



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	建築・都市の環境工学的診断への研究
Author(s)	石渡, 祐一郎; 濱田, 靖弘; 中村, 真人 他
Description	第11回衛生工学シンポジウム (平成15年11月6日 (木) -11月7日 (金) 北海道大学学術交流会館) . 一般セッション . 5 建築・都市環境とエネルギー有効利用 . P5-7
Citation	衛生工学シンポジウム論文集, 11, 217-220
Issue Date	2003-10-31
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/7085
Type	departmental bulletin paper
File Information	11-5-7_p217-220.pdf



5-7 建築・都市の環境工学的診断への研究

○石渡祐一郎（北海道大学）
中村 真人（北海道大学）

濱田 靖弘（北海道大学）
窪田 英樹（北海道大学）

はじめに

温室効果ガスの大部分（CO₂）はエネルギーの消費に伴い排出されることから、省エネルギーの推進が極めて重要な政策課題となるのはいうまでもない。しかし、省エネルギーを推進するためには、社会経済を構成する産業、民生等のあらゆる分野で、そのエネルギー使用形態に沿った省エネルギーの実行が不可欠である。しかも、エネルギー消費は、産業においては生産性の向上等、民生においては生活水準・利便性の向上等の追及に伴って増加してきたものであるために、省エネルギーの推進は経済的メリットや規制のような強力なインセンティブがない限り、その実行は容易ではないと思われる。

建物の省エネルギー化を進めるうえで、エネルギーの使用に関する現状把握と改善提案、いわゆるエネルギー診断は基本的な作業である。近年注目されているESCO(Energy Service Company)事業^{1),2)}や建物の性能検証(コミッションング)^{3),4)}などは、先述したような経済性、あるいは規制といった方面から省エネルギー化を図るものであり、これらの事業にもエネルギー診断が組み込まれている。また、建物の省エネルギー化推進において最も効果的と考えられる“省エネルギー市場”の開発において、基準となる評価手法の確立は必要不可欠であるといえる。建物の省エネルギー・環境保全に関わる評価の実施とその結果の公表は、建物オーナー、設計者、ユーザーに対して優れたエネルギー自律型建築の普及・展開に有望な方策となるであろう。現に、1990年代に開発されたBREEAM(the Building Research Establishment Environmental Assessment Method)⁵⁾、LEED(Leadership in Energy and Environmental Design)⁶⁾、GB(Green Building) Tool^{5),6),7)}、等は建物の室内環境や地域への環境負荷をも考慮しており、こういった総合環境評価手法は広く世界の関心を集めている。日本においては平成13年度より産学官共同プロジェクトとして建築物総合環境性能評価システムCASBEE^{8),9)}(Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency)が開発されている。

本研究では、この建物の環境評価に着目し、省エネルギー、環境保全、室内環境に配慮した独自の評価手

法の構築を目指し、ケーススタディやシミュレーション等によりアプローチしていくものである。

1. 建築物の診断・評価に関わる国内外の動向

本章では、表-1に示す世界各地に見られる建築物の診断手法として、主要なものについて概説する。

1.1 ESCO事業にみるエネルギー診断

建築物における省エネルギー対策は、地球温暖化対策の柱の一つであるが、ESCO事業は、これまで大きな省エネルギーポテンシャルがあるにもかかわらず、手がつけられにくいとされていた既存ビルでの省エネルギーを実現する、新たなビジネスモデルとして注目されている。事実、経済産業省の総合資源エネルギー調査会が行った2010年までの省エネルギー施策の中でも、ESCO事業で100万kLの省エネルギーが期待されている。

ESCO事業は、単なる省エネルギー改修事業ではなく、エネルギー効率改善に関わるすべてのサービスを提供する業務であり、その業務はエネルギー診断を基に行われる。

エネルギー診断は主として、簡易診断、詳細診断に分類される。

簡易診断は、ESCO事業の可能性を判定することを目的としたもので、簡易的なレベルの診断を言う。顧客に対し、診断対象建物のエネルギー消費傾向を自ら判断してもらうと同時に、その建物の省エネルギー化についての指針を提供することを目的としている。

