

# 生物质

# 和生物能源

# 手册

[日] 日本能源学会 (日本エネルギー学会) 编

史仲平 华兆哲 译

バイオマス  
ハンドブック

BIOMASS  
HANDBOOK



化学工业出版社

# 生物质

# 和 生物能源

# 手 册

[日] 日本能源学会 (日本エネルギー学会) 编

史仲平 华兆哲 译

バイオマス  
ハンドブック

BIOMASS  
HANDBOOK



化学工业出版社

· 北京 ·

## 图书在版编目 (CIP) 数据

生物质和生物能源手册/[日] 日本能源学会编; 史仲平, 华兆哲译. —北京: 化学工业出版社, 2006.10

ISBN 978-7-5025-9411-4

I. 生… II. ①日…②史…③华… III. 生物能源-手册 IV. TK6-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 120215 号

バイオマスハンドブック, 社団法人日本エネルギー学会 [編]

ISBN 4-274-02485-7

Copyright © 2002 by 社団法人日本エネルギー学会. All rights reserved.

Authorized translation from the Japanese language edition published by 株式会社オーム社.

本书中文简体字版由株式会社オーム社授权化学工业出版社独家出版发行。

未经许可, 不得以任何方式复制或抄袭本书的任何部分。

北京市版权局著作权合同登记号: 01-2005-0871

---

### 生物质和生物能源手册

[日] 日本能源学会 编

史仲平 华兆哲 译

责任编辑: 傅四周 孟 嘉

文字编辑: 周 侗

责任校对: 陈 静

封面设计: 史利平

\*

化学工业出版社出版发行

(北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

购书咨询: (010)64518888

购书传真: (010)64519686

售后服务: (010)64518899

<http://www.cip.com.cn>

\*

新华书店北京发行所经销

北京永鑫印刷有限责任公司印刷

三河市万龙印装有限公司装订

开本 787mm×1092mm 1/16 印张 26¼ 字数 616 千字

2007 年 1 月第 1 版 2007 年 1 月北京第 1 次印刷

ISBN 978-7-5025-9411-4

定 价: 68.00 元

---

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

# 《生物质和生物能源手册》编辑委员会

**编辑委员长** 横山伸也 (独立行政法人 产业技术综合研究所)  
**编辑干事** 松村幸彦 (广岛大学)  
**编辑委员** 大谷繁 (荏原制作所株式会社)  
大场龙夫 (森能源研究所株式会社)  
小木知子 (独立行政法人 产业技术综合研究所)  
山地宪治 (东京大学)

## 执笔者 (按日文五十音顺排列)

天野正博	独立行政法人 森林综合研究所	第1篇第6章
石川龙一	荏原制作所株式会社	第4篇第1章第3节
石崎文彬	九州大学名誉教授	第3篇第3章
稻叶敦	独立行政法人 产业技术综合研究所	第5篇第2章
芋生诚	鹿岛建设株式会社	第1篇第14章
梅泽美明	关西产业株式会社	第4篇第1章第7、8节
大井洋	筑波大学	第1篇第16章
大谷繁	荏原制作所株式会社	第4篇第1、2、4、5章的基本说明
大场龙夫	森能源研究所株式会社	第4篇第1章第1、6节
小木知子	独立行政法人 产业技术综合研究所	第1篇第1、3、4章
长田隆	独立行政法人 农业技术研究机构 畜产草地研究所	第1篇第13章
角张嘉孝	静冈大学	第4篇第6章
加藤守孝	NKK 综合设计株式会社	第4篇第5章第2节
上出光志	北海道道立工业试验场	第2篇第10章
川岛博之	东京大学	第5篇第4章第2节
河本桂一	富士综合研究所株式会社	第1篇第2、11章, 第4篇第2章第3节
小島纪徳	成蹊大学	第4篇第4章第4节
斋木隆	社团法人 酒精协会	第3篇第2章, 第4篇第4章第2节
坂井正康	长崎综合科学大学	第2篇第2、3、4章, 第4篇第5章第1节
迫田章义	东京大学	第4篇第3章第3节
佐野宽	地球能源系统研究所	第5篇第3章
泽山茂树	独立行政法人 产业技术综合研究所	第3篇第1章
芝原幸夫	ES 规划室株式会社	第4篇第2章第1节
铃木勉	北见工业大学	第2篇第6章

