

1. 木質ペレット燃焼灰を適正かつ安全に有効利用するための調査研究（追加調査報告）

山村貞雄・十川絃一*

Sadao Yamamura・Kouichi Sogawa

1. はじめに

木質ペレット燃焼灰を有効利用するための調査は所報第26号（H21年度）¹⁾で報告したが、その後も新たなメーカーによるボイラーやペレットの新規参入があり、木質ペレットの利用がさらに拡大した。

今回、これらの施設の燃焼灰について溶出試験を追加実施し、調査結果を補強したので今後の木質バイオマス活用のための基礎資料として報告する。

2. 実験方法

2.1 試料

高知県各地域で実際に使用された木質ペレットの燃焼灰。

燃焼灰は、炉下及び炉床の灰を主灰、風で飛ばされたものやサイクロン等により集められたものを飛灰とした。

Cr⁶⁺濃度が高い施設については、燃焼部分の材質をペレットボイラー製造メーカー及び事業所からの聞き取りにより調査・再サンプリングを行った。

2.2 実験方法

2.2.1 木質ペレット燃焼灰の成分分析

水分は底質調査法、熱灼減量は平成2年環第22号環境整備課長通知に準拠して測定した。

水分は試料を105±5℃で2時間乾燥させた時の減量分。

熱灼減量は試料を600±25℃で3時間加熱した時の減量分。

2.2.2 溶出試験

燃焼灰を安全に利用するために「金属等を含む産業廃棄物に係る判定基準」を定める総理府令の別表第一の基準に適合するかの判定を行った。

溶出方法と分析方法は環境庁告示第13号及びJIS K 0102（2008）：工場排水試験方法に準拠した。

Cr⁶⁺の分析は、ジフェニルカルバジド吸光度法。

その他の微量重金属の分析は、ICP-MS装置（Agilent製ICP-MS 7500ce）により行った。

3. 結果及び考察

3.1 木質ペレット燃焼灰の性状

木質ペレット燃焼灰の溶出試験結果及び相関表を表1に示す。

なお、相関関係を求めるため、定量下限値以下を0で表した。

灰の発生量は樹種や燃焼方法にもよるが、1%未満と言われており、当センターの20年度の調査でも0.6%程度であった。

熱灼減量の値から、多くのサンプルで燃焼が十分されていることが確認されたが、いくつかの施設では熱灼減量の値が高く、20%以上の試料もあった。主灰については、構造上主灰の発生量が少ない施設があり、未燃分が残っている場合にはサンプリングによる誤差も大きくなることが考えられる。飛灰については、灰粒子が黒色で非常に細かく、低酸素雰囲気での未燃炭素が含まれていたと考えられる。

2つの施設でクリンカ状の燃焼残渣が発生している。燃焼残渣からは特に変わった成分は検出されなかったが、これらの施設は同じ燃焼炉とペレットの組み合わせであり、今後の追跡調査が必要と考えられる。

* 現環境対策課

また、聞き取り調査では、丙社のペレットで灰の発生量が多い傾向が見られた。

3. 2 木質ペレット燃焼灰の溶出試験結果
3. 2. 1 溶出液の性状

木質ペレット燃焼灰溶出液は全て強いアルカリ性を示し、様々な着色が見られた。特に施設B、施設Cの燃焼炉で濃い着色の溶出液が多く見られた。（表1参照）



表1 木質ペレット燃焼灰の分析結果及び相関表

(単位 水分及び熱灼減量: % , B~Pb: mg/l)

