

災害廃棄物の処分のための海面処分場の緊急整備の可能性

H28年3月

日本沿岸域学会
災害廃棄物等の海域処分に関する研究会

東日本大震災で発生した災害廃棄物や津波堆積物は、主に沿岸域に集積されて中間処理が行われた。現地では、再資源化や減容化が行われる一方で、選別不燃物・余剰汚泥・焼却残さ等の処分場不足が顕在化した。

南海トラフ巨大地震や首都直下地震への備えを強化することが社会の関心事になっている。それらの地震では強い地震動や大きな津波によって膨大な量の災害廃棄物が発生することが予測されているため、それらを効果的かつ効率的に処分する方法を見出していくことは重要な課題である。

そうした状況を踏まえ、災害廃棄物等を海域で迅速に処分する技術の検討を行った。本報告書は、以下のメンバーによる検討と議論をもとに、研究グループの活動の一環として取りまとめたものである。

鈴木武	国土技術政策総合研究所	沿岸海洋・防災研究部
関本恒浩	五洋建設株式会社	技術研究所
鶴飼亮行	五洋建設株式会社	環境事業部
江口信也	五洋建設株式会社	技術研究所
古賀大三郎	五洋建設株式会社	環境事業部
西川正夫	東亜建設工業株式会社	エンジニアリング事業部
田谷全康	東亜建設工業株式会社	エンジニアリング事業部
岸真裕	東亜建設工業株式会社	設計部
藤原隆一	東洋建設株式会社	鳴尾研究所
山崎智弘	東洋建設株式会社	鳴尾研究所
木俣陽一	若築建設株式会社	技術設計部

※所属は研究会活動中のものである。

目次

1. はじめに	1
2. 災害廃棄物の発生・処分の種類・量と受入の考え方	2
2.1 災害廃棄物の種類 ^{2.1)}	2
2.2 中間処理・処分 ^{2.2), 2.3)}	2
(1) 仮置場設置数・災害廃棄物搬入量の推移	3
(2) 処理・処分量の推移	3
2.3 災害廃棄物の発生	4
(1) 災害廃棄物の発生量 ^{2.3),2.4),2.5)}	4
(2) 焼却灰の発生量 ^{2.6)}	4
(3) 災害廃棄物の発生量	5
2.4 廃棄物の投入管理 ^{2.7)}	5
(1) 海面への投入方法	5
(2) 保有水対策 ^{2.8),2.9),2.10),2.11)}	5
(3) 搬入回数から決まる受け入れ量	6
3. 災害廃棄物処理における海面処分場の供用開始時期に関する分析	7
3.1 災害廃棄物の発生量と処理能力	7
3.2 災害廃棄物の処理期間	7
3.3 災害時における海面処分場の最適な供用開始時期の推定	8
(1) 仮設焼却施設の稼働時期からの推定	8
(2) 広域（域外）での処理時期からの推定	9
3.4 災害時における最終処分場の供用開始遅延要因	9
4. 既設構造物を積極的に利用した海面処分場整備の可能性	11
4.1 短期施工のための条件	11
4.2 既設構造物の利用	11
4.3 ケーススタディ	13
(1) 平面イメージ	13
(2) 断面イメージ	13
(3) 概算工事費および工程の検討・比較	15
4.4 災害廃棄物処理施設としての海面処分場整備における課題	16
5. 災害ガレキの活用による海面処分場の構築可能性	18
5.1 概説	18
5.2 災害廃棄物の発生量と処分場の埋立容量の設定	18
5.3 処分場の構造と建設手順の設定	19
(1) 整備環境	19
(2) 処分場の基本構造	19
(3) 外周護岸・仮置場・中仕切堤の配置と施工手順	20
(4) 処分場の建設工程と受入開始時期の考え方	21
5.4 平面構成毎の形状特性に関する検討	21
(1) 配置①（基本構成）	22

(2) 配置②（仮置場を施工）	23
(3) 配置③（先行埋立地を施工）	23
(4) 配置④（仮置場＋先行埋立地を施工）	24
5.5 受入開始時期の比較に基づく平面構成の選定.....	25
(1) 検討条件と基本構成（配置①）における整備期間.....	25
(2) 平面構成による受入開始時期の比較	25
5.6 先行埋立地を有する処分場の特徴	26
(1) 沿岸幅が受入開始時期に与える影響	27
(2) 残渣の日当り受入量が受入開始時期に与える影響.....	27
(3) 埋立容量と整備水深が受入開始時期に与える影響.....	27
5.7 経済性に関する検討	28
(1) 建設費用	28
(2) 陸上処分場の建設費用との比較.....	29
(3) 地盤改良費用に関する検討	29
5.8 まとめ	30
6. 埋立地盤の早期安定化.....	32
6.1 目的	32
6.2 事後対策方法	32
6.3 事前対策方法	33
6.4 まとめ	33
7. おわりに	35

1. はじめに

2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震津波では、東日本の13道県（北海道，青森，岩手，宮城，福島，茨城，栃木，群馬，埼玉，千葉，新潟，長野，静岡）で併せて3,120万tと見込まれる大量の災害廃棄物と津波堆積物が発生した。それらの災害廃棄物等の処理について，環境省は早期完了を目標に掲げ，地震津波発生後の3年後の2013年度末を処理完了の目標とし，実際，福島県を除く12道県では災害廃棄物等の処理を完了した。

大規模な地震・津波が発生した場合，都市部では大量の災害廃棄物が発生する。その場合，平時の処理能力を超える量の廃棄物を速やかに処分する必要があり，近傍にまとまった処分容量を確保することができる海面処分場は重要な政策オプションとなる。阪神・淡路大震災では，450haの埋立場が確保されたことがガレキの大量処分においてきわめて有効であった¹⁾，とされている。また「巨大災害発生時における災害廃棄物対策のランドデザインについて（中間とりまとめ）」（2014年3月，環境省）では，巨大災害における災害廃棄物処理に備えて検討すべき課題のひとつとして，海面処分場の活用が挙げられている。そこで，大量の災害廃棄物を速やかに処分していくために被災地近傍に管理型の海面処分場を緊急に整備する場合を想定し，建設方法，受入開始時期，建設費用等について検討を行い，妥当性や実現に向けての課題について考察を行った。

本報告書は研究会で行われた調査・整理・分析の結果，得られた知見を取りまとめたものである。

2. 災害廃棄物の発生・処分の種類・量と受入の考え方

大規模災害は多くの住民の財産や社会基盤に大きなダメージを与え、結果として多量の災害廃棄物を発生させる。被災地の復興には、生活空間からこれらの災害廃棄物を速やかに取り除き、安全かつ衛生的な生活環境を確保することが重要となる。

災害廃棄物は被災直後から復興過程を通して発生し、発災からの時間経過により廃棄物の種類や発生量が変わる。災害廃棄物対策は、早期に発生量を把握したうえでの処分計画の策定が重要となる。

2.1 災害廃棄物の種類^{2.1)}

大規模災害では、物理的な破壊や浸水などで使用不能となった多量の災害廃棄物が発生する。社会基盤に損傷を与える大規模災害では、し尿や生活ごみなどの日常生活から発生する一般廃棄物の処理施設も被害を受ける。被災地の生活環境の改善には、図 2.1 に示すような被災後の復興の各段階で発生する一般廃棄物を含んだ災害廃棄物の処理が必要となる。

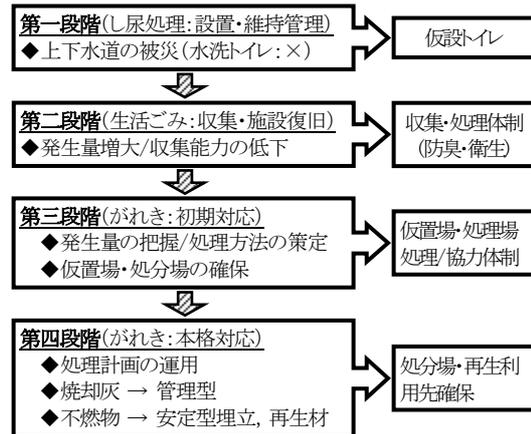


図 2.1 各段階で必要な災害廃棄物対策

① 第一段階 (し尿)

都市部では上下水道が被災し、十分な「し尿処理」ができなくなる。上下水道の復旧までは、衛生的な生活空間を確保するために、仮設トイレの設置、し尿運搬車の配備や下水処理場でのし尿の受入・処理が必要となる。

② 第二段階 (生活ごみ・混合ごみ)

被災直後は一般廃棄物の処理施設も被災し、一般廃棄物処理が一時的に停止する。また、破損した食器などを含んだ混合ごみが生活ごみに多量に混入し、処理効率が低下する。これらのごみ処理のためには、可燃ごみの焼却炉の復旧とともに、必要に応じて選別ラインの追加が必要になる。

③ 第三段階 (がれき: 初期対応)

早期にガレキを生活空間から搬出することで、日常生活の回復が図られる。発生量を早期に把握した上で、仮置場および処分場の適切な配置が必要となる。

④ 第四段階 (がれき)

一次仮置場に収集されたがれきは、二次仮置場で分別・粉碎・焼却などの中間処理が行われる。リサイクルできない焼却灰や混合廃棄物などは、管理型処分場で埋立処分される。アスファルトやコンクリートや木材や焼却灰の一部などは、破碎・分別・改質などを行い、利用の時期・場所とマッチングすることによってリサイクルされる。リサイクルが困難な安定型廃棄物は安定型処分場で埋立処分される。

2.2 中間処理・処分^{2.2), 2.3)}

大規模災害による災害廃棄物の処理の実績は、東日本大震災での災害廃棄物処理について環境省が公表した「沿岸市町村の災害廃棄物処理の進捗状況」を基に、仮置場設置数・災害廃棄物搬入量の推移、災害廃棄物の処理について整理した。

(1) 仮置場設置数・災害廃棄物搬入量の推移

東日本大震災の仮置場設置数・災害廃棄物搬入量の推移を図 2.2 に示す。グラフの数値変化より、二次仮置場での処理の開始（仮置場数の 0.6 年での減少），被災地からの大規模な搬出の終了（搬入済量の 0.8 年での増加割合の鈍化），焼却処理の開始（仮置き面積の 1.3 年での減少）の時期が読み取れる。なお、仮置場に集積された災害廃棄物の処理の開始に数ヶ月必要なのは、災害対策基本法（第 64 条の 10）で公示後 6 ヶ月は処分できないという規定があるためである。処理計画の策定は処理機械の製造・設置期間と併せた考慮が必要である。

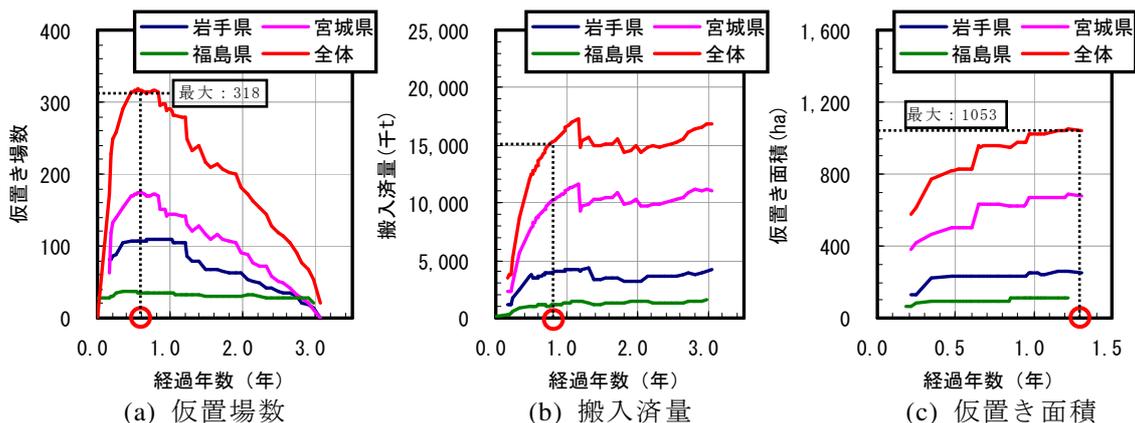


図 2.2 仮置場設置数・災害廃棄物搬入量の推移

(2) 処理・処分量の推移

東日本大震災での災害廃棄物の処理・処分量の推移を図 2.3 に示す。約 1.0 年経過後に処理・処分量が急増していることから、分別・粉砕・焼却などの機能を有する二次仮置場の本格運用がこの時期に開始されたと推察される。また、処理は分別、粉砕、焼却の順に開始され、再生利用（粉砕後）が約 0.7 年経過後、焼却処理が約 0.9 年後から開始されたと推察される。また、処理・処分量に占める焼却処理の割合は 13.5%，再生利用の割合は 81.4%であった。

東日本大震災では災害廃棄物の処理完了を発災から 3 年を目処として施設規模を設定したが、甚大な災害においては被災の状態を踏まえた適切な処理期間の設定が重要となる。

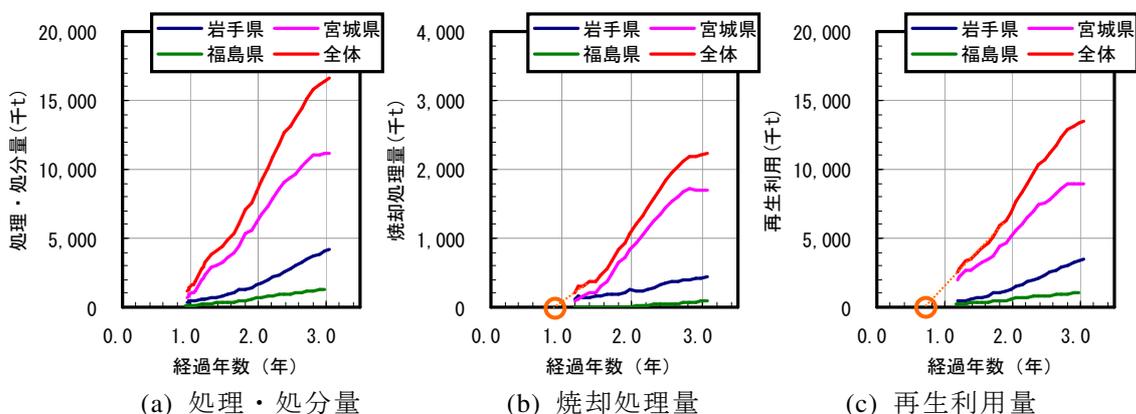


図 2.3 処理・処分量の推移

2.3 災害廃棄物の発生

大規模災害からの復興には、膨大な量の災害廃棄物を被災地から搬出し、処理することが必要になる。災害廃棄物の処理計画は、過去の大規模災害の知見を参考に発生量を予測し、仮置場や処理施設の規模などを検討しておくことが重要になる。ここでは、阪神淡路大震災および東日本大震災の記録と、「巨大災害発生時における災害廃棄物対策のグランドデザインについて」における首都直下地震および南海トラフ巨大地震による災害についての記載内容を整理して記載する。

(1) 災害廃棄物の発生量^{2.3),2.4),2.5)}

東日本大震災での災害廃棄物発生量を1.0とすると、災害廃棄物最大ケースでは、首都直下地震が6.4、南海トラフ巨大地震が18.7と予測されている。

災害廃棄物の発生比率は人口集中地とその他とで差があるものの、災害廃棄物の種類別の量は可燃物で2.3～26倍、不燃物で7.0～17.6倍という膨大な量となる。不燃物の中で再生資材として活用され易いコンクリートがらも、東日本大震災の4.8～12.5倍と膨大な量の発生が予想され、再生資材の活用先の確保も重要な課題と言える。

