

第 III 部 フィージビリティ調査

第III部 フィージビリティ調査

第1章 カブリハン衛生埋立処分場の整備に係るフィージビリティ調査

1.1 はじめに

RA9003 に従ってマライ町はボラカイ島の旧処分場を閉鎖し、2006年に有価物回収施設（MRF）の運用を開始した。それ以降、マライ町には、ごみを処分する衛生埋立処分場はない。このような状況下で、マライ本島の balan g ai カブリハンの衛生埋立処分場が候補地として DENR により承認され、マライ町は衛生埋立処分場の開発を最も優先度の高いプロジェクトと位置づけた。しかし、ボラカイ島から運搬された残渣ごみが適正な方策無しに衛生埋立処分場予定地に積み重ねられている。その結果、住民からの指摘にもあるように、水質汚濁や害虫の発生等、堆積する残渣ごみによる環境影響の懸念が生じている。また、ボラカイ島の MRF においても日々堆積する残渣ごみの処理に苦慮しており、MRF 敷地の一定の場所を残渣ごみの仮置き場として利用している。そのため、適正に残渣ごみの処分が可能な衛生埋立処分場の整備が早急に必要となっている。そこで、カブリハン衛生埋立処分場の整備がマライ町の廃棄物管理 10 年計画で提案され、フィージビリティ調査 (F/S) の対象となる優先事業の一つとして選定された。約 6.25ha を有する衛生埋立処分場予定地は、マライ町及びブルアング町の境界をまたがって位置している。

1.2 予定地の現況

1.2.1 地形と水文

新規衛生埋立処分場予定地へのアクセスは、マライ町とブルアング町を結ぶ州道から未舗装道路（幅約 4m）を約 560m 入ったところに位置する。この道路は、処分場予定地へのアクセスを確保するため、2006年にマライ町が購入済みである。新規衛生埋立処分場予定地は、鉱山・地質科学局による専門的な調査の結果、衛生埋立処分場建設の適地と判断されたことから、2006年2月に DENR により承認された。処分場予定地の 10km 以内に活断層は存在していないが、過去にマグニチュード 7 程度の地震に時折見舞われていることが記録されている。

最終処分場予定地の地形は、図 1.2-1 に示すとおりである。

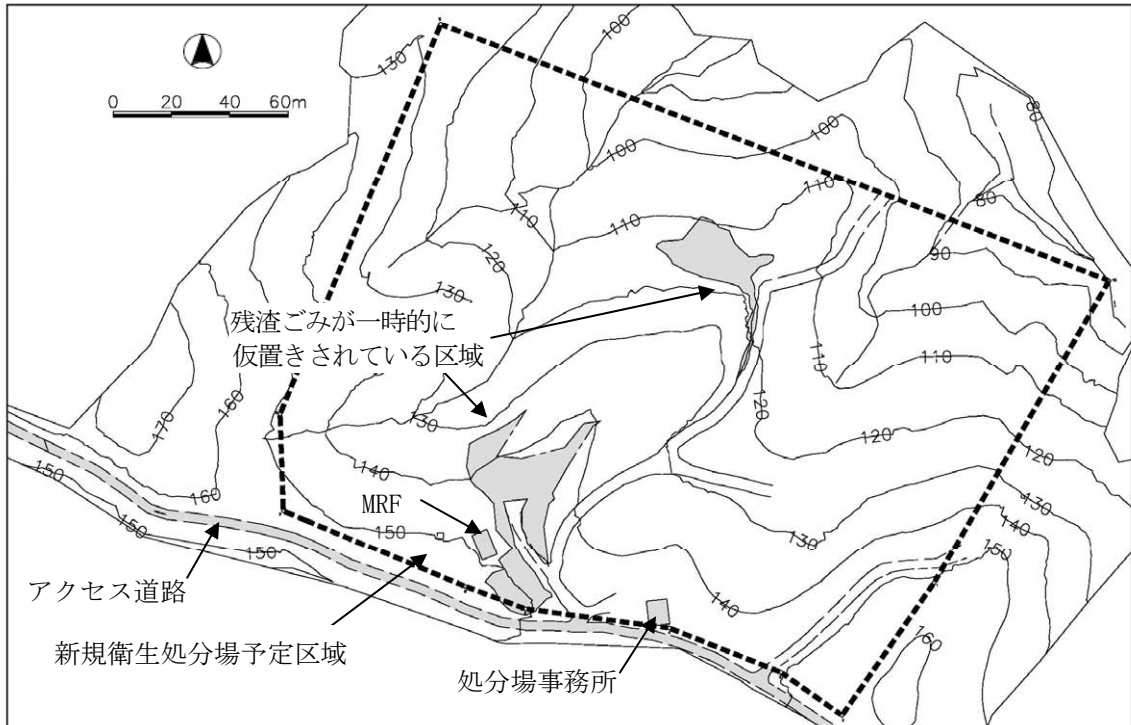


図 1.2-1 カプリハン衛生埋立処分場予定地の地形

出典：JICA 調査団

予定地は、東西に約 300m、南北に約 200m の矩形の形状である。南側境界はアクセス道路に隣接し、この地点より分水界に沿い北側のマライ町（予定地を含む）側と南側のブルアンガ町側に流域が分離されている。

予定地内での最も高い地点は海拔約 156m で、アクセス道路に隣接する南側中央部予定地境界付近である。最も低い地点は標高約 80m で、小川に隣接した北東の角地である。

予定地は、中央部から南北に走る狭い尾根を有する 2 つの小さな谷間に囲んでいる。分水界沿いの標高は、南北方向に標高約 156m から約 115～120m まで低下している。

東側低地部は、雨期のみ存在する小川があり、南側の海拔約 135m から予定地の境界から、下っており、北側の約海拔 84m にかけて標高が低くなる。

西側低地部は、他と比べ幾分規模が大きく、雨期には断続的に表流水がみられる程度であり、南北方向の標高は約 145m から約 91m となっている。側斜面は、非常に急で 1:2.5 以上の傾斜がある場所が多々あり、一部 1:1 (45°) と急傾斜の箇所も存在するが、谷間の区域では約 1:4 と緩やかである。

マライ町は、処分場予定地に事務所建屋及び屋根付小屋の 2 つの建造物を建設した。マライ町は予定地への水供給、事務所への単相交流の電力も確保している。2006 年後半からマライ町は、ボラカイ島から残渣ごみを運搬し、処分場の施工を中止している。ごみは、中心の尾根に近接した 2 箇所貯留されている。

1.2.2 地質

(1) ボーリング及びコアサンプリング

表土の土質工学的条件を確認するため、ボーリング調査を行った。ボーリングは8地点掘削深度が合計160.39mの8箇所、地下水観測井は80mの4箇所、深井戸は2地点、浅井戸は2地点（掘削深度合計80m）でそれぞれ掘削を実施した。ボーリングの概要は表1.2-1に、その位置は図1.2-2に示すとおりである。

表 1.2-1 ボーリング調査の概要

ボーリング地点番号	全ボーリング深さ(m)
BH-1	20.10
BH-2	20.04
BH-3	20.08
BH-4	20.13
BH-5	20.09
BH-6	19.65
BH-7	20.62
BH-8	19.68
GWD-1	25.00
GWS-2	15.00
GWS-3	15.00
GWD-4	25.00

出典：JICA 調査団

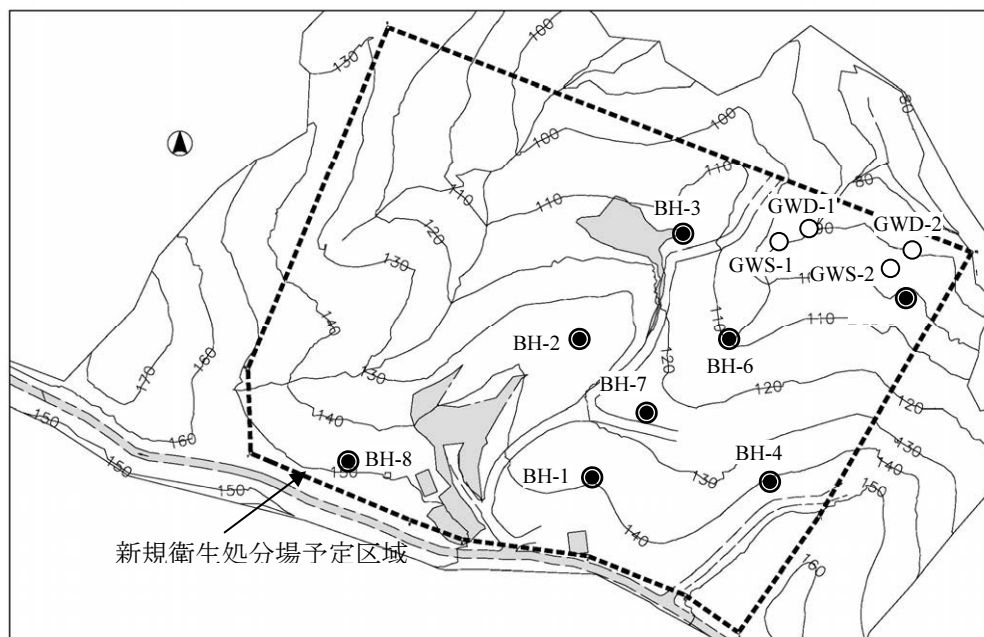


図 1.2-2 ボーリング調査の位置

出典：JICA 調査団

ボーリング調査結果の概要は、以下に示すとおりである。

BH-1 (深度 20.10m) は、処分場予定地上部中央に位置し、地表面から 20.10m まで掘削した。地表面から深度 8m までは、シルト質砂、砂礫シルト、及び砂利、礫、砂、シルトによる非圧密混合層が交互に層を成している。コア採取率は 7~28%と低く、非常にもろい岩質を示している。

BH-2 (深度 20.04m) は、ごみの仮置き場を掘削した。9m 厚の礫まじり粘土層、及び玄武岩、頁岩、泥岩、シルト岩、礫岩にて交互に構成された中程度以上に風化した層から形成されている。コア採取率は 4~28%である。

BH-3 (深度 20.08m) は、処分場予定地東側中央部に位置する。高密度な赤みを帯びたシルト質粘土及びシルト質砂の層にて構成された 15m 厚の表土で形成されている。

BH-4 (深度 20.13m) は、処分場予定地東側中央部に位置する。シルト質粘土、礫性シルト質粘土の赤みを帯びた 7m 厚の層の後、深部は BH-3 と同様の基盤で構成されている。

BH-5 (深度 20.09m) は、処分場予定地の北東部分に位置する。約 18.65m 厚の礫性シルト質及び油性粘土層となっている。コア採取率は 9%~33%と低い。

BH-6 (深度 19.65m) は、処理場用地中央部に位置する。シルト質/粘土質礫、シルト質粘土、及び風化基盤にて構成されている。コア採取率は 8%~28%と低い。

BH-7 (深度 20.62m) は、処分場予定地上部中央に位置している。表土の厚さは 13m で、シルト質砂、礫性砂質シルト、礫性シルト質粘土による中程度以上の密度の層となっている。

BH-8 (深度 19.68m) は、処分場予定地の大部分を占める南西側上部に位置する。礫性シルト質粘土、礫性・粘土質礫にて構成された中程度以上の密度の層となっている。

GWD-1, GWS-2, GWS-3 及び GWD-4 は、処分場予定地の傾斜部下端に位置し、シルト質粘性土~砂質土の表土の下部は玄武岩層 (フラガント層: Fragante Formation) から成る。基盤岩は中程度に風化し、破碎・節理面に接している。酸化鉄・赤鉄鉱が節理破碎面に沿って確認できた。

(2) 標準貫入試験

標準貫入試験を軟質表土である砂層及び風化岩盤層に対して 1m 間隔で実施した。標準貫入試験には、標準的なスピリットスプーンサンプラーを用いていた。ドライブハンマーに対する打撃回数を記録し、総打撃回数は土質の標準貫入抵抗値 (N 値) としてサンプラーが 12 インチ (30 センチメートル) 貫入する打撃回数を測定した。N 値と土質パラメータには相関関係があり、この関係は支持力の検討に使用可能である。表 1.2-2 及び表 1.2-3 に、標準貫入試験と土質密度の相関を示す。

表 1.2-2 標準貫入試験と土質密度の相関関係（粒状土）

種類	非常にゆるい	ゆるい	中間	密度の濃い	とても密度の濃い
比重	0-0.15	0.15-0.35	0.35-0.65	0.65-0.85	0.85-1.00
標準貫入試験 (N 値)	0-4	5-10	11-30	31-50	51 以上
内部摩擦角の概略値	25°-28°	28°-30°	30°-35°	35°-40°	40°-43°
湿潤単位重量(KN/m ³)	11.0-15.7	14.1-18.1	17.3-20.4	18.3-22.0	20.4-23.6
水中単位重量(KN/m ³)	9.4	8.6-10.2	9.4-11.0	10.2-13.4	11.8

出典：JICA 調査団

表 1.2-3 標準貫入試験と土質密度の相関関係（粘性土）

種類	非常にやわらかい	やわらかい	中間	硬い	非常に硬い	硬質
一軸圧縮強度 (KN/m ²)	0-23.9	23.9-47.9	47.9-95.8	95.8-191.6	191.6-383.1	383 以上
標準貫入試験 (N 値)	0-2	3-4	5-8	9-16	17-32	33 以上
標準単位重量 (飽和状態) の平均範囲 (KN/m ³)	15.7-18.9	-	15.7-20.4	-	18.9-22.0	20.4 以上

出典：JICA 調査団

標準貫入試験後、ロッドストリング及びスピリットスプーンサンプラーをボーリング本体から取り外し、攪乱試料を採取した。試料は目視確認及び室内試験に供するため、密閉プラスチック容器に保存した。標準貫入試験結果は、土質の支持力が増加していること、及び深部において風化岩が存在していることを示していた。予定地の横断方向に分布する表土は、全体的に赤色から黄色に徐々に変化する礫性シルトや粘性シルトの中間塑性、及び低塑性シルト質砂から成る。基盤岩は多少風化しており、処分場予定地を横断する小川下流部に近いボーリング(GWD-1、GWS-2、GWS-3 及び GWD-4)にて確認されるものと同程度の強度である。

標準貫入試験は、N 値から表土の地耐力や支圧強度を特定するために実施した。標準貫入試験結果より、予定地の基礎地盤は中密度の残積土及び崩積土 (N 値 22~26) が表層に分布し、その下部地盤は徐々に密度が大きくなっていることが判明した。中程度に締め固められた地盤の N 値は 31~50 である。十分に締め固められた地盤は N 値 51 以上となり、締め固め強度・圧密の増加、良質の粒状・砂礫の分布を示している。結合又は不結合である、極端に風化した値から推定した予定地の土の工学的性質は、表 1.2-4 に示すとおりである。土質及びその機械的性質は、結合状、非結合状、又は風化した玄武岩流、頁岩、泥、シルト及びそれらの集合体結合に対する N 値から得られたものである。

表 1.2-4 土の工学的性質

ボーリング地点	深さ (m)	標準貫入試験 (N 値)	比重 (%)	各状態での単位重量 (KN/m ³)		最大支圧強度 (qu)=kg/cm ²
				湿潤	水中	
BH-1	0.55-1.0	39	65-85	18.3-22.0	10.2-13.4	>4
	1.55-14.12	>59	85+	20.4-23.6	11.8	>4
BH-2	0.55-1.0	24	35-65	17.3-20.4	9.4-11	2 - 4
	1.55-3.0	42-46	65-85	18.3-22.0	10.2-13.4	>4
	3.55-4.0	51	85+	20.4-23.6	11.8	>4
	4.55-7.0	47-48	65-85	18.3-22.0	10.2-13.4	>4
	8.0-9.10	限界	85+	20.4-23.6	11.8	>4
BH-3	0.55-3.0	35-38	65-85	18.3-22.0	10.2-13.4	>4
	3.55-6.0	41-47	65-85	18.3-22.0	10.2-13.4	>4
	6.55-18.17	>54	85+	20.4-23.6	11.8	>4
BH-4	0.55-2.0	40-42	65-85	18.3-22.0	10.2-13.4	>4
	3.55-9.13	>56	85+	20.4-23.6	11.8	>4
BH-5	0.55-2.0	40-44	65-85	18.3-22.0	10.2-13.4	>4
	2.55 -17.70	>51	85+	20.4-23.6	11.8	>4
BH-6	0.55-5.0	31-39	65-85	18.3-22.0	10.2-13.4	>4
	5.55-15.79	>52	85+	20.4-23.6	11.8	>4
BH-7	0.55-2.0	22-39	35-65	17.3-20.4	9.4-11	>4
	5.55-6.0	51	85+	20.4-23.6	11.8	>4
BH-7	6.55-9.0	48-49	65-85	18.3-22.0	10.2-13.4	>4
	9.55-15.78	>54	85+	20.4-23.6	11.8	>4
BH-8	0.55-2.0	21-26	35-65	17.3-20.4	9.4-11	2-4
	2.55-7.0	32-44	65-85	18.3-22.0	10.2-13.4	>4
	7.55-10.0	55-63	85+	20.4-23.6	11.8	>4

出典：JICA 調査団

(3) 透水試験

岩盤に対する透水試験は、変水位手法またはシングルパッカー法により実施した。変水位手法は、崩壊地盤のボーリング時または掘削及び洗浄後に掘削孔が崩壊する恐れがある場合に用いた。透水試験は、水位が安定しないボーリング孔の試験区間で実施した。

締め固め地盤に対する透水試験は、オープン・エンド水頭降下法により実施した。掘削は、透水試験を行う対象層まで掘削した。掘削孔は試験前に洗浄し、試験結果に影響を及ぼす微粒子を除去した。

試験開始前、以下のデータを記録した。

- ケーシングの深さ
- ケーシングサイズ
- 地下水位
- 空孔の長さ

試験方法は、次に示すとおりである。

- ケーシングを水で満たし、記録時間および水位低下をそれぞれ $T_0=0$ 、 $H_0=0$ とした。
- ケーシングドロップに水を注ぎ、水位レベルが一定になるまでの時間毎または深さ毎の水位低下を計測した。

ボーリング孔 7 地点において、透水試験(PT) (4 地点) 及び水圧試験(WPT) (3 地点) を実施した。表 1.2-5 は、各ボーリング孔の透水試験の結果である。ボーリング孔での透水試験結果より、予定地の地盤は透水層から不透水層までが分布していることが判明した。

表 1.2-5 透水試験結果

ボーリング地点	現場試験の種類	試験断面(m)	平均 K(cm/秒)	備考
BH-2	PT	6.3 - 7	7.74×10^{-4}	透過性
BH-3	PT	3 - 4	5.70×10^{-5}	準透過性
BH-4	PT	2 - 3	5.51×10^{-4}	透過性
BH-5	PT	4.5 - 5	8.38×10^{-5}	準透過性
GWD-1	WPT	7 - 12	1.28×10^{-4}	透過性
GWD-1	WPT	13 - 18	4.39×10^{-5}	準透過性
GWS-2	WPT	7.50 - 15	2.6×10^{-4}	透過性

出典：JICA 調査団

(4) 浸透試験

円筒浸透計を用い、埋立地内の表層土壌で実施した。有機物などを含む試験層は取り除き、円筒浸透計を約 20cm 地表に挿入した。円筒内を湛水し、2、5、8、10、15 分経過後の円筒内の水位降下を測定した。

4 地点での不飽和浸透試験結果は、表 1.2-6 に示すとおりである。平均浸透率は異なる土質構造毎に 1 時間当たり 5.35~17.65cm で変化した。基本的な浸透に関しては、1 時間当たり 3.21~10.24cm まで変化した。これらの急速な浸透率は、予定地を覆う土壌の粒度及び透水性が高いことを示している。

