行政院及所屬各機關出國報告
（出國類別：研究）

研習日本畜牧臭味防治與廢水處理技術

服務機關：行政院農業委員會畜產試驗所
姓名：鄭閔謙
職稱：助理研究員
派赴國家：日本
出國期間：105年8月21日至105年9月2日
報告日期：105年11月2日

摘　　要

依據農業年報資料2015年台灣乳牛與豬之在養頭數分別為13萬與549萬頭，每天產生之廢水量極其可觀。依環境保護署統計資料，民國105年總共有697件畜牧業因違反水污法被裁罰，其中有254件為事業放流水超過法規標準被裁罰。又環保署預計於民國106年對畜牧產業開始徵收水污染防治費，收費標準則依事業排放水量與排放濃度（化學需氧量與懸浮固體物）計算，因此日後養牛與養豬事業放流水之排放水質不僅需符合排放水標準外，亦牽涉到水污染防治費收費基準，如何降低畜牧事業排放水質為目前產業急需了解之課題。

日本之人文與地理條件與台灣類似，其制定之畜牧事業廢水排放標準又較台灣嚴格（化學需氧量：160 (日間平均120) mg/L；懸浮固體物：200 (日間平均150) mg/L）；氮素600 mg/L），因此本計畫為觀摩日本之畜牧廢水處理制度、技術及配套措施，引進可用方法與技術，達到改善台灣畜牧事業廢水排放水質之目的。

在參加第17屆於日本舉辦之亞太畜產大會、參訪日本財團法人環境整備機構、畜產環境技術研究所及國立研究開發法人農研機構-草地研究所並收集相關法規等資料後。提出以下建議：一、畜牧業低碳生產為世界各國之趨勢，日本已有低碳生產之豬肉產品，台灣可從畜牧廢棄物管理上減少碳排量；二、日本於畜舍內即做好糞尿分離，其豬與乳牛之用水量分別僅為台灣之1/2與1/3或更低，因此應建立適合台灣環境之各種省水環保畜舍模式供業者參考，減少畜牧廢水產生量，以利後續廢水處理及其利用；三、日本於畜禽舍與堆肥舍應用噴霧、集塵網、生物濾料脫臭及利用化學反應將氨吸附轉換為固體氮肥等技術進行臭味防治，台灣可參考建立適合本土環境與畜舍之各種臭味防治技術供業者應用；四、日本利用濃縮、乾燥或消毒技術應用於畜牧所產生之沼渣沼液上，可降低再利用之運輸成本與減少病原菌污染。另外其利用堆肥之餘熱於仔豬保溫等模式可供台灣參考。

綜上所述，台灣可參考日本模式建立適合台灣本土環境之源頭減廢（節水）、臭味防治及再利用模式供業者參考，以因應未來台灣越趨嚴格之環保法令。

目 錄

	頁碼
壹、緣起	3
貳、目的	3
參、過程	4
肆、人員	5
伍、內容與心得	5
陸、建議事項	24
柒、附件	26

研習日本畜牧臭味防治與廢水處理技術
出國報告

壹、緣起

依據農業年報資料2015年台灣乳牛與豬之在養頭數分別為13萬與549萬頭，每天產生之廢水量極其可觀。依環境保護署統計資料，民國105年總共有697件畜牧業因違反水污法被裁罰，其中有254件為事業放流水超過法規標準被裁罰。又環保署預計於民國106年對畜牧產業開始徵收水污染防治費，收費標準則依事業排放水量與排放濃度（化學需氧量與懸浮固體物）計算，因此日後養牛與養豬事業放流水之排放水質不僅需符合排放水標準外，亦牽涉到水污染防治費收費基準，如何降低畜牧事業排放水質為目前產業急需了解之課題。

貳、目的

日本之人文與地理條件與台灣類似，其制定之畜牧事業廢水排放標準又較台灣嚴格（生物需氧量：160 (日間平均120) mg/L；懸浮固體物：200 (日間平均150) mg/L）；氮素600 mg/L），因此本計畫為觀摩日本畜牧污染防治技術包含畜牧廢水與臭味防治等處理制度、技術及配套措施，引進可用方法與技術，達到改善台灣畜牧事業廢水排放水質之目的。

參、過程

本次參訪行程安排如下表：

日期	星期	地區及行程	預定研習內容
8/21	日	高雄-福岡	去程
8/22	一	福岡	參加亞太畜產大會研習各國污染防治技術
8/23	二	福岡	參加亞太畜產大會研習各國污染防治技術
8/24	三	福岡	參加亞太畜產大會研習各國污染防治技術
8/25	四	福岡	參加亞太畜產大會研習各國污染防治技術
8/26	五	福岡-東京	路程
8/27	六	東京	資料收集與整理
8/28	日	東京	資料收集與整理
8/29	一	東京	至環境整備機構東京總部研習日本環境污染防治法規、畜牧業污染防治輔導措施、畜牧臭味、節水、水質改善及資源再利用技術應用現況與瓶頸
8/30	二	福島	至畜產環境技術研究所研習日本畜牧臭味、節水、水質改善及資源再利用技術
8/31	三	茨城縣筑波	至日本草地研究所研習日本畜牧臭味、節水、水質改善及資源再利用技術
9/1	四	茨城縣筑波	至日本草地研究所研習日本畜牧臭味、節水、水質改善及資源再利用技術
9/2	五	日本東京-高雄	回程

肆、 人員

服務單位	職稱	姓名
畜產試驗所	助理研究員	鄭閔謙

伍、 內容與心得

一、第 17 屆亞太畜產大會（Asian-Australasian Association of Animal Production Societies Animal Science Congress）

亞太畜產大會每兩年舉辦一次，為亞澳畜牧學術領域之最高殿堂，每次舉辦皆能吸引 30-40 國家（不限亞洲國家）共 1,000-2,000 名研究人員參與學術研討與交流。 第十七屆亞太畜產學大會學術研討會，地點位於日本九州大學舉行。本次大會論文發表主題分為動物育種遺傳及繁殖、動物福利及健康與管理、動物營養與飼料、家禽與乳牛科學產業、畜產經濟、畜產加工、動物生理與解剖及畜牧廢棄物管理與資源再利用等領域別，共計有 410 篇口頭發表論文與 484 篇壁報論文發表，另外還有 16 個衛星專題會議。本人於這次大會上以海報展示加壓浮除法對養牛廢水處理可行性之研究成果（圖 1），於會議上也與許多國外專家學者進行技術交流與議題討論（圖 2），使我獲益良多。會議中其他重要環境議題相關之研發成果內容如下：

（一）畜禽生產模式之溫室氣體減量與氣候變遷因應（畜牧生產模式溫室氣體減量與適應氣候變遷會議）

根據 IPCC 2014 年發表數據顯示，全球農業活動排放二氧化碳總量大約佔總體排放量的 12-14%，其中 70%之排放量來自於畜禽生產過程。依據我國環保署國家通訊第二版資料顯示，2008 年台灣農業部門溫室氣體排放量約佔總排放量的 1%，其中畜牧腸胃發酵排放占 4.24%，畜牧排泄物處理排放占 4.34%。溫室氣體會導致全球氣候暖化與變遷，嚴重危害人類生存，因此節能減碳為全球趨勢，各國討論

未來於畜牧生產模式上需注意永續觀念，包括回復性的森林利用政策、防止土壤退化與沙漠化及維持生物多樣性等。於實際畜牧減碳方法可從建立本地畜牧生產碳足跡基礎資料、提高動物生產效率、反芻動物飼料減甲烷技術開發（如單寧、甘油等添加物）、育種低碳排動物（提高生產效率與排放量較少）、低氮與合理化胺基酸飼料使用、合理化施肥、廢棄物與廢水管理（糞肥作為肥料、沼氣利用、減少處理過程中之溫室氣體排放）及本地飼料原料開發等面向進行。

（二）紓解家畜熱緊迫之策略新技術

1. 飼糧中添加天門冬胺酸（D-aspartate）可顯著降低雞隻直腸溫度，有助於緩解雞隻於環境溫度下發生之熱緊迫。
2. 雞隻於孵化期給予熱刺激可增加其於之後生長期之熱耐受性。
3. 提供畜禽低耗能高效率之冷卻設施。

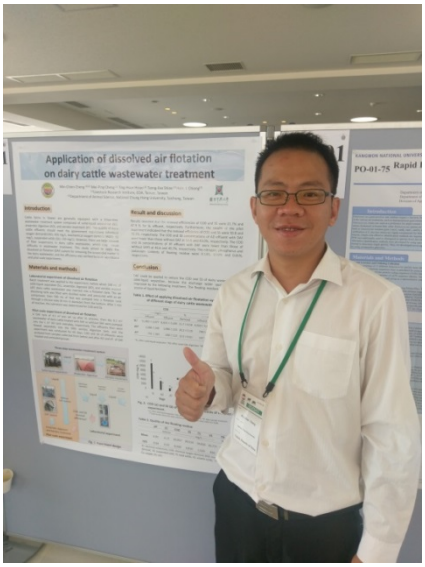


圖 1. 參加 17 屆亞太畜產大會暨論文發表

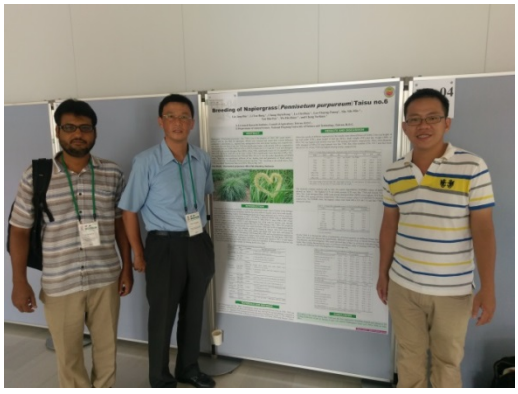


圖 2. 與他國專家學者討論合影

（三）參訪日本福岡養樂多工廠

養樂多為世界知名之乳酸發酵乳，至今已行銷 20 多個國家，全球每日生產量高達 300 萬瓶，圖 3 為其於各國產品之瓶裝樣式。養樂多為日本人代田稔博士於 1935 年於福岡成立代田保護菌研究所開始製造與販賣。本次亞太畜產大會安排之參訪行程即為前往其位於福岡之生產工廠。在工廠參訪過程中能看到養樂多的歷史演變與生產、填充及包裝等流程，讓人看到一流企業的嚴謹與設備的新穎。另外，其還將許多喝過的飲料罐回收製成開瓶器和玩偶等。

圖 3. 代田博士紀念雕像(左)與養樂多於各國產品之瓶裝樣式(右)

二、畜產環境整備機構

財團法人畜產環境整備機構設立於西元 1976 年 9 月 16 日，其設立之主要業務之一為從事畜牧污染防治輔導、技術研究及設備貸款與租借。轄下有一位於福島縣新白河之畜產環境技術研究所進行技術開發之工作。本次研習行程之一為拜訪其位於東京之辦公室與 Dr. HAGA 與進行畜牧污染防制技術與輔導實務之交流（圖 3）。另外還拜訪畜產環境技術研究所的首席研究員道宗直昭博士與田中康男博士分別討論畜牧臭味防治與畜牧廢水處理技術（圖 4）。技術交流內容與心得如下：

圖 3. 與環境整備機構首席研究員羽賀清典博士進行技術交流

圖 4. 畜產環境技術研究所與道宗直昭博士(右)及田中康男博士(左)合影

（一）日本畜禽飼養現況

2015 年日本國內畜禽飼養現況如表所示 1，日本畜牧業與台灣同樣面臨經營者高齡化與農村都市化的影響，因此畜牧環保問題越來越受到重視。

表 1. 2015 年日本主要畜禽飼養現況

	戶數	(千)隻
乳用牛	17,000	1,345
肉用牛	51,900	2,479
豬	4,830	9,313
蛋雞	2,530	175,733
肉雞	2,360	134,395

（資料來源：2016 年日本農林水產省統計資料）

（二）日本畜牧廢水處理現況

日本畜牧產生之廢水依處理方式可分為放流至河川或公共污水下水道、做為農地肥分利用、循環使用、蒸發及土壤處理等方法（圖 5）。其中蒸發及土壤處理目前已禁止使用。以下就各方法作簡介：

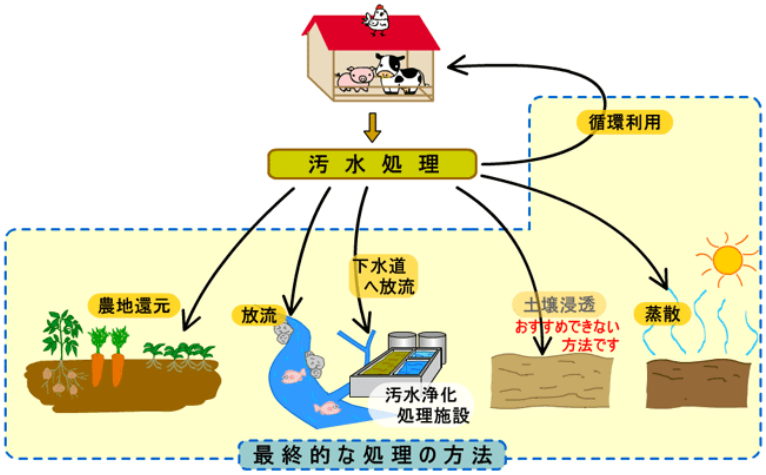


圖 5. 日本畜牧廢水處理現況

（資料來源：日本環境整備機構）

1. 放流河川、湖泊或污水下水道

日本水污染防治法規定肥育豬 65 頭、牛 35 頭或馬 50 頭以上者定義為特定事業場，其放流水需符合保護人體健康項目標準，目前規定總氮含量需低於 600 mg/L，未來目標為 100 mg/L，但如特定事業場每日放流水達 50 公噸以上者，其放流水標準需處理至符合保護生活環境項目標準（表 2）。而排放至公共污水下水道或處理廠，雖然排放水質不用依照法規標準，但可能需付處理費。

日本畜牧廢水處理流程可分為一級處理（固液分離）、二級處理（厭氣或好氣處理）及三級處理（添加凝集劑）等。2015 年日本符合特定事業場之規模有 27,399 戶，但其中僅有 386 戶每日放流水量超過 50 公噸，因此大部分之畜牧場之二級處理以活性污泥法為主(好氣處理)，以去除水中氮含量為首要目標。大型的畜牧場則搭配膜分離裝置，將放流水處理至保護生活環境項目標準。

表 2. 日本保護生活環境放流水排放標準

項目	標準值	備註
pH	5.8～8.6	肥育豬 65 頭、牛 35 頭或馬 50 頭以上，且 1 日排水量 50 CMD。
BOD	160 mg/L(日間平均: 120 mg/L)	
SS	200 mg/L (日間平均: 150 mg/L)	
銅	3 mg/L	
鋅	2 mg/L	
大腸菌群数	3,000 個/cm^3	

（資料來源：日本環境整備機構）

由於日本畜牧放流水質標準門檻為依畜牧場每日產生廢水量而定，因此日本畜牧場皆會盡量節省用水，例如，畜舍的糞與尿水於畜舍即進行分離，糞便利用刮糞或集糞系統先行收集與移出，或直接使用墊料式豬舍，如此可減少大量沖洗水清洗畜舍，日本之豬與乳牛之用水量分別為 15 L/頭與 60 L/頭，僅台灣之之 1/2 與 1/3 或更低。如每日放流水量超過 50 CMD 之畜牧場，因其放流水排放標準較嚴格，因此大多於後端再使用高級處理，如膜過濾處理，因此其可得到較台灣佳的畜牧廢水放流水質。

2. 農地還原

日本按照區域性劃設農地所需總氮量與總產生量，因此可有效管理畜牧廢水作為肥分利用模式。日本於畜牧廢水作為肥分利用於農地上需注意以下幾點：(1) 避免因過量施作而造成地下水污染；(2) 避免施灌區域附近有住戶，廢水可先經簡單曝氣或是添加磷酸以降低臭味；(3) 避免雜草種子或病原菌混入施灌農田，廢水可先經厭氣處理後再行利用；(4) 施灌廢水中之氮、磷及鉀成分需確認，以利計算施灌量；(5) 貯留施設容積大約可設置 3-6 個月之貯存量，但最終取決於附近可施灌農地所能負荷的量；(6) 考量運輸成本，運送距離大約為 10 公里以內。

2015 年日本畜禽糞便共有 8 千萬公噸，換算大約有 64 萬公噸之氮素，其氮素流向如圖 6，其中 53.8 萬公噸利用做為堆肥或液態肥料，其中又 42.9 萬公噸做為農地肥分使用。 此外，日本每年尚額外投入 40 萬公噸之化學氮肥，因此日本將每區氮肥投入與農地所需之氮肥量統計關係如圖 7，圖中顯示日本南九州之農地已不足以消納其當地產生之畜禽糞，需將其載運至別區或循其他利用處理方式。台灣如要推廣糞肥作為農地利用，應建立類似之基礎數據，方能妥善管理不致造成環境污染。

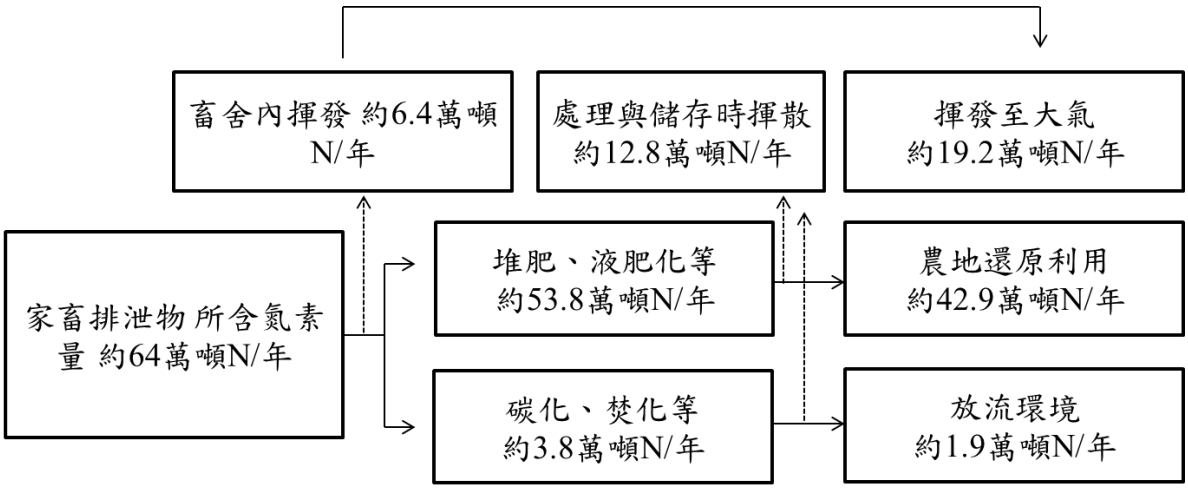


圖 6. 家畜排泄物氮素流向

(資料來源：日本畜產振興課 2015 年統計資料)

