

## 東日本大震災で発生した災害廃棄物の処理について ～放射性物質が付着した廃棄物は放射性廃棄物か？～

環境計画センター

技術士（衛生工学・建設・環境）・環境カウンセラー（事業者部門）

第一種放射線取扱主任者、甲種危険物取扱者など

専任理事 <sup>かぎや</sup>鍵谷 <sup>つかさ</sup>司

平成23年3月11日に発生した東日本大震災では、マグニチュード9を越えるような大規模な地震、それに伴って押し寄せたこれまでに経験したことのない大津波、さらに、福島原子力発電所の事故と、わが国では起こらないと決めていた事故が一気に起こってしまった。当然、想定をこえて発生したのであるからその被害は甚大であるにも関わらず、対応に付いてほとんど具体的に準備してこなかった。このため、日々変化する現場に適切に速やかに対応することができず、多くの関係住民の方々に大変な苦痛を与えている。被災にあわれた関係者には心からお見舞い申し上げます。

ところで、地震と津波により膨大な災害廃棄物が発生している。災害廃棄物は、事業活動に伴って発生する産業廃棄物とは違うので、一般廃棄物に該当する。一般廃棄物の処理責任は自治体にあるが、この状況ではほとんど対応できないので、国が主体的に取り組まざるを得ない。一方、福島原子力発電所の水素爆発により膨大な放射性物質が放出され、多くの住民が住みなれた土地からの退避を余儀なくされている。

広範囲に土壤の放射能汚染が起こっているということは、発生した災害廃棄物も放射能で汚染されていることを意味する。災害廃棄物の処理については、まだまだ発生量などが不確定な段階ではあるが、これまでに漏れ聞く推定量などに基づいて処理にあたって留意

すべきこと、あるいは処理の方法などに付いて検討中であり、一部を紹介する。

なお、私は若かりし頃、原子力研究所や民間の放射線照射会社に勤務し、第一種放射線取扱主任者の有資格者ある。原研では主にコバルト60ガンマ線（密封線源）を各種雰囲気中でプラスチックに照射し、プラスチックの強化と劣化特性（耐熱性、耐溶剤性、強度変化等）に関する基礎研究を、民間会社ではガンマ線をデイスポーザル注射器や手術用具に照射する放射線滅菌事業に従事していた。

現在の専門分野は主に廃棄物関係であることから放射性物質が付着した災害廃棄物の取扱いについて考えるとともに、必要な基礎知識を解説する事にしたい。

### 〈災害廃棄物処理に関するQ & Aについて〉

Q－①：災害廃棄物の処理の問題とは！

Q－②：少しでも放射性物質が付着した廃棄物は放射性廃棄物か！

Q－③：廃棄物を焼却すると放射能は濃縮されるのか！

Q－④：ガレキ類の処理はどのようにすべきか！

Q－①：災害廃棄物の処理の問題とは！

新聞報道であるが、東日本大震災で発生したガレキは約2,500万トンであり、このうち、約7割が木くず等の可燃性廃棄物であるといわれている。さらに、海上に流出し、海底に

堆積しているものを含めると3,000万トン以上に達する可能性がある。平成20年度におけるわが国の産業廃棄物の発生量は約4億370万トンであり、このうち、がれき類は約6,100万トン、木くずが約630万トンである。とくに、可燃性の木くずが日本全体の年間発生量の3倍もの膨大な量である。被災県のガレキ発生量は、岩手県で583万トン、宮城県で1,600万トン、福島県で290万トンといわれており、23年分が一度に発生したと報道されている。

ところで、廃棄物処理法では、発生した廃棄物の処理責任を家庭ごみ等の一般廃棄物について地方自治体が、事業活動に伴って発生した産業廃棄物については排出事業者にあることが明記している。産業廃棄物とは、木くず、紙くず、繊維くず、ガレキ類など約20種類が規定されており、それ以外の廃棄物は一般廃棄物に該当するとされている。つまり、今回の大地震で発生した災害廃棄物は事業活動で発生したものでないの、一般廃棄物に該当することになる。また、その処理責任は地方自治体にあるが、多くの住民が死亡や行方不明、かつ家屋、土地を失い、住むところもないような現状において自治体がこれらの処理を行うことは不可能であり、国が直接行う以外に対応できない状況である。

