

氏 名	原 田 正 光
授 与 学 位	工 学 博 士
学位授与年月日	昭和63年10月12日
学位授与の根拠法規	学位規則第5条第1項
研究科, 専攻の名称	東北大学大学院工学研究科 (博士課程) 土木工学専攻
学位論文題目	ハニコームチューブによる水道原水の生物処理に 関する研究
指 導 教 官	東北大学教授 佐藤 敦久
論文審査委員	東北大学教授 佐藤 敦久 東北大学教授 首藤 伸夫 東北大学教授 野池 達也

論 文 内 容 要 旨

第1章 総 論

近年、河川、湖沼あるいは貯水池における水質汚濁が進行し、従来からの凝集沈澱・急速砂ろ過という処理法だけでは、悪化した原水を処理するうえでその対応が困難になりつつある。そこで、活性炭やオゾンなどを用いる物理化学的処理の導入が試みられているほか、微生物による水質浄化能を応用した生物学的処理法を前処理として用いる研究が各地で行われており、注目を集めている。

本研究のテーマとなっているハニコーム式接触酸化処理法とは、ハニコームチューブという硬質塩化ビニル製のろ材を用いて、そのろ材上に微生物の集合体である生物膜を付着させ、これによって原水中の不純物の除去を行う、生物学的処理法のひとつである。

本法を浄水操作の前処理として導入する場合、水道において問題となる汚濁物質に関する処理性能を把握する必要があり、そのうえ効率的な処理を行うための槽内攪はん方式や滞留時間に関する最適な運転条件の選択が必要となる。また、生物処理は対象とする原水水質及び運転条件によって形成される生物膜による処理であり、槽内汚泥の蓄積と処理性能とは密接な関係がある。このため、槽内汚泥の管理を行い処理性能の向上を図るうえで、槽内汚泥の蓄積状況及びそれが処理性能に及ぼす影響を把握する必要がある。更に、それぞれの除去対象物質に対して効果的な処理を行ううえで、処理槽内部における処理の機構に着目し、除去において生物膜あるいは沈澱物が果たす役割を

明確にする必要がある。

これらの点を踏まえて、本研究においては、ハニコム式接触酸化処理の①処理性能と運転条件、②処理槽内汚泥収支、③処理の機構についての現場実験、更にはそのデータの解析を通して、本法を浄水の前処理として導入する場合の有効性に関して検討を行った。

第2章 既往の研究

水道において水道水源の汚濁が原因となって起こる障害として、原水中の懸濁物質、アンモニア性窒素、界面活性剤の増加による浄水操作上の問題、トリハロメタンによる健康上の問題、異臭物質による不快感の問題等がある。

このため、ハニコム式接触酸化処理に関する試験研究が、各地の水道事業体で行われている。しかしながら、これらの試験研究においては、水温や原水水質の季節変化が激しく、短期間の運転では処理性能の正確な評価ができない、あるいは原水水質、処理施設の構造及び運転条件が互いに異なるので結果の相互比較が難しい等、更に検討する余地が残っている。また、これらの試験研究においては除去率を用いた処理性能の評価が中心で、処理槽内で起こる現象の説明は殆ど見られないのが現状である。

第3章 処理性能及び運転条件に関する研究

水道におけるハニコム式接触酸化処理の処理性能を調べその有効性を検討すると共に、攪はん方式や滞留時間など運転条件が処理性能に及ぼす影響を調べ最適な運転方法の検討を行うことを試みた。そのため、釜房湖及び霞ヶ浦という形成、湖盆形態及び汚染の程度など性格が異なる2つの水源を対象として、大きさ及び形状において同一の実験装置を設置し、同一の運転方法で現場実験を行った。

実験は、両湖畔に図1に示す実験装置をそれぞれ12台設置し、表1に示す運転条件で概ね1年間運転を行い、この期間中1週間に1回の頻度で流入水と流出水の水質を調査するという方法を用いた。

