

Environment and low energy house

環境とローエネルギーハウス



北海道大学大学院工学研究科助教

濱田 靖弘

1 はじめに

2000年度における国内の地球温暖化ガス排出量は、二酸化炭素換算で13億3200万トンとなり、1990年度と比較して8%増加しています。特に、民生部門における2000年度の排出量は、1990年度比で21.3%増加しており、住宅・建物における一層の排出抑制努力が求められています。

本稿は、筆者らの研究室において行ってきた自然エネルギーをハイブリッドに活用したエネルギー自律型住宅の設計手法と評価のあり方について提案することを目的とした一連の研究に関する報告であり、建築および設備計画のプロセスを提示するとともに、実規模の実験住宅“ローエネルギーハウス”の概要とその実験結果について述べるものです。まず、高断熱・高气密化、太陽熱利用、自然換気などの各種建築的対応を導入するとともに、自然エネルギーおよび生活排熱の積極的活用を図る設備的対応によって消費エネルギーを最小化するエネルギー自律型住宅の考え方と基本計画について示しています。次いで、北海道大学構内の実験住宅における建築・設備概要を示すとともに、年間エネルギー消費量および二酸化炭素排出量について、従来型住宅との比較を行い、システムの省エネルギー性と環境保全効果について検討しています。さらに、2001年度から新たに実施している自然エネルギーと燃料電池の複合利用の可能性評価についての研究経過を報告します。

2 エネルギー自律型住宅の考え方

私たちが考えているエネルギー自律型住宅とは、太陽・大気・大地の三つの自然エネルギーと未利用エネルギー、および自然界の蓄熱サイクルを徹底的に活用した個別分散化の環境低負荷型住宅です。本研究では、それぞれの分野で開発されている要素技術、および筆者らの研究室において有効性の実証を行ってきた土壌熱利用システム、太陽エネルギー利用ハイブリッドシステム、長中期蓄熱などの新技術を、いかに統合化・総合化させたらいかにについて焦点を当てた実験を行い、地域性を考慮した自律型住宅を構築することを目的としています。

国内における平均的な戸建て住宅の規模におい



北海道大学構内に建設された実験住宅“ローエネルギーハウス”
(1997年3月)

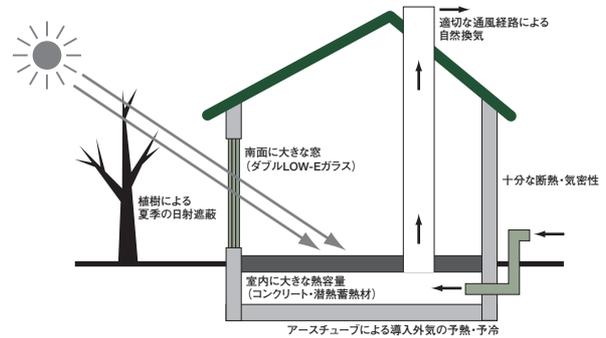
て、健康的な室内環境と現状のライフスタイルを維持し、かつ、各種消費エネルギーを従来型住宅の1/5～1/10に低減化させることをめざして、省エネルギーに関する手法や工夫、装置を多数設け、さまざまな組み合わせの実験が行える住宅の計画を行いました。

3 実験住宅“ローエネルギーハウス”の概要

積雪地における実証実験のため、北海道大学構内に実験住宅“ローエネルギーハウス”が1996年10月に着工され、1997年3月末に竣工しました。建築面積は、全国の戸建て注文住宅の平均に近い64㎡です。建物の熱容量を高め、床下土壌の蓄熱効果を利用するために、総地下方式とし、地下部は鉄筋コンクリート（RC）造で、基礎断熱を採用しました。地下室の約半分は地上に出ており、地下室外壁には、地下部が厚さ100mm、地上部に露出している部分は、厚さ150mmの発泡ポリスチレン板で外断熱を施しています。住宅は1・2階とも、居室部（実験室）とユーティリティー部に分けました。居室部は中央から仕切った場合に、左右対称になるように設計しました。ユーティリティー各部と居室の間には室内ドアを設け、必要に応じて気密性を確保できるようにしました。実験室は1・2階ともに床暖冷房用のパイピングを敷設しており、1階には厚さ100mmのシンダーコンクリート^{※1}を施しました。2階は、パイピング上部に20～21℃に融点を持つ潜熱蓄熱^{※2}

