

大気拡散モデルと GIS を用いた廃棄物焼却炉の環境リスクの評価

石井真和・山本佳世子

An Evaluation of Environmental Risk of Waste Incinerators using Atmospheric Dispersion Model and GIS

Masakazu ISHII and Kayoko YAMAMOTO

Abstract: Dioxins in the atmosphere have been discharged from the incinerator drop to the ground as large particles or rain. Since they contaminate the soil and water, we are concerned about the effects on human health and ecosystem. The purpose of this study is to propose a method to evaluate environmental risk of waste incinerators using atmospheric dispersion model focusing on dioxins as an indicator of environmental risk. We analyze whole Tokyo using ADMER at the first step. Additionally, at the second step, we analyze the vicinity of the Hinoshi Clean Center as the highly-concentrated areas of dioxins using METI-LIS. Based on these results, we calculate the deposition flux of dioxins using atmospheric dispersion model to overlay those on the land information using GIS. Finally, we inspect the environmental pollution by dioxins to evaluate environmental risk of waste incinerators from the viewpoint of the effects on human health and ecosystem.

Keywords: 焼却炉 (incinerator), ダイオキシン類 (dioxins), 環境リスク (environmental risk), 大気拡散モデル (atmospheric dispersion model), 地理情報システム (GIS)

1. 序論

1. 1. 背景と目的

主に廃棄物を焼却することにより発生するダイオキシン類は、大気や水、土壤等の環境媒体を経て、ヒトや生態系へ移行するため、人体への健康や環境への影響が懸念される。我が国では「ダイオキシン類対策特別措置法」等により、ダイオキシン類に対する本格的な対策を始め、環境中に排出されるダイオキシン類は大幅に減少した。しかし、ダイオキシン類は生物濃縮により人体や生態系に蓄積しやすく、環境中では分解されにくい化学物質であるため、過去に排出されてきたものが蓄積し、現在においても環境を汚染していることが十分に考えられる。特に土壤中に存在するダイオキシン類は非常に安定しているため、半減期が一般的に長く、例え短くとも半減期は数十年と見積もられている。

そこで、本研究は、ダイオキシン類を環境リスクの指標とし、大気拡散モデルと地理情報システム (GIS) を用いて、廃棄物焼却炉の環境リスクを評価することを目的とする。評価対象地域は東京都全域を選定する。選定理由として、人口密度が高いためヒトへの影響が強く懸念されることや、

東京都が他の都道府県に比べて長期的かつ詳細な焼却炉に関するデータを公表していることが挙げられ、本研究の評価対象地域として最適であると言えるためである。

1. 2. 関連分野における先行研究と本研究の位置づけ

これまでのダイオキシン類に関する研究は、佐々木ら (2004) や東野ら (2007) など、化学構造を解析するものや発生源寄与を分析するものが多数である。また、佐藤ら (2004) は、琵琶湖に流入する河川流域を対象に、土壤中ダイオキシン類の実測値と大気拡散モデル (ADMER) よりシミュレーションした推定値の比較を行い、このモデルの有用性を示した。

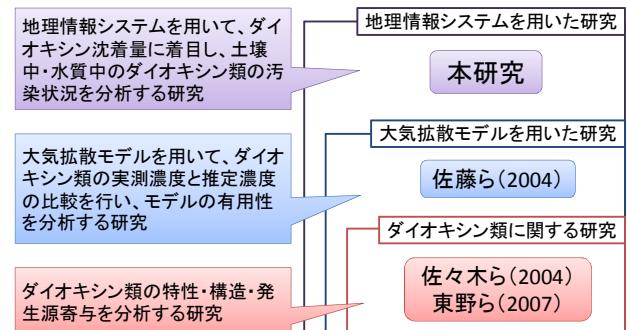


図 1 : 関連分野の先行研究と本研究の位置づけ

石井真和 〒182-8585 東京都調布市調布ヶ丘 1-5-1

電気通信大学

Phone: 042-443-5664

E-mail: ishii@ohta.is.uec.ac.jp

本研究では大気拡散モデルと GIS を組み合わせることにより、各土地環境におけるダイオキシン類の汚染状況を把握し、焼却炉の環境リスクの評価を行うことでその研究の独自性を示す。

