

## 技術のページ

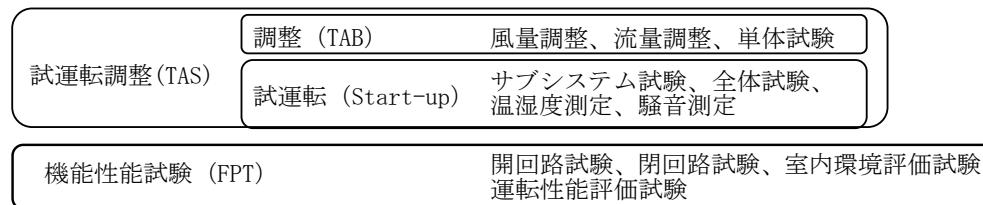
### コミッショニング事始め（16）

#### 機能性能試験(FPT)（3）試験の計画と実施への流れ

中原信生（NESTEC）

#### 受渡し段階の必須用件

7月号に述べた竣工試験体系の中で、工事業者がマネージする試運転調整(TAS)とCA(性能検証責任者)がマネージし工事業者が実作業を行う機能性能試験(FPT)の定義図を抽出して再掲すれば図の通りである。



本稿で記述することは、筆者が1980年代以来米国ASHRAEのコミッショニング論議に触れ、わが国学会の委員会で皆と議論し、そして自ら新築や改修ビルのコミッショニングプロセスを十数年間のうちに数件を実体験し、また自らの前歴として1957～1978年の間に得た設計・施工・技術管理の体験に照らし合わせて現段階で思い到ったことであり、米国ASHRAEやPECI、BCA等の方法論や実態、わが国のコミッショニング委員会で継続的に検討され発表されてきた機能性能試験のあり方と実施論との間で食い違いが有るかもしれないことはご承知頂きたい。

前回の説明の中で、開回路試験についてはその大部分が試運転調整のサブシステム試験の中での実施結果を活用することが出来ると述べた。従って試運転調整計画書と機能性能試験計画書を早い段階から準備しておき、その狭間にあら機能性能チェックリストを介して両者の融合を図ることによって重複を避けつつ、コミッショニングプロセスの費用体便益効果を最大限に引き出すことが出来よう。

一方、閉回路試験については竣工受渡し時点での調整結果は、季節による変動の少ない一部のサブシステム(例えば熱源全能力運転を原則とする蓄熱式熱源システムにおける定温蓄熱制御)を除き、竣工後の季節変化や居住状況変化による負荷と外界条件変動の下での、受渡し後の閉回路試験(実は運転実態の解析)による検証・評価・調整を必ず必要とするものであるから、受渡し後1年間のコミッショニングを前提として総合的に実施するのが良いし、それが必須となる。

#### 実績に見る機能性能試験のスケジューリング

下の図は最近実施された名大の新築工事棟の工事発注フェーズ以降のCxプロセス実績と標準のプロセスを比較したものである。上半に学会指針の考え方で配



一般の性能検証プロセス

名大地域環境棟 CKK の性能検証プロセス

置した受渡し段階前後の業務、下半は CKK(と略記する)棟のプロセス実態を要記したものである。(CKK については下記の学会論文で紹介しているので参照頂きたい。[筆者ほか:大学施設のトータルビルコミッショニングの実践研究、第 1 報～第 15 報、空気調和・衛生工学会大会講演論文集、2012.9～2014.9]。

学会指針による基準では言うまでも無く機能性能試験を主とする「受渡し段階」工期が確保され、試運転調整結果を確認しその合格サインの下に機能性能試験を実施し、またその実施結果を含めてのシステムマニュアルが取りまとめられる。CKK の場合は全体の施工工期が約 1 年しかない上に、公的手続きの遅れから着工が 2 ヶ月遅れ、さらに東北復興工事の余波で人工不足が続き、一時は最大 3 ヶ月程度の遅れも生じると言う事態に、普段でも圧縮される試運転調整が当初目標より一ヶ月以上遅れて受渡し時点を跨いで行われた。竣工が 3 月初め、その後一ヶ月の転居期間があり、空調的にも中間期に当たったことと、コミッショニングプロセスによりチームが一体となって居住者の要求に対応できる性能確保のための試験日程の合理化等に努めたことにより何とか乗り越えられたと言ってよい。

然しながら、多くの現場で同様の(試運転調整工程が十分に取れず、竣工後に跨ったり、試験そのものが簡略化或いは省略されたりする)実態がある。CKK ではほぼ理想系に近い当初コミッショニングが適用されたにも拘らず不可避の遅れが生じてしまったために、逆に機能性能試験を効率的・合理的に達成する工夫をしたのであるが、それが殆どのケースで避けられない実態であるとすれば、空論ではない実行可能な方法論を提示すべきであろう、との思いで本稿を綴っている。

