観光地における下水処理に関する研究*

高 橋 正 宏

1. 研究の目的

国民の余暇活動の活発化に伴い、観光地を訪れる観光客は増加しつつあり、それに従って本来清澄であるべき湖沼・河川・海域等での汚染が深刻な問題として顕在化してきた。観光地における排水処理の実態は、単独式浄化槽または合併式浄化槽によるものがほとんどであり、未処理の生活雑排水や、浄化槽流出水が水質の悪化に大きく関わっているものと思われる。このような状況を打開するためには公共下水道の整備が最も重要な方策と言えるが、今日までの下水道技術は主として都市域を対象としたものであり、観光地においては施設規模、自治体の財政規模、維持管理要員の技術レベル等、かなり条件を異にするため、別個の技術を必要とするものと考えられる。

本研究はまず、観光地における下水の水量、水質に関する諸特性を調査し、都市域のそれとの違いを明らかにした後、観光地の下水特性に適合すると考えられる処理方式について、設計上、維持管理上の留意点を明らかにしようとするものである。

2. 観光地下水の特性

下水道の施設規模の決定に当たっては、計画処理人口に水量及び水質の原単位を乗じた数値をもとにするのが一般的である。原単位は通常、人間1人が生活するのに伴って生じる1日当たりの下水水量及び汚濁物質質量であるため、家庭下水では大差はないと考えられるが、観光地の宿泊施設においてはかなり異なることが予想される。表1は既応文献や、当研究所が行った現

地の24時間連続調査より求めた宿泊客当たりの水量、水質原単位をまとめたものである。BOD、SSといった汚濁物質原単位は一部にやや大きな値のものが見られるが、これは鮮魚を大量に用いる宴会が行われた等の地域的な特性に由来し、通常は一般の家庭下水と大差はない。観光地下水の特徴は排水量原単位が大きいことにあり、表中でも540～1006ℓ/人・日と現在の家庭のその2～4倍の値となっている。これは温泉の使用による浴場排水量の増大、冷凍鮭等の解凍などで厨房で多量の水を使用することなどが原因であろう。図1は定員100名の温泉旅館で24時間の用途別排水量を測定した結果であり、この旅館では朝・夕二度のピークが水洗、厨房排水によって生じているが、常時厨房からの排水があり、これは解凍用水とのことであった。

図1 旅館排水の発生源別経時変化

3. 処理方式の検討

3.1 回分式オキシデーションディッチ

オキシデーションディッチは、元来簡易な下水処理施設として開発されたものであり、その運転は当初、回分式で行われていた。本研究では回分式オキシデーションディッチの処理能力の評価、運転効率の向上、維持管理性の評価を行うため、パイロットプラントによる処理実験を行った。

Masahiro Takahashi
昭和53年 北海道大学衛生工学科修士課程修了
同年 建設省土木研究所下水道研究室

* Wastewater Treatment in Resort Area, 昭和59年5月29日受理

表 1 宿泊客原単位の調査例

調 査 年 月	原 単 位						調 査 対 象	調 査 機 関
	l/人・日	g/人・日						
	排水量	SS	BOD	COD	T-N	T-P		
昭 和 49 年 度	1,006 うち温水 排水 533		56.2			1.01	温泉ホテル	(株)日本環境整備教育センター
昭 和 50 年 度	540	24	60	25			排水量50t 以上の小規模旅館	(株)日本環境整備教育センター
昭和55年 8 月	771	27.0	94.7	42.7	14.7	1.25	温泉旅館 定員100名	建設省土木研究所
昭和55年11月	807	25.7	45.0	260	10.72	0.98	温泉旅館 定員100名	建設省土木研究所
昭和55年12月	685	23.3	49.7	31.5	7.60	0.86	温泉旅館 100名	建設省土木研究所
昭和55年 8 月	265	7.2	11.5	7.6	7.6	0.49	温泉ホテル, 定員450名 客室排水のみ	建設省土木研究所
昭和55年 8 月	278	1.9	4.8	3.3	1.4	0.23	温泉ホテル, 定員450名 浴場排水のみ	建設省土木研究所
昭和56年12月	790	53.2	99.5	526	20.1	2.18	温泉ホテル, 定員963名	建設省土木研究所

