

戸建住宅に設置された小型合併処理浄化槽の

T-N、T-P の処理状況について

公益社団法人 宮城県生活環境事業協会
浄化槽法定検査センター
検査部検査第一課
齋藤 茂

1.はじめに

公共用水域の汚濁対策として、有機物だけではなく窒素やリンも除去可能な高度合併処理浄化槽が必要とされ、様々な処理方式を取り入れた製品が開発されている¹⁾。近年、新たに設置される浄化槽は、BOD 以外に窒素、リンなどの栄養塩を処理する高度処理型、特に窒素除去型の割合が大きい²⁾。当県では 2008～2011 年度の 7 条検査結果から判断すると、新規に設置される浄化槽の割合は、2009 年度以降に窒素除去型が BOD 除去型を上回っており、窒素除去型は増加傾向、BOD 除去型は減少傾向を示している。窒素・リン除去型は 0.8～1.6%と占める割合はかなり小さく、各年度の差はほとんど認められなかった。窒素除去型の内訳は 9 割以上が処理目標水質の全窒素（以下、「T-N」と記す）が 20mg/L 以下のものであり、10mg/L 以下のものは 3.3～8.1%と少なかった。

これまで高度処理型浄化槽の放流水の T-N、全リン（以下、「T-P」と記す）について、単独処理浄化槽や農業集落排水処理場などの処理水との比較³⁾や、現場での調査⁴⁾⁵⁾などが行われているが、現在多くの型式が出ている窒素除去型について T-N の処理目標水質と放流水質の関係や、窒素・リン除去型以外の小型合併処理浄化槽における放流水 T-P の状況などについては、まだ十分な検討が行われていないと考えられる。特に窒素除去型については増加傾向にあるため、BOD とあわせて T-N の処理状況を継続的に評価していくことが必要である。そこで、宮城県における 7 条検査結果から、試験的に放流水の T-N、T-P を測定していた 2008～2011 年度のデータを用いて、戸建住宅に設置されている小型合併処理浄化槽の T-N、T-P の処理状況を考察した。

2.調査方法

ばっ気停止などの放流水質に影響すると判断した外観異常項目が認められた施設を除き、BOD 除去型と窒素除去型、窒素・リン除去型に分けて放流水 T-N、T-P の比較を行った。また、処理目標水質との関係を考察するため、窒素除去型は T-N の処理目標水質を 10mg/L 以下（以下、「窒素除去型（10 以下）」と記す）と 20mg/L 以下（以下、「窒素除去型（20 以下）」と記す）に分けた。BOD 除去型は構造例示型が 7%（1 基が分離接触ばっ気方式でそれ以外は嫌気ろ床接触ばっ気方式で型式は 9 種類）、性能評価型が 93%で型式は 25 種類、窒素除去型（10 以下）は全て性能評価型で型式は 7 種類、窒素除去型（20 以下）は全て性能評価型で型式は 17 種類、窒素・リン除去型は処理目標 T-P が 1mg/L 以下の鉄

電解式のリン除去法が採用されている性能評価型の1型式のみである。

3.結果と考察

(1) 放流水 T-N

放流水の T-N は放流水の BOD と同様に対数正規分布に近似していた。非超過確率 75% 値を比較すると BOD 除去型が 34mg/L、窒素除去型 (20 以下) が 27mg/L、窒素除去型 (10 以下) が 16mg/L であり、T-N の処理目標水質による違いが認められた。

表-1 に上記の戸建住宅の放流水 T-N について測定結果を示す。平均値や中央値を比較すると BOD 除去型が最も高く、次に窒素除去型 (20 以下)、窒素除去型 (10 以下) であり、処理目標水質の違いが表れていると考えられる。また、BOD 除去型についても窒素除去型 (20 以下) に近い値を示しているが、構造例示型である嫌気ろ床接触ばっ気方式、沈殿分離接触ばっ気方式でも循環運転を行うことにより窒素除去が進むこと⁶⁾、性能評価型である BOD 除去型に循環装置がついていることから、循環により脱窒が進んだ影響と推測される。窒素除去型 (10 以下) と窒素除去型 (20 以下) について、対数に変換後 t 検定を行った結果、有意水準 1% で平均値に有意差が認められた。

