開発途上国の都市におけるし尿・雑排水処理の段階的改善計画手法の開発に関する研究

－インドネシアにおける事例研究－

報　告　書

平成７年３月

国際協力事業団国際協力総合研修所

開発途上国の都市におけるし尿・雑排水処理の段階的改善計画手法の開発に関する研究　報告書　平成7年3月
国際協力事業団

開発途上国の都市におけるし尿・雑排水処理の段階的改善計画手法の開発に関する研究

－インドネシアにおける事例研究－

報　告　書

平成７年３月

国際協力事業団国際協力総合研修所

巻　頭　言

1992年の国連環境開発会議（ＵＮＣＥＤ）において、開発と環境に関する世界の認識は先進国、途上国を問わず飛躍的に高まり、行動計画「アジェンダ21」のもと、現在も様々な個別分野で具体的な取り組みがなされている。

我が国の国際協力においても環境は重点分野の一つであり、当事業団は1988年に「環境」をテーマとした分野別援助研究会を設置したのを契機として、環境分野の国際協力の更なる充実を図ってきた。その一環として、当国際協力総合研修所の調査研究事業においても、種々の環境問題を取り扱ってきた。

言うまでもなく環境分野でもっとも優先順位の高い課題は、生活環境の悪化による人々の生命・健康に関わる被害を防ぐことである。今回調査研究で取り上げたし尿・雑排水の処理も、人々の生活に最も密着した基本的課題のひとつである。安全な飲み水の確保、その源となる地下水及び表流水の汚染防止のためには、利用した水を適切に処理して放流することが必要である。本調査研究は途上国政府の限られた財源を最も効果的に活用し、最も効率的に水環境を改善するための計画の策定手法について検討することを目的として実施した。本報告書は２年間にわたる研究の成果を取りまとめたものである。

環境衛生の分野に限らず、途上国に適用可能な技術やノウハウは、国内外に散在している。先進国の経験と途上国の在来技術の双方を活かした適正技術を開発していくには、現地の実態に即した議論の積み重ねが不可欠である。

本調査研究は、ケーススタディとしてインドネシア国を取り上げ、東京大学都市工学科環境計画（クボタ）講座の研究者グループと当研修所との協力体制のもと、インドネシア公共事業省の協力を得て実施された。国内外の研究者の協力により、研究がより実践的なものになったことは本調査研究の大きな成果である。

本調査研究では、特にインドネシアの都市部におけるし尿・雑排水処理の段階的改善計画策定手法について検討したが、その検討過程を読みとっていただくことにより、他の地域や分野における適正技術の研究開発に、本報告書が広く活用されることを切に願うものである。

最後に、本調査研究の実施に際しご協力頂いた東京大学都市工学科の研究者の方々並びにインドネシア公共事業省の関係各位に、深い感謝の意を表したい。

平成７年３月

国際協力事業団
国際協力総合研修所
所長　岩波　和俊

序　　文

大量生産、大量消費、大量廃棄という先進国が辿った開発路線を途上国が踏襲するなら、地球環境の更なる悪化は不可避である。従って、地球環境問題の解決には、先進国と開発途上国が一体となって取り組むことが不可欠である。しかしそのためには、まず最低限の衛生環境を確保し、人々とくに子供達が理不尽に死んでいく状況を克服することが重要であり、そうすることによって初めて地球環境問題に共に取り組む基盤が形成される。

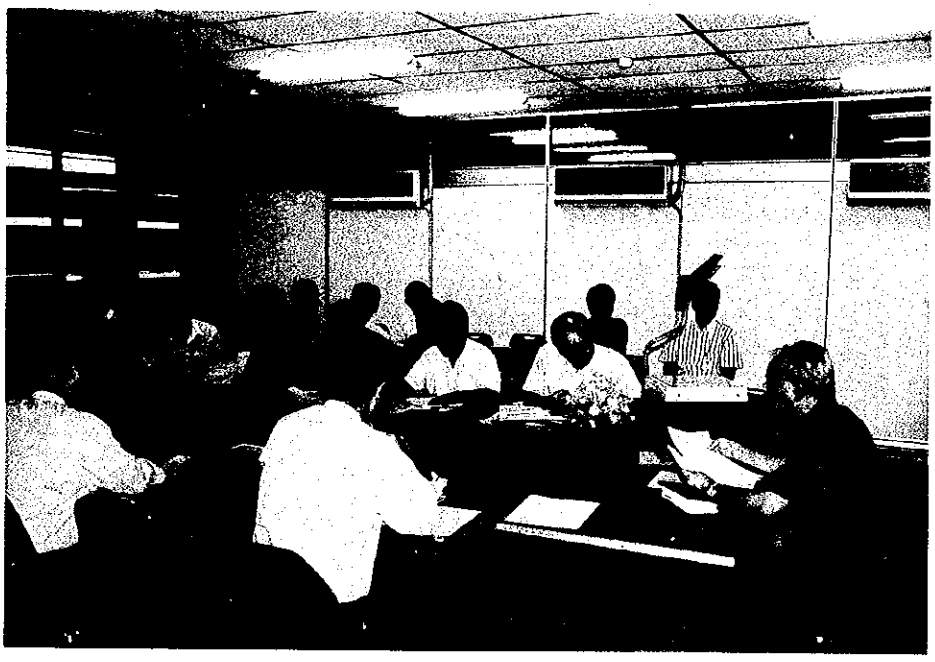
東京大学工学部都市工学科国際環境計画（クボタ）講座は、上記の認識のもとに1992年10月に発足した講座であり、衛生環境改善の分野でのわが国の対途上国環境協力をより効果的なものとすることを目的に教育・研究活動を展開している。こうした我々にとって、最大の関心テーマの一つが途上国の実態に即したし尿・雑排水（生活排水）処理の改善の進め方である。何故なら、国連水と衛生の10年を通じて、し尿・雑排水処理の改善は飲料水供給に比し技術的に、経済・財務的に、また社会・文化的に数段困難な課題であることが明らかとなっているからである。この困難な課題に真正面から取り組むことなしに、わが国の環境ＯＤＡの効果的実施は有り得ないと言っても過言ではない。

こうした背景のもと、平成５年度から６年度にわたり、国際協力事業団国際協力総合研修所と当東京大学都市工学科国際環境計画（クボタ）講座が協力体制を取り、途上国の実態に即したし尿・雑排水処理の改善の進め方についての実践的研究を行った。また、この種の研究ではケーススタディを通じて具体的な議論を積み重ねていくことが重要であるが、幸いにも研究初年度からインドネシア政府公共事業省の全面的協力を得ることができ、この点についても研究の前提が整った。

こうした研究体制のもと平成５年度は問題の認識と解決へのアプローチから調査、研究を開始した。特に、インドネシアでの現地調査等により代替案の整理と評価を行い、同国の特殊性と普遍性を整理し、し尿・雑排水処理システムの主要代替案を考案した。さらにこの代替案を、本研究の目的である「途上国におけるし尿・生活排水処理の段階的改善計画手法」の基本構想とすることを検討し、コンピューターによるシミュレーション・モデルを開発した。続いて、平成６年度は、このシミュレーション・モデルを発展させ「し尿・生活排水処理の段階的改善計画手法」として一応の成果を見るに至った。

