

持続可能な住まいの計画

Architectural planning for sustainable living

櫻井 美政*
Yoshimasa Sakurai

Abstract

To realize a sustainable way of living, a variety of experiments have been done in the past 22 years at the site: solar energy use, local material use, no contamination, self-sufficiency and joyful life. It is emphasized that a house is a receptor of solar energy and its planning is primarily important. Heterogeneous fields i.e. noise level, temperature and light value in a living space are calculated, and then they have to be estimated synthesized. Synthesized evaluation of a room environment with them is given. Synthesized estimation of a living environment with eight factors is also mentioned. It is not difficult to live sustainably relying on solar energy, and energy crisis and environmental problems vanish. It is the only way to establish one's freedom.

キーワード：持続可能、太陽エネルギー、地中熱利用、浄化槽、浄化池、建築環境計画、ソーラークッカー、ソーラーオーブン、ソーラールーム、サーモサイフォン、自給自足

Key Words：Sustainability, Solar energy, Ground heat, Septic tank, Cleansing ponds, Architectural environmental planning, Solar cooker, Solar oven, Solar room, Thermo-siphon, Self-sufficiency

はじめに

太陽エネルギーは、現在人類の使っているエネルギーの15,000倍が地球上に降り注がれているという。これを上手に利用して生活をすれば、エネルギー問題は生じない。現在は余りにも人に依存して生きる社会構造が助長され、利便性を求める生き方が大きな経済の流れに誘導されて、エネルギー問題、環境問題などは二の次にされている。京都プロトコルで省エネが叫ばれているが、1990年にはすでに相当量のエネルギーが使われていた。省エネでは意味がなく、ゼロエネを目指さねばならないと思う。

自分で太陽エネルギーを集め、周りを汚さず、自給自足をして生きていけば、環境も汚染しないで、個人生活が開放され自由の時間と空間が得られる。そのような生活を持続すれば、太陽系の消滅まで人類は生存できる。太陽エネルギーのみに依存して生きる生活を、持続可能な生き方として、狭義な意味で定義している。

いったい現社会に素晴らしい将来はあるのだろうか。どこへ何を求めているのだろうか。私は、これまで構築されてきた社会構造にのっかり、人間性を喪失した場から離れ

て、個人が自由になれる空間を求めることをすすめたい。持続可能な生活によってはじめて、人生の意味を考えながら、個人に与えられた創造力をふんだんに使って、それを研ぎ澄まし、精神的な進歩を、意味のある将来を目指して生きていけると考える。

さらに言えば、この偉大な太陽エネルギーも45億年後には消滅するといわれている。そのとき地球上の全生物は死滅する。与えられた素晴らしいエネルギーを貪り食うだけで、その存在を終わっていいのだろうか。精神的進歩へ生活を向け、それまでに全人類の力で、次への飛躍を見つけ出していかねばならないと思う。これを広義な意味での持続可能な生活と位置づけている。

1990年の元旦の計として、New ZealandのKaiwaka (Aucklandより北115km)で始め、22年を経て得られた持続可能な生き方を報告し、その結果から定量的な持続可能な住まいの計画法を述べてみたい。

このプロジェクトでは、具体的には次の(1)から(5)の項目について実践してきた。

- (1) 太陽エネルギーを直接、間接に利用して、自分で必要なエネルギーを確保する。
- (2) 周りにあるものを使って住宅を建てる。
- (3) 生活から出されるものは浄化し周りを汚さない。
- (4) 有機農法による自給自足。

*Kaiwaka Experimental House

112 Gibbons Rd, Kaiwaka 0573, New Zealand

Email: yoshi@ecohouse. co. nz

(原稿受付 2012年9月13日)

(5) 歓喜のある生活

まず、これら各項目について、1. 持続可能な住まいへの具体的な手法、で述べる。各項目はすでによく周知された知識をもとにしており、いわば誰にでも出来る常識に基づいている。ただ、エネルギー収集については、それぞれは小さなエネルギーであり、ここではそれを丁寧に集めて使っていけば、質素な生活をする上において、十分満たされることを示す。それらの説明には、視覚により有効に情報が得られることを期待し、多くは写真の力を借りた。更なる詳細は、著者のホームページ¹⁾を参照していただきたい。

続いて、2. 持続可能な住まいのための建築計画、において定量的な計画手法について述べる。建築環境工学が余りにも詳細に分かれ、それを総合的に纏め上げ、計画法に結び付け寄与することがなござりにされている。その現状を改善すべく、すでに発表した論文の一部を引用して示した。

1 持続可能な住まいへの具体的な手法

先にも触れたように、広くよく知られた手法を用いており、それらを個々に集め、全体で日常生活に利用できるように検討したものである。

1. 1 太陽エネルギーを直接、間接に利用して、自分で必要なエネルギーを確保する^{1)、2)}

住宅は太陽エネルギーを取り込む受容器であり、住宅にいかにか上手に太陽エネルギーを取り込むかが、最初の大変な計画課題であり、熱環境計画が最も大切であるのは後述するように自明である。それとともに、具体的に次の各項目も実践してきた。

