

下水道の長期的技術開発 に関する基礎調査

1. はじめに

下水道技術開発連絡会議は、将来に向けて下水道で取り組むべき「長期的技術開発課題」の中で、「地球環境保全型下水道」を最も重要な課題の1つとして位置づけ、温暖化ガスの放出に関する調査を行っており、温暖化ガスの放出の削減に向けて下水道が取り組むべき温暖化ガスの監視方法、対応策などを検討することを目的に本調査を実施している。

平成4年度は既存資料の整理を行い、下水道施設から発生する二酸化炭素などの温暖化ガスの実測データが少ないこと、温暖化ガスの生成・発生・消滅機構および処理施設系外での挙動に関して不明点が多いこと、また、下水道での対応策を検討する上において、より正確な実態把握と基本的事項の解明が必要であり、このための測定技術の向上や実測データの集積が必要であることが指摘された。

平成5年度は冬季および夏季の調査のうち冬季の実態調査を行った（冬季調査）。全国の5ヶ所の終末処理場（処理場）を対象としたこの調査により基礎的なデータを集めることができた。

この結果を受け、平成6年度は、はじめに平成5年度冬季調査の中で特異データが発生したと考えられる施設を対象として予備的な調査を実施した（予備調査）。その結果、特異な値を与えた要因がいくつか抽出され、今後の施設運転方法への反映の可能性が示された。次に、冬季調査に続いて夏季の実態調査を行った（夏季調査）。夏季調査では冬季調査

対象の処理場のうち2ヶ所を継続調査し、新たに1ヶ所を追加した。新たに追加した処理場については、データの補完の目的で、平成6年度に冬季調査を行った。

本文は、以上の実態調査を総括して報告するものである。

2. 予備調査

2.1 調査対象

冬季調査結果のうち、特異な値を示したと考えられる施設2ヶ所を対象に予備調査を行った。特異点とは、1) A処理場について、好氣的処理であるコンポスト施設からのCH₄発生量が大きかったこと、2) E処理場について、エアレーションタンク（エアタン）からのN₂O発生量が他の処理場と比較して2桁も大きかったことである。

調査対象などについては、表-1に示すとおりである。

表-1 日発生量・発生量換算値の比較

処理場名 および 施設名	項目 (単位)	ガス名	冬季調査	予備調査
A 処理場 コンポスト施設 (粉状施設)	日発生量	CO ₂	21,400	3,480
	(kg/日)	CH ₄	22.4	6.2
	発生量	CO ₂	11,300	1,080
	換算値 ¹⁾	CH ₄	11.9	1.9
E 処理場	日発生量	N ₂ O	247	28.5
	(kg/日)			
エアタン	発生量	N ₂ O	320	33.8
	換算値 ¹⁾			

注1) 発生量換算値は、コンポスト施設が(kg/10t(ds))、エアタンが(kg/10万m³)である。

2.2 調査結果

温暖化ガス濃度の分析値および排気ダクトの流量などの数値を用いて、温暖化ガス発生量を求めた。さらに、次に示すように温暖化ガス発生量の単位処理量当たり換算値（発生量換算値）を算出した。水処理施設については、処理場への流入水量10万 m^3 当たりの換算値（ $\text{kg}/10\text{万}\text{m}^3$ ）、汚泥処理施設については、処理場において発生した脱水ケーキ乾燥重量10t当たりの換算値（ $\text{kg}/10\text{t}\text{ (ds)}$ ）とした。

温暖化ガス日発生量および単位処理量当たりの換算値の、冬季調査および予備調査結果の比較を表-1に示し、また各要素量の比較を表-2に示す。

表-2 各要素の比較

処理場名	項目 (単位)	冬期調査	予備調査	
A 処理場	投入汚泥量 (t/日)	51.8	85.6	
	投入汚泥含水率 (%)	63.6	62.5	
	投入汚泥乾燥重量 (t/日)	18.9	32.1	
	二次醱酵槽コンポスト量 (t)	1,265	1,223	
E 処理場	流入水量 ($\text{m}^3/\text{日}$)	77,108	84,371	
	流入水温 ($^{\circ}\text{C}$)	15.8	22.2	
	全窒素 (mg/ℓ)	流入水	32	30.6
		放流水	15.7	10.3
	アンモニア性窒素 (mg/ℓ)	流入水	23.1	19.2
		放流水	12.2	3.2
	亜硝酸性窒素 (mg/ℓ)	流入水	<0.1	<0.1
放流水		1.1	0.2	
硝酸性窒素 (mg/ℓ)	流入水	<0.1	<0.1	
	放流水	1.3	6.1	

