

1. ゴミ埋立に伴う公害とその技術的問題点

ゴミの処理、処分は各地で深刻な問題となっているが、特にゴミを埋立処分する場合はその用地の選定から住民との対立を起しやす。それは従来のゴミ埋立が多く公害と伴ってきたためであり、その被害の種類や内容は表・1の通りである。その埋立を進めていくためにはそれらの影響に充分配慮として、環境アセスメントを実施したり、ゴミ焼却、熱分解、堆肥化などの中間処理と完全に行なう、安定化、安全化をはかるべきである。また、その埋立工法や公害対策についても、完璧と期するようにしなければならぬ。しかし、それらの影

表・1 ゴミ埋立によって起こる危険性のある公害

分類	被害の種類	被害の内容
現況変更による障害	陸上埋立	景観の悪化 平地が丘や小山になったり、谷間がなくなってしまうたり、それに伴って、従来の植生も変り、景観が劣化する危険性がある。 流域の変化 雨水の地表での流れが変り、その受入れ水路に影響を受けやす。
	水面埋立	河川疎通の妨害 河口や河川岸に埋立地と作ると、疎通が妨害されたり、流速と変える。 海流の変化 海流が小さくなったり、遅くなったり、汚染が進みやすくなる危険性がある。 汀消失(情緒被害) 白砂青松の美観が失われ、砂浜がなくなり、遊泳、ボート遊び不能となる。 〃(漁業被害) 干潟が魚介の産卵地や藻場になっていたが、それが荒れてしまう。 舟運妨害 埋立地の立地によっては舟が遠回りしなければならなくなる。
周辺水域の水質汚染	埋立による汚染	埋立廃棄物の水面への飛散による汚染。埋立地内での溶出、腐敗分解による汚水の滲出による汚染。特に有害物質が問題。地下水汚染。富栄養化。
	浚渫作業による汚染	地盤改良、護岸工事で底質の攪乱、流出などによる汚染の発生。
	跡地立地施設による汚染	埋立跡地に二次産業のコンビナートなどが立地すると、往々にして汚染した廃水や排ガスを出すことになる。
そ族・昆虫等の発生	抵抗性の強いハエの大量発生	ゴミの腐敗物に付着して運ばれ、埋立地内で孵化、増殖し、大量発生する。その防除に殺虫剤を使うと、抵抗性が付き、薬剤と変えないと殺せなくなる。
	ネズミの大量発生 カラスの群生	ゴミの可食部をエサにして生育し、集団で住居、田畑などをおそう。 ゴミの可食部をエサに、樹木を休息地に群生し、住居、田畑をおそう。
ガス発生	悪臭の発生	ゴミの腐敗によって様々な悪臭ガスが発生して、周辺地域に流れていく。
	火災の発生	ゴミの嫌気性分解で生じたメタンなどに自然着火(太陽光)しやすい。
交通障害	車輛集中による障害	埋立地への進入路が限定されるため、車輛集中、交通事故が多くなりやすい。
	船舶集中による障害	工事用作業船、廃棄物運搬船、上砂運搬船の集中と荷揚げ、待泊。
	輸送途中での汚染	車輛、船舶などからの廃棄物や悪臭の漏れ、飛散。
跡地利用上の障害	地盤不良	全面沈下、不等沈下が続いて、建造物が被害を受け、工事も困難になる。
	杭打ち工事の障害	粗大な瓦礫、全量廃棄物が埋まっていたり、硬い地層があったりする。
	工事での酸欠発生	掘削時に作業員が酸欠にかかりやすい。
	植生の生育阻害	有害物の溶出、地中での酸欠不足のために生育不良、枯死が起こる。
	有害物の露出飛散	埋立物が掘り出され、粉じんとなり、人体などに被害を与える危険性がある。
自然破壊	土砂採取跡地の破壊	山の緑や河川や海岸の状況がこわされ、景観、産業に悪影響を与える。

