

日本畜禽产业排泄物处理与循环利用的现状与技术

陈梅雪 杨敏 贺泓

(中国科学院生态环境研究中心,北京 100085)

摘要 20世纪40年代后,日本畜禽产业结构向大型集约化方向发展,年畜禽粪便排放总量7600万t左右。同时,由于畜禽产业等中小规模企业排出含有高氮磷等污染物的废水,致使湖泊、海域的富营养化问题日益严重。日本《水质污浊防止法》规定:饲养规模在50 m²以上的养猪场和200 m²以上的养牛场的排泄物排放标准为:总氮<120 mg/L,总磷<16 mg/L。牲畜粪便处理技术的研究和开发,一方面着重于高效脱氮除磷技术,另一方面,从资源的有效利用角度考虑,建立各种排水与废弃物处置的自立型循环共生系统。本文介绍了当前日本畜产业排泄物的处理与循环利用的现状与技术,特别是复合回收型处理系统及远程自动控制等技术的应用,推进了生物量循环的循环型社会的形成,同时,实现环境改善与资源的再利用。

关键词 畜产排泄物 粪便污染 处理技术 循环利用

The current status and treatment techniques of livestock excrement in Japan

Chen Meixue Yang Min He Hong

(Research Center for Eco-Environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100085)

Abstract After the 1940s, the intensive trend appeared in the livestock industry in Japan, and the total discharge amount of excrement was kept about 76 million ton per year. The concentration of N and P were very high in waste and wastewater from the livestock industry, and it caused eutrophication in lakes and coastal waters. Therefore, the discharged concentrations of T-N and T-P were limited less than 120 mg/L and 16 mg/L by the Law of Preventing Water Pollution, respectively. Recently, the research and development of treatment technology of livestock excrement were focused on the enhanced methods for removal of N and P, moreover, it was considered to establish the recycled system characterized by integrated use and treatment of excrement in local areas for energy recycling. The recycled social with biomass recycling was promoted by applying the techniques such as the combined recovery system and remote control technology and so on. The improvement of the environment and reuse of valuable resources could be reached meanwhile.

Key words livestock excrement; pollution of excrement; treatment technology; recycling

当前,我国畜产业造成的环境污染已经到了非常严重的程度,2000年国家环境保护总局在全国23个省市进行的调查发现,全国90%的规模化畜禽养殖场未经过环境影响评价。60%的养殖场缺乏必要的污染防治措施。而对环境影响较大的大中型养殖场有80%分布在人口集中、水系发达的东部沿海地区和北京、上海等大城市周围。一些养殖场甚至位于居民区内或距水源地不远的地方。针对存在的问题,我国的环境保护部门现在已经开始加强畜禽养殖业污染防治工作。日本畜产业排泄物处理、循环利用技术与发展思路可供借鉴。

1 日本畜禽产业排泄物的环境问题与现状

1.1 日本畜禽产业概况

20世纪40年代后,日本实施了《畜产品价格安定法》及农产品自由贸易的运行机制,使得畜牧生产向大规模、集约化方向发展。以养猪业为例,图1表示1980~1999年间日本养猪业饲养猪头数及饲

