

[研究報告]

高負荷脱窒素し尿処理施設の維持管理状況について

Maintenance of the high-load type night soil treatment plants being processed by the biological denitrification

竹内 敏* 稲垣 哲* 森田 昭* 中田 清志*

Satoshi TAKEUCHI, Satoshi INAGAKI, Akira MORITA and Kiyoshi NAKATA

1 はじめに

高負荷処理方式（窒素の除去を目的としていない方式を含めて）の施設は、用水量が節減でき、高MLSS濃度により反応槽容量を縮小できる特徴をもち、昭和62年度現在、50施設以上が稼働している。

昭和63年6月には、し尿処理施設構造指針の改正に伴い、高負荷脱窒素処理方式として指針された。

筆者らは、高負荷脱窒素処理方式を採用して、昭和62年度以前に稼働を開始し、1年以上の実績が得られる全国の24施設を対象に施設の概要、維持管理状況について、アンケート調査を実施し、24施設からの回答をもとに、施設計画、生物反応槽の運転状況、処理水質の状況、運転実績等について、従来の処理方式、主として標準脱窒素処理式と比較してまとめた。

2 実施要領

1) 調査対象

調査対象施設は、高負荷脱窒素処理方式を採用して、昭和62年度以前に稼働を開始し、1年以上の実績が得られる次の条件を満たす24施設とした。

- ①計画処理能力20kℓ/日以上であること。なお、規模別施設数は、表1に示すとおりである。
- ②放流水の全窒素（T-N）濃度の計画値を10mg/ℓとしていること。
- ③高度処理設備に砂汚過設備、活性炭吸着処理設備

* 財団法人環境衛生センター東日本支局、環境工学部
Department of Environmental Engineering,
East Japan Environmental Sanitation Center

表1 規模別施設数

20~50kℓ/日 未満	50~100kℓ/日 未満	100~200kℓ/日 未満	200kℓ/日 以上
7	8	7	2

を有していること。

④汚泥の焼却設備を有していること。

2) 調査期間

平成2年1月に郵便により配付して、同年2月13日までに回収した。

3) 回収率

回収率は、100%であった。

3 調査結果

調査対象施設の処理状況は、表2に示すとおりである。

表2 調査対象施設の処理状況

項目	試料数 (個)	平均 (%)	標準偏差 (%)	最小~最大 (%)
施設搬入率	24	79	12	56~100
浄化槽汚泥混入率	23	21	12	5~54
施設投入率	23	86	15	48~114

1) 施設計画

(1) 処理棟建築面積

施設処理能力と処理棟建築面積の関係は、図1に示すとおりである。100kℓ/日前後の施設では、1,000~1,500㎡程度の範囲にある。

また、施設処理能力と処理棟建築面積の関係について、従来の処理方式と比較すると、表3に示すとおりである。

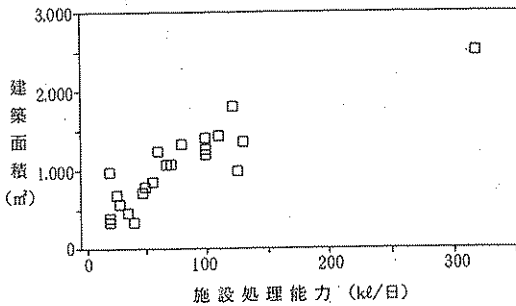


図1 施設処理能力と処理棟建設面積の関係

表3 施設処理能力と処理棟建築面積の関係

処理方式名	1次回帰式	試料数	相関係数
高負荷脱窒素処理	$Y = 7.0X + 470$	22	0.883
標準脱窒素処理 ¹⁾	$Y = 13X + 570$	77	0.903
嫌気性消化処理 ²⁾	$Y = 8.6X + 319$	348	0.67
好気性処理 ²⁾	$Y = 4.2X + 425$	34	0.55

Y：建築面積(m²)、X：施設処理能力(kl/日)

(2)維持管理人員

施設処理能力と維持管理人員の関係は、図2に示すとおりである。100kl/日の施設では、6~10人程度の範囲にある。従来、し尿処理方式におけるの維持管理人員は、10kl/日当たり1人といわれていたが、高負荷脱窒素処理方式では、その数値内の場合が多い。

