

オキシレーションディッチ法における省エネ運転の検討

宮島洋子¹・鹿野正明²・堀内孝信³・下寄かえで¹・小口文子¹・
鹿角孝男¹・畑中健一郎⁴・中山伸二⁵・小林和広²・石原祐治¹

長野県内のオキシレーションディッチ（OD）法下水処理施設において、使用電力量及び維持管理経費削減を目的に実証実験を行った。曝気機の運転を溶存酸素（DO）濃度が設定値以上上がらないように制御をかけたところ、良好な処理水質を維持しつつ、従来のパターン運転に比べ使用電力量及び電力量料金を削減することが出来た。削減量は、DO 設定値 3.0mg/L で、使用電力量が約 1%、電力量料金が約 2%、DO 設定値 2.5mg/L で、使用電力量、電力量料金共に約 9% であった。

キーワード：下水処理，OD 法，DO 制御

1. はじめに

長野県内の汚水処理人口は平成 22 年度末に 95.3% に達し¹⁾、下水道は生活環境及び自然環境の改善に寄与してきた。一方、下水処理施設は下水や汚泥の処理過程において多量のエネルギーを消費しており、平成 17 年度の県内下水処理施設のエネルギー消費量は、全県の年間エネルギー消費量の 1.2%、CO₂ 排出量は全県の 0.5% を占めている²⁾。

電力量の削減方法としては、超微細気泡散気装置の導入^{3), 4)}等の設備更新の他、既存の設備については曝気機運転時間の短縮⁵⁾や曝気量の自動制御等による運転パターンの効率化による方法等が報告されている^{6), 7)}。

本研究では、県内の下水処理施設の 7 割近くを占めるオキシレーションディッチ法（OD 法）施設の使用電力量及び維持管理経費削減を目的として、既存設備で対応可能な DO（溶存酸素）制御に着目し、検討を行ったので、その結果を報告する。

2. 調査方法

2.1 対象処理場

調査は、長野県 A 町にある OD 法処理施設にて

実施した。この施設の計画処理人口は 6,230 人で、平成 8 年 3 月に供用開始された。処理能力は 2700m³/日、計画流入水質は BOD 194mg/L、SS 161mg/L、計画処理水質は BOD 15mg/L、SS 24mg/L である。なお、平成 22 年度（実績）の平均処理水量は 1549m³/日であった。

施設の OD 槽の概要を図 1 に示す。長円形の OD 槽が 3 系列並列で設置（図は 2 系列のみ）されており、今回の実験では 1 系と 2 系を用いて行った。それぞれの OD 槽には縦軸型の曝気機が 2 基設置されている。2 基のうち No.1 の曝気機はタイマーによる ON/OFF 機能のみ有しているが、No.2 の曝気機は DO 計からの信号に基づいて、DO 値が所定の範囲に入るようインバーター制御により回転数を自動制御することが可能である（DO 制御）。

