3．オゾン脱臭の効果

病院や老人施設のニオイの成分を分析し（図 1）、オゾンが脱臭できる成分を表にまとめました（図 2）。

（図 1）臭いの成分

		6段階臭気強度	悪臭成分										
			窒素化合物			硫黄化合物			脂肪酸・炭化水素				アルデヒド
			動物・腐敗臭			食物腐臭・糞尿臭			汗人体臭・アカ臭・アルコール臭				刺激臭
			アンモニア	トリメチルアミン	エチルアミン	硫化水素	メチルメルカプタン	酸化メチル	イソ吉草酸	ノルマル酪酸	プロピオン酸	酢酸	アセトアルデヒド
濃度単位			ppm	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppm	ppb
病室	内科	3	0.1	0.1		1.4	0.9			0.2			16.5
	ガン患者	4	0.2	0.8	0.4	1.5	1.0	0.8	0.4	2.6	1.8	4.7	10
	精神病棟	3.5	0.2	0.1		3.5	0.8		4.0	8.0		0.6	20
トイレ	糖尿病	3.5	0.4	0.2	0.8	4.5	0.8	4.0	0.3		0.2	0.2	
	一般	3	0.45	0.2		2.3	0.8	1.2	0.1		0.1	0.1	
外科治療室			0.1	0.6	0.4				4.5			7.5	30
老人部屋		3	0.1	0.1		1.0	0.8		1.9	1.2		0.1	10
受付待合室		1	0.08			0.9			0.2		0.1		4

（0：無臭　1：やっと関知できる臭い　2：何の臭いであるかが分かる
3：楽に関知できる臭い　4：強い臭い　5：強烈な臭い）

（図 2）オゾンで酸化（脱臭）できる物質／できない物質

判定	化合物の分類	物　質	脱臭可否の根拠
可能	（含）硫黄化合物	硫化水素 メチルメルカプタン 硫化メチル 二硫化メチル	R−S−R結合はオゾンと良く反応する。
	アルデヒド類	ホルムアルデヒド アセトアルデヒド アクロレイン プロピルアルデヒド	アルデヒドは酸化しやすい。
	脂肪酸	酢酸・酪酸・ プロピオン酸	低沸点のカルボン酸はオゾンによる反応がある。ただし、反応性は低い。
	（含）窒素化合物	アンモニア エチルアミン トリメチルアミン	オゾン・アンモニアは触媒介在によって反応性が大きく、求核電子を持つ化合物はオゾンと容易に反応する。
不可能	ケトン類	アセトン エチルメチルケトン メチルイソプチルケトン	ケトン類は酸化しにくい。
	エステル類	酢酸エチル アクリル酸メチル メチルメタアルキレート	カルボン酸エルテル酸もしくは塩基で加熱しないと反応しない。また、アクリル酸部分は二重結合のため反応はするがエステルの部分の反応性が低い。
	芳香族炭化水素	トルエン・スチレン キシレン・ベンゼン	ベンゼン環を持つ化合物は非常に安定しており、酸化しにくい。
	塩素化炭化水素	塩酸 トリクロルエチレン テトラクロルエチレン	ハロゲン化炭化水素はイオン結合が強いため反応しない。

このようにオゾンは病院や老人施設の様々な臭いを脱臭します。

オゾン脱臭の特徴

悪臭とは悪臭防止法によって「人に不快感、嫌悪感を与えるものであって、一般に濃度多成分の複合臭気であり、人の喚覚に直政所え、環境を損なう恐れのあるにおい」と規定されている。表1に代表的な脱臭法を示し、表2に悪臭防止法で指定された22種類物質のうち代表的な12種を示す。

脱臭法	概　　要	特徴と同性点
吸着法	活性炭などの吸着剤に臭気物質を吸着	吸着剤の定期的交換と後処理が必要
洗浄法	水や酸化剤などにより中和や酸化反応をさせ吸収除去	廃液処理が必要 メンテナンス容易
燃焼法	悪臭成分を燃焼させ熱分解させる	有機性ガスに限る ランニングコスト高い
オゾン法	悪臭成分を常温で酸化反応により分解させる	オゾン濃度の管理が必要

表1　脱臭法

悪　臭　物　質	件　数
アンモニア	489
メチルメルカプタン	463
硫化水素	496
硫化メチル	425
ニ硫化メチル	395
トリメチルアミン	270
アセトアルデヒド	102
スチレン	103
プロピオン酸	268
ノルマル酪酸	283
ノルマル吉草酸	281
イソ吉草酸	269

