

静岡県島田市の汚染がれき焼却による がれきのベクレル表示の不正ポイント

[数学的に計算した結果]

1 . 焼却前のサンプル調査の疑問

がれき焼却前に、岩手県のがれきの山からサンプル調査した結果は、

最大値 15.0 Bq/kg

と発表されていた。

疑わしい疑問は以下の通り。

- (1) サンプル調査は何ヶ所行ったのか？
- (2) がれきの山は、水溶液とは違い、放射性物質は「均等」ではなく「ばらつき」がある。サンプル調査だけでがれき全体の汚染度（汚染濃度の最大値）を決定することは非科学的である。
- (3) 汚染濃度のばらつきはどれくらいあるか、全く検証されていない。
- (4) 1ヶ月前のサンプル調査では、最大 13.2 Bq/kg としていたが、なぜ増えたのか？もっと測ればもっと最大値が増える可能性が高い。

これらのことを考えても、焼却前の汚染濃度の 最大値 15.0 Bq/kg というサンプル調査がいかにいい加減であるか、理系の人なら誰でもわかる。

環境省や島田市長の主張は、「サンプル調査と全体の汚染濃度は同じであるから、サンプル調査だけでOK」という言い分であるが、がれき受け入れを反対する島田市民の主張は反対で「全量調査をしなければ汚染量は調べられない。ばらつきがあるから、サンプル調査と全体では実態が違う可能性が高い」ということだ。

ここでは、島田市町側の言い分「サンプル調査と全体の汚染レベルは一致している」で計算してみる。

2 . 焼却後の灰の汚染濃度

島田市の公表によると、

- (1) 一般ゴミだけを焼却した結果の灰の濃度は、48 Bq/kg（ただし、どれだけのゴミを燃やしてこの結果であるか不明）
- (2) がれき 10t (10.0×10^3 kg) と大量の一般ゴミを混ぜて焼却した結果、3.5t(3.5×10^3 kg) の灰が残り、65 Bq/kg

(3) がれき 10t と、一般ゴミ 56t を混ぜて焼却した (がれきを全体の 15 % とするため) (読売新聞より)

当たり前の理系人間の考え方なら、一般ゴミだけを焼却した場合、66t (これは 10t + 56t) を燃やした結果だと考えるが、その説明は見あたらない。

島田市長側の考えている計算は、以下の通りである。

【島田市長側の計算と主張】

焼却前のがれきの汚染濃度は、15 Bq/kg であり、一般ゴミと混ぜて焼却した結果、65 Bq/kg となった。しかし、そのうち一般ゴミの焼却による汚染が 48 Bq/kg であるから、焼却結果の内訳として、

(焼却後の混合灰) 63 Bq/kg = (焼却前がれき) 15 Bq/kg + (一般ゴミ焼却結果) 48 Bq/kg という関係がある。63 Bq/kg と 65 Bq/kg は誤差の範囲だから、ほぼ 65 Bq/kg という結果は妥当である。

よって、放射性物質は全て焼却灰に閉じこめ、それでも濃度は国の基準値以下だ。何の問題もない。コンクリに再利用する場合の制限である 100 Bq/kg 以下でもある。

しかも、一般ゴミの方が汚染されている。がれきの方が汚染されていない。

さて、問題と明らかな間違いがいくつもある。理系人間から見ると、なんて愚かな計算だろうと苦笑を禁じ得ない。東大生に見せたら笑われるだろう。だれがこんなストーリーを考え、一般ゴミだけによる焼却結果 48 Bq/kg をわざわざ準備したのだろう。こんな比較対象の 48 Bq/kg さえ出さなければ、もう少し科学的理論的であった。嘘の結果と覚えてしまうくらいに浅はかだ。

その理由を検証する前に、一つだけ先に言っておきたい。

一般ゴミだけを燃やした焼却灰でなぜ 48 Bq/kg も出るのか？その理由は非常に重要で、その回答によってはがれき焼却以前の環境問題が島田市にはあることが判明してしまう。カリウムなどの放射性物質であろうか。