2.2 調査期間

(1) 流入水調査

平成 20 年 1 月 21 日～1 月 23 日、
平成 22 年 12 月 6 日、平成 23 年 1 月 11 日

(2) 実証実験

平成 22 年 12 月 6 日～12 月 7 日（実験①）、
平成 23 年 1 月 11 日～1 月 12 日（実験②）

1 長野県環境保全研究所 循環型社会部 〒380-0944 長野市安茂里米村 1978

2 財団法人長野県下水道公社 中信管理事務所 〒399-8203 安曇野市豊科田沢 6709

3 長野県長野地方事務所 環境課 〒380-0836 長野市大字南長野南県町 686-1

4 長野県環境保全研究所 自然環境部 〒381-0075 長野市北郷 2054-120

5 財団法人長野県下水道公社 南信管理事務所 〒396-0013 伊那市下新田 2990

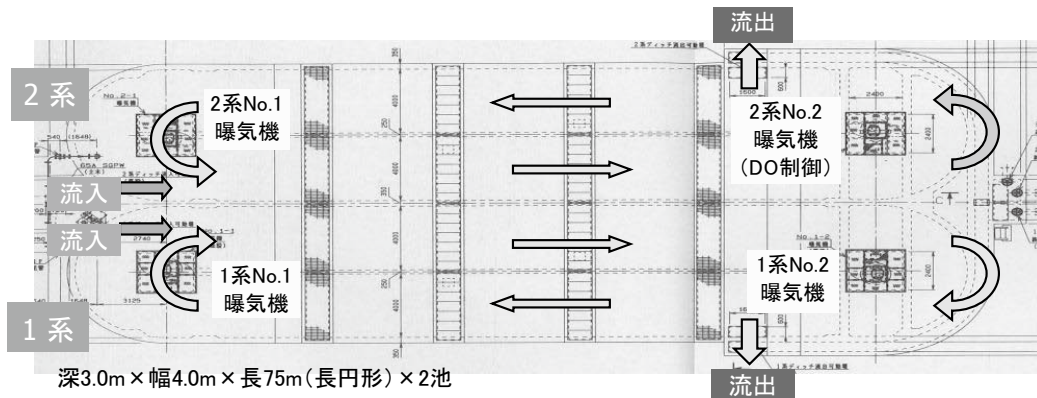


図1 OD槽の概要

表1 曝気機の運転方法

曝気機		実験①	実験②
1系	No. 1	固定速運転	固定速運転
	No. 2	固定速運転	固定速運転
2系	No. 1	固定速運転	固定速運転
	No. 2	可変速運転 (DO制御：3.0mg/L)	可変速運転 (DO制御：2.5mg/L)

2.3 調査方法

2.3.1 流入水調査

処理施設の流入水の状態を把握するため、平成20年1月21日～23日に流入水の水質を48時間連続調査した。試料の採取は自動採水器（日科機バイオス(株)3700型）を用い、OD槽流出口で正時ごとに採水し、2時間分を等量混合して試験用試料とした。また実証実験を行った平成22年12月6日と平成23年1月11日にも12時に調査した。

2.3.2 実証実験

施設内の1系及び2系のOD槽において、各々異なる曝気パターンで運転を行い、処理水質、曝気機の使用電力量を調査した。曝気方法を表1に示す。実験①及び実験②共に、1系は回転数を固定し、タイマーによるON/OFFのみ行う従来のパターン運転（従来曝気）とした。2系は2基の曝気機のうち1基は従来曝気とし、もう1基をDO制御による可変速運転とした。実験①では2系のDO設定値を3.0mg/Lとし、実験②では、DO設定値を2.5mg/Lとした。

曝気機の運転パターンは、以下により設定した。BOD除去、硝化及び微生物の呼吸に必要な酸素量と曝気機の供給可能酸素量から1日に必要な合計運転時間を求め、更に処理水の形態別窒素濃度及び過去の運転状況を参考に間欠運転させた。当該施設は、最大需要電力に基づき基本料金が決定されるデマンド契約を電力会社と結んでいるため、契約電力が超過しない様に施設全体の曝気機稼働数が常時3台以下となるよう運転時刻を調整した。

試料の採取は曝気機の運転パターンを切り替えてから約1週間後に、流入水調査と同様の方法で行った。

2.3.3 調査項目

(1) 水質

浮遊物質量（SS）、生物化学的酸素要求量（BOD）、化学的酸素要求量（COD）、全窒素（T-N）、アンモニア性窒素（NH₄-N）を測定した。測定方法は、SSは昭和46年環境省告示第59号付表8、BOD、COD、T-NはJIS K 0102、NH₄-Nは下水試験方法によった。

(2) 曝気機の使用電力量

電力量は、従来曝気の固定速運転の場合は曝気機ごとの出力に運転時間を掛けて算出し、DO制御した可変速運転の場合は電力量計（メーカー：横河電気、型式：CW-120）を設置して実測した。

(3) 電力量料金

電力量料金は、電力量料金単価と燃料費調整単価の合計と使用電力量との積で算出し、料金単価は施設が契約している料金メニュー「中部電力高圧タイムプランH」に基づいた。なお、このプランの電力量料金単価は昼間に高く、夜間に低く設定されている。

3. 結果及び考察

3.1 流入水質及び負荷量の変動

平成20年調査の流入水の水質経時変化を図2に示す。全ての項目で8時頃にピークがあり、BODについては18時頃にもピークが見られた。朝夕2回のピーク

クは家庭からの生活雑排水の影響と考えられ、過去の生活雑排水の排出実態調査報告例⁸⁾と同様の負荷パターンであった。T-N, NH₄-Nについては午前8時頃を除いて大きな変動はみられなかった。

この調査で得られた流入負荷量の経時変化と実証実験で用いた運転パターンとの関係を図3, 4に示す。なお、当該施設の流入水は家庭排水が主であり、負荷量の変動パターンは安定していること、また平成

