

日本応用地質学会 災害廃棄物の防災と環境
に関する研究小委員会
活動報告書

平成 22 年 5 月

概要

1 はじめに

近年、世界的にも大きな自然災害（水害、地震災害、火山災害）の発生数が増加傾向にある。例えば、2008年(平成20年)中国四川地震、2010年(平成22年)ハイチ地震、2010年(平成22年)チリ地震などの震災、2002年(平成14年)や2005年(平成17年)のヨーロッパ大水害、2005年(平成17年)のニューオーリンズ破堤水害、2004年(平成16年)のスマトラ沖地震津波などの水害が挙げられる。

これらの災害に対して、防災体制・避難計画・復旧計画等が各方面で検討されている¹⁾。災害に伴って発生する廃棄物（災害廃棄物）についても、その発生量は膨大で、種類も多く、実際的な処理計画が重要になると考えられる。適切な対処をしなければ、災害廃棄物が復旧・復興自体のネックになるばかりでなく、復旧・復興後の残留環境汚染要因などになりかねない²⁾。

長崎県 1982年(昭和57年)7月豪雨や2005年(平成17年)の台風14号による豪雨災害、雲仙普賢岳や三宅島などの火山災害、1995年(平成7年)の兵庫県南部地震（阪神淡路大震災）や2004年(平成16年)新潟県中越地震などの地震災害については、災害規模が大きく、復興に至るまでの時間が長期になる場合がある³⁾。

災害廃棄物が土壌中などに長期に放置されれば、現在の土壌汚染問題に見られるような環境への影響が懸念される。大規模災害の場合、その災害廃棄物の量が尋常ではない⁴⁾ことを考えれば、災害発生前から検討すべき重要な課題と考えられ、災害廃棄物の再資源化も含めた資源循環の考え方も重要となろう。

災害廃棄物を環境地質学的な観点から考えた場合、中長期にわたり放置された時の環境リスクが挙げられる。例えば、廃棄物の腐敗・腐食を原因とする発熱・火災が生じ、これによって不完全燃焼が起きることでダ

イオキシン類が発生することが考えられる。また、同じく腐敗・腐食による重金属等やPCBなどが溶出することで地下水・土壌汚染を引き起こしてしまうこと、廃棄物の腐敗や腐食により廃棄物層に大きな空隙が生じ、地盤沈下や地盤陥没などが生じる可能性が考えられる。また、災害に伴って環境が変化することで、自然由来の重金属等の溶出などが促進されてしまう場合も考えられ、さまざまな観点からの検討が必要となる。

こうした問題に対応するための調査技術、対策技術、リサイクル技術について検討し、災害廃棄物への対応を検討することを目的として、災害廃棄物の防災と環境に関する研究小委員会を設立し、3年間にわたる実務的な調査活動を行った。

ここでは、それらの成果を示す。

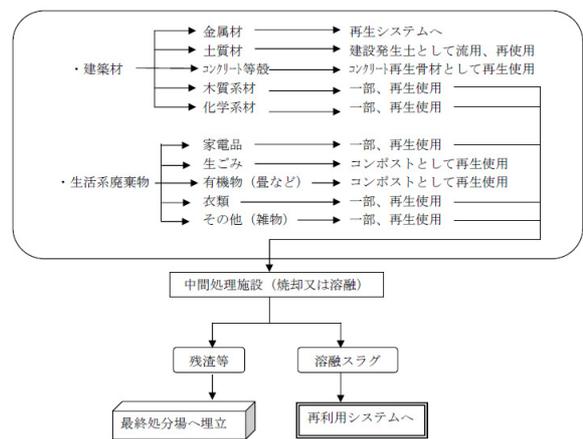


図-1 災害廃棄物の処理・処分フロー(例)

