

最終処分場の廃止に向けた安定度判定に関する研究

福井 博, 高橋通正, 斎藤邦彦, 坂本広美
(環境技術部)

Research on the stabilization to judge the abolition of the landfill site

Hiroshi FUKUI, Michimasa TAKAHASHI, Kunihiko SAITOH, Hiromi SAKAMOTO
(Environmental Technology Division)

キーワード：最終処分場，浸出液，発生ガス，廃止基準，季節変動

1 はじめに

廃棄物の埋立が終了した最終処分場(以下、「処分場」と略す。)については、保有水等(以下「浸出液」という。)の水質やガスの発生等が廃止基準を満たしていると判断された時点で廃止することができる。「一般廃棄物の最終処分場及び産業廃棄物の最終処分場に係る技術上の基準を定める省令」(基準省令)では、浸出液の水質に関しては、基準項目別に定められた測定頻度で2年以上測定し、排水基準等に適合することと規定されているが、採取時期等具体的な調査方法は提示されていない。また、ガスについては、発生がほとんど認められないこと又はガスの発生量の増加が2年以上にわたり認められないこととされているが、測定方法や基準項目が規定されていない。

そこで、最終処分場の適正な廃止を促すことを目的にモニタリング方法の詳細化の検討が始められている。長森ら^{1,2)}は観測井戸の保有水の水質から有機成分等の洗い出し状況を把握する方法を試み、また、ガスの採取の際の深度の検討を行った。石垣ら³⁾は、埋立地表面からのガスの検出及び計測方法を検討し、現場対応型の迅速法の開発を試みている。しかし、モニタリングにおける適切な採取方法の確立に当たっては、さらに、水質、ガスの発生量及びメタン濃度等の変動に対応した採水時期の検討が必要である。

浸出液の水質が降雨により変動しやすい処分場では、水質変動にあわせて的確に調査する必要がある。しかし、ほとんどの処分場では、大雨後や年間を通しての高頻度の調査例が不足している。

表1 調査対象最終処分場の概要

(平成17年3月現在)

	A処分場	B処分場	C処分場	D処分場
分類	一般廃棄物管理型	一般廃棄物管理型	一般廃棄物管理型	産業廃棄物管理型
埋立物	廃プラスチック類	焼却残さ	焼却残さ、不燃物	廃プラスチック類等
埋立地面積(m ²)	14,000	11,000	23,000	27,000
埋立期間(年)	8	5	12	12
閉鎖後年数(年)	18	18	10	19
遮水工	底面粘土・法面シート	底面・法面シート	底面粘土・法面シート	底面粘土・法面シート
跡地利用状況	グラウンド	杉林	草地	雑木林

また、メタンが長期間にわたり発生している処分場では、季節変動等の実態に即した測定が欠かせない。

そこで、処分場ごとに廃止を想定した調査計画を作成する基礎資料として、閉鎖後長期間年数が経過した処分場において、大雨後及び年間を通じた浸出液の水質変動及びメタン等濃度の実態を把握し、効果的な試料採取方法について検討した。

2 調査方法

2.1 調査対象処分場

閉鎖後 10～19 年経過した管理型の処分場 4 か所(A～D)を調査対象処分場とした(表1)。これらの処分場は廃棄物の種類、跡地利用状況、埋立期間、閉鎖後年数及び大雨後の浸出液の排出方法等に違いがある。A処分場は廃プラスチック類、B処分場はストーブ式炉の焼却残さの単独埋立である。C処分場は破碎不燃物と流動床式炉の固化灰の混合埋立で、その割合は、当時の発生量から推定すると、不燃物1に対して固化灰2である。また、産業廃棄物最終処分場に投入された廃棄物の種類と量は不明なことが多いが、過去にD処分場で行った搬入量調査⁴⁾によると、

搬入廃棄物 43,000m³ (昭和 57 年度) の内訳は、廃プラスチック類 87% (事業系一廃が混入)、建設廃材 8%、もえがら 3.4%、その他(ガラス陶磁器、木くず、紙くず、金属くず、ゴムくず、繊維くず) 1.6%であった(容量%)。

埋立地に廃棄物を投入した期間と閉鎖後の年数も各処分場で異なる。C,D処分場は、埋立期間が12年間と長く、埋立開始当初に投入された廃棄物と閉鎖直前に投入された廃棄物とでは12年間の時間差があり、安定化の進行が埋立地内で様ではない。閉鎖後の年数は A,B,D処分場の18-19年に対し、C処分場が10年で4か所の中で最も短い。なお、D処分場では、第3期処分場(廃棄物投入後19-24年経過)の浸出液集水管に第1,2期処分場(旧処分場:廃棄物投入後24-31年経過)の浸出液が流入している。旧処分場の面積は第3期処分場の4倍である。

また、A,B処分場では、大雨で浸出液量が増加した場合でも浸出液を廃棄物層内部に貯留せず、そのまま排出する構造のため、大雨後に浸出液集水管の出口で浸出液を採水し、水量を測定することができる。C処分場では、浸出液処理施設が急激な水量増加に対応できない場合、浸出液集水管出口に設置された遮断弁を絞り、浸出液を廃棄物層内に一時的に内部貯留するため、浸出液が廃棄物層に満たされた状態になる。D処分場では浸出液集水管の出口が深さ3.5mのマンホールの下から1.5mの地点にあり、浸出液の水位が常にマンホール上部にある。そのため、埋立廃棄物層の下部2m程度は常に浸出液が満たされている状態である。

2.2 浸出液

1) 浸出液量の測定

A,B,D処分場では浸出液の水量測定設備がないため、浸出液集水管の出口にて2~10Lのポリエチレン容器で浸出液が漏れないように一定時間汲み、容量と時間を測定した。この操作を3回繰り返し、1日当たりの水量を求めた。

2) 浸出液の採取

浸出液の水量、水質の変動を把握するため、平成15年6月から17年6月まで毎週1回、豪雨に相当する大雨があった平成15年8月15日、平成16年10月9日、同10月20日(各24時間降水量は、それぞれ202mm,183mm,168mm,各48時間降水量は、それぞれ274mm,267mm,204mm)には、降雨後1~2週間、頻度を上げて浸出液量の測定と廃止基準項目等の分析を行った。A,B,C処分場では、集水管出口から流れ出る浸出液を採取し、

