

東日本大震災で発生した災害廃棄物等の処理について（Ⅶ） ～100Bq/kgほどの程度危険か？～

技術士（衛生工学・建設・環境）・環境カウンセラー

第一種放射線取扱主任者、甲種危険物取扱者など

環境計画センター 専任理事 ^{かぎや}鍵谷 ^{つかさ}司

平成23年12月に「大阪府域における東日本大震災の災害廃棄物処理に関する指針」を作成し、震災地の災害廃棄物を受け入れる場合の指針を作成し、受入廃棄物の放射性セシウムの濃度を100Bq/kg以下、焼却灰の埋立時のそれを2,000Bq/kg以下とし、受け入れできる焼却処理施設は、バグフィルタと湿式洗浄設備が設置された熔融施設以外の施設とした。関西広域連合においてもこの指針を基準として受け入れが検討されている。

しかしながら、処理を行う自治体、特に現場の焼却施設で受け入れを検討しただけで住民の反対が猛烈に強く、具体的に受け入れを表明することは極めて厳しい状況である。一つには、100Bq/kgの放射能濃度がどの程度危険（安全）であるか判断できないことおよび放射性Csが濃縮される焼却灰の最終処分先が不明確であることにある。なお、放射能とは放射線を放出する能力のことであり、本来、放射性物質と記載すべきであるが、同義語として普及している放射能と記す。

大阪府指針に適合した施設を持っても最終処分先が不明であれば、自治体が受け入れを表明することはできない。関西では、2府4県と168市町村が大阪湾広域臨海環境整備センターに出資し、大阪湾に海面埋立処分場を整備し、埋立処分場としている。環境省は、放射性物質を含む焼却灰等には放射性Csを含み、これは水に溶けやすいので水と接触しない方法で埋立てる方法を規定している。海面埋立処分場での埋立は検討中とあったが、

具体的な指示はない。環境省告示第76号で水面埋立について規定されたが、大阪湾広域臨海環境整備センターが受け入れを表明するまでに到っていない。ここが明確にならなければ関西における受け入れはほぼ不可能なのである。なお、環境省告示76号については追記する。

ここでは100Bq/kg以下の放射能はどの程度危険、あるいは安全であるかについて様々な事例から検討したので解説する。

- ① 100Bq/kg以下の放射能の意味することとは？
- ② 4月1日から厳しくなった食料品の放射能基準は100Bq/kg以下！
- ③ 放射能泉の定義、74Bq/ℓ以上、療養泉は110Bq/ℓ以上！！
- ④ 体の中には放射能が100～110Bq/kgもある！
- ⑤ 100Bq/kgの廃棄物を取り扱った場合の被ばく量は！
- ⑥ 被ばく線量と健康リスクの考え方とは

① 【100Bq/kg以下の放射能とは？】

原発の廃炉時に大量の廃棄物、主に放射能の低いコンクリートや金属くずが発生する。100万kW級の原発一基の廃炉で約50万トンの廃棄物が発生し、その90%以上がコンクリートくずや金属くずであるといわれている。原子炉等規制法では、これらをできるかぎりリサイクルする視点から放射能基準を規定している。その基準は様々な核種について濃度

を規定しているが、放射性Csについては0.1Bq/g以下、つまり、100Bq/kg以下を対象としている。当然、この数値以下の放射能を含む廃棄物がどのように利用されようが、利用者の被ばく線量が10 μ Sv/年以下になることをシミュレーションして決定されている。

平成17年度にクリアランス制度が導入され、これ以下の放射能を含む廃棄物は放射性廃棄物から除外され、通常の廃棄物として取り扱うことが規定された。なお、廃棄物処理法第2条では、放射性廃棄物はこの法律の対象外とすることが規定されている。つまり、100Bq/kg以下の放射能を含む廃棄物は通常の廃棄物として廃棄物処理法の範疇で処理することが規定されている。震災で発生したのがれき類は、事業活動に伴って発生したものではないので、すべて一般廃棄物に該当し、自治体に処理責任がある。自治体に対応できない場合には、県あるいは国の処理責任となる。