※1 シンダーコンクリート
炭殻を骨材とした軽量コンクリート

※2 潜熱
物質の状態変化のみに使われ、温度変化として現れない熱。
気化熱、融解熱など。

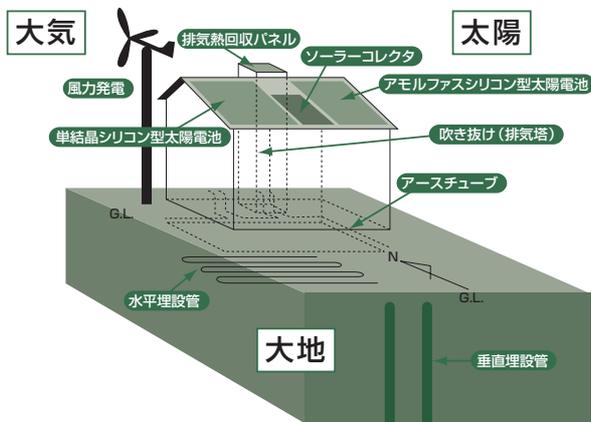


実験住宅に導入されている“建築的”な工夫

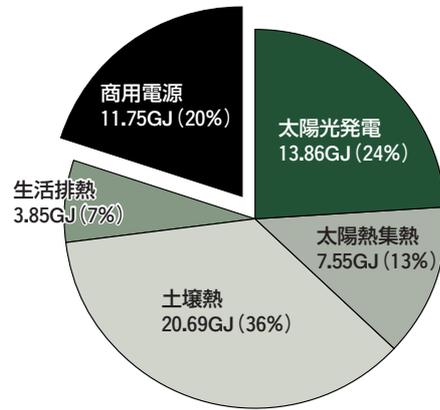
材を埋設密度が10kg/㎡となるように敷設し、厚さ60mmのシンダーコンクリートを施しています。1・2階合計の床面積は128㎡、地下室を含めた延床面積は192㎡です。本住宅は、断熱材をOSB（Oriented Strand Board）と呼ばれる構造用面材で挟んだ断熱パネル工法により建設された高断熱・高气密住宅です。壁、屋根に使用したパネル内の断熱材は、発泡ポリスチレン板であり、厚さは236mmあります。南面の窓面積はできるだけ大きくとり（面積約21㎡）、アルゴンガスを封入したLow-Eペアガラス（熱貫流率：1.38W/(㎡・℃)）を使用しています。南側外壁面の窓の上部には日除けオーニングを設けました。また、室内には電動カーテンを設置し、設定時刻に合わせて自動的に開閉を行うものとしています。

換気方式には、吹き抜けを排気塔として利用し、内外温度差を主動力源とする手法を採用し、居室部への給気には5.5Wのファン（1・2階に各2個）を使用しました。また、台所（67/30W）、便所（5.5W）、浴室（5.5W）は局所強制排気としています。給気に関しては、半地下室コンクリート躯体および周囲土壌の熱容量を利用し、給気温度変動の平準化を図ると共に、アースチューブによる積極的な導入外気の予熱・予冷を行います。排気塔には、手動開閉の排気口と台所、便所、浴室からの強制換気の排気筒が設けられています。

住宅の断熱性能を表す指標である熱損失係数は0.97W/(㎡・℃)であり、次世代省エネルギー基準・カナダR-2000基準と比較して、極めて高性能となっています。また、気密性能を表す隙間相当面積は0.81㎤/㎡であり、基準値を十分満たす結果が得られています。



実験住宅に導入されている“設備的”な工夫



実験住宅における一年間のエネルギー種別利用量の内訳

4 設備システムの概要

実験住宅に導入した暖冷房・給湯設備としては、太陽（ソーラーコレクタ）、大地（垂直埋設管・水平埋設管）のエネルギーおよび生活排熱（排気熱回収パネル）の活用を考慮しています。電気設備については、太陽電池および風力発電機を設置しており、風力発電については、蓄電池と組み合わせた独立型としました。

1) 暖冷房

暖房方式は地盤熱源ヒートポンプであり、垂直埋設管（鋼管井戸型）は深さ30m、直径110mmの掘削孔に5m間隔で2本敷設しました。暖冷房は1・2階の実験室のみ行い、地下室およびユーティリティー部は放熱設備を持っていません。実験室は1・2階とも床暖冷房を基本としています。また、窓下には幅7cmの放熱器をコの字状に設置し、種々の比較実験を行えるように考慮しました。

冷房は冷凍サイクルを使用しない自然エネルギー利用型とし、垂直埋設管により地下の冷熱を住宅内に導入し、簡易的な床冷房を行います。

2) 給湯および蓄熱

給湯は太陽熱と排気熱回収の併用システムを採用しました。ソーラーコレクタは不凍液循環方式による平板型集熱器（パネル面積8㎡）であり、貯湯槽の容量は0.3㎡としました。補助加熱のための排気熱回収ヒートポンプの定格時消費電力は約0.4kWであり、蒸発器は排気塔頂部の北面に位置するがらりの外側に設置しました。ソーラーコレクタを給湯に使用しない場合には、水平埋設管および垂直埋設管への蓄熱に利用するものとしています。

