し尿・浄化槽汚泥における 標準的性状の抽出と性状分析の効率化

Increasing the Efficiency of Identifying
and Analyzing the Standard Properties of Night soil and Johkasou Sludge

松田圭二¹、岩堀恵祐²

¹財団法人日本環境衛生センター東日本支局環境工学部／〒210-0828 神奈川県川崎市川崎区四谷上町10-6

²公立大学法人宮城大学食産業学部環境システム学科／〒982-0215 宮城県仙台市太白区旗立2丁目2-1

KEIJI MATSUDA¹, and KEISUKE IWAHORI²

¹Environmental Engineering Department, Japan Environmental Sanitation Center/
10-6 Yotsuyakami-cho, Kawasaki-ku, Kawasaki, Kanagawa 210-0828, Japan

²School of Food, Agriculture and Environmental Sciences, Miyagi University
/2-2-1 Hatatate, Taihaku-ku, Sendai 982-0215, Japan

Abstract

The properties of night soil and johkasou sludge are important factors for constructing, operating, and controlling night-soil treatment plants. However, we have no comprehensive reports on the actual conditions in recent years, so we think it is difficult to analyze them with appropriate frequency. In this research, to increase the efficiency of identifying and analyzing the standard properties, we analyzed and worked on data on night soil and johkasou sludge (indicators investigated: BOD, COD, SS, T-N, T-P, and chloride ion) obtained from a questionnaire survey. The resulting indicator-by-indicator distributions were represented as non-exceedance probability distributions of normal and logarithmic normal types, so we determined that the probabilities were applicable to the setup of the indicators. In addition, the correlation among the indicators suggests that measuring either COD or SS and chloride ion, which are easy to analyze, would enable estimation of the concentrations of the other indicators.

Key words: night soil, johkasou sludge, standard properties, predicting properties, night soil treatment facility

1. はじめに

し尿・浄化槽汚泥の性状は、し尿処理施設（汚泥再生処理センターを含む、以下同様。）の建設や運転管理における重要なファクターである。しかし、し尿処理を担う多くの自治体では、し尿処理財源や専門技術者の不足が顕著な課題としてあげられており¹⁻²⁾、し尿・浄化槽汚泥の性状分析を適切な頻度で実施することが困難な状況と推察される。過去の整備実績をみると、公表されている

し尿・浄化槽汚泥の標準性状³⁾が、し尿処理施設の計画・設計に利用されているのが実情となっている。公表されている標準性状（表1）は、し尿処理施設の精密機能検査結果（平成13～15年度）を収集・解析して抽出されたものの⁴⁾であり、その後10年以上が経過している。

過去の文献では、平成18年度以前の精密機能検査結果を使ったし尿・浄化槽汚泥の性状に関する報告⁵⁾もみられるが、近年の実態を反映したものとは言いがたい。その他の既往文献をみても、個別の事例報告が主体⁶⁻⁸⁾で、

Table 1 The standard properties announced [Non-excess probability value]

Items (Unit)	50% value		75% value	
	night soil	johkasou sludge	night soil	johkasou sludge
Properties accepted				
pH	—	7.6	6.9	7.9
BOD (mg/L)	7,300	2,900	10,000	5,400
COD (mg/L)	4,500	3,200	5,800	5,000
SS (mg/L)	8,300	7,600	11,000	12,000
T-N (mg/L)	2,600	620	3,300	1,200
T-P (mg/L)	310	100	450	190
Cl ⁻ (mg/L)	2,100	160	2,600	640
Properties without filtered matters				
pH	—	7.6	6.7	7.8
BOD (mg/L)	6,900	3,100	9,200	4,500
COD (mg/L)	3,900	3,500	4,800	4,700
SS (mg/L)	5,100	7,500	9,000	11,000
T-N (mg/L)	2,300	650	2,700	1,000
T-P (mg/L)	240	120	370	200
Cl ⁻ (mg/L)	1,800	190	2,100	520

し尿・浄化槽汚泥の性状に関する実態を、し尿処理施設の立場から包括的に捉えた報告⁹⁻¹²⁾はみられない。近年では、し尿・浄化槽汚泥の排出原単位（1人1日当たりの排出量）が増加の傾向¹³⁻¹⁴⁾を示しており、し尿・浄化槽汚泥ともに性状の希薄化が懸念される状況である。

