

図 4.2.4 元素組成分析結果

4.3 少括

以上の結果を総括すると、今回の分析結果からは次に示す傾向が明らかであると考えられる。

- 高い厨芥類とプラスチック類の混入割合

図 4.2.5 及び図 4.2.6 で示す通り、第一回、第二回、第三回における厨芥類の平均値は湿重量で 68.6%、乾重量で 52.8%を占めていた。またプラスチック類の平均値は湿重量で 16.4%、乾重量で 25.7%を占めていた。これは図 4.2.7 で示す通り、年間を通じて共通した混入割合である。

- 廃棄物中の高い含水率

図 4.2.8 で示している廃棄物の三成分分析の結果から、第一回、第二回、第三回の含水率の平均は 63.7%であった。これは前述の通り、残飯、野菜の切りくず等の厨芥類が多いことや収集運搬工程や保管時に雨水を保水していることが理由と考えられる。

- 低い発熱量

図 4.2.9 に示している通り、廃棄物が有する低位発熱量は第一回、第二回、第三回の分析からそれぞれ 1,000kcal/kg から 1,200kcal/kg であり、発熱量としては低い値であった。この状態で燃焼させるには、助燃材が必要になると考えられる。

- 水分除去による発熱量の向上

廃棄物が有する発熱量は、厨芥類が多く含まれる事により含水率が高くなっており、総じて低くなっている。これは、原因となっている廃棄物中の厨芥類の分別作業を通じて、水分の除去を達成できれば、含水率の調整が可能となりより高い発熱量を得ることができる。例えば、採取した全サンプルの水分率を 50%、40%とした場合

を試算すると、発熱量は平均で約 1,930cal/g、約 2,420cal/g となり発熱量が向上することが分かる。

- 高い単位体積重量

単位体積重量は、3 回ともに 0.38kg/L であり、0.2~0.3kg/L である我が国における値と比べて高くなっていった。これは廃棄物の含水率が高いことが要因と考えられる。前述の水分除去を行う施設を設計する際には、この点を考慮する必要がある。

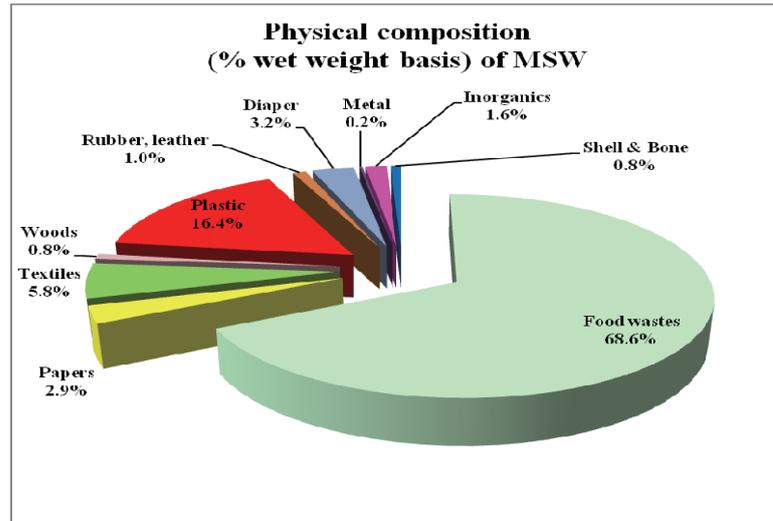


図 4.2.5 物理組成分析結果(湿重量)

