

# 間欠ばっ気型接触酸化装置

## Intermittent Aeration Type Biological Contactor

技術開発本部

村越英彦  
Hidehiko Murakoshi

Recently we have developed the intermittent aeration type biological contactor jointly with Kaiyo Industry CO., Ltd.

This equipment is capable of efficiently removing ammonia, odor, algae, etc. and is suitable for treating contaminated raw water for water supply system.

The intermittent aeration type has been proved to be more energy efficient with better treatment effect than does the continuous aeration type of biological contactor.

This paper introduces the outline of the equipment and treatment result of test plant.

このたび、当社は海洋工業㈱と共同で間欠ばっ気型接触酸化装置を開発した。本装置はアンモニア、臭気、藻類等をよく除去しており、汚濁した上水道の原水対策に適している。又、間欠式は連続式より省エネ型であり、処理効果もすぐれていることがわかった。

本稿では、装置の概要と処理実験を行なった結果の概要を紹介する。

### 1. ま え が き

最近おいしい水造りがよく話題になっている。これは水道水に異臭味の発生が頻繁に認められるようになったことや、有機塩素化合物の検出が認められ、その毒性が問題となったため、上水道の水源対策や浄水施設の処理フローの改善が叫ばれるようになってきた。

わが国では、これまで河川や湖沼から清浄な水を安易に得ることができたが、工業の発展と人口の都市集中化が進んだところでは水質汚濁や富栄養化が著しく進行し、そのため湖沼では藻類が繁殖し、これが水の味を変質させたり、有機塩素化合物の前駆物質を生成させる原因となっている。

また上水道源水中にアンモニアが増加するため、この処理に塩素をより多く使用し、いやな臭いを出し味を落す。そこで極力塩素を減らすことが要求されている。

悪化した原水対策には従来の薬品沈殿法に加えて活性炭がよく採用されるが、経済性に問題がある。一方浄水処理は大量の水処理であり、省資源、省エネルギー性が求められる。

薬品を使用せずに自然の浄化作用を利用した生物処理が脚光をあびるにいたっている。上水道における生物処理はアンモニア、藻類、臭気を除去対象指標としているが、なかでもハニカム法が優れていると言われる。今回、ハニカム法の特長をさらに発展させた間欠ばっ気型接触酸化装置を開発した。その概要説明と、湖沼の水について実験を行った結果を報告する。

### 2. 装置の概要

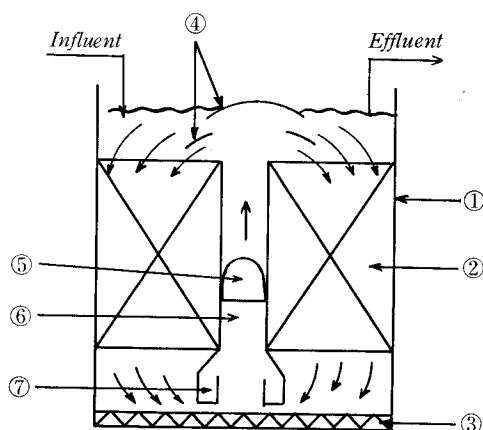
#### 2.1 原理

間欠ばっ気型接触酸化装置の原理は河川の浄化作用に着

目し、長大な川の流れによる処理の効果をコンパクト化したものである。ハチの巣状に集めた多数のチューブ（ハニカム）内面に生物膜を形成し、これに原水を繰り返し接触させて浄化させる方法である。原水中の有機物質や藻類は十分な酸素供給のもとで、このチューブ壁面に付着した微生物群と接触通過する際に吸着、酸化、分解される。

#### 2.2 装置の構成

本装置は第1図に示すように、処理槽、ばっ気機（間欠空気揚水筒）、充填材（ハニカム）より構成される。水槽内にハニカムを水没させて設置し、中心部に間欠空気揚水筒と水槽下部に空気逆洗装置を設備したものである。この間欠空気揚水筒は円筒下部より間欠的に空気泡を噴出させて槽底の水を揚水して表面に拡散させ、慣性力を働かせて脈動しながら順次槽内を循環させる。2段式水流変更板は円筒内を空気泡と共に上昇した水をハニカム表面に均等分散させる働きをしている。原水への酸素供給は、空気吹込み後さらにこの2段水流変更板に衝突し、飛散と表面拡散により空気を巻き込んで、効率よく行われる。ブロワーの風