詳細診断は、省エネルギー化の改善提案をするために、提案技術についての詳細な評価を行う診断である。過去数年分程度の月別エネルギー消費量データ、竣工図やウォークスルー調査などを通して得られた情報を分析し、省エネルギーの目標を設定する診断である。

ESCOには、ベースラインの設定やモニタリングなどが確実に実施できること、契約期間にわたって経済性を確保できることなどが前提条件であり、現時点では数多くの省エネルギー技術を対象とはしていない。多くてもせいぜい20種程度にとどまっている。従って、この段階では限定された省エネルギーのみを対象にする場合が多い。

表-1 現状における主な診断手法の分析

主な診断手法	エネルギー診断	コミッショニング	BREEAM	LEED	GBTTool	グリーン庁舎計画指針	CASBEE
診断分野	・省エネルギー ・経済性	・省エネルギー ・室内環境	・管理 ・エネルギー ・健康と快適性 ・汚染 ・交通 ・土地利用 ・敷地の生態的価値 ・材料 ・水の消費および効率	・敷地の環境的條件 ・エネルギーと大気 ・水効率 ・材料と資源 ・室内環境の質	・資源消費 ・環境負荷 ・室内環境の質 ・サービスの質 ・経済的効果 ・運用前の計画および管理	・周辺環境への配慮 ・運用段階の省エネ,省資源 ・長寿命 ・エコマテリアル ・適正使用,適正処理	・室内環境 ・サービス性能 ・室外環境(敷地内) ・エネルギー ・資源,マテリアル ・敷地外環境
診断方法	・従来比などの絶対評価 ・改善策の提案	・従来比など絶対評価	・評価項目,基準値ごとに単位認定 ・重み付け係数 ・ランキング	・必要条件の提示 ・ランキング	・8段階相対評価(-2~5) ・重み付け係数	・10段階相対評価 ・PAL,CEC,LCCO ₂ については削減率を表記	・5段階相対評価(1~5) ・重み付け係数 ・ランキング
診断対象	既存の商用,公共施設,工場	商用,公共施設,工場	事務所(新築,既存),店舗,住宅,工場	商用,工場,住宅(新築,既存)	すべての用途の建築物	・官公庁施設	すべての用途の建築物(戸建住宅,既存用は開発中)
特徴	・省エネ関連では詳細で建物の特徴を正確に表現可能 ・表現性の高い改善提案 ・経済性主体の評価 ・対象が既存建築物のみ	・第三者の介入と移管された設備管理による上質のデータ ・システム全体評価 ・診断作業に時間,労力,人力がかかる ・存在意義の理解不足 ・経済性に左右されることの懸念	・英国および世界で広範囲に普及 ・第三者による評価 ・総合評価により建物の特徴が希薄になる懸念	・米国における高い地位 ・オンラインによる支援体制 ・現在明示されている条件では,実現性が困難な項目が存在 ・総合評価により建物の特徴が希薄になる懸念	・各国の重み付けによる地域性の表現 ・新築,既存の区別なく診断 ・評価作業に時間,労力がかかる ・総合評価により建物の特徴が希薄になる懸念 ・利用者意識の反映が不十分	・LCを視野に入れた診断 ・診断フローの明確化	・室内内外の概念の明確化 ・BEEによる簡明な診断表示 ・総合評価により建物の特徴が希薄になる懸念 ・多消費上質の建物の高評価になる懸念 ・利用者意識の反映が不十分

1.2 コミッショニング (性能検証)

建築設備における性能検証(コミッショニング)とは、建築設備システムが建物の生涯にわたって、環境・エネルギーならびに使いやすさの観点から、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・所有者あるいは使用者に性能改善法を提示することである⁹⁾。

コミッショニングは、建築物の企画から各段階において行われることが理想であり、第三者的な立場にある性能検証責任者により遂行される。各段階において担当者の意図が文書化されており、設計段階からの設備性能が運用段階まで忠実に引き継がれ、取得できるデータの質は高い。