收稿日期:2003-10-30; 修订日期:2004-03-31

作者简介:陈梅雪(1970~),女,博士,副研究员,主要从事污水生物处理的研究工作。E-mail: mxchen@mail.reees.ac.cn

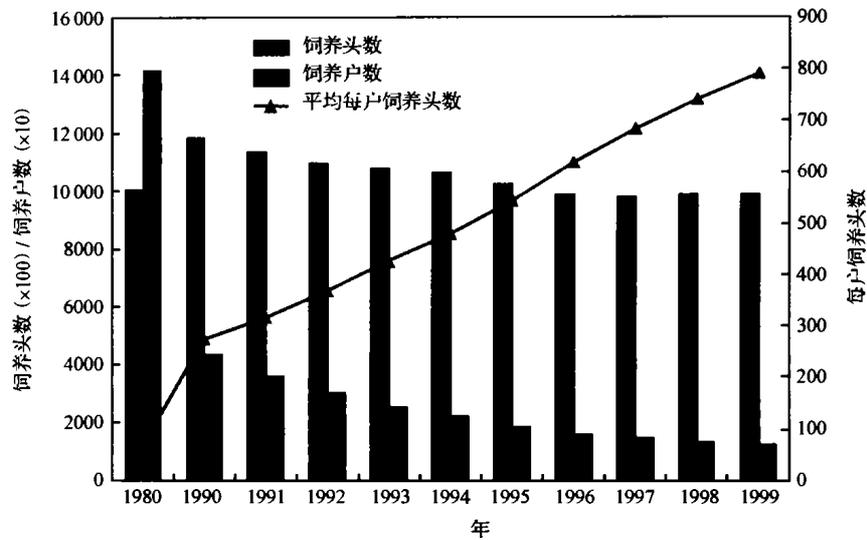


图1 日本养猪业饲养规模的变化

Fig. 1 Trend of breeding scale of swine industry in Japan

养户数的变化^[1],每户农家的饲养量呈显著上升趋势。随着大规模生产的进一步扩大,以中小规模饲养者为中心的生产大量减产,造成1995年后饲养头数的减少。根据畜产统计,1996年奶牛的生产户数为41 600户,比1995年减少6.1%,饲养头数减少了1.2%。肉用牛的饲养户数和饲养头数分别比1995年减少了8.7%和2.2%^[2]。日本畜牧生产大量依靠进口饲料,大型养殖业分布在东北、四国和九州等地。

1.2 日本畜禽产业排泄物的环境问题现状

日本畜产业小规模经营时代,养殖与耕作一体进行,家畜的粪便以及农作物的残渣是农作物生产不可缺少的有机肥料。但是随着经济的发展及饲养规模扩大,以及农作物肥料施用由有机肥转变为化肥,导致畜禽养殖场的畜禽粪便由宝变为废物。特别是畜禽粪便含水量多,气味大,造成处理、运输、施用中的一系列问题,加剧了畜禽粪直接还田的难度。

日本畜产业由于恶臭、水质污染等环境问题引起的与当地居民的环境纠纷在1973年达到高峰(12 000件)。而后,随着环境法规的执行及处理技术的发展,逐年下降到1996年的2576件^[3]。污染事件随地域不同有显著的差异。例如在关东地区主要以恶臭和虫害为主;过度密集饲养的九州地区则以水质污染为主;在北海道,由于冬季堆积冻结的牛粪随初春融雪流入河川造成的水污染问题最为突出^[3]。

1.3 畜禽产业排泄物现状

家畜粪便排出量随畜种、月龄、季节以及饲料种类等有很大变化。畜舍废水的排放量及污染物浓度如表1所示^[4]。年饲养量变化不大,1992年度日本家畜粪便的年排放量为7600万t,其中粪5800万t,尿1800万t,约占当年产业废弃物的20%。年粪便排放总量中养牛业占55%,养猪业占26%,养鸡业占17%。1头成猪粪便排放量为5.4 kg/d, BOD₅

表1 畜舍废水的排放量及污染物浓度(相当1头成畜)

Table 1 Discharge amount and pollutant concentration from livestock wastewater in Japan

家畜	排放量 (kg/d)	BOD ₅		SS		NH ₄ -N		P	
		浓度(mg/L)	负荷量(g/d)	浓度(mg/L)	负荷量(g/d)	浓度(mg/L)	负荷量(g/d)	浓度(mg/L)	负荷量(g/d)
粪	1.9	60 000	114	220 000	418	10 000	19	7000	13.3
猪 尿	3.5	5000	18	4500	16	5000	18	400	1.4
合计	5.4		130		430		37		14.7
粪	30	24 000	720	120 000	3600	4300	129	1700	51
牛 尿	20	4000	80	5000	100	8000	160	150	3
合计	50		800		3700		290		54

130 g/d,约为 1 个成年人的 10 倍(粪便排放量 1.5 kg/d, BOD₅ 13 g/d)。家畜排放的 NH₄-N 总量与日本全国使用化肥中的氮总量基本持平,磷为使用化肥中磷总量的 60%。

