

太阳能供冷与供暖

太阳能供冷与供暖

[日] 田中俊六 著 林毅 王荣光 程慧中 译

中国建



中国建筑工业出版社

太 阳 能 供 冷 与 供 暖

[日] 田中俊六 著

林 毅 王荣光 程慧中 译

中 国 建 筑 工 业 出 版 社

本书从实际应用出发,根据作者本人丰富的实践经验,对太阳能供热、供暖和供冷系统的各种方案,作了归纳整理,进行了简明通俗的介绍;对集热器、蓄热槽等的设计,作了详细说明;并分析了各种系统和方案的优缺点与适用条件,作出经济评价。内容比较全面丰富,有关太阳能利用的技术问题,大致都可以从本书中找到。书中还提出了不少有创见和有价值的新系统设想,可以启发思路,发展适合我国特点的太阳能利用技术。

本书可供建筑物理、暖通空调、建筑设备等专业从事太阳能利用的研究人员、技术人员、有关院校师生以及对太阳能利用感兴趣的广大读者参考。

本书第一、四章由化工部化工设计公司程慧中同志翻译,第二、三章由天津大学王荣光同志翻译,第五、六、七、八章由北京石油化工总厂设计院林毅同志翻译,并进行了技术互校。全书总校由程慧中同志负责。化工设计公司李克孝同志也参与了全书校对工作。

ER66/17

太陽熱冷暖房システム

[日] 田中俊六 著

オーム社

1978—第1版第3刷

* * *

太阳能供冷与供暖

林 毅 王荣光 程慧中 译

*

中国建筑工业出版社出版(北京西郊百万庄)

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

北京市顺义县印刷厂印刷

*

开本: 787×1092毫米 1/16 印张: 15 1/4 插页: 1 字数: 370 千字

1982年9月第一版 1982年9月第一次印刷

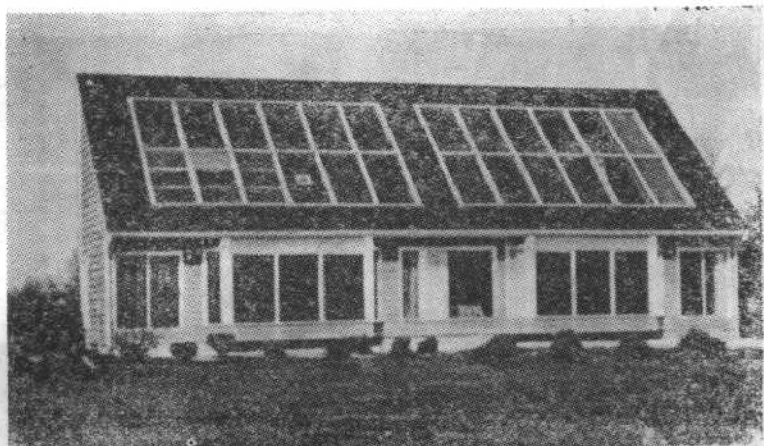
印数: 1—8,300册 定价: 1.60元

统一书号: 15040·4290

$$\frac{\frac{1}{2}}{3}$$

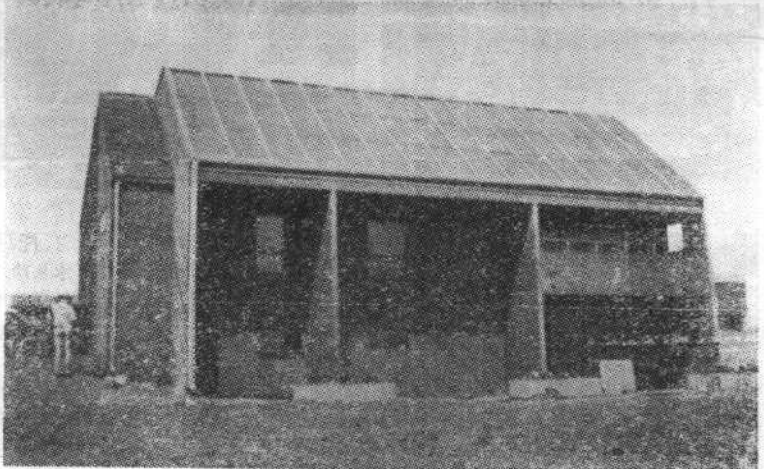
1. 特拉华大学(美)“1号太阳房”

