

サステイナブル・デザインプロセス研究

研究代表者 高口洋人
(理工学術院建築学科 教授)

1. 研究課題

建築や都市設計の分野では、新築や既築を含め、大幅な省エネルギーや創エネルギー、資源循環的取組など、持続可能な社会形成に向けた取組みが強く求められている。このような課題の解決には技術者だけではなく、行政関係者や金融、不動産市場関係者なども含め、多様なステイクホルダーの協力が不可欠であるが、これらのコミュニケーションの場の設置方法や合意形成を円滑に行うデザインプロセス論は甚だ未成熟な状況にある。また、建物所有者が所有する建築物の性能向上に取り組むにたいと思う動機には、行政の規制や市場の要請といった、社会的経済的要因が強く作用するが、その相互作用や社会をどのように変えていくのかといった時間軸を持たせた社会変容管理の理解は十分ではない。

本研究の目的は、持続可能な社会を実現するために、より環境性能の高い建物を社会に普及させるためのソーシャルデザイン手法を完成することにある。ソーシャルデザイン手法は多様なステイクホルダーの協働による、より質の高いデザインを実現するデザインプロセス管理と、その建物を普及させるためのトランジション管理の開発に分けられるが、それぞれを追求しながらも最終的には統合した手法構築を目指す。

2. 主な研究成果

2.1. 集合住宅 ZEH の普及による東京都の CO2 排出量将来予測

日本のエネルギー基本計画においても、「2020 年までに標準的な新築住宅で ZEH を実現し、2030 年までに新築住宅の平均で ZEH を実現する」という ZEH 実現・普及目標が定められている。この ZEH の実現・普及目標においては、新築戸建住宅のみが対象とされており、集合住宅は含まれていない。その理由として、集合住宅における ZEH の達成は建物の延床面積に対して屋根面積が限定されることから困難であるということがあげられている。

一方、2013 年の住宅・土地統計調査によれば、日本の住宅のうち 44.9%は集合住宅である。また、2008 年の前回調査と比べると、戸建住宅の住宅数は 115 万戸増加、割合は 4.2%増加しているのに対し、集合住宅は住宅数が 136 万戸増加、割合も 6.2%増加と、その増加の割合は顕著である³⁾。このように今後も集合住宅の割合の増加が見込まれる中で、集合住宅についても戸建住宅の ZEH 化に準じた対策が求められるとともに、ZEH 実現・普及目標の妥当性を検証する必要がある。

本研究では、これまで ZEH 実現・普及目標の対象外であった集合住宅を対象とした「集合住宅 ZEH」を新たに定義し、集合住宅 ZEH の普及によって東京都における住宅部門の CO₂ 排出量がどのように変化するか将来予測を行った。さらに 2030 年削減目標に関わる施策として政府の ZEH 実現・普及目標が適当であるか検討し、環境負荷低減シナリオを提案した。

環境性能パラメトリック・スタディより集合住宅 ZEH 外皮性能基準値を算出し、住戸部分と共用部それぞれについて集合住宅 ZEH 定義を提案した。住戸部分については、単位面積当たりの集合住宅 ZEH

基準値を単身者向け集合住宅で 500[MJ/m²・年]以下、DINKS/ファミリー向け集合住宅は 350[MJ/m²・年]以下とし、これを満たすまたは集合住宅 ZEH 外皮性能基準値を満たすことを達成条件と提案した。共用部については集合住宅 ZEH 基準外皮性能相当以上を満たすことを達成条件とし、住戸部分・共用部の達成条件をいずれも満たすものを集合住宅 ZEH と定義した。