D処分場ではマンホール内に溜まっている浸出液を採取した。

3) 調査水質項目及び分析方法

電気伝導率(EC)、水温および酸化還元電位(ORP)は、試料採取時に現地で測定した。一般水質環境項目のpH、COD、BOD、全有機炭素(TOC)、塩化物イオン、全窒素(T-N)については工場排水試験方法(JIS K 0102)に従った。溶解性鉄、溶解性マンガン、ほう素、クロム、銅、亜鉛、カドミウム、鉛、ナトリウム(Na)、カリウム(K)、マグネシウム(Mg)、カルシウム(Ca)はICP発光分光分析装置により測定した。ビスフェノールA(BPA)は環境庁のマニュアル⁴⁾に従った。

2.3 発生ガス

1) 測定時期

季節変化による発生ガスの変動を把握するため浸出水の採水日に合わせて週1回、現地において測定した。

2) 試料採取場所

各処分場のガス抜き管の測定口または排気口で試料を採取した。複数のガス抜き管がある処分場については、最もガス濃度の高いガス抜き管で測定した。

3) 測定項目及び方法

ア ガス成分

メタン: 携帯型メタンガス検知警報器

二酸化炭素: 検知管

硫化水素: 硫化水素濃度指示警報計

イ ガス温度及びガス速度

ガス温度、ガスの排出速度: 熱式風速計

ウ 気象条件

ガスの発生と気象との関連を把握するため、気温、気圧を現地において測定した。

3 結果と考察

3.1 浸出液

3.1.1 大雨後の浸出液の水質変動

浸出液の大幅な水質変動は、大雨があった夏から秋にみられ(図1,2)、変動する項目は処分場により異なった。

なお、今回対象とした処分場では、ほう素、クロム、銅、亜鉛、カドミウム、鉛は2年間を通して基準以下で、ほとんどが定量限界以下であったため、これらは、安定化を判断するための項目としては必要ではないと判断された。

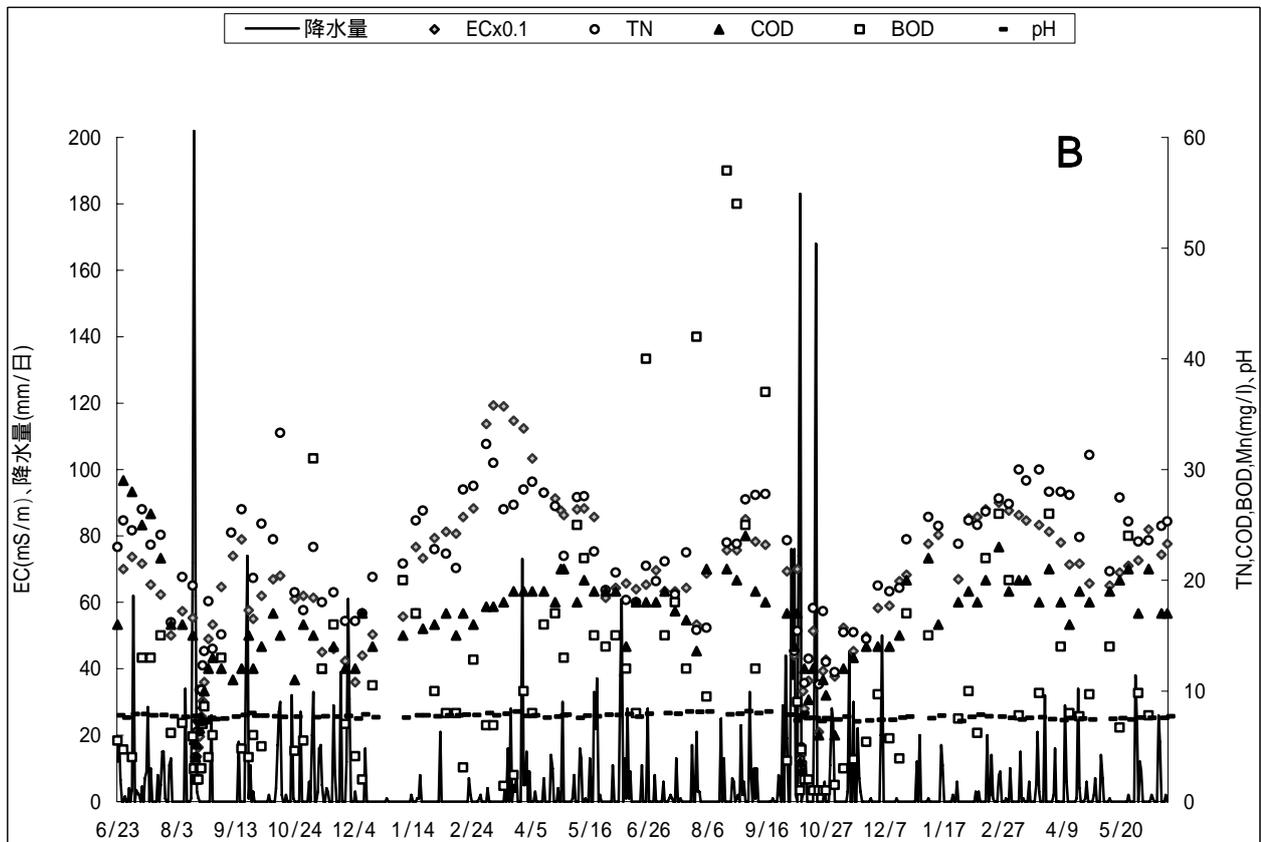
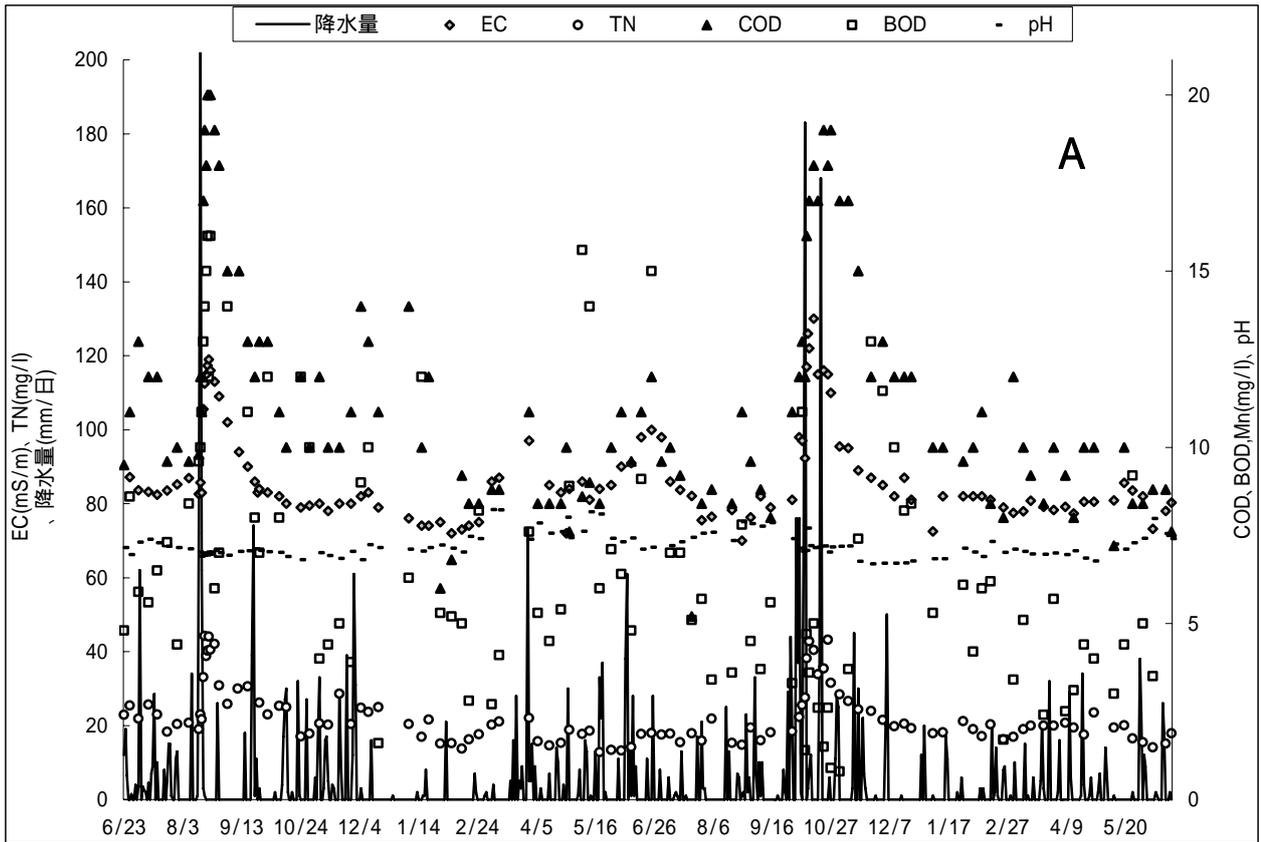