| 採取日 | 施設 | ペレット | 種別 | 水分 (%) | 熱灼減量 | pH | B | T-Cr | Cr6+ | Mn | Fe | Ni | Cu | Zn | As | Se | Cd | Sb | Pb | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------|----|------|-----|--------|------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|-------|-------|------|------|------|------|-------|-----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|-----|-----|-----|--|-----|
| 2009/5/21 | A | イ | 甲 | 飛灰 | 2.21 | 5.50 | 13.27 | 20.18 | 5.78 | 3.64 | 0.01 | 0.04 | 0.000 | 0.03 | 0.63 | 0.00 | 0.04 | 0.00 | 0.06 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2009/5/21 | C | ロ | 甲 | 飛灰 | 0.62 | 4.10 | 13.30 | 18.90 | 0.05 | 0.05 | 0.10 | 0.14 | 0.000 | 0.01 | 0.19 | 0.00 | 0.01 | 0.00 | 0.01 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2009/5/21 | D | ハ | 甲 | 取置き | 0.43 | 0.00 | 13.22 | 0.39 | 5.54 | 4.69 | 0.00 | 0.00 | 0.003 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2009/8/6 | A | イ | 甲 | 飛灰 | 0.05 | | 13.19 | 4.67 | 2.44 | 1.80 | 0.01 | 0.05 | 0.001 | 1.14 | 1.90 | 0.00 | 0.02 | 0.00 | 0.17 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2009/8/6 | B | ロ | 甲 | 飛灰 | 0.06 | | 13.30 | 13.22 | 0.19 | 0.14 | 0.04 | 0.11 | 0.000 | 0.02 | 0.00 | 0.01 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2009/8/6 | C | ロ | 甲 | 飛灰 | 0.14 | | 13.03 | 15.26 | 0.19 | | 0.34 | 0.08 | 0.000 | 0.18 | 0.00 | 0.01 | 0.01 | 0.00 | 0.01 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2009/8/6 | D | ハ | 甲 | 取置き | 0.67 | | 13.05 | 2.68 | 14.47 | 15.38 | 0.00 | 0.00 | 0.007 | 0.00 | 0.67 | 0.00 | 0.02 | 0.00 | 0.00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2009/8/26 | A | イ | 甲 | 主灰 | 0.40 | 4.95 | 12.85 | 14.30 | 5.82 | 4.65 | 0.05 | 0.07 | 0.001 | 0.02 | 0.00 | 0.00 | 0.01 | 0.00 | 0.00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2009/8/26 | A | イ | 甲 | 飛灰 | 0.59 | 7.94 | 12.92 | 4.78 | 2.73 | 2.21 | 0.01 | 0.06 | 0.005 | 1.24 | 2.03 | 0.00 | 0.02 | 0.00 | 0.20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2009/8/26 | B | ロ | 甲 | 主灰 | 0.20 | 4.06 | 12.97 | 17.90 | 0.21 | 0.07 | 0.06 | 0.15 | 0.003 | 0.04 | 0.00 | 0.02 | 0.00 | 0.00 | 0.01 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2009/8/26 | B | ロ | 甲 | 飛灰 | 3.08 | 30.52 | 12.35 | 12.72 | 0.01 | | 1.62 | 0.08 | 0.005 | 0.23 | 0.00 | 0.00 | 0.01 | 0.00 | 0.03 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2009/10/2 | A | イ | 甲 | 主灰 | 0.98 | | 13.09 | 13.62 | 0.11 | 0.09 | 0.03 | 0.13 | 0.000 | 0.00 | 0.52 | 0.03 | 0.00 | 0.00 | 0.04 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2009/10/2 | A | イ | 甲 | 飛灰 | 1.89 | | 12.77 | 15.68 | 0.07 | 0.12 | 0.85 | 0.35 | 0.000 | 0.06 | 1.43 | 0.02 | 0.01 | 0.00 | 0.12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2009/10/2 | B | ロ | 甲 | 主灰 | 1.00 | 7.39 | 13.05 | 14.74 | 0.17 | | 0.06 | 0.54 | 0.000 | 0.02 | 2.20 | 0.04 | 0.04 | 0.00 | 0.00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2009/10/2 | B | ロ | 甲 | 飛灰 | 1.58 | 13.02 | 13.05 | 9.85 | 0.59 | | 0.03 | 0.15 | 0.000 | 0.07 | 1.49 | 0.01 | 0.05 | 0.00 | 0.07 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2009/10/2 | D | ハ | 甲 | (灰箱) | 0.86 | | 12.95 | 1.07 | 6.29 | | 6.38 | 0.04 | 