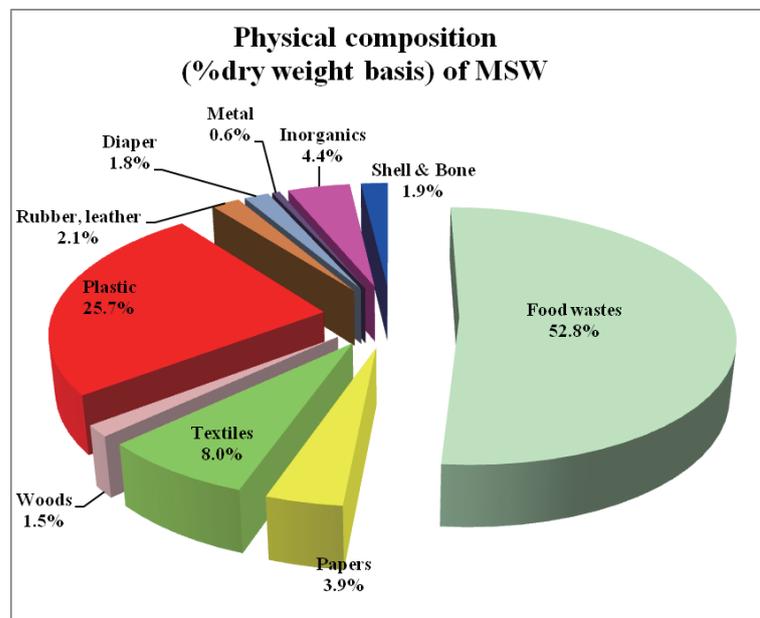


図 4.2.6 物理組成分析結果(乾重量)

