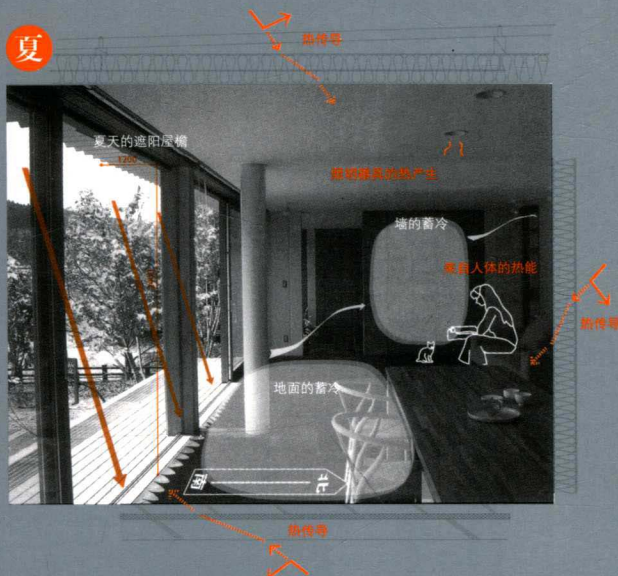


设计中的 建筑环境学

李逸定 胡惠琴 译



**通过建筑设计，
诱导出自然的潜在能力！**

我们追求节能、零能耗、适应气候、舒适的建筑！

中国建筑工业出版社

建筑理论·设计译丛

设计中的 建筑环境学

发现、营造生物气候设计

[日] 日本建筑学会 编

李逸定 胡惠琴 译

中国建筑工业出版社

著作权合同登记图字：01—2012—0895号

图书在版编目（CIP）数据

设计中的建筑环境学 /（日）日本建筑学会编；李逸定，胡惠琴译．—北京：中国建筑工业出版社，2014.12

建筑理论·设计译丛

ISBN 978-7-112-17376-1

I. ①设… II. ①日… ②李… ③胡… III. ①建筑学—环境理论 IV. ①TU-023

中国版本图书馆CIP数据核字（2014）第251357号

Japanese title: Sekkei no tameno Kenchikukankyogaku
Edited by Architectural Institute of Japan
Copyright © 2011 by Architectural Institute of Japan
Original Japanese edition published by SHOKOKUSHA Publishing Co., Ltd., Tokyo, Japan