(1) 毎日の生活から排出される有機物のバイオガス化¹⁾

尾関式浄化槽³⁾(図1)により、あらゆる有機物は、水との混合比が適切であれば、バイオガス(メタン60%、二酸化炭素40%)に変り、それ以外のものは出ない。長年の使用で無機質なもの最後のセクションに残るがこれには、植物の生長に必要な金属や微量元素などが含まれており、堆肥に混合して畑にかえしてやればよい。これにより生活から

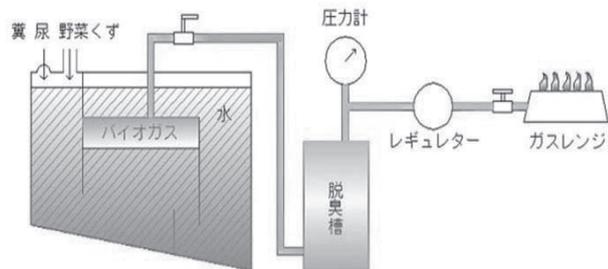


図1 尾関式浄化槽

排出される全ての有機物をバイオガスへと変換することができる。ただし、普通の生活からはエネルギー源が沢山は産出されず、あまり大きな量の取得は期待できない。

現在、下水道で集めて処理をしている糞尿は勿論、ゴミ処理作業を強いられている生ゴミは、すべてバイオガス化される。その他の排出物も混ぜてしまえば、ただのゴミとなり処理の仕様が無いが、分類して集めれば、再利用、再使用の道が開ける。

(2) ソーラーオーブンとソーラークッカー^{1)、2)}

ソーラーオーブンでは、下部で空気温度が220℃になり、上部では対流によって40℃も高く260℃にもなる。その温度分布は料理にも上手に利用できよう。晴れで少し雲が出た日でも、小さなパン5個、大きなパン1個、レモンケーキ1個が3時間で焼けた。

後者においては、鍋に空気層を介して、耐熱ガラスの覆いをつけ、集熱効果を上げている。ガラス覆いが温室効果を作り、鍋が直接周りの冷たい空気と接しないので保温効果が上がる。300ccの植物油が30分で250℃になり、天ぷらもできた。玄米も美味しく炊けた(図2)。



図2 ソーラーオーブン(左)とソーラークッカー(右)

(3) 風車発電¹⁾

バッテリーが古くなり長い間使っていなかった風車は、300Wと1kWの各1台が運転を再開した。400Wの風車は、耐気候性がなく放棄した。新しく買ったゲル電池は250Ahの容量を持つが、蓄電量が低下すると電力線から充電している。風車発電を再開する前からの節電の努力のおかげで、この3年の電気料金から逆算すると、月当たりの平均電気使用量は92kWhである。日平均にすると3.1kWh。2台が動くとするれば、1日3時間足らずまわってくればこれを生産できる。全てのエネルギー生産を風車だけに頼っていないので、これだけで満たされるということだ。

しかし、発電は現在風車だけに頼っているが、風の吹かない日が続いたときのことを考えねばならない。おおむねそのような日は日射が強く、熱を電気に変える方法として、Stirling EngineやBimetalを利用して得る方法、或いはWood gas(後述)を燃やしての発電も検討をし始めている。

(4) 夏季、冬季の空気温度調整¹⁾

夏季の場合、地中熱をクールチューブと地下室の内表面を介して取得し、ソーラールームで高温になった空気の浮力によってそれを引き上げ住宅内に与えている。片側3本のクールチューブを地中3.2m、長さ10mにわたって埋設。現在は西側の3本のみ使用し、他方の3本は閉じている。主風向は西からであり、住宅の風下側の負圧によって地下室で短絡することを危惧したからである。住宅は、高断熱、高気密、高熱容量にしてある。住宅に熱容量を与えることは大切である。

冬季の場合は、これとは異なり、ソーラールームで集められた高温の空気を、ダクトで床下に運び、住宅内に循環

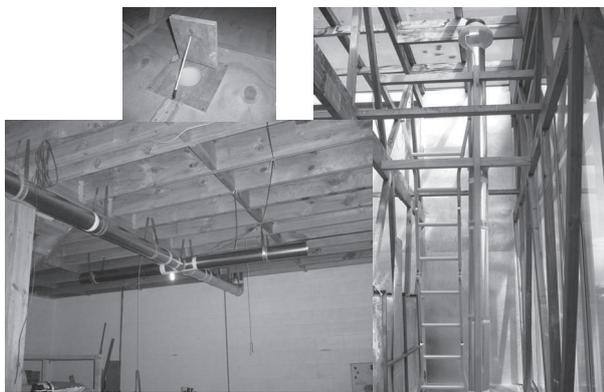


図3 ソーラールームの暖気を循環させるダクトシステム

し蓄熱する(図3)。ファンで吸引するが、使用電力は1時間当たり19Wである。3年前から設置しているが、厚着はしたもののヒーターは一切使わなかった。

(5) ソーラーパネルとウエットバックによるサーモサイフォンを利用した温水取得^{1)、2) 4)}

晴天時はソーラーパネルで太陽エネルギーを集め、それでパイプ内の水を温める(図4)。雨が降ると暖炉で火を焚き、その上部に付けたウエットバックの水を暖める。これら温まった水は自動的に住宅内に設けられた蓄熱槽上部に移動し、冷たい水は熱源側にかえってきて温められ、さらに循環し、蓄熱槽に温水が溜められる(サーモサイフォン)。この過程には、他からのエネルギーは不要で、サーモサイフォンによって自然に蓄熱される(図4)。

