

## 日本および中国におけるエネルギーに関する環境対策調査 要約

本調査は、日本及び中国の学術・技術並びに国と自治体の環境・エネルギー政策を担当する部局の要職にある方々を招き、名古屋大学においてワークショップを開催し、関連者並びに一般参加者を含めて論議を交わすことによって調査業務を遂行した。以下に概要を示す。

### 1. 出席者

- (1) 中国側は国務院より 1 名、清華大学より 6 名、上海市建築科学研究院より 4 名、深圳市建築科学研究院より 2 名である。このうち、ワークショップでの発表者は別冊シンポジウムテキストのプログラムに記された通りである。
- (2) 日本側の発表者もプログラム記述の通り、参集者は発表者を含め約 100 名であった。

### 2. ワークショップにおける討議の主題と概要

討議の主題は下記の通り。この主題は過去、数年間にわたり、清華大学と公共建築協会を代表とする日本側交流団との、地域冷暖房やエネルギー性能評価、省エネルギー手法やシミュレーションに関する技術・学術交流、並びに、コミッショニングを基軸とした省エネルギービジネスモデルに関する討議の中で煮詰められてきたテーマに焦点を当てたものである。

#### 2.1 公共建築における省エネルギー政策と現況（司会：中原信生・江 億）

これは今回初めて正式に始まった日中両国行政府の政策交流のための前提としての現況報告である。まず両者における公共建築の定義についての相違を明らかにした上で、国交省伊藤誠恭氏と国務院王 天威氏よりそれぞれの担当する建築のエネルギー事情と、省エネルギー化、CO<sub>2</sub> 排出量削減の現況と政策、その目標値と法規制の整備状況について発表があり、次いで東京都の高橋一之氏及び上海市の葉 倩氏より自治体或いは地方政府における対応が述べられたが、東京都の 2007 年省エネ仕様は注目を浴び質疑が活発に行われ、大型建築のエネルギー消費状況報告を中心とした上海市にとって大いに参考になったと思われる。討議の中で京都プロトコル制定後の東京都の(日本の、とも言えるが)エネルギー消費量、CO<sub>2</sub> 排出量の増加傾向についての的確な質問もあった。なお詳細は 3.1 を参照されたい。

#### 2.2 省エネルギー推進策としてのコミッショニングプロセスとツールの適用（司会：江 億・時田 繁）

これは 2007 年 1 月に清華大学にて、中国国務院(范学臣処長、今回欠席)と日本 NEDO のメンバーを含めて公共建築協会・日建設計・建築設備コミッショニング協会及び清華大学の共同研究として行われた、コミッショニングを適用する既設ビルの省エネルギー化ビジネスモデルに関する討論の延長である。湯沢秀樹氏より基調的概念の紹介と提案が示されたのち、既設ビルの省エネ診断の例を上海市の朱 偉峰氏より、新築施設の晴海 DHC の建設におけるコミッショニングのプロセス適用の効用について東電の柳原隆司氏より、そして北京において大規模に展開している清華大学の大型既設ビルのエネルギー利用の現状調査と省エネ診断の実態について清華大学魏慶芑氏より発表があり、省エネルギー化の実現並びに施設運営の最適化に対するコミッショニング適用の有用性について合意がなされた。なお、補足的に以下の 3.2 (4) を参照されたい。

## 2.3 都市の地域冷暖房システムの動向と評価（司会：吉田治典・魏 慶芃）

このテーマの論議の歴史は長く、名大中原が 1995 年頃清華大学を訪れた時に清華大学キャンパス内に地域冷房適用の是非について江教授より意見を求められ、キャンパスが広大であることと、都市地域暖房配管網の存在を前提とするときは地域冷房必ずしも得策ならず、と答えた頃からの討論課題であり、2005 年に視察団と江教授との間で尽きぬ討論が行われ、その後も引き続いている論議の中に整合性を求める試みであった。

まず江 億教授より中国及び日本（代表として新宿と晴海）の地域冷暖房の概況とエネルギー効率性の分析を行って比較を行い、専用の地域冷房に対する省エネ性、特に搬送系のエネルギーロスに疑問を提出した。大阪大の下田吉之教授はエネルギー効率に関して、日本では常に冷房と暖房が組み合わせであることの前提のもと、日本の各地の DHC の性能実態を示したのち、シミュレーションによって各種方式の DHC のエネルギー効率比較を行い、その省エネルギー性を論じ未利用エネルギー活用の重要性を述べた。ついで東京ガスの市川 徹氏が初めて新宿副都心のエネルギー効率実態分析調査を行った有用な結果を発表し、江教授が見学時に得たデータより搬送系のエネルギーロスは 3 分の 1 以下であることを示した。また、未利用エネルギー活用や DHC のネットワーク化に関する知見を加えた。