本书由日本彰国社授权我社独家翻译出版

责任编辑：白玉美 孙玉珍 刘文昕
责任校对：陈晶晶 姜小莲

建筑理论·设计译丛

设计中的建筑环境学

发现、营造生物气候设计

〔日〕日本建筑学会 编

李逸定 胡惠琴 译

*

中国建筑工业出版社出版、发行（北京西郊百万庄）
各地新华书店、建筑书店经销
北京锋尚制版有限公司制版
北京顺诚彩色印刷有限公司印刷

*

开本：787×1092毫米 1/16 印张：7 $\frac{3}{4}$ 字数：218千字
2015年6月第一版 2015年6月第一次印刷
定价：39.00元

ISBN 978-7-112-17376-1

（26152）

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题，可寄本社退换

（邮政编码 100037）

目 录

前言	3
何谓生物气候设计	5
卷首语 生物气候设计的目标	8
1 章 可视的建筑环境	
气候	12
气温 / 日照 / 风 / 自然能源利用的潜能图	
光	16
直射光 / 天空光 / 照度 / 亮度 / 采光 / 均匀度 / 采光系数	
热	20
传热 / 辐射 / 对流 / 传导 / 蒸发 / 热传导 / 隔热 / 密闭 / 蓄热	
风	24
换气 / 自然通风 / 风力通风 / 温差通风 / 空气质量 / 机械通风 / 空气质量浓度 / 必要通风量	
人	28
光 / 比视感度 / 色温度 / 眩光 / 热 / 平均辐射温度 / 作用温度 / 风 / 温热环境评价 / 代谢量 / 着衣量 / 新有效温度 / 标准新有效温度 / 预测热舒适指标 / 预测不满足者率	
2章 发现、营造建筑环境	
生活的能源	34
发现——能源消耗量的细目和推移 / 能源消耗量的认识 / 能源消耗量的地域性和年度变动 / 采暖环境和能源消耗量	
营造——寒冷地区的高性能住宅 / 生活方式和能源消耗量	
舒适的热环境	38
发现——自身周围的热环境 / 行动范围和感觉 / 自己的舒适感	
营造——日本住宅中的热环境调整：门窗 / 日本住宅中的热环境调整：外廊	
空气的污染和通风	42
发现——不冷的通风 / 污染室内空气的物质 / 窗的开关	
营造——机械通风系统 / 利用自然能源的预热送气	
住宅的热性能	46
发现——高隔热性能的影响 / 热容量对室内温热环境的影响	
营造——无采暖住宅 / 下一代零能源住宅	
窗的保温性能	50
发现——冬季窗的寒冷 / 窗周围的空气流动 / 窗的热损失	
营造——双重窗 / 保温内窗	
光的强与弱	54
发现——自然光是明亮的 / 窗和照度的关系	
营造——多面采光：两面采光 / 利用反射光：地窗 / 巧妙设计屋檐的形状：反射架 / 由居住者自行调节：可动百叶窗	
遮阳的效果	58
发现——遮阳的效果 / 根据遮阳的设置地点其效果不同 / 遮阳的种类和组合的效果	
营造——旋转式外置遮阳 / 根据太阳高度分别使用遮阳 / 成为采暖热源的遮阳	

水蒸发制造的凉爽.....62
发现——蒸发冷却 / 遮热与蒸发冷却的关系 / 植物的蒸发冷却效果
营造——向双层屋顶的顶棚背面洒水 / 采用冷却塔主体的辐射冷却

空气中的水蒸气.....66
发现——空气中的水蒸气 / 生活中水蒸气的产生
营造——内墙装饰使用吸放湿材料

村落的风.....70
发现——小巷中风的流动 / 村落内风的流动
营造——寻找凉爽地方纳凉的人们 / 从小巷采集风 / 从四面八方采集风

雪国的住宅和生活形态.....74
发现——屋顶的坡度 / 雪园玄关的巧妙设计
营造——金字塔型屋顶（载雪型） / 被防风林环抱的茅草屋顶的民宅 / 作为户外通道的缓冲领域