(6) コピスで得た木の炭化とクッキングレンジ¹⁾

木が一定の大きさになったとき、約2mの高さで切ってやると、その箇所や根元から枝が勢よく出てくる。この枝を切って冬の燃料にする方法は、英国で盛んでCoppiceとよばれている。ここではこれを乾かし、炭の原料にする。バイオガスで着火させ、昔ながらの七輪で炭を熾し料理をする(図5と6)。一酸化炭素の検知器は必須である。

この炭焼き窯での炭化過程は、木の不完全燃焼に他ならない。その間に発生するガス(Wood gas)は一酸化炭素や

水素を含む。その持つエネルギーは、炭に残るエネルギーの3倍にもなるといわれる。すなわち、木は太陽エネルギーを固定し、保存してくれているのだ。成長過程においては、光合成で炭酸ガスを酸素に換えてくれ、緑の空間は我々の心を癒してくれる。成木すると、建築材料に、エネルギー源にと役立つ。年月はかかるが、これを絶やさ

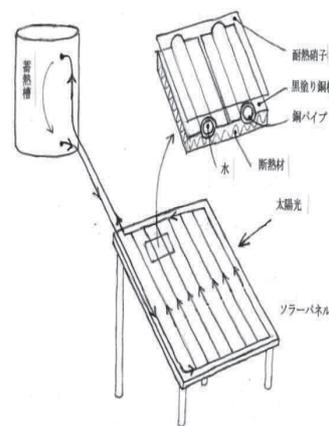


図4 温水を得るためのソーラーパネル(上)とウエットバックを持つ暖炉(下右)およびサーモサイフォンの原理(下左)



図5 炭焼き窯



図6 七輪を持つ料理台と一酸化炭素検知器

ず植林し、次の世代に伝達することを忘れてはならない。あえて言えば、木は地球を救うということだ。

このプロジェクトの最も大きな課題の一つは、太陽エネルギーに依存する生活の確立であり、最初に企画した多くの項目が一段落したところである。

すなわち、料理には、天気の良い日にはソーラークッカーとソーラーオーブン、その他の日は炭火で料理をする。室内の空気温度調整には、夏は地中熱で冷房、冬はソーラールームで集められる高温の空気を、住宅内で循環し、蓄熱し、夜間に放熱させる。温水は、ソーラーパネルとウエットバックのサーモサイフォンによって蓄熱槽に溜める。Internet や電灯、冷蔵庫などの電力は、風車発電により取得する。というように、質素な生活を心がければ、身近にある太陽エネルギーで十分であることを示した。

風車発電の項で現在のエネルギー不足分を、最近の消費電力量を引用して示したが、上に述べた取得エネルギーの多くは季節変動する。その変動をしっかり捉え、その合計を季節変動として出す。エネルギー消費量も季節変動するからそれに対応させて、さらに実際の場に対応した計画にしてゆかねばならないと思っている。

1. 2 周りにあるものを使って住宅を建てる¹⁾

周りにある自然のものはその場の気候をよく知っている。それを使うと、その建物が使命を終わっても、環境に負荷をかけることなく、もとに優しく帰ってゆく。風土主義ともよべよう。我々の歴史を顧みると、それが偉大な文化を創ってきた。また、遠距離からの材料運搬にエネルギーを使わなくても良い。地下室を掘ったときの粘土で土壁をぬり、牧場に生えるイグサで屋根を葺き(図7)、大屋根からの雨水利用(図8)などを実践している。

茅葺についていえば、上段の茅は緩勾配の故に、早くから腐敗が始まり、コケラ板で葺きなおした。イグサは茎の内部は多孔質な繊維で充填されており、そこから腐敗が始まる。萱、葦、薄、麦ワラ、稲ワラ(差しガヤには柔らかすぎる)、などが空洞を持ちよりよさそうだ。

土壁にも地震国でこまい壁がよさそうだが、最初の施工時でのコミュニケーションの失敗—最初の層に砂を混ぜ、短期間のあと次ぎの層を塗ったので、その表面に十分な亀裂が出来なかった。その上、次の層にはセメントを若干混ぜたから、両層がうまくなじめない。こまいに塗りつける最初の層を、粘土とスサにし、乾燥させて亀裂(Key)を作り、次の砂を含む層を受け止めるという日本式の壁塗りを完成させたいと思っている。

雨水利用時は、そのろ過を4段にわたって行っており、最後の2段では市販の10ミクロンと0.5ミクロンのフィルターを使っている。一年を通じての水量の過不足、砂、炭、シュロなどを使つたろ過器の作製など、検討事項は若干残っている。また、揚水を手動で出来るようになっており、それを毎日実行すると、先の電力消費はさらに軽減されよ

う。図8に示すシリンダーには、ボール状の浮きが入っていて木の葉などの雑物が混ざっていると、一旦落ちた後、それらが浮いてこないように阻止してくれ、上澄みのみがグラウンドタンクに入る。



図7 茅葺き (上段は現在コケラ葺き)