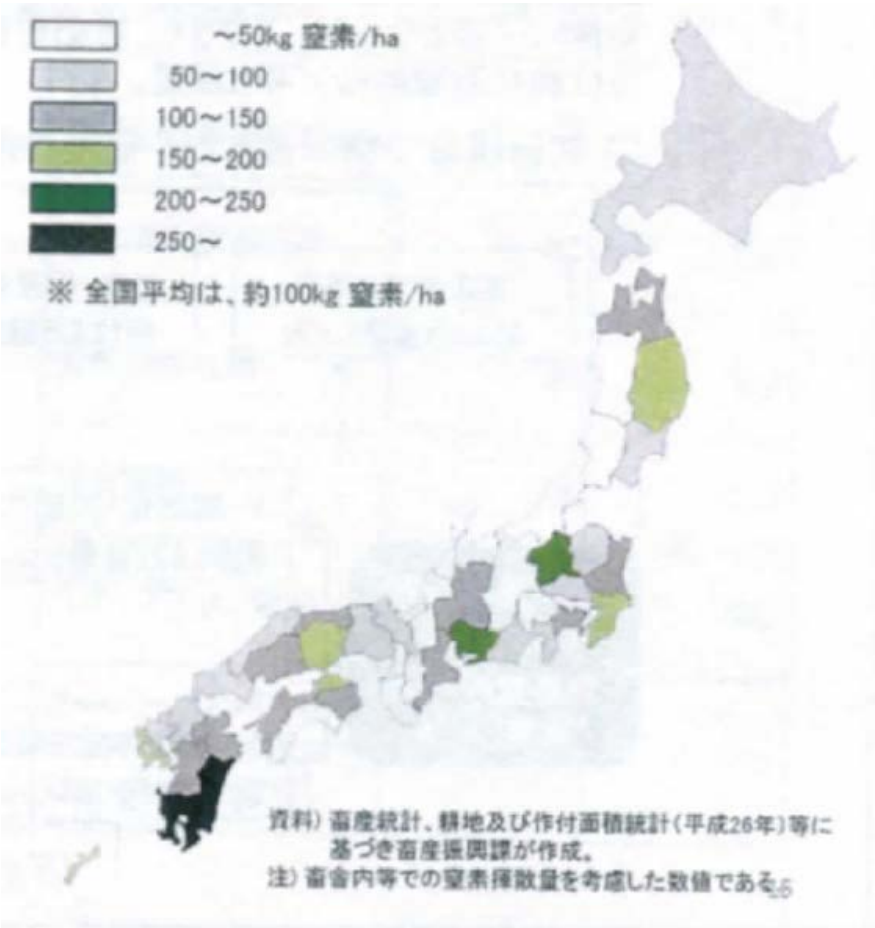


圖 7. 日本耕地面積與家畜排泄物產生氮量關係

(資料來源：日本畜產振興課 2015 年統計資料)

日本有出版沼液沼渣施用飼料用稻米技術手冊供日本民眾參考（如附件）。沼液沼渣利用前需進行消毒與成分評估，消毒條件如表 3，其目的主要為消除雜草種子與病原菌，而成分評估則有利於我們進行施灌量之推估。

表 3. 沼液沼渣作為肥分利用前之消毒條件

僅用消毒槽或發酵槽處理

消毒或發酵槽溫度	最少停留時間
70℃	1 小時
52℃	10 小時
53.5℃	8 小時

使用高溫厭氣發酵槽處理+消毒槽處理

發酵槽溫度	最少停留時間	消毒槽溫度	最少停留時間
52℃以上	7 天	55℃	5.5 小時
		60℃	2.5 小時
		65℃	1 小時

使用中溫厭氣發酵槽處理+消毒槽處理

發酵槽溫度	最少停留時間	消毒槽溫度	最少停留時間
20-52℃	14 天	55℃	7.5 小時
		60℃	3.5 小時
		65℃	1.5 小時

（資料來源：日本環境整備機構）

圖 8. 日本開發之小型液肥施灌槽車

（資料來源：日本環境整備機構）

由於日本畜禽糞尿水處理與台灣類似，皆利用固液分離後的液體進行發酵，但由於其用水量較台灣少，因此其沼液沼渣之含氮濃度高，介於 0.12-0.34%（如表 4），如此較能得到較高含氮濃度之施灌液肥

濃度，增加載運效率。日本也開發適合本土耕作地形與面積之小型施灌槽車與液肥灑佈車，優點為適用小型田區施灌與作業。另外亦有為提高沼液沼渣施灌液濃度而研發之濃縮技術，例如高溫乾燥（100℃）、減壓蒸餾（80℃）、溫風乾燥（70℃）及日光乾燥等，利用前需評估成本效益。

表 4. 日本作為肥分使用之厭氣發酵後沼液沼渣成分（資料來源：日本環境整備機構）

主要原料	單位	乳牛糞尿	乳牛糞尿	豬糞尿 (洗淨水)	垃圾	食品加工殘渣與垃圾	蔬菜加工殘渣與乳及牛糞尿
水分	%	93.9	95.9	98.3	98.2	97.4	97.5
pH		8.03	7.66	7.79	8.04	8.08	7.48
EC	S/m	1.97	1.96	0.82	2.05	1.49	1.43
C/N 比		5.2	2.9	2.8	1.8	2.4	4.5
全碳素	mg/L	17000	9790	3620	4930	3900	8180
全氮	mg/L	3270	3390	1290	2710	1640	1820
氨氮	mg/L	1480	1740	731	1550	961	798
亞硝酸鹽氮	mg/L	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3
硝酸鹽氮	mg/L	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3
磷酸	mg/L	2175	1228	612	733	545	926
鉀	mg/L	3542	3867	590	1433	2289	3096
鎂	mg/L	-	1096	-	13	71	-
氧化鈣	mg/L	-	2239	-	57	34	-
鈉	mg/L	-	850	-	1480	1120	-
氯離子	mg/L	1100	1390	307	1520	1030	786
粗脂肪	mg/L				17.8	26.2	24.6
SS	mg/L	33900	26700	9630	10500	15900	14900
VSS	mg/L	22300	17900	7510	6340	10600	11000
TS	mg/L	61200	41300	17200	17800	26200	24600
VS	mg/L	40500	24200	11600	8730	14800	14300
COD	mg/L	17800	14100	3290	4200	8010	7880
COD	mg/L	-	-	-	12900	18000	-
BOD	mg/L	2710	2320	1150	1890	2430	1640
TOC	mg/L	6250	6220	738	406	1860	3840

3. 循環水再利用

廢水經活性污泥法處理後之上層澄清液可回收再利用為清洗畜舍用水，但鹽類會隨著回收使用而累積於水中，會降低活性污泥處理效率，且動物可能會誤食硝酸鹽濃度過高之回收水而造成中毒，定期使用 RO 膜過濾或定時更新回收用水，可避免此類問題發生（圖 9）。

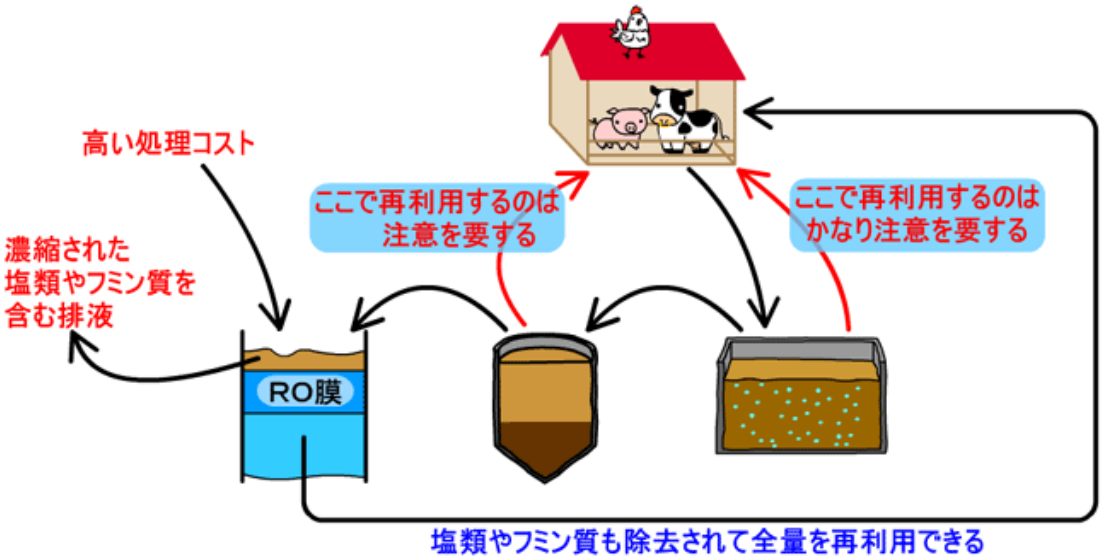


圖 9. 循環水再利用流程

（資料來源：日本環境整備機構）

（三）日本畜牧堆肥

1. 堆肥技術

畜禽糞經堆置行好氣發酵一段時間後堆肥則自然發酵腐熟。日本堆肥製造技術與台灣無太大的不同，於堆肥過程中需注意堆肥基質、碳氮比、水分、空氣、微生物、溫度及堆肥時間。其禽畜糞堆肥主要基質來源為畜禽糞與廢水經固液分離後之固形物。主要詳細堆肥製作方法可參考台灣禽畜糞堆肥製作及施用手冊與雞糞堆肥製作及施用技術手冊。惟日本堆肥中銅鋅管理與台灣不同，其堆肥中銅 300 mg/kg 以上與鋅 900 mg/kg 以上則需額外標示於包裝袋上，限量標準分別為

600 與 1800 mg/kg，台灣則依據肥料管理法規定（禽畜糞堆肥之品目）堆肥中之銅與鋅不得超過 100 與 500 mg/kg。

2. 堆肥燃燒利用

堆肥除了作為肥料利用外，日本尚有一套堆肥直接燃燒利用熱能或發電之模式。Cantrell et al. 2012 年報告指出家禽、牛及豬糞(乾基)之高位發熱量大約為 15.1-19.4 MJ/kg（表 5），此熱值具有不添加任何輔助燃料而自燃之能力，但日本建議於雞糞燃燒時可添加一點木屑助燃與脫臭。堆肥燃燒後產生的熱能可作為發電、畜舍保溫及糞便基質烘乾用（圖 10）。燃燒時須注意堆肥水分含量需低於 20%與燃燒時產生之廢氣需進行脫臭處理。燃燒後之飛灰可與堆肥混合做為肥料使用或作為土壤改良劑，但成分（重金屬）需符合法規標準。飛灰成分如表 6。

表 5. 家禽、牛及豬糞(乾基)之高位發熱量

	HHV[a], MJ/kg (乾基)
牛糞	17.6
家禽糞	15.1
豬糞	19.4

[a]High Heating Value (HHV): 高位發熱量

(Cantrell *et al*., 2012)

表 6. 堆肥燃燒後灰燼之成分　　單位：%

分析項目	磷 (P_2O_4)	鉀 (K_2O)	鈣 (CaO)	矽 (Si	鐵 (Fe)	鋁 (AI)	硫 (S)	鈦 (Ti)	鋇 (Ba)	錳 (Mn)	鋅 (Zn)	鍶 (Sr)	鋯 (Zr)
分析結果	13.98	11.18	21.41	34.11	17.77	13.56	1.31	1.11	0.74	0.54	0.11	0.09	0.02

（資料來源：日本環境整備機構）

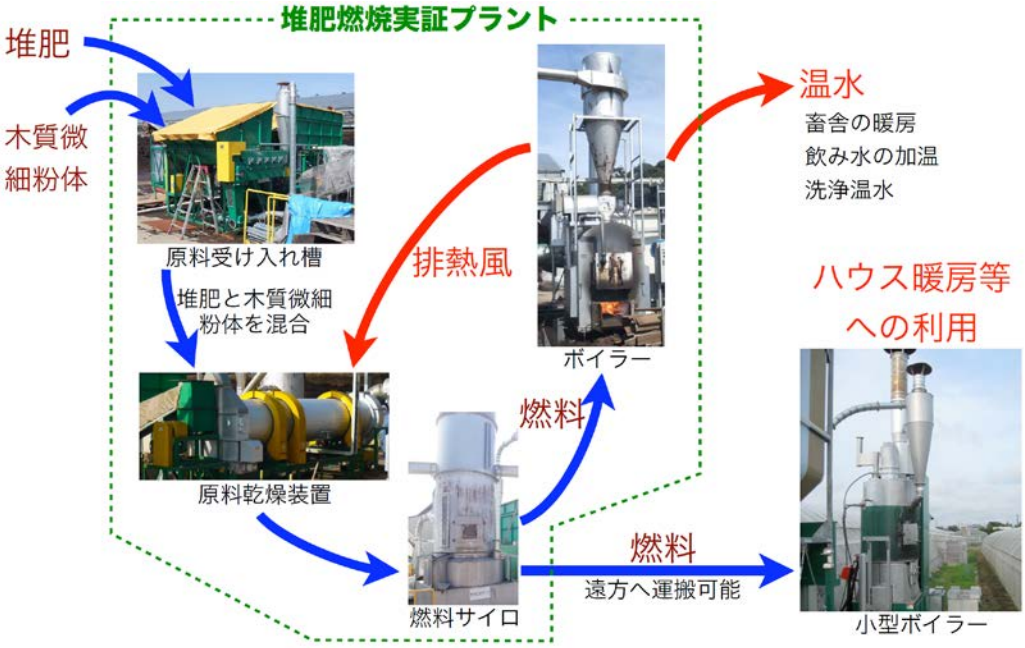


圖 10. 堆肥燃燒熱利用的處理流程

（資料來源：日本環境整備機構）

（四） 再生能源(沼氣發電與糞肥燃燒發電)

日本於 2012 年頒布與實施再生能源法後，其再生能源產業蓬勃發展，畜牧糞尿經厭氣發酵產生之沼氣發電躉購電價為 39 日圓/kwh，而未利用木材行堆肥(雞糞)燃燒發電最高之躉購電價為 40 日圓/kwh。截至 2016 年 11 月底為止生物質能之發電量為 156 萬 kw，預估 2030 年將達到 394-490 kwh。

（五） 畜牧臭味防治現狀對策

日本為了維護空氣品質與國人健康而制定惡臭防止法，其規定 22 種惡臭物質於空氣之濃度標準，但僅有 10 種為畜牧場所會產生，例如甲硫醇 (methyl mercaptan)、硫化氫、甲基硫、二甲基二硫、三甲基胺 (trimethylamine ; TMA) 、丙酸（propionic acid）、酪酸（butyric acid）、正戊酸（n-valeric acid）、異戊酸（isovaleric acid）等。

日本畜牧場面臨之經營問題與台灣類似，皆因農村都市計畫關係，

住宅區離畜牧場越來越近與生活水準提升等因素，使得人們越來越重視畜牧場臭味防治工作。依據韋伯定理（Weber-Fechner），人們對臭味濃度減少 90%才會感覺臭味有改善，因此臭味防治需要投入大量成本與多方面之改善同時進行，方能有成效。日本建議其畜牧場臭味防治方式如下：

1. 畜舍定期清掃與新鮮糞尿早期移出，可減少因糞便積累而引起的氨氣與硫化物等惡臭氣體與畜舍內產生與溢散（圖 11）。
2. 畜牧場環境綠美化與種植樹木，可隔絕臭氣溢散與提升畜牧場形象（圖 12）。
3. 家畜健康管理：主要為防止豬隻下痢而引起的惡味。
4. 利用墊料（乾草、粗糠或茶渣）降低畜舍地板溼度與吸附臭氣成分，日本常用墊料種類有麥稈、乾草、粗糠、茶渣等（圖 13）。
5. 加強畜舍通風換氣與設置脫臭設施，脫臭設施可以利用一濾網（如水濂片）或濾料（木屑），使溶液（水、稀釋過硫酸、氫氧化鈉或漂白劑）充滿與循環，藉以吸附氣體中之惡臭成分（如圖 14）。另外，可與抽風扇出口處加裝噴霧設施與集塵網等，避免惡臭物質隨粉塵溢散（如圖 15）。
6. 提供低蛋白質與合理胺基酸飼糧，減少糞便中氮排出濃度，降低氨氣產生。

圖 11. 豬舍內保持床面乾燥整潔

（圖片來源：日本環境整備機構）

圖 12. 畜牧場環境綠美化

茶渣

綠茶渣

粗糠

廢紙

圖 13.畜牧場墊料使用種類

（圖片來源：日本環境整備機構）

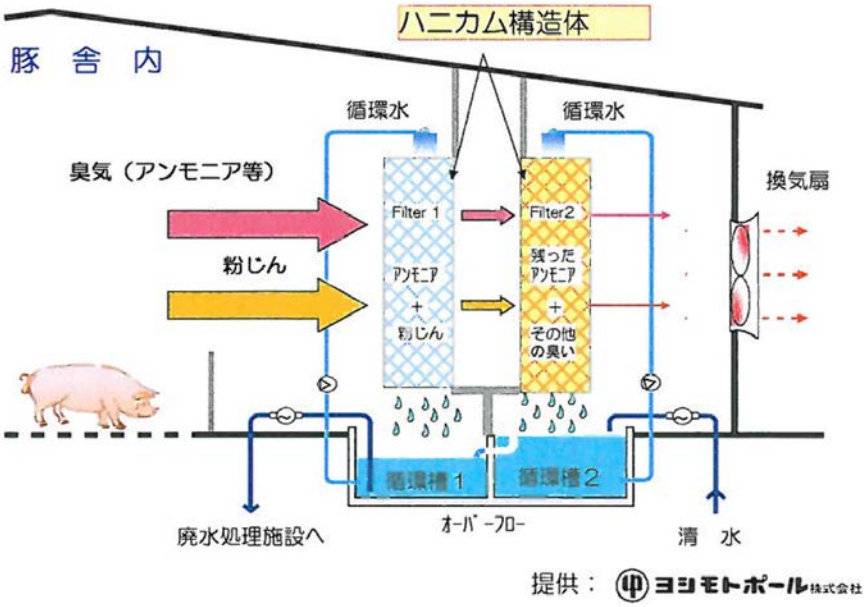


圖 14. 日本脫臭設施設計原理

（資料來源：日本環境整備機構）

圖 15. 出風口處加裝噴霧水與集塵網

（圖片來源：日本環境整備機構）

三、財團法人農業與食品產業技術研究機構-畜產與草地研究所（NARO Institute of Livestock and Grassland Science, NILGS）

畜產與草地研究所為財團法人農業與食品產業技術研究機構轄下之專門研究關於畜產相關領域之單位，共有草地、家畜代謝營養、家畜繁殖與育種、飼養管理技術、草地利用、飼料作物、畜產品加工及動物廢棄物處理與資源化等研究部門。本次行程主要前往動物廢棄物處理與資源化研究部門之空污研究室與廢水處理研究室進行技術

交流與研習，空污研究室主要任務為研發減少畜牧生產中所產生之污染物質排入空氣之技術，如惡臭物質與溫室氣體，而廢水處理研究室主要開發先進的畜牧廢水處理與有效回收廢水中污染物質之技術如氮與磷。本次共與 6 位博士級研究人員進行技術與心得交流。交流技術內容與心得如下：

1. 堆肥發酵熱源用於仔豬保溫之研究

該研究為設置密閉式堆肥化裝置系統，堆肥於自然發酵下溫度可達 60-70℃，排出之熱氣溫度為 68.9℃，此熱氣在與水溶液行熱交換，平均可產生 54.3℃之溫水，此溫水經管線作為仔豬保溫熱源，減省電力又可使仔豬下痢減少與提高育成率。

圖 16. 與畜產與草地研究所專家學者合影

2. 糞肥於堆肥化過程中溫室氣體排放量研究

溫室氣體減量為世界各國共同施政方向，畜禽糞於堆肥化過程時會產生 NH_3、N_2O 及 CH_4 等臭氣與溫室氣體，本研究為設置一密閉式堆肥設施（圖 16），連續測定其排出氣體成分。結果顯示，NH_3 於堆肥溫度第一次達到高溫時濃度最高，其次甲烷濃度接著達到高峰，N_2O 高峰出現於 NH_3 排放濃度與堆肥溫度開始下降時。NH_3、N_2O 及 CH_4 排放量分別為 127.4 g NH_3-N/kg T-N、46.5 g N_2O-N/kg T-N 及 1.9

g CH_4/kg OM。本研究亦證明在不影響堆肥效果下，堆肥高度降低可降低溫室氣體排放量。

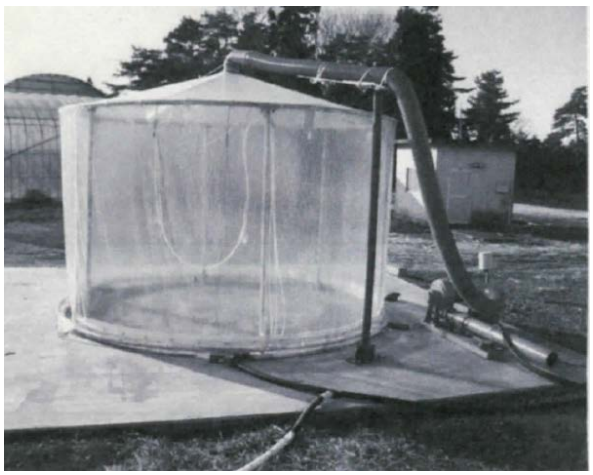


圖 16. 密閉式堆肥設施

3. 養豬廢水活性污泥中之厭氧氨氧化菌之分佈與活性研究

日本畜牧場只要符合特定場所飼養規模，其放流水之氨氮必須符合現行 600 mg/L 濃度標準（未來目標為 100 mg/L），因此畜牧廢水除氮技術為其首要目標，傳統為以氧化法將氨氮轉變成硝酸鹽氮與亞硝酸鹽氮，之後在厭氧狀況下提供電子而轉變為氮氣。但最近有一新技術為直接於厭氧狀況下利用厭氧氨氧化菌直接脫氮，成本較傳統氧化法低且產生極少之污泥，此方稱為厭氧氨氧化法（anaerobic ammonium oxidation, Anammox)，氨氮去除率更可達到 80％以上。Anammox 為厭氧反應，反應過程中如飽和空氣量超過 0.5％即停止反應。

