日本における環境配慮型建築の設計プロセスにおけるコミッショニングの実態
FIELD SURVEY ON COMMISSIONING PROCESS OF DESIGNING GREEN BUILDINGS IN JAPAN

川島 範久*, 高木 理菜**, 高橋 なつみ**, 安田 幸一***

Norihisa KAWASHIMA, Rina TAKAGI, Natsumi TAKAHASHI
and Koichi YASUDA

To realize a “green building”, the commissioning process of designing is vital. Projects adopted in the sustainable building pilot program were investigated by interviewing designers, engineers and consultants. Commissioning works such as various goal settings, responding to the index standards and certification systems, utilization of computational simulation and measurement technique could be seen during the design process. Designers and engineers are expanding their expertise to assess environmental aspects, while collaborating with consultants to create sophisticated simulations and measurements in their design. However, in several projects, international standard such as performance goal-settings and analysis in early design phases were unaccomplished.

Keywords : Design Process, Commissioning, Goal-setting, Simulation, Verification, Consultant

設計プロセス, コミッショニング, 目標設定, シミュレーション, 性能検証, コンサルタント

1. はじめに

1.1 背景：設計プロセスとコミッショニング

地球温暖化やエネルギー問題は東日本大震災以降さらに深刻化し、環境配慮型建築の実現と普及への社会的要請はより一層大きなものとなっている。建築的手法、設備的手法、再生可能エネルギー利用といった環境配慮技術は近年多く出揃ってきており、これらの技術を積極的に採用した「環境配慮型建築」を謳う建築物は多く見られるようになってきた。しかし一方で、これらの実際の効果はこれまで十分に把握されることは少なかった。そのため、定量的な性能検証プロセスであるコミッショニング（以下、Cx と略記）の必要性が近年強く叫ばれるようになってきた。Cx はもともと空調をはじめとする建築設備の性能実現のための手段として用いられ、省エネルギーの観点から、システムや機器の不具合診断・運転の適正化に活用されてきた。当初は竣工後の性能検証を主な対象としていたが、発注者の要求性能を確実に達成するには竣工後の調整では遅く、プロジェクト初期から発注者の要求を取りまとめる包括的なプロセスの重要性が議論されるようになった¹⁾。また、近年は建築設備に限らず、建築エレメントを含めた建物全体に対する Cx の重要性が叫ばれており、それは「トータルビル・コミッショニング」と呼ばれている²⁾。本研究は、そのトータルビル・コミッショニングの観点から、環境配慮型建築の、設備だけでなく建築エレメントも対象として、主に企画・設計フェーズにおける設計プロセスの改善を目的とした実態調査・分析を行うものである。

1.2 コミッショニングの指針等

トータルビル・コミッショニングの指針を示すものとして

ASHRAE Guideline 0-2013³⁾、^{注1)}があり、国際的に広く参照されている。Cx とは品質向上のためのプロセスであり、企画^{注2)}・設計^{注3)}・施工・運用^{注4)}の全フェーズに渡り、OPR の達成を検証し、各フェーズで OPR および BOD の作成・更新・レビューを行うことが求められる（図1）。OPR (Owner's Project Requirement ; 企画・設計要件書) とは、機能上の要求事項や想定される使われ方を詳細に記した文書であり、プロジェクト目標や性能数値目標、コスト、ベンチマーク等の情報が記される。BOD (Basis of Design ; 設計根拠書) とは、OPR や法規・基準・ガイドライン等を達成するために導入したコンセプト、技術や材料、機器の選定、性能確認のための計算などの記録を残す文書である。なお、性能検証業務を遂行するにあたって、第三者性のある性能検証責任者を含む、性能検証チームの形成が求められている（図2）。

日本における Cx の指針としては、空気調和・衛生工学会による「建築設備の性能検証過程 (SHASE G0006-2004)」⁵⁾、^{注5)}や建築設備コミッショニング協会による「建築設備性能検証マニュアル」¹⁾があり、いずれも建築全体ではなく建築設備のみを対象としたものである。また、建築に限らず製品・サービスの品質マネジメントシステム及びそのプロセスを定めるものとして、ISO 9001⁶⁾や ISO 14001⁷⁾といった国際規格もある^{注6)}。

Cx に対するインセンティブを高めるため、米国の環境性能評価制度 LEED⁸⁾では、エネルギー性能や室内環境といった基本的な環境性能を評価する項目に加え、プロジェクト初期における多様な専門家とのチーム編成とデザインシャレット^{注7)}および性能検証の実施が評価され、ASHRAE Guideline に則った各フェーズにおける

* 東京工業大学環境・社会理工学院建築学系 助教・博士(工学)
(元・東京大学大学院工学系研究科建築学専攻 博士課程)

** 元・東京工業大学大学院理工学研究科建築学専攻 修士(工学)

*** 東京工業大学環境・社会理工学院建築学系 教授・博士(学術)

Assist. Prof., Dept. of Architecture, Tokyo Institute of Tech., Dr.Eng.
(Former Dr. Course Stud., Dept. of Arch., Grad. Sch. of Eng., the Univ. of Tokyo)
Former Student, Dept. of Architecture, Tokyo Institute of Tech., M.Eng.
Prof., Dept. of Architecture, Tokyo Institute of Tech., Ph.D.

Cxを行うことがLEED 認証取得の必須条件となっている^{注8)}。一方、日本の環境性能評価制度であるCASBEE¹⁰⁾では、Cxに関する項目として、運用フェーズにおける設備機器のモニタリングのための「計測・計量システムの構築」および「運用管理体制の構築への働きかけ」が選択項目として存在するが、企画・設計フェーズでのCxを評価するものとなっていない^{注9)}。以上のガイドライン・性能評価制度・規格の性能検証プロセスの評価方法を表1に示す。

1.3 既往研究

近年Cxに関する研究は数多く行われており、特に既設建物における機械設備のCxに関して多く報告されている。例えば田上らによる研究¹¹⁾は、運用フェーズにおいて既設ビル1事例の空調システムに対する機能性能試験を行い、空調機器能力や達成される室内環境の確認を行うとともに、空調システム制御の改善すべき点を明らかにしたことを報告している。一方、一瀬らによる研究¹²⁾では、事務所の空調設備改修プロジェクト1事例において実施したコミッションングプロセスの報告がなされている。SHASE G 0006-2004を企画フェーズから適用し、各フェーズでの実行概要とそこで生じた課題が論じられている。一方、太幡らによる研究²⁾では、実験的にインハウスチームにてCx組織を構成し、企画から運用までのライフサイクルを通してトータルビル・コミッションングを行った新築プロジェクト1事例を対象とし、特に建築エレメント（設備以外の部分）に関するCxに関して、チーム体制、目標設定、各フェーズで実施された性能検証の詳細な報告がなされている。

以上で示した田上や一瀬の研究のような空調設備を対象としたCxに関する研究報告は多く行われてきている一方、太幡らの研究のような日本におけるトータルビル・コミッションングに関する研究報告はまだ少ない^{注10)}。また、指針通りのコミッションングを行った事例に限らず、高い環境性能を実現しようとした事例のプロセスをコミッションングの観点から評価する研究はみられない。

1.4 研究の目的と方法：設計プロセスの改善に向けて

日本では、プロセス改善の必要性への認識の高まりから、1990年代後半からISO 9001 およびISO14001 認証を取得する建築設計事務所が出始めた^{注11)}。ISO の認証取得は建築主の信頼を得ることにもつながり¹⁴⁾、ビジネス上有利となりうるためインセンティブが働いたと考えられる。しかし、この1990年代後半から現在にかけて社会情勢は大きく変化し、環境配慮に関する要求性能は多様化してきた。また、近年のコンピュータ技術の進歩による解析技術と

測定技術の発展に伴い、性能検証手法も高度化してきている。そのような過渡期的状況のため、同じISO 認証を取得している事務所でも目標設定および性能検証の方法に違いがあると考えられる。

また、日本の建築業界は、多様な専門家を社内抱える組織設計事務所または総合建設業者（以下、ゼネコン）といった大手企業が有力であることが特徴として挙げられるが、このような企業においては、品質のレビュー^{注12)}は社内プロジェクトチーム外のメンバーが行い、特に専門的な内容に関することは社内の専門部署によって行われることが多くなる^{注13)}と考えられる。一方、建築設計業務に特化する中・小規模の建築設計事務所においては、専門的な内容は外部の専門家・コンサルタントとの協働の中でレビューに相当することが行われると考えられる。よって、チーム体制についても事務所により異なることが予想される。

また表1で示したように、日本では特に企画・設計フェーズのCxが普及するインセンティブが十分に整っているとは言い難く、どこまでの性能検証を行うかは設計者・建築主の判断に委ねられていると言えることから、プロジェクトによって目標設定や性能検証の方法、チーム体制が異なることが予想される。

