化成場臭気の湿式除去

(Wet Scrubbing of Inedible Rendering Plant Odors)

William H. Prokop

National Renderers Association, Inc. Des Plaines, Illinois

Proceedings of the State-of-the-Art of Odor Control Technology, p. 132~150, APCA, 1974

共 訳 吉 田 徹*
西 田 耕之助**

はじめに

これまで非食用化成場の悪臭除去には薬品による湿式洗浄法がもっとも基本的であると、言われており、一方2年ほど前からは酸化液による湿式洗浄が有効とされている。この方式は最近の燃料不足から直燃脱臭法の不利なことから一層広く普及する傾向にある。

1. 化成場臭気

化成場からの臭気には多数の有機物が含まれ、GC法や、MS法による分析から30種以上の臭気物が検出されている¹⁾。それらの中で有機S化合物、C₄~C₇アルデヒド、トリメチルアミン、種々のC₄アミン、キノリン、ジメチルピラジン、その他のピラジン、およびC₄~C₆有機酸が主なものであり、C₄~C₇アルコール、ケトン、脂肪族炭化水素、および芳香族化合物の少量が含まれている。また、パネルを用いてGCで大ピーク物質の臭気強度が測定されている²⁾。

2. 洗浄原理

臭気強度を測定した物質について種々の洗浄液による吸収、中和の効果が検討された。各臭気物質は実験的に調整したもので、2種のS化合物、アミン、1種の有機酸、ケトン、アルデヒド、およびアルコールを用いた。また、洗浄液には、水、ソーダ灰、苛性ソーダ、次亜塩

素酸、重亜硫酸ナトリウム、過酸化水素、過マンガン酸カリ、ならびに次亜塩素酸ナトリウムの溶液を用いた。

これらの中で化学酸化剤の効果は高く、化成場臭気には次亜塩素酸ナトリウムが最も効果的であるとまとめられた。さらに2種の洗浄液を用いた2段洗浄システムにより臭気を非常に効果的に除去できることがまとめられた³⁾。

最近の化成場で実験的に有効性の確かめられた洗浄液が適用されつつある。実験室のモデル充填塔と水平流多段スプレーチロンバーの実際プラントについて比較した。すなわち洗浄塔の入口、出口についてGC法で臭気成分の濃度を測定するとともに臭気パネルによる臭気強度の測定を行なった。モデル充填塔の実験から次亜塩素酸ナトリウムと苛性ソーダの混合洗浄液は強い悪臭についても臭気強度を99%減少できることがまとめられた⁴⁾。

Murthy⁵⁾、その他⁶⁾が化成場の臭気と反応する洗浄液について研究し、化学酸化剤(過マンガン酸カリウムを含む)がもっとも大きな効果をもつと述べた。

3. 化学酸化液による湿式洗浄

化学酸化液による湿式洗浄液における設計規準の設定についてはLundgrenら⁷⁾の研究がある。すなわち、洗浄液の節約廃水処理費用の点から循環使用とする。最適の酸化剤の添加割合にもとづいて使用量を決定することが必要となる。また化学洗浄処理の前にガス中に共存する浮遊粒子が酸化剤を消費するからベンチュリースクラバーなどで除去することが必要である。

* 京都大学大学院工学研究科

** 京都大学工学部衛生工学科、講師、工博

1. Air Conditioning Corp.

-Greensboro. N. C.

2. Carrier Corp.

-Syracuse. N. Y.

3. Ceilcote Corp.

-Berea. Ohio.

4. Engineering-Science. Inc.

-McLean. Va.

5. Environmental Research Corp.

-St. Paul. Minn.

6. Pollution Control Systems.

-Coon. Rapids. Minn.