今回の研究の成果が問題意識を同じくする方々の間に活発な議論を巻き起こし、わが国の対途上国環境協力の効果的実施につながっていくならこれにまさる喜びはない。

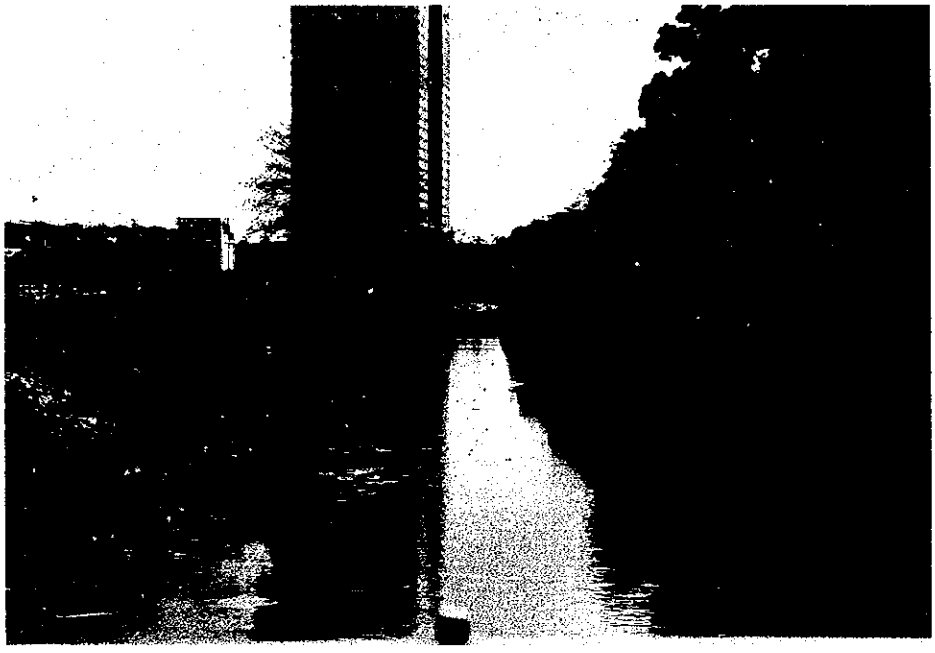
東京大学工学部都市工学科
国際環境計画（クボタ）講座



インドネシア国公共事業者人間居住総局
環境衛生局（ＰＬＰ）での共同研究セミナー（平成６年３月）

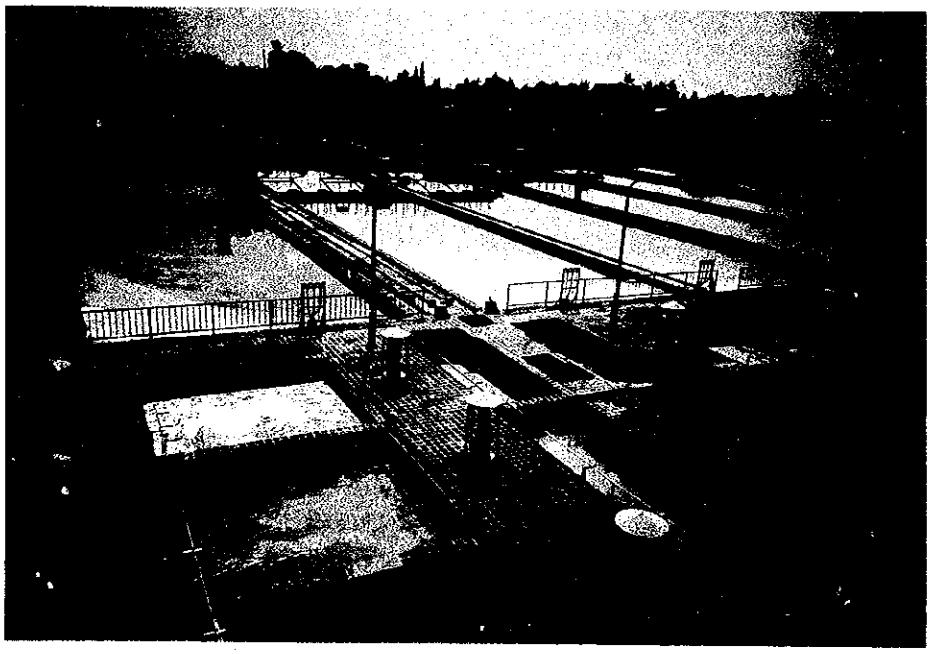
共同研究セミナーで発表する日本側研究者
（平成６年３月）

ジャカルタ市内衛生調査（カンポン地区）
（平成6年3月）



ジャカルタ市内衛生調査（オーバーハングトイレ）
（平成6年3月）

ジャカルタ市内（改善後のカンポン）
（平成６年３月）

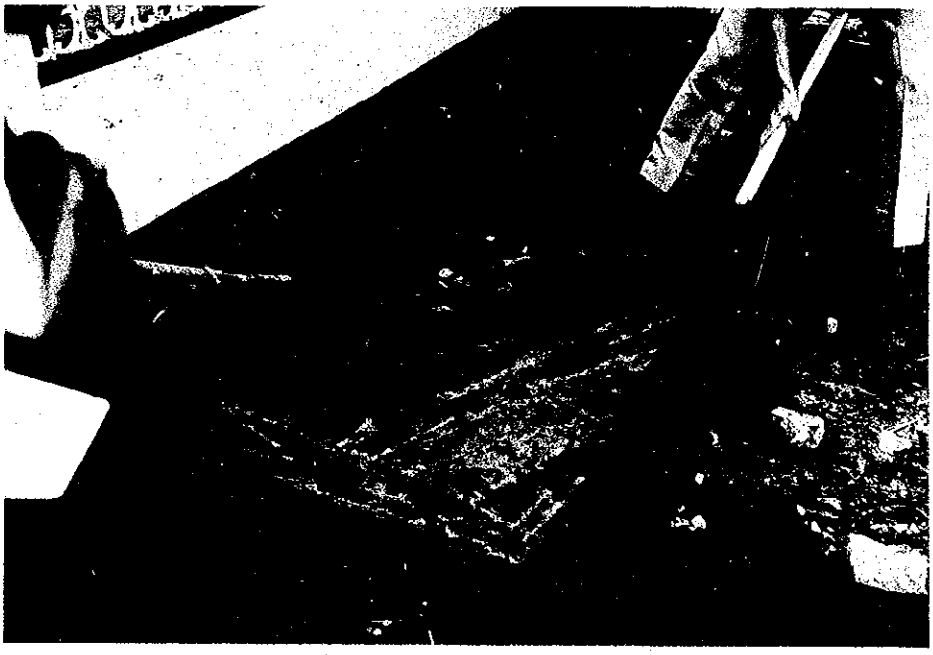


ジャカルタ市内プロガドン浄水場
（平成６年３月）

バンドン市人間居住研究所（ＲＩＨＳ）での共同研究セミナー
（平成６年３月）

バンドン市内実測調査：観測井の掘削
（平成６年９月）

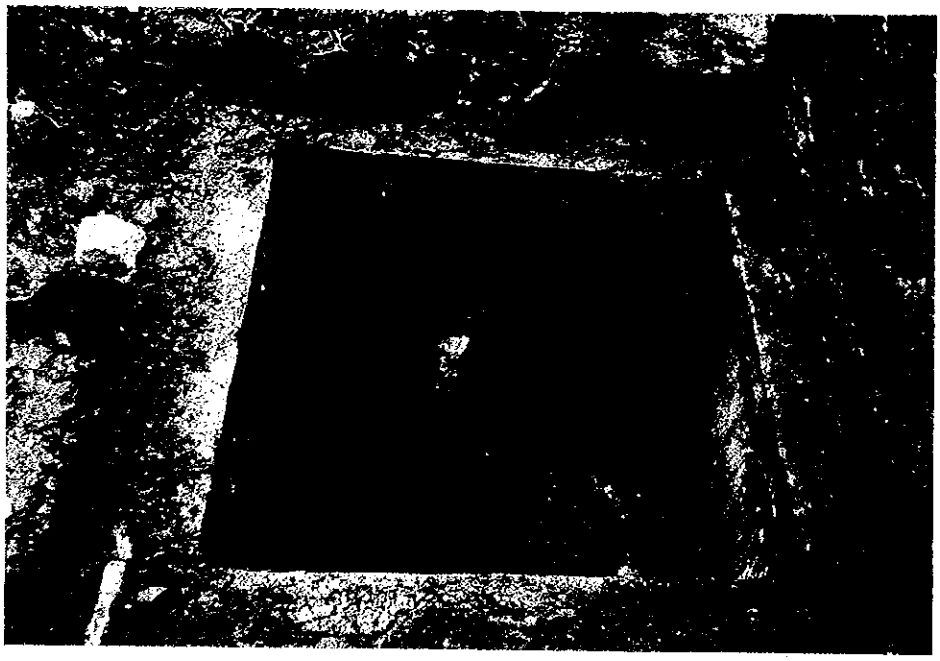
バンドン市内下水処理場での調査
（平成６年３月）



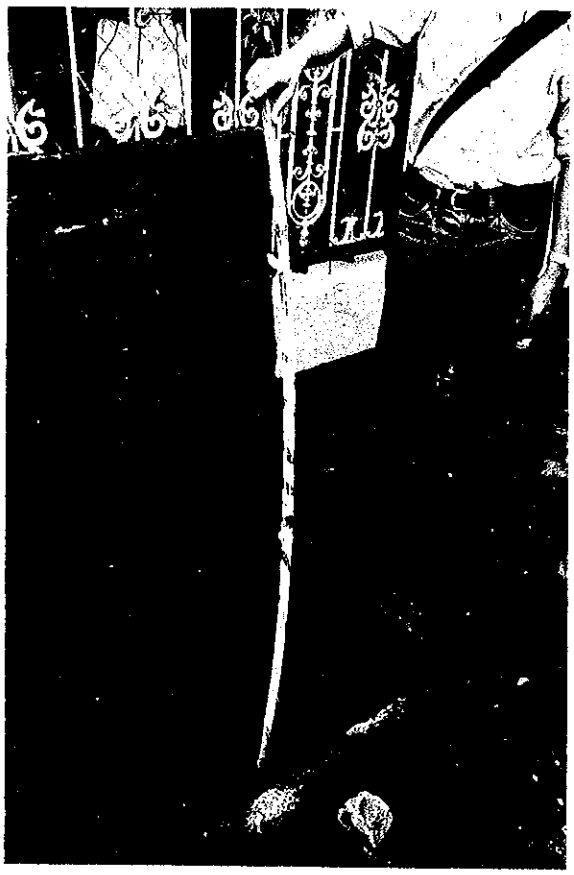
バンドン市内衛生調査：ツインリーチングピット調査
（平成６年３月）

バンドン市内：安定化池（維持管理の悪いもの）
（平成６年３月）

バンドン市内：デスラッジ作業
（平成６年３月）

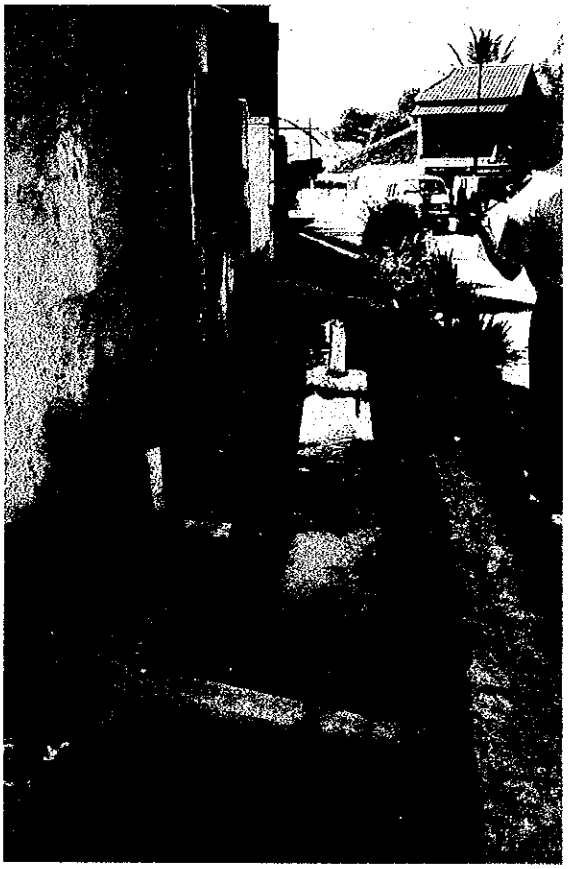


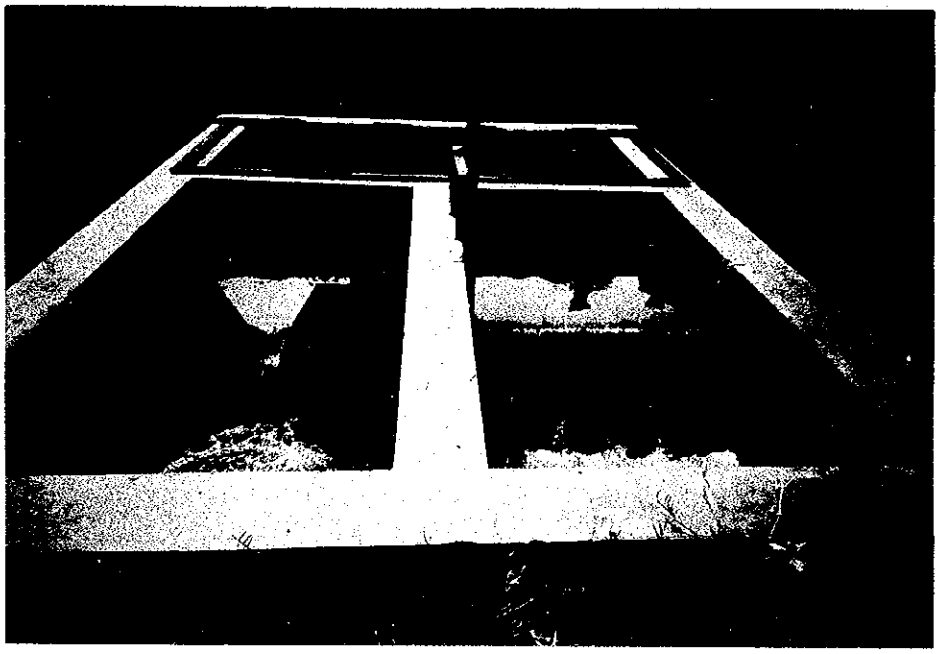
バンドン市内衛生調査：ツインリーチングピット
（平成６年３月）



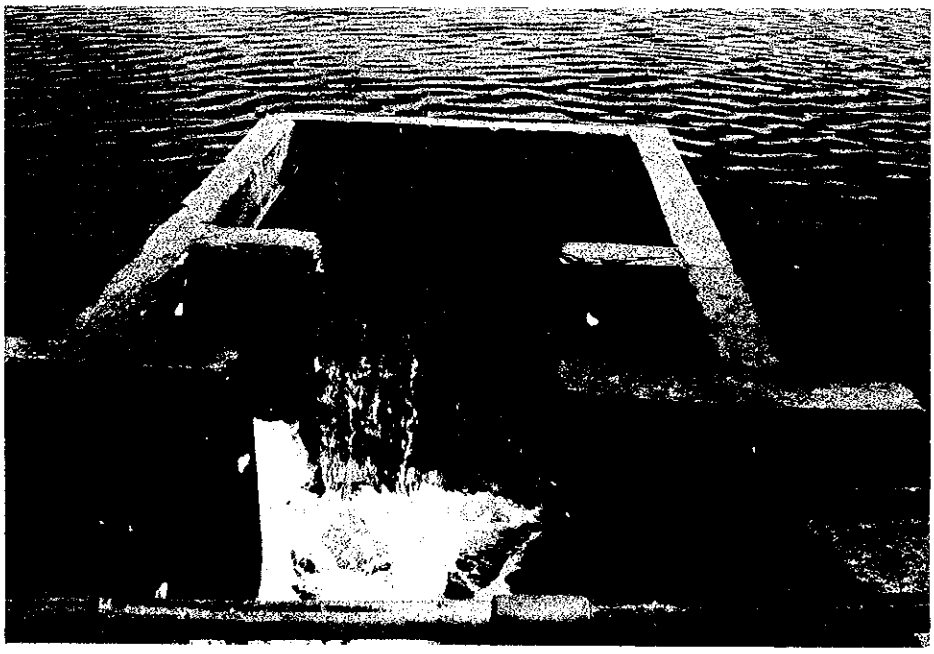
バンドン市内衛生調査：ピット内のスラッジ、水質の検査
（平成６年３月）

バンドン市内衛生調査
し尿・雑排水が直接流れ込む水路
（平成６年８月）



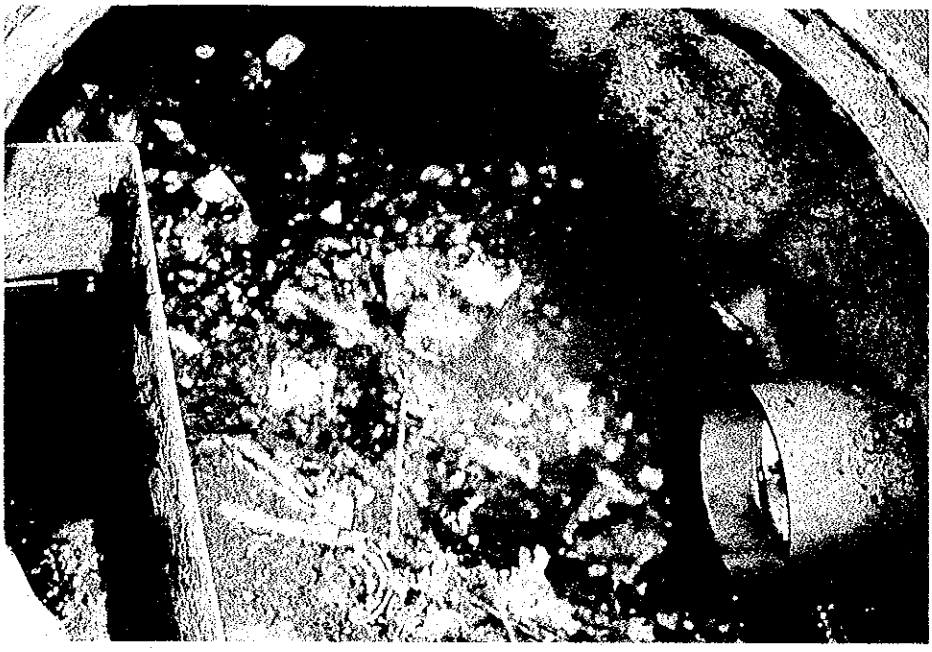


チレボン市内アデイルマ処理場（流入水）
（平成６年３月）



チレボン市内アデイルマ処理場（処理水）
（平成６年３月）

ボゴール市内調査：浄化槽
（平成６年３月）



ボゴール市内調査：浄化槽内部
（平成６年３月）

目　　次

第１章　調査研究の概要

１－１　調査研究の背景

途上国の都市の自然・経済・社会条件は先進国のそれとは大幅に異なり、極度の資金制約のため先進国で開発使用されている技術の適用は不適切である場合が多く、途上国の実状に即した費用対効果の高い処理システムを選択し、段階的にその整備を進めていくことが不可欠となっている。従ってわが国のこの分野における技術協力の質を更に高めていくために、適正処理システムの選択とその段階的実施のための計画手法の開発が急務となっている。

途上国の都市では、し尿・雑排水の不適切処理の問題が極めて深刻であり、わが国は従来よりこの分野における技術協力を専門家派遣、開発調査の実施等の形で進めてきたが、都市問題、環境問題、貧困層対策等への対応の観点から、今後共一層の量的拡大を図るとともに、質的にもより効果的なものとしていく必要がある。

１－２　調査研究の目的と内容

（１）研究の目的

a．インドネシア国をケーススタディ対象とし、同国の都市におけるし尿・雑排水適正処理システムの選択手法ならびにその段階的整備手法を開発し、もって同国に対するわが国のこの分野での技術協力をより効果的なものとすることに資する。

b．インドネシア側カウンターパートの手で、同国の都市を対象としたし尿・雑排水処理システム整備計画策定ガイドラインの素案を作成し、もって同国の問題解決能力の向上に資する。

c．し尿・雑排水分野のわが国とインドネシア国の技術者・研究者の経験交流を促進する。

d．インドネシア国と類似の状況にある他の開発途上国においてし尿・雑排水分野の技術協力を行う際の参考資料とする。また将来的には、主要開発途上国の地域特性を織り込みながら、開発途上国一般についての計画手法の開発に発展させていく。

（２）研究内容

し尿・雑排水処理システムの段階的改善計画手法の検討、なかでも計画策定のためのシミュレーション手法の開発が本研究の中心課題であり、平成５年度（第１フェーズ）には基本構想の開発、平成６年度（第２フェーズ）には基本構想のモデル都市（中部ジャワの

チレボン市）での適用を通じた手法改善を行った。

〔第１フェーズ（平成５年度）〕

・インドネシア国におけるし尿・雑排水処理システム代替案の整理と評価

・計画手法（適正システム選択手法・段階整備手法）素案（枠組）の作成

〔第２フェーズ（平成６年度）〕

・モデル都市における計画手法素案適用結果検討

・計画手法（最終案）作成

・コンピューター・シミュレーション・マニュアル作成

１－３　調査研究体制

（１）基本方針

ａ．本調査研究は国際協力事業団国際協力総合研修所と東京大学都市工学科国際環境計画（クボタ）講座の協力体制のもとに実施した。

ｂ．東京大学都市工学科国際環境計画（クボタ）講座は日本側研究者グループを組織し、インドネシア政府公共事業省の関係者で構成されるインドネシア側研究者グループとの共同研究としてインドネシア及び本邦において本調査研究を実施した。

（２）研究者グループ

ａ．日本側研究者グループ

- 桜井　国俊（元東京大学都市工学科国際環境計画（クボタ）講座客員教授）（グループ代表、1995年２月まで）
- 北脇　秀敏（　東京大学都市工学科国際環境計画講座客員助教授）
- 南部　敏博（岐阜県保健環境研究所：インドネシア公共事業省水道環境衛生訓練センター配属の長期専門家（雑排水処理）として勤務し、1993年３月に帰国）
- 池田　和彦（東京大学都市工学科国際環境計画（クボタ）講座教務補佐：第１フェーズ）
- 小嶋　公史（東京大学工学系大学院修士課程：第１フェーズ）
- 五十嵐堅治（東京大学都市工学科国際環境計画（クボタ）講座教務補佐：第２フェーズ）
- 谷口啓二郎（東京大学工学系大学院修士課程：第２フェーズ）

b．インドネシア側研究者グループ

- インドネシア国公共事業省研究開発総局人間居住研究所衛生工学実験所
- Ir.M.Nasroen Rivai,
  (Head of Experimental Station for Sanitary Engineering)
- Mrs.Ida Sumidjan
  (Head of Technical Service Section, Experimental Station for Sanitary Engineering)
- インドネシア国公共事業省人間居住総局環境衛生局
- Ir.Darmawan Saleh,
  (Director, Directorate of Environmental Sanitation)
- Ir.Hari Sidharata Dipl. He,
  (Director, Techinical Management Sub-Division, Directorate General)
- 大森　信慈　（国際協力事業団派遣専門家）
- 石井　明男　（国際協力事業団派遣専門家）

（3）編集事務局

国際協力事業団国際協力総合研修所調査研究課

- 橋本　栄治
- 今井　達也

（4）調査スケジュール

［第1フェーズ］

a．日本側研究者グループによるインドネシア現地予備調査（1993年2月から3月まで）

b．日本側研究者グループによる国内調査（1993年4月から6月まで）

・収集情報の整理・解析
・既存処理システム代替案の予備的整理・評価
・計画手法第一素案の作成

c．日本側研究者グループによるインドネシア現地第1回調査（1993年7月から8月まで）

・協力体制構築のための共同研究協定署名
・両研究グループの意見交換のための共同研究セミナー（バンドンの人間居住研究所にて、1993年8月5日）
・モデル都市の両研究グループによる共同踏査（モデル都市としてはインドネシア側の推薦により中部ジャワのチレボン市を選ぶ）と資料収集

d．日本側研究者グループによる国内調査（1993年9月から10月まで）

・収集資料の整理・解析
・既存処理システム代替案の整理・評価

・計画手法第二素案の作成

e．インドネシア側研究者グループによる第１回日本訪問（1993年11月）

・日本における途上国に適したし尿・雑排水処理システムの視察

・両研究グループの意見交換のための共同研究セミナー（東京大学にて、1993年11月11日及び18日）

f．日本側研究者グループによる国内調査（1993年12月から1994年２月まで）

・計画手法第三素案の作成

g．インドネシア側研究者グループによる基礎データ収集（1993年12月から1994年２月まで）

h．日本側研究者グループによるインドネシア現地第２回調査（1994年３月）

・両研究グループによる計画手法第三素案の検討

・インドネシア側研究者グループによる計画手法のモデル都市への適用作業計画の打ち合わせ

・共同研究セミナーの開催（ジャカルタにて）

[第２フェーズ]

i．インドネシア側研究者グループによる国内調査（1994年４月から10月まで）

・計画手法のモデル都市への適用、計画手法の要改善箇所の把握

j．インドネシア側研究者グループによる第２回日本訪問（1994年11月）

・計画手法のモデル都市への適用結果についての両グループの討議

・研究成果の発表のための共同研究セミナー（東京大学にて）

・日本における途上国向きし尿・雑排水処理システムの視察

k．日本側研究者グループによるインドネシア現地第３回調査（1995年３月）

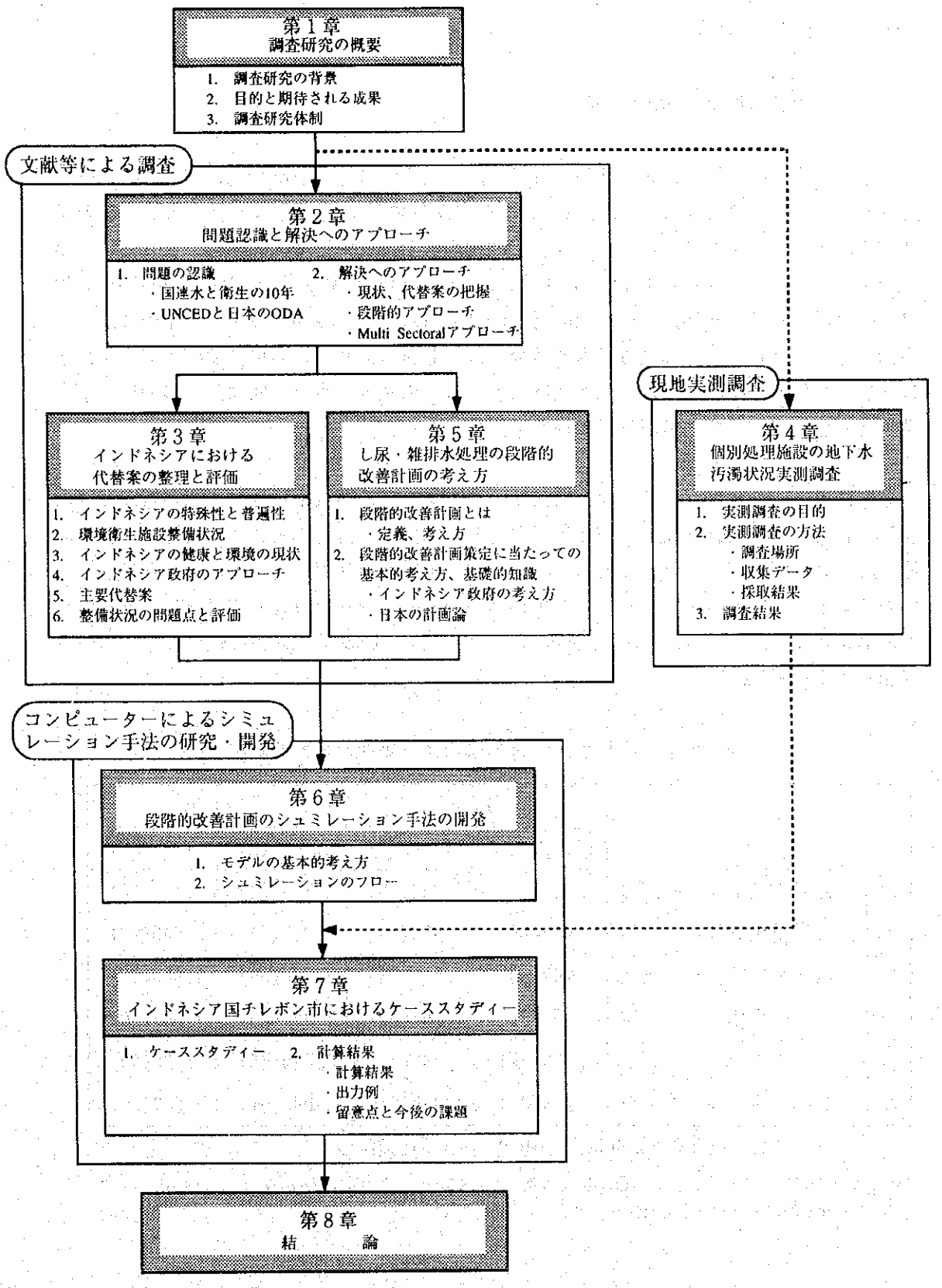
l．日本側研究者グループによる国内調査（1995年３月）

・計画手法の完成

（５）本報告書の構成

本報告書は図１のように８章から構成されている。

図1　報告書の構成


第1章
調査研究の概要
1. 調査研究の背景
2. 目的と期待される成果
3. 調査研究体制
文献等による調査
第2章
問題認識と解決へのアプローチ
1. 問題の認識
・国連水と衛生の10年
・UNCEDと日本のODA
2. 解決へのアプローチ
・現状、代替案の把握
・段階的アプローチ
・Multi Sectoralアプローチ
第3章
インドネシアにおける
代替案の整理と評価
1. インドネシアの特殊性と普遍性
2. 環境衛生施設整備状況
3. インドネシアの健康と環境の現状
4. インドネシア政府のアプローチ
5. 主要代替案
6. 整備状況の問題点と評価
第5章
し尿・雑排水処理の段階的
改善計画の考え方
1. 段階的改善計画とは
・定義、考え方
2. 段階的改善計画策定に当たっての
基本的考え方、基礎的知識
・インドネシア政府の考え方
・日本の計画論
現地実測調査
第4章
個別処理施設の地下水
汚濁状況実測調査
1. 実測調査の目的
2. 実測調査の方法
・調査場所
・収集データ
・採取結果
3. 調査結果
コンピューターによるシミュ
レーション手法の研究・開発
第6章
段階的改善計画のシュミレーション手法の開発
1. モデルの基本的考え方
2. シュミレーションのフロー
第7章
インドネシア国チレボン市におけるケーススタディー
1. ケーススタディー
2. 計算結果
・計算結果
・出力例
・留意点と今後の課題
第8章
結　　論

第２章　問題の認識と解決へのアプローチ

２－１　問題の認識

（１）国際飲料水供給と衛生の10年

安全な飲み水の供給とし尿の衛生処理は、かねてよりＢＨＮ(Basic Human Needs）の重要な柱の一つであると認識されていたが、それが国際社会でひときわ強く叫ばれたのは1977年にアルゼンチンのマルデルプラタで開催された国連水会議においてであった。この会議に端を発して、1981年から1990年の10年間が「国際飲料水供給と衛生の十年(International Drinking Water Supply and Sanitation Decade：以下、“水の10年”と略称する）」とされ、世界銀行、国連開発計画（ＵＮＤＰ）、世界保健機関（ＷＨＯ）や日本を含む先進諸国、さらには民間機関（ＮＧＯ）の援助のもと、開発途上国の飲料水の供給と衛生処理施設の整備が強力に進められてきた。

その結果、ＷＨＯによれば、飲料水供給サービスの普及率は全世界で46％から68％に増加しており、都市部は75％から85％へ、農村部は34％から59％へと特に農村部での普及の伸びが目立っている。また地域的には、東南アジアの農村部が31％から64％へと最も著しい伸びを示している。一方、し尿の衛生処理（adequate sanitation)率は全世界で39％から51％に向上し、都市部では60％から74％へ、農村部では31％から40％へと伸びている（表２－１参照）。

表２－１　飲料水供給とし尿の衛生処理の世界的状況

		1980年	1990年
		百万人(%)　：百万人(%)	百万人(%)　：百万人(%)
都市	飲料水供給　有／無	701(75)　：　235(25)	1,128(85)　：　104(15)
	し尿衛生処理　有／無	562(60)　：　375(40)	987(74)　：　345(26)
農村	飲料水供給　有／無	792(34)　：1,511(66)	1,570(59)　：1,088(41)
	し尿衛生処理　有／無	712(31)　：1,591(69)	1,056(40)　：1,603(60)
合計	飲料水供給　有／無	1,493(46)　：1,747(54)	2,698(68)　：1,293(32)
	し尿衛生処理　有／無	1,274(39)　：1,966(61)	2,043(51)　：1,947(49)

注）総人口：1980年；3,239百万人、1990年；3,991 百万人

出所：WHO (1992), *The International Drinking Water Supply and Sanitation Decade,* End of Decade Review (as at December 1990)

このような飲料水供給サービスの普及率とし尿の衛生処理率の向上は、世界が一致団結して努力した結果であり、その過程で開発・獲得された技術（特に適正技術）や経営ノウハウ、住民参加経験とともに地球社会の貴重な財産である。しかしこの結果は決して満足すべきものではない。水の10年の1990年の実績値（括弧内は目標値）を見ても、都市部の飲料水供給85%（91%）、し尿衛生処理74%（76%）、農村部の飲料水供給59%（81%)、し尿衛生処理40%（58%）と、いずれも目標値を下回っている。これは、米国の高金利政策等もあり、少なからざる途上国が累積債務に苦しみ、また世界同時不況による国際収支の悪化や、構造調整、財政赤字削減のために社会セクターへの投資が相対的に押さえられたこともあって、多くの途上国で飲料水供給とし尿の衛生処理のための投資が必要量をかなり下回ったことが原因となっている。また途上国における都市化がこの10年間に急速に進み、人口は都市部で42%、農村部で15%、全体で23%増加した。このため前述のように都市部では、飲料水供給サービスの普及率、し尿の衛生処理率ともにかなりの伸びを示しているにもかかわらず、サービスを受けていない人口の絶対数は、飲料水供給の場合は2.35億人が2.04億人へ、し尿の衛生処理の場合は3.75億人が3.45億人へと殆ど低下していない。

こうしたことから、1990年12月の国連総会では、今世紀末までにすべての人々が安全な飲料水とし尿等の衛生処理を享受できるよう、1990年代においても引き続き開発途上国の飲料水供給とし尿の衛生処理を推進することが決議されている。

さて、水の10年の基本戦略は、水の10年の戦略(Decade Approaches) と呼ばれ、次の6点に集約されている。

水の10年の戦略（Decade Approaches ）：

1. Complementarily in developing water supply and sanitation;
2. Strategies giving precedence to undeserved rural and urban populations;
3. Programmes promoting self-reliant, self-sustaining action;
4. Socially relevant systems that people can afford;
5. Community involvement at all stages of project implementation;
6. Association of water supply and sanitation with relevant programmes in other sectors, particularly with primary health care, concentrating on health education, human resource development and the strengthening of institutional performance.