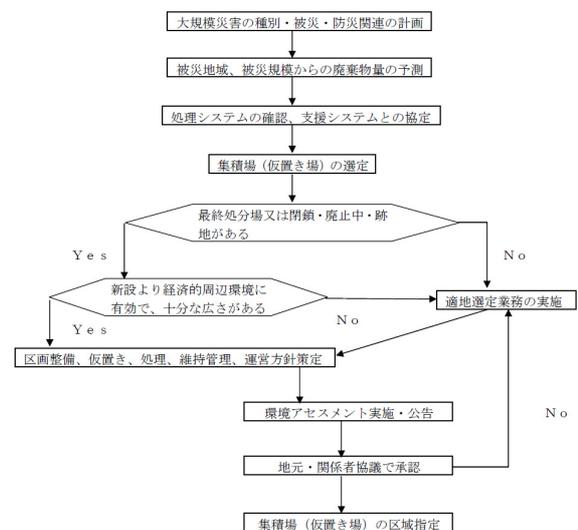


図-2 仮置き場適地選定の流れ(案)

2 災害廃棄物の環境汚染の可能性調査

災害時に廃棄物となりうる一般生活用品、家電製品、家屋を主とした物品の環境汚染ハザード・リスクについて、広汎な調査を行った。その結果、災害廃棄物が適切に処分されるまでの現地被災地、一次・二次集積場（仮置き場）においては、定量的な環境汚染リスクは不明であるものの、適切な管理を怠れば、広範な環境汚染や長い将来にわたる潜在的なリスクにつながる可能性が示唆された。

また、仮置き場を設置する場合に、自然由来の重金属等の溶出の可能性についても検討しておく必要がある。

日本においては、かつて銅・鉛・亜鉛・カドミウム等を産出する鉱山等が約2,500箇所程度存在していた。これらの鉱山等の分布は、北海道や東北から日本海側に至るグリーンタフ地域や四国山地に代表される三波川帯、さらに全国に散在する先新第三系堆積岩・花崗岩類の分布域と重なっている（図-3）。

鉱床ほど高濃度ではないが、砒素、鉛、ふっ素、ほう素などを含む可能性のある海成堆積層が都市部周辺の平野部に広く分布している。

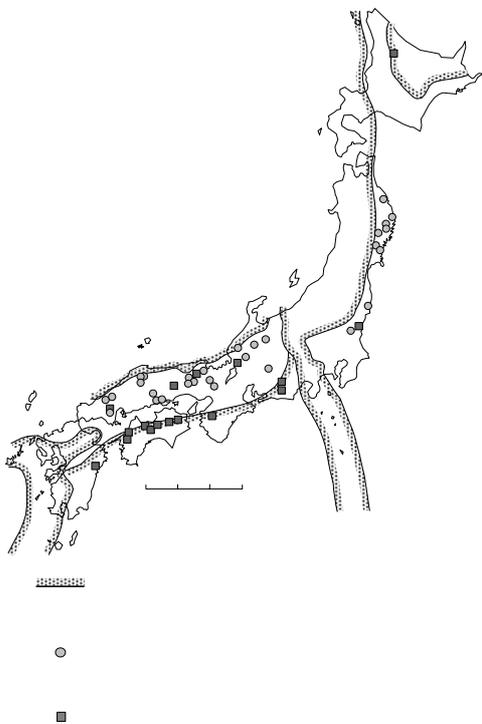


図-3 日本における金属鉱床の分布

以上のような観点から、仮置き場の設置にあたっては、次の点について留意しておく必要がある。

- ① 造成工事等による化学的環境変化に伴う重金属等の溶出
- ② 災害廃棄物による化学的環境変化に伴う重金属等の溶出

3 災害廃棄物の発生実態調査

3.1 災害廃棄物の発生

主として日本国内の震災および水害の被災地における現地調査から、災害廃棄物の発生実態を詳細に調査するとともに、その処理の過程について、現地行政機関・処理業者の担当者等のヒアリング調査も行った。

その結果、災害廃棄物の発生状況は多種多様であり、その処理手法についても多くの選択肢があることが判明した。とくに、災害の発生そのものは比較的短時間でできごとであるが、廃棄物の発生（正確にはその顕在化）には、タイムラグがある。すなわち、災害当日には顕在化する被災者の尿尿処理や食事による生ゴミ等生活廃棄物の問題、救出活動や避難生活に伴う生活環境確保の際に発生する廃棄物問題、本格的な復興にむけた道路や被災家屋の取り壊しや再建の際に発生する問題など、被災の規模にも依存するが、段階的に、同じような廃棄物が一斉に発生する状況が明らかとなった。

