

[調査報告]

し尿処理施設の精密機能検査にみる
運転実績の現状について(第4報)

Some Notes on Results of Functional Inspection of Night Soil Treatment Facilities (4)

岡崎 貴之*、清水 敏秀*、森田 昭*

Takayuki OKAZAKI*, Toshihide SHIMIZU* and Akira MORITA*

【要 約】 し尿処理施設の処理対象物であるし尿及び浄化槽汚泥等の性状は諸条件により年々変化しており、所定の処理機能を発揮するためには現況の処理条件や処理水質等を的確に把握した上で維持管理を行うことが重要である。そのため、当センターでは全国的に実施している精密機能検査の結果を基にデータを定期的に報告しており、今回はその第4報となる。本報告が施設の維持管理の参考となり、処理機能の向上や処理の効率化などに役立つことを願うものである。

キーワード：管理指標、処理機能、窒素形態、経年的な変化

1. はじめに

し尿処理施設は従来、し尿の衛生処理を目的として建設されたものであるが、現在では生活排水処理対策の一環から、し尿のほか浄化槽汚泥や農業集落排水施設汚泥等の処理も行われており、その汚泥の処理量が増加している。また、収集し尿については、生活様式の変化から簡易水洗トイレ等の特殊便所が普及するなど、発生量の増加や濃度の希薄化等が生じている。

このような状況の中で、現在稼働中である多くのし尿処理施設では、建設当初の設計条件とは異なった条件で運転されることが多くなり、現状に即した運転管理指標の確立が望まれている。本調査は、当センターで実施した「し尿処理施設精密機能検査」の調査結果を基に、現状に即した運転管理の指標となる資料を得ることを目的として、し尿処理施設の処理水質や運転実績等の把握を行ったものである。なお、本報告は当センターの所報(No.19.1992)に掲載した「し尿処理施設の精密機能検査にみる運転実績の現状について」の続報であり、第2報(所報No.23.1996)、第3報(所報No.26.1999)を経て、今回は第4報となる。

2. 調査方法

本調査は(財)日本環境衛生センターが平成10年度から平成12年度にかけて実施した、し尿処理施設精密機能検査の報告書を調査対象とし、水質分析結果(し尿及び浄化槽汚泥、放流水、二次処理水等)や運転実績(電力使用量、燃料使用量、薬品使用量、放流量等)、維持管理費等に関する項目について行った。このうち、運転実績や維持管理費等に関する項目については搬入量1klあたりの量に換算したものを集計した。

3. 調査対象施設の概要

調査対象施設の概要(処理方式、処理規模、経過年数、処理率、浄化槽汚泥混入率、月変動係数)は表-3.1~3.2に示すとおりである。調査対象施設数は合計239施設で、日本全国のし尿処理施設に対して約21%(表-3.1)に相当する。

* (財)日本環境衛生センター東日本支局環境工学部
Dept. of Environmental Engineering, East Branch, JESC

表-3.1 調査対象施設の概要

(その1)

項目 処理方式	調査対象 施設数 (箇所)	構成割合 (%)	平均 処理規模 (kl/日)	平均 経過年数 (年)	参 考	
					全国施設数※ ¹ (箇所)	全国施設数 に対する割合 (%)
標脱処理	86	36	120	14	294	29
高負荷処理	38	16	89	9	202	19
膜高負荷処理	20	8	76	5	35	57
嫌気処理	21	9	91	27	183	11
好気処理	32	13	94	25	240	13
その他※ ²	42	18	148	20	207	20
合計	239	100	111	16	1,161	21

※1：日本の廃棄物処理(平成9年度版)。

※2：上記5方式以外の施設、異なる処理方式が混在している施設、下水道放流施設等。

表-3.2 調査対象施設の概要

(その2)

項目 処理方式	施設数 (箇所)	平均処理率※ ¹ (%)	平均※ ¹ 浄化槽汚泥 混入率 (%)	月変動係数	
				最大月変動係数 平均	最小月変動係数 平均
標脱処理	86	84(95)	47(41)	1.16	0.82
高負荷処理	38	93(100)	37(30)	1.14	0.83
膜高負荷処理	20	94(103)	37(47)	1.12	0.84
嫌気処理	21	94(105)	46(37)	1.14	0.83
好気処理	32	81(92)	59(45)	1.19	0.79
その他※ ²	42	84(—)	56(—)	—	—
合計	239	87(—)	48(—)	1.15	0.82

※1：()内の数値は第3報の集計結果。

※2：上記5方式以外の施設、異なる処理方式が混在している施設、下水道放流施設等。

(1) 処理方式

処理方式別でみると最も多いのが標準脱窒素処理方式(以下、「標脱処理」と記す。)で全体の36%を占めている。以下高負荷脱窒素処理方式(以下:「高負荷処理」と記す。)が16%、好気性消化・活性汚泥法処理方式(以下、「好気処理」と記す。)が13%、嫌気性消化・活性汚泥法処理方式(以下、「嫌気処理」と記す。)が9%、膜分離高負荷脱窒素処理方式(以下、「膜高負荷処理」と記す。)が8%となっている(図-3.1)。現在、主流となっている生物学的脱窒素処理方式(標脱処理、高負荷処理、膜高負荷処理)は全体の60%となっている。

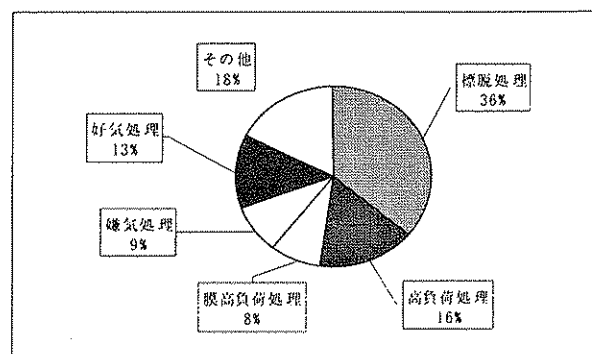


図-3.1 調査対象施設の処理方式別内訳

(2) 処理規模

施設の処理規模は最大が450kl/日、最小が1kl/日と範囲が広く、単純平均は111kl/日

となる。平均処理規模を処理方式別にみると、その他を除き標脱処理の120kl/日が最も大きく、次いで好気処理94kl/日、嫌気処理91kl/日、高負荷処理89kl/日、膜高負荷処理76kl/日となっている。

なお、その他の処理方式は施設の増設等により異なる処理方式が混在しているものが含まれているため、処理規模が比較的大きくなっている。また、処理規模のヒストグラムは図-3.2に示すとおりであり、100kl/日以下の施設が全体の約60%を占めている。

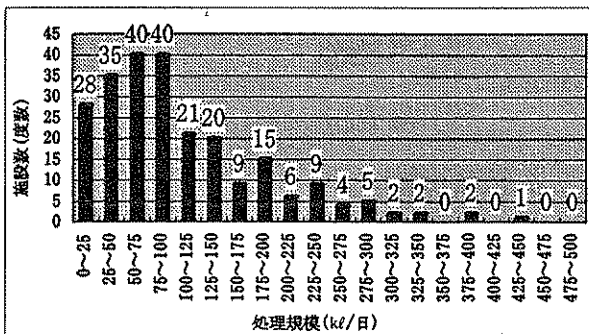


図-3.2 調査対象施設の処理規模

(3) 施設の経過年数

精密機能検査実施時における施設の経過年数のヒストグラムを図-3.3に示す。最も古い施設(最大値)は38年を経過している。また、20年を経過している施設は75施設で全体の31%、そのうち、30年を超えている施設は26施設で全体の11%に相当する。なお、経過年数は当初施設の竣工年度から精密機能検査実施年度までの期間とした。

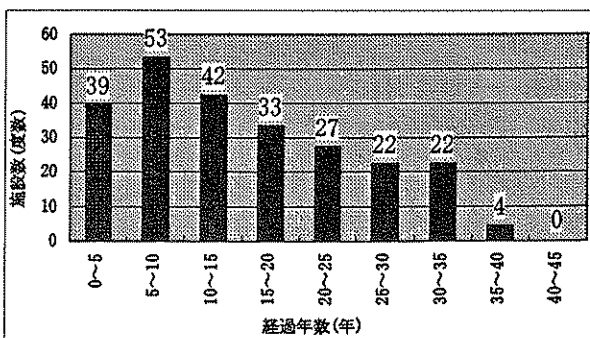


図-3.3 施設の経過年数

(4) 処理率 (搬入率)