なお、核種により放射性物質としての取り扱い濃度（クリアランス）は異なるので、注意が必要である。

②【平成24年4月1日から厳しくなった食品の放射能基準は100Bq/kg以下！】

原発事故直後に食料品の放射能濃度の暫定基準が規定された。半減期の短い放射性よう素（8日）と長いCs134（2年）とCs137（30年）について5種類の食料品・飲料水等が対象である。事故後1年を経過し、半減期の短い放射性よう素はほぼなくなり、放射性セシウムの濃度も低下してきたことから平成24年4月1日から食品の放射能に関する基準が改定された。暫定基準は、放射能漏出事故が起こったため緊急性に応じて暫定的に決められたものであったが、ほぼ平常時に戻ったので基準が改正されたものである。

その背景として原発事故後には緊急事態につき一般住民の被ばく線量を暫定的に5mSv/年以下として規定していたが、平常に戻ったので、これを事故前の1mSv/年に改定した

ものである。この基準を満たすために、放射能で汚染された地域の指定が行われ、5mSv/年以上の汚染地域は国が、1mSv/年以上の地域は自治体が除染を行うとしている。つまり、被ばく線量の基準が1/5に改定されたので、食べ物の放射能含有基準が変わったのである。なお、基準は、食品として取り込まれる総量中の放射能による被ばく量から決められるので、必ずしも均等に1/5にはならない。摂取量の多い飲料水や放射線に対する感受性の高い乳幼児の摂取量の多い牛乳や乳製品はより低く規定されている。

〈旧基準〉

- 穀類；500Bq/kg
- 野菜；500Bq/kg
- 肉・卵・魚；500Bq/kg
- 飲料水；200Bq/kg
- 牛乳・乳製品；200Bq/kg

〈新基準〉

- 一般食品；100Bq/kg
- 飲料水；10Bq/kg
- 牛乳・乳製品；50Bq/kg

食品・飲料水は、体内へ取り込まれるので、内部被曝による健康リスクが生じる。被ばくを防ぐ3要素は、線源から離れること、放射線を長時間にわたって浴びないこと、遮蔽することであるが、放射能が体内に取りこまれると被ばくを防ぐ手立てはない。つまり、線源が細胞に付着しているので、離れることも、遮ることもできないし、寝ていても常に被ばくする。ただ、ひたすらに放射能が減衰及びこれらが体外へ排出されることを待たなければならぬ。

一方、災害廃棄物に含まれる放射能に対しては外部被ばくである。その強さや分布がわかれば、避けることも、直接手でさわらないことも、作業時間を計画的に短くすることもできるので、被ばくを防ぐことができる。なお、関西の自然放射線は、東北地方の2～3倍程度は高い場所が多いので、受け入れて放射線を測った場合には高くなることもあるの

で注意する必要がある。これは、関西ではマグマが冷えて固まった花崗岩が造山活動で地表に現れて六甲山や比叡山が形成されているのに対して東北（すべてではないが）は砂や粘土が固まった堆積岩が主体であることが主たる要因であるといわれている。つまり、花崗岩を加工した敷石、門柱をはじめこれを砕いて作られた砂や砂利の入ったコンクリートを用いた舗装道路、鉄筋コンクリート製の地下街、ビルなどは当然高い。なお、沿岸部や地下水の多い堆積層、人工構造物から離れた草地などは空間放射線はかなり低くなる。測定地点によっては3～5倍程度の違いがあるので、バックグラウンドを同じ測定器を用いて把握しておくことが重要になる。

ところで、「食品の新基準」は、本来、東北における原発事故により汚染された地域において生活する場合、緊急時の年間被ばく量5 mSvを通常時の1 mSvに低下させることに合わせて改定されたものである。つまり、原発事故由来に伴う放射能汚染による被ばく線量を抑制することが基本的な考え方であると理解していたが、緊急時における食品の暫定基準を同じように通常時の新基準として単純に1/5に規定して問題はないのであろうか！東北における除染基準は、空間線量率が0.23 μ Sv/h（生活時の被ばく線量が1 mSv/年以下）であり、このうち、大地からの線量率0.04 μ Sv/hを含むとしている。つまり、放射性セシウムの寄与が82.6%で、自然放射線のそれが17.4%になる。自然界には放射性セシウムが存在しないので、大地からの放射線は放射性カリウム、炭素及びウランの崩壊過程で放出される γ 線であると考えられる。

