

散水ろ床法による溶解性物質の処理について

東北大学工学部 松本順一郎

〃 〃 〇長谷川信夫

散水ろ床法によって有機性廃水进行处理する場合、そのほとんどが高速散水ろ床法によって行なわれているのが現状である。し尿消化槽脱離液のように溶解性有機物を多量に含む廃水进行处理する場合においても、高速散水ろ床法によっている。筆者らはし尿消化槽脱離液を高速散水ろ床法を用いて処理したところBOD除去率は高々50%程度であり、硝化もわずか1PPM程度であり、浄化効果はあまり良好でないことを認め、さらに、ろ床深さの増加につれて浄化効果はほぼ直線的に増加することから、ろ床深さを1.8m以上に増加させたり、散水負荷を小さくして有機物と微生物との接触時間を長くすることによってろ床全体としての浄化効果を高められるであろうと推論した¹⁾。このようなことから、溶解性有機物の処理として、し尿消化槽脱離液を用いて、散水負荷と浄化との関係について実験したので報告する。

実験装置および方法

実験装置は図-1に示す通りである。モーターの回転数を減速機で減じ、約20rpmの回転数で塩化ビニール製の円筒を回転させた。定水位装置を用いて廃水を一定量づつ回転円筒の内側に滴下した。なお、回転円筒の流入部と流出部との勾配を散水量によって変化できるように調節ネジをもうけた。流入水として、白石市し尿消化処理場の脱離液を適当量の水道水で希釈して用い、流出水を1時間静置沈殿させた上澄液を放流水として用いた。し尿消化槽脱離液の性状を表-1に示す。表中でBODは1,413PPMであるが、NO.5Bのろ紙を通過する溶解性物質にもとづくBODは1,086PPMであり、全BODの約77%を占めることが示されている。このように溶解性有機物の多量に含まれているし尿消化槽脱離液の処理に関する実験を行なった。すなわち、負荷と浄化効果との関係、都市下水との比較、さらに実態調査による負荷と浄化との関係などから考察を加えた。

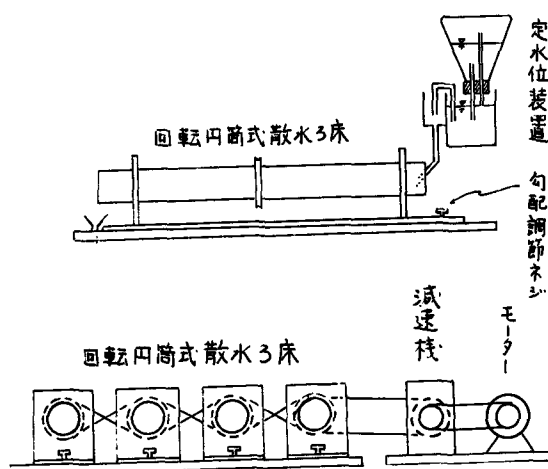


図-1 実験装置

散水負荷と有機物除去

散水負荷を $5 \sim 30 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{日}$ と変化させて実験した結果を図-2に示す。この図より、散水負荷の増加につれてBOD除去率は減少することが認められる。さらに散水負荷を小さくすると流入水のBODにBOD除去率はほぼ無関係に62~64%程度はえられることが示されている。流入水のBODが100~300ppm程度では散水負荷が $5 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{日}$ 程度であれば、放流水のBODはかなり良好なものとなり、その上安定的な処理が期待できると推察される。

図-3に負荷と硝化（亜硝酸性窒素と硝酸性窒素との総量）との関係を示す。流入水のBOD濃度によらず散水負荷の減少につれて、流出水中の亜硝酸性窒素および硝酸性窒素の生成量は増加することが図-3に示されている。散水ろ床法において極端に散水負荷を小さくしなければ、 $2 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{日}$ 以上の散水負荷では硝化量に限度があり、標準散水ろ床法では約40ppmであろうと推察される。

Levineは都市下水を散水ろ床法で処理した場合、散水負荷と硝化との関係を求め、表-2のような結果を示した²⁾。表-2において、散水負荷の変動が硝化に及ぼす影響の大きいことを示している。すなわち、散水負荷が $15 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{日}$ の場合には、有機性窒素およびアンモニア性窒素の減少が顕著でないが、散水負荷が $1.9 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{日}$ に減ると、有機性窒素およびアンモニア性窒素の減少が顕著であった。