図8 雨水タンク (左) と木の葉等の除水器

1. 3 生活から出されるものを浄化して周りを汚さない^{1)、5)}

家から出る有機物は、尾関タンク(図1、図9)で全てバイオガス化される。台所で生じた炭酸ガスは、ダクトで温室に導かれ、光合成で浄化される。

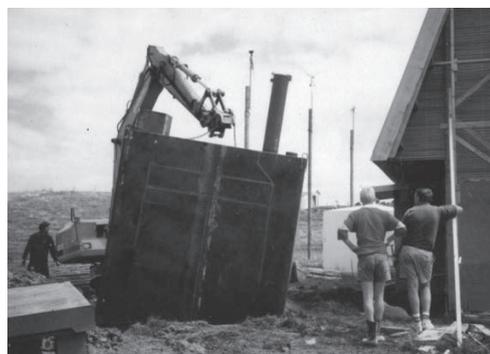


図9 尾関式浄化槽

雑排水は、温室内のジグザグした水路を持つ3つの池(図10)で浄化される。それぞれは、異なった深さと砂層を持っているが、詳細はホームページを参照されたい。簡単な水質検査では、この浄化池のシステムは有効に働いていると評価された。池の中の植物は、第1池では稲、第2池では浮き草がよく育っており、第3池の放流口付近では、植物への栄養が無くなり、透明になり底が見えるほどになっている。コンクリート工事のときの失敗により第3池で漏れが起こり始めたのは残念である。



図10 温室での雑排水の浄化(放流口は手前隅)

1.4 有機農法による自給自足¹⁾

米づくりは勿論のこと、果樹を育て、菜園を作り、そこからの果物、実、野菜を毎日楽しんでいる。米は131m²の田んぼで、稲の多年草性を利用して、古株をそのまま育てているが、一部は11年目の収穫をむかえている(図11)。田植えによる育て方より明らかに収穫は少ないが、持続可能な住まい方のうえで、この育て方は利用価値がありそうだ。

果物も相当な種類が実をつけ始め、十分な量を供給してくれる。冬季には柑橘類のみになるが、秋の果物でコンポストなどを作って保存して補っている。粘土質の畑を改良するには多くの年月がかかったが、野菜も1年を通じて十分な量が収穫できている(図12)。何と云っても、農薬や化学肥料を気にしなくてすむので、食生活はこの上なく楽しく、感謝している。

動物性たんぱく質を得るのに、鶏を飼い、卵などで補いたい。長期不在にすることがあり、まだ決断できかねており、近所の人に分けてもらっている。

これまで収穫できた作物をあげておく

米、そば、とうもろこし、ジャガイモ、さつまいも、サトイモ、タロイモ、山芋、大豆、アズキ、黒豆、ソラマメ、大根、人参、ごぼう、白菜、キャベツ、芽キャベツ、ブロッコリー、カリフラワー、シルバービート、パクチョイ、高菜、ミズナ、ミブナ、コマツナ、ナス、トマト、キュウリ、ズッキーニ、ピーマン、シシトウ、オクラ、絹さや、インゲン豆、レタス各種、シソ、三つ葉、ほうれん草、ネギ、玉ねぎ、ニンニク、ラッキョウ、カボチャ、メロン、スイ

カ、プラム、桃、アプリコット、イチジク、リンゴ、キウイ、柿、ピワ、グレープフルーツ、レモン、フィジョア、栗、アーモンド、マカデミアナッツ、ヘーゼルナッツ、クルミ、等等。



図11 鳥避けネットで覆われた収穫を待つ田んぼ



図12 ある日の菜園からの収穫

1.5 歓喜のある生活¹⁾

先の4項目が充足されても、所詮は物質的なもの。毎日の生活に、歓喜と共に精神的進歩を得たいものだ。

手作りの野外劇場は、ギリシャの野外劇場の座席面の勾配26.3度に学び、舞台からの直接音が、前の座席面からの反射波にじゃまされることなく、はっきりと聞こえる傾斜を持つ⁶⁾。丘の端の斜面を手作業で削って作った。舞台には、反射板を四角く囲んで作り、固有振動を励起して、演奏者をサポートするようにした。当初は、音響学の研究目的であったが、次第に音楽会に使うようになった。

音楽会(図13~16)は、年1回3月に催してきた。毎回演奏者も聴衆も増えてきた。200人ほど収容できるが、如何せん私有地で設備も十分ではなく、このプロジェクトの他の項目に重点を置くため、残念ながら2008年3月の第10回を最後に中止した。実際、多くの人々が集まり、それぞれのパフォーマンスや創作を披露しあうと、また異なった豊かな歓喜が得られるものだ。