問題は、食品の基準は事故に伴う人工の放射性セシウムが対象であるが、食品中にはそれ以外の放射性物質が含まれていることである。たとえば、放射性のカリウムや炭素は無視できないほどの放射線の放出源である。試算したところ、カリウムには0.0117%の放射性カリウムが含まれているので、3,300mg/kg

以上含まれていると100Bq/kgに相当する。バナナや乾しいたけなどがこの基準を超える食品に該当する。放射性セシウムと同様に体内に摂取されると同じように放射線による内部被ばくによる健康リスクが生じる。日本人は数値に敏感すぎるので、自然放射能とはいえ同じ被ばくに影響があるので、いずれこれらについても基準や安全の目安の制定が求められ、「放射能ゼロ食品」が要請されるのではないかと懸念している。なお、カリウムや炭素は生物にとって必須元素であり、被ばくに伴う影響以上に健康に悪影響を及ぼすことを正しく理解しておく必要がある。

③【放射能泉の定義、74Bq/l以上、療養泉は110Bq/l以上！！】

放射線といえば、なじみの深い放射能泉がある。温泉であるので、体に良い効果があるほか、放射線による細胞の活性化が期待できるとして古くから人気がある。が、原発事故以来、放射線に被ばくすることが体に悪い影響を及ぼすことが強調されたため、温泉地も入浴者も困っているのが現状ではないだろうか？いろいろな情報が錯綜する中、原発反対派は放射線の危険性を強調し、継続派(?)は安全性を強調するので、どのように判断すべきか大いに迷う。

基本的に、原発事故は、体に取り込まれて内部被ばくを誘引する放射性ヨウ素や放射性セシウムの γ 線による影響が懸念されているのである。一方、放射能泉の線源は半減期が短く、体に固定されない不活性ガス（気体）である放射性ラドンやトロン（ラドンの一種）であり、ここから放射される α 線による細胞の活性化が期待されている。 α 線は γ 線や β 線と比べて非常に高いエネルギーを持っているが、薄い紙を通れないほど透過力が弱いいため、体内に取り込んでも体外まで放射線は漏出しない。そのため、細胞に直接大きなエネルギーを放射して強い刺激を与えるとされる。なお、体内へ入ったラドンの50%は30分で消

減し、約2時間もたてばほとんどのラドンが尿などから排出されるといわれている。

放射能泉には細胞を活性化するあるいは癒し効果などホルミシス効果があるといわれており、昔から人気がある。しかしながら、当然、被ばく線量が大きくなると、同じような健康リスクを伴うことは当然である。アメリカでは、放射能泉による肺がんリスクは煙草について2番目であり、危険視されている。放射性のラドン放射能濃度が高いようである。通気性の温泉宿の多い日本の場合とは事情が異なるようである。

ところで、温泉法や鉱泉分析法の規定で放射能泉が定義されている。それによると、

放射能泉とは、温泉水1リットル中に74Bq以上含まれていること。

療養泉とは、温泉水中1リットル中に111Bq以上含まれていること。

放射能泉には、「ラジウム温泉」、「ラドン温泉」、「トロン温泉」とあるが、一番多いのは「ラドン温泉」である。これらの放射性物質はもともと岩石中に含まれているわずかなウランが崩壊してラジウムが生成、これが崩壊してラドンを生成する。ラジウムは固体なので、地下で粘土などに吸着されて、温泉水中にはわずかより含まれていない。しかし、ラドンは気体なので地下深部あるいはラジウムの壊変で生成したものが、地下水に溶出したり、断層などから漏出して地上に現れる。核種は違うものの、放射能濃度としては、同じ程度であり、気にしなければ問題ないし、気にすると問題であるとしか言いようがない。なお、放射線に敏感な乳幼児を放射能泉に連れて行くことはあまり好ましくはないでしょう！！