- ① 処理槽 Basin
- ② 充填材(ハニカム) Filler
- ③ 逆洗装置 Back wash equipment
- ④ 2段式水流変更板 Double guide PL
- ⑤ 気泡 Bubble
- ⑥ 間欠空気揚水筒 Draft tube
- ⑦ 空気室 Air chamber

第1図 間欠ばっ気型接触酸化装置

Fig. 1 Intermittent aeration type biological contactor

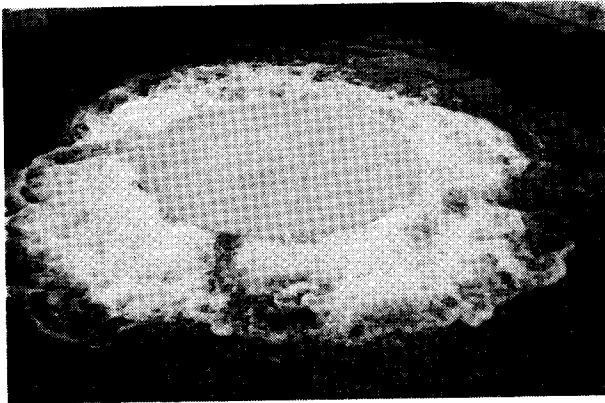


写真 1 運転状況  
Photo.1 Operating conditions

量を制御することにより、間欠ばっ気の間隔、槽内水の循環量（ハニカム内下向流速）を決めることができる。ハニカムは一定容積当り接触面積が大きくとれ、循環時における接触抵抗が少ない特色がある。なお、写真1に運転の状況を示した。

### 2.3 連続式処理との比較

連続式処理は原水へ連続してばっ気することにより、酸素供給と循環を行わせる方式である。これに対し間欠ばっ気は次のような相違点がある。

(1) 従来の連続式処理に比べて、同一ばっ気風量に対し揚水量が多くその分ハニカム内の下向流速が速くなり処理効果が優れている。また同一風量に対し揚水量が多いことは省エネルギーとなる。