从表 1 数据可以看出家畜粪便污染负荷高,与尿污水相比粪中污染物含量高。排出尿污水的污染物具有浓度高、臭气强以及氮磷污染物含量高等特点。由于粪便的 BOD₅ 比例很高,适合采用生物法处理,但是废水中氮磷浓度过高,水中 BOD₅:N 达到 100:20 ~ 100:40^[3],采用普通的活性污泥处理很难达到良好的去除效果。

1.4 家畜粪便处理利用现状

在日本,氮磷污染物引起的湖泊、海域富营养问题日益严重。畜产废水由于含有有机物和氮磷的浓度很高,属于难处理废水。从防止富营养化的观点,日本《水质污浊防止法》规定生产规模 50 m² 以上的养猪场和 200 m² 以上的养牛场总氮 < 120 mg/L、总磷 < 16 mg/L。同时,采取了逐年提高氮磷排放标准的措施,2004 年又出台了《家畜排泄物管理规划及促进循环利用法》。该法规规定至 2003 年 9 月,排水中氨氮浓度为 < 190 mg/L、磷 < 30 mg/L^[5,6]。

日本家畜废弃物处理根据畜种及排泄物性状成分不同,采用不同的处理方法。从资源的有效利用角度考虑,排泄物堆肥后回用于农田和绿地是一种基本方法^[3]。

在实际处理中,储存处置占大部分,如表 2 所示,乳牛尿污水采用强制发酵(液体堆肥)是农用施肥的前处理方法;在不适合施肥的场合,猪尿污水适于生物处理,处理率占 12.9%。在尿污水量较多时(平均每头猪 1 d 粪量 1.9 kg,尿量 3.5 kg),主要采用固液分离后分别处理。粪便的分离状态决定了之后的相应处理方法。例如除粪率 50% 时, BOD₅ 去除了 50%,而除粪率提高到 70%, BOD₅ 的去除率达到了 65%^[3]。目前,大量猪舍采用下部为 V 型的设计,尿液进入粪便沟中的圆形管,达到粪便分离。另外,也有采用固液分离机进行固液分离。粪及固形物采用堆肥处理及日晒干燥。一般尿污水的处理以活性污泥法为主,由于活性污泥法的运行维护需要专门的管理技术,而同时氮磷排放法规日益严格,新技术的研究开发十分迫切。在进行甲烷发酵处理中,废液的处理最为重要。采用甲烷发酵处理可以降低臭气和 BOD₅,但是炭源以外的化合物残留,废液产生量较大。若采用活性污泥法进行处理,费用

较高。采用农田施用是比较经济可行的方法^[3]。

表 2 家畜尿污水的处理状况
Table 2 Wastewater treatment status of livestock industry (单位: %)

	奶牛	猪
储存	72.3	1.9
净化	1.9	23.7
强制发酵	2.1	6.9
其他	23.7	67.5

2 畜禽粪便处理及循环利用技术

日本家畜粪便处理初步进行固液分离后,固体部分采用堆肥、燃烧等方法处理,由于家畜粪便中有机物含量高,家畜污水可作为农用肥料及能源加以利用。根据畜种不同,奶牛的粪便混合物以浆状物排出的场合较多,采用好氧分解处理后作为液肥施用于附近耕地及草场。鸡粪的发热量可以达到 2000 kcal/kg,是可以加以利用的良好能源,养猪废水产气中甲烷量高达 60%,发热量 6000 kcal/m²,是很好的生物能源^[7]。表 3 示了各种处理方法对污染物的去除效果^[8]。活性污泥法为最常用的处理方法,处理水的水质应该达到 BOD₅ < 20 mg/L, T-N < 30 mg/L, T-P < 5 mg/L。

表 3 畜舍废水不同处理方法的去除率

Table 3 Removal rates of different wastewater treatment methods in livestock industry (单位: %)

处理方法	BOD ₅	COD	SS	T-N	T-P
活性污泥法	75.5	65.7	62.1	45.7	46.1
活性污泥 + 氧化池	92.0	93.7	98.2	77.5	46.1
活性污泥 + 蒸发	98.2	95.5	98.2	95.7	83.7
沉淀槽	27.3	23.2	45.5	20.3	22.5
氧化沟	97.8	89.8	89.8	71.3	64.8
氧化池	95.1	84.1	86.0	77.1	52.4
其他处理方法	68.5	60.1	29.7	22.4	24.2

