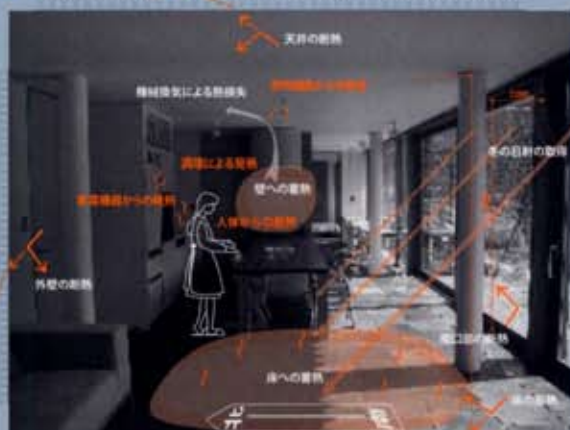


設計のための 建築環境学

みつける・つくるバイオクライマティックデザイン

日本建築学会 編

冬



夏



■ 環境工学本委員会

委員長	佐土原 聡	横浜国立大学大学院環境情報研究院
幹 事	大井尚行	九州大学大学院芸術工学研究院
	田中貴宏	広島大学大学院工学研究科

■ 企画刊行運営委員会

主 査	久野 覚	名古屋大学大学院環境学研究科
幹 事	飯塚 悟	名古屋大学大学院環境学研究科

■ バイオクライマティックデザイン小委員会 (2010年度)

主 査	須永修通	首都大学東京都市環境科学研究科建築学域
幹 事	長谷川兼一	秋田県立大学システム科学技術学部建築環境システム学科
	宇野朋子	電力中央研究所システム技術研究所需要家システム領域
	深澤たまき	神奈川大学工学部建築学科
委 員	金子尚志	エステック計画研究所
	北瀬幹哉	環デザイン舎
	小玉祐一郎	神戸芸術工科大学デザイン学部環境・建築デザイン学科
	齊藤雅也	札幌市立大学デザイン学部デザイン学科
	宿谷昌則	東京都市大学環境情報学部環境情報学科
	菅原正則	宮城教育大学教育学部家庭教育講座
	鈴木信恵	東京都市大学環境情報学部環境情報学科
	高間三郎	科学応用冷暖研究所
	築山祐子	旭化成ホームズ住宅総合技術研究所
	廣谷純子	エコエナジーラボ
	細井昭憲	熊本県立大学環境共生学部居住環境学科

■ バイオクライマティックデザイン企画刊行小委員会 (2010年度) *所属先は前掲。

主 査	長谷川兼一					
幹 事	廣谷純子	齊藤雅也				
委 員	宇野朋子	金子尚志	北瀬幹哉	小玉祐一郎	鈴木信恵	須永修通　深澤たまき

■ 執筆者・主担当者 (五十音順／数字は担当頁)

岩村和夫 (東京都市大学都市生活学部都市生活学科)	90～91
宇野朋子	66～69、106～107、資料編
金子尚志	16～17、20～21、24～25、28～29
北瀬幹哉	58～61、106～107
木村建一 (国際人間環境研究所)	94～97
小玉祐一郎	8～9
齊藤雅也	18～19、22～23、54～57、92～93、資料編
宿谷昌則	78～79
菅原正則	42～43、45
鈴木信恵	38～41、82～83、106～107
須永修通	3～5、50～53、110～113、資料編
高橋 達 (東海大学工学部建築学科)	62～65
高間三郎*	106～107
辻原万規彦 (熊本県立大学環境共生学部居住環境学科)	70～73
野沢正光*	(野沢正光建築工房) 106～107
長谷川兼一	15、26～27、34～37、44～45、124～125
廣谷純子	11、33、81、86～89、98～107、125
深澤たまき	12～14、30～31、46～49、74～77、108～109
堀越哲美 (名古屋工業大学工学研究科産業戦略専攻)	84～85
(* : 対談者)	

はじめに

はじめに(須永修通)

本書の出版の動機は、委員会委員全員の「バイオクライマティックデザインを広めたい!」という強い気持ちにあった。地球温暖化防止という喫緊の課題に迫られ、環境に配慮した真に快適で美しい建築を広めたい、設計してもらいたい、使ってもらいたいという気持ちである。別な視点から言えば、「建築環境学を建築デザインに活かして欲しい」ということである。建築家や学生諸君に、バイオクライマティックデザイン（BD）の思想や本質、実際の性能や快適さを知ってもらえれば、BDの普及が大きく促進される。それが結果的に地球環境保全につながるという思いである。

この裏には、あまりに原理を知らない、あるいは、知っていても実際の設計に活かさない建築家や、意匠ばかりに気を取られて中に住む人のことを考えずに設計課題を行う学生諸君がいるという事実がある。また、学生に人気のある「建築家」の中には、環境共生建築や環境配慮などの言葉と一線を画する方々がいるという悲しい現実もある。

はじめに(齊藤雅也)

BDを、若い建築家や学生に理解してほしいという目的を遂げるために、本書の内容として当初からあがっていたアイデアは、下記の4点である。

- 環境配慮型建築の良さをわかってもらうには、体感してもらうのが一番早い!自分でできる実験を紹介して体感してもらう。それも現象を見えるようにするとわかりが早い。
- 環境配慮型建築の設計に役に立つものを載せる

BDの設計に必要な資料と実例をあげることが必要。
- 使用者のコメント・評価も入れる

実際の性能（快適性など）は、住宅であれば主婦（夫）、つまり使用者の評価が一番正しい。
- 「バイオクライマティックデザイン」の定義・説明をする

BDとは何? と聞かれたとき、自信を持って答えられないという声が委員からあがり、BDを定義することが必要。

さらに、BDの定義をするには、BDにつながる歴史をはっきりさせる必要がある。そこで、BDに含まれるであろう、建築計画原論、パウビオロギー、PLEA、環境共生建築といった日本や世界の動きを示そうということになった。これらの歴史は、今、まとめておかないとわからなくなってしまうという心配があった。

一方、具体的に出版を考える時になって、出版社から「教科書として使えるもの」という注文がついた。しかし、これはもともと「実験・体感」のところで現象の解説をすることになっていたので特に問題はなく、むしろ、建築環境学を建築デザインに結びつけるという本書の特色を強化することに役立った。

以上のような経緯から、紆余曲折を経て、現在の本書の構成が生み出された。すなわち、2章を、①実験的なこと（見つける：見える化）、②その現象の解説（特に建築環境学の教科書的な部分）、③BDに有用な資料（設計資料）、④実例（設計資料+使用者のコメント）という構成とし、本書の中心的な位置づけとした。また、3章は、BDの代表例とBDに関係する概念の解説（コラム）を年代ごとに示すことにより、BDの系譜を明確にし、BDを理解するための一助となるようにした。1章は2章を理解するために必要な建築環境学の基礎的な事項であるが、これも2章に準じて「見える化」を心がけた。

建築は本来「安全で安心、快適、美しい」ものであるが、現在はこれに「環境配慮：二酸化炭素排出量削減」を加えることが求められている。「建築の定義」が変わっているのである。さらに、今後10～20年のうちにゼロ・エネルギー建築（年間のCO₂の排出量が0）とすることが求められており、さらにはLCCM（Life Cycle Carbon Minus）建築（太陽光発電などにより、長期間「建築の生涯」で見るとCO₂の排出量がマイナス、つまり自然エネルギーですべてを賄いお釣りがくる建築）に変わってゆくであろう。本書の編集を通して明らかになった、現時点でのバイオクライマティックデザインの定義・説明を次頁にまとめた。本書が、バイオクライマティック・アーキテクチャー、すなわち、「安全安心で、気候に適応した快適で環境に優しく、そして、美しい建築」の早期普及の一助となることを、委員一同、心から祈念している。

日本建築学会 環境工学本委員会 熱環境運営委員会
 バイオクライマティックデザイン小委員会
 主査 須永 修通
 企画刊行運営委員会
 バイオクライマティックデザイン企画刊行小委員会
 主査 長谷川兼一

