

著者は昭和26年から大阪市内や周辺から悪臭苦情が出るたびに、その実態調査や対策の検討を行ってきた。この10数年來、悪臭対策の研究も盛んになってきたが、その主流は脱臭剤や脱臭剤を開発したり、適用するための技術、取締りや施設の実態調査のための分析、測定技術の研究であり、本当に悪臭に悩んだり、悪臭発生に不安を持つ住民に答えるための技術システムや予測の手法が検討されているとはみられない。著者らは昨年1市のし尿処理場建設に当って、初めて悪臭のアセスメントを実施し、従来の悪臭に対するアフローナの方法に反省させられる臭が多かった。実際の悪臭苦情をなくするためのトータルシステムを完成するためには、多くの問題臭が指摘でき、その解決のための手法も検討することができる。

§.1 悪臭苦情対策のための主要問題臭

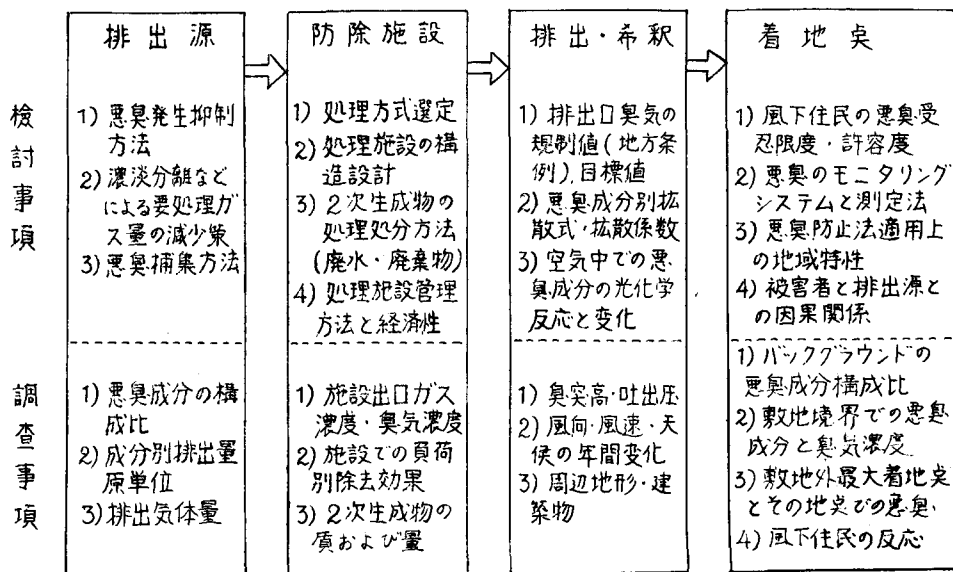
悪臭公害は大気汚染、水質汚濁、廃棄物問題のように、直接、人の健康阻害を起こさるために、対策がとられ、発生形態も特異であるので、その苦情件数は全国で4～5年來、16000～18000と減少していない。それを減らすためには、悪臭苦情の特異性に応じた行政対応、法規制、技術的対策をする必要があり、その各々に次のような問題臭が指摘できる。

表・1 悪臭物質の臭気強度と濃度との関係 (ppm)

臭気強度	1 やっと感知できる	2 何の臭いかわかる弱い臭い	2.5 ※	3 察に感知できるにおい	3.5 ※	4 強いにおい
アンモニア	0.1	0.6	1	2	5	10
硫化水素	0.0005	0.006	0.02	0.06	0.2	0.7
メチルメルカプタン	0.0001	0.0007	0.002	0.004	0.01	0.03
硫化メチル	0.0001	0.002	0.01	0.04	0.2	0.8
トリメチルアミン	0.0001	0.001	0.005	0.02	0.07	0.2

※ 法規制で選択する臭気強度

行政対応上の困難さとして、1) 鼻の感度が良好で、数分間の悪臭でも問題になる。2) 局地的、一過性で、調査しにくい。3) 感情に支配されやすく、個人差も大きく、別れもある。4) 風向、風速、天候で変りやすい。5) 日常生活



