技術のページ

コミッショニング事始め（14）

機能性能試験(FPT)（１）発端と展開

中原信生　(NESTEC)

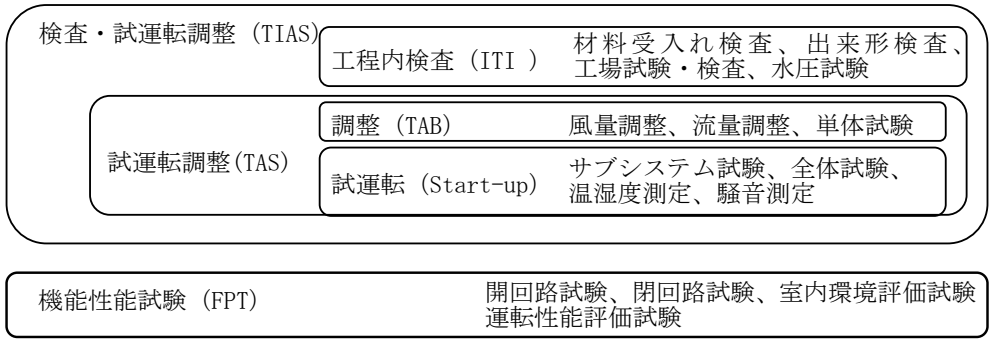
学会指針における機能性能試験と試運転調整の定義と区分

わが国では、試運転調整と言う、質の精粗はともかくとして、明白な業務とその実施組織が現実に存在するのに、その上に機能性能試験と言う概念が新しく定義されたために、わが国の商習慣の中にコミッショング過程の要諦としての機能性能試験を如何に位置づけるのか、果たして言いだしっぺである米国ではどのようにしているのかを理解し、討論し、調査し、再定義し、実プロジェクトでトライアルし、と言う20年間を筆者は過ごした。今回から複数回に亘って機能性能試験を話題にしたい。先ずは学会(SHASE) の性能検証過程指針における取り扱いを述べる。機能性能試験がコミッショニング過程と言う概念の中で定義され、一方、コミッショニング過程の最も重要な前提文書が企画・設計要件書 (OPR)であるとすれば、この二つを結びつけるのがコミッショニングを前提としたコンセプトとしては最も判り易い筈で、屋上屋を重ねることもできる。そこで2004年SHASE指針(SHASE-G-0006-2004)では以下のように定義して従来業務との差別化を図った。(指針の3.用語の定義による。詳細解説は同付属書-10を参照されたい。)

試運転調整(Testing, Adjusting and Start-up, TAS):施工・納入・設置した要素機器・サブシステム等が設計図書の仕様・記述を満たすように行う、搬送系の流量調整及び要素機器・サブシステムの試運転、設備全体としての試運転を含めたもので、工事監理者の監理下で設備工事の完成確認を目的に工事請負者が実施するものをいう。試運転を含まない米国等におけるいわゆるTAB(Testing, Adjusting and Balancing)業者の行うTABとは意味と包含する範囲とが異なるので注意を要する。

機能性能試験(Functional Performance Testing, FPT):発注者の企画趣旨を満足し，最終的な設計要件に合致する機能性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(安定性と耐久性を含む)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ための性能責任者の指揮のもとに行われる試験。

これに関連して別に「検査・試運転調整(TIAS)」、「工程内検査(ITI)」、「試験調整(TAB)」を定義ないし再定義して、その区分を明確にし(同指針、図-1)、その上でコミッショニングチームの業務内容の要点を指針に明記した。機能性能を確認



図－1　試運転調整と機能性能試験の区分(SHASE 指針)

する焦点として、機器性能確認には全能力開回路試験を当て、システムと環境性能を支配する制御応答を確認するためには閉回路試験を、そして制約条件である環境性能と、評価関数であるエネルギー目標値を同定する運転性能評価のための試験・解析を、受渡し段階と受渡し後段階を通して四季に亘って検証することとし、この定義の効果を筆者が担当した実プロジェクト(山武環境技術センター、BSCA ホームページ<http://www.bsca.or.jp/activity/initial.html#no3>)の試行を通して具体的業務内容を定義し確認することができた積りである。

