空調学会講座「施設管理の動向」～コミッショニングから設備改修へ～

①　施設管理とコミッショニングの役割（2001.11）

中原信生

はじめに

景気動向や省エネルギー法の改正等の社会的背景によって、建物施設管理に対する関心が高まっている.一方で建物の長寿命化・延命化技術の進展とＬＣＣ，ＬＣＡの観点からのより高度な設備回収技術も増加している．これらの動向を踏まえて、コミッショニング→施設管理（ファシリティーマネージメント）→設備改修といったサイクルが形成されつつある．本講座において、これまでここに紹介或いは実践されてきた技術動向や具体的手法をシリーズとして総括的に紹介することとなった.

第一回目の本稿は施設管理におけるコミッショニングの役割を取り上げる．近年、建築設備の新築・回収時におけるコミッショニングの重要性が注目されている．とくに施設のライフサイクルの出発点と言える施設取得時におけるコミッショニングの役割は、完成建物性能の原点性能を規定するためにきわめて重要である．本シリーズの出発点として本稿ではライフサイクル・施設管理・コミッショニングをキーワードに,その意義の説明に始まり、歴史的展開から未来への動向予測などを行うものである.

施設のライフサイクル管理

（1）ライフサイクルの意義

ライフサイクルの意義について今更講釈する必要はないほど,この言葉は聞き飽きるほど聞かされている.にも関わらず,現実の建築生産・管理の場ではお題目にもならず殆ど生かされていないのではないかと推察される.省エネルギー改修などで聞かされる話は１年で回収とか,長くてもせいぜい３年で資金回収ができなければ,という話ばかりで,10 年間での回収はおろか,設備の法定耐用年数 15 年,実質耐用年数 25 年(例)などというと気が狂っているように受け取られかねない.確かに低金利では各種の資本回収係数の意義が少なくなるし,いつ倒産するとも限らない企業経営状態では数年先の事は判らない、と言う事情は理解できるが,逆に,そのような長期的視野の不在こそが企業の存続性を危うくしているということも言えるであろう.一応,言葉の意味から来る意義について一言述べておこう.ライフサイクルとは「誕生から消滅に至る変化過程」あるいは「製品の寿命」であって,このようなニュアンスから,建物にあっては「使われ方・住まわれ方の変化の過程,躯体や間仕切り,設備の老朽化・性能劣化・陳腐化・故障不具合等の状態変化に対応する調整・修理・更新の過程を経て有効な寿命を終えるに至るライフタイム」と定義する事ができよう.

（2）ライフサイクル評価の精度向上

従ってこれは著しく予測の範囲を超えている.ほぼ確実なのは建物・システムが存続すると言う事,これらの性能が変化すると言う事であり,最も不確実なのは,建物の使われ方の予測（オーナーや自体やテナントの変遷も含めて）,システム劣化の程度の予想,そして（ライフサイクル）コストに関して言えば,経済情勢・経済指標の予測であろう.

そのような情勢の中で施設管理を充実させ,システムの資産としての価値もエネルギー消費特性も確実に把握する手段を講じておく,ということが少なくともこの部分に関わる予測制度を高める最良の方法である．その性能保持・検証のためのコストは当然負担しなければならないが,性能劣化を見落としたことによる毎年の光熱水費のコストや修理費の大きさ,その予測誤差の大きさに伴う経営戦略の誤りの重大さに較べれば得られる利益は計り知れないと言える.

そしてこのような努力がテナントからの評価を獲得し,建物資産価値を高め,貸しビルであれば賃貸料に影響し,

さらには環境・エネルギーの視点からの企業評価を高めて,上述の建物の使われ方の予測の精度をも向上させる要因ともなるはずである.そうすれば企業自体の存続性も大いに精度が挙がる.経済情勢・経済指標の評価については企業努力の枠外であるのでいかんともなし難いが,少なくともライフサイクルコスト計算において余りにも極端な利率設定を避ける事,景気の循環要素を参入した利率設定を行う事は避けねばならないし、時代の変遷にあわせて絶えず見直しを行い、当初設定を臨機応変に修正する事も必要であろう.

（3）ライフサイクルコミッショニング/ＢＯＦＤＤ

図１は筆者が BOFDD(ビル最適化・故障検知診断)の国際研究[1)2)3)]において概念整理と開発内容の位置付けを行うために作成したライフサイクルコミッショニング/ＢＯＦＤＤの構造である。ＢＯＦＤＤの前半ＢＯは後半ＦＤＤの機器レベルとサブシステム最適制御レベルの健康な運転状況を前提にして始めて実現の資格があるもの,指標はエネルギー原単位の極小化と環境満足度の極大化である.「資格がある」との謂いは本来的に設計の質が規定する枠を越え得ないからであるが,設計の改良を含めればそれもまた最適化の範囲であるとも言えよう.コミッショニングをライフサイクル視点で把握するときこれをライフサイクルコミッショニングと呼ぶ.そしてこれとＢＯＦＤＤとは同一の体系の中に記述されるが,ＢＯＦＤＤ特にその後半部のＦＤＤはツールであり,コミッショニングはプロセス・制度である.ツールは故障検知診断のみでなく,負荷やエネルギー予測或いは制御として応用可能であるが,それがコミッショニングの中で体系化されるとき,ビル最適化のツールとも性能検証のツールともなる.

