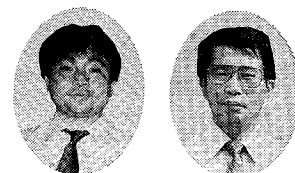


# 新型球状充填材の開発

## Aptitude Tests of Newly Developed Spherical Media at Anaerobic Bio Reactor (AB reactor)



(環)生産部 設計第3課 二  
浦 上 研  
Kenji Urakami  
(環)技術室  
栞 田 耕 平  
Kohei Masuda

A new plastic spherical packing media (HEC BALL) was developed for the use in anaerobic treatment. The HEC BALL was compared with other conventional media in strength and sludge settleability to and separability from the media. The comparison tests demonstrated the availability of the HEC BALL for commercial use. The HEC BALL is superior in sludge separability when packed at random and there is no problem in strength and settleability.

### まえがき

固定床式嫌気性反応槽用新型充填材の開発にあたり構造、形状に関する基本概念は次の条件を満足することであった。

- (1) 充填物表面と流体が一樣に効率よく接触できる形状であること。
- (2) 個体沈殿物が溜るようなデッドスペースを形成しないこと。
- (3) 汚泥の成長に伴って、目詰まりを生じるような狭い隙間を作らない。
- (4) 充填物が充填槽内で互いにかみ合わないこと。
- (5) 機械的強度が十分であること。
- (6) 製作が一回の金型開枠でできる構造であること。

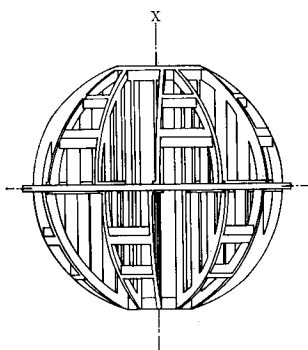
上記の事項を踏まえ、開発した充填材がヘックボール (High Efficiency Contact Ball の略で以下ヘックボールと呼ぶ。) であり、第1図に外形図を示した。

一方ヘックボールを実装置で使用した場合、性能的に要求される構造強度、汚泥付着状態および汚泥剥離状態を確認するため試験を行った。ほかの2種充填材についても比較のために同一の試験を行った。次にその結果を報告する。

### 1. 強度試験

#### 1.1 強度試験の目的と方法

ヘックボールが実装置の使用に耐え得るかどうかを、単体による強度試験と数個の充填材をランダム充填した場合の強度試験を行った。また評価対象として、現在使用している2種類の充填材 (V充填材, M充填材) について同様の強度試験を行った。



第1図  
ヘックボール外形図  
Fig. 1  
Configuration of HEC Ball

#### 1.1.1 充填材単体の強度試験

ヘックボールとその他2種類の充填材1個の強度を縦、横、斜めの方向から検討を行った。第2図に荷重条件を示す。強度試験には島津製オートグラフAG10TB形精密圧縮機を用いて、押し下げ速度10 mm/minとして行った。強度は降伏点強度 (残留ひずみはあるが、破壊まで到達しない強度) で比較した。

#### 1.1.2 数個の充填材をランダム充填した場合の強度試験

ヘックボールとその他2種類の充填材をそれぞれ480<sup>W</sup> × 480<sup>L</sup> × 700<sup>H</sup> mmの箱に詰め、上部に押え蓋をして強度試験を行った。第3図に荷重条件の例を示す。また強度の比較は単体の場合と同様、降伏点強度で行った。

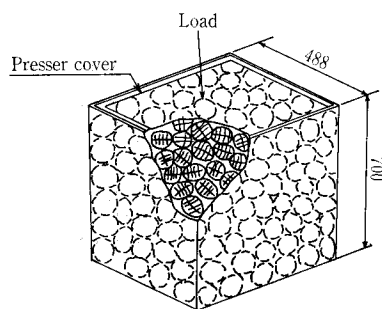
### 1.2 実験結果と考察

#### 1.2.1 強度試験結果

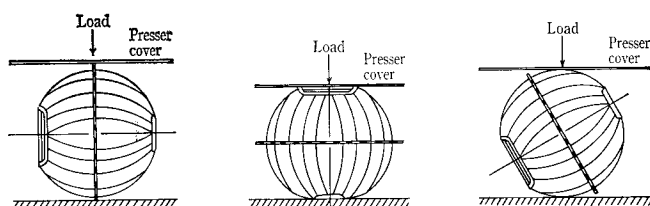
充填材単体の強度試験結果を第1表に、また数個の充填材をランダム充填した場合の強度試験結果を第2表に示す。