また、施設処理能力と維持管理人員の関係は、表4に示すとおりである。

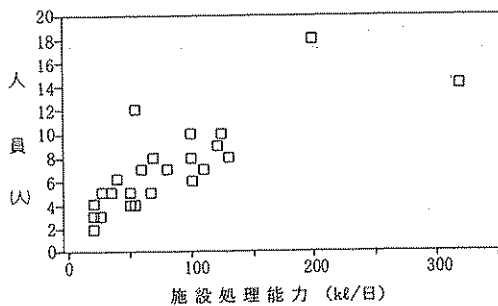


図2 施設処理能力と維持管理人員の関係

(3)放流水質計画値の設定状況

放流水質計画値の設定状況について、最頻値、最大値、最小値のまとめると、表5に示すとおりである。なお、各項目の最頻値は、標準脱窒素処理方式の設定値と同様である。

表4 施設処理能力と維持管理人員の関係

処理方式名	1次回帰式	試料数	相関係数
高負荷脱窒素処理	$Y = 0.044X + 3.4$	24	0.797
標準脱窒素処理 ¹⁾	$Y = 0.059X + 4.1$	92	0.883
嫌気性消化処理 ²⁾	$Y = 0.071X + 3.2$	26	0.79
好気性処理 ²⁾	$Y = 0.065X + 3.4$	29	0.87

Y：維持管理人員(人)、X：施設処理能力(kl/日)

表5 放流水質計画値の設定状況

区分	希釈倍率	BOD mg/l	COD mg/l	SS mg/l	T-N mg/l	T-P mg/l	色度 度	大腸菌群数 個/cm ³
最頻値	2.5	10	20	5	10	1	30	3,000
最大値	5	20	40	70	30	5	50	3,000
最小値	1.5	5	10	5	10	1	15	100

注) 希釈倍率：放流量/搬入量

2) 生物反応槽の運転状況

(1)生物反応槽における水温及び冷却時間

生物反応槽における水温制御の上限は、表6に示すとおり、各施設とも40℃以内で管理し、38℃が最も多い。これは、38℃を超えると、亜硝酸菌の最大増殖率が低下することによるものである。

標準脱窒素処理方式の調査では、「水温が著しく上昇する」よりも「冬期に水温が著しく低下する」事例が多く、このため、希釈水加温用ボイラを設置している事例があったが、高負荷脱窒素処理方式では、無希釈のため反応熱により水温が上昇することから冷却する必要がある。

表6 生物反応槽における水温

反応槽上限温度(℃)	施設数
33	1件
34	2件
35	5件
36	4件
37	2件
38	8件
40	2件

上記に示した冷却の必要性から、本処理方式では、全施設が冷却装置を設置し、稼働させている。冷却装置の運転月合計数の分布は、図3に示すとおりである。一般的な計画では、夏期のみ運転に対して、全般にばらつき、通年稼働が7施設(20施設中35%)と多い。また、運転時間によると、年間2,000時間台が最も多く、平均時間は、3,800時間(標準偏差2,600, 範囲48~8,760)である。中には、年間365

日稼働が2施設あった。

冷却装置の運転時間は、冷却方法、冷却能力、地域性、処理率等に関係すると考えられる。

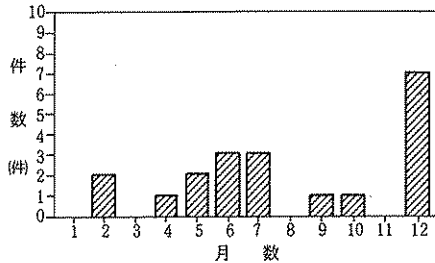


図3 冷却装置運転月合計数の分布

(2) 生物反応槽における消泡装置の使用状況と発泡状況

消泡装置の使用状況について、4つに区分して調査したところ、表7に示すように、「常時使用している」が最も多く、消泡装置の依存率が高い。標準脱窒素処理方式の調査では、発泡時使用しているのに対して、高負荷脱窒素処理方式では種々の要因により発泡しやすく、また、放置すれば影響が大きいため、常時使用していると考えられる。

表7 消泡装置の使用状況

常時使用している	発泡時使用している	使用していない
18件	6件	0件

また、生物反応槽における発泡状況について、3つに区分して調査したところ、表8に示すように、「特にない」「あるが特に支障を認めない」の合計が23件(96%)である。これは、消泡装置の使用率が高いことによる効果と考えられる。

