

土 木 研 究 所 資 料

下水道管路施設の建設費縮減に関する検討

平成11年 3 月

建設省土木研究所

下水道部 下水道研究室

建設マネジメント技術研究センター 建設システム課

Copyright©(1999)by P.W.R.I.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced by any means, or transmitted, or translated into a machine language without the written permission of the Director General of P.W.R.I.

この報告書は、土木研究所長の承認を得て刊行したものである。したがって、本報告書の全部又は一部の転載、複製は、土木研究所長の文書による承認を得ずしてこれを行ってはならない。

下水道管路施設の建設費縮減に関する検討

下	水	道	部	下水道研究室	室	長	田中	修司 ¹⁾	
					室	長	笹部	薫	
					主任研究員		岡本	誠一郎 ²⁾	
					研 究 員		小川	文章 ³⁾	
					研 究 員		吉田	敏章	
					交流研究員		金谷	寛之 ⁴⁾	
				建設マネジメント技術研究センター	建設システム課	課	長	阿部	徹 ⁵⁾
						課	長	大澤	健治
						主任研究員		川島	正 ⁶⁾
						研 究 員		小林	一三

要 旨

本調査は、下水道管路施設の建設費縮減のための方策として、価値分析（VE）の適用や下水道処理区モデルの作成を通して全般的な観点からの考察を行ない、工事の計画・設計に関する個別コスト縮減策について コスト縮減効果の算定を中心に検討を行なうことにより、効率的な下水道整備に資することを目的とする。本調査では、価値分析を適用することにより管路施設の部位別の重要度を明らかにし、下水道処理区モデルにより管渠網の構造とコストの内訳を把握した。また、管渠について最小土被りの低減、勾配設計方法の見直し、最小管径について検討を行ない、マンホールについては小型マンホールの導入を含めて配置基準の見直しについて検討を行なった。

キーワード：下水道、管路施設、管渠、マンホール、小型マンホール、土被り、管径、勾配、ローコスト下水道

- 1) 現 建設省都市局下水道部 公共下水道課 町村下水道対策官
- 2) 現 建設省都市局下水道部 公共下水道課 課長補佐
- 3) 現 建設省都市局下水道部 下水道企画課 企画調整係長
- 4) 交流研究員在職期間 平成8年10月より平成9年9月まで
- 5) 現 財団法人 国土開発技術研究センター 調査第一部 上席主任研究員
- 6) 現 日本下水道事業団 業務部援助課

目 次

1	はじめに	1
2	全般	3
2. 1	コスト縮減要因について	3
2. 2	対象地域について	7
2. 3	小規模処理区モデルの作成	10
3	管渠に関する建設コスト縮減策	13
3. 1	縮小土被りの見直し	13
3. 2	最小管径について	14
3. 3	勾配決定方法の見直し	18
4	マンホールに関するコスト縮減策	33
4. 1	管渠とマンホールの配置状況	34
4. 2	コスト縮減施策の提案と効果の試算	38
4. 3	管渠の維持管理状況と小型マンホールの利用状況	43
4. 4	維持管理上の問題点（自治体意見）	48
5	ローコスト下水道	58
5. 1	ローコスト下水道の概要	58
5. 2	ローコスト下水道の適用によるコスト縮減効果	62
6	コスト縮減設計事例	64
6. 1	新背割り下水道によるコスト縮減	65
6. 2	緩傾斜地における末端管渠のコスト縮減	66
6. 3	オンラインホールディングタンクによるコスト縮減	67
6. 4	汚水管の水路内配管によるコスト縮減	68
6. 5	多重圧送システムによるコスト縮減	69
6. 6	素掘り工法、塩ビ管製マンホール採用によるコスト縮減	70
6. 7	マンホールの簡易化によるコスト縮減案	71
6. 8	管路勾、最大人孔間隔の変更、小型マンホールの採用によるコスト縮減	72
6. 9	マンホールの簡易化及びマンホール数の低減によるコスト縮減	73
資料編	「3 管渠に関する建設コスト縮減策」アンケート調査票	75
	「6 コスト縮減設計事例」詳細資料	80

※ 本資料で利用・引用した参考文献は、巻末ではなく全て各章ごとに、章の末尾に記載している。

1 はじめに

(1) わが国の下水道整備の現状

下水道は、生活環境の改善、公共用水域の水質保全、浸水の防除等を主な目的とする社会資本である。下水道整備に対する国民のニーズは高く、下水道サービスはナショナルミニマムであるとの認識のもとに鋭意整備が進められてきた。しかし、先進諸外国と比較して立ち後れているといわれるわが国の社会資本整備のなかでも下水道整備水準の後れは大きく、積極的な公共投資の結果ようやくその整備水準も処理人口普及率で55%（平成8年度末）まで達したが、先進諸国との格差は大きい。

さらにわが国の下水道整備状況をみると、都市の規模により整備水準に極めて大きな格差が存在していることが課題となっている。例えば人口100万人以上の都市の普及率は97%に達しているにもかかわらず、人口5～10万人の都市では44%、人口5万人以下の都市ではわずかに18%の普及率に止まっている。人口規模が小さく、一般に財政基盤も大都市と比べて脆弱といわれる中小都市の下水道事業をいかに効率的かつ早期に推進するかが、今後のわが国の下水道事業における大きな課題である。

