

琉球大学学術リポジトリ

[報文]地域鉱物資源活用による生物膜廃水処理技術に関する研究

メタデータ	言語: Japanese 出版者: 南方資源利用技術研究会 公開日: 2014-10-26 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 宮城, 周子, 比嘉, 三利, 池間, 洋一郎, 照屋, 輝一, MIYAGI, Noriko, HIGA, Mitoshi, IKEMA, Yoichiro, TERUYA, Kiichi メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/20.500.12000/0002016522

報 文

地域鉱物資源活用による生物膜廃水処理技術に関する研究

宮城周子, 比嘉三利, 池間洋一郎, 照屋輝一
(沖縄県工業試験場, 化学室)

A Study on Biological Filtration Treatment of
Waste Water with the Ryukyu Limestone

Noriko MIYAGI, Mitoshi HIGA, Yoichiro IKEMA and Kiichi TERUYA
(*Chemistry Division, Industrial Research Institute of Okinawa Prefecture
Naha, Okinawa 902*)

In order to develop and establish an inexpensive and efficient waste water treatment device for small-scale manufacturing factories with waste water treatment capacity of 50m³/day, the Ryukyu Limestone was tested as a medium for filtration treatment.

1. Characteristics of biological filters

The following results were obtained from analysis of physical properties of the Ryukyu Limestone and biological adhesion experiment:

- (1) The limestone samples investigated as potential media were Motobu(F), Makiminato(A), Naha(B,C), Yomitan(D,E), and reef coral(G,H,I). Limestone F, the oldest one in Okinawa is the Paleozoic origin. A, B, C and D are limestones classified as the Ryukyu Limestone originated in the Quaternary formation. These limestones are so abundant that they are easily available throughout Okinawa. The physical properties of the Ryukyu Limestone and reef coral tested are grouped into two, the soft limestones and the hard ones. All of them are porous in a considerable degree, excepting the hardest Motobu limestone, which has fine crystalline character.
- (2) A degree of adhesion of microorganisms were generally proportional to water absorption capacity. The Ryukyu Limestone, having higher water absorption capacity, showed desirable adhesion of microorganisms.
- (3) Makiminato limestone (awa-ishi), Yomitan limestone (coral), Naha limestone (travertine), and reef corals were considered as useful biological filters.

2. Small-scale filtration treatment experiment

The following results were obtained from a small-scale experiment of Makiminato limestone, Yomitan limestone, reef coral, and plastic material as biological filters with artificial sewage water:

- (1) Limestone filters showed more effective biological adhesion than those of plastic material. However, no significant differences were observed among the limestones and reef coral.
- (2) The BOD removal led to the following BOD removal formula under a limited range of

concentration of the BOD: $Le/L_0 = e^{-KADQ^{1-n} \cdot V^{-1} \cdot t^n}$

- (3) High efficiency of water treatment was obtained at the level of more than 20 m³/m². day hydraulic loadings.
 - (4) Laboratory experiment showed that in a case of artificial sewage water, the BOD loadings were suitable at the level of 1 kg/m³·hydraulic loadings.
 - (5) Limestone filters tested showed strong durability and usefulness as biological filters for waste water treatment.
3. Medium-scale experiment

The results from the field experiment of factory's waste water treatment are as follows:

- (1) High efficiency of water treatment was obtained at the level of 0.5kg/BOD/m³ day, however, the water treatment efficiency decreased at the level of 1 kg-BOD/m³. day.
- (2) Desirable aerobic conditions in the waste water treatment chamber appeared when the BOD loadings were at a level of 0.5kg/m³. day. But when the BOD loadings reached at a level of 1 kg/m³. day the chamber turned to show anaerobic conditions.
- (3) A remarkable increase in the efficiency of water treatment was not obtained by means of forced aeration.

はじめに

本県における河川の水質環境基準の達成状況は約48% (昭和60年度) となっており、都市地域の河川をはじめとして望ましい水質環境に達していない河川が依然として数多く残されている。そこで、県では条例により上乗せ排水基準 (流域によっては排水量 5 m³/日以上を規制) を設定し、事業所からの排水を厳しく規制し水質環境の改善を図ろうと努めている。現在、この上乗せ排水基準は 6 河川, 5 海域について設定されているが、県では今後ともその設定水域の拡大を図る方向にある。

この上乗せ排水基準の設定により、排水量 1 日当り 50m³ 未満の小規模食品工場等が新たな規制対象となり、同工場廃水の早急な処理対策を講じる必要が生じている。これらの事業所のほとんどは零細企業であり、廃水処理施設の設置のための資金、スペース等で悩みを抱えるとともに、処理技術の蓄積はほとんど無く、企業独自での廃水処理技術の開発は困難な状況にある。そのため、関係業界からは低廉で効率的でしかも簡便な処理技術の開発が切望されている。

本研究では、県内に多量に賦存し安価に入手できる琉球石灰岩が多孔質で微生物の付着生成に極めて有効であることに着目し、これを生物

膜濾材に活用した生物膜廃水処理技術の開発を目的として、今回石灰岩生物膜法の処理機能の諸特性を検討した結果、同法は小規模工場の有機性廃水の処理法として有効であることが明らかになったので、その結果を報告する。

1. 石灰岩の生物膜濾材特性

まず、本研究では使用する石灰岩の生物膜濾材としての特性を知るため、石灰岩の物理的性状を調べ、さらに生物付着試験を行った。

実験方法

1) 試料

沖縄県内に分布する石灰岩は、生成年代別に古生代の結晶質石灰岩(以後本部石灰石とする)と新生代第四紀の琉球石灰岩に大別される。

石灰岩の埋蔵量は約16億トンと推定されている。ちなみに昭和60年度の石灰岩の採鉱量は約1,000万トンであり、その内8割が本部石灰石で占め、残り2割が琉球石灰岩となっている。現在、これらの石灰岩は、本部石灰石の一部がセメント用原料として使用されている他は、ほとんどが路盤材、土木建築用骨材として使用されているにすぎず、従ってその高度利用は今後の重要な課題となっている。