図1 浸出液の水質変動(A,B処分場)

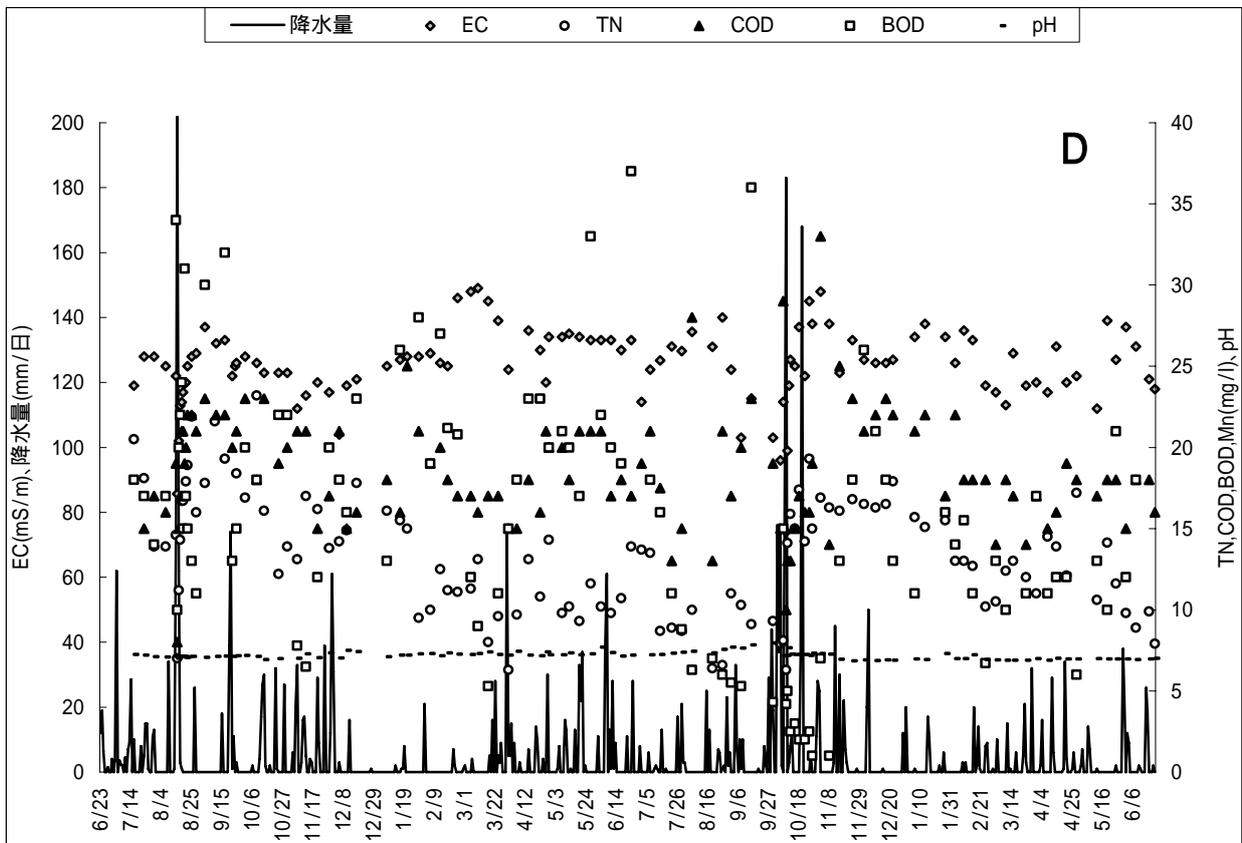
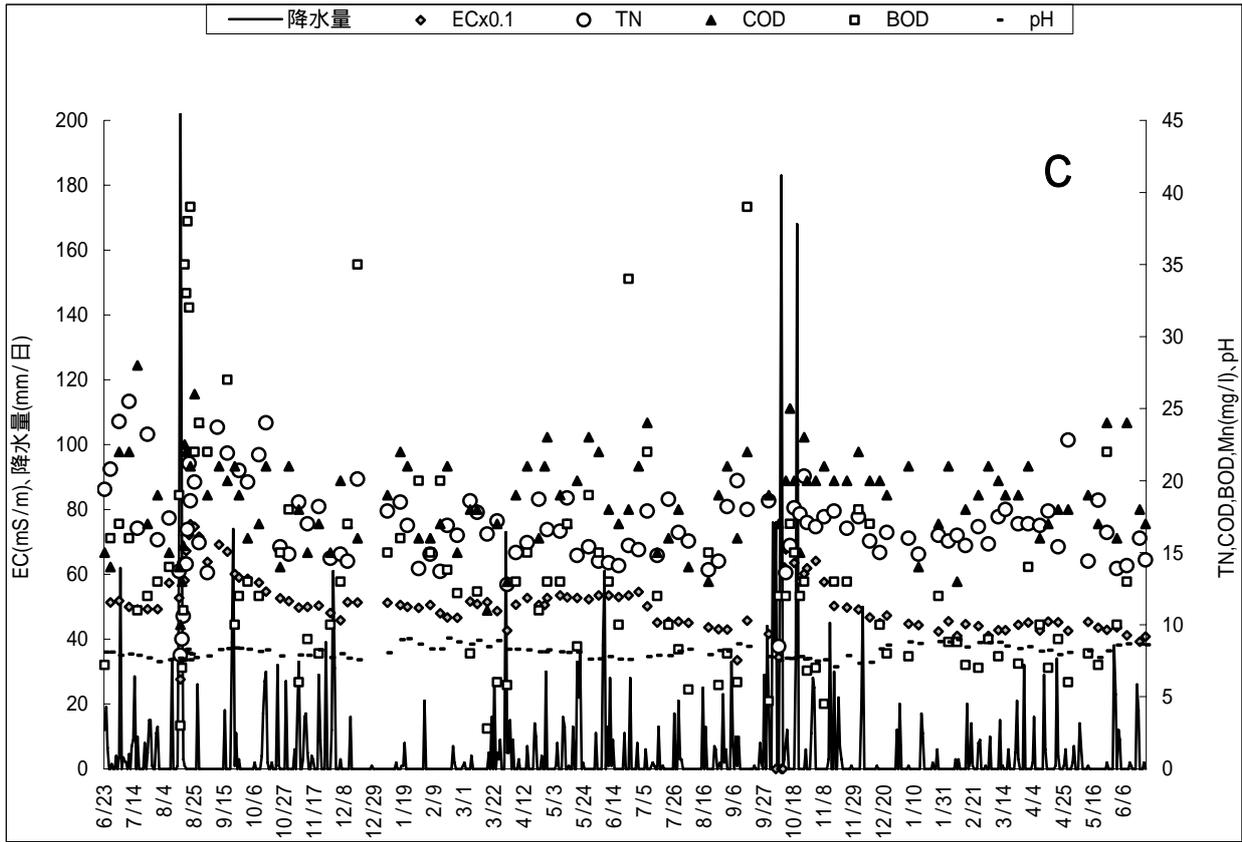