(2) 公共事業のコスト縮減をとりまく動向

わが国の国家財政、地方財政は今日、極めて厳しい状況に置かれている。政府・与党委員で構成される財政構造改革会議は、危機的な財政状況から脱却するため、平成10～12年度を「集中改革期間」と定め、公共事業を含む各分野の歳出に削減目標を設定する等を内容とする「財政構造改革の推進方策」を平成9年6月にとりまとめている。その後、景気後退等への対応のために総合経済対策が打ち出され、平成10年度補正予算の成立により公共事業費は大幅に確保され、財政構造改革法は凍結されているという状況にあるが、財政再建の基本姿勢に大きな変化を及ぼすものではない。

政府では、厳しい財政事情下で限られた財源を有効に活用し、効率的な公共事業の執行により着実な社会資本整備を進めるため、平成9年1月に公共工事コスト縮減対策関係閣僚会議を設置し、「公共工事コスト縮減対策に関する行動指針」を策定している。これに対応して、建設省では平成6年12月策定の行動計画を改定し、平成9年4月、新たに「公共工事コスト縮減対策に関する行動計画」を策定している。

行動計画では、具体的な数値目標（表-1.1）を設定し、全体の取り組みにより公共工事のコストを少なくとも10%以上縮減することを目指している。また、平成11年度末までにすべての施策を完了し、この期間中に概ねの縮減効果が得られるよう、最大限の努力をすることとしている。

表-1.1 公共工事コスト縮減の数値目標

施策分野	数値目標
1) 工事の計画・設計等の見直し	公共工事コストを少なくとも6%以上縮減することを目指す
2) 工事発注の効率化等	
3) 工事構成要素のコスト縮減	公共工事コストを少なくとも4%以上縮減することを目指す（努力目標、行動指針より引用）
4) 工事実施段階での合理化・規制緩和等	

下水道事業に関しては、さらに「下水道事業におけるコスト縮減の取り組みについて」と題するコスト縮減の手引きを地方公共団体に配布し、コスト縮減に対する積極的かつ継続的な取り組みを要請するとともに、

今後新規に着手しようとする事業については、「下水道事業における費用効果分析マニュアル(案)」(平成10年3月作成 (社)日本下水道協会)などに基づいて、下水道事業の効果・効率性などについて多様な観点から評価することとされている。

(3) 本研究の目的

前述のとおりわが国の下水道整備の対象は、今後中小市町村に移行していくこととなる。国および地方の厳しい財政事情の下で、さらに高齢化社会が急速に進行していく状況の中で、特に財政基盤の弱い中小市町村等において下水道整備を着実に進めるためには、より一層効率的な事業展開のための方策を検討することが不可欠であり、喫緊の課題でもある。

本研究では、まず下水道施設のうち建設費の約7割を占める管路システムに注目した。本研究では、特に中小市町村における汚水処理計画及び施工の実態を詳細に把握し、コストへの影響因子を抽出するとともに、その建設費縮減のための具体的な方策を提示して、わが国の下水道整備コスト低減の一助とすることを目的としている。

2 全般

2.1 コスト削減要因について

枝線開削工事を対象として価値分析（以下 VE）によりコスト削減の検討対象部位の抽出を行い、削減要因について検討した。

「2.1.1 検討対象部位の抽出」において、コストの削減が必要と見られる管路施設の部位を把握し、今後の調査対象の一次的な絞り込みを行い、「2.1.2 コスト削減要因の検討」において、管路施設を構成する主たる部位である管渠について、現行の施工形態からコスト削減を図るうえでの要因を把握した。

2.1.1 検討対象部位の抽出

(1) 抽出方法

本調査の本旨は、管路の必要機能は維持し、そのうえでコストを削減するものである。そこで、管路を構成する基本的な部位（「管渠」、「マンホール」、「取付管」、「ます」）毎の機能に対するコスト評価を加えることで、今後の主たる検討範囲を部位という形で抽出することにする。

検討対象部位の抽出方法は、価値分析（VE）の手法を参考に⁹⁾に行う。VE では、コスト（C）に対する機能（F）を「価値」（ $V=F/C$ ）と定義する。価値の逆数は、単位機能に対するコストを示している。つまり、 C/F が高いほど相対的にコストが高いことを意味する。したがって、部位毎の C と F を管路全体に占めるシェアで表現すると、コスト削減を必要とする管路部位では、 (C/F) が 1 以上になる。

そこで、C には、12 件の枝線管路工事の設計書から管渠、マンホール、取付管、ます毎に全体工事費に占める工事費シェアを算出し、これら 4 部位を全て含む 8 件工事の平均値を用い、F には、下水道関係者 20 人（有効回答 18 人）による一対比較法で求めた各部位の重要度（％）を用いて、 (C/F) を算出した。この方法は、各部位を総当たりで比較し、いずれか重要と思われる部位に評点（特に重要＝3 点、重要＝2 点、やや重要＝1 点）を与え、部位毎の総得点に各 1 点ずつを加点し、その得点率を重要度とするものである。

(2) 抽出結果

以上から求めた各部位の工事費シェアと重要度は表 2.1 の通りである。なお、工事費シェアには、管路機能に直接関係しない要因でコストが変化する付帯工を計算から除外している。ちなみに、対象枝線管路工事（VU 管または HP 管 内径 200mm または 250mm）の管渠延長は、86m から

表 2.1 部位別のコスト評価

部位名	工事費シェア (%)	重要度 (%)	(C)/(F)
	(C)	(F)	
管渠	74.8	48.3	1.55
マンホール	17.3	25.1	0.69
取付管	5.8	18.8	0.31
ます	3.0	16.7	0.18