図 2 ディッチの概要

表 2 ディッチの運転条件

シリーズ	期 間	サ イ ク ル			ローター 回転数 (rpm)	ローター 浸漬深さ (cm)	Q (m³/サイクル)	SRT (日)
		0	6	12				
I	81.4.23 81.7.13	ローター運転 静置 上澄水排除 下水流入			48	20 槽容積 160m³ 槽深さ 2m	40	56
II	81.7.13 81.10.36	ローター運転 静置 上澄水排除 下水流入			48	15 156m³ 1.96m	36	汚泥引抜 なし
III	81.10.36 82.2.10	ローター運転 静置 上澄水排除 下水流入			48	15 126m³ 1.96m	36	汚泥引抜 なし

プラントの概要を図2に示す。なお曝気装置として縦軸型の装置を用い、水深2.8mの条件でも実験を行っている。

処理能力の評価を行うに当たっての運転条件は、12時間を1サイクルとし、うち6時間を曝気（または間

欠曝気）、1時間を静置沈殿、3時間で上澄水排除、2時間が下水の流入という工程を基本とし、曝気工程での酸素供給を変化させた。上澄水の排除量は槽容量に対して1サイクル当たり1/4量であり、水理的滞留時間は48時間、BOD容積負荷は0.06～0.125kg・BOD/m³・日（高水位に対して）とかなり低負荷の運転である。具体的な運転条件は表2に示すとおりであり、シリーズIは6時間フルに曝気装置を運転しているが、IIは15分間曝気、30分間停止の間欠曝気を3回繰り返す、次後フル運転を行っている。IIIは間欠曝気を10回繰り返している。

各シリーズにおける処理性能をまとめたものが表3である。これらの水質測定は原則として週2回行い、試料は1日2回の流入・排水時間帯に、15分間隔で採取したコンポジットサンプルを用いた。BOD_{ATU}、SS

表3 ディッチ水質分析・シリーズ毎の平均値

シリーズ	期	間	サ	ン	水温	PH	透視度	BOD _{ATC}	COD _{Min}	SS	VSS	TN	DN	KN	DKN	NH ₄ -N	NO ₃ -N	NO ₂ -N	TP	DP	PO ₄ -P	MLSS	MLVSS	VS%
			プ	ル	(℃)	(-)	(cm)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(%)
I	～		原	水	19.4	7.36	5.0	121	72.3	122	75.9	19.1	14.0	18.2	13.2	9.60	0.11	0.71	3.72	1.54	0.97			
					処理水	19.6	7.51	50以上	3.6	9.2	7.9		12.2	11.6	1.21	0.59	0.44	0.05	10.9	0.69	0.49	0.42		
					81.7.13 混合液	20.3	7.20							85.6					47.0			1.896	1.100	58.5
II	～		原	水	23.6	7.33	4.8	119	940	293	144	23.3	13.1	22.4	12.2	8.56	0.16	0.76	7.34	0.24	0.54			
					処理水	24.2	7.44	50以上	1.1	7.5	7.3		6.91	6.65	0.91	0.65	0.42	0.07	5.93	0.86	0.66	0.61		
					81.10.26 混合液	24.6	7.35							169					148			4.832	2.187	45.8
III	～		原	水	13.6	7.49	2.6	250	191	804	412	45.3	16.6	44.1	15.4	9.63	0.08	1.23	17.7	0.88	0.63			
					処理水	11.2	7.23	50以上	3.1	7.5	6.5		4.46	4.05	2.24	2.04	1.38	0.01	2.02	0.28	0.10	0.05		
					82.2.20 混合液	12.1	7.17							3.44					229			8.480	4.195	49.5

表4 横軸曝気装置と散気板の動力効率の比較

条 件	横軸曝気装置の 動力効率 (O ₂ -kg/KWH)	散気板の動力効率 (O ₂ -kg/KWH)
清水実験	実測値	機械効率等=0.4 に仮定した場合
清水実験	1.60	1.76
界面活性剤 添加実験	1.64	0.80

等の一般的な項目はそれぞれ1.1～3.6, 6.5～7.9mg/ℓと安定した処理水質となっており、透視度についても50cm以上と問題はない。シリーズ間における曝気方式の違いは、T-Nの除去性能の違いとなって表れており、間欠曝気を行ったシリーズIIIが最も良好であった。

