

LEED 認証建物の性能検証：オーナーが知るべきこと

Commissioning LEED™ Buildings: What Owners Need to Know

Eric T. Truelove, P.E., LEED™ Accredited Professional

IBC Engineering Service, Inc.

(National Conference on Building Commissioning: May 8-10, 2002)

高瀬 知章 訳 (株)三菱地所設計設備設計部 正会員

小林 伸和 訳 (株)三菱地所設計設備設計部 正会員

キーワード：性能検証(Commissioning)、LEED、性能検証責任者(Commissioning Authority)

本報告は、毎年米国で大規模に行われるビルコミッショニング全国会議 (National Conference On Building Commissioning) に昨年発表された、設計から建設段階でのコミッショニング (以下、本文では性能検証と訳す) に関する論文の一つである。米国では、ライフサイクルにおいて、地域的・地球的規模での環境に与える影響を最小限とする建物をグリーンビルディングと称し、その環境評価の格付手法として LEED が用いられている。更に、LEED の認証を取得するために、建物設備の性能検証を受けることが義務付けられている。本文では、グリーンビルディングの設計及び建設における、性能検証活動と性能検証責任者の役割について記述されている。

私たちがこれらを行おうとするのは、それらが簡単であるからではなく、それらが難しいことだからである。 — ジョン・F・ケネディ —

基本的な建物システムの性能検証は、アメリカ合衆国グリーンビルディング審議会 (USGBC) の下での省エネルギー・環境設計プログラム (LEED®) の認証のために提出される全ての建築設計に対して義務付けられている。更に上位の LEED 認証の取得には、基本的な性能検証より水準の高い性能検証サービスを行うことが必要となる。従来の設計や建設と比べ、LEED 認証の上位を目指す建物は、より複雑で高いレベルの調整と共に、設計趣旨 (Design Intent) の検討期間中での多くの研究を必要とする。LEED 認証の建物を成功させるためには、性能検証責任者 (CA) が設計の初期段階でサポートを行い、設計及び建設チームのために見えない不具合等を発見することに積極的でなければならない。

※ LEED : USGBC の登録商標 (LEED™) で、アメリカで最も普及している建築物の環境評価手法。上位の等級として、シルバー、ゴールド、プラチナのレベルがある。

著者について

Eric Truelove は 1980 年よりエネルギー産業におけるエンジニアである。現在は、機械、電気、配管、及び防災設備の総合設計会社であり、グリーンビルディング設計とサステイ

ナブル開発を専門とする IBC Engineering Service Inc. において、性能検証責任者を勤めている。彼の専門は、機械設備設計、建物性能検証、技術評価、ライフサイクルコスト分析、及び技術通信である。1989年より、彼は技術コンサルタントを務め、合衆国中の商業、産業、及び研究施設の設計者を指導している。省エネルギー、建物性能検証、及びライフサイクルコストに関する彼の業務は、Electric Power Research Institute(EPRI)と International Facility Management Association(IFMA)によって出版されている。Truelove氏は、ウィスコンシン州とアリゾナで州の P.E.*であり、LEED 公認専門家でもあり、また Midwest Sustainable Collaborative のパートナーである。彼への電子メールは、erict@ibcengineering.com である。

※ ~~P.E. : Professional Engineer の略。アメリカで創設されたエンジニアリング業務を遂行するための公認資格。~~

(必要ないでしょう)

背景

アメリカ合衆国グリーンビルディング審議会(USGBC)は、省エネルギー・環境設計プログラムである LEED の認証を求める全ての新築建物に対して、基本的な建物システム性能検証を要求している。更に上位の LEED 認証は、更に水準の高い性能検証サービスを行うことにより取得が可能となる。建物システムの性能検証活動は、2000年8月にリリースされた LEED Version2.0 において“エネルギーと環境”の分野に記述されている。

基本的建物システム性能検証

- USGBC によると、基本的な建物システム性能検証活動は、以下の全てを含んでいる。
- ・対象プロジェクトに対し、性能検証責任者(CA)が選任されなければならない。CA は設計者或いは建設者である場合もあるが、プロジェクトの設計或いは建設チームの一員ではない場合もある。
 - ・CA は設計趣旨及び設計チームによって開発された設計図書を集め、内容の確認を行う。
 - ・CA は性能検証要件書が建設図書に含まれていることを保証する。
 - ・CA は性能検証計画書を作成し、実行する。
 - ・CA は機器等の設置を確認し、機能試験及び運転訓練を監督し、建物が設計趣旨を満たしていることを文書化する。
 - ・CA は建物使用開始後、性能検証報告書を提出する。