しかしながら、適正に処理するはずのリサイクル施設、焼却施設、最終処分場も大きな被害を受けており、ただちに大量の災害廃棄物を受入れて処理することはできない状況となる。また、保管場所の確保もままならない状況も報道されており、一部で野焼きも行われているとの指摘もある。

災害廃棄物の取扱い時には、様々な危険な廃棄物が付着や混入しており、素人のボランティアが手作業を行う場合には、十分に注意する必要がある。すでに平成23年4月25日付けで環境省より「災害廃棄物の処理に係る留意事項について」が関係各県に事務連絡が行われており、次の件について情報提供が行われている。その内容は、

①浮沈分離法の活用について；木くずとガレキの分離に効果がある。（阪神大震災での事例）

②作業時の安全の確保について；作業時の装備や災害廃棄物処理に係る労働災害防止について

③塩分を含む廃棄物の処理について；チップ状に破碎した流木での実験では、保管時に200mmの降水により塩分が1%から0.2%に低下した事例などを紹介。

また、ガレキ処理に伴う労働災害を防止するために次のような情報が提供されている。

①ガレキ処理の際、粉じんや有害な化学物質から身を守るために道のような点に注意が必要か。

②こぼれている毒劇物を見つけた時はどうすればよいか。

③トランス、コンデンサ等を発見したときはどうすればよいか。

④アスベストらしきものが吹きつけられている建材を見つけたとき、どうすればよいか。

⑤燃焼しているガレキがある場合はどのような注意が必要か。

⑥化学物質による労働災害の防止について専門家を紹介してもらうにはどこに聞けばよいか。

⑦ふんじん（防毒）マスクの着用方法について

⑧化学物質の名称はわかっているが、危険有害性がわからない場合にどうすればよいか。

⑨ガレキ処理を行う際の注意すべき点について

⑩ガレキ処理に建設機械を使用する際の注意点について。

⑪労働安全衛生法について知りたいときの相談先は。

また、5月8日には、災害廃棄物の処理は国が直轄で、費用も処理も行うことが示されている。



災害廃棄物の発生状況（ネットより）

**Q-②：少しでも放射性物質が付着した廃棄物は放射性廃棄物か！**

原子力発電所の廃止時に発生する廃棄物は、110万KWの軽水炉の場合、約50～55万トンと推算されており、このうち、放射性廃棄物として取扱う必要のないものは全体の97%以上であると試算されている。これらは通常ビルの解体で発生するコンクリートや鋼材と同じである。つまり、放射性廃棄物として処理が必要なものは全体の3%に相当する1万トン程度と試算されている。

初期に設置された原子力発電所の廃止時期を見据えて、2005年（平成17年）5月の通常国会で「原子炉等規制法」が改正された。その中で、クリアランス制度（放射性廃棄物として取り扱う必要のないものを区分レベル）が規定された。クリアランスレベル以下の廃棄物は、普通の廃棄物として安全上同じ扱いができ、再生利用や処分が可能になることを意味する。

クリアランスレベルは、様々な事例を想定した計算結果から、原発の廃止時に発生する極低レベルの放射線で汚染されたコンクリートや金属がどのように再利用あるいは埋め立てられても、それらに起因する放射線からの人体への影響は無視できるレベルとして、それに起因する身体への影響が1年間当り0.01ミリシーベルト（ $10\mu\text{Sv}$ ）以下と規定されている。このような事故による放射性物質の放出

による廃棄物の汚染は全く想定されていないのである（放射線防護基準として年間1mSv/年の1/100）。

この被ばく量は時間当たり $0.001\mu\text{Sv}$ に相当する。すでに大気中の環境濃度が多く地域において $0.50\mu\text{Sv/hr}$ を超えており、この基準を当てはめるのは現実的ではない。もともと放射線防護の観点からできる限り低い被ばく量で設定されたものであり、これは自然界から受ける被ばく量（日本の場合を $1.6\text{mSv/年}$ ）の160分の1以下である。このレベルの人体に対する影響は $10^{-6}$ レベル、つまり、百万人に一人が癌で死亡する確率（リスク）程度とされている。

