

# 日本废弃物处理·资源循环利用技术

## —建设可持续发展的社会—



环境省  
大臣官房废弃物·资源循环利用对策部  
企划科循环型社会推进室

在世界各国环保事业取得快速发展的前景下，针对如何正确处理废弃物以及进行资源有效利用，在此介绍日本的废弃物处理及资源循环利用技术。

随着社会经济的发展、产业化进程步伐的加快、人口基数的增加，资源消耗的扩大及资源枯竭的危机，废弃物产生量增加、废弃物性状的多样化等问题也日趋严峻。

日本有一个常用词汇叫做“可惜”，其中包含了对物质可持续性使用的一种珍视的情感。依靠这种被称为“可惜”的情感，日本在发展社会经济的同时，有效的抑制了废弃物的产生，通过再使用、循环利用、热回收等技术，逐步建立起废弃物有效利用的技术体系。

而且因为日本的国土面积狭小，垃圾填埋场用地紧张，为了避免对人口密集地区造成环境污染，创建了涵盖废弃物收集和运输、焚烧等中间处理环节、卫生填埋处理的技术体系。

本册子介绍了上述的日本废弃物处理、资源循环利用技术的一些主要内容。

为了构建循环型社会，应尽量抑制废弃物的产生，把产生的废弃物作为资源进行循环利用。期待日本的经验和经实际验证的先进技术及废弃物处理体系，能够为全球的环保事业及资源循环利用做出贡献。

环境省



## 目 录

前 言	1
<b>1</b> 收集运输	3
高效运输垃圾的技术	
<b>2</b> 城市生活垃圾的焚烧技术	6
安全·安心的城市生活垃圾焚烧及高效率的发电技术	
<b>3</b> 医疗废弃物的处理技术	11
环保性能佳、卫生的处理技术	
<b>4</b> 废弃塑料瓶的资源循环利用技术	14
高纯度的再生塑料树脂及制造技术	
<b>5</b> 废旧家电的资源循环利用技术	17
环保性能佳、高品质的资源循环利用技术	
<b>6</b> 生物质的活用技术	20
从生物质废弃物中高效回收电力·燃料的技术	
<b>7</b> 废弃物填埋处理技术	24
短期内使废弃物达到稳定化的填埋处理技术	
资料/从废弃物的管理到形成循环型社会的过程	28



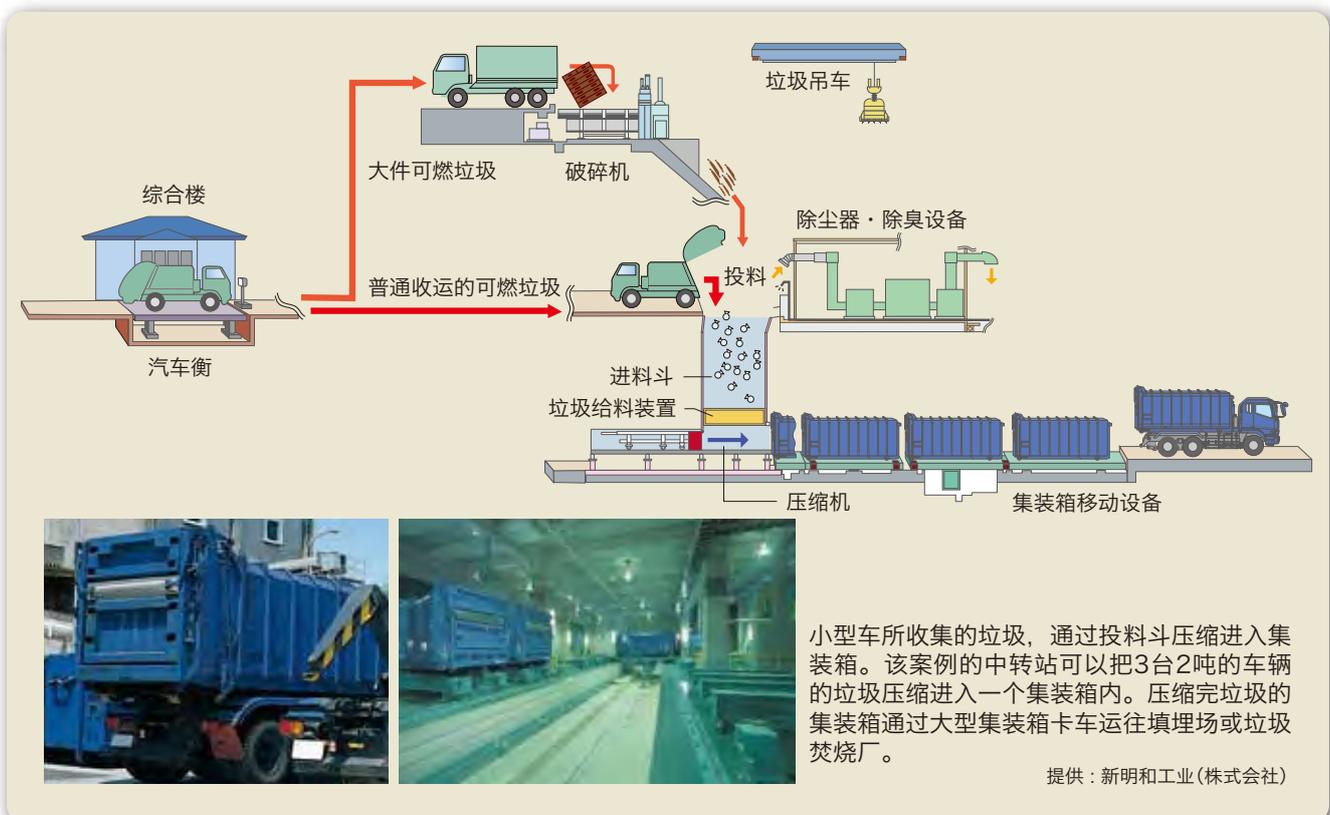
### 通过中转站提高大范围收集运输垃圾的效率

城市扩展导致了垃圾收集运输范围的扩大。部分收集运输范围较大的城市，通常会设立【垃圾中转站】，以便把垃圾从中小型车辆转载到大型运输车辆，因此提高了垃圾收运的效率。

废弃物处理产业中垃圾收集运输的费用所占比例极高。因此通过提高垃圾收运的效率而削减经费，并有望维持及提升公众服务的质量。

#### 日本国内案例

日本通常采用的中转站运输方法为下图所示的压缩集装箱的运输方法。



#### 国外案例

日本的部分企业在中国成立了合资公司，在中国制造并销售中转站，取得了众多的业绩。有些企业还把产品销售给亚洲的其他国家。



垃圾中转站（中国·西安）



垃圾中转站（马来西亚·吉隆坡）

## 通过设置垃圾中转站，提高垃圾收集运输的效率

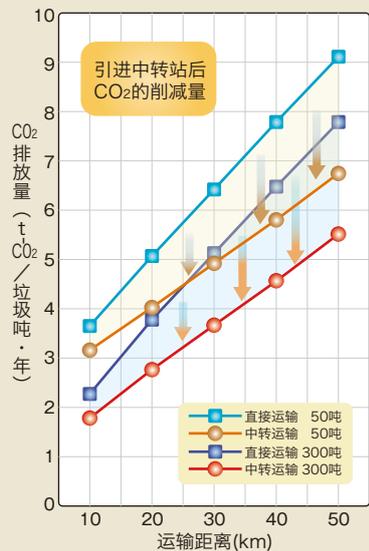
在垃圾中转站把废弃物转载到大型运输车后，可以提高运输效率，降低运输车辆的燃料使用量。不仅节约了经费还降低了CO<sub>2</sub>的排放量，为防止地球过温暖化而做出贡献。

### ● 引进后的经济效果以及CO<sub>2</sub>排放量的试算例子

■ 直接运输同中转运输的费用比较



■ 直接运输同中转运输的CO<sub>2</sub>排放量的比较



【讨论条件】

- 收集区域面积 500km<sup>2</sup>
- 一年总运行天数 250天/年
- 实际运行时间 5小时/日
- 收集·运输车辆所使用燃料 0.002619tCO<sub>2</sub>/L 而排放的CO<sub>2</sub>量原单位

	收集量	收集車両	运输车辆
直接运输	50吨/日	2吨垃圾运输车	
直接运输	300吨/日	2吨垃圾运输车	
中转运输	50吨/日	2吨垃圾运输车	10吨集装箱卡车
中转运输	300吨/日	2吨垃圾运输车	10吨集装箱卡车

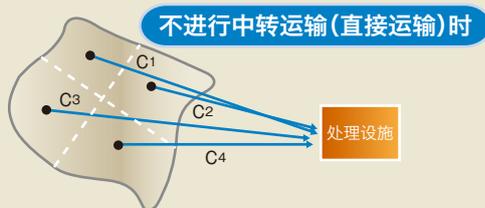
※ 1 根据压缩集装箱的计算结果

※ 2 CO<sub>2</sub>的试算是和收集·运输车辆有关的排放量的数值

提供：新明和工业(株式会社)

判断是否引进中转站时，可参照下图，进行中转运输的总收运费 (T<sub>cB</sub>) 比直接运输的总收运费 (T<sub>cA</sub>) 低时 (T<sub>cA</sub>>T<sub>cB</sub>)，可以看到引进中转站的效果。

一般，当运输距离超过 18km 时，比较适合引进中转站。



$$T_{cA} = C_1 + C_2 + C_3 + C_4$$

T<sub>cA</sub>: 直接运输时从收集区域1~4 到达处理设施的总收运费

C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>, C<sub>3</sub>, C<sub>4</sub>: 从收集区域1~4 到达处理设施的各自的收运费



$$T_{cB} = (C_1 + C_2 + C_3 + C_4) + R_c + C_5$$

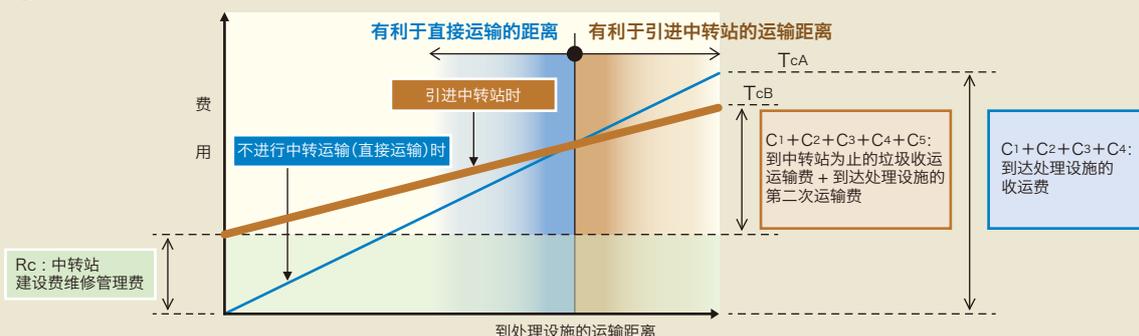
T<sub>cB</sub>: 中转运输时从收集区域1~4 到达处理设施的总收运费

C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>, C<sub>3</sub>, C<sub>4</sub>: 从收集区域1~4 到达处理设施的各自的收运费

R<sub>c</sub>: 和中转站有关费用 (建设费、运行维修管理费)

C<sub>5</sub>: 从中转站到处理设施的运输费 (第二次运输费)

### ● 不进行中转(直接运输)同进行中转运输的成本构成



摘自：【垃圾收集—理论及实践】，P145，丸善(2011)

