

畜舎排水処理施設の周辺環境調査と機能検査について

The livestock barn waste water treatment facilities about an environmental in surrounding investigation and the performance inspection

赤崎千香子 郷右近順子 阿部 郁子
大金 仁一 佐々木久雄

Chikako AKASAKI, Junko GOUKON, Ikuko ABE
Jin-ichi OGANE, Hisao SASAKI

平成2年に事業を開始した畜産業のA事業所は、長年にわたり周辺住民から苦情が寄せられ、平成19年3月に糞尿の不適正処理により水質汚濁防止法に基づく行政処分を受けた。その後も事業所排水の基準超過が疑われたため、該当事業所の周辺環境調査と排水処理施設の機能検査を行った。

周辺環境の調査結果から、この地域の標準的な沢水の水質と比較すると、事業所排水は調査地点の最下流域にまで影響を及ぼしていることが確認された。また、降雨時調査からは一時的な水質の変動は確認できなかったが、河川水量の増加を考慮すると、事業所排水が周辺環境へ及ぼす影響は晴天時よりもさらに大きいことが推測された。

A事業所の排水処理施設機能検査の結果からは、二次処理施設である中空糸膜処理施設の過負荷が危惧され、特定施設の設置届出における原単位の設定にも甘さが認められた。これらの調査結果を基に、事業者に対し改善に関する提案を行った。

キーワード：畜舎排水；水処理；機能検査；環境調査

Key words : livestock barn drain ; water disposal ; performance inspection ; environmental investigation

1 はじめに

水質汚濁防止において排水処理施設の管理責任は各個別の事業所と定められている。畜産農業施設については、『家畜排せつ物の管理の適正化及び利用の促進に関する法律』が施行され、家畜排泄物の適正処理と堆肥化による利用促進が図られている。平成2年に事業を開始したA事業所は、平成5年から周辺住民により悪臭と水質汚濁に係る苦情の申立てをされていたが、平成19年3月には糞尿の不適正処理により、廃棄物処理法に基づいて警察から摘発されている。

このような状況から、事業所排水の基準超過が疑われたため、事業所を管轄する保健所から、該当事業所排水処理施設の機能検査及び周辺環境調査に係る技術支援要請が保健環境センターに行われたので、その調査事例について報告する。

2 方法

2.1 周辺環境調査

(1)調査地点

A事業所の排水が周辺環境にどのように影響を及ぼしているかを調査するため、事業所の上流、下流合せて8地点を選定した(図1)。この事業所は敷地内を沢が通過している。A事業所から最下流にある調査地点No7までは約1.5km離れている。

(2)調査時期

採水調査 平成19年6月20日(晴天時)
平成19年7月30日(降雨時)

調査地点 周辺環境8地点(沢水と事業所排水)

調査項目 pH, BOD, ATU-BOD, SS, 全窒素, アンモニア性窒素, 亜硝酸性窒素, 硝酸性窒素, 全りん, りん酸態りん, 塩素イオン, 大腸菌群数

2.2 機能検査

調査時期 事前調査 平成19年6月14日

採水調査 平成19年6月20日

調査地点 水処理施設11箇所

調査項目 pH, BOD, SS, 全窒素, アンモニア性窒素, 亜硝酸性窒素, 硝酸性窒素, 全りん, りん酸態りん, 塩素イオン, SV, MLSS, MLVSS, 強熱減量

2.2.1 事前調査

事業所の概要と排水処理施設の維持管理状況を把握す

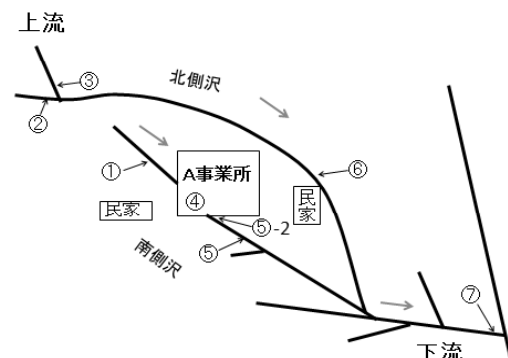


図1 環境調査地点

るために事前調査を行った。また、水質汚濁防止法上の届出内容を図2に示す。事前調査により明らかになった排水処理フローを図3に示す。固液分離装置、水処理施設、汚泥処理施設は整備されているが、施設機能の特徴を生かした運転管理が行われていないため、排水処理システムとして円滑に機能していないことが推測された。