図2 浸出液の水質変動(C,D処分場)

各測定項目の年間平均値と大雨後2週間以内の最大値を表2に示す。EC, 塩化物イオン, Na, 溶解性鉄はA, C処分場で, BODはA, C, D処分

場で大雨後のピーク濃度が年間平均値を上回った(3回の大雨で1回以上, 大雨後のピーク濃度が年間平均値の1.5倍以上を示した)。

表2 浸出液の水量・水質(年間平均値と大雨後2週間内の最大値)

	処分場	H15/6- H16/6 平均値	H15/ 8/15 大雨 後最大値	大雨後 ピークま での日 数	/	H16/6- H17/6 平均値	H16/ 10/9大雨 後最大値	大雨後 ピークま での日 数	/	H16/ 10/20大 雨後最大 値	大雨後 ピークま での日 数	/
水量 (m ³ /日)	A	38.7	184	7	4.8	43.8	230	3	5.3	278	2	6.3
	B	6.9	60	1	8.7	5.1	72	1	14.1	23	2	4.5
	C	72.4	243	6	3.4	63.2	171	1	2.7	252	7	4.0
	D	102	492	3	4.8	96.3	550	1	5.7	420	5	4.4
EC (mS/m)	A	83.4	119	6	1.4	87.9	130	6	1.5	116	2	1.3
	B	195	<	-	-	193	<	-	-	<	-	-
	C	515	755	7	1.5	474	690	6	1.5	641	12	1.4
	D	125	129	13	1.0	124	137	9	1.1	148	12	1.2
COD (mg/L)	A	12	20	6	1.7	11	18	6	1.6	19	2	1.7
	B	16	<	-	-	17	<	-	-	<	-	-
	C	19	26	10	1.4	19	25	6	1.3	23	5	1.2
	D	19	22	7	1.2	19	17	9	0.92	33	12	1.8
BOD (mg/L)	A	8.4	16	5	1.9	5.3	<	-	-	<	-	-
	B	9.7	<	-	-	14	<	-	-	<	-	-
	C	16	39	7	2.4	11	17	6	1.5	13	5	1.2
	D	19	31	5	1.6	11	<	-	-	<	-	-
TN (mg/L)	A	22	44	6	2.0	22	43	3	1.9	43	5	1.9
	B	22	<	-	-	21	<	-	-	<	-	-
	C	17	22	6	1.3	16	18	9	1.1	20	5	1.2
	D	14	22	7	1.6	13	17	9	1.3	19	5	1.5
BPA (μg/L)	A	18	45	13	2.5	13	32	6	2.5	40	2	3.1
	B	2.2	(6.2)	(27)	(2.8)	2.2	<	-	-	<	-	-
	C	92	(252)	(33)	(2.7)	275	<	-	-	<	-	-
	D	72	(202)	(33)	(2.8)	215	300	6	1.4	280	5	1.3
塩化物 イオン (mg/L)	A	28	46	6	1.7	25	45	9	1.8	49	12	2.0
	B	490	<	-	-	510	<	-	-	<	-	-
	C	1800	2700	10	1.5	1700	2500	3	1.5	2300	7	1.4
	D	51	<	-	-	50	<	-	-	<	-	-
溶解性 マンガン (mg/L)	A	0.69	0.87	3	1.2	0.71	0.89	6	1.3	<	-	-
	B	0.95	1.10	13	1.2	0.91	0.95	9	1.0	<	-	-
	C	0.46	1.2	6	2.7	0.47	1.7	6	3.5	1.2	5.0	2.5
	D	0.27	0.35	13	1.3	0.24	0.32	9	1.4	0.34	7	1.4
溶解性 鉄 (mg/L)	A	14	22.6	2	1.6	12	21.5	6	1.8	<	-	-
	B	1.7	2.5	5	1.4	0.47	1.7	9	3.6	2.27	5	4.8
	C	4.3	7.9	6	1.8	1.2	6	9	4.8	6.1	5	5.1
	D	17	<	-	-	16	18	6	1.1	<	-	-
Na (mg/L)	A	32	49	10	1.5	32	78.4	2	2.5	46.4	7	1.5
	B	202	<	-	-	215	<	-	-	<	-	-
	C	450	646	7	1.4	412	621	6	1.5	517	7	1.3
	D	63	<	-	-	63	<	-	-	<	-	-
K (mg/L)	A	10	17.3	10	1.7	11	54	2	4.9	15.9	5	1.4
	B	157	<	-	-	154	<	-	-	<	-	-
	C	336	443	4	1.3	307	429	6	1.4	371	7	1.2
	D	10	<	-	-	8.9	11	9	1.2	<	-	-
Mg (mg/L)	A	25	35	4	1.4	24	35	3	1.4	<	-	-
	B	21	<	-	-	21	33.5	9	1.6	<	-	-
	C	9.1	30	4	3.3	6.9	31	2	4.5	13	2	1.9
	D	69	<	-	-	67	<	-	-	<	-	-
Ca (mg/L)	A	97	112	5	1.2	93	113	6	1.2	<	-	-
	B	50	<	-	-	51	<	-	-	<	-	-
	C	422	593	4	1.4	389	648	3	1.7	546	7	1.4
	D	111	<	-	-	99	124	6	1.3	121	7	1.2