然しながらこのキーワードを詳細化、或いは実プロジェクトに当てはめる検証業務仕様としてより一般化すべく再々定義する努力が指針発行後の SHASE コミッショニング委員会の歴代の小委員会で行われ、委員会成果が二度に亘って会誌に報告されている(最新の報告は2014年6月号に掲載された「空調設備の機能性能試験マニュアル案」)ので参照していただきたい。

主題の発端とその由来、ASHRAE のその後の展開

(1) 夢と現実の狭間

遡ってその発端と由来について考察してみたい。1989年のASHRAEの最初のコミッショニング指針(ASHRAE Guideline 1-1989, Guideline for Commissioning of HVAC Systems)に現れた機能性能試験の定義は以下のとおりである。

Functional performance testing: すべての要素機器、サブシステム、システム並びにシステム機能間のインターフェースが契約文書に合致しているか否かを決めるために行う広範な範囲(full range)のチェックである。ここに、「機能」にはすべてのモードの制御・操作シーケンス、すべてのインターロックと条件付の制御応答、仕

様に含まれた異常な非常事態におけるすべての応答を含む。

これが 1996 年発行の指針(1-1996, The HVAC Commissioning Process)においては次のように定義が簡略化された。

Functional performance testing 最終的な設計趣旨に合致する暖房、換気、そして空調機能を提供するような HVAC システムの能力であるかを決定付ける過程

1989 年版の内容はまさにわが国で言う、工事請負業者(制御工事請負を含む)の実施すべきフルレンジの試運転調整業務そのものである。残念ながら現実はそのようなフルレンジの試運転調整は実施される事は稀で、特に制御やインターロックを含む総合的な試験調整に不備があることが既に 1990 年代に認識され、1995 年に設立された SHASE の BEMS 委員会の第三 WG (主査:渡辺健一郎氏)において「新しい総合試運転調整」マニュアル素案を提案したのはまさにこの流れに沿っていたと言える。世はまさにそういう時代だったのである。とくに米国では TAB 専門業者の行う試験調整と、工事請負業者が行う Start-up(始動或いは試運転)の間に齟齬と乖離があって明らかにわれわれが問題としたような総合試運転調整以前の問題として俎上にあがっていたことを示すもので、業態の異なる日米両サイドの課題が同じポイントを衝いたと言うべきであろう。ところが改訂版であり、コミッショニング実務ガイドとしてはより現実的な指針となった 1996 年の ASHRAE ガイドラインでは、機能性能試験の役割に関する限り上の定義に見るようにぐんとトーンダウンしたかに見える。少なくとも 1989 年に定義の示唆する業務内容が現実的でなく、具体化することの困難さを指摘され議論澎湃(ほうはい)したのであろう事が充分に推察される。

(2)トータルビルコミッショニングへの動きと Testing の位置づけの変質

1996 年版発行後の米国のコミッショニング事情は大きく変わる。先ず第 1 に建築規格団体である NIBS がコミッショニングを取り仕切るようになり(トータル)ビルコミッショニングとして建築業務全般にコミッショニング体制を拡大し、その中の空調部分(HVAC&R)のみが ASHRAE の管轄となり、

- 全体を貫く基本指針が ASHRAE/NIBS Guideline 0-2005 (The Commissioning Process)、
- 空調部分の追加指針が ASHRAE Guideline 1.1-2007 (HVAC&R Technical Requirements for The Commissioning Process)として発行、その後
- 建築外皮が NIBS Guideline 3-2006 (Exterior Enclosure Technical Requirements for the Commissioning Process)→(改訂)3-2012 (Building Enclosure Commissioning Process)、

と言う風に建築・照明・給排水を含め 14-20xy までから成る体系化構想を進めているので、基本的なところがすべて 0-2005 に規定されているのでその枠をはずすことができなくなった。(勿論、必要に応じて改訂されるであろう。)