島田市長には、この点もしっかり説明していただきたい。虚偽であったら許されない詐称である。

3 . 予備知識 : ベクレル ↔ グラム数の変換

ここで、ベクレルとグラム数の変換について明記しておく。

$$W = \frac{B \cdot T_{\frac{1}{2}} \cdot M}{N_A \log_e 2}$$

こんな式を解説しても意味がないので、結果だけ。セシウム 137 については、

$$1 \text{ g} = 3.205 \times 10^{12} \text{ Bq}$$

である。こんな数値は今回不要なので、

$$1 \text{ g} = \alpha \text{ Bq}$$

という文字を設定して、換算にする。単位は、 α (Bq/g) である。

4 . 一般ゴミだけで焼却した場合

具体的な計算の前に、一般ゴミだけで焼却した場合の総量の変化を考える。

がれき 10t と一般ゴミ 56t (この数値は各新聞での報道であり、15 %の割合という島田市の公表と一致する) の合計 66t を焼却して 3.5t になったことから、

$$\text{圧縮率 } u_0 = \frac{3.5}{66} \dots\dots\dots \text{①}$$

となり、これはほぼ一定と考えてよい。

【設定 1】

焼却前について

- 一般ゴミ L_A (t)、つまり $L_A \times 10^3$ (kg) を単独で焼却したとする。
- この中に、放射性物質 (カリウムやルビジウムだろうか?) が、 m_0 (g) 存在する。
- 一般ゴミに含まれる放射性物質のグラム数とベクレルの変換定数を α (Bq/g) とする。
- この一般ゴミから放出される放射線量は合計で、 $m_0 \times \alpha$ (Bq) である。

焼却について

- 一般ゴミに含まれる放射性物質が焼却により気化せず灰に残る確率を $p(0 \leq p \leq 1)$ とすると、気化して大気中に放出される確率は $1 - p$ となる。

$p = 1$ かもしれないが、不明。

焼却後について考えてみる。

一般ゴミは焼却後、圧縮率 u_0 (式①) により、

$$L_A \times 10^3 \times \frac{3.5}{66} \text{ (kg) の灰}$$

になった。

この中に含まれている放射性物質の質量は、大気中に放出される確率を考えると、

$$m_0 \times p \text{ (g)}$$

となり、これをベクレルに換算すると、合計では

$$m_0 \times p \times \alpha \text{ (Bq)}$$

である。これより、一般ゴミの濃度は、

$$\frac{m_0 \times p \times \alpha}{(L_A \times 10^3) \times \frac{3.5}{66}} \text{ (Bq/kg)}$$

と表される。

島田市の公表では、これが 48 (Bq/kg) であるから、

$$\frac{m_0 \times p \times \alpha}{(L_A \times 10^3) \times \frac{3.5}{66}} = 48 \text{ (Bq/kg)} \dots\dots\dots \text{②}$$

となる。

ほかに記しておくことは、

- 定数 α, p は試験焼却時も一定である。
- 一般ゴミであれば、単位 kg あたりのゴミに含まれる放射性物質の質量は一定（焼却前）。
環境省や市長の主張では、「がれきやゴミ全体のサンプル調査の結果が全体と同じと考える」が前提であり、一般ゴミに含まれる放射性物質（自然放射性物質であろうと考えられる）はある程度均等に分布していると考えても構わないと推測する。

$$\frac{\text{含まれる放射性物質の質量 (g)}}{\text{一般ゴミの質量 (kg)}} = \text{定数 } C = \frac{m_0}{L_A} \dots\dots\dots \text{③}$$

5 . セシウムのグラム数と原子の個数で計算するのが基本

小学生の食塩水の計算でも、料理の作り方でも、食塩 4g というように、物質は基本的にグラム数で扱うのが当たり前。

よって、セシウム原子などの放射性物質をグラム数で追跡してみる。

【設定 2】

(A). 焼却前について
がれきについて

- 焼却前のがれきに含まれる放射性物質の質量を M (g) とする。
- がれきの総量は、焼却前で 10.0×10^3 kg(つまり 10t)。
- がれきに含まれる放射性物質(セシウムやストロンチウムなど)の換算は、 1 (g) = β (Bq/g) とする。
- がれきに含まれる放射性物質が焼却により気化せず灰に残る確率を $r(0 \leq r \leq 1)$ とする。気化して大気中へ放出される確率は $1 - r$ となる。
- 焼却前のがれきの濃度は、 15 (Bq/kg) である。

一般ゴミについて

- 一般ゴミの総量は、報道では 56t であるが、計算のため N_A (t) つまり、 $N_A \times 10^3$ (kg) とする。
- 一般ゴミに含まれる放射性物質は、式③により N_A と C により表すことができるが、まずは m (g) とする。
- 一般ゴミについて、定数 α, p は変化しないのでそのまま使用する。

