

家庭用合併処理浄化槽の処理水質向上に関する研究（その4）

嶋津暉之 木村賢史 三好康彦
紺野良子

要 旨

窒素とリンの除去機能をもつ家庭用合併処理浄化槽を開発するため、けい酸カルシウムを接触材に使った浄化槽2基を試作して、1～2年間の試験運転を行った。その結果、窒素をおおむね80%以上除去するためには次の条件を満たすことが必要であった。①接触酸化槽を2槽に分ける。②接触酸化槽の滞留日数をおおむね1.5日以上とする。③汚泥の貯留容量も考慮し、嫌気ろ床槽の滞留日数をおおむね3日以上とする。④沈殿槽底部から嫌気ろ床1槽へ処理水量の5～6倍の水を循環する。

一方、リンについては水温低下に伴うりん吸着能の低下、嫌気ろ床槽のりん吸着材の効率低下、接触材表面の剝離更新の不十分性という問題が生じたため、50%程度の除去率となった。今後、接触材の比重や充填方式等に工夫をこらすことにより除去率の向上をはかる必要がある。

1 はじめに

下水道未普及地域の河川浄化対策として、家庭用合併処理浄化槽が注目されている。有機汚濁物質がよく除去されるので、新築・改築の家屋に対して合併処理浄化槽の設置を推進する補助制度が設けられている。しかし、現在市販されている家庭用合併処理浄化槽は東京湾や奥多摩湖等の停滞水域の富栄養化を引き起こす窒素やリンの除去率が低い。富栄養化対策として家庭用合併処理浄化槽の普及をはかるためにはその構造等の改善をはかる必要がある。

筆者らは窒素とリンの除去が可能な家庭用合併処理浄

化槽を開発するため、窒素、リンの除去条件を明らかにする実験を行い、その実験結果を既報^{1), 2), 3)}に報告してきた。次に、その結果を踏まえて、窒素、リンの除去機能をもつ浄化槽の試験装置を試作し、平成2年度から新都型Ⅰ、3年度からは新都型Ⅱの運転を進めてきた。これらの試験装置の運転により得られた結果を報告する。

2 実 験

(1) 方 法

都営住宅西保木間四丁目アパート（足立区）の汚水処理施設の敷地内に試験装置を設置し、同施設の原水ピッ

表1 浄化槽試験装置の諸元

	容 量 (m ³)					計	接 触 材			循環ポンプの種類
	嫌気ろ床1槽	嫌気ろ床2槽	接触酸化1槽	接触酸化2槽	沈殿槽		嫌気ろ床1槽	嫌気ろ床2槽	接触酸化1,2槽	
新都型Ⅰ	1.45	1.45	1.16	0.58	0.42	5.06	径4cm、長さ10cmのプラスチック製小円筒	粒径2～4cmの粒状のけい酸カルシウム発泡材		エアリフトポンプ
新都型Ⅱ	1.31	0.65	0.62	0.63	0.41	3.62	直径10cmのプラスチック製の翼様球形	外径12cm内径6cm長さ10cmの中空ロール型のけい酸カルシウム発泡材		エアリフトポンプ

トから汚水を導いて運転を行った。原則として数週間に一度、処理水、処理工程水をスポット採水して、水質分析を行った。新都型Ⅰの運転の期間は1990年3月～92年3月、新都型Ⅱは91年5月以降で、現在継続中である。

(2) 試験装置の概要

新都型Ⅰ、Ⅱの試験装置の諸元を表1、新都型Ⅰの構造を図1に示す(Ⅱの構造もほぼ同様)。市販されている浄化槽との主な相違点は次のとおりである。

ア 主に窒素除去のため

- ① 接触酸化2槽を付設。
- ② 沈殿槽の底部から嫌気ろ床1槽へ処理水量の5倍程度の水をエアリフトポンプで循環。
- ③ 浄化槽の見かけの滞留日数(槽容量/処理水量)を4～4.5日(市販されている浄化槽は3～3.5日)にする。

イ 主にりん除去のため

- ① けい酸カルシウムを発泡させて造粒又は成形したものを嫌気ろ床2槽、接触酸化1、2槽の接触材に使用。
- ② 接触酸化1、2槽、嫌気ろ床2槽は毎日一回、空気で逆洗し、逆洗時の混濁水の一部をエアリフトポンプで嫌気ろ床1槽へ送水する。

けい酸カルシウムの接触材は新都型Ⅰでは粒径2～4cmの粒状のもの、新都型Ⅱでは長さ10cmの中空ロール状のものをを用いた。前者の形状と大きさでは長期間使用すると、接触材同士の固着等の問題が生じることが心配されるため、後者の接触材についても実験を行うことにした。

(3) 流入水質

原水は団地処理場のバースクリーンのみを通過したもので、家庭汚水そのものである。自動採水器による原水

表2 流入水の平均水質

(単位 mg/l)					
BOD	COD	SS	T-N	T-P	Ca
210	110	110	37	3.9	22

の通日採水を季節ごとに延べ4回行って、平均水質を求めた。その結果を表2に示す。

(4) 運転条件

原水の流入は一般家庭の汚水排出の実態に合わせて、朝と夕方、集中的に汚水を流入させ、その他の時間帯は流入量を少なくした。時間あたりの流入量が最も大きいのは朝の8時台で、そのピーク係数(ピーク時の時間流入量/一日平均時間流入量)は6.7である。