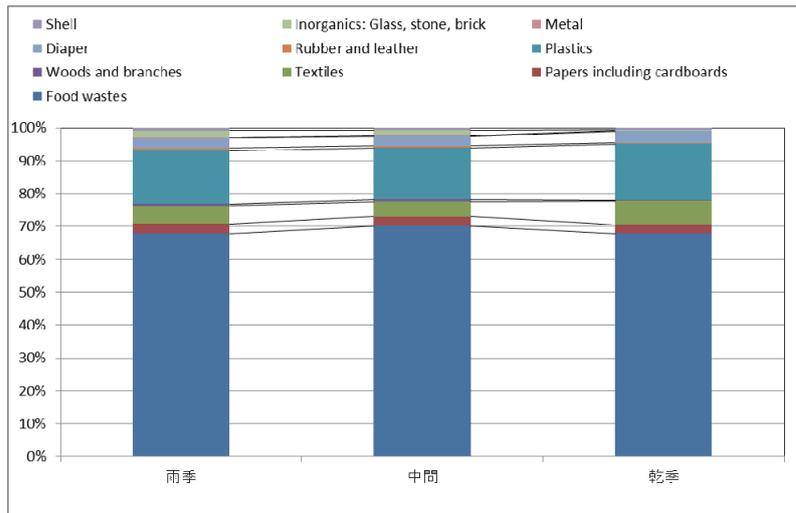


図 4.2.7 廃棄物組成の季節推移

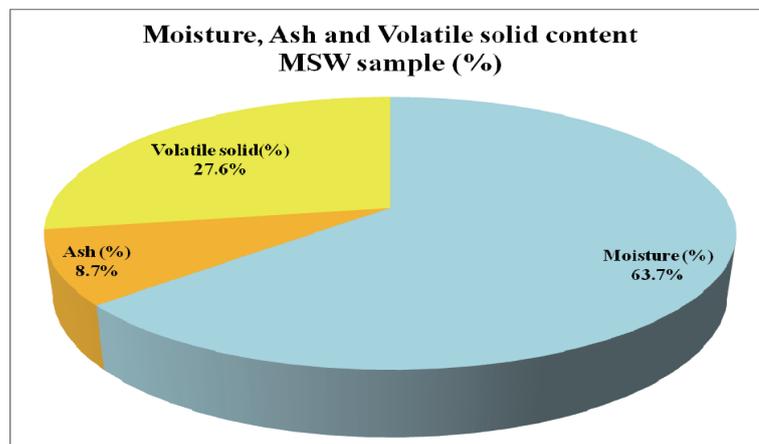


図 4.2.8 三成分分析結果

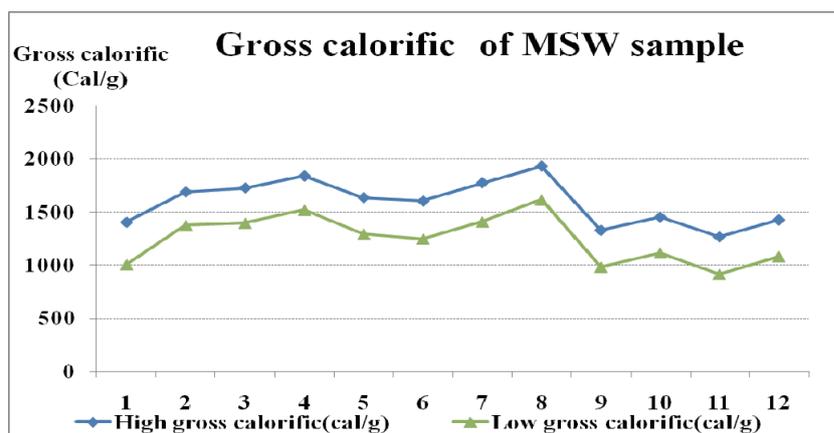


図 4.2.9 熱量分析結果

5. 統合型の廃棄物発電システムの検討

5.1 廃棄物発電システムの検討

処理対象廃棄物は、Phuoc Hiep 処分場へ搬入される廃棄物とする。焼却発電の施設規模は、1,000 トン/日で 500 トン/日・炉×2 炉の施設規模及び炉数で構成されている。この炉は1 炉につき 500 トン/日以上能力を定常的に達成し、かつ、1 炉につき年間 8,000 時間以上の稼動を達成するように計画されている。搬入されるごみは、併設する前処理施設とコンポスト施設によりプラスチック・金属等の有価物分の一部を分別された廃棄物を優先する。

従来はそのまま埋立処分されていたごみを焼却処分することで、ごみの衛生処理及び減容化を達成すると同時に、ごみを焼却した際に発生する廃熱をボイラーで回収し、蒸気タービンによる発電に利用する。発電電力は場内にて利用し、余剰電力を地域の電力ネットワークを介して電力会社に売却する計画とする。その際、発生蒸気のエネルギーを有効に活用できるように、燃焼制御によって発生蒸気量の変動の抑制を実現する。

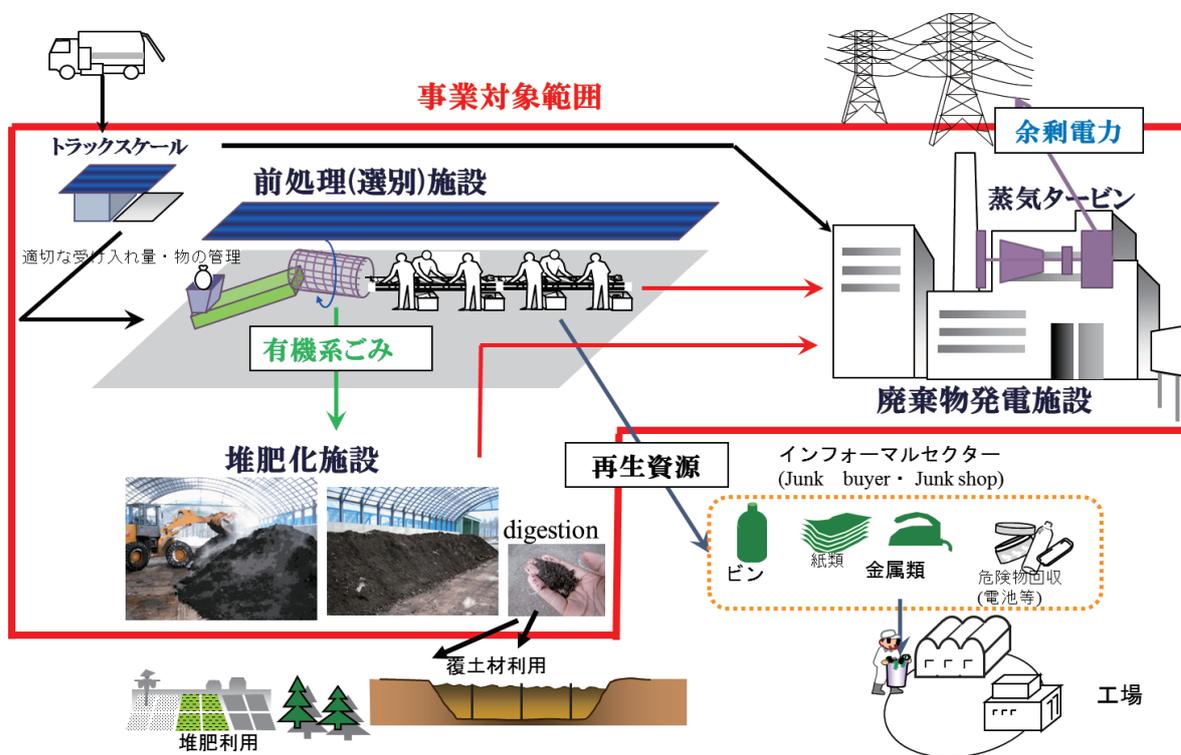


図 5.1 プロジェクトイメージ図

5.2 施設配置計画

本施設はホーチミン市のタイバック固形廃棄物処理複合地区敷地内の Phuoc Hiep 処分場に隣接した場所を建設候補地として考えている。本施設はこのような立地を踏まえ、景観への配慮よりも事業採算性を重視した配置計画を採用した。