(B). 焼却後について

- 焼却灰の総量は、各新聞や市役所の発表により、 3.5×10^3 (kg) である。
- 焼却灰の濃度は、 65 (Bq/kg) である。

焼却前について考える。

一般ゴミだけの焼却と同じように計算すると、焼却前のがれきに含まれる放射性物質の質量が M (g) なので放射線量の合計は、 $M \times \beta$ (Bq) となる。よって、濃度は、

$$\frac{M \times \beta}{10.0 \times 10^3}$$

となり、これが島田市の公表では 15 (Bq/kg) という事だから、

$$\frac{M \times \beta}{10.0 \times 10^3} = 15(Bq/kg) \dots\dots\dots ④$$

が成り立つ。

同様に、一般ゴミは焼却前の濃度を、

$$\frac{m \times \alpha}{N_A \times 10^3} (\text{Bq/kg})$$

と表すことができるが、この数値は公表されていない。圧縮率などから理論値を求めることは可能だが、必要ない数値なので割愛する。

焼却後、灰に残る放射性物質の質量と放射線量の合計を求める。

がれきに含まれる放射性物質は、 M (g) のうち灰に残る確率が r なので、 $M \times r$ (g) である。よってこの放射性物質による放射線量の合計は、 $(M \times r) \times \beta$ (Bq) である。同様に、一般ゴミに含まれる放射性物質のうち灰に残った分から放出される放射線量の合計は、 $(m \times p) \times \alpha$ となる。

よって、焼却灰の放射線量の合計は、

$$(M \times r) \times \beta + (m \times p) \times \alpha$$

となる。がれきの総量が 3.5×10^3 (kg) つまり 3.5t であるから、焼却灰の濃度 F は、

$$F = \frac{(M \times r) \times \beta + (m \times p) \times \alpha}{3.5 \times 10^3} \dots\dots\dots ⑤$$

となる。

補足しておく、分母の 3.5×10^3 であるが、がれきの質量 10.0×10^3 と一般ゴミの質量 $N_A \times 10^3 (= 56 \times 10^3)$ を足して焼却して圧縮 (式①：圧縮率 $u_0 = \frac{3.5}{66}$) されるので、

$$\begin{aligned} & (10.0 \times 10^3 + N_A (\text{つまり } 56) \times 10^3) \times \frac{3.5}{66} \\ &= 66 \times 10^3 \times \frac{3.5}{66} \\ &= 3.5 \times 10^3 \end{aligned}$$

となり、つじつまが合う。

焼却前のがれきについて、式④

$$\frac{M \times \beta}{10.0 \times 10^3} = 15 (\text{Bq/kg})$$

を変形して、

$$M \times \beta = 15 \times 10.0 \times 10^3 \dots\dots\dots ⑥$$

となる。

焼却前の一般ゴミについて、単位 kg あたりに含まれる放射性物質は一定である (式③) から、一般ゴミだけで焼却した場合の放射性物質 m_0 (g) と総量 L_A (kg) の比率は、試験焼却における焼却前

の一般ゴミの放射性物質 m (g) と総量 N_A (kg) の比率と同じであり、

$$\frac{m_0}{L_A} = \frac{m}{N_A} \left\{ = \frac{\text{含まれる放射性物質の質量 (g)}}{\text{一般ゴミの質量 (kg)}} = \text{定数 } C \right\} \dots\dots\dots ⑦$$

である。

一般ゴミだけで焼却した場合の式②は以下のように表されていた。

$$\frac{m_0 \times p \times \alpha}{(L_A \times 10^3) \times \frac{3.5}{66}} = 48(\text{Bq/kg})$$

これを变形して、

$$\frac{m_0}{L_A} \times \frac{p \times \alpha}{10^3 \times \frac{3.5}{66}} = 48(\text{Bq/kg})$$

ここで式⑦を代入して、

$$\frac{m}{N_A} \times \frac{p \times \alpha}{10^3 \times \frac{3.5}{66}} = 48(\text{Bq/kg})$$

となり、さらに变形すると、

$$m \times p \times \alpha = 48 \times \left(N_A \times 10^3 \times \frac{3.5}{66} \right) \dots\dots\dots ⑧$$