一方、東京都の 2030 年の住宅総数は約 806 万戸まで増加すると予測し、戸建住宅は約 181 万戸、集合住宅は約 469 万戸、空き家は約 153 万戸となると推計した。東京都の地球温暖化対策計画に記載されている 3 対策を行った場合の CO₂ 排出量削減率は 19.9% であり、家庭分門の目標である削減率 39% を大きく下回る。新築集合住宅の ZEH 化を対策に含めた場合の削減率は 21.5% となると推計したが、それでも目標達成には届かない。政策目標を達成するには、集合住宅の ZEH 化では不十分で、既築建築物への対策を含む対策強化が求められる。

2.2. 地域産業連関表を用いた木質バイオマス発電の最適導入規模の導出に関する研究

2012 年 7 月に再生可能エネルギー固定価格買取制度が施行され、バイオマス発電により生み出されたエネルギーは施行以前に比べて高値での売却が可能となった。それに伴い、林地残材や工場残材などの未利用材の需要が増加し、2012 年には約 30 万トンだった未利用材の需要は、2017 年には約 350 万トンになると予測されている。

本研究では、産業特性の異なる複数地域において木質バイオマス発電の導入による経済効果を推計し、それらの分析から各地域における最適な導入規模を導出した。はじめに対象地域を選定し、各地域において複数の木質バイオマス導入ケースを設定する。その後、木質バイオマス発電の導入が地域の産業全体へもたらす影響を見るため、ケース毎に産業連関表を作成し、設定した各ケースにおける経済効果を分析した。また経済効果のみでなく、CO₂ 排出量の削減を主とした環境効果についても同時に推計を行い、木質バイオマス発電の導入による多面的な影響について評価を行った。本研究では試行的に、山形県村山地域、埼玉県秩父地域、福島県郡山地域を対象として比較分析した。

村山駅、秩父駅、郡山駅を中心に ArcGIS を用いた到達圏解析を行い、トラック輸送距離 20～50km の範囲において 10km 刻みで集荷範囲を拡大したケースを設定したところ、最も木質バイオマス賦存量が多かったのは郡山地域：ケース④（郡山駅から 50km の範囲内）で、75,610 (DW-t) であった。また、木質バイオマス発電の設置により、最も高い経済波及効果が得られるのは秩父地域：ケース④（秩父駅から 50km の範囲内）で、その波及効果倍率は 2.29 であった。

設定した条件において投資回収年数を推計したところ、最も早く初期投資を回収可能であるのは村山地域で 7.5 年であった。

2.3. 高齢者介護施設における省エネ化阻害要因に関する研究

民生業務部門の中でも増加傾向にある高齢者介護施設は近年の省エネ化の必要性から考えて、環境配慮した建築施設として再整備していくことが望まれている。このような背景から、高齢者介護施設特有のエネルギー消費実態を把握し、長時間にわたる照明負荷・冷暖房負荷・給湯需要を設備改修や再生可能エネルギーの利用により抑えることが必要である。しかし、厳しい経営環境を抱えた高齢者介護施設においては、初期費用の資金調達が困難であることに加え、入居者の健康保全を優先しなければならないこと、省エネ化を行う負担が大きいことから省エネ化が促進されない状態にある。