水質調査の結果から、懸濁物質、アンモニア性窒素及び臭気の除去には効果的であるが、炭素系有機物の除去はあまり期待できないことが示された。また、調査結果をもとにした運転条件の比較から、水道におけるハニコム式接触酸化処理では、機械攪はんのみでも十分処理が可能であること、槽内の攪はん及び生物膜は本法が浄水の前処理という性格上必要であること等が示された。このほか、処理槽内の循環を考慮に入れた設計因子

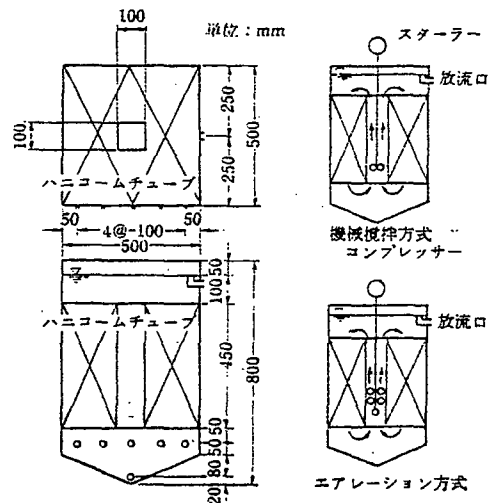


図1 実験装置

として接触面積水量負荷を定義し、釜房湖及び霞ヶ浦において各々 2.8×10^{-2} 、 $6.9 \times 10^{-1} \text{ m} \cdot \text{day}^{-1}$ で運転を行うのが効率的であることが示された。

表 1 運転条件

攪はん方式	滞 留 時 間			
	1hr	2hr	4hr	8hr
機械攪はん	M 1	M 2	M 4	M 8
エアレーション	A 1	A 2	A 4	A 8
上向流	U 1	-	-	U 8
単純エアレーション	S 1	-	-	S 8
処理水量[l・日]	4200	2100	1050	525
水量負荷[l・m ² ・日]	248	124	62	31

第 4 章 処理槽内汚泥収支に関する研究

第 3 章で得られた現場実験の結果と同時に行った付着生物膜量及び沈澱物量の調査結果をもとにして、処理槽内の汚泥収支を考へて釜房湖と霞ヶ浦との比較及び両湖における運転条件の比較を通して槽内汚泥の消長に関する検討を行うと共に、懸濁物質あるいは溶存有機物の除去に関して槽内汚泥収支の側面から考察を行った。また、懸濁物質の除去のみを考察するために、処理槽内で分解の起こらない実験系を準備して、短期間の槽内汚泥収支を検討した。

実験は、釜房湖及び霞ヶ浦において第 3 章の実験と並行して、2 ヶ月周期の実験を 2 回行い、その期間中付着生物膜量をテストピース法及びハニコム洗浄法により、また沈澱物量を槽内洗浄法により求めた。更に、槽内汚泥の活性を調べるために、有機物量の目安である V S S 及び溶存酸素消費速度を求めた。また、千五沢ダムにおいても同様の方法で 2 週間の汚泥収支実験を行った。

槽内汚泥量の調査から、処理槽内における付着生物膜及び沈澱物を形成する要因として、原水中の懸濁物質及び溶存有機物の影響がかなり重要であることが示された。槽内汚泥収支による検討から、釜房湖の場合は流入物から付着物あるいは沈澱物への転換率は概ね一定の値を示し、残りの抑留物は槽内において分解消失すること、霞ヶ浦の場合は流入量に見合うほどの分解は起こらず、抑留物が沈澱物として残存する傾向にあること等がわかった。更に、分解が起こり易い処理槽では溶存有機物の溶出により、その除去率の低下が起こることも示された。また、分解のない実験系における槽内汚泥収支実験から、ハニコムチューブによる整流沈澱効果は自然沈澱効果と大差はないが、付着において生物膜がかなり重要であることがわかった。

第 5 章 処理の機構に関する基礎的研究

懸濁物質とアンモニア性窒素に関して処理槽内における物質収支を考へ、生物膜、沈澱物あるいは懸濁物質の影響が評価できる実験系を用いて現場実験を行い、それらの除去において槽内汚泥が果たす役割について検討を行った。また、天然のカビ臭物質であるジメチルイソボルネオールを用いた処理実験により、生物膜によるカビ臭除去能の検討を行った。

