

新能源技术

Technology
实用技术

太阳能利用新技术

〔日〕 日本太阳能学会 编
宋永臣 宁亚东 刘 瑜 译

 科学出版社
www.sciencep.com

新能源技术

太阳能利用新技术

〔日〕 日本太阳能学会 编
宋永臣 宁亚东 刘 瑜 译

科学出版社

北 京

图字: 01-2007-5415 号

内 容 简 介

本书是“新能源技术”丛书之一。本书主要介绍了太阳能利用的历史与地球环境问题、日照与气象基础、太阳能发电的结构、太阳热的利用技术、建筑与居住环境、生物质能源、光机能材料、风能、太阳能利用的展望。本书内容深入浅出,从太阳能利用的历史到太阳光发电机的构造、应用技术的相关动态以及对未来的展望等各个方面都有所阐述,而且列举了很多实例。

本书可作为从事太阳能应用相关领域工作的技术人员、研发人员及管理技术人员的技术指导用书,也可作为工科院校相关专业师生的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

太阳能利用新技术/(日)日本太阳能学会编;宋永臣,宁亚东,刘瑜译.
—北京:科学出版社,2009
(新能源技术)

ISBN 978-7-03-024129-0

I. 太… II. ①日… ②宋…③宁…④刘… III. 太阳能-利用-概况
IV. TK519

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 025644 号

责任编辑:孙力维 杨 凯/责任制作:董立颖 魏 谨
责任印制:赵德静/封面设计:李 力

北京东方科龙图文有限公司 制作
<http://www.okbook.com.cn>

科 学 出 版 社 出 版
北京东黄城根北街 16 号
邮政编码:100717
<http://www.sciencep.com>

双 青 印 刷 厂 印 刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2009 年 3 月第 一 版 开本: B5(720×1000)

2009 年 3 月第一次印刷 印张: 11

印数: 1—4 000

字数: 200 000

定 价: 29.80 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

Original Japanese language edition
Taiyou Energy Riyou Gijutsu
by Nihon Taiyou Energy Gakkai
Copyright © 2006 by Nihon Taiyou Energy Gakkai
Published by Ohmsha, Ltd.
This Chinese version published by Science Press, Beijing
Under license from Ohmsha, Ltd.
Copyright © 2009
All rights reserved

太陽エネルギー利用技術
日本太陽エネルギー学会 オーム社 2006

执笔者

大橋一正	工学院大学	(前言)
高島 工	(独)产业技术综合研究所	(1章, 9章)
板垣昭彦	(财)日本气象协会	(2.1节~2.3.2)
赤坂 裕	鹿儿岛大学	(2.3.3, 2.3.44)
脇坂健一郎	三洋电机株式会社	(3.1节, 3.2节)
若尾真治	早稻田大学	(3.3节~3.5节)
作田宏一	(独)产业技术综合研究所	(4.1节)
田中忠良	(独)产业技术综合研究所	(4.2节)
平野 聡	(独)产业技术综合研究所	(4.3节, 4.4节)
室 恵子	足利工业大学	(5.1节)
細井昭憲	熊本县立大学	(5.2节)
須永修通	首都大学东京	(5.3节, 5.5节)
堀 祐治	富山大学	(5.4节)
相曾一浩	矢崎综业株式会社	(5.6节)
柳下立夫	(独)产业技术综合研究所	(6章)
田島右副	(独)理化学研究所	(7.1节, 7.3节)
吉村和記	(独)产业技术综合研究所	(7.2节)
根本泰行	足利工业大学	(8章)

前 言

21 世纪初,全球环境问题日益显著,需要制定具体的解决方案并给予积极地实施。自从 1973 年第一次石油危机以来,日本相继受到了数次能源冲击,因而进行了多次技术革新,被公认为发展节能技术的先进国家。然而,仍然没有对太阳能和风能等自然能源进行充分利用以达到节能的目的。

在这样的社会背景下,为了进一步推进自然能的利用,日本太阳能学会以学会成立 30 周年及国际太阳能学会在日本举办可再生能源 2006 纪念仪式为契机,策划出版了本书。