図・1 悪臭苦情の予測や防止に必要な調査・検討事項

や市街にも固有の悪臭があつて、特定発生源の悪臭と区別しにくいケースが多い。6) 悪臭のモニタリングシステムが完成していない。

法律的には世界でも初めて昭和46年に制定された悪臭防止法があり、表・1に示した5物質以外に二硫化メチル、アセトアルデヒド、スチレンを加えて、各物質の悪臭強度に応じた濃度を敷地境界線で規制している。その法規制には、1) 8物質のみの規制であるので対応しきれない悪臭も多い。2) 臭突で排出していると、敷地境界線よりも最大着地臭で問題になる。3) 排出口規制がない。4) 臭気強度2.5または3.5で規制しているが、それが受忍限度であるとはいえない。5) 感じる時間の長さや時間帯、バックグラウンドの悪臭などへの配慮がない。6) 着臭水の規制が未規定である。7) 指定測定技術の操作が複雑で、熟練を要する。8) 発生源事業所に対するペナルティが不徹底である。などの問題臭が指摘できる。

技術的な研究は進んでいるようであるが、未だに次のような問題が指摘できる。1) 防止技術の基本は20年位前と大差なく、革命的な進歩がない。2) 発生源別の悪臭物質排出量原単位が不明である。3) 防止施設の設計基準、管理基準などが定められておらず、不良施設、不良管理が多い。4) フードワーク、ダクトワークの基準もない。5) 悪臭に通ずる拡散式、拡散係数などの解明が不十分である。6) 排気後に起こりうる光化学反応とそれによる悪臭の変化などの研究が少なく。7) 悪臭苦情に対応する調査方法、評価技術が未確定である。

そのような問題臭を踏まえて、排出源、防除施設、排出・希釈、着地臭の順に、苦情の予測や防止に必要な調査・検討事項をまとめると、図・1の通りである。次にそのための対応策を具体的に検討すると共に、2, 3の提案とすることにした。

§.2 排出の抑制と臭検

悪臭の発生源では、往々にして、発生しても仕方がないと考えてしまっているが、その排出理由を総点検し、処理を要する場合はどの排ガスをもどのように集めて、どれだけ処理するかを検討する必要がある、それに本格的に取り組むことがトータルシステムの中で非常に大切である。

排出源の総点検のためには、まず発生箇所別に排気量、臭気濃度(臭臭にするための希釈倍率)、悪臭成分の構成比、その濃度、寄与率などを調べ、次にそれらの悪臭の発生原因を解明する。その原因に対して、発生を抑えたり、減少させる手段がないかどうかを検討することが必要であり、工場や処理施設では原材料を変えたり、生産や処理の操作に注意したり、設備、製法、処理法などを改変することによって、脱臭装置を設けずに悪臭を防除できることも多い。その発生抑制方法と実施例を表・2に示す。

その上で、各発生箇所ごとに、臭気濃度と排ガス量から必要希釈空気量を算出する。それが小さい箇所と大きい箇所に分別し、前者は換気などで希釈し、低臭気濃度にして直接排出する方式、後者はできるだけ捕集して脱臭装置に送入する方式を採用することになる。前者の方式は希釈用の無臭空気がえやすく、プロワなどに要する電力が脱臭するより経済的であればよく、後者の負荷を小さくできる。