铃木基之	国际联合大学	第4篇第3章的基本说明, 第4篇第3章第1节
关口静雄	LION株式会社	第1篇第9章
世利桂一	福冈县工业技术中心	第2篇第1章
高桥正征	东京大学	第1篇第10章
高森英史	电源开发株式会社	第4篇第4章第3节
田中嘉郎	LION株式会社	第2篇第9章
田原圣隆	独立行政法人 产业技术综合研究所	第5篇第2章
外崎真理雄	独立行政法人 森林综合研究所	第1篇第12章
富重圭一	筑波大学	第4篇第5章第3节
中川仁	独立行政法人 农业技术研究机构 畜产草地研究所	第1篇第7章
中岛浩一郎	铭建工业株式会社	第4篇第1章第2节
中俣惠一	北越制纸株式会社	第1篇第16章
中村正和	日铁技术情报中心株式会社	第4篇第2章第2节
西上泰子	地球能源系统研究所	第4篇第5章第4节
野村稔郎	塔克玛株式会社	第5篇第4章第1、3节
羽田谦一郎	富士综合研究所株式会社	第1篇第2、11章
藤井重雄	塔克玛株式会社	第5篇第4章第1、3节
藤江幸一	丰桥技术科学大学	第4篇第3章第2节
藤并晶作	荏原制作所株式会社	第4篇第1章第4节
藤野纯一	独立行政法人 国立环境研究所	第5篇第5章
松藤敏彦	北海道大学	第1篇第15章
松村幸彦	广岛大学	第2篇第7章, 附录
三浦正胜	独立行政法人 产业技术综合研究所	第2篇第5章
水落元之	独立行政法人 国立环境研究所	第1篇第5章第2节
美浓轮智朗	独立行政法人 产业技术综合研究所	第2篇第8章
三宅淳	独立行政法人 产业技术综合研究所	第3篇第6章
八木久义	东京大学	第4篇第4章第1节
柳下立夫	独立行政法人 产业技术综合研究所	第3篇第5章
八木田浩史	独立行政法人 产业技术综合研究所	第5篇第2章
山地宪治	东京大学	第5篇第1、6章
山本和贵	农林水产省	第1篇第8章
山本晋	独立行政法人 产业技术综合研究所	第1篇第5章第1节
山本博巳	财团法人 电力中央研究所	第5篇第5章
四栗政广	札幌市环境局	第4篇第1章第5节
若山树	独立行政法人 产业技术综合研究所	第3篇第6章
渡边隆司	京都大学	第3篇第4章

近年来,化石燃料的大量消耗造成大气中二氧化碳气体的严重积累,全球气候普遍变暖。随着人们对石油等有限的化石资源越来越多的担忧,利用生物质资源生产燃料和化学产品的生物转化技术正被人们普遍接受和高度认可。

能源短缺问题已经成为全世界各国普遍关注的问题。我国石油资源匮乏,石油安全问题日益突出,必须找出一条保障能源安全的根本途径和替代方法;同时,大气污染形势严峻,酸雨、温室效应等与使用化石原料有紧密关联的环境问题日益突出。我国又是生物质资源的大国和富国,大量的草本植物、淀粉、纤维素、木质素、农林畜产品废弃物、食品加工产业废弃物、餐饮废弃物和城市生活垃圾等生物质资源都可以利用。发展工业生物技术,并以此取代传统的石化工业,才是改善环境、源头治理的根本出路。使用可再生的生物质和生物能源已经被我国列为“十一五”规划的战略目标和重点发展方向。

正如原著者在前言中所述,在三大可再生自然能源(太阳能、风能、生物能)中,生物质是唯一物质性的能源,最具可储存性。因此,生物质具备能够替代化石燃料的能力,也可以被看成是一种化学原料。生物质以农林水产资源、有机产业废弃物、生活垃圾等各种形态存在于地球上,它们是中性碳的可再生资源,具有储藏量大、储存性能好、可以替代其他物质等诸多优点。但是,生物质也存在单位质量的发热量低、供给量随季节变化而变动、能量集约成本高等缺点,这些问题也制约了生物质的规模化利用。基于生物质资源各种特点,其加工处理技术有赖于许多学科的交叉融合,包括农业科学、化学、生物化学、机械工程、化学工程、环境工程等各个领域,把生物质和生物能源确立成一个单独的技术领域是不可能的。与世界许多国家一样,我国还没有系统总结归纳生物质和生物能源的科学手册。它山之石、可以攻玉,科学技术没有国界。日本能源学会编的《生物质和生物能源手册》一书比较详尽和系统地讲述了生物质资源的各种类型、转换处理和利用技术、利用现状和前景以及包括化石资源在内的其他能源的比较等,可以作为从事能源、环境、农林资源领域工作的科技人员、高校老师和研究生的工具书和参考书。故应化学工业出版社之邀,将该书翻译成中文。

本书一共分为5篇。第1篇、第2篇由江南大学生物工程学院华兆哲博士翻译,第3~5篇及附录由江南大学生物工程学院史仲平博士翻译。本书涉及环境工程、资源工程、化学工程、机械工程、农林学和农林工程、化学、生物化学、微生物学、地理学和生态学等多个学

科领域，限于译者的知识层次、能力和水平，错误和不足之处在所难免，诚请读者批评指正。此外，由于日本的习惯用法，换算过程过于繁杂，在本书的正文以及图表中，某些单位，特别是气体单位没有完全采用国际单位（SI）制。译者对由此给读者带来的不便深表歉意。详细的换算关系请读者参见本书的附录。