本书是以已出版的《太阳能利用手册》(日本太阳能学会编写)全集为蓝本,为了能够使读者全面了解太阳能的利用技术并便于初学者容易理解而编写的一部实用丛书。本书从太阳能利用的历史到太阳光发电机的构造、应用技术的相关动态以及对将来的展望等各个方面都有所阐述,而且列举了很多实例。

本书由 9 章构成,第 1 章介绍太阳能利用的历史和地球环境问题;第 2 章介绍日照、气象的基础知识;第 3 章介绍太阳光发电的组成;第 4 章介绍太阳热利用技术;第 5 章介绍建筑物和居住环境;第 6 章介绍生物质能;第 7 章介绍光机能材料的利用;第 8 章介绍风能;第 9 章介绍太阳能利用的展望。

综上所述,不管是关注自然能源利用的普通百姓,还是从事大规模建筑物及住宅的设计、施工、管理、运作的技术人员、工程人员、地方官员,以及在校师生,如果本书能够对你们有所帮助的话,我们将深感荣幸。

最后,对担任本书策划、编辑以及撰写、校对等工作的各位表示深深的感谢。

2006 年 7 月

谨代表所有撰稿人

大桥 一正

目 录

1 太阳能利用的历史与地球环境问题

1.1 太阳能利用的历史	1
1.2 世界能源概况	3
1.2.1 世界能源需求展望	3
1.2.2 日本的能源需求和供应现状	3
1.2.3 新能源的动态	4
1.3 京都议定书与太阳能利用的意义	5
1.3.1 地球的温热环境	5
1.3.2 地球温暖化引起的气候变化、异常气候	6
1.3.3 京都议定书	7
1.3.4 新能源的核算性与 CO ₂ 削减效果	8
参考文献	10

2 日照与气象基础

2.1 气象要素概述	11
2.1.1 地上气象观测网	11
2.1.2 日照量	12
2.1.3 日照时间	13
2.1.4 气 温	14
2.1.5 湿 度	14
2.1.6 风向、风速	16
2.1.7 降水量	16
2.1.8 积 雪	18
2.1.9 云 层	18

2.2 太阳辐射	20
2.2.1 太阳辐射的定义	20
2.2.2 太阳与地球间距离的年变化	20
2.2.3 太阳常数	21
2.2.4 太阳高度角和太阳辐射强度	21
2.2.5 可照时间	23
2.2.6 太阳辐射收支	24
2.2.7 大气对辐射的衰减	25
2.3 太阳能利用系统的太阳辐射关联数据	28
2.3.1 日本气象厅的观测数据	28
2.3.2 NEDO 公开的太阳能辐射关联资料	28
2.3.3 HASP 标准气象数据	29
2.3.4 扩展 AMeDAS 气象数据(EA 气象数据)	30
参考文献	31

3 太阳能发电的结构

3.1 太阳能发电系统的特征	33
3.2 太阳能电池的原理	35
3.2.1 发电原理	35
3.2.2 太阳能电池的种类	35
3.2.3 能源回收年限	37
3.2.4 太阳能电池的转换效率	37
3.3 太阳能发电系统的分类	38
3.3.1 系统概述	38
3.3.2 独立系统	39
3.3.3 并网系统	40
3.3.4 混合系统	41
3.4 太阳能发电系统的构成要素	42
3.4.1 太阳能电池阵列	42
3.4.2 逆变器	44
3.4.3 蓄电池	44
3.4.4 系统并网装置	45

3.5 太阳能发电系统的实例	45
3.5.1 光缆终端设备用太阳能发电系统	45
3.5.2 航路标识用混合发电系统	46
参考文献	48

4 太阳热的利用技术

4.1 集热、聚光的理论和设备	49
4.1.1 平板式太阳集热器	49
4.1.2 真空管式集热器	51
4.1.3 聚光式集热器	52
4.2 太阳热发电的组成	58
4.2.1 太阳热发电系统的基本构成	58
4.2.2 各种太阳热发电系统	59
4.2.3 太阳热发电系统的特点	62
4.2.4 总 结	63
4.3 蓄热系统的应用	63
4.3.1 蓄热式太阳热利用系统	63
4.3.2 蓄热理论	65
4.3.3 蓄热材料	66
4.3.4 蓄热装置	67
4.3.5 提高蓄热效果的设备	68
4.4 冰雪能利用技术	70
4.4.1 冰雪能及其利用对象	70
4.4.2 冰雪在食品储藏、运输中的应用	71
4.4.3 冰雪在冷气系统中的应用	73
4.4.4 冰雪在发电中的应用	74
4.4.5 冰雪利用的经济性	74
参考文献	75

