

地域資産としての「太陽エネルギー利用」の  
ポテンシャルの見直しに基づく  
持続可能な社会のための地域政策の提案

Proposal of Regional Policies  
for a Sustainable Society  
based on a Review of Potential of  
“the Renewable Energy” as a Local Asset

弘前大学大学院地域社会研究科 武山倫 (h17gr108)

# 目次

要旨	5
序章	7
I        共有意識とラントシャフト . . . . .	7
II       強靱なコミュニティと共有意識 . . . . .	12
文献の引用と注釈 . . . . .	16
第1章    はじめに	17
I        論文の構成 . . . . .	17
II       研究の背景と目的 . . . . .	18
III      研究の方法 . . . . .	20
文献の引用と注釈 . . . . .	21
第2章    パッシブデザインと「環境建築」の系譜	22
I        環境の時代 . . . . .	23
II       環境ビジネスの動向 . . . . .	27
III      オイルショックと「環境建築」 . . . . .	31
IV       バブル景気と「環境建築」 . . . . .	34
V        小結 . . . . .	36
文献の引用と注釈 . . . . .	37
第3章    省エネ住宅に求められる性能	40
I        わが国の「省エネ基準」 . . . . .	41
II       長期優良住宅と「省エネ基準」 . . . . .	42
II.1    スイス「ミネルギー」 . . . . .	43
II.2    カナダ/エネルギー省「R2000 住宅」 . . . . .	46
II.3    世界の断熱基準と日本の「省エネ基準」 . . . . .	47

III	小結 . . . . .	49
	文献の引用と注釈 . . . . .	49
第 4 章	クリマアトラスと「パッシブポテンシャル」のみなおし . . . . .	51
I	背景としての、わが国のエネルギー事情と「環境建築」 . . . . .	51
II	地域資産としての「自然エネルギー」 . . . . .	52
III	自然エネルギー利用によるエネルギー自給率の向上 . . . . .	53
IV	既往研究と本研究の目的 . . . . .	54
	IV.1 クリマアトラスとしてのパッシブ気候図の歴史 . . . . .	54
	IV.2 研究の方法と分析により得られた知見 . . . . .	56
	IV.3 暖房期間の把握 . . . . .	57
	IV.4 省エネ基準とパッシブソーラーヒーティングのポテンシャル . . . . .	63
	IV.5 熱損失係数を比例定数とするポテンシャル . . . . .	64
V	東北地域のパッシブ気候図に向けた分析の視点 . . . . .	67
	V.1 世界的視野から東北地域を捉える . . . . .	67
	V.2 日本全体から東北地域を捉える . . . . .	69
	V.3 新しいクリマアトラスの視点 . . . . .	71
	V.4 東北地域の RPSP クリマアトラス . . . . .	74
	V.5 東北地域のクリマアトラス作成のための AMeDAS . . . . .	74
	V.6 東北地域におけるパッシブ効果の検証 . . . . .	76
	シミュレーションモデル . . . . .	76
	V.7 パッシブシステムの省エネ効果と CO <sub>2</sub> 排出量 . . . . .	86
	V.8 小結 . . . . .	89
	文献の引用と注釈 . . . . .	90
第 5 章	自然エネルギー利用推進に向けた地域政策の模索 . . . . .	92
I	わが国の省エネ技術の実態とその障壁 . . . . .	92
II	省エネ政策とインセンティブ . . . . .	94
	II.1 わが国と諸外国の太陽光発電 . . . . .	94
	II.2 長期優良住宅をめぐるインセンティブ . . . . .	96
III	地域政策とその前提 . . . . .	98
	III.1 尺度としての CO <sub>2</sub> . . . . .	98
	III.2 ウッドマイルズ . . . . .	99
	III.3 政策提案のデザイン . . . . .	102
	省エネ基準に係る地域政策 . . . . .	102

---

気密測定 . . . . .	104
SDGs と地域政策 . . . . .	105
地域の意識革命 . . . . .	107
地域資産としての未利用エネルギー利用 . . . . .	112
屋根のかたちとエネルギー . . . . .	114
文献の引用と注釈 . . . . .	116
終章 . . . . .	119
I        まとめ . . . . .	119
II      共有意識と地域の景観 . . . . .	122
III     懐かしい未来へのトランジション . . . . .	123
文献の引用と注釈 . . . . .	124



## 要旨

クリマアトラスとは「都市環境気候図」で、建築計画に気候調査の結果を活かすためにその要点を地図上に表現したものである。既往研究では、パッシブソーラーシステムのポテンシャルは、気候要因の簡略化指標として PSP (Passive Solar Potential/パッシブ地域係数) を「暖房度日に対する南鉛直面全天日射量 (1 月) の比」として定義されクリマアトラスが描かれていた。都市計画区域内住居系地域では建築基準法の集合規定で、日影規制によって基本的に日照が保障されている。しかし、実際には法規制の範囲内で可能な容積いっぱい建物に計画されるため、住宅地の中には屋根にしか日照が得られない住居が数多く存在する。本稿では、太陽熱利用のポテンシャル分析に現実的に利用可能な南傾斜屋根面 (4 寸勾配) の日射量を用いた評価を試みた。ポテンシャル分析に RPSP (南 4 寸傾斜屋根面日射量) を用いた新たなパッシブ地域係数を「暖房度日に対する南傾斜屋根面全天日射量の比」としてクリマアトラスに示すことを目標とし、準備として RPSP 採用の有効性について検証した。その結果、東北地域では、既存のポテンシャル分析に使われてきた南鉛直面日射量よりも、より実態に即した RPSP のほうが、高い値を示すとともに、まだ暖房を必要とする春先と秋口に太陽熱利用の高いポテンシャルが認められ、南傾斜屋根面をつかった太陽熱集熱デバイスが、概ね 11 月から 4 月と 6 ヶ月に及ぶ東北地域の冬季の暖房期間の前後 1 ヶ月を短くして、暖房期間を 4 ヶ月ほどに短縮する可能性があることを確認した。続けて、その東北地域が持つ春先と秋口の太陽熱利用の高いポテンシャルの効果をシミュレーションによって明らかにし、省エネの観点から CO<sub>2</sub> を尺度としてその有効性を検証した。24 時間 365 日の室温予測シミュレーションは、結果的にミクロな視点から地域の太陽熱利用のポテンシャルを評価することにつながり、日本全域、あるいは暖房期間の全てを対象としたマクロな視点からは見えてこないマイクロクライメイトの再発見に結実した。東北地域の太陽熱利用については、今までポテンシャルが低いと捉えられていたが、マクロな視点から見落とされていた東北地域における太陽熱利用について違う視点から再評価したミクロな地域資産である自然エネルギーを見落とすことなく活かすことができる「地域政策」を模索することにつなげ終章とした。課題として、「気候要因の簡略化指標」に地域毎のマイクロクライメイトを評価する視点の追加方法の検討と、潜在する東北地域のパッシブソーラーシステムポテンシャルの最適かつ効果的な表現方法の開発をあげる。

キーワード: パッシブソーラー, 日射量, クリマアトラス, 東北地域

## Abstract

In previous studies, the potential of passive solar systems defined PSP (Passive Solar Potential / Passive Regional Coefficient) as “the ratio of the total amount of solar insolation facing the south vertical wall to the heating degree day (in January)” as a simplified index of climatic factor. Though the right of light and solar insolation is protected by shade regulations, etc., according to the collective provisions of the Building Standards Law, there are still some houses, where the sunshine can only be obtained on the roof. In this paper, in the analysis of solar potential, the author tries to evaluate the practically usable south 10:4 sloped roof surface amount of solar insolation. The objective is to set a new regional passive coefficient using RPSP (south 10:4 sloped roof surface solar insolation) for potential analysis as “ratio of south sloped roof surface total solar insolation to heating degree day,” and to prepare for that, the author verified the effectiveness of RPSP adoption.

As a result, in the Tohoku region, RPSP shows a higher value and is more realistic than the amount of insolation facing the south vertical wall used in the present potential analysis, which uses solar heat in early spring and early autumn. The high potential of the solar heat collecting device using the south sloping roof surface shortens the heating period by one month before and after the winter heating period in the Tohoku region, which extends six months from November to April. These results confirmed that the heating period could be shortened to about four months. As a future task, the author will clarify the effect of the solar heat collecting device using the south sloped roof surface by simulation on the high potential of solar heat utilization in the early spring and early autumn in the Tohoku region. Regarding the potential of the passive solar system, by using the south 10:4 sloped roof surface solar insolation (RPSP), the potential of the microclimate in the Tohoku region, which was often overlooked from a macro perspective, was considered to be low until now. It is possible to try evaluation, examine the “simplified index of climate factors” that can be evaluated without overlooking renewable energy, as a micro-regional asset, and propose it as the potential KLIMA atlas of passive solar systems in the Tohoku region.

### **Keyword:**

Passive Solar System / Insulations / KLIMA analysis map / Tohoku Region

# 序章

## I 共有意識とラントシャフト

わが国では「景観」をテーマにすると、人間にとって感覚的または視覚的に好ましい構成を工学的に導き出そうとする傾向が強い。筆者は英語の Landscape を「景観」と訳すことに強い抵抗感を抱いている。既往研究で高橋<sup>0-1)</sup>は、ランドスケープという語の意味の変遷は、17世紀の西洋世界における世界観の変容のプロセスそのものを反映しており、その変遷を辿ることで環境の「自然化」の過程を明確化することができる。とし、本来ランドスケープとは、環境の流動と、それへのリアクションとしてのヒトの身ぶりとは絡み合う場を表わしていたことが分かったと説明している。高橋の論文は筆者が Landscape という言葉に漠然といただいていたイメージを換言している。

「景観」は、植物学者の三好学がドイツ語のラントシャフト Landschaft に与えた訳語である<sup>0-2)</sup>。しかし、ラントシャフトの概念そのもののの中に既に視覚的意味と地域的意味の並立を認めることができる。これは、ラントシャフトが古くから地域という意味をもっていたのに対してルネサンスの時代に絵画的意味が付加され、それが人間の視覚に映る形態すなわち相観という意味に発展したことに由来する<sup>0-3)</sup>とされている。ドイツ語のラントシャフト Landschaft は、本来、視覚的、土地的概念の両方を含むものであり、いわば一定地域の生産・生活様式、風土等に基づく郷土固有の文化創造の基盤となる空間であるばかりか、土地の人々にとって同じ共属感情をもつ歴史的地域でもある。

人の生活をより良く快適なものにするために行われてきた自然を征服するというような人間中心的な近代化が推し進められる以前の世界には、その土地の個性である気候風土に根差したラントシャフト Landschaft の形成に建築が一定に寄与し、地域毎に美しい景観を見ることができた。その多くは、写真家であるバーナード・ルドルフスキーの写真展の記録である「Architecture Without Architect」<sup>0-4)</sup>の中に見ることができる。まだ人類が大量のエネルギーを導入することで人工的な室内気候を実現することができなかった当時の建築は、環境と応答する容を描き、そのテクスチャーも一定の地域からほとんどの場合無償で得ることができるものばかりで構成され、他に二つとない個性がそこに存在することができた。



図1 ハイデラバードシンドのバッドギア (1964 年) <sup>0-4)</sup>



図2 現在のハイデラバードシンド <sup>0-5)</sup>

図1は、ルドルフスキーの「建築家なしの建築」<sup>0-4)</sup>に紹介された、ハイデラバードシンド（パキスタン）のバッドギアと呼ばれる風受けの写真である。ハイデラバードシンドは乾燥灼熱地域であるが、一年中同じ方向からの風に恵まれている。誰の設計か今では知る由もないが、この風を風受けで受け止めて屋内に取り込み、素焼壺に入れた水が壺の表面ににじみ出て蒸発するときの蒸発潜熱を利用して涼を得ていた。このマイクロクライメイトを共有して、どの家も風を受け止める景観はとても美しい。しかし、現在のハイデラバードシンドでバッドギアを見ることはできない。電気エネルギーを使ったヒートポンプが安価になると同時に、バッドギアは撤去され、すべての家が環境から閉じた室内気候をヒートポンプで制御するように変わってしまった。かつて一定方向から吹く風を室内に採り入れて快適な生活を約束するバッドギア、今は一定方向からくる情報を採り入れて現



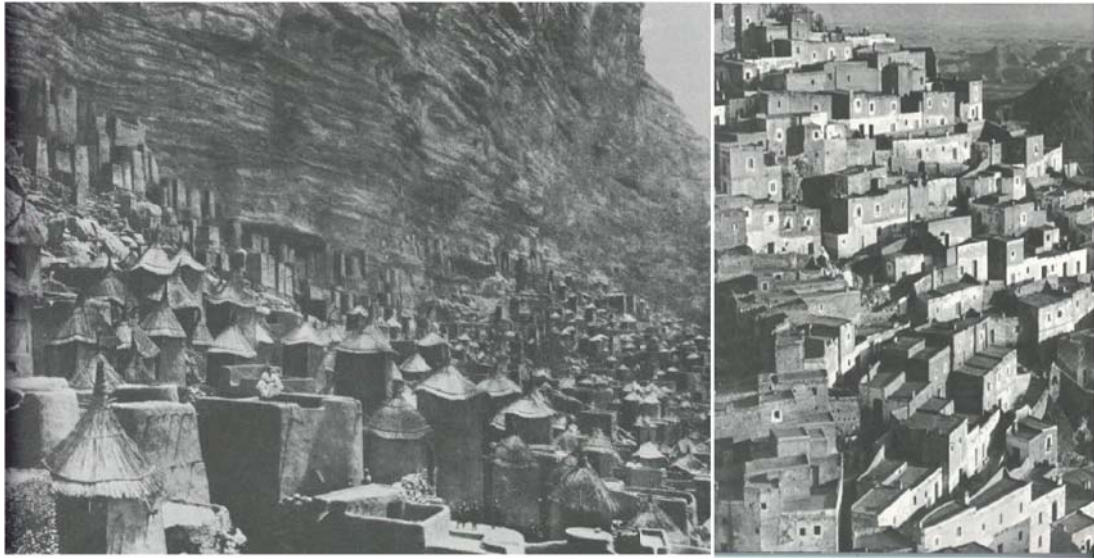


図3 (左) アフリカ・マリ共和国のドゴン族居住地域バンディアガラ断崖(ドゴン人の地)<sup>0-4)</sup> (右) スペイン・アルメリア・モハカル(地中海沿岸の村)<sup>0-4)</sup>

代的な生活を約束する衛星放送のパラボラアンテナ、どちらも向きを間違えると役にたかない機能的装置であり、これを屋根に掲げることが町のラントシャフト Landschaft を形成する。この地におけるパラボラアンテナは現代のバッドギアであるとも見ることもできる。捉え方を変えてみれば、このパラボラアンテナは古い町並みの景観を壊すものではなく、これこそ生きてきた建築が今を生きる姿であって、現代のヴァナキュラー（土着）な景観ともいえる。良し悪しはさておき、現代は新しい情報というものが自然の風以上に重要な存在であることを見せている。

洋の東西を問わず、人類が自然から身を守りながら夜を過ごすために作ったシェルターは、昆虫や鳥たちが作る「巣」のように、その土地から得ることができる材料で作られ、ドゴン族の集落や、地中海沿岸の村のように、素材と構法を共有したラントシャフト Landschaft を描くことができていた。

東北地域の民家の風景を特徴付けるもののひとつに「いぐね」と呼ばれる屋敷林がある。いぐねとは、風雪から家屋敷を守るためや、食料や建材、燃料として利用するために敷地を取り囲むように植えられた屋敷林のことである。仙台を中心とした東北地方の太平洋側で広く使われている呼び名で、家を表す「い」と地境の「くね」から屋敷境を表したことが語源だと言われている<sup>0-6)</sup>。

同様に、ルドルフスキの「建築家なしの建築」<sup>0-4)</sup>にも紹介された出雲の黒松の屋敷林「築地松（ついじまつ）」(図5)は冬期日本海から吹き付ける季節風を防ぐため<sup>0-7)</sup>ということが存在意義の一つとされている。また富山県西部の砺波平野におよそ220キロ平方メートルの広さに屋敷林に囲まれた約7,000戸を超える家（農家）が点在する「散居



図4 (左) 花巻市円万寺高台より望む「いぐね」 <https://mobs.blog.ss-blog.jp/2011-01-02> (右) 鉢伏山展望台から望む「カイニョ」 砺波平野「散居村」 <https://massa0216.blog.fc2.com/blog-entry-179.html>

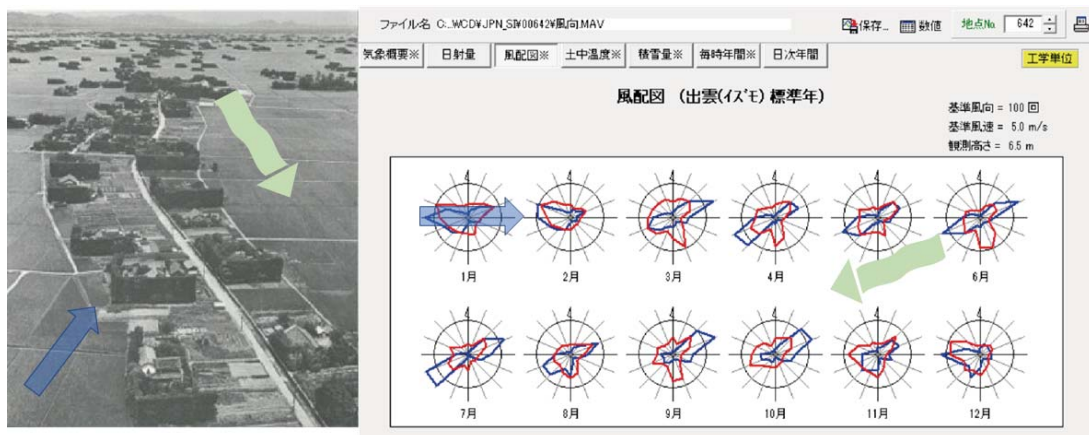


図5 出雲:黒松の屋敷林「築地松(ついじまつ)」<sup>0-4)</sup>

村」の特徴として、それぞれの家の周りにめぐらせてきた屋敷林は「カイニョ」と呼ばれ、冬の冷たい季節風や吹雪、夏の日差しなどから家や人々の暮らしを守るために築かれたものであった。このように地域コミュニティが、その地域のマイクロクライメイトを共有する風景は美しいといえる。

図6(左)は、トルコのカップパドキアである。現在もカップパドキアの古い地区にある家の多くが、洞窟とテラスを組み合わせた形をしており、人々は冬には暖かい洞窟で暮らし、暑い夏になると明るく開放的なテラスで過ごしている。洞窟の家には、決められた目的のために使われる特別な部屋がある。たとえば、暗く涼しい場所は貯蔵庫として使われている。洞窟の中は保湿性に優れているため、ブドウなどの果物やパンなどを何カ月も保存できる。暖かく明るい部屋はキッチン、あるいは家畜小屋や鳩の小屋として使われている。洞窟の家は急斜面に建てられることが多く、テラスを段状にすることによって、各住





図6 (左)トルコ カップパドキア <https://tabitabi1110.com/entry/day249/> (右) 中国の窯洞 (ヤオトン) <sup>0-4)</sup>

居に開放的なスペースを設けることで、お互いのプライバシーを確保している。西洋化・近代化を目指すトルコ政府は、1970年代のはじめ、洞窟の家の住民にヨーロッパ風の家に移り住むようにすすめたが、新しい家に住んだ人々は、夏はたいへん暑く、冬はとても寒いことに気づきいた。寒暖の差が大きいこの地域の暮らしには、ヨーロッパ風の家は合わなかった。その後、住民たちはヨーロッパ風の家のまわりに石灰岩でつくった家を建てるようになり、中には再び洞窟の家に戻る住民もいた。世界に類を見ない奇岩の風景と洞窟住居で、カップパドキアは1985年にユネスコの世界文化遺産に登録されたが現在でも、快適な洞窟の家で暮らす人々がいる。

図6(右)中国の窯洞(ヤオトン)は、中国の陝西省北部、甘粛省東部、山西省中南部、河南省西部の農村に普遍的に見られる住宅形式であるが、黄土高原の表土である沈泥は、柔らかく、非常に多孔質であるために簡単に掘り抜くことができ、約1千万人の人々が崖や地面に掘った穴を住居として利用している。

シム・ヴァンダーリン<sup>0-8)</sup>の言葉を借りると、「ニューヨークからカイロまで同じような超高層ビルが並ぶ」というようなデザインに支配される前までは、建築は生物生息域に対応し、地域の土壌、植生、物質、文化、地形などを統合した「場所から生まれる」デザインであった。また、一定地域の生産・生活様式、風土等に基づく郷土固有の「生業」も美しいラントシャフト Landschaft を描いていた。飛騨高山の合掌造りの集落もそのひとつで、ここには「養蚕」を生業とした地域の住まいの容がある。この美しい景観は「世界遺産」に認定されるが、昔から「結」という強靱なコミュニティ組織によって維持されている。地域の生業がつくるラントシャフト Landschaft も大切にしなければならない。

このようにラントシャフト Landschaft の構成要素である、地域の気候風土について現代の科学でそれを分析し、その地域で、パッシブに室内気候の快適を求める手法を探り、その地域でその手法を共有することで、エコロジカル・デザイン以前の、高度な物質がず

図 7 岐阜県白川郷<sup>0-9)</sup>

さんに使われ、非生産的で破壊的、自然のプロセスを反映しない従来のデザインを否定してあらたに「環境倫理とサステナブル」に代表される時代の世界思潮からラントシャフト Landschaft デザインを提案することを意図して論を進める。

## II 強靱なコミュニティと共有意識

東日本大震災と福島第一原発のメルトダウンの影響で東北地域にあっては多くのコミュニティが大打撃を受けて失われた。しかし、ロバストネス、レジリエンスという表現で、その絆の強さを見せた強靱なコミュニティも数多く存在した。コミュニティの「共有意識」を問うとき、「祭り」と「ゆい」が培ってきた「ロバストなコミュニティ」に多くのヒントがある。「ロバスト」とは、英語の辞書的な意味は「強健な、たくましい、がっしりした、強い、強固な、健全な、力のいる、力強い、粗野な、荒っぽい」とされるが、ここでは、制御の世界でいう「ロバスト性」(ロバストネス；意味は「システムや機械がもつ、外乱に対する強さ、また、その性質。外乱を受けても挙動が安定していたり、何らかの冗長度によって外部からの影響を排したり、影響を最小限に抑えたりする仕組み」)として使っている。近年そのロバストネスの欠如が著しかった事例が、福島第一原発のメルトダウンであった。





図8 (左) 弘前ねぶた祭り <https://hirosaki.keizai.biz/headline/1052/> (右) 秋田竿燈まつり <http://www.kantou.gr.jp/data/photo004.htm>

「ロバストなコミュニティ」の醸成に果たす「祭り」の役割は重要である。わが国には各地に祭りが存続し続けている。大都市の中にも大きな祭りだけでなく、さまざまな小さな祭りが存在している。祭りの持っている性質は、現代社会あるいは現代のコミュニティが必要としている性質であり、祭りが果たすべき役割は21世紀においてますます重要になるものと考えられる。鳴海邦碩は、都市環境デザインセミナーの「祭りとコミュニティ」<sup>0-10)</sup>の中で祭りの効用について以下のように整理している。①様々な世代の人々が参加する場面がある。実際の参加者である青年、中年、老人層だけでなく、婦人層も何らかの形で巻き込む形になっている。②人間関係や社会規範を学ぶ場になっている。③参加することによって我が町意識、ふるさと意識が強くなる。④参加しない人にとっても、地域社会を意識する機会となる。⑤町内会など地域コミュニティと直結している。⑥地域がまとまれば、祭りに参加する方法がある。

祭りの起源は紀元前、神話の時代にまでさかのぼる。神社の祭りの起源といわれる「天の岩戸隠れ」のエピソードは、日本最古の歴史書、古事記(712年)に記されている。四季を持つ日本では、春夏秋冬それぞれの祭りが生み出されてきた。春は田植え秋はその収穫春祭りでは豊作を願い秋祭りでは豊かな実りに感謝してきた。また、夏は都市部に疫病が流行する季節でこれを神のたたりと考え祭りで疫病退散厄除けを願った。その他、稲を食い荒らす害虫を追い払い台風除けを祈願する祭り、盆踊りは死者を供養する念仏踊りが起源と言われている。そして収穫を終えた農閑期の冬には田畑の神をねぎらい新しい年を迎えるための「新春祝い」に備えるけがれを落とすための裸祭りや火祭りがある。どの祭りにも日本人の「生きるための願い」がこめられている。またその願いは時代を経ても変わることはなく、だからこそ祭りは代々守り継がれてきた。日本のすべての祭りが、葵祭のように1,500年前から続いているわけではない。何事も最初は初めてである。今年から始める祭りも100年続けば立派に伝統的な祭りとして認識される。ヴァンダーリンがエ



図9 合掌造り家屋の屋根の葺き替え<sup>0-11)</sup>

コロジーと経済についてエコロジカルデザインで触れているが、従来のデザインは、エコロジーと経済学について対立するものと考え近視眼的な展望しか持たないのに対し「環境倫理」と「サステナビリティ（持続可能性）」に裏付けられたエコロジカルデザインでは、エコロジーと経済学は両立するものとして捉え長期的な展望を持つ。

「ロバストなコミュニティ」を醸成してきたものに「ゆい」という相互扶助組織がある。「ゆい」とは、田植え、屋根葺きなど一時に多大な労力を要する際におこなう共同労働の形態のことであり、歴史的には「ゆひもやとはで、早苗とりてん」の歌がすでに鎌倉時代にみられるところから、中世もしくはそれ以前にさかのぼる民俗であったと推定される。結とは労働力を対等に交換しあって田植え、稲刈りなど農の営みや住居など生活の営みを維持していくために共同作業をおこなうこと、もしくはそのための相互扶助組織のことをいう。日本の富山県の五箇山から岐阜県の白川郷の合掌集落では、現在でも合掌造りの茅葺屋根の葺き替えに結の制度が残っている。特に、白川郷ではこの葺き替えを村をあげて組織的に行っている。「結」があればこそ、合掌造り集落も存在することができたといっても過言ではない。また、この「結」による共同作業によって、葺き替えは村の生活の知恵を伝える貴重な場、機会ともなっている。「結」は、人々が力を合わせ扶け合うことの大切さ、共同体の維持・運営に欠かせない「つながり」や「絆」を確かめ合うことのできる心のよりどころともなっている<sup>0-11)</sup>。



葎き替えは約 30 年～40 年に一度行われ、それにかかる労力と費用は莫大なもので、単純に人件費を現代の価値に換算すると片面の葎き替えだけでも 1 千万円以上ともいわれているが、これらは無報酬で行われた。「結」は原則として、提供された労働に等量の労働をもって返すのを建て前とする労働交換である。「結」によっておこなわれるのは、田植えや稲の刈り取り、養蚕、材木の伐採などで、生産活動に関連した仕事の場合が多いが、白川村における「結」による互助労働の特筆すべき事例は、なんといっても合掌造り住居の建設と維持、なかでも石場カチ（礎石を打つ作業）と茅葎き屋根の葎き替え。これは数多くの人手を必要とする大変な作業であり、家の行事であるばかりか、集落の行事でもある、共同労働のなかでも最大のものである。

世界の文明史の中で、農耕定住民族と狩猟遊牧民の果たした役割を考えると文明の創造に直接関係するのはいつもモビリティの小さい農耕定住民族であった。進歩の速度は遅々としているが、何物かを着実に蓄積し、継続的・積分的に新しいものを創造し付け加えてきた。文明の生まれた最初の動機が定住するということであって、それが都市という形をとったときに、単に財貨の蓄積と伝承だけでなく、それをメディアとした情報の蓄積と、情報の特性である相互干渉と自己増殖が起こり、それが文明の内容になっていった。ところが定住するということが一つの文明圏として長期間にわたって自己完結になると、そこに待ち受けているのは停滞と衰退である<sup>0-12)</sup>。農耕定住民族にとって「地縁」は避けることができない自らの存在の根底である。農耕定住民族であるがゆえに必要としていた「地縁」に基づく相互扶助組織は、機械化・近代化によって必要とされないものに変わってきた。また、アメリカナイズされた狩猟遊牧民的個人主義が相互扶助や地縁的なネットワークを避ける傾向にあり都会では近くに住んでいても挨拶もしないような空気が流れている。このような風潮は Covid-19 以前からのもので決して豊かでエコロジカルな未来につながるものではない。

2020 年、世界共通の課題として Covid-19 とともに COP21 による温暖化対策があげられる。環境倫理とサステナブルに代表されるグローバルな時代思潮に答えながら、温暖化ガスである二酸化炭素の排出量削減を可能とする環境共生手法と環境デバイスは整備されているにも関わらず採用事例は未だ乏しい。本論ではわが国が消費型社会からストック型のサステナブルな社会に移行するためにその障害を取り除き、さらにどのようなことが必要となるのか地域政策提案を摸索した。さらに次世代に引き継ぐことのできる持続可能なランドシャフト Landschaft についても考察したい。

## 文献の引用と注釈

- 0-1) 高橋憲人: 『ランドスケープと視覚性』— 17 世紀西洋における「自然」の発見 —, 弘前大学大学院地域社会研究科年報 第 16 号, pp. 37–51, 3 2019.
- 0-2) 平凡社世界大百科事典 第 2 版.
- 0-3) 井出久登・武内和彦: 自然立地の土地利用計画, 東京大学出版会, p. 227, 1985.
- 0-4) バーナード・ルドルフスキー: *Architecture Without Architects*, University of New Mexico Press, 1980.
- 0-5) 岸本 章: バッドギア考, [https://www.tamabi.ac.jp/kankyou/kishimoto/report/004\\_1.htm](https://www.tamabi.ac.jp/kankyou/kishimoto/report/004_1.htm), 2020 年 12 月 4 日閲覧.
- 0-6) 仙台市 HP: わがまち緑の名所 100 選, <http://www.city.sendai.jp/ryokuchihozen/mesho100sen/ichiran/058.html>, 2020 年 10 月 24 日閲覧.
- 0-7) 小竹原 宣子: 出雲平野の形成と屋敷林（築地松）の形成, 2016 年度日本地理学会春季学術大会, [https://www.jstage.jst.go.jp/article/ajg/2016s/0/2016s\\_100342/\\_article](https://www.jstage.jst.go.jp/article/ajg/2016s/0/2016s_100342/_article), 2020 年 10 月 24 日閲覧.
- 0-8) シム・ヴァンダーリン: アメリカの建築家研究者および教育者。専門的は、物理的および社会的エコロジーの原則を建築と環境デザインに適用すること。コミュニティ規模および建物固有の規模で持続可能な設計を推進してきた。一戸建ておよび集合住宅、コミュニティ施設、リトリートセンターおよびリゾート、学習施設、オフィスおよび商業ビルを設計した, <https://en.wikipedia.org/wiki/SimVanderRyn>, 2020 年 10 月 20 日閲覧.
- 0-9) JAPAN WEB MAGAZINE: 白川郷, <https://japan-web-magazine.com/japanese/gifu/shirakawago.html>, 2020 年 12 月 4 日閲覧.
- 0-10) 鳴海 邦碩: 都市環境デザインセミナー 2003 年第 3 回記録 祭りとコミュニティ, <http://web.kyoto-inet.or.jp/org/gakugei/judi/semina/s0304/mat017.htm>, 2020 年 12 月 4 日閲覧.
- 0-11) 白川村役場: 白川郷を「知る」, <http://kankou.shirakawa-go.org/siru/760/>, 2020 年 12 月 4 日閲覧.
- 0-12) 長島 孝一: グローカル・アプローチ, 日本建築家協会+ビオシティ, 2008.

## 第1章

### はじめに

#### I 論文の構成

本論文は、東北地域におけるパッシブソーラーシステムポテンシャルのクリマアトラス作成を目標として気候分析を行い、そのポテンシャルを「空気集熱式太陽熱利用パッシブシステム」のデバイスで利用することを想定して評価し、その効果を省エネの視点からCO<sub>2</sub>を尺度として分析することによって得られた知見を活かして、持続可能な低炭素社会の構築に向けた地域政策のあり方を提言することを目標として編み全5章で構成するものである。

第1章では、論文の構成を示し、研究の背景と目的、研究の方法を述べる。研究の背景として、わが国が低炭素社会を目指すシナリオに触れ、そのシナリオデザインが必ずしも機能していない現状から、本論で明らかにすべき目標を明示した。

第2章では、原油価格の推移と日本の環境建築、環境意識へ大きな影響を与えた出来事を時系列に並べて相互関係を分析し、世界情勢からその時のエネルギー事情と省エネ政策について分析した。常にトレンドに影響されながらも独自の道筋をたどってきたわが国の「環境建築」と「環境意識」について俯瞰する。

第3章では、わが国の省エネ住宅に求められてきた性能の変遷とその普及について、省エネ政策の実態を振り返り、世界各国の断熱基準、スイスのミネルギー政策、カナダのR2000政策などのトップランナーの政策について触れて、省エネ後進国としてのわが国の姿をあきらかにすることで、わが国の民生部門からのCO<sub>2</sub>排出量削減を目標とするときに何に重きを置くべきか示唆した。

第4章では、地域資産としての自然エネルギー（太陽熱）利用のポテンシャルを示すべく、既往論文と違う「クリマアトラス」の提案を目指して省エネの観点から未利用エネルギーの利用について評価した。本論文では、既往研究で「暖房度日に対する南鉛直面全天日射量（1月）の比」と定義されていた気候要因の簡略化指標PSP（Passive Solar Potential/パッシブ地域係数）とは違う視点でパッシブソーラーのポテンシャル評価を試みた。既往研究では、「太陽熱利用のパッシブ効果」の判定に「南鉛直面日射量」を採用しているが、建築基準法の集合規定で、日影規制等を守られて日照が保障されているにもかかわらず、住居地域には実際に屋根にしか日照が得られない住居がとて多い現状に

触れて、本論文では現実的に利用可能な南傾斜屋根面（4 寸勾配）日射量（RPSP）で太陽熱利用のポテンシャル評価を試みた。その結果、東北地域では、既存の「太陽熱利用のパッシブ効果」の分析に使われてきた南鉛直面日射量よりも、常に RPSP のほうが多く集熱することができることを示し、東北地域の、春先の太陽熱利用の高いポテンシャルを弘前・秋田・盛岡・山形・仙台・福島、6 都市に設定したモデル住宅による室内気候のシミュレーションによって自然室温のヒートマップを作成してその効果を確認した。その結果 RPSP が、概ね 11～4 月の 6 ヶ月に及ぶ東北地域の暖房期間の頭尾 1 ヶ月を短くして、4 ヶ月ほどに短縮することができることを確認した。またそのパッシブ効果を CO<sub>2</sub> の尺度で評価した。続けてわが国が目指す低炭素社会構築に向けたロードマップ上の目標と現状について、過去の省エネ政策に係る補助金のインセンティブ効果を分析し、国土政策と地域政策の役割分担について考察を行い、地域資産としての「未利用エネルギー利用政策」は、地域がイニシアティブをとって策定すべきことを提言した。

第 5 章では、前章までをまとめて、東北地域の自然エネルギー利用推進に向けた地域政策を模索し、低炭素社会の構築に向けて地域の住宅がストックとして機能するために必要な政策提案と、その前提となる大きな政策デザインのあり方について論じた。最後に地域の「環境建築」の計画に不可欠な設計段階におけるコンピューターシミュレーションの役割に触れて、南傾斜屋根面を利用した空気式太陽熱利用パッシブソーラーシステムが実現した「環境建築」について触れて終章とした。

## II 研究の背景と目的

わが国の持続可能性に係るロードマップは「低炭素社会に向けた 12 の方策」<sup>1-1)</sup> に示され、シナリオに従って、省エネ政策が順次施行されている。バックキャスティング手法でデザインされた施策は、マイルストーンとして近々に到達可能な目標を設定し、その目標の達成をもって次の施策を打ち出し究極の目標達成を目指すものである。しかし、国土交通省資料「今後の住宅・建築物の省エネルギー対策の在り方について」（2019 年）（第二次答申）<sup>1-2)</sup> によると、わが国の CO<sub>2</sub> 排出量の部門別指標のひとつである、民生部門・家庭部門の CO<sub>2</sub> 排出量を大きく左右する「住宅の熱性能」に関して、省エネ性能の普及啓発への障害のひとつとして、「省エネ計算ができない」「建物熱性能を計算することができない」など前提としての住宅供給側の根本的な欠陥を指摘する問題が数多く挙げられている。太陽光発電をはじめとして、長期優良住宅などを構築する環境デバイスの普及にあたっては常に、初期段階において、さまざまなインセンティブが導入されるが、補助金等の導入はいずれも一定期間ある程度の効果を示す。しかし、わが国ではインセンティブを駆使して施行された「系統連系による売買取電の余剰発電の買取」を前提とした太陽光発電設備導入時のように、その都度補助金の額や買取価格などの条件の変動に大きく左右され



ることが多くあった。わが国における補助金制度の活用実態については、長期的な展望を持って国や社会の持続可能性を考える必要性とは程遠く、目先の事業採算性を前提とした「消却」という概念や、長期的展望の欠落した目先の「経済性判断」などで採否が決定されてきたと言える。わが国にあっては「省エネ政策」を低炭素社会に向けた「エコロジカルデザイン」にとって「最低限・不可欠」なデザインとして捉えることができる知識を醸成すべき社会的土壌に大きな問題があった。

一方、資源の乏しいわが国では、風力や太陽熱などの自然エネルギー利用は最もわかりやすい一次エネルギー自給率を上げる方策のひとつである。世界的な視野を持つと、わが国は自然エネルギーに恵まれ、そのポテンシャルが極めて高いといえる。このように恵まれた未利用エネルギー活用の普及を図ることが有効であることは自明であるにも関わらず、我が国の民生部門・家庭部門の CO<sub>2</sub> 排出量を大きく左右する位置にある家庭部門エネルギーの一次消費者であるクライアントも含めて業界関係者がその重要性について正しく理解するために必要な情報やそれを伝える手段は乏しく、またそれを伝える努力も十分であったとは言えない。既往研究においても視覚的に「パッシブソーラーシステムのポテンシャル」を一般的に示す試みはなされていたが、有効に機能していたとは思えない。このような背景から本論文では既往研究とは異なった視点で地域のポテンシャルを示すことを試みた。分析に基づいて、東北地域の具体的な CO<sub>2</sub> 排出量削減量を試算し、建物の環境性能に係る地域政策を模索することで、持続可能な地域社会形成のための方策を示すことを目的とした。第3章の分析で得た知見から、東北地域では、既往研究の分析に使われてきた南鉛直面日射量よりも、RPSP（4 寸勾配傾斜屋根面日射量）の方が現況の実態に即していること、東北地域に限らず春先に太陽熱利用の高いポテンシャルが認められ、南傾斜屋根面を使った太陽熱集熱デバイスが、概ね 11 月から 4 月と 6 ヶ月に及ぶ東北地域の冬季の暖房期間の前後 1 ヶ月を短くして、暖房期間を 4 ヶ月ほどに短縮する可能性があることを確認した。東北地域の春先の太陽熱利用の高いポテンシャルについて、年間を通した太陽熱利用のシミュレーションによって、南傾斜屋根面をつかった太陽熱集熱デバイスの効果を明らかにし、「パッシブポテンシャル」の評価に南 4 寸傾斜屋根面日射量 (RPSP) を用いることによって、今まではそのポテンシャルは低いと捉えられ、マクロな視点から見落とされがちであった東北地域におけるマイクロクライメイトを再評価することを試みた。ミクロな地域資産を見落とすことなく評価することができる「気候要因の簡略化指標」について検討し、東北地域のパッシブソーラーシステムのポテンシャルを示すクリマアトラスを提案することを最初の目標とした。

### III 研究の方法

第2章では、原油価格の推移を示すグラフを「年譜」に見立て、そこにエポックとして作用した「環境建築」、その時代に展開した「環境政策（省エネ基準）」、実施された「環境問題に係る国際会議」、突発した当時の社会情勢と政局に大きな影響を及ぼした「事件」、「グローバルな時代思潮形成」に大きく影響したと思われる「著作」、「環境建築」の実現に不可欠だった「マニュアル」に相当する「著書」を時系列に配置して相互関係を分析する。

第3章では、今まで日本の建築業界が、その高性能な仕様規定（スペック）にしか着目していなかった、建物の省エネ性能としての世界のトップランナー、カナダの「R2000」住宅とスイスの「ミネルギー」住宅について、国策として分析、再評価する。

第4章では、既往研究と違う「クリマアトラス」の提案を目指して省エネの観点から未利用エネルギーの利用について評価するため、マイクロクライメイトに着目している。四半世紀にわたって「空気集熱式太陽熱利用」のパッシブソーラーシステムのデザインを実践してきた筆者は、結果として「サステナブルデザイン」を専門分野とする研究者としての側面も担い、設計した建築について、その室内気候の実測分析を行い「パッシブデザインの環境性能」「室内気候」について、情報発信をしてきた。設計する建築は、常に「実験住宅」としてのリスクを伴っていたが、多くの理解ある施主に恵まれ「空気集熱式太陽熱利用」について、一定の知見を持つに至った。「空気集熱式太陽熱利用」の面白さは、「宇宙船地球号」<sup>1-3)</sup>に、無償で遍く降り注ぐ、しかし希薄なエネルギーをいかに「集熱」するか、というデバイスとしての「仕掛けの設計」と、利用を前提としたときに必要となるタイムラグを得るための「蓄熱」手法、さらに希薄なエネルギーを十分に活用するために担保しなければならない「箱の性能（断熱・気密・熱容量）」などが複雑に絡みあい、建物は設計者が何を意図しようとも、常に外の環境（気候風土・天気）に応答して「なるようにしかならない」というのが実際であった。筆者は、師、奥村昭雄とともに、建築の自然室温を解析するシミュレーションプログラムを開発し、必要な気象データについても、OM研究所の総力を挙げて作成公開した。一年の約半分の期間が「暖房期間」であるわが国では、地域を問わず「空気集熱式太陽熱利用」によって、室内気候にとって、春の訪れを早くし、冬の到来を遅くすることが可能である。この暖房を必要とする期間を短くするということで、どれくらいの省エネが図れるか、またそのポテンシャルをユーザーに知らせ活用することができれば、どの程度の省エネ効果を得ることができるか（温室効果ガスの排出削減が可能か）本論を通して検証する。パッシブソーラーシステムの建物熱性能は、①建物の断熱性能（気密性能）、②建物の集熱性能、および③建物の蓄熱性能に依存している。パッシブソーラーシステムのみならず全ての建物の外環境への応答は、これら3つのパラメータによって決定される。建物の温熱環境デザインは、これらのパラメータの温



熱環境に及ぼす影響をよく理解し、コントロールするところにある。筆者はこの熱応答をパソコンのシミュレーションソフトを使ってデザインしてきた。筆者が釧路市に設計した「PLEA 国際会議 1997」<sup>1-4)</sup>のインフォメーションセンターは、厳冬期の1月に、4時間の太陽熱空気集熱だけで補助暖房を必要としない室内気候を実現している<sup>1-5)</sup>。建物の室内気候は、断熱気密・蓄熱・集熱によって外部気候への応答を変えるため建物の仕様によりそのパフォーマンスは異なるが、この地域資産を見逃すことなく有効に活用したい。この章では、自作のシミュレーションソフトを駆使して東北地域の主要都市におけるパッシブソーラーシステムのパフォーマンスを分析した。

第5章では、「環境対策」としての住宅の高気密・高断熱化、わが国の一次エネルギー自給率の向上、「環境建築」の普及と実現について、一見関係がないように見えるものが複雑に絡みあい、同期・連動していることに触れ、マイクロクライメイトを共有する景観について事例分析を行い、環境建築が牽引してきたエコロジカルデザインが未来に拓く世界を描く。

## 文献の引用と注釈

- 1-1) 「2050 年日本低炭素社会」シナリオチーム：地球環境研究総合推進費戦略研究開発プロジェクト日英共同研究「低炭素社会の実現に向けた脱温暖化 2050 プロジェクト」，2008 年 5 月。
- 1-2) 社会資本整備審議会：今後の住宅・建築物省エネルギー対策のあり方について（第二次答申），2019 年 1 月 31 日。
- 1-3) 宇宙船地球号（英：Spaceship Earth）とは、地球上の資源の有限性や、資源の適切な使用について語るため、地球を閉じた宇宙船にたとえて使う言葉。バックミンスター・フラーが提唱した概念・世界観である。また、ケネス・E・ボールディングは経済学にこの概念を導入した。
- 1-4) 武山 倫：OMソーラーの家 III，プレアセンターと OM の新しい技術，pp. 126–129，建築思潮研究社，1997 年 11 月。
- 1-5) 武山 倫：住宅建築，精神としてのセルフビルド・プレアセンター，pp. 77–80，No. 199707，建築思潮研究社，1997 年 7 月。

## 第2章

### パッシブデザインと「環境建築」の系譜

第2章では、原油価格の推移と、環境建築、環境意識へ大きな影響を与えた事象を時系列に並べ分析する。目的として、①原油価格に左右されるわが国の経済事情の環境建築への影響を読み取ること。②グローバルな時代思潮を反映し思想的影響をもたらした著作などの影響を読み取ること。③都度強化されてきた省エネ基準や省エネ政策の背景にあったものを俯瞰することにある。さまざまなことに呼応し常に変化する時代とパッシブデザインや「環境建築」を俯瞰することで、第5章で描くバックカスティングとして適切な政策提案への障害と糸口を探る。

図2.1に、前世紀後半からの原油価格の変遷と、環境建築、環境意識へ大きな影響を与えたエポックとトピックを記した。原油価格の推移については、国際石油資本BP社<sup>2-1)</sup>が毎年公式サイト上にエネルギー関連の動向をまとめた白書「Statistical Review of World Energy」<sup>2-2)</sup>を公開しておりそれをもとに作成されたグラフが多数公開されている。1970年1月から1983年4月までは「economicmagic.com」<sup>2-3)</sup>のデータ、1983年5月以降については「bloomberg」<sup>2-4)</sup>のデータを使用して作成した。現在公開されている「150年にわたる原油価格の推移をさぐる」<sup>2-5)</sup>によると、データの原油価格1861～1944年はアメリカ合衆国内平均価格、1945～1983年はRas Tanura(サウジアラビアの最大の原油積出港)の価格、1984年以降はブレント(Brent)<sup>2-6)</sup>の原油価格(米ドル)が採用されている。