## 2.4 シミュレーションによるエネルギーシステムのコミッショニングと最適化（司会：中原信生・朱 偉峰）

先ず江億教授より中国の大型建築のシステムに有り勝ちなバイパス流による非効率なシステムや無効エネルギー現象を述べ、次いで空調・熱源システムの原単位系によるエネルギー評価の在り方について論じ、その性能をコミッショニングによって実現すべき手順を論じたのち、有益な評価ツールとして自らの研究室で一貫して開発した DeST の適用例を述べた。（なお DeST の活用については日本においては名古屋大学奥宮研究室が窓口となっている。）日本からは国交省営繕部が推進する LCEM ツールについて原理とシステム構成法、そして LCEM を用いたライフサイクルエネルギーコミッショニングプロセスについて日建総研の丹羽英治氏より発表、次いで日本設計の柳井 崇氏より、コジェネレーションや水蓄熱など、典型的な熱源システムについて LCEM を用いたエネルギー評価を行ったケーススタディーを示した。最後に京都大学吉田治典教授が、関電中の島地域冷暖房のレトロコミッショニングによる運転状況解析と運転の最適化を、Matlab/Simulink を用いたモデルシミュレーションにより行い、冷水や冷却水の制御設定値の変更や熱源運転ポリシーの適正化によってかなりの省エネルギーが実現することを立証した例を述べた。そしてこれらの過程において運転管理者の理解と意欲が深まったという副産物があったことについて報告された。これらの発表は省エネルギーと温暖化物質削減実現のために、新築・既設にかかわらず、各種のシミュレーションツールをコミッショニングツールとして適用することの有用性が強調され合意された。司会より、ケーススタディーについては可能な限りデータ交換を行って相互比較を行いそれぞれの相互評価と各プログラムのブラッシュアップに役立てたらどうかとの提案があった。

## 2.5 ワークショップのまとめ

二日間のワークショップのまとめを名古屋大学の奥宮正哉教授が行い、全体のレビューと、今後の交流への期待を述べ、さらなる技術と政策課題の交流を展開させることを約してワークショップを終了した。この名古屋ワークショップのみでもこれまでの懸案事項に対する理解がより深まり、意見の対立よりも理解と合意とが進展する方向で進み、参加者が一体感を持って友好的かつ真摯な討論ができたことは幸いであった。

### 3. エネルギーと環境対策の技術と政策に関する日中両国の現況要約

両国のエネルギー事情、環境政策、環境に配慮したエネルギーシステム及び建築の運用面での環境対策の視点について、今回のワークショップ(国交省にて行われた東京ワークショップを含む)から得られた情報を要約する。

#### 3.1 エネルギーと環境の事情と政策

##### (1) 日本の事情と政策

我が国では排出温室効果ガスの約 90%はエネルギー起源の CO<sub>2</sub> であるからエネルギー消費と CO<sub>2</sub> 排出量の動向はほぼ一致しているとみて良いとして、2005 年度の段階で基準年(1990 年)比で 7.8%、従って京都議定書の約束削減量 6%を含めると 13.6%の削減義務がある。その中で産業部門は基準年比で-5.5%、民生部門が+41.6%、うち業務部門は+44.6%の増加、その主たる原因は延べ床面積の増加と言われるが、延べ床面積当たり一次エネルギー消費原単位にしても決して減少しているとは言えない。その理由は業務の IT 化による内部発熱負荷の増大という必然的要素はあるが、照明電力や建築外皮設計が必ずしも省エネルギー化されていないことにもある。これはわが国の省エネルギー判断基準がエネルギー推定値と仮想負荷との比率で規制されていることにも要因がある。これに対して 2006 年 4 月より省エネルギー法が強化されたが業務部門に対する規制は必ずしも画期的な提案があったとは思えない。

