

[調査報告]

# 発展途上国における ごみ焼却技術書の作成について

## —インドネシアにおける活動内容をもとに—

Study on preparation of the appropriate technical manual  
on incineration applied to Developing Countries

土谷 光重\*

Mitsushige TSUCHIYA

### 1. はじめに

現在、発展途上国における固形廃棄物処理は、主に直接埋立に頼っており、焼却処理等の中間処理施設は、経済上の制約等からほとんど設置されていない。しかしながら、生活レベルの向上に伴い固形廃棄物量は年々増加の傾向を見せ、特に人口集中が著しい都市部においてはすでに最終処分場の確保難が顕著になってきており、いずれは焼却処理施設の導入が必要となろうことが予測される。

このような状況の下で、筆者は平成7年10月～12月の2ヶ月間、インドネシア水道環境衛生訓練センターへJICA（国際協力事業団）の短期専門家として派遣され、「焼却施設の基礎知識」、「ごみ焼却施設建設計画」、「スラバヤ市焼却施設機能検査報告書」の3つのマニュアルを作成した。ここでは、その活動内容の概要等を紹介することとする。

### 2. 派遣国の概要

インドネシアは総面積1,905千km<sup>2</sup>、総人口1.88億人であり、人口密度は99人/km<sup>2</sup>（1993年のデータ）にすぎない。しかしながら実際は本州の半分程度の面積しかないジャワ島に約6割の人が住んでおり、ジャワ島に限ってみれば人口密度は日本の2倍強にあたる814人/km<sup>2</sup>となっている。このジャワ島には、首都ジャカルタ市をはじめと

して大都市が集中しており、特にこれらの大都市におけるごみ処理が問題となっている。

大都市の中で焼却処理施設を所有しているのはスラバヤ市のみであり、その他の都市はごく小規模なコンポスト施設等を有している例はあるものの、ごみの大部分は直接埋立処分に頼っている。これら大都市近辺では埋立用地の確保も困難な状況となっており、近い将来焼却処理等の中間処理施設建設が不可欠な状況である。

### 3. 活動内容

今回作成したマニュアルは、以下の3つである。本項では、各マニュアル毎の内容及び作成過程について述べるものとする。

- ① 焼却施設の基礎知識
- ② ごみ焼却施設建設計画
- ③ スラバヤ市焼却施設機能検査報告書

#### 1) 焼却施設の基礎知識

日本における焼却技術をもとに<第1章 基本理論><第2章 施設の構造><第3章 設備の仕様><第4章 建設計画><第5章 施設検査手法>の5編から構成されるテキストを作成した（表-1参照）。

このテキストは、日本で用いられているテキストの構成及び内容を参考として作成したが、カウンターパートからより簡単で建設へのインパクトが強いものをという要望があり、構成及び内容の見直しを重ね、彼らの提案をできるかぎり取り入れた内容とした。

インドネシア側から出された主な要望としては、以下の4点が上げられる。

\* 勤 日本環境衛生センター西日本支局環境工学部  
Department of Environmental Engineering, Waste  
Branch, Japan Environmental Sanitation Center

表-1 <焼却施設の基礎知識>目次と内容

目 次	内 容
1. Introduction 1. Basic principle of combustion 2. Quality of solid waste for combustion 3. Effect of incineration	• 燃焼理論、ごみの質と燃焼の関係及びごみの焼却による効果について記述した。
2. Classification and basic structure of incinerator 1. Incinerator for household use 2. Incinerator for use at office and community 3. Incinerator for hospital use 4. Incinerator for local government use	• 焼却炉を家庭用、事業所用、病院用、自治体用の4種類に分類し、基本的な構造、材質、特徴などについてまとめた。 特に自治体用焼却炉については、各設備毎に段階的に説明(表-2)を加えた上、図(表-3)を添付した。
3. Specification of devices 1. Specification of devices 2. Calculation method of each equipment capacity	• 焼却施設に必要な各設備・装置について記述した。また、主な設備(炉容積・面積、FDF、IDF)の能力算出方法について記述した。
4. Construction plan 1. Procedure for incinerator construction 2. Calculation method of capacity 3. Selection of incinerator type on city scale	• 実際に焼却炉を建設する際の手順及び手法等について記述した。内容としては、ごみ量の算出法、焼却炉の規模の算出法、人口規模別の焼却炉の選択方法の3つとした。
5. Checking method of incinerator performance 1. Items of performance checking 2. Judgement of combustion condition 3. Pollution control 4. Combustion control method 5. Durability of incinerator	• 焼却炉を建設した後の検査(機能検査)方法、燃焼制御法、公害防止、各設備・装置の耐用年数等について記述した。