環境意識に大きな影響を与えた著作については、環境建築について編まれた「住まいを予防医学する本」<sup>2-7)</sup>が「予防医学の系譜」で取り上げたトピックを採用した。

石油は世界最大の貿易産品にして戦略物資である。わが国の原油価格は、2008年には一時147ドル/バレルを記録し、「石油の一滴は血の一滴」とまで言われた、しかし、2020年4月21日、日本時間の深夜に、1ドルを割り込み、ついに0.01ドルになり、さらにはマイナス価格に突入し、さらに一時マイナス40.3ドル/バレルという歴史的低水準となるような異常事態が起きた。パンデミックの影響で世界の主要国が次々とロックダウンをした結果、世界の石油需要は30%減という見通しになっていた。世界の原油需要は、かつて1979年のオイルショック時でさえ、4年かけて15%減だったが<sup>2-8)</sup>、今世紀、わずか数週間で30%減という急激な変化が世界で初めて起こった。原油価格は政治に利用され、しばしば道具として政策的に操作される。その影響は諸所に及ぶが、省エネを支える環境

意識や、環境負荷を少なくすることで環境共生を図り、環境との親和性を高くしようとする「環境建築」にとっても、影響は大きく、環境意識も環境建築も半世紀にわたって変化し続けた。

振り返るとわが国の建築界が「環境倫理」と「サステナビリティ（持続可能性）」に代表される新世紀に向けたグローバルな時代思潮に同調したのは、1993年のJIA<sup>2-9)</sup>神戸大会「神戸宣言」からであった。「神戸宣言」とは「持続可能な社会（Sustainable Society）」を実現することを基本理念とし、建築家のとるべき行動計画は以下の3項目に要約された。①環境倫理に則して行動し、生きながらえる建築をつくる。②環境と調和し、環境負荷の少ない設計手法を開発し普及する。③環境を考慮した建築の学習と教育を推進する。そして、この行動指針は、1993年9月のJIA大会の大会宣言「神戸宣言'93」として結実した。JIAに環境問題企画グループが設置されたのは1991年、1992年に環境委員会が設置され「持続可能な社会」の実現を目指して、建築家としての職能的責任を果たすための行動指針を、1993年度通常総会で採択している。以降1995年から3年にわたって会員の作品を中心に「JIA サステナブル・デザインガイド(1)～(3)」を発刊し、2000年に第1回JIA環境建築賞が選ばれている<sup>2-10)</sup>。図2.1に、エポックな建築計画を入れるにあたって「JIA サステナブル・デザインガイド(1)～(3)」「JIA環境建築賞」からの選定についても考慮したが、数も多く選定基準の設定が難しいためここでは、JIAが編んだ「サステナブル建築最前線」<sup>2-11)</sup>から、JIAが世界から選んで紹介している事例を掲載するにとどめた。

## Ⅰ 環境の時代

2007年、サブプライムローンの破綻に端を発した経済危機（リーマンショック2008年）に直面すると「ポスト消費社会」として、それまでの「大量生産大量消費社会」に取って代わるように「環境の時代」という言い方が多用されるようになった。「消費社会」の対語として「持続可能（サステナブル）な社会」さらにその「持続可能」の前提としての「低炭素社会」等さまざまに同じことが表現されるが、それらを集約して「環境の時代」と称したものとして筆者は受け止めている。しかし「環境の時代」の到来を予告した「環境保護思想」の源流は、1962年に出版された、レイチェル・カーソンの著作「沈黙の春」<sup>2-12)</sup>に遡ることができる。カーソンは、当時あまり知られていなかった農薬の残留性や生物濃縮がもたらす生態系への影響を公にし、社会的に大きな影響を与えた。カーソンの指摘により、生体内に蓄積し食物連鎖により濃縮され安全性に問題が発生する可能性のある農薬には基準値が設けられ規制されるようになった。また、このような規制は米国だけでなく世界中の先進国に広がりを見せた。わが国の化学物質による健康被害への対応に関しては、決して先進的であったとは言えない。室内空気質については、2000年に建築基

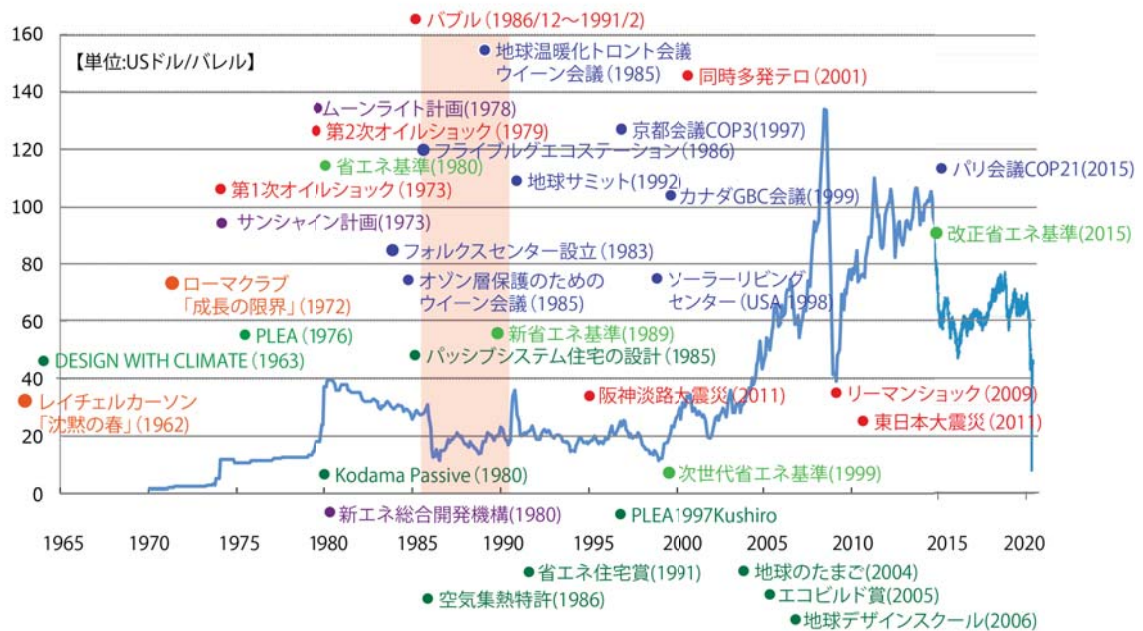


図 2.1 原油価格と環境建築

準法が改正されて、クロルピリホスの使用禁止、ホルムアルデヒドを含む建材の使用の面積制限、そして24時間換気が義務づけられ、その施行は2003年であった。その後「厚生省指定13品目」について「室内濃度指針値」が示されるが、キシレン、フタル酸-n-ブチル、フタル酸ジ-2-エチルヘキシルの室内濃度指針値が提示されたのは2019年であった。

1972年には、ローマクラブによるレポート「成長の限界」<sup>2-13)</sup>によって、今後100年のうちに食糧生産、汚染、資源使用の限界に達し、人口と工業生産も制御不能な破局的な減退をもたらすとして成長から均衡状態への転換モデルが示された。「成長の限界」でこうしたモデルを提示したドネラ・H・メドウズとデニス・L・メドウズ、ヨルゲン・ランダースは、20年後の1992年「限界を超えて」<sup>2-14)</sup>を発表する。世界が限界を乗り越えるための働き手の誕生を夢見ていたメドウズは、1985年に、新聞コラムを書き始めた、後にその抜粋が「ザ・グローバル・シチズン」にまとめられたが、そこに収められなかった1編のエッセイがインターネットで拡散して生まれた、池田佳代子、ダグラス・ラミス（対訳）「世界がもし100人の村だったら」<sup>2-15)</sup>には、冒頭に「本書を2001年2月に亡くなられたドネラ・メドウズさんに捧げる」とある。1992年「限界を超えて」の副題は「生きるための選択」である。「成長の限界」では100年以内の破局に警鐘を鳴らした彼らは、この1990年時点ですでに「スループット」（一定時間内に処理される物の量）が、原料やエネルギーを提供する「ソース」（供給源）においても、汚染や廃棄物を処理する「シンク」（吸収源）においても、オーバーシュート（行き過ぎ）、つまり限界を超えていると指摘し



表 2.1 揮発性有機化合物室内濃度指針値（厚生労働省）

揮発性有機化合物	室内濃度指針値		設定年
ホルムアルデヒド	100	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	1997
アセトアルデヒド	48	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	2002
トルエン	260	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	2000
キシレン	870⇒200	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	2019
パラジクロロベンゼン	240	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	2000
エチルベンゼン	3800	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	2000
スチレン	220	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	2000
クロルピリホス	1(小児0.1)	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	2000
フタル酸-n-ブチル	220⇒17	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	2019
テトラデカン	330	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	2001
フタル酸ジ-2-エチルヘキシル	120⇒100	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	2019
ダイアジノン	0.29	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	2001
フェノブカルブ	33	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	2002
総揮発性有機化合物 (TVOC)	暫定400	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	2000
ノナール	暫定41	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	2002

た。彼らは、エコロジー経済学者ハーマン・デイリーが提示した三原則を取り上げ、持続可能な社会の条件の限界を超えていることを指摘し、以下の条件を満たすことを求めた。

- ①再生可能な資源の消費ペースは、その再生のペースを上回ってはいけない。
- ②再生不能資源の消費ペースは、それに代わる持続可能な再生可能資源が開発されるペースを上回ってはならない。
- ③汚染の排出量は、環境の吸収能力を上回ってはならない。

1992年「限界を超えて」で彼らが示した、「資源の消費ペース」を「エコロジカルデザイン」<sup>2-16)</sup>の筆者であるカリフォルニア大学建築学科の名誉教授、シム・ヴァンダーリンは、1997年、エコロジカルな観点からデザインを見直そうと、エコロジカルデザインの5原則を発表した。5原則は以下である。

- ①地球上の各地域の環境特性を活かしてデザインする。
- ②LCA<sup>2-17)</sup>をベースにデザインする。
- ③自然そのものがもつプロセスやパターンを有効に利用する。
- ④全ての人が環境に配慮して、設計・行動・実行する。
- ⑤自然に関する意識や関心を高める。

ヴァンダーリンは、自然を破壊することを環境面でのコストと捉え、とりまく自然環境をうまく利用して、エネルギーや資源の浪費をなくし、「持続可能な社会」を構築しよう

と考えた。5原則のなかで、「人は誰でもデザイナー」であるとし、生活のすべての局面で判断や行動を「デザイン」し、環境に配慮しなければならないと指摘している。また、従来のデザインと「エコロジカルデザイン」について比較を行い、メドウズらが「限界を超えて」で触れた、再生可能な資源、再生不可能な資源の消費ペースについて、著書「エコロジカルデザイン」の中でも同じように説明している<sup>2-18)</sup>。このように、前世紀には既に「持続可能な社会」の構築に向けて環境と共生するあり方が示されていた。「環境の時代」というとき、1929年の大恐慌からアメリカ経済の救済を図ったフランクリン・D・ルーズベルトの「ニューディール政策」になぞらえて、再生可能エネルギーや資源効率などの現代的アイデアを組み合わせた政策「グリーン・ニューディール政策」も無視することはできない。近年この政策を再び議論の中心に据えたのは、アメリカ最年少女性下院議員としても注目される民主党のアレクサンドリア・オカシオ＝コルテスである。彼女がエド・マーキー民主党上院議員と共に2019年2月に発表したグリーン・ニューディールの決議案の主張<sup>2-19)</sup>は、以下である。①温室効果ガスの実質排出ゼロ、②電力の100%再生可能エネルギー化、③炭素税を含むカーボンプライシング（炭素価格付け）、④労働者の最低賃金保障、⑤すべての人への医療保険（ヘルスケア）。「グリーン・ニューディール政策」は、環境への関心が世界的に高まってきたところに、経済が危機的な状況を迎え、その打開策として脚光を浴び始めたものであるという見方<sup>2-20)</sup>があるが、グリーン・ニューディールの概念は、自然エネルギーや地球温暖化対策に公共投資することで、新たな雇用や経済成長を生み出すことが狙いで、さらに新エネルギー技術力における国際競争力強化等の景気高揚の効果が期待された。日本版「グリーン・ニューディール政策」として、わが国でも、環境対策を実行しながら日本経済を強化する政策が2009年4月20日に発表された。正式名称は「緑の経済と社会の変革」<sup>2-21)</sup>。温暖化対策など環境分野に予算を重点配分し、雇用創出や景気回復を図るもので、内容は、①学校など公共施設への太陽光発電設備の設置や、都市部の緑化などの公共事業を行う「緑の社会資本への変革」、②里山の保全などを支援する「緑の地域コミュニティへの変革」、③省エネ家電への買い替えや、電気自動車などの普及促進を促す「緑の消費への変革」、④太陽光発電や風力発電など再生可能エネルギーを普及させる「緑の投資への変革」、⑤低コストの電気自動車の技術開発などを支援する「緑の技術革新」、⑥アジア諸国での環境モデル都市を選定し支援する「緑のアジアへの貢献」、の六つの柱からなる。有吉佐和子が「複合汚染」<sup>2-22)</sup>で工場廃液や合成洗剤で河川は汚濁し、化学肥料と除草剤で土壌は死に、有害物質は食物を通じて人体に蓄積され、生まれてくる子供たちまで蝕まれていく…と発表したのは1979年であった。第二次オイルショックを迎えるこのころ、わが国には「環境意識」の萌芽は既にみられたが、実態的に身に迫る恐怖感を伴う「実感」を得た。その後も、毒性物質の複合がもたらす汚染の実態については、現代科学をもってしても解明できないと言われている。有吉も「環境の時代」に警鐘を鳴らしたキーパーソンの一人である。

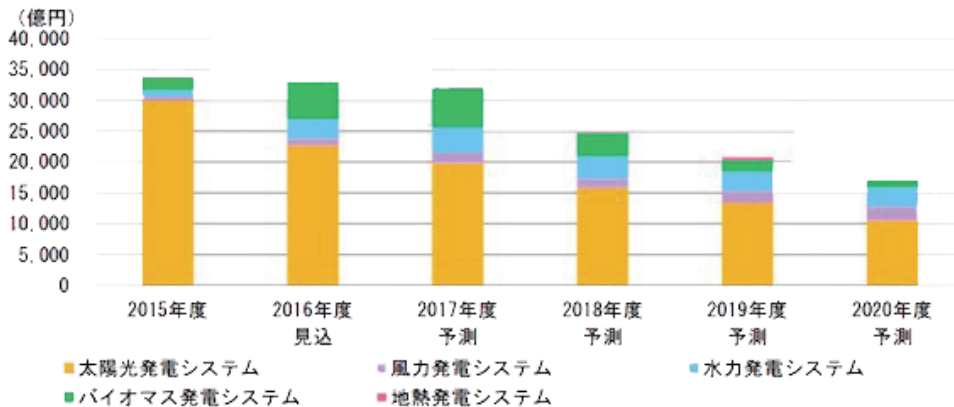
## II 環境ビジネスの動向

環境省によると「緑の経済と社会の変革」六つの柱とされる事業を実施することで、2020年までに環境ビジネスの市場規模を120兆円に拡大し、雇用を140万人から280万人に拡大できるとしている<sup>2-23)</sup>。構想は、一般から寄せられた823件のアイデアや意見を参考に、環境省により作成された。

「環境ビジネス」とは、環境負荷を低減させ、資源循環による持続可能な社会を実現させる製品・サービスを提供するビジネスとされ、具体的には環境省によって「環境汚染防止」「地球温暖化対策」「廃棄物処理・資源有効利用」「自然環境保全」の4つの分野に分けられると定義されている。

筆者は、宮城県から2017、2018年度の2年度にわたって、「宮城県新エネルギー等環境関連設備・デバイス等開発取組支援事業」を受託し、「環境ビジネス」における市場動向を分析した<sup>2-24)</sup>。経済産業省の推計によれば、我が国の環境ビジネス市場は2005年において60兆円規模だったものが、2015年には80兆円超、2020年には90兆円超の規模に拡大すると見込まれ<sup>2-25)</sup>ており、循環型経済社会の構築に向けた取組みが一層期待されているとされていた。しかし、環境省>環境経済情報ポータルサイト>環境産業情報>環境ビジネス FRONT RUNNERの最新レポート<sup>2-26)</sup>によれば、環境産業の市場規模は、2015年に全体で104兆2,559億円と過去最大を記録し、前年比1.4%の増加となり、2000年(57兆9,416億円)の約1.8倍となった。2000年から2003年にかけては約60兆円で微増の動きにとどまっていたが、2004年以降徐々に増加傾向が強まり、2006年には90兆円台に到達した。その後2008年の95.3兆円をピークに、2009年は世界的な金融危機の影響による景気減速から70兆円台後半にまで落ち込んだものの、2010年は景気の持ち直しもあり、90兆円近くまで回復し、2013年には100兆円を突破した、とあるように、我が国の「環境ビジネス」は、「2020年における我が国環境ビジネスに関する調査研究」<sup>2-26)</sup>に予測されていた2020年を待たずして、90兆円を超えて100兆円超えを達成した。

一方、我が国の環境装置生産額は、2001年度をピークに徐々に減少し、2006年度は8,200億円と2001年度の生産額の半分程度まで落ち込んでいる。これは環境装置市場を支えてきた官公需要の減少、製造業の設備投資の減速等の背景が考えられるが、環境インフラ整備が概ね一巡したことを意味するとも言える。そのような背景から、環境装置産業は、現状で実施している事業展開から、新分野への事業展開、新たな技術開発、新たな市場創出等を行う必要があるとされている。一巡した環境整備については、それぞれの市場規模の成長予測からも読み取ることができる。2010年度は、東日本大震災の前年であり、翌年にわが国が被った被害については折りこまれていない。しかし、東日本大震災以降の我が国の環境ビジネスは堅調に伸び続け、その背景には、いい意味で、東日本大震災の影

図 2.2 2015～2020 年新エネ市場予測 <sup>2-27)</sup>

響があったことは無視できない。原発事故の影響による電力供給抑制下で、省エネ意識も高まり、結果としてその効果はエネルギー消費量の推移からも読み取ることができる。

マクロな市場動向については「2020 年における我が国環境ビジネスに関する調査研究」<sup>2-26)</sup>と、「環境ビジネスの市場規模と業況の動向—経済と環境の両立に向けて—」<sup>2-27)</sup>を参照した。「2020 年における我が国環境ビジネスに関する調査研究」は、「環境・社会の構造変化を念頭に置きつつ低炭素社会の実現に向けて、環境装置産業は、現状で実施している事業展開から新分野への事業展開、新たな技術開発、新たな市場創出等を行う必要があるとして 2020 年における環境装置産業への社会的ニーズや課題を基に、環境装置産業を取り巻く外部要因の変化や動向を調査し、これに基づき 2020 年における環境ビジネス市場規模を推計すると共に、環境装置産業が進めるべき技術開発、ビジネスモデル・イノベーション、環境装置産業に求められる役割の検討を行ったもので、環境面の大きな変化だけでなく、少子高齢化・ワークシェアリングによる雇用体系の変化などに伴う大きな社会構造変革が見込まれる状況を踏まえ、環境・社会の構造変化を念頭に置きつつ、低炭素社会の実現に向けて、環境装置産業に求められる役割の検討を行ったものである。」とした上で、市場規模等についてシナリオ別に分析されている。再生可能エネルギー等、省エネルギー関連製品市場については、「地球温暖化対策市場」と位置づけることができ、低炭素社会の実現に直結する。また、未利用、未着手の分野も多く、極めて有望な市場といえる。事実、2008 年には市場を持たなかった地熱発電施設の市場規模は 2020 年には 784 億円と予測されており、2008 年に 630 億円市場だった風力発電施設については 395 %の伸びが予測され、その市場規模は 2490 億円に拡大するとされている。総合マーケティングビジネスの富士経済によって 2017 年 9 月 16 日、2015 年比の 2020 年度における再生可能エネルギー発電システムの国内市場の予測が発表された。

富士経済が「新サービスの開発や海外事例の取り入れなど“ポスト FIT”市場への対応



図 2.3 2015-2020 年新エネ市場予測<sup>2-28)</sup>

が進む再生可能エネルギー発電システムの国内市場を調査」し報告書を公開した。富士経済は 2016 年の再生可能エネルギー関連システムの市場規模を 3 兆 3,065 億円、それが 2020 年までに 1 兆 7,124 億円まで縮小すると予想している。上記グラフより各再エネの市場規模動向を見てみると水力発電システムは 2017 年に向かって増加、その後微減から横ばい、風力発電システムも 2017 年に向け拡大し 2018 年微減し、再度 2020 年に向かって拡大している。またバイオマス発電システムは 2017 年をピークに大幅減少。太陽光発電システムは 2015 年のピーク約 3 兆円から急激に縮小し 2020 年には 1/3 の約 1 兆円にまで市場は縮小している。さらに、この太陽光発電市場の規模縮小は既に影響が出始めており、東京商工リサーチ「太陽光関連事業者」の倒産状況によると、太陽光の買取価格下落による業績の悪化、人件費負担の増加や同業者間の競合による採算が悪化、上記理由から、資金繰りがうまくいかず倒産が増加しているとみている。2016 年上半期の太陽光発電事業者の倒産数は 31 件と 2015 年同時期比で 24 %増加しており、通期でも前年を大きく超えることが予想されていた。

それに対して風力発電システム市場は、洋上風力発電所の複数の建設計画・中大型陸上の風力発電所の運転開始などで、2016 年度は 1,003 億円、2020 年には 2 倍以上まで市場が成長すると見込んでいる<sup>2-29)</sup>。大林組「秋田・三種町で大林組初の風力発電プロジェクトが着工」に拠ると、2017 年 7 月には秋田県の沿岸部に約 6MW の陸上大型風車 3 基を建設、三種町の使用電力の 7 割、年間約 5,000 世帯の電力を発電。また、秋田県では秋田港と能代港における洋上風力事業を行うため、大林組、丸紅、東北自然エネルギーが合同で洋上風力発電の可能性を調査中で、これが実施されると 2 つの港を合わせて総出力 14.5

万 kW を想定している。このように風力発電所は大型のものを中心にどんどん開発が進んでいる。また、太陽光発電の買取価格下落などを受け小型風力発電の開発に着手する業者も増えてきており、小型風力発電の普及も進むことが予想される。2016 年現在、小型風力発電の固定買取価格は 55 円/kwh と太陽光発電の買取単価の 2 倍以上となっており、10 %以上の利回りも期待できるとされている。

廃棄物処理、リサイクル等関連製品市場については、2008 年比 2020 年の市場規模予測値について、プラントにあっては、産業廃棄物処理装置が 139 %、汚泥処理装置が 165 %、とわずかな拡大が見られるものの、都市ごみ焼却装置 97 %、廃棄物処理装置関連機器 108 %と、伸び悩みを見せ、環境インフラ整備が概ね一巡したことを意味すると言える。また、廃棄物の収集運搬については、運搬請負が 74 %、トラック輸送についても 90 %と市場規模が縮小するという見通しになっている。一般廃棄物の処理処分事業については、公共・公共委託・民間とも 101 %であり、医療廃棄物処理業のみ 122 %の拡大が予測されている。リサイクルについても、家電・パソコン・小型家電リサイクルとレアメタルリサイクルが 120 %台の伸びを予測されているものの、スクラップ回収販売は 49 %に縮小すると予測されている。下水、排水処理等環境汚染防止関連製品市場については、公共下水処理・し尿処理とも 96 %に縮小し、産業排水処理プラント市場は 650 億の市場であるが拡大することなく成長率は 100 %といわれている。「2020 年における我が国環境ビジネスに関する調査研究」によれば、環境インフラ整備が概ね一巡したことを意味するとも言える状況下で、環境装置産業は、現状で実施している事業展開から、新分野への事業展開、新たな技術開発、新たな市場創出等を行う必要があるとされている。筆者は、環境ビジネスの台頭を、1991 年のバブル崩壊、2008 年のリーマンショックなどの虚構の時代を経たレジリアンスと捉えている。「環境ビジネス」という言葉が未だ珍しかった時代、徳江倫明「農業こそ 21 世紀の環境ビジネスだ」<sup>2-30)</sup> の出版は 1999 年であった。3.11 以降「レジリアンス」という言葉が多用されたが、その概念は、外からの変動や変化に対して、システムが反応し、衝撃を吸収しながら、自らの機能を維持する能力を示す<sup>2-31)</sup>。外からの変動や変化には、地球温暖化などのゆっくりとした変化も、地震や津波といった突発的な衝撃も含まれる。また、物理的な変化だけでなく、生態系で言えば、侵略的な外来種の侵入や Covid-19 のような疫病の流行も含まれる。俯瞰すると、わが国における「環境ビジネス」の台頭と、減退による行き詰まりは、リーマンショック、東日本大震災などの突発的な事件や激甚災害の衝撃に抵抗する業界のレジリアンスの一例であり、今世紀になって起きた Covid-19 のパンデミックに対しても、本節で触れた 2014 年以降の「太陽光関連事業者の倒産」のような大きな変化とそれを乗り越えるだろう新しい動きが起きるはずである。

### III オイルショックと「環境建築」

1973年10月に勃発した第4次中東戦争をきっかけに、第一次オイルショックが起きる。OPECが原油の供給制限と輸出価格の大幅な引き上げを行うと、国際原油価格は3カ月で約4倍に高騰した。「石油供給が途絶えれば、日本は物不足になるのでは？」という不安感が人々を買いだめ・買い占めに走らせ、一方で売り惜しみや便乗値上げなどをする小売店も現れ、日本全国のスーパー店頭からトイレットペーパーや洗剤が消えた。原油の値上がりはガソリンなどの石油関連製品の値上げに直結し、物価は瞬く間に上昇。急激なインフレはそれまで旺盛だった経済活動にブレーキをかけ、1974年度の日本経済は戦後初めてマイナス成長となり、高度経済成長期はここに終わりを告げた。その影響を数値で見ると、第1次オイルショック前5.7%だった一般消費者物価上昇率は、1973年には15.6～20.9%と急伸。鉱工業生産指数については、第1次オイルショック前の1971～73年度の平均が8.1%だったのに対して、1974～75年度の平均はマイナス7.2%となった<sup>2-32)</sup>。1979年のイラン革命により、イランでの石油生産が中断したため、イランから大量の原油を購入していた日本は需給が逼迫し、第2次オイルショックを経験した。さらに1978年末にOPECが「翌1979年より原油価格を4段階に分けて計14.5%値上げする」ことを決定し、原油価格が上昇し、(ただし、4段階目の値上げは総会で合意が形成できず、実際には3段階までであった)第1次石油危機並に原油価格が高騰した<sup>2-32)</sup>。原油価格に着目すると、1973年の第一次オイルショックまでは、原油は化石燃料ではあるものの、安価に安定的に供給され続けるという誤謬のもと高度成長期<sup>2-33)</sup>を下支えしてきたといえる。「消費が美德」とされた高度成長期は、成長と引き換えに沢山の負の遺産も生み出したといえる。1962年に出版された、カーソンの著作「沈黙の春」が取り上げた、残留農薬の生態系への影響は、まさに高度成長期の負の遺産である。ヴィクトル・オルゲイの「DESIGN WITH CLIMATE」<sup>2-34)</sup>の初版は、カーソンの著作「沈黙の春」(1962)の翌年、1963年であった。オルゲイは、化石燃料に依存するデバイスには着目することなく、執拗に「自然エネルギー利用の可能性」を分析している。鳥の巣、蟻塚の成り立ち、古代文明の住居配置に見られる秩序にも触れたうえで、「DESIGN WITH CLIMATE」では、気候風土の異なる米国の4都市をモデルに、人間の体感をベースに、日射量、気温、湿度、風向風速などの気候要素と日射遮蔽のデバイスの分析から、自然エネルギー利用のパッシブ建築のあり方が示されており、その後の「環境建築」に、気象データ分析や、そのデータをビジュアルに示す手法について、多くの研究者に大きな影響を与えた。オルゲイは1970年、第一回アースデイに亡くなった。この著作の翻訳版は未だないが、50年を経た2015年、今世紀になって、息子たちにより復刻再版が出版された。3人の息子、コラ・オルゲイはランドスケープアーキテクト、ノラ・オルゲイはグラフィックデザイナー、

ヴィクトル・W・オルゲイは建築家である。筆者は、本著と学生時代に出会った。著書の挿図は既に環境工学系の図書に引用されており、挿図のいくつかは見たことがあった。かねてより翻訳を望んでいたものだが、全12章に渡るコンテンツが、1年間の連載にちょうどよかったので、コンテンツの解説をまとめる機会を得た<sup>2-35)</sup>。創造的建築アプローチと分析的建築アプローチを橋渡ししてひとつの統合したコンセプトを構築するというオルゲイの思想は、コンピュータシミュレーションという道具を得た今でも必要な概念であり筆者にそのようなスタンスで建築デザインに望む姿勢を教えてくれた。今でも色褪せない名著が、その後のパッシブデザインに与えた影響は計り知れない。

「環境建築」の系譜として重要なトピック、PLEA 国際会議の発足は第一次オイルショックの最中 1976 年であった。PLEA 国際会議は、太陽エネルギーや風力などの自然エネルギーを建築の設計の中に活かすことにより、限りある化石エネルギーの消費をできるだけ抑えることが必要であるという意識からアメリカの建築家でフロリダ大学のアーサー・バウエン教授によって提唱され、賛同する各国の研究者によって広められてきた。PLEA(Passive and Low Energy Architecture) とは、大規模な機械的手法を用いずに太陽光などの自然の恵を建築にうまく活用して、エネルギー消費を抑えた建築という意味で、こうした建築を研究している研究者の国際ネットワークである。バウエン教授が危惧したことは、PLEA 国際会議の発足当時(1976 年)のフロリダでは、安価な石油が無尽蔵に供給され続けるという誤謬のもと、空調機器での室内気候のコントロールを前提に、窓の開かないビルが建てられているという状況であった。第一次オイルショックの最中、それまでは不自由することなく入手することができていた原油調達への不安と高騰する価格への不安は、化石燃料に依存していたエネルギーシステムを大きく転換しなければいけない時期の到来を告げた。

省エネの技術開発では、1973 年にスタートした「サンシャイン計画」<sup>2-36)</sup> は、太陽、地熱、石炭、水素エネルギーという石油代替エネルギー技術にスポットを当て、重点的に研究開発を進めるものであった。1978 年に策定された「ムーンライト計画」<sup>2-37)</sup> に基づき、エネルギー転換効率の向上、未利用エネルギーの回収・利用技術の開発などが進められた。この結果、日本の産業は世界でも最高水準のエネルギー消費効率を達成することになった。一方、石油以外のエネルギーへの転換も促され、1980 年には新エネルギー総合開発機構も設立され技術開発が推進されたが、これら二つの環境対策は、いずれも 2 度のオイルショックの時期と一致している。

PLEA 国際会議は、その後も地球的な環境問題がとりざたされるなか、地球や環境に配慮した低エネルギー建築の確立を目指し、1982 年からほぼ毎年 1 回、世界各地で会議が開催されてきた。この国際会議は、わが国で今まで 2 回開催されており、1997 年 1 月、釧路で第 14 回目の国際会議が開催された。国際会議の準備とインフォメーションのために、日本建築学会がインフォメーションセンターを企画し、筆者が設計を担当した。国際会議



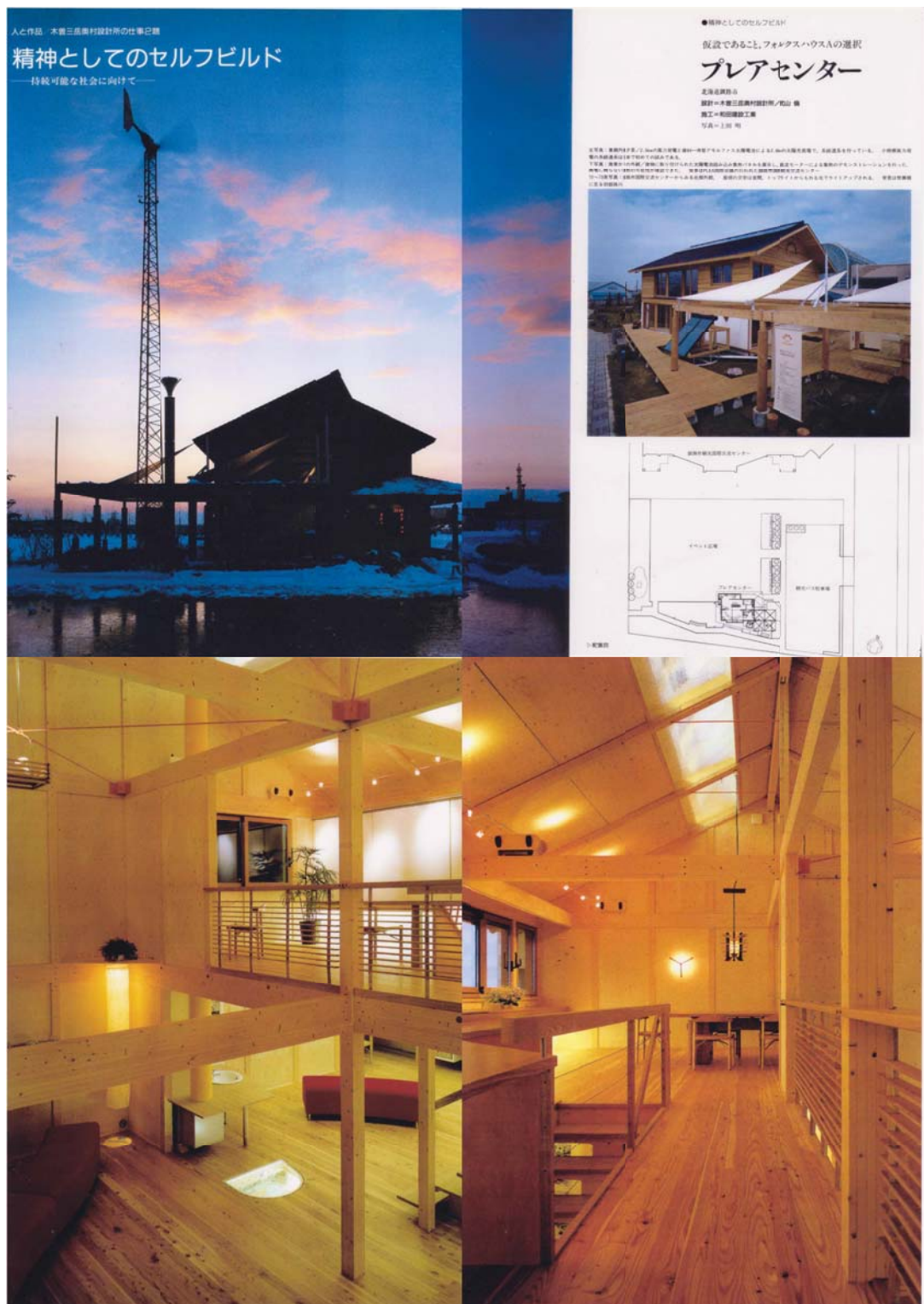


図 2.4 PLEA 1997 Kushiro<sup>2-38)</sup>

の約1年前に竣工した1997 PLEA Kushiro Info. (図2.4)では、厳寒の地釧路にあって、自然エネルギー利用の実際と、それによって実現している室内気候について、リアルタイムで各部の温湿度データを公開し、エネルギー自給と、わが国のパッシブデザインの実際を世界に発信した<sup>2-38)</sup>。エネルギーの使用の合理等に関する法律(昭和54(1979)年6月22日法律第49号)に基づいて、わが国で初めて省エネルギー基準(以下省エネ基準とする)が示された昭和55(1980)年は、第二次オイルショックを背景としてみるとみることができる。それまでに経験したことのないオイルショックは、世界的にエネルギー事情が変わる中で、持続可能であるために、今までのシステムを疑い、備えるための数々の成果につながってきたと評価することができる。

## IV バブル景気と「環境建築」

地球を取り巻くオゾン層は、生物に有害な影響を与える紫外線の大部分を吸収しているが、一方で冷蔵庫の冷媒、電子部品の洗浄剤等として使用されていたCFC(クロロフルオロカーボン)、消火剤のハロン等は大気中に放出され成層圏に達すると紫外線による光分解によって塩素原子等を放出し、これが分解触媒となってオゾン層を破壊している。このようなオゾン層破壊のメカニズム及びその悪影響は1970年代中頃から指摘され始め、オゾン層の破壊に伴い地上に達する有害な紫外線の量が増加し、人体への被害(視覚障害・皮膚癌の発生率の増加等)及び自然生態系に対する悪影響(穀物の収穫の減少、プランクトンの減少による魚介類の減少等)がもたらされている。その後、国際的な議論が行われ、1985年3月22日にオゾン層の保護を目的とする国際協力のための基本的枠組を設定する「オゾン層の保護のためのウィーン条約」(ウィーン会議)が、1987年9月16日に同条約の下でオゾン層を破壊するおそれのある物質を特定し、当該物質の生産、消費及び貿易を規制して人の健康及び環境を保護するための「オゾン層を破壊する物質に関するモントリオール議定書」がそれぞれ採択されるに至った。

1986年、フライブルグに、「エコステーション」と呼ばれる環境教育施設がオープンする。「エコステーション」には、珍しい建築様式のエコロジカルなモデルハウス、オーガニックガーデンとハーブ園を備えた庭園があり、数々の催し物やセミナー、ワークショップを一般の方々向けに開催している。専門知識のあるパートナー達との協力によって環境教育のため、持続可能な社会のため、革新的かつ魅力に富んだプロジェクトを展開している。また課外授業の場として、自然と環境について実践的に学ぶため、多様な機会を提供している。

環境問題全般についての大規模な国際会議としては、1972年に「かけがえのない地球」をキャッチ・フレーズとして、ストックホルムで国連人間環境会議が開かれたのが初めてである<sup>2-39)</sup>。環境の世界共通原則「人間環境宣言」が採択された。1988年にはカナダの

トロントで国際会議が開かれ、CO<sub>2</sub>削減量を20%にすることを提案し、国連に気候変動に関する政府間パネル（IPCC）が設立された。地球環境問題への関心の高まりは、わが国の提唱によって設置された「環境と開発に関する世界委員会」（ブルントラント委員会）が1987年の国連総会に提出した報告書「我ら共有の未来」は、「持続可能な開発」の概念を提唱し、環境問題に対する世界的な取組の必要性を世界に認識させたことが契機であった。また、1988年には、前述のトロント会議により温暖化が一気に国際政治問題となったことが背景となって、1989年の国連総会において「環境と開発に関する国連会議」（地球サミット）を1972年の「国連人間環境会議」の20周年に当たる1992年に開催することが決議された。小玉佑一郎<sup>2-40)</sup>が翻訳した「パッシブソーラーハウスの設計手法」（マリッツア・エドワード著1980）は、「パッシブシステム」という概念が未だ一般的でなかった時代に、環境建築のありかたを紹介した名著である。当時建設省、住宅・建築省エネルギー機構（IBEC）では、清家清を委員長に、実験部会長を奥村昭雄とした、パッシブシステム住宅の研究が進められており、3ヵ年の研究成果は、「パッシブシステム住宅の設計」（1985）にまとめられ、翌年1986年には、奥村昭雄による「太陽熱空気集熱システム」が特許を取得している。その後、わが国は、日経平均株価が38,957円の史上最高値を記録した1989年12月29日をはさみ、1986年12月から1991年2月までの51か月間に及ぶ、バブル期と後に呼ばれる資産価格の上昇と好景気に見舞われる。奥村らOM研究所を中心として試行錯誤を繰り返していた自然エネルギー利用のデバイスのひとつとしての「太陽熱空気集熱システム」は、バブルの後押しと、オゾン層保護のためのウィーン会議、CO<sub>2</sub>削減量を20%にすることが提案された1988年のトロント国際会議の開催などの地球環境問題への関心の高まりなどが後押しをして、教育関係者、地方自治体の役人などをクライアントにして、多くの実践の機会を全国に得たことで、最盛期には年間1,500棟の住宅に採用され、2020年現在、住宅約27,000棟、施設建築（学校・病院などを中心とした公共施設）約750棟<sup>2-41)</sup>に導入されるに至った。

バブル景気を「環境建築」から評価したいのは、虚構の時代ではあったが、人々のまだ見ぬ価値への躊躇なき勇氣ある投資を可能としたところにある。筆者らの「空気集熱式太陽熱利用パッシブソーラーシステム」は、容積比熱の小さな空気を熱媒体にしていることで、当初は空調衛生学会、建築学会の環境工学系などから見向きもされず「町場の工夫」の延長と揶揄された。その状況を塗り替えたのがバブル期の勇氣ある施主たちであった。オイルショックを経て、省エネと環境への配慮の意識が芽生え、我々の工夫を「おもしろい」と評価する施主に、それに住みたいと思わせ、実行するだけの、夢と体力が当時のわが国にはあった。ちょうどそのころドイツ、ダルムシュタットに「建築都市設計同人AG5」を設立していた岩村和夫<sup>2-42)</sup>が1980年に帰国後、東京に「岩村アトリエ」を設立（1990年法人化）。以来、同所を拠点とし、エコロジカルな「環境デザイン」の立場に立ち「持続可能な社会」の構築に資する建築・まちづくりのソフト・ハード両面における



調査・研究・開発、および企画・計画・実施に係わる活動を熱心に展開していた。岩村自邸は「自邸：カッセル・エコロジー団地」（1990年／ドイツ、カッセル市）に位置する。岩村がわが国に紹介した、ドイツの「環境共生住宅」は、世田谷区営深沢環境共生住宅プロジェクトを草分けに、今では、一般社団法人環境共生住宅推進協議会が、現在起こっている環境問題の多くが、私たちの暮らしと密接に関わっているとして、地球温暖化、資源の枯渇、風土の消滅、まちなみ・コミュニティの消失、室内空気汚染など、家だけでなく、その敷地、周囲、まち、国、地球というレベル・質の違う環境問題を、暮らしと住まいからのアプローチによって解決しようと考え活動が続けている。ドイツの「バウビオロギー」の考え方には、わが国が学ぶべきことが沢山ある。

## V 小結

原油価格に左右されるわが国の経済事情の環境建築への影響は、2度のオイルショックに象徴される。オイルショック以前の原油価格は、「水のごとく安価で無尽蔵に供給され続ける」という「誤謬」が見せた幻想だった。「水のごとく」と評したが、地球は水の惑星と呼ばれながらも実際には人類が必要とする「淡水」は乏しい。資源の乏しい我が国は、2度のオイルショックに機敏に反応し、サステナブルな道を模索した。サンシャイン計画とムーンライト計画が発動し、ムーンライト計画では省エネデバイスの開発と高効率化が図られここで開発された技術とデバイスはその後わが国の省エネ技術を支えることになった。これら二つの大きなエポックは、オイルショックへの呼応と捉えることができる。また、メドウズの「成長の限界」の警鐘に端を発する「環境倫理」と「サステナビリティ（持続可能性）」に代表される新世紀に向けたグローバルな時代思潮への同期としても読み取ることができる。「環境建築」の系譜は、オルゲイの「DESIGN WITH CLIMATE」に端を発し、「PLEA 国際会議」が潮流をつくり、時間をかけて醸成されたことが読み取れる。都度強化されてきた省エネ基準からは、京都会議 COP3 に呼応した次世代省エネ基準、パリ会議 COP21 に呼応した改正省エネ基準が読み取れる。

1980年代後半の「バブル」経済は、オイルショックを乗り越えて原油価格が落ち着きを見せた時期にあたるが、資産価値倍増という虚構の上に、今ならコスト感が障害となるような様々な新しい試みを実現することができた時代でもあった。新しい価値としてムーンライト計画で準備された技術も受け入れられた。「環境建築」が普通のこととして受け入れられるための「環境倫理」と「サステナビリティ（持続可能性）」に代表されるグローバルな時代思潮が受け入れられ、その土壌が整った時期と言えよう。



## 文献の引用と注釈

- 2-1) BP (ビーピー 英: BP plc、旧ブリティッシュ・ペトロリアム 英: The British Petroleum Company plc) は、イギリス・ロンドンに本社を置き、石油・ガス等のエネルギー関連事業を展開する多国籍企業。現在世界の石油関連企業の中でも特に巨大な規模を持つ国際石油資本、いわゆる「スーパーメジャー」と総称される6社の内の1社。
- 2-2) Statistical review of world energy, <https://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy.html>, 2020年12月4日閲覧。
- 2-3) economagic: <http://www.economagic.com/>, 2020年12月4日閲覧。
- 2-4) bloomberg: <https://www.bloomberg.com/>, 2020年12月4日閲覧。
- 2-5) news, Y. J.: 150年以上にわたる原油価格の推移をさぐる (2020年公開版), <https://news.yahoo.co.jp/byline/fuwarai/20200805-00189920/>, 2020年12月4日閲覧。
- 2-6) ブレント原油 (Brent Crude) は、原油価格市場において主要な位置を占める原油のひとつ。北海のブレント (Brent) 油田から主に採れるためブレント原油という。ブレントという名前は岩層区分の Broom, Rannoch, Etive, Ness そして Tarbert から取られた。
- 2-7) 町の工務店ネット+チームおひさま: 住まいを予防医学する本, 町の工務店ネット, 2007。
- 2-8) 大場 紀章: 負の原油価格, <https://note.com/noriakioba/n/n10da89d934f0>, 2020年11月20日閲覧。
- 2-9) 公益社団法人日本建築家協会, <http://www.jia.or.jp/>, 2020年12月4日閲覧。
- 2-10) 林 昭男: 環境建築をめぐる昨今の事情-この10年をふり返って-, [http://www.jia.or.jp/qualify/cpd/newsprogram/2003/01\\_hayashi.htm](http://www.jia.or.jp/qualify/cpd/newsprogram/2003/01_hayashi.htm), 2020年12月4日閲覧。
- 2-11) 監修: 岩村和夫: サステイナブル建築最前線, 日本建築家協会+ビオシティ, 2000。
- 2-12) レイチェル・カーソン: 沈黙の春, 新潮文庫, 1974。
- 2-13) ドネラ・メドウズ: 成長の限界, ダイアモンド社, 1972。
- 2-14) ドネラ・メドウズ: 限界を超えて, ダイアモンド社, 1992。
- 2-15) 池田 佳代子/ダグラス・ラミス (対訳): 世界がもし100人の村だったら, マガジンハウス, 2008。
- 2-16) シム・ヴァンダーリン: アメリカの建築家研究者および教育者。専門的は、物理的および社会的エコロジーの原則を建築と環境デザインに適用すること。コミュニティ規模および建物固有の規模で持続可能な設計を推進してきた。一戸建ておよび集合住宅、コミュニティ施設、リトリートセンターおよびリゾート、学習施設、オフィスおよび商業ビルを設計した, <https://en.wikipedia.org/wiki/SimVanderRyn>, 2020年10月20日閲覧。
- 2-17) ライフサイクルアセスメント: (LCA: Life Cycle Assessment) ある製品・サービスのライフサイクル全体 (資源採取—原料生産—製品生産—流通・消費—廃棄・リサイクル) またはその特定段階における環境負荷を定量的に評価する手法である。

LCA については、ISO（国際標準化機構）による環境マネジメントの国際規格の中で、ISO 規格が作成されており、こうした流れを受けて、わが国の企業でも csr 報告書などで LCA が取り入れられている。、<https://tenbou.nies.go.jp/science/description/detail.php?id=57>, 2020 年 10 月 20 日閲覧。

- 2-18) シム・ヴァンダーリン: *Ecological Design*, ビオシティ, 1997.
- 2-19) グリーン・ニューディール下院決議案発表。再エネ 100 % 転換等の気候変動対策: <https://sustainablejapan.jp/2019/02/11/green-new-deal/37264>, 2020 年 10 月 24 日閲覧。
- 2-20) 富士総研: 環境の時代をどう捉えるか, <https://www.fujitsu.com/jp/group/fri/column/opinion/200904/2009-4-4.html>, 2020 年 10 月 24 日閲覧。
- 2-21) 環境大臣 斉藤 鉄夫: 緑の経済と社会の変革, [http://www.env.go.jp/guide/info/gnd/pdf/igecs\\_main.pdf](http://www.env.go.jp/guide/info/gnd/pdf/igecs_main.pdf), 2020 年 10 月 24 日閲覧。
- 2-22) 有吉 佐和子: 複合汚染, 新潮文庫, 新潮社, 1979.
- 2-23) 遠藤 亘: 前掲 富士総研「環境の時代をどう捉えるか」, <https://www.fujitsu.com/jp/group/fri/column/opinion/200904/2009-4-4.html>, 2020 年 10 月 24 日閲覧。
- 2-24) 経済産業省商務情報政策局情報経済課: 我が国におけるデータ駆動型社会に係る基盤整備電子商取引に関する市場調査 2019 年 5 月 <https://www.meti.go.jp/press/2019/05/20190516002/20190516002-1.pdf>, 2020 年 10 月 24 日閲覧。
- 2-25) 経済産業省資源エネルギー庁: 日本のエネルギー、150 年の歴史④オイルショックを経て、エネルギー政策の見直しが進む, <https://www.enecho.meti.go.jp/about/special/johoteikyo/history4shouwa2,.html>, 2020 年 10 月 24 日閲覧。
- 2-26) 伊藤 正晴: 環境ビジネスの市場規模と業況の動向, <https://www.enecho.meti.go.jp/about/special/johoteikyo/history4shouwa2.html>, 2020 年 10 月 24 日閲覧。
- 2-27) 2020 年 1~7 月「太陽光関連事業者」の倒産状況: [https://www.tsr-net.co.jp/news/analysis/20200828\\_01.html](https://www.tsr-net.co.jp/news/analysis/20200828_01.html), 2020 年 10 月 24 日閲覧。
- 2-28) NEDO 独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構: 再生可能エネルギー技術白書（第 2 版）第 3 章風力発電, <https://www.nedo.go.jp/content/100544818.pdf>, 2020 年 10 月 24 日閲覧。
- 2-29) 伊藤 正晴: 前掲環境ビジネスの市場規模と業況の動向, <https://www.enecho.meti.go.jp/about/special/johoteikyo/history4shouwa2.html>, 2020 年 10 月 24 日閲覧。
- 2-30) 徳江 倫明: 農業こそ 21 世紀の環境ビジネスだ, たちばな出版, 1999.
- 2-31) 香坂 玲: 地域のレジリアンス—大災害の記憶に学ぶ, 清水弘文堂書房, 2012.
- 2-32) 資源エネルギー庁: 日本のエネルギー、150 年の歴史④ 2 度のオイルショックを経て、エネルギー政策の見直しが進む, <https://www.enecho.meti.go.jp/about/special/johoteikyo/history4shouwa2.html>, 2020 年 10 月 24 日閲覧。
- 2-33) 高度成長期, 日本経済が飛躍的に成長を遂げた時期は、1954 年（昭和 29 年）12 月（日本民主党の第 1 次鳩山一郎内閣）から 1970 年（昭和 45 年）7 月（自民党の第 3 次佐藤内閣）までの約 16 年間である。<https://ja.wikipedia.org/wiki/第一次鳩山内閣>, 2020 年 10 月 20 日閲覧。
- 2-34) ヴィクトル・オルゲイ: *DESIGN WITH CLIMATE*, Princeton University Press,

2015 (first published in 1963).

