

第5章 し尿・生活排水処理の段階的改善計画手法開発の考え方

5-1 段階的改善計画とは

(1) 段階的改善計画の定義

途上国の大都市には人口密度が高いスラム地域が見られ、人口密度が1,000人/haを越えることも珍しくない。このような地区では、各家庭にし尿処理設備を作るスペースがなく、雑排水のみならずし尿までがたれ流しにされ、表流水および地下水の汚染の原因となっている。このような高密度地域での排水処理のあるべき姿は下水道のような集合処理であることは自明である。しかし経済大国であるわが国でも下水道の整備に数十年かかっていることからわかるように、資金制約の大きい途上国では一朝一夕に達成できるものではない。あるべき姿を達成するのに相当な時間が必要であることを十分に認識した上で現実的な改善計画を立案することが最も望まれているのではないだろうか。すなわち、あるべき姿(should-be picture)を見極めた上で、それに至る道筋(on-the-way picture)を描くことを段階的改善計画(step-wise improvement planning)と定義する。

(2) 重要視すべきこと

まず考慮しなければならないのが、環境に対する途上国の考え方である。途上国にもいろいろ発展の段階があるが、新興工業国以外では、「環境」面の改善より「健康」面の改善が優先されることが多い。このため、改善目標をたてるときに、環境指標(例えばBOD)を用いるよりも健康指標(例えば糞便性大腸菌)を用いた方が良い場合がある。適切なし尿処理の普及は、段階的改善の第一ステップであろう。

次に重要なことは、時間のファクターである。すぐに現れる便益は、一定期間を経てから現れる便益よりも高く評価されるということは経済学分野では常識となっている。環境衛生の改善プロジェクトを評価する際にも、最終的にどれだけ改善されるかという点を考慮することも大事だが、それ以上に大切なのは、即効性のある対策に重みづけをして評価することである。最終到達点を重視するあまり、それに至る過程のパフォーマンスを軽視すると、総合評価としては逆に低くなりかねない。日本では「健康」の問題がほぼ解決され、すでに「あるべき姿」に近いところまで来ているため時間のファクターをあまり気にかける必要はない。しかし途上国では、あるべき姿に至る道筋は長く、長期間を要するため、整備達成時間による重みづけについての考え方を整理しておかなければ、正しい評価ができないだろう。

(3) 段階的改善計画の考え方

開発途上国の水供給の分野で“Some for all rather than more for a few”という概念がある。できるだけ多くの人に平等に水を供給した方が良いという考え方である。し尿・

雑排水処理の分野においても同様な考え方で受益者を増やして行くべきであろう。ところが排水の集合処理（下水道）計画の場合は、水供給とは異なり、自然流下が基本であるため、一度計画をたててしまうと途中で設計変更が難しい。そのため全体計画をまず策定し、その部分部分を主として下流部から順に建設して行く必要がある。これが“Some for all”の達成を難しくする一つの理由となっている。もし集合処理の整備が遅れそうな区域に、面整備が終わるまでの間使用する暫定施設を配置するか、現存施設のリハビリ・維持管理を行うことができるならば、速やかに多くの受益者を生み出すことができる。たしかに集合処理への投資額が減るため、あるべき姿の実現は遅れるが計画区域全体としてはサービス水準が向上する。これが「段階的改善計画」の基本的な考え方である。

具体的には、まず現在適切なし尿処理を持たない地区に公衆トイレや個別処理を導入し、“Open defecation”や“Overhung latrine”を最優先で無くし、し尿がたれ流しになるのを防ぐ。また維持管理が悪い個別処理施設のために汚泥引抜き・処理施設に投資する。あるいは当面の間、面整備と暫定的小規模処理施設の建設とを行い、幹線が伸びてきた時点で処理施設を廃止し集合処理に組み入れるという改善策をとることができる。

日本の常識と異なる案であっても、その国の現状に真に合ったものであれば、検討する価値がある。合流式下水道、単独浄化槽などは、わが国では現在でこそ批判されるが、こうした技術が衛生状態の早期改善に役立つ面は否定できない。例えば、都市部の洪水が多発するような場所では、雨水排除を急ぐ必要があり、合流式が良い場合も多いのではないだろうか。また個別処理システムとして、いきなり合併処理を導入するより、し尿単独処理施設の普及に努めたほうが「健康」の問題を早く解決できる場合もあるだろう。最初は単独腐敗槽を敷設し、合併化する余力ができた段階で容量を拡張して合併槽にすることも不可能ではない。ただしこの場合には拡張が容易な構造にしておき、敷設スペースは合併式腐敗槽の建設が可能な程度確保しておく必要がある。途上国の個別処理方式は、現在は腐敗槽が主流であり、必要スペースが大きい。しかし将来設備を更新するところになると、支払い能力も増し、効率の良い好気式処理が可能になるとも考えられる。そうすると単独処理とあまり変わらないスペースで合併処理も可能になるだろう。

段階的改善の目的は使用可能な資金を与えられた条件下でいかに空間的、時間的に最適に配分するかに留意し、最大限の効果を得るかを追求することである。しかし段階的改善は、その方法論からも明らかなように、常に二重投資の危険がつきまとっているため慎重に計画を策定する必要がある。また、段階的改善は「時間のファクター」を重視したものであるため、速やかな整備が行えるような技術を用いたものでなければならない。従って使用する技術は外部援助機関から移転されたものだけでなく、現地で実際に使われている手法や現地で利用可能な資材等を最大限に活用し、自助努力を引き出すものでなければならない。このようなことから、段階的改善計画を策定するためには、その手法を十分研究し、方法論を確立しておくことが必要であろう。

日本は雑排水対策の分野では豊富な経験を持つ。途上国が「健康」の段階を卒業し、

「環境」の段階に入った時に、日本と同じような問題点に直面しないように、日本の経験に関する情報を十分に伝えておくことは重要である。ただし、途上国の多くが日本と同様な発展をたどるわけではないことに留意しておく必要がある。日本は、まれに見る急激な経済成長を遂げた国である。たしかに急激に成長しているような途上国に対しては、「環境」に関する日本の経験を活かし、日本の技術を移転することが望ましいだろう。しかしそうでない国では、ある程度妥協して「段階的改善」を図って行かなければならないと思う。対象国の現在の経済水準と今後の経済発展の展望から、あるべき姿に至る過程にどの程度の年月がかかるのかを予断を交えず判断して初めてそこに至る道筋が見えるのである。

(4) 「マスタープランの整備目標」と「あるべき姿」

施設の整備に要する時間や資金のファクターを考えないであるべき姿を描くことはやさしい。しかしマスタープランを策定する際には、目標年次を設定し、支出可能な資金量のもとで計画しなければならないため、さまざまな問題点がつきまとう。現在、日本の開発調査等で策定されるマスタープランの目標年次は、計画策定年次から20年後程度とされている場合が多いが、これは便宜的な理由から決められることが多く、20年後にマスタープランに描かれた通りの姿が実現するケースは少ないのが現状だろう。しかしマスタープランには最終的な整備目標としての「あるべき姿」と、計画目標年次に達成可能な施設整備計画の両方を示すことが本来の目的に合致しているのではないだろうか。そうすることにより、目標年次に施設整備が及びそうにない区域を把握することができ、暫定対策を用いた段階的改善対策を効果的に施すことができるからである。政治的判断などから、実現が難しいような理想像をマスタープランの整備計画の目標年次に描いてしまうと、かえって段階的改善ができなくなってしまう恐れがあるのではないだろうか。本研究では、このような不都合が起きないように「あるべき姿」を描いた上で、それにうまくつなげるような段階的改善手法を開発することを目指している。

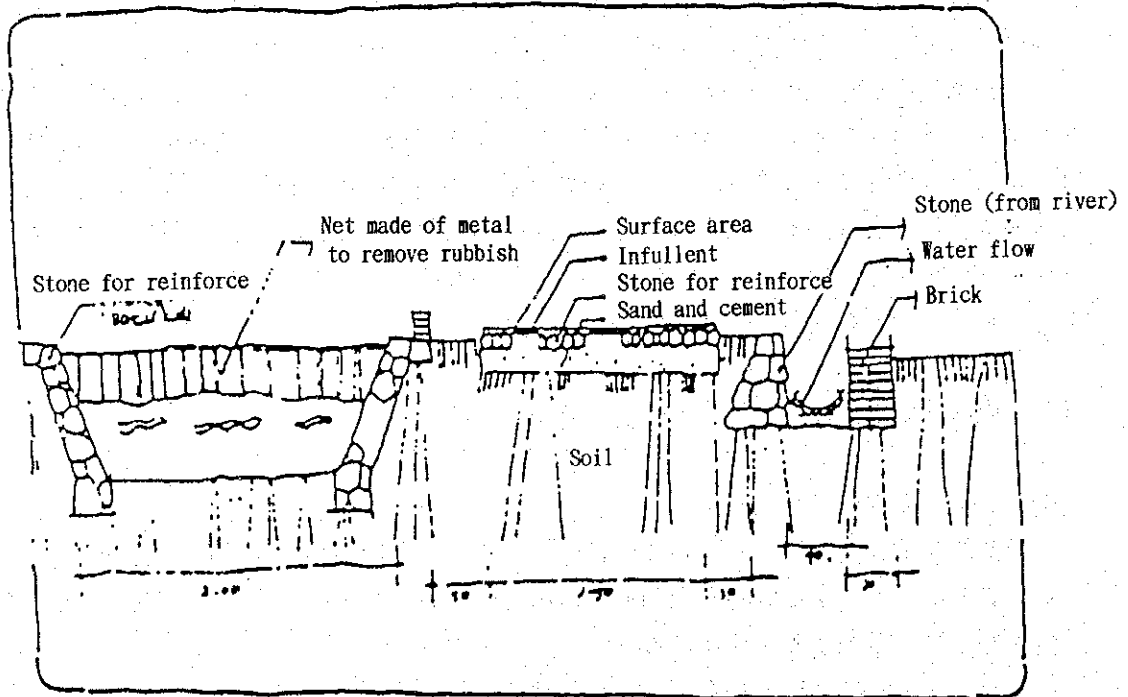
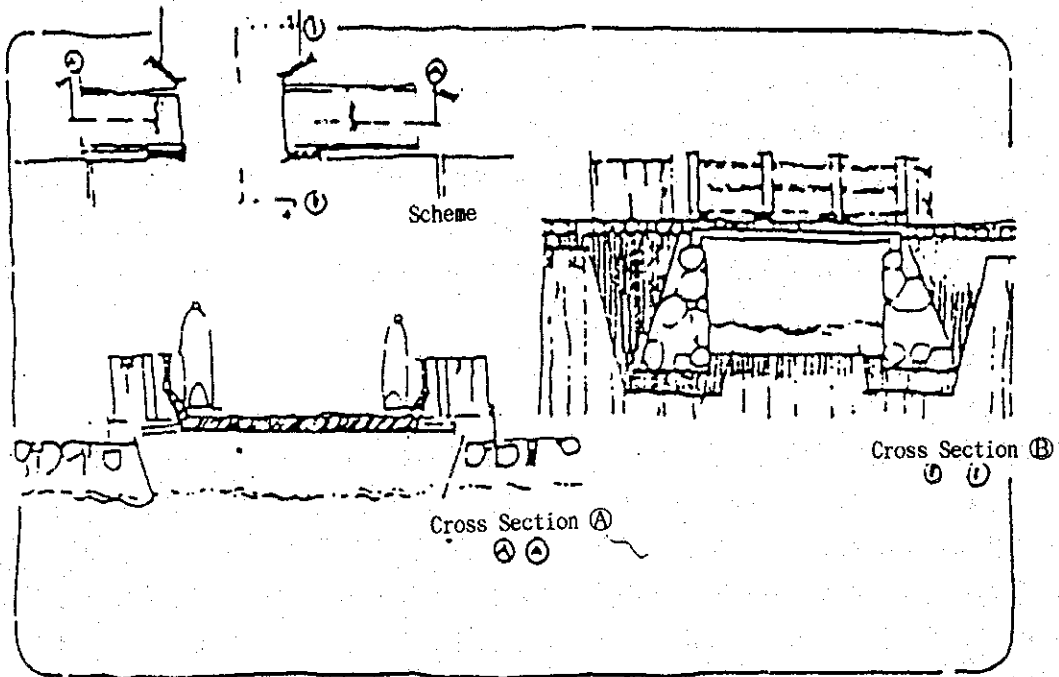
(5) 段階的改善計画策定に必要とされる情報

1) 途上国の現状

段階的改善計画を策定するためには、まず第一に計画対象となる途上国の現状を把握する必要がある。すなわち資金制約、技術力の不足、公衆衛生上の問題点のような制約要因を十分に調査する必要がある。

また、途上国において現在どのような技術や計画論があるかを抽出し、計画に組み込んで行かなければならない。途上国自身の手によって長期間にわたり使用されてきた技術や、計画のノウハウは、わが国も学ぶべき点が多い。例えば、インドネシアにおけるカンポン改善計画 (Kampung Improvement Program) は、総合的な環境改善事業として十分研究し、計画に組み込んでいくべきものである (図5-1)。

図 5 - 1 カンボン改善計画の例



2) 日本の技術・計画論の現状

環境衛生の段階的改善においては、途上国の既存の技術を最大限に活用すると同時に、日本の技術を応用できるものは積極的に活用する必要がある。特に日本はし尿処理施設や浄化槽（付録－４参照）の分野で世界で最も豊富な技術を持っている。これらは下水道以前の段階的改善に非常に重要な役割を果たすものとして注目に値する。日本には、高度な処理技術のみならず途上国における適正技術となりうるような技術も数多く見受けられる。河川水の礫間処理技術（付録－５参照）はその良い例である。

また日本で使われている高度な技術の中にも、途上国において大いに参考になるものもある。例えばプレハブ式オキシデーションディッチ（付録－６参照）は、日本と同規格の施設を途上国で建設することは難しいながらも、小規模処理施設を規格化し、普及させて行こうというアイデアは、途上国に移転すべきものの一つである。

一方、計画論の分野でも日本には優れたものが多い。例えば「流域別下水道整備総合計画」（５－２（２）参照）は負荷量計算、整備効果の把握という観点から段階的改善計画の骨格をなすものと本検討では位置づけている。また、「下水道整備構想エリアマップ」（５－２（３）参照）も集合処理、個別処理の区分けという面では重要な計画論であり、本検討でも将来は段階的改善計画の中に盛り込むことが望ましいと考えている。その他日本には、下水道、浄化槽、し尿処理等の分野で豊富な調査結果があり、費用関数、処理効率の設定等、本検討に有用な情報も多い。

3) 日本の環境衛生の歴史

日本がし尿・雑排水処理の分野で、途上国のニーズに即した効果的効率的な協力を展開するノウハウを蓄積しているか否かについては、結論を言えば否である。既に第２章 2-1（１）「国際飲料水供給と衛生の10年」で述べたように、し尿の衛生処理は文化的に飲料水供給に比べ格段に複雑で、他国の経験・ノウハウ、特に低コストの衛生技術は直ちには適用出来ないからである。

しかしながら日本は、相手国の条件を十分に考慮し修正を施すなら、段階的改善に役立つ可能性のある経験を豊富に有している。まず一般論として言えるのは、日本のし尿・雑排水処理の発展は西欧諸国のそれとはかなり異なった経緯を経緯をたどっており、このため、途上国が代替案を考える上で日本の経験は刺激となるという点である。そこでこうした観点から、し尿・雑排水処理分野の日本の経験の特色を見ておこう。

日本では、麦を裏作とする二毛作が普及した鎌倉時代頃から、し尿を有機肥料として使用するようになり、江戸時代に入って都市と農村の間の物質循環のシステムとして完成の域に達した。明治維新を経て人の出入りが多くなるに従い、コレラ、チフス、疫痢等のし尿起源の疾病が、特に明治10年代、20年代に頻発し、下水道整備の動きにつながっていった。一方外人居留地等で外国人による水洗便所への欲求が強く、発生する汚水の処理の必要から現在の単独浄化槽の原型が生まれた。しかし、し尿の肥料としての利用は第二次大戦後まで続き、化学肥料が多用されるようになって始めて終息した。このため従来は有価物であったし尿が廃棄物化し、し尿の処理が必要となり汲み取り方法の近代化と同時に汲み取りし尿の処理技術の開発が進んだ。

このため日本では、し尿・雑排水の処理は、下水道（waterborneのオフサイトシステ

ム)によるもの、浄化槽(オンサイトシステム)によるもの、し尿汲み取り(車両運搬によるドライオフサイトシステム)によるものの三者が、それぞれ約3分の1を占めている。しかしながら、一人当たりGNPが28,000ドル(1992年)の日本が毎年多額の下水道投資を行っても50%の下水道整備率にまで到達していないことを考えるなら、例えばGNPが一人当たり約670ドルのインドネシアではその整備は容易ならざるものであり、段階的改善を進めていく上で下水道を含む各種代替案についての比較検討が不可欠であることがわかる。その意味で、浄化槽、し尿汲み取りも、し尿・雑排水処理の長い歴史を持つ日本が提供できる貴重な段階的改善の代替案として検討する姿勢が必要である。

なお、日本のし尿・雑排水処理の概略史を第5章5-2(4)に整理したので参照されたい。

4) 各援助機関の情報

第2章の2-2(4)「Multi-Sectoralアプローチ」で、開発途上国の都市における環境衛生の改善プログラムは、飲料水供給プログラム、雨水排除プログラムそして都市ゴミの収集・処理・処分プログラムとともに連携、調整して進めていく必要があり、今後は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)が相互に深く連携し調整しあって行くMulti-sectoralなアプローチの必要性を論じた。

環境の段階的改善を進めていく上で、表2-2で示したように、これまでにMulti-sectoral的なアプローチをとってきた世界銀行を始めとするアジア開発銀行、ドイツG T Zなどの援助機関によるし尿・雑排水にかかる計画策定の各アプローチ経験、手法を学ぶことは有益である。

ちなみに世界銀行の経済開発研究所(EDI)が出している訓練教材の一つ「Low Cost Sanitation」では、従来型下水道の年間総費用(建設費プラス運転維持管理費)は400ドル/年・世帯であるとし、家計収入の3%が負担の限界であるとして年間13,000ドル/年・世帯の収入があることがこの方法の使用の前提となるとしている(いずれも1978年価格)。インドネシアのジャカルタでは、家計収入の中位値は中クラスで1,200ドル/年・世帯程度であり、下水道はその負担能力を大幅に上回る施設である。

5-2 段階的改善計画策定にあたっての基礎知識

(1) 段階的改善についてのインドネシア政府の考え方

し尿・雑排水処理の適正システムの選択については、インドネシア政府は図3-4に示したようなフローチャートを用い、人口密度、水質環境基準(BOD)、飲料水供給の形態(パイプ給水、井戸等)、土壌浸透係数、地下水位、対象地区面積、対象地区人口などをパラメーターとして進めることを基本方針としている。しかし資金制約が極めて強いため、このフローチャートで従来型下水道方式が選択される地域においても、直ちにその実施が可能となることは少ない。従って、この選択手順は、どちらかと言うと中長期の目標

システムの選択にかかるものであるとすることができる。本研究における主たる関心事項は、段階的なシステム整備を通じて過渡期においても費用対効果の高い衛生・環境改善効果を実現しつつ、手戻りや二重投資を極力避けつつ中長期の目標に近づくための計画論の開発である。

そこで参考までに、インドネシア政府自身の段階的改善についての考え方を以下に紹介する。出所は、文献12のA-32ページである。また、インドネシア政府のこの考え方に対する東京大学国際環境計画（クボタ）講座の意見をあわせて示しておく。

1) 将来におけるサービス水準の改善可能性 (Opportunities for Upgrading Services)

このガイドラインは、中期計画に的を絞ったものであるが、一つのし尿・雑排水処理システムから、より便利な、しかしより高価なシステムに将来移行発展させていく可能性の有無について、あらかじめ検討しておくべきである。それは、結局廃棄されるかも知れない施設に過大な投資をするのを避けるためである。

インドネシアの都市部では、技術システムの最もありそうな移行発展は、腐敗槽＋地下浸透システムから腐敗槽＋小口径下水道への移行発展である。

地下水位が高い、土壌の透水性が低い、人口密度が上昇する等々の理由で腐敗槽＋地下浸透システムが満足すべき結果をもたらさない地域においては、地下浸透システムを放棄し小口径下水道システムを設置して腐敗槽の排水口をこれに繋ぐという形の改善可能性がある。この場合には、小口径下水道計画区域内の全ての建物に腐敗槽がついている必要がある。もしこの改善策が近い将来に選択される可能性がある場合には、ポアフラッシュトイレットをリーチングピットに直接繋げるのではなく、間に腐敗槽を設けた腐敗槽＋地下浸透システムとすべきである。また、可能ならば、腐敗槽＋リーチングピットは、将来の下水路敷設を想定し建物の同じ側に設けるべきである。

2) 東京大学国際環境計画（クボタ）講座の意見

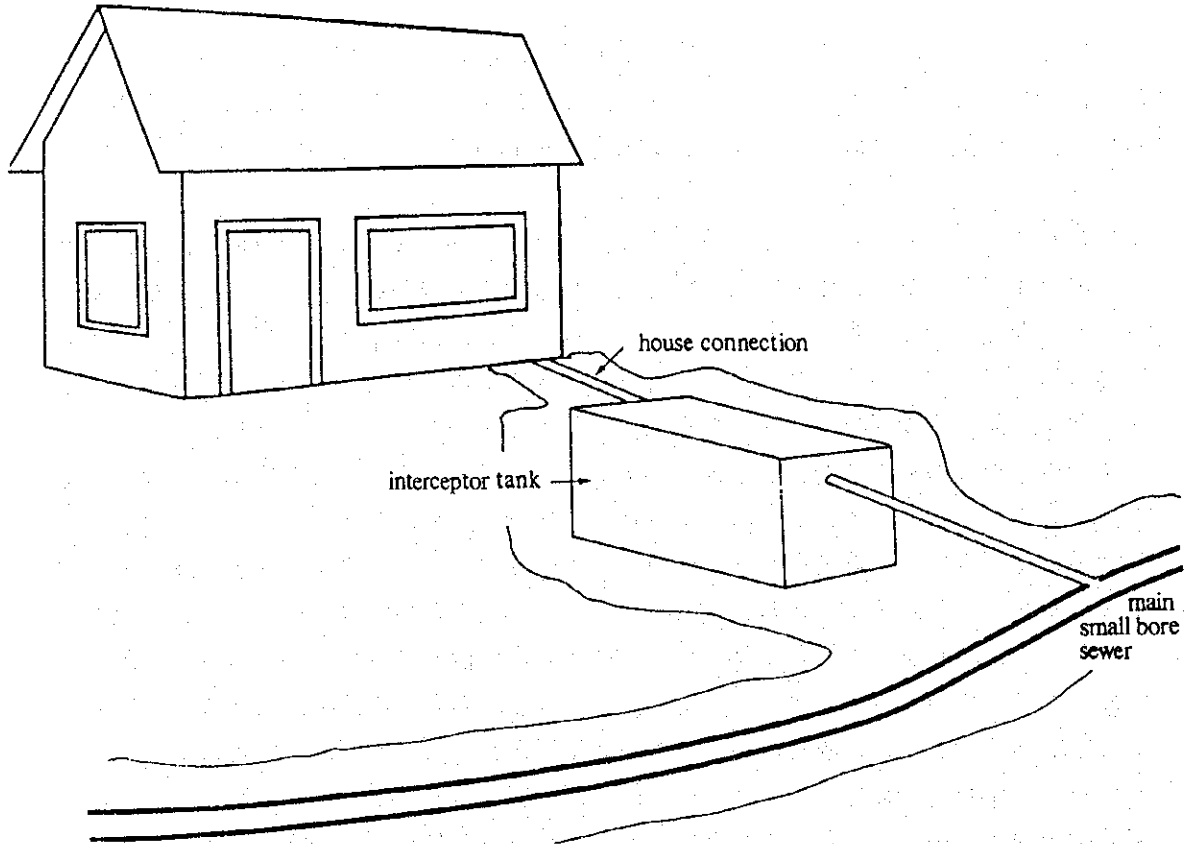
高人口密度地区においては、そのし尿・雑排水をオンサイトシステムで適正に処理することは極めて難しく、オフサイトシステムによってし尿と雑排水をあわせて排除・衛生処理する必要がある。しかし、資金制約の強い途上国においては、家計収入1万米ドル／年が必要とされる従来型下水道は住民の負担能力を大きく越え、大都市の中心街、観光地等、政治的・経済的に正当化される地域を例外としてその適用は困難である。小口径下水道は、このような場合に適用可能なオフサイトシステムであり、従来型下水道に較べ格段に建設コストが低いという利点がある。このシステムは、次図に示すように三つの要素からなり、House Connectionによってし尿と雑排水をあわせて排除し、これをInterceptor Tankに繋げる。腐敗槽はInterceptor Tankの役割を果たし、ここで固形物が沈澱汚泥あるいは浮遊スカムとして取り除かれる。Interceptor Tankから出る固形物を殆ど含まない排水は小口径下水道によって従来型下水道あるいは下水処理場に導かれる。

