

家畜排泄物のラグーンシステム

Lagoon System for Animal Wastes

by R, K, White

Animal Wastes, P 213 ~ 232 (1977)

ラグーンは、排泄物や廃水を貯蔵したり処理するために、設計・建設され運転されている土製の建造物と定義される。ラグーンは単なる溜池 (Impounding Lagoons) と連続的処理を含むラグーン (Flow-through Lagoons) とに分けられる。前者はオーバーフローさせないし、放流もしない。容積は1日の排出量と日数をかけたものに等しいか、蒸発・浸透の分だけ小さい。非常に広い面積を必要とするため、一般に蒸発量が降雨量を越える場所とか、廃水量が小さい施設あるいは季節運転する罐詰工場などに適している。一方、後者は貯留ばかりでなく、固形物の処理、有機物の生物的処理、臭気管理なども考えて設計されるものであり、これ以後ラグーンはこの意味で用いる。ラグーンは、処理水の排出や固体の処理も含んでおり、主な処分方法は、農地に肥料およびカンガイ用水として散布することである。河川に放流する場合には更に高度の処理が必要となる。

I ラグーンの種類

ラグーンは、汚濁物の除去や安定化のために、沈澱作用を利用する方法と生物学的な変換によって有機物を安定する方法とをもつ。ラグーンは一般に4つのタイプに分けられる。

1) 好気性藻類ラグーン (Aerobic-Algal Lagoons)

このタイプでは水深と攪拌が重要である。

藻類が豊富に繁殖するための日光の透過深さは約50cmであるが、風の作用で水が攪拌されるように、また汚泥の沈澱もできるようにするために1~1.5mの水深が適当である。

2) 好気性ラグーン (Aerated Lagoons)

このラグーンは一般に3~4mの深さである。フロートタイプやブラッドフォーム直装タイプのエアレータの大部分は、機体の周囲に水を噴出させて曝気攪拌する。その他下方通風型や誘導吸気型がある。圧搾空気をラグーン底部の有効プラスチックパイプやディフューザから送気する方法もあり凍結するような状態での使用には最も適している。好気性ラグーンが活性汚泥池と異なる点は、攪拌の程度が小さく常にすべての固形分が浮遊状態に保たれているのではないということである。重いものは分離しラグーンの底で嫌気性分解を受けている。フィードロットの廃水に、このタイプが普及したのはエアレータの発達と臭気問題への対策が主な理由である。

3) 通性嫌気性ラグーン (Facultative Lagoons)

このタイプは表面の好気性層と底部の嫌気性層とに分かれる。不凍状態では温い軽い水は上部へ冷い重い水は下層へと分かれ、はっきりした変水層をもつ。

4) 嫌気性ラグーン (Anaerobic Lagoons)

嫌気性ラグーンは酸素なしで作用し、有機物の分解は嫌気性バクテリアによってなされる。一般に嫌気性ラグーンの目的は、浄化ではなく有機物の安定化であり、好気性システムと大きく異なる。嫌気性ラグーンはその後に続く好気性処理への負荷を軽くするための沈澱処理として使われる。

II ラグーン設計の基準

ラグーン的设计は排泄物の特性と環境の要素を先ず基礎におく。排泄物の特性で主なものは量であり、好気性ラグーンではBOD、嫌気性ラグーンでは全揮発性固型分である。環境の要素は温度、表面積、固型分濃度、貯留時間である。ラグーンは負荷率 (loading rate) で設計される。負荷率は表1に示す。

TABLE I
LIVESTOCK WASTE PROPERTIES RELATED TO LAGOON DESIGN AND PERFORMANCE.
VALUES WILL VARY DUE TO ANIMAL AGE, FEED RATION, BEDDING, ETC. ALL VALUES ARE
PER 1000 kg OF LIVESTOCK WASTE
(from ref. 10)

