

寒冷地における都市下水の活性汚泥 処理法に関する研究

正員 北海道大学工学部 助教授 神山 桂 一
衛生工学科教室

1. 緒 論

健康にして文化的な生活環境の確保には、下水道の完備が不可欠であるばかりでなく、河川水質の保全や都市の屎尿処理問題の根本的解決策として、下水道の整備や下水終末処理場の必要性が広く認められてきた。しかるに、わが国における下水道の発達には、他の文化的諸施設と比べても著しい立ち遅れを見せ、特に北海道においては完全処理を行なうことのできる下水道は1カ所も存在しない(昭和36年10月末現在)ありさまである。現在建設中の下水処理場も、大部分は当面の急務である屎尿処理にのみ迫られて、消化槽のみは完成していても、本格的な下水処理の設備が整うのはまだ数年先の見込みである。このように必要性は万人に認められながら、下水処理場の建設がおくれている原因を探ると、政治的あるいは経済的な面にその責任のすべてを負わせることはできない。われわれ衛生工学にたずさわる者に課せられた技術的な問題が、未解決のまま数多く残っていることも大きな原因である。これらの問題の一つに、寒冷な地域で効率よく下水を処理する方法がまだ確立されておらず、その研究もあまり行なわれていなかったことが指摘される。

下水の高級処理には生化学的作用を利用している。したがって、低温な条件で有用な微生物の活動が不活潑となれば、効率のよい浄化作用が行なわれなくなり、あるいはまったく処理不能となることも考えられる。広く用いられている散水濾床法や活性汚泥法も、浄化作用の主体をなすものは微生物群である点から、寒地の下水処理場で単に従来の方法をそのまま踏襲したのでは、処理効果もあり期待できないから、なんらかの対策が必要ではなからうかということはいままでも漠然と考えられてきた。

ところで諸外国、特に寒冷な気候の国々ではどのような下水処理の方法をとっているかを調べてみると、われわれがいままで危惧していた点があり問題となっていないようすである。例えばモスクワ市(Москва)では活性汚泥法の処理施設があり¹⁾、二段式曝気法について研究を行なっている。またアラスカなどの北国で、散水濾床法などを用いた下水処理場を、Thomas 氏らが調査した結果、浄化効

率は正常な運転を行なっておれば、温暖な地域のものとは比べて、さして劣っていないことを示している²⁾。またスエーデンの Fischerström 氏によれば³⁾、同国のウプサラ市(Uppsala)では Inka 式の無蓋の曝気槽をもつ処理場で、BOD 除去率 87% の成績をあげたことを報告している。米国北部およびカナダにおいても、相当数の下水処理場があり、活性汚泥法や散水濾床法にたよっている。これらの報告から考えると、わが国での生活様式が諸外国と相違しているために、下水水質にも幾分差異があるとしても、北海道で活性汚泥法や散水濾床法がまったく使用できないとは考えられない。

北海道内においても、いままでまったく研究が行なわれなかったわけではない。昭和31年4月から33年11月までの室蘭市における散水濾床法による下水処理実験⁴⁾、昭和34年冬期間における小樽市での Aero-Accelator による活性汚泥法の実験⁵⁾ などがある。いずれも相当の成績を納めており、前述の予想を強くした。

これらの成果とは別に、われわれは昭和34年度から活性汚泥法による寒地下水処理の研究を行なってきた。この研究は札幌市建設局下水部と協力して行なっているものであるが、その他に教室内で行なった室内実験の成果なども取りまぜて、現在までに得られた知見を報告し、今後寒地で下水処理場を設計、建設する上での参考に資したいと思う。

2. 下水温度

寒地下水処理でまず問題となるのは下水の温度である。緒論でも言及したが、低水温になれば微生物の活動がおとろえるために、冬季には本州各地の下水処理場でも浄化効率が悪化していた。一般に7°C以下の水温となれば、生化学的処理は困難であろうといわれてきた。われわれはまずこれを確かめるために、札幌市元町汚水試験所において、昭和34年度から継続して冬季の下水の連続観測を行なってみた。その結果は図-1および図-2に示すようなものとなった。図中黒丸と実線で示したものが、この試験所へ流入する下水の温度で、白丸は気温である。この下水は同所の西方の約3km²の市街地から流下する合流式の下水道幹線から分水しているものである。家庭の雑排水を主として