## 油耗低、装载量大的垃圾收集运输车辆的开发

很多亚洲国家的道路宽度偏窄，因此小型垃圾收集车的收集效率较高。日本也存在很多道路宽度偏窄的地方，因此开发了1~2吨规模的轻型垃圾收集车，虽说是轻型车，但通过尽量减轻车体自重、增加垃圾装载量，从而实现了大装载量轻型垃圾收集车的实用化。

该种垃圾收集车分为机械式垃圾收集车（自卸车）和压缩垃圾收集车两种，自卸式垃圾车的使用范围较广。该种自卸式垃圾收集车通过旋转板卷起投入的废弃物，然后通过挤压板把废弃物压入储槽，虽然对高含水率垃圾的压缩效率较低，但通过不断改进，压缩率得到了有效的提高，装载量可达到平板卡车的1.5倍。

压缩式收集车通过压缩板把废弃物压向箱体的底部，在经过破碎及减容处理后把垃圾压入储槽，可以很有效的收集那些需要破碎的大型垃圾和体积大的塑料瓶、废塑料等废弃物。

此外，为了应对全球性的地球温室效应问题，还开发了电动垃圾收集车和混合动力车等低公害型的垃圾收集车，并得到了实际运用。



垃圾运输车

垃圾收集车需要确保收集工作的安全性，并且具有良好的装载率和操作性。对于轻型垃圾收集车，为实现良好的作业性及操作性，垃圾投入口应设置在距地面800mm以下的位置。



### ●低公害型收集运输车（例）

一般，由收集车的引擎为垃圾的装载和卸载提供动力。该种垃圾收集车在行驶过程中发电，通过电力为垃圾的装载和卸载提供动力。通过这种方法，有效地减少了燃油消耗及二氧化碳排放量。

提供：新明和工业(株式会社)

### 专栏

### 日本垃圾收集和运输的历史



20世纪50年代  
厨房垃圾收集的情景



20世纪50年代  
首次用于垃圾运输的卡车



20世纪50年代  
使用人力车进行垃圾中转



设置在每家每户的混凝土制垃圾箱  
于20世纪60年代停止使用

出处：东京都垃圾清运产业百年史

# 2 城市生活垃圾的焚烧技术

## 安全·安心的城市生活垃圾焚烧及高效率的发电技术

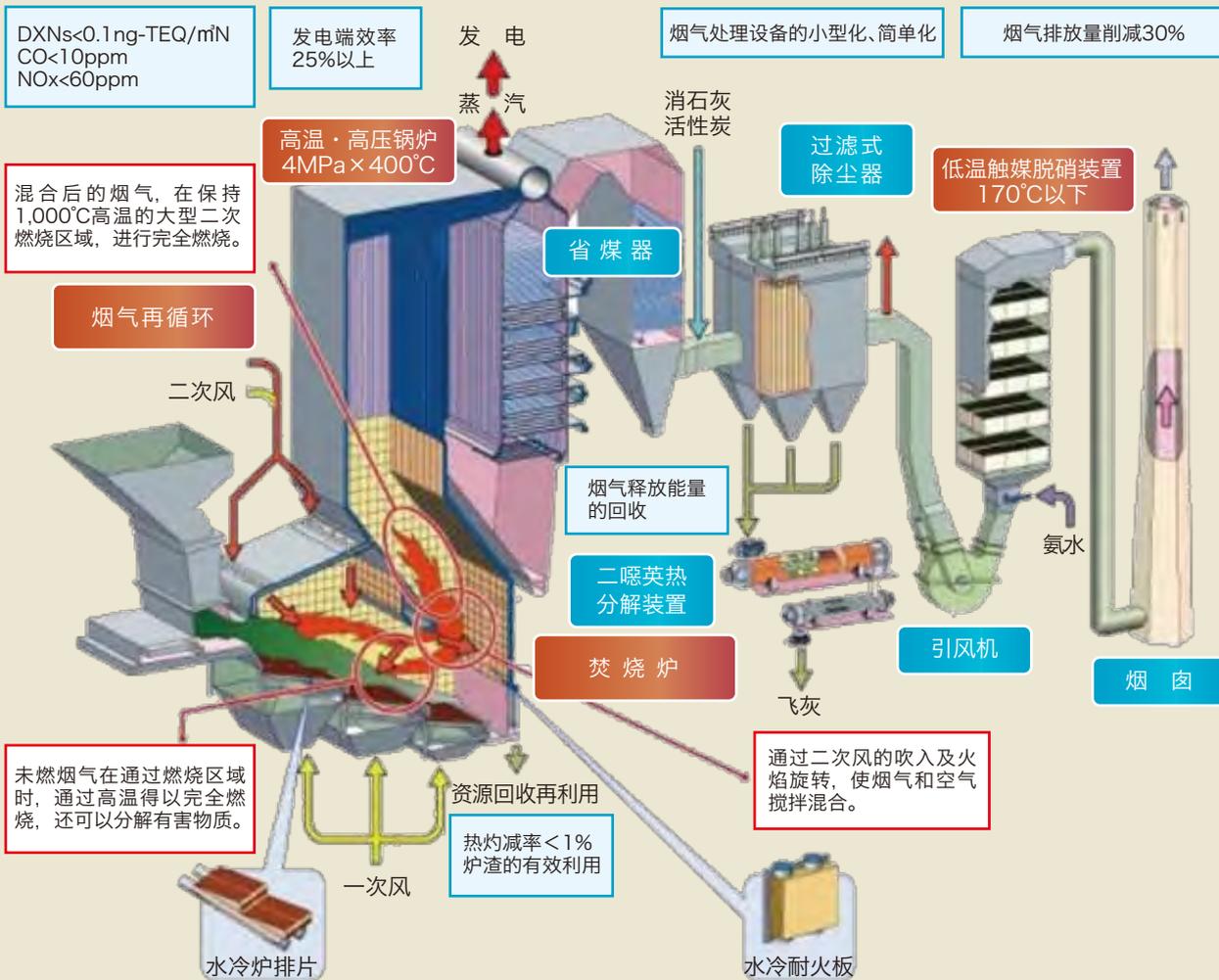
### 先进的防止公害能力及高效发电

从20世纪60年代开始，日本政府大力推进城市生活垃圾的焚烧处理，现在其生活垃圾焚烧设施的数量业已跃居世界前列。2009年的日本城市生活垃圾焚烧设施的数量已达1243处，处理方式分为机械式炉排炉、流化床炉、用于灰渣循环再利用的气化熔融炉等。其中，炉排炉的数量占总数的70%，近年来炉排炉的技术改造也取得了很大进展。

目前，在引进先进的环保技术的同时，还完善了高效的发电技术、自动燃烧装置和自动垃圾吊车等安全运行操作方面的相关技术。此外，日本拥有从过去的低热值垃圾，到现在的高热值垃圾的多种多样的垃圾处理技术，还积累了适合亚洲地区垃圾性状的丰富的技术经验。

在炉排炉的最新技术中，包括能够提高发电效率的低空气比燃烧技术，该技术在日本国内已得到了实际运用。下图列举了一些最先进的技术，这是一个同时具备了先进的公害防止能力和高效发电能力的垃圾焚烧设施。

#### 使用最先进技术的垃圾焚烧设施



提供：川崎重工业(株式会社)

## 地处住宅区、商业区的生活垃圾焚烧设施

在日本生活垃圾设施所采用的各项技术中，垃圾焚烧被认为是安全、安心的一项受信赖的垃圾处理技术，因此在建设垃圾焚烧设施时，易于推进与设施附近居民间的风险交流，如照片所示在城市地区或生活区内，使生活垃圾焚烧发电厂的建设成为了可能。



● 东京都·涉谷生活垃圾焚烧厂(例)

日本的大城市和东京市内混合分布的商业区和住宅区，每日排放大量的废弃物。2001年8月，在建有住宅的高密度市区中心-涉谷站附近建设了一座垃圾焚烧设施。该设施的日处理能力为200吨，通过设置公害防止设备满足了NO<sub>x</sub>、SO<sub>x</sub>、粉尘、二噁英类等严格的排放标准，是代表了最新高科技的一座生活垃圾焚烧设施。在东京都内的生活垃圾处理设施中，涉谷生活垃圾焚烧厂属于小规模设施，焚烧炉采用“回流型流化床焚烧炉”。流化床炉是指，通过空气使筒状炉底部的砂层流态化，同时保持高温使粉碎后的垃圾得到快速燃烧的焚烧方法。



生活垃圾焚烧发电厂的运行管理，是通过中央控制室在自动控制下进行统一管理。(品川生活垃圾焚烧厂)

垃圾吊车操作室与垃圾坑之间通过玻璃板隔离，因此没有臭味。垃圾吊车的抓斗每次投入到焚烧炉内的垃圾，相当于1台自卸式垃圾输送车的装载量。(北垃圾焚烧厂)



该生活垃圾焚烧设施装有汽轮发电机组，发电机最大输出功率为4,200kW，厂内自用之外的剩余电力出售给东京电力株式会社。发电机的规格为高温水 1Gcal/h 130°C、蒸汽流量·压力最大为 23.1t/h 3.82MPa。(涉谷生活垃圾焚烧厂)

摘自：东京二十三区清扫一部事务组合

### 专栏

**随** 着20世纪60年代日本的经济高速增长，垃圾产生量也不断增加，日本经历了垃圾填埋场的压力日趋紧迫，以及焚烧性状多样化的塑料而引起的二噁英问题等的考验。此外，由于日本国土面积狭小，需要通过焚烧处理来减少垃圾的容量，并尽快进行填埋处理。但是，随着城市化进程的加快及居民环保意识的高涨，生活垃圾焚烧设施的建设面临严峻的局面，为征得设施周围居民的同意，必须通过加强烟气处理而获得居民信赖，甚至通过热回收等方式向设施所在地区提供回报。



垃圾产生量的增加和垃圾性状多样化对填埋处理场的压力



冒烟的焚烧炉、烟气排放和二噁英类问题严峻

摘自：东京都清扫事业百年史

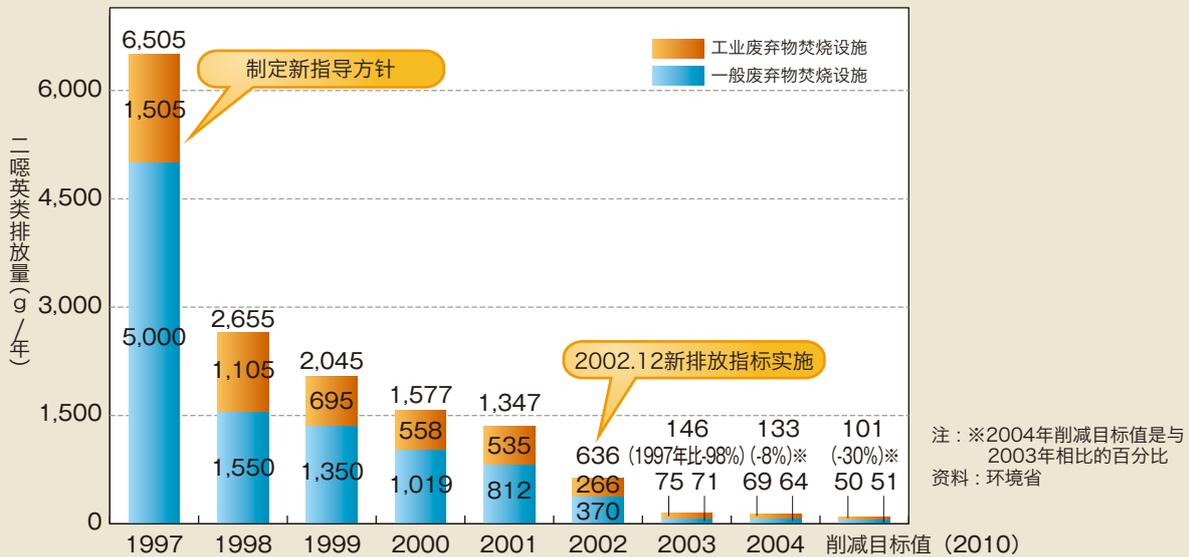
## 解决有害气体及三噁英类物质的排放

众所周知，城市生活垃圾焚烧设施会产生SO<sub>x</sub>、HCl、NO<sub>x</sub>、粉尘和二噁英类等有害物质。出于环境保护、征得设施附近居民同意的观点出发，必须充分降低烟气中的这些有害物质的浓度。为满足这一要求，日本政府和民间组织进行了多方面的研究，在开发出众多的应对技术的同时，运行技术也得到了改善。