表8 生物反応槽における発泡状況

特にない	あるが特に支障を認めない	著しい
2件	21件	1件

(3) 生物反応槽におけるMLSS濃度

MLSS濃度の分布は、一般的な設計条件の12,000~25,000mg/lに対して、図4に示すように、範囲が広い。平均で、13,000mg/l(標準偏差4,000, 範囲4,500~23,000)である。

MLSS濃度が低い事例は、負荷量が低いために調整していると考えられたが、搬入率とMLSS濃度との関係はなかった。むしろ、MLSS濃度が低い事例は、生物反応後の固液分離方法(重力沈降か機械分離)の影響と考えられる。

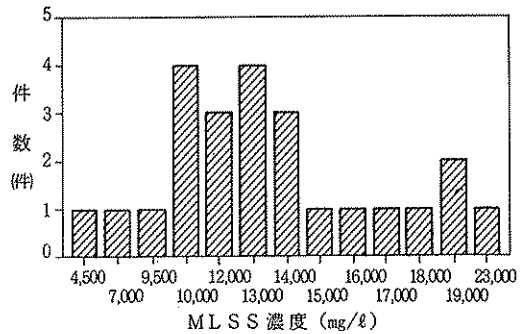


図4 MLSS濃度の分布

(4) 生物反応槽の管理指標

生物反応槽の管理指標について、複数回答による結果をまとめると、表9に示すとおりである。件数が多いのは、反応槽のPH、DO、アルカリ度及び処理水の窒素濃度である。

表9 生物反応槽における管理指標

項目	件数
pH	10件
D O	14件
O R P	3件
M L S S	4件
アルカリ度	10件
槽内窒素濃度	2件
処理水の窒素濃度	15件

実際の管理は、上記のうちのいくつかを組み合わせで行っている事例が多い。組み合わせ例をあげると、表10に示すとおりである。

総じて、高負荷脱窒素処理方式の管理指標は、標準脱窒素処理方式の場合と同様である。

表10 生物反応槽管理指標の組み合わせ

項目	件数
pH、DO、処理水の窒素濃度	2件
DO、処理水の窒素濃度	2件
DOのみ	2件
アルカリ度、処理水の窒素濃度	2件

3) 処理水質の状況

(1) 高負荷脱窒素処理水質

凝集分離処理水及び放流水の水質は、表11に示すとおりである。

各項目の平均濃度は、全窒素(T-N)を除いて、計画値以下である。

T-N濃度は、凝集分離処理水で、平均35mg/l(無希釈換算)であり、その後、活性炭吸着処理を行い、窒素が除去(T-N除去率:約40%)され、処理水としては、平均で22mg/l(無希釈換算)である。無希釈で、計画値のT-N濃度(10mg/l)を満足することは困難と考えられる。

(2) 各種処理方式による二次処理水排出負荷量の比較

BOD, COD, SS, T-N及びT-Pの各排出負荷量について、従来の処理方式と比較すると、図5~9のとおりである。

高負荷脱窒素処理方式は、二次処理方式工程まで

に凝集分離設備が含まれるため、排出負荷量は、従来の処理方式と比較して全般に低減している。

BOD排出負荷量は、嫌気性消化処理方式及び好気性消化処理方式の平均値と比較すると、1/40程度であり、また、標準脱窒素処理方式と比較すると、1/10程度に低減している。

COD排出負荷量は、嫌気性消化処理方式及び好気性処理方式の平均値と比較すると、1/10程度であり、また、標準脱窒素処理方式と比較すると、1/4程度に低減している。

SS排出負荷量は、嫌気性処理方式及び好気性処理方式の平均値と比較すると、1/30程度であり、また、標準脱窒素処理方式と比較すると、1/10程度に低減している。

T-N排出負荷量は、標準脱窒素処理方式と比較すると、1/4程度に低減している。

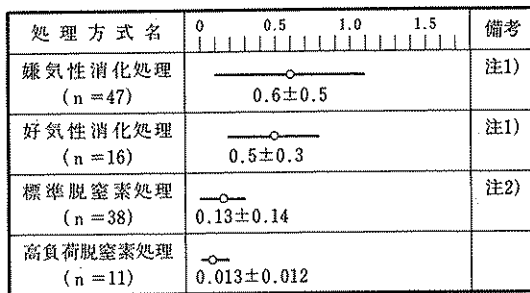
T-P排出負荷量は、標準脱窒素処理方式と比較すると、1/100程度に低減している。