本実験に供した試料は、沖縄本島各地の採鉱

現場から採取した石灰岩および海岸から採取した造礁サンゴの塊、破片である。試料の種類お

よび採取地点は表 1.1 および 図 1.1 にそれぞれ示す。

表 1.1 採取試料の種類

分類記号	種 別	産 地	利用状況
A	牧港石灰岩(粟石)	玉城村奥武	建 材
B	那覇石灰岩(コーラル)	〃	路 盤 材
C	〃 (トラバーチン)	勝連町平敷屋	建 材
D	読谷石灰岩(コーラル)	読谷村座喜味	路 盤 材
E	〃 (コーラル)	本部町山川	〃
F	古生代結晶質石灰岩 (本部石灰石)	名護市安和	セメント、骨材
G	造礁サンゴ(丸形)	読谷村海岸	未 利 用
H	〃 (樹 枝 状)	恩納村海岸	〃
I	〃 (イシサンゴ)	〃	生石灰原料



図 1.1 試料採取地点

2) 石灰岩及び造礁サンゴの物理性状

に示す。

石灰岩及び造礁サンゴの物理性状を表 1.2

硬度は、生物膜汚材の耐久性に極めて重要な

表 1.2 各種石灰岩及び造礁サンゴの物理性状

分類記号	名 称	結 晶 形	外 観	硬 度	真比重	見掛比重	嵩比重	見掛気孔率 %	吸水率(%)
A	牧 港 石 灰 岩 (粟 石)	カルサイト	茶黄色	3	2.69	2.44	1.77	25.4	14.0
B	那 覇 石 灰 岩 (クラッシャーラン)	カルサイト	淡黄色	5	2.70	2.48	2.23	10.3	4.6
C	那 覇 石 灰 岩 (トラバーチン)	カルサイト	淡白色	4	2.67	2.62	2.38	8.9	3.8
D	読 谷 石 灰 岩 (コ ー ラ ル)	カルサイト	淡茶黄色	4	2.69	2.72	2.38	12.5	5.3
E	読 谷 石 灰 岩 (コ ー ラ ル)	カルサイト	淡白色	3	2.69	2.47	1.98	19.8	10.0
F	古生代結晶質石灰岩 (本部石灰石)	カルサイト	淡灰色	5	2.69	2.83	2.75	2.8	1.0
G	造 礁 サ ン ゴ (丸形サンゴ)	カルサイト	淡白色	5	2.69	2.49	2.24	10.7	4.7
H	造 礁 サ ン ゴ (樹 枝 状)	アラゴナイト	淡白色	5	2.83	2.69	2.26	16.1	7.1
I	造 礁 サ ン ゴ (イシサンゴ)	アラゴナイト	淡白色	3	2.80	1.94	1.35	30.5	22.6

(備考) ※ 試料の大きさ：径20mm~30mm

※ 硬 度：モース硬度

※ 真比重：JIS R 1110準拠

※ その他：JIS R 2205準拠

因子である。試料の硬度は、モース硬度で3～5の範囲にあり、本部石灰石は硬度が高く、一方琉球石灰岩および造礁サンゴは軟質と硬質に分類される。また石灰岩の多孔度を表わす見掛気孔率は、2.8～31%の範囲を示し、琉球石灰岩と造礁サンゴは比較的多孔質のものが多いのに対し、本部石灰石は緻密である。

一方、生物膜の付着に関する吸水率は、採取した石灰岩によりかなり異なり1.0～22.6%の値を示した。すなわち牧港石灰岩(A)、読谷石灰岩(E)、および造礁サンゴ(I)は吸水率が高いのに対し、那覇石灰岩(B, C)および本部石灰石(F)は吸水率が低い値を示した。また、吸水率と硬度との間には 図1.2に示すように負の相関関係があった。

3) 生物付着試験

石灰岩の生物付着性状を浸漬法による回分振盪培養法で検討した。

実験装置は往復式振盪機の上部に設置したプラスチック容器(容量約30ℓ)に廃水を入れ、その中に試料(石灰岩)を入れた綱目状プラスチック容器を浸漬して実験を行った。

試料の粒径は約20～25mmのほぼ同じ形状のものを使用した。なお樹枝状造礁サンゴの場合は長さ30～70mmのものを使用した。また供試廃水はペプトンとグルコースを主成分とする合成廃水をBOD約1,000mg/ℓに調整して使用した。

生物培養方法および生物付着量測定方法はプ

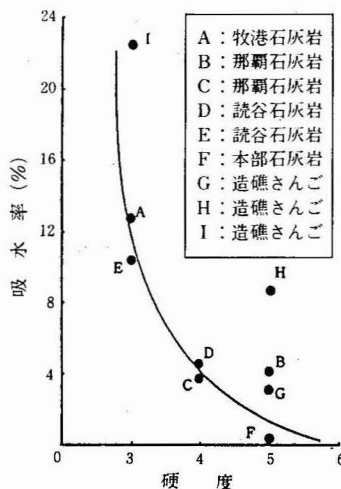


図1.2 各種石灰岩及び造礁サンゴの硬度と吸水率との関係

ラスチックの容器に合成廃水5ℓ入れ、その中に石灰岩を浸漬して振盪機を1分当り150回振盪させ、24時間経過ごとに廃水を入れ換える方法で、15日間回分法により、石灰岩の表面に生物培養を行った。生物培養後、試料の表面に付着した生物汚泥を純水1ℓ中に剥離し、この懸濁液の全蒸発残留物と強熱残留物を求めた。全蒸発残留物から強熱残留物を差し引いた値(強熱減量)を生物付着量とした。なお、試料に対する生物付着量は試料単位重量当りで表わした。