バイオクライマティックデザインとは

「バイオクライマティックデザイン（Bioclimatic Design）」という言葉が初めて使われたのがいつかは定かではないが、気候と建築デザインの関係を示した本として著名な『Design with Climate』（Victor Olgyay, 1963）には、「Bioclimatic Approach to Architectural Regionalism」という副題があり、これが原点と思われる。Bioclimatic Designは、直訳すれば「生物気候学的デザイン」であり、当初は「生態系と気候と人間（の環境）を調和させた建築」、すなわち、「その地域の自然環境や風土に適した人間に快適な建築デザイン」を意味していたと理解される。

類語に「パッシブデザイン」がある。これは「地域の気候に合わせて快適な環境をなるべく少ない化石エネルギーで達成する建築デザイン」を意味すると考えられるが、Bioclimatic Design（以下BDと略す）にはより明確に「生態系をも含めた」という意味があり、さらに現在では「地球環境保全のための」という意味合いが強くなっている。換言すれば、現在のBDは「その地域の自然に合致し地球環境を維持できる人間に快適な建築デザイン」と言える。これは、コラム4（110頁）で示される「環境共生住宅」の定義とほぼ同じである。

また、小玉祐一郎は、「近未来の住宅：6つの原則」、すなわち、
 ①環境負荷を減らす（省エネ・長寿命）
 ②健康的な建物をつくる
 ③自然との接点を増やして快適に住む
 ④内と外のバランスを考える
 ⑤等身大の技術を使い、居住者参加のしかけをつくる
 ⑥高度情報技術のメリットを生かす
 を示している。これは、BDを設計に活かすためにより具体的に示したものととらえられる。

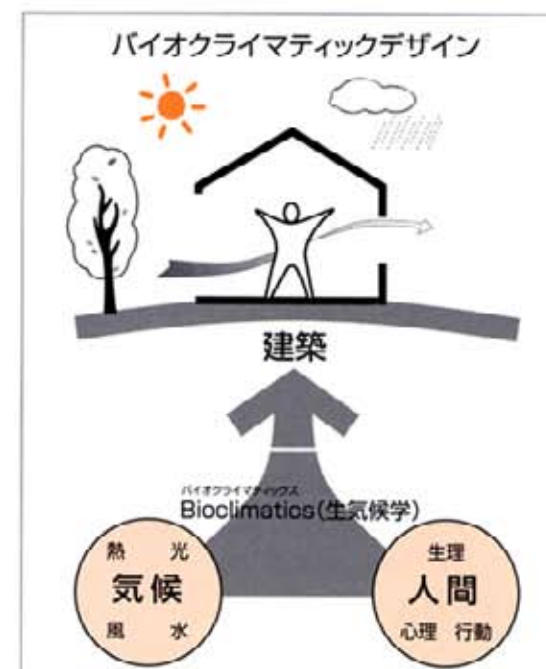
さらに、本書では建築の使い方・住まい方、換言すれば使用者の意識が重要であるという考え方を強く示している。BDが本書の内容すべてを包含するもので

あるとすれば、BDは建築の運用までも強く考慮したものとなる。建築の運用は使用者、すなわち、人間が行う。それを、積極的に、楽しんで行うのがBDである。したがって、本書で言うBDは「その地域の自然に合致し、地球環境を維持できる、人間に快適かつ喜びを与える建築デザイン」となる。

下図に、委員会で作成したBDの概念を示す。この図には使用者の意識まではうまく表現されていないが、気候と人間の間を表現する生気候学（Bioclimatics）もしくはBioclimatology）の考え方を採り入れて、あるいは建築と気候と人間の相互の影響を考慮して、建築内外での光、熱、風、水の動きをデザインするBDの考え方が示されている。

このBDの考え方を採り入れて設計された建築が、バイオクライマティック・アーキテクチャー（安全安心で、気候に適応した快適で環境に優しく、そして、美しい建築）となるのである。

日本建築学会バイオクライマティックデザイン小委員会



バイオクライマティックデザイン概念図

目次

はじめに	3
バイオクライマティックデザインとは	5
巻頭言 バイオクライマティックデザインがめざすもの	8

1章 目でみる建築環境

気候	12
気温/日射/風/自然エネルギー利用のポテンシャルマップ	
光	16
直射光/天空光/照度/輝度/採光/均斉度/昼光率	
熱	20
伝熱/放射/対流/伝導/蒸発/熱貫流/断熱/気密/蓄熱	
風	24
換気/自然換気/風力換気/温度差換気/空気質/機械換気/空気質濃度/必要換気量	
人間	28
光/比視感度/色温度/グレア/熱/平均放射温度/作用温度/風/湿熱環境評価/代謝量/着衣量/新有効温度/標準新有効温度/予測湿冷感申告/予測不満足者率	

2章 みつける・つくる建築環境

暮らしのエネルギー	34
みつける—エネルギー消費量の内訳と推移/エネルギー消費量の認識/ エネルギー消費量の地域性と年変動/暖房環境とエネルギー消費量	
つくる—寒冷地の高性能住宅/住みこなし方とエネルギー消費量	
こころよい熱環境	38
みつける—自分のまわりの熱環境/行動域と感覚/自分のこころよさ	
つくる—日本家屋における熱環境調整:建具/日本家屋における熱環境調整:縁側	
空気の汚れと換気	42
みつける—寒くない換気/室内空気を汚すもの/窓の動き	
つくる—機械換気システム/自然エネルギーを利用した予熱給気	
住宅の熱性能	46
みつける—高い断熱性能の影響/熱容量の室内湿熱環境へ与える影響	
つくる—無暖房住宅/次世代ゼロ・エネルギー住宅	
窓の断熱性能	50
みつける—冬の窓の冷たさ/窓まわりの空気の流れ/窓から逃げる熱	
つくる—二重サッシ/断熱内戸	
光の強さと弱さ	54
みつける—自然の光は明るい/窓と明るさの関係	
つくる—複数面から採光する:両面採光/反射光を利用する:地窓/庇の形を工夫:ライトシェルフ 居住者による調整:可動ルーバー	

日よけの効果	58
みつける—日よけの効果/日よけの設置場所による効果の違い/日よけの種類と組み合わせの効果	
つくる—回転式外付け日よけ/太陽高度によって使い分ける日よけ/暖房の熱源にもなる日よけ	

水の蒸発がつくる涼しさ	62
みつける—蒸発冷却/遮熱と蒸発冷却の関係/植物の蒸発冷却の効果	
つくる—二重屋根の天井裏面に散水/冷却塔を用いた躯体放射冷却	

空気中の水蒸気	66
みつける—空気中の水蒸気/生活にともなう水蒸気の発生	
つくる—内装仕上げに吸放湿材を施工	

集落の風	70
みつける—路地の中の風の動き/集落内の風の動き	
つくる—涼しい場所を探して涼む人びと/路地から風を探り入れる/さまざまな方向から風を探り入れる	

雪国の住宅と暮らしのかたち	74
みつける—屋根勾配/雪国における玄関の工夫	
つくる—ピラミッド型屋根(載雪型)/防風林に抱かれた茅葺き民家/屋外通路としての緩衝領域	

カタとカタチの見方・読み方とバイオクライマティックデザイン	78
-------------------------------	----

3章 バイオクライマティックデザインの系譜

バイオクライマティックデザインの系譜	82
温度差を利用する 穂竹居(1928年)	86
エネルギー・物質を循環させる Domo Multangla(1936年)	87
風を通す 日土小学校(1958年)	88
排熱を利用する NCRビル(1962年)	89
寒冷地にて閉じつつ開く 札幌の家・自邸(1968年)	92
暖かさ涼しさを蓄える つくばの家I(1984年)	98
太陽・樹木・大地のポテンシャルを生かす 相模原の住宅(1992年)	102
人間と環境を緩やかにつなぐ アシタノイエ(2004年)	108