4. 養豬廢水銅、鋅及磷處理與調查

由於豬隻營養需求關係，養豬飼料中會添加微量營養元素如銅、鋅及磷等，但豬隻無法全量吸收與利用其所攝取的營養分，因此會藉由消化道將其無法吸收之營養分經由糞便排出，而造成糞便及其廢水含有該等重金屬成分，造成環境污染。該調查研究結果指出，廢水中磷、銅及鋅濃度與水中 SS 成正比，因此廢水經固液分離後可去除磷、

銅及鋅之比率分別為 80、85 及 84%，而活性污泥法可去除磷、銅及鋅之比率分別為 83、96 及 95%。此結果顯示，如去除 SS 可大幅度降低上述三種重金屬成分，但磷之水溶性比例較高，需再進行額外處理，以避免污染環境。另外亦有研究藉由控制污泥槽之 pH，以抑制磷、銅及鋅之水溶性，研究結果指出，磷於 pH 9-10 環境下其溶解性最低，鋅於 pH 9-10 環境下其溶解性最低，而銅於 pH 6-9 環境下其溶解性最低。

5. 以生物反應器快速測定水中 BOD 方法

生化需氧量 (Biochemical Oxygen Demand, BOD)為廢水中有機性污染程度的指標，表示水中可被微生物氧化之有機物含量。目前，國內外測定 BOD 之方法有許多缺點，如測定時間長（5 天）、操作複雜及不宜現場直接測定等，因此該研究為利用生物處理有機物質會使水中溶氧變化、磁場及電子轉移等原理而開發相關快速測定水中 BOD 之測定儀器，目前已有相關產品，但尚有測定誤差較大與成本過高等缺點待克服。

6. 禽畜糞堆肥化過程 N_2O 減量技術

堆肥化為畜禽糞之重要處理方法，因其有除臭、殺滅雜草種子及病原性微生物等功效，但堆肥過程中常造成氨氣溢散引起臭味問題與堆肥中氨氮經脫硝作用損失而產生 N_2O 氣體，N_2O 為溫室氣體，其所造成的溫室效應為二氧化碳的 296 倍，因此，該等研究減量技術有（1）添加亞硝酸氧化菌可使 N_2O 排放量平均減量 60%（最高 80%）。（2）於堆肥過程中添加 MgO 與 PO_4，形成磷酸銨鎂結晶，可減少 25-43%之氨氣排放，並回收氮磷再利用。

陸、 建議事項

一、畜牧業低碳生產從做好廢棄物管理開始

溫室氣體減量法正式於民國 104 年 6 月通過，並將我國減碳目標

入法，依據我國環保署國家通訊第二版資料顯示，2008 年台灣農業部門溫室氣體排放量約佔總排放量的 1%，其中畜牧排泄物處理排放占 4.34%。台灣畜牧場如做好廢棄物管理如沼氣利用，即能減少大量畜牧場之碳排，並提升企業綠色形象。於日本已有低碳或綠色豬肉生產之行銷手法，台灣畜牧場應可仿效。

二、畜牧廢水水質改善從節水開始

固液分離做得好，廢水處理沒問題，這句口號大家耳熟能詳，但因台灣高溫多濕，再加上畜舍大多為舊式水泥地板，因此直接將豬舍糞便以大量水沖洗早已成習慣，雖然此舉兼具降溫與清潔之功效，但產生大量含糞尿之廢水，造成後端廢水處理上之困難，如污泥處理與停留時間不足等，不利於後續再利用。日本訂定飼養肥育豬 65 頭、牛 35 頭或馬 50 頭以上之畜牧場，其放流水需符合保護人體健康項目標準（氮素 600 mg/L），但如每日放流水量又超過 50 CMD 時，放流水標準又更嚴格，因此，畜牧場皆努力節省用水量，據日本統計，日本之豬與乳牛之用水量分別為 15 L/頭與 60 L/頭，僅台灣之 1/2 與 1/3 或更低。 2015 年日本符合特定事業場之規模有 27,399 戶，但其中僅有 386 戶每日放流水量超過 50 公噸，由此可見，法令有助於畜牧場進行節水。反觀台灣，豬飼養超過 20 頭，牛超過 50 頭即為水污法之列管事業，其放流水即需符合事業放流水標準，豬飼養規模超過 200 頭與牛飼養規模超過 50 頭即需申請（簡易）排放許可證。法規看似嚴謹，但據環保署統計民國 105 年全台總共有 697 件畜牧業因違反水污法被裁罰，另於實務上偶見農民利用稀釋法以降低污染物濃度等，反而造成水資源之浪費與稀釋掉植物所需之營養分，不利後續再利用。台灣畜牧業自 106 年起依畜牧排放水質與水量開徵水污費，畜牧場業者用水可能會因此而有所節制，但如能再仿效日本依水量採用不同放流水標準，另一方面補助畜牧場節水設備或改建畜舍，應能使畜牧場對節水一事大有意願。

三、建立適合台灣不同規模畜禽之畜牧場污染防治方式

台灣因地狹人稠、農村都市化及民眾環保意識抬頭，未來畜牧場環保議題越受重視，因此應參考國外模式建立適合本土之不同規模別與樣式之節水、水污染防治及臭氣防治技術手冊供畜牧場業者參考。

四、建立台灣可施灌農地與畜牧飼養分布資料

農委會每年皆有農情調查，其中有許多資料可供應用，因此統整現有調查資料，包括台灣現有可施灌地面積、土壤特性、地形地貌、地下水水位、水質、畜牧飼養動物種類、分布地區、數量、農業種植作物種類、數量、分布地區，如此可建立台灣各區域所產生之禽畜糞來源之氮、磷及鉀量與可施灌地面積之關係圖，有助於作為禽畜糞肥做為農地利用之管理規劃。

五、畜禽廢棄再利用技術開發

日本畜禽糞所產生之氮素僅 33%排放至環境中，其餘皆回收再利用，如做為肥分使用、燃燒發電或作為熱源及碳化等多元利用，或利用堆肥發酵產生之熱源作為仔豬保溫用等，未來可評估相關適合台灣利用之可行性或技術開發。

柒、附件

一、日本畜牧污水淨化處理設施與氮素處理技術手冊

http://www.chikusan-kankyo.jp/osuiss/nkanri_manual1/nkanri_manual1_l.pdf

二、日本沼液沼渣水稻田利用與堆肥燃燒技術手冊

http://www.chikusan-kankyo.jp/osuiss/syouka_taihi/syouka_taihi_all_l.pdf

三、日本畜牧臭味防治技術手冊

http://www.chikusan-kankyo.jp/akushu_jirei/akushu.pdf

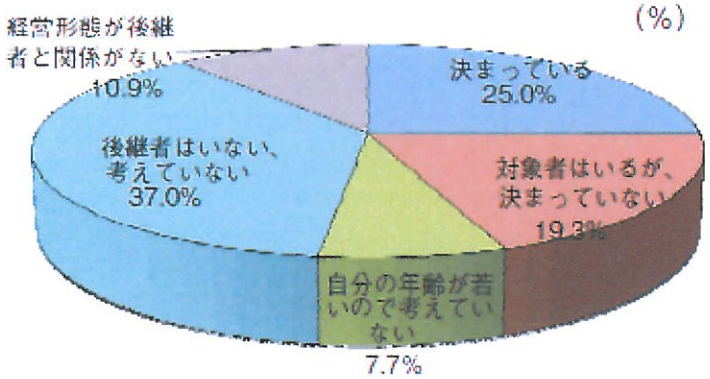
四、技術交流簡報講義

汚水浄化処理の実際と新技術

平成27年11月20日

一般財団法人畜産環境整備機構
畜産環境技術研究所　田中康男

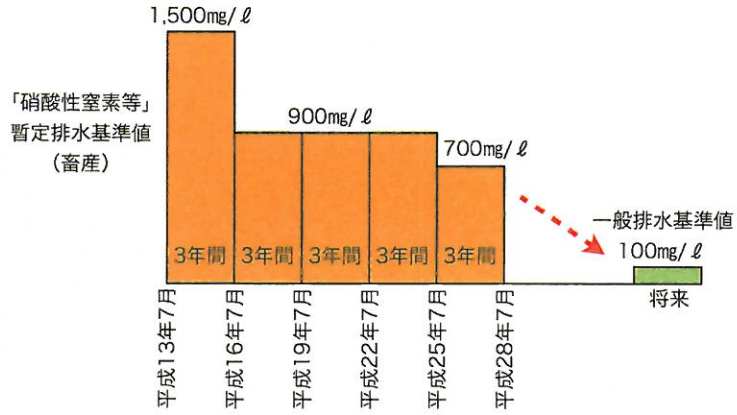
1．浄化処理を取り巻く状況



後継者について

日本養豚協会による平成21年度の養豚基礎調査

畜産に対する硝酸性窒素等の暫定排水基準値の推移



硝酸性窒素等とは

正式な名称は「アンモニア、アンモニウム化合物、亜硝酸化合物及び硝酸化合物」

硝酸性窒素等や硝酸性窒素類と略している

下記の計算式で求める

アンモニア性窒素×0.4 ＋ 硝酸性窒素 ＋ 亜硝酸性窒素

環境中で4割が硝酸性窒素に変わる

業種別の硝酸性窒素等の暫定排水基準値の推移

業種	暫定排水基準値（mg/ℓ）			
	H16.7～	H19.7～	H22.7～	H25.7～
貴金属製造・再生業	5000	4000	3600	3000
電気めっき業	500	500	400	300
下水道業	300	250	170	150
化学肥料製造業	140	一律	一律	一律
イットリウム酸化物製造業	200	150	一律	一律
酸化銀製造業	250	一律	一律	一律
触媒製造業	250	一律	一律	一律
酸化コバルト製造業	700	400	220	160
畜産農業	900	900	900	700
炭酸バリウム製造業	1000	800	一律	一律
黄鉛顔料製造業	1300	900	一律	一律
すず化合物製造業	2000	1800	一律	一律
ジルコニウム化合物製造業	2400	1800	1000	700
モリブデン化合物製造業	2400	2000	1800	1700
バナジウム化合物製造業	2400	2000	1800	1700
硝酸銀製造業	2500	2000	一律	一律
ネオジウム化合物製造業	5000	一律	一律	一律

※一律：一律排水基準値（100mg/ℓ）に移行した。

暫定排水基準を必要とする業種は残り少ない。

畜産の対応状況は他の業種よりも遅い。

一般排水基準に向けた取組みが求められている。

汚水処理に対する現状の雰囲気は以下のようなものと思われる。

＊規模は現状維持

＊老朽化には更新よりも対処療法で

＊硝酸性窒素対応は今後の成り行き次第で考える

現状で必要なこと

＊対処療法が功を奏するには浄化処理のツボを心得ておくことが必要

＊硝酸性窒素対応は規制レベルの動向によっては急激に困難さが増す可能性もあることから、対応策も考えておくことが望ましい。

2．活性汚泥法利用の重要ポイント

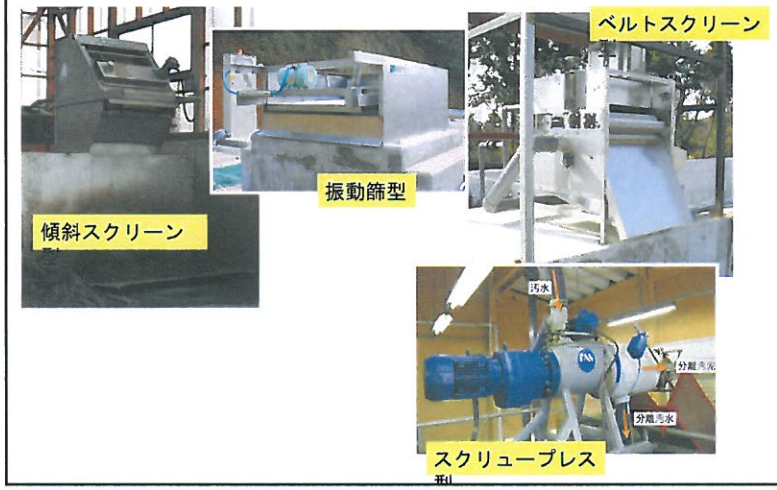
汚濁物質を分離する方法：ふん尿分離

- スクレーパーの稼働頻度、設備の状態が汚水の質に影響する。

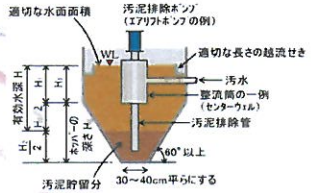
固形物

汚水

処理設備機器の閉塞防止および沈殿物堆積防止



最初沈澱槽



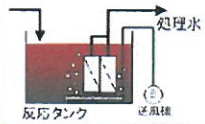
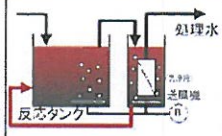
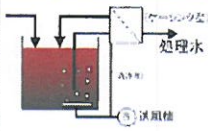
- 滞留時間
- 水面積負荷
  ㎥／㎡・時間
- 堰負荷
  ㎥／m・時間

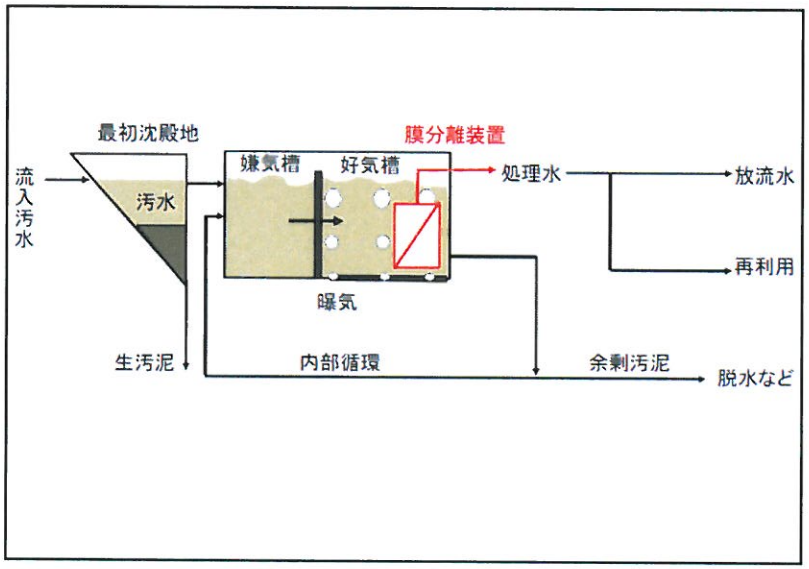
活性汚泥曝気槽
（単なる通気タンクでなく微生物に
元気よく働いてもらわねばならない）

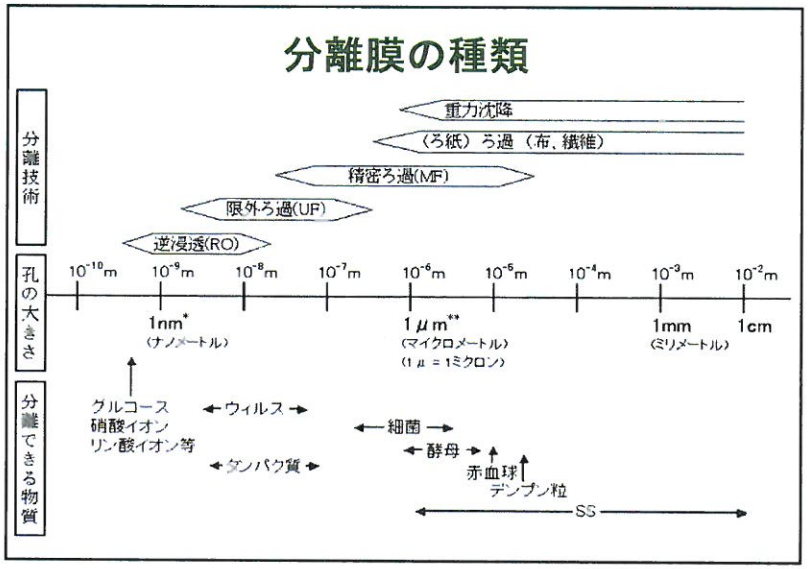
有機物除去を基本とする
曝気槽設計の基本事項

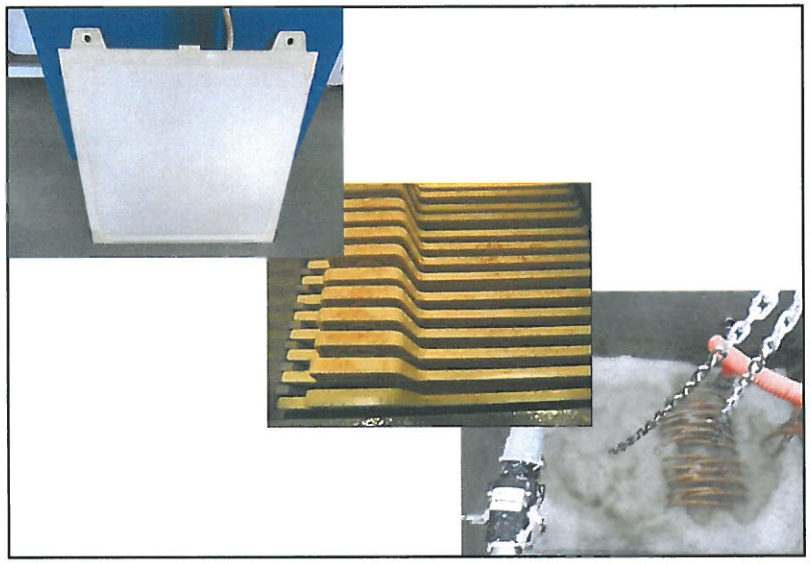
BOD容積負荷：0.5kg/㎥・日以下

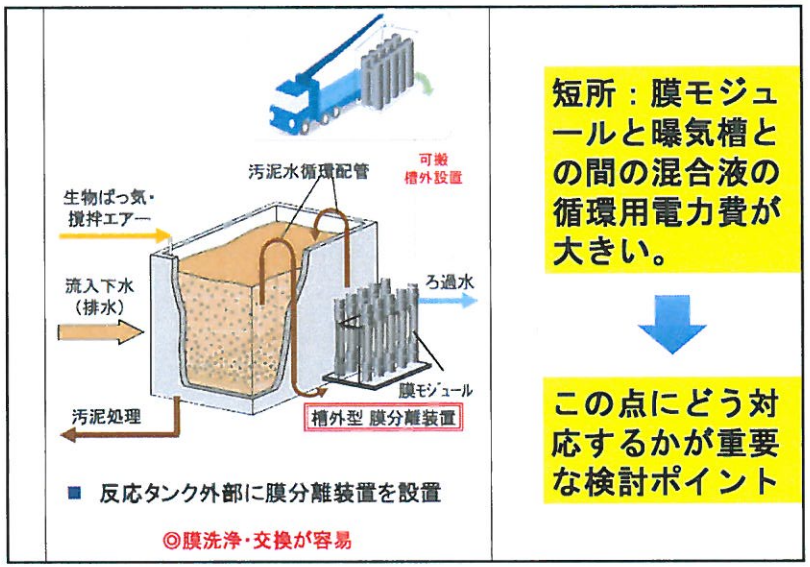
曝気強度：１～1.5㎥／㎥・時間

浸漬型（一体型）		・最も採用例が多い。 ・プロセス構成がシンプル。 ・反応タンク内の散気装置を、膜モジュールの洗浄と兼有できる。 ・他系との連携や膜ユニットの複数設置等により、膜モジュールの点検・補修・交換時に、反応タンクを休止しない運転に対応できる。
浸漬型（槽別置型）		・生物処理及び膜面に必要な散気装置を、それぞれに適した方法をとりやすい（微細散気と粗大気泡の使い分け）。 ・反応タンクMLSSを膜分離槽MLSSよりも低くして運転できる。 ・他系との連携や膜ユニットの複数設置等により、膜モジュールの点検・補修・交換時に、反応タンクを休止しない運転に対応できる。 ・汚泥循環のポンプが必要となるため、必要エネルギーが大きくなる。 ・一体型に比べ建設コストが大きくなる。 ・浸漬洗浄が容易（膜分離槽を薬液洗浄タンクとして使用することが可能）。
槽外型		・透過流束が最も大きくできる（膜モジュール数を削減することができる）。 ・時間変動への対応幅が最も大きい。 ・汚泥循環等のコントロールが容易。 ・他系との連携や膜ユニットの複数設置等により、膜モジュールの点検・補修・交換時に、反応タンクを休止しない運転に対応できる。 ・汚泥循環用のポンプが必要となるため、必要エネルギーが大きくなる。 ・薬液洗浄が容易。