強調すべきは保守管理レベルにおけるライフサイクルステムの階層構造であり、要素機器の正常化の前提において最適制御が成立し、最適制御の的確なアルゴリズムの前提においてビル最適化が成り立ち得ること、しかしながらそれは設計性能の範囲内においてという限界が有り、設計にフォルトがあれば何の役にも立たないことにも成りかねない。それを大局的に検知するのはエネルギーと環境のマクロ性能であり、ここにＢＯＦＤの手法にトップダウン法(経営管理者層からの視点)とボトムアップ法(保守管理技術者層からの視点)とがある[1)]ことを予想させる.このように設計から運転管理に至る BOFDD を完成させることは即ちビル性能の最適化であり、それを達成するには設計フォルトの発見から始めなければならない。運転データから設計フォルトを発見するのは余りにもハイコスト・低効率である．ここに図に示すところのライフサイクルコミッショニング(生涯性能検証)の必要性が明らかになる.

コミッショニングとは

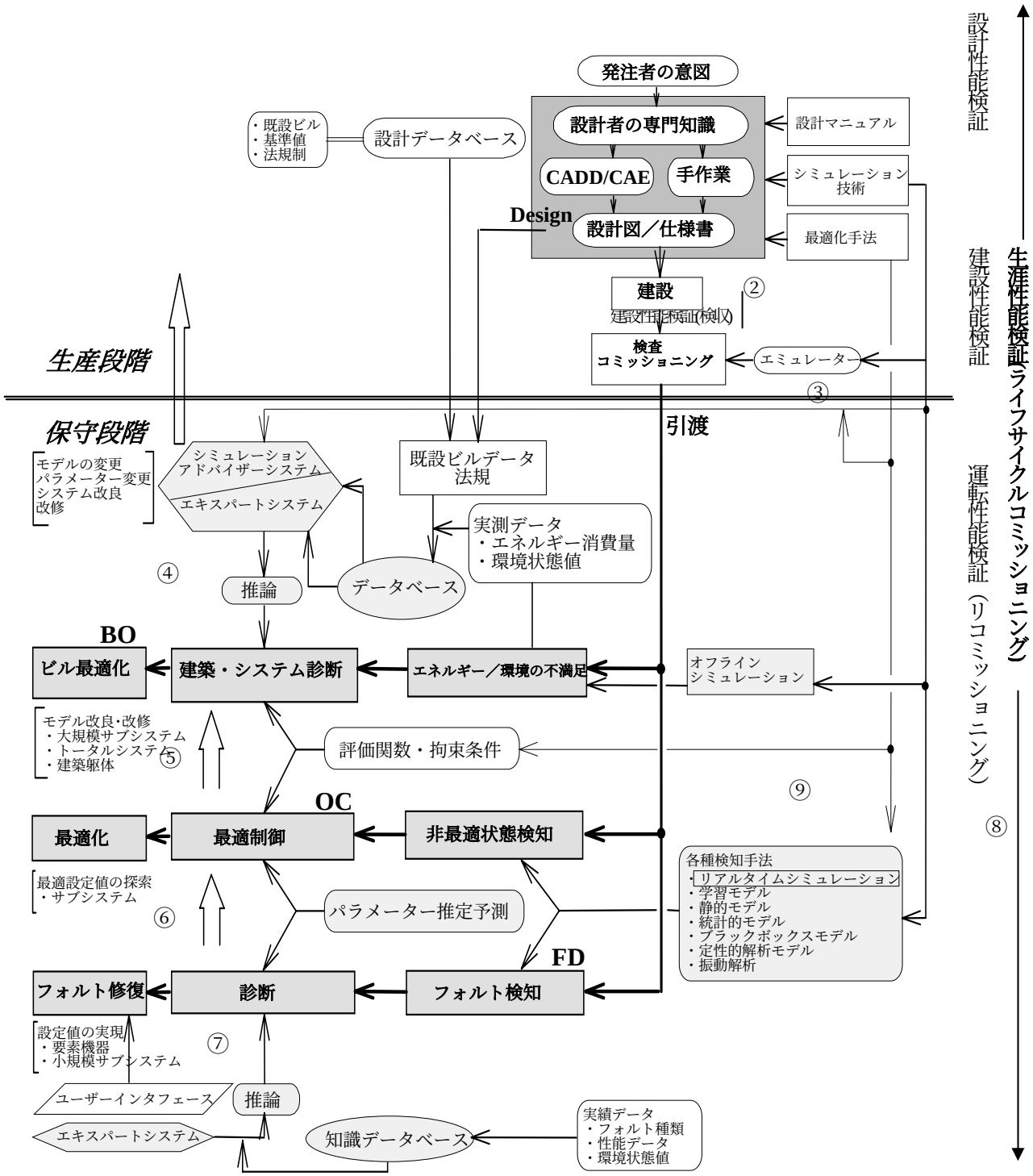
前述のような性能保持・検証のための制度・プロセスがコミッショニングである.ここでコミッショニングとは何かについて説明する事とする.広く用いられる米国暖房冷凍空調技術者協会（ASHRAE）による定義を以下に示す[4)5)].

「コミッショニングとは,それぞれのシステムに対して、システムが設計趣旨に合致した性能を発揮するように、設計,施工ならびに機能試験が行われ,運転保守が可能な状態であることを検証する過程のことである。本指針において性能検証は企画段階に始まり、それから設計・施工・始動・受渡し・訓練の各段階を含む建物の全使用期間（ライフ）にわたって適用され得るものである」.

筆者らが委員会活動において取急ぎ作成した「建築設備の性能検証(コミッショニング)基本指針(案)」[6)]においてはわが国のとるべき姿勢として拡張した目的・意義を設定しこれに対応して以下のように定義付けた.