処理率は全施設を単純平均すると87%であり、各処理方式ともに第3報(97%)と比較して10ポイント程度低くなっている。また、処

理率のヒストグラム(図-3.4)を見ると80~100%の施設が多い。なお、100%を超えている施設が60施設(全体の約25%)ある。これらの施設のなかには、処理量の超過により処理機能に影響が生じている施設もあるが、超過の原因が浄化槽汚泥の増加等である場合、流量は超過するものの負荷量は計画値を超えていない施設も多い。このような施設においては、搬入量の超過に対して受入・貯留設備の改造のみ行い、主処理設備の増設等を行わずに対応している事例も多い。

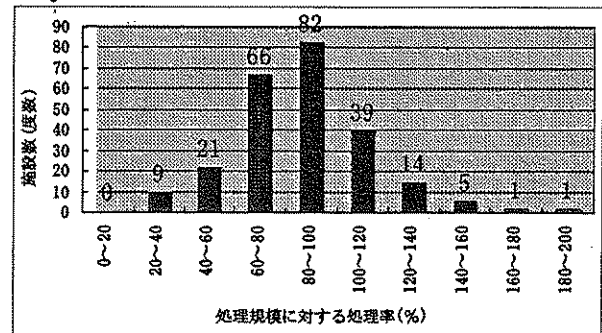


図-3.4 処理率 (搬入率)

(5) 浄化槽汚泥混入率

浄化槽汚泥混入率は0%の施設から100%の施設までであるが、単純に平均すれば48%となる。これを全国平均の42%(日本の廃棄物処理「平成9年度版」)と比較するとやや高めとなっている。なお、浄化槽汚泥混入率が50%を超えている施設は106施設で、全体の45%に相当する(図-3.5)。処理方式別にみると、最も浄化槽汚泥混入率の高いのは好気処理の59%で、以下標脱処理47%、嫌気処理46%、高負荷処理及び膜高負荷処理37%となっている。第3報と比較すると膜高負荷処理を除いて5~15ポイント程度高くなっている(図-3.6)。

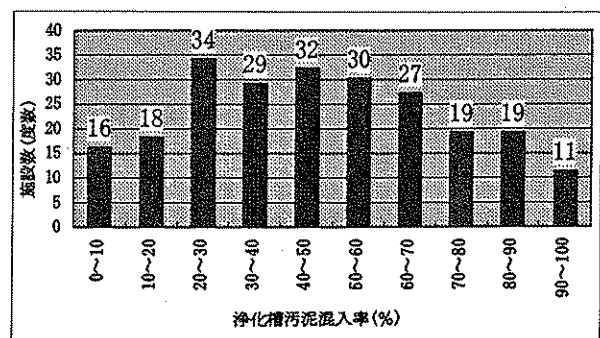


図-3.5 浄化槽汚泥混入率

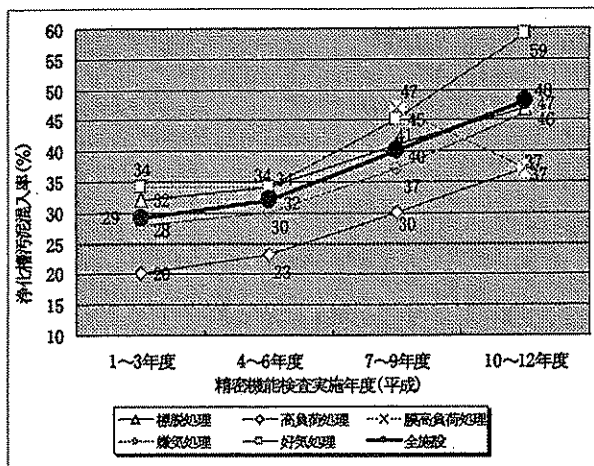


図-3.6 浄化槽汚泥混入率の推移

(6) 月変動係数

搬入変動を示す月変動係数のヒストグラムを図-3.7～図-3.8に示す。月最大変動係数は1.0～1.2、月最小変動係数は0.7～0.9の範囲において大部分(80%以上)を占めている。また、月最大変動係数の標準的な値である1.15を超えている施設は82施設で、全体の34%に相当する。

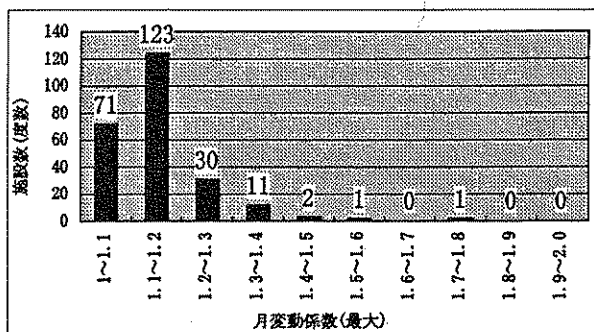


図-3.7 月最大変動係数

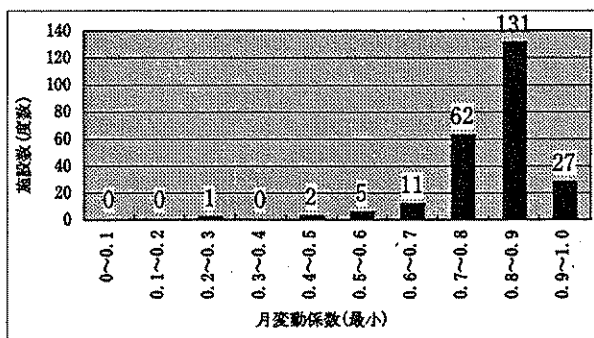


図-3.8 月最小変動係数

4. 調査結果

運転実績、維持管理費については検査実施の前年度における実績値、水質分析結果については検査時に採取した試料の分析結果を使用して集計した。

4.1 水質分析結果

各処理水等(収集し尿及び収集浄化槽汚泥、除渣し尿及び除渣浄化槽汚泥、二次処理水、放流水)の水質について集計した結果は以下のとおりである。なお、PHは水素イオン濃度としてではなく、算術的に取り扱っている。

