

## 水熱反応による余剰汚泥削減型活性汚泥法

大阪工業大学 大学院 学生会員 細木 佑索 奥田 友章  
 大阪工業大学 工学部 正会員 石川 宗孝 笠原 伸介  
 宇部工業高等専門学校 正会員 村上 定瞭

1. はじめに...著者ら<sup>1)</sup>は、既往の研究において水熱反応による余剰汚泥削減型活性汚泥法（以下、本法と略す。）は、比較的滞留時間の短い下水処理施設に適用可能であることを報告した。しかし、本法の基本設計に必要な操作条件（反応温度、反応時間、処理量）を明確に示すには、各操作因子が汚泥の可溶化や低分子化をどの程度引き起こし、その結果、余剰汚泥の削減効果や処理水質にどのような影響を及ぼすかについて明らかにしておく必要がある。そこで本研究では、水熱反応温度と時間が、汚泥の可溶化、低分子化、および処理液の生分解性に及ぼす影響について検討するとともに、操作条件の違いが本法における余剰汚泥削減効果ならびに処理水質に及ぼす影響について検討した。

### 2. 実験方法

2-1. 汚泥の可溶化実験...実験装置として、オートクレーブ（耐圧硝子工業(株)製：TEM-V1000V型）を用いた。1 Lの反応容器に汚泥濃度 10,000 mg/Lの汚泥を 0.5 L封入し、300 rpmで撹拌しながら表-1に示す条件で水熱処理した。ここで、水熱反応温度は、装置の設定温度とし、水熱反応時間は操作中に設定温度が保持された時間とした。水熱処理前後のSS、TOCおよび分子量分布を測定した。表-2に、ゲルろ過の諸条件を示す。

2-2. 生分解性把握実験...1 Lの三角フラスコに基質と馴致汚泥（2-3. 連続処理実験のRun2の条件で約100日馴致された汚泥）を表-3に示す濃度で計0.5 L投入し、25、100 rpmで振とうした。振とう開始8時間後に採水し、DOCを測定した。

2-3. 連続処理実験...実験装置として、有効容量12 Lの曝気槽と4 Lの沈殿槽から成る標準活性汚泥装置を用いた。投入基質は、グルコースとペプトンを主成分とする人工下水とした。表-4に、連続処理実験の運転条件を示す。水熱処理後の汚泥（水熱処理液）は、1日で全量が送液される流量で曝気槽に返送した。各Runとも、MLSSが約3,500 mg/Lとなるよう適宜汚泥を引き抜いた。曝気槽のMLSS、処理水のSS、BOD<sub>5</sub>およびTOCを測定した。

### 3. 実験結果および考察

3-1. 汚泥の可溶化・低分子化特性...図-1に、水熱反応条件とSS可溶化率の関係を示す。まず、水熱反応時間60 minにおけるSS可溶化率に注目すると、水熱反応温度が高いほどSS可溶化率も高くなる傾向が認められる。キーワード：水熱反応、余剰汚泥、活性汚泥法、可溶化、低分子化

表-1 汚泥の可溶化実験の実験条件

実験	水熱反応温度	水熱反応時間
		min
	150~200	60
-1	160	60~120
-2	180	0~60
-3	200	0~60

表-2 ゲルろ過の諸条件

ゲル担体	Sephadex G-25 Fine (排除限界 5000 Da)
ベッド高	90 cm
押し出し液	蒸留水
押し出し流量	92 mL/min
試料注入量	10 mL
試料DOC濃度	100 mg/L
1フラクション体積	30 mL

表-3 生分解性把握実験の実験条件

水熱反応温度(°C)	160	180	200	人工下水
水熱反応時間(min)	60	60	60	
初期DOC濃度(mg/L)	229.6	350.1	219.3	324.6
汚泥濃度(mg/L)	4295	3185	3585	3730

表-4 連続処理実験の運転条件

項目	対照系	水熱系				
	Run1	Run2	Run3	Run4	Run5	
水熱反応温度(°C)	-	180	150	150	150	
水熱反応時間(min)	-	60	60	60	60	
水熱処理量(g/day)	-	2.9	2.3	3.5	5.1	
HRT(hr)	8					
BOD容積負荷(kg/m <sup>3</sup> /d ay)	0.6					
汚泥返送率(%)	30					
曝気量(L/min)	2.5					
流入BOD(平均)(mg/L)	177					
流入TOC(平均)(mg/L)	81					

連絡先：〒535-8585 大阪市旭区大宮 5-16-1 大阪工業大学 衛生工学研究室 Tel&Fax . 06-6954-4171

められ、150 において 50 %程度しか得られなかった SS 可溶化率が、200 では約 85 %まで上昇した。また、反応温度が 160、180、200 における SS 可溶化率に注目すると、反応時間が長いほど SS 可溶化率は高くなる傾向が認められ、水熱反応温度と時間の両因子が SS 可溶化率に影響することがわかった。

