での調査データによると、床面積当りのエネルギー消費量は集合住宅の方が多いものの、床面積が小さいことから一戸あたりのエネルギー消費量は戸建住宅の半分以下となっている（表2）。ほとんどのエネルギーの用途において、戸建住宅の方がエネルギー消費量は多い。

- 平均の世帯サイズはヨーロッパ西部の2.4人からインド都市部の5.2人まで様々である。
- インドの住宅の70%は部屋数が2つ以下である。

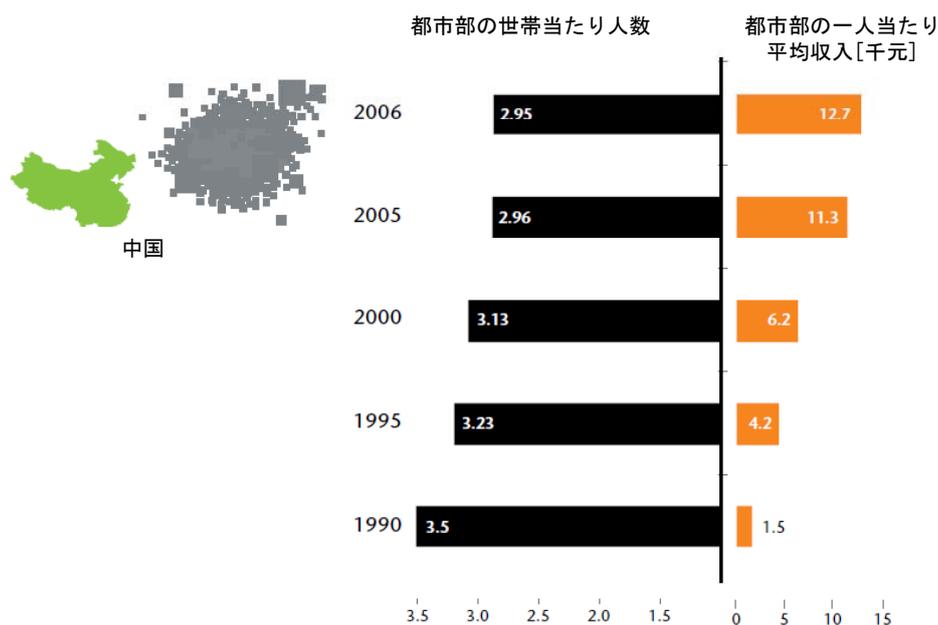


図11 中国における世帯の縮小、収入の増加

表2 米国の住宅におけるエネルギー消費

	集合住宅	戸建住宅
トータル[TWh]	264	2285
世帯当たり[kWh]	15760	31730
一人当たり[kWh]	7740	11630
床面積当たり[kWh]	212	126

エネルギー消費量は、文化、気候、貧富によって様々である（図 12）。ヨーロッパ、中国北部では暖房が支配的であり、日本では給湯消費量が多い。インドの郊外部では他の発展途上国同様、電力を利用できない人口が多く、厨房での消費量が多い（バイオマス燃料を利用している）。先進国での富裕化は機器や電化製品の増加によるエネルギー消費量の増加につながる。

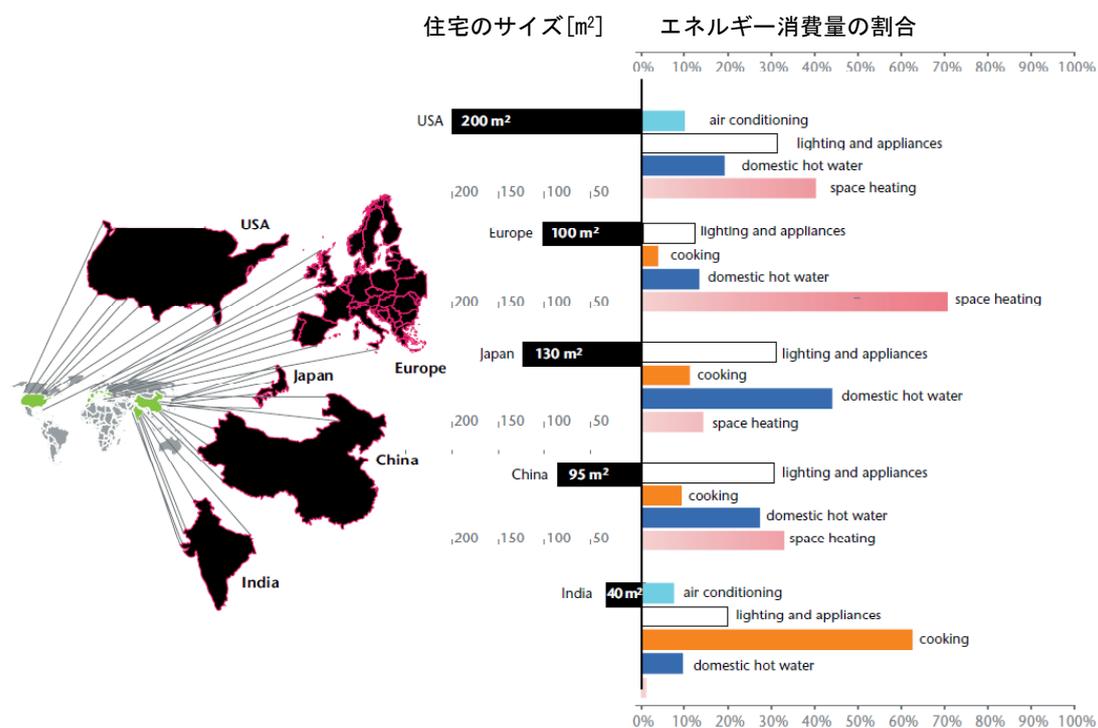


図 12 今回の検討対象地域におけるエネルギー消費量の違い

多くの国において、エネルギー性能に関する規制が策定される前に建てられた建物のおよそ半数が 2050 年まで残ると言われている。ヨーロッパでは現在の既存建築物の 50%が 1975 年以前に建てられたものである (図 1 3)。

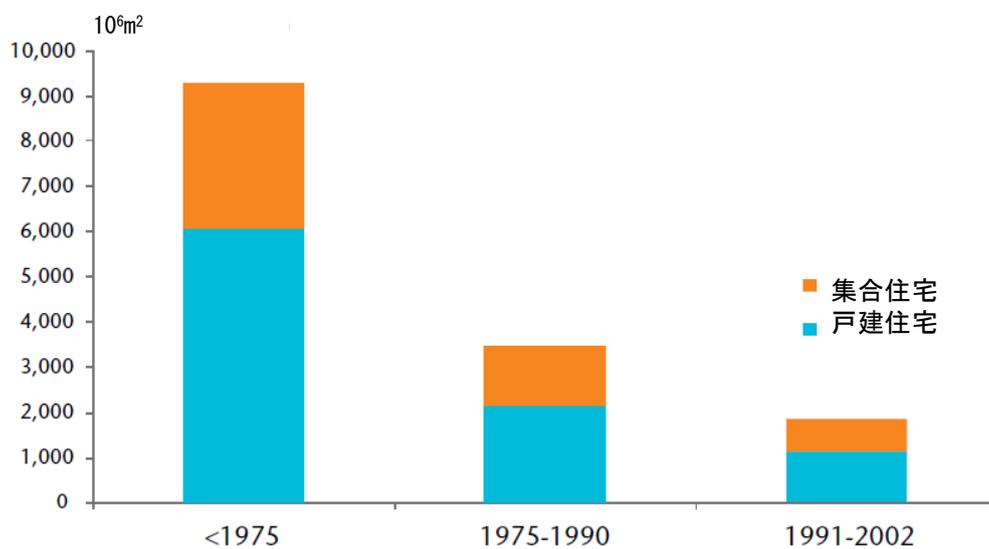
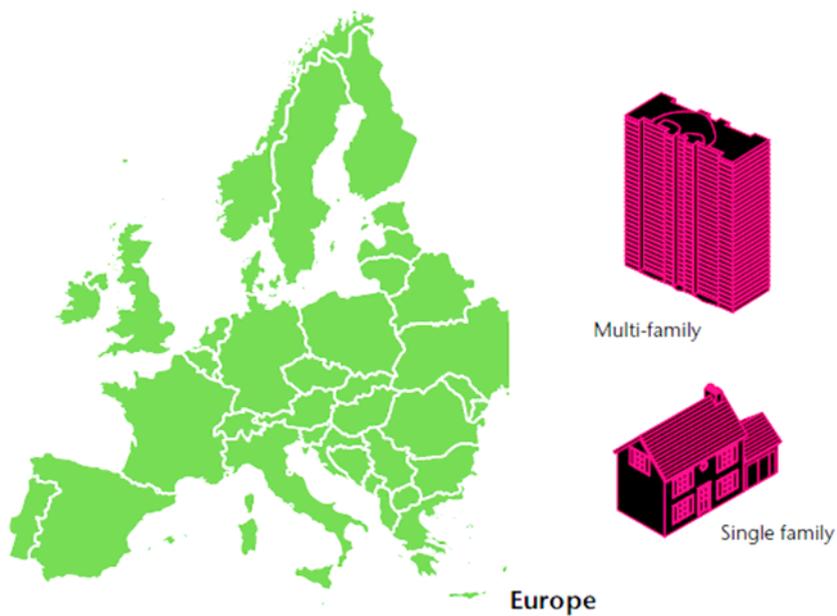


図 1 3 ヨーロッパでは古い住宅が多い



■戸建住宅

戸建住宅は、建物の数、一人当たりの占有床面積、エネルギー消費、CO₂排出量ともに最大の建物用途である。また多くの国で住宅部門の中でも最大のシェアを持つ。裕福な人口の増加により、設備の整った戸建住宅が増加する傾向にあり、結果としてエネルギー消費量の増大につながる。オーナーと居住者が同一の場合が多く（多い国では90%程度）インセンティブスプリットが起きにくい（図14）ことから、省エネ対策が非常に有効である。

住宅の大きさは、地域間で最も異なる要因の一つである。米国の住宅は他地域より大きく、インドの住宅は小さい。

エネルギー消費の特徴

先進国の住宅のエネルギー消費量は途上国に比べて多い。このような傾向は、住宅のサイズ、快適性の追求、機器の数に起因している。日本では、住宅全体ではなく使っている部屋のみを暖房する住戸が多いため、エネルギー消費量は他国に比べ少ない。先進国では富裕化が進むにつれエネルギー消費量も多くなる。

エネルギー消費行動の変化は、特に寒冷地での消費量が大きい暖房需要を増加させやすい。例を挙げると、イギリスでは過去10年間で暖房時の室内温度は3℃上昇し、エネルギー消費量は20%増加した。

- ・ 戸建住宅は全体の戸数の50-90%を占める
- ・ 住宅全体のエネルギー消費量の3分の2以上を占める
- ・ 建築分野全体からのCO₂排出量の約40%を占める

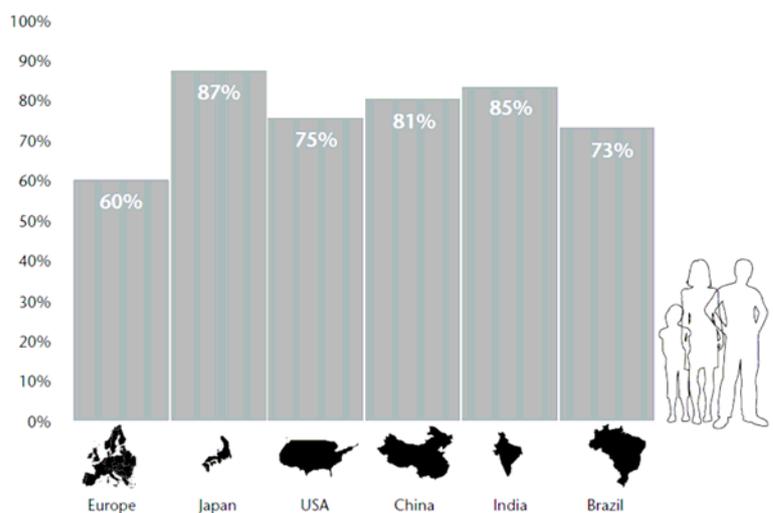


図14 EEBの対象地域での戸建住宅の自己所有率

エネルギー消費削減に向けた障壁

ヨーロッパ

ヨーロッパでは、古く、効率の悪い住宅を改修することが最も大きな課題である。住宅のオーナーは、コスト及び快適性、見た目を重要視する。例としてフランスでは、太陽光発電の導入について、再生可能エネルギー利用への貢献も理由の一つであるが、ファッショナブルであるとともに固定価格買い取り制度が存在することが主な理由となっている。同様に、窓の改修においては工事費を削減するために税金の払い戻し制度が存在する。窓の供給業者によると、住宅オーナーは省エネルギーよりも見た目の改修を求めているということである。良質な窓は音、熱を遮断するが、壁や屋根の断熱が熱ロスを 30%削減するのに比べ、10%程度の削減に留まる。

良好な提案を行うことも、住宅オーナーにとっては重要である。人々はそれぞれの状況に合致する省エネルギー手法を求めている。提案には性能保証だけでなく、情報、アドバイス、技術が伴っていることが必要である。

改修時の省エネルギーに向けた市場変革における障壁は大きく 2 つある。

- ・人々が価格、供給者に関する情報をどこで手に入れることができるかを知らない。また“ワンストップショップ”（一か所で用事が済むような店）が存在しない。
- ・住宅オーナーは、期間全体での利益よりも初期コストを重視して意思決定を行う傾向にある。

新興国

規制及び法律を守らせる力の不足、資金調達が容易でないことが主な障壁となっている。中国では建築規制法が十分に機能しておらず、ブラジルでは戸建て住宅の 75%が非公式に建てられている。

また、立派な家を建てるのが省エネより優先されている。

日本、米国

これらの国では新築の割合が多く、特に米国では人口の増加によりその傾向は続いている。問題は、既存技術の導入にかかるコストと、それを実現するための供給力の限界である。新築の戸建住宅の省エネ基準を策定する際には、その多様性が障壁となる。

米国では、電化製品の増加により一人当たりのエネルギー消費量は非常に多い。建築規制法は州または地方レベルで策定されており、大抵は外皮性能への要求を設けている。住宅に対して建築規制法を設けていない州もあり、機器基準の寄せ集めでは十分でない。規制の強化、省エネ行動の変革が大きな課題である。

日本では、戸建住宅のエネルギー効率は高く、エネルギー消費量は比較的小さいが、一般的に寿命が 30 年程度と短い。したがって、改修及び住宅の寿命を延ばすことが課題である。

■戸建住宅の例：フランス

フランスの戸建住宅におけるエネルギー消費は、ヨーロッパ全体の平均にはほぼ近い。GDP、生活水準、一人当たりのエネルギー消費量、規制に関しても EEB の対象6地域のおよそ中間に位置する。電力の CO₂ 排出係数が小さいことから、CO₂ 排出量が小さい点が他と異なる点である。

この分野の特徴

- ・建物数（1450 万戸、住宅全体の 60%）、床面積、人口、エネルギー消費（住宅部門の 3 分の 2）、炭素排出量が最も多い分野である。
- ・住宅形態が異なるため、多様である（外皮、暖房システム、効率等）。
- ・暖房はエネルギー消費量全体の 3 分の 2 以上を占めており、支配的である。
- ・建て替え率は低く（年 0.2%程度）、既存建物の 60%は 1975 年以前に建てられている。課題は 1200 万の既存建物の改修であり、80%は省エネ改修が必要とされている。