日曜大工(図17)や、周りにあるものでのさやかな表現(図18)など、そこここに楽しみが見出せ、創ることへの興味は尽きない。



図13 手作りの音楽会での聴衆



図14 夜の部の和太鼓の演奏



図15 天台宗魚山声明研究会の声明



図16 昼間の和太鼓の演奏



図17 日曜大工

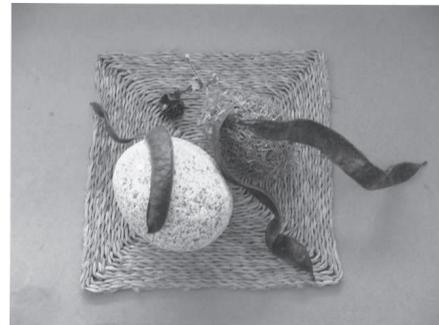


図18 野次馬

持続可能なライフスタイルが得られることによって、個人が解放され、自由が得られ、それぞれの個性を基にした創造性豊かな生活空間が取り戻せると確信している。

2 持続可能な住まいのための建築計画

建築計画の原論として、自然に与えられた地形、植生、を乱さないで、上手に住宅や農地を作る方法を徹底的に検討する。年間を通じた気象のデータを入手し、あるいは観察し、特に夏型か、冬型かを知る。両方が悪い（現在の日本の大都市のように）と、初めてクールチューブを通じての地中熱利用となる。四季を通じての太陽の入出を明確にする。特に日本の場合、夏と冬に注意をする。地形、地質、人口統計、社会学的背景（文化、祭り、行事を含む）をよく調査し、それを背景にした計画をする。季節変化の恩恵を徹底的に取り入れ、それを楽しめる住宅にすべきだ。壁が息をするとは、各国で共通して言われている。材料、施工法など、その地で培われた手法を学ぶことが大切だ。

前章で述べた項目についても、住宅計画を行う上で、その可能性を具体的な場所について、どのように導入すべきかを検討する。少なくとも1年の季節変化をしっかりと把握し、それに沿った計画をしなければならない。

この章では、住宅計画をしていく上での基本的なポイントを述べ、総合的に計画していく方法を述べたい。

そのために、先ずフローチャートを作り、計画の様子を総合的に眺める。当地での22年にわたる経験から、一家4人としたときの必要面積を推定する。住環境計画として最も根幹をなす熱環境計画について述べる。

そして、住環境計画を行う場合の居住性に対する総合評価方法を説明し、さらに住環境全体についてもそれを総合評価する方法を述べる。

2.1 建築計画のフローチャート^{1)、7)}

設計計画を行う建築家への支援プログラムのフローチャートとして、図19のような流れが考えられる。

コストパフォーマンスの評価や構造計画はすでに確立されている。データベースも種々の物性値が与えられているが、特異的なものを与えるだけでなく、各物質について一般的に与えられるべきである。

建築環境計画は、後述の評価関数を用いて、設計計画にフィードバックされる。各環境要因の物理的な場の計算および評価法の詳細は、著者ホームページ第5章¹⁾を参照されたい。

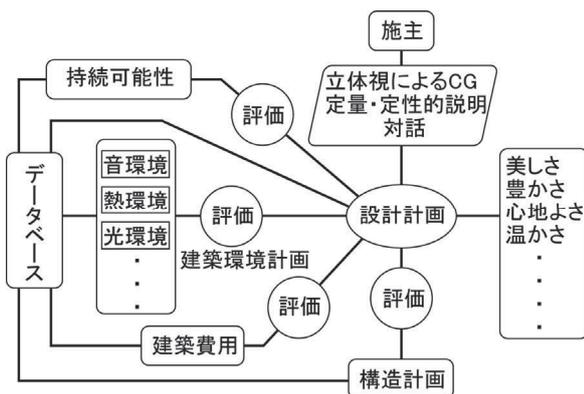


図19 持続可能な住まい計画のフローチャート

ここで大切なポイントは、持続可能性を評価することであり、住宅建設は勿論、そこでの住まい方についても評価し、設計計画に反映されねばならない。その評価関数はまだ模索中であるが、各項目について、この実験住宅で実践された状況と比較して、正負のポイントを与え、そのトータルで評価することも一つの方法である。ただし、住宅建設およびそれを使用する、すなわち住む行為が、地球に負荷をかけないようにしたいものである。

これらを、リアルタイムで処理できるコンピュータプログラムが緊急に必要である。特に、建築環境計画について、それを総合評価できるものが必要であり、各建築環境分野ではその準備が出来ているから、それらを持ち寄り活用してよいものが出来よう。

2.2 持続可能な住まいに必要な面積^{1)、4)、7)}

前章で述べたように、太陽エネルギーを用い、自然に優し

い建築材料で家を作って、回りを汚さず、有機農法による自給自足を実現すべく、22年にわたる経験を積んできた。そこから得られた数値を基に、ここで、一家4人として持続可能な生活に必要な面積を拾ってみると、表1のごとくになった。

表1 持続可能な住まいに必要な面積

住宅	80m ²
田圃	500m ²
菜園	120m ²
穀類	300m ²
果樹園*	300m ²
雑木林*	500m ²
身障者、社会サービス、教育などの支援	500m ²
温室	50m ²
通路	150m ²
合計	2,500m ²

* の面積はリラックスできる空間構成に利用。

この数値2,500m²を、単純計算で日本に当てはめると、現在の人口は、全国土の20%におさまる。平地が17%あるので、緩やかな斜面を3%加えることで済み、現在の森林は温存できる。既存の都市機能、工場、交通機関、公共施設等と、どのように融合させるかの議論はできていないが、十分実現できるわけである。

この住まい方の基本理念は、太陽エネルギーに依存する住まいの計画であるから、他の場所で建設する場合には、Kaiwakaの緯度を α_1 (約南緯36.1度で東京近辺に対応)とした時、そこでの緯度が α_2 とすると、その必要面積は、 $\cos \alpha_1 / \cos \alpha_2$ 倍となる。