2.1 固体废弃物处置

2.1.1 高品质堆肥

高品质堆肥是采用好氧发酵处理,产品腐熟度高,易于储存,可用于农田施放的处理方法,是目前日本普遍使用的方法。在反应槽内,添加木屑等作为载体供高温好氧微生物附着生长,这些微生物可

以将原料中的有机物分解为二氧化碳和水。有机物几乎完全矿化,污泥产生量极低。有机物分解过程中产生的热量可以将水分完全蒸发,与中温菌相比,高温菌的基质摄取速度与自身分解速度都有明显的提高。2000年,日立金属环境技术公司^[8]在埼玉县川本町建成了一座日处理量为58.3 t的高品质堆肥处理场,处理流程如图2所示。处理前后状况如表4所示。堆肥产品用于町内农田施肥。设施利用町内的生活及畜产废弃物为原料进行资源化处置,是一种地域循环型农业的典范。

表4 川本町堆肥场原料与产品性状
Table 4 Characteristics of raw material and product in composting stage of Kawamoto City

	原料	产品
含水率(%)	64.2	45.0
比重	0.54	0.37
C/N比	14.1	11.2
腐熟度	未腐熟	腐熟

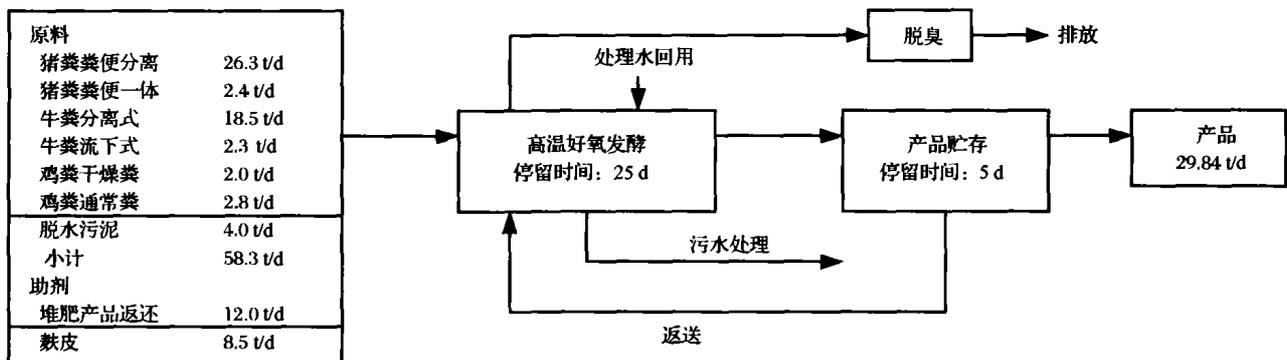


图2 川本町堆肥处理流程图

Fig. 2 Process of composting stage in Kawamoto Town

日本全国堆肥产量如表5所示,各种家畜粪便堆肥化处理量约4000万t/a。其中,根据畜种不同,粪便的性状不同,堆肥产量也不相同。牛粪中固形物分解率较低,因此,产生的用于水分蒸发的能量较低,堆肥产品的水分含量高达66%,而堆肥的产量约3150万t,占有堆肥产量的80%。猪粪和鸡粪中可分解物质比例大,堆肥产品中水分含量低,堆肥产量两者合计达820万t。

表5 畜禽粪便年均堆肥产量

Table 5 Average output of composting from the livestock waste and wastewater in Japan (单位:t)

畜种	粪量	助剂量	堆肥产量	产品水分
奶牛	21 647	5987	17 100	66.1
肉牛	19 131	4070	14 400	66.1
猪	7857	1573	3140	31.6
鸡	11 202	1400	5060	43.3
合计	59 837	13 030	39 700	