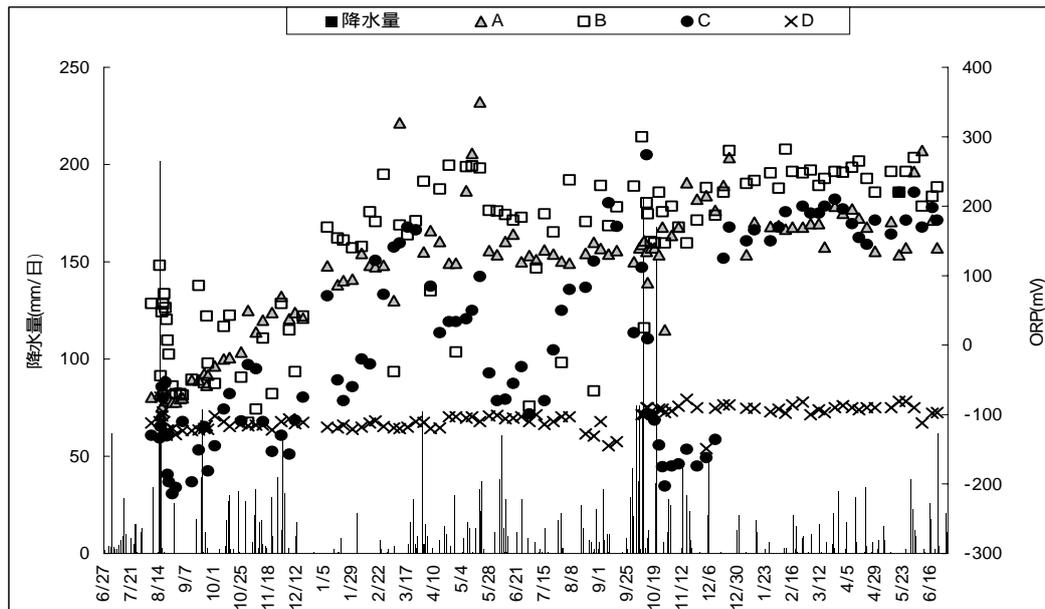


図3 浸出液のマンガン濃度

なお、B処分場では、大雨時に地表水等が浸出液に混入したため、ほとんどの項目の濃度が年間平均値以下となったが、溶解性鉄、BPAは年間平均濃度を上回った。また、BPAは一般水質項目に比べ、濃度レベルが低く、濃度変動も異なった。BPA濃度は大雨後に高くなるが、雨の少ない季節にも濃度が高くなり、C、D処分場でその傾向が強かった⁵⁾。

溶解性マンガンは、C処分場で年間平均値を2.5

~3.5倍上回った(図3)。

大雨後の浸出液の水質変動は、処分場間で異なる傾向を示しており、埋め立てられた廃棄物の種類、埋立期間、閉鎖後経過年数による安定化の進行度の違い及び大雨後の浸出液の排出方法の違い等が影響を与えていると考えられた。

廃棄物層内の酸化還元状態を示すORPについても、処分場ごとに異なる傾向がみられた(図4)。

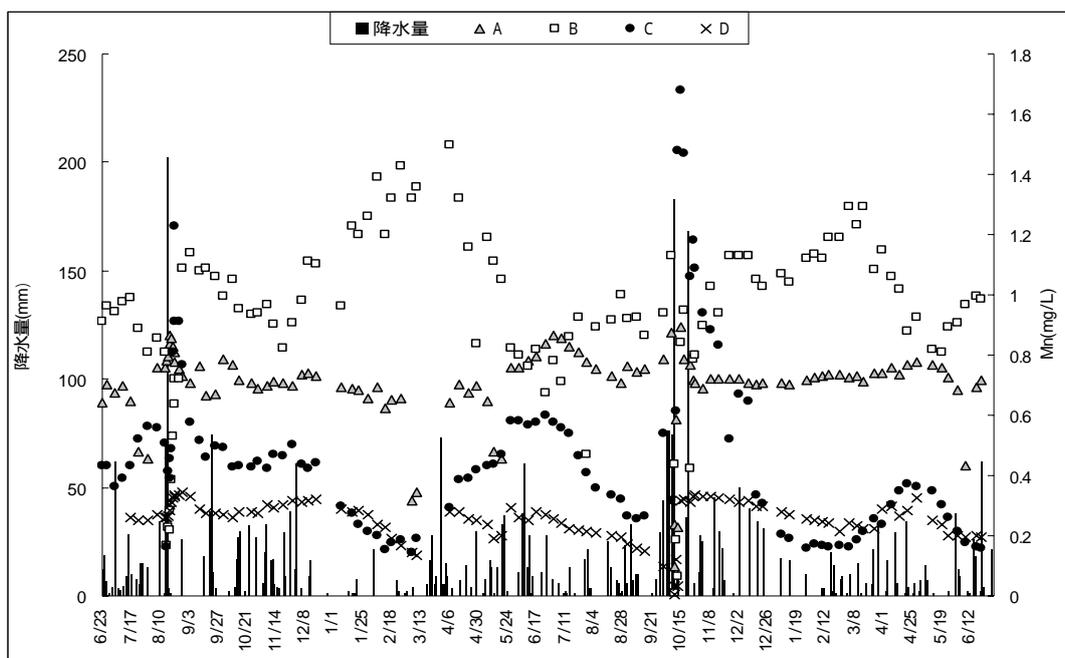


図4 浸出液の OPR と降水量

(注) ORP 値は塩化銀電極を使用した携帯型 ORP 計の実測値で、標準酸化還元電位への換算は行っていない。

ORPの測定値は測定地点の状況の影響を受け、浸出液が集水管の中を空気に触れながら流下してくるA,B,C処分場では、測定位置を変えると値がばらつくため、集水管出口で測定した。浸出液がマンホールに満たされた状態のD処分場ではORPの測定値は一定で、季節変動もみられなかった。