Column

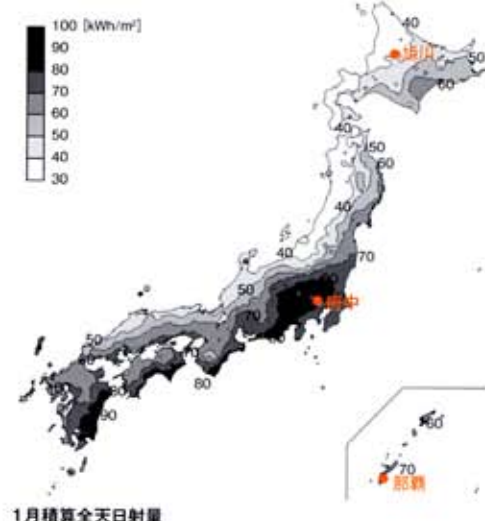
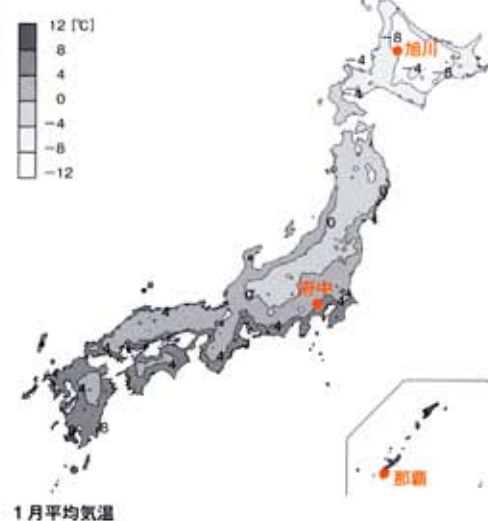
建築計画原論の系譜と成立	84
ドイツ・バウビオロギー(Baubiologie)の基本概念	90
PLEAの草創とバイオクライマティックデザイン	94
工業化住宅からLCCM住宅へ	110

Dialogue

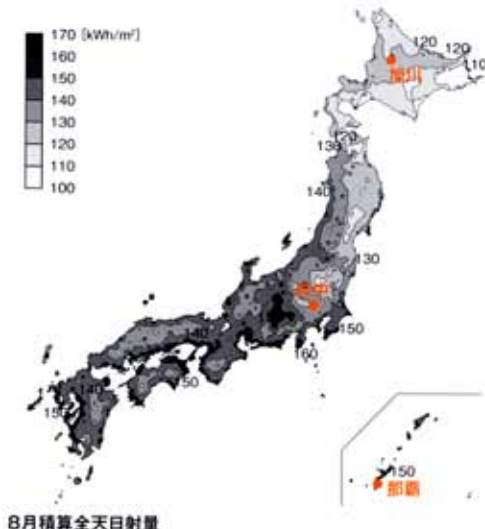
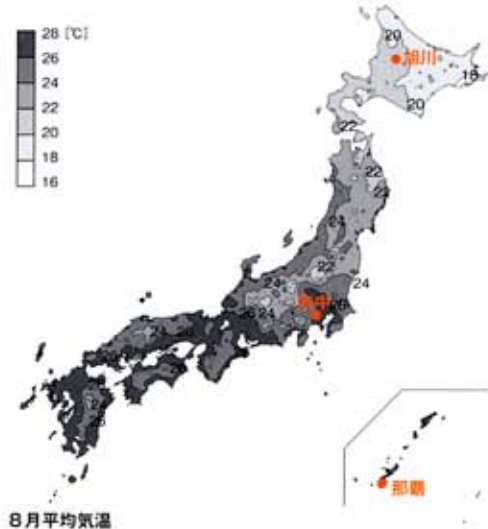
住まいに2本の煙突を立てる	106
---------------	-----

資料編 基準値/物性値/単位換算表/測定機器	114
索引	122
あとがき	124
編集後記	125

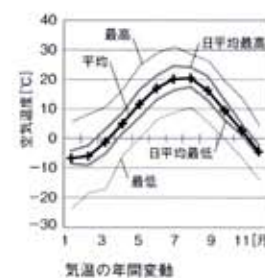
冬



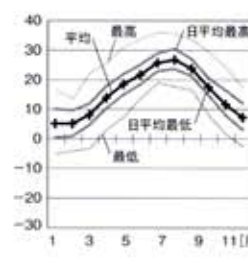
夏



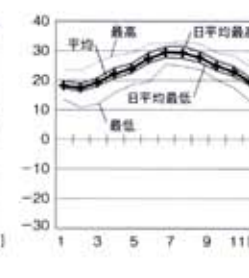
旭川 (北海道)



府中 (東京)

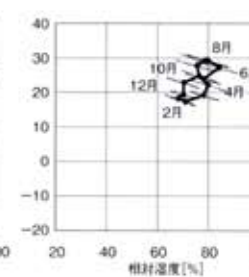
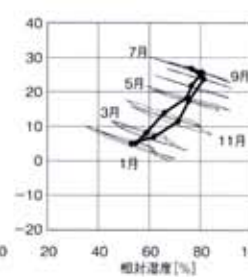
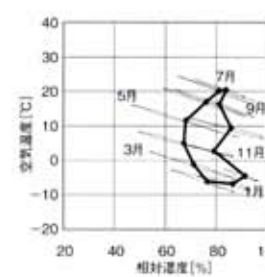


那覇 (沖縄)



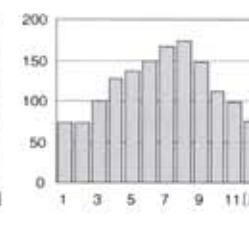
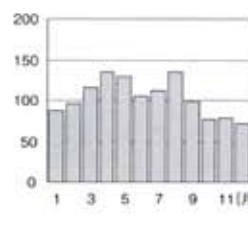
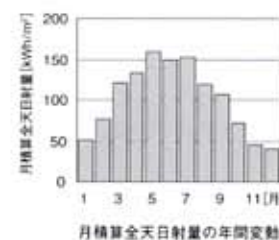
気温の年間変動

各月の平均気温に加え最高(低)気温、日平均最高(低)気温を示すことで、各都市の日較差と年間変動をみることが出来る。旭川の1月の平均気温は-6℃程度であるが、最寒日には-24℃にも達する。8月は日平均最高気温で24℃、最暑日で31℃になる。府中の冬は零下にもなることもあり、夏は最暑日で36℃と那覇より高温になることがある。那覇では最寒日でも10℃を下回る事がなく、最高は32℃程度で年間の気温変動が小さい。



クリモグラフ

各月ごとの平均空気温度と平均相対湿度を示すクリモグラフに、時々刻々の点も併せて示す。各地の気候特性と共に、各月の日較差もわかる。旭川は年間を通して気温の日較差が大きく、-9℃から25℃まで変動する。湿度は夏から秋、冬にかけて高く、春には低い。府中は年間0℃から30℃まで変動し、湿度は冬低く夏高い。那覇は年間を通して気温変動、日較差が小さく、湿度の変動も小さい。



日射量の年間変動

月積算全天日射量の年間変動を示す。3地域とも夏の日射量が多い。旭川と府中の年平均の月積算全天日射量はほぼ等しいが、旭川のほうが年間変動は大きい。那覇は年平均の月積算全天日射量が大きく年間変動が大きい、冬でも70kWh/m²以上の日射量がある。

12~15頁の国内気象データは「拡張アメダス気象データ1981-2000」(日本建築学会編、2005年)、海外気象データは「The METEONORM Version 6.1」(METEOTEST、2009年)による。

■ 気温

人間の「温熱快適性」に最も影響を及ぼす環境要素。温度の高低だけでなく、年間変動、日較差*にも地域による差がある。

1月の日本の平均最低気温は-10℃程度から+10℃程度まで、20℃もの差がある。沖縄や九州は気温が高く、北海道内陸部が最も低い。8月の平均最高気温は16℃から30℃程度まで14℃の差がある。内陸部は沿岸部に比べて低く、北海道東部が最も低い。