2. 評価の枠組みと方法

2. 1. 評価方法と評価の手順

本研究の評価手順の概要を以下に示す。また、本研究では、産総研・曝露・リスク評価大気拡散モデル (AIST-ADMER Ver. 2.5) と経済産業省・低煙源工場拡散モデル (METI-LIS Ver. 3.01) の 2 つの大気拡散モデルを利用する。

- ① 東京都環境局の公表データから東京都全域における各焼却炉に関する情報を抽出し、廃棄物焼却炉データを作成する。
- ② 上記の焼却炉データを大気拡散モデルに導入し、大気中ダイオキシン類濃度からダイオキシン沈着量を算出する。その際、2 つの大気拡散モデルを 2 つの段階に分けて利用する。
 1. 第一段階として、ADMER を利用し、東京都全域を対象とした広範囲の分析を行う。
 2. 第二段階として、METI-LIS を利用し、前段階より推定された高濃度地域を対象とした局所的な分析を行う。
- ③ GIS を用いて、上記で求めたダイオキシン沈着量と土地利用図を重ね合わせることで、土壤や水域などの土地環境におけるダイオキシン類の汚染状況を把握する。
- ④ 上記の結果を基に、人体への摂取量の推定や環境基準値との比較を行うことで、焼却炉の環境リスクを評価する。

2. 2. 大気拡散モデル

2. 2. 1. 評価対象地域全域での大気拡散モデル

第一段階では、産業技術総合研究所 (AIST) が開発した産総研・曝露・リスク評価大気拡散モデル (AIST-ADMER Ver. 2.5) を利用する。ADMER は、発生源における排出量と気象条件から大気中濃度及び沈着量を推定することができ、関東地方全域といった広範囲かつ長期的な濃度分布を予測する大気拡散モデルである。また、沈着量を推定するためには、対象となる化学物質の分解係数、乾性沈着速度、洗浄比を入力する必要がある。本研究では、ADMER は東京都全域を対象として 500m メッシュ単位の濃度分布解析を行うために用いる。第一段階において分析対象とする焼却炉は、1 日に 24 時間稼動している市区町村の設置する大型の全連続式焼却炉とする。

2. 2. 2. 発生源近傍での大気拡散モデル

第二段階では、経済産業省が開発した経済産業省・低煙源工場拡散モデル (METI-LIS Ver. 3.01)

を利用する。METI-LIS は、発生源近傍において、より詳細な濃度分布を推定することができるモデルである。本研究では、第一段階で推定された高濃度地域を対象として、発生源近傍での局所的な分析を行うために METI-LIS を用いる。第二段階では、第一段階では分析対象外の「焼却能力が 1 時間あたり 200kg 未満」である小型焼却炉も分析対象とする。

2. 3. 利用データ

本研究では、大気拡散モデルに導入する焼却炉データと気象データが必要となる。焼却炉データは、東京都環境局で公表されている「ダイオキシン類対策特別措置法に基づく自主測定結果」から、2000 年～2008 年度間の自主測定結果データを抽出し、作成する。気象データは、焼却炉データと同期間中のアメダスデータを利用する。本研究で分析対象とする「廃棄物焼却炉」は、「火床面積が 0.5m²以上、又は焼却能力が 50kg/h 以上」である。

第一段階の ADMER で利用する焼却炉データを表 2 に示す。また、ADMER を用いて沈着量を算出する際に利用したダイオキシン類のパラメータを表 3 に示す。

表 1 : 本研究で利用するモデルの特徴

モデル	範囲	特徴
ADMER	広域大気拡散モデル 地方・全国レベル	5km × 5km 単位グリッド 必要なら 100m × 100m 単位まで分析可
METI-LIS	低煙源工場拡散モデル 発生源から 10km 以内程度	周辺の建物・地形の影響を考慮 短期計算も可