表11 高負荷脱窒素処理水質(無希釈換算, 平均値)

項 目	凝 集 分 離 処 理 水 (無希釈換算)	放 流 水 (無希釈換算)	放 流 水 (平均希釈倍率 2.5倍換算)	計 画 値 (最頻値)
BOD	13 (2~43)	9.6 (0.72~82)	3.3 (0.56~11)	10
COD	126 (51~256)	26 (7.5~150)	10 (3.0~27)	20
S S	25 (4~80)	7.1 (0.3~20)	3.4 (0.2~12)	5
T-N	35 (6~72)	22 (5.1~53)	11 (3~26)	10
T-P	1.3 (0.11~7.6)	0.8 (0.04~3.9)	0.39 (0.02~2.6)	1
色 度	300 (104~1170)	29 (2~88)	12 (1~45)	30

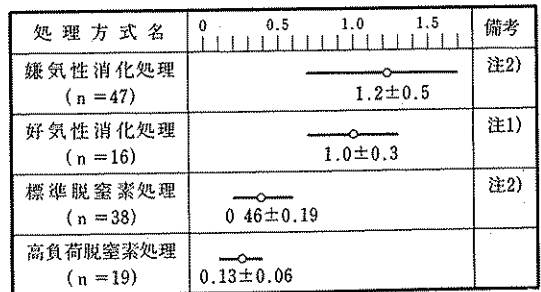
注) ()内は、最小~最大, 単位: 色度は度, その他はmg/l

図5 BOD 排出負荷量 (kg/投入し尿kl) の比較



平均値±標準偏差 注1) 昭和54年度実態調査
注2) 昭和59年度実態調査

図6 COD 排出負荷量 (kg/投入し尿kl) の比較



注1)、2) 前掲図に同じ

図7 SS 排出負荷量 (kg/投入し尿kl) の比較

処理方式名	0 0.5 1.0 1.5	備考
嫌気性消化処理 (n=47)	0.8±0.4	注1)
好気性消化処理 (n=16)	0.7±0.4	注1)
標準脱窒素処理 (n=40)	0.31±0.44	注2)
高負荷脱窒素処理 (n=17)	0.025±0.021	

注1)、2) 前掲図に同じ

図8 T-N 排出負荷量 (kg/投入し尿kl) の比較

処理方式名	0 0.1 0.2 0.3	備考
標準脱窒素処理 (n=21)	0.15±0.11	注1)
高負荷脱窒素処理 (n=15)	0.035±0.019	

注1) 昭和59年度実態調査

図9 T-P 排出負荷量 (kg/投入し尿kl) の比較

処理方式名	0 0.1 0.2 0.3	備考
標準脱窒素処理 (n=12)	0.13±0.10	注1)
高負荷脱窒素処理 (n=12)	0.0013±0.002	

注1) 前掲図に同じ

(3)高負荷脱窒素処理方式の二次処理水と標準脱窒素処理方式凝集分離処理水の排出負荷量との比較
BOD, COD, SS及びT-Pの各排出負荷量について、標準脱窒素処理方式凝集分離処理水との比較をすると、図10~13に示すとおりである。各項目の排出負荷量は、標準脱窒素処理方式と比較すると、平均値では低い有意な差はなかった。

4) 運転実績

汚泥処理量、電力使用量、重油使用量について、処理し尿1kl当たりの数値をまとめると、次のとおりである。なお、薬剤使用量は、施設によって使用方法が異なるために除いた。

(1)汚泥処理量

処理し尿1kl当たりの乾物換算した汚泥の平均処

図10 BOD 排出負荷量 (kg/投入し尿kl) の比較

処理方式名	0 0.02 0.04	備考
標準脱窒素処理 (n=22)	0.02±0.02	注1)
高負荷脱窒素処理 (n=11)	0.013±0.012	

注1) 昭和59年度実態調査

図11 COD 排出負荷量 (kg/投入し尿kl) の比較

処理方式名	0 0.10 0.20 0.30	備考
標準脱窒素処理 (n=35)	0.17±0.06	注1)
高負荷脱窒素処理 (n=19)	0.13±0.06	

注1) 前掲図に同じ

図12 SS 排出負荷量 (kg/投入し尿kl) の比較

処理方式名	0 0.05 0.10 0.15	備考
標準脱窒素処理 (n=33)	0.06±0.06	注1)
高負荷脱窒素処理 (n=19)	0.024±0.021	