追加性能検証

USGBC は、以下の活動を追加的な性能検証に含めている。

- ・設計チームが建設図書を作成し始める前に、CA は設計内容の査閲を行う。
- ・建設図書の完成前に、CA は 2 度目の内容査閲を行う。
- ・CA は選ばれた数の機器承認図を査閲する。
- ・CA は再性能検証 (re-commissioning) のマニュアルを作成する。

- ・CA は機器保証が切れる前（一般に使用開始後 1～2 年）に、竣工後の建物の再確認を行う。

USGBC は、文書化による建物のエネルギー消費量削減効果のために、性能検証を要求している。アメリカ合衆国では、建築物において、全体エネルギーの 30%、電気エネルギーのおよそ 60%が消費される。1999 年 4 月、Portland Energy Conservation(PECI)と Oak Ridge National Laboratory が、既存建物の性能検証ガイド “A Practical Guide for Commissioning Existing Buildings” を発行し、その中で性能検証によって既存建物のエネルギー消費が 30%も削減されることが示されている。

新築建物の性能検証では使用可能なエネルギーデータは少ないが、復性能検証（retro-commissioning）の結果から、新築建物の性能検証によってエネルギー消費が減少すると推測することができる。エネルギー消費の削減により、支出が削減され、空気及び水質汚染が除去され、石炭、石油、及び天然ガスのような天然資源が節約される。更に、性能検証が成功した建物では、室内空気質の改善や保守の軽減が図られ、居住者の生産性が向上する。これら全てがグリーンビルディングの主要な目標である。

性能検証とは？

ASHRAE は、“空調設備の性能検証過程”と呼ばれるガイドラインを発行している。このガイドラインは空調システムの性能検証を主として扱っているが、同様に電気設備や建築システムの性能検証を展開するためにも使用されてきた。

性能検証フェーズ

以下のステップは ASHRAE によって示されたものを引用した。

- ・企画フェーズ：オーナーは CA を雇う。CA は最初の設計趣旨と性能検証計画書を作成する。同時に、設計家が設計根拠と設計コンセプトを作成する。一旦企画フェーズが完了すると、コンストラクションマネージャー（CM'er）が最初の見積りを作成し、プロジェクトは設計フェーズに入る。
- ・設計フェーズ：CA が性能検証計画書を検討・更新し、建設図書に含まれる性能検証仕様を計画・作成する。同時に、設計家は建設図書を作成する。一旦設計フェーズが完了すると、CM'er は入札を行い、プロジェクトは施工フェーズに入る。
- ・施工フェーズ：CA は性能検証チームを結成し、設備の運転訓練を監督する。同時に、設計チームは提出物(施工図)をチェック・受領し、CM'er は建設、機器設置、及び試運転を監督する。理想的には、施工フェーズは建物の使用開始にて終了する。
- ・受渡しフェーズ：CA は書類を整理・確認し、確認報告書を発行する。
- ・受渡し後フェーズ：CA はオーナーと共に 1 年間フォローを行う。

性能検証の第一の目標は、建物がその設計趣旨を満足し、使用開始の 1 日目から十分に

機能し、全ての決定事項が十分に文書化されていることを確認することである。

しかし、これだけではグリーンビルディングの性能検証として十分ではない。グリーンビルディングであれ従来のビルであれ、全ての建物において性能検証が適切なプロセスであることを以下に示す。

性能検証の展望

十分に検討された設計趣旨に基づき、建築の仕様に従ったスケジュールによって建物の使用が可能ないように建設されたはずでありそのためにお金を支払ったのだと信じ込んで、性能検証の必要性に疑いを持つオーナーは多い。オーナーは、適切な設計趣旨書を作成し、設計目的が請負業者によって完全に果たされるべく支援することに、設計チームが契約前に同意している、と主張する。更に大部分の建設仕様書には、オーナーに対して請負業者が機器の運転訓練を行い、完全な施工と試験後に使用可能な建物を引き渡すことが明確に示されている。しかしながら、これは建前である。