表 1.2-6 浸透試験結果

試験現場	表面土壌のタイプ	浸透率 (cm/hr)		レベル
		基本	平均	
1	砂利状/砂状シルト/シルト状砂	3.21	5.35	中間
2	砂利状/砂状シルト/シルト状砂	10.24	17.65	急速
3	砂利状/砂状シルト/シルト状砂	6.84	12.66	急速
4	砂利状/砂状シルト/シルト状砂	7.03	12.00	急速

出典：JICA 調査団

(5) 試掘試験

粘土遮水層用の土砂採取は埋立区域及びその周辺部にて行うこととし、試掘試験 (6 地点) を実施した。試掘は不要な被覆土壌を除去した後に最大深度 3m まで行い、掘削試料は室内試験に供した。

室内試験の結果、土質の物理特性は、自然湿潤容量(NMC)は 11.2%から 28.0%、最適湿潤容量(OMC)は 15.5%から 20.3%を示した。このような土質は、低塑性・低圧縮による特性を持つグループに属している。シービーアール (CBR : California Bearing Ratio) 試験による土の力学特性は、土質サンプル(TP-1 及び TP-3)について調査した。最大乾燥密度及び最適湿潤容量の値は、以下に示すとおりである。

- 最大乾燥密度 (g/cc): 1.74-1.85
- 最適湿潤容量 (%): 15.5-20.3

(6) 地下水観測井

地下水観測井 4 箇所を処分場予定地の斜面下流部に設置した。この区域の地盤は、地下 1.00~6.80m にシルト質粘土が底部の玄武岩の破碎・節理面まで分布している。岩盤は中程度にやや風化し、硬く密集していた。地下水位は GWD-1 及び GWD-2 では 10.75~11.70m、GWS-3 及び GWD-4 では 1.46~1.96m の範囲にあり、ボーリング孔から小川、支川・河川等の水源までの距離と水量により異なった。

(7) 地質状況の概要

処分場予定地の地盤はフラガンテ層から成る。フラガンテ層は、硬質な杏仁状の集塊岩で、部分的に角礫化作用を受けた玄武岩質溶岩流が頁岩、礫岩、及び石灰岩に貫入したものである。この形状は、主として、硬質な塊状の密集した排水の機能のある主要な谷の基盤に表出している。玄武岩の露出部にて層と結合部間の分離がまばらに連結して見られ、岩単体として比較的浸透/透水に富んでいる。

玄武岩で形成されている層は、風化した玄武岩から成る残積土が堆積したものである。典型的な残留土は、礫性粘土、砂質シルト、粘性砂、及び漂礫状の粘土/砂/シルトが種々混在した崩積土が堆積したシルト質粘土を形成している。残積土及び崩積土は多様な厚さを呈し、一般的には 5m 以上であるが 15m 以上の箇所も存在している。残積土は不連続であり、予定地東側においては見られなかった。

残積土は典型的な細粒土であり、風化により 1×10^{-7} m/秒のオーダーと低透水性のシルト材となっている。現場計測により、低透水性の土を存在を確認している。

表流水の排水パターンは、一般的に樹形状かつ角張り、岩形状で、地質構造（火山流、節理、褶曲）に影響を受けている。上述したように、予定地内に主要な谷地が 2 つ存在し、両者とも雨期には表流水が確認される。表流水は表土を通り、破損/結合基盤からの沸き水の供給によるものや地下浸透水から発するように地表面に現れている。

地下水モニタリング井は、土壌/岩接触面に近い地下水の存在、及び表土及び基盤における地下水の連続性を示している地点に設置した。水質試験結果より、地下水や表流水の水質は、類似性を呈していた。

1.2.3 気象

処分場予定地は熱帯モンスーンに属しており、年間を通じて顕著に1回ずつの雨期及び乾期に分かれている。雨期は南西モンスーンの時期と重なり、6月から12月まで続く。年間降水量の大半は同時期に集中し、突風及び強い西風を伴う。一方、乾期は、1～5月の北東モンスーンの時期となり、比較的乾燥した気候である。予定地から最も近い気象観測所であるカリボ観測所では確率降雨強度のデータが整理されており、排水路や浸出水処理池の計算に利用することが可能である。カリボ観測所における確率降雨強度の計算結果は、表1.2-7に示すとおりである。

表 1.2-7 カリボ観測所の確率降雨強度データ

単位：mm

再現期間	継続時間															
	5分	10分	15分	20分	30分	45分	60分	80分	100分	120分	150分	3時間	6時間	12時間	24時間	
2年	8.7	13.4	17.2	20.3	25.3	30.2	33.5	39.2	44.3	48.3	53.5	58.1	75.5	92.3	104.5	
5年	12.3	18.9	24.4	28.9	36.2	43.3	48.2	56.5	64.0	70.0	77.6	84.4	110.7	135.4	154.0	
10年	14.8	22.6	29.2	34.6	43.4	52.1	58.0	68.0	77.1	84.3	93.6	101.8	134.0	163.9	186.7	
15年	16.1	24.7	31.9	37.9	47.4	57.0	63.5	74.4	84.4	92.4	102.6	111.6	147.1	180.0	205.2	
20年	17.1	26.2	33.8	40.1	50.3	60.4	67.3	79.0	89.6	98.1	108.9	118.5	156.3	191.3	218.1	
25年	17.8	27.3	35.3	41.9	52.5	63.1	70.3	82.5	93.6	102.4	113.7	123.8	163.4	200.0	228.1	
50年	20.1	30.8	39.7	47.2	59.2	71.2	79.4	93.2	105.8	115.9	128.7	140.1	185.2	226.7	258.8	
100年	22.3	34.2	44.2	52.5	65.9	79.3	88.5	103.9	118.0	129.2	143.5	156.3	206.8	253.3	289.3	

注：確率降雨強度は、再現期間に対して一定時間継続する降雨の降雨量を示す。例えば、100年に1回の確率で30分継続する降雨は、継続時間65.9mmの降雨となる。

出典：フィリピン気象庁 (PAGASA) (1980-2000年)

1.2.4 環境

(1) 物理的環境

表流水の水質調査を3箇所で行った。1試料を処分場の周囲の湧水から、2試料を処分場予定地から流れだしている主要な小川から採取した。試料は乾期とみなせる2007年6月及び雨期の2007年9月に採取した。分析の結果、大腸菌以外の重要な水質汚濁は確認されなかった。乾期と雨期の調査で特に異なる点はみられなかった。表流水の分析において、マグネシウム、鉄が検出されたが重要な濃度レベルではなかった。鉛、銅、カドミウムについては、大半の試料では検出限界値以下の濃度であったが、大腸菌群数はフィ国の基準値の2～9倍であった。

地下水質調査では、試料は処分場内の地下水観測井から、またマライ川沿いにある既存の井戸から採取された。表流水と同様に、観測井及び既存の井戸の試料からは大腸菌以外に重要な汚染はみられなかった。分析の結果、マグネシウム、鉄が検出されたが、濃度レベルは低かった。鉛、銅、カドミウムは大半の試料では、検出下限値以下であった。全ての試料において、フィ国の基準を超える大腸菌群数が確認された。

大気調査の結果は、処分場及び周囲の大気中において埋立ガスは検出されなかった。CH₄、CO₂、H₂S、NH₃は、処分場の5箇所においてG450携帯ガス検知器で試料を採取して調査を実施した。全てのパラメータにおいて、濃度は携帯ガス検知器の検出下限値以下であった。悪臭については、処分場において調査中に感知されなかった。

通常の状況下での騒音レベルは 40～60dB(A)であり、風、動物、鳥の鳴き声、重機を伴わない作業から音が発生していた。

(2) 自然環境

インタビュー調査により、マライ川及びその支流は貝、うなぎ、えびなどの生息地になっていると確認された。マライ川の河口で魚釣りは頻繁に行われませんが、バランガイカブリハンの住民は商業目的ではなく、食料としてそれらを捕獲している。オキナヒメジ、フェダイ、バタフライフィッシュ、アイゴは、マライ本島北部の沖、深さ 15m 程度の区域で一般的に捕獲される。

バランガイカブリハンには多数の地域固有の植物種が存在し、調査では 60 種が確認された。地元住民は、それらを食料、薬、織物及び家屋の材料として使用している。

オオコウモリは、処分場予定地周辺で現地住民に一般的に確認されている。住民による無差別な生息地破壊及び狩猟活動は、オオコウモリの生息地を脅かしている。処分場の周囲には、通常サルやいくつかの種類の爬虫類も生息している。

(3) 社会環境

バランガイカブリハンには7つのシティオス（社会政治的最小単位、かつバランガイの政治的区画）から構成されており、調査時には約 500 名の住民、115 世帯が確認された。処分場の半径 1km の土地利用は、農地、ココナッツプランテーション、草地、二次林、小規模水田の 5 つで構成されている。多くの住民は農業及び漁業に従事しているが、収穫は主に家庭内で消費される。インタビューへの回答者の多くは、ボラカイ島での仕事によって収入を得ていた。

マライ川、アグナガ川及び7つの小川からの水以外にも、地元の住民は、バジャンガンクリークに沿って設置された2つの貯水タンクを利用している。この貯水タンクによって10つの共同水道が設置されている。更に10つの深井戸、3つの掘り井戸が処分場の周囲に存在する。比較的裕福な家族は、電動ポンプを井戸に設置している。

JICA 調査団が実施した住民意識調査は、処分場予定地周囲の99人の住民を対象とした。新規衛生埋立処分場の建設が廃棄物管理システムの改善につながるとし、約15%がプロジェクトに賛成した。しかし、約70%の回答者は公害による環境、人間の健康への影響に懸念を示した。具体的な課題としては、回答者の76%が稼働時の新規衛生処分場の地下水質へ悪影響を与えないかという点について懸念を示した。約40%の回答者は地下水汚染が閉鎖後も起こりかねないとして懸念を示した。更に、回答者の約70%は、衛生埋立処分場は、周囲の土地の価値を下げるとの意見を示した。

回答者は提案された衛生埋立処分場からの負の影響を心配する一方で、いくらかの恩恵も期待していた。回答者が期待した正の影響は、雇用機会の増加及び廃棄物管理の改善であった。

1.3 計画概要

1.3.1 全体の概略設計

衛生埋立処分場の概略設計を実施する上でいくつかの基本的な検討事項がある。全体整備計画の主な点を以下に示す。

- 衛生埋立処分場は、ごみ埋立地の整備に必要な期間に対応した段階的な設備投資により徐々に整備する。必要な投資の時期は、ごみ埋め立て状況による。
- フェーズ1では、敷地はサブフェーズごとに整備する。敷地の整備は、サブフェーズごとに持続的に行い、工事の重複は避けるよう計画的に実施する。
- 費用対効果の良い処分容量を確保するため、既存の地表の掘削及び敷地内の傾斜を平滑化することが必要であり、同時に処分場内の低地側となる北側の境界に沿って築堤ダムを整備し、処分可能量を増進する。
- 掘削深さは、初期投資を最小限に抑えるため出来るだけ浅くする。しかし、費用対効果良く埋立用の空間を確保することは、処分場の掘削を充分に行うことによっても可能であり、これらは、現場周辺の地質条件や掘削後の傾斜の安定性及び掘削物の仮置場所の確保可能性などの条件に依存する。
- 処分ごみはその性質から汚染の可能性低いが、表流水や地下水の環境保全上、浸出水の衛生埋立処分場の外への流出を避けるため、浸出水を集水するための排水システムや排水時に環境面で安全なレベルまで浸出水の水質を改善する処理施設とともに、遮水層も設置する。排水の国家基準まで処理した浸出水のみを場外へ放流する。
- 遮断層からの埋立ガスの無制御な状態での場外放出を抑制する。処分場設の計上、区画内で管理する少量のごみに対してガス抜き管を設置し、埋立ガスの発生を抑制する。
- 表流水の浸入を最小限にし、発生する浸出水量を減量化するために常時設置または仮設置型雨水排水システムを処分場区域周辺また内部に設置する。
- 埋立は各サブフェーズにおいて、浸出水の発生量を最小限にするため、小さな区画化したセルの中で実施する。
- 廃棄物処分区画の表面は、浸出水の発生を最小限化するために最終の高さに達した際に覆土する。農業に適した土壌を、植生の発達を促すために粘土層の上に敷く。
- 基盤施設は敷地の入り口周辺に整備され、処分場の適切な運営管理に資する。運営施設は柵で囲われ、それらは埋立区画に運搬される残渣ごみの仮置き施設も含まれる。
- 運営施設には、有害廃棄物や医療系廃棄物の永久的な保管場所としての特別廃棄物区画も含む。

最終処分場はフェーズごとに段階的に整備するが、フェーズ1については敷地の東半分を整備することを計画しており、既に一部掘削が行われている。フェーズ1においても廃棄物管理10ヵ年計画の中で段階的に整備され、フェーズ2には、フェーズ1の終了前の1年から2年前から整備される。図1.3-1はフェーズ1の整備計画を示している。

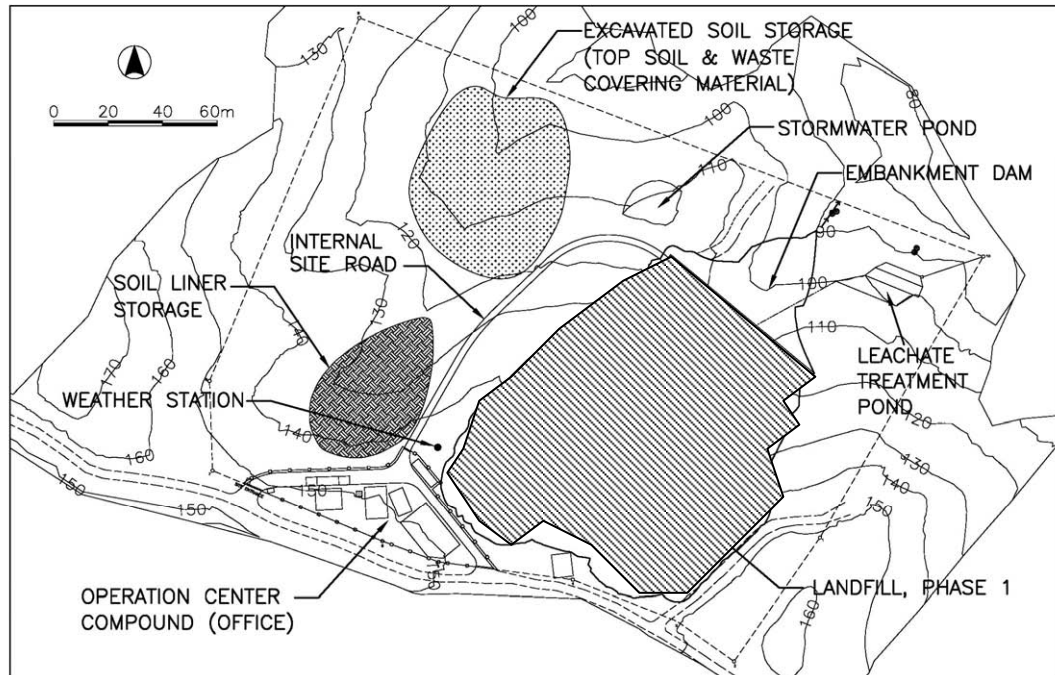


図 1.3-1 フェーズ1の全体整備計画

出典：JICA 調査団

1.3.2 設計条件

(1) 最終処分場で処分されるごみ量

1日当りに処分を必要とする残渣ごみ量は、約10～13トンと推定される。この量は人口や旅行客の増加、収集サービス区域の拡張により増加することが予測されるが、提案する減量化活動のため、計画期間において顕著な増加ないと考えられる（表1.3-1参照）。しかし、処分場の計画に際しては、処分量を過少評価し、予定より埋立区域が早く埋まった際に追加で容量を確保するための整備の時間を考えると、ごみ処分容量の予測において安全側に考えることが必要である。仮に、ごみの処分容量が予測より遅い割合で利用されるなら、処分場の寿命は延び、将来の投資時期が遅れることとなる。そこで20%の予備率を見た場合、廃棄物管理10ヵ年計画の終わりまでには、現在同処分場の予定地に仮置きされている残渣ごみ及び運用開始までに発生し処分を必要とする残渣ごみを含め、約5,500トンの残渣ごみの搬入が見込まれる。

表 1.3-1 処分場に搬入される残渣ごみ

年	推定ごみ量 (トン/日)	計画ごみ量 (トン/日)	計画ごみ量 (トン/年)	計画ごみ量総計 (トン)
2007	-	-	4,500	4,500
2008	10.70	12.84	4,699	9,199
2009	11.40	13.68	4,993	14,193
2010	12.40	14.88	5,431	19,624
2011	13.00	15.60	5,694	25,318
2012	12.00	14.40	5,270	30,588
2013	11.70	14.04	5,125	35,713
2014	11.10	13.32	4,862	40,575
2015	10.50	12.60	4,599	45,174
2016	10.50	12.60	4,612	49,785
2017	10.50	12.60	4,599	54,384

注：処分場の稼動開始時期を2009年中期とする。

出典：JICA調査団

(2) 必要な最終処分容量

搬入されるごみ量の推定結果によると、2017年末までに必要な衛生埋立処分場の容量は、以下の仮定をもとに約88,000m³と算定される（表1.3.2参照）。

- 転圧後の残渣ごみの嵩比重は0.75 t/m³、但し覆土材等を除く
- 遮水層の上の浸出水集水用の砕石の量は約4,000 m³
- 必要な即日覆土はごみ量の5%
- 中間覆土として5,345m³の覆土を実施
- 2780 m²の修復区域に対して75cmの粘土及び15cmの土による覆土層及び最終覆土として約2,500m³を実施

全体のごみの比重は、使用される全体の空間(88,000 m³)及び残渣ごみの処分量(約55,000トン)に対して0.62 t/m³と算定される。残渣ごみの転圧後の比重(0.75 t/m³と仮定)は、処分されるごみ質(残渣ごみ)を反映しており、生分解性の成分及びプラスチック瓶、スチール缶、ダンボールのような比較的嵩比重の小さいものの割合が少ないと想定している。

表 1.3-2 埋立に必要な容量

年度	埋立ごみの総量	転圧後のごみの総容量	浸出水集水用の碎石の総使用量	即日覆土材の総容量	中間覆土の総容量	粘土覆土材の総容量	覆土材の総容量	埋立区画の総容量	サブフェーズ
	(トン)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	
2008	9,199	12,266	0	0	0	0	0	12,266	Store
2009	14,193	18,924	1,060	946	2,530	0	0	23,460	1A-1
2010	19,624	26,165	2,085	1,308	2,530	0	0	32,088	1A-2
2011	25,318	33,757	2,085	1,688	2,530	814	163	41,036	1A-2
2012	30,588	40,784	2,085	2,039	2,530	814	163	48,415	1A-2
2013	35,713	47,617	3,998	2,381	5,345	814	163	60,317	1B
2014	40,575	54,100	3,998	2,705	5,345	814	163	67,124	1B
2015	45,174	60,232	3,998	3,012	5,345	2,086	417	75,089	1B
2016	49,785	66,380	3,998	3,319	5,345	2,086	417	81,545	1B
2017	54,384	72,512	3,998	3,626	5,345	2,086	417	87,984	1B

出典：JICA 調査団

(3) 設計基準

残渣ごみの受け入れは 15 トン/日以下と推定されるため、衛生理立処分場は、DAO(2006)の規定に従ってカテゴリ-1 として設計される。カテゴリ-1 の処分場設計基準は、表 1.3-3 に示すとおりである。