図 2 : 本研究のフローチャート

表2：第一段階で利用する廃棄物焼却炉データ

区	廃棄物焼却炉 事業所名	年間排出量(gTEQ/year)									煙突の 高さ(m)
		2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	
2 3 区	①中央清掃工場	工事中	0.0001	0.0002	8.2E-08	4.3E-06	2E-05	3.6E-07	0	0.0009	177.5
	②港清掃工場	0.0002	0.0015	3.1E-05	4.4E-05	1.7E-05	0.0009	8.2E-06	4.4E-07	0.0012	130
	③墨田清掃工場	0.0004	0.0003	1.9E-06	1E-06	4.4E-06	9.9E-07	3.3E-07	3E-05	0.0009	150
	④有明清掃工場	0.0001	0.0010	6.9E-07	0.0001	0.0003	3.4E-05	6E-07	1.8E-07	0.0014	140
	⑤破碎ごみ処理施設	休止中	休止中	休止中	8.3E-06	4E-06	3.1E-07	0	9.9E-08	0.0001	80
	⑥中防灰溶融施設	-	-	-	-	新設※4	工事中	工事中	0	0.0005	80
	⑦新江東清掃工場	0.0013	0.0075	0.0001	3E-05	2.3E-05	5.2E-05	1.7E-06	4.4E-07	0.0059	150
	⑧品川清掃工場(旧大井清掃工場)	2.7457	1.1808	廃止※1	-	新設※5	工事中	0.0008	1.6E-05	0.0006	90
	⑨目黒清掃工場	0.0657	0.0477	6.1E-07	4.9E-07	0.0002	0.0052	3E-07	1.6E-07	0.0004	150
	⑩大田清掃工場	3.6186	1.9502	0.1092	0.0630	0.0164	0.0288	0.0192	0.0088	0.0011	41
	⑪多摩川清掃工場	工事中	工事中	工事中	0.0003	4.9E-06	0.0002	0.0002	1.2E-07	0.0005	100
	⑫千歳清掃工場	0.0001	0.0013	3.2E-05	1.1E-06	3E-05	1.8E-05	2.7E-07	5E-05	0.0003	130
	⑬世田谷清掃工場	2.3378	4.9768	廃止※2	-	-	新設※7	工事中	工事中	0.0002	100
	⑭渋谷清掃工場	工事中	0.0004	7.6E-07	9.1E-06	1.1E-06	9.1E-08	0	0	0.0001	149
	⑮杉並清掃工場	0.1935	0.3082	0.0001	0.0002	0.0014	0.0007	0.0003	3.5E-05	0.0003	160
	⑯豊島清掃工場	2.5E-05	4.7E-05	3.4E-07	0.0003	4.3E-05	7.3E-08	1.1E-07	0.0015	0.0004	210
	⑰北清掃工場	0.0002	0.0005	0.0001	4.4E-07	1.7E-05	9.3E-07	3.8E-07	2.4E-05	0.0002	120
	⑱板橋清掃工場	工事中	工事中	0.0001	0.0001	1.7E-05	1.2E-06	1.6E-07	2.5E-07	0.0011	100
	⑲練馬清掃工場	0.3942	0.0852	0.0022	0.0022	2.1E-05	0.0003	1.1E-07	0	0.0071	150
	⑳練馬清掃工場光が丘分工場	0.1054	0.1502	0.0001	2.4E-05	1.4E-05	4.3E-05	8.2E-08	0	0.0003	130