上述のアプローチで第一点として指摘されているのは、飲料水供給とし尿の衛生処理を相互補完的に改善し整備することの重要性である。次ページの図２－１に示すように、飲料水供給のレベル（Hand Carriedレベル、Yard Tapレベル、House Connectionレベル）とし尿の衛生処理施設のレベルは相互にバランスをとって発展させる必要がある。これを欠くときには、十分な水量が確保できず折角の衛生施設が機能しなかったり（例えば

pourflush toiletは1～2リットル／flush の水量を必要とする）、あるいは逆に増大する水供給によって排水量が増加し、衛生施設が対応できず周辺水環境を汚染したりすることとなる。頻繁に起きるのは後者であり、水供給のみが進められて排水量が増加し、未処理の排水が周囲の水環境を汚染し、場合によっては水源の汚染にもつながることとなり、安全な飲み水の供給も脅かされることとなる。

表2－1で明らかなように、この10年間の経験は飲料水供給に比べし尿の衛生処理が遅れがちであるということを我々に教えてくれた。水の10年に協力している多国間・二国間の援助機関（External Support Agencies, 通称 BSAs）は、水の10年における援助活動を振り返り次の6点が制約要因となっているとの共通認識をとりまとめており、その第三点で、飲料水供給に較べてし尿の衛生処理が大幅に怠られていると指摘している。

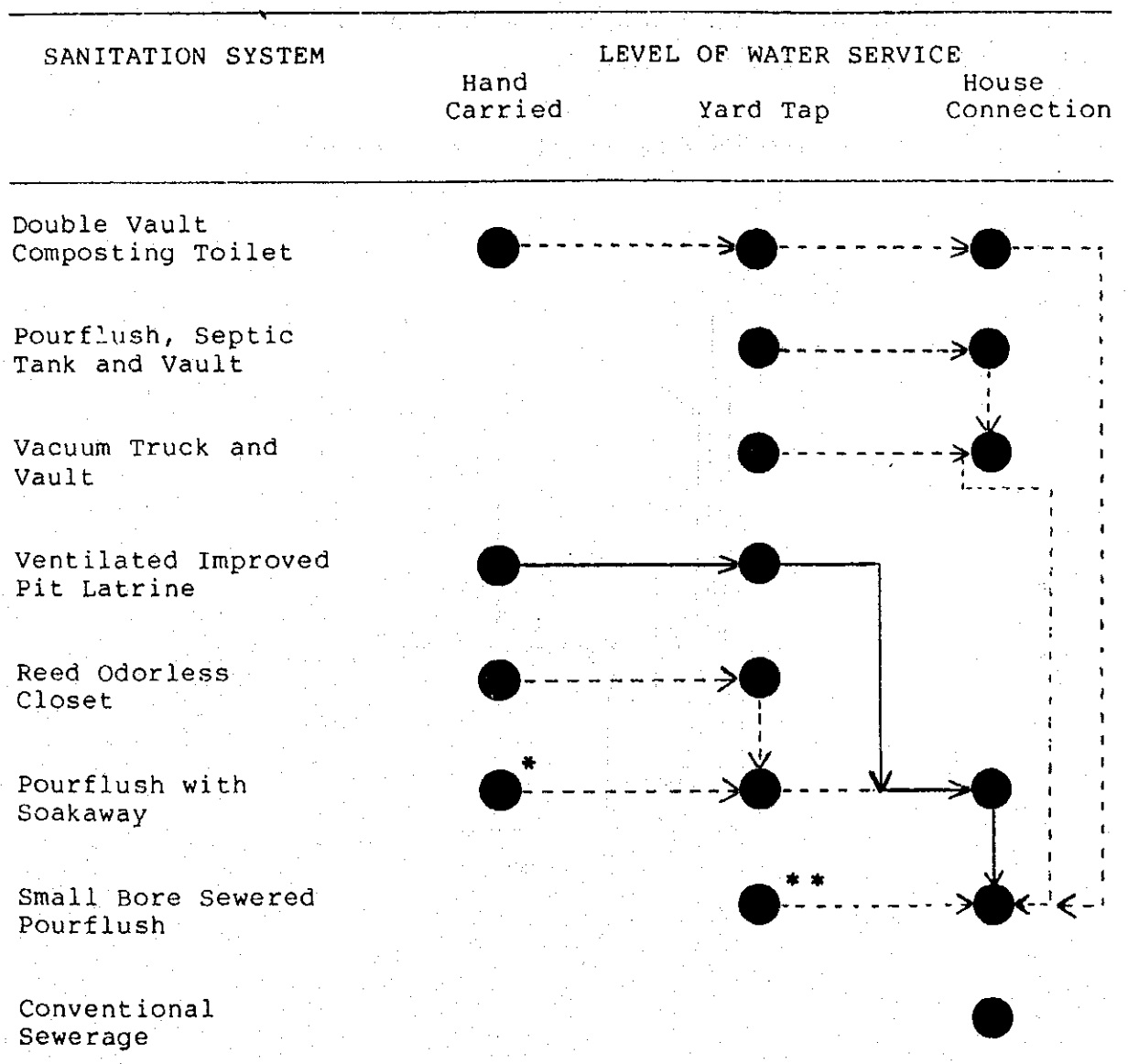
1. Inefficient water supply and sanitation and financially weak sector institutions;
2. Frequent absence of effective cost recovery schemes;
3. A wide neglect of sanitation development, as compared to water supply;
4. Insufficient attention to operation and maintenance and rehabilitation of existing water supply and sanitation systems;
5. A lack of organized community participation and hygiene education;
6. Insufficient coordination among BSAs, between BSAs and water supply and sanitation sector agencies in recipient countries (RCs), as well as intersectoral coordination in RCs.

それでは、何故し尿の衛生処理が飲料水供給に大幅に遅れをとるのだろうか。開発途上国の都市におけるし尿・雑排水処理の段階的改善計画手法の開発を目指す本研究としては、是非ともこの点について水の10年の経験に学び、遅れの原因を明らかにしておく必要がある。なお、水の10年では、低開発諸国の人々の健康の増進を重視し、水質環境の改善をその目標として前面に掲げてはいない。従ってし尿の衛生処理のみについて論じ、雑排水の処理は計画の対象外としている。しかし途上国では、環境の改善も日増しに重要性を増していることから、本研究では、健康の増進と環境の改善の両方の視点でし尿・雑排水の処理のあり方を論ずることとしている。

さて、し尿の衛生処理には、図2－2に示される換気改善型便所（VIP：Ventilated Improved Pit Latrine)などの低価格衛生施設から従来型下水道(Conventional Sewerage)のような高度の施設まで大きな幅があり、地域の条件に適合した適正な施設を選定していくことが極めて重要である。選定にあたって考慮すべき条件としては、土壌の透水性、地下水位、人口密度、家屋構造、収入、宗教・信条・生活習慣、保健衛生状況、土地所有の形態、居住区画の大きさ、既存の衛生施設・雨水排除施設、水供給の状況、公的組織、住民組織などが挙げられる。このように大きな幅がある衛生施設であるが、低価格衛生施設（low-cost, on-site sanitation）は、低価格水供給施設（ハンドポンプ又は公共水栓）

図２－１　飲料水供給のレベルとし尿の衛生処理施設のレベルの相互関係

Technically Feasible Sanitation Sequences

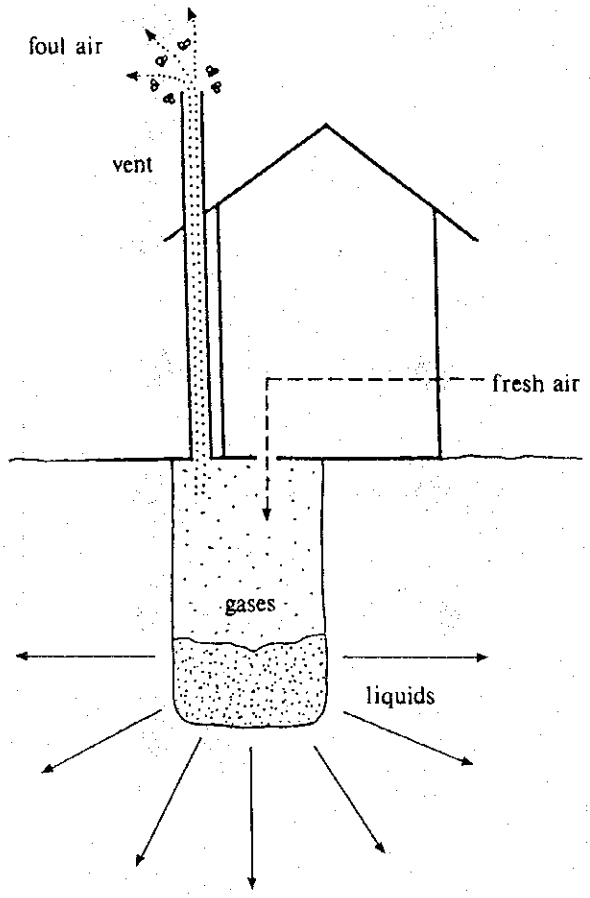


* Feasible if sufficient pourflush water will be hand carried.
** Feasible if total wastewater flow exceeds 50 liters per capita daily.

出所：Economic Development Institute, The World Bank, *Low Cost Sanitation*

よりも高価であり、WHOの報告によれば平均的な投資コストは、最貧国の都市部でオンサイト[注]の衛生施設が一人当たり 120米ドルであるのに対し、公共水栓による水供給はわずかに60米ドルである。また、飲料水供給施設はまず公的な資金を用いて整備され、しかる後に長期にわたって利用者から水料金という形で回収していくのに対し、オンサイトの衛生施設の整備は個人の一括負担でなされ、住民にとっての負担感がずっと重い。一方政府や為政者の側でも、国民に人気のある水供給をどうしても優先することになる。し尿の衛生処理の立ち遅れの第一の原因はここにある。

図2－2　換気改善型便所（VIP　Latrine）



出所：The World Bank (1986), *Information and Training for Low-Cost Water Supply and Sanitation;* 5.3 Sanitation Technology Selection

し尿の衛生処理の立ち遅れは、資金のみが原因となっている訳ではなく、その他にも様々な理由が関係している。例えば、低価格衛生処理技術が低価格水供給技術にくらべ複雑多様であることなども理由の一つとなっている。低価格水供給技術の場合には、素材も建

注：オンサイト、オフサイト施設については詳しくは第3章3－5節参照のこと。

設方法も限られており、通常は適正技術について書かれた教科書や手引書に示されている解で用が足りる。ところが衛生施設の場合には、その地域の文化体系（宗教・信条・生活習慣等）に適合させる必要がある。成功の確率が高いのは、既存のシステムを外部からの技術直輸入で置き換える方法よりも、むしろ既存のシステムと地域の習慣に基づく方法を採用する場合である。従って衛生施設の改善の場合には、格段に高度の創造性と柔軟性が技術者に求められてくる。こうした挑戦に応えられる意思と能力を持った技術協力専門家の確保・養成は簡単ではない。

世界銀行とＵＮＤＰは、水の10年用にし尿の衛生処理の適正技術について、各種手引書を開発している。このため、適正システムの選択の困難さは、ある程度軽減されている。しかし、どんなに優れた手引書といえども、貧困にあえいでいるコミュニティのニーズに敏感であるよう技術者に教えるのは難しい。衛生改善プログラムの実施の局面で遭遇する問題の多くは、衛生改善は家庭内の事柄への介入であるという事実に根ざしている。便所は家の一部であり、その多くは持ち主の資金負担と労力とによって作られたものである。そして新しい衛生システムを利用するということは、利用者の最も私的な習慣の変更を必要とする。一方最貧コミュニティにおける水供給は、村の中心に設けられた井戸のように極めて公的な性格を持っている。従って、衛生システムの改善と改善システムの使用には、水供給の場合とは較べものにならないほど積極的な受益者の取り組みが必要となる。水供給システムを改善した場合（例えば遠くの川から水を運んでいたのを村の中心に井戸を掘った場合）には、水汲み労働を行っているのはほとんどの場合主婦であり、彼女は労働軽減のため文句無しに井戸を利用するし、そのことについて家族の他のメンバーを説得する必要はない。これに対し、衛生処理システムを改善した場合（野外で排便していたのを家庭内にＶＩＰをつくった場合）には、彼女は家族の他のメンバーが便所を使用するように説得しなくてはならない。しかし野外での快適な排便(open air defecation) をやめ、暗くて匂いのする便所の使用に切り替えさせるのは、決して容易なことではない。清浄な水が手近で入手できることの便利さは誰もが理解するし、それを手にいれようと思わせるのに刺激策はあまり必要でない。しかし衛生的な便所が持つ利点を理解してもらうのは決して容易でなく、我慢強い説得が必要となる。こうした説得のためには、低コストの衛生処理システムの技術的側面を理解するのみならず、対象コミュニティ住民と共通の文化的背景を持ち、彼らの感情に敏感で、彼らに信頼され、やる気を引き出せる人材が必要となる。実は、便所の部品を生産したり販売したりするのより、こうした人材を養成することの方がずっと困難な課題である。

（2）ＵＮＣＥＤと日本の環境ＯＤＡ

1992年６月、ブラジルのリオ・デ・ジャネイロで開催された国連環境開発会議（United Nations Conference on Environment and Development : UNCED 、通称地球サミット）は、首脳に限っても 100ヶ国あまりが参加した今世紀最大の国際会議であり、「環境と開発」のテーマのもと地球温暖化、森林破壊、生物学的多様性、砂漠化防止、有害廃棄物管理、大気汚染、海洋保全などの広範な地球環境問題が議論された。

こうした中で、日本においては必ずしも十分に伝えられていないが、開発途上国においては飲料水、生活用水の確保がなされず、し尿・ゴミの衛生処理がなされていないことこそが、人々の健康阻害の原因であるとともにその生産性を損なう要因であり、開発の障害であることが途上国の代表によって強く訴えられた。すなわち世界の多くの国にとっては、衛生的な飲料水の確保とし尿・ゴミの衛生処理こそが最大の「環境問題」であり、「開発と環境」という地球サミットのテーマの中で最大の緊急課題であったといえる。

地球サミットで日本政府は、平成4年度から8年度までの5ヶ年間に9,000億円から1兆円の環境ＯＤＡを実施するとの公約を世界に対して行った。また1992年6月には「政府開発援助大綱」を発表し、環境ＯＤＡを日本のＯＤＡの大きな柱とすることを国の内外に明らかにした。さらには、1993年11月には環境基本法を制定して今後の環境政策の基本方向を示し、その中で国際環境協力が柱の一つとなることが明らかにされた。ここでいう環境とは、地球温暖化対策、酸性雨対策、有害廃棄物対策、生物多様性の保護、熱帯雨林の保護、砂漠化防止等極めて広範な内容にわたることとなるが、前述の途上国側ニーズを踏まえるなら、衛生的な飲料水の確保とし尿・ゴミの衛生処理が対途上国環境協力の柱となる必要があることは明らかである。この分野の協力が今後さらに増えることが予想される現在、途上国のニーズに即した効果的効率的な協力展開のノウハウの開発・蓄積・普及がわが国環境ＯＤＡの質の改善に不可欠の課題となる。

２－２　解決へのアプローチ

（１）現状の把握と問題の解明

問題の解決の出発点は、何が問題であるかを知ることにあり、それが出来れば問題解決の八合目まで来たことになるとまで言う人もいる。２－１で述べたのは、世界レベルで見たし尿・雑排水処理問題が置かれた状況であり、具体的にはこうした世界状況を踏まえつつ、個別の国、地域、都市を対象に問題の解決に取り組んでいくことになる。その場合にも、出発点は現状の把握と問題の解明である。この作業は技術面のみならず、経済面、財務面、組織制度面、社会・文化面、環境面をも含む体系的解析作業でなければならない。

（２）代替案の把握

問題の解明の次のステップは、それを解決しうる代替案（技術的代替案のほかにも、財務面、組織制度面での代替案などもある）を用意し、その利害得失を比較検討のうえ、最も妥当と判断されるものを選択し、選択された代替案に基づく改善作業の実施の手順を検討するということになる。従って、対象地域に意味のある代替案を準備できるか否かが極めて重要なポイントとなる。

２－１（１）「国際飲料水供給と衛生の10年」の項で触れたように、し尿の衛生処理には、飲料水供給に較べ格段に強い地域住民の信条・風俗習慣との適合性が求められる。こ

のため、教科書、手引書に記されている各種代替案を無批判に列記するのは、それらの代替案の地域社会における適合性の検証を欠くがゆえに有効性の点で疑問が多い。従って、まず第一に、現在当該地域、国で用いられている各種代替案を衛生面で問題のあるものも含め把握し、それが使用されるに至った歴史的社会的背景や自然条件との関係などを理解する作業が必要となる。ことの性格上この作業は、援助側の先進国技術者のみでは不可能であり、相手国の技術者との共同作業が必要となる。また狭い意味でのエンジニアリングのみでは問題の一面のみの理解に留まるから、他分野の専門家の参加が不可欠である。こうした作業がベースにあれば、当該国、当該地域でいまだに検証がなされていない新システムであってもそれが試してみるに値するものか否か、成否の鍵がどのあたりにあるかの予測が可能となり、既存システム、新システムの双方を一定のふるいにかけ、代替案として考慮するに値するものを絞りこむことが可能となる。

本研究においてフィールド調査の対象に選んだインドネシアの場合を例にとり、上記の点について考えてみよう。インドネシアでは、宗教（回教）との関係もあり、排便後の肛門洗浄（anal cleansing）は水を用い左手で行う。一定量の水が必ず使用され、紙やその他の清浄用資材（葉、とうもろこしの芯、木片等）は使用されないので詰まる心配もないことから、こうした地域の場合、低コスト衛生施設として最も適切なのは、ポワフラッシュトイレット[注]である。一方、かさばる清浄用資材を用いる習慣のある地域では、構造的に詰まる恐れがないＶＩＰが最も適切な低コスト衛生施設となる。こうした点を背景として、インドネシアではポワフラッシュトイレットが多用されている。このように排便に際して水を用いることから、し尿が水増しされ、汲み取り便所（vault toilet）の使用は困難となり、水増しされたし尿は、腐敗槽、リーチングピット、下水道などでの処理が必要となってくる。

インドネシアで現在使用されているし尿・雑排水処理システム代替案の整理と評価は本研究の中心課題の一つであり、詳しくは３－５で論ずる。

（３）段階的アプローチ

開発途上国においては、多くの開発ニーズがあり、し尿・雑排水の処理は通常、優先度の高い課題ではない。例えばスラム・スクワッター地域の住民の視点から考えてみても、彼らは土地所有の合法化、住宅の改善、交通手段と職の確保、上水道・電気の整備、教育福祉施設の建設、雨水排除、ゴミ収集サービス等、し尿・雑排水処理に優先する課題が山積している。従って、し尿・雑排水の処理に割き得る資源は極めて限られており、し尿・雑排水処理のあるべき姿を一挙に達成することは到底不可能である。例えばインドネシアにおいては、現在すでにかなり進行している水環境の汚染をこれ以上の悪化から守るために、第六次五ヶ年計画（Repelita-Ⅳ, 1994.4-1999.3）中で6.6兆ルピア（約 3,000億円

注：ポワフラッシュトイレット(pour-flush toilet；簡易水洗トイレ）では、通常柄杓様の桶（１～1.5 ℓ）を用いて、排尿時に約３ℓ、排便時は５～６ℓの水を使用する。この水はトイレ横に設置されている水槽から汲み取るのが通常である。

の投資がし尿・雑排水処理セクターでなされる必要があると試算されている（インドネシア政府公共事業省の試算による）。にもかかわらず、この計画で振り向けられた予算額は、その6分の1の1.1兆ルピア（約 500億円）に留まっている。

従って、し尿・雑排水処理システムの整備は段階的に進められる必要があり、長期の方向性としては、将来のあるべき姿（健康面、環境面の目標を達成できるシステムとして、当該地域の人口密度、土質、地下水位等に応じて選択されるシステム。図3－4参照）の整備に向かいつつ、同時に緊急課題については優先的に解決を図っていくことが求められる。し尿・雑排水処理システムの整備によって得られる便益は、大きく健康の改善と環境の改善の二つである。し尿の衛生処理すらなされていない場合には、水の10年のようにまず健康の改善が優先され（すなわち健康改善の便益を環境改善の便益よりも高く評価し）、最低限し尿の衛生処理を行うことが第一の目的となる。この段階が過ぎると環境の改善にも目配りがなされ（すなわち環境改善の便益が相対的に上昇し）、雑排水の処理も重要視されるようになる。

どのように段階整備を進めるのが効率的（費用対効果が高い）か、あるいは公正（サービス水準の格差が少ない）かは、段階整備のシナリオを幾つかつくり、それを比較検討することで明らかになる。例えば効率性については、次のような解析で明らかとなろう。

まず、し尿・雑排水処理セクターに振り向け得る資金（予算）がｉ年次にY_i、利子率をｒとすれば資金総額の現在価値（0年次における価値）は$\Sigma Y_i / (1+r)^i$となる。資金が0年次の予算Y_0をベースとして毎年 100ａ％で増加するケースを想定すれば、資金総額の現在価値は$\Sigma Y_0 (1+a)^i / (1+r)^i$と書ける。

一方、ｉ年次のこのセクターにおける支出（投資プラス維持管理費の合計）をS_i、利子率をｒとすれば支出総額の現在価値（0年次における価値）は$\Sigma S_i / (1+r)^i$となる。シナリオによっては、施設建設のために起債を行い、$S_i > Y_i$とすることも可能である。しかし支出総額の現在価値は資金総額の現在価値以下におさめる必要があるから、$\Sigma S_i / (1+r)^i \leq \Sigma Y_i / (1+r)^i$でなければならない。

この制約条件のもとでいくつかのシナリオを用意し、それによって実現される健康、環境改善効果を、例えば環境中への大腸菌の排出削減量やＢＯＤの排出削減量などをそれぞれ指標として改善の便益に読み替え、便益総額の現在価値を算出する。便益総額の現在価値が最大のシナリオが改善効率の最も良いシナリオということになる。健康の便益、環境の便益を算出するかわりに、劣悪な健康がもたらす費用、劣悪な環境がもたらす費用で検討することも可能であり、この場合は費用総額の現在価値が最小のシナリオが最も良いシナリオということになる。ｉ年次の劣悪健康費用をH_i、劣悪環境費用をE_iとすれば、課題は、$\mathrm{Min}\,\Sigma(H_i+E_i)$、すなわち検討シナリオのうち最小の$\Sigma(H_i+E_i)$を与えるシナリオを探すこととなる。

（4）Multi-Sectoralアプローチ

開発途上国の都市におけるし尿・雑排水処理改善プログラムは、他の都市開発プログラ

ムと抜き難く関係しており、こうした平行プログラムと連携し、調整していくことが効果的なプログラムの実施には欠かせない。

まず飲料水供給プログラムとの連携・調整の必要性であるが、これについては既に２－１（１）「国際飲料水供給と衛生の10年」の項で述べた通りである。

次は雨水排除プログラムとの連携・調整である。し尿・雑排水処理システムの面で最も劣悪な環境にあるスラム・スクワッター地域[注]は、同時に雨水排除の面でも最も困難な地域である場合が多い。洪水や土砂崩れの危険があり、どこに住むかを選ぶだけの経済力のある人達なら決して選ばない居住に適さない地域だからこそ、低所得者がそこに住むのであり、便所や腐敗槽を作っても洪水で溢れてしまう恐れがある。乾期であっても、腐敗槽からの流出水の行先の水路では子供達が水遊びをしており、健康面でのリスクが極めて大きい。

三番目に関係するプログラムは、都市ゴミの収集・処理・処分プログラムである。上述のように、ゴミ収集が満足になされないと、不法投棄によって側溝や排水路が閉塞し、雨水排除に障害が生ずる。インドネシアでは、し尿は腐敗槽とリーチングピットで処理しても雑排水は雨水排水路に直接排除している場合が殆どであり、ゴミによる雨水排水路の閉塞は、し尿・雑排水の適切な処理の大きな阻害要因となる。都市ゴミ収集と処理・処分との関係でもう一つ重要な点は、し尿や汚泥の汲み取りとその処理・処分が出来る機材・人員・組織を擁しているのは、唯一都市ゴミ担当部局であるという点である。都市部のbucket latrineやvault toiletは定期的にし尿汲み取りを行う必要があり、また腐敗槽は汚泥の汲み取り（desludging）を定期的に行う必要がある。し尿や腐敗槽汚泥は、都市ゴミのコンポスト法による処理の可能性を高めるので、両者の連携がプラスの効果をもたらす場合も考えられる。