表・2 悪臭発生源での原材料、操作の改変による発生抑制

発生抑制方法	実施例
原材料の転換	1) 使用溶剤を二硫化炭素、アルデヒドなどの悪臭発生物質からアルコール、高沸臭溶剤に変える。 2) 鋳物砂の固化剤と天然油脂やシェルモールドから水ガラスに。
原材料取扱方法の改変	1) レンダリングの原料の魚腸骨、獣骨、養豚の飼料の残飯、食品加工屑を冷蔵して集め、使用まで冷蔵する。 2) 腐敗しやすい原材料を貯めずに直ちに使用する。
発生箇所の減少	1) タンク、容器などを密閉して悪臭が漏れないようにする。 2) 発臭物と取扱う工場のポンプ、フランジなどの漏れ止め。 3) 発臭物、腐敗物の床へのこぼれを防ぎ、よく清掃する。 4) 発臭物が露出する箇所は吸引、減圧して集めてしまう。
製法や処理法の変更	1) 下水汚泥の凝集脱水と臭気発生の多い石灰添加、熱処理から過酸化水素脱水などに変える。 2) 潤滑油、廃油の精製と酸処理から元素添加法に変える。 3) 廃棄物焼却炉の排ガス温度を800℃以上に保つようにする。

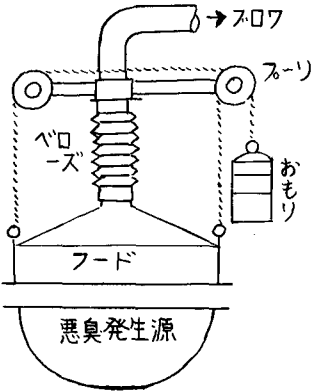
そのような発生源でのアフローチの方法は大企業や技術力のある場合に可能であるが、中小企業、零細企業の場合は困難なことが多く、行政指導によってカバーすることが望まれる。そのような場合に、発生源ごとの悪臭の排出量原単位を明らかにしておくことが便利である。そのため、同じ原材料を使って、同じ操作を実験的に実施してみ、発生悪臭の総てを捕集し、ガス量と臭気濃度と悪臭成分とを測定する。原材料当り、製品当り、出荷額当りなどの成分別排出絶対量、ガス量×臭気濃度を求めておくと、脱臭対策は非常に立てやすくなる。そのような原単位調査は進んでいないが、著者が化成場悪臭について調べた1例は表・3の通りである。

表・3 化成場悪臭の排出量原単位

原料	種 類	骨	蹄角	骨 筋
	水分 %	23.74	9.09	11.60
	硫黄含有率dry%	0.249	2.951	0.298
	窒素含有率dry%	4.64	15.20	9.32
臭気発生量	硫化水素g/kg	386.9	2256	413.9
	チルカルガムg/kg	14.93	85.40	111.5
	硫化メチルg/kg	0.98	2.99	ND
	二硫化炭素g/kg	31.42	17.53	6.0
	アンモニアg/kg	565.6	1057	1599

註：原料1kg、水5kg、圧力15~2kg/cm²
 ガス発生約4.5l/分、煮沸6時間

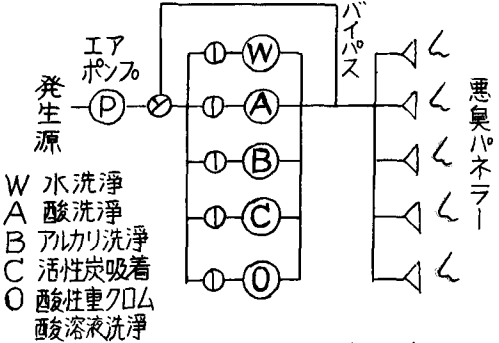
脱臭を要する空気を各発生源から、漏らさないように効率よく捕集することも、往々にして、充分な注意が払われず、そのために不経済になったり、効果を落している。発生箇所を密閉してダクトにつなぐことが望ましく、作業上密閉できない場合は図・2に示したように、必要時以外はできるだけ閉鎖できるフードを使うことができる。排気量が大きくなると、施設全体を大きくしなければならない。発生箇所から処理施設までのダクトの長さを最小にしたり、ダクトの屈曲を少なくして、抵抗を小さくすることも必要である。また、発生箇所付近の作業者が悪臭に困らないように、フードや臭気採り入れ口を鼻の位置より下にし、空気採り入口を上にして、空気の流れを下方にできるように工夫する。前記の悪臭の濃度分離と合理的捕集とで脱臭は極めて容易になる。