(a) ごみピットエリア

ごみピットはごみクレーンによるごみの積替、攪拌作業等を考慮して、一日定格処理量の3日分のごみを貯留するものとして計画した。全炉計画停止時などの貯留量として不足する懸念もあるが、その際は隣接する処分場に一時保管することを想定している。

(b) 炉・ボイラー・排ガスエリア

焼却ラインは、場内動線の簡素化を考慮し、一炉一系列を並行して配置している。主要な設備は1炉1系列式で構成するものとする。また、2炉にて共通に利用する設備で重要度の高い装置機器並びにポンプには予備機を計画するものとしている。排ガス基準はベトナム国の「産業廃棄物焼却炉からの排ガス基準（QCVN 30:2010/BTNMT）」に基づく排ガス基準値（最大許容レベル）とする。

表 5.2.1 産業廃棄物焼却炉からの排ガス基準(QCVN 30:2010/BTNMT)

項目	数値	摘要
ばいじん	150 mg/Nm ³	
HCl	50 mg/Nm ³	
HF	5 mg/Nm ³	
CO	300 mg/Nm ³	
SO ₂	300 mg/Nm ³	
NO _x	500 mg/Nm ³	NO ₂ として
Hg	0.55 mg/Nm ³	
Cd 及びその化合物	0.16 mg/Nm ³	
他の重金属合計	2 mg/Nm ³	
PCDD/PCDF	0.6 ng-TEQ/Nm ³	

注1) 乾きガス基準、酸素 11%換算

(c) ごみコンポスト化エリア

受入スペース及び搬出スペースをごみ貯留ヤード側に持つてくることで、ごみ焼却発電施設との動線が混乱しないようにした。コンポスト化エリアは切り返し、運搬等の作業性を考慮し、一次発酵スペース、二次発酵スペースを通路両側に配置している。

5.3 建設費の試算

建設費を検討する前提条件は表 5.3.1 に示す。プラントの詳細設計は次年度の調査において実施する予定のため、本年度の経済評価におけるプラント建設費は概算見積である。コンポスト化施設の建設費は含まず、試運転を含めた完工までの費用を想定している。なお、用地取得や住民同意、許認可取得や環境アセスメントの実施においては、公共側が実施するものとし、通常見込まれる民間側の設計的な計画支援費用以外は見込んでいない。また、インフレ率は、費用面においてインフレによる初期投資費や運転維持管理費用に増減がある場合、収入側が連動することでインフレを吸収できる対価の設定を想定している。これらの前提条件に基づいて積算した建設費を表 5.4.2 に示す。合計は 12,150 百万円となった。

表 5.3.1 基本となる事業の前提条件

項目	前提条件	備考
処理能力	1000t/日	500 t/d× 2 炉
年間稼働時間	8,000 時間	
ごみ輸送費	搬入されるごみは、受入ヤードにて引渡を前提とし、事業者側の収集運搬費用は見込まず。	既存収集ルートを活用
用地	ホーチミン市からの敷地を借用 (既存用地の借地料は想定してない)	造成等が必要ない前提
焼却残渣の処分	焼却灰及び飛灰処理物は既存処分場で処理が可能とし、事業者側の処理費用は見込まず。	隣接処分場までの運搬は事業者所掌とする

(出典：日立造船株式会社にて作成)

表 5.3.2 建設費の積算

項 目	合計 (百万円)
土工工事費	2,320
機電工事費	1,380
機器材料費	4,600
設計・監理費	2,510
一般管理費	1,340
合 計	12,150

(出典：日立造船株式会社にて作成)