コミッショニングにおける診断は機能性能試験(Functional Performance Test: FTP)と呼ばれ、室内環境の空気調和のために各要素機器とトータルシステムに対し、設計意図が実現できているかを確認する作業である。従来の設備性能試験とは違い、システム全体における空調性能に重点を置いている。

また、コミッショニングでは建物の生涯にわたるライフサイクル評価を理想としており、長期的に重要性の高い熱源機器などに対しても、正確な診断を行おうとしている。この点に関しては、利益を優先するESCOにおけるエネルギー診断と異なる点であるといえる。

1.3 グリーンビルディングチャレンジ

グリーンビルディングチャレンジ(GBC)は、世界中のグリーンビルディングに対し、同一の評価手法(GBTTool)を用いて建物进行评估することを目的とした

国際会議である。1998年に第1回会議がバンクーバーにて開催され、2005年には東京で開催予定である。

GBTToolはGBCごとに改良され、評価項目数も増減している。基本としては、評価項目を階層化し、最下層の詳細評価項目の採点から行い、重み付けにより最終的に4~6の評価領域において評価結果として表示する。採点は、-2~5点の7段階の相対評価であり、0を“標準的な建物”としている。

また、GBTToolはあくまで国際的な総合評価ツールであるとして柔軟性を持たせており、重み係数は各国で決定することを認めていたり、ある程度のデータ欠損や独自の単位設定も認めている。

1.4 建築物の環境性能評価: CASBEE

国、公共団体における取り組み、企業行動のなかでの評価、資産評価の取り組みなど、様々な総合環境評価の動きが本格化する中で、日本としてこれらの取り組みの基礎となり、建築設計を始めとする建築活動、資産評価等の実務と整合し、国際的な動きとの連携を持った標準とすべき方法を取りまとめ、これを公開していくことが必要となってきた。これら既存の環境評価手法を再構成する必要性から、平成13年度から3年間のプロジェクトとして始められたのがCASBEE(Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency)である。

CASBEEでは、従来の環境評価手法では不明瞭であった、建物の内外の“環境的境界線”を定義している。建物敷地の境界により区切られた仮想閉空間を、建築物の環境評価を行うための閉鎖系としている。このような概念の下で、2つの環境評価要因、すなわち

表-2 環境工学的診断の概要

診断分野	・室内環境 ・サービス性能 ・適正処理	・エネルギー ・資源、材料 ・室外環境
診断方法	・5段階相対評価 (・重み付け係数) ・改善策の提案 ・診断分野の部分採用	
診断対象	・すべての用途の新築、既存建築物 ・都市、地域	
特徴	・個別の建築物のみではなく地域・都市規模における診断 ・診断分野の部分採用により建物の特徴を表現しやすい ・運用データを重視 ・建物利用者による主観申告の採用可能	

外部環境負荷と仮想空間内部での環境性能の向上を定義し、CASBEEの枠組みの基盤としている。

診断方法としては、建物の質 Q を環境負荷 L で割った環境性能効率 BEE(Building Environmental Efficiency)を定義し、その評価指標としている。前提として L 値を下げると同時に Q を上げる努力を促しているものの、多負荷上質の建物と小負荷低質の建物との評価が同様になってしまうことが懸念される。

CASBEE の評価対象は、エネルギー消費量、資源循環、地域環境、室内環境の4分野である。これら評価項目は、建物の質 Q と環境負荷低減性 LR に大別され、さらに室内環境 Q1、サービス性能 Q2、室外環境(敷地内) Q3、エネルギーLR1、資源・マテリアル LR2、敷地外環境 LR3 に分類される。そして、これら下には約 80 個の詳細評価項目が設定されている。

各評価項目の採点は、5段階評価で行われ、レベル 3 を標準としている。さらに、各評価項目には、重み係数を設定し Q と LR でそれぞれ合計得点を算出する。評価結果の表示としては、各項目の点数やレーダーチャート、および BEE のグラフなどが示される。

