

ソーラーエネルギー利用住宅からの提案

ソーラーモデル棟からソーラーコミュニティー論の復興計画案まで

Proposal of the Solar Combined Model House for the Practical Training From the Solar Model House into the Proposal Project for the Reconstruction

千葉職業能力開発短期大学校 角本 邦久

要約 これは大学校の総合制作実習におけるソーラーエネルギー利用住宅に関する、7年間に及ぶ実学実習の現場からの実践報告であり、その蓄積データをもとに、基本形としてのソーラーコミュニティー論へとその可能性を展開し、更には、東日本大震災における復興計画案を、今日的な地球環境的観点から、再生エネルギーとしてのソーラーエネルギー利用を、具体的敷地条件の下で、具体的な計画設計へと志向していく実践的報告である。

これからの住宅環境ならびに生活環境を創造していく技術者にとっては、これらの視点は、必須の認識すべき項目であり、取り入れるべき設計要素の1つとなっている。この観点から、大学校における総合制作実習においても、ソーラー併用型住宅を設計施工から計画し、実践してきた内容を、ここに総括し報告する。今後の取り組みへの道しるべの1つとなれば幸いである。

Summary: This Report is based on the Solar -Combined Model House for seven years, which situates in the site of Kanto Polytechnic College and has the dimension of 3.6m x 3.6m in square. It is one-storey house with loft and has the gable roof. The eight solar panels are located on the southern roof to the west and are able to produce 1kw per hour and the air-ventilated roof panels are located on the southern roof to the east and are utilized for the heating . This Model House has performed that the production of solar power generation has reached the amount of 4593kw and the reduction of CO₂ has reached the amount of 826kg during 1862 days, from 26th November in 2004 to 31st December in 2009, during 5 years and 1 month. On the basis of these data for seven years, the Solar Community has been proposed with 960 families. And also, the proposal Project for the reconstruction in east area in Japan after Tsunami has been suggested here.

Zusammenfassung: Der Report ist die praktische Zusammenarbeit an der Technischen Hochschule als jede Abschlußarbeit bestätigt. Das Model Haus hat die Dimension mit 3.6m im Quadrat und hat die acht Solar Photovoltaischen Paneele am südlichen Dach auf Westseite und hat das Solar Energie System mit Lüftungsanlage im südlichen Dach auf Ostseite. Die Leistung dieses Model Haus beweist daß die Produktion mit Solar Energie System 4593kw erreicht hat und die Verminderung der CO₂ 826kg erreicht hat, zwischen 26 Nov. in 2004 und 31 Dez. in 2009, in 1862 Tagen, in der Frist mit 5 Jahre und 1 Monate .

Das Projekt hat in Zusammenhang mit Aufbau nach Tsunami in Japan gearbeitet werden. Diese Arbeit ist sehr wichtig für die kommenden Praktikanten und Ingenieure und Architekten.

1. はじめに

これは専門課程における総合制作実習課題として、2003年度から～2009年度にかけて、ソーラー

モデル棟の設計施工からデータ収集、データ解析、解体に到るまでの一連の実学実習的内容を、最初に報告する。これらの実学実習によるデータ実績をもとに、ソーラーコミュニティー論へと発展させた。この考え方をもとに、東日本大震災に関する復興計

画案の提言まで、ここに紹介する。

2. 建物概要について

実習用モデルの建物規模は、3.6m×3.6mの大きさである。建物は、基本的に平屋であり、そこに外気導入型エネルギー利用システムのためのハンドリングBOXを設置するためのロフト部分が付いている。建物高さは、約6.5mである。

3. シミュレーションについて

この実習への手順として、まず、建物の軸線を決定する必要があった。その目的のために、いくつかのシミュレーション作業を実施した。

3.1 真北測定と日影図作成

建物の軸線と建物高さを決めるために、まず、真北測定および日影図作成が必要とされた。真北測定は、測定地点での経度による標準時地点との差を計算し、その日のその地点での南中時における影としての真北を実測した。

建物の真北軸を建築予定地において実測し、その軸線に合わせる。ソーラーパネルは、真南に向ける。敷地の形状および道路づけの関係で、微調整が必要な場合には、軸0度に対して、+-15度くらいまでは大きな支障はないとされている。

3.2 太陽光発電シミュレーションについて

シミュレーション条件としては、パネルの方位角と傾斜角の条件設定、条件別年間発電量、一次シミュレーション発電量、二次シミュレーション発電量の検討を実施した。

集熱面積 A_c

$A_c = \text{太陽依存率} \times \text{必要熱量} / (\text{受熱面日射量} \times \text{全日集熱効率} \times (1 - \text{熱損失率}))$

$A_c = 0.6 \times 214.42 / (14.28 \times 0.55 \times 0.9)$
 $= 18.20\text{m}^2$

(必要熱量 = 暖房付加 + 冷房付加)

実績値としては、2004年11月26日～2009年12月31日までの1862日間で、発電量4593kwでCO₂削減量826kgの結果を得た。

3.3 パッシブソーラーシミュレーションについて

外気導入型太陽エネルギー利用のシミュレーションについては、このモデル棟に関して、いくつかの条件を設定して、シミュレーションを実施した。図1は、屋根・壁の断熱材厚を100mmとし、屋根集熱面のカバーガラス長を、棟近くで1.5m長とした場合に、各部温度をプロットしたものである。

設置後の対策として、ソーラーパネル設置屋根裏の天井面に関しては、設置後の温度上昇が考えられるので、他所に比べて断熱材の厚みを割増しすることが望ましい。実習用モデル棟においては、その点も考慮して、断熱材の厚みを割り増しして、250mm厚で施工した。

図1は、パッシブソーラーのシミュレーションソフトにより、条件設定して、得られたシミュレーション結果の一例である。

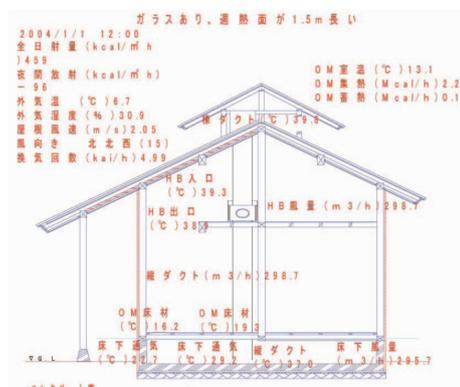


図1 パッシブソーラーシステムのシミュレーション結果

3.4 断熱結露について

住宅性能の一環として、断熱結露の検討を実施した。

INSYSソフトを使用し、モデル棟建物の各部位ごとに、断熱結露の検討を行った。この結果、日照条件の不利な北側屋根面に結露現象が見られた。対策として、防湿フィルムを設置し、結露発生を防ぐこ

ととした。これを表1に示す。

ソーラーハウスを造るときに留意すべきことは、住宅としての快適性を損なうことがないように、住宅性能設計を実施し、性能確保に努めることである。

表1 断熱結露のシミュレーション結果

2nd シミュレーション			
第2次シミュレーション	1F壁	屋根1	屋根3
飽和水蒸気量	764.4	744.7	827
結露点の水蒸気量	506.2	507.8	511.4
結露量(g/m ² h)	0	0	0
結露点			