近年の実態に即したし尿・浄化槽汚泥の性状を抽出できれば、施設整備の効率化と施設機能の適正化が可能で、建設コストの削減にも寄与できる。また、し尿・浄化槽汚泥それぞれの性状解析において、各分析項目の濃度間に有意な相関が認められれば、相関式を使った濃度推計などにより、性状分析自体の簡略化が図れ、効率性や迅速性を高めることが可能となろう。そこで本研究では、現状の実態に見合った標準的なし尿・浄化槽汚泥性状の抽出と性状分析自体の効率化を目的として、アンケート調査で得られたデータをもとに、し尿・浄化槽汚泥の性状に関する解析と検討を行った。

2. 方法

2.1 対象データ及び検討項目

検討対象としたデータは、し尿処理施設の維持管理に関するアンケート調査から、し尿及び浄化槽汚泥の搬入性状と除渣性状（ドラムスクリーン等による夾雑物除去

後の性状）に関する分析結果を抽出したものである。アンケート調査は、平成22年度に全国で稼働中のし尿処理施設989カ所を対象として実施し、617カ所の施設から回答を得ており、内109カ所の施設で、し尿・浄化槽汚泥の性状分析が行われていた。解析及び検討を行う項目としては、し尿処理施設の整備計画策定時や維持管理の目安で利用されるpH、BOD、COD、SS、T-N（全窒素）、T-P（全リン）、塩化物イオンを選定した。

2.2 検討方法

抽出した性状データは、ヒストグラム及びヘーズンプロット（正規確率プロット、対数正規確率プロット）を用いて、検討項目ごとにデータ分布の状況を事前確認した。その上で、各検討項目の分布型を正規分布型と対数正規分布型に区分し、棄却検定を実施した。棄却検定の方法としては、各検討項目それぞれの分布型に応じて、標準偏差の2倍を超えるデータの棄却により、外れ値の確認と棄却を行った。外れ値に関しては、各検討項目におけるデータの分布状況や当該データの関連資料（分析方法、採取場所、採取条件、設備構成等）から棄却の妥当性を検証した。表2に棄却検定後のデータ数と分布範囲を示す。

し尿及び浄化槽汚泥の性状に関する解析と検討では、

Table 2 Number and distribution range of data in each indicator

Items	Number of data		Distribution range of data		
	night soil	johkasou sludge	night soil	johkasou sludge	(Unit)
Properties accepted					
pH	104	104	5.8~8.5	4.9~8.4	—
BOD	101	100	1,300~13,000	140~5,800	(mg/L)
COD	102	99	1,000~8,100	220~6,500	(mg/L)
SS	102	100	910~17,000	330~17,000	(mg/L)
T-N	102	100	340~4,800	70~1,400	(mg/L)
T-P	44	44	83~810	27~690	(mg/L)
Cl ⁻	97	98	77~3,500	22~710	(mg/L)
Properties without filtered matters					
pH	104	107	5.9~8.6	5.2~9.3	—
BOD	102	101	1,900~10,000	320~5,300	(mg/L)
COD	101	104	820~6,100	350~5,300	(mg/L)
SS	104	106	330~15,000	510~14,000	(mg/L)
T-N	101	102	700~3,200	120~1,500	(mg/L)
T-P	71	75	76~390	23~300	(mg/L)
Cl ⁻	92	97	220~2,200	35~1,600	(mg/L)

再度、非超過確率分布への当てはめを行い、各検討項目におけるデータの分布状況を確認した。分布特性とバラツキの検討、非超過確率値の算定など、各検討項目の分布型（正規分布適合型、対数正規分布適合型）を考慮した統計処理と解析を実施し、公表されている標準性状との比較を行った。

検討項目間の相関関係では、性状分析の簡略化や迅速化を念頭に、利便性を重視した検討、即ち全ての検討項目を正規分布近似型とする解析を実施した。

3. 結果及び考察

3.1 検討項目のデータ分布

し尿・浄化槽汚泥の性状データ（表2）は、各検討項目ともデータが広い範囲に分布している。ヘーズンプロットを用いて、非超過確率分布への当てはめを行った結果を図1及び図2に示す。

し尿の性状では、搬入し尿のT-Pを除く全ての検討項目において、正規確率プロットから求められた回帰近似直線の決定係数（ r^2 ）が0.9以上となっており、得られた非超過確率値と良好な相関関係を有し、正規確率から求められた分布型によく適合している。搬入し尿のT-Pについては、対数正規確率プロットから求められた回帰近似直線の決定係数（ r^2 ）が0.9以上であり、対数正規確率を前提とした分布によく従っている。