固形物を殆ど含まないので、流速が低くても汚泥が沈降し管が閉塞するということがない。このため管は小口径管で用が足り、緩い勾配でも問題を生ずることがなく、建設

費が格段に少なくてすむ。

図 5 - 2 小口径下水道の構図

Components of a Small-Bore Sewer System



出所 : *Information and Training for Low-Cost Water Supply and Sanitation; 5.2 Waterborne Sanitation, The World Bank, 1986*

しかし、ここで問題となるのは、インドネシアでは汚泥の引き抜き等の腐敗槽維持管理に相当問題があり、汚泥がポワフラッシュトイレットに逆流するようになると腐敗槽をバイパスして側溝に直接し尿を排出する 경우가少なくないと言われている点である。維持管理の実態を直接調査した報告がないことから、問題のスケールは不明であるが、汚泥引き抜きのための機材（汚泥くみ取り車）や引き抜いた汚泥の処理施設が腐敗槽の数に比べ格段に少ないことから、問題が存在すること自体は疑いのない事実である。このように腐敗槽の維持管理が不十分なまま繋げば、小口径下水道は閉塞しかねない。すなわち腐敗槽＋小口径下水道においては、腐敗槽の維持管理に問題がなく、沈澱性の固形物があらかじめ除去された排水が小口径下水道に入ることが前提となっておりインドネシアの現状ではその前提が成り立たない恐れがある。

従って、腐敗槽＋小口径下水道を将来システムとして考えていく場合には、腐敗槽の維持管理の実態の把握、維持管理改善施策の技術面・財政面・制度面・組織面等からの検討と実施が不可欠である。また、モデル地域におけるパイロット実験を通じて、問題の所在の把握や解決方向の検討・実証を行っていくことが重要である。

(2) 日本の計画論 - 流域別下水道整備総合計画

すでに5-1(5)にて述べたように本研究では「流域別下水道整備総合計画」を段階的改善計画の骨格をなすものとして位置づけている。従ってこの項で、日本の計画論の一つである「流域別下水道整備総合計画」を整理した。ただし、日本の計画論を途上国に適用する際には、以下の点に留意する必要がある。

有用性：技術論として優れている。

限界：投資の資金制約が小さい（巨額の投資が可能）。受益者負担（接続+維持管理）に関し所得レベルを考慮する必要がない。

我が国の下水道法では、「公害対策基本法に基づく水質環境基準が制定されている水域に対し、下水整備基本計画を立案すべきである」とし、下水処理施設の整備等により多様な水源から流域へ流入する汚染物質を除去し水質基準を達成することを目的としている。この目的を遂行するため1971年に流域別下水道整備総合計画（以下、「流総計画」とする）が策定された。流総計画は河川流域や他の水域を考慮し、現在あるいは将来に渡り、すべての水源から発生する汚濁に対応した上位計画で、計画区域における下水整備の必要性を評価するときの枠組みとして機能するものである。1992年度末（1993年3月）現在、この計画は全国73の流域と水域が、建設大臣により指定されるようになった。

①計画内容

流総計画の計画区域は、基本的には現存しているすべての流域となるが、現実的には土地の利用状況や利用計画により計画区域の近隣の地域がこの計画に参入できるか否かで大きく変わってくる。各都道府県の水道局は計画、河川、農業、環境や財務などの各部局と協力しあって流総計画を検討しており、特に、対象流域が2県以上にまたがる場合関係各部局や学識経験者で構成される運営委員会が組織されている。流総計画が定める主な計画内容は次の4点となる。

- a：下水道の整備に関する基本方針。
- b：下水道により下水を排除し、および処理すべき区域。
- c：bの区域に係る下水道の根幹的施設の配置、構造および能力。
- d：bの区域に係る下水道の整備事業の実施の順位。

であり、流総計画の実施は

- 基礎調査の実施。
- 汚染分析による汚染負荷の算出。
- 下水道計画の策定。

の3部で構成されている。

②調査対象水質

河川流域の指標にはBOD（生物化学的酸素要求量）を、また湖沼、海域の指標には

COD（化学的酸素要求量）を使用するのが原則とする。なお、湖沼においては一部、窒素、リンも指標として利用されている。

1) 基礎調査

基礎調査は、対象計画区域の現況の理解と見通しの分析をすることを目的とし、以下の諸点についての情報を収集する。

①自然的条件に関する調査

地表勾配のような流域の地形や現存する河川や排水域の情報を整理し、

- 流量、水位の把握、既存の用水路および排水路の状況や河川総合開発計画等についての調査を行う。
- 降水量や湖沼、海域における風向、風速などの気象条件に関する調査を行う。
- 河川の様々な地点における流量、水質の現況や経年変化のデータの収集を行う。

②対象区域、対象人口、主要管渠、処理プラント、処理方法、処理能力、処理汚水量と水質、拡張計画、改良計画や施設の寿命などの情報の収集

- 既存の下水施設について調べ、加えて、し尿処理施設や浄化槽施設についての調査や対象区域の汚濁排出基準の再評価も行う。

③土地利用の現況と計画年次における土地利用計画に関する調査

- 市街化区域、土地利用計画（用途地域、農業用地利用計画）、主要な開発計画、主要な公共施設計画などの調査。
- 現在の人口や計画年次の将来人口についての情報を収集し整理する。

④各産業の生産現況や将来の見込みについての調査

- 農業の現況や将来の見込みについての調査を行う。農業地域の水質汚染は家畜のし尿が大きな原因となっており、特に牧畜農についての調査も行う。
- 取水割合、水利権、取水地点の現況や計画年次の需要水量や取水計画の見通しについての調査を行う。
- 漁業権が計画区域の河川、湖沼や海域にある場合、漁獲量も調べる。

2) 汚濁負荷量と汚濁解析

①汚濁負荷量の種類

- 家庭汚水の汚濁負荷量
- 工業排水の汚濁負荷量
- 家畜排水の汚濁負荷量
- 他の人為的汚濁負荷量
- 自然汚濁負荷量

②汚濁負荷量の算出

a. 家庭汚水の汚濁負荷量

1人当たりの汚濁排出量とその区域の営業活動に基づいて算出する。なお、旅行者の汚濁負荷量はこれとは別途算出される。

b. 大規模な工場からの排水

汚濁発生負荷率や排出負荷率を明らかにするために、個々の工場に対し調査が行われる。

c. 小規模の工場からの排水

負荷率が生産ユニットごとに平均排水負荷率と工業生産率に基づき算出される。

d. 人為的汚濁

し尿処理施設や浄化槽からの汚濁負荷量の様な人為的汚濁は、下水道設備がそれらに取って代わってきているため、年々減少している。しかしながら下水道設備からの一人当たりの排出負荷量は現状の施設と一定であると考えられている。

e. 自然汚濁負荷量

森林や田圃などからの自然汚濁負荷量もまた対象区域における総合汚濁負荷量の算出において考慮する。

③汚濁解析

計画対象区域において、各モニタリング地点における水質を算出するために汚濁負荷量と水質シミュレーション試験が行われる。対象区域は副流域、水質モニタリング地点などのブロックに分かれ、汚濁負荷量は各ブロックごとに算出され、モニタリング地点における水質基準を満たすための汚濁負荷量の上限はこのように算出される。様々な水源で発生した汚濁は、水質モニタリング地点に到達する前に小水路での沈殿や分解あるいは主水路での浄化作用により減少してしまう。この汚濁減少も考慮する必要がある。

非感潮河川における汚濁シミュレーションは以上の浄化作用を考慮しながら実施される。一方、感潮河川における汚泥シミュレーションにおいては多様なシミュレーション方法の中から最適な方法を選択する。なお、湖沼に関しては完全混合モデル、押し出し流れモデル、拡散均分法などの適切な方法が使用されている。

汚濁削減計画は汚濁負荷量の許容量を算出してから立案される。基本的に汚濁負荷量は現状の汚濁排水率に比例して割り当てられている。例えば、家庭汚水、工場排水や牧畜農からの汚濁量は同率で削減される。一般的に、この削減については農地や自然水源からの汚濁は考慮しない。しかしながら、こういった負荷量が重要な場合（閉鎖性水域等）は削減量として考慮に入れる。

負荷量は、家庭汚水は下水道整備によって、工業排水は排水規制によって、牧畜農からの負荷量は排水規則や農法の改革により削減される。家庭汚水の汚濁削減は下水道整備によるが、各モニタリング地点で最も効果的に行われるようにすることが肝要で、下水道整備以外の汚濁負荷削減の手段は原因者によって行われるべきである。

3) 下水道計画

流総計画において、下水道整備計画は水質環境基準を達成するために必要な整備対象

区域を優先的に定めている。また、居住環境の改善が必要な場合には、この区域も併せて定める。

①下水道整備計画の実施

下水道整備計画を実施する場合、以下の点を十分に検討する

- 地形
- 汚水処理施設の立地
- 既設の下水道施設および既認可の下水道施設
- 下水道施設の効果
- 有効な技術
- 処理水の有効利用
- 費用と事業効果
- 関連法規
- 関連市町村の意見
- その他

②設備

水質環境基準を達成するために高度処理が必要な場合、適正な施設を計画に盛り込む。また、窒素、リンの除去が必要な閉鎖性水域（湖沼等）では、除去施設の整備も考慮に入れる。

③処理能力

下水設備の処理能力は、家庭污水、地下水、工場排水、旅行者からの排水の総排水量を計算し算出する。家庭污水量は各家屋からの排水と営業用水との合計とする。地下水は一日最大家庭污水量の10～20%として見積もる。観光客が居住者の30%以上を占める地域では、観光客の見通しを行う。整備計画区域の工業排水と家畜排水を調べ、下水道施設で処理できるか否かを各施設で決定する。個別設備で処理される排水や冷却水などの処理の必要のない排水は加算しない。

④費用

多様な処理設備の組合せにより、建設費と維持管理費を算出し比較検討する。建設費は概略設計をして見積もるが、対象地域の特性に見合った費用関数を利用してもよい。費用比較においては中間年次の費用対効果についても検討する。計画区域の全市町村において、流域の水質環境基準を達成するための最適計画を選択するために多様な処理施設を検討する。最適計画に基づいて個別の建設計画は、各モニタリング地点の水質改善といった点から各計画の効果の検討を行い、優先順位が決定される。総建設費は最適計画により見積もり、必要経費は各年次ごとに算出を行う。個別の下水計画区域や市町村の費用効果を検討する。

⑤期待される効果

下水道施設整備の主な効果は、水質環境基準の達成による水利用価値の増加にある。この効果は、例えば、観光、レクリエーション、飲料水供給、工業、農業や水産業への利用といった直接的な水の利用のように多面的に評価されている。

(3) 日本の計画論 - 下水道整備構想エリアマップ

1) 下水道マップの目的

日本では現在、従来のくみ取り便所に加えて集合処理施設である下水設備と個別処理としての浄化槽の2つが主要な衛生設備として使用されている。両設備とも、下水処理として有効に利用するための条件は、適度な維持管理の実施である。ところが、下水設備は都市部にとっては適正な技術と言えるが、郊外においては両設備のいずれかを導入する場合の費用対効果の違いが明確には定まらないという問題点がある。この点に対処するため建設省は、集合処理と個別処理との違いを明らかにした計画論を作成した。

各都道府県においては市町村と協力しあい、小規模な共同体を含む各居住地域における集合処理地域と個別処理地域とを区分した「下水道整備構想エリアマップ」を作成している。この区分上での設備には、個別処理としての合併処理浄化槽と集合処理としての従来型の下水道設備の2方式がある。いずれの処理方法においても同様な事業効果が達成されるとした場合、計画地域における両設備の選択の基本要件は、費用比較である。

なお、ここでの記述は、1986年に日本下水道協会が発行した『下水道整備構想エリアマップ作成マニュアル』からの抜粋であり、この時点での費用見積もりは、日本の実態を必ずしも反映していない。このことから、この計画論を途上国に適用する場合、建設費や維持管理費等を貨幣価値、交換率や地域の状況を考慮して改訂する必要がある。

2) 区域の設定

以下に本計画論を使用した計算例を示す。なお、各数値は『下水道整備構想エリアマップ作成マニュアル』による。

①両設備の費用見積もり

費用比較の評価期間 (Y) を30年間、合併処理浄化槽の耐用年数は15年とし、評価期間中に一度改善するものとする。なお、トイレの改造、宅地内配管の費用は含まれない。

個別処理の費用見積もりは；

$$C_I = 700,000 \text{ (円) / 戸} \times 2 = 1,400,000 \text{ (円) / 戸}$$

$$M_I = 65,000 \text{ (円) / 戸 / 年} \times 30 \text{ 年} = 2,000,000 \text{ (円) / 戸}$$

集合処理設備の費用見積もりは；

$$C_T / N = 1,300,000 \text{ (円) / 戸}$$

$$M_T / N = 40,000 \text{ (円) / 戸 / 年} \times 30 \text{ 年} = 1,200,000 \text{ (円) / 戸}$$

下水管渠の建設費用は

$$C_p = 32,500/\text{m} \text{ (円) と考える。}$$

C_T : 集合処理施設建設費 (円)

- M_T : Y年間の集合処理施設維持管理費 (円)
 Y : 評価期間 (年) (設備の維持管理費を見込む期間)
 N : 集合処理施設の処理家屋数 (戸)
 L/N : 各家屋の管渠長 (m/戸)
 C_p : 管渠の建設単価 (円/m)
 C_J : 個別処理施設建設費 (円/一施設)
 M_J : Y年間の個別処理施設維持管理費個別処理施設建設費 (円/戸)

②集合処理区域の設定

次の地域は集合処理区域として考えるのが通常である。

- 市街化区域
- 人口集中地区
- 流域別下水道整備総合計画で定められた下水道の整備区域
- 建設省が確定した下水道整備区域

③単純区域設定

a. 近隣各家屋の管渠距離

集合処理施設と個別処理施設の区域分けにおいて、処理施設の建設に必要な費用はその地域で調達可能であると見込んでいる。集合処理施設が経済的に効率なものとなるためには次の式を満たす必要がある。

$$C_T / N + M_T / N + C_p \times L / N \leq C_J + M_J \quad \dots (1)$$

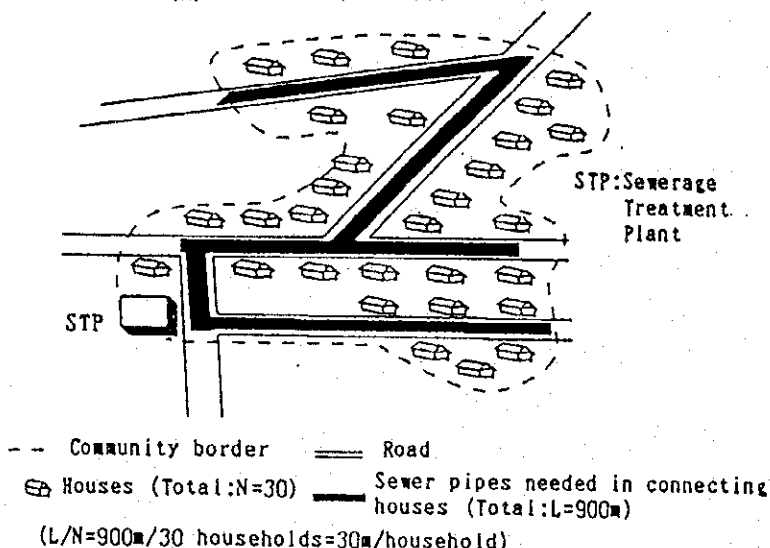
L : 家屋間の総距離 (m) : (集合処理区域内の全家屋の下水を集めるのに必要な管渠の総延長)

式(1)から、周辺各家屋の管渠距離は式(2)となる。また、集合処理施設の導入の場合式(2)が成り立つ。

$$\frac{L}{N} \leq \frac{C_J + M_J - (C_J / N + M_T / N)}{C_p} \quad \dots (2)$$

L/N 計算の模式図を図5-3に示す。集落界を描く場合には、村落の形態や共同体の境界線などの自然/社会的条件を検討すべきである。

図 5 - 3 L / N 計算の模式図



b. 集合処理の最小家屋戸数

家屋が少ない場合には集合処理施設は適当な施設とは言えない。集合処理施設区域の最少家屋数は助成金を使用できるかを考慮して決定される。農水省は、農業地域に20戸数以上あれば集合処理施設への助成を行えるとしていることから、しばしば20戸が最小戸数として考えられている。

c. 単純区域設定例

①での費用見積もりと式(2)から近隣各家屋下水管渠距離は、例えば、 $L/N \leq 30\text{m/戸}$ として計算する。一方、集合処理施設の最小家屋戸数は②で述べたように20戸と見定める ($N \geq 20$)。この2条件を満たす区域は集合処理施設が選定され、その他は個別処理施設となる。

d. 標準区域設定法

個別処理及び集合処理の標準区域設定法は、集合処理施設の建設費用関数と維持管理費の算出が有効な場合に実施することができる。現実的には、周辺各家屋下水管渠距離と集合処理最小家屋数の判定表を用いて行う。以下は①同様に見積もった費用条件である。

$$C_f = 1,400,000\text{円/戸}$$

$$M_f = 2,000,000\text{円/戸}$$

$$C_p = 32,500\text{円/戸}$$

集合処理施設の建設費用は次式で与えられる；

$$C_T = 4,800,000 Q_m^{0.492}$$

Q_m : 日最大汚水量 (m³/日)

Q_m は以下の様に見込まれる ;

$$Q_m = 0.37 \text{ m}^3 / \text{人} \cdot \text{日} \times 4 \text{ 人} / \text{戸} \times N \text{ 戸}$$

集合処理施設の維持管理費は次式となる ;

$$M_T = 1,530,000 Q_a^{0.862}$$

Q_a : 日平均汚水量 (m³/日)

Q_a は以下の様に見込まれる ;

$$Q_a = 0.31 \text{ m}^3 / \text{人} \cdot \text{日} \times 4 \text{ 人} / \text{戸} \times N \text{ 戸}$$

以上と式(2)により集合処理施設の選定条件は以下となる ;

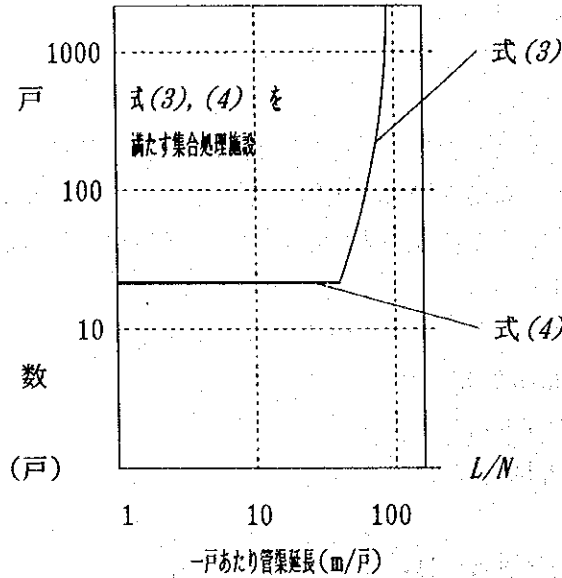
$$L/N \leq 104.6 - 179.5 N^{-0.503} - 56.7 N^{-0.318} \dots (3)$$

単純区域設定法では、集合処理の最小家屋戸数を20戸として見込んだので、

$$N \geq 20 \dots (4)$$

式(3)と(4)から判定表を描くと図5-4となる。

図5-4 判定図の一例



3) 費用効果

最も費用効果の良い処理施設の配置を決定することは、この計画論における最終の段階にある。集合処理地域を選定した後は他の集合処理地域との最も良い接続を検討する。

処理施設の規模の利点という観点から、処理施設の数は少なくする。しかしながら特に郊外において処理地域が隣り合っている場合に管渠接続の新たな費用が必要となる。個別処理地域の小規模な共同体は、集合処理地域への接続は、可能であってもしない。次に、最大費用効果を引き出すための試算が行われる。これは、地勢、処理施設の土地利用の有効性、費用対効果、共同体の種類のような社会文化的認識そして助成金の利用可能性などを検討する。各処理区域は、必要度や水質汚濁管理の緊急度に応じて優先順位が決定される。

(4) 日本のし尿・雑排水処理の概略史

1) はじめに

日本では、水洗便所から排出されるし尿は下水道、浄化槽で処理されており（図5-5）、その割合は総人口124,150千人に対してそれぞれ約40%、約28%（合併処理浄化槽6%含む）である。残りの約32%はし尿を溜める方式の便所から出るものである。このし尿と浄化槽から発生する汚泥は定期的に汲み取られ、その大部分がし尿処理施設へ集められて衛生的に処理されている。これは諸外国にあまり例を見ないシステムである。また、し尿とともに雑排水を併せて処理しているのは下水道と合併処理浄化槽であり、その割合は総人口に対して約46%である。以上は1992年3月末現在であるが、現在では従来から普及している家庭用の小型の単独処理浄化槽からの移行を含めて、全国的に合併処理浄化槽の設置が図られているため、雑排水処理の割合が急速に増加しつつある。

日本のし尿・雑排水処理の特徴の一つに、処理方式の多様化がある。これは、古くからし尿が肥料として農業利用されてきたことに起因し、そのためにし尿の肥料需要に左右されながら段階的に整備が進んできたからだと言える。この経験を明らかにすることが、日本に限らず諸外国においても、これからのし尿・雑排水処理を考える上で非常に参考になるのではないかと考える。このような観点に立ち、ここでは、し尿の農業利用としての価値はいかなる変遷をたどったのか、伝染病の克服を期して導入された衛生思想と近代の上下水道はいかに定着し、普及していったのか、また浄化槽やし尿処理施設はいかなる背景から登場し、普及していったのか、その一方で便所の水洗化など快適性の面はいかに向上していったのか、さらに高度経済成長期を経て衛生という面だけでなく新たに環境という面や資源化ということがクローズアップされるようになった現代、いかなる問題があり、その解決の方向はいかなるものかなどを中心に、日本の都市と農村におけるし尿・雑排水処理の歴史を明らかにする。

日本のし尿処理の歴史は、し尿が有価物（肥料）となったり廃棄物と見なされたりを繰り返してであった。こうした過程を経ながら日本のし尿・雑排水処理は時代の要請に合わせて段階的に整備が進み、処理方式が多様化してきた。この経験についての概略史を以下に整理した。

2) 農業におけるし尿の有効利用

日本では汲み取り式便所に貯えられたし尿を肥料として農地還元するということが1960年代頃まで盛んに行われてきた。こうしたし尿の農地還元は、その起源は明らかではないが、12世紀後半頃には既に全国的に普及していた。その後15世紀後半頃になると、手工業の発達と商人の増加によって都市が発展すると同時に、都市の食料需要を満たす必要から都市周辺に農村が形成されるようになり、必然的に都市のし尿が都市周辺の農村で農地還元されるようになった。このようなし尿の農業利用体系は、江戸時代(1603~1868年)にはさらに拡充し、し尿の価値を高めた(各処理方式の概要は表5-1参照)。

3) 伝染病の克服と衛生思想・上下水道の定着

明治時代(1868~1912年)に入ると、都市部の生活環境が急速な人口増加で荒廃したため、コレラを中心に伝染病が大流行した。こうした背景から東京を中心とする大都市で上下水道整備が計画されたが、その際、財政上の問題から国全体のニーズが多かった上水道が優先され、伝染病の根本対策である下水道は先送りされた。したがって、下水道は上水道工事が一応完了し、衛生思想が定着した明治時代半ば以降に整備され始めた。この頃の下水道は主に雨水と雑排水の排除を目的とし、し尿は汲み取った後農地還元されていた。こうした区分は、1900年に公布された汚物掃除法と下水道法で規定された。大正時代(1912~1926年)には、東京で散水ろ床法による下水処理施設が建設され、1922年3月から主として雑排水の処理を開始した。また、当時は都市化が進行した上に化学肥料が出回り始めたため、都市と周辺農村でのし尿の需給バランスが崩れ、東京など大都市でし尿の処分が問題となっていた。したがって、東京市は、下水処理施設の運転を開始した後、同年7月から処理区域の幹線下水管に汲み取りし尿の一部を投入する形でし尿の処理も開始した。こうして下水道の目的は排除から処理へと変わっていった。

4) 水洗便所の設置に対して大きな役割を担う浄化槽の登場

水洗便所は明治時代に入った頃から外国人居留地を中心に普及し始め、西洋文化が浸透し始めた明治時代の終わり頃から日本人の住宅にも設置され始めた。この頃の水洗便所は、汚物掃除法により、汚水溜めを設けて内容物を全量汲み取るようになっていた。しかし、水で薄めたし尿を全量汲み取ることは現実的ではなかったため、この規則はほとんど守られなかった。その一方で、インホフタンクなどを設置して環境中に排出できるようにする努力もあった。こうした背景から、1920年、市街地建築物法施行規則の施行及び汚物掃除法施行規則が一部改正され、汚物処理槽(腐敗槽など)を設ければ処理水を公共の溝渠、下水道、河川など公共用水域に放流できるようになった。こうして、浄化槽が初めて法的に位置づけられた。さらに翌1921年には、水槽便所取締規則が出され、浄化槽の構造基準が定められた。以上のような経緯で単独処理浄化槽の設置が進み、主に富裕階級の住居を中心に普及していった。