(1) 収集し尿及び収集浄化槽汚泥

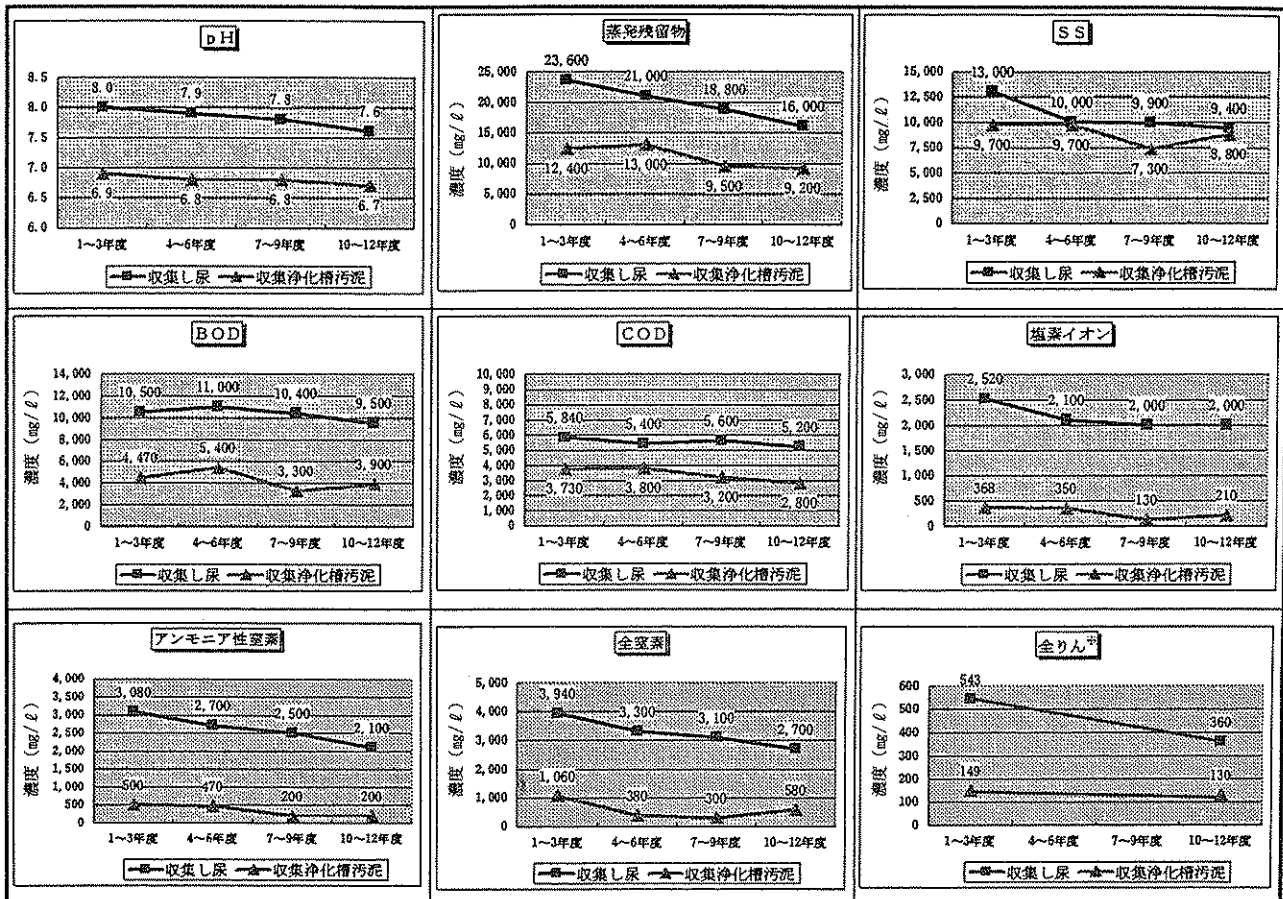
収集し尿及び収集浄化槽汚泥の性状は表-4.1に示すとおりである。また、過去の調査報告(第1報～第3報)を基に、性状(平均値)の推移を示したものが図-4.1である。収集し尿については各項目ともに低濃度化が認められ、全体的に希薄化している。また、収集浄化槽汚泥についても収集し尿と比較すると顕著ではないが、長期的には低濃度化の傾向が認められる。

(2) 除渣し尿及び除渣浄化槽汚泥

除渣し尿及び除渣浄化槽汚泥の性状は表-4.2に示すとおりである。除渣し尿の性状は収集し尿の性状と比較して低濃度となっており、受入及び前処理での希釈水(プロセス用水)混入や夾雑物除去装置による除去効果等が要因と考えられる。また、除渣浄化槽汚泥の性状についても除渣し尿と同様の傾向が予測されるところであるが、結果は一部の項目(SS)を除いて収集浄化槽汚泥と比較して高濃度であった。以前の第2報及び第3報においても塩化物イオンや全窒素等の項目に同様の結果が認められている。浄化槽汚泥の性状は浄化槽の処理方式や清掃方法等の違いにより大きく変動すると言われており、表-4.1中の変動係数をみても浄化槽汚泥はし尿と比較してかなり大きなバラツキが認められる。このように、浄化槽汚泥に関してはデータのバラツキが大きいため、除渣前後の性状差が明確に現れてこないものと考えられる。

(3) 放流水

処理方式別の放流水質は表-4.3に示すとおり



※第2報（平成4～6年度）、第3報（平成7～9年度）では全りんの集計を行っていない。

図-4.1 収集し尿及び収集浄化槽汚泥の性状変化

表-4.1 収集し尿、収集浄化槽汚泥の性状

区 分 項 目	収 集 し 尿				収 集 浄 化 槽 汚 泥			
	試料数	平均値	標準偏差	変動係数	試料数	平均値	標準偏差	変動係数
pH	164	7.6	0.54	0.071	147	6.7	0.61	0.091
蒸発残留物 (mg/ℓ)	85	16,000	4,700	0.294	73	9,200	4,900	0.533
SS (mg/ℓ)	161	9,400	4,400	0.468	146	8,800	5,300	0.602
BOD (mg/ℓ)	163	9,500	3,500	0.368	145	3,900	2,400	0.615
COD (mg/ℓ)	161	5,200	1,600	0.308	145	3,800	1,900	0.679
塩化物イオン (mg/ℓ)	163	2,000	880	0.440	143	210	190	0.905
アンモニア性窒素 (mg/ℓ)	106	2,100	670	0.319	87	200	200	1.000
全窒素 (mg/ℓ)	162	2,700	870	0.322	144	580	440	0.759
全りん (mg/ℓ)	76	360	170	0.472	69	130	86	0.662

りである。各処理方式ごとに一般的な（データの多い）高度処理方式のものを集計した。

生物学的脱窒素処理方式については処理方式が最新のものになるほど（標脱処理→高負荷処

理→膜高負荷処理）、希釈倍率は低くなっている。主処理における除去対象物質（BOD、SS、全窒素）については各処理方式による差はみられない。高度処理における除去対象物質（COD、

表-4.2 除渣し尿、除渣浄化槽汚泥の性状

区 分 項 目	除 渣 し 尿				除渣浄化槽汚泥			
	試料数	平均値	標準偏差	変動係数	試料数	平均値	標準偏差	変動係数
pH	77	7.5	0.49	0.065	79	6.6	0.70	0.106
蒸発残留物 (mg/ℓ)	24	12,000	3,500	0.292	24	9,200	4,600	0.500
SS (mg/ℓ)	75	5,200	2,100	0.404	78	7,700	3,100	0.403
BOD (mg/ℓ)	77	8,500	2,500	0.294	77	4,000	1,400	0.350
COD (mg/ℓ)	76	4,000	1,000	0.250	79	3,600	1,300	0.361
塩化物イオン (mg/ℓ)	77	1,800	660	0.367	77	310	260	0.839
アンモニア性窒素 (mg/ℓ)	39	1,800	580	0.322	38	250	210	0.840
全窒素 (mg/ℓ)	77	2,400	710	0.296	78	720	350	0.486
全りん (mg/ℓ)	51	260	80	0.308	55	140	64	0.457

表-4.3 放流水質 (実績値)

(生物学的脱窒素処理方式)

処理方式 項目	標 脱 処 理						高 負 荷 処 理			膜高負荷処理		
	凝集分離+砂ろ過			凝集分離+オゾン+砂ろ過			活性炭			凝集膜+活性炭		
区分	試料数	平均値	標準偏差	試料数	平均値	標準偏差	試料数	平均値	標準偏差	試料数	平均値	標準偏差
希釈倍率 (倍)	7	10	3.6	46	6.0	3.2	32	1.8	0.6	14	1.5	0.2
pH	7	7.0	0.4	46	7.2	0.4	32	6.9	0.5	14	7.3	0.4
SS (mg/ℓ)	7	6.0>	4.8	46	4.2>	2.9	32	3.9>	3.6	14	3.9>	1.8
BOD (mg/ℓ)	7	1.8>	1.1	46	2.0>	1.7	32	1.9>	2.1	14	1.1>	0.5
COD (mg/ℓ)	7	20	9.4	46	12	7.1	32	12>	24	14	8.6	6.0
塩化物イオン (mg/ℓ)	6	230	91	43	427	764	31	1,200	638	14	1,200	495
全窒素 (mg/ℓ)	7	7.0	5.2	46	4.0	3.0	32	19	20	14	10>	14
全りん (mg/ℓ)	7	2.1>	3.1	46	0.8>	1.8	32	0.6>	2.1	14	0.5>	1.1
色度 (度)	6	50	34	46	12>	8.3	32	19	55	14	7.9>	5.4

※表中、>(未満の略号)があるものは定量下限値未満のデータがあったことを示す。また、定量下限値未満については定量下限値の値に置き換え、集計した。

※塩化物イオンについては、希釈水に海水を使用している施設は対象外としている。

(嫌気処理、好気処理)