第二に、米国のグリービル協議会の格付けシステムである LEED への応募企業が急増し、LEED の評価基準の中の必須事項の中にコミッショニングプロセスの採用が含まれているために、コミッショニングへの需要が急拡大したことである。

以下は筆者の推定であるが、その結果、急増したコミッショニングプロジェクトを遂行する過程で、1989 年版に高らかに謳い、1996 年版でも重要な用語として残っていた functional performance testing を具体的に実行するときの難点が身に染みることとなった可能性が多分にあり、この用語が削除され、新しい指針の中では単に Test(試験)とのみ記述される事となった。用語の定義に残ったのは「試験手続き書(Test Procedures)」のみであり、本文中の項目としては「試験の実行(Test Execution)と言う項目が残り、CA が主体的に行うべき FPT のニュアンスが無くなり、試験手続き書と試験実行状況の確認義務が述べられ、サンプル文書が付録に載せられている。それにしても機能(function)も性能(performance)も用語として指針から消え去ったのは不見識な気がする。ただ後述するように、その間に行われた各種団体による機能(性能)試験のプロトコル(protocol、実施要領)を作成する努力は膨大なものがあり、その中で理論と実際の両面からリーズナブルな業務内容を追求している努力は伺える。とくに上述の 0-2005～1.1-2007 に影響を及ぼしていると思われるのは米国のコミッショニング協会(Building Commissioning Association, BCA)発行のビルコミッショニングハンドブック(Building Commissioning Handbook)の著者の一人 R.B. Casault 氏であり、コミッショニングプロバイダーでもある氏は 0-2005 策定委員会に所属し、上述の BCA ハンドブックに書かれている内容がベースになっていることが明らかで、当初コミッショニングの実務体験からのフィードバックが強く働いていることが窺われる。

このような動きの中で予め現段階における筆者のスタンスを述べておけば、わが国においては基本的には図-1 をベースに冒頭に述べた形で機能性能試験の性格を具体化して行き、まさに BEMS 委員会で行った認識と提案文書(総合試運転調整)の内容の完成を含めたコミッショニング業務の内容としての合理的かつ効果的な位置づけをより明確に肉付けして行くべきであると筆者は考える。そのためには対抗する(或いは重複するかにも見える)試運転調整業務の定義づけと実施プロトコルの作成が肝要であることを強く主張し、SHASE 内に試運転調整委員会

を設立して基準作りを進めることを進言し、本誌編集長でもいらっしゃる吉田新一氏に委員長のご足労を取って頂いてその原案作りがなされたことを付言しておきたい。これも会誌に紹介されている。基準化の手続きを未だ経ていないものの、今後図-1 の構造の下に調和の取れた業務分担が定義されるであろう。

機能と性能

さて、突然に現れた機能性能試験であったが、コミッショニングの提唱とともに米国ではいろいろな研究調査機関で Testing Guide が作られていくが、言い合わせた様に「Functional Testing Guide」としてまとめられている。この当たりに前述した変遷の鍵が隠れているように思う。前述の 1-1989 の定義はまさに「機能が契約文書即ち設計図書に記述されたとおり充足されている」ことを示すための試験であることを書いているに過ぎず、それ自体はなんら真新しいものではないが、現実にそのようなフルレンジの総括的試験がなされてこなかったために各種のクレームが惹起してきた事実を物語っている。そして前述のように後退したかと見られる 1-1996 の定義は「最終的な設計趣旨に合致する･･･HVAC システムの能力」を決定付けると書く事によって、機能とともに性能を「設計図書及び OPR の定義に従って実現する」事を検証する、と間接的に意味づけることによって、コミッショニング業務としての特別の過程であることを明記したものと見るべきであろう。