利用太阳能电池进行日光发电,并用其排热供暖的独特太阳房。



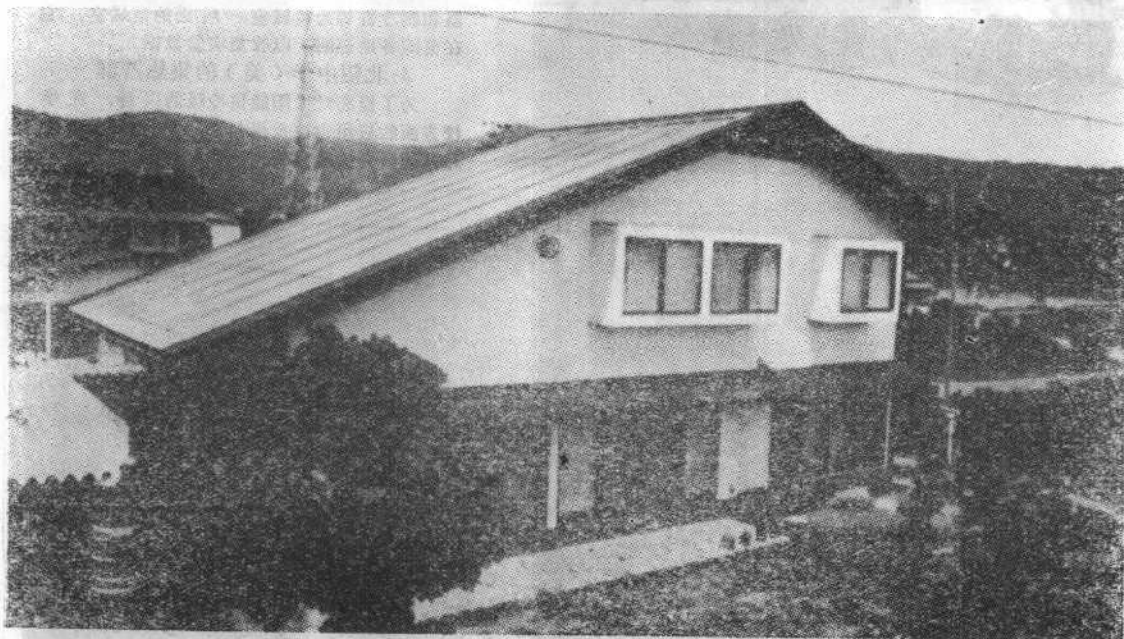
2. 科罗拉多州立大学(美)的1号太阳房

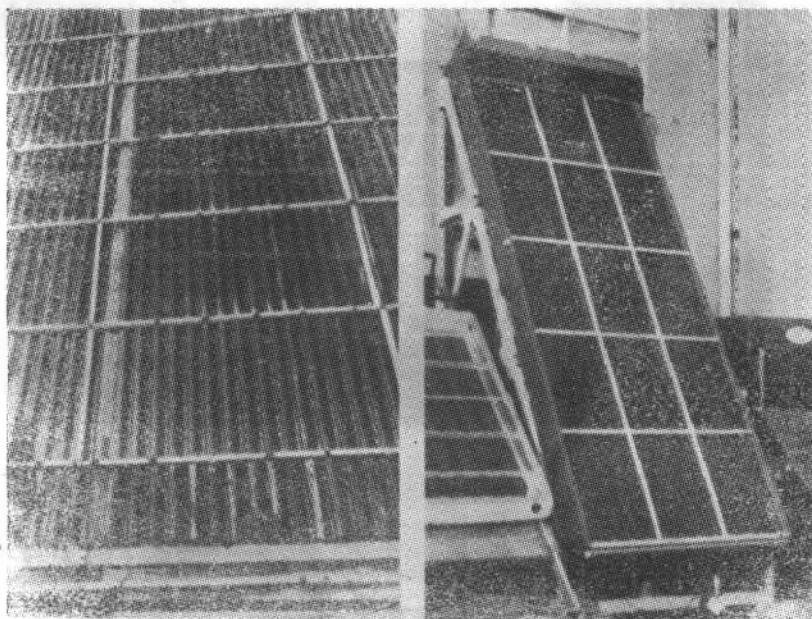
采用有双层玻璃、涂黑色的集热器和吸收式制冷机。此外2、3号太阳房也在建造中。



3. 石桥住宅(日)

采用单层玻璃、选择性吸收表面的集热器和吸收式制冷机的实用性太阳房,集热器安装在西南面屋顶上,可改善居住条件。





1	2
3	
4	



1. 托马森(美)的下降式集热器
水从涂为黑色的铝制集热板上部向下流而进行集热的简易集热器。

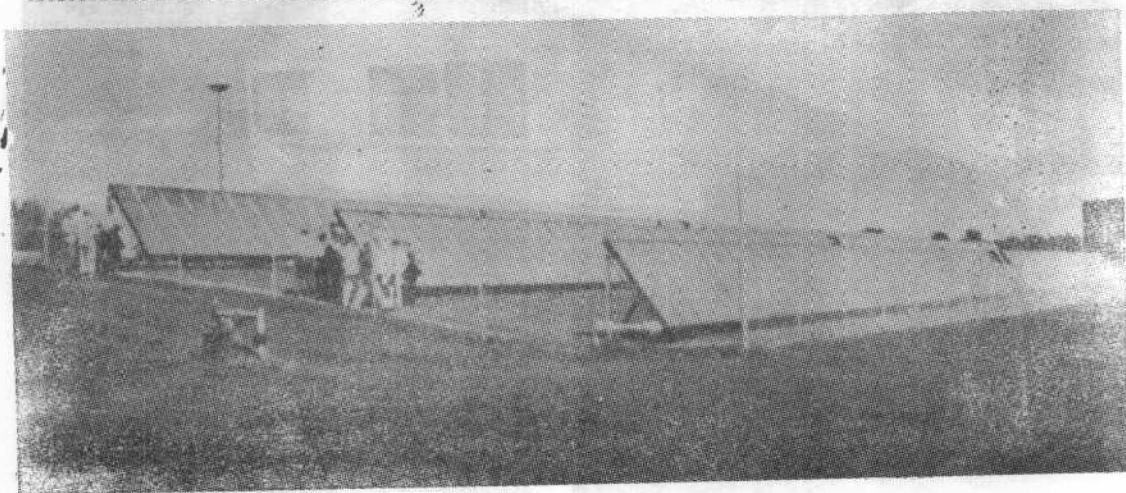
2. 东海大学(日)的下降式集热器实验装置

这是在水路部分加盖的改良型下降式集热器,与屋顶构成一体,很便宜。

3. 霍尼韦尔公司(美)的移动实验车
车上挂有两节车厢,前面的安装有集热器和制冷机等为机械室,后面的是居室。它在美国各地巡回,以收集实验数据。

4. 北望中学(美)的集热器群

为了提高对太阳能供冷暖的兴趣,在学校方面的应用也被重视起来,并在全国各地开办起公开实验系统。



序

田中俊六先生，是大学的一位教育工作者和研究工作者，同时长期以来又作为一名技术工作者参加了实践活动，对太阳能、区域性供冷暖以及能量综合利用等的热源问题，提出了许多新的方案，并且已把它们运用到实际的设计中。