鸡舍排出物以固体状态为主,因此,处理方法以堆肥为主。通常需要前处理,对固态排泄物进行必要的水分(60%~65%)及营养成分比例调节,同

时,对于堆肥的通气量和pH也加以调整,以避免采用直接干燥时消耗大量能量以及产生氨氮臭气等二次污染物。前处理后,再进行一次发酵和二次发酵。一次发酵是利用微生物将易分解的有机物分解,此时,维持高温是非常重要的。在高温状态下,将病原微生物、蛔虫卵和杂草种子灭活。此外,频繁翻动1~2 m高的堆肥垛以达到强制通风的作用。一次发酵的周期一般为1~2周左右。二次发酵将大分子的有机物进一步缓慢分解,形成腐殖质物质,在这个时期,将一次发酵物堆成2 m左右,翻堆次数减少。这样可以在2~6个月内达到完全腐熟的堆肥产品。浆状物的堆肥处理后,处理水可作为液肥施用^[9]。

2.1.2 燃烧及炭化处理

除堆肥处理外,鸡粪中的水分含量较低,燃烧处理及炭化处理是目前可选择的另一种资源化处理方式。水分含量低于70%时可以采用自燃法,水分含量高时需要加入辅助燃料。自燃产生的热量可以回收作为干燥鸡粪的热源。燃烧处理的设施主要有火格子燃烧炉、流动床炉和回转式燃烧炉等。采用回转式燃烧,送风机向炉内以100 m/s的速度高速鼓

人空气,鸡粪随炉体翻转,完全燃烧。采用这种燃烧方式,排气中二噁啉浓度低于 0.27 ng-TEQ/m^3 (环境标准 5 ng-TEQ/m^3)。水分含量 40% 的鸡粪每日 12 t 处理量计算,约排出燃烧灰 1 t,废热回收 2000 万 kcal (折合石油 1800 L),可用于温室供暖。炉顶部温度约 $900 \text{ }^\circ\text{C}$,炉底温度约 $600 \text{ }^\circ\text{C}$,排气中氧气约 12%。未完全燃烧的物质不能被排出,同时,采用适当的停留时间抑制 CO 的产生量。燃烧灰中的二噁啉浓度为 $13 \text{ pg-TEQ/g}^{[10]}$ 。

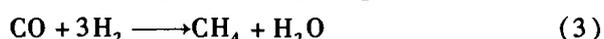
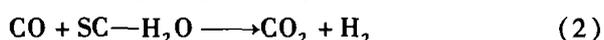
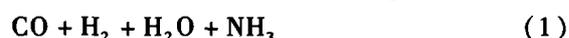
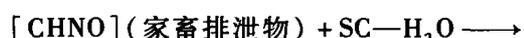
燃烧灰可作为肥料添加剂及磷源肥料使用,也可用于水泥原材料应用于建筑领域。

近年来,取代鸡粪堆肥化处理而采用炭化处理作为炭化物应用得到广泛的重视。炭化处理的原料为含水率 30% 以下的鸡粪,采用炭化炉及热风发生炉进行处理。根据处理方法不同,炉内温度 $250 \sim 750 \text{ }^\circ\text{C}$,20 min 以上无氧状态热处理生产炭化物。进一步将炭化物在 $850 \text{ }^\circ\text{C}$ 以上高温条件下加水蒸气活化,制得活性炭。炭化物可作为融雪剂、堆肥助剂及土壤改良剂等。活性炭可应用于活性污泥处理水 (特别是 Ca 含量高时,还可用于脱磷处理) 脱色及脱臭剂、鸡饲料添加剂。

比较鸡粪堆肥化处理及燃烧炭化处理的费用及产品出售价格计算出实际处理成本,堆肥为 9200 日元/t,炭化处理为 5900 ~ 22 800 日元/t,活性炭生产为 14 300 日元/t,燃烧处理最高为 80 000 日元/t。燃烧处理适用于小型处理规模,例如,在处理量为 0.5 t/h 的实际工程中,水分含量 70%,采用干燥-燃烧处理,原料的处理费用为 4600 日元/t。

2.1.3 超临界燃烧法^[11]

家畜排泄物 $600 \text{ }^\circ\text{C}$, $15 \sim 25 \text{ MPa}$ 的超临界水中完全燃烧,反应燃烧热高,可产生高压水蒸气,此蒸气可用于发电汽轮机用于发电。其后,水蒸气冷却返送回超临界燃烧炉。反应的原理如下所示。



(SC-H₂O 为超临界水)