試験装置の平均流入水量、滞留日数、空気吹込量を表3に示す。嫌気ろ床槽からの汚泥の引き抜きはおおむね1年に1回行った。

3 実験結果

(1) 新都型Ⅰ試験装置の処理水質

ア 有機物質等

1990年4月～92年3月における新都型Ⅰの処理水質の経時変化を図2、平均値と最大最小値を表4(1)に示す。なお、BODは有機物質の指標とするため、N-アリルチオ尿素を添加して硝化を抑制した分析値を用いている。処理水のBODは平均4mg/l、最大でも8mg/lである。また、CODは平均13mg/l、最大19mg/lであり、有機物質に関しては良好な結果であった。透視度も平均87cm、最小42cmであり、試験期間中を通じてほぼ透明感のある処理水が得られた。

イ 窒素

処理水のT-Nは平均で9mg/lである。表2の流入水の平均水質から計算した平均除去率は76%であり、当初目標としていた80%を多少下回った。その理由は主に二つある。一つは91年の3～4月において汚泥のたまり過ぎによる処理水質の悪化があったこと、もう一つは91年12月以降において接触酸化2槽の散気管の目詰まりが生じ、それへの対策を怠ったため、硝化が十分に進まなくなったことである。それゆえ、汚泥の引き抜きを早めに行い、且つ、散気管の目詰まりを高圧ポンプの水圧で解消する措置を講じていれば、目標の除去率を達成できた

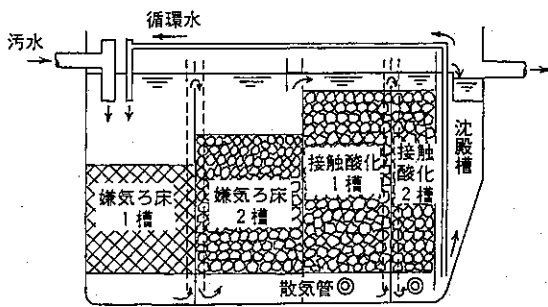


図1 新都型Ⅰ試験装置の構造

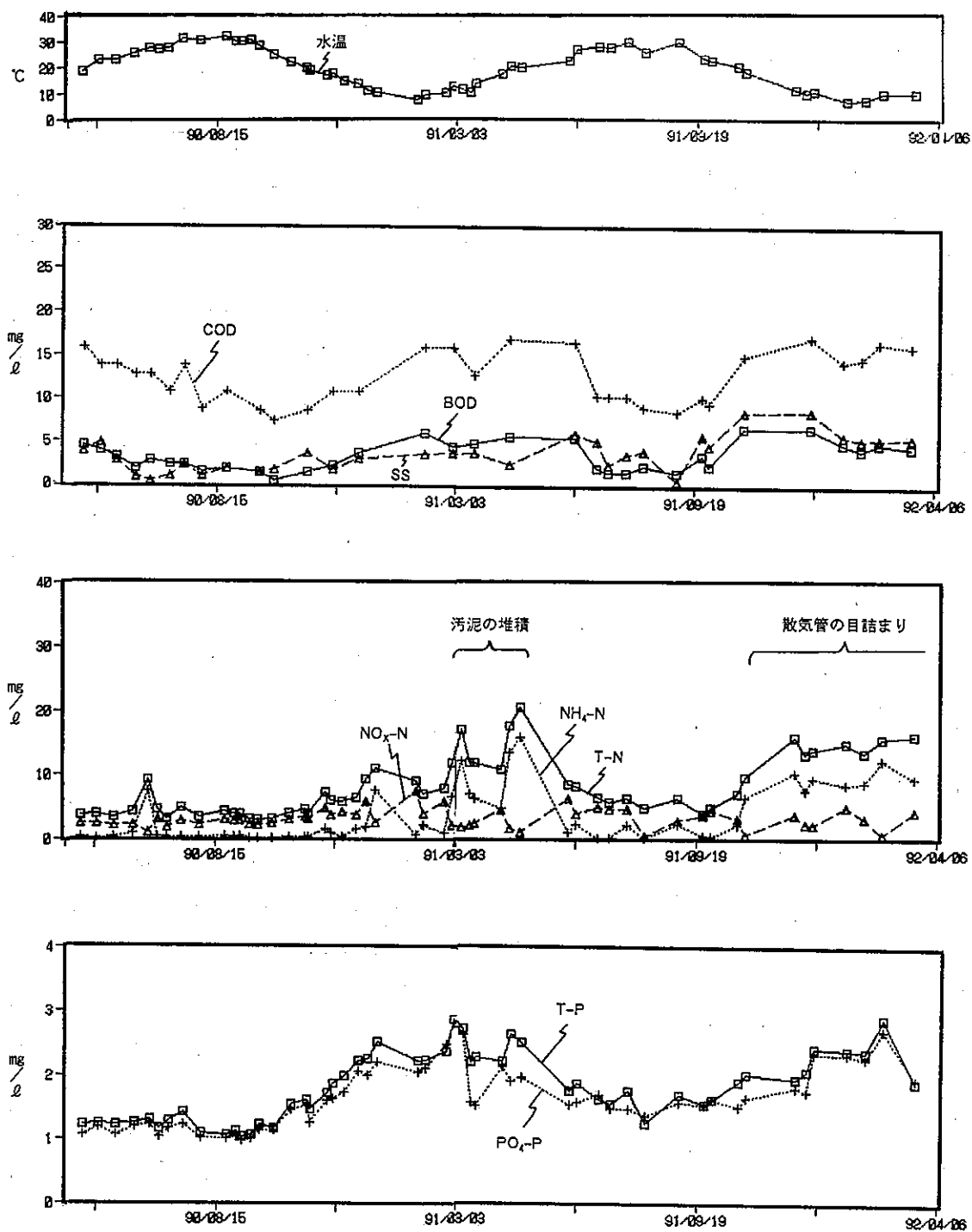


図2 新都型1の処理水質の経時変化(1990年4月~92年3月)