5 建筑与居住环境

5.1 室内温热环境与采暖、冷气负荷	77
--------------------------	----

5.1.1 室内温热环境的舒适性和评价标准	77
5.1.2 采暖、冷气时温热设定条件及热负荷	80
5.2 室内空气环境及换气原理	81
5.2.1 换气量的基准	81
5.2.2 换气方式	82
5.2.3 换气理论	84
5.2.4 换气、通风系统的实例	84
5.3 日照遮蔽、采光与照明	85
5.3.1 光环境调节的原则与基准	85
5.3.2 日照遮蔽	87
5.3.3 自然采光(太阳光照明)	88
5.3.4 人工照明	90
5.4 采暖技术	91
5.4.1 采暖方式	91
5.4.2 采暖机器种类及特征	92
5.4.3 采暖的舒适性	94
5.4.4 采暖计划	95
5.5 被动式太阳能采暖	95
5.5.1 被动式设计	95
5.5.2 气候条件与绝热性能	96
5.5.3 被动式设计的原则	98
5.5.4 被动式太阳能加热的方法及实例	99
5.6 主动式太阳能供暖机	102
5.6.1 主动式系统的分类	102
5.6.2 集热器的种类	103
5.6.3 住宅用主动式系统及实例	104
5.6.4 一般建筑用主动式系统及实例	108
参考文献	110

6 生物质能源

6.1 生物质能源的定义及蕴藏量	113
6.1.1 生物质能源的定义及其特点	113

6.1.2 生物质能源的蕴藏量	114
6.2 太阳能的固定及转换	115
6.2.1 光合作用	115
6.2.2 生物质的生产	117
6.3 生物质能源的利用方法	117
6.3.1 生物质能源的转换技术	117
6.3.2 日本生物质能源的利用	120
6.3.3 生物质能源的海外战略	121
参考文献	122

7 光机能材料

7.1 光触媒	123
7.1.1 光触媒的种类	124
7.1.2 光触媒的机能	124
7.1.3 光触媒材料的现状及研究课题	125
7.2 调光材料	127
7.2.1 调光玻璃	127
7.2.2 电致变色玻璃	128
7.2.3 温致变色玻璃	129
7.2.4 热致变色玻璃	130
7.2.5 气致变色玻璃	131
7.2.6 光致变色玻璃	131
7.3 下一代薄膜型太阳能电池	132
7.3.1 色素敏化型太阳能电池	132
7.3.2 塑料太阳能电池	133
参考文献	135

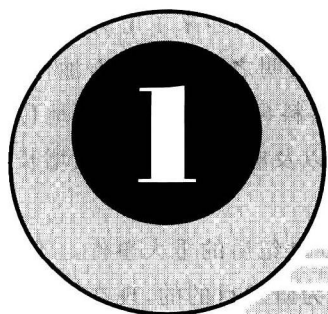
8 风 能

8.1 风能资源	137
8.1.1 风的产生	137
8.1.2 各种各样的风	137

8.1.3 风的性质	138
8.1.4 风能的赋存量	142
8.2 风力机的基础理论	142
8.2.1 风力机的种类及特征	142
8.2.2 风力机的转动原理	143
8.3 风能利用的现状	146
8.3.1 大型风力发电	146
8.3.2 海上风场	148
8.3.3 小型、微型风力发电	149
8.3.4 混合发电系统	149
参考文献	150

9 太阳能利用的展望

9.1 太阳光发电系统的最新进展	151
9.1.1 自律度提高型太阳光发电共同系统	151
9.1.2 集中并网型太阳光发电系统	152
9.2 未来高效利用太阳能的建筑	153
9.2.1 新型太阳能发电站	153
9.2.2 太阳能建筑	154
9.3 小水力利用	156
9.3.1 水力发电的意义	156
9.3.2 家中川小水力市民发电站	157
9.4 复合利用系统的能源利用高度化	158
9.4.1 新能源等区域集中实证研究	158
9.4.2 新能源复合利用系统(岩手县葛卷町)	159
参考文献	161