5.4 運転・維持管理費の試算

運転維持管理費としては、施設の完成から 20 年間の事業期間を通じて、本施設の基本性能を維持し、かつ搬入されるごみを適正に処理するための費用を見込んでいる。運転維持管理費を試算した結果は表 5.4.1 に示す。人件費は当初 3 年で OJT により技術移転を行い、4 年目以降は現地スタッフのみで運転できる体制を確立することを想定したものである。また維持補修費も毎年実施する定期点検や消耗品の交換に加え、大型の機器更新の費用が含まれており、毎年の費用は実施項目により変動する。表 5.4.1 はその平均値を表している。これらの前提条件に基づいて積算した運転・維持管理費を表 5.4.2 に示す。年間費用の合計は 282 千円となった。

表 5.4.1 運営・維持管理費用のまとめ

項 目	金額 (千円/年)
人件費	52,000
用役費	80,000
維持補修費	150,000
合 計	282,000

(出典：日立造船株式会社にて作成)

6. 実現可能性を改善する行政施策の提案

6.1 資源回収と分別排出について

<資源物の分別排出の実施>

資源物の回収を効率的に行うためには、住民による分別排出がより効果的である。こうした取組を行うには、排出者である住民への啓発が必要不可欠であり、住民への教育・啓発活動を行い、持続可能な循環型社会を形成するためには「3R」が必要であることや、ごみを排出する際にもリサイクルを意識した分別排出が必要であることを理解した上で協力してもらうことが重要である。

こうした教育・啓発活動は大阪市に限らず、多くの国や都市で実施されているため、できるだけ多くの情報を収集し、対象国の状況（教育レベル、住民の環境問題への関心、情報を伝達するための環境等）に応じた啓発手法を選択することが必要である。

なお、前記の大阪市における小学生向けの副読本を始めとして、大阪市において、一定の効果をもたらしてきた、教育・啓発活動についての教材を参考とすることを提案する。

<安定した資源回収システムの確立>

回収会社（職員）が生活の糧として行う資源回収システムは、長期的な視点に立った場合には不安定な側面を有するため、ある程度は行政がバックアップを行い、コントロールしていくことで、長期的に安定したリサイクルシステムを確立することが適切である。また、資源回収システムの確立にあたっては、回収コストの増加を避けることも重要であるため、現在行われている廃棄物の毎日収集を見直し、大阪市で行っている分別排出品目による収集日の設定を行い、現在保有している回収機材を現状維持できるようなシステムの構築を提案する。

6.2 不法投棄ごみ対策について

河川投棄ごみに限らず、不法投棄ごみに関する対策として、その実態と原因について把握し、その上で有効な対策を検討することが適切である。

<不法投棄の実態把握>

- ・不法投棄が行われている場所を（複数でも）特定し、そこに投棄されているごみの量及び組成（内容）を調査する。
- ・不法投棄されているごみの量や組成（内容）から、概ね、排出源の特定を行う。
（実際に低所得者の家庭ごみを中心となっているのか。事業者からのごみであるのか。）
- ・排出源（地域とごみの内容）から、対策を検討する。
（例えば、低所得者層の家庭ごみを中心であれば助成制度を設けることや、既に助成制

度がある場合には周知活動を行う等。また、事業者からのごみであれば指導の強化を行うこと等が考えられる)

< 不法投棄の未然防止・早期対策 >

- ・不法投棄対策としては、未然防止、早期対策が有効である。できれば、不法投棄が頻繁に行われている場所を把握できるのであれば、定期的な巡回を行い、未然防止、また不法投棄の量が少ない初期の段階での回収を実施することが適切である。
- ・不法投棄の未然防止として、市民への教育・啓発活動を行い、不法投棄によって環境（水源）が汚染されることで、自らの生活衛生にもリスクが及ぶことを理解してもらうことが望まれる。

以上のような調査や対策については、不法投棄ごみの対策として提案するものであるが、特に河川投棄ごみに関しては、河川が行政区画を越えて繋がっているため、関係する自治体間で協力して対策を講じることが適切である。

加えて、その実施機関、費用負担などについても、自治体間で協議を行う必要がある。

6.3 廃棄物の中間処理について

< コンポスト化 >

今後、ごみの最終処分量の削減を目的としてコンポストを展開していく場合には、機械化による大規模な設備を設置する必要があるとともに、生成されたコンポストの品質を一定維持することが重要で、検査方法を含めた管理体制を構築することが必要となる。こうした対応を行うためには、多額の施設費並びに維持管理費が必要となる。一方で、生成されたコンポストを製品として有価で売却できなければ、施設を維持していくことが困難となるだけでなく、ごみ処理量の削減に繋がらないといった状況も考えられることから需要と供給のバランスを確保することも重要となる。このため、基本的に、コンポスト化については、生成されたコンポストが活用できる範囲で行うことが適切である。

