

建築設備のコミッショニング

(一財)建築コスト管理システム研究所・新技術調査検討会

1 はじめに

東日本大震災の後、エネルギー需給の再構築と再生可能エネルギーの利用拡大など、国内のエネルギー対策が急務となっている現状において、建築分野の省エネルギー化と省CO₂化は重要である。中でもエネルギーを消費する空調システムなどの建築設備においては、安全で快適な環境を維持しつつ、品質の確保とエネルギー性能の最適化が求められている。これは新築でも既存でも、健全な建築ストックの形成とライフサイクルにわたる建築性能の維持向上と省コスト化、そして循環型社会の実現に向けての必須の取組みである。

この取組みに欠かせない技術としてコミッショニングがある。今回、建築の設備システムを中心にしたコミッショニングについて、学協会と業界の提示する内容を整理するとともに、最近の動向を調査したので報告する。

2 コミッショニングの概要

建築設備そのものが一品受注生産となることが多く、最近の空調システムでは省エネルギーと省コスト、電力負荷平準化の要求からシステムが複雑化し、生産過程（設計・施工）及び運転管理過程に求める技術レベルも高度なものとなっている。一方で、生産過程で想定した運用と竣工後の運転管理過程における実際の運用が必ずしも一致しないために、要求したエネルギー性能が発揮されないことも多く、施主（発注者）や利用者からのクレームとなったり、あるいはその不具合さえも確認されず「気がついたときには後の祭り」と

いうことの繰返しとなることもある。こうしたことを回避するためには、生産過程から運転管理過程のコミッショニング（Cx：性能検証）が重要となる。

現状の建築設備の生産工程における問題点・課題に対するコミッショニングの役割について整理して表1に示す。

表1 コミッショニングの役割

区分	生産プロセスの特徴	リスク	問題点・課題	コミッショニングの役割
受注生産	契約時に製品が見えない	契約時に完成品の性能確認が困難である	施主がコストにのみ集中し、製品性能の軽視・無関心から購入後のトラブルが発生する	運転性能の明確化と完成後の性能確認が可能となる
一品現地生産	個々の設備ごとに仕様が異なり生産者や現場条件の影響も受ける	現場の技術レベルと品質管理体制が完成品に影響する（業者の技術差がある）	設計主旨や根拠、運転操作方法、試験結果など、運転管理に必要な情報が不足する	文書化と記録で生産プロセスの明確化と内容確認が可能となる
システム製品	多くの機器や部品から構成されている	一部の部品不良が製品不良につながる	システム全体としての機能確保と責任体制が曖昧なため性能確保が困難	機能性能試験による確認で、部材・部品の性能確保とシステム機能が明確化される
分業と重層構造	企画・設計・施工・運転にわたり、多企業、多業種が関与する	情報伝達管理不備によるトラブル発生の可能性	企画・設計・施工から運転管理に至る情報の引き継ぎ、運転管理者への訓練が不十分である	企画から運転管理までの一貫した設備システムの情報が運転保守管理者の訓練により確実に伝達される

2.1 標準的なコミッショニングプロセス

（公社）空気調和・衛生工学会から「建築設備の性能検証過程指針」（会員専用の無料公開資料）として、標準的なコミッショニングプロセス（手順）が解説されている。標準的な新築におけるコミッショニングプロセスの概要を図1に示す。この図では、従来の建設工程に従って、生産段階の