*日較差: 1日における最低気温と最高気温の差。

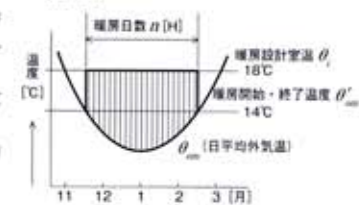
暖房デGREEデー (度日) D_{18-14}

地域の寒さを表す指標であり、住宅などにおける一冬の暖房に必要な概算熱量、あるいは概算燃料費を計算するときに用いられる。

一般に、暖房開始、終了時には、外気温がやや低くても暖房しないことが多い。そのため、日平均外気温 θ_{out} 、暖房設計室温 θ_i 、暖房開始・終了温度を θ'_{out} とすると、 θ_{out} が θ'_{out} 以下となる n 日間について、 $(\theta_i - \theta_{out})$ を合計した値がデGREEデーとなる。一冬の暖房に必要な熱量はデGREEデーを用いて下式で求められる。

$$H_{A(暖房)} = \overline{KS} \times 24 \left(\sum (\theta_i - \theta_{out}) + n(\theta_i - \theta'_{out}) \right) \text{ [Wh/シーズン]}$$

\overline{KS} : 総合熱貫流率 デGREEデー



■ 日射

日本に四季があることは一般に知られているが、地域によりそれぞれの四季の訪れや長さが異なる。四季の様子の違いは全天日射量*にもよく表われる。

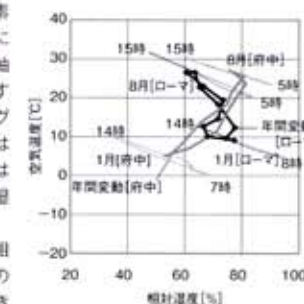
冬の日射量は、夏のほぼ半分しか得られない。日本全土の日射量は1月は日本海側と太平洋側で、8月は東日本と西日本で大きく異なる。

*全天日射量: 水平面における全日射量(直達日射量[18頁]と天空日射量の合計値)。気象台などで通常測定される値。

クリモグラフの読み方

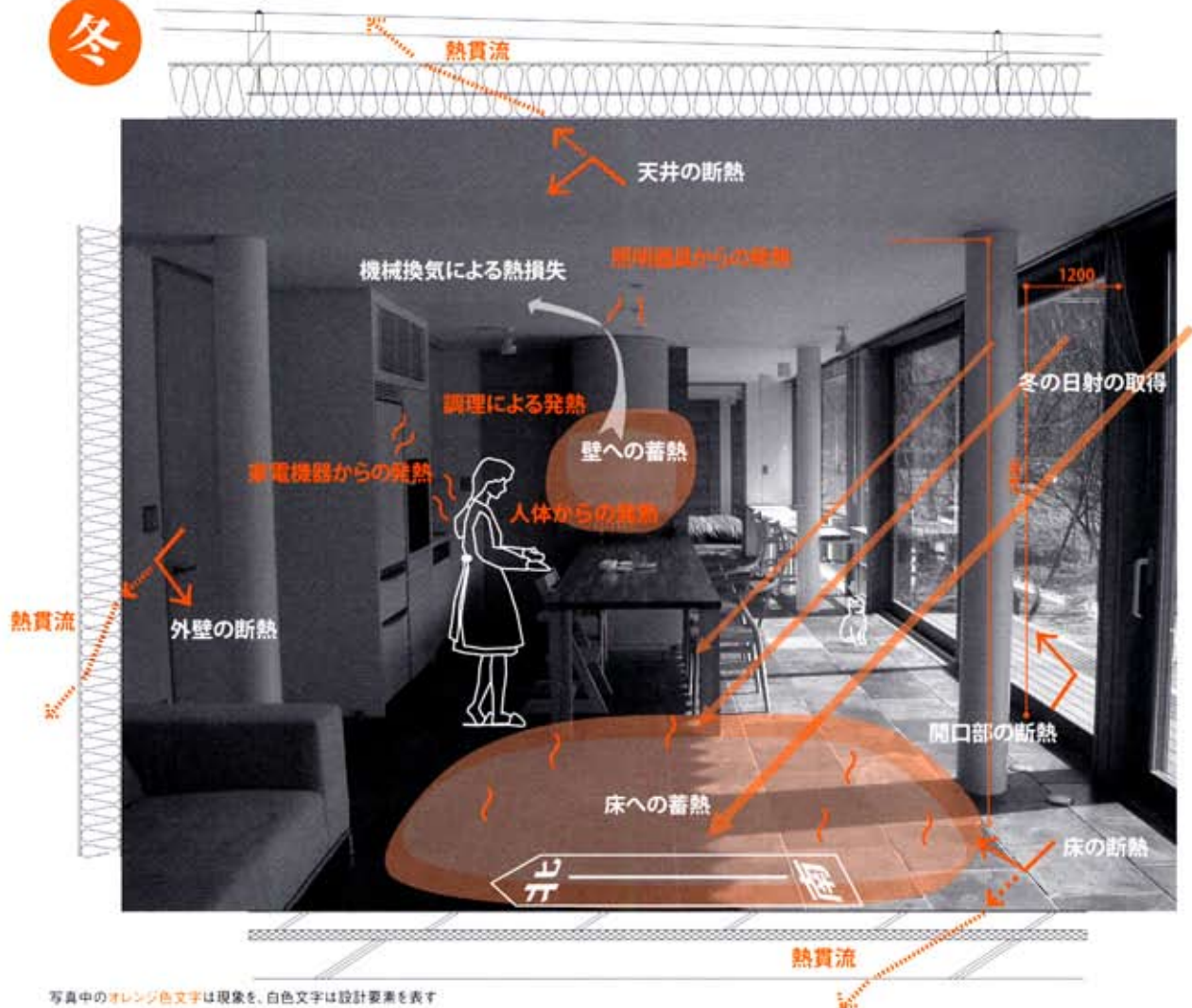
クリモグラフは2種類の気候要素を縦軸と横軸にとり、直交座標上にプロットした図である。ここでは縦軸を空気温度、横軸を相対湿度とする。右図は、ローマと府中のクリモグラフを重ねたもの。ローマは、冬は気温・湿度共に府中より高く、夏は府中と同等の気温であるが相対湿度が低いことがわかる。