表2　代表的な悪臭物質の種類とその測定件数

苦情の多い悪臭物質は有機物で、悪臭防止法に指定されている。

（『産業と環境』 環境庁　1994より）

オゾンによる脱臭法とは、オゾンの強い酸化力を利用した方法であり、臭気物質をオゾンにより酸化させる方法である。したがって、オゾン脱臭法は燃焼法を低温下で行う方法であるといってもよい。悪臭は一般に何種類かの物質の混合気体である。悪臭の中に含まれるものは発生源によって、その種類や混合割合が異なる。しかし、その含まれる成分の

主な物質は表2・の中に示したように可燃物質が主体である。実際にこれらの成分がオゾンと混合して起こる反応は次のようである。

CH_4 （メタン）＋ O_3 → BCO_2＋CO＋H_2〇
$(CH_3)_3N$（アミン）＋O_3 → CH_3NO＋H_2O＋CO_2
H_2S（硫化水素）＋O_3 → S＋H_20＋O_2

表2に示した物質すべての成分についてここでは反応式が示さないが、ここに示した三つの反応を見ればわかるように、オゾンによって酸化されて生成してくる反応物は悪臭物質でもなく、公害物質でもなくなっている。ここに示した反応式のように、悪臭物質といわれるすべての物質が完全酸化、すなわち完全燃焼され、このようにうまく脱臭できるほど都合よくいかない。しかし、幸いにも実際に悪臭として発生している物質を分析してみると、その多くは有機物から発生した物質であり、燃焼しやすく、オゾンとよく反応するものが多い。
表1に掲げた脱臭法に対して、オゾン脱臭汝の特徴を挙げると次のような点であろう。

長所：
① オゾンは酸化力が強いので、他の方法で処理できない成分も処理できる。
② オゾンを多量に使用しても、過剰オゾンは酸素分子になるので、二次公害を起こす心配がない。
③ 原料は空気なので、オゾンナイザさえあればどこでもオゾンを発生できる。

短所：
① オゾンでは脱臭しにくいものもある。
② オゾンの脱臭効果には持続性がない。
③ 他の脱臭故に比べコストが少し高い。

このようにオゾン脱臭法には長所も短所もあるが、二次公害を起こす心配が全くない方法であるという点では、何ものにも替えがたい方法であり、二一世紀の環境技術への取り組として大いに期待できると考える。

3．オゾン脱臭の効果

病院や老人施設のニオイの成分を分析し（図 1）、オゾンが脱臭できる成分を表にまとめました（図 2）。

（図 1）臭いの成分

		6段階臭気強度	悪臭成分										
			窒素化合物			硫黄化合物			脂肪酸・炭化水素				アルデヒド
			動物・腐敗臭			食物腐臭・糞尿臭			汗人体臭・アカ臭・アルコール臭				刺激臭
			アンモニア	トリメチルアミン	エチルアミン	硫化水素	メチルメルカプタン	酸化メチル	イソ吉草酸	ノルマル酪酸	プロピオン酸	酢酸	アセトアルデヒド
濃度単位			ppm	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppm	ppb
病室	内科	3	0.1	0.1		1.4	0.9			0.2			16.5
	ガン患者	4	0.2	0.8	0.4	1.5	1.0	0.8	0.4	2.6	1.8	4.7	10
	精神病棟	3.5	0.2	0.1		3.5	0.8		4.0	8.0		0.6	20
トイレ	糖尿病	3.5	0.4	0.2	0.8	4.5	0.8	4.0	0.3		0.2	0.2	
	一般	3	0.45	0.2		2.3	0.8	1.2	0.1		0.1	0.1	
外科治療室			0.1	0.6	0.4				4.5			7.5	30
老人部屋		3	0.1	0.1		1.0	0.8		1.9	1.2		0.1	10
受付待合室		1	0.08			0.9			0.2		0.1		4