- ① 経済レベルに応じて設備内容を分類すること
- ② 病院ごみ等感染性のものの処理について記述すること
- ③ 建設計画等についてはインドネシアのデータを例として使用すること
- ④ 検査手法については先進施設を視察する際の基礎的な知識を網羅すること

このような要望に対して、以下のような対応を講じた。

(1) ①及び②についての対応

<第2章 施設の構造>において、家庭用焼却炉、事業所用焼却炉、病院用焼却炉、自治体用焼却炉の4種類に分類し、それぞれの構造(必要な設備、材質等)と能力、運転条件、コスト(設置コスト、ランニングコスト)等についての概要説明を行った。なお、コスト関係については製造メーカーに対して行ったアンケート調査結果をもとにまとめた。

特に自治体用焼却炉については、経済状況に応じて各設備を選択できるように、初歩的な段階のものから高度なものまでを5段階に分け、各

設備の説明を一覧表にまとめた(表-2参照)。また、言葉による説明だけではインパクトにかけられると思われたので、表-2に対応する略図を掲示した(表-3参照)。ここでは、簡略化するために設備の概略的な説明だけにとどめ、設備を構成する各装置の説明及び能力の算出法等については、次の<第3章 設備の仕様>において行った。

(2) ③についての対応

<第4章 建設計画>において、インドネシアにおけるごみ質調査結果<sup>1)</sup>及び排出量調査結果<sup>2)</sup>等を参考資料として提示した他、これらの調査結果をもとに、都市規模別(インドネシアでは人口規模別に Small city、Middle city、Large city、Metropolitan に分類される)に焼却処理施設必要規模を提示するなどした。

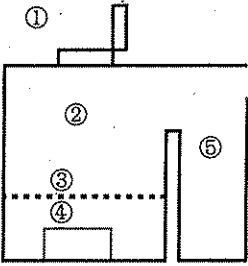
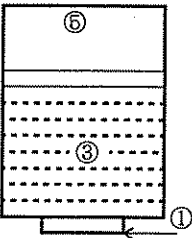
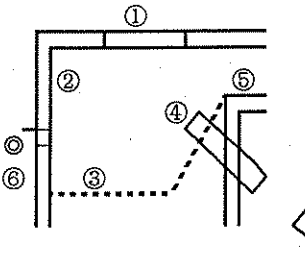
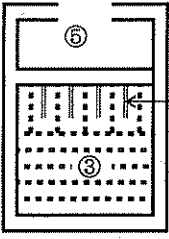
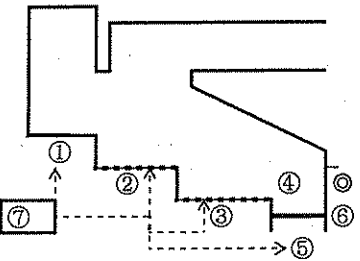
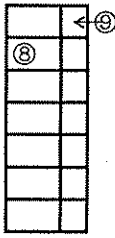
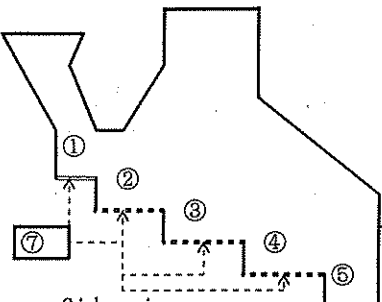
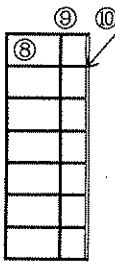
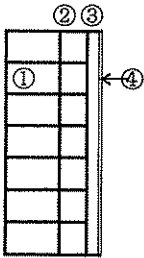
(3) ④についての対応