5) 戦中戦後のし尿有効利用復活と経済復興後のし尿処理施設の急速な普及

昭和(1926~1989年)に入り、次第に戦時体制が強まるにつれ、国家予算の多くが軍

図 5 - 5 日本のし尿・雑排水の処理方式

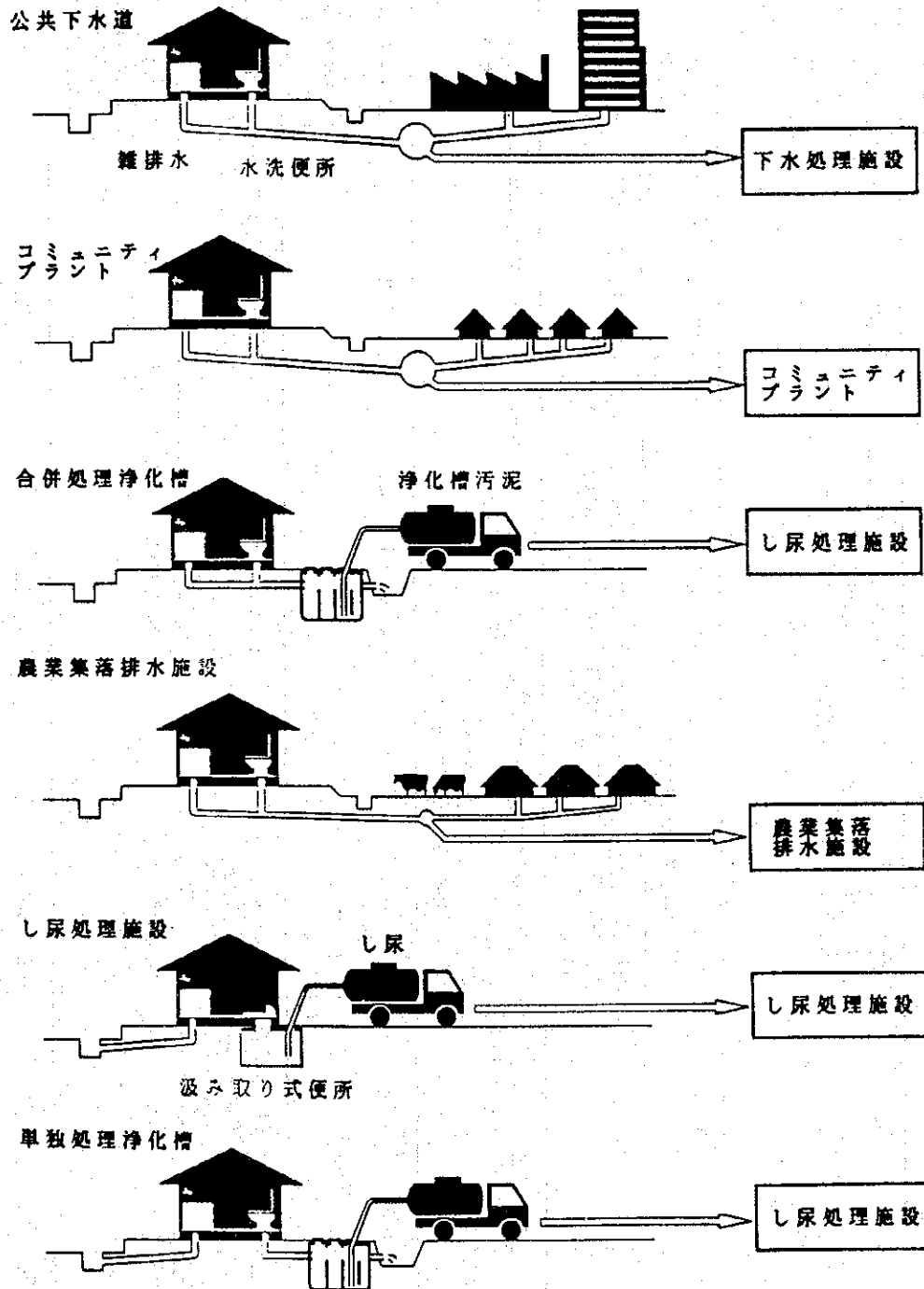


表5-1 し尿と雑排水の処理に関する事業とその種類 (1993年現在)

事業種別	位置づけ	所管	事業主体	事業の趣旨	計画人口	対象区域	補助金等
流域下水道	下水道法	建設省	県	<ul style="list-style-type: none"> 流域内の水質保全 生活環境の改善 (便所の水洗化) 河川湖沼等の流路が一体となった下水道整備 	(第1種) 15万人以上、当分の間は10万人以上 (第2種) 3万人以上、15万人未満	2以上の市町村の区域	国庫補助率 1/2 管渠等 5.5/10 処理施設 起債充当率 補助:85% 単独:95%
			市町村	<ul style="list-style-type: none"> 水質保全 生活環境の改善 (便所の水洗化) 	特に制限無し	都市計画区域内の主に市街地	国庫補助率 1/2 管渠等 2/3 処理施設 起債充当率 補助:75%
特定環境保全公共下水道			市町村	<ul style="list-style-type: none"> 自然公園区域内の河川湖沼等の水質保全 農山村集落の生活環境の改善 (便所の水洗化) 	10,000人未満原則として人口密度が1ha当り40人以上 (市街化区域外)	自然公園区域及び農山村	国庫補助率 1/2 起債充当率 85%
農業集落排水施設	土地改良法 農業集落排水事業実施要綱等	農林水産省	市町村 土地改良区等	<ul style="list-style-type: none"> 農業用排水の水質保全 (公共用水域の水質保全) 農業用排水施設の機能維持 農村生活環境の改善 (便所の水洗化) 	原則として概ね1,000人程度以下、概ね20戸以上	農業集落地域内の農業集落	国庫補助率 1/3 (公害防止地域/2) 起債充当率 75% (公害防止地域80%)
地産し尿処理施設 (バイオリアクター)		厚生省	市町村	<ul style="list-style-type: none"> 廃棄物の処理 生活環境の保全 公衆衛生の向上 	101人~30,000人未満	特に制限無し	国庫補助率 1/3 (公害防止地域/2) 起債充当率 75% (公害防止地域80%)
合併処理浄化槽			市町村 (設置者は市町村あるいは個人)	<ul style="list-style-type: none"> 雑排水の処理 生活環境の保全 公衆衛生の向上 	特に制限無し	下水道法可区域以外で雑排水対策が特に必要な地域	国庫補助率 1/3
し尿処理施設			市町村	<ul style="list-style-type: none"> 廃棄物の処理 生活環境の保全 公衆衛生の向上 	特に制限無し	特に制限無し	国庫補助率 1/3 (公害防止地域/2) 起債充当率 75% (公害防止地域80%)
生活排水処理施設			市町村	<ul style="list-style-type: none"> 廃棄物の処理 生活環境の保全 公衆衛生の向上 	101人以上	特に制限無し	国庫補助率 1/3 (公害防止地域/2) 起債充当率 75% (公害防止地域80%)

備に割かれるようになり、下水道など生活環境整備はあまり行われなくなった。とくに戦中戦後の数年間（1941～1950年）は、戦争の激化とそれに続く敗戦の後遺症のため、生活環境整備はほとんど進まなかった。そればかりか、経済は機能せず、食料は常に不足し、肥料でさえほとんど手に入らない状態であった。そこで、大都市においてもし尿が再び肥料として用いられ、し尿の農業利用が復活した。1950年頃からは、朝鮮戦争勃発（1950年）に伴う特需によって経済が本格的に立ち直ると同時に、農地に化学肥料が再び普及し始めた。それに加えて、し尿の農地還元が回虫病のような寄生虫病の原因となっていることが明らかになったため、農地還元は次第に減少していった。そこで、都市部では人口増加もあいまってし尿処分が再び問題となり始めた。こうした事態に対処するために、1953年、し尿処理施設に国庫補助が適用され、嫌気性消化処理方式によるし尿処理施設の建設を促進した。その結果、し尿処理施設は急速に建設されたが、その一方で技術開発が積極的に行われ、新しい処理技術が次々と登場した。

6) 生活水準と居住環境の向上によって生じた快適性の追求

高度成長期（1955～1973年）を通して、経済が飛躍的に発展し、国民の生活が比較的豊かになった。さらに、下水道の整備が徐々に進み、庶民の住宅にも水洗便所が多少普及した。こうした背景から、下水道が敷設されていなかった都市部を中心に便所の水洗化を求める声が高まってきた。そこで、家庭向けの小型（主に5～20人用）のFRP製単独処理浄化槽（し尿専用の浄化槽）が開発された。この浄化槽は、工場で大量生産されたため比較的安価であった上に、下水道の整備がそれほど進まなかったため、依然都市部の大部分を占めていた非水洗化地域を中心に急速に普及していった。こうして浄化槽は、下水道とともに便所の水洗化を図る上での有力な手段となった。しかし単独浄化槽の場合は雑排水はたれ流しであり、環境汚染は水使用量の増加として進行した。

7) 水質の保全を重視した整備の始まり

高度成長期は第二次産業が著しく発展したが、その結果、全国至るところで水質汚濁が激化した。1970年の公害国会（公害関係14法が成立する）を一つの頂点とする公害問題への官民あげでの取り組みにより、1980年代に入ると工場排水による水質汚濁は一応の解決がみられるようになった。産業公害問題が一段落すると、今度は雑排水による都市生活型の公害、湖沼などの富栄養化の問題などが目立つようになってきた。そこで、雑排水をし尿と併せて処理する小型合併処理浄化槽（10人以下の戸建住宅用が主流）が登場し、雑排水の最大の排出源であった家庭に対して設置が図られるようになった。一方、下水処理施設やし尿処理施設においては技術的な改善がなされ、栄養塩である窒素やリンの除去が可能な施設が登場し始めた。また、河川等公共用水域の水質保全を広域的な行政の中で効率的に実施するための流域別下水道整備総合計画の策定及び流域下水道の建設が始まった。以上のように、1980年代は生活環境の水質汚濁という環境面がクローズアップされ始め、水質の保全の向上を目的とした整備が進んだ。

8) アメニティを目的とした整備へ

昭和末期から平成（1989年～）にかけては、高度成長期を経て経済大国となったこと

から、国民一人一人の生活に豊かさが求められるようになってきた。そこで、雑排水の衛生処理の面で立ち後れていた地方都市や農村部における下水道の整備や合併処理浄化槽の設置に重点が置かれるようになった。その一方で下水道やし尿処理施設において、いくつかの変化が現れてきた。下水道では、環境負荷の低減を目的として小規模化や処理施設の多様化が求められるようになり、こうした代替案の多様化を整理するための計画論として、下水道整備構想エリアマップが登場してきた。し尿処理施設では、当初から浄化槽の汚泥を一部受入れて処理してきたが、近年浄化槽の設置数が急激に増加してきたため、持ち込まれる浄化槽汚泥量が急増し、浄化槽汚泥を処理する割合が高まってきた。さらに、ゴミの急増によって最終処分場の確保が難しくなったわが国の廃棄物事情を反映して、下水処理施設、し尿処理施設ではともに汚泥の有効利用が、とくに下水処理施設では汚泥の緑農地還元が難しいため、建築材料等への資源化が図られるようになってきた。

9) 下水道・浄化槽の利用人口の推移

図5-6に下水道と浄化槽の利用人口の推移を示す。ここで、水洗化人口とは下水道利用人口と浄化槽利用人口を合わせた人口である。なお、総人口から水洗化人口を除いた残りの人口が非水洗化人口（汲み取り式便所使用人口）を表しており、この人口に相当する量のし尿が汲み取られるが、汲み取られたし尿は全量がし尿処理施設で処理されるわけではなく、海洋投入や農地還元等によっても処分される。し尿処理施設で処理される割合は年々増加し、1992年3月末には87.5%にまで達しているが、残りの12.5%は依然として海洋投入や農地還元等による処分である。

(5) 段階的改善についての世界銀行の考え方

段階的改善についての世界銀行の考え方は、例えば The World Bank (1986), *Information and Training for Low-Cost Water Supply and Sanitation*; 5.3 Sanitation Technology Selection に示されている。そこで参考までに、この文献（オートスライドを用いた訓練用教材）から5.3c Technology Selection and Upgrading の項を抜き出し、訳出したものを付録3に掲げた。

第6章 段階的改善計画のシミュレーション手法の開発

(1) モデルの基本的な考え方

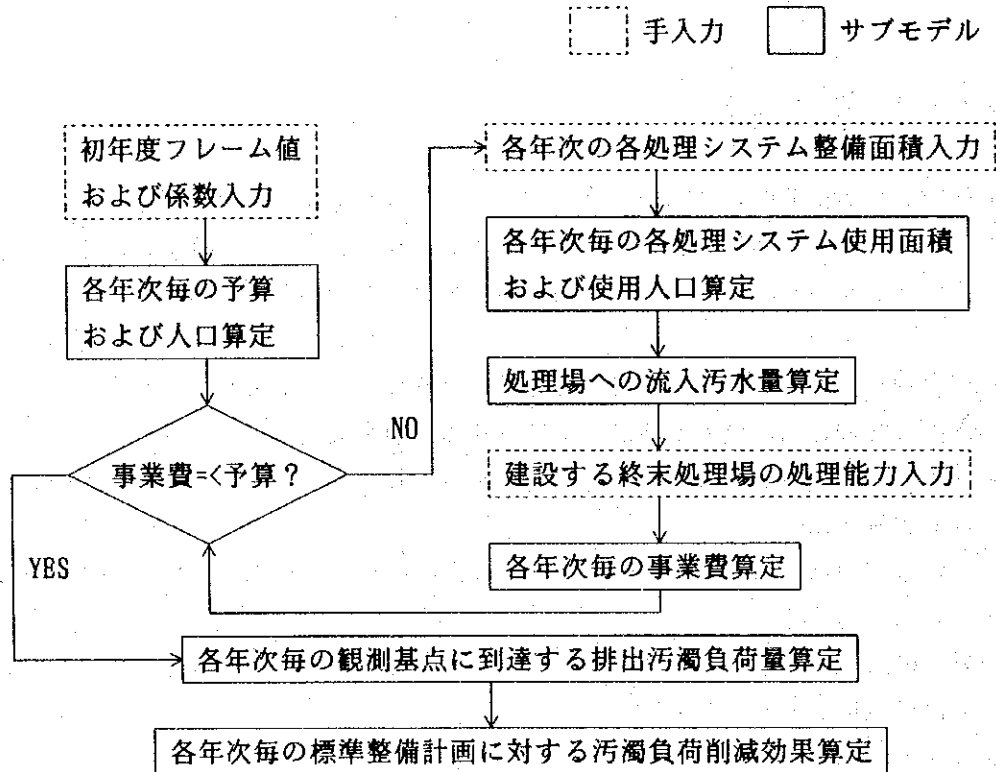
第5章で検討した段階的改善計画の方法論は、ケーススタディにより検証して行く必要がある。そのため、計画の効果を表現できるシミュレーションモデルの作成に着手し、一部ケーススタディを試みた。モデルの基本的な考え方は以下の通りである。

- 達成すべき目標を設定して、その目標を達成できる最小コストの整備計画を策定する。
- 使用できる予算の枠内で最大の効果を挙げる整備計画を策定する。
- 負荷量計算には、日本の流総計画の考え方を参考にし、水質評価も流総計画と同じく水質基点で評価した。
- 環境改善効果の評価には、健康面の指標として大腸菌を、環境面の指標としてBODを用いた。
- 投資効果の検討に用いるコストは、プロジェクト実施セクターの負担する費用を用い、受益者が自己負担する分は考慮しない。
- 水質改善効果の検討対象は表流水とし、地下水については対象外とした。
- 将来的には途上国の現場でも使用できるように、市販のパソコン用ソフトウェアであるロータス123を用いてシミュレーションプログラムを作成した。
- 計算に用いる諸係数はインドネシアでの現地調査で収集した情報と、補足手段として日本での経験値その他の資料から妥当なものを抽出した。
- ケーススタディを行う都市は、インドネシアの中規模都市であり、データも比較的整備されているチレボン市とした。
- 検討に用いた代替案は、モデル都市で現存する下水道、個別処理システム、公共トイレ(MCK)およびインドネシアの他都市で検討されている公共腐敗槽、インターセプター下水道とした。

(2) シミュレーションのフロー

シミュレーションの手順を図6-1に示す。

図 6-1 シミュレーションの手順



(3) シミュレーションモデルに用いた記号

シミュレーションモデルで使用する記号、文字およびその単位を次のように定める。

- n : 年次
- A : 計画地域面積 [ha]
- J_n : n年次計画地域内人口 [人]
- F_n : n年次年間予算 [万ルピア/年]
- C_n : n年次年間総事業費 [万ルピア/年]
- D_n : n年次人口密度 [人/m²]
- Z : 人口増加率
- m : 世帯構成人数 [人]
- R : 予算伸び率
- W : 割引率
- q_1 : 発生汚水量 (雑排水) 原単位 [m³/cd]
- q_2 : 発生汚水量 (し尿) 原単位 [m³/cd]
- L_1 : 発生汚濁負荷量 (雑排水 BOD) 原単位 [g/cd]
- L_2 : 発生汚濁負荷量 (大腸菌数) 原単位 [g/cd]
- L_3 : 発生汚濁負荷量 (し尿 BOD) 原単位 [MPN/cd]
- α_1 : 終末処理場 BOD 処理効率
- α_2 : 終末処理場糞便性大腸菌処理効率
- β_1 : 公共腐敗槽 BOD 処理効率

- β_2 : 公共腐敗槽糞便性大腸菌処理効率
 γ_1 : 腐敗槽 BOD 処理効率
 γ_2 : 腐敗槽糞便性大腸菌処理効率
 K : 自浄係数
 r : 糞便性大腸菌死滅係数
 θ : 流達率
 t_1 : 河川までの流下時間 [d]
 t_2 : 河川での流下時間 [d]
 T : 総流下時間 [d]
 R_s : 個別処理に占める腐敗槽の比率
 R_L : 腐敗槽のうち浸透処理を伴う比率
 Y_F : 下水道建設単価 (幹線および枝線) [万ルピア/ha]
 Y_T : インターセプター下水道または下水道幹線のみ建設単価 [万ルピア/人]
 Q_T : 終末処理場処理水量 [m³/d]
 Q_{max} : 終末処理場処理能力 [m³/d]
 c_1 、 c_2 : 終末処理場建設費係数
 Y_s : 公共腐敗槽建設単価 [万ルピア/人]
 Y_c : 公共トイレ建設単価 [万ルピア/人]
 Y_1 : インターセプター下水道建設単価 [万ルピア/人]
 O_p : 下水管維持管理単価 [万ルピア/人]
 O_T : 終末処理場維持管理単価 [万ルピア/m³]
 O_s : 公共腐敗槽維持管理単価 [万ルピア/人]
 O_c : 公共トイレ維持管理単価 [万ルピア/人]
 O_1 : インターセプター下水道維持管理単価 [万ルピア/人]
 S_1 : 下水道接続補助金 [万ルピア/戸]
 S_2 : 個別処理システム汚泥引き抜き補助金 [万ルピア/戸]
 p_1 : 下水道整備地域内 1 年当たり接続率
 p_2 : 汚泥引抜き実施率
 σ_1 、 τ_1 、 σ_2 、 τ_2 : 補助金効果係数 ただし $p_k = \sigma_k * S_k + \tau_k$
 d_{max} : 公共トイレ限界使用距離 [m]
 u_{max} : 公共トイレ限界使用人数 [人]

< n 年次における処理システム毎新規整備面積 [ha] >

N_{cn} : 下水道

N_{sn} : 公共腐敗槽

N_{kn} : 個別処理システム

N_{cn} : 公共トイレ

N_{1n} : インターセプター下水道

< n 年次における処理システム毎使用面積 [ha] >

U_{Gn} : 下水道

U_{Sn} : 公共腐敗槽

U_{Kn} : 個別処理システム維持管理良好

U_{Bn} : 個別処理システム維持管理不良

U_{Cn} : 公共トイレ

U_{In} : インターセプター下水道

U_{Nn} : 衛生処理システムなし

< n 年次における処理システム毎使用人口 [人] >

P_{Gn} : 下水道

P_{Sn} : 公共腐敗槽

P_{Kn} : 個別処理システム維持管理良好

P_{Bn} : 個別処理システム維持管理不良

P_{Cn} : 公共トイレ

P_{In} : インターセプター下水道

P_{Nn} : 衛生処理システムなし

< n 年次における処理システム毎排出汚水量 [m^3/d] >

Q_{Gn} : 下水道

Q_{Sn} : 公共腐敗槽

Q_{Kn} : 個別処理システム維持管理良好

Q_{Bn} : 個別処理システム維持管理不良

Q_{Cn} : 公共トイレ

Q_{In} : インターセプター下水道

Q_{Nn} : 衛生処理システムなし

< n 年次における処理システム毎観測基点に達する BOD 負荷量 [g/d] >

L_{1GnBOD} : 下水道からの BOD 負荷量 (雑排水)

L_{1SnBOD} : 公共腐敗槽からの BOD 負荷量 (雑排水)

L_{1InBOD} : インターセプター下水道からの BOD 負荷量 (雑排水)

L_{1NnBOD} : 雑排水無処理からの BOD 負荷量 (雑排水)

L_{2GnBOD} : 下水道からの BOD 負荷量 (し尿)

L_{2SnBOD} : 公共腐敗槽からの BOD 負荷量 (し尿)

L_{2KnBOD} : 維持管理良好の個別処理システムからの BOD 負荷量 (し尿)

L_{2BnBOD} : 維持管理不良の個別処理システムからの BOD 負荷量 (し尿)

L_{2CnBOD} : 公共トイレからの BOD 負荷量 (し尿)

L_{2InBOD} : インターセプター下水道からの BOD 負荷量 (し尿)

L_{2NnBOD} : 衛生処理システムなしからの BOD 負荷量 (し尿)

< n年次における衛生処理システム毎観測基点に達する糞便性大腸菌群 (MPN/d) >

$L_{GnF.coli}$: 下水道からの糞便性大腸菌群

$L_{SnF.coli}$: 公共腐敗槽からの糞便性大腸菌群

$L_{KnF.coli}$: 維持管理良好の個別処理システムからの糞便性大腸菌群

$L_{BnF.coli}$: 維持管理不良の個別処理システムからの糞便性大腸菌群

$L_{CnF.coli}$: 公共トイレからの糞便性大腸菌群

$L_{InF.coli}$: インターセプター下水道からの糞便性大腸菌群

$L_{NnF.coli}$: 衛生処理システムなしからの糞便性大腸菌群

< n年次における処理システム毎建設費 [万ルピア] >

C_{Pn} : 下水道管渠建設費

C_{Tn} : 終末処理場建設費

C_{Sn} : 公共腐敗槽建設費

C_{Cn} : 公共トイレ建設費

C_{In} : インターセプター下水道建設費

< n年次における処理システム毎維持管理費 [万ルピア] >

M_{Pn} : 下水道維持管理費

M_{Tn} : 終末処理場維持管理費

M_{Sn} : 公共腐敗槽維持管理費

M_{Cn} : 公共トイレ維持管理費

M_{In} : インターセプター下水道維持管理費

< n年次における処理システム毎の補助金総額 [万ルピア] >

H_{Gn} : 下水道各戸接続補助金総額

H_{Kn} : 個別処理システム汚泥引抜き補助金総額

(4) 下水道接続率について

下水道を整備した場合、システム使用面積を求めするためには各戸への接続率が必要である。この下水道への接続率について次のように仮定する。下水道整備地域内の未接続地域面積のうち p_1 の比率が新規に接続すると仮定する。この比率 p_1 を本研究では下水道接続率と呼ぶこととする。下水道の全整備面積に対する接続率ではない。この仮定に基づいて n年次に計画地域全体で新規に接続される面積 E_n を求めると、次のようになる。

K年次に下水道が整備された地域内で n年次 (ただし $n \geq K$) に新規に下水道に接続する面積を E_{Kn} とすると表 6-1 のように整理できる。

$$\begin{aligned}
E_{KK} &= p_1 N_{GK} \\
E_{KK+1} &= p_1(1-p_1)N_{GK} \\
E_{KK+2} &= p_1(1-p_1-p_1(1-p_1))N_{GK} = p_1(1-p_1)^2 N_{GK} \\
E_{Kn} &= p_1(1-p_1)^{n-K} N_{GK}
\end{aligned}
\tag{1}$$

表 6-1 下水道新規接続面積

年次	E_{1k}	E_{2k}	E_{3k}	•	E_{nk}	E_k
1	$p_1 N_{G1}$	0	0	•	0	E_1
2	$p_1(1-p_1)N_{G1}$	$p_1 N_{G2}$	0	•	0	E_2
3	$p_1(1-p_1)2N_{G1}$	$p_1(1-p_1)N_{G2}$	$p_1 N_{G3}$	•	0	E_3
•						
n	$p_1(1-p_1)^{n-1}N_{G1}$	$p_1(1-p_1)^{n-2}N_{G2}$	$p_1(1-p_1)^{n-3}N_{G3}$	•	$p_1 N_{Gn}$	E_n

$$E_n = \sum_{k=1}^n E_{Kn} \text{となる。}$$

(5) 処理システム毎の使用面積

上記の仮定から各処理システムの整備面積と使用面積の関係は次のようになる。

1) 下水道の場合

$$\begin{aligned}
U_{Gn} &= U_{Gn-1} + E_n = U_{Gn-1} + p_1(1-p_1)^{n-1}N_{G1} + p_1(1-p_1)^{n-2}N_{G2} + \cdot \\
&\quad \cdot \cdot + p_1(1-p_1)N_{Gn-1} + p_1 N_{Gn}
\end{aligned}
\tag{2}$$

