

## 下水処理場におけるし尿受け入れ基本計画検討事例

日本水工設計(株) 東京支社 ○谷岡 桃子  
井上龍太郎  
小高 悠

2市1町で構成されているA組合で発生するし尿及び浄化槽汚泥は、同組合で所管しているし尿処理場で処理されている。A組合では、し尿処理場の老朽化や今後の人口減少等の問題点を抱える中で、将来的にし尿処理場を廃止し、約1km先にある下水処理場でし尿を受入れる案が浮上した。しかし、高負荷なし尿を下水処理場へ受入れることは水処理等への影響も大きい。また、し尿等の性状は地域や季節、処理形態による変化も大きい。このため、適切なし尿等の性状予測と処理影響評価が重要である。そこで、本事例では実績等を反映した受入れし尿量及び性状の検討内容を示す。

**Key Words** : 広域化・共同化、し尿、公共下水道

### 1. はじめに

近年、多くのし尿処理場では耐用年数（概ね20～30年程度）を超過しており、突発的な故障・事故の発生が懸念される状況である。また、人口減少や公共下水道整備などに伴い、し尿・浄化槽汚泥（以下、「し尿等」という。）収集量は年々減少し、適正な整備運営に対するし尿処理財源の減少や、老朽化による処理機能の低下に伴う維持管理費の増大など、様々な問題を抱えている。一方で、近年では施設の整備運営に関する経済性の向上等が求められていることから、し尿処理のより一層の効率化が急務となっており、下水処理場へのし尿受け入れ（広域化・共同化）が有力な解決法策の一つとみなされている。

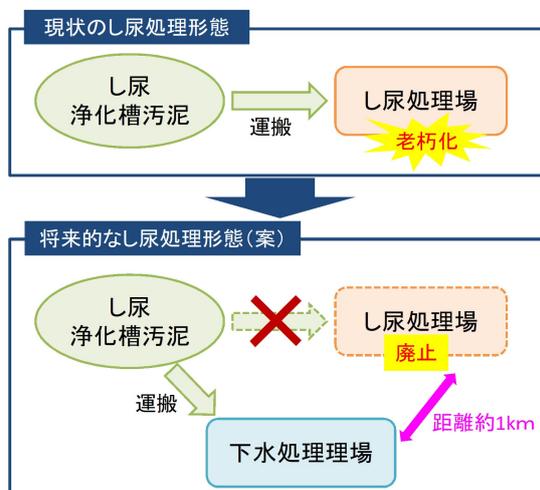


図1 現状及び将来のし尿処理形態

A組合は、行政人口約21万人に対し、下水処理人口が約10万人、し尿等処理人口が約11万人となっており、し尿等処理人口割合が50%以上を占めている。現在、A組合で所管・運用しているし尿処理場は供用開始から40年程度であり、耐用年数を大きく超過している。また、浄化槽汚泥混入率の上昇により特にBOD流入水質が希薄化しており処理効率の低下が懸念されている。一方で、し尿処理施設から約1kmの距離にある（図1参照）下水処理

場（水処理方式：標準活性汚泥法）では、計画日平均汚水量に対し、約 75%の流入となっており、処理能力に余裕が見られている。

以上を背景に、し尿処理施設整備基本構想（H30 策定）では、将来的にし尿処理場を廃止し、A 組合で発生するし尿等を下水処理場で共同処理する案が浮上した。本稿では、令和 8 年度に共同処理を開始することを前提とした適切な受入れし尿量及び性状の検討事例を紹介する。

## 2. し尿等計画搬入量の設定

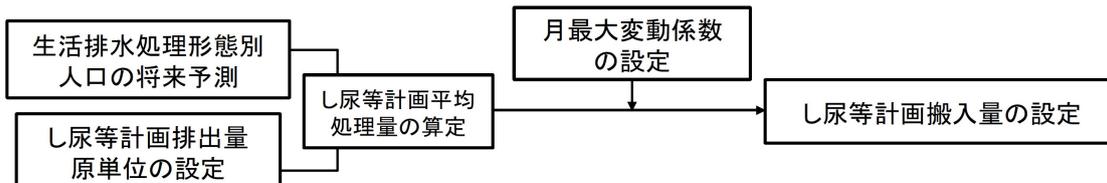


図 2 し尿等計画搬入量の設定フロー

し尿等計画搬入量の設定は、図 2 に示すフローのとおり、生活排水処理形態別の将来人口に実績値を参考に設定したし尿等計画排出量原単位を乗じて計画平均処理量を算出し、さらに収集量の季節変動要素を示す計画月最大変動係数を乗じることで算出した。月別搬入量変動係数は過去 5 年間の実績から、表 1 に示すとおり 1.12～1.20 の間で推移している。「汚泥再生処理センター等施設整備事業計画・設計要領 2006 改訂版」（以下、「設計要領」という。）において計画年次における月最大変動係数は、し尿等収集量の季節変動等に対応するため過去の実績の月最大変動係数の平均値としている。よって本検討では 5 年間の平均値である「1.15」を採用した。