(2) 焼却灰の発生量^{2.6)}

東日本大震災の際に宮城県で可燃物処理から発生した焼却灰の量を表2.2に示す。焼却灰の発生量は、焼却量に対し飛灰が5.2%（70千t）、主灰が28.3%（382千t）であった。埋立率が9.0%と低いのは、災害廃棄物のリサイクル率（以下、RC率）を高めるという方針に従い、有害物質が飛灰に移行し無害の材料として活用可能な主灰のRC率を、費用対効果を十分には考慮せずに高め、約87%まで高めたためである。この結果、主灰の埋立は焼却量の3.8%（52千t）に抑えられた。

焼却灰の有効利用は重要な課題であるが、東日本大震災以上の災害廃棄物の発生が予想される大規模災害では、災害廃棄物を埋立処分する率を東日本大震災程度に抑えるのは難しいと考えられる。

表 1.1 大規模災害での災害廃棄物発生量

種類	処理・処分		阪神淡路	東日本東北3県		首都直下	南海トラフ		備考
			災害	災害	津波	災害	災害	津波	
可燃物	再生	燃料	11	7	-	151	1,386	-	柱角材
		焼却	209	224	-	510	4,626	-	
	処分	埋立	67	-	-	-	-	-	
		小計	287	231	-	661	6,012	-	
不燃物	再生	土地材料	449	-	-	6,443	16,863	2,722	コンから
		建設資材	85	1,346	995	-	-	-	
		金属	10	65	-	401	1,956	-	
	処分	海面	204	-	-	3,570	7,362	-	
		陸域	262	79	9				
		域外	105	-	-				
		民間委託	51	-	-				
	小計		1,165	1,489	1,004	10,414	26,181	2,722	
計		1,452	1,720	1,004	11,075	32,193	2,722		

※首都直下、南海トラフは最大規模の災害発生を想定。（単位：万t）

表 2.2 東日本大震災での焼却灰の発生量

ブロック	処理区	主灰	飛灰	合計(A)	焼却量(B)	残渣率(A/B)	再生	埋立(C)	埋立率(C/B)
気仙沼	気仙沼	30	6	36	123	30%	30	6	4.9%
	南三陸	11	3	14	80	18%	11	3	3.8%
石巻	石巻	211	38	249	711	35%	181	68	9.6%
	亘理分	(29)	(4)	(27)	(83)	33%	(21)	(6)	7.2%
宮城東部		29	5	34	84	41%	22	12	14.3%
亘理名取	名取	19	5	24	79	30%	19	5	6.3%
	岩沼	12	4	15	53	29%	12	4	7.5%
	亘理	29	5	33	102	33%	26	7	6.9%
	山元	40	4	44	119	37%	28	16	13.4%
合計		382	70	451	1,350	33%	330	122	9.0%

※「宮城県災害廃棄物処理実行計画(最終版)平成25年4月 宮城県」に一部加筆。（単位：千t）

表 2.3 巨大地震による焼却灰の推定処分量

種類	処理・処分		阪神淡路	東日本東北3県	首都直下	南海トラフ	備考
可燃物	再生利用	燃料	112	73	1,510	13,860	柱角材
		焼却	2,088	2,236	5,100	46,260	
	小計		2,200	2,309	6,610	60,120	
焼却灰	東日本のRC率	重量	198	208	595	5,411	減量率9.0%
		体積	174	182	522	4,746	比重1.14t/m ³
	主灰のRC率50%	重量	427	448	1,282	11,663	減量率19.4%
		体積	375	393	1,125	10,231	比重1.14t/m ³
	主灰のRC率0%	重量	737	774	2,214	20,140	減量率33.5%
		体積	646	679	1,942	17,667	比重1.14t/m ³

※1 首都直下、南海トラフは最大規模に対する%で設定。（単位：千t or 千m³）

※2 減量率9.0%は、東日本の宮城県の実績を使用（飛灰5.2%+主灰3.8%）。

※3 減量率19.4%は、東日本の宮城県の実績を使用（飛灰5.2%+主灰28.3/29%）。

※4 比重1.14は「産業廃棄物の種類ごとの集計単位と重量換算係数」の値を使用。

(3) 災害廃棄物の発生量

本報告では管理型処分場を検討の対象とするため、可燃物の焼却処理から発生し管理型処分場に埋立てられる大量の焼却灰を対象物とする。焼却灰のうち主灰はリサイクル可能であるが、活用先の確保が課題であり、リサイクル不能の場合、主灰も含め埋立処分の対象となる。

可燃物を焼却した後、必要となる処分場の容量は、リサイクル率を①東日本大震災と同等、②主灰の50%、③主灰の0%（全て処分）とした場合、表2.3に示すように首都直下地震で522～1,942千m³、南海トラフ巨大地震で4,746～17,667千m³となる。

多量の焼却灰を1箇所の処分場で埋立処分することが必ずしも合理的とは限らない。例えば衣浦港3号地処分場（管理型処分場、容量：4,520千m³）規模で考えて見ると、首都直下地震では1箇所、南海トラフで2～4箇所の処分場の確保が必要となる。

2.4 廃棄物の投入管理^{2.7)}

海面処分場は処分場内部に水面が有ることから、陸上処分場と異なった手法で廃棄物が投入される。廃棄物の投入は、海面処分場の特性を考慮した方法での管理が必要となる。

(1) 海面への投入方法

海面処分場への廃棄物の投入は、底面および側面の遮水工を保護した投入や埋立物の飛散防止の観点から施工方法が決まる。

① 水面下の埋立（水面下1m程度まで）

遮水工へ偏圧が作用しないように浮体棧橋から薄層投入する（安全性確保のため浮体棧橋上への進入台数の制限が必要）。水中へ直接投入のため、飛散防止対策は不要となる。



図 2.4 浮体棧橋を用いた水中埋立

② 気中部の埋立

水中部の埋立てが遮水工に影響を及ぼさない範囲まで進捗した段階で、水中部と気中部の一括埋立に変更する。気中部の埋立は、護岸からダンプアップした焼却灰をブルドーザによる押土で行う。なお、気中部の埋立は、投入後の飛散防止対策が必要となる。



図 2.5 ダンプアップによる気中埋立

(2) 保有水対策^{2.8),2.9),2.10),2.11)}

海面処分場では、保有水位を一定に保つため、埋立の進捗に応じて保有水を処理して放流する。海面処分場では図2.6の水処理フローに示すように数種類の方法を組合せ処理される。

処理水量は、埋立量と降雨量の和から蒸発散量を差し引いた量となる。既往の海面処分場には表2.4に示す能力の水処理装置が設置されているが、災害廃棄物の埋立ては短期的に実施されるため、更に処理能力が大きい水処理装置が必要となる。

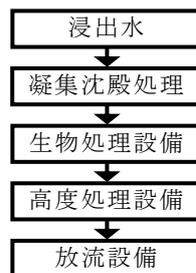


図 2.6 水処理フロー

表 2.4 海面処分場の水処理施設

廃棄物最終処分場	処分場 (m ²)	処理能力 (m ³ /日)
南本牧 (神奈川県)	210,000	1,500
衣浦3号地 (愛知県)	475,000	1,760
橘処分場 (徳島県)	94,000	485
簗島 (広島県)	119,300	1,100
響灘西部(福岡県)	369,000	9,600

(3) 搬入回数から決まる受け入れ量

焼却灰の搬入回数から求まる埋立処分の可能量を表 2.5 に示す。1 日当たりの搬入回数を 240 回 (2,316m³/日 (=2,640t/日) : 投入時間=5 分, 投入箇所=2 箇所, 受入時間=10hr) とすると、主灰の RC 率が 0% で 7.6 千 t, 50% で 13.5 千 t の焼却処理からの焼却灰を受け入れることができる。なお、この量で埋立てると首都直下地震で約 490~850 日, 南海トラフ巨大地震で約 4,450~7,700 日で処分が終了する。

焼却灰の搬入量が通常海面処分場の埋立量の約 2 倍に相当するため、保有水の処理設備の規模や能力の設定に注意を要する。

表 2.5 搬入回数から求まる埋立処分の可能量

発生率 (%)	飛灰		運搬量 (t/回)	灰比重	月間運転日数
	飛灰	主灰			
	5.2	28.3	11	1.14	25

プラント数	焼却量 (t/日)	RC率 (%)		処分量 (t/日)			運搬回数	埋立量 (千m ³)		
		飛灰	主灰	飛灰	主灰	計		月	年	
26	7,800	0.0	86.6	406	296	702	64	15.4	185	
			50.0		1,104	1,510		138	33.1	397
			0.0		2,207	2,613		238	57.3	688
45	13,500	0.0	86.6	702	512	1,214	111	26.6	319	
			50.0		1,910	2,612		238	57.3	688
			0.0		3,821	4,523		412	99.2	1,190

※主灰のRC率86.6%は、東日本大震災の宮城県での実績。

参考文献

- 1.1) 災害廃棄物：(一社)中央法規，2009年3月
- 1.2) 沿岸市町村の災害廃棄物処理の進捗状況：環境省公表資料，2011年5月12日～2012年6月30日
- 1.3) 3県沿岸市町村（岩手県・宮城県・福島県（避難区域を除く））の災害廃棄物処理の処理状況：環境省公表資料，2012年7月31日～2014年3月31日
- 1.4) 災害廃棄物の処理の記録：(財)兵庫県環境クリエイトセンター，1997年3月
- 1.5) 巨大災害発生時における災害廃棄物対策のグランドデザインについて 中間とりまとめ：環境省 巨大地震発生時における災害廃棄物対策検討委員会，2014年3月
- 1.6) 宮城県災害廃棄物処理実行計画（最終版）：宮城県，2013年4月
- 1.7) 衣浦港3号地廃棄物最終処分場の現状と処分料金の割引等について：(財)愛知臨海環境整備センター，2012年10月
- 1.8) 南本牧廃棄物最終処分場：<http://www.city.yokohama.lg.jp/shigen/sub-soshiki/jimusho/das7-6.html>
- 1.9) 橘処分場：http://eco.or.jp/profit_02.php
- 1.10) 箕島処分場：<http://www.khk-hiroshima.or.jp/syogaiyou.html>
- 1.11) 響灘西部廃棄物処分場：<http://hibikidev.co.jp/user/cat05/doc01-detail.php>

3. 災害廃棄物処理における海面処分場の供用開始時期に関する分析

災害廃棄物の処理においては、通常の処理能力を大きく超える量の廃棄物を速やかに処分する必要があり、既存施設では対応が困難である。それに対してまとまった処分容量を確保することが可能な海面処分場は、災害廃棄物処理において重要な位置づけとされている。阪神淡路大震災の記録においても、「阪神・淡路大震災においては、450haの埋立用地が確保されたことが大量のガレキの処分に関してはきわめて有効であった。」と述べられている。^{3.1)}

また、東日本大震災を踏まえて策定された「巨大災害発生時における災害廃棄物対策のグランドデザインについて（中間とりまとめ）」（平成26年3月環境省）^{3.2)}での記載では、今後の巨大災害における災害廃棄物処理に備えて検討すべき課題のひとつとして、海面処分場の活用が挙げられている。

そこで、被災地における災害廃棄物処理に海面処分場が効率的かつ効果的に機能を発揮するために必要な供用開始時期について、既存事例をもとに検討した。

3.1 災害廃棄物の発生量と処理能力

大規模災害における災害廃棄物の発生量が通常の廃棄物処理能力をどの程度超過しているのかについて、過去の大規模災害の事例で確認する。阪神淡路大震災における発生量は約2,000万トンで通常のごみ処理量の約8年分であった^{3.3)}。東日本大震災においては、岩手県で約366万トン（約8年分）、宮城県で約1,046万トン（約13年分）および福島県で約170万トン（約2年分）であった^{3.4)}。このように通常のごみ処理能力を大きく超える廃棄物については、域内の既存施設では処理しきれない。これらの能力超過した災害廃棄物の処理のために海面処分場を新たに整備する場合を想定して、発災後いつごろまでに供用開始する必要があるのかが課題になる。

3.2 災害廃棄物の処理期間

災害廃棄物の処理は、発災後作成される災害廃棄物処理実行計画に基づき、災害からの復旧・復興のためにできるだけ早期の処理・処分を目指して実施される。この実施計画における処理期間内での終了を達成することができるよう海面処分場も整備されなければならない。

この処理期間について、「東日本大震災における災害廃棄物の処理指針（マスタープラン）」^{3.5)}においては、3年と設定されており、その後策定された災害廃棄物処理対策指針においても、3年程度とされている。阪神淡路大震災における実績として、最短が2年、最長が3年であったことから、多くの自治体の処理計画においても3年を処理期間としている。

環境省が設置した巨大地震発生時における災害廃棄物対策検討委員会は2015年2月に「巨大災害発生時における災害廃棄物に係る対策スキームについて」^{3.6)}をまとめた。そのなかでは、「災害廃棄物の処理は復旧・復興の前提であり、早急に行う必要がある」とする一方、「全ての災害廃棄物を同じ期間で処理するのではなく、地域及び災害廃棄物の特性に応じた柔軟な目標として設定する必要がある」としている。

3.3 災害時における海面処分場の最適な供用開始時期の推定

(1) 仮設焼却施設の稼働時期からの推定

災害廃棄物のうち可燃性の廃棄物は地域内の既設の廃棄物焼却施設において減容化処理がなされ、既存の最終処分場に処分される。しかし、前述のようにその発生量は既存施設の処理能力を大きく上回っており、東日本大震災においては仮設の焼却施設が設置され既存施設では処理しきれない可燃性廃棄物が減容化された。この仮設焼却施設で処理された廃棄物は既存施設の能力を上回ったものであり、仮設焼却施設から発生する焼却灰の処分は既存の施設以外での処理が必要となるものであると整理される。そこで、仮設焼却施設が稼働を開始し始めるころまでには、処理先としての海面処分場を整備しておく必要があると考え、東日本大震災での仮設焼却施設の稼働開始時期を参考に、海面処分場の最適な供用開始時期を推定する。

東日本大震災における仮設焼却施設の本格稼働時期については、一般社団法人日本建設業連合会においてとりまとめられた資料^{3.7)}を整理して表 3.1 に示した。

表 3.1 東日本大震災における災害廃棄物処理のための仮設焼却施設の稼働時期

処理区域・ブロック			仮設焼却炉概要	本格稼働開始時期	発災後経過時間	
宮城県	気仙沼ブロック	気仙沼処理区	階上地区	2基(438t/日)	1号炉 平成25年3月	2年0月後
			小泉地区	2基(328t/日)	2号炉 平成25年4月	2年1月後
		南三陸処理区	3号炉 平成25年4月	2年1月後		
			4号炉 平成25年4月	2年1月後		
	石巻ブロック	3基(285t/日)		平成24年12月	1年9月後	
		5基(1,588t/日)		1号炉 平成24年6月	1年3月後	
				2号炉 平成24年8月	1年5月後	
				3,4号炉 平成24年9月	1年6月後	
	宮城東部ブロック		2基(320t/日)	1号炉 平成24年9月	1年6月後	
				2号炉 平成24年10月	1年7月後	
				2号炉 平成24年11月	1年8月後	
	亘理名取ブロック	名取処理区	2基(190t/日)	1号炉 平成24年5月	1年2月後	
				2号炉 平成24年6月	1年3月後	
		岩沼処理区	3基(195t/日)	1～3号炉 平成24年6月	1年3月後	
亘理処理区			5基(525t/日)	1～3号炉 平成24年4月	1年1月後	
			4,5号炉 平成24年6月	1年3月後		
山元処理区		2基(310t/日)	1号炉 平成24年5月	1年2月後		
		2号炉 平成24年7月	1年4月後			
仙台市		3基(480t/日)	2号炉 平成23年10月	0年7月後		
			1号炉 平成23年12月	0年9月後		
岩手県	久慈地区		仮設焼却炉なし(既設ごみ焼却場にて処理)			
	宮古地区		1基(95t/日)	平成24年3月	1年0月後	
	釜石地区		1基(100t/日)	平成24年2月	0年11月後	
	大船渡地区		仮設焼却炉なし(太平洋セメント工場にて処理)			