- ホリエレンフィルムを入れた結果、内部結露が発生しなくなった。
- 結露点の水蒸気量の減少率:平均34.3%

3.5 住宅性能について

太陽エネルギー併用型住宅は、十分なる住宅性能を有するものであらねばならない。建物各部位において、材料によって構成される部位の熱貫流率を計算し、表作成した。表2は、その一部を示している。これには、Excel関数計算を実施している。これにより、モデル棟が、温熱環境として、新省エネ基準を、ほぼ満足していることを確認できた(次世代省エネルギー基準を満足するには、更に改良が必要)。

表2 建物各部位の熱貫流率

構成材料	厚み	熱伝導率	熱伝導抵抗	熱貫流抵抗	熱貫流率
室外側空気			0.05	3.65	0.27
サイディング	12.00	0.20	0.06		
通気層			0.13		
透湿シート	0.20	1.00	0.00		
住宅用ロックウール断熱材	110.00	0.03	3.24		
防湿シート	0.20	1.00	0.00		
クロス貼り	2.00	0.05	0.04		
室内側空気			0.13		

[mm] [kcal/mh°C] [m²h°C/kcal] [m²h°C/kcal] [kcal/m²h°C]

4. 計測について

4.1 換気測定

4.1.1 目的

太陽エネルギー併用型住宅における住宅性能の一

環としての換気性能の評価に関して、その実測手順と得られた実測データの解析結果を明らかにする。

4.1.2 使用器具および使用材料

実測用の使用器具および使用材料は、以下のとおり。

CO₂測定器、トレーサーガスCO₂ボンベ(2kg・5kg)、圧力メーター、チューブ(ナイロン製・ポリウレタン製)、気流測定器、OMソーラー機器類、チューブコネクター、ストップウォッチ

4.1.3 測定方法

換気測定は、測定点①・②・③の3カ所において測定。測定点は、順に①1階床吹出口、②1階床から1.2m上、③ロフトから1.2m上がりの測定点である。

測定方法・手順は以下のとおりである。

- (1)ハンドリングBOXの制御盤において定常モードに切り替える。
- (2)トレーサーガスCO₂ボンベを用意する。次に、写真1に示す切り替え式コネクターをナイロンチューブに取りつけて、図2連結システム図のごとく接続した。



写真1 チューブコネクター

写真2 CO₂測定器

- (3)測定点①・②・③と順に、トレーサーガスCO₂を送る。残留ガスを排気するために、①測定後に外気への取出口④に切り替える。④の初期値測定確認後に、②に切り替え測定し、その後、④→③→④という手順を経て、各3カ所において濃度がそれぞれ1500ppm程度になるまで測定した。

表3 1/4開口部風量・換気回数

	東開口部	南開口部	西開口部	腰屋根	合計	換気回数
気流速[m/s]	0.05	0.47	0.30	0.19		
開口部面積[m ²]	0.07	0.07	0.07	0.03		
風量[m ³ /h]	12.6	118.4	75.6	20.5	227.2	3.5

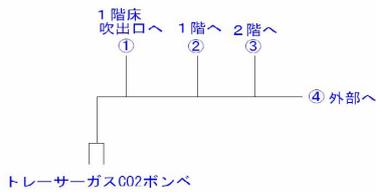


図2 連結システム図

- (4)1500ppmまで充填させ、その後トレーサーガスCO₂のポンベを閉めて、測定器で太陽エネルギー併用型住宅内部のCO₂濃度が、通常の大気中のCO₂濃度まで、十分に換気されるまで測定した。そのときの開口部条件は0/4・1/8・1/4とした(開口部条件は、測定結果から検討をして、1/4までとした)。
- (5)測定後は、グラフを作成し、解析した。
計測機器は、実習生の安全のため、モデル棟外部に設置する必要があった。

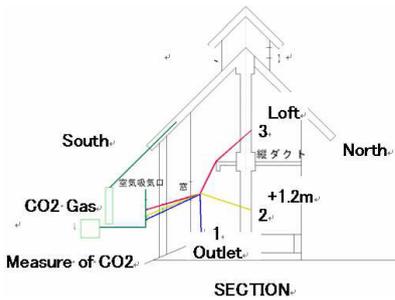


図3 接続図(測定点1, 2, 3)

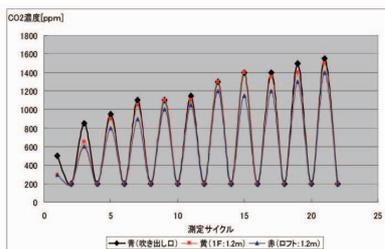
4.1.4 測定結果・解析

それぞれの開口条件で、実施した測定値どおりのグラフ1と3と、そのデータを整理したグラフ2と4を表示した。

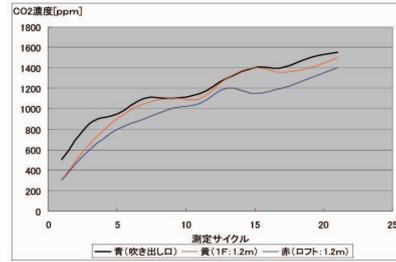
●ステップ・アップ法

トレーサーガスを一定量注入したときの、濃度変化から空気齢を求める方法。

グラフ1 0/4開口実施測定値(ステップ・アップ)



グラフ2 0/4データ整理後(ステップ・アップ)



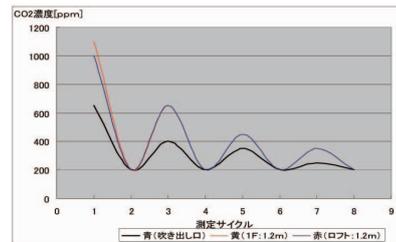
●ステップ・ダウン法

室内を一定濃度にして、ガス発生を停止してからの濃度減衰により空気齢を求める方法。

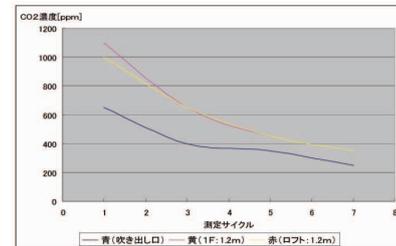
●空気齢

給気口から室内に供給される新鮮外気は、室内で汚染されて古くなっていくこと。

グラフ3 0/4開口実施測定値(ステップ・ダウン)



グラフ4 0/4データ整理後(ステップ・ダウン)



$$\text{風量} = \text{断面積} \times \text{平均風速} \times 3600[\text{m}^3/\text{h}]$$

$$\text{換気回数} = \text{風量} / \text{建築の容積}$$

住宅の基準換気回数0.5回/h 以上

今回の実測によって、表3に示すごとく、換気基準を満たす換気性能を有することが、確認された。

実測日は外部からの風が強かったために、大幅に換気されたと考えられる。

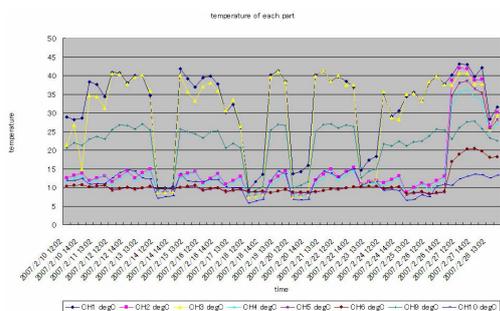
この換気測定実習は、実習生のための測定方法の学びの機会であり、性能評価およびデータ解析の方法などを習得することが目的の1つであった。また、換気性能向上のためにも、まず、周りの環境そのものの改善が必要であり、植栽を植えるなどの配慮が必要とされる。

