



Title	ローエネルギーハウスの設備計画
Author(s)	濱田, 靖弘; 長野, 克則; 中村, 真人 他
Description	第5回衛生工学シンポジウム (平成9年11月6日 (木) -7日 (金) 北海道大学学術交流会館) . 1 計画・展望 . P1-7
Citation	衛生工学シンポジウム論文集, 5, 31-34
Issue Date	1997-11-01
Doc URL	<a href="https://hdl.handle.net/2115/7699">https://hdl.handle.net/2115/7699</a>
Type	departmental bulletin paper
File Information	5-1-7_p31-34.pdf



1-7

ローエネルギーハウスの設備計画

○濱田 靖弘 (北海道大学)  
中村 真人 (北海道大学)  
中村 卓司 (清水建設)  
谷口 博 (北海学園大学)

長野 克則 (北海道大学)  
藤原 陽三 (藤原環境科学研究所)  
落藤 澄 (北海道大学)

1 はじめに

住宅で消費する各種エネルギーを最小化するローエネルギーハウスの建設は、エネルギー自立化住宅の第一歩である。大地のエネルギーに着目することにより、年間のサイクルを考慮した新しいエネルギーシステムの構築が可能であると考えられる。本報告では、積雪寒冷地におけるエネルギーの自立化を目指したローエネルギーハウスの設備システムの計画について述べるとともに、北海道大学工学部敷地内に建設したローエネルギー実験ハウスの導入設備システムの概要とその運転方式について報告を行う。

2 設備システムの概要

ローエネルギーハウスの建設においては、自然エネルギーを最大限に活用した適切なパッシブ手法の導入効果の検討が優先するが、次の段階では、パッシブ手法のみでは賄いきれない負荷に対するアクティブ手法の導入を考える必要がある。本研究においては、自然エネルギー、生活排熱の活用を考慮しており、自然エネルギーに関しては、太陽エネルギーに加えて、大地エネルギーの利用設備を導入した。パッシブそしてアクティブの双方に対して利用し得る大地は、その特性（飽和／不飽和、被圧／不圧、流動性地下水／非流動性地下水）により、蓄熱体あるいは熱源としての多様な利用形態の可能性を有していると考えられる。図-1にローエネルギー実験ハウスに導入した設備システムの概要を示す。電気設備は、南側屋根面に太陽電池を設置している。要素技術の比較実験も同時に行うことを目的として、特性の異なる2種類の太陽電池を敷設した。暖冷房・給湯設備としては、太陽（ソーラーコレクター）、大地（垂直埋設管・水平埋設管）のエネルギー及び生活排熱（排気熱回収パネル）の活用を考慮している。換気方式は、吹き抜けを排気塔として利用する絵内・荒谷の手法<sup>1)</sup>を採用しており、これはパッシブ手法の範疇であるが、アースチューブによる積極的な導入外気の予熱・予冷も行うものとする。

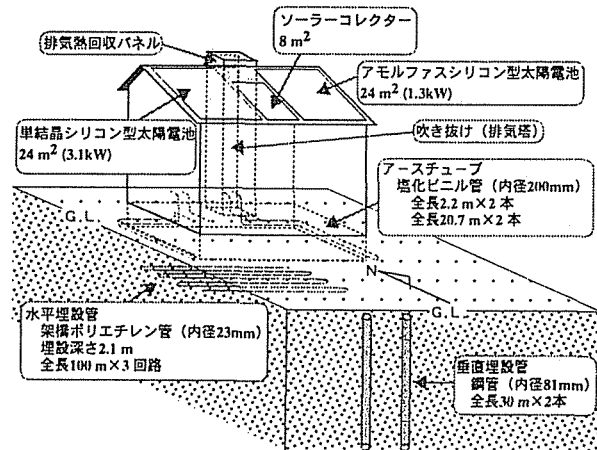


図-1 ローエネルギー実験ハウスの導入設備システム

表-1 太陽光発電システムの仕様

太陽電池		
種類	単結晶シリコン (層出置き型)	3層アモルファスシリコン (層材一体型)
アレイ設置傾斜角度	31°	31°
アレイ設置方位	南	南
モジュール枚数	24枚 (6直列3並列)	54枚 (18直列3並列)
面積	24m <sup>2</sup>	24m <sup>2</sup>
最大出力	3.1kW	1.3kW
変換効率	13%	8%
インバーター		
定格出力	3kW	3kW
電力変換効率	94%	92%
電気方式	単相2線式 (単相3線式配電線に連系)	