ほとんどのケースと同じように、残念ながら建前と現実は同じではない。厳しい予算や施工により、これらの基本的な設計や建設目的の多くが満たされない。コストを削減して時間を節約するため、設計家はオーナーの要求に率直に答えながらも、オーナーと接する時間を最小限とすることに常に注意を注いでいる。更に、設計家は設計予算を使い果たしてしまうと、建設図書が交付された後には、設計業務に僅かどころか全く時間を費やさないこともあり、会社からもそうするように圧力をかけられる。請負業者も同様に、コスト削減への大きな圧力がかかる。そうでなければ、競争することができないのである。一般に請負業者は、建物の完成と共に、すぐに建設業務から離れ、保証期間をシステムの不具合発見のために費やす。設備システムの運転訓練がほとんど行われなければ、オーナーは不具合に苦しむことになる。

それまで、性能検証を余分なもののみなしていたオーナーにおいては、建設図書の進行中、時には建物使用開始後に、CAと契約を行うことに必死になるケースがしばしばみられる。このような場合には、CAの活動は一種の警察活動になりかねない。建設を成功させることに集中するよりも、むしろ設計者あるいは請負業者の中で責任を果たさなかったものを特定することに時間を費やすようになる。文書化や設備システムの運転訓練のような建設的な活動から離れ、チームワークは急速に際限のない責任の押し付け合いへと変わっていく。性能検証は価値ある活動であり、その利益を証明することはできるが、オーナーは依然として、性能検証を設計者と請負業者が設計や建設において手抜き防止を確認するための、余分なサービスであるとみなしている。

グリーンビルディングの性能検証

グリーンビルディングは、既に建設業者を締め付けている予算及び時間の制約に対し、

全く新しい側面を加える。多くのグリーンビルディング提唱者は、グリーンビルディングを設計あるいは建設するのは困難ではなく、従来の建物以上のコストとはならないと言っている。それによると、グリーンビルディングにすることは、グリーン化がより簡単かつ安くなるということに気付かない建設業のみに抵抗されているということになる。残念ながら、成功したグリーンビルディングの設計及び建設においては、単に人々の見方を変える以上のことを伴う場合が多い。グリーンビルディング設計を業界の標準にするためには、私たちは追加コスト及びグリーンビルディングに関する挑戦を受入れ、かつその挑戦を正面から受けなければならない。

アメリカ合衆国が 1960 年代に月に宇宙飛行士を送ることに挑戦した時、「月に人を立たせるのは簡単であり、月に行かないことよりも安い。プラス指向で考えよ、そうすればすべてが実現する。」などと言って、大衆の賛同を得るようなことを政府はしなかった。同様に、私たちは、本当のグリーンビルディングを成し遂げるのは公園を散歩することであるかのように、オーナーを誤解させてはならない。グリーンビルディングの成功は、献身的でハードな業務、かつ創造的で不屈な取組の結果である。

グリーン化設計のコスト

過去 20 年間に、建築設計はオーナーへの適切なアドバイス提供とコンサル業務から、製品生産的な単なる図面作成業務へと変貌してきた。このために、多くの設計事務所はオーナーの申し出があった場合にのみ、グリーンビルディングについて言及するのである。美辞麗句を並べる人もいるが、設計家は、オーナーが通常支払いをする作業時間以上のサービスがグリーンビルディングには必要とされることに気付いている。

例えば、LEED 認証を得るためには、全ての建築構成要素とシステムが LEED 基準を満たすという文書に基いた、完璧なエネルギー分析が必要とされる。費用対効果を含めて、本当に建物をグリーン化するためには、設計趣旨が決定される前に、ライフサイクルコスト評価による数種類のケーススタディを行うべきである。これらは全て時間のかかる作業であり、設計チームは、従来の設計から LEED 認証を得るグリーン化設計とするために、何百時間もの追加サービスが必要なことを主張することができる。

CA が提供可能な支援のひとつは、オーナーが資格を持つ設計チームを選ぶときに、この追加費用についてオーナーに知らせることである。オーナーは、グリーンな建築設計が従来の設計よりもコストがかかることはない、と思わされてはならない。私の経験では、グリーンな建築設計は、一般に追加の設計費として建設費の 1~2 パーセントが加えられる。これは無視できない必要な費用であり、オーナーは何も払わずに得ることができると思っ

オーナーが描く建物

グリーンビルディングの業務から得られる大きな報酬の 1 つが、一緒に働く機会を得た人達の高い能力である。グリーンビルディングに傾倒したオーナーは、楽観的感覚を持ち、