他这次所著的《太阳能供冷与供暖》一书已出版了。这本书一开始，便以透彻的见解分析了日本国内外的能源状况，和围绕着能源问题的环境条件；接着对目前太阳能利用的各种系统，作了简明通俗的介绍，对集热器、热泵、蓄热槽等的设计进行了详细说明，并对许多实例及其实际效果，以及对今后新系统的设想也都无遗漏地叙述到了。

面对这些内容，作者并没有陷入无益的抽象理论论述，而是根据他多年的实际经验进行了非常讲究实际的阐述。对一般读者来说，有关太阳能利用的技术问题，大概都可以从本书中找到答案。另外，有关新系统的应用例子，几乎都是田中先生所设计的，他那种处处富于独创的精神，我们将可从这些系统的图表等上面看到。

本书，对有志于在建筑上利用太阳能的技术人员和研究人员，以及对学生都是独一无二的参考书，相信本书对日本今后太阳能利用技术的发展，将起特殊的促进作用。

井 上 字 市

1977年4月

前 言

利用太阳能供冷暖和供热水等，对有关人员来说，是多年来所梦想的，过去有许多有识之士对它的基础理论研究和实际应用，进行了不懈的努力。但前些年，由于受到廉价而丰富的石油等资源的排挤，并因技术开发投资的不足，使得这项工作进展迟缓，所以到目前为止，能够实用化的也只有太阳能热水器罢了。

近来，因为能源价格的上涨，并预计将来有资源不足的危险，所以人们呼吁民用能源也有节流开源的必要。这样，在供冷暖领域中利用太阳能的问题又立即提到日程上来了。在能源大幅度涨价之际，将不同于以往，国营和民营企业势必认真努力为太阳能的实用化而互相竞争，因此可以预料，今后定会突飞猛进地发展。可是，象太阳能供冷暖这样的问题是和人们的生活密切相关的，所以，要普及这门积累了多种科学技术知识的应用技术，不能只限于由专家对尖端技术进行的开发工作，而应该要求尽量多的关心者来参加，很有必要普遍地进行启蒙。

另外，太阳能供冷暖也意味着是一次“节约能源的演习”。当我们从太阳能供冷暖得知由太阳所取得的能量是非常昂贵的时候，就会认识到目前在能源利用上有很大浪费，并更加深刻体会到隔热措施的重要性，以及能量的有效输送、转换、贮存、放热诸问题的重要性。

本书是以空调技术工作者、建筑专业人员、学生以及对太阳能利用感兴趣的一般人为对象，来叙述太阳能供冷暖、供热水系统的概况及其利用的可能性。作者并没有简单地罗列国内外的研究、开发和实验成果，而是根据作者本人的想法，对太阳能供冷暖、供热水系统的理想方案进行了归纳整理。也许会有些主观和论证不充分之处，或者由于学识浅薄而出现错误，这些务请原谅。若本书对太阳能利用具有兴趣者能有点用处，那将是很荣幸的。

最后，对在本书编写过程中给予指导和提出宝贵意见的早稻田大学的井上宇市教授、木村建一教授，衷心表示感谢。还有，对本书所引用的有关论文的作者，以及帮助完成本书图表等的东海大学学生八十田茂、栗原润一等先生一并致以谢意。

作 者

一九七七年四月

目 录

第一章 概论	1
第一节 利用太阳能的必要性	1
一、将来的能源	1
二、日本的能源状况和太阳能的利用	2
三、民用能量和太阳能的利用	3
四、热污染和太阳能的利用	5
五、制造太阳能集热器的能量消耗及其回收	8
第二节 太阳能的利用领域	9
一、太阳能系统	9
二、太阳能供冷暖的概况	12
三、其它的直接利用领域	13
四、太阳能的间接利用领域	19
第三节 太阳能供冷暖系统与建筑物的隔热	20
一、隔热的重要性	20
二、太阳房的隔热设计	20
三、太阳房集热器的配置法	23
第二章 太阳能	26
第一节 太阳能的特性和日射量	26
一、太阳常数	26
二、地球表面的日射量	26
三、太阳位置的公式	28
四、对倾斜面的直射日射量	29
五、计算倾斜面上日射量的例题	30
第二节 日射量的统计值	31
一、日射量的测定	31
二、实测日射量和标准气象资料	32
第三章 太阳能集热器	40
第一节 集热器的构造	40
一、概述	40
二、集热器材料	40
三、吸收体表面加工和选择膜	45
四、平板型集热器	48
五、聚光型集热器	56
六、太阳池	57
第二节 集热量和集热效率的计算	59