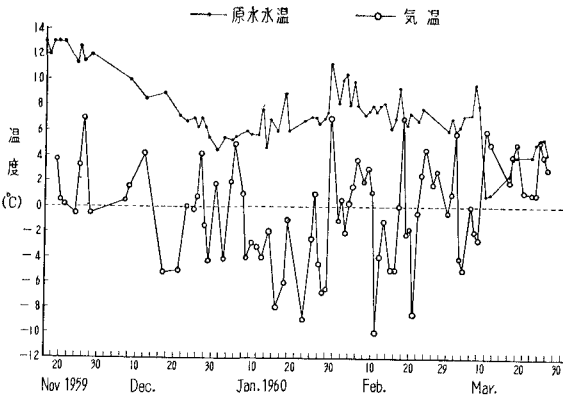


図-1 冬季間の気温および水温変化
(34. 11. 16~35. 3. 27)
— 観測 am. 11.00 —

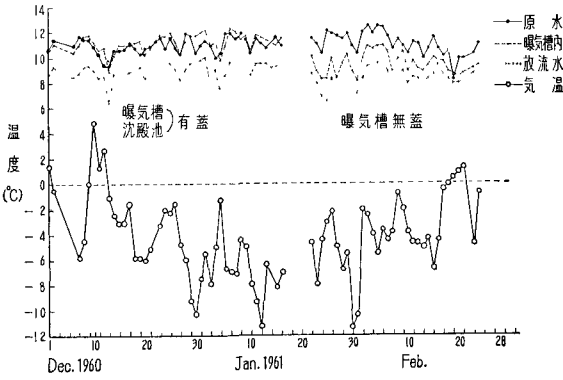


図-2 冬季間の気温および下水温度の変化
(35. 12. 1~36. 2. 25)
— 24 時間記録平均値 —

おり、この区域には水洗便所は1カ所もなく、下水水質に影響を与えるものとしては、数軒の風呂屋の他はガソリンスタンド、ハム加工場および漬物工場が各1カ所ずつあるだけで、これらはいずれも小規模なものである。

図-1 および 図-2 を見ると、この2年間とも厳寒時においても下水温度はほぼ7°C以上で、それ以下となることは稀であった。34年度は全般的に下水温度が低かったのに反し、35年度はほぼ11°Cと高くなっている。調査期間の平均温度を旬間別に示したものが表-1および表-2である。

図-1 では冬季の初めの、積雪と融雪とを繰り返した時期(34年11月25日~35年1月1日)に下水温が急激に降下し、それが根雪となって管渠が完全に積雪で覆われると逆に上昇してゆき、春の融雪時期になると再び急激に低下することがよく示されている。こうした現象は合流式下水道の特徴と思われるが、特に春先の融雪時期における急激な水温低下が生化学的処理において致命的ではないかと思われた。

表-1 旬間平均気温および水温 (35.1~35.3)

		気 温 (°C)	水 温 (°C)		
			原 水	沈後水	放流水
1 月	上 旬	-0.3	5.6	4.8	4.7
	中 旬	-4.1	6.1	5.6	5.1
	下 旬	-3.1	6.7	5.9	5.0
2 月	上 旬	+0.1	8.6	7.6	7.5
	中 旬	-2.5	7.4	6.5	6.7
	下 旬	+2.2	7.3	5.7	5.5
3 月	上 旬	-0.9	7.2	5.9	5.6
	中 旬	+4.3	2.3	3.1	3.5
	下 旬	+2.2	4.8	4.5	4.4

表-2 旬間平均気温および水温 (35.12~36.2)

		気 温 (°C)	水 温 (°C)		
			原 水	曝気槽	放流水
12 月	上 旬	-1.2	11.4	11.2	9.1
	中 旬	-2.4	10.5	10.7	8.6
	下 旬	-5.0	11.2	11.6	9.3
1 月	上 旬	-5.8	11.4	11.5	9.1
	中 旬	-5.3	11.4	11.5	9.6
	下 旬	-6.1	11.5	9.2	7.9
2 月	上 旬	-3.3	11.3	10.3	8.9
	中 旬	-4.2	11.2	9.2	8.4
	下 旬	-1.0	10.6	8.9	8.0