従業員、賃借人及び環境に対し最も有益なものを提供しようと固く決心する。その熱意から、彼らは以下の全ての基準を満たす建物を考えることも多い。

- ・建物によって産み出された再生可能なエネルギーだけを使う。(通常、太陽と風からのエネルギー)
- ・地域の電力や天然ガスを利用しない。
- ・太陽光と眺望をもたらす窓を持ち、大きく、風通しがよく、広々としている。
- ・座って庭を見るための、大きな開いた中庭と心地よい場所がある。
- ・機械による換気、冷房、或いは暖房システムを必要としない。
- ・窓から 20 フィート以内には照明を必要としない。
- ・十分安全な材料から作られ、ミキサーに入れた建物全体の最終生産物を人々に与えることができる。

これらのオーナーたちは本当の空想家で、この世紀の終わりにはごく一般的と思われる建物を考えている。実際、彼らが心に描く建物は、今日でも建設することが可能である。しかし残念ながら、オーナーはこの建物を創るお金がない。また設計チームの誰もこのことを言いたがらない。何故ならば、このことで彼ら(設計チーム)が扱いにくく見られ、或いは「チームプレーヤーではない」とのレッテルを貼られるからである。いずれにしても、設計チームが応えないということは、オーナーへの真のサービスを提供する意図を持っていないという徴候の始まりである。一方、優れた CA は、事前にいくつかの見積りを提供することによって、この点に対応することができる。

オーナーの理解

グリーンビルディングについての共通の誤解の 1 つが、従来の建物よりも安価で、容易につくることができるということである。低価格のグリーンビルディングもつくられているが、それらは例外である。ライフサイクルコストを考える時、グリーンビルディングは従来の建物より決して高価ではない。しかし、イニシャルコストだけをみれば高価になる。グリーンビルディング提唱者には、緑の芝生の代わりに自然のままのランドスケープを使用するといった、コスト削減の例を持ち出す者もいるが、これらはただの建物構成要素であり、LEED の認証を与えることはできない。グリーンビルディングが従来の建物より低コストで建設可能であれば、誰もこれほど強くオーナーにグリーンビルディングの建設を勧める必要はなく、自然に建設が促されるであろう。

大型の複合建物においては、大きく予算に影響することなく、グリーンビルディングの特徴を取り入れている場合もあると思われる。しかし、大部分の建物ではイニシャルコストがかかることとなり、設計者が材料とシステムを選び始める前に、オーナーと議論される必要がある。これまで、グリーンビルディングの実際のコストが集計された例がない。従って、統計分析が可能な多くのデータベースがないのである。しかしながら、事前のコスト積算のために、CA は LEED 認証のレベルに基づいた以下の表のコスト比較を提示することが可能である。

1 平方フィートあたりのコスト

建物用途	従来設計	LEED 認証	LEED シルバー	LEED ゴールド	LEED プラチナ
事務所	\$110	\$115	\$130	\$150	\$180
学校	\$125	\$130	\$140	\$160	\$190
商業	\$100	\$110	\$125	\$140	\$170
医療	\$180	\$190	\$210	\$240	\$280
研究所	\$200	\$210	\$230	\$260	\$300

※数字は著者の経験に基づく

より高い LEED のレベルを目指すことは、人が体重を減らそうとすることに相当する。一旦その気になれば、最初の数ポンドの減量 (LEED 認証のレベル) は容易である。次の数ポンド (LEED のシルバーレベル) はある程度の決心を必要とする。さらに数ポンドの減量 (LEED のゴールドレベル) には更なる真剣な努力を要し、最後の数ポンドの減量 (LEED のプラチナレベル) は鋼鉄のような精神力を伴う多大な努力が必要となる。

私の経験では、LEED 認証のための追加費用の大部分は、エネルギーモデル作成費用、性能検証費用、追加の設計費用 (研究及びファイリング)、及び追加の建設時間 (労働時間) から生じる。幸いにもこの追加費用は、エネルギーコストの低減、居住者の生産性の向上、クレームの低減により、使用開始後の最初の 1 年で取り戻すことが可能である。LEED のシルバーレベルとなるためにシステムに投資した追加費用は、通常より少ないエネルギー費と維持費により、使用開始後の 5 年で取り戻すことが可能である。同様に、LEED のゴールドレベルとなるための追加費用は、使用開始後の 10 年で取り戻すことが可能である。LEED プラチナレベルとなるには、通常の直接の投資回収を超えた要素、例えば世論や市場利益、受賞による名声等により評価される。