4.2 モデル棟内各部位の温度測定

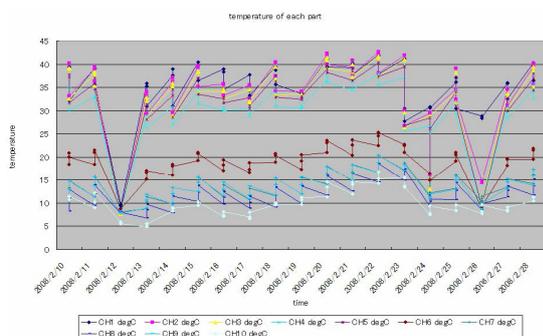
各測定点は、ch1:屋根部位、ch2:縦ダクト上部、ch3:縦ダクト中間部の上側、ch4:縦ダクト中間部の下側、ch5:パッシブソーラーシステム用縦ダクトの底部(床下)、ch6:床吹き出し口の近く(床下)、ch7:ロフト部の東壁面内、ch8:ロフト部の西壁面内、ch9:天井面、ch10:軒下部の各点である。

グラフ5は、ロフト部の東壁面内ch7と西壁面内ch8を除いた、8測定点のみでの測定結果を示している。

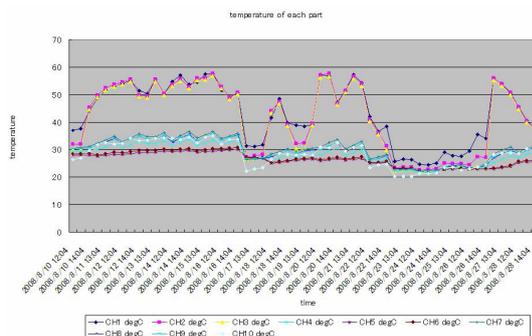
グラフ5 8接点の温度測定
(時間: 12~14 期間: 2007.0210~0228)



グラフ6 10接点の温度測定
(時間: 12~14 期間: 2008.0210~0228)



グラフ7 10接点の温度測定
(時間: 12~14 期間: 2008.0810~0828)



グラフ5, 6, 7は、下記に示された期間の中で、12~14時の時間帯の、測定結果を示している。

グラフ5(時間: 12~14 期間: 2007.0210~0228)のch1(屋根部位)においては、冬期の良好な天候の日には43.1~28.1°Cの温度域にあり、比較的寒い日には13.6~9.8°Cの温度域であった。ch5(パッシブソーラーシステム用縦ダクトの底部)においては、冬期の良好な天候の日には38.6~25.9°Cの温度域にあり、比較的寒い日には9.2~8.5°Cの温度域であった。ch6(床吹き出し口の近く)においては、冬期の良好な天候の日には20.4~16.9°Cの温度域にあり、比較的寒い日には10.7~8.78°Cの温度域であった。

グラフ6(時間: 12~14 期間: 2008.0210~0228)のch1(屋根部位)においては、冬期の比較的良好な天候の日には、41.8~28.4°Cの温度域にあり、比較的寒い日には9.7~9.4°Cの温度域であった。ch5(パッシブソーラーシステム用縦ダクトの底部)においては、冬期の比較的良好な天候の日には40.3~26.7°Cの温度域にあり、比較的寒い日には9.0~8.8°Cの温度域であった。ch6(床吹き出し口の近く)においては、冬期の比較的良好な天候の日には25.3~15.2°Cの温度域にあり、比較的寒い日には8.8~7.8°Cの温度域であった。

この2007年および2008年の測定ともに、この冬期の比較的良好な天候の日における、ch5(パッシブソーラーシステム用縦ダクトの底部)からch6(床吹き出し口の近く)へ、暖められた空気が移動する間で、温度が下がる傾向が見られる。この改善が必要とされた。

グラフ7(時間: 12~14 期間: 2008.0810~0828)のch1(屋根部位)においては、夏期の良好な天候の日には、57.7~31.1°Cの温度域にあり、比較的寒い日には29.0~24.4°Cの温度域であった。空気循環制御用のハンドリングBOX内部は、夏期には自動制御とし、高温域では外気への排気モードとなっている。ch5(パッシブソーラーシステム用縦ダクトの底部)においては、夏期の比較的良好な天候の日には30.1~25.1°Cの温度域にあり、比較的寒い日には23.0~22.1°Cの温度域であった。ch6

(床吹き出し口の近く)においては、夏期の比較的良好な天候の日には30.8～25.2℃の温度域にあり、比較的に寒い日には23.1～22.2℃の温度域であった。

これらの温度測定の結果、暖かい日に屋根部においては十分に集熱効果が期待できているが、縦ダクトに取り込んで後、特に、ch5：パッシブソーラーシステム用縦ダクトの底部から、ch6：床吹き出し口の近くへと行く間に、温度降下が見られた。

これは、床下のメンテナンスのために床下寸法を多く確保したために、床下の気積が大きくなり、それが対流を起こすために、熱損失があると推定された。

その後の対策としては、床下に断熱材を三層約300mmに、積層状態に積み重ねることによって、この部分の熱的効果も期待でき、床下部分の気積も減じることができて、結果としてこの部分のch5→ch6への熱損失を比較的に改善することができた。

5. 壁面緑化

5.1 考え方

建築を面緑化で蔽う考え方は、建築内部のより良い生活環境を提供するためにも、従来から、建築近くに植栽を植えるかたちで、緑環境を提供している。

5.2 壁面緑化の意味

モデル邸の壁面緑化前の状態は、全体的に温度分布が均一となっており壁面全体がほぼ同じ温度であることがわかる。西外壁面も同じ状態となっていた。

5.3 改善方法

モデル棟の東西外壁面に壁面緑化を施工し、太陽光(直射日光)を遮断する。緑化には、断熱性の向上、躯体の保護・建物の耐久性の向上などの長所があると考えられる。

5.4 設計条件および土壌厚設定

設計条件としては、以下のとおり。

- ・夏至の日の10時から16時までの日差しが入らないようにする(太陽高度62°)。
- ・最上段を開口部の上に設ける。
- ・冬季は日差しが入るようにする。

設計条件を満たす壁面緑化用棚板の寸法は、表4で示す寸法とした。

植物の生育に必要な土壌の厚さを検証するために、合板で深さが90mm・40mm・20mmの三種類のテスト用プラントを作成し、約三週間観察した。観察結果をもとに、土壌の厚さを40mmとした。