処理方式 項目	嫌 気 処 理						好 気 処 理					
	なし			凝集分離			なし			凝集分離		
区分	試料数	平均値	標準偏差	試料数	平均値	標準偏差	試料数	平均値	標準偏差	試料数	平均値	標準偏差
希釈倍率 (倍)	7	23	21	7	13	6.5	8	23	13	6	8.1	4.5
pH	7	7.2	0.4	7	6.7	0.5	8	7.1	0.6	6	7.1	0.4
SS (mg/ℓ)	7	14	11	7	13	6.6	8	34>	36	6	10>	10
BOD (mg/ℓ)	7	14	13	7	3.8>	2.8	8	15>	23	6	4.4>	3.4
COD (mg/ℓ)	7	37	21	7	59	37	8	46	52	6	14	9.1
塩化物イオン (mg/ℓ)	7	180	213	7	100	49	7	95	81	5	130	71
全窒素 (mg/ℓ)	7	76	62	7	120	64	8	47	58	6	18	8.6
全りん (mg/ℓ)	7	6.1	2.7	7	4.5	4.6	8	5.3>	5.3	6	0.5>	0.3
色度 (度)	6	62	52	7	120	150	8	73	100	6	32	20

※表中、>(未満の略号)があるものは定量下限値未満のデータがあったことを示す。また、定量下限値未満については定量下限値の値に置き換え、集計した。

※塩化物イオンについては、希釈水に海水を使用している施設は対象外としている。

表-4.4 水質汚濁防止法排水基準追加項目

項 目	区 分		暫定基準 (~H. 16. 6. 30)
	海 域 以 外	海 域	
ほう素及びその化合物 ^{※1}	10mg/ℓ	230mg/ℓ	—
ふっ素及びその化合物 ^{※1}	8mg/ℓ	15mg/ℓ	15(海域以外の公共用水域)
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 ^{※1、※2}	100mg/ℓ		200mg/ℓ

※1：本報告中ではそれぞれ「ほう素等」、「ふっ素等」、「硝酸性窒素等」と示す。

※2：アンモニア性窒素に0.4を乗じたもの、亜硝酸性窒素及び硝酸性窒素の合計量。

表-4.5 放流水窒素（全窒素）濃度

処理方式	項目	最大値 (mg/ℓ)	100mg/ℓを超える施設 (箇所)	200mg/ℓを超える施設 (箇所)
標脱処理		27	—	—
高負荷処理		69	—	—
膜高負荷処理		45	—	—
嫌気処理		220	5	2
好気処理		180	1	—

全りん、色度)についてはデータのバラツキが大きいが、脱色処理を採用している施設の水質は概ね安定している。

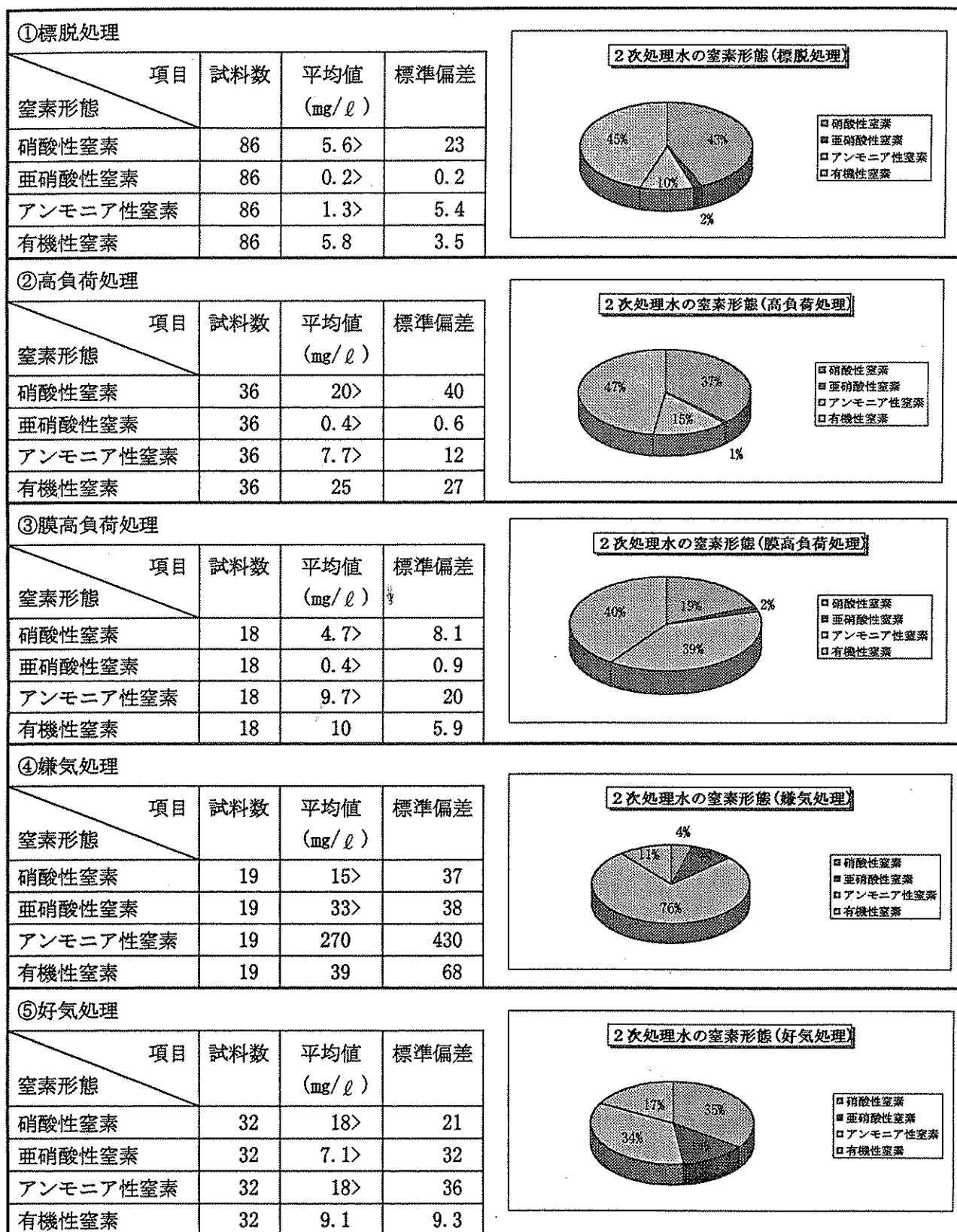
嫌気処理及び好気処理については生物学的脱窒素処理方式と比較して、各項目ともに濃度は高くなっている。また、好気処理は本来、嫌気処理と同様に窒素除去を目的とする方式ではないが、全窒素濃度を比較すると好気処理が低くなっている。好気処理施設の一部には施設改造や運転方法の変更等により、本来とは異なった運転(液循環による一段脱窒素運転等)をしている施設が含まれていることが要因と考えられる。

平成13年7月1日より水質汚濁防止法の一部改正により、規制項目が追加された(表-4.4)。し尿処理施設放流水のほう素等及びふっ素等の濃度は基準値に対して極めて低いと言われており、通常基準値を超える事例はないと考えられるが、硝酸性窒素等については窒素除去に対応していない施設(嫌気処理や好気処理の一部等)において基準値を超える可能性がある。精密機能検査では窒素形態別の濃度を分析して

いないため、全窒素濃度を使用して基準値適合状況を調査した。結果は表4-5に示すとおりであり、基準(100mg/ℓ)を超える施設は8施設、このうち暫定基準(200mg/ℓ)を超える施設は2施設認められた。ただし、全窒素>硝酸性窒素等であることから、本調査における実際の基準値超過事例数は、上記以下になると言える。窒素除去に対応していない施設の多くは基準値を超えられたが、超過施設数は予測より少ない数であった。なお、調査対象データは検査時の1日における水質であり、実際には搬入状況や希釈水の調整等により放流水質は変動する場合が多い。よって年間を通してみれば、超過施設は本調査結果から得られる感触よりもやや多くなることも考えられる。