これらの住宅は大きな省エネポテンシャルを有しており、断熱気密化、機器効率の向上による暖房需要の削減、給湯や照明の効率向上が挙げられる。しかしこれらには多くのコストがかかる。エネルギー効率を向上させるには、補助金なしで住宅一戸あたり 15,000~30,000 ユーロ（195 万円~390 万円）かかることされており、新たなファイナンス手法が必要である。政策の適切な組み合わせや、意思決定者に長期間での回収を考慮した投資を行わせる工夫が重要となる。

ある調査では、住宅オーナーはあまり効率の良い手法に投資する傾向にある。省エネ投資の 70%は 2 重ガラス（最も効率が良い手法ではない）となっており、その次にドア、壁の高断熱化となっている。作業員の質も、省エネ建築に求められるレベルより一般的には低い^{注17}。

EEB のモデリング

フランスの戸建住宅について、異なる規制、経済的手法、技術の組み合わせによるシミュレーションを行った。

本報告書では、現状の政策が続いた場合（基本ケース）と、政策によってエネルギー消費量や CO₂ 排出量が大幅に削減された場合（市場変革）の 2 ケースをとりあげる。ただし、フランスにおいて実際にモデル化した政策が導入されるとは限らない。これらの政策は、市場変革に向けて導入されるであろう政策の代表例である。個々の国において、その国特有の規制や政策の状況に合わせて、適切なアプローチを行う必要がある。これらの 2 つのケースに関するデータを表 3 に示す。

フランスの戸建住宅の特徴

- ・建築分野のエネルギー消費の 42%
- ・住宅全体の 56% (1,400 万棟)
- ・全住民の 60% (3,600 万人)
- ・住宅の最終エネルギー消費の 67% (344TWh)
- ・住宅の CO₂ 排出量の 75% (6,600 万トン、38kg-CO₂/m²/year)
- ・住宅全体の床面積の 70% (16 億 m²)

基本ケースは現在フランスに存在する政策であり、エネルギー効率に優れた機器、資材に対する補助金や、太陽光発電で生産された電力に対する、5倍の固定価格買い取り制度が含まれている。

現状の政策では、2005年から2050年までに戸建住宅のエネルギー消費量は、建設される住戸の増加により年間429TWh、CO₂排出量は14%増加する。一方で、一人当たりのエネルギー消費量は減少する。現状レベルでは、住宅オーナーの意思決定を変えるインセンティブは非常に低い（図15）。

市場変革を起こすためには、一トン当り30ドル（3,000円）の炭素税の導入とともに、「環境グルネル」にて提示された政策（2020年までに新築をゼロエネルギー住宅にする等）などの現状の基本ケースに加え、追加的対策が必要となる。加えて、5段階のエネルギー効率の分類システム（欧州省エネ表示指令によるA-Gまでのラベリングに相当）に対する補助金の提供が必要である。クラス1、2の建築物はそれぞれ原価の50%、25%の補助金を得るが、クラス4、5の建築物は建設することが禁止される。こうした政策によって、2050年までにエネルギー消費を53%、CO₂排出量を71%削減することが可能である（図16）。2030年までは大幅な削減が達成されるが、その後は床面積の拡大によって若干の増加に転ずる（新築のエネルギー効率が2030年までに最大となるため）。

住宅のエネルギー効率は、ほとんどが2025年までにクラス1、2になる（図17）。太陽光発電、暖房機器性能、外皮性能の向上が主な要因である（図18）。（建築物における省エネ対策がエネルギー消費削減に及ぼす影響を図18に示す。）ゼロエネルギーを達成するためには太陽光発電は重要な要素となる。

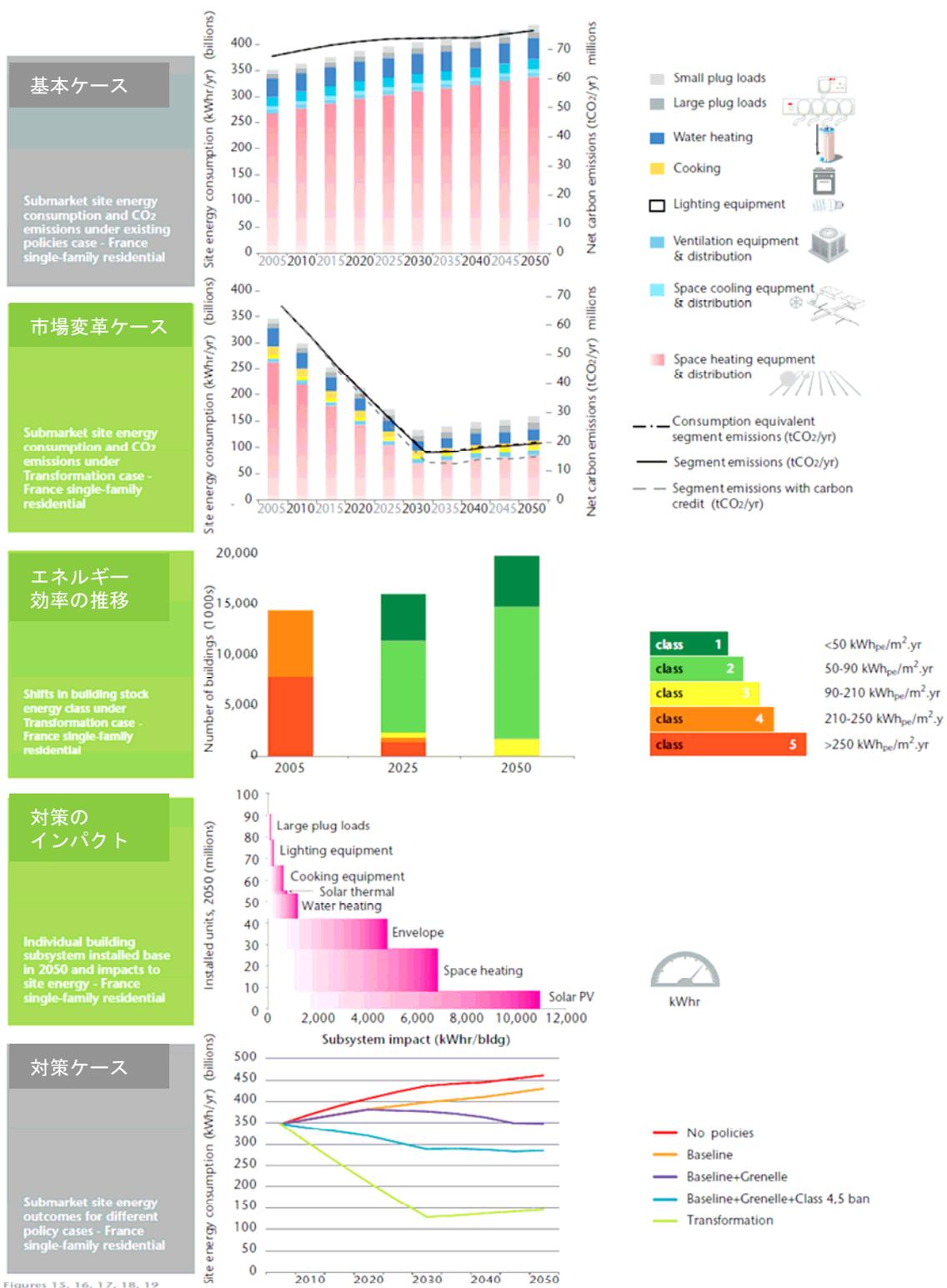
エネルギー消費量の2050年までの推移を図19に示す。排出量が最大になるシナリオは対策が何も導入されなかった場合、最小になるシナリオは「市場変革」を達成したケースである。中間のケースは、「基本ケース」と、他の手法を組み合わせた2つのケースである。

これらの結果より、エネルギー消費量及びCO₂排出量を大幅に削減するためには、様々な強力な対策を施す必要があることが明らかとなった。インセンティブを与えることは一人当たりのエネルギー消費削減に寄与するが、より大幅な削減を達成するためには、インセンティブと規制を組み合わせることが必要である。この分野においては7つの提言を行う。

この分野の市場変革を達成するためには、平均すると年間130億ドル（1.3兆円）が必要となるが、同時に年間の80億ドル（8,000億円）の節約が可能となる。補助金や固定価格買い取り制度を必要とする太陽光発電を導入する必要があるため、コストは多くかかる。しかし、投資のうち15%は5年以内に回収が可能であり、その分の投資によってエネルギー節約分の65%を賄うことが可能である。

表3 現状の政策と大幅削減を達成する政策の比較

	2005	2050	
		基本ケース	市場変革
エネルギー消費量（トータル）	346	429	163
エネルギー消費量（ネット）	346	428	100
2005年比[%]		24	-53
2005年比[%]（ネット）		23	-71
基本ケース比[%]			-62
CO ₂ 排出量（ネット）[100万トン] ^{注18}		75	14
2005年比[%]		12	-79
基本ケース比[%]			-81



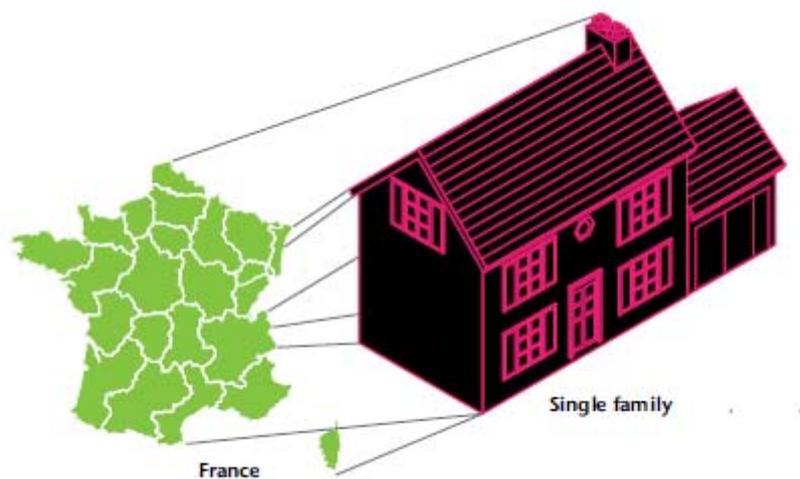
Figures 15, 16, 17, 18, 19

図 15-19

戸建住宅における市場変革に向けた提言

戸建住宅分野の分析、モデリングの結果より、市場変革に向けた提言は以下のとおりである。

- ①性能保証を伴う技術的な提案、既存の技術の国際的利用、初期コストを削減するための研究開発、
効率の良い技術による改修
- ②エネルギー性能、CO₂排出量の監査
- ③新築、既存住宅への規制の強化
 - ・住宅性能表示制度の導入
 - ・機器、資材に関する規制の強化
 - ・性能の劣る住宅の削減
 - ・パッシブ、アクティブ手法によって2020年までに新築住宅をゼロエネルギー化
- ④新築、既存住宅の性能向上に向けた補助金
- ⑤計画的な改修
 - 第1段階：外皮の熱性能
 - 第2段階：高効率機器
 - 第3段階：オンサイトでの再生可能エネルギー生産
- ⑥省エネに対する意識、習慣を向上させる活動
- ⑦建設、改修に向けた教育、訓練、管理
- ⑧低層住宅へのオンサイトでの再生可能エネルギー利用



■集合住宅

集合住宅は限られたスペースに多くの人口を収容できることから、都市を支える役割を担う。米国、ヨーロッパ、日本の集合住宅は、公的な補助金を得ているものから民間の高級なものまで多種多様である。これらの地域では、古く効率の悪い住宅の存在が課題となっている。途上国では、スラム街の住宅地に貧困層が居住しているものの、一般に都市部の住宅には富裕層が多く、そこでは大量のエネルギーが消費されている。今後数十年で多くの新築集合住宅が建設される見込みであることから、途上国では集合住宅が最も大きな課題の一つである。

ニューデリーの Dwarka や Rohini 地区に代表されるように、都市部における土地の不足は、集合住宅の増加を促す。ブラジルは中国やインドよりも都市化が進んでおり、既に飽和状態に達しつつある。中国、及びインドの都市人口は 2050 年までに急増することが予想されている（図 2 0）。そこで、中国、インドでは需要の増加に備えた新たな対策を検討している。

- ・中国の“スーパーブロック”：幹線道路を 1km おきに設け、1km²のブロックを作る。デベロッパーはブロック内に 2,000 から 10,000 の住宅を含む建物を建てる。2008 年には毎日 10~15 のスーパーブロックが設けられ、年間で 1,000~1,200 万戸の住宅が建設された。
- ・インドの統合化されたタウンシップ：大都市の郊外部に、住宅とオフィスを組み合わせた開発を行う。5 年間で 30~35 の都市において、約 400 のプロジェクトが行われ 50 万人が居住している。

- ・都市人口は世界全体で、2000 年の 47%から 2050 年には 70%に増加
- ・中国では、現在の都市人口は 45%以下だが、2050 年には 73%に増加するとされている^{注21}
- ・2025 年までに、ムンバイの人口は 2,600 万人（現在は 1,900 万人）に、デリーの都市人口は 1,600 万人から 2,300 万人に増加するとされている

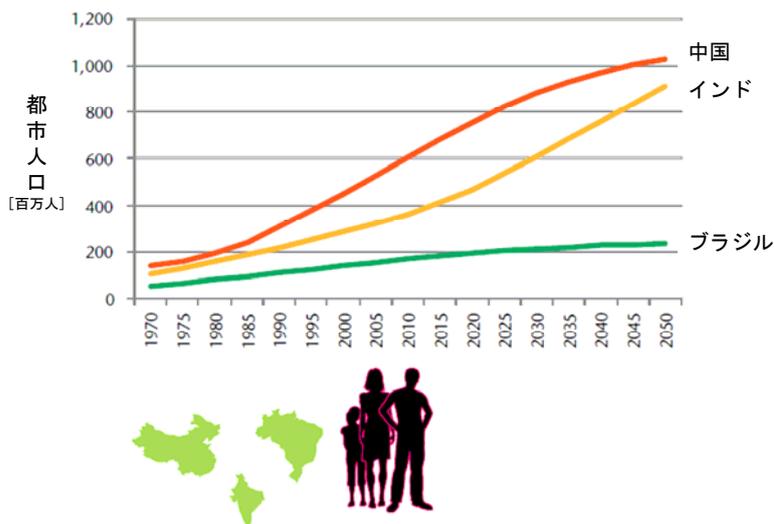


図 2 0 発展途上国の人口増加

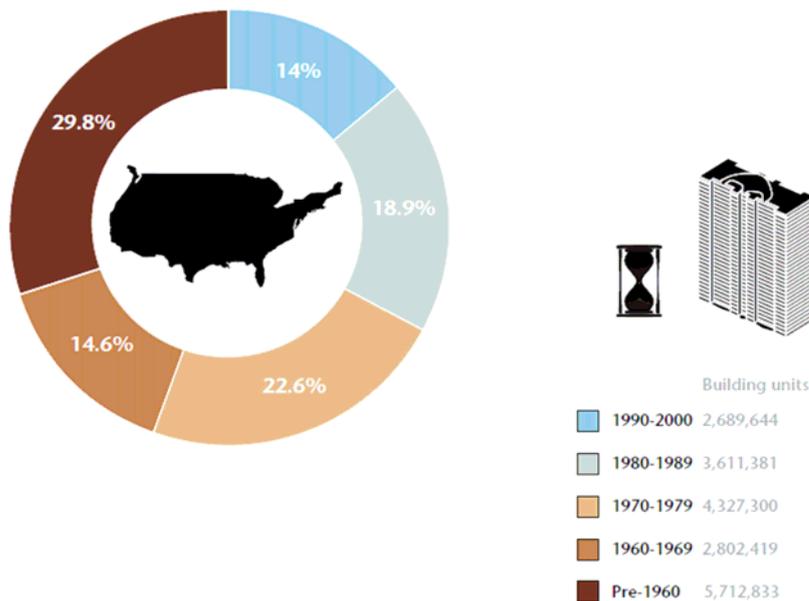


図 2 1 米国の集合住宅の築年数割合

既存の集合住宅

先進国においては、古い既存の建物、及びその省エネルギーにかかるコストが課題である。

ヨーロッパでは、集合住宅は全住宅ストックの約半数を占めているが、戸建住宅より世帯当たりの床面積は小さいため、トータルの床面積は住宅全体の3分の1程度である。集合住宅の多くは1975年以前に建てられたものである。米国では、集合住宅の45%が1970年以前に建てられたものであり、エネルギー効率が比較的高い1990年以降に建てられたものはわずか14%である^{注2}³ (図21)。