実験結果及び考察

各石灰岩に対する生物付着量は表1.3に示すように、造礁サンゴ(I)、造礁サンゴ(H)、読谷石

表1.3 各種石灰岩及び造礁サンゴの生物付着量測定結果

項目 分類記号	全蒸発残留物 (mg/ℓ)	強熱残留物 (mg/ℓ)	強熱減量 (生物付着量) (mg/ℓ)	試料総重量 (g)	生物付着量 (mg/g - 試料)	備考 (試料 個数)
A	1,514	360	1,154	137.3	8.4	20
B	1,589	372	1,217	173.6	7.0	20
C	1,922	356	1,566	167.3	9.4	20
D	1,706	344	1,362	143.8	9.5	20
E	2,018	459	1,559	178.0	8.8	20
F	1,296	311	985	188.9	5.2	20
G	1,229	309	920	196.9	4.7	20
H	1,845	330	1,515	157.8	9.6	20
I	1,665	335	1,330	124.9	10.6	20

灰岩(D)、那覇石灰岩(C)、読谷石灰岩(E)、牧港石灰岩(A)、那覇石灰岩(B) 造礁サンゴ(G)、本部石灰石(F)の順である。

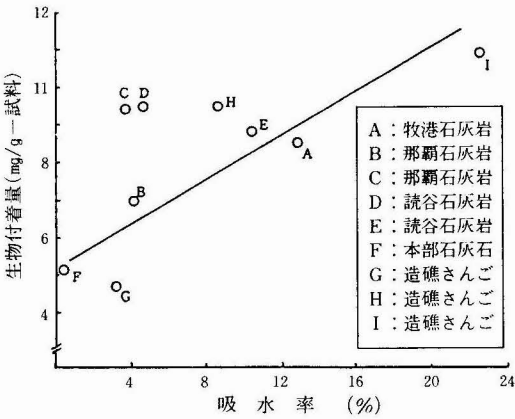


図 1.3 各種石灰岩及び造礁サンゴの生物付着量と吸水率との関係

造礁サンゴ(I)が最も高い生物付着性を示すのに対し、本部石灰石(F)と造礁サンゴ(G)は生物付着性が低い。一方、生物付着量と石灰岩の吸水率

の関係は図1.3に示すように、一般に吸水率が高い場合、生物付着性は高い傾向がみられた。さらに、読谷石灰岩(D)と那覇石灰岩(C)は、比較的硬質であるが生物付着性は良好であった。このことは、これらの石灰岩の表面構造が多孔質であるため、表面積が大きくなり、生物膜の形成に有利に作用したと考えられた。

以上のように、石灰岩の物理性状並びに生物付着量から、生物膜濾材としては牧港石灰岩(A)、読谷石灰岩(D、E)、那覇石灰岩(C)、及び造礁サンゴ(H)が有効であると考えられた。

2. 小規模濾床実験

前実験での石灰岩の物理性状並びに生物付着量の結果から本実験では、牧港石灰岩(A)、読谷石灰岩(D)および造礁サンゴ(H)の3種類の石灰岩を生物膜濾材として選定し、小規模実験装置で廃水を循環して処理する方法で回分散水濾床法による処理実験を行い、石灰岩の生物膜濾材としての諸特性について検討した。なお石灰岩濾材との比較のため、網目状円柱形プラスチック(比表面積206m²/m³)を対象濾材として使用した。

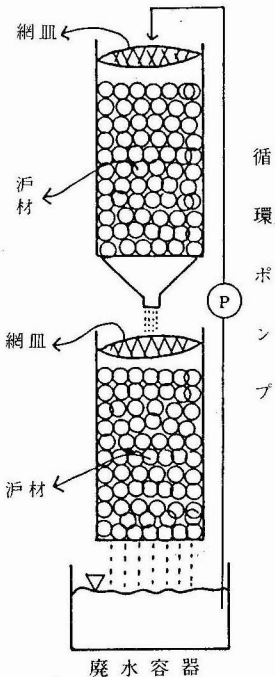


図 2.1 実験装置の概要

表 2.1 実験条件

濾床の種類	I 塔	II 塔	III 塔	VI 塔
濾材の種類	牧港石灰岩(A)	読谷石灰岩(D)	造礁サンゴ(H)	プラスチック(P)
濾材の径及び※長さ (mm)	20~25	20~25	※30~70	25, ※30
濾材充填重量 (g)	5,480	7,580	4,830	650
濾材充填個数 (個)	476	574	325	256
濾材充填体積 (cm ³)	7,546	7,546	7,546	7,546
空隙率 (%)	57.8	53.2	66.4	95.9

実験方法

実験装置は、透明塩化ビニール製円筒2個を垂直に立てたものを使用した。汙床の直径は7.9 cm高さは150cmである。廃水は汙床の直下の廃水容器から定量ポンプで汙床上部に汲み揚げられ、汙床上部および中間部に設置した網目状のプラスチック円板を通してほぼ均一に散水した。廃水は、汙材の表面を伝って流れ、汙床底部から、廃水容器に流下して容器内の廃水と混合して再び汙床上部に循環散水される。これを連続的に所定の時間繰り返して実験を行った。