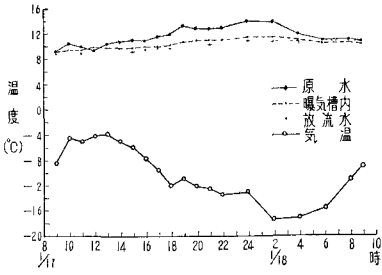


図-3 24 時間温度変化 (36.1.17~18)

以上の観測で注目すべきことは、外気温が24時間平均で-10°C以下(最低-19°C)となるような日でも、下水はその影響をほとんど受けていない点である。24時間変化の一例を図-3に示したが、気温の低下をほとんど感じていないようすがわかる。

このような温度が冬季間常時保たれるとすれば、はじめに述べたような心配は不用となるであろう。しかし、従来

の調査⁶⁾では札幌市でも幹線下水管(あるいは下水渠)で厳寒時にはほとんど 0℃ に近い値が得られている。前述の室蘭市⁴⁾や小樽市⁵⁾における試験でも、2〜3℃ の値となることは珍らしくなかった。これらの結果と前記のわれわれの観測結果とで著しい差が生じた理由は、現在もなお調査中であるが、従来の測定が主として道路側溝や開渠で行なわれたり、低水温の表流水や道路側溝からの融雪水などの流入により、下水本来の温度よりも著しく低下したためではないかと思われる。下水のみの場合には温度がそれほど低くないことを裏付けるものとして、札幌市真駒内住宅団地の下水道や、帯広市の新設下水道における温度測定の結果、いずれも 6〜7℃ の値を得ている。地下水の浸入量が多いため水温が高くなるのではないかと疑いもあるが、これは図-2 で明らかなように、下水の方が一般の地下水よりも高温となっていることから考えて、やはり下水の温度が高いためであると思う。

こうした点から分流式下水道の污水管であれば、活性汚泥法の利用が可能な温度を十分維持できるものと推定された。これに反して合流式の下水管では融雪水の流入量も多く、時には人孔から雪を投入することもあり、それに加えて常時は流量が少ないために管内に広い空間が残り、開口部から寒風が容易に出入りするために、管内が冷却され、下水温も低下しがちであろう。このような点から考えると寒地の下水処理のためにはまず分流式を採用することが有利であるといえる。

3. 下水浄化試験と活性汚泥の生成

浄化力に富む活性汚泥を増殖させ、それを維持することが活性汚泥法を利用するうえに最も重要なことである。この処理法を寒地の下水処理にうまく利用できるか否かは、低水温時に活性汚泥がどのようになるか、うまく生成されてゆくかどうかにかかっている。われわれはこの目的で、冬季における下水の浄化試験を前記の札幌市にある污水試験所で行なった。試験設備の概況は図-4 および表-3 に示すようなもので、1 日処理量約 76 m³ の標準方式の活性汚泥法が行なえるものである。ここで昭和 35 年 11 月末から昭和 36 年 2 月末までの間、前節で述べたような下水を対象として処理試験を行なってみた。下水流量は曝気槽滞留時間が 6 時間になるように、また返送汚泥量は、下水量の 25% とする計画であったが、ポンプの閉塞などのために、実際には下水流量と返送汚泥量は、図-5 に示すような変化を示した。