大雨後に急激に増加した浸出液を廃棄物層内に滞留させるC処分場では、浸出液のORPが低下しており、廃棄物層内が還元的な雰囲気になり、マンガンが可溶化したものと思われる。C処分場では、浸出液のORPと溶解性マンガンの相関がみられたが(大雨前後1か月間の相関係数 $R=0.6$)、他の処分場では相関がみられなかった。これは、C処分場の閉鎖後の経過年数が10年と他の処分場と比べて短く、安定化が未了の廃棄物が多く存在するため、大雨後の浸出液内部貯留時に嫌気性雰囲気に傾く傾向が助長されたためと考えられる。内部貯留を行っていないA,B処分場ではC処分場のような傾向は認められなかった。

廃プラスチック類が埋め立てられているA,D処分場では、浸出液のCOD,BOD,全窒素,BPA濃度は大雨後に高くなり、未だに廃棄物から有機性汚濁物質の溶出が認められたが、EC,塩化物イオン,Na,Ca,Mg濃度は、A処分場で高くなったが、D処分場では年間平均値を上回ることにはなかった。D処分場では、第3期処分場と旧処分場の浸出液が合流しており、その割合は不明であるが、旧処分場の集水面積が第3期処分場の4倍あることから、旧処分場の浸出液が主体と思われる。D処分場は埋立開始がA処分場より5年間早いことから、廃プラ

スチック類の処分場では、有機性物質よりも無機性物質の安定化が先に始まると考えられた。

特に、大雨時には、雨水が廃棄物層に大量に流入し、廃棄物中に残存する水溶性物質等の汚濁物質を溶出させ、その積み重ねが蓄積量を減らし、安定化が進行すると想定された。そこで、大雨時に地表に溜まった雨水が浸出液集水管に流入し基準項目等の濃度が低くなったB処分場について、COD等の濃度に水量を乗じて排出量を求めたところ、COD等の排出量は大雨後に高くなっていた(図5)。一方、B処分場のように、大雨後の汚濁物質濃度が低くなる処分場では、見かけ上、安定化が進んでいるように見えるが、実際には汚濁物質が増加しており、廃棄物から汚濁物質の新たな溶出が起きていることがわかる。従って、大雨時に浸出液の基準項目等の濃度が低くなる処分場では、基準項目等の濃度と水量から、大雨後の汚濁物質排出量を求め、その推移を把握することによって、安定化の実態を把握できることが示唆された。

降水量が少ない時期にも水質変動がみられた。

A,C処分場では水量が少なくなる季節にpHが高くなる傾向がみられた(図1,2)。C処分場では2,3月にpHが基準を超え、焼却灰を埋め立てた処分場における乾燥期のpH測定が欠かせないことが明らかになった。B処分場では降水量の少ない12月から4月にマンガン濃度が高くなる傾向が認められた(図3)。

3.1.2 大雨後の採水時期

大雨後に基準項目の濃度が高くなる処分場では、廃止基準の確認に大雨後の採水が重要であると考えられる。大雨後2週間以内に基準項目等の濃度がピークに達する日数は表2に示すとおりであり、処分場、項目により差がみられた。ピークに達する日数が3回の大雨で異なるのは、処分場地表面の状況や大雨前の廃棄物層の湿潤状態が影響を及ぼすためと考えられ、処分場ごとに大雨後の水質変動を把握しておく必要がある。

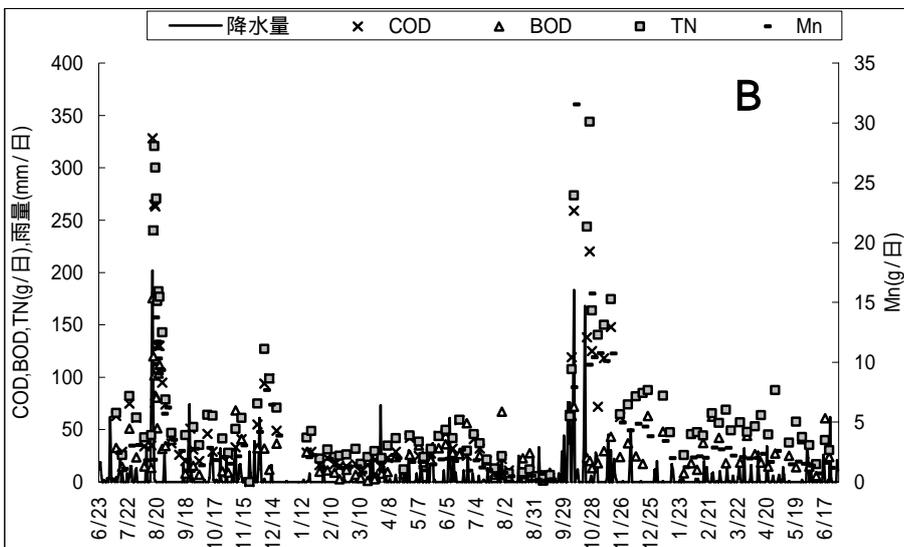


図5 浸出液のCOD等排出量(B処分場)

表3 大雨後浸出液の電気伝導率(EC)と他項目との相関係数(r)

処分場	EC:COD		EC:BOD		EC:TN		EC:マンガン		EC:塩化物イオン		EC:水量	
	H15/8 大雨	H16/10 大雨										
A	0.99	0.82	0.36	0.71	0.93	0.86	0.29	0.12	0.72	0.62	0.95	0.75
B	0.95	0.89	0.77	0.49	0.89	0.83	0.97	0.79	0.98	0.77	-0.90	-0.78
C	0.91	0.57	0.86	0.22	0.91	0.65	0.80	0.82	0.99	0.99	-0.38	0.22
D	0.93	0.28	0.29	-0.32	0.86	0.85	0.76	0.69	0.68	0.75	-0.23	-0.15

さらに、大雨後の水質変動の指標として、現場で簡易に測定できるECに注目し、ECと他の水質項目との相関を大雨後20日間にわたり求めた(表3)。ECと相関がよい項目は、処分場によって異なり、A処分場がCOD、TN及び水量、B、C処分場がマンガン及び塩化物イオン、D処分場がT-Nであった。