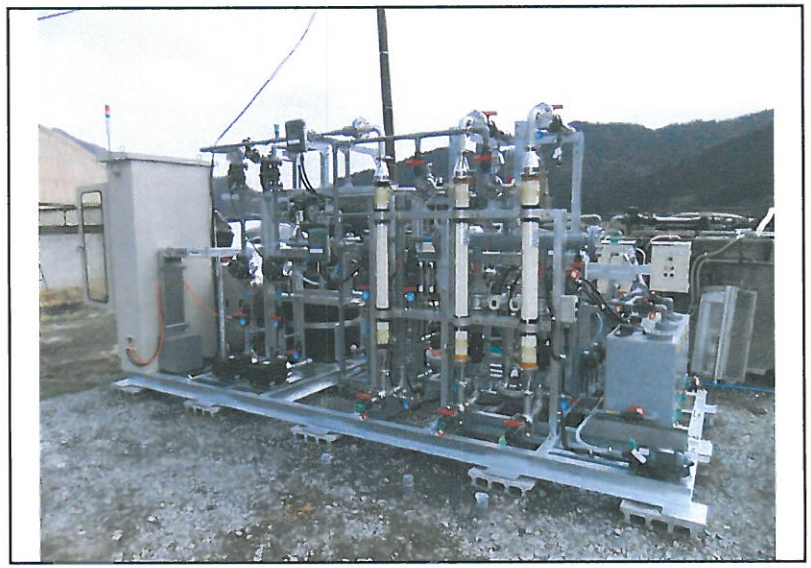






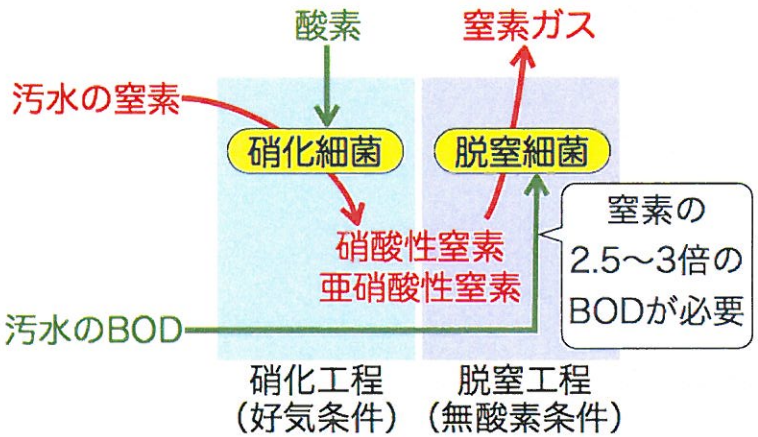
短所：膜モジュールと曝気槽との間の混合液の循環用電力費が大きい。

この点にどう対応するかが重要な検討ポイント

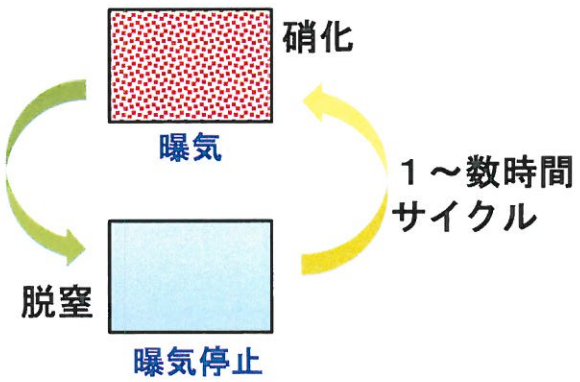


３．硝酸性窒素対応技術のポイント

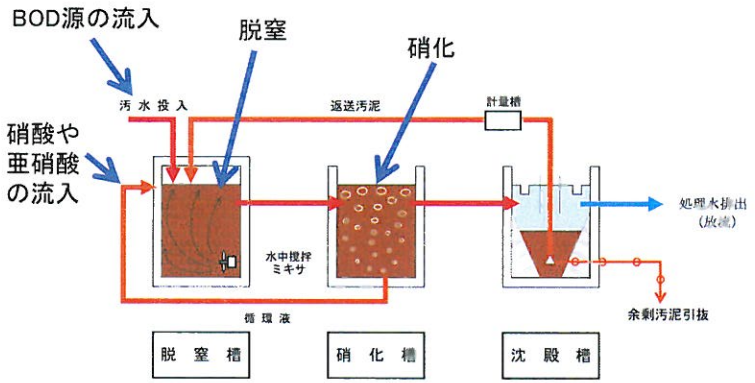
窒素除去の仕組み



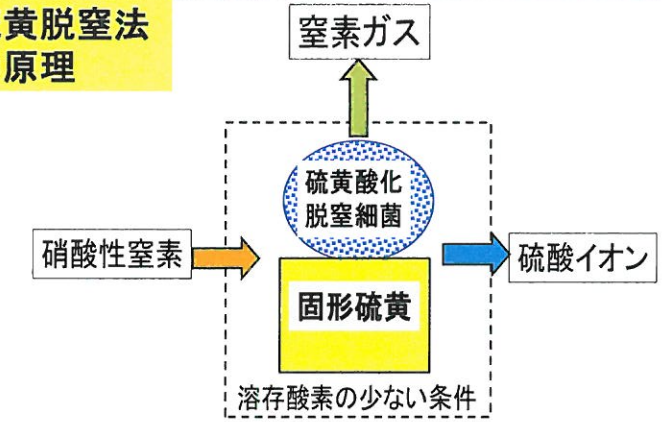
間欠曝気硝化脱窒法



循環式硝化脱窒法



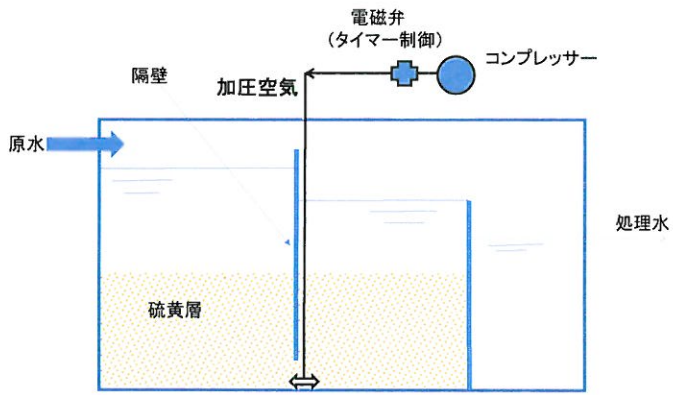
硫黄脱窒法の原理

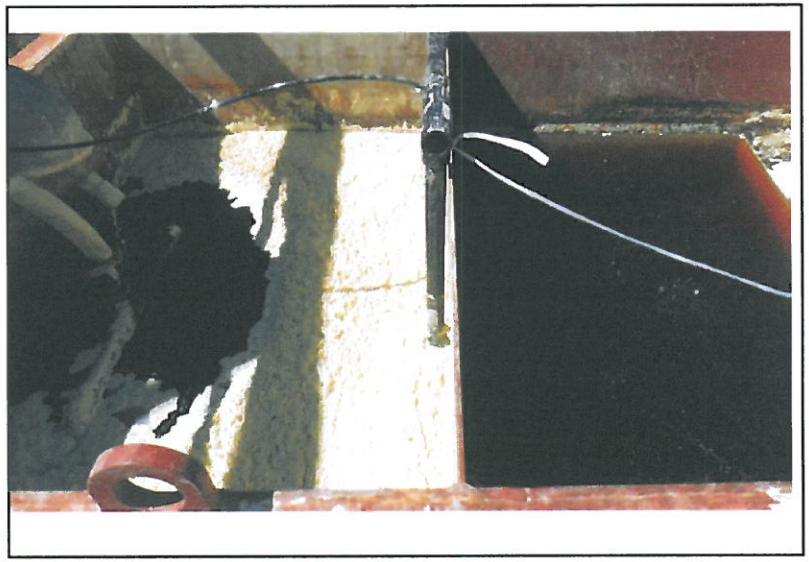


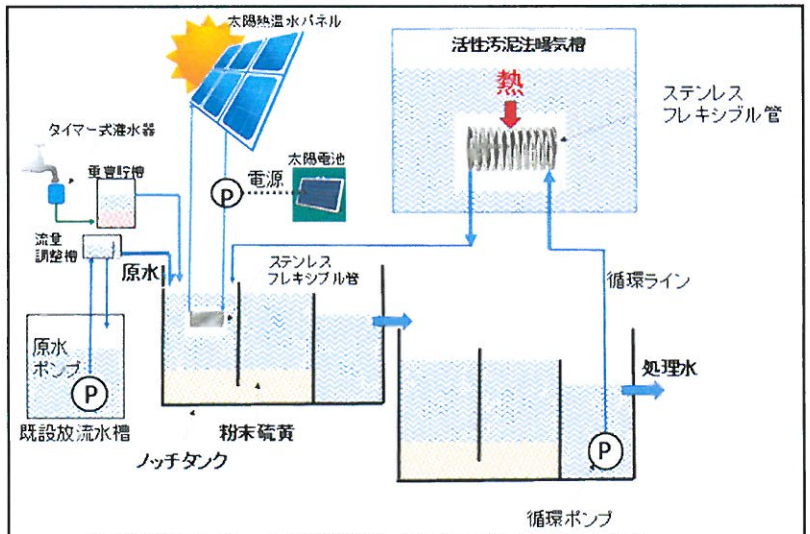
$$NO_3^- + 1.1S + 0.4\,CO_2 + 0.76\,H_2O + 0.08\,NH_4^+ \rightarrow$$

$$0.08\,C_5H_7O_2N + 0.5\,N_2 + 1.1\,SO_4^{2-} + 1.28\,H^+$$

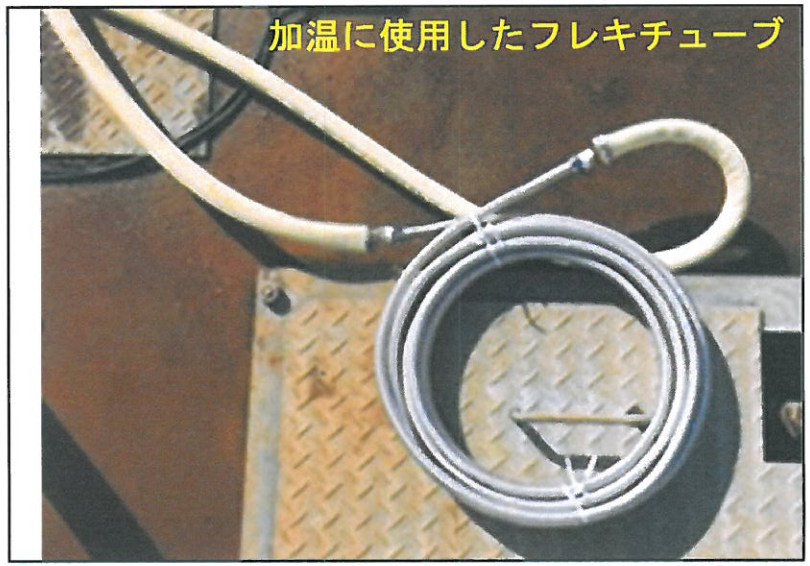
純硫黄の破砕物　（粗砕硫黄）

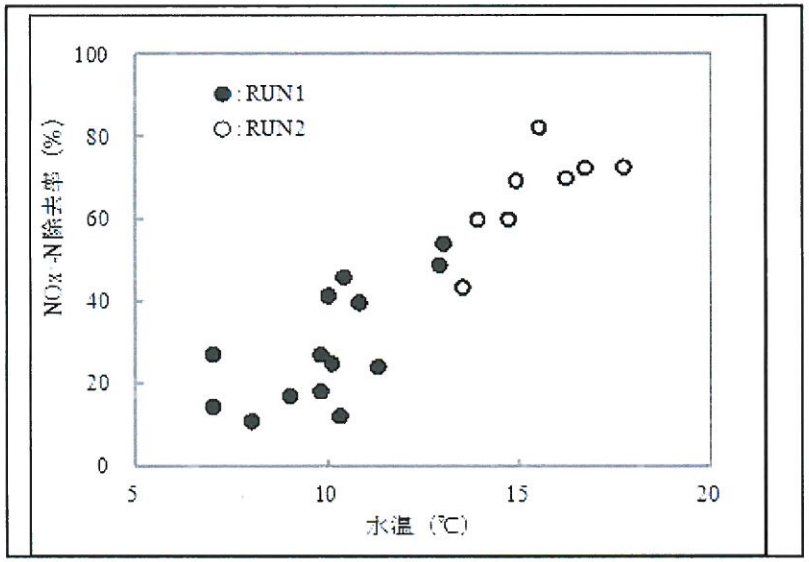


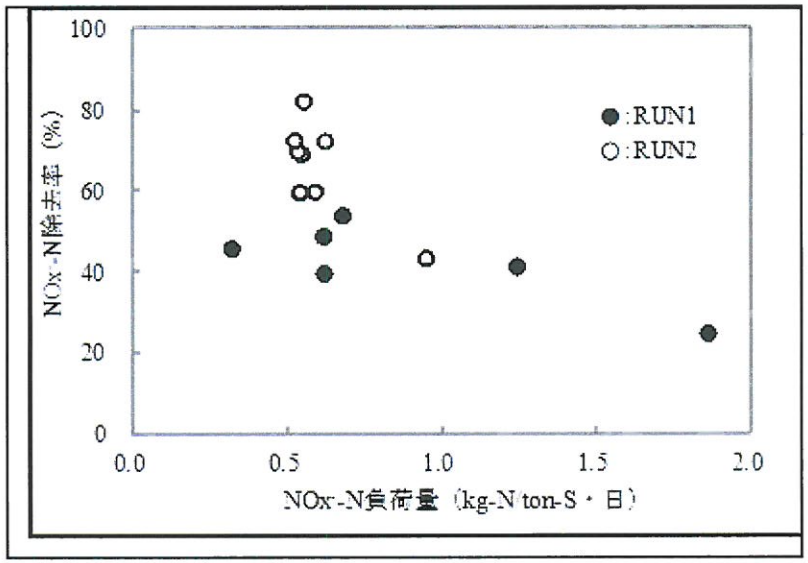




粗砕硫黄を使った脱窒装置（冬季加温システム付）




100
80
60
40
20
0
5
10
15
20
●:RUN1
○:RUN2
NOx-N除去率（%）
水温（℃）

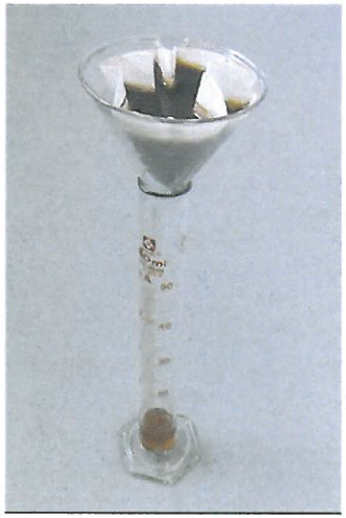

100
80
60
40
20
0
0.0
0.5
1.0
1.5
2.0
●:RUN1
○:RUN2
NOx-N除去率（%）
NOx-N負荷量（kg-N/ton-S・日）

4．浄化施設管理のポイント

適正な処理水を得るために必要なこと

- 適切な構造の施設
  - ◆汚水の量や質にあった施設
- 適切な施設の管理
  - ◆毎日施設を見回る
  - ◆適切な制御設定
  - ◆適切な曝気槽の汚泥濃度
  - ◆汚水の過不足や毒物の流入がない
  - ◆日々の状態を管理日誌に記録する
  - ◆施設に故障箇所がない

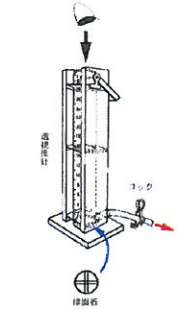
汚泥量管理に最低限必要なSV測定



ろ紙ろ過量

５Cろ紙に５０mLの試料を注ぎ込み、5分間のろ過量を測定。

５mL以下の場合ろ過性能悪化状態と判定。



1. 透視度計に試料水を泡立てないようにいっぱいになるまで注ぎ入れる。
2. 上から覗きながら下のコックをゆるめて試料水を抜いていく。
3. 標識板の十字がぼんやり見えてきたら少しづつ試料水を抜き、二重線になっていることが分かったところでコックを閉じる。
4. 試料水層の高さ（cm）を読む。

処理水の水質管理に最低限必要な透視度測定

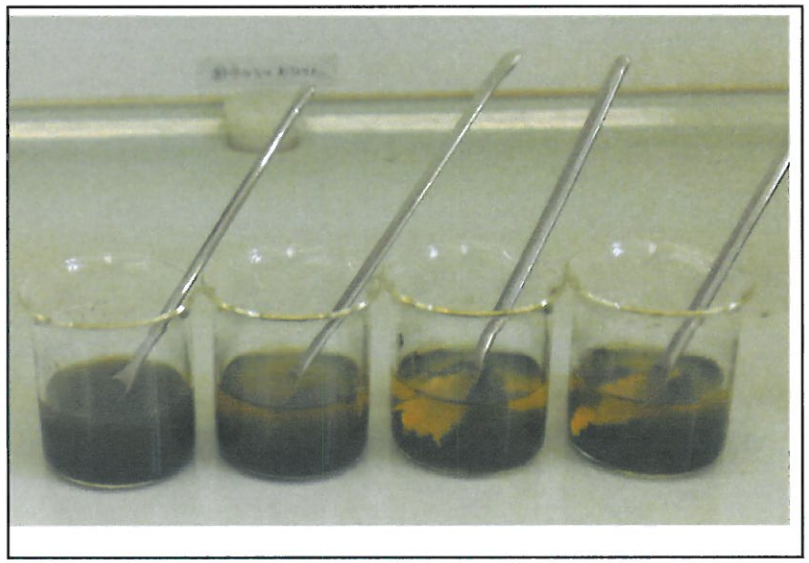
可能ならば溶存酸素濃度（DO）とBODも測定したい。

・ＤＯ測定器は3万円程度からあるので買っておくと便利。

・BODは透視度でおおよその把握ができる

硝酸性窒素対応は日常的な簡易測定が重要
簡易測定キット

- 現場にて4分ほどで結果が出る
- 比較的安価である
- 複雑な計算が必要ない



脱水は凝集剤に費用がかかる

・余剰汚泥脱水用の凝集剤は浄化処理のランニングコストの中で電気代とともに大きな割合を占める。

・ある事例では２割が凝集剤の費用。

・必要最低限で済ませるのが重要。通常汚泥固形物量当たり0.5～1.5%程度。

凝集状況の把握法（人間センサー法）

素手を突っ込める場所があれば、そこに素手を入れてみます。
凝集剤の添加率が適切であれば、手に当たるフロックのツブツブのしっかりとした感触を心地良く感じることができます。
しかし凝集剤を添加しすぎている場合は、ツブツブがヌルヌルに感じます。
凝集剤不足でフロックがしっかりできていない場合は、フロックに気合を感じません。