2.2.2 採水調査

事前調査の結果から以下の内容を把握することを目的に機能検査の採水ポイント11箇所(p-1からp-11)を決定した(図3)。

- ①前曝気槽までの前処理段階での固形物除去状況
- ②二次処理である生物処理の状況
- ③三次処理である中空糸膜処理施設の状況
- ④水処理施設の適正規模について
- ⑤汚泥処理状況

また、測定項目は排水基準の水質分析のほか、水処理施設が適正に運転管理されているかを確認するため、負荷計算の根拠となるものを選定した。活性汚泥については汚泥性状を調べるための項目も合わせて測定した。

3 結果及び考察

3.1 周辺環境調査結果

晴天時6月20日は、当日を含め前5日間は降雨は

A 事業所	
・施設の種類	1-2 畜産農業, イ豚房施設
・豚房面積	4, 064 m ²
・飼育頭数	2, 050 頭
・排出水量	36.29 m ³ /日
・糞尿の処理方法	固形分(糞)は強制発酵施設で堆肥化, 尿は活性汚泥法により処理

図2 水質汚濁防止法上の届出内容

なかった。降雨時7月30日は当日6mm/日、前日は10mm/日の降水量であった。

晴天時6月20日の調査結果を表1に、降雨時の7月30日の調査結果を表2に示す。なお、No2北側沢は、晴天時には流量がないため、降雨時7月30日のみの採水となった。

調査結果を事業所の上流側、下流側に分け、主に窒素、りんの数値について考察した。

<事業所上流側>

事業所の上流側に位置するNo1南側沢、No2北側沢(降雨時のみ採取)、No3取水沢の結果を比較したものを図4、図5に示す。晴天時、降雨時共にNo3地点に比べ、No1地点、No2地点の窒素関連項目の値が高い。過去にA事業所がNo1地点とNo2地点の上流の中間点あたりに糞尿を不適正処理したという事実を併せて考えると、No1地点だけでなく、No2地点の沢にも糞尿がしみでていることが新たに推測された。No3地点はこの地域の標準的な沢水の水質と考えられる。A事業所はNo3地点から豚の飲用水を取水している。

<事業所下流側>

図6に全窒素に対してのアンモニア性窒素、亜硝酸性窒素、硝酸性窒素の割合をレーダーチャートで表したものを示す。なお、チャートの大きさは全窒素の量を示している。

アンモニア性窒素として排出された事業所排水はNo7

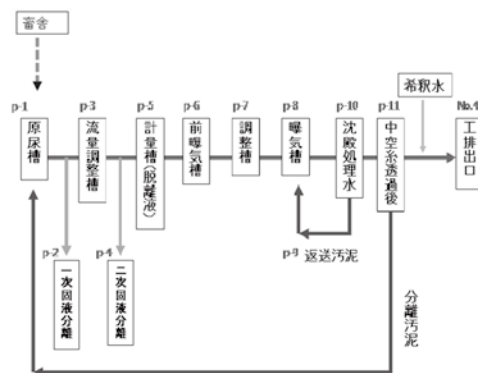


図3 排水処理フローと採水地点

表1 晴天時6月20日の調査結果

検体No.		No.1	No.3	No.4	No.5	No.6	No.7
採水場所		南側沢	取水沢	工排出口	敷地境界出口	橋の下	南・北沢合流後
項目							
pH		6.9	7	8.2	7.7	7.5	7.5
BOD	mg/L	2.2	<0.5	7.6	42	2.8	1.4
ATU-BOD	mg/L	—	—	—	2	—	—
SS	mg/L	55	3	3	6	22	2
窒素類	全窒素	3.8	0.66	49	12	2.6	5.2
	アンモニア性窒素	0.27	0.02	36	6.3	0.62	0.48
	亜硝酸性窒素	0.56	0.005	11	0.39	0.12	0.092
	硝酸性窒素	2.1	0.14	2	3.9	1.1	4.2
りん類	全りん	0.67	0.059	5.6	1.8	0.97	0.52
	りん酸態りん	0.24	0.029	5.6	1.6	0.9	0.52
塩素イオン	mg/L	6.5	1.9	34	12	4	7
大腸菌群数	MPN/100ml	2,400	220	1,100	2,800	4,900	950