表 1.3-3 カテゴリ-1 処分場の設計基準

特徴	必要条件
即日覆土・中間覆土	√
堰堤/セル方式埋立	√
排水施設	√
ガス抜き施設	√
浸出水集排水施設	√
浸出水処理施設	浸出水処理池システム
浸出水循環施設	埋立終了時
粘土遮水層	粘土遮水層 60cm 厚以上 透水係数は 1×10^{-5} cm/秒 以下

出典：DAO 10, Series 2006

フィ国における全ての処分場はカテゴリ-1 にかかわらず、RA9003 第 40 項とその実施細則 (IRR) が定める以下の運用規則を守らなければならない。

- フェーズごとに区画開発を行う計画容量の設定
- 敷地造成及び抑制技術

- 目標となる比重を最小化するためのごみの転圧
- 快適さを保持するための運用方策
- フェンスやゲート、その他の設備と舗装アクセス道路
- ごみ量と質、排出源の記録
- 都市廃棄物や処理済の有害廃棄物（THW）、医療系廃棄物（HCW）のための分離した区画（THWとHCWの扱いは、それぞれRA6969とDENR-DOH共同省令No. 02に従う）
- 十分な職員研修の実施を伴う施設運営
- 野焼きの禁止
- 処分場の修復や閉鎖後の管理
- 一時保管区域区画でのウェイトピッカーの活動の禁止

1.4 衛生埋立処分場の概略設計

1.4.1 概略設計の設計項目

衛生埋立処分場の概略設計においては、以下の主な施設整備を検討する。

- バッファゾーンを含む全体埋立区域
- 残渣ごみを処分するための敷地整備
- 現場清掃を含む敷地造成
- 築堤ダム及び周辺築堤
- 遮水工
- 浸出水制御・管理システム
- 処分場ガス制御・管理システム
- 表流水制御・管理システム
- ごみ埋立終了区画の修復及び保護
- アクセス道路及び場内道路を含む敷地内外の道路
- 事務所及び付帯設備を含むごみ搬入及び管理区域
- フェンスを含む警備設備
- 公共施設
- 特別廃棄物区画
- 環境モニタリングシステム

概略設計の検討の中で、重要な設計項目（例えば築堤ダム、境界、浸出水集排水及び処理システム）については各選択肢を検討し、技術的及び経済的に適切な選択肢を採用した。

1.4.2 全体埋立区画計画

衛生埋立処分場のフェーズ1区画は、東側の谷に整備する。フェーズ1区画は矩形で平均標高約130m（北東-南西方向）から約120m（北西-南東方向）である。フェーズ1の全体埋立区画は、約15,635m²である。フェーズ1区画の東端、南端及び西端は高地になっており、北端にそって谷が埋立区画を囲む地形となっている。北端に埋立区画を取り囲み、効果的に区画の高さを保って容量を確保するために築堤ダムを建設し、埋立区域の範囲と区画外の敷地内の施設の区切りとして、バッファゾーンを設ける。

1.4.3 埋立区画の整備

フェーズ1埋立区画は段階ごとに区切られる一連のサブフェーズに分割され、3つの主なサブフェーズに分割する（サブフェーズ1A、1B、1C。サブフェーズ1Aは、1A-1及び1A-2として整備）。フェーズ1区画の整備は、搬入されるごみ量及び残りの空間の割合を勘案し、必要な時期をみてサブフェーズごとに整備する。処分場はフェーズ1の北端に沿って谷の低地部分から整備し、勾配にそって南側に埋め立てる。残渣ごみの搬入量に基づいたサブフェーズの整備時期は、表1.4-1に示すとおりである。

表 1.4-1 サブフェーズの整備時期

サブフェーズ 区画	許容量(m ³) ¹	総許容量(m ³)	実容量(m ³) ²	推定閉鎖時期	サブフェーズ の寿命(年)
1A-1	18,620	18,620	16,585	2009	0.57
1A-2	30,431	49,051	27,877	2013	3.48
小計(1A)	49,051	67,671	44,462	—	—
1B	59,630	108,681	54,330	2020	6.96
1C	77,345	186,026	65,701	2030	10.00
合計	186,026	—	164,494	—	—

注： 1 全体の容量は、遮水工の上端と修復断面との空間となる。

2 実容量 = 全体容量 - 浸出水集水用の砂利、覆土材、覆土材の上の表土などの容量。実容量は、即日覆土や中間覆土のための5%の余剰分を含めたごみ埋立て可能な体積である。

出典：JICA調査団

サブフェーズ1Aの初期の掘削でフェーズ1区画北端に建設する築堤ダムのための十分な量の土質材料が確保できる。初期に実施されるサブフェーズ1Aの掘削(1A-1)は、敷地内に既に仮置きされている残渣ごみと処分場の稼働開始までに搬入されるごみ量に対応するために十分な容量を確保するように設計した。従って、サブフェーズ1A-1が整備された時、敷地内に現在仮置きされている全てのごみは、直ぐにごみの処分区域に移動できる。サブフェーズ1Aの残り部分(サブフェーズ1A-2)は、少なくとも稼働開始後の3年以上の処分容量を有している。

サブフェーズ1Aが容量を満たす前に、サブフェーズ1Bをその南側の区域に整備する。サブフェーズ1Bの整備区域で発生する土は、即日または中間覆土材として利用することが出来る。

表1.4-1に記述した予測時期を基に、サブフェーズ1Cは、廃棄物管理10ヵ年計画の計画年をまたいで整備される。整備計画は、図1.4-2及び図1.4-3に示すとおりである。

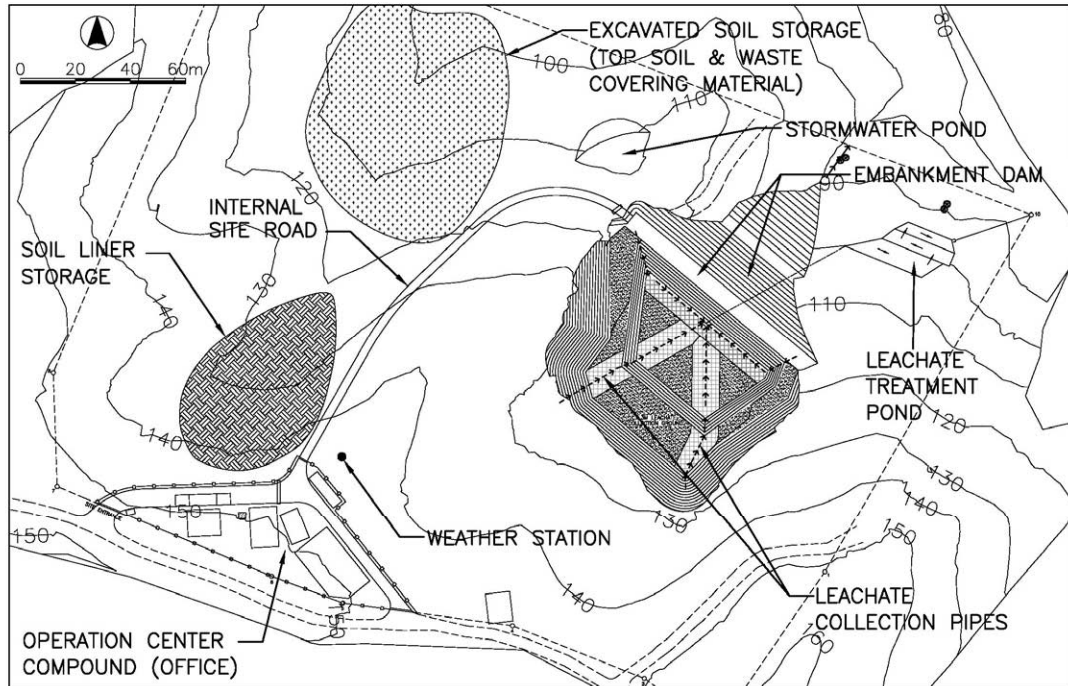


図 1.4-1 サブフェーズ 1A 区画の整備計画

出典：JICA 調査団

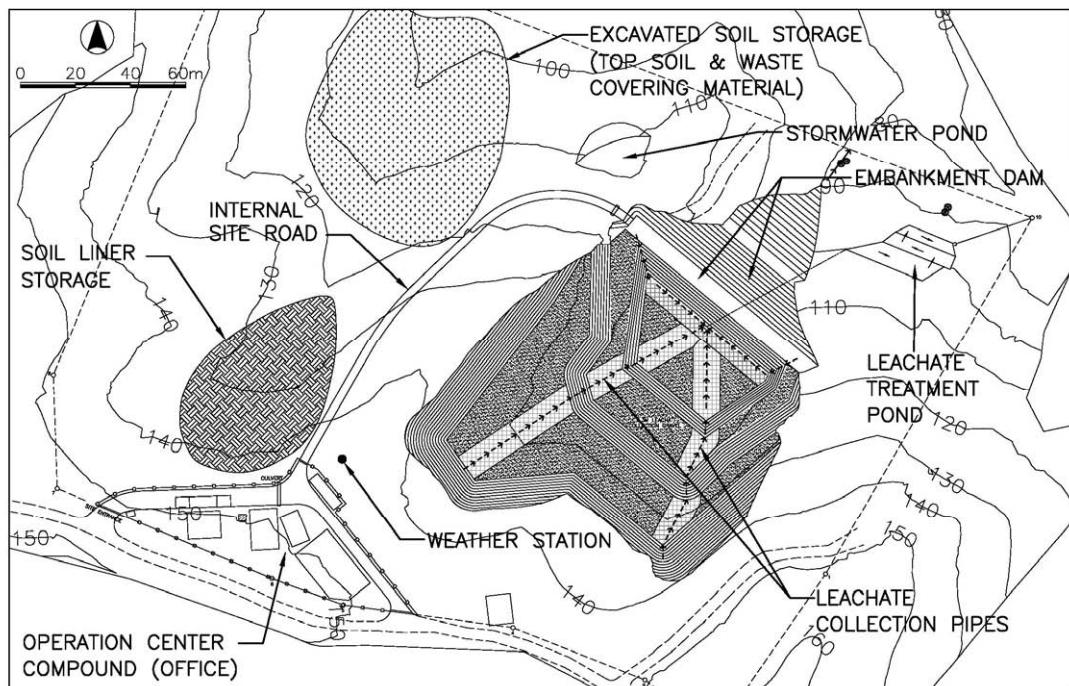


図 1.4-2 サブフェーズ 1B 区画の整備計画

出典：JICA 調査団

1.4.4 敷地へのアクセス

敷地へのアクセスは、マライ町とブルアング町を結ぶ州道から長さ約 560m の未舗装の道路がある。道路は 4m 幅の 1 車線道路であり、雨期においても概ね通行可能である。

1.4.5 敷地整備

埋立区画内の埋立底面は、各サブフェーズで整備され、付帯設備がある区域周辺ではごみ堆積前に整備される。敷地造成は主に次の業務を含んでいる。

- 樹木及び植生の伐採、整地
- 不要な有機物及び有機性土壌の掘削、除去、処分
- 現場踏査ではほとんど見られなかったが、既存の土壌形成材（表土、底土）の剥離及び保管
- その後使用するための未風化の岩石の整地及び保管（たとえば法面防護や排水路工事）
- 表土の掘削及び保管、一般的用途（構造充填、即日及び中間覆土）及び粘土遮水工（完全な風化岩盤）
- 路盤の転圧、粒度分析
- 軟弱部分の掘削、許容可能な粒状充填材や構造充填材への転換
- 潜在的に破損や風化の激しい岩盤の除去

1.4.6 築堤ダム

(1) 築堤ダム

築堤ダムはフェーズ 1 の北端にそって建設し、この築堤ダムによりごみ層の平均深さが増加して、構造物側から埋めることが可能となる。埋立後の修復作業は、築堤ダムの上部から開始した方が構造物の先端からの地面から始めるよりは良いと思われる。小さな埋立区域の中で容量を最大限にするという点において築堤ダムは最も費用対効果が高く、可能な処分容量を最大源に増加させることが可能である。幾何学的な観点（斜面の傾斜や築堤の頂点）の観点から様々な配置方法を検討し、最も適切な位置を以下のように決定した。

頂点	: 117m ASL
頂点幅	: 6.5m
内部傾斜	: 1H:1V
外部傾斜	: 3m の高さを中点として、下部で 2H:1V、上部で 1.5H:1V
築堤ダム	: 総量は約 13,300m ³ (サブフェーズ 1A-1 区画を開発するために掘削した土質材料を活用)

(2) 地下水集排水システム

築堤ダムは断続的な表流水の流れを形成する谷に沿って構築することから、少なくとも 0.6m 厚の粒状の排水被覆管を用いることを推奨する。これは、地下水の排水を遮断及び促進するために築堤ダムの基礎部分に設置する。なお、現時点では、埋立区域の下部にそれ以外の地下水の流入防止策が必要とは考えられない。

1.4.7 遮水工

透水係数の低い層、例えば粘土層は埋立区域への水の流入や浸出水の流出を抑制するために使用される。予定地の地質調査において、原型を保った岩盤層の透水係数は非常に低い、割れ目や不連続層が岩盤の透水係数を上げている。同様に、積った崩積土や完全に風化した岩盤は比較的透水性が高く、帯水しており、岩盤の割れ目を地下水が透過している状況である。

現場及び実験室での透水試験は、 5×10^{-5} cm/秒のレベルの一般的な透水係数を示していた。そのような状況で、現場の物質は、理想的な含水率で最も高い乾燥密度として使用するには限界の値であると考えられる。現場の気象状況を考えると、自然な粘土層の設置に適切である建設期間を確保するには限界があると考えられ、1年間の乾燥した時期も1月から5月というように限られている。

環境への配慮から埋立区域内の路床の状況を考え、概略設計では下記の2つの方法を採用した。

- 敷地の下流側（サブフェーズ 1A-1）では、敷地内の粘土から形成される厚さ 0.6m の粘土層の上部にジオコンポジット粘土層を含むコンポジット遮水システムを採用する。また、遮水工がカテゴリー1の要求事項をこえるものの、予定地は潜在的な環境の影響を受けやすい地域であり、浸出水量が多く汚染のレベルも高い可能性がある。低地部分には、浸出水が集水するので、複合ライナーシステムを適用する。浸出水が多量に発生する時期に予定地の低地部分に浸出水を貯留可能とすることで、柔軟な処分場の運用が可能となる。このような状況下で、ジオコンポジット粘土層を用いることにより、より遮水性を高めることができるようになる。ベントマットは適切なジオコンポジット粘土層であり、急傾斜区域に適用する。
- 予定地のその他の区域（サブフェーズ 1A-2、1B、1C）では、許容範囲まで透水係数を減少させるため、最適含水率で最大乾燥密度の95%まで圧縮した物質を使用することを前提とした。施工の容易性及び品質保証の面から、シープフットローラーで転圧する4層の厚さ 1.0m の基盤粘土層を用いることが提案される。粘土層の敷設を成功するためには、材質の定期的な検査を含む品質保証の高度な基準が必要となる。

1.4.8 修復断面

概略設計では、第1に埋立区画の処分容量を最大限にすることを検討し、その結果、修復断面が提案された。埋立完了時の外側斜面は、フェーズ1の南側中央部分を最も高くするために3H:1Vの傾斜を設定し、最高点で海拔152mとした。図1.4-3及び図1.4-4に断面図を示す。

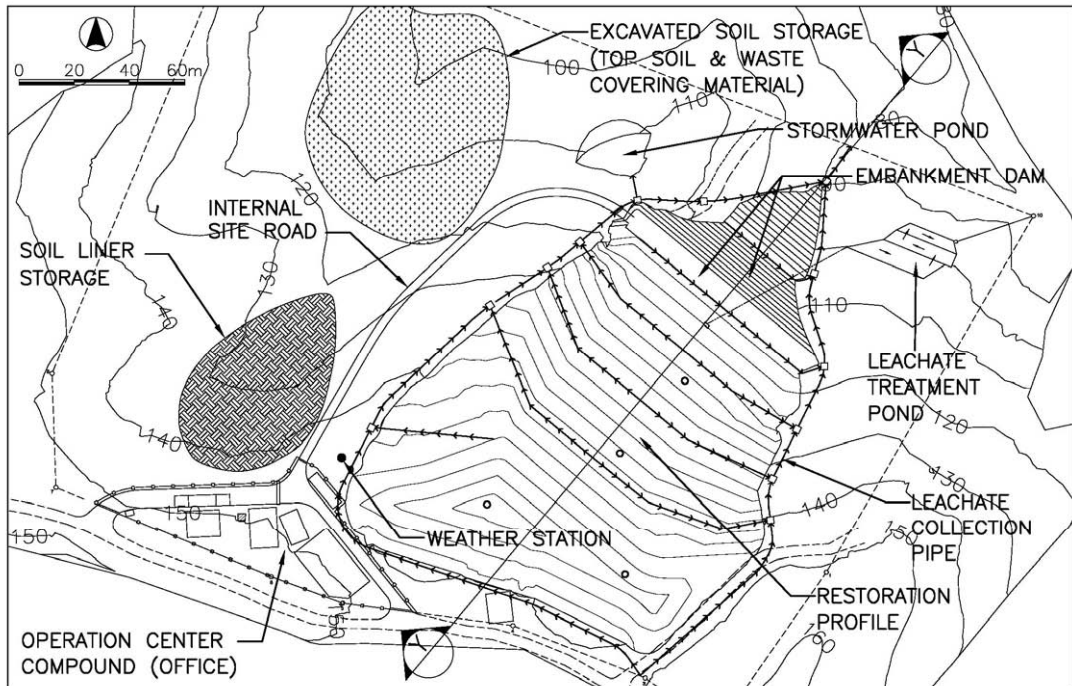


図 1.4-3 フェーズ1埋立区画の最終修復計画

出典：JICA 調査団

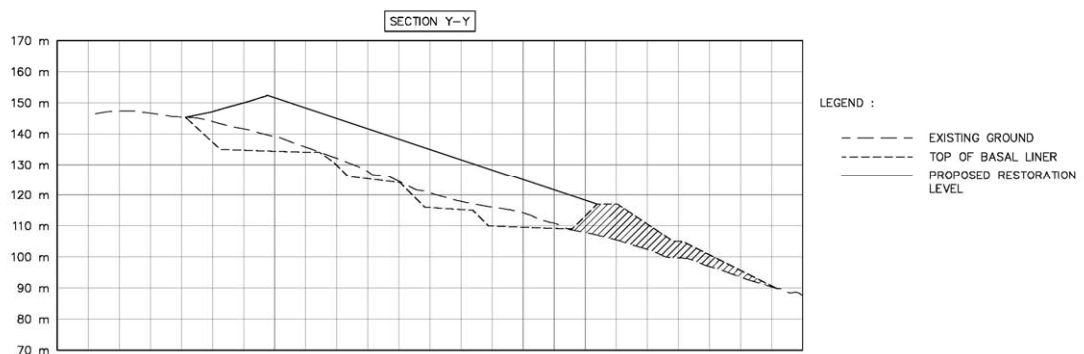


図 1.4-4 フェーズ1埋立区画の修復計画の断面

出典：JICA 調査団

既存の地表面からの最大深さが約 15m、遮水工の表面からの最大深さが約 20m となる。フェーズ1区画全体の容量は、約 186,000 m³となる（表 1.4-1）。

覆土層としては、適切な有機性土質材料で 15cm 以上の厚さが必要であり、植生の生育を促進するように整備する。敷地の基盤部分の整備については、区画の最大高さまでの埋立後、300mm 厚の中間覆土が行われる。その後約 2~3 年を要するが時間の経過とともに埋立区画は不活性な状況となり、最終表土で覆うことになる。

1.4.9 浸出水集水システム

埋立区画内での浸出水の滞留を防止し、遮水工での水頭を最小限にするため、埋立区画から浸出水を除去し、循環または場外へ排水するための処理を行う。浸出水の集水は主に次のような方法で実施する。