「東日本大震災 災害廃棄物処理の報告～災害廃棄物処理を語り・伝える～」
(平成26年6月 日本建設業連合会)より作成

整理表の中では、最も早いもので仙台市の災害発生から7月後、最も遅いもので宮城県気仙沼ブロックの2年1月後であり、平均すると1年4月後であった。焼却灰の処分場への搬出は、本格稼働後1,2か月後からになることを考えると、必要な供用開始時期は発災後1年半ころになると推定される。

(2) 広域（域外）での処理時期からの推定

災害時における海面処分場は、平常時に廃棄物を処分している既存施設では受け入れることができない余剰分を受け入れることが大きな役割であることから、東日本大震災での災害廃棄物処理において、地域外の施設によって処理をするために受け入れを開始しはじめた時期が域内の既存施設では処理しきれない余剰分の処理ニーズが発生し始めるころであろうとの推定に基づき、東日本大震災の情報を環境省の公表データ（環境省ホームページ 岩手・宮城 がれき処理データサイト）^{3,8)}を基に表 3.2 に整理した。

域外での受入開始は早いもので災害発生後 1 月から開始されているが、早期に開始されているものは、震災（津波の冠水）で損なわれた貯蔵食糧（米、大豆、水産加工品等）で腐敗のため早急な処分が必要であったものであり、いわゆるガレキではない。ガレキもしくはガレキ由来の焼却灰以外のこれらの災害廃棄物も含めて受入開始時期について平均値で見ると、発災後約 18 月後となっている。ガレキ関連廃棄物の受入開始時期では、8 月後から 28 月後となっており平均で約 20 月後となっている。これらの状況を踏まえると、必要な供用開始時期は発災後 1 年半頃になると推定される。

表 3.2 東日本大震災における災害廃棄物の広域処理の状況

県	運営	施設名	所在地 (市町村)	受入期間		品目	数量 (t)	発生場所
				自(発災後月数)	至(発災後月数)			
青森	官	三沢市一般廃棄物最終処分場	三沢市	2013年7月31日(28)	2013年9月6日(29)	不燃系廃棄物	1,553.58	岩手県野田村
	官	一般廃棄物最終処分場	六ヶ所村	2013年3月14日(24)	2013年8月10日(28)	不燃物	7,460.56	宮城県気仙沼市
	民	三戸ウエストパーク	三戸町					
秋田	官	総合環境センター	秋田市	2012年9月4日(17)	2013年3月19日(24)	焼却灰		岩手県野田村
	官	南東地区一般廃棄物最終処分場	横手市	2012年9月11日(18)	2013年3月19日(24)	焼却灰		岩手県野田村
	官	湯沢雄勝広域市町村圏組合 八面一般廃棄物最終処分場	湯沢市	2012年9月11日(18)	2013年3月19日(24)	焼却灰		岩手県野田村
	官	本庄由利広域市町村圏組合埋立最終処分場	由利本荘市	2012年9月25日(18)	2012年10月31日(19)	焼却灰		岩手県野田村
	官	矢島島海清掃一部事務組合一般廃棄物最終処分場	由利本荘市	2012年9月25日(18)	2012年10月31日(19)	焼却灰		岩手県野田村
	官	大仙美郷環境事業組合一般廃棄物処分場	大仙市	2012年4月23日(13)	2013年7月31日(28)	焼却灰		岩手県宮古市
	官	一般財団法人秋田県総合公社 環境保全センター	大仙市	2013年4月22日(25)	2013年12月18日(33)	不燃系混合廃棄物	23,381.00	岩手県野田村
	官	田沢湖一般廃棄物処分場	仙北市	2012年12月28日(21)	2013年12月18日(33)	不燃系混合物	4,155.00	岩手県野田村
	山形県	民	(株)山形環境流通	山形市	2011年10月(6)	2011年12月20日(9)	政府米	10,117.00
民		(株)エスコ米沢	米沢市	2011年9月7日(5)	2014年3月31日(36)	米、不燃物残さ、漁網等、廃船舶	43,876.00	岩手県野田村
民		ジークラウト(株)	米沢市	2011年7月19日(4)	2014年3月31日(36)	米、不燃物	72,267.00	岩手県野田村
官		酒田地区広域行政組合 最終処分場	酒田市	2012年8月1日(16)	2012年12月29日(21)	不燃物、焼却灰		宮城県松島町
民		(株)アシスト	村山市	2011年4月26日(1)	2014年2月26日(35)	水産加工品、焼却灰、不燃物、瓦・陶磁器類・石膏ボード、不燃物(選別残さ)	67,946.00	岩手県野田村
民		(株)キヨスミ産研	中山町	2011年9月(5)		大豆等、政府米	19,379.00	宮城県仙台市、石巻市
官		東根市外二市一町共立衛生処理組合 下釜最終処分場	河北町		2013年3月15日(24)	焼却灰		
茨城県	民	テルス(株)	白旗町	2011年10月(6)		政府米	10,117.00	
	官	エコフロンティアかさま	笠間市	2012年8月30日(17)	2013年12月12日(33)	溶融飛灰、スラグ、不燃物	30,758.00	宮城県石巻市
群馬県	官	環境センター	壬生町	2012年12月3日(20)	2013年7月26日(28)	焼却灰		宮城県多賀城市
	官	前橋市最終処分場	前橋市	2013年1月22日(22)	2013年8月6日(28)	焼却灰		岩手県宮古地区
	官	桐生市 清掃センター最終処分場	桐生市	2012年9月28日(18)	2013年8月6日(28)	焼却灰		岩手県宮古地区
東京都	官	東京都廃棄物埋立処分場	東京都江東区	2011年12月(8)	2014年2月21日(35)	焼却灰		
神奈川県	官	南足柄市最終処分場	南足柄市	2013年9月12日(30)	2013年12月12日(33)	漁網	107.20	
	官	第2一般廃棄物最終処分場	箱根町	2013年9月12日(30)	2013年11月15日(32)	漁網	52.00	岩手県洋野町
新潟県	官	栃尾最終処分場	長岡市		2013年3月13日(24)	焼却灰		岩手県大槌町
	官	一般廃棄物最終処分場(道心坂埋立地)	三条市		2013年2月14日(23)	焼却灰		岩手県大槌町
	官	エコグリーン 柏崎夏渡	柏崎市	2013年2月12日(23)	2013年3月25日(24)	焼却灰	278.06	岩手県大槌町
富山県	官	山本最終処分場	富山市	2013年6月19日(27)	2013年8月9日(28)	焼却灰、処理灰	2,936.67	岩手県山田町
	官	不燃物処理場	高岡市	2013年4月30日(25)	2013年8月2日(28)	焼却灰		岩手県山田町
	官	新川広域圏事務組合 新川一般廃棄物最終処分場	魚津市	2013年6月3日(26)	2013年8月5日(28)	焼却灰(飛灰)		岩手県山田町
石川県	官	戸室新保埋立場	金沢市	2012年12月25日(21)	2013年10月31日(31)	漁網・漁具	1,945.90	岩手県宮古市
	官	輪島グリーンセンター	輪島市	2012年12月27日(21)	2012年12月28日(21)	焼却灰	2.20	岩手県宮古市
福井県	官	赤崎最終処分場	敦賀市		2012年10月29日(19)	焼却灰		岩手県大槌町
	官	高浜町不燃物処分場	高浜町		2012年11月5日(19)	焼却灰		岩手県大槌町
静岡県	官	沼上最終処分場	静岡市	2012年10月(18)	2013年2月16日(23)	焼却灰		岩手県大槌町・山田町
	官	平和最終処分場	浜松市	2012年10月19日(19)	2013年3月27日(24)	焼却灰(溶融飛灰固化物等)	2,500.30	岩手県大槌町・山田町
	官	島田市一般廃棄物最終処分場	島田市	2012年5月24日(14)	2013年3月18日(24)	溶融飛灰(無害化処理灰)		岩手県山田町
	民	(株)富士環境保全公社 最終処分場	富士市	2013年2月19日(23)	2013年3月1日(23)	焼却灰		岩手県山田町
	官	裾野市一般廃棄物最終処分場	裾野市	2012年10月18日(19)	2013年3月7日(23)	焼却灰		岩手県山田町
大阪府	官	北港処分場	大阪市	2013年2月4日(22)	2013年9月10日(29)	焼却灰	22,565.05	岩手県宮古地区
	官	響灘西地区廃棄物処分場	北九州市	2012年9月18日(18)	2013年3月27日(24)	焼却灰	528.90	宮城県石巻市

環境省 岩手・宮城 がれき処理データサイト(<http://garekikouiki-data.env.go.jp/>)より作成

3.4 災害時における最終処分場の供用開始遅延要因

災害廃棄物処理において新規で整備する最終処分施設の供用開始時期を既存事例から推定したが、災害時における整備においては、通常時と異なる様々な要因によって供用開始が遅延する懸念がある。想定される遅延要因としては以下のようなものが考えられる。

- ・行政の混乱：整備工事の発注事務手続きの遅延，着手に必要な許認可や手続きの遅延

- ・救助・応急作業：初期は，人命救助・捜索あるいは啓開作業が最優先
- ・インフラの機能低下：施工サイトへの交通機能低下，作業員の宿泊等の生活サービスの低下，工事用の用水，電気，通信等の不足
- ・資機材の不足：応急復旧工事等との競合，工場等の被災による供給能力の低下，インフラ機能低下による供給停滞
- ・作業員の不足：応急復旧工事等との競合，作業員の被災による就労困難
- ・近隣・関係者調整：整備サイトの近隣や利害関係者との調整や同意取付が関係者の被災や避難によってスムーズに行えない
- ・ヤード不足：仮設や作業および資機材仮置きのためのヤードが被災や応急復旧作業との競合等により確保困難

なお，これらの遅延要因は，整備サイトが陸域であっても海域であっても同様に影響を受ける．ただし，インフラの機能低下に伴う施工サイトへの交通機能低下については，陸域より海域の方が軽いことが予想される．これは，海域における交通は陸域に比較して災害によるダメージが低く早期の供用再開が可能である（阪神・淡路大震災や東日本大震災における初期の救援物資輸送等においては船舶輸送が先行したことからも）ことから，資機材運搬や作業員送迎などにおいて海上輸送ルートの早期使用を期待できるためである．

参考文献

- 3.1) 土田孝ら（1998）：阪神・淡路大震災におけるがれきの処理・活用に関する調査と考察，港湾技研資料 No. 899
- 3.2) 環境省 巨大地震発生時における災害廃棄物対策検討委員会（2014）：巨大災害発生時における災害廃棄物対策のグランドデザインについて（中間とりまとめ）
- 3.3) 兵庫県生活文化部環境局環境整備課（1997）：阪神・淡路大震災における災害廃棄物処理について
- 3.4) 環境省（2012）：平成 24 年版環境白書
- 3.5) 環境省（2011）：東日本大震災に係る災害廃棄物の処理指針（マスタープラン）
- 3.6) 環境省 巨大災害発生時における災害廃棄物対策検討事業（2015）：巨大災害発生時における災害廃棄物対策スキームについて
- 3.7) 一般社団法人日本建設業連合会 復旧・復興対策特別委員会（2014）：東日本大震災災害廃棄物処理の報告～災害廃棄物処理を語り・伝える～
- 3.8) 環境省：岩手・宮城がれき処理データサイト (<http://garekikouiki-data.env.go.jp/>)

4. 既設構造物を積極的に利用した海面処分場整備の可能性

災害廃棄物の処理・処分は、被災地における復旧・復興のために、できるだけ早急を実施されることが望まれている。しかし膨大な量の災害廃棄物を短期に処理するには、既存施設では限界があるため、域外の施設を活用する（広域処理）か、域内や近傍地での新たな施設の整備が必要となる。その際には、いずれの場合においてもできるだけ早期の供用（廃棄物の受入）を開始できることが条件となる。

災害廃棄物処理においては、海面処分場への期待が寄せられている。そのため、発災後に海面処分場を新規に整備する場合における早期供用の可能性について検討した。

海面処分場の建設における工期短縮については、工法や断面を工夫することによる施工期間の軽減が可能な方策があるとすれば、すでに平常時での海面処分場や港湾構造物の整備において取り入れられている筈であり、現状において画期的な方策が見出される可能性は低いと考えられる。さらに、災害時とはいえ廃棄物処理法に基づく構造基準等を逸脱することは許されるものではないので、災害時での特別な断面を採用することもできない。このようなことから、工法や断面の工夫による工期短縮は望めないと考える。そこで、施工期間をできるだけ短縮できる方策についての条件と既設構造物の利用による早期供用の可能性について検討した。

4.1 短期施工のための条件

施工期間をできるだけ短縮して施工するためには、可能な限り施工条件が良好で整っていることが必要である。海面処分場の整備において必要な条件としては以下のような項目が考えられる。

- ・比較的水深が浅いこと（概ね-10m以浅）
- ・不透水性地層があり底面遮水の条件を満たし、遮水工は鉛直遮水のみで可能なこと（ただし軟弱な粘性土では、護岸直下の地盤改良が必要になり、工程延伸要因にもなりかねないので注意が必要）
- ・新設護岸がケーソンや鋼板セル式の場合、近傍に製作・仮置ヤードが確保できること

ただし、発災後にこのような条件を検討し選択する作業を行ってはいは、建設着手が遅れてしまうため、平常時のうちに様々な条件を勘案して大規模災害時における海面処分場建設候補地を検討・選定しておくことが望まれる。

4.2 既設構造物の利用

良好な施工条件下における施工に併せてさらに工期の短縮を図る方法として、既存構造物を活用し、新規に整備する護岸が最小限で済むような平面形状を計画することが考えられる。

そして、対象となる既存構造物については、低利用施設や老朽化施設等で、海面処分場へ転用しても影響を受ける利用者や利害関係者が少ないことが見込めればさらに望ましい。ただし、老朽化施設の場合、地震時に被災して、護岸や背後地の復旧に多大の費用や時間が掛かるような状態の施設ではかえって工期短縮の効果は見込めなくなってしまう。従って、既存構造物を利用した平面形状の候補についても事前に複数の候補を挙げておき、発災後の被災状況を勘案して絞り込めるようにしておくことが必要である。あるいは、事前に絞り込んでおいた候補地に対して予め液状化判定あるいは耐震診断や対策を施しておくことも有効である。

災害時に既設構造物を利用した海面処分場建設候補地としては、既設構造物に囲まれた穏やかなまとまった水面が存在する場所を選択することになるが、老朽化した低利用の突堤間、遊休化した水面貯木場などが挙げられる。実際には利害関係者との利用調整や港湾計画等との整合などが必要となるが、単純に地形的な（物理的な）条件つまり既設構造物に囲まれた穏やかな水面を、東京湾内で例示的に候補を挙げるとすれば、突堤間の空間としては、横浜港の本牧 A～B 突堤間（図 4.1）、水面貯木場としては、東京港の新木場 14 号地（図 4.2）が挙げられる。