表3 運 転 条 件 (実験期間中の平均)

	実験期間	流入水量 m ³ /日	滞 留 日 数				循環率 (循環水量 / 流量水量)	空気吹込量 ℓ/分
			嫌気ろ床槽	接触酸化槽	沈殿槽	計		
新都型Ⅰ	1990.4~92.3	1.25	2.3	1.4	0.3	4.0	5.3	30~40
新都型Ⅱ	1991.6~92.7	0.84	2.4	1.5	0.5	4.4	4.5	30

と考えられる。

ウ りん

処理水のT-Pは平均1.8mg/ℓである。流入水の平均水質から計算した平均除去率は54%であり、当初の目標除去率70%を下回った。その理由の一つとしては上述のとおり、汚泥のたまり過ぎにより、けい酸カルシウムの表面が堆積汚泥に覆われ、その結果、りんの吸着が妨げられる期間があったことがあげられる。それゆえ、窒素と同様、汚泥の引き抜きを早めに行っていれば、りんの平均除去率を上昇させることが可能であったと考えられるが、その他に基本的な要因がいくつかある。それについては4(2)で考察する。

エ その他

処理水の水温は7~32℃の間を変動した。実際の家庭用合併処理浄化槽は地下に埋設するものであるので、寒冷地でなければ、水温の変動は10~25℃の範囲にある。この実験では試験装置が地上置きであるので、風の影響を受け、水温が実際の浄化槽の1.5倍以上の幅で変動した。特に冬期は水温が10℃を下回ることがしばしばあり、本実験は実際の浄化槽よりきびしい条件で行われた。

また、処理水のCaの平均は43mg/ℓであり、原水より20mg/ℓ程度上昇した。接触材に使用したけい酸カルシウムからのCaの溶出は問題になる濃度ではないと判断される。

(2) 新都型Ⅱ試験装置の処理水質

ア 有機物質

1991年6月~92年7月における新都型Ⅱの処理水質の経時変化を図3、平均値と最大最小値を表4(2)に示す。平均処理水質はBOD 5mg/ℓ、COD 16mg/ℓ、透視度65cmであり、良好な値であるが、新都型Ⅰほどではなかった。その理由としては、新都型Ⅱに使用したけい酸カルシウムの接触材の形状が大きく、微生物の保持量に関係する

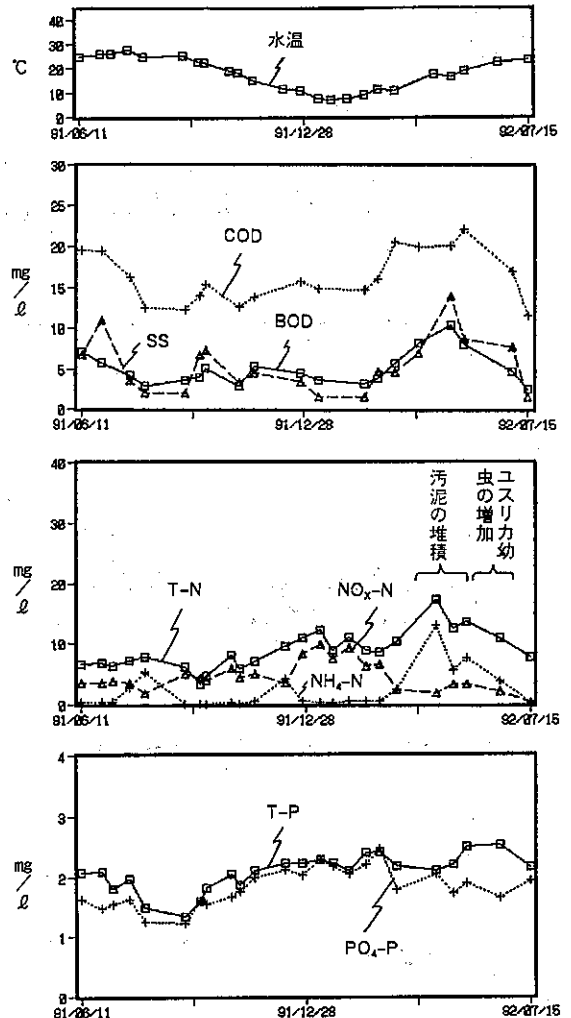


図3 新都型Ⅱの処理水質の経時変化 (1991年6月~92年7月)

表4 処理水質

(単位 水温、pH、透視度以外はmg/l)

		水温 ℃	pH	B O D	C O D	T O C	S S	T N	NH ₄ N	NOx N	T P	PO ₄ P	D O	Ca	透視 度 cm
(1) 新都型 I	平均	19	7.4	3.9	13	6.7	4	9.1	4.1	3.3	1.8	1.7	3.9	43	87
	最大	32	8.0	7.9	19	11.2	9	20	16	7.4	2.9	2.8	8.5	84	>100
	最小	7	6.9	0.5	7.5	2.7	0.5	2.6	0.1	0.5	1.0	1.0	0.5	18	42
(2) 新都型 II	平均	17	7.3	5.0	16	7.9	6	10.2	3.8	4.4	2.1	1.9	4.2	38	65
	最大	28	7.7	10.4	22	10.6	14	19.0	14.2	10.9	2.5	2.5	8.7	67	>100
	最小	7	7.0	2.5	12	4.6	2	3.4	0.1	0.1	1.3	1.0	1.5	26	30