日本には4,700万の世帯があり^{注24}、そのうち40%は低層もしくは中層の集合住宅である。98%以上が1960年以降に建てられている。集合住宅の平均床面積は48m²であり、2000年から2005年の間に年間0.4%ずつ増加している。戸建住宅の平均である128m²とは対照的である。集合住宅は、分譲より賃貸が主流である。

日本の世帯当たりの平均人数は、1960年で4.14人、1990年で2.99人だったが、2005年では2.55人になった。一人暮らし世帯の割合は2000年から2005年の間に12%増加し、全体の30%に達している。

- ・フランスの集合住宅1,400万棟のうち、68%が1975年以前に建てられたものである
- ・米国の集合住宅の45%は1970年以前に建てられたものである
- ・日本では、1960年以前に建てられた集合住宅は2%に過ぎない。

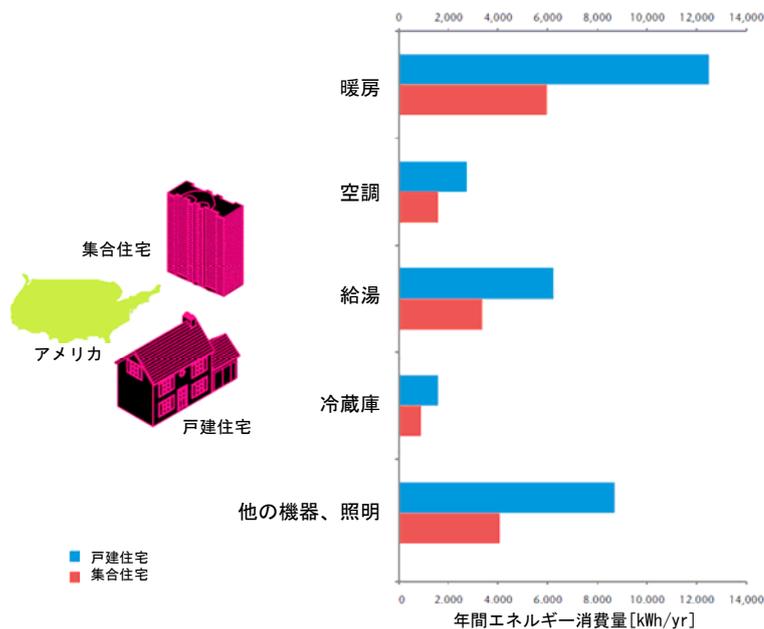


図 2.2 集合住宅のエネルギー消費量 (アメリカ)

エネルギー消費量

集合住宅は、床面積、世帯サイズ、外気と接する壁面が戸建住宅と比較して少ないため、戸建住宅より一世帯当たりのエネルギー消費量は少ない。米国では、5世帯以上の集合住宅は暖房、照明、コンセント機器に消費するエネルギーが戸建住宅の約半分である。冷房、給湯、冷蔵庫のエネルギー消費量は40%程度少ない(図2.2)。

途上国では、生活水準や快適性への要求が向上していることでエネルギーを消費する機器、設備が増加している。機器の効率は向上しているが、それらの機器が浸透することで一世帯当たりのエネルギー消費は増加している。中国ではエアコンの購入が進むことで、効率が40%向上しても2020年までに全エネルギー消費量は3倍になるとされている^{注26}。

- 中国においては郊外部の暖房デGREEデーは2.34W/m²だが、都市部の北部では31.6W/m²である
- 日本の住宅は冷暖房機器が備え付けられていない状態で分譲、賃貸される。住人は入居する際、新しい機器を購入し、退去する際は冷暖房機器を取り外していく。

表4 中国の機器普及率

機器	普及率[%]
カラーテレビ	137 (1世帯に2台以上)
洗濯機	97
冷蔵庫	92
エアコン	88

エネルギー消費削減への障壁

集合住宅は賃貸率が高く(表5)、オーナーと居住者間のインセンティブスプリットが起りやすい。エネルギーの供給、支払の方法も課題である(これらに関しては本章の冒頭にて述べた)。

それ以外の障壁には以下のようなものがある。

- ・経済的な制約 —— 集合住宅には低所得層が居住する場合が多い(特に途上国)。彼らは建築外皮、暖房・空調機器など大規模な改修への投資に消極的である。エネルギー消費量を30%削減することは容易であり、50-75%向上できることすら実証されている^{注27}。
- ・市場構造 —— 個人オーナーや企業のオーナーが規模の小さい複数の建築物を地域ごとに所有しており、それぞれの市場は非常に小さい。
- ・誤認 —— 実際はそうでもないにも関わらず、集合住宅のエネルギー効率向上には非常に高額の投資を行う必要があると考えられている。新築では20%の効率向上は可能であり、システム全体での改善を行えばさらなる向上が達成できる。追加コストは非常に少なく、ある調査では建設コストの2.4%程度である(3~90世帯の16の住宅での調査)^{注28}。

・米国では集合住宅の4分の1以上は、エネルギーコストが家賃に含まれている。

表5 集合住宅の賃貸率

国	賃貸率[%]
フランス	75
日本	75
米国	83

■ 集合住宅の例：中国北部

中国都市部の住宅のほとんどは集合住宅である（多くの都市で 90%以上）。郊外から都市部への移動によって急速に建設数が増加しており、それに伴いエネルギー需要は増加している。中国の都市人口は 2005 年から 2025 年の間に 3 億 5 千万増加するとされており、これは米国の現在の人口以上である^{注30}。中国北部の都市では、エネルギー消費量の 3 分の 2 以上を暖房が占める。暖房システムの多くは石炭を燃やしている。生活水準の向上や高齢化によって都市部での一人当たりの占有床面積は、2000 年の 20m²から 2005 年には 26m²に増加しており、住宅のエネルギー消費量も同時に増加している。2020 年までに、都市部でのテレビ所有率は世帯当たり 1.6 台、エアコン所有率は 1.2 台に増加するとされている。

エネルギー効率向上における障壁

主な障壁は暖房の非効率な利用に関するものである^{注31}。

- ・ 建築外皮への対策が不十分な建設様式、不十分な建築規制法
- ・ 計画性、正確性を欠いた建築規制法
- ・ 暖房料金が固定され、実際の使用量を反映していないことから、省エネインセンティブが働かない
- ・ 石炭、ボイラー、制御システムの未整備等、暖房システムが旧式である

EEB のモデル

北京の平均的な集合住宅において分析を行った。

- ・ 36 の集合住宅における 6 種類のシナリオ
- ・ 世帯当たりの平均床面積は 77.3m²、1 世帯当たりの平均人数は 3 人
- ・ 建築物の年間の増加率は中国都市部の人口増加率に基づいて計算

既存ストックの建築物の性能について、8 つのケースを設けた。将来の生活水準やエネルギー消費量は現在の日本の状況を参考に設定した。

- ・ 冷房、セントラル暖房が一般的になる
- ・ 給湯消費量は 76%以上増加する
- ・ 照明の電力消費は 200%、機器や電化製品による電力消費は 325%増加する
- ・ 外皮、（断熱、窓）の性能が向上する

シミュレーション

以下のケースに関してシミュレーションを行った。

- ・ 新たな対策を行わないケース（基本ケース）
- ・ 炭素税導入等による省エネインセンティブの向上
- ・ 高効率な建築物に対する補助金、低効率な建築物の建設禁止
- ・ 建築物のエネルギー効率向上を阻害する技術、資材に対する使用制限

基本ケースでは、2005年から2050年の間にエネルギー消費量は3倍に増加する結果となった（図2-3）。基本ケースにおける前提条件、すなわち個々の建物要素（建物外皮、冷暖房機器、HVAC制御、給湯）についての補助金の支給率を20%から35%にすることによる影響は非常に小さい。

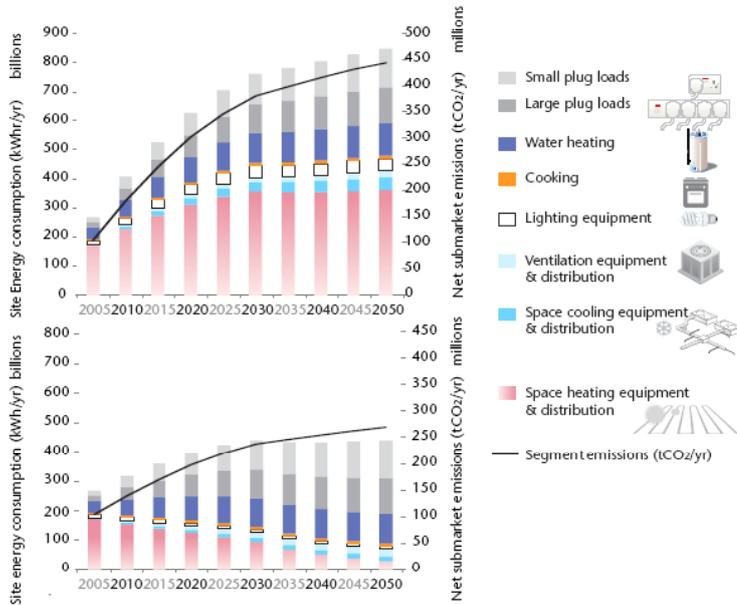
大胆な政策による市場変革ケース（高効率建築物への補助金、低効率建築物の建設禁止）でも、ストックの増加、生活水準の向上により、エネルギー消費量は2050年までに61%増加する（図2-4）。しかし、無対策ケースに比べればエネルギー消費量、CO₂排出量ともに半減する。建物一棟あたりのエネルギー消費量は、サービスレベルの向上によって長期的に増加する（図2-5）。これによって、2050年にはクラス3が支配的となる（クラス分類は2005年の世帯当たりのエネルギー消費量に基づいている）。

上記のケース以外にも、熱量計、室温制御を可能にする温度調整弁、消費量に応じた支払システムなどの暖房に対する消費者サイドの対策による影響を分析した（図2-6）。新築、及び既存建物の改修時にこれらを規制として課すことで、大幅な改善が可能であることが示された。また、建築ストックの性能向上によって2005年から2050年までに暖房用エネルギー消費量を76%削減することが可能であることが示された。エネルギー削減は、コスト上昇を大幅に上回る（図2-7）。

基本ケースと比較した対策ケースの追加コストは、平均で年間120億ドル（1.2兆円）だが、エネルギーコストの削減によって相殺できる量である。全体の投資のうち5%は5年以内に回収可能であり、それだけでエネルギー削減の60%を担っている。

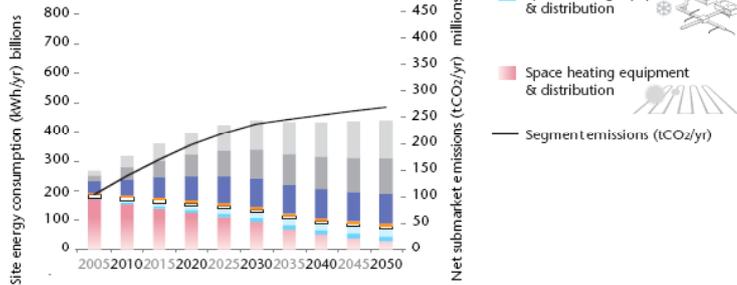
基本ケース

Submarket site energy consumption and net CO₂ emissions under existing policies case - Northern China multi-family residential



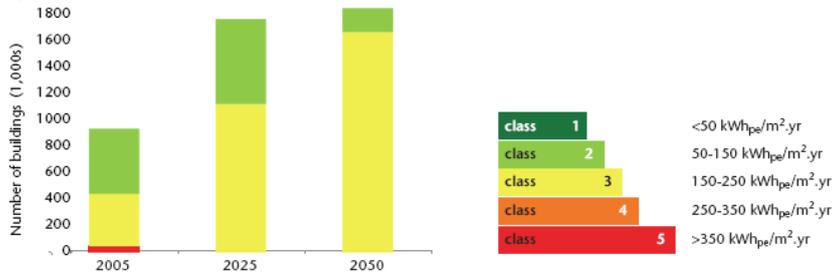
市場変革ケース

Submarket site energy consumption and net CO₂ emissions under Transformation case - Northern China multi-family residential



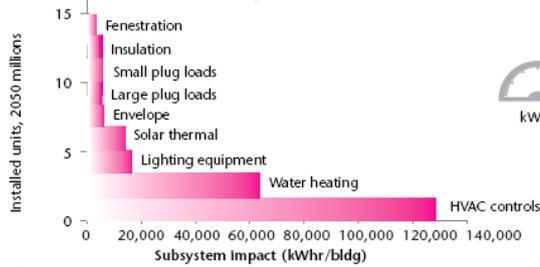
エネルギー効率の推移

Shifts in building stock energy class under Transformation case - Northern China multi-family residential



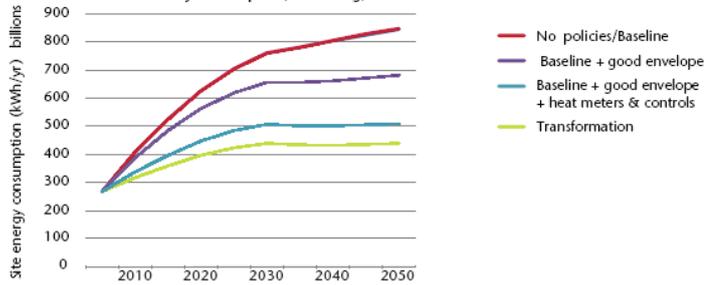
対策のインパクト

Installed base of individual building subsystem in 2050 and their impacts on site energy - Northern China multi-family residential



対策ケース

Submarket site energy outcomes for different policy cases - Northern China multi-family residential