なお、実験に供した廃水は、前述の生物付着試験と同様な組成の合成廃水を水道水で適宜希

釈して使用した。

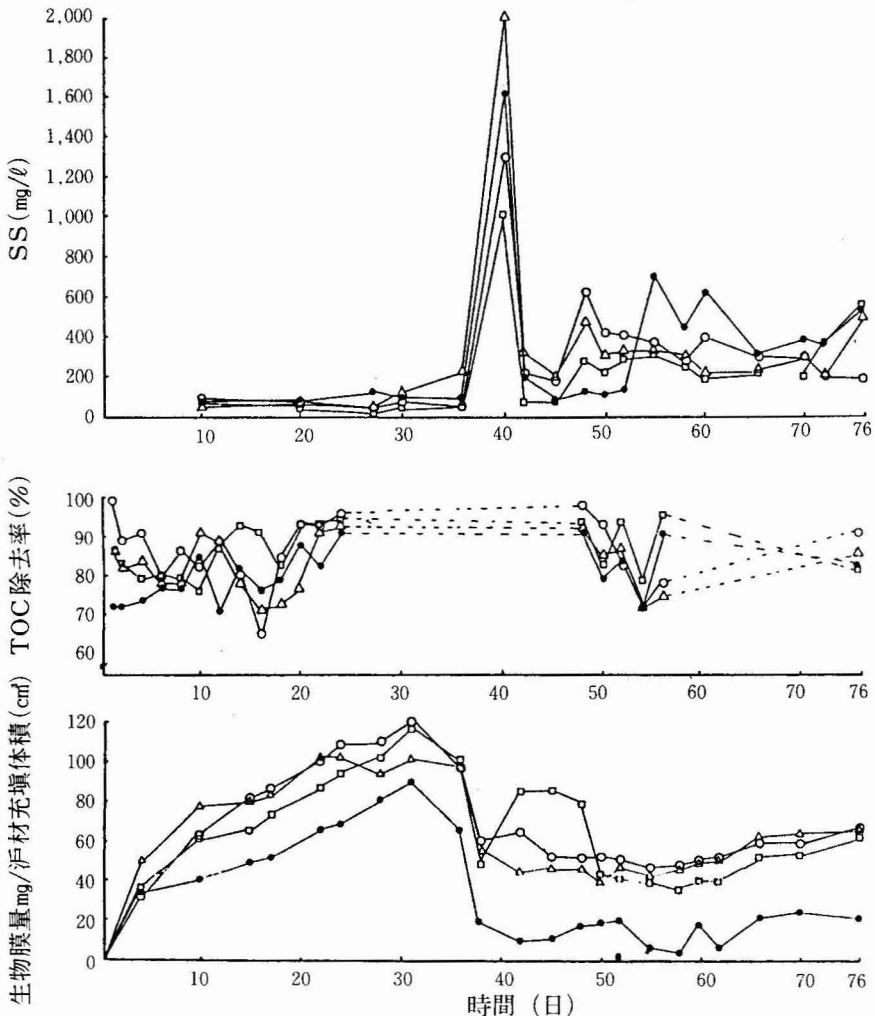
実験汙床は4塔組立、表2.1に示す条件で実験を行い、また通気方法は自然対流方式で行った。

結果と考察

1) 生物膜の馴養と付着生成試験

廃水のBOD約1,000mg/l, 1日当りの循環水量は3.7l, 水量負荷は10m³/m²・日で、BOD負荷は0.5kg/m²・日に設定し、76日間実験を行い各汙材の生物付着生成量について検討した。その結果を図2.2に示す。

生物膜量(mg/汙材充填体積(cm³))は、各汙材とも実験開始より経日的に増加し、30日後で最大付



○：牧港石灰岩 △：読谷石灰岩 □：造礁サンゴ ●：プラスチック
 図2.2 各汙材の生物膜量と処理水質(TOC、SS)の変化

着量を示した。しかしながら、その後急激な生物膜量の減少が観察された。生物膜の減少量はプラスチック汙材が約80%の高い減少率を示すのに対し、石灰岩汙材の場合は約50~60%の減少率であり、生物膜の保持力は石灰岩汙材の方がプラスチック汙材よりも高い結果を示した。

なお、生物膜が減少した時点では、処理水中の懸濁物質(SS)は高い値を示しており、また処理水水質は極めて悪い状態にあった。一般に、汙材表面の生物膜はある程度肥厚増殖すると生物膜の下層が嫌気性を呈して剝離脱落を起こすことが知られており、このことが生物膜量の減少および処理水水質の劣化と関連しているものと考えられた。