図・2 上下できるフード

§.3 防除施設の選定

脱臭には水洗、化学的溶解、化学的固定、化学的酸化、吸着、イオン交換、直接燃焼、触媒燃焼、土壌処理、活性汚泥処理などの方法があり、その悪臭成分の総てが明らかになっていると、適用できる方法の選定できる。しかし、実際的には、図・3に示すような装置を使って、対象となる悪臭をエアポンプで次々といろいろな溶液や吸着剤を入れた瓶に送入し、その通過後の空気を悪臭パネルに嗅がせる方法を採ることが出来る。通常、吸着や重クロム酸カリによる酸化で脱臭できるケースが多く、後者では化学的酸化、燃焼、生物酸化的いずれかを選定すればよいことになる。既設の脱臭施設でも、採用している方法が適切でないために、十分な効果の上っていないケースも多い。それと同時にチェックすることができる。酸化で脱臭できる悪臭のうち、高温で排気されている場合は直接燃焼法、触媒燃焼法を使うと合理的である。



図・3 適用技術適否判定法

従来、悪臭の除去効果も感覚的なものであったために、継続して高価な薬剤を使ったり、燃料を使わねばならないような一時しのぎの方法が採用されたり、効果の不十分な施設が設置されたりしてきた。脱臭装置のメーカーで、悪臭の測定や分析技術を持っていないところも多く、もつと科学的、良心的に対応されるようにならねばならない。著者らは多くの悪臭除去に効果があり、省エネルギー的で、経済的で、施設も簡単な脱臭方法の開発

を目ざして、悪臭の活性汚泥法を研究してきた。同じ悪臭を含んだ空気を水を満たしたタンクと、余剰活性汚泥を満たしたタンクとに吹き込むと、前者は飽和近くになると除去されなくなるが、後者は水に溶けた後に生物学的に酸化分解して、次々と溶け込むようになるので、長期間除去効果が続くことになる。その方法で悪臭の純物質を処理する場合の条件は表・4の通りであり、表示したものの以外にアルデヒド、フェノールなども処理でき、アンモニア、二硫化炭素などは除去しにくい。その悪臭に対しても数日の馴致と必要とし、長期間では混液のpHのチェックも要する。BODの高い廃水との同時処理はできない。高温の悪臭に不適当な排気方式では排気量が大きくなると、タンクも大きくせねばならなくなる。その脱臭に余剰活性汚泥を使うと、るカ月位は入換えずに使え、好気性消化が進んで、その汚泥処理も容易になる。各種の混合悪臭の脱臭には、その処理後に簡単な活性炭吸着を行なえるようにする効果的で、活性炭のライフも大きくなる。

現実に設置された脱臭装置の良否は、その除去効果や経済性と比較して評価することになるが、将来設置しようとする装置の機能を評価することは困難である。そのため、各脱臭方式ごとに、従来の実績を総合して、設備基準、適用条件、管理基準、機能限界などを政府機関や第三者機関で提示することが望ましく、それが不可能なら、各メーカーの装置ごとに、第三者機関による審査を行なつて、一定条件での機能認定制度とすることが望まれる。それは不良設備と追放し、いたづらなオバースペックも防止できよう。

§.4 防除施設の処理目標と排出の条件

悪臭防除施設などを設置する目的は風下などの地帯でも、住民の受忍限度以下の環境を保つことであり、そのためには排出口で規制すべきだと考えられるようになってきた。そのため東京都などでは排出口の臭気濃度を500以下に定めている。しかし

表・5 各種悪臭物質のK値 (臭気強度2)