537m であり発注規模に差はあるが、マン

ホール、取付管、ますの設置箇所数は、管渠延長にほぼ比例し、類似した工事数量構成比になっている。

表 2.1 には、コスト評価としての C/F をあわせて示す。結果としては、管渠本体が機能に対してコストが高い評価となっている。このため、何らかの管渠コストの削減が必要である。

また、評価者によってマンホールと取付管の重要度の評価に幅があった。これは、マンホールの評価が両

極端に分かれ、それに追隨して取付管の評価も変動したためである。マンホールの機能は、一義的には「地上と管渠を結ぶ」ことである。その設置位置として、段差、方向・勾配・管径の変化点、会合点などの「流れを円滑にし」、維持管理作業のために「人を入れる」必要性の高いポイント箇所があげられる。マンホール機能の評価の違いは、一義的な機能の評価するか、既存のマンホールに要請される機能の評価するかの違いとなって現れたとみられる。

以上の結果から、主として「管渠」を、また、評価の分かれた「マンホール」についてもコスト削減の検討対象とする。

2.1.2 コスト削減要因の検討

(1) コスト的特徴からみた検討課題

1) 管路工事のコスト的特徴

ここでは、いったん部位という視点から離れ、管路工事のコスト的特徴から今後の検討の方向性を考える。前述の 12 件の具体工事を対象に、作業別（目的物作業、仮設的作業、付帯工）の工事費シェアと全体工事費に占める主要材料（管材およびマンホール材）費のシェアをみると表 2.2 の通りになる。

表 2.2 管路工事の作業別および主要材料のコストシェア

項目		平均 (%)	標準偏差 (%)
作業別	目的物作業	31.1	10.0
	仮設的作業	51.6	7.0
	付帯工	17.3	5.3
主要材料	管路費	2.1	0.7
	マンホール材料	5.0	2.4

作業別にコストをみると、目的物自体の築造作業は全体の 3 割程度であり、約 5 割が土工や土留工などの仮設的作業が占める。また、約 2 割が付帯工であり下水道本来の目的以外に行う作業のウェイトが高い。なお、シェア計算上、間接工事費は直接工事費の構成比で按分している。このため、目的物作業のシェアは実態としてはもっと低いと考えて良い。材料費をみると、管路施設コストにおける管材料費のウェイトが極端に小さい特徴がある。マンホール材については、管材に比較してコストのウェイトが高い。

2) 検討課題

管路工事のコスト的特徴から、全体コストに占めるウェイトについて、管材料やこれを含む目的物作業は低く、仮設的作業は高いことが指摘される。したがって、管路工事の生産性の向上がコスト削減の重要な課題といえる。

一般に、下水道施設に限らず土木構造物の設計思想には材料数量を最小化する考え方がある。材料最小化の考え方は昭和 40 年頃に確立したとされる²⁾が、当時と現在では材料費と労務費のバランスや施工技術などの状況が一変している。そこで、土木工事の生産性向上のために材料最小化から労力最小化への設計思想の転換が求められている。管渠の設計においても、個々の管渠に求める機能（流量や外力）に対し、できるだけ小さい管材を求める傾向がある。このことは、管材規格の細分化・多品種化を促す。結果として、個々の管材の規格が細分化するため、逆に管路全体としての規格化・標準化が進まず、管路工事の生産性の向上を困難にしている面を否定できない。特に施工の標準化や自動化にとって対応しにくい課題と思われる。

管渠は要求される機能を満足すればよく、管材のあり方を従来の材料最小の視点から、管路工事全体での

労力最小の視点で捉え直し、施工生産性の向上を検討すべきといえる。

一方、マンホールについては、規格化や標準化が進んでいる状況にある。また、管路という線的な連続体の中でも点的構造物であり、これ以上の生産性の向上は期待しにくい面がある。このように考えると、マンホールに要求される機能を吟味し、箇所自体の減数、つまりマンホールの配置の考え方を再検討した方が合理的である。

(2) 管渠コスト削減の要因の抽出

1) 管路工事のコストへの影響因子

ここでは、「管渠」という部位に着目し、どのような要因がコストに影響するのか把握する。現行の開削管渠の設計手法と積算手法に基づく、管渠コストへの影響因子とこれら因子の主要費目への定性的なコスト影響

表 2.3 管渠コストへの影響因子および試算上の条件

影響因子	費目				試算の設定条件一覧
	土工	管布設工	仮設工	付帯工	
管種	○	○	○	○	HP, VU, FRPM, ポリエチレン管
管径	○	○		○	φ 200~1,350
土被り	○	○	○		d=1.00~5.00m @0.5m
土質条件			○		粘性土, 砂質土
管基礎形式	○	○	○	○	選定条件: 砂基礎 コンクリート基礎
掘削深	○		○		選定幅: 1.32~2.91m
掘削幅	○	○	○	○	選定幅: 0.70~7.01m
仮設工法	○	○	○	○	選定条件: 簡易土留~鋼矢板

関係は、表 2.3 に示すものとなる。

そこで、影響因子を表 2.3 に示す設定条件におき、管渠コストを現行の設計手法と積算手法に基づき試算した。ここでは、特に仮設的作業に着眼し、最も重要な影響因子である掘削幅と掘削深（土被り）の土工コストへの影響を検討する。なお、この 2 つの因子による他のコストへの影響は、掘削深による仮設コスト（土留工）への影響を除き特にはない。