(4) 二次処理水

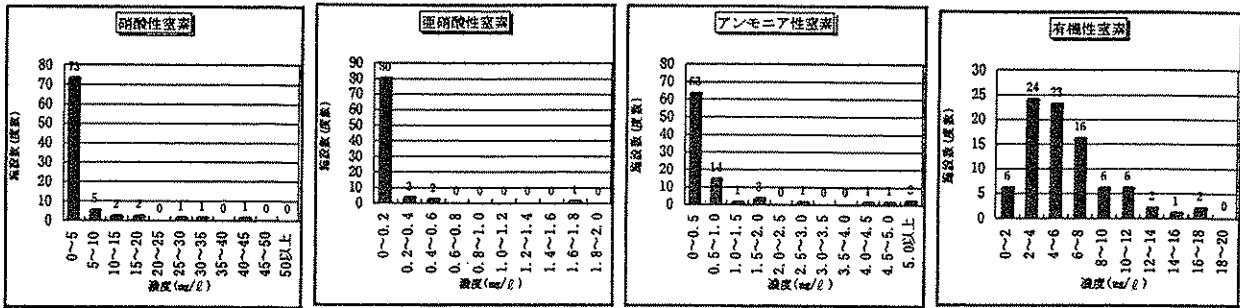
上記のとおり放流水の窒素形態別濃度は把握できなかったが、二次処理水では形態別に窒素の分析をしていることから、このデータを用いて窒素の存在形態を調査した。結果は図-4.2に示すとおりである。生物学的脱窒素処理の3



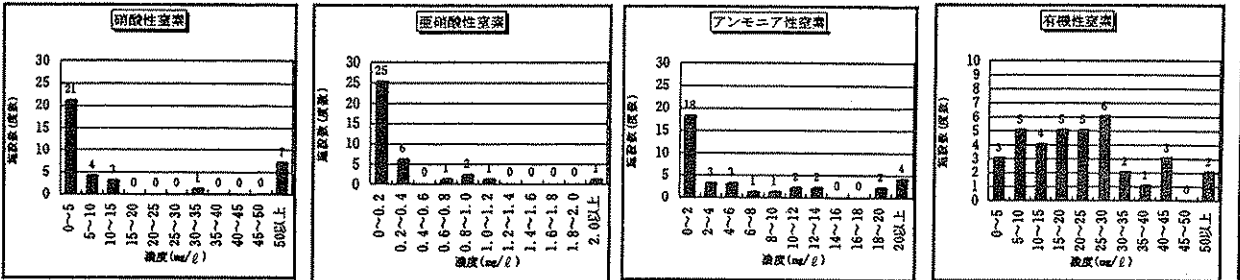
※表中、>(未満の略号)があるものは定量下限値未満のデータがあったことを示す。また、定量下限値未満については定量下限値の値に置き換え、集計した。

図-4.2 二次処理水における窒素の形態別濃度

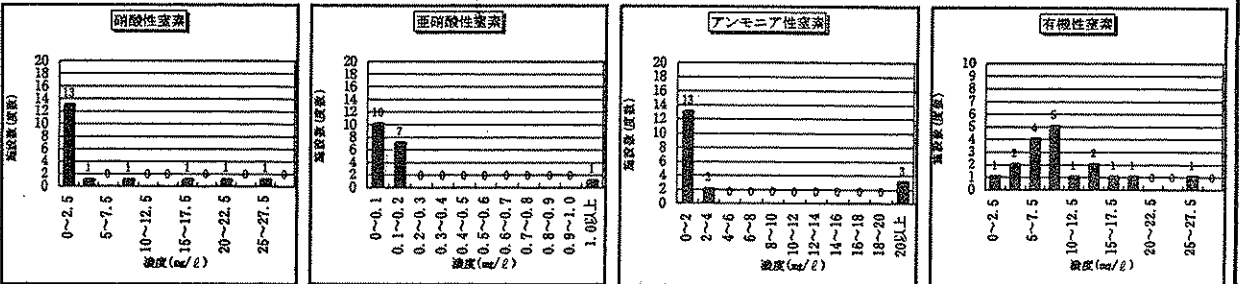
①標脱処理



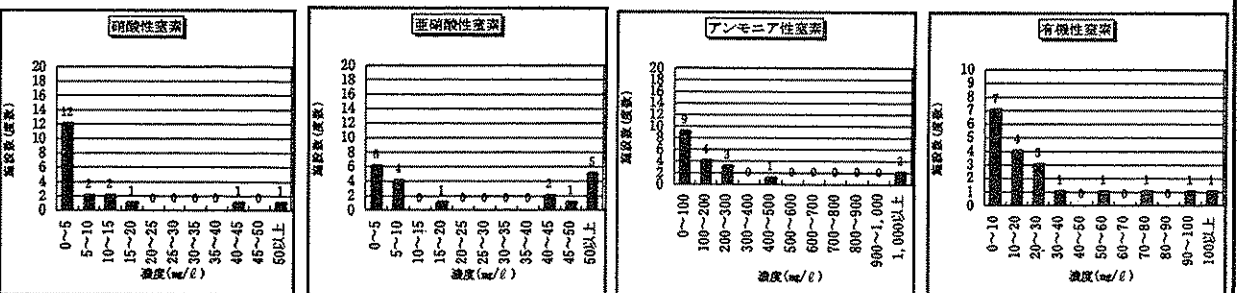
②高負荷処理



③膜高負荷処理



④嫌気処理



⑤好気処理

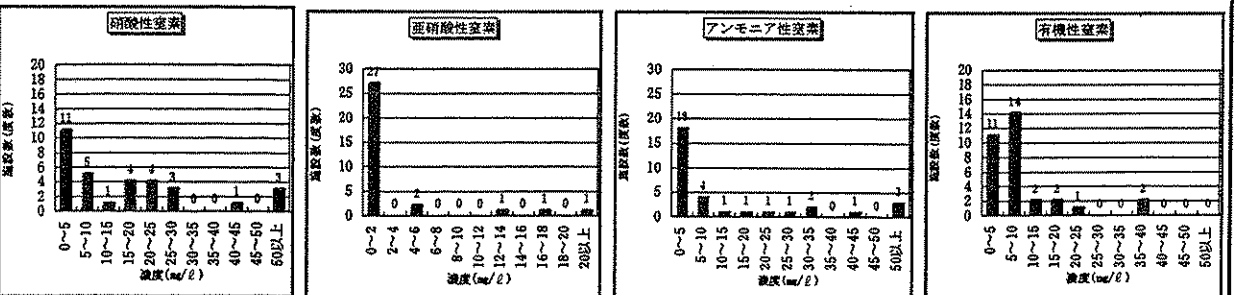


図-4.3 二次処理水における各形態窒素濃度の分布

方式についてみると最も大きな割合を占めているのは有機性窒素で、全体の40%以上である。また、高負荷処理及び膜高負荷処理は標脱処理と比較してアンモニア性窒素の割合が若干大きい。嫌気処理は基本的に窒素の除去を目的とした処理方式でないため、他処理方式に比較して窒素濃度は高めである。形態別にみれば、最も割合の大きいのはアンモニア性窒素で、全体の70%以上である。好気処理も本来窒素除去を目的とした処理方式ではないが、運転方法の改良等によりある程度の窒素除去を行っている施設もあり、窒素濃度は比較的低濃度となっている。

参考として二次処理水中の窒素濃度（形態別）のヒストグラムを図-4.3に示す。高負荷処理には窒素濃度（硝酸性窒素、有機性窒素）が高い（50mg/ℓ以上）施設が数施設認められるが、これらは高負荷処理における初期の施設や改造施設等であり、放流水全窒素濃度が200mg/ℓ程度で設計されている施設もある。本調査結果では排水基準を超えることはなかったが、これらの施設については処理機能が不安定となった場

合等、一時的に排水基準を超えることも懸念される。

4.2 運転実績

施設の運転実績（放流量、電力使用量、燃料使用量、薬品使用量）は以下に示すとおりである。

(1) 放流量

放流量は表-4.6に示すとおりである。また、過去の調査報告（第2報～第3報）を基に、放流量（平均値）の推移を示したものが図-4.4である。標脱処理、高負荷処理、嫌気処理については放流量の減少が認められ、処理の低希釈化が伺える。好気性処理については第3報と比較して増加、膜高負荷処理については変化がみられなかった。