一、概述	59
二、按当量室外气温法计算集热量	61
三、用迭代法计算集热量	71
四、集热器和集热效率	74
第三节 在系统方面的应用	81
一、太阳能利用系统和集热器	81
二、集热器的运转控制	82
三、集热器事故的防止	84
第四章 蓄热槽和贮热水箱	87
第一节 概述	87
一、蓄热的目的和方法	87
二、蓄热体的必要条件和种类	88
第二节 蓄热水槽	91
一、蓄热水槽的形式	91
二、蓄热水槽的理论	92
三、温度分层式蓄热槽的特性	94
四、蓄热水槽的实用效率	96
五、贮热水箱的热特性和防腐措施	97
第三节 潜热蓄热	99
一、供冷暖用潜热蓄热体及其特性	99
二、利用潜热蓄热体的可能性	100
第五章 太阳能驱动制冷机	102
第一节 概述	102
一、太阳能驱动制冷机的种类	102
二、热机与制冷机的基本原理	104
第二节 太阳能驱动吸收式制冷机	106
一、吸收式制冷机的特性	106
二、溴化锂吸收式制冷机	109
三、氨吸收式制冷机	112
四、其他制冷方式	112
第三节 太阳能热机驱动压缩式制冷机	115
第六章 太阳能供冷暖、供热水系统	119
第一节 太阳能供热水系统	119
一、概述	119
二、密闭汲置式太阳能热水器	124
三、自然循环式太阳能热水器	126
四、强制循环式太阳能供热水装置	133
五、供热水系统的模拟	138
第二节 太阳能供暖(供热水)系统	141
一、概述	141
二、实用例和设计例	148

第三节 太阳能热泵供(冷)暖系统	154
一、概述	154
二、实用例和设计例	159
第四节 太阳能供冷暖、供热水系统	166
一、概述	166
二、实用例和设计例	168
第五节 太阳能自然供冷暖系统	179
一、概述	179
二、太阳能自然供暖系统	180
三、自然供冷暖系统	182
四、利用热管的热整流墙壁的特性及其应用范围	186
第七章 公共住宅的太阳能供冷暖、供热水系统	188
第一节 概述	188
第二节 太阳能供热水系统	189
一、概述	189
二、太阳能供热水系统的组成和特性	194
第三节 太阳能供热水系统的经济性	200
一、概述	200
二、系统的规划和设计	201
三、经济评价	203
第四节 太阳能供冷暖、供热水系统	208
一、概述	208
二、热水供暖系统	209
三、热泵供(冷)暖系统	209
四、热水供冷暖系统	213
第八章 区域性太阳能供冷暖、供热水系统	214
第一节 区域性太阳能供给的概念	214
第二节 区域性太阳能供冷暖系统	215
一、单管式区域性供暖、供热水系统	215
二、区域性供给热泵热源水的供冷暖系统	216
三、区域性供冷暖系统	218
四、太阳能热电联合供给系统	218
第三节 总公用工程系统	220
一、总公用工程系统的概念	220
二、各公用工程的问题	221
三、总公用工程系统的设计例	224
参考文献	230

第一章 概 论

第一节 利用太阳能的必要性

一、将来的能源

现代文明可以说是建立在对能量和物质大量消费的前提上。至今，每人每年消费能量的多少，仍被看作是一个国家穷富的标志。但是，象最近的能源危机和罗马俱乐部发行的《增长极限》所表明的那样，地球的能量资源是有限的，人们已认识到环境容量是受制约的。因此需要提出这样的问题：如何能以少量的资源来满足较大的需求呢？

矿物燃料中的石油和天然气，如仍按现在的消费增长率持续下去，据说在今后30~40年内即将枯竭。固然，如目前所预测那样，通过发现一些新油田，事态会缓和若干年，但从具有数千年的人类文明史来看，这对问题的本质却毫无影响。可以说人类能使用矿物燃料的时间，不过象是漫漫长夜中点着一根火柴那样，瞬间即将燃烧殆尽。

图1-1是这种情景的模式图，按当前的消费增长率来增加消费量的话，则包括煤在内的矿物燃料即将象④曲线所示，到21世纪中叶就要耗尽。因此人类应把矿物燃料的消费量控制成③曲线那样，并逐步转向应用所谓的再生能源太阳能和非再生能源核聚变，即必须使之稳妥地“软着陆”于可靠的路线上。

世界人口的急剧增长，是人类将来面对的最重要的问题之一。世界的总人口在15世纪时，据估算不过3亿人左右，其生活靠可以再生产的资源、能量，即农林业、畜牧业、渔业等来维持。自公元1400年至1900年间，人口的年增长率也只不过为0~0.75%，人口的增加较缓慢。但进入20世纪后，主要由于卫生条件的改善，人口年增长率约达2%。这意味着，稍长于30年，人口就要翻一番；若要维持原有的生活水平，世界的粮食生产就必须在30年左右增加一倍，并且还必须再建造出与原有建筑面积相等的建筑物。

人类今后能永久维持这样的经济增长速度吗？

图1-2是美国麻省理工学院的福雷斯特教授（Forrester）等人绘制的人类未来景象的模拟结果，在罗马俱乐部的《增长极限》上发表后，引起了很大反响。看来，按现在这样的人口增长率持续下去，离资源和环境的窘境已不远了，一个可悲的结局正在到来。