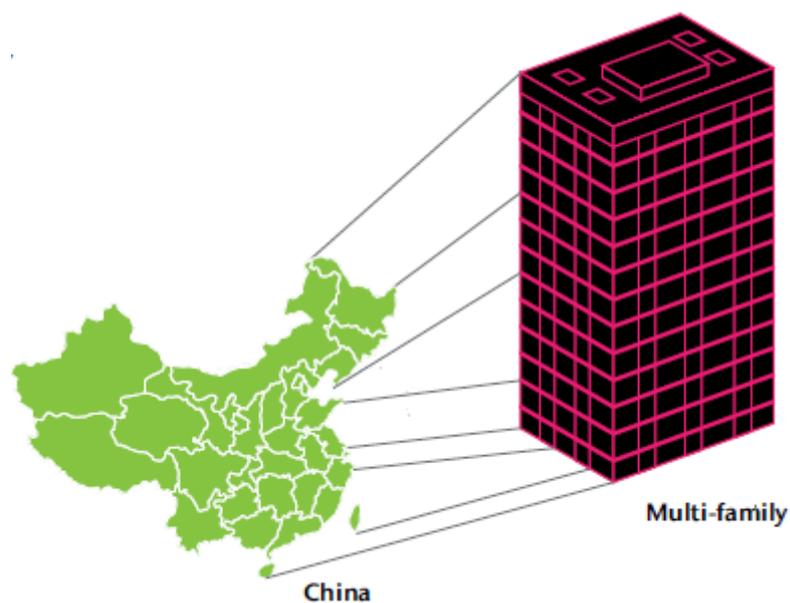


Figures 23, 24, 25, 26, 27

図 23-27

市場変革に向けた提言

- ①集合住宅におけるエネルギー性能の監査、住宅性能表示制度の導入、建築規制法の強化
- ②建築規制法の強化、監査、容積率の制限
- ③オンサイトの再生可能エネルギー利用に対する固定価格買い取り制度等、既存、新築に対する補助金の導入
- ④個々の住戸ごとの計量、室温設定に応じた使用量制御、使用量に応じた料金支払制度
- ⑤集合住宅の改修時の障壁を除去するフレームワーク
- ⑥2020年までに新築、低層住宅に対してゼロエネルギーを要求する等、性能の低い建物を減らすための規制の強化
- ⑦政府機関や公共住宅のオーナーによる、不動産ポートフォリオに基づいた行動
- ⑧オーナー、デベロッパー、テナントに対する省エネ行動の変革を起こさせるための情報発信
- ⑨デベロッパー、建築家、エンジニアの教育、建築規制法、統合設計への理解度の向上
- ⑩ESCOの導入（特に公共住宅に対して）
- ⑪全ての低層建築におけるオンサイトの再生可能エネルギー利用



■ オフィス

オフィスは多くの地域において、床面積、エネルギー消費ともに最大の建物用途である。中国では近年、年間約 20 億 m² ずつ増加しており、これは日本のストックの 3 分の 1 に相当する。

オフィスは 1 階建てから超高層まで様々であり、一般に他の建築物より新しいものが多い。米国ではオフィス建築のおよそ 60% は 1970 年以降に建てられており、住宅と比較してエネルギー効率に優れた技術が導入されているといえる。

アウトソーシング、モバイルワーキング、IT 技術の導入等により、自宅で仕事をする割合も増加しており、一人当たりの占有床面積が減りつつある。またこれによって、大規模な建築物は減り、フレキシブルなスペースが増加している。

インドでは、オフィスのほとんどは政府が所有しており、公共セクターのリーダーシップが求められる。それ以外の地域では不動産会社が所有しテナントが使用している場合が多く、インセンティブスプリットが発生しやすい。

“企業は不動産業務を外注しており、それをビジネスの主要な機能とは考えていない”

EEB ワークショップ
参加者
2008.10 ニューヨークにて

エネルギー消費

オフィスのエネルギー消費に占める割合は、暖房、冷房、照明が多い。その割合は気候、規模によって異なるが、EEB の対象地域では暖房による消費量が最も大きい。米国では冷房エネルギーが全体の 9% であるのに対し、暖房は 25% を占めている。また日本では、暖房エネルギーが全体の 29% を占めており、全用途の中で最大である（図 2 8）。新築建物では、冷房、コンセントに比べ暖房エネルギーは少ない傾向にあり、その原因であるコンピュータ等のオフィス機器の効率化も重要な課題である。IT 機器による温室効果ガス排出量（データセンターを含む）は毎年約 6% ずつ増加している^{注32}。機器の利用は直接的なエネルギー消費だけでなく、その排熱によって冷房負荷を増大させている。機器 1 台当たりのエネルギー消費量は削減されつつあるが、台数の増加によって相殺されている。

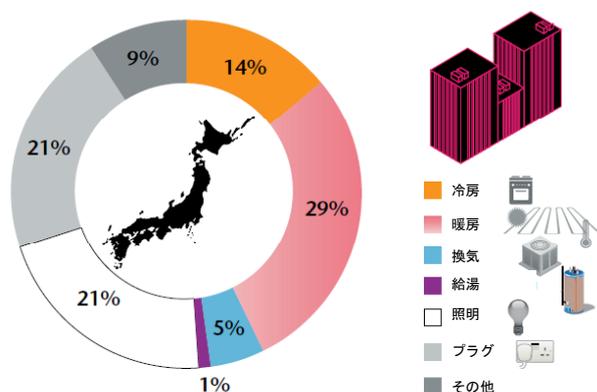


図 2 8 日本のオフィスにおけるエネルギー消費量

地域別の傾向

中国

オフィスは中国の業務用建築ストックの約3分の1を占めているが、商業施設や学校などの増加によってその比率は2020年には29%に減ると予想されている。床面積は既に35億m²であり、2020年には更に70%（25億m²）増加するとみている。

エネルギー消費量は2020年までに年間7%ずつ増加するが、暖房管理が改善されることで暖房用エネルギー消費量はトータルではほとんど変化しない。一方で、冷房用エネルギー消費量は年間12%の割合で増加すると予想される。照明やオフィス機器が消費するエネルギーも年間10%ずつ増加する（図29）。

フランス

オフィス部門は1986年から2004年の間に54%増加しており、最も変動の多い建物用途である。住宅と比べてリニューアルの割合が多く、ほとんどのオフィスは改修を含め築年数15年以下である。

フランスのオフィスでは暖房によるエネルギー消費量が最も大きい。換気と冷房もエネルギー消費量が多いと考えられているが、実際には合せても全体の10%に満たない。

インド

サービス産業の成長に伴い、インドではオフィス部門が最も急速に増加している。ニューデリー、ムンバイ、バンガロールでは年間2000万平方フィート（200億m²）もの床面積が増加している。インドには7,000近いIT企業が存在し、近代的、高品質な建築物への需要が高い。

日本

最もエネルギーを多く消費している用途は、空調（48%）であり、その中でも暖房が30%を占める（（財）省エネルギーセンター資料）。より詳細な分析については43ページにて述べる。

米国

オフィスは他の建築物より新しい場合が多く、半分近くが1970年以降に建てられた建築物である。

エネルギー消費量は空調が最も多く（40%）、その中でも暖房が特に多い（25%）。空調の次には、照明が多く、続いてオフィス機器、給湯の順である。



図29 中国のオフィス機器によるエネルギー消費

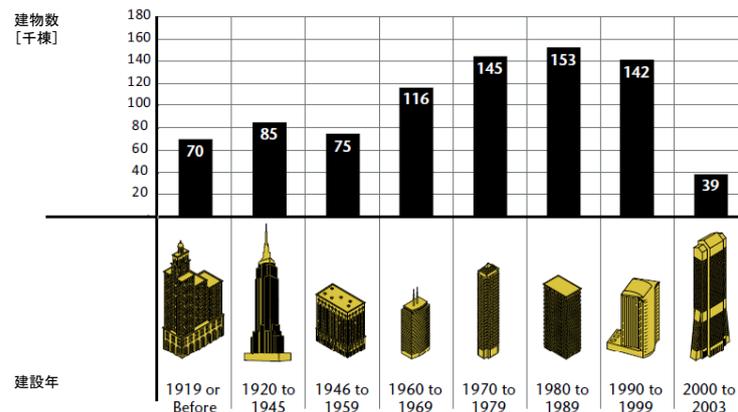


図30 米国のオフィス建築物の築年数

障壁

オフィスの建設においては、最終決定を下す立場にあるデベロッパー、投資家が省エネ設計、技術の導入を妨げている場合が多い。彼らは短期間での収益を最大化することを追求しており、ライフサイクルコストより初期コストに重点を置いている。また、エネルギーコストを重要視していない。デベロッパー、投資家に対して、省エネルギーの重要性を提示するような評価システムは存在していない。

また、オフィス建築市場の複雑性が、課題をより困難にしている。特に賃貸物件においては、デベロッパー、建設業者、資材・機器の供給者など、多くの主体が関与している（図31）。さらに加えてオーナーと代理人が存在する。最終発言権を持つデベロッパーとオーナーが最終的な決定権を持っているが、彼らはその国の経済界においてリーダーではないことが多い。自動車業界や電機業界と異なり、国際的に活動する企業も少ない。

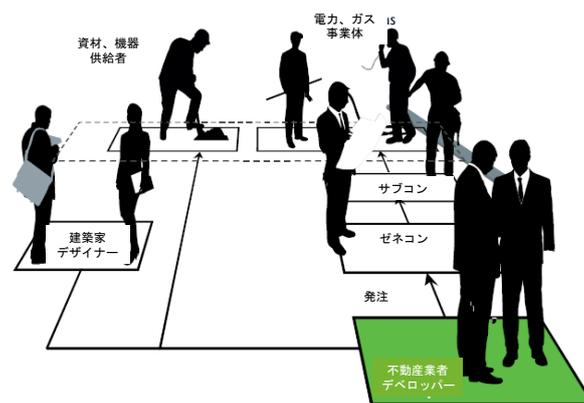


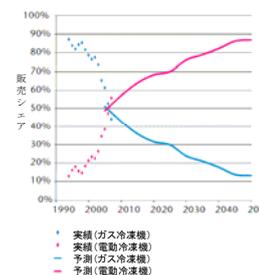
図31 オフィス建築における市場の複雑性

オフィス建築において省エネを進める上で、専門家のノウハウ、サポート、リーダーシップが不足している。一棟あたりのエネルギー消費量は工場等と比較して少ないため、工場にいるようなエネルギーに関する専門家、監査人がオフィスには常駐していない。

また、オフィスは床面積と比較して屋上面積が少ないため、太陽光発電を十分に導入できないといった物理的な制約も存在する。

■オフィスの例：日本

1980年代から1990年代にかけて、日本政府は夏季のピーク時期に電力を節約するためにガス冷凍機の導入を推進したため、ガス吸収式冷凍機が多くのオフィスにおいて導入された。だが、この傾向は変わりつつあり、地球温暖化への影響が相対的に少ない電動冷凍機の技術革新が急速に進むにつれ、更に電動冷凍機の普及が進むであろうと、モデリングの結果は示している（図3 2）。



モデリング

日本のオフィスにおけるエネルギー消費を調査し、米国のケースと比較した。モデルは日本の関東地方を想定した床面積 3 万 m² の 30 階建てとし、米国北部のケースは床面積を 13 万 m² とした。冷暖房システム、断熱性能、照明等の機器性能について 9 ケースを設定し、米国は 7 ケースを設定した。

その結果、現在のエネルギー政策・価格から特に対策を行わなくても、建物単体で 33% の削減が可能であることが示された。日本の建築物は年間 0.4% ずつ増加しているが、2050 年までに CO₂ 排出量はわずかに減少する。また電力消費量はほとんど変化しないが、ガスの消費量は 2050 年までに半減すると予想される。エネルギー効率に優れた機器導入の推進により、エネルギー消費量は建物単体で 37% 削減されるが（図 3 3）、基本ケースと比べてわずかな削減にすぎず、炭素価格を 1 トン当たり 60 ドル（6,000 円）上乘せしても大きな差はない。

だが革新的な行動と政策によって、全体で 43% の CO₂ 排出量削減、建物単体で 51% の削減が可能である（図 3 4）。市場変革ケースでは、2005 年ではクラス 4、5 が支配的であるが、2050 年ではほとんどがクラス 2 になる（図 3 5）。また現存する技術や規制によって、個々の建築物でエネルギーを 50% 以上削減可能である。しかし、米国のように今後事務所床面積の増大が見込まれる国におけるトータルでのエネルギー消費量、CO₂ 排出量は充分には減少せず、更なる技術開発や効率改善が求められる。

日本や米国のオフィスでエネルギー消費量を抑制するためには、冷暖房機器の対策が最もポテンシャルが大きい（図 3 6）。特に米国北東部では冷房による影響が大きい。シミュレーションの結果、日本では、吸収式冷凍機からターボ冷凍機への移行、冷温水発生機からヒートポンプ冷凍機への移行が進むであろうことが示された。高効率な電動ターボ冷凍機は冷房需要を圧倒し、ヒートポンプのような技術は省エネビルにとって鍵となる技術である。

多少の政策の違いによる削減量に大きな差はないが（図 3 7）、市場変革ケースでは大幅な削減が達成される。特段の対策がなくても建物単体で日本では 33% の削減、米国では 43% の削減が可能であることが示された。しかし米国ではストックが年間 1.5% ずつ増えており、トータルでの削減を達成するためには多大な努力が必要となる。

日本で市場変革を達成するには、年平均 1 億 1 千万ドル（110 億円）必要である。節約分は年間 8 千万ドル（80 億円）であり、差し引き 3 千万ドル（30 億円）となる。他の建物用途と同様に、5 年以内に回収可能な対策によって大幅な削減が可能であることがモデリングの結果示された。



図 3 2 日本のガス、電気冷凍機のシェア

基本ケース

Submarket site energy consumption and CO₂ emissions under existing policies case - Japan office

市場変革ケース

Submarket site energy consumption and CO₂ emissions under Transformation case - Japan office

エネルギー効率の推移

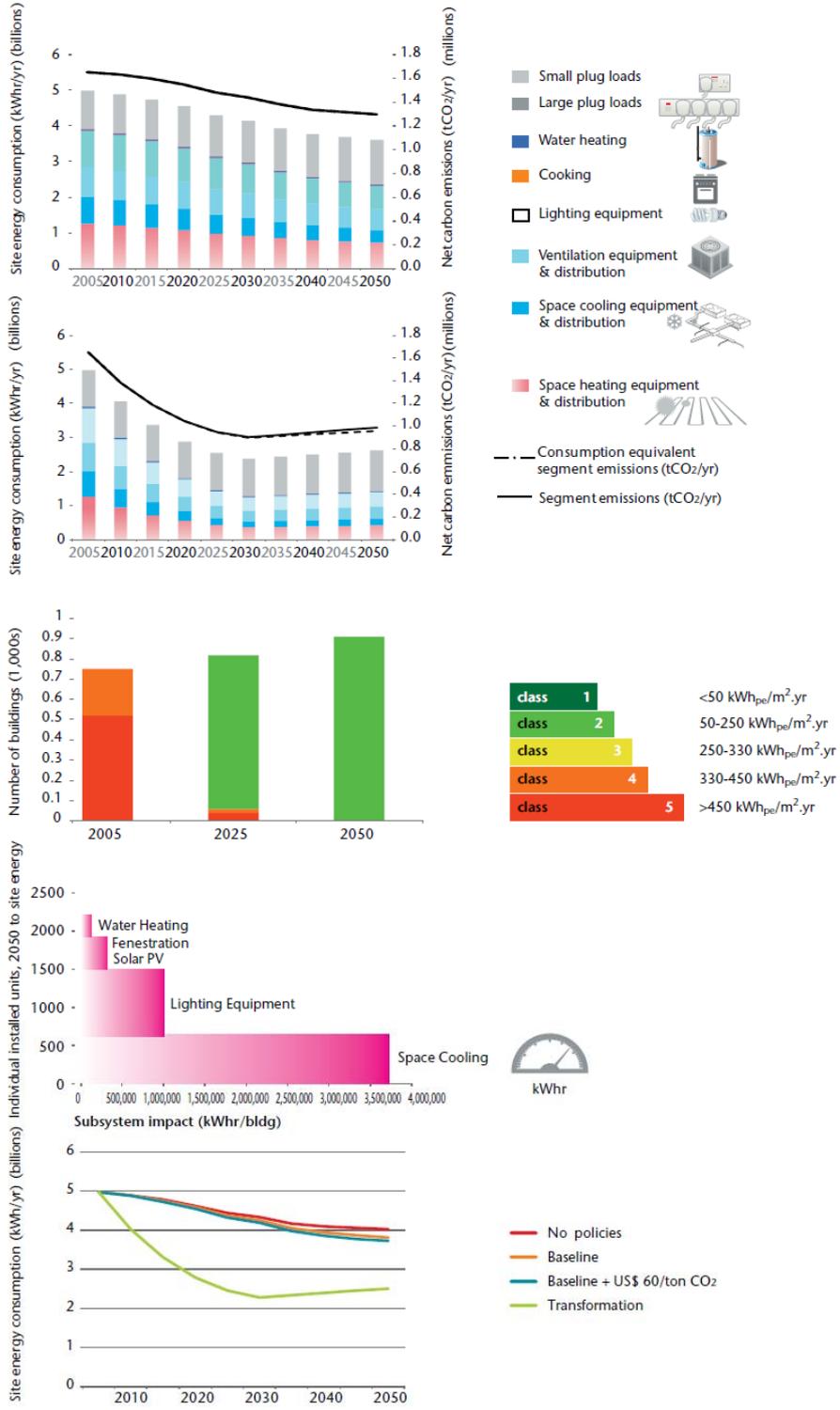
Shifts in building stock energy class under Transformation case - Japan office