- 2-35) 武山 倫: 基本から学ぶパッシブデザイン「DESIGN WITH CLIMATE」を読み解く, 新建ハウジングプラス1, Vol.2014/4-2015/3, 2014年4月.
- 2-36) 独立行政法人新エネルギー産業技術総合開発機構: サンシャイン計画 40 周年, <https://www.nedo.go.jp/content/100574164.pdf>, 2020年10月20日閲覧.
- 2-37) 国立研究開発法人 日本原子力研究開発機構: 原子力百科事典 ATOMICA, <https://atomica.jaea.go.jp/>, 2020年10月20日閲覧.
- 2-38) 武山 倫: OMソーラーの家 III, プレアセンターと OM の新しい技術, pp. 126-129, 建築思潮研究社, 1997年11月.
- 2-39) 三原 啓子: 地球温暖化について (2), 新しい薬学を目指して, No.39, pp.71-73, 2010年9月.
- 2-40) 小玉 佑一郎: 建設省建築研究所主任研究員、室長、部長を歴任。神戸芸術工科大学教授、(株) エステック計画研究所。工学博士・一級建築士, <https://www.kobe-du.ac.jp/env/kodama/>, 2020年10月20日閲覧.
- 2-41) OMソーラーの歴史, <https://OMsolar.jp/about/history.html>, 2020年10月20日閲覧.
- 2-42) 岩村 和夫: 1971年:早稲田大学理工学部建築学科卒業 1973年:同大学院修士課程修了後、フランス政府外務省給費研修生(技術交流)として渡仏 1974年:在パリ、「georges candilis 事務所」入所 1976年:在アテネ、「candilis-denco 事務所」に転属 1980年:帰国後、東京に「岩村アトリエ」設立(1990年法人化)。以来、同所を拠点とし、エコロジカルな「環境デザイン」の立場に立ち「持続可能な社会」の構築に資する建築・まちづくりのソフト・ハード両面における調査・研究・開発、および企画・計画・実施に係わる活動に従事, <http://www.iwamura-at.com/iwamura/profile/porofile.html>, 2020年10月20日閲覧.

## 第3章

### 省エネ住宅に求められる性能

第3章では、パリ協定を踏まえた2030年度における住宅・建築物分野の温室効果ガス削減目標の達成に向け、社会資本整備審議会建築分科会及び建築環境部会（分科会長及び部会長：深尾精一 首都大学東京名誉教授）において審議された「今後の住宅・建築物の省エネルギー対策のあり方について」（第二次答申）から読み取れる問題点について整理する。現在、日本では地球温暖化対策の分析として、エネルギー起源CO<sub>2</sub>の各部門を産業部門、業務その他部門、家庭部門、運輸部門、エネルギー転換部門の5つに分類している。省エネルギー対策の推進について、他部門（産業・運輸）が減少・微増する中、業務部門・家庭部門のエネルギー消費は大きく増大し（90年比で約20%増）、現在では全エネルギー消費の約3割を占めているとして、建築物における省エネルギー対策の抜本的強化が必要不可欠とされている。パリ協定を踏まえた地球温暖化対策として、2015年7月「日本の約束草案」が地球温暖化対策推進本部において決定され、国連気候変動枠組条約事務局に提出されているが、その目標は、2030年度に2013年度比26%減の水準とされており、家庭部門にあっては、2016年度比39%の削減が約束されていることになる<sup>3-1)</sup>。

建物の省エネ性能は「断熱・気密」によって規定される。省エネ基準に示されるこれらの性能は、熱損失係数（Q値：W/m<sup>2</sup>K）から、2013年に、外皮平均熱還流率（UA値：W/m<sup>2</sup>K）に変わった。両方ともディメンションは同じであるが、Q値の分母は床面積で、UA値の分母は、熱的境界である外皮の面積に変わった。両方とも値が小さいほど熱が逃げにくく、また侵入しにくいことで省エネ性能が高いことを示す。

$$\begin{aligned} \text{部位の熱貫流率 } U[W/m^2K] = & \{ (\text{断熱部の熱貫流率 } U \times \text{断熱部の面積比率 } a) \\ & + (\text{熱橋部の熱貫流率 } U \times \text{熱橋部の面積比率 } a) \} \\ & \div \text{面積比率の合計 } \Sigma a \end{aligned} \quad (3.1)$$

で、求められるが在来工法にあっては、壁の柱や間柱、屋根の垂木、床にあっては大引きや根太などが「熱橋」となるため、計算は複雑になる。そのため、住宅の供給に関わる工務店などで小規模のところには、この計算ができないところがある、と先に紹介した「今後の住宅・建築物の省エネルギー対策のあり方について」（第二次答申）で報告されている。本章では、わが国の「省エネ」基準の変遷に触れるが、世界に視野を広げ、スイス、カナダの省エネ政策について触れることで、わが国の「省エネ政策」を客観的に分析する。



## Ⅰ わが国の「省エネ基準」

住宅の省エネルギー基準（以下「省エネ基準」）は、省エネ法に対応して1980年に制定され、1992年、1999年に改正・強化された。さらに2013年には住宅の外壁や窓などの「断熱性能」に加え、設備の性能や省エネを総合的に評価する「一次エネルギー消費量」基準が加わり、建物全体でエネルギー消費量を減らす基準が導入された。1980年に制定された基準（告示）は「旧省エネ基準（昭和55年基準）」と呼ばれ、1992年に改正された基準は「新省エネ基準（平成4年基準）」、1999年に改正・強化された基準は「次世代省エネ基準（平成11年基準）」と呼ばれている。

わが国最初の省エネ基準「昭和55年基準」は、第二次オイルショックの翌年に制定されている。しかし、この省エネ基準は、「エネルギー使用の合理化等に関する法律（省エネ法）」に基づいた告示で「エネルギーの仕様の合理化に関する建築主等及び特定建築物の所有者の判断の基準（施主の判断基準）」「住宅に係るエネルギー使用の合理化に関する設計、施工及び維持管理の指針（設計施工指針）」「特定住宅に必要なとされる性能の向上に関する住宅事業建築主の判断基準（住宅事業建築主基準）」の3つの告示で構成された罰則規定のない努力目標であった<sup>3-2)</sup>。当時のわが国の断熱基準は暖房度日の水準で各国の断熱基準と比較する以前に、世界最低の水準であることに加えて、罰則規定もなかったことで様々に揶揄されてきた。わが国の住宅は、低いレベルの断熱基準のために寒く、また寒いのは我慢しなければならないと思う国民性も作用して、ヒートショックで入浴中に家の中で亡くなる人がとても多く、その死亡者数については「2011年の1年間で約1万7,000人がヒートショックに関連した入浴中の急死と推計され、その死亡者数は交通事故による死亡者数（4,611人）をはるかに上回る」<sup>3-3)</sup>と報告されている。

省エネ基準は、2017年3月末日から「建築物のエネルギー消費性能の向上に関する法律（建築物省エネ法）」に完全移行して今日に至っている。断熱基準が最初に強化される「平成4(1992)年基準」が施行されるまでの12年間は、省エネ基準を順守することを前提に、住宅金融公庫から「割り増し融資」を得ることができるインセンティブが付与されていた。「空気集熱式太陽熱利用システム」の採用も、住宅金融公庫の「割り増し融資対象」として認定された。これらは「補助金」ではなく、ただの「割り増し融資」であったが、当時は、バブル期の資産価値増を伴い、多くの住宅が着工される状況であった。バブル期における住宅着工数の増大は、一方で多くの住宅が廃棄処分されるという環境負荷の増大を伴った。環境負荷を論ずるとき、廃棄された住宅はとても大きなゴミとして環境への大きな負担となる。高度成長期を通して、消費型の経済システムはその後「持続可能（サステナブル）な社会」を目指す低炭素社会構想によって否定されるが、当時わが国の住宅の寿命は30年程度であり「消費は美德」という価値観で、スクラップアンドビルドが繰り返

返された。平成 11 年基準で世界水準に比べてとても低いレベルだった以前の断熱性能が見直された。平成 11 年基準も、罰則規定を持つものではなかったが、平成 25 年基準（改正省エネ基準）が示され 2015 年に施行されるまでの間、「施主の判断基準」が示されていた。特筆に能うこととして、2008～2011 年度の 4 年間にわたって実施された「長期優良住宅先導モデル事業」において、多くの採択事例が建築物の断熱性能として、平成 11 年基準に準拠することを謳い、のちに「長期優良住宅」の性能基準として、品確法の「省エネ（断熱性能）等級 4」の仕様を一般的なものとするに大きく寄与した。

## II 長期優良住宅と「省エネ基準」

長期優良住宅先導モデル事業は、「いいものをつくってきちんと手入れして長く大切に使う」というストック社会の住宅のあり方について、具体的内容をモデルの形で広く国民に提示し、技術の進展に資するとともに普及啓発を図ることを目的として、2008～2011 年度の 4 年間にわたって実施された。この事業では、住宅の長寿命化に向けた先導的な提案を国が公募し優れた提案に対してその実施に要する費用の一部を補助するというもので、国民の個人の資産となる住宅に対して、200 万円の補助金がインセンティブとなり、消費税増税前の駆け込み受注もあいまって、建設業は好景気をみた。

長期優良住宅先導モデル事業については、筆者も提案を行い 4 年間に渡り採択され、約 500 棟の「長期優良住宅」の建設を後押しした。筆者の提案は、住宅を長く使い続けることを前提に木造建築を大前提に、それまで 3 寸角程度であった柱材を 4 寸角以上にする 것을筆頭に、品確法に定められた「省エネ等級 4、維持管理等級 3、劣化対策等級 3、耐震等級 2」とし、自然素材を多用するエコハウスであった。また補修、メンテナンスなどの「家歴」を保存することと、持ち主が代わっても維持管理を継続することができるように維持管理マニュアルを担保し、その内容について施主に説明することも加えた。長期優良住宅は、先導モデル事業を経て、仕様規定として定められ、今では住宅の性能を表示することができる仕様となっている。わが国の長期優良住宅先導モデル事業の背景として、「長期優良住宅の普及の促進に関する法律（長期優良住宅促進法）」について触れる。

法案の目的は「長期にわたり良好な状態で使用される措置がその構造及び設備について講じられた優良な住宅（長期優良住宅）」の普及を促進すること。耐久性が高く、内装や改修が容易にできる住宅を認定し、改修履歴を記入した「住宅履歴書」を普及させて中古流通を促進することも視野に入れることであった。2008 年はリーマンショックの年であった、当時、衆参両院で与野党が対立し、政局が乱れる中、この法案は衆参両院の全会一致で可決された。さらに、参議院から衆議院に議案が戻る過程で、住宅の建設における木材の使用に関する伝統的な技術を保護し、普及促進するための人材の養成及び資質の向上、情報開示、国産材の適切な利用確保、森林の適正な整備及び保全、国産材の使用、良好な

景観の形成、居住環境の維持及び向上への配慮、建築及び維持保全の状況に関する記録の作成及び保存などについて「追記」が加わり強化された。当時の我が国の住宅の寿命は短く、1996年の国土交通省による試算値「26年」、2000年の公庫利用者を対象とした試算値「32.2年」を持って、およそ30年と説明される状況であった。施主の判断基準でしかなかった省エネ基準の性能も含めて民間から多くの提案があり、のちに「長期優良住宅」の仕様を定めるに至るが、長期優良住宅先導モデル事業で採択された提案は、わが国はじめての「環境建築」の採択だったといえる。

## II.1 スイス「ミネルギー」

スイスには「ミネルギー」という住宅性能のラベリングシステムがある。省エネ性能を数値化してラベリングをしたうえで、その性能が一般に公開されている。スイスのミネルギーにはさまざまな仕様が許されており、共通して求められていることは従来の家に比べて、最大で60%までエネルギーを節約(40%減)することである。ミネルギーのラベリングは、Minergie、Minergie-P、Minergie-Aの3つのカテゴリーに大きく分かれており2002年に基準化されたMinergie-Pはドイツの「パッシブハウス」<sup>3-4)</sup>クラスの建物で、さらに、Minergie-P ECOはMinergie-Pの性能に加えてエコロジカルな建材を使用することになっている。Minergieの建設基準は、品質、快適さ、エネルギーの面で平均以上の要件を持つビルダーとデザイナーを対象とし、MoPEC 2014<sup>3-5)</sup>の要件と比較して、エネルギーバランスは20%より優れている。Minergie-Pは、並外れた建物のエンベロップと最適な快適さを特徴とする低エネルギーの建物を示している。Minergie-Aの建物は、消費するよりも多くのエネルギーを生成するため、快適な生活と最大限のエネルギーの独立性を兼ね備えている<sup>3-6)</sup>。ミネルギー規格には、特別な建材や技術の使用が定められているわけではなく、冬に温めた室内の空気が失われないための断熱強化と夏に十分な温度調節ができるよう適当な換気設備の設置が求められているだけである。スイスは内陸国でも日本と同様に、化石燃料資源に恵まれない国で、石油など一次エネルギーの60%は輸入に依存している。石油は、スイスの最も重要なエネルギー源である。政府は、2020年までに化石燃料の消費を20%削減し、再生可能エネルギーの割合を50%まで引き上げる目標を立てている。水と木材以外、スイスには天然のエネルギー資源がない。そのため、石油、天然ガス、石炭、核燃料など80%のエネルギー資源を輸入している。2015年、水力発電の割合は59.9%を占め、国内に5つある原子力発電所による発電が33.5%を占めていた。代替エネルギー(風力、太陽、ゴミ焼却、バイオガス)の割合は、約6.6%である。1950年代からスイスのエネルギー消費量は、5倍以上に増加した。最も多くのエネルギーを使っているのは、全体の3分の1以上を占める交通である。原油は、最も重要なエネルギー源(41.9%)であり、原子力エネルギー(22.3%)、水力(13.1%)、ガス

(11.0%) がこれに続く。スイスのエネルギー政策は、低価格で環境に優しいエネルギーを保証し、安定供給を確保することを目標としている。この目標を達成するため、特に1990年の憲法条項、1998年に可決されたエネルギー法、2001年に公表されたプログラム“エネルギー・スイス”がある。“エネルギー・スイス”は、2002年までにCO<sub>2</sub>の排出とエネルギー消費を1990年の状態から20%削減することを目標としている。加えて、再生可能エネルギーの割合を2010～2020年の間に50%増やすことも目指している。2008年から化石燃料（石油、ガス、石炭）によるCO<sub>2</sub>排出量は増加している。2011年に福島で起きた原子力発電所の事故を受けて、スイスでは、“エネルギー戦略2050”の名の下に原子力によるエネルギーを徐々に減らしていくことを目指したエネルギー転換が進められている。世界経済フォーラム（WEF）が2019年3月25日に発表した2019年の「エネルギー移行指数」で、スイスは115カ国中第2位に浮上した。エネルギー効率の投資額では首位に立った<sup>3-7)</sup>。指数は各国のエネルギー転換の効率性や、持続可能で手ごろな価格の電力システムに移行する準備状況などを評価した。1位はスウェーデンで、スイスは前年2位だったノルウェーを抜いた。4位にフィンランド、5位にデンマークが続き、欧州諸国が上位10カ国を独占した。欧州以外ではウルグアイが11位、日本は18位だった。ジンバブエ、南アフリカ、ハイチが下位3カ国となった。主な二つの評価軸のうち、スイスは電力システムの効率で第3位、エネルギー移行の準備状況では第4位だった。電化率や国内総生産（GDP）におけるエネルギー関連補助金比率など、エネルギー効率化への投資では第1位だった。

スイスの家庭用暖房から発生する化石由来のCO<sub>2</sub>排出量は、家庭のエネルギー効率が改善したことから、その期間に人口が13%増加し、かつ一人あたりの平均居住面積も増えているにも関わらず、2000～2013年にかけて減少している。もし一般家庭における省エネ対策が進んでいなかったとしたら、調査対象期間中に各家庭から排出されるCO<sub>2</sub>の量は、実際の排出量を20%近く上回っていたはずである。ミネルギーは「ミニマル・エネルギー消費（Minimaler Energieverbrauch）」から生まれた言葉で、光熱費を従来の半分以下に抑える省エネ建築用スタンダードである。「今の住宅はエネルギーを使い過ぎ。エネルギーはもっと節約できるはず」としてチューリヒ州建設省のエネルギー部門を率いていたルエディ・クリージ氏が、およそ10年前「ミネルギー（Minergie）」コンセプトを考案した。当時のスイスでは、消費エネルギー全体の1/3以上を住宅の暖房・給湯エネルギーが占めていたといわれる。ミネルギー政策は、スイス国内で使われる総エネルギーの約1/3を占める暖房・給湯エネルギー量を40%削減することができる。つまり、スイス国にとっては、総エネルギーの13%削減を可能とする省エネ政策であったと評価できる。続けて国策としての省エネ政策については、カナダのR2000政策についても触れておきたい。



	Country name	2019 ETI Score <sup>2</sup>	System Performance	Transition Readiness
1	Sweden	75%	81%	69%
2	Switzerland	74%	78%	71%
3	Norway	73%	82%	65%
4	Finland	73%	72%	74%
5	Denmark	72%	72%	73%
6	Austria	71%	71%	71%
7	United Kingdom	70%	74%	66%
8	France	69%	77%	60%
9	Netherlands	69%	71%	66%
10	Iceland	69%	75%	62%
11	Uruguay	67%	75%	60%
12	Ireland	67%	71%	63%
13	Singapore	67%	68%	65%
14	New Zealand	66%	73%	58%
15	Luxembourg	66%	64%	67%
16	Portugal	65%	71%	59%
17	Germany	65%	66%	64%
18	Japan	65%	67%	63%
19	Lithuania	65%	72%	57%
20	Estonia	64%	64%	64%
21	Costa Rica	64%	75%	54%
22	Belgium	64%	67%	61%
23	Latvia	64	69%	58%
24	Slovenia	64%	69%	58%
25	Spain	64%	71%	56%
26	Chile	63%	67%	59%
27	United States	63%	66%	59%
28	Malta	62%	70%	54%
29	Italy	62%	70%	54%

図 3.1 各国のエネルギー転換効率指数 (2019)<sup>3-7)</sup>図 3.2 玄関に掲げられた MINERGIE-P のエンブレム (左)  
建設中の MINERGIE-P 住宅 (著者撮影 2011.6)

## II.2 カナダ/エネルギー省「R2000 住宅」

超高断熱・高気密住宅・R-2000 は、1978 年のオイルショックを契機にカナダ政府が開発を進めた、エネルギーを節約し、高い居住環境を実現するツーバイフォー住宅である。R-2000 住宅の基本は①バランスのとれた高い断熱性（地区ごとに断熱基準が決まっており、暖房エネルギーの消費量の基準をもとに最適な断熱をコンピュータが計算する）、②高い気密性（送風ファンで 50 パスカルの圧力をかけ、空気漏れが 1.5 回/時）、③全室暖房、④適正な換気（1 日中安定して新鮮な空気を導入する）の 4 項目。特に気密性の保持が大きなテーマになっている<sup>3-8)</sup>。R-2000 住宅の最大の特長は、「優れた居住環境を実現し、しかも消費エネルギーはこれくらい」と、住宅の性能を住み手に保証できるところにあった。この考え方は現在の次世代省エネルギー基準や住宅性能表示制度に導入されているが、R-2000 は次世代基準と比べ省エネ性能が高い点、住宅性能表示制度と比べ内容がわかりやすい点で優れており、制度としては廃止されたものの、住宅性能をけん引する、いわゆるトップランナーとしての位置づけは 15 年を経ても変わっていない。R-2000 は高い信頼性を確保するため、いろいろな登録制度や資格制度を設けていた。この考え方も高性能住宅を供給する方法として、わが国でも参考にされた。日本版の R-2000 も本国カナダに習い、気密性能基準は 50 パスカルの圧力をかけ漏気回数が 1.5 回/時、相当隙間面積でおよそ 1.0 平方センチ/平方メートルと、とても高い水準に設定された。R-2000 は「紀元 2000 年までに全ての住宅の外壁の断熱性能を R-20 以上にして、家庭で消費する暖房費を 1/4 以下にしよう」という計画である。カナダでは R（熱貫流抵抗）値で表し、日本では K（熱貫流率）値で表現している。また、カナダではインチフィート、日本ではメートル単位であるため、この R-20 という性能は、日本流に言えば、全ての外壁の K 値を 0.244 以下にしようとするものである。日本版 R-2000 の仕様を以下にまとめる。

- ① 全戸完成時に気密テストをして漏気回数 1.5 回/時 (相当隙間面積 0.9 平方 cm) 以下であることを証明する。
- ② 関東地域では Q 値 (熱損失係数) を 1.2kcal とする。
- ③ 台所、浴室、便所からは 24 時間機械排気をする。
- ④ 換気回数は平均で 0.5 回/時とし、大きな家、少ない家族、空気質の綺麗な家では 0.3 回/時でよい。
- ⑤ 室内の空気では燃焼させるガス、石油ストーブは使わない。

R-2000 のビジョンは、カナダの家庭で消費する暖房費を 1/4 以下にするというものであった。つまり、国内で使われる総エネルギー量のうち、3 分の 1 以上が建物の暖房と温水と仮定して、それが 1/4 になるとすると削減量は 1/3 の 3/4 つまり 25 %削減可能という省エネ政策であった。R-2000 の仕様は先駆的なもので今でも十分に高い性能を示して

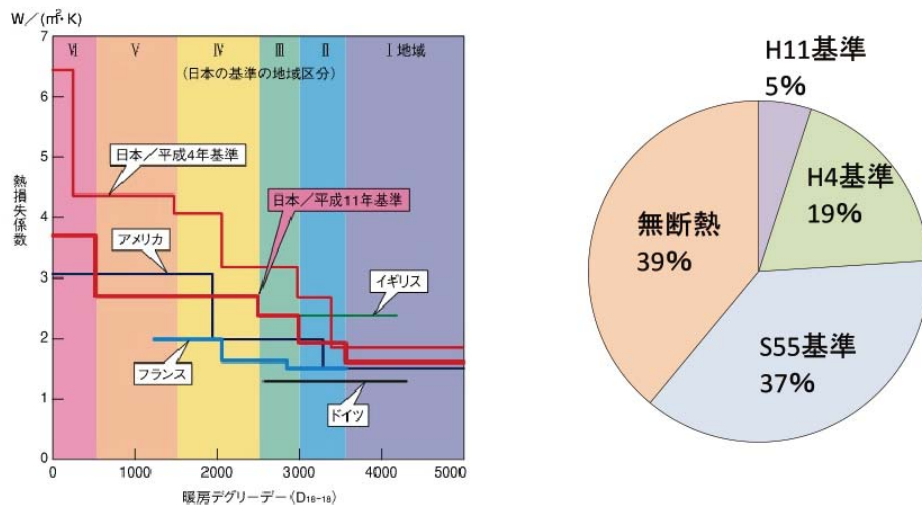


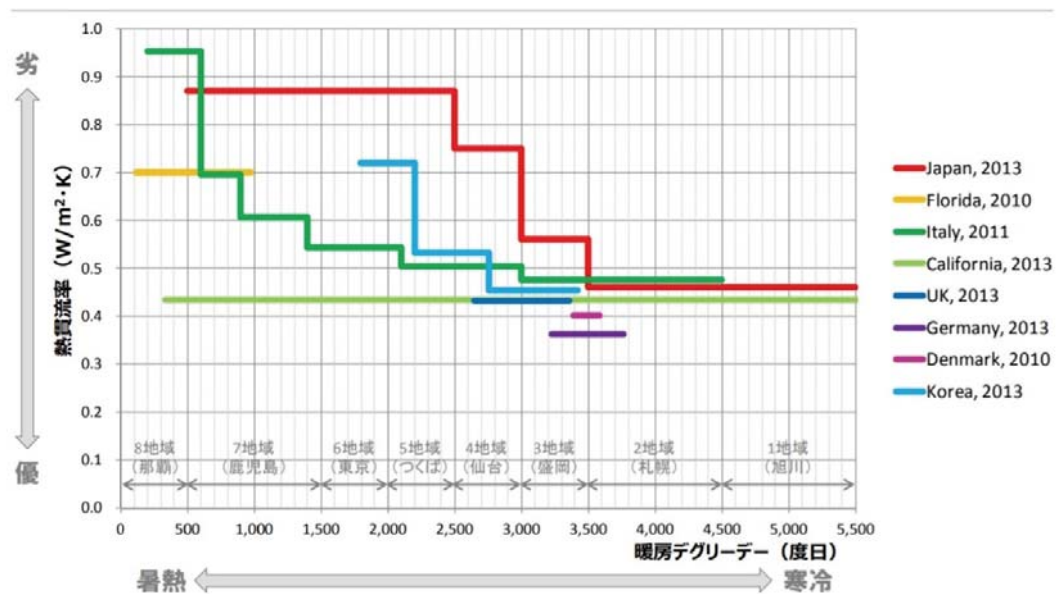
図 3.3 (左) 暖房デグリーデーと世界の省エネ基準  
(右) 既存建物の断熱性能 (国交省事業者アンケートより：講演資料 2012)

いる。カナダ住宅を輸入販売するハウスメーカーはわが国でもトップランナーのひとつとして一定のシェアを誇っている。

### II.3 世界の断熱基準と日本の「省エネ基準」

わが国では、平成 25 年基準 (改正省エネ基準) から、熱損失係数に代わって、外皮平均熱還流率を熱性能判定に使っている。暖房度日を横軸に、地域毎に定められている各国の基準値を比較した。新省エネ基準、次世代基準とも地域毎に熱損失係数を定めていた。かつての新省エネ基準 (平成 4 年基準) は、建築主の判断基準が示されたもので、世界基準に比べはるかにレベルの低いものであり、かつ罰則規定を持たないものであった。省エネの機運に平成 11 年基準で断熱性能は強化されだいたい改善されたが、罰則規定を持たないことで、ここに示された性能が全ての住宅に担保されたわけではなかった。わが国の住宅ストックの性能については、人口減少、世帯数の増加、空き家問題を抜きに語ることは難しいが、実態を把握できる資料は乏しく、唯一のデータは、今は内閣府に活躍の場を変えた官僚、伊藤明子が国交省住宅局長時代に、長期優良住宅先導モデル事業の立ち上げを前に、全国的規模で、業界事業者に関わり合いをとりまとめたデータしかない。そのデータは当時の講演資料として公開された。

2012 年時点で、当時の断熱基準である「平成 11 年基準」を満たしている住宅はわずかに全体の 5 %、当時無断熱の家は 39 % 「平成 4 年基準」が 19 %、「昭和 55 年基準」が全体の 37 % という構成比であった。「平成 11 年基準」までの省エネ基準については、罰則規定がなかったことは前述しているが、そのことも背景となった、わが国の既存住宅の

図 3.4 暖房度日と外皮平均熱還流率の国別比較<sup>3-12)</sup>

断熱性能の貧しさについて触れた。図 3.3 の省エネ基準はいずれも「熱損失係数 ( $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ )」<sup>3-9)</sup> であるが、わが国でも、平成 25 年の省エネ基準の改正から、建物の熱性能は「外皮平均熱還流率 ( $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ )」<sup>3-10)</sup> で示すように変更された。図 3.4 は、暖房デグリーデー<sup>3-11)</sup> を横軸に、各国の省エネ基準を比較したものである。米国カリフォルニアでは暖房デグリーデーに関係なく  $0.43(\text{W}/\text{m}^2\text{K})$  が基準となっている。

わが国の省エネ基準は、改正を重ねて強化されてきたことに触れたが、北海道を除くすべての地域で、世界基準から大きく逸脱していることがわかる。特に、暖房デグリーデーが 2,500 ～ 3,000 (度日) の範囲にあたる 4 地域の仙台にあっては、他国が北海道並みの断熱性能を定めているのに対して、イタリア南部地中海沿岸に定められている基準程度の性能しか要求されていない。世界基準を誇る北海道の住宅の性能は、北方建築総合研究所(地方独立行政法人北海道総合研究機構)が牽引してきたものであるが、本州に下がると 3 地域の盛岡から国際的スタンダード基準よりも低い性能が規定され、仙台を含む 4 地域以南においてそのギャップは大きくなっている。実際に、支店経済都市と呼ばれる仙台にあっては、東京からの転勤による転出入も多く、大宮まで新幹線で 1 時間弱という距離感も相まって、東京で建設される住宅と同等の熱性能しかもたない住宅が多く散見される。このことは東北地域の冬季の暖房負荷を大きくし、エネルギー消費を増大させることに直結している。



### III 小結

わが国の省エネ基準を世界の基準に照らすと、とても低いレベルであることがわかった。2008～2011年度の4年間にわたって実施された「長期優良住宅先導モデル事業」で採択された民間からの提案は、すでに根付いていた「環境倫理」と「サステナビリティ（持続可能性）」に代表されるグローバルな時代思潮に乗るもので、低炭素社会に向けたストックとして「長期優良住宅」の仕様が定められた。

一方、わが国の省エネ基準の策定に大きな影響を与えた、トップランナーとしてのカナダの R2000 住宅とスイスのミネルギー住宅を、その高断熱・高气密性能に着目するだけでなく、国単位の省エネ政策を牽引するものとしてとらえると、トップランナー達は民生部門のエネルギー消費量の削減にターゲットを絞り国家をあげてそれに注力していたと読み取り、そのことを説明した。

省エネ政策の義務化に向けて、さまざまな次元の異なる障害があることに触れたが、その多くが事業者側にあることがわかった。それらに関しては現在進行形にてさまざまな施策が実施されているが、わが国の既存ストックの断熱性能の現状は、39 %が無断熱、37 %が S55 基準、19 %が H4 基準であり、現行の省エネ基準の性能を担保している住宅はわずか 5 %と推測されることがわかった。その現行の省エネ基準も世界基準から大きく乖離しており、民生部門の消費エネルギー削減の前提として大きな障害となっていることに触れた。

### 文献の引用と注釈

- 3-1) 環境省: 報道発表資料 2015 年 7 月 17 日「日本の約束草案」の地球温暖化対策推進本部決定について（お知らせ）, <https://www.minergie.ch/it/su-minergie/nuove-costruzioni/>, 2020 年 10 月 2 日閲覧.
- 3-2) 武山 倫: Topics 「性能をデザインする」, <http://www.jia.or.jp/topics/environment/2001/0106p39.htm>, 2020 年 10 月 24 日閲覧.
- 3-3) 高橋 龍太郎: 「ヒートショックを防止しましょう」, [https://www.tmghig.jp/research/cms\\_upload/heatshock.pdf](https://www.tmghig.jp/research/cms_upload/heatshock.pdf), 2020 年 10 月 24 日閲覧.
- 3-4) 森 みわ: 「パッシブハウス」ってどんな家? 建てる前に知っておきたい、パッシブハウスの基礎知識とその魅力, <https://sumika.me/contents/11227>, 2020 年 10 月 24 日閲覧.
- 3-5) スイス州政府が建設分野での経験に基づいて共同で開発した一連のエネルギー要件のひとつ、MoPEC 2014 は、1975 年以降 75 %のエネルギー削減を図っている。<https://www.endk.ch/fr/politique-energetique/mopec>, 2020 年 12 月 4 日閲覧”.
- 3-6) Swissinfo.ch: エネルギー効率の向上を求め、進化するスイスの住宅 [swissinfo.ch](https://www.swissinfo.ch)

スイス連邦統計局調査のレポート調査報告書の編集担当者であるフラビオ・マラグエラ氏談, <https://www.swissinfo.ch/jpn/business/>, 2020 年 10 月 2 日閲覧.

- 3-7) WORLD ECONOMIC FORUM Fostering Effective Energy Transition 2019, <https://www.weforum.org/reports/fostering-effective-energy-transition-2019>, 2020 年 10 月 2 日閲覧.
- 3-8) 熱損失係数 (Q 値) 単位は ( $\text{W}/\text{m}^2 \text{ K}$ ) 分母は「熱的境界面」である外皮面積  $1\text{m}^2$  当たり.
- 3-9) 外皮平均熱還流率 (C 値) 単位は ( $\text{W}/\text{m}^2 \text{ K}$ ) 分母は建物の床面積  $1 \text{ m}^2$  当たり.
- 3-10) 日本気象学会: 気象科学事典, p. 351, 東京書籍, 1998.
- 3-11) 「暖房デグリー・デー (度日)」: 暖房を開始する基準温度を決め、基準温度より日平均気温が低い期間を暖房期間として、この期間内に出現した日平均気温が基準温度より低い日について、基準温度と日平均気温の差を積算したものを暖房デグリー・デー ( $^{\circ}\text{C} \cdot \text{day}$ ) という。
- 3-12) 国土交通省住宅局住宅生産課: 今後の住宅・建築物の省エネルギー対策のあり方について (第一次報告) (骨子案), <https://www.mlit.go.jp/common/001064004.pdf>, 2020 年 10 月 20 日閲覧.

## 第4章

### クリマアトラスと「パッシブポテンシャル」のみなおし

#### Ⅰ 背景としての、わが国のエネルギー事情と「環境建築」

わが国の一次エネルギー自給率は、2010年20.2%であったが、東日本大震災の2011年11.5%、2012年6.7%、2013年6.5%、2014年6.4%と減じ、2015年から回復に転じ、2017年は9.6%であったと報告されている<sup>4-1)</sup>。わが国の一次エネルギー自給率は極めて低く、資源を他国に依存しなくてはならず、資源確保の際に国際情勢の影響を受けやすく、安定したエネルギー供給に懸念を抱き続けなければならない。ここで、一次エネルギー自給率は(4.1)式で求められる。

$$\text{一次エネルギー自給率 (\%)} = \text{国内産出} / \text{一次エネルギー供給} \times 100 \quad (4.1)$$

この式から、エネルギー自給率を向上させる方策は明解である。国内産出は新エネルギー等の未利用エネルギーの利用促進を図ることで増大し、一次エネルギー供給量は、省エネが図られることで削減される。「建物の省エネ性能」は、その地域がどれくらい暖房を必要とする地域なのかという指標である暖房ディグリー・デー（度日）<sup>4-2)</sup>（以下：暖房度日）に対して、熱の逃げにくい建物（断熱性能のよい建物）という視点から、熱損失係数と気密性能について性能を規定する形で提案された。しかし、熱損失の視点からだけの評価では、その地域に潜在する「自然エネルギー利用」の可能性に着目することはなく、その「ポテンシャル」評価を欠くこととなる。建物の熱性能は、①建物の断熱性能（気密性能）、②建物の集熱性能、および③建物の蓄熱性能に依存している。小玉ら<sup>4-3)</sup>は、パッシブソーラーシステムの要素技術のひとつである「ダイレクトゲイン」に関して、建物の熱収支特性（CLR）と、暖房の太陽依存率（SHF）を定義して、熱収支係数と太陽依存率の関係の評価を試みている。「ダイレクトゲイン」の場合、夜間断熱戸を装備するなどの昼夜のモード転換がない限り、昼間の熱取得開口は夜間の最大放熱口となり、集熱面積の増大は建物熱損失係数の増大を招くため必ずしもCLRは増大しない。一方、筆者らが試みてきた屋根面集熱のパッシブソーラーシステム<sup>4-4)</sup>の場合、集熱面積の増大が建物熱損失係数の増大を招くことはないため「ダイレクトゲイン」に比べて有利である。屋根面を利用した太陽熱集熱を、冬季の暖房期間に必要となる暖房量を削減する「地域資産」として評価することで、再生可能エネルギーの取得と、暖房エネルギーの削減が同時に達成され、暖房に係る一次エネルギー消費量を削減することが可能となる。

本論文は、南鉛直面を利用する「ダイレクトゲイン」ではなく、別のパッシブソーラーシステムの要素技術である「南傾斜屋根面を利用した集熱方式」に着目することで、今までに着目されることのなかった視点から太陽熱利用のポテンシャルを再評価し、一元的であったパッシブソーラーシステムのポテンシャル評価にあらたな視点を示している。東北地域に潜在するパッシブソーラーシステムのポテンシャルを示すことによって地域の省エネ政策策定に向けたひとつの可能性について論じている。

## II 地域資産としての「自然エネルギー」

「自主・自立・自考」の取組みによる地域経済の活性化、地域における雇用機会の創出その他の地域の活力の再生を掲げ、町おこし、地域ブランドなどのさまざまな地域活性化の試みにおいて特徴・素材となるものを地域資源として定義し、活用する考え方が広まっている。さらに、さまざまな「地域資源」を発見・再発見し、長期にわたって価値を生み続ける「地域資産」へと変えてゆく動きがある<sup>4,5)</sup>。地域資産にはさまざまなものが挙げられるが、ここでは「環境建築」を支える地域資産として、その地域の気候風土に着目する。地域の気候は、さまざまな気候要素・気候因子からなり、その地域独特の特徴を形成する。気候要素として「気温・降水量・風・気圧・湿度・日射量」など気候を構成するもの。気候因子として「緯度・海拔高度・水陸分布・海流・隔海度」など気候要素を変化させるものがあげられるが、どちらも世界に二つとない地域資産として備わるものである。気温の変化は、一般に太陽のエネルギーを多く受ける低緯度ほど高温になり、少ない高緯度ほど低温になる。北半球の中・高緯度地域では、偏西風の影響によって同緯度で比較すると冬季の気温は東岸より西岸の方が高い。わが国には、国内に842地点の観測所を持つ「地域気象観測システム」AMeDASがある。AMeDASとは「Automated Meteorological Data Acquisition System」の略で、雨、風、雪などの気象状況を時間的、地域的に細かく監視するために、降水量、風向・風速、気温、日照時間の観測を自動的におこない、気象災害の防止・軽減に重要な役割を果たしている。筆者らは、1986年から「環境建築」のシミュレーションシステムを模索する中で、AMeDAS気象データから推計手法によって、全国842地点の標準気象データを整備してきた経緯がある。気象データは、24時間365日形式に整備され、設計した建物の自然室温を24時間365日形式で解析している。AMeDASの気象観測網は、約20kmメッシュで整備されており、現在、気象庁におけるもっとも小さな地域単位の気象データである。1974年11月1日以来現在も計測は続いているが、計測項目は①降水量、②風向・風速、③日照時間、④気温の時刻別データであり、建築環境設計に必要な気象要素である⑤湿度、⑥日射量、⑦大気放射量は含まれていない。そこで二宮・赤坂らは、①～④の気象要素と、ほかに利用できる管区気象台のデータから⑤～⑦の気象要素の推定補間法を確立した<sup>4,6)</sup>。その推計手法を1981～2000年の20ヶ年



の AMeDAS の記録データに適用し、計測器の不調に伴う信頼できない計測値と欠測データの修正・補完を施したものを「拡張 AMeDAS 気象データ (1981-2000)」(以下 EA 気象データ)<sup>4-7)</sup> と呼び、赤坂らによって整備され DVD として提供されている。筆者らも、同様の推計手法で処理した気象データを所持し、デザインツールとして独自に開発したシミュレーションソフトで計画する建物の性能予測に使用している。当初シミュレーションは、月毎に3代表日で行っていたが、電算機の進化による電算処理速度の格段の向上を得た今、かつては夢であった24時間365日の気象データに基づいたシミュレーションが可能になっている。

### III 自然エネルギー利用によるエネルギー自給率の向上

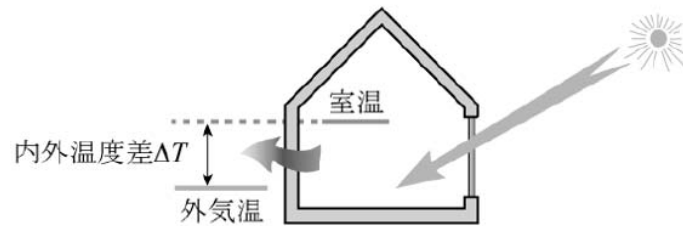
「建物の省エネ性能」は、その地域の暖房ディグリー・デー(度日)に対して、熱の逃げにくい建物(断熱性能のよい建物)という視点から、熱損失係数と気密性能について性能を規定する形で提案された。しかし、熱損失の視点からだけの評価では、その地域に潜在する「自然エネルギー利用」の可能性に着目することではなく、その「ポテンシャル」評価を欠くこととなる。夏の最大負荷である日射侵入を最小にし、かつ冬の暖房の熱損失も少なくすることができれば、建物が室内気候の快適を維持するのに必要となる冷暖房量も少なくすることができる。一方で、沢山の部材のレイヤーで構成される建物外皮には部材と部材の継ぎ目に必ず隙間がある。また引き違いのサッシュなど開閉可能な開口部もその構造上隙間がないと機能しない。建物に隙間があれば、内外温度差と外部風速によって自然換気(隙間風の流入)が起こり、冬季には冷気が、夏には熱気の侵入が生じる。建物の気密性能を確保するためには、断熱材の施工方法、壁体内の気流止めの施工など専門的な知識がないとできない。これらの専門教育は業界が常に行ってきたが、竣工後に見えなくなってしまうところとして、厳密な施工管理、設計監理がおこなわれていない現場にあっては全く配慮されていないといっても過言ではない。わが国の木造住宅に、設計監理を業務とする建築家が関わることは極めて少なく、そのような状況下で、気密性能の確保が義務付けられていた時代には、「気密性能確保」を請け負う「断熱屋」という新しい専門職のビジネスモデルが登場して。元請けからの性能発注を受けて、施工後にその性能が確保できていることを計測によって確認報告するというスタイルが確立した。実際に施工中の建物の気密測定を未だ手直しができる状況で実施していたのは、元請けのハウスメーカーではなく、この「断熱屋」という新しい業種であった。パッシブソーラーシステムは再生可能エネルギーから熱取得をする。その熱性能は、①建物の断熱性能(気密性能)②建物の集熱性能、③建物の蓄熱性能に依存している。小玉らは、パッシブソーラーシステムの要素技術のひとつである「ダイレクトゲイン」に関して、建物の熱収支特性(CLR)と、暖房の太陽依存率(SHF)を定義して、熱収支係数と太陽依存率の関係の評価を試みてい