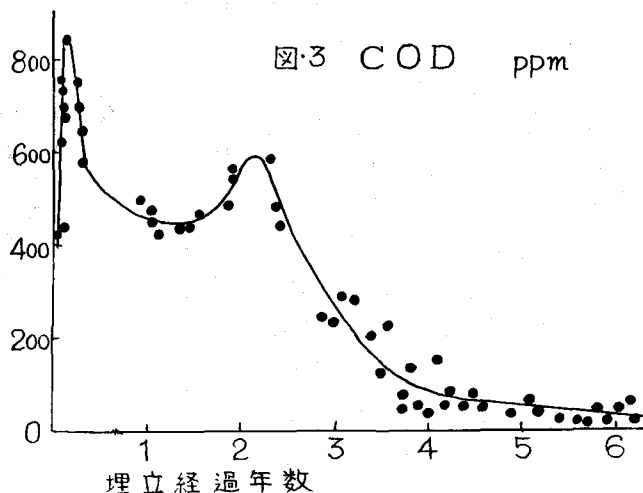
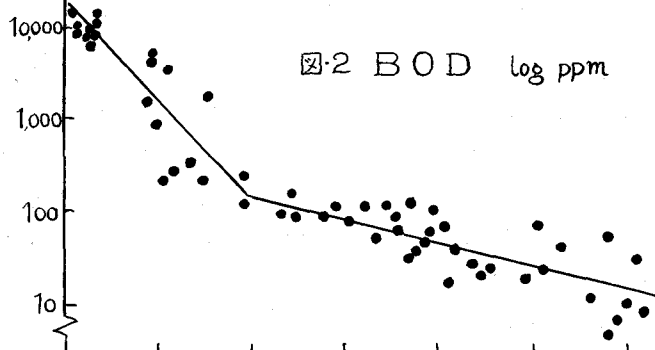
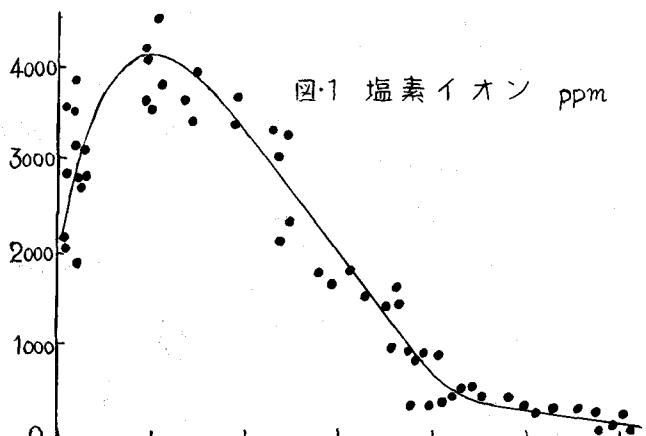
害の程度の明らかでない公害源として、埋立地汚水、発生ガス、そそ昆虫などが上げられ、それらを現実の埋立地で説明しておかねばならない。汚水については、BOD、COD、窒素などの実際の排出負荷量、それらの埋立後の排出期間、陸上埋立と水面埋立での浸出状況の相違、含有有害金属の挙動、降雨量と浸出水量との関係、埋立地護岸の構造とその透水性および経済性、適正で経済的な処理施設的设计格元とその方式、汚水の地下浸透の危険性、地下浸透防止のための埋立工法などを明らかにしなければならぬ。発生ガスについては、現場での発生量、排出期間、悪臭成分などのガス組成、ガス抜きに適正な设计方法、発生ガスの利用方法など明らかにする必要がある。ハエの防除方法についても衛生動物の分野で研究の必要がある。