型和形的看法、读法和生物气候设计.....78

3章 生物气候设计的谱系

生物气候设计的谱系.....82

利用温差 听竹居（1928年）.....86

循环利用能源和物质 Domo Multangla（1936年）.....87

通风 日土小学校（1958年）.....88

利用排热 NCR大楼（1962年）.....89

寒冷地封闭下的开放 札幌之家·自宅（1968年）.....92

将热和冷储存起来 筑波之家 I（1984年）.....98

充分利用太阳、树木、大地的潜能 相模原的住宅（1992年）.....102

温和地维系人和环境 明日之家（2004年）.....108

Column

建筑规划原理的谱系和建构.....84

德国建筑生物学（Baubiologie）的基本概念.....90

PLEA 的草创和生物气候设计.....94

从工业化住宅走向LCCM 住宅.....110

Dialogue

在住宅上树起两个烟筒.....106

资料篇 标准值 / 物性值 / 单位换算表 / 测定仪器.....114

刊后语.....122 编者后记.....123

建筑理论·设计译丛

设计中的 建筑环境学

发现、营造生物气候设计

[日] 日本建筑学会 编

李逸定 胡惠琴 译

中国建筑工业出版社

■环境工学委员会

委员长	佐土原聪	横滨国立大学大学院环境信息研究院
干事	大井尚行	九州大学大学院艺术工学研究院
	田中贵宏	广岛大学大学院工学研究科

■策划发行运营委员会

主任	久野 觉	名古屋大学大学院环境学研究科
干事	饭塚 悟	名古屋大学大学院环境学研究科

■生物气候设计分会（2010年度）

主任	须永修通	首都大学东京都市环境科学研究科建筑学领域
干事	长谷川兼一	秋田县立大学系统科学技术学部建筑环境系统学科
	宇野朋子	电力中央研究所系统技术研究客户系统需求系统领域
	深泽TAMAKI	神奈川大学工学部建筑学科
委员	金子尚志	ESTEC规划研究所
	北濑干哉	环设计舍
	小玉祐一郎	神戸艺术工科大学设计学部环境・建筑设计学科
	齐藤雅也	札幌市立大学设计学部设计学科
	宿谷昌则	东京都市大学环境信息学部环境信息学科
	菅原正则	宫城教育大学教育学部家庭科教育讲座
	铃木信惠	东京都市大学环境信息学部环境信息学科
	高间三郎	科学应用冷暖研究所
	筑山祐子	旭化成房地产公司住宅综合技术研究所
	广谷纯子	Ecoenergy Lab.company（生态能源研究室）
	细井昭宪	熊本县立大学环境共生学部居住环境学科

■生物气候设计策划发行分会（2010年度）*所属工作单位如上。

主任	长谷川兼一
干事	广谷纯子 齐藤雅也
委员	宇野朋子 金子尚志 北濑干哉 小玉祐一郎 铃木信惠 须永修通 深泽TAMAKI

■执笔者、主要负责人（按日文发音顺序/数字表示执笔页码）

岩村和夫	（东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，资料篇
金子尚志	16~17、20~21、24~25、28~29
北濑干哉	58~61、106~107
木村建一	（国际人间环境研究所） 94~97
小玉祐一郎	8~9
齐藤雅也	18~19、22~23、54~57、92~93，资料篇
宿谷昌则	78~79
菅原正则	42~43、45
铃木信惠	38~41、82~83、106~107
须永修通	3~5、50~53、110~113，资料篇
高桥 达	（东海大学工学部建筑学科） 62~65
高间三郎*	106~107
辻原万规彦	（熊本县立大学环境共生学部居住环境学科） 70~73
野泽正光*	（野泽正光建筑工房） 106~107
长谷川兼一	15、26~27、34~37、44~45、124~125
广谷纯子	11、33、81、86~89、98~107、125
深泽 TAMAKI	12~14、30~31、46~49、74~77、108~109
堀越哲美	（名古屋工业大学工学研究科产业战略专业） 84~85
（*对谈者）	

前言

本书出版的动机是基于委员会全体成员“推广生物气候设计!”的强烈愿望。迫于防止地球变暖这一紧急课题,极力想推广、设计和使用尊重环境的、舒适、美好的建筑。从另一个视角来说,是“想把建筑环境学用于建筑设计中”。如果让建筑师和学生们充分理解生物气候设计(BD)的思想和本质及其实际性能和舒适性,就会大大推进生物气候设计的普及,从而达到保护地球环境的目的。

但在现实中存在着对其原理不甚了解,或者说即使了解在实际设计中也不愿采用的建筑师,或只注重装饰,而忽视在里面居住的人,盲目进行方案设计的学生们。另外,在学生崇拜的“建筑师”当中,也存在着对生态建筑、关怀环境等漠不关心的可悲现实。

为达到使年轻的建筑师和学生理解BD的目的,作为本书的内容及初衷有以下4点:

- 1) 要使人理解环境友好型建筑的益处,最便捷的方式是让其亲身体验!
介绍自己可以操作的实验,并去体验,如能观察到现象的话就更容易理解了。
- 2) 本书刊载了对环境友好型建筑设计有用的内容
有必要提供BD设计所需要的资料和实例。
- 3) 加入了使用者的评语和评价
实际的性能(舒适性等),住宅中的主妇(夫),即使用者的评价是最客观的。
- 4) 对生物气候设计进行了定义和说明
有的委员反映,当被问及所谓的BD是什么时无法自信地作答,所以需要定义BD。