る。「ダイレクトゲイン」の場合、例えば夜間断熱戸を装備するなどの、昼夜のモード転換がない限り、昼間の熱取得開口は、夜間の最大放熱口となり、集熱面積の増大は建物熱損失係数の増大を招くため必ずしも (CLR) は増大しない。一方、筆者らが試みてきた屋根面集熱のパッシブソーラーシステムの場合、集熱面積の増大が、建物熱損失係数の増大を招くことはない。その集熱面積の増大は、建物熱損失係数の増大に直結しないため、前者に比べて有利である。地域毎に屋根面における太陽熱集熱を、必要となる暖房量を削減する「地域資産」として評価することで、再生可能エネルギーの取得と、必要となる暖房エネルギーを削減することが同時に叶い、暖房に係る一次エネルギー消費量を削減することが可能である。

## IV 既往研究と本研究の目的

### IV.1 クリマアトラスとしてのパッシブ気候図の歴史

「環境建築」の設計にあたって地域の気候を把握することは重要な要素である。特に自然エネルギーの活用を前提とするパッシブデザインにあっては不可欠な要素である。ビジュアルに地域の気候を把握する最初の試みは、オルゲイが、その著書「DESIGN WITH CLIMATE」において、米国4都市の気象データで試みた、年間の月別・時刻別の風向風速を1枚の等値線図に示す方法の提案であった。小玉、梅干野ら<sup>4-8)</sup>は、1983年にこの表現方法を踏襲し、我が国における各気候要素図の作成を試み、これを「パッシブ気候特性図」と名付け、当時整備されていた全国22都市の気候の相互比較を可能とした。小玉、梅干野らの成果は、IBEC（住宅・建築省エネルギー機構/現：一般財団法人建築環境・省エネルギー機構）によって1980～1982年の3か年に渡っての研究成果を、建築設計者・工務店・建築を志す学生、同時に建築の住まい手にもできるかぎりの理解を求めることを意図して編まれた報告書「パッシブ住宅の設計手法」<sup>4-9)</sup>で公開された。その後、電算機の進化とともに気象データの整備は格段にすすみ、現在日本では「EA 気象データ」が整備されている。AMeDASの観測ポイントである全国842地点の「パッシブ気候特性図」は、松元、小玉、武政ら<sup>4-10)</sup>により、カラーマップとして完成し、Web上に、LEAD Labo. からその作成方法も含めて公開されている。しかし残念なことに、データの二次使用に該当するため配布できない状態にあり、書籍での配布には内諾が得られているとのことで、現在「一般社団法人環境共生住宅推進協議会」と市販について協議中であると報告されている。一方で、小玉、武政ら<sup>4-11)</sup>は、パッシブソーラーシステムの性能に影響を及ぼす①建築的要因と②気候的要因を簡略化した指標で表し、これを用いてシステムの性能を予測する図解法の妥当性を検討する作業<sup>4-12)</sup>の中で気候要因の簡略化指標としてPSP (Passive Solar Potential/パッシブ地域係数) を「暖房度日に対する南鉛直面全日



ある土地の建物からの熱の逃げやすさ（冬期に必要な暖房エネルギー）は、（日平均）室内外温度差  $\Delta T$  に基づく暖房デGREEディD18-18を指標として表すことができる。

冬期に南に面した  $1\text{m}^2$  のガラス窓が太陽から受ける日射量の合計を  $I$  とすると、 $I \div \text{D18-18}$  は、必要な暖房エネルギーのうち、どの程度を太陽エネルギーでまかなうことを期待できるかを表す指標となる。

$I \div \text{D18-18}$  をPSP（パッシブソーラーポテンシャル）指標（または係数）という。

図 4.1 既往研究のパッシブポテンシャルの考え方 <sup>4-14)</sup>

射量（1月）の比」として定義した。さらに小玉、武政ら <sup>4-13)</sup> は、PSPの月別変動についても考察しており、秋田のように厳冬期の日射が著しく少ないところでは春に向かうにつれPSPの値が増大することを指摘したうえで、月別に性能の検討を行うことが望ましいとしながら、より簡便な検討のために代表月を模索し、11～4月の期間のPSPと1月のPSPとの相関分析から、今後の検討の余地を残すとしながらも、地域のPSPの代表値として1月の値を採用している。建物の性能予測に使用される気象データについては、電算機の処理速度を前提に、簡略化・抽象化されたものから、現在では実際に計測した「生データ」の使用も可能になっている。本論文では、当時のパソコンの処理速度、メモリ、データ容量により、小玉、武政らが「簡略化」の過程で採用した、地域のPSPの代表値としての1月の値に対し、異なる視点でのPSPの適切さを検証する。

## IV.2 研究の方法と分析により得られた知見

本論文では、「地域資産」のひとつである「再生可能エネルギー」利用の普及を前提に、東北地域の「パッシブソーラーヒーティングポテンシャル」を再考するにあたり、そのポテンシャルを、パッシブソーラーヒーティングの要素技術のひとつである屋根面集熱で活用することができる暖房期における南傾斜屋根面（4 寸勾配）日射量に着目し、可視化を試みる。一般に、住居系用途地域では、「北側斜線」などの法規制で、北側に隣接する住宅の日照を確保することができるよう建築基準法の集合規定で配慮されているが、用途地域により違いがあるものの、日影規制では、平均地盤面からの高さ 1.5m、4m、6.5m で判定、しかも敷地境界線からの水平距離が 10m 以内の範囲における日影時間については、3～5 時間とされており、実際には、住居系地域では、日影規制等を守られて日照が保障されているといっても、図 4.2 に示すように、屋根にしか日照が得られない住居も散見される。パッシブソーラーに利用可能な日射を評価して、はじめてパッシブソーラーシステムのポテンシャルとすることができる。PSP に関して、実際に利用することができない南鉛直面の日射を指標とするのではなく現実的に利用可能な南傾斜屋根面（4 寸勾配）の日射量での評価を本論文では試みている。図 4.3 に、弘前の (1981-2010) EA 気象データを用いて、鉛直面日射量と、傾斜屋根面日射量を比較した図を示す。この比較では、南傾斜屋根面の日射量の方が全ての方位の鉛直面日射量よりも多く、傾斜屋根面日射量に関しては、真南から東、あるいは西に多少振れても十分な日射量を確保できることがわかる。一方、鉛直面日射量については、暖房を必要とする期間には真南向きが最大であることは読み取れるが、東西への振れ幅の影響が大きいことが解る。実際の住宅での太陽熱利用を前提とすると、真南に向けて建物を配置して太陽熱集熱面を装備できる現場は極めて稀である。また、南傾斜屋根での集熱特性は、勾配によって変化する。地域毎に立地の緯度に大きく左右されるが、設計者として経験的に一般的だと思われる屋根勾配として「4 寸勾配」を採用した。弘前では 5 寸勾配より 4 寸勾配の方が集熱には有利で、さらに「3 寸勾配」の集熱量の方が有利ではあるが、4 寸勾配は真南からの振れ幅の影響が最も少ない。屋根勾配については、意匠的に決定されることも多く、筆者の印象で、一般的な住宅に最も多い屋根傾斜として、パッシブソーラーシステムのポテンシャル分析に「4 寸勾配」を採用した。



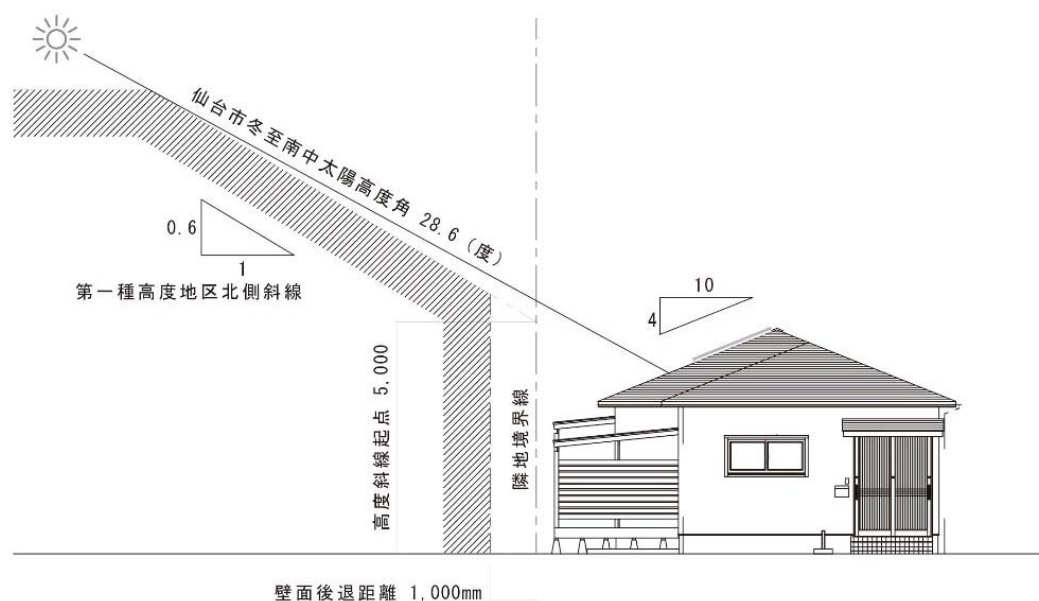


図 4.2 第一種高度地域における北側斜線と北側の住居に保障される日照

### IV.3 暖房期間の把握

本項では、「暖房期間」における「太陽熱利用」を論じる。ここで、「暖房期間」については、以下のように定義した。一般に、日平均気温が  $15^{\circ}\text{C}$  を超えると暖房を必要としなくなるとされている。しかし実際の気候は、線形に変化することではなく、春先に初めて平均気温が  $15^{\circ}\text{C}$  を上回る日が来ても、三寒四温、寒の戻りなどと言われるように、平均気温が  $15^{\circ}\text{C}$  を下回らなくなるまでにはある程度の期間を要している、AMeDAS\_176 弘前の標準気象データを参照すると、4 月末に初めて平均気温が  $15^{\circ}\text{C}$  を超えているが、再び  $15^{\circ}\text{C}$  を下回る日が続き平均気温が  $15^{\circ}\text{C}$  を下回らなくなるのは 6 月に入ってからと、実に 1 ヶ月以上の期間を要している。また、夏が過ぎて秋の終わりに初めて平均気温が  $15^{\circ}\text{C}$  以下になる日が来るが春先と同様に  $15^{\circ}\text{C}$  を上回らなくなるまで同様に 1 ヶ月近くかかっている。冬季の暖房期間の設定方法の説明のため、Exploratory で読み込み、内包される多項式 (GAM) トレンドラインによって図 4.4 を作成した。

気象分析によって、東北地域全域についてその暖房期間を把握した。次に、当該期間内における南傾斜屋根面 (4 寸勾配) 日射量を算出して、利用可能な太陽熱を評価し、そのポテンシャルを可視化する。地域毎に、ビジュアルにパッシブソーラーポテンシャル (以下 PSP と記述) を把握できるよう、地域毎の気象概況分析に、南鉛直面日射量 (小玉らが PSP 分析に採用)、水平面日射量 (張晴原が中国における住宅のパッシブヒーティング

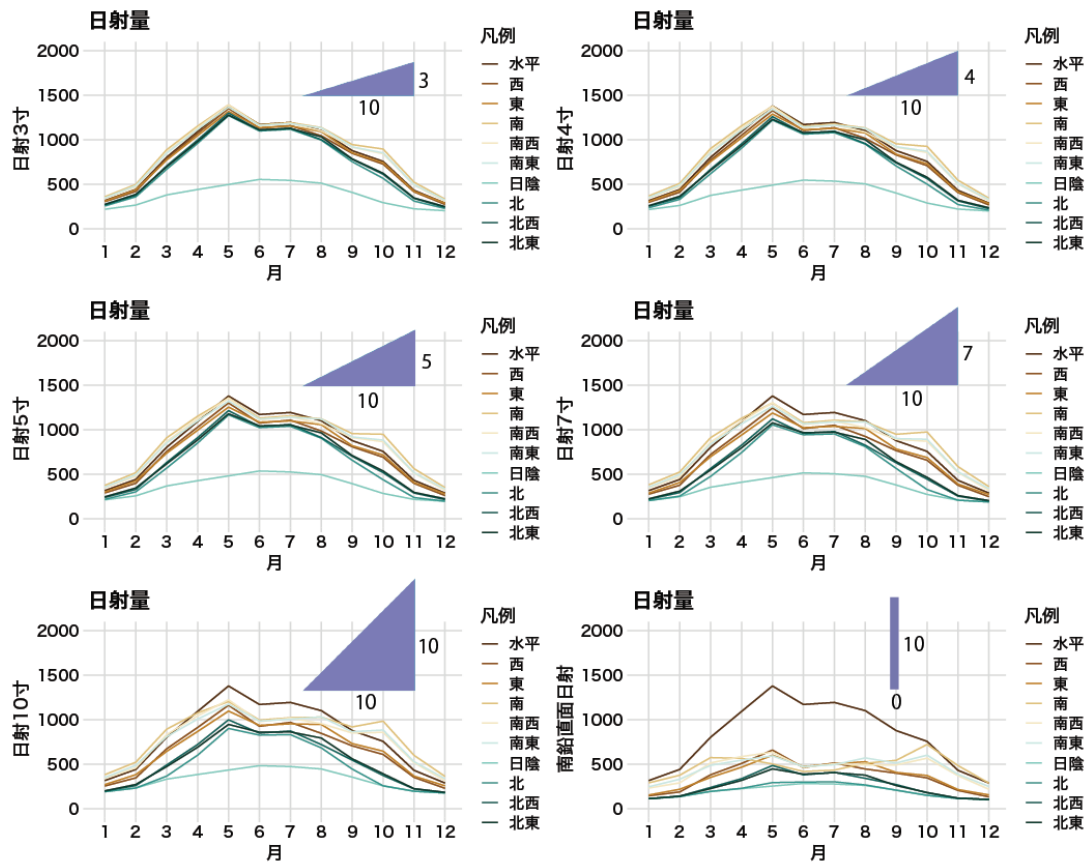


図 4.3 弘前における鉛直面各方位の日射量と南傾斜屋根面 (3, 4, 5, 7, 10:10) 日射量  
AMeDAS\_176 弘前 EA 気象データ

ポテンシャルの地域性の検討に採用)、の二つに加えて、一般的な傾斜屋根面での太陽熱集熱を想定して、南傾斜 4 寸勾配屋根面日射量の 3 つを表示し比較を行った。

AMeDAS\_176 弘前では、年間を通して 5 月の日照時間が最も多く、未だ暖房を必要とするこの時期の太陽熱はとても貴重であり、南傾斜 4 寸勾配屋根面日射量は、南鉛直面日射量の 2 倍以上であることが確認できる。図 4.5 は、EA 気象データ (1981 ~ 2000) に基づいて「気象概況」を把握するために作図したものである。ビジュアルに傾向を比較する目的で、計算結果の bitmap グラフ表示に加えて以下のものを画像処理によって追加した。①暖房期間について日平均気温 15℃以下の範囲を赤で網掛けした。②冷房期間について日最高気温が 25℃を超える範囲を青で網掛けした。計算結果については、太青線で日平均気温、上下に細青線で日最高、最低気温、太茶色で土中温度 (1 m)、細赤で月の日照時間、太黄緑で月平均相対湿度、太緑で月平均風速を表示し、棒グラフについては、青で降水量、ピンクで南鉛直面積算日射量、濃オレンジで水平面全日射量、淡オレンジで、今回あたらしい指標として提案する「南傾斜 4 寸勾配屋根面全日射量」を表示した。分析の結果、東北地域の各都市に共通して、3~4 月の、未だ暖房期間である春先に、全日射量

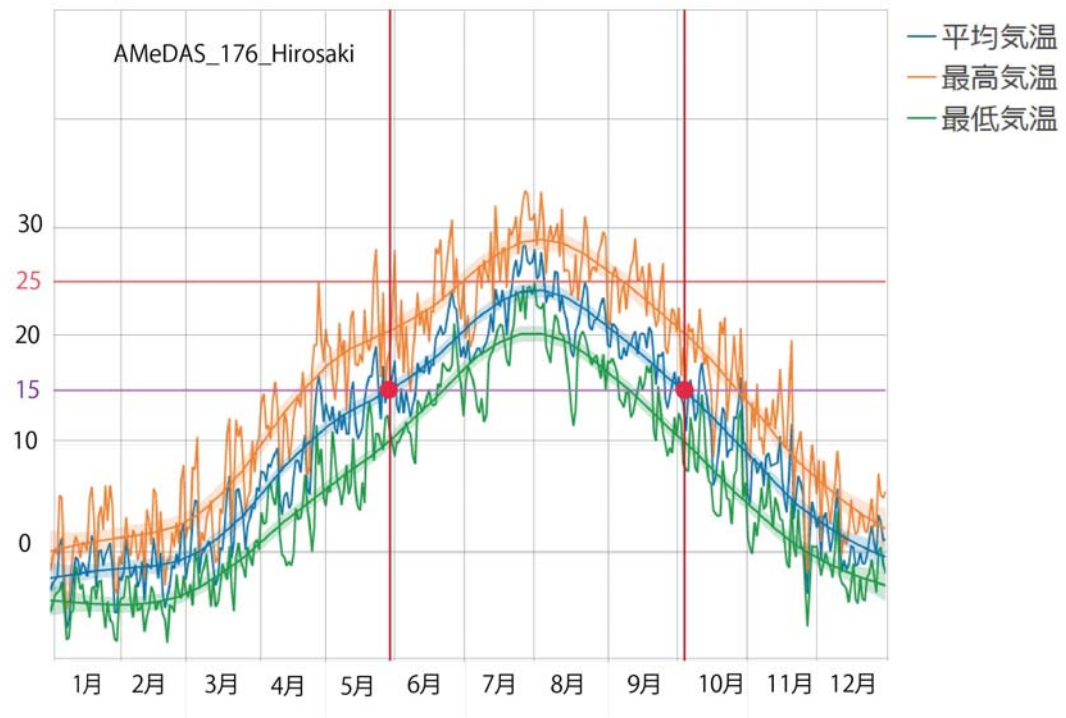


図 4.4 AMeDAS-176 弘前 暖房期間の把握 EXPLORATORY 多項式 (GAM) トレンドライン

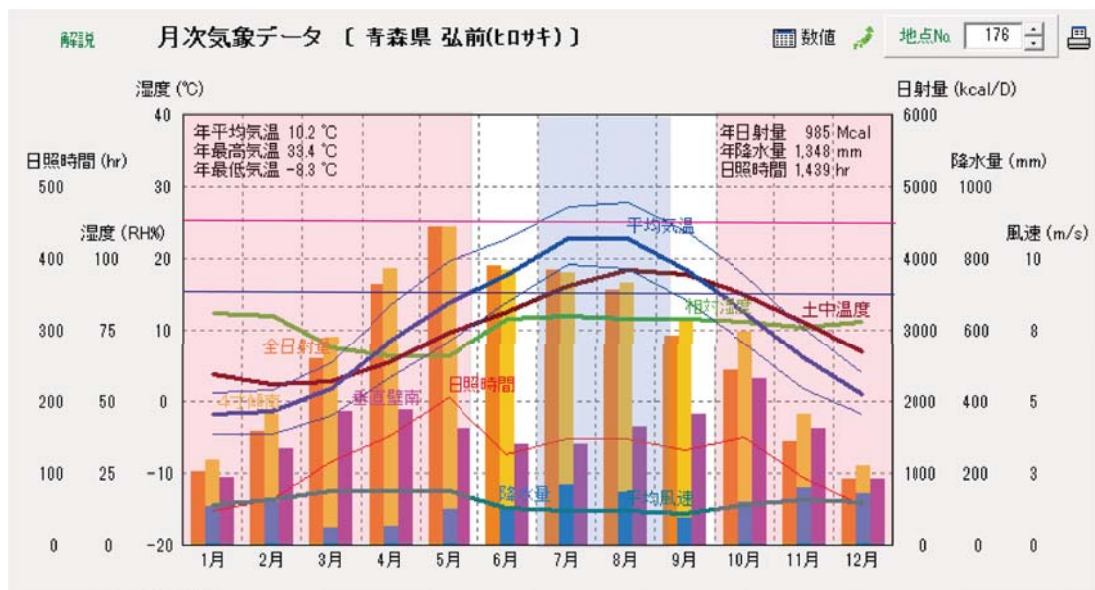


図 4.5 弘前における月次気象データ (AMeDAS-176 弘前 EA 気象データ)  
 ピンク:垂直壁南日射量 濃オレンジ:平面日射量 淡オレンジ:南4寸傾斜日射量

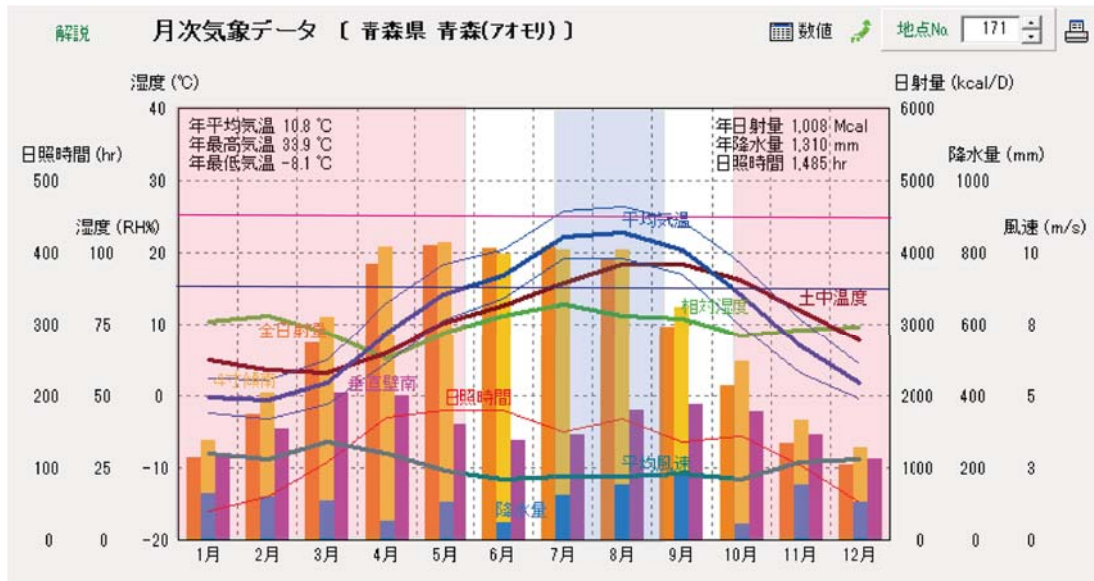


図 4.6 青森における月次気象データ (AMeDAS\_171 青森 EA 気象データ)  
ピンク:垂直壁南日射量 濃オレンジ:平面日射量 淡オレンジ:南4寸傾斜日射量

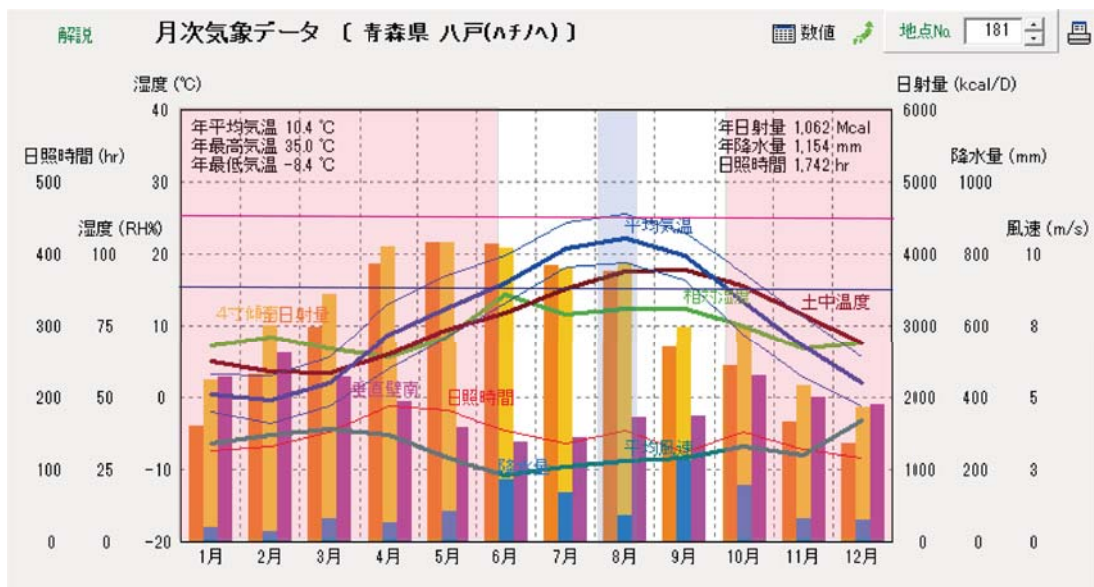


図 4.7 八戸における月次気象データ (AMeDAS\_181 八戸 EA 気象データ)  
ピンク 垂直壁南日射量 濃オレンジ 水平面日射量 淡オレンジ 南4寸傾斜日射量

は最大となり、これに伴って「南傾斜4寸勾配屋根面全日射量」も年間の最大値を示すことがわかった。この日射量のポテンシャルについては、東北地域で1月の「南鉛直面日射量」を指標とする限り見落としがちな気候因子である。

図 4.5 ～ 4.11 は、青森の三大都市と、東北のほかの5県の県庁所在地の標準気象データに基づいて「気象概況」を把握するために作図したものである。ビジュアルに傾向を比



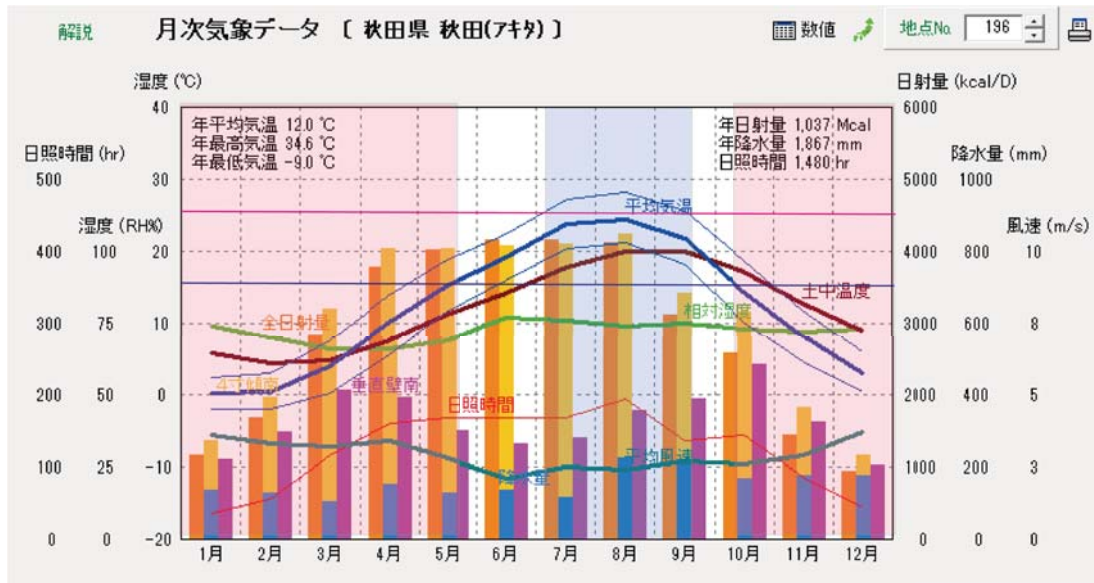


図 4.8 秋田における月次気象データ (AMeDAS\_136 秋田 EA 気象データ)  
 ピンク 垂直壁南日射量 濃オレンジ 水平面日射量 淡オレンジ 南4寸傾斜日射量

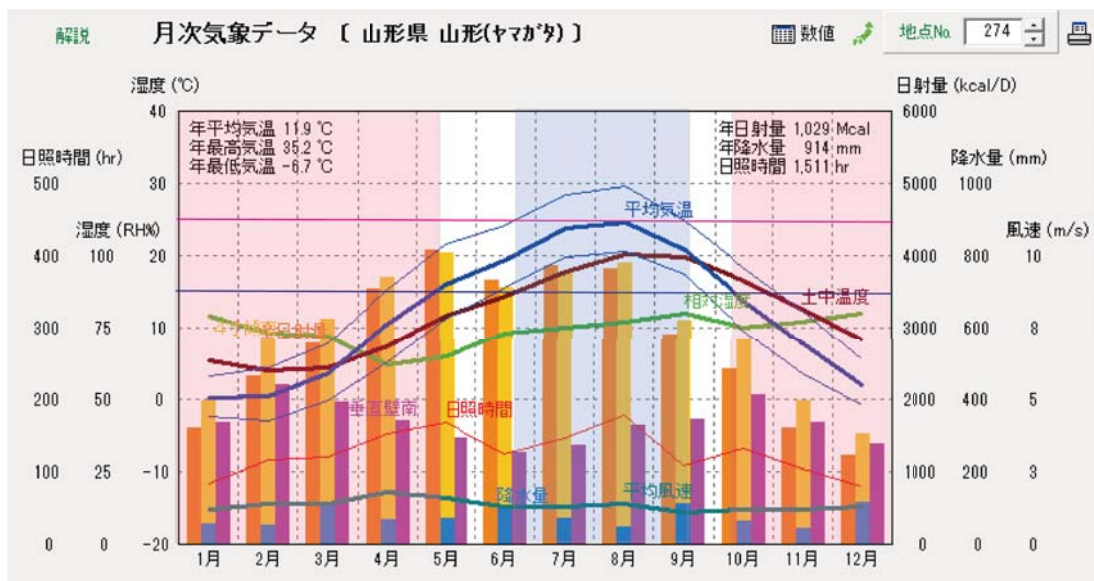


図 4.9 山形における月次気象データ (AMeDAS\_274 山形 EA 気象データ)  
 ピンク 垂直壁南日射量 濃オレンジ 水平面日射量 淡オレンジ 南4寸傾斜日射量

較する目的で、計算結果の bitmap グラフ表示に加えて以下のものを画像処理によって追加した。①暖房期間について日平均気温 15℃以下の範囲を赤で網掛けした。②冷房期間について日最高気温が 25℃を超える範囲を青で網掛けした。計算結果については、太青線で日平均気温、上下に細青線で日最高、最低気温、太茶色で土中温度 (1m)、細赤で月の日照時間、太黄緑で月平均相対湿度、太緑で月平均風速を表示し、棒グラフについて

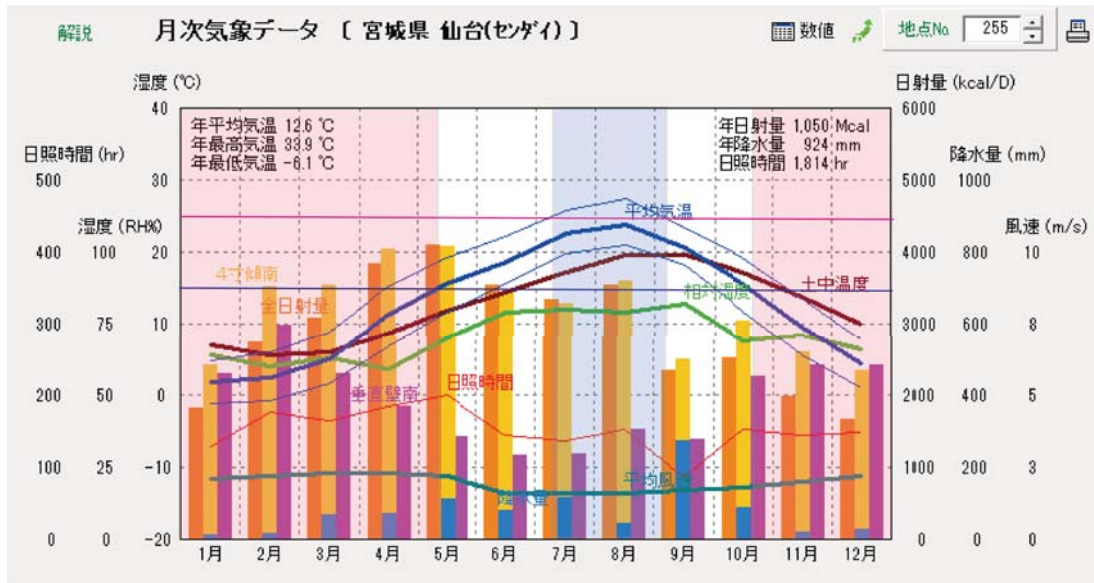


図 4.10 仙台における月次気象データ (AMeDAS\_255 仙台 EA 気象データ)  
 ピンク 垂直壁南日射量 濃オレンジ 水平面日射量 淡オレンジ 南4寸傾斜日射量

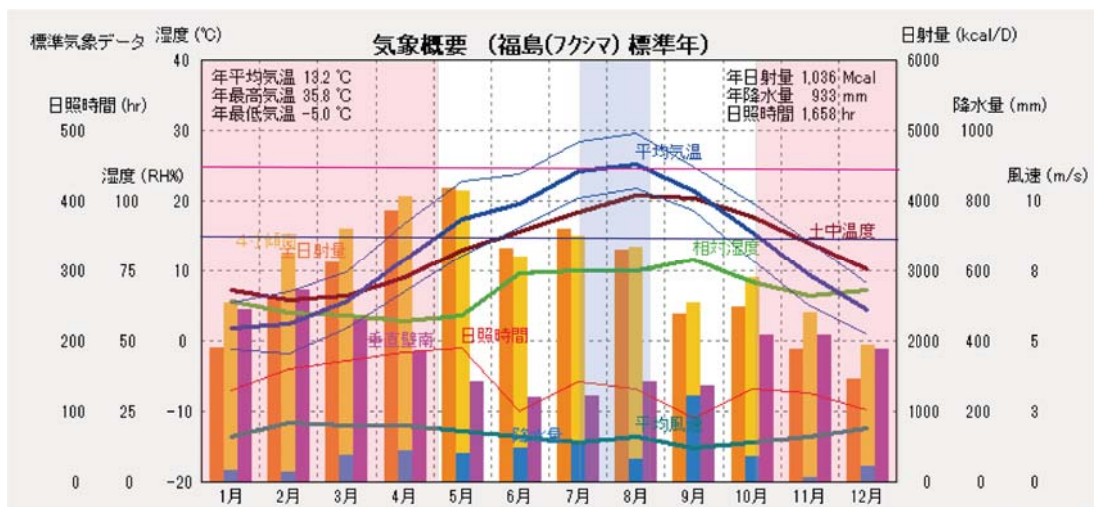


図 4.11 福島における月次気象データ (AMeDAS\_283 福島 EA 気象データ)  
 ピンク 垂直壁南日射量 濃オレンジ 水平面日射量 淡オレンジ 南4寸傾斜日射量

は、青で降水量、桃色で南鉛直面積算日射量、濃オレンジで水平面全日射量、淡オレンジで、今回パッシブソーラーヒーティングポテンシャルの分析にあたり指標として提案する「南傾斜4寸勾配屋根面全日射量」を表示。分析の結果、各都市に共通して、3～4月の、未だ暖房期間である春先に、全日射量は最大となり、これに伴って「南傾斜4寸勾配屋根面全日射量」も年間の最大値を示すことがわかる、この日射量のポテンシャルについては、東北地域の日本海側で「南鉛直面日射量」（とくに1月）に着目する限り見落としがちな気候因子である。一方、クリマアトラスでは、地域の全域を扱ってビジュアルな

表示をするため、森林地帯や山岳地帯など居住地でない部分についてもその計算結果が表示されることになる。東北森林管理局管内(青森県、岩手県、宮城県、秋田県及び山形県)の土地面積に占める森林面積の割合は70%(全国平均66%)で、その内訳は民有林(私有林及び公有林)207万3千ha、国有林164万haとなっている。また、管内土地面積に占める国有林の割合は31%(全国平均20%)、管内の森林面積に占める国有林の割合は44%(全国平均30%)となっており、いずれも全国平均を上回っている。このように、非居住地面積の広い東北地域にあって、本来居住のための用をなさない広大な面積にポテンシャルの低さが示されることは、ビジュアルな印象に負の効果をもたらすもので、住宅の設計者、あるいはその居住者にその地域の利用可能な自然エネルギーのポテンシャルを印象的に示す方法としては一考の余地がある。今回、ケーススタディとして分析に抽出した各県の主要都市(県庁所在地)と、それを含む各県の3大都市の居住人口シェアについては以下のようになっている。

青森県、弘前市・青森市・八戸市の3都市で青森県の人口の52.8%<sup>4-15)</sup>

岩手県、盛岡市(岩手県の人口の22.9%) 一関市・奥州市の3都市で52.8%<sup>4-15)</sup>

秋田県、秋田市(秋田県の人口の30.6%) 横手市・大仙市の3都市で47.8%<sup>4-15)</sup>

宮城県、仙台市(宮城県の人口の45.9%) 石巻市・大崎市の3都市で57.9%<sup>4-16)</sup>

山形県、山形市(山形県の人口の22.4%) 鶴岡市・酒田市の3都市で43.4%<sup>4-16)</sup>

福島県、福島市(福島県の人口の17.0%) いわき市・郡山市の3都市で48.4%<sup>4-16)</sup>

#### IV.4 省エネ基準とパッシブソーラーヒーティングのポテンシャル

パッシブソーラーシステムの性能に影響を及ぼす要因として①建築的要因と②気候的要因をあげることができる。①の建築的要因については、主として建物の箱の性能を指し、旧省エネ基準でラベリングに用いられた、熱損失係数(Q値:  $W/m^2h$  (kcal/m<sup>2</sup> h °C))、平成28年省エネルギー基準(2016年)から採用されている、断熱性能を示す、住宅の窓や外壁などの外皮性能を評価する基準、外皮平均熱貫流率UA(W/m<sup>2</sup> K)、夏の日射を遮る性能評価としての、冷房期の平均日射熱取得率、( $\eta \cdot AC$  値)などがある。本論文では「ポテンシャル」を「潜在する可能性」と捉えている。その潜在する可能性を定量的に評価し、解き明かすための新しい切り口を模索する。定常的に建物の暖房負荷をとらえる場合、建物の内外温度差が建物の「熱損失係数」を比例定数とするポテンシャルとなる。本論文では、「暖房度日」によってそれを分析する。また、建物のパッシブヒーティングについては、屋根面集熱を前提とした「南傾斜4寸勾配屋根面全日射量」が、屋根集熱面の日射吸収率を比例定数とするポテンシャルとなる。東北地域における自然エネルギー利用のポテンシャルの分析においては、暖房期を通して考えるのではなく、春先、秋



口という暖房期間の始まりと終わりの時期における「パッシブソーラーヒーティング」のポテンシャルを評価することによって、年間の半分を超える東北における「冬季期間」を少しでも短くして、春の訪れを早くし、秋の到来を遅くし、冬の短い「東北の住まい」の「パッシブ」なありかたを模索、提案することを目的とする。

#### IV.5 熱損失係数を比例定数とするポテンシャル

熱損失係数とは、住宅の断熱性能を数値的に表したもので、値が小さいほど断熱性能が高いことを表し、一般的に「Q 値」といわれている。熱損失係数は、外壁や天井・床などの各部位の熱の逃げる量（熱損失量）を計算し、各部位の熱損失量を合計したものを延床面積で割って (4.2) 式で計算する。熱損失係数を計算する場合、(財) 建築・環境 省エネルギー機構発行の「住宅の次世代省エネルギー基準と指針」<sup>4-17)</sup> という基準書に、詳しく計算方法や規定などがかかっている、熱損失係数を計算するにはまずこの本を一読する必要がある。この本は内容が専門的で、ページ数も多いため、ほとんどの専門家は熱損失係数の計算をあきらめてしまっているというのが当時の状況であった。熱損失係数の計算は、計算量が多いために時間がかかり、特に慣れない方が計算すると、省エネ基準の基準書などを何度も読み直したり、計算を間違えて計算し直したりすることが多くなるため、さらに時間がかかっていた。熱損失係数の場合、計算自体に時間がかかることもあるが、計算量が多いため計算書などの書類の作成にも時間を要した。また、計算が間違っていないかをチェックするにも多くの時間を必要とした。そのため、熱損失係数の計算は人件費がかかるとして、熱損失係数の計算をしないという設計者が後を絶たなかった。また「熱損失係数」の計算では、竣工後に測定でしか把握することができない建物の気密性能に関わる自然換気回数について「住宅の種類に応じた自然換気回数」が計算に必要となり、その基準も示されていたが、気密性能を床面積 1 平方メートル当たりの相当隙間面積で表示し、その値が  $1.0(\text{cm}^2/\text{m}^2)$  以下のものを気密住宅と定義していた。

$$\begin{aligned}
 [\text{各部位の熱損失量}] &= [\text{熱貫流率}] \times [\text{面積}] \\
 [\text{熱損失係数}] &= [\text{各部位の熱損失量の合計}] + [\text{換気の熱損失量}] / [\text{延床面積}] \quad (4.2) \\
 Q &= (\Sigma(A_i K_i H_i) + \Sigma(L_{f_i} K_{l_i} H_i + A_{f_i} K_{f_i}) + 0.35nB) / S
 \end{aligned}$$

ここで、

$Q$  : 熱損失係数

$A_i$  : 外気または外気に通じる床裏・小屋裏もしくは天井裏に接する第  $i$  部位の面積

$K_i$  : 第  $i$  部位の熱貫流率

$H_i$  : 第  $i$  部位または第  $i$  土間床等の外周の接する外気等の区分に応じて掲げる係数

$L_{f_i}$  : 第  $i$  土間床等の外周の長さ



$K_{l_i}$  : 第  $i$  土間床等の外周の熱貫流率  
 $A_{f_i}$  : 第  $i$  土間床等の中央部の面積  
 $K_{f_i}$  : 第  $i$  土間床等の中央部の熱貫流率  
 $n$  : 住宅の種類に応じた自然換気回数  
 $B$  : 住宅の気積  
 $S$  : 床面積の合計

「熱損失係数」は計算が複雑だが、断熱性能を住宅全体で判断することができ、熱貫流率や熱抵抗値では判断できない各部位の断熱性能のバランスも把握することができる。

小玉らはパッシブヒーティングの導入しやすさの指標として南鉛直面全天日射量 (1 月) を暖房デー (度日) で除した値を採用し、それに基づいて日本の地域区分をおこなった<sup>4-3)</sup>。除数をラベリングに採用する事例は多く、図 4.12 は「CASBEE」の評価結果表示シートであるがここに提示される建物の環境効率「BEE」は、(4.3) 式で求められる。

$$\text{建物の環境効率 (BEE)} = Q(\text{建築物の環境品質}) / L(\text{建築物の環境負荷}) \quad (4.3)$$

この「BEE」も、環境への負荷 (Load) を分母として、環境建築としての質 (Quality) を分子とした 2 次元マトリックスに結果がラベリングされる。「CASBEE」における「BEE」の評価は、(Quality) のポイントが増えるとマトリックス上で Y 軸プラス方向に上がり (Load) のポイントが増えるとマトリックス上で X 軸プラス方向に移動する。評価はマトリックス上に設定されていて最も高い評価は「S」ランク、以下「A」「B+」「B」「C」となるが同じ環境品質を持っていても、環境負荷が大きいとマトリックスにおける評価が右に移動して「BEE」が低くラベリングされる。この分子は、既往研究の PSP 評価における「1 月の南鉛直日射量」に対応し、分母は暖房デグリーデーに対応する。既往研究の PSP によるラベリングでは、南鉛直面全天日射量 (1 月) が多ければ、マトリックス上で Y 軸プラス方向にポイントされ、Y 軸上の同じレベルにあっても、暖房デグリーデーが多ければ、つまり気温が低ければ X 軸プラス方向に移動する結果、ラベリングは低く評価されることになる。そもそも暖房デグリーデーが 0 (度日) つまり暖房を必要としないところに豊富な南鉛直面全天日射量 (1 月) が得られたとしてもそれは冷房負荷を大きくすることにしかない。また暖房デグリーデーが多く寒いところであれば、日射量がごくわずかであってもそれを得ることは確実に暖房負荷を少なくすることにつながり、さらにそのことは環境負荷を少なくする方向に寄与する。

暖房デグリーデー (度日) については、DD18-18 を採用する文献<sup>4-18)</sup>と、DD14-14 を採用するもの<sup>4-19)</sup>と、国内に統一された見解は見あたらない。小玉らが省エネ地域区分図の作成に使用した気象データについては開示されていないため、本論では、AMeDAS 1980-2000 データで、DD18-18 と DD14-14 の双方を分析した。ただし、全地点の表示で

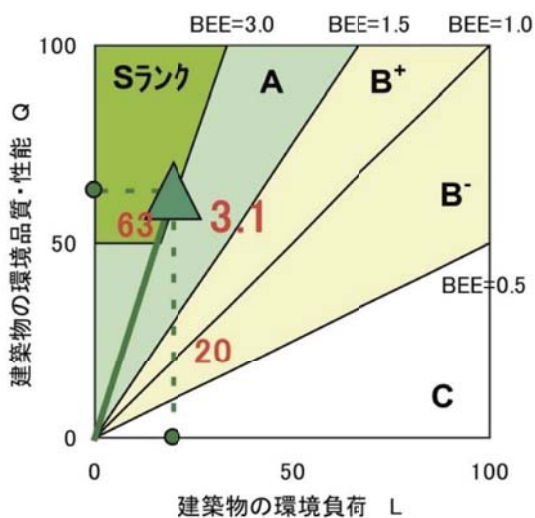


図 4.12 CASBEE 評価結果 2.1 建物の環境効率 (BEE ランク&amp;チャート)