2.3 熱環境の予測^{1)、8)、9)、10)}

太陽エネルギー取得において、最初の住宅の熱環境計画は最も大切になる。住宅の向きをどのようにするか、開口部をどのように開けるか、その熱処理をどのようにするか、さらに庇、壁の仕上げ等など、太陽エネルギーの受容体として、しっかりと検討しなければならない。

建築熱環境工学では、これを計算する方法が種々議論されている。熱伝導方程式による境界面での熱の移動、室内の熱の発生量などを計算し、注目する部屋での熱の平衡式を求める。このときの熱移動は空気流に影響するから、その式と熱の平衡式を連立させて、数値計算するわけである。室内での空気温度を室中央1点として、Kaiwakaの実験住宅の室温を全体系で計算した安積弘高博士(2010年12月逝去)の計算結果(点線)と測定値(黒線)の比較を図20に示す。そこでは、ソーラールームの浮力を利用した自然換気駆動型のクールチューブでの熱計算の仕組みを精細に検討している⁹⁾。

このプログラムでの計算結果は、測定値に対して冬季、最大1.2度ほどの差を示す箇所が2, 3箇所あるが、測定結果をよく捉えている。特に、変動をよく捉えており十分実用的であるといえよう。ただ、この熱計算には長時間が必要であり、次に述べる他の環境要因を含めた総合評価へ結びつけるためにも、その計算の専門家の養成が必要であり、早急に育ていかねばならない。

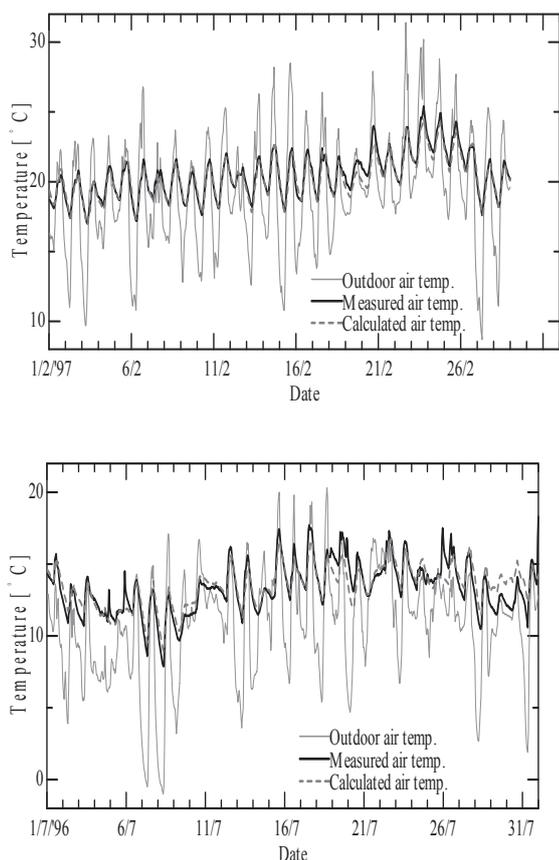


図20 北側寝室の夏季(上)と冬季(下)の温度変化

2.4 室内環境の総合評価の予測^{11)、12)、13)}

室内においては、複数の環境要因が共存する。普通、音、熱、光の場が取り扱われている。これまでは、それぞれの分野の専門家が、それぞれの場を評価する研究を続けているが、固有の尺度を当てはめていたのでは、異なる要因間での比較、評価はできない。ここに再掲するのは、これら3つの要因に共通する尺度として不快性を選択し、室内環境を総合評価する方法である。

すなわち、3種の異種環境要因(音、熱、光)について、不快性の総合評価(普通、やや不快、不快)を共通して当てはめ、それを外的基準にして数量化理論II類を用い、それぞれへの重み(スコア)を求めて作られた予測法である。

スコアの様子は、表2に、そのときの分割点は表3に示す。そして、具体的な使い方は次のとおりである。

夏季の場合で、騒音レベル55Leq(A)、室温28.4SET*、照度700lxを持つ室内環境のとき、表2から各カテゴリーのスコアは、内挿によって騒音は0.102、室温は0.443、照明は0.006を得る。その合計は0.551で、表3の判別区分点から“普通”の区分に落ちることが分かる。

次に、騒音レベル50Leq(A)、照度700lxのとき、“普通”の室内環境を得るには、室温をどうすればよいか。“普通”の申告を得るには、総合スコア0.55以上が必要だから、室温のスコアをxとすると、 $0.151 + x + 0.006 > 0.55$ を解いて、 $x > 0.393$ を得るから、室温を28.9SET*以下にすべきということが分かる。

表2 室内環境要因のカテゴリーに対するスコア

Factor	Summer N = 538 η = 0.77			Winter N = 549 η = 0.62		
	Category	Score	PCC*	Category	Score	PCC
Thermal condition (SET*)	21.8	0.762	0.762	15.0	-1.480	0.569
	26.2	0.706		18.5	0.051	
	30.7	0.180		22.7	0.688	
	34.6	-1.637		26.1	0.697	
Noise (Leq)	40	0.168	0.257	40	0.436	0.325
	50	0.151		50	0.337	
	60	0.052		60	-0.097	
	70	-0.374		70	-0.676	
Illuminance (lx)	170	-0.057	0.053	170	-0.271	0.158
	700	0.006		700	0.207	
	1480	0.052		1480	0.080	

*PCC = Partial correlation coefficient.