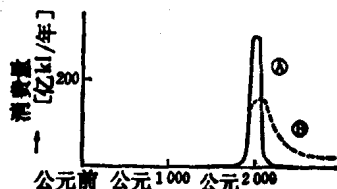


图 1-1 矿物燃料的消费模式

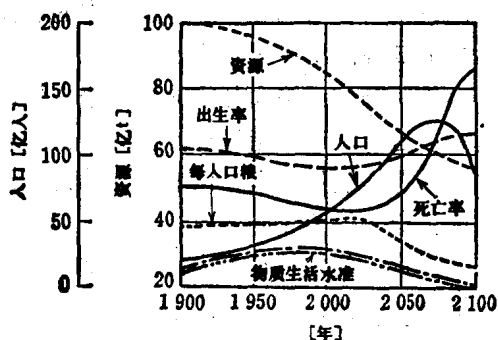


图 1-2 世界动态模拟之一例

当然，对这种模拟的假定条件，也有持批判态度的。由于社会体制的不同，必然有人具有完全不同的见解，也有人在期待着人类的良知。但是，若不立即阻止这种呈指数函数增长的人口，最终不可避免地要出现该论文所指出的状况。

总之，人类消费的能量，今后要大幅度增加是无疑的，1975年间消费能量约为 5×10^{15} 千卡，到2000年将达 $12 \sim 14 \times 10^{16}$ 千卡。不过如图1-7所示，如能利用煤，按1975年的消费量计算，则还有一千年的贮藏量，因此看不出有特别的紧迫性。可是石油和煤之类矿物燃料既是能量资源，同时又是合成纤维、树脂和医药等的贵重矿物原料。故产油国等认为，单纯为了取得热能和电力，而把它们都燃烧掉，未免太愚蠢了，应为后代子孙尽量地保留下一些，这是我们的义务。

因此，人们必须尽快地去掌握可代替矿物燃料的新能源。短期内此项目的一部分虽可由核裂变（原子能）来实现，但核裂变得出的能量，不可能长期满足将来人们不断增大的需求；新的永久性的能源还应是太阳能和核聚变能。

太阳能事实上是无穷尽的，无公害的，而且无论怎样利用对地球的热平衡也不会有影响。另外，它利用领域广阔，在世界任何地方大致都可以均等地获得，没有先进国与后进国之别，只要具有一定的技术水平和必要的容量，就可自由利用。不过，它是稀薄的能源，所以比起至今所利用的矿物燃料，需要较大量的设备投资；而且当太阳能果然成为将来能源的主要部分时，是否能扩大再生产，还是个有待研究的问题。

关于核聚变则要考虑，它果真能在使用矿物燃料、核裂变的这段残余期间内，完全达到实用化吗？掌握了重大技术的先进国与后进国的利害矛盾应如何解决呢？还有人类又如何去安全管理核聚变呢？这些都是问题。至于因与太阳能相比而显示出的缺点，如因核聚变的放热造成地区规模的热平衡破坏，会使之在应用上受限制一说，据作者认为将不成问题。因为，这种地球上的热过剩问题，通过在消极利用太阳能的地面上，或在大气层外，设置反射体等就可以解决。这远比依靠调节反射率的积极利用太阳能，更为简单方便。

将来主要的能源或是太阳能，或是核聚变能，或是两者并存，对此现在谁也说不好。在这个问题上，要议论谁应获得优先地位也无意义。而重要的是，应尽全力去探索所有有可能采用的方法。

二、日本的能源状况和太阳能的利用

日本所需能源依赖于国外的比率，在1955年间只不过占20%强点，到发生石油危机的1973年，则已达到90%了。这种状况对以自由输入廉价原油为前提的日本经济来说，是很大的打击。在石油冲击之前，日本的石油输入量增长率每年约达12%左右，大大超过了同时期的5%的世界平均增长率。

作为国家经济命脉的能源几乎全依赖于国外的这种现象，从国家安全观点来看是很危险的，这早就有人指出过。但对于持有国民经济总产值至上主义的大多数人来说，全然不顾这一点。当然，至今以廉价石油为杠杆从而获得经济飞速增长的这一成就，必须给以应有的评价，但为此确实也付出了大规模的自然破坏和环境污染这样高昂的代价。

对过去的功过且不去说，仅就国民经济总产值和能量消费都占西方世界第二位，输入依赖率达90%，石油输入量占世界总量的16%的这种日本经济的规模和实体来看，它们不仅是日本本国的问题，而且也成为整个世界经济的问题。今后果然还能象目前这样高度发

展的话,则能否保持与别国无摩擦的关系,也是个疑问。

从上述观点出发,自石油冲击以来,由于石油可能的供应量受到限制,必须对经济增长率重新进行评价。日本产业构造审议会对此作了估算:假如到1980年度增长率为6.0%,1985年度为5.5%,那么所需能量以1973年度所换算出的原油量3.54亿千升为基准来看,1980年度将达6.78亿千升,1985年度则达9.72亿千升。1985年度之后,若每年增长4%,那么到2000年预计将达11.8亿千升,即占那时预计的全世界消费量110亿千升中的10%。

另一方面,从日本能源需要面来看,每人每年的能量消费量约为3000升,这约少于美国的1/3,少于西欧各国的60%。这当然是因为一般的生活水平低于欧美,且社会资本也不充实的缘故,如民用方面只占17%左右,较之欧美的30%显然是低的。

总之,日本将来在能量供给上是很不稳定的,即使他人能够供应,但因价格关系恐也无法购足,同时环境容量也有限制。所以依靠有效利用能量来节约消费和开发新的能源,已是刻不容缓的事情了。