し尿を好気性消化により処理した時、 20°C で10日消化程度の処理を行なうと、放流水のBODは70ppmに減じ、硝化も2,800ppmと良好で特にアンモニア性窒素の減少が顕著であったと報告している³⁾。このように、有機性廃水と微生物との接触時間を長くすることか、BOD除去は勿論のこと、硝化も良好となることかわかる。

表-1 脱離液の性状

測定項目	表示単位	測定値
pH 値	—	8.3
総アルカリ度	$\text{CaCO}_3 \text{ ppm}$	11,940
蒸発残留物	ppm	9,600
熱灼減量	ppm	6,620
熱灼残留物	ppm	2,980
浮遊物質	ppm	2,580
溶解性物質	ppm	7,020
BOD	ppm	1,413
溶解性物質によるBOD	ppm	1,086
浮遊物質によるBOD	ppm	327
COD(高温法)	ppm	2,050
COD(低温法)	ppm	1,746
総窒素	N ppm	3,056
アンモニア性窒素	N ppm	2,760
亜硝酸性窒素	N ppm	0
塩素イオン	$\text{Cl}^- \text{ ppm}$	2,786

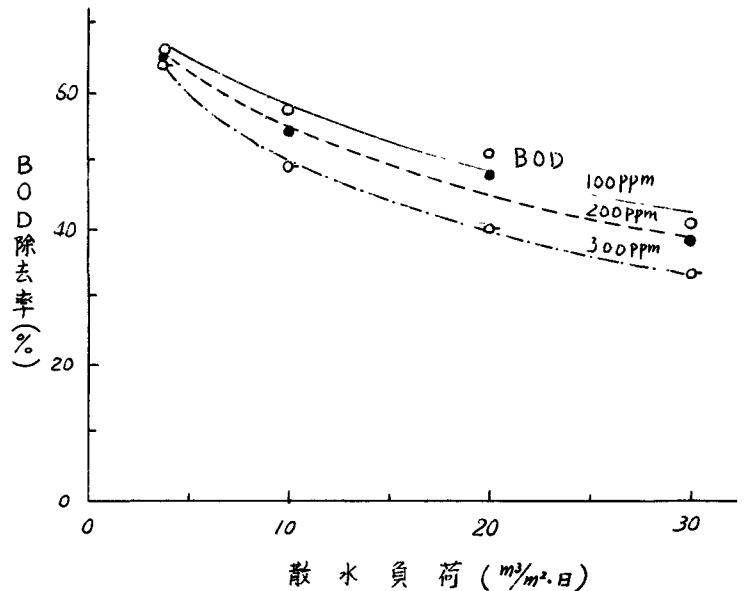


図-2 負荷とBOD除去率との関係

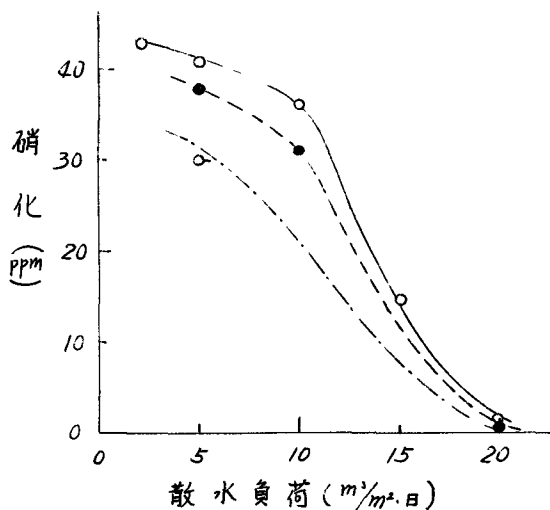


図-3 負荷と硝化との関係

表-2 散水負荷と硝化との関係

散水負荷 $m^3/m^2 \cdot 日$	有機性窒素			アンモニア性窒素			硝酸塩	
	流入水 ppm	流出水 ppm	除去率 %	流入水 ppm	流出水 ppm	除去率 %	流入水 ppm	流出水 ppm
1.9	12.4	6.5	47.9	43.9	9.9	77.5	0.4	16.9
15.0	11.8	11.7	0.9	24.6	18.6	24.5	trace	3.5