2. 陸上埋立地での汚水の排出特性

谷間や低湿地にゴミ埋立を行なうケースが多いが、それらの埋立地で浸出する汚水は降雨の一部にゴミ中の可溶性物質や腐敗によって可溶性になったものが溶けていることになる。その汚水量は1日10mm以上の降雨の約1/3量に相当しており、他の雨水は蒸発散したり、表流水として排除されている。(汚水1㎡当り年間0.43m³以下) その汚水は降雨後7日前後が最大となる。汚水量は埋立地1㎡当り最大約3ℓ/dayとみられる。

ゴミが雨水で浸出される状況は汚水中の塩素イオンをメルクマールにすれば判るが、埋立ゴミ層の深さと浸出水の塩素イオンとは無関係である。浸出水中の塩素イオン(C:kg/m³)、単位ゴミ中の塩素イオン含有量(K:kg/ton約3)、単位面積当り浸出を受けるゴミ量(W:ton/m²)、降雨量(Y:m³/m²・年約13)、浸出と受ける期間(m・年)、降雨浸透流出率(汚水量/降雨量=Z)とすると、 $C=KW/YmZ$ 。図1の大蔵鶴見処分地での測定成績からWと求めると、0.53~1.3となり、埋立4年以降は著しく低くなる。埋立地でのゴミの見かけ比重を1とすると、浸出を受ける深さはせいぜい1m程度に過ぎないとみられる。

その汚水のBODやCODは図2、図3のように変化し、埋立終了後4~5年は処理を要する。ゴミ1ton当り(1㎡当り)、BODはその期間に約1.7kg、CODは約0.63kg溶出し、汚水の平均



BODは約1,000 ppm, 平均CODは約350 ppmとみられる。それらは埋立地内で嫌気性分解を受けるために、実験的にそれらと浸出させた成績より著しく低い。

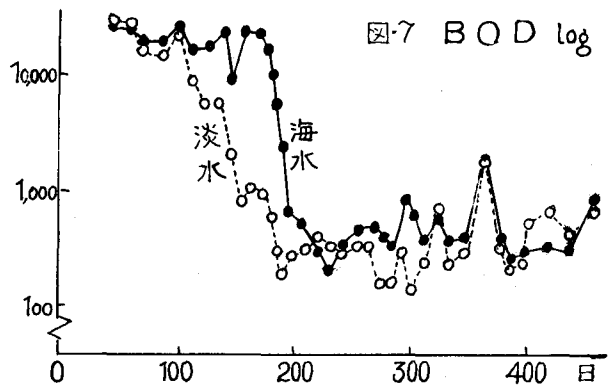
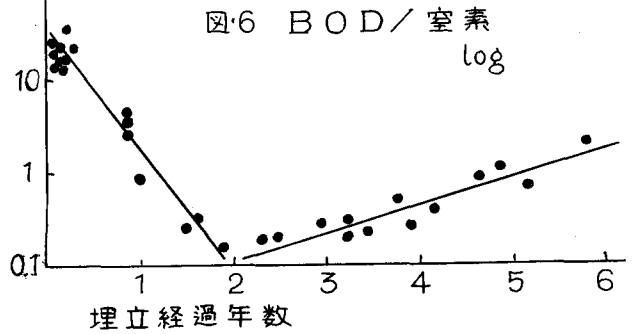
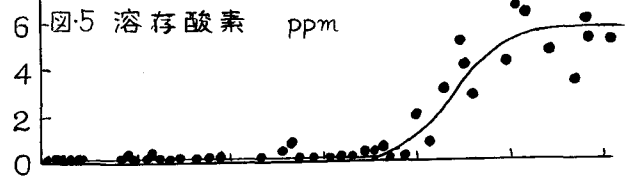
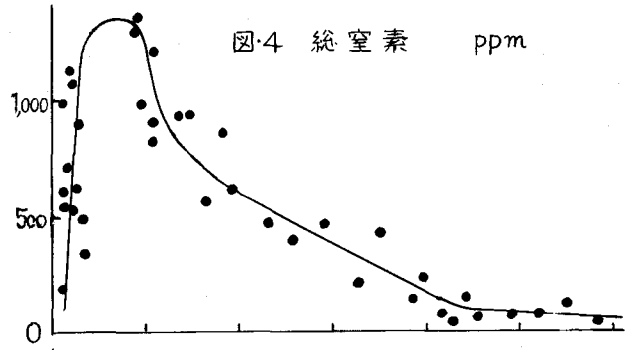
埋立地汚水が漁場や水田に流入する場合は窒素も問題になるが、それは図4のように浸出し、ゴミ1tonから全期間で約1.2 kg排出され、その濃度は平均約700 ppmである。BODの分解は淡水に浸漬したゴミではせいぜい200日で90%以上完了するが、フィールドではその7倍位の期間を要することになる。その分解と司る微生物の栄養として、BOD:窒素が15~20程度が望ましいが、埋立地では図6のように当初10以上でも、2年後には0.1近くになって、その後も容易に上昇しない。実験的な浸漬ゴミは10近くに保たれることから、陸上埋立での分解速度の低下の理由はこのためであるとみられる。その分解は図5からみて、4年までは嫌氣的、その後は好氣的になりやすい。