Parameter	Units	Swine feeder	Dairy cow	Beef feeder	Poultry layer
Raw manure					
Weight	kg/day	65	82	60	53
Volume	m ³ /day	0.069	0.081	0.062	0.054
TS	kg/day	6.0	10.4	6.9	13.4
TVS ^a	kg/day	4.8	8.6	5.9	9.4
TSS ^a	kg/day	2.3	3.1	2.4	5.4
BOD ₅	kg/day	2.0	1.7	1.6	3.5
COD	kg/day	5.7	9.1	6.6	12.0
N _{total}	kg/day	0.45	0.41	0.34	0.72
P _{total}	kg/day	0.15	0.073	0.11	0.28

^a Calculated as follows: swine, $0.39 \times \text{TS}$; dairy, 0.3×75 ; beef, $0.35 \times \text{TS}$; poultry, $0.40 \times \text{TS}$.

1) 好気性藻類ラグーン

このラグーンは空気中の酸素および光合成によって生じる酸素の自然拡散によって曝気される。酸素拡散率は小さく、温度、風、排泄物の特性など多くの要素によって影響を受け、これをコントロールする方法はないので負荷率を極めて低くみなければならない。このタイプのラグーンからは悪臭が発散されることはほとんどない。深さは1~1.5 mにすべきである。貯留時間は5~7日から数週間である。固型分濃度は0.5%以下できれば0.1~0.2%以下が良い。

500 tの生体重の1000頭の豚舎では毎日1,000 Kg BODが排出される。寒い地方においてこのラグーンでは50 haの表面積が必要で、さらに排泄物を0.5%の固型分濃度にするために600 tの水が必要となる。この極端に広い面積と水がなければこのタイプは使えない。

2) 好気性ラグーン

廃水の浄化に必要とする酸素量は、BODの型と量および全浮遊物質質量(TSS)に関係する。一般に必要な酸素量と除去BODの関係は(1)式で示される。

$$Y = a X \dots\dots\dots(1)$$

ここでY:酸素要求量、単位時間当りのKg。X:BOD、単位時間当りの除去量Kg。a:酸素移動係数 $KgO_2/KgBOD$ 。

家畜廃水に対しては、酸素移動係数は1.5~2.0であり、一般には2.0を用いる。フィードロット廃水では酸素要求量 $KgO_2/day \cdot animal = 2.0 (KgBOD/day \cdot animal) \dots\dots(2)$

(2)式により曝気装置で供給される必要酸素量が求められる。曝気装置の酸素移動量は、1.0~2.0 $KgO_2/HP \cdot hr$ (1.4~2.7 $KgO_2/Kwhr$)の間であり、一般的には1.4 $KgO_2/HP \cdot hr$ を用いる。エアレータの攪拌能力は3~18 $HP/1,000m^3$ が必要で十分好気状態に保つためには10 $HP/1,000m^3$ が良い。深さは少なくとも3mが必要である。貯留時間は、凍らない地方では10日、表面が数週間凍結する所では30日とる必要がある。SS濃度は0.3~0.5%に保つのが良い。

3) 通性嫌気性ラグーン

このラグーンは底部に嫌気性層をもつことを許されるので、好気性ラグーンよりも深くできる。貯留時間は20~30日とされ、冬期凍結する地方では更に長くなる。

4) 嫌気性ラグーン

これはメタン菌の発育を促進するようにすべきである。腐敗分解が行われている15℃以上の時は、貯留時間は30~60日となり寒い時は希釈水を少なくして貯留時間を長くする必要がある。メタン発酵させるためのPHは6.8~7.4であり、6.0以下になると不快臭が発生する。ラグーンの大きさは有機物の量($gVS/m^3 \cdot day$, VS:揮発性固形分)によってきめられる。表1に示すVSの生産量を基にして各種家畜に対するラグーンの大きさを図1に示している。ラグーンの深さは小家畜でも最低1.5mであり一般に6mまでが使われる。ラグーンでの処理は微生物が寒くなるまでにバランスするように春あるいは初夏から始めるべきである。1年間の汚泥蓄積は牛ではラグーン容積の15~25%、豚、鳥類では5~10%である。