比表面積(接触材の合計表面積/槽容積)が後述のとおり、新都型 I の1/3程度であることが考えられる。なお、新都型 II においても、92年春からは汚泥のたまり過ぎ、5月ころからはユスリカ幼虫の増殖による処理水質の悪化があった。

イ 窒素とりん

処理水の T-N と T-P の平均はそれぞれ 11mg/l, 2.1mg/l であり、平均除去率は 70% と 46% であった。除去率が新都型 I を下回った主な理由は上述のとおり、けい酸カルシウム接触材の比表面積が小さいことにあると考えられる。

4 考 察

(1) 窒素の除去

ア 窒素除去の工程

家庭用合併処理浄化槽は汚泥の発生量が非常に小さいので、汚泥の引き抜きに伴う窒素の除去量はわずかである(処理水量 1 l あたり 1 mg 未満)。それゆえ、窒素の除去は生物学的脱窒素法の導入に全面的に依存せざるをえない。生物学的脱窒素法は硝化と還元の二つの工程がある。家庭用合併処理浄化槽では硝化と還元の工程を次のように組み入れる。まず、接触酸化槽で流入水中の NH₄-N を酸化して NOx-N に変え、次に、その NOx-N を嫌気ろ床槽に送って還元して窒素ガスとし、大気中に

放出する。

窒素の除去がすべて NOx-N の還元で行われるとすれば、窒素除去率は次のとおり、硝化率と還元率の積で示される。

$$\text{窒素除去率} = \text{硝化率} \times \text{還元率}$$

硝化率 (NOx-N に酸化された割合)

$$= \frac{([\text{流入水 T-N}] - [\text{処理水の NH}_4\text{-N} + \text{有機性N}])}{[\text{流入水 T-N}]}$$

還元率 (NOx-N の還元率)

$$= \frac{([\text{流入水 T-N}] - [\text{処理水 T-N}])}{([\text{流入水 T-N}] - [\text{処理水の NH}_4\text{-N} + \text{有機性N}])}$$

80% 以上の窒素除去率を確保するためには、硝化率、還元率とも 90% 以上の値を得る必要がある。最初に硝化の条件、次に還元の条件を考察する。

イ 硝化

図 4 に新都型 I, II の硝化率と NOx-N 還元率の経時変化を示す。新都型 I の硝化率は汚泥のたまり過ぎと散気管の目詰まりによる水質悪化の時期を除けば、冬期の 2 月も含め、概ね 90% 程度、又はそれ以上の硝化率が得られている。新都型 II の硝化率も汚泥のたまり過ぎやユスリカ幼虫の増殖による水質悪化の期間を除けば、90% 前後の硝化率になっている。

接触酸化槽の平均滞留日数は新都型 I, II とも 1.5 日程度である。両者は同じけい酸カルシウムを発泡させた

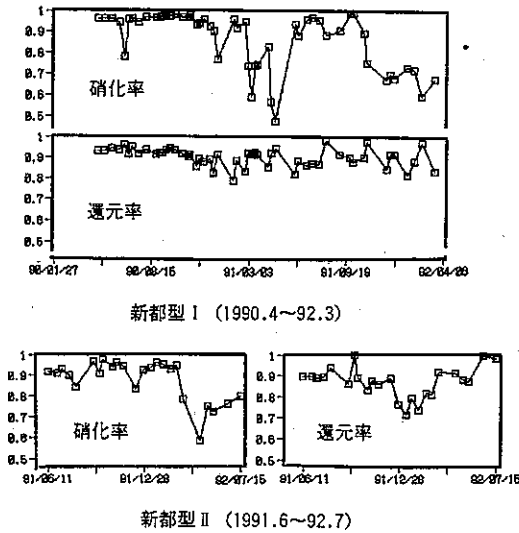


図4 硝化率とNO_x-N還元率の推移

接触材を使用しているが、その形状に違いがある。前者は粒径2~4cmの粒状で、推定比表面積は約200m²/m³、後者は長さ10cmの中空ロール状で、推定比表面積は約60m²/m³である。本来はその比表面積に対応して浄化微生物の保持量に差が生じるはずであるが、今回のデータでは両者の差は顕著ではなく、いずれの接触材を用いても、汚泥のたまり過ぎ等への対策を怠らなければ、滞留日数1.5日程度でおおむね90%の硝化率が得られている。なお、推定比表面積50m²/m³のひも状接触材を用いた前回の実験では、必要滞留日数が2日以上であった。

図5は新都市型Iについて接触酸化1, 2槽の硝化進行率をみたものである。夏期は硝化の約8割、平均では硝化の1/2強が1槽で進行しているが、冬期になると、1槽での進行率は全体の2割程度に落ち込む。この理由としては、低水温期は微生物の自己酸化速度の低下で、接触酸化1槽におけるBOD酸化菌(有機物を分解する細菌)等の存在量が増加し、その結果、硝化菌の生息範囲が狭められたことが考えられる。接触酸化2槽を設けると、冬期は1槽ではBOD酸化菌、2槽では硝化菌が優占種となりやすい。それゆえ、季節を問わず、硝化を十分に進行させるためには、接触酸化2槽を設置する必要がある。