	㉑足立清掃工場	0.1255	0.1222	2.5E-05	1.6E-07	3.1E-06	1.9E-07	7.1E-06	0	0.0002	130
	㉒葛飾清掃工場	0.3324	0.4279	廃止※3	-	新設※6	工事中	0	4.6E-06	0.0001	130
	㉓葛飾清掃工場	0.0033	0.0076	0.0004	0.0030	0.0025	0.0048	0.0011	0.0014	0.0005	150
多 摩 地 域	㉔八王子市清掃部館清掃工場	0.0209	0.0255	0.0342	0.0312	0.0405	0.0041	0.0114	0.0060	0.0074	100
	㉕八王子市北野清掃工場	0.0037	0	0.0001	0.0062	0.0099	0.0166	0.0005	0.0001	0.0014	59
	㉖八王子市戸吹清掃工場	0.0647	0.0526	0.0328	0.0870	0.0255	0.0481	0.0842	0.1106	0.1223	59
	㉗立川市清掃工場	0.2273	0.3416	0.2936	0.0477	0.0366	0.0520	0.1254	0.0560	0.0348	100
	㉘二枚橋衛生組合	0.3203	0.1971	0.2341	0.0971	0.0394	0.0631	休止中	休止中	休止中	60
	㉙町田リサイクル文化センター	0.0741	0.0474	0.2014	0.1612	0.1478	0.1780	0.1640	0.1439	0.1179	100
	㉚小平・村山・大和衛生組合	0.1013	0.0842	0.1528	0.0168	0.0229	0.0136	0.0155	0.0447	0.0096	100
	㉛日野市クリーンセンター	6.8250	0.0068	0.0104	0.0116	0.0247	0.0241	0.0299	0.0167	0.0114	60
	㉜柳泉園組合	0.0058	0.0091	0.0274	0.0003	0.0003	0.0001	0.0015	0.0000	0.0010	100
	㉝多摩ニュータウン環境組合多摩清掃工場	0.0325	0.0002	0.0032	0.0002	0.0011	0.0003	0.0045	0.0042	0.0022	100
	㉞多摩川衛生組合クリーンセンター多摩川	0.0337	0.0055	0.0002	0.0006	0.0010	0.0005	0.0004	0.0006	0.0009	80
	㉟西多摩衛生組合	0.0214	0.0245	0.0144	0.0203	0.0103	0.0247	0.1726	0.0248	0.0075	44.5
	㉟武藏野クリーンセンター	0.3452	0.0743	0.0652	0.0278	0.0181	0.0308	0.0219	0.0324	0.0114	59
	㉞三鷹市環境センター	0.3096	0.5483	0.2691	0.0172	0.0394	0.0224	0.0342	0.0144	0.0129	60
	㉞昭島市清掃センター	0.0153	0.0201	0.0019	0.0418	0.0108	0.0012	0.0029	0	0.0129	100
	㉞東村山市秋水園	0.0712	0.0758	0.0092	0.0082	0.0031	0.0026	0.0004	0.0016	0.0067	59
	㉞国分寺市清掃センター	0.7427	0.0222	0.0023	0.0211	0.0399	0.0253	0.0052	0.0091	0.0232	60
	㉞西秋川衛生組合高尾清掃センター	0.0349	0.0955	0.2310	0.0678	0.1223	0.0873	0.1693	0.1406	0.1122	50