2.3 考察

2.3.1 冬季調査結果との比較

冬季調査結果と予備調査結果の比較は表-2に示したとおり、コンポスト施設（粉状施設）およびエアタンとともに予備調査結果は冬季調査結果と比べてかなり低い値となった。

2.3.2 A処理場コンポスト施設の特異点

この施設は一次醱酵槽（3槽）と二次醱酵槽（12槽）からなっている。一次醱酵槽は醱酵日数14日、切り返し1日1回であり、二次醱酵槽は醱酵日数40日、切り返し1週間に1回である。一次醱酵槽は、年次点検のため、11月より1月までの3ヶ月間、1槽につき1ヶ月間ずつ送気および切り返しを停止しており、冬季調査時には3槽の一次醱酵槽のうち1槽が年次点検のため送気および切り返しを停止していた。この期間、停止していた醱酵槽内が嫌気的な条件となりメタン生成が促進されていたと考えられる。

一方、予備調査時には3槽ともに運転していた。

したがって、冬季のメタン発生量が大きい主原因は、運転条件によるものと考えられる。

2.3.3 E処理場エアタンの特異点

(1) 発生量および水質の概要

N_2O の発生量について、予備調査結果は冬季調査結果よりもかなり小さいものの、他処理場の冬季調査結果と比較して換算値で約4倍大きいものであった。したがって、このエアタンには N_2O 生成を促す要因が存在したのと考えられる。

調査対象としたエアタンは嫌気好気式のものであった。DO（溶存酸素量）は嫌気的な上流側で0.06~0.20 mg/ℓ 、好気的な下流側で0.60~0.90 mg/ℓ であった（予備調査時）。

表-2に示した水質データをみると、冬季調査ではアンモニア性窒素の流入水濃度23.1 mg/ℓ 、放流水濃度12.2 mg/ℓ であり（除去率47%）硝化が起きているものの十分には進んでいなかった。また、放流水中の亜硝酸性窒素濃度1.1 mg/ℓ 、硝酸性窒素1.3 mg/ℓ と、亜硝酸から硝酸への反応も進んでおらず亜硝酸型の硝化になっていた。

一方、予備調査ではアンモニア性窒素の流入水濃度19.2 mg/ℓ 、放流水濃度3.2 mg/ℓ （除去率83%）と冬季調査時と比べ硝化が進んでいたが、完全に硝化が進んでいたとはいえない。また、放流水中の亜硝酸性窒素濃度0.2 mg/ℓ 、硝酸性窒素6.1 mg/ℓ と、比較的、硝酸型の硝化となっていた。

(2) N_2O の発生機構

N_2O は、硝化作用および脱窒作用の双方から発生することが報告されている¹⁾。調査対象のエアタンについて硝化作用と脱窒作用に分けて考察すると以下ようになる。

a. 硝化作用

花木等²⁾によれば、DO1.7 mg/ℓ 以上では N_2O の生成量が少なく、DOが低くなるにつれて N_2O 生成量が増加するが（0.2 mg/ℓ で最大）、低くなりすぎると硝化の進行自体が阻害されるため、再び N_2O 生成量が低下すると報告されている。また、汚泥滞留時間（SRT）を10日以上とれば N_2O 生成量がわずかとなるが、短いSRT、すなわち高負荷ではかなりの N_2O が発生し、SRTが短いほどその傾向が強くなること、pHが N_2O 生成に及ぼす影響については明確な傾向が得られていないことも示されている。

調査対象のエアタンは、予備調査結果によると好気側でもDOが低く（0.60~0.90 mg/ℓ ）、

またSRTを設計値などにに基づき試算すると約5日と短い。したがって硝化作用に伴う N_2O が生成しやすい条件で運転されていたと考えられる。

b. 脱窒作用

花木等²⁾によれば、有機物不足、すなわち、硝酸性窒素に対する有機物の比率が小さくなるほど N_2O が生成しやすくなると報告されている。またSRTの短縮が N_2O 生成量の増加に寄与すること、pHが低下すると N_2O の発生活比率が高くなること（中性から弱酸性になると顕著となる）もあげられている。