6. Case-1 強い臭気の洗浄

この化成プラントは Montreal, Quebec の工業地域にある Longueil Meut Exporting Company, Ltd. のもので基本諸元は表1の通りで、近くに学校、住居および商店がある。とくに1971年頃までは学校から多く苦情が発生した。そこで会社は2基の Anderson C-G システムを設置した。ここでは血とフェザーの処理がなされており、皮はパッチクッカーで加水分解し、不要な水分はスチームチューブロータリードライヤー（3基）とリングドライヤー（1基）で除去される。1970年12月から Environmental Research Corp. の設計による湿式洗浄装置による強い臭気の除去が行なわれた。その湿式洗浄システムは図-2に示す Oxyflow システムである。まず臭気を低出力のベンチュリースクラバーのスロート部に送り込み、浮遊粒子の除去と、冷却による水蒸気飽和を行なう。デミスターで余分の水滴を除去したのち、向流充填塔に送られる。ついで化学酸化作用を持つ洗浄液の循環使用により悪臭物質を吸収酸化させる。最後にデミスターを通して大気中へ放出するシステムである。

図-2 臭気除去システム：
ENVIRONMENTAL RESEARCH 社

この洗浄システムでは基本的には臭気の強いガスの処理に用いられ、Anderson C-G システムでのスクリーブプレス、bloodstream-tube rotory dryer およびフェザークッカー排気中の非凝縮物、フェザー乾燥機の排気さらにはアンモニアを多量に含む生原料からの臭気を処理する。また、パッチ式クッカーはフードにより臭気が発散しないようにするが、その際にプラント近くの空気でも多少は希釈されるが、プラント全体を換気する場合に比べて悪臭の程度ははるかに強い。スクラバーの運転中には浮遊粒子が1分間に4ポンド以上も放出されるので、ベンチュリースクラバーによりその95%が除去できる。しかし、充填塔内の洗浄液の消費が予期以上であったのでベンチュリースクラバーにスプレーノズルを追加して浮遊粒子の除去率を高めた。さらに、悪臭の発生場所に blast gate を設けてベンチュリースクラバーへの空気流のバランスをよくした。その結果充填塔に入る粒子は大幅に減少した。

ベンチュリースクラバーに供給する水は St. Lawrence 川の河水で、水温は夏期でも 60°F (15.6°C) 以下であった。これにより全臭気除去量の90%程度が除去されたのち Oxyflow システムに入る。水の消費量を減らすために他のプロセスでの凝縮水の循環を考えたが、その水温が 100°F (37.8°C) 以上で、臭気物質の除去には不適当であった。また、ベンチュリースクラバーの廃水は市営下水道に放流している。

以前は充填塔の洗浄液に過マンガン酸カリウム溶液が用いられたが、これは酸化反応により二酸化マンガンの沈殿を生じ、これが充填塔をへいそくするために毎週、重亜硫酸ナトリウム溶液による塔内洗浄が必要となった。

そこで洗浄液を次亜塩素酸ナトリウム溶液(12%)に変えた結果、取り扱いが容易になり、Longueil の例では等量の臭気の除去に過マンガン酸カリ溶液よりコストが減少した。すなわち、過マンガン酸カリウム液は1時間に5ポンドが必要で次亜塩素酸ナトリウムの場合に問題となるのは、洗浄システム排気の中に塩素臭が残存することである。すなわち、溶液の pH が5以上になると次亜塩素酸 (HOCl)、および次亜塩素酸イオン (OCl⁻) の形で遊離残留塩素が存在することに関連するとみられる。そこで次亜塩素酸ナトリウムの添加量の変化と残留塩素臭の関係を調べた。まず表1のように NaOCl を添加すると、臭気レベルは動的オルファクトメーターテスト (IITRI) で、7,200 から 96 に減少し、塩素臭がほとんどみとめられなかった。つぎに4倍量を添加すると、臭気レベルは 10,400 から 530 に減少したが塩素臭がきわめて顕著に残った。このような結果からも NaOCl の添