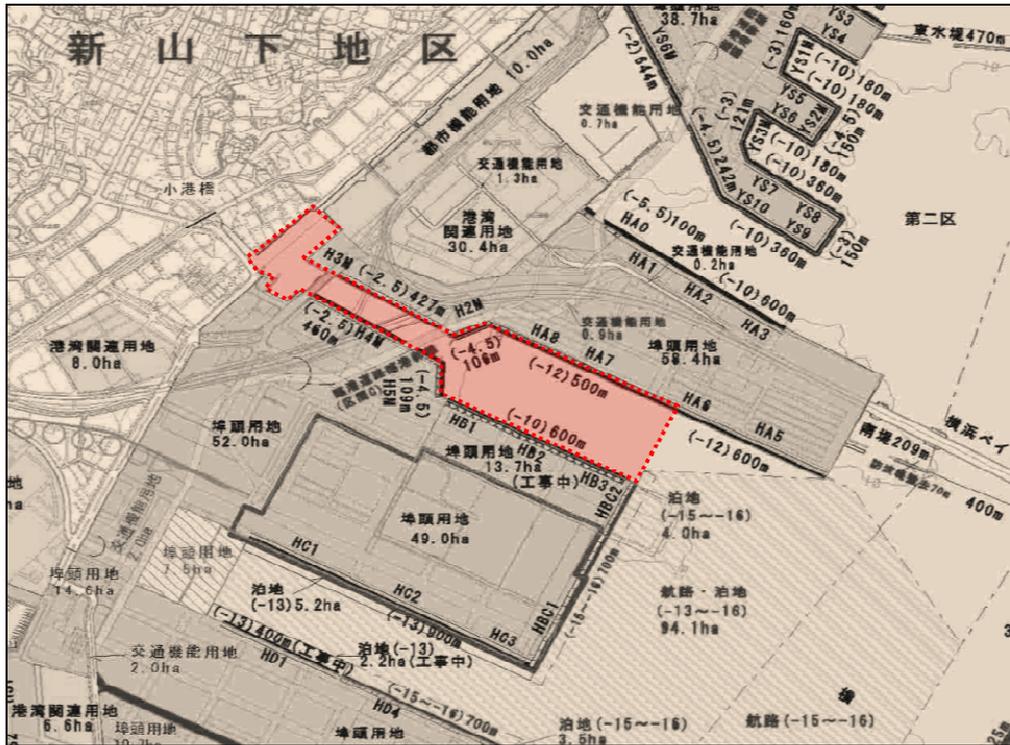


図 4.1 突堤間を災害時海面処分場候補地とする例（横浜港本牧 A～B 突堤間）

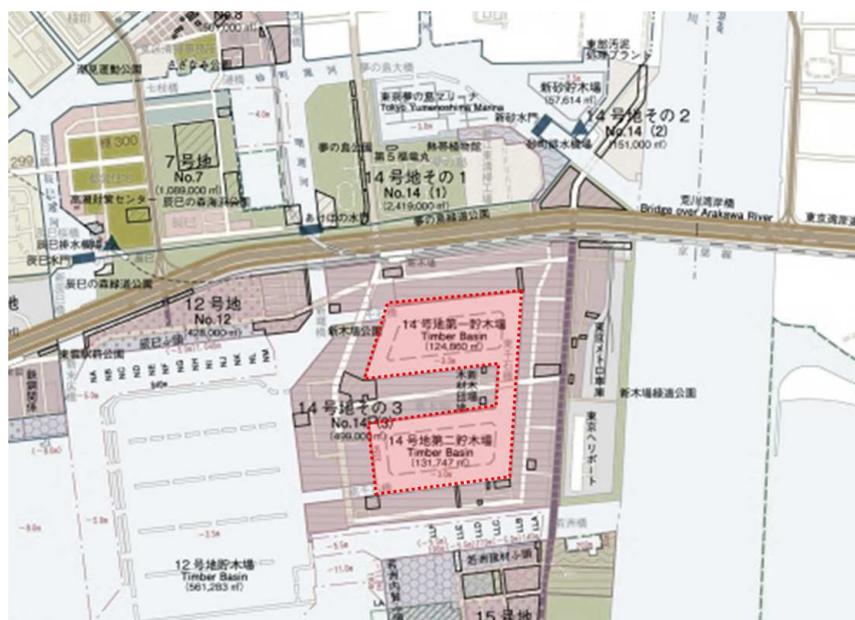


図 4.2 貯木場を災害時海面処分場候補地とする例（東京港新木場 14 号地）

4.3 ケーススタディ

横浜港の本牧A～B突堤間を災害時の海面処分場として既設構造物を利用して整備する場合を対象として、工期や工費がどの程度の低減が可能かについて、概略の検討を行った。これは、あくまでもケーススタディとして例示的に選定したエリアであって、ここでは、エリアの選定そのものを提案するものではない。

(1) 平面イメージ

横浜港の本牧A突堤とB突堤の間の海面を災害廃棄物用の処分場とする場合を想定し、護岸4辺のうちA突堤の既設護岸とB突堤の既設護岸2辺を利用することとし、それぞれの突堤を結ぶ2辺は、新設の護岸を築造することとした。（護岸全延長1,900mのうち1,400mが既設護岸部）

平面形状のイメージは、図4.3に示す通りで、概算容量は、 $700\text{m} \times 250\text{m} \times 14\text{m} (+3.0 \sim -11.0\text{m}) = 245 \text{万 m}^3$ である。

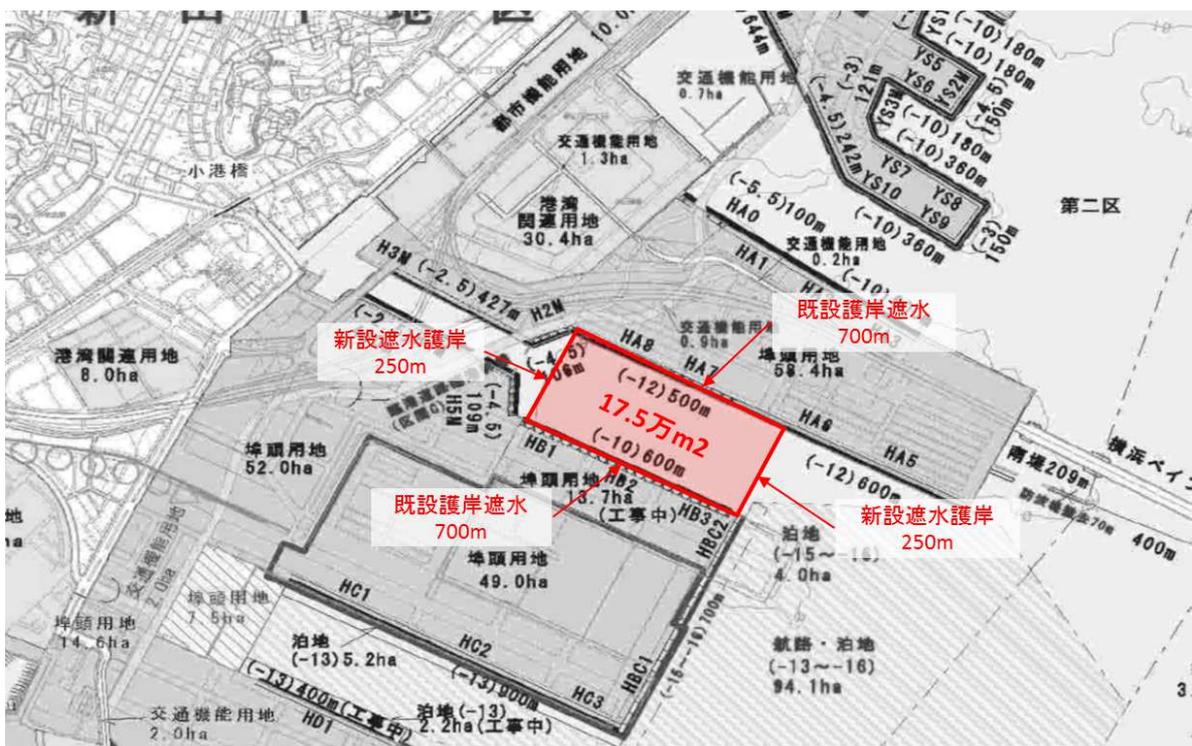


図4.3 ケーススタディにおける平面イメージ

(2) 断面イメージ

既設護岸部における断面イメージを、図4.4に示す。既設護岸部における遮水は、止水鋼矢板を用いた遮水構造として、鋼矢板は自立式ではなく、既設構造物を利用した控え式とする。

なお、当該護岸は、防波堤や既設護岸で遮蔽されて波力等の影響が小さい事、波浪の影響を受けない陸上機で既設護岸上から施工可能である事から、止水鋼矢板は1列とした。このことは、管理型廃棄物埋立護岸 設計・施工・管理マニュアル^{4.1)}においても、「予め陸化した後に

図 4.5 新規で整備する護岸の断面イメージ

(3) 概算工事費および工程の検討・比較

ケーススタディにおける既設護岸を利用した場合の工事と、全周護岸を新規構築する同規模の工事について、既存資料類を参考に概算工事費を算定した。

新設護岸工費（ケーソン式；地盤改良および遮水工は別途）は、設計や数量計算はせずに、既往検討例^{4,3)}をもとにした以下の水深－直工費関係式から算定した。

$$C = -735.14 \times h + 41.892 \tag{4.1}$$

ここに、C：護岸直工費（千円/m），h：海底地盤高（m）

本検討では平均海底地盤高-11mであるから、直工費は次のとおり求められた。

$$C = -735.14 \times (-11.0) + 41.892 = 8,128 \text{（千円/m）} = 813 \text{（万円/m）}$$

この工事費用に地盤改良と遮水処理に要する費用を加算して新設護岸の直工費を算出し、概算工事費を表 4.1 に、それぞれの施工における概略工程を表 4.2 に示す。なお、概算工事費には、代替施設整備費や事前耐震化などの費用は含めていない。

表 4.1 ケーススタディにおける概算工事費

	既設護岸利用	全護岸新設
処分容量(万m3)	245	245
工事費(億円)	135	364
新設遮水護岸築造	69	260
既設護岸部遮水処理	28	0
諸経費	39	104
単位処分量当り工費(万円/m3)	0.6	1.5
工期(年)	1.0	2.5

表 4.2 ケーススタディにおける概略工程

	1年目	2年目	3年目	備考
既設護岸利用案(1.0年)				既設1,400m＋新設500m
地盤改良工(深層混合処理)	■			新設護岸部
ケーソン製作工	■			10.5B×15.0H×25.0L 20函
ケーソン据付・止水処理工	■			同上
既設護岸遮水処理工	■			止水矢板SP-VL L=24.0m 2,800枚
全護岸新設案(2.5年)				新設1,900m
地盤改良工(深層混合処理)	■			
ケーソン製作工		■		10.5B×15.0H×25.0L 76函
ケーソン据付・止水処理工		■		同上

既設護岸を利用した場合は全周護岸を新設する場合に比較すると約 1/3 の費用であり、単位処分量当たり工費が、0.6 万円/m³ となった。これに対して遠藤ら^{4.4)}が陸上処分場の建設費のデータからまとめた陸上処分場の処分量と建設費の関係では、処分量あたりの土木工事費は、陸上処分場の平均的な規模である 10 万 m³ のとき約 8.7 千円/m³ となる。ここで試算した海面処分場の建設費はその約 6 割にあたる。

また、工期については、既設護岸を利用することによって、2.5 年を 1 年に短縮することができ、前章において検討した、大規模災害時における海面処分場の供用開始時期（発災後 1 年半）に対応可能な工期である。ただし、1 年の工期は直ちに着工することを前提としており、事前検討や設計などは含まれない。また、大規模災害時においては、港湾域における啓開作業等の応急復旧作業が優先されるため、発災直後の着工は困難であると考えられる。また、物流の滞りや他の復旧・復興工事との競合等により、作業船、作業員、資機材、燃料等の調達に支障が発生する可能性があり、発災後 1 年半での供用開始は、事前の検討や調整があれば不可能ではないが、余裕の見込めない工期であると考ええる。

4.4 災害廃棄物処理施設としての海面処分場整備における課題

海面処分場の建設にあたって届出申請等に関係する主な法令としては、廃棄物処理法、港湾法、公有水面埋立法および環境影響評価法等がある。海面処分場の建設にあたってはこれらの法令に従って事前に様々な手続き等が必要である。しかし、災害廃棄物処理のための海面処分場の整備において、発災後にこのような手続き等を行ってはいは、発災後の速やかな着工ができない。

阪神淡路大震災における災害廃棄物の処理に海面処分場が有効に機能した背景には、大阪湾広域臨海環境整備センター（フェニックスセンター）が大規模な海面処分場をすでに保有していたことに加え、新たな海面埋立の計画がすでに立案されており、港湾利用者、船舶関係者、海上交通安全関係行政機関、都市計画・道路関係行政機関、環境関係行政機関などの関係者、関係機関との調整がほぼ終了していたことで、港湾計画の改訂が早期にスムーズに行えたことが大きな要因となっている。そして、もしこのような事前準備が無い状態で港湾計画の改訂を行おうとすると、そのために必要な手続き期間は 6 か月から 2, 3 年を要するため、震災時の緊急性を考慮してもこのような迅速な対応は難しいと述べられている^{4.5)}。

災害廃棄物の処理のために海面処分場を建設する場合に必要な手続き項目を表 4.3 に整理する。現行の制度においては、多くの項目がいつ発生するかが判らない大規模災害を想定して、事前に検討を行い、さらには事前想定の下での手続きが行えるものではない。

埋立の事業や計画が無い場合において災害廃棄物を海面処分によって処分しようとした場合、港湾計画の変更が必要となり、そしてたとえ港湾計画において事前に災害廃棄物処分予定地を位置づけしておくことができたとしても、公有水面埋立法に基づく埋立免許の取得において、現行制度下では申請において埋立に関する具体的な内容を記載しなくてはならない項目（埋立竣工時期、埋立材料等）があるため、事前手続きは不可能となっている。

大迫（2014）は、東日本大震災での経験を踏まえて将来の巨大地震における災害廃棄物マネジメントの課題の一つとして、許認可手続きの簡素化が必要であると述べている^{4.6)}。また、環境省の設置した巨大地震発生時における災害廃棄物対策検討委員会においても、大規模災害時における災害廃棄物の円滑な処理のために廃棄物処理法の「特例的措置」の実施の必要性が議論されている^{4.7)}。

大規模災害時における特例措置については、災害廃棄物処理において早期供用のための海面処分場の整備とそのために必要な事前準備のために必要な措置についても、併せて議論し将来への備えとして具体的な対応を進めておく必要があると考えられる。

表 4.3 海面処分場整備における手続の範囲

項目	事前着手項目				事前着手における課題等
	ケース1	ケース2	ケース3	阪神・淡路	
候補地選定	○	○	○	○	
港湾計画手続き					原案を内部で予備的に検討することには問題はないが、関係機関調整において、災害時の条件付で調整することの了解が必要 審議会への諮問は制度の変更が必要
原案策定・関係機関調整	○	○	○	○	
地方港湾審議会		○	○	発災0.5月後	
交通政策審議会(港湾部会)		○	○	発災1月後	
公有水面埋立申請					原案を内部で予備的に検討することには問題はないが、利害関係者との調整において、災害時の条件付で調整することの了解が必要 出願以降の手続きについては制度の変更が必要
申請書原案作成	○	○	○	○	
利害関係者との調整	△	○	○	△	
環境アセスメント		○	○	△～○?	
出願・審査(知事)		○	○		
認可申請・審査(大臣)		○	○		
免許取得		○	○	発災後2.5月 発災5月後	
廃棄物処理施設設置申請					施設の確認が必要のため事前手続きは無理
環境アセス					事前に当該海域や周辺の現況の調査やとりまとめは可能であるが、現状に係る調査時期の有効性(賞味期限)についてのコンセンサスが必要 仮定に基づく計画で手続きを行うためには制度の変更が必要
現況調査	△	○	○	—	
配慮書手続き		○	○	—	
方法書手続き		○	○	—	
準備書手続き		○	○	—	
影響評価書作成		○	○	—	
設計					設計検討は予め行うことは可能であるが、発災後に周辺の被災等に応じた見直しは必要
設計条件整理	○	○	○	○	
基本設計	○	○	○	○	
詳細設計	○	○	○	○	
施工					被災の影響を見越した施工計画の概略検討は事前に可能であるが、具体的な条件等は発災後でない限り明確にならないので、発災後の見直しは必要 ケース3(災害を見越した施設整備)においては、予算措置における制度や法令の見直しが必要であり、災害発生時までは施設の過剰整備となりかねない
施工計画検討	△		○		
資材調達			○		
地盤改良			○		
護岸築造			○		
遮水工			○		
付帯施設			○		