而且,要对BD进行定义,需要了解BD的相关历史。在这里,BD是否能涵盖诸如建筑规划原理、Baubiologie(建筑生物学)、PLEA、环境共生建筑等,这些表明了日本及世界的动向。对这些历史如不加以系统的归纳整理,恐怕会越来越模糊。

另一方面,具体考虑出版时,出版社提出了“作为教科书使用”的希望,这使原本“体验、体感”的体裁演变成对现象的解说,这也无伤大雅,反而强化了本书将建筑环境学与建筑设计相结合的特色。

经过上述几经变动的过程,成就了本书的构成。第2章主要讲述了①实验方面内容(发现:可视化);②对现象的解说(特别是建筑环境学的教科书式的部

分)；③对BD有用的资料(设计资料)；④实例(设计资料+使用者的评语)作为整体构架，成为本书的核心定位。另外，第3章BD的代表事例和BD相关概念的解说(评析)通过按年代区分，厘清了BD的系谱，成为理解BD的线索。第1章是为理解第2章所必要的建筑环境学的基础性知识，这也注重了不亚于第2章的“可视化”。

建筑本应是“安全、放心、舒适、美好”的，现在要求在这个基础上加入“环境关怀：削减二氧化碳排放量”。“建筑的定义”也发生了变化。要求在今后10~20年中建造零消耗的建筑(年CO₂排放量为0)，进而达到LCCM(Life Cycle Carbon Minus)建筑(通过利用太阳能发电等，从长久的“建筑生涯”来看，CO₂排放量转为负数，即自然能源完全够用，而且还有富余的建筑)标准。通过本书的编辑，理清的现阶段的生物气候设计定义在下页进行了归纳，委员会全体成员衷心希望本书能为生物气候建筑即“安全、放心、舒适、适应气候的、对环境亲切而美丽的建筑”早日得到普及发挥绵薄之力。

日本建筑学会 环境工学委员会 热环境运营委员会

生物气候设计分会

主任 须永修通

策划发行委员会

生物气候设计策划发行分会

主任 长谷川兼一

何谓生物气候设计

生物气候设计 (Bioclimatic Design) 一词何时开始使用尚难以确定, 但作为表明气候和建筑设计关系的著作 *Design with climate* (Victor Olgyay, 1963) 一书的副标题中 “*Bioclimatic Approach to Architectural Regionalism*” 出现了生物气候的词汇, 被认为是起源。Bioclimatic Design 可直译为 “生物气候学的设计”。最初的含义可以理解为 “协调生态系统与气候和人 (的环境) 的建筑”, 即 “适合该地区自然环境、风土、对人类舒适的建筑设计”。

同类语有 “Passive Design”, 其含义是 “结合地域气候、在尽可能少地使用化石能源的基础上, 创造舒适环境的建筑设计”, “Bioclimatic Design” (以下简称BD) 更明确地 “包括生态系统” 的意思, 并且现在 “为保护地球环境” 的含义越来越强烈。换句话说, 现在的BD可以说是 “符合地域自然, 维护地球环境, 向人们提供舒适的建筑设计”, 这与在评析4 (110页) 提出的 “环境共生住宅” 的定义基本相同。

此外, 小玉祐一郎提出的 “不久的将来的住宅: 6个原则”, 可以理解为是活用在BD设计中的具体体现。即:

- ① 减少环境的负荷 (节能, 长寿命)
- ② 建造健康的建筑
- ③ 增加与自然的接触, 舒适地生活
- ④ 考虑内外的平衡
- ⑤ 使用适合本体的技术, 创造居住者参加的契机
- ⑥ 发挥高端信息技术的优势

并且本书强调说明了建筑的使用方法、居住方式, 即使用者的想法是重要的这个观点。如果BD包括了本书的全部内容, 就表明BD也考

虑到了建筑的运用。建筑的运用是由使用者, 即人来执行的。那么积极地、愉快地付之以行动就是BD。因此本书中所说的BD就是 “能与地域自然相契合, 维护地球环境, 向人们提供舒适、愉悦的建筑设计”。