- サブフェーズ埋立区画を段状にし、設置した浸出水排水管に向かって流れるようにする。
- 遮水工の上に粒状の浸出水集排水層の 300-600mm の幅の細かい粒状の砂利（通常 37.5-50mm）をしいた透水係数 $1 \times 10^{-2} \text{m/秒}$ 以上の自由排水路を設置する。
- 排水用の砂利の厚い箇所直径 150mm の HDPE 有孔管を設置する。

浸出水流下部は砂利とごみとの間であり、そこには排水層の目詰まりを防止するため不織ジオテキスタイルを敷く。同様なジオテキスタイルが基盤粘土層を覆う砂利の部分にも設置される。

浸出水の枝管も浸出水の集水層に設置される。主要な浸出水集水溝は、容易に維持管理ができ、ごみの堆積を防止し、集水管内で充分流速がとれるように 3.3% (30H:1V) 以上の勾配を設ける。浸出水排水層及び浸出水パイプは、微生物や藻の堆積や閉塞がおこる傾向がある。従って、採用するパイプは、ジェットイングやロッキングをするために十分に強固である必要がある。

1.4.10 浸出水集水・運搬システム

浸出水は、ごみ埋立区画から低レベルになるまで除去する。制御方針は、遮水工の部分で浸出水の水頭が 1.0m になるように保つ。単純なシステムにするため、浸出水は、埋立区画内からポンプによる継続的な集水を行わず浸出水集水池から重力により排水する。浸出水の集水池から築堤ダムの底部を通る浸出水処理池への排水には、直径 200mm の HDPE 管を利用する。

1.4.11 浸出水の管理、処理及び排水

次の原理を浸出水の管理方法として提案する。

- 浸出水流量のバランスをとり、可能な限り堆積しているごみの中に貯留する
- 浸出水流量を削減し堆積ごみを乾燥状態に保つため、適切な気象条件の下では、浸出水の再分配や循環を行う
- 区域内で汚染物質の洗い流しや安定化を高めるため、埋立後の区域に浸出水の再分配及び循環を行う
- 適切な気象条件のもとで、定期的・断続的な浸出水の浸出水をミスト化して散布し、浸出水の蒸発を促進する

このように浸出水の再分配及び循環は浸出水処理の方針の根幹とする。限定された排水方法の選択肢として、発生する浸出水の蒸発を最大点にし、浸出水の循環を行うことで処理される浸出水量を最小限に抑える方法をとる。最終プロセスで処理された浸出水は、

汚染の可能性を減少し、水域環境に排水を行えることを保証されるべきである。浸出水量の算出は、下記の計算式を基に実施した。

$$L_o = [ER + IRA + WW] - [LTP + aW + DL]$$

ここで

- L_o = 浸出水量
- ER = 有効雨量
- IRA = 修復や覆土がされた区域からの浸透量
- WW = 廃棄物固有の含水量
- LTP = 区域外への浸出水の排出
- a = ごみの単位吸水率
- W = ごみの重量
- DL = 設定した湿潤率

埋立区画からの浸出水発生量の算出結果は、表 1.4-2 に示すとおりである。埋立区画で発生する浸出水量は一定期間モニタリングし、稼働方法や浸出水の管理方法を必要に応じて改善する必要がある。

表 1.4-2 推定された浸出水量

年	ごみ埋立年次	フェーズ	埋立区域 (m ²)	浸透量 (m ³)	一時的覆土 (m ²)	一時的覆土区域の浸透量 (m ³)	修復区域 (m ²)	修復区域での浸透量 (m ³)	総水量 (m ³)	年間受入れごみ量 (トン)	吸収容量の増加 (m ³)	総吸収量 (m ³)	蒸発量 (m ³)	年間浸出水量 (m ³)
2009	1	1A	2,330	7,456	0	0	0	0	7,456	4,699	501	501	280	6,675
2010	2	1A	2,000	6,400	2,330	699	0	0	7,099	4,993	533	1,034	240	6,326
2011	3	1A	2,000	6,400	1,000	300	0	0	6,700	5,431	579	1,613	240	5,881
2012	4	1A	2,000	6,400	1,000	300	1,000	50	6,750	5,694	607	2,221	240	5,903
2013	5	1B	1,500	4,800	1,000	300	1,500	75	5,175	5,270	562	2,783	180	4,433
2014	6	1B	1,500	4,800	1,000	300	2,800	140	5,240	5,125	547	3,329	180	4,513
2015	7	1B	1,500	4,800	1,000	300	2,800	140	5,240	4,862	519	3,848	180	4,541
2016	8	1B	1,500	4,800	1,000	300	4,000	200	5,300	4,599	491	4,339	180	4,629
2017	9	1B	1,500	4,800	2,000	600	4,000	200	5,600	4,612	492	4,830	180	4,928
2018	10	1B	1,500	4,800	2,000	600	5,000	250	5,650	4,599	491	5,321	180	4,979
2019	11	1C	1,500	4,800	1,500	450	5,000	250	5,500	4,599	491	5,812	180	4,829
2020	12	1C	1,500	4,800	1,500	450	7,500	375	5,625	4,599	491	6,302	180	4,954

出典：JICA 調査団

浸出水の発生量は、埋立区画の覆土箇所が少ない埋立開始数年後に最も多くなると予測された。浸出水の発生量は、初期の段階で 20m³/日の割合で発生が予測され、埋立活動が本格化する時期で 15m³/日まで減少し、最終的に埋立が終了した状態で 2m³/日程度になると予測される。フィ国各地域での浸出水の水質を基に、簡易な処理システムとして酸化池を設置することとし、これはカテゴリー 1 の処分場の設計基準を満たしている。全体

容量が1,000m³となる3つの酸化池を提案したが、その全滞留時間は約60日になる。各酸化池間の流れは、重力による流下を考えて設計している。酸化池が満水になったときには、ゲートバルブで酸化池への浸出水の流入を制御し、埋立区域内で浸出水を一時貯留する。乾期には酸化池からの放流はほとんど必要なく、表面からの蒸発による損出が浸出水の流入量を上回るものと予測される。雨期には、処理後の浸出水を敷地外に放流することが不可欠であるが、敷地の修復区域に循環または噴霧するという方法も採用する。なお雨期においては、浸出水の水質は、雨による希釈効果が期待できる。

1.4.12 埋立ガス管理

埋立区画に一般的な縦型ガス抜き管を設置する。ガスの収集管は、パイプ上部の2-3mを除いた部分の有孔部占有面積が約10-20%の有孔管を用いる。ガス抜き管の上部は、ベントナイト製シール材のような不透性の物質でシールされる。ガス抜き管は、大気開放するため覆土の上部に突き抜けるようにする。ガス抜き管は、ごみの分解及び埋立時に受ける縦横方向の力に耐えるように設計する。しかし、ごみの埋め立てが終了して覆土が終了するまでは設置しない。また、設置による遮水シートの破れを防止するため、遮水工からごみ層の10mの部分までは設置しない。半径60mの範囲までは、ガス抜き管による効果があると仮定して、フェーズ1では4つガス抜き管が必要と考えられる。

1.4.13 表流水管理

フェーズ1で常設の排水システムを提案する。排水路は処分場東側及び西側に2つ設置する。排水路は、処分場の埋立区画周辺及び覆土及び修復面の雨水の集排水を行う。排水システムが建設完了後、敷地境界で最大排水量は約1 m³/秒以下になる。

排水システムの整備は、フェーズごとの埋立区画の整備状況に応じて設置する。サブフェーズ1の常設の排水路は、貯留堤の建設時に建設を開始する。その後、進捗に合わせて南側方向に拡張し、フェーズ1の他の埋立区画に整備される。

暫定的な排水システムは、表流水や地下水の浸透を集水するために各テラスの後ろ側に整備する。この排水システムは常設の排水システムと密接に繋がっている。

小規模な雨水貯留池の整備を提案する。池の水は、乾期の間、敷地の修復部分を灌漑する目的で使用する。また、緊急時の場内道路でのほこりの抑制や稼働中の施設や機材の清掃のための水を供給する。

放流口の構造は、流れ（表流水や地下流出水）による深刻な侵食が生じないように放流されるように設計する。敷地の北端に沿った表流水の放流口では、蛇籠マットの使用を提案する。

1.4.14 運営施設

最終処分場の予定地の入り口に次の運営施設を設置する。

- 入口ゲート
- 守衛小屋

- 新規事務所
- 駐車場及び装駐機場
- 一時ごみ保管場所(カブリハンククラスターMRFとして整備)
- フェンス及び証明設備
- 公共施設 (電気設備、給水設備、通信設備)
- 気象観測所
- 特別廃棄物区画

1.4.15 敷地内道路及び駐車場

運営管理施設の敷地内は、全天候型になるように50mm厚のアスファルト舗装道路を敷設する。運営管理施設の敷地内から埋立区域へは、常時使用可能なアスファルト舗装道路を敷設し、フェーズ1の全稼動時期で敷地内へのアクセスを可能にする。敷地の地形は急峻な勾配があり、未舗装とするのは望ましくない。

1.4.16 公共施設

敷地内に常時電力供給がされるように、州道から運営管理施設まで既存の電力供給ラインを約600m延長する。一方、現在の給水は可能であるが、しばしば乾いていることがある。従って、新規の深井戸を掘り常時給水可能にすることを推奨する。通信システムも敷地内に供給されることになる。

1.4.17 特別廃棄物区画

2017年で約26.7トンの医療系廃棄物が衛生埋立処分場に搬入されると推定される。塀で囲まれた運営施設内に特別廃棄物の取り扱いのための区画(セル)を設置する。このセルは残渣ごみのそばに設置することはできるが、残渣ごみの区画とは別に医療系廃棄物の発生量に合わせて整備する。特別セルの設計は、特別廃棄物を安全に密閉状態で保管する方針に基づいている。

- セルは地面を4m掘削し、透水係数の低い粘性土内に作る。
- セルの底面と壁は、 1×10^{-7} cm/sec以下の透水係数の0.6mの厚さに圧縮された粘土層から構成する。
- セルの内部は、1.5mm厚の高密度ポリエチレン(HDPE)で覆う。
- セルの底面は、吸水する小さな水だめを設置する。集水した液体は汚水として処理するが、化学成分を検査し、毒性、有害性、腐食性がないことが証明された後、浸出水処理池に送る。
- 掘削したセルの中で、長さ4m、幅2m、深さ2mの強化コンクリート製容器を現場で作製する。この容器は、敷地内に搬入される医療系廃棄物の1年分を入れる容量とする。
- 容器は徐々に一杯になり容量を満したときに強化コンクリートでふたを行い、容器の中に医療系廃棄物を密封する。
- 掘削したセルは、雨水の浸透を防止するため屋根を設けるとともに、セル内部での浸出水の発生を防止するため、セルの周囲に排水路システムを設ける。
- セルへの搬入終了後、粘土層で覆土する。

1.5 施設及び機材計画

衛生埋立処分場への残渣ごみ搬入量は10-15トン/日であるが、そのばらつきから衛生埋立処分場は毎日フル稼働する必要ないと考えられることから、埋立区画での最終処分の前に搬入ごみの一時保管を考えている。即ち、処分場の稼働は毎日行わず、一時保管場所に残渣ごみを受け入れ、積み下ろしを行う。本島からのごみのように収集車やダンプトラックで袋詰めされずに運ばれてくるものもあるが、残渣ごみのほとんどは袋詰めで搬入されることから、積み下ろし及び保管は人力による作業が可能である。

処分場内での埋立区画への運搬は、1週間に1度または2度で充分なごみ量が仮置き場に蓄積したときに実施する。1週間に1度の運搬が最も効率的であり、機材や人員の利用を経済的なものにする。残渣ごみの量は1週間で70-100トンとなり1日で蓄積したごみを処分することは容易である。

以上の結果、カブリハン衛生埋立処分場の稼働に使用する機材は、表1.5-1に示すとおりである。

表 1.5-1 カブリハン衛生埋立処分場の稼働に必要な機材

機材	仕様	単位	稼働時間 (時間/週)	機能	備考
バックホーローダー	0.6-1.0m ³	1台	6-8	ごみ仮置き場でのごみの詰め込み、土置き場での覆土材の詰め込み	新規購入
ブルドーザー	15-20トン	1台	2-3	ごみの敷きならし及び圧縮、覆土材の敷きならし	既存の機材を活用
ダンプトラック	5-10m ³	1台	6-8	仮置き場からのごみの運搬、仮置き場からの覆土材の運搬	既存の機材を活用
サービス車	4×4	1台	16	燃料の供給等各種運搬作業	新規購入

出典：JICA 調査団

上記に加えて、浸出水の管理、循環のため及び乾期に敷地で覆土及び修復された箇所への水の供給や灌漑をするために、少なくとも1台の水中ポンプ及び付属部品が必要である。

1.6 運営管理計画

1.6.1 残渣ごみの受入及び一時保管

敷地に運ばれた残渣ごみは、一時的に運営管理エリアに属する保管場所に保管する。ここでは、搬入されたごみは記録後にごみは積下しされるが、袋詰めで搬入された場合、人力によって、袋詰めされていない場合にはダンプトラックから直接、積み下ろされる。

袋詰めされていないごみは、小さなごみの山に置かれる。さらに選別が必要な場合は選別し、ごみを比較的乾燥した状態に保つための防水シートを毎日の終わりにかぶせる。同時に袋詰めされたごみは安全に積み重ねられ、乾燥状態を保つために防水シートをかける。

この区域は、運営のため 350m² まで確保されており、ごみの保管やダンプトラックによるごみの運搬作業には充分である。ごみの一時的な保管は、1 週間にとどめることを提案する。

1.6.2 埋立区画での残渣ごみの処分

残渣ごみが一時保管場所に十分に蓄積されたあと、保管されたごみは場内運搬用のダンプトラックに積み込まれ、ごみ埋立区画へ運搬される。このためにバックフォローダーを使用する。ごみは、請負業者との契約の中で決められた稼働方法に従って埋立てるがその方向を以下に示す。

- 処分場の設計の目的の達成
- 安全かつ周辺環境へのリスクを最小限化
- 予定地の周辺住民や公共施設への影響の低減

1.6.3 必要な職員

運用方法に従って必要とされる職員は、表 1.6-1 に示すとおりである。

表 1.6-1 カブリハン衛生埋立処分場の稼働に必要な職員

スタッフ	フルタイム	パートタイム	1人当りの労働負荷 (時間/月)
処分場管理者 (エンジニア)	-	1	20
監督者	1	-	168
事務員	2	1	240
運転員	2	-	84
労働者	3	2	600
警備員	3	-	720

出典：JICA 調査団

1.7 実施計画

衛生埋立場の運転・維持には、覆土や排水処理、計画的埋立などの技術を要する。十分な運転・維持がなされない場合には、費用負担が高くなり、埋立処分場の使用年数も短くなり、使用年数の短縮化自体、コストの増加を意味する。実際、マライ町は衛生埋立処分場の運営についての経験を十分に有しておらず、マライ町の廃棄物管理に係る人材は限られており、将来的にも困難であると考えられる。それゆえ、民間活力を利用することが、マライ町自身が衛生埋立処分場を運営するよりも効率的である。表 1.7-1 に示す既存の発注方法と DBO との比較によると、DBO (設計、建設、運営) による民間企業との契約が好ましい。

表 1.7-1 既存の発注方法と DBO の比較

No	項目	既存の方法（分割発注）	DBO
1	資金調達	毎年の予算確保が必要となる。	長期契約に基づくコストの平滑化が期待される。
2	コスト	DBO よりもコスト減少の可能性が低い。	建設コストと運転コストを考慮した全体コストの縮減が期待される。
3	契約手続き	各段階（設計、建設、運営）での契約手続きが必要となる。	一括発注に伴い、契約手続きが迅速に行われる。

注： DBO とは、設計と建設、長期の運営、維持を一つの委託先に一括発注する契約形態である。この種の契約方法は、長期契約に基づくコストの平滑化や単独の企業による効率的な施設の運営が期待される。

出典： JICA 調査団

さらに、MRF から衛生埋立処分場に運ばれる残渣ごみの輸送について、DBO の委託先とマライ町が契約するかどうかを決める必要がある。衛生埋立処分場における効果的な残渣ごみの受入れを考慮すると、残渣ごみの輸送を含めた一括発注が望ましい。しかしながら、DBO を実施する場合は、次のことに留意する必要がある。

- マライ町が所有する既存の機材の活用：コストを縮減するため、契約にこの事項も追加するべきである。
- トラブルへの対応：民間企業との間にトラブルが発生した場合に備えて、専門的知識が必要となる。
- 委託先の選定方法：資格審査や技術審査、コスト評価が必要である。

衛生埋立処分場の開発工程は、図 1.7-1 に示すとおりである。

No.	Work Items	2008		2009		2010		2011		2012		2013		2014		2015		2016		2017				
		J-M	J-S	O-D	J-M	A-J	J-S	O-D	J-M	A-J	J-S	O-D	J-M	A-J	J-S	O-D	J-M	A-J	J-S	O-D	J-M	A-J	J-S	O-D
A	Pre-Construction																							
1	ECC Amendment Application																							
2	Selection of ES Consultant																							
	1) Expression Of Interest (EOI)																							
	2) Short listing																							
	3) Technical Proposal																							
	4) Approval																							
3	Preparation of RFP for DBO Contract																							
4	Tender for DBO Contract																							
5	Contract Award and Notice to Proceed																							
B	Construction																							
1	Preparatory work (including Detailed Design)																							
2	Cleaning and grubbing (to be done by the MOM)																							
3	Excavation, hauling and storage																							
4	Formation of embankment dam																							
5	Installation of basal engineered barrier																							
6	Installation of leachate collection pipes																							
7	Leachate extraction and transfer system																							
8	Leachate treatment facility																							
9	Landfill gas facilities																							
10	Upper engineered barrier																							
11	Stormwater drainages																							
12	Stormwater outfall structure																							
13	Stormwater retention pond																							
14	Building work																							
15	Internal roads																							
16	Gates and fencing																							
17	Power supply																							
18	Water supply																							
19	Construction of special waste cell																							
C	Equipment Procurement																							
1	Submersible pump and accessories																							
2	Backhoe Loader																							
3	Service vehicle																							
D	Site Operation																							
1	Storage of residual waste onsite																							
2	Disposal of residual waste																							
3	Environmental monitoring																							

図 1.7-1 カブリハン衛生埋立処分場の整備実施工程

出典：JICA 調査団

1.8 事業費積算

1.8.1 投資コスト

数量及び各施設及び機材の基準単価を基に建設費、機材購入費、入札補助を含むエンジニアリング費、管理費は表 1.8-1 に示すように見積られた。

表 1.8-1 カブリハン衛生埋立処分場の投資額

(単位: x10³ ペソ)

大項目	小項目	費用
1. エンジニアリングサービス (E/S)		2,250
2. 建設費		44,993
	(1) 準備	5,922
	(2) 敷地整備	7,431
	(3) 築堤ダムの整備	4,427
	(4) 遮水工	8,283
	(5) 浸出水集水システム	6,298
	(6) 浸出水抽出運搬システム	404
	(7) 浸出水処理システム	2,518
	(8) 埋立ガス施設	112
	(9) 閉鎖計画	2,152
	(10) 雨水排水システム	2,011
	(11) 建屋工事	1,890
	(12) 道路工事	1,389
	(13) 雑工事	2,156
3. 管理費		2,362
4. 機材調達費		1,450
5. 予備費		5,033
投資額合計		56,088

出典：JICA 調査団

1.8.2 年間支出額

2008年から2017年の廃棄物管理10ヵ年計画期間中の年間支出額は、表 1.8-2 に示すように推定された。なお年間支出額には、MRF から新規処分場までの残渣ごみの運搬費も合わせて見積った。