設計が進行する前の最初の時点で、オーナーよりコストの約束を得ることは、グリーンビルディングのために CA ができる最も重要なことの一つである。設計チームがコストについてオーナーに警告をしないために、多くのグリーンビルディングが失敗を犯している。代わりに、設計チームは設計を進めて、安価に変更を加えた後に請負業者にそのことを報告させる。その結果は、最終的に多くのグリーン化による特徴を失わせる VE であり、標準以下の建物がオーナーに残される結果となる。グリーンビルディングはシステムの統合である。システムが取り除かれると、全ての建築設計はばらばらに分解してしまう。コストについて十分にオーナーを理解させることにより、設計の初期に建物の正しい価値が設定される必要がある。CA (一般にオーナーのために直接働く) は、オーナーがより多くを得るための追加費用の用意があることを確認し、それによって設計が適切な軌道に乗ることを保証する、という理想的な立場にあるのである。

建築基準法のクリア

大部分のグリーンビルディングでは、種々の先進的な建築材料やシステムが使用される。残念ながら、国のある地域で認可されているものが、他の地域では認可されていない場合がある。例えば、私はシカゴで LEED のプラチナレベルを得ようとしている建物の性能検証を行っている。この建物の特徴の 1 つが、地熱ヒートポンプである。これはエネルギー消費を減らす手段として多くのエリアで使われたシステムである。残念ながら、シカゴでは規制により地熱利用は許可されない。しかし、設計者は設計が進むまえにこの問題を見出し、システム変更を行った。

設計者がその設計が建築基準法の目的を満たすことを示すことができれば、多少の相違は許されるとの但し書きが建築基準には多く存在する。これらの但し書きは、設計者ではなく、基準審査官（建築主事）を保護するために作られたものである。基準が技術革新を抑える、というクレームから基準審査官を保護するためである。基準審査官の立場から設計をながめることで、彼らが基準との相違について許容をためらうことが理解できる。グリーンな設計によって、基準を満たさない革新的な材料とシステムが採用された場合、それが優れた機能を持っていても、基準審査官は功績を認められない。しかし、もしこの同じ設計が機能しないために、潜在的な健康被害が引き起こされれば、基準審査官は最初に矢面に立たされる。建築基準法を施行して、大衆を保護することが基準審査官の仕事である。建築基準法によって定められた制限内でグリーンビルディングのための革新的方法を見いだすか、或いは設計過程で基準との相違を早く発見できるかは、設計者にかかっている。

もう一度述べるが、CA は、まだ変更が比較的容易である基本計画の段階で、設計が建築基準法を満たすことを確認する立場にある。設計チームが建設図書の作成を始める前に、そのような確認は最初に行われるべきである。

CA は、USGBC のウェブサイトに掲載されている地方の建築家あるいは設計者によるグリーン化技術(再生紙利用、地熱ヒートポンプ、あるいはコジェネレーション)の外部調査を勧告することができる。調査機関は、理想的には少なくとも 10 年間同じエリアでの設計をしていて、建築基準法の地域的な特色を知っていることが望ましい。

全ての建物の性能検証

建物が工事中であるならば、グリーンビルディングの性能検証は他の建物の性能検証と同様である。性能検証活動は、(1)性能検証チームを集め、(2)設備の運転訓練を監督し、(3)書類を編集・チェックし、(4)機能試験を行い、(5)確認報告書を発行し、(6)オーナーと 1 年間のフォローを行うことにより、建設された建物が設計趣旨を満たしていることの確認に注力すべきである。

性能検証チームの結成

性能検証チームは、CA がリーダーとなり、オーナー又はオーナー代行者、工事請負者、

機械設備請負者、電気設備請負者、制御請負者、運転管理者を含んでいる。多くの場合、運転管理者はまだ選任されていないが、これは不幸なことである。なぜならば、定例打合せ(通常建設中に毎月行われる)は、システムがどのようになっているのかを理解することにより運転管理者が設備の運転訓練を行うことができる、優れた機会だからである。性能検証チームの打合せに参加していた運転管理者は、全てのシステムがどのように統合的に機能し、どうすれば最も省エネルギーが図れるかということについて、深い知識を得られる。