第 1 表 実験装置の仕様  
Table 1 Pilot plant design specification

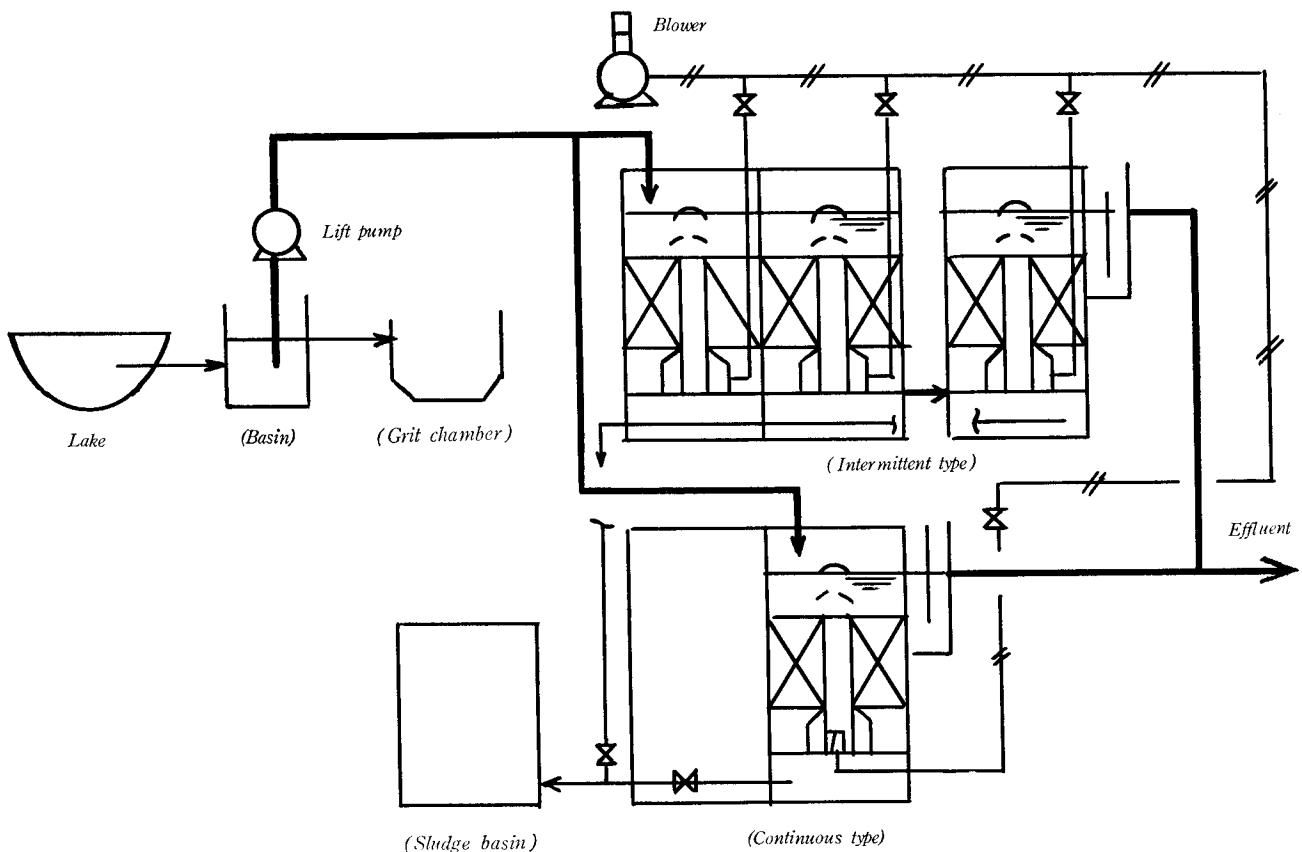
処理方式	間欠式処理	連続式処理
処理槽	3槽	1槽
槽構造	1m <sup>2</sup> ×4m <sup>H</sup> SS製	同左
槽容積	4m <sup>3</sup> ×3槽	4m <sup>3</sup> ×1槽
充填材	ハニカム 13m/mセル	同左
充填容量	2.5m <sup>3</sup> ×3槽	2.5m <sup>3</sup> ×1槽
ばっ気装置	筒径 200mmφ×2750mm	同左
ブローア	0.4m <sup>3</sup> /分×0.75kW×0.45kg/cm <sup>2</sup>	

(2) 従来の連続式処理はハニカム内の循環流速が不均一となり易く、ハニカム全体での処理が困難である。一方本処理装置は2段式水流変更板により均等分散が得られるためハニカム全体で有効に処理ができる。

(3) 従来の連続式処理は、水の浄化の度合によりハニカムの壁面に付着した生物膜が肥大化し、目詰り閉塞を起すため逆洗装置を取り付け定期的に空気を送り強制的に逆洗剥離が必要であるが、本処理装置ではハニカム内を循環する脈動効果が適度なショックとなり生物膜の剥離を促進させるため逆洗の頻度が少なく、目詰りが起りにくい利点がある。

### 3. 実験装置の概要

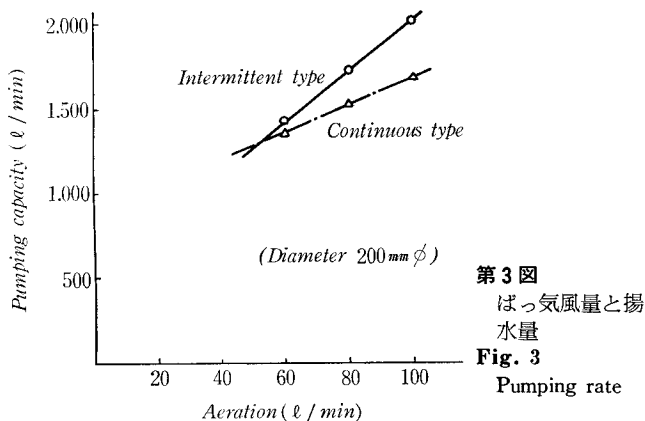
実験装置のフロシートを第2図に示す。本実験ではハニカム接触酸化槽を4槽使い、3槽を間欠式処理、1槽を連