はデータが多すぎて判別が煩雑となるため、AMeDAS 842 地点から、代表都市 59 地点（東北 6 県の各 3 大都市（特に日射に恵まれない傾向の見られる山形県新庄市を含む））で作成した図表を掲載する。気象分析を前提とした「代表都市」の選択については、鎌田の「QPEX.ver.3.40」マニュアルの選定を参考とした。

## V 東北地域のパッシブ気候図に向けた分析の視点

### V.1 世界的視野から東北地域を捉える

日本列島は南北に長く、およそ東経 120 度から 150 度、北緯 20 度から 45 度の間にあり、東西・南北に 3,000km の広い範囲を占める国である。欧州を中心としたメルカトル図法の地図では極東に小さく作図されるが、その姿は、地球儀で見るとかなり大きく広い。気候区も亜寒帯から亜熱帯に及び、地域を相対的に評価するには当然そのレンジは広くならざるを得ない。そのため全国的な視野でわが国の日射量を見ると、東北地域は 3,000km も遠く離れた亜熱帯地域に属する沖縄県とも比較されることとなり、相対的に日射量の乏しいことが際立つことになる。南北 3,000km というマクロな分析から把握すべきことと、マイクロクライメイトをきめ細やかに評価する視点から、南北 1,000km 程度のローカルな分析によって把握すべきことを区別して、地域政策の中で地域の個性のひとつである「気候」と、「地域資産」である日射量を的確に把握して太陽熱という再生可能エネルギーの活用を考えるべきである。北半球の高緯度地域では、偏西風の影響によって同緯度で比較すると冬季の気温は東岸より西岸の方が高い。ユーラシア大陸の東側に位置する日本列島では、ほぼ同緯度にある欧州に比べて暖房日数が相対的に多くなる。地球儀の上で、日本列島を欧州に同緯度移動すると、東北地域はイタリア南部、もしくはスペインの中央部と同緯度であることが解る。ペストから北に逃げて居住域を拡大した欧州人は、居住地では冬季の日射に恵まれないため「バカンス」であこがれの南の地に向かう。地中海コート・ダジュールのニースは、北緯 43 度 42 分 10 秒東経 7 度 16 分 09 秒。北緯 42 度 58 分 10 秒 東経 144 度 22 分 24 秒の北海道釧路市より赤道から遠い。パリは北海道よりも高緯度でありながら、その暖房日数は仙台よりも少ない。欧州に比較して赤道に近い日本列島にあっては、冬季の太陽エネルギーに恵まれており、世界的視野を持つと太陽熱利用のポテンシャルは十分に高い。暖房期間の太陽熱利用のポテンシャルを検討するとき、通年の日射量の多寡ではなく対象期間の日射量を取り上げなければいけないが、図 4.14 に、参考として「日本列島と欧州の年間全天日射量」のクリマアトラスを引用した (SolarGIS©2014 GeOModel Solar By downloading a free map)。このマップは年間を通しての全天日射量を示したもので、本稿で主題としている冬季の暖房利用を前提とした「パッシブソーラーヒーティング」のポテンシャル評価には直結しないが、世界的な視野で東北地域をとらえると、欧州よりも赤道に近く、日射に十分に恵まれている地域といえることができる。

図 4.14 に示される日本列島の南西部の暖色系の彩色は、スペインのイベリア半島全体、イタリア半島南部、シチリア島など地中海の島々からアフリカ大陸北部と同じ階級にある

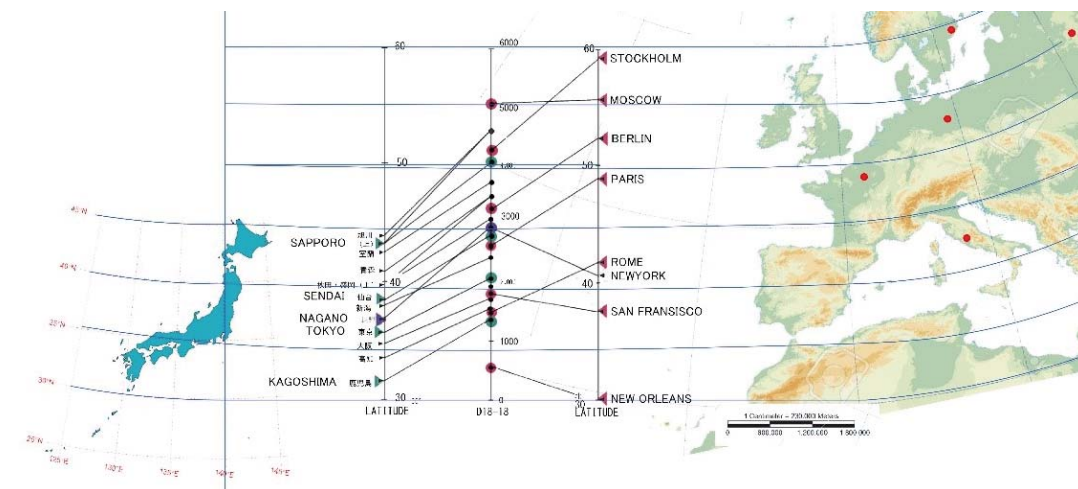


図 4.13 緯度で比較した日本列島と欧州・世界の主要都市の緯度と暖房度日

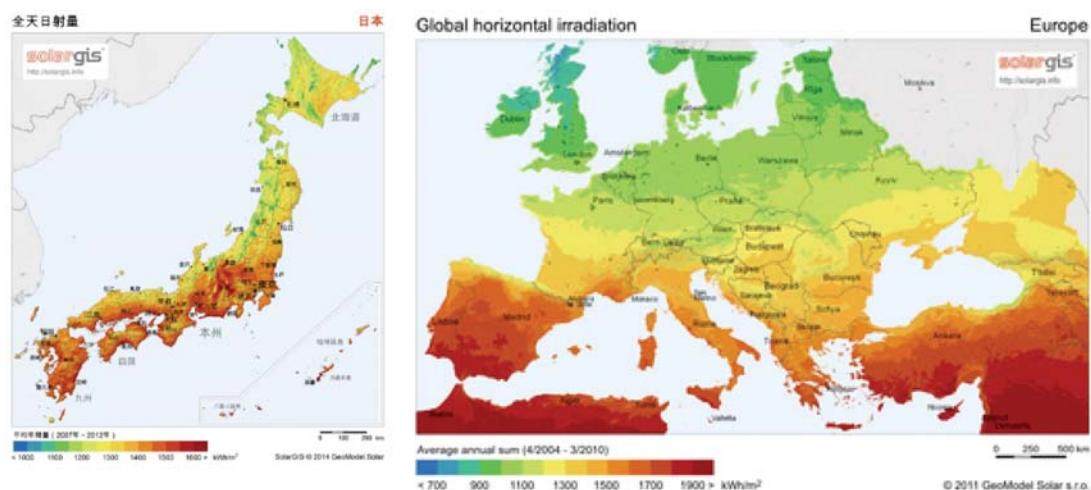


図 4.14 日本列島と欧州の全日射量のクリマアトラス

ことがわかる。この彩色を見る限り、実際は一年の半分以上の期間に暖房を必要としているというイメージが薄れる。クリマアトラスの彩色によるイメージ効果はとても大きく、温かさを象徴する太陽熱利用のポテンシャルの表示に寒色系を採用されると、そのポテンシャルは極めて低いととらえられがちである。省エネ基準の彩色で東北地域が寒色で示されることの影響は大きい。



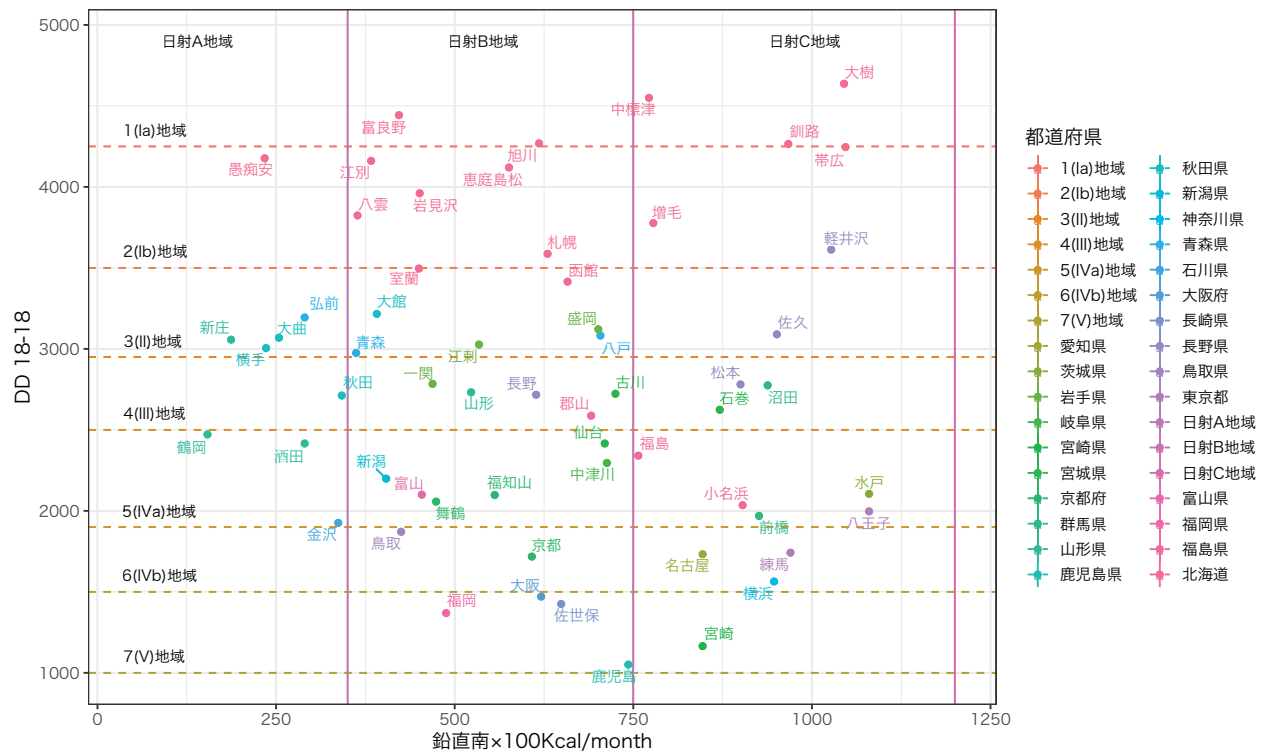


図 4.15 暖房度日と南鉛直面日射量（1月）（DD18-18 vs South）

## V.2 日本全体から東北地域を捉える

図??は 1990～2000 年 AMeDAS 標準気象データに基づく各都市の、暖房度日（DD18-18）を縦軸に、南鉛直面日射量を横軸にして、小玉らの手法で全国主要都市の「パッシブソーラーヒーティング」のポテンシャルを評価した図に、平成 28 年省エネルギー基準（2016 年）の「地域区分」と、年間日射量地域区分（A 区分）の線引きを加えたものである。「暖房度日」の軸は、分散図に空白を含むことなく、北海道・本州・四国・九州の主要都市について相対的な評価ができるよう、最も暖房度日の少ない鹿児島が入る 1,000 度日を最小に、富良野、中標津、大樹などを包括する 5,000 度日の範囲とし、南鉛直面日射量については、0～1,200 (kcal/Month) を適用した。

図 4.16 に、「省エネルギー基準による地域区分」と、暖房度日数について日本列島を 1,000 度日毎のスケールで描いたクリマアトラスを示す。「省エネルギー基準による地域区分」では、亜熱帯に属する沖縄を含むスケールで、8 地域を明確にするために 8 段階の色相を用いているが、この色相インデックスは、地域区分を示したものである。しかし、一般にクリマアトラスでは日射量や暖房度日などが等差的に色相環の序列で示されることが多く、温暖地と寒冷地というように差別化して受け止められやすい。東北地域が相対的

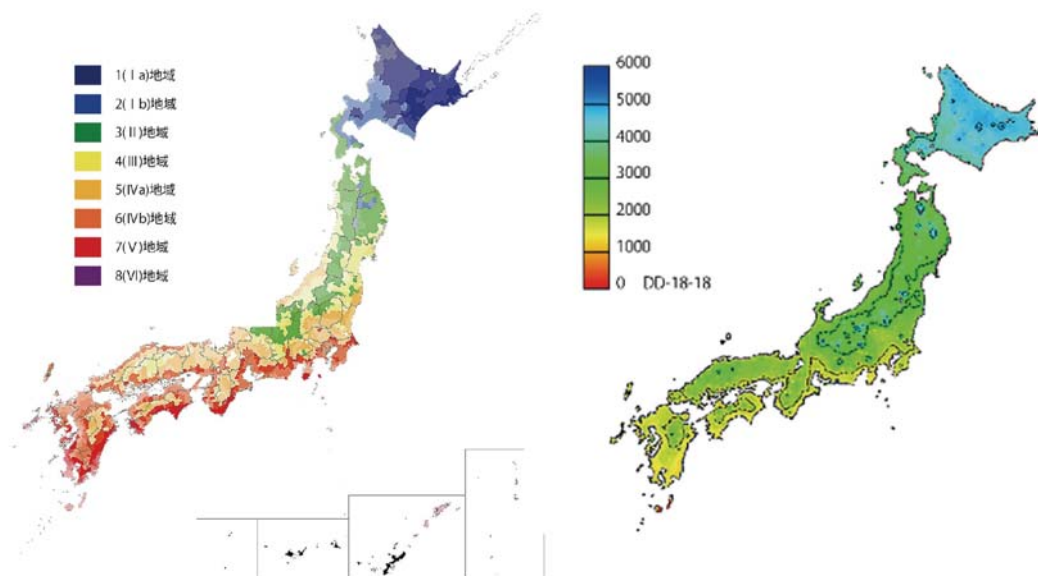


図 4.16 省エネルギー基準の地域区分図と暖房度日によるクリマアトラス

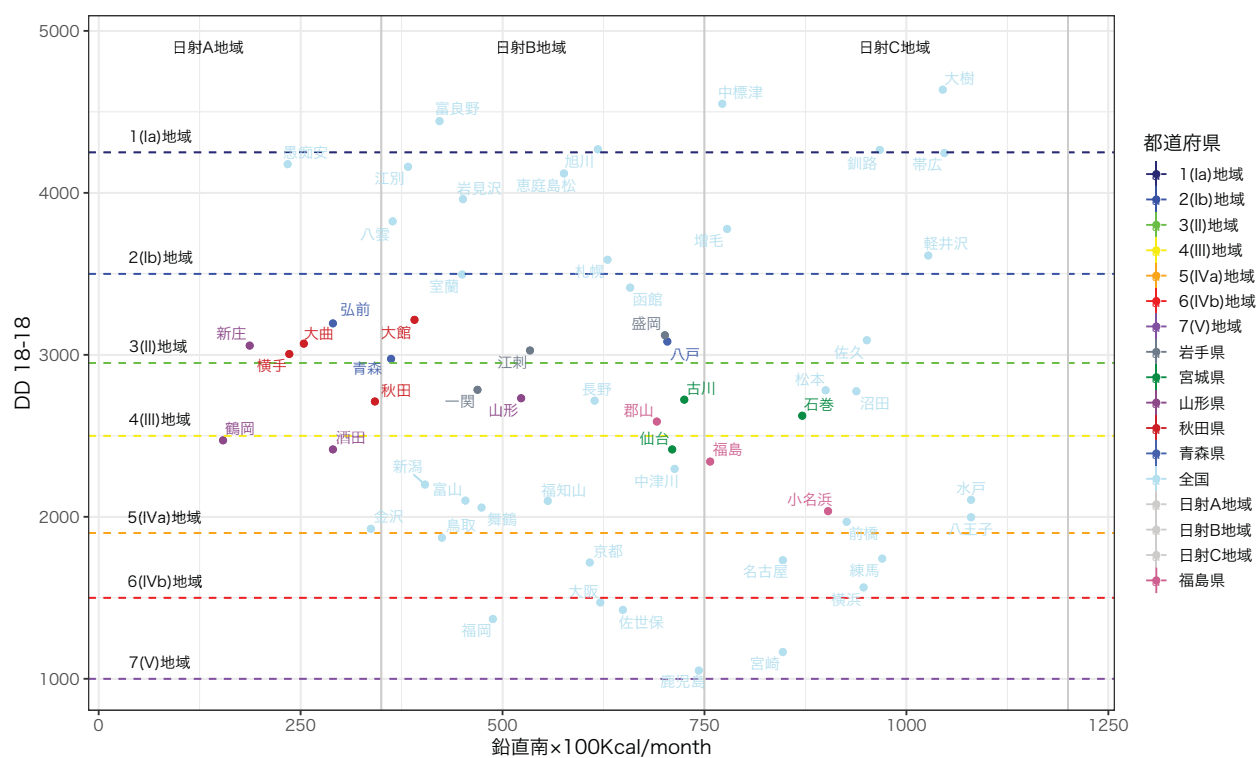


図 4.17 東北地域の暖房度日と南鉛直面日射量 1 月 (DD18-18 vs South)

に寒色域で彩色されているため、北海道地域に次ぐ寒冷地としての印象が強く受け止められる。しかし、暖房度日数について日本列島を0～6,000度日間の、1,000度日毎のスケールで描いたクリマアトラスを見る限り、東北地域だけがとりわけ冬の長い地域に分類されることはない。日本列島のほとんどの地域では一年の半分以上の期間が暖房を必要とする期間であり、この長い暖房期間を少しでも短くするうえで、日射に恵まれる春先と秋口、冬季の前後にあたる期間の太陽熱利用を図ることは有効である。弘前市では「南傾斜4寸勾配屋根面全日射量」は、年間を通して常に、水平面全日射量、南鉛直面日射量よりも多く、特に暖房期間内の3～5月と11月に200時間を超える日照に恵まれており、太陽熱利用のポテンシャルは高い。筆者が釧路市に設計した「PLEA 国際会議 1997」<sup>4-20)</sup>のインフォメーションセンターは、厳冬期の1月に、4時間の太陽熱空気集熱だけで補助暖房を必要としない室内気候を実現している<sup>4-21)</sup>。建物の室内気候は、断熱気密・蓄熱・集熱によって外部気候への応答を変えるため建物の仕様によりそのパフォーマンスは異なるが、この地域資産を見逃すことなく有効に活用したい。①「省エネルギー基準による地域区分」、②年間日射量地域区分(A区分)(前出)では、亜熱帯に属する沖縄を含むスケールで、前者は8段階、後者は5段階の分類を可視化しており、東北地域にあっては相対的に寒色域で彩色されているため、寒冷地としての印象が強く受け止められる。しかし、暖房度日数について日本列島を0度日～5,600度日間を省エネ区分と同じ8段階に700度日毎のスケールでクリマアトラスを描くと図4.18のようになり、東北地域だけがとりわけ冬の長い地域に分類されることはない。

### V.3 新しいクリマアトラスの視点

日本列島4島のクリマアトラスを描くにあたり、暖房度日が最も多かったのは、AMeDAS\_113の北海道・糠平、5324度日、最も少なかったのは、AMeDAS\_369の東京都・父島で、64.6度日。図4.18は、このデータを0～6,000度日の1,000度日刻みで描いた。同様に東北地域の最大は、AMeDAS\_178の八甲田・酸ヶ湯の4,897度日、最小はAMeDAS\_308の福島県・小名浜の2,035度日であった。前述のように、東北地域は「省エネルギー基準による地域区分」のⅡ地域～Ⅳa地域に属し、その範囲は暖房度日数で、2,000～5,000度日に及ぶが、主要都市は、2,000～3,500度日の範囲に位置している。図4.19、図4.20は、暖房度日DD18-18のクリマアトラスの尺度を2,000～6,000度日の範囲に500度日毎に分類したものである。このように東北地域だけに範囲を絞って相対的な比較を行うと、東北地域では比較的温暖な、イチゴ栽培で知られる山元町や、福島県で最も人口の集中する温暖な小名浜、青森県でも温暖だとされている八戸、日本海側の沿岸地域のおだやかな気候の印象をきめ細やかに表現することができる。暖房度日数は、暖房が必要となる時間長さを表し、冬の厳しさの目安を示すことができる。本論ではその暖房

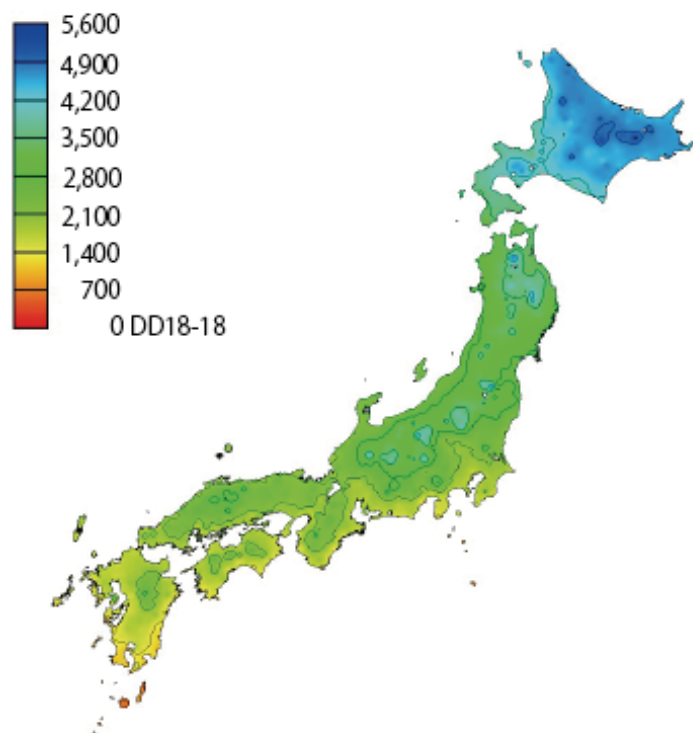


図 4.18 年間暖房度日によるクリマアトラス DD18-18 (0-5600 度日@700 度日)

期間における「パッシブソーラーヒーティング」のポテンシャル評価を検討している。第4章I節で既往研究におけるポテンシャル評価の実例を紹介した。また、東北地域では、未だ暖房が必要な春先に、南鉛直面日射量よりも南傾斜屋根面日射量のほうがはるかに大きく、この時期の太陽熱集熱を暖房に使うことによって、春の訪れを早くする「パッシブソーラーヒーティング」の可能性に触れた。実際に南面開口部からのダイレクトゲインを期待しても、都市部の住宅系用途地域では、建築基準法の集合規定を順守しても、太陽高度角の低くなる冬季には、1階の南面の日射が隣家に遮られてしまう例が多く散見される。しかし、そのような状況でも南傾斜屋根面での日射取得は十分に可能である。

図 4.19 は、3月の南鉛直面日射量 (kcal/month) と南4寸傾斜屋根面日射量 (kcal/month) を500～1,400kcalの同一のスケールで比較したものである。3月には太平洋側で700(kcal/month)を超える南鉛直面日射量が見られるが、南4寸傾斜屋根面日射量に着目すると、太平洋側では、1,100(kcal/month)を超えるところがあることが解る。また、4月になると南鉛直面日射量は、青森県では3月よりもごくわずかに増大するが、太平洋側では、ほとんどの地域で3月よりも日射量が少なくなる傾向がみられることがわかる。南4寸傾斜屋根面日射量については、3月次よりも4月に増大する傾向が東北地域全域に見られ、青森県の下北半島や津軽半島に、東北地域では温暖なことで知られる



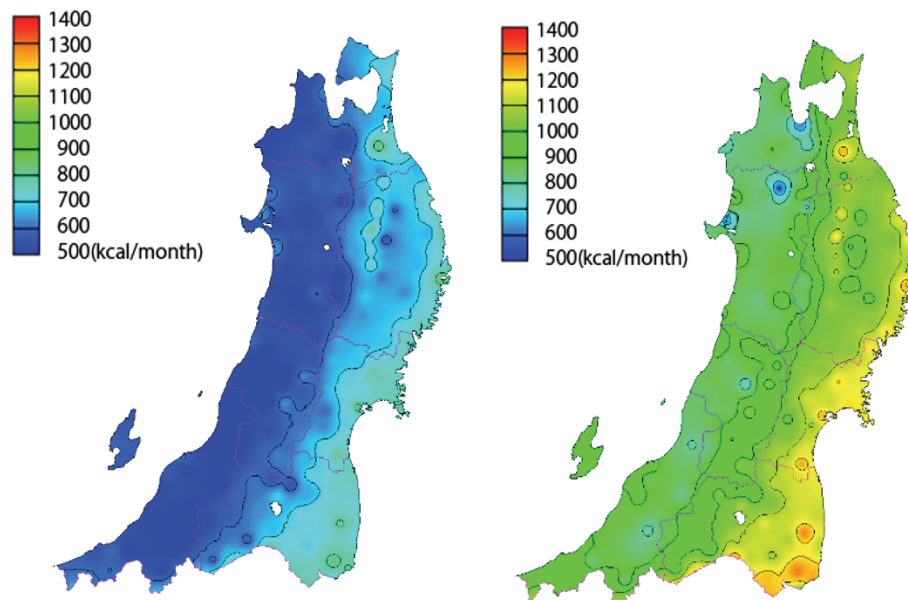


図 4.19 南鉛直面日射量 3 月 (左) 南 4 寸傾斜屋根面日射量 3 月 (右)

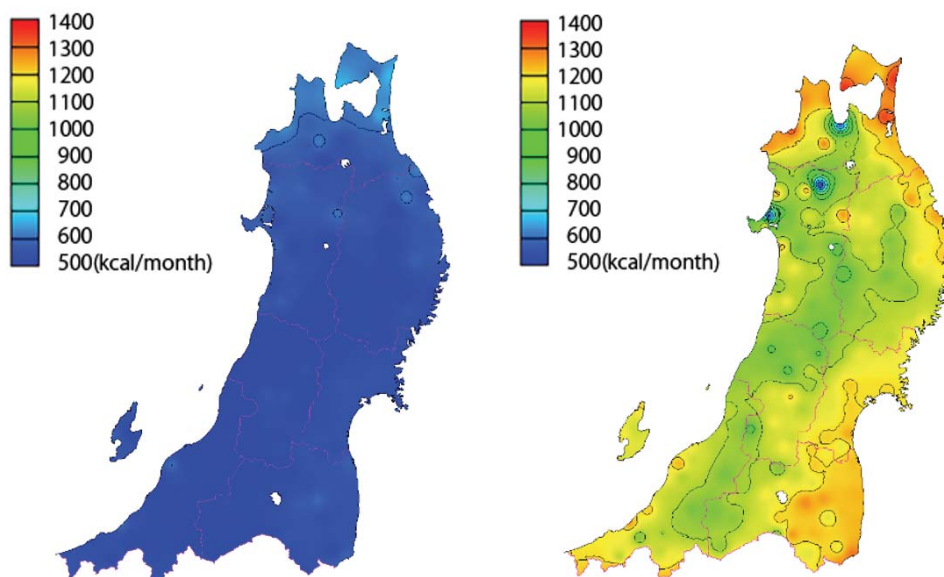


図 4.20 南鉛直面日射量 4 月 (左) 南 4 傾斜屋根面日射量 4 月 (右)

いわき市よりも南4寸傾斜屋根面日射量の多い地域があることが解る。

小玉、武政らが、「暖房度日に対する南鉛直面全天日射量（1月）の比」として定義した PSP (Passive Solar Potential/パッシブ地域係数) は、全国規模で太陽熱利用のパッシブソーラーシステムの普及に一定の役割を果たしてきたと言えるが、地域がイニシアティブをとって、地域政策により国の政策に協力する時代にあっては、地域毎にきめ細やかなポテンシャルを分析してその有効活用を図る方策を模索することで、かつてマイクロクライメイトの差異が、地域の民家の個性的でヴァナキュラー（土着的・自然発生的）な集景を創りえたように、全国に蔓延する個性のない画一的統一的デザインではなく「地域らしさ」をもった豊かな景観を作り出すことにつながろう。

#### V.4 東北地域の RPSP クリマアトラス

東北地域には 173 地点の気象データがあるが、クリマアトラスを描こうとすると 173 地点の気象データだけでは、全域を網羅することはできない。そこで、任意地点  $i$  の気象データを  $D_i$  としては、その地点に近い AMeDAS 観測点  $j$  を 10 ヶ所 ( $j = 1, \dots, 10$ )、地点  $i$  からの距離  $r_{ij}$  の小さいものから順に選び、この距離の逆数による重み付け平均で内挿する手法を採用した。すなわち、観測点  $j$  における気象データを  $D_j$  とするとき、

$$D_i = \sum_{j=1}^{10} D_j / r_{ij} \bigg/ \sum_{j=1}^{10} 1 / r_{ij} \quad (4.4)$$

と内挿する。もちろん、地点  $i$  が AMeDAS 観測点  $j$  に合致する場合は、 $D_i = D_j$  である。東北地域のコンピュータ地図上のあらゆるピクセルにこの方法を適用して、そのピクセルの気象データを内挿し、その値を RGB カラーで表現することにより、分かりやすいカラーのマップが得られる。作図には ColorMap<sup>4-22)</sup> を使用した。

#### V.5 東北地域のクリマアトラス作成のための AMeDAS

20 年間 (1981 ~ 2000 年) の AMeDAS 気象データを月単位で統計処理し、月毎に冷暖房負荷を求め、負荷が最も 20 年の平均に近い月を選び、その時間毎データをつないで標準年気象データとした。標準年気象データから図 4.21 に示した 199 地点について、3 月、4 月、10 月、11 月の 4 月の暖房度日数と南 4 寸傾斜屋根面日射量について分析した。

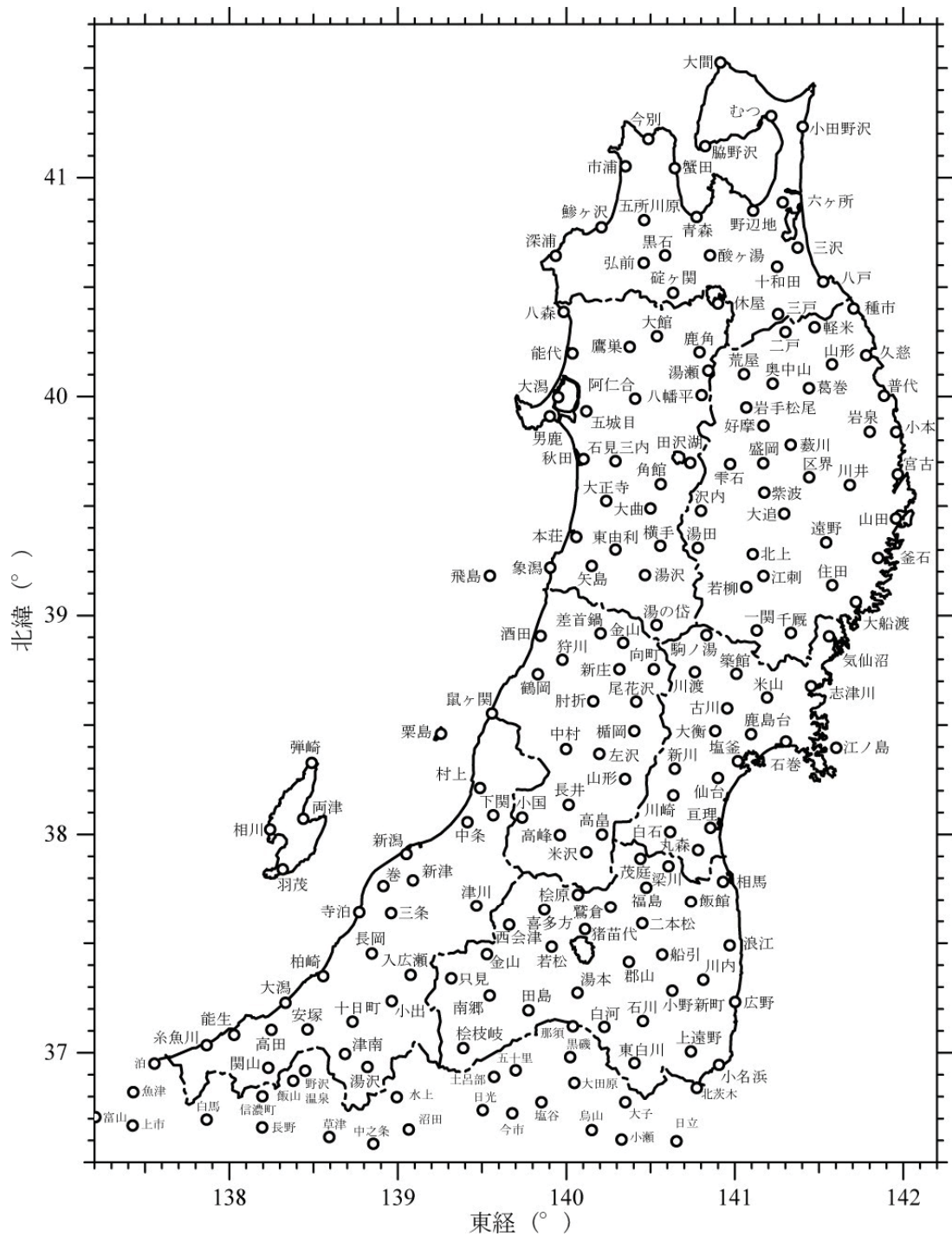




図 4.22 モデル建物のイメージ（筆者設計「島田の家」2012 エコハウス大賞特別賞）

## V.6 東北地域におけるパッシブ効果の検証

本項では、東北地域の、春先と秋口に太陽熱利用の高いポテンシャルに関して、モデル住宅の熱収支シミュレーションによって、南傾斜屋根面をつかった太陽熱集熱デバイスの効果と、南4寸傾斜屋根面日射のパッシブ集熱の有効性を示し、今までそのポテンシャルは低いと捉えられ、マクロな視点から見落とされていた太陽熱利用の有効性を示す。また、ミクロな地域資産を見落とすことなく評価することができる「気候要因の簡略化指標」について、東北地域のパッシブソーラーシステムのポテンシャルクリマアトラスを提案する。筆者のシミュレーションプログラムで、東北地域の主要都市に計画する屋根面日射を利用する「空気式太陽熱利用パッシブシステム」のモデル住宅の、EA 気象データを用いた室内気候分析を行い、その「省エネ」効果を分析する。第一段階として、自作シミュレーションプログラムで、外気温とモデル住宅の室内気温について、ヒートマップを作成し、ビジュアルに判定した。

### シミュレーションモデル

1990年代、パーソナルコンピュータの能力が当時の大型電算機と遜色がなくなると、大学などの研究機関や研究者の間で自作の熱負荷計算プログラムが分析に使われるようになった。しかし当初は同じ仕様の建物を計算しても同じ答えが出る状況ではなかった、そのため建築学会では「学会標準建物」を定め、計算プログラムの精度を評価することが行われた。筆者がデザインツールとして使用している「winEGCAL」は、2001年にwindowsに移植するまえの「Sunson's.ver.5.0」で国交省とIBECの審査を受けて、住宅金融公庫時代の「割り増し融資」対象となる省エネ住宅の判定プログラムとしてオーソライズされたものである<sup>4-24)</sup>。本章ではこのシミュレーションプログラムを使って、モデル建物のパフォーマンスを計算している。



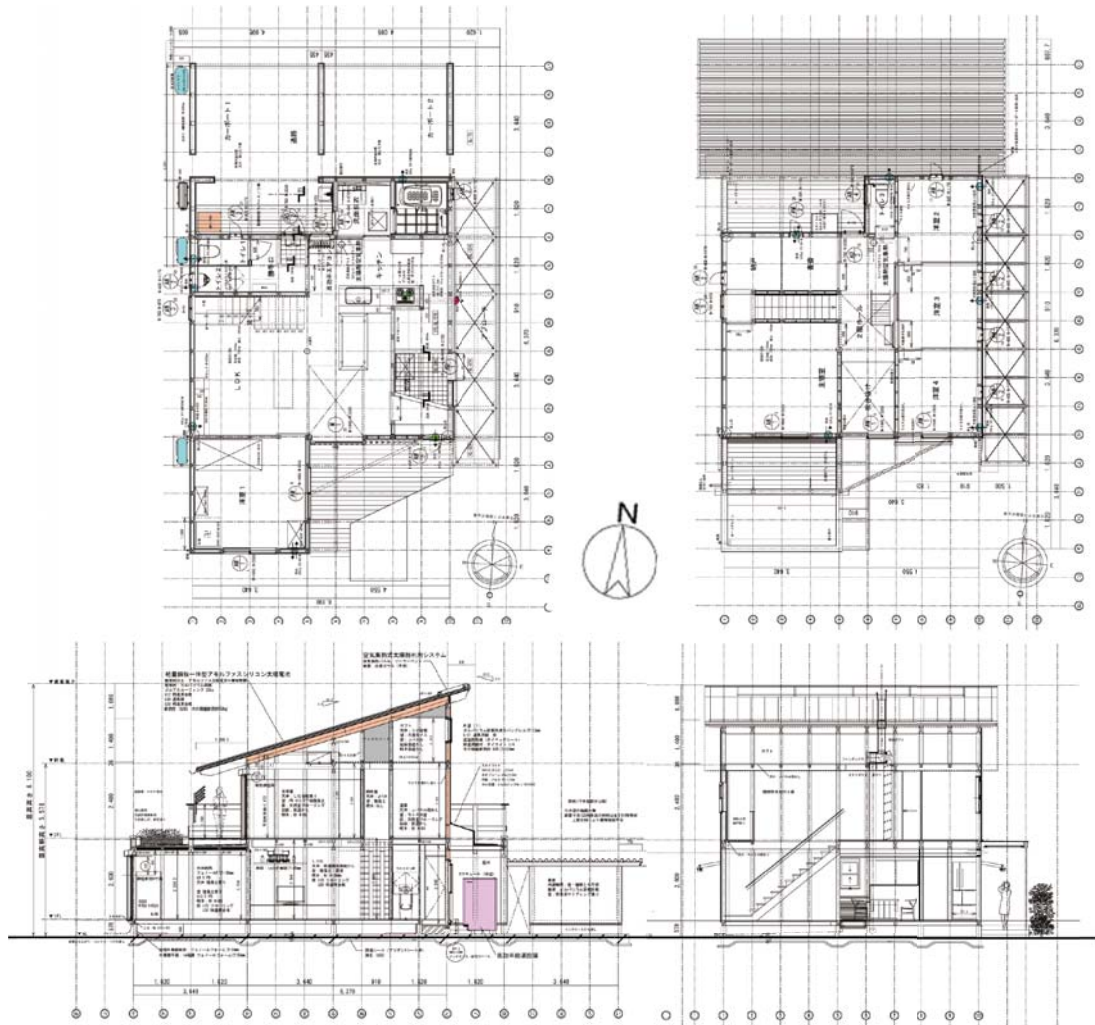


図 4.23 シミュレーションモデル平面図・断面図（筆者設計「島田の家」）

また、計算対象とするモデル住宅については、日本建築学会の環境系論文によく登場する四半世紀変わらない「日本建築学会標準モデル」（以降学会標準モデルとする）ではなく筆者が実際に設計した建物の断熱性能を変えて、省エネ地域区分の3地域・4地域それぞれのモデルを作成した。図 4.24 に学会標準モデルを示す。学会標準モデルは、北側玄関で真南に向けた総二階建てで狭い個室で構成されている。高度成長期に郊外に建てられた建売住宅をイメージさせるものであるが、子供たちが巣立ったあとに残された老夫婦は、階段を使う面倒も手伝って、日当たりのいい2階に上がることはなく日の当たらない1階で過ごしていることを想像させる古いタイプのいわゆる「ぶどうの家」である。熱性能の計算は熱的境界の断熱性能に大きく左右されるもので、その平面計画がどのようなものであっても大きな差異は生じない。しかしここでは、使い続けることのできる「リンゴのような家」<sup>4-25)</sup> に拘ってモデル設計を行った。

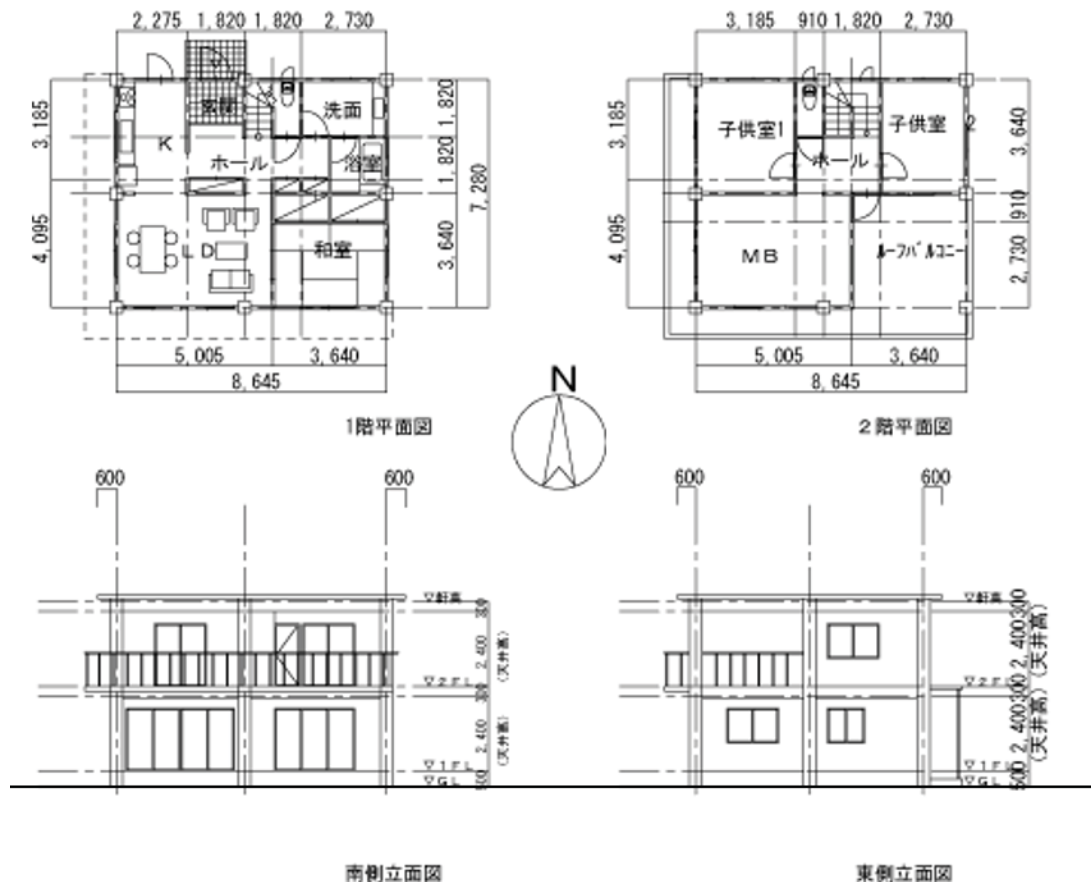


図 4.24 日本建築学会標準住宅モデル 4-26)

## モデル建物仕様

建物規模：1 階床面積  $46.37(\text{m}^2)$  計算対象 2 階床面積  $46.37(\text{m}^2)$  延床面積  $92.74(\text{m}^2)$

熱容量（顕熱）： $4517(\text{kJ}/^\circ\text{C})$

熱容量（潜熱）： $10034(\text{kJ}/(\text{g}/\text{kg}))$

3 地域モデル平均熱還流率： $0.501(\text{W}/\text{m}^2 \text{ K})$  熱損失係数： $1.687(\text{W}/\text{m}^2 \text{ K})$

4 地域モデル平均熱還流率： $0.742(\text{W}/\text{m}^2 \text{ K})$  熱損失係数： $2.191(\text{W}/\text{m}^2 \text{ K})$

建物気密性能： $1.0(\text{cm}^2/\text{m}^2)$  平均換気回数： $0.5(\text{回}/\text{h})$

屋根面集熱：プレヒート屋根（2 寸）ガラス付き集熱面（10 寸勾配）

（原設計：プレヒート屋根 4 寸・ガラス付き集熱面 4 寸）

住宅のQ値・年間負荷・自然室温計算 Ver.2.00 - [計算概要・床面積データ (画面No.1)]

ファイル(F) データ編集(E) 計算(C) 結果表示(D) 気象データ(W) 壁登録(M) オプション(O) ヘルプ(H)

TEST\_EGICAL EOM株式会社

書庫名 1:C:\...CAL\EGCAL 計算名 8:Iwate\_results 8/19

2012/10/20 17:30:19 (1) 計算概要・床面積データの入力 入力単位系 工学単位

ファイル名 計算名称 TEST\_EGICAL

計算概要

項目	設定条件 II 地域 3 地域
建物名称	TEST_EGICAL
都道府県名	2:青森県
市町村名 区分	2:青森県 弘前市
省エネ基準	平成25年省エネルギー基準
戸建形式	一戸建住宅
構法種別	その他構法
省エネ区分	高気密住宅
建物気密性能	2 cm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup>
平均換気回数	0.5 回/h
平均屋根勾配	2 寸勾配
南面実際方位	南 (8方位)

標準年 気象データファイル 最低気温日 02/21 7:00 -8.3℃  
データ種類 E A その他 地点変更 最高気温日 07/27 15:00 33.4℃  
観測地点名 青森県 弘前(ロザキ)  
C:\WCD\JPN\_AO\00176\日次気象.DAV

ガラス面積 6.2 (m<sup>2</sup>)  
換気モード 120 (m<sup>3</sup>/h)  
集熱モード 400 (m<sup>3</sup>/h)  
涼風モード 400 (m<sup>3</sup>/h)  
取込位置 蓄熱床下