2) 掘削幅および土被りのコストへの影響

① 土工コストの算定結果

図 2.1 は、掘削幅と土被りおよび土工コストの関係を掘削幅 0.7m、土被り 1m での土工コストを 1 として示したものである。ここで、土工は舗装版撤去、掘削、埋戻、残土処理から構成される。なお、残土処理の単価は地域条件等で大きく異なるが、本試算では 4200 円/m³ としている。

定性的には、土工コストは土工量に比例するが、図 2.1 から、掘削幅が比較的小さい 1 m 以下では、土被りが深くなっても土工コストの上昇は土被

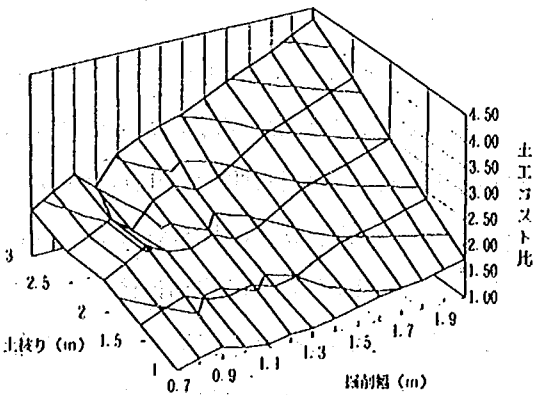


図 2.1 掘削幅・土被りと土工コストの関係

り 2.5m で抑制される。また、掘削幅が 1.4m 以下では、掘削幅が広くなっても土工コストの上昇が抑制される。これは現行の積算基準では掘削幅と土被り（掘削深）に応じて施工方法を変えるため、その都度、作業効率も変わるためである。

図 2.2 は、掘削幅を大きくしたときに最小の掘削幅(0.7m)に対してどれだけ土工コストが上昇するか、いくつかの土被りを設定して算定したものである。また、同様に図 2.3 では土被りと土工コストの関係を最小土被り(1m)を基準に示したものである。

図 2.2 から、掘削幅が 1.45m 以下、土被り 2m 以下であれば、土工コストは最大でも 1.28 倍の上昇に抑制され、また増加傾向にはない。一方、図 2.3 から、土被りが 1m から 2m になると土工コストは 1.62～1.74 倍に達する。また、図 2.2 から、掘削幅 0.7m から 2.05m になると土工コストは、1.78～2.34 倍、図 2.3 から、土被りが 1m から 3m になると、土工コストは 1.83～2.48 倍になる。

したがって、同一の土工量を確保しようとする、土工量が大きい場合には、土被りの方が掘削幅よりも土工コストへの影響が若干大きく出るが、土工量が小

さくなると明らかに土被りの影響が顕著になる。このため、土被りをできるだけ抑制することが求められる。特に、土被りを 2m 以下にすれば、掘削幅 0.7～1.45m（現行の積算基準では塩ビ管φ200mm～鉄筋コンクリート管φ600mm の管布設時掘削幅に相当）のもとでは掘削幅の土工コストへの影響を小さくできる。

管渠の土工は、本来、工事請負者の任意性の高い内容であり、土工単独でのコスト削減の検討には限界がある。したがって、管渠という工事目的物自体を土工コストが削減できる形態に再検討する必要がある。また、管径にこだわらずに掘削幅を一定にすることで施工の標準化を促進する可能性もある。したがって、極力土被りは抑え、あるいは広い掘削幅を活用することで全体コストを削減できる管路形態や施工の標準化が今後の課題と思われる。

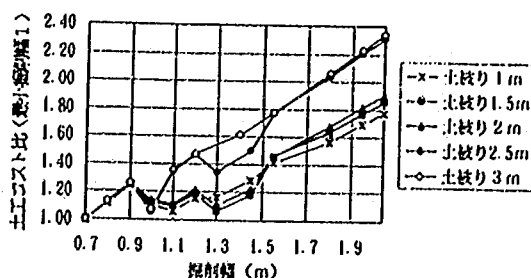


図 2.2 掘削幅と土工コストの関係

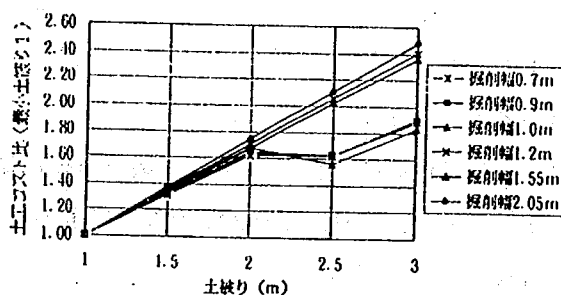


図 2.3 掘削幅と土工コストの関係

2.2 対象地域について

全県域污水適正処理構想は、都道府県と市町村がその全域を対象として、処理施設の整備区域、手法、スケジュール等を策定する污水处理の総合的な計画である。ここでは、本構想を集計・整理し、小規模下水道の整備対象となる処理区の特性を明らかにした。

2.2.1 全体の傾向

平成7年12月現在、16の府県で全県域污水適正処理構想が策定済である。このうち、処理区域ごとの事業種、人口、面積などが明示されている12県について集計・整理をおこなった。図2.4に示すように、人口や面積では公共下水道が全処理区（7,435箇所）合計の80%程度を