これに対して官庁建築省エネルギー実行対策はグリーン庁舎化計画、太陽光など自然エネルギーシステム導入を促進しているものの、民間への普及をも含めた実効としては矢張り十分ではなかった。これに対してはコミッショニング(性能検証)過程の導入などを早急に進めるべきであるとして今回の討論課題ともされた。その中で、エネルギーシステムのコミッショニングについては国交省営繕局を中心として新築・既設に抱らず検証と実装を並行して行うべきとしてシミュレーションプログラム LCEM が開発され普及の緒に就いたばかりであるが、その利用性と効果については中国の参加者からも大方の評価と賛同を得た。

また温暖化ガスの CO<sub>2</sub> 換算で示された東京都の排出量は全国比に対して+21%であって非常にクリティカルな状況にあり、東京都所有の建物に対しては 2007 仕様に基づき、率先して国の省エネルギー法による規制仕様を上回る仕様、例えば PAL 値は 15~25%、CEC 値は 25~35%の削減を求めているが、その建物床面積比率は都内の全建物の構成比で 5%未満という低率であること、専門技術の検証が確実にされるかという課題が存在する。

##### (2) 中国の事情と政策

中国においては京都議定書には参加せず前世紀末以降経済発展一筋に展開し、最近 10 年間に年間 7~10%の GDP 成長を見て国民生活は日々向上している。同時に所得格差とエネルギー不足が顕著になり、北京・上海等の大都市における大気汚染は甚だしく、北京オリンピック、上海万国博覧会の開催を契機として先進国の評価に耐えうる環境に保持せねばならぬとする意欲が急速に芽生え、日本の CASBEE をモデルとした建築環境評価システム GOBAS の開発や、清華大学を中心とするシミュレーションベースのコミッショニング技術の展開、並びに業務ビル(公共建築)のエネルギーおよび空調・エネルギーシステム実態調査が急速に立ち上がり、政府と直結して政策提言につなげるルートができている。そのための大きな役割を演じているのがこのたび来日した江教授であり、同教授は空調技術系唯一の工学系院士として党書記長や首相に対しても直接意見具申をする義務と権利を有している。そのため今回の同教授と国务院管理局処長の范氏(当初予定)、副処長の王氏を含む調査団の使命は重大なものがあったと考えてよい。

そこで中国では「第十一次五カ年計画」において、**2005** 年を基準年として、**2010** 年までに、**GDP** 単位当たりのエネルギー消費量を **20%**削減、主要汚染物排出総量を **10%**削減という目標を立て、重点プロジェクトとして、①省石油と石油代替エネルギーの開発、②工業用低効率石炭ボイラ(かまど)の改造、③地域コジェネレーションシステム、④余剰熱・圧力の再利用、⑤電動機システムの省エネルギー、⑥エネルギーシステムの最適化、⑦建築の省エネルギー、⑧照明の効率向上(緑色照明)、⑨政府機関の省エネルギー、⑩省エネルギー監視と技術サービス体系の構築などの **10** 項目を掲げ、政府機関は率先して省エネルギー化を推進することを求められた。これに伴う法体系の整備も活発であり、**1998.1.1** に制定された国の省エネルギー法に加え、**2006.1.1** に再生可能エネルギー法、そのほか電力法・石炭法・水源方にも関連事項が規制され、さらに **2008** 年 **4** 月より新しいエネルギー法が実施され、上述の **8** 項目の内容がさらに強化されて織り込まれる。

政府機関の建築のエネルギー消費量は全国の末端エネルギー消費量の約 **7%**を占め、政府が所有する公共建物(政府機関建物だけではない)は **6** 億 **m<sup>2</sup>** もあるので、中国では大型の業務用ビルを含めて公共建築と定義してその省エネルギー化を図っている。**2005** 年より重点的に **29** 建物 **52** 万 **m<sup>2</sup>** の新築、再建プロジェクトの省エネ評価・審査を行い、**100** 項目に亘る助言項目があった。これらの調査には清華大学が強力に作業している。このように中国におけるトップダウン型の省エネルギー活動の詳細が今回の交流によって国務院から齎されたことは括目され、いかに日本の新技術と政策情報を求めているか、その真摯さを感じ取られる。