例えば、図-4に見られるように、その災害廃棄物の量は、きわめて多い。また、こうした災害廃棄物の処理のためには、図-5に示すような処理対策フローが考えられる。

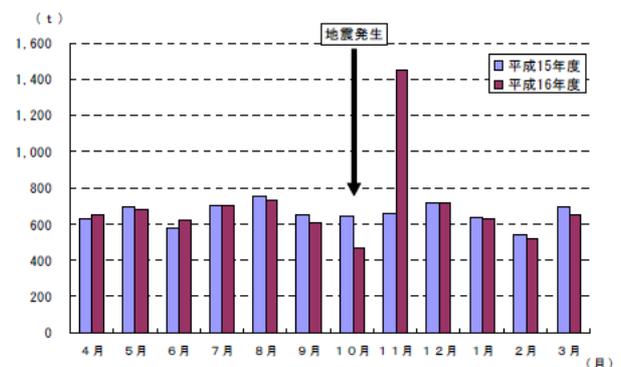


図-4 新潟県中越地震前後の家庭系可燃ごみの排出量

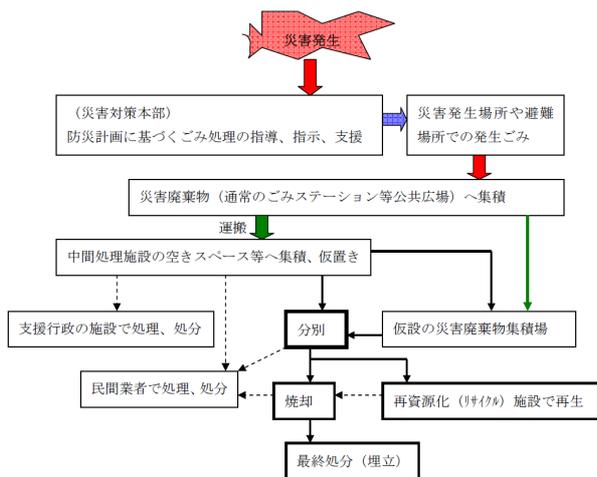


図-5 緊急時の災害廃棄物処理対策フロー概念図

3.2 災害廃棄物の仮置き場の現状

新潟県中越地震、能登半島地震、新潟県中越沖地震、三宅島噴火などの仮置き場の調査を行った。仮置き場の表流水においては、いくつかの仮置き場で環境基準を超える重金属等が検出された(表-1)。この供用後のデータだけでは、仮置き場としての供用による汚染とは断言できないものの、重金属等が検出された仮置き場を閉鎖する際に、土壌汚染対策法に準じた表層土壌の除去が行われた例がある。

表-1 仮置き場の表流水中の重金属等

Surface water						
	Unit	HO Site	KN Site	Nw Site	BO Site	SN Site
Cd	mg/L	0.005>	0.005>	0.029	0.005>	0.005>
Cr ⁶⁺	mg/L	—	—	0.056	—	—
Pb	mg/L	0.005>	0.016	0.105	0.005>	0.020
As	mg/L	0.005>	0.005>	0.005>	0.005>	0.006
T-Hg	mg/L	0.0005>	0.0005>	0.0005>	0.0005>	0.0005>

3.3 仮置き場の環境保全対策

仮置き場においては、環境保全の観点から、以下の点に留意する必要がある(写真-1参照)。

- ① 地形的・地質的に安定な場の選定(難透水性地盤の地質が遮水が行いやすい場所で、浸出水が集めやすく、拡散しにくい場の選定)
- ② 降雨の遮断、地盤汚染を防止するための遮水シート等の設置

- ③ 飛散を防止するための飛散防止フェンス(ネット)等の設置や散水の実施等
- ④ 場内から発生する汚水を処理するための水処理設備等の設置
- ⑤ 仮置き場管理時の適切なモニタリング、閉鎖時の周辺環境調査・確認、汚染時の復旧対策の実施