2. 建築・都市の環境工学的診断の目的とあり方

表-2 に本研究における環境工学的診断の診断項目の概要を示す。

本手法は、診断対象に対し省エネルギー・環境保全に関わる分野における性能を表示することを目的とし、さらに“処方箋”として性能向上策とその効果を提示することを試みる。

診断対象としては、戸建、マンションといった一般住宅から、事務所、店舗、学校、病院、ホテル、公共施設、空港、工場に至るあらゆる用途の建築物であり、既存・新築を問わない。現状における診断手法は個別建築物についてのみを対象としているが、本手法では

表-3 診断適用事例

対象建築物	用途	所在地	備考
一般住宅A	住宅	札幌市	地中熱利用システム 主観申告 改修前後のエネルギー消費量の推移
一般住宅B		岩見沢市	地中熱利用システム 主観申告 新築前後のエネルギー消費量の推移
モデル住宅		岩手県	自然エネルギー利用システム
実験住宅		札幌市	複合型自然エネルギー利用システム 燃料電池システム
事務所A	事務所	札幌市	地中熱利用冷房 主観申告 各種省エネルギー設備 新築前後のエネルギー消費量の推移
事務所B		札幌市	エネルギーパイルシステム
事務所C		札幌市	雪冷房 地中熱利用融雪
事務所D		鳥取県	複合型自然エネルギー利用システム
公共施設	公共施設	札幌市	室内環境 主観申告
自動車工場	工場	愛知県	作業者の作業環境 エネルギー消費量と生産性に関する分析
空港施設	空港	千歳市	エネルギー消費量経年変化の分析

さらに都市・地域レベルにおける診断も範疇とし、環境問題改善への足がかりとなることを理想とする。

評価項目分野については、省エネルギー・環境保全を念頭に置いた場合、部分評価では必ずしも十分とは言えない。また、総合評価では建物の用途や使用による特徴が見えなくなる恐れもあり、またデータの不足は実状として十分にありえる。よって、診断対象に合わせ、評価項目の部分選択を可能とした。

評価方法については、項目により定量評価、定性評価があるため、双方を同時に表示できる相対評価(5段階評価でレベル 3 を基準)を基本とした。また、科学的な分析のみによる評価だけではなく、建物あるいは地域の人々の主観申告も診断結果に反映させるようにした。

3. 環境工学的診断の検討

本研究における環境工学的診断の検討を行うため、11事例(表-3)を取り上げた。各事例については、着目する診断項目を決定し、診断を行った。

3.1 エネルギー

エネルギーに関わる診断事例として、一般住宅 A における診断結果の一例を示す(図-1)。対象建築物は 2000 年の設備改修の際に地下熱利用システムを導入し、改修前後のエネルギー消費量を調査しており、エネルギー分野に重点を置いて診断を行った。運用データとして設備改修後約 2 年間のモニタリングを行った。建物の熱的性能も比較的高く、また導入システムにより全体的に高い評価となった。

3.2 室内環境

室内環境に関わる診断事例として、公共施設における診断結果の一例を示す(図-2)。診断対象は、2003年秋に竣工された新築建築物の一室である。西側壁面を前面ガラス張りとし自然採光を積極的に取り入れ、床下暖冷房システムにより快適性と省エネルギー性を両立している。被験者による主観申告や室内温度分布などのデータが充実しており、室内環境分野に重点を置いて診断を行った。全体的に高い評価となり、比較的良好的な室内環境が得られていると言える。

4. 今後の展開

省エネルギー・環境保全に配慮した建築物の展開を考える際、その建物の立地条件・周辺地域との関わりは重要である。本手法では個々の建築物のみの診断のみならず、都市・地域レベルにおける環境工学的診断を目指している。一例として、図-3に札幌市における暖房需要密度を示す。診断対象を都市にした場合の具体的な診断項目については今後の検討が必要である。