第1表および第2表より次のことが確認された。

- (1) 強度的にはM充填材が最も強く、V充填材、ヘック



第3図  
数個の充填材をランダム充填した場合の荷重条件  
Fig. 3  
Loading condition in the case of several units randomly filled



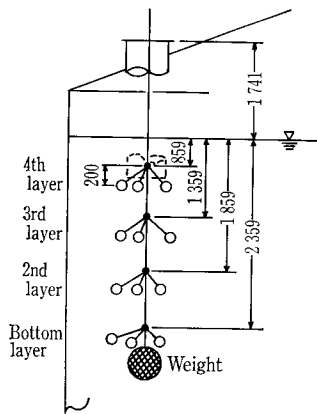
第2図 単体の荷重条件  
Fig. 2 Loading condition in the case of one unit

**第 1 表** 充填材単体による耐荷重試験  
**Table 1** Loading test of one unit of media

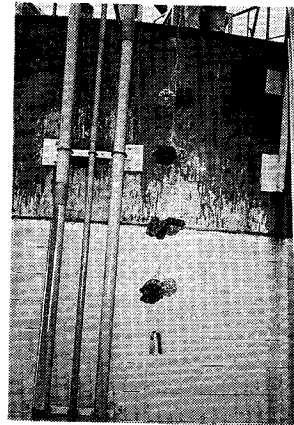
Type	Direction	Maximum load [kg]
HEC ball	Horizontal	55
	Vertical	65
	Oblique	36
M media	Vertical	490
	Horizontal	80
V media	Horizontal	190

**第 2 表** 数個の充填材による耐荷重試験 (488L×488W×700Hの箱に充填)  
**Table 2** Loading test of several units of media (Filled in a box measured 488L×488W×700H)

Type	Number	Maximum load [kg]	Compression rate at maximum load [%]	Recovery rate [%]	Remarks
HEC ball	80	1 300	32.0	56.0	1) No breakage 2) No engagement among media
M media	158	2 380	30.0	49.0	1) No breakage 2) Overall engagement among media
V media	47	2 600	24.2	46.5	1) No breakage 2) Some engagement among media



**第 4 図**  
充填材投入状況 (N社)  
**Fig. 4**  
Distribution of packing media in tank (N company)



**写真 1**  
N社充填前 ('89.2.8)  
**Photo. 1**  
Packing media before filling (N company)

ボールの順であった。

- (2) いずれの充填材も破壊することはなかった。
- (3) 圧縮後の復元率はヘックボールが最も大きくV充填材, M充填材の順であった。
- (4) 圧縮後の充填材同志の絡みは, ヘックボールでは全く認められず, V充填材では一部絡みが認められ, またM充填材では全体的な絡みが認められた。

上記の結果より, ヘックボールは充填材同志の絡みがないことから, 充填材によるブリッジの形状が起こりにくいと推定される。これは形状が球状であることに起因し, A, Bリアクターの充填材には適しているといえる。

### 1. 2. 2 充填材に要求される強度の検討

実装置に使用するための必要強度の確認を行った。

- (1) 充填材投入初期にかかる最大荷重は, 充填高さ 10 m の場合で, 約 420 kg/m<sup>2</sup> (付着汚泥のない場合) となる。
- (2) 充填材に汚泥が付着した場合の充填材にかかる最大荷重は, 槽内で水が存在する状態下では, 約 35 kg/m<sup>2</sup> (充填高さ 10 m) となる。
- (3) 汚泥が付着した状態で, 槽内が水抜きされた場合, 充填材にかかる最大荷重は, 約 5 000 kg/m<sup>2</sup> (充填高さ 10 m) となる。

一方ヘックボールの最小強度は, 第 1 表から, 1 m<sup>2</sup> 当り約 2 700 kg/m<sup>2</sup> となる。

すなわち, A, Bリアクターの運転時に異常事態が発生し槽内の水抜きを行う場合, 最大付着状態では完全に空にすることは強度面から困難であるが, その場合でも水深 5 m 相当の水抜きには耐えることができる。したがって, 通常の操作の範囲内では使用可能な強度として十分であることを確認した。

