

教訓ノート4-4

4. 復興計画

がれき処理



著者

酒井伸一：京都大学
国際復興プラットフォーム

教訓ノート4-4

4. 復興計画

がれき処理

東日本大震災により約2,000万トンの災害廃棄物が発生した。岩手県では通常年の廃棄物の11倍、宮城県では19倍に相当する。廃棄物は、リサイクルも検討しつつ、その種類に応じて適切な処理や処分が決められる。行政は事前に廃棄物の仮置場や運搬経路を指定することで災害に備えるべきである。日本では、津波から発生する災害廃棄物の量を推定する方法と、それを処理する適切な施策を盛り込むため、従来の廃棄物処理計画の見直しを進めている。

知見

多様な災害

災害には、地震、津波、台風、洪水、火災など多種多様な形態がある。過去10年間、さまざまな大災害により世界中の社会インフラが破壊されてきた。例えば、2004年のスマトラ島アンダマン地震、2005年のハリケーン・カトリーナ、2008年の中国・四川大地震、2011年のニュージーランドやトルコでの地震などである。環境影響や、廃棄物の問題は、その内容や与える影響が地域でそれぞれ異なり、多数の要因が関係する。例えば、災害の原因、地域産業の種類、建築物の密度などに左右され、一般化することは極めて困難である。

災害廃棄物量とその分類

東日本大震災では大量の災害廃棄物が発生した。2012年5月21日現在で環境省はその量を2,000万トンと推計している。この数字は、阪神・淡路大震災（神戸）後の1,500万トン、2008年の四川省地震の2,000万トン、2004年のインド洋津波の1,000万 m^3 （インドネシアのみ）と比較しても膨大である。（Brown他、2011）

全壊建築物の1戸あたりの廃棄物発生量は1995年の阪神・淡路大震災の推計では、61.9トン/世帯、113トン/戸である。単位床面積あたりの発生量についてはほとんど報告されていないが、この大震災で報告されている一つの数値は0.62~0.85トン/m²であり、最近見直された数値は0.20~1.44トン/m²となっている。

津波堆積物とその性質

津波堆積物は被災地に残留した土砂等の泥状の物質であり、その性状や組成は多様である。問題となる堆積物の例として、津波により倒壊した家屋等の残骸と混然一体となったもの、油類を含むもの、腐敗、乾燥により臭気や粉塵が発生するものがある。事業所に由来する農薬、酸、アルカリ他の有害な化学物質が混入している場合もある。これらは放置されると、公衆衛生上の懸念が生じる。今回の津波で大量の堆積物が残された。この堆積物量は、津波浸水面積に対して堆積物の平均堆積厚と体積重量換算係数を乗じ、青森県、岩手県、宮城県、福島県、茨城県、千葉県の被災6県について11,990,000~19,200,000m³、13,190,000~28,020,000トンと推計された（廃棄物資源循環学会）。堆積高は2.5~4cmと推定した。

化学分析結果の要旨は以下のとおりである。熱しゃく減量（高温で加熱（600°C、3時間）することにより失われる質量分）は1.2%から16.3%の範囲であり、海底の泥の有機物に由来する油分の影響を受けている試料が散見された。ノルマルヘキサン抽出物（不揮発性の物質の総称で油分の指標の一つ）は複数の試料で0.1%を超え、高いものでは9.8%を示した油泥もあった。重金属の検査ではほとんどの試料が不検出であったが、多数の試料で鉛がmg/kgの単位で検出された。重金属の溶出量（環境庁告示第46号に準拠する方法）は鉛、砒素、フッ素およびほう素について土壤汚染に係わる環境基準値を超過する事例が見られた。鉛およびヒ素溶出基準超過については自然由来も考えられる。海水中のフッ素やほう素の濃度が高いため、海水の影響があった可能性がある。ダイオキシン、PCB、農薬などの残留性有機汚染物質（POP）については、含有量基準値を超えた試料はなかった（例えば、PCBについては、PCB処理物の卒業判定基準値が廃油で0.5ppm以下と定められている。ダイオキシン類では、土壤や水底底質中の環境基準値がある。その他の物質については、設定されている参照指針値等がある）。環境省が近年実施している近隣水域および陸域で実施してきた底質や土壤の環境モニタリング調査の結果と比較してもおおむね同じレベルである。調査は62試料と限定的な調査結果からの考察であるため、今後さらなる詳細な調査が待たれるが、現時点では特段の汚染は見られない。