また、空気吹込量は新都市型Iが接触酸化槽容積1m³あたり1~1.4m³/時、新都市型IIが1.4m³/時であり、この

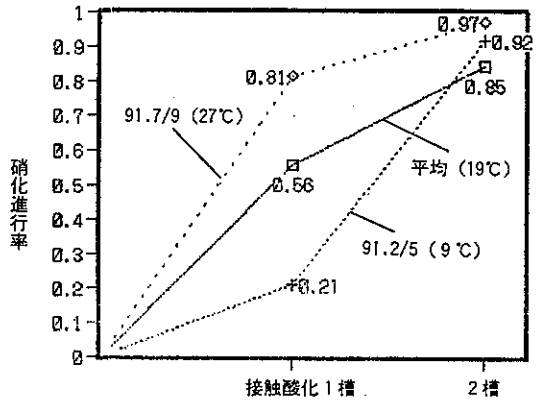


図5 槽別の硝化進行率(新都市型I)

程度の空気吹込量で硝化が進行した。ひも状や波板状の接触材の場合は硝化を進行させるのに槽1m³あたり3~4m³/時の空気吹込量が必要であった。ひも状等の場合は片面ばっ気式となり、接触材の隅々まで空気を送る旋回流を起こすのに一定量以上の空気が必要となる。それに対して、新都市型I, IIでは接触材の充填密度が高いため、全面ばっ気方式となり、散気管から出た気泡は接触材に当たって砕けながら上昇する。その結果、酸素吸収効率が高くなり、ひも状等の1/2以下の空気吹込量となった。

以上の考察から、硝化を十分に進行させるためには次の三つの条件が必要である。

- ① 接触酸化槽を2槽にわけること。
- ② けい酸カルシウムを発泡させた接触材を用いる場合は接触酸化槽の滞留日数をおおむね1.5日以上とすること。
- ③ 全面ばっ気式を採用できる粒状やロール状等の接触材の場合は空気吹込量を接触酸化槽1m³あたりおおむね1.5m³/時以上とすること。

ウ 還元

図4のNO_x-N還元率の経時変化をみると、新都市型Iにおいてはおおむね90%又はそれ以上の還元率が得られている。それに対して、新都市型IIにおいては冬期は還元率が80%を下回っている。嫌気ろ床槽の滞留日数は両者とも2日強で、差はないが、接触材の種類が異なっている。前者は小円筒状接触材が嫌気ろ床槽充填容積の4割、粒状が6割を、後者は翼様球形が6割、中空ロール

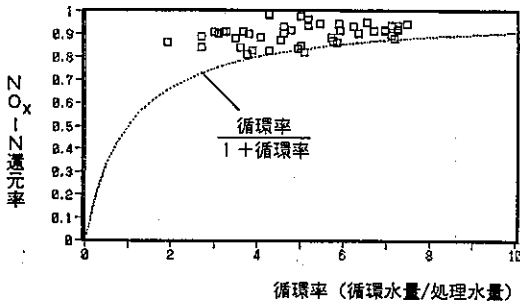


図6 循環率とNOx-N還元率の関係(新都型Ⅰ)

状が4割を占めている。小円筒状と異様球形の接触材は、比表面積がそれぞれ110 m^2/m^3 、80 m^2/m^3 程度である。ただし、これらの接触材の表面は微生物が付着しない部分が多いので、必ずしも比表面積の大きさが微生物の保持量を表すわけではない。粒状接触材の推定比表面積は前述のように約200 m^2/m^3 、ロール状は約60 m^2/m^3 である。これらの比表面積を比較すると、小円筒や粒状の接触材を使用している場合は、2日程度の滞留日数で年間を通じ、おおむね90%の還元率が得られるが、比表面積がより小さい接触材の場合は滞留日数をそれより長くする必要がある。この必要滞留日数は小円筒接触材を嫌気ろ床1、2槽に用いた前回の実験の結果と同じである。

新都型Ⅰにおける循環率(循環水量/処理水量)とNOx-N還元率の関係を図6に示す。同図の点線は、循環水により嫌気ろ床槽に持ち込まれたNOx-Nの全量が還元されると仮定した場合で、NOx-N還元率=循環率/(循環率+1)による計算値である。実際の還元率はこの計算値を上回っている。これはNOx-Nの還元が接触酸化槽内の嫌気的な部分、例えば、接触材表面の生物膜の内側で一部進行することを意味している。同図から判断すると、おおむね90%の還元率を得るためには、5~6倍の循環率を維持する必要がある。

以上のことから、NOx-Nの還元を十分に進めるためには、次の二点の条件が必要と考えられる。

- ① 小円筒や粒状の接触材の場合は嫌気ろ床槽の滞留日数をおおむね2日以上とし、比表面積がより小さい接触材の場合は滞留日数をそれより長くすること。
- ② 沈殿槽底部から嫌気ろ床1槽へ流入水量の5~6倍