0.02 | 0.000 | 0.00 | 0.24 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2009/10/2 | D | ハ | 甲 | (カベ) | 0.27 | | 13.00 | 0.16 | 0.37 | 0.40 | 0.00 | 0.00 | 0.012 | 0.01 | 1.98 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2010/3/18 | A | イ | 甲 | 主灰 | 0.06 | 5.34 | 13.13 | 10.26 | 0.71 | 0.50 | 0.04 | 0.37 | 0.000 | 0.00 | 0.62 | 0.04 | 0.06 | 0.00 | 0.01 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2010/3/18 | C | ロ | 甲 | 主灰 | 0.00 | 4.97 | 13.17 | 13.61 | 0.33 | 0.20 | 0.06 | 0.54 | 0.000 | 0.00 | 0.00 | 0.05 | 0.07 | 0.01 | 0.01 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2010/3/18 | D | ハ | 甲 | (炉下) | 0.00 | 0.03 | 12.75 | 0.28 | 0.56 | 0.57 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.04 | 0.00 | 0.00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2010/3/18 | D | ハ | 甲 | (カベ) | 0.00 | | 12.70 | 0.19 | 0.11 | 0.19 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.05 | 0.00 | 0.00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2010/3/18 | E | イ | 甲 | 主灰 | 0.38 | 34.71 | 13.13 | 14.13 | 0.61 | 0.48 | 0.05 | 0.27 | 0.000 | 0.00 | 0.00 | 0.04 | 0.07 | 0.00 | 0.00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2010/3/18 | E | イ | 甲 | 飛灰 | 1.46 | 7.85 | 13.28 | 1.56 | 0.43 | 0.58 | 0.01 | 0.00 | 0.000 | 0.01 | 1.14 | 0.00 | 0.09 | 0.00 | 0.02 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2010/3/19 | F | ニ | 乙 | 主灰 | 0.00 | 6.78 | 13.07 | 4.57 | 0.31 | 0.31 | 0.02 | 0.11 | 0.000 | 0.00 | 0.00 | 0.03 | 0.00 | 0.00 | 0.005 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2010/3/19 | F | ニ | 乙 | 飛灰 | 0.00 | 4.78 | 13.07 | 4.60 | 0.09 | 0.13 | 0.00 | 0.01 | 0.000 | 0.00 | 0.09 | 0.00 | 0.10 | 0.00 | 0.004 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2010/6/11 | G | ニ | 乙 | 主灰 | 1.50 | 12.88 | 10.99 | 4.43 | 0.59 | 0.57 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.02 | 0.00 | 0.00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2010/6/11 | G | ニ | 乙 | 飛灰 | 3.88 | 25.47 | 11.55 | 4.73 | 0.32 | 0.24 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 0.00 | 0.00 | 0.13 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2010/6/11 | H | ニ | 乙 | 主灰 | 1.36 | 9.73 | 10.95 | 3.50 | 0.34 | 0.29 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 0.00 | 0.48 | 0.00 | 0.04 | 0.00 | 0.00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2010/6/11 | H | ニ | 乙 | 飛灰 | 1.97 | 11.19 | 11.04 | 2.93 | 0.26 | 0.22 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.04 | 0.00 | 0.00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2010/6/11 | I | ニ | 丙 | 飛灰 | 1.76 | 6.11 | 13.15 | 27.06 | 0.60 | 0.50 | 0.02 | 0.05 | 0.000 | 0.04 | 0.00 | 0.02 | 0.29 | 0.00 | 0.02 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2010/6/11 | J | ニ | 丙 | 飛灰 | 0.09 | 3.92 | 13.10 | 5.92 | 0.14 | 0.09 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 0.00 | 1.04 | 0.00 | 0.09 | 0.00 | 0.04 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2010/6/11 | K | イ | 甲 | 主灰 | 0.46 | 8.31 | 13.17 | 13.69 | 0.90 | 0.73 | 0.03 | 0.21 | 0.009 | 0.00 | 0.00 | 0.03 | 0.05 | 0.00 | 0.00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2010/6/11 | K | イ | 甲 | 飛灰 | 2.15 | 