

オゾンを有効活用した環境ビジネス

岩本 昌也

オゾンは、ギリシャ語で「臭う」という意味が語源になっているように、独特の青臭い臭いがある。酸素の同素体であるが、非常に不安定な物質のため、自然に分解して酸素に戻る性質がある。オゾンの分解で発生する酸素原子は活性酸素と呼ばれ、水道水の消毒用に一般に使用されている塩素の約6倍もの酸化力がある。また、オゾンは、半減期が短いため、自然に分解して短時間で酸素に戻る。したがって、塩素系の酸化薬剤と比べると毒性の高い反応残分が無い上、毒性の二次副生成物が発生しない。つまりオゾンは、自然に分解が進み、残留性が問題にならないため、二次公害の無い「人にやさしい」化学物質と言われている。

本稿では、オゾンの持つ優れた特色を一般家庭や各産業分野向けに有効活用したビジネスソリューションについて紹介する。

オゾンの概要

地球の上空20-30kmには、オゾン層（10-20ppm）がある。このオゾン層は、大気中の酸素に太陽エネルギー（紫外線）が作用して生成されている。上空に限らず紫外線の強い海岸などの場所では、微量ではあるが自然にオゾンが生成されている。したがって、一般的に地上でのオゾン濃度は0.005ppm程度、海岸や森林では0.02-0.1ppm程度になると言われている。海水浴や森林浴が体に良いことや結核などのサナトリウムが海岸や高原に建てられるのは、自然界で生成されるオゾンの量が多く、オゾンにより空気が浄化されているためとも言われている。つまり、我々の生活の中では、自然に生成されたオゾンの浄化作用が活用されていることになる。

日本では、オゾンに対する労働安全基準は、0.1ppm（8時間労働/日）と定められている（表1）。

したがって、0.1ppm以下の濃度では、人のいる場所でも常時使用することができるが、これ以上の濃度帯になった場合は、一般的に無人環境における使用となる。これまで労働作業環境でのオゾンによる被爆事故の発生は、世界的にも報告されていない。この理由は、オゾン濃度が

表1 オゾンの暴露による人体への影響

オゾン濃度(ppm)	影響
0.01~0.03	殆ど臭わない
0.03~0.06	僅かな臭い
0.06~0.1	オゾン臭が確かに認識できる
0.1	作業環境許容濃度(日本産業衛生学会)
0.2~0.5	強い臭気、頭痛や咽喉の痛み
0.5	明らかに上部気道に刺激

20ppm程度の環境下に人が居ても短時間であれば人体に影響が無いこと、0.02ppm程度の低濃度でも、人の鼻で認識できる特有の臭いがあることも関連していると思われる。

オゾンの生成と活用

主なオゾンの人工的な生成方法には、プラズマ放電法、光化学的作用法（UVランプ法）、放射線作用法などがある。工業的に使用されている方式は、プラズマ放電法、光化学作用法が一般的である。オゾンは、基本的に空気中の酸素が原料になるため、材料費は安価で生成には電気エネルギーが必要になる。したがって、一般的にオゾンは、低ランニングコストで生成されている。

プラズマ放電法は、高濃度オゾンの生成には向かないものの、オゾンを最も安価に製造する有効で一般的な方法であり、無声放電法（図1）と沿面放電法（図2）が実用化されている。