表4 壁面緑化棚本体の寸法

単位：mm	出寸法	高さ間隔	土壌厚
東側	455	916	40
西側	800	685	40

使用植物としては、キャンパス内に自生している、高麗芝・コックシサワゴケ・イヌガラシ・ツユクサ等を使用した。



写真3 テスト基盤

写真4 施工後のモデル棟

5.5 温熱測定

温熱環境を測定する方法に関しては、以下のとおり。

5.5.1 使用機器

計測機器としては、面で計測する方法と点で計測する方法の2とおりとした。

- ・サーモビジョン (CPA - SC640A)
赤外線エネルギー量を測定し、画像化する機器。
- ・熱電対 (DATA LOGGER TDS-303)
電位差と温度の性質を利用した温度計測ツール

5.5.2 計測方法

おのおのの計測方法は、以下に示す。

サーモビジョンに関しては、9時に開始して、2時間ごとに、17時まで5回撮影した。撮影地点は、屋外7カ所、屋内4カ所の計11カ所とした。

熱電対に関しては、期間設定で、終日5分間隔で測定した。測定地点は、東西おのおのの外壁面4接点、内壁面1接点の計10接点とした。

5.5.3 「熱電対」測定データ

熱伝対による測定結果を、以下に示す。

○夏季データ

- ・植栽用棚のみ使用

表5、6は、2009年8月8日～10日における植栽用棚（木製）のみ+植栽なしでの測定であり、温度低減率の最高値を記録した時刻、各部位での平均値である。

表5 東外壁面温度低減量

8：30時点での値	非緑化部	緑化部	温度差
温度（℃）	34.2	26.9	7.3

表6 西外壁面温度低減量

13：25時点での値	非緑化部	緑化部	温度差
温度（℃）	33.0	28.8	4.2

上記表中での緑化の意味は、緑化予定の部分での測定の意である。この段階では、未だ植栽を置いてはいない。

- ・植栽用棚+植栽を置いた状態

表7、8は、2009年8月18日～31日における植栽用棚+植栽を置いた状態での測定で、温度低減率の

表7 夏季東外壁面温度低減量

8：17時点での値	非緑化部	緑化部	温度差
温度（℃）	46.2	28.7	17.5

表8 夏季西外壁面温度低減量

16：12時点での値	非緑化部	緑化部	温度差
温度（℃）	40.3	28.2	12.1

最高値を記録した時刻、各部位での平均値である。

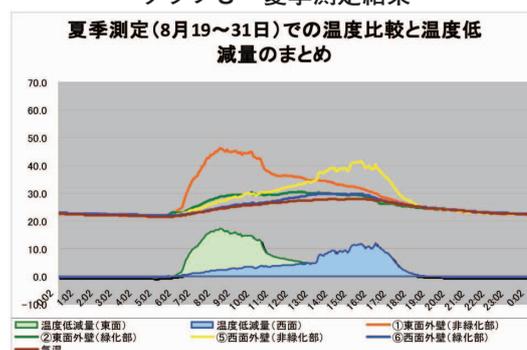
植栽用棚のみの表5、6および植栽用棚+植栽を置いた表7、8の結果から温度低減量で比較し、東西外壁面の温度差より平均値を算出すると、表9のようになり、緑化後のほうが緑化前よりも17.0%温度低減効果が向上したことがわかった。

表9 植栽植え込み前後の東西平均温度低減率

	緑化前	緑化後	差
東西平均低減率（%）	17.0	34.0	17.0

グラフ8は、夏期における各部位ごとの測定温度の変化と緑化による温度低減量を示したものである。

グラフ8 夏季測定結果

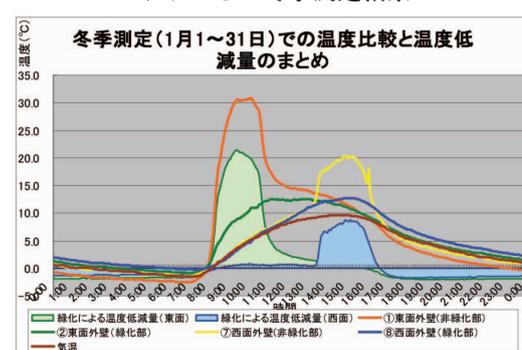


○冬季データ

表10は、2009年1月1日～31日における植栽用棚+植栽を置いた状態で測定した。

壁面緑化を行うにあたっては、夏季は日射による温度上昇の防止が求められるが、冬季では冷え込みの激しい夜間での保温効果が求められる。今回行っ

グラフ9 冬季測定結果



た測定では、早朝（～8時）と夕方（16時30分～）において緑化部の温度が非緑化部より71%保温効果が増大した。

グラフ9は、冬期の測定結果を示している。

5.5.4 「サーモビジョン」測定データ

モデル棟の東西外壁面の温度分布を、視覚的に理解しやすいように、サーモビジョンを用いて撮影した。

写真5にその結果を示す。

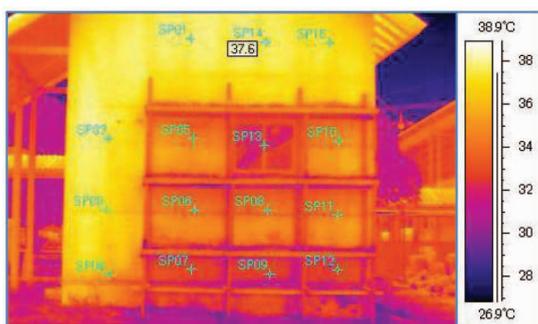


写真5 夏季東外壁面（熱画像）

表10より、非緑化部の一日の温度変化は、東非緑化部は41.9℃から33.2℃まで変化し、西非緑化部は47.7℃から34.3℃まで変化している。一方、緑化部については、東緑化部上段37.0℃から32.7℃、東緑化部中段36.1℃から32.3℃、東緑化部下段32.8℃から30.1℃まで変化し、西緑化部上段33.7℃から30.2℃、西緑化部中段34.1℃から30.2℃、西緑化部下段31.4℃から29.2℃まで変化している。

このときの温度の変化幅は、東非緑化部8.2℃、西非緑化部13.4℃であり、一方、緑化部については、東緑化部上段4.3℃、東緑化部中段3.8℃、東緑化部下段2.7℃であり、西緑化部上段3.5℃、西緑化部中段3.9℃、西緑化部下段2.2℃であった。

これにより、緑化部においては緑化効果により、温度変化の幅が軽減されていることがわかった。

表10 東西外壁面の温度比較

時間	東非緑化	東緑化上段	東緑化中段	東緑化下段	西非緑化	西緑化上段	西緑化中段	西緑化下段	外気温
9	41.9	37.0	34.3	31.6	34.3	30.2	30.2	29.6	26.3
11	38.2	35.5	34.2	30.3	35.4	31.1	31.1	29.5	28.0
13	38.1	36.7	36.1	30.4	41.4	33.1	33.4	30.1	29.1
15	36.6	35.7	35.2	32.8	47.7	33.7	34.1	31.4	29.9
17	33.2	32.7	32.3	30.1	38.8	32.1	31.4	29.2	29.2

6. 環境性能評価

6.1 目的

CASBEE指針によって、モデル棟の評価を実施する。このCASBEEの評価項目で評価点が低く、かつモデル棟で追加実施可能な項目について改善し、再評価を実施し、改善効果を確認することを目的とする。

6.2 CASBEE評価

現行のモデル棟の評価は、BEE値=1.5で、Aランクとされている。自然エネルギー利用の建屋であり、また、実際に人が住んではいないので負担軽減されている面があると考えられる。