＜備考＞

国際協力事業団が平成６年度にし尿・雑排水処理と都市ゴミ処理にかかる開発調査の本格調査を実施したインドネシア国のウジュンパンダン市では、腐敗槽からの流出水が流れこんだり、あるいは直接排便がなされたりしている水路で子供達が水遊びしていることが大森専門家（公共事業省配属、下水道担当）、石井専門家（公共事業省配属、廃棄物担当）によって観察されており、それが国際協力事業団への調査実施への強い要請へとつながっている。また本研究の一環として東京大学国際環境計画（クボタ）講座のメンバーが訪れたジャカルタ市のKarang Anyar地区（人口密度 1,300人／ha）、ウジュンパンダン市の Lette地区（人口密度 760人／ha）では、晴天時にも側溝、空き地に雑排水が滞留し、特に Lette地区では収集されないゴミも大量に累積しており、マラリア、デング熱等を媒介する蚊の発生の温床となっている。

注：インドネシアにおいて、庶民の居住地は、都市部・農村部に係わらずカンポン（Kampung)と呼ばれている。特に都市部のカンポンを指す場合にはアーバン・カンポンと言う場合もある。このアーバン・カンポンの中で特に居住条件が劣悪な地域がスラムであり、国公有地の不法占拠によるものはスコッターといわれている。ただし、それぞれを物理的・客観的に定義しているわけではない。なお、インドネシアでは「不法占拠でないカンポンをスラムとは呼ばない」と言う説もある。出所：金子　弘(1994)「インドネシアの住居政策（改訂版）」1994年８月　在インドネシア国際協力事業団専門家

このように各種の環境サービス（雨水排除、ゴミ収集、飲料水供給、し尿・雑排水処理）が相互に深く関係しあっているという点についての認識は、過去においては必ずしも十分ではなく、それがし尿・雑排水の適切な処理の推進に大きな妨げとなっていた。今後は、こうした関係しあう複数セクターが相互に連携し、調整しあって、全体としてバランスがとれ、投資の重複や手戻りがない都市開発を進めていく必要がある。従来のアプローチ（特にわが国の技術協力におけるし尿・雑排水処理のマスタープラン策定のための開発調査）がSingle-sector Orientedのアプローチであったのに対し、これからは関係しあう複数セクターの開発を総合的に進めるMulti-sectoralなアプローチが必要となる。また途上国では資金制約が強いことから、サービスの適正水準・規模、競合セクター間や同一セクター内競合プロジェクト間の優先順位づけが重要となる。

既に、途上国の中にはこのようなMulti-sectoralなアプローチをとっている国があり、またマルチ・バイの援助機関のマスタープラン策定に係る技術協力も多くの場合そのアプローチはMulti-sectoralである。例えばインドネシアのＩＵＩＤＰ（Integrated Urban Infrastructure Development Programme）はまさにこのような発想に基づくものである。また表２－２に示すように、アジア開発銀行、世界銀行、ドイツＧＴＺ、米国ＵＳＡＩＤなどの援助機関が、都市部・農村部におけるし尿・雑排水処理にかかるマスタープラン策定の際にとっているアプローチは際だってMulti-sectoralである。従来の日本のアプローチは一つのセクターの需要のみを見ていた嫌いがあり、資金や人的資源に大きな制約のある途上国では、飲料水の供給とし尿・雑排水の処理は当該地域社会にとって優先の課題であるという認識が十分でなく、バランスのとれた都市開発の中でセクターの開発を図っていくという視点が弱かったと言える。開発途上国の都市部におけるし尿・雑排水処理の改善にわが国が効果的な協力を行っていくためには、今後はMulti-sectoralなアプローチを強化していく必要がある。

表２－２　マルチ・バイ援助機関にみるし尿・雑排水処理にかかるマスタープラン策定のアプローチ

アジア開発銀行
＊バングラデシュ・ダッカ総合治水計画（土地利用、水質管理、ゴミ処理、し尿・生活排水、スラム改善を含む）
＊インドネシア・ジョグジャカルタ都市開発計画（飲料水供給、し尿・雑排水処理、ゴミ処理、道路、洪水制御、都市内雨水排除、カンポン改善計画を含む）
＊インドネシア・バンダルランプン都市開発計画（上下水道整備）
＊インドネシア・水道・し尿・雑排水セクター調査
＊インドネシア・イリアンジャヤ給水計画（下水・雨水排除の検討を含む）
＊インドネシア・バンドン給水計画（既存下水・雨水排除施設のリハビリの検討を含む）
＊韓国ウルサン等３都市第二次下水整備計画（下水とし尿処理を含む）
＊ラオス水道公社のリストラ計画

アジア開発銀行
＊スリランカ農村給水・し尿・雑排水セクター開発計画 ＊マレイシア漁村環境改善計画（水供給、し尿処理、ゴミ収集、雨水排除を含む） ＊ネパール・上下水道局戦略計画 ＊ネパール・上下水道整備７年計画の策定 ＊ネパール・上下水道セクタープロファイルの作成 ＊フィリピン都市開発計画（高速道路、水供給、下水、し尿、スラム改善、都市交通、ゴミ収集、社会インフラ等を含む） ＊フィリピン・第二次マニラ下水道整備計画
アジア開発基金（Asian Development Fund）
＊バングラデシュ・第二次都市インフラ整備計画（雨水排除、ゴミ収集、低コストし尿処理、水供給、スラム改善を含む）
世界銀行／ＩＢＲＤ
＊インドネシア・ジャボタベック都市開発計画：第３フェーズ（低所得層向けの都市インフラ・サービスの整備（ゴミ収集と水質汚染防止に力点） ＊インド・マドラス上下水道公社の能力強化計画 ＊韓国・５都市の上水・下水改善計画フェーズ１ ＊スリランカ・水供給・し尿・雑排水処理セクター調査 ＊マレイシア・ジョホール給水計画（ジョホールバルーのし尿処理を含む） ＊フィリピン・給水、下水、し尿処理計画フェーズ２
世界銀行／ＩＤＡ
＊バングラデシュ・チッタゴン給水計画フェーズ２（下水、し尿処理計画の準備を含む） ＊インド・マドラス給水計画（上下水道公社の能力強化） ＊スリランカ・農村水供給・し尿・雑排水処理セクター調査 ＊ネパール・都市水供給・し尿・雑排水処理リハビリ計画
国連開発計画（ＵＮＤＰ）
＊バングラデシュ・51地区低コストし尿処理計画（便所の建設、衛生教育等） ＊バングラデシュ・表流水資源データバンク開発計画 ＊バングラデシュ・飲料水供給セクターマスタープラン ＊バングラデシュ・地方都市水供給プロジェクト（水供給、低コストし尿処理、雨水排除、ゴミ処理、衛生教育） ＊インドネシア・地方水供給・し尿処理プロジェクト ＊インドネシア・地方水供給・し尿処理組織強化計画（ベンクル州及びランプン州）

国連開発計画（ＵＮＤＰ）
＊インドネシア・都市し尿処理改善投資支援（低所得者向けし尿処理施設の整備、カンポン改善計画、公衆便所用小規模腐敗槽の設置） ＊インドネシア・地方水道・し尿処理人材養成開発 ＊インドネシア・地方給水計画（南スラウェシ州） ＊インドネシア・地方給水計画（ヌサテンガラ州、チムール州） ＊インド・地方衛生便所デモンストレーション計画に基づくＦ／Ｓ ＊スリランカ・国家水供給・雨水排水公社組織強化計画（し尿処理を含む） ＊ネパール・水供給セクタープロジェクト準備支援情報システム（水供給、し尿処理） ＊ネパール・水供給・し尿処理人材養成フェーズ１ ＊フィリピン・低コスト水供給・し尿処理の計画と設計
国連児童基金（ＵＮＩＣＥＦ）
＊バングラデッシュ・飲料水供給とし尿・雑排水処理
ドイツＧＴＺ
＊スリランカ・農村・地方都市給水、し尿・雑排水処理改善計画 ＊マレイシア・イポーゴミ処理計画 ＊ネパール・バクタプール浄水場建設計画 ＊ネパール・ドゥリケルインフラ整備計画（水道リハビリ、公衆便所建設、雨水排除、新水道の整備、学校建設） ＊ネパール・バクタプール都市開発（水供給、排水処理、ゴミのコンポスト処理、公衆便所建設） ＊ネパール・カトマンズー清掃事業の再組織化フェーズ１
米国ＵＳＡＩＤ
＊スリランカ・アハンガマ水供給、し尿・雑排水処理プロジェクト ＊スリランカ・カハワッタ水供給計画 ＊スリランカ・水供給、し尿・雑排水処理管理者研修 ＊スリランカ・上下水道公社組織強化計画 ＊スリランカ・ジャフナ半島地方都市給水改善計画 ＊フィリピン・地方水供給・し尿処理計画 ＊タイ・避難民による影響を被ったタイ人救済計画（水供給、し尿処理等） ＊タイ・地方水道公社組織強化プロジェクト ＊タイ・地方プライマリーヘルスケア拡張計画（12％の資金が水供給、し尿処理に振り向けられる）

出所：ＷＨＯのデータベースＥＨＭＤＡＣより検索

し尿・雑排水処理との関係で見ておくべきセクターは上記の各種環境サービスに留まらない。その第一は住宅である。低コストのし尿衛生処理施設（オンサイト施設）はまさに個人の住宅の一部であり、一方低コストの飲料水供給プログラムは公共水栓のように公的性格が強く、個人の住宅との結合は弱い。つまり住宅セクターの抱える問題はし尿・雑排水処理に甚大なインパクトを与えることとなる。例えば、オンサイトのし尿衛生処理施設の整備を推進すべく無償でトイレの屋根材としてトタン板を支給すると、低コスト住宅建設用の屋根材が市場に不足しているような社会では、それが住宅用に転用されたとしても不思議ではない。

第二にし尿・雑排水処理は、土地制度とも深く関係する。スクワッターの場合には、強制撤去の可能性がある時には衛生的な便所の建設に資金と労力を注入するのを彼らに期待しても無理である。たとえその居住が合法化されていても、土地の借用期間が2年と限られている場合には同様であり、たとえ技術（その地域に適した技術）や資金力があっても、投資行動はなかなか起こらない。後者の例は、マレイシアのNew Villages[注1)] において典型的に見られる。この場合には、衛生施設整備の最大の促進手段は土地の借用期間（land tenure）の長期化である。

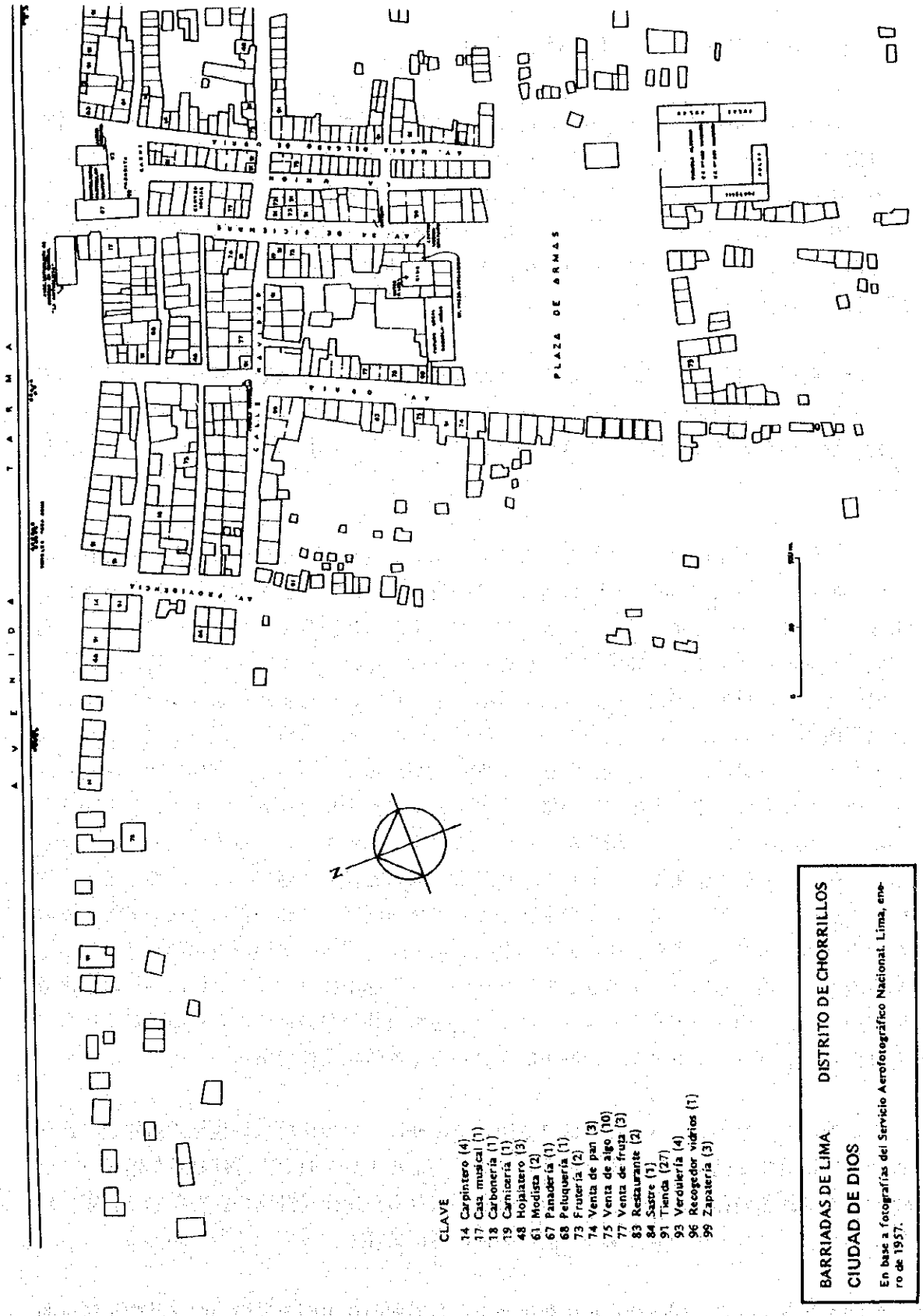
そして第三にし尿・雑排水処理は、都市計画と極めて密接に関係する。都市計画は都市の衛生インフラ（雨水排除、ゴミ収集、飲料水供給、し尿・雑排水処理）に十分配慮して進められる必要があり、こうした配慮を欠いた都市開発や計画ゼロの無秩序な都市開発の場合には、し尿・雑排水処理システムの整備は極めて困難な課題となる。それは同じ貧困地域であっても、区画割を事前に行い道路や排水路のレイアウトを決めてから住み始めた地域と、全く無秩序に住み始めた地域とを対比すれば明らかである。前者の例は、ペルーの首都リマの南方の砂漠の中に一夜にして出現した10万都市シウダー・デ・ディオス[注2)] がそれであり、占拠グループのリーダーは事前に図2－3に示すような都市計画図を作り、その上で占拠を行った（正確に言えば、図2－3は占拠後3年を経た1957年時点の状況を表している）。一方後者の例は枚挙に暇がないが、例えば再開発前のクロントイ（バンコク）などがそれである。ゴミを集めようにも収集車が入れる道がなく、排水路や下水道を入れるスペース、便所を設置するスペースすら容易には確保できない。従って低所得者用の住宅地開発でいわゆるサイト・アンド・サービス（site and service）が資金的に困難な場合には、サイトオンリー(site only) スキームを実施し、少なくとも将来の生活環境の改善を可能ならしめる配慮をしておく必要がある。

注1）マレイシア語ではKampong Baruと呼ばれる。中国革命の直後、革命の輸出を恐れて各所に散らばる中国系住民をまとめ、人の出入りを監視することでゲリラの活動をおさえたことに端を発する。マレー半島に約 500ヶ所あり、既に孫の世代に入って人口密度が高くなり、居住環境が劣悪化している。

注2）Ciudad de Dios, 神の町の意。住居に困窮したリマの主としてスクワッター住民が1954年の12月24日の夜、すなわち神の子キリストが生まれた日の前夜に大挙して移動し、国有の荒れ地を占拠した。クリスマスイブを占拠決行の日に選んだのは妨害を避けるためであり、また町の通りの名前には、時の大統領オドリア氏やその夫人の名前を冠して、政府の妨害の矛先をそらす工夫をしている。

以上に見たように、し尿・雑排水の処理が飲料水の供給に遅れをとる理由は数限りなくある。しかしそれが何もしないことの弁解になってはならない。それはむしろ、二つのセクターがあい補いながらバランス良く発展していくように、さらにし尿・雑排水処理に大きな努力を払っていくことの必要性を示していると解すべきものである。ここで大きな努力を払うということは、ただ単に大量の資金をそれに投入したり、達成不能な目標を追求して解決を歪めたりすることではないという点に十分に注意する必要がある。先進国での事例や経験にとらわれず、創造性、継続性、柔軟性、常識をもって問題に立ち望むことが求められている。

図２－３　Ciudad de Dios占拠直後の都市レイアウト



出所：Jose Matos Mar (1966), Instituto de Estudios Peruanos, *Las Barriadas de Lima 1957*, Lima-Peru 1966

第３章　インドネシアにおける代替案の整理と評価

３－１　インドネシアの特殊性と普遍性

本調査研究は開発途上国の都市におけるし尿・雑排水処理の段階的改善計画手法の開発を目指すものであり、解決へのアプローチの基本は第２章２－２に示す通りで、これは全ての途上国に共通するものと考えている。しかし、この基本により、段階的改善計画手法を具体化するに当たっては、当然のことながら対象国、対象地域の自然・経済・社会・文化条件を十分に考慮する必要があり、出来上がった計画手法はその国、その地域のみに有用な特殊解となる。

本調査研究では基本アプローチから具体的な解にたどりつく道筋を明らかにする目的で、インドネシアを事例研究国に選んだ。そこでこの事例研究で得られる解がどのような意味で特殊解なのかの議論を容易にする目的で、インドネシアの特殊性と普遍性について論じておく。

ここで特に重要なのは、当該社会（ここではインドネシア）では代替案として意味があるのは何かという点である。それは当該社会の自然・経済・社会・文化条件に左右される。第２章２－２（２）ですでに述べたようにインドネシアは熱帯モンスーン地域に属し、同じ回教徒であっても中東の砂漠地帯に居住する回教徒とは異なる衛生習慣を持つ。中東の砂漠地帯では、排便後の始末は伝統的には砂が用いられ、一方水が豊富なインドネシアでは川便所が一般的であった。紙を用いず排便後の洗浄を水で行うことからポワフラッシュトイレットと馴染みが良く、現在急速にその普及が進んでいる。従って代替案も簡易水洗を前提としたものが中心となる。中級以上の家庭では　ポワフラッシュトイレットからの排水を腐敗槽で処理している場合が多いが、これを日本のように嫌気・好気の浄化槽とするのは電気代の負担が重く、当面有力な代替案になるとは考え難い。むしろ熱帯地で生物反応が速いことを利用して、嫌気の浄化槽として技術開発を進め、優れた代替案とするのが妥当と考えられる。また、既に検討したように、インドネシアの経済水準は従来型の下水道の導入に適する水準にまで達していないが、一部都市にはオランダ統治時代の下水道管渠があり、このリハビリテーションによって下水道整備が経済的にも可能となる場合も有り得る。これはインドネシアの歴史的背景からくる特殊条件である。

この他にも、ゴトンロヨンと呼ばれる隣組での助け合いの伝統は衛生施設の建設、運転維持管理に重要な役割を果たすと考えられるし、またＩＵＩＤＰと呼ばれる都市インフラの総合整備計画の存在、ＰＲＯＫＡＳＩＨと呼ばれる河川浄化計画の存在など、し尿・雑排水処理のアプローチの前提条件、制約条件、外部条件となっているものがある。

今回インドネシアで開発する手法を出発点として他の途上国で段階的改善計画手法を開発する際には、上記のインドネシアの条件と対比させる形で当該国の条件を明らかにし、それに対応する代替案設定を行うことが求められる。

3－2　インドネシアにおける環境衛生施設整備状況

し尿・雑排水の適正処理を考えるには、まず排水の量的・質的把握が重要であるが、この点については十分なデータ蓄積がインドネシアにはない。そこで生活用の水使用量から排水量を推定することとなるが、住宅開発公団（Permnus)関係者によれば、一人一日当たりの水使用量は 160ℓである。内訳は台所30ℓ／人•day、風呂50ℓ／人•day、便所10ℓ／人•day、洗濯50ℓ／人•day、その他20ℓ／人•dayである。但しカンポンでは30～50ℓとも言われており、その数字には相当の幅がある。まずこの種の基礎的な数値の把握が必要である。

インドネシア国全体でみた便所の普及状況は、1989年時点で表３－１に示す通りである。共同／公衆便所やその他（便所無しを含む）が都市部でも44.6%と半分近くあり、農村部ではそれが72.5%にも達している。この範疇には通称ヘリコプターと呼ばれる川便所が多数含まれており、衛生的に極めて問題の多い便所である。加えて各戸便所の場合にも無処理で周辺道路側溝に排出される場合が多く、原型を維持した人糞が頻繁に観察される。子供達が側溝に直接排便するのもよく見られる光景である。便所の整備がまず第一に必要であることを示している。

表３－１　便所の普及状況（1989年）

	都市部	農村部	合　計
各戸便所 （腐敗槽付き）	3,527,869 （38.4%）	1,828,932 （ 6.8%）	5,356,801 （14.9%）
各戸便所 （腐敗槽なし）	1,565,875 （17.0%）	5,518,614 （20.7%）	7,084,489 （19.7%）
共同／公衆便所 その他	4,095,858 （44.6%）	19,375,299 （72.5%）	23,453,157 （65.4%）
合　　計	9,189,602	26,694,845	35,897,447

出所：Government of Indonesia (1989), *Statistik Indonesia*

表３－１は全国の平均であるが、当然ながら都市によって差があり、また都市内部でも顕著な差が見られる。表３－２はジャカルタとバンドンにおける住宅事情に関する主要指標を地区類型別にとりまとめたものであり、特にカンポンにおいて排水処理施設整備率、汚水浄化率、ゴミ処理率が低いことがわかる。また、住宅の広さ、老朽化、住宅費の高さとならんで、汚水処理に対する不満の高さを読みとることが出来る。便所の専用率、汚水処理率の低さも目立っており、汚水処理対策の必要性が高いことがわかる。