第2図 実験装置のフロシート  
Fig. 2 Flow diagram of pilot plant

第2表 実験条件  
Table 2 Operating parameters

項目	内容
処理水量	3.5m <sup>3</sup> /h
ばっ気風量	3.6m <sup>3</sup> /h, 槽
水量負荷 (ハニカム当り)	0.47~1.4m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> , h
滞留時間	1~3 h



第3図  
ばっ気風量と揚水量  
Fig. 3  
Pumping rate

続式処理の2種を行った。原水は湖沼から取水し原水ポンプにより、ポンプアップしそれぞれの処理槽へ供給される。間欠式処理では第1槽の処理水が第2槽、第3槽と順次処理され流出する。連続式は第1槽の処理で流出する。第1表に実験装置の仕様を示す。槽容積、使用した充填材、揚水筒(ばっ気筒)の形状は全て同一とし、空気の噴出の方法を間欠式と連続式に相違させた。ブローヤから送られた空気はばっ気機を通じて水中に酸素を供給すると共に槽内水の循環の動力となる。

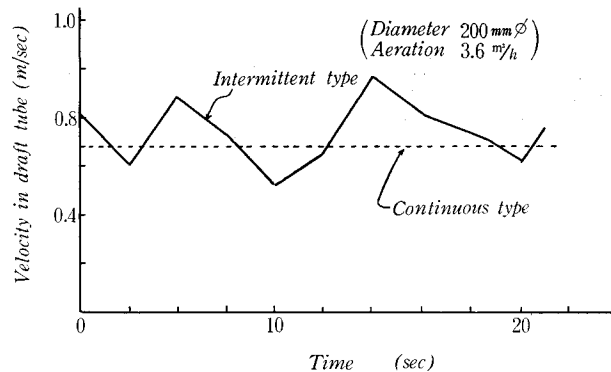
#### 4. 実験条件と方法

実験は、間欠式と連続式の比較のため、ばっ気機性能と、アンモニア性窒素の処理効果を調べ、次いで第2表に示す実験条件で比較的長期間にわたり、間欠式の処理効果を調べた。本実験の場合、原水中の溶存酸素濃度は飽和状態にあるので、撹拌に必要な空気量として3.6m<sup>3</sup>/hに設定した。実験中の分析項目はアンモニア性窒素、臭気濃度、藻類とし、採水条件は原水および間欠式での各槽の処理水を同時に行なった。又、連続式と間欠式の比較はアンモニア性窒素のみとし、原水および間欠式第1槽と連続式槽の処理水にて行なった。分析法は上水試験方法に基いて行なった。逆洗排泥は、間欠式と連続式の比較実験では同一条件で行った。

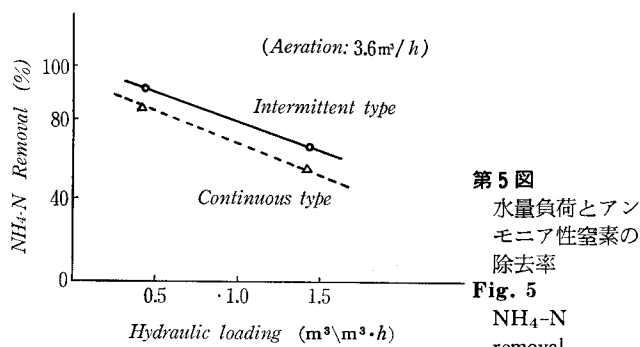
#### 5. 実験の結果と考察

##### 5.1 ばっ気機性能の比較

間欠式ばっ気機と連続式ばっ気機の性能比較するため揚水筒内の流速を測定し、揚水量を求めた。第3図にばっ気風量と揚水量の関係を示す。これから分かるようにばっ気風量が一定以上になると間欠式の揚水量が多くなり、連続式より揚水効率が優れている。次に第4図に揚水筒内の流速分布を示す。間欠式は一定のサイクルで流速に変化があり、脈動効果が見られるが、連続式では一定の流速である。連続式に比べ揚水量が多いことは間欠式が省エネ型で