表3 総合スコアの分割点

Dividing point	Summer	Winter
z_1 : between U and SU	-0.85	-0.82
z_2 : between SU and N	0.55	0.53

N = neutral; SU = slightly uncomfortable; U = uncomfortable.

工学的には少なくとも不快な環境は避けられねばならない。すなわち、夏においては総合スコアが-0.85、冬においては-0.82以上にするわけである。これらの総合スコアを満たすために、技術的な難易度、経済的な難易度が、同じ物差し上で比べられる。

2.5 生活環境の総合評価の予測¹⁴⁾

生活環境の場も多変量で構成されており、その評価法には数量化理論II類の助けを借りねばならない。このときの各要因のカテゴリーには、客観化されたカテゴリーでより一般化されようが、ここでは満足度という主観的な尺度を用いた。

生活環境の満足度を、生活環境23要因の満足度とともに問うたアンケート調査から、内部相関を小さくする8要因を選んで、生活環境の満足度を外的基準にして、スコア化

した結果に基づく予測法である。このときのスコアを表4に、判別点を図21内に示す。的中率は68%であった。

表4 生活環境評価のための8要因に対するスコア

要因	カテゴリー	スコア	偏差グラフ
買物の便利さ	非常に良い	0.486	[偏差グラフ]
	良い	0.177	
	やや良い・普通・やや悪い	-0.090	
	悪い	-0.251	
	非常に悪い	-0.720	
冬の日当たり	非常に良い	0.303	[偏差グラフ]
	良い	0.132	
	やや良い・普通・やや悪い	-0.093	
	悪い	-0.657	
	非常に悪い	-0.788	
夜道の明るさ	非常に良い・良い・やや良い	0.181	[偏差グラフ]
	普通	0.068	
	やや悪い・悪い	-0.113	
	非常に悪い	-0.586	
騒音	非常に良い	0.414	[偏差グラフ]
	良い	0.241	
	やや良い・普通・やや悪い	0.137	
	悪い	-0.247	
	非常に悪い	-0.578	
通勤・通学の安全性	非常に良い・良い・やや良い	0.023	[偏差グラフ]
	普通	0.111	
	やや悪い・悪い・非常に悪い	-0.245	
周辺の緑	非常に良い	0.216	[偏差グラフ]
	良い・やや良い	0.212	
	普通	-0.100	
	やや悪い・悪い	-0.505	
	非常に悪い	-0.708	
周辺の風紀	非常に良い	0.572	[偏差グラフ]
	良い・やや良い	0.382	
	普通	-0.280	
	やや悪い・悪い	-0.666	
	非常に悪い	-0.743	
子供の遊びの安全性	非常に良い・良い・やや良い	0.243	[偏差グラフ]
	普通	-0.068	
	やや悪い・悪い・非常に悪い	-0.175	

相関比の平方根 0.73, サンプル数 540

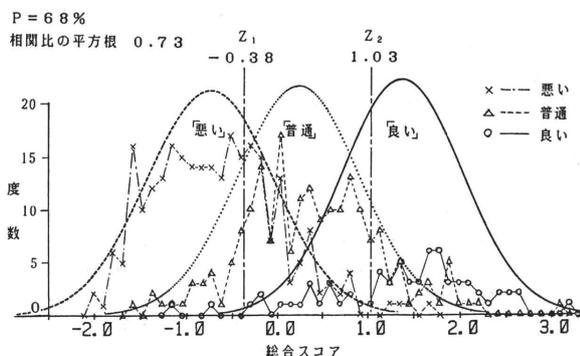


図21 生活環境評価のための総合点における区分点

これによれば、Kaiwaka のこの実験住宅の生活環境は、

- 買い物の便利さ、悪い; -0.251
- 冬の日当たり、非常によい: 0.303
- 夜道の明るさ、悪い: -0.113
- 騒音、良い: 0.241
- 通勤通学の安全性、良い: 0.023
- 周辺の緑、非常に良い: 0.216
- 周辺の風紀、良い: 0.382
- 子供の遊びの安全性、普通: -0.068

となり、総合スコアは0.733となる。このスコアを判別区分から推定すると、“良い”にかなり近い“普通”と評価されることになる。例えば、買い物の不便さを解消すれば、“良い”と評価されよう。この結果は、私の日常感じている実感と一致する。

2.6 ユートピア(理想郷)計画

以上述べてきたように、各家族が持続可能に生きゆくことが可能であることが示された。さらに、それらが集まって村を構成して助け合っていく中に、よりすばらしい空間が出来る。

有志が集まって勉強会をし、基本になる科学的知識、大工仕事の手法、農業の基本などをしっかり習得し、村作りのコンセンサスを共通のものにする。村になる土地を十分時間をかけて観察し、そこに住んできた先祖あるいは先住民の知識をしっかりと勉強し、有効に利用して、新しい知識を加え、マスタープランをみんなで作らねばならない。