地点に至るまでに自然界中に存在する硝化細菌等により、環境中で酸化され、安定した状態の硝酸性窒素となっている。しかし、この間で河川中の溶存酸素を消費しており、周辺環境へ与える影響を考えれば、事業所排水は排水処理施設により、硝酸性窒素の形態まで安定させた上で排出されることが望ましいと思われる。

＜事業所上流側と下流側の比較＞

事業所の上流で、汚染源の影響がないと思われるNo3取水沢を対象地点として、南側沢と北側沢が合流し、調査地点の最も下流に位置するNo7地点の窒素及びりんの項目について比較したものを図7に示す。No3地点に比べNo7地点の窒素、りんの値が高くなっている。

＜環境基準との比較＞

事業所の最も下流にあるNo7地点で環境基準との比

較を行った(表3)。この河川はA類型にあてはめられており、大腸菌群数に係る環境基準は1000以下であるが、測定結果は950と基準ぎりぎりの値となっている。また、No3地点に比べNo7地点の窒素、りんの値が高くなっていることと併せて考えると(図7)、事業所排水は約1.5km下流にあるNo7地点の水質にまで影響を及ぼしている可能性があるといえる。

＜晴天時と降雨時の比較＞

事業所排水の影響を大きく受けると推定されるNo5地点について、晴天時と降雨時の結果を比較したものを図8に示す。降雨で希釈されているにも関わらず、BODを除く水質濃度はほぼ同じ値を示している。

降雨時には水量が多くなっていることを考えると、負荷量は増加しており、降雨時の事業所排水が周辺環境へ

表2 降雨時7月30日の調査結果

検体No.	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.5-2	No.6	No.7	
採水場所	南側沢	北側沢	取水沢	工排出口	敷地境界出口	敷地境界排出口(追加)	橋の下	南・北沢合流後	
項目									
pH	7.2	7	7.4	8.3	7.8	7.7	7.5	7.7	
BOD	1	<0.5	<0.5	8	11	11	2	0.9	
ATU-BOD	—	—	—	—	1.9	1.4	—	—	
SS	3	1	1	3	6	5	8	2	
窒素類	全窒素	2.8	5.7	0.33	27	13	13	4.1	3.7
	アンモニア性窒素	0.19	0.12	0.02	22	6.3	7.3	0.46	0.09
	亜硝酸性窒素	0.056	0.015	0.005	0.31	0.17	0.18	0.084	0.089
	硝酸性窒素	1.8	5.6	0.24	1.3	3.7	4.1	2.7	3.3
りん類	全りん	0.14	0.039	0.018	2	0.83	0.83	0.33	0.18
	りん酸態りん	0.069	0.028	0.014	1.6	0.62	0.72	0.16	0.16
大腸菌群数	MPN/100ml	18,000	3,300	4,900	160,000	92,000	28,000	24,000	4,600