運転開始後の曝気槽内の汚泥量(汚泥濃度、30 分沈降汚泥容積を百分率で示す)は図-6 に示すように

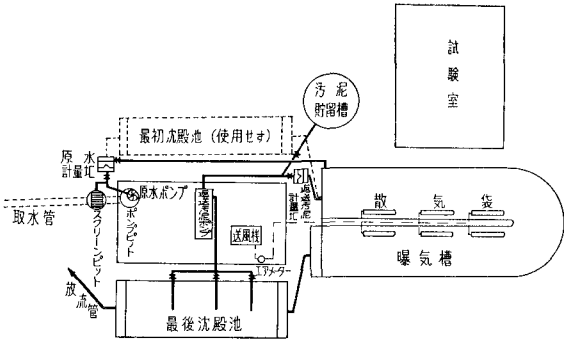


図-4 札幌市元町污水試験所試験設備配置図

表-3 下水浄化試験設備概要

設 備	規 模 ・ 容 量
スクリーン	バースクリーン、間隔幅 10 mm
原水ポンプ	灌漑用堅軸ポンプ、揚水能力 175 m ³ /日
原水計量堰	60° 三角堰
最初沈殿池	幅 1.0 m × 長 3.5 m × 有効水深 0.8 m、(使用せず)
曝気槽	幅 1.2 m × 流路延長 11.5 m × 水深 1.5 m、旋回流型
散気装置	散気板 (300 × 300 × 30, 18 枚)、散気袋 (φ 70 × 600, 6 個)
最後沈殿池	幅 1.3 m × 長 3.5 m × 有効水深 0.8 m、汚泥吸込管 3 カ所
返送汚泥ポンプ	1/4 IP, プランジャー式
送風機	2 IP, ルーツブローア、最大 900 ℓ/分
エアメーター	浮遊式流量計 (60~600 ℓ/分)
返送汚泥計量堰	45° 三角堰
汚泥貯留槽	φ 750 mm, 深 2.0 m
温度測定器	6 点記録電子管自動平衡式 (日立製)

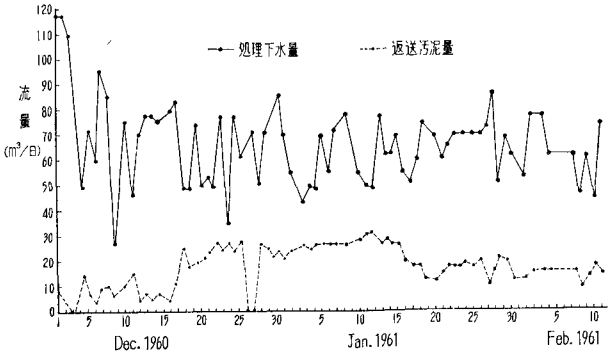


図-5 処理下水量と返送汚泥量 (35. 12. 1~36. 2. 16)

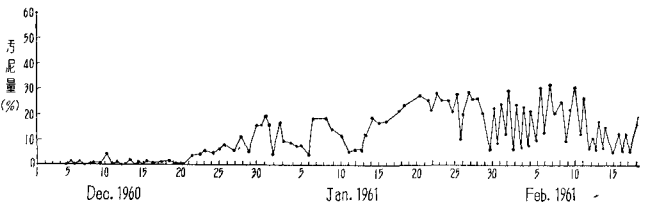


図-6 曝気槽内汚泥量 (36. 12. 1~36. 2. 19)