※ケース1: 現行の制度の範囲内で行える最大の準備範囲

※ケース2: 手続き等を事前に行っておき、建設のみを発災後に行う

※ケース3: 災害を見越して平時のうちに施設整備を行っておく

参考文献

- 4.1) 港湾空間高度化環境研究センター (2008) : 管理型廃棄物埋立護岸 設計・施工・管理マニュアル (改訂版), p.42
- 4.2) 安間ら (2002) : 大阪湾フェニックス事業の廃棄物埋立について, 海洋開発論文集, pp.101-106
- 4.3) 運輸省ほか (1995) : 沖合人工島に関する調査報告書, p.155
- 4.4) 遠藤和人・山田正人・井上雄三・小野雄策 (2010) : 廃棄物最終処分場のライフサイクルコストに関する一考察, 廃棄物資源循環学会研究発表会講演論文集, pp.545-546
- 4.5) 土田孝ら (1998) : 阪神・淡路大震災におけるがれきの処理・活用に関する調査と考察, 港湾技研資料, No. 899
- 4.6) 大迫政浩 (2014) : 東日本大震災における災害廃棄物処理の検証と将来に向けた課題, いんだすと, No.319, (公社) 全国産業廃棄物連合会, pp.2-12
- 4.7) 環境省 巨大災害発生時における災害廃棄物対策検討事業 (2015) : 巨大災害発生時における災害廃棄物対策スキームについて

5. 災害ガレキの活用による海面処分場の構築可能性

5.1 概説

東日本大震災規模の災害で大都市圏が被災した場合、膨大な量の災害廃棄物の処理が停滞しないよう、新設処分場の速やかな整備が必要になる可能性がある。このような場合、被災地が沿岸域であれば、陸上処分場に加え、処分容量を確保しやすい海面処分場も緊急整備の対象となり得る。

新設処分場を緊急整備するには、通常の整備事業における事前準備期間および建設期間について、各々の短縮施策を検討する必要がある。海上という作業環境により、陸上より施工性に劣る海面処分場では、被災時でも機能する効率的な建設方法を検討しておくことは重要といえる。

通常、海面処分場は3～4年の建設期間（着工～廃棄物受入まで）が必要である。一方、大規模災害の場合、発災後に廃棄物処理体制が整備され、災害廃棄物の中間処理が本格稼動するまでに数ヶ月～1.5年程度を要すると考えられる。中間処理については、分別・破碎・再資源化・減容化等が順を追って本格化すると考えられるが、円滑な廃棄物処理の観点からは、焼却等の減容化処理までに処理残渣の受入体制が整っていることが望ましい。

以上より、本章では、災害廃棄物を有効利用して建設期間を短縮し、着工から廃棄物受入までに要する延べ日数が1年以内となる海面処分場を提案して、その構築の可能性を検討する。

処分場は、比較的静穏な港湾内での整備を想定する。建設方法における本提案の特徴は、災害廃棄物のうち大量に発生し、比較的早期に処理が開始できる廃コンクリート（安定型廃棄物）の有効利用に着目することである。すなわち、その再生処理材料（以後、再生材とする）を既設護岸から沖合いに撒き出し、延伸して処分場の外周護岸を建設する。処分場は管理型処分場とし、埋立対象物として災害廃棄物の焼却残渣（管理型廃棄物）を優先的に受入れる。

検討では、再生材を利用した護岸構造、護岸や付帯施設の配置、処分場の建設手順を複数提案し、護岸等の配置の違いによる建設特性の違いを把握する。次に、これらの中で最も早期に残渣の受入れを開始できる配置を選定し、これに対し整備条件の違いによる受入特性の変化を確認する。また、概算建設費用を算出し、陸上処分場と比較する。

5.2 災害廃棄物の発生量と処分場の埋立容量の設定

基本的な検討条件となる災害廃棄物の発生量や必要とされる処分場の埋立容量は、東日本大震災の事例を参考に設定する^{5.1) 5.2)}。

東日本大震災では、岩手・宮城・福島の3県で約1,700万tの災害廃棄物が発生した（表5.1）。2014年3月末において、推計量合計の5%にあたる79万tは埋立処分されている。埋立物の単位体積重量を1.8t/m³とすると、埋立容量は1県あたり約15万m³となる。また、80%にあたる1,350万t程度が、発災後3年の間に再生材として利用されている。これらは主に廃コンクリート由来の不燃物を破碎したものであり、3年間の平均で、1県あたり12,000t/日程度が土地造成や建設材料として利用されたことになる。

災害廃棄物は処理区毎に集約処理され、1処理区の廃棄物処理量は数十万～百万トン規模であった（表5.2）。廃棄物処理の内容は処理区により異なり、廃棄物の焼却割合は10～25%とばらついている。焼却量に対する焼却残渣の発生量は不明の場合が多いが、例えば気仙沼ブロックでは10～20%である。20万t～50万t規模の処理区において、焼却量の20%が残渣になる

と仮定し、焼却施設の稼働期間で残渣発生量を除して残渣の排出速度を算出すると、5～50t/日となる。

以上より、本検討では処分場の埋立容量を10万m³以上とし、早期受入が必要な残渣量として5～30t/日を設定する。再生材の利用量は、施工上の制約等を考慮して500t/日で検討する。

表 5.1 災害廃棄物の発生量と処理量（東日本大震災）^{5.1)}

	災害廃棄物(千トン) 平成26年3月末				
	推計量 合計	処理量			
		再生利用	焼却	埋立	合計
岩手県	4,228	3500 (83%)	439 (10%)	289 (7%)	4,228
宮城県	11,107	9048 (81%)	1704 (15%)	354 (3%)	11,106
福島県	1,732	1049 (82%)	91 (7%)	144 (11%)	1,284
合計	17,068	13594	2236	790	16,620

表 5.2 災害廃棄物の焼却処理状況（東日本大震災）^{5.2)}

処理区		推計量 合計 (千t)	焼却処理施設			焼却残渣			
			既存 仮設	施設能力	運転期間	焼却総量 千t	発生総量		排出速度 t/日
				t/日	(ヶ月)		千t		
久慈地区		228	既存	2.5	31	24	4.8	焼却総量 * 0.2	5.2
気仙沼 ブロック	気仙沼区	1,114	既存	5	21	174	36.0	実績量	0.9
	南三陸		仮設	766	9				131.3
宮城東部ブロック		768	仮設	285	11	99	7.9	実績量	23.9
			既存	30	25	112	22.4	焼却総量 * 0.2	5.2
気仙沼 ブロック		741	仮設	320	11	112	22.4	焼却総量 * 0.2	56.0
			仮設	190	17	73	14.6		28.6
			仮設	195	17	61	12.2		23.9
			仮設	525	18.5	118	23.6		42.5
山元処理区		709	仮設	310	19	136	27.2		47.7

5.3 処分場の構造と建設手順の設定

(1) 整備環境

処分場の建設場所は、船舶共用係数がランク1相当の静穏な港湾内で、既設護岸の前面水域を想定する。整備水深は-10m前後、外水位変動はC.D.L+0.0m～2.0mとする。建設地盤は水平で地盤改良が不要な砂質地盤とし、処分場の埋立天端をC.D.L+4.0mとする。なお、「5.7 経済性に関する検討」においては、地盤改良が必要な場合も概略検討の対象とする。

(2) 処分場の基本構造

処分場を構成する外周護岸は、建設期間短縮のため、再生材の直接投入による傾斜堤とする。また、処分場内に仮置場や中仕切堤を施工する場合も、再生材を利用する。傾斜堤の標準断面を図5.1に示す。外周護岸と中仕切堤は天端幅10m、法勾配1.5の共通断面とし、外周護岸の外側法面には被覆石と消波工を設置する。

遮水工は、5層一体型遮水シート（不織布3枚＋遮水シート2枚の互層）を被覆層で押さえる構造とし、底面被覆層の層厚は1mとする。法面被覆層は被覆法勾配2.0、天端幅1mとし、外周護岸内側、中仕切堤両側および仮置場の法面に施工する。

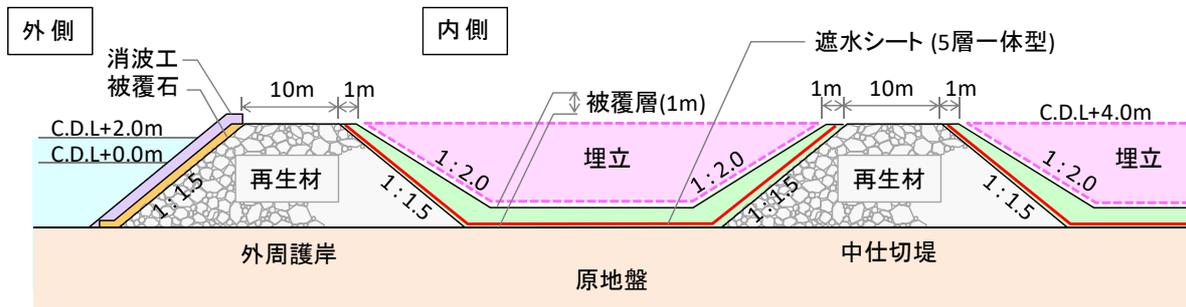


図 5.1 傾斜堤の標準断面図

(3) 外周護岸・仮置場・中仕切堤の配置と施工手順

本検討で提案する4種類の処分場平面構成を図5.2に示す。既設の直立護岸を外周護岸の一部に利用し、新たに施工する傾斜堤3辺で矩形の埋立地を構成する。この矩形配置を基本（配置①）とし、残渣の先行受入を可能にする施設（仮置場、先行埋立地）を併設した配置（配置②～④）を検討する。なお、外周護岸・仮置場・中仕切堤の相互離隔は、対面に配置される堤体の法面被覆層の法尻が干渉しない範囲で検討する。以下に、各配置案の概要を説明する。

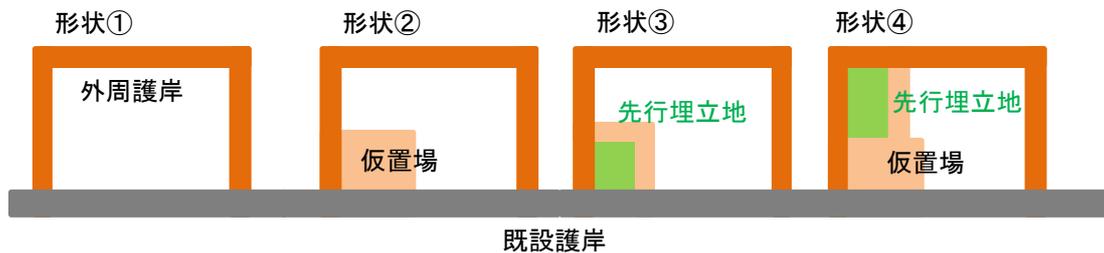


図 5.2 処分場の平面構成

(a) 配置①（基本構成）

処分場を外周護岸で構成し、先行受入施設は配置しない。埋立容量が同じ場合、他の配置より矩形が小規模となり、建設期間は短くなる。残渣の受入れは、処分場の建設完了後に開始する。

(b) 配置②（仮置場を施工）

建設初期に外周護岸の一部を沖合いに延伸し、既設護岸との隅角部に再生材を撒き出して仮置場を先行施工する。仮置場の完成後、残りの外周護岸に着手する。仮置場の完成後に残渣の受入れを開始し、産業廃棄物の保管基準に準拠した積上形状で仮置く。仮置場に水処理施設は不要だが、浸出水の発生防止のため、仮置きした残渣には覆い等の措置が必要である。処分場の完成後、仮置された残渣は埋立地に移動して埋立処分する。

(c) 配置③（先行埋立地を施工）

配置②と同様に外周護岸の一部を沖合いに延伸し、2辺の中仕切堤を施工して小型の矩形用地（先行埋立地）を締め切る。締め切り後、先行埋立地の遮水工と残りの外周護岸に着手する。

先行埋立地の完成時点で残渣の受入れを開始し、先行埋立処分することが可能となる。同じ面積の仮置場と比較すると、先行埋立地は受入量（埋立容量）が大きく、先行受入期間を長くできる。なお、先行埋立地には水処理施設が必要となる。

(d) 配置④（仮置場＋先行埋立地を施工）

配置②と同様に仮置場を先行施工する。仮置場の完成後、さらに外周護岸を延伸し、中仕切堤で小型の矩形用地を締め切る。締め切り後、先行埋立地の遮水工と残りの外周護岸に着手する。埋立容量が同じ場合、処分場として矩形形状が大きく、再生材の利用量も多く、建設期間は長期を要する。一方で、整備環境・材料供給・残渣受入等の条件変化に対して先行受入の調整幅が大きく、早期受入を実現できる条件も広いと考えられる。

(4) 処分場の建设工程と受入開始時期の考え方

処分場の建设工程を図 5.3 のように設定した。以下に建设工程の基本的な考えを述べる。

供給される再生材は仮置場、先行埋立地、外周護岸の順に利用し、これらの同時施工は行わない。外周護岸では、堤体の施工にあわせて被覆石と消波工の据付けを開始する。先行埋立地がある配置では、埋立地内に堤体で締め切られた領域ができた時点で、その領域の遮水工（遮水シートと被覆層の設置）に着手する。遮水工が完成した領域は、残渣の埋立処分が可能となる。

先行受入施設の完成と同時に残渣の受入れを開始すると、先行受入容量が小さい場合は、最終的な遮水工の完成（後続埋立の開始）までに受入中断期間が生じる。このような場合、本検討では先行受入施設の完成後に受入待機期間を設け、仮置き・先行埋立・後続埋立が連続で実施可能となるように調整して、受入開始時期を決定する。

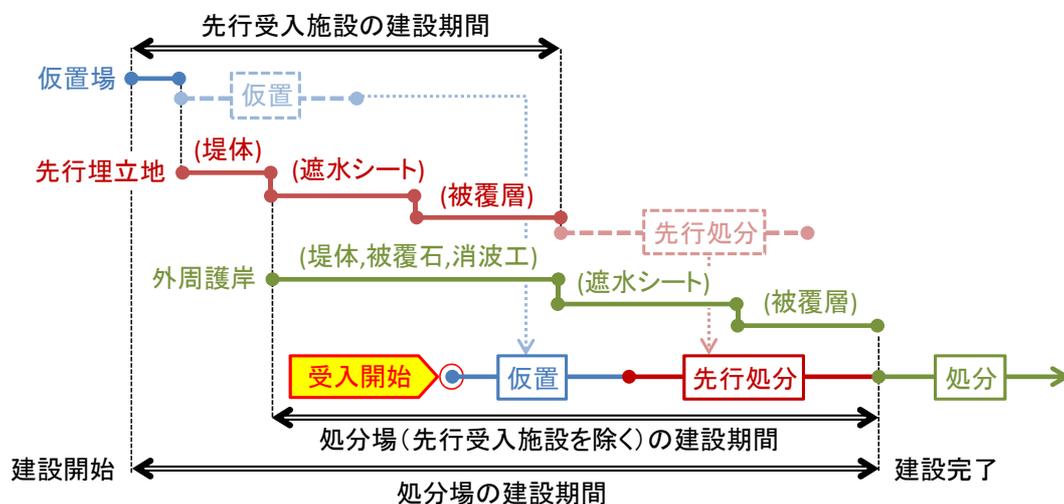


図 5.3 処分場の建设工程と受入開始時期

5.4 平面構成毎の形状特性に関する検討

処分場の適切な配置や形状は、建設場所・埋立容量・再生材の利用量・残渣の受入量等の制約により変化する。

ここでは、早期受入を検討する前に、配置①～④について、建設条件と処分場形状あるいは受入開始時期の関係を調べ、各々の処分場としての特徴を整理する。

(1) 配置①（基本構成）

水深が同じ場合、外周護岸の沿岸方向長さ（以後、沿岸幅とする）、沖合方向長さ（以後、沖合幅とする）、埋立容量のうち、2つを定めると処分場形状が決定される（図 5.4）。処分場の完成後に残渣を受入れるため、早期の受入開始には、外周護岸の施工延長が短い（短期間で護岸を施工）、あるいは埋立面積が狭い（短期間で遮水工を施工）ことが必要となる。