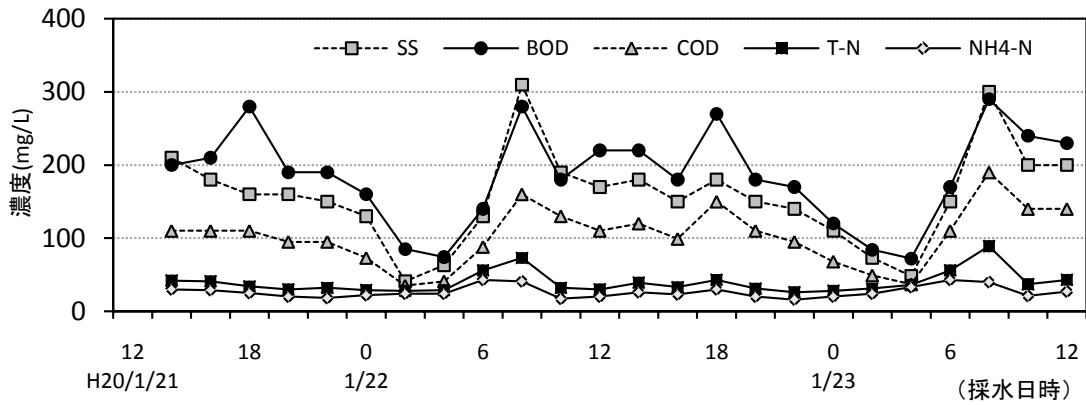


図2 流入水の経時変化

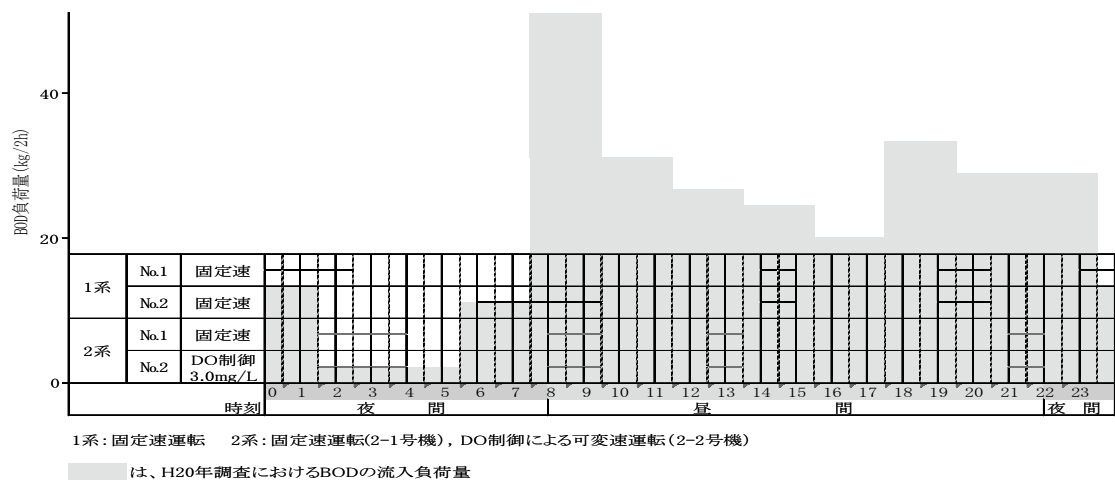


図3 流入負荷量と曝気機の運転パターン (実験①)

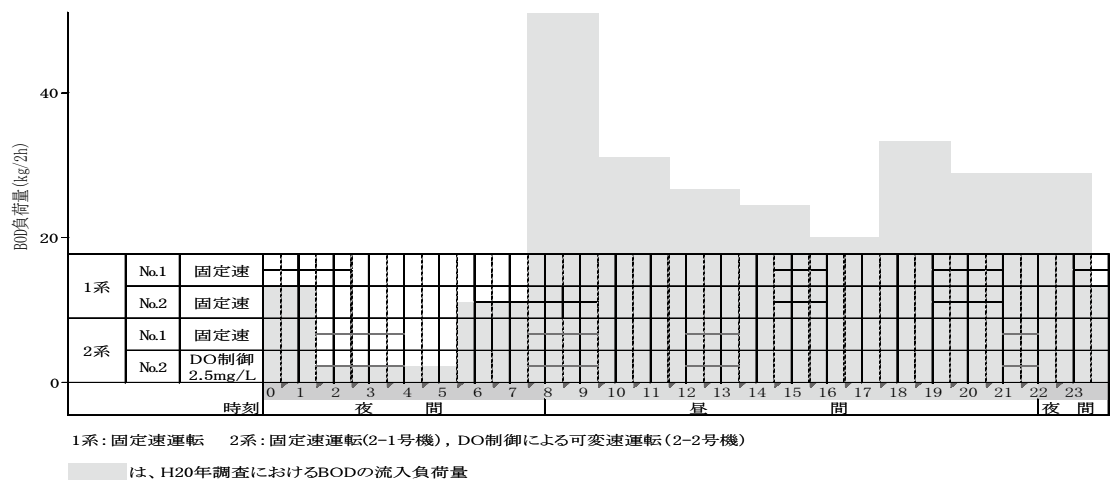


図4 流入負荷量と曝気機の運転パターン (実験②)