[但し、特性値は、AM-1.5、1kW/m<sup>2</sup>、25℃の条件に対応]

2.1 電気設備 表-1に太陽光発電システムの仕様を示す。傾斜角31°の南側屋根面の西側に単結晶シリコン型太陽電池を24m<sup>2</sup>（発電容量3.1kW）、東側には屋根材一体型横葺きタイプの3層アモルファスシリコン型を24m<sup>2</sup>（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た。ただし、暖房用ヒートポンプの動力には別途3相3線式の電源を使用している。

2.2 暖冷房設備 図-2に暖冷房設備システムの概要を示す。暖房方式には、土壌熱源ヒートポンプシステム

を採用した。熱源としては、垂直埋設管（鋼管井戸型）を5m間隔で2本敷設した。管は、深さ30m、直径110mmの掘削孔に埋設し、管と土壌の間隙をモルタルで充填している。管材は外径89.1mm、肉厚4.2mmの黒ガス管であり、不凍液（プロピレングリコール水溶液：35wt%）が20Aの架橋ポリエチレン管により鋼管下部より吐き出され、上部から吸い込まれる過程で土壌と熱交換を行う。また、後述のソーラーコレクターを給湯に使用しない場合には、暖房用ヒートポンプの熱源、鋼管井戸型への蓄熱に利用するものとしている。暖房用ヒートポンプは、定格時消費電力が約1kWのロータリーコンプレッサー、蒸発器（プレート式熱交換器：伝熱面積1.4m<sup>2</sup>）、凝縮器（プレート式熱交換器：伝熱面積0.4m<sup>2</sup>）、膨張弁により構成され、冷媒は代替フロンR134aを使用している。凝縮器側温水返り温度27℃、蒸発器側不凍液返り温度0.5℃における性能は、熱出力が約2.9kW、成績係数が約3.5である。暖房用温水側には、負荷の短期的変動を平準化するための0.31m<sup>3</sup>のステンレス製の蓄熱槽（保温用グラスウール30mm）を3台並列に設置している。暖房方式には、床暖房と床置き式パネル暖房を採用しており、床暖房のみ、パネル暖房のみ、併用の3通りの運転が可能である。また、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、1階と2階の床冷房を行う。