2) 公共腐敗槽の場合

n年次に下水道を公共腐敗槽使用地域に整備する面積を N_{GSn} 、個別処理システム使用地域に整備する面積を N_{GKn} とする。 $N_{GSn} / N_{Gn} = k_s$ と定義すると、n年次に公共腐敗槽から下水道へ移行する面積 $k_s E_n$ は表6-2のように整理できる。

表 6-2 公共腐敗槽から下水道へ移行する面積

年次	$k_s E_{1k}$	$k_s E_{2k}$	$k_s E_{3k}$	•	$k_s E_{nk}$	$k_s E_k$
1	$k_s E_{11}$	0	0	•	0	$k_s E_1$
2	$k_s E_{12}$	$k_s E_{22}$	0	•	0	$k_s E_2$
3	$k_s E_{13}$	$k_s E_{23}$	$k_s E_{33}$	•	0	$k_s E_3$
•						
n	$k_s E_{1n}$	$k_s E_{2n}$	$k_s E_{3n}$	•	$k_s E_{nn}$	$k_s E_n$

$k_s E_n = \sum_{k=1}^n k_s E_{kn}$ となる。

よって公共腐敗槽使用面積は次のようになる。

$$U_{sn} = U_{sn-1} + N_{sn} - k_s E_n \quad (3)$$

3) 維持管理良好の個別処理システム

式(3)と同様に考える。 $N_{Gkn} / N_{Gn} = k_k$ と定義すると、n年次に個別処理システムから下水道へ移行する面積 $k_k E_n$ は表6-3のように整理できる。

表6-3 個別処理システムから下水道へ移行する面積

年次	$k_k E_{1k}$	$k_k E_{2k}$	$k_k E_{3k}$	•	$k_s E_{nk}$	$k_k E_k$
1	$k_k E_{11}$	0	0	•	0	$k_k E_1$
2	$k_k E_{12}$	$k_k E_{22}$	0	•	0	$k_k E_2$
3	$k_k E_{13}$	$k_k E_{23}$	$k_k E_{33}$	•	0	$k_k E_3$
•						
n	$k_k E_{1n}$	$k_k E_{2n}$	$k_k E_{3n}$	•	$k_k E_{nn}$	$k_k E_n$

$k_k E_n = \sum k_k E_{kn}$ となる。

よって個別処理システム(維持管理良好と維持管理不良の合計)使用面積は次のようになる。

$$U_{Kn} + U_{Bn} = U_{Kn-1} + U_{Bn-1} + N_{Kn} - k_k E_n$$

インドネシアにおいて個別処理システムの維持管理はほとんど汚泥引抜きであるので、維持管理良好なものを使用している面積は

$$U_{Kn} = p_2 (U_{Kn} + U_{Bn}) = p_2 (U_{Kn-1} + U_{Bn-1} + N_{Kn} - k_k E_n) \quad (4)$$

4) 維持管理不良の個別処理システム

$$\begin{aligned} U_{Bn} &= (1 - p_2)(U_{Kn} + U_{Bn}) \\ &= (1 - p_2)(U_{Kn-1} + U_{Bn-1} + N_{Kn} - k_k E_n) \end{aligned} \quad (5)$$

5) 公共トイレ

$$U_{cn} = U_{cn-1} + N_{cn} - (\text{n年次における他の処理システムへの移行面積}) \quad (6)$$

他の処理システムへの移行面積についてはどの処理システムへ移行するかを考え入力する。

6) インターセプター下水道

インターセプター下水道は下水道使用地域、公共腐敗槽使用地域、および衛生処理シ

システムなし地域以外の地域へ整備していく。下水道への移行は本研究では対象としない。したがってインターセプター下水道使用面積は

$$U_{I_n} = U_{I_{n-1}} + N_{I_n} \quad (7)$$

7) 衛生処理システムなし

$$U_{N_n} = A - (U_{G_n} + U_{S_n} + U_{K_n} + U_{B_n} + U_{C_n} + U_{U_n}) \quad (8)$$

(6) 衛生処理システム毎の使用人口

n年次における衛生処理システム毎の使用人口はn年次における使用面積にn年次における人口密度を乗じたものと仮定する。この仮定では人口増加がすべて世帯構成人数の増加によって生じることとなるが、ジャカルタ以外の都市では人口流入による人口増加が自然増加に対して比較的少ないと考えられるので、このように単純化する。この仮定により衛生処理システム毎の使用人口は

$$P_{X_n} = U_{X_n} * D_n \quad (X : G, S, K, B, C, I, N) \quad (9)$$

(7) 終末処理場処理水量

終末処理場は下水道の汚水とインターセプター下水道の汚水を処理する。インターセプター下水道は維持管理良好の個別処理システムおよび公共トイレ使用地域では雑排水のみ、維持管理不良の個別処理システム使用地域および衛生処理システムなしの地域ではし尿と雑排水の両方を受ける。なおインターセプター下水道の受ける雨水については対象外とした。これはどの程度の降雨強度において終末処理場の処理能力を超えるのかについて不明であることと、雨水処理については雨水排除セクターがコストを負担することから単純化したものである。以上より終末処理場の処理水量 Q_T は

$$\begin{aligned} Q_T &= Q_{G_n} + Q_{I_n} \\ &= P_{G_n} * (q_1 + q_2) + P_{I_n} * (U_{K_n} + U_{C_n}) / (U_{K_n} + U_{B_n} + U_{C_n} + U_{N_n}) * q_1 \\ &\quad + P_{I_n} * (U_{B_n} + U_{N_n}) / (U_{K_n} + U_{B_n} + U_{C_n} + U_{N_n}) * (q_1 + q_2) \end{aligned} \quad (10)$$

$Q_T = < Q_{max}$ を維持できるように終末処理場を建設することとする。

(8) 観測基点に到達する衛生処理システム毎の汚濁負荷量

BOD負荷量については河川への排出地点から観測基点までの河川の自浄作用を考え、河川への排出BOD負荷量に自浄作用項目 $\exp(-K t_2)$ を乗じた。 t_2 は汚濁物質の河川中流下時間である。

大腸菌については排出されてからの流下時間で死滅する比率が定まると考え、衛生処理システムからの排出負荷量に $(1-r)^T$ を乗じた。

BOD負荷量については生活雑排水とし尿を分けて算出する。大腸菌については雑排水

中の大腸菌については無視する。

(9) 雑排水からのBOD負荷量

1) 下水道

終末処理場の処理効率がBODについて α_1 なので、

$$L_{1GnBOD} = (1 - \alpha_1) \exp(-K t_2) L_1 * P_{Gn} \quad (11)$$

2) 公共腐敗槽

公共腐敗槽の処理効率がBODについて β_1 なので、

$$L_{1SnBOD} = (1 - \beta_1) \exp(-K t_2) L_1 * P_{Sn} \quad (12)$$

3) インターセプター下水道

側溝での流達率を考慮して

$$L_{1InBOD} = \theta (1 - \alpha_1) \exp(-K t_2) L_1 * P_{In} \quad (13)$$

4) 無処理の雑排水

上記の3つの衛生処理システム使用地域以外は雑排水に関しては無処理である。よって

$$L_{1nBOD} = \theta \exp(-K t_2) L_1 * \{J_n - (P_{Gn} + P_{Sn} + P_{In})\} \quad (14)$$

(10) し尿からのBOD負荷量

1) 下水道

式(11)の L_1 を L_2 に置き換えればよい。よって

$$L_{2GnBOD} = (1 - \alpha_1) \exp(-K t_2) L_2 * P_{Gn} \quad (15)$$

2) 公共腐敗槽

式(12)の L_1 を L_2 に置き換えればよい。よって

$$L_{2SnBOD} = (1 - \beta_1) \exp(-K t_2) L_2 * P_{Sn} \quad (16)$$

3) 維持管理良好の個別処理システム

維持管理良好な個別処理システムについては浸透処理を伴わず処理水が側溝に排水される腐敗槽からのBOD負荷量を考える。よって

$$L_{2KnBOD} = \theta (1 - \gamma_1) \exp(-K t_2) L_2 * P_{Kn} * R_s * R_L \quad (17)$$

4) 維持管理不良の個別処理システム

維持管理不良の個別処理システムは直接側溝にバイパスしているものと仮定する。そのうちインターセプター下水道によってカバーされる人口は

$$P_{In} * U_{Bn} / (U_{Kn} + U_{Bn} + U_{Cn}) \quad (18)$$

である。よって

$$L_{2BnBOD} = \theta \exp(-K t_2) L_2 * \{P_{Bn} - P_{In} * U_{Bn} / (U_{Kn} + U_{Bn} + U_{Cn})\} \quad (19)$$

5) 公共トイレ

公共トイレについては浸透処理されるので表流水に汚濁負荷が流出しないと考えられる。よって

$$L_{2CnBOD} = 0 \quad (20)$$

6) インターセプター下水道

インターセプターが受けるし尿からのBODは維持管理不良の個別処理システムから排出されるし尿を受ける場合のみである。排水人口が式(18)で与えられるので

$$L_{2InBOD} = \theta (1 - \alpha_1) \exp(-K t_2) L_2 * P_{In} * U_{Bn} / (U_{Kn} + U_{Bn} + U_{Cn}) \quad (21)$$

7) 衛生処理システムなし

$$L_{2NnBOD} = \theta \exp(-K t_2) L_2 * P_{Nn} \quad (22)$$

(11) し尿からの糞便性大腸菌負荷量

衛生処理システム毎の排水人口はBODと同じであるので以下のようになる。

1) 下水道

$$L_{GnF. coli} = (1 - \alpha_2)(1 - r)^T L_3 * P_{Gn} \quad (23)$$

2) 公共腐敗槽

$$L_{SnF. coli} = (1 - \beta_2)(1 - r)^T L_3 * P_{Sn} \quad (24)$$

3) 維持管理良好の個別処理システム

$$L_{KnF. coli} = \theta (1 - \gamma_2)(1 - r)^T L_3 * P_{Kn} * R_s * R_L \quad (25)$$

4) 維持管理不良の個別処理システム

式(19)と同様に考え、

$$L_{BnF. coli} = \theta (1 - r)^T L_3 * \{P_{Bn} - P_{In} * U_{Bn} / (U_{Kn} + U_{Bn} + U_{Cn})\} \quad (26)$$

5) 公共トイレ

式(20)と同様に考え、

$$L_{CnF. coli} = 0 \quad (27)$$

6) インターセプター下水道

式(21)と同様に考え、

$$L_{InF. coli} = \theta (1 - \alpha_2)(1 - r)^T L_3 * P_{In} * U_{Bn} / (U_{Kn} + U_{Bn} + U_{Cn}) \quad (28)$$

7) 衛生処理システムなし

$$L_{NnF. coli} = \theta (1 - r)^T L_3 * P_{Nn} \quad (29)$$

(12) 事業費の算定

事業費について各衛生処理システム毎に建設費と維持管理費に分けて以下のように算出した。なお耐用年数については比較的短いと思われる腐敗槽などの個別処理システムについても、インドネシアでは電気設備を伴わないことからいずれの衛生処理システムについても20年の計画期間より長いものとする。

(13) 建設費

1) 下水道

管路建設費は、枝線と幹線の両方を建設する場合は面積当たりの整備単価で考えることとする。この場合整備単価が建設地域の人口密度の影響を受けると考え、整備単価式を次のように仮定する。

$$Y_{Fn} = a D_n^{1/2} + b \quad (30)$$

公共腐敗槽使用地域に下水道を整備する場合、幹線のみ建設すれば良い。幹線のみ整備単価は1人当たりの単価 Y_T と仮定する。

これより管路建設費は

$$C_{Pn} = (Y_{Fn} * N_{GSn} + Y_T * N_{GKn}) * D_n \quad (31)$$

処理場建設費は処理能力の関数であると考えられる。この関数が $k_1 Q_{max}^{k_2}$ の形であると仮定する。建設期間中は一定の建設費であると仮定して、

$$C_{Tn} = k_1 Q_{max}^{k_2} / T_c \quad (32)$$

2) 公共腐敗槽

1人当たり整備単価を考える。よって

$$C_{Sn} = Y_s * N_{Sn} * D_n \quad (33)$$

3) 個別処理システム

個別処理システムの建設費としては建設への補助金拠出額だと考えられるが、本研究では個別処理システムの新規建設は計画期間中起こらないと仮定した。

4) 公共トイレ

公共トイレ1基がカバーできる人数および距離には限界がある。それを限界人数 u_{max} (人)、限界距離 d_{max} (m) とすると、新規建設面積 N_{Cn} をカバーするのにそれぞれ最低 $10,000 N_{Cn} / \pi d_{max}^2$ (距離制約) もしくは $N_{Cn} * D_n / u_{max}$

(人数制約) の大きいほうの基数だけ建設が必要である。すなわち

$$D_n \geq 10,000 u_{max} / \pi d_{max}^2 \quad (34)$$

のとき人数制約が支配的となる。通常は公共トイレを建設する地域は人口密集地域であ

るので人数制約が支配的となる。公共トイレ建設単価は1人当たり整備単価で考え、

$$C_{cn} = Y_{cn} * N_{cn} * D_n \quad (35)$$

5) インターセプター下水道

1人当たり整備単価で考える。

$$C_{in} = Y_{in} * N_{in} * D_n \quad (36)$$

(14) 維持管理費

1) 下水道管渠、公共腐敗槽、公共トイレおよびインターセプター下水道の維持管理費は使用人口に維持管理単価を乗じたものとする。よって

$$M_{xn} = O_x * P_n \quad (X : P, S, C, I) \quad (37)$$

2) 終末処理場維持管理費は処理能力の関数とする。よって

$$M_{tn} = O_T * Q_{max} \quad (38)$$

(15) 補助金の考え方

1) 下水道各戸接続に対する補助金については次のように考える。接続率 p_1 が

$$p_1 = \sigma_1 * S_1 + \tau_1 \quad (39)$$

で定まると仮定する。式(2)および式(39)よりn年次の下水道各戸接続補助金総額は

$$H_{Gn} = S_1 * U_{Gn} = S_1 * [U_{Gn-1} + (\sigma_1 * S_1 + \tau_1) \{1 - (\sigma_1 * S_1 + \tau_1)\}^{n-1} N_{G1} + (\sigma_1 * S_1 + \tau_1) \{1 - (\sigma_1 * S_1 + \tau_1)\}^{n-2} N_{G2} + \dots + (\sigma_1 * S_1 + \tau_1) N_{Gn}] \quad (40)$$

2) 個別処理システムについては公共セクターが負担する維持管理費は汚泥引抜き補助金である。汚泥引抜き率と補助金の関係を次のように仮定する。

$$p_2 = \sigma_2 * S_2 + \tau_2 \quad (41)$$

これより汚泥引抜き補助金総額は

$$H_{Kn} = S_2 * (\sigma_2 * S_2 + \tau_2) (U_{Kn} + U_{Bn}) * D_n / m \quad (42)$$

(16) 予算と事業費について

理論的には、予算＝国からの予算＋地方予算＋外国融資＋料金収入（下水料金＋汚泥引き抜き料金＋公共トイレ使用料＋環境税）であるが、本研究ではチレボン市都市開発プロジェクト（CUDP）の過去の実績値を流用した。各年次における予算額は初年度予算が一定の成長率で成長するものと仮定する。

予算がどの程度事業費の制約となるかについては次のように単純化する。初年度予算を F_0 、成長率 R 、割引率 W として、 n 年間の総予算は

$$F_{nTOTAL} = \sum_{i=1}^n F_0 (1+R)^i / (1+W)^i \quad (43)$$

これに対して n 年次の事業費を C_n とすると、予算と同じ割引率で割り引くこととし、次のように考える。

1) 起債が可能な場合

$$\text{計画終了年次 } N \text{ において } \sum_{i=1}^N C_i / (1+W)^i < F_{nTOTAL} \quad (44)$$

2) 起債が不可能な場合

$$\text{すべての年次において } \sum_{i=1}^n C_i / (1+W)^i = F_{nTOTAL} \quad (45)$$

本研究ではそれぞれの場合について、シミュレーションを行った。

(17) 整備計画の効果の評価について

本検討では各年次のBOD負荷量および大腸菌負荷の削減量 B_n を割引率で補正したものの累積効果について整備効果を評価した。すなわち、

$$\sum_{i=1}^n B_i / (1+W)^i \quad (46)$$

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

7-1 チレボン市におけるケーススタディー

(1) ケーススタディーの方針

1) ブロック割りの簡便化

本検討では、インドネシアのジャワ島のチレボン市をケーススタディーの対象としている。チレボン市の中は用途地域、人口密度等の分布があり一様でないため、本来ならば市を複数のブロックに分割し、それぞれのブロックに関して個別の検討を加えなければならない。しかし本検討では、まず簡略化のために計画地域全域を1つの区域と考えシミュレーションを行った。

2) 処理システムの段階的改善方針

整備計画の進展にともなって、従来使用していた衛生処理システムから新しい衛生処理システムへ移行する場合が生じてくる。このような衛生処理システム間の移行について次のように仮定する。

公共トイレは衛生処理システムなし地域からのみ移行する。公共トイレ、衛生処理システムなし地域から個別処理システムへの移行は困難であると考えられる。なぜならその地域に現在個別のトイレが入っていない理由が、設置空間の欠如もしくは財政的な問題であると考えられるためである。

下水道は公共腐敗槽使用地域もしくは個別処理システム使用地域に整備していく。公共腐敗槽から下水道への移行は公共腐敗槽流出水を下水道幹線で集めるだけで比較的容易であるし、個別処理システム使用地域も家屋内に便所を有するので下水道への接続が比較的容易であると考えられるからである。

以上の方針を表7-1にまとめる。

表7-1 シミュレーションで検討する処理システムおよびその改善方針

処理システム	処理形態	処理対象	改善する処理システム
(システム無し)	—	—	→ 公共トイレ → 公共腐敗槽
公共トイレ	個別処理	し尿	→ 公共腐敗槽
個別処理システム	個別処理	し尿	→ 公共腐敗槽 → インターセプター下水道 → 下水道
公共腐敗槽	半集合処理	し尿・雑排水	→ 下水道
インターセプター下水道	半合道処理	雑排水	—
下水道	集合処理	し尿・雑排水	—

(2) 計画開始年度と計画期間

計画開始年度は計画初年度である1993年としたが、適当に選ぶこともできる。価格は1993年値換算とする。計画期間は20年間とした。

(3) 人口増加率と世帯構成人数

人口増加率は2%とする。世帯構成人数は5人とする。

(4) 予算伸び率と予算割引率

予算伸び率は2%とする。割引率は10%とする。

(5) 発生活污水量原単位および汚濁負荷量原単位

1人1日当たり発生活污水量および汚濁負荷量については、「インドネシア公共事業省 C W S P - *Review of urban sanitation experience*」の次の数値を参考にする。

表7-2 1人1日当たり発生活污水量及びその水質

	し尿	雑排水
汚水量 (ℓ/cd)	5 ~ 30	50 ~ 100
BOD (mg/ℓ)	500 ~ 1500	150 ~ 400
糞便大腸菌群 (MPN/100ml)	10 ⁸	10 ²

汚水量についてはチレボン市の水使用状況から考えて、雑排水を100(ℓ/cd)、し尿を30(ℓ/cd)とする。

BOD負荷量については汚水量、BODそれぞれの平均値を用いて、雑排水を20.6(g/cd)、し尿を17.5(g/cd)とする。文献87による日本の経験値が、雑排水BOD負荷量39(g/cd)、し尿BOD負荷量18(g/cd)であるので比較的妥当な値であると思われる。

糞便性大腸菌群については、オーダーが6桁違うことからし尿のみ考えることとし、 3.0×10^{10} (1/cd)とする。

(6) 処理効率

本モデルでは終末処理場として安定化池を採用することとし、チレボン市のアダ・イルマ処理場の実績値を用いた。

表7-3 アデ・イルマ処理場データ

水質項目	流入水	流出水	処理効率
水温 (°C)	28	28	
pH (-)	8.25	8.8	
濁度 (NTU)	25	23	
BOD (mg/l)	65	23	0.646
COD (mg/l)	168	29	0.827
DO (mg/l)	0.3	8.8	
アンモニア性窒素 (mg-N/l)	10.6	3.6	
塩素イオン (mg/l)	91	303	
リン (mg/l)	3.2	2.0	
硫化水素 (mg/l)	0.5	0.0	
糞便性大腸菌群 (MPN/100ml)	1.2×10^8	4.6×10^3	0.99996

これより $\alpha_1 = 0.646$ 、 $\alpha_2 = 0.99996$ を用いる。

公共腐敗槽についてはこれから導入しようとしているシステムであり適当なデータがないので、インドネシアの大型単独浄化槽の経験値として $\beta_1 = 0.60$ を用いる。また消毒プロセスを伴うと仮定し、 $\beta_2 = 0.99999$ とする。

個別腐敗槽についてはインドネシアの小型単独浄化槽の基準より $\gamma_1 = 0.55$ を用いる。大腸菌処理効率については消毒しないと仮定し、滞留時間5日間として、腐敗槽糞便性大腸菌処理効率 $r_2 = 1 - (1 - r)^{5 \times 24}$ 、糞便性大腸菌死滅係数 $r = 0.040$ とし、 $\gamma_2 = 0.9925$ となる。

(7) 自浄係数、死滅係数、流下時間

自浄係数については流総指針を参考に次のように考える。

$$C = C_0 e^{-Kt}$$

C : 観測点での濃度

C_0 : 初期濃度

K : 自浄係数 (1/d) (ただし10を底とするときkを用いる)

t : 流下時間 (d)

対象とする汚濁負荷物質はBODであるからBODの自浄係数 $K_1 = K_1 + K_2$ を用いる。ここで

K_1 : 脱酸素係数

K_2 : DOを消費しないBOD減少 (沈澱等)

k_1 の値は0.05~0.3程度 ($K_1 = 2.31 * k_1$ であるから0.1155~0.693程度)

K_2 は沈澱による影響が大きく、放流水の処理状況 (沈澱処理の有無) などで大きく変動するので、実測を原則とする。実測できなければ安全側として $K_2 = 0$ と考えてもよい。

以上より本モデルでは安全側を考慮し、 $K_1 = 0.1155$ を用いる。

大腸菌群死滅係数については次の数値を参考にする。

表 7-4 様々な病原菌の死滅係数

種 類	半減期(h)	計算した死滅率(1/h)
<Indicator bacteria>		
Coliforms (average)	17.0	0.040
Enterococci (average)	22.0	0.031
Streptococci (average)	19.5	0.035
St. bovis	4.3	0.149
<Pathogenic dysenteria>		
Shigella dysenteriae	22.4	0.030
S. typhi	6.0	0.109
Vibrio cholerae	7.2	0.092
S. enteritidis ser. paratyphi B	2.4	0.251

本モデルでは健康面の衛生指標として糞便性大腸菌群を用いているが、死滅係数 r としては大腸菌群の 0.040 を用いる。

河川までの流下時間については側溝の形状がまちまちで、滞留時間として求めることも難しく、適当な値を入れることとする。河川までの流下時間 $t_1 = 2$ [d]、河川における流下時間 $t_2 = 3$ [d]、総流下時間 $T = 5$ [d] と仮定した。

(8) 流達率

流達率は、文献 7 より表 7-5 に示す数値を参考に決定する。

表 7-5 流達率の標準値

	農村部	市街地		下水道整備地域
		周辺部	中心地区	
流達率	0.0~0.2	0.1~0.6	0.6~1.0	1.0

流達率は側溝、排水路の状況に左右されると考えられる。インドネシアの側溝は必ずしもよく整備されているとはいえず、本モデルではチレボン市の市街地の流達率を 0.6、周辺地域においては 0.1 とする。

(9) 個別処理システムにおける腐敗槽処理システムの比率

アルピンコンサルが作成した1982年当時の衛生処理システム使用状況地図では腐敗槽が 367.4ha、浸透処理が 389.5ha となっている。これより

個別処理に占める腐敗槽の比率 $R_s = 0.5$ とする。

(10) 個別腐敗槽のうち浸透処理を伴う比率

文献5によると、腐敗槽流出水を浸透処理するケースと、流出水を地下排水路、または側溝に排出するケースがある。これについては適当なデータがないので、腐敗槽のうち浸透処理を伴う比率 $R_L = 0.5$ と仮定する。

(11) 建設単価

1) 下水道

下水道管路建設費について式(30)の係数を次のように定める。文献13によると、日本の経験値では面整備単価 $= 1295.06 D i^{1/2} - 1329.4$ (千円/ha) であるので、この係数を表7-6の数値を基に補正する。