第4図 ばっ気筒内流速変化  
Fig. 4 Velocity curve in draft tube



第5図  
水量負荷とアンモニア性窒素の除去率  
Fig. 5  
NH<sub>4</sub>-N removal

ある事を示す。また、脈動効果は処理における生物膜の剥離を促進させる役割をはたすことになる。

次に間欠式と連続式の処理効果を比較した。第5図に水量負荷とアンモニア性窒素除去の関係を示す。結果は間欠式が優れている。このことは同一ばっ気風量に対し揚水量が多く、充填材を流れる下向流速が速くなり、生物膜と接触する回数が多くなるため、除去率が良くなっている。

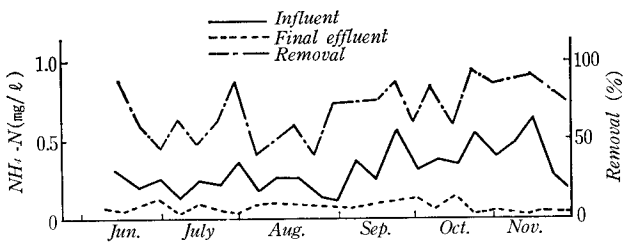
##### 5.2 間欠式の処理効果

第6, 8, 12図に水質の径日変化を示す。実験は6月から11月まで行った。水温は原水および第1槽から第3槽までの処理水共ほとんど変わらず、6月から10月まで20°C以上あり11月に入り平均して10°Cまで低下した。実験に当り新しい充填材を使用したため、通水後1か月程生物膜の付着形成を待った。生物膜は次第に形成され処理効果が表われた。実験期間中の原水アンモニア性窒素の濃度は0.65から0.07 mg/l, 平均して0.29 mg/lであり、第1槽処理水は平均0.12 mg/l, 第2槽は0.09 mg/l, 第3槽は0.07 mg/lであった。原水の臭気濃度は299から22まで、平均して84であり、処理水は第1槽は30, 第2槽19, 第3槽15であった。藻類は原水の個体数が4,000個から108,500個まであり、処理水は第1槽が200個から19,900個, 第2槽が190個から8,500個第3槽が70個から7,500個までであった。

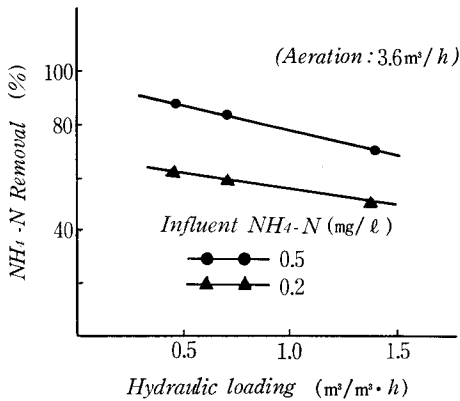
##### 5.3 アンモニア性窒素の除去

生物膜処理はアンモニア性窒素をよく硝化することが知られている。  
$$\text{NH}_4^+ + \frac{3}{2}\text{O}_2 \rightarrow \text{NO}_2^- + \text{H}_2\text{O} + 2\text{H}^+$$
  