対策のインパクト

Individual building subsystem installed base in 2050 and impacts to site energy - Japan office

対策ケース

Submarket site energy outcomes for different policy cases - Japan office

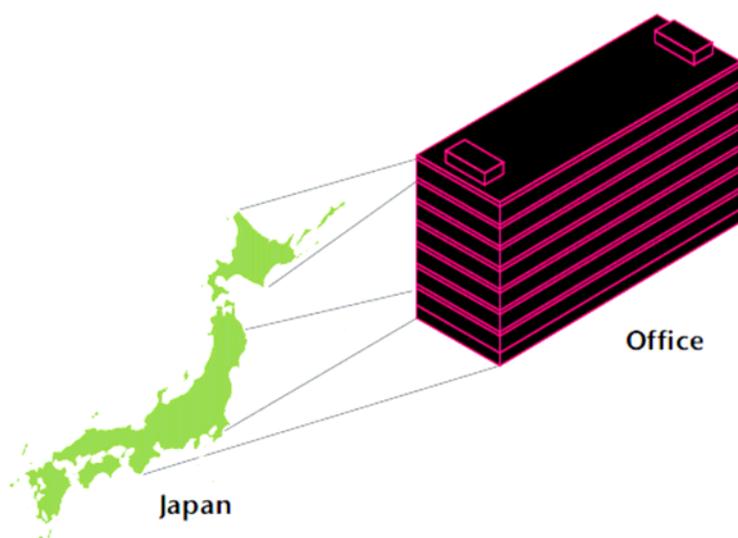


Figures 33, 34, 35, 36, 37

図 33-37

オフィスの市場変革に向けた提言

- ①エネルギー性能の監査、建物性能表示制度の導入、建築規制法の強化
- ②既存、新築建築物の性能向上に向けた補助金導入
- ③性能の低い建築物、機器システム、照明器具を減らすための規制
- ④複数のテナントが混在する建築物における、個別制御、使用量に応じた料金支払体系
- ⑤デベロッパーに対し初期投資のみならず運転コストも考慮する仕組みを導入させるインセンティブ
- ⑥大規模建築、公共建築に対する ESCO 事業
- ⑦高効率機器、高効率照明の研究開発
- ⑧新築低層オフィスにおけるオンサイトの再生可能エネルギー利用
- ⑨オンサイトの再生可能エネルギー利用に関する、研究開発や改修技術等の提案
- ⑩健康性、安全性、防火性等の基準に加え、省エネルギー性を設計基準に加える
- ⑪エネルギー消費、エネルギーコストに対する意識を向上させるための教育



■ 商業施設

商業施設は、大規模モールが増えたことでエネルギー消費量が増加している。EEBの分析では、大規模な商業施設にのみ着目する^{注34}。途上国においても、ヨーロッパや米国のように小規模商店から大規模モールへの移行が進んでいる。また、オンラインショッピングのシェアも増大している。

各店舗のエネルギー消費は販売量と販売面積に影響されるが、両者とも増加傾向にある。トータルの小売店販売額は2001年から2005年の間に35%増加している。

所有形態

商業施設は依然として多様な市場だが、ショッピングセンター等の集中化、国際化が進んでおり、このスケールメリットは省エネルギーに寄与している。集中化は米国で最も進んでいるが、インドでは対照的に150万件の小規模小売店が存在しており、それらの多くは家族経営で、従業員数も少ない(表6)。

表6 小売店の集中化

国	住民1千人当たりの商業施設店数
インド	22
ヨーロッパ南部	17
日本	10
イギリス、オランダ	7
米国	3.8

商業施設のエネルギー消費

米国では、業務用建築分野のうち、商業施設の占めるエネルギー消費の割合は16%である。ヨーロッパでは、業務部門のエネルギー消費の23%を商業施設が占める。エネルギー消費量は商業施設の形態によって異なり、小規模商店は消費量が少ないが、食品サービス、食品販売店は消費量が多い。

商業施設の最大のエネルギー用途は空調と照明である。これはモールも小規模商店も同様であるが、冷房は小規模な商店よりモールの方が全体エネルギー消費に占める割合が大きい。

- ・米国では、トップ100の会社が全売り上げの34%を占める
- ・中国ではトップ100の会社が市場の10.5%を占める

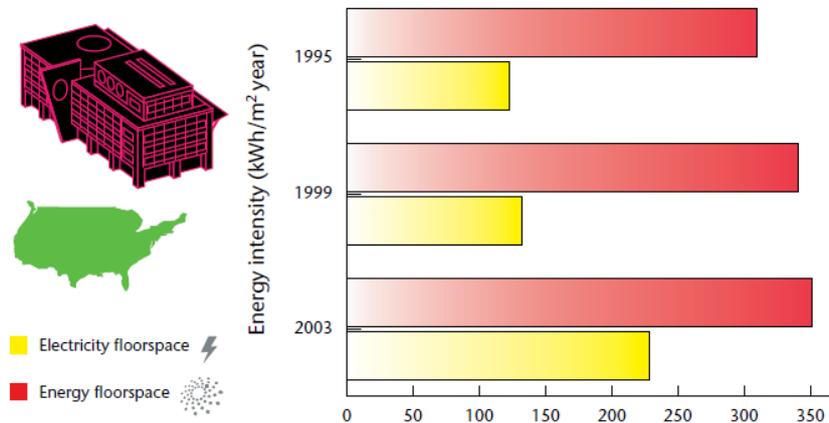


図38 商業施設のエネルギー消費量

エネルギー消費の傾向

他の建物用途と異なり、商業施設では新しい建物の方が古い建物より多くのエネルギーを消費している（図38，39）。米国では商業施設のエネルギー消費量は1995年時点で年間310kWh/m²だったのに対し、2003年には351 kWh/m²となった（約15%の増加）。照明、機器のエネルギー消費量増加に伴い、特に電力の消費量が多くなっている。

電力消費量の増加は、特にモールにおいて顕著であり（図39）、1990年以降に建てられたモールにおける電力消費量は、1959年以前に建てられたものの倍近くになっている。

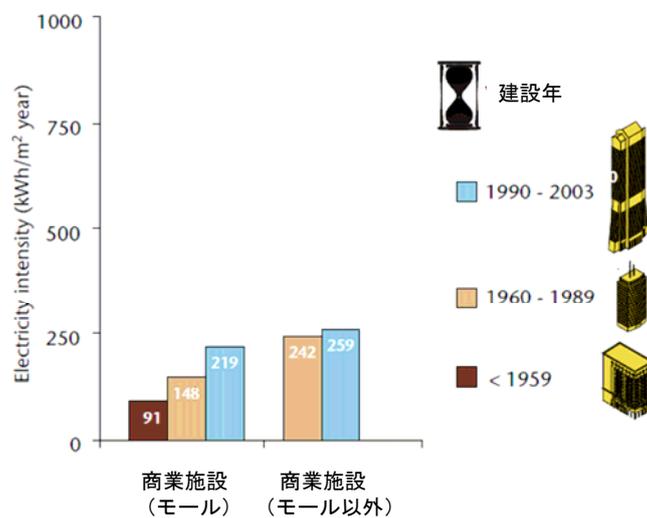


図39 モールのエネルギー消費量の推移

障壁

商業施設のエネルギー消費の増加には、以下のような要因が挙げられる。

- ・ トータルの運用コストに比べて、エネルギーコストの割合が小さく、省エネの優先順位が低い
- ・ 商業施設のオーナーがエネルギーに関する知識に疎い

- ・照明が明るいことが売り上げ増加につながると考えられており、多くの商業施設で照明エネルギーが増加している
- ・熱的快適性の向上が売り上げ増加につながると考えられており、店舗以外の共有エリアにも空調を行っている
- ・開店時間の延長により、エネルギー消費量が増加している

モールにおけるエネルギー消費削減

経済が発展するにつれ、より多くの店舗、多くの機能を備えるモールに移行する傾向がある。

温暖な地域の一般的なモールでは、照明エネルギーが全体の約半分を占めている。これらの多くは共有エリアではなく各店舗にて消費されており、店舗だけで約4分の3を消費している。また、空調による消費量も大きい。また、レストランのエネルギー消費量は大きく、モール全体の約5分の1を占めている。

同じような気候、技術の条件化にあるモールでも、エネルギー消費量は様々であり、最もエネルギー効率の良い店舗と悪い店舗では、エネルギー消費量に3倍程度の開きがある。

以下に挙げるような様々な手法により、投資を短期間で回収しつつエネルギー消費の削減が可能となる。

- ・エネルギー消費量のメーターを設けることで、意識の向上、行動の促進を図る
- ・太陽光発電等による照明エネルギーの確保
- ・冷房、換気システムの改善
- ・外付けルーバーの設置

スマートメーターの設置による省エネ行動の促進により、4万ドル（400万円）から13万ドル（1,300万円）の投資を4か月以内に回収することが可能である。だが、これだけでは大幅なエネルギー消費削減を達成するには不十分である。これにより削減される効果は1%程度であろう。

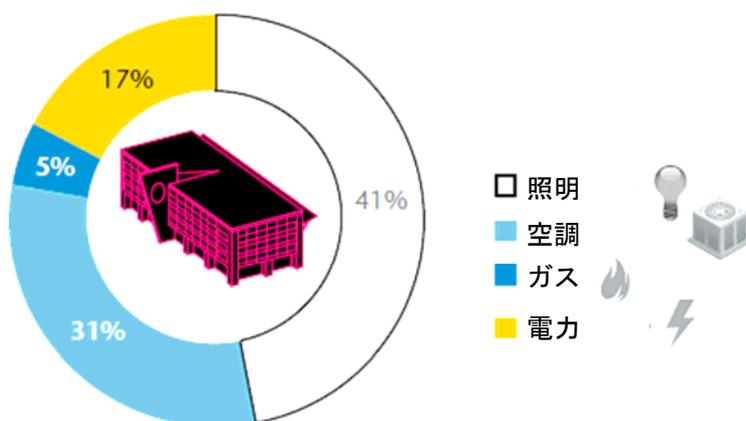


図40 モールにおける照明のエネルギー消費量

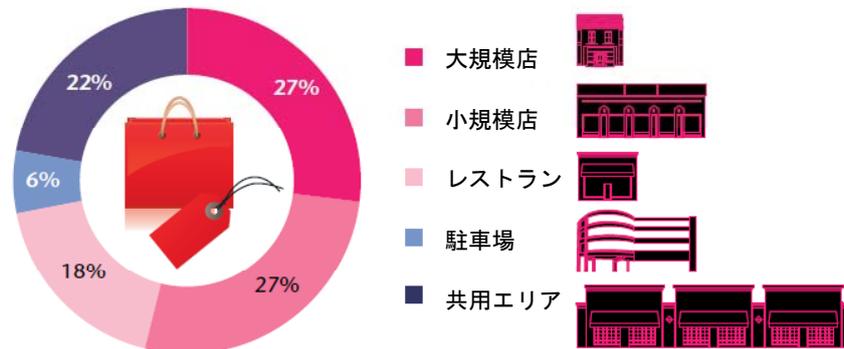


図 4 1 モールのエネルギー消費量内訳

モール1棟あたり 400 万ドル (4 億円) を超えるような対策の組み合わせにより、4 年以下で回収可能な手法によって大幅な削減が可能である。

あるケースでは、300 万ドル (3 億円) 以下の投資によって、モールのエネルギー消費量を 37%削減することに成功したが、全ての投資を回収するのに 5 年以上を要した。個々の手法の投資回収年数は、0.2 年 (フリークーリング) から 18 年 (外部照明の交換) まで幅広い。このケースで最も大きな削減を達成するのは、スマートメーターと太陽光発電システムの導入である。2 つの手法によって、トータルコストの 68%でエネルギー消費量を 75%削減することが可能であり、平均投資回収年数は 4.8 年である。

スーパーマーケットのエネルギー消費量削減

ウォルマートやテスコのような大規模スーパーマーケットでは、先鋭的なデザインによってエネルギー消費量を削減している。ウォルマートはいずれ 100%を再生可能エネルギーで賄う店舗を導入する予定である。2008 年 1 月には、同社は 2005 年比でエネルギー効率 25%向上、冷凍機使用 90%減を達成する 4 つの次世代省エネ型店舗のうち 1 店舗をオープンした。

ケーススタディ：Tesco

Tesco は 2000 年以降、英国の店舗にて床面積あたりのエネルギー消費を半減している。2009 年には、2006 年比でカーボンフットプリントを 70%削減する店舗をマンチェスターに建設した。鉄の代わりに木材を利用し、照明節約のためのライトルーフ、CO₂ を冷凍機の冷媒として利用する、などの様々な設計手法、資材、技術により削減を達成している。70%の削減のうち、31%をエネルギー効率の向上で賄っている。

天井部には特殊な窓を設けており、自然光を販売フロアに取り入れている。またジェルの詰まったパネルにより、余分な熱を取り入れることなく、室内に光のみを取り入れる。オフィス部分には、ミラーチューブを利用して光を取り込んでいる。また照明制御システムにより、自然光取入れ量が増加した場合、自動的に照明を落とす仕組みになっている。

商業施設におけるエネルギー消費削減に向けた提言

- ①エネルギー性能の監査システムの導入、建物性能表示制度の導入、建築法令の強化
- ②既存、新築建築物における性能向上に対する補助金
- ③低効率な建築物を減らすための規制
- ④照明、空調のエネルギー消費量削減
- ⑤小売業者の省エネ意識を向上させるための活動
- ⑥初期コストを減額しエネルギー消費削減量を増やす技術開発
- ⑦モール内の各店舗における消費エネルギーメーターの設置
- ⑧デベロッパーに対し初期投資のみならず運転コストも考慮する仕組みを導入させるインセンティブ
- ⑨新築の小売店におけるオンサイトの再生可能エネルギー利用



3章 市場変革に向けた行動

モデリング分析により、建築市場全体を変革する必要性が明確になった。迅速かつ効果的な対策を行わない限り、建築物のエネルギー消費量は2050年までに運輸、産業部門を足し合わせたよりも大きくなるが、こうした対策を実施すれば、建築分野で現在の運輸部門全体の消費量に相当するエネルギーを削減できる。

建物の数が増大することを加味してもこの削減は可能である。だが現在の政策、金融メカニズム、行動だけでは、企業及び個人の意思決定に影響を及ぼすには至らない。市場に向けたシグナル、規制の強化が市場変革に向けて不可欠である。

初期コスト及び短期での投資回収を重視する傾向、またエネルギー消費量、その削減方法に関する知識の欠如が見られた。エネルギーは多くのユーザーにとって優先事項ではなく、トータルコストに占める割合も小さいため、経済的、政策的に許容される範囲内でのエネルギー価格の上昇は大きな節約効果を生まない。知識のギャップが解消されても、オーナーとユーザーは現状では必要な投資を行わない。また投資が経済合理的でも、それ以外の障壁によってその投資が行われない場合もある^{注38}。また多くのオーナーやユーザーはエネルギー消費量に関する知識、関心が薄く、初期コストを過大評価し、削減量を過小評価している。