13.41 | 13.18 | 23.41 | 0.79 | | 0.30 | 0.85 | 0.270 | 0.21 | 7.50 | 0.03 | 0.09 | 0.00 | 0.01 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2010/7/6 | D | ハ | 甲 | 取置き | 1.21 | 11.45 | 12.39 | 1.83 | 19.90 | 18.25 | 0.20 | 1.24 | 0.00 | 0.04 | 0.00 | 0.00 | 0.03 | 0.00 | 0.00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2010/9/9 | A | イ | 甲 | 主灰 | 0.00 | 3.6 | 12.88 | 7.20 | 1.22 | 0.86 | 0.00 | 0.61 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.04 | 0.05 | 0.00 | 0.00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2010/9/9 | A | イ | 甲 | 飛灰 | 0.00 | 25.4 | 13.13 | 10.30 | 0.82 | | 0.01 | 0.21 | 0.00 | 0.01 | 0.00 | 0.05 | 0.07 | 0.00 | 0.01 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2010/9/9 | B | ロ | 甲 | 主灰 | 0.00 | 15.8 | 13.12 | 20.33 | 0.20 | 0.10 | 0.07 | 0.73 | 0.00 | 0.01 | 0.00 | 0.08 | 0.05 | 0.00 | 0.01 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2010/9/9 | C | ロ | 甲 | 主灰 | 1.49 | 7.6 | 12.95 | 20.67 | 0.29 | 0.19 | 0.05 | 0.32 | 0.00 | 0.03 | 0.00 | 0.07 | 0.05 | 0.00 | 0.01 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2010/9/9 | C | ロ | 甲 | 飛灰 | 2.26 | 20.1 | 12.83 | 17.32 | 0.15 | | 0.31 | 0.53 | 0.00 | 0.14 | 0.00 | 0.06 | 0.06 | 0.00 | 0.01 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2010/9/9 | D | ハ | 甲 | 取置き | 0.09 | 2.5 | 12.18 | 1.99 | 0.79 | 0.56 | 0.00 | 0.05 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.01 | 0.00 | 0.01 | 0.00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2010/12/24 | L | ホ | 乙 | 飛灰 | 1.43 | 9.4 | 13.40 | 4.82 | 0.34 | 0.34 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 0.00 | 0.60 | 0.00 | 0.01 | 0.00 | 0.00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2010/12/24 | M | ヘ | 乙 | 飛灰 | 0.28 | 0.4 | 13.40 | 4.11 | 0.04 | 0.09 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 0.00 | 0.99 | 0.00 | 0.03 | 0.00 | 0.00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2010/12/24 | M | ヘ | 乙 | 主灰 | 0.38 | 0.4 | 13.50 | 2.97 | 0.03 | 0.04 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 0.00 | 0.24 | 0.00 | 0.03 | 0.00 | 0.00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2010/12/24 | N | ヘ | 乙 | 飛灰 | 0.18 | 2.7 | 13.60 | 3.79 | 0.08 | 0.09 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 0.00 | 1.64 | 0.00 | 0.05 | 0.00 | 0.00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2010/12/24 | O | ホ | 乙 | 飛灰 | 0.13 | 3.5 | 13.40 | 6.07 | 0.28 | 0.25 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.03 | 0.00 | 0.00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2010/12/24 | P | ニ | 丁 | 主灰 | 0.00 | 0.0 | 12.50 | 0.76 | 0.24 | 0.22 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2010/12/24 | P | ニ | 丁 | 飛灰 | 0.92 | 21.8 | 13.00 | 9.29 | 0.31 | 0.28 | 0.13 | 1.36 | 0.00 | 0.00 | 0.22 | 0.11 | 0.02 | 0.00 | 0.02 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2010/12/24 | Q | ニ | 乙・丁 | 飛灰 | 4.00 | 9.8 | 13.10 | 8.53 | 0.51 | 0.53 | 0.14 | 0.67 | 0.00 | 0.11 | 1.06 | 0.05 | 0.02 | 0.00 | 0.01 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 金属等を含む産業廃棄物にかかる判定基準 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1.5 | | | | | | | | | | | | | 0.3 | 0.3 | 0.3 | | 0.3 |