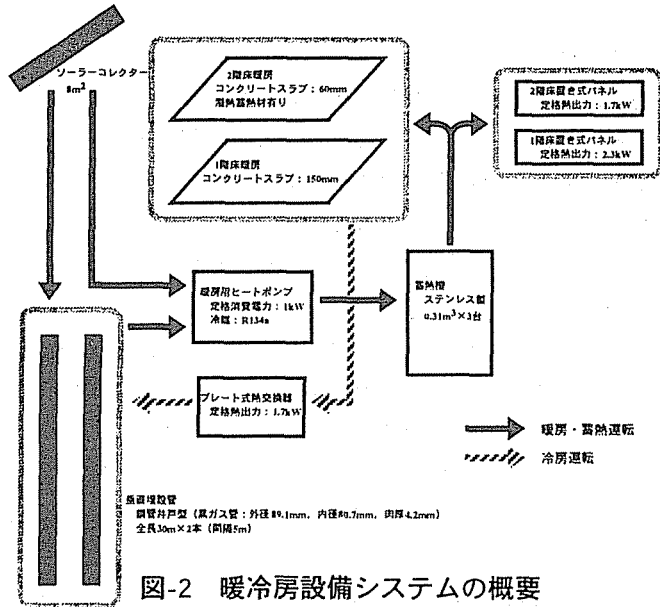


図-2 暖冷房設備システムの概要

2.3 給湯設備

図-3に給湯設備システムの概要を示す。給湯は、太陽熱と排気熱回収の併用システムを採用した。冬季の凍結防止のため、熱媒に不凍液を用いた強制循環により太陽熱を集熱するものとした。ソーラーコレクターは、平板型集熱器であり、8m<sup>2</sup>設置した。透過体は、透過率約0.9の強化白板ガラスであり、集熱板は、吸収率が約0.9、放射率が約0.1の選択吸収面である。給湯用の貯湯槽は、高耐食性ステンレス鋼板製（保温用グラスウール50mm）で、貯湯量は0.3m<sup>3</sup>である。熱媒との熱交換には、定格熱出力約4.9kWのプレート式熱交換器を介し、貯湯槽下部から送り出される水を加熱し、貯湯槽上部へ吐き出す。高温が要求される浴用は、貯湯槽上部より給湯され、その他の用途については、貯湯槽の中央部より給湯するものとしている。太陽熱による給湯加熱の過不足の判断に関しては、毎日2回（正午及び午後6時）、貯湯槽内の水温を検知し、目標温度に到達していない場合には、排気熱回収ヒートポンプにより加温を行う。ヒートポンプは、定格時消費電力が約0.4kWのロータリーコンプレッサー、蒸発器（平板型、アルミフィンチューブ方式：1m<sup>2</sup>）、凝縮器（二重壁管式）、膨張弁により構成され、冷媒はR22を使用している。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、熱回収を行う。ソーラーコレクターを給湯に使用しない場合には、暖房用ヒートポンプの熱

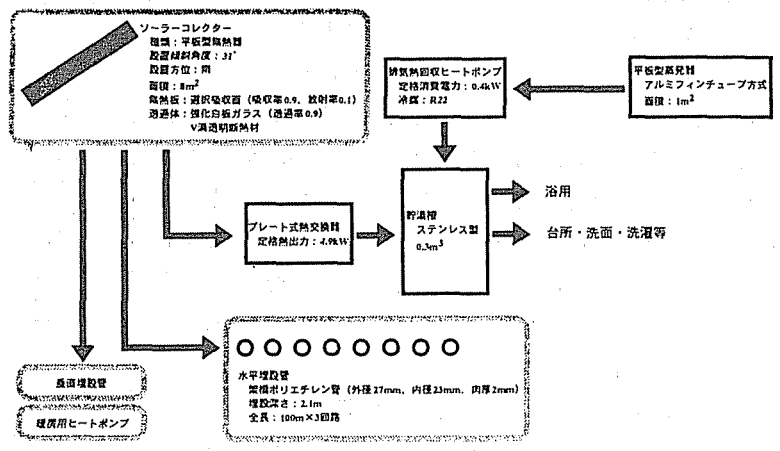


図-3 給湯設備システムの概要

源、水平埋設管及び垂直埋設管への蓄熱に利用するものとしている。夏季に太陽熱を蓄熱する水平埋設管は、主に、冬季の住宅の暖房負荷の軽減、結露の防止を目的として設置しており、口径20Aの架橋ポリエチレン管を使用し、建物直下の地下2.15m地点（地表面基準）にピッチ20cm（全長100m×3回路）で埋設している。

**2. 4 換気設備** 換気システムには、内外温度差を主動力源とする負圧換気方式を採用した。空気の流出入のための開口は、上方（排気塔頂部）と下方（半地下室北面の給気口）に設置し、図-1における吹き抜けを換気経路に利用するものとしている。給気に関しては、半地下室コンクリート躯体及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・予冷を行う。図-4にアースチューブの平面図及び立面図を示す。管には、内径200mmの塩化ビニル管を使用し、比較実験のために全長が2.2m（A）と20.7m（B）の長さの異なるアースチューブを、それぞれ2本ずつ東西対称に設置し、いずれかのチューブを選択するものとしている。図中のAは、深さ60cm地点において半地下室に給気を行い、Bは、半地下室の側壁近傍（深さ約1.3m地点）を図のように往復して室内に給気を行う。

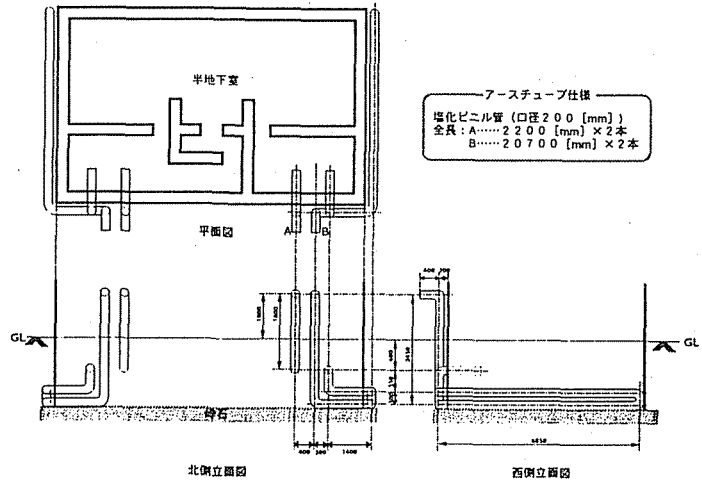


図-4 アースチューブの平面図及び立面図

**3 暖冷房・給湯システムの運転フロー**

**3. 1 夏季** 図-5にローエネルギーハウスにおける夏季の運転フローを示す。日中、ソーラーコレクターによる給湯のための貯湯槽加熱が完了している場合、冬季の住宅の暖房負荷の軽減、結露の防止を目的として水平埋設管への蓄熱に利用する。冷房運転は、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、1階と2階の床冷房を行う。