表-2 に処理目標水質を満たしている割合を示す。BOD 除去型と窒素除去型 (20 以下) を比較すると T-N10mg/L 以下で 3.4 ポイント、20mg/L 以下で 14.6 ポイントの差が認められた。処理目標水質を満たしている割合を比較すると T-N20mg/L 以下の窒素除去型 (20 以下) が 64.6%、T-N10mg/L 以下の窒素除去型 (10 以下) が 51.4% であり、20mg/L 以下の方が処理目標水質を満たしている割合が高い傾向が認められた。窒素除去型で処理目標水質を超えている施設は、硝化の進行や循環水量の調整等が影響していると推測される。

表-1 戸建住宅の放流水 T-N

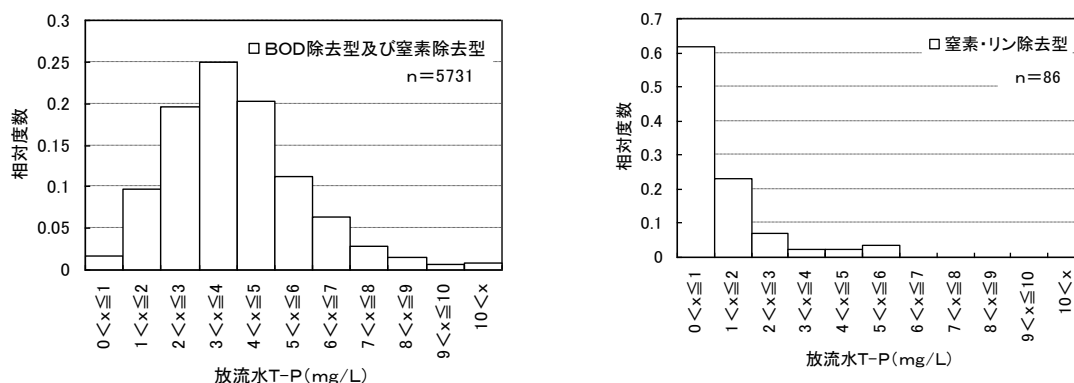
	処理目標T-N (mg/L)	T-N(mg/L)				対象基数 (基)
		最小値	最大値	平均値	中央値	
BOD除去型	-	0.5	200	23.9	21	1445
窒素除去型(10以下)	10	1.6	56	13.2	10	208
窒素除去型(20以下)	20	0.6	140	19.6	15	4078

表-2 処理目標水質を満たしている割合

	処理目標T-N (mg/L)	放流水T-N(mg/L)				対象基数 (基)
		10以下		20以下		
		基数(基)	割合(%)	基数(基)	割合(%)	
BOD除去型	-	397	27.5	722	50.0	1445
窒素除去型(10以下)	10	107	51.4	179	86.1	208
窒素除去型(20以下)	20	1262	30.9	2635	64.6	4078

(2) 放流水 T-P

図-1 に BOD 除去型及び窒素除去型と窒素・リン除去型について戸建住宅の放流水 T-P の相対度数の分布を示す。BOD 除去型及び窒素除去型で最も多い区間は $3\text{mg/L} < x \leq 4\text{mg/L}$ で、この区間を中心に分布が広がっている。一方、窒素・リン除去型は 1mg 以下の区間のデータが最も多く、分布の形状が異なっている。中島は浄化槽の流入水質は正規分布型に近く、処理水質については対数正規分布型に近い場合が多いと考察している⁷⁾。窒素・リン除去型はリン除去が進んでおり、BOD 除去型及び窒素除去型はリン除去があまり進まず流入水 T-P の性状が放流水に影響しこのような分布になったと推測された。



図－1 放流水 T-P の度数分布

表－3 に戸建住宅の放流水 T-P について測定結果を示す。平均値や中央値を比較すると、BOD 除去型、窒素除去型（10 以下）、窒素除去型（20 以下）は大きな差が認められず、窒素・リン除去型が他のものより低い結果となった。窒素・リン除去型以外の 3 つのグループに対し一元配置の分散分析を行なった結果、有意水準 1% で T-P への影響は認められなかった。表－4 に処理目標水質を満たしている割合を示す。T-P が 1mg/L 以下になっている割合は窒素・リン除去型が 61.6%、他のものは 1.5～1.9% で大きな差が認められず、窒素・リン除去型と約 60 ポイントの差が認められた。

窒素・リン除去型で処理目標水質を超えている施設については、リン除去に使用される鉄板の交換時期や電流の調整状況、循環水量などが影響し T-P が十分に除去されなかったのではないかと推測される^{5) 8) 9)}。