## 2. 汚泥付着試験

### 2. 1 付着試験の目的と実験方法

ヘックボールの汚泥付着状況をほかの 2 種類の充填材と比較して遜色ないかどうか確認するために, N社およびF社の実装置に充填材を投入して汚泥付着試験を行った。

#### 2. 1. 1 N社においての実験方法

各充填材を 4 個ずつ第 4 図および写真 1 に示すように充填材を投入した。槽底部から 1 段目, 2 段目, 3 段目, 4 段目とした。付着汚泥量の評価は各充填材の風袋重量を実装置に投入する前に測定し, 一定期間経過後に充填材を取り出し, 汚泥が付着した状態で充填材を計測して充填材 1 m<sup>3</sup> 当りの付着汚泥量を求めることとした。

#### 2. 1. 2 F社においての実験方法

N社での汚泥付着速度が非常に遅いため, F社においても同様の試験を行った。第 5 図に示すように水深のみが異なり, 他の条件はN社と同一にして, 充填材 1 m<sup>3</sup> 当りの付着汚泥量を求めた。しかし, 充填後 3 カ月で写真 2 に示すように充填材が閉塞状態となったため試験を終了した。

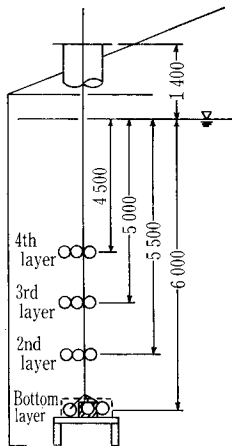
### 2. 2 実験結果と考察

N社およびF社において, 充填材 1 m<sup>3</sup> 当りの汚泥付着量 (湿潤重量) の確認を行った結果を第 3 ~ 5 表に示す。汚泥の付着状態は, 写真 2, 3, 4 に示す。表および写真より次の結果を得た。

- 1) N社において汚泥付着状況は, 写真 3 に見られるように 1 段目から 4 段目までのどの充填材も薄い膜が付着している程度であった。

10 カ月目によりやく 1 段目の充填材だけ既設の充填材と同程度の汚泥が付着した。

第 4 表から 1 段目の充填材で付着汚泥量の多い方から V 充填材, ヘックボール, M 充填材の順であった。



第5図 充填材投入状況 (F社)  
Fig. 5 Distribution of packing media in tank (F company)



写真2 F社充填後3ヶ月目の汚泥付着状況 (各段のヘックボール)  
Photo. 2 Deposit after three months (F company) (HEC ball at every layer)

第3表 単位体積当りの汚泥付着量 (N社) 「充填後3カ月」  
Table 3 Volumetrical deposit per unit volume (N company) (3 months after filling) Unit: g/m<sup>3</sup>

	V media [1 100/m <sup>3</sup> ]	M media [380/m <sup>3</sup> ]	HEC ball [591/m <sup>3</sup> ]
Bottom layer	9 900	8 360	5 910
2nd layer	17 600	7 980	8 865
3rd layer	19 800	13 300	14 184
4th layer	14 300	14 060	19 503
Average	15 400	10 925	12 116

第4表 単位体積当りの汚泥付着量 (N社) 「充填後10カ月」  
Table 4 Volumetrical deposit per unit volume (N company) (10 months after filling) Unit: g/m<sup>3</sup>

	V media [1 100/m <sup>3</sup> ]	M media [380/m <sup>3</sup> ]	HEC ball [591/m <sup>3</sup> ]
Bottom layer	203 500	137 560	158 388
2nd layer	20 900	10 260	13 593
3rd layer	3 300	5 320	8 274
4th layer	18 700	4 940	17 139
Average	61 600	39 520	49 349

2) F社における汚泥付着状況は、写真2に示すように、3カ月に充填材が閉塞状態となった。これは、槽に浮遊している汚泥を充填材内に取り込んで団子状になったのではないかと考えられる。