「建築設備システムが建物の生涯に亙って、環境・エネルギー並びに使い易さの観点から、使用者にとって最適な状態に保たれるように、求めに応じて性能を診断・検証し、必要に応じて発注者・所有者或いは使用者に性能改善法を提示することを目的とする。ここに環境とは、第一に室内環境の健康・快適性の保持を言い、第二にエネルギーおよび排出物質を最小限にして地域・地球環境保全に貢献することを意味する。検証の目的を全うするためにはこれを建物の生涯に亙って行うことが望ましい。この場合それを生涯性能検証(ライフサイクルコミッショニング)と呼ぶ」.

ヨーロッパではこれまた国情と文化,建設慣行によってそれぞれコミッショニングの考え方も取り組み姿勢も異なる.詳述する余裕は無いので文献[7)]を参照されたい(但しこの文献は10年前のものでありその後状況は変わってき



① 発注者の要望･意図に添って技術的･法規的データベースとノーハウに基づいて設計図書を作る
② 設計図通りの性能が満たされているかどうかを検証して引き渡す
③ 空調に関しては引渡し検証は竣工後一年間の性能確認を行う。
④ エネルギー原単位･クレーム統計と他ビルの性能･法規項目に照らしてマクロ性能を評価。
⑤ 与えられた評価関数と制約条件の下の最適化制御。設計内容と要素機器性能も拘束条件となる。
⑥ 要素機器･サブシステムが所定の性能を発揮しているかどうかのフォルト検知･診断
⑦ 保守管理技術者を支援するエキスパートシステム･BEMS 機能。
⑧ システムの全体性能を、検収時点に立ち戻って性能検証する(リコミッショニング)
⑨ 検証･フォルト検知･診断のための同定モデル･ツール

図1 ライフサイクル BOFDD･性能検証構成図

ているところがある).とくにIEA(国際エネルギー機関)における一連の BEMS(ビル･エネルギー管理システム)と関連付けたビルの省エネルギーツールの諸研究の最先端にこのコミッショニングの研究があり(2001 年発足,Annex-40,わが国も参加している),EU 諸国･北米･アジア(日本･韓国)が参加して今年の4月から正式に活動を開

始しているが、これがまとまる頃には制度としてもツールとしても整備される事になり,国際規格化への見通しが生まれようとしている

コミッショニング展開の背景

このようなコミッショニングというものが建設と管理過程に必要なものとして殆ど常識化し定説になった背景について以下に述べよう.

（1）ＴＡＢ論議の時代

我が国の設備工事ではコミッショニングの論議は絶えて無かった。それに該当する用語は「検収」「試運転調整・引渡」であり、前者は儀式的ニュアンスを、後者は技術上の通過儀礼的ニュアンスを有する。第３者が関与するのは官庁による検査であるが、消防設備以外は正しく検収に該当するほどのものは見当たらない。

さすがに契約社会であり、また空調設備が市民権を得ている米国ではASHRAEにおいて関連する論議が夙になされている。1979年にはTAB (Testing, Adjusting and Balancing)におけるdos and don'ts（為すべきことと為さざるべきこと）の特集において試験調整・検収・貧弱設計の問題などについて議論し,完全な試験調整がいかに経済的であるか、いかに良い仕様書が必要であるかなどについて討論している[8]。

（2）コミッショニングの黎明

1986年には コミッショニングに関するシンポジウムが開催され[9],「コミッショニングは試験調整を超えるもの…コミッショニングは機能的視点からのシステム評価を目指すもの」と述べてTABとの違いを明らかにし、さらにコミッショニングによる設計フォルト発見の必要性を強調している。その役割を果たすべき人格については,①当該工事に対して第３者であるべきこと,②コミッショニングコンサルタント足るべき有能な有資格者は数少ないこと,③その市場性が確立されていない,言い換えればコミッショニングの必要性へのオーナー初め各界の認識が不十分であること,④設計者との役割分担がすっきりと割り切れないこと,などの議論が行われた.

（3）ASHRAE GUIDELINE

1989年にASHRAE Guideline 1-1989, Guidelines for Commissioning of HVACがASHRAE STANDARDとして制定された[10]。これは本文が7ページのもので、コミッショニング過程の基本精神、枠組み、過程の各段階の業務にの概要、について記しており、これまでに延べ来たった、ASHRAE内部のTABやコミッショニングの討論結果に基づいて在り方を大急ぎで纏めた、というもののようで、プロセスの詳細や文書化に付いての記述が含まれない.それが大幅に増強されて1996年にASHRAE GUIDELINE 1-1996, The HVAC Commissioning Processとして発表され、本文が14ページ、付録を含めれば48ページと言う充実したものになった[4].付録を含めて考えるとまさに前述したそれまでの議論の集大成となっている.この内容については既に本誌の今年７月号に翻訳掲載している[5]ので参照されたい。

この二つのガイドラインの中間に、前述のシンポジウム論文を含めて、コミッショニングの考え方や実例紹介などに関するオピニオンリーダー的な人々の論文を集めた紀要がASHRAE Technical Bulletinとして発行されている[11]. ここに含まれた論文は必ずしも統一性はないが全体としてコミッショニングに関する理解を深める好個の論文集になっており、当学会会員に紹介すべく2000年4月号より海外文献紹介として連載しているので是非参考にされたい.