$$\text{NO}_2^- + \frac{1}{2}\text{O}_2 \rightarrow \text{NO}_3^-$$

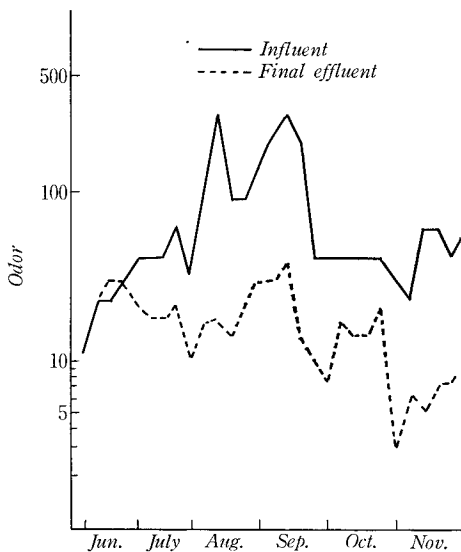
アンモニア性窒素の硝化にはpH、水量負荷(滞留時間)、必要空気量(充填物の下向流速に影響)に関係するが、本実験では第6図に示す通り原水のアンモニア性窒素の濃度



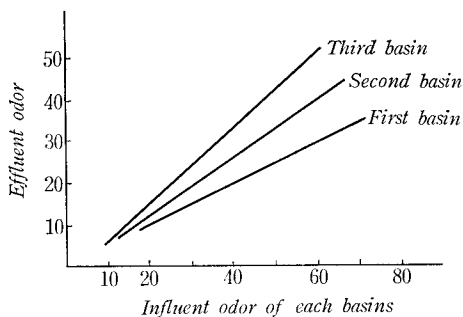
第6図 アンモニア性窒素  
Fig. 6  $\text{NH}_4\text{-N}$  observations



第7図  
アンモニア性窒素除去率  
Fig. 7  
 $\text{NH}_4\text{-N}$  Removal vs. hydraulic loading



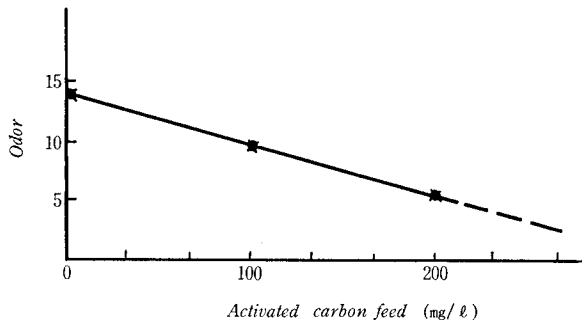
第8図  
臭気濃度  
Fig. 8  
Odor observations



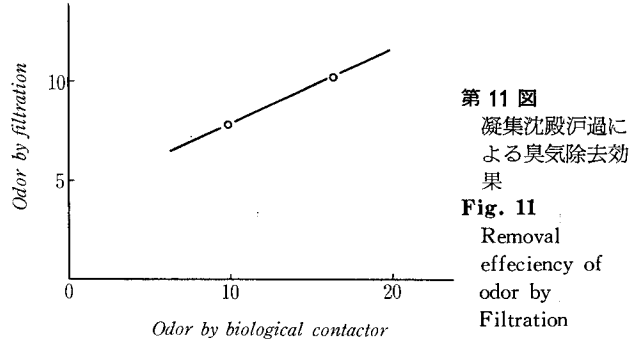
第9図  
各槽処理水の臭気濃度  
Fig. 9  
Odor of each basins

は大きく変動したが第3槽処理水の平均除去率は73.4%と良好であった。

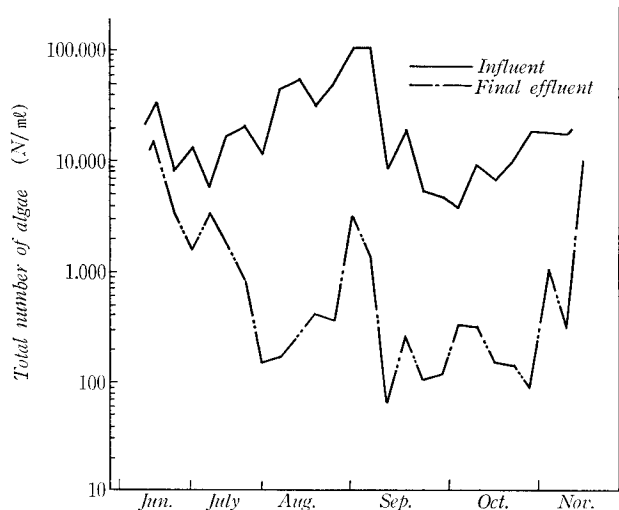
第7図に水量負荷とアンモニア性窒素除去率の関係を示す。原水濃度が0.5mg/l, 0.2mg/lの場合についての関係を示した。この図から分るようにアンモニア性窒素の除去