表-4 下水浄化試験成績表 (35. 12. 6~36. 2. 17) * 9~21時間の平均値

試験月日	35. 12. 6	12.12	12.14	12.26	36. 1. 6	1. 7	1. 9	1.11	1.12	1.13	1.17*	1.26	1.27	1.28	36. 2. 1	2. 2	2. 3	2. 6	2. 9	2.17
気温 (°C)	-2.4	2.1	-3.0	-1.5	-5.2	-4.5	-5.0	-9.0	-10.8	-4.2	-7.8	-2.5	-6.5	-2.9	-1.0	-2.5	-0.5	-1.2	0.0	-3.6
運転状態	処理下水量 (m ³ /日)	78.0	62.4	30.0	62.4	62.4	38.4	62.4	62.4	62.2	62.4	62.4	62.4	71.6	62.4	78.0	62.4	78.0	71.0	57.6
	返送汚泥量 (m ³ /日)	0	0	0	24.0	27.2	27.2	27.2	27.2	27.2	27.2	17.6	19.2	16.0	17.6	19.2	19.2	19.2	21.6	16.0
	バツ気槽内 汚泥量 (%)	0.3	0.0	8.0	4.0	19.6	12.8	13.5	16.0	16.5	19.0	8.0	28.0	26.0	20.0	9.0	6.0	8.0	4.1	10.0
水 (°C)	バツ気槽覆蓋	有	"	"	"	"	"	"	"	"	有	無	"	"	"	"	"	"	"	無
	原水	9.8	10.5	9.6	11.5	11.2	10.2	11.8	10.5	11.0	11.2	12.1	10.0	12.5	12.0	10.8	12.0	12.5	13.0	14.0
	曝気槽内	—	10.7	9.8	11.7	11.5	10.0	10.0	10.5	10.5	10.0	10.1	8.5	10.2	11.0	10.0	10.0	11.0	12.1	11.0
透視度	放流水	—	10.5	9.7	10.0	11.0	11.2	11.0	10.5	10.8	9.6	8.9	6.5	8.0	9.0	9.9	9.9	9.9	10.0	10.0
	原水	2.5	7.5	3.0	1.6	2.4	4.0	1.9	1.8	2.5	3.4	2.7	1.5	3.5	3.0	1.5	1.7	2.3	1.5	2.5
	放流水	—	6.0	8.9	3.5	3.0	4.5	2.3	2.0	2.6	4.0	3.3	2.0	2.5	3.5	2.5	2.5	3.0	3.0	4.3
色相	灰白色	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
	灰白色	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
	淡灰色	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
臭	石鹼臭	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
	下水臭	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
	原水	—	—	—	6.5	6.7	6.7	6.8	6.7	6.7	6.6	—	—	—	—	—	—	—	—	6.5
pH	放流水	—	—	—	6.8	7.0	6.9	7.0	7.0	6.9	6.5	—	—	—	—	—	—	—	—	6.8
	原水	—	—	—	—	51.8	44.1	50.2	53.2	71.5	—	44.6	57.6	56.8	54.6	70.4	59.8	61.8	48.0	39.8
	蒸発残渣 (ppm)	—	—	—	—	43.9	37.9	30.7	38.3	35.3	—	41.0	44.2	42.0	44.6	50.2	49.0	38.0	20.6	33.8
溶解性物質 (ppm)	原水	—	—	—	—	27.4	33.3	29.7	38.2	59.1	—	32.0	39.4	41.8	41.6	60.4	45.8	48.3	34.0	24.8
	放流水	—	—	—	—	27.9	27.5	12.7	28.3	27.9	—	33.0	40.4	36.4	40.6	47.2	44.0	35.1	17.6	30.3
	原水	—	—	—	—	24.6	10.8	18.3	14.2	12.4	13.5	12.6	18.2	15.0	13.0	10.0	14.0	13.5	14.0	15.0
浮游物質 (ppm)	曝気槽内	—	—	—	—	1,568	3,252	2,468	2,336	3,120	—	2,156	2,250	1,872	2,666	2,530	—	1,540	—	1,475
	放流水	—	—	—	—	160	104	180	40	90	74	80	38	56	40	30	50	29	30	35
	原水	436	174	220	293	178	199	203	240	238	201	173	260	257	285	228	307	305	240	235
BOD ₅ (ppm)	放流水	75	59	94	127	79	55	18	40	54	98	44	62	38	52	78	65	69	44	62
	原水	118	116	109	114	60	66	65	66	79	91	82	80	85	83	88	103	79	96	50
	放流水	42	60	51	42	43	24	23	45	31	60	40	55	26	30	51	42	18	30	28

変化した。すなわち運転開始後約 20 日経過してから徐々に増加をはじめ、約 1 カ月で一応処理に十分な汚泥濃度となった。この途中汚泥返送ポンプの動作が不確実で、時には夜間に汚泥の返送が停止していたこともあったが、そのような不円滑な運転状況でも、11℃前後の水温のときに、しかも特別に接種 (seeding) を行なわなかったにもかかわらず、活性汚泥をつくり出すことが可能であることをこれによって確かめた。この汚泥がどの程度の浄化力をもっていたかは、表-4 に示す浄化試験の結果から総合的に判定するしか方法がなかったが、運転開始 1 カ月後の汚泥量の増加とともに、放流水の水質も良好となっている点から考えて、一応十分な浄化能力をもっていたと思われる。試験期間の汚泥の性状を示すものとして、曝気槽内の SVI の値 (Sludge Volume Index) を調べたのが表-5 である。いずれも沈降性の良好な汚泥であることがわかる。しかし表-4 の試験期間中、数回にわたって汚泥を検鏡したが、活性汚泥中に一般に認められる、原生動物類がほとんど発見できず、ただ zooglea の集落と思われるもののみであった。この点は温暖時と著しい相違を示している。温暖な時期から