では機能(function)と言い性能(performance)と言うのは何か、そしてそれは独立に定義されるものであろうか。性能の無い機能というものが有るのであろうか?これは一つの研究テーマになりかねないので深入りすることを避け、筆者の常識で、コミッショニングの立場から例を示して定義しておきたい。例えば空調システム用の冷凍機と言うとき、冷凍機の基本機能は「空調システムを流通する熱媒を所定の温度条件に、所定の冷凍能力で安定的に冷却すること」であり、殆どの場合、エネルギー効率を指定することは無かったから性能と言えば冷凍能力であり、それを定義するための周辺条件(冷水温度、冷却水温度など)が満たされなければシステムは完成しないからこれは機能のうちである。しかし特定機種に固定することは自由競争、公平取引の観点から社会的な制約を受けるとされて機種選定の余裕を残す必要があり、そのために参照した特定機器のエネルギー効率性能(COP)を条件として記述することは行われてこなかったし、今後も困難な場面が多いであろう。しかし建設中の何れかの時点でエネルギー効率も定義して発注・検収せねばならず、従って機能試験の段階では試験の副産物として性能が顔を出す。しかしこのレベルではあくまで機能試験の範疇内であろうと筆者は考える。

コミッショニングプロセスの文脈の中で敢えて性能と言う場合は、明確に設計要件書或いは企画・設計要件書(OPR)に定義された性能であるべきである。仮に冷凍機の選定が致命的な要素であってそれは OPR に明記されねばならないとすればそれは機能性能試験で「性能」として検証すべきものである。そうでなくても、本シリーズ(5)で例示したように、OPR 作成の段階で CA サイドでシステムシミュレーションが行われ、その中で冷凍機(ヒートポンプ)のピーク条件並びに年間(外界・負荷)条件における機械のエネルギー性能の変化が検証上極めて大きな要因になるときは、機械の年間性能変化を「性能」として検証せねばならないであろう。

そして筆者が特に強調したいのは CA の役割は性能を定義し結果を検証するだけでは役割の半分も満たしていないのであって、OPR にて性能を定義した暁には、それの実現に向けて、設計家による設計展開、工事業者による発注・承諾のプロセスにおいてよき助言者として、最後に致命的な結果にならないように、定義した性能が発現するように、デザインコミッショニングを実施し、施工文書としての発注機器の要求性能の査閲・確認を適時的確に行うことが、機能「性能」試験をスムーズに実行し所定の性能を充足させる要諦なのである。即ち機能性能試験は設計・施工フェーズに既に始まっていると言うべきで、それゆえにこそ、企画フェーズ計画段階から運転フェーズ受渡し後段階にいたる一貫した当初コミッショニングプロセスを適用することの最大の意義が存在するのである。

機能試験ガイド(Functional Testing Guide)

上述により、機能性能試験は機能試験の名称の下に幾つかのガイドライン、テンプレートが作られた。代表的なものを二つ示しておこう。

(1)PECI:Model Commissioning Plan Part IV･･Construction Phase･･CXTEST

CXTEST による手続きは 3 段階からなる。第一段階は事前機能チェック(Pre-functional Check)と始動(Start-up)計画の実施・作成と承認、第二段階は機能試験計画の展開、第三段階は機能試験の実施と承認であるとし、計画・承認・実行のためのサンプルフォームを添えている。

(2)CEC(カリフォルニアエネルギー委員会)機能性能試験ガイド

CEC と DOE(米エネルギー省)との資金の下に LBNL(ローレンスバークレー国立研究所)と PECI との協力の下に作成されたもので 2003 年 5 月完成)、Functional Testing Guide と Control Deign Guide とからなり、「HPCBS(High Performance Commercial Building Systems) Functional Testing Guide for Air Handling Systems: From Fundamentals to the Field」と名付けられた膨大な文書である。

2000 年より 4 年間に亘ってもたれた IEA/ECBCS の国際共同研究 Annex40(省エネルギーのためのコミッショニング)はコミッショニングの国際共通認識を高めるための数多くの成果を上げたが、機能試験プロトコルに関してはこの LBNL/PECI のガイドの完成が強く俟たれていたという事情もあった。以下次号へ。　(続く)