陸上埋立汚水のpHは埋立直後に6前後まで低下し、その後7~8を保ちやすい。

ゴミ中の重金属はその当初の低pHの影響を受け、汚水中に2~6月に濃縮になり、その後、雨水で洗い出され、3~4年でほとんど不検出になる。そのピーク時には、カドミウム0.08 ppm前後、鉛1.6 ppm、水銀0.007 ppmになる。鉄は700 ppm、亜鉛は30 ppmにも達するとみられるが、実際に連続して埋立ている場合はほとんど氷質の規制値を上回る危険性はない。

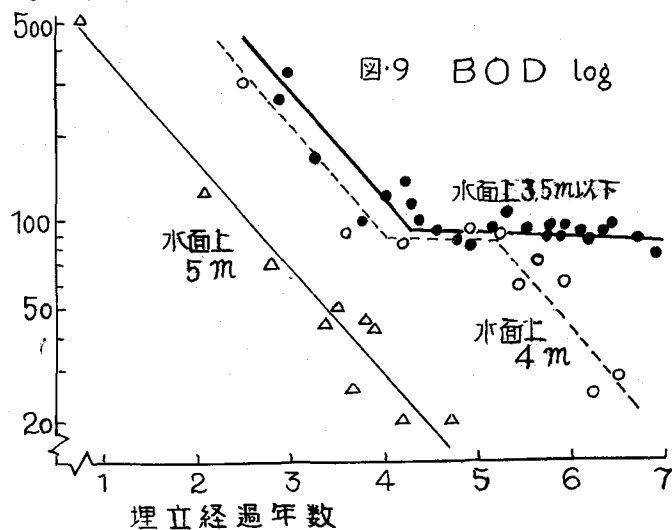
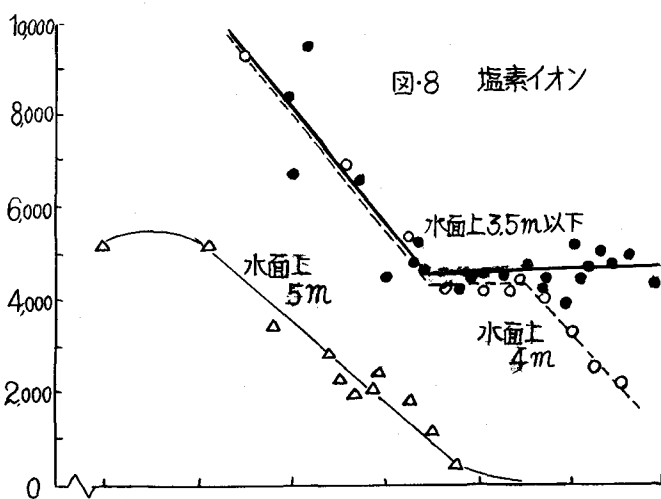
3. 水面下埋立および水面上の埋立での汚水の特長