脱水ろ液に素手を入れて、外で指をこすり合わせた時、高分子凝集剤を入れすぎているならば、指にヌルヌルを感じます。

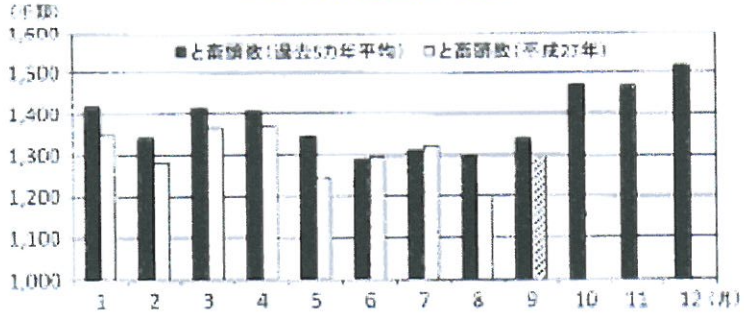
いずれにしても感覚的な部分なので、こまめに素手を突っ込んで脱水性が良好なときのフロックや脱水ろ液の感触を体で覚えましょう。

ＪＳ技術開発情報メールNo.121 号(2011/12/12)より引用

水質汚濁防止法の自主測定義務

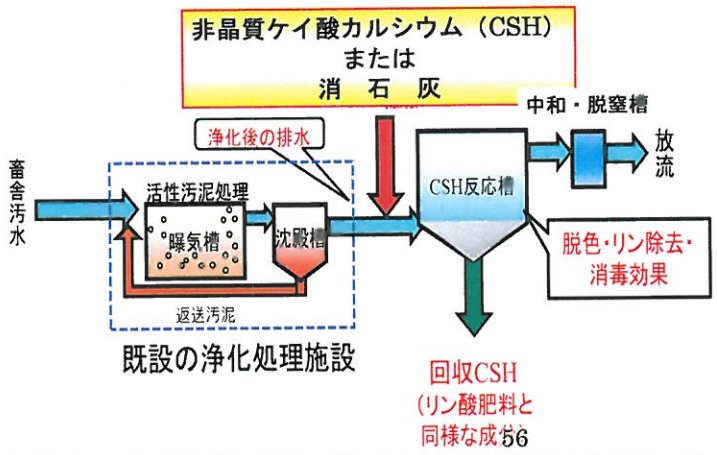
- １年に１回以上行うこと。
- 汚染状態が最も悪いと推定される時期及び時刻に行うこと。
- 公定法（日本工業規格や環境省告示等で定められた方法）により行なう必要があるため、自社で公定法による分析ができない場合は、計量証明事業者に依頼する。
- 自主測定を実施していない、結果の未記録、虚偽の記録、または 記録を保存しなかった場合は30 万円以下の罰金。

図２　豚のと畜頭数の推移



「6月頃から夏場にかけて低水準で推移するものの、9月頃から徐々に増え始め、最需要期の12月に最も多くなる」
農畜産業振興機構（2015年11月）畜産の情報2015.11

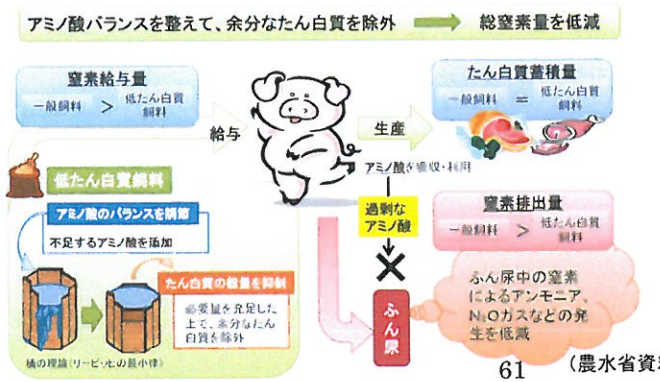
着色物質を凝集分離



59

⑤飼料の改善による
汚濁物質低減

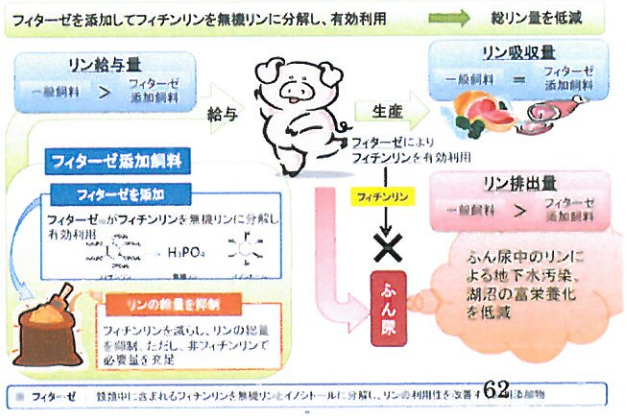
環境負荷低減型飼料（その1）
～低たん白質飼料による窒素の排出低減～



61

（農水省資料から

環境負荷低減型飼料（その2）
～フィターゼ添加飼料によるリンの排出低減～

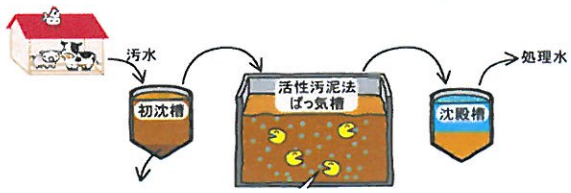


62

（農水省資料からの引用）

ユーザビリティーとは

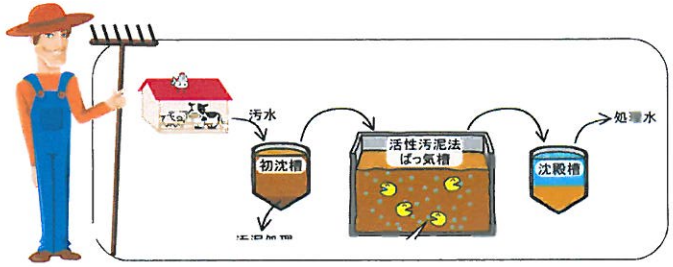
製品が故障していなくても、
「人間側がそれを使えていないのであれば故障しているのと変わらないでしょ」
というのが、ユーザビリティの考え方。



ユーザビリティー

目指すべき状況

「管理法は分かりやすいし、少々間違っても大きなトラブルにはならないな。硝酸性窒素規制が厳しくなっても何とかなりそう。これからは安心して飼養管理に集中できるぞ。」

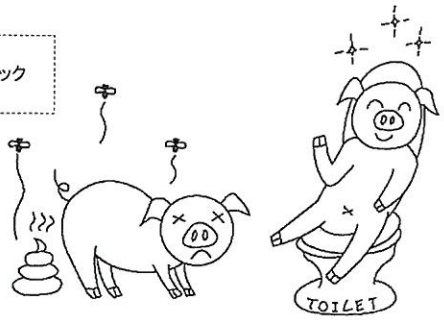


日本養豚大学校　初級コース　2016年8月10日（木）麻布大学

ふん尿処理と環境規制

トイレのない豚　　トイレのある豚

わかりやすい
養豚場実用 ハンドブック
（伊東正吾監修）から



一般財団法人 畜産環境整備機構　参与
麻布大学　獣医学部　客員教授
（畜産環境保全論）
羽賀清典

内　容

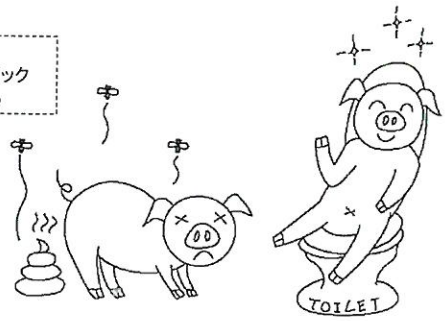
1. 排せつ物量
2. 全国の豚の排せつ物処理方法の状況
3. 排せつ物（ふん・尿）の性質
4. 人間の生活や環境に与える影響
5. “ふん尿処理”とは、その悪い物質をどう変化させる？
6. 環境規制とそれを遵守する責任

日本養豚大学校　初級コース　2016年8月10日（木）麻布大学

ふん尿処理と環境規制

トイレのない豚　　トイレのある豚

わかりやすい
養豚場実用 ハンドブック
（伊東正吾監修）から



一般財団法人 畜産環境整備機構　参与
麻布大学　獣医学部　客員教授
（畜産環境保全論）
羽賀清典

内　容

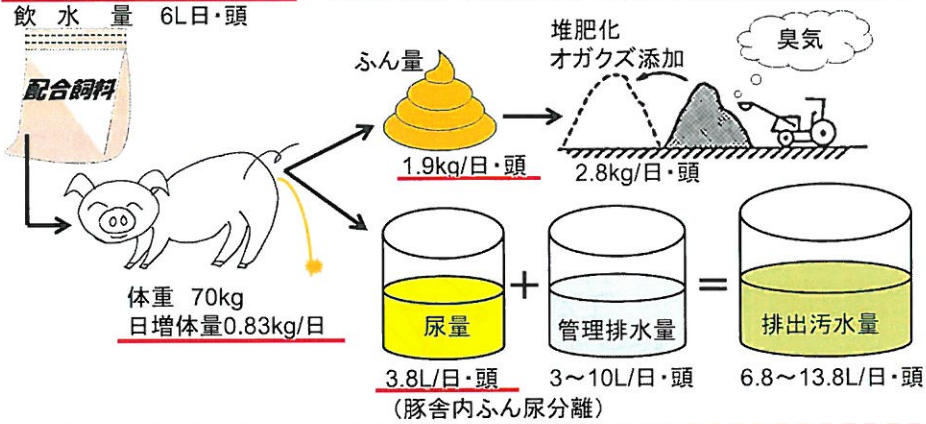
1. 排せつ物量
2. 全国の豚の排せつ物処理方法の状況
3. 排せつ物（ふん・尿）の性質
4. 人間の生活や環境に与える影響
5. “ふん尿処理”とは、その悪い物質をどう変化させる？
6. 環境規制とそれを遵守する責任

1. 豚はどのくらい食べて、どのくらい排せつする？

—肥育豚1頭1日当たりのふん尿排泄量と管理排水量—

家畜ふん尿処理・利用の手引き（畜産環境整備機構）から
家畜ふん尿処理施設の設計・審査技術（畜産環境整備機構）から

飼料摂取量　3.3kg/日・頭
飲　水　量　6L日・頭

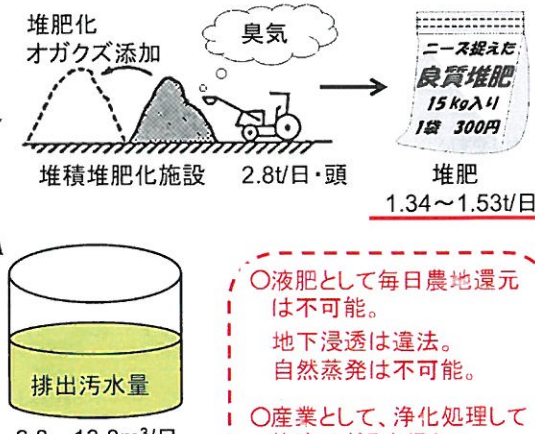


肥育豚1頭1日当たり、3.3kgの飼料を食べ、1.9kgのふんと、3.8ℓの尿をする。ふん尿分離して、ふんはオガクズなどを混合して堆肥化、尿は管理排水量と合わせて6.8～13.8ℓの汚水となって浄化処理する。日増体量0.83kg/日に対して排泄物量は5.7kg/日となる。

普通の経営規模の排出汚水量

繁殖母豚100頭規模　一貫経営

繁殖母豚100頭の一貫経営
（肥育豚1,000頭）



○液肥として毎日農地還元は不可能。
地下浸透は違法。
自然蒸発は不可能。

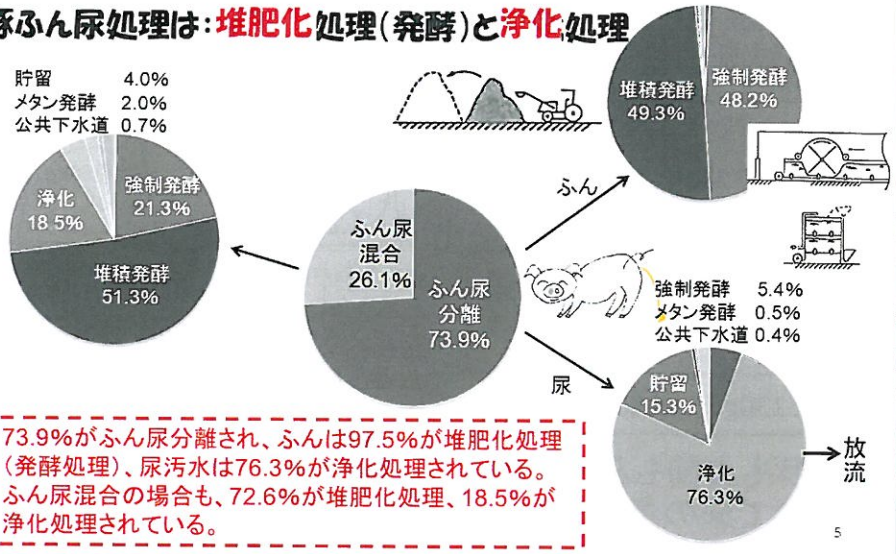
○産業として、浄化処理して放流せざるを得ない。

○汚水の浄化処理は、産業も下水も活性汚泥法。

2. 全国の豚の排せつ物処理方法の状況は？

（頭数ベース、平成21年12月1日現在）平成23年3月31日公表　農林水産省

豚ふん尿処理は：堆肥化処理（発酵）と浄化処理



73.9%がふん尿分離され、ふんは97.5%が堆肥化処理（発酵処理）、尿汚水は76.3%が浄化処理されている。ふん尿混合の場合も、72.6%が堆肥化処理、18.5%が浄化処理されている。

5

3. 豚の排せつ物（ふん・尿）は、どんな物質？

ベトベトするので、なるべく蒸発させて、取扱いやすくしたい。

腐敗しやすく、悪臭の原因となる物質（BOD）。堆肥化や汚水の浄化処理でほとんど分解する。

ほとんど分解しないで残る有機物。

ほとんど残る無機物。肥料成分。

分解し易い有機物が腐敗し、悪臭を発生させ、水質を汚濁する。

6

人間と豚の比較

1. 豚1頭で人間4人分の排せつ量

豚　:1.9kg＋3.5L＝5.4kg

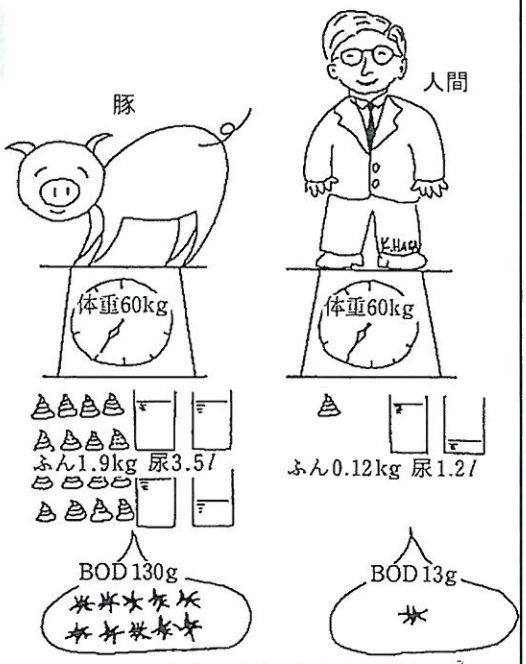
人間:0.12kg＋1.2L＝1.32kg

5.4÷1.32＝4.1

2. BOD（汚染物質）の量は人間の10人分

豚:130g÷人間13g＝10

3. 豚も人間もふんに比べて尿の量が多い

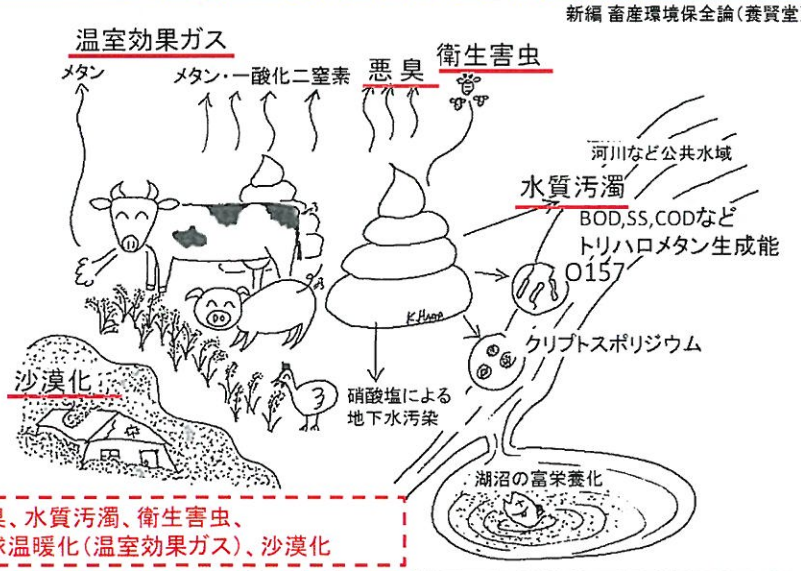


新編 畜産環境保全論（養賢堂）から

7

4. それらは人間の生活や環境にどういう影響を与える？

新編 畜産環境保全論（養賢堂）から

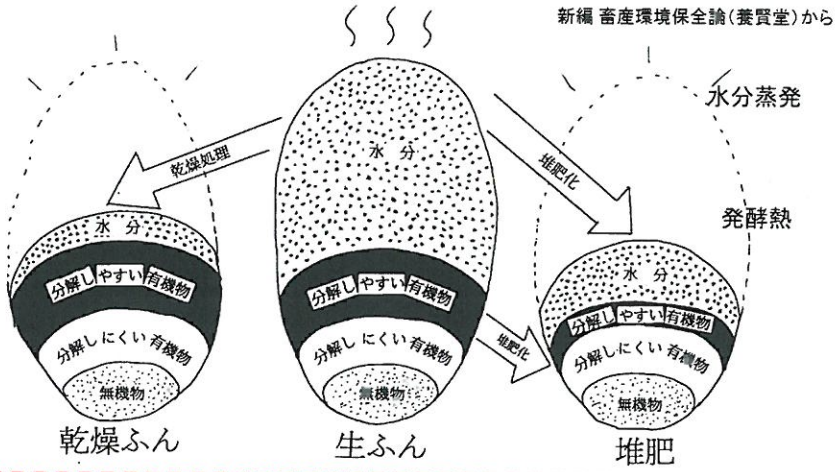


悪臭、水質汚濁、衛生害虫、
地球温暖化（温室効果ガス）、沙漠化

8

5. 養豚場における"ふん尿処理"とは、その悪い物質をどう変化させる？

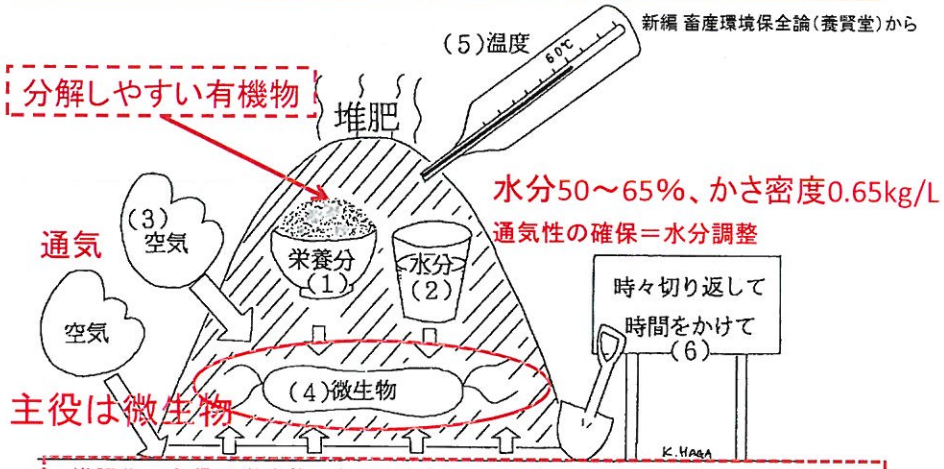
新編 畜産環境保全論（養賢堂）から



乾燥ふんには分解しやすい有機物が残るが、堆肥では分解しやすい有機物のほとんどが分解し、そのとき発生する発酵熱で堆肥の温度が上がり、水分が蒸発する。

安定した発酵で品質の良い堆肥
ー堆肥化の基本6条件

新編 畜産環境保全論（養賢堂）から



堆肥化の主役は微生物である。微生物は生き物なので、栄養分、水分、空気などが必要である。堆肥化進んで温度が上がり、時々、切り返しを行う。一定時間発酵させるために発酵槽や切返し装置などが必要となる。