充填材内に取り込んだ汚泥も付着汚泥として考えれば、充填材1 m<sup>3</sup>当りの汚泥付着量が多い順からヘックボール、V充填材、M充填材の順であった。

上記より、ヘックボールは汚泥付着の点からも他の充填材と遜色はなく実装置に適応できると考える。

### 3. 汚泥剥離試験

#### 3.1 汚泥剥離試験の目的と実験方法

ABリアクターの性能上、汚泥によって充填材が閉塞状態となった場合、ガス逆洗で充填材に付着した汚泥が均一に剥がれることが必要である。そこで、N社およびF社において汚泥付着試験を行った充填材を用いて、ヘックボールとほかの2種類の充填材について剥離試験を行った。

##### 3.1.1 剥離試験方法

N社およびF社の汚泥付着試験に用いた充填材を第6図の実験装置に投入し、下部より空気を吹き込み逆洗を行った。

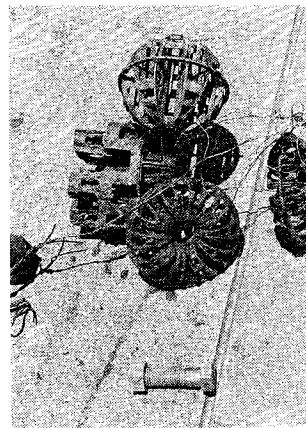


写真3 N社充填後6ヶ月目の汚泥付着状況 (1段目の充填材)  
Photo. 3 Deposit on media after six months (N company) (Media in bottom layer)

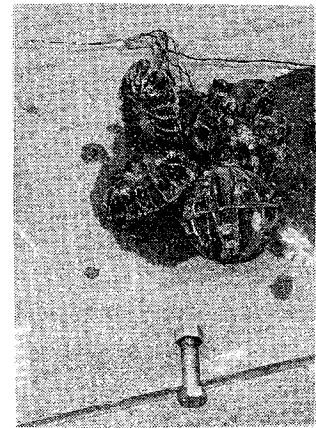
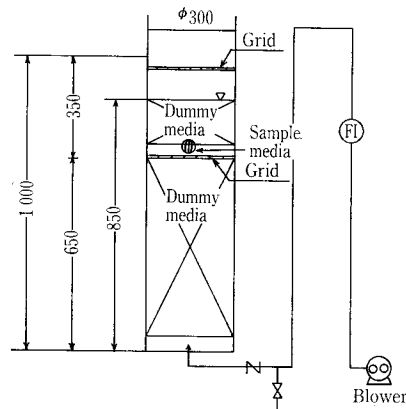


写真4 N社充填後10ヶ月目の汚泥付着状況 (1段目充填材)  
Photo. 4 Deposit on media after ten months (N company) (Media in bottom layer)

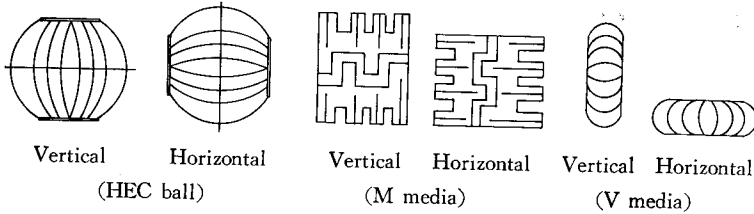
第5表 単位体積当りの汚泥付着量 (F社) 「充填後3カ月」  
Table 5 Volumetrical deposit per unit volume (F company) (3 months after filling) Unit: g/m<sup>3</sup>

	V media [1 100/m <sup>3</sup> ]	M media [380/m <sup>3</sup> ]	HEC ball [591/m <sup>3</sup> ]
Bottom layer	457 600	285 380	458 025
2nd layer	372 900	358 340	411 927
3rd layer	330 000	334 020	432 021
4th layer	306 900	359 100	432 612
Average	366 850	334 210	433 646



第6図 装置概略図  
Fig. 6 Specification of equipment

F社の充填材については、全段とも実験に可能なだけ汚泥が付着していたため、逆洗風量42 l/min・nozzleおよび



第7図 充填材の方向  
Fig. 7 Direction of packing media

第6表 充填材形状及びガスの逆洗流量に対する汚泥剥離率 (N社) 逆洗風量: 42( $\ell$ /min)  
Table 6 Arrangement of media and removal rate (N company) (at air backwash rate: 42  $\ell$ /min)