津波堆積物処理指針は基本的に、木くずや他の混入物を除去し無害化した後に、埋立てや堤防の材料として使用することを求めている。油圧ショベルの使用が難しい都市部では、工具を使って人手により撤去される。堆積物を収集し重機で運び出す一方、水分量が多い堆積物の運搬には衛生車が使われる。堆積物は撤去後、集積所に置かれ、土木資材として使うことができる。木くずやコンクリートがらは分別される。有害物質を含んでいる

場合、洗浄や化学・物理処理によって無害化され、資材として使用されるか、または有効利用できない場合には管理型埋立地へ運ばれる。津波堆積物に木くずや他の物質が含まれておらず、有害物質で汚染されていない場合、土地所有者との調整後、そのまま放置できることにした。

有害廃棄物の分別と処分

危険な種類の廃棄物は、特に現場で取り扱う場合には様々な注意を要する。ガスボンベ、アスベストを含む建材、PCBを含む変圧器およびコンデンサなど有害廃棄物が存在する。廃棄物資源循環学会は震災廃棄物早見表を作成しており、廃棄物の撤去を行う作業員はこの早見表やそれに類するものを作業前に目を通すことが望ましい。

有害廃棄物の処理法について仙台市の事例がある。有害廃棄物は家庭の洗剤、塗料、自動車の鉛蓄電池、各産業界で使われている予備電源設備までに及び、野球場の広さのスペースにすべて別々に保管されている。このような廃棄物のうち、ガスボンベと消火器のみは関連業界で処理する決定がなされたが、それ以外の物質の処理・処分法については未定である。家庭有害廃棄物の日々の取り扱いでは特に注意が必要であり、災害対策計画には詳細な対策を含むべきである。

教訓

震災廃棄物提言の基本骨子

日本学術会議は2011年4月5日、「震災廃棄物対策と環境影響防止に関する緊急提言」を発表した。この提言の骨子は、廃棄物資源循環学会が起草し、土木学会と水環境学会との連携で提言された。震災廃棄物処理の基本方針を策定し、環境影響を最小限に抑える上で中長期的対応も考慮した。要点は以下のとおりである。

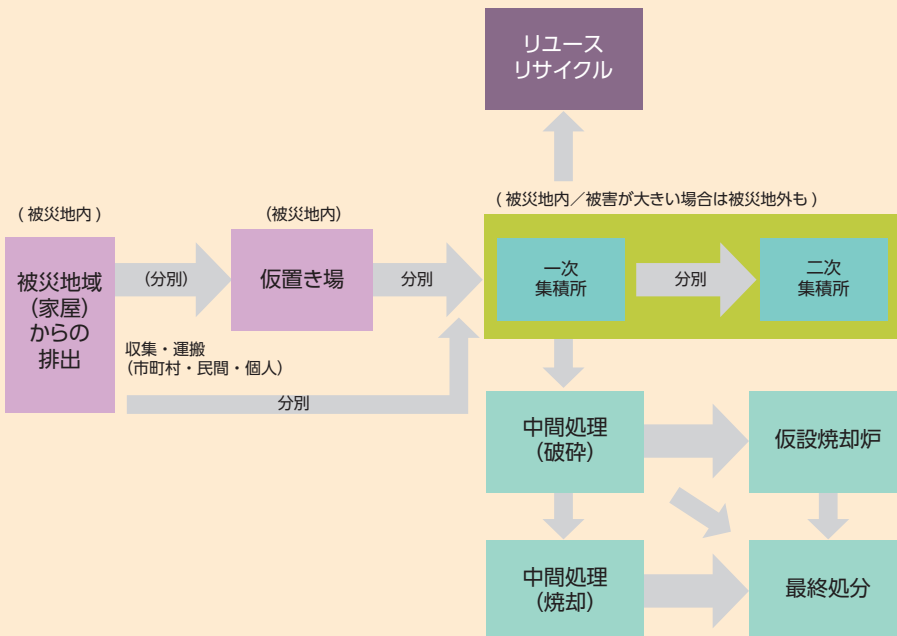
- **公衆衛生の確保と有害廃棄物対応を念頭におき、緊急の処理・処分を行う。**腐敗物への対応を優先し、市中と往来から速やかに排除、もしくは腐敗を遅らせる措置(石灰散布など)をとる。有害廃棄物(医療系廃棄物、アスベスト、PCB等)の所在を確認し、それぞれの適正処理に努める。
- **水環境に考慮した暫定集積場所を定め一定の分別を行う。**廃棄物集積地を早急に決め、腐敗物(底泥等で汚れたものも含む)、可燃物、不燃物、がれき、有害廃棄物を混ぜない。大きな堆積物の山をつくらないことにより火災等を防ぐとともに、水質・土壌・地下水汚染を引き起こさないように留意する。
- **復旧・復興における資源活用につながるリサイクルを視野に入れる。**震災廃棄物の