表－3 戸建住宅の放流水 T-P

	処理目標T-P (mg/L)	T-P(mg/L)				対象基数 (基)
		最小値	最大値	平均値	中央値	
BOD除去型	—	0.03	37.43	4.04	3.78	1445
窒素除去型(10以下)	—	0.36	10.09	3.86	3.685	208
窒素除去型(20以下)	—	0.04	20.44	4.01	3.75	4078
窒素・リン除去型	1	0.02	5.51	1.13	0.66	86

表－4 処理目標水質を満たしている割合

	処理目標T-P (mg/L)	放流水T-P(mg/L)		対象基数 (基)
		1以下		
		基数(基)	割合(%)	
BOD除去型	—	27	1.9	1445
窒素除去型(10以下)	—	4	1.9	208
窒素除去型(20以下)	—	63	1.5	4078
窒素・リン除去型	1	53	61.6	86

(3) 型式別の比較

ある程度基数の多い型式の浄化槽を対象に、処理目標水質ごとに 4 グループに分けて型式ごとの比較を行なった。表－5 に型式別に分類した戸建住宅の放流水 T-N, T-P, BOD を示す。

表－5 戸建住宅の放流水 T-N, T-P, BOD (型式別)

NO. ¹⁾	型式名	放流水T-N			放流水T-P			放流水BOD			基数
		平均値 (mg/L)	非超過確率75%値 (mg/L)	処理目標水質以下の割合	平均値 (mg/L)	非超過確率75%値 (mg/L)	処理目標水質以下の割合	平均値 (mg/L)	非超過確率75%値 (mg/L)	処理目標水質以下の割合	
A	CRX	11.6	16	55.8	1.13	1.37	61.6	10.2	11	73.3	86
B1	CRN	13.2	15	52.1	3.97	5.07	-	12.7	17	54.8	73
B2	KBR I ²⁾	12.8	16	55.1	3.83	5.02	-	12.5	15	69.2	78
C1	浄化王	19.1	28	67.5	3.97	4.92	-	18.7	21	54.9	610
C2	CF、KTG ²⁾	20.5	29	61.3	4.23	5.01	-	17.9	21	64.3	465
C3	KGRN ²⁾	18.1	26	69.5	4.20	4.88	-	26.9	33	63.0	370
C4	KJ ²⁾	21.0	29	62.3	3.80	4.76	-	25.3	29	59.6	228
C5	CE	19.4	26	65.4	3.97	4.86	-	22.3	29	60.2	2168
C6	FCS ²⁾	23.2	29	48.6	4.01	5.04	-	25.1	34	56.6	212
D1	KGR II ²⁾	22.8	34	-	4.12	5.14	-	30.8	44	57.5	287
D2	MCP	26.5	34	-	4.30	5.22	-	34.1	46	47.7	128
D3	VRC	27.9	40	-	3.62	4.38	-	38.0	58	49.3	69
D4	NSR II	24.1	37	-	4.10	4.98	-	25.5	32	60.0	548
D5	CXW	23.7	33	-	3.69	4.77	-	23.4	29	64.3	84
D6	CXP	17.9	30	-	3.67	4.78	-	23.1	27	67.4	46
D7	HS-P	23.0	32	-	4.64	5.28	-	32.0	43	45.9	37

1) A:窒素・リン除去型(T-N10mg/L以下)、B:窒素除去型(T-N10mg/L以下)、C:窒素除去型(T-N20mg/L以下)、D:BOD除去型

2) OEMを含む

* 処理目標BODは10mg/L以下:A、B1、B2、C1、15mg/L以下:C2、20mg/L以下:C3~C6、D1~D7

* A、B1、B2、C2、C5、C6、D2~4は流量調整機能付(ピークカット機能も含む)

* D6、D7は構造例示型でそれ以外は性能評価型

T-Nについてみると、T-Nが10mg/L以下のA、B1、B2は平均値や非超過確率75%値に大きな差は認められなかった。T-Nが20mg/L以下のC1~C6は非超過確率75%値では大きな差が認められないが、平均値で18.1~23.2mg/Lとバラつきが認められた。処理目標水質を満たしている割合を比較するとC6が最も低い、これはこの型式が二次処理水を一次処理槽の第二室に戻す構造のため、脱窒が他の型式より進行しづらかったのではないかと推測された。T-Nに対して一元配置の分散分析を行なった結果、有意水準1%で窒素除去型(20以下)は型式の影響が認められ、T-Nが10mg/L以下のA、B1、B2は型式の影響が認められなかった。窒素・リン除去型以外の浄化槽のT-Pの平均値や非超過確率75%値に大きな差は認められなかった。