加量の決定は重要と言える。

表 1 のとおり、排出ガスの臭気レベルは ASTM 注射器法⁹⁾で 50~100 臭気単位を示す。この方式の採用により実際に 1972 年 4 月 3~4 日 Montreal Department of Health と U.S.E.P.A の感覚試験から 50 臭気単位以下となっており、除去率は 99% 以上となる。そして小学校などからの苦情はほとんどなくなった。これらのシステムに必要な経費は装置に 11 万ドル、そして建物に 1.5 万ドルであった。また、10 年間の減価償却、労賃、維持、電力、化学薬品、水、税金、保険の各費用を考え、一年間に 7,500 時間稼働させるとすると運転費は 1972 年で 1 時間当たり 5.35 ドルと見積られた。

7. Case-2 プラント換気の洗浄

スクラバーの基本条件是表 2 に示す。1968 年に National By-Products, Inc. が Clinton, Iowa に連続式 Anderson C-G システムをもつ化成プラントを設置した。予熱燃焼器で 7,500 ft³/min の放出ガス、hot well および流動化タンクからのガスを処理し、60%の熱が回収された。しかし、1970 年ごろから 2 ブロック以内の住人から強い苦情が発生した。

ここでは、原料、獣脂処理および C-G システム付近からも臭気が発生し、そのうえ夏期には処理場内の作業員の熱害の防止のために十分な換気が必要であった。そこでプラント内で発生するすべての臭気を集めて、化学的に処理するために容量 150,000 ft³/min の二段湿式洗浄処理装置：Air Conditioning Corp. (Greensboro, N. C.) が設置された。

洗浄システムの概要は図-3の通りで、臭気は水平に入口（拡散バッフル）から入り、均一な流速に調整されたのちスプレー室に入る。スプレーノズルの噴射は流入空気に対して向流で、かなり濃いスプレーパターンを取

り、15psig で 2.2gallon/min の水を噴射する。側方のパネルはノズル交換や装置整備のためのものである。最後の接触・除去セクションには特別なフィンを取り付け、飛沫同拌による化学洗浄液との瞬間的接触ののち洗浄液を分離する。

この洗浄システムは、表 2 のように種々の発生源からの臭気の処理が可能で、特に原料保管場所からの臭気除去に有効である。

Anderson C-G システムは、基本的にクローズドシステムで、強い臭気を装置外に散逸させないが、多量の熱を発生するので換気が必要となる。また、スクリュウ・プレス（エキスペラー）から強い臭気が放出され、pressure relief フィルターを通る獣脂（grease, tallow）処理でも臭気が発生する。しかし、protein feed milling プロセスの臭気排出は少ない。

hot well, fluidizing tank, エキスペラーベントの強い臭気は換気システムにより、建物内の換気はダクトによりそれぞれスクラバーへ送られる。

スクラバーは 2 つのファンを持ち、気温の変動に応じてその作動が制御される。すなわち、夏期は 2 つのファンを、冬には 1 つのファンを低出力で作動させる。スクラバーは場所的な制約から Clinton plant の屋根上に設置したが、凍結の危険があるから建物の北側での設置は避けるべきである。

洗浄システムのダクトには、ロータリー・ダクトダンパーが設置され、熱や作業条件、臭気を排出するそれぞれの場所の条件に応じて吸引量が制御された。これにより 5 カ所の空気を 1~6 分間で所要の条件に制御することができた。

まず、第 1 段として、0.5% のソーダ灰溶液（pH 10.5~11）で脂肪エアロゾルを中和し、水溶性の臭気物質を吸収する。第 2 段では、塩素ガスを 1 時間当たり 1~3 ポンド注入して、残留する臭気物質を酸化する。この Clinton プラントは、1 日 20 時間、週 5 日の操業となっている。