<第5章 設備検査手法>の中で、能力検査項目、燃焼状況の判断、公害防止、燃焼制御法、施設の耐用年数の5節を設け基礎的な説明を行った。

表-2 Stepwise approach for incinerator

		No. 1				
Equipment	Stepwise	Step 1	Step 2	Step 3	Step 4	Step 5
Receiving and Feeding	Manual (by human power)	Manual (by human power)	Direct dumping	Waste stock yard & Shovel loader	Pit & Crane (manual remote control)	Pit & Crane (Automatic control)
	Main devices	Weigh bridge (Mechanical type) Charge cover	Weigh bridge (Mechanical type) Feeding floor Charge chute Charge gate Oil hydraulic pump	Weigh bridge (Electrical type) Feeding floor Charge chute Charge gate Stock yard Shovel loader Oil hydraulic pump	Weigh bridge (Electrical type) Platform Pit door Charge chute & hopper Charge gate Waste crane Waste pit Crane operation room Oil hydraulic pump Electric facilities	Weigh bridge (Electrical type) Platform Pit door Charge chute & hopper Charge gate Waste crane Waste pit Automatic control system Oil hydraulic pump Electric facilities
	Advantages	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Construction cost is very cheap.</li> <li>• Electricity is not necessary.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Construction cost is cheaper than Step 3.</li> <li>• Consumption of electricity is few.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Good for combustion control.</li> <li>• Consumption of electricity is little.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Better for combustion control than Step 3.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Better for combustion control than Step 3.</li> <li>• Labor is less than Step 4.</li> </ul>
Combustion						
	Main devices	Fixed grate batch combustion type Combustion chamber Steel casing Fixing grate	Fixed grate batch combustion type with stick Combustion chamber Fire brick Fixed grate + Mixing stick (Field manual control) Heavy oil burner (Field manual control) Oil hydraulic pump	Mechanical batch type Combustion chamber Fire brick Insulating brick Movable grate (Field manual control) Heavy oil burner (Field manual control) Oil hydraulic pump	Semi-continuous type Combustion chamber Fire brick Insulating brick Steel casing Movable grate or Fluidized bed (Remote manual control) Heavy oil burner (Remote manual control) Oil hydraulic pump	Continuous type Combustion chamber Fire brick Insulating brick Insulating material Steel casing Movable grate or Fluidized bed (Automatic control) Kerosene burner (Remote manual control) Oil hydraulic pump
	Advantages	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Construction cost is very cheap.</li> <li>• Electricity is not necessary.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Construction cost is cheaper than Step 3.</li> <li>• Consumption of electricity is few.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Good for combustion control.</li> <li>• Consumption of oil is tended to be few.</li> <li>• Ash quality is better than Step 2.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Better for combustion control than Step 3.</li> <li>• Consumption of oil is tended to be few.</li> <li>• Ash quality is better than Step 3.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Better for combustion control than Step 3.</li> <li>• Consumption of oil is tended to be less.</li> <li>• Ash quality is better than Step 4.</li> </ul>
Disadvantage		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Heavy labor</li> <li>• Odor problem</li> <li>• Scattering of waste</li> <li>• Insanitation</li> <li>• Dangerous to operate</li> <li>• Many workers are needed.</li> <li>• Not suitable for a large incinerator.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Combustion control is difficult.</li> <li>• Consumption of oil is tended to be much.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Odor problem</li> <li>• Scattering of waste</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Construction cost is expensive.</li> <li>• Consumption of electricity is much.</li> <li>• Consumption of oil is tended to be less.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Construction cost is expensive more than Step 4.</li> <li>• Consumption of electricity is more than Step 4.</li> <li>• Consumption of oil is tended to be less.</li> </ul>