反应过程中可产生氢气及甲烷气体,采用超临界燃烧的方法比已有的产氢气方法的产气量高 2 ~ 4 倍,但在处理成本上存在很大的问题。

2.2 畜禽排泄物污水净化技术

畜禽排泄物尿污水排出量的变化较大,特别是

随季节变化较大,一般夏季排出量增多。同时随畜舍运行管理方式不同,水质变化也很大,可以采用不同处理方法的组合工艺达到排放标准。在废水处理方面,氮磷营养元素去除技术是目前的主要关注点。氨氮的去除一般采用好氧-缺氧(AO)法,但磷的去除采用生物处理难以取得良好的去除效果,可以采用絮凝沉淀及结晶法^[12]去除。

由于畜舍废水处理一般规模小,水中氨氮浓度很高,因此多采用 SBR 反应器进行处理。BOD₅ 设计负荷在 $0.2 \sim 0.4 \text{ kg BOD}_5/\text{m}^3 \cdot \text{d}$ 。尿污水处理设施建立分为 2 种情况:一种为政府投资建立综合处理场,收集养殖户的粪便进行集中处理;另一种情况是在养殖场内建处理设施,但是日常运行管理由农户进行,由于缺少专门的管理经验,处理效果往往不好。为解决分散农户污水处理的维持管理困难,伊藤忠林业株式会社开发了远程自动化集中管理技术^[13]。现场反应器内安放 DO、ORP 和 pH 电极,处理状况自动记录并远程传回中心控制室,技术人员根据 DO、ORP 和 pH 曲线的变化作出判断,指导运行管理。

位于千叶县八千代市的畜产废水处理场从周边小型畜牧场收集家畜粪便,经固液分离后,固体部分进行堆肥处理,液体部分采用好氧 SBR 进行硝化反硝化脱氮处理,之后经过絮凝、砂滤和活性炭吸附处理,日处理水量 20 t,处理进出水质如表 6 所示。

表 6 八千代市畜产排水处理场进出水质
Table 6 Influent and effluent of livestock wastewater treatment station in Yachiyo City

项目	进水	出水
SS(mg/L)	6900	80
BOD ₅ (mg/L)	17 000	70
COD(mg/L)	9000	70
T-N(mg/L)	4200	30
T-P(mg/L)	220	4

2.3 脱臭处理

畜产排放的臭气与粪便一样是引起环境问题的主要污染源。臭气来源于畜舍及堆肥等处理过程,其主要成分为氨气、硫化氢及挥发性有机酸。畜产业排放臭气可采用水洗法、吸附去除法、药液处理法、燃烧法、生物脱臭法及臭氧氧化法等。各方法原理及特点如表 7 所示。各种脱臭方法中,投资费用及运行费用较低同时又可以得到良好脱臭效果的方

法是,利用微生物分解臭气的生物脱臭法。在生物脱臭法中,臭气成分吸附在脱臭材料(滤材)中随后被材料中的微生物分解为无臭气体排放。脱臭材料中主要生长的微生物有:氨氧化细菌、亚硝酸氧化细菌、反硝化菌和硫化菌等。土壤处理过程将臭气成分吸附在土壤颗粒上,然后溶解在土壤水分中,臭气成分作为营养源提供微生物生长,将臭气物质转化为无臭气体。实际工程中,将臭气通入土壤槽最下部的主风道,然后通过支风道依次通过粗砂层、细沙层和土层。现在多用火山灰为土壤表土,硝化能力达到 10 mg 氨气/100 g 土壤·d。由于微生物的

适合生长温度为 25 ~ 30℃,因此,低于 10℃ 和高于 50℃ 的情况均不适于土壤处置。处理量与土壤容积有很大关系,由于土壤层堆积高度会比较明显地影响下部送风阻力,从而提高了运行费用。因此一般设计土壤堆积高度为 50 cm,送风速度为 5 mm/s,氨浓度低于 200 mg/L。与土壤处理方法近似,最近开发的高效 RW 脱臭装置,采用水田育苗土为主体,添加有机物及微生物菌源,水分调节至 40% 用于脱臭处理。填料的通气阻抗为土壤的 1/3 ~ 1/5,所以装置堆积高度可以比土壤处置装置高 3 ~ 5 倍,大大减少了设施用地面积^[14]。