埋立容量が同じ場合の沿岸幅、建設材料使用量、受入開始時期の関係の一例を図 5.5 と図 5.6 に示す。また、整備水深毎の沿岸幅と受入開始時期の関係を図 5.7 に示す。

残渣受入 10t/日、水深-5m で埋立容量 10 万 m³ の場合、沿岸幅が 200m 程度で護岸総延長は最短となる。このとき着工～受入開始も最早となるが、1.1 年程度は必要である。

再生材と比べて遮水シートや被覆層は施工量が少なく、同じ埋立容量では数量変化も小さいため、受入開始の早遅は形状による変化が最も大きい再生材の利用量とほぼ同じ傾向となる。なお、受入開始時期の検討では、遮水シートと被覆層の施工能力を各々 400m²/日と 300m³/日としている。

水深-5m～-9m の浅水域で埋立容量 15 万 m³ を確保する場合、沿岸幅が 200m 以下では受入開始は大幅に遅くなる。いずれの水深も沿岸幅が 200m～250m のときに受入開始が最早（1.3～1.8 年程度）となり、この範囲での開始時期の変化は緩やかである。

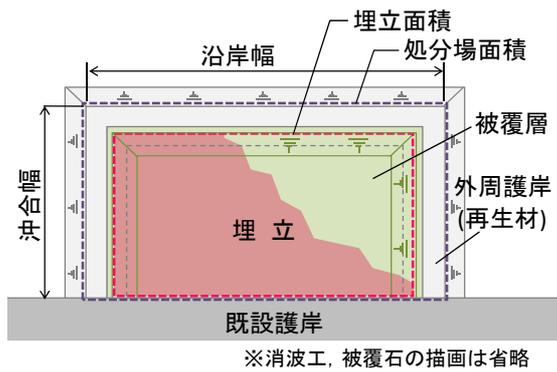


図 5.4 処分場の構成（配置①）

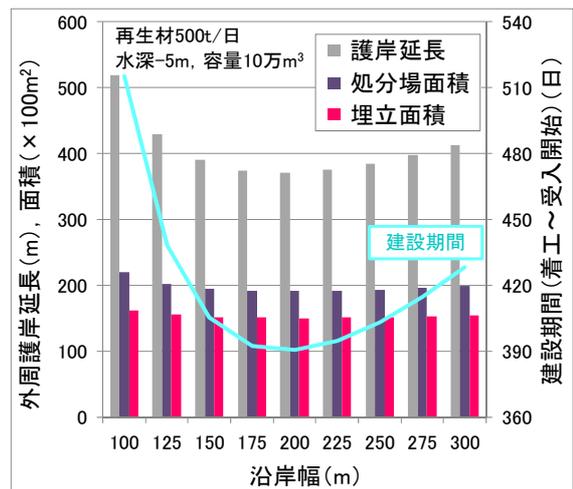


図 5.5 処分場広さと受入開始時期（配置①）

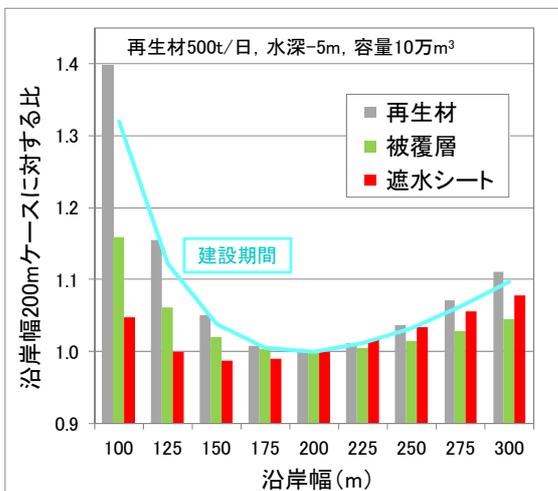


図 5.6 処分場形状と建設材料利用量（配置①）

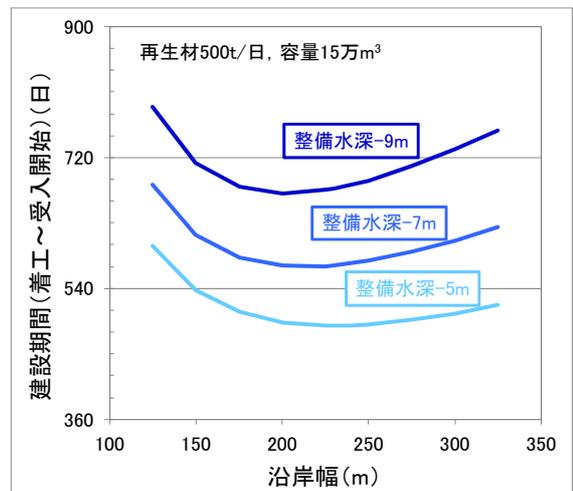


図 5.7 整備水深と受入開始時期（配置①）

(2) 配置②（仮置場を施工）

仮置場を適正規模に設定できれば、仮置場の完成と同時に受入れを開始して仮置き、仮置容量限度まで受入れた時点で処分場が完成し、受入れを中断することなく継続できる。

処分場の埋立容量を規定する場合は、仮置場を使用する再生材の容積分の埋立容量を確保するため、処分場の面積を広げる必要があり、外周護岸の総延長が長くなる。

仮置場は、正方天端を基本形状として計画する。天端の外縁 10m 部分は作業通路とし、残渣の仮置勾配 2.0、積上高さを 3m として仮置量を決定する（図 5.8）。

埋立容量が同じ場合の、仮置場規模と再生材利用量の関係の一例を図 5.9 に、処分場の建設期間と受入開始時期を図 5.10 に示す。

残渣受入 10t/日、水深-5m で、沿岸幅 225m、埋立容量 10 万 m³ とすると、処分場建設で利用する再生材の 7% 程度で、最小規模の仮置場が施工される。仮置場を大きくすると仮置容量が増えるが、処分場に占める天端面積が 12% 程度で仮置場は適正規模（受入待機なし）となり、これ以上規模を拡大する必要はない。適正規模の仮置場は、再生材利用量の 23% 程度で施工され、最小規模の場合と比較すると、処分場としての面積は 15% 程度広がる。

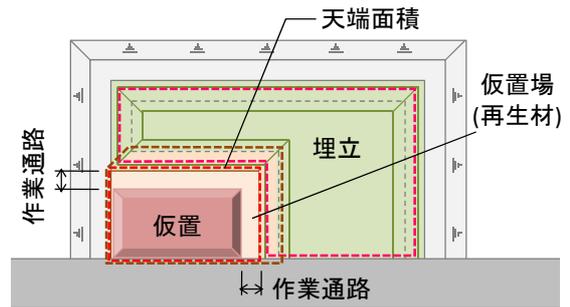


図 5.8 処分場の構成（配置②）

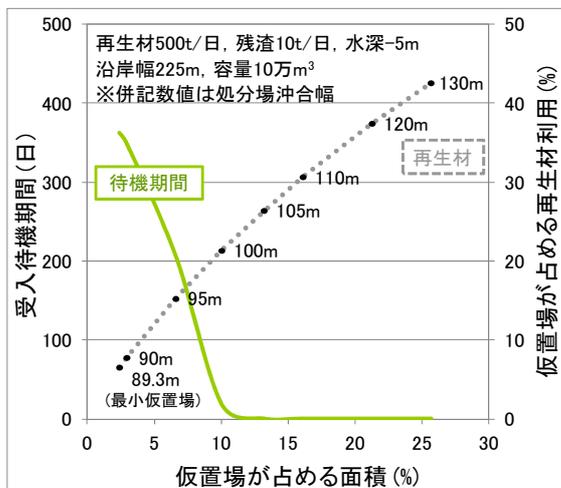


図 5.9 仮置場規模と再生材利用量（配置②）

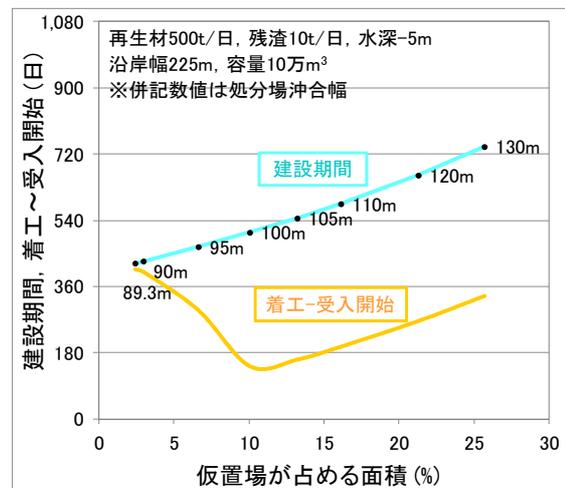


図 5.10 仮置場規模と受入開始時期（配置②）

(3) 配置③（先行埋立地を施工）

先行埋立地が適正規模であれば、先行埋立地の完成と同時に受入れを開始し、先行埋立が完了する時点で処分場は完成している。

処分場の埋立容量を規定する場合は、処分場の沿岸幅と沖合幅の設定が必要となる。これらの設定により、処分場内で中仕切堤が占める容積、すなわち中仕切堤の施工延長が定まる。施工延長を沿岸方向と沖合方向に配分して先行埋立地の形状を決める際は、先行埋立地の建設期間と埋立容量を検討し、後続埋立の受入待機期間が最短となるよう調整して、処分場としての形状を決定する（図 5.11）。

処分場の埋立容量と沿岸幅が同じ場合の、中仕切堤の施工延長と再生材利用量の関係の一例を図 5.12 に示す。また、受入待機を最短に調整した先行埋立地に対し、処分場の建設期間と受入開始時期の関係例を図 5.13 に示す。

残渣受入 30t/日、水深-5m で、沿岸幅 225m、埋立容量 10 万 m³ とすると、中仕切堤の施工で利用する再生材は全体の 12~35% 程度となる。処分場を最小面積とする場合、先行埋立面積は処分場面積の 3% 程度、先行埋立容量は処分場埋立容量の 1.5% 程度となる。処分場が広がると先行埋立規模が大きくなり、早期受入が促進される。沖合幅が 100m 程度になると、先行埋立地を処分場の 9% 程度に調整して適正規模とすることができる。さらに沖合幅が大きくなると、処分場に対して先行埋立地が過大となり、早期受入の効果が低減する。沖合幅 110m 以上では、処分場内での先行埋立地の形状調整が困難となる。

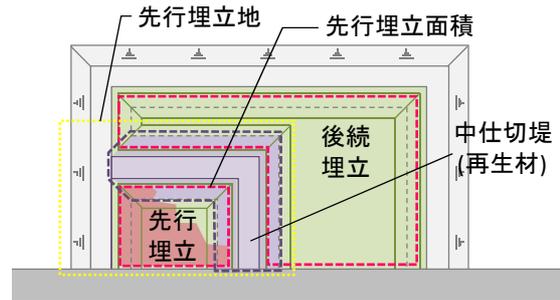


図 5.11 処分場の構成 (配置③)

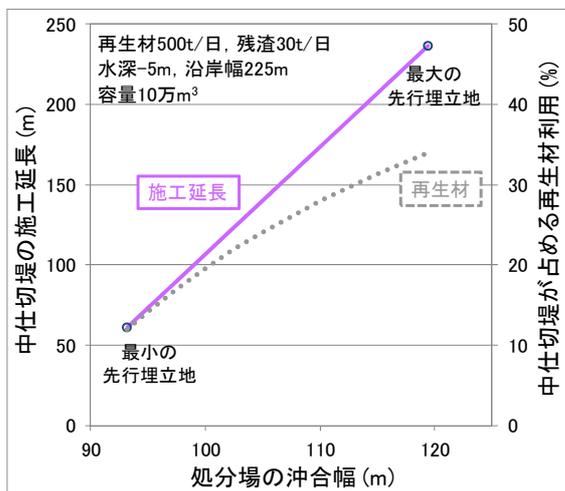


図 5.12 沖合幅と中仕切堤規模 (配置③)

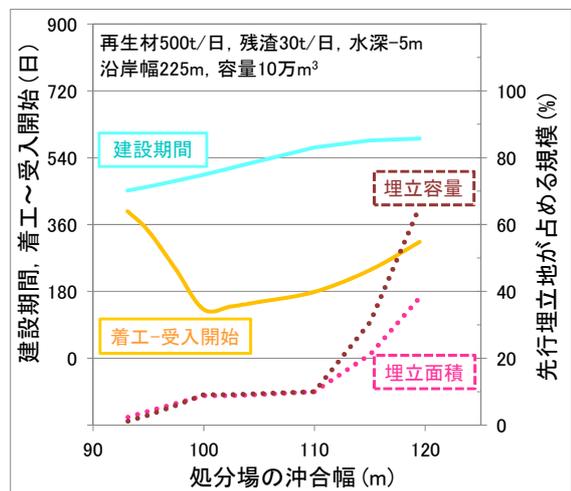


図 5.13 先行埋立規模と受入開始時期 (配置③)

(4) 配置④ (仮置場+先行埋立地を施工)

仮置場と先行埋立地の規模を各々調整し、全体として早期に受入開始できる形状を決定する。埋立容量や受入開始時期が同等の場合は、仮置場を小規模に調整し、処分場の面積縮小を図る。

先行受入施設が二つあるため、埋立容量あたりの建設材料は多くなる。また、仮置場幅の中で中仕切堤を配置するため、仮置容量が過大でも、仮置場の縮小が制限される場合がある (図 5.14)。

処分場の埋立容量を規定する場合は、沿岸幅と沖合幅の設定が必要となる。これらの設定に対し、中仕切堤を配置できる最小の仮置場を設定し、仮置場の規模を拡張して規定の埋立容量を確保する。中仕切堤は、仮置きを受入待機が生じない (または待機期間が延びない) 範囲で、先行埋立容量が最大となる位置に配置する。仮置きの余裕期間を

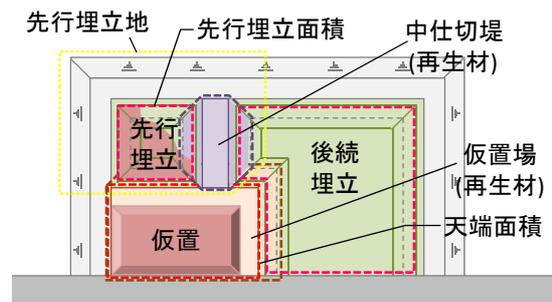


図 5.14 処分場の構成 (配置④)

考慮したうえで、後続埋立に対して先行埋立の受入待機が生じなければ、全体として先行受入施設は適正規模となる。

処分場に占める先行受入施設の規模と埋立容量、および受入開始時期の関係例を図 5.15 に示す。また、埋立容量が同じ場合の、先行受入施設の規模と処分場の建設期間および受入開始時期の例を図 5.16 に示す。