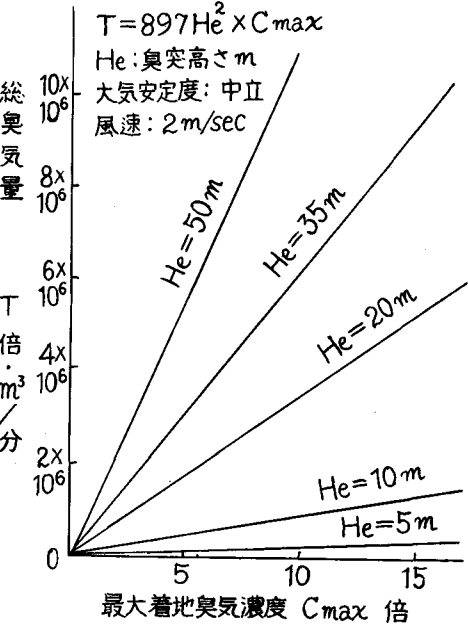
悪臭物質	許容濃度 ppm	K 値
アセトン	190	20.5
ミックススチン	4.2	0.45
エチルアミン	0.56	0.6×10^{-1}
アンモニア	1.8	0.19
メチルアミン	0.18	0.19×10^{-1}
アクロレイン	0.135	0.145×10^{-1}
イソ 酪酸	0.026	0.28×10^{-2}
硫化水素	0.0095	0.10×10^{-3}
ジメチルサルファイド	0.0037	0.40×10^{-3}
ジエチルサルファイド	0.0032	0.35×10^{-3}
メチルメルカプタン	0.0013	0.14×10^{-3}
エチルメルカプタン	0.0003	0.32×10^{-4}

m, K: 特定 桜庭信一, 森口実: 悪臭規制基準設定に因す物質の最大着る調査報告書, 日本環境衛生センター('72)

表・4 悪臭物質の活性汚泥処理条件*

悪臭物質		処理条件		必要馴致期間 日	負荷限界 g/MLSS kg/day
		MLSS PPm	曝気強度 m ³ /m ² ・hr		
硫黄系	硫化水素	12,100	10	2	15
	硫化メチル	16,000	10	2	10
	メチルメルカプタン	16,000	10	2	10
窒素系	トリメチルアミン	5,000	12	2	530
	エチルアミン	5,000	12	2	220
	アンモニア	13,500	12	2	長期で蓄積
炭化水素系	イソプロパノール	8,500	30	3	70~100
	n-ブタノール	8,500	30	1	100~120
	ベンゼン	8,500	30	2	150~200
	トルエン	8,500	30	2	150~200
	エチルベンゼン	8,500	30	5~7	100~120
	パラキシレン	8,500	30	5~7	100~120

* 各悪臭物質除去率 99%以上



図・4 臭気高さと総臭気量と最大着地臭気濃度

地濃度と許容値にするための恒数)を当てはめ、その値を表・5のように算出している。それは悪臭物質ごとに適用できるが、感覚とのズレが生じやすい。

著者らは臭気濃度×排ガス量と総臭気量とし、それで排出総量規制を行なうことを提唱したい。サットンの式を使って、最大着地臭気濃度と臭突の高さと総臭気量との関係と求めると、図・4のようになり、 C_{max} を決定すれば容易にその規制値を求めることができる。それは拡散の比較的不充分な条件を想定したものである。悪臭は SO_x 、 NO_x などと違って、特定発生源であるので、希釈、拡散を考慮してよく、臭突を高くする効果が大きく期待できる。防除施設での高度処理より、臭突を高くするコストベネフィットが大きい。

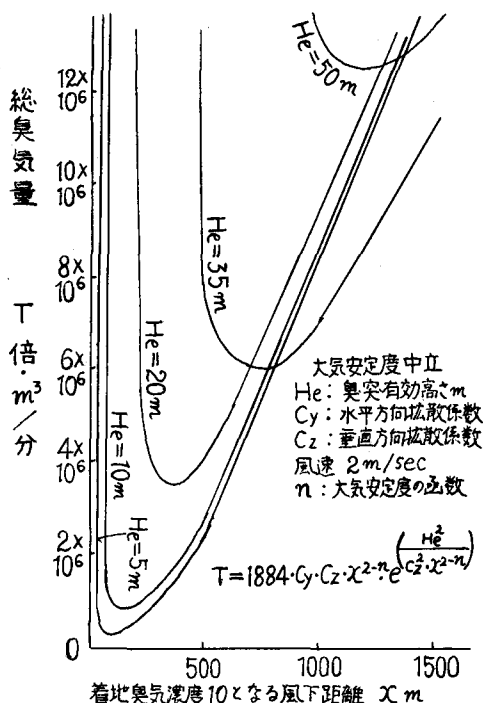
着地臭気濃度を 10 とみた場合、排出総臭気量と影響を受ける風下距離との関係を臭突の高さごとに示すと、図・5のようになる。U形曲線の内側が 10 を上回る条件である。臭突を高くすると、排出総臭気量は大きくできるが、悪臭影響範囲は広くなりやすい。悪臭苦情をなくすために、そのような法規制の実施が不可欠となる。