译者

2006年3月

进入到 21 世纪，地球环境问题，特别是二氧化碳排放所造成的全球化温室效应愈发严重。只要人们继续消费化石燃料，大气中二氧化碳气体的积累就得不到缓解。同时，化石资源的有限开采量也是不争的事实。虽然通过勘探和发现新油田以及依靠科学技术的进步使得石油采收率提高，可以延缓石油枯竭的速度，但是现在确实已经到了开始摆脱依赖于化石资源的时代了。然而，抑制全球化温室效应并不是一件容易的事情。缔结气候变化框架条约，1997 年在日本京都签订议定书，这本身就说明上述问题的严重性。

抑制二氧化碳排放的一项有力的对策是使用可再生能源来替代化石燃料。与太阳光、太阳热、地热、风力、水力、潮汐力、海浪力一样，生物质也同样属于可再生能源。生物质在可再生能源中最具有特异性，因为只有生物质具有有机性。换言之，生物质具有可储存性，可以通过电力或热的作用转化为燃料或化学原料。值得庆幸的是，在日本，生物质作为新型能源在法律上已经得到认可，生物能源的研究开发经费也已经开始列入预算并得到批准。作为一种有吸引力的新型能源，人们对生物质的期待也将不断地高涨起来。

遗憾的是，迄今为止，日本还没有专论生物质的科学手册。本书是日本第一部综合讲述生物质和生物能源的科学手册。浏览内容时您将会发现，本书涉及各种生物质资源量、转换技术、系统、造林和能源种植园等诸多领域，并且还讲述了有机废弃物类生物质。本书可以用作石油、燃气、电力等能源领域的科技工作者，以及环境工程、资源工程、化学工程、农业工程等学科的学生和科研工作者的参考书和数据手册。希望热心于生物质和生物能源的读者以及有志于从事生物质方面学习和研究工作的读者，能够以本书为参考，理解和认识到生物能源的重要性。

最后，在本书发行之际，笔者对于欣然出版本书的 OHM 出版社表示衷心的感谢。

《生物质和生物能源手册》编辑委员会编辑委员长 横山伸也

2002 年 8 月



## 第 1 篇 生物质的组成与资源量

<b>第 1 章 生物质的定义与分类</b> .....	2		
基本说明 .....	2	(a) 生态学上的分类 .....	4
生物质 .....	2	(b) 根据植物生物学分类 .....	4
生物能 .....	3	2 根据利用价值和用途分类 .....	4
生物能的特征 .....	3	(a) 根据来源分类 .....	4
生物质的分类 .....	4	(b) 根据含水率分类 .....	5
详细说明 .....	4	参考文献 .....	6
1 根据生物学观点分类 .....	4		
<b>第 2 章 资源量的推算</b> .....	7		
基本说明 .....	7	(a) 废弃物类生物质的现存量 .....	8
废弃物类生物质 .....	7	(b) 废弃物类生物能源的潜在量 .....	8
能源作物 .....	7	2 能源作物资源量的估算 .....	10
详细说明 .....	7	参考文献 .....	11
1 废弃物类生物质资源量的估算 .....	8		
<b>第 3 章 生物质的组成</b> .....	12		
基本说明 .....	12	(d) 淀粉 .....	14
详细说明 .....	12	(e) 蛋白质 .....	14
1 代表性组分 .....	12	(f) 其他有机成分(有机物) .....	14
(a) 纤维素 .....	12	(g) 其他无机成分(无机物) .....	14
(b) 半纤维素 .....	13	2 组成分析 .....	14
(c) 木质素 .....	13	参考文献 .....	15
<b>第 4 章 生物能源含量</b> .....	16		
基本说明 .....	16	1 各种生物质的发热量 .....	16
高位发热量与低位发热量 .....	16	2 根据计算公式得到的推算方法 .....	18
有效发热量 .....	16	参考文献 .....	19
详细说明 .....	16		
<b>第 5 章 从物质循环推算的生产量</b> .....	20		
基本说明 .....	20	2 氮循环 .....	22
详细说明 .....	20	参考文献 .....	23
1 碳循环 .....	20		
<b>第 6 章 木质类生物质</b> .....	24		
基本说明 .....	24	1 木质类生物质的种类与特征 .....	24
详细说明 .....	24	(a) 除伐木材 .....	24

