

【省エネルギー特集】省エネビル

伝統建築技法と近代科学の融合と発展を図る省エネ建築(インド)

- インド・エネルギー・資源研究所(TERI)の新エネ・省エネ施設の事例 -

インド・エネルギー・資源研究所 (The Energy and Resources Institute : エネルギー・環境分野等に関するインドの代表的研究機関。以下、TERI) が開発した、ビル向け省エネルギー技術やノウハウがインド全土の建物の1割程度に導入することができれば、インド全土の僻地に住む2千万世帯向けの電力を賄うと試算される。これは単なる期待値に過ぎないかもしれないが、より具体的な事例として、既成市街地に建てられた、宿泊施設が併設された広さ3,000m<sup>2</sup>の会議場の建設に、TERIの省エネルギー型設計手法を取り入れたことにより、電力消費のピークを280kWから96kWに低減したことなどが挙げられる。

自給自足で賄う陸の孤島

インドのFinancial Express紙がTERIの「Resource-Efficient TERI Retreat for Environmental Awareness and Training (首都デリーの南約30kmに位置する、Haryana州Gurgaonにある、TERIの幹部職員向けの複合型研修施設。敷地面積は約36ヘクタールで、建物の南側の居住区に個室24室と大部屋6室を有する他、北側に会議場、図書館などの施設を備える。以下、RETREAT)」についての記事を掲載した際、同紙はこの施設を「(新エネ・省エネ導入による)自給自足で賄う陸の孤島」と解説した。この建物には、施設の落成式でのVajpayee前首相の挨拶を引用するならば、「近代科学と伝統知識の融合」とでも言うべき、様々な新エネ・省エネ技術が組み込まれている。



RETREAT の南側：太陽熱温水器とソーラーchimneyが設置されているのが見える

RETREATで導入された技術には、ソーラーchimney(注：建物上部に向かって煙突

状の空間を設け、空間が太陽光により熱せられて起こる温度差換気を利用して自然換気を促すシステム。局所的な温度上昇・多湿化、結露による部分浸食を防ぎ快適な室内環境の創出を可能とする)や地下通気孔、建材一体型太陽光発電システム(BIPV)、水リサイクル、薪・枯葉・小枝その他廃棄物を用いた木質バイオマスガス化炉などが含まれ、多大な省エネルギー効果を上げるとともに、環境に与える影響の低減も目指している。

この施設は同様の従来型設計の建物に比べて25%増の追加出費を要するが、熱電コストを40%~50%削減できるとされ、また年間約570トンの二酸化炭素排出削減が可能とされる。

以下、RETREATで導入された主な新エネ・省エネ技術について紹介する。

・**太陽熱温水器**：太陽熱温水器 24 個を連結させたアレイが居住棟の欄干の一部を形成している。このシステムにより日々最大 2 千リットルの湯水(65°C)を供給することが可能となる。冬場、日が短く、日射しも弱い場合には、9kW の電気コイルが加熱用バックアップシステムとして機能する。



屋根に設置された太陽光発電システム



太陽光発電ポンプによる井戸水汲み上げ

・**建材一体型太陽光発電システム**：施設の屋根には、建材一体型太陽光発電システムが設置されており、太陽電池パネルで捉えた太陽エネルギーを蓄電池に蓄え、夜間の主要電力供給源となっている。システムは、1枚1.1m×1.2mの太陽電池パネルを貼り合わせ、建物の屋根の一部を構成する構造となっている。太陽光発電システムのピーク出力は10.7kWで、現在、システム全体の発電能力は普通の晴れの日で55kWh/日となっている。太陽光発電で生じた電力は容量900AH/240Vの蓄電池に蓄えられる。

一方で、建物の周囲で使用する照明の大部分及び井戸水汲み上げのための水ポンプは、分散型太陽光発電により賄われている。各照明灯には、小型(寸法約 1m×0.5m)の太陽電池パネルが取り付けられており、自律発電が可能な太陽光発電ユニットとなっている。

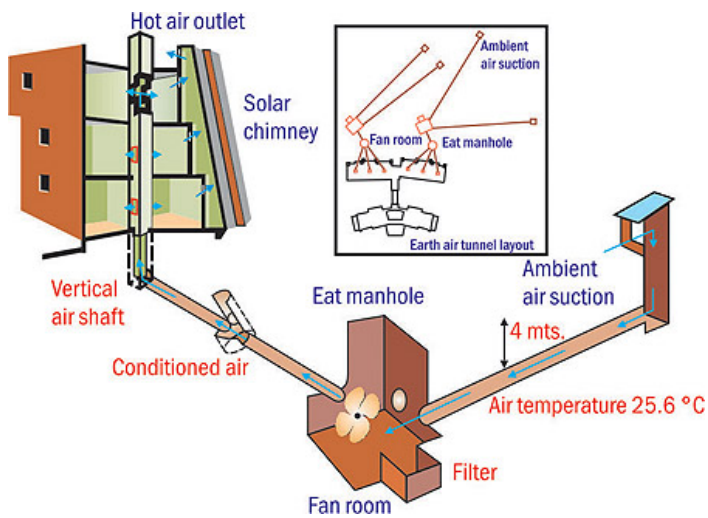
・**木質バイオマスガス化炉**：施設の日中の電力供給は、薪、枯葉、小枝、及び収穫後に畑に残った切り株など様々なバイオマス資源を細かく砕いて固形燃料やブリケット