中には、コンクリートがらや土砂、金属類（廃自動車を含む）、木くずなど、復旧・復興に有用なリサイクル資源が含まれている。木くずは火力発電所等での活用など化石資源を代替する形での広域的なリサイクルを行う。

- **地域の雇用（国際的には、Cash for Workとして推奨されている）につながるように配慮する。** 東北地方ではリサイクルされたとしても十分な処理能力がないため、全国規模での連携が重要であり、産官学市民の支援・連携が望まれる。

図1は処理を円滑に進めるための、廃棄物の集積場所に関する基本的な流れを示している。廃棄物の仮置き場と集積場は被災地からがれきをスムーズに撤去する上で大きな役割を果たす。東北地方の被災地の多くは狭隘な海岸地帯から構成され、仮設住宅や他の用途に土地が緊急に必要とされていることから、仮置場の土地の確保は容易ではなかった。すべての地域で、行政は仮置き場の場所、廃棄物運搬の交通ルート、その他関連の必要事項を指定して事前に災害に備えるべきである。

図1：震災廃棄物の分別・処理の流れ



廃棄物に個人の私有物が混合した場合には、撤去と処理を進行させながら、その所有者を特定しなければならない。2011年3月末、政府は「東北地方太平洋沖地震における損壊家屋等の撤去等に関する指針」を発表した。これには以下の3点が含まれている。

1. 作業の対象地域・日程等の計画を事前に周知する。
2. 撤去前に、写真を撮影し、建物、自動車、原動機付自転車、船舶を写真等で記録しておく。
3. 位牌、アルバム等、所有者等の個人にとって価値があると認められるもの、動産については、所有者等に引き渡す機会を設ける。

さらに、貴金属、その他有価物および金庫等については、一時保管する。所有者等が判明した場合には連絡するよう努め、引き渡しを求める場合には引き渡す。引き渡すべき所有者等が明らかでない場合には、遺失物法により処理する、としている。

分別とリサイクル：仙台市のモデル

地震や津波による震災廃棄物の構成について考えられる分類区分は以下のとおりである。

1. 家電製品、電子製品、家財道具
2. 廃材、コンクリートがら、タイルなど
3. 植物、樹木等の自然品目
4. 大型構造物など
5. 堆積物（泥砂、沈殿物など）
6. 自動車、船舶
7. 有害廃棄物（アスベスト、農薬、PCBなど）
8. 避難ごみ
9. 感染性廃棄物、人間の死体、動物の死体

各廃棄物タイプの構成にもよるが、適切な処理・処分法を見つけ出し、実施する一方、

リサイクルの可能性についても留意する必要がある。表1は上記の区分に該当する特定の種類の廃棄物と、そのリサイクル・処分法を示している。住民は廃棄物の早急な撤去に関心を示しがちであるが、有用な資源を再利用し、埋立て用地の無駄な使用を避けるため、廃棄物をどのようにリサイクルするのが最初に考慮すべきである。

仙台市で発生した震災廃棄物と津波堆積物はそれぞれ約135万トンと130万トンと推計された。2012年4月の時点で以下のように処理されている：

- 1) 震災廃棄物135万トンのほぼ半分を占めるコンクリートがらは、土木資材として再利用できる。
- 2) 津波堆積物以外の廃棄物対策方針は近く示される

仙台市は3月11日の震災からわずか3週間後に災害廃棄物量を早くも推計し、3年以内の処理完了を目標に設定した。この廃棄物を既存施設で処理することは不可能であることが分かり、同市は新たに仮設焼却炉の建設を決定し、2011年秋に完成した。仮設焼却炉3基（1基はストーカ炉、2基はロータリーキルン炉、総処分量は480トン/日）は沿岸地区の指定仮置場3箇所に設置されている。（燃料用）木くず、金属くず、タイヤ、家電リサイクル法で指定されている4品目、自動車、バイクについては分別とリサイクルが行われている。埋め立て予定の廃棄物を含め、回収して仮置場へ運ばれる廃棄物量は特大計量器で計量され、一部ではその計量結果は管理票に記録される。