かさ密度（比重）の測り方

ー水分調整＝通気性の確保の目安ー

家畜ふん尿処理施設の設計・審査技術（畜産環境整備機構）から

10リットルのバケツ（生ふんいっぱいで約10kg）

⇩

オガクズや戻し堆肥など、副資材を混合

⇩

10リットルを6.5kg以下に調製（3.5kg以上が空気）

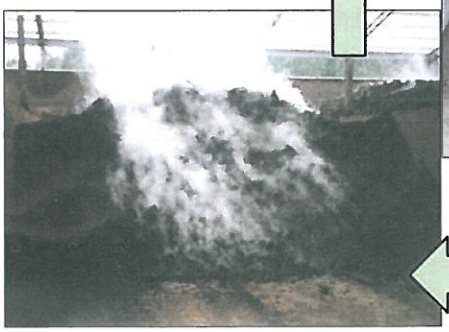
10L（リットル）のバケツに生ふんをいっぱいつめると約10kgの重さがある。
生ふんにオガクズなどを混合して、10Lで6.5kgのフワッとした状態にすると、3.5kgの空気をふくむことになる。

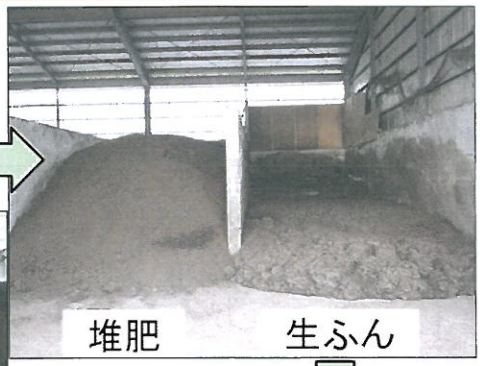
11

発酵する堆肥と生ふん

半分くらいの重量になる

湯気を出して発酵する堆肥





水分調整＝通気性の確保

堆肥舎・通気型堆肥舎（堆積発酵）

切返し

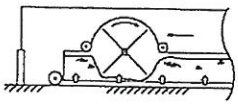
切返し用ショベルローダー

堆肥を堆積して発酵させるもっとも基本的な堆肥舎。切返しはショベルローダーなどで行う。床面から通気を行う方法が通気型堆肥舎。

13

開放・直線型・堆肥化装置（ロータリー撹拌式）（強制発酵）

ロータリー撹拌



床面通気

ロータリー撹拌と床面通気を行い堆肥を発酵させる。

14

縦型・密閉・堆肥化装置（強制発酵）

縦型・密閉発酵槽

縦型・密閉発酵槽の中で堆肥を通気・撹拌しながら発酵させる。

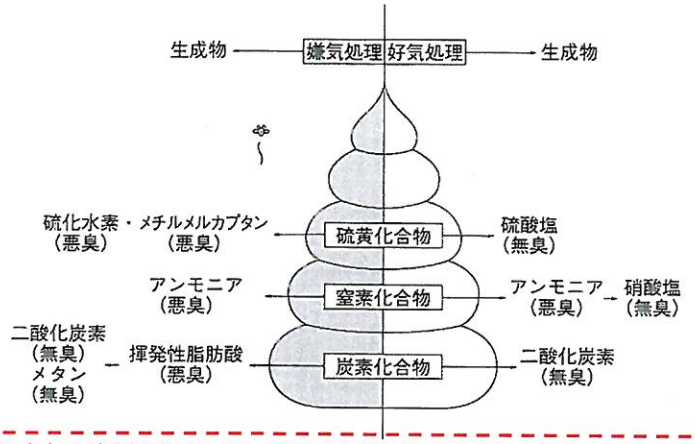
好気性微生物と嫌気性微生物の違い

	好気性微生物	嫌気性微生物
酸素	使って生きる	使わなくても生きる
有機物の分解速度	速くてほぼ完全分解	遅くて不完全分解
有機物の分解物	二酸化炭素、水	メタン、エタノール、二酸化炭素、有機酸、水素、硫化水素

好気性微生物は酸素を使って有機物を速く分解する。嫌気性微生物は酸素を使わないで有機物をゆっくり分解する。分解物は好気性の場合二酸化炭素と水だが、嫌気性の場合には有用なエタノールやメタンのほか、悪臭の硫化水素など多様である。

嫌気がくさい、好気がくさくない

どうする！？養豚汚水　ふん尿処理対策ブック（チクサン出版社）から



悪臭の少ない堆肥を作るには、好気的な堆肥化をすることです。悪臭物質は嫌気性のときに多く発生するからです。

17

活性汚泥法による汚水の浄化処理

活性汚泥とは汚水を浄化する活性を持った微生物の塊（汚泥）である。曝気槽の中で、活性汚泥に空気を送り（曝気　ばっき）ながら汚水を浄化する。（浄化槽）

18

オキシデーション・ディッチ法

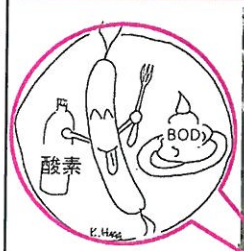
長円・溝型（ディッチ）の曝気槽を用い、1日に1回投入・放流を行う回分式活性汚泥法。

複合ラグーン法

大型・円形の曝気槽にを用い、1日に1回投入・放流を行う回分式活性汚泥法。

活性汚泥微生物による汚水の浄化処理

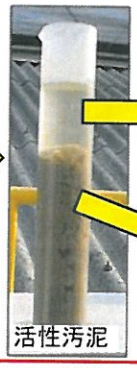
良い状態の曝気槽の活性汚泥



活性汚泥の微生物
[酸素を吸ってBODを食べ、汚水を浄化する。]

活性汚泥の混合液

沈殿させる



活性汚泥

きれいな処理水

活性汚泥微生物の顕微鏡写真

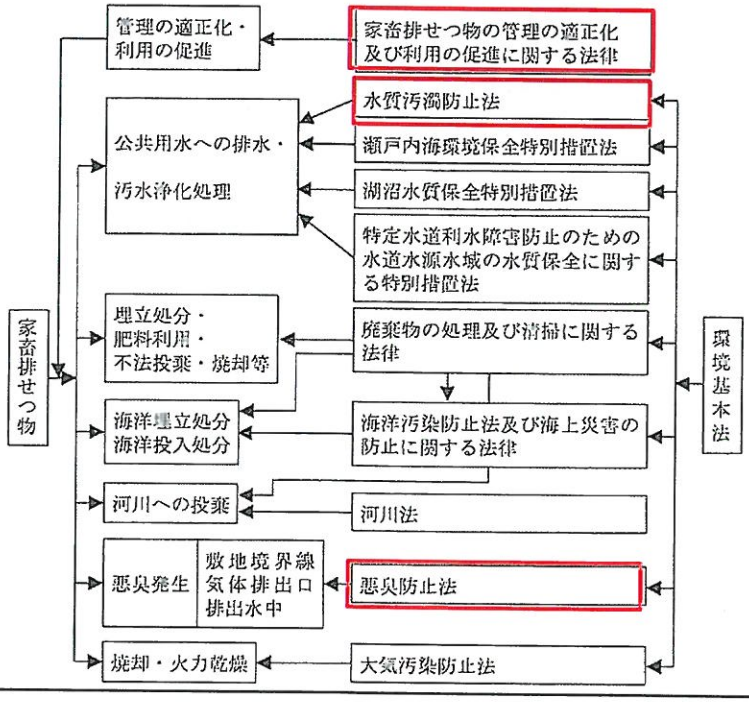
好気性微生物

○泡が少ない
○チョコレート色
○ニオイがほとんどない

フロック状の活性汚泥が沈殿し澄んだ処理水がとれる

21

6. 豚のふん尿・臭気・騒音等に係る環境規制とそれを遵守する責任



22

家畜排せつ物の管理の適正化と利用の促進に関する法律（家畜排せつ物法）

平成11年11月1日（平成16年まで5年間猶予、目標年度：平成20年度）

素掘と野積みの禁止（牛10頭、豚100頭、鶏2,000羽、馬10頭）以上

家畜ふん尿を適切に処理し有効利用するため、処理高度化施設の整備

基本方針の改定 → 平成19年3月 → 平成27年3月

23

（平成27年3月末現在）

水質汚濁防止法による 畜産の排水への水質規制

特定事業場　27,399戸
特定施設
豚房　50m²以上
牛房　200m²以上
馬房　500m²以上

排水量　50m³以上（大規模）386戸

排水量　50m³以下（中小規模）27,013戸

大規模

すべての特定事業場

健康項目（有害物質）
硝酸性窒素等、水銀、シアン、カドミウムなど

生活環境項目
BOD, SS, 大腸菌群、窒素、リンなど

◎年一回以上の測定義務

水質汚濁防止法では、一定規模以上の畜産農家は特定事業場として届出をし、生活環境項目については排水量50m³以上の少数の大規模事業場に適用されるが、硝酸性窒素等の健康項目（有害物質）はすべての事業場に適用される。

（平成27年3月末現在）

水質汚濁防止法による
畜産の排水への水質規制

特定事業場　27,399戸
特定施設
豚房　50m²以上
牛房　200m²以上
馬房　500m²以上

排水量　50m³以上（大規模）386戸

排水量　50m³以下（中小規模）27,013戸

大規模

すべての特定事業場

健康項目（有害物質）
硝酸性窒素等、水銀、シアン、カドミウムなど

生活環境項目
BOD, SS, 大腸菌群、窒素、リンなど

◎年一回以上の測定義務

水質汚濁防止法では、一定規模以上の畜産農家は特定事業場として届出をし、生活環境項目については排水量50m³以上の少数の大規模事業場に適用されるが、硝酸性窒素等の健康項目（有害物質）はすべての事業場に適用される。

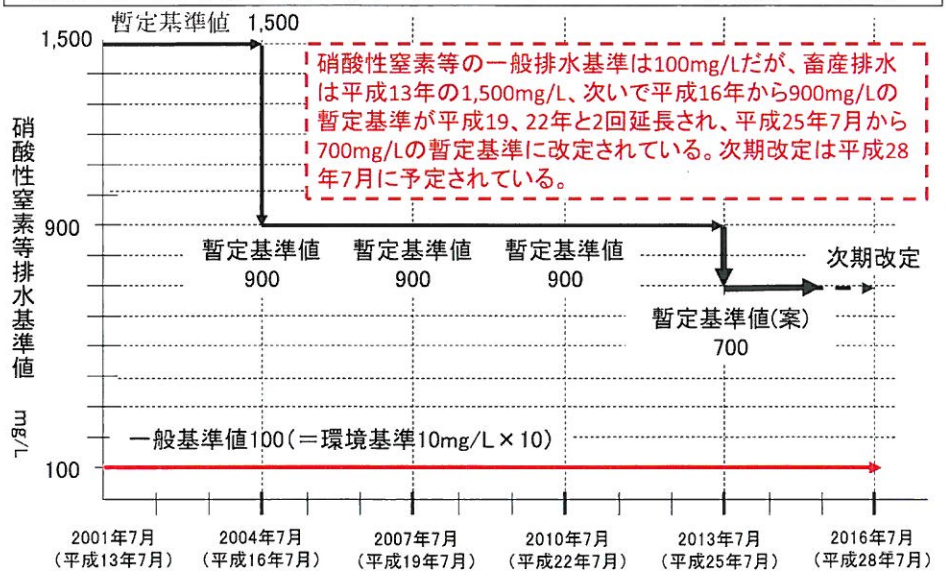
畜産の排水に関連する基準項目
ー水質汚濁防止法の生活環境項目の性質ー

項目	排水基準	性　質	測定法
pH	5.8～8.6	7が中性、高いとアルカリ性、低いと酸性	pH電極または試験紙
BOD	160mg/L（日間平均120mg/L）	微生物学的に酸化分解される成分	20℃、5日間培養
COD	160mg/L（日間平均120mg/L）	化学的に酸化分解される成分	100℃、30分間反応
SS	200mg/L（日間平均150mg/L）	浮遊・懸濁している成分	1μm以上の粒子
大腸菌群数	日間平均3,000個/cm³	ふん便性の細菌数	37℃、20時間培養
窒素	120mg/L（日間平均60mg/L）	窒素を含む成分	窒素含有量の分析
リン	16mg/L（日間平均8mg/L）	リンを含む成分	リン含有量の分析

畜産の排水に関連の深い7項目として、酸性・アルカリ性のpH、汚れのBODと、濁りのSS、ふん便性の大腸菌、湖沼の富栄養化に関係する窒素、リンなどがある。

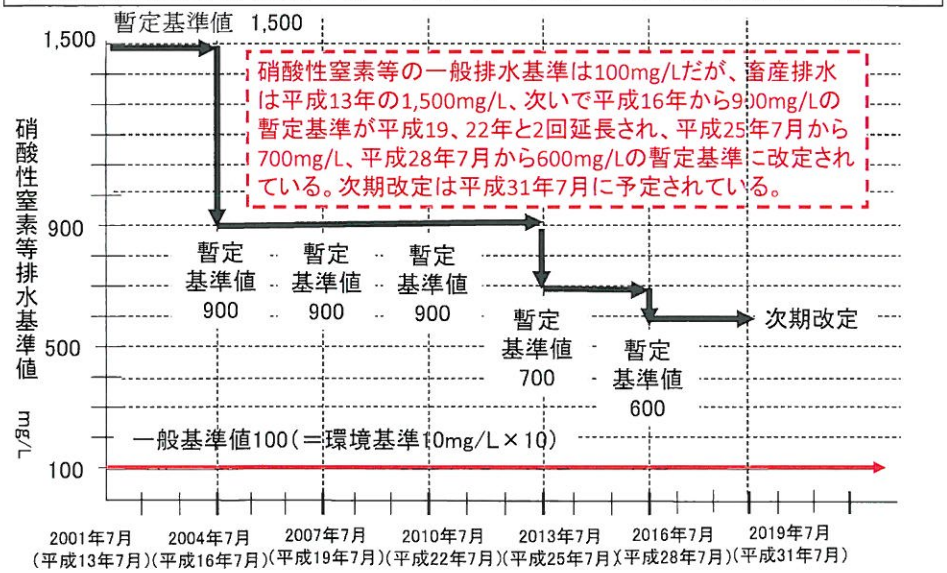
硝酸性窒素等の規制（水質汚濁防止法の健康項目）

硝酸性窒素等排水基準値＝アンモニアN×0.4＋亜硝酸N＋硝酸N



硝酸性窒素等の規制（水質汚濁防止法の健康項目）

硝酸性窒素等排水基準値＝アンモニアN×0.4＋亜硝酸N＋硝酸N



悪臭防止法における規制悪臭物質と臭気強度別濃度

悪臭物質	臭気強度	2.5	3	3.5	におい
		気質濃度(ppm)			
(1) アンモニア		1	2	5	し尿のようなにおい
(2) メチルメルカプタン		0.002	0.004	0.01	腐った玉ねぎの様なにおい
(3) 硫化水素		0.02	0.06	0.2	腐った卵のようなにおい
(4) 硫化メチル		0.01	0.04	0.2	腐ったキャベツのようなにおい
(5) 二硫化メチル		0.009	0.03	0.1	腐ったキャベツのようなにおい
(6) トリメチルアミン		0.005	0.02	0.07	腐った魚のようなにおい
(7) アセトアルデヒド		0.05	0.1	0.5	青ぐさい刺激臭
(8) スチレン		0.4	0.8	2	都市ガスのようなにおい
(9) プロピオン酸		0.03	0.07	0.2	酸っぱいような刺激臭
(10) ノルマル酪酸		0.001	0.002	0.006	汗くさいにおい
(11) ノルマル吉草酸		0.0009	0.002	0.004	むれたくつ下のにおい
(12) イソ吉草酸		0.001	0.004	0.01	むれたくつ下のにおい
(13) トルエン		10	30	60	ガソリンのようなにおい
(14) キシレン		1	2	5	ガソリンのようなにおい
(15) 酢酸エチル		3	7	20	刺激的なシンナーのようなにおい
(16) メチルイソブチルケトン		1	3	6	刺激的なシンナーのようなにおい
(17) イソブタノール		0.9	4	20	刺激的な発酵したにおい
(18) プロピオンアルデヒド		0.05	0.1	0.5	刺激的な甘酸っぱい焦げたにおい
(19) ノルマルブチルアルデヒド		0.009	0.03	0.08	刺激的な甘酸っぱい焦げたにおい
(20) イソブチルアルデヒド		0.02	0.07	0.2	刺激的な甘酸っぱい焦げたにおい
(21) ノルマルバレルアルデヒド		0.009	0.02	0.05	むせかえるような甘酸っぱい焦げたにおい
(22) イソバレルアルデヒド		0.003	0.006	0.01	むせかえるような甘酸っぱい焦げたにおい

窒素化合物 1つ

硫黄化合物 4つ

低級脂肪酸 4つ

29

肥料取締法施行令による特殊肥料の品質表示基準

堆肥の品質表示（例示）

1. 一般表示事項

(1)肥料の名称	ハガトンパワー
(2)肥料の種類	堆肥
(3)届出をした都道府県	AB県
(4)表示者の氏名又は名称及び住所	羽賀有機堆肥生産組合 AB県CD市EF1－2－3
(5)正味重量	16キログラム(45リットル)
(6)生産(輸入)した年月	平成25年12月

2. 原料　豚ふん

3. 主要な成分の含有量等　(現物当たり)

窒素全量	2.22%
りん酸全量	3.54%
加里全量	1.71%
炭素窒素比	11.4

一定以上の濃度の場合に表示しなければならない

(現物当たり)

銅全量	300mg/kg
亜鉛全量	900mg/kg
石灰全量	150g/kg

畜産環境整備機構の畜産環境技術研究所では堆肥の依頼分析を受け付けています。

30

養豚農業振興法

平成26年6月27日

（豚の飼養衛生管理の高度化）

第6条 国及び地方公共団体は、豚の飼養衛生管理の高度化を促進するため、高度な飼養衛生管理の手法の導入に対する支援、豚の排せつ物の処理の高度化に取り組みに対する支援、豚の疾病に対する検査体制の整備その他必要な施策を講ずるよう努めるものとする。

養豚農業の振興に関する基本方針

平成27年3月

4. 豚の飼養衛生管理の高度化に関する事項

（2）豚の排せつ物の処理の高度化・利用の促進

①排せつ物の処理の高度化

臭気や水質ついての苦情など畜産環境問題の解決。低コストで効果的。畜産クラスターの活用

②排せつ物の利用の促進

耕畜連携の下での堆肥利用。FITを活用したエネルギー利用。

施設整備を促進するための支援策（平成27年度）

個人が設置する場合、畜産環境整備機構が取り扱う、畜産環境整備リース事業が便利です。

共同で設置する場合

- 補助事業等
  - ○ 家畜排せつ物処理のための施設等の整備
    強い農業づくり交付金のうち
    畜産周辺環境の整備 231億円のうち数
  - ○ その他
    家畜排せつ物処理施設の整備に活用できる事業、中山間地域等における農業集落の環境を保全管理するための事業 等
- 融資制度
  - ○ 日本政策金融公庫資金
    ・畜産経営環境調和推進資金
    ・農業改良資金
    — 0.7%等 無利子
  - ○ 農業近代化資金 — 0.7%等
- 税制措置
  - ○ 固定資産税の課税標準の軽減
    公害防止関連施設（2/3控除）