表-5 曝気槽内の SVI

測定日	水 温 (℃)	SVI	測定日	水 温 (℃)	SVI
36.1. 6	11.5	23	36.1.27	10.2	105
36.1. 7	10.0	60	36.1.28	11.0	118
36.1. 9	11.2	54	36.2. 1	10.0	77
36.1.11	11.0	58	36.2. 2	11.0	16
36.1.12	11.5	68	36.2. 6	10.0	52
36.1.13	10.0	58	36.2.10	10.0	60
36.1.26	9.0	37	36.2.17	11.0	38

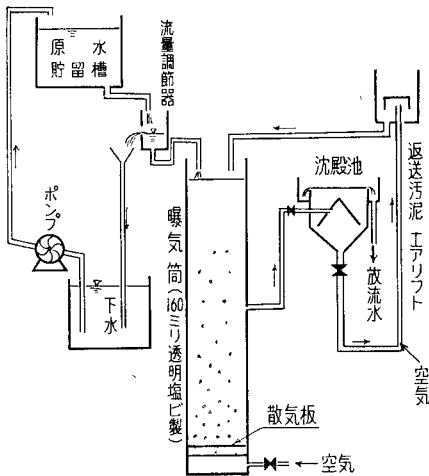


図-7 模型曝気槽実験装置

低水温に移り変わるときに、これらの生物相がどのように変化してゆくかは興味あるところであり、現在調査中である。

以上述べた成績は水温 11℃ の札幌市元町の下水について行なったものであるが、さらに低温のときにどのようになるかを模型曝気槽を用いて実験してみた。札幌市真駒内住宅団地の下水を対象とし、図-7 に示すような実験装置を用いた。下水 (水洗便所の屎尿を含む分流式下水) を高架水槽に蓄え、水温を 3~5℃ として約 1 カ月運転を継続した。同所の下水は前記元町の下水より濃度がかなり高く、BOD₅ は 200~650 ppm で浮遊物質も多い。運転開始後、パイプの凍結やポンプ故障などで下水の停止することもあったが、1 カ月を経過してもついに活性汚泥を生成することができなかった。これは単に低水温だけが原因ではなく、沈殿不良 (浮遊物に綿や紙の繊維質の物質が多いため)、過剛曝気などの影響がなかったとはいえない。しかし、同じ装置で約 10℃ の水温の人工下水 (組成は表-6) を用いて同様な実験を行なったときには、約 7 日間で汚泥量が 30% 程度になったことと比較すると、やはり 3~5℃ という低温では活性汚泥を生成させることが非常に困難であるといえる。

表-6 人工下水組成表

組 成 (mg/ℓ)	濃 度 (ppm)
ペプトン	375
肉エキス	250
尿素	62.5
NaCl	15
CaCl ₂	7.5
MgSO ₄	5
乳糖	50
ベントナイト	100
BOD ₅	450
蒸発残留物	710
灰 分	200
窒 素	110
pH	7.2~7.3
(但し磷酸緩衝液添加後)	

表-7 試験期間別の平均値と除去率

項 目	試 験 期 間	原 水 (ppm)	放流水 (ppm)	除去率 (%)
BOD ₅	35.12. 6~35.12.26	280.6	88.7	68.4
	36. 1. 6~36. 1.17	215.7	56.3	74.3
	36. 1.26~36. 2.17	254.4	57.1	77.4
COD	35.12. 6~35.12.26	114.3	48.5	58.5
	36. 1. 6~36. 1.17	74.9	36.5	51.3
	36. 1.26~36. 2.17	82.9	35.6	57.2
浮遊物質	36. 1. 6~36. 1.17	153.4	115.2	24.9
	36. 1.26~36. 2.17	139.2	43.1	68.9