5.5 悪臭環境濃度の測定評価方法

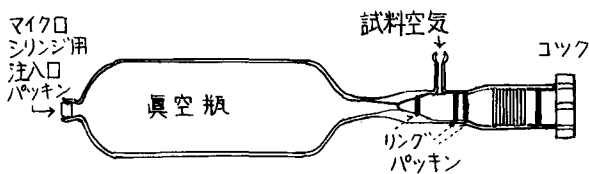
実際に悪臭苦情が発生した場合、その発生源が特定でき、半継続的にそこから発生しているケースなら直ちに5.2~4のようなチェックをし、対策を立てることもできるが、発生源が特定できなかったり、予想発生源側が否定したり、被害が一過性であったり、苦情根拠に不確実性のあるケースでは、実証のための環境濃度測定と実施せねばならなくなる。そのためには、苦情発生地区に試料採取の装置を張りつけておいて、臭いと感じた数分間の空気を採取して、測定分析するか、公正なパネルーと数人待機させておいて、感应的に判定するか、移動モニタリングステーション(総臭量の測定は可能)を置いて、連続測定するかの方法を採らねばならない。そのような調査、確認は現実的には極めて困難であり、特に、バックグラウンドに当る市街固有の臭気の強い場合はその区別のむづかしいことが多い。そのために、悪臭に対する調査、研究が住民苦情に端を発しているが、それと密着した形で進んでこなかったわけであり、悪臭対策と実施しても、苦情が尾をひくケースが多くなっている。そこで、著者が〇市に提案し、実施を検討しつつあるモニタリングシステムを紹介してみよう。(住民モニター)

まず、悪臭苦情発生地区に何本も図・6のような悪臭試料採取用真空瓶を配布し、最も臭いと感じた時にコックを開いて、直ちに閉じてもらう。その直後に市の担当課が直ちに電話連絡してもらい、採気場所、日時、感覚的強さを確かめる。採気瓶はできるだけ速かに集め、臭気濃度や悪臭成分を測定する。悪臭規制は市町村固有事務であるので、その測定は自から実施することが望ましいが、専門機関と委託契約することも考えられる。

その苦情発生地区の採気時と風向の違う時に、同様に採気して、それをバックグラウンドの値とすることができ。住民の採気した空気とバックグラウンドの差が大きい場合は、採気時の風向の風上に向かって、発生源をチェックする。数カ所の発生源があれば、それらの排気口の空気と同様に採気し、測定し、分析した悪臭成分の