なお、我が国における癌による死亡確率は10万人あたり350人程度である。緊急時の被ばく基準として適用しても意味がないことになるので、今後、モニタリング結果を検討した上で、確率的影響（少量被ばくであってもリスクはゼロにはならない；発がんや遺伝的影響）を検討し、目安が示されることになろう。

ところで、このクリアランス制度の最も大きな問題は、コンクリートなどのガレキや金属等の安定型廃棄物が想定されていることではなかろうか！福島原発から放出された放射性物質は、土壌をはじめ災害廃棄物などあらゆる野外に広範囲に降下している。とくに、木くずや下水汚泥などの可燃性廃棄物はいずれ燃焼あるいは焼却されるので、焼却灰が発生する。木くずを焼却した場合の焼却灰の発生量は約5%程度である。つまり、放射性物質は、燃焼や加熱などによって分解できないので、ほとんど焼却灰等に移行することになる。単純に計算すると20倍に濃縮されているので、放射線量は $0.02\text{mSv/年}$ に相当する。

いずれにしても当該廃棄物の基準は、原子力関連事業から発生した廃棄物が想定されており、環境に放出された放射性物質による土壌あるいは災害廃棄物についての基準ではない。逆に、基準がないのであるから既存のクリアランス制度の考え方が参考にはなるが、

すでに大気中の環境濃度がこの基準を超えていることから、今後の環境モニタリング結果に基づいた新たな目安が示されることになる。

**Q－③：廃棄物を焼却すると放射能は濃縮されるのか！**

報道によると、「福島県は5月1日に福島県県中浄化センター（郡山市）で発生した下水汚泥から1キログラム当たり2万6400ベクレルの高濃度の放射性セシウムが検出されたと発表した。県は、福島第1原発事故で外部に放出された大量の放射性物質が降雨により下水に流れ込んだと推測している。汚泥を減量化処理してできる「溶融スラグ」からは1キログラム当たり33万4,000ベクレルが検出されたという。原発事故前に処理したスラグから検出されたのは246ベクレルだった。」

ご存知のように、放射性物質はいくら加熱しても化学分解しても放出される放射線を止めることはできない。850℃程度で焼却しようが、2,000℃程度で溶融しても、放射性物質を分解することはできない。逆に、水分を除去したり、焼却により減量化することにより、無機物のセシウムなどは残渣に濃縮されることになる。ここで、下記の条件を付して濃縮の度合いを試算したので、参考にしていただきたい。

○下水汚泥（脱水汚泥）の放射能濃度；2万6,400ベクレル/kg

○下水汚泥の焼却処理による焼却灰量；（下水汚泥の15%）；約17万ベクレル/kg

○焼却灰の溶融処理（スラグ）；焼却灰の半分（7%）と想定；約34万ベクレル/kg

濃縮、残さ率、溶融減量率など若干の変動はあったとしても溶融することにより放射性物質濃度は高くなる。それに応じて放射能が増加する。計算は単純であるので、災害廃棄物の焼却処理時にあたり、概算で把握しておくことをお勧めしたい。

なお、平成23年5月12日には、国の「下水

汚泥の取扱いについて」考え方が示された。指針によると汚泥1kgあたり10万ベクレルを超える放射性物質が検出された場合、福島県内で焼却処分し、飛散しないようにドラム缶等で保管することが望ましいとした。それ以下の汚泥は、当面、地下水への汚染対策をした処理場の埋立て敷地などに監視できる状態で保管しても問題ないとした。原子炉規制法で、半減期が約30年のセシウム137が1kg当たり10万ベクレルを越えなければ穴を掘って埋められることを定めている。