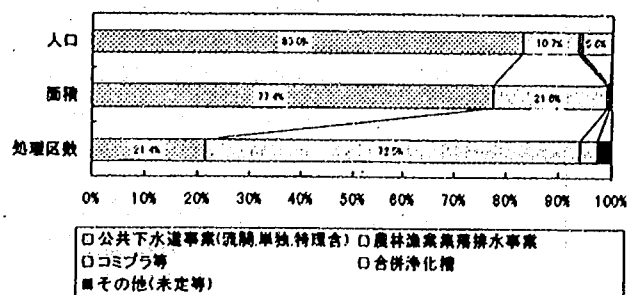


図 2.4 事業別割合

表 2.4 一処理区あたりの平均規模

(処理区数)	公共(全体) (1,455)	公共(特理) (639)	公共(小規模) (1,042)	農林漁集 (4,625)	コミプラ等 (207)
処理区面積 (ha)	431	98	126	36	14
処理区人口 (人)	14,035	2,344	2,766	533	559
人口密度 (人/ha)	31	32	30	26	54

他の事業に比べて大きい、人口密度ではコミプラやその他（事業種未定等）が2倍程度大きい。

さらに、県別の事業別処理人口と事業別処理区数を図2.5、図2.6に示す。処理人口では、全県で公共下水道が60%以上を占め、処理区数では農林漁業集落排水事業が60%以上を占めている。

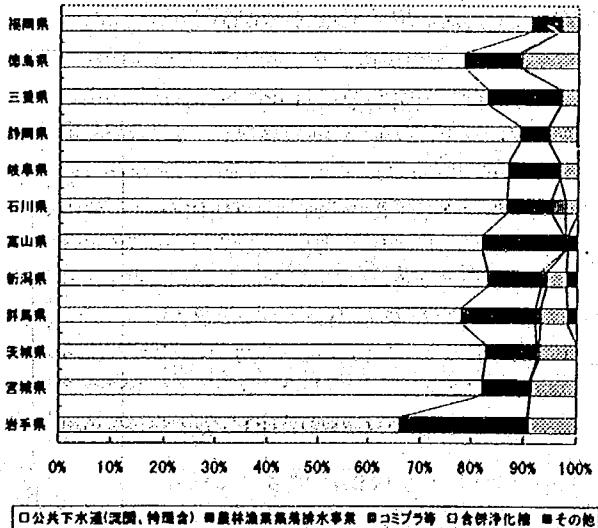


図 2.5 県別処理人口

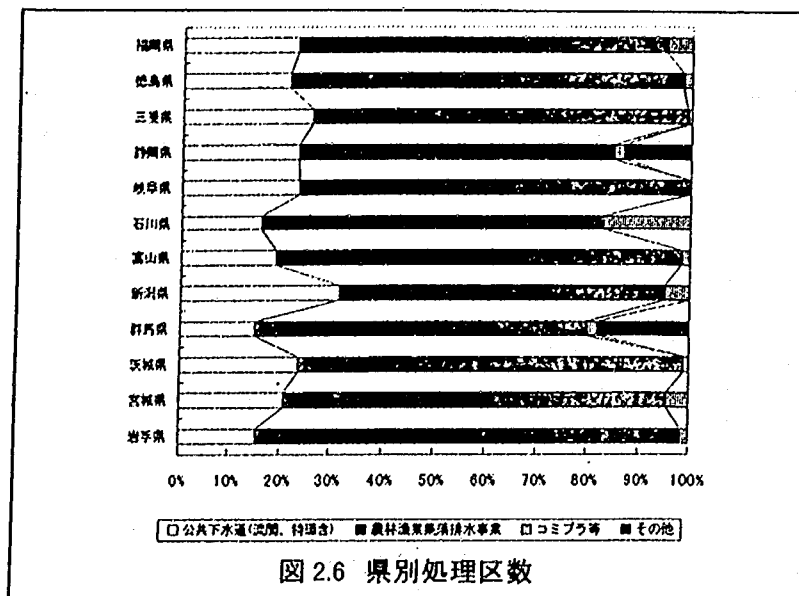


図 2.6 県別処理区数

2.2.2 処理区特性の検討分析

小規模下水道の整備対象区域の特性を把握するため、事業（公共下水道、農林漁業集落排水事業、コミプラ等）毎に各処理区の面積、人口、人口密度を集計整理した。

(1) 処理区面積（図 2.7）

公共下水道は、100～500ha の規模が比較的多いものの、特定環境保全公共下水道のような小規模なものから大都市の下水道までを含むため、平均的に分布している。一方、農林漁業集落排水事業、コミプラ等では 100ha 以下の規模のものが

ほとんどであり、特に 10～20ha の規模が多い。

(2) 処理区人口（図 2.8）

公共下水道では 1,000～2,000 人および 10,000 人以上の規模が多いものの、簡易な公共下水道であると思われる 100～200 人でも小さなピークがみられる。また、農林漁業集落排水事業では採択基準の一つである 1,000 人以下のものが約 8 割を占め、なかでも 100～200 人の規模が最多である。

(3) 処理区人口密度（図 2.9）

公共下水道では 25～30 人/ha、農林漁業集落排水事業では 15～20 人/ha、コミプラ等では 30

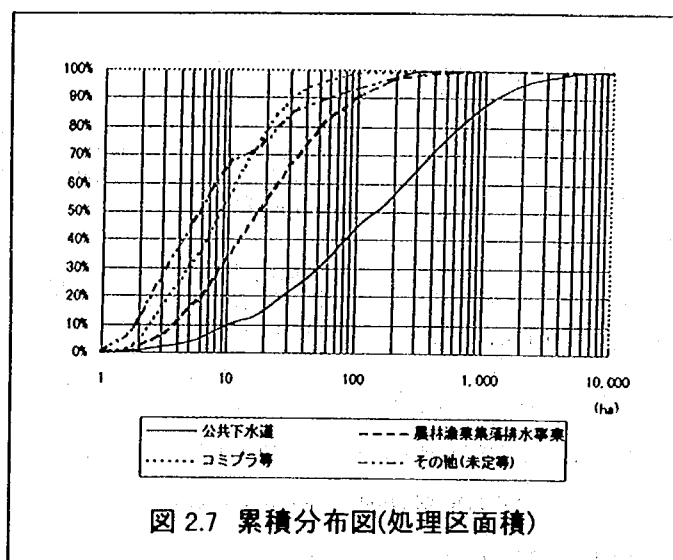


図 2.7 累積分布図(処理区面積)