となる。

以上から、焼却灰の濃度 F (式⑤) に式⑥⑧を代入する。

$$\begin{aligned} F &= \frac{(M \times r) \times \beta + (m \times p) \times \alpha}{3.5 \times 10^3} \\ &= \frac{r \times (M \times \beta) + (m \times p \times \alpha)}{3.5 \times 10^3} \\ &= \frac{r \times \underline{15 \times 10.0 \times 10^3} + 48 \times \left(\underline{N_A \times 10^3 \times \frac{3.5}{66}} \right)}{3.5 \times 10^3} \end{aligned} \quad \text{(式を代入)}$$

$$= \frac{r \times 15 \times 10.0 + 48 \times \left(N_A \times \frac{3.5}{66} \right)}{3.5} \quad (10^3 \text{を約分})$$

$$= r \times \frac{15 \times 10.0}{3.5} + \frac{48 \times N_A}{66} \quad (\text{通分を分割して整理})$$

ここで、 $N_A = 56$ を代入すると、

$$F = r \times \frac{15 \times 10.0}{3.5} + \frac{48 \times 56}{66}$$

$$= r \times 42.8571 + 40.7273 \dots\dots\dots \textcircled{9}$$

となる。ただし、 r は、がれきの中に含まれる放射性物質（セシウムやストロンチウムなど有害物質）が焼却後も灰に残る確率（割合）であり、 $0 \leq r \leq 1$ である。

6 . がれきの中の放射性物質が大気中へ放出された量

計算式 ⑨ をもう一度書きます。

(焼却灰の濃度) F (Bq/kg) = $r \times 42.8571 + 40.7273 \dots\dots\dots \textcircled{9}$

ただし、 r は、がれきの中に含まれる放射性物質（セシウムやストロンチウムなど有害物質）が焼却後も灰に残る確率（割合）であり、 $0 \leq r \leq 1$ である。

これが、島田市の発表では、65 (Bq/kg) であるという。

がれきの中に含まれる放射性物質は、セシウムなどの沸点が約 670 であるから、焼却施設内において 1,200 で燃やされるので一度気化する。その後冷却されて固体化し、焼却灰に含まれるという説明である。その主張の通りであるならば、

$$r = 1 \quad (\text{全ての放射性物質は焼却灰に残る})$$

ということになるが、式⑨に $r = 1$ を代入すると、

$$(\text{焼却灰の濃度}) F (\text{Bq/kg}) = 1 \times 42.8571 + 40.7273$$

$$= 83.5844 (\text{Bq/kg})$$

となってしまう、島田市の公表結果 65 (Bq/kg) とは大きくかけ離れている。やはり、放射性物質が煙突から大気中へ放出されたという事実がわかる。

バグフィルターでセシウムなどを除去できるという根拠は全くなく、実験が行われたこともない。環境省が公式にそれを認め、東京新聞と中日新聞に掲載されている。バグフィルターの製造販売会社

でも、バグフィルターでセシウム原子などの放射性物質を除去することは難しいだろうと語っている。

では、どれくらいの放射性物質が大気中へ放出されたことになるか？

$F = 65$ を代入して、 r の値を求める。

$$(\text{焼却灰の濃度})65(\text{Bq/kg}) = r \times 42.8571 + 40.7273$$

$$42.8571 \times r = 24.2727$$

$$r = 0.5664 \quad (\text{つまり、約 } 57\% \text{ が灰に残っている})$$

約 57% の放射性物質しか焼却灰に残っていないことになる。約 43% の放射性物質は煙突から煙と共に大気中へ放出されたこととなります。

この、行方不明の放射性物質の行方を、島田市長は説明する義務があります。

もっと簡単な考え方

こんな数式変形をしなくても、もっと簡単に島田市の発表した数値がおかしいとわかる。

がれきと一般ゴミの混合の総量は、66t であり、焼却すると 3.5t になったことから、圧縮率は $u_0 = \frac{3.5}{66}$ である。これを逆に考えると、

$$(\text{濃縮率}) = \frac{66}{3.5} (= 18.86 \text{ 倍})$$

と言い表すことができる。

総量 66t におけるがれきの割合が 15% であることから、がれきの汚染濃度の濃縮は、

$$\begin{aligned} & 15.0(\text{Bq/kg}) \times (\text{濃縮率}) \frac{66}{3.5} \times (\text{がれきの割合}) \frac{15}{100} \\ & = 42.4385(\text{Bq/kg}) \end{aligned}$$