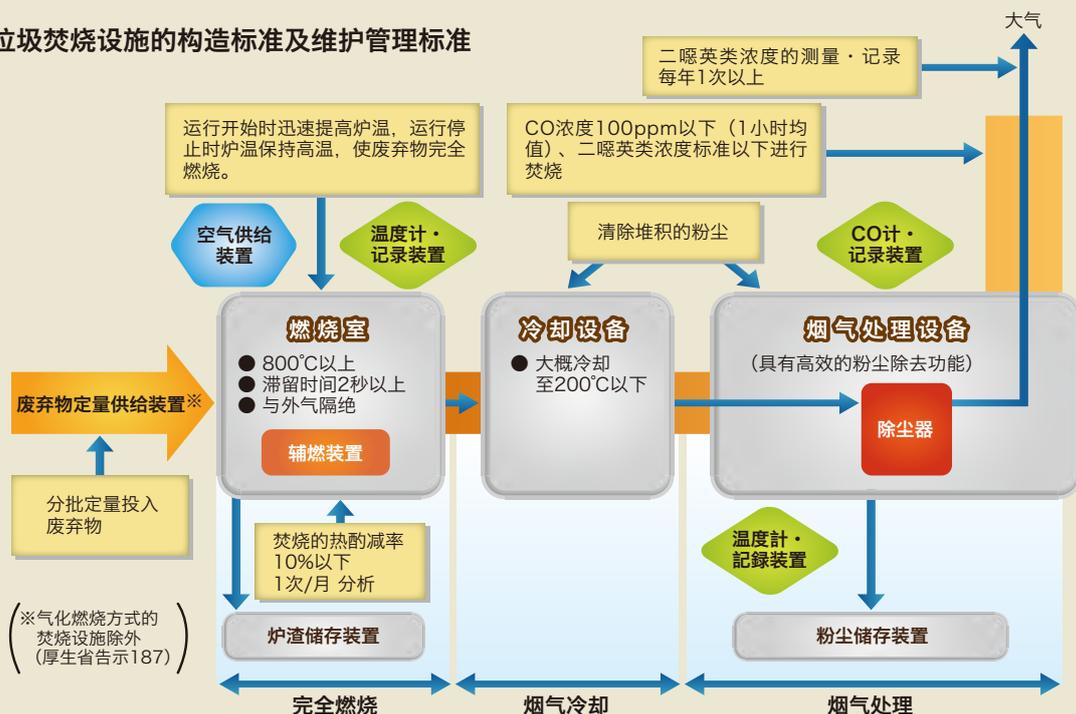
关于二噁英问题，二噁英类的产生机理与不完全燃烧生成的未燃物有关，因此可通过采取炉内完全燃烧的对策，抑制炉内二噁英的产生量。此外，还可采用抑制二噁英前驱体的再合成的烟气冷却法、采用可彻底清除粉尘内所含有二噁英的袋式除尘器、通过活性炭吸附烟气中二噁英、及通过触媒分解二噁英等多种方法。在这些研究成果的基础上，如下文所述，制定了焚烧设施的构造和维护管理标准的制度，不仅适用于新设施，还针对旧设施进行了改造使之能够达标。在政府和社会的共同努力下，抑制二噁英类排放的成果如图所示，垃圾焚烧炉产生的二噁英排放问题基本得到解决。

同时，关于SO<sub>x</sub>、HCl、NO<sub>x</sub>等烟气排放问题，现在也采取了充分的环境解决对策。

### ● 日本垃圾焚烧设施的二噁英类排放总量比1997年降低了98%



### ■ 垃圾焚烧设施的构造标准及维护管理标准



## 新一代焚烧技术

### 向新一代焚烧炉的转型

在日本国内的众多城市生活垃圾焚烧发电厂中，不论大型或是小型，在运行过程中均严格的实施了公害防止对策。不仅开发了二噁英等减排技术，还开发了酸性气体清除及炉渣循环再利用等多项技术，对以往使用的炉排炉也进行了大幅的技术改造。近年来，基于温室效应气体对策的考量，高效回收余热的发电技术的需求也大幅提高。关于技术改造的目的，请参照以下各列项。结合焚烧炉后段热回收设备的改造，与传统焚烧炉相比，实现了低公害且高效率的发电。通过采用此类新技术，现在日本的焚烧设施正在逐步转型为安全·安心、可以高效发电并获得电力的设施。

#### 新一代焚烧炉的特征

##### 1 改善燃烧性能

- 燃烧空气比降低 2.0→1.4 或 1.3
- 通过喷入高温空气消除燃烧不均
- 提高燃烧烟气和空气的搅拌效果
- 富氧化燃烧、提高燃烧性，从而提高燃烧炉渣的清洁化

##### 2 垃圾供给定量性·控制性的提高

##### 3 炉排炉的冷却

- 水冷式、空冷式

##### 4 炉墙耐火材料耐用性的提高

- 锅炉放射传热面的瓷砖保护层

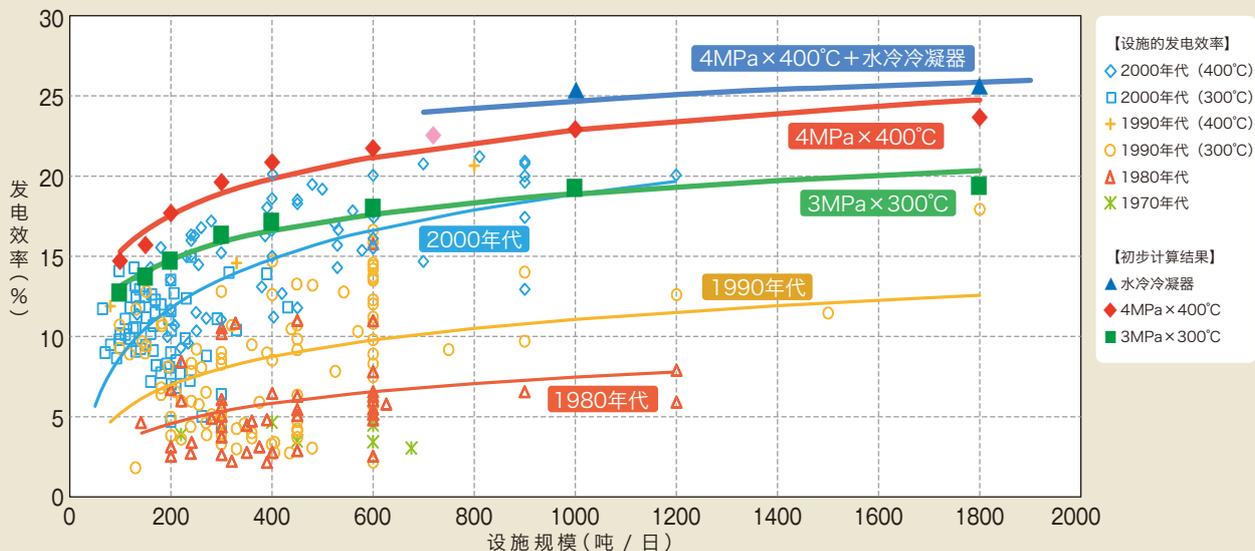
##### 5 炉渣的资源化处理

##### 6 高度的运行控制系统

### 向高效发电的转型情况

以往，废弃物焚烧设施的首要目的在于防止公害，因此虽然防止公害的设备得到了高度发展，但不意味着优先发展能源回收效率。在废弃物发电领域，使发电用蒸汽达到高温·高压化可以提高发电效率，但烟气中的酸性气体将导致蒸汽过热器发生高温腐蚀。近年来，在耐高温腐蚀性强的长寿命导热管材研究取得进展的同时，根据温室效应气体排放对策的需要，在很多设施中安装了长寿命且高效的发电设施。

#### 垃圾焚烧设施发电效率的实际情况和初步计算结果



※根据不同年代的日本废弃物焚烧发电的效率和设施规模，对理论发电效率进行了初步计算。以长期稳定运行行为为前提，加入了提高发电效率所需的各要素，在预计可以实现的基础上进行了初步计算。

## 可适用于亚洲地区的生活垃圾焚烧技术

在城市化进程加剧的亚洲地区，在人口增加的同时垃圾的排放量也不断激增。在亚洲的很多城市，收集后的废弃物被直接运送到填埋场，填埋场的场地不足和填埋场周边环境污染等问题，导致对垃圾焚烧设施建设的关注度日益提高。

为解决日益严峻的城市废弃物处理问题，中国引进了生活垃圾焚烧技术，推动了生活垃圾焚烧处理设施的建设。在新加坡、泰国、台湾等地，日本的生活垃圾焚烧技术不仅在公共卫生方面，在环境保护领域也做出了巨大贡献。

在全球范围内，日本的焚烧炉建设、运行管理经验处于领先地位，集成了可应对高、低热值垃圾的世界最高水准的技术，实现了生活垃圾无害化焚烧处理。

### 日本企业供货的生活垃圾焚烧设施案例



在38个月的短供货期内，向新加坡提供了处理规模4,320吨/日的世界最大型的垃圾焚烧炉。

摘自：三菱重工环境·化学工程技术(株式会社)



台北市已有多个焚烧炉正在运行，台湾地区产生的垃圾基本上都得到了卫生处理、减容处理。

摘自：日立造船(株式会社)



泰国从2006年开始投运工业废弃物焚烧设施。处理能力100t/日

摘自：JFE工程技术(株式会社)



向北京的日处理量为1,600t/日的垃圾焚烧发电设施，提供了30,000KW、蒸汽条件4MPa、400°C的焚烧炉。

摘自：(株式会社)田熊

# 3

## 医疗废弃物的处理技术

### 环保性能佳、卫生的处理技术

#### 医疗废弃物的正确的无害化处理需求

在医疗机构排放的废弃物中，含有具有感染性的废弃物。在日本，曾经有过医护人员在医院内被使用后的注射器刺伤，感染乙型肝炎导致死亡的事故，类似事故唤起了广泛的社会性关注。以这些事故为契机，加深了对医疗废弃物灭菌处理必要性的认识，现在通过法律规定了处理标准。对于具有感染性的医疗废弃物，不经分类就与一般废弃物一起排放，将造成在收集运输过程中发生感染，增大在最终处理场扩大感染的风险，因此必须采取正确的排放及处理措施。