仕掛入力  
ひおNo.1<あり>  
ひおNo.2<なし>  
ひおNo.3<なし>

建物階構成	床面積(m <sup>2</sup> )	床面積(坪)	平均階高(m)	容 積(m <sup>3</sup> )	換気回数(回)	換気量(m <sup>3</sup> /h)	熱容量(顕熱) (kcal/℃)	熱容量(潜熱) (kcal/(g/kg))
地下階(居室)								
1 階	46.370	14.009	2.530	117.3	0.50	58.7	528	1173
2 階	46.370	14.009	2.640	122.4	0.50	61.2	551	1224
3 階(居室)								
合計or 平均	92.740	28.018	( 2.585)	239.7	( 0.50)	119.9	1079	2397

△ 計算概要・床面積データ (画面No.1) 変更なし 工学単位

図 4.25 入力画面 (1) 計算概要・床面積データ (気象データ指定・気密性能・換気回数設定)

図 4.25～図 4.30 にシミュレーションプログラムの GUI 設定画面のスクリーンショットを引用した。入力画面 (1) では、シミュレーションモデルの計画地を市町村区分で選択することによって、最も近い AMeDAS ポイントの気象データが選択される、次に判定する省エネ基準を選択して、想定する建物の気密性能、平均換気回数を指定し、床面積と階高を入力することで建物の容積を産出し、換気量、熱容量などを計算している。次に入力画面 (2) では、建物の開口部について寸法を入力し日射遮蔽と夜間断熱について選択して底を入力する。入力画面 (3) では、建物外皮の面積を入力する。このとき、柱・梁などによって、熱性能の異なる部分について拾い分けている。次の入力画面 (4) で外皮それぞれの仕様を入力している。外皮の構成については、内包する別プログラムによって、建材の層構成を外側から順に材料を選択してその厚さを入力し計算する。

ヒトの温熱感覚は、環境 4 要素と人体 2 要素の 6 要素に加えて、感覚的要因があるとされている<sup>4-27)</sup>。基本 6 要素は①空気の温度②湿度③気流④周囲表面温度 (放射温度)、人体的要因として⑤活動量⑥着衣量が挙げられる。またさらに、人間的な特殊要因として、年齢・性別・人種・国籍・生活習慣・感情・体調・体重・個人差なども作用し、さらに視聴覚等感覚的要因として、色彩・音・騒音・風貌・風体・景色など様々なものの影響を受けて変化するため、温度だけを取り上げて議論することには躊躇するものがあるが、本



住宅のQ値・年間負荷・自然室温計算 Ver.2.00 - [開口部 (窓・出入口) データ (画面№2)]

ファイル(F) データ編集(E) 計算(C) 結果表示(D) 気象データ(W) 壁体登録(M) オプション(O) ヘルプ(H)

TEST\_EGICAL EOM株式会社

書庫名 1:C:\...CAL\EGCV 計算名 1:Hirosaki\_results 1/17

2019/06/28 17:54:29 (2) 開口部(窓・出入口)データの入力 入力単位系 S I 単位

【窓データ】 総数 9 同一検索 レスカーテン 障子 → 冬の日は開ける(通常) 常に開ける ※開口部登録検索&更新

No	種類(A/E)	図面方位	呼称寸法	日射遮蔽(夏)	夜間断熱(冬)	数量	合計面積(m²)	窓幅(m)	窓高さ(m)	庇窓上(m)	庇軒出(m)
1	窓A	南	1620	レスカーテン	厚手カーテン	2	6.400	1.600	2.000	-	0.900
2	窓A	南	1618	レスカーテン	厚手カーテン	3	8.640	1.600	1.800	-	1.200
3	窓A	北	1616	レスカーテン	厚手カーテン	3	7.680	1.600	1.600	-	0.450
4	窓A	北	1612	レスカーテン	厚手カーテン	1	1.920	1.600	1.200	-	0.450
5	窓A	北	1604	レスカーテン	厚手カーテン	1	0.640	1.600	0.400	-	0.450
6	窓A	東	0812	レスカーテン	厚手カーテン	1	0.960	0.800	1.200	-	0.450
7	窓A	西	0812	レスカーテン	厚手カーテン	2	1.920	0.800	1.200	-	0.450
8	窓A	西	0808	レスカーテン	厚手カーテン	1	0.640	0.800	0.800	-	0.450
9	窓A	西	1608	レスカーテン	厚手カーテン	2	2.560	1.600	0.800	-	0.450

【出入口データ】 総数 1 南面方位 南 (※共通) 31.360 m²

No	種類(A/O)	図面方位	呼称寸法	夜間断熱(冬)	数量	合計面積(m²)	ドア幅(m)	ドア高(m)
1	ドアA	南	0920	なし	1	1.800	0.900	2.000

※削除する場合は表の番号を右クリックします。 1.800 m²

△ 開口部 (窓・出入口) データ (画面№2) 変更なし S I 単位 Hlrosaki\_results

図 4.26 入力画面 (2) 開口部 (窓・出入口) 日射遮蔽・夜間断熱

住宅のQ値・年間負荷・自然室温計算 Ver.2.00 - [外皮 (屋根・天井・外壁・床) 面積データ (画面№3)]

ファイル(F) データ編集(E) 計算(C) 結果表示(D) 気象データ(W) 壁体登録(M) オプション(O) ヘルプ(H)

TEST\_EGICAL EOM株式会社

書庫名 1:C:\...CAL\EGCV 計算名 8:Iwate\_results 8/19

2019/06/28 17:55:01 (3) 外皮(屋根・天井・外壁・床)面積データの入力 入力単位系 工学単位

総数 14 南面実効方位 南 延床面積 9274 m² 外皮面積 236.08 m²

部位名称	東(E)	西(W)	南(S)	北(N)	北東	南西	南東	北西	合計(m²)
1.《外壁全体》	32.90	32.90	32.98	43.81					142.39
2.外 壁	26.35	22.19	10.53	25.96					85.03
3.外壁(木部)	5.59	5.59	5.81	7.41					24.20
8.窓A外側	0.96	5.12	15.04	10.24					31.36
13.ドアA外側			1.80						1.80
16.《屋根全体》			47.32						47.32
17.屋 根			40.70						40.70
18.屋根(木部)			6.62						6.62
39.《土間全体》									46.37
46.蓄熱床(中央)									23.07
47.蓄熱床(外気)									27.30
49.換 気									119.90
50.間仕切内壁1									54.60
56.間仕切床天1									36.63

強制的に... 再構成(C)

<表示状態> 入力全体 入力済み

<表示先頭> 《外壁全体》 《屋根全体》 《天井全体》 《床全体》 《土間全体》 換 気 間仕切

面積・周長

△ 外皮 (屋根・天井・外壁・床) 面積データ (画面№3) 変更なし 工学単位 Hlrosaki\_results

図 4.27 入力画面 (3) 外皮 (屋根・天井・外壁・床) 面積データの入力



住宅のQ値・年間負荷・自然室温計算 Ver.2.00 - [外皮仕様データ (画面№4)]

ファイル(F) データ編集(E) 計算(C) 結果表示(D) 気象データ(W) 壁体登録(M) オプション(O) ヘルプ(H)

TEST\_EGICAL EOM株式会社

書庫名 1:C:\...CAL\EGCAL 計算名 8:Iwate\_results 8/19

2019/06/28 17:55:01 (4) 外皮(屋根・天井・外壁・床)仕様データの入力 入力単位系 工学単位

No	部位名称	外皮部等の仕様	熱貫流率	表面 $rotri$	$R$ 値(kcal)	$K$ 値(kcal)	E
2	外 壁	外壁[WF120] --- ○	0.264	0.175	3.960	0.253	
3	外壁(木部)	構造用合板[12]+木材(杉)[120]+石	0.741	0.175	1.524	0.656	
8	窓 Aタイプ	P製複層窓(LowE_YKK)	1.918	0.175	0.696	1.436	
13	ドア Aタイプ	金属製ドア(K3.5)	9.032	0.175	0.286	3.500	
17	屋 根	屋根[WF300] --- ○	0.108	0.150	9.390	0.106	
18	屋根(木部)	構造用合板[12]+木材(杉)[300]+石	0.317	0.150	3.300	0.303	
46	蓄熱床(中央)	蓄熱土間床[無断熱] --- ○	2.573	0.177	0.565	1.769	
47	蓄熱床(外気)	蓄熱土間床[SF100] --- ○ h	0.219	0.177	4.739	0.211	
49	換 気	ソーラーベント換気	0.300	1.000	3.333	0.300	
50	間仕切内壁1	石膏ボード[12]+半密閉空気層[80]	4.417	0.250	0.476	2.099	
56	間仕切床天1	木材(杉)[24]	4.168	0.200	0.440	2.273	

※土間床(No40~48)以外、ここでの入力物性値が計算で使用されます。

△ 外皮仕様データ (画面№4) 変更なし 工学単位 Hirosaki\_results

図 4.28 入力画面 (4) 外皮(屋根・天井・外壁・床)仕様データの入力

住宅のQ値・年間負荷・自然室温計算 Ver.2.00 - [生活環境データ (画面№5)]

ファイル(F) データ編集(E) 計算(C) 結果表示(D) 気象データ(W) 壁体登録(M) オプション(O) ヘルプ(H)

TEST\_EGICAL EOM株式会社

書庫名 1:C:\...CAL\EGCAL 計算名 1:Hirosaki\_results 1/17

2013/08/12 14:01:16 (5) 生活環境データの入力 入力単位系 S I単位

デフォルト値 仕入力 詳細設定

<室内設定温湿度>

暖房設定温湿度 18.0 °C - %

冷房 " " 27.0 °C 60 %

<室内発生熱>

平均在室人数 0.0 人 (106W/人)

室内発生熱量 0 W (家電製品)

" 0 W (照明設備)

" 0 W (炊事等)

<室内の換気状態>

☒ 0.5 (回/時) 換気で固定\_ 詳細入力

☐ 隙間による漏気量を加算\_ 2.0 (cm<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>)

<夏季の自然通風>

☒ 窓は開けて特に何もしない\_ 仕排あり対応

☐ 窓などを開ける\_ 換気回数 約 10 回/時

<暖冷房の期間設定>

気温(°C) 日平均気温 (弘前(1991)標準年) EA気象データ

☒ 最高・最低 6月22日~9月20日

1月1日~5月24日 10月3日~12月31日

気温で判断 日付(月日)で判断 元に戻す

暖房期間 日平均気温が 15 °C以下の日 エアコン 24hr

冷房期間 日最高気温が 23 °C以上の日 エアコン 24hr

☒ この条件を採用する(D) デフォルト ※仮の設備として

▲ 生活環境データ (画面№5) 入力№1101 挿入モード Hirosaki\_results

図 4.29 入力画面 (5) 生活環境データの入力

住宅のQ値・年間負荷・自然室温計算 Ver.2.00 - [計算概要・床面積データ (画面№1)]

壁体登録ファイル & 材料物性ファイルの編集 Ver.3.10

ファイル(F) 編集・その他(E) ※開発用(Z)

<壁体>ファイル 壁体構成:USR 編集 外皮登録(新) 壁体構成(旧) 表示単位系 工学単位 3/19

壁体No. 4 名称変更 部位区分No. 3

4:外壁[WF100] 外壁 未登録へコピー

他参照

層No.	材料名	厚さ(mm)	熱伝導率( $\lambda$ ) kcal/mh $^{\circ}$ C	熱抵抗(R) m $^2$ h $^{\circ}$ C/kcal	熱容量(Cp) kcal/m $^2$ C
1	構造用合板	12.0	0.140	0.086	2.05
2	WF60K	100.0	0.033	3.030	3.00
3	石膏ボード	12.0	0.190	0.063	2.59
4					
5					
6					
7					
8					

※外壁は<外気側から>入力します。

壁体全体の熱定数(除:ro,ri) R値 3.179 K値 0.315 CP値 7.64

熱橋補正係数 1.000 実質R値 3.354 K値 0.298 CP値 7.64

内外熱伝達抵抗 (m $^2$ h $^{\circ}$ C/kcal) ro 0.050 ri 0.125 ro+ri 0.175

αo 20 αi 8

※1 壁体全体の熱定数は内外の熱伝達抵抗値(ri,ro)を含まない材料毎の合算値です。  
 ※2 補正後の熱定数は熱橋補正と内外の熱伝達抵抗値(ri,ro)を加算した実質値です。  
 ※3 土間床、蓄熱土間床は土壌より上の部分を入力します。

【層構成図】

全厚 124.0mm

熱容量分割(R値1/2)

外側 3.54(46%)  
 内側 4.10(54%)  
 合計 7.64(100%)

保存(S) 開じる(X)

変更なし 工学単位 Hlrosaki\_results

△ 計算概要・床面積データ (画面№1) 変更なし 工学単位 Hlrosaki\_results

図 4.30 入力画面 (6) 壁体構成の計算 (部位毎の仕様データベース)

論文では、暖房期間内の太陽熱利用についてそのポテンシャル分析を第一義とするため、太陽熱利用の効果の分析に当たって、最初に数値データで把握するのではなく、模索するポテンシャルマップと同じように直感的・ビジュアルな把握を目的にヒートマップ（コンターマップ）を使用している。

図 4.31 に AMeDAS\_176 弘前の計算結果を示す。上段は外気温を示し、X 軸は左から 1 月 1 日～12 月 31 日までの 365 ドットで、Y 軸原点を 0 時として 24 時までの 24 のドット、 $24 \times 365 = 8760$  のドットで描いたヒートマップである。中段に屋根面を利用した空気式太陽熱利用パッシブシステムのない状態の室温を示し、下段に集熱をしたときの室温を示した。第 3 章で東北地域の春先と秋口の日射利用のポテンシャルに触れたが、4～5 月と 10～11 月の外気温（上段）と屋根面を利用した太陽熱利用の室温（下段）に着目すると、屋根集熱のパッシブ利用が有効であることが解る。また、空気集熱式のパッシブシステムは、夏の夜間の放射冷却利用も行うが、夏の日中について、仕掛けなし（中段）が日中にオーバーヒートを起こしているのに対して仕掛けあり（下段）の夏季日中の室温は前者よりも低く抑えられていることが読み取れる。以下、東北地域の主要都市について同様の分析を行う。

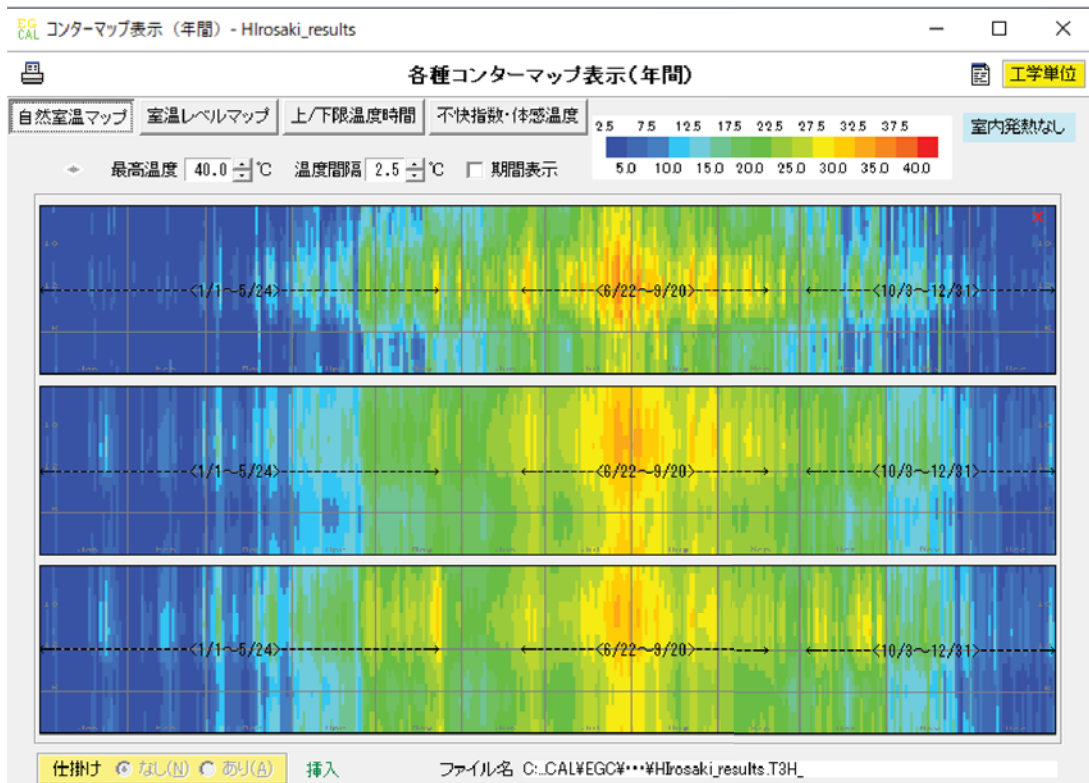


図 4.31 AMeDAS\_176 弘前計算結果ヒートマップ

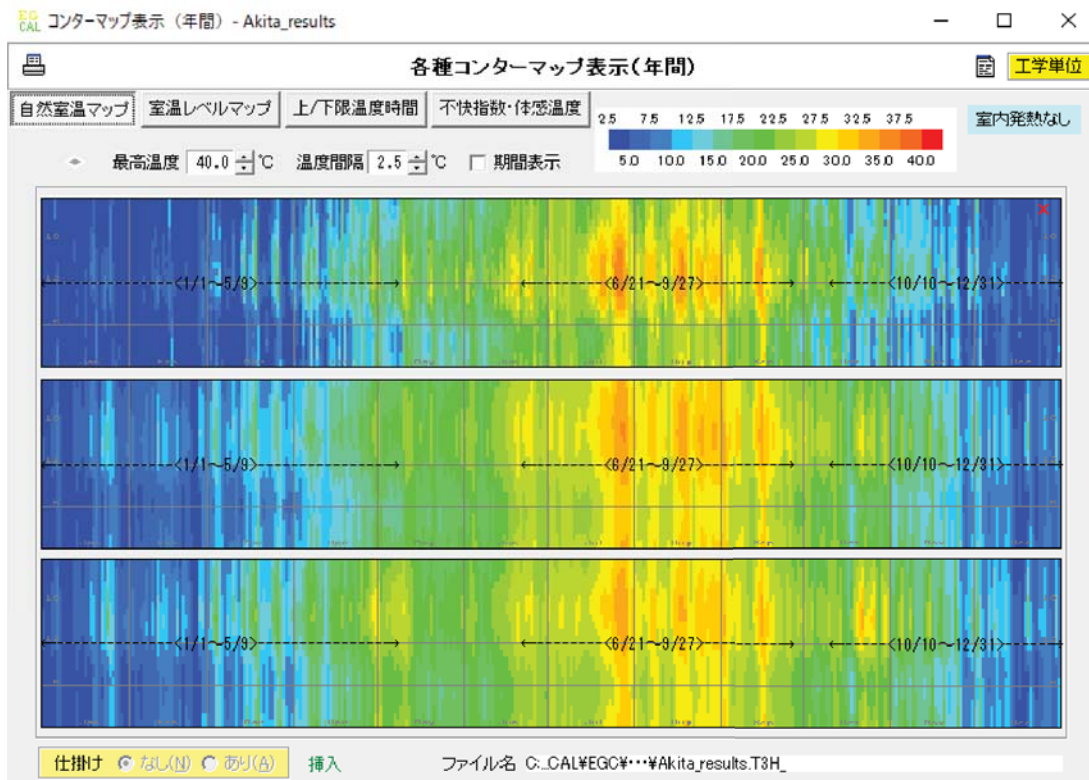


図 4.32 AMeDAS\_196 秋田計算結果ヒートマップ



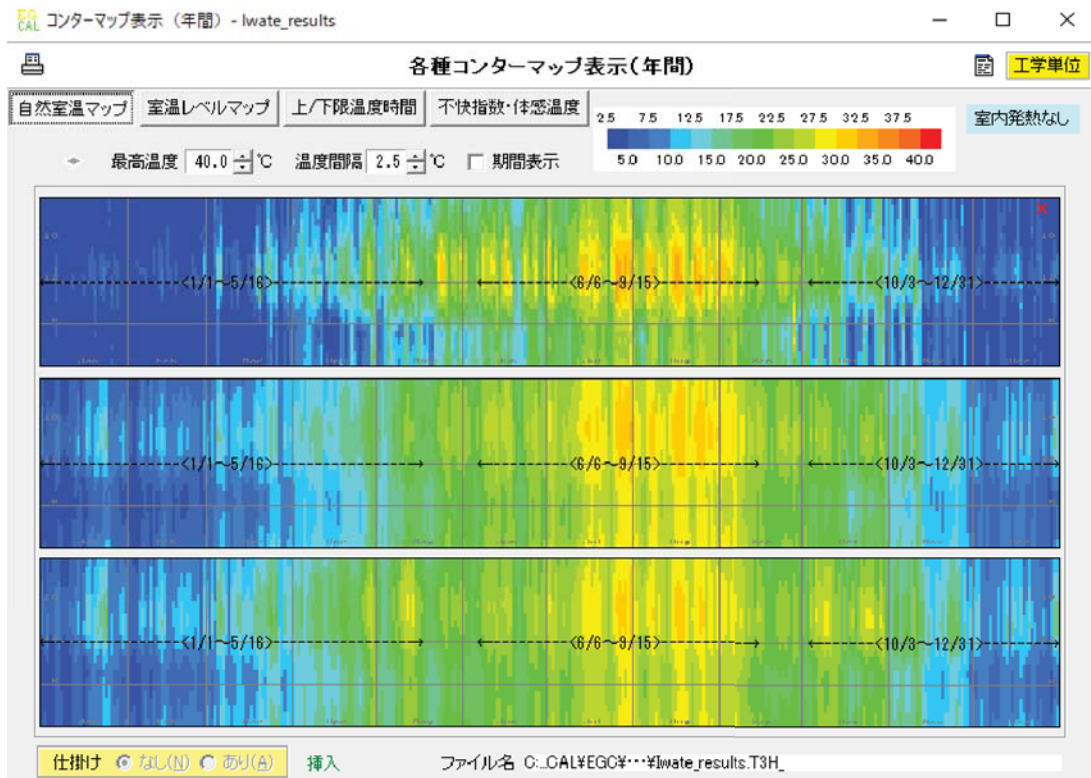


図 4.33 AMeDAS\_224 盛岡計算結果ヒートマップ

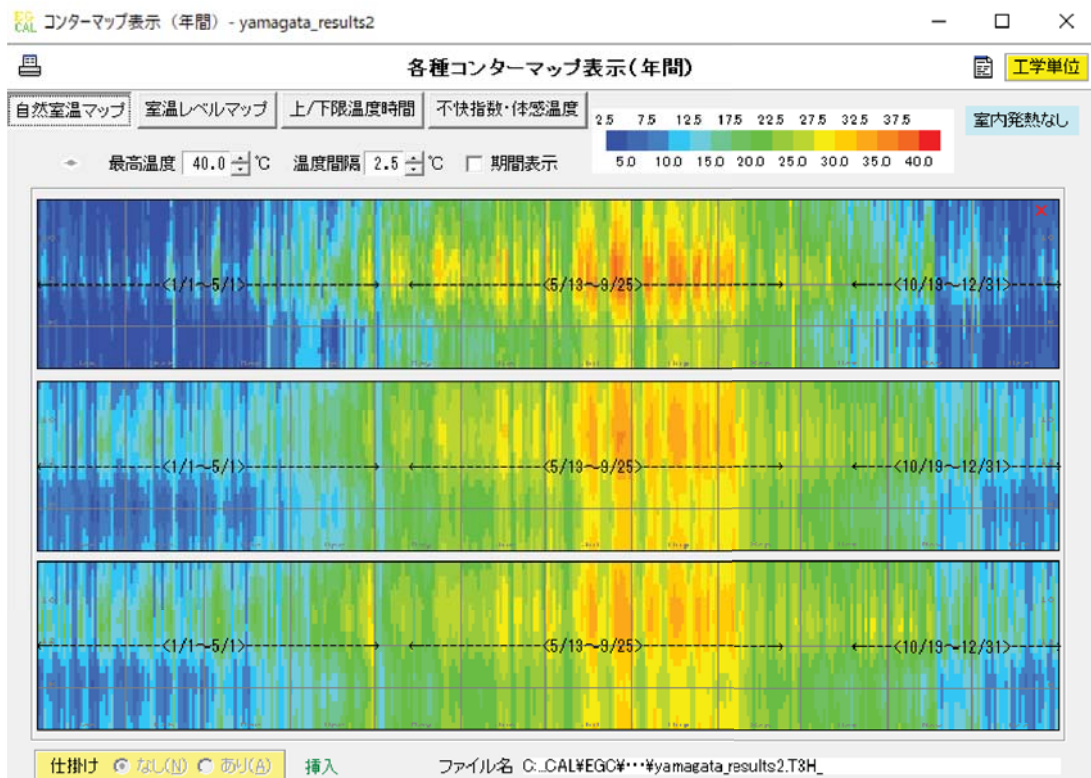
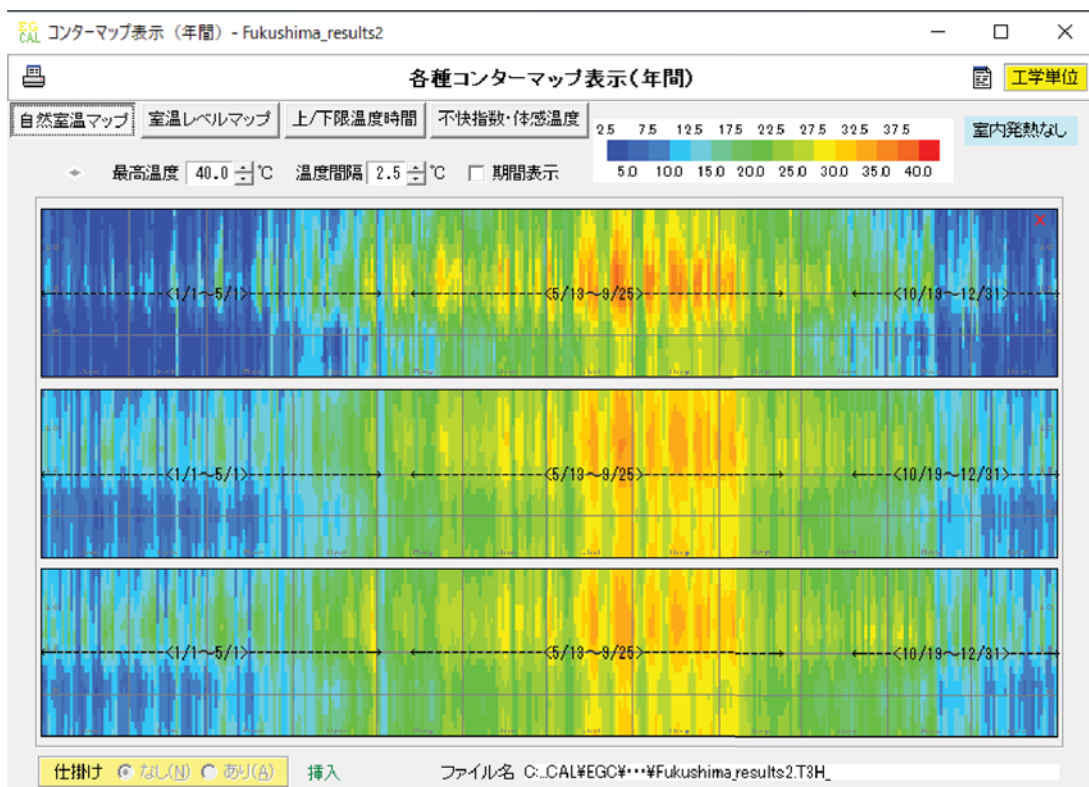
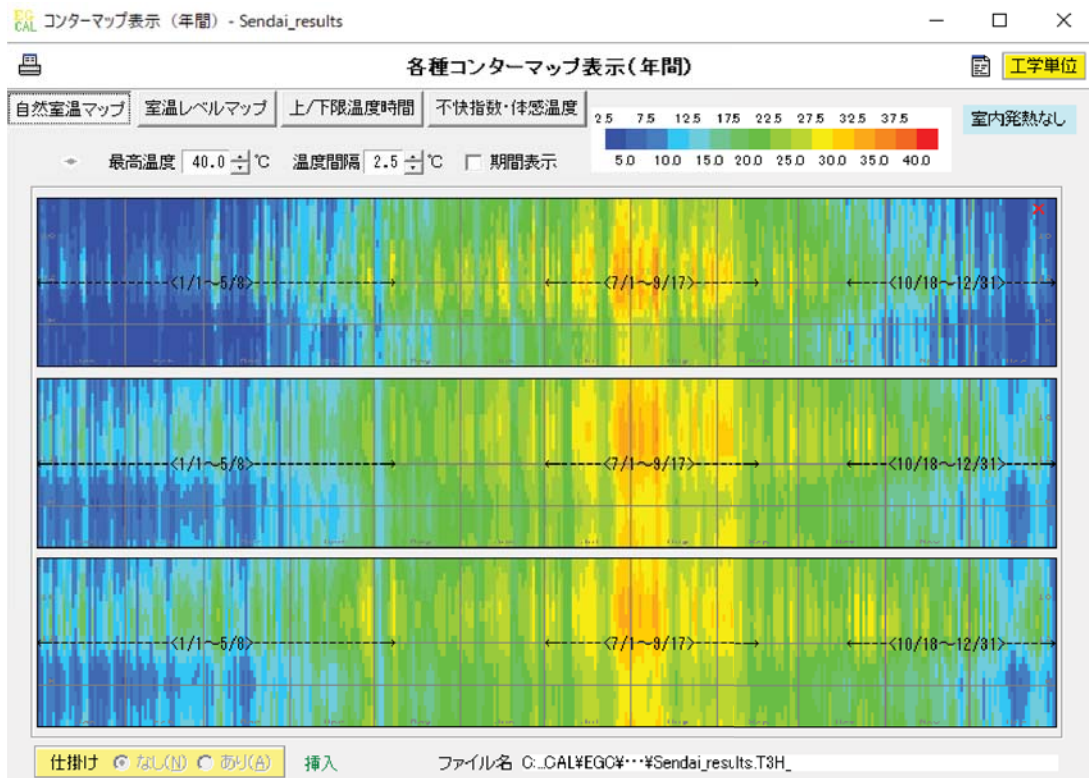
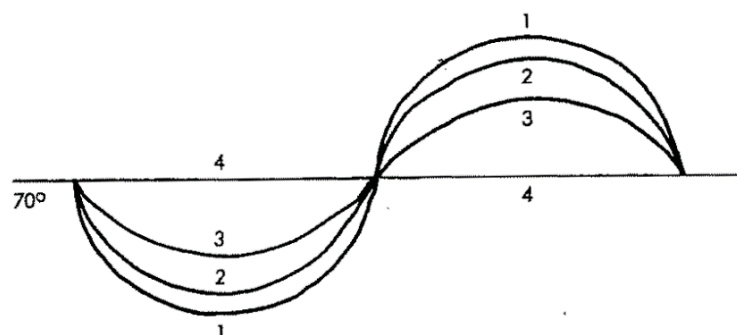


図 4.34 AMeDAS\_274 山形計算結果ヒートマップ







**30. Flattening the temperature curve from environmental conditions (1) by microclimatology (2) and climate balance of the structure (3) to mechanical heating or cooling (4).**

図 4.37 オルゲイが DESIGN WITH CLIMATE に示したパッシブの考え方<sup>4-28)</sup>

## V.7 パッシブシステムの省エネ効果と CO<sub>2</sub> 排出量

次にモデル建物のシミュレーション結果から、東北地域における南傾斜屋根面利用のパッシブシステムの性能評価を試みる。図 4.37 は、オルゲイがその著書の中で説明した、建築的な工夫で応答するパッシブ効果と、負荷を最小限にしたうえで、最後に補助的な機械力に頼るという考え方を示したものである。この考え方は、小玉らが広く一般に伝え、今では日本語化された概念図として、自然エネルギー利用の考え方を伝えている。この「パッシブ効果」を数値的に把握するために、補助暖房や冷房に依存しないで「自然室温」で過ごすことができる期間を、太陽熱集熱と夜間の放射冷却効果によって、その仕掛けの有無について比較することで評価する。

暖房期間内に自然室温で過ごすことができる時間について仕掛け有、仕掛け無しの構成比を表 4.1 に示す。暖房期間・冷房期間とも快適範囲を 18 ～ 27 °C に設定して期間中の自然室温がこの範囲に入る時間を積算し構成比を求めた。

モデル建物は、高性能住宅ではなく一般的な省エネ基準準拠建物を前提として設計している。3 地域基準値 0.56 (W/m<sup>2</sup>K) に対してモデル建物平均熱還流率：0.501 (W/m<sup>2</sup>K) 熱損失係数：1.687 (W/m<sup>2</sup>K) とし、4 地域基準値 0.75 (W/m<sup>2</sup>K) に対してモデル建物平均熱還流率：0.742 (W/m<sup>2</sup>K) 熱損失係数：2.191 (W/m<sup>2</sup>K) と決して断熱性能の高いものを想定していない。第 VI 章 5 節で述べたように省エネ効果とパッシブポテンシャルを活かす性能は「熱損失係数」を比例定数として増減するため同じ条件で集熱と日射取得があ

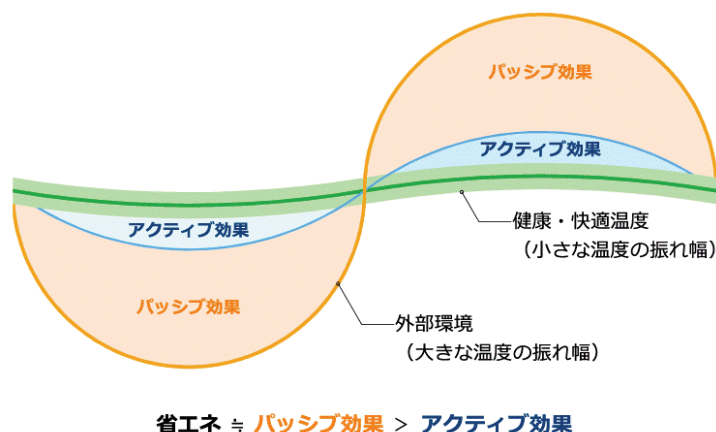


図 4.38 図 4.37 の日本における一般的な解説図 (4-29)

表 4.1 モデル建物のパッシブ効果（自然室温）

期間	冷房期間				パッシブ効果		暖房期間				パッシブ効果		P効果
	期間	days	仕掛無(A)	仕掛有(B)	(B)-(A)	days	期間	days	仕掛無(A)	仕掛有(B)	(B)-(A)	days	
弘前	6/22-9/20	91	89%	98%	9%	8.19	10/3-5/24	233	15%	25%	10%	23.30	31.49
秋田	6/21-9/27	99	82%	94%	12%	11.88	10/10-5/9	212	15%	27%	12%	25.44	37.32
盛岡	6/6-9/15	102	99%	98%	△1%	1.02	10/3-5/16	225	13%	21%	8%	18.00	19.02
山形	5/20-9/24	98	82%	93%	11%	10.78	10/9-5/6	210	13%	25%	12%	25.20	35.98
仙台	7/1-9/17	79	87%	95%	8%	6.32	10/18-5/8	203	13%	28%	15%	30.45	36.77
福島	5/13-9/25	136	82%	93%	11%	14.96	10/19-5/1	195	16%	25%	9%	17.55	32.51

り、同じ条件で外気温や夜間放射の影響を受けても建物の「熱損失係数」が異なればそのパフォーマンスにも違いが生じる。そのような意味で机上計算ではあるが实际的でない「超高断熱モデル」を評価対象とするのではなく、世界レベルから見ると低レベルではあるが、わが国の現行の省エネ基準に求められる熱性能にできるだけ近い性能のモデルを壁・屋根などについて施工可能な層構成でモデル化した。

つまり本章におけるパッシブ効果は、ごく一般的な住宅が、4 寸傾斜屋根面での集熱を利用したときの、パッシブシステムの効果を評価している。東北地域主要都市においては、岩手県盛岡市のパッシブ効果が 19 日と最も少なかったが、概ね一ヶ月程度冷暖房を必要とする期間を短縮することができる。シミュレーションでは、24 時間 365 日の自然室温計算をメインにしているが補助として必要になる冷暖房計算も同時に行っている。冷暖房については、仕掛けの有無によってその差異を算出し、供給熱量・燃料毎の使用量（電気の場合電気使用量）そのコストを算出し、さらに CO<sub>2</sub> 換算、一次エネルギー換算も

行っている。

表 4.2 消費エネルギーの CO<sub>2</sub> 換算値

	冷房(kgCO <sub>2</sub> /月)			暖房(kgCO <sub>2</sub> /月)			ECO
	仕掛無	仕掛有	差異	仕掛無	仕掛有	差異	年間削減量
弘前	30	18	-12	1058	964	-94	-106
秋田	62	39	-23	853	774	-79	-102
盛岡	19	8	-11	848	749	-99	-110
山形	66	34	-32	750	661	-89	-121
仙台	47	31	-16	800	706	-94	-110
福島	94	68	-26	806	713	-93	-119

次に、2016 年度比 39 %の削減が求められている家庭部門に未利用の太陽熱利用を導入することで見込まれる CO<sub>2</sub> 排出量の削減量を試算し小結とする。

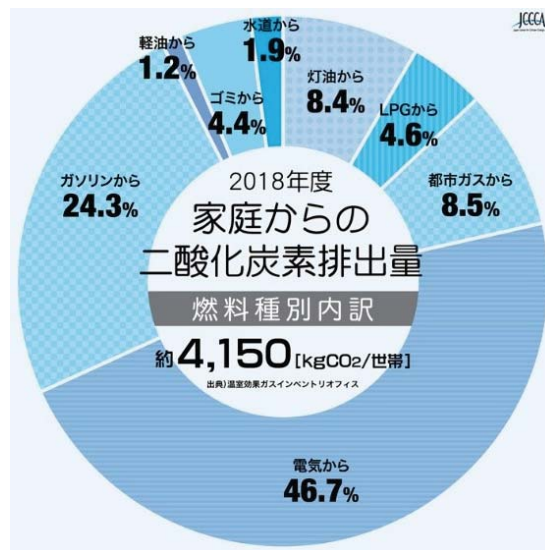
東北地域主要都市 6 つの、モデル建物を使ったシミュレーションによる CO<sub>2</sub> 削減量を表 4.3 に示した。それぞれ 1 棟あたりの削減量である。令和 2 年 8 月末現在の住民基本台帳人口及び世帯数によると、東北地域各県の世帯数は、青森県 591 千世帯、秋田県 389 千世帯、岩手県 526 千世帯、山形県 401 千世帯、宮城県 1,015 千世帯、福島県 788 千世帯である。全世帯数の中には、マンション・アパートなどの集合住宅も含まれ、総務省統計局「平成 25 年住宅・土地統計調査」によると、全世帯数における戸建住宅の割合は 54.9 %と報告されている。4 寸勾配屋根面を利用するパッシブシステムが東北地域の全域に及ぶと、その CO<sub>2</sub> 削減量は、年間 39.9t(CO<sub>2</sub>) に及ぶことを。表 4.39 に示す。

表 4.3 東北地域において可能な CO<sub>2</sub> 削減量（推計値）

項目	世帯数	代表都市	削減量	戸建（千戸）	削減量
	（千世帯）		1世帯あたり	棟（54.9%）	全戸建推計
単位			(kgCO <sub>2</sub> /year)		(kgCO <sub>2</sub> /year)
青森県	591	弘前	△ 133	324	△ 43,153
秋田県	389	秋田	△ 101	214	△ 21,570
岩手県	526	盛岡	△ 110	289	△ 31,765
山形県	401	山形	△ 122	220	△ 26,858
宮城県	1,015	仙台	△ 112	557	△ 62,410
福島県	788	福島	△ 124	433	△ 53,644
平均	618		△ <b>117</b>	339	△ <b>39,900</b>

全国地球温暖化防止活動推進センターによると 2018 年度、わが国の家庭からの CO<sub>2</sub> 排出量（世帯当たり、燃料種別）は、約 4,150 (kgCO<sub>2</sub>/世帯) とされている。4 寸傾斜屋根面を利用するパッシブシステムの東北地域における 1 世帯当たりの CO<sub>2</sub> 排出量の削減量（推計）は、117 (kgCO<sub>2</sub>/世帯) であった。パッシブシステム導入の 1 世帯当たりの



図 4.39 家庭からの CO<sub>2</sub> 排出量 2018 年度世帯当たり (4-30)

CO<sub>2</sub> 削減量は、一般的な家庭から排出される CO<sub>2</sub> 排出量の約 3 %である。

## V.8 小結

南 4 寸傾斜屋根面日射量 (RPSP) に着目した東北地域の EA 気象データの分析から、暖房期間の頭尾にあたる東北地域の春先と秋口の太陽熱利用のポテンシャルが高いことを明らかにした。また、その可視化のための東北地域のクリマアトラスを描くにあたり、東北地域という小さなエリアにおける太陽熱利用のポテンシャル分析を、日本列島全体というマクロな視点からをおこなう場合、北海道から沖縄までという広いレンジの中からミクロな特徴を読み取ることは難しく、範囲を東北地域に限ることによって、マクロな視点から見落とされていたポテンシャルに着目できることを明らかにした。このことで、今まで太陽熱利用のポテンシャルが低いと思われてきた東北地域の「クリマデザイン建築」について、屋根面を利用したデバイスの有効性を示すための糸口を見出すことができた。

日射量のデータ分析を月毎にすることによって以下の知見を得た。

- ①東北地域では、暖房期間の頭尾にあたる秋口と春先に太陽熱利用の高いポテンシャルが認められ、南傾斜屋根面をつかった太陽熱集熱デバイスが、概ね 11 月から 4 月と 6 ヶ月に及ぶ東北地域の冬季の暖房期間の前後 1 ヶ月を短くして、暖房期間を 4 ヶ月ほどに短縮する可能性があること。
- ②東北地域では、既存の PSP 分析に使われてきた南鉛直面日射量よりも、南 4 寸傾斜屋根面日射量 (RPSP) のほうが多くの熱量を得ることができること。
- ③日本全体を分析するマクロな視点ではなく、ローカルなマイクロクライメイトの把握を試みることで、再生可能エネルギーのひとつである太陽熱利用について、「地域資産」と

しての新しい価値を見出したこと。

このように、PSP 分析の視点を RPSP に変えることによって、東北地域における太陽熱利用導入に向けた意思決定の一助となるような視覚効果の得られるクリマアトラス作成が可能であることを確認した。今後の課題としては、東北地域の、暖房期間の頭尾にあたる春先と秋口に太陽熱利用の高いポテンシャルについて、シミュレーションによって、南傾斜屋根面をつかった太陽熱集熱デバイスの効果を明らかにすること。また「暖房度日に対する南鉛直面全天日射量（1 月）の比」として定義されている PSP について、南 4 寸傾斜屋根面日射量（RPSP）を用いることによって、今まではそのポテンシャルは低いと捉えられ、マクロな視点から見落とされがちであった東北地域におけるマイクロクライメイトの再評価を試み、ミクロな地域資産について見落とすことなく評価することができる「気候要因の簡略化指標」について検討することがあげられる。

## 文献の引用と注釈

- 4-1) 経済産業省資源エネルギー庁: 平成 30 年度エネルギーに関する年次報告（エネルギー白書 2019）, <https://www.enecho.meti.go.jp/about/whitepaper/2019/>, 2020 年 10 月 20 日閲覧.
- 4-2) 日本気象学会: 気象科学事典, 東京書籍, 1998.
- 4-3) 小玉 佑一郎, 武政 孝治: AMeDAS データに基づく建築設計用地域気候マップの作成 (2) PSP（パッシブ地域係数）による地域気候特性の表示, 日本建築学会学術講演梗概集 D 環境工学, pp. 1019–1020, 1992 年 8 月.
- 4-4) オーエム研究所: オーエムソーラーシステム、チームおひさま：びおソーラー.
- 4-5) 総務省: Topics 「地域力創造に関する有識者会議」, [https://www.soumu.go.jp/menu\\_seisaku/chiho/c-sinko/index.html](https://www.soumu.go.jp/menu_seisaku/chiho/c-sinko/index.html), 2020 年 10 月 24 日閲覧.
- 4-6) 二宮 秀與, 赤坂 裕, 他: AMeDAS のデータを用いた時刻別日射量の推定法, 空調調和・衛生工学会論文集, No.39, pp.13–24, 1989 年 2 月.
- 4-7) 拡張アメダスデータ (EA) 気象データは、Expand（拡張）AMeDAS 気象データのこと、株式会社気象データシステムから使用許諾契約・ライセンス契約で提供されている。空調設計用気象データ：1981～2000 年の 20 年間 EA 気象データ 842 地点（2000 年版設計用気象データ）。1981～2010 年の 30 年間 EA 気象データ 836 地点（2010 年版設計用気象データ）がある。
- 4-8) 梅干野 晃, 小玉 佑一郎, 他: 標準気象データを用いた気候要素等値線図の作成: パッシブ手法のための地域別気候特性の解析 その 1(環境工学), 日本建築学会研究報告. 九州支部. 2, 計画系, pp. 81–84, 1983 年 3 月.
- 4-9) 住宅・省エネルギー機構編: パッシブシステム住宅の設計, 丸善, 1985.
- 4-10) LEAD Labo: <http://www.lead-labo.jp/id-2/>, 2020 年 10 月 13 日閲覧.
- 4-11) 小玉 佑一郎, 武政 孝治: 図表を用いたパッシブソーラーシステムの暖房性能予測 (その 1) 予測方法の概要, 日本建築学会大会学術講演梗概集 D 環境工学, pp. 39–40, 1987 年 8 月.
- 4-12) 小玉 佑一郎, 武政 孝治: 図表を用いたパッシブソーラーシステムの暖房性能予測

- (その2) 予測手順と結果の検討, 日本建築学会大会学術講演梗概集 D 環境工学, pp. 41-42, 1987 年 8 月.
- 4-13) 小玉 佑一郎, 武政 孝治: AMeDAS データに基づく建築設計用地域気候マップの作成 (2) PSP (パッシブ地域係数) による地域気候特性の表示, 日本建築学会学術講演梗概集 D 環境工学, pp. 1019-1020, 1992 年 8 月.
- 4-14) 吉野 博 監修: 住まいと環境東北フォーラム編集: みやぎ型ゼロエネルギー住宅環境設計マニュアル(報告書), <http://htoenv2.web.fc2.com/JSBC/houkokusyo/1.pdf>, 2020 年 10 月 20 日閲覧.
- 4-15) 住民基本台帳 (2017 年 1 月 1 日現在) から求めた。
- 4-16) 住民基本台帳 (2018 年 1 月 1 日現在) から求めた。
- 4-17) 財団法人建築環境・省エネルギー機構: 住宅の次世代省エネルギー基準と指針, 2000 年 9 月.
- 4-18) 吉野 博: すまいと環境・東北フォーラム, みやぎ型ゼロエネルギー住宅環境設計マニュアル, 2017 年 1 月.
- 4-19) 鎌田 紀彦: 一般社団法人新木造住宅技術研究協議会, *QPEX ver.3.40*, 2018 年 8 月.
- 4-20) 武山 倫: OMソーラーの家 III, プレアセンターと OM の新しい技術, pp. 126-129, 建築思潮研究社, 1997 年 11 月.
- 4-21) 武山 倫: 「住宅建築」199707, 精神としてのセルフビルド・プレアセンター, pp. 77-80, 建築思潮研究社, 1997 年 7 月.
- 4-22) 日本建築学会編: 拡張アメダス気象データ 1981-2000, 2005 年 8 月, (株) 鹿児島 TLO.
- 4-23) 日本建築学会: 拡張アメダス気象データ, 東京書籍, 2000.
- 4-24) 「sunson' s.ver.5.0」, 国住生第 156 号 (2001 年 11 月 26 日) 法第 53 条第 4 項に規定する証明書 (IBEC 品試-SN0001) 「WinEGCAL」(パッシブソーラー&自然室温評価プログラム) (EOM).
- 4-25) 町の工務店ネット+チームおひさま: リンゴのような家, 新建新聞社, 2013.
- 4-26) 宇田川 光弘: 標準問題の提案住宅用標準問題, 日本建築学会環境工学委員会熱分科会第 15 回熱シンポジウム, 1985, pp. 23-33, 1985.
- 4-27) 伏見 建・朴 賛弼: やさしい建築設備, 学芸出版社, 2017.
- 4-28) ヴィクトル・オルゲイ: *DESIGN WITH CLIMATE*, Princeton University Press, 2015 (first published in 1963).
- 4-29) <https://www.kbr.co.jp/spec/passive.php>, 2020 年 10 月 20 日閲覧.
- 4-30) <http://www-gio.nies.go.jp/index-j.html>, 2020 年 10 月 20 日閲覧.