< バイオガス化 >

バイオガス化については、最終処分場で発生するランドフィルガスを回収する方式であるが、現在、ホーチミン市で行われている埋め立ては遮水シートを敷設しているものの、敷き重ねたのみで気密を維持できるような施工とはなっていない。現在の埋め立て工法のままではバイオガス回収を目的として積極的に有機廃棄物の埋め立てを行うことは、遮水シートの隙間から漏れいして回収されずに大気に放散される温室効果化ガスであるメタンガスの環境面への影響が増大するばかりでなく、最終処分場の延命にはつながらないため、コンポスト化と同様に中長期的な展望を踏まえた具体的な検討が必要であり、既に埋め立てを終えた最終処分場より発生するメタンガスの大気放散を減らし、有

効活用することを目的として回収することが適切であるとする。

< ごみの焼却処理の導入 >

最終処分場に持ち込まれる多量のごみ量と最終処分場の確保が困難であるといった状況から、ホーチミン市においても、焼却による中間処理の導入が必要であると考えられ、その時期は早いほうが最終処分場の負荷、環境衛生への負荷の面でも有利となる。スキームとしては中間処理施設の建設から運営を行うこととし、費用対効果に十分配慮した施設とする必要がある。

- ・公害防止に関しては、ベトナムで求められる規制基準をクリアするとともに、ホーチミン市の財政的な負担を考慮した設備構成（乾式処理によるクローズドシステムなど）とする。
- ・ごみに関しては、排出元において選別を行い、高水分率ごみの焼却施設への搬入を出来るだけ減らしたり、コンポスト不適物として選別されたプラスチック、ビニルを加えることにより発熱量を確保する。
- ・高度な制御システムを削減し、シンプルかつ低コストな施設とする。
- ・高効率な発電設備の導入により、積極的な発電収入の確保を行う。
- ・施設を建設し長期的に維持するためには、行政側においてもごみの焼却処理の必要性や処理技術に関する知識が必要であるため、職員の能力開発を行うことが望まれる。

6.4 最終処分場について

1) 延命化対策について

① 廃棄物の減容化

資源化の推進、焼却等の中間処理により、最終処分の容量を減容化させる必要がある。特に、かさばる廃棄物など、そのまま直接最終処分されている物について、破碎選別処理工程を導入することによって、資源化し、可燃物を除去（焼却炉で焼却）すると、埋立処分量を半分に以下にすることが可能である。

◆ 破碎選別処理による延命化

一般廃棄物（可燃物・粗大ごみ）の例であるが、破碎処理導入後の単位体積重量の変化を比較してみると、導入前は埋立開始後、埋立が進むにつれて 0.35 t/m^3 から徐々に 1.0 t/m^3 に近づく変化を示すが、破碎処理導入後は埋立開始後から 1.45 t/m^3 と締まった状態で埋立てられ、最終的には約 1.8 t/m^3 前後という高い密度が得られる。このため、全体の減容効果としては、約 85% の減容となり、効果的な埋立地の延命化方法であるとともに、不燃物割合が増加し、単位体積重量が増加していることは処分場の安定化の観点からも大きな期待を持つことができる。

◆焼却処理による延命化

廃棄物の焼却処理は有機系廃棄物の持つ環境衛生上のリスクを除去し、廃棄物の容量を大幅に縮減することができる。焼却処理を行うことにより廃棄物量はゼロになるものではないが、通常 1/10 から 1/20 と大きく減容化することができる。したがって、最終処分量の削減に伴い既存処分場の延命化と処分コストの削減、さらには、新たな最終処分場用地の確保の必要性の低減化を図ることができる。

②高密度の埋立による容量の増加

ブルドーザ、コンパクタ等の大型重機による転圧を繰り返し、空隙を少なくすることによって、廃棄物を高密度に埋立てることにより、相対的に容量を増加できる。圧密され埋立完了後の沈下が少なくなるので、跡地利用の観点からも必要である。