地方政府の大都市の例として、**4000** 棟の高層建築を有する上海市は **2007** 年に既存建築省エネ改修のモデル都市に指定されるなど、省エネルギー推進の活発な動きがあり、エネルギー事情調査、省エネルギー管理指針の試行などを行った。浦東陸家嘴地域の調査、高級ホテルの調査。大型公共建築のシステムの解析など、現状分析に力を注いでいる段階と見受けられる。調査建物の平均では大型建物の **2006** 年の延床面積当たり電力消費原単位は平均値で **161.4kWh/m<sup>2</sup>/a** (**1652.9MJ/m<sup>2</sup>/a**)である。(従って燃料系を含めるといくらかになるかは換算されていないが石炭換算で **77kg/m<sup>2</sup>/a** とされ、石炭の発熱量を **25~30MJ/kg** とすれば **1925~2310MJ/m<sup>2</sup>/a** となる。)

深圳市の、既存の建築面積が **2** 億 **m<sup>2</sup>** 以上の大都市で、**2006.11** に深圳市特区省エネルギー条例が発令され、建設局等の主管部門がエネルギー消費量の調査、公共建築の省エネルギー改修計画を重点施策とした。エネルギー原単位は前者で **138kWh/m<sup>2</sup>/a**(全電力とすれば **1413MJ/m<sup>2</sup>/a**)、後者で **300kWh/m<sup>2</sup>/a**(同じく **3,072MJ/m<sup>2</sup>/a**)に達している。また同市は国家機関庁舎と大型公共建築の省エネルギー監督管理体制構築のモデル都市に指定されており、これらの初歩的調査によれば冷水・冷却水ポンプ系の非効率、外気取り入れ過大などがクローズアップされている。

中国におけるグリーンビル対策としては、**1990** 年代後半より **2005** 年にかけて **LEED**, **CASBEE**, **BREEM** などが齎され、**2000** 年より清華大学を中心に研究が始まり、オリンピック建築の評価体系として **GOBAS(2004、科学技術部)**、グリーンビル技術ガイドライン(**2005**)、グリーンビル評価基準(**2006、以上建設部**)、エコ住宅認証基準(**2006、国家環境保護総局**)などが関与して制定、北京市、上海市なども積極的に関与している。さらに **2007** 年 **11** 月に「グリーンビル評価・認証の申請条件」が発令され、詳細ガイドラインに基づく認証申請受け付けを開始した。このように中国においてもグリーンビル普及のための政策によるサポート、科学技術の革新創造、国際的経験を活用、監督検査の強化などを重点として展開していることが判った。

### 3.2 エネルギーシステムと運用における配慮

エネルギー-システムや建築とシステムの運用に関する討論は、主として地域冷暖房の評価問題と、コミッショニングの推進課題、それに関連する性能診断、改修の経験等の発表においてなされた。地域冷暖房以外は空調・エネルギーシステムの詳細にわたる紹介と議論はなく、事例に関する評価とシミュレーションスタディーが紹介された。以下、ここでは中国と日本を分けることなく、討論の結果の要約としてまとめる。

#### (1) エネルギー評価

まず、建築におけるエネルギー消費量とエネルギー効率の評価についてはその前提にある以下の相違点について認識しておく必要がある。

- ① 北京市を含む中国北方寒冷地ではコジェネレーションによる都市地域暖房が普及する都市があり、そこでは建物のエネルギーと言えば電力が中心になるので **kWh** はすなわち電力 **kWh** である。
- ② 燃料系を含む場合は、燃料を電力換算する方法(江教授)や石炭 **kg** に換算する方法がある。前者は議論の食い違いを埋めることが困難である。(ただし今回の江教授の発表では我が国の主張に合わせて **1** 次エネルギーに換算して居られる。)石炭 **kg** 換算は我が国のマクロレベルで用いられる石油 **KI** 換算と同様の扱いである。
- ③ 分散型と言うときはわが国ではビルマルチ方式 (**VRV**) 方式をいうが江教授は個別型の事をさしてこう呼んでいるので誤解しないことが肝要である。
- ④ コジェネレーションと呼ぶ場合、都市規模の地域暖房との熱併給発電か、地域集中方式あるいはビル個別方式のコジェネレーションかを明確にする必要がある。下田教授は後者の場合を対象として、発電量を系統電力供給に置き換えて **1** 次エネルギーより差し引く手続きを提唱してシステム **COP** を定義している。(これは空気調和・衛生工学会のコジェネレーション評価に関する研究委員会のまとめである。従って系統発電と地域・ビルコジェネ発電の発電効率に大きな差がある時は地域・ビルコジェネは有利になってくる。またこの評価法が正式に決まったものではない)