の水を循環すること。

(2) りんの除去

ア りん除去の機構

家庭用合併処理浄化槽に導入可能なりん除去方法は経済性と運転管理の面で吸着方式に限定される。しかし、三次処理としてりん吸着を行う方式は、りんで飽和した吸着材を何カ月か又は何年かに一度取り換えることが必要となる。この取り換え作業の大変さと吸着廃材の処分の問題が考えると、この方式の導入は現実にはむずかしい。そこで、吸着材を取り替えず、減耗分のみを補充し、りんとの反応生成物は汚泥と一緒に引き抜いて搬出する方式を考案した。それを新都型Ⅰ、Ⅱで実施した。このりん除去の仕組みは次のとおりである。

- ① りんは嫌気ろ床2槽、接触酸化1、2槽のけい酸カルシウムとの反応により、接触材の表面に吸着される。
- ② りんとカルシウムの反応生成物は強度が低下するため、毎日行う逆洗により、徐々に引き離し、粉末となり、汚泥の一部となる。
- ③ 逆洗時にその混濁水をエアリフトポンプで嫌気ろ床1槽に送る。その送水により、各槽の反応生成物を含む汚泥は嫌気ろ床1槽に送られる。
- ④ 1年に1回の汚泥引き抜きの際に、嫌気ろ床1槽にたい積した反応生成物は汚泥として搬出される。
- ⑤ けい酸カルシウムの接触材の減耗分は1年に1回補充する。

イ 水温の影響

この方式によるりん除去率の目標値は70%以上である

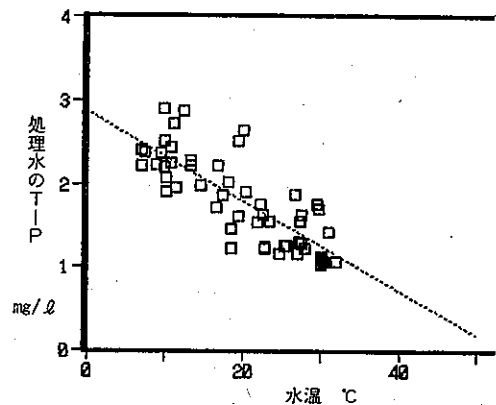


図7 水温と処理水T-Pの関係(新都型Ⅰ)

が、新都型Ⅰの2年間の実績は平均で54%であり、2年目は1年目より15%程度低下した。実績が目標を下回ったのは、予想していなかった現象がいくつか生じたからである。まず第一は水温の影響が現れたことである。図7は新都型Ⅰ処理水の水温とT-Pの関係をみたものである。バラツキは大きい、水温が低下すると、処理水のT-Pが上昇する傾向が読み取れる。20℃の水温低下で約1mg/lの上昇がある。一般に化学反応速度は温度依存性があり、温度が10℃低下すると、速度は1/2程度になるとされている。しかし、新都型Ⅰのけい酸カルシウム充てん部の空げき容積は合計0.8m³(充てん率75%,空げき率35%)であるから、接触時間が約15時間もある。りんとカルシウムの反応は分単位で終了するものであるから、反応速度の低下が関係するとは考えにくい。むしろ、考えられるのは生物膜の層厚の変化である。水温が低下すると、微生物の自己酸化率が低下し、接触材表面に付着する生物膜の層厚が厚くなる。その結果、水中のりんとカルシウムの接触が妨げられて、りんの吸着量が減少したことが考えられる。この点については今後検討を加えていくことにしたい。

ウ 槽別のりん吸着率

図8はけい酸カルシウム充填槽の通過でPO₄-Pが各槽でどの程度吸着されていくかを示したものである。時期により、変動があるが、平均では嫌気ろ床2槽で流入りんの17%,接触酸化1槽で25%,2槽で10%が吸着されている。三槽のけい酸カルシウム充てん量の比は5:4:2であるから、それと比較すると、嫌気ろ床槽でのりん吸着率が低い。接触酸化槽は常時ばっ気しているの、接触材表面の生物膜が或る程度の層厚で均衡状態となるが、一方、嫌気ろ床2槽は一日一回の逆洗を行うだけであるから、接触材表面の生物膜が接触酸化槽より厚くなりやすい。このように、嫌気ろ床2槽が、けい酸カルシウムの充てん量に対応したりん除去能を示さなかったことがりん除去率を低下させる一つの要因となっている。

エ 吸着材表面のはく離

当初の考えではけい酸カルシウム接触材表面の反応部分は毎日一回の逆洗により、徐々に剥離し、新鮮な面が表に出てくることになっていた。表5は実験開始1年後の接触材を輪切りにして外層、中層、核に分け、その成分をX線回折で分析した結果である。定量的な分析で

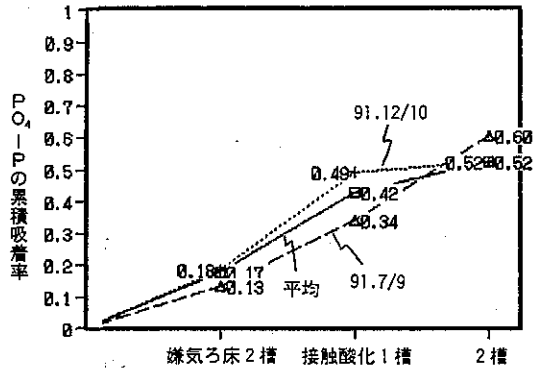


図8 槽別のりん吸着率(新都型Ⅰ)

表5 新都型Ⅰ接触材のX線回折の結果 (実験開始1年後)

	けい酸カルシウムの含有量		
	嫌気ろ床2槽	接触酸化1槽	接触酸化2槽
外層(表面から深さ2mmまでの部分)	中	小	微小
中層(表面から深さ5~7mmの部分)	大	大	大
核(表面から深さ10mm以上の中心部)	大	大	大