表-3 Combustion equipment

Stepwise	Simple design	
<p>Step 1 Fixed grate batch combustion type</p>	 <p>Side view</p>	 <p>Top view</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>① Charge cover</li> <li>② Combustion chamber (Steel product)</li> <li>③ Fixed fire grate</li> <li>④ Ash pit</li> <li>⑤ Secondary combustion chamber</li> </ul>
<p>Step 2 Fixed grate batch combustion type with stick</p>	 <p>Side view ↑</p>	 <p>Top view</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>① Charge shute</li> <li>② Combustion chamber (Fire brick)</li> <li>③ Fixed fire grate</li> <li>④ Mixing stick</li> <li>⑤ Secondary combustion chamber</li> <li>⑥ Oil burner</li> <li>⑦ Oil hydraulic pump</li> </ul>
<p>Step 3 Mechanical batch type</p>	 <p>Side view</p>	 <p>Refractories</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>① Charge pusher</li> <li>② Pre combustion grate</li> <li>③ Combustion grate</li> <li>④ After combustion grate (Dumping grate)</li> <li>⑤ Ash chute</li> <li>⑥ Oil burner</li> <li>⑦ Oil hydraulic pump</li> <li>⑧ Fire brick</li> <li>⑨ Insulating brick</li> </ul>
<p>Step 4 Semi-continuous type</p>	 <p>Side view</p>	 <p>Refractories</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>① Charge pusher</li> <li>② Pre combustion grate</li> <li>③ Combustion grate</li> <li>④ After combustion grate</li> <li>⑤ Ash chute</li> <li>⑥ Oil burner</li> <li>⑦ Oil hydraulic pump</li> <li>⑧ Fire brick</li> <li>⑨ Insulating brick</li> <li>⑩ Steel casing</li> </ul>
<p>Step 5 Continuous type</p>	<p>Same style at Step 4</p>	 <p>Wall Structure</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>① Fire brick</li> <li>② Insulating brick</li> <li>③ Insulating material (Insulating board)</li> <li>④ Steel casing</li> </ul>

公害防止の項では、参考資料として、自治体用中規模焼却炉（60 t / 16 h）を例として公害防止装置と排出濃度及び拡散計算式で算出した最大着地濃度との関係について示すとともに（表-4 参照）、小型焼却炉より大型焼却炉の方が公害防止管理面で有利であることを示すため小型焼却炉（家庭用焼却炉）についても排出濃度（仮定値）と最大着地濃度の関係について示した。

ただし、本章は基礎的な事項についてのみの記述にとどめたため、より具体的な形でインドネシア側に示すために、後述するスラバヤ市焼却施設機能検査報告書を作成し、補足することとした。

## 2) ごみ焼却施設建設計画

インドネシア側で実際に自治体用焼却施設を建

設する際の参考となるよう、プラントメーカーに提出する発注仕様書、メーカーからの回答である見積もり金額、仕様書及び図面を含んだマニュアルを作成した（表-5 参照）。

本マニュアルは実際に、ジャカルタに出張所を持つ日本のプラントメーカー3社の協力を得て、通常日本で行われている形式（図-1 参照）で作成した。なお、発注仕様書は「焼却施設の基礎知識 第4章 建設計画」に例示した都市規模別焼却炉を基に3種作成し、メーカーよりそれぞれのタイプについての回答（見積設計図書及び金額）を頂いた後、発注仕様書に示した設備内容との比較を行った。また、比較を行う際に、「焼却施設の基礎知識 第3章 設備の仕様」に示した計算法により算出した各装置の能力とメーカーから提出された装置の能力等についても比較検討を行った。

表-4 Estimation of maximum concentration on the ground

	Air pollution control	emission gas concentration	maximum concentration on the ground*	Standard in Indonesia
Dust concentration	Multi-cyclone	0.7 g / m <sup>3</sup> N	0.039919mg / m <sup>3</sup>	0.26mg / m <sup>3</sup> or less
	EP	0.05 g / m <sup>3</sup> N	0.002851mg / m <sup>3</sup>	
	BF	0.01 g / m <sup>3</sup> N	0.000570mg / m <sup>3</sup>	
HCl concentration	no removing device	400ppm	0.0228110ppm	-
	removing device	200ppm	0.011406ppm	

\*Concentration comes to maximum under the following conditions

atmosphere condition	: hard instability
wind velocity	: 1.0 m / S
distance from stack	: 604 m