(b) 间伐木材 .....	24	3 实例和现在使用量 .....	27
(c) 主伐的残余木材 .....	25	4 日本的资源量 .....	27
(d) 低质阔叶树林 .....	25	(a) 人工林 .....	27
(e) 以生物质原料为目的的快速生长 树林 .....	25	(b) 天然林 .....	28
(f) 竹草、竹子 .....	26	(c) 竹草、竹子 .....	28
2 生长速度 .....	26	5 世界的资源量 .....	28
<b>第 7 章 草本类生物质</b> .....		参考文献 .....	29
基本说明 .....	30		
草本类 .....	30	1 草本类生物质的种类与特征 .....	31
草本类生物质的特征 .....	30	2 生长速度 .....	31
C <sub>3</sub> 植物与 C <sub>4</sub> 植物 .....	30	3 实例与现在使用量 .....	33
草本类生物质的资源量与现在使用量 .....	30	4 日本与世界的资源量 .....	34
详细说明 .....	31	参考文献 .....	36
<b>第 8 章 淀粉、糖类生产型植物</b> .....			
基本说明 .....	37	3 实例与现在使用量 .....	41
详细说明 .....	37	4 日本与世界的资源量 .....	41
1 淀粉、糖类生产型植物的种类与特征 .....	37	(a) 日本的资源量 .....	41
(a) 淀粉生产型植物 .....	37	(b) 世界的资源量 .....	41
(b) 糖类生产型植物 .....	39	参考文献 .....	42
2 生产量 .....	39		
<b>第 9 章 油类生产型植物 (油椰子、油菜等)</b> .....			
基本说明 .....	43	(a) 含油种子及果实的生产量 .....	45
油类生产型植物 .....	43	(b) 油脂的生产量 .....	45
压榨法与萃取法 .....	43	3 实例与现在生产量 .....	46
油脂化学 .....	43	(a) 食品领域 .....	46
生物柴油 .....	43	(b) 工业用途 .....	46
详细说明 .....	44	(c) 饲料、肥料 .....	46
1 油类生产型植物的种类与特征 .....	44	(d) 生物柴油 .....	46
(a) 油椰子 .....	44	4 世界的资源量 .....	47
(b) 油菜 .....	44	(a) 现在的资源量 .....	47
(c) 大豆 .....	44	(b) 作为生物质资源的油类生产型植物 .....	47
(d) 向日葵 .....	45	参考文献 .....	47
2 生产量 .....	45		
<b>第 10 章 水生生物质</b> .....			
基本说明 .....	49	2 生长速度 .....	52
水生生物质 .....	49	3 实例与现在使用量 .....	52
详细说明 .....	49	4 世界的资源量 .....	54
1 水生生物质的种类与特征 .....	49	参考文献 .....	55
<b>第 11 章 废弃物——农业残余物、甘蔗渣</b> .....			
基本说明 .....	56	详细说明 .....	56

1 农业残余物、甘蔗渣的种类与特征 .....	56	(a) 美国 .....	58
(a) 米、麦 .....	56	(b) 巴西 .....	59
(b) 玉米和根茎作物 .....	56	(c) 法国 .....	59
(c) 甘蔗残余物、甘蔗渣 .....	56	(d) 日本 .....	59
2 产生量 .....	57	4 日本与世界的资源量 .....	60
3 实例与现在使用量 .....	57	参考文献 .....	61
<b>第 12 章 废弃物——木质废弃物</b> .....	62		
基本说明 .....	62	2 木材加工部门的废弃材料 .....	63
产生量 .....	62	3 木材利用部门的废弃材料 .....	64
利用现状 .....	62	4 世界的木质废弃物 .....	66
详细说明 .....	62	参考文献 .....	67
1 木质废弃物的特征 .....	62		
<b>第 13 章 废弃物——畜禽废弃物</b> .....	68		
基本说明 .....	68	详细说明 .....	68
畜禽副产物 .....	68	1 畜禽废弃物的种类与特征 .....	68
畜禽加工残余物 .....	68	2 畜禽废弃物的产生量 .....	70
敷料 .....	68	3 实例与现在使用量 .....	71
污泥 .....	68	4 日本与世界的资源量 .....	73
物理性改善效果 .....	68	参考文献 .....	74
<b>第 14 章 废弃物——污泥（下水道、粪便、产业废弃物污泥）</b> .....	75		
基本说明 .....	75	3 回收实例与现在使用量 .....	76
详细说明 .....	75	(a) 市政污泥有效利用举例 .....	76
1 污泥的种类与特征 .....	75	(b) 市政污泥的有效利用量 .....	77
2 污泥的产生量 .....	76	4 日本与世界的污泥资源量 .....	78
(a) 日本的污泥产生量 .....	76	参考文献 .....	78
(b) 不同种类污泥的产生量 .....	76		
<b>第 15 章 废弃物——城市垃圾</b> .....	79		
基本说明 .....	79	(a) 填埋场的甲烷回收 .....	81
城市垃圾 .....	79	(b) 垃圾发电 .....	82
详细说明 .....	79	(c) RDF 发电 .....	82
1 城市垃圾产生量与组成 .....	79	(d) 垃圾的碳化 .....	83
2 世界垃圾产生量与处理方法 .....	80	(e) 从有机垃圾中回收能量 .....	83
3 日本对城市垃圾的有效利用 .....	81	参考文献 .....	84
<b>第 16 章 废弃物——黑液</b> .....	85		
基本说明 .....	85	3 产生量与使用量 .....	87
黑液 .....	85	4 回收锅炉的历史 .....	87
回收锅炉 .....	85	5 最新的回收锅炉实例 .....	87
详细说明 .....	85	6 世界的木材资源量 .....	88
1 黑液的种类和特征 .....	85	参考文献 .....	89
2 木材成分与黑液的组成 .....	86		