④【体の中には放射能が約110Bq/kgもある！】

自らの体内に放射能が取り込まれていることはほとんどの人はまったく知らない。いかに、これまでの教育が放射線を避けていたか如実に示している。たぶん、勉強して食べ物

中に放射能が含まれており、体内から被ばくをしていることを知れば非常に大きなショックを受けることになると思われる。私たちの体を構成する細胞や骨は、炭素、カリウム、カルシウム、窒素、水素、酸素などで構成されている。他にもよう素や鉄、亜鉛のような微量元素が必須である。自然界には、非放射性の元素と放射性の元素が存在する（同位体）。これらは重さがわずかに違うだけで、化学的な性質はまったく同じであるので、人間を含む動植物はこれを区分することなく、体内にとりこむ。これにより体内から内部被ばくを受けているのである。体内の主たる放射性元素は、放射性のカリウム（K）と放射性の炭素（C）である。

カリウムは、窒素、リン酸とともに植物の三大栄養素のひとつであり、植物の生育のためには欠くことができない元素である。そのカリウムには同位体として3種類（K39、K40、K41）が存在し、K40だけが放射性である。K40は0.0117%含まれており、半減期が約12億年であり、地球ができたころから残っていると考えられている。

また、炭素（C）は、地球上の全ての生物の構成物質であり、体重60kgのヒトの場合は約14kgが炭素である。この炭素も同位体として3種類（C12、C13、C14）が存在し、炭素14だけが放射性である。自然界においては非放射性のC12の1兆分の1程度の量である。この炭素14は、半減期が5,430年で、K40に比べて短い、高度約9,000m～15,000mの上空で宇宙線が大気中の分子と衝突して生じた中性子が大気中の窒素14（N14）に衝突することで常時生成されており、大気中の濃度はほぼ一定に保たれている。炭素14は、大気中に二酸化炭素（ 14CO_2 ）として存在するものが光合成によって植物に取り込まれ、動物の生命を維持するための栄養素であるタンパク質、脂質、糖質などの構成元素である。体内には、そのほかの元素として放射性のルビウムやポロニウムが取り込まれており、放射

線を放出しているので内部被ばくする。

体重60kgのヒトの体内における放射性物質の濃度が約7,000Bqであり、kg当たり110Bq程度の放射能をもっている。つまり、自分の体内に含まれる放射性物質により内部被ばくを受けており、その量は年間0.41mSvに相当する。自然界からは大地から0.38mSv、宇宙線により0.29mSv、呼吸（ラドンガス）により0.40mSvを被ばくしており、年間被ばく線量は約1.5mSv程度である。なお、電離性放射線の障害と防止に関する法律で規定する基準は、これら自然放射線による被ばく及び医療被ばくを除いた防護基準である。

カリウム40……………4,000Bq

炭素14……………2,500Bq

ルビジウム87……………500Bq

鉛210・ポロニウム210…20Bq

(注) 放射性物質の原子核が1秒間に1個崩壊すると1Bq。

(注) 同位体（アイソトープ）：同じ元素（原子番号：陽子数が同じ）であるが、質量（原子核中の中性子数）が異なるもの。放射性の同位体と安定（非放射性）同位体が存在し、化学的な性質は全く同じ。

⑤【100Bq/kgの廃棄物を取り扱った場合の被ばく量は！】

「大阪府域における東日本大震災の災害廃棄物処理に関する指針」では、放射性物質を含む災害廃棄物を受入れる場合の条件を次のように定めている。

災害廃棄物の処理における放射性物質に係る事項を抜粋して以下に示す。

1) 対象とする放射性物質は、Cs134及びCs137とする。（半減期が違うと、エネルギーや減衰期間が異なるのでその割合を定めている。）

2) 周辺住民や作業員の受ける線量限度は、一般公衆の年間線量限度とされている1mSv/年を下回ること。

○受入れる災害廃棄物の放射性物質濃度の目

安値（以下「受入れの目安値」という）を100Bq/kg以下とする。

○埋立てる焼却灰等の目安値（以下「埋立ての目安値」という。）を2,000Bq/kgとする。なお、目安値はCs134及びCs137の合計値とする。

3) 災害廃棄物は、被災県において選別・破碎処理した後、木くず、紙くずなど組成ごとの放射性物質濃度を測定し、受入れの目安値100Bg/kg以下を確保したものを、コンテナに積み込んで船舶により大阪府域に運搬する。その後、選別・仕分けされ市町村等の焼却施設において焼却処理を行い、焼却灰等を埋立ての目安値2,000Bq/kg以下で適正に処分する。