19年度から平成22年度にかけての日平均処理水量はほぼ横ばいであることから(図5), 流入負荷量は平成20年の結果を利用した。

また, 平成20年及び実証実験当日の12時における流入水質の測定結果を表2に示す。平成20年と実証実験当日ではほぼ同様であり, 流入水質の変化は少なかった。

3.2 処理水質

実験①の処理水質を表3に, また処理水質の変動を図6-1, 2に示す。各項目の平均値を比較すると, SS, BOD, CODは2系の方が高く, NH₄-Nは2系の方が低かった。平均値の差の検定(危険率5%)では, 有意差が認められたのはNH₄-Nのみであった。DO制御の2系は, 全ての項目で10mg/L以下であり, 最大値でもBODは計画処理水質の1/2以下, SSは1/6以下であった。また, 全窒素(T-N)除去率は87.7%であり, 有機物除去, 窒素除去共に良好な処理水質が維持できた。

実験②の処理水質を表4に, 処理水質の変動を図7-1, 2に示す。各項目の平均値は, SS, BOD, CODで2系の方が高く, NH₄-Nは2系の方が低かった。

平均値の差の検定では, BOD, COD, NH₄-Nで有意差が認められた。しかし, 2系においても全ての

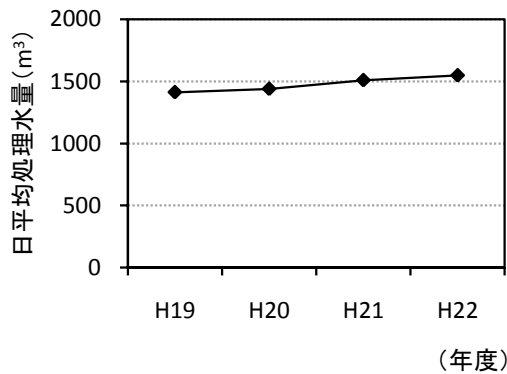


図5 日平均処理水量の推移

表2 12時における流入水質 (単位: mg/L)

日付	SS	BOD	COD	T-N	NH ₄ -N
H22. 12. 6	180	190	130	30	16
H23. 1. 11	150	200	120	34	16
H20. 1. 22	170	220	110	30	20
H20. 1. 23	200	230	140	43	27

項目で10mg/L以下であり, 最大値でもBODは計画処理水質の1/3以下, SSは1/8以下, また全窒素(T-N)除去率は89.4%であり, 処理水質は良好であった。

実験①, ②共に, 2系においてNH₄-Nが有意に低値を示したが, その原因は不明であった。OD槽を変えて再評価を行う等, 今後の検討課題としたい。

表3 実験① 処理水質 (単位: mg/L)

1系	SS	BOD	COD	T-N	NH ₄ -N
平均値	1.1	3.2	8.8	3.7	<u>2.2</u>
最大値	2	4.7	9.8	4.2	2.5
最小値	<1	2.5	8.4	3.0	1.7
CV (%)	32	21	4.4	8.7	12
2系	SS	BOD	COD	T-N	NH ₄ -N
平均値	1.5	3.5	8.9	3.7	<u>1.8</u>
最大値	4	6.1	9.8	4.7	2.3
最小値	<1	1.8	8.4	3.4	1.3
CV (%)	58	39	4.4	8.8	18

注) 斜字は, 1系と2系の平均値の間に危険率5%で有意差あり

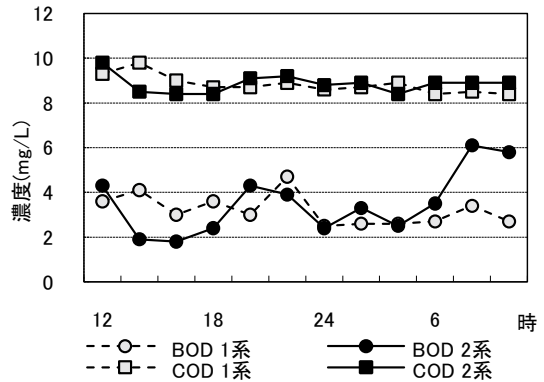


図6-1 実験① 処理水質の変動 (BOD, COD)