## 機能性能試験の実行

### (1) OPR 及び設計図書における性能指定根拠の明示

施工フェーズ前の Cx 活動として、図ではカットした企画フェーズにおける OPR 規定、設計フェーズにおける OPR 性能実現のための根拠の明示が為されるが故に、施工フェーズでの品質低下の機会が減少するとともに、機器等の承諾図段階に提出されるべき性能データの内容が規定される。企画フェーズに OPR によりエネルギー性能目標が正しく定義され、デザインコミッショニングが適切に実施されいれば、設計フェーズの中で何らかの形のシミュレーション作業を経て機器やシステムのエネルギー効率性能を規定せざるを得ず、設計仕様を適切に記述していれば施工フェーズに品質が低下してしまう機会を失うのである。

CKK の場合は企画フェーズに作成した OPR の検証可能性に疑義があつたので、設計フェーズの CMT 活動の中で LCEM ツールによる運転条件、負荷の稼働率を同定し検証可能性を確保した。その段階でチラーの外界(気象条件)及び内部(人体、照明・コンセント・実験機械)負荷の稼働率の変動に対する年間エネル

ギー性能の変化を同定し、それによって次フェーズにおける機器の承諾条件、コミッショニング条件を規定することとなったのはその一例である。

### (2) 自動制御管理文書、機能性能試験及び試運転調整の計画及び実行指針

本シリーズ(9)～(11)に述べた自動制御管理文書の大枠は設計図書に明記されるべきであるが、詳細化は業者が確定するのを待たざるを得ず、従って施工フェーズに入った直後から CA の同席する文書化チームにおいて練り上げることが必要である。この段階で設計内容がより具体化され情報が加味されるのも大きな副産物であり、時には予算化を伴う設計変更が為されることもある。然しそれは知らぬままに完成してしまい欠陥が後で判明して環境・エネルギー性能の悪化、或いは経費増加を伴うことに比すれば何程の事はないことが判るであろう。

試運転計画と機能性能試験の実行概要は自動制御管理文書を作成していく過程の中で明らかになっていき、何れ施工業者が手を下さねばならない両試験を統合的に考えて効率的に実行する方策が見えてくる。統合的とは言え検証する立場にある CMT(CA をチーフとするコミッショニング管理チーム)の独立第三者性と、システム組立て・運転作動実行部隊である設備・自動制御工事業者との役割分担を混同してコミッショニングの意義を曖昧化しては勿論いけない。

CKK においては、当初工程計画における受渡し段階に入る予定の 2013 年 2 月になつても未だ施工中の箇所が残り、可能な所から試運転調整を実施せねばならないことが決定的になつた 2012 年 12 月に方針を切り替え、TAS/FPT 合同実行チームで両試験を運営することとした。即ち、

- ・試運転調整項目と日程の確認(2012.12～2013.2)
- ・同試験結果の報告と評価
  - 機能性能事前チェックシート作成または情報確認(2012.2～3)
  - TAS 結果を FPT 開回路試験相当結果に認定(チラー・ポンプ等、2012.2～3)
  - FPT 閉回路試験(チラー・蓄熱槽・FCU・ポンプ VWV・熱交換器制御等)は TAS を兼ねて行い、結果の評価は CMT が行う。
- 評価結果から CMT 主導の下に不具合診断も行い、不具合があれば直ちに修正作業(工事を含む)を工事業者が行う。

図からは暖房期間の機能性能試験は 2013.3 月中に終わり、4 月から受渡し後段階として季節 Cx を実行した。(実際には 3 月初に竣工であるから、厳密には受渡し後段階最初の一ヶ月に、受渡し段階の機能性能試験を実施したことになる)

### (3) 試験と検証・不具合検知・調整・修復と再検証の役割分担

さて、学会の委員会での検討経過の中で、機能性能試験中に確認できた不具合の調整・修復を同チームで行うのは「機能性能試験」業務を逸脱するか否かの

議論が残り、理論的には試験と修復とは役割が違うという意味で分離すべきであるという意見と、試験結果を検証して修復し再検証を継続的に行えば、Cx 本来の目的であるシステム適正化を同時進行的に処理できて効率的であるという実益論とが対立する。CKK の例ではまさに工程がクリティカルでそれ以外に方法が無いという理由があったため、FPT/TAS 共同チームで互いの役割、立ち位置を堅守しつつ試験・検証・修復を継続的に行い最短時間でコミッショニングの実利と効果を得た。この例を、「①試験、②検証・不具合検知、③修復・調整、④再検証」という一連の Cx プロセスを機能性能試験の中で継続的に行い、①④は CMT の役割、②は CMT を主とし CRP(工事関連者)の協力を得、③は CMT の指揮のもと CRP の工事請負者が行う役割である、という認識を持って実行すれば効率的に機能性能試験を遂行できるという実例として提示し、コミッショニングの実用性を高める手段としておきたい。なお、CKK での試験・修復・検証の事例の一部は、蓄熱槽周りの制御(ということは熱源と二次側システムの両方を含むことになるのであるが)を中心に上述の学会論文中に含まれているのでご参考頂ければ幸いである。