Diffusion formula : formula of puff and formula of Prume

Effective stack height: formula of Briggs and formula of CONCAWE

表-5 <ごみ焼却施設建設計画>目次と内容

目次	内容
1. Main planning contents	<ul style="list-style-type: none"> <li>発注仕様書は30 t / 8 h、60 t / 16 h、300 t / 24 hの3種類分を作成し、ごみ質、各設備の簡単な仕様、温度条件（炉出口、集じん器入口温度）、公害防止条件、施設の粗図面などを提示した。なお、メーカー側に求めた仕様書の内容は、図面（平面配置図、施設断面図等）、各設備装置の能力、建設及び土木工事に係わる金額等である。</li> </ul>
2. Estimated construction cost of incinerator	<ul style="list-style-type: none"> <li>プラントメーカーから提出された見積金額についてまとめた。また、提出された金額をもとに当たりの単価を算出し、施設規模と建設金額の関係をグラフに表した。（図-1 参照）</li> </ul>
3. Comparison of specification	<ul style="list-style-type: none"> <li>各メーカーから提出された各設備装置の仕様及び能力を提示した発注仕様書の内容と比較・検討した。また、メーカーから提出された数値についてチェックできるよう火格子面積、燃焼室熱負荷、必要空気量、排ガス量等の計算法についての説明を加えた。</li> </ul>
4. Rough design	<ul style="list-style-type: none"> <li>メーカーから提出された図面を掲示した。</li> </ul>

また、金額については、東南アジアにおいて建設した場合の参考値ということで回答を頂き、本数値を基に規模と金額の関係図を作成した(図-2参照)。

3) スラバヤ市焼却施設機能検査報告書

本検査書は、焼却施設の基礎知識を具体的な形

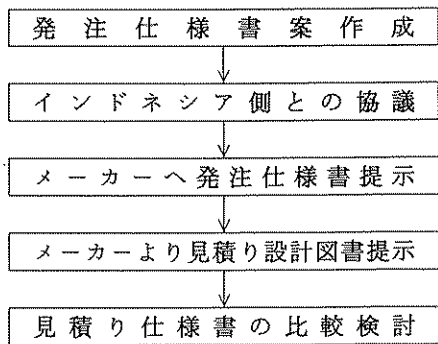


図-1 <ごみ焼却施設建設計画>作成フロー

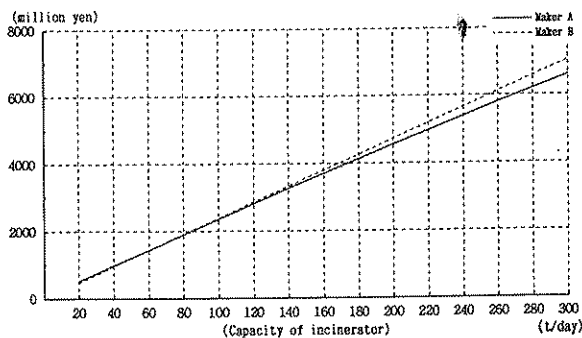


図-2 Construction cost by capacity (Stoker type)

で表すと共に、現地カウンターパートとともに実際に稼働中の焼却施設を見学し、検査手法を理解してもらうことを目的に実施した。また、構成及び内容については、我々が日本で行っている機能検査に近い形となるようにしたが、機材や時間の面で十分な調査を行うことができず、ごみ質や灰質公害防止については過去のデータや目視による推測を基に検討を行った(表-6参照)。

検査は、スラバヤ市から提出して頂いた運転データの解析及び問題点などの聞き取り、施設の外觀検査等を主として行った。本施設は 33.6 t / 24h × 6 炉、施設配置図は図-3 に示すとおりであり、主に供給ホップ、炉本体、再燃室、煙突から構成されている。日本の現在の焼却炉からすると旧式な炉であるが、本炉がインドネシアにおける最初の本格的な焼却炉であること、ごみの減容化が第1の目的であることに主眼を置いて報告書を作成した。

目視検査及び運転データ等の解析により、本施設の問題点として以下の4点が上げられた。

- ① ごみ 1 t あたりの灰量が多く (0.24 t / ごみ t : 日本では 0.15 t / ごみ t 前後)、灰質が悪いこと
- ② 重油使用量が多いこと
- ③ 公害防止装置が設置されていないこと
- ④ 煙の噴出により、作業環境が悪いこと