財政支援

震災廃棄物の処分を促進するための費用の半分は政府の補助金によって賄われる。残りの費用の80%は起債対象となる。すなわち、地方自治体は費用総額の10%のみを負担すればよい。震災による甚大な被害規模を考慮して自治体の負担を軽減するため、追加措置も実施された。

表1：震災廃棄物の分別、リサイクルおよび処理法

区分	概要	廃棄物の種類	リサイクル・処分法
家財廃棄物	地震・津波で破壊された家財	有価物および位牌	所有者へ返還のための保管品目
		家電品（テレビ、冷蔵庫、エアコン、洗濯機）	家電品リサイクル方式
		他の家電品	解体・破碎後にリサイクルされた金属、焼却された有機物、埋立地に処分された無機物
		畳、マットレス	細断されて燃料として使用または焼却
倒壊家屋廃棄物	地震・津波で破壊した倒壊家屋・建物（家具を含む）	家屋木材、家具	必要に応じて脱塩後、以下の用途に利用可能である。1) パーティクルボード、木炭、材料の再利用、2) セメント原燃料、3) 焼却によるエネルギー回収
		コンクリート、アスファルト、廃棄タイル	粉砕して路床や建設の骨材として
		アスベスト含有建材	埋立地で規制管理して処分、融解
		石膏ボード	埋立地で規制管理して処分
木材	点在于て蓄積した庭木、マツ、他の樹木	庭木、生きている樹木など	必要に応じて塩分を抜く。以下の用途に利用可能である。1) パーティクルボード、木炭、材料の再利用、製紙原料、2) セメント原燃料、3) 焼却によるエネルギー回収
大型物	工場や構造物に由来した大型特殊な廃棄物	タンク、電柱、飼料原料、肥料、漁網。それぞれ特殊な処分が必要。	破碎および分別してリサイクル、焼却、または埋立地に処分。アスベストなどの有害廃棄物には要注意。
津波堆積物	津波堆積物は被災地に残留した土砂や泥状物等。多くは海底の水域の底質土砂。有機物や汚染物質が含まれていることがある。	津波により倒壊した家屋等の残骸と混然一体となったもの、油類を含むもの、腐敗、乾燥により周期や粉塵が発生するものがある。酸、アルカリ、農薬など有害化学物質が含まれる可能性がある。	木材残骸を撤去して無害化した後、埋立てや防防の材料に利用。有害物質が含まれている場合は洗浄や焼却して無害化する。リサイクル不能な品目は最終処分場へ運んで一般廃棄物として処分。木材残骸、汚染物質がない場合、土地所有者と調整後その場に残す。
車両・船舶	自動車／船	自動車、バイク、タイヤ、船など	自動車はリサイクル。タイヤは削って補助燃料として使用。船は解体してリサイクル、または処分。アスベストを含む材料には要注意。
有害廃棄物	アスベスト、PCBなど	バッテリー、蛍光灯、消火器、ガスボンベ、廃油、廃液、変圧器オイルなど	各種廃棄物について必要に応じて規制管理する。

途上国への提言

震災廃棄物管理計画の事前作成

災害後の情報が不足するなか意思決定を支えるため、震災廃棄物処分計画を事前に作成することは不可欠である。日本では、震災廃棄物対策指針と水害廃棄物対策指針がそれぞれ1998年と2005年に制定された。これらの指針では、すべての計画は以下を規定するよう求めている。