表 1.8-2 カブリハン衛生埋立処分場の年間投資額及び維持管理費用

(単位: x10³ PhP)

No.	Work Items	Total	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
A	Engineering Service 1] [(2)*0.05]	2,250	169	1,074	254	45	0	639	0	68	0	0
B	Construction (2)	44,992	3,388	21,477	5,075	896	0	12,788	0	1,368	0	0
1	Preparatory work (including Detailed Design)	5,922	2,523	1,505	104	0	0	1,790	0	0	0	0
2	Excavation, hauling and storage	7,431	803	2,430	162	0	0	4,037	0	0	0	0
3	Formation of embankment dam	4,427	0	4,427	0	0	0	0	0	0	0	0
4	Installation of basal engineered barrier	8,283	0	3,558	1,547	0	0	3,178	0	0	0	0
5	Installation of leachate collection pipes	6,298	0	1,929	1,468	0	0	2,901	0	0	0	0
6	Leachate extraction and transfer system	404	0	404	0	0	0	0	0	0	0	0
7	Leachate treatment facility	2,518	0	2,518	0	0	0	0	0	0	0	0
8	Landfill gas facilities	112	0	0	0	56	0	0	0	56	0	0
9	Upper engineered barrier	2,152	0	0	0	840	0	0	0	1,312	0	0
10	Stormwater drainages	1,099	0	880	0	0	0	219	0	0	0	0
11	Stormwater outfall structure	124	0	124	0	0	0	0	0	0	0	0
12	Stormwater retention pond	788	0	0	788	0	0	0	0	0	0	0
13	Building work	1,890	0	945	945	0	0	0	0	0	0	0
14	Internal roads	1,389	62	1,202	62	0	0	62	0	0	0	0
15	Gates and fencing	656	0	656	0	0	0	0	0	0	0	0
16	Power supply	600	0	600	0	0	0	0	0	0	0	0
17	Water supply	300	0	300	0	0	0	0	0	0	0	0
18	Construction of special waste cell	600	0	0	0	0	0	600	0	0	0	0
C	Administration Cost (3) [(1)+(2)*0.05]	2,362	178	1,128	266	47	0	671	0	72	0	0
D	Equipment Procurement (4)	1,450	1,400	50	0	0	0	0	0	0	0	0
1	Submersible pump and accessories	50	0	50	0	0	0	0	0	0	0	0
2	Multi-cab	200	200	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	Backhoe Loader	1,200	1,200	0	0	0	0	0	0	0	0	0
E	Physical Contingency (5) [(1)+(2)+(3))*0.1+(4)*0.05]	5,033	444	2,370	560	99	0	1,410	0	151	0	0
	Subtotal of Investment (6) [(1)+(2)+(3)+(4)+(5)]	56,086	5,579	26,099	6,155	1,086	0	15,508	0	1,659	0	0
F	Operation and Maintenance Cost (7)											
1	Transport of Residual Waste	38,609	4,925	5,199	5,647	5,531	3,337	3,077	2,808	2,740	2,673	2,673
2	O&M of SLF	22,768	2,145	2,275	2,478	2,601	2,406	2,341	2,224	2,097	2,100	2,102
	Subtotal of O&M (7)	61,377	7,070	7,473	8,125	8,132	5,743	5,418	5,032	4,837	4,773	4,776
	Price Escalation (8)		632	3,441	2,251	1,986	1,587	7,117	2,048	3,102	2,631	3,003
	Total Cost (9) [(6)+(7)+(8)]	145,262	13,282	37,013	16,530	11,204	7,329	28,042	7,080	9,598	7,404	7,779

注：少数点以下は四捨五入されているため、1桁目の数値に誤差が生じている。

出典：JICA 調査団

1.9 財務分析

カブリハン衛生埋立処分場は、廃棄物管理 10 ヶ年計画の期間において 3 つのサブフェーズに分けて整備されることが提案されている。投資額はサブフェーズ 1A-1 の 2009 年及び 2010 年が比較的高くなるため、ステージ 1 にローンによる資金を調達することで、コストをリカバリーする必要がある。ローンは、マライ町が一度に支払う現金の額を減少させることに寄与する。主な資金源は、マライ町の一般税収や内国税収、ごみ収集料金である。環境・入島税からの充当可能である。

廃棄物管理 10 ヶ年計画において、ローカル・コモン・ファンドの設立が提案されている。この提案されたローカル・コモン・ファンドは、衛生埋立処分場のみではなく、廃棄物管理全体のコストも管理する。財務分析は、次の項目を範囲とする。

- 衛生埋立処分場開発の投資コスト
- ボラカイ島から衛生埋立処分場までの運搬費を除く衛生埋立処分場の維持管理コスト

コストリカバリーに関しては、衛生埋立処分場の開発についてのキャッシュフローを次の条件に基づいて用意している。

- 発生源ごとのごみ量の計算結果として、住民と事業者のコスト区分は、住民で約 30%、事業者で約 70%と考えられる。しかし、一般会計における内国税収や一般税収が残りのコストを賄う。

- 廃棄物管理 10 カ年計画期間におけるコストの比率に基づき、家庭と事業所からのごみ収集料金収入の約 13%を衛生埋立処分場での処分に充てる。
- ローン¹ は、フェーズ 1A-1 の 2009 年及び 2010 年における衛生埋立処分場の投資に充てる。サブフェーズ 1A-2 と 1B における投資は、自己調達資金とする。
- 返済と利息は、マライ町の内国税収入を充てる。しかし、内国税収入が他の事業にも使用できるよう、環境・入島税からも拠出する。

カプリハン衛生埋立処分場開発のキャッシュフローは、表 1.9-1 に示すとおりである。

表 1.9-1 カプリハン衛生埋立処分場整備のキャッシュフロー

Year		2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Cash Inflows	A	2,838	34,130	13,547	6,847	11,609	33,122	11,621	13,331	10,327	4,800
GCF from HH		-	88	92	104	172	188	202	220	237	248
General Taxes/IRA from MOM and Barangays and EAF		2,838	7,397	6,262	5,752	10,400	31,862	10,326	11,988	8,640	3,070
GCF from BE		-	749	780	992	1,036	1,072	1,093	1,122	1,451	1,482
Income from Loan Payable		0	25,897	6,412	0	0	0	0	0	0	0
Cash Outflows	B	2,838	34,130	13,547	6,847	11,609	33,122	11,621	13,331	10,327	4,800
Investment for Development of Kabulihan Sanitary Landfill Sourced from Self-Sustaining Fund		586	2,877	712	132	0	20,782	0	2,451	0	0
OM related to Landfill		2,252	2,508	2,868	3,161	3,070	3,137	3,129	3,099	3,257	3,425
Payment of Principal on Loan Payable		0	0	0	0	5,179	6,462	6,462	6,462	6,462	1,282
Interest		0	2,849	3,554	3,554	3,359	2,741	2,030	1,319	608	93
Investment for Development of Kabulihan Sanitary Landfill sourced from a Loan		0	25,897	6,412	0	0	0	0	0	0	0
Net Increase in Cash	C=A-B	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

注：キャッシュフローには、物価上昇と予備費を見込んでいる。

出典：JICA 調査団

1.10 環境社会配慮

マライ町は、新規衛生埋立処分場の開発に関し、初期環境影響評価（IEE）を実施済みである。2007年2月10日には、IEE報告書をDENR-EMBの地域事務所へ提出し、DENR-EMBの地域事務所は、2007年6月5日にそのIEE報告書を承認して環境応諾証明書（ECC）を発行した。しかし、本調査では、IEEを実施した時の開発計画から、いくつかの見直しを行っている。その結果、マライ町は、承認済のIEE報告書を修正し、修正ECCを取得しなければならない。そこで、本調査における環境社会配慮は、マライ町が以前実施したIEEを補足することを目的としている。

1.10.1 フィリピンの環境影響ステートメント（EIS）システム

(1) 衛生埋立処分場の開発に関する規定

2006年に発行されたDENR省令No.10では、規模により最終処分場を以下のように分類し、各分類に必要な環境影響評価の内容を定めている。

- カテゴリー1：残渣ごみの総排出量が15t/日以下の地方自治体もしくは地方自治体のクラスター

¹ ローン条件は、据置3年で返済期間5年となる。利息は11%である。

- カテゴリー2：残渣ごみの総排出量が 15t/日より多く 75t/日以下の地方自治体もしくは地方自治体のクラスター
- カテゴリー3：残渣ごみの総排出量が 75t/日より多く 200t/日以下の地方自治体もしくは地方自治体のクラスター
- カテゴリー4：残渣ごみの総排出量が 200t/日より多い地方自治体もしくは地方自治体のクラスター

ECC 取得のために、カテゴリー1 と 2 では IEE チェックリスト、カテゴリー3 と 4 では IEE 報告書、容量が 1,000 トン/日の衛生埋立処分場では本格的な EIS 報告書が必要である。バランガイカブリハンに建設予定の新規衛生埋立処分場はカテゴリー1 に分類され、ECC 取得のためには、基本的には IEE チェックリストのみが要求される。

(2) ECC の修正

マライ本島の新規衛生埋立処分場のための既存の ECC は、環境管理についての条件付きで 2007 年 6 月 5 日に発行された。ECC の条件は、環境管理・モニタリング計画（附属資料 III-10.1.1 参照）や環境緩和策を新規処分場の設計段階において検討することである。一方、衛生埋立処分場の区域は、当初の IEE 報告書の中で提案された 5ha から F/S の中で 6.25ha に拡張されているので、修正が必要である。

ECC の修正の程度には、大幅な修正と小幅な修正の 2 つのレベルがある。プロジェクト区画の拡張や生産能力の増加、生産過程や利用技術を大幅に変更する場合は、大幅な修正が必要な ECC に分類される。一方、誤印刷の訂正や ECC 取得後に必要な書類の申請期限の変更、ECC の有効期限の延長、会社名やオーナーの変更、プロジェクト区画や生産能力の縮小などは小幅な修正で充分と考えられる。

衛生埋立処分場の ECC においては、大幅な修正が必要と考えられ、修正の法手続きの流れは、以下のようになる。

- マライ町は、DENR-EMB の地域事務所へ必要なデータを添付した書面を送り、ECC の修正を申請する
- 書面の受理後、DENR-EMB の地域事務所はその評価を速やかに開始する
- DENR-EMB の地域事務所は ECC の修正を承認する。IEE 報告書に基づき ECC は既に発行されており、ECC の修正の場合、申請書類の受理後、30 日営業日以内に DENR-EMB の地域事務所は評価を終えるべきである。

1.10.2 パブリックコンサルテーション

本調査が始まる前に、マライ町は既にパブリックコンサルテーションを 2 回開催している。加えて本調査期間中に、マライ町は JICA 調査団の協力の下、3 回目のパブリックコンサルテーションを開催しており、その状況は表 1.10-1 に示すとおりである。

表 1.10-1 パブリックコンサルテーションの概要

No.	調査段階	主な内容	実施日	参加者数
1	新規処分場予定地の予備調査	- 新規処分場計画の紹介 - 新規処分場予定地の地質及び自然環境調査の説明	2006年4月4日	8
2	新規処分場予定地の予備調査	- 新規処分場予定地の地質及び自然環境調査の説明	2006年11月30日	8
3	実施可能性調査団階(IEE レポート案)	- 新規処分場建設事業実施の背景 - 事業内容 - 環境及び社会問題	2007年12月10日	38

出典：マライ町、JICA 調査団

(1) 第1回パブリックコンサルテーション

マライ町は2006年4月4日、マライセッションホールにおいて第1回目のパブリックコンサルテーションを開催した。協議には、マライ町とブルアング町の町長、マライ町の全バラングイの長、DENRのアクラン事務所とDENR-EMBの地域事務所の職員が参加した。マライ町は新規衛生埋立処分場の開発計画を説明し、予定地における地質・環境評価(Geological and Environmental Assessment)の結果を報告した。この地質・環境評価では、予定地の約1/5が国有地であり、残りが処分・譲渡可能地であることが判明した。国有地は政府が所有する土地であり、一方、処分・譲渡可能地は個人が所有できる土地である。

(2) 第2回パブリックコンサルテーション

マライ町は2006年11月30日、バラングイカブリハンにあるバラングイホールにおいて、第2回目のパブリックコンサルテーションを開催した。DENRは地質・環境評価に基づき、予定地が衛生埋立処分場の開発に適していると評価しており、マライ町はその内容を報告した。また、バラングイカブリハンは、公式に新規衛生埋立処分場の開発に賛同を示した。

(3) 第3回パブリックコンサルテーション

マライ町は2007年12月10日、JICA調査団の協力の下、第3回目のパブリックコンサルテーションを開催した。協議ではプロジェクトの概要を説明し、環境社会配慮調査の結果も報告した。計38名の参加者があり、その構成はバラングイ長とKagawadのメンバー、マライ町議会議員、マライ町の職員、DENR-EMBの職員、カブリハン農林業開発協会(Kabulihan Farmer and Forestry Development Association)のメンバー、JICA調査団である。協議では現地語であるタガログ語も用いた。

1) 主な協議内容

協議全体を通し雰囲気は良く、参加者は活発に意見を交換し合った。環境面についてまず議題に挙げたのが、地下水と河川への影響である。多くの参加者がその影響の心配しており、JICA調査団は浸出水の処理施設などの影響緩和策をいくつか説明した。マライ町は水質調査結果を示し、現状は大きな汚染がなく、新規衛生埋立処分場の建設と稼働中に環境モニタリングを実施することを説明した。また、参加者からは、ハエの発生

や悪臭に対する懸念も挙がった。ハエの発生や悪臭を引き起こす大きな原因は、生分解性廃棄物である。マライ町は新規衛生埋立処分場が残渣ごみのみを受け入れることを約束し、一方、参加者はごみの適切な分別作業とその普及が重要であることを確認した。

マライ町と参加者は、ごみ減量化の重要性についても議論した。残渣ごみ減量化のためには、事業者がごみ排出量の削減に取り組む必要があり、加えて、コンポスト化の促進も重要となる。これらの取り組み次第で新規衛生埋立処分場の運用年数を延ばせる可能性もあり、マライ町と参加者は協力してごみ減量化に取り組むことを再確認した。

最後に、参加者はマライ町に対し、引き続き情報公開を行うことと新規衛生埋立処分場の適切な建設と運営、環境対策を行うよう要望した。

2) 結論と提言

パブリックコンサルテーションでは、ほとんどの参加者が新規衛生埋立処分場の整備に対して賛同する意見を表明した。一方、参加者が下記に示すような懸念を抱いていることも明らかになったことから、マライ町は適切な手法で適切な時期に、これらの懸念を解消するために必要な対策を取る必要がある。

- 地下水及び表流水水質への影響
- 害虫（ハエ）や悪臭の発生
- ボラカイ島ヤパック、バラバグ、マノックマノック MRF に仮置きされている残渣ごみの処理方法
- 道路へのごみ散乱を防止するための適切なおみの運搬
- 新規衛生埋立処分場の適切な運営・管理

上記のパブリックコンサルテーションの実施により確認された事項及び提言された事項は、環境影響緩和策として衛生埋立処分場の設計に反映するとともに、提案した環境管理・モニタリング計画（EMMP）にも反映した。マライ町がこれらの懸案事項に適切に取り組むため、適切な対策・活動を適切な時期に実施することが強く推奨されるとともに、今後は、行政機関のみならず地元住民に対しても十分な情報公開を継続していくことが望まれる。

1.10.3 環境社会面への影響と緩和策

新規衛生埋立処分場の開発における、建設前と建設中及び運用中の環境社会面への影響を、その性質や影響を及ぼす期間、程度などの観点から評価した。

(1) 代替案の検討

ゼロオプション、すなわち新規衛生埋立処分場を整備しない案は、マライ町にとって選択することはできない。なぜなら、衛生埋立処分場を整備しない場合、マライ町で発生したごみを処分する場所がなくなり、多大な環境汚染を引き起こす可能性があるためである。

マライ町は2006年に、ボラカイ島にある旧処分場を閉鎖したが、それ以降、残渣ごみは適切に処分されていない。マライ町は、残渣ごみを新規衛生埋立処分場の予定地やMRFに仮置きしている。ボラカイ島で発生する残渣ごみは12-13トン/日であり、新規衛生埋立処分場の予定地やMRFに仮置きされている残渣ごみの量は日に日に増えており、これらのごみは地下水や表流水の汚染や悪臭の原因になる可能性がある。従って、マライ町にとって新規衛生埋立処分場の整備は急務であり、整備をしない案（ゼロオプション）は選択できない。

(2) スコーピング

IEEにより、環境社会面への影響のスクーピングを行った（第II部参照）。最も懸念される影響の一つが、地下水と表流水の汚染である。地元住民はマライ川と支流の水を日々の生活に利用し、川で魚や貝を採っていることから、地下水と表流水の汚染に対する適切な影響緩和策を講じる必要がある。

(3) 建設中の影響と緩和策

建設中に予測される主な環境影響は、深刻さは中程度で、かつ一時的であり、詳細な現地調査及び施工監理に基づいた適切な設計により、低減及び緩和が可能である。

地質図は、衛生埋立処分場予定地は、町や州の地質上の危険区域には属していないことを示唆している。土地開発や地ならし作業は、予定地の植被や地形を変える可能性があり、特に雨期においては、土壌浸食とマライ川及びその支流の堆積を引き起こす可能性がある。また、地形の変化が陸生及び水生生物に影響を与えることも懸念される。これらの影響を緩和するため、過剰な土地開発は避け、土木工事は主に乾期に実施するように計画する。また、掘削土の適切な管理や不安定な斜面及びマライ川の水質のモニタリングが必要である。建設工事により騒音・振動が生じるが、予定地は森林と耕作地に囲まれており周囲に住居はほとんどないことから、その影響は小さいと予測できる。

正の影響については、建設工事は、地元住民及び企業に雇用及び収入の発生の機会を提供することが可能であり、建設資材の調達やその他の地元での調達の必要性を施工業者への要求事項の一つとすべきである。

(4) 稼働中の影響と緩和策

最も懸念されるものの一つとして、新規衛生埋立処分場からの浸出水によるマライ川及びその支流、及び地下水の汚染が挙げられる。特に、マライ川下流の地元住民は魚や貝殻を採取しており、家庭生活においても河川水を利用し、地下水を飲料用として使用している。このため、水質の悪化は、地元住民の生活に深刻な影響を与える恐れがある。そこで、水質への影響を緩和するため、衛生埋立処分場には浸出水処理施設を設置する。通常は処理した浸出水は埋立区域内に再循環させるが、雨期には浸出水の発生量が多くなると予測されるため、再循環仕切れない浸出水は、水質基準を満たしていることを確認した上で施設外へ排水する。一方では、衛生埋立処分場のセル周辺に雨水排水溝を設け、表流水を遮断して浸出水の発生量を低減する。予定地にある粘土層を処分場の遮水工として利用し、浸出水の敷地外への浸透を低減する計画である。現場での土質試験に

よると、土質遮水工としての十分な透水係数として、環境天然資源省令（DA010）が定める基準 1×10^{-5} m/秒を満たす粘土の確保が可能である。加えて、マライ町は、浸出水と排水、表流水、地下水の水質を定期的にモニタリングする計画である。

ごみの分解で発生する埋立ガスも懸念の一つである。その影響を緩和するために、ガス抜き管を設置し、併せて処分場の周辺には緩衝エリアを設ける。また、マライ町は、埋立ガスの発生状況を、適宜、モニタリングする。