表３－２　インドネシアの住宅事情に関する主要指標

住宅事情に関する主要指標　その１

地区類型	ジャカルタ				バンドン				
項目	I．K	F．K	P．L	P．F	I．K	F．K	P．L	P．F	BTN
平均敷地面積 ㎡ A	49.4	88.8	93.7	中層	43.7	67.6	86.6	中層	122.8
（中位値）㎡	31.2	63.8	−−	−−	25.1	56.3	−−	−−	−−
平均建築面積 ㎡ B	31.5	53.8	55.2	中層	34.9	46.9	59.2	中層	75.2
（中位値）㎡	26.3	43.8	−−	−−	22.5	42.0	−−	−−	−−
平均住宅総面積㎡ C	37.1	55.3	55.4	38.3	38.7	49.2	62.0	39.0	75.2
（中位値）㎡	32.2	45.3	−−	−−	26.2	42.0	−−	−−	−−
平均建ぺい率 ％ B/A	63 8	60.6	58.9	−−	79.9	69.4	68.4	−−	61.2
平均容積率 ％ C/A	75.1	62.2	59.1	−−	88.6	72.8	71.6	−−	61.2
併用住宅率 ％	11.3	8.8	12.4	0.0	9.1	5.3	9.8	0.0	6.3
平均寝室数 室	1.9	1.9	2.3	1.6	2.0	2.2	2.7	1.6	2.8
平均階数 階	1.4	1.1	1.0	中層	1.2	1.1	1.0	中層	1.1
平均建物年令 年	19.7	8.1	5.9	4.3	17.6	9.5	5.5	3.8	7.4
恒久的建物割合 ％	36.7	48.1	93.7	100.0	41.1	69.6	56.1	100.0	100.0
風呂の専用率 ％	71.1	80.7	98.1	100.0	59.0	65.3	100.0	100.0	100.0
便所の専用率 ％	31.2	47.9	98.1	100.0	51.7	66.7	100.0	100.0	100.0
台所の専用率 ％	87.7	93.9	97.5	100.0	80.1	82.2	95.1	100.0	100.0
照明の電化率 ％	77.3	60.7	100.0	100.0	87.9	90.7	100.0	100.0	100.0
水供給の自動化率 ％	34.2	1.2	69.8	97.6	45.9	23.6	80.5	100.0	6.3
排水施設未整備率 ％	20.0	24.3	0.0	0.0	12.1	8.7	0.0	0.0	0.0
汚水未浄化率 ％	77.6	55.6	0.6	0.0	53.9	38.7	0.0	0.0	0.0
ゴミ未処理率 ％	24.4	43.7	0.0	0.0	47.1	32.9	0.0	0.0	0.0

I．K：既成市街地内のカンポン　(Kampung Inner　)
F．K：市街化振興地域内のカンポン　(Kampung Fringe　)
P．L：住宅・都市開発公団による低価格住宅 (Perumnas Lowcost Housing)
P．F：住宅・都市開発公団による中層住宅　(Perumnas Flat　)
BTN：国民貯蓄銀行融資による民間開発住宅 (BTN　)

出所：『建築研究資料No.68』1990年３月　建設省建築研究所

住宅事情に関する主要指標　その2

地区類型	ジャカルタ				バンドン				
項目	I. K	F. K	P. L	P. F	I. K	F. K	P. L	P. F	BTN
平均世帯人員（総数）	5.6	5.2	6.1	4.9	5.4	5.5	6.8	3.5	5.6
人　（0- 9歳）	1.5	1.6	1.5	1.4	1.2	1.6	1.3	0.8	1.3
(10-19歳)	1.2	1.2	1.9	1.0	1.4	1.2	2.4	0.6	1.3
(20-29歳)	1.3	0.9	0.9	1.0	1.1	1.2	1.1	1.2	1.1
(30-39歳)	0.7	0.8	0.8	0.9	0.6	0.7	0.7	0.6	0.8
(40-49歳)	0.4	0.4	0.7	0.3	0.5	0.4	0.8	0.1	0.7
(50-59歳)	0.3	0.2	0.3	0.2	0.3	0.2	0.3	0.1	0.3
(60 以上)	0.3	0.2	0.1	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.2
平均主世帯人員　人	4.3	4.6	5.5	4.2	4.6	4.7	6.0	3.1	4.8
平均無料同居人員　人	1.3	0.6	0.6	0.7	0.7	0.8	0.8	0.3	0.8
無料同居人がいる世帯 %	40.0	29.1	29.2	43.9	27.2	30.7	36.6	25.5	56.2
土地の権利									
不法占拠または無料%	10.0	14.7	3.1	0.0	16.9	5.4	5.0	0.0	0.0
賃貸またはリース　%	55.9	39.9	13.7	65.0	51.9	18.9	2.5	68.1	34.4
返済中または持地　%	34.2	45.3	83.2	35.0	31.3	75.7	92.5	31.9	65.6
住宅の権利									
無料　%	6.7	4.9	2.5	0.0	8.0	2.7	7.3	0.0	0.0
賃貸またはリース　%	32.0	25.4	13.7	65.0	41.4	18.9	2.4	70.2	34.4
返済中または持地　%	61.3	69.6	83.9	35.0	50.6	78.4	90.2	29.8	65.7
世帯主の平均年令　年	41.3	39.5	43.2	38.6	41.7	38.5	46.0	35.8	42.6
世帯主の学歴									
小学校卒業未満　%	63.4	62.5	29.2	2.4	59.9	51.4	20.5	10.6	3.1
中学校卒業　%	16.1	20.5	24.8	14.6	18.1	21.6	20.5	8.5	6.3
高等学校卒業　%	17.0	11.6	34.8	58.5	15.8	18.9	33.3	55.3	68.8
大学等卒業　%	3.4	2.0	11.2	24.4	6.2	8.1	25.6	25.5	21.9
世帯主の出身地が当該都市内の割合　%	31.8	22.3	44.3	41.5	40.0	39.2	51.3	27.7	31.3

I. K：既成市街地内のカンポン　(Kampung Inner　)
F. K：市街化振興地域内のカンポン　(Kampung Fringe　)
P. L：住宅・都市開発公団による低価格住宅 (Perumnas Lowcost Housing)
P. F：住宅・都市開発公団による中層住宅　(Perumnas Flat　)
BTN：国民貯蓄銀行融資による民間開発住宅 (BTN　)

住宅事情に関する主要指標　その３

地区類型	ジャカルタ				バンドン				
項目	I．K	F．K	P．L	P．F	I．K	F．K	P．L	P．F	BTN
世帯主の職業　％									
無職	7.7	5.9	5.0	7.3	10.1	11.0	17.1	12.8	6.3
インフォーマルセクタ	47.5	40.8	4.3	7.3	41.0	30.1	7.3	4.3	0.0
民間フォーマルセクタ	32.1	34.3	39.1	48.8	29.4	35.6	7.3	27.7	18.8
公務員	12.7	19.1	51.6	36.6	18.9	23.3	68.3	55.3	75.0
職場までの距離									
不明（不定）　％	39.8	32.2	16.1	7.3	28.7	28.0	29.3	17.0	12.5
１Km未満（除不明）％	38.0	48.7	5.2	0.0	45.7	25.9	0.0	2.5	0.0
１～２Km（除不明）％	7.0	6.7	2.2	0.0	12.4	14.8	0.0	5.1	10.7
２Km以上（除不明）％	55.0	44.6	92.6	100.0	41.9	59.3	100.0	92.4	89.3
通勤手段									
徒歩＋自転車の割合％	53.2	45.8	7.6	0.0	61.5	41.9	0.0	2.5	0.0
月収入中位値　1000Rp	90.4	85.2	136.7	175.0	75.5	74.4	145.7	118.0	186.7
月消費支出中位値　A	92.1	83.2	135.9	170.0	83.9	76.2	140.0	99.1	183.3
月食費支出中位値　B	52.7	50.2	55.5	55.9	48.7	46.5	56.0	50.8	83.6
月住居支出中位値　C	15.9	18.6	27.7	40.4	13.3	11.6	28.6	27.8	49.4
エンゲル係数　B/A ％	57.2	60.3	40.8	32.9	58.0	61.0	40.0	51.3	45.6
住居費負担率　C/A ％	17.3	22.4	20.4	23.8	15.8	15.2	20.4	28.1	27.0
住宅事情の評価（非常に悪い＋悪い）									
住宅の広さ　％	59.5	48.7	23.8	51.2	61.3	46.9	56.1	57.8	22.6
住宅の老朽度　％	64.7	60.9	23.9	12.5	59.6	30.8	36.6	30.2	12.9
水供給　％	18.3	48.6	17.7	9.8	17.3	15.6	24.4	25.0	9.7
照明　％	25.9	41.4	11.2	17.0	25.0	21.9	2.4	4.8	6.5
汚水処理状況　％	32.7	40.6	5.6	39.0	18.3	24.6	4.9	18.2	23.3
住居費の高さ　％	23.9	49.3	9.2	53.6	33.5	28.6	9.1	43.2	20.7

Ｉ．Ｋ：既成市街地内のカンポン　(Kampung Inner　)
Ｆ．Ｋ：市街化振興地域内のカンポン　(Kampung Fringe　)
Ｐ．Ｌ：住宅・都市開発公団による低価格住宅 (Perumnas Lowcost Housing)
Ｐ．Ｆ：住宅・都市開発公団による中層住宅　(Perumnas Flat　)
ＢＴＮ：国民貯蓄銀行融資による民間開発住宅 (BTN　)

3－3　インドネシアにおける健康と環境の現状

第2章2－2において、し尿・雑排水処理システムの段階的整備のアプローチにおいては、それが健康と環境の両面に及ぼす影響を視野におさめておくことの重要性を指摘した。そこで本節では、インドネシアにおける健康と環境の現状をし尿・雑排水処理の観点から把握しておく。

（1）インドネシアの保健衛生指標

途上国の保健衛生統計は、一般的にかなり不完全であり、記録に残らない罹病事例が多数あるのは避けがたい。このような限定があるが、インドネシアで最も良い保健衛生統計と考えられているのは、保健省が1980年と1986年に実施した健康調査である。下痢症と皮膚病は、汚染した水を摂取したり、それと接触したりすることによってしばしば発生するし尿関連の疾病と考えられるが、この二つの疾病の罹病率は上記調査では表3－3の通りであった。1980年と1986年とを対比すると若干の衛生改善があったように見受けられるが、この間の適切な便所施設の利用人口比率はわずか1％上昇して38％になっただけであることを考えると、し尿・雑排水処理改善の効果はほとんどない。

表3－3　し尿関連疾病罹病率

	人口（％）	
	1980年	1986年
し尿関連全疾患	11．5	8．6
下痢疾患（年齢全体）	0．8	0．4
下痢疾患（1歳未満）	2．4	2．5
下痢疾患（1歳～4歳）	2．7	2．1
皮膚疾患（年齢全体）	0．9	0．8
皮膚疾患（1歳未満）	2．6	2．0
皮膚疾患（1歳～4歳）	3．2	2．7

Source:Survey of House Sanitation 1986

出所：Ministry of Public Works (1989), *Preparation of National Strategic Plan for the Human Waste and Waste Water Disposal Sub-Sector for Urban Areas,* Final Report Vol.1 Strategy, Janurary 1989

この6年間に乳児死亡率は、生産（せいざん）1,000人当たり100人（1980年）から72人（1986年）に低下している。1980年当時乳児死亡のおよそ24％は下痢によるものであり、乳児死亡率の低下は、その大半が経口水分補給療法（Oral Rehydration Therapy）の導入によってもたらされたと考えられている。従って、乳児死亡率は、以前に較べるとし尿の適正処理の指標としての有用性は低下してきているということは認識しておく必要があるだろう。

図３－１は、1985年の国勢調査結果等をもとに乳児死亡率と便所の整備率、乳児死亡率と腐敗槽の整備率の関係をプロットした図であるが、便所整備、腐敗槽整備の進んでいる州では乳児死亡率が小さいという関係が明らかである。

し尿関連の疾病が最も頻繁に発生するのは乾期の終わり頃と考えられる。それは家庭用の井戸の水位が低く、最も汚染されやすい時期であり、また雨期の最初の雨で今までに堆積していた汚物が流し出されるからである。新聞報道等を見ても、乾期の終わり頃に下痢症その他のし尿関連の疾病が多発することは明らかである。残念ながらそれを確証する季節変化を示す疾病統計はない。疾病発生率のこうした季節変化がわかる統計が整備されると、し尿・雑排水の適正処理のニーズが見え易くなると考えられる。

他の途上国と同様にインドネシアでも、し尿・雑排水処理の不備が一因となって飲み水の安全が大きく損なわれているが、その経済的費用の大きさを示す数字として水の煮沸費用がある。文献20によれば、ジャカルタ市民が水の煮沸に費やす費用はジャカルタ市のＧＲＰの実に１％に相当する額に昇るとのことであり、環境衛生の不備がいかに高いものについているかを示している。

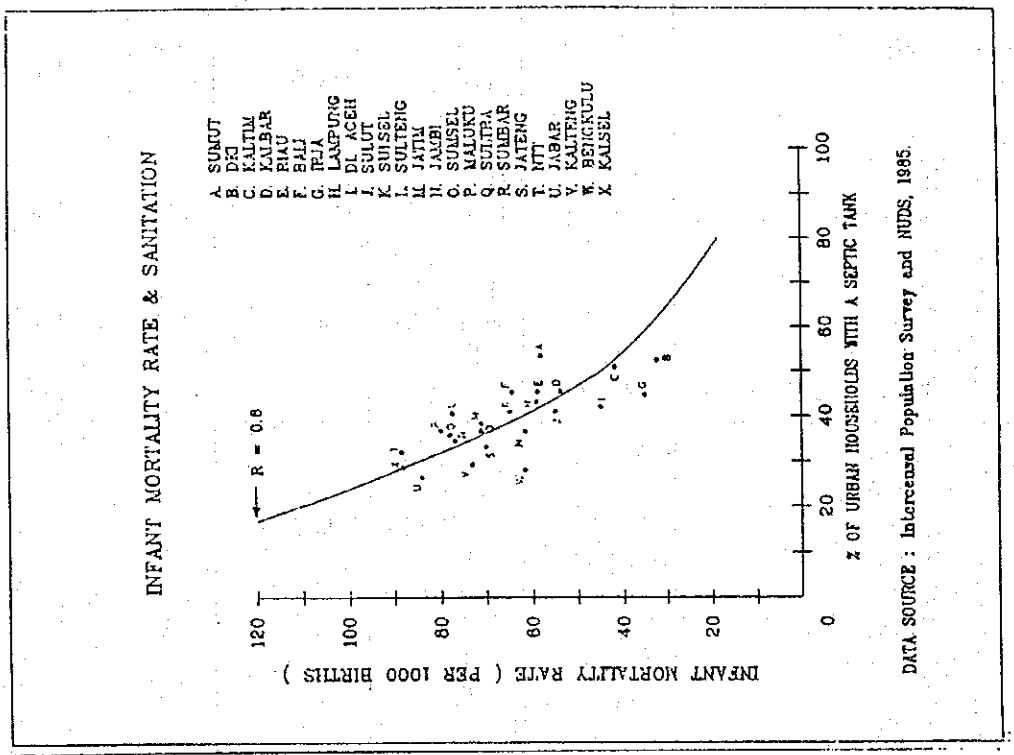
（２）水質汚濁の現状と水質環境基準

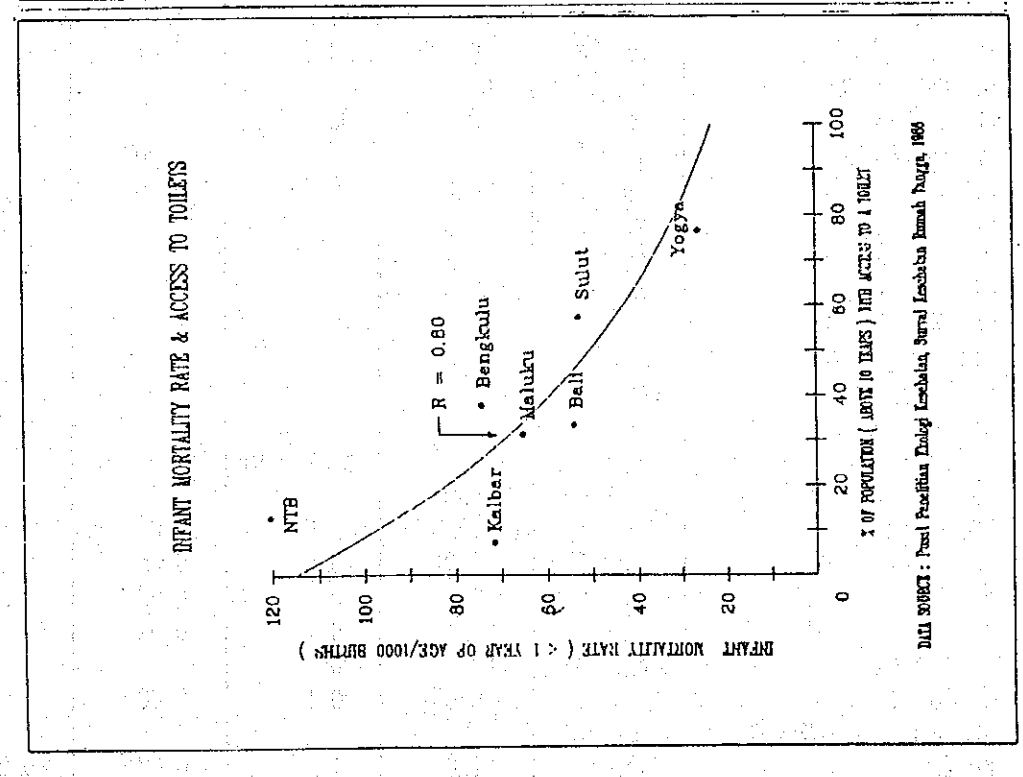
人口の都市への集中、工業開発、農業開発にともなって、インドネシアの河川の水質汚濁は拡大しつつある。都市内河川では、都市住民のし尿・雑排水が流入し、あるいは廃棄物が捨てられ、水質汚濁が進行している。ジャカルタでは都市中心部の河川はＢＯＤ60mg／ℓ以上で、ところによっては 100mg／ℓを越すところもあると報告されている。大腸菌は 1,000万個／ 100mℓのオーダーで、河川が下水路と化している状況である。また工業開発によって、重金属、有機汚濁物質が適切な処理が行われることなく河川に排出されている。さらには、農業開発、森林伐採によって土壌が流出し、下流の河川の濁度を高めているほか、農薬、肥料などの化学物質は水質汚濁のノンポイントソースとなっている。

水質汚濁防止対策の達成目標である水質環境基準は1988年に人口環境省によって定められており、利水目的によって表３－４に示した４段階の基準値が設定されている。

この水質環境基準は妥当なものであり、主たる問題は、し尿・雑排水や工業排水の適正処理をいかに進めこの基準を達成するかである。

図３－１　便所整備率、腐敗槽整備率と乳児死亡率の関係





出所：Ministry of Public Works (1989), *Preparation of National Strategic Plan for the Human Waste and Waste Water Disposal Sub-Sector for Urban Areas,* Final Report Vol.1 Strategy, Janurary 1989

表３－４　河川の水質環境基準（全国）

No.	項　目	単　位	基準値 A類型	B類型	C類型	D類型
Ⅰ（物理的性状）						
1	におい		無臭			
2	溶存固形分	mg／ℓ	1000	1000	1000	2000
3	濁度	NTU	5			
4	味		無味			
5	温度	℃	気温± 3℃	通常	通常± 3℃	通常
6	色度	TCU	15			
7	電気伝導度(25 ℃)	μmho/cm				2250
Ⅱ（化学的性状）						
（a．無機物）						
1	水銀	mg／ℓ	0.001	0.001	0.002	0.005
2	アルミニウム	mg／ℓ	0.2			
3	砒素	mg／ℓ	0.05	0.05	1	1
4	遊離アンモニア	mg／ℓ		0.5	0.02	
5	バリウム	mg／ℓ	1.0	1		
6	鉄	mg／ℓ	0.3	5		
7	ホウ素	mg／ℓ				1
8	臭素	mg／ℓ	0.5	1.5	1.5	
9	カドミウム	mg／ℓ	0.005	0.01	0.01	0.01
10	$CaCO_3$ 硬度	mg／ℓ	500			
11	塩化物	mg／ℓ	250	600		
12	遊離塩素	mg／ℓ			0.003	
13	６価クロム	mg／ℓ	0.05	0.05	0.05	1
14	コバルト	mg／ℓ				0.2
15	マンガン	mg／ℓ	0.1	0.5		2
16	ナトリウム	mg／ℓ	200			60
17	硝酸性窒素	mg／ℓ	10	10		
18	亜硝酸性窒素	mg／ℓ	1.0	1	0.06	
19	塩分濃度	%				60
20	ニッケル	mg／ℓ				0.5
21	溶存酸素	mg／ℓ		表層水では６以上	3以上	
22	銀	mg／ℓ	0.05			
23	ｐＨ		6.5-8.5	5 - 9	6 - 9	5 - 9
24	セレン	mg／ℓ	0.01	0.01	0.05	0.05
25	亜鉛	mg／ℓ	5	5	0.02	2
26	シアン化合物	mg／ℓ	0.1	0.1	0.02	
27	硫酸塩	mg／ℓ	400	400		
28	硫化物(H_2S)	mg／ℓ	0.05	0.1	0.002	
29	ナトリウム吸収率	meq／ℓ				18
30	銅	mg／ℓ	1.0	1	0.02	0.2
31	鉛	mg／ℓ	0.05	0.1	0.03	1
32	炭酸ナトリウム残基	mg／ℓ				.25-2.50