さらに、月ごとの日平均気温と相対湿度を併せて示すことで、年間の変動と共に日変動を知ることができる。この図には1月と8月の日変動も併せて示した。



ローマ(イタリア)と府中(東京)のクリモグラフ

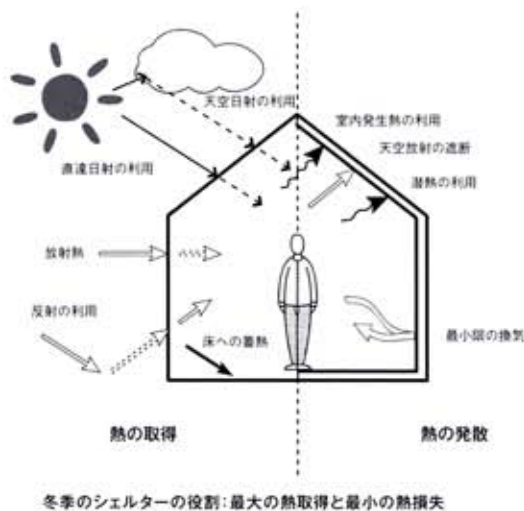
冬



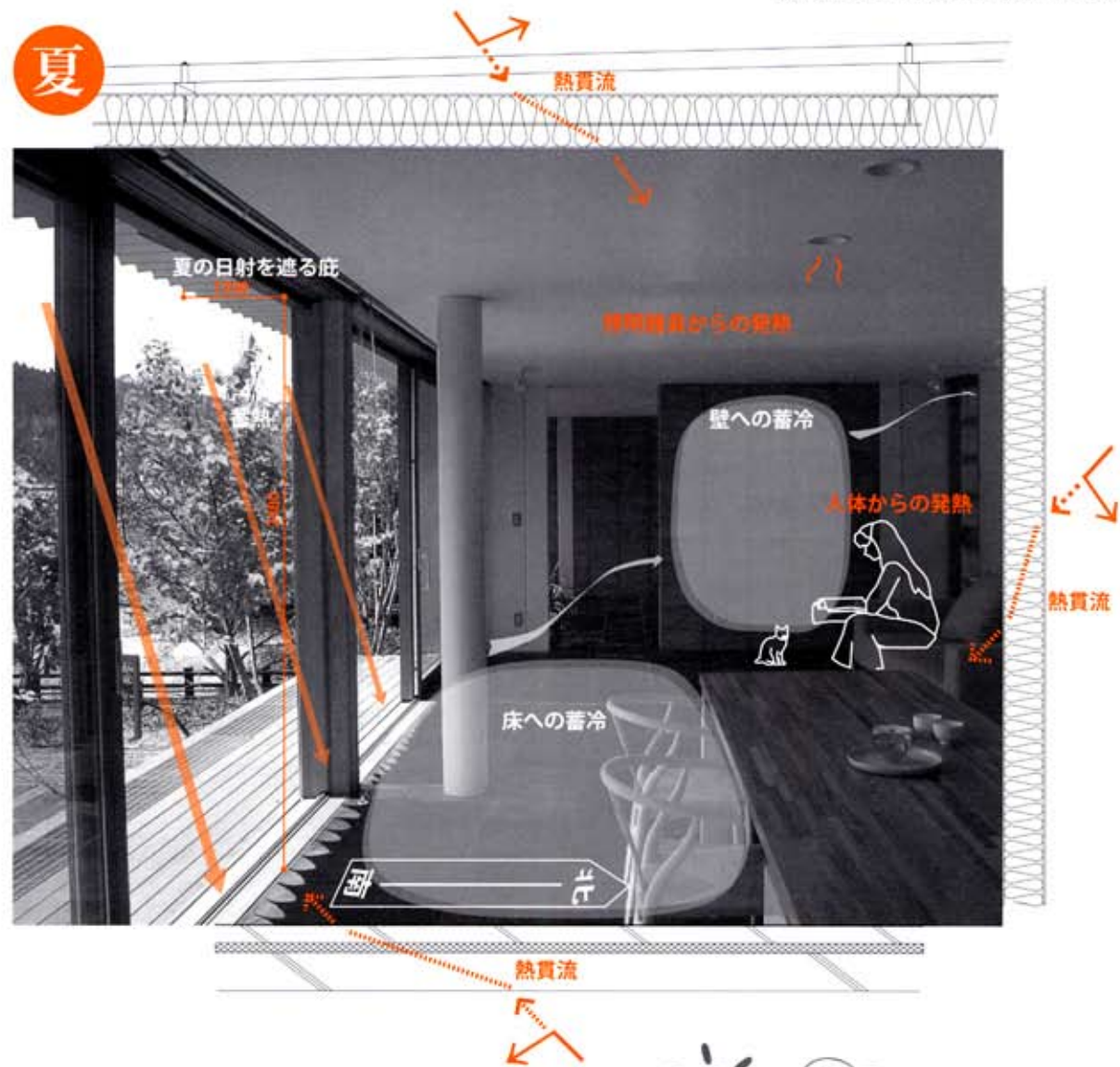
■ 冬の室内での熱の流れ

太陽高度の低い冬は、太陽からの日射が室内の奥深くまで入り込む。一方、室内では人間の行動によってさまざまな熱が発生する。これらの熱は、室内から低温の外部へ、窓、壁、天井、床を通して流れる（熱貫流）。断熱の強化や気密を確保してすきま風を抑えることなどによって、外部に流れる熱を減らすことができる。また、日中は集熱面となる開口部も、夜間は熱損失部分となり、断熱戸を設けるなどの工夫が必要になる。

石やコンクリートなどの熱容量の大きな素材を室内に用いることで、日中の日射熱を蓄え、その放熱によって室温の変動幅を小さくすることができる。



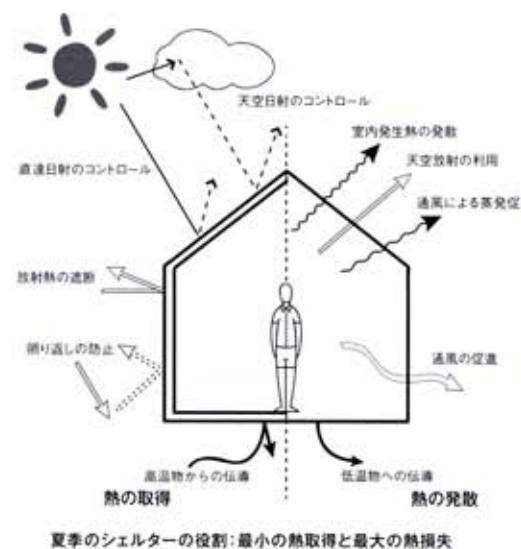
夏



■ 夏の室内での熱の流れ

夏の日中は、日射を直接室内に入れないことが原則である。その際、庇やルーバー、樹木などによって窓の外で日射を遮へいする方法が、熱取得を小さくする効果が高い。窓の外で熱が遮られ、室内に入る熱を抑えられるためである。また、直射日光が当たらないよう二重屋根にしたり、外壁に通気層を設けることで、気温の高い外部から流れ込む熱を抑えることができる。

室内で発生した熱を速やかに外部に放出するため、換気、排熱の計画にも考慮が必要である。外気温が下がる夜間に換気を行い、熱容量の大きな素材に冷気を蓄えることで翌日の冷却効果をもたらす。



光の強さと弱さ



太陽からの自然光(日光)は、時間によって変動し、その変動が光と影の移ろいを生む。自然光の特徴を生かす住まい方にふさわしい光環境とは何かを学ぼう。



図1 昼光照明を行う中学校校舎の改修例 校舎の北側に設けられた「ひかりのみち」(写真右下)は廊下を兼ねるだけでなく、時には授業や集会、生徒らのコミュニティを創出する場として利用されている。吹抜け部分の梁は旧校舎時代のもの(「北海道寿都郡黒松内町立黒松内中学校」設計:アトリエアンプ)

みつける 1 自然の光は明るい

■日光による照度は、電灯光の200倍

日中、窓から得られる自然光を「日光」という。日光は、ほぼ一定量の光を放つ電灯光とは異なり、時々刻々と変動する。照度は照度計(121頁)を用いて測定できる。屋外の昼光照度は曇天日で10,000ルクス(lx)、晴天日で100,000lx程度となり、電灯光による室内照度(500lx程度)の200~2,000倍に達する。このように、日光は強い光なので、大量の日光を室内に導くと「まぶしさ(グレア)」や夏季であれば室内のオーバーヒート*を誘発する可能性がある。しかし、日光はバイオクライマティックデザインを実現する有効な光の資源といえる。そのため、採光に当たっては、日射遮へい用のスクリーンを併用するなどの配慮が必要である。

図1は、校舎の北側のトップライト(天窗)から入る日光を照明として利用している中学校の例である。この校舎が建つ地域は、夏季は曇天日が多いことからトップ

ライトが採用された。

一方、夏季は日光をなるべく入れずに涼しく過ごす古民家の例もある。ここでは、カーテンや扉で日光を全て遮るのではなく、ほどよく入れて涼しさがともなう明るさを演出し、光の弱さを照明や涼を得るのに生かしている(図2)。