そこで本研究では、省CO₂先導事業^{注14)}（次章で詳述）に採択された14事例の設計者およびコンサルタントへのインタビューを通して、日本の環境配慮型建築の性能検証プロセスの実態調査を行った。先導的と考えられる事例において、図1および表1で示したASHRAE Guideline 等が示す理想的と呼べるプロセスの実践ができているとすれば、それを可能としたものは何か。逆に、そのよう

表1 性能検証プロセスに関する代表的なガイドライン・性能評価制度・規格

		性能検証の対象	目標設定	文書化	性能検証				チーム	
					事前検証	事後検証	事前検証	事後検証	専門家の活用	第三者による検証
ガイドライン	ASHRAE Guideline 0-2013	建築全体	○	○	○	○	○	○	○	※1
	SHASE G0006-2004	設備	○	○	○	○	○	○	○	○
	建築設備性能検証マニュアル	設備	○	○	○	○	○	○	○	○
性能評価	LEED v4 BD+C	建築全体	◎※2	◎	●	◎	◎	◎	◎※2	●※3
	CASBEE(新築)2014	設備	-	-	-	-	●	-	-	-
規格	ISO 9001 (JIS Q 9001)	建築全体	△※4	△※5	△※6	△※7	△※8	-	-	-
	ISO 14001 (JIS Q 14001)	製品・サービス	△	△	△	△	△	-	-	-

【凡例】◎：必須項目 ○：推奨される行為 △：同様と解釈される内容 —：求められない項目
表註 ※1 Annex E（末尾の付属パート）にて推奨されている。 ※2 Healthcareのみで必須項目。 ※3 選択項目において厳密な第三者性が性能検証責任者に要求される。 ※4 「設計・開発」における「機能およびパフォーマンスに関する要求事項」等を指す。 ※5 「検証・妥当性確認・レビュー」の記録の文書化が求められていることを指す。 ※6 「設計・開発」における「検証・妥当性確認・レビュー」を指す。 ※7 「製造及びサービス提供」における「監視および測定」を指す。 ※8 「力量を備えた人々の雇用・契約締結」、「力量を備えた人々の任命」等を指す。

図1 ASHRAE Guideline 0-2013 が示す性能検証プロセスのフローチャートおよび本研究の対応

図註 ASHRAE Guideline 0-2013に示されるコミッションングプロセス図をベースに筆者による解釈(※)を加えて作成。
※1 ASHRAE Guideline 0-2013におけるOngoing Commissioning Processが行われる段階を「運用一定常期」とした。なお、「運用一初期」がSHASE G0006-2004における「受け渡し後段階」、
「運用一定常期」がSHASE G006-2004における「定常運転段階」と対応する。 ※2 LEED v4 BD+Cで推奨される項目 ※3 SHASE G0006-2004で定義される試験 ※4 筆者が5章にて定義

図2 ASHRAE Guideline 0-2013 が示す設計時のチーム体制

な先導的な事例でさえ、理想的なプロセスと異なる側面があるとなれば、その要因は何かを分析する。以上を通し、主に企画・設計フェーズにおける設計プロセスの改善に向けた考察を行う。

2. 調査対象と調査概要

2.1 省CO₂先導事業の概要

省CO₂先導事業は国土交通省による補助金事業であり、省エネ・省CO₂・低炭素化に関わる先導的な技術の普及と啓発を目的とし、省CO₂の実現性に優れたリーディングプロジェクトにおける先導的な技術導入のための経済的補助を与えるものである（表2）。2008年の創設から2015年度までに、計188件の事例が採択されている^{注15)}。現在、環境配慮に関する補助金事業は多数存在するものの、その多くは特定の技術・機器の導入に対して経済的補助を与えるものであり^{注16)}、建築物の環境性能を総合的に評価するものではない。それに対し本事業は、「既に普及段階にある個別技術の単なる羅列にとどまることなく、住宅・建築物プロジェクト全体としての省CO₂実現の取り組みを評価する」¹⁵⁾ものである。応募要件として省エネ基準への適合とCASBEEランクB+以上の評価を有することが求められ、建物全体のLCCO₂計算結果（新築の場合）や先導的技術の省エネルギー効果等を応募時に示すことが求められ

表2 省CO₂先導事業の概要

名称	省 CO ₂ 先導事業 平成 27 年度より「サステナブル建築等先導事業（省 CO ₂ 先導型）」に名称変更		
運営主体	国土交通省/国立研究開発法人建築研究所	開始年	平成 20 年(2008 年)
概要	年に 2 回公募を行い、省 CO ₂ の実現性に優れたリーディングプロジェクトとなる住宅・建築プロジェクトに対し整備費等の補助を行う。		
対象事業の種類	事業の種類	建物種別・部門	
	1 住宅・建築物の新築	A 建築物（非住宅）- 一般部門	
	2 既存の住宅・建築物の改修	B 建築物（非住宅）- 中小規模建築物部門（概ね 5,000 ㎡以下）	
	3 省 CO ₂ マネジメントシステムの整備	C 住宅・共同住宅	
	4 省 CO ₂ に関する技術の検証	D 住宅・戸建住宅	
応募要件	当該年度に事業着手するもの、省エネルギー基準を満たしているもの、CASBEE 評価が B+ 以上のもの（新築の場合）を対象とする。		
対象事業者	省 CO ₂ 技術を住宅・建築物に導入する建築主等 2 建築主と一体・連携して省 CO ₂ 技術を導入する者等		
選定方法	国立研究開発法人建築研究所が学識経験者からなる委員会による評価をもとに評価結果を国土交通省に報告し、国土交通省が事業の採択を決定する。		
補助額	採択プロジェクト総事業費の 5%または 10 億円のいずれか少ない金額を事業の補助限度額とする。		
設計費	省 CO ₂ 設計のシミュレーションなど先導的な省 CO ₂ 技術に係る建築構造、建築設備等に係る設計費（一般的な設計費は対象外）		
	建設工事費 整備に要する費用のうち国土交通省が認める費用（設計費、用地費を除く）		
	1 事業の概要		
審査に必要な書類	2 導入されている省 CO ₂ 技術の特徴		注* CASBEE 評価結果等 ** 建築物全体の LCCO ₂ 計算結果（新築の場合）、先導的な技術の省エネルギー効果または省 CO ₂ 効果と費用対効果 *** 省エネルギー基準への適合状況を示す資料
	3 建築物の環境効率の評価の内容 *		
	4 省 CO ₂ 効果 **		
	5 省エネルギー措置の概要（新築、既存改修の場合）***		
	実績の報告		
プロジェクト完成後原則 3 年間、全体および補助を受けた技術提案部分についてのエネルギー使用量と省 CO ₂ 技術導入の成果についての報告を求める。			
情報提供	環境効率の評価結果 * および一次エネルギー消費量の計算結果のほか、先導的な省 CO ₂ 技術の普及に関する情報の提供を求める。		注* BELS、省エネルギー基準に基づく一次エネルギー消費量計算結果等の評価・表示項目等

表3 調査対象事例の概要

事例番号	用途	CASBEEランク*	建物規模*	竣工年	所在地	建築主*	建築設計者*	設備設計者*	環境コンサル*	設計者選定方式*
①	事務所(自社)	A	小	2011	愛知県	民間(他)	組織設計事務所	同左	その他(ビル管理)	特命
②	事務所(自社)	S*	小	2010	東京都	民間(他)	組織設計事務所	同左	その他(PM・CM)	プロボ
③	事務所(自社)	S	小	2012	東京都	民間(不動産)	組織設計事務所	同左	社内専門部署/ゼネコン技術研究所/大学研究室	コンペ
④	事務所(自社)	S	小	2013	長野県	民間(他)	組織設計事務所	同左	設計者グループ会社/大学研究室	特命
⑤	学校	A	小	2009	兵庫県	学校法人	個人アトリエ	設備設計事務所	計算代行会社	プロボ
⑥	学校	S*	小	2013	東京都	学校法人	組織設計事務所	同左	社内専門部署/ゼネコン技術研究所/大学研究室	プロボ
⑦	学校	S	中	2012	東京都	学校法人	個人アトリエ	組織設計事務所	設計者グループ会社/環境設備事務所/大学研究室	特命
⑧	病院	S	中	2013	長野県	自治体	組織設計事務所	同左	大学研究室	特命
⑨	複合	A	中	2012	新潟県	自治体	個人アトリエ	設備設計事務所	環境設備コンサル/大学研究室/計算代行会社/その他(インフラ)	プロボ
⑩	複合(含自社)	S	中	2013	新潟県	民間(他)	組織設計事務所	同左	社内専門部署/その他(ビル管理)	プロボ
⑪	複合(含テナント)	S	大	2013	東京都	民間(他+不)	組織設計事務所	同左	設計者グループ会社/大学研究室	特命
⑫	共同住宅	A	小	2010	東京都	民間(不動産)	個人アトリエ	設備設計事務所	建築主グループ会社/ゼネコン技術研究所/計算代行会社	特命
⑬	共同住宅	S	小	2011	東京都	民間(不動産)	組織設計事務所	同左	設計者グループ会社/環境設備事務所/大学研究室	特命
⑭	共同住宅	A	中	2012	東京都	民間(不動産)	ゼネコン設計部	同左	ゼネコン技術研究所/環境設備事務所/その他(インフラ)	コンペ