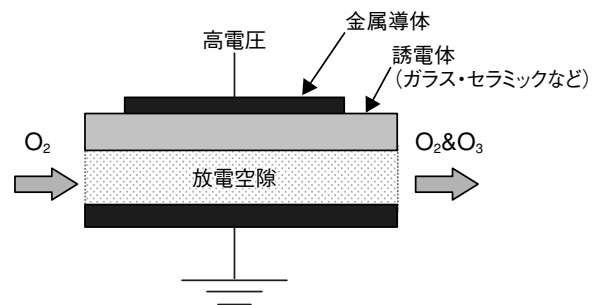


図1 無声放電概念図¹⁾

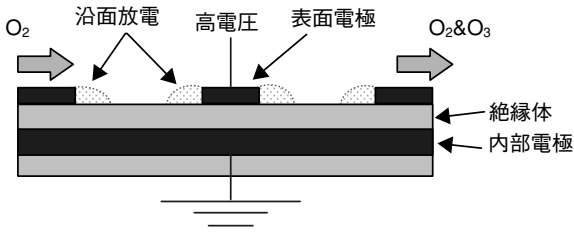


図2 沿面放電概念図²⁾

無声放電法は、2つの電極間にガラスなどの誘電体を介して交流高電圧をかけた時、その間隙に起こる放電現象を利用した生成法である。この放電は、電極間に誘電体を入れることで、電極間には多量の電流が流れない。したがって、雷のような強烈な閃光と大きな轟音が鳴ることは無いため、無声放電と呼ばれている。数ミリの間隙に8,000-12,000Vまで昇電圧した際に発生する無声放電部に一定量の酸素を流すことでオゾンが生成される。

沿面放電法は、平面状の電極を絶縁体で覆い、その絶縁体の表面に電極を設置する。この電極間に高電圧をかけて絶縁体表面に放電を起こさせてオゾンが発生させる。沿面放電式のオゾン生成器は、簡単に製作できることもあり、小容量・小規模のオゾナイザでは採用例が圧倒的に多く、殆どの安価なオゾン脱臭装置でこの方式が採用されている。

オゾンの利用形態には、一般的にガスと水の状態がある。オゾンは、常温常圧では気体であるため、主に除菌、脱臭の場合には、ガス状のオゾンが有効に利用されている。一方、水で利用する場合、オゾンは水に溶解し難いため、微細な泡にして水に混入したものがオゾン水となる。オゾン水は、主に除菌や食物の洗浄等、液状が有効な場合に使用されている。

近年、オゾンは、強力な酸化力がある上、二次公害の無い性質のため、除菌・脱臭・漂白・水処理等、種々の産業で幅広く利用されるようになってきた。

OKIでのオゾンを活用した環境ビジネス

当社では、環境に対して低負荷物質であるオゾンの持っている多くの効果・効能に着目して脱臭ソリューション、除菌ソリューションによる各種環境ビジネスへの展開を開始した。以下にその概要を述べる。

要素技術やオゾナイザは、岡山県にあるベンチャー企業のオゾン環境ビジネスパートナーから提供を受けており、オゾナイザとして『低温プラズマ発生体』『ロータス型発生体』の2種類を使用している。

低濃度オゾン領域向けには、無声放電法を応用した図3に示す低温プラズマ発生体を採用している。

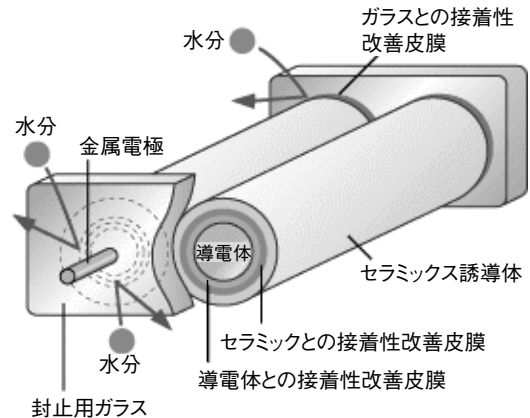


図3 低温プラズマ発生体

低温プラズマ発生体では、導電体を露出しない電極を2本並列で組み合わせてできた間隙で放電する。この方式では、湿気によるオゾン発生量の低下を最小限に抑えた無声放電を実現でき、常に安定した発生が可能になっている。この低温プラズマ発生体では、タングステン製の電極がセラミックチューブに封止されて外部に露出していない。したがって、経時変化で電極が消耗することが無いため、長期間の使用が可能で半永久的に利用できる上、オゾンの発生量も非常に高い安定性を持ったものになっている。

高濃度オゾン領域向けには、図4に示すロータス型発生体と言われているものを採用して、発生体の数量や原料の酸素濃度調整によって目的に合わせたオゾン発生量を実現している。