「水の節約」に関しては、評価点が1.5から1.7に向上し、併せて壁面緑化への雨水利用もできた。

「生物環境の保全と創出」に関しても、評価点が3.0から3.7に向上した。

結果として、BEE評価【総合評価】も1.5から、1.6に向上した。「壁面緑化」を設置した結果、緑化によって温度変化幅への緩和効果があることがわかった。熱負荷を軽減することができた。

7. 施工について

7.1 太陽光発電パネルの設置工事

これらは、電気工事に関連する工事でもあり、インバーター設置工事なども、電気工事士の資格が必要でもあり、実際に、関係している技術者の方の協力を得て、実習生の手によって、成し遂げることができた。

パネル設置は、120wパネルx8枚=約1kwの出力

となっている。

近年、手摺等への設置例などもあり、垂直面に対しても、パネル取り付けする例が見られるが、施工条件の関係であろうが、垂直0度に取り付ける例が報告されていた。これは寧ろ、パネル設置傾斜角度としては、水平に対して、理想的にはその土地の緯度の傾斜角度を確保し、太陽光が設置パネルに垂直に入射するようにすることが望ましいが、それが難しい場合でも、垂直0度ではなく、少なくとも垂直に対して15度くらいの勾配は確保したい。これにより集光効率はいくらか改善されて、動作効率もいくらか改善されると思われる。



写真6 太陽光発電パネル取り付け工事

7.2 外気導入型太陽エネルギー利用システム

これは、モデル棟においては、太陽光発電パネルよりも、1年早く、第1期に、施工されている。太陽光発電パネルは、工場で品質管理されている製品でもあり、その出力にも、問題は少ない。これに比べると、外気導入型太陽エネルギー利用システムは、現場施工との関連性が強く、その性能は、施工精度の良否に左右されるところが大きく、施工面での配慮が必要であった。



写真7 屋根スペーサー
施工部分



写真8 ハンドリングBOX

このシステムを導入するうえで注意すべき点は、空気が循環するシステムなので、土台・大引き・根太などの下地材にも、健康的に問題のない材料を選定すべきであるということである。

換気システムを導入するためには、建築の周りの

環境を整えておく必要がある。植栽を植えるなど、地球環境にやさしい住宅設計が必要とされる。

換気システムは、別荘などのように長らく使用しない状況であると、虫がわく原因にもなるので、定期的に作動確認する必要がある。

住宅は、常に呼吸する生きたものなのである。

今回は、南屋根面の西寄りにソーラー発電パネル8枚を設置し、南屋根面の東寄りに外気導入型システムを設置している。建物の真南に対する軸線角度は、太陽光の理想的角度に設置する。その水平に対する設置傾斜角度は、年間を通しておおむねその土地の緯度に近いとされるが、例えば、夏の利用が多ければ、少し水平よりに角度を設置し、冬の利用が多ければ、少し立てた角度に設置するほうが良いとされている。

8. ソーラーモデル棟のまとめ

8.1 モデル棟実習に関する考察

ここまでは、サステナブル建築の一環としての太陽エネルギー併用型住宅を、そのテーマとした報告である。

このソーラーモデル棟に関しては、着工から棟上、屋根工事、内外装の仕上げ工事、機器の設置、その後のデータ集計と解析、サーモグラフィー画像の撮影と解析、そして全体データ解析まで、7年間という歳月を掛けて、実習生と共に取り組んできたが、その意義は大きかったと考える。複数年かけて、1つのテーマと取り組むことによって、実習生間での伝達研修も実施し、専門課程の建築構法授業教材としても活用し、在職セミナー用教材としても、活用することができた。能開セミナー「住宅性能表示技術」において、「太陽エネルギー併用型住宅の設計・施工」においても、離職者訓練コースの住居環境システム科の木構造や居住プレゼンテーションの授業教材としても、現場見学を実施し、活用した。

写真9～13は、親子での「科学体験バスツアー」での、モデル棟見学の様子であり、実習生も主体的に、インストラクターとして参加し、よい経験に



写真9 参加者に説明

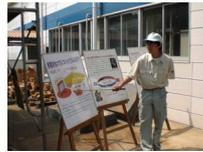


写真10 熱伝対の説明



写真11 サーモカメラ体験



写真12 サーモグラフィーの説明



写真13 記念誌の作成

なったとの感想を得た。

8.2 さらなる方向性について

大切なことは、自然には自立のメカニズムが、すでに、入っていることである。この自然の有するメカニズムと同調させながら、私たちの生活空間を創造していくことが、今問われている。自然のメカニズムを壊してまで、進める人工の生活空間の構築は、すでに、永続性と持続性を、失っている。自然そのものは、自立型の持続的メカニズムを内包した空間の拡がりであり、そこに生態系があり、これが人間生活のバックグラウンドとなっている。この背景を壊して考える人工環境の構築には、永続的未來は期待できない。今、地球環境との同調性が問われるとき、自然の有する持続型のメカニズムと同調させる志向性が、有意義と考えられる。

今後の方向性としては、住宅建築としての目的因に関しては、自然エネルギー併用型の住宅を志向し、環境配慮型のより自立した住宅づくりを志向し、もって、生活空間に関しても、自浄作用を有する自然のメカニズムを取り入れ、ごく自然な形での持続可能な生活空間を創出することであると考える。教育現場においても、この点での導入を図っていきたいと考える。

発展的には、今後の設計方法論の中のアルゴリズムミックデザインの発達により、そこに建築形態の変化を促し、生態系を取り入れた建築の有り方にも近

づき、その動向としては、自然エネルギー利用を促進する方向に動いていくことを願ってやまない次第である。

9. ソーラーコミュニティー論への可能性

これまでの7年間に及ぶ総合制作実習の成果を踏まえて、UIA2011東京大会第24回世界建築会議を1つの契機として、1つのソーラーモデル棟のデータをもとに、1つのソーラーハウスをイメージし、それらをもとにソーラー集合住宅をイメージし、さらに、1つのスマートシティとしてのソーラーコミュニティー論へと発展していった次第である(参考資料3)。

2011年にはもう1つの国際会議ALGODE Congressが開催された(参考資料2)。これは本来の日程は、2011年3月14日から開催予定であったが、2011年3月11日に発生した東日本大震災により、その開催が11月へと延期せざるを得なかった。

これら2つの国際会議において発表した、スマートシティとしてのソーラーコミュニティー論を、以下に紹介したい。

私は、1980年代から、自然エネルギー利用としてのソーラーエネルギー利用の考え方を導入してきている。

今回の提案は、これは戸建てと中低層規模の建屋におけるソーラーエネルギー利用を基本にしている。その発電量に関しては、関東圏において、ソーラーモデル棟を使った7年間に及ぶ実践の実学実習の中で、すでに検証済みである。シミュレーションソフトによる積算予測値と、実測されたソーラー発電量値との間には、十分な相関性が見られた。