元町試験所での浄化成績を3期間に分けて各期ごとの平均値を表-7に示した。はじめの35年12月6日から12月26日までは活性汚泥の完成していない時期で、BODの除去率も68%、放流水はまだ平均88.7ppmにしかなっていない。36年1月6日～17日までは曝気槽や沈澱池に簡単な覆いをしたままで運転を続けた期間で、BOD除去率は平均74%になった。その後の36年1月26日から2月17日までは、曝気槽を無蓋として、寒風ならびに降雪の影響がどの程度かを調べた期間である。しかしBOD除去率では77%に向上し浮遊物除去率も69%になった。この期間には曝気槽内の水温は約2°C低下し、8～10°Cになった。試験期間を通じての気温および原水、曝気槽内水、放流水の水温を前掲の図-2に一括して示した。

全期間を通じてこれらの浄化成績をみると、暖地の下水処理場における成績よりかなり劣っている。これは処理設備運転のまずさも一部原因しているであろうが、やはり低水温であったためと思われる点が多い。この成績をより向上させることが今後の課題である。

4. 低温時の下水の浄化速度

低水温時には既設の下水処理場でも浄化率が悪化することがしばしば認められてきた。このように水温によって変動する下水の浄化率をなんらかの形の数式で表わすことができれば、今後の処理場設計や運転に役立つものと思われる。ところで活性汚泥法のような生化学的反応にあずかる浄化過程を、理論的に明確に数式化することは容易でない。Eckenfelder 氏⁹⁾やFair 氏⁹⁾は、これらの試みを紹介しているが、標準方式の曝気槽に対しては基本的にはつぎに述べるような近似式が適用できることを確かめた。すなわち下水と活性汚泥とを混合して曝気するバッチテストにおいて経過時間 t と、その時の下水の濃度 C との間には

$$C = C_0 \exp(-kt) \quad \dots\dots\dots (1)$$

の関係がある。ここで C_0 は最初の混合液の濃度である。常数 k は水温や活性汚泥の性状によって変わるが、これの大きい値のものほど浄化力に富む活性汚泥が働いていることを示している。実際に曝気槽ではバッチテストで示されるような簡単な結果とはならない。曝気槽の型式や槽内の攪拌の程度によって式(1)の関係は変形され、除去率も異なってくることはすでに報告した¹⁰⁾が、いずれの場合も除去率は k および曝気時間の関数となる。

k の値が実際に温度によってどのように変動するかを調べてみた。条件を一定とするために人工下水を用い、活性汚泥は前記の元町試験所のものを加えて、各水温における k の値を求めたところ表-8のようになった。これらの実験値をもとに温度と k の関係を求めると、

表 -8 水温による k 値の変動

水 温 (°C)	k 値 (1/時)	水 温 (°C)	k 値 (1/時)
20	0.3270	5	0.1317
10	0.1434	2	0.0993

汚泥量 24%, 元町活性汚泥使用。

$$k_\theta = k_{20}(C^{\theta-20}), \quad C = 1.0657 \quad \dots\dots\dots (2)$$

となる。ここで k_θ および k_{20} は水温 $\theta^\circ\text{C}$ および 20°C における k の値で、 C は常数でこの場合は 1.0657 となった。

いまかりに完全混合の行なわれる曝気槽では、除去率は $kT/(1+kT)$ で表わされるが、水温 5°C のときに水温 20°C のときと同じ除去率を得たいならば (T は曝気時間)、

$$k_5 T_5 = k_{20} T_{20} \quad \dots\dots\dots (3)$$

でなければならないから、式(2)から

$$\begin{aligned} T_5 &= T_{20}/1.0657^{(5-20)} \\ &\doteq 2.6 T_{20} \quad \dots\dots\dots (4) \end{aligned}$$

となり、 20°C のときの約 2.6 倍の曝気時間を必要とすることになる。

また前記の k の値は最初に混合する活性汚泥の量によっても異なる。すなわち曝気槽内での汚泥濃度の大きい場合には k の値が大きくなる。例えば汚泥量 24% のときと 5% のときを比較すると、水温は同じ 20°C であっても、 k の値が 0.3270 と 0.1858 となり、約 1/2 となることが実験で確かめられた。したがって低水温のときに浄化率を高く保つためには汚泥量を増加することも効果があると思われる。ただし、その場合には曝気槽での酸素消費量が増大するから、曝気装置にはそれだけ負荷が加わり、また単に返送汚泥量を増加すれば、正味の曝気時間が短縮されることを考慮に入れねばならない。