実験室的にドラム缶中にゴミ約60 kgを淡水および海水各100 lに浸漬し、約40℃に保温した場合の浸漬水のBODの経日変化は図7の通りである。CODもそれと大差ない傾向を示す。いずれも浸漬水のBODは最高27,000 ppm, CODは16,000 ppmになり、ゴミ1 ton当り最高でBOD約45 kg, COD約2.7 kg 浸出するとみられる。しかし、海水中でのBODの分解は淡水よりもおくれ、淡水では約140日、海水では約190日で1,000 ppm以下となる。BOD源の大半は有機酸である。



海水域でのゴミ埋立については過去にフイールドテストを行なつて、詳しく検討しており、その調査ではゴミ1 tonからのBOD溶出は約3.4 kg、CODは約0.71 kg、窒素は約0.28 kgであることを報告している。それは2の陸上埋立の場合より多く、実験室での成績より著しく少ない。それも実埋立地ではゴミ層内でBODやCODが嫌気性分解などにより、減少しやすいものであるとみられる。大阪市が昭和48年から実施してきている北港処分地でのBODやCODの溶出も同程度である。ゴミ中の重金属などの溶出はいずれも少なく、ゴミ層内で嫌気的に生成した硫化水素などが、それらの金属を不溶性の硫化物にしてしまうためであるとみられる。

池や海面での埋立では、實際上、水面まで埋め終ると、その上にさらに数m、場合によっては20~40mもゴミを積み上げることが多い。そのような地上部の埋立での汚水の滲出は2の陸上埋立と同じとみなしてよいかどうかは明らかでない。そこで、海面埋立を行なつた後、水面から3~5m積み上げた南港処分地での滲出汚水の水質を調べた結果のうち、塩素イオンの変化は図8、BODの変化は図9の通りである。その埋立地周辺部の地下水は塩素イオン



5,700~6,400 ppm, BOD 56~110 ppm, COD 170~230 ppmである。その塩素イオンからみて、滲出位置が水面上3.5m以下であると、海水が吸上げられて混入してきており、4mなら腐敗の進行後にその吸上げが止まり、5mなら海水の吸上げが認められず、2の陸上埋立とはほぼ同じ挙動を示している。BODの分解は海水の吸上げによって1.5~2年も遅れ、実験室での浸漬試験より、そのおくれが大きい。また、海水が混入してくると、分解が進んでも、BOD 100 ppm以下、COD 220 ppm以下になりにくく、長期間それらを低下させるための処理が必要となる。塩素イオンやBODの変化は陸上埋立での変化に、その周辺地下水の塩素イオンやBODが直上げされた状態になっている。水面上3.5m以下の滲出汚水の水量を陸上埋立での水量と比較して、塩素イオンから推定すると、陸上埋立での約6倍、埋立地1 m² 当り年間約2.6 m³ (降雨量の約2倍)とみられる。クロム、カドミウム、鉛などの金属の溶出の傾向や溶出量は2の陸上埋立の場合と大差ないが、それらが検出されないが、微量になるに要する期間は4~4.5年と、陸上埋立の場合よりややおくれる。