(2) 汚泥発生量

汚泥発生量は検査前年度実績の脱水機供給汚泥量と検査時に採取した脱水機供給汚泥の濃度を乗じて算出した。また、嫌気処理については

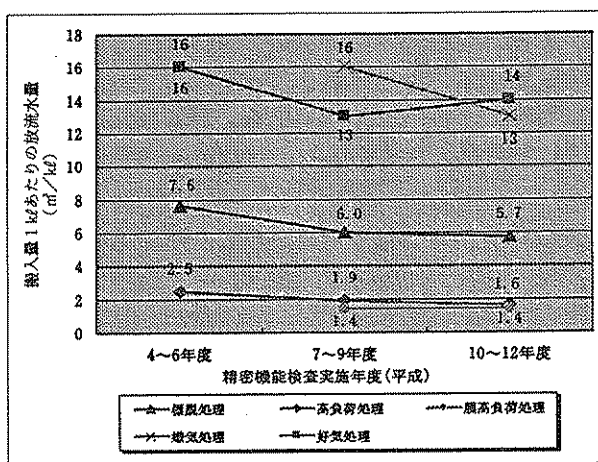


図-4.4 放流量の推移

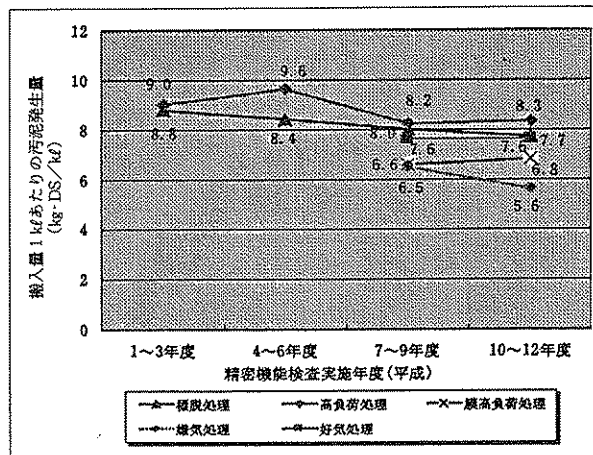


図-4.5 汚泥発生量（凝集汚泥含む）の推移

表-4.6 放流量（搬入量1kℓあたり）

処理方式	項目	施設数	平均値 (m³/kℓ)	標準偏差
標脱処理		83	5.7	2.3
高負荷処理		36	1.6	0.50
膜高負荷処理		20	1.4	0.24
嫌気処理		15	13	9.5
好気処理		28	14	6.9

表-4.7 汚泥発生量（搬入量1klあたり）

（全体）

処理方式	凝集分離設備あり			凝集分離設備なし		
	施設数	平均値 (kg-DS/kl)	標準偏差	施設数	平均値 (kg-DS/kl)	標準偏差
標脱処理	84	7.7	2.5	—	—	—
高負荷処理	36	8.3	2.6	—	—	—
膜高負荷処理	18	6.8	1.7	—	—	—
嫌気処理	12	5.6	2.9	8	3.2	2.3
好気処理	22	7.6	3.5	7	7.3	4.6
全体（複合施設を含む）	188	7.5	2.6	15	4.5	2.6

（消化汚泥のみ）

処理方式	施設数	平均値 (kg-DS/kl)	標準偏差
嫌気処理	11	2.4	1.9
好気処理*	2	—	—

※好気処理についてはデータが少ないため、集計していない。

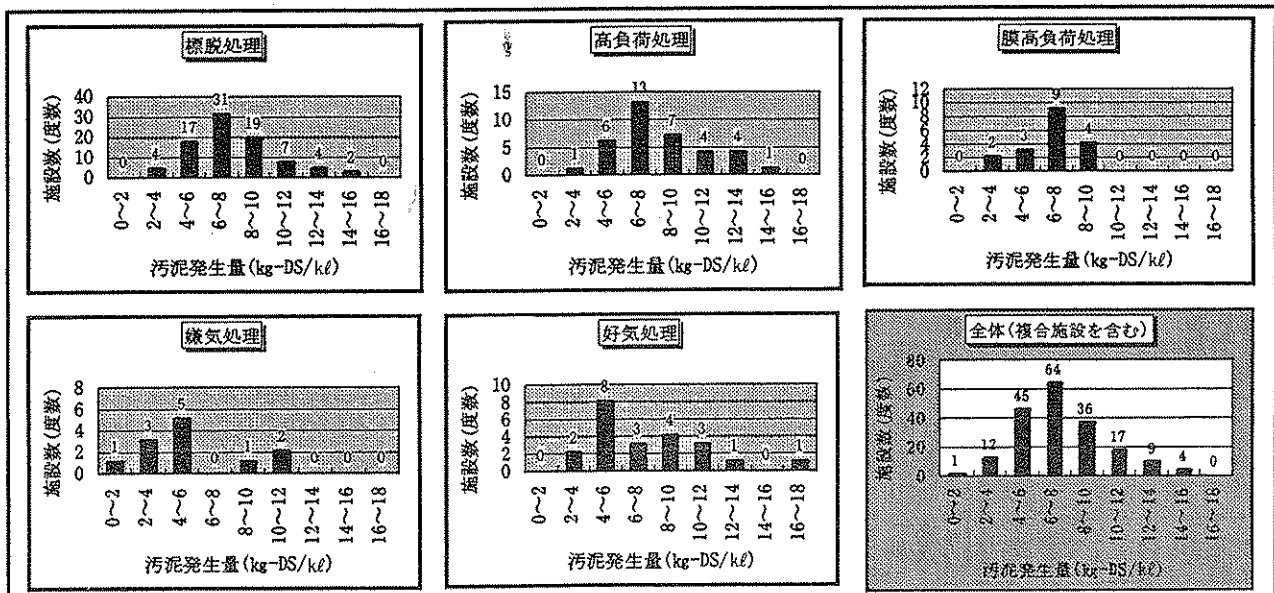


図-4.6 汚泥発生量の分布（搬入量1klあたり）

消化汚泥を単独で脱水している施設を対象として、消化汚泥の汚泥発生量についても同様に算出した。集計結果を表-4.7、汚泥発生量の推移（経年変化）を図-4.5、データのヒストグラムを図-4.6にそれぞれ示す。汚泥発生量は施設における処理対象物の性状（浄化槽汚泥混入率等）や処理方式等により異なるため、全施設での範囲は1.5~15.9kg-DS/kl（凝集汚泥含む）と広い。また、計量精度等もバラツキの要因と推測され、比較的古い施設の多い嫌気処

理や好気処理においては他方式と比較してバラツキが大きくなっている。なお、汚泥発生量を従来の構造指針値10kg-DS/kl（標脱処理、全量し尿、凝集汚泥を含む場合）と比較すると、これを超えている施設は30施設あり、全体の16%に相当する。

(3) 電力使用量

電力使用量は表-4.8に示すとおりである。処理方式別に全施設を対象として集計した結果、

電力使用量の多い順に標脱処理 67kWh/kl、膜高負荷処理 65kWh/kl、好気性処理 62kWh/kl、高負荷処理の 58kWh/kl、嫌気処理 29kWh/klとなった。過去の集計結果をもとに推移を示したものが図-4.7であるが、標脱方式及び高負荷方式については減少しており、省エネ化の傾向が認められる。設備内容別（オゾン設備の有無及び乾燥・焼却設備の有無）に電力使用量をみるとオゾン処理設備の有無では電力使用量の差が認められるが、乾燥・焼却設備の有無では有意な差は認められなかった。この要因として、乾燥・焼却設備は稼動時間が短く、24時間連続運転している水処理設備や脱臭設備等と比較すればさほど大きな割合を占めていないものと推察される。一般的に乾燥・焼却設備の計画稼動時間は平日の昼間のみであり、加えて搬入量の減少等から実稼動時間が減少して

いる施設も多くなっている。

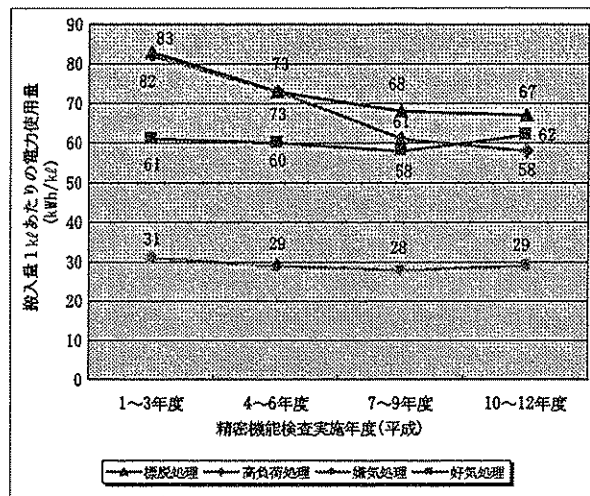


図-4.7 電力使用量の推移

表-4.8 水質汚濁防止法排水基準追加項目

(乾燥・焼却設備あり)