悪臭や病原媒介者の伝播が稼働期間中に生じ、地元住民及び衛生埋立処分場の作業者を悩ます恐れがある。そこで、定期的な覆土、バッファゾーンの設置及び敷地内の清掃により影響を緩和するとともに、悪臭及び病原媒介者の伝播状況もモニタリングする。

衛生埋立処分場は、2017年の埋立て終了時まで推定 26.7 トンの医療系廃棄物を受け入れると想定される。衛生埋立処分場への運搬の前に医療系廃棄物は適切に処理され、処理された医療系廃棄物のみが衛生埋立処分場内に設置する特別に分割されたセルの中で処分する。セルから発生する浸出水は、セルの底部で収集し、浸出水処理池で処理する。セル内には、医療系廃棄物を処理するため、強化型コンクリート容器を設置し、同容器が一杯になり次第、医療系廃棄物の封印のために密閉する。

1.10.4 環境管理・モニタリング計画 (EMMP)

環境管理・モニタリング計画（EMMP）の目的は、プロジェクト実施中に達成すべき環境目標を定め、その目標の達成に必要な影響緩和策を実施に移すことである。

(1) 環境管理・モニタリング計画 (EMMP)

環境管理・モニタリング計画（EMMP）は、i)環境社会影響及びその緩和策と ii)環境モニタリングの2項目からなる（付属資料III-1-10-2に、提案する環境管理・モニタリング計画（EMMP）を示す）。

マライ町は、EMMPに規定した環境モニタリング活動を実施する責務を有する。しかしマライ町の能力及び予算には限界があるので、EMMPでは、水質、悪臭、埋立てガスを優先モニタリング項目として実施するように推奨している。4つのモニタリング井戸が、調査期間中に現地に設置されたが、それらは、築堤ダムの北側及び浸出水処理池の北側に位置しており、EMMPの中で使用可能である。また、衛生埋立処分場の基準となる運用方法として、ごみの転圧及び覆土を含む環境保全のための処置がEMMPに規定されている。

(2) 環境管理・モニタリング計画（EMMP）の枠組み

1) 衛生埋立処分場管理ユニットの設立

マライ町は衛生埋立処分場管理ユニットを組織するが、同ユニットがEMMP実施の責任を有する。衛生埋立処分場管理ユニットの主な責任は、以下の通りである。

- EMMPで提案した施策の実施確認、プロジェクトの影響の監視、必要な運営手法の立案、必要に応じたEMMPの見直し
- 承認済のECCに記載された条件や施策の実施確認、モニタリングと報告の実施

- 1年に2回の環境モニタリング報告書もしくは自己モニタリングレポート(SMR)の提出
- 建設業者による ECC と EMMP の規定や施策、TOR の実施確認

2) マルチパーティ・モニタリングチーム (MMT) の設立

マライ町はマルチパーティ・モニタリングチーム (MMT) を組織し、マライ町による ECC と EMMP に記載されている規定や施策の実施状況を監視する。MMT は、DENR-EMB の代表者や PENRO、CENRO、マライ町、バランガイ、国家固形廃棄物管理委員会、地元住民など様々な関係者で構成する。MMT はモニタリング報告書を DENR 第6地域事務所へ提出し、マライ町の実施状況を報告する必要がある、MMT の主な責任は以下の通りである。

- マライ町による ECC と EMMP の規定や施策の実施監視
- マライ町によるモニタリング結果の検証
- プロジェクトに対する苦情の受け付け、マライ町と DENR-EMB への対応策の提案
- モニタリング結果の公開
- DENR 第6地域事務所へのマライ町の実施状況に関する報告書の提出

3) モニタリング結果の報告

マライ町は、ECC と EMMP に記載した規定や施策を実施する責任を持つ。それらの結果を、1年に2回の環境モニタリング報告書もしくは自己モニタリング報告書により、DENR 第6地域事務所へ報告する。

1.11 評価・結論

1.11.1 技術面

カリブハン衛生埋立処分場の整備に係るフィージビリティ調査において提案された技術的なシステムは、基本的に国家固形廃棄物管理委員会によって策定された環境天然資源省令 (DA010)、及び衛生埋立処分場開発ガイドラインに準拠している。衛生埋立て処分場の開発に適用された技術的方法は複雑ではなく、フィ国でも実績があり、十分に実施可能である。従って、衛生埋立処分場の整備計画は、技術的に実行可能であると評価された。

1.11.2 環境社会配慮面

提案された衛生埋立て処分場の整備は、衛生埋立処分場以外の場所に投棄されるごみによって引き起こされる可能性のある負の環境影響を緩和することに寄与することが期待される。一方、衛生埋立処分場自体の整備によって引き起こされ得る負の環境影響を緩和するために、入念な環境社会配慮が、集排水・処理システムや処分場底のライナーシステムのように整備計画に組み込まれている。また、深刻な環境的社会的影響が見込まれないとしても、環境管理・環境モニタリング計画が立案され、特に表流水と地下水の

両方に対して環境モニタリングが計画されている。以上の結果、カブリハン衛生埋立処分場の整備は、環境社会配慮上、適正なものと評価された。

1.11.3 財務・経済面

カブリハン衛生埋立処分場の整備に係るコスト積算結果では、必要な投資コストがマライ町の毎年の予算規模を超え、収入の増加を迫られる可能性がある。しかしながら、ローンの確保が計画され、必要なコストが、マライ町により賄われることが可能である。また、衛生埋立処分場は最小限の施設と機材に留めるよう設計されている。一方、衛生埋立処分場自体の整備は総体的にマライ町の環境保全に寄与し、保全された環境は観光客に対して魅力的なものとなる。従って、カブリハン衛生埋立処分場の整備は、財務面・経済面においても、実現性のあるものとして評価された。

1.11.4 全体的評価

提案された衛生埋立処分場は、フィ国における埋立処分場の開発に適用されるべき環境天然資源省令（DA010）に準拠して計画されている。入念な環境社会配慮が、DA010を基礎とする整備計画に組み込まれている。埋立処分場は残渣ごみの衛生的な処分を目的としており、衛生埋立処分場以外の場所に投棄されたごみによってもたらされる環境の悪化を最小限にするとともに、マライ町の地域全体を衛生的なものとし、魅力的なものとするのが期待される。財務的な側面については、衛生埋立処分場の投資コストと維持管理コストがマライ町によって賄われる。上記の技術的、環境社会配慮、財務・経済的側面からの一連の評価結果を考慮した結果、全体として衛生埋立処分場の整備は実現可能であると評価された。

第2章 旧埋立処分場の安全へ閉鎖に係るフィージビリティ調査

2.1 はじめに

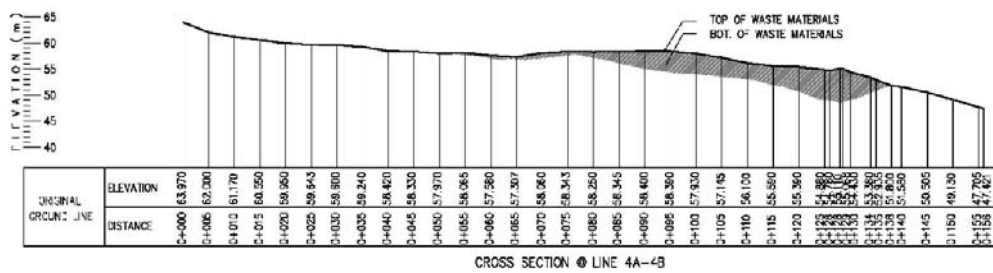
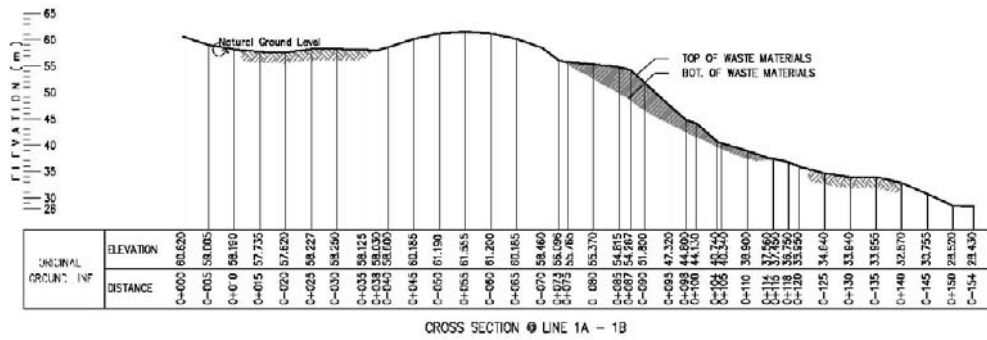
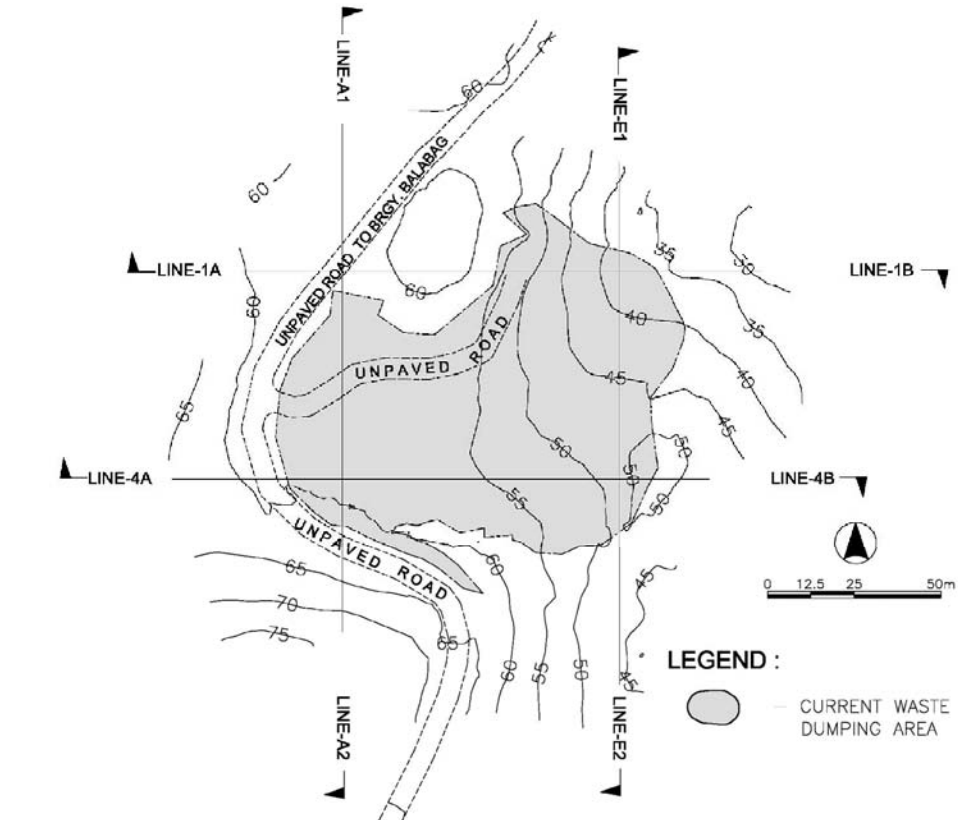
旧埋立処分場はボラカイ島の北東側のバランガイバラバグに位置している。同旧処分場は個人所有の土地にあり、1997年からマライ町が借用している。マライ町は、1996年から同処分場にごみを投棄しており、投棄したごみの容積を減らすために焼却を行っていた。しかし、焼却で生じる煙が問題となり焼却は中止された。その後、2002年からは、残渣ごみのみ投棄するようになった。RA9003では各地方自治体に対し、フィ国内の全てのオープン埋立地を安全閉鎖するように規定しており、マライ町においても、2006年1月にごみの投棄を終了した。しかしながら、旧処分場の安全閉鎖対策は十分になされないまま放置されているのが実情であり、法的な要求のみならず環境・社会面からの配慮が求められていることから、マライ町は旧埋立処分場の適切な安全閉鎖措置を早急に実施する義務がある。そこで、旧埋立処分場の安全閉鎖がマライ町の廃棄物管理10ヵ年計画で提案され、優先プロジェクトと選定された。

2.2 旧埋立処分場の現況

2.2.1 地形・地質・土壌

ごみが投棄されている区域は、図 2.2-1 に示すとおりである。旧埋立処分場は、小高い丘に挟まれた小さな窪地に位置し、北側に位置する丘の高度は海拔 63m である。旧埋立処分場の東側 100-200m は海岸で、高さ約 20m の断崖となっている。また、処分場の急斜面は不安定であり、斜面崩壊のおそれがある。特に中央および北部では傾斜崩壊が続いており、雨期の始まりには悪化する。崩壊中には、ごみが処分場の敷地を超えて流出する可能性がある。

地形・ボーリング調査により、図 2.2-2 に示すとおり、ごみは北東から南西の急な頂上ぶの北側に沿って投棄されており、旧埋立処分場の面積は約 0.7ha、投棄されたごみの深度は 0.5~7m であることが判明した。同調査結果に基づくと、埋立てられたごみの量は約 15,000m³と見積られた。



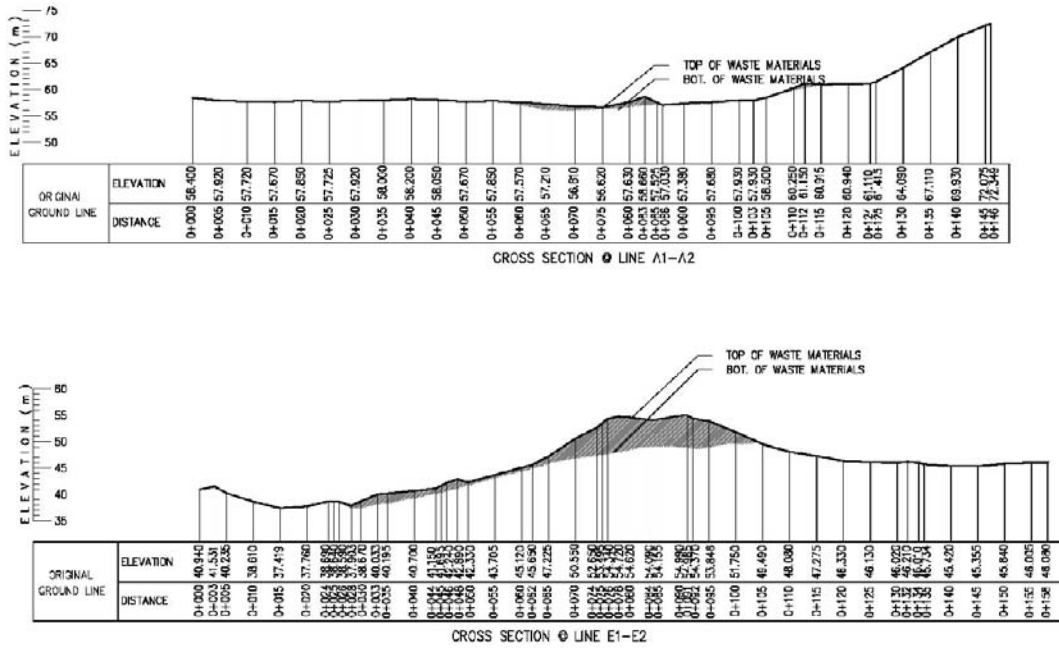


図 2.2-1 旧埋立処分場におけるごみ埋立区域

注：網掛け部分がごみの埋め立てられている区域
出典：JICA 調査団

2.2.2 気象

旧埋立処分場があるボラカイ島は熱帯モンスーンに属しており、年間を通じて顕著に 1 回ずつの雨期及び乾期に分かれている。雨期は南西モンスーンの時期と重なり、6 月から 12 月まで続く。年間降水量の大半は同時期に集中し、突風及び強い西風を伴う。一方、乾期は、1~5 月の北東モンスーンの時期となり、比較的乾燥した気候である。計画地から最も近い気象観測所であるカリボ観測所では確率降雨強度のデータが整理されており、排水路の計算に利用することが可能である。カリボ観測所における確率降雨強度の計算結果は、表 1.2-7 に示すとおりである。

表 2.2-1 カリボ観測所の確率降雨強度データ

単位：mm

再現期間	継続時間															
	5分	10分	15分	20分	30分	45分	60分	80分	100分	120分	150分	3時間	6時間	12時間	24時間	
2年	8.7	13.4	17.2	20.3	25.3	30.2	33.5	39.2	44.3	48.3	53.5	58.1	75.5	92.3	104.5	
5年	12.3	18.9	24.4	28.9	36.2	43.3	48.2	56.5	64.0	70.0	77.6	84.4	110.7	135.4	154.0	
10年	14.8	22.6	29.2	34.6	43.4	52.1	58.0	68.0	77.1	84.3	93.6	101.8	134.0	163.9	186.7	
15年	16.1	24.7	31.9	37.9	47.4	57.0	63.5	74.4	84.4	92.4	102.6	111.6	147.1	180.0	205.2	
20年	17.1	26.2	33.8	40.1	50.3	60.4	67.3	79.0	89.6	98.1	108.9	118.5	156.3	191.3	218.1	
25年	17.8	27.3	35.3	41.9	52.5	63.1	70.3	82.5	93.6	102.4	113.7	123.8	163.4	200.0	228.1	
50年	20.1	30.8	39.7	47.2	59.2	71.2	79.4	93.2	105.8	115.9	128.7	140.1	185.2	226.7	258.8	
100年	22.3	34.2	44.2	52.5	65.9	79.3	88.5	103.9	118.0	129.2	143.5	156.3	206.8	253.3	289.3	

注：確率降雨強度は、再現期間に対して一定時間継続する降雨の降雨量を示す。例えば、100年に1回の確率で30分継続する降雨は、継続時間65.9mmの降雨となる。

出典：フィリピン気象庁 (PAGASA) (1980 ~ 2000年)

2.2.3 環境

旧埋立処分場の安全閉鎖計画を検討するために、処分場及び周囲の環境の現況、特に投棄されたごみによる環境への影響について調査を実施した。現地調査は、海水、表流水、地下水の水質調査、臭気及び携帯式ガス検出器を使用した埋立ガスの調査、現場踏査による動植物等の自然環境の現地調査、住居分布、施設、土地利用、水利用等の社会環境の現地調査で構成した。環境調査の結果は、下記に要約するとおりである。

(1) 物理的環境

海水の水質調査の試料は、乾期とみなすことができる 2007 年 6 月初旬及び雨期である 2007 年 9 月に採取した。調査では、重要な汚染は検出されず、雨期及び乾期、また満潮及び干潮間での著しい差はみられなかった。集中豪雨の後に旧埋立処分場を流れる表流水についても、鉄、鉛、大腸菌群数以外の著しい汚染はみられなかった。

一方、地下水の水質調査は、雨期である 2007 年 8 月及び 9 月に実施し、9 月には、地下水位は潮位の影響を受けていたことから、満潮時及び干潮時の試料も採取した。結果は、少量の汚染物質が検出されたが、著しい汚染ではなかった。表流水と同様に、地下水でも比較的高い濃度の鉄が検出され、鉛の濃度はフィ国の基準値を満足していなかった。大半の試料の COD は 286.0～1,858.0/l と高く、大腸菌群数も 7,000～240,000 MPN/100ml と高く、フィ国の基準値（未検出）を満足していなかった。

埋立ガス調査では、旧埋立処分場周囲で深刻な埋立ガスは検出されなかった。CH₄、CO₂、H₂S、NH₃ は携帯ガス検出器（G450）の検出下限値以下であったが、一方、現地では軽度の臭気が確認された。調査では臭気強度を、軽度、中等度、強度、きわめて強度の 4 段階で判定した。旧埋立処分場の近接地及び敷地内の 4 地点中 2 地点で、臭気強度はそれぞれ軽度、中間度と判定された。旧埋立処分場の運用終了後は状況が改善したものの、依然として悪臭がすると現地の住民から苦情がでている。