これらの障壁を除去することで、エネルギー問題の解消だけでなく、雇用やビジネスチャンスの創出による経済効果が期待できる。だが、金銭面、組織面、行動面の障壁が非常に大きいため、市場の力単体では市場変革を達成することは困難である。市場変革を起こすには、以下のような対策が求められる。

- ・政策、業界のリーダーシップによりエネルギーを最優先課題として位置づけ、省エネ行動の変革、省エネ設計、技術を標準化する
- ・下記により省エネ投資によるリターンを有益かつ信頼性のあるものにする
 - エネルギー価格は大幅な削減を達成する上で十分に高い（炭素価格含む）
 - 資金調達、リスク分散を提供する革新的な資金モデル
 - 初期コストを実行可能なレベルに削減する技術、設計のイノベーション
- ・発展途上国においてエネルギー消費量増大を抑制しつつ生活水準を向上させるための、政府、業界等の主体による活動

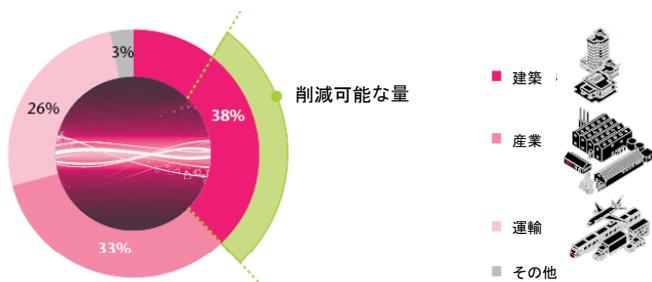


図42 建築部門の削減可能量と運輸部門

“政府、業界は正しい行動をしなくてはならない。さもなければ、何もしないことの良い訳を人々に与えることになる”

EEB ワークショップ
参加者
2008.7

“エネルギー消費は目に見えない。我々はそれを可視化する必要がある”

EEB ワークショップ
参加者
2008.8

“炭素税は省エネ行動を誘発するものではない。一トン当り30ドル（3,000円）の課税では効果はほとんどない”

EEB ワークショップ
参加者
2008.10

■ 行動に向けた提言

建築分野にて市場変革を達成するためには、企業、個人、政府による迅速かつ実質的な行動が求められるが、現状の政策、契約では不十分である。建築物のエネルギー消費に関わる全ての主体による行動が必要である。前章における特定の分野に対する提言をもとに、建築分野のエネルギー需要、及び供給に関して大きく6つの提言を提案する。

本プロジェクトは環境問題を幅広く扱うというよりは建築分野に着目しているが、建築分野のエネルギー消費は運輸、水、食料等と同じくサステナビリティを考える上での要因の一つにすぎない。電力の一次エネルギー構成も非常に重要な問題だが、今回のプロジェクトの範囲からは外している。

提言は各分野に適切に生かされる必要があるが、これらは別々にではなく、全体包括的に生かされるべきである。というのもこれらには重なり合う部分、相互関係する部分があり、また相互に強化し合うためである（図4-3）。地域によって項目ごとの重要性は異なるが、国際的に関連性のあるものである。また、これらは地域間での“共通だが差異ある責任”の原則に基づくポスト京都による気候変動への取り組みを想定したものである。

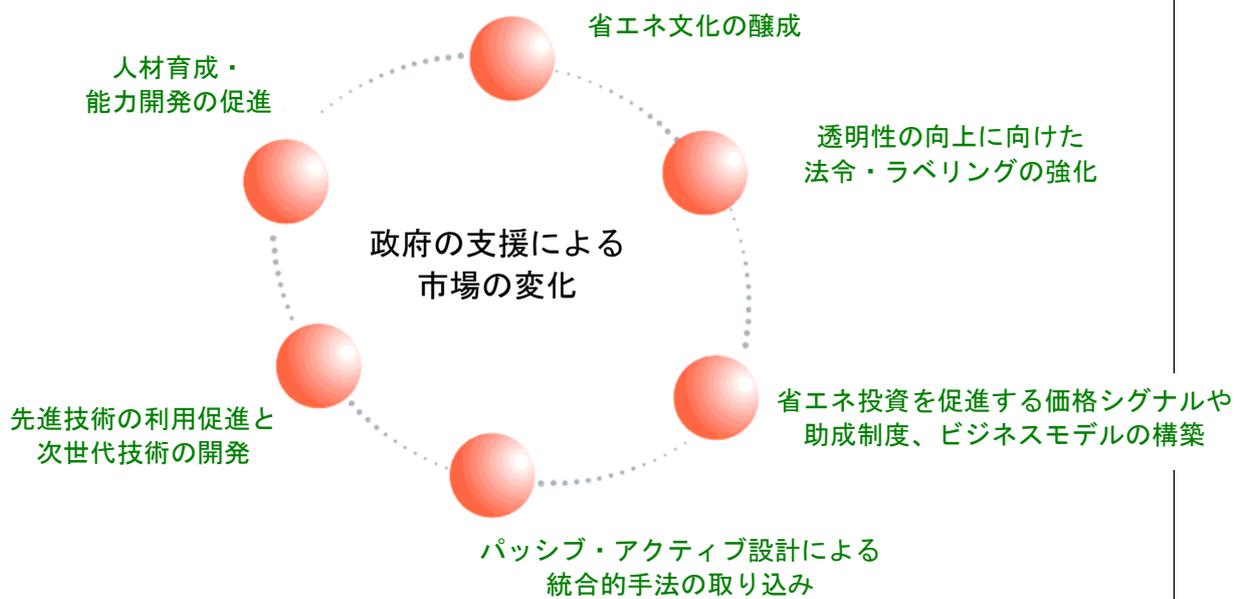


図4-3 提言の相互的なサポート関係

■透明性の向上に向けた法令・建物性能表示制度の強化

モデリング作業を通して、市場原理だけでは市場変革を迅速に達成することは困難であり、何らかの外的要因が必要であることが示された。例として、フランスの戸建住宅では現状の補助金政策では、エネルギー消費量は24%増加することがシミュレーションから明らかとなった（図45）。

課題が差し迫っていることを踏まえると、政府による介入が不可欠である。適切な政策の組み合わせによって、市場を省エネルギーの方向へ効率的に移行させ、行動の変革を誘発することができ、また省エネ行動をサポートするために様々な政策が利用可能である^{注39}。それらには規制だけでなく、物理的、金銭的な手法（提言4）も含まれる。政策はそれ単体で評価されるべきではなく、相互に強化し合うものである。例えば多くの物理的、経済的な手法はエネルギー性能の認証システムを必要とする。また政府は一貫性ある政策支援によって行動を調整し、マーケット間の調和を図ることで省エネ投資を促進することが必要である。

・提言1：気候条件を考慮した建築に関する法令の強化（高いエネルギー性能の要求）、及び継続的な改正

政府は建築物のエネルギー性能に関して高い基準を設けるとともに、それを継続的に改正し強化していく必要がある。それによって、市場におけるエネルギーへの関心を高めることにつながる。そのような厳格な法令、機器効率の要求基準には、建物用途・気候条件ごとに受け入れられるエネルギー消費量の最大値を定義する必要がある。また優れた設計が行われても予想されたエネルギー消費削減を達成していない建築物が多いことから、設計段階だけでなく運用段階においてもこれらの規制は適用されるべきである。実施に当たっては共通の測定手法、データの申告手法だけでなく、エネルギー監査員の育成を通じた適切な法令遵守メカニズムが求められる。

建築規制法にてエネルギー基準を定めることは新築建築物に対して効果的だが、法令を満たしていない建築物が多い途上国ではその影響は限定的になる。先進国では既存建物の改修が課題となっているため、建築物の改修、名義変更時に省エネ対策の導入を要求する法令が有効である。エネルギー基準を設けることは有効だが、厳しい基準が必ずしも必要とされるエネルギー消費削減につながるわけではない。例として、エネルギー効率の高い住宅に住むことが必ずしもエネルギー消費削減につながらない場合が挙げられる。先進国では、一家に2台の冷蔵庫を設置する場合があります、その場合、たとえ高効率な冷蔵庫を購入しても、効率の悪い1台の冷蔵庫より多くのエネルギーを消費する（Two fridge syndrome）。また似たようなケースとして、商業施設において高効率照明を導入してもより多くの照明を設置することでエネルギー消費量が増大する場合が挙げられる。このような現象は“リバウンド効果”と呼ばれ、本来削減されるべきエネルギーが他の要因によって消費されてしまうことをいう。既往の調査では、高効率照明を導入してもより長期間点灯し続けることでエネルギー消費削減量が12%減り、また効率の良い暖房機器を導入しても、設定温度を上げることで30%をロスするという結果が出ている^{注40}。

リバウンド効果を防ぐためにはエネルギー効率だけでは十分でなく、例えば以下のようなエネルギー消費量に関する指標が必要となる。

- ・消費量の絶対値（トータルの消費量）
- ・一人当たりの年間消費量
- ・床面積当たりの年間消費量

このような指標を導入することで、地域のエネルギー需要や文化に即した政策を打ち出すことが可能となる。

・提言 2：建築物のエネルギー消費の測定、建物性能表示手法の開発。また非住宅建築物への性能表示の義務化

市場に影響するようなエネルギー性能に関する情報は公開されるべきである。EU では建物性能表示制度を義務化しており（EPBD を通じて）、特に住宅分野においてエネルギーへの関心を高めている。自発的な建物性能表示制度（BREEAM、CASBEE、LEED、Minergie、PassivHaus 等）はエネルギー性能のみではなく、建築物のサステナビリティに着目している。これらは規制への支援策として導入されており、建物の市場価格にも影響を及ぼすことが明らかになっている。スイスの 9 千戸の住宅における調査では、Minergie によって性能表示された住宅は標準的な住宅に比べ 7%販売価格が高くなる結果となった。これらの性能表示手法は透明性を向上させ、市場における導入を促進するとともに、規制の礎となる。本モデリングでも、建物の性能表示制度が効果的に導入されれば、住宅においてゼロエネルギーを達成することが可能であることが示された。

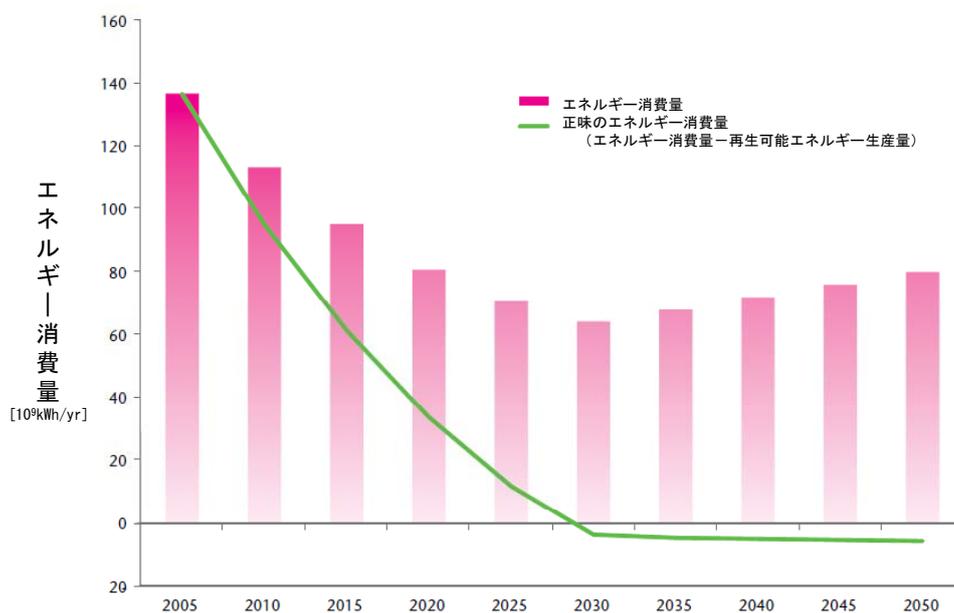


図 4 4 米国北東部の戸建住宅部門におけるエネルギー消費量（市場変革ケース）

建物性能表示制度は市場の力をサポートし、企業や個人が建物を選ぶ際にエネルギーを検討項目に含めることを可能にする。標準化された建物性能表示制度は、性能に基づいた厳しい基準を設ける際の評価の基礎を提供する。

・提言 3：建築物のエネルギー監査の導入によるエネルギー消費量、及びその改善点の明確化

エネルギーをどれくらい消費しているのかを知らなければ、エネルギー消費設備の選択や、省エネルギーを実践することもできないため、エネルギー消費に関してはその透明性が重要となる。同様に、政府も建物のエネルギーの消費実態に関する情報を得ることなしに、適切な改修計画を打ち出すことができない。また不十分な知識やデータは、省エネ投資を阻害するものである。

・提言 4：外皮性能、冷暖房機器等の重要な機器システムの定期的な検査

設計手法、経年劣化、メンテナンスの頻度、使用方法等により、実際の機器性能は大きく左右される。例えば、建物の内部での活動によって窓から空気が漏れることが挙げられる。米国環境保護局によると、すきま風による冷暖房時のエネルギー消費量の損失は、25%から 45%までと幅が広い。

・提言 5：複数の占有者が存在する建物における個別制御、使用量に応じた支払形態

賃貸型の集合住宅やオフィスではインセンティブスプリットが大きな課題である（2章を参照）。テナントは冷暖房制御を行わず、また使用量に応じた支払形態がとられていないことが多く、エネルギー消費量を削減するインセンティブが働かない。個別制御と使用量に応じた支払形態を採用することでこのような問題を解決することができる。オーナーはエネルギー消費量が削減されても利益を得ることができないが、本報告書における他の提言を組み合わせることでオーナーも利益を得られるような仕組みを作ることが可能である。

・提言 6：業務用建築の法令における、安全性、防火性等の他と同じ位置づけ

途上国だけでなく先進国でも、法令が十分に機能していないことは多くある。その要因の一つとして省エネルギーに関する検査システムが充分でないほか、検査官が健康性や安全性といった要素ほどには省エネルギーに精通していないことが挙げられる。法令の強化を行う際は、そのような要素を組み込むことが必要とされる。いくつかの国では、レストランにおける食品安全性の検査にエネルギー性能の検査を組み込んでいる例がある。

■省エネ投資に対するインセンティブの向上

投資家は、将来の規制やエネルギー価格の動向によるリスクを考慮しなくてはならない。建物のトータルコストに対してエネルギーコストの占める割合は小さく、多くのビルオーナーにとってエネルギーの優先順位は低い。

省エネ投資は全てが経済的に魅力的なものではなく、補助金等の政策を組み合わせる必要がある。また、たとえ経済合理的であっても、その多くは長期的なものである。初期投資の大きさ及び回収年数の長さは意思決定における大きな障害となる。本報告書では、エネルギー効率への注目度を高めることで、性能の高さが販売価格や賃料に反映されるような仕組みも提言している。だが、価格シグナルによって建物市場を刺激するインセンティブも必要となる。

・提言 7：市場を刺激するための、政府による十分な税制優遇、補助金の導入

炭素税よりも、税制優遇制度を導入することで省エネ投資の促進に大きなインパクトを及ぼす。

- ・炭素税ではなく補助金を導入することによる初期投資の削減
- ・エネルギー税、炭素税による経済的な影響を避けるために、不動産税、または建物性能表示の結果を反映した税制を導入する。性能の優れた建築物に高い補助金を与えることで、エネルギー効率を向上させるインセンティブを高める。