*オーバーヒート: 建築内部で熱気がたまり、室温が過度に上昇すること。



図2 日光をほどよく入れる夏季の民家(飛騨高山) 大量の日光を室内に入れられないようすだれなどで調整して涼しさが得られるようにしている

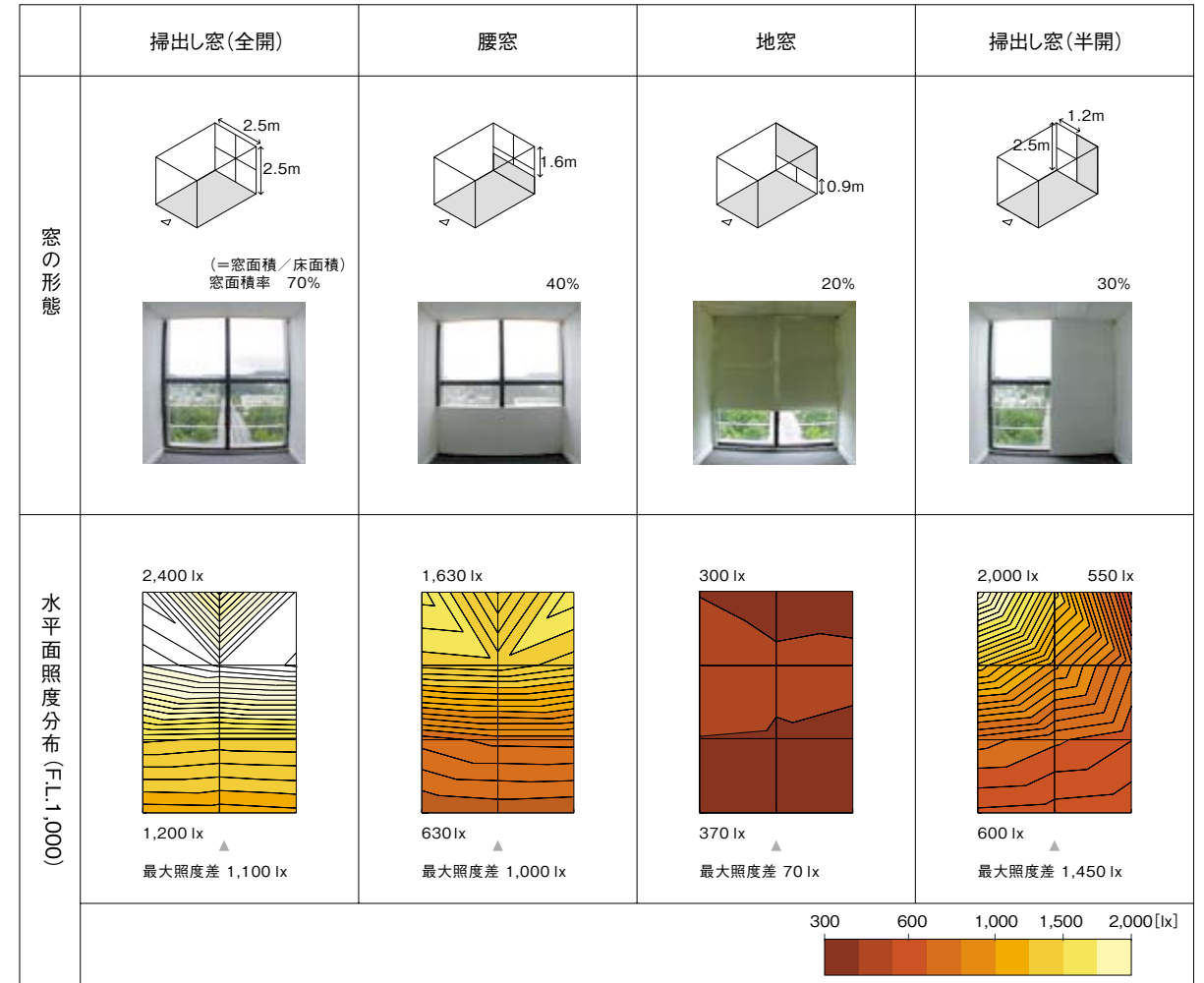


図3 窓の形態と水平照度分布 夏季の晴天日の正午に真東に面する実験室の4種類の窓から入る日光による水平面照度(F.L.1,000)。壁、天井は白色。水平面照度は実験期間中の累加平均。室内の家具配置は窓の形態によって大きく異なる(出典:宮川紅子、斉藤雅也、那須聖「窓の形態が家具配置に与える影響に関する研究」『日本建築学会大会学術講演梗概集』E-1、2003年、1,013~1,014頁)

みつける 2 窓と明るさの関係

■窓の大きさ・配置によって照度分布「光のムラ」は異なる

窓の大きさや配置は、在室者にとっての眺望だけでなく、光や熱、空気、音の出入り、ふるまいを決定する要素である。

図3は、4種類の窓の大きさ・配置による日光の水平面の照度分布である。日光による照度分布は不均一に分布し、時々刻々と変わる。これが電灯光のそれとの大きな違いである。4種類の窓の大きさや配置によっても照度分布は大きく異なる。「掃出し窓(全開)」が設けられた室内の水平面照度が一番大きく、次いで「腰窓」になる。窓面中央部の照度が最大になるのは、直射光に加え

☞ 自然光(日光)には変動する性質があるが、室内照明として十分に活用できる。

日光の強さと弱さを生かして快適な光環境をつくるには、窓からの光の入り方と共に、窓の断熱性能に配慮することが重要である。

て、天井と両側の内壁からの反射光が入ることによる。「地窓」は全体的に低照度であるが、床面に座るとほどよい明るさになる。「掃出し窓(半開)」は形態にしたがった照度分布になる。4種類の窓の照度分布の違いは、在室者の明るさ感や視的快適性にも大きな影響を与えるため、室内の家具配置を決定する要素にもなる。

このように、窓の形態、季節や時刻によって変化する光を演出することが昼光照明の魅力である。ただし、窓の断熱性能が低いとコールドドラフトやオーバーヒートを起こすので、窓ガラスには低放射(Low-E)ガラスなどを採用して断熱性を高め、夏季には、外付けルーバーなど適切な日よけを併用することが望ましい。



つくる 昼光の特徴や、居住者の生活と明るさ感の関係を理解することで、ほどよい光環境のデザインが可能となる。自動制御システムに依存するのではなく、居住者が自ら調整し、視的・温熱的な快が得られる建築をつくりたい。

■日中での普段の照明手法が「明るさ」感を決定する

昼光を利用した照明の許容度は、居住者の日中の照明手法の違いによって異なる。図4は、昼光照明を行う実験室（以下、昼光室）に入室した被験者の明るさ感である。日中、昼光を入れて過ごす時間の長い「普段昼光」群と、電灯を点灯して過ごす時間の長い「普段電灯」群に分けると、目に入る光の照度が同じでも「普段昼光」群の明るさ感は「普段電灯」群よりも「明るい」とした被験者が多い。図5は、入室直後と入室3分後の室内の明るさに対する許容度で、「普段昼光」群が「普段電灯」群よりも昼光照明を行う実験室の光環境の許容度が2倍ほど大きいことがわかる。

バイオクライマティック建築は居住者が昼光のふるまいを感知取り、上手に生かすことによって成立する。

つくる 1 複数面から採光する：両面採光

図6は、図1（54頁）で紹介した中学校の教室内部であるが、教室の南北両面から昼光を室内に導入している。教室では日中、蛍光灯を点灯することはほとんどない。南面からは強い直射光が入るが、ブラインドによってまぶしさ（グレア）を防ぎつつ光は天井面に反射され、北面からは弱くて安定した天空光（18頁）が入る。

ブラインドは、カーテンと異なり、昼光を遮るだけでなく、室内に入る光の角度を変えて天井に向けることができる。そのため、教室の生徒は時々刻々と変化する昼光の強さ・弱さを感じ取り、室内全体がほどよい明るさになるように、ブラインドの角度を適宜調整して使用している。

つくる 2 反射光を利用する：地窓

伝統的建築の茶室にあるように、地面からの反射光を室内に入れる「地窓」がある。図7は札幌市にある地窓のある住宅である。窓面の方位によるが、直射光が入る時間帯は、写真のように窓際にできる光源が室内全体を程よく照らす。また図3（55頁）の「地窓」に示したように、直射光の入らない時間帯は拡散光が室中央に集まり、ほんのりと明るい空間になる。冬季の積雪時は、雪面から反射される光が大きくなるので、地窓から入る光は夏季よりも強い。