以上の結果から、生物膜の付着量は、牧港

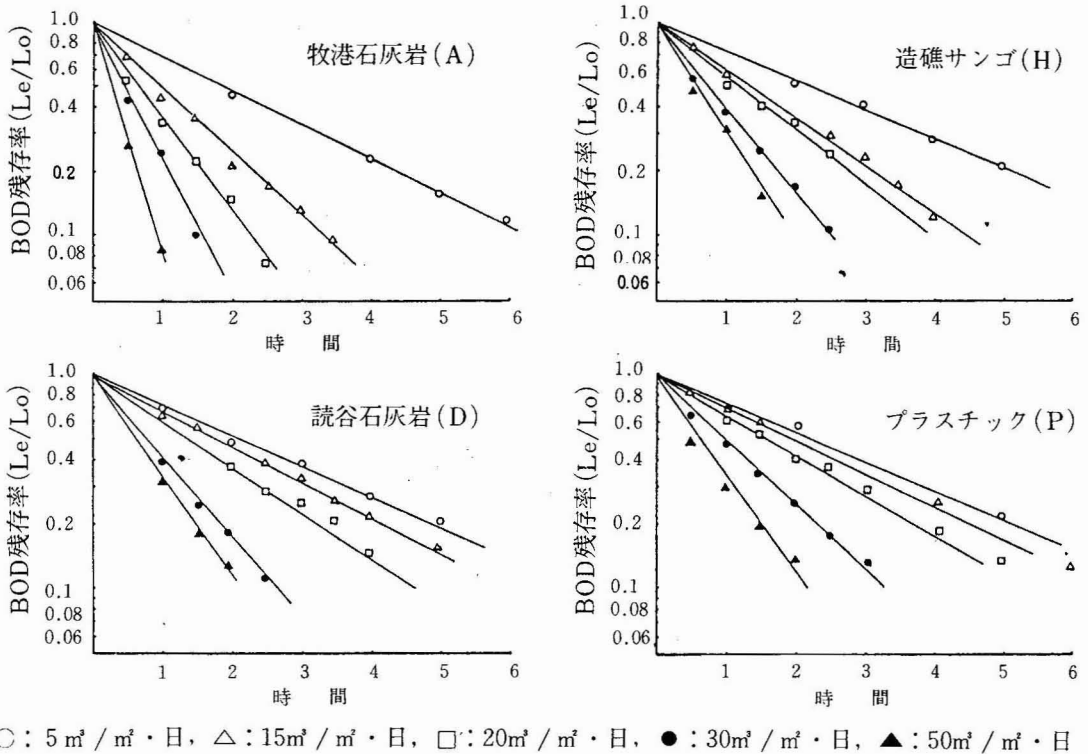
石灰岩、読谷石灰岩、造礁サンゴの各汙材間に顕著な差異はみられず、また対象のプラスチック汙材の場合は石灰岩汙材と比較して低い着成状態を示す傾向のあることがわかった。

2) 水量負荷と処理効率の関係

散水汙床法では、汙床の断面積当りに散水する水量(水量負荷という)が廃水の浄化機構上重要なパラメーターになる。

水量負荷を $5 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{日} \sim 50 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{日}$ の5段階に設定し、廃水のBOD値約 $1,000 \text{ mg}/\ell$ 、1日当りの処理水量を 3.7ℓ 、BOD負荷を $0.5 \text{ kg}/\text{m}^2 \cdot \text{日}$ に設定し、各汙材の処理機能の特性を評価した。図2.3に循環廃水のBOD残存率に及ぼす水量負荷の影響について経時的に調べた結果を示す。

(図2.3において、 L_0 は原廃水のBOD濃度、 L_e



○： $5 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{日}$ ，△： $15 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{日}$ ，□： $20 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{日}$ ，●： $30 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{日}$ ，▲： $50 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{日}$
 図 2.3 BOD残存率と処理時間の関係

は処理水のBOD濃度である)。

各汙材の水量負荷における廃水のBODは、処理時間の経過とともに対数的に減少し、また水量負荷の増加とともにBODは短時間で低くな

り、BOD除去速度は早くなる傾向にあった。

これらの結果から、いずれの汙材の場合もBOD除去は一次反応式で表わされることが示された。以上のように、回分式散水汙床法では、水量

負荷が高くなると単位時間当りの廃水の汙床通過回数が多くなり, したがって生物膜との接触は増加し, BOD除去速度が速くなると考えられた. 回分式散水汙床処理において, BOD除去反応式は, 次式により示される²⁾.

$$Le/Lo = e^{-KADQ^{1-n}V^{-1}t_r} \quad \dots\dots(1)$$

ここで

Le : 処理水のBOD (mg/l)

Lo : 原廃水のBOD (mg/l)

K(=kc) : 除去反応速度定数 (1/hr)

A : 汙床断面積 (m²)

D : 汙床の高さ (m)

Q : 水量負荷 (m³/m²・日)

V : 処理水量 (m³)

t_r : 処理時間 (hr)

n.c : 汙材の形状, 廃水の粘性に関係する定数

そこで(1)式での水量負荷Qの指数1-nを各汙材ごとに求め, BOD残存率と接触時間について検討した.

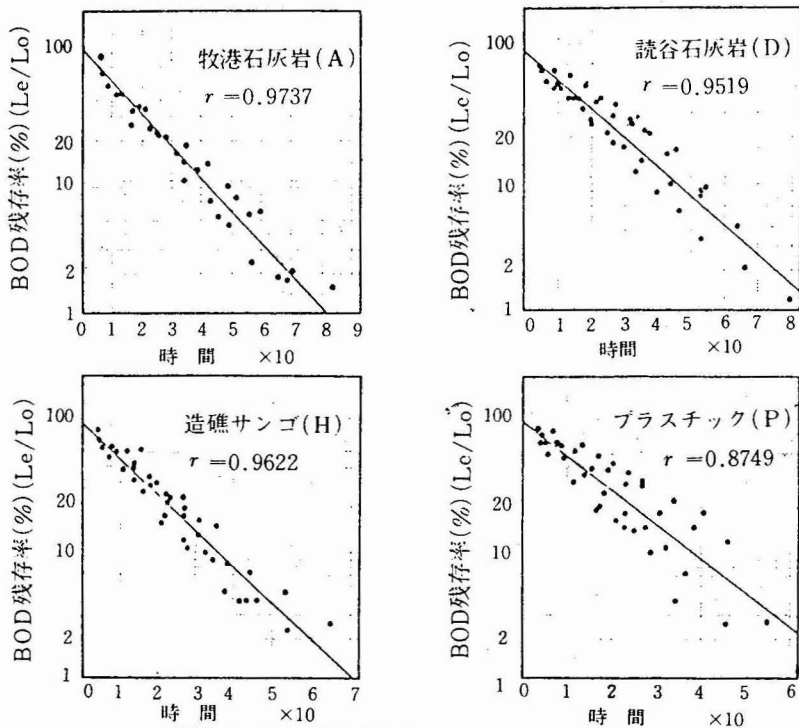


図2.4 BOD残存率(%)と接触時間との関係

図2.4は, 各汙材のQの指数1-nを前述のBOD除去反応式(1)式に代入してBOD残存率と接触時間の関係を示したものである. 各汙材ともほぼ直線で近似でき, (1)式のBOD除去反応式が成立することが示された.