## 第2篇 生物质转化技术——热化学转化

<b>第17章 燃烧</b> .....	92		
基本说明 .....	92	1 燃烧的原理与特征 .....	92
燃烧 .....	92	2 燃烧装置与实例 .....	94
发热量(燃烧值) .....	92	3 燃烧的能量效率 .....	95
燃烧效率 .....	92	4 生成热的利用 .....	96
详细说明 .....	92	参考文献 .....	96
<b>第18章 气化——常压气化</b> .....	97		
基本说明 .....	97	1 常压气化的原理与特征 .....	99
气化方法分类 .....	97	2 常压气化的装置与实例 .....	100
与气化有关的生物质的物理性质研究 .....	97	(a) 固定床气化炉 .....	100
与生物质气化有关的基本现象 .....	98	(b) 流动床气化炉 .....	101
气化剂 .....	98	(c) 喷流床气化炉 .....	102
焦油、木炭和炭黑 .....	98	3 常压气化的能量效率 .....	102
与气化有关的主要化学反应 .....	99	4 生成气体的利用 .....	103
详细说明 .....	99	参考文献 .....	103
<b>第19章 气化——加压气化</b> .....	104		
基本说明 .....	104	2 加压气化的装置与实例 .....	105
加压气化的目的 .....	104	3 加压气化的能量效率 .....	106
详细说明 .....	104	4 生成气体的利用 .....	106
1 加压气化的原理与特征 .....	104	参考文献 .....	107
<b>第20章 气化——间接气化</b> .....	108		
基本说明 .....	108	2 间接气化的装置与实例 .....	110
热分解与热分解气化 .....	108	3 间接气化的能量效率 .....	111
水蒸气改性 .....	108	4 生成气体的利用 .....	111
详细说明 .....	108	参考文献 .....	111
1 间接气化的原理与特征 .....	108		
<b>第21章 快速热分解</b> .....	112		
基本说明 .....	112	(e) 其他快速热分解装置 .....	119
热分解 .....	112	3 快速热分解的能量效率 .....	120
详细说明 .....	113	(a) 传统的快速热分解方法 .....	120
1 快速热分解的原理与特征 .....	113	(b) 微波快速热分解 .....	120
(a) 热质量分析: 加热速度的影响 .....	113	4 生成气体的利用 .....	120
2 快速热分解的装置与实例 .....	113	(a) 热分解液、热分解油、木焦油 .....	120
(a) 用热砂浴瞬间加热 .....	113	(b) 木醋 .....	121
(b) 红外线加热炉快速热分解 .....	116	(c) 快速碳化物 .....	121
(c) 离心力型热分解装置 .....	117	(d) 脱水糖 .....	121
(d) 微波快速热分解 .....	117	参考文献 .....	122

<b>第 22 章 碳化</b> .....	123		
基本说明 .....	123	2 碳化的装置与实例 .....	126
碳化 .....	123	3 碳化的能量效率 .....	129
碳化的特征 .....	123	4 生成物的利用 .....	130
详细说明 .....	124	参考文献 .....	131
1 碳化的原理与特征 .....	124		
<b>第 23 章 水热气化</b> .....	132		
基本说明 .....	132	(b) 太平洋西北研究所 .....	134
水热状态 .....	132	(c) 日本资源环境技术综合研究所 .....	135
水热气化 .....	132	(d) 卡尔斯路埃研究中心 .....	135
水热气化的特征 .....	132	(e) 东京大学环境安全研究中心 .....	135
详细说明 .....	132	(f) 韩国能源研究所 .....	135
1 水热气化的原理与特征 .....	132	3 水热气化的能量效率 .....	136
2 水热气化的装置与实例 .....	133	4 生成气体的利用 .....	136
(a) 夏威夷大学夏威夷自然能源研究所 .....	134	参考文献 .....	137
<b>第 24 章 水热液化</b> .....	138		
基本说明 .....	138	(a) PERC 工艺 .....	140
水热液化 .....	138	(b) LBL 工艺 .....	140
水热液化的特征 .....	138	(c) 日本资源环境技术综合研究所的	
其他水热反应 .....	138	液化工艺 .....	141
详细说明 .....	139	(d) 市政污泥油化工艺 .....	141
1 水热液化的原理与特征 .....	139	(e) HTU 工艺 .....	142
(a) 反应 .....	139	3 水热液化的能量效率 .....	142
(b) 生成物 .....	139	4 生成油的利用 .....	143
(c) 特征 .....	140	参考文献 .....	144
2 水热液化的装置与实例 .....	140		
<b>第 25 章 由酯化合成生物柴油</b> .....	145		
基本说明 .....	145	2 生物柴油的制造工艺 .....	146
植物油 .....	145	(a) 游离脂肪酸的酯化反应 .....	146
酯化 .....	145	(b) 油脂的酯类置换反应 .....	147
生物柴油 .....	145	(c) 回收工艺 .....	147
详细说明 .....	146	3 酯化的能量效率 .....	147
1 酯化原理 .....	146	4 生物柴油的利用 .....	148
(a) 植物油的酯类置换反应 .....	146	参考文献 .....	150
(b) 脂肪酸的酯化 .....	146		
<b>第 26 章 固体燃料化</b> .....	151		
基本说明 .....	151	1 固体燃料化的原理与特征 .....	152
生物砖料 .....	151	(a) 压片成形与试验方法 .....	153
成形后的膨胀率与破坏强度 .....	151	(b) 膨胀率 .....	154
详细说明 .....	152	(c) 破坏强度 .....	154