注1) 前掲図に同じ

図13 T-P 排出負荷量 (g/投入し尿kl) の比較

処理方式名	0 10 20 30	備考
標準脱窒素処理 (n=28)	12±13	注1)
高負荷脱窒素処理 (n=12)	1.3±2	

注1) 前掲図に同じ

理量は、10kgである。夾雑物除去装置に細目スクリーンを利用している事例が多いことから、汚泥発生量が少ないことが予想されたが、標準脱窒素処理方式(9.1kg)と比較すると有意な差はなかった。

表12 汚泥発生量

処理方式名	平均値	標準偏差	試料数
標準脱窒素処理	9.1	1.9	65
高負荷脱窒素処理	10	2.6	20

単位: kg/kl

(2) 電力使用量

処理量 1kl 当たりの平均電力使用量は、74kwh である。標準脱窒素処理方式 (91kwh) と比較すると差異を生じている。これは、高負荷脱窒素処理方式では高効率の曝気装置を使用していること、また、標準脱窒素処理方式の場合は、オゾン酸化処理設備を有している施設が多いこと等による差と考えられる。

表13 電力使用量

処理方式名	平均値	標準偏差	試料数
標準脱窒素処理	91	33	78
高負荷脱窒素処理	74(58)	27(17)	23(23)

注) () 内は、施設規模当り 単位: kWh/kl

また、施設処理能力と契約電力との関係は、図14 に示すとおりである。

なお、標準脱窒素処理方式と比較すると、表14 に示すとおりである。

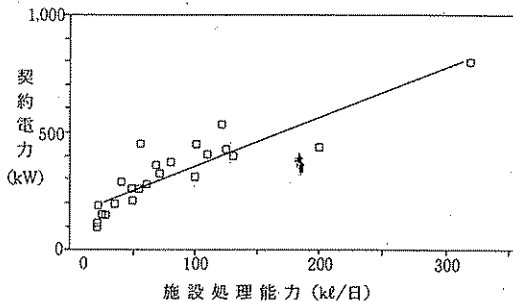


図14 施設処理能力と契約電力の関係

表14 施設処理能力と契約電力の関係

処理方式名	1次回帰式	試料数	相関係数
標準脱窒素処理	$Y=4.0X+40$	—	0.886
高負荷脱窒素処理	$Y=2.1X+150$	23	0.894

Y: 契約電力 (kW)、X: 施設処理能力 (kl/日)

(3) 重油使用量

し渣及び汚泥の焼却に用いている重油使用量は、処理し尿 1kl 当たり、8.5l である。標準脱窒素処理方式の平均使用量 (12l) よりも少ないが、有意な差はなかった。

表15 重油使用量

処理方式名	平均値	標準偏差	試料数
標準脱窒素処理	12	7.6	77
高負荷脱窒素処理	8.5(6.7)	3.9(3.1)	17(17)

注) () 内は、施設規模当り 単位: l/kl

5) 維持管理費

(1) 維持管理費

昭和63年度の電気代、薬品代、燃料代及び補修費を合せた処理し尿 1kl 当たりの維持管理費は、表16、図15及び次のとおりである。

電気代、薬品代及び燃料代を合せた平均費用は、2,470円である。それぞれの内訳は、図15に示すとおり電気代が約50%、薬品代が約40%、燃料代が約10%であり、電気代の割合が高いことを示している。

また、上記に補修費を合わせた平均費用は、2,980円である。それぞれの内訳は、電気代が約40%、薬品代が約30%、燃料代が約10%、補修費が約20%である。

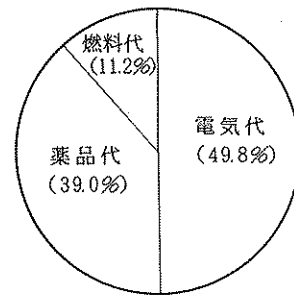


図15 維持管理費の構成

(2) 補修費の経年変化 (3事例)

竣工して、5年以上経過している施設についての補修費の経年変化をまとめると、表17、図16に示すとおりである。各施設とも、竣工して6年以内の範囲では、4年目にピークがあり、その費用は、処理し尿 1kl 当たり1,100円~1,300円程度である。その後は、減少している。