全サンプルの相関

| | 水分 (%) | 熱灼減量 | pH | B | T-Cr | Cr6+ | Mn | Fe | Ni | Cu | Zn | As | Se | Cd | Sb | Pb |
|--------|--------|--------|--------|--------------|--------------|--------|--------|--------------|--------------|--------|-------|--------------|--------|-------|-------|-------|
| 水分 (%) | 1.000 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 熱灼減量 | 0.451 | 1.000 | | | | | | | | | | | | | | |
| pH | -0.352 | -0.244 | 1.000 | | | | | | | | | | | | | |
| B | 0.225 | 0.245 | 0.258 | 1.000 | | | | | | | | | | | | |
| T-Cr | 0.014 | -0.046 | -0.027 | -0.203 | 1.000 | | | | | | | | | | | |
| Cr6+ | 0.048 | 0.022 | -0.028 | -0.207 | 0.993 | 1.000 | | | | | | | | | | |
| Mn | 0.413 | 0.478 | -0.092 | 0.264 | -0.048 | 0.059 | 1.000 | | | | | | | | | |
| Fe | 0.159 | 0.298 | 0.087 | 0.317 | 0.240 | 0.269 | 0.153 | 1.000 | | | | | | | | |
| Ni | 0.180 | 0.080 | 0.078 | 0.290 | -0.022 | 0.204 | 0.120 | 0.283 | 1.000 | | | | | | | |
| Cu | -0.001 | 0.079 | 0.064 | -0.024 | 0.042 | 0.032 | 0.096 | -0.045 | 0.092 | 1.000 | | | | | | |
| Zn | 0.186 | -0.012 | 0.191 | 0.170 | -0.054 | -0.039 | 0.073 | 0.206 | 0.845 | 0.324 | 1.000 | | | | | |
| As | 0.083 | 0.376 | 0.184 | 0.507 | -0.193 | -0.183 | 0.037 | 0.739 | 0.087 | -0.114 | 0.005 | 1.000 | | | | |
| Se | 0.210 | 0.122 | 0.011 | 0.334 | -0.152 | -0.155 | -0.132 | -0.005 | 0.135 | -0.077 | 0.062 | 0.127 | 1.000 | | | |
| Cd | -0.242 | -0.133 | 0.148 | 0.008 | -0.030 | -0.054 | -0.071 | 0.023 | 0.014 | 0.249 | 0.033 | 0.018 | -0.043 | 1.000 | | |
| Sb | 0.343 | 0.238 | 0.192 | 0.689 | -0.022 | -0.020 | 0.450 | 0.530 | 0.119 | 0.407 | 0.067 | 0.717 | 0.393 | 0.004 | 1.000 | |
| Pb | 0.127 | -0.043 | 0.119 | 0.311 | -0.023 | -0.049 | 0.088 | -0.128 | -0.017 | 0.584 | 0.167 | -0.075 | 0.514 | 0.092 | 0.532 | 1.000 |

3. 2. 2 溶出液中の重金属類 (表 1)