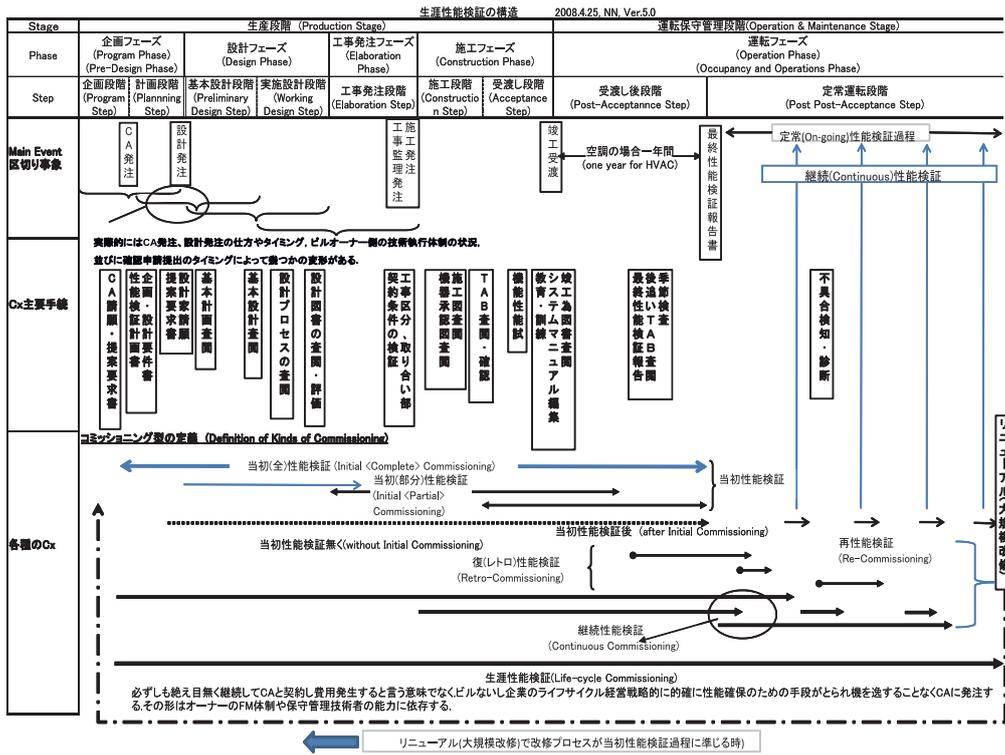


図1 標準的なコミッショニングプロセス
 出典：「建築設備コミッショニング協会編の建築設備性能検証マニュアル」より

企画・設計段階から施工段階を経て運転保守管理段階にわたって実施されるコミッショニングに特有の主要な手続きと作業項目とともに、コミッショニングの種類（当初性能検証・復性能検証・再性能検証・継続性能検証）について、適用される期間が併記されている。

2.2 コミッショニング実践のポイント

コミッショニングを実施する上で、これまでの建設工程に加えて留意するポイントを説明する。

(1) 目標とする要求性能を明文化すること

コミッショニングでは企画・設計要件書(OPR: Owner's Project Requirement)によって、要求性能をしっかりと明文化することが求められる。この企画・設計要件書は、施主の定性的・理念的な構想が述べられる建築企画趣旨を文書化した企画書(Owner's Program)と、設計者が実際の設計業務に入るための設計条件(要件とも言う)を明記した設計要件書(Design Requirements)を取りまとめた文書である。企画設計段階において施主と利用者が求める室内環境や省エネルギー性能などに関する要求性能をし

かりと明文化して、これを実現するために企画、設計・施工・引渡し・運用の各段階を通して、関係者のすべてが共有していることが重要である。

(2) 適用範囲と作業内容を明確にすること

コミッショニングを適用する建築プロジェクトにおいて、要求性能を実現するために適用範囲と関係者の役割、作業内容を明確にすることが重要である。これは性能検証計画書としてまとめられ、図1に示した段階ごとに作成されていく。この性能検証計画書では「適用範囲の要求性能に対して関係者が根拠をもって判断と助言、査閲・確認を行い、その結果を関係者間で共有し引き継ぎを実施するか」について規定し、具体的な進め方と作業スケジュールが明確にされる。

(3) 要求性能を的確に確認すること

図1に示した各段階で査閲・確認される内容が性能検証計画書にて明確にされていくが、コミッショニングプロセスを経て生産段階が完了し、運用段階に入った当初1年間において、最終的な目標とする要求性能について確認する「機能性能試験」が実施される。これまでの建設工程にはない、コミッショニングを特徴づける新たなかつ重

要な作業である。「機能性能試験」では、従来の竣工引渡し段階の試運転調整作業や竣工後1年間の運転切り替え業務などでは確認できない、全体システムの運転性能をきめ細かな観点から確認・判定する。「機能性能試験」の結果を受けて、システム制御の調整作業や改善策などを具体化して最適化に繋げることで、目標とする要求性能を実現することが可能となる。

3 コミッショニングの効用と費用

コミッショニングによって、文書化の徹底により情報連絡の迅速化及び建設関係者の業務への責任感の向上とすべての技術関連図書の信頼性が向上する。その結果、確実に要求性能を満たす設備システムを得ることができ、建設関係者それぞれの立場で充足感、満足感が得られる。一方、これまでの建設工程に新たなプロセスを適用することでの全体の建設費用は増加する。

コミッショニングによる効用と費用について整理する。

3.1 建設関係者にとっての効用

(1) 施主（発注者）

コミッショニングプロセスの結果が文書化されることによって建築工程における経過を適宜に確認することができるため、要求した設備性能を確実に実現する完成した設備システムが入手できる。その結果、ライフサイクルにわたり高品質で経済的な運営が可能となり、テナントの満足感や不動産の評価も高まるなどの効用が期待できる。