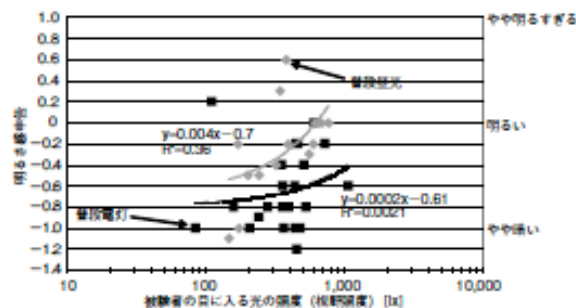


図4 昼光室における明るさ感

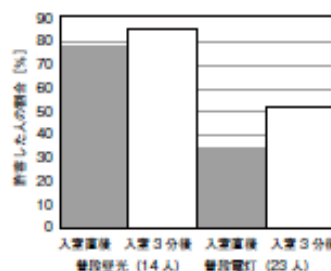


図5 昼光室への入室直後、3分後の明るさの許容度（図4、5とも出典：斎藤謙也「ヒトの温度感覚と環境調整行動に関する研究（その5：昼光照明下でのヒトの明るさ感・温度感と明るさの調整行動）」『日本建築学会大会学術講演梗概集』D-2、2010年、33～34頁）



図6 南北両面採光を行う教室内部 教室の蛍光灯を点灯しなくても、十分に採光ができる明るさを確保している（北海道豊原郡黒松町立黒松中学校）

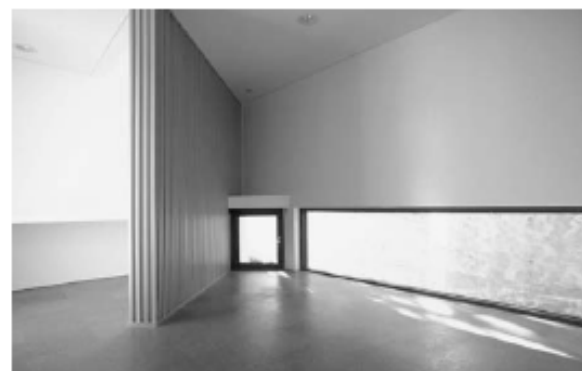


図7 地窓のある住宅 地窓の光が室内をほどよく照らす（『界川の家』設計：川人洋志、2001年）

つくる 3 庇の形を工夫：ライトシェルフ

太陽からの自然光を窓から直接入れると、窓際と室内側の照度差が大きくなり「均斉度」の低い光環境になる。事務所や学校など作業性の高い用途の建物では、「ライトシェルフ」と呼ばれる手法が有効である（図8～10）。ライトシェルフ（light shelf）を直訳すると「光棚」であるが、上空からの直射光と天空光を窓の内側のライトシェルフの上面で受け、そこで反射した光を天井に再び反射させ室内を照らす手法である。窓際は庇の役割を果たし、室内には柔らかい光を導くことができるため均斉度が高くなる。冬季は太陽高度が低いのでライトシェルフの下の窓から直射光が入る。その際には、直射光をロールスクリーンで拡散するなど、居住者の行動を含めてデザインを考える必要がある。

つくる 4 居住者による調整：可動ルーバー

昼光を室内照明として有効利用するためには、居住者による環境調整が不可欠である。近年、昼光照明システムを採用する建築が増えているが、それらの多くは室内外の照度をセンサーで読み取り、ブラインドなどが自動で開閉される。自動制御は初期投資が高いだけでなく、居住者の意図に反して稼働する場合もあり不快感がともなう。その解決事例に、ドイツのベルリンにある事務所建築のファサードがある（図11）。ダブルスキン内部に日射遮へい用の縦ルーバーがあり、使用者は自分の判断で開閉できる。このルーバーは採光調節だけでなく、ルーバー裏側のダブルスキンの煙突効果による熱気の排出を促す役割を兼ねている（図12）。



図11 使用者が調整できる可動ルーバー 西側に面するダブルスキン内部に日射遮へい用の縦ルーバーがある。使用者は光と熱の大きさを自由に調整できる（[GSW本社ビル] 設計：ザウアー・プルフ・ハットン、ドイツ・ベルリン）

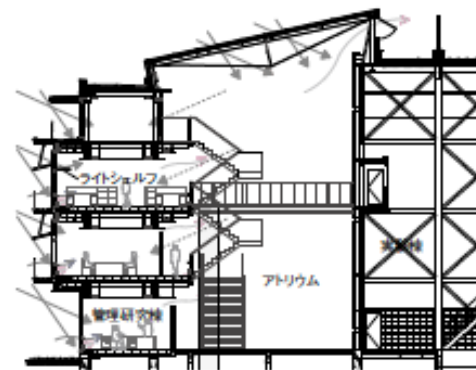


図8 ライトシェルフが設置された建物の断面（[北海道立北方建築総合研究所] 設計：アトリエバンク、2002年）



図9（左）ライトシェルフのある室内 両面採光と併用すると室内は電灯を点灯しなくても十分な明るさを確保できる。太陽高度が低くなる夕方や冬季は、使用者が室内のライトシェルフ下部にあるロールスクリーンを下ろし、明るさをほどよく調整できる



図9（右）南側窓面のライトシェルフの下部にはロールスクリーンがあり、明るさをほどよく調整できる

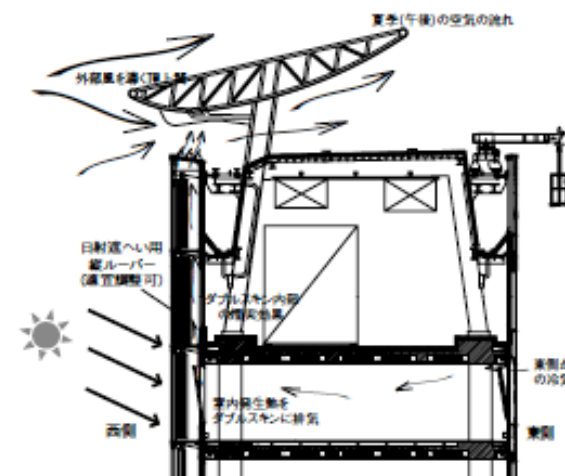


図12 [GSW本社ビル] 断面 ダブルスキン頂部には飛行機の翼を模した屋根が架かっている。翼が外部風をダブルスキン頂部に誘引し、翼後方に強く吹き出すことでダブルスキン頂部の風速が増す。ダブルスキン内部の煙突効果で上昇する気流の速度は翼がないときよりも大きい

太陽・樹木・大地の ポテンシャルを生かす

太陽のエネルギー、敷地の高低差、敷地の真ん中にある大きな柵櫓の木など、敷地のもつポテンシャルが読み解かれた「相模原の住宅」は、四季を感じ、環境を楽しみながら気持ちのよい暮らしが営まれている建築家の自邸。