亚洲和非洲的医院数量正在不断增加，但能正确处理医疗废弃物的设施很少，与感染性废弃物接触导致的感染危险正在增大。今后，将越来越重视能否正确处理医疗废弃物的问题。



露天垃圾堆放场内的医疗废弃物



从垃圾袋里露出的注射器

专栏

#### 医疗废弃物的各种专用容器（例）

为 避免在排放医疗废物时受到感染，医疗废物应使用专业的塑料容器及纸板箱、金属容器，在捆装后的状态下进行处理，从而保护操作者的安全。



桶



纸板箱



袋子



医疗机构使用的部分医疗废弃物专用容器

摘自：(财)日本工业废弃物处理振兴中心主页

## 抑制二噁英类的产生量的各种焚烧炉组合

医疗废弃物中含有有害的细菌和病毒、氯乙烯和有机氯药剂等有害物质，仅通过单纯的焚烧难以清除氯化氢和二噁英类。日本的医疗废弃物焚烧炉，根据二噁英类排放标准，在焚烧炉构造、运行方法、二噁英类清除系统等方面采取措施，在运行过程中抑制了烟气中二噁英类物质的产生量。

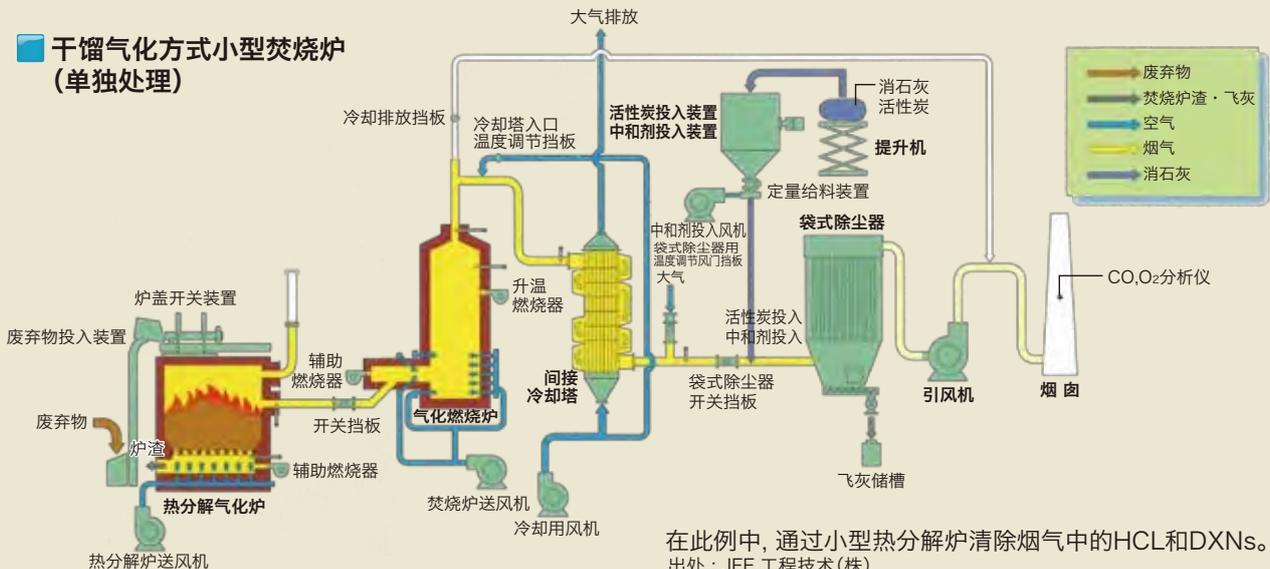
医疗废弃物的焚烧炉，目前所采用的是完全燃烧能抑制二噁英排放、能安焚烧的气化炉、窑炉、立式炉等炉型。

### ■ 转窑炉+燃烬炉排炉内的燃烧模式图



出处：(株)田熊

### ■ 干馏气化方式小型焚烧炉 (单独处理)



在此例中，通过小型热分解炉清除烟气中的HCL和DXNs。  
出处：JFE工程技术(株)

## 专栏

### 日本感染性废弃物的处理方法

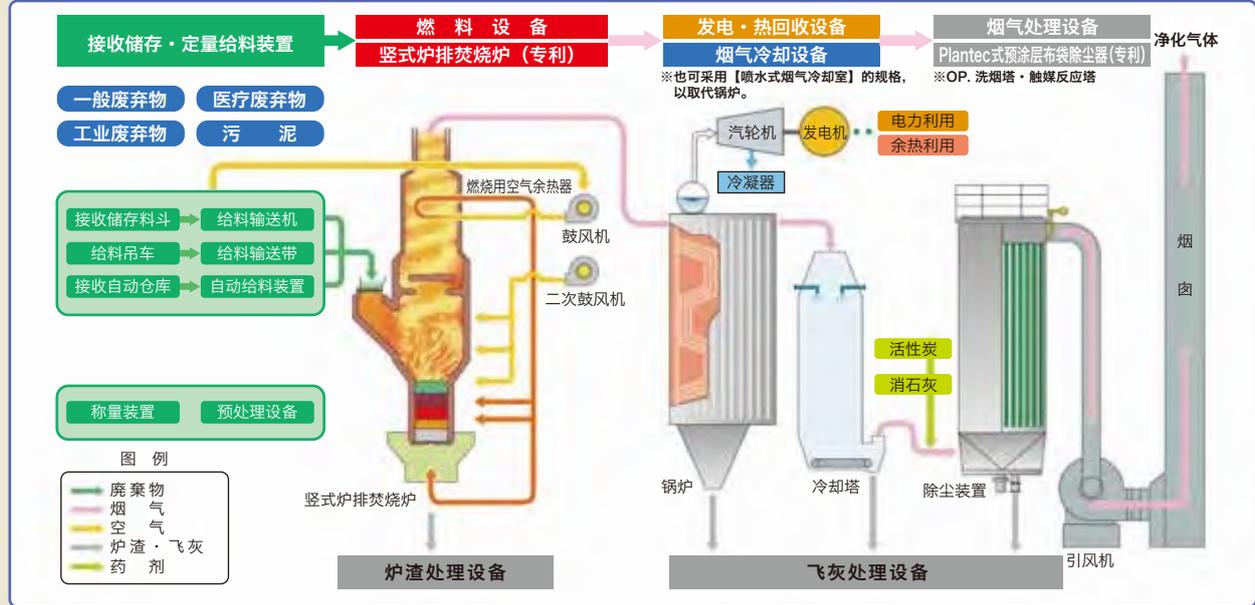
**根** 据废弃物处理法，感染性废弃物被指定为特别管理废弃物，规定需采用右侧列出的方法进行处理。

采用3~5的处理方法时，应对感染性废弃物进行破碎，确保能够完全灭菌或消毒，避免感染性病原体飞散。采用1~2的处理方法时，应使焚烧设备燃烧室内的烟气温度保持在800℃以上，燃烧室处理能力不满2吨/小时时，烟气中二噁英类的排放指标应在5ng-TEQ/m³以下。

- 1 使用焚烧设备的焚烧方法
- 2 使用熔融设备的熔融方法
- 3 使用高压蒸汽的灭菌方法
- 4 使用干热灭菌装置的灭菌方法
- 5 消毒方法

### 国外的焚烧厂的建设案例

菲律宾的奎松城以及阿拉伯联合酋长国 (UAE) 的迪拜市都建有日本的医疗废弃物处理设施。迪拜市的处理设施是湾岸各国中第一个采用大型医疗废弃物专用的处理设备的设施，该设施符合欧盟标准。



迪拜市已竣工的医疗废弃物焚烧设施采用竖式炉排焚烧炉，日处理能力为19.2吨/天，配备了烟气过滤除尘装置。助燃时不使用重油，因此能满足严格的欧盟排放标准，是一个高效率、环保型的新型焚烧厂  
提供：(株式会社)PLANTEC

处理感染性废弃物，大多采用焚烧处理或高压蒸汽灭菌处理。在日本，虽然通过改良小型焚烧炉解决了二噁英类问题，而焚烧处理也因此成为主流的处理方法，但是针对医院等产生感染性废弃物的源头单位，开发了各种灭菌处理设备如干热灭菌器及高压蒸汽灭菌器等，并得到了普遍的运用。



干热灭菌器



高压蒸汽灭菌器 (高压蒸汽灭菌器)

高压蒸汽灭菌是最为普遍并被广泛应用的一种灭菌处理方法。被应用于医疗器具的灭菌处理。

# 4 废弃塑料瓶的资源循环利用技术

## 高纯度的再生塑料树脂及制造技术

### 回收系统及多种多样的商品化技术

日本在3R (Reduce, Reuse, Recycle) 政策的指导下，分类回收废弃塑料瓶、废弃罐头等，并以此作为再生资源来生产新的产品。根据资源循环利用法回收废弃塑料瓶，制作各种纤维制品。进行废弃塑料瓶的资源循环利用时，比较容易获得纯度高的产品，利用这个特点有望通过更高度的技术来生产地毯及塑料瓶等。

### 废弃塑料瓶的回收及向资源再生企业提供回收物资

为了提高再生产品的质量，把回收来的废弃塑料瓶中的异物、瓶盖及商标纸去除后，进行压缩打包成瓶砖，再提供给资源再生企业。



## 生产高质量产品的资源再生利用技术

虽然利用废弃塑料瓶的再生树脂能生产出土木用资材、棉被的内衬等，但是要生产出长纤维以及染色后不会褪色的纤维的难度还是很大。

有一日本企业已在中国、泰国、台湾等国家进行废弃塑料瓶的再生树脂的资源循环利用。该企业利用再生原料，把树脂染色后制造出不褪色的纤维，并通过高度的缝制技术生产出高质量的地毯等。

### 附加价值高的资源循环利用的商品品种

地毯、汽车垫子、电热垫、各种地垫。  
制造我们日常生活中离不开的地垫类。



提供：根来产业（株式会社）

打包用胶带



### 专栏

**日** 本某一大型食品企业，结合了原料资源循环利用方法和化学物品资源循环利用方法，利用废弃塑料瓶再生产新的塑料瓶。原料资源循环利用方法是把废弃塑料瓶洗净后，通过高温溶解·过滤，生产出高质量的再生塑料树脂。然后利用50%的这种再生塑料树脂，同化学物品资源循环利用方法所再生的50%的再生塑料树脂相结合为100%的再生塑料树脂后，制作成饮料用塑料瓶。

通过以上的再生可以节约90%来自于石油的资源、并可减少60%二氧化碳(CO<sub>2</sub>)的排放量。



提供：三得利集团（株式会社）

## 有效收集废弃塑料瓶的体系

日本在1995年制定了容器包装资源循环利用法，开始由各自治体进行废弃资源的回收，到现在已形成了一种高度的资源循环利用的体系。过去，因为废弃塑料瓶的种类复杂·含有异物，所以只能生产出劣质的产品，较难以应用。但是现在去除异物以及加工方法等用以商品化的再生技术不断得到了提升，因此能生产出附加价值更高的商品。