(2) 設計者

施主の要求性能が明示されることによって、設計者の役割・責任範囲が明確になり、不必要な作業や手戻り・クレームが減り、設計意図の不一致などがなくなる。また、設計品質に相応しい適正な報酬と設計家としての評価・信頼を得ることができる。

(3) 工事請負者

要求性能について関係者のすべてで共有され施主や設計者との意思疎通が図れ、施工中の手戻り

やトラブルが減少する。責任範囲が明確化されることで設計支援やVEの位置付けが正当に評価され適正な見積りができるとともに、完成後のクレーム処理や瑕疵担保工事などが適正に処置されることとなる。

(4) 運転保守管理者

工事への初期から参加の機会を得ることができ、機能性能試験により運転性能を詳細に把握することができること運転保守と維持管理の効率化と安全性を獲得できる。また、設計側からの趣旨や操作方法、システム技術情報が提示される、適正な訓練・教育を受けることができるので設備システムの適切な情報と知識を得ることができる。

3.2 コミッショニング費用

国内におけるコミッショニング費用について情報が少ないが、米国における実施データが整理されている。その報告では、新築工事におけるコミッショニング費用は空調換気設備工事費の1.5%から5%で平均2.5%と示されている。これは、ほぼ設計費に相当する費用と考えられる。また、既設のリニューアル工事におけるコミッショニング費用は延床面積の原単位コストとして1 \$/㎡～5 \$/㎡(≒100円/㎡～500円/㎡)、平均2.5 \$/㎡(≒250円/㎡)程度と示されており、回収年数は平均2年程度と報告されている。10,000㎡の建物で試算すると250万円程度となり、効果が125万円/年で、2年間で回収可能で、その後は年額125万円が長期にわたって削減できることになる。これらのコミッショニングにかかる費用は、建築生産並びに運転保守過程における性能向上と合理化、省エネルギー・省コストと快適性向上による不動産価値増大などの大きなメリットで十二分に費用対効果が高い実績であることが報告されている。

適用範囲や作業内容、技術的なレベルなどによって、コミッショニングの費用に差異が生じることになるが、今後の国内におけるコミッショニング実績によって、費用対効果について整理されていくことを期待したい。

4 コミッショニングの実施事例

最近のコミッショニング実施事例として、空調和・衛生工学会の平成24年度の大会で報告された事例から紹介する。いずれも研究的な取り組みではあるが、コミッショニングの実践的な内容が報告されているので概説する。

4.1 大規模複合施設における企画・設計フェーズのCx事例

このコミッショニングでは、既設建物の設備改修プロジェクトにおいてコミッショニングの専門家で構成された性能検討委員会が設置されて、基本設計のプロポーザルと熱源改修に向けた提言、報告書作成を実施した事例である。具体的には既設建物のエネルギー消費の実態調査とBEMSデータによる設備性能分析、システムシミュレーションによる性能検証を行い、改修提案されている設計の妥当性を検証した上で、「地球環境保護をキーワードにして地域との連携を図りながら発展する」「大幅なCO₂排出削減を目指す」というオーナーの抽象的な思いを企画・設計要件書(OPR)としてまとめ、「建物全体で35%以上のCO₂削減を目指す」という具体的な数値目標を提言されている。現在は、オーナーの投資決定を待っている状況とのことが報告されている。

4.2 インハウスエンジニアとのコラボレーションによる設計段階のCx事例

新築される大学施設の設備のみならず建築全体の総合的コミッショニングの取り組みとして、施工側のインハウスエンジニアで構成されるコミッショニングチームと専門家で構成されるコミッショニングチームが協働して活動していることが特徴的な事例である。大学研究施設としての3つの目標と7つのコンセプトを実現する設備システムを提案して、「建物全体として、年間一次エネルギー消費量を学内の同用途の基準建物の年間一次エネルギー消費原単位より20%以上低減可能な建物とする」とした企画・設計要件書(OPR)

を策定している。また省エネ対策技術として、建築要素となる外皮性能向上化やアースチューブ、エコシャフトの採用、設備システムは井水利用の高効率チラーと蓄熱システムの採用、FCUの大温度差制御などを採用している。また、LCEMシミュレーションを活用して、建物全体のエネルギー消費量の性能確認が実施されている。LCEMは、国土交通省大臣官房官庁営繕部が、建築物のライフサイクルでエネルギー管理を行うために開発した無料で公開されているツールである。詳細情報は、国土交通省のWebサイト(http://www.mlit.go.jp/gobuild/sesaku_lcem_lcem.html)を参照していただきたい。