1. 処理の基本方針
2. 処理に係わる体制
3. 廃棄物の分類法、必要な設備や仮置場の確保

2010年には、全国の市町村の72%とかなり高い割合で震災廃棄物処理計画が策定されていた。しかし、以下を盛り込むため従来の計画の見直しが現在迫られている。

1. 津波から発生する震災廃棄物量の推計法と、その廃棄物の処理対策
2. 災害の規模別の複数の予測

したがって、震災廃棄物処理計画の定期的な見直しは不可欠である。

各組織および機関との協力体制の構築

災害が発生した場合、さまざまな組織や機関との連携が災害廃棄物の円滑な処理の鍵となる。これは、多数の問題や行政ニーズが生じる一方で、適切な政策専門家の数が限られており、さらには被災地の廃棄物処分場が被害を受けていることが多いからである。このような状況では非常に大量の廃棄物が発生する。したがって、周辺の被災地の地方自治体間の協力関係、さらに被災地から離れた地域社会との協力関係の構築を検討すべきである。例えば、被災した仙台市は、同市の廃棄物処理を進めるため1年間で8組織から58人の職員を受け入れた。また、廃棄物回収のために、10組織から7,501人の職員、88車両の支援を受けた。各産業界や市町村との連携に加え、学術団体等の専門家グループ、さらにNPOとの協力関係を有効に利用することも望ましい。

Box 1：日本の震災廃棄物に関する国連環境プログラム専門家調査団の予備調査結果

- 廃棄物管理により迅速に対応できるようになる前に、一部の県で緊急事対応計画が実施されていた（例えば、仙台では、3基の焼却炉で1日あたり460トンの廃棄物の処理を早くから実施している）。
- 日本は災害がれき処理で世界の最良事例を進めるために多大な努力を払ってきたが、災害後のがれき処理費用を低減し、環境影響を軽減するためにベストを尽くす余地がまだある。
- 廃棄物の分別・リサイクルを重視してきたことは賞賛に値する。廃棄物を木材、金属、電気製品、畳、漁網、車両、プラスチックなどの複数の区分に分類している。いくつか選別された材料はすでに再利用中である。例えば、木の幹は製紙工場へ、粉碎した木材は製造工程の燃料として使用するためにセメント会社へ送られ、建物がれきは建築材料、埋立て用、または道路建設用にリサイクルされた。
- 廃棄物回収の可能性を最大限に活用する一方で、運搬を極力なくすことは有効で、優先事項となる。
- 日本の法律では、自動車メーカーや白物家電（冷蔵庫、洗濯機など）メーカーは製品の最終処分の責任がある。しかし、災害がれきの発生量が受入れ量を超過する可能性があり、受け入れ量を増加しなければならないこともありうる。
- 日本の各市の職員は、課題の重要性やその個々人の悲劇にもかかわらず、震災がれきを期限内に処理するため組織的かつ献身的な作業に取り組んでいる。
- 各市の最良事例から学ぶ機会があり、その事例の採用・普及への組織的な取り組みが有効になるであろう。
- 災害がれき処理について策定された国のガイドラインは、学識者の意見に基づき、現地事情を反映させて地方に適合させることができる。その結果、より環境的に最適な成果がもたらされる。
- 被災地の廃棄物処理のモニタリングおよび連絡体制を改善する余地がある。これにより、直面する問題と取り組みを正しく評価できるようになる。

出所： <http://www.unep.org/newscentre/Default.aspx?DocumentID=2676&ArticleID=9067&l=en>

現地事情に合わせた処理方法

各国にはそれぞれの環境基準、技術、リサイクル方式がある。効果的ながれき処理にはこのような現地の経験や技術の活用が極めて重要である。

著者

酒井伸一：京都大学
国際復興プラットフォーム

主要な参考文献

Brown, C., M. Milke, and E. Seville. 2011. "Disaster Waste Management: A Review Article." *Waste Management* 31, 1085–1098.

"Disposal Processes of Disaster Waste in Sendai City." (material from Sendai city, Feb. 2012.)

環境省（2011）「東北地方太平洋沖地震における損壊家屋等の撤去等に関する指針」
<http://www.env.go.jp/jishin/sisin110326.pdf>

高月紘、酒井伸一、水谷聡（1995）「災害と廃棄物性状 — 災害廃棄物の発生原単位と一般廃棄物組成の変化 —」『廃棄物学会誌』6 [5], 351–359

廃棄物資源循環学会（2011）「津波堆積物処理指針（案）」
<http://eprc.kyoto-u.ac.jp/saigai/archives/files/SedimentManagementGL%20by%20JSMCWM.pdf>

——（2012）「災害廃棄物分別・処理実務マニュアル～東日本大震災を踏まえて～」
ぎょうせい