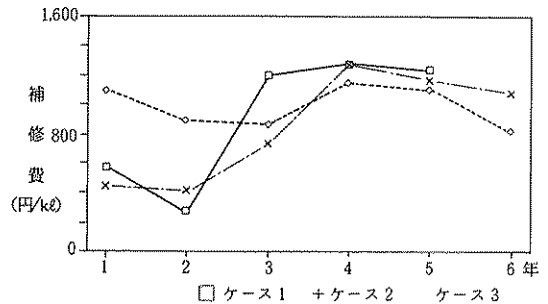


図16 補修費の経年変化 (3事例)

表16 維持管理費

項 目	試料数	平均 (円/kl)	標準偏差 (円/kl)	最大 (円/kl)	最小 (円/kl)
① 電気代	22	1,240	420	2,570	620
② 薬品代	22	970	390	1,680	460
③ 燃料代	22	280	260	1,220	22
④ 補修費	22	560	580	2,410	0
⑤ (①+②+③) の計	22	2,470	650	3,880	1,550
⑥ (①+②+③+④) の計	21	2,980	950	5,940	1,600
⑦ 補修費の割合 (④/⑥) *100	21	17	13	41	0

表17 補修費の経年変化

区 分	ケース 1	ケース 2	ケース 3
処理能力	40kl/日	100kl/日	122kl/日
竣工年月	昭和58年3月	昭和57年3月	昭和57年3月
1年目	569	449	1,087
2年目	269	405	892
3年目	1,202	740	864
4年目	1,274	1,279	1,152
5年目	1,231	1,162	1,106
6年目	—	1,079	815

単位：円/kl

表19 水槽類の腐食事例

項 目	件 数
し尿貯留槽	3件
浄化槽汚泥貯留槽	5件
生物反応槽	1件
汚泥分離槽	2件
脱離液貯留槽	1件
汚泥濃縮槽	1件

4 おわりに

高負荷脱窒素処理方式の維持管理状況及び設備状況の一部について、調査した結果、①処理機能は、従来の処理方式と同等かそれ以上の性能が得られている。②維持管理面では、従来の処理方式と比較して、生物反応槽の容量が小さく、生物反応も速くなるために、処理条件の変動への迅速な対応が必要なることから、緻密な運転が要求される。③設備面では、無希釈運転に伴い塩濃度が高くなり、主として、鋼製の腐食事例があることから、建設計画において、適正材質、防食対策を検討し、また、設備の管理においても、定期的な検査が従来以上に要求されると考えられる。

今後は、さらに、継続して追跡調査を実施し、個々の問題点を整理して、高負荷脱窒素処理方式の維持管理指針の一部として、整理していきたい。

最後に、アンケート調査に際し、ご協力して頂いた関係自治体の方々に厚く敬意を表します。

参考文献

- 1) 星野広志, 谷口三紀生, 中村昭彦: 二段活性汚泥法処理方式(低希釈法)施設のアンケート調査結果に見る現状について 日環セ所報 1987
- 2) 清水敬造, 麻戸敏男, 高橋孝: し尿処理施設実態調査について(第2報)第23回全国環境衛生大会資料集 1979

6) 設備の腐食事例

(1) 装置・機器の腐食事例

各設備の腐食事例について、複数回答の結果をまとめると、表18に示すとおりである。低希釈運転に伴い、塩濃度が高いことから、運転期間が短い(1~8年)にもかかわらず、主として、鋼製の腐食事例が多い。このうち、砂浜過器内の腐食事例が多いので、今後は、内部の防食施工が必要と考えられる。

表18 設備の腐食事例

項 目	件 数
汚泥分離槽汚泥掻き装置	2件
凝集沈殿槽汚泥掻き装置	2件
砂浜過器内の腐食	6件
活性炭吸着塔内の腐食	3件
水中ポンプ類	2件
汚泥循環配管	1件

(2) コンクリート製水槽の劣化事例

水槽内のコンクリートの劣化状況について、複数回答の結果をまとめると、表19に示すとおりである。調査の結果、「劣化を生じていない」か「調査していないのでわからない」の回答が多かったが、劣化事例では、浄化槽汚泥貯留槽内の事例が多い。