1971 年 9 月 16 日に動的オルファクトメーターの Hemeon Odor Meter⁹⁾により臭気感覚測定を行なった。すなわち、Hemeon の臭気単位は、洗浄システムの入口で 1,100 であり、第 1 段の排出口では 80、第 2 段の排出口では 65 と減少したが、洗浄システムの排出ガスには塩素臭が認められた。暑い時期には、原料腐敗やソーダ灰溶液の激しい発泡という問題が起こった。そこで、1972 年には吸収液を pH 11 の苛性ソーダ溶液に変えたが、問題の解決はまだ十分でなく、頻繁な吸収液交換が必要となった。すなわち、第 1 段の苛性ソーダ溶液を 10~20 時間ごと、第 2 段の塩素溶液はそれより長く 40~60

図-3 1段臭気除去システム：
AIR CONDITIONING 社

表1 強い臭気の洗浄データ集

スクラバー・メーカー	Environmental Research Corp. St. Paul, Minnesota
スクラバー形式	ベンチュリースクラバー, 充填塔
化成プラント	Longueil Meat Exporting Co., Ltd. Montreal, Quebec, Canada
スクラバーの処理容量	32,000 ft ³ /min (入口温度 150~200 °F)
圧力損失	10~12 in. aq.
臭気発生源	スクリュープレス排気……2,000 ft ³ /min 非凝縮フェザー……1,000 ft ³ /min 血の乾燥……1,000 “ フェザー・クッカー……10,000 “ 原料フェザー取扱い……8,000 “ フェザー乾燥……10,000 “
吸収液	ベンチュリー 河川水 110 ガロン/min 充填塔 0.1% NaOCl 溶液を 350 gallon/分 で再循環
構造物の材料	吸収液と接触する部分……304 ステンレススチール 充填物……2 インチ フレキシリング ポリプロピレン (Koch Engr.)
吸収薬剤消費量	12% NaOCl 溶液が 2 ガロン/時
水消費量	ベンチュリースクラバー……110 ガロン/分 充填塔……10 ガロン/分
電力	150 馬力
臭気除去の程度	入口……5,000~20,000 臭気単位 (ASTM) 出口……50~100 “ (“)
設備費	110,000 ドル
運転費	5.35 ドル/時

表2 プラント換気の洗浄データ集

スクラバー・メーカー	Air Conditioning Corp. Greensboro, N. C.
スクラバー形式	2段水平スプレー室
化成プラント	National By Products, Inc. Clinton, Iowa
スクラバー処理容量	150,000 ft ³ /min (入口温度60°~90°F)
圧力損失	6~7 in. aq.
臭気発生源	原料取扱い……50,000 ft ³ /min 化成プロセス……50,000 “ スクリュープレス……15,000 “ 獣脂処理……20,000 “ たん白質粉末プロセス……10,000 “
吸収液	第1段 0.5% NaOCl 溶液を 1,150 gallon/min で再循環 第2段 水を 1,150 gallon/min で再循環
構造物の材料	吸収液と接触する部分……304ステンレススチールポリビニルクロライド スプレーノズル……480タイプ WR ノズル, ポリプロピレン (Delavan Mfg. Co.)
吸収薬剤消費量	塩素ガス……5 ポンド/時 NaOH……12 “
水消費量	30ガロン/分
電力	250馬力
臭気除去の程度	入口……200~1,500 臭気単位 (IITRI) 出口……20~100 “ “
設備費	150,000ドル
運転費	11.50ドル/時

時間ごとに交換した。

Air Conditioning Corp. の 2 段洗浄システムの設置後は、臭気に対する苦情が大幅に減少したが、1973 年になると再び苦情件数が増加した。臭気の発生源には異常が見られず、National By-Products Inc. の洗浄システムについての調査から、洗浄には塩素臭が残らないものが必要と認められた。そこで、第 1 段には 0.5 % の次亜塩素酸ソーダ水溶液を、第 2 段には水をそれぞれ洗浄液とした。その結果、排出ガスの塩素臭がほとんどなくなった。