図・5 臭突高さと総臭気量と臭気の影響範囲

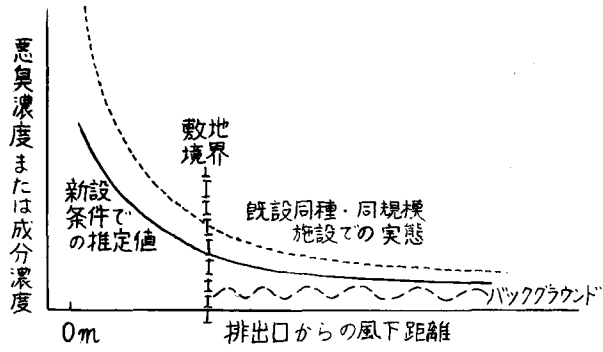


図・6 悪臭試料採取用真空瓶

種類や構成比が住民が採気した空気に近いものがあるれば、そこが排出源であるとみなすことができる。そのような確認の上に立って、発生源に対して、§.2~4のような対策と行政指導することになり、発生源で改善後は苦情発生時と同じ風向や条件のもとで、住民立会いでもう一度採気し、環境濃度の正常化を確認することが望ましい。また、この方式はほとんど瞬間的な最高濃度を問題にし、排出源には一時的な排出のミスも許容しないようなシビアなものであるといえる。その測定値を評価する際に、例えば、臭気濃度が10以下なら住民の受忍領域であるとか、バックグラウンドの3倍の臭気濃度までは許容してよいとかの線引きをせねばならないことになる。悪臭防止法での規制物質がその原因物質であれば、法規制の臭気強度2.5や3.5に当る濃度をひとつの目安として、その線引きを行なうこともできよう。

§.6 悪臭アセスメントの実施例

I市では港に突出した突堤の先端部にし尿処理場を建設することにしたが、附近住民から悪臭に対する不安などの反対運動が起こった。著者らはそのアセスメントを委託されたが、その手法には規定の方式がなく、初めての試みであった。それは悪臭不安を訴える住民に納得してもらえる方法で、公正に評価したものでなければならぬ。



図・7 風下距離と新設に伴う悪臭の予測

そのアセスメントの方法として、年間にその予定地の風下になる確率の高い市街地のバックグラウンドに当る悪臭成分を分析し(し尿臭であるので、表・1の5物質を調べ、運搬の関係で臭気濃度測定はしなかつた)、さらに、I市に建設を予定している施設と同種で同規模の既設の施設を採し、その場所での悪臭の実態を調査し、バックグラウンドにその成績を上乗せして予測することにした。既設施設では特に建設予定と同じ防除施設のもの

でなければならぬ。その概念図は図・7の通りである。新設の施設が在来法より改善し、排出総量を減少させている場合は実線のようにになる。

そのような調査の成績は表・6の通りであり、同種施設は脱臭をスクラバーと直接燃焼法で行なっているが、スクラバーの効果はや

表・6 し尿処理場建設のための悪臭アセスメント調査例

採気場所	気温 ℃	アンモニア ppm	トリメチル アミン ppm	硫化水素 ppm	硫化メチル ppm	メチルメルカ プタン ppm	
バック グラ ウ ン ド	建設予定地	29.0	0.1	ND	ND	0.0006	ND
	風下238 m	31.5	0.2	ND	0.006	0.0007	ND
	風下398 m	28.5	0.2	ND	0.005	0.0006	ND
	風下530 m	29.5	0.2	ND	0.005	0.0006	ND
同種 施設 調査 例	スクラバー入口	31.0	17	0.015	35	2.1	1.7
	スクラバー出口	28.0	16	0.010	ND	1.7	0.8
	脱臭炉入口	40	165	0.030	178	21	29
	焼却炉ガス	480	2.1	ND	ND	ND	ND
	脱臭炉出口	270	0.7	ND	ND	0.025	0.031
	風下敷地境界	29.0	0.8	ND	ND	0.0021	ND

や不十分であった。そのような調査成績でも、風下にはほとんど影響を与えとはみられなかつたが、その悪臭排出口の濃度を最悪の事態を予想して、想定し、その排ガスが所定の高さの臭突から排出された場合の風下距離と各悪臭成分ごとの濃度との関係とパスキルの式によって求め、実測成績とも比較した。その拡散式による計算値でも悪臭が市街地に影響することは考えられなかつた。また、サットンの式によって、悪臭の最大着地風下距離を求めたり、その最大着地濃度を調べ、その地奥での最悪時の悪臭も予測した。(全く新規施設には新手法必要)

以上のように、住民の悪臭苦情や不安を解消するという最終目標を最重案とした場合、従来からの悪臭に対する法規制、防除に対する技術的アプローチの方法、悪臭の調査方法、悪臭のアセスメントの手法などに反省と再検討を要する点が多く、今後徹底した見直しと、研究が望まれる。