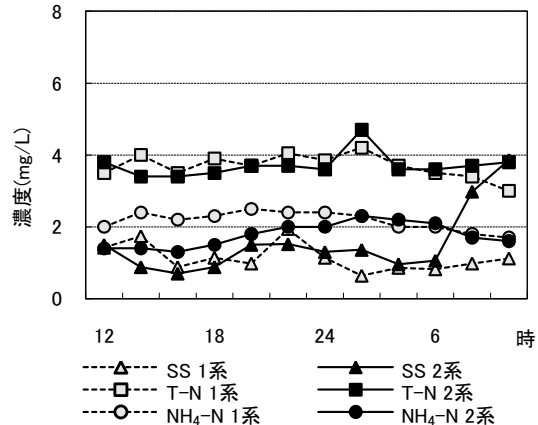


図6-2 実験① 処理水質の変動 (SS, T-N, NH₄-N)

3.3 曝気機の使用電力量及び電力量料金

実験期間における曝気機の使用電力量と電力量料金を表5に示す。

実験①では、使用電力量は1系が88.9kWh、2系が87.9kWhとなり、電力量料金はそれぞれ941円/日、923円/日で、使用電力量が約1%、電力量料金が約2%の削減となった。実験②では、使用電力量は1系が103.7kWh、2系が94.5kWhとなり、電力量料金はそれぞれ1098円/日、1001円/日となり、使用電力量、電力量料金共に約9%の削減となった。

従来曝気運転では、流入水質の変動に対応するため余裕を持った曝気を行うことが多いが、DO制御

により過曝気を防ぐことができ、使用電力量の抑制につながったと考えられる。今後、更なる使用電力量の削減の可能性を探るに当たっては、DO設定値を更に下げた運転が想定される。しかし、冬季には微生物の内生呼吸量が低下することを考慮すると、DO制御機能単独ではなく、曝気機の回転数や運転パターンの変更と組み合わせる必要があると思われる。

4. まとめ

OD法下水道処理施設における使用電力量及び維持管理経費削減を目的に、曝気機をDO制御にて運転する実証実験を行い、以下のことを確認した。

(1) 曝気機2基のうち1基をDO制御にて運転したところ、DO設定値3.0mg/Lでは従来曝気運転とほぼ差のない、計画処理水質を十分満たす良好な水質であった。DO設定値2.5mg/Lでは、SS、BOD、CODで従来曝気運転よりも若干の上昇が見られたものの、同じく水質は良好であった。なお、両設定値とも窒素除去は良好であった。

(2) 使用電力量及び電力量料金は、DO設定値3.0mg/Lでは電力量が約1%、電力量料金が約2%の

表4 実験② 処理水質 (単位: mg/L)

1系	SS	BOD	COD	T-N	NH ₄ -N
平均値	0.9	<u>2.0</u>	<u>8.6</u>	3.6	<u>2.1</u>
最大値	1	3.7	9.4	4.0	2.5
最小値	<1	0.9	8.0	3.1	1.7
CV(%)	30	42	4.1	8.7	13
2系	SS	BOD	COD	T-N	NH ₄ -N
平均値	1.5	<u>3.3</u>	<u>9.0</u>	3.6	<u>1.4</u>
最大値	3	4.8	9.9	4.0	1.6
最小値	<1	1.9	8.5	3.4	1.1
CV(%)	64	28	4.8	5.2	17

注) 斜字は、1系と2系の平均値の間に危険率5%で有意差あり

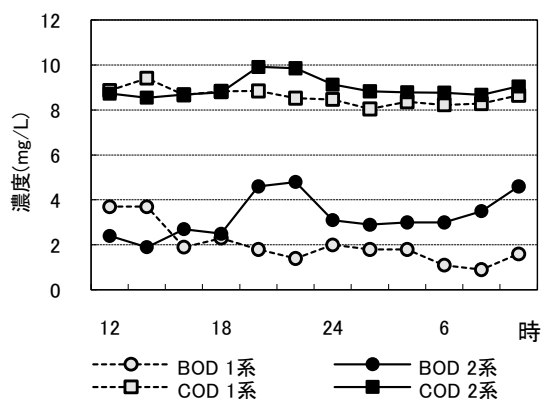


図7-1 実験② 処理水質の変動 (BOD, COD)