希釈脱離液と都市下水とを散水ろ床法で処理した場合、浄化能力の比較を表-3に示す。この場合の負荷は散水負荷は $5m^3/m^2 \cdot 日$ 、BOD負荷は約 $0.3g/m^2 \cdot 日$ とした。表-3において、BODを浮遊物質によるBODと溶解性物質によるBODとに分けて考え、それぞれの除去効果を調った。流入水の全BODは希釈脱離液では158.5ppm、都市下水では138.4ppmであったが、浮遊物質によるBODは希釈脱離液では36.9ppmである

表-3 浄化効力の比較

測定項目	表示単位	希釈脱離液			都市下水		
		流入水	放流水	除去%	流入水	放流水	除去%
気温	°C	18.5	18.5	—	18.5	18.5	—
懸濁残留物	ppm	1596	1578	—	1308	1210	—
浮遊物質	ppm	302	258	—	596	504	—
溶解性物質	ppm	1294	1320	—	712	706	—
BOD	O ppm	158.5	53.2	66.4	138.9	20.1	85.6
浮遊物質によるBOD	O ppm	36.9	10.7	72.0	66.9	1.5	90.3
溶解性物質によるBOD	O ppm	121.6	42.5	65.1	72.0	13.6	81.1
有機酸	CH_3COOH ppm	40.8	5.0	87.7	30.0	5.0	83.3
総窒素	N ppm	351.6	341.3	—	60.6	60.2	—
アンモニア性窒素	N ppm	296.3	257.2	12.2	45.5	11.9	72.1
アルミニウム窒素	N ppm	10.3	2.3	77.7	6.5	1.2	82.6
有機性窒素	N ppm	55.3	40.7	26.4	15.1	9.8	21.9
亜硝酸性窒素	N ppm	0	21.3	—	0.15	20.5	—
硝酸性窒素	N ppm	0	18.0	—	trace	17.0	—

のくらべて、都市下水では66.9ppmと高いことが示されている。除去率では都市下水の方が希釈脱離液よりも良好で90.3ppmであった。一方、溶解性物質によるBODは希釈脱離液では121.6ppmと都市下水の72.0ppmに比べてかなり大きい。溶解性物質によるBODの除去率は希釈脱離液は小さく65.1%であるのに対して、都市下水では81.1%と高いことがわかる。

BODの除去は散水ろ床法の場合、有機物の生物膜への物理的附着、吸着、凝集による沈殿、および生物化学的酸化によって生ずると考えられる。表-3より、都市下水を散水ろ床法で処理することにより溶解性物質は平均6ppm減少するが、希釈脱離液では逆に溶解性物質が26ppmも増加することが認められる。希釈脱離液の場合、有機性浮遊物質の溶解性物質への加水分解などによる溶解性物質の増加量と溶解性物質の酸化による減少量との差が、都市下水の場合にくらべて大きいことがわかる。

換言すれば、溶解性物質によるBODの除去は都市下水の方が脱離液よりも優っていることが推察される。し尿のBODの50~60%は有機酸で、20%位は不溶性物質（セルロースなど）、また残余がやや高分子の脂肪酸や不飽和物で占められていると言われている⁴⁾。し尿消化槽脱離液における有機酸の除去率は本実験では87.7%であったので、ろ床流出水中に残存するBOD源としては、やや高分子の脂肪酸などの比較的分解しにくい有機物であろうと推察される。それ故、希釈脱離液を処理する場合、長時間微生物と接触させたり、微生物数を増加させたりすることなどによって有機物の十分な酸化を行なわせるしよいか、散水ろ床法では廃水の流れは自由落下による押し出し流れに近いので、活性汚泥法などのように系内の平均滞留時間を十分長くしたり、M₁・S（散水ろ床法の場合には好気性生物膜量）を増加させて微生物数を思い通りに増加させることは不可能に近いが、散水負荷をきめることにより滞留時間がきまり、流入水の有機物濃度をきめると細菌密度が亦まる（図-4）ので、散水負荷を小さくして流入水の有機物濃度をある程度高く保てば散水ろ床の効率を高くすることができ、浄化能力を十分に発揮させることができると思われる。さうに、場合によっては、多段ろ過を行なうことによって滞留時間を長くすることができ、よりよい浄化効果が期待されると推察される。