【処理工程の周辺住民や作業員の受ける線量の試算結果】

○100Bq/kgの災害廃棄物を運搬・選別・焼却する作業員が受ける線量を府域の処理実態に合わせて試算した結果は0.005～0.048mSv/年。

○2,000Bq/kgの焼却灰を運搬・埋立てする作業員が受ける線量を府域の処理実態に合わせて試算した結果、0.12～0.86mSv/年。

この試算では埋立場所一面に2,000Bq/kgの焼却灰が埋まるとしているが、実際には通常発生する焼却灰等の廃棄物も埋まっており、覆土もされているので、実際に受ける線量は試算結果よりもかなり小さくなる。

○100Bq/kgの災害廃棄物を運搬・選別・焼却する場合に一般公衆が受ける線量を試算した結果、0.000043～0.0013mSv/年で1mSv/年を大きく下回る。

○2,000Bq/kgの焼却灰を運搬・埋立て時の一般公衆が受ける線量を試算した結果、0.00076～0.0014mSv/年。

以上の試算は安全側に立って余裕を持たせた条件での試算であり、実際に処理を行う際に実際に受ける線量は試算結果よりもかなり小さくなると考えられる。

⑥【被ばく線量と健康リスクの考え方とは！】

放射能を含む災害廃棄物を受入れ、大阪府内で処理した場合の被ばく線量が上記で算出され、被ばく線量の目安値である1 mSv/年を大きく下回ることが公表された。また、被ばく計算に当たってはかなり安全側での条件で試算しており、実際にはこの被ばく数値よりもかなり低くなるとされている。

ところで、この数値の意味を理解できなければ、いくら低い数値が公表されても「どの程度安全なのか、どの程度危険なのか！」わからない。意味がわからないので、「少しでも危険があるなら、受け入れることはできない。」という短絡的な考え方になり、科学的よりも感覚的な判断が行われることになる。

人は、どのように行動しても必ず怪我や死亡のリスクを伴う。食品の有害物の基準にしても大気汚染などの環境基準についても、一定以上の有害なものを摂取あるいは曝露された場合、基準は設定されているが、これはすべての人に対する安全基準ではない。従来の基準の考え方は、一定数値以上であれば危険、以下であれば安全であるとの二者択一方式が採用されていたが、ここ十数年の科学的な知見では、絶対安全である基準はないのであり、統計的にどの程度危険であるかが判断基準になっている。とくに、放射線被ばくの影響については、国際放射線防護委員会(ICRP)による基準が公表されている。それによれば、

○人体への影響は100mSv/年以下の被ばく線量では、影響が明らかでない。

○100mSv/年以下の被ばくについては、「しきい値」がないとしてわずかでも被ばくすれば影響が生じるとの仮定に基づいて防護基準を設定する。

○実際には、わずかな被ばくした場合には、DNAや細胞の自己修復機能があるので、影響はないとの主張もある。

○事例研究では自然被ばく線量の高い地域においても確たる健康への支障が証明できていない。

○広島、長崎の原爆により被ばくした数万人を60年にわたって追跡調査しているが、低線量被ばくの影響が明確でない。

ICRPの「しきい値なし」として被ばくの影響を判断することは、安全側の判断であり、多くの国々で採用されている。

ところで、100Bq/kgの事故由来に伴う放射能を含む災害廃棄物を処理した場合、自然界からの被ばく以外にわずかながら追加被ばくする。その数値が人体に対してどの程度のリスクを伴うものかについて調査した。このように影響が明確でない場合には、統計的にどの程度の危険性があるかを判断する方法が一般的である。統計的な評価は、本来、個人に対するリスクを判断するために使用することは適切ではないが、素人にはわかりやすい。算定された被ばく線量のリスクの程度を通常のリスクと比較してみた。

○1 mSv/年(1,000 μ S/年)⇒20～30年後のがん死亡確率を除いて、がんで死亡する確率は、10万人あたり5～6人程度；交通事故での死亡率と同じくらいのリスク。