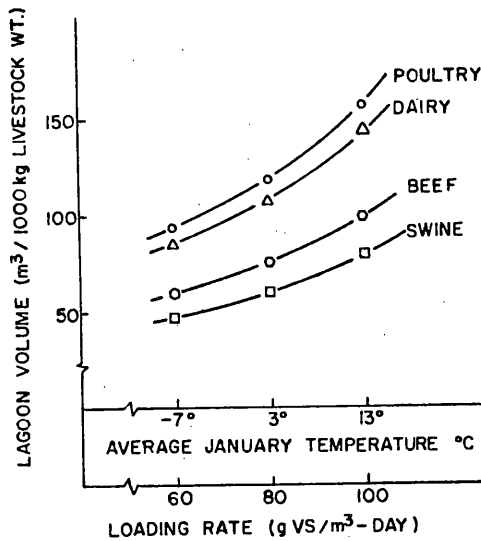


FIG. I. Anaerobic lagoon design volume for various loading conditions or temperatures, and for different livestock.

5) 複数ラグーン (Multiple Cell Lagoons)

種々のラグーンを複数個組合せて処理する方が好ましい。

Ⅲ ラグーンの管理

臭気のコントロール：暖になると好気性、嫌気性ラグーンとも強い臭気を発生し始める。臭気は4～6週間続くが、暖くなり始めた時にラグーンを機械的に攪拌すると臭気の発生期間を短くすることができる。

排出処理：一般にスプリンクラによるカンガイ、うね、みぞへの流出が行われ、小規模の場合はタンク車で耕作地に運ばれる。有機塩含量が最大5,000 mg/l ならば、作物を痛めないのがカンガイしても良いが、雨が少ない(400～500 mm 以下)地方では3,000 mg/l 以下にすべきである。

固形物処理：汚泥除去は、農場管理作業の順序、栽培方法、設備の利用可能状況、汚泥のための処理可能地によって計画をたてるべきである。

Ⅳ ラグーンの機能

家畜排泄物ラグーンの機能は、公衆衛生、美しさ、生態学そして経済性の面から評価しなければならない。一般的に言えば、好気性、嫌気性ラグーンとも公衆衛生の立場から安全な処理方法が見い出されなければならない。良好な管理状態では、ハエや蚊の発生を防ぎ、病原菌やビールスの殺菌もできるわけである。臭気が基本的な問題となるが、これは好気性ラグーンで解決できる。嫌気性ラグーンでは臭気公害を生じることがあるが、運転管理で減少させることは十分可能である。

経済的には、ラグーン方式が最も投資効果がある方法である。エネルギーの面では、通性嫌気性ラグーンや嫌気性ラグーンの方が臭気問題を除いては好気性ラグーンよりも有利である。

ラグーンから直接河川に放流するのは、処理水がきたないのでこのままでは無理である。

V フィードロットにおけるラグーンの例

臭気が多少許されるならば、ラグーンシステムの第1処理としては嫌気性ラグーンがよい。貯留容量は、凍結期間の状態や作物によって制限されるカンガイ可能期間から定まる。

乳牛：約2,400頭の牛と搾乳施設の廃水を処理するのに、ラグーンを直列に2段にし、嫌気性および曝気しない通性嫌気性ラグーン方式で行うものとする。1月の平均気温は3℃、臭気は大きな問題にならないものとする。この場合、ラグーンの大きさ、方法、管理の特徴はどのようなものか。最終ラグーンからの排水は、洗浄水、嫌気性ラグーンへの希釈水としてリサイクルする。第1ラグーンの貯留時間は60日、全流量は1,600 m^3 /日であり、第2ラグーンの貯留期間は75日である。排水と汚泥処理の計画をたてる必要があり、汚泥や攪拌液の散布を行なうならば、TSと無機塩類の濃度を調査する必要があり、排水を散布するならば周期的な(3~4年ごと)汚泥除去をする必要がある。排泄物は臭気を減らすために、表面に浮上しているクラスト(スカム)の下に入るようにすべきである。貯留池の容量は、365日間に對し、約44,000 m^3 が必要であり、深さを4mとすれば表面積は1.1haが必要となる。

(北大農学部 松田 従三)