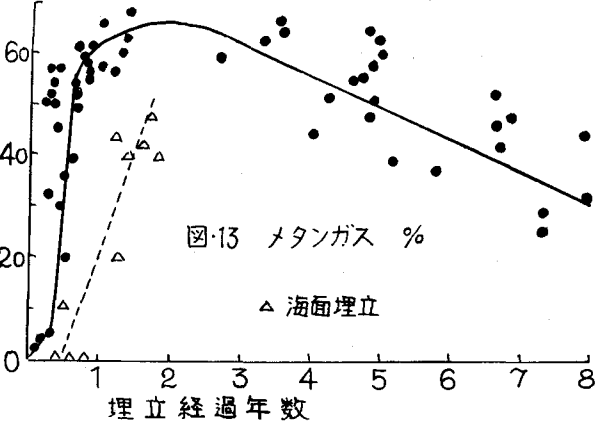
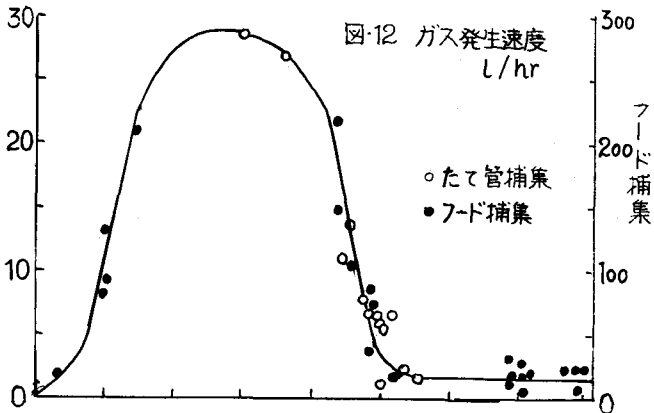
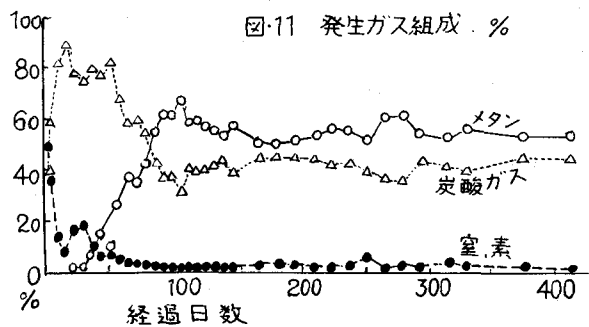
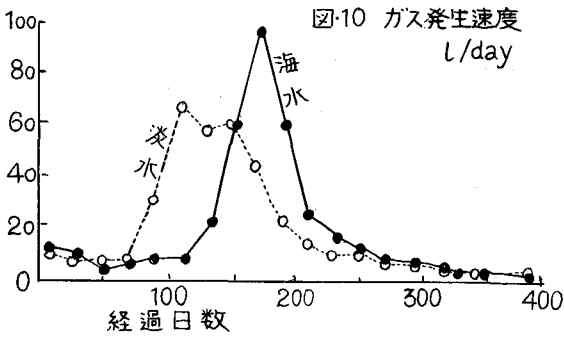
4. 埋立地でのガスの発生特性

3のドラム缶を用いた淡水および海水浸漬ゴミからの発生ガスを集めて、その発生量を調べた結果、図-10のように、ガス発生は淡水浸漬で約70日目から、海水浸漬で約110日目から始まり、それぞれ120日目、170日目

にピークを示し、いづれも220日目頃まで盛んである。それはゴミの可燃分1kg当り410～426ℓのガスを生成することになる。その発生ガスの組成の変化は図・11のように、メタンガスは埋立後50日目から増大し、100日以降は50～65%となり、その後の変化は少ない。(図・17は淡水浸漬の事例) 炭酸ガスの発生は埋立後直ちに多くなり、100日目以降は40%前後で安定する。メタンガスは可燃分1kg当り約250ℓ生成し、そのガスの発熱量は約2000kcal/ゴミkgとなり、ゴミの可燃分の総発熱量の約35%がメタンガス化することになる。