実際に、その実績ベースをもとにして、まず1単位の中で構成する。1単位は、戸建てソーラーハウス24世帯+マンション2棟の規模で、計算集計する。

次に、これらを組み合わせて、1ユニットの中では、戸建てソーラーハウス120世帯(24×5単位)+マンション8棟の規模で、計算集計する。

更に、全体ソーラーコミュニティーでは、4ユ

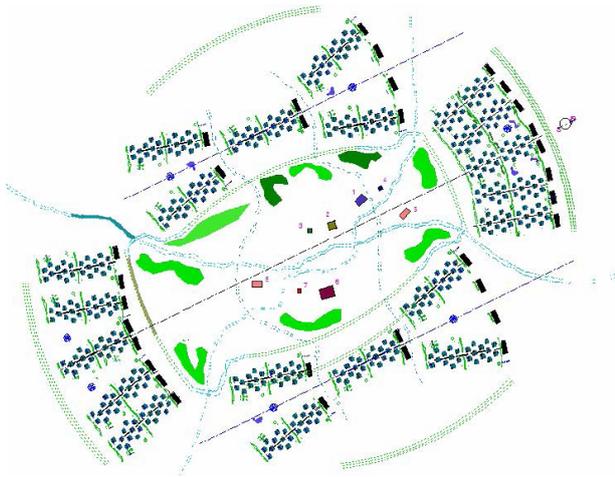


図4 ソーラーコミュニティー配置図

ニットから構成されて、ソーラーハウス480世帯＋マンション32棟から成る規模である。

この規模で、北関東立地条件で、4,000人960世帯規模で、年間2,123.296Mwh／年の出力が期待できる。

この規模は、1つのsolar community（4,000人の住人960世帯でその構成は、480戸建てソーラーハウス＋32マンション（480世帯））である。

ここでの計画の特色は、計画予定地の中央に自然の生態系を想定している点である。

自然そのものは、自らのメカニズムを保有しており、それ自身は循環型であり、自浄作用も有する。地球環境的配慮を必要とする今日の状況においては、自然のメカニズムを中心において、それをコンピュータ制御により補完していく志向性が望ましいと考える。

10. 復興計画案について

2012年3月1日～2日に、日本建築学会において、シンポジウム「東日本大震災からの教訓、これからの新しい国づくり」の呼びかけがあり、ここに参加することにより、更に、より具体的な形での復興計画ビジョンへのもとを立案した（参考資料1）。

2011年にも、東京の日本学術会議において、3回にわたって、東日本大震災からの復興に関して、多くの識者からの提言がなされた次第である。

これらの復興計画ビジョンを踏まえて、将来的には、再生エネルギー利用を促進する形で、生活空間の提案をし、街づくりを考えていきたい。

現段階においては、予算も確保されて復興庁も創設されて、復旧・復興への歩みを始めている。各市は、具体案提示への努力をしている。私の知人が深いかわりのある陸前高田市においても、復興対策局を設置して、その具体化に努力されておられる。

10.1 復興計画立案

前述のプロットタイプとしての計画案を、具体的な敷地条件の中において、その立地条件を考慮しながら、1つの計画案として具体化する作業である。

今回の災害が複合的な災害であることを考えると、今後の自然エネルギー利用の促進も選択肢の有力な1つの手立てとして位置づけたい。

今後の自然エネルギー利用の必要性を感じ、更に、この点での実施可能な条件整備を考えていきたい。

復興計画の一環として、陸前高田市の策定した復興計画案を見ても、高田沖地区においても太陽光発電所誘致を復興計画に取り込んでいる。

これらの考え方をさらに発展させた形で、街づくりの中に取り込んだ形での提案としたい。生活空間としてのコミュニティーの中に、より積極的な形でソーラーエネルギー利用を取り込んだ形での計画案を、以下に示す。

10.2 計画立案条件について

まず、実際の現地に関する復興計画案の検討ポイントについては、以下に示す。

復興計画構想として、

1) 市庁舎および市長室を高台に置き、緊急時の指示を出す。2) 高台に統括消防署や警察署を設置する。また統括消防署屋上には、救援用へりを駐機させる（費用が嵩む場合は、大船渡市や気仙沼市等と共同所有する）。3) ふれあいセンターやコミュニティーセンターを高台に増設する。高台のふれあいセンターやコミュニティーセンターは、緊急時に高齢者を中心とした避難所となる。また、市街地にある

ふれあいセンターやコミュニティーセンターは、5階以上の建物にし、上部をふれあいセンターやコミュニティーセンターにあて、下階は保育園や幼稚園、託児所、児童館、図書館、公民館、派出所等の複合公共施設にする。4) 農業高校や情報総合高校、外国語専門高校を設置し、希望を持って郷土に根付いて生きる若者を育成する。5) 高専や大学（誘致する大学については、水産、海洋資源、工農業、医学体育等の理科系、教育、保育、歴史、文学、語学、情報、総合等の大学や、国連大学の誘致も考えられる）を誘致する。6) 無宗教の津浪、地震犠牲者慰霊碑（塔）を建立するとともに津浪、地震記念館を建てる。この地震記念館の名称を「希望の松ミュージアム」とし、既存の市立博物館、貝のミュージアム、タビック45（動く七夕、喧嘩七夕保存館）を同施設に統合する。7) 果樹、農作、漁業が体験学習できる施設をつくり、県内および近県の児童、生徒（小、中、高の児童、生徒）が当地で体験学習をして、宿泊できる施設を設ける。星の観測施設やプラネタリウムを設置する。8) 丘陵地（高台）にアスレチック施設、高田松原を緑地公園に、また復旧不能の水田にヒマワリ畑、迷路等の遊技施設をつくる。また、復旧不能の水田や田畑にソーラーシステムを設置し、得た電気を電力会社に売り、施設運営費の一部にする（美観には、十分に配慮する必要がある）。9) 沿岸に今回以上の津波に絶えうる防潮堤を建設し、津波被災都市の先駆モデル都市とし、市民が希望と持ち、安心した生活が送れるようにする。防潮堤上部はサイクリングロードとし、若さと活力の都市の印象をつける。10) 浸水した水田、田畑を区画整理するとともに、市街地の道路を整備（極力碁盤の目になるように）し、電線を地下配線にして景観を保たせるとともに、街路樹や園芸植物を街路に植え、明るい近代都市の印象を与える。11) 広田、長部等の漁港を整備するとともに、広田湾の海苔、牡蠣、ワカメ等の海産物産業を振興させ、海の陸前高田市を印象づける。12) 広田水産高校の施設、カリキュラムを充実し、海に生きる若者を育成する。13) 玉山金山跡を整備し、見学用の坑道と発掘作業や俵牛の様子が見られる立体ジオラマを設置

する。玉山金山跡と「希望の松ミュージアム」をバス路線を新設する。この路線を走るバスの車体は、「俵牛」を型どり、「モー」と啼くようなクラクションも設ける（緊急時を考え、普通のクラクションも設置しておく）。14) 屋内体育館、屋内プール、テニスコート、アーチェリー施設、屋内体育館、野球場等の体育施設、劇や講演、コンサート等のイベントができる文化施設を再建または建設し、県内外からの利用客を集める。15) 伝承館を整備するとともに、古文書資料館を設置する。16) 主な景勝地（高田松原、箱根山、通岡峠、椿島等）の施設を結ぶマイクロバスを走らせる（大船渡市と提携し、碓石海岸へも行けるとよい。難しければ、通岡峠でバス連絡させるとよい）。17) 大船渡線の線路を災害復興に役だてる。危険のない箇所は、現状路線にし、リゾート列車を走らせる（三陸鉄道や気仙沼線に乗り入れるとよい）。