(注) 小野田エー・エル・シー(株)の分析による。

はないが、各槽の外層のけい酸カルシウム含有量は中層や核と比べて小さく、特に、接触酸化1槽、2槽はその傾向が明瞭である。

このデータをみると、反応部分のはく離と新鮮な面の露出は十分に進まず、その結果、2年目の除去率が1年目より低下したものと考えられる。

オ 今後の課題

以上の検討で明らかとなった三つの問題のうち、水温低下の影響、嫌気ろ床槽の吸着材の効率低下の問題は対策を考えることが困難であるが、はく離の不十分性の問題は改善の余地がある。逆洗時に接触材が浮上・躍動して相互にこすり合うように接触材の比重や充填方式等について今後、検討を加えていくことにしたい。

なお、けい酸カルシウムの接触材の減耗は溶出分も含

めて年間約12%であった。

(3) その他

ア 流入水量変動の影響

家庭用合併処理浄化槽には流入水の調整槽がないため、浄化槽に流入する水量が大幅に変動する。本実験では家庭の排水パターンに合わせ、ピーク係数6.7の変動を設けて汚水を流入させた。図9はその影響を知るため、新都型Ⅱの処理水質の時間変動を調べたものである。SSやBOD等のピークは昼間と夜中の二回あるが、このうち、後者は毎日2:00頃行う逆洗の影響と考えられる。変動の範囲はSSが4~10mg/l, BODが6~12mg/l, CODが17~22mg/l, T-Nが9~10mg/lであり、NH₄-NやNO_x-Nといった溶解性成分を中心とするT-Nは変動の幅が小さい。それに対して、浮遊物質が関係するBODやCODは多少の変動がある。しかし、それでも変動幅は5~6mg/lであり、流入水量変動の影響はさほど大きくはない。

溶解性成分の変動が小さい理由は、滞留日数が長いことと、5倍程度の水を循環していることにより、水質が平均化されてしまうことにある。一方、浮遊物質の変動は沈殿槽の底部汚泥の流出によるものであるから、沈殿槽に汚泥が極力たまり積まない工夫をすれば、その変動の幅を小さくすることができる。たとえば、沈殿槽の底部をホッパー状にして汚泥を1カ所にため、逆洗時にその汚泥を吸引できるように、エアリフトポンプの吸い込み口をその位置にも設ける方法が考えられる。

処理水質の変動が比較的小さいこと、そして、変動の幅を更に小さくする方法があることを考慮すれば、家庭用合併処理浄化槽については設備費用を大幅に増加させる流入水調整設備(調整槽とポンプ)を設置する必要はないと考えられる。

イ 汚泥のたい積

活性汚泥処理の場合は汚泥を毎日かまたは1週間に一、二度引き抜くことにより、処理系内の汚泥量をほぼ一定に保つようになっているが、家庭用合併処理浄化槽の場合は汚泥の引き抜きは1年に1回であり、処理系内の汚泥量が次第に増加していく。家庭用合併処理浄化槽は汚泥量が増加し続ける非定常状態で処理を行うものであるから、たい積汚泥の影響を受けないようにすることが重要である。しかし、現実には新都型Ⅰ、Ⅱとも1年を経過しない前から汚泥たい積の処理水質への影響が大

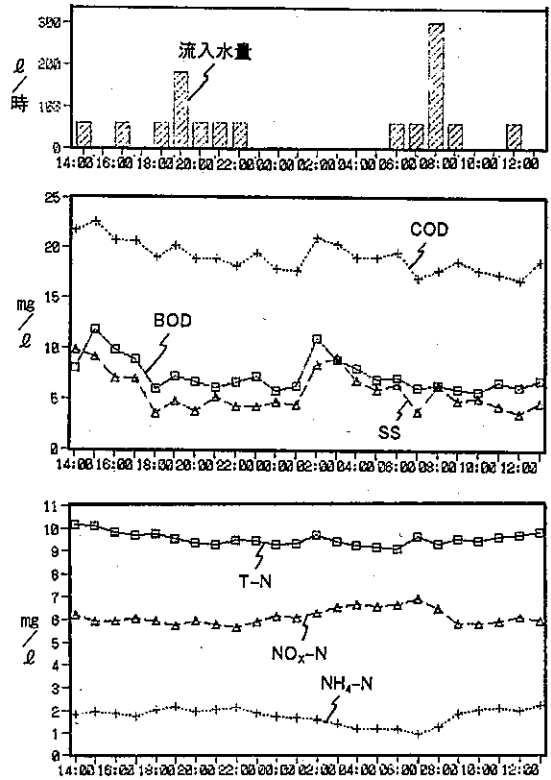


図9 新都型Ⅱの処理水質の時間変動 (1992年3月3~4日)

きくなった。嫌気ろ床1槽の汚泥貯留が限界に達すると、浄化槽全体に汚泥が回りはじめ、処理水質が悪化していった。とりわけ、接触酸化槽での硝化進行率が低下した。

この汚泥を貯留するための容量を考えると、嫌気ろ床1槽の滞留日数を極力長くすることが望ましい。NO_x-N還元のみだけを考えると、前述のとおり1, 2槽合わせて2日程度の滞留日数でよかったが、汚泥貯留も考慮すると、3日程度にするか、あるいは嫌気ろ床1槽内の接触材充てん部を減らして、汚泥貯留容積をふやす必要がある。