図-2に表-5で示した型式ごとの放流水BOD平均値と放流水T-N平均値の関係を示す。放流水BOD平均値とT-N平均値にやや強い相関関係が認められ、放流水BOD平均値が高くなるとT-N平均値が高くなる傾向が認められた。放流水BODが低いところは硝化・脱窒が良好に進んでいるところが多いためではないかと考えられた。

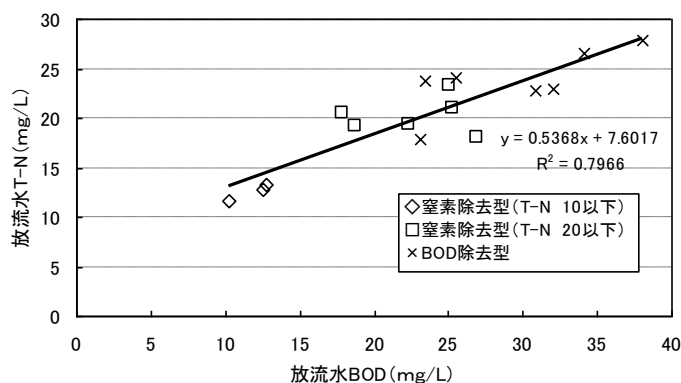


図-2 型式別放流水BOD平均値とT-N平均値の関係

4.まとめ

- (1) 窒素除去型（10 以下）と窒素除去型（20 以下）で T-N の平均値を比較した結果、有意水準 1% で差が認められ、窒素除去型（10 以下）の方が良好な傾向が認められた。
- (2) T-N の処理目標水質を満たしている割合は、窒素除去型（10 以下）が 51.4%、窒素除去型（20 以下）が 64.6% であり、約 13 ポイントの差が認められた。
- (3) リン除去装置のない BOD 除去型及び窒素除去型の T-P の分布は、 $3\text{mg/L} < x \leq 4\text{mg/L}$ の区間を中心に広がっており、リン除去型の分布と明らかな違いが認められた。
- (4) T-P はリン除去装置のない BOD 除去型、窒素除去型（10 以下）、窒素除去型（20 以下）で有意水準 1% でグループによる影響が認められなかった。
- (5) 放流水 T-P の窒素・リン除去型の処理目標水質を満たしている割合は約 61.6% であった。BOD 除去型、窒素除去型（10 以下）、窒素除去型（20 以下）の放流水 T-P 1mg/L 以下の割合は 1.5~1.9% で大きな差は認められなかった。
- (6) T-N を処理目標水質別に型式ごとに比較すると、有意水準 1% で 20mg/L 以下の 6 型式は型式の影響が認められ、 10mg/L 以下の 3 型式は型式の影響が認められなかった。
- (7) 型式ごとの放流水 BOD 平均値と T-N 平均値の間にやや強い正の相関関係が認められた ($R^2=0.7966$)。

参考文献

- 1) 稲森悠平、高井智丈、水落元之、須藤隆一、高度合併処理浄化槽の普及と水環境改善、用水と排水、1996、Vol.38、No.7、pp553-562.
- 2) 櫛田陽明、近年の性能評価型浄化槽の動向、月刊浄化槽、2013.3、No.443、pp5-8.
- 3) 田中恒夫、小林幸夫、木下恵理、浄化槽の排出負荷原単位の整備、第 19 回全国浄化槽技術研究集会要旨集、2005、pp51-79.
- 4) 奥村早代子、山本康次、中野仁、浄化槽面整備地区の浄化槽の運転状況と地域内河川水質、第 19 回全国浄化槽技術研究集会要旨集、2005、pp75-79.
- 5) 中野仁、堀木高志、東口浩之、大重浩一、田中武一、窒素・リン除去型小型合併処理浄化槽の運転状況と処理水質、第 22 回全国浄化槽技術研究集会要旨集、2008、pp55-59.
- 6) 藤村葉子、中島淳、小規模合併処理浄化槽の処理水性状と循環運転による窒素除去、水環境学会誌、1998、Vol.21、No.3、pp157-162.
- 7) 中島淳、浄化槽技術者のための統計解析入門⑦、月刊浄化槽、1997、Vol.4、No.252、pp16-20.
- 8) 佐藤吉彦、窒素・リン除去型高度処理浄化槽、月刊浄化槽、2012、Vol.7、No.435、pp29-32.
- 9) 櫛田陽明、鉄電解リン除去装置を組み込んだ浄化槽における処理機能等の実態、2012、Vol.7、No.435、pp17-24.