このようなプログラムの施行に当たっては、予期しない結果を招かないよう注意が必要である。1970年代の日本のエネルギー政策によって空調にガスを燃料とする吸収式冷凍機の導入が推進されたが、電動式の冷凍機の高率向上と電気のCO₂排出原単位の低下により、この政策は結果として多くのCO₂を排出することとなった。また改修時には、窓やボイラーといった個別の要素のみに着目することなく、建築物全体の総合的な性能を高めるよう設計が行われるべきである。

・提言 8：エネルギー消費の削減、及びオンサイトでの再生可能エネルギー利用の推進

初期投資を削減しエネルギー消費削減量を増加させることで、省エネ投資の魅力を向上させる手法が他に2つある。一つ目はエネルギー価格を上げることであり、特にポスト京都以降、炭素価格が上がった場合に起こる可能性がある。これらは経済的に幅広い効果をもたらすものであるが、今回のモデリングによって、経済的、政治的に許容可能な範囲内では投資への意思決定にもたらす影響は小さいことが確認された。また削減可能量は経済的な手法によって増やすことが可能である。いくつかの国では、エネルギー消費量が多くなるほど単価が安くなる制度を導入しているため、エネルギーの無駄遣いが起こっている。

これを逆手にとって、消費量が増えるほど単位当たりのエネルギー価格を高くすることが有効である。既に日本ではこのような仕組みが導入されており、ある電力会社の電気料金は、最初の 120kWh までは 17.87 円/kWh、300kWh までは 22.86 円/kWh、それ以上は 24.13 円/kWh と徐々に単価が上がる。

またドイツやフランスで導入されている、再生可能エネルギーの固定価格買取制度の導入により、再生可能エネルギー利用に対する投資が促進される。

・提言 9：エネルギー事業者や不動産業界、金融機関による初期コストのハードルを乗り越えるためのビジネスモデルの提案

EEB のモデリングにより、多くの省エネ投資は不動産業界、投資家、個人が短期での投資回収を重要視している現状とマッチしないことが明らかになった。投資に対するプレミアムを与えることで大幅な削減が可能となるが、それでも初期コスト増加に抵抗のある投資家は投資を行わない（図 4 5）。

この課題に対する一つの解決法として、ESCO 等の好事例に基づく新たな経済的手法の導入が挙げられる。そのような手法として以下のようなものがある。

- ・ PAYS (Pay as You Save)：初期コストはエネルギー事業者が負担し、消費者はその分を毎月のエネルギー料金に上乗せする形で支払う。ただし、追加コストは節約額を下回る価格に設定される。
- ・ ESCO (Energy Service Company)：エネルギー事業者や他の企業が業務用建築のエネルギー性能を向上させ、節約分をオーナーと折半する。
- ・ ESCO 事業体等がサービス、エネルギー削減量を保証するための契約の枠組み
- ・ 地方自治体による省エネ投資に対する融資制度の導入、及び固定資産税の払い戻し
- ・ 省エネルギー住宅の住宅ローンのリスクを低減するようなファンドの設立

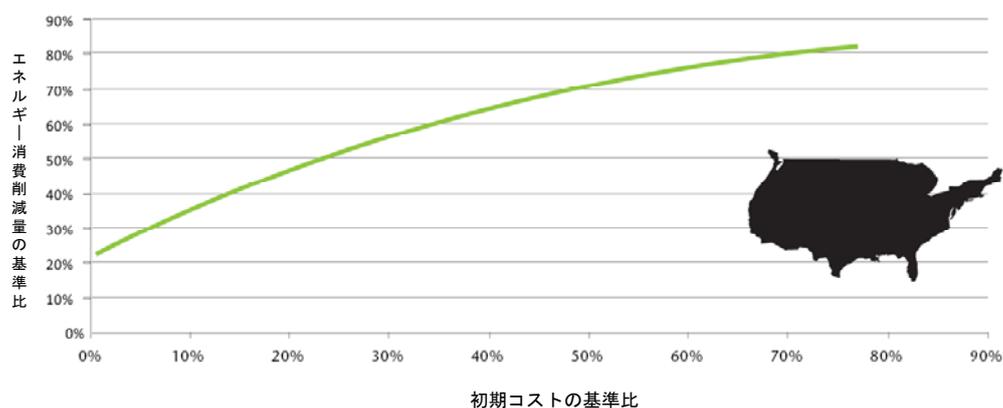


図 4 5 市場変革時の米国北東部の戸建住宅における省エネ機器の導入

■統合設計アプローチ、イノベーション

自然換気や断熱強化のような個別の設計、技術に着目するだけでは、部分最適化に留まってしまう。個別の要素もエネルギー削減には必要だが、全ての関連するシステムに対して統合的な対策を行うことで大幅な削減が達成可能である。米国北東部の住宅におけるモデリングでは、統合化された最適な対策によってエネルギー消費量が72%削減される結果となった。個別の手法では削減量はその半分に満たない(図48)。

また統合的設計プロセスをたどるためには、プロジェクトのスタート時から関係者が関与する必要があり、それによって余計な出費を抑えることができる。

また複数の要素を組み合わせることでより性能の優れた建築物となることから、パッシブ、アクティブ手法をうまく組み合わせることが必要となる。まず最初に考えるべきは外皮性能であり、建物の建っている方位、庇の有無も重要となる。それ以外にも熱容量の大きい物質、自然換気や自然光の利用がパッシブ手法として挙げられる。アクティブ手法には、ヒートポンプの利用、蛍光灯による照明エネルギーの削減がある。

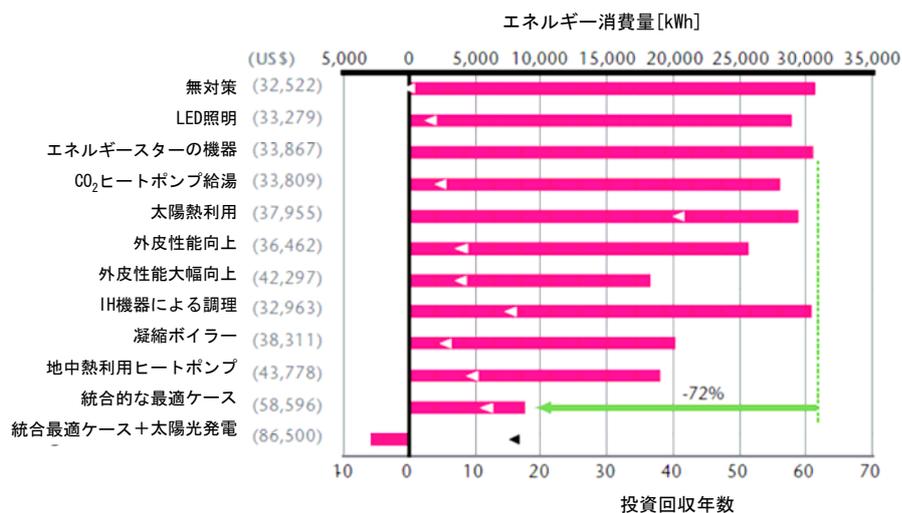


図46 統合設計による性能向上

統合設計は改修時においても重要となる。例えば高効率ボイラーやヒートポンプは、断熱強化や他の手法と組み合わせて導入されることでより高い効果を発揮する。だが統合的な手法は単一手法よりコストが多くなるため、他の資金的手法による支援が必要である。

・提言10：デベロッパーに対する統合アプローチ導入によるエネルギー消費削減のインセンティブ

パッシブ、アクティブ手法を組み合わせることによるシステム全体を考慮した設計によって、エネルギー消費量を70%近く削減することが可能である。しかしひとつの建物に関与する企業が数多く存在することから、それらがプロジェクトに協動的に関わるのが難しくなっている。経済的な評価を重要視する投資

家やビルオーナーの存在によって建築物は標準的な設計に留まり、イノベーションが阻害されている。特にデベロッパーに対してインセンティブを高めるような対策が必要であるが、入札プロセスの存在は統合アプローチを阻害している。デベロッパーにとって重要な検討事項はプロジェクトが承認を得られないリスクであり、90%のプロジェクトは実際に実行に移されることはない。したがってデベロッパーはプロジェクトの初期段階から投資コストを最小化する傾向にある。プロジェクトの早期から異なる分野の専門家が協働することは、設計初期段階のコストを増加させ、プロジェクトが承認されないリスクを伴う一方、後の段階での再設計回避や建設コストを考えるとトータルでコストを削減することができる。プロジェクトが失敗するリスクを減らせることは、デベロッパーのインセンティブを高める要因となる。またエネルギー消費削減のために統合アプローチを採用している場合に優先的に建築許可を行う等の対策によってこのような動きを促進することが可能である。省エネビルに対する規制の緩和も同様にインセンティブを高める要因となり、例えば建築容積率等の上限を上げることでよりエネルギー性能の高い建築物となる例などがある。より厳しい法令や基準を導入すれば、デベロッパーはシステム全体を考慮したアプローチによって経済合理的に適合するようになるであろう。

・提言 1 1 : プロジェクトの早期からの設計者の参入を促進するように、デベロッパーのビジネスモデル、契約条項の再構築

エンジニアを含むプロジェクトに関与する主体は、コスト、特にキャッシュフローが増大することを理由に早期からはプロジェクトに参入しない傾向にある。このような状況を打開するためには、デベロッパーによるエンジニア、建築家への支払体系の変更によってリスクを分散し、様々な主体が設計チームに参入できるような新しいビジネスモデルの構築が必要となる。

・提言 1 2 : エネルギー事業者や他のステークホルダーが統合設計チームに参加することによる省エネルギーの推進

エネルギー事業者に対する規制として、顧客の省エネを支援することや不動産・建設業界とのパートナーシップの締結等を通じたエネルギー消費量の削減を義務づける“省エネクレジット”の導入がなされている国がある。新築建物に対する省エネ設計支援をその一部として考慮できる場合、エネルギー事業者がプロジェクトの統合設計チームに参入することが有効である。

・提言 1 3 : 戸建住宅の性能向上に対する優先的な補助金、インセンティブ

戸建住宅の改修には他と異なる課題がある。戸建住宅においては、部分的な改善は効果が薄いだけでなく費用も高くつく。例えば断熱性能の高い窓を導入しても全体の断熱性能が低ければその効果は微々たるものである。そのような状況を踏まえ、家主が自宅のエネルギー効率向上を経済合理的に行うための情報を得られるようなサービスの提供が必要である。統合設計アプローチの導入においては資金的な助成も有効である。

■省エネ行動を可能にする発展的な技術の開発、利用

・提言 14：建築物のエネルギー効率向上に向けた技術開発に対する初期サポート

エネルギー効率に優れた技術を市場に出すには、初期コストの低減、研究開発を行うことが必要である。特に再生可能エネルギー、パッシブ手法、省エネ機器においては低コストで性能を向上させることが求められている。政府による初期投資の補助は研究開発を加速するとともに市場を活性化するものである。市場規模が大きくなるほどコストの削減が見込まれるため、投資の効果も大きい。このような対策が進めば、初期投資コストの障壁を除去するための他の対策の必要がなくなる。

・提言 15：IT 技術の導入によるエネルギー消費の最小化

IT 技術は設計、コミッショニング、運用時においてエネルギー消費を削減するために役立つ。また BMS (Building Management System) の導入によって、照明、冷暖房を自動化することが可能である。

IT 技術を利用した事例には以下のようなものがある。

- ・モニタリング、測定を行うセンサー
- ・ブラインドの自動制御システム
- ・太陽光発電サービスのメンテナンス

IT 技術の導入によって、特に業務用建築分野、先進国の住宅分野において、エネルギーの無駄遣いに対する意識を向上させることが可能である。意思決定者はエネルギー消費量に注意を払っていないことが多いが、情報技術を導入することで正しい情報を伝え、省エネ行動を促すことができる。例えば個々の機器のエネルギー消費量を計測することで、ユーザーに対して無駄な消費を抑制させることができるが、実際に IT 技術の導入によってエネルギー消費が 15%削減された例がある^{注42}。将来的には建築物の運用を全て自動化することで、さらなる消費量の削減が期待できる。

・提言 16：エネルギー事業者からの顧客に対する情報の提供

エネルギー事業者によるデマンドサイドマネジメントとしてエネルギー消費量、及び削減ポテンシャルに関する情報の提供を行うことで、エネルギーに関する意識を向上することが可能である。また英国で既に例があるように、似たような条件下にある建築物の一般的な消費量との比較を行うことで、ユーザーに対してエネルギーの使いすぎを警告することができる。またスマートグリッドの効果的な運用を行うことで、エネルギー事業者にとってもピーク電力を低減できるといったメリットがある。

■エネルギー消費削減に向けた人材の確保

ここまで述べてきたような省エネ投資を高品質かつ低コストで実行に移すためには、大規模かつ熟練した人材が必要となる。需要の増加に応えるためにもこうした人材を確保する必要がある。そのためには今以上の努力が求められる。

労働者のスキルは軽視されている傾向が見られる。業務用建築において、設備運転技術者は機器システムが適切に運転されるために重要な役割を担うが、エネルギーに関する十分なデータは与えられず、エネルギー効率向上に関わる権限も少なく、相対的な地位が低いのが現状である。本プロジェクトのワークショップのある参加者は、ベストプラクティスを実行するためには、彼らの地位を引き上げることが重要であると述べている。

・提言 17：建築物に関わる全てのステークホルダー及び労働者に対する教育

建築の専門家及び意思決定者のエネルギーに関する知識が不足していることは明らかである。不動産・建設分野の市場を変革するためには、このような障壁を取り除き、利用可能な設計手法、技術を導入することが必要となる。

資金調達、設計、建設、運用時において、省エネに関する教育やトレーニングが必要である。また専門家だけでなく、専門資格を持たない主体に対しても同様のトレーニングが求められる。特に法令を順守していない建築物の多い途上国で、そのような対策が重要となる。また熟練した技術を広めるためには、職業プログラムの利用が有効である。

省エネルギーに関する資格制度の導入は、関連する主体のスキルを向上させるだけでなく、他の提言をサポートする上でも重要である。例えば、地方自治体があるプロジェクトの参加条件として資格者の関与を求めれば、デベロッパーに対してこうした人材をプロジェクトに参加させるインセンティブとなる。

・提言 18：住宅の改修をサポートする“システムインテグレーター”の育成

熟練した技術者が不足しているため、住宅の大規模な改修、特に異なる要素を組み合わせた改修の促進が進んでおらず、ある特定の要素のみの専門家によって行われているのが現状である。よって、改修時に様々なプロセスを統合、運営できる専門家の育成が必要である。それによって、必要となる省エネ手法を分析し住宅全体の設計を行い、適切な建設業者を選択するとともに改修プロセスを管理することが可能となる。

■省エネルギーに対する意識啓発

・提言 19：企業と政府機関による、省エネルギーに対する意識を高める持続的な活動

エネルギー消費削減の目標を達成するようなエネルギーに対する意識の高い文化を創り上げるため、大幅な行動の変革と知識の向上が求められる。そのための最も大きな課題は、建築分野において幅広くエネルギーに対する注目度を高めることである。これは他の提言のサポートにもなる。

建物に関わるステークホルダーに対して、省エネルギーに対する意識、興味、熱意を高めることが必要である。また意思決定者はエネルギー消費削減の機会があるということを十分に理解することが求められる。

これは住宅と業務分野、新築と既存、先進国と途上国を問わず当てはまることである。

ユーザーの行動には大きな差がある。浪費型の行動をすると設計値より約 30% もエネルギーを多く消費するのに対し、節約型の行動を行えば設計値より消費量を約 30% 削減できる (図 4 8)。浪費型と節約型を比較すると、約 2 倍の開きがある。