物質収支式における定数を求めるために、懸濁物質に関する実験では付着と沈澱が評価できる実験系を、アンモニア性窒素に関する実験では生物膜、沈澱物及び懸濁物質による摂取が評価できる実験系を作成し、各々の実験系において回分実験を行った。

懸濁物質に関する物質収支実験から、S S と藻類ではその除去の挙動が異なり、S S が沈澱と付着による除去であるのに対して、藻類の除去は付着によるところが大きいことが示された。また、

アンモニア性窒素に関する物質収支実験から、生物膜がアンモニア性窒素の除去に及ぼす効果は大きいですが、沈澱物からの溶出により処理槽全体としては処理性能が低下することが示され、アンモニア性窒素の除去率向上のためには沈澱物の速やかな排出を行う必要があることがわかった。このほか、天然由来の低濃度のジメチルイソボルネオールが生物膜によって効果的に除去されることが示された。

第6章 結 論

ハニコーム式接触酸化処理を前処理として用いれば、原水中の懸濁物質及びアンモニア性窒素が5割程度除去されるため、凝集剤及び塩素などの薬品量の軽減が可能となる。また、臭気の除去においても効果的であるため、活性炭等に費やされる経費の節約ができる。また、本法は水道においてはエアレーションを行わずに機械攪はんのみでも運転が可能であるため、動力コストをあまり必要としない。しかしながら、本法は、物質収支による考察からも明らかになったように、沈澱物からのアンモニア性窒素の溶出という問題が残り、沈澱物や速やかに排出するなどの配慮が必要となる。

水道において、今後益々原水水質の汚濁が予想される。そのような状況下において、既存施設の前処理としての自然の浄化作用を応用したハニコーム式接触酸化処理の導入は、原水水質の悪化による浄水操作の困窮化を克服し、安全でおいしい飲料水を低コストで供給できる有効な手段のひとつとなるであろう。

審査結果の要旨

近年、わが国においては河川、湖沼における水質汚濁が進行し、もはや在来の浄水方法のみでは対応しきれなくなり、さらに別途の方法を組み込む必要が生じてきた。微生物の浄化作用を応用したハニコムチューブ式接触酸化処理法はその一つで、既存施設の前処理として注目を集めている。本論文は現場実験をもとに、ハニコムチューブ式接触酸化処理の処理性能および処理機構について検討を加えたもので、全編6章よりなる。

第1章は総論であり、研究の背景と目的について述べている。

第2章では、除去対象となる主な水質項目についてまとめるとともに、本処理法に関する既往の研究ならびに運転実績について問題点を整理している。

第3章は、長期間にわたる釜房湖および霞ヶ浦での現場実験をもとに、本処理法の処理性能ならびに最適運転条件について考察したものである。本法により懸濁物質、アンモニア、臭気の除去が効果的に行われること、攪はん方式として曝気は必要なくプロペラによる機械方式で十分であること、滞留時間は2～4時間が望ましいことなどを明らかにしている。さらに処理槽内の循環を考慮に入れた設計因子として、接触面積水量負荷を新たに提案している。

第4章は、ハニコムチューブへの付着生物膜量および槽内の沈澱物量の調査をもとに、処理槽内の汚泥収支について検討したものである。付着生物膜量および沈澱物量は処理槽への懸濁物質および溶存有機物の負荷量に大きく依存し、槽内の汚泥の消長のパターンは水源によってかなり異なることを明らかにしている。

第5章では、処理槽内の物質収支をモデル化によって検討し、懸濁物質とアンモニアに関する処理機構を論じている。多くの懸濁物質は生物膜への付着と沈澱によって除去されるのに対し、藻類は付着によって除去される割合が高いこと、また生物膜がアンモニアの除去におよぼす効果は大きい、沈澱物からの溶出により処理槽全体としては処理性能が低下することなど明らかにしている。これは新しい知見である。

第6章は結論である。

以上要するに本論文は、浄水における前処理としてハニコムチューブ式接触酸化処理の導入の有効性、運転条件および処理機構について明らかにしたもので、衛生工学の発展に寄与するところが少なくない。

よって、本論文は工学博士の学位論文として合格と認める。