各水量負荷におけるBOD除去率の変化を図2.5に示した. BOD除去率は20m³/m²・日以上負荷でほぼ平衡になった. このことから, 水量負荷は1日当り20m³以上の負荷を維持した場合, 廃水のBODの約99%以上の除去が期待できる.

3) BOD負荷と処理効率の関係

汙床単位容積当りに負荷するBOD量 (BOD負荷) は水量負荷とともに散水汙床の設計上

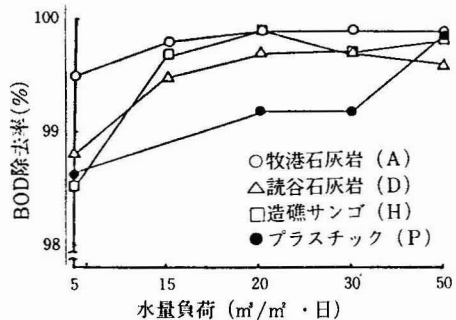


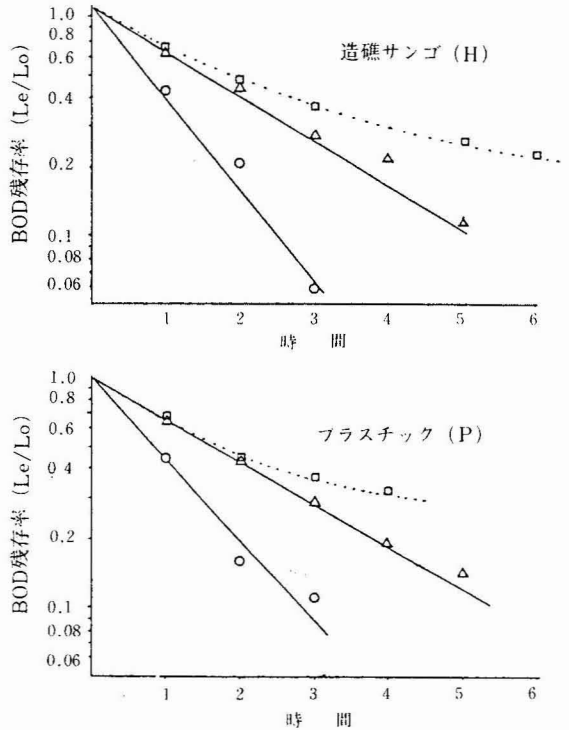
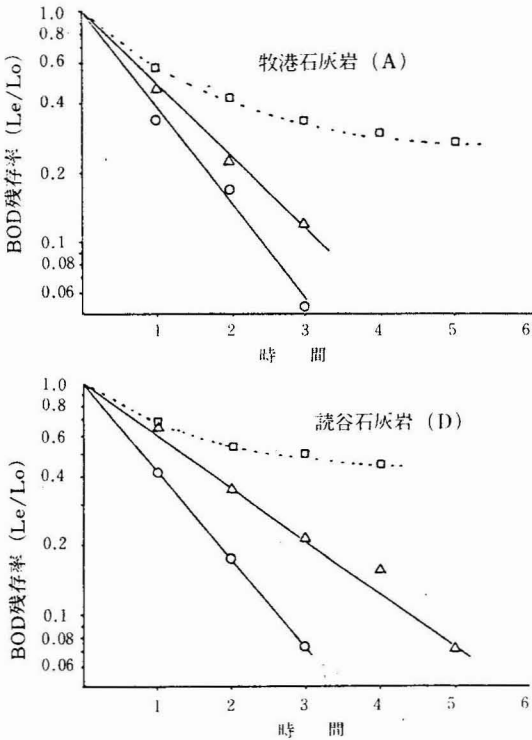
図2.5 各水量負荷におけるBOD除去率の変化

重要な項目である。

水量負荷を $20 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{日}$ に一定とし、BOD負荷を $0.5, 1.0, 2.0 \text{ kg}/\text{m}^2 \cdot \text{日}$ の3段階に設定して、

各汙材でのBOD負荷と除去効率との関係について検討した。その結果は図2.6に示す。

各汙材とも、BOD除去速度は、BOD負荷



○ $0.5 \text{ kg}/\text{m}^2 \cdot \text{日}$, △ $1.0 \text{ kg}/\text{m}^2 \cdot \text{日}$, □ $2.0 \text{ kg}/\text{m}^2 \cdot \text{日}$,

図2.6 BOD負荷とBOD残存率の関係

量の増加とともに遅くなる傾向がみられた。また、BOD除去は負荷 $1 \text{ kg}/\text{m}^2 \cdot \text{日}$ までは対数的に減少し、一次反応式で表わされるが、BOD負荷 $2 \text{ kg}/\text{m}^2 \cdot \text{日}$ では一次反応式に従わなくなり、BOD除去速度は極めて小さくなった。一般に廃水の回分式散水汙床処理でのBOD除去速度は廃水の初発濃度により影響を受け、初発濃度が高い場合BOD除去速度は小さくなることが知られている³⁾。このことは、回分処理法では処理開始時において、浄化に参与する微生物量に対し廃水中の有機物量が相対的に多いことによるといわれている³⁾。従って、本実験でのBOD負荷 $2 \text{ kg}/\text{m}^2 \cdot \text{日}$ の場合はこの理由によりBOD除去速度が遅くなっているものと考えられた。