表註 * 事例②⑥(※)は第三者認証による計算、それ以外は自己評価計算の値を示す。*2 延床面積に応じて、小:10000㎡以下/中:10000~100000㎡/大:100000㎡以上とする。*3 民間会社内に不動産事業部門がある場合は民間(不動産)、それ以外を民間(他)と表記する。*4 個人建築家を代表とした建築設計を専門とする事務所を個人アトリエとする。*5 意匠・構造設計の分野を持たず、設備設計のみを行う事務所を設備設計事務所とする。*6 詳細分類は図7に従う。
*7 プロボとは技術提案書競技方式、コンペとは設計競技方式、特命とは特命随意契約を示す。

る。有識者による審査によって多数の応募の中から選定されることになるため、採択事例は先導的な技術導入がなされているだけでなく、性能検証プロセスにおいても先導的であることが予想される。

2.2 調査対象の概要とチーム体制

本研究では、本事業採択事例の中で建物用途・規模ともばらつきを持たせるように調査対象の選定を行った。なお、戸建住宅は除外し、新築のみを対象とした。本事業における採択事例の主要用途は事務所・学校・病院・複合・共同住宅であり、建物規模は10,000㎡以下のものから100,000㎡以上のものまで多岐にわたっている(図3)。今回対象とした14事例は、これらの用途・規模から幅広く抽出した事例の中で設計者への訪問インタビューが可能だった事例であり^{注17)}、概ね主要用途・規模をカバーしている。

調査対象14事例の概要を表3に示す。この14事例のCASBEEランクはSが9件、Aが5件だった。一次エネルギー消費量原単位を一般建物^{注18)}と比較したところ、日本の一般建物と比べて少ない事例も見られた一方、多い事例もみられた(図4)。

チーム体制を分析する際、主体を大きく建築主・設計者・コンサルタントに分類した(図5)。設計者として、建築設計者と設備設計者(空調・電気)を扱った。また、建築主と設計者以外を広義のコンサルタントと捉え、メーカー・施工者もコンサルタントとした。

図3 省CO₂先導事業採択事例の規模・用途別件数と調査対象事例
図註 2008~2015年度採択事例188件のうち、戸建住宅をのぞく新築の内訳を集計。延床面積不明の事例3件を除外した108件について集計を行った。
応募分類B「中小規模建築部門」は最大で10,000㎡とされており、全て分類：小に含まれる。

図4 調査対象事例の1次エネルギー消費量原単位と一般建物の比較
図註 「建物用途別平均延床面積あたり年間1次エネルギー消費量(2008・DECC)」より作成
全14件にデータ提供を依頼し、回答を得られた10件のみをプロットした

図5 設計プロセスに関わる主体の分類

図6 設計者の所属の組合せ

図7 環境コンサルおよびメーカーの内訳

表4 調査概要

	プレ調査 (期間: 2014年11月～12月)	本調査 (期間: 2015年11月～2016年2月)
調査方法	メールでのアンケート	訪問インタビュー
調査内容	<ul style="list-style-type: none"> 設計のチーム体制 環境施策の利用状況 環境配慮技術の提案または検討した時期および主体、経緯 	<ul style="list-style-type: none"> エネルギー消費量 解析で使用したツール 解析や効果実測等の指標 目標設定 環境施策に対応する業務 環境配慮技術に関する業務 各業務を行った経緯 環境施策が設計に与えた影響

図8 インタビューの属性

調査事例における設計者の所属の組合せとしては、建築設計・設備設計ともに一つの組織設計事務所で行ったものが大半であり、14件中9件を占めた。他に、建築設計を個人アトリエ^{注19)}、設備設計を設備設計事務所が行った事例、建築設計を個人アトリエが行い、設備設計を組織設計事務所の設備部が行った事例もみられた(図6)。また、コンサルタントに関しては多様な主体の関与がみられた。一般の環境設備事務所^{注20)}の他に、大学研究室、ゼネコン技術研究所、計算代行会社^{注21)}などが関与しており、本研究ではこれらを「環境コンサル」として扱った。グループ会社や社内専門部署による例も見られた。メーカーとしては、外装メーカーや機器メーカーの関与が多く見られた(図7)。なお、ASHRAE Guideline等で求められる第三者的な性能検証責任者はみられなかった。

2.3 インタビュー調査概要、インタビューの属性

以上のような14事例に対し、設計者またはコンサルタントへのインタビュー調査を2014年と2015年の計2回実施した(表4)。図8にインタビューの属性を示す。インタビューでは、設計者やコンサルタントといった各主体が、どのようなチーム体制のもと、いつどのような目標設定と性能検証業務を行っているか、その過程に法規・基準・ガイドライン等の環境施策はどのような影響を与えているかといった観点から調査を行った。なお、運用-定常期^{注4)}の性能検証に関しては十分な情報が収集できなかったため本研究では扱わないこととし、運用-初期^{注4)}までの性能検証を対象とした。

2.4 建築主が環境配慮をめざした意図

プレ調査を通して、建築主が環境配慮をめざした意図として、「ライフサイクルコストを削減するため」「社会的責任を果たすため」「建築主の価値観を反映するため」「環境配慮に関する体験・教育を提供するため」の4タイプが複数事例に共通してみられた。そこで本調

図9 建築主が環境配慮をめざした意図

「その他」を選じた3事例における回答

- 情報系の企業であることから、最先端の技術を積極的に取り込んでいきたいと考えたため
- 都市再生特別地区の環境特区として容積率緩和を受けるため
- 分譲のアピールのネタがなくなっており、マンションの付加価値を向上させるため
- ・区に環境審査会があり環境に対して厳しいので、環境に積極的に取り組もうと考えたため

図10 建築主が環境配慮をめざした「その他」の意図

環境配慮をめざす際のハードル

- コスト
- 新しいことに対する技術的リスク
- 社内のコンセンサスを取るのが難しい
- 上手くいくかの不安

図11 環境配慮をめざす際のハードル

査のインタビューでは、これらの意図の傾向を調査した。なお、上記の4つに当てはまらない意図を明らかにするために「その他」の項目を設けた。また、複数回答可とし、複数の意図タイプが該当した場合は、最も重視した意図タイプも調査した。

各意図タイプに該当した事例数を集計した(図9)。「社会的責任を果たすため」「建築主の価値観を反映するため」を意図した事例が多かったのに対し、「ライフサイクルコストを削減するため」を意図した事例は半数以下だった。「建築主の価値観を反映する」ことを最も重視した事例の建築主の多くが民間企業であった。「その他」として、東京都における都市再生特別地区^{注22)}を利用するためや、区の環境審査会への対応のため等、制度と関連する意図も見られた(図10)。一方、環境配慮をめざす際のハードルとしては、「コスト」を挙げた事例もみられ、「新しいことに対する技術的なリスク」をハードルとして挙げた事例もみられた(図11)。

3. 環境性能に関する目標設定

3.1 目標設定の分類

ASHRAE Guidelineではコミッショニング・プロセスの一環として、企画フェーズからの性能数値目標等の設定、そのために導入するコンセプト・技術の選定が求められる。そこで、本調査対象事例において、「コンセプト」・「技術導入」・「性能数値」の3タイプの目標設定がどのように行われていたかを調査した。

インタビュー調査で挙げた「コンセプト」は、建築単体に関するもの、普及に関するもの、プロセスに関するものの3つに、「技術導入目標」はハード技術とソフト技術の2つに、「性能数値目標」は、エネルギーに関するもの、室内環境品質に関するもの、CASBEEランクに関するものの3つに分類することができた(表5)。

3.2 目標設定の傾向と経緯

コンセプトを設定した事例数をタイプ別に集計した(図12)。建物単体に関するものが最も多かった。次いで普及に関するものが3事例みられ、これらは不動産によるフラッグシップ物件と複数展開を検討している民間企業の自社ビルであった。プロセスに関して性能の「計量の徹底」をコンセプトとして掲げていた事例もあった。次に、技術導入を目標として設定した事例数を技術別に集計し、3事例以上で導入された技術を図13にまとめた。太陽光発電パネルの導入を目標とした事例が最も多く、次いでLED照明、昼光センサー、緑化の導入