休止中：施設を全く使用していないため、測定の必要がない場合

工事中：工事中で施設がまだ稼動していない場合

※1：2002/3/23廃止 ※2：2002/9/20廃止 ※3：2002/9/30廃止

※4：2004/9/1設置 ※5：2004/4/1設置 ※6：2004/7/30設置 ※7：2005/11/1設置

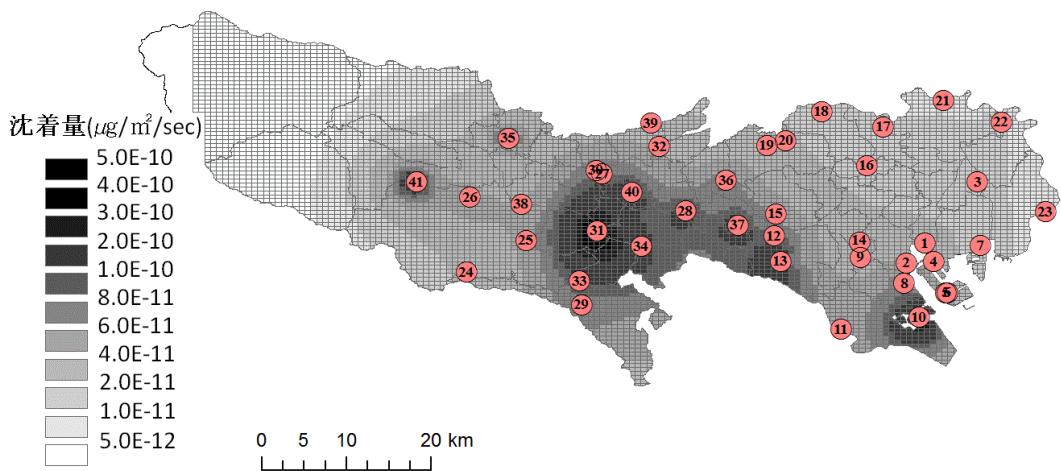


図3：評価対象地域全域における2000年度～2008年度間のダイオキシン沈着量

3. 評価対象地域全域における分析結果

表2の廃棄物焼却炉データをADMERに代入して大気中ダイオキシン類濃度分布を推定し、ダイオキシン沈着量を算出した。図3は、第一段階の東京都全域を対象としたADMERによる分析結果であり、2000年～2008年度間のダイオキシン沈着量の分布である。また第一段階において、発生源として分析対象とした焼却炉は、市区町村の設置する全連続式焼却炉全41炉である。

この分析結果より、主に2000年度は大田清掃工場及び日野市クリーンセンター、2001年度は世田谷清掃工場、2002年度は二枚橋衛生組合及び三鷹市環境センター、2002年度以降は西秋川衛生組合及び高尾清掃センター近傍において、高いダイオキシン沈着量の分布が見られた。この結果を基に、GISを用いてダイオキシン沈着量と土地環境を対照し、土壤中及び水域中におけるダイオキシン類の汚染状況を把握する。そして、その環境媒体からヒトや生物への摂取経路のシナリオを想定し、環境リスクの評価を行う。

また、第二段階の発生源近傍における局所的な分析は、第一段階よりも高いダイオキシン沈着量が推定された日野市クリーンセンター近傍を対象地域とする。図4は、高濃度地域である日野市クリーンセンター近傍における焼却炉の分布図になる。第二段階では、焼却能力が200kg/h未満の小型焼却炉も分析対象となる。また、ここで扱う中型焼却炉とは、焼却能力が200～4000kg/hの焼却炉のことを指しており、主に下水処理場で利用される汚泥焼却炉等である。今後は日野市クリーンセンター近傍において、METI-LISを用いてより詳細な分析を行う予定である。

4. まとめと今後の研究課題

本研究の目的は、ダイオキシン類を環境リスクの指標とし、大気拡散モデルとGISを用いて、廃棄物焼却炉の環境リスクを評価することである。現段階では、大気拡散モデルを用いて第一段階の評価対象地域全域を対象とした広範囲の分析を行い、ダイオキシン沈着量を算出した。その結果、日野市クリーンセンター近傍で最も高いダイオキシン沈着量が推定された。今後はGISを用いて、ダイオキシン沈着量と土地環境を対照することで、第一段階の評価対象地域全域での環境リスクの評価を行う。また、日野市クリーンセンター近傍を高濃度地域と特定し、第二段階の局所的な分析と環境リスクの評価を行う。今後の研究課題を以下に示す。

- ① 沈着量と土地利用図の重ね合わせ
- ② 発生源近傍におけるMETI-LISを用いた濃度分布解析
- ③ 各土地環境のダイオキシン類による汚染状況の把握

表3：ダイオキシン類パラメータ 注1)

計算パラメータ	値
分解係数	6×10^{-8} <small>※a)</small>
乾性沈着速度	1×10^{-3} <small>※b)</small>
洗浄比	5×10^4 <small>※c)</small>