（4）本学会での活動とその背景

筆者自身の実務設計、現場施工の体験、教育・研究開発と学協会活動ならびにIEAやISOなどの国際共同研究参加の知見から、建築設備における品質保持の認識と推進体制が全分野的に遅れている日本の現況を何とかしてブレークスルーしなければならない、という使命感に駆られて、たまたま空気調和・衛生工学会のビル管理システム（BEMS）委員会の委員長に招聘されたのをきっかけに、同委員会内にコミッショニングWG(のち小委員会に格上げ、さらに99年度からは別にコミッショニング委員会を設立)を設けて基準造りを行うこととした.上記小委員会では基本指針(案)を作成[6]して一般に公開し,コミッショニング委員会ではこれを改訂・充実させ・実行可能なように文書化して2003年には発行できるように目論んでいる.

上述の基本指針案の冒頭に以下のような活動推進の

背景・理由をまえがきとして記述した.これが筆者の思考の原点であり,本稿記述の一部と重複するところがあるけれども以下に転記しておきたい.

ここに性能検証(コミッショニング)、とくに生涯性能検証(ライフサイクルコミッショニング)の基本指針を提案する理由は幾つかある。

先ず第一に、建物のストックの保全意識が大いに高まってきたことである。もともと建築設備の技術分野では運転管理後に始めて性能が顕かにされ、時にはクレーム処理に明け暮れ、時には維持保全活動が困難な設計の下に維持管理、改修に当たって非常な苦労を強いられてきた。

第二にライフサイクルの視点がいよいよ本格的に論議されてきたことである。これもまた建築設備の分野では特にコストの観点から従前より主張してきたことであり、新技術導入の理由付けになってきたけれども、多くの場合、発注者や意匠デザイナーの認識不足の故にこのライフサイクルの視点が軽視されてきた。

第三にエネルギーと環境保存の問題が危機的状況になってきたことで、とくに地球環境汚染問題が急速に浮上したことである。低性能のビルはエネルギーを多消費し、保全活動が不十分であると年月を経ると共に急速に性能が悪化する。これが前述の視点と結びついて、ライフサイクルエネルギー、ライフサイクル CO2 を最小化する必要性が叫ばれ、その解決の基本概念が省エネルギー化と長寿命化である。

第四に、この環境問題への対応が ISO14000ｓの国際規格によって企業の社会環境的立場を表明する客観的指標とされるようになりつつあることである。この環境管理の概念はいずれ生産分野からから民生分野に拡張されてくるであろう。

第五に、我が国の民生用エネルギー消費が依然堅調な伸びを緩めない状況である。居住環境の質はまだまだ欧米先進国に及ばず、それを満足させつつ省エネルギー化・低炭素化を図るには、省エネルギー設計に加えてライフサイクルの性能検証が必要である。

第六に、規制緩和の国際的・国内的要請の下、性能発注システムが確立されようとしていることである。もともと建築設備特に空調設備は性能発注的要素が強かったけれども、その性能保証の制度が追随していないために、投資額に比例した性能が保証されない嫌いがあった。この不透明な慣習を性能発注制度強化の下で明瞭化していくには性能検証制度が整備されねばならない。

第七として、その品質保証の企業内システムを確立して企業の信頼感を高める公けの国際規格が ISO9000s であり、建設業においてもその取得が次第に浸透しつつある。すなわち客観的な性能保証への取組みが日常化し、違和感を取り除きつつある事が第七の理由である。

第八に空調システムその他設備の運転制御の不具合がビルのエネルギーの多消費化と環境悪化、そして結果的には建物所有者の経営体質を低減している実状が、各種の実態調査や研究によって明らかにされつつあることである。とくに IEA(国際エネルギー機関)における国際共同研究の経験がそれを定量化すると共に、欧米諸国が真剣な取組みを見せていることに、我が国としても危機感を抱かせるに十分な根拠がある。

第九に、ASHRAE(米国空調冷凍協会)がコミッショニングのガイドラインを作成して実施に移しつつあることで、この流れは何れ日本にも上陸し強要されることになろう。実は日本はコミッショニングと言う観点からは後進国の一つである。ここに、コミッショニングによるプラスの効果が報告される一方、日本に建設された外国公館の実例を見分すると、設計変更の困難さと言う点に、建設物の最適化と言う観点からはまさに逆行する現象も生じているようである。

そして第十点に、このような背景を考えると、最適化へ向けて少しでも施工段階でも改変していこうとする前向きな日本的特質と、逆に利益を上げるために許される範囲で少しでも安価低質なものにすりかえていきたいと言う衝動が共存する建設現場において、前者の特質を生かし後者の性向を抑制するための合理的なコミッショニングプロセスの確立が求められると考えられる。

コミッショニングの意義

次にコミッショニングの建設工事各関連者にとっての意義をとりまとめておきたい.

（1）発注者にとっての意義

発注意図と要求性能を明確にする事により,要求にマッ

チした品質の良い完成物を入手できる.また,建物・システム情報の充実,FMへの貢献,ライフサイクルに亘る経済的なビル運営,テナントの受ける満足感(居住環境)などにより不動産としての評価が高まり正当な賃貸料収入に反映するであろう.そして省エネルギー・地球環境への貢献についての評価と満足感を得られよう.

（2）設計者にとっての意義

発注者の要求がより明確化することにより,設計者の役割・責任範囲が明確となり, 結果として設計品質が向上するであろう.設計家としての評価も高まり,品質に相応しい正当な設計料を主張する素地ができる.またクレームの減少から信頼性も高まり設計保険制度普及への基盤も整備されるのではないか.CA(Commissioning Authority, 性能検証責任者,コミッショニング職能)事業そのものへの事業展開の可能性も生まれる.