一方、浄化槽汚泥の性状では、搬入浄化槽汚泥のT-Pと塩化物イオン、除渣浄化槽汚泥の塩化物イオンを除く検討項目において、正規確率分布を前提とした分布によく従っている。搬入浄化槽汚泥のT-Pと塩化物イオン、除渣浄化槽汚泥の塩化物イオンについては、対数正規確率を前提とした分布型によく適合している。

以上のことから、し尿及び浄化槽汚泥の性状は、いずれの検討項目も、正規または対数正規による非超過確率分布によく適合していることが確認された。

3.2 データ分布の特性とバラツキ

データ分布の左右対称性を示す歪度の値は、搬入し尿・搬入浄化槽汚泥のT-P及び搬入・除渣浄化槽汚泥の塩化物イオンを除き、0～1の範囲となっており、左右への偏りが少ないと判断された。搬入し尿・搬入浄化槽汚泥のT-P及び搬入・除渣浄化槽汚泥の塩化物イオンは、歪度が1.4～2.0で、やや左に偏った分布となっていた。分布の尖り具合を示す尖度の値は、搬入し尿・搬入浄化槽汚泥のT-P及び搬入・除渣浄化槽汚泥の塩化物イオンを

除き、0～1の範囲となっており、正規分布に近い尖り具合と考えられた。搬入し尿・搬入浄化槽汚泥のT-P及び搬入・除渣浄化槽汚泥の塩化物イオンは、尖度が2.2～3.6で、データが平均値の周りに集中して尖った状態にあることが確認された。これらの結果から、搬入し尿のT-P、搬入浄化槽汚泥のT-P及び搬入・除渣浄化槽汚泥の塩化物イオンが対数正規分布型、その他の検討項目は正規分布型の特徴を有していることが確認され、非超過確率分布への当てはめ結果と整合する結果が得られた。

Fig. 1 Probability distribution of night soil properties.

Fig. 2 Probability distribution of johkasou sludge properties.

表3に示すように、変動係数は、搬入性状、除渣性状ともに、SSを除いた検討項目で浄化槽汚泥が大きくなっており、し尿と比べてデータ分布におけるバラツキの程度が大きいことが確認された。し尿及び浄化槽汚泥の性状設定では、し尿よりも浄化槽汚泥において、より安全側での濃度設定を行う必要性が示唆された。

Table 3 Unevenness of distribution range

Items	(Unit)	Mean		Standard deviation (SD)		Coefficient of variation	
		night soil	johkasou sludge	night soil	johkasou sludge	night soil	johkasou sludge
Properties accepted							
pH	—	7.6	6.9	0.39	0.54	0.051	0.077
BOD	(mg/L)	6,500	2,100	2,600	1,300	0.40	0.64
COD	(mg/L)	4,000	2,900	1,700	1,500	0.42	0.50
SS	(mg/L)	7,400	7,500	4,000	4,100	0.55	0.54
T-N	(mg/L)	2,400	570	940	310	0.40	0.54
T-P	(mg/L)	290	180	140	150	0.50	0.88
Cl ⁻	(mg/L)	1,700	160	670	160	0.39	0.98
Properties without filtered matters							
pH	—	7.5	6.8	0.53	0.66	0.071	0.097
BOD	(mg/L)	5,500	2,700	2,100	1,200	0.38	0.46
COD	(mg/L)	3,200	2,900	1,200	1,200	0.36	0.43
SS	(mg/L)	5,200	6,500	3,200	3,500	0.63	0.53
T-N	(mg/L)	1,800	680	580	330	0.32	0.48
T-P	(mg/L)	210	140	67	71	0.33	0.52
Cl ⁻	(mg/L)	1,300	350	480	380	0.37	1.10

3.3 非超過確率値

非超過確率値の解析結果は、表4に示すとおりである。し尿に係る検討項目の非超過確率値は、搬入性状に比べ除渣性状の値が低くなる傾向がみられ、夾雑物除去装置で使用する洗浄水等の影響が考えられた。浄化槽汚泥に係る検討項目では、逆に除渣性状の方が、搬入性状よりも値が高くなる傾向がみられ、特にBOD、T-N、塩化物イオンで顕著であった。これには、いくつかの要因が考えられる。まず、し尿処理施設には、単独処理浄化槽汚泥、合併処理浄化槽汚泥及び集落排水施設汚泥が区分なく浄化槽汚泥として搬入される。搬入浄化槽汚泥の場合は、バキューム車の排出口付近で採取されるため、単独処理浄化槽汚泥と合併処理浄化槽汚泥のいずれか一方、あるいはその混合物を対象とするのがほとんどで、最も性状が高濃度な集落排水施設汚泥の混合がないものと推測される。また、塩化物イオン濃度に着目すると、搬入