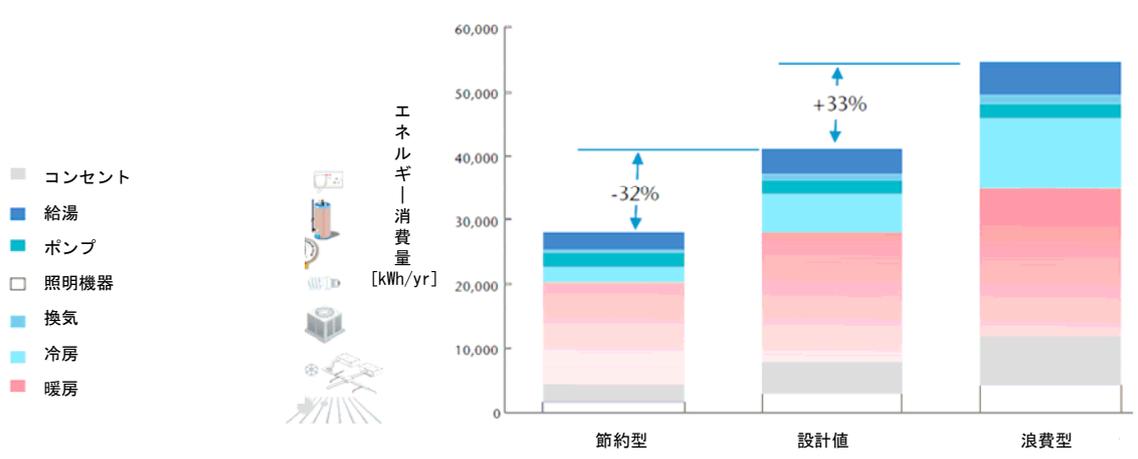


図 4 8 エネルギー消費行動が住宅のエネルギー消費量に及ぼす影響

エネルギー消費量・コストに関する情報の提供を通じたエネルギーに関する透明性の向上によって、意識を高めることが可能である。だが情報だけでは、省エネ行動の変革を起こすには必ずしも十分ではない。またそれ以外にも下記のような障害がある。

- ・理解、知識の不足 —— エネルギー問題や気候変動に対して個人の努力による貢献は小さいという
考え
- ・モチベーションの不足 —— エネルギーセキュリティや気候変動の脅威が人々にやる気を失くさせる、
問題を他人事として捉える、新たな対策を信用せず、従来の方式や古い習
慣に捉われる、行動による利益が明確化されていない

これらの障壁を除去するための方策が必要であり、特に人々に対しエネルギー消費量削減による価値を提示していくことが必要である。

そのためには情報の提供だけでなく、公共、民間による熱意ある働きかけが必要である。

大規模かつ長期的な意識啓発活動によって、新たな理念が生まれる。そのようなキャンペーンは広告手段だけでなく、双方向マーケティングや子供から親への説得等の間接的な手段も用いられるべきである。考え方が変わることで、それまで不可能だったことや非現実的であったことが可能になる。そのような文化の変化は、福祉、安全、そして環境の分野に影響する。多くの企業が安全性を重要視しており、ビジネスにも取り入れられている^{注43}。省エネルギーについても同様の動きが求められる。

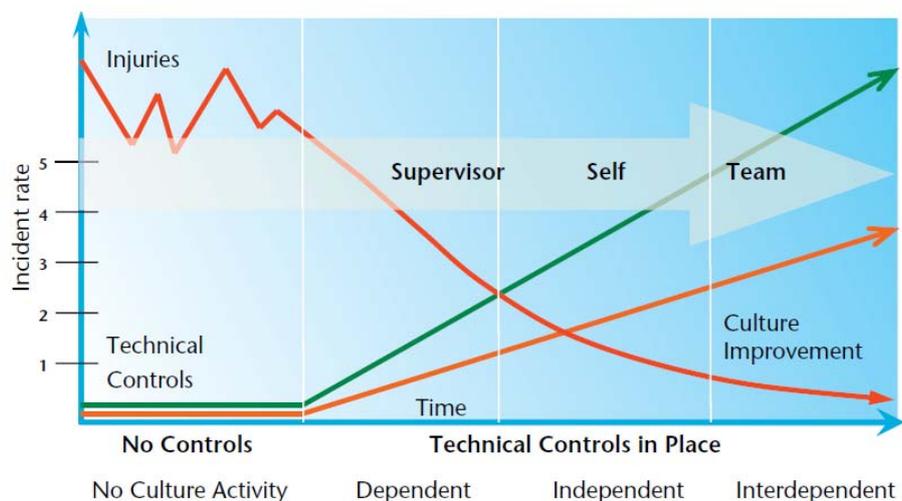


図4.9 環境、福祉、安全に関するモデル（ブラッドリー曲線）

・提言20：企業及び政府機関が自ら省エネ建築を建設することによるリーダーシップの発揮

風土や文化を変えるためにはリーダーシップが必要である。省エネ行動の促進のためには、建物のユーザーが各々注意を払う必要がある。そのためには特に建築に関わる政府機関や不動産業界が自らの建物において適切にエネルギーマネジメントを行う必要がある。そのような働きかけを行うことで、リーダーシップを発揮するだけでなく技術を発展させることにもつながる。

■どれくらいコストがかかるのか？

不動産・建設分野の市場変革にかかるコストは膨大であり、取引コストや市場の反応に影響する。だが何も行動を起こさないことによるコストはそれより更に大きく、ビジネスや市場の安定にとって大きなリスクとなる。建築物におけるエネルギー消費量削減は最も費用対効果の高い方法の一つである。

市場変革にかかるコストは、企業、個人、政府等の社会全体が負担すべきものである。負担は適切に、かつ利益を考慮して分担されるべきである。不動産業界は魅力的な市場を形成するとともに建物の性能を向上させ、個人はより性能の良い住宅を建てエネルギーコストを抑え、政府はエネルギーセキュリティ問題を改善し、環境を保護し、CO2 排出削減目標を達成するとともに経済を活性化させる必要がある。

前述したように、市場単体での対策だけではエネルギー消費削減の目標を達成することはできない。建物のエネルギー消費量を削減するためには規制を導入することが最も費用効果的である。だが、柔軟性のない厳しい規制は逆効果になりかねないため、そのような規制を押しつけないことが重要である。

多くの省エネ改修プロジェクトは現在のエネルギー価格で実現可能である。EEBの対象6地域における今日のエネルギー価格では、年平均1500億ドル（15兆円）を投資することでエネルギー消費量とCO₂を40%削減し、5年以下で投資を回収することができる。またさらに年間1500億ドル（15兆円）を追加的に投資すれば、投資回収10年以内でエネルギー消費量をさらに12%削減し、トータルで半減することが可能である。IEAの目標値である77%の削減にはさらなる投資が必要だが、これに対しては今日のエネルギー価格で経済合理的に達成することは困難であるため、本報告書で提言したような対策が必要となる。市場変革に費やすコストの一部はエネルギーコストの削減によって埋め合わせることができ、残りの追加コストも他の炭素排出削減手法と比較して十分に小さいものである^{注45}。シミュレーションでは、EEBの対象6地域のエネルギー消費者が負担するコストは年間2500億ドル（25兆円）となった。これは市場変革を達成するための追加コスト（エネルギーコスト削減と固定価格買い取り制度の費用を差し引いたもの）である。この値は各建物用途毎の分析から推定されたものである。

炭素価格を上げることは省エネ投資を促進し、CO₂の削減につながるが、我々の分析では1トンあたり40ドル（4,000円）を追加しても削減量は52%から55%にしか向上しなかった。市場が受け入れ可能なエネルギーコストでは、キャップ&トレード、炭素税のような手法を含めてもエネルギー価格に関する対策だけでは投資回収できないことが分かった。本報告書における提言のような対策の組み合わせが必要であり、また市場原理だけでは望む結果を得ることができない。

エネルギー消費及びCO₂排出量を削減し気候変動を安定化させるためには、民間、公共部門が協調して投資を行う必要がある。シナリオに示したような部分的な対策では必要とされるエネルギー消費量削減を達成するためには充分ではない。

政府との協調による不動産・建設分野の市場変革は、以下のような理由から特に重要となる。

- ・建物分野による削減は、他の分野よりも少ないコストで実行可能である。
- ・建物のエネルギー効率を向上させることで、家庭や企業にとってエネルギー価格の高騰による影響を最小限に抑えることができる。
- ・他の分野と比較して、省エネ手法の開発、実行にかかる時間が短くて済む。
- ・省エネ投資は雇用創出効果があり、その量は電力分野の2倍である。

結論として、エネルギー消費量を削減するための市場変革に向けた行動は、経済、社会、環境の各側面から必要なことであるといえる。建物はそのために重要な役割を担う。我々はエネルギー消費量を削減し気候変動を緩和するだけでなく、ビジネスそのものを迅速にサステナブルな方向へ向かわせる行動を今すぐ起こさなければならない。

注釈、引用

1. IPCC 4th Assessment Report, Residential and commercial buildings.参照
2. 最終エネルギー消費量は最終利用形態、一次エネルギー消費は発電に関するもの。
3. サブセクターとは建物用途を意味し、例えば戸建住宅、集合住宅、オフィス等のこと。サブマーケットとは国別のサブセクターのこと。
4. 例えば、McKinsey (2009) *Pathways to a Low-Carbon Economy*; Lend Lease Lincoln Scott Advanced Environmental (2008) *Emissions Reduction in the Building Sector*.
5. 消費者の持つ25%~75%の範囲の割引率については、Fuller, M. (2008), “Enabling Investments in Energy Efficiency - A study of energy efficiency programs that reduce first-cost barriers in the residential sector”, UC Berkeley, for California Institute for Energy and Environment.が詳しい。
6. E E B の最初の報告書 WBCSD (2008), *Energy Efficiency in Buildings: Business realities and opportunities*.を参照。
7. フランスのADEMEによる2008年の調査検討。
8. Lawrence Berkeley National Laboratories (2007), *Energy use in China, Sectoral trends and future outlook*.
9. International Energy Agency, 15 countries, *Worldwide trends in energy use and efficiency*.
10. これらの数字は発電とエネルギー消費における建物のシェアを含んでいる。詳しくは WBCSD (2007), *Energy and Climate: Pathways to 2050* や IEA (2008), *Worldwide trends in energy efficiency*.参照
11. 再生可能エネルギーによるオンサイト発電を除き、エネルギーとCO₂は1対1の関係とみなした。IEAの分析においても、再生可能エネルギー等の導入による系統電力のCO₂排出原単位の改善は、建物による直接的なCO₂排出削減とは切り離している。
12. Levinson and Niemann (2003), *Energy Use by Apartment Tenants When Landlords Pay for Utilities*.
13. Meyer, A.S. and B. Kalkum (2008), *China: Development of National Heat Pricing and Billing Policy*, The World Bank, Formal Report 330/08.
14. Birla Institute of Technology in India, Carnegie Mellon in the US, Lund in Sweden, Tsinghua in China and UFSC in Brazil.
15. China Statistical Yearbook (2007).
16. ANAH (2007).
17. ADEME (2007), Etude BIIS-OPEN.
18. ここでのCO₂排出量は、太陽光発電によって系統側に流れこんだ電力は考慮していない。
19. Fraker, H. (2006), “Unforbidden Cities: Can a new type of ‘gated community’ reverse China’s ecological debacle?” *California Magazine*, Vol. 118:5. Energy Efficiency in Buildings - Transforming the Market
20. Cushman & Wakefield (2007), *India Gaining Momentum: Indian Real Estate Investment Dynamics*.

- 21 United Nations (2007), *UN World Urbanization Prospects*.
- 22 United Nations (2007), *UN World Urbanization Prospects*.
- 23 United States Census Bureau (2000), US Census.
- 24 2003 Housing and Land Survey.
- 25 Japan 2003 housing survey.
- 26 Zhou et al. (2007), *Energy Use in China: Sectoral Trends and Future Outlook*, Lawrence Berkeley National Lab.
- 27 Brown and Wolfe (2007), *Energy Efficiency in Multi-Family Housing: A Profile and Analysis*.
- 28 Brown and Wolfe (2007), *Energy Efficiency in Multi-Family Housing: A Profile and Analysis*.
- 29 Levinson and Niemann (2003), *Energy Use by Apartment Tenants When Landlords Pay for Utilities*.
- 30 McKinsey Global Institute (2008), *Preparing for China's Urban Billion*.
- 31 Junhui, W. "Coping with cold, the challenges of meeting China's fast-rising urban heat demand".
- 32 The Climate Group (2008), "Smart 2020: Enabling the Low Carbon Economy in the Information Age", a report on behalf of the Global e-Sustainability Initiative, with analysis by McKinsey & Company.
- 33 SES, Ceren - EEB group
- 34 この部分については、Innovologie (2006), *Who Plays and Who Decides?*
- 35 Segments in the Indian Retail Industry - Economy Watch
- 36 Innovologie (2006), *Who Plays and Who Decides?*
- 37 IEA energy data.による
- 38 Sullivan, Michael J. (2009), *Behavioral Assumptions Underlying Energy Efficiency Program for Businesses*, California Institute for Energy and Environment (CICE).
- 39 See UNEP Sustainable Building and Construction Initiative (2007), *Assessment of Policy Instruments for Reducing Greenhouse Gas Emissions from Buildings*.
- 40 American Council for an Energy Efficient Economy, US Today (22 March 2009)
- 41 Center for Corporate Responsibility and Sustainability, University of Zurich (2008), *Minergie Macht Sich Bezahlt*.
- 42 Environmental Change Institute (2006), *The effectiveness of feedback on energy consumption*.
- 43 例えば、例として, [the Bradley Curve@telsafe.org/thebradleycurve.pdf](http://thebradleycurve@telsafe.org/thebradleycurve.pdf)
- 44 UNEP Sustainable Building and Construction Initiative (2007).
- 45 IEA (2007), *Energy Technology Perspectives*.参照

■謝辞

このレポートは、当プロジェクトの参加企業の代表者（下記）、共同議長の Bill Sisson 氏(UTC)と Constant van Aerschot 氏(Lafarge)、原稿作成者である Roger Cowe 氏(Context)、モデル分析を担当した Kevin Otto 氏と Pat Casey 氏(Robust Systems and Strategies)、及びプロジェクトディレクターの Christian Kornevall 氏 (WBCSD)によって作成された。

本プロジェクトに参加した企業およびその会社からの主な貢献者は、以下のとおりである。

ArcelorMittal: Didier Bridoux and Thierry Braine Bonnaire

Actelios (Falck Group): Umberto de Servi

BOSCH: Ekkehard Laqua

CEMEX: Javier Vazquez and Claudia Maria Ramirez

DuPont: Maria Spinu

EDF: Dominique Glachant and Marie-Helene Laurent

GDF Suez: Alexandre Jeandel

関西電力: 横川晋太郎

Lafarge: Constant van Aerschot

Philips: Dorien van der Weele and Harry Verhaar

Sonae Sierra: Rui Campos

Skanska: Roy Antink and Dan Haas

東京電力: 前川哲也、山口雅弘

UTC: Bill Sisson, Andrew Dasinger and James Fritz



この印刷物はWBCSD（World Business Council for Sustainable development、持続可能な発展のための世界経済人会議）により発行された。これは参加した会社の役員・職員による共同作業の成果である。発行に際しては、多くの会員企業の精査を経ており、WBCSD会員企業の過半数の見解を代表していると思われるが、すべての会員企業がすべての語句に同意しているものではない。

版權所在：WBCSD 2009年4月

ISBN：978-3-940388-44-5

