

最終処分場発生ガス中の揮発性有機化合物に関する調査研究

富田弘樹・久保倉宏一・藤岡栄子・草野陽子・中島亜矢子*

福岡市保健環境研究所廃棄物試験研究センター

*福岡市保健環境研究所環境科学部門

Research on Volatile Organic Compounds of Gases Generated from a Landfill Site

Hiroki TOMITA, Koichi KUBOKURA, Eiko FUJIOKA, Yoko KUSANO
and Ayako NAKASHIMA*

Waste Research Center, Fukuoka City Institute for Hygiene and the Environment

*Environmental Science Division, Fukuoka City Institute for Hygiene and the Environment

Summary

The volatile organic compounds (VOCs) of gases generated from a landfill site in Fukuoka City were measured. As a result, benzene and tetrachloroethylene were detected in a high density from gas ventilation pipes in several places. However, it is thought that the VOC concentration of the atmosphere in the landfill site was low and the influence on the environment of gases generated was small. Moreover, toluene and chlorofluorocarbon (CFC)-12 were detected in the atmosphere in the transportation conveyer at the Resource Recovery Center. Therefore, crushing non-combustible garbage is thought to be a cause of both materials in the gases generated. In addition, benzene, xylene, and toluene were detected in the atmosphere in the leachate tank. So, it is thought that those compounds in waste materials have been discharged outside the landfill site by leachate.

Key Words : 揮発性有機化合物 Volatile Organic Compounds, 最終処分場 Landfill Site
ガス抜き管 Gas Ventilation Pipe, フロン Chlorofluorocarbon, 浸出水 leachate

I はじめに

最終処分場が周辺環境に影響を及ぼすものとして、浸出水による水質汚濁、発生ガスによる大気汚染、埋立物による悪臭及び埋立機材や運搬車両等による騒音・振動等がある。その中で発生ガスの測定は、埋め立てられたごみの分解進行状況や跡地利用の可能性を把握するのに重要である。発生ガスは、埋立物の種類や層内の条件等により異なるが、好気性分解や嫌気性分解を行い二酸化炭素やメタン等が発生することはよく知られている¹⁾。しかし、層内の発熱に伴い廃棄物自体より揮発する揮発性有機化合物(VOC)、有機化合物の微生物分解により発生するVOC等に関しては報告例^{2~4)}が少なく、発生の実態や環境に対する影響も明らかでない。

そこで、福岡市の最終処分場のガス抜き管発生ガス

及びガス抜き管周辺空気等のVOCの測定を行い、発生の実態と環境への影響について調査を行った。その結果、発生ガスについて若干の知見が得られたので報告する。

II 方法

1. 調査場所

福岡市内の最終処分場のうち、埋め立てが終了した最終処分場4か所及び現在埋め立て中の最終処分場2か所のガス抜き管発生ガスのVOCの測定を行うとともに、ガス抜き管周辺空気についても測定を行った。また、埋立物の発生ガスへの影響を見るため、清掃工場焼却灰溜壕内空気、不燃物資源化センター破碎不燃物移送コンベア内空気及び浸出水調整槽内空気の測定も行った。

2. 調査時期

平成15年4月から平成17年3月

3. 調査方法

ガス抜き管発生ガスはガス抜き管から、焼却灰溜壕内空気等は直接キャニスターに瞬間採取し、ガス抜き管周辺空気はFig.1のようにガス抜き管の中間地点でキャニスターにパッシブフローコントローラーを取り付け、3mL/minの流量で24時間採取した。

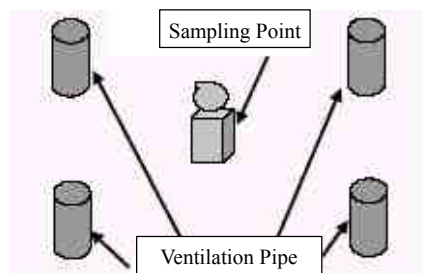


Fig.1 Sampling point at the atmosphere around the gas ventilation pipe

4. 分析条件

G C / M S HP6890, HP5973
カラム HP1 0.32mm×60m×1.0μm
昇温条件 0°C(8min)→15°C/min(50°C)→5°C/min
(120°C,1min)→10°C/min(220°C,2min)
検出法 SIM法

III 結果および考察

1. 最終処分場発生ガス等のVOC測定結果

ガス抜き管発生ガス及びガス抜き管周辺空気等のVOC測定結果をTable 1に示す。なお、今回測定したVOC44物質の中で全地点の最大検出値が報告下限値(0.1μg/m³)の1,000倍未満の濃度(100μg/m³)であった23物質は物質名のみをTable 2に示す。