これと一般ゴミの焼却後の濃度 48 (Bq/kg) を足せば、

$$(\text{がれき濃縮後の濃度})42.4385(\text{Bq/kg}) + (\text{一般ゴミ焼却後の濃度})48(\text{Bq/kg}) = 90.4285(\text{Bq/kg})$$

となり、大雑把な概算であっても焼却灰は 90 Bq/kg くらいの数値を示さなければ、放射性物質が大気中へ放出されたことになってしまう。

島田市長が、もしもこんな式

$$(\text{がれきの濃度})15.0(\text{Bq/kg})+(\text{一般ゴミ焼却後の濃度})48(\text{Bq/kg})=63\sim 65(\text{Bq/kg})$$

で市民を納得させようとしているなら、幼稚で詐欺な説明と言わざるを得ない。

だから、島田市長の公式発表の説明は、デタラメでバカげているのです。ほとんどの市民を騙そうとしていることが数学でハッキリわかる。

簡単に言えば、66tのゴミ(がれきと一般ゴミの混合)が3.5tに圧縮されているのだから、がれきの放射線量濃度15(Bq/kg)がそのまま焼却後も同じで増えていないというのは、不自然であるのだ。

7. 総量で表示することが基本

濃度ではなく、ベクレルは総量で表すことが基本。

大気中へ放出される放射性物質のグラム数は、合計で、

$$(\text{がれき中の放射性物質})M(\text{g})\times(\text{大気中へ放出される割合})(1-r)$$

であり、これをベクレル表示すると、

$$\text{放射線量の総量 } H(\text{Bq}) = \{M \times (1-r)\}(\text{g}) \times \beta(\text{Bq/g})$$

である。式④

$$\frac{M \times \beta}{10.0 \times 10^3} = 15(\text{Bq/kg})$$

から、

$$\begin{aligned} \text{放射線量の総量 } H_{10}(\text{Bq}) &= \{M \times (1-r)\}(\text{g}) \times \beta(\text{Bq/g}) \\ &= (M \times \beta) \times (1-r) \\ &= \{15.0 \times (10.0 \times 10^3)\} \times (1-r) \\ &= 15.0 \times 10.0 \times 10^3 \times 0.43 \\ &= 64500(\text{Bq}) \end{aligned}$$

となる。グラム数に換算してから計算したのは、グラム数の方が身近でわかりやすいからであるが、簡単に言えば総量は、

$$\begin{aligned} \text{放射線量の総量 } H_{10}(\text{Bq}) &= (\text{濃度})15.0(\text{Bq/kg}) \times (\text{総量})(10.0 \times 10^3)(\text{kg}) \times 0.43 \\ &= 64500(\text{Bq}) \end{aligned}$$

である。

年間5,000 tのがれきを3年間焼却すれば、15,000tのがれきが処分されることになる。この時、がれきに含まれる放射性物質による放射線量の合計は、

$$\begin{aligned} \text{放射線量の総量 } H_{15000}(\text{Bq}) &= (\text{濃度})15.0(\text{Bq/kg}) \times (\text{総量})(15000 \times 10^3)(\text{kg}) \times 0.43 \\ &= 96850000(\text{Bq})(\text{つまり、9675万 Bq}) \end{aligned}$$

となる。9675万 Bq。

これだけ焼却すれば、甚大な量の放射性物質が大気中に放出されることになる。

総量に対して反論したい人のために敢えて書く。

健康上の理由で最大1(g)の食塩しか摂取してはいけない人がいる。濃度が1%の食塩水(100gの食塩水の中に食塩が1g含まれているという濃度)なら飲んで良いと思い、1リットル(1,000g)の食塩水を飲んだ。この人は健康を害するか？

害するに決まってる。1リットル飲めば、

$$(\text{食塩水の濃度}) \frac{(\text{食塩の質量})1(\text{g})}{(\text{全体の量})100(\text{g})} \times (\text{飲んだ量})1000(\text{g}) = (\text{食塩の合計量})10(\text{g})$$

となり、10gの食塩を摂取してしまう。小学生でもわかる計算。

総量でなければ意味がない。濃度表示は市民を騙すためのごまかし。

島田市長や細野大臣は、おかしい検査結果について、必ず行方不明になった43%の放射性物質について説明する義務がある。