以上の結果から、BOD負荷量にはある程度限界があり、石灰岩を汙材にした場合、BOD負荷は本研究での小規模汙床実験では、 $1 \text{ kg}/\text{m}^2 \cdot \text{日}$ 以下が適当であると考えられた。

3. 中間規模汙床実験

小規模汙床実験で、石灰岩汙材による合成廃水の浄化について種々のパラメーターについて調べ、良好な結果が得られた。本研究では、さらに中間規模実験装置で実際の工場廃水を対象に実験を行った。実験は(1)BOD負荷と処理効率の関係及び(2)強制通気と処理効率の関係に主眼を置いて行った。

実験方法

1) 実験装置

実験装置の概略を図3.1に示す。汙床本体は透明塩化ビニール樹脂製で、汙材の出し入れが自由できるように3分割した構造になっている。

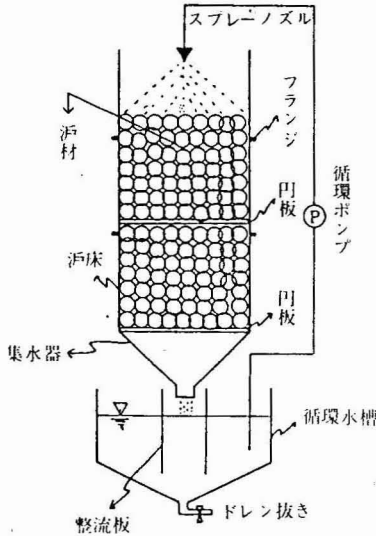


図 3.1 実験装置の概要

汙床の内径は56cm, 高さ1.50m, 実容積369ℓで、また循環水槽の実容積は150ℓである。

廃水は、汙床本体の直下に設置した循環水槽からマグネット式定量ポンプによって揚水し、汙床最上部に設置してあるノズルでほぼ均等に汙材表面に散水した。汙床本体を流下した廃水はロート状の集水器を経由して循環水槽で混合され、再び汙床上部に揚水される。また強制通気の実験の場合は小型ロータリーブローワーで汙床上部から通気を行った。

汙材として用いる石灰岩は前実験において生物膜の付着生成が良好で適当な強度を有し、また埋蔵量が多く安価で、比較的均一な形状で入手可能である等の条件から読谷石灰岩(D)を使用した。なお、汙材の平均粒径は約50mmの石灰岩を用いた。

2) 供試廃水

実験に供した廃水は大豆煮汁廃液を使用した。水質分析結果を表3.1に示す。本実験では、この廃液を適宜水道水で希釈して使用した。

表 3.1 大豆煮汁廃液の水質分析結果

外 観	黄 濁	
透視度 (cm)	2.5~19.0	
pH	6.18~6.48 (6.33)	
COD (mg/ℓ)	10,970~17,820 (15,480)	
TOC (mg/ℓ)	7,370~11,490 (10,230)	
BOD (mg/ℓ)	14,120~17,720 (15,930)	
SS (mg/ℓ)	5.3~875 (310)	
窒素 (mg/ℓ)	406~696 (579)	
リン (mg/ℓ)	94.5~238 (220)	
全蒸発残留物 (mg/ℓ)	16,869~29,900 (25,780)	
強熱残留物 (mg/ℓ)	2,210~4,817 (4,010)	
強熱減量 (mg/ℓ)	14,661~24,770 (21,760)	

備考 () 平均値

3) 生物膜の馴養

大豆煮汁廃液をBOD約500~1,000mg/ℓに調整したものを21日間循環散水して汙材に生物膜を付着生成させた。次いで、原水のBODを約1,000および2,000mg/ℓに希釈調整し、1日当りの処理水量を150ℓ、水量負荷は30m³/m²・日とし、BOD負荷は0.5および1.0kg/m²・日になるように設定し、20日間単位で負荷量を増す方法で処理実験を行った。

実験結果及び考察

1) BOD負荷と処理効率

各BOD負荷における処理水水質を表3.2にまた処理水のBODの変化は図3.2にそれぞれ示す。(なお、表3.2,表3.3の処理水の分析はSS以外は攪拌後、1時間静置した上澄水で行った。)

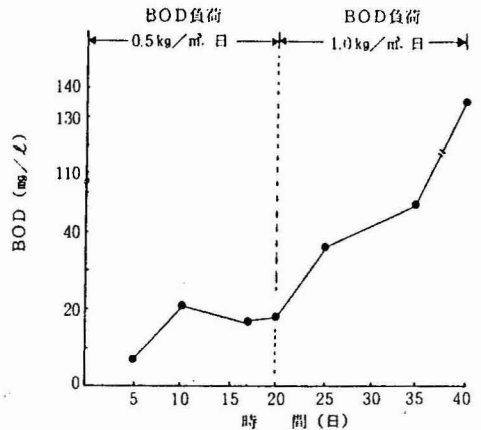


図 3.2 処理水のBOD変化

表3.2 各BOD負荷における22時間処理後の水質（最終）

項目	種別	水量負荷 $m^3/m^2 \cdot 日$		BOD負荷 $kg/m^3 \cdot 日$	
		30	30	0.5	1.0
		原水	処理水	原水	処理水
外観		淡黄濁	淡茶黄色	淡黄色	淡茶色
透視度 (cm)		6.0	14.0	30	5.0
pH		5.25	8.04	6.60	7.70
COD (mg/l)		879	51.7 (94.1)	2,286	137.0 (94.0)
TOC (mg/l)		640	17.0 (97.3)	1,491	127.0 (91.5)
BOD (mg/l)		1,040	18.3 (98.2)	2,440	138.0 (94.3)
SS (mg/l)		137	※ 624	35	※ 710
N (mg/l)		41.8	2.9 (93.1)	80	16.8 (79)