調査対象のエアタンは、上流側では嫌気的な運転を行っているため、部分的に脱窒反応が起こっていると考えられる。予備調査によると、pHは上流側（嫌気槽）で6.6程度、下流側（好気側）で6.2程度と低く、弱酸性となっており、Mアルカリ度および溶存有機物が若干不足（溶解性BOD：硝酸性窒素＝S－BOD： $NO_3-N \cong 4:1$ ）していると考えられる。また、SRTも約5日と短い。したがって脱窒作用において N_2O が生成しやすい条件で運転されていたと考えられる。

以上により、調査対象としたエアタンは冬季調査時点には硝化作用および脱窒作用の双方において N_2O の生成を促す要因が揃っていたと考えられる。

2.3.4 夏季調査に対する課題

(1) 十分な評価を行えるデータの収集

発生量の算出に必要なデータだけを収集するのではなく、生成機構を考察する上で必要な水質データ、運転状況、そして物質収支のデータを収集する必要がある。

(2) 水質項目

予備調査で実測した水質項目は以下に示すとおりである。

- ・物理量：水量、水温
- ・酸素量：DO
- ・酸、アルカリ：pH、Mアルカリ度
- ・炭素系：BOD、溶解性BOD、TOC
- ・窒素系：全窒素、アンモニア性窒素、亜硝酸性窒素、硝酸性窒素

また、測定箇所は原則として、流入水、最初沈殿池流出水、エアタン上流部、エアタン下流部、放流水とした。夏季調査においても同様に実測することとした。

(3) 運転状況および物質収支の把握

施設の運転ならびに水や汚泥の収支に顕著な時間変動がある場合、また、他処理場と比較して特殊な運転を行う場合はその状況を把握する必要がある。

3. 夏季調査

3.1 調査対象

夏季調査は昨年度冬季調査を実施した5処理場のうち2ヶ所（AおよびE）、そして、今回新たに追加した1ヶ所（F）の計3ヶ所を対象とした。また、新たに追加したF処理場については、平成6年12月に冬季調査を実施した。

前年度の冬季調査の結果、温暖化ガスの発生量の少ない施設は今回の調査対象から除くこととした。ただし、E処理場については、冬季調査結果との関係を比較する目的で、冬季調査と同様の施設を調査した。

3.2 調査結果および考察

3.2.1 発生量換算値の比較

これまでの冬季調査、予備調査および夏季調査結果のうち、発生量換算値について表－3に示す。

冬季および夏季による発生量換算値の差異は顕著なものではなかった。

3.2.2 N_2O 発生量の変動および水質との関係

E処理場エアタンの内1系列1槽を対象に、 N_2O 発生量と水質項目の関係を調査した。調査箇所は嫌気好気式の運転を行っているエアタンの下流部であり、また対象とした水質項目は、水温、pH、DO、Mアルカリ度およびアンモニア性窒素とした。なお、亜硝酸性窒素と硝酸性窒素は定量限界値以下のデータが多く、検討に用いることができなかった。

N_2O 発生量と水質項目の相関性を調査したところ、図－1に示すとおり、DOが最も相関性が高く、相関係数は表－4のとおり0.936と極めて強い正の相関を示した。

4. 温暖化ガス発生総量の見積もり

冬季および夏季調査結果を基に、日本国内の下水処理施設全体から発生する温暖化ガスを試算した。ただし、ごく限られたデータを基に算出したものであり、あくまで参考値である。

4.1 見積もり方法

温暖化ガス発生総量の見積もりは、水処理系と汚

表-3 温暖化ガスの発生量換算値

[単位 水処理系: kg/10万㎡, 汚泥処理系: kg/10 t (ds)]