本研究では、高齢者介護施設における省エネルギー化阻害要因を把握し、対策立案の基礎資料としてまとめた。

高齢者介護施設はその室配置において従来型施設とユニット型施設に分けられる。従来型施設は介護

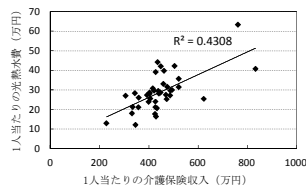


図1 従来型における
光熱水費/人と介護保険収入/人

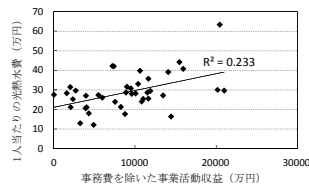


図2 従来型における光熱水費/人と
事務費を除いた事業活動収益

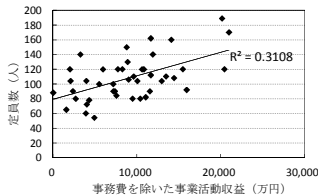


図3 従来型における定員数と
事務費を除いた事業活動収益

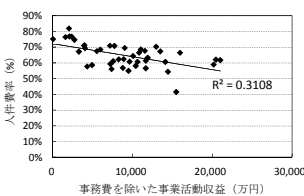


図4 従来型における人件費率と事
務費を除いた事業活動収益

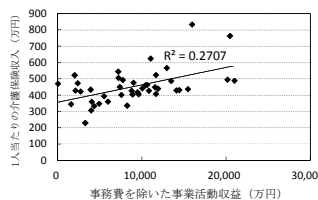


図5 従来型における介護保険収入
/人と事務費を除いた事業活動

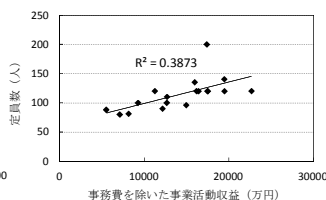


図6 ユニット型における定員数と
事務費を除いた事業活動収益

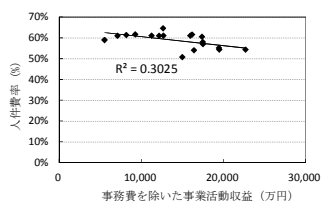


図7 ユニット型における人件費率
と事務費を除いた事業活動収益

のしやすさに重点を置いて作られており、多くが4人部屋で構成されている。ユニット型施設は10前後の個室で1つのユニットを構成し、他の入居者と共同生活をしながら、入居者一人ひとりの生活リズムで暮らせることを優先している。

分析結果の一部を以下に示す。従来型における1人当たりの光熱水費と1人当たりの介護保険収入を図1に示す。相関係数は0.66でやや正の相関ありといった結果となった。1人当たりのサービスが上がるほど、光熱水費も上がると考えられる。従来型における光熱水費/人と事務費を除いた事業活動収益を図2に示す。相関係数は0.48でやや正の相関ありといった結果となった。従来型における定員数と事務費を除いた事業活動収益を図3に示す。相関係数は0.56でやや正の相関ありといった結果となった。定員規模が大きいほど、収益も上がることが考えられる。従来型における人件費率と事務費を除いた事業活動収益を図4に示す。相関係数は-0.56でやや負の相関ありといった結果となった。人件費率が高くなるほど収益は下がるため、人件費増加の抑制が必要となってくる。従来型における介護保険収入/人と事務費を除いた事業活動収益を図5に示す。相関係数は0.52でやや正の相関ありといった結果となった。個室の提供等、1人ひとりのサービスを良くすることにより、収益もよくなることが考え

られる。

ユニット型における定員数と事務費を除いた事業活動収益を図6に示す。相関係数は0.62でやや正の相関ありといった結果となった。定員規模が大きいほど、収益も上がることが考えられる。ユニット型における人件費率と事務費を除いた事業活動収益を図7に示す。相関係数は-0.55でやや負の相関ありといった結果となった。従来型と同様に人件費率が高くなるほど、収益は下がるため、人件費増加の抑制が必要となってくる。

インタビュー等から、多くの施設では可能な範囲での省エネは実施しているとする一方、「初期投資する費用不足」、「入居者の生活環境・従業員の労働環境を優先する必要性」、「省エネに関する知識不足」、「省エネに対する意欲不足」が原因として踏み込んだ省エネ化には到っていない。今後、介護人材不足や介護報酬の減額等を想定すると、従来型の施設は人材確保の負担が大きく、省エネへの投資余力は一層小さくなると考えられる。したがって、現時点で余裕のある従来型の施設は、より収益性の高いユニット型施設への早めの転換を図ることで、収益性の向上と省エネ化を両立することが可能となると考えられる。一方で、定員規模が小さい従来型施設とユニット型施設は、収益性が低く独力での省エネ投資