第10図 活性炭注入量と臭気濃度  
Fig. 10 Activated carbon feed vs. odor



第11図  
凝集沈殿汚過による臭気除去効果  
Fig. 11  
Removal efficiency of odor by Filtration

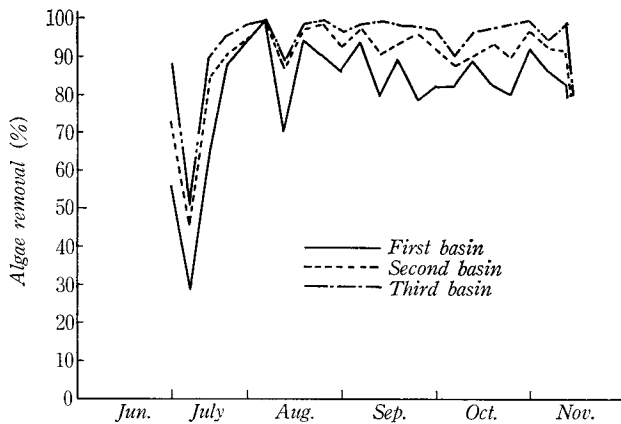


第12図 藻類の総数  
Fig. 12 Total number of algae

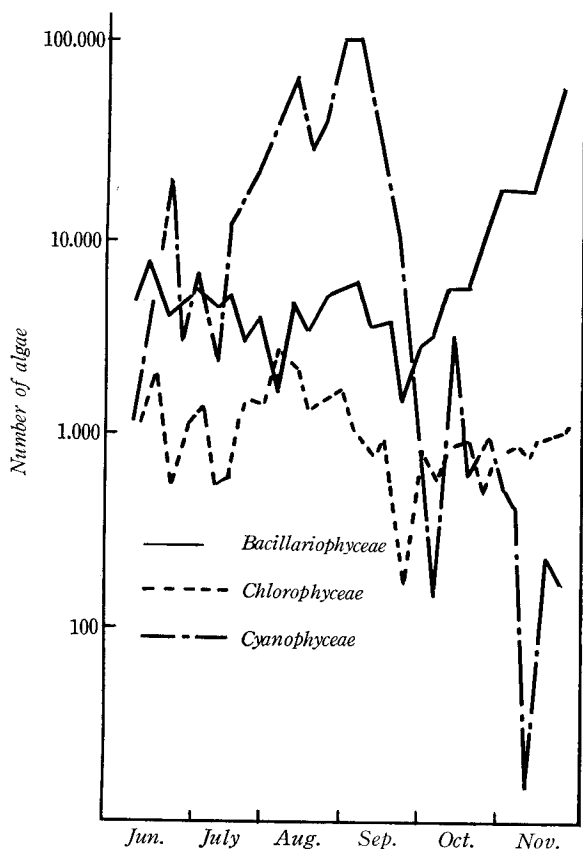
率は水量負荷と原水濃度によって大きく影響される。水量負荷が小さくなる程、又同じ負荷条件でも原水濃度が高い程、除去率は向上するので、目標とする処理水に合せて負荷の設定が必要となる。

#### 5.4 臭気の除去

実験期間中の臭気濃度は第8図に示したが、第9図は間欠式処理槽の流入と流出水(処理水)ごとに臭気濃度を示した。原水臭気濃度が60の時は、第1槽、第2槽、第3槽の処理水はそれぞれ平均して30, 20, 15となり、臭気物質が良く除去されることがわかる。一般的に臭気濃度を低下させるために活性炭がよく用いられるが、一例としてジャーテストによる活性炭注入と臭気濃度の関係を第10図に示す。これから分るように臭気濃度を低下させるためには、活性炭の注入量が増大し、経済的に限度がある。そこで活性炭を削減するために間欠式接触酸化処理に期待がもたれる。第11図は間欠式処理水を凝集沈殿汚過(今回ジャーテスト