太阳能利用的历史与地球环境问题

在了解太阳能利用技术之前,首先介绍人类利用能源的历史,从火的利用到各种化石燃料,再到核能,再到太阳能。其次,简要介绍世界及日本的能源概况。另外,为积极引导和推进新能源的开发,本章对相关的法律法规也进行了介绍。最后,就防止全球温暖化缔结的国际公约《京都议定书》的相关内容做了简要说明。针对新能源究竟能为解决地球环境问题做出多大的贡献,在本章的最后加以阐述。

1.1 太阳能利用的历史

人类最初靠自身能力获取的可供驾驭的能源恐怕就是火了。虽然火山喷发、雷击以及摩擦引发的山火等,在自然界中经常发生,但是,人类却是在某个偶然的时机才发现了人为造火的方法。在连原子都能“点火”的现代社会中,我们可以用火柴和打火机轻而易举地得到火源。可想而知,在数十万年前的那个时代,虽说人类已经能够利用火,而单靠人自身的力量生起火来却是一件非常困难的事。

早在公元前 5000 年左右的农业时代,人类开始将家畜作为动力能源使用。牛主要用作耕种和搬运,而马主要用作骑乘。

为了得到热能,薪柴和木炭发挥了重要作用。特别是木炭在燃烧时释放的水分和烟很少,在当时是一种发热量大而且使用方便的燃料。之后,炼铁业的兴起是木炭作为燃料备受瞩目的原因。人类的发展阶段以熟练使用工具作为标志,从石器时代、青铜器时代发展到铁器时代,越来越多地需要优质燃料。从铁矿石中提炼铁的过程需要长时间持续高温燃烧,因此,在当时木炭作为燃料是最适合的。

随着炼铁业的发展,其对热和动力能源的需求越来越高,人类开始寻求能够替代木炭的能量资源。随之登场的就是煤炭,之后迎来了石油、天然气等化石燃料大量消费的时代。18 世纪中叶,随着蒸汽机的发明而开始了工业革命,人类进入了煤炭和蒸汽动力的时代。进入 19 世纪,电力和电磁波的相关基本原理被揭示之后,电力和电磁波成为贯穿人类活动不可或缺的东西。随着石油开采技术的发展

及汽油机、柴油机的发明,石油成了代替煤炭的主要能源,进而迎来了电力作为主导的 20 世纪。石油最开始是作为照明用的燃料,白炽灯发明之后取代了石油作为灯油的地位。然而随着内燃机的出现,石油作为动力燃料再次巩固了它的地位。汽车和飞机的普及、石油精炼与合成等化工工业的兴起以及电力需求的迅猛增长,使石油成为不折不扣的主要能源。

同时,核能的利用技术得到了大力开发成为进入 20 世纪后的重大事件。不幸的是,最开始的核能是以制造大规模杀伤与破坏性武器为研发目的的,现在则以和平利用为前提,为社会提供相当大一部分的能源供应。然而,关于核能利用的安全性、核废料的处理、社会的理解程度等还遗留着很多很多的问题。

至此,回顾了人类利用能源的历史,那么太阳能的利用又是如何发展起来的呢?首先,利用日出和日落可以确定一天,因此利用太阳位置获得时间的日晷得到了应用。其次,不用借助任何工具就可以利用太阳光进行干燥和日光浴,自古以来人类就在不自觉地应用。最后,由于太阳光可以取暖,人们想办法改进建筑物的结构来进行采暖。此外与建筑物采光相关的研究也取得了进展。利用太阳热能的太阳能热水器得到开发,安装到家庭的屋顶上可以供应温水。关于太阳能发电技术,日本及其他很多国家都在进行研究,在日本目前还没有从气象条件等进行严格的论证,而在其他一些国家商业化的成套设备却早已开始运行。另一方面,20 世纪中叶随着光能直接转化成电能的太阳能电池技术的进展,通过长期研究开发其效率有望提高。如今,随着周边设备以及电力系统并网技术的开发,可以在一般家庭住宅的屋顶上安装太阳能电池实现电力供应。此外,作为太阳能的间接利用技术的风能利用也得到了发展。在古代,风车作为动力应用比较普遍,而近年来的风能利用则是利用风力来发电。