処 理 場	A		B		C		D		E		F		平均換算値	備 考	
	冬季	夏季	予備	冬季	夏季	冬季	冬季	夏季	予備	冬季	夏季				
CO ₂	水処理	最初沈殿池	2	1	—	2,960	6	184	1,060	363	—	1,210	580	707	
		エレーションタンク	4,880	10,500	—	18,300	7,900	13,700	15,700	15,500	—	10,600	20,900	13,109	
		最終沈殿池	1	—	—	534	53	10	115	30	—	—	—	124	
		重力濃縮	10	—	—	37	27	27	29	140	—	—	—	45	
		機械濃縮*	—	—	—	—	—	—	74	256	—	—	—	165	
		汚泥脱水	0	—	—	120 (不明)	—	129	39	109	—	—	—	79	
		消化ガス* 焼却	—	—	—	9,680	10,800	2,630	10,300	6,890	—	—	—	3,335	
		汚泥焼却	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	8,060	
CH ₄	水処理	最初沈殿池	0.8	0.5	—	137	0.5	5.0	10.4	7.6	—	11.6	2.2	4.8	
		エレーションタンク	12.7	17.8	—	60.1	0.9	9.0	29.0	32.8	—	11.7	26.2	17.5	
		最終沈殿池	—	—	—	—	—	5.6	—	—	—	—	—	—	終沈槽による
		重力濃縮	0.3	0.2	—	1.6	0.6	1.1	0.1	7.2	—	1.6	3.3	1.8	
		機械濃縮*	—	—	—	—	—	—	0.3	3.8	—	—	—	2.1	
		汚泥脱水	0.0	—	—	1.6 (不明)	—	1.1	0.7	0.8	—	0.4	0.9	0.8	
		消化ガス* 焼却	—	—	—	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	—	—	—	0.5	
		汚泥焼却	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.0	
N ₂ O	水処理	最初沈殿池	0.00	0.00	—	14.7	0.02	0.69	3.91	0.19	—	2.94	2.18	2.74	
		エレーションタンク	2.08	5.21	—	1.49	1.48	10.4	320	2.50	33.8	29.4	105	10.8	
		最終沈殿池	0.02	—	—	0.00	0.03	0.00	4.67	0.00	—	—	—	0.01	
		重力濃縮	0.00	—	—	0.02	0.02	0.02	0.06	0.16	—	—	—	0.05	
		機械濃縮*	—	—	—	—	—	—	1.20	0.04	—	—	—	0.62	
		汚泥脱水	0.00	—	—	0.06 (不明)	—	0.41	0.10	0.09	—	—	—	0.13	
		消化ガス* 焼却	—	—	—	77.2	19.1	—	0.02	0.04	—	—	—	0.03	
		焼却(高分子)	—	—	—	—	—	—	0.90	0.69	0.04	—	—	—	48.2
N ₂ O	焼却(石灰)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.54	
	コンポスト	1.23	0.42	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.42	
	コンポスト(造粒)	—	0.03	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.03	

* : 機械濃縮は遠心濃縮機
 □ : 該当施設なし
 ■ : 特異値 (平均発生量換算値算出からは除外)
 (不明): ダクト (煙道) の排風量が計測できなかったため

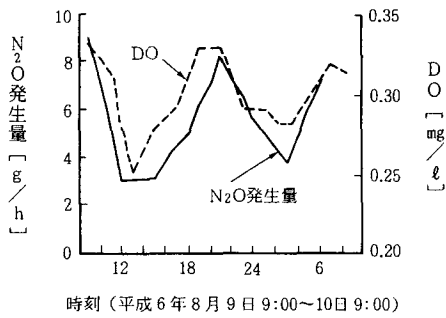


図-1 N₂O発生量とDOとの関係

表-4 N₂O発生量と水質項目との相関係数

	水温	pH	DO	M7カリ度	アンモニア性窒素
N ₂ O発生量	0.046	-0.685	0.936	-0.606	-0.606

泥処理系に分け、処理プロセスごとに発生量換算値と年総量(水量もしくは汚泥量)の積により求めた。

年総量とは全国の終末処理場において1年間のうちに処理した水量あるいは汚泥量の合計である。今回の試算に用いたデータは、下水道統計平成4年度版による。その値を表-5に示す。また、総発生量の見積りに用いた発生量換算値は、冬季調査および夏季調査に基づき、次の条件により決定し、表-5に示した。

表-5 ベースデータ

	流入水量・投入汚泥量年総量 ¹⁾ (単位)	換算値 (単位)			
		CO ₂	CH ₄	N ₂ O	
水処理系	97,766 (10万㎡/年)	13,940	22.3	13.6	
汚泥処理系	濃縮 (10 t (ds)/年)	45	1.8	0.05	
	脱水 (10 t (ds)/年)	79	0.8	0.13	
	焼却 ²⁾ (10 t (ds)/年)	88,273 (合計) 56,800 (高分子) 31,473 (その他)	8,060	0.04	48.2 0.54
	コンポスト (10 t (ds)/年)	2,633	2,830	2.5	0.42