A処分場は可燃ごみを主体として昭和48年から51年まで埋め立てられた処分場で、発生ガス中のベンゼン、クロロベンゼン、CFC-12等が周辺空気と比較して高い濃度で検出された。

B処分場は焼却灰や不燃ごみを主体として昭和53年から63年まで埋め立てられた処分場で、発生ガス中のベンゼン、エチルベンゼン、クロロベンゼン、キシレン、CFC-12等が周辺空気と比較して高い濃度で検出された。

C処分場は焼却灰や不燃ごみを主体として昭和63年から現在も埋め立て中の処分場で、発生ガス中のエチルベン

ゼン、トルエン、キシレン、CFC-11等が周辺空気と比較して高い濃度で検出された。

D処分場は焼却灰や不燃ごみを主体として昭和60年から平成4年まで埋め立てられた処分場であるが、埋立ごみ層の厚さは3mと薄いため、発生ガス中のVOC濃度は市内一般環境大気中の濃度⁵⁾と比較しても大きな違いは見られなかった。

E処分場は焼却灰や不燃ごみを主体として平成8年から現在も埋め立て中の処分場で、発生ガス中のCFC-12、CFC-114等が周辺空気と比較して高い濃度で検出された。

特にCFC-12、CFC-114のフロン類については、埋立終了後10年以上経過している処分場のガス抜き管発生ガスから高濃度で検出されただけでなく、現在埋立中の処分場からも検出されていた。これは、リサイクルされる前に埋立処分された冷蔵庫やエアコンから冷媒として使用されていたフロンガスが、現在も継続して発生していることが考えられる。

B、C処分場の発生ガス中のエチルベンゼン、m,p-キシレン、トルエンが、最大でそれぞれ7,820μg/m³、4,470μg/m³、1,860μg/m³と高濃度で検出された。この値は、VOCの報告例^{2~4)}と比較しても高い値で、これを超える値は1例報告されているだけである²⁾。B処分場の発生ガスは、メタン濃度が10%を超える値を検出しており⁶⁾、C処分場については埋立ごみ層の深さが30mを超えて埋立ごみ量も多く、埋立廃棄物の分解は継続していると考えられる。

最終処分場は大気汚染防止法に定める指定物質排出施設でないため、基準は適用されないが、指定物質抑制基準のあるベンゼン、テトラクロロエチレン、テトラクロロエチレンが、数か所の発生ガスから検出された。しかしその値は、最も厳しい基準値より低く、ガスの発生量が少ないため、ガス抜き管周辺空気の濃度は、市内一般環境大気中の濃度と比較しても差異は認められなかった。

今回測定した発生ガスおよびガス抜き管周辺空気のVOC濃度は、日本産業衛生学会定義の「作業環境空气中的化学物質の許容濃度」⁷⁾と比較して、全ての項目において基準よりも低い値であった。特にガス抜き管周辺空気中のVOC濃度は市内一般環境大気中の濃度と同じレベルであり、ガス抜き管発生ガスの一般環境に対する影響は小さく、処分場内での作業に問題はないと考えられる。

2. 埋立物発生ガス等のVOC測定結果

埋立物の発生ガスへの影響を見るために行った焼却灰溜壕内空気、破碎不燃物周辺空気、移送コンベア内空気及び浸出水調整槽内空気の測定結果をTable 3に示す。

移送コンベア内空気からトルエン、CFC-12が比較的高濃度で検出されたことから、破碎不燃物が埋立場発生ガス中の両物質の一因になっていると考えられる。これは、

Table 1 VOC concentration of gases generated

(μg/m³)