(備考) 除去率(%) ※ 攪拌直後の分析値

BOD負荷 $0.5kg/m^3 \cdot 日$ では、平均除去率98%の高い浄化結果が得られたが、さらに引き続き $1kg/m^3 \cdot 日$ の負荷に上げると処理水のBOD値は経日的に除々に高くなり、実験終了時では $138mg/l$ で、処理水質は悪くなった。また、BOD負荷 $1kg/m^3 \cdot 日$ では、処理期間を通して循環水槽内において著るしい発泡と腐敗臭の発生が観察された。この時点での循環水槽の溶存酸素(DO)は極めて低い値を示すことから、過負荷のため、極度の酸素不足をきたし、このことが、生物膜の嫌氣的腐敗を引き起こし、結果的に処理効率の低下を招いたものと考えられた。

2) 強制通気の実験と処理効率の関係

自然通気の実験で負荷 $1kg/m^3 \cdot 日$ の場合は低

い処理効率を示す結果が得られたので、さらに同負荷条件下で強制通気の効果について検討した。

通気方法は、汙床上部をアクリル板で覆いその中に送気管を挿入してコンプレッサーで汙床内に強制通気を行った場合の処理効率を検討した。

一般に廃水の好気性生物処理ではBOD $1kg$ あたり、 $60m^3$ の空気が必要とされている。そこで原水のBOD $2,000mg/l$ 、処理水量 $150l$ で処理時間22時間、また汙床断面積は $2,462cm^2$ とすると、必要空気量は $55mm/min$ となり、本実験ではこの通気量の約2~3倍の空気量を送気することとした。なお実験は12日間行った。その結果は表3.3に示す。

表3.3 強制通気における22時間処理後の水質（最終）

項目	通気量 (mm/min) 種別	102		143	
		原水	処理水	原水	処理水
外観		淡黄色	淡黄色	淡黄色	淡黄色
透視度 (cm)		30	5.0	30	9.0
pH		6.62	7.81	6.80	7.95
COD (mg/l)		2,324	100 (95.7)	2,209	59.5 (97.3)
TOC (mg/l)		1,391	82 (94.1)	1,322	71.0 (94.6)
BOD (mg/l)		2,400	112 (95.3)	2,005	70.2 (96.5)
※ SS (mg/l)		—	461	—	280

(備考) ※ 攪拌直後の分析値 () 除去率(%)

BOD除去率は、自然通気の場合に比べ明確な効果はみられなかった。従って 負荷 $1 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{日}$ における通気の有無は処理効率にほとんど影響を及ぼさないと考えられた。このことは、汙床の空隙率が約 50%と小さいことに原因があると考えられ、石灰岩を生物膜汙材として用いる場合、BOD負荷は $1 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{日}$ 以下に設定し、自然通気法で処理を行うことが経済的にも得策であると考えられた。

4. まとめ

小規模工場廃水の低廉で効率的な廃水処理技術を確立することを目的として、県内に賦存する琉球石灰岩を生物膜汙材に活用した。回分式散水汙床法による処理特性について検討し、次の結果を得た。

1. 生物膜特性

石灰岩の物理性状並びに生物付着試験を行い、次の結果を得た。

- 1) 石灰岩の物理性状は古生代結晶質石灰岩(本部石灰石)は硬度が高く、緻密であるのに対し、琉球石灰岩と造礁サンゴは軟質と硬質に分類され、また比較的的多孔質のことが多い。
- 2) 生物付着性は吸水率と関係し、一般に吸水率が高い石灰岩は生物付着性が良好である。

2. 小規模汙床実験

牧港石灰岩、読谷石灰岩、造礁サンゴ及びプラスチックを生物膜汙材に使用して、合成廃水を対象に小規模汙床実験を行い、次の結果を得た。

- 1) 生物付着性はプラスチック汙材より、石灰岩汙材が高い結果が得られ、また、各石灰岩汙材間に顕著な差異はみられなかった。
- 2) BOD除去は、ある濃度範囲内でBOD除去反応式 $Le/Lo = e^{-KADQ^{1-n} V^{-1} t^n}$ が成立する。
- 3) 水量負荷は、 $20 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{日}$ 以上で高い処理効率が得られる。
- 4) BOD負荷は $1 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{日}$ 以下が適当である。
- 5) 石灰岩等は耐久性に問題がなく、生物膜汙材として適当である。

3. 中間規模汙床実験

実際の工場廃水を対象に中間規模汙床実験を

行い、次の結果を得た。

- 1) BOD負荷は $0.5 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{日}$ で高い処理効率が得られるが、負荷 $1 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{日}$ では処理効率は低くなる。
- 2) 汙床内はBOD負荷 $0.5 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{日}$ では好気の状態を維持し良好であるが、負荷 $1 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{日}$ では長時間嫌気の状態になる。
- 3) 強制通気と自然通気の処理効率に顕著な差異はみられなかった。

なお、本研究は昭和61年度技術開発研究費補助金事業(単独研究)として行ったものである。

参考文献

- 1) 沖縄県環境保健部編、「環境白書」、沖縄県(1983)
- 2) 田代鉄人、松井安俊、山岸昂夫、公害資源研究所彙報、5-2, 49(1976)
- 3) 田代鉄人、山岸昂夫、松井安俊、益永秀樹、平井正直、田中稔、公害資源研究所彙報、7-3, 23(1978)