（0：無臭　1：やっと関知できる臭い　2：何の臭いであるかが分かる
3：楽に関知できる臭い　4：強い臭い　5：強烈な臭い）

（図 2）オゾンで酸化（脱臭）できる物質／できない物質

判定	化合物の分類	物　質	脱臭可否の根拠
可能	（含）硫黄化合物	硫化水素 メチルメルカプタン 硫化メチル 二硫化メチル	R−S−R結合はオゾンと良く反応する。
	アルデヒド類	ホルムアルデヒド アセトアルデヒド アクロレイン プロピルアルデヒド	アルデヒドは酸化しやすい。
	脂肪酸	酢酸・酪酸・ プロピオン酸	低沸点のカルボン酸はオゾンによる反応がある。ただし、反応性は低い。
	（含）窒素化合物	アンモニア エチルアミン トリメチルアミン	オゾン・アンモニアは触媒介在によって反応性が大きく、求核電子を持つ化合物はオゾンと容易に反応する。
不可能	ケトン類	アセトン エチルメチルケトン メチルイソプチルケトン	ケトン類は酸化しにくい。
	エステル類	酢酸エチル アクリル酸メチル メチルメタアルキレート	カルボン酸エルテル酸もしくは塩基で加熱しないと反応しない。また、アクリル酸部分は二重結合のため反応はするがエステルの部分の反応性が低い。
	芳香族炭化水素	トルエン・スチレン キシレン・ベンゼン	ベンゼン環を持つ化合物は非常に安定しており、酸化しにくい。
	塩素化炭化水素	塩酸 トリクロルエチレン テトラクロルエチレン	ハロゲン化炭化水素はイオン結合が強いため反応しない。

このようにオゾンは病院や老人施設の様々な臭いを脱臭します。

臭気調査報告書

登美ヶ丘11次CPオゾン発生装置導入検討の為の臭気測定調査

平成20年9月10日

はじめに

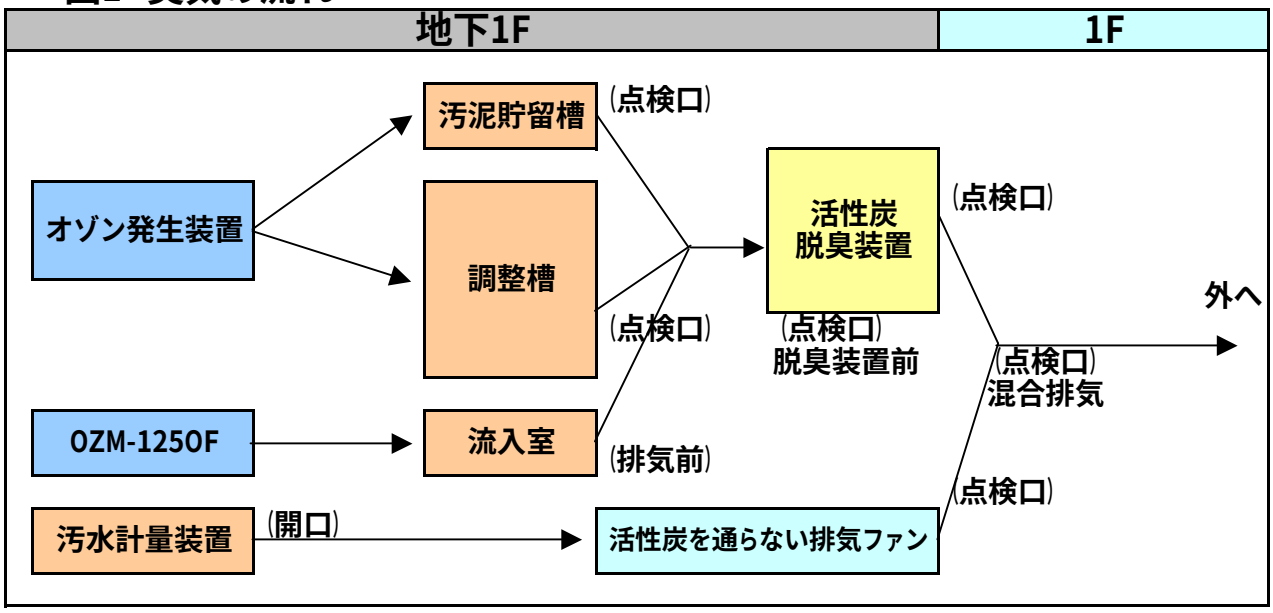
※この臭気検査はすべてニオイセンサ XP-329IIIによるものである。
臭気レベル：臭いの強さ。値はない。（0～2000）
臭気指数：人の感覚に近い値。（臭気濃度の常用対数を10倍した値、0～40）　10×log（臭気濃度）
人の臭いの感覚は、例え臭気が倍になっても倍に感じるものではない。