Table 4 Analytical result of non-excess probability values

Items (Unit)		50% value		75% value		84% value	
		night soil	johkasou sludge	night soil	johkasou sludge	night soil	johkasou sludge
Properties accepted							
pH	—	7.6	7.0	7.9	7.4	8.0	7.5
BOD (mg/L)	6,100	1,700	7,800	2,600	8,700	3,100	
COD (mg/L)	4,000	2,800	5,100	3,800	5,600	4,300	
SS (mg/L)	6,900	7,300	9,600	10,000	11,000	11,000	
T-N (mg/L)	2,300	540	2,900	740	3,200	850	
T-P (mg/L)	260	110	360	210	400	260	
Cl ⁻ (mg/L)	1,600	99	2,000	210	2,300	260	
Properties without filtered matters							
pH		7.5	6.8	7.9	7.2	8.0	7.5
BOD (mg/L)	5,400	2,500	6,800	3,300	7,500	3,700	
COD (mg/L)	3,200	2,900	4,000	3,700	4,400	4,100	
SS (mg/L)	4,400	6,600	6,600	8,900	7,600	10,000	
T-N (mg/L)	1,800	630	2,200	850	2,400	960	
T-P (mg/L)	210	130	260	180	280	200	
Cl ⁻ (mg/L)	1,400	190	1,700	440	1,900	570	

浄化槽汚泥の値は、除渣浄化槽汚泥の1/2程度となっているが、どちらも文献値¹⁵⁾と比べて高めの値がみられ、し尿と浄化槽汚泥のパキューム車混載による影響が推測される。パキューム車の混載では、一般に浄化槽汚泥の混

入比率が高いと想定されるため、浄化槽汚泥系列への搬入が見込まれる。搬入浄化槽汚泥の採取では、収集業者の協力を得て行われており、し尿を混載したものが採取対象から外される割合が高いと考える方が妥当であろう。除渣浄化槽汚泥の場合は、性状均質化のために十分な容量を確保した貯留槽またはその出口付近で採取されるため、集落排水汚泥及び混載し尿の影響が反映されたものと判断できる。

し尿・浄化槽汚泥の性状設定において、標準性状を用いる場合には、集計データのバラツキを考慮して、し尿が非超過確率50%値、浄化槽汚泥が非超過確率75%値の採用が推奨されている³⁾。故にし尿の非超過確率50%値及び浄化槽汚泥の非超過確率75%値に関して、レーダーチャートを用いて標準性状と解析結果の比較を試みた(図3)。

検討項目別で標準性状と比較してみると、し尿の搬入濃度と除渣濃度は、各検討項目とも、概ね10~20%程度の減少率であり、検討項目間の濃度変動割合に極端な違いやチャートパターンに大きな変化はみられない。従って、各検討項目の濃度が低下した原因としては、水等による希釈、すなわち、簡易水洗便所の普及や汲み取り時の徹底洗浄など、便器や便槽の洗浄水量等が増加した影響が考えられる。

浄化槽汚泥に係る標準性状と解析結果の比較をみると、

Fig. 3 Comparison between the standard properties and analytical results.

搬入性状では、各検討項目の濃度変動割合に明らかな違いがみられ、チャートパターンも大きく変化している。一方、浄化槽汚泥の除渣性状では、各検討項目とも標準性状と比べ概ね10～30%程度の減少率となっている。搬入浄化槽汚泥において、標準性状からの変化が大きな理由は、採取対象に偏りがあることが要因の1つと考えられる。ただし、除渣浄化槽汚泥でも、BODの減少割合が他の検討項目と比べて大きくなっており、標準性状の設定時から浄化槽汚泥の性状が徐々に変化してきていると判断される。この理由としては、①浄化槽（特に小型合併処理）の普及、②みなし浄化槽（単独処理）の減少、③浄化槽の適正な管理と清掃の実施、等に伴い、合併処理由来の汚泥割合が相対的に増加し、長く放置された汚泥の搬入も少なくなってきたことが原因と考えられる。