针对居民自发性的进行集体的资源回收(集团回收)，部分市町村(基础地方公共团体)设立了补助制度，通过鼓励回收废塑料瓶等，促进废弃物的资源化发展。



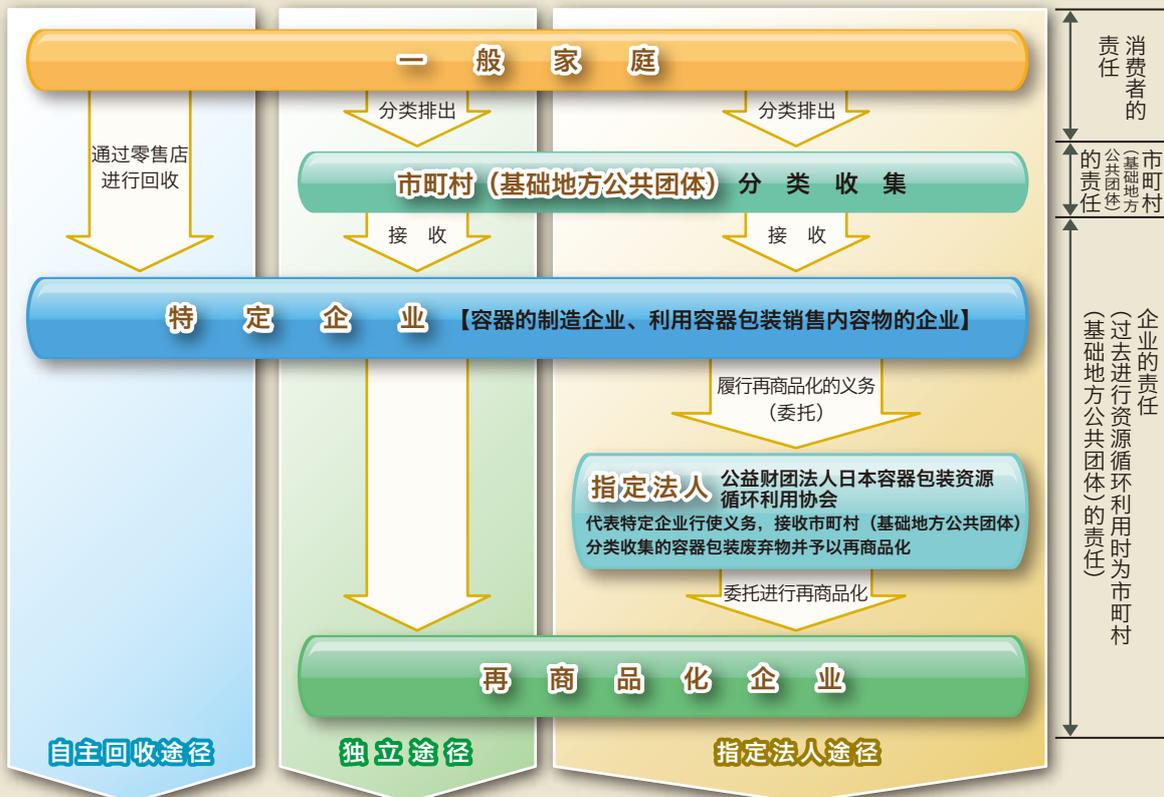
回收从家庭排出的废弃塑料瓶等资源，并把这些资源提供给独家签约的资源回收企业，从而实现资源的再利用，这种资源循环利用的活动称为【集团回收】。



以垃圾减量化、回收再生资源为目的，设置了塑料瓶、塑料盒、牛奶盒、报纸等专用的分类容器进行回收。摘自：日野市主页

### 日本的容器包装资源循环利用法的体系

(1995年6月提交，1997年4月实施)



### 容器包装资源循环利用法

容器包装资源循环利用法的体系为：从家庭排出的分类垃圾，如塑料瓶及塑料制的容器包装、玻璃容器、纸容器包装等通过市町村（基础地方公共团体）及销售商予以回收后，由公益财团法人日本容器包装资源循环利用协会接收，委托进行再商品化的企业进行再生的一个体系。

# 5 废旧家电的资源循环利用技术

## 环保性能佳、高品质的资源循环利用技术

### 废旧家电究竟是环境污染源还是有用物质的宝库，取决于能否正确处理废旧家电

发展中国家的很多小企业通常通过人工拆除来回收废旧家电中的贵金属，这样不仅危害了人体健康，还污染了周围环境，带来许多问题。家电中含有有害物质，但是也含有稀土金属等有用的资源。因此我们认为通过高度的资源回收技术进行回收，既可以保护环境也可以回收资源。

日本在20世纪1990年代，由自治体把废旧家电在大件垃圾的处理设施内进行破碎后，再予以资源循环利用，但是随着家电产品的多样化·大型化发展，这种处理方法已很难实施，而且原有的这些处理设施在回收有用的金属资源方面的技术有限，有必要进行层次更高的资源循环利用。2001年开始实施废旧家电资源循环利用法，该法引进了扩大生产者责任的理念，把生产者责任扩大到了产品的废弃阶段。现在，由家电制造业者等对这些被指定的家电进行资源循环利用，实现了高度的资源循环利用率。

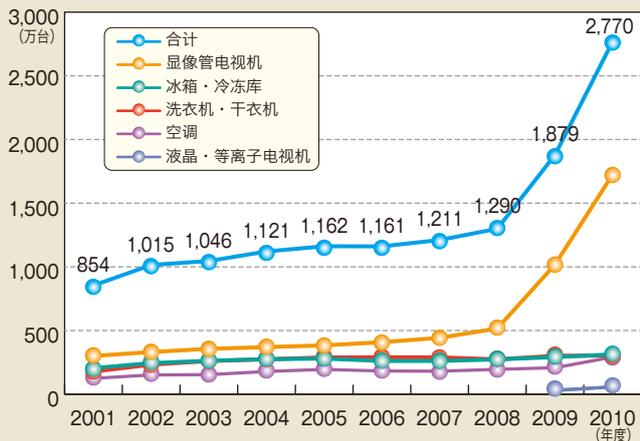


在亚洲地区，含有铅等有害物质的电子零部件被随意堆置，埋下了环境污染的隐患。



发展中国家进行资源循环利用时，在野外焚烧以回收铜，不仅造成了劳动卫生方面的问题，也造成了空气污染·水质污染等问题。

#### ● 根据日本的废旧家电资源循环利用法予以回收的废旧家电的数量



#### ● 根据废旧家电资源循环利用法，进行零部件及材料的再商品化的实施情况 (2010年)

(单位: 吨)	空调	电视机		冰箱 冷冻库	洗衣机 干衣机
		显像管式	液晶·等离子式		
铁	35,628	43,737	2,709	88,121	48,015
铜	8,367	15,153	90	2,895	1,785
铝	14,395	218	290	1,479	1,257
非铁·铁等混合物	40,238	2,636	102	25,887	13,216
显像管玻璃	-	217,846	-	-	-
其他有价值的物品	14,220	94,309	2,358	41,454	29,543
<b>总重量</b>	<b>112,848</b>	<b>373,899</b>	<b>5,549</b>	<b>159,836</b>	<b>93,816</b>

在有偿或无偿提供给企业(作为零部件或材料予以再生利用)时，该商品及材料的总重量。

### 专栏

#### 日本的废旧家电资源循环利用的制度

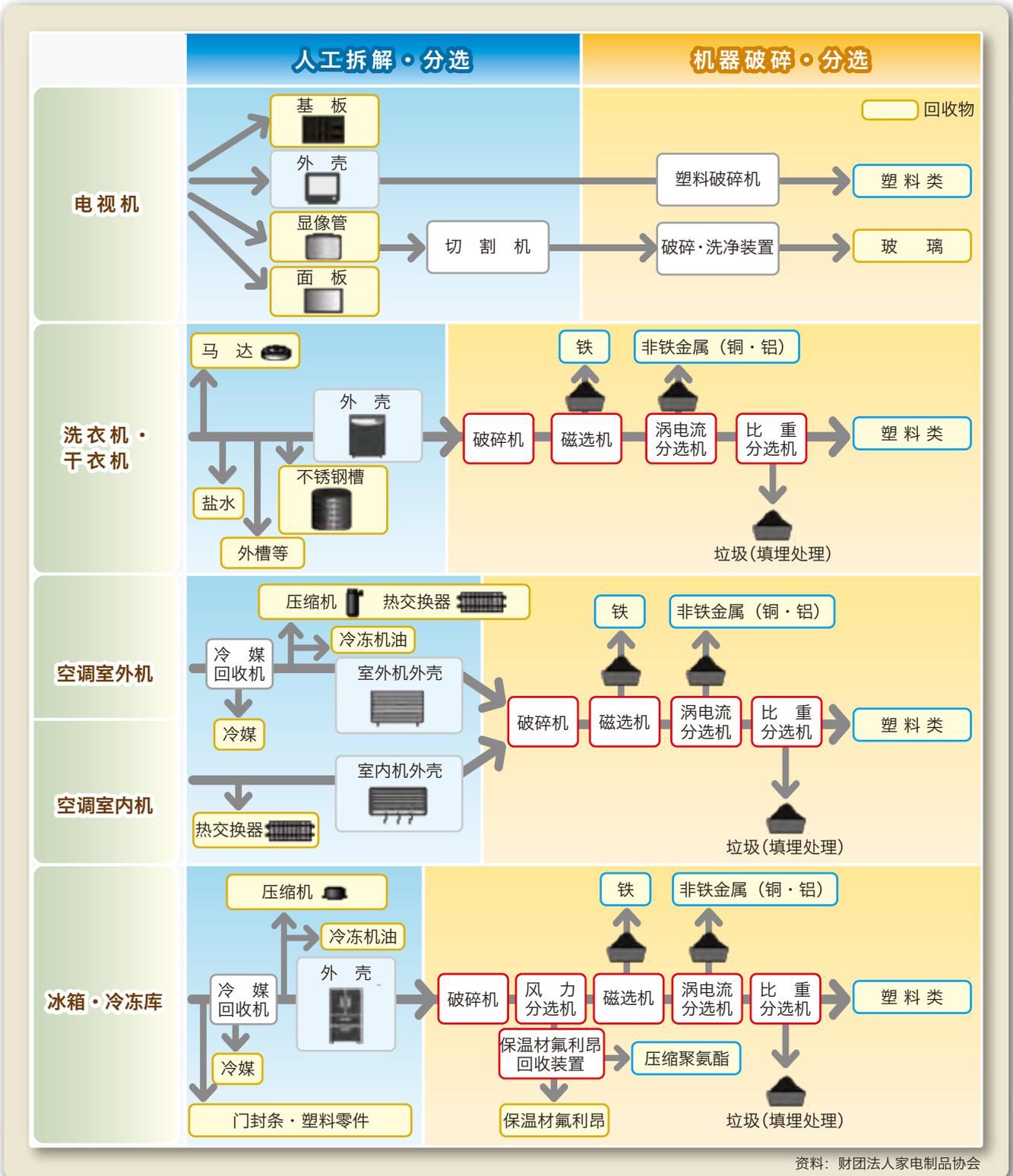
日本的废旧家电资源循环利用法，针对空调、电视机、冰箱·冷冻库、洗衣机·干衣机等4大类家电产品，规定了以下的责任分工：消费者在废弃家电时应支付进行收运、再商品化等费用，零售业者从消费者处回收废旧家电再转交给制造业者等，制造业者等回收过去制造、进口的相关机器并进行资源循环利用。

## 日本的废旧家电资源循环利用技术

日本的废旧家电资源循环利用采用以有效利用资源、对有害物进行无害化处理为目的的技术，并不断提升包括操作技术在内的所有技术。同时拥有大量的处理业绩，运行情况非常稳定。

过去的废旧家电的主流处理工艺，只是单纯的通过机器破碎后进行筛选、磁选等。现在，为了进行高度的资源循环利用，为了提高回收物的纯度，一般工艺流程为先由工人分类分选材料后，再利用机器进行破碎，提高了工作效率。而且不仅金属材料得到了再生利用，塑料等其他材料等也有效得到了再生利用。