(d) 密度 .....	154	4 固体燃料化装置生成燃料的利用 .....	157
2 固体燃料化的装置与实例 .....	155	参考文献 .....	157
3 固体燃料化的能量效率 .....	156		

### 第3篇 生物质能源转换技术——利用生物学方法的转换

<b>第27章 甲烷发酵</b> .....	160		
基本说明 .....	160	(a) 下水污泥 .....	162
发酵 .....	160	(b) 食品废弃物 .....	162
甲烷发酵 .....	160	(c) 污泥再生处理中心 .....	162
甲烷发酵的特征 .....	160	(d) 啤酒工厂废水 .....	163
详细说明 .....	160	3 甲烷发酵的能量效率 .....	163
1 甲烷发酵的原理和特征 .....	160	4 生物甲烷气体的利用 .....	164
2 甲烷发酵装置和应用实例 .....	162	参考文献 .....	164
<b>第28章 乙醇发酵</b> .....	165		
基本说明 .....	165	(e) 近期开发的发酵方法 .....	169
发酵 .....	165	(f) 其他发酵方法 .....	170
乙醇发酵 .....	165	(g) 使用木材(纤维素)为原料的乙醇	
乙醇发酵的特征 .....	165	发酵(传统方法) .....	170
详细说明 .....	166	(h) 使用纤维素生物质进行乙醇生产的	
1 乙醇发酵的原理和特征 .....	166	新型转换技术 .....	170
2 乙醇发酵装置和应用实例 .....	167	(i) 酵母的育种 .....	171
(a) 糖质原料的发酵 .....	167	3 乙醇发酵的能量效率 .....	172
(b) 淀粉质原料的发酵 .....	168	4 生成得到的乙醇的利用 .....	172
(c) 各种乙醇发酵方法 .....	169	参考文献 .....	173
(d) 连续发酵 .....	169		
<b>第29章 丙酮-丁醇发酵</b> .....	174		
基本说明 .....	174	(b) 发酵反应 .....	176
厌氧型产孢子细菌 .....	174	(c) 发酵菌种 .....	178
<i>Clostridium</i> 属细菌 .....	174	2 丙酮-丁醇的发酵装置和应用实例 .....	178
<i>Clostridium</i> 属细菌的发展历史 .....	174	3 丙酮-丁醇发酵的能量效率 .....	180
详细说明 .....	175	4 生成物的利用 .....	181
1 丙酮-丁醇发酵的原理和特征 .....	175	5 最新的技术开发 .....	181
(a) 发酵的实际情况 .....	175	参考文献 .....	182
<b>第30章 使用白色腐朽菌分解木质素</b> .....	184		
基本说明 .....	184	2 利用白色腐朽菌分解木质素的装置	
分解木质素的微生物 .....	184	和应用实例 .....	188
白色腐朽菌分解木质素的特征 .....	184	3 利用白色腐朽菌进行木质素分解的	
白色腐朽菌的利用 .....	185	能量效率 .....	189
详细说明 .....	185	4 利用白色腐朽菌和木质素分解酶的	
1 使用白色腐朽菌分解木质素的原理		生物质转化 .....	189
和特征 .....	185	参考文献 .....	190

<b>第 31 章 厌氧型发酵生产氢气</b> .....	192
基本说明 .....	192
厌氧型微生物 .....	192
厌氧型发酵 .....	192
厌氧型发酵生产氢气的特征 .....	192
详细说明 .....	192
1 厌氧型发酵生产氢气的原理和特征 .....	192
2 厌氧型发酵生产氢气的装置和应用实例 .....	193
(a) 日本国立横滨大学 .....	194
(b) 日本北里大学 .....	194
(c) 日本广岛大学 .....	194
(d) 日本东北大学 .....	194
(e) 日本宫崎大学 .....	195
(f) 日本鹿岛建设 .....	195
3 厌氧型发酵生产氢气的能量效率 .....	195
4 生产得到的氢气的利用 .....	196
参考文献 .....	196