残渣受入 10t/日、水深-7m で、沿岸幅 230m×沖合幅 100m の処分場（埋立容量 15 万 m³）において、天端面積が処分場の 5～9%である仮置場を含む先行受入施設を建設すると、再生材利用量は 26～30%増加し、埋立容量は 30%程度減少する。仮置場を広げると受入開始時期が早くなり、必要な先行埋立地は小さくなる。早期受入の点では、仮置場の天端面積 6～7%，先行埋立容量 7～8%程度の場合に最適となる。

残渣受入 10t/日、水深-7m で、沿岸幅 230m の処分場において、埋立容量 15 万 m³ を確保して先行受入施設を建設すると、120m 以上の沖合幅が必要となる。早期受入の点では、仮置場の天端面積 6%，先行埋立容量 8%程度の場合に最適となり、再生材利用量の 23%程度を先行受入施設で使用する。

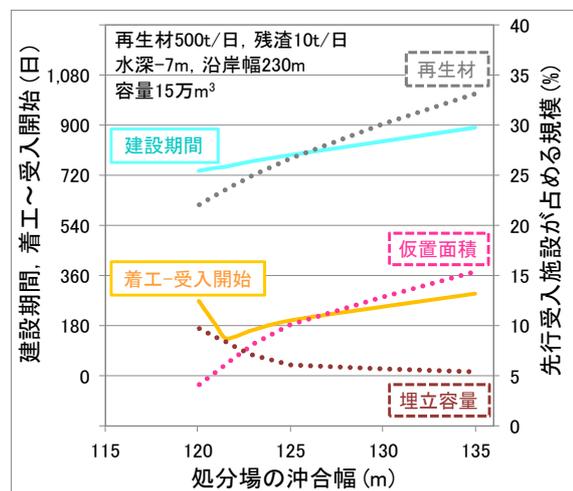
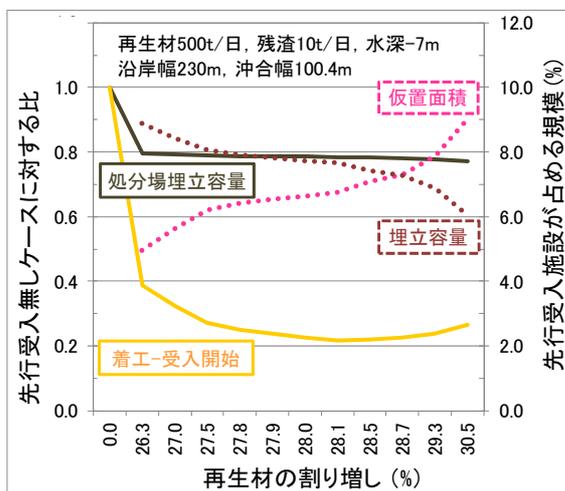


図 5.15 先行受入規模と埋立容量等（配置④）

図 5.16 先行受入規模と建設期間等（配置④）

5.5 受入開始時期の比較に基づく平面構成の選定

ここでは最も早期に残渣の受入れを開始できる処分場の形状を最適形状とし、配置①～④について、同一の検討条件のもと各々の最適形状を求め、それらを比較する。

(1) 検討条件と基本構成（配置①）における整備期間

検討条件は、再生材供給 500t/日、残渣受入 10t/日、水深-7m、埋立容量 15 万 m³ とする。既設護岸の利用延長は、配置①の最適形状における沿岸幅と同程度とする。

この条件において、配置①の最適形状は、沿岸幅 225m×沖合幅 103m、着工～受入開始は 571 日となった（図 5.7）。処分場の建設期間も同じく 571 日である。

(2) 平面構成による受入開始時期の比較

配置②～④では、沿岸幅を 230m として受入開始時期を検討した（図 5.17）。

配置②の最適形状は、沿岸幅 230m×沖合幅 120m で、着工～受入開始は 208 日、建設期間は 764 日となった。仮置場は 1 辺 55.4m の正方天端で、処分場面積の 11%程度を占める。

配置③については、沿岸幅 230m×沖合幅 112.5m で、着工～受入開始は 137 日、建設期間は 682 日となった。先行埋立地は処分場面積の 5.4%、処分場埋立容量の 3%程度を占める。

配置④については、沿岸幅 230m×沖合幅 121.5m で、着工～受入開始は 139 日、建設期間は 752 日となった。仮置場は 52m×33m の長方天端で、処分場面積の 6%程度を占める。先行埋立地は処分場面積の 11%、処分場埋立容量の 8%程度を占める。

各平面構成の最適形状における、受入開始時期と建設期間の比較を図 5.18 に示す。

先行受入施設を整備する配置②～④では、いずれも着工～受入開始までに要する延べ日数が 1 年以内であり、配置③と④では 0.4 年程度で受入可能となる。

ある程度の水深があり、一定の受入速度で残渣を受入れるという本検討の条件では、仮置場より先行埋立地の方が早期受入への寄与が大きく、配置③が最も早く受入可能との結果になった。

以下、本報告では配置③を対象とし、先行埋立地を有する海面処分場について構築可能性を検討する。

なお、整備水深がさらに浅い場合や沖合方向に急に水深変化する場合、初期は受入量が少ない場合等では、配置②が適する可能性がある。また、受入量が増減を繰り返す場合や、受入後に中間処理等の作業域が必要な場合は、配置④で対応が可能と考えられる。

5.6 先行埋立地を有する処分場の特徴

ここでは、上述の検討で最も早く受入可能とされた配置③（外周護岸の施工にあわせて 2 本の中仕切堤で内部を締め切り、先行埋立地を建設する処分場）について、処分場の形状や残渣の受入速度、水深が異なる場合の受入開始時期や建設期間の影響を詳しく調べる。なお、基本とする整備条件を再生材供給 500t/日、残渣受入 10t/日、水深-7m、埋立容量 15 万 m³とする。

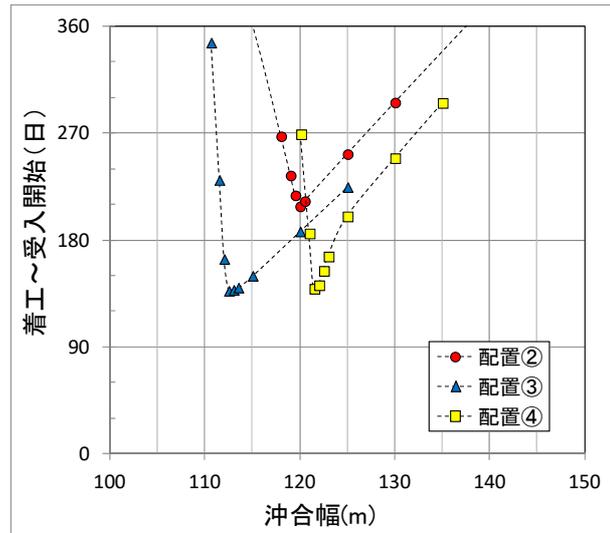


図 5.17 受入開始時期による最適形状の検討 (配置②③④)

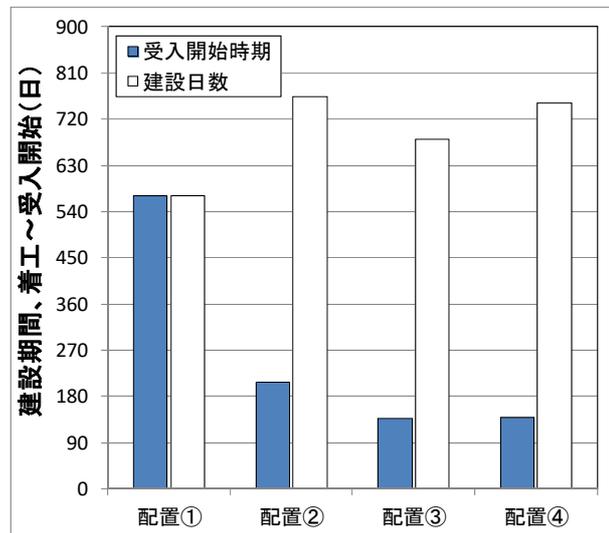


図 5.18 平面構成による整備期間の比較

(1) 沿岸幅が受入開始時期に与える影響

外周護岸の沿岸幅と、その沿岸幅における最適形状での受入開始時期の関係を図 5.19 に示す。沿岸幅を 175m から 275m まで 100m 延長すると、沖合幅は 150m から 96m に 54m 縮減される。受入開始時期は 152 日から 142 日となる（最早は 137 日、沿岸幅 230m）。受入開始時期の差は最大で 15 日間であり、1 割程度に留まる。

(2) 残渣の日当り受入量が受入開始時期に与える影響

残渣の受入量が増えると、必要な先行埋立地の埋立容量が大きくなる。そのため先行埋立地の建設期間が長くなり、受入開始時期は遅くなる。

受入量と、その受入量における最適形状での受入開始時期の関係を図 5.20 に示す。受入量にともない受入開始時期は遅くなるが、その遅れは受入量の増加より緩やかとなる。受入量が 5～30t/日の範囲では、6 倍の受入量増加に対し、受入開始時期の変化は 1.7 倍（117 日から 196 日）であり、いずれも着工から延べ 200 日以内で受入れを開始できる。

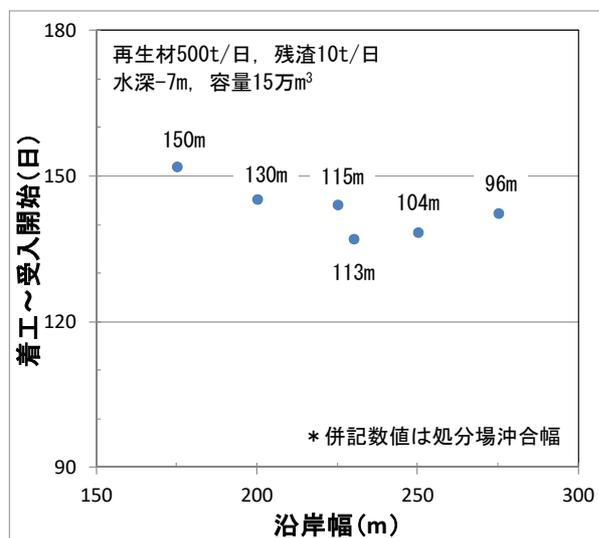


図 5.19 沿岸幅と受入開始時期

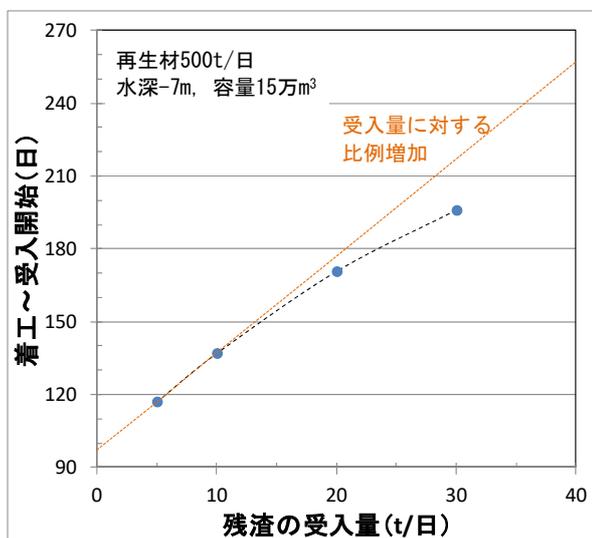


図 5.20 日当りの受入量と受入開始時期

(3) 埋立容量と整備水深が受入開始時期に与える影響

整備水深-7m、埋立容量 30 万 m^3 の受入開始時期を比較対象として、整備水深と、その水深における最適形状での受入開始時期の対比を図 5.21 に示す。なお、残渣受入は 20t/日で検討している。

埋立容量 30 万 m^3 から 50 万 m^3 (1.7 倍) へ増加すると、受入開始時期は 1.1 倍遅くなる。整備水深が -7m から -9m (1.3 倍) および -12m (1.7 倍) となることで、受入開始時期は 1.3 倍および 1.9 倍遅くなっており、受入開始時期には埋立容量よ

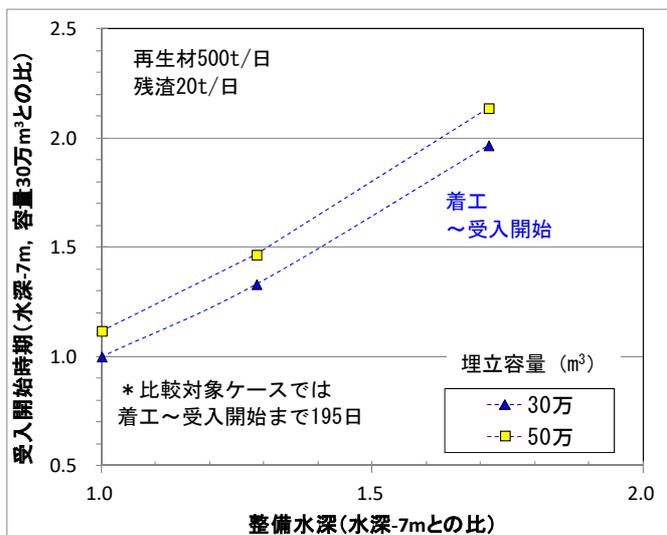


図 5.21 整備水深と受入開始時期

りも整備水深の影響が大きいことが分かる。

上記と同じ比較検討における水深、埋立容量、建設材使用量、受入開始時期の関係を図 5.22 に示す。埋立容量が同じ場合、水深が深くなると再生材利用量は増加し、遮水シートの敷設面積は小さくなる。埋立容量 30 万 m³ では、水深-7m が-9m および-12m となることで、再生材の利用量は、1.3 倍および 1.7 倍へと増加し、受入開始時期は 1.3 倍および 2.0 倍へと増加する。さらに、埋立容量 50 万 m³ で水深が-9m および-12m となることで、再生材の利用量は、1.5 倍および 2.1 倍へと増加し、受入開始時期は 1.5 倍および 2.1 倍へと増加する。このように、水深や埋立容量にかかわらず、受入開始時期の早遅は、再生材利用量とほぼ同様の傾向を示す。