○100 μ Sv/年⇒死亡確率は、100万人あたり5～6人程度；火災、自然災害、山岳遭難事故での死亡率と同じくらいのリスク。

○10 μ Sv/年⇒死亡確率は、1,000万人あたり5～6人程度；船舶・航空機による遭難事故での死亡率と同じくらいのリスク。

一般的に100万人当たり一桁の死亡率は無視できるリスクと判断されている。したがって、放射能を含む廃棄物を取り扱う作業員は最大0.8mSv/年であるが、一般公衆に対して0.1 μ Sv/年以下であり、無視できる程度のリスクであるといえる。

【おわりに】

このように100Bq/kg以下の放射能を含む災害廃棄物を取り扱った場合には、追加被ばくが生じるが、その程度はごく微小であるといえよう。なお、一般住民に対してそのリスクは無視できるレベルである。身の周りの放

射線被ばく量などと比較してもなんら問題は 自分自身が勉強して自ら行うべきであろう。
ないレベルであると思うが、リスクの判断は

〔追記〕

平成24年4月17日付けで「環境省告示第76号」が公布された。東日本大震災により生じた災害廃棄物の処理に関する特別措置法（平成23年法律第99号）第6条第一項の規定を実施するため、東日本大震災より生じた災害廃棄物の広域処理に関する基準等を次のように定め、公布の日から適用する。

東日本大震災により生じた災害廃棄物の広域処理に関する基準等

第一 一般原則

第二 受入基準等

第三 処理の方法

第四 安全性の確認方法

以下に、受入基準等と処理の方法を抜粋して示す。

第二 受入基準等

一 可燃性の災害廃棄物の焼却、溶融、熱分解又は焼成（以下「焼却等」という。）を行う場合は焼却等により生じるばいじん及び焼却灰その他の燃え殻（以下「焼却灰等」という。）の放射能濃度（Cs134及びCs137の合計をいう。以下同じ。）が十分な安全率をもって8千Bq/kgを下回ることとすること。

このため、受け入れる災害廃棄物の平均的な放射能濃度は、災害廃棄物のみを焼却する場合であっても、焼却灰等の放射能濃度が8千Bq/kgを確実に下回るように十分な安全率をもった240Bq/kg（流動床式の焼却設備を用いる場合にあっては480Bq/kg）以下であることを目安とすること。

二 災害廃棄物の再生利用を行う場合は、再生利用した製品の平均的な放射能濃度が市場に流通する前の段階で100Bq/kg以下となるようにすること。

三 焼却等を行わずに災害廃棄物の埋立処分を行う場合は、受け入れる災害廃棄物の平均的な放射能濃度が8千Bq/kgを下回ることとする。なお、広域処理の対象となる災害廃棄物の実際の放射能濃度は、不検出から数百Bq/kg程度までの範囲であり、この基準を十分に満足するものである。

第三 処理の方法

一 可燃性の災害廃棄物の焼却等を行う場合は、ろ過式集じん方式の集じん器等当該処分に伴い生じた排ガス中の放射性物質を除去する高度の機能を有する排ガス処理設備を備えている施設を用いて行うこと。また、焼却灰等は、一般廃棄物の最終処分場において埋立処分を行うこと。水面埋立地のうち、陸域化した部分において埋立処分を行う場合は、陸上の最終処分場と同様の方法によることとし、水面部分への投入によって埋立処分を行う場合は、次の各号に掲げる要件に適合していることを確認すること。

(1) 埋立処分を行おうとする水面埋立地において、埋立処分が終了するまでの間に埋め立てる災害廃棄物から溶出すると考えられる放射性物質の総量と、災害廃棄物の埋立処分を終了するときの水面埋立地の残余水面部の内水の総量との比率から算出される水面埋立地の残余水面部の内水の放射能濃度が、平成23年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震に伴う原子力発電事故により放出された放射性物質による環境の汚染への対処に関する特別措置法施行規則（平成23年環境省令第33号）第33条第2号に規定する最終処分場周辺の公共の水域における放射性物質の濃度限度以下であること。

(2) 水面埋立地の残余水面部の内水の放射能濃度について測定を行い、継続的に監視すること。

二 災害廃棄物の再生利用を行う場合は、製品として広く市場に流通しても問題が生じないよう、第二の二によること。

三 焼却等を行わずに不燃性の災害廃棄物の埋立処分を行う場合は、必要に応じ分別破碎等の処理をして、一般廃棄物の最終処分場において埋立処分を行うこと。