個人が設置する場合

- 補助事業等
  - ○ 畜産クラスター計画に定められた中心的な経営体の収益性の向上、畜産環境問題への対応に必要な施設等の整備
    畜産競争力強化体制整備事業 [illegible]億円
  - ○ 畜産高度化支援リース事業28億円のうち
    畜産環境整備リース事業（補助なしリース事業）
- 融資制度
  - ○ 日本政策金融公庫資金
    ・畜産経営環境調和推進資金
    ・農業改良資金
    — 0.7%等 無利子
  - ○ 農業近代化資金 — 0.7%等
- 利子助成
  - ○ 産地活性化総合対策事業のうち
    畜産経営環境調和推進支援事業
    畜産経営環境調和推進資金による整備に対し利子助成
    （貸付当初から5年分、2%を上限）
- 税制措置
  - ○ 固定資産税の課税標準の軽減
    公害防止関連施設（2/3控除）

施設整備を促進するための支援策（平成27年度）

個人が設置する場合、畜産環境整備機構が取り扱う、畜産環境整備リース事業が便利です。

共同で設置する場合

- 補助事業等
  - ○ 家畜排せつ物処理のための施設等の整備
    強い農業づくり交付金のうち
    畜産周辺環境の整備　231億円のうち数
  - ○ その他
    家畜排せつ物処理施設の整備に活用できる事業、
    中山間地域等における農業集落の環境を保全管理するための事業　等
- 融資制度
  - ○ 日本政策金融公庫資金
    ・畜産経営環境調和推進資金
    ・農業改良資金　　0.7%等 無利子
  - ○ 農業近代化資金　　0.7%等
- 税制措置
  - ○ 固定資産税の課税標準の軽減
    公害防止関連施設（2/3控除）

個人が設置する場合

- 補助事業等
  - ○ 畜産クラスター計画に定められた中心的な経営体の収益性の向上、畜産環境問題への対応に必要な施設等の整備
    畜産競争力強化体制整備事業　75億円
  - ○ 畜産高度化支援リース事業18億円のうち
    畜産環境整備リース事業（補助なしリース事業）
- 融資制度
  - ○ 日本政策金融公庫資金
    ・畜産経営環境調和推進資金
    ・農業改良資金　　0.7%等 無利子
  - ○ 農業近代化資金　　0.7%等
- 利子助成
  - ○ 産地活性化総合対策事業のうち
    畜産経営環境調和推進支援事業
    畜産経営環境調和推進資金による整備に対し利子助成
    （貸付当初から5年分、2%を上限）
- 税制措置
  - ○ 固定資産税の課税標準の軽減
    公害防止関連施設（2/3控除）

施設整備を促進するための支援策（平成28年度）

個人が設置する場合、畜産環境整備機構が取り扱う、畜産環境整備リース事業が便利です。

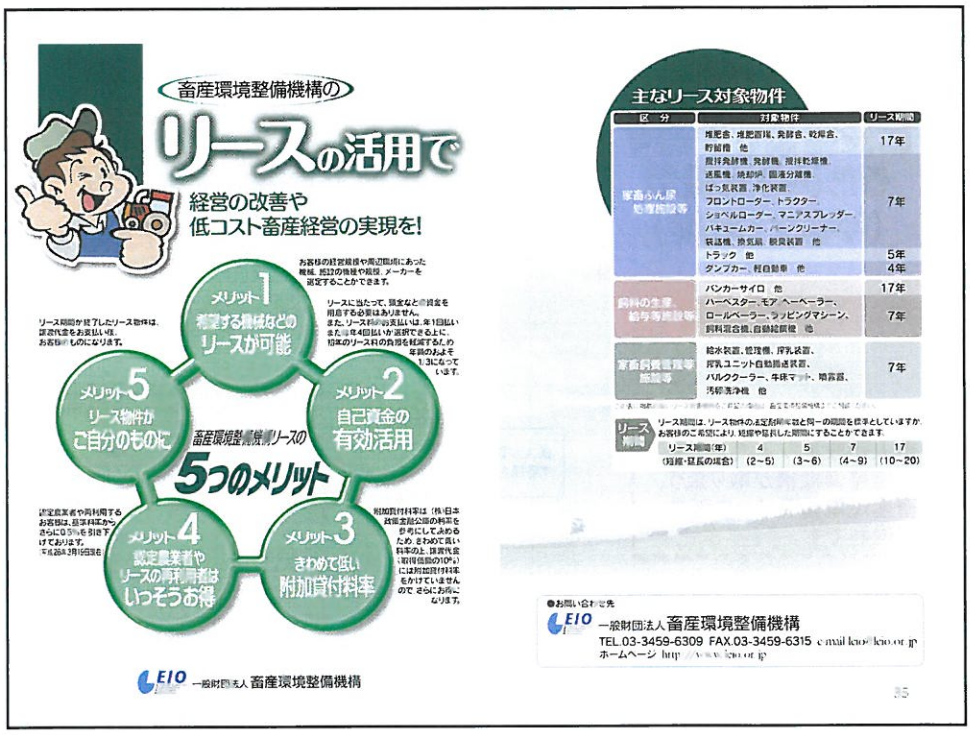
共同で設置する場合

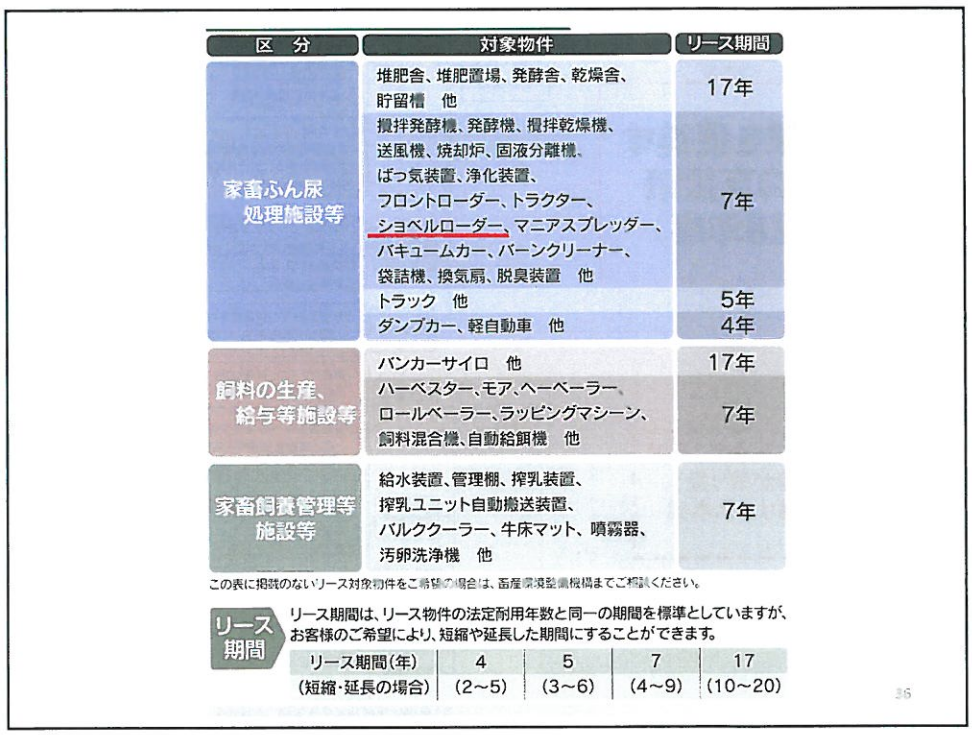
- 補助事業等
  - ○ 家畜排せつ物処理施設等の整備
    ・強い農業づくり交付金　208億円の内数
    畜産周辺環境の整備
  - ○ その他
    家畜排せつ物処理施設の整備に活用できる事業、
    中山間地域等における農業集落の環境を保全管理するための事業　等
- 融資制度
  - ○ 日本政策金融公庫資金
    （畜産経営環境調和推進資金）　　0.2%等
  - ○農業近代化資金　　0.2%
  - ○農業改良資金　　無利子
- 税制措置
  - ○固定資産税の課税標準の軽減
    ・公害防止関連施設（2/3控除）

個人が設置する場合

- 補助事業等
  - ○畜産クラスター計画に定められた中心的な経営体の収益力強化や畜産環境問題への対応に必要な施設等の整備
    ・畜産・酪農収益力強化整備等特別対策事業　610億円
  - ○畜産農家等への環境整備に必要な施設等の貸付
    ・畜産高度化支援リース事業　21億円の内数
    畜産環境整備リース事業（補助なしリース事業）
- 融資制度
  - ○ 日本政策金融公庫資金
    （畜産経営環境調和推進資金）　　0.2%等
  - ○農業近代化資金　　0.2%
  - ○農業改良資金　　無利子
- 利子助成
  - ○畜産経営環境調和推進資金による整備に対し利子助成
    （貸付当初から5年、2%を上限）
  - ・産地活性化総合対策事業　20億の内数
    畜産経営環境調和推進支援事業
- 税制措置
  - ○固定資産税の課税標準の軽減
    ・公害防止関連施設（2/3控除）

注）金額は平成28年度予算額、金利は平成28年3月18日現在のもの。





区分	対象物件	リース期間
家畜ふん尿処理施設等	堆肥舎、堆肥置場、発酵舎、乾燥舎、貯留槽 他	17年
	撹拌発酵機、発酵機、撹拌乾燥機、送風機、焼却炉、固液分離機、ばっ気装置、浄化装置、フロントローダー、トラクター、ショベルローダー、マニアスプレッダー、バキュームカー、バーンクリーナー、袋詰機、換気扇、脱臭装置 他	7年
	トラック 他	5年
	ダンプカー、軽自動車 他	4年
飼料の生産、給与等施設等	バンカーサイロ 他	17年
	ハーベスター、モア、ヘーベーラー、ロールベーラー、ラッピングマシーン、飼料混合機、自動給餌機 他	7年
家畜飼養管理等施設等	給水装置、管理棚、搾乳装置、搾乳ユニット自動搬送装置、バルククーラー、牛床マット、噴霧器、汚卵洗浄機 他	7年

この表に掲載のないリース対象物件をご希望の場合は、畜産環境整備機構までご相談ください。

リース期間

リース期間は、リース物件の法定耐用年数と同一の期間を標準としていますが、お客様のご希望により、短縮や延長した期間にすることができます。

リース期間(年)	4	5	7	17
(短縮・延長の場合)	(2~5)	(3~6)	(4~9)	(10~20)

36

ふん尿処理と環境規制 ―まとめ―

1. 豚はどのくらい食べて、どのくらい排せつする？
   → 体重70kgの肥育豚、3.3kgの飼料、日増体量0.88kgで、ふん尿5.7kg
2. 全国の豚の排せつ物処理方法の状況は？
   → 73.9%がふん尿分離、ふんの97.5%が堆肥化、尿汚水は76.3%が浄化
3. 豚の排せつ物(ふん・尿)は、どんな物質？
   → 分解し易い有機物が腐敗し、悪臭を発生させ、水質を汚濁する
4. それらは人間の生活や環境にどういう悪影響を与える？
   → 水質汚濁、悪臭、衛生害虫、温室効果ガス、沙漠化
5. 養豚場における“ふん尿処理”とは、その悪い物質をどう変化させる？
   → 堆肥化、汚水の浄化処理、好気性微生物と嫌気性微生物
6. 豚のふん尿・臭気・騒音等に係る環境規制とそれを遵守する責任
   → 家畜排せつ物法、水質汚濁防止法、悪臭防止法、畜産環境整備機構

参考文献

全般
畜産環境整備機構. 1998. 家畜ふん尿処理利用の手引き. 202pp.
畜産環境整備機構. 2004. 家畜ふん尿処理施設の設計・審査技術. 202pp.
羽賀清典監修. 2004. どうする！？養豚汚水　ふん尿処理対策ブック.チクサン出版社. 176pp.
伊東正吾監修. 2006. わかりやすい養豚場実用ハンドブック. チクサン出版社. 227pp.
押田敏雄・柿市徳英・羽賀清典共編. 2012. 新編 畜産環境保全論. 養賢堂. 276pp.
羽賀清典. 2013. 家畜ふん尿処理を取り巻く最近の状況. 家畜衛生学雑誌, **39**(2), 45-53
農林水産省畜産環境・経営安定対策室. 2014. 畜産環境をめぐる情勢. 16pp.

堆肥化
中央畜産会. 2000. 堆肥化施設設計マニュアル. 246pp.
古谷　修.編著. 2007. 家畜ふん堆肥の基礎から販売まで～100問100答～, アニマル・メディア社, 197pp .

汚水処理
中村作二郎. 2003. 養豚場の排水処理. ベネット, 225pp.
実用　水の処理・活用大事典編集委員会編. 2011.実用　水の処理・活用大事典. 産業調査会. 1124pp.
羽賀清典. 2013. 硝酸性窒素等に関わる暫定排水基準改定. 畜産の研究, **67**(7), 743-746.
畜産環境整備機構. 2013. 畜産農家のための汚水浄化処理施設窒素対応管理マニュアル（硝酸性窒素等対応高度管理技術について）. 86pp.

参考文献

全般
1) 畜産環境整備機構. 1998. 家畜ふん尿処理利用の手引き. 202pp.
2) 畜産環境整備機構. 2004. 家畜ふん尿処理施設の設計・審査技術. 202pp.
3)羽賀清典監修. 2004. どうする！？養豚汚水　ふん尿処理対策ブック.チクサン出版社. 176pp.
4) 伊東正吾監修. 2006. わかりやすい養豚場実用ハンドブック. チクサン出版社. 227pp.
5) 押田敏雄・柿市徳英・羽賀清典共編. 2012. 新編 畜産環境保全論. 養賢堂. 276pp.
6) 農林水産省 畜産部 畜産振興課. 2016. 畜産環境をめぐる情勢. 2016年5月, 16pp.
7) 羽賀清典. 2016. 養豚環境をめぐる課題. Pig Journal, 2016年6月号, p.72-74.

堆肥化
8) 中央畜産会. 2000. 堆肥化施設設計マニュアル. 246pp.
9) 古谷　修.編著. 2007. 家畜ふん堆肥の基礎から販売まで～100問100答～, アニマル・メディア社, 197pp.
10) 羽賀清典. 2014. 堆肥化（発酵）技術. 月刊 養豚界, 2014年12月号, p.74-77.

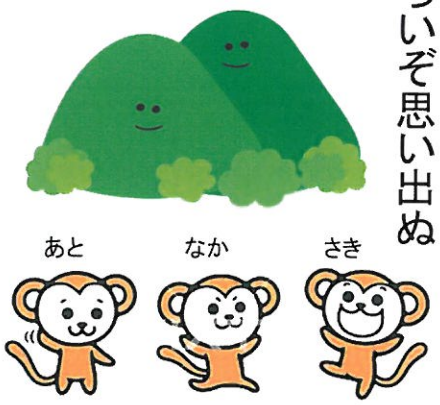
汚水処理
11)中村作二郎. 2003. 養豚場の排水処理. ベネット, 225pp.
12) 畜産環境整備機構. 2013. 畜産農家のための汚水浄化処理施設窒素対応管理マニュアル（硝酸性窒素等対応高度管理技術について）. 86pp.
13) 羽賀清典. 2014. 活性汚泥法による汚水処理. 月刊 養豚界, 2014年10月号, p.55-58.
14) 羽賀清典. 2014. 排水規制と硝酸性窒素. 月刊 養豚界, 2014年11月号, p.46-49.

悪臭
15) 羽賀清典. 2015. 臭気について. 月刊 養豚界, 2015年1月号, p.51-54.
16) 羽賀清典. 2015. においの見える化と悪臭対策. 畜産環境情報, 第61号, p.21-26.

お猿のうた

すすきだ　きゅうきん　明治～昭和の詩人・随筆家
薄田泣菫（1877-1945）

向こう小山を猿が行く
さきのお猿がもの知らず
あとのお猿ももの知らず
なかのお猿が賢くて
山の畑に実をまいた
花が開いて実がなれば
二つの猿は帰り来て
一つ残さずとりつくし
種をばまいた連れの名は
忘れてついぞ思い出ぬ



臭気対策技術

悪臭防止法　第一条

法律の目的

この法律は、工場その他の事業場における事業活動に伴って発生する悪臭物質の排出を規制することにより、生活環境を保全し、国民の健康の保護に資することを目的とする。

→苦情処理対策が目的、規制基準を守ることではない

畜産の臭気対策の課題

環境の変化

畜産農家の大規模化、専業化→畜産農家の減少、山間部へ移動

農村部の混住化→住宅が近接、生活になじみのない臭い、　生活水準の向上

臭気対策の難しさ

臭気の苦情は感情論→対応が遅れると思わぬところへ発展、侮りは禁物

畜産の臭気は複合臭（臭気の性質）→対策が難しい

臭気対策は転ばぬ先の杖→早急に対応すること

臭気対策はコストがかかる→非生産、投資が困難

脱臭装置の導入→脱臭効果と持続性、低コストが不可欠

Weber-Fechnerの法則

$I=k \log C+a$　　I:臭気強度、C:物質濃度、k、定数

→9割減少させて感覚的に半分に減少したと感じる

臭気強度と臭気指数の関係

臭気強度	内　　容　[臭気指数の範囲]
0	無臭
1	やっと感知できるにおい（検知閾値）
2	何のにおいかがわかる弱いにおい（認識閾値）
2.5	[10～15]
3	らくに感知できるにおい [12～18]
3.5	[14～21]
4	強いにおい
5	強烈なにおい

[臭気指数＝log（臭気濃度）×10]