③既存最終処分場の再生

既に埋立てが終了した処分場や、古い基準等で建設された処分場あるいは不適正処分場について、再掘削、再処理や資源化することにより新たな処分空間を確保することが可能となる。さらに再生することにより、埋立てが終了した処分場から発生しているガスによる悪臭や、浸出水による環境汚染等から地域環境の改善につながる。

2) 用地選定について

最終処分場の設置に際し、適地の選定には計画埋立処分量が十分確保できることと共に、地形・地質等自然条件、周辺環境、処分場までの収集運搬の効率性、跡地の利用計画等種々の要素が複雑に関係しているために多面的な検討が必要である。通常、最終処分場で発生する環境保全上の諸問題は、立地に起因するケースが多い。過去には大阪市においても、利用用途のない湿地、水田、沼池等の軟弱地盤を含む土地が利用されていた。このため、防災面や環境保全面で問題が生じ、一定の地域に最終処分場が集中し地域環境を損なっていたことが多々あった。これらのことから科学的根拠に基づき、最終処分場に適した用地を選定する必要がある。そのためには、地域住民になぜここに選定したかをそのプロセスを含め情報公開し、説明することが重要である。最終処分場は一度満杯に達すると同じ場所に建て替えることができないため、長期的計画に基づく用地確保が必要である。

3) 埋立構造の改善について

ホーチミン市における埋立構造は、欧米型の「封じ込め型埋立 (Containment Landfill) 方式」で行われている。この方式は「改良型嫌氣的衛生埋立構造」に表面

遮水工を施したもので、いわゆる上部からの降雨水等の浸透を最小限に留めることで、浸出水量を減らし浸出水処理コストの削減を目的としたものである。

この工法は、埋立用の土地が恒久的に確保し続けることができる限り、最も適した埋立方法と言えるかもしれないが、大阪市と同様、埋立用地に限界のあるホーチミン市での埋立てには適さない構造と思われる。

今後、適切な浸出水処理技術を確立したうえで、埋立地内への空気を流入させ好気性分解を促進させる「準好気性埋立構造」に転換し、埋立地の早期安定化を図ることが望まれる。

4) 埋立管理の改善について

◆ 覆土計画の策定について

覆土は、悪臭の発散防止、ごみの飛散・流出防止、衛生害虫獣の繁殖防止、火災の発生・延焼防止並びに景観の向上等周辺環境保全上の対策として大きな効果を有する。Phuoc Hiep(フックヒップ)処分場において埋立作業と覆土の状況を見ると、均一な敷き均しと、十分な締め固めが行われていない状況が見受けられた。使用されている覆土用材は、主に粘性土系の土砂を用いていることから水分を多く含んでいるため、敷き均しの作業性が悪いことが原因ではないかと推察される。また、覆土の厚さが十分でないため、埋立ごみが露出しているところも多く見られ、さらに各所からガスが湧出し悪臭を放っていることから、今後、覆土の土質や作業方法を含めた覆土計画の策定が必要であると思われる。

【Phuoc Hiep 最終処分場の状況】



写真1 覆土用材の敷き均し直後の状況



写真2 覆土後の状況(ごみが露出)

〔出典：現地調査写真〕

◆埋立ガスの排除効果の検証について

Phuoc Hiep(フックヒップ)処分場において現地の状況を見ると、至る所からガスが湧出し相当の悪臭を放っており、ガス抜き施設は設置されているが、その配置状況を見ると埋立地の大きさに比べて不足しているように感じられた。また、ガス抜き管の内部状況を見ると、管内からのガス排出効果(臭気や発酵熱など)が感じられず、発生ガスの誘導排除が十分機能しているか確認できなかった。

【Phuoc Hiep 最終処分場の状況】



写真3 ガス抜き管の状況(有孔管)



写真4 至る所でガスが湧出している

〔出典：現地調査写真〕

ガス抜き管は、埋立状況に応じ適切な間隔で配置する必要がある、特に有機性廃棄物が多い場合、埋立層内に空気を円滑に流通させる重要な施設である。このため、発生ガスのモニタリングは、埋立地の安定化および安全性の判断や、臭気の周辺環境に及ぼす影響を知るための重要な役割を持っている。また、ガス生成速度は大気との混合具合や有機物の量に左右されるため、ガス発生状況から廃棄物の分解状態を推察することができる。今回の現地調査においては、ガスのモニタリングデータや施設の構造詳細まで把握していないが、今後、発生ガス処理施設の設置計画にあたっては、これらガスの性質を考慮した構造、配置とする必要がある。また、メタンガスの爆発限界濃度は5~15%であるので、濃度限界以下になるよう配置計画を行う必要がある。