まとめ

- 1) 建築物の省エネルギー性診断、および総合的環境評価に関わる手法を取り上げ、それぞれの特徴について概説し、比較検討を行った。
- 2) 建築・都市の環境工学的診断の目標とそのあり方について検討するとともに、診断手法と項目などに関する整理を試みた。
- 3) 11事例を取り上げ、建築の環境工学的診断手法の適用を行った。診断項目としては、室内環境、サービス性能、適正処理、エネルギー、資源・材料、室外環境である。また、国土数値情報を用いた地域・都市規模の診断手法に関して、札幌市を例として紹介した。

参考文献

- 1) 空気調和・衛生工学会：空気調和・衛生工学 2002-5, pp.3～60
- 2) ESCO 事業実証委員会：平成12年度 ESCO 導入調査報告書, 省エネルギーセンター
- 3) 空気調和・衛生工学会：空気調和・衛生工学 2003-7, pp.5～78
- 4) 中原信生：コミッションングの必要性和職能について, 平成14年度 空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集, pp.465～480
- 5) 日本建築学会：建築雑誌 2003年5月号, pp.14～55
- 6) 建築環境・省エネルギー機構：IBEC 1999-1, pp.7～55
- 7) 建築環境・省エネルギー機構：IBEC 2001-7, pp.6～75

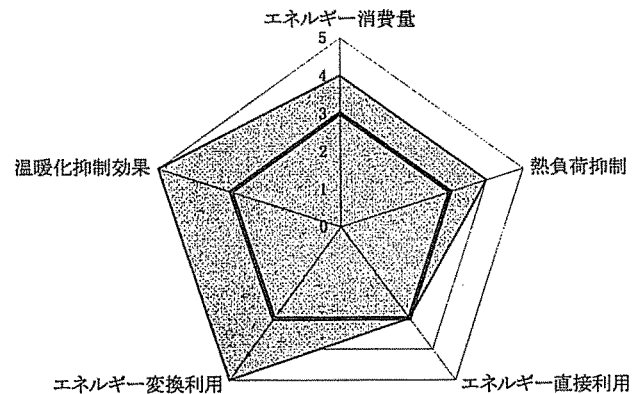


図-1 診断事例① (エネルギー)

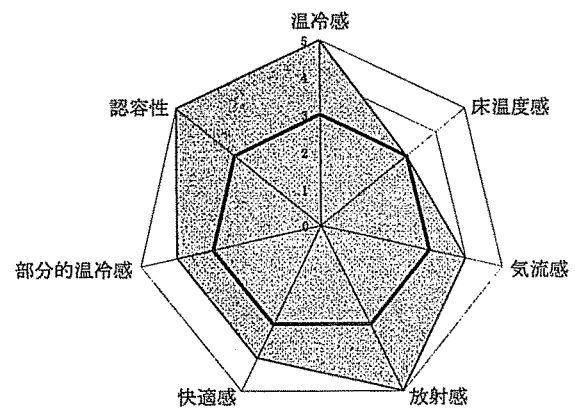


図-2 診断事例② (被験者による主観申告)

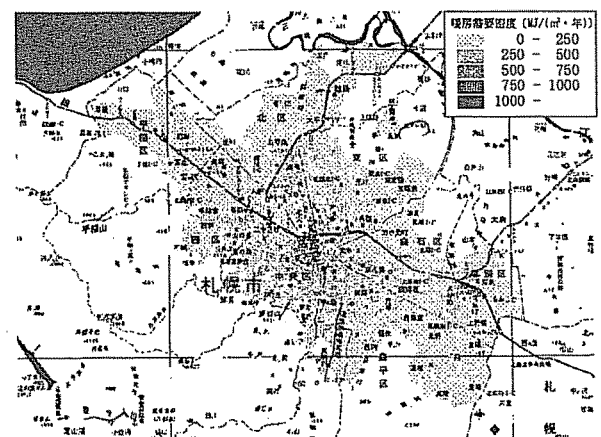


図-3 都市・地域レベルにおける診断例

- 8) 建築環境・省エネルギー機構：IBEC 2003-1, pp.5～83
- 9) BEMS 委員会性能検証小委員会：建築設備の性能検証(コミッションング) 基本指針, 空気調和・衛生工学会