10.3 「希望の松ミュージアム」について

上記の復興計画の中から、特に、希望の松ミュージアムに関しては、その設計・計画内容を、以下に記述する。これは地震災害に関する記念館であるとともに、地震時には避難ビルとしての役割も担うものである。

希望の松ミュージアムの趣旨としては、地震と津波の犠牲者を追悼、慰霊するとともに、高田松原を心の中に甦らせ、自然の恵みと畏敬の念を憶え、故郷としての陸前高田市と未来への繋がりを感じることで総合ミュージアムである。

希望の松ミュージアムの概要を、以下に記述する。

その内容に関して、まず、その平面形状は、D字型平面としたい。これは、環境に馴染むデザインであることと展望の良さを考えている。

室内の諸室は、

- ・第1室…慰霊碑、市長の追悼文、津浪の大型パネル。
- ・第2室…希望の松の生態保存展示
- ・第3室…ホール（追悼会や講演会、各種イベントに使える多目的ホールにする）、ホール正面外部

に「希望の松」をあしらったオブジェを置き、オブジェの日影が、毎年3月11日14時46分18秒にスタンドグラスの希望の松」と重なるようにする。オブジェの松の幹とスタンドグラスに「忘れません、2011.3.11.14:46.18”と刻む。

- ・第4室…津浪前後の高田松原や陸前高田市街の写真（パネル展示）。
- ・第5室…津波体験コーナー，津波記録コーナー（「しんかい」等で撮影した震源付近の海底断層写真や陸前高田市測候所で観測した大震災時の地震計の記録）
- ・第6室…貝の展示室（貝のミュージアムの展示物等）
- ・第7室…三陸沖に見られる魚の回遊水槽
- ・第8室…樺島，ウミネコの立体ジオラマ
- ・第9室…隕石降落的の3D映像
- ・第10室…昔の漁の様子（映像と実物展示）
- ・第11室…郷土の剣士，千葉周作の展示室
- ・第12室…気仙の祭り（動く七夕，けんか七夕，はしご虎舞などの映像と動態保存）。
- ・第13室…気仙の民話（語りべ，アニメ等）
- ・第14室…レクチャールーム（津波を防ぐにはどのような防潮堤にしたらよいか，地震を防ぐ建物はどうしたらよいか，モデルをもとに考えさせる）。
- ・第15室…未来を語るコーナー（見学者の5年後，10年後の予想を書いてもらい，保存する）。
- ・第16室…①最上階（6階）半分を展望レストランにし，避難時には厨房が炊き出しをする。②他の半分を階下（5F）の半分とともに，避難施設を設置する。緊急無線，ラジオ，テレビ，インターネット等の情報機器。緊急食糧，ゴムボート等を設置する，床はカーペットまたは畳にし，小部屋に区切れる境戸をつける。また，この部屋は，第12室，第13室，第16室と関連づけることも考える。
- ・第17室…①（5F）高田松原の展望コーナーにし，高田松原の立体ジオラマ（または，展望塔上部を四方が見える展望窓にし，高田松原方向の一方の窓を津波前の松原が見えるマジックスクリーンにし，海岸が見える窓を津波が見えるマジックスク

リーンにする)。②ほかの半分は，床はカーペットまたは畳にし，災害時は第16室と同様に，避難施設に使用する。

- ・屋上…①海上監視カメラを取り付け，津波警報または注意報の発令時に，海上を監視し，会館をはじめ，消防や警察に配信する。②屋上フェンス周辺部にソーラーシステムを設置し，館内の電力をまかない，更に余れば，電力会社に売って，運営資金に用いる。③屋上余白部分をへりが離着陸できるようにし，災害時の救助活動に役だてる。
- ・地下…地場産業（海産物，果樹，果樹液，銘菓，銘酒等）を販売する物産コーナーにする。売り場面積を極力広げ，津波で店舗を流出した業者を優先的に出店させ津波復興をはかるとともに，地場産業を振興させる。

これらが街全体にかかわる復興計画への指針である。

尚，前項の“計画立案条件について”と“希望の松ミュージアムについて”は，陸前高田市とかかわりの深い知人中学校教諭千葉俊雄氏の構想である。

これらの構想に加えて，陸前高田市の復興計画案なども参照しながら，ここに1つの復興計画案としてまとめたものである。

10.4 計画立案について

基本の規模である，solar community（960世帯の住人4,000人，構成：ソーラーハウス戸建て480世帯+マンション32（480世帯））における発電量と二酸化炭素削減量と必要パネル枚数とを計算し，図5



図5 全発電量計算式



図6 単位当たりの発電量計算式

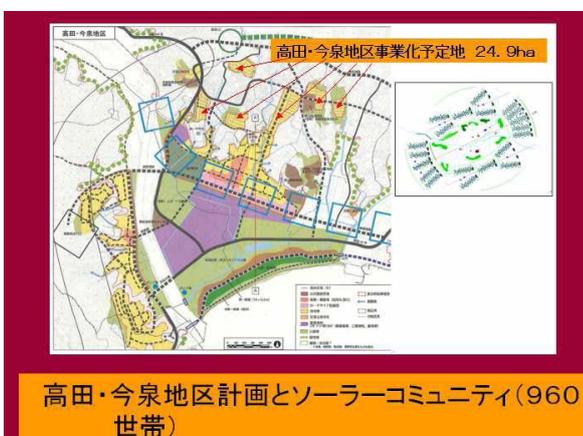


図7 高田・今泉地区の復興計画図



図8 高田・今泉地区の計画対象区域 (24.9ha)

に示す。

基本単位としての1単位:24戸建てソーラーハウス+2マンション(30世帯)における発電量と二酸化炭素削減量と必要パネル枚数とを計算し、図6に示す。

次に、復興対策局の方の協力を得て、現地の高田・

今泉地区事業化予定地の確認をした内容を、図7に示す。

これら計画対象地域は、第一中学校、高田小学校の北側に位置し、県立高田病院保健福祉総合センター近隣のエリアである。

復興住宅に予定している敷地は6カ所あり、便宜的に、NO.1~NO.6までつけられている。その計画規模と住宅予定エリアの規模は、以下のとおりである。

エリア	事業化規模 (単位:ha)	宅地規模 (単位:ha&m ²)
NO. 1	5.2 ha	2.4 ha=24,000 m ²
NO. 2	3.6 ha	1.8 ha=18,000 m ²
NO. 3	6.7 ha	4.8 ha=48,000 m ²
NO. 4	4.4 ha	3.9 ha=39,000 m ²
NO. 5	5.4 ha	4.2 ha=42,000 m ²
NO. 6	7.8 ha	7.8 ha=78,000 m ²

これら宅地予定面積の合計は、2.4ha+1.8ha+4.8ha+3.9ha+4.2ha+7.8ha=24.9ha (249,000m²)

ここでの計画世帯数を960世帯とすると、
 $249,000\text{m}^2 \div 960\text{世帯} = 259\text{m}^2 / \text{世帯}$ となる。