下图表示委员会共识的BD概念。尽管该图没有很好地体现使用者的想法, 但吸纳了说明气候与人类关系的生物气候学 (Bioclimatics 或 Bioclimatology) 的观点及考虑建筑与气候和人的相互影响, 体现了对建筑内外的光、热、风、水动态设计的BD思路。

采纳BD理念设计的建筑, 就可以成为生物气候型建筑 (安全、放心、舒适、适应气候的、对环境友好的美丽建筑)。

日本建筑学会生物气候设计分会



生物气候设计概念图

目 录

前言	3
何谓生物气候设计	5
卷首语 生物气候设计的目标	8
1 章 可视的建筑环境	
气候	12
气温 / 日照 / 风 / 自然能源利用的潜能图	
光	16
直射光 / 天空光 / 照度 / 亮度 / 采光 / 均匀度 / 采光系数	
热	20
传热 / 辐射 / 对流 / 传导 / 蒸发 / 热传导 / 隔热 / 密闭 / 蓄热	
风	24
换气 / 自然通风 / 风力通风 / 温差通风 / 空气质量 / 机械通风 / 空气质量浓度 / 必要通风量	
人	28
光 / 比视感度 / 色温度 / 眩光 / 热 / 平均辐射温度 / 作用温度 / 风 / 温热环境评价 / 代谢量 / 着衣量 / 新有效温度 / 标准新有效温度 / 预测热舒适指标 / 预测不满足者率	
2 章 发现、营造建筑环境	
生活的能源	34
发现——能源消耗量的细目和推移 / 能源消耗量的认识 / 能源消耗量的地域性和年度变动 / 采暖环境和能源消耗量	
营造——寒冷地区的高性能住宅 / 生活方式和能源消耗量	
舒适的热环境	38
发现——自身周围的热环境 / 行动范围和感觉 / 自己的舒适感	
营造——日本住宅中的热环境调整：门窗 / 日本住宅中的热环境调整：外廊	
空气的污染和通风	42
发现——不冷的通风 / 污染室内空气的物质 / 窗的开关	
营造——机械通风系统 / 利用自然能源的预热送气	
住宅的热性能	46
发现——高隔热性能的影响 / 热容量对室内温热环境的影响	
营造——无采暖住宅 / 下一代零能源住宅	
窗的保温性能	50
发现——冬季窗的寒冷 / 窗周围的空气流动 / 窗的热损失	
营造——双重窗 / 保温内窗	
光的强与弱	54
发现——自然光是明亮的 / 窗和照度的关系	
营造——多面采光：两面采光 / 利用反射光：地窗 / 巧妙设计屋檐的形状：反射架 / 由居住者自行调节：可动百叶窗	
遮阳的效果	58
发现——遮阳的效果 / 根据遮阳的设置地点其效果不同 / 遮阳的种类和组合的效果	
营造——旋转式外置遮阳 / 根据太阳高度分别使用遮阳 / 成为采暖热源的遮阳	

水蒸发制造的凉爽.....62
发现——蒸发冷却 / 遮热与蒸发冷却的关系 / 植物的蒸发冷却效果
营造——向双层屋顶的顶棚背面洒水 / 采用冷却塔主体的辐射冷却
空气中的水蒸气.....66
发现——空气中的水蒸气 / 生活中水蒸气的产生
营造——内墙装饰使用吸放湿材料
村落的风.....70
发现——小巷中风的流动 / 村落内风的流动
营造——寻找凉爽地方纳凉的人们 / 从小巷采集风 / 从四面八方采集风
雪国的住宅和生活形态.....74
发现——屋顶的坡度 / 雪园玄关的巧妙设计
营造——金字塔型屋顶（载雪型） / 被防风林环抱的茅草屋顶的民宅 / 作为户外通道的缓冲领域
型和形的看法、读法和生物气候设计.....78