表7-6 下水道システム建設単価

システム		1人当たり建設費 1987年値 (ルピア)
分流式下水道(幹線+枝線)	処理場あり	500,000
	処理場無し	350,000
枝線のみ	既成市街地	200,000
	新規開発地	100,000
浅深度下水道	K I P ^{注)} 後	120,000
	K I Pと同時	60,000
インターセプターまたは幹線のみ		150,000
安定化池(土地代別)		50,000
活性汚泥処理(土地代別)		200,000
管路リハビリ		10,000~100,000
排水路の合流管としての活用(蓋がけ?)		10,000~50,000

注: K I P (Kampung Improvement Program): カンボン改善事業は、無計画に開発され、公共施設が不足しているカンボンの改善を目的とする計画¹⁾。K I Pの事業内容は最小限のインフラ設備(細街路、側溝)が基本である。地域によっては、より優れた排水施設、上水道供給施設、MCK、ごみ収集施設、学校、診療所などを供給することもあるが、補完的的事业である²⁾。

1) 金子 弘(1994)「インドネシアの住宅政策(改訂版)」1994年8月 在インドネシア国際協力事業団専門家

2) 瀬田 史彦(1995)「発展途上国大都市の劣悪住居地域(スラム)改善事業における住民参加について」1994年度卒業論文 東京大学工学部都市工学科都市計画コース

出所) Ministry of Public Works(1989), *Preparation of National Strategic Plan for The Human Waste and Wastewater Disposal Sub-Sector for Urban Areas, Final Report Volume 2, Strategic Guidelines and Design Criteria, Indonesia*

管路単価が1人当たり35万ルピアとなっているので、この数値がn年次人口密度 $D_n = 200$ [人/㎡] のときと仮定して、1円=17ルピア換算で下水道建単価 $Y_F = 313.9 \cdot D^{1/2} - 322.3$ [万ルピア/ha] と仮定する。また表7-6よりインターセプター下水道または下水道幹線のみ建設単価 $Y_T = 15$ [万ルピア/ha] と仮定する。

終末処理場建設費について、式(31)の係数 k_1 、 k_2 を日本の経験値に基づいて次のように定める。文献16によると日本の経験値は $k_1 = 393$ 、 $k_2 = 0.73$ とできる。

表7-6でn年度人口密度 $D_n = 200$ [人/㎡]、1人1日発生汚水量雑排水 $q_1 +$ し尿 $q_2 = 130$ と考えて補正すると、 $k_1 = 6756.8$ 、 $k_2 = 0.73$ また建設年数 $T_n = 3$ [年] とする。

2) 公共腐敗槽

式(33)の公共腐敗槽建設単価 Y_c [万ルピア/人] の値は、インドネシア公共事業省でのヒアリングより、 $Y_c = 10$ [万ルピア/人] と仮定する。

3) 個別処理

本研究では新規整備は考えていない。

4) 公共トイレ

公共トイレの建設単価は、インドネシア公共事業省のデータより表7-7のようにした。

表7-7 公共トイレ建設単価

	使用人数(人)	最大距離(m)	1人当たりコスト(ルピア)
公共トイレ	25	100	40,000
MCK	25	100	60,000

本モデルではMCKを考えているので公共トイレ建設単価 $Y_c = 6$ [万ルピア/人] とする。

5) インターセプター下水道

表7-6よりインターセプター下水道建設単価 $Y_T = 15$ [万ルピア/人] と仮定する。

(12) 維持管理単価

1) 下水道

下水道管渠維持管理単価については表7-7の数値を使う。

表 7-8 下水道維持管理費

システム	1人当たり (ルピア)
下水道 (幹線+枝線)	5,000
下水道枝線のみ	3,000
インターセプターOR幹線のみ	2,000
終末処理場	2,000

出所: Ministry of Public Works(1989), *Preparation of National Strategic Plan for The Human Waste and Wastewater Disposal Sub-Sector for Urban Areas, Final Report Volume 2, Strategic Guidelines and Design Criteria, Indonesia*

これより下水管渠維持管理単価 $O_0 = 0.5$ [万ルピア/人]

終末処理場維持管理単価については処理能力当たりの単価で考えたので、表 7-8 の値が n 年時人口密度 $D_n = 200$ 、発生汚水量 (雑排水) 原単位 q_1 + 派生汚水量 (し尿) 原単位 $q_2 = 130$ [m^3/cd] のときであると仮定し、終末処理場維持管理単価 $O_1 = 1.538$ [万ルピア/ m^3] とする。

2) 公共腐敗槽

公共腐敗槽維持管理費は基本的に汚泥引抜きコストであると考え、さらに汚泥発生量が流入汚水量に比例するように単純化すると、公共腐敗槽維持管理単価 O_2 は公共トイレ維持管理単価 O_3 ($=0.11$ 、(4) 公共トイレの項参照) の約 $130/30$ 倍であると考えられる。よって

$O_2 = 0.5$ [万ルピア/人] とする。

3) 個別処理システム

維持管理費の公共側負担は汚泥引抜き補助金であると考えられる。 S_2 は、汚泥引抜き実施率 P_2 から求めるものとする。

4) 公共トイレ

文献27より $O_3 = 0.11$ [万ルピア/人] とする。

5) インターセプター下水道

表27よりインターセプター下水道維持管理単価 $O_4 = 0.2$ [万ルピア/人] とする。

(13) 補助金額とその効果

式 (39) および式 (40) より

下水道整備地域内1年当たり接続率 $p_1 = \sigma_1 * S_1 + \tau_1$

汚泥引き抜き実施率 $p_2 = \sigma_2 * S_2 + \tau_2$

($\sigma_1, \tau_1, \sigma_2, \tau_2$: 補助金効果係数。ただし $p_k = \sigma_k * S_k + \tau_k$)

インドネシアでは現在補助金制度はないので、現状の整備地域内下水道1年当たり接続率、汚泥引き抜き実施率がそれぞれ下水道接続補助金 S_1 および個別処理システム汚泥引き抜き補助金 $S_2 = 0$ [万ルピア/戸] における p_1, p_2 、すなわち τ_1, τ_2 と考えられる。 σ_1 については1戸当たり1万ルピア補助金を出せば整備地域内下水道1年当たり接続率10%上がると仮定し $\sigma_1 = 0.1$ とした。 σ_2 については汚泥引き抜きおよび引抜き汚泥処理に1戸当たり年間8万ルピアかかっていると、 S_2 の最高額を1人当たり8万ルピア、8万ルピア補助した時の汚泥引き抜き率が0.9と仮定した。汚泥引き抜き率の最高値が1.0でないのは、補助金の多少にかかわらず維持管理を行わない人口が1割程度いると仮定したからである。

これより

$\sigma_1 = 0.1 \quad \tau_1 = 0.07 \quad \sigma_2 = 0.05 \quad \tau_2 = 0.5$ と仮定する。

なお、本シミュレーションでは政府予算で、公共腐敗槽、公共トイレ、インターセプター下水道等の維持管理費も負担するものとし、これらのシステムは常に正常に稼働しているものとした。

(14) 計画地域面積、初年度人口、初年度予算の設定

本研究では計画地域としてチレボン市の状況を踏まえながら単純な数値を用いた計画地域を新たに設定した。そのフレーム値として計画地域面積1,000ha、初年度人口20万人と設定した。

初年度予算はCUDPの実績値として1985年から1987年の3年間の事業費の総計が26億600万ルピアであることから1年当たり予算を8億7,000万ルピアとし、これを初年度予算とした。

(15) 初期条件設定

チレボン市の1982²⁾年当時の衛生処理システム使用状況を反映させたケースを考えた。具体的には第2章第4節で述べた衛生処理システム毎の使用面積からその比率を割り出した。これより標準ケースは下水道43.3ha、個別処理システム882.8ha(維持管理良好441.4ha、維持管理不良441.4haとする)、公共トイレ10.7ha、衛生処理システムなし63.2haとなる。また終末処理場能力をアデルマ処理場の処理能力3200m³/dとする。

注：チレボン市の処理システム使用状況の現在のデータが無く、ここでは入手可能であった1982年のデータを使用した。

(16) 整備計画の設定

整備計画1から整備計画5までは起債はできない場合を想定し、各年次ごとに予算をほぼ使いきる形で整備計画を進めることとする。整備計画6から整備計画10までは記載が可能な場合を想定し、最初の10年間に重点的に予算を割り振った。各整備計画は以下の通りとする。

<整備計画1及び6>

下水道を個別処理システム使用地域に整備する。

<整備計画2及び7>

下水道整備と接続補助金政策を並行して進める。下水道は個別処理システム使用地域に整備する。補助金単価は5万ルピア/戸とする。

<整備計画3及び8>

インターセプター下水道の建設を重点的に進める。

<整備計画4及び9>

まず公共腐敗槽をシステム未整備の地域に整備し、続いて個別処理システム使用地域に整備する。

<整備計画5及び10>

個別処理システム使用地域に2万ルピア/戸の汚泥引き抜き補助を行いつつ、残りの予算でシステムの整備を進める。まずシステム未整備の地域に公共トイレを建設し、その後個別処理システム地域から公共腐敗槽への移行を進める。

7-2 シミュレーション計算結果

(1) 計算結果

各整備計画のBOD負荷総量を図7-1に、大腸菌総量を図7-2に示す。

図7-1 BOD負荷総量

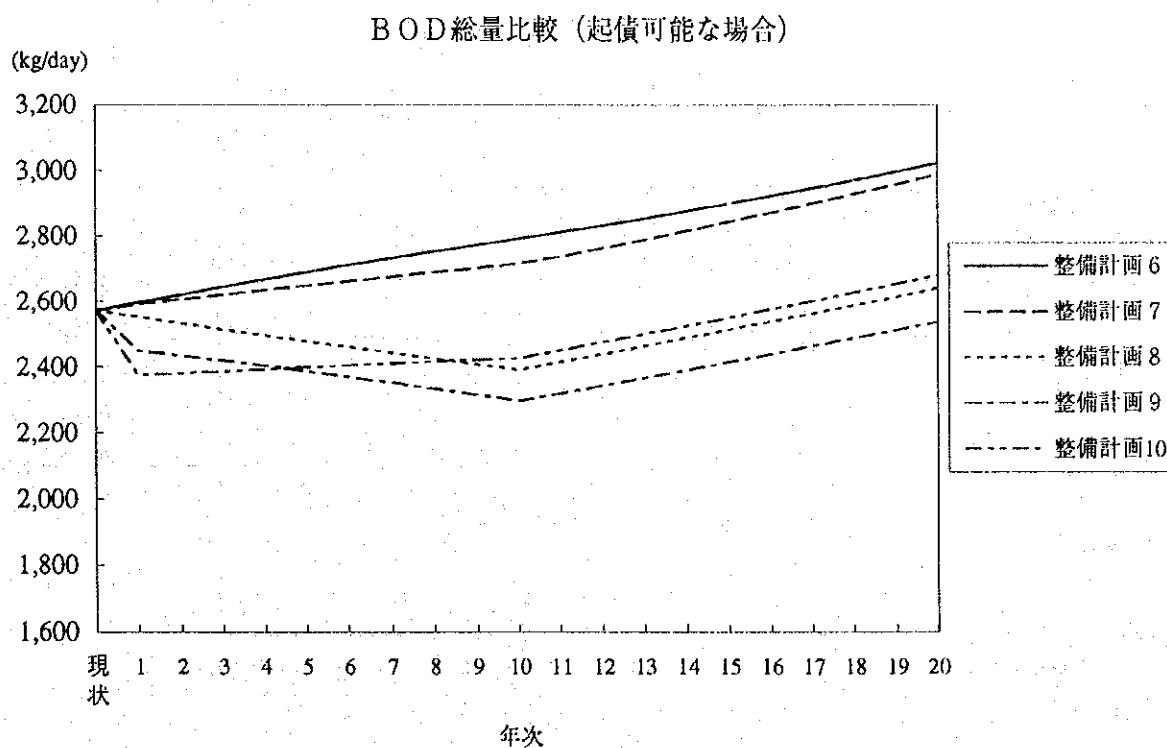
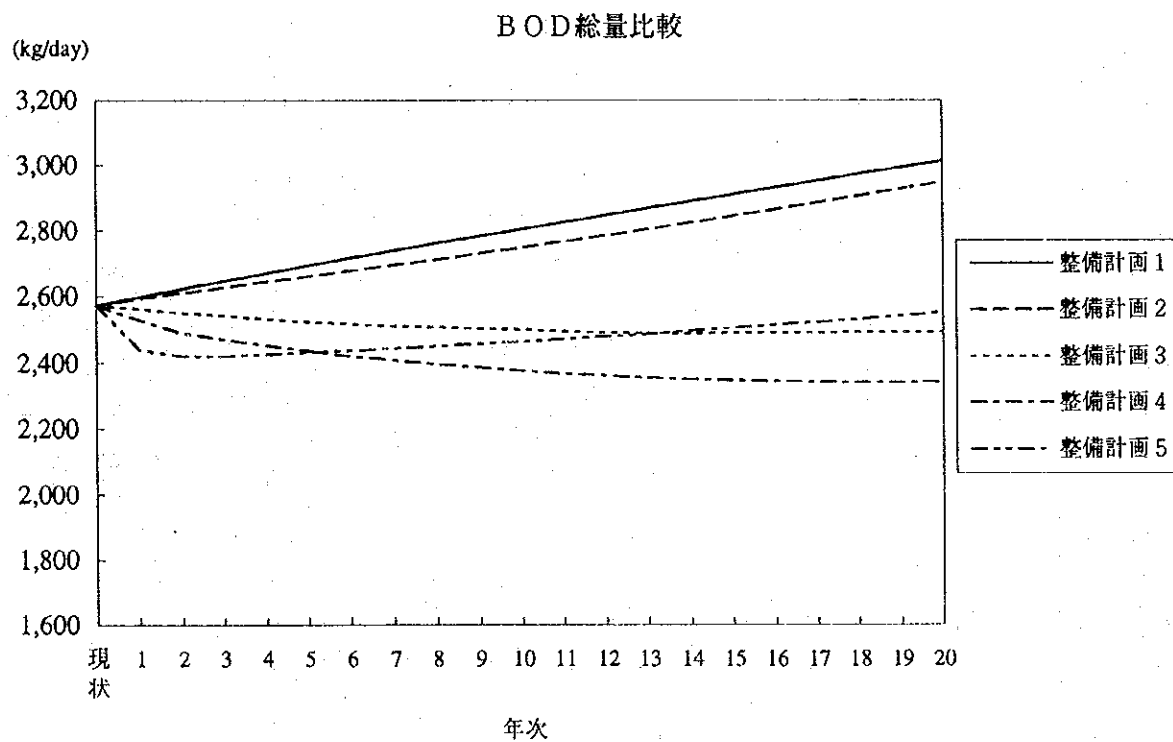
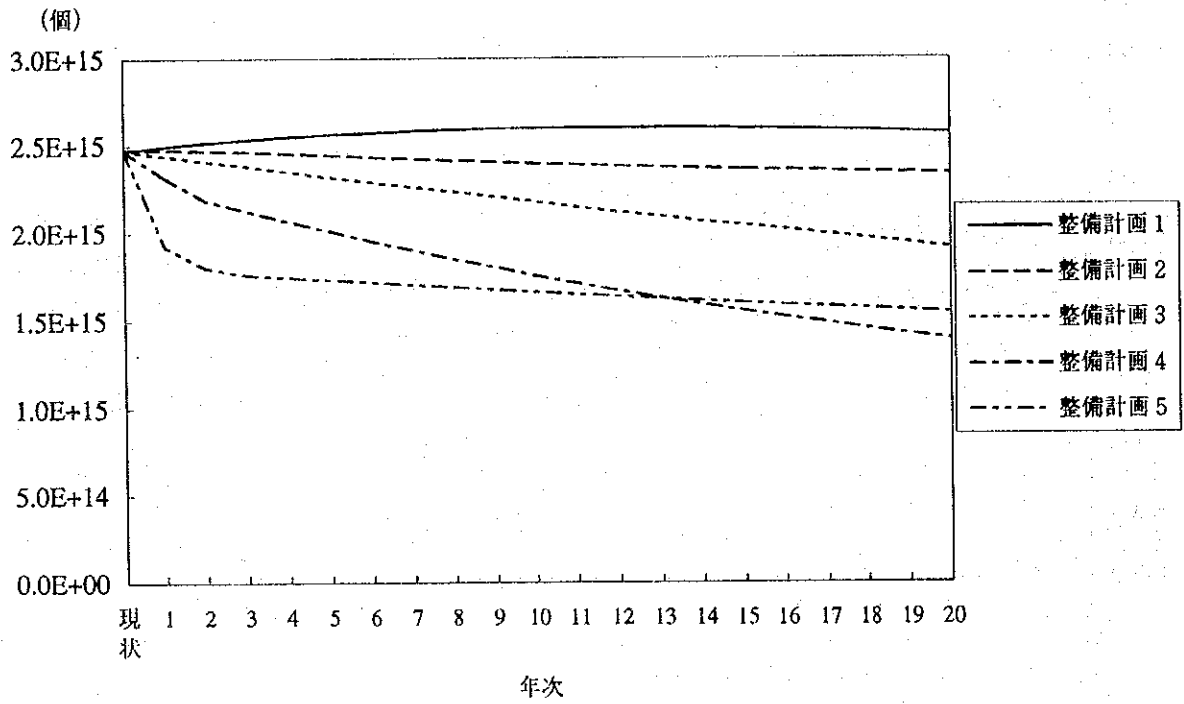
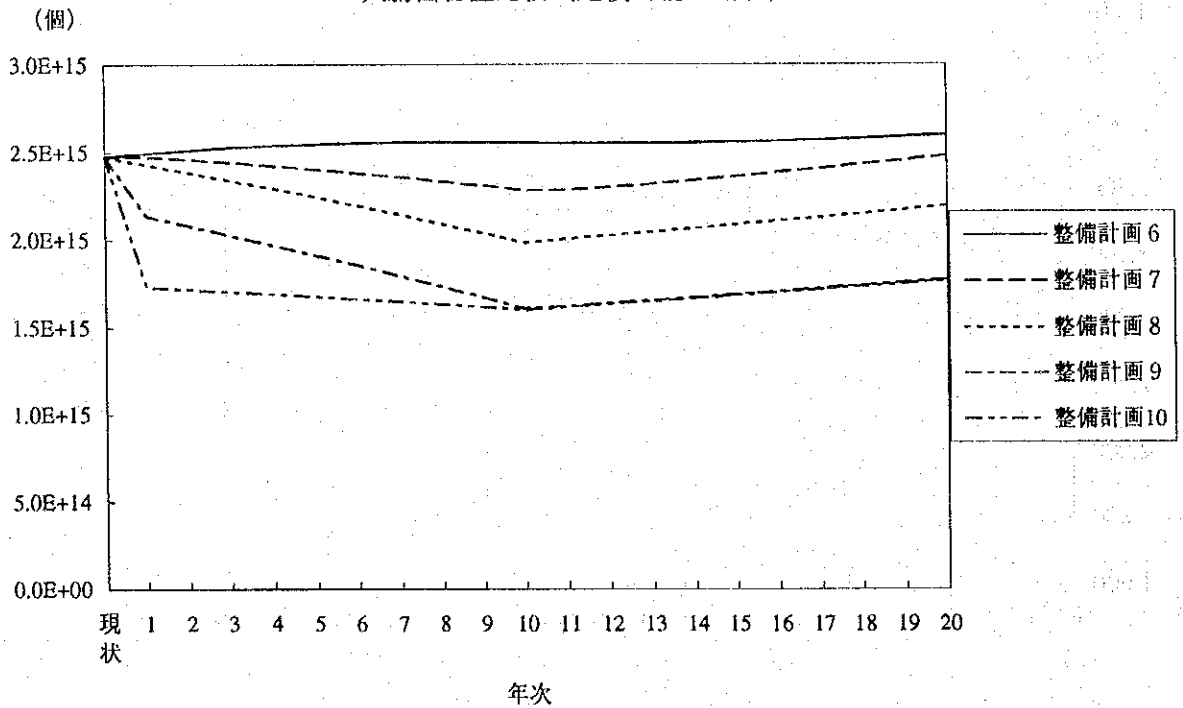


図7-2 大腸菌総量

大腸菌総量比較



大腸菌総量比較 (起債可能な場合)



各整備計画を比較分析すると次のようになる。

1) 下水道整備優先の整備計画

下水道を重点的に整備する場合が最も環境改善効果が少ないという結果が出た。この理由としては、下水道建設、維持管理の資金的制約が挙げられる。さらに下水道を建設してもすぐに各家庭と接続するわけではなく、投資の効果が現れるまでにタイムラグが発生することも他のシステムに比べて不利な条件となっている。これは下水道接続の補助金政策を進めた整備計画2または7のほうが、下水道建設のみを優先した整備計画1または6よりも効果が現れているということから見て取れる。グラフ上には出てこないが、最終年次で下水道使用人口は整備計画1で全体の約19%、整備計画2で約27%となっている。

2) インターセプター下水道

インターセプター下水道の整備は、整備計画3または8の結果から判断すると、BOD削減効果は第2位の成果を上げている。今回のシミュレーションでは、個別処理システムの管理不良地域に整備することによって、雑排水だけではなく垂れ流しになっているし尿についても受け入れることとしたため、大腸菌についてもかなりの削減効果が現れている。また、これらの効果は、高価な下水道を各家庭に接続するよりも裨益人口が大きくなり、下水道接続のタイムラグもないという利点によるところが大きい。

ただし、整備計画3では最終年次には対象地域の約4割にインターセプター下水道が整備されているという計算結果になったが、これは下水道整備面積の約9倍にあたり、これだけのインターセプター下水道管路を終末処理場や下水道に接続することは現実的ではない。また、インターセプター下水道を流下中の未処理のし尿・雑排水は、側溝に垂れ流しになっている状態と大差無いため、住民の衛生状態が必ずしも改善されるものとは限らない。従って、実際にはインターセプター下水道は公共腐敗層や下水道などの整備と並行して、最も効果的と思われる地域に暫定的に整備するシステムととらえるべきであろう。

3) 公共腐敗層

公共腐敗層は各整備計画で、最も効果が大きいという結果となった。これは比較的安価なシステムであり、整備計画9では最終年次で人口の約半分が使用するという結果になった。整備計画、終末処理場の処理能力には余裕があるため、限定的に下水道に移行するという計画とすればさらに改善効果が見込める。

4) 個別処理システム

個別処理システムは、計画開始年次にほとんどの人口が使用しているシステムであり、各家庭に年間2万ルピアの汚泥引き抜き補助金を与えることにより、維持管理率が50%から60%にあがるものとした。この効果は大腸菌削減については最も効果的であるという結果となった。ただし整備計画5と整備計画10では、公共腐敗層を随時整備していくとは言え、残りの個別処理システム使用地域では雑排水は垂れ流しとなっている。この

ためBOD削減効果については整備計画3などより劣るという結果となった。

5) 起債の効果

整備計画1～5と整備計画6～10の結果を比較すると、最終年次では概ね各年次で予算を使い切る整備計画1～5のほうが良い結果となった。これは割引率を10%に設定しているため、年次が後になるほど事業経費が割安になることによる。ただし整備計画6及び7は、最初の10年間に終末処理場建設及び下水道整備を行い、残りの10年間は接続と維持管理を行うことになり、時間的余裕により接続率が上がっているため、整備計画1及び2とほぼ同様の効果が上がっている。

(2) 出力例

以下は(1)の整備計画1を例に、各年次予算-事業費比較、終末処理場、システム使用人口(し尿、雑排水)、建設費、維持管理費、BOD負荷総量、大腸菌総量を出力したものである。なお、入力等の方法はコンピューターシミュレーションマニュアルとして付録9に整理したので参照されたい。