全体面積の半分を住宅用に仕えると仮定すると、世帯当たりの面積は、 $129.5\text{m}^2 \div 130 \text{m}^2 \div 40$ 坪規模となる。

この根拠により、各エリアごとの計画戸数を算出すると、以下のとおりである。各位置は、図8参照。

エリア	宅地規模 (単位:m ²)	計画戸数規模 (戸)
NO. 1	24,000 m ²	93戸
NO. 2	18,000 m ²	69戸
NO. 3	48,000 m ²	185戸
NO. 4	39,000 m ²	151戸
NO. 5	42,000 m ²	162戸
NO. 6	78,000 m ²	301戸

ここでの合計戸数は、961戸となる。上記の計算値は、住宅予定地の半分を各敷地面積に使用すると

いう前提でのものである。その他が計画供用道路ほかの用途となる。

尚、復興対策局の方によると、これらの対象地域や計画規模は、現状でのものであり、今後変わっていく可能性はあるとのことであった。

現地立地条件で、更に、シミュレーション結果を取得したいと考えている。陸前高田は、緯度 39.0122182 経度 141.633 であり、これらを入力し、シミュレーション結果を得る。

11. 今後の実習への可能性

ここに紹介する内容は、総合制作実習としての卒研ゼミにおける、日影測定分析器とデジタルソーラーメーターを使った、今後の実習内容についての紹介である。日影測定分析器は、ソーラーパネル設置場所選定に関する立地条件確認用のツールであり、比較的狭い敷地条件下において、尚もベストポジションを見つけ得るための機器活用例である。

デジタルソーラーメーターは、設置後のソーラーパネルにおいて、現地での実際の日照条件下にお

る発電性能を再確認するための機器活用例である。

機器型式番号：

- ・日影測定分析器 Solmetric Sun Eye 210
- ・デジタルソーラーメーター DS-05A

測定値は、Watts/m²単位で表示される。

これらの機器を活用した実習内容を検討のうえ、実施する。

12. 今後の方向性について

私自身は、1980年代から自然エネルギー利用としてのソーラーエネルギー利用に取り組んできている。当時、石油危機が叫ばれ、日米においてもサンシャイン計画やムーンライト計画なる取り組みがなされていた。然しながら、その後石油の価格が落ち着くにつれて、これらの再生エネルギーへの取り組みは、下火となってしまった感がある。

これからの都市空間の規模は、スマートシティと呼ばれる少しコンパクトな形での街づくりが期待されている。今回それらをより具体的な形で示している。

前掲のソーラーコミュニティ論の提案の中にも述べられている如く、自然の中には、自立型のメカニズムなるものが有ると考えている。1970年の大阪万博の折りにも、一本のトマトの樹から、コンピュータ制御の助けを受けて、多くの実を収穫できたように、今後の未来型のスマートシティにおいても、中心に自然の生態系を置き、これらをコンピュータ制御の補助機能を受けながら、自然のメカニズム内包型の未来型の都市として構想していきたい。

また、エネルギー転換の話が議論されているところであるが、これらを技術論のみで論じるのではなく、雇用の問題と連動させて論じられるべきであるとする。1つの産業を縮小する際には、余剰人員を新規産業に振り向けて、もって失業なき労働力移行が計られることが望ましい。

東日本大震災を受けて、これまでもいくつものシンポジウムが開催された。災害大国日本の立地条件を意識において、尚かつ、そこに希望を持てる街づ



写真14 日影測定分析器



写真15 測定実習



写真16 受講研修



写真17 魚眼表示図



写真18 障害物表示

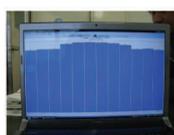


写真19 ソーラー表示



写真20 デジタルソーラー測定実習

くりを考えていく。その1つのヒントになればと願う次第である。

再生エネルギーとしてのソーラーエネルギー利用を取り入れた、スマートシティとしてのソーラーコミュニティ論の提案，その実施例としての陸前高田における復興計画案の提案については，更に，具体的な検討を加えていきたいと考えている。

計画案中に提案のある地震記念館等も，災害時には避難ビルとなる。この愛称“希望の松ミュージアム”の自然エネルギー利用を取り入れたより詳細な設計，各住宅地ごとの計画設計についても，より詳細な検討を加えていきたい（この点での若い技術者からの提案を期待したい）。

日本学術会議における，東日本大震災に関連する識者からの報告や提案は，一定の成果を得たものであり，日本の国づくりを考えて行く上で，多いに参考にして行きたいと考える次第である。この際に，広くリスクに関する周知への努力に関しても，一定程度の理解が必要とされる場所である（参考資料4）。

これからの建築計画学と国土計画への視点についても，考えたい。

今までの建築計画や国土計画における視点としては，ものともとの関係性に力点をおいて計画実施されて来た感がある。これからの建築計画や国土計画のための方法論は，より自然と自然の有するメカニズムに力点をおいた，国土の保有する立地条件にも力点をおいた，予想される災害を減らすべく，減災に力点をおいた，計画手法とそのための哲学的視点とが必要とされる。

今日の都市空間を眺める時，人工のものと人造のものとの埋め尽くされている光景を見る時，何とも不思議な人間世界の構成史としての対象を眺めている気がして来る。

これまでの世界構成史を検証すると共に，そのひずみを修正して行く志向性が，今求められる。

都市に自然の有する自浄作用を取り戻し，もっと人間が自然の有する自浄作用のメカニズムの中に生きられる，小規模スマートな生活空間づくりを目指すための哲学理論が，今必要とされている。

日本の有する英知に期待したい。

最後に，これまでの総合制作実習に熱心に取り組んできた，すべての実習生のご努力に，敬意を表すとともに，ここに感謝申し上げたい。

また，今回の陸前高田市における復興計画案構想をまとめるに際しては，現地とかかわりの深い中学校教諭千葉俊雄氏のご理解とご協力をいただいております，ここに感謝申し上げます。

日影測定分析器とデジタルソーラーメーターを使用した実習に際しては，穂高電子（株）のご協力により実現したものであり，ここに感謝申し上げます。

<参考資料>

- 1) 角本邦久：「東日本大震災における復興計画提案，—ソーラーコミュニティ論も一つの提案—，シンポジウム「東日本大震災からの教訓，これからの新しい国づくり」，p.391～394，日本建築学会，3月1日～2日，2012年
- 2) 角本邦久，Kunihisa KAKUMOTO，“The Induction City for Solar Community of Dwelling Houses and Mansion Buildings with Collector Façade”，ALGODE Congress，in Nov. in 2011，Tokyo，Japan
- 3) 角本邦久，Kunihisa KAKUMOTO，“The Role of the Solararchitect with Solar Model House in Ability Development”，Submission No.1046，UIA Congress，in Sept. in 2011，Tokyo，Japan
- 4) 角本邦久（共著）：「地震リスク評価とリスクコミュニケーション」，発行：（社）日本建築学会，2011年6月
- 5) 角本邦久 指導・監修：太陽エネルギー併用型住宅の建築環境及び住宅性能向上に関する研究：平成21年度総合制作実習卒業論文（その1～その3），2010年3月（国会図書館所蔵）