（3）工事請負業者にとっての意義

米国などでは一つの業界を構成するほどに重要視される試験調整作業の内容と範囲が明確化しそれを実行する事に対する正当なコストを見積書に計上でき,また工事中のトラブル,完成後のクレームの減少,責任範囲の明確化が達成される.CAの仲介による発注者との意思疎通が向上し,設計支援作業の位置付け,受渡し手続きが極めて明確となる.ここでもCA事業そのものへの事業展開の可能性を孕んでいる.

（4）運転保守監理者にとっての意義

まず工事への初期からの参加が推奨され(この場合は運転技術者と言うより発注者側のFMまたはそれに準じるセクションの担当者であろう),メンテナビリティーのチェックが先行し,デザイン優先・保守性無視の従来の悪弊を断ち切り,保守性・保守品質を大幅に向上することになる.このことは保守管理技術者登用条件の向上により優秀な技術者をこの分野に引き入れる呼び水にもなろう. 訓練教育・プログラムの効果とシステムマニュアルと言う形での保守管理文書整備が徹底整備されて管理対象情報の把握と管理対象のシステム操作の原理が明らかになる.生産サイドからの設計趣旨,操作指針の着実な授受は受渡しシステム機能の高品質化に貢献する.請負業者によるTABの徹底,コミッショニングによるFTP(機能性能試験)の徹底,リコミッショニングの実行による年間品質の明確化により環境・エネルギー性能のベースライン(後述)が確定し,以降の保守管理を容易にする.またプロセスを通して制御管理・故障検知診断技術の指導を得る事もできる.

コミッショニングの実施段階

コミッショニングの実施段階を用語解説を兼ねて説明する.

生涯(ライフサイクル)コミッショニング：発注者による建築企画段階から建物のリニューアル或いは廃却に至るまで継続的に性能検証を行うもの.筆者の想像では何もしない場合に較べてライフサイクルコスト/ライフサイクルエネルギーは数十パーセント低減すると信じている.

継続(コンテニュアス)コミッショニング：以下に示す各段階のコミッショニングを複数の段階に亘って継続的に実行するもので,アメリカでは受渡し段階以後運転管理段階につなげて継続的に行うことのニュアンスが強い.

当初(イニシャル)コミッショニング：生産段階,即ち建築企画から竣工受渡し(後1年)に至るまでの行為である.この中に下記の二段階(細分すれば五段階)の過程がある.

1) 企画・設計段階
1-1) 企画段階
1-2) 設計段階
2) 施工段階
2-1) 施工段階
2-2) 受渡し段階
2-3) 受渡し後段階(竣工後一年後まで)

但し2-3)は既に運転に入っている事からして次の再コミッショニングに分類されても良い.ただそうすると,特に空気調和の場合は四季を経ていないために受渡し性能が確定しない欠陥がある.受渡条件(最終支払期限)や瑕疵担保条件との兼ね合いで今後検討を進める必要がある.

再コミッショニング：運転管理段階に入ってからの性能検証行為を言う.但しアメリカでは,当初コミッショニングを実施したものを再検証する場合に再コミッショニング(リコミッショニング)と呼び,当初コミッショニング

を経ていないシステムを運転管理段階で初めて性能検証するときには復コミッショニング（レトロコミッショニング）と呼んでいる.そして民生用エネルギーの省エネルギー化の実を緊急に挙げるためには既設建物にレトロコミッショニングを施すのが最も効果が大きく,10～40%の省エネルギー化を実現したと言う報告が少なくない.アメリカの建物にはそれだけの贅肉が付いているとも言えるが,我が国の建物でも相当の省エネルギー化が可能のはずである.

機能性能試験（ＦＴＰ）と試験調整（ＴＡＢ）

前者はコミッショニングの役割,後者は工事請負の役割とされるがこの両者の役割の相違について具体的に定義するのがなかなか困難である.筆者の見解では,機能性能試験とは,居住空間の空気調和という最終機能を発揮するために各要素機器・サブシステムそしてトータルシステムが「調和」して動作し,その結果予定されたエネルギー消費の下に設計意図の目的環境を実現し得ることを確認する事であるとする.「調和して」の意味に動作の安定性,機器の耐久性の確保も入る.「目的環境」は年間を通して設計性能を満足する必要がある.「エネルギー」は運転の時点時点のものではあるがトータルには年間値,年間原単位で勝負される.然し年間値は瞬時値の集積であるから動的・静的な部分負荷特性が大きな役割を演じる事は言うまでも無い.「要素機器」が入るが故にこれはＴＡＢと重複する所があるが,コミッショニングにおいてはシステム動作の中で如何に調和して要素機器が性能を発揮するかに重点がおかれる.

施設の取得と当初コミッショニング

（1）発注者・設計家・ＣＡ(性能検証責任者)

建物の発注者は,従来は建築家(設計家,一級建築士事務所)・技術家のみが頼りであった.社会構造における力関係によって,発注者の意志を貫くと言う立場に関して建築家・設計者に対して強者の立場に立ったり弱者の立場に立ったりする.そのこと自体,本質的に建築家・技術家の職能の考え方とは相容れないのであるが,実態としてその存在を認めざるを得ないとすれば,いずれの立場に在っても発注者の意図・希望・要求を明確に,できるだけ定量的に表現して設計家に伝え,その意図が着実に満たされようとしているかを専門家の立場から監督・評価することが、投入予算に相応しい、真に望むところの完成物を入手する手立てである.然し一般には発注者側にそのような能力のある人材が居るわけではないので第三者的に助言を仰げる職能の存在が頼りになる.それが前述のＣＡと呼ばれる職能である.もちろんフィーを支払う必要があるが,それに相応しいサービスが得られるとすれば出し惜しみをすべきでない.その代わり求められる役割をきちんと果たしてもらわねばならないので,そのためにこそＡＳＨＲＡＥとか学会その他の責任ある団体(例えば文献 [12])の作成したコミッショニング過程執行指針が必要なのである.