表 7 畜产臭气脱臭处理方法及特点

Table 7 Deodorizing techniques for livestock industry and their characteristics

方 法	原 理	特 征	问题点
水洗法	臭气在水中溶解去除	适用于去除易溶于水的臭气	要求气水接触良好,用水量大,处理后排水需进行处理
吸附法	活性炭等吸附去除	适用于处理低浓度的臭气	达到饱和和吸附量后失去脱臭效果,再生费用高
药液处理法	氧化性药液,与臭气发生化学反应去除	适用于处理氨气和脂肪酸等易溶于水的臭气,占地面积小	化学反应处理后废液需进行处理,更换药液费用高
燃烧法	臭气在 700 ~ 800℃ 下 0.3 ~ 0.5 s 氧化分解,有时需要使用催化剂	臭气成分浓度高时特别适用,可以得到很高的脱臭效果,占地面积小	燃料消耗费用高,运输成本较高
臭氧氧化法	利用臭氧的强氧化性将臭气成分分解	适用硫化氢和有机物处理	氨气处理效率低
土壤脱臭法	将臭气通入火山灰土壤,采用微生物将臭气成分分解转化	与其他方法比较,处理费用最低,可以保证很高的处理效果	不适用于高温及低温处理,设备占地面积大
RW 脱臭法	将臭气通 RW 材料灰土壤,采用微生物将臭气成分分解转化	与其他方法比较,处理费用最低,合适的处理规模可以保证很高的处理效果,占地面积是土壤处理法的 1/4 ~ 1/5	不适用于高温及低温处理,需进行适量的水分调节,需布水装置
堆肥脱臭法	将臭气通堆肥材料灰土壤,采用微生物将臭气成分分解转化	运行费用低	不适用于堆肥水分高通气不良的场合,微生物活性较土壤脱臭法及 RW 脱臭法低
活性污泥脱臭法	利用活性污泥微生物进行无臭化处理	适用臭气成分浓度范围广,但残留污泥会有臭气污染	采用曝气方法不适用于高浓度臭气处理,处理后的污泥需进一步处理

2.4 复合回收型处理系统

日本近年来研究开发了一系列与地域特性相适应的家畜排泄物复合资源回收处理系统。将地域内的生活垃圾等可生产生物气体的废弃物与家畜排泄物复合处理,产生的生物气体用于发电或供暖等用途。比较有代表性的是栗田公司开发的 Kurita Dranco Process^[10]。处理工艺将地域内的生活垃圾

与猪粪便混合,在 51 ~ 53℃ 进行干式发酵处理。产生的甲烷气体收集后用于发电及供暖。工艺流程如图 3 所示。气体贮罐的容积为 100 m³,生物气体发电机为特别研制的 14 kW 发电机。炭化装置的处理量为 200 kg/h。该工艺的优点在于,采用干式发酵,残渣为固体状态,不会产生废水。适用于地域内一切有机废弃物的处理,降低废弃物处理的建设费