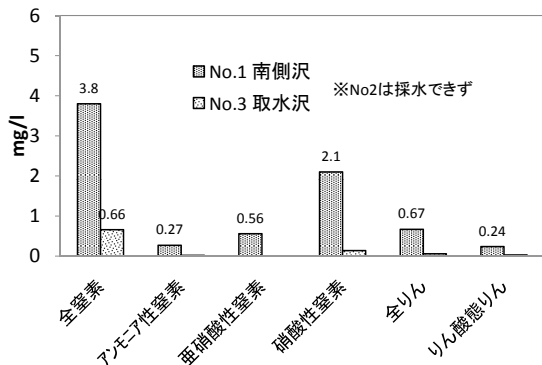


図4 晴天時の事業所の上流側の水質

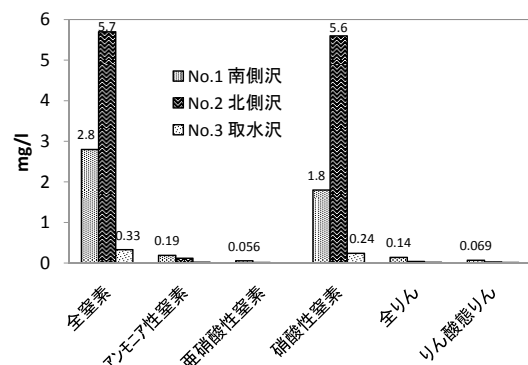


図5 降雨時の事業所の上流側の水質

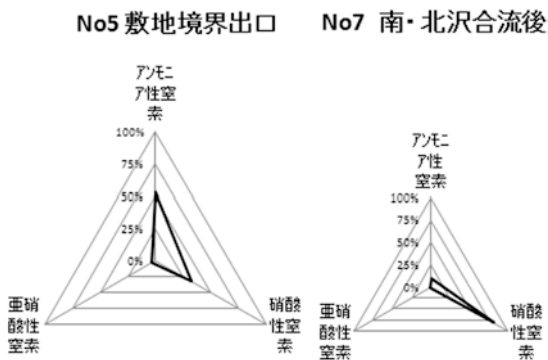


図6 晴天時の窒素バランスの変化

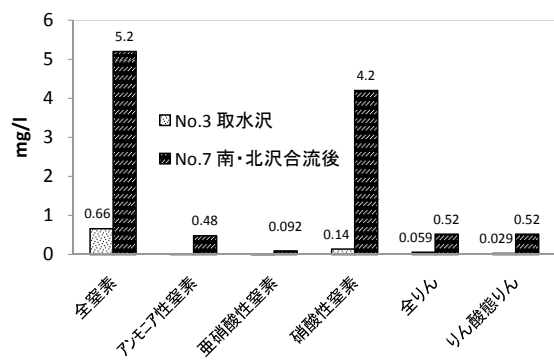


図7 晴天時事業所上流と下流の水質

与える影響は晴天時よりも大きいと考えられる。なお、降雨時にBODの値のみが低くなった原因については、考察したが不明であった。

＜晴天時と降雨時の大腸菌群数＞

晴天時、降雨時の大腸菌群数を比較したものを図9に示す。全体的に降雨時は晴天時に比べおおむね1桁程度の増加となった。しかし、晴天時といえども事業所の最も下流にある調査地点のNo7地点で、環境基準1000に対し測定結果は950と基準ぎりぎりの値を示しており、晴天時、降雨時に限らず、この河川の水を水道水源に利用する場合には十分な注意が必要である。

3.2 機能検査調査結果

採水調査の結果は表4、5のとおりであり、処理水は排水基準に適合していた。

＜水処理状況全体について＞

生物処理である活性汚泥法としては沈殿処理後のpHが高いこと、アンモニア性窒素の比率が高いことから水処理は完了していないと思われる。

水質検査結果から、最終的に排水基準は満たすものの、この施設の水処理は中空糸膜が頼みの綱となっていることが判明した。設計書の中では中空糸膜処理は補助的なものと位置づけられており、過負荷となることが心配された。

＜BODについて＞

曝気槽の散気管が外されているため、酸素の溶解効率が低下し、溶存酸素が不足している。生物処理後の沈殿処理水のBODが540mg/Lであり、曝気槽でのBOD除去率が悪いことがわかった。