（2）ＣＡの資格と役割

新しい職能としての性能検証責任者は,全性能検証過程を実行するために指名された個人・企業または機関である.性能検証責任者は、プロジェクトの企画段階から使用に至るまで、発注者の要望を代理するものである。彼は論理的には発注者の雇用人であるが,しかしながらこれは独立の職能である.それに相応しい適切な経験としては、設備の運転・保守・設計・試験調整(ＴＡＢ)・建設総監督(CM)ならびに総合的品質管理(ＴＱ)などであると言われる[4]。

前述の空調学会基本指針(案)においては性能検証責任者の役割とあり方について下記のように定義した[6].

資格：個人または組織に所属して性能検証を実施する者は、建築士法に基づく建築設備資格者(建築設備士)またはこれと同等と認定された資格と経験を有しなければならない。

第三者性：特定のプロジェクトに関して性能検証を行う者は、そのプロジェクトの生産過程に直接関わりがあってはならない。但し運転性能検証にあってはその限りではない。

報酬：検証業務の報酬は建物発注者から直接支払われねばならない。但し運転性能検証にあってはその限りではない。報酬額の基準は別に定める。

責任：検証を行った設備が、検証過程の不備が原因で所定の性能を発揮しなかった場合は、その検証内容に関して責任を持って無償で再検収しなければならない。但し、やむを得ない事情、文書化された免責事項が存在する場

合はこれを適用しない。
文書化：性能検証契約に基づく検収の各過程は、様式に従った文書として保管しなければならない。

上記の中で,資格に関する建築設備士の記述は,有名無実化している建築設備に関する高級技術者資格である国家資格を活用すべきであるとする筆者の思いがあるからであるが,国際化対応問題で流動化しつつある技術者資格の変容に従って再定義が必要となるであろう.

（3）当初コミッショニングの実行体制(例)

取得の段階に対応するのは前述の当初コミッショニングである.これまで述べたところにより,最善の方策は企画段階からＣＡに参入してもらって受け渡しは竣工後一年後まで性能をフォローしてもらうことである.発注者側に適切な人材が居ればもちろん活用すべきであるが,完全に第三者としての発言権と提案権を与えなければ意味がない.そういう意味では外部に適材を求めるほうが無難である.

例としてわが国初の当初コミッショニング行為(但し施工段階から)として筆者がＣＡの役割を担って実施した(H13 年 7 月現在,受け渡し後性能検証の段階にあり,10 月に当初予定範囲を終了予定の)Ｙビル(山武環境技術センター)新築工事での実行組織を図-2 に示す. これはわが国のコミッショニング指針作りのための試行の役割を背負い,設計・施工チームにも協力を願ったものであるので図のＡＣＭと記されたチームが設計・施工チーム から(工事担当とは別人格)のボランティアとなっているが,正当な組織としてみればこの部分はＣＡの組織中の人材で無ければならないであろう.またＣＡである筆者が現場から遠隔地に居住しているために,より頻度多く現場と接触できる人材をＡＣＡとして置いているが,勿論これはまとめて単一の人格になると見ても良く,或いはＣＡ職能事務所の組織で言えば社長と担当主任技師との関係と見ても良い.いずれにしてもこのモデルは本質的には今後わが国で流用され得る組織形態のプロトタイプであることを目指した.

最下段にあるＣＲＰは現場担当組織の代表者グループであり、図に示された全体がコミッショニング会議を構成する．ＣＲＰは実は現場における施工推進会議の各社代表メンバーであり、この会議には必要に応じてＣＡ/ＡＣＡ/ＣＲＰのメンバーが出席して効率的な情報交換と指示内容の調整、コミッショニング会議への現場からの検討議題などをまとめる．コミッショニングチームが入るために従来とは人階層増えるので情報連絡と決定事項指示ルートは最初に決めておかねばならない．以上の実例についての詳細は文献[13]を参照されたい。