実際のゴミ埋立地でのガス発生状況と調べるため、径1.18m(面積約1.1m²)の円斗状フードと埋立ゴミ層上(覆土を除く)に据付け、その尖端をマイラーバックに接続して採気する方法と、径150mmの有孔管をゴミ層に打ち込んで、その地上部尖端を同じくバックにつないで採気する方法を用いた。後者は同一条件なら約1/10のガスを捕集することができる。そのガス発生速度と埋立経過期間(捕集位置の埋立実地期間の平均年月と調査日までの期間)との関係を図・12に示す。ガスは埋立後0.5～1年で大量に発生するようになり、1.5～4年でピークとなり、5年目以降はほとんど発生しなくなる。そのガス発生は上記の実験室での状況より著しくおくれしており、2, 3の汚水の排出状況やそのBODの低下などよく合致している。

捕集したガス中のメタン濃度の変化は図・13の通りであり、埋立後半年度で60%前後に達し、それが4年前後まで続いて、その後は低下していく。海面埋立での捕集ガス中のメタンの初期の増大はかなりおくれるようである(ガス発生総量も増大しにくい)。メタン発熱量を8,000kcal/Nm³とすると、ガス発生量の盛んな埋立後1.5～4.5年には埋立地1m²から1日48,000kcalもの可燃性ガスが排出されていることになる。炭酸ガスの変化は図・14の通りで、当初か



なり高濃度であるが、約1年で20~30%に低下し、その後4年目前後で約30%まで増大し、以後は10~20%まで低下する。多糖類のメタン発酵ではメタン：炭酸ガスが1:1前後であるが、ゴミ埋立地では窒素化合物があるために、メタンが多いと考えられる。

5. 埋立地での悪臭の発生特性

ゴミ埋立地の悪臭には硫化水素、メチルメルカプタン、硫化メチルなどの硫黄系悪臭成分やアンモニア、ジメチルアミン、酪酸などがあり、嗅覚的には硫黄系悪臭成分の寄与度が高い。

ドラム法にゴミを浸漬した実験での発生ガス中の悪臭成分は淡水浸漬と海水浸漬とで著しく異なり、各最高濃度は硫化水素が淡水213ppm、海水1700ppm、メチルメルカプタンが淡水126ppm、海水355ppm、硫化メチルが淡水34ppm、海水249ppmである。また、淡水浸漬では当初の20日目まで高濃度で、海水浸漬では100日目まで高濃度である。それらはメタン発酵が盛んになると、また汚水のPHが高くなると、発生濃度が低下してくる。海水浸漬で高濃度の悪臭が発生するのは浸漬水中の塩分濃度が高いためとみられる。

フィールドでの悪臭成分の発生状況は図15の通りであり、一般的に埋立後1年以内の濃度が高く、その濃度は硫化水素約40ppm、メチルメルカプタン約15ppm、硫化メチル約30ppm

である。硫化水素だけは埋立後4年前後に高濃度になる期間があり、100ppmをこすこともある。それはBOD、CODの低下した時期、メタン発酵の低下した時期、溶存酸素の検出されるようになる時期などと合致している。

覆土を30cm以上行なった埋立地の地表面からはほとんどこれらの悪臭成分は検出されない。それは地表面で空気に希釈されること以外に、ゴミ層から発生した悪臭成分が覆土の土壌微生物によって酸化分解されたり、吸着されて、脱臭されるためであるとみられる。ゴミ層上の覆土下部にガス抜き管やガス抜きトレンチを設けた場合（ガス抜きの末端に燃焼装置を設ける）、そのガス抜きから20m近くまでの発生ガスを集めることができ、むしろ5m以内の引きがやや悪い。

以上のゴミ埋立地での汚水やガスの発生特性はそれらの処理方式を選定するための基本となるものである。陸上埋立地の滲出水は水量も少ないから、覆土上に散水したり、トレンチで浸透させたりして、蒸散させてしまう方式が实际的であろう。水面埋立やその上5mまでの埋立の汚水はその処理を行なわねばならないが、それは北港処分地で行なっているような高率酸化池法が实际的であるとみられる。発生ガスは25~30m間隔でガス抜き管を配設し、燃焼処理するが、そのガス利用を考慮すべきである。