5. 寒地下水処理場の設計と寒冷時の対策

以上述べた浄化試験や基礎的な実験、あるいは考察をもとにして、寒地下水処理場を設計する上で考慮すべき点を要約してみるとつぎのようになる。

1. 都市下水の水温は冬季でも活性汚泥法を利用し得ないほど低くなることは少ない。したがって活性汚泥法を寒地下水処理に利用することは可能である。
2. 合流式下水道では、融雪時に水温が $2\sim3^\circ\text{C}$ にまで低下することがあり、活性汚泥法の効率をさげるおそれがある。同時に起こる下水流量の増加と合わせ考えると、寒地においては分流式下水道を採用すべきである。
3. 下水温度が 10°C 以上であれば、活性汚泥を接種なしで生成することができる。ただし下水水質が関係することはいうまでもない。

4. 下水温度の低下を防ぎ、また寒風や積雪による水面の結氷やそれに伴う障害を防止するために、沈澱池には覆蓋を設けることが必要である。単に板を槽上に並べるだけでも覆蓋としての効果は大きい。

5. 曝気槽は水面が常時流動しているから結氷の心配はほとんどない。したがって特に多雪寒冷な都市でなければ覆蓋はなくてもよい。ただし槽内での水温低下が大きいと予想される場合には覆蓋を設ける方が有利である。

6. 冬季に下水の浄化効率を高めるためには、下水温度を可能な限り高く保つと同時に、活性に富む汚泥を多量に混合し、曝気を十分に行なうことが必要である。最適の汚泥濃度や曝気時間については前節で述べたが、今後さらに研究を進める必要がある。

7. 常時下水や汚泥が流れている管やバルブは、外気温が -20°C となっても凍結しなかった。しかし剰余汚泥管や汚泥抽出管、あるいはそれらのバルブ類は内部に残存する液体が凍結し、閉塞するという事態が起こりやすい。内部を完全に排水できるようにするなどの凍結防止対策が必要である。

8. 処理場内の各施設は可能な限り集約した配置とし、取り扱いの容易な構造とする。それによって寒風積雪の中でも常に点検や運転操作が楽にできるように配慮しなければならない。

以上は今までに得られた結論であるが、この他に最終産物としての汚泥の処理の問題や、冬季においても放流水の水質を夏季と同程度にしなければならないか、などの問題がある。今後さらにこうした方面の研究も進めてゆきたい

と思う。

終わりに、本研究にあたり便宜をはかっていただいた札幌市建設局下水部磯田馨氏、北海道真駒内団地開発事務所長尾藤三郎氏ならびに、関係各位に感謝の意を表するとともに、元町試験所での実験にあたり苦勞をいわず協力していただいた井上一郎君・駒形進君・小椋進君に感謝する。

参 考 文 献

- 1) З. А. Орловский: Водоснабжение и Санитарная Техника, No. 5, p. 1 (1961).
- 2) H. A. Thomas, Jr.: Sewage and Industrial Wastes, Vol. 23, No. 1, p. 1 (1951).
- 3) N. C. H. Fischerström: Proc. A.S.C.E., Vol. 86, No. SA 5, p. 21 (1960).
- 4) 鷹田正人: 第9回上下水道研究発表会講演概要集, p. 67 (1958).
- 5) 逢見輝義: 第10回上下水道研究発表会講演概要集, p. 61 (1959).
- 6) 石関秀穂: 第6回上下水道研究発表会講演概要集, p. 6 (1955).
- 7) W. W. Eckenfelder, Jr.: Water & Sewage Works, p. 145 (April, 1961).
- 8) B. J. McCabe & W. W. Eckenfelder, Jr.: Biological Treatment of Sewage and Industrial Wastes, Vol. 1, p. 18 (1957).
- 9) G. M. Fair & J. C. Geyer: Water Supply and Waste-Water Disposal, p. 727 (1956).
- 10) 神山桂一: 水処理技術, Vol. 1, No. 3, p. 41 (1960).