例如对前者来说,有通过利用新技术、新系统来提高发电效率,或开发热电联合供给等的做法,以改善以石油为中心的现有能源利用系统。后者则在于使核聚变、太阳能、地热等的新能源实用化。

这些能源中间,太阳能是无穷尽的、干净的能源,是21世纪以后人类可期待的、最有希望的能源,在“日照计划”中也占据着中心地位。太阳能几乎是无资源的日本唯一能国产的大能源,如能广泛地实际利用,效果将很可观。到2000年预计的能量消费量为 13×10^{15} 千卡,假如都从太阳取得的话,按100%集热效率算需要1万平方公里的面积;如按效率为20%算,需要5万平方公里,这约占日本国土(37万平方公里)的1/7。从全世界看,如需要10倍于日本的能量,则需要50万平方公里,这仅相当于陆地总面积的0.34%。一般大陆各国都有广阔的沙漠地带,日射量也大,相比之下,国土狭小的日本又可能再次成为资源小国,因此出路也许在于利用南太平洋上几乎不下雨的广大区域,或是与亚洲大陆各国进行国际合作。

三、民用能量和太阳能的利用

本书所讨论的太阳能供冷暖,是涉及住宅以及办公大楼等的供冷暖和供热水,所以有必要知道以它们为主的民用能量将来究竟需要多少。

如前所述,日本的民用能量消费在1973年度只不过占总能量消费的17%,比起英国占40%,美国、西德占35%,法国占30%,少了许多。在民用能量中约50%供住宅用,10%供办公大楼用,还有40%用于其它场所。住宅用的能量分配情况则如表1-1所示。

其中照明、电视、动力用的能量,按电力负荷1千瓦·时=860千卡换算。从表中看到供暖用和供热水用都约占30%,供冷用仅仅是很少的一点。图1-3是办公大楼中能量使用比率的一例。

这些民用能量将来如何增长很难预测,

住宅各种用途消耗能量比例 表 1-1

用 途	比 例 (%)
供 暖	30.0
供 冷	1.2
供 热 水	29.1
厨 房	14.9
照明、电视	6.4
动力及其它	18.
合 计	

尤其是供冷暖用的能量消费量，估计今后会大幅度增加。然而通过发展省能技术和执行的一些政策，也可能会有很大变化，由于预测者不同，预测值多少也有差异。表1-2和图1-4是日本空调学会“太阳能供冷暖委员会”所归纳总结出的，到2000年采取了省能措施后，

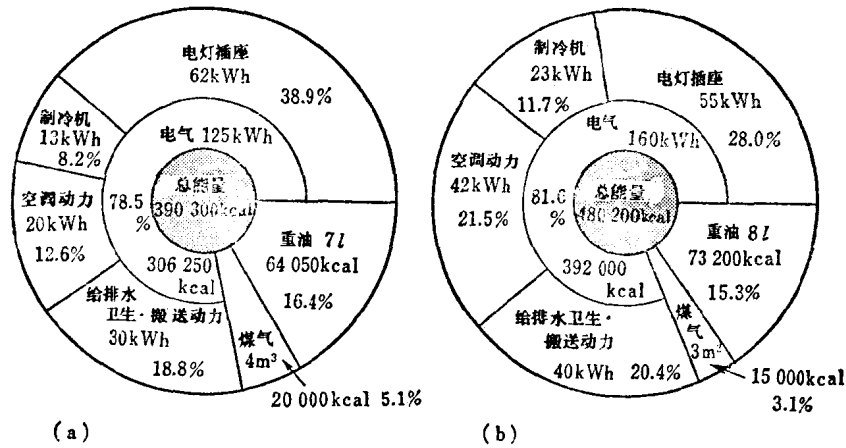


图 1-3 办公大楼的能量消费量¹⁾

(a) 大楼的平均值(展开面积11000米²)；(b) 大型高楼的情况(展开面积40000米²)
注：1.消费量按每年每1米²面积计。

2. 设发电效率为35.1%，电力则按 $1(\text{千瓦}\cdot\text{时}) = \frac{860}{0.351} = 2450(\text{千卡})$ 计算。
3. 煤气发热量：5000千卡/标米³。
4. 重油发热量：9150千卡/升。