3章 生物气候设计的谱系

生物气候设计的谱系.....82
利用温差 听竹居（1928年）.....86
循环利用能源和物质 Domo Multangla（1936年）.....87
通风 日土小学校（1958年）.....88
利用排热 NCR大楼（1962年）.....89
寒冷地封闭下的开放 札幌之家·自宅（1968年）.....92
将热和冷储存起来 筑波之家 I（1984年）.....98
充分利用太阳、树木、大地的潜能 相模原的住宅（1992年）.....102
温和地维系人和环境 明日之家（2004年）.....108

Column

建筑规划原理的谱系和建构.....84
德国建筑生物学（Baubiologie）的基本概念.....90
PLEA 的草创和生物气候设计.....94
从工业化住宅走向LCCM 住宅.....110

Dialogue

在住宅上树起两个烟囱.....106

资料篇 标准值 / 物性值 / 单位换算表 / 测定仪器.....114
刊后语.....122 编者后记.....123

1

作为“Passive Design”的经典，维克托·奥吉尔（Victor Olgyay）的著作 *Design with Climate*（1963年）中有名为Bioclimatic的图示；在渡边要编著的《建筑设计原理Ⅲ》（丸善，1965年）中是把它译为“生物气候图”进行介绍的。温湿度、风速、辐射是如何影响人体舒适度的？基于雅格鲁（Yagiou）图被清晰地示意出来；它表示了冬和夏的舒适范围，即根据风和辐射的强弱，其扩大的极限可以一目了然，该图对希望得到设计数值的设计师来说也是很受欢迎的。该图表明舒适度并不仅仅取决于外界条件，同时也受人体新陈代谢的支配，其图名就反映了协调气候和生物相互关系的生物气候学的认识，令人顿悟。环境和气候给予人类活动以影响，但并不是单方面的，这一认知与所谓的环境决定论似是而非；也要重视对人类环境的作用，这种关注是考虑建筑时的重要视角。

2

源自汉语的风土一词，据说是表示土地应对季节循环的生命力，在汉语中除有气候一词外还有物候一词，气和物；即，用“二十四节气七十二候”来表示对应季节循环的地上的变化，土地的生命力中也包含人类的活动，它创造了地域固有的文化，作为历史留存在土地上。传播到日本各地的“风土记”也是这样的东西；将这种

人和自然的整体，重新用风土的观点来把握的是和辻哲郎。这也与“地灵”（genius loci，场所精神）^{*1}、批判性地域主义^{*2}等概念相通。

环境气候设计的基石是考虑人与自然的相互依存关系，这个观点也被被动（passive）设计的国际性网络PLEA所继承，它脱颖而出作为关键词被固定下来。生物与环境的关系学一般被称为“生态学”，从这个意义上讲，它与生态设计（ecological design）的概念也相当接近。

为什么现在要提生物气候设计？因为要创造下一代的环境，对上述的风土进行再认识是不可或缺的，需要重新认识自然与人的关系及存在方式。

3

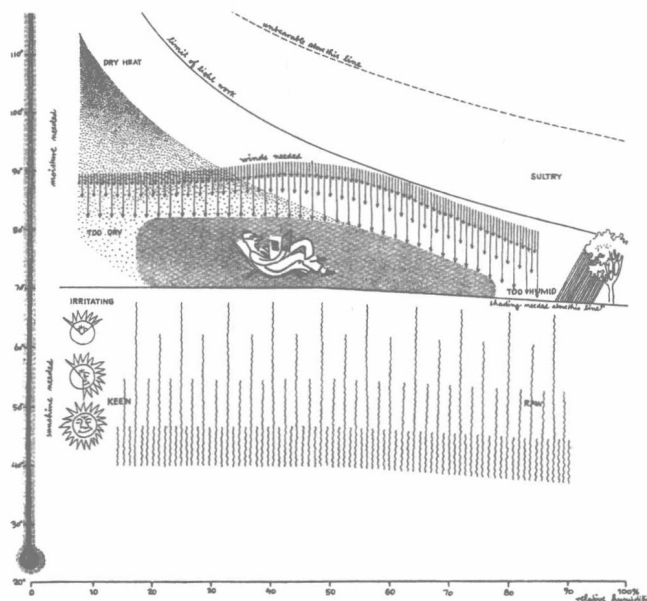
20世纪，是人类历史上第一次利用手中丰富的能源和资源实现人工环境的时代，又可以说是无视风土关系，全力将一定的舒适度引入室内的技术时代。甚至可以说是将人类从严酷恶劣天候中解救出来，功不可没；但是由于过度依赖支撑这些技术的化石能源，因而成为地球环境问题的元凶，从各种意义上不得不承认自然与人的关系走上了歧途。