（続く）

（表３－４続き）

項　目	単　位	基　準　値			
		A類型	B類型	C類型	D類型
（b．有機物）					
1　ｱﾙﾄﾞﾘﾝ、ﾃﾞｨﾙﾄﾞﾘﾝ	mg／ℓ	0.0007	0.017		
2　ベンゼン	mg／ℓ	0.01			
3　ベンツピレン	mg／ℓ	0.00001			
4　ＢＨＣ	mg／ℓ			0.21	
5　クロルデン	mg／ℓ	0.0003	0.003		
6　クロロホルム	mg／ℓ	0.03			
7　2,4 －Ｄ	mg／ℓ	0.10			
8　ＤＤＴ	mg／ℓ	0.03	0.042	0.002	
9　界面活性剤	mg／ℓ	0.5			
10　1,2-ジクロロエタン	mg／ℓ	0.01			
11　1,1-ジクロロエタン	mg／ℓ	0.0003			
12　エンドリン	mg／ℓ		0.001	0.004	
13　フェノール	mg／ℓ		0.002	0.001	
14　ﾍﾌﾟﾀｸﾛｰﾙ、ﾍﾌﾟﾀｸﾛｰﾙｴﾎﾟｷｼﾄﾞ	mg／ℓ	0.003	0.018		
15　ヘキサクロロベンゼン	mg／ℓ	0.00001			
16　リンデン	mg／ℓ	0.004	0.056		
17　ｸﾛﾛﾎﾙﾑ抽出物	mg／ℓ		0.5		
18　メトキシクロール	mg／ℓ	0.03	0.035		
19　油分	mg／ℓ		不検出	1	
20　有機燐剤、ｶｰﾊﾞﾒｰﾄ剤	mg／ℓ		0.1	0.1	
21　ＰＣＢ	mg／ℓ		不検出		
22　ﾍﾟﾝﾀｸﾛﾛﾌｪﾉｰﾙ	mg／ℓ	0.1			
23　殺虫剤総量	mg／ℓ	0.1			
24　2,4,6-ﾄﾘｸﾛﾛﾌｪﾉｰﾙ	mg／ℓ	0.01			
25　ﾒﾁﾚﾝﾌﾞﾙｰ 活性物	mg／ℓ		0.5	0.2	
26　トキサフェン	mg／ℓ		0.005		
27　有機物（$KMnO_4$）	mg／ℓ	10			
Ⅲ（微生物）					
1　糞便性大腸菌群数	MPN/100mℓ	0	2000		
2　総大腸菌群数	MPN/100mℓ	3	10000		
Ⅳ（放射性物質）					
1　総アルファ線	Bq ／ℓ	0.1	0.1	0.1	0.1
2　総ベータ線	Bq ／ℓ	1.0	1.0	1.0	1.0

注：A類型：無処理で飲用に適する
　　B類型：適切な処理により飲用に適する
　　C類型：漁業、家畜の飼育に適する
　　D類型：農業、工業、水力発電に適する

出所：Government Regulation No.20, 1990 regarding the control of Water Pollution
引用：『開発途上国に適した環境対策に関する調査研究』，1993年、国際開発事業団国際協力総合研修所

3－4　インドネシア政府のアプローチ

（1）第4次、5次、6次五ヶ年計画

インドネシアでは、政府の開発事業と予算は国家開発五ヶ年計画（Repelita, 1968年に開始）によって枠組みが定められる。しかし、し尿、雑排水、ゴミ等の環境衛生分野の事業は第1次から第3次までの五ヶ年計画（Repelita Ⅰ, Ⅱ, Ⅲ）には入っておらず、地方政府の事業として行われてきた。この分野の重要性が高まり、イ国政府が取り組みを開始したのは、第4次五ヶ年計画（Repelita Ⅳ, 1984年度～1988年度）に入ってからである。

このRepelita Ⅳでは、公共事業省人間居住総局（Cipta Karya）に環境衛生局が新設され、またアジア開発銀行、世界銀行等による援助が始まった。しかしRepelita Ⅳの終了時点においても、イ国政府の事業が展開されたのは雑排水62都市、都市排水90都市、廃棄物 198都市に留まり、しかも実施された事業も大半が部分的な改善であったに過ぎない。

1989年度から始まった第5次五ヶ年計画（Repelita Ⅴ, 1989年度～1993年度）においては、1994年からの国家のテイクオフを目指した人間居住セクターについては次のように開発基本政策を定めた。

1）都市インフラの計画、建設、維持管理は地方政府の責任で行う。
2）すべてのレベルの政府が開発の立案、計画、優先順位決定に参加する。
3）融資限度額を増やすなど、地方の権能を強化して地方政府の資金調達を容易にする。
4）地方のためのガイドラインを中央政府が策定する。
5）住宅、水道、ゴミ、し尿、都市排水、カンポン改善の分野を包括した総合開発手法で行う（ＩＵＩＤＰ）。
6）公共サービスと都市インフラ整備は、低所得者層の負担能力範囲内で、受益者負担の原則もしくは環境改善を根拠とする租税により行う。

し尿・雑排水処理については、オンサイト、オフサイトの両方のシステムが採用され、地域の状況に応じ最適の技術を用いることが原則とされた。両者あわせて大小 200市・町と 5,000村が計画の対象となっており、上水不足のため水に起因する疾病が蔓延している地域、新市街地、観光地およびスラム地域などが選ばれ、公衆衛生教育、広報活動、デモンストレーションなどが行われることとなった。低費用し尿処理は市街地のスラム地域に導入が計画され、一方、オフサイトシステム（下水道）は大都市のみに採用するものとされ、その際には費用回収を考慮し、民間セクターの参加を奨励するものとされた。

第5次五ヶ年計画におけるし尿・雑排水セクターの政策を明確に示しているのは、1989年に策定された「衛生政策とガイドライン」である。そこでは、目的として費用効果の最も高い衛生システムによる計画期間中の環境衛生の改善が挙げられ、そのために低費用で

経済的に維持可能な衛生技術の利用、民間業者の活用、将来のさらに大規模なプログラムに向けての人材開発と財政基盤の確立、の重要性が強調されている。政策は以下の4つの要素から成っている。

1）地域の状況に即した適正で費用効果の高い衛生技術を選定するための技術面の政策。
2）し尿・雑排水処理セクターの財政基盤と実施能力を強化するための組織面の政策。
3）住民の支払い能力内での費用回収の最大化、個人による衛生施設の設置・改善への補助を可能にする財政面での政策。
4）住民の衛生意識を高めるための啓蒙政策。

技術面での政策としては、以下のものが主要なものである。

1）最も不衛生な地域を優先する。
2）オランダ統治時代に建設された既存のシステムを改善する。
3）大都市で現在進められている下水道プロジェクトは完遂する。
4）新規の下水道プロジェクトは個別処理システムが現実的でない地域、新市街地及び観光地のような環境が重要な地域においてのみ進める。
5）低費用下水道（shallow sewer等）については、パイロットプロジェクトによりその技術の評価を行う。
6）個別処理施設を建設する地域に財政的、技術的援助を行う。
7）腐敗槽＋地下浸透による処理システムの運転管理を改善する。
8）腐敗槽汚泥処分施設を設置する。

第5次五ヶ年計画は1994年3月に終了したが、その実績がまとまるまでにはなお多少の期間が必要である。しかし、公共事業省人間居住総局環境衛生局が1993年12月に国際協力事業団のインドネシア国ウジュンパンダン環境衛生整備（下水・廃棄物処理）計画調査・事前調査団の質問書に答えたところによれば、第5次五ヶ年計画は計画終了時までに 265市・町、 5,400村をカバーする予定であり、当初設定目標を超過する。これらのプロジェクトは、インドネシア政府自身の資金に加え、海外経済協力基金（ＯＥＣＦ）や世界銀行、アジア開発銀行などの資金協力を得て実施されてきた。しかしオフサイトシステムに限ってみれば、資金制約が大きくいずれの案件もその実施は予定より大幅に遅れている。

1994年4月から第6次五ヶ年計画（Repelita Ⅵ, 1994年度～1998年度）の期間に入るが、し尿・雑排水処理セクターは、第5次五ヶ年計画に引き続き環境衛生の増進と自然資源（水質）の保護を主たる目的にし尿・雑排水の処理を進めていくこととなっている。第6次五ヶ年計画の開始時点でし尿の衛生処理率は、巨大都市、大都市で55%、中小都市で45%、農村で40%である。これを第6次五ヶ年計画の終了時に次の水準にまで高めることを目標としている。

1）巨大都市、大都市

＊オンサイトシステム60%

＊オフサイトシステム25%（うち下水道10%、遮集渠15%）

2）中都市

＊オンサイトシステム60%

＊オフサイトシステム15%（うち下水道５%、遮集渠10%）

3）小都市

＊オンサイトシステム70%

4）村

＊オンサイトシステム60%

また、第６次五ヶ年計画の対象都市、計画内容は次の通りである。

まず対象都市は以下の通りである。

－巨大都市（Metropolitan）	:	7市
－大都市（Big cities）	:	13市
－中都市（Medium cities ）	:	49市
－小都市（Small cities）	:	157市
－農村部（Rural areas ）	:	5,000村

次いで計画内容は以下の通りである。

－下水パッケージ	:	47市
－遮集管	:	47市
－下水処理場	:	47市
－河川浄化計画	:	10市
	:	38モジュール
－汚泥処理	:	104市
	:	111モジュール
－公衆便所	:	257市
	:	3,252モジュール
－農村モジュール	:	5,000村
	:	5,000モジュール

またこの計画を実施するのに必要な予算と地方政府、中央政府の内訳は以下の通りである。

地方政府負担分	:	281,974,750,000 ルピア (24.29%)
中央政府負担分	:	878,968,240,000 ルピア (75.71%)
合計	:	1,160,961,000,000 ルピア

(1994年　1円≒20～21ルピア)

(2) Sector Strategy

前節では、第4次、5次、6次の五ヶ年計画の概要を見たが、ここでは第6次五ヶ年計画のし尿・雑排水処理セクターのセクター戦略をもう少し詳しくみてみることとする。それは、今の時点で、インドネシア政府のこのセクター担当機関(公共事業省人間居住総局環境衛生局)が、このセクターにおける技術代替案として何を考えているか、将来のあるべき姿への発展の過渡期においてどのように段階整備を進めていこうとしているのかを把握しておくことが、本研究の課題であるシステム代替案の整理・評価や段階的改善計画手法の開発に不可欠と考えるからである。なお、この項の分析には、本研究の一環として公共事業省人間居住総局環境衛生局のスタッフが東京大学を訪れ、1993年11月18日に共同研究セミナーを開催した際に環境衛生局下水道課課長補佐のルスタム氏が行った講演の資料を用いている。

まずこのセクター開発の目的は、水系伝染病の防止と水汚染からの水資源(潅漑、飲料水源、レクリエーション、水産)の保護の二つとされ、健康と環境が明確に打ち出されている。水の10年では、途上国の中でも最貧国に最大の力点を置いている理由から健康が重視され、一方わが国のような先進国では、水系伝染病はすでに過去の問題となっていることから、下水道整備の目的は近年水環境の改善に力点が置かれるようになっている。インドネシアでは両者の中間をとり、健康と環境の双方に目配りがなされていることに注目する必要がある。また、健康面で問題が深刻でかつ資金等の制約の大きい地域では、まず健康を優先し、低コストのし尿衛生処理システム(オンサイトシステム)で対処し、一方、首都の中心街、観光地、オランダ統治時代の下水道のある地域(これら地域はリハビリの対象となる)などを先頭に人口密集地帯については長期的にはオフサイトシステム(下水道)の整備を目指すなど、健康と環境に優先順位を設け、段階的整備の考え方をとっている。

次いでし尿・雑排水処理のための技術の評価については、上記の「健康」「環境」に加え、「経済」の3つの評価基準を打ち出している。各評価基準の概要は以下の通りである。

1）健康：＊大腸菌（糞便性）を指標として判断する。

＊水道があり、土壌の浸透性が良く、地下水位が1.5m以上深い場合、250人／haの人口密度までオンサイトシステムの使用が可能である。

2）環境：＊人口密度と周辺水環境のＢＯＤ濃度には図３－２に示されるような関係がある。人口密度100人／haの場合、ＢＯＤ30mg／ℓとなる。

＊以下の条件の場合には、周辺水環境のＢＯＤ濃度は図３－２より悪化する。

・土壌の透水係数が３×10^{-4}より小さい場合

・地下水位が１.５ｍより浅い場合

・経済の繁栄で所得水準が向上し、水消費量が 1,00l／人•day、ＢＯＤ原単位が40ｇ／人•day、を越える場合

＊周辺水環境のＢＯＤ濃度を30mg／ℓ以下に抑えるため、人口密度 100人／ha以上の地域では、オフサイトシステムの整備が必要である。

＊人口密度 100人／ha以下で地下水位が浅い地域では、Up-flow Filter付きの腐敗槽、垂直型腐敗槽（Vertical Septic Tank）なら使用が可能である。

3）経済：＊下水道の建設コストはヘクタール当たり６千万から８千万ルピアであり、下水道整備は、人口密度が高くなればなるほど一人当たりの経済的負担が軽くなる。オンサイトシステム（腐敗槽＋リーチングピットまたは腐敗槽＋ Up-flow Filter）の建設コストは一人当たり15万ルピア（通常の地域）から25万ルピア（地下水位が浅い地域）である。従って人口密度 250人／haで両システムは同じコストとなる。運転維持管理費はほぼ同じとみなす。（図３－３参照）

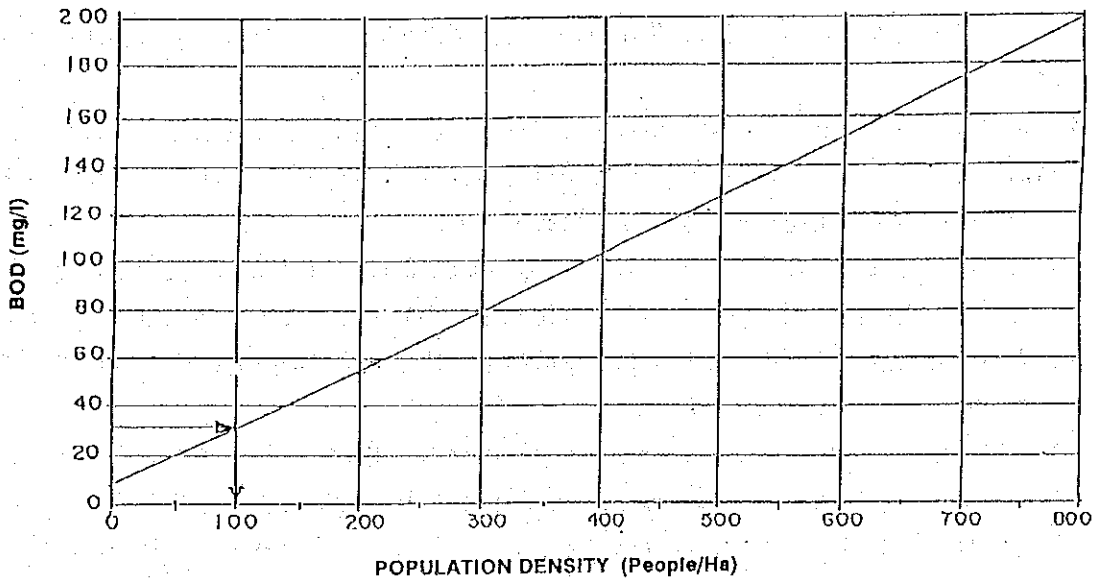
従って、結論として、下水道整備が奨められるのは、経済的観点からは人口密度がヘクタール 250人以上の場合、環境の観点からは 100人以上の場合、そして健康の観点からは水道がある場合には 250人以上の場合、水道がない場合には50人以上の場合であるとしている。なお、水道がない場合にヘクタール50人以上で下水道が奨められるというのは、飲用地下水の水質保全のためであろうが、発生する雑排水の量が少ないことから納得のいかない結論であり、今後インドネシア側と更に意見交換していく予定である。

以上の検討のもとに、第６次五ヶ年計画（Repelita VI）におけるし尿・雑排水処理セクターの開発戦略は、以下のように定められている。すなわち、環境の観点からはＢＯＤ30mg／ℓ以上というのは水系が重度に汚染されていることを意味するが、巨大都市、大都市、中都市では水系の汚染は既にこのレベルにある。従って第６次五ヶ年計画では、これら全ての都市においてオフサイトシステムの整備を開始し、少なくとも最も汚染された地域の水質改善を図らなければならない。具体的には、巨大都市と大都市では人口の25%（内15%は遮集管）、人口30万～50万の中都市では15%（内10%は遮集管）の人口を対象に下水道普及を目指す。

段階的整備にかかわる戦略としては、特に資金確保が負担とならないようにとの観点から、下水道整備は次の方針のもとに行うとしている。

図３－２　人口密度と表流水汚染濃度の関係

RELATION OF POPULATION DENSITY VS POLLUTION LOAD OF SURFACE WATER

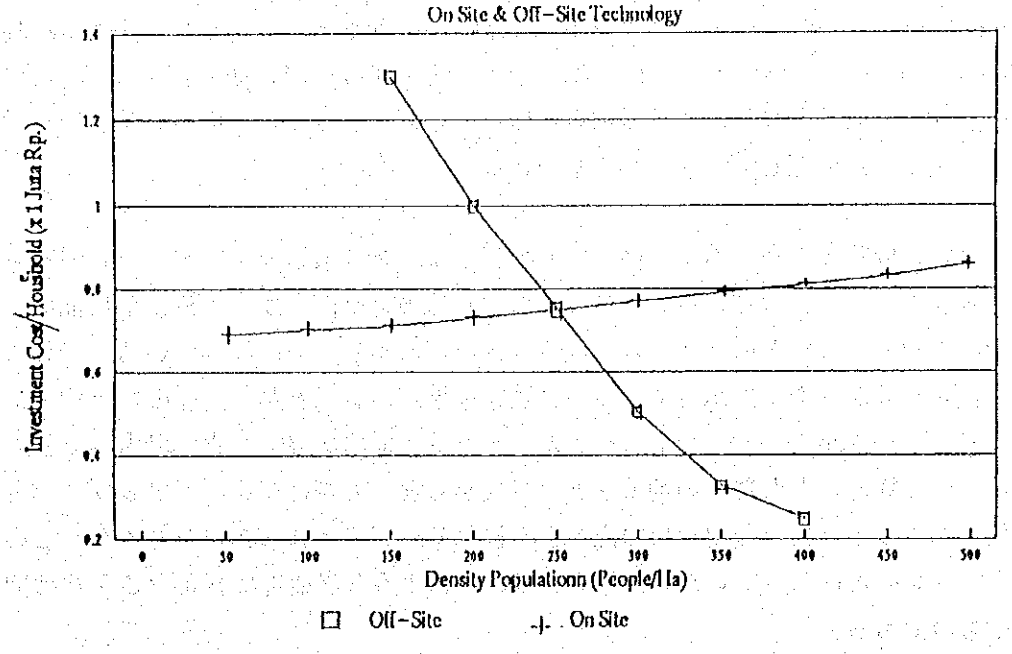


出所：Ministry of Public Works (1993), *Concept of Development Programme of Wastewater in Repelita-VI*, August 1993, Directorate of Environmental Sanitation, Directorate General of Human Settlement

図３－３　オンサイトシステムとオフサイトシステムの投資コスト比較

INVESTMENT COST COMPARISON BETWEEN

On Site & Off-Site Technology

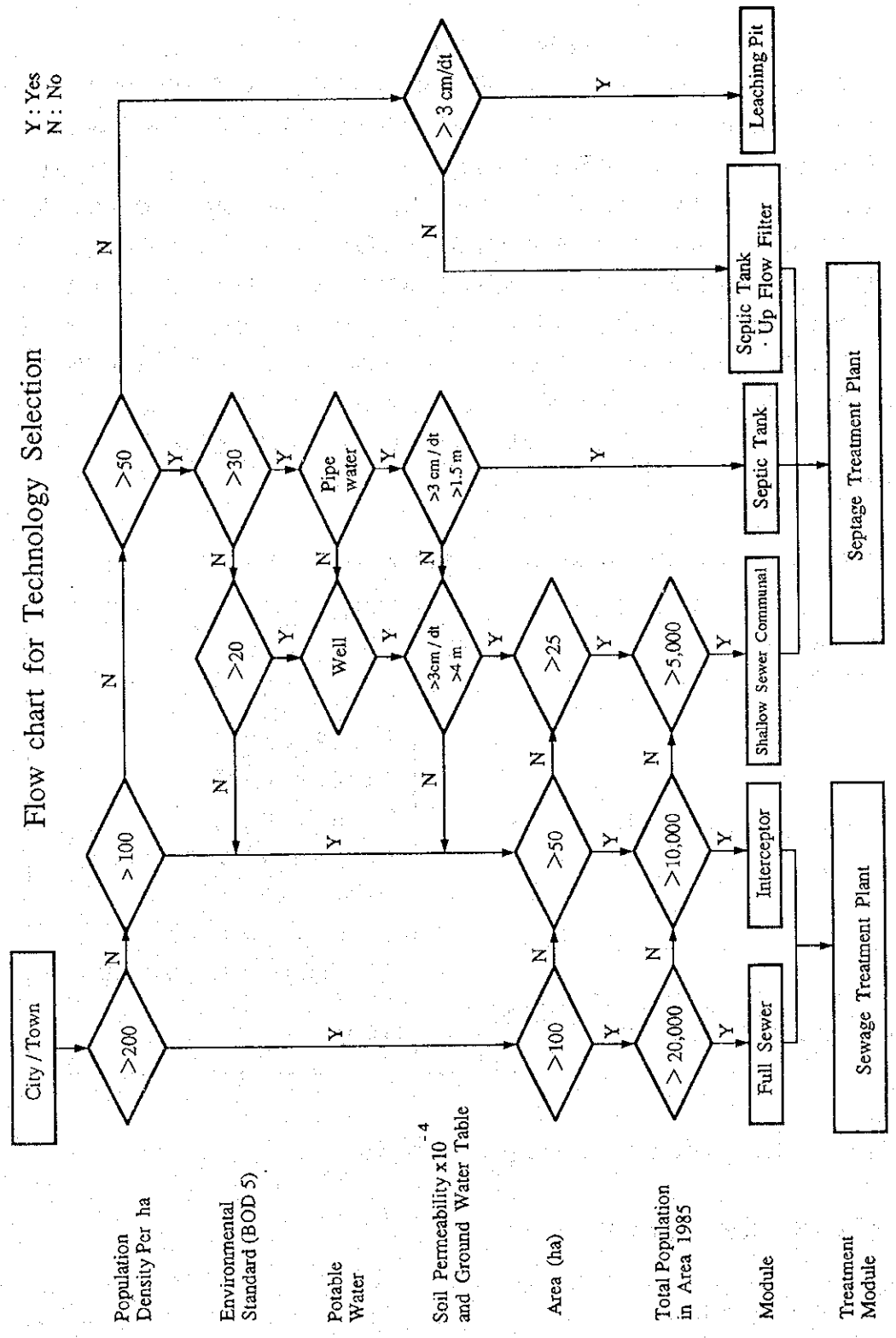


出所：Ministry of Public Works (1993), *Concept of Development Programme of Wastewater in Repelita-VI*, August 1993, Directorate of Environmental Sanitation, Directorate General of Human Settlement