※a: 実測の大気中ダイオキシン類同族体分布^{注2)}、同族体別粒子-ガス分配^{注3)}、同族体別分解係数^{注4)}を考慮した平均分解係数

※b: 陸上における1μm以下の粒子の年平均乾性沈着速度^{注5)}

※c: 日本における雨水水中ダイオキシン類の実測値^{注3)}を基に算定した平均洗浄比

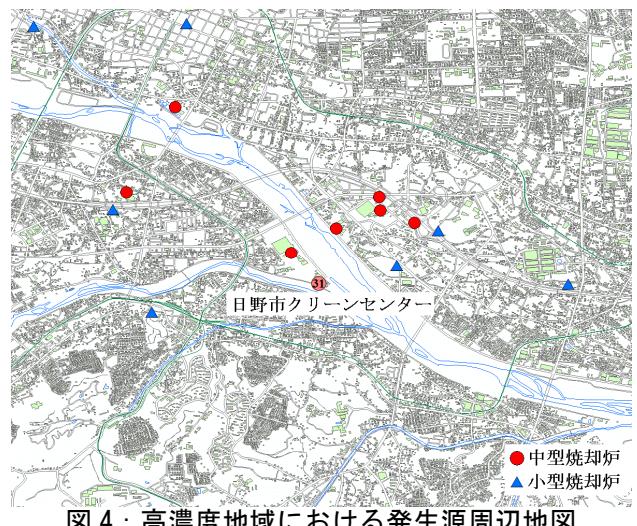


図4：高濃度地域における発生源周辺地図

補注

注 1) 佐藤圭輔、清水芳久、鈴木佑麻、金秀眞、中村昌文、服部一美：流域土壤を対象とした焼却に伴うダイオキシン類の空間分布推定に関する研究、EICA, Vol. 9, No. 2, pp273-276, 2004

注 2) 環境庁「ダイオキシン類緊急全国一斉調査」、環境省公開資料、1997

注 3) 小倉勇、益永茂樹、中西準子：環境科学討論会要旨, pp1-2, 2001

注 4) Atkinson R. : Issues in Environ. Sci. Technol., Chlorinated Organic Micropollutants, The Royal Society of Chemistry, pp53-72, 1997

注 5) E. Y. Nho-Kim, M. Michou and V. H. Peuch: Atmospheric Environ., 38, pp1933-1942, 2004

参考文献

- 1) 東京都環境局, http://www.kankyo.metro.tokyo.jp/inde_x.html (2012/2/9 参照)
- 2) 環境省ダイオキシン類対策, <http://www.env.go.jp/chemi/dioxin/index.html> (2012/2/9 参照)
- 3) 独立行政法人産業技術総合研究所 AIST-ADMER Ver. 2.5
- 4) ADMER ウェブサイト, http://www.aist-riss.jp/software/admer/ja/index_ja.html (2012/8/23 参照)
- 5) 社団法人産業環境管理協会, http://www.jemai.or.jp/CACHE/tech_details_detailobj1816.cfm (2012/3/22 参照)
- 6) 佐々木啓行、飯村文成、津久井公昭、吉岡秀俊、佐々木裕子、安藤晴夫、柏木宣久：東京都内における環境中のダイオキシン類の組成について、東京都環境科研究所年報, pp117-123, 2004
- 7) 東野和雄、阿部圭憲、山本央、橋本俊次、柏木宣久、佐々木裕子：ケミカルマスバランス法によるダイオキシン類の発生源寄与推計方法の検討、東京都環境科研究所年報, pp63-68, 2007
- 8) 三好康彦「小型焼却炉」、環境コミュニケーションズ、2004
- 9) 国土地理院ホームページ、<http://www.gsi.go.jp/> (2012/8/30 参照)
- 10) 中西準子、花井莊輔、吉田喜久雄「リスク評価の入口と出口 - シナリオとクライテリア - 」、丸善株式会社、2008
- 11) ダイオキシン類挙動モデルハンドブック、<http://www.env.go.jp/chemi/dioxin/hand/handbook.pdf> (2012/08/23 参照)