注1) 年総量は、下水道統計平成4年度版に基づく日本国内の全処理場の合計(焼却を除く)および建設省土木研究所調査資料(焼却炉)による。

注2) 焼却のN₂Oについて、高分子は高分子系凝集剤を用いたケーキを焼却する流動床炉および多段炉を指し、その他はそれ以外のものを指す。

- ・冬季, 夏季の結果を合わせて各処理プロセスごとに単位処理量当たり換算値の平均を求めた
- ・調査結果のうち, 特異値は除いた
- ・各処理場換算値の単純平均として求めた

4.2 年間総発生量および既存試算値との比較

先の計算により得られた年間総発生量を表-6に, 既存試算値との比較を表-7に示す。今回の試算値は既存の試算値と比べておおむね妥当な値と考えられる。

表-6 年間総発生量

	CO ₂ 発生量 (kt/年)	CH ₄ 発生量 (kt/年)	N ₂ O 発生量 (kt/年)	備考	
水処理系	1,363	2.2	1.32		
汚泥処理系	濃縮	12	0.5	0.01	
	脱水	12	0.1	0.02	
	焼却	711	0.0	2.73	1)
	コンポスト	7	0.0	0.00	2)
計	2,105	2.8	4.11		

注1) 高分子系凝集剤を用いたケーキを焼却する流動床炉および多段炉からの発生量
 注2) その他の焼却炉からの発生量

表-7 既存の発生量試算値と調査結果の比較

区分	CO ₂ 発生量 (kt/年)	CH ₄ 発生量 (kt/年)	N ₂ O 発生量 (kt/年)
1)地球規模			
人為的発生	2.16 × 10 ⁷	1.72~5.20 × 10 ⁶	0.13~2.7 × 10 ³
自然発生		1.16~4.45 × 10 ⁶	4.3~8.81 × 10 ³
計		2.88~9.65 × 10 ⁶	4.4~10.5 × 10 ³
2)日本全国			
人為的発生	1.166 × 10 ⁶	0.75~1.45 × 10 ³	27~47
自然発生		0.09~0.10 × 10 ³	33~47
計		0.84~1.55 × 10 ³	60~94
3)下水道処理施設	3.5 × 10 ³		
使用電力	1.6 × 10 ³		
計	5.1 × 10 ³	6.0	2.6
4)本調査結果	2.1 × 10 ³	2.8	4.1

出展1) IPCC第1作業部会レポート(1990、IPCC第1作業部会)
 2) 地球温暖化防止問題対策ハンドブック(1990、環境庁企画調整局地球環境部編)
 3) 下水道の長期的技術開発課題に関する基礎調査報告書(1993、技術開発連絡会議)
 4) 温室効果気体の下水道処理プロセスからの放出(1992、水落、京才)

4.3 温暖化ガスの重みづけ

各温暖化ガスは, 赤外線吸収能, 大気中の濃度, 濃度の増加率および大気中での寿命が異なることから, 同じ重量のガスを放出した場合でも, それぞれ温暖化に対する寄与が異なる。そこでIPCC(気

候変動に関する政府間パネル)³⁾ではGWP(地球温暖化ポテンシャル)という指標を開発し, CO₂を基準とした各ガスの影響度を評価している。表-8にCO₂, CH₄およびN₂OのGWPを示す。対象とする年数により異なるが, N₂OのGWPがとりわけ高いことがわかる。

また, 今回試算した温暖化ガス発生量およびGWPの積により, 下水処理施設から発生する温暖化ガスの相対的温室効果を求めた。表-9にその結果を示す。N₂Oは発生量ではCO₂の約1/500と小さな値であるが, 相対的温室効果ではCO₂の約1/2とかなり大きな寄与を示した。

表-8 GWP(地球温暖化ポテンシャル)

	大気中寿命(年)	GWP(対象年数ごとに)		
		20年	100年	500年
CO ₂	50~200	1	1	1
CH ₄	12~17	62	24.5	7.5
N ₂ O	120	290	320	180

表-9 下水処理施設から発生する温暖化ガスの相対的温室効果

	GWP	発生量 (kt/年)	相対的温室効果
	20年		
CO ₂	1	2,105	2,105
CH ₄	62	2.8	174
N ₂ O	290	4.1	1,189