1）個々のプロジェクトは下水道整備の長期計画に沿うものであること。
2）長期計画は、いずれ一つの全体システムにまとめ上げることが出来るような形でモジュールに分割し、実施すること。
3）下水道対象地域については、集中処理と分散処理のどちらが資金的に有利かを検討すること。
4）まず幹線管渠、遮集管、終末処理場を整備し、次いで面整備と各家庭との接続を段階的に行うこと。これは各家庭との接続は急速には進まないとの予測のもとに、水環境の汚染の防止効果を早期に実現するためである。
5）河川浄化計画（ＰＲＯＫＡＳＩＨ： Program on Clean Rivers）を支援するために、守るべき河川の汚染源となっている雨水排水路、小河川を遮集し、終末処理場に導く。
6）人口10万人以上の都市については、腐敗槽引き抜き汚泥（Septage)の処理場の建設を検討する。
7）人口が密集しているにもかかわらず下水道の整備が出来ていない（当面出来ない）地域では、地域腐敗槽（Communal Septic Tank）の整備を検討すべきである。
8）通常は、コンベンショナルな分流式下水道を用いるが、その導入の過渡期においては既存の雨水排水路を合流式下水路として利用し、雑排水を排除して下流で遮集し下水幹線管渠に取り込む方式も利用する。この場合には、し尿は腐敗槽に入れる。また浅深度下水道（Shallow Sewer)や小口径下水道（Small Bore Sewer）は、フラッシュ用水が確保出来る地域、地域社会による維持管理が可能な地域に限定してその使用を考える。
9）終末処理場で使用する処理技術は、簡単なものから始め必要に応じ徐々に複雑なものの使用を検討することとする。簡単なものから列記すれば、安定化池（Stabilization Pond)、エアレーションポンド（Aeration Pond)、ＵＡＳＢ（Upflow Anaerobic Sludge Blanket)、バイオフィルター(Bio Filter)、活性汚泥（Activated Sludge Process）となる。土地の取得可能性、地形、放流先の水環境基準、費用効果などが技術選定に際して考慮すべき事項となる。

以上の議論を取りまとめたものが図３－４の「し尿・雑排水処理技術選択フローチャート」であり、人口密度、水質目標、水道の有無、土壌の透水性、地下水位、地域面積、地域人口総数を指標としてどの処理方式を取るべきかがわかるようになっている。この図は、取るべき措置を分かりやすく示しているが、遮集地域があることから当面の暫定解であり、またいつ何をすべきかを示すものではないという意味で静的な解である。段階的整備の趣旨からは、時間経過とともにどの地域をどの方式からどの方式にグレードアップすべきか、それは他のシナリオと較べ費用効果の点でどう優れるかが示される必要があるが、この図はそのようなものとはなっていない。本研究は、このような必要性に答えうる手法の開発を目指すものである。

図３－４　し尿・雑排水処理技術選択フローチャート



出所：Ministry of Public Works (1993), *Concept of Development Programme of Wastewater in Repelita-VI*, August 1993, Directorate of Environmental Sanitation, Directorate General of Human Settlement

3－5　インドネシアにおけるし尿・雑排水処理システムの主要代替案

し尿・雑排水処理システムは、個別処理システム、集合処理システム、コミュニティ施設に三大別できる。個別処理システムは、現在稼働中のものはし尿のみの単独処理である。集合処理システムは排除施設（暗渠および開渠）のみから成る場合と終末処理施設を伴う場合とがある。いずれもし尿と雑排水の両方をカバーする。コミュニティ施設は共同／公共便所であり、ＭＣＫ（水浴場、洗濯場を伴った共同／公共便所）がそれである。共同とは決まった数家族が使用する場合、公共とは不特定多数が使用する場合を意味する。ＭＣＫは通常し尿のみを腐敗槽等で処理し、雑排水は無処理で側溝へ排出される。集合処理システムの場合、資金制約から、生活環境からのし尿の排除がまず優先され、終末処理施設は可能であれば設置するというのが基本的考え方である。インドネシアにおいては終末処理施設を伴うものは、ジャカルタ、バンドン、チレボン、タンゲランの４都市の一部のみである。インドネシアで現在使用または提案されているし尿・雑排水処理システムは、表３－５の通りである。

表３－５　インドネシアにおけるし尿・雑排水処理システムの主要代替案

（１）個別処理システム （オンサイトシステム）		１）リーチングピット ２）腐敗槽 ３）ＵＡＳＢ
（２）集合処理システム （オフサイトシステム）	Ａ．排除システム	１）在来式下水道 ２）浅深度下水道 ３）小口径下水道 ４）インターセプター下水道
	Ｂ．処理システム	１）安定化池 ２）エアレーティッドラグーン ３）活性汚泥法およびその変法
（３）コミュニティ施設	Ａ．共同便所 Ｂ．公共便所	腐敗槽

以下にこれらの代替案についてその概要を説明する。

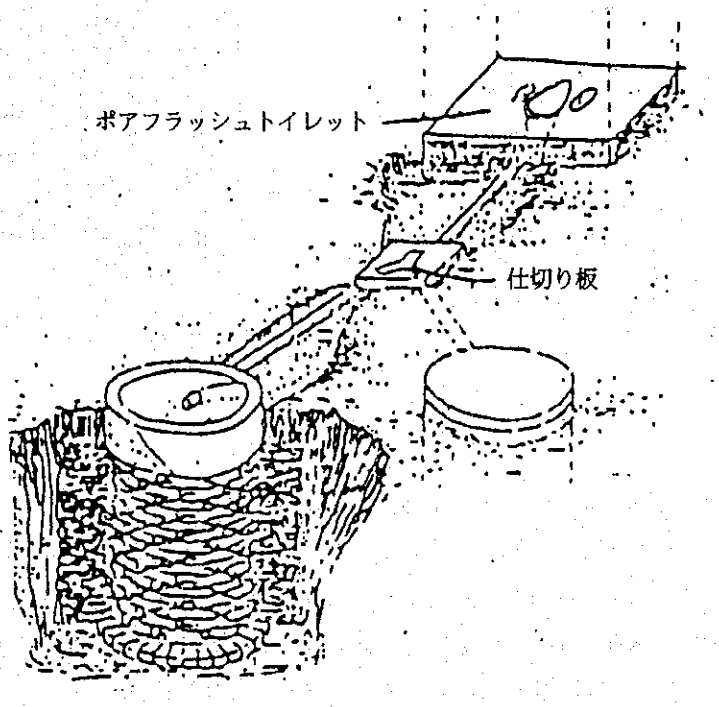
（１）個別処理システム（オンサイトシステム）

１）リーチングピット

リーチングピットとはポアフラッシュトイレットから排出されたし尿を受け入れ、地下浸透処理するシステムである。現在一般に使用されているのはリーチングピット１基のシングルリーチングピットであるが、汚泥引抜きがなされていないことが多い。そこで汚泥の安定化を図るため２基のリーチングピットを備え、１基が汚泥で満杯になるともう一方に切り換えることができるツインリーチングピットが提案されている（図３－

5参照）。リーチングピットは低価格であり建設が容易であるが、土壌の浸透能力の低い地域、地下水位の高い地域、リーチングピットと井戸の距離が十分とれない地域では適切ではない。

図3－5　ポアフラッシュトイレットとツインリーチングピット



2）腐敗槽

腐敗槽は、ポアフラッシュトイレットから排出されたし尿を受け入れ、嫌気性処理するシステムである（図3－6参照）。このシステムはインドネシアの都市部で最も一般的なし尿処理システムである。腐敗槽からの流出水は通常浸透床あるいはリーチングピットを用いて地下浸透させるため、土壌の浸透能力の低い地域、地下水位の高い地域、井戸までの距離を確保できない人口密集地域では地下水汚染の危険がある。このような地域で腐敗槽を用いるために、盛土した浸透床を用いる方法と、腐敗槽流出水を嫌気性上向流濾過（図3－7参照）を用いて処理する方法が提案されており、後者についてはジャカルタの3ヶ所の公団住宅で試験的に実施されている。腐敗槽が適切に機能するためには汚泥引抜きを行わなければならないが、インドネシアの現状を見ると汚泥引抜きを実施していない場合が多い。推定では汚泥引抜きを行っていない割合は8割をこえており、流出汚泥がリーチングピットの目詰まりを起こし浸透しなくなり、フラッシュできなくなるため、腐敗槽をあふれてし尿が側溝に直接流入している場合も少なくない。

図３－６　腐敗槽

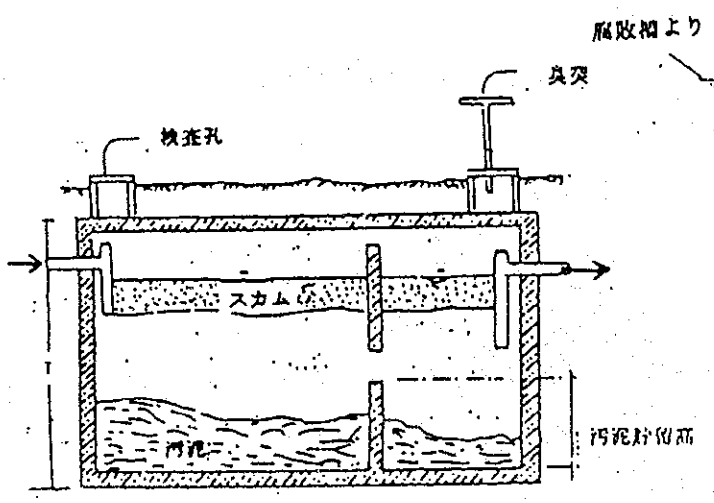
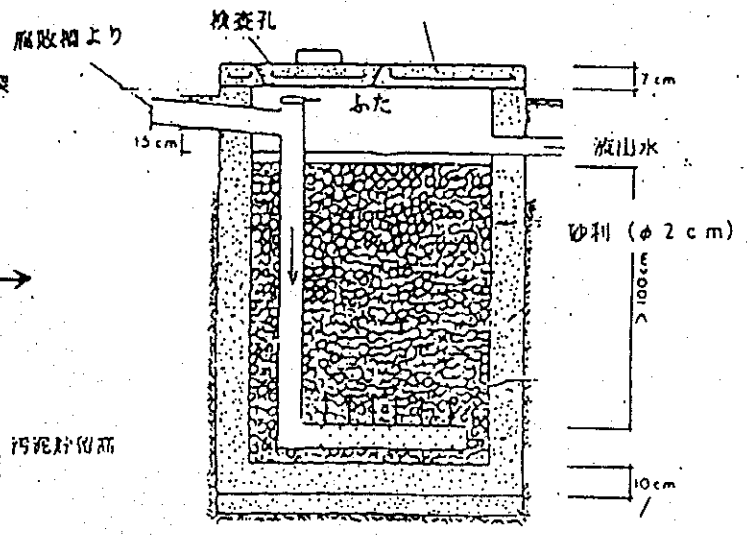


図３－７　嫌気性上向流濾過

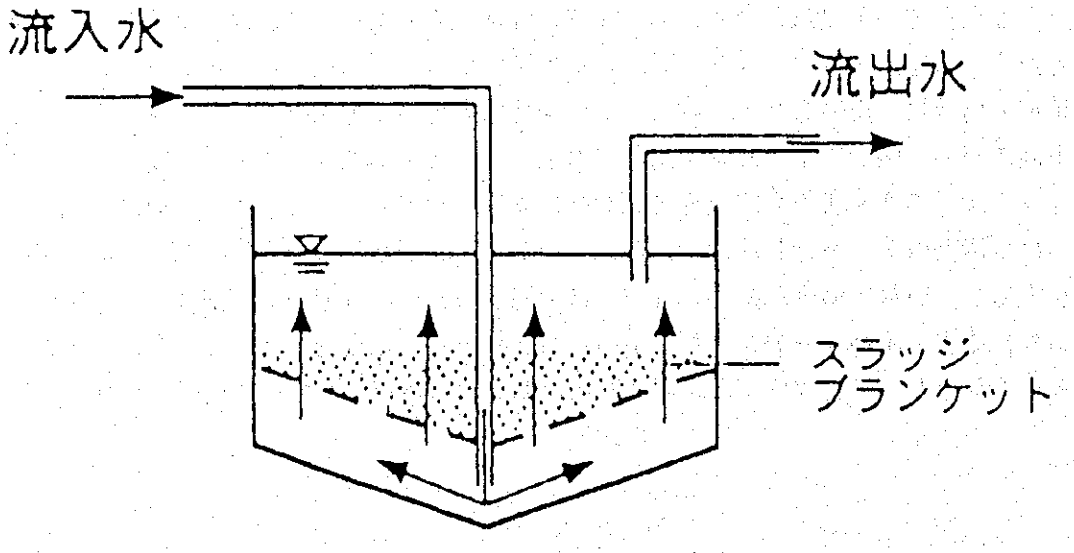


３）ＵＡＳＢ（Upflow Anaerobic Sludge Blanket ）

ＵＡＳＢは嫌気性処理システムの一つで、排水を反応槽底部から上昇流で流出させ、付着担体を用いずに汚泥のフロック化もしくは粒状化によって汚泥層を形成し、それによって高濃度の生物量を確保して高負荷処理を行う方法である。（図３－８参照）。

インドネシアにおいては現在バンドンとタンゲランの２ヶ所で一槽ずつ実証実験が行われている段階である。集合住宅を対象としたコミュニティープラント用のシステムとして想定されており、個別システムと集合処理システムの中間に位置する。性能、問題点についてはこれらのプロジェクトを通じて明らかになっていくと思われる。

図３－８　ＵＡＳＢ



（2）集合処理システム（オフサイトシステム）

A．排除システム

1）在来式下水道

在来式下水道はし尿・雑排水の両方を受け入れるシステムであるが、建設費が高い、建設工事が大規模で難しい、といった欠点がある。また家の構造が雑排水を裏の側溝に流すつくりとなっている場合があるが、その際には住居の前面道路に埋設される下水管に接続する費用は割高となり、住民が接続したがらない場合が多い。現在バンドンで分流式および合流式下水道が一部稼働中であり、またチレボン、ジャカルタ、タンゲラン、メダン、スラカルタの各都市で分流式下水道が一部稼働している。またスマラン、デンパサール、ボゴール、トゥガルの各都市で分流式下水道が提案されている。この他インドネシアではオランダ統治時代（1920年代）に建設された下水管渠が、スラバヤ、バンドン、ウジュンパンダン、スラカルタ、ジョグジャカルタ、チレボン、スカブミの各都市にあり、現在その改修が実施もしくは計画されている。

2）浅深度下水道（Ｓｈａｌｌｏｗ　Ｓｅｗｅｒ）

カンポン地域（低所得層高密度居住地域）内の汚水管を敷設する際に、土被りを小さく、また勾配をゆるやかにすることで建設費を減らし、作業も容易にしようというのがこのシステムのねらいである。カンポン内の道は道幅が狭く車両が進入できないため重量負荷が小さく土被りを30～40㎝程度にできる。また管路の詰まりを防ぐために潅漑用水などを導水してフラッシュすることで汚水自身の掃流能力に頼らずにすみ、ゆるやかな勾配で埋設できる。問題点は均一な勾配で埋設しないと閉塞し易いことである。このシステムはし尿・雑排水の両方を受け入れる。現在バンドン郊外のソレアン地区でパイロットプロジェクトが稼働中であるが、計画接続戸数 2,500戸に対し現在 100戸のみの接続となっており、負荷量がいまだ過小のためこのシステムの評価は時期尚早である。

3）小口径下水道（Ｓｍａｌｌ　Ｂｏｒｅ　Ｓｅｗｅｒ）

腐敗槽の流出水と生活雑排水を小口径管で集めるシステムである。固形物は腐敗槽で分離するので管閉塞が生じにくく、小口径管の使用が可能となり、管路勾配の自由度が高い。このため建設が容易で建設費も少なくてすむ。しかし腐敗槽が適切に機能することを前提にしていることがこのシステムの最も大きな問題点である。腐敗槽を設置していない住民が不法接続をしたり、汚泥引抜きを怠ったりすると、固形物が管路に直接流出し、システムは壊滅的打撃を受ける。このシステムはスラバヤ、パレンバン、トゥガルの下水道計画で提案されているにとどまっている。

4）インターセプター下水道

現在インドネシアの都市部では雑排水を道路側溝に流していることが多く、都市内の河川や幹線排水路を汚染している。インターセプター下水道は、側溝の汚水を河川ある

いは幹線排水路に流入する前に遮集し、終末処理場あるいは放流地点に運ぶシステムである。雑排水のみを受け入れるこのシステムは、し尿処理に個別処理システムを使用する地域で雑排水処理をする場合最も有力なシステムであろう。現在のところトゥガルで提案されているのみである。

B．処理システム

1）安定化池

安定化池は嫌気性池、通気性池および熟成池から構成される。嫌気性池はしばしば省かれる。安定化池による下水処理は、建設費が低く、運転管理が容易であり、熱帯地において処理効率が高いことから、インドネシアに最も適したシステムであると評価されている。しかし広大な用地の確保は都市部においては年々困難となっており新規の建設は難しくなっている。また農民による盗下水とそれによる農産物の汚染が一部の安定化池で発生している。このシステムは現在バンドン、チレボンの下水道プロジェクトで稼働している。

2）エアレーティッドラグーン

インドネシアでは池にフローティングエアレーターを設置して曝気する方式が主流である。必要な土地面積が安定化池に比べ少なく、建設費の低さ、運転管理の容易さも安定化池に準ずるところから、有力な処理システムである。ジャカルタの下水道プロジェクトで雨水貯留池を利用したエアレーティッドラグーンが稼働中である。しかし維持管理費の制約からエアレーターを連続的に稼働することが困難になることも予想される。

3）活性汚泥法およびその変法

終末処理場に利用できる土地面積が少ないところでは活性汚泥法の一変法であるオキシデーションディッチを採用することがあるが、建設費が高いこと、高度な運転管理が必要なことからインドネシアではまだ一般的ではない。現在稼働中の施設としてはタンゲランのスカサリ処理場で下水と腐敗槽汚泥の処理を、スラバヤのクプティ処理場で腐敗槽汚泥の処理を行っている。スラバヤでは汚泥返送ポンプの故障を放置しているといった運転管理の不十分さがみられる。標準活性汚泥法は処理効率が高く、終末処理場面積を少なくできるがさらに高度な運転管理が必要で建設費も高いことから、インドネシアでは一部の工場排水処理に使用されているものの、し尿・雑排水処理に使っている実例はない。

（3）コミュニティ施設

A．共同施設

共同とは、使用者が数家族（通常は5～7家族）と特定されている共同利用の施設であり、共同便所のみを設けるもの（これはインドネシア語でJamban-Keluargaと呼ばれる）、便所に水浴場、洗濯場を併設したもの（これはインドネシア語でMCK-Keluargaと呼ばれる。ＭＣＫとは、水浴、洗濯、便所－Mandi, Cuci, Kakusの略称である）がある。使用者が多いことから通常は腐敗槽の設置が必要であり、便所からの排水のみを対象に腐敗槽を設けている例が多い。腐敗槽には腐敗槽汚泥(Septage) の抜き取りサービスが不可欠であるから、車両がアクセスできる地点から50mの範囲内に設けられる必要がある。なおＭＣＫの近傍に下水管渠がある場合には、便所のみならず水浴場、洗濯場からの排水も全て下水管渠に排出すべきである。

第6次五ヶ年計画（Repelita Ⅳ）の中で実施が計画されている共同施設に、共同腐敗槽（Communal Septic Tank）がある。これはオンサイト処理とオフサイト処理の中間をいくSemi-off-site Systemと位置づけられており、各家庭のし尿・雑排水を1haに2ヶ所位の数で設置した共同腐敗槽に導いて処理するものである。コストは、2ヶ所の腐敗槽に径 100mmのパイプ 300mの費用を加えて合計 2,000万ルピア（約 100万円）程度と見積もられている（土地代を含まず）。共同腐敗槽整備地域の近傍にいずれ下水道幹線管渠が入れば共同腐敗槽排水を下水道に排出していくことが可能であり、これは考え方としてはまず面整備を進め、いずれ線整備がなされた段階で接続するという段階整備の一形態となる。

B．公共施設

公共とは、不特定の一般市民が使用者となる施設のことであり、便所のみのものとＭＣＫとがあり、それぞれJamban-Jamak、MCK-Umumと呼ばれている。Umumは公共という意味である。これは通常、市場、バスターミナルなどに設けることとなる。

3－6　インドネシアのし尿・雑排水処理システムの整備の現状と問題点

（1）インドネシア政府の環境衛生政策では、資金制約と保健衛生の視点からまずし尿処理が重視され、雑排水の処理、すなわち環境保全の視点については、可能な範囲で対応するという順位付けが行われている。これは費用効果の観点から妥当な政策と言えるが、実際の事業は必ずしもこの政策に沿って展開されておらず、衛生設備設置率はなお低い水準にある。ヒアリングによれば、低所得者層が居住するカンポン地域では、宅地面積及び経済的制約により便所すらない家屋が多数存在し、住民は劣悪な衛生環境に居住することを強いられている。

（２）下水道を建設した場合、住民に排水設備の接続を義務づける法制度及び支援する助成制度が整備されていないため、接続率が計画値を大幅に下回り、保健衛生、環境保全の両面で期待される効果が得られないことが多い。一例を挙げればバンドンの場合、排水設備接続可能区域での接続率は、上下水道公社の熱心な接続努力にも関わらず40％に留まっている。

（３）し尿・雑排水処理システムの熱帯地域における適切な運転管理指標を明らかにするための調査研究が乏しく、実際の運転管理に関するデータが不十分なため、システムの適正な運転維持管理計画の策定と実施が困難となっている。なお集合処理システムを現時点での運転実績に基づいて評価する際は、排除システム、終末処理システムのいずれにおいても（２）の理由により設計値よりかなり小さな負荷となっていることに留意する必要がある。

（４）腐敗槽の維持管理についての知識が利用者に周知されていないこと、汚泥引抜き料金の負担を避けようとする利用者が多いこと、引抜きのためのバキュームカーが不足していること、等の理由により汚泥引抜きを行わない場合が多い。このためリーチングピットが閉塞してフラッシュできなくなり、腐敗槽をバイパスしてし尿が側溝に垂れ流される場合が少なくない。また腐敗槽の汚泥処理場を有している都市は極めて少なく、引抜き汚泥の多くが未処理で河川、山林、空き地等に投棄されている。

（５）ＭＣＫ等の共同便所や公共便所の場合は各戸便所に比べ責任の所在が不明確となりやすく、管理が特に不十分である。

（６）不法居住地域（線路沿い、川沿い等）の衛生条件は、上水供給、し尿・雑排水処理、ゴミ処理のいずれにおいても劣悪である。しかしこのような問題は、途上国における急速な都市への人口集中に起因しており環境衛生面からのアプローチのみでは解決が困難である。