表 5 コンセプト、技術導入目標、性能数値目標の分類と内容

大分類	小分類	目標の内容
コンセプト	建物単体に関するコンセプト	環境性能の向上 CO ₂ 削減 安全・安心 他
	普及に関するコンセプト	環境性能の高い建物のプロトタイプ 他
	プロセスに関するコンセプト	計量の徹底
目標導入	ハード技術の導入	負荷抑制技術 エネルギー効率的利用技術 他
	ソフト技術の導入	省 CO ₂ マネジメント ユーザー活動誘発 他
	エネルギーに関する目標	エネルギー消費量 CO ₂ 排出量 暖冷房負荷 他
性能数値目標	室内環境品質に関する目標	光環境 温熱環境 換気回数 他
	CASBEE ランクに関する目標	CASBEE S 取得

図 12 各タイプのコンセプトを設定した事例数

図註 14 事例で合計 72 の技術導入目標が設定されていた。このうち、3 事例以上が導入を目標とした技術を図に示す。また [] 内に示す技術タイプは「住宅・建築物省 CO₂ 先導事業における採択事例の技術紹介」を参照し分類した。

図 13 各技術を導入目標として設定した事例数

図註 省 CO₂ 先導事業の応募要件に含まれるものは除く。凡例 ■ 性能数値設定に参照を用いた事例 ■ 参照を全く用いなかった事例

図 14 各タイプの性能数値目標を設定した事例数

凡例 ■ 省 CO₂ 先導事業への応募のために設定した目標 □ 省 CO₂ 先導事業への応募に関わらず設定した目標

図 15 省 CO₂ 先導事業応募のために設定した目標の数

を目標とした事例が多かった。

次に、性能数値を目標として設定した事例の数を集計した（図 14）。エネルギーに関する目標を設定した事例が最も多かったのに対し、室内環境品質に関する目標を設定した事例は少なかった。省エネルギーと CASBEE ランクの目標に関しては、応募要件以上の目標設定のみを扱った。この性能数値目標は JIS 等の基準やエネルギー原単位、他事例等のベンチマークを参照して設定されたものがみられた。また、導入技術の効果を試算し積み上げた結果に近い値を事後的に目標として設定した事例もみられた。

また、コンセプト・技術導入・性能数値に関する目標の全てにおいて、省 CO₂ 先導事業への応募のために設定されたものがみられた。特に、性能数値目標に関しては、コンセプト・技術導入と比べてその割合が多かった（図 15）。実際に「補助金事業への応募に必要な性能数値目標の設定を行った」という意見もみられた。一方、性能数値目標の設定を行わない理由として「建築主からの要望がなかったから」という回答もあった（表 6）。

3.3 目標を設定した時期

目標の多くは、基本設計までに設定されていた。一方、性能数値

図註 全 117 目標が設定された時期を目標タイプ別に示す。図 16 各タイプの目標の設定時期

図註 「技術目標」は技術導入目標、「エネ目標」はエネルギーに関する目標を示す。凡例 ■ 省 CO₂ 先導事業への応募に関わらずエネルギーに関する目標を設定した事例 ■ 省 CO₂ 先導事業への応募のためにエネルギーに関する目標を設定した事例

図 18 エネルギー目標の設定と技術導入目標の設定の前後関係

図 19 建築主の目標設定への関与

図 20 コンサルタントの目標設定への関与

目標は、基本計画以前に設定された性能数値目標は一部であり、実施設計以降に設定された性能数値目標が一定数あった（図 16）。性能数値目標タイプ別の集計を図 17 に示す。これより基本計画以前にたてられたエネルギーに関する目標は少ないことがわかる。また、エネルギーに関する目標が技術導入目標と同時に設定された事例もあれば、技術導入目標が設定された後にエネルギー目標が設定された事例もみられた（図 18）。なお、エネルギー目標が設定されなかった 4 事例のうち 3 事例の用途は共同住宅だった。

3.4 目標設定に関与した主体

次に、各目標を設定する際に、建築主とコンサルタントが関与した割合を調査した。コンセプトの設定では全てにおいて建築主が関与していたのに対し、技術導入と性能数値では建築主が関与することなく設定された目標が一定数あった（図 19）。一方、コンサルタントは、コンセプトと性能数値に関する目標の約半数の設定に関与していたのに対し、技術導入目標の設定に関与した割合は少なかった（図 20）。目標設定に関与したコンサルタントは、設計者のグループ会社・社内専門部署が最も多かった（図 21）。

4. 環境施策に対応する業務

4.1 環境施策に対応する業務の分類

プロジェクトにおいては様々な環境施策に対応する業務が行われる^{注 23)}が、インタビューの結果、「法律で提出を義務付けられた書類の作成や計算（法対応）」、「性能評価制度に関連する必要な書類の作成や計算（評価制度対応）」、「補助金事業に応募するために必要な書類の作成や計算（補助金対応）」、「建築に関する賞への応募に必要な書類の作成や計算（賞応募）」の 4 つの対応業務タイプに分類することができた。その中でも全ての事例に共通して見られたものとして、法対応では省エネルギー基準項目の計算^{注 24)}、評価制度対応では CASBEE 第三者認証取得または自己評価計算^{注 25)}、補助金

表 6 目標設定に関する特筆すべきコメント

目標設定を行った経緯・目的		目標設定を行う際のハードル
建築主からの要望 <ul style="list-style-type: none">●震災の体験から発電機の導入を要望した。	設計者自ら設定 <ul style="list-style-type: none">●建築的アイデアで外皮性能を高める提案をしたかった。●太陽光発電パネルなどの教科書的な技術は導入した。	建築主からの要望がない <ul style="list-style-type: none">●建築主は業務上支障がないかを気にしており、消費電力をはじめとする数値目標は気にしていない。
アピールのため <ul style="list-style-type: none">●見える化は実際の運用には不要だが省 CO₂先導事業において価値があるとされていたので採用した。●太陽光発電パネルは適切な容量を決めることよりも、アピールの方が重要だった。●コンベに勝つため過不足のない PAL 値 25%削減とした。	補助金応募のため <ul style="list-style-type: none">●省 CO₂先導事業応募時に削減見込みを書かなければいけないので、導入するであろう技術を積み上げエネルギー解析を行い、古い本社と比較しエネルギー 4 割削減とした。	目標設定の難しさ <ul style="list-style-type: none">●昼光率は成り行きで決まっているため、自然光利用の数値目標を立てるのは難しい。●プロジェクトが長いと早期の目標が時代遅れになる。

対応では省 CO₂先導事業への応募を分析対象とした。

4.2 環境施策対応業務を行った時期

各対応業務を行った時期を調査した（図 22）。多くの事例で、基本設計段階までに省 CO₂先導事業への応募が決定され、実施設計段階に資料作成・提出が行われていた。この資料作成・提出においては「建物全体と導入技術の省エネルギー効果等の性能検証および文書化」が行われることになる。省エネルギー基準項目の計算や CASBEE 自己評価計算についても実施設計段階に計算を行った事例が多くみられたが、中には計算を基本設計段階以前に行った事例もみられた。これらの計算は外皮や設備機器等の仕様が決まる確認申請前の実施設計段階に行われることが多いが、省 CO₂先導事業への応募時には計算結果が必須であり、採択のためには高い性能が要求されるため計算時期が早まったというコメントもあった。なお、賞への応募を決定した時期はほとんどの事例で竣工後だった。

4.3 環境施策対応業務を行った主体

各対応業務におけるコンサルタントの関与を調査した（図 23）。省 CO₂先導事業への応募・報告にコンサルタントが関わっていた事例が多かった。一方、省エネルギー基準項目の計算や CASBEE 自己評価計算、賞応募は設計者のみで行う事例が多かった。次に、各主体が省 CO₂先導事業に関する対応業務を行った事例の数を集計した（図 24）。設計者は応募資料作成に関わることが多かったが、報告資料作成への関与は少なかった。環境コンサルは応募資料作成と報告資料作成の両方に多く関わっていた。その環境コンサルの内訳としては、グループ会社・社内専門部署が最も多かった。また、報告資料作成業務では応募時に関与していなかった大学研究室が関与していた（図 25）。省エネルギー基準項目の計算および CASBEE 自己評価計算では、コンサルタントが関与した事例の数は少なかった

図 22 環境施策対応業務を行った時期

図 23 コンサルタントの環境施策対応業務への関与

（図 26）。なお、省エネルギー基準項目の計算に関与したコンサルタントは、設計者のグループ会社および協力会社に属していた。また、CASBEE 自己評価計算に関与したコンサルタントはいずれも CASBEE 評価員であった。