設計段階でのコミッショニングの効用として「総合的目標の実現、建築設備の整合が図れる」「手戻りの最小化」などの効用が期待される反面、「フィードバックの重要性に対して手間がかかる」などの意見が報告されている。

4.3 Cxチーム編成のバリエーション

某建物の発注者から、本施設の熱源更新計画及び省エネルギー計画に関わる技術的支援を委託された設計事務所自身がコミッショニングプロセスを適用した事例で、「Cx業務の客観性を如何に担保するか」という観点からの取り組みが報告されている。性能検証に関する全体監修業務及び設計段階の性能検証は、設計者の所属する設計事務所が技術支援業務の一環として担当すること、施工段階の性能検証業務の責任者は、請負者のうち、施工部門とは独立した部門から性能検証について一定の知見を持った技術者が実施することで、第三者性を確保している。学協会が提示している第三者による実施とは異なるが、直接の建設関係者でない完全な第三者がコミッショニングを実施する状況に至らない国内の現状では、建設関係者で実施体制を構築するコミッショニングも、客観性と透明性を確保できれば、実際的なバリエーションのひとつではないかと提言している。

4.4 機能性能試験の実用化に関する実践研究

本報は、某事務所ビルの蓄熱式空調システムの

改修工事に適用した機能性能試験の実践例である。学会の提言する機能性能試験の手法を踏襲して、試運転調整結果を査閲し、機能性能試験計画書と試験要領書を作成して試験が実施された。適用範囲は熱源システム、蓄熱システム、空調システム、搬送システム、室内環境について、機能性能試験で特有の開回路試験（最大能力確認試験）と閉回路試験（制御を生かした性能確認試験）を実施して、目標性能との判定結果を報告している。図2に、空調システムの機能性能試験結果の一例を示す。この試験結果では変風量制御（VAV）が適正に制御されず、制御調整に関して潜在的な改善点が提示された。

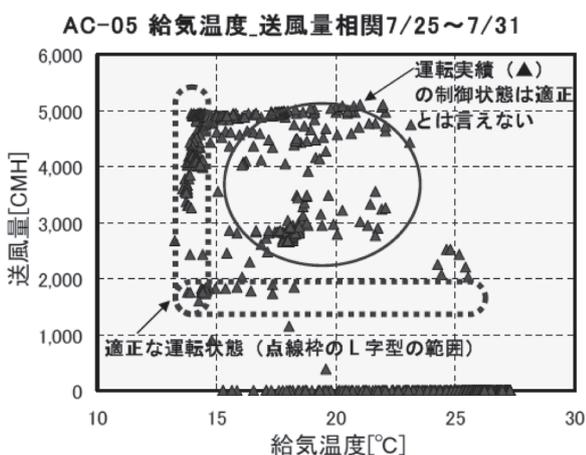


図2 機能性能試験結果の一例 (VAV制御の開回路試験)

5 コミッショニングに関する資格認定制度

コミッショニングを実践するには専門的な技術と知識、特有の技能と経験を持つ技術者が必要になる。NPO法人 建築設備コミッショニング協会が、CxPEとCxTEという専門技術者を設定して資格認定制度を発足している。その資格認定制度について紹介する。図3に、CxPEの素養とCxTEの資質を示す。

5.1 CxPE (Commissioning Professional Engineer)：性能検証技術者

建築設備のコミッショニングプロセスの実効性を高めるためには、コミッショニングをマネジメ

ントする技術者が必要となる。この資格は、資格取得のための研修コースに参加して資格要件を満たす技術者が認定される。現在40人程度が資格認定者として活動している。この技術者には、次の素養が求められている。

- ① コミッショニング過程を理解し、コミッショニングをマネージする技術を有する。
- ② 建設プロセスを理解しており設計者・施工者等の関係者とのコミュニケーションができる。
- ③ コミッショニング対象範囲で発生した問題点を自身の専門領域から適切な助言ができる。
- ④ 公正な視点で判断できる倫理観を有する。

5.2 CxTE (Commissioning Technical Engineer)：性能検証専門技術者

建築設備のコミッショニングプロセスでは、機能性能試験や運転の最適化などの実際的な検証業務を実行できる技術者が必要となる。この資格は、講習会に参加することが認証取得の前提としていて、協会において登録制で認証されている。この技術者には、次の資質が求められている。

- ① 性能検証チームの一員としてCA並びにCxPEの指示に従い、性能検証業務を遂行できる技術を有する。
- ② 計測技術と分析能力に優れ、試運転調整や自動制御の専門的知識を持ち、現場における検証業務を的確に実行できる。
- ③ データ処理ツールやシミュレーションの活用に優れ、故障検知・診断の専門的知見を持ち、システムの最適化及び最適チューニングが実施できる。
- ④ データ分析の技術と設備システムの知識を幅広く有する。