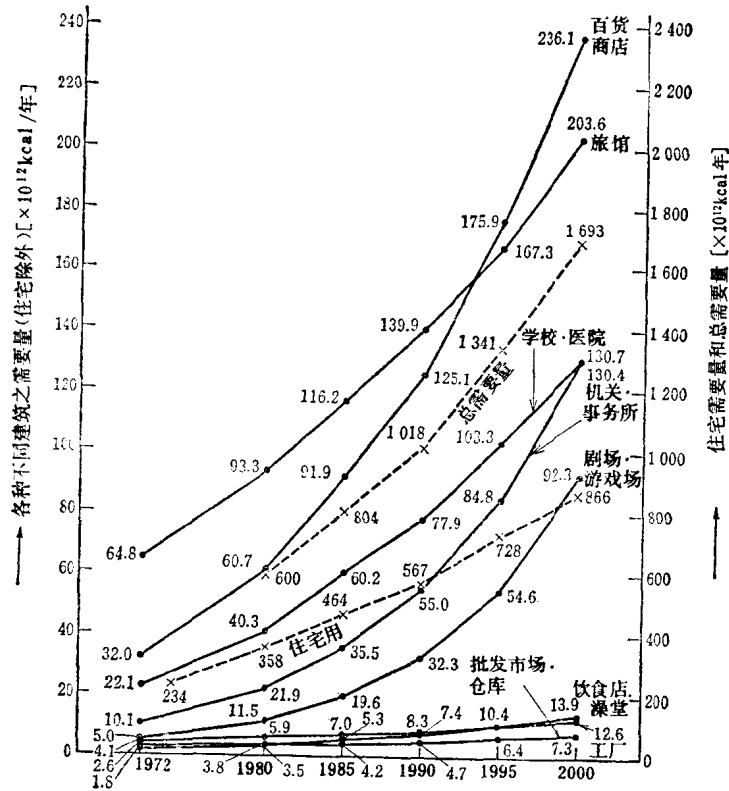


图 1-4 非住宅用、住宅用、民用合计所需能量的预测值(采取了省能措施)²⁾

日本住宅用能量的分配预测²⁾

表 1-2

年 度		1973 ^①	1980	1985 ^①	1990	1995	2000
供 暖	单耗增长率(%)		5.63	5.63	5.0	5.0	4.0
	单 耗(10^4 千卡/年户)	238	349	459	586	748	910
	全国消费量(10^{12} 千卡)	70.0	123	176	240	323	410
供 冷	单耗增长率		7.40	7.40	8.0	10.0	12.0
	单 耗	9.2	15.2	21.6	31.8	51.2	90.2
	全国消费量	2.7	5.4	8.3	13.0	22.1	40.6
供 热 水	单耗增长率		4.87	4.87	4.0	4.0	3.0
	单 耗	232	324	410	498	606	703
	全国消费量	68.1	114	157	204	262	316
厨 房	单耗增长率		—	—	1.0	1.0	1.0
	单 耗	118	118	118	124	130	137
	全国消费量	34.7	41.6	45.2	50.8	56.2	61.7
照明电视	单耗增长率		1.88	1.88	1.5	1.5	1.0
	单 耗	51	58	64	69	74	78
	全国消费量	15.0	20.4	24.5	28.3	32.0	35.1
动 力 及 其 它	单耗增长率		4.12	4.12	4.0	4.0	3.0
	单 耗	146	194	232	288	351	407
	全国消费量	42.9	68.3	91.9	118	152	183
总 计	单 耗(10^4 千卡/年户)	794	1058	1308	1597	1960	2325
	全国消费量(10^{12} 千卡)	234	373	502	655	847	1046

① 1973、1985年日本全国消费量系采用“按各种设备能量消费累计预测的家庭用能量总值”之值。

住宅用能量以及总能量消费情况的预测值。

从图表中看出,将来供暖、供热水用的负荷非常大。供冷用的固然少些,但必须注意到,如换算为一次能量,则实为表中值3倍左右。

对于这样的需求,太阳能将来所能承担的部分可达何种程度,目前还不了解。现在在日本大约使用着200万台太阳能热水器,假定每台每年集热量约为 1.0×10^6 千卡(见第六章),则由于它们所节约的燃料量总计达 2.0×10^{12} 千卡,大概相当于总供热水负荷 68.1×10^{12} 千卡的3.0%,即20万升(油)。到1985年若可设置1000万台,每台将节约 1.5×10^6 千卡的话,总计可节约 15×10^{12} 千卡,相当于供热水负荷的10%左右,即150万升(油)。这占该年总能量消费量的0.2%。

四、热污染和太阳能的利用

若人类使用的能量就如此按指数函数关系增长,则所排放的热量要破坏地球上的热平衡。此外也有人认为,城市里的气温因供冷暖以及其它排热而不断上升时,将来不可避免地会出现城市沙漠化。这又一次说明太阳能的利用,是最干净的能源,因为至今地球上只是在中途利用太阳能,不会扰乱热平衡。这些看法是确有道理的。

● 原文误印为 10^{21} ——译者注。

地球物理学已指出,地球在大气层的边界处接受到的热量,每年为260千卡/厘米²(见图1-5),但云朵和地表面直接反射掉1/3,所以实际上是168千卡/厘米²。其中的1/3被大气所吸收,2/3加热了地表。另一方面,通过

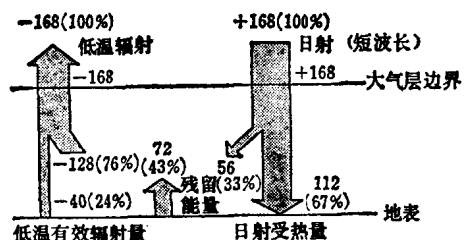


图 1-5 地表、大气、地球的总太阳能全年热平衡(千卡/厘米²·年)³⁾

地表面和大气的高温辐射,从地球向宇宙空间所损失掉的热量,根据地球热平衡式计算,应当是168千卡/厘米²。在地表所接受到的热量112千卡/厘米²中,除去在大气中消失掉的有效高温辐射后,余额为72千卡/厘米²,这即称为残留能量,它被分别用于蒸发水分(59千卡/厘米²)和加热大气(13千卡/厘米²),对当地的气候影响很大³⁾。