(2) 自然環境

ボラカイ島の生物多様性は比較的低いものの、絶滅危惧種であるオオコウモリが一般的に確認されている。旧埋立処分場周辺の土地利用は、ライムストーンフォレスト、二次林、草地、住宅地で構成されている。旧埋立処分場周辺で絶滅危惧種は確認されず、地元住民が、椰子やバナナ等の栽培作物を住宅地に植えている。地元住民へのインタビューによると、ヒメジ、フエダイ類、バタフライフィッシュ等の魚が、ボラカイ島北部に沿った漁業水域で確認されている。調査の結果、旧埋立処分場の周辺では、自然環境への深刻な負の影響は確認されなかった。

(3) 社会環境

旧埋立処分場があるバランガイバラバグの人口は 2006 年で 3,461 名であり、面積は 3.2km²、人口密度は 1,095 人/km² である。ボラカイ島の全世帯には、2000 年以降は水道が通っているが、世帯のいくつかは深井戸及び公共井戸からの地下水を洗濯、入浴に使用している。

旧埋立処分場の周囲には、3つのシティオス（stios：最小の社会・政治単位、バランガイの行政小区域）が存在する。ピナウンゴン、ブラボグ及びラポスラポスの3シティオス内で48名の住民に対する意識調査を実施した。約66%の回答者が旧埋立処分場の閉鎖に対して肯定的であり、8%は否定的な回答であった。肯定的な主な理由は、大気の改善、ハエの繁殖の軽減への期待であった。否定的な回答者は、旧埋立処分場でのごみ拾い活動に関連していると推定される。なお旧埋立処分場の稼動時には、ほこり及び交通事故が現地住民からの主な苦情であり、地下水の悪化を問題としてあげて回答者もいた。

2.3 安全閉鎖計画のコンセプト

2.3.1 技術オプションの検討

旧埋立処分場の安全閉鎖計画のコンセプトは、現地調査の結果、環境天然資源省令 DAO 09、及び国家固形廃棄物管理委員会の処分場の安全閉鎖ガイドブックに基づいて検討した。考慮した最も重要な環境問題は、旧埋立処分場及び周囲の地下水汚染である。旧埋立処分場の東側には海岸があるが、汚染された地下水は特に干潮時に海へ流出する可能性が懸念された。その他、安全閉鎖に要する費用の最小化についても考慮した。DAO 09では、排水管理システムの併設とともに、15cmの表土及び45cmの圧縮した覆土で構成される60cmの最終覆土の適用を要求している。そこで、覆土面積を小さくすることにより覆土に要する費用の最小化が可能となり、安全閉鎖費用の最小化にもつながる。これらを考慮し、以下の4つの技術オプションを提案した。

(1) オプション1

オプション1は、覆土の削減を目的として覆土面積を最小化するために提案した。旧埋立処分場の東側の投棄されたごみを掘削し、西側に移動するものである。側斜面は、最大傾斜を3H:1VとしてDAO 09を満足する勾配とした。投棄されたごみには勾配をつけるとともに圧縮し、そして最終覆土を行うものであり、図2.3-1に示すとおりである。

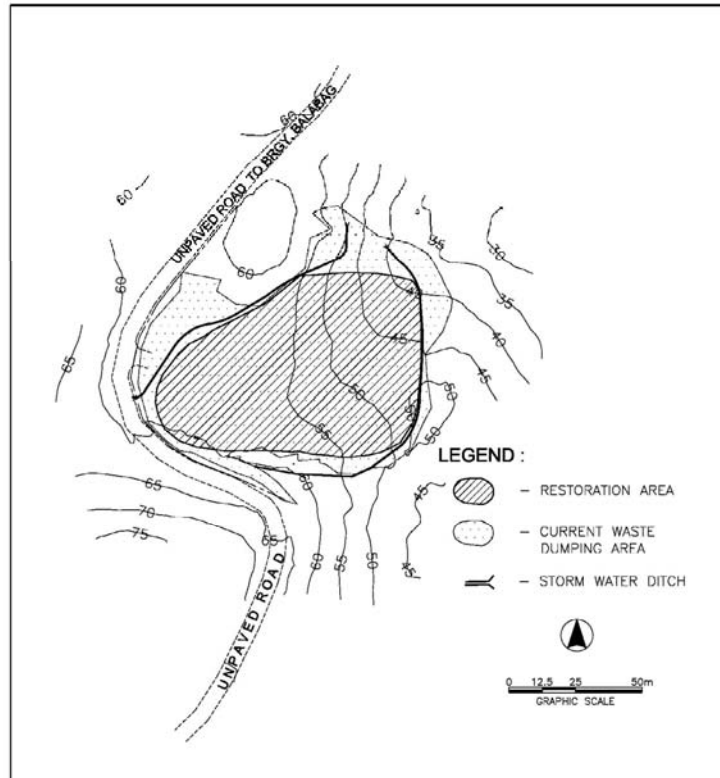


図 2.3-1 旧埋立処分場の安全閉鎖オプション（オプション1）

出典：JICA 調査団

(2) オプション2

オプション2は、旧埋立処分場の底面の斜面表土に沿って盛土を形成することにより、表土化（capping）やごみを再成型（reshaping）することによって覆土面積を可能な限り小さくし、覆土量を削減するように検討した。投棄されたごみの斜面を平坦化することで旧埋立処分場の東側の傾斜の安定化も図ることとし、掘削した残土は、盛土の形成に用いることとした。本オプションは、図2.3-2に示すとおりである。

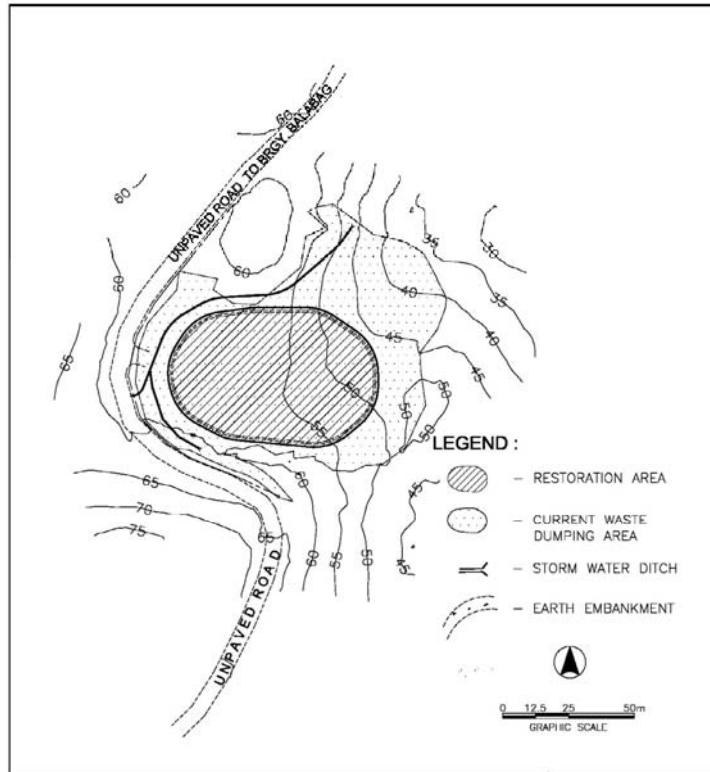


図 2.3-2 旧埋立処分場の安全閉鎖オプション (オプション2)

出典：JICA 調査団

(3) オプション3

オプション3はオプション1と類似しているが、ごみを保持するため、急勾配にあるごみ層の境界面に対して逆T字型土留め壁を使用することで安定化させる代替案である。旧埋立処分場の西側へのごみの移動は限られるため、現在の地形はほぼ保たれると考えられる。本オプションは、図2.3-3に示すとおりである。

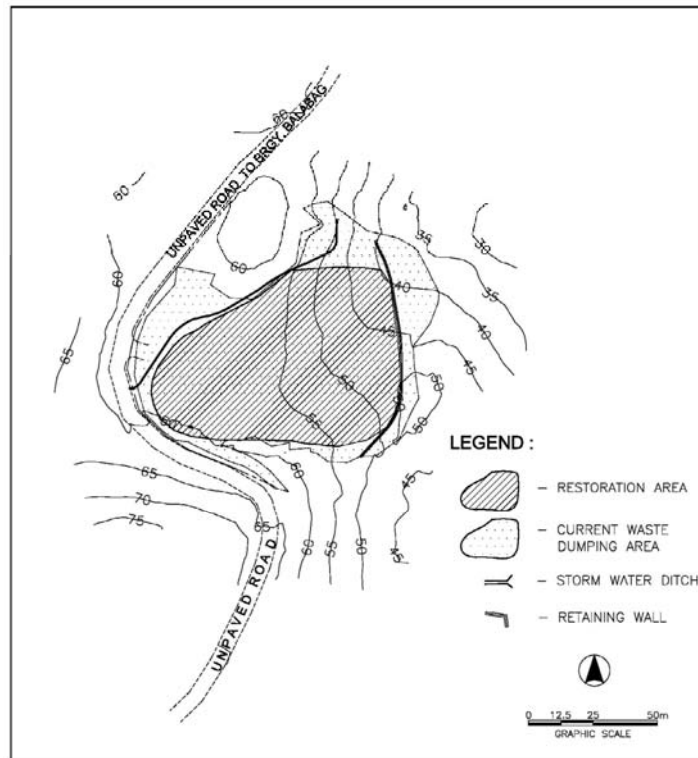


図 2.3-3 旧埋立処分場の安全閉鎖オプション（オプション3）

出典：JICA 調査団

(4) オプション4

オプション4はオプション3の応用であり、ごみを傾斜に対して圧縮するとともに、ごみの面積を最小化するため、逆T字型土留め壁を下端で建設する案である。標準的な逆T字土止め壁は限界傾斜をもつごみの境界に設置し、側斜面は7H:1Vとする。覆土を必要とする面積を最小化するために、ごみは再形成・再勾配することとし、同オプションは、図2.3-4に示すとおりである。

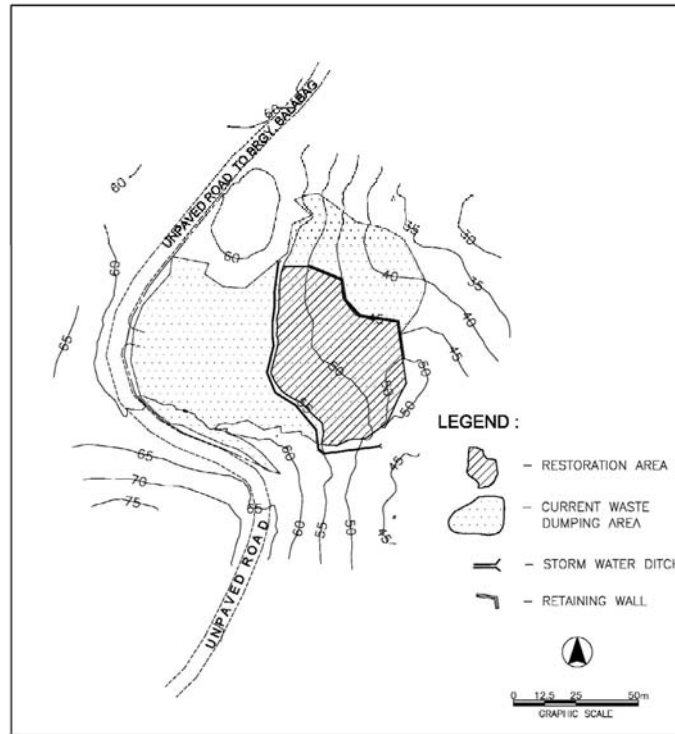


図 2.3-4 旧埋立処分場の安全閉鎖オプション (オプション 4)

出典：JICA 調査団

2.3.2 技術オプションの選択

前述の 4 つの技術オプションを比較した結果は、表 2.3-1 に示すとおりである。

表 2.3-1 旧埋立処分場の安全閉鎖オプションの比較

項目	オプション 1	オプション 2	オプション 3	オプション 4
覆土面積 (閉鎖計画区域)	覆土に要する面積は地形図から算出した。			
	5,149m ²	3,472m ²	5,417m ²	2,537m ²
逆 T 字型土留壁長	逆 T 字型土留壁の必要区間を基に長さを算出した。			
	不要	不要	64m	62m
雨水排水施設長	雨水排水施設は DA00 9 及び処分場の安全閉鎖ガイドブックに基づき設置する。			
	205m	150m	200m	92m

出典：JICA 調査団

上記の施設量に基づいて、各オプションに対する暫定的な安全閉鎖費用を見積もった。覆土を必要とする面積が最も小さくその費用が最小化できるため、オプション 4 の安全閉鎖費用が最も低くなった。しかしながら、設置される逆 T 字型土留め壁は海側より視界に入るため、ボラカイ島の景観を悪化させる可能性があった。さらに、比較的大量の投棄されたごみを移動するため、環境に悪影響を与える可能性も捨て切れなかった。したがって、その次に安価であったオプション 2 を、旧埋立処分場の安全閉鎖方法として選定した。

オプション2は、ごみを再成型し、衛生状況や景観の改善、また蓄積されたごみ層への水の浸入を防ぐために最終覆土を行う計画である。最終覆土は、DA09に従い、15cmの表土及び45cmの圧縮した覆土で構成する60cmを適用することとした。これは、穿孔動物が表土を破損することを防ぎ、圧縮したごみからの害虫や齧歯類の発生を防ぎ、悪臭の発生を最小化することを目的としている。加えて、斜面の安定化、浸食の防止、修景のために植被層を最終覆土の上に適用することとし、植被の育成のため、種子を吹き付ける。覆土の最終表面は、帯水を防ぐため傾斜付けることとし、DENRガイドラインに示されるとおり2-4%に再勾配する計画とした。

2.4 物理的閉鎖計画

2.4.1 閉鎖計画

環境天然資源省令 (DAO 09) はオープン型埋立処分場の安全閉鎖の際に、下記の事項を検討するように規定している。

- サイトクリアリング (既存建造物の撤去)
- 傾斜付け及び限界斜面の安定化
- 覆土の適用及び維持管理
- 排水管理システムの設置
- 浸出水管理
- 埋立ガス管理
- フェンスの設置、安全確保
- 適切な標識の設置

しかし、覆土の実施及びその維持・管理、排水システムの設置によって著しく浸出水の発生量を削減することが可能と考えられるため、浸出水の回収・処理システムは費用効率が悪いと設置しないこととした。さらに、ごみの種別、再勾配化後の容積、層厚などを考慮した結果、埋立ガスの管理は不要と考えられた。そこで、選定したオプション2では、設計の際に下記の事項について検討することとした。

- 不安定な斜面の改善のため、斜面の最大傾斜を1:3または1.4に減少
- 浸出水・覆土削減を目的とした埋立面積の削減のための投棄されたごみの掘り起こし
- 将来利用のために既存地形の再成型を目的とした西側でのごみの埋立
- ごみ層の崩壊防止のための盛土の設置
- 盛土の体積を削減するためのごみ層の圧縮
- ごみへの適切な覆土の適用、また緑化促進のためにごみを除去した区域への適切な覆土の適用
- ごみ埋立地及びごみを除去した区域での緑化
- 表面流出水の回収、また覆土区域の地表侵食の防止を目的とした覆土区域への排水システムの設置
- 不法立ち入り防止のためのフェンス・標識の設置

旧埋立処分場の安全閉鎖計画の断面図は、図 2.4-1 に示すとおりである。

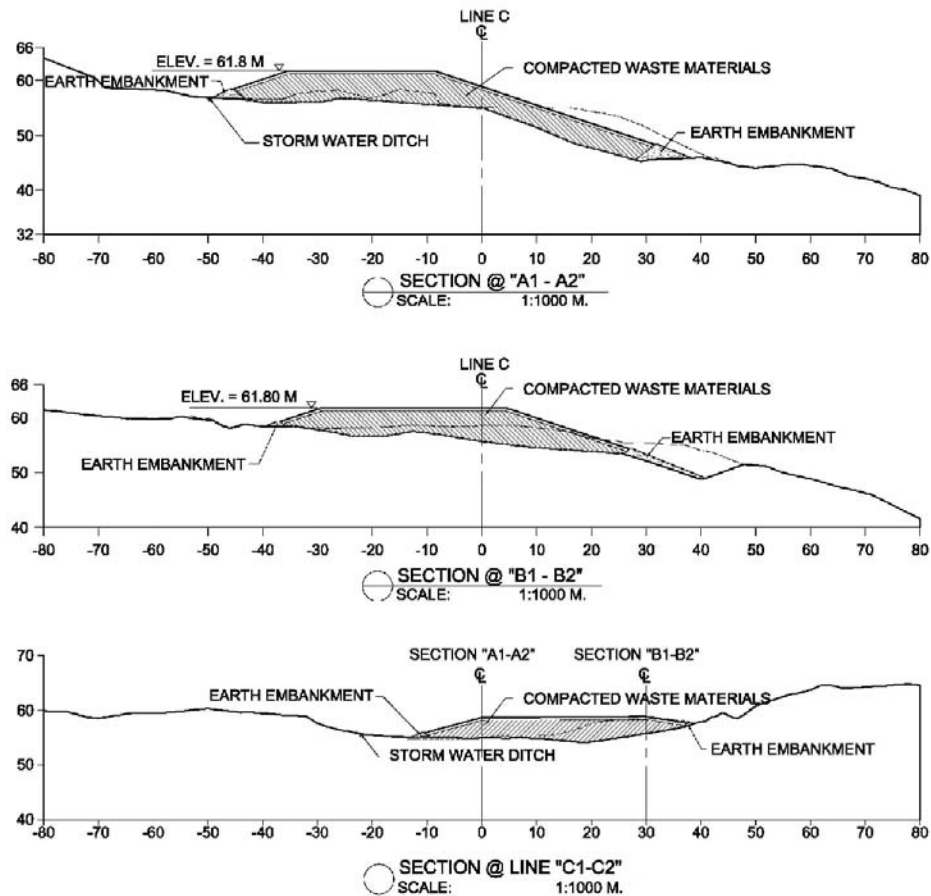


図 2.4-1 旧埋立処分場の安全閉鎖の断面図

出典：JICA 調査団

2.4.2 排水計画

旧処分場の雨水排水システムは、集水域からの雨水を排水し、ごみ埋め立て区域への流入を避けることを目的として設置する。排水計画では、下記の事項を検討した。

- 雨水の排水は勾配に沿った自然流下によって行う
- 全ての排水路は、矩形排水路とする

排水路の設計基準となる降雨強度は、カリボ観測所の降雨確率強度データを採用することとし、10年間の再現期間で降雨継続時間が10分未満である $I_{10} = 135.60$ mm/時を基に矩形水路の検討を行った。排水量の計算は集水域では合理式を採用し、排水施設からの排水の平均速度はマンニング式を用いて計算して断面を決定した。排水容量の計算に用いた緒元は表 2.4-1 に示すとおりであり、矩形排水路の断面は幅 0.3m 及び深さ 0.3m と仮定して計算を行った。

表 2.4-1 排水容量の計算緒元

項目	緒元
降雨強度	135.60[mm/時]
流出係数	0.7
断面積 a = 0.3 x 0.3	0.09[m ²]
ぬれ縁 p = 0.3+0.3+0.3	0.9[m]
排水溝の最大傾斜（実際の地形を基に算定）	0.12
マンシングの粗度係数 (n)	0.015