写真-1 仮置き場の環境汚染対策の事例
(シートとアスファルトの敷設)

3.4 中間処理施設について

災害時には、焼却施設などの中間処理施設も被災することが考えられる(写真-2)。特に、震災の場合は、これまでも、温水発生器配管の水漏れ、煙道配管のずれ、機器の損傷などの被害を受け、復旧に数日~数ヶ月かかった例が見られる。



写真-2 新潟県中越沖地震時の処理施設の被災状況

3.5 最終処分場について

最終処分場においても、中間処理施設同様に被災により、機能しない場合が考えられる。これまでも、管理用道路の陥没、シートの一部膨れ、水処理施設の被害などを受け、埋立が再開されるのに数日~数ヶ月かかった例が見られる。

一方、災害廃棄物の迅速な処理を優先するあまり、最終処分場への多量の直接埋立がなされることもある。これにより処分場の残余容量を大きく低減させるなどの問題のほか、廃棄物層内に弱面が形成されることになり、後日、廃棄物層の力学的安定性に問題が生じる場合もある(図-6参照)。

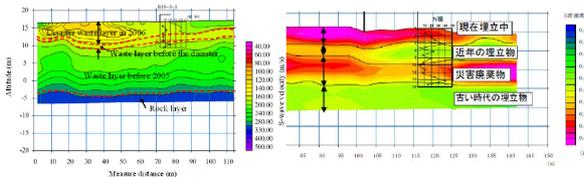


図-6 最終処分場内のS波速度分布に見る災害廃棄物層の弱面:S波速度が遅く(地盤強度が小さいことに相当)、強度的な弱面を形成することになる

4 災害廃棄物の処理に関する行政機関へのアンケート調査

多くの被災自治体のご協力のもと、災害廃棄物の実態調査を実施した。調査は、災害廃棄物処理計画の策定状況、災害廃棄物の取扱い、災害廃棄物の環境汚染に関する認識について把握することを目的として行った。

その結果、回答をいただいた自治体のうち約8割が、何らかの形で災害廃棄物の処理計画を策定していることが明らかとなった。しかしながら、その中でも約半数の自治体は地域の防災計画内での検討が多く、具体的な処理に関する事前対策は十分とは言い難い状況にあることが示唆された。

回答から災害の実態を見てみると、これまでの災害における災害廃棄物の種類としては、震災と水害で異なったものであることが伺えた(図-7)。

また、これらの災害廃棄物の仮置き場の規模としては、震災においては、仮置き場を設置した箇所は多くなく、設置した自治体でも、その設置数は4箇所以下である。H19 能登半島地震C町のように1箇所のみで15haと大きな仮置き場を設置した自治体があるが、その他は、概ね2ha以下と小規模である。一方、水害においては、小さな仮置き場が多数作られているのが伺える(図-8)。

こうした実態に加え、効率的、安全な処理のため

に重要な災害廃棄物の仮置き場の事前確保については、ほとんどの自治体で考慮されていないことが分かった。一方、仮置き場の確保がされていると回答した自治体の多くでは、仮置き場の環境対策についてもほぼ同時に考慮されていることが分かった。しかしながら、仮置き場に必要の要件を有する用地確保について苦心している状況が推察された。