はほぼ不可能な状況にある。公的支援により規模の拡大を図るか、補助金等の支援により初期投資費用の軽減を計らないと省エネが進む見込みは少ない。一方、定員規模が大きい施設は1人当たりの光熱水費も大きいため、運用改善を行うことによって光熱水費、エネルギー消費が抑制できる可能性が高い。

ESCO 事業を用いることによって、初期投資費用がなしで設備改修ができる可能生もあり、コンサルタント派遣支援等を通じて省エネ化を実現できる可能性が高い。 **共同研究者**

中島裕輔（工学院大学・教授）

前田拓生（高崎商科大学・教授、理工学研究所招聘研究員）

3. 研究業績

3.1. 学会発表

- 1) H. Takaguchi, C. Murakoshi J. Xuan, A. Takayama and H. Nakagami Development of BELDA, Building Energy structure and Lifestyle Database of Asia 16th Conference of the Science Council of Asia, 2016.5
- 2) Yoshiki Baba, Hiroto Takaguchi, Akashi Yasunori, Daisuke Sumiyoshi, Lim Jongyeon, Kento Maruyama, Lee Jieun, Takahiro Ueno, Construction of long-term prediction system for urban environmental loads and Study of Scenario for CO2 Emission Reduction Measures, 13th International Symposium of Asia Institute of Urban Environment , p.283-288, 2016.10
- 3) Abdalmajeed A. M. A. Mohammed, Hiroto Takaguchi, Environmental Improvement Proposal of Sudan Building Codes to Solve Horizontal Expansion and Low-Population Density Problems in Khartoum, 13th International Symposium of Asia Institute of Urban Environment, p.85-90, 2016.10
- 4) 松本知華, 浅野寛人, 高口洋人, 木質バイオマスエネルギーの導入規模と雇用波及効果の関係に関する研究 埼玉県西部地域におけるケーススタディ, 2016 年度 日本建築学会大会学術講梗概集, D-1 分冊, p.825-826, 2016.8
- 5) 市島健吾, 高口洋人, カンボジアにおける生活実態の多様化を考慮した住宅部門エネルギー消費量の推計と将来予測, 2016 年度 日本建築学会大会学術講梗概集, D-1 分冊, p.791-792, 2016.8
- 6) 谷葉留佳, 高口洋人, 建築物のサステイナブル, デザインプロセスに関する研究 その 11 BIM 活用が設計業務効率化に及ぼす効果の検証, 2016 年度 日本建築学会大会学術講梗概集, F-1 分冊, p.29-30, 2016.8
- 7) 西村響, 三好諒, 高口洋人, 中小規模ビルにおける中長期的な省エネルギー計画の策定手法に関する研究, 2016 年度 日本建築学会大会学術講梗概集 D-1 分冊, p.1387-1388, 2016.8
- 8) 三好諒, 西村響, 高口洋人, 中小規模ビルにおける中長期的な省エネルギー計画の策定手法に関する研究 その 2 ライフサイクルコスト評価に伴い効率化と収支バランスを考慮した改修提案, 2016 年度 日本建築学会大会学術講梗概集, D-1 分冊, p.1389-1390, 2016.8

3.2. 受賞・表彰

- 1) 小松昇平：住宅内の環境配慮行動の促進と継続における好子の提案 2016 年度 日本建築学会大会(九州)学術講演会環境工学委員会 若手優秀発表賞
- 2) 筒井隆博：復旧日数を指標にした事業用建築物の地震リスク評価 2016 年度 日本建築学会大会

(九州)学術講演会 建築社会システム委員会 若手優秀発表賞

- 3) 矢口彰久：マルチエージェントシステムを用いた住民 QOL と経済効果からみた都市縮退政策に関する研究,第 17 回 MAS コンペティション 優秀賞

4. 研究活動の課題と展望

プロジェクト研究としては様々な事例研究に取り組んでいるが、次年度以降はこれらを研究・学問体系として再構成し体系化することに取り組みたい。