これらの問題点に対し、考察において改善すべき点の指摘を行った。

(1) ①の問題点について

時間当たりの処理率が 90 % 前後であるが施

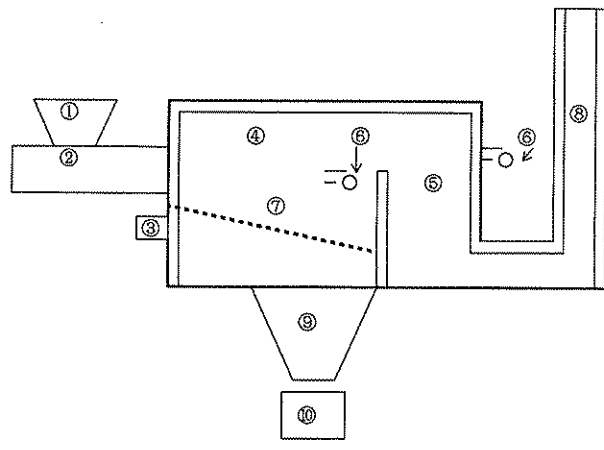
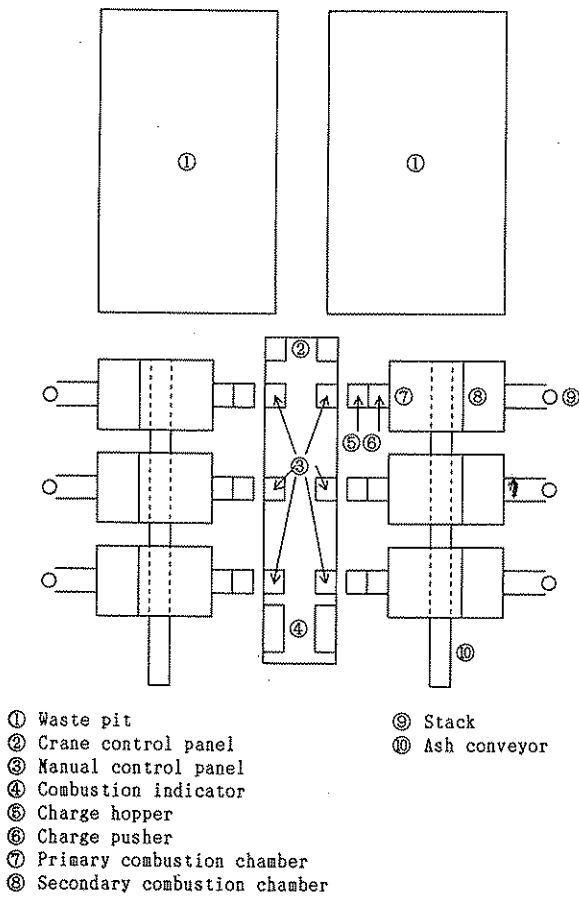
表-6 <スラバヤ市焼却施設機能検査報告書>目次と内容

目 次	内 容
1. Outline of incinerator	●パンフレットに記載されている施設の概要(施設名、所在地、能力、稼働時間、稼働開始、設計・施工元)についてまとめた。
2. Specification	●パンフレットに記載されている各設備・装置の概要についてまとめた。
3. Investigation result 3.1 Monthly report 3.2 State of combustion 3.3 Pollution control	●運転実績(焼却量、稼働時間、稼働日数、重油量、電気量、用水量)、燃焼状況、公害防止について、スラバヤ市から提示されたデータ等を基にまとめた。 ただし、公害防止については測定実績がなく、我々も測定機材をもっていなかったため、煙の外觀等から推測した。
4. Consideration 4.1 Quantity and quality of ash 4.2 Consumption of fuel 4.3 Pollution control 4.4 Work environment	●施設の仕様と現地での視察結果をふまえ、本施設の適正処理能力、重油使用量低減策等についての考察を行った。また、公害防止については、推定される有害物質の排出濃度を基に、拡散方程式を用いて周辺への着地濃度等を算出した。
5. General remarks	●検討した事項についてまとめを行った。

設の実能力から判断して過剰処理であると思われたため、施設的设计条件（火格子面積、炉容積）を日本の一般的な设计条件と比較し、適正処理率を算出した。この結果、本施設の適正処理能力は65～70%前後であることが推定された。