Type	Before backwash [g]	After 30 minute backwash [g]	Media weight [g]	Removal rate [%]
V media (Vertical)	196	101	40	60.9
M media (Vertical)	461	325	109	38.6
HEC ball (Vertical)	319	176	70	57.4

第7表 充填材形状及びガスの逆洗流量に対する汚泥剥離率 (F社) 逆洗風量: 42( $\ell$ /min)  
Table 7 Arrangement of media and removal rate (F company) (at air backwash rate: 42  $\ell$ /min)

Type	Before backwash [g]	After 30 minute backwash [g]	Media weight [g]	Removal rate [%]
V media (Vertical)	317	273	41	15.9
(Horizontal)	397	212	40	51.8
M media (Vertical)	705	580	107	20.9
(Horizontal)	841	762	107	10.8
HEC ball (Vertical)	666	354	71	52.4
(Horizontal)	657	400	71	43.9

70  $\ell$ /min $\cdot$ nozzle の2種類で充填材の縦方向および横方向について剥離試験を行った。充填材の縦方向および横方向については第7図に示す。逆洗時間は30 minとした。

N社の充填材は1段目のみが剥離試験が可能であったため、逆洗風量42  $\ell$ /min $\cdot$ nozzle で縦方向の1条件だけで試験を行った。

### 3.2 実験結果と考察

第6表にN社の充填材の剥離試験の結果を示し、第7表および第8表にF社の充填材の剥離試験の結果を示している。またN社およびF社の充填材について逆洗前および逆洗後の状態の1例を写真5, 6に示す。

剥離試験の結果、次のことを確認した。

- (1) N社およびF社の付着汚泥とも剥離率に関してヘックボールはV充填材とほぼ同一であり、M充填材に比べると明かに剥離率が大きかった。
- (2) ヘックボールは他の充填材に比べて充填材の方向による剥離率の差が小さかった。

ヘックボールは汚泥の剥離に関して、どの充填材よりも方向性による影響が少なく、かつ剥離率が大きいことよりランダム充填であるABリアクターには適している。

第8表 充填材形状及びガスの逆洗流量に対する汚泥剥離率 (F社) 逆洗風量: 70( $\ell$ /min)

Table 8 Arrangement of media and removal rate of sludge (F company) (at air backwash rate: 70  $\ell$ /min)

Type	Before backwash [g]	After 30 minute backwash [g]	Media weight [g]	Removal rate [%]
V media (Vertical)	342	221	41	40.2
(Horizontal)	275	108	41	71.4
M media (Vertical)	671	242	106	75.9
(Horizontal)	640	308	106	62.2
HEC ball (Vertical)	667	201	71	78.2
(Horizontal)	611	230	71	70.6

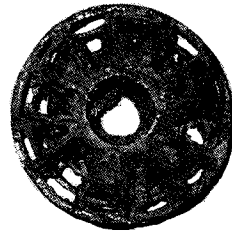


写真5  
N社充填材 (逆洗前)

Photo. 5  
HEC ball before backwash (N company)

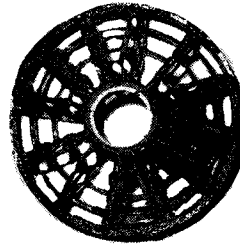


写真6  
N社充填材 (ヘックボール) 30分逆洗後

Photo. 6  
HEC ball after 30 minute backwash (N company)

### ま と め

新型球状充填材ヘックボールの強度、汚泥付着量、汚泥剥離率の面から性能確認した結果をまとめると次のとおりである。

- (1) 槽内に水張りを行った状態での運転には、ヘックボールは強度的に問題ないことが確かめられた。
- (2) 充填材同志の絡みが認められなかったことから、充填材によるブリッジの形成が起りにくいと推定される。
- (3) 1  $m^3$  当りの汚泥付着量は他の充填材と比較し、ほとんど変らなかった。
- (4) 汚泥の剥離に関しては、充填材の方向による剥離率の差が小さく、ランダム充填であるABリアクターの充填材としては適した構造である。

### む す び

以上の試験結果より、このたび実装置にヘックボールを利用することになった。

最後に、本稿の作成に当たり多大なご協力、ご支援を賜った、関係各位に深謝致します。