基準値が設定されている金属類はCr⁶⁺, As, Se, Cd, Pbの5物質であるが, 基準値を超過したものはPbが1検体, その他はCr⁶⁺だけであった。

施設Aでは鉛が多い灰は, 多くの場合亜鉛と銅の検出量が多く見られることから, 真鍮からの溶出が疑われた。メーカーに問い合わせた結果, 部品の摩耗が確認された。

しかし, 施設Iの鉛が基準を超えた灰は亜鉛が検出されず, セレンが多く検出されていることから, 他のサンプルとは異なる原因があると思われた。ボイラーメーカーにも問い合わせたが原因は確定できなかった。

着色があった場合, ジフェニルカルバジド吸光度法でのCr⁶⁺測定に妨害となる。そのため, T-CrからCr⁶⁺を推測する方法として, Cr⁶⁺とT-Crの相関を確認した(表1)。その結果, T-CrとCr⁶⁺の間に非常に強い相関が認められた。

前報¹⁾で報告したとおり, 高濃度のCr⁶⁺を含むサンプルが採取された施設A及び施設Dではボイラー内部の破損が確認されており, 修理完了後及びその他の施設ではCr⁶⁺は1 mg/Lを下回った。そこで, 通常の管理状態を念頭にCr⁶⁺ 1 mg/L以下のサンプルについてプロットすると, 図1のとおりT-Crの80%程度がCr⁶⁺として溶出していることが確認された。

これらのことから, 溶出液の着色によりジフェニルカルバジド法での測定が困難な場合でもT-CrからCr⁶⁺を推測することが可能であると考えられた。

NiとZnにも強い相関が見られたが, これはNi, Znともにほとんどが定量下限値以下であり, 唯一大きな値を取っているサンプルの影響を受けたもので, これを除いた他のサンプルでは相関は全く見られなかった。また, メーカー別でも強い相関が見られているが, これはnd以外のサンプルが極端に少ないためであり, 実質的な相関関係はなかった。

また, As-Fe, Sb-B, As-Sbにも一定の相関が見られた。(図2, 3, 4)