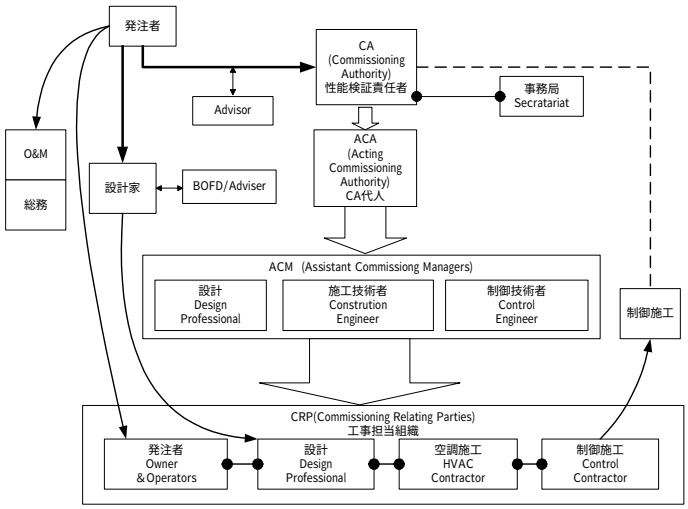


図-2：Ｙビル新築工事性能検証体制

ベースラインエネルギーモデル

性能検証(コミッショニング)と唱える限りは完成物の性能(環境・エネルギー)がまさに発注者の期待通りに達成されていなければならない.それをいかに証明するかはなかなかの大問題である.取得時点においては,当然、設計時のシミュレーションが基準の定規となる.然し施工中の設計変更ないし詳細設計の展開、竣工受け渡し時の性能検証結果、運転実績などが時には当初定規の補正項目となり時にはそれ自身が評価対象となる.施工中に一切の変更がなかったとしてもコミッショニングデータ、或いは実運転データは気象条件、内部負荷等、設計計算条件と異なる状態にあるから、それを設計条件に割り戻して比較評価せねばならない.こうしてシミュレーションに用いる基準計算条件,負荷計算や機器性能のパラメーターは当初コミッショニング期間中の要所要所において修正し再計算され,竣工引渡し時点においてエネルギー消費量予測のベースラインモデル(そのモデルに与条件を入力すればエネルギー消費量が推測できる)が確立する.然しながらここに問題が三点存在する.

1) シミュレーションモデルの正確さ
2) 竣工直後の実績による評価をどう行うか
3) 竣工後の省エネルギー改修における省エネルギー効果の予測の方法

第一の問題はシミュレーションに含まれる要素機器,システムモデル,制御特性等のモデル化が実験・実証のプロセスを経て立証されていなければならない.わが国の代表的なプログラム HASP/ACSS,米国の代表的なプログラム DOE/2,BLAST などのいわゆる静的シミュレーションプログラム,動的特性を模擬できる TRNSYS、HVACSIM+ (及びその日本版である HVACSIM+(J))の何れもそういう点から十分に実証されていると言う報告はないけれども,筆者らが行った比較計算では [14]何れもかなり似通った計算結果を示す,と言うことから,相対的には信頼性は高いと言えよう.

第二,第三の問題については,取得時に用いたシミュレーションに基づくベースラインモデルは,居住状態や建物パラメーターに実際値を入力せねばならないという点で活用が極めて困難である.新築時点においては要素機器モデルはほぼ確定しているので,困難ではあるが建物利用状態を詳細調査して入力すれば実績と計算との比較が出来ない事はない.保守状態が明らかでない既設建物の場合は機器やシステムの劣化による特性変化,さらに負荷計算用のパラメーターに至っては推定が極めて困難である.そこでシミュレーションに頼らず,実測可能な入力変数(気象データ,カレンダー,推測対象の実績値など)から数学的モデルを用い,対象建物・システムの特性を学習してベースラインモデルとすることによって,上記の入力変数を与えれば任意の月日時のエネルギー消費量が推測できる, という手法が実用的とされている.当学会で行った蓄熱システムのために熱負荷予測を対象とした予測モデルの開発コンペと実証の成果 [15]は手法の精度に大いに期待をもたせた.ASHRAE が行ったエネルギー消費量そのものの推測のための予測モデルの推測コンペは負荷予測に較べればシステム雑音の影響が大きいので精度は落ちるが,少なくとも省エネルギー改修の効果予測においては,改修前後において一部の雑音は差引されるので有望な評価結果を与え得る,という報告 [16][17]がある.

以上はエネルギーモデルであるが,HVACSIM+等の動的シミュレーションを用いれば環境や制御状態の評価も可能である [18][19].

性能契約(発注・請負)

コミッショニングを広く活用できる技術と考え方に育て上げたい,という背景に,性能請負と省エネルギーのためのリコミッショニングがあるのを見落としてはならない.前者は未来志向への要請,後者は当面の要求に対応するものである.本稿は取得時点に焦点があるので前者について概観しておく.

IEA/Annex-40 の計画書に下記の記述がある.
「性能の概念に基づくビル調達のプロセスは魅力的なオプションである.それによって発注者は要求内容に集中できる.かかる要求内容が技術的な要求性能と性能に基づく入札/請負の基礎を成す.請負者は要求を満たす自由な解(ソリューション)を選ぶ事が出来,最終的にビルが所定の性能を満たす事を保証する責任がある.この性能概念は革新的なソリューション,最適化コストの建設,そして国際貿易を推進したのである(CIB, 1988, Becker, 1999).性能請負においてエネルギー消費と快適性を適切化する前提条件は,改良されたツールとプロシージャによって設計ソリューションを評価し,コミッショニングをサポートし,建物が所期性能を満たす事を確認する事である.さらに,請負業者は下請負業者に対して性能契約をしようとすると,順に評価と確認の適切なツールが必要になる.」

1998～2001 年の CIB 重点テーマとして取り上げられた Performance-Based Buildings については CIB のホームページ (http://cibworld.nl/) から情報が得られる.考えてみればわが国の従来の空調設備工事などは性能規定の不十分な,信頼関係のみに基づいた性能発注であったような気がする.今やそれが公式のものとしてグローバル化市場の中で取引されるようになると性能検証の役割が極めて重大になってくる.建物取得時点においては前述のシミュレーションモデルによる検証手段が大きな意味を持つようになる.同時に,かかる動向に対する摸索として国によってはデモンストレーションプロジェクトを立ち上げて性能契約における品質保証手段として

のコミッショニングの役割とプロセスの確証を得ようとしている.その例としてスエーデンルンド市の Skanska Office Building(フィンランド,ノルウェーもプロジェクト参加予定) [20],米国ではオークランド市の Oakland Administration Building[21]がある.

