

# 都市ごみ焼却灰に対する STXM の適用： POPs の生成・抑制の理解を目指して

藤森 崇

京都大学大学院 地球環境学堂/工学研究科

都市ごみ焼却 (MSWI: municipal solid waste incineration) において発生する焼却灰は、ポリ塩素化ジベンゾダイオキシン/フラン類 (PCDD/Fs: polychlorinated dibenzo-*p*-dioxins and furans)、ポリ塩素化ビフェニル類 (PCBs: polychlorinated biphenyls)、クロロベンゼン類 (CBzs: chlorobenzenes) が生成・濃縮する場として知られている。これら有機塩素化合物の内、いくつかの化合物は残留性有機汚染物質 (POPs: persistent organic pollutants) に含まれる。難分解性、高蓄積性、長距離移動性、有害性を有する POPs は 2004 年発効のストックホルム条約によって世界的に規制されている。しかしながら、MSWI で生じる飛灰では非意図的に POPs が生成しており、製品製造・使用以外の注視し続けるべき発生源である。非意図的な POPs の生成には、温度、飛灰の滞留時間、飛灰の元素組成、重金属触媒の存在<sup>1)</sup>、排ガス等、様々な要因が複合的に関与している。

筆者らは、これまで重金属類 (銅<sup>2)</sup>、鉄<sup>3)</sup>、亜鉛<sup>4)</sup>、鉛<sup>5)</sup>) の化学形態が、飛灰での POPs の熱化学的生成に与える影響を、重金属類の X 線吸収微細構造 (XAFS) 法を用いて実証的に研究してきた。また、重金属の影響以外に、POPs 構造骨格の形成元素である塩素や炭素、抑制物質 (尿素類や二酸化硫黄ガス) に含まれる窒素や硫黄、等といった「軽元素」に注目した XAFS 法による研究アプローチにより、POPs の生成・抑制メカニズムに対する理解を深めてきた<sup>6,7)</sup>。近年では、MSWI プロセスで発生する種々の灰 (主灰、飛灰、ボイラ灰) の微小粒子における炭素種マッピングを走査型透過 X 線顕微鏡 (STXM) 法により実施した結果、灰によって異なる炭素種の存在傾向が明らかとなった<sup>8)</sup>。炭素の官能基やラジカル<sup>9)</sup>、また、フラーレン、ナノチューブ、グラフェンといった同素体を利用した研究<sup>10)</sup>により、POPs 炭素骨格形成に対する示唆も得られつつあるが、今後の放射光利用による評価が待たれる。更には、廃電気・電子製品の野焼きにおける POPs 生成が、MSWI 飛灰の知見により理解可能であり<sup>11,12)</sup>、機構研究によって得られた知見の普遍性が示唆された。

これまでの研究経過を踏まえ、POPs の熱化学的生成・抑制を理解するための XAFS 法の応用には、以下に示す点の測定を網羅することが理想的であると考えている。

- ・重金属から軽元素までの幅広い元素の複合的キャラクタリゼーション
- ・バルクの平均的情報と粒子の個別的情報の両面的理解

本研究では、以上の内、軽元素の XAFS および STXM による研究結果を中心に、公表していない最新のデータも含め報告する。それとともに、今後の展望について述べる。

## 参考文献

- 1) Fujimori et al. (2009) *Environ. Sci. Technol.* 43, 8053. 2) Fujimori and Takaoka (2009) *Environ. Sci. Technol.* 43, 2241. 3) Fujimori et al. (2010) *Environ. Sci. Technol.* 44, 1974. 4) Fujimori et al. (2011) *Environ. Sci. Technol.* 45, 7678. 5) Fujimori et al. (2013) *Environ. Sci. Technol.* 47, 2169. 6) Fujimori et al. (2010) *Anal. Sci.* 26, 1119. 7) Fujimori et al. (2014) *Environ. Sci. Technol.* 48, 13644. 8) 藤森, 藪田 (2015) 第 24 回環境化学討論会講演要旨集, P-116. 9) Fujimori et al. (2014) *AAQR* 14, 1131. 10) Fujimori et al. (2015) *Dioxin 2015 Sao Paulo*. 11) Fujimori et al. (2013) *J. Phys. Conf. Ser.* 430, 012094. 12) Nishimura, Fujimori et al. (2014) *Organohalogen Compounds* 76, 1038.