另一方面，过度的能源和资源的消费，其结果是削弱了土地固有的生命力——潜在能力，扼杀了为生活增添色彩的风土的丰富性。事实表明，生物气候设计的第一步是从发现地域的潜能开始的，充分发挥其潜能就是设计。正因为如此，我们越发强烈地意识到，应该在被封闭的人

4.

尝试性地论述一下其价值。拥有与自然的接触，可以与自然交感，惬意的、健康的……为达

与乡土建筑持有多个接点，需要高度的解析技术，为此IT的活用也许是有效的；对其中某个领域感兴趣的人也许不少，其中不乏各领域的专家。本书对相关的多个领域进行了记述，正如反复强调那样，人的感觉和建筑设计的效果进行了对话式的综合论述，都是与生物气候设计相关的，期待跨越专业的藩篱，展开畅所欲言的讨论。



注:

*1 诺伯格-舒尔茨 (Norberg-Schulz, Christian) = 舒尔茨《场所精神 genius loci》加藤邦男、田崎祐生译 (住居图书馆出版局、1979年)。建筑史学家铃木博之也出版了《东京的地灵》(文艺春秋, 1979年)著作。

*2 肯尼斯·弗兰姆普敦 (Kenneth Frampton, 1930年) “批判的地域主义”《现代建筑史》(中村敏男译, 青土社, 2003年)。

*3 原本作为建筑规划学的一个领域定位的, 由于建筑设备技术的快速发展和普及, 包括建筑设备技术的领域与重新确立的建筑环境工学进行了统合(1964年)。因此有人认为在设备技术繁荣时期, 规划原理的意义被淡化了。

1章

可视的建筑环境

学习生物气候设计的基础。

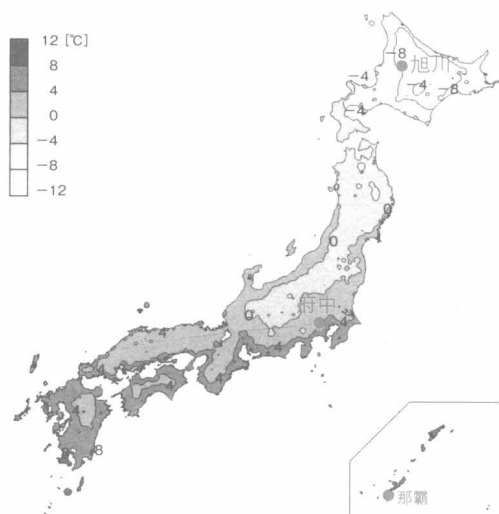
本章由建筑物建造的地区气候特性、反映建筑物中或人周围的光、热、风等现象可视图像，以及对这些现象进行解读的建筑环境学的基础理论构成。

通过本章，可了解地区气候的认知方法。

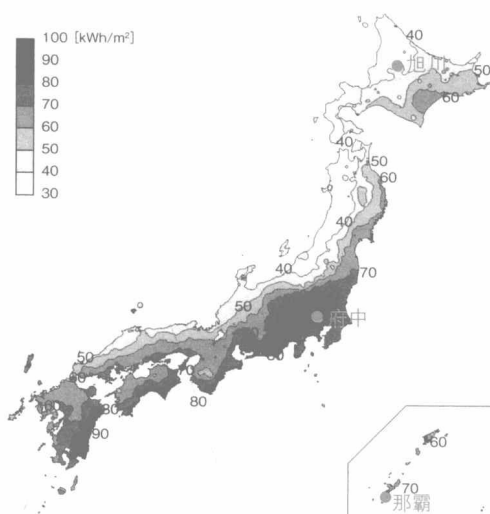
把建筑中发生的光、热、风以及人的现象与理论结合起来进行认识，通过生物气候设计营造建筑环境，培养正确把握建筑环境的慧眼。