相模原の住宅
1992年

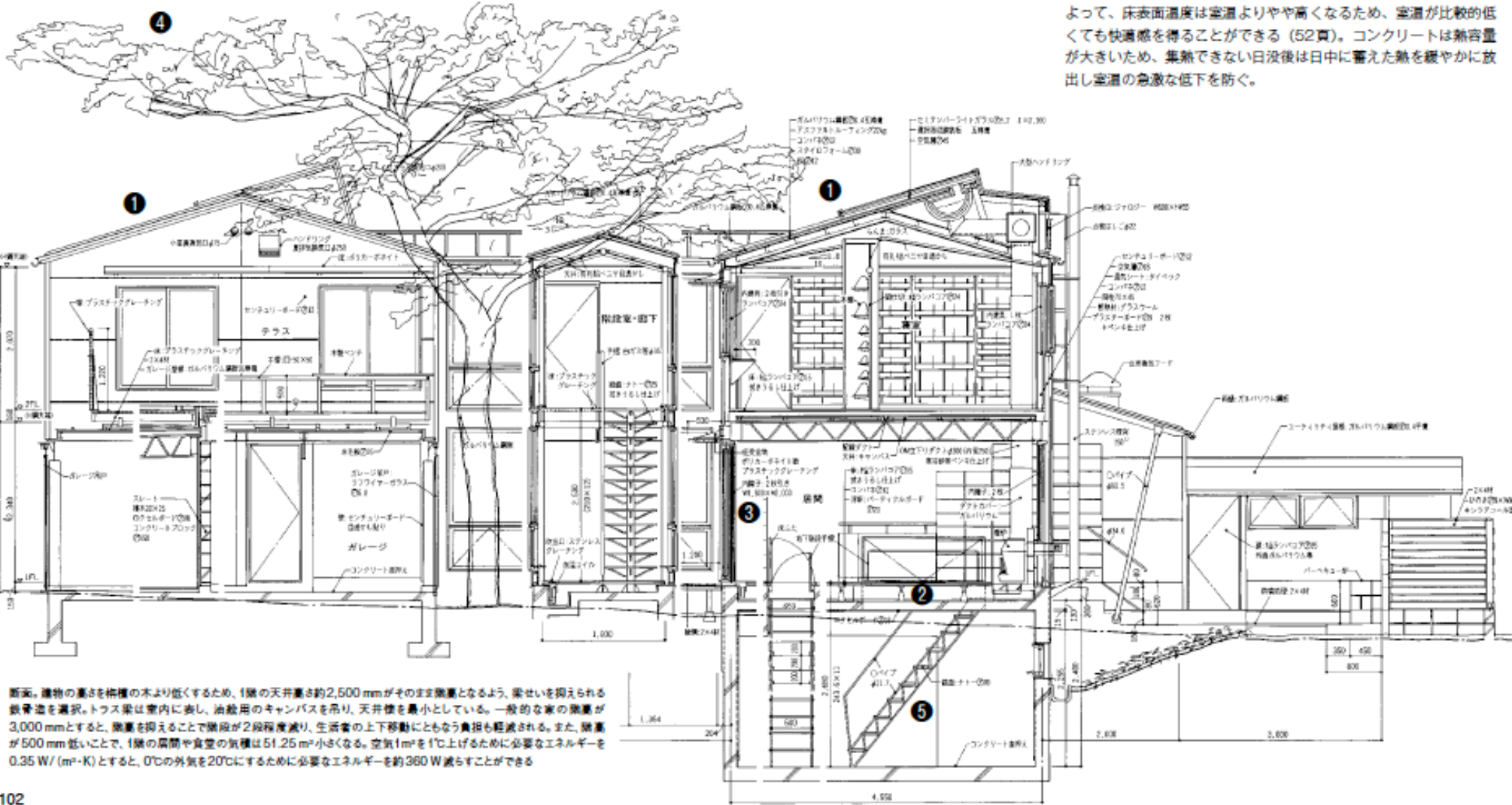
設計：野沢正光
所在：神奈川県相模原市
敷地面積：244.5m²
建築面積：115.9m²
延床面積：219m²
構造・規模：鉄骨造・地下1階、地上2階建て

敷地中央にある柵櫓の木を残すため、中庭を挟み2つの棟が配置されている。前面道路側の棟1階には玄関、2階には客間や風呂を配し、奥の棟の地階に書斎、1階に台所と居間、2階に寝室がある。中庭の木陰は、夏になると2つの棟に涼しさをもたらしている。

2棟の南面の屋根の下に外気を通し太陽熱で暖められた空気を床下を経由して室内に入れ、換気しながら床暖房を行うOMソーラーシステムを採用している。夏は暖気で湯をつくり給湯に利用している。太陽熱集熱と共に、暖かさを逃さないための断熱、それを長時間使うための

蓄熱の組み合わせが慎重に検討されている。

南北に1mほどの高低差のある敷地の特性を生かして、地盤の低い北側に向けて地下室の上部に開口部を設け、自然光を入れている。地下室の壁はコンクリート打放しとすることで地中熱を室内に伝える構造のため、1日を通して室温はほとんど変化せず、年間の変化もわずかである。仕事場である地下室は、夏になるとほかの居室に比べ大変涼しく、家族の避暑空間ともなっている。暗く静かで熱環境も穏やかな地下室は、家の中にある異質の空間として居住者を楽しませている。

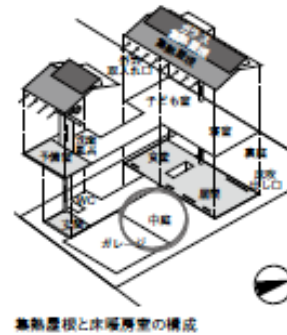


断面。建物の高さを柵櫓の木より低くするため、1階の天井高は約2,500mmがそのまま築高となるよう、梁せいを抑えられる鉄骨造を選択。トラス梁は室内に表し、油絵用のキャンバスを吊り、天井性を最小としている。一般的な家の築高が3,000mmとすると、築高を抑えることで階高が2段程度減り、生活費の上下移動にもなる負担も軽減される。また、築高が500mm低いことで、1階の居間や食堂の気積は51.25m³小さくなる。空気1m³を1℃上げるために必要なエネルギーを0.35W/(m³・K)とすると、0℃の外気を20℃にするために必要なエネルギーを約360W減らすことができる。

屋根

集熱屋根 ①

切妻屋根の南側全体が集熱屋根。素材は濃い色の鉄板による瓦葺きで、棟近くには強化ガラスが並べられている。野地板の下で断熱し、屋根材と野地板に挟まれた空間が通気層。小屋裏にある制御装置付きのファン(ハンドリングボックス)で軒先から外気を取り込み、通気層を通りながら暖められた高温の空気が、上下をつなぐダクトによって床下へ送り込まれる。



集熱屋根と床下暖房の構成

床

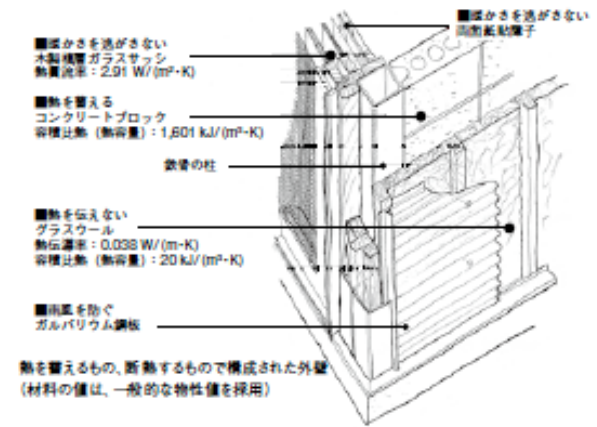
集熱空気が通る床下空間 ②

1階の床材と断熱された土間コンクリートの間にある高さ250mmの床下空間全体が暖気の通り道となり、集熱空気がそこに送り込まれる。暖かい空気は土間コンクリートに熱を伝えつつ、床材に設けられた吹出し口から室内に送り込まれる。暖気や土間からの放射によって、床表面温度は室温よりやや高くなるため、室温が比較的低くても快適感を得ることができる(52頁)。コンクリートは熱容量が大きいため、集熱できない日没後は日中に蓄えた熱を緩やかに放出し室温の急激な低下を防ぐ。

窓・壁

木製複層ガラスサッシと蓄熱壁 ③

窓から逃げる熱を最小限にするため、設計当時はまだ珍しかった木製複層ガラスサッシを導入。大きな壁面積をもつ両妻側は、室内に熱を蓄えるために外側で断熱し、室内側に仕上げなしのコンクリートブロックを積み、室温調整を回っている。



熱を蓄えるもの、断熱するもので構成された外壁(材料の値は、一般的な物性値を採用)

緑

中庭の樹木 ④

柵櫓は落葉高木であり、万葉集に詠まれたほど古くから日本の暖地海辺に自生している。春には淡紫色の五弁の花、秋には楕円形の実をつける。中庭に残された柵櫓の木は、2棟をつなぐガラス張りの階段室や居間、寝室からみえ、居住者に季節の移り変わりを伝える。



中庭に残された柵櫓の木

土

地中熱を利用した地下室 ⑤

地中に埋まった打放しコンクリートの壁は、地面の熱をそのまま内部に伝える。南北の高低差で地上に出た部分の壁には、室内側に断熱材を打ち込み、外部の熱を取り入れないようにしている。外気より温度の低い地下壁面の結露対策として、梅雨時と夏季に自動排水装置付きの除湿器を稼働させ、空気中の水分量を調整している。