図7-3 事業費-予算比較

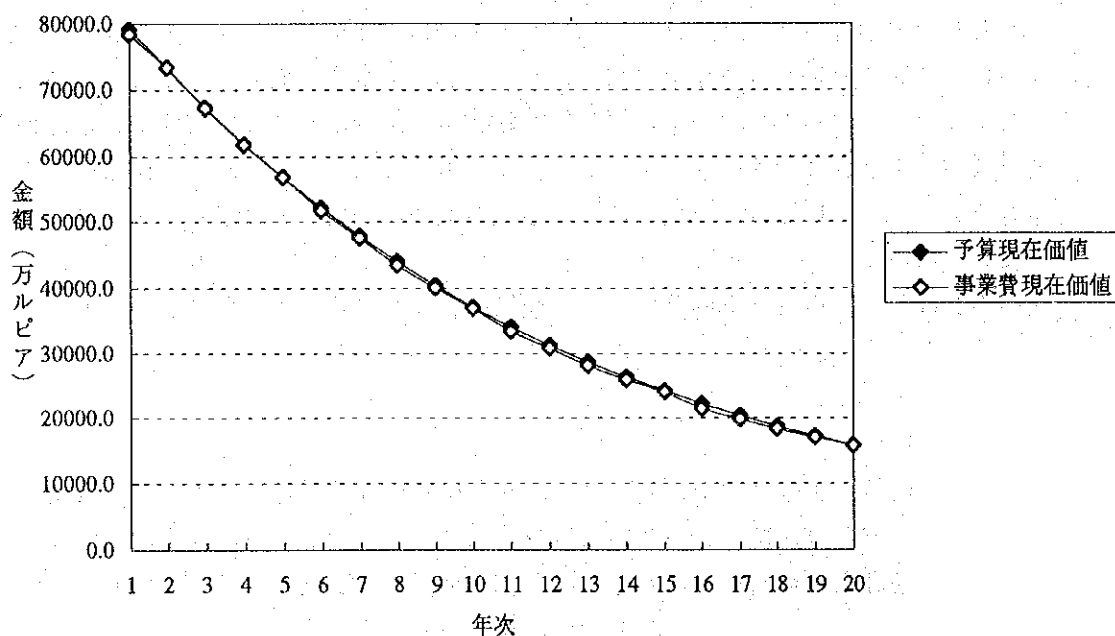


図7-4 終末処理場

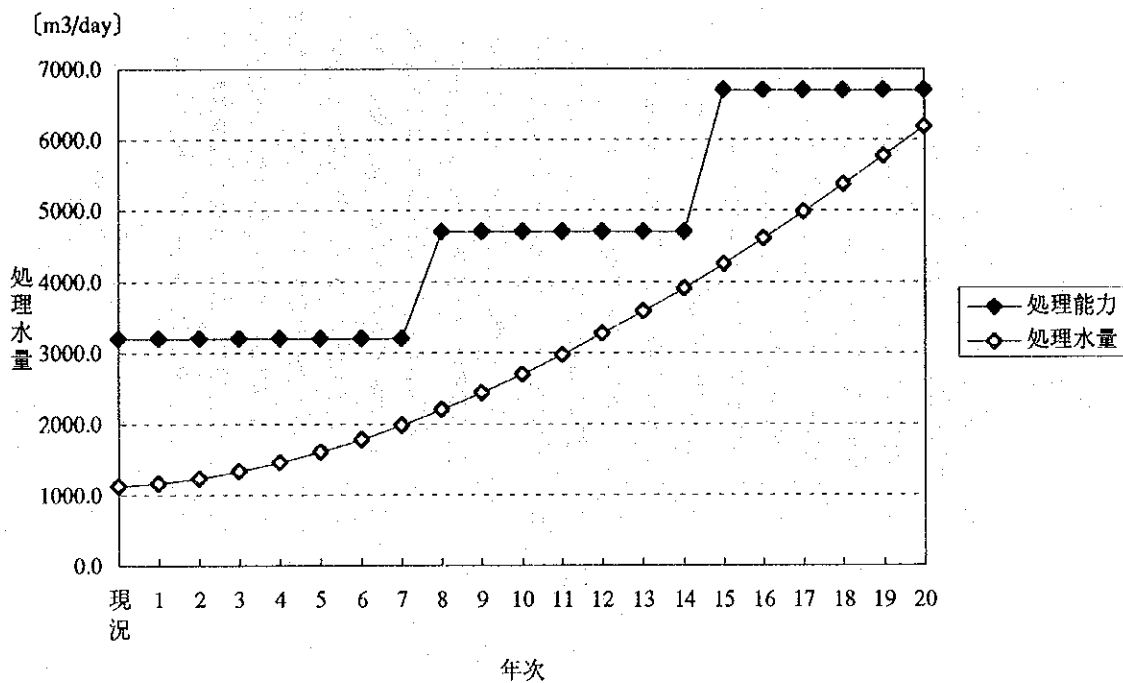


図7-5 システム別人口の推移 (し尿)

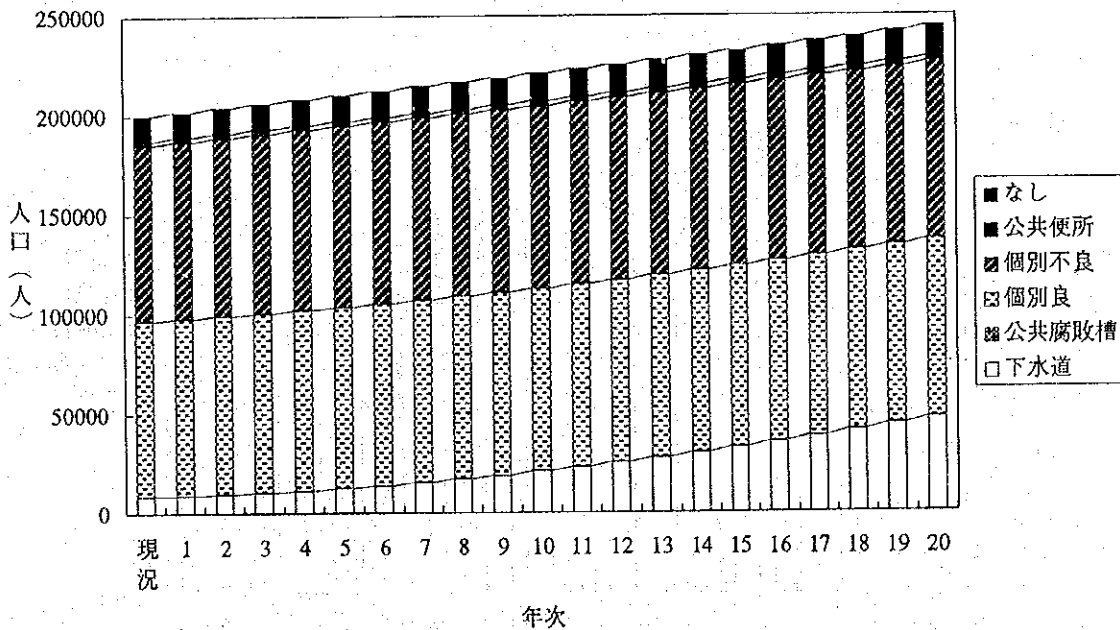


図 7 - 6 システム使用人口 (雑排水)

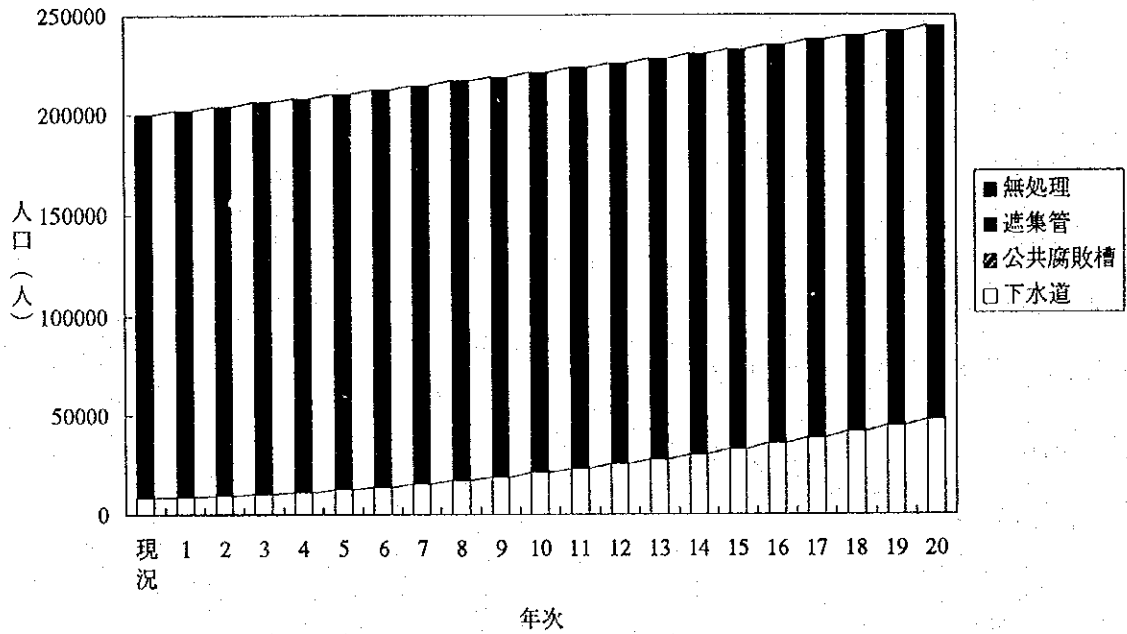


図 7 - 7 建設費

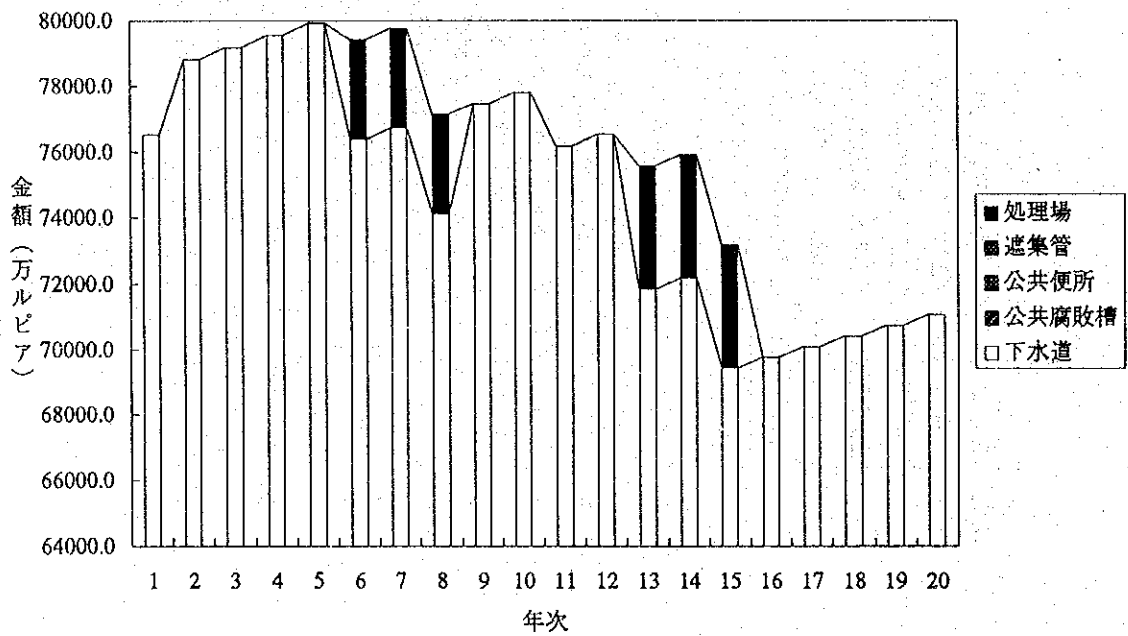


図 7 - 8 維持管理費

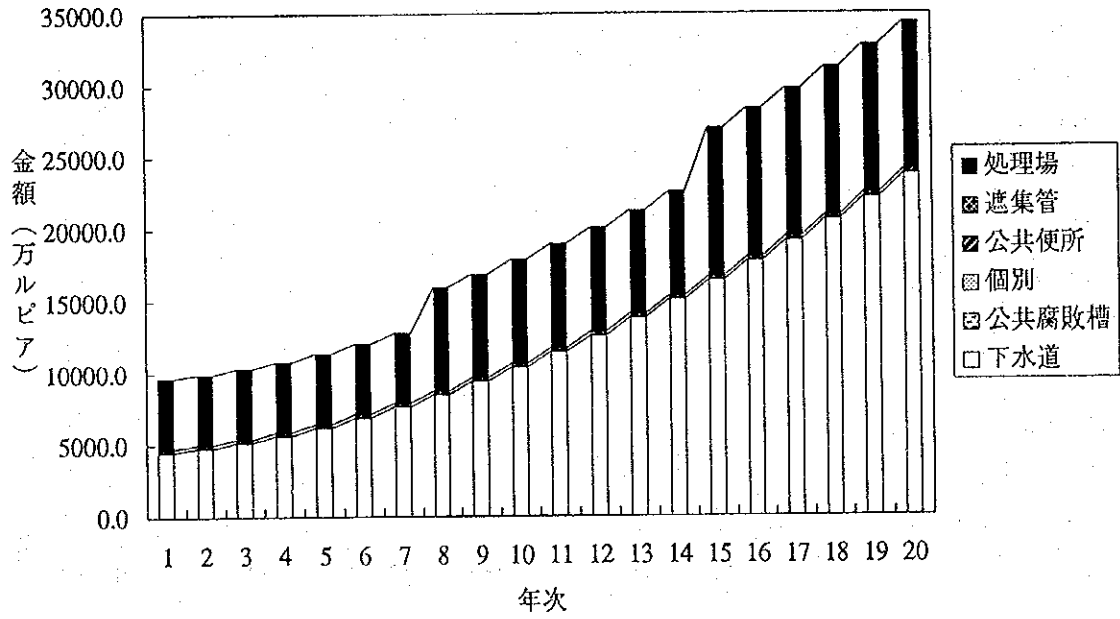


図 7 - 9 BOD 負荷量

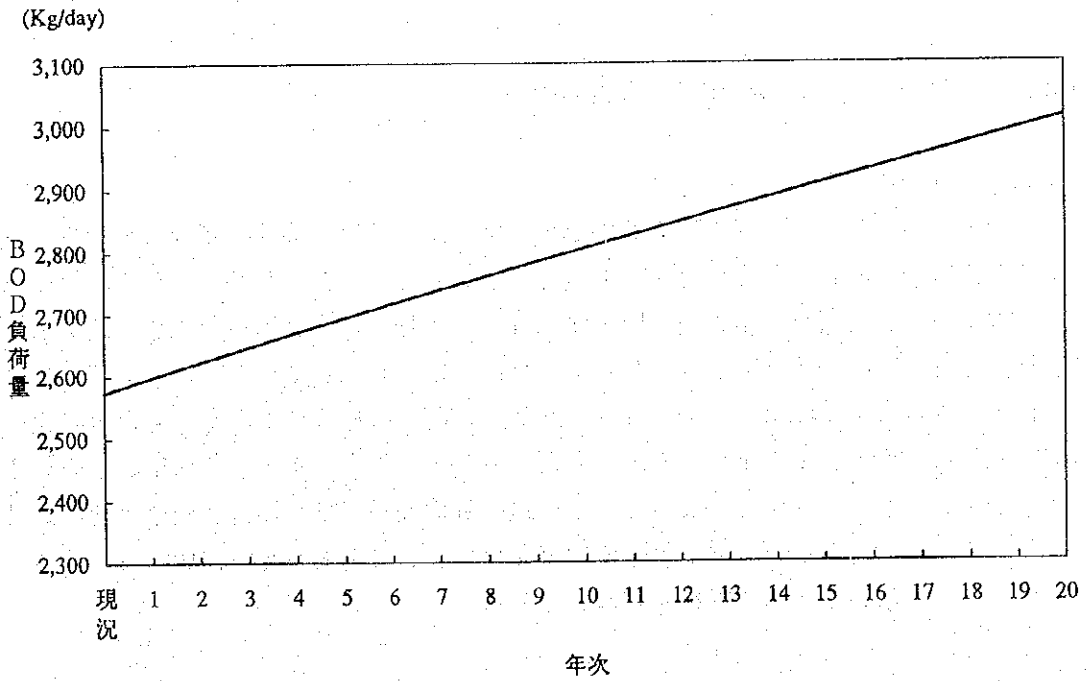
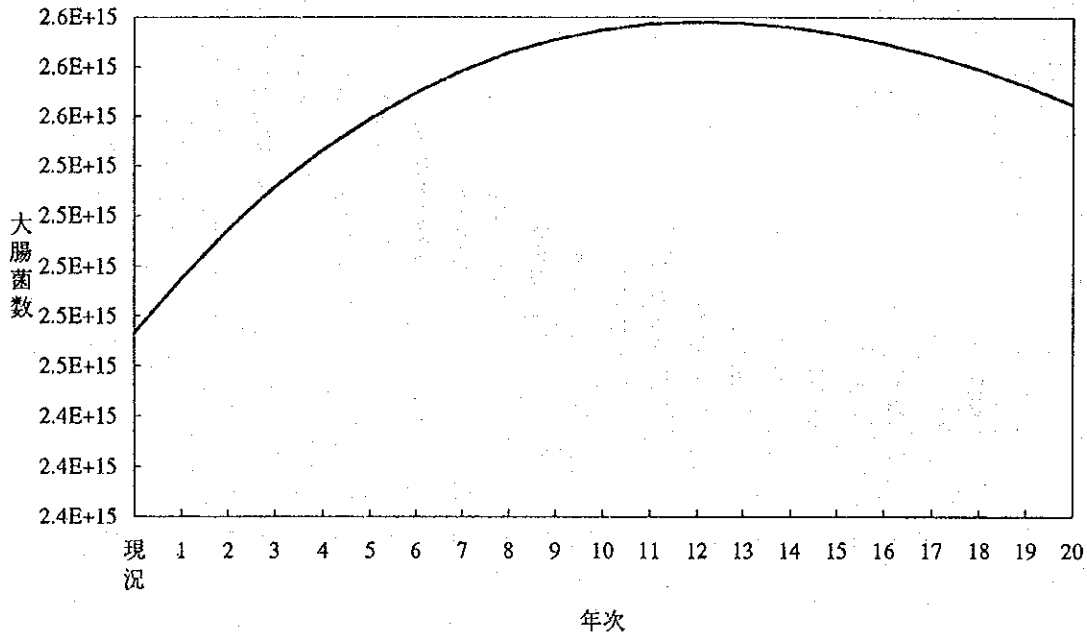


図7-10 大腸菌数



(3) シミュレーションの留意点と今後の課題

1) 地下水の汚濁解析

このモデルでは浸透処理を伴う個別処理システムあるいは公共トイレなどの処理システムが大腸菌削減に関しては有利であるという結果となった。しかしながら、第4章のバンドンでの実測調査の結果から明らかな様に、浸透処理施設周辺の土壌や地下水は糞便性大腸菌や回虫卵で汚染され、BOD等は高い数値を示している。従って、実際には人口密集地域で土壌浸透処理による地下水汚染が起こる危険性が高く、井戸水を飲用している住民は勿論、地下水が水道水に混入することによって水道水を飲用している住民への健康被害も懸念される。このことは住民の健康面から見た場合、浸透処理等は最適なシステムとは言えない。地下水中の環境負荷についてのモデルを作成するか、あるいは他の方法を用いるか、考慮を要する点である。

2) 便益の評価手法の確立

複数の指標を統合的に評価する手法はまだ確立されていない。例えば全て経済的利益に換算する方法があり、本研究ではBOD・大腸菌群という2つの評価指標を用いているが、それらと金額の相関について定量的な関係が明らかでなく、このモデルに適用することはできない。定量的な評価をするためには、ウェイトニングファクターをそれぞれ

れの指標に掛けて重み付けを行い足し合わせて評価基準とすることが必要となる。このような定量的評価が行われた場合には、環境・健康の両面を考えた総合的な最適解を求めることが可能となる。

3) 感度分析

本研究ではモデル式の中には日本の経験などから流用したものの開発途上国での状況を反映しているのか検証できない仮定式が入っている。また必要なデータのうち現地調査を通じても現地に存在しないという理由で集めることのできなかつたデータが多数あり、その部分については仮定値を入れてある。これらの仮定について感度解析を行うことで、不明な部分が結果の影響度においてどれだけの重要性をもつのか明らかにしていき、どのような研究が環境衛生状況の改善を行う上で重要であるかを調べることができ。また、重要度の高い部分については設定を何種類かに変えてシミュレーションを行うことも可能である。

4) 他地域への適用性

本研究は開発途上国の中からインドネシアを選び、さらにその中の中規模都市の1つであるチレボン市をモデル地域としてシミュレーションモデルの開発を行った。その仮定において当然インドネシア及びチレボン市の現状に基づいた処理システム選定を行い、さらにそれらの選定された処理システムについて様々な仮定を行っている。従ってこのような特殊な条件を対象として開発されたモデルを他の地域に適用しようとする場合、モデル開発のどの部分が固有条件に左右されるかを把握し、適宜変更して使用する必要がある。

5) 雨水の扱い

インドネシアでは雨期にスコールによって引き起こされる氾濫（バンジル）がしばしば生じる。しかしバンジルによる健康リスクについて、現地調査でも有意な相関を示すデータが得られる本研究の対象外となっている。また側溝の汚水を遮集するインターセプター下水道についての汚濁解析にも雨水を取り込めなかつた。これは降雨強度と施設能力についての知見が得られなかつたこと、及び公共セクター間の雨水排除コストの分担方法について不明であることが原因である。今後モデルの精度を上げるためには雨水の扱い方の検討をする必要がある。

6) 処理システムの整備と使用に必要な経費

今回は行政主体が政府予算でチレボン市の衛生改善を行うことを想定したため、各戸からの下水道への接続や個別処理システムの汚泥引き抜きなどを除き、すべて政府が経費を負担することとしている。現実には住民が経費を負担して公共施設の維持管理を行うこと、整備区画や利用施設ごとに政府が住民から料金徴収を行うこと等も想定される。この場合、政府はその費用を他のシステムの整備に回せるので、さらなる改善効果が望めるであろう。したがって経済性や技術的な要素以外に、政策や制度といった政治的要素も考慮した上で整備計画を作成する必要がある。

7) 整備地域の分割化

今回はモデルの制約上、整備地域を一つの均一な区域として計算したが、現実には人口分布、河川や既存インフラの立地条件等も考慮し、対象地域をいくつかの区画に分割した上で、その区画ごとに最も適切と思われるシステムを整備する計画を策定する必要がある。シミュレーションの結果からは、できるだけ広域に建設費が安い公共腐敗槽を整備し、下水道は極力使わないという提言が得られるように思われるが、これは人口や所得階層、インフラ等の分布が均一な場合である。実際には人口密度が高い地域や、処理システムの充実している地域があり、また環境を重視する地区（BOD削減が指標）と健康を優先する地区（大腸菌削減が指標）が存在することが予想される。また、人口密度が高い地域でもし料金回収を行うとすれば、政府予算の節約等の効果が期待できる。

第8章 結 論

平成5年度に開始した本調査研究は2年間の研究期間を経て終了するに至った。この間にインドネシア国公共事業省の全面的協力の下、実施した本調査研究の成果は、(1)問題の認識と解決へのアプローチおよび調査、(2)し尿・雑排水処理システムの主要代替案を考案しこの代替案を段階的改善計画手法の基本構想とする検討、(3)段階的改善計画手法の基本構想をコンピューターによるシミュレーション・モデルの作成の3点にまとめられる。各内容は本報告書の各章を参照願うが、ここでは(1)～(3)の各段階の研究で検討したことを結論として以下に整理した。

(1) 問題の認識と解決へのアプローチおよび調査

開発途上国におけるし尿・雑排水の衛生処理が飲料水の整備に比して大幅に遅れているのが現状であり、水の10年での指摘の通り飲料水とし尿・雑排水処理を相互補完的に改善し整備する必要があることを認識した。

この認識に基づき、それらを解決しうる代替案を把握、整理する必要がある。そこで事例研究国として選んだインドネシアの特殊性と普遍性、環境衛生施設整備状況、保健衛生指標、水質汚濁の現状、水質環境基準、国家開発計画などを現地で調査を行い、分析した。この結果により個別処理システム、集合処理システム、コミュニティ施設の3施設を同国の主要代替案として整理した。

次にこれら代替案を整備するには段階的アプローチを取るのが最も現実的であり、また、どのように段階整備を進めるのかが効率的かつ公正であるかは、その整備のシナリオを幾つかつくり比較検討することで明らかになることが理解できた。

さらに、開発途上国の都市における環境衛生の改善計画には飲料水供給プログラム、雨水排除プログラム、都市ゴミの収集・処理・処分プログラムとともに連携、調整して進めていく必要があり、各種の環境サービスが相互に深く連携し調整しあって行くMulti-Sectoralなアプローチの必要性を認識した。

(2) 段階的改善計画手法の基本構想

多くの開発途上国では、健康問題が重要課題であり、し尿・雑排水の段階的改善計画においては、環境面ではBODを、健康面では糞便性大腸菌を検討の指標とした。また、制約の多い資金面については二重投資を避けながら資金を段階を追った施設整備に配分することを考慮した。

また、段階的改善計画を進めていくために、途上国の現状把握は無論のこと、し尿・雑排水処理分野で日本が持つ下水道、浄化槽、し尿処理という大きく3つに分けられる技術システムの開発の過程で蓄積された技術ノウハウと、流域別下水道整備総合計画、下水道整備エリアマップなどの計画論や歴史、またこの分野でMulti-Sectoralなアプローチをとってきた世界銀行を始めとする各援助機関の経験や手法などを比較検討し参考することが

極めて有益であるので、それらの情報も整理した。

(3) コンピューターによるシミュレーション・モデルの作成

段階的改善計画の効果を表現するため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。

シミュレーション・モデルの基本的な考え方は、達成目標を最小コスト、予算対効果を最大にする整備計画を策定し、インドネシアの中規模都市をケーススタディの都市とし、代替案を下水道、腐敗槽／浸透槽、公共トイレ、公共腐敗槽、インターセプター下水道とした。等々である。

開発したコンピュータープログラムを使用し、インドネシアのチレボン市をケーススタディの対象としてシミュレーションを行い、10通りの整備計画を計算し、BOD負荷量削減効果の違い等が比較できるグラフの作成を行った。