し尿処理施設の整備では、汚濁負荷量（汚濁濃度×汚水量）という概念で、BODやT-Nの濃度が生物脱窒素処理システムの計画・設計に、T-P濃度が高度処理システムの計画・設計に用いられている。標準性状と解析結果を除渣性状の汚濁負荷ベース（濃度×汚水量）として比較してみると、BOD負荷で22～27%、T-N負荷で15～22%、T-P負荷で10～13%程度の減少が考えられる。近年、標準性状を基に設計・建設されたし尿処理施設では、建設当初からし尿処理能力が過大になっていることが示唆された。

表4の解析結果は、標準性状（表1）と比べると全般的に低めの値となっている。搬入・除渣し尿及び除渣浄化槽汚泥の解析結果については、分布特性の検討や標準性状との比較から、より現状の実態に近い性状と考えられ、し尿・浄化槽汚泥の性状設定において利用可能と判断された。搬入浄化槽汚泥の非超過確率値についても、集落排水汚泥の搬入やバキューム車でし尿混載がない地域であれば、性状設定の目安になると考えられた。表4を用いる場合には、比較的把握しやすいCODやSSなどの実績データが相応にあれば、その統計処理数値（平均値、中央値、標準偏差等）を表3、4と比較し、近似性の高い非超過確率値における各検討項目の数値を採用することで、より妥当性の高い性状設定が可能になる。

3.4 検討項目間の相関関係

し尿処理施設においては、し尿及び浄化槽汚泥の性状分析を適切な頻度で実施し、性状変化を速やかに把握して運転管理に反映させる必要がある。しかし、性状分析に係る技術者、設備装置及び財源の不足から、頻度的にも、迅速性においても、性状分析を満足に行えない施設

が多いと推察された。検討項目間の相関関係では、性状分析の簡略化や迅速化を念頭に、利便性や使い勝手の良い解析結果が要求される。そこで、図1及び図2において、正規確率プロットから求められた決定係数（ r^2 ）が各検討項目とも0.7以上と高めの相関が得られていることに着目し、検討項目全てを正規分布近似型とする解析を実施した。なお、搬入浄化槽汚泥の性状データについては、採取対象の偏りに起因する影響が考えられることから、以降の解析において参考値（図表に#表示）として扱う。

対数正規分布適合型に分類した搬入し尿のT-Pと搬入浄化槽汚泥の塩化物イオンに関するヒストグラムは、図4に示すとおりである。搬入浄化槽汚泥のT-P及び除渣浄化槽汚泥の塩化物イオンについても、図4に類似する度数分布の傾向が得られている。

検討項目間における相関係数の解析では、表5に示すように、検討対象とした項目間の約8割で有意な相関がみられた。JIS K0102、下水試験方法、環境省告示第59号などで規定される各検討項目の測定方法を比較すると、比較的簡単な操作で分析可能なCOD、SS、塩化物イオンに比べ、BOD、T-N、T-Pは、分析作業が複雑となっている。COD、SS、塩化物イオンの既知濃度を使って、BOD、T-N、T-Pの濃度が予測できれば、性状把握の簡略化が図れ、効率性や迅速性を高めることができる。

このような観点から、表5を検討すると、搬入性状では、搬入し尿のCOD、SS、塩化物イオンが、BOD、T-

Fig. 4 Histogram of logarithmic normal types.

Table 5 Correlation among indicators investigated

Night soil accepted		BOD	COD	SS	T-N	T-P	Cl ⁻		# Johkasou sludge accepted
	BOD		0.547 ***	0.566 ***	0.529 ***	0.163	0.261 *	BOD	
	COD	0.731 ***		0.841 ***	0.710 ***	0.571 ***	0.184	COD	
	SS	0.670 ***	0.796 ***		0.622 ***	0.596 ***	0.173	SS	
	T-N	0.497 ***	0.426 ***	0.358 ***		0.661 ***	0.363 ***	T-N	
	T-P	0.356 *	0.583 ***	0.646 ***	0.269		0.228	T-P	
	Cl ⁻	0.386 ***	0.356 ***	0.384 ***	0.672 ***	0.373 *		Cl ⁻	
Night soil without filtered matters		BOD	COD	SS	T-N	T-P	Cl ⁻		Johkasou sludge without filtered matters
	BOD		0.586 ***	0.504 ***	0.589 ***	0.345 **	0.197 **	BOD	
	COD	0.562 ***		0.877 ***	0.472 ***	0.601 ***	-0.068	COD	
	SS	0.310 **	0.784 ***		0.426 ***	0.617 ***	-0.150	SS	
	T-N	0.520 ***	0.160	-0.045		0.625 ***	0.431 ***	T-N	
	T-P	0.592 ***	0.525 ***	0.305 **	0.732 ***		0.285 *	T-P	
	Cl ⁻	0.443 ***	-0.128	-0.274 **	0.824 ***	0.540 ***		Cl ⁻	