Compound name Date Sampling point	03.4.23	05.1.19	04.2.3	03.4.23	04.1.20	05.2.9	04.1.20	03.6.12	04.3.9
	A	A	A (24)	B	B	B	B(24)	C	C
1,1,1-trichloroethane	0.1	<0.1	0.1	0.4	<0.1	<0.1	<0.1	500	0.1
1,1-dichloroethane	5.6	7.8	<0.1	86.0	111	2.9	<0.1	1.3	4.1
3-chloro-1-propene	79.3	133	<0.1	74.9	<0.1	<0.1	<0.1	0.1	0.1
chlorobenzene	990	479	<0.1	47.3	108	3080	<0.1	1.0	9.0
cis-1,2-dichloroethylene	17.7	19.8	<0.1	109	146	92.4	<0.1	<0.1	<0.1
freon11	1.5	12.3	1.8	15.3	10.9	0.3	1.9	1060	28.9
freon114	270	497	0.1	72.4	97.1	253	<0.1	16.2	5.5
freon12	553	3860	3.3	177	167	1340	4.0	2760	39.7
o-dichlorobenzene	69.6	1.7	<0.1	109	165	220	<0.1	10.4	0.4
p-dichlorobenzene	241	6.8	<0.1	228	282	803	0.4	233	1.7
tetrachloroethylene	4.8	1.9	<0.1	30.8	26.2	1.0	0.6	232	2.8
vinyl chloride	62.6	139	0.2	1020	1560	324	<0.1	<0.1	<0.1
1,2,4-trimethylbenzene	91.9	7.4	0.1	747	1030	1560	1.0	1020	83.8
1,3,5-trimethylbenzene	40.1	2.5	<0.1	458	427	704	0.3	428	52.5
1-ethyl-4-methyl-benzene	26.3	2.7	<0.1	274	362	81.6	0.4	363	27.3
benzene	327	549	0.8	698	1120	2100	1.5	52.0	18.2
ethylbenzene	187	19.2	0.1	4310	7820	3100	1.1	1490	646
m,p-xylene	175	28.2	0.2	3440	4470	1810	1.3	1970	591
o-xylene	73.4	8.7	<0.1	1410	1420	738	0.5	863	204
toluene	60.0	89.4	0.9	1670	924	419	4.8	1440	1860
1,3-butadiene	<0.1	82.8	<0.1	0.4	<0.1	128	0.1	0.6	0.1

Compound name Date Sampling point	04.3.9	05.1.19	04.3.9	03.4.23	03.4.23	04.12.9	05.3.9	05.3.9	04.12.9
	C	C	C (24)	D	E	E	E	E	E (24)
1,1,1-trichloroethane	0.1	<0.1	0.2	0.2	0.3	0.7	0.2	0.5	0.2
1,1-dichloroethane	4.1	2.7	<0.1	<0.1	0.9	0.4	0.4	0.3	<0.1
3-chloro-1-propene	0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
chlorobenzene	9.0	0.3	<0.1	<0.1	0.2	<0.1	0.1	<0.1	<0.1
cis-1,2-dichloroethylene	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.4	<0.1	0.1	<0.1	<0.1
freon11	28.9	19.8	1.8	1.9	212	28.5	34.3	145	2.9
freon114	5.5	2.9	0.1	0.1	36.2	24.4	206	11.7	0.2
freon12	39.7	23.4	3.2	3.1	252	67.6	155	136	3.9
o-dichlorobenzene	0.4	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
p-dichlorobenzene	1.7	0.3	0.3	0.6	1.7	0.9	1.2	1.2	0.1
tetrachloroethylene	2.8	1.1	<0.1	0.2	0.9	0.1	0.3	0.1	<0.1
vinyl chloride	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.5	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
1,2,4-trimethylbenzene	83.8	7.0	0.8	0.8	1.0	5.4	6.3	5.2	0.5
1,3,5-trimethylbenzene	52.5	3.3	0.2	0.2	0.9	2.2	2.0	1.5	0.1
1-ethyl-4-methyl-benzene	27.3	2.8	0.2	0.3	0.3	1.5	1.9	1.5	0.1
benzene	18.2	8.9	1.7	1.0	0.7	1.2	1.6	1.2	1.0
ethylbenzene	646	70.9	1.1	1.0	1.0	7.9	7.2	4.9	0.7
m,p-xylene	591	72.9	1.3	0.9	1.8	11.1	17.7	11.3	0.8
o-xylene	204	22.6	0.8	0.4	0.9	4.2	7.4	5.1	0.3
toluene	1860	439	5.8	3.2	2.2	18.1	22.1	14.5	3.9
1,3-butadiene	0.1	<0.1	0.1	<0.1	0.9	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1

24 : atmosphere around gas ventilation pipe (continuous sampling for 24 hours)

Table 2 Measurement compound name (except the compound in Table.1)

1,1,2,2-tetrachloroethane, 1,1,2-trichloroethane, 1,1-dichloroethylene, 1,2,4-trichlorobenzene, 1,2-dichloroethane, 1,2-dichloropropane, carbontetrachloride, chloroethane, chloroform, chloromethane, cis-1,3-dichloropropene, dichloromethane, freon113, hexachloro-1,3-butadiene, m-dichlorobenzene, trans-1,3-dichloropropene, trichloroethylene, styrene, 1,2-dibromoethane, acrylonitrile, bromomethane, ethylene oxide