項目	オゾン処理設備あり			オゾン処理設備なし		
	施設数	平均値 (kWh/kl)	標準偏差	施設数	平均値 (kWh/kl)	標準偏差
標脱処理	62	68	19	11	62	19
高負荷処理	4	61	29	27	58	20
膜高負荷処理	1	—	—	13	67	10
嫌気処理	—	—	—	13	28	14
好気処理	6	70	20	14	58	20

(乾燥・焼却設備なし)

項目	オゾン処理設備あり			オゾン処理設備なし		
	施設数	平均値 (kWh/kl)	標準偏差	施設数	平均値 (kWh/kl)	標準偏差
標脱処理	10	67	29	2	—	—
高負荷処理	1	—	—	4	59	20
膜高負荷処理	1	—	—	5	61	18
嫌気処理	1	—	—	5	27	7
好気処理	2	—	—	8	63	30

(全体)

項目	施設数	平均値 (kWh/kl)	標準偏差
標脱処理	84	67	20
高負荷処理	36	58	20
膜高負荷処理	19	65	12
嫌気処理	19	29	13
好気処理	30	62	22

表-4.9 燃料使用量 (搬入量 1 kℓあたり)

項 目 処理方式	汚泥全量焼却 ^{※2}			汚泥全量乾燥 ^{※3}		
	施設数	平均値 (ℓ/kℓ)	標準偏差	施設数	平均値 (ℓ/kℓ)	標準偏差
標脱処理	43	6.1	2.0	19	8.5	3.1
高負荷処理	24	7.8	4.2	3	10.0	4.6
膜高負荷処理	12	8.0	3.7	1	—	—
嫌気処理	4	7.2	3.2	7	9.1	4.9
好気処理	7	7.1	4.5	8	7.9	3.2
全体(複合施設を含む)	101	6.9	3.1	42	8.5	3.8

項 目 処理方式	汚泥焼却及び乾燥施設全体 ^{※4}		
	施設数	平均値 (ℓ/kℓ)	標準偏差
標脱処理	71	7.0	2.7
高負荷処理	31	7.8	4.0
膜高負荷処理	13	8.0	3.5
嫌気処理	13	8.3	4.2
好気処理	17	7.4	3.6
全体(複合施設を含む)	159	7.3	3.2

※1：本集計では、一部でも脱水汚泥の場外搬出を行っている施設は対象外とした。

※2：脱水汚泥の全量を場内で焼却処理している施設を集計。

※3：脱水汚泥の全量を場内で乾燥処理のみを行っている施設を集計。

※4：汚泥全量焼却施設、汚泥全量乾燥施設及び汚泥焼却(一部乾燥)施設を集計。

(4) 燃料使用量

燃料使用量は表-4.9に示すとおりである。

また、過去の集計結果をもとに推移を示したものが図-4.8である。第1報(平成1～3年度)当時では各処理方式によって燃料使用量に差が認められていたが、今回調査ではそれほどの差は見られない。この要因としては基幹整備事業等により乾燥・焼却設備の整備が進み、熱回収効率の高い設備への更新が図られたためと考えられる。また、今回の集計では汚泥乾燥・焼却設備を有する施設のうち、脱水ケーキを一部でも場外搬出している施設は集計対象外としたため、前回調査(第3報)と比較して増加することも予想されたが、実際には嫌気処理を除いて燃料使用量は減少している。

汚泥を全量焼却している施設と全量乾燥している施設では、全ての処理方式において全量乾燥している施設の燃料使用量が1.1～1.4倍程度多くなっている。この理由として、汚泥を全

量乾燥している施設は汚泥乾燥設備とし渣焼却設備を個別に運転している施設が多く、汚泥を全量焼却している施設はし渣との混合焼却を行っていることから効率的な処理が可能であること、及び乾燥汚泥が燃料としての役割を担っていることなども要因として考えられる。

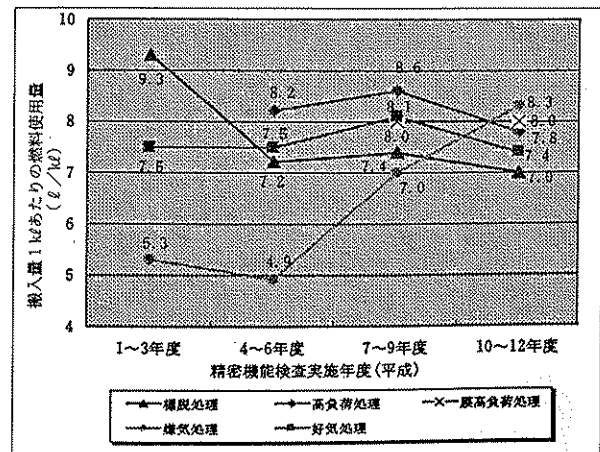


図-4.8 燃料使用量の推移

(5) 薬品使用量

各薬品の使用量は表-4.10に示すとおりである。

(5)-1. 水処理用凝集剤

凝集分離処理用の無機凝集剤（硫酸バンド）と高分子凝集剤使用量について、過去の調査報告（第1～3報）を基に推移を示したものが図-4.9である。硫酸バンド、ポリマともに使用量は減少する傾向が認められる。

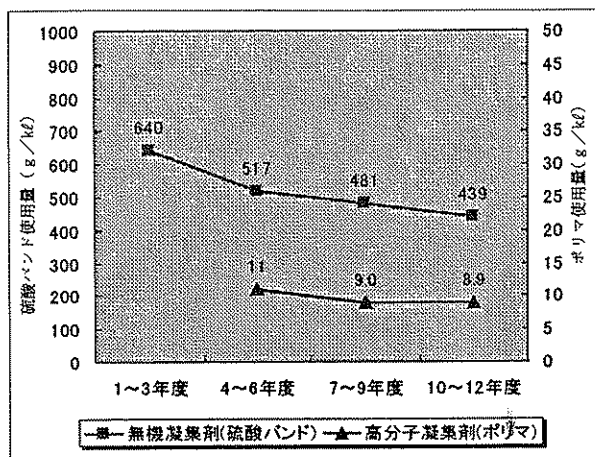


図-4.8 凝集剤(水処理用)使用量の推移

(5)-2. 脱水助剤

脱水処理における汚泥の調質に使用する凝集剤使用量について、過去の調査報告（第1～3報）を基に推移を示したものが図-4.10である。ポリマを1剤使用している場合については

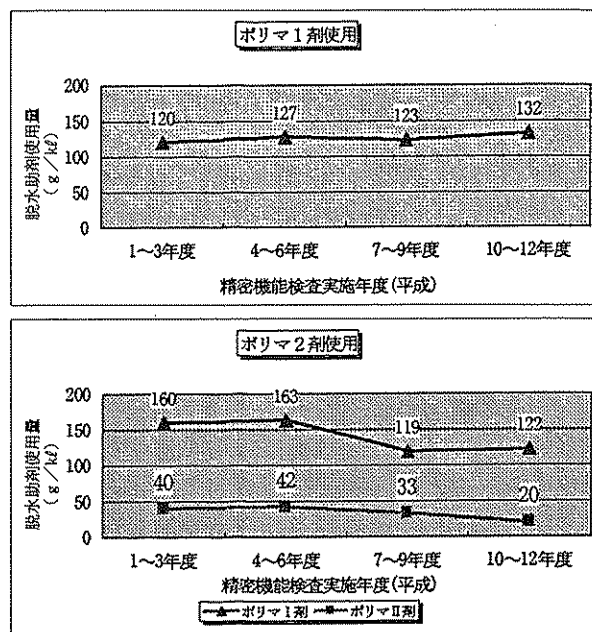


図-4.10 脱水助剤使用量の推移

表-4.8 薬品使用量(搬入量1klあたり)

(凝集剤)