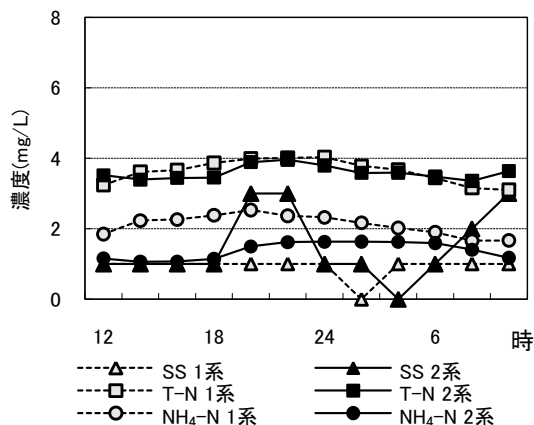


図7-2 実験② 処理水質の変動 (SS, T-N, NH₄-N)

表5 曝気機の使用電力量と電力量料金

実験 (期間)	運転方法		使用電力量(kWh) (昼間の使用率%)			電力量料金(円/日)		
	1系	2系	1系	2系	削減率	1系	2系	削減率
実験① (H22/12/6~7)	固定速運転 ×2基	固定速運転+ DO制御(3.0mg/L)	88.9 (61.4%)	87.9 (58.4%)	1.2%	941	923	1.8%
実験② (H23/1/11~12)	固定速運転 ×2基	固定速運転+ DO制御(2.5mg/L)	103.7 (66.9%)	94.5 (67.4%)	8.9%	1098	1001	8.8%

削減となり、DO 設定値 2.5mg/L では、電力量、電力量料金共に約 9% の削減となった。

文 献

- 1) 長野県環境部 (2011) 平成 23 年度版環境白書: 62-63.
- 2) 長野県環境部 (2010) 水循環・資源循環のみち <http://www.pref.nagano.lg.jp/kankyo/seihai/road2010/kousou/1%20kadai.pdf> (2012 年 11 月確認)
- 3) 加藤薫・山本敬之・曾我部哲・吉田俊 (2007) 水中プロペラと超微細気泡散気装置の DO 制御効果, 第 44 回下水道研究発表会講演集: 652-654.
- 4) 別府智志・大崎功 (2010) 高度処理オキシデーションディッチ (OD) 法における初期運転の課題と対策, 第 47 回下水道研究発表会講演集: 660-662.
- 5) 山口康晴・端憲二・藤野欣一・奥村太樹雄 (1992) オキシデーションディッチ法に関する性能試験について, 第 26 回日本水環境学会年会講演集: 538-539.
- 6) 湛記先・池畑将樹・松本雅文・寺澤江美・青木忠・伊藤茂 (2004) OD 法における間欠酸素必要量 (OR) 制御, 第 41 回下水道研究発表会講演集: 882-884.
- 7) 湛記先・池畑将樹・松本雅文・糸川浩紀・川口幸男・村上孝雄 (2007) OD 法の自動制御について, 第 44 回下水道研究発表会講演集: 925-927.
- 8) 生活排水研究会 (1991) 生活雑排水対策実務マニュアル, pp5-6

Energy-saving operation of the wastewater treatment plant by oxidation ditch process

Yoko MIYAJIMA¹, Masaaki SHIKANO², Takanobu HORIUCHI³, Kaede SHIMOZAKI¹,
Fumiko OGUCHI¹, Takao KATSUNO¹, Kenichiro HATANAKA⁴, Shinji NAKAYAMA⁵,
Kazuhiro KOBAYASHI² and Yuji ISHIHARA¹

- 1 Nagano Environmental Conservation Research Institute, Recycling Society Division, 1978 Komemura Amori, Nagano 380-0944, Japan
- 2 Nagano Prefecture Sewerage Public Corporation, Chushin Management Office, 6709 Tazawa Toyoshina, Azumino 399-8203, Japan
- 3 Nagano Prefecture Nagano Regional Office, Environment Division, 686-1 Minamiagata-machi, Minaminagano, Nagano 380-0836, Japan
- 4 Nagano Environmental Conservation Research Institute, Natural Environment Division, 2054-120 Kitago, Nagano 381-0075, Japan
- 5 Nagano Prefecture Sewerage Public Corporation, Nanshin Management Office, 2990 Shimoshinden, Ina 396-0013, Japan