从生态学和气象学方面来看,人为废热按全球规模算,如达到太阳能的0.2~1.0%,便要扰乱这个热平衡,产生异常气象,破坏生态系统。但如后面图1-7所示,地球的日射受热量每年为 1.34×10^{21} 千卡,估计公元2025年的能量消费量为 1.8×10^{17} 千卡,故到那时的人为排热也不过是日射受热量的0.013%。可是日本的能量消费量已达日射量的0.9%,尤其是在东京,日射量约为 62×10^{11} 千卡/日,能量消费量为 5.6×10^{11} 千卡,其比率是9%,在局部范围甚至达20%。然而局部地区的热污染对气候会有什么样的影响,还无法确定。例如虽有报告说,人为排热的增加与城市气温的上升互相间有关系,但象在东京等地日射受热量却比郊区低10~20%,这种现象也是有的,不能忽视。

盛夏,曝晒于直射日光下的柏油马路和黑色屋顶,其温度会变得非常高,这些被认为是造成城市气温上升的主要原因。比如东京从前覆盖有一片称为武藏野的林子,林子的反射率是5~15%,比现在城市的平均反射率30~40%无疑是低的;单从反射率这点来看,城市化带来的应是气温的下降(参见表1-3)。可实际相反,有树林时,日射热会变为水的蒸发潜热;而在城市里,地表面为混凝土和屋顶所覆盖时,雨水在短时间内便被排掉,土中含水率也因地下水被抽取等缘故而降低,因此没有充分的能力将日射的显热变换为潜热。事实上,经气象观察,城市中心的相对湿度、水蒸汽分压力也比郊外低。相对湿度降低的主要原因是由于气温的上升,而水蒸汽分压力的下降则只能是由于蒸发量减少了⁴⁾。

各种地表面的反射率

表 1-3

地 面 类 型	反 射 率 (%)	地 面 类 型	反 射 率 (%)
干燥新雪地	80~95	小 麦 地	10~25
脏 雪 地	40~50	牧 草 地	15~25
黑 土 地	5~15	水 田	23
湿的灰色土	10~20	针叶树林	10~15
干燥砂土地	25~45	阔叶树林	15~20

这就意味着制冷用的冷却塔,在正在干燥化的城市中,代替了植物而成为宝贵的放湿源,意外地承担着将城市里生态系中断的链子连结起来的作用。如果因水不充足等理由而限制冷却塔冷却水的使用,并对冷凝器施行风冷化的话,由于冷凝温度的上升使制冷系数下降,这不仅要导致制冷机动力用的能量消费增大,而且很有可能加速城市的沙漠化。

这还意味着，所谓制冷一定会加速城市气温上升的看法是错误的。因为，用冷却塔所放出的热能中，除了制冷机驱动用的大约 1/4 的动力外，多数是供冷负荷，例如其中照明和人体的负荷，不论有无供冷都是必须排除掉的。由于最终从冷却塔放散出的热能约有 3/4 为潜热，1/4 为显热，所以即使城市湿度上升了，也不会促成气温的上升。当然，这是就现在以电动制冷机和冷却塔为主体的制冷系统而言，而且其前提是发电站应在相当远的地方。至于采用风冷式电动制冷机和吸收式制冷机的情况，则应另作别论。

地球范围的宏观气温变化问题，目前尚未充分弄清楚。据认为，由于燃料的燃烧和火山爆发等原因所引起的二氧化碳的增加，会使气温上升；而尘埃的增加又会使气温下降；这些影响比起人为排热要严重得多⁵⁾。

下面对用太阳能代替矿物燃料，在地球热污染方面起何作用，进行了粗略的调查。这里重要的是，要看集热器设置场地原来的反射率，即尚未设有集热器时的表面反射率是怎样的。

表1-4 计算了在反射率为40%的屋顶上设置集热器时，太阳能热机装置在热污染方面

利用太阳能与防热污染的效果						表 1-4		
大气层外日射量 [kcal/m ² h] (与反射量)	1200	(173)	1200	(43)	1200	(86)	1200	(346)
地面日射量 [kcal/m ² h] (与反射量)	60% 720	60% (288) $\rho=40\%$	60% 720	60% (72) $\rho=10\%$	60% 720	60% (144) $\rho=20\%$	60% 720	66% (576) $\rho=80\%$
太阳能集热量 [kcal/m ² h]			集热效率 集热量 30% = 216 60% = 432		集热效率 集热量 30% = 216 60% = 432			
	一般屋顶 (基底)		平板形集热器		聚光型集热器			反射屋顶 (补偿器)
大气层受热量	+1 027		+1 157		+1 114		+854	
增加的受热量 (对一般屋顶)	±0		+130		+87		-173	

太 阳 能 热 机 装 置								矿物燃料热 机 装 置
单 位		低 温 集 热 (平板型)		高 温 集 热 (真空管型)		超 高 温 集 热 (聚光型)		直 流 式 蒸 气 炉 锅
集热温度	°C	100		150		550		550
排热温度	°C	37		37		37		37
驱动系统	—	有机朗肯 循环热机		蒸气朗肯 循环热机		蒸气机(再生) (中型)		蒸气机 (再热再生)
卡诺循环效率	%	17		27		62		62
实际发电效率	%	7		13		30		40
热 耗	千卡/千瓦·时	12300		6620		2870		2150
		集 热 效 率		集 热 效 率		集 热 效 率		
		30%	60%	30%	60%	30%	60%	
需要集热面积	米 ² /千瓦	57	23	31	15	13	7	
大气层受热量比 之一般屋顶增加量	千卡/千瓦·时	+7410	+3640	+4030	+1950	+1131	+609	(+2150)
比之矿物燃料装 置的增减量	千卡/千瓦·时	+5260	+1490	+1880	-200	-1019	-1541	±0