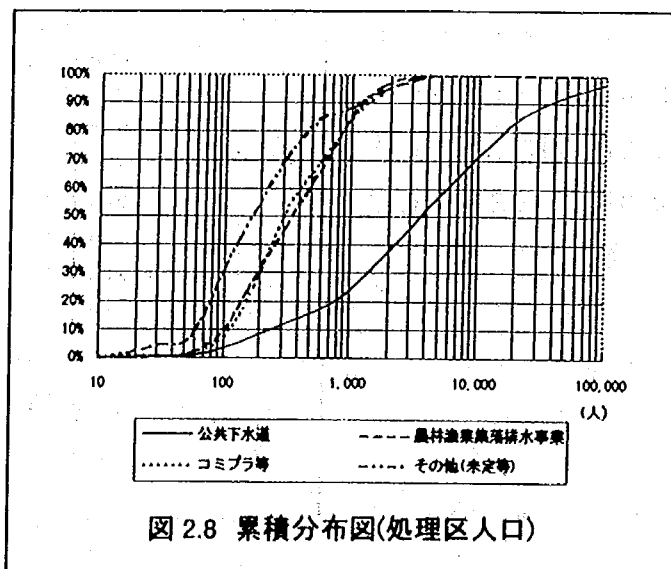


図 2.8 累積分布図(処理区人口)

～35 人/ha の処理区が最も多い。

(4) 人口と面積の相関性

処理区毎の人口と面積を事業および県別に整理した。表 2.5 に示すように、事業種別では公共下水道事業と漁業集落排水事業において強い相関がみられるが、農業集落排水事業やコミュニティプラント事業等は相関性が弱い。また、表に示した A は回帰直線の傾きであるが、x 軸と y 軸の変数の意味から、各事業における平均的な人口密度を示していると考えられる。相関性の弱い農業集落排水事業やコミュニティプラント事業では、この A の値が既実施箇所の平均的な人口密度（農業集落排水事業の場合約 40 人/ha³⁾）と大きく異なっている。これらのことから、農業集落排水事業やコミュニティプラント事業では、構想段階において処理面積や処理人口が未だ確定的でなく、事業実施段階で地形や地域特性に応じた最終的な処理区域が設定されるものと考えられる。

また、表 2.6 に示すように、県別では各県とも人口と面積の相関係数が 0.8 以上であり相関性が強いが、これは前述した相関性の強い公共下水道事業による影響である。

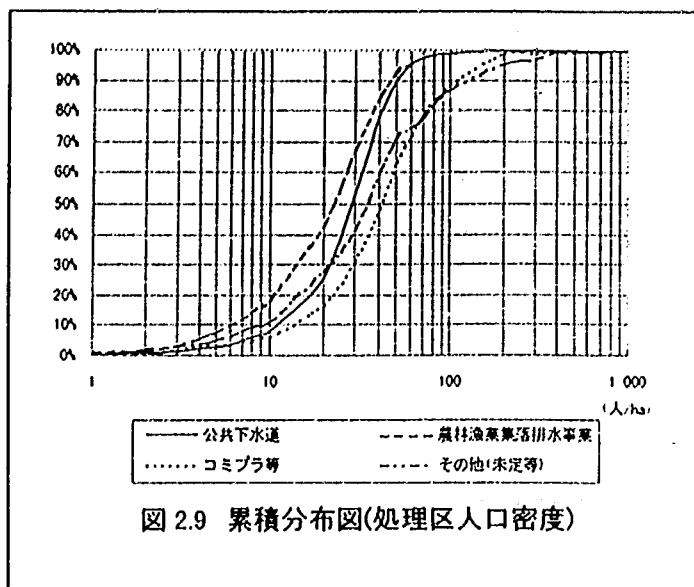


図 2.9 累積分布図(処理区人口密度)

表 2.5 面積と人口の相関(事業別)

事業	比例係数 A	相関係数 r
公共下水道	34.2	0.895
農業集落排水	4.2	0.363
漁業集落排水	31.1	0.820
コミプラ等	13.9	0.366
全事業	33.4	0.898

※ 比例係数 A は、処理区人口(人)を y、処理区面積(ha)を x としたときの $y=Ax$ となる A

表 2.6 面積と人口の相関(事業別)

県名	比例係数 A	相関係数 r
岩手県	22.4	0.840
宮城県	39.8	0.914
茨城県	21.0	0.902
群馬県	29.5	0.948
新潟県	39.5	0.939
富山県	36.2	0.970
石川県	40.5	0.940
岐阜県	30.9	0.943
静岡県	32.0	0.946
三重県	30.7	0.986
福岡県	50.7	0.944