調査目的：　オゾンの脱臭能力の実用性を検証するため調査・考察
調査場所：　登美ヶ丘11次コミュニティープラント
測定場所：　流入室・流量調整槽・汚水計量装置・汚泥貯留槽・脱臭装置前
脱臭装置後・排気ファン・混合排気
調査実施日：　平成20年　8月28・29日　9月4・5日
オゾン脱臭装置：オゾン発生装置　（オゾン発生量：5g/h　エアーポンプ付）
OZM-125OF　（オゾン発生量：1.25g/h）

概要

通常運転日と汚泥引き抜き作業日において1日3回の臭気測定（10：00,13：00,15：00）を同条件で実施。汚泥引き抜き作業日については通常より臭気が高く出ることが多いため、通常日と分けて計測。測定は2週に分けて、1日かけて行い、1週目(8月28・29日)はオゾン発生装置なしで通常通り、2週目(9月4・5日)はオゾン発生装置を稼動させて測定。活性炭脱臭装置は常時運転状態にし、活性炭の脱臭能力は活性炭脱臭装置前と後で測定。オゾン発生装置設置は9月3日に行い、9月3日より稼動させる。オゾンの脱臭効果が活性炭に匹敵するものであるのか実用性を検証するためのものである。

図1　臭気の流れ



臭気調査結果

8月28･29日、9月4･5日の臭気調査結果の臭気レベル･臭気指数をまとめたデータ（平均値）は以下の通りである。通常日と汚泥引き抜き作業日について比較。8月28･29日はオゾン発生装置なし、9月4･5日はオゾン発生装置ありの状態。オゾンガスが行き渡っている箇所については色分けしている。

調査方法：　オゾンガスをノズルにて注入
　　調整槽にノズル2つ、汚泥貯留槽（2槽）にノズル2つ（1槽につき1つ）
　　流入室においては脱臭野郎（持ち運び式）を設置
測定場所：　図1の（　）にて測定

表1　臭気調査結果の平均値（各日程10：00、13：00、15：00測定の平均）
9月4日･5日はオゾン発生装置稼動　　※全測定結果は別紙

		通常日		汚泥引き抜き作業日	
		8月28日	9月4日	8月29日	9月5日
流入室	臭気レベル	140	167	175	201
	臭気指数	9	10	10	11
流量調整槽	臭気レベル	192	108	244	140
	臭気指数	11	6	13	9
汚水計量装置1	臭気レベル	90	226	256	152
	臭気指数	5	13	12	9
汚水計量装置2	臭気レベル	137	270	269	387
	臭気指数	9	14	14	17
汚泥貯留槽	臭気レベル	279	136	178	97
	臭気指数	14	8	10	5
脱臭装置前	臭気レベル	122	87	171	113
	臭気指数	7	5	9	6
脱臭装置後	臭気レベル	80	81	92	93
	臭気指数	4	4	5	5
排気ファン	臭気レベル	71	86	104	105
	臭気指数	3	4	5	6
混合排気	臭気レベル	77	77	70	85
	臭気指数	4	4	3	5

オゾンなし：　　オゾンあり：

※　9月5日、流入室においてOZM-1250F（オゾン発生量：1.25g/h）の不備により修理に出したが、1日では修理完了せず、9月5日は流入室の脱臭は不可。
　9月4日、OZM-1250Fはオゾン発生していたが従来より少量であった可能性あり。

オゾンと活性炭の臭気削減の比較

調査結果から、オゾンの脱臭と活性炭の脱臭による臭気削減量について検証する。

表2　オゾン発生前後との比較からのオゾンによる臭気削減(%)

		通常日		汚泥引き抜き作業日	
		8月28日	9月4日	8月29日	9月5日
流量調整槽	臭気レベル	約44%削減		約43%削減	
	臭気指数	約45%削減		約31%削減	
汚泥貯留槽	臭気レベル	約51%削減		約46%削減	
	臭気指数	約43%削減		約50%削減	
脱臭装置前	臭気レベル	約29%削減		約34%削減	
	臭気指数	約29%削減		約33%削減	

・オゾンによる脱臭効果は、オゾン発生装置設置前の8月28･29日と設置後の9月4･5日からオゾンガス発生箇所で比較。設置前の臭気の値に対する臭気削減値を%表示。

表3　活性炭脱臭装置の前後比較からの活性炭による臭気削減(%)

		通常日		汚泥引き抜き作業日	
		8月28日	9月4日	8月29日	9月5日
脱臭装置前⇒後	臭気レベル	約34%削減	約7%削減	約46%削減	約18%削減
	臭気指数	約43%削減	約20%削減	約44%削減	約17%削減