浸出液のECと基準項目等との相関が処分場により異なるため、事前にECと他項目との相関の実態を把握し、特に変動を示す基準項目のピーク時に採水を行う必要がある。

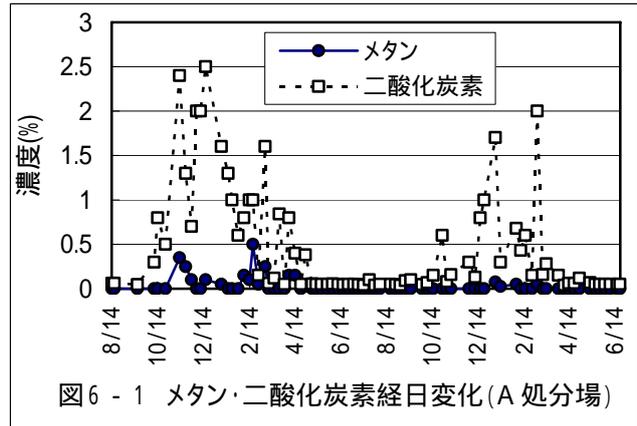


図6-1 メタン・二酸化炭素経日変化(A処分場)

3.2 発生ガス

3.2.1 ガス成分濃度

各処分場のメタン、二酸化炭素濃度の季節変動を図6-1~6-4に示す。A、B処分場では、メタンはほとんど検出されなかったが、二酸化炭素濃度は、冬季などに1%を超える濃度で検出された。C処分場では、メタンは検出されたが、ほとんど0.5%以下で低く、二酸化炭素は0.5~1.5%前後で変動していた。また、D処分場では、メタン、二酸化炭素濃度ともに高濃度であり、特に、冬季には、メタンが5%以上であった。

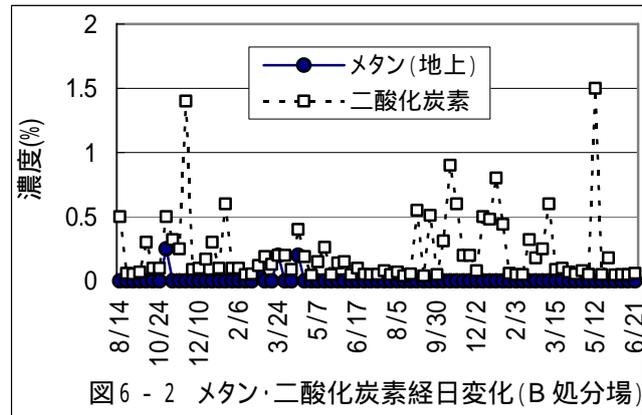


図6-2 メタン・二酸化炭素経日変化(B処分場)

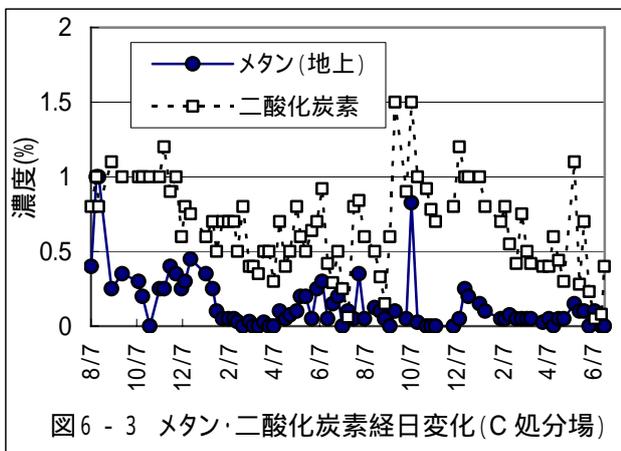


図6-3 メタン・二酸化炭素経日変化(C処分場)

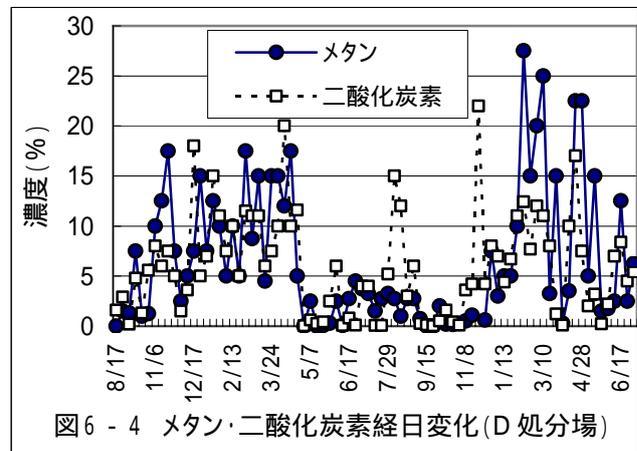


図6-4 メタン・二酸化炭素経日変化(D処分場)

硫化水素濃度は、A 及び B 処分場では 0.1ppm 未満であり、C 処分場では <0.1 ~ 0.6ppm、D 処分場では <0.1 ~ 1.1ppm であった。

3.2.2 ガス温度及びガス速度

1) ガス温度

A, B 及び D 処分場では、ガス温度は、年間を通して気温とほぼ同じ温度であったが、C 処分場ではガス温度が気温よりも高く、特に気温が 20 以下の場合、ガス温度が平均で約 6 高かった(図7)。

このことから、C 処分場は、埋め立て物(焼却残渣、不燃物)の分解が続いていることが推定される。

2) ガス速度

ガス速度の平均値は、各処分場とも 0.02m / 秒未満であった。ガス速度と各処分場のガス抜き管の口径から算出すると、それぞれのガス排出量は、A, C 及び D 処分場は 0.02 m³ / 分未満、口径の大きい B 処分場は、0.04 m³ / 分未満であった。

なお、C, D 処分場のガス抜き管の排気口において臭気を感じられる(臭気強度 1.5 ~ 3.5)ことから、微量ではあるが、C, D 処分場では、ガスを排出していると考えられる。A, B 処分場では、臭気がなく、ほとんどガスが出ていないと推定された。

3.2.3 気象条件とガス成分濃度

ガス成分濃度と気温、気圧との関係を調べたところ相関係数は、低かったが、次の傾向があった。

1) 気温

各処分場とも、気温が下がると、メタン・二酸化炭素濃度が上がる傾向があった。(図8) このことは、冬期など、気温が下がった時に地下の暖かいガスが上昇してくるためと考えられる。

2) 気圧

各処分場とも気圧が高い時にメタン・二酸化炭素濃度が上がる傾向があった。(図9)

なお、「一般廃棄物の最終処分場及び産業廃棄物の最終処分場に係る技術上の基準を定める命令の運用に伴う留意事項について」(環水企 301・衛環 63, 以下「環境省通知」という。)では、「埋立地から