5. まとめと今後の課題

5.1 まとめ

平成5年度より2ケ年にわたり, 下水処理施設から発生する地球温暖化ガスの実態調査を実施した。下水道分野で緒についたばかりの調査研究ではあるが, これまでの調査で多くの知見を得ることができた。その中で, 水処理施設(エアタン)からもN₂Oの発生があることがわかり, さらにDOと亜硝酸性窒素の動態に着目する必要性も指摘された。

これまでの調査では, 下水道施設から発生する温暖化ガスの発生量の実態と発生因子に着目してきた。今後は, 調査対象とする温暖化ガスの絞り込みを行い, その発生機構に目を向けた調査研究を進めていく必要があるといえる。

表-9に示した相対的温室効果ではCO₂が最も大きく、N₂Oはその約5割の寄与となり、下水処理施設によってはN₂Oを無視することはできない。

下水道施設の中で温暖化ガスの発生に最も寄与しているものは汚泥焼却炉であるといえるが、これについては既にいくつかの研究機関において様々な調査がなされている。N₂Oの特異値も水処理施設（エアタン）におけるものがほとんどであるので、水処理施設からの温暖化ガスの発生に着目すると、エアタンから発生するN₂Oを今後の調査対象として考える必要がある。

エアタンからのN₂Oの発生は、これまであまり取り上げられていなかったが、下水処理過程におけるN₂O生成に関する研究も発表される中、下水処理施設の運転管理方法とN₂O発生量の関係が研究されつつある。今後、発生機構を解明するためにも、現地調査によるデータを収集し実態を整理することが重要であると考えられる。近い将来N₂OについてもCO₂と同様に国際的な取組がなされるものと予想され、発生量削減のための運転方法を確立させることが必要であると考えられ、この点からもN₂Oの発生に関する諸条件を整理しておく必要がある。

5.2 今後の課題

5.2.1 サンプリング方法の確立

排気ダクトサンプリングでは、排気量の正確な把握や周辺空気の吸い込みなどの問題を解決する必要がある。また、水面サンプリングでは、チャンバーの構造やサンプリング手法などに改良の余地があると考えられる。さらに、水質項目の調査では、特に採水試料の窒素分の固定に留意する。

5.2.2 温暖化ガス発生量の評価方法の確立

発生量換算値算出に必要な項目の整理とデータ収集、収集データの定量的な評価、そして処理方式または運転管理方式が異なる場合の評価に留意し方法を確立する必要がある。

5.2.3 調査マニュアルの作成

上記2項目の確立を受けて、「下水道施設から発

生する地球温暖化原因物質の調査マニュアル（案）を作成する。

5.2.4 学識経験者へのヒアリング

調査結果あるいは評価方法などについては、引き続き学識経験者へのヒアリングを実施する。

5.2.5 地球温暖化問題に対する下水道の長期的課題の整理

IPCCの動向を把握しつつ、温暖化ガス排出量の低減へ向けて下水道が果たす役割および将来的課題を以下の着目点に注意して総論のとりまとめを行う。

- (1) 下水道が占める地球温暖化ガス排出量の割合
- (2) 温暖化ガス低減に向けての技術的適応の可能性
- (3) 地球環境に対するトータルな影響低減のための下水道の課題

5.2.6 平成7年度以降の調査

これまでの実態調査の結果、地球温暖化への影響が大きいとされているN₂Oの下水処理施設からの発生量のうち、水処理施設からの発生量だけでもかなり大きなものになると推算され、大きな影響をもつことがわかった。下水処理施設におけるN₂Oの発生源は、汚泥焼却炉とエアタンが主たるものであり、汚泥焼却炉についてはいくつかの研究機関で調査されているが、エアタンについては実施施設における調査事例がほとんどなく、さらなる実態調査が必要である。したがって平成7年度以降はエアタンから発生するN₂Oの発生機構に着目して調査を行うものとする。

<参考文献>

- 1) 陽編著：土壌圏と大気圏，朝倉書店，1994.5.
- 2) 花木等：生活排水の窒素除去過程で発生する一酸化二窒素，第2回地球環境シンポジウム講演集，土木学会，1994.6.
- 3) IPCC：Radiative forcing of climate change 1994, Report to IPCC from the Scientific Assessment Working Group (WGI), IPCC-X/Doc. 3, part I, 1994

●この調査に関する問い合わせは

研究第一部長	佐藤 和明
研究第一部主任研究員	伊藤 久明
研究第一部研究員	森 正治
研究第一部研究員	高木 克也