として使用する、木質バイオマスガス化炉で作られた発生炉ガス(一酸化炭素、水素、窒素からなるコークスガス)を燃料とする 50kW ガスタービンにより賄われる。木質バイオマスガスの使用に合わせて発電機を改造するにより、ディーゼル燃料の使用比率を木質バイオマスガス導入以前の 30%に押さえることができた。このシステムでの電力発電 1kWh には通常バイオマス 1kg とディーゼル油 90ml が必要とされる。

バイオマス発電システムの蓄電池は上記太陽光発電システムと兼用で、太陽光発電とバイオマス発電システムの両方の余剰電力が蓄えられ、制御システムが 2 つのソース間の調整を行う仕組みとなっている。この木質バイオマスガス化炉の寿命は 30 年で、蓄電池の寿命は 6 年とされる。



木質バイオマスガス化炉



地下通気孔による空調システムの仕組み

・**地下通気孔**：施設の周囲を取り囲む木々による日陰および、地下に張り巡らされた通気孔により、地下の低温空気を施設の居住区内(建物の南側ブロック)を循環させることにより、断熱効果が生じ、結果として施設内の温度を一年中ほぼ均一(冬20、夏28、モンスーン期30：年間平均で約22~26)に保つ働きをする。システムは、施設の敷地の地表から約4m地下の温度を測定したところ、1年を通じて首都デリーの年間平均気温26とほぼ同じであったことから、このデータを基に、施設の地下4mに掘られた各々長さ70m×直径70cmの4本のトンネルにより構成されている。

一方で、地下から冷却空気を上げて、住居内を循環させる必要がある。南側ブロックの各室には、ソーラーチムニー(p21参照)が通じており、空間が太陽光により熱せられて気流が生じ、高温空気が上昇し、温風となってチムニー上部から外部へ抜けていく。システムは高温空気の抜けた後、各々2馬力の送風機4台により、地下トンネル内の冷却空気をチムニー内に送り込んで室内を涼しくする仕組みになっている。冬場は、同じ原理を逆に応用し、トンネル内から、高温空気を供給する。しかしながら、この地下通気孔システムでは、インドの多湿な夏におこる季節風(モンスーン)の時期に、空気の湿度を取り除くことができず、空調効果が上がらないため、室内の快適さを保

つ必要性から、1年の内の高温多湿のこの時期だけ稼働させる空冷装置を設置・使用している。

・**昼間照明**: 特殊設計による天窓、省エネ型照明機器、および電力消費を計測・制御する精巧な照明システムが施設中に明かりを供給する。施設の会議室は意図的に設置された天窓から日の光が眩いばかりに降り注ぐ構造になっている。また電灯は、通常の白熱灯と同じ明るさながら、1/4の消費電力で済む、小型の蛍光灯を採用している。更に中央制御システムが、日中、自然採光だけで業務に必要とされる照明レベルを保てると判断した場合、自動的に施設内の電灯を落とす仕組みになっている。居住区では、照明の意図された場所への設置および特殊設計による角度の調節機能により、デスクでの勉強およびベッドでの読書の両方の用途での使用が可能になる。結果として、施設全体の照明を10kW以下で賄うことができ、同様の従来型設計の建物での消費電力のピーク28kW近くに比べ、大幅な省エネを実現できた。



生物フィルタとして機能する廃水処理用のアシの苗床

・**廃水リサイクル**: 世界保健機関(WHO)によれば、人が健康な生活を送るには、飲料、冷却、調理、洗濯などを含めて、1人1日あたり135リットルの水が必要とのことである。RETREATにおいてはこの数値はクリアできているものの、施設での水資源のより有効な活用と循環を図るため、効率的な水洗システム、出水を定量に調節するエア式の蛇口、集中配置された洗濯機などの、基本的な工夫の他、雨水の回収・貯水、および灌漑用の廃水リサイクルに斬新な処理技術を導入している。廃水は、ろ過能力があるヨシ(Phragmites:イネ科植物)の苗床を利用して、水を漉して再利用する、「根域」技術を用いてリサイクルされる。この技術により、施設内の各手洗いおよび台所からの廃水を日々5000リットル(5m<sup>3</sup>)ろ過することが可能で、回収された水は、灌漑に使用される。

廃水はまず、貯水タンクに蓄えられ、そこで汚泥を下部に沈殿させる。廃水に含まれる物質の一部がこの工程で、細菌により分解される。水はその後、ヨシの根が張り巡らされた土の層を透り抜け、ろ過される。ヨシはろ過作用を活用するために施設内に植えられたもので、水に浸かった土によく適応して根を張る性質を持ち、土はヨシ