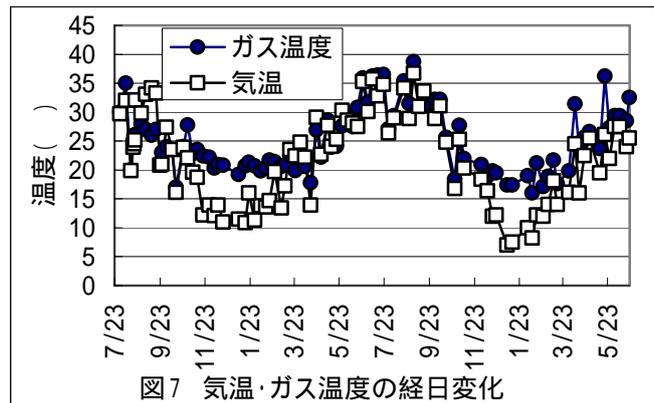


図7 気温・ガス温度の経日変化

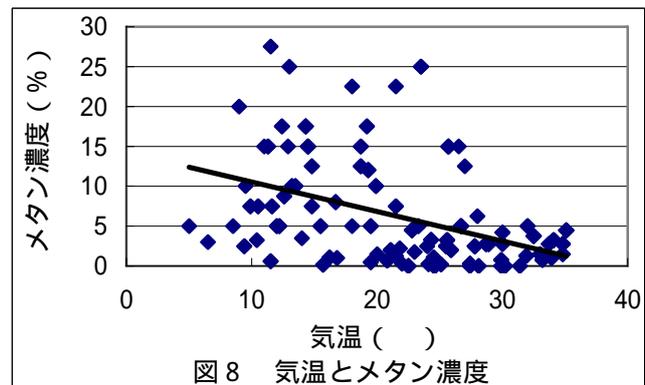


図8 気温とメタン濃度

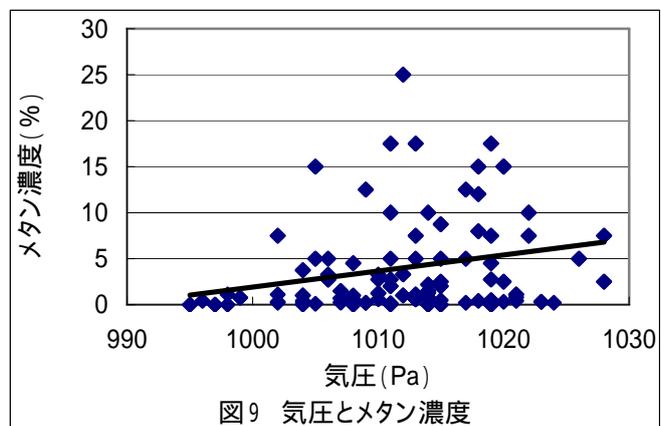


図9 気圧とメタン濃度

のガスの発生は気圧の影響を受けることから、測定は曇天時に行うなど気圧の高い時を避け、かつ、各測定時の気圧ができるだけ等しくなるようにすること。」と注意事項が示されており、気圧の低い時の方が、ガスの排出が多くなるとの考え方が一般的である。なお、長森ら⁶⁾は、気圧が下がるときにガス流量が高くなる傾向があると報告している。しかし、今回の測定結果は逆の傾向であった。

これは、ガスの排出は、気圧の影響だけでなく、地中の温度と気温との差、降雨による保有水の水面上昇などの複合的な原因によって起こるためと考えられる。したがって、気圧、気温等の気象との関連について処分場ごとに把握しておく必要がある。

4 おわりに

閉鎖後長期間年数が経過した、埋立条件の異なる4か所の処分場において、大雨後及び年間を通じた浸出液の水質変動及びメタン等濃度の実態を把握するために調査を行い、次のとおり安定度判定に結びつく効果的な調査方法を個別に検討した。

1) 水質については、次の理由により基準省令で定められた測定計画において、大雨後と冬季の測定を実施する必要があると判断された。

大雨後の浸出液の水質変動は、処分場間に埋め立てられた廃棄物の種類、埋立期間、閉鎖後経過年数による安定化の進行度の違い及び大雨後の浸出液の排出方法の違い等により異なっていた。

閉鎖後10～19年経過した処分場においても、降雨による浸出液の水質の変動が認められ、安定化に到っていないことが明らかとなった。

夏から秋にかけての大雨後に、A、B、D処分場において浸出液のBOD濃度等が高くなり、焼却灰を埋め立てたC処分場では、降水量の少ない冬季にpHが上昇するなどの結果が得られた。

2) 水質の測定項目については、ほう素、クロム、銅、亜鉛、カドミウム、鉛は2年間を通して基準以下で、ほとんどが定量限界以下であったため、これらは、安定化を判断するための項目としては必要ではないと判断された。

3) 発生ガスについては、環境省通知では、測定頻度を3か月に1回以上としているが、季節変動があるので、今回用いたような簡易な測定法によって、一年を通じた調査を実施し、その処分場の特徴を捉えて、効果的なモニタリングを行う必要がある。

4) ガス成分では、爆発の危険性からメタン濃度が注目されているが、有機物の分解により発生する二酸化炭素も安定度判定の重要な要素であり、測定機器を使用せず、検知管で簡易に測定できることから、二酸化炭素の測定頻度を高めることが望ましい。

参考文献

- 1) 長森正尚，川寄幹生，小野雄策，河村清史，山田正人，井上雄三，石垣智基，小野芳郎：管理型最終処分場の廃止基準に関する考察(4)，第16回廃棄物学会研究発表会講演論文集，1001-1003(2005)
- 2) 長森正尚ら：管理型最終処分場の廃止基準に関する考察(2)，第14回廃棄物学会研究発表会講演論文集，1085-1087(2003)
- 3) 石垣智基，遠藤和人ら：最終処分場地表面からの埋立地ガス放出挙動の原位置評価手法の開発，第16回廃棄物学会研究発表会講演論文集，1004-1006(2005)
- 4) 環境庁水質保全局水質管理課：外因性内分泌攪乱化学物質調査暫定マニュアル(水質，底質，水生生物)(1998)
- 5) 坂本ら：閉鎖後10年以上が経過した最終処分場浸出水中のビスフェノールAおよび4-ノニルフェノール濃度の変動特性とその要因，廃棄物学会論文誌，17(4)，259-270(2006)
- 6) 長森ら：管理型最終処分場の廃止基準に関する考察(1)，第13回廃棄物学会研究発表会講演論文集，972-974(2002)