・活性炭による脱臭効果は、8月28･29日、9月4･5日の各日程の活性炭脱臭装置前後で比較。活性炭脱臭装置前の臭気の値に対する活性炭脱臭装置後の臭気削減値を%表示。

表2、3より

オゾン脱臭能力　平均 ⇒ **臭気　約41%削減**

活性炭脱臭能力　平均 ⇒ **臭気　約26%削減**

オゾン脱臭力 活性炭の約1.6倍 15%UP ⇧

流入室･汚泥計量装置でのオゾン脱臭

流入室･汚泥計量装置についてのオゾン脱臭について、平成20年5月26日･7月22日に取ったデータを基に脱臭効果を示す。

･9月5日流入室で不備があったため、以前5月26日に取ったデータを引用する。

調査方法2：　オゾン発生装置（オゾン発生量10g/h）からノズルで流入室へ30分間
　　オゾンガスを注入
測定場所：　流入室内中央

表4　流入室オゾンガスノズル注入（30分間）

		流入室	
		オゾンなし	オゾンあり
5月26日月曜日	臭気レベル	104	63
汚水処理作業日	臭気指数	6	2

流入室において
臭気
約39%削減

･汚泥計量装置については、7月22日に取ったデータを引用する。

調査方法3：　汚泥計量装置（2ヵ所）上からノズル2つでオゾン噴霧
　　オゾン発生装置（オゾン発生量5g/h）使用。
測定場所：　汚泥計量装置のフタ付近にて測定

表2　汚泥計量装置でのオゾン脱臭

汚泥計量装置		閉	開
オゾンなし	臭気レベル	104	146
	臭気指数	6	9
オゾンあり	臭気レベル	79	85
	臭気指数	4	5

汚泥計量装置において
臭気
約24～42%削減

各箇所において脱臭効果は確認できた。
オゾン濃度を上げればさらなる脱臭効果が見込める。

以上の脱臭効果と脱臭の設定基準により、相応のスペックの機種を選定。
設定根拠：室内の容積と臭気の量を考慮し、オゾン濃度3ppmに設定。
　　汚泥攪拌時や汚泥処理作業時の場合を考慮した結果、以下のように提案する。

提案と脱臭内容について

提案	オゾン発生装置（オゾン発生量60g/h）　1台 地下1F：ノズル40個　調整槽・汚泥貯留槽：ノズル16個	
	脱臭対象	地下1F全体・調整槽・汚泥貯留槽
	工事内容	オゾン発生装置設置　56箇所ノズル配管

脱臭内容	特に臭気のある汚泥計量装置、流入室を中心に地下1Fを常時脱臭 汚泥処理作業時、汚泥攪拌時など臭気が高い場合、オゾン調節により対処可能
	従来より脱臭していた地下1Fの下の槽である調整槽、汚泥貯留槽の脱臭
	時間設定によるオゾン発生電源切り替えプログラム可能

オゾン脱臭にすることで脱臭スペースを大幅に増やすことが可能。従来の脱臭との脱臭内容の違いを示す。

従来の脱臭		オゾン装置設置後の脱臭
ホッパー室	1F	ホッパー室 （追加可能）
流入室	地下1F	地下1F全体・流入室 （活性炭を通らない排気まで脱臭） （臭気の高い場合にも対応）
調整槽 汚泥貯留槽	処理槽	調整槽 汚泥貯留槽 （追加可能）

