

II-617

都市系廃棄物焼却プラント排ガス中重金属の
長期的な環境影響の評価に関する基礎的研究

京都大学工学部 正 清水芳久 学 山中伸行 正 寺島泰

研究目的

都市系廃棄物の処理・処分に伴う環境影響の可能性（リスク）の中でも、多様な物質を含むごみの焼却に伴う排出ガスによる環境リスクについては未解明の点も多く、特に長期的環境リスクの評価手法が確立されていないため、困難な地域的争点たることも多い。

本研究では、都市系廃棄物の焼却プラント排ガス中に含まれる重金属を対象として、総合的環境リスクの評価手法を高度化させることを目的とする。このために、拡散的移行及び長期的土壌・水環境への移動及び蓄積機構、その後の物理化学・生物学的挙動に関する既存の知見に、内外最新の情報を調査して加え、環境移動・蓄積の数学的モデルを構築し、リスク評価のためのアルゴリズムの作成を検討した。

環境移行経路の同定とそのモデル化

焼却プラントの煙突から排出された排ガス中重金属は、大気混合層内を拡散輸送され、沈着によって地表面に移行し、土壌表面に蓄積される。土壌表面に蓄積された重金属は、大気中に揮散するもの、風の影響を受けて土壌粒子と共に大気中に飛散するもの、表面流出水により土壌粒子と共に水環境へと運搬されるもの、地下水に浸透するもの及び植物に吸収されるものに分かれる。その後、最終的には、大気の肺吸入、あるいは飲料水や農作物などの経口摂取といった形で人体に吸収される。これらの環境移行経路のうち、大気拡散、沈着、揮散・飛散及び土壌流出の各経路について調査・整理した結果について記述する。

大気拡散モデル

大気拡散モデル¹⁾として、中小都市域の長期的平均濃度分布の推定に用いられるブルームモデルを採用し、また、このモデルで用いる大気拡散式には、Pasquill-Giffordの拡散式を採用した。また、沈着による排出源強度の補正²⁾および混合層強度による鉛直方向拡散の補正²⁾を行った。

乾性・湿性沈着モデル

大気中の粒子状物質の慣性衝突、重力沈降、電氣的相互作用、ブラウン拡散、ガス状物質の植物への吸収水面への溶解等によって生じる乾性沈着のフラックス R_d は地表面濃度 C に比例する³⁾。

$$R_d = V_d \cdot C \quad (1)$$

式(1)において、 V_d は乾性沈着速度（気象条件、重金属及び地表面の性状による）であり次式で表される。

$$V_d = (r_a + r_s + r_t)^{-1} + V_s \quad (2)$$

式(2)において、 r_a 、 r_s 及び r_t は、それぞれ Aerodynamic Resistance、Surface Layer Resistance、Transfer Resistance と呼ばれる抵抗であり、物質が大気中から地表面に移動するときに起こる。 r_a は自由大気中から地表面上の層流域へと移行するときに生じ、 r_s は地表面上の層流域内における拡散によって起こる。これらに関しては、理論的に求めることが可能であるが、物質—地表面間の物理化学的な相互関係に依存する r_t に関しては十分に解明されておらず、これを求めるための理論式は存在しない。以上のことから V_s を理論的に求めることは困難であり、本研究では、地表面の性状を設定し、それに対応する文献値⁴⁾を利用した。

湿性沈着とは、雨滴の生成・成長段階あるいは雨滴降下時に、乾性衝突、さえぎり及びブラウン運動により雨滴に取り込まれ雨滴と共に地表面に輸送される現象であり、湿性沈着のフラックス R_w は次式で表される³⁾。

$$R_w = P C_{av} L \quad (3)$$

式(3)において、洗浄率 P は、有害物質と雨滴の粒径及び落下速度、衝突効率によるものであり、理論的

な近似式が存在する。

揮散及び飛散モデル

揮散により土壤中から大気中に輸送される現象及び、風による土壤粒子の飛散に伴って大気中に輸送される現象については、基礎的研究がほとんど存在しないことから、それぞれHenryの法則及び風洞実験による実験式を用いた⁵⁾。