を支え、固定する土台の役割を果たしている。ヨシの根は、廃水から有毒物質の多くを吸収・除去することにより、生物フィルタとも呼べる役割を果たしている。この細菌とヨシの組み合わせを用いた廃水処理により、非常に汚れた廃水も清浄な水に水質変換され、灌漑や、シャワー室での使用も可能となる。



RETREAT の北側：会議室棟

施設の周囲でおきるあらゆる現象は常時モニタリングされ、科学データとして自動記録装置に送られ、ファイルされるシステムとなっている。例えば、施設の外の気温、日射量、湿度は瞬時に測定され、同時に施設内の同じ要因とどのように結びついているかについても測定がなされ、更に施設のあらゆる場所での電力消費量や発電量、配管内の熱水温度なども自動的に把握できる仕組みになっている。この施設には、すでに莫大な量の科学データが蓄積されており、更に多くの実験を通じて、世界中の同型の施設の設計に影響を与えることができると考えられている。

### 成功事例としてノウハウを各地へ普及

RETREAT はサステナブル(持続可能)住宅が、単に環境調和的に有効であるだけでなく、商業的に優れていることを証明するに十分な事例となっている。そして今や、単一のビルから複合ビルに至る様々な建設プロジェクトに対して TERI の意見が求められている。TERI が参加した公共施設などの建設プロジェクトの一部は以下の通り；

- ・ West Bengal Pollution Control Board (オフィスビル)
- ・ Indian Institute of Technology, Kanpur (生物科学部の建物)
- ・ National Thermal Power Corporation (Simhadri, Koldam のオフィスビル)
- ・ Manipur State Technology Council, Imphal
- ・ Bangalore International Airport (国際空港)

Hyderabad の Green Business Centre の建設プロジェクトに際して、TERI はエネルギーコンサルタントとして参加し、この建物の性能の高さ及び持続可能性のレベルにより、米国の非営利団体 U.S. Green Building Council の与える国家認定評価基準である、“Leadership in Energy and Environmental Design (LEED) Green Building Rating System” における最高ランクの評価を受けた。建設プロジェクトにおける TERI の所轄は最適な建物の外面およびシステム調節による最高のエネルギー効率を確保することにあつたが、その後、ITC Ltd 社(Gurgaon の Center for Corporate

Excellence の建設計画)と North Delhi Power Limited 社の 2 件の建設プロジェクトでも同様に LEED の最高ランク評価を受ける期待が高まっている。

また、TERI はインドの国情に則して建設される環境調和型建築のための評価基準システムの策定を委託されており、2005 年前半までの立ち上げを目指している。

### 省エネとは即ち電力を生むこと

「建築における太陽光の間接利用」とも呼べる、適切な建物の配置・断熱・日陰の確保といった、建物の構造そのものが持つ特徴を活かした建設手法は、10%の省エネを可能とし、昼間の自然採光、制御システム、省エネ照明により、更に 25%の省エネを可能ならしめる。

TERI の実施した、インドの高級ホテル 18 軒を対象とした調査の結果、省エネ対策により電力料金を 15%～20%程度抑えることができることが分かった。

### 技術の導入普及と得られる利益

TERI は単一、集合、新旧を問わず、あるいは建設計画中でさえあっても、あらゆる建物について、上記で紹介した技術と同様の手法を用いて、エネルギー効率向上に関する斬新な解決法を提供することができる。

TERI の計算によれば、インドで省エネビルは 1m<sup>2</sup>あたり 29,500 ルピー (約 94,000 円) と、非省エネビルの 19,000 ルピー (約 60,000) に比べてかなり割高の設備投資を要するとされるが、エネルギー節約には多大な効果が期待できる。これは例えば、寿命予測 30 年の床面積 10,000m<sup>2</sup> のホテル施設を例にとると、省エネビルのエネルギー消費は、非省エネビルの 500 kWh/m<sup>2</sup> に比べ、300 kWh/m<sup>2</sup> のエネルギー消費で済むことになる。これを、電力料金 6 ルピー/kWh (約 19 円/kWh) および割引率 10% の仮定の元で計算すると、現在価値換算で 810 万ルピー (約 2,600 万円) プラス (つまり節約) になる。

翻訳・編集：情報・システム部 平野丈太郎

< 出典 >

インド・エネルギー・資源研究所 (TERI) ホームページ：

Courtesy of The Energy and Resources Institute (TERI), Republic of India

[http://www.teriin.org/events\\_inside.php?id=17621](http://www.teriin.org/events_inside.php?id=17621)

・Energy-efficient buildings harnessing traditional architecture and modern science

[http://www.teriin.org/tech\\_EEbuilding.php](http://www.teriin.org/tech_EEbuilding.php)

・A model sustainable habitat based on new and clean technologies

[http://www.teriin.org/case\\_inside.php?id=17087](http://www.teriin.org/case_inside.php?id=17087)

(Copyright 2007 The Energy and Resources Institute, India

All rights reserved. Used with Permission.)