フロン類がスプレー缶等の噴射剤、断熱材等の発泡剤として多量に使われていたことから、不燃物を資源化センターで破碎処理する際に発生したと考えられる。

また、発生ガスから埋立場浸出水への影響を見るため

に浸出水調整槽内空気を測定したところ、全てのVOC濃度は低かったが、一般環境大気中の濃度と比較するとベンゼン、キシレン、トルエンが高かった。このことから、処分場埋立層内の水に不溶性の芳香族炭化水素が、ガス

抜き管発生ガスだけでなく浸出水に溶解して場外に排出されている事が分かった。

なお、本研究の概要は、第26回全国都市清掃研究・事例発表会で報告した。

文献

IV まとめ

福岡市の最終処分場のガス抜き管発生ガス及びガス抜き管周辺空気等の測定を行ったところ、以下のことが判明した。

1. 数か所の処分場のガス抜き管発生ガスから、ベンゼン、テトラクロロエチレンが $100\mu\text{g}/\text{m}^3$ オーダーで検出された。
2. 処分場内のVOC濃度は市内一般環境大気中の濃度と同じレベルであり、ガス抜き管発生ガスの一般環境に対する影響は小さいと考えられる。
3. 資源化センター内にある破碎不燃物の移送コンベア内空気からトルエン、CFC-12が比較的高濃度で検出されたことから、破碎不燃物が埋立場発生ガス中の両物質の一因になっていると考えられる。
4. 処分場浸出水調整槽内空気ではベンゼン、キシレン、トルエンが検出されたことから、埋立層内のベンゼン等の芳香族炭化水素が、浸出水によっても場外に排出されていると考えられる。

- 1) 最終処分場技術システム研究会: 廃棄物最終処分場技術システムハンドブック, 579, 環境産業新聞社, 1999
- 2) 国立環境研究所: 廃棄物埋立処分地から発生する揮発性物質に関する研究, 廃棄物埋立処分に起因する有害物質暴露量の評価手法に関する研究, 10~18, 1999
- 3) 山口貴史, 他: 廃棄物処分場から発生する揮発性有機化合物の簡易測定法の検討, 全国環境研協議会企画部会廃棄物小委員会廃棄物研究発表会講演集, 23~30, 2004
- 4) S.C.Zou, etc.: Characterization of ambient volatile organic compounds at a landfill site Guangzhou, South China, Chemosphere, 51, 1015~1022, 2003
- 5) 福岡市環境局: 平成16年度版 ふくおかの環境, 150~151
- 6) 久保倉宏一, 他: 埋立場発生ガス管理における携帯型ガス検知器の利用可能性, 福岡市保健環境研究所報, 28, 177~179, 2003
- 7) 日本産業衛生学会: Recommendation of Occupational Exposure Limits, J Occup Health, 46, 329~344, 2004

Table 3 VOC concentration of the atmosphere around the waste material ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Compound name	Date Sampling point	03.6.11	03.6.11	03.7.9	03.7.9	05.2.9
		bottom ash pit	transportation conveyer ①	transportation conveyer ②	leachate tank ①	leachate tank ②
1,1,1- trichloroethane		0.2	1.4	23.3	0.2	0.2
1,1- dichloroethane		<0.1	<0.1	0.4	<0.1	<0.1
3- chloro-1- propene		<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
chlorobenzene		<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	3.9
cis- 1,2- dichloroethylene		<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.1
freon11		1.8	3.3	44.6	2.1	4.3
freon114		0.7	<0.1	1.3	0.1	0.3
freon12		5.0	11.5	259	3.4	7.3
o- dichlorobenzene		<0.1	<0.1	44.2	0.9	0.2
p- dichlorobenzene		2.1	2.1	20.8	3.2	2.8
tetrachloroethylene		0.1	0.8	12.9	<0.1	0.5
vinyl chloride		<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.3
1,2,4- trimethylbenzene		1.8	7.6	99.5	6.6	6.2
1,3,5- trimethylbenzene		0.4	2.2	29.5	1.5	1.5
1- ethyl-4- methyl- benzene		0.5	2.0	24.5	3.1	1.6
benzene		1.2	0.2	1.8	1.7	6.5
ethylbenzene		1.5	15.8	53.4	39.9	10.4
m,p- xylene		2.3	14.4	71.0	30.1	10.0
o- xylene		0.9	4.8	30.0	11.8	4.1
toluene		5.7	15.4	109	14.4	32.6
1,3- butadiene		<0.1	<0.1	0.3	<0.1	0.6