出典：JICA 調査団

計算の結果、矩形排水溝の断面は、幅 0.3m、深さ 0.3m で旧処分場の排水溝に適用可能と判明した。

2.5 施設・設備計画

旧埋立処分場の安全閉鎖において設置する施設・設備は、表 2.5-1 に示すとおりである。

表 2.5-1 施設・設備計画

施設・設備	用途	数量
土堤（盛土）	<ul style="list-style-type: none"> 埋立ごみの崩壊防止 埋立区域への表流水の流入防止 	土堤長：216m
雨水排水施設	<ul style="list-style-type: none"> 雨水の埋立地への流入防止（埋立地外周に設置） 	雨水排水管長：150m
フェンス、ゲート、標識	フェンス： <ul style="list-style-type: none"> 施設内への立入り規制 動物の侵入防止 標識： <ul style="list-style-type: none"> 住民に対する処分場の存在及びゲート設置の周知 	フェンス長：160m
水質観測井	地下水質のモニタリング	2箇所 （上流側・下流側）

出典：JICA 調査団

2.6 閉鎖後管理計画

2.6.1 旧埋立処分場閉鎖後の管理

旧埋立処分場の安全閉鎖後は、土地は所有者に返却されるため処分場を稼働させることはない。しかし、環境保全のためのフォローアップとして、覆土した区域や雨水排水システムの機能状況の定期的な点検及び管理、そして地下水及び海水の環境モニタリングが必要となる。さらに、旧埋立処分場の運用を終了した後もごみを投棄する住民が存在することから、安全閉鎖後には守衛を配置し、ごみの不法投棄を監視する必要がある。

土地所有者による土地開発または利用以外に、土地を返却した後、マライ町がしばらくの間はフォローアップ及び環境モニタリングを実施する義務を持つ。安全閉鎖の効果が確認され、安定した後に全責任を土地所有者へ移行するものとする。

2.6.2 環境モニタリング

マライ町は、安全閉鎖後についても旧埋立処分場及びその周囲の環境についてモニターする義務がある。閉鎖後のモニタリング活動は、負の環境影響の早期発見と、安定化のプロセスの確認のためには重要である。マライ町の既存の能力及び旧埋立処分場周囲の汚染レベルを考慮すると、マライ町は地下水、海水の水質等の最も重要な項目に特化してモニターをすることが提案される。一方で、現地調査では著しい影響が検出されなかったため、その他の項目についてモニターする必要はないと考えられる。軽度の悪臭が調査期間内に確認されたが、覆土の適切な適用及び維持管理によって軽減されると考えられる。

(1) 環境モニタリング活動

環境調査結果により汚染の可能性が確認されたため、地下水及び海水の水質モニタリング計画（EMP）が、表 2.6-1 に示すとおり提案された。安全閉鎖後 10 年間における MEP が計画されたが、影響が十分に軽減されていると確認できる時点まで、モニタリングを継続することが必要である。

表 2.6-1 旧埋立処分場のモニタリング、頻度及び項目

項目	分析項目	頻度	地点	実施機関	参照基準
地下水	温度、pH、色、濁度、DO、SS、TSS、TDS、電気伝導度、BOD、COD、大腸菌郡数	年 2 回 (10 年間)	設置済みの地下水観測井	マライ町 /DENR	フィリピン国飲料水基準(PSDW)
海水	DENR による定期モニタリング項目	年 2 回 (10 年間)	2 箇所 (第 13・14 観測局)	DENR	DAO No. 34

出典：JICA 調査団

1) 地下水質モニタリング

マライ町は、1 年に 2 回、旧処分場に設置された 2 箇所のモニタリング井戸で地下水質の基本的な項目についてモニタリングする必要がある。マライ町には、マライ本島のカティ克蘭及びボラカイ島の 2 箇所に水質試験所がある。しかしながら、機材及び人材不足により、試験所は保健省の分析機関の認証を受けていない。そのため、水質資料は、パナイ島イロイロ市における DENR 環境管理局の水質試験場にて、DENR 地方事務所の支援を得て、分析することが提案された。

2) 海水水質モニタリング

DENR は、毎月ボラカイ島周辺の 15 地点で海水試料を採取し、イロイロ市にある DENR 環境管理局の水質試験場にて分析している（図 2.6-1 参照）。調査項目は、BOD、COD、TSS、油及びグリース、NO₂-N、PO₄-P、大腸菌郡数、糞便大腸菌郡数、色相である。従って、マライ町が海水試料を採取して分析するのではなく、マライ町は旧埋立処分場に近接している 13、14 地点で実施されている DENR のモニタリング結果を参照する計画とする。

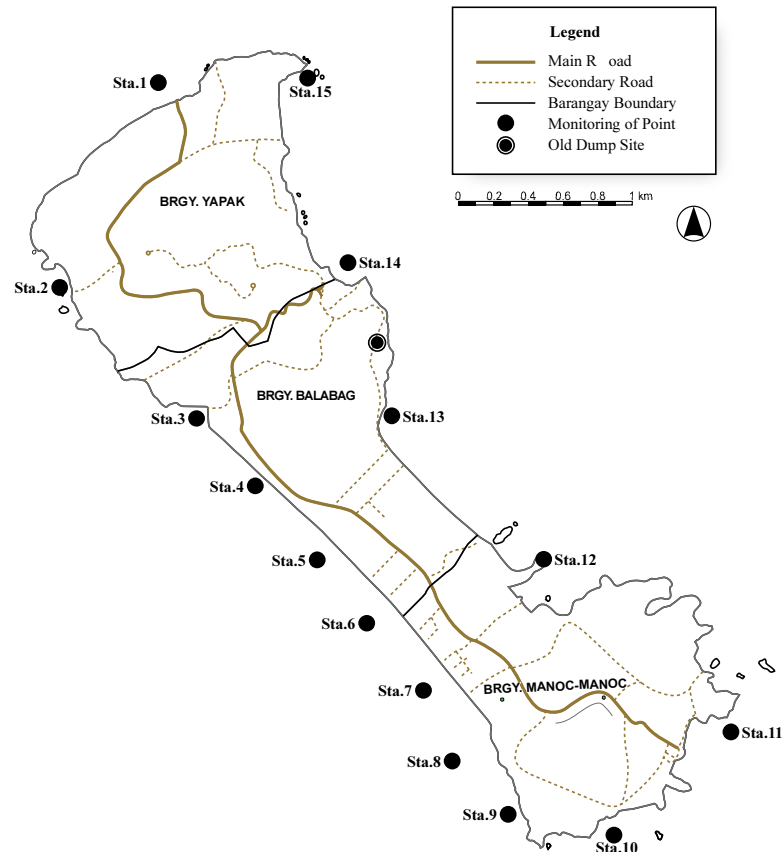


図 2.6-1 ボラカイ島周辺の海水水質モニタリング地点

出典： DENR 第6 地域事務所

(2) モニタリング結果の報告

マライ町は、モニタリング終了後、データを含むモニタリング活動の報告書を迅速に作成し、DENR 第6 地域事務所へ提出する。更に、DENR 第6 地域事務所は、マライ町に安全閉鎖チェックリストの提出を要求し、マライ町は、そのチェックリストでもって、旧埋立処分場の改善状況を把握する。

2.6.3 フォローアップ活動

覆土及び雨水排水溝の状況の定期的な点検及び維持管理が実施されるべきである。現在、旧埋立処分場の運用終了後にもごみの不法投棄が見られることから、定期的に点検・監視する必要がある。

2.6.4 組織

マライ町がごみの投棄に土地を使用していたため、旧埋立処分場の安全閉鎖作業はマライ町によって実施される。旧埋立処分場は安全閉鎖後に土地所有者に返却され、同地区は土地所有者により使用されるものの、環境モニタリング及びフォローアップ活動はマライ町の責務と考えられる。環境モニタリング及びフォローアップ活動は、マライ町の環境課職員によって実施される。

2.7 実施計画

旧処分場の安全閉鎖の実施工程は、図 2.7-1 に示されるとおりである。基本的に、旧処分場及び周辺の環境悪化を軽減するために、安全閉鎖の作業は早急に必要ながあるが、台風など緊急時のごみ仮置き場としての利用を考え、新規衛生埋立処分場が本格的に稼動した後、本格的な安全閉鎖作業を行うこととする。従い、それまでは、マライ町による安全閉鎖のための準備作業として、整地と応急的な閉鎖作業を行う計画とする。

No	Work Items	2008				2009				2010				2011				2012				2012				2012				2012				2012						
		J-M	A-J	J-S	O-D	J-M	A-J	J-S	O-D	J-M	A-J	J-S	O-D	J-M	A-J	J-S	O-D	J-M	A-J	J-S	O-D	J-M	A-J	J-S	O-D	J-M	A-J	J-S	O-D	J-M	A-J	J-S	O-D	J-M	A-J	J-S	O-D			
A Pre-Construction																																								
1	ATC Application			■																																				
2	Selection of E/S Consultant			■																																				
	1) Expression of Interest (EOI)			■																																				
	2) Short Listing			■																																				
	3) Technical Proposal			■																																				
	4) Approval			■																																				
3	Preparation of RFP and Tender Documents				■																																			
4	Tender for Design and Build Contract					■																																		
5	Contract Award and Notice to Proceed						■																																	
B Physical Closure (PC)																																								
1	Contractor mobilization									■																														
2	Detail Design									■																														
3	Preparatory work (to be done by the MOM)										■																													
	1) Demolition of existing concrete pavement			■	■	■	■																																	
	2) Clearing and grubbing			■	■	■	■																																	
	3) Provisional rehabilitation			■	■	■	■																																	
4	Excavation of dumped garbage									■																														
5	Placement of excavated garbage									■																														
6	Compaction of placed garbage									■																														
7	Construction of earth embankment									■																														
8	Placement of top soil									■																														
9	Leveling and grading									■																														
10	Vegetative cover and hydro-seeding									■																														
11	Construction of drainage									■																														
12	Gate and fencing									■																														
C Post Closure Management (PCM)																																								
1	Maintenance of the rehabilitated site																																							
2	Environmental monitoring																																							
	Returning the rehabilitated site to land owner																																						●	

図 2.7-1 旧埋立処分場の安全閉鎖実施工程

出典：JICA 調査団

2.8 費用見積り

2.8.1 投資費用

旧埋立処分場の安全閉鎖に伴う作業量に基づき、投資費用、入札支援を含むエンジニアリングサービス費用及び管理費用を積算した結果は、表 2.8-1 に示すとおりである。

表 2.8-1 旧埋立処分場の安全閉鎖のための投資費用

(単位：x10³ ペソ)

カテゴリー	合計
入札補助費用を含むエンジニアリングサービス (E/S) 費	335
安全閉鎖施工費	6,708
管理費	352
機材調達費	-
予備費	740
合計	8,135

注：1) エンジニアリングサービス費は、建設費の 5%

2) 管理費は、建設費及びエンジニアリングサービス費の 5%

3) 予備費は、建設費、エンジニアリングサービス費及び管理費の総和の 10%及び機材調達費の 5%

出典：JICA 調査団

2.8.2 年間費用

旧埋立処分場の安全閉鎖に要する年間費用を、安全閉鎖実施工程に基づいて積算した。環境モニタリング等、閉鎖後においても維持・管理費が必要となり、2008～2017年の年間費用は、表2.8-2に示すとおりである。

表2.8-2 旧埋立処分場の安全閉鎖の年間投資額及び維持管理費用

(単位: x10³ ペソ)

No	Work Items	Total	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
A	Engineering Service(1)[(2)*0.05]	335	9	21	218	87	0	0	0	0	0	0
B	Physical Closure (2)	6,709	183	427	4,361	1,738	0	0	0	0	0	0
1	Preparatory work	610	183	427	0	0	0	0	0	0	0	0
2	Excavation of dumped garbage	1,065	0	0	1,065	0	0	0	0	0	0	0
3	Placement of excavated garbage	985	0	0	985	0	0	0	0	0	0	0
4	Compaction of placed garbage	82	0	0	82	0	0	0	0	0	0	0
5	Construction of earth embankment	1,538	0	0	1,538	0	0	0	0	0	0	0
6	Placement of top soil	468	0	0	0	468	0	0	0	0	0	0
7	Leveling and grading	406	0	0	0	406	0	0	0	0	0	0
8	Vegetative cover and hydro-seeding	514	0	0	0	514	0	0	0	0	0	0
9	Construction of drainage	691	0	0	691	0	0	0	0	0	0	0
10	Gate and fencing	350	0	0	0	350	0	0	0	0	0	0
C	Administration Cost (3)[((1)+(2))*0.05]	352	10	22	229	91	0	0	0	0	0	0
D	Post Closure Management Cost (4)	900	0	100	100	100	100	100	100	100	100	100
E	Physical Contingency(5)[((1)+(2)+(3))*0.1]	740	20	47	481	192	0	0	0	0	0	0
	Subtotal of Investment (6) [(1)+(2)+(3)+(4)+(5)]	9,036	222	617	5,389	2,208	100	100	100	100	100	100
	Price Escalation (7)[(5%/year) of (6)]	1,668	11	63	849	476	28	34	41	48	55	63
	Total Cost (8)[(6)+(7)]	10,704	233	680	6,238	2,684	128	134	141	148	155	163

注：少数点以下は四捨五入されているため、1桁目の数値に誤差がある場合がある。

出典：JICA 調査団

2.9 財務分析

旧処分場の安全閉鎖のための投資には、一般会計/内国税収入、環境・入島税を原資とする自己調達資金を充てることを想定する。維持・管理費についても同様の原資からの資金調達を行い、マライ町の一般会計から支払われる。これらの財源は、旧埋立処分場の安全閉鎖に関連した予算及び費用を管理するローカル・コモン・ファンドとして運営される。旧埋立処分場の安全閉鎖のキャッシュフローは、表2.9-1に示すとおりである。

表2.9-1 旧埋立処分場の安全閉鎖のキャッシュフロー

		2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Cash Inflows	A	0	926	6,237	2,684	128	134	141	148	155	163
	IRA/General Taxes from MOM and Barangays and EAF	0	926	6,237	2,684	128	134	141	148	155	163
Cash Outflows	B	0	926	6,237	2,684	128	134	141	148	155	163
	Investment for Rehabilitation of Old Dump Site	0	815	6,121	2,562	0	0	0	0	0	0
	OM related to Rehabilitation of Old Dump Site	0	110	116	122	128	134	141	148	155	163
Net Increase in Cash	C=A-B	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

注：キャッシュフローには、物価上昇と予備費を見込んでいる。

出典：JICA 調査団

2.10 環境社会配慮

2.10.1 旧埋立処分場の安全閉鎖プロセスに係る法的要求事項

環境天然資源省令 DA0 09 は、適切な処分場閉鎖プロセスに従うことを各地方自治体に義務付けている。第 1 段階として、ごみ廃棄に関連する情報のレビュー、生態系及び人間に対する先天的及び既存影響の評価、適切な軽減及び安全閉鎖計画の策定を含む閉鎖前評価の実施を義務付けている。閉鎖前評価では、処分場の地理的状況、地下水の深度、投棄ごみの容積・容量、ごみ質、周囲の土地利用、既存住居のインベントリー、構造、地表水、湧水・井戸、浸出水の発生位置、埋立ガス発生等の項目について地方自治体が評価する。また、浸出水及び埋立ガスの試料採取は、可能な場合に実施するとされている。

閉鎖前評価の実施後に、覆土の維持・管理、排水管理システム、浸出水・埋立ガス管理、フェンスの設置及び安全確保などで構成される処分場の安全閉鎖計画を地方自治体は策定する必要がある。地方自治体は、処分場の安全閉鎖計画のレビュー・評価を担当する DENR 環境管理局地域事務所へ同計画を提出する。提出後 15 日で、地域事務所は、同計画が十分である場合は閉鎖権限（ATC）を地方自治体に発行し、十分でない場合は地方自治体に要求事項を通知する。

環境天然資源省令 DA0 09 に加え、国家固形廃棄物管理委員会が発行している「処分場の安全閉鎖に係るガイドブック」は、処分場の安全閉鎖に係る技術的要求事項を記載している。同ガイドブックは、閉鎖後の段階での環境汚染及びごみの安定化の継続的なモニタリングを地方自治体の実施すべきであるとしている。

2.10.2 環境社会面への影響と緩和策

地表水及び地下水調査の結果によると、汚染レベルは深刻ではないものの、銅、鉄、COD、大腸菌数などの汚染が検出された。これらの汚染は、旧埋立処分場のごみが原因であると考えられる。従って、ゼロオプションはマライ町にとって適切ではなく、水質汚濁を軽減するために投棄されたごみと雨水の接触の削減、浸出水の削減などが重視されるべきである。そのため、覆土の適用は旧埋立処分場の安全閉鎖にとって適切な対策であると考えられる。

水質汚濁の軽減策には、覆土が適用される必要がある。第 1 に、ごみ埋立面積を削減するために既存の埋立ごみを掘り返し、圧縮する。次に、浸出水発生量を最小化するために適切な覆を施す。浸出水処理システムについては、費用効果が低く、現在の汚染も深刻なレベルではないため設置は計画せず、適切な覆土の実施及び維持・管理により浸出水の発生が最小化されると考えられる。さらに、雨水の旧埋立処分場への流入及び処分場からの流出を防ぐために、雨水排水システムが周囲に沿って設置される。悪臭については、覆土により著しく軽減すると考えられ、埋立ガス観測井の設置は必要としない。

旧埋立処分場の東側は急斜面であり、底部が海岸線と接している。そのため、旧埋立処分場からのごみが散乱している。特に雨期には斜面が崩壊しやすくなることから、投棄

されたごみの掘り返しの際には、斜面を安定化させる必要がある。しかし、安全閉鎖時には深刻な環境影響は予測されていない。

社会面については、安全閉鎖作業により、地域に雇用機会が提供されることが期待される。一方、旧埋立処分場では、かつてウェイトピッカーが活動していたが、中央 MRF での雇用などにより、現在は限られた数のウェイトピッカーしかいないためその影響はほとんどない。従って、安全閉鎖期により深刻な社会影響は予測されない。

2.11 評価・結論

2.11.1 技術面

旧埋立処分場の安全閉鎖に係るフィージビリティ調査に提案されている技術的なシステムは、基本的に DA0 09 及び処分場の安全閉鎖に係るガイドブックに従っている。基本的に、安全閉鎖に適用された技術的方法是は複雑ではなく、フィ国での実施は可能である。従って、安全閉鎖は技術的に実行可能と評価された。

2.11.2 環境社会面

提案された安全閉鎖計画は、旧埋立処分場に投棄されたごみが原因と考えられる負の環境影響の軽減に役立つと考えられる。安全閉鎖作業からの負の環境影響を軽減するために、安全閉鎖計画策定時には慎重な環境社会配慮が検討された。その結果、深刻な環境・社会影響は予測されなかったが、水質モニタリングが実施される予定である。結論として、旧埋立処分場の安全閉鎖は環境面で健全であると評価された。

2.11.3 財務・経済面

旧埋立処分場の安全閉鎖に要する費用の積算の結果、必要となる投資費用はマライ町の年間予算を超過しており、収入の増加が必要とされている。この為、環境・入島税やごみ収集料金の改定などの制度整備が計画され、必要経費はマライ町によって賄われる。一方、安全閉鎖の作業は最小限の施設となるように設計されており、安全閉鎖は環境保全に貢献するものである。そして保全された環境は、更なる観光客の誘致に貢献するものである。従って、同計画は財務的、経済的に実行可能であると評価された。

2.11.4 総合的評価

旧埋立処分場の安全閉鎖は、投棄されたごみによる環境の悪化の軽減を目的としている。廃棄物管理 10 ヶ年計画に基づいて、安全閉鎖の実施は、マライ町全体、特にボラカイ島をクリーンで魅力的な島にするために貢献することが期待される。前述の技術面、環境・社会面、財務・経済面の一連の評価を検討した結果、旧埋立処分場の安全閉鎖は総合的に実行可能であると評価された。