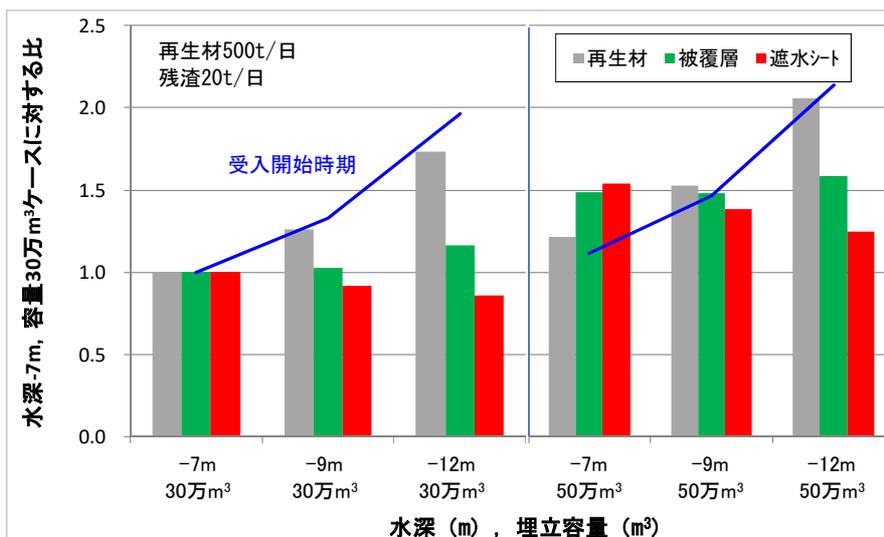


図 5.22 処分場形状と建設資材使用量

5.7 経済性に関する検討

(1) 建設費用

表 5.3 処分場の建設費用

整備水深、埋立容量と建設費用および建設単価（埋立容量に対する建設費用）の関係を表 5.3 に示す。残渣受入は 20t/日とした。

建設工種は、基礎工、被覆石工、消波工、遮水工からなる。直接工事

整備水深 (m)	埋立規模 (万m ³)	直接工事費(上段:百万円, 下段:合計に対する割合)				諸経費 (億円)	建設費用 (億円)	建設単価 (円/m ³)
		基礎工	被覆石工	消波工	遮水工			
-7	15	474 (29%)	170 (10%)	208 (13%)	798 (48%)	6.6	23.1	15,400
-7	30	608 (25%)	218 (9%)	265 (11%)	1,365 (56%)	9.8	34.4	11,461
-9		707 (28%)	232 (9%)	296 (12%)	1,281 (51%)	10.1	35.2	11,744
-12		894 (32%)	258 (9%)	349 (13%)	1,263 (46%)	11.1	38.7	12,896
-7	50	741 (22%)	266 (8%)	322 (9%)	2,084 (61%)	13.7	47.8	9,558
-9		857 (25%)	280 (8%)	357 (10%)	1,917 (56%)	13.6	47.8	9,554
-12		1,060 (30%)	306 (9%)	413 (12%)	1,803 (50%)	14.3	50.1	10,029

費の算出は港湾土木工事の積算基準^{5.3)}に基づき、基礎工では再生材の投入と均し、被覆石工では材料の購入および設置、消波工では製作と設置を考慮した。また、遮水工では遮水シートと被覆層の設置を考慮しており、遮水シート敷設費用は、既存の管理型海面処分場の施工実績を参考に 25,000 円/m²として算出した。処分場の工事費用は、埋立容量 15 万 m³では約 23 億円、30 万 m³では 34~39 億円、50 万 m³では 47~50 億円となった。

直接工事費の50～60%は遮水工であり、整備水深が深くなると、その割合は小さくなる。次に大きな割合は、基礎工の20～30%で、整備水深が深くなると、その割合は大きくなる。

建設単価は、埋立容量15万m³では約1.5万円/m³、30万m³では1.2～1.3万円/m³、50万m³では9.6～10.0千円/m³となり、埋立容量の増加にともない低減する。

(2) 陸上処分場の建設費用との比較

海面処分場の建設単価は、埋立容量15万m³で15千円/m³、30万m³で12～13千円/m³、50万m³で9.6～10千円/m³となり、埋立容量の増加にともない減少する。

これに対して遠藤ら^{5,4)}が陸上処分場の建設費のデータからまとめた陸上処分場の処分容量と建設費の関係では、処分量あたりの土木工事費は、陸上処分場の平均的な規模である10万m³のとき約8.7千円/m³となる。この陸上処分場の建設単価8.7千円/m³と比較すると、海面処分場の建設単価は、埋立容量15万m³や30万m³では陸上処分場よりも大きくなるが、50万m³ではかなり近い値になる。

海面処分場の建設単価は、海面処分場としては小規模となる埋立容量50万m³であっても、再生材を利用することで、陸上処分場(8.7千円/m³)と遜色ない程度となった。なお、この比較においては、用地取得費用、建設資材の運搬費用などは考慮していない。

また、再生材の代わりに栗石(2,000円/tを設定)を購入した場合、その使用量は28～74万tであるから、材料費用は5～15億円となる(表5.5)。材料単価(埋立容量に対する栗石の材料費)は埋立容量にともない低下し、埋立容量50万m³の場合、1.7～3.0千円/m³となる。

表 5.4 海面処分場の建設単価

埋立容量	建設単価
15万m ³	1.5万円/m ³
30万m ³	1.2～1.3万円/m ³
50万m ³	0.96～1.0万円/m ³

表 5.5 堤体材料を購入した場合の建設費用の増加

整備水深(m)	埋立規模(万m ³)	栗石使用量(t) (再生材利用量と同等とする)	材料費用(億円)	材料単価(円/m ³)
-7	15	281,543	5.6	3,754
-7	30	360,871	7.2	2,406
-9		454,306	9.1	3,029
-12		626,219	12.5	4,175
-7	50	439,231	8.8	1,757
-9		550,111	11.0	2,200
-12		741,664	14.8	2,967

(3) 地盤改良費用に関する検討

傾斜堤の施工において、砂質地盤の液状化対策が必要となる場合の地盤改良費用を概略検討する。地盤改良工法にはサンドコンパクションパイル工法を想定し、改良率20～40%、改良深度-7mとして、再生材投入範囲のみを改良することとする。

埋立容量に対する地盤改良費用を表5.6に示す。埋立容量が同規模の場合、整備水深が深いほど改良範囲が広がるため、地盤改良の施工単価も高くなる。表5.3で示した建設費用に地盤改良費用を加えて、埋立容量で除した建設単価は、埋立容量15万m³で2.0万円/m³程度、30万m³で1.4～1.7万円/m³、50万m³で1.1～1.3万円/m³となった。

地盤改良の施工能力を 500m³/日とすると、整備水深-7~-12m では、先行受入地の範囲の改良に必要な日数は 10~15 日となる。処分場として改良に必要な日数の合計は、30 万 m³ で 70~90 日、50 万 m³ で 90~110 日となった。

埋立容量が 30 万 m³ を超える処分場では、着工から受入開始までに 195 日以上を要するため（図 5.21）、外周護岸部の地盤改良については、先行埋立地の建設中に実施することが可能である。したがって、地盤改良を実施する場合は、先行埋立地の地盤改良期間のみが、受入開始時期の遅れに影響する。

表 5.6 地盤改良の施工費用

水深 (m)	埋立容量 (万m ³)	改良費用 (百万円)	改良費用/埋立容量 (円/m ³)	(建設+改良)費用/埋立容量 (円/m ³)
-7	15	689	4,592	19,992
-7	30	899	2,998	14,459
-9		978	3,261	15,005
-12		1,128	3,761	16,657
-7	50	1,092	2,183	11,742
-9		1,189	2,378	11,932
-12		1,342	2,684	12,713

5.8 まとめ

本章では、災害廃棄物を有効利用して建設期間を短縮し、着工から廃棄物受入までに要する延べ日数が 1 年以内となる海面処分場を提案して、その構築の可能性を検討した。護岸構造や付帯施設の配置、処分場の建設手順を複数提案し、建設特性の違いを示した。さらに、受入開始時期や建設費用について検討した。それらの結果、先行受入施設を配置することで、埋立容量 15 万 m³ 規模では建設日数が 210 日以内となるなど、早期受入が可能となる海面処分場建設の可能性について示すことができた。

検討で得られた建設期間は、延べ日数として算出したが、実際の建設期間として供用係数^{5.3)}を考慮すると、概算で 1.7 倍程度の日数が必要となる。本検討において建設期間が 1 年の場合は、その建設に 1.7 年を要することになり、着工~受入開始が 220 日程度であれば、おおよそ 1 年以内で受入を開始することができる。

経済性については、再生材を利用した際の建設費用を港湾土木工事の積算基準を基に計算した。整備水深-7~-12m、埋立容量が 15 万~50 万 m³ を条件として積算した建設費用は、23~50 億円となった。建設費用を埋立容量で除した建設単価は 9.6 千~15.4 千円/m³ である。海面処分場として埋立容量が小規模といえる 50 万 m³ での建設単価は 10 千円/m³ 弱となり、陸上処分場の標準的な埋立容量 10 万 m³ の場合の陸上処分場と遜色のない経済性を持つという結果を得た。

本検討では、東日本大震災の事例を基に廃棄物の発生量を設定している。当該震災では、災害廃棄物の処理完了を発災から 3 年を目処にして処理施設の規模を検討しており、そのような施設の操業状況から利用できる再生材の量や受入れる焼却残渣の量を想定した。しかしながら廃棄物の発生状況が異なる場合は、廃棄物の早期受入を可能とする処分場の形状も変化するため、個々の復興計画に応じた検討を実施することが必要となる。

参考文献

5.1) 環境省：廃棄物処理情報サイト、

http://kouikishori.env.go.jp/processing_and_recycling/iwate_miyagi_fukushima/, 2015 年 2 月 (閲覧)

- 5.2) 土木学会：災害廃棄物の処理と有効利用-東日本大震災の記録と教訓-, 2014
- 5.3) 日本港湾協会：港湾土木請負工事積算基準，2013
- 5.4) 遠藤和人・山田正人・井上雄三・小野雄策：廃棄物最終処分場のライフサイクルコストに関する一考察，廃棄物資源循環学会研究発表会講演論文集，pp.545-546，2010

6. 埋立地盤の早期安定化

6.1 目的

焼却灰等で埋め立てられた管理型海面処分場内の地盤を土地として跡地利用する場合には、廃棄物処理法に基づく廃止基準を満たさなければならない。廃止基準には、保有水の水質、ガスの発生量、地中温度、沈下量などの項目がある^{6.1),6.2)}。水質に関わる廃止基準は、保有水等集排水設備により集められた保有水等の水質が2年以上にわたり行った水質検査の結果、排水基準等に適合していると認められる必要がある^{6.1)}。

環境省における検討調査では、埋立終了から廃止に至るまでの期間を短縮するために、雨水や海水を積極的に地盤中に浸透させて廃棄物を洗い出す技術を検証している^{6.3)}。

しかし、実際には灰に起因して保有水のpHや汚濁が高くなった状態が長期間継続しており、課題となっている^{6.2)}。この原因としては、埋立廃棄物が水中に没しているため、廃棄物中の間隙水の移動が陸上処分場より遅滞する傾向にあり、洗い出しが遅れるためである^{6.4)}。

ここでは、管理型海面処分場を早期に廃止するために実施されている事後的な対策方法とともに、埋立過程で対処する事前対策方法を挙げる。

6.2 事後対策方法

管理型海面処分場を早期に廃止するために現在実施されている事後的な対策方法は以下のとおりである。

①揚水井戸の設置

鉛直方向に井戸を掘り、井戸からポンプで保有水を汲み上げて回収する。

②内水ポンドの残置

処分場内の一部に保有水面を管理できるポンド（池）を設け、気中埋立部への雨水を浸透させ回収する。

③排水暗渠の設置

地盤間隙水の移動が容易となるように埋立の進捗に応じ、例えば管理水面部に水平方向に暗渠（有孔管）を設置する。暗渠に集水された保有水を回収する。

④上記①②③の組合せ

排水暗渠端部を揚水井戸や内水ポンドに接続し、保有水を回収する。

図 6.1 事後対策方法の比較^{6.2),6.3)}

	① 揚水井戸の設置	② 内水ポンドの残置	③ 排水暗渠の設置	④ ①②③の組合せ	⑤ 安定型廃棄物による水中埋立
模式					
実績	浮島廃棄物埋立地（川崎市）等、多くの処分場	多くの処分場	尼崎沖埋立処分場（大阪湾広域臨界環境整備センター）	名古屋港南5区廃棄物最終処分場（愛知臨海環境整備センター）	新海面処分場Aブロック（東京都）
課題	地盤の透水係数より導水勾配に応じた位置・本数を設定	廃棄物の飛散・流出防止対策と浮泥対策が必要	地盤沈下の収束後での設置が必要	同左	管理型廃棄物の埋立容量が減少する

⑤安定型廃棄物による水中埋立

水中部は安定型の廃棄物（例えば浚渫土砂や建設発生土）で埋め立て、気中部を管理型の廃棄物で埋め立てる。

6.3 事前対策方法

管理型海面処分場を早期に廃止するために考えられる埋立過程で対処する方法は以下のとおりである。

①熱処理（中間処理）後の埋立

有機物を含有する廃棄物を燃焼させる。主に焼却施設で実施される。

②洗浄分級埋立

焼却灰を海水でスラリー化し、輸送過程で洗浄しつつ、沈降速度に応じた粒径ごとに分級する。または篩（ふるい）等による乾式分級を行う。分級した廃棄物は区画埋立することにより、区画に応じた跡地利用を図る^{6.4)}。

③中間遮水層の設置

水中部に埋立てられた廃棄物からの溶出物質の拡散を抑制し、気中部に埋立てられた廃棄物内を浸透する雨水等を回収することを目的とし、例えば管理水面部に遮水シートや不透水地盤層を造成する案。

6.4 まとめ

現在の処分場の搬入品目の多くが焼却灰となっており、また熱灼減量（すなわち埋立後に分解される有機物量）の受入基準は低く（例えば10%以下）設定されている。埋立地盤からのガスの発生や、地中温度の上昇、地盤の沈下については、熱灼減量が少ない状態で受け入れ、埋め立てることで早期安定化を図ることが可能である^{6.5)}。

一方で、焼却灰に起因する保有水のpH上昇への対策が早期安定化、早期廃止に向けての主課題である。埋立地の全水深における保有水全量を浄化し安定化させることは、長期間にわたり高費用を要するため現実的ではない。したがって、浸出水に大きな影響を及ぼす管理水面で浅部の保有水を主に安定化させる”部分浄化”ための確立した技術開発が望まれている。ただしこの場合には、廃止後においても保有水面が高くないように管理する必要が生じる。既往の処分場では、早期安定化技術として部分浄化を念頭にした埋め立て後の対策が実施されており、その効果が検証されている。今後埋め立てが行われる処分場においては、埋め立て過程における対策を実施することで、より早期の安定化を図ることが望まれている。

なお、その他の管理項目として、重金属の溶出についても重要であり、SSへの対応もあわせて考慮する必要がある。

引用・参考文献

6.1) 総理府，厚生省の共同命令：一般廃棄物の最終処分場及び産業廃棄物の最終処分場に係る技術上の基準を定める命令の一部を改正する命令，1998.6.

（参考：https://www.env.go.jp/recycle/kosei_press/h980616a/h980616a-3.html）

6.2) 海面最終処分場閉鎖・廃止適用マニュアル検討会：海面最終処分場閉鎖・廃止適用マニュアル策定に向けた検討結果報告書改訂版（案），p.28，H20.3.

- 6.3) 財団法人日本環境衛生センター：海面最終処分場閉鎖・廃止基準適用検討調査報告書文献調査編，pp.9，H17.9.
- 6.4) 島岡隆行：早期安定化を考慮した埋立技術，環境技術，Vol.33，No.2，pp.123-126，2004.
- 6.5) 岡田純治・小野諭・久保田耕司：廃棄物処理場の跡地利用，廃棄物学会誌，Vol.12，No.3，pp.170-182，2001.

7. おわりに

大規模災害時に災害廃棄物を処分するための管理型の海面処分場を緊急に整備する場合を仮定し、受入開始時期、建設費用等について検討を行った。検討した条件では、海面処分場の整備方法を工夫することにより、着工から1年以内で受入を開始でき、建設費を1.5～6割程度低減でき、条件によっては陸上処分場に対して建設費の面で比較優位性を持つことが分かった。現実には、啓開作業、他工事との競合や物流停滞等によって作業員、資機材、燃料等の確保等に支障が生じる可能性があり、用地買収・漁業補償や環境影響評価などによる影響もある。それらの影響についても検討がなされていく必要がある。

災害廃棄物の海面処分場の緊急整備を可能にすることは、大規模な災害による災害廃棄物を円滑に処分していくうえで重要な施策となる。災害廃棄物の海面処分場の緊急整備を実現していくためには、海面処分場整備の先行時間を削減するための規制緩和や予算措置等を検討し、準備していくことや、海面処分場の利用可能性を広げていくために建設費用の低減や工期短縮などの技術のさらなる開発が必要である。