冰箱及空调内含有破坏臭氧层的氟利昂，因此在进行资源循环利用时，需要回收液体氟利昂以及保温层中的氟利昂。此外还要充分考虑员工的安全以及处理设施周围的环保问题。



## 日本企业进入国外市场

日本企业已进入中国的废旧家电资源循环利用领域。



日本企业同当地企业合资建造的家电资源循环利用的工厂  
(中国·苏州)



日本企业在中国的废旧家电资源循环利用的工厂已开始运行。

提供：DOWA ECOSYSTEM (株式会社)

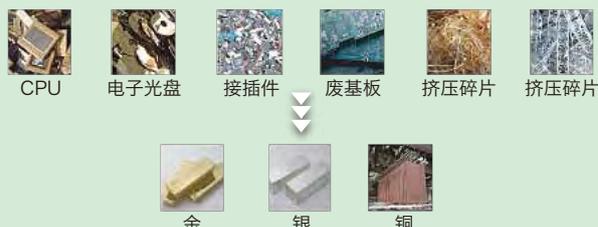
### 专栏

#### 同非铁金属冶炼行业进行合作



利用热处理·化学处理进行有用金属的回收。

#### 多种多样的资源循环利用的原料



通过和非铁金属冶炼行业等的合作，进行热·化学处理，能回收有用的金属、提升原料的纯度。并在开发研究如何回收及利用稀土金属的技术。

### 积极的活用生物质

在城市和农村排放的生活垃圾中，除了含有纸屑、塑料、木屑、等水分少的可燃性垃圾以外，还有食品工厂产生的废弃物、家庭排出的餐厨垃圾、牲畜粪便、下水道污泥、其他有机污泥等富含生物质的含水率废弃物。如直接填埋处理这些高含水率废弃物，将产生沼气和硫化氢等造成环境污染，如单独进行焚烧处理则需要使用助燃剂，处理工序繁琐。但是，生活垃圾中还含有可作为BDF有效利用的低含水率废食用油、通过焚烧回收能源的木屑等生物质。因此，应根据各地区的特性，对生活垃圾进行堆肥、沼气发酵、饲料化处理等多样化的处理。

近年来，日本为了建设循环型社会，从食品制造工序的废弃物到家庭生活垃圾、家畜排泄物、污泥等生物质进行单独或复合处理、焚烧等综合处理，推动了生物质回收利用产业的发展。以下，介绍一些生物质利用的先进案例。

#### 大分县日田市(高含水率生物质的活用)

农户委托回收业者对各养猪农户排出的猪粪尿、家庭及经营户排出的生活垃圾、排水处理设施产生的污泥进行回收，在沼气发酵设施进行统一处理。

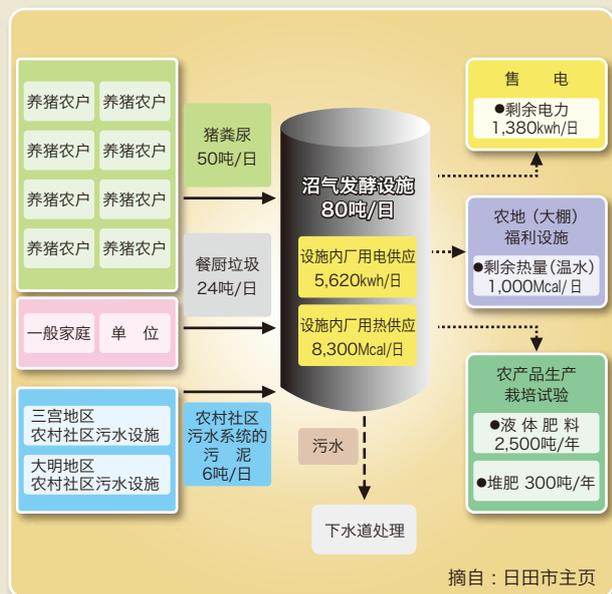
- (1) 处理规模：80吨/日(餐厨垃圾24吨/日、猪粪尿50吨/日、农村社区污水系统的污泥6吨/日)
- (2) 沼气发酵设备：湿式·中温发酵
- (3) 发电设备：燃气轮机170kW×2台  
(发电量 7,070kWh/日)
- (4) 液体肥料设备：年生产量 2,500吨
- (5) 堆肥设备：年生产量 约为290吨
- (6) 水处理设备：活性污泥+污泥可溶化处理



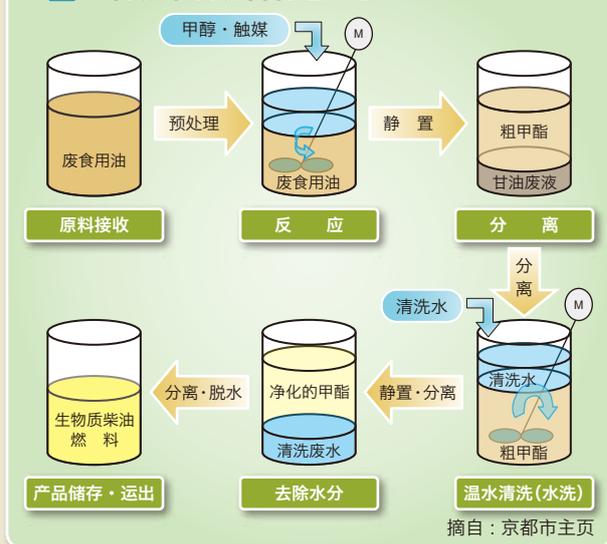
#### 京都市(从废油中制造燃油(BDF))

建立了废食用油回收体系，并作为市营公交汽车及废油收集车的燃料予以使用。

- (1) 处理规模：废植物性油 约5 吨/日
- (2) 处理方式：脂肪酸甲酯化
- (3) 生物质柴油燃料制造量：5,000升/日



#### 生物质柴油燃料制造工艺



## 日本对食品废弃物等的具体解决办法

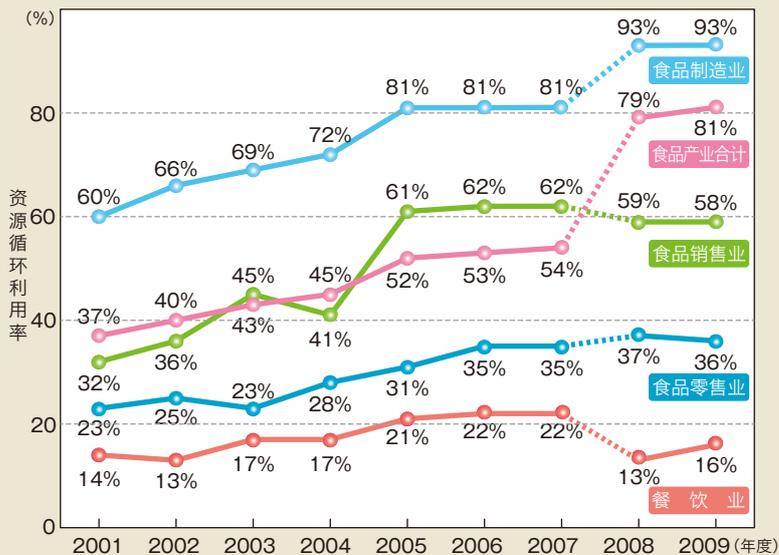
日本每年产生2000万吨食品废弃物，在肥料饲料制造商、肥料饲料使用者、收集运输公司的共同努力下，和其他垃圾分类进行收集。因此减少了食品废弃物中的异物混入量，通过饲料化、堆肥化、沼气发酵等方式回收燃气发电，从而有力的推动了生物质的有效利用。

近年来，为了推进饲料化的资源循环利用，日本重新构建了国内猪肉生产的基础设施，推动了食品废弃物等的饲料化处理，进一步减少了焚烧处理时产生的CO<sub>2</sub>排放量。

### 区域性循环型社会的构筑（例）



### 食品废弃物等的资源循环利用的进展情况



※2008年后的数值由于采用了能够反映实际情况的推算方法，因此2008年以后的数值不能与2007年以前的数值直接比较。

## 食品资源循环利用法

2000年制定的食品资源循环利用法规定，在抑制食品废弃物产生的同时，还应超越市町村（基础地方公共团体）的行政框架，在大范围内进行食品废弃物回收，建立饲料化·堆肥化的资源循环利用的环形网络，推动循环型社会的建设。

### 专栏

#### 从食品废弃物的生物质中回收资源和能源

清

除食品残渣中的异物，生产出安全的饲料。

还有，可抑制恶臭和产生污水的堆肥设施、沼气发酵设施也得到了广泛使用。减少食品废弃物的产量直接关系到垃圾处理费的降低，以及温室效应气体的减排。



饲料化设施



堆肥化设施



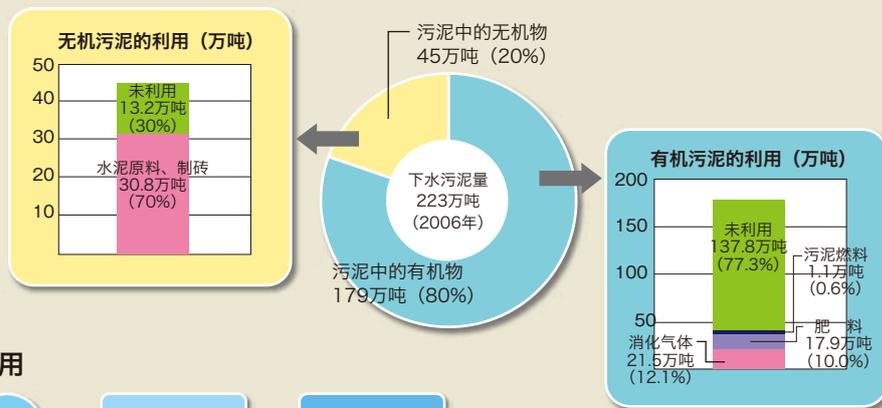
沼气发酵·发电设施

## 下水污泥的能源利用

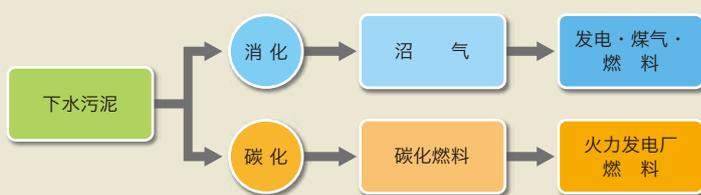
2006年度，日本污水处理厂的下水污泥年产量为223万吨。在下水污泥的组成物中，约80%为有机物（179万吨），其余20%是无机物（45万吨）。无机物中的70%被作为水泥原料、制砖原料进行再利用。在有机物中，10%作为肥料、12%作为消化气体、0.6%作为污泥燃料被再利用，剩余的77%以焚烧及填埋的方式处理。

把223万吨的下水污泥全部作为能源进行回收时，其发热量换算成原油约为97.5公升。以下水污泥替代化石燃料，可为促进CO<sub>2</sub>减排做出贡献。下水污泥的燃料化方法分为【消化法（生成沼气）】和【碳化法（制造碳化燃料）】的两种方法。关于最近日本下水污泥的能源利用情况，请参照下图。下水污泥是伴随人类生活活动必然发生的产物。从能源的角度来看，大城市下水污泥的供给量稳定，下水污泥作为资源的价值也越来越高。今后，期待下水污泥的能源利用能够步入正轨。