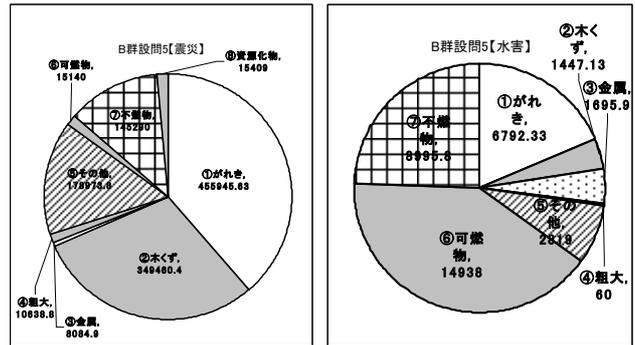


図-7 災害廃棄物の種類と割合

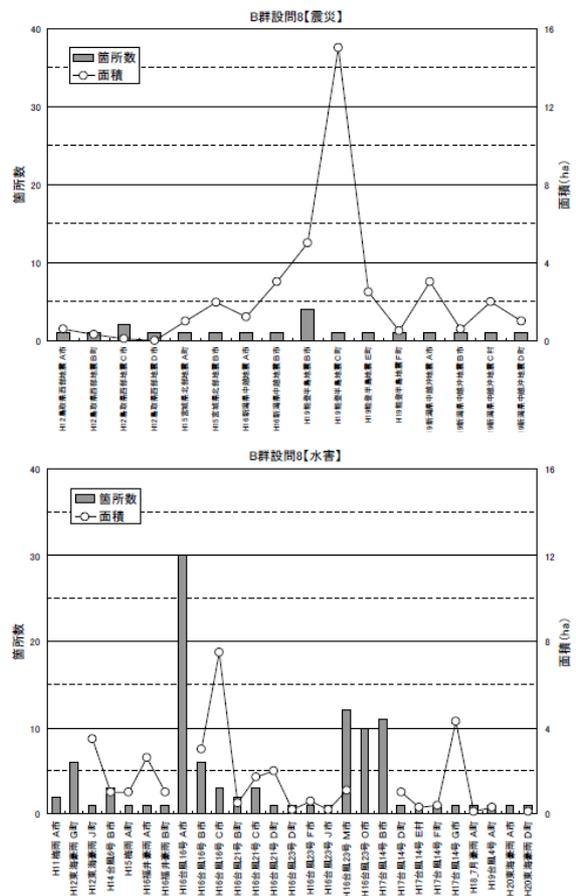


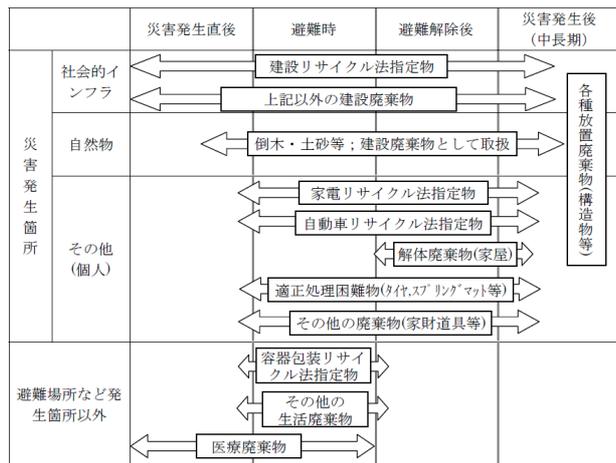
図-8 仮置き場の規模と設置数

防災・減災計画における廃棄物処理の流れとして、①ハザードマップの作成、②地域防災計画の策定、③災害廃棄物処理計画のアウトラインの策定、④実際の廃棄物処理における災害種類、災害規模に応じた具体的な方策の提示とその準備、というものが考えられるが、アンケートの結果から、現時点は多くの自治体が②～③の段階にあると考えられる。したがって、多くの自治体に対して、他の研究事例、調査成果も含めて、③および④に向けた情報提供が必要と考えられる。また、少数ながら存在する①もしくは②を策定中の自治体に対して、積極的な先行自治体の情報提供が望まれる。

5 都市部における大規模災害時の災害廃棄物発生量の推定手法とその影響評価に関する調査

一般に災害廃棄物というとき、様々な報告や指針を見た場合、災害によって被災した家屋などの瓦礫をさすことが多い。しかし、災害時の避難に伴う生活系の廃棄物や土砂廃棄物など、様々な物品が廃棄物として排出される(表-2)。ここでは、災害廃棄物を、瓦礫とは限定せず、災害に伴って発生したもの全てについて現状の知見から検討する。

表-2 災害時の廃棄物の発生場と時間の関連



備考) 矢印は、大量に発生すると考えられる期間を示した。

5.1 瓦礫類—解体系災害廃棄物

災害時における瓦礫発生量の推定に関しては、中央防災会議や東京都(首都直下地震による東京の被害想定)による推定手法等を俯瞰し、それらを用いた結果

といくつかの災害における実発生量との比較、検討を行った。

その結果、瓦礫の発生量については、災害廃棄物処理において主要なウェートを占めることは間違いないものの、適切な計画等の立案には、より精度の高い推定が必要であると考えられる。特に、被災地の条件などによっては、全被災家屋が解体されるわけではないことを考慮する必要もあることが示された。