**3. 2 中間季** 図-6にローエネルギーハウスにおける中間季の運転フローを示す。給湯運転は、ソーラーコレクターと排気熱回収ヒートポンプの2つの運転フローを考える。ソーラーコレクターの日射受熱量が $50W/m^2$ 以上かつ集熱温度と貯湯槽内温度の差が $3^{\circ}C$ 以上の場合に、太陽熱給湯運転を行う。排気熱回収ヒートポンプの熱出力を考慮して、正午における貯湯槽内水温が $30^{\circ}C$ 以下の場合、また夕方6時における貯湯槽内水温が $45^{\circ}C$ 以下の場合には、排気熱回収ヒートポンプ給湯運転を行う。ソーラーコレクターによる蓄熱運転は、夏季のフローと同様であるが、水平埋設管への蓄熱時に、送り・返り温度の差が $0.5^{\circ}C$ を下回った場合に

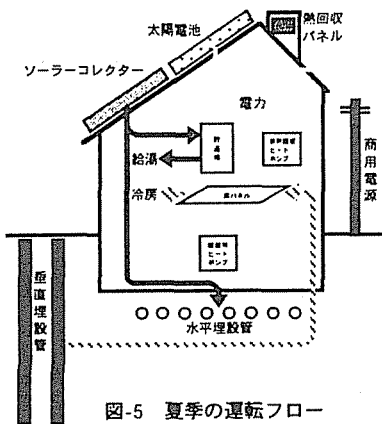


図-5 夏季の運転フロー

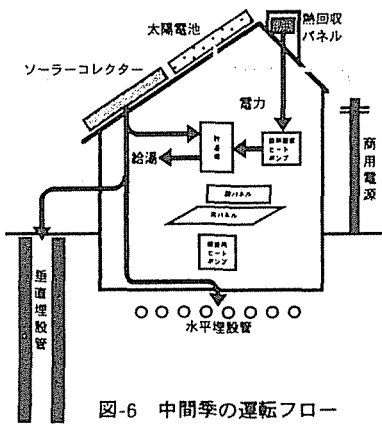


図-6 中間季の運転フロー

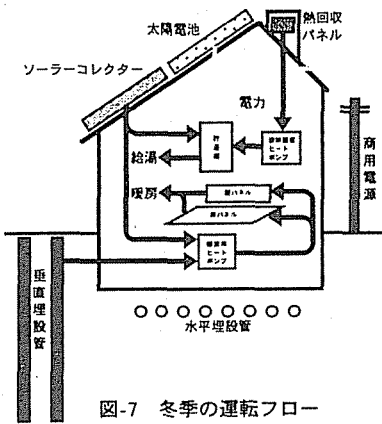


図-7 冬季の運転フロー

は、蓄熱容量が飽和に達したものと判断し、垂直埋設管への熱補充を行うものとする。

**3.3 冬季** 図-7にローエネルギーハウスにおける冬季の運転フローを示す。給湯運転は、中間季におけるフローと同様である。暖房運転においては、室内気温が18℃を下回った場合には、床暖房あるいは床置き式パネル暖房への送水を行う。そして、暖房用の土壌熱源ヒートポンプは、並列に設置された3台の蓄熱槽内の水温が30℃を下回った場合に運転する。低温熱源側については、垂直埋設管による採熱であるが、日射受熱量が50W/m<sup>2</sup>以上で、給湯用貯湯槽の加熱が完了している場合、また、ソーラーコレクターによる集熱温度と貯湯槽内温度の差が0.5℃以下で給湯用熱源としては不十分である場合には、ソーラーコレクターもヒートポンプの熱源として活用する。