和运行维持费用。由于温室效应控制、石油等燃料资源短缺及建立循环型社会的需要,再生能源的利用受到越来越广泛的关注。

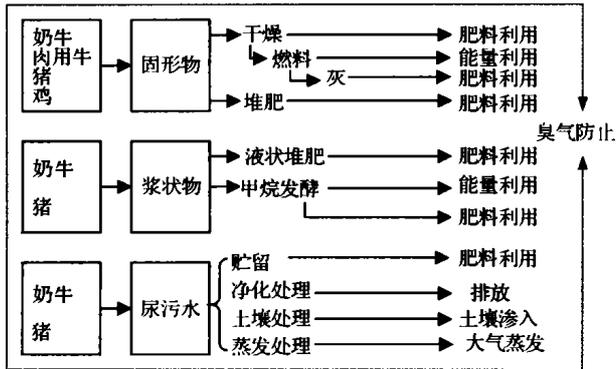


图 3 各种家畜排泄物采用的处理方法

Fig. 3 Treatment methods for excrement of various kinds of livestock

京都八木町畜产业发达,町内饲养奶牛和肉牛 1150 头、猪 1500 头。粪便堆积产生蚊蝇,恶臭等严重环境问题,同时对河道产生污染。为解决此问题,八木町建立了综合生态处置设施,投建了八木生物生态中心。该中心采用无动力搅拌的 BIMA 消化槽,产生的生物气体(主要为甲烷)除用于中心内部全部照明外,同时,回收的热量还可用于发酵槽加温及管理室供暖。发酵残渣采用堆肥处理,产品施用于农田,达到资源的有效利用。该中心每日生产气体量约 2000 m³,其中甲烷含量为 65%,发酵气体回收热量 5000 kcal/m³。最大发电容量 140 kW^[15]。

3 小 结

日本畜产排泄物处理及循环利用的研究开发,着眼于处理效果、维持管理可行性、经济性等方面的综合考虑。由于氮污染负荷的日益增大,造成畜舍排放的氮污染约占地域污染的 40%,目前,日本畜产排泄物处理重点为氮磷污染物的高效去除技术。另一方面,从环境和谐的观点出发,环境负荷小的次生能量,特别是木屑及食品工业废弃物作为有效二次能源的利用备受瞩目。将污染物作为新的能源物质加以利用,建立起各种废水与废弃物处置的自立型循环共生系统,实现生物质循环的循环型社会是日本社会发展的重要目标。这些技术和经验都为我国畜禽污染治理提供有益的启示。

参 考 文 献

- [1] 農林水産省統計情報部編. 畜産統計. 農林統計協會, 1999. 106 ~ 107
- [2] 農林水産省統計情報部編. 農林水産統計速報 8 ~ 80. 1996, 1 ~ 8
- [3] 徐開欽,全惠玉,須藤隆一. 畜舎排水の性状と原單位. 用水と廃水, 1997, 39 (12) : 1097 ~ 1105
- [4] 羽賀清典. 畜産系排水処理と負荷削減. 用水と廃水, 1995, 37 (1) : 44 ~ 49
- [5] 須藤隆一. 21 世紀の水環境行政. 第 39 回日本水環境學會 seminar 資料, 2000. 1 ~ 10
- [6] 須藤隆一. 家畜排泄物の排出實態法規制の動向と處理技術的評價. 家畜排泄物(家畜ふん尿)の處理リサイクルと環境對策講習班, 2003. 15 ~ 18
- [7] 原田靖生. 家畜排泄物の再資源化技術の方向. 用水と廃水, 2001, 43 (4) : 306 ~ 311
- [8] 宮板邦夫. 家畜排泄物の高品質コンポスト化有効利用と尿處理. 家畜排泄物(家畜ふん尿)の處理リサイクルと環境對策講習班, 2003. 50 ~ 55
- [9] 李瓊雨,多田千佳,西村修,等. 高温好氣發酵法による豚舎廢棄物の處理特性. 水環境學會志, 1998, 21 (12) : 862 ~ 868
- [10] 龜岡俊則. 家畜排泄物の燃燒及び炭化處理と燒却灰の有効利用. 家畜排泄物(家畜ふん尿)の處理リサイクルと環境對策講習班, 2003. 25 ~ 32
- [11] 佐古猛. 家畜排泄物の超臨界中燃燒と熱エネルギーの有効利用技術. 家畜排泄物(家畜ふん尿)の處理リサイクルと環境對策講習班, 2003. 72 ~ 82
- [12] 鈴木一好. 結晶化法による豚舎汚水中のリンの除去及び回収. 日本養豚學會誌, 2002. 1 ~ 10
- [13] 道宗直昭. 家畜排泄物の臭氣特性と脱臭技術. 家畜排泄物(家畜ふん尿)の處理リサイクルと環境對策講習班, 2003. 83 ~ 94
- [14] 中村作二郎. 家畜排泄物汚水の浄化技術. 家畜排泄物(家畜ふん尿)の處理リサイクルと環境對策講習班, 2003. 96 ~ 103
- [15] 石橋保. 地域特性に合った家畜排泄物の復合資源回収型處理システムの開發事例. 家畜排泄物(家畜ふん尿)の處理リサイクルと環境對策講習班, 2003. 36 ~ 38