また、このシミュレーションによる最適な整備計画を算出する方向性も示した。

なお、開発したシミュレーションは、インドネシアのチレボン市の現状に基づいた特殊な条件を対象としたので、今後このモデルを他の都市や途上国の都市で使用する場合、使用する処理システムの種類、費用を負担するセクターの違いなど、モデル開発のどの部分が固有条件に左右されるかを把握し、適宜変更する必要があることに留意されたい。

参 考 文 献

1. 井上弥九郎(1992)、「インドネシアにおける下水道事業の技術協力について」、「月刊下水道」第15巻第10号、1992年8月、環境公害新聞社
2. 大森信慈ほか(1995)、「途上国における下水道の段階的整備計画」、「第32回下水道研究発表会講演集」
3. 閣議決定(1992)、「政府開発援助大綱」
4. 金子弘
5. 建設省・(株)国際建設技術協会(1992)、「平成3年度途上国建築衛生設備技術開発事業報告書」1992年3月、(株)国際建設技術協会
6. 建設省・(株)国際建設技術協会(1993)、「平成4年度途上国建築衛生設備技術開発事業報告書」1993年3月、(株)国際建設技術協会
7. 建設省都市局下水道部監修(1990)、「流域別下水道整備総合計画調査 指針と解説」1990年、(株)日本下水道協会
8. 国際協力事業団(1989)、「インドネシア国ジャカルタ市下水道整備計画調査事前調査報告書」、1989年2月
9. 国際協力事業団(1991)、「インドネシア国デンパサール市下水道整備計画調査事前調査報告書」、1991年5月
10. 小嶋公史ほか(1993)、「開発途上国の都市部におけるし尿・生活排水処理の段階的改善計画手法の開発に関する研究(1)ーインドネシア国における現状と問題点ー」、「第1回地球環境シンポジウム」1993年7月、土木学会
11. 小嶋公史ほか(1994)、「開発途上国の都市部におけるし尿・生活排水処理の段階的改善計画手法の開発に関する研究(2)ーケーススタディによる検討ー」、「第2回地球環境シンポジウム講演集」1994年6月土木学会
12. 瀬田
13. 東京大学工学部都市工学科国際環境計画(クボタ)講座(1994)、「日本のし尿・雑排水処理 第1編 歴史」、1994年6月
14. 南部敏博(1994)、「インドネシアにおけるし尿・生活排水の適正処理に関する一考察」1994年、(南部敏博未公開資料)
15. (株)日本下水道協会(1985)、「下水道事業財政モデルの概要」、1985年
16. (株)日本下水道協会(1986)、「下水道整備構想エリアマップ作成マニュアル」、1986年10月
17. 谷津龍太郎(1990)、「セクター別基礎資料：「環境」～公害対策を中心として～」、1990年3月、国際協力事業団インドネシア事務所内部資料
18. 山村尊房ほか(1993)、「インドネシアの水道・環境衛生分野の現状と日本による国際協力」『資源環境対策』第29巻第7号、1993年
19. AIT(1993), *BNFO a quarterly newsletter of Environmental Systems Information Center, Asian Institute of Technology, Vol.15 No.1, March 1993*
20. AIT(1993), *BNFO a quarterly newsletter of Environmental Systems Information Center, Asian Institute of Technology, Vol.15 No.2, June 1993*

21. Government Regulation of the Republic of Indonesia(1990), *No. 20 of 1990, concerning the Control of Water Pollution*
22. International Environmental Planning Center(1994), *HUMAN EXCRETA AND GRAY WATER TREATMENT IN JAPAN, PART1: HISITORY*, June 1994, Department of Urban Engineering, The University of Tokyo
23. International Environmental Planning Center(1995), *SOLID WASTE MANAGEMENT THE HISTORY, IMPROVEMENT AND FUTURE STRATEGY IN INDONBSIA*, February 1995, The University of Tokyo
24. Ir.Darmawan Saleh(1992), *The Current Status and Future Prospect of Sewage Works in Indonesia*, Seminar on the Sewage Works, 13 December 1992, Jakarta
25. 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
26. Ministry of Public Works(1989), *Preparation of National Strategic Plan for the Human Waste and Wastewater Disposal Sub-Sector for Urban Areas, Final Report Volume 1, Strategy*, Indonesia
27. Ministry of Public Works(1989), *Preparation of National Strategic Plan for the Human Waste and Wastewater Disposal Sub-Sector for Urban Areas, Final Report Volume 2, Strategic Guidelines and Design Criteria*, Indonesia
28. Ministry of Public Works(1989), *Preparation of National Strategic Plan for the Human Waste and Wastewater Disposal Sub-Sector for Urban Areas, Final Report Volume 3, Apendices*, Indonesia
29. Ministry of Public Works(1991), *Second Bandung Urban Development Project Sewerage Sector Review Study*
30. M. Nasroen Rivai(1993), *The Spread of Fecal Coli from Twin Leaching Pit, Which is Constructed in a High Water Table Region*, November 1993, The University of Tokyo
31. Resarch Institute for Human Setteltments(1995), *RESULTS OF THE FIBLD SURVEY ON -SITE WASTEWATER TREATMENT SYSTEM IN BANDUNG AREA*, 1995, MINISTRY OF PUBLIC WORKS, INDONESIA
32. The Act of the Republic of Indonesia(1982), *No. 4 of 1982, concerning Basic Provisions for the Management of the Living Environment*
33. The New Delhi Statement(1990), *Global Consultation on Safe Water and Sanitation for the 1990s*, 10-14 September 1990, New Delhi, India
34. WEDC(1994), *AFFORDABLE WATER SUPPLY AND SANITATION*, Conference Pre-Prints, 20th WEDC Conference, Colombo, Sri Lanka, 1994, Water, Engineering and Development Centre, Loughborough University of Technology UK
35. WHO(1984), *The International Drinking Water Supply and Sanitation Decade, Review of National Baseline Data(1980)*
36. WHO(1992), *The International Drinking Water Supply and Sanitation Decade,*

End of Decade Review(1990)

37. WHO(1992), *The International Drinking Water Supply and Sanitation Decade; End of Decade Review (as at December 1990)*, WHO, August 1992
38. WHO(1992), *World Health Statistics Annual*
39. W. John Lewis, Stephen S.D.Foster, Bohumil S.Drasar(1980), *The Risk of Ground Water Pollution by on-site Sanitation Developing Country - A Literature Review* -, IRCWD-Report No.01/82
40. World Bank(1986), *Information and Training for Low-Cost Water Supply and Sanitation;5.1 On-Site Sanitation*
41. World Bank(1986), *Information and Training for Low-Cost Water Supply and Sanitation;5.2 Waterborne Sanitation*
42. World Bank(1986), *Information and Training for Low-Cost Water Supply and Sanitation;5.3 Sanitation Technology Selection*
43. World Bank(1983), *Low Cost Sanitation*; Economic Development Institute

付 録 資 料

付録－1	Implementing Arrangement.....	121
	(東京大学／インドネシア公共事業省研究協定)	
付録－2	バンドン現地調査質問表.....	130
付録－3	Technology Selection and Upgrading.....	143
	(世界銀行の考え方)	
付録－4	浄化槽.....	148
付録－5	礫間処理技術.....	150
付録－6	プレハブ式オキシデーションディッチ.....	152
付録－7	日本におけるし尿・雑排水処理の歴史.....	154
付録－8	浄化槽技術移転プロジェクト.....	192
付録－9	コンピューターシミュレーションマニュアル.....	197

付録-1 Implementing Arrangement
(東京大学/インドネシア政府公共事業省研究協定)

IMPLEMENTING ARRANGEMENT
BETWEEN
THE UNIVERSITY OF TOKYO JAPAN
AND
THE MINISTRY OF PUBLIC WORKS,
THE REPUBLIC OF INDONESIA

FOR
THE JOINT RESEARCH PROGRAM
ON
"PLANNING METHODOLOGY FOR THE SELECTION AND
STEPWISE IMPLEMENTATION OF SANITATION SYSTEMS IN INDONESIA"

The Government of Indonesia is now preparing for the Sixth Five year Development Plan (hereinafter referred to as "Repelita VI"), which will start from the fiscal year of 1994/1995. The Directorate General of Human Settlements(hereinafter referred to as "DGHS") and the Agency for Research and Development (hereinafter referred to as "ARD"), Ministry of Public Works of Indonesia plans to promote Environmental Sanitation Works all the more based on Repelita VI. The more effective planning methodology for sanitation systems is greatly required in order to support Repelita VI in the field of sanitation systems.

Institute for International Cooperation of Japan International Cooperation Agency (hereinafter referred to as "IFIC/JICA") and International Environmental Planning Center of the University of Tokyo (hereinafter referred to as "INTEP") have agreed in May 1993 to carry out an IFIC/JICA-INTEP research on the theme of "Planning Methodology for the Selection and Stepwise Implementation of Sanitation System in Developing Countries". The research aims at improving the quality of Japanese international cooperation in the area of basic sanitation.

DGHS, ARD and INTEP realized that it is useful for each country to carry out the research jointly in order to promote sanitation systems effectively. For the daily contact for this research, DGHS appointed the Directorate of Environmental Sanitation (Penyehatan Lingkungan Pemukiman, hereinafter referred to as "PLP") and ARD appointed the Research Institute of Human Settlements (hereinafter referred to as "RIHS").

Based on the above-mentioned background and desiring to make an arrangement for specific implementing procedures and details for a joint research program to develop a practical and appropriate planning methodology of sanitation systems to be used in Indonesia, DGHS, ARD and INTEP agree as follows:

1. NAME OF THE RESEARCH PROGRAM

Planning Methodology For the Selection and Stepwise Implementation of Sanitation Systems in Indonesia

2. DEFINITION

- (1) Joint Research Program means the activities carried out by DGHS, ARD and INTEP which are arranged through the discussion among them.
- (2) Planning Methodology means the set of Methods used for planning.
- (3) Stepwise Implementation means the implementation of sanitation program by staging approach.
- (4) Sanitation systems mean systems to eliminate human waste and gray water from living environment and to dispose of them. The systems are divided into on-site and off-site systems depending on the location of disposal.

3. OBJECTIVES OF THE RESEARCH PROGRAM

The objectives of the Research Program shall be:

- (1) To develop, through a study in a model city, a planning methodology for the selection and stepwise implementation of appropriate sanitation systems for Indonesian cities.
- (2) To activate the exchange of experiences and knowledge between the sanitation professionals of Indonesia and Japan.

4. DURATION OF THE RESEARCH PROGRAM

The Research Program will be executed from the fiscal year of 1993/1994 up to 1995/1996 (three year program).

5. ACTIVITIES

5.1 General Research Program

The cooperative activities to be conducted under the Research Program shall be:

- (1) To study the Indonesian national strategies and guidelines for sanitation systems.
- (2) To study the existing and/or proposed sanitation system alternatives in Indonesia.
- (3) To collect, in a model city, basic information for the planning of sanitation systems.
- (4) To develop a conceptual methodology for the selection and stepwise implementation of sanitation systems.
- (5) To apply the conceptual methodology for the model city followed by the modification and perfection of methodology.
- (6) To organize seminars in order to activate the exchange of experiences and knowledge between the sanitation professionals of Indonesia and Japan.

- (7) To integrate and evaluate the research results and to produce the preliminary guidelines for the selection and stepwise implementation of sanitation systems.

5.2 Research Schedule

Research schedule is attached herewith as Annex 1.

5.3 Annual Implementing Plan

The detailed annual implementing plan for the research will be arranged at the beginning of each fiscal year within the limits of the budget. That of the first year (fiscal 1993/1994) is attached herewith as Annex 2.

5.4 Exchange of Researchers and Information

- (1) The exchange of researchers shall be determined by three parties annually.
- (2) The necessary information and results shall be exchanged as promptly as possible to facilitate the promotion of the research.

5.5 Research Results and Publications

- (1) All joint reports are required to be written in English.
- (2) Three parties shall prepare the joint progress reports annually.
- (3) The joint final report shall be published after the Research Program ends.
- (4) Publications of research findings have to refer to the Research Program and regard as its result.
- (5) Property right of data collected in Indonesia through the joint research activities belongs to the Ministry of Public Works.

6. LOCATION OF THE STUDY AREA

The study shall be conducted using a selected city as a model. The model city will be selected by the Indonesian side.

7. FINANCIAL ASPECT

- (1) Based on the Annual Implementation plan, DGHS, ARD and INTEP are responsible for funding the implementation of the Research Program in accordance with their own budget. However, PLP and RIHS will be required mainly to facilitate the smooth implementation of the research.
- (2) INTEP is applying other scientific funds (Monbusho Scientific Research Program, etc.) to cover the expense of the Research Program. INTEP shall also mobilize its funds to cover the expense to invite some researchers from Indonesia to Japan.
- (3) INTEP provides the funds to cover the expense that is necessary for Japanese researchers to visit Indonesia and carry out the field survey.

8. CONTACT PERSONS

- (1) PLP
Director
Directorate of Environmental Sanitation
Cipta Karya, Ministry of Public Works
Jl. Raden Patah I/1, Keb. Baru, Jakarta 12110, INDONESIA
Tel:+62-21-7397792
Fax:+62-21-7397792
- (2) RIHS
Director
Research Institute for Human Settlements
Agency for Research and Development
Ministry of Public Works
Jl.Panyawungan - Cileunyi Wetan - Kabupaten Bandung
40393 - P.O.Box 812, Bandung 40008, INDONESIA
Tel:+62-22-798393-6
Fax:+62-22-798392
- (3) INTEP
Coordinator, International Environmental Planning Center,
Department of Urban Engineering, University of Tokyo
Hongo 7-3-1, Bunkyo-ku, Tokyo, 113 JAPAN
Tel:+81-3-5802-2956
Fax:+81-3-5802-2956

9. LEGALITY

Any and all the activities conducted under this Implementing Arrangement shall be in accordance with prevailing Laws and Regulations in each country.

10. DIVERGENCES, ALTERATIONS AND OTHER MATTERS

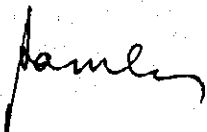
- (1) Divergences concerning the interpretation of this Implementing Arrangement shall be settled by consultation among parties concerned.
- (2) Alterations to this Implementing Arrangement, together with specific details thereof, may be determined by consultation among parties concerned.

(3) For carrying out this Implementation Arrangement, DGHS, ARD and INTEP will determine detailed implementing terms through consultation.

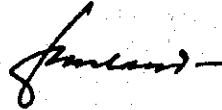
SIGNED on _____ th September 1993, in three originals in the English Language.

for the Directorate General
of Human Settlements
Ministry of Public Works

for the Agency for
Research and Development
Ministry of Public Works



Ir. Rachmadi B.S.
Director General



Ir. Ruslan Diwirjo
Acting Head of Agency

for the International Environmental
Planning Center
University of Tokyo



Prof. Dr. Kunitoshi Sakurai
Coordinator

ANNEX 1

TENTATIVE RESEARCH SCHEDULE

	Apr.	May	June	July	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Feb.	Mar.
1993/94	-----			-----			-----			-----		
	preparation			-----	study in	-----	study in	-----	study in	-----	visit	-----
				visit	each	visit	each	visit	each	visit	Indon.	
				Indon.	country	Japan	country	country	country	Indon.		
1994/95	-----			-----			-----			-----		
	study in			-----	study in	-----	study in	-----	study in	-----	visit	-----
				each	visit	each	visit	each	visit	each	visit	Indon.
				country	Indon.	country	Japan	country	country	country	Indon.	
1995/96	-----			-----			-----			-----		
	study in			-----	study in	-----	study in	-----	study in	-----	visit	-----
				each	visit	each	visit	each	visit	each	visit	Indon.
				country	Indon.	country	Japan	country	country	country	Indon.	

ANNEX 2

FISCAL 1993/1994 ANNUAL IMPLEMENTING PLAN FOR THE RESEARCH PROGRAM ON PLANNING METHODOLOGY FOR THE SELECTION AND STEPWISE IMPLEMENTATION OF SANITATION SYSTEMS

1. Research Activities

- (1) Study of Indonesian national strategies and guidelines for sanitation systems.
- (2) Study of the existing and/or proposed sanitation system alternatives in Indonesia.
- (3) Collection, in a model city, of basic information for the planning of sanitation systems and its analysis.
- (4) Development of conceptual methodology for the selection and stepwise implementation of sanitation systems.
- (5) Organization of seminars in order to activate the exchange of opinions for the development of planning methodology.

2. Research Policies

- (1) The research will be carried out as a joint research of INTEP, ARD and CK. Joint research is indispensable in order to guarantee the incorporation of Indonesian point of view in the methodology, to facilitate the sharing of the research results by all the people concerned, and to promote the exchange of experiences and knowledge between the professionals of two countries.
- (2) Planning methodology should be as practical as possible. Accordingly its development will be carried out through a practical study in a model city. Model city will be selected by Indonesian side taking into account, among others, the followings:

SELECTION CRITERIA OF THE MODEL CITY

- a. SIZE: population around a quarter million
 - b. LOCATION: in the vicinity of Jakarta or Bandung
 - c. PRESENT SANITATION PROBLEM: serious
 - d. WILLINGNESS OF THE CITY AUTHORITY TO SOLVE THE PROBLEM: high
 - e. BASIC INFORMATION: available
- (3) All the possible sanitation system alternatives will be given due consideration in the selection of the appropriate sanitation systems. Such alternatives include, among others, indigenous systems under development in Indonesia, systems proposed and/or tested by external supporting agencies.

- (4) Basic information to be collected is listed up in the List 1. Such information shall be collected as a joint work of INTEP, ARD and DGHS.
- (5) Basic concept of the planning methodology for the selection and stepwise implementation of sanitation systems will be developed mainly by INTEP staffs while methodology perfection including the collection of necessary cost data and methodology application in the model city will be carried out by Indonesian side.
- (6) With the objective of activating the exchange of opinions and experiences on the development of planning methodology for the selection and stepwise implementation of sanitation systems, one (1) one-day seminar will be held in fiscal 1993/1994.

3. Research Schedule

- (1) Preliminary arrangement of the Research Program (April - July 1993) / INTEP, ARD and DGHS
- (2) Development of a conceptual planning methodology (April - July 1993) / INTEP
- (3) First visit of INTEP staffs to Indonesia (July - August 1993) / INTEP
- (4) Signing of Implementing Arrangement (September 1993) / INTEP, ARD and DGHS
- (5) First one-day seminar (August 1993) / INTEP, ARD and DGHS
- (6) Selection of a model city (August 1993) / INTEP, ARD and DGHS
- (7) Joint field survey (July - August 1993) / INTEP, ARD and DGHS
- (8) Analysis of collected information, development of improved planning methodology and preparation of research report (September 1993 - February 1994) / INTEP
- (9) First visit of Indonesian staffs to Japan (November 1993)
- (10) Second visit of INTEP staffs to Indonesia (March 1994) / INTEP
- (11) Discussion of research report on planning methodology (March 1994) / INTEP, ARD and DGHS

LIST 1

INFORMATION TO BE COLLECTED

The following information is necessary for the planning of sanitation systems:

- 1) National policy on sanitation systems
- 2) National guidelines on sanitation systems
- 3) Existing and/or proposed sanitation system alternatives
- 4) Physical conditions of the model city
- 5) Development plans of the model city or the region
- 6) Socio-economic aspects of the model city or the region
- 7) Existing facilities and practices in the model city
- 8) Pollution load
- 9) Institutional and financial systems

付録-2 バンドン現地調査質問表

形式A 居住者に対する質問表

QUESTIONNAIRE

HOUSEHOLD

PROVINCE :

DISTRICT/REGION :

SUBDISTRICT :

VILLAGE :

STREET :

RESPONDENT :

1. No. of questionnaire [] [] [] 1
2. No. of surveyor [] [] 2
3. Time of filling / / /
4. Number of family member:
 - Mature person = (> 18Years)
 - Children = (7 - 18Years)
 - Children = (< 7Years)
5. Total number of person who have job in the family :
6. Main job of the family leader :
 - Government official 0 [] 3
 - Employee of private company 1
 - Military 2
 - Company owner 3
 - Farmer 4
 - Others 5
7. Estimate of family income per month [] 4
 - < Rp. 30,000 0
 - Rp. 30,000 - Rp. 50,000 1
 - Rp. 50,000 - Rp. 100,000 2
 - Rp. 100,000 - Rp. 150,000 3
 - Rp. 150,000 - Rp. 200,000 4
 - > Rp. 200,000 5
8. Do you have any available toilet, washing and bathing facilities in your house?
 - Yes 0 [] 5
 - No 1

If answer is "No", Please continue to question No.19

9. Where are those facilities located?

- Backyard of house 0 [] 6
- A side of house 1
- In front of house 2
- Others 3

10. Are facilities (toilet, bathing, washing) room setting as one unit?

- Yes 0 [] 7
- No, Seperated 1

11. Nightsoil is discharged to

- Septic tank 0 [] 8
- Pit latrine 1
- Sewer 2
- Dranage system 3
- Fish pond 4
- Others 5

12. Where is gray water discharged?

- Septic tank 0 [] 9
- Pit Latrine 1
- Sewer 2
- Dranage system 3
- Fish pond 4
- Others 5

13. How do you get water for toilet, bathing, washing, cooking and drinking?

- Water supply enterprise 0 [] 10
(Piped system)
- Electric pump 1
- Hand pump 2
- Dig well 3
- River 4
- Othres 5

14. If you use piped water, is water available every day (how the service of water supply enterprise)?

- Yes 0 [] 11

- Sometimes 1

15. If not, why?

- Water volume is less 0 [] 12
- Sometimes no water 1
- Others 2

16. If you use the dig well, how many depth of your well?

- 0 - 5meter 0 [] 13
- 5 - 10meter 1
- 10 - 15meter 2
- >15meter 3

17. How about the water quality of dig well (This would be made by surveyor, by his observation, by talking the worker, whether is clear, no smell and no taste?)

18. If you do not have any kind of facilities for toilet, bathing, washing, how do you solve these problems?

- Use our neighbouring facilities 0 [] 14
- Public MCK 1
- Others 2

*MCK = Public facility for bathing, washing and toilet

19. How far is it from your house?

- < 5meter 0 [] 15
- 5 - 10meter 1
- 10 - 20meter 2
- 20 - 30meter 3
- > 30meter 4

20. How do you dispose your garbage?

- To consumer which is prepared by municipality 0 [] 16
- To the river / draniage system 1
- Buren 2
- Others 3

21. If garbage is took by cleansing officer, how much did you pay?

Rp

22. How about the service from the cleasing department
- Good 0 [] 17
 - Medium 1
 - Bad 2

23. If it is bad in what way?

The next question is directed to collect the information about public opinion of MCK which is provided in there area

24. Do you have any available MCK near your home?
- Yes 0 [] 18
 - No 1

25. When was MCK constructed? / / /

26. Who was the MCK constructed by?
- Public Works Service 0 [] 19
 - Health Service 1
 - Kampong Impremented project 2
 - Village dvelopment service 3
 - Public Participation and government 4
 - Public Participation 5
 - No one know 6
 - Others 7

27. What did the community during construction stage of MCK.

- Preparation of land 0 [] 20
- Planning and design involvement 1
- Take part in constraction 2
- No activity 3
- No answere 4
- Others 5

28. Do you use those facilities?

- Yes 0 [] 21
- Sometimes 1
- No, because us already available 2

29. Do you have manager for the MCK?

- Yes	0	[] 22
- No	1	

30. Who is managing those facilities?

31. How many family/household is using the MCK

- 1 - 5 household/family	0	[] 23
- 5 - 10 household/family	1	
- 10 - 15 household/family	2	
- 15 - 20 household/family	3	
- 20 - 25 household/family	4	
- >25 household/family	5	

32. Has the user to pay some money for using MCK?

- Yes, Rp	0	[] 24
- No	1	

33. Who is collecting the money?

- Officer	0	[] 25
- Other system	1	

34. How about your opinion of MCK?

- Good	0	[] 26
- Not good (because:)
- Too small Dimension	1	
- Bad construction and material	2	
- Poor water supply	3	
- Too far distance	4	
- Poor maintenance	5	
- Too many users	6	
- Others	7	

35. Do you have any suggestion to improve or to increase the clearliness of your environment in this area?

Reasons:

形式B 地域の保健所に対する質問表

QUESTIONNAIRE LIST

OFFICER

PREFECTURE :

DISTRICT :

SUBDISTRICT :

VILLAGE :

STREET

RESPONDENT IS OWNER/RENT/HIRE :

SURVEYOR

DATE/MONTH/YEAR : / /

NO. QUESTIONNAIRE :

Questions from 1 to 12 are desinged to collect information about aspects of phisical, technical economic, management and others aspect.