4.4 環境施策対応に関する意見

施策対応に関する意見を表 7 にまとめた。省エネルギー基準は、「性能を客観的に説明するものとして利用できた」、「計算結果を設計にフィードバックした」といった意見もみられた一方、「普通に設計していれば基準値を超えるため、特に設計内容への影響は無い」という意見もみられた。CASBEE は「設計者の自己目標」や「環境配慮項目に抜けがないかのチェック」として機能するといった意見がみられた。省 CO₂先導事業は、「新技術導入について建築主を説得する材料として使うことができた」といった意見もみられた一方、資料作成の手間や申請タイミングが限定的であることが制度利用のハードルとして挙げられた。

5. 環境配慮技術導入のために行われた性能検証業務

5.1 環境配慮技術の分類とその傾向

建築研究所による『住宅・建築物省 CO₂先導事業における採択事例の技術紹介』¹⁷⁾の中で、採択事例の技術がハード技術とソフト技術に分類され、さらに詳細な技術タイプに分類されている。調査対象 14 事例で採用された全ての技術を各技術タイプに分類し、該当する技術数を分析した（図 27）。「負荷抑制」と「エネルギーの効率的利用」に該当するハード技術が最も多く採用されていた。ハード

図 24 省 CO₂先導事業の応募資料・報告資料を作成した主体別事例数

図 25 省 CO₂先導事業の資料を作成した環境コンサルの内訳

図 26 省エネルギー基準項目の計算・CASBEE 自己評価を行った主体別事例数

	業務を行った経緯・目的	設計 / プロセス / チーム体制への影響	業務を行う際のハードル
省エネ計算基準	<p>計算結果を活用できた場面</p> <ul style="list-style-type: none"> ●CO₂削減率の客観的説明や、大庇の長さの検討などに PAL、ERR、CEC を利用することができた。 	<p>設計へのフィードバック</p> <ul style="list-style-type: none"> ●PAL の計算は仕様決定後に行った。設計へのフィードバックはなかった。 ●申請直前に計算を行った。PAL 計算後南面の庇の長さを変更。 ●達成は当たり前。普通に設計していれば基準値は超える。 	<p>条件の複雑さ</p> <ul style="list-style-type: none"> ●補助金は複雑で大変。施工者が決まっていたら応募できない、スケジュールが限定的など、条件がわかりにくい。
省CO ₂ 先導事業への応募・報告	<p>建築主からの要望</p> <ul style="list-style-type: none"> ●建築主としては環境配慮したいが補助金がなければやれない。採択がラストまで。 ●建築主からの要望を受けて応募した。 <p>建築主の説得のため</p> <ul style="list-style-type: none"> ●新技術導入に際し、建築主をコスト面で説得するため。 <p>導入技術決定後の流れ</p> <ul style="list-style-type: none"> ●導入技術決定後にこれだけやるなら応募しようとなった。 	<p>補助金応募に伴う技術提案</p> <ul style="list-style-type: none"> ●見える化は補助金が多かったら考えなかった。応募に伴い提案。 ●応募にあたり、太陽光発電・熱給湯の容量を増やした。 ●太陽光発電の容量など、補助金がフォローになった。 ●補助金かといわれることを前提に環境配慮技術の検討を建築主コンサルと設計者で行った。 <p>設計チーム内での協議</p> <ul style="list-style-type: none"> ●先導事業応募に伴い設計者と技術室で応募内容を協議した。 	<p>応募に際しての作業量</p> <ul style="list-style-type: none"> ●計算や書類作成といった事務作業が多く、マンパワーが必要。 ●作業量を担保できるか不安で建築主に無めにくい。 <p>申請時期にスケジュールが合わない</p> <ul style="list-style-type: none"> ●補助金はタイミングが合わないことが多い。対象の部分だけ工事を切り離したり、年度にまたがらないように早めたり、発注に無理が生じることもある。
CASBEE 自己評価 計算、第三者認証	<p>補助金応募のため</p> <ul style="list-style-type: none"> ●省 CO₂ 先導事業応募に必要だったため。 <p>設計者が自発的に計算</p> <ul style="list-style-type: none"> ●設計者の自己目標として行った。 ●社内的にやることになっている。 <p>設計へのフィードバック</p> <ul style="list-style-type: none"> ●CASBEE を使って環境配慮項目に抜けがないかをチェックすることができた。設計にフィードバックできる。 	<p>試算時のランクの維持</p> <ul style="list-style-type: none"> ●基本設計時にチェックしたところ、S がとれそうだった。実施設計では S から落ちないように気を付けながら進めた。 <p>設計へのフィードバック</p> <ul style="list-style-type: none"> ●設計にフィードバックしつつ基本設計中に行った。 <p>CASBEE 評価員の関与</p> <ul style="list-style-type: none"> ●CASBEE 自己評価計算は評価員に委託した。 	<p>認証取得に際しての作業量</p> <ul style="list-style-type: none"> ●書類作成作業が煩雑である。 <p>高評価を目指すことによる過剰スペック</p> <ul style="list-style-type: none"> ●CASBEE ランクが高い＝省エネルギーというわけではない。条件によっては設備機器の過剰スペックになることがある。 <p>点数付けへの疑問</p> <ul style="list-style-type: none"> ●本来デザインに点数をつけることはできない。
賞・応募・その他	<p>設計者自ら賞応募</p> <ul style="list-style-type: none"> ●設計者が良いものができたと考えたため応募した。 <p>建築主からの要望で賞応募</p> <ul style="list-style-type: none"> ●大庇等の名のつく賞を狙ってほしいという希望があった。 	<p>賞応募による設計への影響なし</p> <ul style="list-style-type: none"> ●良いものができたから応募した。始めから賞狙いではなかった。 ●実験の結果が出てから環境系の賞への応募を検討開始した。 <p>都市再生特別地区提案による環境配慮、業務発生</p> <ul style="list-style-type: none"> ●都市再生特区提案のため環境配慮をめざし解析等を行った。 	<p>賞応募に際しての作業量</p> <ul style="list-style-type: none"> ●環境系の賞は応募時に大量の資料を必要とするものがある。 <p>建築主から賞応募の要望がない</p> <ul style="list-style-type: none"> ●デイベロパターと違い、病院は機能が優先なので無理に賞をとろうとすることはない。

14 事例において導入された技術に対して行われた性能検証業務を、企画・設計フェーズの事前検証（解析）^{注26）}、施工フェーズのモックアップ試験^{注27）}、運用フェーズ／運用-初期の事後検証^{注28）}に分類し、それぞれの業務が行われた技術数を集計した（図 29）。なお、運用 - 初期の事後検証は、機能性能試験とアンケート調査^{注29）}に分類し、機能性能試験はさらに、BEMS を用いた実測（BEMS 実測）と短期のセンサー設置による実測（短期実測）の 2 つに細分類

解析の多くは空調設備設計者によって行われていたものの（図 31）、約 4 割はコンサルタントが関与して行われており（図 30）、そのうち環境コンサルとしては社内専門部署や大学研究室が、メーカーとしては外装メーカー等が関わっていた（図 32）。

[illegible]

ハード技術	ソフト技術
<p>186 技術中</p> <p>○開閉式太陽光発電/パネル換気システム、雨水循環を応募に伴い提案した。</p> <p>○緩衝空間やエコシャフトなど、建築計画と同時にすすめていくものは建築主が受け入れやすかった。説明も複合的にしている。</p> <p>50 (27%)</p> <p>136 (73%)</p>	<p>62 技術中</p> <p>○当プロジェクトにおいてBEMSはオーバーパスであったが、省CO₂先導事業をとるために提案。</p> <p>○見える化は補助金がなかったら考えもしなかった。応募に伴い提案。</p> <p>○建築主が開発・標準化していた。</p> <p>16 (26%)</p> <p>46 (74%)</p>

11. *Journal of the American Medical Association*, 2000; 283: 2689-2694.