運転の効率化のためには、消費電力量の削減及び維持管理作業の軽減化が必要である。横軸型の曝気装置と散気板の動力効率の比較実験を清水及び界面活性剤添加水について、亜硫酸ナトリウムの非定常法を用いて行った。散気板については送気量と送風圧より理論動力を求め、送風機及びその他の効率を0.4として理論動力に乗じて投入動力とした。横軸型の曝気装置では積算電力計より直接、投入動力を求めた。結果は、表4のとおりであり、清水においては若干散気板の効率が上回るものの、界面活性剤添加時には大幅に逆転しており、両者の効率は大きな差がないものと考えられる。

この他、回分式オキシゲーションディッチ法については除去SS量当たりの汚泥転換率が0.7程度であること、汚泥の巻き上げに必要な最低底部流速が約10cm/秒であること、最終沈殿池における汚泥の沈降速度、容量指標を求めるためには、ピケットフェンス法を用いる必要があり、その場合の沈降速度は10～15m/日程度であること等が確認されている。

3.2 生物膜法

生物膜法は、回転生物接触法、接触エアーレーション法を始めとし、種々の方式が提案されているが、基本的には接触材に固着した生物膜により、汚濁物質を生化学的、または物理的に除去する方式である。ここでは下水を生物膜上に薄膜流で流下させることにより浄化を行うバイオシェルフ法の調査結果を述べるものとする。

バイオシェルフ法

バイオシェルフの実験装置概要を図3に示す。本装置は実下水の汚濁物負荷量を嫌気性処理等である程度低減させた後、小石を敷きつめたトイ上を薄膜流で流下させ、その間に浄化を計るもので、トイ1段の長さは174cm、実験期間は135日間である。

実験では、日数の経過とともに藻類の付着も増し、昼間は水路表面に気泡が認められるようになり、水路にはユスリカの幼虫が多数生息するようになった。また、通水後約1週間で透視度やSS、BOD_{ATU}、COD_{Mn}等が安定した浄化成績を示すようになり、約1カ月経過後からは窒素の除去も見られるようになった。

表5には、通水開始後1カ月経過以後の平均的な浄化成績を示した。なお、実験期間中の平均流量は140mℓ/minであり、実験終了時点で測定した平均流下時間は1水路当たり2～2.5minであった。嫌気的な浄化を受けた汚水は水路流下に伴い良好な再浄化を受けており、最終的な浄化成績は、流下時間が7分前後と短いにもかかわらず十分満足できるものとなっている。また、ここでの浄化傾向は、窒素やリンが各水路で平均的に除去されているのに対し、有機物除去の殆んどは1段目の水路で起こっている。

本実験においては、BOD_{ATU}の汚泥転換率は25%とかなり低く、また酸素供給の面からは、藻類による光合成は不要であることなどが判明している。

図3 バイオソルベント実験水路の概要

表5 定常状態下における平均的な浄化成績

	嫌気的浄化水	1 段目水路流出水	2 段目水路流出水	3 段目水路流出水
水温 (°C)	21~28	27~35	27~38	27~37
pH	2.30~7.52	7.98~8.22	8.18~9.00	8.55~8.70
透視度 (cm)	25.7	30.0	41.3	51.3
アルカリ度 (mg/l)	200	184.7	153.0	133.0
SS (〃)	8.7	9.7	8.0	8.7
BOD _{ATO} (〃)	29.1	11.4	10.0	9.5
COD _{Mn} (〃)	24.9	15.6	15.4	16.8
T-N (〃)	11.86	10.14	9.41	8.30
T-P (〃)	1.24	0.87	0.77	0.81
PO ₄ ³⁻ -P (〃)	0.89	0.72	0.60	0.58

採用及び測定は、11時~12時の間に実施したものである。

4. おわりに

本研究ではここであげた調査例のほか、既存の観光地下水処理場の実態調査と機能改善実験、物理化学処理の検討、簡易処理施設の機能評価、土壌覆蓋式れき間曝気法の機能評価、回分式活性汚泥法の検討等を行ったが、紙面の都合上省略する。

昭和58年度の最終報告では、過去4カ年間の研究成果をもとに、以下の目次に従って観光地における下水道計画上の留意点をまとめる予定である。

1. はじめに
2. 下水の特徴
3. 下水処理場計画の考え方
4. 下水処理方式の特徴
5. おわりに

付記

この研究は次の各氏による共同研究であるが、「水質汚濁研究」誌に一部を要約して掲載するに当たり、高橋が執筆したものです。

星隈保夫氏、落修氏、中島淳子氏(以上、建設省土木研究所下水道研究室)、野池達也氏、清水俊昭氏、小泉秀一氏(以上、建設省土木研究所三次処理研究室)。