# 第 5 章

## 自然エネルギー利用推進に向けた地域政策の模索

### Ⅰ わが国の省エネ技術の実態とその障壁

「2050 年日本低炭素社会」シナリオチームによる「低炭素社会に向けた 12 の方策」<sup>5-1)</sup>の中の「快適さを逃がさない住まいとオフィス」では、2050 年を目標に「環境性能のラベリング導入」を予定している。その「基準策定」のための前提課題として、省エネ性能測定基準が複雑で試算コストが高いこと、またその人材不足に着目し、「省エネ・省 CO<sub>2</sub> 診断士の育成」を図るため、一般社団法人日本排出量取引支援機構の資格「省エネ診断士」(1 級から 3 級)が設けられ、100 万人の省エネ診断士の育成を目標としている。また、「住宅・建築物の簡易環境性能評価手法の確立」として、既に「CASBEE」<sup>5-2)</sup>が整備され公開されている。加えて「建築技術を継承するための講座・研修」として国土交通省は、技術力の継承に関する取り組みを進めており、全国の建築士会も CPD 講習<sup>5-3)</sup>を展開している。

さらに、2010 年からは、住宅・建築物の環境性能のラベリング導入と環境性能レベルに応じた税制優遇・低金利融資の実施と拡大を目論み、目指す将来像として「太陽と風を活かした建築デザイン、家計に優しい環境性能、匠の技の育成・伝承」を掲げている。ス

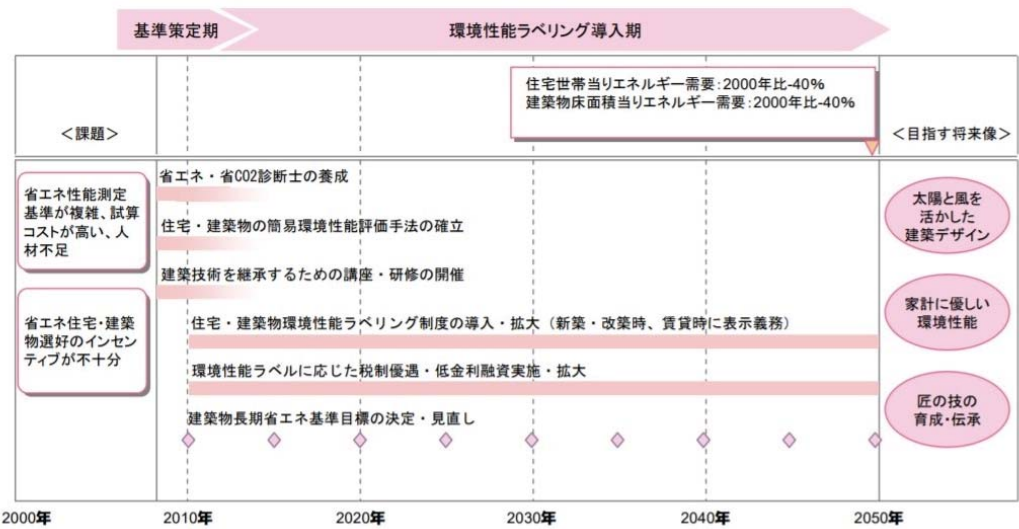


図 5.1 低炭素社会に向けた 12 の方策・快適さを逃がさない住まいとオフィス



トック型社会にあっては、住宅・建築は、社会資産であり、その環境性能を新築時、改築時、賃貸時に表示することを義務付けることは、省エネ基準の義務化とあわせて大きな効果を示すことは自明であるが、実施にあたって、多くの課題を抱えているのが現状である。野村総合研究所は、国交省と（一般社団法人）日本サステナブル建築協会。経済産業省からの委託で実施した調査事業の報告書の中で、省エネ基準遵守の障壁として、LBNL<sup>5-4)</sup>のレポートを紹介している。LBNLによる「省エネ基準遵守状況の改善に関するレポート」によれば、当事者にとっての障壁として、インセンティブ（報奨・奨励・刺激）の不足として、不適合で逮捕される可能性がない、不適合による罰則が少ない、顧客からの適合要望が少ないことを上げている。また、オーナーは初期投資に対して敏感で、長期的展望を持てばより経済的な省エネ対策であっても理解されがたいということが指摘されている。また、地方にとっての障壁としては、リソース不足（予算、人員不足、他の業務で多忙、エネルギーの専門家不足）をとりあげ、優先度の低下理由として、人命、安全、構造等に比べて優先度が低いとしている。また、計画確認時に十分なデータが提出されていないことも障壁として挙げられている。このような状況は、わが国も同様で、第2章で触れた、社会資本整備審議会建築分科会及び建築環境部会において審議された「今後の住宅・建築物の省エネルギー対策のあり方について」（第二次答申）にも同様の指摘が見られる。

現在わが国では、年間着工戸数が4棟以下の中小事業者による戸建て住宅の割合は、44%である。戸建て住宅の約4割は中小工務店によって供給されている。しかし、この中小工務店には「省エネ技術」が十分に浸透していないため、2012年より、地域の木造住宅生産を担う中小工務店の断熱施工技術の向上など、地域における省エネ住宅の生産体制の整備・強化に対する講習会などの支援の取組がある。講習会については、全国各地で平成29年度は約730回開催され、平成24～29年度で延べ11.9万人が受講したとされている。しかし、一次エネルギー消費量計算については、全体の49.5%の事業者が計算できないと言っており、従業員規模が小さい事業者ほど「省エネ計算ができない」割合が高くなる傾向があり、従業員規模が0～1人になると、61.1%の中小工務店が、できないとしている、外皮性能については、全体の46.2%の事業者が計算できないとし、従業員規模が1～4人になると57.4%ができない、と報告されている。要するに、わが国では、「省エネ」や「建物の性能」について、何ら興味も持たない、かつてなかった社会的要望に耳を傾けることもない、従来のことしかできない事業者たちが、今でも「安かろう・悪かろう」の家を供給し続けており、それをインスペクションすべき術もなく、野放しにしている。

## II 省エネ政策とインセンティブ

### II.1 わが国と諸外国の太陽光発電

省エネ政策に係るインセンティブについては、LBNL レポートでは、それが無いことについて省エネ基準遵守の障壁としてコメントされている。わが国の低炭素社会に向けたインセンティブについて、エネルギーの買い取り価格を法律で定める方式の助成制度、FIT<sup>5-5)</sup> が太陽光発電システム導入のインセンティブとして、諸外国で果たしてきた役割について、詳しい論説<sup>5-6)</sup> がある。わが国では、東日本大震災のあった 2011 年 3 月 11 日、「再生可能エネルギー特別措置法」案が、民主党政権下における約 2 年間の検討期間を経て閣議決定した。この新法では、従来法で電気事業者による「新エネルギー等の利用」としていたところを「再生可能エネルギー電気の調達」と改め、対象となるエネルギー源として、①太陽光、②風力、③小水力、④地熱、⑤バイオマス、⑥ほか、を具体的に挙げた(第二条)。ただし、この対象範囲は、2008 年の改正を経た従来法を引き継ぐものであったが、②と①、④と③の記載順が入れ替えられた。また、毎年度、1kwh 当たりの価格「調達価格」とそれが適用される期間「調達期間」を定め(第三条)、また、電気事業者は、この調達価格において再生可能エネルギー電気を供給しようとする者「特定供給者」との調達期間における買電の契約「特定契約」の締結を拒むことはできない(第四条)とした。結果、特定供給者(10kw 未満の小規模太陽光発電を除く)が再生可能なエネルギーによって発電した電気を一定期間固定価格で全量買取よう電気事業者に義務づけることとなった。電力会社は、これまで余剰電力固定買取制度の適用範囲内では小規模太陽光発電所等から買取の義務があったが、この範囲外では経済産業省令が毎年定める一定の買電量(基準利用量)を努力目標とすればよかった。しかし、2012 年 7 月以降は、上記「特定供給者」が発電する電気を、国で定められた調達価格で全量買取らなければならなくなった。新法の対象となる数種類の「再生可能エネルギー源」のなかで、個人が自宅などに設置可能なものは、「太陽光発電」設備のみである。しかも、最大発電可能電力 10kw 未満の小規模太陽光発電システムについては、新法が実施に移される 2012 年 7 月 1 日以降も、「全量固定価格買い取り」ではなく、これまでの日本版 RPS 法<sup>?)</sup> の枠組みが維持されることになった。つまり、従来の「余剰電力固定価格買取制度」下で、電力会社に義務付けられる設置後 10 年間固定のキロワット時当たりの買取単価が、そのときの状況に応じて見直される(毎年度、国の審議会「買取制度小委員会」で審議して経済産業大臣より告示)。この単価見直しも含め、従来の RPS 法<sup>?)</sup> で決まっていたことであり、個人が関与する可能性のある小規模太陽光発電については、制度上何ひとつ変わらない状況であった。

わが国では、個人住宅向きの太陽光発電が一般によく知られ、表 5.1 に見るとおり、

表 5.1 太陽光発電設備累計導入量の推移（単位：万 kw）

国	'94	'97	2000	'01	'02	'03	'04	'05	'06	'07	'08
ドイツ	1	4	11	19	28	43	103	193	276	384	534
スペイン	0	0	0	0	1	1	2	5	15	69	335
日本	3	9	33	45	64	86	113	142	171	192	214
米国	6	9	14	17	21	28	38	48	62	83	117
イタリア	1	2	2	2	2	3	3	4	5	12	46
その他	4	7	11	12	16	21	24	28	34	47	96
合計	16	31	72	96	132	181	284	419	563	787	1,343

資料：国立国会図書館 ISSUE BRIEF No.683「我が国の太陽光発電の動向」[5]より

2000 年以降は、設備容量を毎年平均 20 万 kw 以上増やして累積導入量世界一の座を守っていた。しかし、国の導入補助金が打ち切られた 2005 年以降、増加ペースがやや頭打ちとなり、FIT 制度により設置者の導入インセンティブを大幅に向上させたドイツに抜かれ、2008 年にはスペインにも抜かれた。PV（photovoltaics：太陽光発電パネル）の生産面でも、技術的に先行していた日本の PV 大手 4 社（シャープ・京セラ・三洋電機・三菱電機）が、2004 年までは世界市場を席巻、50 %以上の生産シェアを占めていたが、世界的な需要の急増に伴う外国メーカーの急成長と国内需要の低迷により、2007 年以降はトップの座をドイツに明け渡し、さらには中国にも抜かれて、2010 年のシェアは 9 %まで落ちた。わが国の太陽光発電に対しての補助金制度の歴史は、1994 年度まで遡る。初期の「家庭用太陽光発電モニター事業」、1997 年からの「住宅用太陽光発電導入基盤整備事業」により、補助金価格%を年ごとに変えながら比較的高額な補助金支給が 2005 年までの間行われたことで、早期から日本では住宅用の太陽光発電の普及が進んだ。その後一旦補助金は廃止となった。2009 年には CO<sub>2</sub> 問題への世界的な注目を背景に補助金制度が復活した。この年から導入された住宅用太陽光発電システムの設置に関する補助制度（住宅用太陽光発電導入支援対策費補助金）は当時 1kw あたり 7 万円が支給されている。2009 年以降も年々システムの低価格化は進み、その平均の値段に沿うように給付される補助金額も減額し、2014 年には補助金制度は廃止された。太陽光発電に関して、2000 年以降は、設備容量を毎年平均 20 万 kw 以上増やして累積導入量世界一の座を守っていたという事実は、この補助金制度の後押しがなければ叶わなかったであろう。また、2014 年の補助金の打ち切りについては、一定数の普及と普及過程における自由競争とメーカーの努力によって設置費用が安価になったことで可能になったと評価する。太陽光発電設備は、架台の構造や設置方法、スケールメリットなども関わり、単純にその kw あたりの単価を比較

することは難しいが、Web サイト「太陽光パネルメーカー比較ランキング最新 2020 年ズバリおすすめメーカーはこれだ！」を閲覧する限り、4～6kw の設備の kw あたり単価は、242～362（千円/kw）であった。

表 5.2 2002 年度打ち切りまでと 2005 年度に追加された太陽光発電補助金の推移

年度	補助金の内容
1994年度	設置費用の最大1/2（上限90万円/kWで5kWまで）
1995年度	設置費用の最大1/2（上限85万円/kWで5kWまで）
1996年度	設置費用の最大1/2（上限50万円）
1997年度	設置費用の最大1/3（kW単価－35.2万円×1/2で4kWまで）
1998～1999年度	同上（10kWまで）
2000年度	15～27万円/kW（年の前期・中期・後期で価格変動）
2001～2002年度	同上（12万円/kW）
追加2005年度	2万円/kW

表 5.3 2009 年度復活から 2014 年度廃止までの太陽光発電補助金の推移

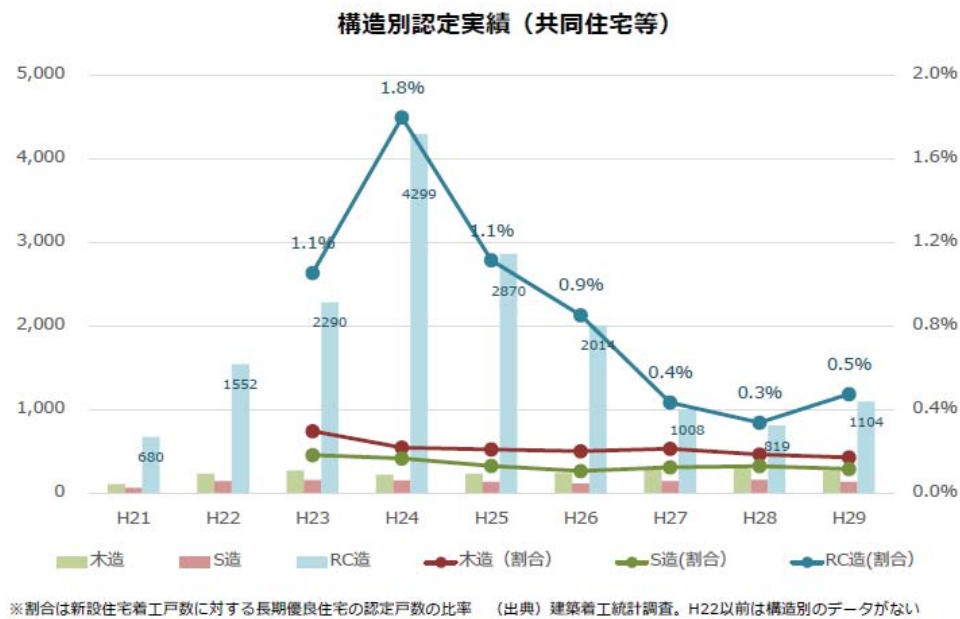
年度	補助金額	補助条件
2009年度	70,000円/kW	システム単価が70万円以下
2010年度	70,000円/kW	同 65万円以下
2011年度	48,000円/kW	同 60万円以下
2012年度	30,000円/kW	同 55万円以下
	35,000円/kW	同 47.5万円以下
2013年度	15,000円/kW	同 50万円以下
	20,000円/kW	同 41万円以下
2014年度	廃止	

## II.2 長期優良住宅をめぐるインセンティブ

長期優良住宅建築等計画の認定制度は、2008 年から 3 年度にわたり実施された「先導モデル事業」と並行して、2009 年 6 月から運用が開始された。運用開始から、2018 年 3 月時点までの都道府県別累計について、住宅金融支援機構が資料<sup>7)</sup>をまとめている。

わが国の住宅着工棟数は、消費増税の影響（増税前の駆け込み需要、および、反動減）に左右され、景気動向などに伴って、着工が前倒しされたり、先送りされたりすることにより変動する、また、建築基準法改正などにより建築確認の煩雑さと遅延などの影響も受け、図 5.2 のような経緯で推移してきたが、言うまでもなく少子高齢化の影響下にあり減



図 5.2 国土交通省資料 <https://www.mlit.go.jp/common/001263388.pdf> より引用

少し続けている。また、低炭素社会に向けて、良質な住宅ストック形成、若者による既存住宅の取得環境の改善、子育てをしやすい環境の整備を図るため、既存住宅の長寿命化や省エネ、3世代同居など複数世帯の同居の実現に向けてリフォームが支援されている。新築戸建て、増改築（リフォーム）でも長期優良住宅政策は、多くのインセンティブを提供しており、補助金、所得税控除など手厚い支援策がある。このような環境下での新築住宅着工棟数（実績）と将来予測値を見ると、新築戸建ての減少を補填するかたちでリフォーム市場の拡大が予測されている。長期優良住宅建築等計画の認定制度は、新築は2009年6月4日より、増改築認定は2016年4月1日より運用が開始された。

・累計認定実績（2018年3月末現在）

【新 築】915,194 戸（一戸建ての住宅 894,943 戸、共同住宅等 20,251 戸）

【増改築】423 戸（一戸建ての住宅 395 戸、共同住宅等 28 戸）

・2017 年度認定実績

【新 築】106,611 戸（一戸建ての住宅 105,080 戸、共同住宅等 1,531 戸）

【増改築】296 戸（一戸建ての住宅 295 戸、共同住宅等 1 戸）

新設住宅着工数に対する長期優良住宅認定戸数の割合は 11.3 %（一戸建て 24.6 %、共同住宅等 0.3 %）一戸建ての住宅では、新築住宅の約 1/4 が、長期優良住宅であるのに対し、共同住宅等ではその普及率は 0.3 %と低い値になっている。

図5.2は、新築される共同住宅等における、構造種別、長期優良住宅の認定実績である。木造、S造の共同住宅については、投資物件（アパート経営）と捉えると、利回りを優先して、初期コストに係る省エネ基準遵守に関して、先に紹介したLBNLによる「省エネ基準遵守状況の改善に関するレポート」に照らせば、当事者にとっての障壁として、インセンティブの不足として、不適合による罰則がない、また、オーナーは初期投資に対して敏感で、長期的展望を持てばより経済的な省エネ対策であっても理解されがたい、ということ为背景として指摘することができる。また、小規模物件としての側面から、規模の小さい工務店による施工と推測すると、第2章で触れた、「今後の住宅・建築物の省エネルギー対策のあり方について」（第二次答申）に指摘された、中小工務店には省エネ技術が十分に浸透していないこと、従業員規模が小さい事業者ほど「省エネ計算ができない」割合が高くなる傾向があり、従業員規模が1～4人の規模になると、61.1%の中小工務店が、省エネ計算ができない、外皮性能については、全体の46.2%の事業者が計算できないとされ、従業員規模が1～4人の規模になると57.4%ができない、という報告のように、業界の残念な現状を浮き彫りにしていると読める。住宅着工棟数は、消費増税の影響（増税前の駆け込み需要、および、反動減）に左右され、景気動向などに伴って、着工が前倒しされたり、先送りされたりすることにより変動するが、太陽光発電、長期優良住宅政策の双方に関して、その普及に、いい意味でも悪い意味でも、数々のインセンティブが一因として作用していることを指摘することができる。また、双方の普及の障壁として、業界の技術的な問題や、オーナーの考え方など違う次元の問題の存在も無視することができない。

### III 地域政策とその前提

#### III.1 尺度としてのCO<sub>2</sub>

新型コロナウイルスの感染拡大を受け、今、国民の負担増につながる増税を行うべきではないとの判断で、政府は「炭素税」の2021年度導入を断念すると報じられた。「炭素税」は、環境負荷の低減や、環境保全に関する税として、CO<sub>2</sub>排出量の削減と、省エネルギー技術開発の誘引が期待されている。わが国では2012年に「地球温暖化対策のための税」が施行された。これはCO<sub>2</sub>の排出抑制対策であり、炭素税もこの「地球温暖化対策のための税」と同じように、環境の保護に関する税となっている。炭素税の内容は、石油や石炭、天然ガスなどの化石燃料に税金をかけることで、それらを使用した製品の製造価格、使用価格を引き上げ、需要を抑制する。石油などの価格が上昇することで買いにくくなる結果、使用量が減って、CO<sub>2</sub>の削減につながるという考えである。CO<sub>2</sub>の削減に関しては、日本だけでなく、世界中で議論が進められている。炭素税は欧州連合（EU）各国でも検討されており、イギリスやドイツ、イタリアなどの国ではすでに導入されている。

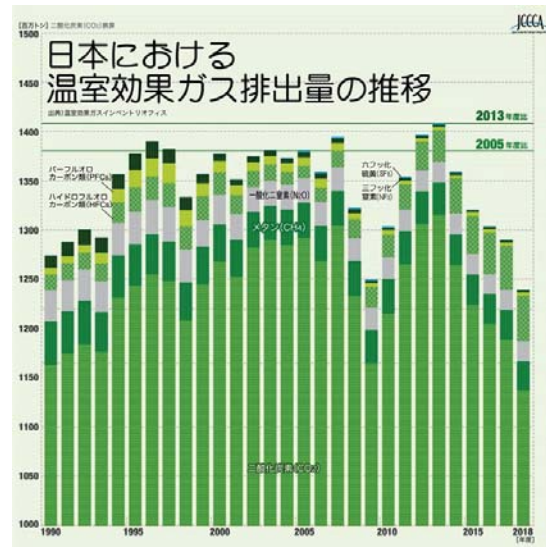


図 5.3 日本における温室効果ガス排出量の推移 国立環境研究所 温室効果ガスインベントリオフィス

ちなみに日本の  $\text{CO}_2$  排出量は、2013 年をピークに、2018 年まで 5 年連続で減少している。2009 年度の日本の温室効果ガス排出量（確定値、2011 年 4 月 26 日環境省公表）は、京都議定書の基準年の値を初めて下回り、基準年比 4.1 %減、前年度比 5.7 %減となった（図??）。環境省によると、前年度から排出量が減少した理由は、①景気後退に伴うエネルギー需要の減少、②原子力発電所の設備利用率の上昇などに伴う効率（原単位）改善の 2 点である。と説明された。その後わが国は、東日本大震災に見舞われ、原子力発電の稼働が止まったことから、代替エネルギーとして石油・ガスを消費することで再び温室効果ガス排出量は増大。温室効果ガスの過半を占めるものが  $\text{CO}_2$  である。 $\text{CO}_2$  排出量の推移を図 5.4 に示した。

### III.2 ウッドマイルズ

Wood miles という概念がある。わが国の「ウッドマイルズフォーラム」<sup>5-7)</sup> が建材として使う「木材」の移動履歴を「環境負荷低減」という視点から評価している。解りやすい「エコマテリアル」として、光合成によって空気中の  $\text{CO}_2$  を定着する「木材」と、それを加工して得ることができる「木質材料」パーティクルボード・合板・MDF（中密度繊維板）等がある。自然素材としての木材を建材として使用可能なものにするためには加工エネルギーを要するがそれは世界中どこで加工しても同じである。しかし日本の場合、それを海外から輸入するなど輸送費にエネルギーを必要としておりそれらを環境負荷として捉えることができる。「ウッドマイルズフォーラム」は、ウッドマイルズ関連指標として、ウッドマイレージ ( $\text{m}^3 \cdot \text{km}$ ) ウッドマイレージ  $\text{CO}_2$  ( $\text{kg-CO}_2$ )、流通把握度の 3 つの指

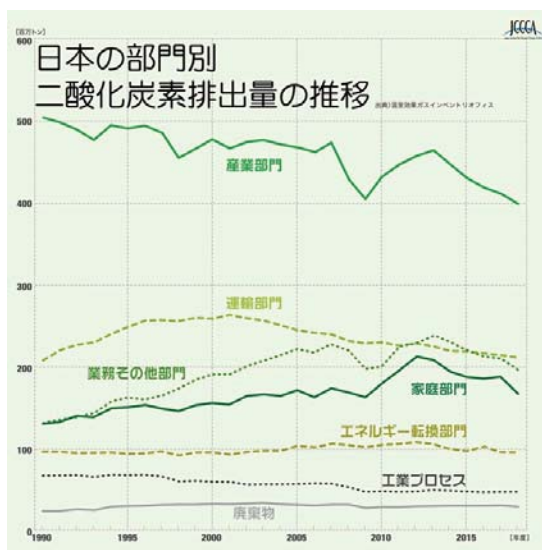


図 5.4 日本の部門別二酸化炭素排出量の推移 国立環境研究所 温室効果ガスインベントリオフィス

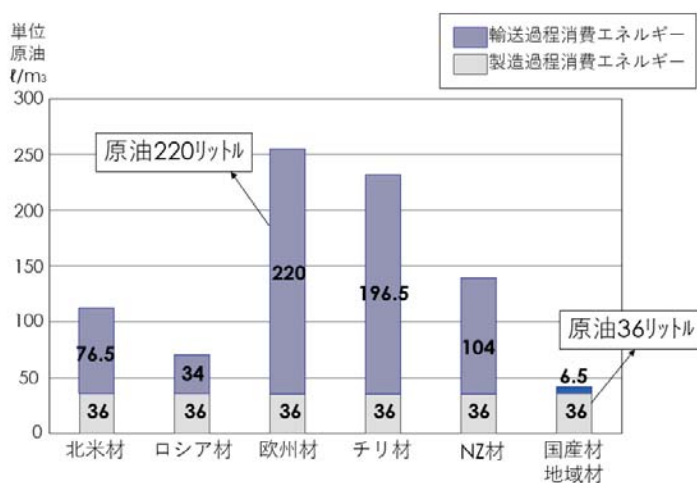


図 5.5 木材の輸送過程における消費エネルギー (著者作成)

標で環境負荷を評価している。これらの指標も「尺度としての CO<sub>2</sub>」のひとつである。

図 5.5 に木材を建築材料に加工するのに必要なエネルギーと輸入元別にそこからの輸送に係るエネルギーをコストとして原油換算して表示した。また、図 5.6 では、植物として未だ建材にならない未乾燥材を建材として利用するためには含水率を 15 % 以下<sup>5-8)</sup>にしなければならず、重油や電気をエネルギーとする人工乾燥、太陽熱利用である天然乾燥等の乾燥処理やベニアに薄く削いで分解して接着して得られる合板への加工、チップ状に碎いて再形成する手法で制作されるパーティクルボードへの加工エネルギーについても原油換算で加算し鉄鋼やアルミニウム等の他の建材と比較したものである。解りやすいエコマ



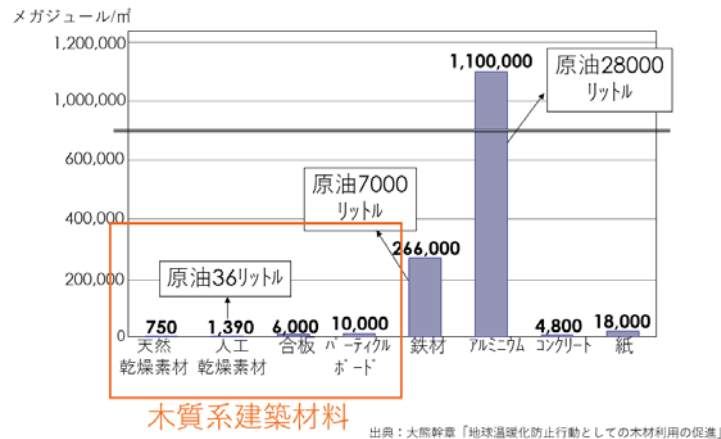


図 5.6 建材各種材料の製造時における消費エネルギー（著者作成）

テリアルとしての木材は、光合成によって空気中の  $\text{CO}_2$  を定着した素材であるが、必要とされる乾燥処理や、合板や集成材、パーティクルボードなどへの二次加工エネルギーは微々たるものであるが、それらを長距離輸送することとなると、エコマテリアルとしての価値が低くなることが指摘できる。

また、建材としての役割を終えた木材は、再利用も可能であるが、最終的にサーマルリサイクルされて再び空気中に  $\text{CO}_2$  として循環する。この木材に係る  $\text{CO}_2$  については、次の世代の木材に光合成で定着されるため、カーボンニュートラルであり温室効果ガスにはならない。このように  $\text{CO}_2$  を尺度として環境負荷を論じる視点が大切である。温暖化ガスは  $\text{CO}_2$  だけでなく、自然界における微生物による分解や、牛の糞尿から発せられるメタンガスも温暖化ガスである。しかし、 $\text{CO}_2$  は人間の活動によってコントロールすることのできる温暖化ガスであることと、温暖化ガスの 60 % を占めることからわかりやすく、「低炭素」というフレーズにつながる。IPPC レポートでは、温暖化の限界は現在のプラス  $2^\circ\text{C}$  とされており、このクリティカルポイントを境に、わが国では「マラリア」の危険、世界的には、飢餓、干ばつ、洪水などの異常気象とその影響が予測されており、一気にこの排出量を削減しても、長い時間をかけないと、かつての状態には戻れないことが指摘されている。 $\text{CO}_2$  を尺度とした全てのマテリアルフローを説明して「見える化」することができれば、原子力発電所のメルトダウンを見るまで、コンセントに向こう側があることを意識していなかった人たちにも、この待ったなしの危機的状況を知らしめることができる。

### III.3 政策提案のデザイン

本項では、地域の自然エネルギー利用推進に向けた地域政策を模索し、低炭素社会に向けて持続可能な政策を提案する。

#### 省エネ基準に係る地域政策

第2章IV節で、暖房度日2,000～3,000（度日）範囲に主要都市が位置する東北地域の省エネ基準（外皮平均熱還流率）が、世界基準に準拠する北海道地域と比べて、世界基準との乖離が大きいことを指摘した。外皮の熱還流率を担保しても、その施工方法を間違えると、気密性能を保持することができないため、同時に気密性能（相当隙間面積）の基準も必要である。

UA 値（外皮平均熱還流率）の推奨値は  $0.46(\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K})$  以下、C 値（相当隙間面積）の推奨値は  $1(\text{cm}^2/\text{m}^2)$  以下（気密測定報告の義務化）となっている。

さらに重要なのは、性能値計算のできない中小事業者への徹底ではなく、建て主の教育であることに触れたい。筆者らが開発し改良を重ねてきた「空気集熱式太陽熱利用パッシブソーラーシステム」の普及に大きく作用したのは、前住宅金融公庫等の割り増し融資等のインセンティブ等の後押しであったが、第一位は、施主に「空気集熱式太陽熱利用パッシブソーラーシステム」が欲しいと言わしめたこと、施主が未だ見たことのないエコライフを夢見たところにあると分析している。初期の「空気集熱式太陽熱利用パッシブソーラーシステム」は、集熱デバイスを、建物の屋根を施工しながら作るという施工的な秘技でもあり、当時の中小事業者は、皆その導入に消極的であった。100年を超えて、淘汰されて残った伝統技術で家をつくっていた彼らにとって、やったことのないことは、全て「できない」ことであり、性能予測のシミュレーションを義務化して、講習会を繰り返し、1棟目には手厚い施工指導をサービスする仕組みは既にあったが、中小事業者は常にその新しい技術に積極的なことはなかった。それを変えたのが、施主の「空気集熱式太陽熱利用パッシブソーラーシステム」の家に住みたい…というリクエストであった。かたちのない夢を売ることもあったが、OMソーラー協会の小池一三<sup>5-9)</sup>は、バブルの勢いに乗じて、エコなライフスタイルを提案し続け、持続可能な未来を模索し、施主の啓発に全力を注いだ。当時小池が無償で配布した「あいうえ OM」<sup>5-10)</sup>という中綴じの週刊誌大の冊子には、既に「空気集熱式太陽熱利用パッシブソーラーシステム」を導入し、バブルの時代に、多少禁欲的にも映る、エコロジストたちの姿を伝え、「空気集熱式太陽熱利用パッシブソーラーシステム」がつくる清貧な未来を描き伝えた。当時の小池の OMソーラー協会は、加盟工務店制度を採用し、地域エリアにひとつのフランチャイズ工務店を配置することで、その地域の仕事を全て会員である加盟工務店にゆだねていた。「あいうえ OM」



図 5.7 「あいうえ OM」とそのコンテンツ 5-10)

により、「空気集熱式太陽熱利用パッシブソーラーシステム」の家が欲しいと思うクライアントの注文は、全て浜松の OM ソーラー協会に集まり、地域の加盟（会員）工務店は、何も営業することなく毎日数枚のファクシミリで見込み客を含む顧客を得ることができ、自分たちのスタイルで、年間 6 棟程度のパッシブソーラーの家を施工していた。施主が欲しいというモノを売ることぐらい簡単な商売はない。年間 6 棟というスケールメリットは、ふた月に一度契約着工して同様に竣工、引き渡しをするというルーチンを生み出し、中小事業者の協力業者も含めて、受注に不安のない生活が保障された。国土交通省がすすめてきた、セミナー等の事業者教育は、省エネ基準遵守にとってあまり有効ではないと筆者はみている。注文もないものに備えて準備をし、1 円でも安い住まいの購入（もともと住まいを購入するという思想自体に問題があるが）を目論んでいる施主に、コストアップの提案を持ち出すことはできない。業界は、このことを、施主からの要望がないと説明しているが、施主からの要望として、持続可能な省エネ等級の高い環境性能を要求することで事態は様変わりするであろう。

### 気密測定

現状では、気密性能基準は、省エネ基準・性能表示等から「削除」されている。2013年に改正された省エネルギー基準には隙間数値が削除されている。なぜ削除したかという文面が以下である。「一定程度の気密性が確保される状況にあること、また住宅性能表示制度における特別評価方法認定の蓄積により、多様な方法による気密性の確保が可能であることが明らかになってきたことなどから気密住宅に関わる定量的基準（相当隙間面積の基準）は除外されました」<sup>5-11)</sup>。多様な断熱材を分類して、種別による施工方法を規定することにより、その結果として気密性能は確保できている、という仕様規定に変更された。気密シート張りを伴う気密性能規定を削除することにより、断熱材の種類（例えば、発泡プラスチックなど）によっては、防湿シート（≡気密シート）の省略を選択できるようになった。この「防湿シート（≡気密シート）の省略」は、筆者が建築家として設計するスタンスとして当然のことであったが、それまでは許されない構法であった。この仕様規定は、ひいては、繊維系断熱材（木質含む）においても透湿する断熱壁の開発をやりやすくするということでもあった。この「透湿する断熱壁の開発」は、当時の筆者たちのトレンドであった。当時の一定程度の気密性能というのは、相当隙間面積  $C$  値 =  $5(\text{cm}^2/\text{m}^2)$  程度の話で、外部風速の影響による自然換気回数は、周辺状況、内外温度差により変化するが、外部風速が  $4(\text{m}/\text{sec})$  のときに外気温度が  $0^\circ\text{C}$  だと 1.2 回以上の換気回数となる。このとき気密住宅に求められる自然換気回数を 0.5 回以下とすると、箱の気密性能として、相当隙間面積  $C$  値 =  $2(\text{cm}^2/\text{m}^2)$  程度の気密性能が要求される。仙台では、柱が 4 寸角の木造住宅で、高性能グラスウール 24K を壁体内に充填して、開口部をペアガラスにする断熱性能が要求されるが、このとき相当隙間面積  $C$  値 =  $5(\text{cm}^2/\text{m}^2)$  程度だとすると、自然換気負荷が暖房負荷で最大となってしまう。つまり、東北地域にあって、建物の気密性能は重要で、熱還流率の計算もできないうえ、断熱工事の適切な施工について知識をもっていないと、大きな隙間換気（漏気）負荷を持つ寒い家になってしまう。建物の気密測定はとても面倒で、手間のかかるものだった、測定機器は高価で大きく重く、測定のための準備にも手間がかかったため、2013 年の省エネ基準の改正により、隙間数値が削除されたことで、中小工務店は安堵した。計測機器をもたない中小工務店は、高額な測定費用を負担して気密測定を外注していた。もしくは、気密断熱工事を仕様発注して、断熱工事業者に工事区分として測定を依頼していた。筆者は、現在、2017、2018 年度の 2 年度にわたって、「宮城県新エネルギー等環境関連設備・デバイス等開発取組支援事業」を受託し、気密測定器を小型化することを進めている。小型化の実現にあたっては、ファンモータを DC 駆動から AC 駆動のものに替えたことが挙げられるが、最も小型化に貢献する判断は、ラベリングツールとして、気密度の低い建物の計測を放棄したところにある。測定に要する差圧を小さくし、かつ測定可能な隙間相当面積を小さくすることが、最も装置を





図 5.8 気密測定器 従来型と著者開発中の小型簡易測定器

小さく安価につくるポイントであることに気付くまで2年の試行錯誤を要した。国策ではないが、気密測定法はJISに厳密にオーソライズされている。この測定方法は内外差圧を50Psとしたときの風量と室内と室外の温度から求められる。筆者の提案は、50Psの差圧を得られずとも10Ps/20Ps/30Ps程度の低レベルの差圧測定を3点以上計測して、50Psの時の差圧を推計することである。求められる差圧が小さくてよいのなら、計測に必要なファンの風量（能力）もそれなりに小さくすることができる。大型測定器を設置して、建物の気密を成立させている、ペーパーバリアや気密シールを破壊する危険を冒すことなく、大袈裟な測定開口をわざわざ作ることなく、短時間で簡単に計測することができる。

上記は、あくまで「新築住宅」についての話題である。過半の既存住宅について「気密」が「省エネ」と「住まいの健康」として大切な課題であることを共有したい。「住まいの健康」については、CASBEE（建築環境総合性能評価システム）がWebプログラムとして公開している「すまいの健康チェックリスト」<sup>5-12)</sup>がある。東北地域の住まいの気密性能については、吉野らが、東北地域のZEHの前提として推奨している値がある<sup>5-13)</sup>。C値 =  $1.0(\text{cm}^2/\text{m}^2)$  の提案は、東北地域の新築住宅のすべてに関して、気密測定結果の報告を義務付けること、またこの基準を満たさない住宅建築については、罰則規定を設け目標値までの改善を図り、第三者計測によりその値の報告を義務付けることを提案したい。さらに可能であれば、スイスのミネルギーのように、現場を特定できない情報であっても、その性能を公開して、ストックの活かし方についても議論できる土壌となることを願う。

### SDGs と地域政策

SDGsは2001年に策定されたミレニアム開発目標（MDGs）<sup>5-14)</sup>の後継として、国連サミットで採択された2030年までの国際開発目標（2030アジェンダ）が掲げた「17の目標と169のターゲット」から構成されたものである。SDGsには主となる17個の目標が

定められているが、それは相互に関連し合い、どれかひとつではなくすべてを総合的に取り組むことが大切とされている。国連で SDGs が策定された背景には、今日の世界が抱える問題と社会の変化が大きく影響している。ここで地域政策を考えるうえで、目標設定において重要視された5つの基準、普遍性、包摂性、参画型、統合性、透明性から地域政策のありかたを模索する。「普遍性」は、SDGs 以前に策定されていた MDGs では、途上国向けに国連の専門家が主体となって策定されたものであったが、SDGs では国連全ての人が話し合って策定され、すべての人が実施できるように作られた<sup>5-15)</sup>。表 5.4 に SDGs の目標設定において重要視された基準に基づいた地域政策のありかたをまとめた。

表 5.4 SDGs に照らした地域政策のコンセプト提案

SDGs	地域政策のコンセプト
〈すべての人が実施できる〉	「包摂性」は、最も遅れているところを重点的に解決できるよう努め、誰一人として取り残されないことを大切にする。
〈最も遅れているところを重点的に解決〉	「参画型」は、一部の人たちや一部の国だけでなく、関係しているすべての国や企業、団体、人が役割を持ち、SDGs 達成に向けて取り組めるような形をなす。
〈すべての国や企業、団体、人が役割を持つ〉	「統合性」は、SDGs には主となる17個の目標が定められているが、それは相互に関連し合った目標となっている。どれか一つではなく、すべてを総合的に取り組む。
〈すべてを総合的に取り組む〉	「透明性」は、目標に対して達成指標を明確に設け、定期的に評価できる仕組みにすることで、積極的な実施を促進できるようにする。
〈定期的に評価する〉	温室効果ガスとして、CO <sub>2</sub> の排出量削減が求められる中、家庭部門にあっては、建物熱性能が省エネ基準を満たしていないなど、多くの改善余地があるといえる。CO <sub>2</sub> を尺度として判断することを提案した。エネルギー使用については、積極的に「見える化」を推進し、公開することも含めて評価する。
〈すべての人が実施できる〉	CO <sub>2</sub> を尺度としたすべての人が実施できることをまとめ効果の大きいものにはインセンティブを設ける。
〈最も遅れているところを重点的に解決〉	温熱環境が著しく劣る既存住宅で、ヒートショック等（熱中症）死に直面する住環境を的確に把握して救いの手を差し伸べる。
〈すべての国や企業、団体、人が役割を持つ〉	高齢者の単身家庭の見守りなどの役割を「地域の問題」として捉えなおし、ICTや、企業・団体、高校生なども含めた今までにない コミュニケーションネットワークによる解決策を模索する。同時に住環境の温熱環境レベルを把握して安全・安心を図る。
〈すべてを総合的に取り組む〉	SDGs には主となる17個の目標が定められているが、それは相互に関連し合っていることを理解し共有して、ひとつ一つの問題に真摯に向かうことに努める。

太陽光発電の導入時にもみられたが、エネルギー使用について「見える化」はとても有効であるといえる。筆者が知る限り、HEMS<sup>5-16)</sup> など「エネルギー使用量の見える化」を図った施主は、全て以前のエネルギー消費量を下回る生活をするようになっている。ほとんど、省エネがゲーム化し、それまでに意識していなかったエネルギーの見える化により、省エネの喜びを得ている。SDGs の「17 の目標と 169 のターゲット」は互いに結び合いつながっている。時には負の連鎖を生み出して思わぬところに大きな負荷をかけている。わが国の木材輸入量は 1996 年をピークに減少傾向で推移する一方、国産材の供給量

は、2002 年を底に増加傾向にある。木材自給率も、2002 年の 18.8 %を底に上昇傾向で推移し、2017 年は 7 年連続の上昇で 36.1 %となり 30 年前の水準に回復している<sup>5-17)</sup>。しかし、かつてわが国は、コンクリートの型枠用合板の材料として熱帯雨林の木材を大量に輸入し、そのあとの手当てを怠っていた。南アメリカのアマゾン川流域には、世界最大の熱帯雨林があるが、過去 50 年でその 5 分の 1 が消失した。森林面積が減少している国の上位は、ブラジルをトップに、インドネシア、スーダン、ミャンマーなどが並ぶ。熱帯雨林は、毎年 520 万 ha (=東京都の約 25 倍) が減少している (2010 年)。これは植林した分を差し引いた数字で、もし植林がなかったとすると、毎年 1300 万 ha (=東京都の約 60 倍) のペースで森林がなくなる<sup>5-18)</sup>。これらの森林破壊によって、①地球の温暖化が進み…森林は、CO<sub>2</sub> を吸収し、酸素を放出している。②異常気象が増える…森林は土にしみこんだ水を吸い上げ、葉から蒸発させて大気に戻している。森林がなくなると、この循環が崩れ、森林の減少は地球全体の大気の流れにも影響して、異常気象を増やす恐れがある。③生き物の絶滅が加速する…森林にはたくさんの生き物が生息している。森林が減ったため、生き物はすみかを失い、絶滅に追い込まれている。森林減少が止まらなると、絶滅スピードが速まり、生態系が崩れていく。④土砂崩れや洪水などの災害が増える。また森は、空気と水を作っている。「森は海の恋人」で知られる畠山重篤は、牡蠣のために海の環境をよくするには森が大切だとして、室根山の森の手当てを続けている。川の上流に住む人々は代々、山を大事にしてきた、しかし、下流の村からは「川の水を汚すな」と言われこそすれ、「ありがとう」と言われたことなんてなかったという。17 の目標と 169 のターゲット」連鎖は、良い方向に向かえば、連鎖する全ての目標に影響し順調な展開を望むことができる。