脱臭スペース　従来の約5倍

オゾン脱臭のメリット

◎オゾン導入によるメリット･付加価値

･活性炭に代わる脱臭システム

活性炭などマスキング法の脱臭には出来ない臭い分子の完全分解
脱臭効果にムラがない

･クレーム対策（近隣の苦情）

地下全体の脱臭により活性炭を通らない排気ダクトまでも処理

･クリーンルームの確保（現場従業員への衛生面の確保）

オゾンにより浮遊菌･カビ菌･ウィルスを分解

･管理のしやすさ

交換材料がなく、管理が簡単

･環境にやさしい

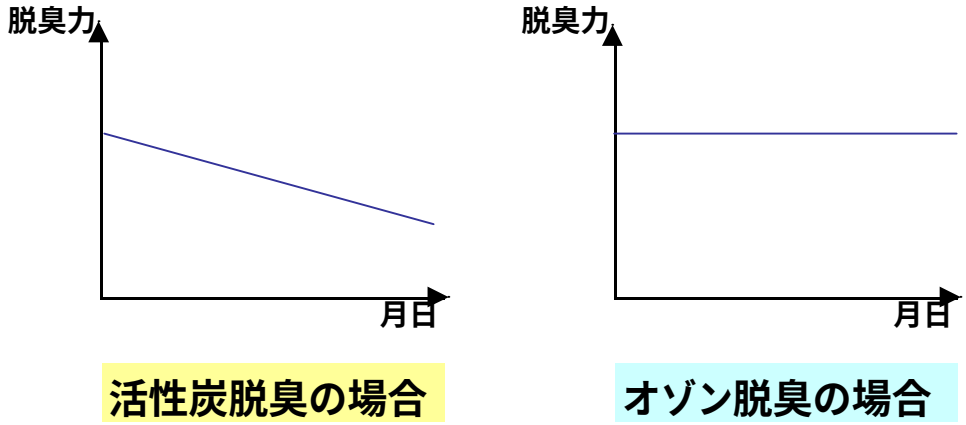
資源の無駄を省き、エコロジー　CO2削減

･ランニングコスト大幅削減

メンテナンス代･電気代のみ

脱臭力の減衰グラフ

図2　脱臭力の減衰



活性炭は脱臭にムラがあり、脱臭力は月日を追うごとに低下。
オゾンによる脱臭は脱臭力が低下しない。
さらに普段より高い臭気の場合、濃度調節により対応可能。

オゾン脱臭とコスト

◎オゾン導入による削減費用
・活性炭の交換費用を年間600万円とする。 ・オゾン導入のイニシャルコストを1150万円（工事費込）とする。 ・オゾン装置の保守点検費用年間50万円とする。 ・オゾン装置の電気代を年間30万円とする。

年間償却コスト：520万円/年

ランニングコストの差は600-80＝520（万円）
年間520万円のランニングコスト削減が見込める。

イニシャルコスト償却期間：約2年

2年で1040万円のランニングコスト削減を見込める。
2年3ヶ月でイニシャルコストに到達。

オゾン導入による5年間の削減費用（万円）

コスト	費用詳細	コスト合計	削減費用
活性炭コスト	活性炭交換費用 600×5＝3000	合計3000（万円）	
オゾンコスト	イニシャルコスト（工事費込） 1150		
	保守点検費用 50×5＝250	1150+250+150＝1550	3000-1550＝1450
	電気代 30×5＝150	合計1550（万円）	合計1450（万円）

削減費用（5年間）　1450万円

オゾン導入による10年間の削減費用（万円）

コスト	費用詳細	コスト合計	削減費用
活性炭コスト	活性炭交換費用 600×10＝6000	合計6000（万円）	
オゾンコスト	イニシャルコスト（工事費込） 1150		
	保守点検費用 50×10＝500	1150+500+300＝1950	6000-1950＝4050
	電気代 30×10＝300	合計1950（万円）	合計4050（万円）

削減費用（10年間）　4050万円

導入実績

株式会社タムラテコ導入実績

導入施設一例：全国都道府県リサイクルセンター全27ヶ所
東京都城南島エコプラント、屋久島リサイクルセンター、鷲尾リサイクルセンター（徳島）、須恵リサイクルセンター（福岡）、泉佐野エコシステムプラント（大阪）、宮崎最終処分場、東京都環境局(ダイオキシン対策)、広島最終処分場、鯖江市生ゴミ処理場、高島屋新宿店地下ゴミ庫、ロイヤルウイング（船舶内ゴミ庫）（敬称略）

導入目的
・脱臭効果の大幅な向上、害虫対策に効果。
・周辺住民環境対策(悪臭防止法)
・活性炭に比べ維持・ランニングコストがかなり削減される
・ISO14001対策、他施設との差別化
・集塵装置の負担軽減

お客様の声
・ランニングコストが活性炭に比べ大幅に安い
・活性炭は最終的にゴミになるが、オゾンはゴミが出ない
・本当に脱臭効果では、今まで試したものの中でナンバー1です

脱臭効果、コストの削減、管理のしやすさ、衛生面の向上、廃棄物を出さないこと、あらゆる面からオゾンの必需性は高まっており、資源を無駄にしないオゾンの活用はISOにも適う時代に沿った手段である。これはオゾンの特性を活かしたオゾンしかなしえない機能である。

以上