業務タイプ		各業務が行われた技術の数							各業務が行われた技術タイプの割合					
		28	技術中	20	40	60	80	100				120		
企画設計	事前検証（解析）	110	■	■	■	■	■	■	■	■	■	44	37	18/24
	施工	モックアップ試験	11	■	■							5	4	1/1
運用初期	事後検証	BEMS 実測	55	■	■	■	■	■	■			10	25	14/23
		短期実測	54	■	■	■	■	■	■			28	13	10/18
		アンケート調査	8	■								3	5	

図註 14事例で抽出された248技術のうち、各業務が行われた技術の数を示す。

凡例

- 負荷抑制
- エネルギーの効率的利用
- ▨ 再生可能エネルギー利用
- ▤ 省資源・マテリアル対策
- ▧ 室外環境への配慮

企画・設計フェーズ	施工フェーズ	運用フェーズ／運用・初期			
事前検証 (解析)	モックアップ試験	事後検証			アンケート調査
		機能性能試験		アンケート調査	
		BEMS 実測	短期実測		
解析が行われた 110 技術中	モックアップ試験が 行われた 11 技術中	BEMS 実測が 行われた 55 技術中	短期実測が 行われた 54 技術中	アンケート調査が 行われた 8 技術中

 

図31 解析を行った主体別技術数と技術タイプの割合

図32 解析を行った環境コンサルおよびメーカーの内訳

図33 使用された解析ツール別技術数と技術タイプの割合

用が最も多かった。光解析ツール^{注32)}と流体解析ツール^{注33)}の使用も一定数みられたが、熱負荷・エネルギー解析ツールや机上計算と比べると少なかった。各解析の実施時期としては、基本計画以前から通して行われており、熱負荷・エネルギー解析や机上計算は確認申請前の実施設計段階に多く行われていた(図34)。

ツール別で解析を行った主体をみると、熱負荷・エネルギー解析、光解析、机上計算においては設計者とコンサルタントの割合に大きな差は見られなかった。一方、流体解析は75%がコンサルタントによって行われており、換気回路網計算は75%が設計者によって行われていた(図35)。流体解析は専門的な内容であり、計算に時間がかかることから、「設計者自身で行う余裕がない」という意見もみられた(表8)。また、省CO₂先導事業の応募に関わらず解析を行ったとする事例も多かったが、省CO₂先導事業のために行ったとする事例も一定数みられた(図36)。解析に関するコメントとして、「設計

表8 性能検証に関する特筆すべきコメント

	業務を行った経緯・目的	設計/プロセス/チーム体制への影響	業務を行う際のハードル
企画・設計フェーズの解析	<p>確信を持つため</p> <ul style="list-style-type: none">●目標を達成しているか、設計意図が成立しているかを確認するためにを行った。●設計者が確信を持つために行った。 <p>補助金応募のため</p> <ul style="list-style-type: none">●省CO₂先導事業への応募のため、エネルギーの確認を行った。 <p>検討時の資料とするため</p> <ul style="list-style-type: none">●建物に合っていてコスト等も合理的な空調システムを選ぶためにを行った。●目標値を達成するにはどのような方法があるのかを検討するためにを行った。	<p>フィードバックなし</p> <ul style="list-style-type: none">●確認のため解析を行ったので、解析の結果をみて設計を変更することはない。フィードバックを受けることはない。●解析は入力条件によって結果が変わるためあまり信じていない。設計者のイメージと解析結果が合っているかを確認している。解析の結果で考えは変わらない。 <p>建築設計者の解析ツール習得</p> <ul style="list-style-type: none">●最近、建築設計者もCFD解析ができるようになってきている。BIMスペシャリストチームができてきている。 <p>解析ができなかった部分のフォロー</p> <ul style="list-style-type: none">●設計時の解析ではフォローできなかった部分も検証。	<p>お金や時間がない、手間がかかる</p> <ul style="list-style-type: none">●建築設計者は解析を行う時間とお金がない。●設備設計者はツールもあり解析は可能であるが、モデリングの手間等がありやるのが難しい。●プロジェクトがあまりに早いスピードで進むため余裕がない。●CFD解析は時間がかかる。 <p>ツールの難易度</p> <ul style="list-style-type: none">●建築設計者にとってシミュレーションは難易度が高い。 <p>設計のパターン化</p> <ul style="list-style-type: none">●設計がパターン化できているから解析は必要ない。
運用・初期検証	<p>知見を得るため</p> <ul style="list-style-type: none">●設計会社の知見とするため、エネルギー使用量、温熱環境、自然換気効果の実測を大学研究室へ依頼した。	<p>実測結果の発表</p> <ul style="list-style-type: none">●性能検証の研究結果を学会で発表。●省へ応募の応募時、プレゼン時に機能性能試験の結果を添えた。	<p>建築主からの要望がない</p> <ul style="list-style-type: none">●解析や機能性能試験をはじめとする+アルファの業務を建築主から希望されることはない。

図34 各解析ツールで解析を行った時期

図35 各解析ツールで解析を行った主体

図36 省CO₂先導事業応募のために解析を行った事例数

計者が確信を持つため」とった意見や、「解析の結果を受けて設計を変更することはなかった」という意見もみられた。また、解析を行うハードルとして、時間やお金、難易度、モデリングの手間等が挙げられた(表8)。

5.4 運用フェーズ/運用 - 初期の性能検証(事後検証)

運用 - 初期の性能検証は空調設備設計者または環境コンサルによって多く行われており、建築主と施工者の関与も見られた。また、環境コンサルによる短期実測の検証数は空調設備設計者によるものと比べて多かった(図37)ことから、短期実測の専門性の高さが伺える。また、環境コンサルとして大学研究室が多く見られた(図38)。

性能検証の評価指標としては、エネルギー消費量や発電量等のエネルギーに関する指標と、温湿度や照度等の室内環境品質に関する指標が多く、同数程度見られた。室内環境品質に関しては、BEMS実測よりも短期実測で多く評価されており、アンケート調査もみら

図 37 運用・初期に行なった性能検証の主体別数と技術タイプの割合

図 38 性能検証（運用・初期）を行った環境コンサルの内訳

図 39 指標タイプ別性能検証（運用・初期）の数

図 40 省 CO₂ 先導事業応募のために運用・初期に性能検証を行った事例数

れた（図 39）。省 CO₂ 先導事業では、建物全体および補助を受けた技術提案部分の効果の実績報告が求められている。省 CO₂ 先導事業とは関係なく実施されたものが多かったが、省 CO₂ 先導事業のために行われた性能検証も一定数みられた（図 40）。省 CO₂ 先導事業と関係なく性能検証を行った理由として、事務所の知見としての蓄積や、賞の応募のためという回答も見られた一方、性能検証を建築主から希望されることは少ないという回答もあった（表 8）。

6. 結論・今後に向けて

「環境配慮型建築」の実現のためには設計プロセスにおけるコミッションングが肝要であるという観点から、日本における先導的な事例の実態調査を行った。

目標設定として、コンセプト、技術導入、性能数値に関するものがみられた。性能数値目標のうち室内環境品質に関する目標が設定

された事例は少なかった。目標の多くが基本設計以前に設定されていたが、性能数値に関しては基本計画以前に設定された目標は一部であった。エネルギー消費量の目標が基本計画以前にたてられた事例は少なく、導入技術決定後にエネルギー消費量の目標がたてられた事例も見られた。なお、目標設定にはコンサルタントの関与が見られたが、技術導入目標の設定への関与は少なかった。

多くの事例で、基本設計段階までに省 CO₂ 先導事業への応募が決定され、実施設計段階に資料作成・提出が行われていた。この資料作成・提出は建物全体と導入技術の性能検証および文書化にあたる。省エネ基準計算や CASBEE 評価計算は、確認申請前である実施設計段階に行われることが多かったが、省 CO₂ 先導事業への応募のためにその計算が早まった事例も見られた。環境施策の対応業務にもコンサルタントの関与が見られ、特に省 CO₂ 先導事業の対応への関与は多かった。

事前検証（解析）としては、熱負荷・エネルギー解析と机上計算が多く行われていたが、それと比較して室内環境品質と関連の深い光解析や流体解析の実施数は少なかった。また、解析を行うハードルとして、時間やお金、難易度、モデリングの手間等が挙げられた。これらの解析にはコンサルタントの関与も見られたが、空調設備設計者によって多く行われていた。事後検証はエネルギーおよび室内環境品質の指標に対して同数程度行われていた。これらは主に空調設備設計者と環境コンサルによって行われていたが、短期実測には他の性能検証業務と比べて環境コンサルが多く関与していた。

以上のプロセスの特徴を、表 1 で示した項目に従って評価を行い、今後に向けた考察を行った（表 9）。目標設定、文書化、事前・事後の性能検証といった Cx に関連する業務が多く行われていたが、企画フェーズからの性能数値目標設定および事前検証（解析）が不十分であり、「改善の必要あり」とした。また、性能検証に関連する業務は、設計者自身により行なわれることもあれば、コンサルタントとの協働により行われることもあったが、第三者的な性能検証責任者が存在した事例は見られず、この点は「大きな改善が必要」とした。また、これらの業務は省 CO₂ 先導事業の応募のために行われたものもあり、この事業は Cx を促進していたとも言えるが、補助金事業が無くても Cx が行われるようになるのが望ましい。そのため、高い環境性能の建築実現へのインセンティブを強化し、解析ツール等の適切な整備をまず行う必要がある。また、Cx 業務の専門性と重要性、および第三者的性能責任者および Cx 業務を補助するコンサルタントを含むチーム編成の重要性が認識され、さらには Cx にインセンティブを付与する制度が整備されること等が望まれる。