**Q－④：ガレキ及び汚染土壌の処理はどのようにすべきか！**

今後、調査が海底などにも広げられると、ガレキ類はますます増えると推測される。また、放射性物質が付着した汚染土壌が膨大であり、その処分が大きな課題となっている。

ところで、今回の災害廃棄物の発生は、大地震による建築物や構造物の損壊及び大津波による損壊や流出である。阪神大震災で見られたような山積みされた廃棄物とは光景が違って見える。たぶん、家屋損壊物などにより発生した木材等は水よりも軽いので、浮いて津波により上流（引き波もあるが！）へと運ばれ、ガレキの上に積み重なるようになり、また、大きくて重いガレキ類は、沿岸部の近い区域に、微粒子状や細粒分などは津波と共に上流へと移動したのではないかと想像できる。木くずとガレキ類は大雑把に分別されて仮保管場所に保管されているようであるが、環境保全上、問題がないような恒久的な処分場の確保が必要である。

一方、汚染土壌は災害廃棄物ではなく、単なる残土であるが、放射線が検出されているので、その処分には慎重な対応が求められる。校庭の放射能濃度を低下させるためには、表土をはぎ取り掘削土との入れ替えにより放射線は10分の1に低下するとの報道もあり、多くの校庭、公園、田畑などで実施される可能性がある。しかしながら、ただ単に入れ替え

たとしても表面における空間線量率（空気線量率）は低下するものの、地下に埋設した放射性物質の量は変わらない。入れ替えにより表層の放射能濃度が低くなったこと、地下部からの放射線が地表まで至るまでに減衰（距離の2乗に反比例）、表層土壌による遮蔽効果により減衰したものと考えられる。いずれにしてもその場所に放射性物質が存在することには変わりはない。

ところで、放射線を遮蔽するにあたっては、水は非常に有効な遮蔽材である。通常、放射性物質であるコバルト60の $\gamma$ 線利用施設においては、これら線源は深さ数mのプールで保管され、照射するときに水中から空气中へ上昇する。コバルト60  $\gamma$ 線に対する水の遮蔽効果は鉛の1/15位であるが、水深1.8mであれば実効線量透過率は10<sup>-3</sup>程度（鉛なら12cm程度）に減衰する。つまり、水も遮蔽効果が期待できるのである。

このような特徴を考えると、極低レベルの放射性物質、低濃度レベルで汚染された土壌及びガレキ類は、海面埋立処分場において埋立処分することが最も安全ではないかと考えられる。湾岸部海底部の地形や地盤、地層状況について知見はないが、100ha程度の海面埋立処分場を整備し、仮に水深が15mとすると1,500 m<sup>3</sup>（ガレキ類なら2,500万トンに相当）の埋立容量が確保できる。ここに、汚染土壌やガレキ、あるいは汚泥焼却灰、溶融物などの埋立処分場として利用する方法が選択枝の一つである。当然、安定型廃棄物に該当するガレキ類であっても細粒分に放射性物質が含まれているとの前提に立ち、外海への流出防止等環境保全対策に万全を期す必要がある。海面埋立処分場については大阪湾内で1,500～2,500万m<sup>3</sup>の大型処分場が平成元ころから整備されて使われており、技術や知見は豊富にある。できれば、海底に堆積した水底土砂類を浚渫して海面処分場に投入し、区画埋立をして放射性物質の高い廃棄物の流出防止策を講じる等の工夫が必要であろう。



仮設保管場所に向かう運搬車の列

### おわりに

災害廃棄物量やその種類については超概算であり、調査中とある。これに津波による塩が吸着や付着しているため、処理（リサイクルを含む）時に問題になる。さらに、放射性物質が付着されていることからその取扱いが大きな問題になる。

とくに、汚泥や可燃物などは最終的に焼却や溶融処理により減量化された場合には、セシウムなどは焼却灰やばいじんの移行し、結果的に濃縮されるので、もとの放射性物質よりも高濃度になり、放射線の影響を無視できなくなりうる。

さらに、ガレキを整理するボランティアなどが大量の人出により片付けたり、選別しているが、放射性物質を含んだ微粒子（ほこり）を吸入した場合には、体内で内部被ばくすることになりかねない。放射能レベルは低いとはいえ、皮膚に付着したり、吸引しないように万全の注意が必要であろう。

災害廃棄物に対応については国をはじめ多くの関係機関において検討が始まっており、今後、方針が明確になるものと思われる。現場が進行中のことであるので、寄稿しにくいですが、私は放射線の専門家であり、廃棄物や環境分野でも専門家として活動してきた。その意味で、基本的な問題点を紹介することにしたものです。