※ 比例係数 A は、処理区人口(人)を y、処理区面積(ha)を x としたときの $y=Ax$ となる A

2.3 小規模処理区モデルの作成

一般に、下水道管渠は平面的な広がりをもつ、埋設後の経年状況を把握しにくい施設である。この管渠網の構造をシンプルな形で表現し、概要を描くことができれば種々の解析時の省力化に極めて有効と考えられる。ここでは、下水管渠網(分流式污水管)の基本的な特性を把握するため、河川工学の分野で得られた各種法則の下水道への適合性について調べ、小規模下水道モデルの作成を行った。

2.3.1 河道網の形態特性

河川工学の分野では流域内の河川水系の特性を把握するため、河道数、河道長、流域面積等について様々な研究が行われてきている。ここでは、代表的な Horton-Strahler による「河道位数理論」から導かれる法則について簡単に説明する。

(1) 4つの地形則

多くの自然河川流域では、Horton-Strahler の河道位数の概念に基づいた以下の 4 つの地形則が、経験的にも統計理論的にも成立することが確かめられている。

- ①河道数則 $N_i = R_b^{k-i}$ ($R_b = N_i/N_{i+1}$)
- ②河道長則 $\bar{L}_i = \bar{L}_1 R_l^{i-1}$ ($R_l = \bar{L}_{i+1}/\bar{L}_i$)
- ③集水面積則 $\bar{A}_i = \bar{A}_1 R_a^{i-1}$ ($R_a = \bar{A}_{i+1}/\bar{A}_i$)
- ④河道勾配則 $\bar{S}_i = \bar{S}_1 R_s^{1-i}$ ($R_s = \bar{S}_i/\bar{S}_{i+1}$)

ここで、 N_i は次数 i の河道数、 $\bar{L}_i$ 、 $\bar{A}_i$ 、 $\bar{S}_i$ は次数 i の河道の平均的な長さ、集水面積、及び勾配を表し、 k は最高次数を示す。式中の R_b 、 R_l 、 R_a 、 R_s はそれぞれ、分岐比、河道長比、集水面積比、河道勾配比と呼ばれ、流域内の全ての次数でほぼ一定の値をとることが確かめられており、理論的に導いた期待値⁴⁾は次のようになる。

$$R_b(\text{分岐比})=4$$

$$R_l(\text{河道長比})=2$$

$$R_a(\text{集水面積比})=4$$

$$R_s(\text{河道勾配比})=2$$

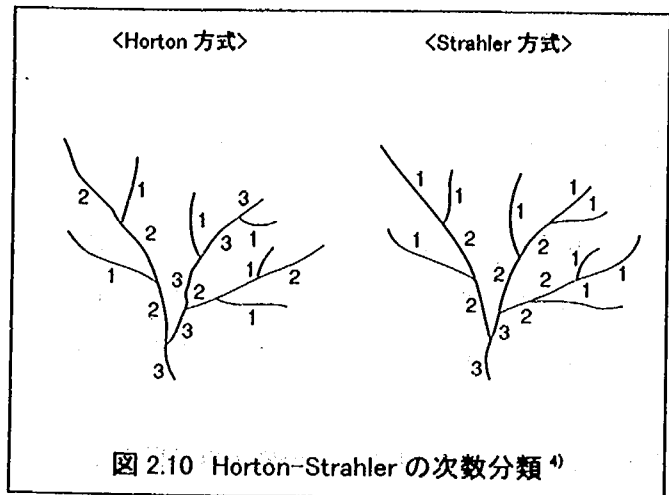


図 2.10 Horton-Strahler の次数分類⁴⁾

2.3.2 下水管渠網の形態特性

下水道管渠は人工物であるが、地形特性の影響を受けやすい自然流下を基本としたシステムのため、下水管渠網についても自然河川で成立する 4 つの地形則や Hack の法則、Melton の法則が成立するのではないかと考えられる。

ここでは、下水道管渠の大部分を占める分流式污水管を対象に各種法則の適合性について検討した。

検討対象地域としては、全体処理区面積が 100ha 程度と小規模で、ポンプ施設が極力少ない処理区を選定し、全体計画図面、流量計算書を基に Strahler の方式により分析を行った。

表 2.7 に示すとおり最高次数は 4~5 となり、各種統計則は表 2.8 に示すとおりとなった。

表 2.7 対象処理区(処理分区)の概要

処理区	次数i	合計管渠延長 (m)	管渠本数 Ni(本)	平均管渠延長 Li(m)	平均集水面積 Ai(ha)	平均管渠勾配 Si(‰)
Y 処理分区 ^{a)}	1次	18,091	226	80	0.46	3.6
	2次	8,064	64	126	1.36	2.9
	3次	3,248	17	191	5.02	2.5
	4次	1,288	4	322	20.62	2.3
	5次	753	1	753	112.00	1.1
	合計	31,444	312			
I 処理区	1次	10,923	132	83	0.48	10.4
	2次	4,246	34	125	2.15	7.4
	3次	1,999	10	200	6.37	6.0
	4次	783	3	261	23.87	4.4
	5次	280	1	280	92	4.3
	合計	18,231	180			
K 処理区	1次	6,014	61	99	0.50	14.0
	2次	3,489	16	218	2.47	9.8
	3次	1,595	4	399	8.85	6.0
	4次	1,058	1	1,058	57.00	2.4
	合計	12,156	82			
O 処理区	1次	17,279	175	99	0.55	2.4
	2次	8,412	41	205	3.59	2.4
	3次	3,115	10	312	13.89	2.7
	4次	1,698	2	849	69.52	2.2
	5次	699	1	753	190.30	1.5
	合計	31,203	229			
T 処理区	1次	7,032	79	89	0.34	14.6
	2次	3,718	22	169	1.41	9.7
	3次	1,103	9	123	4.08	16.7
	4次	1,164	4	291	12.25	3.1
	5次	56	1	56	49.00	3.0
	合計	13,073	115			