表 9 日本における環境配慮型建築（省 CO₂ 先導事業採択 14 事例）における設計プロセスのコミッションングの観点からの評価

項目	省 CO ₂ 先導事業採択 14 事例における実態	評価	今後に向けて
目標設定	● 目標設定として、コンセプト、技術導入、性能数値に関するものがみられた ● 性能数値目標のうち室内環境品質に関する目標設定がなされた事例は少なかった ● 目標の多くが基本設計以前に設定されていたが、性能数値に関しては基本計画以前に設定された目標は一部であった ● 基本計画以前にたてられたエネルギー目標は少なく、導入技術決定後にエネルギー目標がたてられた事例も見られた	△	● 企画フェーズから、エネルギー消費量および室内環境品質の性能数値目標の設定がなされるべき ● 本来、性能数値目標を設定した後に、それを達成するための技術導入が決定されるのが望ましいとも考えられる
文書化	● 多くの事例で、基本設計までに省 CO ₂ 先導事業への応募が決定され、実施設計時に資料作成・提出（性能検証結果の文書化）が行われていた ● 省エネ基準計算および CASBEE 評価計算（基準等の達成確認・文書化）は確認申請前の実施設計段階に行われることが多かったが、省 CO ₂ 先導事業への応募のためにその計算が早まった事例も見られた ● 省エネ基準や CASBEE は設計の指針として機能するという意見もあれば、設計への影響はないという意見もみられた	○	● 省 CO ₂ 先導事業等の補助金が無くても、建物全体および各技術に関する性能検証の文書化が行われるのが望ましい ● 環境施策が設計の指針として利用されるには、インセンティブの高さや達成難易度の高さが必要と考えられる
性能検証	● 事前検証（解析） ● 熱負荷・エネルギー解析と机上計算が多く行われていたが、それと比較して室内環境品質と関連の深い光解析および流体解析の実施数は少なかった ● 解析を行うハードルとして、時間やお金、難易度、モデリングの手間等が挙げられた ● 事後検証 ● BEMS 実測と短期実測およびアンケート調査が行われており、エネルギーおよび室内環境品質の指標に対して同数程度行われていた	△ ○	● 室内環境品質に関する解析もより積極的に行われていくべき ● 解析ツール利用の普及のため、ツールの無償公開、簡易化、ガイドライン整備等により、解析のハードルを下げるべき ● 省 CO ₂ 先導事業等の補助金が無くても事後検証が行われるようになるべき
チーム	● コンサルタントとの協働 ● 第三者による性能検証 ● 目標設定、環境施策対応業務、事前・事後検証にコンサルタントの関与がみられた ● 環境施策対応のうち省 CO ₂ 先導事業の対応に、事後検証のうち短期実測に、特に環境コンサルが多く関与していた ● ASHRAE Guideline 等 で定められる第三者的な性能検証責任者がチームにいた事例はみられなかった	○ ×	● 省 CO ₂ 先導事業等の補助金が無くても Cx 業務を補助するコンサルタントが関与できるようになるために、専門性への認識が高まるべき ● Cx 業務の重要性、第三者的性能責任者の重要性の認識が広まり、Cx にインセンティブを付与する制度が整備されるのが望まれる

表注 ※ コンサルタントが関与した各業務の一部は省 CO₂ 先導事業応募のためだったことから、コンサルタント関与の一部は少なからず事業応募が理由と言えるかと判断した

【評価の凡例】 ○：問題なし（特に改善の必要なし）、△：概ね評価できるが、改善の余地あり、△：改善の必要あり、×：大きな改善が必要

謝辞

本研究のインタビュー調査にご協力いただいた皆様に、この場を借りて心から御礼申し上げます。また、東京工業大学大学院 藤井晴行教授には数多くのご助言を頂きました。ここに感謝の意を表します。

注

- 注 1) ASHRAE による Cx の規格として ASHRAE Standard 202⁴⁾ が存在するが、Cx の詳細に関しては ASHRAE Guideline 0, 1.1(HVAC & R), 1.5(Smoke control) にそれぞれ示される。本研究ではトータルビル・コミッショニングの立場から、ASHRAE Guideline 0 を主に参照する。
- 注 2) Predesign Phase を指し、後述の SHASE G0006-2004⁹⁾ ではさらに「企画段階」と「計画段階」に区分している。本研究ではこの計画段階を「基本計画」と呼ぶこととする。
- 注 3) Design Phase を指し、後述の SHASE G0006-2004⁹⁾ ではさらに「基本設計段階」と「実施設計段階」に区分している。本研究でも同様の呼称を用いることとする。
- 注 4) Occupancy/Operation Phase を指し、後述の SHASE G0006-2004⁹⁾ では「運転フェーズ」と呼ばれるが、本論では建築設備に限らないトータルビル・コミッショニングの立場から「運用フェーズ」の呼称を用いる。「運転フェーズ」は「受け渡し後段階」と「定常運転段階」に区分されるが、本研究ではこれらをそれぞれ「運用・初期」、「運用・定常期」と呼ぶこととする。
- 注 5) 当時は発行前であった ASHRAE Guideline 0 1st Public Review Draft などを参照して作成されている。
- 注 6) 設計プロセスに関連する ISO としては、他に ISO16813, ISO15686-1, ISO21931 などが挙げられる。なお、ISO9001, ISO14001 を翻訳して作成された日本の規格として JIS Q 9001, JIS Q 14001 がある。
- 注 7) デザインシャレットとは、プロジェクトに関わる建築主、設計チーム、専門家、コンサルタント、施工者、運用管理者などが集まり多角的な議論を交わす会議である。LEED v4 BD+C では Healthcare に対して、デザインシャレットの実施が必須項目として示されている。
- 注 8) Cx 実施が LEED 認証の必須項目となったことにより、米国では Cx をビジネスとするコンサルティング会社が増え、LEED を通じた市場変革といえること等が報告されている⁹⁾。必須項目では Cx 責任者に対して厳しい第三者性は求めず、一定規模以下の建築物では設計者・施工者側のメンバーを許容している。
- 注 9) なお、東京都のトップレベル事業所認定ではコミッショニング実施が評価項目となっているが、これも運用フェーズのコミッショニングを評価するものであり、設計フェーズのコミッショニングへのインセンティブを与えるものではない。
- 注 10) 太幡らの研究で調査対象としたプロジェクトは、日本で初めてトータルビル・コミッショニングをライフサイクルで行ったプロジェクトだとされる²⁾。CiNii においてもトータルビル・コミッショニングに関する既往研究は全てこのプロジェクトに関する既報であり、他の報告は見当たらない(2016 年 6 月 7 日現在)。
- 注 11) 例えば 1997 年に日建設計が国内の専門の建築設計事務所として初めて ISO9001・ISO14001 の同時認証取得を行なっている¹³⁾。
- 注 12) ISO 9001・ISO14001 における「設計・開発のレビュー」を指す。
- 注 13) 例えば日建設計では、部長・室長による確認や設計チーム外の者による確認を合わせ、設計・開発のレビューとして ISO 認証を受けている¹³⁾。
- 注 14) 「住宅・建築物省 CO₂ 先導事業」は 2015 年度より「サステナブル建築物等先導事業(省 CO₂ 先導型)」に名称変更されているが、本研究では旧称にもとづき、「省 CO₂ 先導事業」の呼称に統一する。
- 注 15) ①新築, ②改修, ③マネジメントシステム, ④技術の検証の 4 部門での採択事例の合計であり、未完了事例も含まれる。
- 注 16) 例えば太陽光発電の導入、BEMS の導入、高効率機器の導入等に対して補助を与えるものが挙げられる。
- 注 17) 本調査では、完了事例のうち、図 3 の集計における該当数が 3 件以上の分類(小:事務所, 学校/中:学校, 病院, 複合/大:複合)に対して計 23 件の事例を選定し調査依頼を行った上で、インタビュー可能であった 14 件を最終的な対象とした。なお、中:事務所に限っては、該当 6 件のうち 5 件は未完了であり、残り 1 件は建築主・設計者・施工者が同一主体である特殊事例であったため、6 件全てを対象から除外した。
- 注 18) 日本最大数のデータを持つ DECC (非住宅建築物の環境関連データベース)¹⁶⁾ によって公開されている 1 次エネルギー消費量原単位を指す。
- 注 19) 定義は表 3 の図註に示す。