Sb-B, As-Sbは有効なデータの組が少なく, 詳細な分類では明確な傾向が見られなかったが, As-Feはボイラーメーカー別でも一定の関係が見られた。

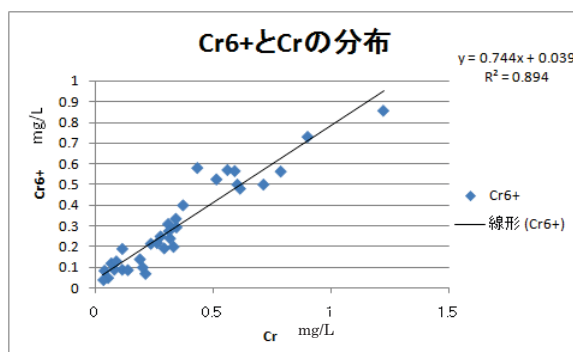


図1 T-CrとCr⁶⁺の分布

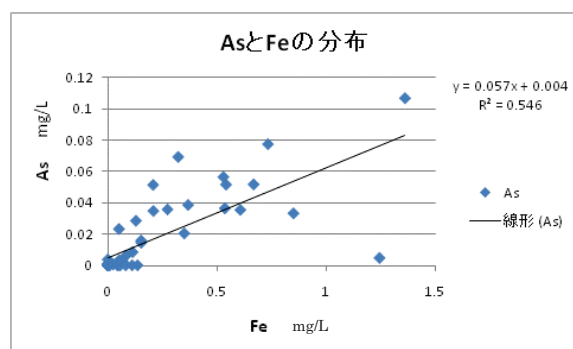


図2 AsとFeの分布

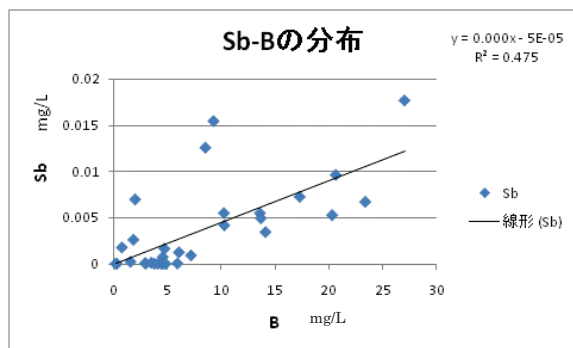


図3 SbとBの分布

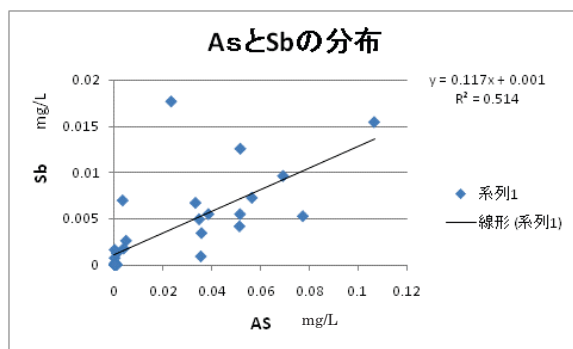


図4 AsとSbの分布

4. まとめ

木質ペレット燃焼灰を有効利用するために、第1報とあわせるとボイラー等27施設から発生した燃焼灰48サンプルについて、化学組成や有害成分の溶出試験を行った結果、以下の知見を得た。

(1) 木質ペレット燃焼灰の水分・熱灼減量については、ほとんどの施設で燃焼が十分されていた。

熱灼減量では、6施設において20%以上の試料があった。サンプリングによる誤差や未燃物の影響が考えられた。

(2) 溶出試験の結果、溶出液の多くはpH12以上の強アルカリであった。施設BとCの飛灰で溶出液にたびたび強い着色が見られた。

T-CrとCr⁶⁺の間に非常に高い相関があり、平均してT-Crの8割程度がCr⁶⁺として溶出していることが確認された。これらのことから、溶出液の着色によりジフェニルカルバジド法での測定が困難な場合でもT-Crから推測することが可能であると考えられた。

また、Pb, Cu, Znがたびたび検出される施設について、確認を行った結果、部品である真鍮の摩耗が見つかった。

また、FeとAsにおいて高い相関があった。

Cr⁶⁺について、2施設において、基準値1.5 mg/l以上の高濃度が検出された。両施設共に炉内に破損が見られ、破損部分に直接接触していない灰はCr⁶⁺の濃度が低濃度で、修繕の終わった施設では濃度が低下していることが確認された。

(3) 高濃度のCr⁶⁺発生原因として、先行文献²⁾³⁾

では、樹木由来のCrの酸化、製造工程由来のCrの酸化（ステンレス部品の摩耗）、燃焼炉内のステンレス等が示されているが、

①同じ会社の全木ペレットを使用している6施設でも高い値は2施設のみであること。

②正常な施設では、Cr⁶⁺の濃度は概ね1 mg/l以下であり、破損などによりステンレスがさらされると、基準値以上の高濃度になること

③T-CrもCr⁶⁺と同様の傾向を示すことから、燃焼炉内のステンレス等が主たる由来であることが考えられた。

(4) 正常な燃焼炉からの燃焼灰はCr⁶⁺の基準を超えることはなく、肥料資源として用いるうえで、安全に使用できると考えられる。

(5) 研究の対象とした27施設中2施設に不具合が発見された。

一般的に、木質ペレット燃焼炉は高温と灰の強いアルカリにさらされるため、破損や劣化の可能性があり、炉の定期的な点検が必要である。

5. 参考文献

- 1) 高知県環境研究センター所報第26号（H21年度）p17-23
- 2) 北海道立工業試験場報告 No. 307「木質バイオマス燃焼灰の安全性評価および有効利用」
- 3) 岩手県農林水産部報告書「木質ペレットの燃焼灰について」（2005）
- 4) 大嶺聖ら：「微生物の代謝による六価クロム汚染土の浄化効果」（2009）