5) 跡地利用計画の策定について

ごみの埋立処分は結果的には土地の造成行為であり、埋立てが終了した跡地は可能な限り早期に土地利用が可能で、かつその間の管理が容易であることが望ましい。従来の最終処分場では、廃棄物を安全に効率よく処分することのみが優先され、埋立終了後の土地は地盤が軟弱であったり、可燃性ガスや悪臭が発生したり、地盤が沈下したりする等の多くの問題が生じ、跡地利用に制約を与えてきた。

最近では、最終処分場の計画時点から跡地利用計画を立て、埋立処分を行う際には、

跡地利用を考慮した管理・運営を行うようになってきている。例えば、跡地利用として公園を計画するならば単に平面的な埋立てではなく、山や丘を造成したり、公園の中の道路部分には無機物を埋立てるなど、跡地利用を考慮した埋立てを行うことが利用価値の高い土地造成につながり、跡地管理も容易になる。今後は、跡地利用計画を考慮した埋立計画の策定が必要である。

6.5 環境マネジメントについて

< 大気・水質等の環境モニタリング >

環境マネジメントを実施するにあたって、環境モニタリングは最も基本的かつ重要な取り組みである。大阪では、過去に非常に厳しい公害を経験し、これを克服してきたが、この経過は、大気汚染や水質汚濁の経年変化のグラフを見ると明らかである。ホーチミン市においても、とりわけ、市民の健康に直結する大気質や水質等の環境の状況について、継続的な現状把握が必要である。

既存の大気常時監視局では、測定機器の老朽化が問題となっており、いずれはこれらの機器を更新し、観測体制を再構築することが必要となる。しかしながら、機器の更新には多額の費用を要するため、当面の措置として、現在ホーチミン市が実施しているように、可搬式測定機器を用いて定期的に環境モニタリングを実施することにより常時監視局の測定を補完し、環境モニタリングデータを継続して蓄積していくことが重要と考える。

< 環境アセスメント・事業者による環境モニタリング >

ベトナムでは、一定規模以上の開発事業に対して環境影響評価が実施されており、定期的に環境モニタリング結果の報告を行う仕組みが構築されており、この制度に基づいて環境影響評価報告書や事後の環境モニタリング報告書が行政機関に提出されており、環境保護法に定める環境影響評価制度は有効に機能しているものと評価できる。

一方で、環境影響評価報告書に対しては住民参加の機会がなく、また、環境モニタリング報告書についても住民に公表されていない状況である。地域住民に対してこれらの環境情報を適切に開示する仕組みを構築することにより、環境保全に対する住民の関心を高めるとともに、事業運営の透明性を確保し、地域住民と事業者との信頼関係の醸成にも寄与することができるものとする。

現状、環境影響評価報告書においては、事業による環境負荷が規制基準に適合することを主に審査しているとのことであった。しかし、今後も経済発展や都市への人口集中が予想されるなか、将来にわたって持続可能性を確保していくには、環境影響評価の機会をとらえて、個々の事業者が最大限の環境保全措置を自主的に計画し実行することを指導できるように制度を運用していくべきと考える。これにより、規制の枠を超えて環境への影響を最小限にとどめることが実現できるのではないかと考える。

＜ 環境改善に資する都市インフラの整備 ＞

ホーチミン市の都市部は、自動車やバイクの排ガスによる深刻な大気汚染が慢性化している状況である。こうした大気質の環境改善に資する対策としては、市民の交通手段をバイクや自動車から公共交通機関に抜本的に転換することが必要となる。現在、地下鉄の建設が進められているところであるが、いち早く整備を進め、多くの市民の交通手段として利用されることが望まれる。

また、市内中心部を流れる河川や運河の水質の向上を図るためには、各家庭から排出される汚水がセプティックタンクから直接河川に放流されている現状を解消する必要がある。そのためには、各建物から川に向かう排水管から汚水を回収して集める下水管と、下水管で集めた汚水を浄化して放流する下水処理場を整備し、生活排水等で川が汚れないようにすることが急務と考える。