薬品名			項 目	施設数	平均値 (g /kl)	標準偏差
無機凝集剤※	アルミ系	硫酸バンド		142	439	194
		P A C		4	467	344
	鉄系	塩化第 2 鉄		12	150	39
		ポリ硫酸第 2 鉄		15	248	267
高分子凝集剤				156	8.9	6.0

※アルミ系凝集剤は Al_2O_3 として100%換算、鉄系凝集剤は Fe^{3+} として100%換算。

(汚泥調質剤)

薬品名			施設数	平均値 (g/kg)	標準偏差
ポリマ1剤			129	132	89
2剤使用	ポリマ2剤	ポリマI剤	26	122	86
		ポリマII剤	26	20	13
	無機凝集剤※ + ポリマ	硫酸バンド	18	116	59
		ポリマ	18	106	38
		ポリ硫酸第2鉄	14	237	194
		ポリマ	13	131	87

※アルミ系凝集剤は Al_2O_3 として100%換算、鉄系凝集剤は Fe^{3+} として100%換算。

若干増加している。ポリマを2剤使用している場合については第3報の結果と比較すると大きな増減は認められないが、第1～2報の結果と比較すると減少している。

4.3 維持管理費

施設の維持管理費（電力費、燃料費、薬品費、補修費）は表-4.11に示すとおりである。

(1) 電力費

嫌気処理を除いて900～1,000円/kl程度となっている。電力費が最も高い処理方式は標脱処理であるが、オゾン処理を有する施設が最も多いことなどが理由として考えられる。一方、嫌気処理については好気処理や生物学的脱窒素処理方式と比較して電力費は1/2程度となっている。

(2) 燃料費

燃料費については嫌気処理が400円/klを上回っているが、他の方式は300円/kl前後となっている。

(3) 薬品費

高負荷処理と膜高負荷処理の薬品費は、約1,000円/klと処理原理的に変わらない標脱方式と比較して2倍程度となっている。この要因としては高負荷処理及び膜高負荷処理では脱窒素促進剤（メタノール）や消泡剤を注入するケースが標脱処理と比較して多いことや水処理用活性炭の交換費が含まれることなどが考えられる。また、嫌気処理と好気処理の薬品費が安い要因には、薬液洗浄塔などの脱臭装置が設置されていない施設が含まれているためと考えられる。

(4) 補修費

生物学的脱窒素処理方式は嫌気処理や好気処理と比較して高くなっているが、設備内容が多いことや機械設備の構成割合が高いことなどが主な理由として考えられる。また、生物学的脱窒素処理方式の中では膜高負荷処理が他2方式と比較して安くなっているが、比較的新しい施設が多いためと考えられる。

図-4.11 維持管理費（搬入量1klあたり）

項 目 処理方式	電力費			燃料費 ^{※1}		
	施設数	平均値 (円/kl)	標準偏差	施設数	平均値 (円/kl)	標準偏差
標脱処理	80	1,050	382	70	263	107
高負荷処理	36	892	351	29	295	189
膜高負荷処理	19	974	193	13	316	142
嫌気処理	21	455	199	12	415	304
好気処理	30	908	366	18	304	147
全体(複合施設を含む)	189	948	420	153	270	125

※1：汚泥乾燥・焼却設備を有する設備について集計。

項 目 処理方式	薬品費 ^{※2}			補修費 ^{※3}		
	施設数	平均値 (円/kl)	標準偏差	施設数	平均値 (円/kl)	標準偏差
標脱処理	80	542	321	72	1,526	1,543
高負荷処理	38	975	487	26	1,569	936
膜高負荷処理	19	1,026	330	8	1,340	1,004
嫌気処理	11	319	207	29	1,107	843
好気処理	21	415	164	18	1,033	700
全体(複合施設を含む)	172	678	431	176	1,399	1,140

※2：高度処理(凝集分離)設備を有する施設について集計。

※3：竣工後、5年以上経過している施設について集計。

5. 調査結果のまとめ

5.1 経年的な変化について

本調査では処理方式別による解析等のほか、これまでの調査報告（第1～3報）を基に経年的な変化に関する解析も行った。この結果、経年的な変化に一定の傾向がみられるものがあり、次のように要約できる。

- 1) 浄化槽汚泥混入率は膜高負荷処理を除いて経年的に高くなる傾向がある。なお、膜高負荷処理が上記とは異なった傾向を示しているが、第3報でのデータ数（7施設）がすくないことが一因と考えられる。
- 2) 収集し尿の性状は全体的に希薄化する傾向がある。また、収集浄化槽汚泥についても収集し尿と比較すると顕著ではないが、低濃度化する傾向が認められる。
- 3) 放流量は好気処理と膜高負荷処理を除いて減少しており、処理の低希釈化が認められる。
- 4) 電力使用量については標脱処理と高負荷処理に経年的な減少がみられる。嫌気処理や好気処理については目立った変化はみられない。
- 5) 燃料使用量については処理方式間の格差が小さくなってきている。
- 6) 水処理用凝集剤使用量は硫酸バンド、ポリマともに経年的に減少している。

5.2 窒素形態について

本調査では、水質汚濁防止法排水基準に新たに硝酸性窒素等が追加（平成13年7月1日施行）されたことに鑑み、放流基準値の適合状況や処理水中の窒素形態等について調査した。調査結果をまとめると次のとおりである。

- 1) 放流水の全窒素濃度でみた場合、 $100\text{mg}/\ell$ （硝酸性窒素等の基準値）を超える可能性がある事例が嫌気処理で5施設（嫌気処理施設数の24%）、好気処理で1施設（好気処理施設数の3.1%）あり、標脱処理や高負荷処理、膜高負荷処理では超過事例はみられなかった。基準値は全窒素でなく、アンモニア性窒素の0.4を乗じたものと亜硝酸性窒素及び硝酸性窒素の合計値であるため、本調査における実際の超過例は上記より少ないと推測される。
- 2) 2次処理水中の窒素形態には処理方式毎に次の特徴がみられる。
 - ①生物学的脱窒素処理方式の処理水には有機性

窒素が40%以上を占めている。

- ②嫌気処理の処理水にはアンモニア性窒素が70%以上を占めている。

- ③好気処理の処理水は脱窒素運転の実施状況により異なっている。

6. おわりに

今回の調査では、膜分離高負荷脱窒素処理施設に関するデータも増え、また、最近使用例が多くなっているポリ硫酸第2鉄（無機凝集剤）の実績についても新たに調査することができた。

本調査はし尿処理施設における一般的な管理目安を得ることを目的として運転実績や水質分析結果等を集計したもので、大まかな目安としての参考値は得られたと考えられる。ただし、項目によっては処理条件や運転方法等によってデータが大きく異なるため、標準偏差が大きくなっているものや、度数分布が正規分布をなしていない項目もあり、これらの点については使用の際には留意が必要である。

本調査も今回で第4報となったが、収集し尿等の性状、搬入量 1kl あたりの運転実績等は引き続き変化しており、今後とも本調査を実施していく必要があるものと考えている。また、平成9年度より、「資源循環型システム」への移行として、新たな国庫補助事業「汚泥再生処理センター」がスタートしているが、汚泥再生処理センターでは、し尿や浄化槽汚泥のほか生ごみや他の有機性廃棄物についても混合処理することや汚泥再生処理（メタン発酵や堆肥化処理等）を求めており、従来のし尿処理とは異なった運転が要求される。汚泥再生処理センターは現時点において数施設が稼働しているのみで、精密機能検査の実績もないが、今後の普及に伴い、将来的には汚泥再生処理センターについても調査対象に加えていきたい。

参考文献

- 1) 篠原 功, 古賀博昭, 弥永和由, 豊福裕邦 (1992): し尿処理施設の精密機能検査にみる運転実績の現状について, 日本環境衛生センター所報, No.19, pp56～59
- 2) 清水敏秀, 吉野好太郎 (1996): し尿処理施設の精密機能検査にみる運転実績の現状について (第2報), 日本環境衛生センター所報, No.23,

pp60~66

- 3) 古賀博昭, 篠原 功, 西田 剛, 印藤 彰
(1999): し尿処理施設の精密機能検査にみる運
転実績の現状について(第3報), 日本環境衛生

センター所報, No.26, pp90~103

- 4) 厚生省生活衛生局水道環境部環境整備課(2000):
日本の廃棄物処理平成9年度版, pp18, 23