表 1 月最大変動係数実績

年度	月最大変動係数 (合計)	備考
H27	1.12	
H28	1.13	
H29	1.19	
H30	1.13	
R1	1.20	最大値
平均	1.15	採用値

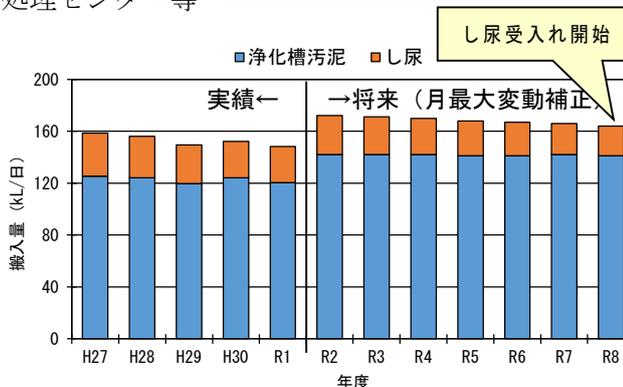


図 3 し尿等計画搬入量の推移

以上より、算定したし尿等計画搬入量の推移を図 3 に示す。令和 8 年度におけるし尿等計画搬入量は、計画平均処理量 142.4kL/日（R8）に月最大変動係数 1.15 を乗じた「164 kL」と設定した。

## 3. し尿等計画性状（水質）値の設定

し尿受入れ開始時（R8）のし尿等計画性状値は、図 4 に示すフローに従って設定した。

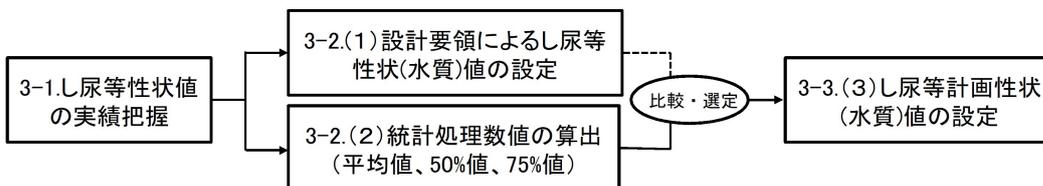


図 4 し尿等計画性状（水質）値の設定フロー

### 3-1. し尿等性状値の実績把握

過去 10 カ年 (H22～R1) におけるし尿及び浄化槽汚泥の混合水質実績の年度別平均を図 5 及び表 2 に整理する。H26～H27 にかけて浄化槽汚泥混入率が急増しており、H27～R1 の 5 カ年では約 80% で安定している。図 5 より、浄化槽汚泥混入率が安定している H27～R1 において、流入水質は概ね横ばい傾向にあることがわかる。

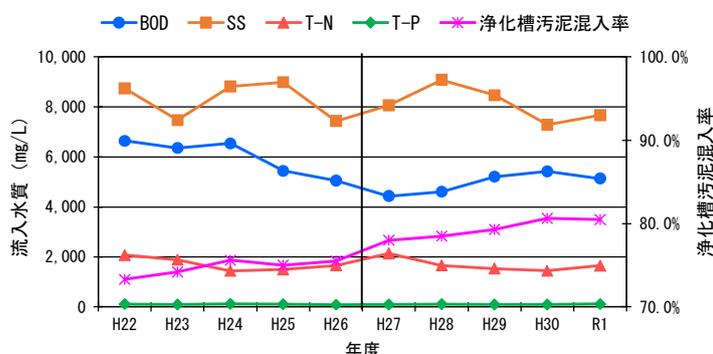


図 5 し尿等流入水質実績の推移

表 2 し尿等流入水質実績

	BOD (mg/L)	SS (mg/L)	T-N (mg/L)	T-P (mg/L)	浄化槽汚 泥搬入率	搬入量 (kL/日)	し尿 (kL/日)	浄化槽 (kL/日)
H22	6,642	8,742	2,072	111	73.3%	170.2	45.44	124.75
H23	6,352	7,474	1,887	99	74.2%	167.4	43.19	124.22
H24	6,539	8,817	1,440	125	75.6%	167.5	40.88	126.65
H25	5,439	8,988	1,505	107	75.0%	156.1	39.02	117.06
H26	5,049	7,434	1,663	87	75.5%	152.7	37.42	115.30
H27	4,435	8,063	2,141	99	78.0%	151.6	33.35	118.23
H28	4,611	9,079	1,658	107	78.5%	148.6	31.94	116.62
H29	5,208	8,467	1,536	95	79.3%	143.2	29.65	113.58
H30	5,421	7,285	1,445	96	80.6%	145.5	28.17	117.32
R1	5,136	7,669	1,651	117	80.5%	142.3	27.78	114.52