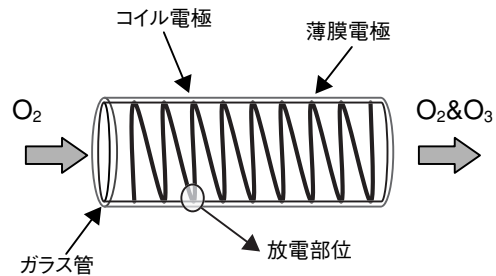


図4 ロータス型発生体

ロータス型発生体は、誘電体であるガラス管と電極を組み合わせたもので基本的な発生原理は、沿面放電法を利用したものになっている。

脱臭ソリューション

産業向けオゾンビジネスの第1は、脱臭ソリューションである。オゾンは、常温常圧で気体のため、その強力な酸化力で部屋の隅々まで均一に脱臭できる特長がある。また、臭いの元となる物質を直接酸化分解することで脱臭を実現している。臭いというものは、臭いの元となる分子が気体となって空气中に拡散している状況である。オゾンは、この臭い分子を強力に酸化して、臭いの無い分子に変化・分解させている。

当社では、オゾン脱臭ソリューションの1つとして、都市ゴミ再資源化施設やバイオマスプラント等の大規模空間向け大型脱臭システムを提供している。一方、一般家庭向けや乗用車向けなどの小規模空間向けの小型脱臭装置も提供している。

大規模空間向けは、『広域脱臭システム』として高濃度オゾン領域向けのオゾナイザを複数台利用したシステムを提供している。本システムは、原料に酸素ガスを利用することで1g/Hr程度の高濃度オゾンを生産できる。生成した高濃度オゾンを送風機で拡散噴霧することで大規模空間の脱臭を実現している。

近年、都市ゴミ再資源化施設やバイオマスプラント等では、悪臭防止法が改正されて『悪臭対策』が企業存続に影響する重要な問題になっている。都市ゴミ再資源化施設やバイオマスプラント等は、悪臭に対する近隣からの苦情を無くすため、悪臭が外部に漏れないようにできる限り密閉空間の構築を推進している。しかし、密閉した場合、そこで働く作業者の環境が悪化するため、施設内の大規模空間の脱臭が必要になっている。従来、脱臭が必要な空気は、薬剤を利用した化学反応処理や活性炭を利用した物理吸着処理が主流となっていた。しかし、対象空間が大規模になるため、排風機などを利用した局所排気システムの構築には莫大な費用が必要であった。また、薬剤や活性炭を利用して脱臭する場合、その二次生成物の処理に他の薬剤やエネルギー等が必要になる。

当社の広域脱臭システムは、オゾナイザと拡散用の送風機で悪臭空間に適量噴霧したオゾンで気体対気体の自然酸化分解反応を利用している。本システムは、簡易にシステムを構築できる上、脱臭後に二次生成物ができないため、その処理用の薬剤やエネルギーが不要となっている。したがって、近年、本システムは、安価に構築でき、環境にやさしい上、大規模空間の脱臭が可能のため、都市ゴミ再資源化施設やバイオマスプラントで多く採用されるようになってきた(写真1)。

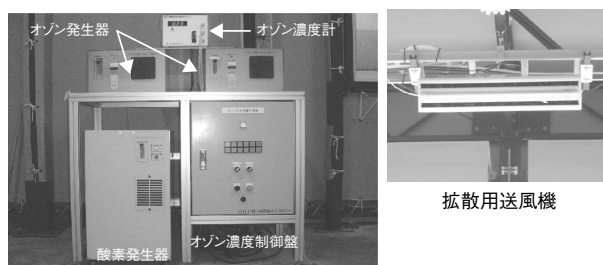


写真1 広域脱臭システム

小規模空間向けは、低濃度オゾン領域向けのオゾナイザを利用した小型脱臭装置を提供している。小型脱臭装置は、到達推定オゾン濃度を正常者の嗅覚閾値である0.02ppm程度で脱臭するもので、常時、人の居る環境でも使用可能になっている。

当社で最も小型の脱臭装置は、車載用でオゾンの最大発生量が1.0mg/Hrのものになっている(写真2)。



写真2 車載用小型オゾン脱臭装置

本装置では、オゾン発生の放電に利用するトランスを可能な限り小型化することで薄型のカードサイズを実現できた。

従来、車内の脱臭には、芳香剤や吸着剤が主流として採用されてきた。芳香剤は、マスキングという効果で悪臭より強い臭いで、元臭を判らなくするものである。また、吸着剤は、悪臭成分を活性炭などの薬剤に物理的に吸着するものである。芳香剤や吸着材は、非常に安価でカーショップや量販店などに多種多様な製品が並んでいる。しかしオゾン脱臭とは異なって薬剤を利用した脱臭になるため、環境負荷は高いものになっている。