#### 4 エネルギー消費量の目標値の設定

表-2に札幌における従来型住宅の用途別エネルギー消費量<sup>2)</sup>を示す。世帯当たりの年間総エネルギー消費量は、約103GJであり、そのうち、灯油消費量は約81%を占めている。用途別に見ると、暖房用エネルギー消費量が約68%であり、建物の断熱性能の向上とパッシブ手法の積極的導入による暖房負荷の軽減が、省エネルギーに極めて効果的であると言える。表-3に本研究におけるローエネルギーハウスの年間エネルギー消費量の目標値を示す。エネルギー消費量の予測には、4人家族を想定し、電力・給湯負荷については、NHK国民生活時間調査結果に基づいて空気調和・衛生工学会により作成されたモデル<sup>3)</sup>を利用した。また、暖冷房負荷については、既報<sup>4)</sup>における熱負荷計算によった。年間の消費電力量は、調理・給湯・暖冷房に要する電気エネルギーを含めると約21GJ/aとなり、そのうちの8割程度を占める約16GJ/aが太陽光発電により賄われる。調理エネルギーに関しては、効率が0.4程度であるガス調理器に対して、電気調理器の効率が約0.8であることを考慮して従来型住宅の1/2以下である2.5GJ/aを目標値とした。また、暖房負荷と冷房負荷は、それぞれ約16GJ/a、1GJ/aであり、暖房負荷は、従来型住宅の1/4以下に低減することが期待される。世帯当たりの年間総エネルギー消費量は約47GJであり、これは従来型住宅の約1/2である。このうち、購入エネルギーは約10%、残りの約90%は自然エネルギーと生活排熱により賄われており、延べ床面積当たりの年間購入エネルギー量は約24MJ/(m<sup>2</sup>・a)と予測される。

表-2 用途別エネルギー消費量（従来型住宅）

	単位[GJ/(世帯・a)]					計[GJ/a]
	照明・動力	調理	給湯	暖房	冷房	
灯油	0.0	0.0	14.1	69.3	0.0	83.4
電気	10.2	0.0	1.1	0.6	0.0	11.9
都市ガス	0.0	2.2	1.4	0.2	0.0	3.8
LPG	0.0	2.3	0.9	0.0	0.0	3.2
その他	0.0	0.0	0.2	0.3	0.0	0.5
計[GJ/a]	10.2	4.5	17.7	70.4	0.0	102.8

表-3 用途別エネルギー消費量（ローエネルギーハウス）

	単位[GJ/(世帯・a)]					計[GJ/a]
	照明・動力	調理	給湯	暖房	冷房	
商用電源	3.2	0.7	0.4	0.4	0.0	4.7
太陽光発電	8.6	1.8	1.8	4.0	0.0	16.2
太陽熱集熱	0.0	0.0	11.9	0.0	0.0	11.9
地下熱	0.0	0.0	0.0	11.2	1.1	12.3
生活排熱	0.0	0.0	2.2	0.0	0.0	2.2
計[GJ/a]	11.8	2.5	16.3	15.6	1.1	47.3

#### 5 おわりに

本報では、積雪寒冷地におけるエネルギーの自立化を目指したローエネルギーハウスの設備システムの計画と、北海道大学工学部敷地内に建設したローエネルギー実験ハウスの導入設備システムの概要について示した。また、年間エネルギー消費量の目標値の設定を行った結果、ローエネルギーハウスの延べ床面積当たりの年間購入エネルギー量の予測値は約24MJ/(m<sup>2</sup>・a)となった。

##### 【謝辞】

実験施設の作成にあたっては、新菱冷熱工業（株）中央研究所の岡田勝行氏らに多大な御協力を頂きました。ここに謝意を表します。本研究の一部は平成7年度科学技術庁戦略的基礎研究推進事業研究領域“環境低負荷型の社会システム 自立型都市を目指した都市代謝システムの開発”（研究代表者：東京農工大学柏木孝夫教授）によった。

##### 【参考文献】

- 1) 絵内正道・荒谷登：北海道住宅の気密性能の現状とパッシブ換気の可能性，日本建築学会大会学術講演梗概集(1996)，pp.649-650
- 2) 西田和宏・赤尾清：札幌における家庭用エネルギー消費に関する実態調査・分析，日本建築学会北海道支部研究報告集，No.67(1994-3)，pp.269-272
- 3) 空気調和設備委員会住宅の消費エネルギー計算小委員会：住宅のエネルギー計算用設定条件のモデル化(1996)，空気調和・衛生工学会
- 4) 中村卓司ら：ローエネルギーハウスにおける暖冷房システムの検討，空気調和・衛生工学会北海道支部学術講演会論文集(1997)