その上で、みんなで一つの家族の住居を、次の日から普通に生活できるくらいに、先ず完成する。その人達は、次の人の住居作りに全力で奉仕する。この輪を広げてゆくと、おのずと村が形成される。そこでの経験者は次の村作りへも奉仕できる。また、村の構成はローヒエラルキーを元に営まれ、村長などは必要ではない。

持続可能な生活によって、各自が解放され自由を得、各人の創造性を育み、発展させてゆくことができる。それらをとともに磨き上げ、向上させてゆく空間として村を創ってゆく。さらに、そのような場では、太陽の消滅した後の世界を目指し、どのように発展しうのかについても議論されることになる。両国でのそのような村づくりを夢見ているところである。

あとがき

22年にわたって、New Zealand の Kaiwaka に作った実験住宅で種々の試みを実践し、持続可能な住まい方が可能であることを示した。

エネルギーを太陽から求める方法を縷々説明し、質素な生活をする上で十分であることを説明した。周りのものを使って家を建てる方法、周りを汚さないで生活する方法、

自給自足の方法を、詳細には触れられなかったが述べた。多くの人々が工夫を持ち寄れば、そこで得られる歓喜のある生活が実現する例も示した。

そして、これによって個人が自由になり、人生をエンジョイし、深く考えることが出来るのだということを強調した。

さらに、それを目指して定量的に、具体的に計画するときに必要な建築環境工学的的手法を示した。定性的に議論される傾向のある計画論に対して、具体的に、定量化された背景を基にした計画論へとつながれば幸いである。

あまりにも自然から離れてしまうと、そこに帰っていけないかも知れない。昔の農法も忘れ、自然の力を広くまとめ考える能力を失い、自然と共存するための鋭い観察力も失せる。ミミズを触れない子。ジャガイモが果物のように木になると思っていた男。読んだ本の色刷りをもとに飛んでいる鳥が間違っているという子供。清んだ星空を眺めることが無限のかなたを想像せしめ、そのことで恐怖を感じるという大学生。すでに自然との離反が歪んだかたちで進んでいる。

さらに問題なのは、人間の手前勝手な発明が混乱に輪をかけ、それがさらなる悪循環を作っていることだ。建築学から、太陽の恵みのもとに自然に回帰する大切さを提唱していくべきではなからうか。

持続可能な住まいの計画といっても作り直して行く過程だ。一定面積を規定するのも良くない。自然との融合性をしばしば振り返り、改良してゆくべきだ。しかし、一つの出發があると、次々と創意工夫がなされていく。

最後に、このように寛大にエネルギーを与えてくれる太陽も、45億年後には消滅するといわれる。そのとき、我々はどうのように発展的に生き延びられるのであろうか、人類に与えられた大きな課題が、そこにあるということも言っておきたい。

参考文献

- 1) <http://www.ecohouse.co.nz> および YouTube (yoshiecohouse)
- 2) 櫻井、安積、森本：“太陽放射の集熱方法について—‘自然と共生する実験住宅’カイツカ村からの報告（その2）”、太陽エネルギー、Vol. 22, No1, p15-23, 1995
- 3) 尾関、櫻井、丹羽：“有機物をバイオガス化する浄化槽について”、太陽エネルギー、Vol. 25, No. 2, p53-60, 1999
- 4) 櫻井：“ここまで出来る「持続可能な生き方」—個人の解放のために—”、ハウスクリマ研究ノート第33号、2007年 京都
- 5) 櫻井：“温室での植物の生育による雑排水と炭酸ガスの浄化—‘自然と共生する実験住宅’カイツカ村からの報告（その3）”、太陽エネルギー、Vol. 22, No4, p34-37, 1996
- 6) Y. Sakurai: “The early reflections of the impulse response in an auditorium”, J. of Acoust. Soc. of Jpn. (E), 8, 4, p127-138, 1987.
- 7) Y. Sakurai: “Architectural planning for sustainable

living”, Inter-noise 2011 Osaka, SS32, Sept. 2011.

8) 櫻井、安積：“持続可能なライフスタイルを目指した実験住宅における温熱環境”、“日本建築学会計画系論文集、第542号、p41-47、2001年4月。

9) 安積弘高：“持続可能なライフスタイルを目指した住宅の室内熱環境予測に関する研究”、学位論文、2001年3月。

10) 安積、櫻井：“住宅における自然換気駆動型クールチェーブの熱性状解析”、日本建築学会計画系論文集、第547号、p33-39、2001年9月。

11) Y. Sakurai, T. Noguchi, G. Horie and N. Matsubara: “Quantification of the synthesized evaluation of the combined environment”, Energy and buildings (Elsevier), 14, 169-173, 1990.

12) 堀江、櫻井、松原、野口：“加算モデルによる異種環境要因の総合評価の予測”、“日本建築学会計画系論文報告集、第402号、p1-7、1989年8月。

13) 堀江、櫻井、松原、野口：“室内における異種環境要因がもたらす不快さの加算的表現”、日本建築学会計画系論文報告集、第387号、p1-7、1988年5月。

14) 櫻井、石丸、九門、堀江：“数量化理論2類を用いた地域環境計画について”、“日本建築学会計画系論文報告集、第387号、p53-60、1988年5月

謝辞：このプロジェクトにたいして、住宅産業、コンサルタント、建築請負業など、多くの方々から多大のご協力を得た。この機会を借りて深く感謝したい。