その他、ペットやタバコの臭いに最適な家庭向けオゾン脱臭装置をラインアップしている(写真3)。

オゾンの発生量は、それぞれ最大で2-4mg/Hrとなっているため、広さに応じて発生能力を選択できる。また、本装置には、オゾンの拡散にイオン生成風を利用しているため、静音設計な上、広いエリアを脱臭できることが特長になっている。



写真3 家庭向け小型オゾン脱臭装置

当社のシステムは、原料に自然の空気と微量の電気エネルギーを利用する環境負荷の小さい製品になっている。最近のEcoブームの影響もあって、芳香剤や吸着剤と比較する場合、若干のコスト高であるものの、タクシー業界を筆頭に多く採用されるようになってきた。

除菌ソリューション

産業向けオゾンビジネスの第2は、除菌ソリューションである。オゾンは、ウイルスや細菌の核自体の破壊や分解を行う。つまり、オゾンの強力な酸化作用により、微生物の膜成分が酸化を受けて、変性・分解させることにより溶菌が起こり死滅している。また、同時にオゾン分子が細胞内も酸化して、その機能を破壊するため、単純な構造のウイルス等も死滅させることができる。この作用は、いずれも物理化学的であるため、薬剤のように微生物の代謝を阻害して死滅させる作用とは異なる。したがって、耐性菌ができるなどの二次災害を引き起す危険が無いことが特長である。

当社では、除菌ソリューション向けに高濃度オゾン領域向けのロータリー型発生体を採用しているため、高性能な上、本体重量を5.5kg程度まで小型化することができた（写真4）。

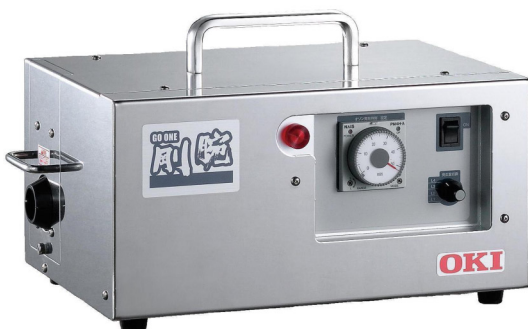


写真4 小型オゾン除菌装置

本装置は、無人環境下で高濃度オゾンを噴霧することで常温・常湿の場合、比較的短い接触時間で除菌できることが特長である。表2は、当社の小型オゾン装置による主な食中毒菌に対する除菌効果を示したものである。この結果に示す通り、短時間の暴露で十分な除菌効果を得ることができる。

表2 オゾンの除菌効果 [コロニー数/プレート]

試験菌	暴露なし	暴露あり(0.1ppm)	
	4時間	2時間	4時間
セレウス菌	200	37	36
黄色ブドウ球菌	390	3	2
腸炎ビブリオ	380	0	0

出典元:(財)日本分析センタ

オゾンは、自己分解するので、他の除菌法のような薬剤を利用した中和処理が不要である。また、オゾン除菌は、熱や水も使用しない上、残留性が無いため、幅広い分野での利用が可能になっている。最近では、その特長を活かして、食堂厨房内の夜間除菌および病院関連施設の定期除菌に多く利用されるようになってきた。

今後の展開

以上のように、当社は、『環境にやさしい』オゾンの持つ効能を利用した各種ソリューションを提供している。また、オゾンの持つ酸化力は、脱臭・除菌以外の利用分野でも21世紀の環境改善技術の切り札として利活用できると考えている。

現在、水中でオゾンの効果を最大限に活かすため、マイクロバブルなどの新技術と組み合わせた水処理システムへの応用を進めている。また、薬品を使用しないスライム（微生物）除去システムの構築などオゾンの利活用について各種の検討と商品化を進めている。◆◆

参考文献

- 1) 伊藤泰郎著：オゾンの不思議，講談社，第1刷，p69，1999年
- 2) 伊藤泰郎著：オゾンの不思議，講談社，第1刷，p71，1999年

● 筆者紹介

岩本昌也：Masaya Iwamoto, 株式会社沖環境テクノロジー 本社営業部 技術チーム