### 3-2. し尿等性状 (水質) 値の設定

本検討におけるし尿及び浄化槽汚泥の性状設定は、2つのアプローチにより行った。1つ目は、し尿、浄化槽汚泥の搬入量実績と設計要領に示されているそれぞれの性状標準値 (平均値、50%値、75%値) から設定する方法である。2つ目は、混合水質として性状実績値を統計処理 (平均値、50%値、75%値を算出) することにより設定する方法である。

#### (1) 設計要領による設定

浄化槽汚泥混入率は、過去 10 カ年で約 10% 上昇しており、今後も上昇することが考えられるため、浄化槽汚泥混入率の変動に対応できるように、し尿と浄化槽汚泥それぞれの性状を設定する必要があると考えた。しかし、し尿処理場ではし尿、浄化槽汚泥それぞれの搬入量は把握できるものの、性状 (水質) については混合水質しか計測されていなかった。

表 3 搬入し尿及び搬入浄化槽汚泥の性状標準値

単位: mg/L

項目		平均値	中央値 (50%値)	75%値 <sup>注)</sup>
し尿	BOD	7,800	7,300	10,000
	SS	8,300	8,300	11,000
	T-N	2,700	2,600	3,300
	T-P	350	310	450
浄化槽 汚泥	BOD	3,700	2,900	5,400
	SS	8,600	7,600	12,000
	T-N	800	620	1,200
T-P	130	100	190	

※参考: 「汚泥再生処理センター等施設整備事業計画・設計要領 2006改訂版」  
社団法人全国都市清掃会議

※「50%値: 50%超過確率値」「75%値: 75%超過確率値」

注) 平均値と標準偏差からの標準値

このため、搬入量は実績値（表 2）を、水質は設計要領に示されているそれぞれの性状標準値（平均値、50%値、75%値）（表 3）を用いて流入水質を設定することとした。

設計要領では、し尿等の性状値の設定は原則として実態調査から得られた統計処理数値（平均値等）を用い、やむを得ず標準値の数値を参考にする場合には以下に示す a～d の方法を組み合わせて検討することを推奨している。

a. 実態調査の平均値や範囲と標準値（平均、中央、標準偏差）の値を比較し、近似値を採用する。この場合、BODやCODという項目にはそれぞれ相関があるので、項目により超過確率の値を変えることは好ましくない。
b. し尿のようにばらつきが大きい場合は、50%超過確率値を採用する。
c. 浄化槽汚泥のようにデータが比較的ばらついている場合は、75%超過確率値を採用する。
d. 浄化槽汚泥であっても、変動要因が少ない場合（浄化槽の型式が偏っている場合、清掃頻度が徹底されている場合等）や、処理施設において容量の大きな浄化槽汚泥貯留槽で質の均一化が望める場合には、50%超過確率値を採用する。

浄化槽汚泥混入率は性状に影響を与えることが想定されるため、浄化槽汚泥混入率が安定している平成 27 年度以降の 5 ヶ年分の水質実績から性状の比較を行うこととした。性状標準値による流入水質は、し尿及び浄化槽汚泥においてそれぞれ「平均値」「50%超過確率値」「75%超過確率値」を組み合わせ、以下の式を用いた 9 種の計算方法から算出した。算出結果を表 4 に示す。

$$\text{性状標準値による混合流入水質} = \frac{\text{し尿性状標準値} \times \text{搬入し尿量(実績)} + \text{浄化槽汚泥性状標準値} \times \text{搬入浄化槽汚泥量(実績)}}{\text{搬入量(実績)}}$$

表 4 水質実績及び性状標準値により算出した流入水質値 (H27～R1 平均)