（７）統計の不備により正確な数字は把握されていないが、都市部においてもいかなる衛生設備も持たない人口が少なくない。保健衛生の観点ならびに環境保全の観点から衛生設備の整備が不可欠であるが、衛生教育の不足により住民はこのことを十分には認識していない。

第４章　個別処理施設による地下水汚染状況実測調査

４－１　はじめに

環境衛生処理施設を段階的に整備していくことを検討するには、まず計画区域の地下水汚染状況の基礎データを収集し、現状を把握する必要がある。そのため、日本側、インドネシア国公共事業省、人間居住研究所との共同でインドネシアにおけるオンサイト処理施設周辺の地下水汚濁状況の実態把握のための実測調査を行った。

現在、インドネシアでは都市部の衛生設備が不足しており、家庭雑排水とし尿による地下水や表流水の汚染が進んでいる。住民の中にはいまだ適正な処理なしに直接排水路などに排泄している者もおり、水質汚濁は累積的に広まっている。いくつかの市で水質汚濁の原因を調べると、75～90％は未処理で排出されたし尿が原因であった。

都市部における衛生処理施設の現状は次のとおりである。

1．家庭に設置されているし尿処理施設の38％は構造基準に、27％が準構造基準に適合している。
2．地方自治体や地域住民による排水処理施設の維持管理が充分行き届かない。
3．地域住民の衛生意識が低い。
4．表流水や地下水の水質汚濁は限界を越えている
5．地域住民の公衆便所に対する認識が低い。

腐敗槽やリーチングピットのようなより良い住環境を構築するため、浄化槽やリーチングピットなどを整備する努力が計られている。これらの処理施設は特に地下水など自然環境を良好に維持していくために作られている。

調査はインドネシアにおいてジャワ州バンドン市内の３地点において、現在使用されているオンサイト処理施設で実施した。

４－２　調査方法

（１）概要

本調査の方法は、し尿や家庭雑排水など水処理に関する文献などを参考にしながら、日本側研究者グループとインドネシア側研究者グループの人間居住研究所とで協議して作成した。

本調査の主目的は現地基礎データの収集と状況把握であり、詳細は以下のとおりである。

－関連のある研究所の業績調査と文献探索による基礎データの収集
－現場における観察と設置者に対する質問による情報収集

－採水した水の分析

（2）調査場所

以下の3カ所を調査地点として選定した。

1．RT 10 RW 04 Cipedes 地区 Sukajadi 区
2．RT 01 RW 08 Pasirbiru 地区 Cibiru 区
3．RT 05 RW 01 Bojongloa 地区 Rancaekek区

注）RT(Rukun Tetangga)：一種の隣組組織。約50戸、 250人を単位とする。
RW(Rukun Warga)：10RTが1RWとなる。

（3）収集データの種類

1．調査地点の状況
－調査地域の大きさ
－地理と地形
－経済状態

2．し尿と家庭雑排水の処理状況
－し尿や家庭雑排水の処理施設数
－処理施設の形式と建築材料
－処理施設の使用人口
－維持管理状況
－処理施設の効率

3．井戸の状況
－水量と水質
－水位の変動状況
－処理施設からの距離

4．周辺の排水路の状況
－水質
－洪水の頻度

5．病気の状況
－病気の種類
－発生頻度
－感染者の数

6．水利用の状況

－水源の種類

－１日１人当たりの水使用量

7．水質分析項目

①排水路の水と処理施設からの放流水

－ＢＯＤ

－NO_3－Ｎ

－NH_4－Ｎ

－大腸菌群数と糞便性大腸菌群数

－回虫卵数

②地下水

－ＢＯＤ

－NO_3－Ｎ

－大腸菌群数と糞便性大腸菌群数

（４）サンプリング方法及び分析方法

採水はインドネシアの基準であるSKNI No.06-2412-1991に従って次の所から行った。

－住宅の浅井戸から採水

－排水路の表流水を採水

－観測用井戸から地下水の採水

1994年９月に実施した観測用井戸からの地下水の採水は、乾期であったため地下水が無かった。このために、観測井底部の土壌をサンプルとし、グラブサンプラーで 100グラム採取した。そのサンプルの内１グラムを１リットルの蒸留水で希釈し、この希釈水100ミリリットルを分析に用いた。

そのほか、次のような３種類の質問表を作成してデータを収集した。（各質問表は付録２を参照）。

－形式Ａ　居住者に対する質問

－形式Ｂ　地域の保健所に対する質問

－形式Ｃ　地域の長に対する質問

4－3　調査結果

（1）RT 10 RW 04 Cipedes 地区 Sukajadi 区

1）概況

RT 10　RW 04はCipedes 地区の中で最も人口密度の高い所である。面積は7395㎡である。この地域は低所得者の住民が多く、現場労働者や退役軍人などが居住している。1984年の人口は約 2,500人であった。1家族の構成人数は3人から8人程度である。この地区では、便所や洗濯場所、水浴場所を共同で使用している。

RW 04 は10個のRT（班）から成っており、1本の小路がCipedes 地区を2分している。北側はKarangsetra に接し、南側はCibarengkok に接している。

RT 10 はRW 04 の西方に位置しており、北側がRT 03 、南側がRT 08 、西側がRT 05 である。今回の調査時、RT 10 には 125家族が居住しており比較的密集していた。ここにはツインリーチングピット付きの便所が2施設あるが、1施設だけが使用されていた。地下水位は長い乾期の影響で平年より低かった。この地区は以前では潅漑水路が整備された水田地帯であったが、1970年以降は住宅地に変化しため、潅漑水路は雑排水で汚染されていた。

2）生活用水

RW 04 に住む住民のほとんどは地下水をハンドポンプか電動ポンプで汲み上げて利用しており、水道公社から管路で供給された水を利用しているのは6％（10家族以下）である。ほとんどの浅井戸は便所のリーチングピットからの距離を考慮せず8ｍから15ｍの所に掘られているため、住民の健康への影響が心配される。

乾期であったため、調査時には浅井戸の水は非常に少なかった。そのため、住民の中には飲用水や調理、洗濯、その他の生活用水を近くの利用可能な井戸に依存している者もいた。個人用の井戸を所有している者もあるが、共同井戸を利用している者もいた。1日当たりの水使用量は、調理用が3～10ℓ、洗濯と水浴に30～ 400ℓであった。浅井戸は住民たちの相互扶助によって建設されており、1991年時で建設費はハンドポンプ付きで 125,000～ 150,000ルピアであり、浅井戸のみでは 100,000ルピアであった。

3）し尿と雑排水の処理

インドネシア都市部の郊外ではオンサイト処理が一般的であり、し尿は腐敗槽か浸透ますで処理されている。この地区では公共の衛生処理施設はないが、私有の処理施設が処理施設を持たない隣人に開放され、公共性をおびていた。住民の中にはトイレだけを建設し長いパイプを用いてし尿を排水路に放流している者もいた。また、土地が充分確保できないため処理施設を建設できない住民の中には、排水路や河川に直接　排泄したり、排水路の上にトイレをつくりそこで排泄していた。腐敗槽の建設費は　250,000～350,000ルピアである（1992年）。腐敗槽の形状は長方形で長さ1ｍ、幅1ｍ、深さ 1.5ｍである。長さ 3.5ｍ、幅2ｍ、深さ3ｍの大きなものもあり、この所有者は隣人も使用できるようにしていた。ツインリーチングピットの形状は長方形か円形である。

長方形のものは長さ１ｍ、幅１ｍ、深さ２ｍであった。これらの処理施設は住民の相互扶助によって労働力を確保し建設されていた。一般的には、２年に１度は汚泥引き抜きが必要であるが、現在までに使用されているすべての処理施設において汚泥引き抜きは行われていなかった。

４）排水路

現在の排水路は潅漑用に作られたものであり、調査地域に沿って南方に流れている。この排水路には数個の小さな排水路が流れ込んでおり、ごみや家庭雑排水の排出先として利用されている。ここでは子供が日中でも排泄しており、夜には大人も排泄に利用している。雨期には排水路は氾濫し、ごみや排泄物が周辺地域にばらまかれる。乾期には排水路にはほとんど水がなく、排泄されたし尿がその場に留まり悪臭を放つようになる。

５）健康状態

RT 10 があるSukajadi区内の疾病構造を表４－１に示す。もっとも罹患数の多い病気は上気道感染症であり、２番目はその他の呼吸器疾患である。

表４－１　Sukajadi区の疾病構造

順位	疾　病	感染者数	%
1	上気道感染症	7,505	43.53
2	その他の呼吸器疾患	1,756	10.07
3	胃炎	1,468	8.43
4	皮膚アレルギー	1,026	5.89
5	下痢	1,006	5.77
6	リウマチ	981	5.63
7	皮膚炎	968	5.55
8	歯耳鼻科関連疾患	893	5.13
9	口内炎	880	5.04
１０	歯周病	864	4.96

出所：Sukajadi，地区診療所1993/1994

６）リーチングピット周辺の土壌の汚染状況

観測用の井戸はEmed氏の家にあるリーチングピットの近く、１ｍ、２ｍと３ｍの所に掘った。試料の分析結果を表４－２に示す。

表４－２　観測用井土壌の汚染状況

項目	単位	観測用井戸（1994年９月）		
		１ｍ	２ｍ	３ｍ
糞便性大腸菌群数	コロニー数/ml	360	200	170
ＢＯＤ	mg/l	2.43	2.00	1.5
回虫卵		不検出	不検出	不検出
含水率	%	32.88	32.41	33.97

７）浅井戸の水質

Emed氏が所有している浅井戸の水質を表４－３に示す。

表４－３　浅井戸の水質

項目	単位	濃度	
		(1994年9月)	(1995年1月)
NH_4－N	mg/l	0	0
NO_3－N	mg/l	0	1.38
NO_2－N	mg/l	0.02	0.05
大腸菌群数	コロニー数/100ml	6	-
糞便性大腸菌群数	コロニー数/100ml	52	>100

（２）RT 01 RW 08 Pasirbiru 地区 Cibilu 区

１）概況

Pasirbilu 地区は北側にPalasari地区、南側にCibiru Hilir地区、東側にCibilu Wetan 地区、西側にCipadung地区と接している。

人口密度は平方キロメートル当たり47人である。年齢別人口構成は表４－４に示す。

表４－４　Pasirbiru 地区の性別人口構成

年齢区分	性別		
	男性	女性	合計
0 - 5	359	292	651
5 - 9	427	416	843
10 - 14	411	347	758
15 - 19	301	316	617
20 - 24	266	302	568
25 - 29	297	291	588
30 - 34	232	203	435
35 - 39	181	146	327
40 - 44	111	101	212
45 - 49	123	114	246
50 - 54	111	96	207
>55	228	196	424
合計	3047	2829	5876

出所：Pasiribiru地区診療所

Pasarbiru 地区は小山が多く、年間降雨量は約 4,200㎜である。この地区の土地利用状況は表４－５のとおりである。

表４－５　Pasirbiru 地区の土地利用状況

利用状況	面積（ha）	比率（%）
住宅地	53	42.4
潅漑付き農地	28	22.4
農地	41	32.8
湿地	3	2.4
合計	125	100.0

出所：Pasirbiru地区診療所 1994

２）生活用水

Pasirbiru 地区での生活用水の確保状況は次のとおりである。

1．ハンドポンプ付きの浅井戸（深さ24m～42m）が 269施設があり、ほとんどの施設は私有である
2．掘井戸（深さ 2.5m～８m）が 675施設ある
3．隣の工場からパイプで導水しているのが１施設ある
4．湧水をパイプで導水しているのが２施設ある
5．湧水を利用しているのが５施設あるが、これらは適正に管理されて使用されていない。これは湧水の水源付近に居住する住民が水源を汚染することと道路建設が行政施策の最重点におかれ管理が不十分なためである。

観測井土壌の汚染状況とRT 01 RW 08 内にある浅井戸の水質を表４－６および表４－７に示す。

表４－６　観測井土壌の汚染状況

項目	単位	観測用井戸		
		1 m	2 m	3 m
糞便性大腸菌群数	コロニー数/ml	1800	1500	60
ＢＯＤ	mg/l	8.83	7.81	7.03
含水率	%	69.69	65.26	66.67
回虫卵		不検出	不検出	不検出
鞭虫(Trichuris)		不検出	不検出	不検出
鉤虫(Cacing tambang)		不検出	不検出	不検出

表４－７　RT 01 RW 08 内にある浅井戸の水質

項目	単位	濃度 (1994年9月)	濃度 (1995年1月)
大腸菌群数	コロニー数/100ml	15	-
糞便性大腸菌群数	コロニー数/100ml	8	>100
NH_4－N	mg/l	0	0
NO_3－N	mg/l	0	2.01
NO_2－N	mg/l	0.02	0.01

この地区には都市水供給システムが整っていないため、住民は調理や洗濯等の生活用水を浅井戸から確保している。ほとんどの浅井戸は私有であるが、井戸を所有していない隣人が利用している場合もあった。１本の浅井戸で３人から14人が利用していた。浅井戸の建設費は1993年では 350,000ルピアであった。

住民はいままでに浅井戸の水がれを経験していないが、地下水位は乾期には低下する。調理と飲用には１人あたり10～40ℓ/day必要であるが、飲用のみでは１～６ℓ/dayであった。水浴と洗濯用には 100～ 400ℓ/dayが必要であった。

３）し尿と雑排水の処理

Pasirbiru 地区の87.5%の住民はし尿を処理するために腐敗槽を家の近くに建設している。排水は25%が排水路に、25%がリーチングピットに放流している。

腐敗槽の建設費は60,000～ 350,000ルピアである（1993年）。腐敗槽の形状は長方形で長さ 1.5～３m、幅 1.5～ 2.5m、深さ１～ 1.5mである。腐敗槽の汚泥引き抜きはすべての腐敗槽で行われていなかったが、便所の洗浄、水の確保、清掃などの維持管理は地域住民により行われていた。

４）排水路

排水路は表４－８に示す。

表４－８　排水路の水質

項目	単位	1994年９月 地点１	1994年９月 地点２	1995年１月 地点１	1995年１月 地点２
大腸菌群数	コロニー数/100ml	-	-	-	-
糞便性大腸菌群数	コロニー数/100ml	13,000	21,000	2,900	300
NH_4－N	mg/l	0	3	1.5	0
NO_3－N	mg/l	0	0.68	3.06	1.89
NO_2－N	mg/l	0	0.08	0.60	0.05

5）健康状態

住民の健康状態を示す指標の１つに死亡率がある。1992年の新生児は44人であったが、乳児死亡数は２人であり、全体の死亡数は18人であった。４大死亡原因は老衰、心臓疾患、肝臓疾患、腎臓疾患であった。なおこの地域の疾病構造を表４－９に示す。

表４－９　Cibiru区の疾病構造（1991年度）

順位	疾病	感染者数	%
1	上気道感染症	3,074	37.39
2	風邪	1,957	23.81
3	胃炎	772	9.39
4	下痢	647	7.87
5	皮膚炎	550	6.69
6	リウマチ	468	5.69
7	高血圧	371	4.51
8	胃腸炎	150	1.83
9	かいせん	142	1.73
10	半錯乱病	90	1.09
		8,221	100.0

出所：Pasirbiru地区診療所，1994

上気道感染症の主な原因は稲わらの燃焼時に発生する灰であり、下痢と皮膚病の原因はし尿処理施設と浅井戸が不適正な距離に位置しているため汚染された井戸水を利用していることにある。1ヶ月に１度、住民のために地区診療所の職員主催によるPeyuluhan Posyandu（健康セミナー）がRW単位で開催される。RWから２人のCaders（保健情報員）と PKK（婦人会）の代表さらに地区長の妻が出席して、小セミナーがそれぞれのPenyuluhan（ヘルスコミュニケーター）に対して開かれている。このセミナーにおいて、地区診療所の職員は住民の健康状態を掌握し、下痢の状況も把握している。また、月に１度地区診療所で妊婦や乳幼児の把握そして予防注射を行っている。

（３）RT 05 RW 01 Bojongloa 地区 Rancaekek区

1）概況

Bojongloa 地区はBandung 市の中心部から西方に22km離れている。面積は42㎢で2,277世帯、11,249人が居住している。ほとんどが農家であり、教育レベルは低く小学校卒が多い。行政的には Bojongloa地区は８個のRWから成っており、RWは６個のRTから成っている。このBojongloa 地区は平坦であり、勾配は１／1000以下である。地下水位は比較的低く、雨期と乾期の変動は大きい。乾期の時に行った現地調査では、地下水位は５～６ｍであったが、雨期の地下水位は平均で 1.5mである。

2）生活用水

Bojongloa 地区では生活用水は地下水を利用し、浅井戸（30m～50m）か堀井戸（深さ5m～10m）から取水している。堀井戸あるいは浅井戸は住民の相互扶助によって建設しており、1991年時で建設費は 150,000～ 250,000ルピアであった。この地区では1本の浅井戸を4家族が使用していた。調理用に必要な水は1家族で15ℓ／day であり、その他に必要な生活用水は50ℓ／人・dayであった。

3）し尿と雑排水の処理

この地区では雑排水は排水路に放流されているが、し尿と台所排水は腐敗槽で処理している。ところが、すべての家庭で腐敗槽を持っているわけでなく、設置してない家庭の住民は空き地や排水路で排泄している。腐敗槽を設置できない理由は衛生意識の不足、建設技術者不足、および高い建設費である。簡易リーチングピットは4角形と円形があり、4角形のものでは1m平方で深さは 1.5m、円形のものでは直径 0.8mで深さは 1.5mであった。ほとんどの腐敗槽は長さ1m、幅2m、深さ 1.5～1.75mであった。リーチングピットと腐敗槽の汚泥の引き抜きは2年に1度行われていた。リーチングピット1つの建設費は80,000～ 100,000ルピアであり、腐敗槽の建設費は 300,000～ 400,000ルピアであった。

4）健康状態

kecamatan Rancaekek 地区診療所によれば、水系感染症は確認できなかった。しかし、下痢やかいせんの症例が報告されていた。

5）リーチングピット周辺の土壌の汚染状況及び地下水質

地下水の状況を調査するため、12本の観測用井戸を掘った。詳細は以下のとおりであり、結果は表4－10（1994年9月）および表4－11（1995年1月）に示す。

a．Cicih 氏の家

1．リーチングピットから3m
2．リーチングピットから1m
3．リーチングピットから4m
4．リーチングピットから6m

b．Dani氏の家

5．リーチングピットから1m
6．リーチングピットから2m
7．リーチングピットから5m
8．リーチングピットから4m

c．Nandang 氏の家

9．リーチングピットから1m
10．リーチングピットから2m
11．リーチングピットから5m
12．リーチングピットから8m（95年1月のみ）

表４－10　観測井土壌の汚染状況（1994年９月）

井戸	糞便性大腸菌群（コロニー数/100mℓ）	ＢＯＤ（mg/l）	回虫卵（個/mℓ）	鞭虫（個/mℓ）	住血吸虫（個/100mℓ）	含水率（%）
1	80	15.70	不検出	不検出	不検出	58.19
2	80	42.45	不検出	不検出	不検出	62.21
3	60	13.50	不検出	不検出	不検出	75.28
4	10	8.30	不検出	不検出	不検出	67.65
5	160	10.16	不検出	不検出	不検出	62.36
6	90	9.36	不検出	不検出	不検出	58.83
7	60	8.71	不検出	不検出	不検出	56.65
8	320	6.06	不検出	不検出	不検出	60.77
9	240	9.79	不検出	不検出	不検出	55.19
10	120	8.53	不検出	不検出	不検出	55.76
11	40	8.32	不検出	不検出	不検出	54.05
12	—	—	—	—	—	—

表４－11　観測井の水質（1995年１月）

井戸	糞便性大腸菌群（コロニー数/100mℓ）	ＢＯＤ（mg/l）	回虫卵（個/100mℓ）	鞭虫（個/100mℓ）	住血吸虫（個/100mℓ）
1	2800	27.65	不検出	不検出	不検出
2	3500	39.85	10	不検出	不検出
3	1000	19.35	不検出	不検出	不検出
4	100	9.95	不検出	不検出	不検出
5	6800	64.25	20	10	20
6	4000	42.30	不検出	不検出	不検出
7	200	29.83	不検出	不検出	不検出
8	100	19.75	不検出	不検出	不検出
9	5200	57.50	不検出	不検出	不検出
10	2300	49.25	不検出	不検出	不検出
11	1200	37.25	不検出	不検出	不検出
12	700	25.10	不検出	不検出	不検出

６）浅井戸の水質

Cicih 氏とDani氏の家にあるハンドポンプ付きの浅井戸から採水し、分析を行った。その結果を表４－12に示す。

表４－12　浅井戸の水質

項　目	単　位	井　戸			
		1994年９月		1995年１月	
		Cicih 氏	Dani 氏	Cicih 氏	Dani氏
糞便性大腸菌群数	コロニー数/ml	8	16	48	60
NH_4－N	mg/l	0	0	1.60	0.20
NO_3－N	mg/l	0	0	0	0
NO_2－N	mg/l	0.02	0.04	0	0.90

４－４　調査のまとめ

実測調査では、水質汚染の指標となるＢＯＤ、硝酸、アンモニア、回虫卵、大腸菌群数／糞便性大腸菌群数の分析をインドネシアの乾期（1994年９月）と雨期（1995年１月）の２回に分けて実施した。乾期における調査では調査地にあるリーチングピット周辺で観測井を掘ったが地下水がでなかったために、そこの土壌を採取し、蒸留水を加えて上記の分析を行い、リーチングピット周辺の土壌の汚染状況を調べた。また雨期の調査では、観測井に地下水が出たので、その地下水質（汚染）状況について分析を行った。

分析結果を見てみると、リーチングピット周辺の土壌および地下水は糞便性大腸菌群などで汚染され、ＢＯＤ値も雨期になると高い数字を示すことが明らかになった。このことは第３章３－５の「インドネシアにおけるし尿・雑排水処理システムの主要代替案」で検討したように、リーチングピット土壌の浸透能力の低い地域、地下水位の高い地域、リーチングピットと井戸の距離が十分にとれない地域では個別処理は適切ではないことを裏付ける結果となった。この調査結果は、第５章で開発した段階的改善計画のシミュレーション手法を今後発展させ、地下水汚染を組み込んだモデルを作成する際の基礎データとして用いる予定である。