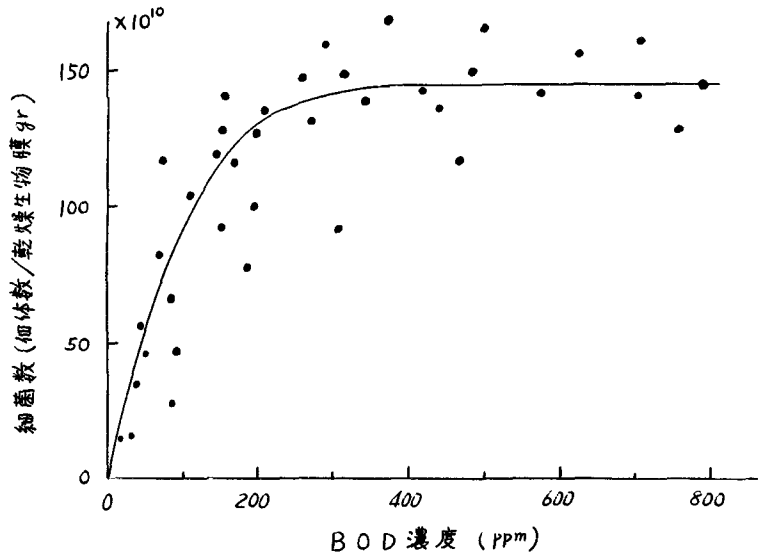


図-4 BOD濃度と細菌数との関係

し尿消化槽脱離液の希釈水中のアンモニア性窒素は296.3PPMであったが、同程度のBODの都市下水の

それは45.5PPMである。希釈脱離液中にアンモニア性窒素はかなり多量に含まれているが、散水負荷を5^{m³}/m²・日程度にして処理すると、アンモニア性窒素の減少量および硝化量は都市下水と希釈脱離液とでほぼ等しいことが表-2に示されている。すなわち、アンモニア性窒素の減少量は希釈脱離液では36.2PPM、都市下水では33.6PPMであることがわかる。硝化は前者で34.3PPM、後者を37.5PPMであった。それ故、希釈脱離液中の窒素量は都市下水の窒素に比べて多いために、除去量あるいは硝化量からみると両者共大体等しくても、除去率で示すと当然希釈脱離液の方が不良と結論される場合が多いと思われる。

このようなことから、散水ろ床法にあつては、いかなる廃水の場合にも高速散水ろ床法を用いて、その浄化効果が悪いと判定することなく、廃水の種類およびその処理効率などを考慮して散水負荷を小さくした標準散水ろ床法などを用いることも必要であると推察される。

実態調査

東北地方における約20箇所のし尿消化処理場における脱離液の処理としての散水ろ床法について、散水負荷とBOD除去率との関係について調査した結果を図-5に示す。

図-5より、散水負荷およびBOD負荷はいずれも処理場によってかなり差がみられるが、その多くは散水負荷が $15 \sim 25 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{日}$ であり、BOD負荷が $0.7 \sim 2.0 \text{ kg}/\text{m}^2 \cdot \text{日}$ であり、負荷から判断するとほとんどが高速散水ろ床法であることが認められる。さらに、BOD負荷は限界値の $1.2 \text{ kg}/\text{m}^2 \cdot \text{日}$ よりも高い場合が多く、浄化効果が良好でないことの原因の一つとな