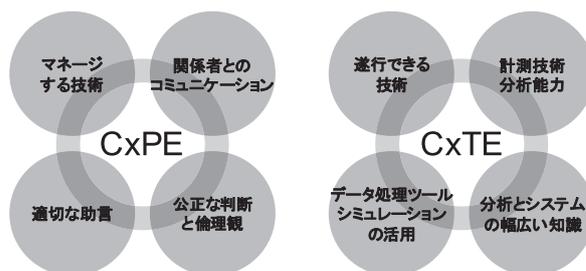


図3 CxPEの素養とCxTEの資質
出典：建築設備コミッショニング協会の資料より

6 コミッショニングに関わる動向

コミッショニングの重要性や必要性に関わる最近の国内動向を整理する。

東京都環境局の優良特定地球温暖化対策事業所の認定ガイドラインの改正について解説する。トップレベル事業所等認定におけるコミッショニングに関して以下の2点が改正されている。

① 2011年度以前に竣工した建物に限り、建設当初にコミッショニングが実施されていない建物に適用するレトロコミッショニング（復性能検証）が追加対象となった。改正前は、竣工年度が2012年以前の場合、新築又は改修時の竣工後1年以上の運用段階のコミッショニングが加算対象であったが、既設建物の事前調査から改修計画立案までにわたる、改修工事実施前のレトロコミッショニングについても評価されることになった。

② 2012年以降に竣工した建物は、竣工後で標準使用状態になった段階から1年以上にわたって運用段階のコミッショニングが実施されていない時は減点となった。これは、竣工後のコミッショニングがトップレベル事業所認定取得の必須項目となったことを意味する。

また最近では、国内でありながら米国のグリーンビルディング認証制度であるLEED認証の取得を目指す建物が増え、取得を目指す建物を含めて現在までに30件ほどに上る。LEED認証取得には高い建物環境総合性能評価としてエネルギー効率のデータ管理やエネルギー使用量の把握など、コミッショニングの実施が必須となっている。

その他、エネルギーマネジメントシステムに関する国際規格ISO50001の発行や省エネルギーに関する包括的なサービスを提供するESCO事業の普及、省エネ基準法の改正への対応などの動向においても、コミッショニングの重要性を示している。更に、コミッショニングに必要となる文書や技術ツールの整備も進められており、注目されているBIMについてもコミッショニングのためのデータモデルや活用方法が検討されている。

なお、医薬品の製造及び品質管理に関する基準のバリデーションや食品製造施設の衛生管理のHACCPがある。コミッショニングに類似している側面は多いが、いずれも製造品に対する取組みである点が、設備性能やエネルギー性能に関するコミッショニングの取組みと相違していることを補足しておく。

7 おわりに

欧米で発足したコミッショニングが日本で取り入れられるようになってから20年超の年月が経過した。この間に国内では、コミッショニングの研究が意欲的に行われ、指針やマニュアルが整備され実施事例も増えてきており、コミッショニングの重要性や必要性は認識されつつある。しかし一方で、実践的な側面からのコミッショニングの技術や効用に関しては実績も少なく、未だ不明確な状況にあると言える。今後は、コミッショニングの実用展開へ向けた課題と対策について建設関連者のディベートを重ねていくことと、実践から得た技術と知見を整理して、実用的で効果的なコミッショニングを提言していくことが、普及展開に向けた取組みとして必要に思う。

そして、日本の建設市場に適した実際的なコミッショニングのあり方を具体的にして、コミッショニングが建築業界に広く浸透していくことで、実効ある省エネルギー化と建築分野の持続性に対して適正な発展を期待したい。

最後に、本調査に当たりましては、東洋熱工業株式会社殿に資料提供等のご協力をいただき、その一部を引用していることを付記する。

(参考文献)

- 1) 建築設備の性能検証過程指針：公益社団法人 空気調和・衛生工学会
- 2) 建築設備性能検証マニュアル：NPO法人 建築設備コミッショニング協会
- 3) NPO法人 建築設備コミッショニング協会：Webサイト、会誌、資格制度説明資料
- 4) コミッショニングワークショップ「コミッショニングの実用展開に向けて」：空気調和・衛生工学会大会（札幌）、平成24年9月
- 5) 上谷他：機能性能試験の実用化に関する実践的研究（第一報～第六報）：空気調和・衛生工学会大会（札幌）、平成24年9月