第13図 藻類の除去率  
Fig. 13 Algae removal



第14図 原水中の種類別藻類数  
Fig. 14 Number of algae in influent

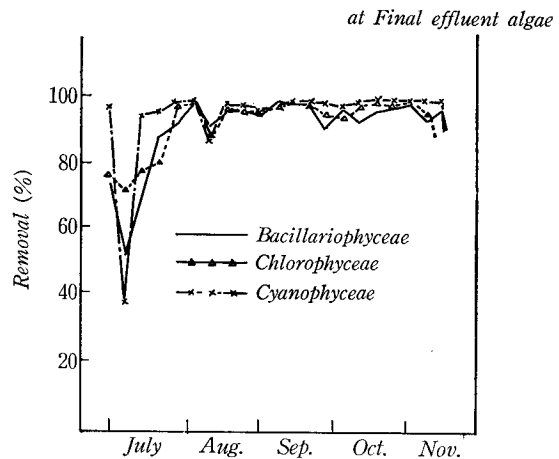
トによる処理に替えた) 後の臭気濃度を示した。原水の臭気濃度を低減させるには、第9, 11図の関係を使い、原水の臭気濃度と処理水(凝集沈殿後)の目標臭気濃度に合せて間欠式処理の負荷を決めることができる。本実験では原水臭気濃度が50の場合、間欠式処理の第3槽で約10程度まで低減させ、凝集沈殿後工程で、7から8程度まで低下させることが可能である。

### 5.5 藻類の除去

藻類を含む原水は浄水工程において砂濾過継続時間を短縮するだけでなく、水に臭味を付ける原因となる。実験期

第3表 藻類総数の除去率  
Table 3 Total number of algae removed

処理水槽	7月~11月(%)	(平均)	8月~10月(%)
第1槽	27.4~99.6	(78.6)	83.2~89.8
第2槽	45.2~99.6	(86.7)	91.0~95.3
第3槽	50.0~99.6	(91.5)	96.2~96.9



第15図 種類別藻類の除去率  
Fig. 15 Algae removal

間中の藻類総数は第12図に示した通りである。藻類は季節や環境によってその繁殖する種類は異なるが、期間中、原水の藻類総数は大きな変動をしていない。第13図、第3表に各槽ごとの除去率を示す。除去効果は夏期水温の高い時期に高い除去率を示しており、実験期間の平均でも第1槽、第2槽、第3槽の除去率は70%以上、80%以上、85%以上の良好な値を示している。次に第14図に原水中の代表的な藻類について種類別個体数を示す。期間中平均して、藍藻類と珪藻類が圧倒的に多く、緑藻類が非常に少ない。季節的には夏から秋にかけて藍藻類は *Microcystis* と秋から冬にかけて珪藻類は *Cyclotella* の異常発生が見られた。またこのような原水に対して、第15図に種類別藻類の除去率を示した。これらの結果を見ると、一般的にかび臭の源と言われている藍藻類の除去効果が最も優れ、期間平均して第3槽での除去率は96%以上と高い値を示している。それに比べ珪藻、緑藻は若干劣っているが全般的に高い除去率を示している。この様に間欠式処理は優れた藻類の除去効果を発揮するので、浄水処理工程における前処理設備に有効である。

### 6. むすび

水道水源の水質汚濁に対しては貯水池のぼっ気、浄水場では薬注、オゾン、活性炭処理等水質改善に大きな努力がはらわれているが、水道水の安全性を確保しながら経済的にも安く、取り扱い易い浄水設備が望まれる。生物膜処理においてもハニカム法、回転円板法、流動床法等があるが、このたびの間欠ばっ気型接触酸化装置の実験結果ではアンモニア、臭気、藻類共よく除去されていた。本装置は従来のハニカム法をさらに発展させたものと確信しており、今後のおいしい水造りに役立つものと期待している。