5.2 生活系災害廃棄物

瓦礫以外の避難生活による災害廃棄物等については、これまで、その発生量などの予測がなされていない。しかしながら、生活系廃棄物も通常の処理・処分システムでは処理しきれなかったという事例が見られる。避難者数の予測より、生活系災害廃棄物の発生量を予測して試みることを試みた。参考としたのは、新潟県中越地震の長岡市の例である。この時の避難者数の推移とそれに伴う生活系災害廃棄物の発生量との関連を調べ、1日1人当りの生活系災害廃棄物の発生量を求めた。それを、東京都が予測している避難者数の推移に掛け合わせて生活系災害廃棄物量を算出した(表-3)。

その結果、可燃ごみと比べて、不燃ごみについて処理能力を大きく超えた発生の可能性が示唆された。生活系災害廃棄物は、解体系災害廃棄物に比べて、長期化はしないものの、1ヵ月後でも処理能力をオーバーする可能性のある量が出てくる可能性があることがわかる。

5.3 土砂廃棄物

一方、廃棄物処理法上の廃棄物の区分では、災害等で発生した土砂などは廃棄物として取り扱われない。しかしながら、最近、土砂移動に伴う環境影響が問題となりつつあり、中央環境審議会でも土砂の移動が議論されるようになってきている(平成19年度中央環境審議会自然環境・野生生物合同部会生物多様性国家戦略小委員会(第6回))。このことは、災害に伴い発生する大量の土砂の処理・処分にあたって、将来的には、環境影響について考慮していくべきことを示唆しているものと考えられる。