以上からも判るように、独立第三者性を堅持しつつ、TAS と FPT を効率的に組み合わせ現実の建築工程にマッチする手法を提案しておかないと、わが国における当初コミッショニングの普及は非現実的としてさらに普及が遅れる恐れがある。それと同時に当 BSCA で制定している CxPE のような素質として高度な経験と独立思考能力の高いコミッショニング対応技術者を資格認定していく意義が奈辺にあるかもここで示唆しておきたいのである。

#### (4) 事前機能チェック

さて以上のように論述してみると、機能性能試験を効率的に行うための、機器やサブシステム対応の試運転調整結果の確認による機能性能の事前チェックの内容が妥当かつ効果的でなければならない。前々号の末尾に言及した機能試験ガイドの中には、事前機能チェックリスト(Prefunctional Checklist)と、機能試験シート(functional testing sheet)が含まれている。これについては次回以降に説明するとして、ここでは CKK ではどのような試みをしたかについて以下に述べる。

今回 CMT 側から施工者に配布した FPT 事前チェックリストは、施工完了チェックリストと試運転調整完了チェックリストから成り、これを纏めれば施工完了報告書となる。これらはエクセルシートに纏めて施工者に渡し、完了結果をこの用紙に記入し提出を願うとした。次表はその種類を示す。各シートの詳細内容は省略する。これらのシートは CMT の一員、吉田新一氏(BSCA\_CxPE)によるもので、同氏はこの頃まで空気調和・衛生工学会の試運転調整指針作成委員会の委員長として TAS マニュアルを FPT との関連を考慮に入れながらまとめておられた。

番号	種類	シート数	記入内容・方法
1	施工完了チェックリスト総括表	1	工種別チェックリストの総括表
2	工種別・機種別施工完了チェックリスト	19種類×機器台数(系統数)	例:配管工事、耐圧気密試験、冷凍機など
3	試運転調整チェックリスト総括表	1	機器別単体調整、サブシステム別調整記録等の総括
4	機器別単体調整、サブシステム別調整記録、全体調整記録	26種類×機器台数またはシステム数	各機器毎に用紙をそろえる

CKK で重点を置いた蓄熱システムにおける蓄熱槽の温度プロファイルには、熱源周りの制御、二次側空調機周りの制御、温度プロファイルに集約される蓄熱槽の槽効率特性や断熱性、そしてチラー・ヒートポンプの性能特性等の同定が一举に行える、システム総合閉回路機能性能試験である。前図の赤色セルの一部にある、冷房低負荷・冷房高負荷機能性能試験と書いてある所がそれである。このときには上表のマクロな試運転調整チェックリストとは別に、試験対象システムに対する試験直前の事前チェック事項がある。そのごく一部を次表に示した。

■試験前準備(1/2)		確認者:アズビル・日比谷(年/月/日) / 承認者:上谷・中原(年/月/日)	
確認事項	確認箇所	判断基準	判定
(1)中央熱源 ①-a)蓄熱運転試験	〔別表 P-2〕		
・蓄熱槽1/2水温状態	水槽高温部水温	設計値/設定値	OK / NG
・バルブの切替え状態と配管経路	BV1～BV39	切替表	OK / NG
・R1運転設定/運動	R1, PH-1, PC-1	蓄放熱運転(冷房高負荷)	OK / NG
・R1蓄熱運転制御設定	制御パラメータ	設計値/設定値	OK / NG
・R1蓄熱槽定温補償制御設定	制御パラメータ	設計値/設定値	OK / NG
・R1本体容量制御設定	制御パラメータ	設計値/設定値	OK / NG
・関連計測項目	中央監視 計測値	異常なし	OK / NG

(2)二次側搬送システム ②北系統送水試験			
・HE1-2,PCH2-4/5/6 運転制御	制御パラメータ	設計値/設定値	OK / NG
・関連計測項目	中央監視 計測値	異常なし	OK / NG
.			
(3)ファンコイルユニットシステム ①南系統FCU運転試験			
・南系統FCU 運転制御	制御パラメータ	設計値/設定値	OK / NG
・SF/EF 運転制御	制御パラメータ	設計値/設定値	OK / NG
・関連計測項目	中央監視 計測値	異常なし	OK / NG

(次号以降へ続く)