生物処理の対象となるBODについては、表6に示す文献値¹⁾と比較しても設計書の原単位は低く設定されていた。

また設計上の基本となる原尿槽の濃度は、BODでは実測値が37,000mg/Lであり、設計値20,000mg/Lの1.8倍であった。

実測値から求めたBOD除去率は75.4%と良くないが、実測値を基に計算したBOD容積負荷は0.12と十分に小

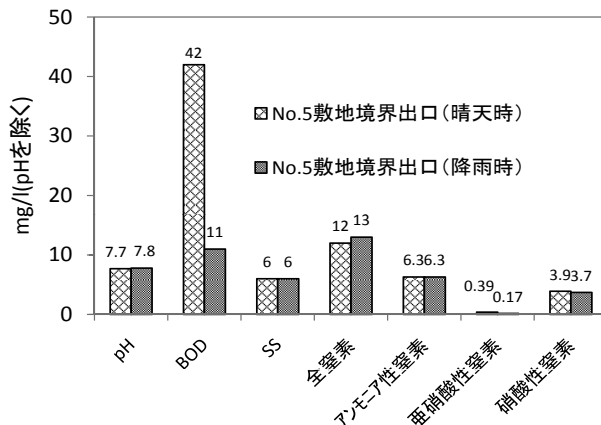


図8 No5地点の晴天時と降雨時の水質の比較

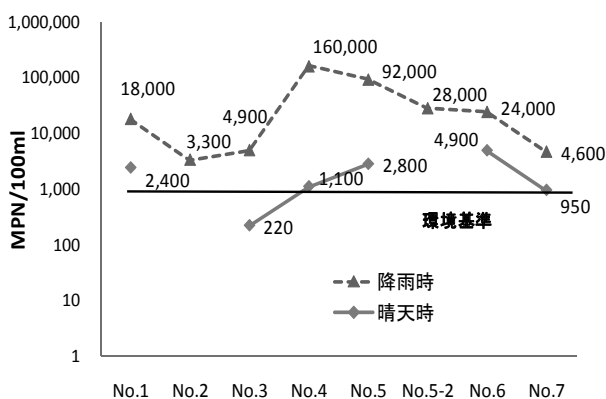


図9 晴天時・降雨時の大腸菌群数

表3 No7地点と環境基準との比較

検体No		No7 晴天時	環境基準
採水場所		南・北沢合流後	河川A類型
pH		7.5	6.5~8.5
BOD	mg/L	1.4	2以下
SS	mg/L	2	25以下
大腸菌群数	MPN/100mL	950	1,000以下

表4 水質調査結果

検体No		p-1	p-6	p-7	p-8	p-10	p-11	
採水地点		原尿層	前曝気槽	調整槽	曝気槽	沈殿処理後	中空糸膜透過後	排水基準
pH			8.5		8.4	8.4	8.3	5.8~8.6
DO	mg/L				測定不能		7.9	
BOD	mg/L	37,000		2,200		540	23	160
SS	mg/L	28,000	1,500	3,600		360	4	200
MLSS	mg/L				5,200			
窒素類	全窒素	mg/L				1,200	750	
	アンモニア性窒素	mg/L				470	470	
	亜硝酸性窒素	mg/L				140	140	
	硝酸性窒素	mg/L				26	26	
りん類	全りん	mg/L				81	81	
	りん酸態りん	mg/L				50	81	
	塩素イオン	mg/L				590	590	

さいため(表7), 曝気槽の容量に問題はないと思われる。

<SSについて>

前曝気槽までの固形物除去については, 一次固液分離のSS除去率は設計書の30%対して, 測定結果は6%と低く, 固液分離装置の能力が発揮されていない。これに比べると二次固液分離は汚泥の含水率は74%と良好で, SS除去率も99%と大変良い状況だった。

原尿槽のSSが, 設計書は20,000mg/Lで設計されているのに対し, 実測値は1.4倍の28,000mg/Lであり, 固液分離ができないことが危惧されたが, 表7からも分かるように一次固液分離の能力不足を二次固液分離が十分に補って処理していた。

調整槽のSSが前曝気槽よりも増加しており, SSの物質収支が合わなかった。これは調整槽の中で汚泥が沈降して滞留しているか, または流入負荷の変動が激しいことが推定された。