単位：mg/L

	実績値	平均-平均	50-50	75-75	平均-50	平均-75	50-平均	50-75	75-平均	75-50
BOD	4,962	4,545	3,807	6,348	3,911	5,895	4,443	5,792	5,000	4,365
SS	8,112	8,538	7,744	11,794	7,744	11,236	8,538	11,236	9,095	8,302
T-N	1,686	1,192	1,028	1,633	1,049	1,510	1,171	1,489	1,316	1,173
T-P	103	175	143	244	152	223	167	215	196	172

※汚泥再生処理センター等施設整備事業計画の標準値より「平均：平均値」「25：25%超過確率値」「75：75%超過確率値」

※「平均-50」：し尿は平均値、浄化槽汚泥は50%超過確率値の性状標準値を使用した計算方式

続いて、上記に示す表 4 の結果と以下の式を用いて実績値と性状標準値による流入水質値との誤差率を算出した結果を表 5 に示す。

$$\text{誤差率} = \frac{\text{実績値} - \text{性状標準値による流入水質値}}{\text{実績値}}$$

表 5 実績値と性状標準値による流入水質値との誤差率

	平均-平均	50-50	75-75	平均-50	平均-75	50-平均	50-75	75-平均	75-50
BOD	8.40%	23.30%	27.90%	21.20%	18.80%	10.50%	16.70%	0.80%	12.00%
SS	5.20%	4.50%	45.40%	4.50%	38.50%	5.20%	38.50%	12.10%	2.30%
T-N	29.30%	39.00%	3.20%	37.80%	10.50%	30.50%	11.70%	22.00%	30.40%
T-P	70.60%	39.40%	137.00%	47.50%	117.00%	62.60%	109.00%	90.80%	67.60%

本検討においては、水質項目の中でも返流水等により水処理に大きな影響を与えることが想定される T-N 値の誤差率を重視し、表 5 において T-N の誤差率が最も低い「75-75」（し尿、浄化槽汚泥ともに指針値の性状標準値

「75%超過確率値）」を採用値として考えた。しかし、「75-75」値を用いた場合の T-N 以外の性状予測値を見ると、SS が実績値よりも 1.5 倍程度高いことが確認された

（図 6）。SS の設計水質が高いと施設計画において汚泥処理設備の施設規模が過大となり、経済性評価に影響を与えることが懸念されたため、本検討においては好ましくない結果と判断し別のアプローチからの性状の設定を行う必要があった。

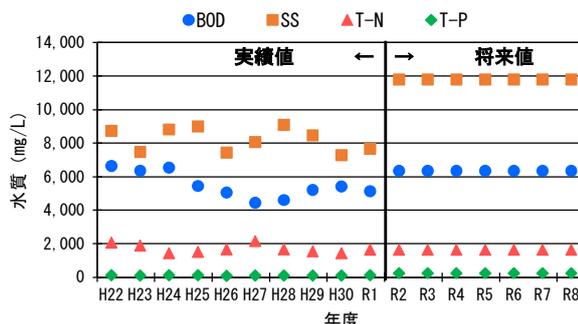


図 6 し尿等搬入水質の推移（標準値）

### (2) 性状実績値による総計処理数値の算出（平均値、50%値、75%値）

し尿処理場における各水質実績と浄化槽汚泥混入率の傾向（表 2）を確認した結果、浄化槽汚泥混入率の増加に伴う水質の変動は見られなかった。よって、本検討での性状値設定においては実績を用いて混合の性状値として設定することとした。

設計要領では、「し尿等の性状値の設定は原則として実態調査から得られた統計処理数値（平均値等）を用いる」こととしているため、し尿処理場の性状実績（＝し尿等の混合性状値）から「平均値等（平均値、50%値、75%値）」を算出した。なお、し尿処理場では H28 年 12 月までは 2 ヶ月に 1 回、それ以降は毎月精密機能検査を行っており、本検討では浄化槽汚泥混入率が安定している H27～R1 の 5 ヶ年の実績を用いて性状の比較を行うこととした。し尿処理場における搬入水質実績（各 44 データ）を昇順に並び替え「50%値」、「75%値」、「平均値」を算出した結果を表 6 に示す。

表 6 実績より算出したし尿等性状値

項目	単位：mg/L			
	BOD	SS	T-N	T-P
平均値	4,884	8,055	1,613	115
50%値	4,588	7,993	1,476	111
75%値	5,350	9,330	1,702	133

### (3) し尿等計画性状（水質）値の設定

し尿等計画性状値を設定するにあたって、前段で設定した月最大変動係数に着目した。本検討の月最大変動係数は、5 年間の平均を用いているため、し尿及び浄化槽汚泥の性状値に「平均値」を採用した場合、月最大変動係数が高い月では流入負荷が計画以上となる可能性がある。そのため、「平均値」に係数（表 1 に示す H27～R1 の 5 年における月最大変動係数最大値と月最大変動係数平均値の比）を乗じることで月最大変動係数の