### 下水污泥发生量与利用状况



### 下水污泥的能源利用



资料：财团法人新能源财团

## 下水污泥产生沼气的利用

2010年10月，神户市启动了把下水污泥产生的沼气（甲烷97%以上），直接注入城市煤气管道的项目。通过此项目注入的沼气体量为80万m<sup>3</sup>/年，相当于2,000户家庭使用的煤气量，该项目可实现1,200吨/年的CO<sub>2</sub>减排效果。

至今为止还有长冈市每年把60万m<sup>3</sup>、金泽市把28万m<sup>3</sup>沼气通过管道，被输送至附近的城市煤气制造厂，作为“城市煤气制造厂的原料”进行使用。

神户市的沼气利用项目采用“不经过城市煤气制造厂，直接作为城市煤气供气”的方法，不受与制造厂间距离的制约，使下水处理厂产生的沼气得到了完全的有效利用。

### 下水污泥产生的沼气作为城市煤气利用



资料：财团法人新能源财团

## 农林·造纸行业生物质的能源利用

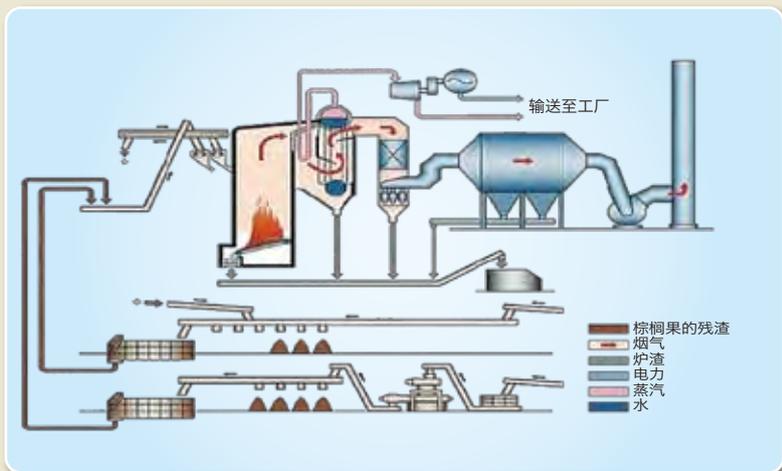
### 活跃在亚洲各国的生物质锅炉

在亚洲各国的废弃物中，有机性废弃物所占的比例较大，从造纸厂和棕榈油制造工序排出的有机性废弃物的有效活用备受瞩目。



#### ■ 树皮·木屑燃烧锅炉·发电设备

以造纸工厂的树皮为首，锯木厂·胶合板工厂的废料、住宅拆除废木材等多种废弃物生物质，均适用于锅炉燃烧。虽然生物质的含水率、性状因发生源而异，但可通过采用几种不同的燃烧机构加以应对。为确保电力的稳定供应，应保持均匀的燃料含水率，使发电设备具备高性能发电厂的运行功能。



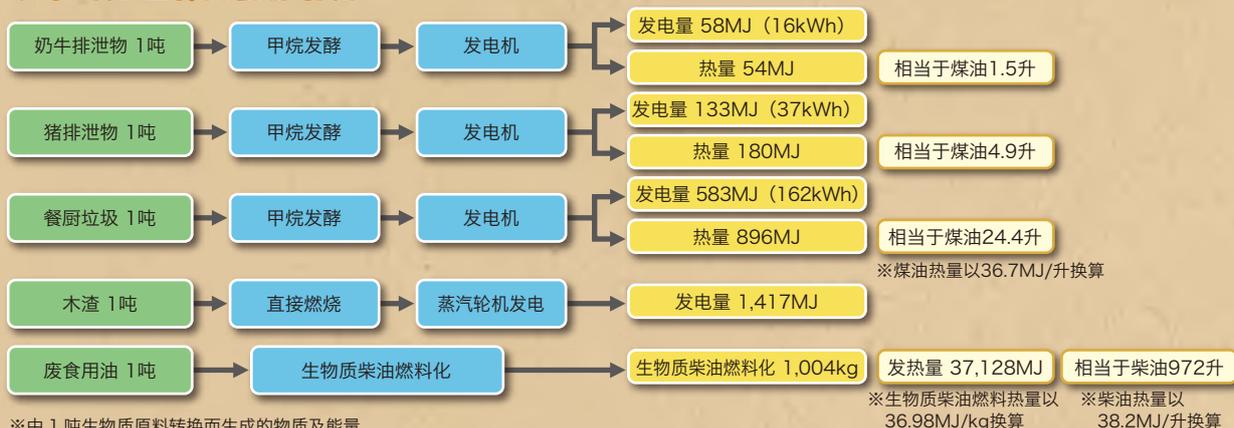
#### ■ 棕榈燃烧锅炉·发电设备

从棕榈果中可以提炼出食用油。棕榈油产业作为马来西亚、印度尼西亚兴旺的出口产业，成为热带农业中重要的一环。棕榈果的残渣具有作为锅炉燃料的使用价值，产生的蒸汽可用于厂内发电或向厂内的炼油工序提供蒸汽。虽然锅炉的规模较小，但也可作为热带产业提供原动力。

提供：(株式会社) 田熊

### 专栏

#### 从单纯处理转向能源利用



引用：生物质活用系统的设计与评估（农林水产生物循环再利用研究“系统化支持小组”编）

# 7 废弃物 填埋处理技术

## 短期内使废弃物达到稳定化的 填埋处理技术

### 准好氧填埋构造可以尽快的利用土地资源

亚洲大多数的城市的废弃物填埋场都存在露天倾倒·焚烧垃圾的现象。过去日本也存在同样的情况，1970年代福冈大学和福冈市开展共同研究，开发了卫生的不污染环境的废弃物填埋技术--准好氧填埋构造，并得到了实际运用。

在结束填埋后，准好氧填埋技术比厌氧填埋技术能更早的达到稳定化，从而可以更快的进行土地再利用，如建设公园及运动场所等。此外，准好氧填埋技术还被CDM（清洁发展机制）理事会认定为CDM方法之一。



北海道札幌市的MOERENUMA的最终填埋场，从1979年开始使用，直到1990年结束。现在该填埋场已成为一个公园，向社会开放，成为市民及游客的休憩场所。这个公园是由世界著名的设计师野口勇设计的。

福冈县福冈市，从1975年开始在今津填埋场进行废弃物填埋，现在这个填埋场的一部分作为运动型公园以及市民农场予以利用。

提供：福冈大学 工学部 水理卫生工学实验室



#### 专栏

### 把现有的填埋场改造为准好氧填埋构造也被认定为CDM方法之一

过去，废弃物领域的CDM认定仅仅局限于从填埋场回收沼气进行能源利用的技术，以及好氧填埋处理技术。因为通过把现有填埋场改造为准好氧填埋构造可以抑制填埋场沼气的排放量，因此2011年7月15日，在摩洛哥举行的【第62届联合国CDM理事会】中，把这项技术认定为联合国气候变化纲要公约（UNFCCC）中规定的清洁开发机制（CDM）的一项新的方法。

- 认定方法：AM0093「Avoidance of landfill gas emissions by passive aeration of landfills」
- 发表文章：URL：<http://cdm.unfccc.int/EB/index.html>

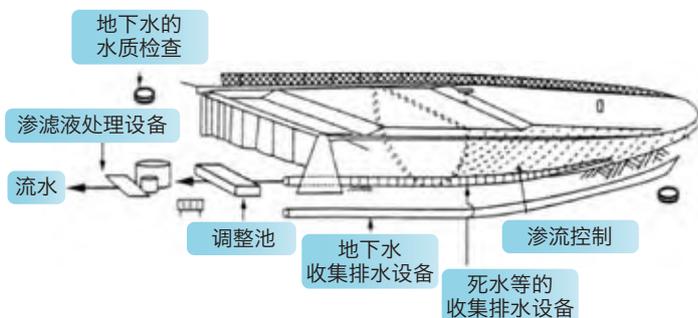
## 废弃物的填埋处理技术及制度

1977年制定了最终填埋场的构造标准及维护管理标准。在标准内，规定了最终填埋场的类型为管理型填埋场、安定型填埋场、遮断型填埋场，并根据废弃物的性状规定了安全进行填埋处理的构造。准好氧填埋构造采用管理型填埋场的构造标准。

对人体健康及生活环境造成危害的重金属及PCB等有害废弃物，必须在遮断型填埋场进行处理。可能污染公共水域及地下水，产生填埋沼气、恶臭、害虫等对人类的生活环境造成影响的有害废弃物以外的废弃物，必须在管理型填埋场进行处理。废塑料类、橡胶屑类、金属屑、玻璃、陶瓷器屑、砖瓦类等对环境污染较轻的废弃物可以在安定型填埋场进行处理。

### 管理型最终填埋场

因填埋物分解后会污染生活环境，因此需设置渗流控制、渗沥水的收集及处理设备。



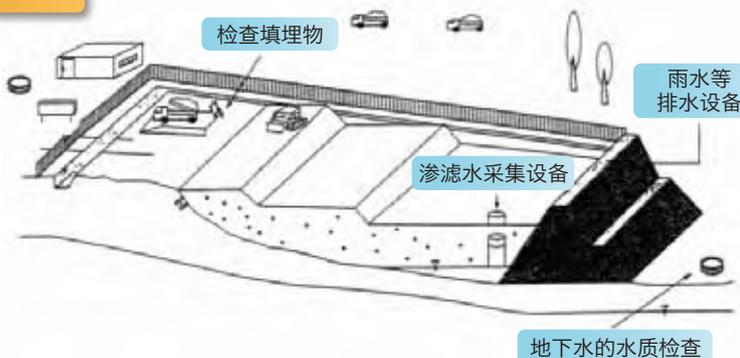
### 膜的断面图 (某例)



通常铺设在管理型填埋场的底部和表面，以防止污染地下水。已开发多种耐用性强的产品，并得到了实际应用。在不透水性地层处建设填埋场时，如地层厚度达5m以上，透水系数为 $1 \times 10^{-5}$ cm/秒以下，即不需铺设防渗膜。

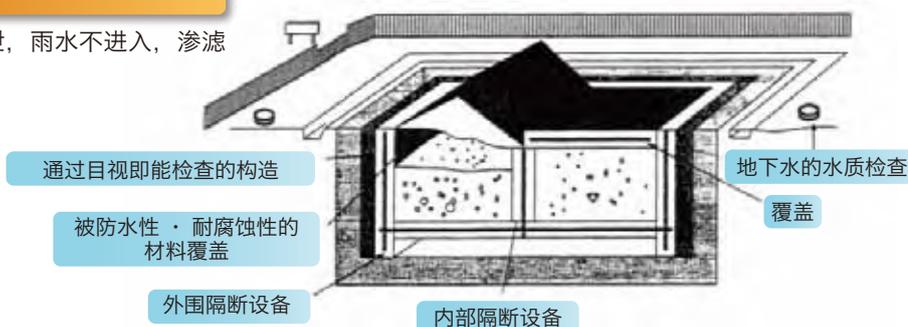
### 安定型最终填埋场

填埋物填埋后，不发生生物化学反应，也不会产生污染水，因此不需要设置渗流控制、渗滤水的收集及处理设备。



### 遮断型最终填埋场

它的构造使有害物质不外泄，雨水不进入，渗滤水不外漏。



摘自：【综合性建设副产物的对策】2002年版、(财) 先端建设技术中心

## 准好氧填埋的构造

准好氧填埋构造是福冈大学和福冈市共同研究开发的。在填埋场的底部设置渗滤液收集排水管道，把渗滤液排出填埋场的系统外，不让水分滞留在填埋废弃物层中。并且利用收集排水管内的上部空间向填埋地层内送风，能促进废弃物的好氧分解。因此，填埋的废弃物能在短期内达到稳定化，从防止地球温暖化对策的角度看，抑制了温室气体沼气的产生量，因此这是一个非常有效地一项技术。