次に、図 - 2 に、水熱処理後の溶解性物質の分子量分布を示す。これによると水熱反応温度が 160、180、200 と高くなるほど、DOC のピークが Frac.No.2、3、6 と右側にシフトし、低分子化が促進されている様子が確認された。他方、水熱反応温度が一定の場合、反応時間を長くとっても分子量分布に大きな違いはなく、反応時間は反応温度ほど低分子化に関与しないことも同時に確認された。（データは掲載せず。）ここで、低分子化の違いが水熱処理液の生分解性に及ぼす影響を明らかにするため、生分解性把握実験を行った。その結果、表 - 5 に示すように、8 時間後の DOC 除去率は、反応温度 160、180、200 においてそれぞれ、65.3、61.2、59.8 %と、人工下水に比べ 20~25 %程度低かったが、水熱反応温度の違いによる DOC 除去率の差は認められなかった。

以上のことから、水熱処理液の生分解性は、低分子化の違いにはほとんど影響されないことが明らかとなり、可溶化さえ起こり得る温度と時間を設定すれば、曝気槽内で生物分解が可能であることが示唆された。

**3-2. 汚泥削減効果...** 図 - 3 に、各 Run における 1 日生成汚泥量を示す。汚泥の削減は、SS 可溶化率が高いほど、水熱処理量が多いほど、高い削減効果の得られることがわかった。ここで、水熱反応による汚泥の可溶化量（SS 可溶化率 × 水熱処理量）を算出すると、本法における汚泥削減量とほぼ等しいことがわかり、汚泥削減の大部分は、水熱反応プロセスにおける可溶化によって達成されていることが示唆された。

**3-3. 処理水質への影響...** 表 - 6 に、各 Run における平均処理水質を示す。Run2~5（水熱系）の処理水質は、Run1（対照系）に比べ相対的に低かったものの、BOD 除去率は 92 %以上、TOC 除去率は 83 %以上といずれも概ね良好で、汚泥の可溶化に伴う処理水質の大幅な低下は確認されなかった。

**4. おわりに...** 水熱反応による余剰汚泥削減型活性汚泥法では、汚泥の可溶化を指標にすることで、BOD、TOC 除去率を悪化させることなく、余剰汚泥を削減できることが明らかになった。

**参考文献**...1) 奥田 友章 他：水熱反応を利用した余剰汚泥が発生しない生物処理法，土木学会第 56 回年次学術講演会講演集第 部門，pp366-367，2001

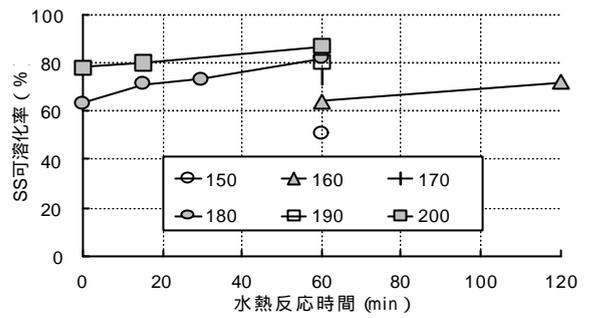


図 - 1 水熱反応条件と SS 可溶化率の関係

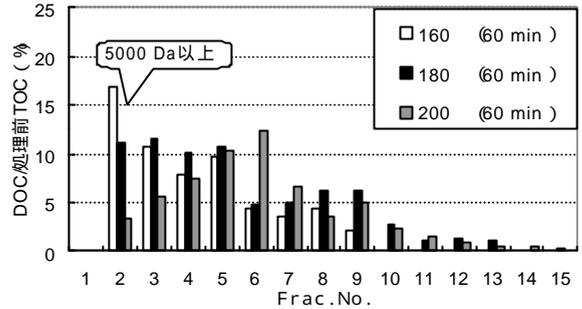


図 - 2 水熱処理後の溶解性物質の分子量分布

表 - 5 生分解性把握実験における DOC 除去率

水熱反応温度 (°C)	160	180	200	人工下水
水熱反応時間 (min)	60	60	60	
DOC除去率 (%)	65.3	61.2	59.8	84.0

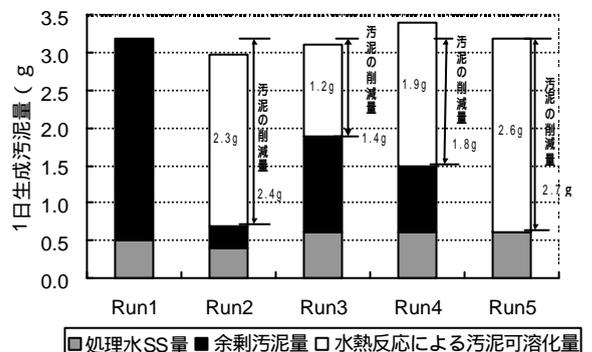


図 - 3 各 Run における 1 日生成汚泥量

表 - 6 各 Run における平均処理水質

mg/L (%)	SS	BOD <sub>5</sub> (除去率)	D-BOD <sub>5</sub>	TOC (除去率)	DOC
Run1	10.9	5.2 (97.1)	1.8	9.3 (88.5)	7.1
Run2	13.9	9.4 (94.7)	1.8	13.5 (83.3)	9.3
Run3	16.6	12.2 (93.3)	2.1	7.0 (90.7)	6.2
Run4	16.6	13.8 (92.5)	3.7	9.9 (86.8)	9.3
Run5	14.8	6.9 (96.2)	3.5	12.0 (84.0)	11.5