3) 太陽光発電

住宅屋根の西側には、単結晶シリコン型太陽電池を24㎡（発電容量3.1kW）、東側には、屋根材一体型横ぶきタイプの3層アモルファスシリコン^{※3}型を24㎡（発電容量1.3kW）設置し、商用電源との系統連系システムとしました。

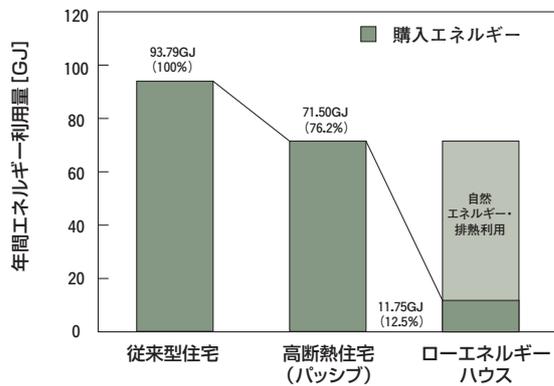
5 年間エネルギー収支と運転実績

実験住宅の測定システムは、3種類のデータロガとそれらを統合的に処理するパーソナルコンピュータによって構成され、住宅東側の観測室内に設置されています。測定項目は、温湿度・日射量・流量・電力量等を含め総計で約230項目におよんでいます。測定データは5分ごとに記録していますが、昼光、風速、発電量に関しては測定間隔を30秒として整理を行いました。

本住宅における年間の電力利用量の合計値（商用電源利用量と太陽光発電量の和）は25.61GJであり、そのうちの54%を占める13.86GJが太陽光発電により賄われました。エネルギー利用の構成割合は、商用電源、自然エネルギー、生活排熱で、それぞれ20%、73%（太陽光発電：24%、太陽熱集熱：13%、土壌熱：36%）、7%であり、土壌熱利用の効果が非常に大きい結果となっているのが特徴です。

自然エネルギー導入などによる省エネルギー効果を札幌における従来型住宅と比較したところ、

※3 アモルファスシリコン
非結晶のシリコン。単結晶は原子が規則正しく並んで形成されているが、アモルファスシリコンは原子がばらばらに結合して形成されている。



自然エネルギー導入などの効果 (運用段階)

従来型住宅の年間二次エネルギー消費量に対して、12.5%に低減される結果となりました。なお、この結果は、運用段階についてのみ考えた場合の結果であり、建設、修繕・更新、解体、廃棄段階といった建物・設備のライフサイクルにわたった視点で総合的に考える必要があることは言うまでもありません。もちろん、現実問題として、何年程度で経済的に回収できるかについても検討しなければなりません。前者のライフサイクルエネルギーは、従来型住宅と比較して51%削減となり、初期投資は大きくとも、最初に適切な建築・設備計画を実施することは極めて重要であることがわかります。一方、ライフサイクルコストは逆に14%増加する結果となってしまう、自然エネルギー利用の基盤を今後、徐々に強化していく必要があると言えます。具体的ないくつかの設備に関して、現状の経済的回収年数を示すと、太陽光発電が約30年、ソーラーコレクタが約15年、地下熱利用が約20年となっており、少しずつではありますが、経済的にも検討する価値が生まれつつあり、また、コストダウンの傾向はさらに高まりつつあります。

6 自然エネルギーと燃料電池の複合利用

2001年度からは、近年急速に技術開発が進んでいる固体高分子形燃料電池を実験住宅に導入し、その有効性と自然エネルギーとの複合利用効果について、新たな研究を進めています。これは、耐久性の面でのブレークスルーがあれば、今後、益々注目される技術です。



2001年度から実験住宅に導入している固体高分子形燃料電池の外観

7 おわりに

今後、ローエネルギーハウスの普及に向けては、自然エネルギーの利用基盤を段階的に強化することが必要不可欠であり、そのためには燃料電池によるコージェネレーションシステム^{※4}に代表される従来型エネルギーの新利用形態と自然エネルギーとの複合化を展開することが緊急の課題であると考えられます。

本研究では、多くの民間企業の皆様に多大なご協力をいただいています。ここに謝意を表します。また、修士・卒業論文の作成を通じて協力してもらった学生諸氏に深く感謝いたします。本研究は、科学技術振興事業団戦略的基礎研究推進事業において、落藤 澄名誉教授（北海道大学）の指導の下で行われました。また、2000年度からは窪田 英樹教授（北海道大学）の指揮下で研究が行われています。

※4 コージェネレーションシステム
燃料を用いて発電するとともに、その際に発生する排熱を冷暖房や給湯、蒸気などの用途に有効利用する省エネルギーシステム。

profile 濱田 靖弘 はまだ やすひろ

1995年北海道大学大学院工学研究科衛生工学専攻博士課程退学後、同年北海道大学工学部助手、'97年北海道大学大学院工学研究科助手、'03年同助教授