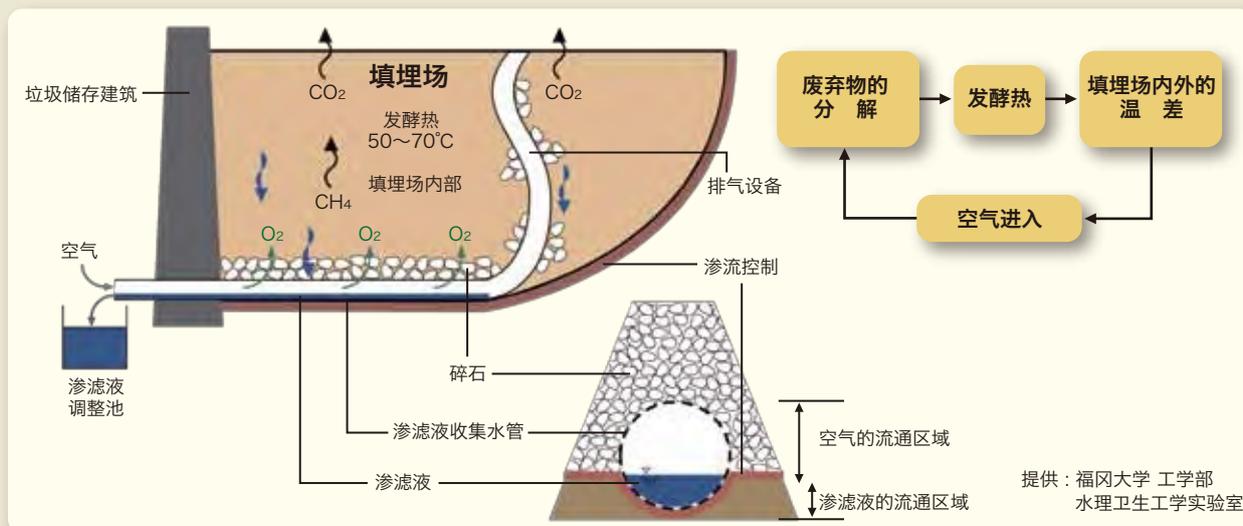
一般，在氧量充足的好氧环境里，有机物中的碳转为二氧化碳，氮气类等脱氮，硫磺转为硫酸离子，因此，基本上不会产生恶臭和可燃性气体。同时，在好氧环境里，微生物有着强大的分解废弃物的能力，所以废弃物在短期内即可达到稳定化。

相反，在没有氧气的厌氧环境里，有机物通过醋酸等挥发性的有机酸的作用，转为沼气和二氧化碳，氮气和硫磺被转为氨、胺、硫化氢、硫醇等散发恶臭物，给周围的生活环境带来极恶劣的影响。

### 准好氧填埋构造的特征

- 1 渗滤液的水质比厌氧性的好
- 2 产生的温室气体少
- 3 比厌氧性的填埋垃圾快速达到稳定化
- 4 渗滤液对地下水的污染少
- 5 运行管理费较低

### 准好氧填埋构造的机制



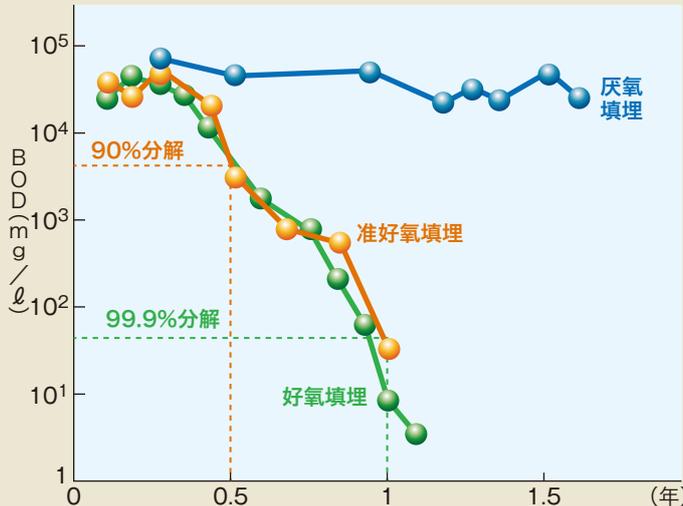
### 填埋场产生的气体成分

	准好氧填埋	厌氧填埋
沼气	30%	60%
CO <sub>2</sub>	70%	40%

温室气体的沼气的地球温暖化系数为,CO<sub>2</sub>的21倍。

准好氧填埋构造的渗滤液水质中的BOD在1年后大幅减少。NH<sub>3</sub>-N在1年内也急剧减少。但是，厌氧填埋却没有发现这种现象。

### 填埋构造和渗滤液中的BOD的时效变化(可燃烧垃圾)



## 在亚洲得到广泛应用的准好氧填埋处理场

由日本开发并得到实际运用的准好氧填埋构造，在外国运用的第一个项目是马来西亚槟城的露天倾倒地。由于市内产生的所有垃圾都被运进这个20公顷的处理场内，因此几乎每天都会发生火灾。严重危害了附近居民以及在这个处理场内回收有价值物质的拾荒者的健康。

为了改善这种情况，于是先从灭火开始，设置了排气管以便排气并盖上覆土，成功降低了沼气的排放量。因为沼气影响绿植的发育，所以1年以后绿植开始再生。通过2年的时间，终于把处理场改造为一个不产生公害的处理场。

之后，重新建造了一个高度5m、宽度10-20m的准好氧填埋场，之前的露天倾倒地成功发展成为一个卫生填埋场，还能成功的处理污水。

准好氧填埋构造技术能把露天倾倒的处理场快速改造为一个无烟的、进行卫生填埋的填埋场。这项技术成本低·技术含量低，因此除了马来西亚、巴基斯坦、中国、泰国、越南等亚洲国家以外，萨摩亚、多米尼加共和国、墨西哥、意大利等国也大力引进该技术，取得了众多的业绩。



渗滤液处理设施

改善前后（马来西亚）提供：福岡大学 工学部 水理卫生工学实验室



采用准好氧填埋构造的在建中的处理场

改善前后（多米尼加共和国）提供：圣地亚哥市CASA

### 专栏

#### 东京的最终处理场



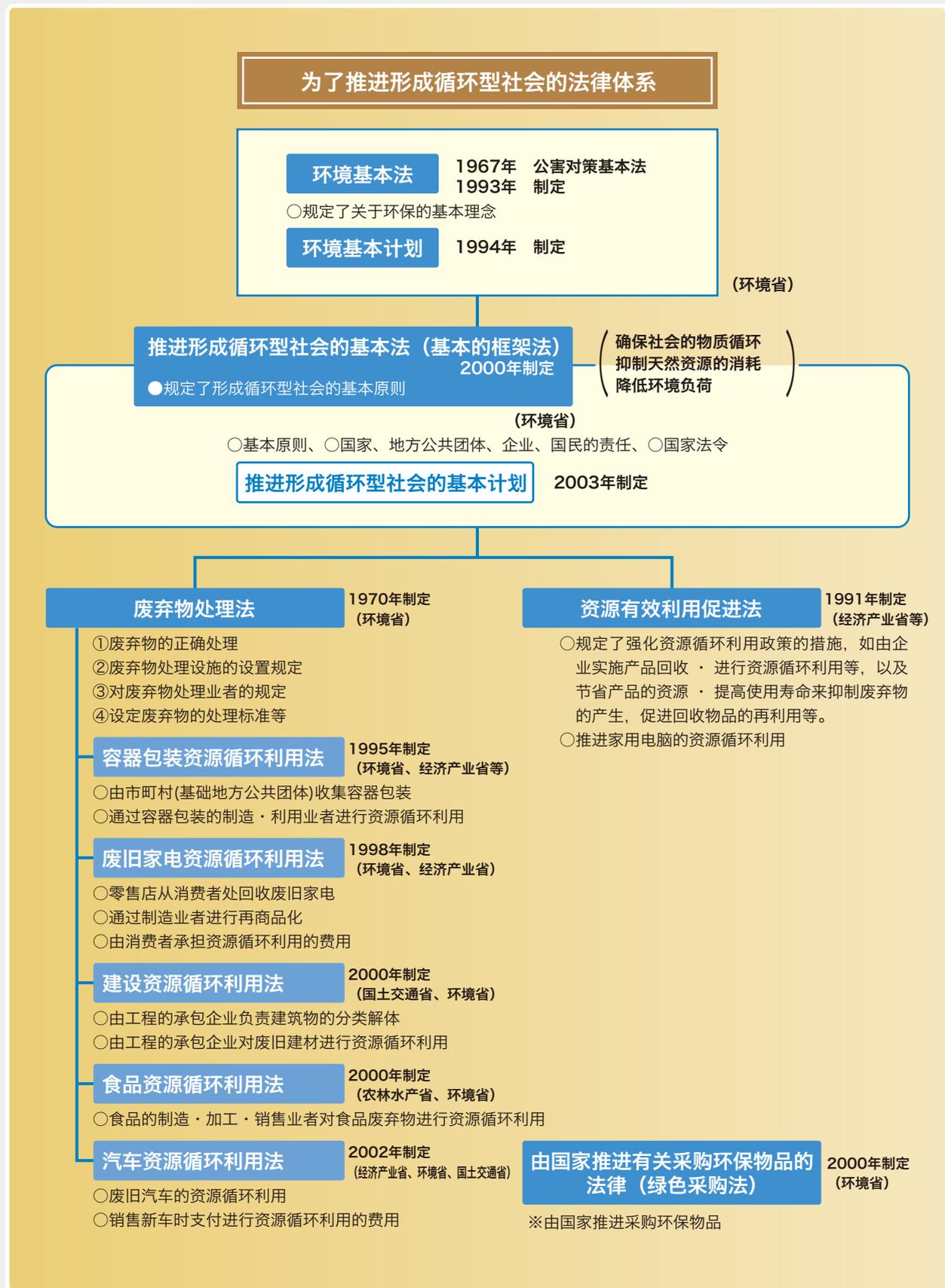
现在进行正确管理的处理厂

过去野鸟成群聚集的处理厂

摘自：东京二十三区清扫一部事务组合【垃圾报告23】

## 从废弃物管理到形成循环型社会的过程

日本根据以下的法律体系来抑制消耗天然资源，降低环境负荷，推进建设循环型社会。



环 境 省  
大臣官房废弃物・资源循环利用对策部  
企划科循环型社会推进室

制作：财团法人 日本环境卫生中心  
URL <http://www.jesc.or.jp/>

● 联系方式 ●

〒100-8975 东京都千代田区霞关 1-2-2  
环境省大臣官房废弃物・资源循环利用对策部企划科循环型社会推进室  
TEL : 03-3581-3351 (ex.6819)  
FAX : 03-3593-8262  
日系静脉园区网站  
[http://www.env.go.jp/recycle/circul/venous\\_industry/index.html](http://www.env.go.jp/recycle/circul/venous_industry/index.html)