20 ＝ 100倍希釈
10 ＝ 10倍希釈

悪臭物質

悪臭防止法で規制　　22物質

畜産に由来する物質　　10種類

（発生源によって臭気物質が異なる）

- アンモニア
- イオウ化合物　－－－－－ 4種類
- トリメチルアミン
- 低級脂肪酸　－－－－－ 4種類

悪臭の測定法

○機器測定法

○嗅覚測定法　臭気指数による規制（平成7年9月～）
複合臭への対応（三点比較式臭袋法による）

臭気発生源における臭気の特徴・考え方

畜産における臭気の発生源

畜舎：低濃度・大風量　　ふん尿処理施設：高濃度・小風量

→ まずは臭気対策が必要

畜舎における臭気発生の防止と抑止策（低濃度・大風量）

臭気発生防止策の基本

臭気の発生源の特定

発生源から臭気を発生させないようにする

- 畜舎等の清掃・飼養管理
- 家畜の健康管理
- 新鮮ふん尿の早期分離と搬出
- 敷料による水分や臭気成分の吸着
- 畜舎の通風・換気の励行

お金をかけずに臭気対策をしたいが・・・・・

清掃が悪いと臭う

○家畜の健康管理
○ふん尿は早期に搬出
○畜舎の清掃管理
○敷料の利用
○通気換気の励行

○臭気は拡散しにくい
○数km先まで団塊状で移動
○畜舎換気には粉塵が多い

○樹木による拡散効果

管理がよければ
臭気は少ない
（桜本養豚場）

床面の乾燥している豚舎は臭わない

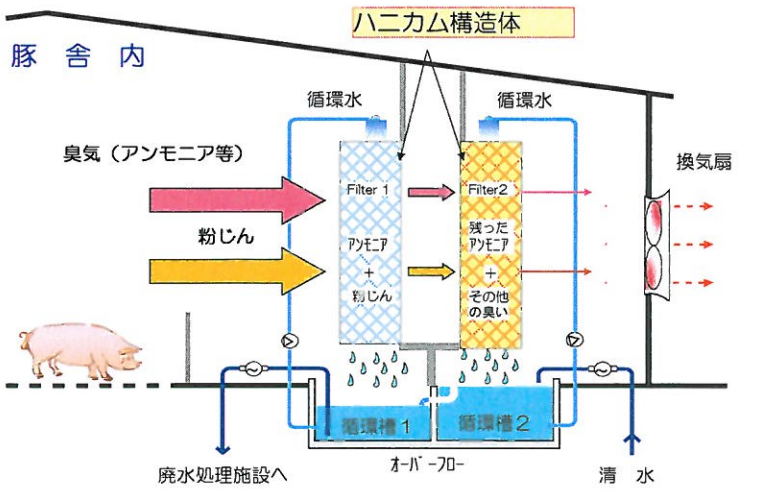
敷料に裁断したワラを使用

乾燥麦ワラを敷料に使用

樹木（ヒバとツバキ）による除塵と景観

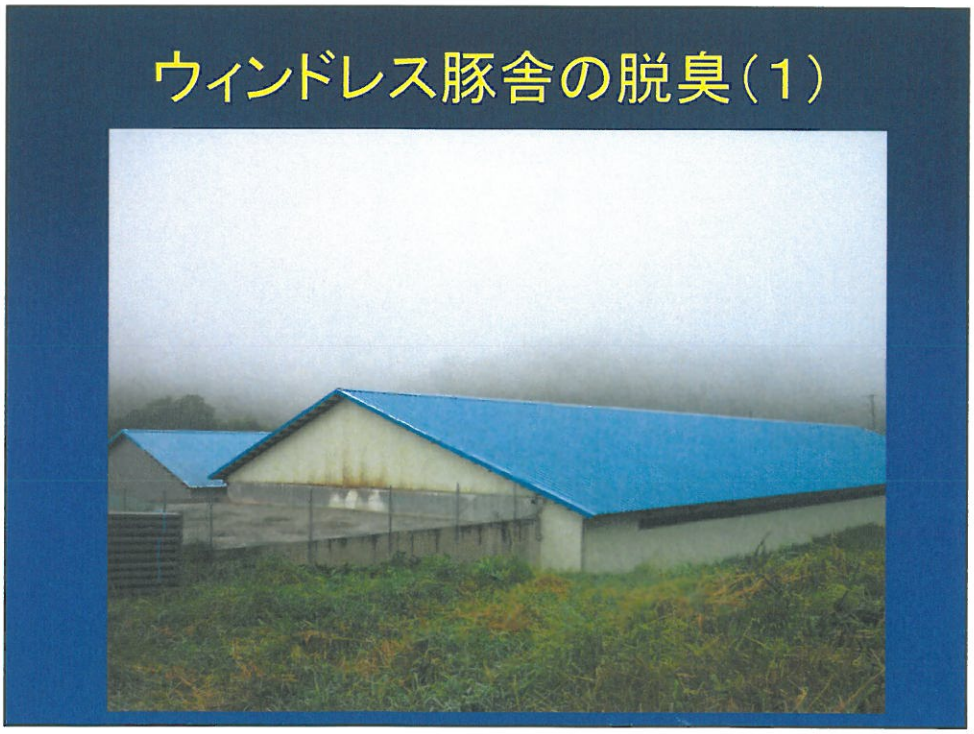
美観も大切

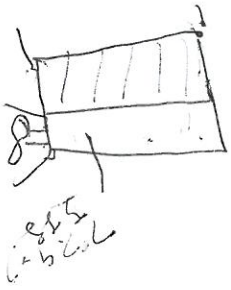
排気口にネットを張り、粉塵と臭気を脱臭



提供：ヨシモトポール株式会社

豚舎換気の脱臭


ウィンドレス豚舎の脱臭（1）



畜舎換気の臭気対策の問題点と今後の対策

○開放畜舎（日本型畜舎）の臭気対策への取り組み

○低コストな臭気対策技術が必要、されど持続性は不可欠

○周辺環境状況の把握と臭気対策

○畜舎周辺の地形、気象条件の把握と適切な対応（より広く）

○産学官の一体的な取り組みが必要（畜産の危機）

堆肥化施設等の臭気対策（高濃度・少風量）

○堆肥化装置でも臭いの少ない施設がある。

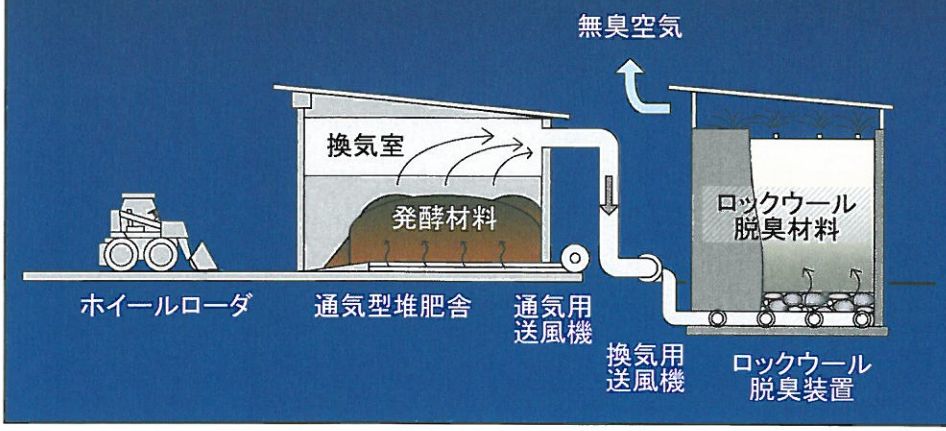
○堆肥化の原理を知ろう。

○堆肥化の方法、畜種によっても臭気の発生量が異なる。

○堆肥化時には、アンモニアを主とした臭気が発生する。

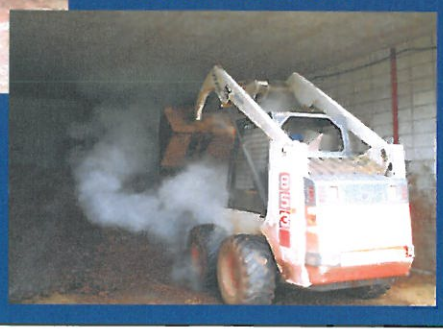
臭気の捕集及び換気方法

- 発生源の密閉化
- 強制換気で臭気を捕集
  換気口は吸気口の反対側
  換気量＝換気容積の8～10倍／時 ＋ 通気量



通気型堆肥舎内部

切り返し作業



発酵槽を密閉化し、内部を換気して脱臭装置へ送る（西脇市）

各種の脱臭技術

- 水洗法
- 燃焼法
- 吸着法
- 薬液処理法
- 生物脱臭法
  土壌脱臭法、ロックウール脱臭法など
- 空気希釈法
- マスキング法：畜産では少ない
- オゾン脱臭法

桜本養豚場

チップ使用の水洗法

特定悪臭物質と洗浄液の適否

物質名＼洗浄液	水	酸（H_2SO_4, HCl）	アルカリ（NaOH）	酸化剤（NaClO）
アンモニア	○	○	×	○
メチルメルカプタン	×	×	△	○
硫化水素	△～×	×	○	○
トリメチルアミン	△	○	×	△～○
プロピオン酸	○	×	△～×	○～△
ノルマル酪酸	○	×	△～×	○～△
ノルマル吉草酸	△～×	×	△～×	○～△
イソ吉草酸	△～×	×	△～×	○～△

（注）○:適、　△:やや適、　×:不適

生物脱臭法の原理

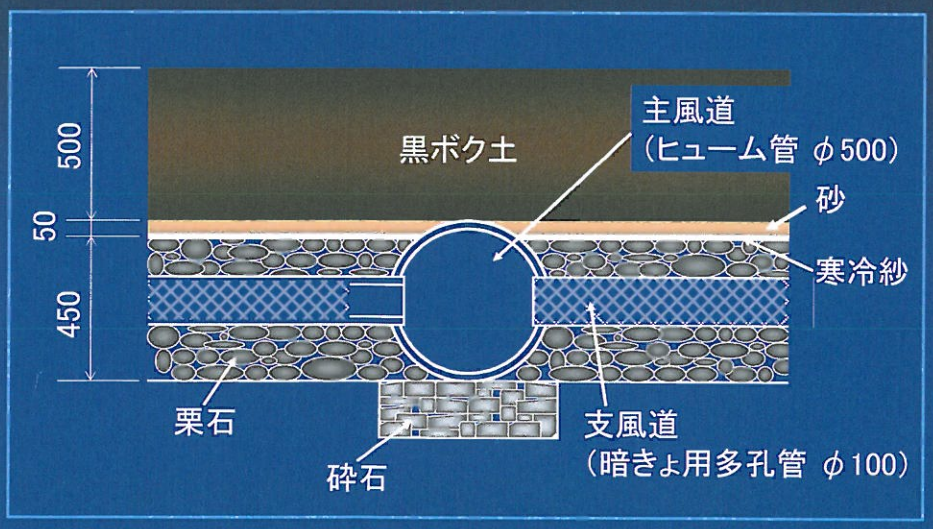
悪臭 —好気条件（硝酸化成菌）→ 無臭 —嫌気条件（脱窒菌）→ 無臭

〔例〕 NH_3 → NO_2、NO_3 → N_2、NO

↓

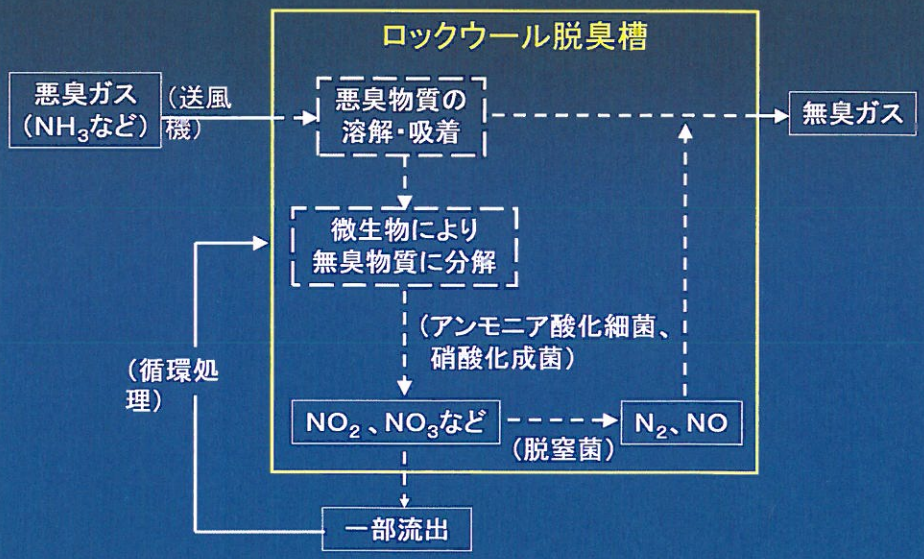
一部流出

土壌脱臭装置の土壌槽断面



土壌脱臭装置

ロックウール脱臭材料による脱臭の原理

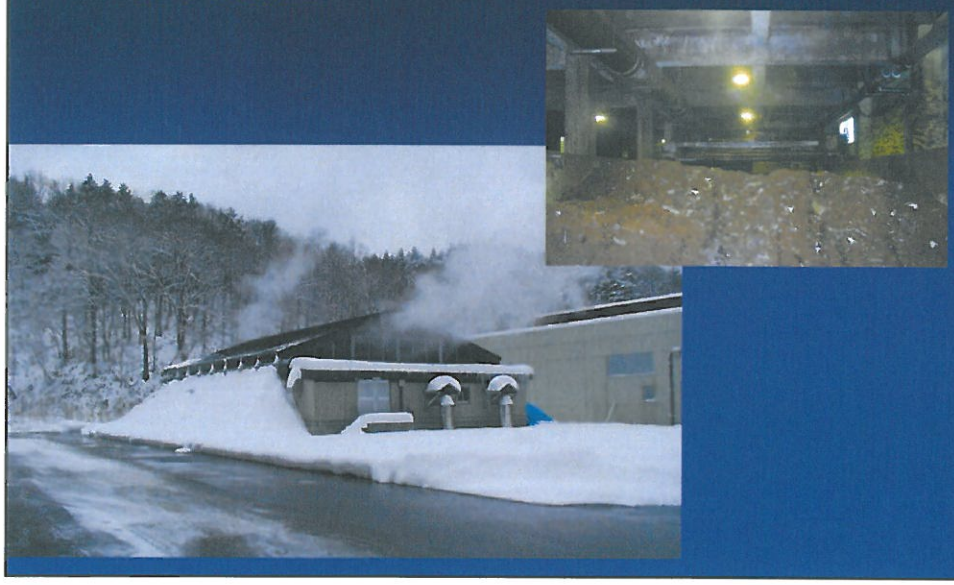


臭気が漏れないように
堆肥化装置を密閉

奈義有機センター：岡山県

奈義有機センター：岡山県

留萌生ゴミ堆肥化処理装置のロックウール脱臭装置



留萌市美サイクル館堆肥化装置のRW脱臭装置の臭気測定

測定日	平成14年3月19日		平成15年3月20日	
測定位置	脱臭槽入口	脱臭槽出口	脱臭槽入口	脱臭槽出口
アンモニア	97	5.4	190	1.5
メチルメルカプタン	0.071	0.0010	0.035	0.0002
硫化水素	0.0016	0.0008	0.031	0.0004
硫化メチル	0.034	0.0091	0.037	0.0002
二硫化メチル	0.032	0.0023	0.025	0.0001
トリメチルアミン	2.2	0.027	3.9	0.0001
プロピオン酸	0.28	0.0059	0.0034	<0.0001
ノルマル酪酸	0.25	0.0005	0.011	<0.0001
ノルマル吉草酸	0.0048	<0.0001	<0.0005	<0.0001
イソ吉草酸	0.29	0.0007	0.017	<0.0001
臭気濃度	31000	310	98000	74

脱臭性能の比較

脱臭法	脱臭効果	運転コスト	運転コスト比較	設置規模	問題点
生物脱臭法					
ロックウール脱臭装置	○	○	100	○	
土壌脱臭装置	○	○	150	△	設置面積大
燃焼法	○	△	480	○	燃料費高い
吸着法	○	△	5000	○	吸着剤交換
薬剤処理法	○	△	200	○	廃液処理
	○ 大 △ 小	○ 小 △ 大	ロックウール脱臭装置を100とした	○ 小 △ 大	

まとめ

臭気対策は苦情が発生する前に対処する

- 共同利用の堆肥化施設では必須
- 悪臭防止法と臭気発生源

脱臭装置に求められる条件

- 脱臭機能が満たされ持続性がある
- 低コストな装置
  （ランニングコストの低減化）

発酵熱を活用した密閉縦型堆肥化装置の利用高度化

農研機構

○中久保亮（農研機構），小島陽一郎（農研機構），石田三佳（農研機構），川村英輔（神奈川県）

目的

密閉縦型堆肥化装置は処理速度が速く省スペース、密閉されているために悪臭対策が比較的容易、といったメリットから中小家畜を中心に広く全国に普及している。本研究では密閉縦型堆肥化装置から排出される60～70℃の排気発酵熱により得られた温水を、子豚の暖房技術として普及が進んでいる床暖房の熱源として活用する堆肥発酵熱床暖房システムの実証試験を行った。

方法

【試験期間】
2016/7/9～2016/8/2
【場所】
福島県の母豚200頭一貫経営農場
【密閉縦型堆肥化装置】
中部エコテック製コンポS-36
発酵容積　:39m³
通気量　　:7.75m³/min
投入量　　:豚ぷん　3m³/day
　　:浄化槽汚泥1m³/day
【熱交換器】
セキサーマル製直交流プレートフィン型熱交換器
材質　　:SUS304
標準流量　:12.63m³/min
伝熱面積　:9.20m²
【温水配管】
口径32mmポリエチレン2層管
総延長320m
【熱交換用ポンプ】
荏原製作所製32LPS5.75A
定格出力:0.75kW
【貯湯タンク】
500L丸型バルククーラー（中古）
【温水温度制御】
貯湯タンク温水目標温度:39℃
温度調節器:オムロン製E5CC
ポンプ制御用インバータ（三菱電気製FR-S500）をPID制御
制御出力DC4～20mAを0Hz～50Hzに割り付け（但し30HZ以下の周波数指令ではポンプ停止）
【分娩豚舎床暖房】
ダイヤ製灯油ボイラー床暖房システムに貯湯タンクを接続
床暖房パネル（400mm×600mm）×90枚（60豚房分）
設定温度39℃（通常は41℃設定で冬季のみ稼働）
流量:47.5L/min
【測定項目】
排気温度・温水温度等（おんどとり）
ポンプ消費電力（日置電気製クランプオンパワーロガーPW3360）
温水流量（キーエンス製クランプオン式流量センサFD-Q32C）

密閉縦型堆肥化装置

熱交換器

貯湯タンク

灯油ボイラー

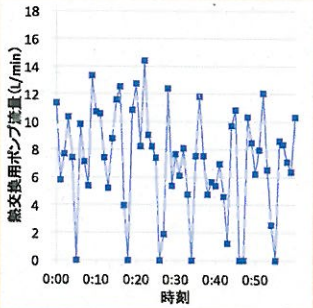
床暖房

実証農場航空写真

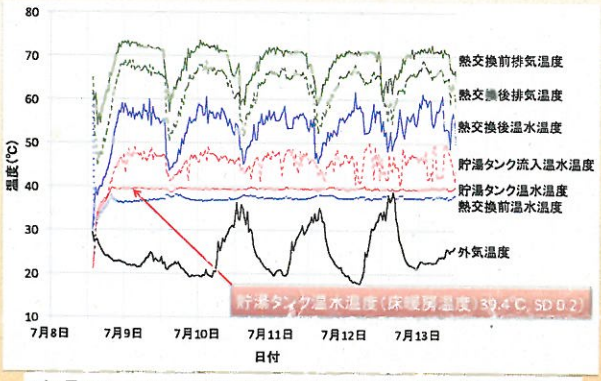
ナースフィーダーで育てられる哺乳子豚

結果および考察

発酵熱床暖房システムの稼働状況



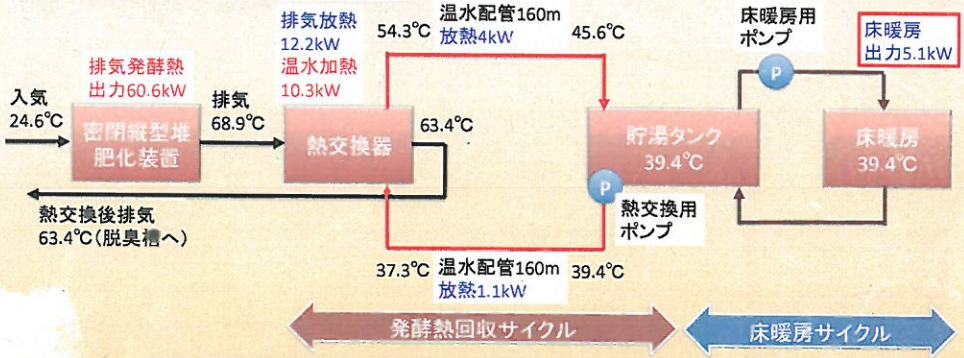
PID制御による熱交換用ポンプ流量制御



貯湯タンク温水温度（床暖房温度）他の経時変化

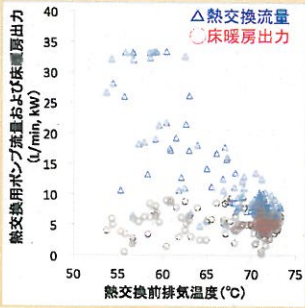
- 貯湯タンク温水温度はPID制御により排気温度変化に影響されることなく安定していた。
- 貯湯タンク温水温度は目標値39℃に対して平均39.4℃、標準偏差0.2であった。
- 灯油ボイラーによる補助加温なしに単独で床暖房熱源として使用可能であった。

発酵熱床暖房システムの出力特性



発酵熱床暖房のシステム概要および発酵熱床暖房の平均出力

- 平均出力60.6kWの発酵熱から床暖房出力5.1kWを取得した。
- 灯油消費量12L/day、灯油コスト3万円/月を削減可能である。
- 熱交換用ポンプの消費電力0.19kW、電力コスト2.2千円/月
- 発酵原料投入時を除き、熱交換用ポンプは流量15L/min未満で制御されており、冬季床暖房熱源としても有効と考えられる。
- 発酵原料投入に伴う排気温度低下時には、熱交換用ポンプの最大流量である34L/minで送水された。
- 配管からの放熱や床暖房出力が増加する冬季においては、一時的に灯油ボイラーによる補助加温が必要と考えられる。
- 発酵熱床暖房システムの試作コストは170万円であった。
- 実証農場では夏季床暖房の実施により、ナースフィーダーで育てられる哺乳子豚30頭/月の下痢が減少し、事故率が50%から20%に改善した。



排気温度と熱交換用ポンプ流量および床暖房出力との関係