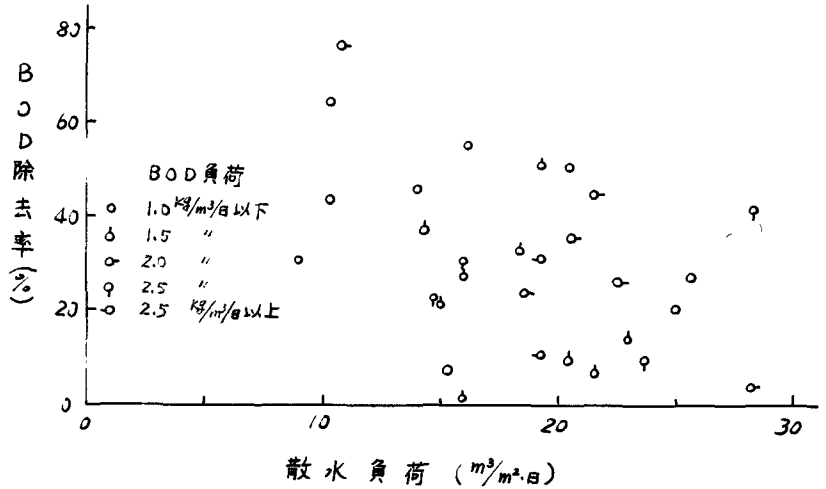


図-5 負荷とBOD除去率との関係

っていると推察される。BOD除去率はその巾が広く、最大76.3%、最小1.5%であった。しかし、その多くは20~40%の範囲に入っていることが図-5よりわかる。室内実験の結果では、上記程度の負荷で運転した場合には最低でも30%程度のBOD除去率がえられるのにくらべると、実際の処理場における浄化効果はかなり悪いものと思われる。

しかし、散水負荷の減少につれてBOD除去率は増加する傾向がみられ、室内実験の結果を支持するものと思われる。このことは散水負荷の減少につれて廃水と微生物との接触時間が増加するので、除去効果も高くなることは当然予想されることである。前述のように、溶解性有機物の多い廃水の場合には散水負荷を小さくし、微生物との接触時間を長くして、酸化させることが重要であり、Y市し尿消化処理場の場合がその例に近しいと思われる。すなわち、散水負荷は $10 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{日}$ 程度で標準散水ろ床法と高速散水ろ床法との中間的負荷であるが、それでも脱離液のBODが 1500 ppm 程度とかなり良好な水質であるので、ろ床流入水はほぼ 1500 ppm である。この程度の散水負荷では連続散水することが困難なので間歇的な散水を行なっている。この間歇的散水が散水ろ床の生物膜による有機物の吸着と生長した生物膜の脱落を適度に調節し、さらに微生物との接触時間を長くさせ、良好な処理効果がえられるものと思われる。テータの数は少ないがBOD除去率で41.3%と64.4%であった。このように、散水ろ床における酸化を十分行なわせるように、散水負荷を小さくすることとし尿消化槽脱離液のように溶解性有機物を多く含む廃水を処理する場合に考慮されなくてはならないと推察される。

結 言

し尿消化槽脱離液のように溶解性有機物を多量に含む廃水を散水ろ床で処理したところ次のような結論がえられた。

- 1) 散水負荷を小さくするにつれて浄化効果は高くなり、特に、散水負荷が $5 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{日}$ では BOD 除去率は 65% 程度になり、さらに硝化も良好で 40 ppm 程度の生成量があった。
- 2) 実態調査からの結果も実験結果を支持し、散水負荷の減少につれて流入水の BOD にほぼ無関係に BOD 除去率は増加する傾向が認められた。
- 3) 散水ろ床は処理する廃水の種類などによってその処理方式を考慮する必要があると推察された。例えは、し尿消化槽脱離液のような廃水を処理する場合には高速散水ろ床法よりも、標準散水ろ床法の方が安定した処理水がえられることが認められた。

参 考 文 献

1. 松本順一郎・長谷川信夫、散水ろ床に関する実験的研究、土木学会論文集，第 106 号，7～14 頁，（昭和 39.6）
2. Levine, M., The Role of the Trickling Filter in Sewage Purification, S.W.J., Vol. 12, pp 1062～1076 (1940)
3. 柳井清至、し尿の好気性消化に関する実験的研究，東北大学修士論文（昭和 41 年）
4. 本多淳裕，生物還元処理の生物学，用水と廃水，Vol. 4，NO. 3，9～12 頁（1962）