冬

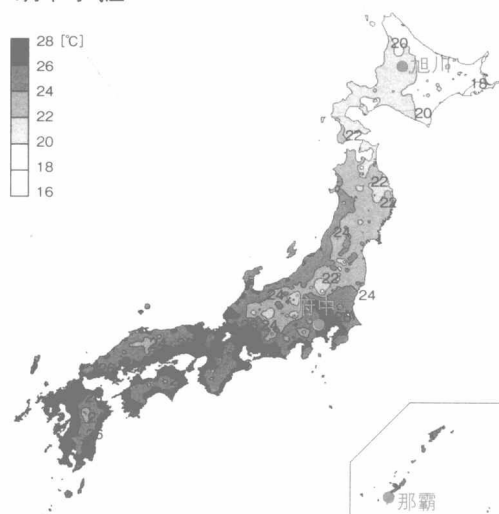


1月平均气温

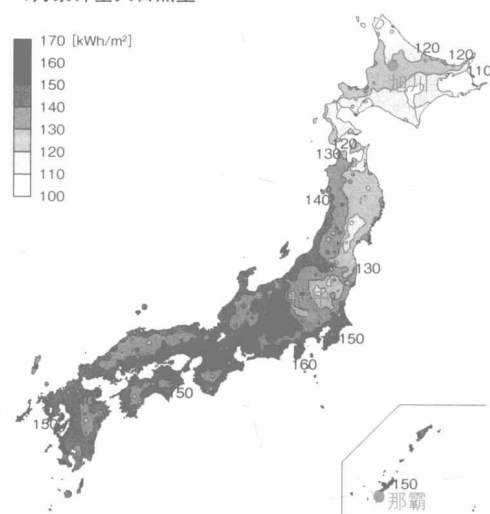


1月累计全天日照量

夏



8月平均气温



8月累计全天日照量

气温

气温是最影响人的“温湿舒适度”的环境要素。不仅是温度的高低，而且气温的年度变化、日较差*依据地域的不同也会有所差别。

在日本，1月的平均最低气温从 -10°C 左右到 $+10^{\circ}\text{C}$ 左右，有 20°C 的温差，冲绳及九州气温较高，北海道内陆地区最低。8月的平均最高气温从 16°C 左右到 30°C 左右，有 14°C 的温差。内陆地区比沿岸地区低，北海道东部最低。

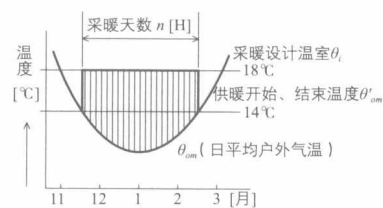
采暖测试（度日） D_{18-14}

表示地区寒冷的指标，用于计算住宅等整个冬天取暖所需的估算热能或估算燃料费。

一般在采暖开始到结束期间，即使户外气温略低也不采暖的情况很多。因此当假设日平均户外气温 θ_{om} ，采暖设计室温 θ_i ，采暖开始、采暖结束温度为 θ'_{om} 时，对 θ_{om} 达到 θ'_{om} 以下 n 天，合计 $(\theta_i - \theta_{om})$ 的值就是度日。整个冬天取暖所需的热能用度日可得出以下公式。

$$H_{h(\text{season})} = \overline{KS} \times 24 \left(\sum_{i=1}^n (\theta'_{om} - \theta_{om(n)}) + n(\theta_i - \theta'_{om}) \right) [Wh/\text{季节}]$$

$\overline{KS}$: 综合总传热系数 度日



*日较差：1日的最低温度和最高温度的差