<b>第 32 章 光合成生产氢气</b> .....	198
基本说明 .....	198
太阳能的利用 .....	198
利用光合成细菌进行光合成生产氢气过程的特征 .....	198
详细说明 .....	199
1 光合成生产氢气的原理和特征 .....	199
(a) 可以用来进行光合成生产氢气的微生物 .....	199
(b) 利用光合成细菌生产氢气的原理 .....	200
(c) 利用光合成细菌生产氢气的机制 .....	200
(d) 与光合成生产氢气有关的生物酶 .....	201
(e) 利用光合成细菌进行光合成生产氢气的特征 .....	201
2 光合成生产氢气的装置和应用实例 .....	202
(a) 光生物反应器 .....	202
(b) 使用生物质进行光合成生产氢气 .....	202
(c) 光合成细菌和其他微生物混合培养进行光合成生产氢气 .....	204
3 光合成生产氢气的能量效率 .....	204
(a) 光能的转化效率 .....	204
(b) 氢气的得率 .....	205
4 光合成生产得到的氢气的利用 .....	205
参考文献 .....	205

## 第 4 篇 生物能源的利用系统

<b>第 33 章 现存的生物能源利用系统</b> .....	208
基本说明 .....	208
生物质资源的定位 .....	208
能源转化系统的特征 .....	208
详细说明 .....	208
1 畜业废弃物等的甲烷发酵 .....	208
(a) 背景 .....	208
(b) 利用甲烷发酵生产能源的历史 .....	209
(c) 甲烷发酵处理的特征 .....	209
(d) 甲烷发酵条件 .....	210
(e) 制造过程概述 .....	210
(f) 具体实例 .....	213
2 木屑(木材加工废弃物)的燃烧发电 .....	213
(a) 详细说明 .....	214
(b) 现在的运转情况 .....	217
(c) 木屑燃烧发电存在的课题 .....	217
3 城市垃圾燃烧发电 .....	218
(a) 城市垃圾燃烧发电的由来和历史 .....	218
(b) 城市垃圾燃烧发电的意义 .....	218
(c) 城市垃圾燃烧发电的实际情况 .....	218
(d) 城市垃圾燃烧发电的高效化 .....	219
(e) 最近的动向 .....	222
4 木质类废弃物和废塑料的气化 .....	223
(a) 木质类废弃物的气化发电 .....	223
(b) 废塑料的加压两段式气化 .....	227
5 固体废弃物的固体燃料化 .....	229
(a) 废弃物的有效利用 .....	229
(b) 燃料工厂的概况 .....	230
(c) RDF 的组成 .....	233
(d) 运转状况 .....	234
(e) RDF 的需求单位 .....	234
(f) 今后的课题 .....	235
6 木质颗粒 .....	235

(a) 木质颗粒概况 .....	235	浆式发酵系统) .....	240
(b) 木质颗粒的特征 .....	236	(b) 碳化设施(日本关西产业公司的	
(c) 木质颗粒与化石燃料的比较 .....	236	卧式搅拌型连续碳化装置) .....	241
(d) 制造过程概况 .....	238	8 锯粉气化发电(日本信荣木材公司的	
(e) 世界和日本的生产动向 .....	239	锯粉气化发电设备) .....	242
(f) 颗粒燃烧装置 .....	240	(a) 发电方法 .....	242
7 垃圾堆肥化和碳化利用 .....	240	(b) 气化方式 .....	243
(a) 垃圾堆肥化设施(荏原制作所制		参考文献 .....	245
<b>第 34 章 未被利用的生物资源的可能性</b> .....	247		
基本说明 .....	247	(a) 日本国内森林资源利用的生物能 ..	253
林产类生物资源的有效利用 .....	247	(b) 高槻市的模式 .....	253
林地环境的维持 .....	247	(c) 能量转换技术 .....	255
详细说明 .....	247	(d) 实现计划的设想 .....	256
1 日本青垣町生物甲醇的生产规划 .....	247	3 日本勇弘、日高地区的甲醇制造系统 ..	256
(a) 甲醇制造和复合型生物资源		(a) 系统的立地地点: 苫小牧东部	
工厂 .....	248	(苫东) 地区 .....	256
(b) 生物资源工厂和地域生态系统 ..	248	(b) 林产资源 .....	257
(c) 各种产品的产量、销售额和多样化		(c) 甲醇制造系统的流程及其构成 .....	257
的效果 .....	249	(d) 甲醇制造系统的评价 .....	258
(d) 事业的收支和经济性 .....	249	(e) 人们对引入甲醇生产系统的期待 ..	259
2 高槻市的森林组合(偏远山区的森林		参考文献 .....	260
构想) .....	253		
<b>第 35 章 迈向循环型社会的生物质综合利用系统</b> .....	261		
基本说明 .....	261	顺序 .....	265
详细说明 .....	262	(b) 区域内物质流的解析 .....	265
1 循环型社会的概念——废弃物零排放 ..	262	(c) 物质流和再资源化技术的数据库 ..	266
(a) 背景 .....	262	(d) 物质循环网络的设计 .....	267
(b) 废弃物零排放的意义 .....	262	3 以生物质为基础的循环型社会 .....	267
(c) 产业的网络化 .....	263	(a) 生物质炼制的必要性 .....	267
(d) 地域系统的构成 .....	264	(b) 以生物质为基础的社会的碳循环 ..	268
(e) 整合型生物系统 .....	264	(c) 生物质物质转换技术 .....	269
2 区域性废弃物零排放系统的构成方法 ..	265	参考文献 .....	271
(a) 区域性废弃物零排放系统的构成			
<b>第 36 章 生物质种植园</b> .....	272		
基本说明 .....	272	(a) 美国的燃料乙醇 .....	275
在日本国外实施的种植园 .....	272	(b) 巴西的燃料乙醇 .....	276
详细说明 .....	272	(c) 日本国内生产燃料乙醇的可能性 .....	277
1 造纸公司的种植园 .....	272	3 稻壳发电的生物质利用规划的概况 ..	278
(a) 日本国内的森林资源 .....	273	(a) 规划的背景 .....	278
(b) 日本国外的木质类生物质种植园 ..	273	(b) 计划概况 .....	278
2 生物乙醇 .....	275	(c) 燃料 .....	281