*: p<0.05, **: p<0.01, ***: p<0.001

N、T-Pとの間でそれぞれ有意な相関が認められる。搬入浄化槽汚泥では、COD、SSが、BOD、T-N、T-Pとの間で、塩化物イオンがBOD、T-Nとの間でそれぞれ有意な相関が認められる。COD、SS、塩化物イオンの相互関係では、搬入性状のし尿、浄化槽汚泥とも、CODとSSの間に高い正の相関（図5）が認められるが、CODと塩化物イオンあるいはSSと塩化物イオンの間で相関係数が低めの値となっている。

除渣性状では、除渣し尿のCOD、SSが、BOD、T-Pとの間で、塩化物イオンがBOD、T-N、T-Pとの間でそれぞれ有意な相関が認められる。除渣浄化槽汚泥のCOD、SS、塩化物イオンは、BOD、T-N、T-Pとの間でそれぞれ有意な相関が認められる。COD、SS、塩化物イオンの相互関係では、除渣性状のし尿、浄化槽汚泥とも、CODとSSの間に高い正の相関（図6）が認められるが、CODと塩化物イオンあるいはSSと塩化物イオンの間に有意な相関はみられない。

これらのことから、BOD、T-N、T-Pの各々を目的変数、COD、SS、塩化物イオンを説明変数とし、CODとSSの多重共線性（マルチコ）も考慮して重回帰分析を行い、検討項目間における相関関係の重回帰式を求めた（表6）。

Fig. 5 Correlation of properties accepted.

Fig. 6 Correlation of properties without filtered matters.

Table 6 Multiple regression equations among indicators investigated

	Explanatory variables (X)	Objective variables (Y)	Multiple regression equations ($Y = b_1X_1 + b_2X_2 + b_0$)	Multiple correlation coefficient (R)	Coefficient of determination (R^2)
Night soil accepted	X_1 : COD X_2 : Cl^-	BOD	$Y = 0.964X_1 + 0.867X_2 + 1,120$	0.741	0.549
		T-N	$Y = 0.114X_1 + 0.866X_2 + 439$	0.706	0.498
		T-P	$Y = 0.0476X_1 + 0.0359X_2 + 35.6$	0.637	0.406
		SS	$Y = 1.80X_1 + 0.472X_2 - 613$	0.793	0.628
	X_1 : SS X_2 : Cl^-	BOD	$Y = 0.357X_1 + 0.892X_2 + 2,320$	0.685	0.470
		T-N	$Y = 0.0239X_1 + 0.931X_2 + 592$	0.689	0.475
		T-P	$Y = 0.0148X_1 + 0.0600X_2 + 65.5$	0.752	0.565
		COD	$Y = 0.313X_1 + 0.294X_2 + 1,120$	0.797	0.635
#Johkasou sludge accepted	X_1 : COD X_2 : Cl^-	BOD	$Y = 0.547X_1 + 1.24X_2 + 213$	0.658	0.433
		T-N	$Y = 0.148X_1 + 0.494X_2 + 29.6$	0.833	0.694
		T-P	$Y = 0.0539X_1 + 0.212X_2 - 64.1$	0.661	0.437
		SS	$Y = 2.43X_1 - 0.434X_2 + 444$	0.861	0.742
	X_1 : SS X_2 : Cl^-	BOD	$Y = 0.200X_1 + 1.63X_2 + 298$	0.643	0.413
		T-N	$Y = 0.0464X_1 + 0.602X_2 + 99.5$	0.765	0.585
		T-P	$Y = 0.0217X_1 + 0.185X_2 - 58.4$	0.698	0.487
		COD	$Y = 0.302X_1 + 0.660X_2 + 555$	0.864	0.747
	Explanatory variables (X)	Objective variables (Y)	Multiple regression equations ($Y = b_1X_1 + b_2X_2 + b_0$)	Multiple correlation coefficient (R)	Coefficient of determination (R^2)
Night soil without filtered matters	X_1 : COD X_2 : Cl^-	BOD	$Y = 1.09X_1 + 2.32X_2 - 1,120$	0.777	0.604
		T-N	$Y = 0.144X_1 + 1.03X_2 + 16.5$	0.875	0.766
		T-P	$Y = 0.0349X_1 + 0.0800X_2 - 9.44$	0.799	0.639
		SS	$Y = 2.02X_1 - 1.09X_2 + 18.2$	0.814	0.663
	X_1 : SS X_2 : Cl^-	BOD	$Y = 0.302X_1 + 2.34X_2 + 804$	0.612	0.374
		T-N	$Y = 0.0284X_1 + 1.02X_2 + 332$	0.853	0.728
		T-P	$Y = 0.0112X_1 + 0.0904X_2 + 36.6$	0.716	0.513
		COD	$Y = 0.314X_1 + 0.226X_2 + 1,290$	0.800	0.641
Johkasou sludge without filtered matters	X_1 : COD X_2 : Cl^-	BOD	$Y = 0.578X_1 + 1.03X_2 + 682$	0.619	0.383
		T-N	$Y = 0.133X_1 + 0.536X_2 + 99.2$	0.709	0.504
		T-P	$Y = 0.0336X_1 + 0.0590X_2 + 7.02$	0.711	0.506
		SS	$Y = 2.24X_1 - 1.23X_2 + 195$	0.876	0.768
	X_1 : SS X_2 : Cl^-	BOD	$Y = 0.197X_1 + 1.22X_2 + 1,060$	0.568	0.322
		T-N	$Y = 0.0512X_1 + 0.608X_2 + 147$	0.696	0.484
		T-P	$Y = 0.0144X_1 + 0.0595X_2 + 14.9$	0.762	0.581
		COD	$Y = 0.339X_1 + 0.349X_2 + 645$	0.872	0.762