图 1.1 为全球能源消费量的进展与趋势预测。

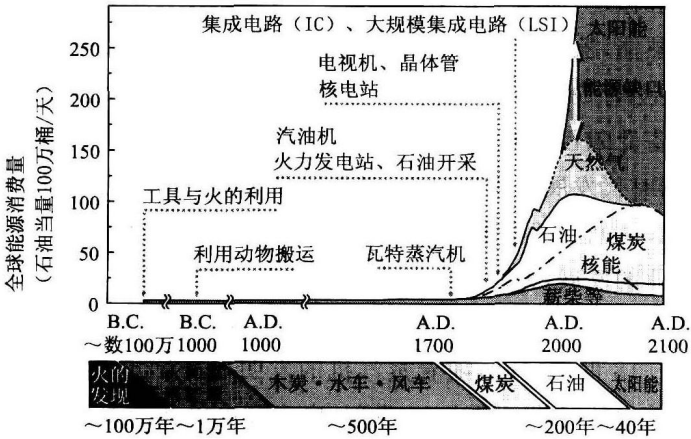


图 1.1 全球能源消费量的进展与趋势预测

1.2 世界能源概况

1.2.1 世界能源需求展望

据预测,世界一次能源的供应随着经济发展在逐步增长。据国际能源机构(IEA)预测,2030年世界的一次能源需求量将达到152.7亿TOE(比2000年增加66%)。从不同地域来看,亚洲地区的能源需求将迅速扩大。2000年~2030年发达国家年平均增长率停留在1.0%左右,而以亚洲为中心的发展中国家的增长率将会达到2.9%,大约是发达国家的3倍。

从能源种类上看,在主要能源中天然气发展潜力最大,普遍认为今后30年内天然气将以平均每年2.4%的速度增长。另一方面,预计煤炭、核能的需求增长将会保持较低水平。从行业上看,预计交通运输部门中石油所占份额依然会在9成以上。发电行业中石油的比例将从目前的水平减半到4%左右,而天然气的比例将大幅度增加,预计会达到31%。此外,预计产业部门、民用部门的电力消费将大幅度地增加。

1.2.2 日本的能源需求和供应现状

在20世纪70年代以前的日本高速增长期,能源需求的增长高于国内生产总值(GDP)的增长。但是20世纪70年代发生了两次石油危机,产业部门以此为契机,采取了一系列的节能措施,结果实现了一定程度地抑制能源需求同时又保证了经济的增长。可是从20世纪80年代后期开始,石油价格出现回落,再加上人们追求舒适、富足的生活方式等,能源需求再次出现增长。20世纪80年代中期以后,除了1998年和2001年与前一年度相比有所减少外,能源需求量一直呈增长的趋势。从不同行业看能源消费动向,石油危机以后产业部门大体持平,而民生、运输部门几乎都是翻倍。石油危机时的产业、民生、运输部门的比例为4:1:1,而2001年则变为2:1:1。虽然日本总的能源消费量持续增加,而单位GDP的一次能源供应量比其他先进国家小,因此日本的能源利用效率相对较高。

另一方面,1973年日本77%的能源供应依赖石油。但是1973年第一次石油危机时,在原油价格高涨和石油供应断绝的恐慌下的日本,为了能够稳定能源供应,减少对石油的依赖,促进并发展了作为替代石油的核能与天然气等。第二次石油危机(1979),进一步促进了核能以及天然气的使用,加速了新能源的开发。2001年,石油的依存度减至49.4%,比第一次石油危机时的77%有了大幅度改善。作为替代能源的核能扩大到13%,天然气也扩大到13%,从而实现了能源的多样化。

然而,与其他发达国家相比,日本的石油依赖程度仍然很高,同时从石油供应地域来看,近年来对中东地区的依赖程度再度呈现增加的趋势。另一方面,电力是安全、清洁且使用方便的能源,以家庭住宅和办公场所为中心的电力需求量正持续扩大。1970年电力仅占25.8%,而2001年则扩大到了41.6%。