### 地域の意識革命

地方分権で国が制度の具体的運用を地方に委ねる場面が増える中、ルール設定のあり方が改めて問われている。ふるさと納税制度をめぐる、国が返礼品の割合を 3 割以下とするなどの規制基準を定めて対象自治体を指定する新制度を導入した際、過去の泉佐野市の返礼品の取り扱い状況に基づいて除外を決めたことの妥当性が争点だった「ふるさと納税訴訟」で、ふるさと納税制度の対象自治体から除外したのは違法だとして、大阪府泉佐野市が除外決定の取り消しを求めた訴訟の上告審判決が 2020 年 6 月 30 日、最高裁であった。第 3 小法廷 (宮崎裕子裁判長) は国勝訴とした大阪高裁判決を破棄し、決定を取り消し、泉佐野市の逆転勝訴が確定した<sup>5-19)</sup>。

地方にできることは地方に任せるべきとの考えなどが重視される傾向が強まり、地域政策の方向性は地域の主導へと転換してきている。「地方の時代」という言い方は、日本において 1970 年代からみられる、地域主義を主張するスローガンで、国がコントロールする中央集権に対する反論であり、過去、何度かの盛り上がりをみせた概念であるが、今ま

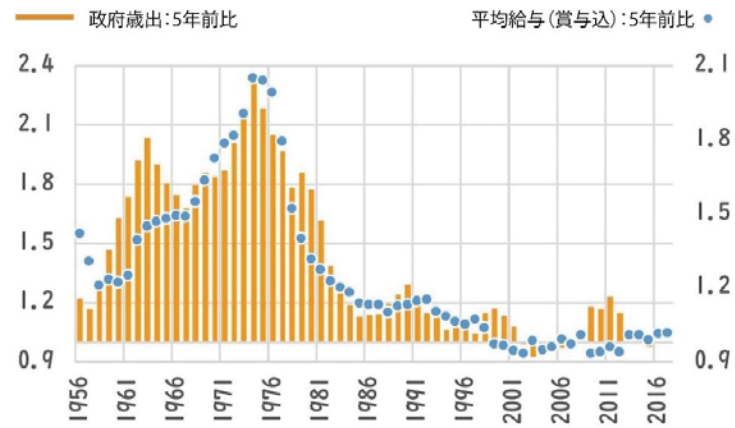
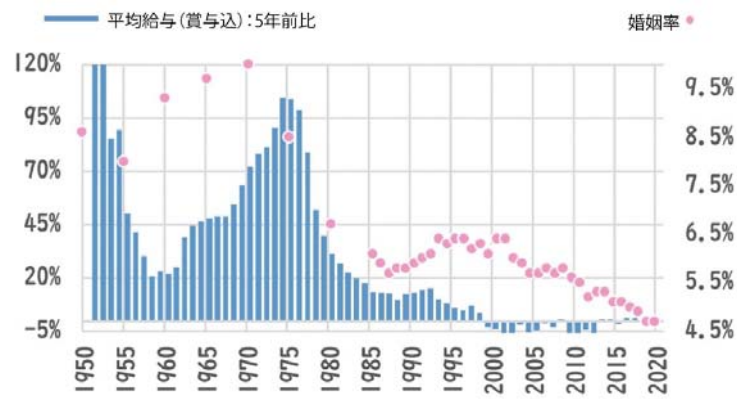
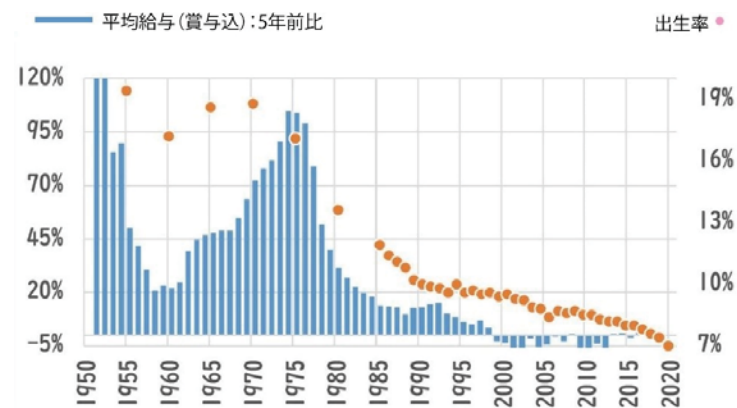


たネットでは、「地方の時代がはじまった」など、新型コロナウイルスの感染拡大を経験して、都市集中型か地方分散型かに関する議論がある。1990年代には、バブル崩壊後の景気対策として国の要請もあり、地方においてかなりの量の公共事業が行われた。しかしながら、その内容より事業量の確保が重視された面があり、その反動から、中央の論理では地方、もっと広く言えば世の中は良くなるのではないかとの反省が芽生え、地方からの異議申し立て的な動きがみられるようになった。「地域らしさ」を示すための自治体の独自施策として、のちに梶原拓岐阜県知事が「善政競争」と呼んだ各種の動きも始まった。1998年には月尾嘉男東京大学教授の呼びかけで、寺田典城秋田県知事、増田寛也岩手県知事、浅野史郎宮城県知事、梶原岐阜県知事、北川正恭三重県知事、橋本大二郎高知県知事が集まって「地域から変わる日本」の活動が始まり、「改革派知事」と呼ばれるようになった。堂本暁子千葉県知事、片山善博鳥取県知事も「改革派」グループに入る。全国知事会もそれまでは親睦団体的な色彩が強かったが、2003年には梶原知事の呼びかけで、「闘う知事会」のスローガンのもと、国に対して積極的に主張した。時代背景として、戦後30年を迎え先進国の一員として科学技術に裏づけされた工業化社会がある程度達成されたものの、環境破壊、資源浪費、人間疎外、経済的豊かさが生活の豊かさにつながっていないなど、さまざまな問題があらわれていたことが挙げられる。世界的にも、F・アーンスト・シューマッハの「スモール・イズ・ビューティフル」<sup>5-20)</sup>、「ソフト・エネルギー・パス」<sup>5-21)</sup>なども影響している。

政治的には、「革新自治体」の動きが深く関係している。「革新自治体」による「中央包囲網」論すらあった時代であり、中央政府から施策メニューと財源が示され、その指定獲得こそが地域振興に結びつくという「中央直結」のアンチテーゼの具体的実践として、「革新自治体」は住民のみならず、学界や他の自治体からの期待も背負っていた。このあと、地方の時代は進展を見せなかった。1980年代の財政再建路線により地方への財政資金フローが減少、地方からの人口流出が再び激しくなり、大都市圏と地方圏との格差が拡大した。この状況をとらえ、平松守彦・大分県知事は「地方試練の時代」、細川護熙・熊本県知事は「地方反乱の時代」と呼んだ。公共事業投資の拡大は、国民の所得を左右し、我が国では、若者の結婚率、さらに出産率にまで影響を及ぼしている。世の中の「景気」は人的に、「未来への期待感」により左右される。その期待感は、漠然とした印象により左右されるものでもあるが、結果的には、複雑事象の多変量解析によりその傾向を後付けで読み取ることができることを知った。

ここに紹介する「5年比」で分析された「政府歳出と給与の推移」「給与と婚姻率の推移」「給与と出生率の推移」<sup>5-22)</sup>は、わずかなタイムラグを認めるも、見事に同期しているといえる。5年前の記憶と今の印象が時代の機運となり、あるいはとても分かりやすい経済的事実を伴い、その状況を左右している。単純に政府歳出を増やして平均給与額を5年比で増大させれば、少子高齢化に悩むわが国の諸悪の発端の一つである出生率の低下傾



図 5.9 政府歳出 (5 年比) と平均給与 (賞与込)5 年比<sup>5-22)</sup>図 5.10 平均給与 (賞与込)5 年比と婚姻率の推移<sup>5-22)</sup>図 5.11 平均給与 (賞与込)5 年比と出生率の推移<sup>5-22)</sup>

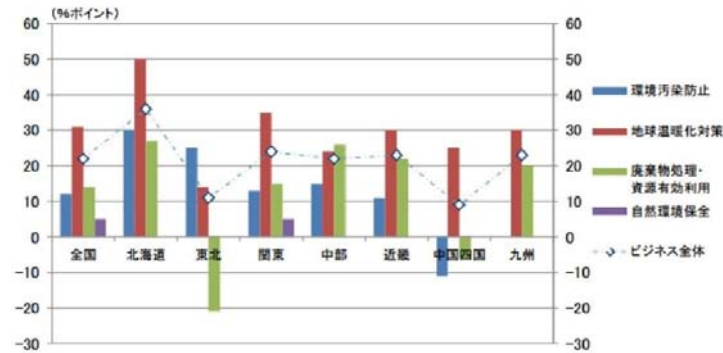


図 5.12 環境ビジネス地域別分野別 DI(2014 年現在) 5-23)

向は止まり右肩上がりに転じるのかもしれない。

業界の機運を左右する指標に、業況 DI（業況判断指数）というものがある。業況判断指数とは、「日銀短観（日本銀行の企業短期経済観測調査）」で発表される景気の判断指数のことである。「景気が良い」と感じている企業の割合から、「景気が悪い」と感じている企業の割合を引いたもので、DI（Diffusion Index）とも表される。DI の数値は 50 を基準にこれを上回ると「景気が良い」、下回ると「景気が悪い」と感じる企業が多いことを示す。指数は製造業と非製造業に分かれており、在庫の影響を受けやすい製造業の景況感には景気に敏感に反応するので、大規模製造業の業況判断指数が特に注目されている。この指数も大前提として平均給与額が作用しているであろうことは簡単には否定できない。

「新エネルギー等環境関連分野」である以下の 3 市場①再生可能エネルギー等・省エネルギー関連製品市場（地球温暖化対策分野）、②廃棄物処理・リサイクル等関連製品市場（廃棄物処理分野）、③下水、排水処理等環境汚染防止関連製品市場（環境汚染防止分野）、について、同レポートで、地域毎に集計された現在の DI から「東北」を分析すると、現在は③の汚染防止関連製品市場（環境汚染防止分野）の DI が高く、次に①再生可能エネルギー等・省エネルギー関連製品市場、（地球温暖化対策分野）、②廃棄物処理、リサイクル等関連製品市場（廃棄物処理分野）については負の値を示しているのに対して、10 年先予測では、温暖化対策としての再生可能エネルギー等、省エネルギー関連製品市場が有望であることが示されている。

2014 年当時、廃棄物処理・リサイクル等関連製品市場（廃棄物処理分野）が振るわなかったのは、福島第一原発のメルトダウンに伴う廃炉処理と共に、除染廃棄物の処理にビジョンをもつことができなかったからであろう。10 年先の地域別、分野別の業況 DI を見ると、東北地域にあっては「温暖化対策」が第一位にある。この期待感を活かして、地域の持続可能性を問い直し、異常気象、激甚災害の一因とされる温暖化対策を「地域政策」として謳いあげることが大切である。地方にできることは地方に任せるべきとの考えなど

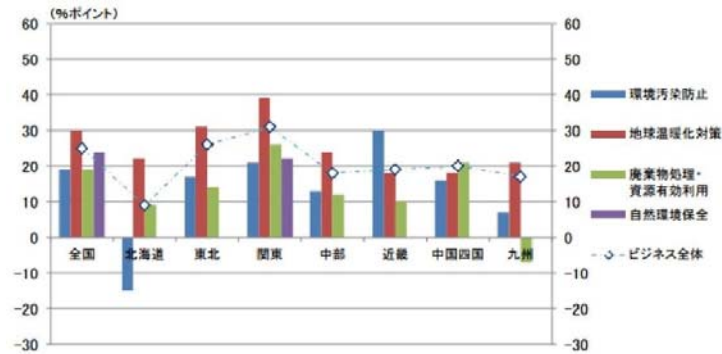
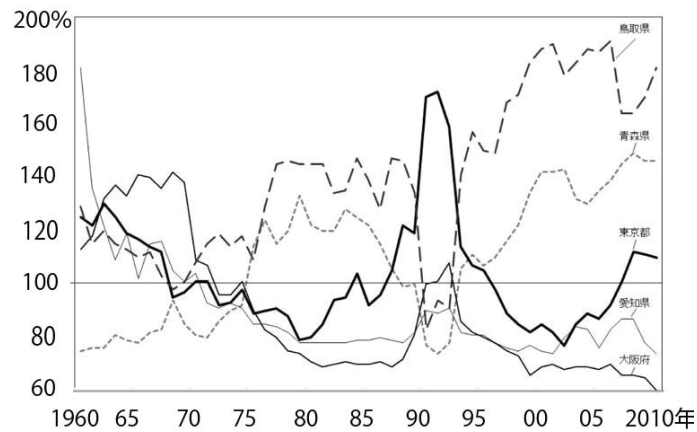
図 5.13 環境ビジネス地域別分野別 DI(2014 年時点 10 年先) <sup>5-23)</sup>

図 5.14 一人当たり行政投資の推移 (内閣府資料より引用)

が重視される傾向が強まり、地域政策の方向性は地域の主導へと転換してきている。国の主導による「国土の均衡ある発展」、「地域間格差の是正」を基調とした、5次に渡る全国総合開発計画（全総）及びその具体施策としての地域振興、産業立地・振興、大都市圏・地方圏の社会資本整備等により実施されてきた政策の大きな流れは、戦後復興期から高度成長期にかけて、まず大都市圏への投資を集中的に行い、その後地方圏への投資を行うというものであった。そして、近年では地方分権の進展などにより、地域の自主性に基づく、地方の主導による国土政策・地域政策が指向されている<sup>5-24)</sup>。

図 5.14 に、1960～2010 年の「一人当たりの行政投資の推移」を表した。三大都市圏においては、1970 年代初め頃までは、大きな 1 人当たり行政投資が行われたが、その後は 1980 年代後半からのバブル経済期の一時期などを除き、全国平均を下回っている。東京都と大阪府、愛知県の 1 人当たり行政投資は概ね似たような軌跡を辿っているものの、大阪府と愛知県が概ね全国平均以下であるのに対し、東京都は 1980 年代半ばと 2000 年代半ばに 1 人当たり行政投資が増加傾向に転じ、全国平均以上となっている。ここから、近

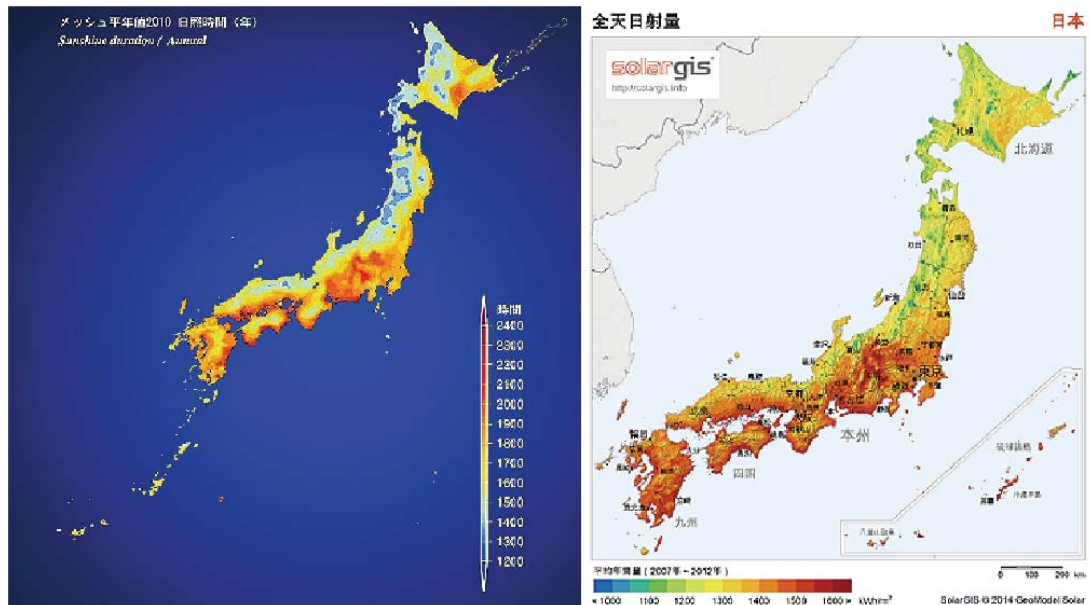


図 5.15 (左) メッシュ平年値 2010 年日照時間 (年) (右) 日本の全天日射量 (再掲)

畿圏、中京圏では起こっていない東京独自の一極集中の動きを読み取ることができる。また、一方で、鳥取県と青森県の 1 人当たり行政投資が 1970 年前後に増加に転じ、バブル経済の一時期を除き、全国平均を上回るようになった。このような背景からも、東北地域では、地方分権を謳い独自のインセンティブを設定したうえで省エネ政策を施行すべきだと考える。

#### 地域資産としての未利用エネルギー利用

図 5.15 (左) は、気象官署の日射量観測データ平年値 (1981～2010 年までの 30 年間の毎日の観測値の平均・県庁所在地に気象官署が無い埼玉県は熊谷、滋賀県は彦根のデータを使用) のクリマアトラスである。一般に日本をマクロに捉えると日本海側は日照に乏しいといわれるが、あくまでも相対的な比較であって、県庁所在地にある気象官署データでは平年値の少ない順に、秋田 (1,526 時間) 青森 (1,602 時間) 富山 (1,612 時間)、その他全国 157 箇所の気象官署の平年値を少ない順に見ると、山形県新庄 (1,323 時間) 鹿児島県名瀬 (1,359 時間) 東京都八丈島 (1,398 時間) となっている。しかしこの日照の乏しさも南北に 1,000km に及ぶマクロな範囲での相対評価のため「乏しい」とされ、あたかも太陽に恵まれていないような印象を受けがちではあるが、秋田・富山は日本有数の米どころであり、青森県のりんごの収穫量は 445,500 トン (2018 年) で、全国の半分以上 (約 59 %) を占め、フサスグリ (英名「カシス」) の収穫量は 14 トン (2016 年) で、全国の約 81 % を占めるなど、いずれも太陽の恵みがなければありえない特産品に恵まれている。

筆者は、京都府のプロポーザルコンペで、第一席となり京都府丹後半島宮津市で「地球





図 5.16 地球デザインスクールの太陽熱空気集熱装置 (著者撮影)



図 5.17 地球デザインスクールの太陽熱空気集熱装置 (著者撮影) 冬の太陽熱集熱と夏のソーラーチムニー効果

デザインスクールセミナーハウス」の基本設計・実施設計・設計監理を実施する機会を得て2005年に竣工している(図5.16)。設計の過程で、日照が乏しいといわれる日本海側でも一日に2～3時間の日照があることを確認した。地球デザインスクールでは1日中太陽を待ち構えて、午前でも午後でも理想的な集熱ができるような空気集熱装置を設計した。

同様に、一般的に日照が乏しいとされる山形県金山町の金山小学校にも、屋根面を利用



図 5.18 金山小学校 (設計:益子義弘・奥村昭雄 + 奥村設計所)

した太陽熱空気集熱式パッシブソーラーシステムが採用されている。金山小学校への太陽熱空気集熱式パッシブソーラーシステムの採用は、シミュレーションによってその有効性が確認されたことによる。

#### 屋根のかたちとエネルギー

世界でも多雨地帯であるモンスーンアジアの東端に位置する日本は、年平均 1,718mm の降水量があり、これは世界平均 (880mm) の約 2 倍に相当する。しかも、日本の降水量は季節ごとの変動が激しく、梅雨期と台風期に集中している。例えば東京の月別平均降水量は、最多雨月の 9 月で 208.5mm、最少雨月の 12 月で 39.6mm と、その差は 5 倍に達する<sup>5-25)</sup>。異常気象により近年では観測記録を塗り替える豪雨もあるが日本の屋根は雨でデザインされていた。モンスーン気候では雨であっても風を受け入れて涼を得ることを可能とするため、深い庇、霧除け、軒下空間は海外にはない中間領域と屋外のあかりを屋内に導く日本独自の陰影礼賛<sup>5-26)</sup>の豊かな空間を有していた。ヴァンダーリンがエコロジカルデザインで触れているが、エコロジカルな文脈への感性を持たないデザインでは、ニューヨークからカイロまで同じような高層ビルのデザインが展開する。それに対してエコロジカルデザインは、生物生息域に対応し地域の土壌、植生、物質、文化、地形などを統合した「場所」から生まれるデザインとなる。四季の変化に恵まれた温暖地の夏の日射遮蔽も庇がない建物では無理な話で、近年はやりの透明建築では日射遮蔽が配慮されないことがほとんどで、その夏の室内気候は温室効果に恵まれなるようになっている。室内の加熱はエネルギーを駆使してヒートポンプで排除され、その排熱が街を暑くしている。

太陽南中高度角は夏至に最も高くなり冬至に最も低くなる。2020 年の夏至は 6 月 20 日であった。6 月は梅雨時で除湿を必要とするがまだそれほど暑いわけではない。しかし、高度角の高い日射は傾斜面よりも水平面に強い強度で降り注ぎ、陸屋根建物の場合、夏に自らを暑くする日射を効率よく集熱することになる。無落雪屋根も外観は陸屋根と同様に軒天のないまるで屋根のないような表情を見せる。軒や庇がないことで夏季の日射遮蔽も

ままならない。熱容量の小さい木造建築では、高断熱・高気密は夏に室内がオーバーヒートすることが知られている。かつて仙台は冷涼な地域で、冷房がなくても過ごすことができていたが、この夏季のオーバーヒートと室内からヒートポンプが屋外に廃棄する排熱が街を暑くしクーラーがないと過ごせない熱帯夜の出現回数が増えている。温暖化の影響も否定できないが、夏季の日射取得によるオーバーヒートについて検証が必要である。

東北地域では高度成長期に沢山の民家が失われてきた。今となってはメンテナンスのたいへんな藁ぶき屋根の民家も多く失われた。材料や職人不足、あるいはメンテナンスを前提とした「結」のようなコミュニティの崩壊が原因であるが、「結」の崩壊と藁ぶき屋根の消失についてはどちらが先か明確には語れない。地域毎に真っ赤なトタンや、水色のトタンを被覆した藁ぶき屋根の形の記憶を見ることができるが、地域のトタン屋が、仕入れたロットの色でその地域の景観色が決まるということも残念なことのひとつである。雪下ろしのたいへんな傾斜屋根が陸屋根に変わることについても、メンテナンスの問題を抜きに語ることはできないが安全に雪を落とすことができるデザインがあってもよいと思うとともに、電気エネルギーではない再生可能エネルギーで融雪することや、融雪をやめて冷熱蓄熱として地域として積極的な利用を図ることもこれからは大切になるといえる。

一般に太陽光発電パネルは年間を通して太陽光を効率よく受けることができるように、北半球ではその土地の緯度で南向きに設置するのが好ましい。弘前は北緯 40 度 36 分 11.2 秒東経 140 度 27 分 49.8 秒に位置するので太陽電池の設置角度は 40 度前後、屋根勾配でいうと 8 寸勾配が好ましい。エネルギー自給に向けて確実に日の当たる屋根で太陽エネルギーを利用する方法のひとつに太陽光発電がある。太陽電池設置コストの中で設置用の架台の構成比はとても大きい。陸屋根の場合、8 寸勾配にパネルを設置して風圧に耐えるようにするための架台はかなり大げさなものになる。接地面となる屋根自体を架台とするためにも南に傾斜した屋根が有利といえる。

筆者が提案するエネルギー自給住宅では、南傾斜屋根面で太陽光発電と太陽熱取得を同時に行っている。積雪地域にあっては、雪を滑落させることを前提に、空気集熱面の勾配をきつく設定している。京都市宮津は設計積雪深 1m の豪雪地である。ここでは陸屋根のステンレスシームレス溶接の屋根に土を載せて無落雪屋根とし、集熱装置は 1m の積雪があっても埋没しないよう屋根の上に温室を組み上げて設置した (図 5.17)。(豪雪地でなければ図 2.4 のように、屋根最上部にガラス付き集熱面を設置するが、雪は滑落することがほとんどで、もし残ったとしても翌日晴れていて集熱が始まれば集熱面を覆っていた雪は融雪することができる。寒冷地で雪を屋根にためる無落雪屋根を計画することは、本来なら集熱利用の可能な太陽エネルギーを見逃しているもったいなさがある。この「もったいない」という価値観は「環境倫理」と「サステナビリティ (持続可能性)」にとって大切なキーワードである。パッシブソーラーシステムの数々の工夫は、この使わないと「もったいない」という思想に支えられて進化してきた。



## 文献の引用と注釈

- 5-1) 「2050 年日本低炭素社会」シナリオチーム：地球環境研究総合推進費戦略研究開発プロジェクト日英共同研究「低炭素社会の実現に向けた脱温暖化 2050 プロジェクト」, 2008 年 5 月.
- 5-2) CASBEE: Comprehensive Assessment System for Built Environment Efficiency の頭文字をとったものである。建築物のサステナビリティ (持続可能性) への関心が集まる中、省エネルギーなどに限定された従来の環境性能よりも広い意味での環境性能を評価することが必要になってきたため開発された。このような評価方法はイギリス・カナダ・アメリカなどでは既に実用化されており、CASBEE 開発の参考ともなっている。
- 5-3) CPD 講習：建設業における CPD とは Continuing Professional Development の略であり、技術者の継続教育を意味する。建設関係の資格認定団体が実施しており、資格取得後の継続的な教育プログラムや講習会等を提供している。技術者が研鑽に要した時間を単位に変換している。発注機関の中には、入札の参加要件に組み込むケースもある。
- 5-4) LBNL ローレンス・バークレー国立研究所 (英: Lawrence Berkeley National Laboratory、略称: LBL または LBNL) は、アメリカ合衆国カリフォルニア州にあるアメリカ合衆国エネルギー省 (英: Department of Energy、略名: DOE) の研究所。単にバークレー研究所、バークレーラボとも。LBL は、物理、化学、生命科学、コンピュータ・サイエンス、エネルギー工学、ナノテクノロジー、環境工学などの広い分野にわたって研究を行っている。
- 5-5) 固定価格買い取り制度 (Feed-in Tariff, FIT, Feed-in Law, FiL) とは、エネルギーの買い取り価格を法律で定める方式の助成制度。
- 5-6) 高井 徹雄: 太陽光発電システム導入のインセンティブに関する考察—再生可能エネルギー特措法下における余剰電力買取制度と全量固定買取制度—, <https://www.komazawa-u.ac.jp/~takai/kyozai/SolarEnergy.pdf>, 2020 年 10 月 20 日閲覧。
- 5-7) 一般社団法人「ウッドマイルズフォーラム」：世界が共有する“持続可能な循環型社会の実現”を理念とし、その循環型社会の主役としての木材、特に地域材の持つ環境性能についての理解が広がることの重要性に鑑み、ウッドマイルズ関連指標をはじめとする多面的な指標の開発、普及・利活用の実践をとして、トレーサビリティを確保した地域の木質資源の利活用を推進することを目的とする。<https://www.woodmiles.net/>, 2020 年 10 月 20 日閲覧。
- 5-8) JAS による建材として使用する木材の含水率規定、一般に木材の含水率 15 % は日本の各地域の一年間の平衡含水率の平均値で、地域により季節によっては平衡含水率が 15 % を上回る時期がある。[http://www.jlira.jp/jas\\_2B.html](http://www.jlira.jp/jas_2B.html), 2020 年 10 月 20 日閲覧。
- 5-9) 小池 一三: 一般社団法人町の工務店ネット代表／手の物語有限会社代表取締役住まいマガジン「びお」編集人。1987 年に OM ソーラー協会を設立し、パッシブソーラーの普及に尽力。「愛・地球博」で「地球を愛する世界の 100 人」に選ばれる。「近くの山の木で家をつくる運動」の提唱者・宣言起草者として知られる。雑誌『チルチンびと』『住む。』などを創刊し、編集人を務める。、<https://bionet.jp/columns/koike/>, 2020 年 10 月 20 日閲覧。
- 5-10) OM ソーラー協会: あいうえ OM, 1995, OM ソーラー協会が販促用に配布した週



刊誌タイプのカタログ本.

- 5-11) 性能表示制度（経過）/気密性能の確保に関する基準平成 26 年 1 月 26 日第 4 回性能表示検討会、鈴木大隆・澤地孝男により、「気密性能の確保に関する基準」経過処置に、<http://www.mlit.go.jp/c0Mmon/001041923.pdf>, 2020 年 10 月 20 日閲覧.
- 5-12) 財団法人建築環境・省エネルギー機構: 「すまいの健康チェックリスト」CASBEE 建築環境総合性能評価システム, <https://www.mofa.go.jp/mofaj/gaiko/oda/doukou/mdgs.html>, 2020 年 10 月 20 日閲覧.
- 5-13) 吉野 博 監修: 住まいと環境東北フォーラム編集: みやぎ型ゼロエネルギー住宅環境設計マニュアル, <http://www.miyajikyo.com/soft/zero-house/>, 2020 年 10 月 20 日閲覧.
- 5-14) 財団法人建築環境・省エネルギー機構: ミレニアム開発目標 (Millennium Development Goals: MDGs) は, 開発分野における国際社会共通の目標。2000 年 9 月に国連ミレニアム宣言を基にまとめられた。 , [http://www.ibec.or.jp/CASBEE/casbee\\_health/index\\_health.htm](http://www.ibec.or.jp/CASBEE/casbee_health/index_health.htm), 2020 年 10 月 20 日閲覧.
- 5-15) SDGs 外務省 JAPAN SDGs Action Platform, <https://www.mofa.go.jp/mofaj/gaiko/oda/sdgs/about/index.html>, 2020 年 10 月 20 日閲覧.
- 5-16) HEMS とは「Home Energy Management System (ホーム エネルギー マネジメントシステム)」の略。家庭で使うエネルギーを節約するための管理システム。電気やガスなどの使用量をモニター画面などで「見える化」「自動制御」する。
- 5-17) 農林水産省林野庁: 森林・林業・木材産業の現状と課題, (5-20) 林野庁資料 1-1-3, 2019 年 2 月 18 日.
- 5-18) 共立女子大学・共立女子短期大学: 帯雨林の消失 砂漠化, [http://www.kyoritsu-wu.ac.jp/nichukou/sub/sub\\_gensya/Social\\_problem/environment\\_problem/sinrinhakai\\_sabakuka.htm](http://www.kyoritsu-wu.ac.jp/nichukou/sub/sub_gensya/Social_problem/environment_problem/sinrinhakai_sabakuka.htm), 2020 年 10 月 20 日閲覧.
- 5-19) 日経新聞 ふるさと納税訴訟、泉佐野市が逆転勝訴 最高裁判決社会・くらし 2020 年 6 月 30 日 15:08 (2020 年 7 月 1 日 5:30 更新), <https://www.nikkei.com/article/DGXMZ060958330Q0A630C2CC1000>, 2020 年 12 月 4 日閲覧.
- 5-20) F・アーンスト・シューマッハー: スモール イズ ビューティフル, 講談社学術文庫, 1986.
- 5-21) エイモリー・ロビンズ: ソフト・エネルギー・パス—永続的平和への道, 時事通信社, 1979.
- 5-22) 政府支出と給与の推移 (5 年比) 給与と婚姻率の推移 (5 年比) 給与と出生率の推移 (5 年比) , <https://profile.ameba.jp/ameba/tasan-ame/>, 2020 年 10 月 20 日閲覧.
- 5-23) 環境省: 「平成 26 年 12 月環境経済観測調査 (環境短観)」大和総研作成, <https://www.env.go.jp/press/100479.html>, 2020 年 10 月 24 日閲覧.
- 5-24) 内閣府: 国土政策・地域政策はどのように変遷してきていますか, [https://www5.cao.go.jp/keizai-shimon/kaigi/special/future/sentaku/s3\\_3\\_20.html](https://www5.cao.go.jp/keizai-shimon/kaigi/special/future/sentaku/s3_3_20.html), 2020 年 10 月 20 日閲覧.
- 5-25) 国土交通省: 水害対策を考える, [https://www.mlit.go.jp/river/pamphlet\\_jirei/bousai/saigai/kiroku/suigai/suigai\\_3-1-1.html](https://www.mlit.go.jp/river/pamphlet_jirei/bousai/saigai/kiroku/suigai/suigai_3-1-1.html), 2020 年 12 月 4 日閲覧.
- 5-26) 谷崎 潤一郎: 陰影礼賛, 創元社, 1939.

# 終章

## I まとめ

第2章パッシブデザインと「環境建築」の系譜では、原油価格の変遷に載せて、環境倫理の醸成、省エネ政策の変遷、建築業界の対応を俯瞰した。わが国にあっては、資源の乏しさから2度のオイルショックの効果は絶大で、半世紀に近い時間を経た今でも当時の危機感を超える危機感を以て環境対策が策定されることはなかった。高度成長期を経て経験したオイルショックを乗り越え、バブル期にトレンドとしての省エネと「環境建築」を受け入れたわが国に「環境倫理」と「サステナビリティ（持続可能性）」に代表されるグローバルな時代思潮が浸透し始めるのは1990年代になってからで、パリ協定を踏まえた地球温暖化対策としての、「日本の約束草案」（2015年7月）の目標は、2030年度に2013年度比26%減の水準とされており、家庭部門にあっては、2016年度比39%の削減が約束されていることになるが、この目標についても世界からは野心がないと避難されている。

第3章省エネ住宅に求められる性能の中で、主エネ先進国であるスイスやカナダの政策から学んだことの中で特に重要なことは、わが国の住宅が耐久消費財の域を出ることなく消費され続けており、ストック型社会の社会資産としての機能していないという点である。イギリスには「不動産のハシゴ（Property Ladder）」という言葉がある。一例として、小さな家から始まり、ハシゴを登るように少しずつ大きな家にかえていくことを指す。一般的なケースは、①働きはじめてローンが組めるようになると、1軒目の小さな家（通常は「フラット」と呼ばれる、日本で言うマンション）を買う②収入や家族が増加などに伴い、少し大きな家にかえる。人によってはこれを何度も繰り返す ※ここまではローンで購入③最後に持っている家を売る。出た利益で1人用または2人用の小さな家を現金一括で購入する<sup>5-1)</sup>。持ち家を売却して得られる利益をめぐる税制も英国とわが国では違うので一概に比較して述べることはできないが、住宅が社会資産であると考え、そこに求めるべき省エネ性能も意味が変わってくる。

第4章クリマアトラスと「パッシブポテンシャル」のみなおしでは、このような背景の中、一向に改善しない家庭部門の省エネに関して、断熱・気密性能を高めて省エネを図ることはもとより、再生可能な未利用エネルギーである太陽熱について、東北地域での利用

を前提にその有効性を工学的手法で確かめた。この有効性を効果的に示す手法のひとつとしてクリマアトラスに着目し、既往のクリマアトラスの問題点を指摘し南 4 寸傾斜屋根面日射量のクリマアトラスを描いた。

日射量のデータ分析を月毎にすることによって以下の知見を得た。

- ①東北地域では、暖房期間の頭尾にあたる秋口と春先に太陽熱利用の高いポテンシャルが認められ、南傾斜屋根面をつかった太陽熱集熱デバイスが、概ね 11 月から 4 月と 6 ヶ月に及ぶ東北地域の冬季の暖房期間を短縮することができること。
- ②東北地域では、既存の PSP 分析に使われてきた南鉛直面日射量よりも、南 4 寸傾斜屋根面日射量 (RPSP) のほうが多くの熱量を得ることができること。
- ③日本全体を分析するマクロな視点ではなく、ローカルなマイクロクライメイトの把握を試みることで、再生可能エネルギーのひとつである太陽熱利用について、「地域資産」としての新しい価値を見出したこと。

上記から、地域資産である地域の自然エネルギーについては、先入観を持つことなく簡略化に寄らずマイクロクライメイトのポテンシャルをきめ細かに分析することによって評価することのできる気象因子の発見につながることを明らかにした。

シミュレーションによって以下の知見を得た。

- ①現行の省エネ基準に示された断熱性能は、決して理想的なものだとは言えないが、その程度の断熱性能であっても東北地域での南 4 寸傾斜屋根面日射のパッシブソーラーでの利用が、1 世帯当たり約 3 % の CO<sub>2</sub> 排出量の削減を実現できること。
- ②レベルの低い断熱性能をシミュレーションモデルに設定しているため、シミュレーションをデザインツールとして使用し、高い目標を設定すればかなり高い省エネ率を達成する可能性があること。
- ③南傾斜屋根面の太陽エネルギー利用を熱利用にとどめているが同時に太陽光発電を装備すれば、省エネ率も向上し、CO<sub>2</sub> 排出量にもっと大きな効果を期待することができること。

上記から、パリ協定を受けた「日本の約束草案」の実現に向けて、本研究の検討が微力ながらも寄与することができることを明らかにした。世界最高水準に達した産業部門での省エネはここから先はなかなか難しいと言える状況で、民生家庭部門に置ける削減余地はまだまだ十分に残されている。省エネと同時に室内気候の改善を図り、ヒートショックなどの社会問題の解決にもつながる熱性能の改善と自然エネルギー利用は最も簡単に着手することができるサステナブルな社会へのトランジションの第一歩となる。

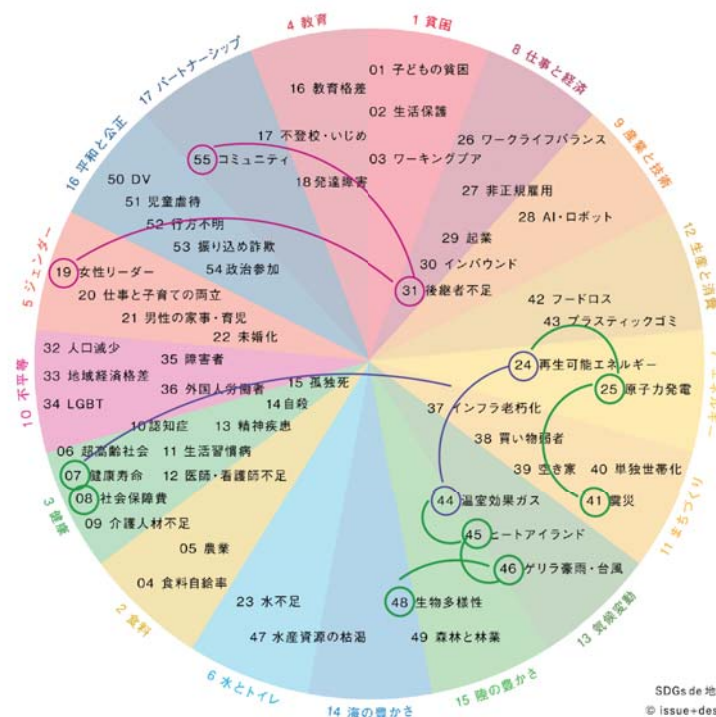


図 5.19 SDGs 176 ターゲット

現在は、地方分権で国が制度の具体的運用を地方に委ねる場面が増え、ルール設定のあり方が改めて問われている中、特に省エネ政策については、南北 3,000km という広い国土を均一に見つめる政府誘導の政策ではなく、マイクロクライメイトを前提とした地域政策を編む必要性を説いた。既往のクリマアトラスが、東北地域での太陽熱利用の動機形成につながっていない状況を、既往による先入観を払拭することを目的に、新たにマクロなスケールで示すことを本論では試みた。

省エネに関する地域政策策定の前提として以下の採用を提案した。

- ①省エネデバイスの採用にインセンティブとしての補助金が有効であること。
- ②CO<sub>2</sub> を尺度に検討すべきこと。
- ③SDGs に照らして検証すべきこと。
- ④期待感を高める魅力的な未来を示すこと。

地域政策のありかたを「環境倫理」と「サステナビリティ（持続可能性）」が代表するグローバルな時代思潮に基づいて示すため SDGs の目標と照らし示した。以上を地域の景観の美しさにつなぎ、景観を「共有意識」の表れとして捉え、環境と共生して持続可能な未来を描くときにこの掛け替えのない地域の個性である「マイクロライメイト」を共有することの重要性を示した。





図 5.20 (左) 宮城県迫桜高校 (2000 年) (右) 宮城県山元町役場 (2019 年)  
(設計：シーラカンズ&アソシエイツ 小嶋一浩) <https://www.tecture.jp/posts/848>

## II 共有意識と地域の景観

空気集熱式太陽熱利用パッシブシステムは、一般的な建築技術としてパテントが放棄されて公開されている。設計の工夫は人類共有の知恵であり財産として求めれば誰でもそのノウハウを使うことができなければいけない。特許公開から 30 年余りの時を経た現在でも多くの設計者に「環境建築」としてのアプリケーションのひとつとして屋根面を利用する空気集熱式太陽熱利用パッシブシステムは進化を続けている。ここで、このアプリケーションを複雑なプログラムの建築に上手にインストールする建築家として小嶋一浩<sup>5-2)</sup>らシーラカンズ アンド アソシエイツ (Cat) の活躍を取り上げたい。

小嶋によって、東北地域に素晴らしい環境建築が実現している。これらも全て、設計段階に綿密なシミュレーションによる検証がなされている。長年にわたり蓄積され公表されている気象データの分析から、建物を防護すべき卓越風と建物に積極的に取り込むことを検討すべき卓越風の把握は、パッシブにその地域のマイクロクライメイトを共有する景観を作り出す。

これまで東北地域では、太陽熱利用が難しいと思われていたが、それにはさまざまなクリマアトラスから受ける印象的先入観が作用してきたと言える。ここに取り上げた東北地域の環境建築のパフォーマンスは「一般には日照に恵まれないとされてきた東北地域」での太陽熱利用の有効性を雄弁に示している。本章では東北地域の太陽熱利用のポテンシャルの可視化を試み、CO<sub>2</sub> 排出量の削減という視点からその有効性を評価した。ポテンシャルの可視化については、月毎の利用可能な太陽熱と当該月の暖房デグリー・デイの比を RPSP と定義して、3～4 月、10～11 月のクリマアトラスを作成したが、地域毎月毎にその特性が異なり直感的に感じているポテンシャルの可視化を見るには至っていない。温暖

地では暖房負荷も少なく、建物の「箱の性能（断熱・気密・熱容量）」によらずとも建物の外でも快適を得ることができるが、RPSP（パッシブ傾斜屋根面集熱ポテンシャル）の高いところであれば、どんな建築計画でも暖房期間を短くすることができ、夏季の冷房負荷も放射冷却効果を得て少なくすることができるとは限らない。しかし、RPSP に示されるように東北地域の太陽熱利用のポテンシャルは極めて高く、いかに「集熱」するか、というデバイスとしての「仕掛けの設計」と、利用を前提としたときに必要となるタイムラグを得るための「蓄熱」手法、さらに希薄なエネルギーを十分に活用するために担保しなければならない「箱の性能（断熱・気密・熱容量）」などについて正確に理解することが大切である。性能にかかる様々なパラメータについて机上での検討が重要になる。建築を構成するパラメータは、互いに複雑に絡みあい、建物は設計者が何を意図しようとも、常に外の環境（気候風土・天気）に応答して「なるようにしかならない」という実際がある。これからの建築設計には、性能予測が不可欠である。そのような意味で、地域のマイクロクライメイトを精緻に把握する分析的アプローチからのデザインが特に重要になってくると言える。洋の東西を問わず、地域の景観はそのコミュニティの「共有意識」が形作る。わが国の郊外の団地の景観は、まさにその土地のコミュニティが表明する現在の「共有意識」であってとても美しいと言えるものではない。そのような中で、建築を構成する素材や技術が素朴なままローカルに限られた世界には、未だその土地のマイクロクライメイトへの共有意識が存在し、その共有意識が、エコロジカルデモクラシー<sup>5-3)</sup>として作用する時、地域の景観は美しさを表す。環境と共生して持続可能な未来を描くときにこの掛け替えのない地域の個性である「マイクロクライメイト」を共有することが重要である。共有意識が街の景観を形作り、その美しさは「共有意識」によるものだとする、その「共有意識」を如何に醸成していくかが問われる。続けて「共有意識」の醸成について論を進める。

### III 懐かしい未来へのトランジション

ストック型社会を目指して編まれた「長期優良住宅促進法」のスローガンは「いいものをつくって、きちんとお手入れをして、長く大切に使う」である。このスローガンは決して目新しいものではなく、かつて「建築」においては当たり前のことであった。この「当たり前」のことを取り戻すところから着手して、「懐かしい未来」のラントシャフト *Landschaft* を描くためには、「環境倫理とサステナブル」に代表されるストック型社会の時代思潮が当たり前のこととして定着し、個人の家が社会資産としての側面も担い、新しいライフスタイルとして、ライフステージにあった居住形態をグローバルに受け止める地域づくりが求められる。そのためには、第二次世界大戦のあと、国が資金を貸し出すかたちで国家をあげて推進してきた、強烈な持ち家政策の結果を疑い、新しい住宅政策のあり方についても検討の余地があると言える。幸い省エネをあたり前のこととして育ってきた

次世代の若者たちのライフスタイルを見ると、古い世代の潔癖さから敬遠されがちな古着への抵抗感もなく、住まいは社会資産、という概念は、同じ家に一生住むわけではない、住まいは時間所有といった価値観で案外抵抗なく受け入れられるように思える。トランジションには、既得権益の抵抗や淘汰といった痛みも伴いがちであるが、いまここで大きく舵を取り直さないと、パリ協定に向けた「日本の約束草案」の実現も難しくなり、極東の島国として時代の潮流に逆行するローカルな国になりかねない。ひとりひとりが自覚を以てできることに責任をもって取り組むことから再スタートしたい。

## 文献の引用と注釈

- 5-1) 「ロンドンで家を買う 3」日本と違う英国不動産事情, <https://www.cosmopolitan.com/jp/trends/lifestyle/series/a1289/uk-london-home-buy-series3/>, 2020 年 12 月 4 日閲覧.
- 5-2) 小嶋 一浩: 1958 年 2 月 1 日～2016 年 10 月 13 日横浜国立大学大学院 Y-GSA 教授。元東京理科大学大学院教授。元東京大学、東京藝術大学、東京工業大学、東北大学、広島工業大学、日本女子大学非常勤講師。(株) cat (シーラカンスアソシエイトウキョウ) 共同主宰。日本建築学会賞、吉岡賞、村野藤吾賞など多数受賞。原広司門下。学校建築の分野で特に優れた作品が多い。、 <http://www.hetgallery.com/kojima.html>, 2020 年 10 月 20 日閲覧.
- 5-3) ランドルフ・ヘスター: エコロジカル・デモクラシー, 鹿島出版会, 2018.