重回帰分析では、BOD、T-N、T-Pを目的変数とした場合に、いずれも単回帰分析を行ったときと比べて相関係数 (r) がより 1 に近づいており、高い正の相関 ($r \geq 0.7$) あるいは高い正の相関に近い値 ($0.7 > r \geq 0.6$) が得られた。CODと塩化物イオンあるいはSSと塩化物イオンの濃度は、BOD、T-N、T-Pの各々の濃度と密接に関連している。説明変数の違いによる傾向をみると、COD

と塩化物イオンからBOD、T-Nの各々を推計した場合が、SSと塩化物イオンの組み合わせよりも相関係数が高めとなっている。逆にT-Pの予測では、SSと塩化物イオンから推計した方が、CODと塩化物イオンの組み合わせよりも相対的にみて相関性が良くなっている。図7～10に示すとおり、表6の重回帰式から得られたし尿・浄化槽汚泥性状の予測値と実測値は概ね一致していると判断

Fig. 7 Predicting properties of night soil accepted.

Fig. 8 #Predicting properties of johkasou sludge accepted.

Fig. 9 Predicting properties of night soil without filtered matters.

Fig. 10 Predicting properties of johkasou sludge without filtered matters.

できる。

検討項目間の相関関係については、表6の結果を補完するため、各検討項目の分布型（正規分布適合型、対数正規分布適合型）を考慮した解析も実施した。最終的な重回帰分析の解析結果を表6と比較してみると、搬入性状では、搬入し尿のT-Pを、CODと塩化物イオンを説明変数として推計する場合に、相関係数が0.1ポイント程度上昇したが、それ以外の項目は、相関係数が同等か僅かに上昇したのみであった。また、除渣性状では、全ての項目で同等な結果が得られた。

以上のことより、表6の重回帰式を用いて、CODと塩化物イオンあるいはSSと塩化物イオンの既知濃度から、BOD、T-N、T-Pの濃度推定が可能と考えられた。また、CODとSSの濃度は、搬入・除渣性状の全てで高い正の相関（ $r \geq 0.7$ ）となっていることから、単回帰式あるいは重回帰式により相互に濃度推計が可能であろう。各重回帰式における決定係数の値から精度的には十分でないものの、し尿処理施設の運転管理に必要なレベルであれば、し尿・浄化槽汚泥の性状を簡易かつ迅速に把握できることが示唆された。

4. まとめ

本研究では、し尿処理施設の維持管理に関するアンケート調査で得られたし尿・浄化槽汚泥の性状（検討項目：BOD、COD、SS、T-N、T-P、塩化物イオン）に関するデータを解析し、性状の実態把握と標準的性状の抽出、検討項目間の相関関係と性状分析の効率化に関する検討を行った。