両プロジェクトに共通していることは,

1) 産官学の共同体勢で遂行されている
2) 請負形態がデザインビルド(設計･施工込み)である
3) 性能検証を数段階に亘って行い,確実に所定性能の施設が取得できるように配慮(研究)している

である.1)はことの性質上当然のことではあろう.2)は当然とは言えないけれども性能契約形態としては一番やりやすい形のように思える.同時にこうなると建築専門の業者でなくても請負えることになる.3)については両者の間で若干(それを若干と呼んで良いかどうかは問題であるが)の差はあるが

① 性能提示
② ベースラインモデルの作成(計画段階)
③ 設計性能検証(設計段階)
④ モデルのチューニング(施工段階)
⑤ モデルのキャリブレーション(竣工段階以降)

というステップを踏む.Oakland におけるプロセスを図-3 に示す [21].

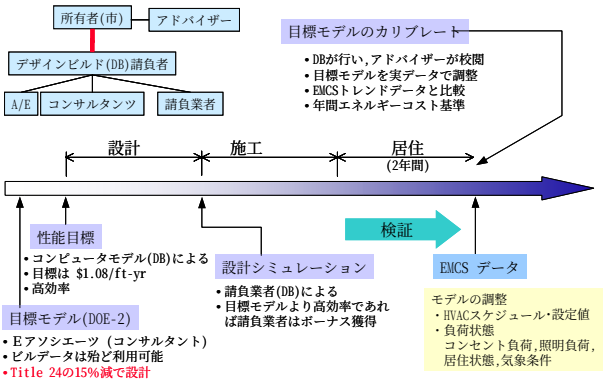


図-3 新しいビルの性能契約の概要

おわりに

コミッショニングから設備改修に向けての性能保証･保全をテーマとする新講座「施設管理の動向」の第一回として,今後大きな役割を期待されているコミッショニング(性能検証)の意義とプロセスの概要,実施例,そして設備改修で重要な役割を演じるベースラインエネルギーモデルの考え方,その活用としての性能請負における役割などについて解説を行った. 当学会のコミッショニング委員会ではこのようなコミッショニング制度のあり方と実行指針,またコミッショニングツールの開発も含めて活動を行っているが,ボランティアワークでは限界があるのも確かであり,米国における Rebuild America プロジェクト [22]のような,国の大規模な,目的と成果を明らかに定義したプロジェクト設立の必要性を痛感する.

文献

1) 中原信生：Annex25 対応研究委員会（ビル最適化及び故障検知・診断）、ＩＢＥＣ、No.80, 1994.1
2) Building Optimization and Fault Diagnosis Sourse Book, International Energy Agency, 1996.8
3) Realtime Simulation of HVAC Systems for Building Optimization and Fault Diagnosis, Technical Papers of IEA Annex-25, International Energy Agency, 1996.11
4) ASHRAE Guideline 1-1996: The HVAC Commissioning Process, 1996.6
5) 中原信生他訳:HVAC システムの性能検証過程(文献 4)の翻訳)、空気調和･衛生工学 Vol.75, No.7, 2001.7
6) 建築設備の性能検証(コミッショニング)基本指針(案),空気調和･衛生工学会,1998.3
7) 吉田治典他訳:ヨーロッパにおけるコミッショニング方法,空気調和･衛生工学 Vol.75, No.6
8) ASHRAE TRANSACTIONS, 1979
9) ASHRAE TRANSACTIONS, Vol.92, Pt.2B,1986
10) ASHRAE Guideline 1-1989, Guidelines for Commissioning of HVAC, 1989
11) ASHRAE Technical Bulletin: The Building Commissioning Process, Vol. 9, No. 3, 1993
12) PECI: Model Commissioning Guide and Specifications, Portland Energy Conservation, Inc. (PECI), 1998.2
13) 空気調和設備の当初性能検証(コミッショニング)の実践研究 1～8 報,空気調和･衛生工学会学術講演梗概集 2001.9
14) 中原信生･丹羽栄治ほか：空調・熱源システムのエネルギー評価方法に関する研究　第 1 報～第 2 報、空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集,1994.10
15) 蓄熱最適化委員会オープンフォーラムテキスト：蓄熱システムの最適化と負荷予測,空気調和･衛生工学会,1998.12
16) J.F. Kreider, and J.S. Haberl: Prediction Hourly Building Energy Use: The Great Energy Predictor Shootout -Overview and Discussion of Results, AHRAE Transactions, 100 (2), 1994
17)) J.S. Haberl and S. Thamilseran: The Great Energy Predictor Shootout Ⅱ: Mesuring Retrifit Savings -Overview and Discussion of Results, AHRAE Transactions, 102 (2), 1996
18) 鄭明傑･西谷義彦･林茂弘･中原信生:動的シミュレーション HVACSIM+の再現性の検証とパラメーターの調整に関する研究、空気調和･衛生工学会論文集,No.75, 1999.10
19) M. Zheng, S. Hayashi, N. Nakahara: Comparative Study of a

Real CAV System by Dynamic Simulation HVACSIM+ and TRNSYS, Proceedings of 6th International Conference of IBPSA, Building Simulation '99, Kyoto, 1999.9
20) J.Eriksson: The Swedish Commissioning Project, IEA ECBCS Annex 40, Scheveningen April 5-6, 25001
21) N. Motegi and A. Piette: Oakland Administration Building Energy Management System Analysis, Commercial Building System Group, EETD LBNL, 2001
22) D. Clough and D. Dodds, Draft National Strategy for Building Commissioning, 6th National Conference on Building Commissioning, May, 1998, Florida (筆者和訳を空気調和・衛生工学会誌に掲載予定)