また、自然由来の重金属等(鉛、水銀など)を含む

表-3 東京都を例とした生活系災害廃棄物の発生推定量

東京都		東京都の持つ処理能力														
生活系災害廃棄物の発生		東京都の持つ処理能力														
		焼却	17,884 トン/日			埋没			1,888 トン/日							
		不燃・粗大ごみ処理			5,938 トン/日											
		平成17年度の東京都の処理実績														
		可燃ごみ			8887 トン/日			不燃・粗大・資源ごみ			4902 トン/日					
共通条件		推定避難者は1日単位で1人1日あたり1.150kg/日/人、避難者数は同じ割合で変化すると仮定。ただし、1ヵ月後には推定避難者は一時避難者と同じレベルになるとし、遺棄はごみを出さないとする。遺棄及び1ヵ月後に避難者となるのは、家賃等の関係した者とする。														
検討条件	想定地震の種類	想定規模	想定震速	可燃ごみ(日)			不燃・粗大ごみ(日)			可燃ごみ(処理能力との差)			不燃・粗大ごみ(処理能力との差)			
				1日後	4日後	1ヵ月後	1日後	4日後	1ヵ月後	1日後	4日後	1ヵ月後	1日後	4日後	1ヵ月後	
生活系災害廃棄物量は、前掲表中の想定時の1人1日当たり1.150kg/日/人(不燃・粗大ごみ: 3.939kg/日/人)より算出。	東京湾北側地震	M6.9	6m/s	6,712	4,556	1,272	22,368	15,183	4,240	0.76	0.51	0.14	4.96	3.16	0.86	
		M7.3	6m/s	7,913	5,464	2,207	23,304	18,207	7,354	0.85	0.61	0.25	5.16	3.79	1.39	
		M6.9	6m/s	5,961	4,102	737	19,866	13,669	2,434	0.67	0.46	0.08	4.03	2.79	0.50	
	多摩川下流地震	M7.3	6m/s	7,017	5,066	1,733	23,431	16,882	5,843	0.79	0.57	0.20	4.78	3.44	1.34	
		M6.9	1.5m/s	6,781	4,638	1,346	22,596	15,437	4,486	0.76	0.52	0.15	4.81	3.15	0.92	
		M7.3	1.5m/s	7,697	5,377	2,329	23,631	18,586	7,763	0.87	0.63	0.26	5.23	3.79	1.46	
	東京湾北側地震	M6.9	1.5m/s	5,997	4,163	768	19,986	13,874	2,538	0.67	0.47	0.09	4.08	2.89	0.52	
		M7.3	1.5m/s	7,132	5,180	1,837	23,768	17,264	6,189	0.80	0.58	0.21	4.85	3.52	1.26	
		M6.9	6m/s	11,504	7,809	2,181	42,733	42,598	11,899	1.29	0.88	0.23	12.80	8.69	2.43	
大都市圏の震源の避難者数と廃棄物量は、前掲表中の想定時の1人1日当たり1.150kg/日/人の発生量を基にしている。	東京湾北側地震	M7.3	6m/s	13,013	9,363	3,783	70,994	51,082	20,633	1.46	1.03	0.43	14.46	10.42	4.31	
		M6.9	6m/s	10,218	7,030	1,262	33,737	38,330	6,886	1.19	0.79	0.14	11.97	7.82	1.49	
		M7.3	6m/s	12,062	8,683	3,005	43,793	47,365	16,392	1.36	0.98	0.34	13.42	9.66	3.34	
	多摩川下流地震	M6.9	1.5m/s	11,622	7,950	2,307	43,396	43,367	12,585	1.31	0.89	0.26	12.93	8.85	2.57	
		M7.3	1.5m/s	13,193	9,560	3,993	71,066	52,146	21,779	1.48	1.03	0.45	14.69	10.69	4.44	
		M6.9	1.5m/s	10,280	7,136	1,316	36,074	38,926	7,177	1.16	0.80	0.15	11.44	7.94	1.66	
	東京湾北側地震	M7.3	1.5m/s	12,224	8,879	3,183	66,683	48,433	17,364	1.38	1.00	0.36	13.60	9.88	3.54	
		M6.9	6m/s	6,712	4,556	1,272	22,368	15,183	4,240	0.38	0.23	0.07	3.73	2.33	0.71	
		M7.3	6m/s	7,913	5,464	2,207	23,304	18,207	7,354	0.42	0.31	0.12	4.22	3.04	1.23	
生活系災害廃棄物量は、前掲表中の想定時の1人1日当たり1.150kg/日/人(不燃・粗大ごみ: 3.939kg/日/人)より算出。	多摩川下流地震	M6.9	6m/s	5,961	4,102	737	19,866	13,669	2,434	0.33	0.23	0.04	3.31	2.38	0.41	
		M7.3	6m/s	7,017	5,066	1,733	23,431	16,882	5,843	0.39	0.28	0.10	3.91	2.81	0.97	
		M6.9	1.5m/s	6,781	4,638	1,346	22,596	15,437	4,486	0.38	0.26	0.08	3.77	2.58	0.75	
	東京湾北側地震	M7.3	1.5m/s	7,697	5,377	2,329	23,631	18,586	7,763	0.43	0.31	0.13	4.29	3.19	1.29	
		M6.9	1.5m/s	5,997	4,163	768	19,986	13,874	2,538	0.34	0.23	0.04	3.33	2.31	0.43	
		M7.3	1.5m/s	7,132	5,180	1,837	23,768	17,264	6,189	0.40	0.29	0.10	3.56	2.58	1.03	
	大都市圏の震源の避難者数と廃棄物量は、前掲表中の想定時の1人1日当たり1.150kg/日/人の発生量を基にしている。	多摩川下流地震	M6.9	6m/s	11,504	7,809	2,181	42,733	42,598	11,899	0.64	0.44	0.12	10.46	7.10	1.98
			M7.3	6m/s	13,013	9,363	3,783	70,994	51,082	20,633	0.73	0.52	0.21	11.84	8.32	3.44
			M6.9	6m/s	10,218	7,030	1,262	33,737	38,330	6,886	0.57	0.39	0.07	9.29	6.32	1.15
東京湾北側地震		M7.3	6m/s	12,062	8,683	3,005	43,793	47,365	16,392	0.67	0.49	0.17	10.97	7.90	2.79	
		M6.9	1.5m/s	11,622	7,950	2,307	43,396	43,367	12,585	0.65	0.44	0.13	10.97	7.82	2.60	
		M7.3	1.5m/s	13,193	9,560	3,993	71,066	52,146	21,779	0.74	0.53	0.22	12.00	8.69	3.63	
多摩川下流地震		M6.9	1.5m/s	10,280	7,136	1,316	36,074	38,926	7,177	0.57	0.40	0.07	9.35	6.49	1.90	
		M7.3	1.5m/s	12,224	8,879	3,183	66,683	48,433	17,364	0.68	0.50	0.18	11.12	8.06	2.90	