データ分布の解析では、し尿及び浄化槽汚泥の性状に関するデータを、ヘーズプロットを用いて非超過確率分布へ当てはめを行ったところ、いずれの検討項目も、

正規または対数正規による非超過確率分布によく適合していることが確認された。

データ分布のパラツキに関する検討では、変動係数が大きな検討項目がし尿よりも浄化槽汚泥で多く、性状設定において、より安全側での濃度設定を行う必要性が示唆された。

非超過確率値の解析では、標準性状の値と比べ全般的に低めの値が得られた。搬入・除渣し尿及び除渣浄化槽汚泥の解析結果については、分布特性の検討や標準性状との比較から、より現状の実態に近い性状と考えられ、し尿・浄化槽汚泥の性状設定で利用可能と判断された。採取対象に偏りが想定される搬入浄化槽汚泥の解析結果も、集落排水汚泥の搬入やバキューム車でのし尿混載がない地域であれば、性状設定の目安になると考えられた。

検討項目間の相関関係に関する検討では、BOD、T-N、T-Pの各々を目的変数、COD、SS、塩化物イオンを説明変数として重回帰分析を行った。高い正の相関あるいは高い正の相関に近い相関係数の重回帰式（搬入浄化槽汚泥は参考値）が得られ、CODあるいはSSのいずれかと塩化物イオンの濃度を測定することで、BOD、T-N、T-Pの各濃度が予測可能と考えられた。比較的簡単に分析できる検討項目から、し尿処理施設の運転管理に必要な性状を、簡易かつ迅速に把握できることが示唆された。

参考文献

- 1) 松田 圭二, 小林 剛, 岩堀 恵祐: し尿処理施設・汚泥再生処理センターにおける維持管理の実態把握と管理指標の抽出, 環境技術会誌, (146), 89~97 (2012)
- 2) 松田 圭二: し尿・汚泥再生処理に関する課題、展望, 環境技術会誌, (143), 49~52 (2011)
- 3) 社団法人 全国都市清掃会議: 汚泥再生処理センタ

- 一等施設整備の計画・設計要領2006改訂版, 47～48 (2007)
- 4) 財団法人 日本環境衛生センター：精密機能検査結果から見た現状と課題、平成16年度廃棄物処理施設技術管理者等地方ブロック別研修会し尿処理施設関係テキスト、53～78 (2004)
- 5) 財団法人 日本環境衛生センター：精密機能検査結果に見るし尿処理施設の現状と課題、平成19年度技術管理者等ブロック別研修会し尿処理施設関係テキスト、69～91 (2007)
- 6) 濱中俊輔, 加藤裕之, 岡城孝雄：清掃間隔が浄化槽汚泥の性状に及ぼす影響, 用水と廃水, 51 (8), 668～675 (2009)
- 7) 加藤裕之, 濱中俊輔, 岡城孝雄, 蛭江美孝, 河村清史：資源化を考慮したし尿及び浄化槽汚泥の性状についての検討, 第31回全国都市清掃研究・事例発表会講演論文集, 269～271 (2010)
- 8) 濱中俊輔, 加藤裕之, 岡城孝雄, 蛭江美孝, 河村清史：し尿処理施設へ搬入される浄化槽汚泥の性状に関する考察, 第30回全国都市清掃研究・事例発表会講演論文集, 256～258 (2009)
- 9) 篠原功、古賀博昭、弥永和由、豊福裕邦、中村昭彦：し尿処理施設の精密機能検査に見る運転実績の現状について、日本環境衛生センター所報、第19号、56～59 (1992)
- 10) 清水敏秀、吉野好太郎：し尿処理施設の精密機能検査に見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、第23号、60～66 (1996)
- 11) 古賀博昭、篠原功、西田剛、印藤彰：し尿処理施設の精密機能検査に見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、第26号、90～103 (1999)
- 12) 岡崎貴之、清水敏秀、森田昭：し尿処理施設の精密機能検査に見る運転実績の現状について (第4報)、日本環境衛生センター所報、第28号、81～97 (2001)
- 13) 環境省大臣官房廃棄物・リサイクル対策部廃棄物対策課：一般廃棄物処理事業実態調査結果 (平成24年度), (2014)
- 14) 環境省大臣官房廃棄物・リサイクル対策部廃棄物対策課：日本の廃棄物処理 (平成24年度版), (2014)
- 15) 社団法人 全国都市清掃会議：し尿処理施設構造指針解説 (1988年版), 24～25 (1988)
- (受付 2015. 9 . 1)
(受理 2016. 2 . 10)