1.2.3 新能源的动态

在1997年实施的《关于新能源利用等促进的特别措施法》中,作为“新能源利用等”定义“新能源”为“技术上已经向实用化阶段迈进,由于经济方面的制约未能充分普及,而作为石油的替代品又是非常必要的能源”。为此,达到了实际应用阶段的水力发电(引水式1000kW以下除外)与地热发电,处在研究开发阶段的波浪发电以及海洋温差发电,尽管是自然能源但是还没被指定为新能源。新能源是指CO₂的排放低,环境负担小,资源限制少的国产能源,因为有助于降低对石油的依赖,作为石油的替代能源,对于确保能源的稳定供给,减缓地球环境问题非常有效,同时还有助于构筑可持续的经济社会,另外,新能源的发展还能创造出新兴产业及新增就业岗位等,具有多种多样的效果。

2003年4月,《关于电力事业新能源利用的特别措施法(RPS法)》全面实施。在欧美各国,为了促进新能源的引进,规定电力公司在销售电量时有义务引进一定比例的新能源,即所谓的RPS(Renewables Portfolio Standard)制度,这一制度已开始施行,日本也于2001年6月,由综合资源能源调查会新能源部门在《关于新能源今后的走向》报告书中作了总结。在报告书中,设定了2010年新能源的引入目标值,折算成原油是1910万kl,同时提议发电行业需要采取扩大新市场的措施。RPS法就是在这样的情况下被制定的。

RPS法是针对电力零售事业者(一般电气事业者、特定电气事业者、特定规模电气事业者),规定在其销售的电量中,有义务加进一定比例的新能源等电力(新能源等发的电)的法律。各电气事业者每年的新能源的利用义务量根据经济产业大臣每隔4年制定的《电气事业者新能源等电力的利用目标》为基础来确定到8年后的具体量。2003年日本新能源的义务利用量总计为32.8亿kW·h(约占全国销售电量的0.39%),到2010年为122.0亿kW·h(约占全国的销售电量比率的1.35%),8年间将扩大3.7倍。

作为RPS法的对象能源包括以下五种,它们都必须取得经济产业大臣的认可。

① 风力。

② 太阳能。

③ 地热(指不使热水显著减少的地热技术)。

④ 中小水力(引水式 1000kW 以下)。

⑤ 生物质。

同时,在 RPS 法中规定电气事业者可以从以下三种方式中选择最有利的方法来履行义务。

① 自己用新能源发电。

② 从其他的电气事业者等处购买新能源等电力。

③ 从其他的电气事业者等处购买“新能源等电力相当量”。

另外,“新能源等电力相当量”是对应新能源等的电量,电气事业者之间可以进行交易的量,可以认为是相当于新能源“价值”的那部分量。这种交易能够发挥市场机能,即使在新能源引进困难的地区也可以履行义务。

1.3 京都议定书与太阳能利用的意义

1.3.1 地球的温热环境

伴随着人类的生产生活活动,地球温暖化、酸雨、臭氧层破坏等各种各样的地球环境问题越来越被人们所认识。其中,由于人类排出的二氧化碳等温室气体聚集到大气层中引起的地球温暖化问题,因其形成原因或者影响预测的困难性,可以说是人类最难解决的地球环境问题。地球温暖化问题与酸雨问题不同,不是特定的生活、生产活动引起的,而是全部的生产活动引起的,即整个社会、经济体系是其根源所在。另外,其影响也有可能涉及地球上的所有地区。

地表以及大气的温度,接受太阳光的短波辐射而上升。同时,从变暖的地球向宇宙空间以长波的红外线形式放射能量。然而并不是全部从太阳接收到的能量都放射到宇宙空间中,其中一部分被大气中吸收红外线的气体吸收。被吸收了红外线再被放射到四面八方,地表被其中放射到地表方向的那部分加热变暖,这样的大气保温效果称为“温室效应”。大气中吸收红外线的气体也就是所谓温室气体包括二氧化碳(CO_2)、甲烷(CH_4)、氧化二氮(N_2O)、臭氧(O_3)、水蒸气(H_2O),这些都被称作“温室气体(Greenhouse Gas)”。温室气体的保温效果,对保证人类生存所需的适当温度起到了重要作用。可是,工业革命以来人类砍伐森林、使用化石燃料等造成大量的温室气体排放,大气中的温室气体密度在短期之内急速增加。因此,自然平衡形成的适当的温室效果被破坏,由于人为因素产生的温室效应造成地球表面温度急剧上升,有可能造成气候发生各种各样的变化(图 1.2)。