表 7 し尿等性状値（比較値）

項目	単位：mg/L			
	BOD	SS	T-N	T-P
平均×1.2/1.15	5,096	8,405	1,683	120

※1.2：月最大変動係数最大値（表1）  
 ※1.15：月最大変動係数採用値（表1）

変動にも対応が可能となると考えた。よって、平均値に係数を乗じた「平均値×1.20/1.15」値と実績から求めた「平均値」、「50%値」及び「75%値」を比較し、「平均値×1.20/1.15」値に概ね整合が図れている「75%値 (BOD : 5,350 mg/L、SS : 9,330 mg/L、T-N : 1,702 mg/L、T-P : 133 mg/L)」を今回のし尿及び浄化槽汚泥の性状値として採用する。

本計画におけるし尿及び浄化槽汚泥の搬入水質の設定値と H27～R1 年度の 5 カ年の精密機能検査における全実績値を比較した結果を図 7 に示す。本検討における設定値は実績値に対して概ね対応していることが確認される。

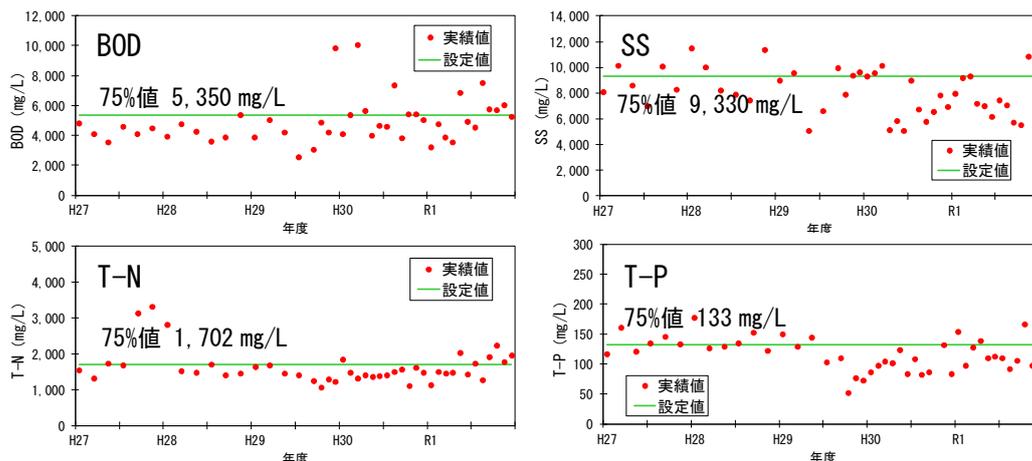


図 7 し尿等搬入水質における実績値及び今回採用値の比較

表 2 に示すとおりし尿処理場の性状実績値からし尿・浄化槽汚泥の混合割合の変化に伴う性状値変化の傾向がほとんど見られないことから、本検討での計画搬入水質は、上記で設定した性状値 (75%値) で固定することとした。し尿処理場における性状実績から将来の計画搬入水質の推移を図 8 に示す。

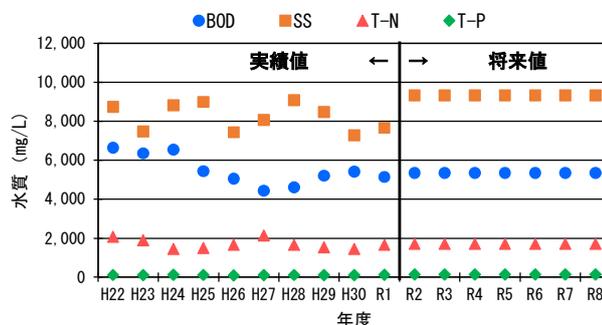


図 8 し尿等搬入水質の推移 (採用値)

#### 4. 検討成果及び今後の課題と展望

広域化・共同化が推進される中で、し尿と下水を共同処理する事例が増えている。共同処理に伴う水処理能力への影響評価を行うにあたって、し尿等は水質変動が大きいいため、適切な水質設定を行うことが重要である。本検討では、実績を基本としつつ月最大変動係数を考慮することで、実態に則した適切な性状値を設定することができた。

水質変動が大きいし尿等の性状を予測することは難しいため、適切な設定が行えるよう、他都市の事例等も参考にしながら今後も知識を蓄え、コンサルタントとして最適な提案ができるよう努めたい。