運転訓練 (Training) の監督

仕様書で述べられているように、設備の運転訓練は通常必要とされているが、建設の終了段階では見過ごされがちである。請負業者の作業が終わり、システムが続けて運転の訓練がなされる準備ができていない時期に、請負業者は新しい仕事に移っていく。従って、運転管理者は、システムの運転方法や維持管理方法についての十分な理解なしにシステムを引き渡されることが多い。CA は、この運転訓練の実施について積極的な役割を担うことができる。もし運転管理者が性能検証チームの打合せに出席していなければ、CA が管理者に会合議事録を詳しく説明し、システムの内容を説明することができる。さらに、CA は設備の運転訓練が必要とされることをオーナーに再認識させることができ、オーナーに運転訓練の完了後に請負業者に最終支払いをすべきであることを提言することができる。オーナーだけが、適切な運転訓練から利益を得るわけではない。よく訓練された運転管理者は間違いが少なく、保証期間中に施工者を不必要にフォローのために現場に呼ぶことが少なくなるのである。

文書の編集と確認

動作前チェックリスト及び機能チェックリストは、建設段階に仕上げられる最も重要な文書である。どちらのチェックリストも請負業者により記入され、確認と承認のために CA に引き渡される。

動作前チェックリストは、各々の部分の機器について、製作図を作成したメーカーに対し設置マニュアルを要求することにより作成されるべきである。設置マニュアルにより、CA は簡潔で完全な動作前チェックリストを作成することができる。CA が包括的なチェックリストの作成から始めるのであれば、機器の説明書を確認し、ベルトを持たないファンのファンベルトチェックといった余計な項目を削除することができ、水熱源ヒートポンプの凍結防止スイッチのように、通常はないチェック項目を加えることができる。空気系統及び水系統の調整の前に、請負業者は動作前チェックリストを完了することが可能である。

機能チェックリストは、建物システムの全てのテストを含んでおり、その内容は性能検証チームによって確認されるべきである。もし、空気系統及び水系統が調整されず、設計者が調整報告を受け取っていないならば、建物は機能試験の準備ができていないこととなる。もし未調整のシステムの機能試験のために性能検証チームが集まったならば、構成要素のいくつかが正常に作動しない場合や全く機能しない可能性もある。調整業者にとっては、モーター、ポンプ、あるいはファンの不具合や交換の必要なものを見つけることは珍しく

ない。機能試験の日程を決定する前に、調整業者に不具合の検査を行わせ、試験日時を再設定することが最良である。

確認報告書の発行

機能試験の完了後、CA が確認報告書をオーナーに提出し、建物が設計趣旨を満たすように施工され、調整前のテストが完成し、CA によって受入れられ、調整が完了して、更に設計者によって受入れられ、機能試験及び運転訓練が完了し、そして書類がまとめられたことを報告する。要約すると、確認報告書は建物の使用開始の準備がどの程度できているかをオーナーに証明する書類である。

オーナーとの1年目のフォローアップ

保証期間が切れる直前に、CA は建物がどのように機能しているかをオーナーに尋ねる。CA は得られた情報を文書化し、この情報を設計者や請負業者に配布する。

結論

性能検証は、問題の未然防止のために生み出されたサービスである。この目的を満たすために、CA は事後的でなく事前的な活動に重きを置く。これは、USGBC が LEED 認証を求める建物に性能検証を義務付けている理由の一つである。グリーンビルディングは従来の建物より複雑であり、システムの統合されている。問題を未然に防止するために、CA はオーナーがコストについて十分理解し、追加費用とグリーンビルディングの価値を理解していることを確認することができる。また、CA は、材料やシステムが地域の基準に適合しているかを確認し、建築基準への適合を明確にすることができる。この役割は、従来の建物と比較して、設計の初期段階において、より積極的で重要なものである。いずれにしても、事前的に活動し、初期の設計思想に係わることにより、CA はグリーンビルディングの成功への過程を支援することができる。

参考文献

1. John Fitzgerald Kennedy Library, Boston, MA, Adapted from President John F. Kennedy's Address to Rice University on September 12, 1962.
2. United States Green Building Council, LEED Green Building Reference Guide™, Version 2.0, August 2000. LEED is a registered trademark of the USGBC. Additional information can be accessed at the following web site: www.usgbc.org.
3. Portland Energy Conservation and Oak Ridge National Laboratory, A Practical Guide for Commissioning Existing Buildings, April 1999, United States Department of Energy.

Additional information can be accessed at the following web site: www.peci.org.
4. American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers
Guideline 1-1996, The HVAC Commissioning Process, 1996, ASHRAE, Atlanta,
Georgia. Additional information can be accessed at the following web site:
www.ashrae.org.