曝気槽のMLSS濃度とと返送汚泥のSS濃度を比較すると, 返送汚泥の濃度が低く, 沈殿槽が機能していないことが判明した。

現地調査時においては, 曝気槽の汚泥の沈降性が悪いため, 2時間程度の調査時間ではSVの測定はできなかった。

これより, 運転管理の工夫により, 汚泥の沈降性を改善する必要がある。

設計値と実測値を比較すると(表7), BODとSSの両方とも実測値の方が高く, 設計書の原単位の設定は実測値と比べても甘いことがわかる。

<改善に向けた提案>

これより, 曝気槽での効果的な生物処理を目的として, 以下のことを提案した。

- 1 当面は曝気槽と中空糸膜槽で生物処理を行う。
- 2 散気管を取替えて溶存酸素濃度を上げる。
- 3 曝気槽が正常に機能するまでは, 沈殿槽を使用しない。

採水調査の結果, 現状においては中空糸膜処理施設が水処理の要となっている状況から, 曝気槽の溶存酸素濃度を上げ, 良好な活性汚泥を育成することで, 水処理の主体を曝気槽に戻すこと, 沈殿槽の使用については活性汚泥の回復を待って開始すること, また施設の管理については処理対象汚水量が不明であることから物質収支を明らかにできる運転管理記録を作成することが望まれた。

この水処理施設は, 2つの業者に分割して発注・整備されているため, 維持管理についてもそれぞれの業者が受託・管理しており, 運転管理に一貫性が認められなかった。このためこのような状況に陥ったことも考えられるので, 実践対応のレベルでの総合的な維持管理マニュアルを作成することを提案している。

4 まとめ

周辺環境の調査結果から, 事業所の南側にある沢(No1 南側沢)のみならず, 北側にある沢(No2 北側沢)も汚染源の影響を受けていること, 敷地境界出口からア

表5 汚泥調査結果

検体No		p-1	p-2	p-4	p-5	p-6	p-7	p-8	p-9
採水地点		原尿層	一次固液分離汚泥	二次固液分離汚泥	計量槽(脱離液)	前曝気槽	調整槽	曝気槽	返送汚泥
SS	mg/L	28,000			390	1,500	3,600	5,200	3,700
MLVSS	%					81		77	
強熱減量	%	74	86	76					
含水率	%	96	80	74					

表6 文献値と設計値の原単位の比較

項目	単位	豚ふん尿混合文献値	設計計算書
排出量	kg/日	5.4	5.9
BOD濃度	mg/L	24,000	20,000
SS濃度	mg/L	80,000	20,000

表7 設計計算書と実測値の比較

項目	設計計算書	実測値
処理対象汚水	汚水量 31.4m ³ ・日 BOD 20,000mg/L SS 20,000mg/L	(系列農場からの移送あり) BOD 37,000mg/L SS 28,000mg/L
一次固液分離	SS 除去率 30%	SS 除去率 6%
二次固液分離	SS 除去率 95%	SS 除去率 99%
曝気槽	MLSS 3,500 BOD容積負荷 0.402 BOD除去率 98.5%	MLSS 5,200 BOD容積負荷 0.12 BOD除去率 75.4%

ンモニア性窒素として排出された窒素は, 安定した硝酸性窒素になるまでに河川中の溶存酸素を消費していること, No3 取水沢はこの地域の標準的な沢水の水質であり, これと比較すると事業所排水は調査地点の最下流域にまで影響を及ぼしていること, 降雨時の水量の増加を考慮すると, 事業所排水が周辺環境へ及ぼす影響は晴天時よりもさらに大きいことが推測された。

排水処理施設機能検査の結果から, 水処理については前曝気槽までの前半と調整槽以降の後半で固形物収支が合っておらず, 曝気槽のBOD除去率が悪く, 沈殿槽が十分に機能していないことが判明した。これより補助的なものと位置づけされている中空糸膜処理施設の過負荷が危惧された。また, 届出の際の原単位の設定も甘かった。

このような状況になった原因としては, 処理対象汚水量と排出汚泥量が十分に把握されておらず, 水処理施設の維持管理について2つの設備業者がそれぞれの設備を管理していることが挙げられた。

周辺環境調査, 畜舎排水の機能検査共に, 現状を把握したうえで採水したので機能検査から排水処理施設の維持管理への提案が可能であり, 行政指導への支援が実効性のあるものとなったと考える。

参考文献

- 1) 畜産環境対策大辞典, 第2版, 農文協編, p18
- 2) 社団法人日本下水道協会: 下水道維持管理指針, (1979)