- 注 20) 設備設計や環境コンサルティング業務を主要業務とする事務所を指す。
- 注 21) 省エネ基準計算を代行する会社や CASBEE 評価員が含まれる。
- 注 22) 都市再生特別地区とは都市再生特別措置法により創設された都市計画特別であり、環境配慮も強く求められる。事業者からの提案を基本とし、都市再生への貢献の度合いに応じた容積率等の緩和が認められる。
- 注 23) 情報提供や助言は含まない。
- 注 24) 一次エネルギー消費量や PAL 値、CEC 値、Q 値の計算をさす。
- 注 25) CASBEE ランクの計算に関しては、自身で該当項目の得点集計を行ないランクを算出する自己評価計算の他に、CASBEE 認定評価機関によって第三者が客観的に集計・計算を行なう第三者認証計算が挙げられる。
- 注 26) 本研究では、企画・設計フェーズに行われる性能検証を「事前検証」と呼ぶ。ここでは事前検証として行われた解析を分析の対象とする。
- 注 27) 建物構成要素の一部分を実物大で製作し、効果を実際に計測する試験を指す。ルーバーを実物大で製作し効果を検証する事例などが見られた。
- 注 28) 本研究では、施工・運用フェーズに行われる性能検証を「事後検証」と呼ぶ。ここでは特に運用・初期に行われた性能検証を分析の対象とする。
- 注 29) 建物使用状況や快適感を把握するため、建物使用者を対象に行うアンケートであり、POE (居住後評価) と呼ばれ、運用改善に役立っている。
- 注 30) 建物や設備の仕様などを入力することにより年間の熱負荷や消費エネルギーの算出等を行なう解析ソフトウェアのことを指す。
- 注 31) 特に特定の環境解析ツールを用いず、エクセル等の一般的ソフトウェアを用いて計算を行うことを指す。
- 注 32) 建物の 3D モデルや素材の光学的物性を入力することにより室内各点の照度や輝度等を算出する解析ソフトウェアのことを指す。
- 注 33) 流体解析により室内外の気流や表面温度等を算出する解析ソフトウェアであり、CFD ソフトウェアのことを指す。

参考文献

- 1) 特定非営利活動法人 建築設備コミッショニング協会: 建築設備性能検証マニュアル (BSCA-M01-Ver.02), 2011.10
- 2) 太幡 英亮, 中原 信生, 奥宮 正哉, 恒川 和久, 湯澤 秀樹, 谷口 元: ライフサイクルコミッショニングの大学施設での実践と分析: ー建築計画的視点からー, 日本建築学会計画系論文集, 第 81 巻, 第 719 号, pp.65-73, 2016.1
- 3) ASHRAE :ASHRAE Guideline 0-2013 Commissioning Process, 2013.1
- 4) ASHRAE Standard 202 : Commissioning Process for Buildings and Systems, 2013.1
- 5) 社団法人空気調和・衛生工学会 コミッショニング委員会: SHASE G0006-2004 建築設備の性能検証過程指針, 2004.3
- 6) ISO 9001 : Quality management systems-Requirements, 2015.9
- 7) ISO 14001 : Environmental management systems-Requirements with guidance for use, 2015.9
- 8) USGBC : LEED v4 for BUILDING DESIGN AND CONSTRUCTION (updated), 2015.10
- 9) 菅 健太郎: LEED の概要および最新動向について -- (建築環境評価システムおよび省エネルギー性能評価システムの最新動向), 建築設備士, 第 47 巻, 第 5 号, pp.2-5, 2015.5
- 10) 日本サステナブル建築協会: CASBEE- 新築評価マニュアル, 建築環境・省エネルギー機構, 2014.5
- 11) 田上 賢一, 太田 信, 柳原 隆司, 古田 康衛, 吉澤 昭彦, 松縄 聖, 湯澤 秀樹, 小林 弘造: 建築設備のコミッショニングに関する実用的研究: (第 6 報) T ビルにおける空調システムの機能性能試験 (FPT), 学術講演会論文集, 第 17 巻, 第 2 号, pp.1189-1192, 2005.7
- 12) 一瀬 茂弘, 河路 友也, 羽津本 好弘, 松田 則雄, 中原 信生: 事務所ビルの空調設備改修プロジェクトへの復性能検証過程の適用に関する実践研究: 第 1 報- 復性能検証過程の枠組みと各フェーズにおける実行概要, 空気調和・衛生工学会論文集, 第 153 号, pp.13-25, 2009.12
- 13) 只野 康夫: 設計事務所と ISO9001/14001, 新建築, 第 73 巻, 第 3 号, pp.202-206, 1998.3
- 14) 片野 博: 建設業における ISO9000s の普及過程と地方 (福岡県) における展開の実態, 建設業における品質管理のあり方に関する研究, 日本建築学会計画系論文集, 第 557 号, pp.289-296, 2002.7
- 15) 国立研究開発法人建築研究所: 平成 27 年度 (第 2 回) サステナブル建築物等先導事業 (省 CO₂ 先導型) 募集横領 [Ver.2], 2015.9
- 16) 一般社団法人 日本サステナブル建築協会: DECC 非住宅建築物の環境関連データベース, http://www.jsbc.or.jp/decc_download/ (参照 2016.3.8)
- 17) 国立研究開発法人 建築研究所, 一般社団法人 日本サステナブル建築協会: 住宅・建築物 CO₂ 先導事業 (平成 25 年度・26 年度第 1 回) における採択事例の技術紹介, 2015.2

FIELD SURVEY ON COMMISSIONING PROCESS OF DESIGNING GREEN BUILDINGS IN JAPAN

Norihisa KAWASHIMA *, *Rina TAKAGI* **, *Natsumi TAKAHASHI* **
and *Koichi YASUDA* ***

* Assist. Prof., Dept. of Architecture, Tokyo Institute of Tech., Dr.Eng.

(Former Dr. Course Stud., Dept. of Arch., Grad. Sch. of Eng., the Univ. of Tokyo)

** Former Student, Dept. of Architecture, Tokyo Institute of Tech., M.Eng.

*** Prof., Dept. of Architecture, Tokyo Institute of Tech., Ph.D.

To design and realize an actual “green building” in Japan, the commissioning process of designing is the vital part of the scheme. This paper investigates selected projects adopted in the sustainable building pilot program in Japan’s MLIT (Ministry of Land, Infrastructure and Transport).

In the early phase of the commissioning process, “green” concepts, technology enactment, and performance goals were used as target goals. However within those projects, many of them already established which technologies to implement, before defining their performance goals. Consultants were involved frequently in setting “green” concepts and performance goals to the design scheme, but were not as much involved in technology enactment.

Certain projects worked on setting their performance goals, by dealing with the achievement of index standards and the application of green building certification or pilot program. Calculations for achieving the energy saving standard and CASBEE (Comprehensive Assessment System for Build Environment Efficiency in Japan) ranks were often made during the construction document phase prior to the application for building confirmation, however in several projects their calculations were done earlier in the design phase so they can apply to be part of the sustainable building pilot program. Consultants were involved in those calculations, most notably for the application for the pilot program.

In order to achieve the performance goals and evaluation of the technology implemented in the design, various analysis of the performance were done with computational simulation tools in the design phase. Energy simulation and the simplified calculation were frequently done, meanwhile indoor environmental quality related simulations such as light and air-flow simulations were done less. Time, cost, labor of modelling are often raised as a barrier towards these simulations. In many of these simulations consultants were involved, however mechanical engineers conducted the simulations more than the consultants. In the occupancy/operation phase, energy consumption were inspected as much as the indoor environmental quality. These inspections were performed by mechanical engineers and environmental consultants, however with regard to specialized measurements utilizing additions sensors, the consultants were more involved.

To summarize, it can be understood that the commissioning works with various goal settings, responding to the index standards and certification systems, utilization of computational simulation and measurement technique, could be seen during the design process of pioneering green buildings in Japan. However there is still room for improvement in regard to goal settings and simulation from the pre-design phase.

Through investigation, designers and engineers are expanding their knowledge and ability to assess environmental aspects of the building, while also hiring consultants to collaborate with them to create a more sophisticated analysis of their design. However, there was no project where the team had a third party authority overlook the analysis, which is recommended by the international standards. Certain commissioning works were done for the pilot program application, and can be said that the pilot program facilitates and encourages commissioning. However, it would be desirable if these commissioning works were done without this kind of subsidy.

To initiate an appropriate environment for commissioning in Japan, the government will need to give more incentive to realize highly performance green buildings, and improve the computational simulation tools to make it easier to analyze from the early design phase. They must progress forward by acknowledging the importance of commissioning, creating a third party commissioning authority, and forming a proper team which includes special consultants, and establish policies/programs to give incentive for the commissioning work.

(2016年3月9日原稿受理, 2016年6月22日採用決定)