1. When was this MCK constructed? Date/Month/Year : / /

2. Who was this MCK constructed by?

- Public works officer 0 [] 1
- Health office 1
- Project 2
- Public 3
- Others 4

*MCK = Public facility for bathing, washing and toilet

3. How long the MCK has been used?

- 1 - 3 Years 0 [] 2
- 3 - 5 Years 1
- 5 - 7 Years 2
- 7 - 10 Years 3
- >10 Years 4

4. How many people use the facility?

- Family [] [] [] 3
- People [] [] [] 4

5. If the faiclity (MCK) is not used by the people, why?

- No water 0 [] 5
- Broken 1
- No fund for maintenance 2

6. Are there any complaints about the facility?

- No complain 0 [] 6
- Yes: - The space of facility is small 1
- Water supply is not enough 2
- Quality of building material is poor 3

7. Was the facility improved or repaired so far?

- Never 0 [] 7
- Yes : - To make larger 1
- Repairment 2
- To serve more water facilities 3

8. When was the facility improved? Date/Month/Year: / / /

9. Who decided the repairment?

- Manager 0 [] 8
- User 1
- Outsider 2
- Others 3

10. Has the user to pay for using facility?

- No 0 [] 9
- Yes, Rp. month/household 1

11. Who are collecting the fee from the user?

- Manager 0 [] 10
- Head of area 1
- Special officer for collection fee 2
- Others 3

12. How use the collection fee for?

- For maintenance of facility 0 [] 11
- Using by Head of area for other purpose 1
- Others 2

Questions from No.13 to 29 are directed to collect the information about aspect of technical, structure and building materials for MCK.

(Direction: To obtain the answer beside by questioning the officer, also surveyer has put his/her observation in the filed.

13. Facility dimension (MCK)

- Length = m
- Width = m

14. Number of toilet's seat in every MCK:

15. Number of bathing facility:

16. Number of washing facility

17. Toilet dimension

- Length = m
- Width = m
- Hight = m

18. Type of toilets

- Sitting type of toilet 0 [] 12
- Sguattered toilet with water seal 1
- Sguattered toilet without water seal 2
- Others 3

19. Dimension of bathing room

- Length = m
- Width = m
- Height = m

20. Is water for the washing room provided from water tank?

- No 0 [] 13
- Yes 1

Wastewater disposal system

21. Wastewater or nightsoil from toilet, bathing and washing room is discharged

- Separately 0 [] 14
- Combined 1

If the system is seperately, please continue to the question No.26

22. Nightsoil from toilet is disposed to

- Pit latrine 0 [] 15

- Septic tank 1
- Drain 2
- Sewer 3
- Fish pond 4
- Others 5

23. Wastewater from bathing and washing room is discharged to

- Closed sewer 0 [] 16
- Open sewer 1
- Soak away 2
- Fish pond 3
- Sewer 4
- Others 5

If the disposal system is combined;

24. Nightsoil, wastewater from bathing and washing room is disposed to

- Pit latrine 0
- Septic tank 1 [] 17
- Drainage system 2
- Sewer 3
- Fish pond 4
- Others 5

25. How many capacity of septic tank or pit latrine?

- < 2 cubic meter 0 [] 18
- 2 - 3 cubic meter 1
- 3 - 4 cubic meter 2
- 4 - 5 cubic meter 3
- > 5 cubic meter 4

26. If you use the septic tank, is effluent from septic tank disposed to

- Soakaway 0 [] 19
- Drainage system 1
- Fish pond 2
- Others 3

27. Construction material of MCK is consist of

- Brick 0 [] 20
- Block 1

- Others 2

28. Roof of MCK is made from

- Asbest 0 [] 21
- Zinc 1
- Plastic 2
- Others 3

29. Construction material of septic tank is made of

- Concret 0 [] 22
- Water proof brick 1
- Brick and concrete 2
- Others 3

Questions from No.30 to 33 are directed to collect information about water supply, which is used for MCK.

30. How do you get water for MCK?How do you get water for MCK?

- Water supply enterprise 0 [] 23
- Hand pump 1
- Electrical pump 2
- Dig well 3
- Others 4

31. How long distance between from water supply point to pit latrine/soakaway:

m

32. Is there water tank provided?

- No 0 [] 24
- Yes 1

33. Present condition of water tank?

- Good 0 [] 25
- Medium 1
- Bad 2

Following questions are directed to the Local Government officials to get the information of MCK construction.

34. How many people are served by that MCK?: persons

35. Total budget of one unit MCK. Rp.

36. How many MCK was constructed?: Unit

37. Source of budget for construction of MCK.

- Central Government	Rp.	-	%
- Local Government	Rp.	-	%
- Community budget	Rp.	-	%
- Foreign Fund	Rp.	-	%
- Others	Rp.	-	%

38. Expenditure distribution of budget

- Planning			
- Construction	-		%
- Supervision	-		%
- Others	-		%

39. Drawing or skech of MCK surveyed:

形式C 地域の長に対する質問表

QUESTIONNAIRE SHEET FOR SEPTIC TANK

PREFECTURE/PROVINCE:

DISTRICT :

SUBDISTRICT :

RESPONDENT :

SURVEYOR :

DATE/MONTH/YEAR: / /

1. When was septic tank constructed?

Date/Month/Year: / /

2. Who was this septic tank constructed by?

- Community Participation
- Kampong improvement programme

3. How long this septic tank has been constructed?

- 1 - 3 Years
- 3 - 5 Years
- 5 - 7 Years
- 7 - 10 Years
- >10 Years

4. How many peoples are utilizing this septic tank?

- Peoples
- Households

5. Are there any any complaints about septic tank?

- None
- Yes: - Water supply not enough
- Bad smell in toilet

6. Dimension of septic tank

- Length = m
- Width = m
- Height = m

7. Type of toilet

- Sitting type

- Squattered type with water seal
 - Squattered Type without water seal
 - Others
8. Construction material of septic tank
- Concrete
 - Brick and concrete
 - Others
9. Main origine of water from household which is collected in septic tank
- Toilet only
 - Toilet and washing room
 - Others
10. Effluent from septic tank, which is discharged to
- Soakaway
 - Drainage, Canal
 - Others
11. What kind of cleaning material is used and discharged to the septic tank
- Toilet cleaning material
 - Bathing room cleaning material
12. What type of materials for cleaning purpose
- Liquid
 - Powder
 - Jelly
13. How many time did disludge of septic tank per year
- Once
 - Twice
 - Three times

付録－3 Technology Selection and Upgrading (世界銀行の考え方)

以下は段階的改善についての世界銀行の考え方の一例で、“Information and Training for Low-Cost Water Supply and Sanitation; 5.3 Sanitation Technology Selection, The World Bank, 1986” (オートスライドを用いた訓練用教材) の 5.3c Technology Selection and Upgrading の項を抜き出し、訳出したものである。なお、番号はスライド番号である。

- (1) この教材は低コスト水供給・し尿雑排水処理に関する総合訓練教材の一部です。
- (2) この教材では、当該地域社会に最適のし尿・雑排水処理システムを選定する上で考慮すべき諸要因について考えます。
- (3) 選定の対象となる技術システム代替案は多数あります。その詳細は総合訓練教材の他の部分で詳しく触れられています。
- (4) 最適システム選定に際して考慮すべき要因は数多くありますが、これらは経済的要因、社会的要因、技術的要因の3つに大別されます。
(注) 考慮すべき要因としては、土壌(透水係数等)、地下水位、気象、人口密度、世帯構成・規模、家計収入、風俗習慣信条、保健衛生、住宅条件(部屋数、所有形態等)、住宅区画規模、既存し尿・雑排水処理・雨水排除システム、隣接地域の既存システム、飲料水供給、各種関連組織(各級の政府組織、非政府組織)などがある。
- (5) まず経済的要因について考えてみよう。システムの受益者、受益地域社会は、施設の建設、維持管理に資金的に(in cash)あるいは労力提供等の形で(in kind)寄与する必要がある。これは政府の財政負担を軽減するのみならず、施設の維持管理について受益者・受益地域社会の責任感の形成につながる。
- (6) 当該地域社会の実態調査を実施して住民の経済状態を把握し、既存システムよりもより高価なし尿・雑排水処理システムを負担するだけの経済力があるのか.....
- (7) それとも、貧しくて何らかの補助を必要としているのかを知る必要がある。住民はその経済水準の向上に応じて、段階的に衛生システムの水準を向上させていくことが多分必要となろう。
- (8) 住民が飲料水供給とし尿・雑排水の処理に振り向け得る金額は、一般に家計収入の4%までであると言われている。しかしこれは、他にどんな支出必要項目があるかによって左右される。例えばスクワッター地域の貧困家庭の場合で、仕事場から遠

く離れて住まざるを得ない場合には、全ての貯えが交通費にまわり、し尿・雑排水処理システムの整備にはお金がまわらないという事態が起こり得る。

- (9) 経済成長率も重要な要素である。農村部の地域社会には長年にわたって殆ど変化が見られないものがあるが、この地域社会（スライドで示されている）は都心に近い低湿地上に形成された。
- (10) 10年もたたないうちに住民は膨大な量の埋立用の土砂を搬入し、道路を建設し、家を立て替えた。このように急速な経済成長は、明らかに我々の衛生システム選定に影響する。
- (11) 経済的配慮は社会的要因と密接に結びついており、社会的要因もまた技術の選定に影響する。実際、社会的要因は衛生プログラムの成否を左右するほどの影響力を持つ。
- (12) 既存の衛生習慣への理解を深め、それを施設の設計の中に織り込んでいく必要がある。一例を上げれば、衛生施設においてはプライバシーは常に最重要の要配慮事項である。
- (13) 人々が一日のうち何時排便するかは、プライバシーの必要性によって決まってくるものが少なくない。そして多くの場合、それは夜明け時や夕暮れ時である。
- (14) 排便後何を用いて拭くかも衛生技術の選定に影響を及ぼす。水を用いる社会もあれば、紙を用いる社会、石やトウモロコシの芯を用いる社会などもある。
- (15) もっと重要なのは、人々が容易には変えないタブー、習慣、固定観念などである。アフリカには、女性は義父と同じ便所を用いてはならないとしている地域がある。
- (16) 南アジアには、バケツ式便所からし尿を作業員が集める方式が広範に使用されているが、この方法はもはや政府も認め難いものとなっている。この非衛生な方式を改め、し尿収集作業員を社会的な差別から解放するため、大きな努力が払われている。
- (17) 技術は、それが奉仕する地域社会からみて、社会的に受け入れ得るものでなければならない。しかしもっと重要なことは、社会がその技術に必要性を感じていることである。住民が改善衛生システムに強い欲求を感じていないなら、そのシステムの設置や維持管理に住民の協力を期待しても無駄である。
- (18) これは往々にして動機付けの問題である。プロジェクトチームは、衛生改善に向け地域社会の動機付けを如何に為し得るだろうか？

- (19)プロジェクトのスタッフがよく試みる方法は、より良い健康が実現されることを根拠に住民に衛生システムの価値について確信させようというものである。しかし普通人々は、自分達がお粗末な健康状態にあるとは見ておらず、し尿の処理と健康の増進との間の因果関係はわかりにくいと考えている。
- (20)もっと重要な要素は利便性である。家に近い便所は、病気がちであったり、或いは遠くの野原まで用足しに行くのは辛いと考えている年寄りには、有り難いことこの上もない。
- (21)適切に選定された技術は、衛生施設の持ち主の威信を高める。それは、その一家の家の中がうまくいっているということ、一家の考え方が近代的であるということを経験的に示すものとなる。
- (22)掃除しやすく設計されたトイレには人気が集まろう。トイレの清潔さは、特にそれがイスラム社会のように宗教と密接に結びついている場合には、重要な促進要因となる。
- (23)より良い健康、利便性、威信、そして清潔さは既存の衛生システムをより良いシステムに変更させる上での動機づけに用いることが出来る。技術システムの選定に当たっては、選定システムが社会的に受容出来るものとなるように、対象地域社会が直接的に関与すべきである。技術者の役割は、地域社会が自ら選択が出来るように、代替案、そのコスト、有効性、技術の詳細についての情報を提供することにある。
- (24)より高度の技術を導入する場合には、経営管理的側面についてもあわせて考慮しておく必要がある。地域社会はよく組織化されているだろうか？下水道網のような集中型汚水収集システムを運転維持管理することが可能だろうか？各家庭による維持管理に頼り、技術システムの選択肢としてはVIP便所やPour-Flush Toiletなどのオンサイト衛生処理技術に限定する方が良いだろうか？
- (25)技術的事項についての配慮も同時に重要である。選択される技術システムは、我々に長年にわたってサービスを供給してくれるものでなければならない。それは技術的に効率の良いものでかつ信頼度の高いものであると同時に社会的・経済的に受容出来るものでなければならない。
- (26)技術システムとして何を選ぶかについては、水利用の形態と排水の排除の必要性が大きく影響する。
- (27)バケツで水を家まで運んでいるような地域では、発生する排水は少量なので地下に浸透させることが出来る。こうした地域ではオンサイトの乾式便所が適している。

- (28)このように（スライドで表示されている）敷地内に水栓があり、水使用量が増えてくると浸透枿（Soakaway）が必要となってくるかも知れない。
- (29)しかし、家の中まで配管され水洗便所が設けられている場合には下水道が必要となる。
- (30)土壌の透水性によってどの位の量の水が地下に浸透しうるかが決まってくる。
- (31)岩盤の場合には、汲み取り式便所か二槽式便所を考えることとなるかも知れない。
- (32)飲料水水源への目配りも重要である。井戸やハンドポンプを通じて地下水を汚染しないように気をつけなくてはならない。
- (33)人口密度も技術システムの選定に影響する。都市の高密度居住地区においては、単槽式V I P 便所が満杯となった時に付け替える場所はなかなか見当たらない。こういう場合には二槽式の Pour-Flush Toiletや小口径下水道が代替案となる。
- (34)人口密度の低い農村部では、家と家の間の距離が大きく、下水道は高価すぎ問題外である。
- (35)いかなるシステム（単槽式・二槽式V I P、 Pour-Flush Toilet、汲み取り便所、アクアプライヴィ、コンポストトイレ）を選定するにせよ、それは段階的改善の可能なもの（Upgradable）でなければならない。
- (36)遠く離れた公共水栓あるいは井戸からバケツで水を運び、排泄にはV I P 便所を使用している家庭がここにある。（図1-1と同様の図がスライドで示され、この家庭の現状がスライド上に点で示される）
- (37)水供給が近くの公共水栓あるいは敷地内水栓に格上げされると、この家庭は、衛生システムをV I P 便所から Pour-Flush Toiletに格上げしたいと考えるかも知れない。（上の図上で点が移動する）
- (38)またしばらくたつと、家庭内配管され、水洗便所が設置される。こうなると過剰な排水を運び去るために小口径下水道のような下水システムが必要となってくる。ここで段階的改善の連鎖が完成する。
- (39)ここで注目すべきことは、衛生技術の選定に当たっては、それに先立つ投資のなにかが活用され資金の無駄が省かれるよう工夫がなされているという点である。
- (40)段階的改善がどの程度の速度で進むかは地域社会次第であり、その経済成長、人口

密度増加の如何に左右される。またその地域社会のニーズは何か、その地域社会がどの程度組織化されているかにもよる。

(41)我々は、この総合訓練教材の他の部分で、低コスト衛生システムには多くの代替案があることを見てきた。

(42)選択は多くの場合、VIP便所、Pour-Flush Toilet、小口径下水道の間で為される。いままでに検討してきた各種の要素についてこれら代替案の相互比較を行うために、比較表を作るのが良い。

(43)例えば住民の負担能力(Affordability)についてまず相互比較してみよう。

(44)次に比較するのは、既存の衛生習慣が新システムの社会的受容性にどう影響するかについてである。

(45)三番目はこれら代替案の建設の受け入れ、建設への協力、運転維持管理への参加に向け地域社会の動機づけが出来るか否かについての相互比較である。

(46)次いで、地域社会が集中システムを管理しうるまでに組織化されているか否か検討する。また、各代替案はどの程度の排水量に対応でき、またそれは地下水にどのような影響を及ぼすかについて比較検討する。

(47)五番目に比較検討する事項は、人口密度との対応関係や、各代替案が必要とする庭のスペースについてである。

(48)六番目は、将来、地域社会がより高度の衛生システムにしたいと考えた時に、それに対応して改善出来るか否かについてである。

(49)このようにして出来上がった表は、各代替案の直接比較を可能にする。地域社会の要求は地域毎に異なる可能性があり、また一つの地域社会の中に、二つあるいは三つの技術システムが同時に適切で利用されている場合も有り得る。

(50)しかし、この表には勿論限界がある。実際の技術選定はもっと複雑な作業となる。訓練マニュアルの方ではアルゴリズムを用いて最適システムを選定する方法を代替案として示している。いかなる技術システムが選定されるにせよ、我々は技術的配慮に留まることなく、社会的・経済的要因にまで配慮していく必要がある。また、受益住民が選択プロセスに直接参加していくことが不可欠である。

(51)この教材の著者はM. McGarry他である。

付録 - 4 浄化槽

JOKASO - PRIVATELY OWNED WASTEWATER TREATMENT PLANT

by Hidetoshi Kitawaki

1. Where and Why Jokasoes are used?

"Jokaso" is the term for privately owned excreta / domestic wastewater treatment systems common in Japan. They are a favored alternative used in individual houses, housing estates and public facilities where a public sewer system is not available and there is high demand for water carriage of excreta, which is not allowed if there is no treatment system. Jokaso systems range in size from single-family units to ones that serve over ten thousand people. Users get the benefit of having flush toilets even though they are not hooked up to public sewerage.

At first, construction of simple nightsoil jokaso systems ("tandoku jokaso"), which treated water flushed human excreta exclusively, were dominant. Gray water, on the other hand, was directly discharged into the environment and often caused water pollution. To ameliorate such pollution, the Ministry of Health and Welfare began to encourage, with subsidy, the construction of combined jokaso systems ("gappei jokaso") in which both human excreta and gray water are treated. However, it is rather difficult to replace existing simple jokaso systems with combined ones.

If a public sewer system becomes available soon after the construction of a jokaso, jokaso owners are reluctant to abandon their jokasoes because they have already paid for the construction. To avoid such twofold investment, it is not permitted to pay a subsidy for the construction of jokaso systems in areas where connection to public sewer pipes is expected in 5 - 10 years.

Jokaso systems help in raising the water carriage rate of excreta where a public sewage system is not yet available. Particularly in areas where a sewage system is not feasible because of scattered population, a jokaso system is the only way to have water carriage toilets.

2. Jokaso Coverage in Japan

2-1 Served Population

According to statistics on nightsoil treatment compiled by the Ministry of Health and Welfare, as of March 1991, 66% of the Japanese population uses a water carriage system, whereas 34% are still using latrines, from which nightsoil is collected by municipalities, with vacuum vehicles (Table 1). In FY 1990, 67,614 kl/d of nightsoil and 31,486 kl/d of Jokaso sludge were collected, out of which 55,907 kl/d and 25,271 kl/d, respectively, were treated in nightsoil treatment plants. The rest are treated in sewage treatment plants or disposed of in the Pacific Ocean and elsewhere.

Population With Water Closet	81,400,000	65.9 %
(By Jokaso etc.)	(33,600,000)	(27.2 %)
(By Public Sewer etc.)	(47,800,000)	(33.7 %)
Population Using Latrines	42,100,000	34.0 %
Total	123,500,000	100.0 %

Table 1 Nightsoil Collection by Type in Japan in FY 1990
(Source: The Ministry of Health and Welfare)

2-2 Numbers of Jokasoes in Japan

The numbers of registered jokaso systems by size at the end of FY 1990 are shown in Table 2, which shows 85% are small systems. Out of 6,844,904 jokasoes, 6,637,654 (96%) are simple nightsoil treatment systems. Only 207,250 (3%) are combined ones. However, the number of combined jokasoes are rapidly growing whereas the total number of systems is increasing slowly. Since 1980, it is prohibited to construct simple nightsoil jokasoes with a treatment population of more than 50 people in specified areas where wastewater discharge is regulated.

Population Served per System	Number of Jokaso Systems	(%)
20 or less	5,814,560	(84.95)
21 - 500	1,016,107	(14.84)
501 - 5,000	13,729	(0.20)
5,001 or more	508	(0.01)
Total	6,844,904	(100)

Table 2 Number of Jokasoes as of the End of March 1991
(Source: The Ministry of Health and Welfare)

3 Technical Aspects

3.1 Types of Jokasoes

Inflow rates and BOD concentrations used in planning are 50 l/d/cap and 260 mg/l in simple nightsoil jokasoes, respectively, whereas 200 l/d/cap and 200 mg/l, respectively, for combined jokasoes.

Requirement in BOD Removal Rates differs widely in accordance with sizes and environmental capacities. Stricter criteria are applied in areas where environmental pollution can become worse (See Table 3). Treated wastewater quality must satisfy the standards both for the removal rates and for the discharge concentration even if BOD inflow concentration is higher than planned value. Treated wastewater from jokaso systems is disinfected with hypochlorites before being discharged into public water bodies.

For small combined jokasoes, bio-film treatment systems are preferred because they are less likely to be affected by flow rate fluctuation, which is common in small treatment plants. Design of large jokasoes, which often have sludge treatment facilities as well, are of the same design as public sewage treatment plants. An example of a small scale jokaso is shown in Fig. 1.

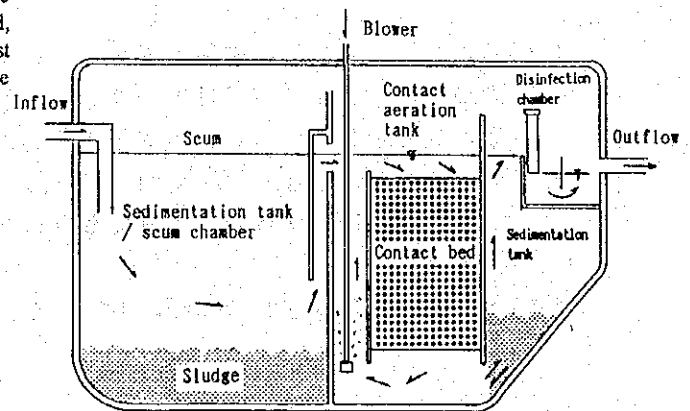


Fig. 1 Example of Small Jokaso with Contact Aeration and Sedimentation

Area Type	Served Population Per Unit	BOD Removal Rates(%)	BOD Discharge (mg/l)	Wastewater Category	Treatment System (See below)
Specified Area Under Regulation	50 or below	>=65	<=90	Simple	(1-1),(8)
	50 or below*	>=90	<=20	Combined	(1-2),(8)
	51 - 500	>=70	<=60	Combined	(2),(8)
	over 501	>=85	<=30	Combined	(3),(8)
With no Regulation	-	>=55	<=120	Simple/ Combined	(4),(8)
Other Areas	500 or less	>=65	<=90	Simple/ Combined	(1-1),(1-2),(8)
	501 - 2,000	>=70	<=60	Combined	(2),(8)
	over 2,001	>=85	<=30	Combined	(3),(8)
Specified Areas where Infiltration Acceptable		SS Removal>=55%	SS<=250 mg/l	Simple	(5),(8)
Areas Regulated by Water Pollution Control Law	over 501		BOD<= 20mg/l COD, SS, N+X, pH, Coliform regulated	Combined Combined	(6),(8) (7),(8)
(1-1) Contact aeration + Sedimentation, Aeration + sedimentation, Trickling filtration					
(1-2) Contact aeration + sedimentation, Anaerobic contact process + contact aeration + sedimentation					
(2) Rotating biological contactor, Contact aeration + sedimentation, Trickling filtration, Extended aeration					
(3) Rotating biological contactor, Contact aeration + sedimentation, Trickling filtration, Extended aeration, Conventional activated sludge					
(4) Septic tank					
(5) Septic tank + Infiltration					
(6) Rotating biological contactor, Contact aeration + sedimentation, Trickling filtration, Extended aeration, Conventional activated sludge					
(7) Rotating biological contactor, Contact aeration + sedimentation, Trickling filtration, Extended aeration, Conventional activated sludge					
(8) System which has equivalent removal rates (Approved individually by the Ministry of Construction)					

*Standard for newly constructed small combined jokaso systems

Table 3 Outline of Treated Wastewater Quality Standard in Jokaso Systems

3-2 Operation and Maintenance

The Ministry of Health and Welfare is in charge of the supervision of operation and maintenance of jokaso systems whereas the Ministry of Construction sets design criteria. If a jokaso were to be constructed, it would have to be registered with the relevant local administration so that it could undergo technical evaluation.

Owners or qualified contractors maintain jokasoes. They need to have "Jokaso Maintenance Expert" certificates, which is given only after special training or successful examination. Large systems must be maintained at least once a week (activated sludge method) and small ones three times a year (simple nightsoil jokaso, trickling filter method etc.). Desludging is done at least once or twice a year. Such maintenance frequencies depend on treatment methods and scale of the jokaso.

4. Future Prospects

In Japan, guidelines to choose adequate wastewater treatment systems are established and in use in many municipalities. Alternatives to the guidelines are piped collection / treatment system such as public sewage, and individual treatment systems such as jokaso. The results of such master planning is compiled into "Wastewater Treatment Maps", which show adequate treatment systems for each area. Jokaso systems will continue to be one of the important alternatives in Japan when individual municipalities work out their wastewater treatment master plans.

In developing countries, jokaso systems seems to be not an appropriate technology for low income households. However, in public facilities, public toilets or sightseeing spots where water pollution control is crucial, Japanese jokaso technology and experience could be very valuable. It goes without saying that education of operation / maintenance experts is a prerequisite for the successful use of jokaso systems in any country.