なお、新都型Ⅱにおける2年間の汚泥固形物発生量を累積処理水量1m³あたりに換算すると、約25mgであり、けい酸カルシウムを接触材に使用することによる顕著な増加はなかった。

ウ 大型生物による処理阻害

家庭用合併処理浄化槽等の生物膜法においては巻貝、

甲殻類、昆虫など、大型生物による処理阻害が度々問題となる。これらの大型生物は活性汚泥処理においては処理水質が良好な時に沈殿池等に出現することが多いが、生物膜法の場合は大型生物が増殖すると、浄化の中心を担う細菌類が捕食され、処理水質の悪化を招く。

これまで行った実験でも接触酸化槽においてヒメモノアラガイ、ミジンコ類、ボウフラ、ユスリカ幼虫等の増殖が問題になった。当初は春、夏を中心としていたが、やがて年間を通して出現し、水温が10℃を下回る冬期においても増殖するようになった。新都型Ⅰではヒメモノアラガイ、新都型Ⅱではユスリカ幼虫が増殖した。処理水質への影響がとりわけ大きかったのは1992年5月以降の新都型Ⅱにおけるユスリカ幼虫の増殖である。硝化率が70%台まで低下した。

この対策としては、接触酸化槽のばっ気を停止して嫌気状態で数日間以上放置することが有効であると考えられる。新都型Ⅱでこの対策を6月後半に実施したところ、徐々に処理水質の改善がみられるようになった。なお、ユスリカ幼虫は槽内に水が流動しないデッドスペースがあると、増殖しやすいので、デッドスペースをつくらぬよう、槽の構造に注意を払う必要がある。

5 おわりに

窒素とりんの除去機能をもつ家庭用合併処理浄化槽を開発するため、けい酸カルシウムを接触材に使った浄化槽2基を試作して、1～2年間の試験運転を行った。その結果、明らかとなった窒素除去の条件、すなわち、窒素をおおむね80%以上除去するための条件は次のとおりである。

① 硝化をおおむね90%以上進行させるためには次の3点が必要である。

- i 接触酸化槽を2槽に分ける。
- ii けい酸カルシウムを発泡させた接触材を用いる場合は接触酸化槽の滞留日数をおおむね1.5日以上とする。
- iii 全面ばっ気方式を採用できる接触材の場合は空気吹

込量を接触酸化槽1m²あたりおおむね1.5 m³/時以上にする。

② NO_x-Nの還元をおおむね90%以上進行させるためには次の2点が必要である。

- i 汚泥の貯留容量も考慮し、嫌気ろ床槽の滞留日数をおおむね3日以上とする。
- ii 沈殿槽底部から嫌気ろ床1槽へ処理水量の5～6倍の水を循環する。

りんについては次の3点の基本的な問題点が生じたため、除去率が目標値の70%を下回り、50%程度となった。このうち、③については接触材の比重や充填方式等に工夫をこらすことにより改善する余地がある。

- ① 水温低下に伴うりん吸着能の低下
- ② 嫌気ろ床槽のりん吸着材の効率低下
- ③ 接触材表面のはく離更新の不十分性

以上の新都型Ⅰ、Ⅱの実験結果を踏まえて、本年3月末に新都型Ⅰを改造して新都型Ⅲとし、4月から運転を開始した。その処理状況をみながら、処理水質を向上させる方法をさらに検討していくことにしたい。

本実験におけるけい酸カルシウムの接触材は小野田エー・エル・シー製のTBXを使用した。同社開発研究所の羽田野一幸氏から実験の進め方について種々の助言を得た。厚く謝意を表する。

参考文献

- 1) 嶋津暉之ら：家庭用合併処理浄化槽の処理水質向上に関する研究（その1），東京都環境科学研究所年報1988，p.105.
- 2) 木村賢史ら：家庭用合併処理浄化槽の処理水質向上に関する研究（その2），東京都環境科学研究所年報1989，p.132.
- 3) 嶋津暉之ら：家庭用合併処理浄化槽の処理水質向上に関する研究（その3），東京都環境科学研究所年報1991，p.151.

Study on the Improvement of the Effluent Quality from the On-Site Domestic Wastewater Treatment Equipment (IV)

Teruyuki Shimazu, Kenshi Kimura, Yasuhiko Miyoshi,
and Ryoko Konno

(Abstract)

On-site domestic wastewater treatment equipments currently sold commercially hardly remove nitrogen and phosphorus which cause eutrophication in closed or semi-closed bodies of water. In order to develop an on-site domestic wastewater treatment equipment capable of removing nitrogen and phosphorus, we made two treatment equipments, using calcium silicate as a contact material and tried them for 1 or 2 years.

As a result, the following requirements had to be filled in order to remove about 80 % of nitrogen.

- (1) To divide the contact oxidation tank into two.
- (2) To make the detention time of the contact oxidation tank more than one and a half day.
- (3) To make the detention time of the anaerobic biofilter tank more than 3 days, considering the detention capacity of sludge.
- (4) To circulate water in an amount 5 to 6 times the sewage inflow from the bottom of the settling tank to the first anaerobic biofilter tank.

On the other hand, regarding phosphorus, such problems came out as the fall-off of adsorption capacity accompanying the decline of the water temperature and inefficiency of the removal of the surface of contact material, and so the removal rate became about 50%. We need to raise the removal rate in improving the contact material.