(d) 生物质发电事业的可行性 .....	281	与其他自然能源的比较 .....	283
4 能源种植园 .....	281	(d) 能源种植园系统 .....	284
(a) 能源种植园的可能性 .....	281	(e) 能源种植园的选址条件和最优化 .....	284
(b) 种植园的种类 .....	282	参考文献 .....	285
(c) 能源种植园的能量利用效率以及			
<b>第 37 章 将来的能源系统的可能性和方式 .....</b>	<b>287</b>		
基本说明 .....	287	(b) FT 合成反应中的生成物分布 .....	293
发电用生物质种植园 .....	287	(c) FT 合成过程 .....	293
通过生物质气化合成液体燃料 .....	287	(d) 产物性状 .....	295
详细说明 .....	287	(e) MTG (methanol to gasoline)	
1 甲醇的利用 .....	287	过程 .....	295
(a) 生物质液体燃料 .....	287	(f) 合成燃料油的经济性 .....	295
(b) 生物质气化法合成甲醇技术 .....	288	(g) 生物质资源的利用 .....	295
(c) 甲醇燃料的特征 .....	288	4 能源系统的可能性和方式 .....	295
(d) 甲醇汽车的使用 .....	289	(a) 生物质与自然能源发电 .....	295
(e) 生物甲醇燃料的优点和未来 .....	289	(b) 全球性生物甲醇的构想 .....	296
2 DME 的利用 .....	290	(c) 甲醇和燃料电池 .....	297
(a) DME 是什么 .....	290	(d) 生物质栽培 .....	298
(b) DME 的燃料特性和利用 .....	290	(e) 世界上的适宜产地 .....	299
(c) DME 合成技术 .....	291	(f) 未来氢气利用社会的可行性 .....	299
(d) 制造过程流程 .....	291	(g) 最先进产业技术的集合 .....	300
3 汽油和轻质灯油的利用 .....	292	参考文献 .....	300
(a) Fischer-Tropsch (FT) 合成反应 .....	292		
<b>第 38 章 生物质的利用与粮食生产的融合 .....</b>	<b>301</b>		
基本说明 .....	301	(a) 农林业的劳动 .....	303
详细说明 .....	301	(b) 土地的劣化 .....	303
1 农林业系统的基础 .....	301	(c) 土地劣化的原因 .....	303
(a) 农林业的定义 .....	301	(d) 引入外部资金 .....	303
(b) 分类基准 .....	301	3 农林业系统的规划和栽培作物的选择	
(c) 农林业的构成要素 .....	302	及评价 .....	304
(d) 相互关系的经济学 .....	302	(a) 主要农林业系统的实际情况 .....	304
(e) 农林业的种类和特征 .....	302	(b) 栽培种类的确定 .....	304
2 保全土壤的生产能力 .....	303	参考文献 .....	305

## 第 5 篇 生物能源的系统评价

<b>第 39 章 系统评价的框架 .....</b>	<b>308</b>		
基本说明 .....	308	详细说明 .....	308
从广阔视野出发的重要生物能源的系统		1 系统评价的范围 .....	308
评价 .....	308	2 系统评价的基准 .....	310
寻求在多种基准和基础上的综合评价 .....	308	3 系统评价的方法论 .....	310
寻求用于生物能源评价的系统数据 .....	308		