(2) ②の問題点について

重油使用量が多いという点に関しては、ごみの低位発熱量が計画条件より低いと推測されること、再燃室で常時重油バーナを使用していること、ごみの供給方法、灰出しコンベヤの水封に問題があること等の点について指摘した。このうち、改善すべき点としてごみの供給方法、灰出しコンベヤの水封についての改善策を提示



- ① Charge hopper
- ② Charge pusher
- ③ Forced draft fan
- ④ Primary combustion chamber
- ⑤ Secondary combustion chamber
- ⑥ Oil burner
- ⑦ Fire grate
- ⑧ Stack
- ⑨ Ash chute
- ⑩ Ash conveyor

図-3 Rough design of incinerator

For feeding

A)Waste amount charged into hopper by one feeding should be decreased. And frequency of charging should be increased.

B)Control of waste amount charged into combustion chamber will be possible by position adjustment of pusher. (Fig-2)

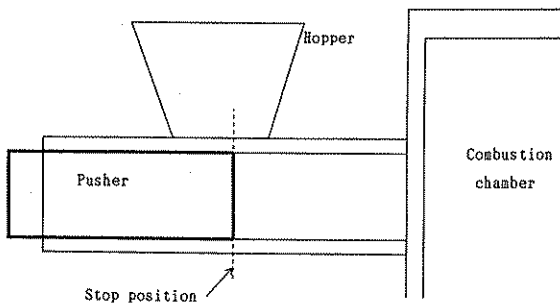


図-4 B)plan rough design

For ash discharging

Ash chute should be made so long that the end of the chute should be reached under water level.

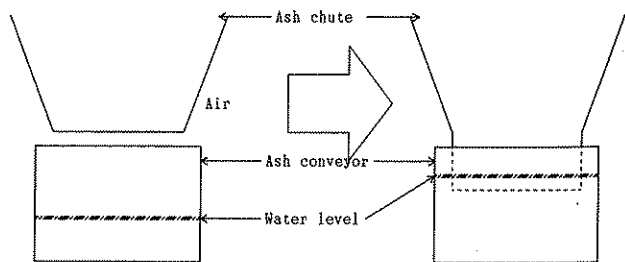


図-5 Improvement plan of ash chute

した(図-4、5参照)。

(3) ③の問題点について

本施設は現在の構造及び経済的な理由から公害防止装置を設置することは困難であることから、公害防止装置の必要性について言及するのではなく、煙突からの拡散による希釈効果について述べた。目視により推定したばいじんの排出濃度を基に最大着地濃度を算出し、インドネシアにおける環境基準に適合していることを示した。

(4) ④の問題点について

煙の噴出についての第1の問題点としては、強制通風式であることが上げられるが、公害防止と同様の理由で平衡通風式に変更することは困難であるので、炉内圧の監視と押込送風機の風量調整の必要性について示した。

#### 4. まとめ

インドネシア側が焼却処理を行う場合、最も重要な問題として上げることは、施設の建設費である。これは他の発展途上国においても同様であると思われるが、テキストを作成する場合には、日本の技術・経済レベルを基準にしても、当面は役

に立たないものと思われるので、安価に建設できる焼却炉についての記述が不可欠である。また、実際に現地で建設する場合のコストについての関心が非常に高く、事前調査の必要性を痛感した。

また、施設の機能検査の結果について報告を行った際のインドネシア側の対応であるが、施設が旧式であることを痛感しており、施設の技術レベルの話をして金額面で無理であるという答えが返ってきた。しかし、現状でも十分に対応が可能である改善点(投入方法の改善、灰出しコンベヤの水封等)については関心が高く、この点についての質問を何点か受けたりもした。このように、相手国の現状を十分認識した上で、現地サイドで十分対応できるような内容とする配慮が必要であると思われる。

#### 参考文献

- ① 増田直美：STATISTICS ON SOLID WASTE MANAGEMENT IN INDONESIA
- ② ごみ処理施設 指定講習(財)日本環境衛生センター)
- ③ 三好康彦：小型焼却炉 一選定と維持管理一 公害対策技術同友会