網線付：ピンク：能力オーバーの場合、黄色：能力オーバーになる恐れのある箇所

土壌も改正土壌汚染対策法では法の対象とすることになる。自然由来の重金属等を含む土壌は、前述したように、日本では多く分布する。従って、災害時に自然由来の重金属等を含む土壌が地表に露出し、将来問題となることも考えられる。

一方、自然由来の重金属等を含まない土壌でも、災害時の土砂の発生量は膨大なものとなり（瓦礫と同程度かそれ以上の場合もある）、復旧・復興にあたっては、その処理・処分が大きな課題となることが予想される。こうした土砂の有効利用をするための方策を検討していくことも必要である。

さらに、土壌中の炭素を考えた場合、その移動が問題となる場合がある。炭素の含有量は、表層の落葉落枝層では数十%、その下の鈹質土壌は数%の含有である。こうした土砂廃棄物で、嫌気的な環境が形成されれば、炭素と結びつきメタンガス(CH₄)等の発生も考えられる。

仮置き場に、こうした災害廃棄物の有効利用までのストックヤードの役割を持たせることを考えると、適切な有効利用を待つまでの比較的長い時間、土砂廃棄

物も含め各種の災害廃棄物をストックしておく必要がある。このためには、仮置き場は周辺環境への影響がないように設置する必要がある。

6 提言

本小委員会の活動の成果を踏まえ、主に行政機関に向けて以下のように提言としてまとめた。

- 1) 当該地域で想定される災害種類、災害規模に応じた、災害廃棄物の発生量と処理手法について、事前（平時）に検討しておくことが望ましい。
- 2) 災害廃棄物の処理の際には、仮置き場が重要な役割を果たすことになることから、候補地の選定、状況調査を事前に行っておくと共に、選定にあたっては、被災者の避難地との調整を行っておくことが望ましい。
- 3) 災害廃棄物は、適切な処理がなされないと、長期的な環境汚染リスクが発生する可能性があることを認識し、処理については被災住民の協力が必要であることを平時から広報しておくこと

が望ましい。

- 4) 処理について、国（関連省庁）との連絡（報告）・連携体制を確立しておくとともに、災害時に適用される制度（国庫補助等）、関連請負者（業者）との協力体制や平時の管理指導、近隣自治体との連携・協力体制について、協議しておくことが望ましい。
- 5) 職員が被災者となった場合も想定し、またボランティアを受け入れる際の、方針、仕組みも考慮しておくことが望ましい。

参考文献

- 1) 国土交通省編(2006)：国土交通白書2006－平成17年度年次報告，ぎょうせい，pp.2-6.
- 2) 八村智明，宮原哲也，大野博之(2007)：災害廃棄物による地下水・土壌汚染の可能性，*応用地質*，第47巻，第6号，pp.360-368.
- 3) 新潟県ホームページ：中越大震災に関する情報（http://saigai.pref.niigata.jp/content/jishin/jishin_1.html），2006年9月1日
- 4) （社）日本プロジェクト産業協議会：首都圏における震災廃棄物処理のあり方－防災担当大臣への提言－～震災有事マニュアルの作成と平常時の準備～，2007
（<http://www.japic.org/information/post18.html>）
- 5) 八村智明・大野博之・山中稔・登坂博行(2010)：災害後の廃棄物等の地盤環境への影響，地盤環境および防災における地域資源の活用に関するシンポジウム発表論文集，pp.101-104