#### (2) 診断・改修実施例から見たシステム課題

前述の政府・清華大学・上海・深圳等における省エネルギー実態調査プロジェクトから多く抽出されている非効率なシステム項目を以下に列記する。

- ① 熱源冷水系統が **1:1** に対応せず統合ポンプを用いた定流量であるためにバイパスによる無駄電力消費と温度レベルの低下がある。
- ② 冷却水系統も同様である。
- ③ 外気量導入過大
- ④ 改修例として、上記の改良のほか、下記のものがある。
  - ① 中央空調方式をビルマルに
  - ② 窓の高断熱化
  - ③ 変流量化とファン、ポンプのインバーター化
  - ④ 照明や空調の不在時オフ
  - ⑤ 制御・計量計測の充実
  - ⑥ 低負荷に対して小型冷凍機の設置
  - ⑦ ファンコイルの省エネルギー制御

#### (3) 地域冷暖房の効果的展開に向けて

地域冷暖房の評価に対する見解の食い違いは、新宿地域冷暖房の詳細実績解析の発表と

下田教授の各種方式の **DHA,CGS**、個別方式の統一評価指数による実績整理とケーススタディにより、その効用と効率化の課題が明確になった。ただし、個別と集中との比較において個別方式の最大効率化システムをも対象として比較しておく必要がある。未利用エネルギーを組み合わせることは共通に有用なものとされたが、低温エネルギー搬送距離が課題であれば逆効果になることについては互いに認識するところである。以下、**2.3** を参照されたい。

#### (4) コミッショニングとシミュレーションの適用について

システムシミュレーションは対象がシステム全体にせよサブシステムにせよ、その精度を高めることがまず第一であり、特に機器の性能情報については日中双方においてその必要性は認められているが、汎用の情報としてこれをいかに収集し常に更新するかという手続きの問題が実はかなり重い宿題である。然しながら世界的には **DOE2**、**EnergyPlus**、**ESP-r** などのシミュレーションプログラムがあり、中国では江教授が十数年以上かけて作り上げた **DeST** がある。**DeST** は計画段階から実施設計段階まで、その時の必要に応じた使い方のできるプログラムであるが、今回の発表でこれをエネルギーコミッショニングプロセスの実行ツールとしての位置づけを行い、施工、試験調整、運用段階にまで利用フェーズを拡大した。この点は日本が発表したライフサイクルエネルギーコミッショニングツールである **LCEM** によく似ており、大きな目的は同一である。これは汎用の **Excel** プログラムのマクロ機能を用いて収束計算機能を活用した静的プログラムであり、シート上にてシステム構築と情報流れの制御をおこなうことができる。今回両者が実際の使用例として互いに成果を提示し合ったのは意義深く、今後より一層の相互情報交換を行いベンチマークテストを行うことが望ましい。**LCEM** の中国語版、**DeST** の日本語版を作ることも視野に入れるべきであろう。同様に世界規模でユーザーと自開発者の情報交換が行われて **DOE** において日々バージョンアップの努力がなされている **EnergyPlus** の日本語版インターフェース、それに現在日本において開発中の統合プログラム **BEST** も同一の視点を有すべきであろう。討議の要約については **2.2**、**2.4** を参照されたい。

こうしてこれからは新築・既設を問わずビルシステムの性能検証プロセスとしてのコミッショニングがいよいよクローズアップされるべきである。コミッショニングを活用した省エネルギービジネスモデルの提案はまさに日中の技術研究開発業界と行政部門、すなわち研究とビジネスの立場からは日建総研と **BSCA** (建築設備コミッショニング協会) とが、行政的立場からは、日本側経産省や国交省、中国側国務院のメンバー同士のワークショップにおける意見交流が、**NEDO** の補助金研究 (公共建築協会受託) によって行われたものであり、これがまさに今回の技術交流会に連結している。今回、各テーマのもとに数多くの省エネルギー推進対策が提案されているが、これを新に実現するためには、個人個人の真剣なエネルギー・地球環境保存への認識と、ビルオーナーによるコミッショニング効用の理解と省エネルギー運営への固い決意、そして実際のシステムの質を決定づける技術者の、人として、また技術者としての本質的評価基準に基づく行動倫理がコミッショニングプロセスの正しい適用と推進を促進することとなろう。これは国際エネルギー機関の省エネルギー研究の中の複数の **Annex** でも討論され認識されている約束事でもある。

以上が、やや長めの、日中ビル省エネルギー・環境技術交流会ワークショップとその成果の要約である。

2008 年 2 月 10 日

文責：中原信生