土壤流出モデル

降雨強度、土壤の組成・構造および植生等の要因に基づいて土壤流出量を推定する方法として、汎用土壤侵食式⁶⁾が利用されている。更に、この式で用いる係数が設定できない場合には、流送能力型式⁷⁾が用いられる。本研究では、地表面の性状を設定して、汎用土壤侵食式を利用した。

重金属による長期環境影響の評価

本研究では、仮想モデル地域として円形の地域を想定し、その地域を等角度に16方位に区切り、各方位の任意の点についてシミュレーションを実施した⁸⁾。焼却プラントには、電気集塵設備を持つ中規模（200 ton/day）のものを想定し、排出源データを設定した⁹⁾。また、本研究で採り上げる重金属には、焼却プラント排ガス中に多く含まれる亜鉛と鉛および沸点の低い水銀とカドミウムを選択した。

一年後の大気中、水中及び土壤中の重金属濃度は、いずれの重金属も各種基準値と比較してかなり小さくなった。半径10 km及び2 kmのそれぞれの地域でシミュレーションを行って得られた一年後の亜鉛の大気中濃度をFigure 1(a)及び1(b)に示す。水銀、カドミウム、鉛についても、これらの図と相似形になった。重金属の長期的な土壤への蓄積については、水銀が約70年後に環境基準値を越えた。土壤の表面流出に伴う重金属の水環境中への移行は、バックグラウンド値及び環境基準値と比較してもかなり小さい結果となった。

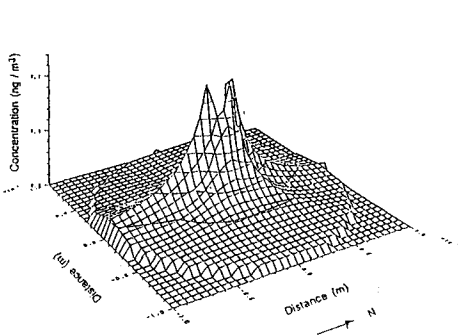


Figure 1(a). Annual-Averaged Air Concentration for Zinc (Zn): Distance from Incineration Plant ≤ 10 km (Display of 3-Dimensions).

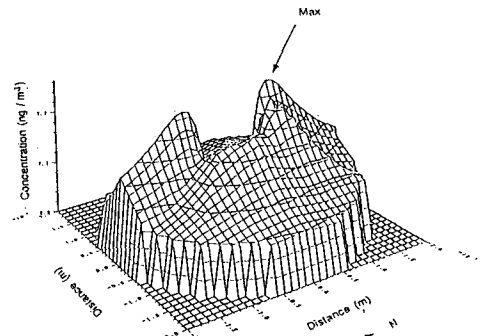


Figure 1(b). Annual-Averaged Air Concentration for Zinc (Zn): Distance from Incineration Plant ≤ 2 km (Display of 3-Dimensions).

参考文献

- 1) 近藤次郎、大気汚染、コロナ社、1975.
- 2) 高橋幹二、応用エアロゾル学、株式会社養賢堂、1984.
- 3) Sehmel, G. A., Particle and Gas Dry Deposition: Review. *Atm. Env.*, 14, 1980, 983-1011.
- 4) Seinfeld, J. H., *Atmospheric Chemistry and Physics of Air Pollution*, 1986.
- 5) 環境庁水質保全局土壤農業課、土壤汚染対策に関する基礎資料、1984.
- 6) 今尾昭夫、アメリカにおける土壤侵食研究、農業土木学会誌、49、1981、602.
- 7) 橘治国、森林河川における栄養塩の流出と懸濁物質の役割、水環境学会誌、No. 7、1993、2-8.
- 8) Moore, R. E. et al., *EPA 520/1-79-009*, : U. S. EPA, 1979.
- 9) 小松正幹ら、ごみ焼却施設からの重金属の排出について、京都府衛公年報、第31号、1986、67-72.