現在では、3,000 ガロンの 50% NaOH 水溶液 (pH12 に自動調整) に 5 ポンド/時の 塩素ガスが注入されている。pH12 において、塩素は次亜塩素酸イオン (OCI^-) で存在し、ほとんど塩素ガスとして気中に放出されない。この洗浄液を第 1 段スクラパーで 1,150 gallon/min で循環させ、臭気を吸収酸化する。3,000 ガロンの次亜塩素酸ソーダ溶液は、1 週間循環使用し、中和処理ののち下水に放流される。第 2 段の水は、1,150 gallon/min で循環させて、塩素臭と残留臭気を吸収させるが、常時 30 gallon/min の水が下水に放流され、その分新鮮な水が補給される。

1973 年 8 月～10 月に、Clinton plant の NaOCl 水による 2 段洗浄システムの除去効果を調べるために、14 回の臭気感覚テストが行なわれた。排出ガスの臭気レベルは、表 2 のように IITRI dynamic forced-choice triangle olfactometer¹⁰⁾ で 20～100 を示し、入口の臭気レベルに比べて除去率が 90～95 % であることが認められた。この装置の使用により臭気に関する苦情は激減し散発的となった。

他の洗浄法との性能の比較においては用いられた感覚測定法が同じかどうかを注意する必要がある。IITRI のオルファクトメーターによる臭気感覚値は、有臭と無臭について各 1 本の注射器を使う ASTM 注射器法の改良法と相関関係がある。しかし、ASTM の標準法⁹⁾ と IITRI の方法¹⁰⁾ を直接比較した研究は未だなされていない。

設備投資は、付属施設を含めて 150,000 ドルで、10 年

間の減価償却、人件費、維持費、電力費、廃水の処理、税金および保険などを考慮し、年間の運転時間を 5,000 時間とすると、運転費は 1 時間当たり 11.50 ドルとなる。

さらに、プラント臭気の 50% 以上を占める強い臭気のみを処理する 3 段洗浄システムが計画されている。

— 参 考 文 献 —

- 1) Burgwald, T. A. "Identification of Chemical Constituents in Rendering Industry Odor Emissions", IIT Research Institute. Chicago, Ill. Project No. C8172. January, 1971, p. 39. (supported by Fats & Proteins Research Foundation, Inc.).
- 2) Snow, R. H. & Reilich, H. G. "Investigation of Odor Control in the Rendering Industry", IIT Research Institute. Chicago, Ill. Project No. C8210. August, 1972, p. 117 (performed under Contract No. 68-02-0260 with U. S. Environmental Protection Agency and with the support of Fats & Proteins Research Foundation, Inc.).
- 3) Ibid. p. 105.
- 4) "Investigation of Odor Control in Rendering Plants", IIT Research Institute. Chicago, Ill. Project No. C8243 (performed under contract with U. S. Environmental Protection Agency and with support of Fats & Proteins Research Foundation, Inc.).
- 5) Murthy, B. N. "Odor Control by wet Scrubbing: Selection of Aqueous Reagents" Paper at Annual Meeting of APCA, Chicago, Ill. (June, 1973).
- 6) Anderson, C. E. & Adolf, H. R. "Odor Control in the Rendering and Food Processing Industries", Paper at Annual Meeting of APCA, Atlantic City, N. J. (June, 1971).
- 7) Lundgren, D. A., Rees, L. W., Lehmann, L. D. "Odor Control by Chemical Oxidation: Cost, Efficiency and Basis for Selection", Paper at Annual Meeting of APCA, Miami Beach, Fla. (June, 1972).
- 8) Standard Method for Measurement of Odor in Atmospheres (Dilution Method) ASTM-D1391-57 (Reapproved 1967), 1972 Annual Book of ASTM Standards Part 23, American Society Testing Materials, Philadelphia, Pa.
- 9) Hemeon, W. C. L. "Technique and Apparatus for Quantitative measurement of Odor Emissions", Journal of APCA, Vol. 18: 3, pp. 166-170 (1968).
- 10) Dravnieks, A. & Prokop, W. H. "Source Emission Odor Measurement by a Dynamic Forced-Choice Triangle Olfactometer", Paper at Annual Meeting of APCA, Chicago, Ill. (June, 1973).