表 2.8 管渠網統計則の適合性

		期待値	自然河川 ^{a)}	Y処理分区	I処理区	K処理区	O処理区	T処理区	5地区平均
諸元	処理区面積(ha)	—	—	112	92	57	190	49	100
	計画人口(人)	—	—	8,180	3,000	1,600	4,100	1,700	3,716
	人口密度(人/ha)	—	—	73.0	32.6	28.1	21.6	34.7	37.2
地形統計則	①河道(管渠)数則 R_b	4	3.80~4.61	3.91 (R=0.99)	3.39 (R=0.99)	3.94 (R=0.99)	3.87 (R=0.99)	2.87 (R=0.99)	3.60
	②河道(管渠)長則 R_l	2	2.00~2.58	1.74 (R=0.99)	1.40 (R=0.97)	2.18 (R=0.99)	1.80 (R=0.95)	1.61 (R=0.83)	1.75
	③集水面積則 R_a	4	3.99~5.00	3.98 (R=0.99)	3.65 (R=0.99)	4.74 (R=0.99)	4.39 (R=0.99)	3.37 (R=0.99)	4.03
	④河道(管渠)勾配則 R_s	2	2.09~2.75	1.36 (R=0.92)	1.25 (R=0.99)	1.83 (R=0.98)	1.22 (R=0.72)	1.90 (R=0.82)	1.51

※ ()内は相関係数を示す。

表 2.7、表 2.8 より以下のことがわかった。

- ① 1 次管渠(起点マンホールから最初の合流点まで)の合計延長は、全体管渠延長の 50%~60%程度となり、また、1 次管渠の合計本数は、全体管渠本数の 70%を占める。
- ② 末端管渠である 1 次管渠の 5 地区平均値は、平均管渠延長が 90m、平均集水面積が 0.47ha である。
- ③ 最高次数管渠の延長は、処理場の位置により決定されるため、人為的な影響が大きく規則性が小さい。
- ④ 1 次管渠の延長、本数は共に管渠全体のなかで大きな割合を占めていることから、管渠網を考える上での重要な部位となることがわかった。

以上の分析結果より、標準的な小規模下水道モデルを考えると、表 2.9 のように表される。

表 2.9 小規模下水道標準モデル

次数	管渠数	平均延長 (m)	処理面積 (ha)	合計延長 (m)
1	168	90	0.47	15,120
2	47	158	1.89	7,426
3	13	276	7.63	3,588
4	4	482	30.76	1,928
5	1	844	123.97	844
合計	233			285,617
次数比	$R_b=3.60$	$R_l=1.75$	$R_a=4.03$	

2 章 参考文献

- 1) 田中雅康、VE (価値分析) - 考え方と具体的な進め方、マネジメント社
- 2) 光家康夫ら、建設省における土木構造物の標準設計化について、第 13 回建設マネジメント問題に関する研究発表・討論会講演集、土木学会建設マネジメント委員会、1995 年 12
- 3) 農業集落排水事業の平成 6 年度新規採択地区計画概要、集落排水情報、公共投資ジャーナル社、平成 6 年 11 月
- 4) 高山茂美『河川地形』、共立出版
- 5) 金丸、高棹『水文学』、朝倉書店
- 6) 小川文章「下水道管渠網の形態特性について」、月刊下水道、Vol.19, No.14 1996.11, pp.75-79
- 7) 山本荘毅『陸水』、共立出版
- 8) 田中、北川：下水道施設の維持管理・更新費の低減手法に関する調査、平成 5 年度下水道関係調査研究年次報告書、土木研究所資料第 3294 号、平成 6 年 10 月
- 9) 田中、鈴木：町村下水道整備予定区域のイメージ、第 30 回下水道研究発表会講演集、pp.139-141、平成 5 年

3 管渠に関する建設コスト縮減策

3章では、管路施設のうち管渠に着目して、コスト縮減効果があると考えられる「最小土被りの見直し」、「最小管径の見直し」、「勾配決定方法の見直し」の3つについて縮減効果の試算等の検討結果を述べる。

3.1 最小土被りの見直し

下水管渠の最小土被りは、道路法施行令第12条により3m（やむを得ない場合には1m）と規定されているが、国道や県道では道路管理者により別途埋設基準が定められていて縦断占用の場合でも最小土被りは2.0m～3.0mに規定されている場合が多い。なお通常の市長村道では水道管の埋設深さを考慮して、下水管渠を1.2mより深く埋設する場合がほとんどである。

ここでは、最小土被りの基準が50cm浅くなった場合を設定して、これにより管渠網全体にわたって土被りが50cm減少し、どれほど建設コストが縮減可能となるかを試算した。コスト試算を行う対象は、2.3で作成した小規模下水道モデルである。

この結果を表3.1に示す。全ての次数の管渠において6～8%のコストが縮減され、全体では7.8%のコスト縮減が可能であることが分かる。

実際に土被りを小さくするには、上載荷重に対する管渠への影響や道路舗装への影響等を考慮しなければならないが、別途、委員会で検討されているところである。

表 3.1 最小土被り低減による管渠敷設コスト縮減効果

次数	小規模下水道モデル									モデル－50cm			コスト縮減率 (%)
	管渠本数	平均延長 (m)	処理面積 (ha)	合計延長 (m)	管径 (mm)	勾配 (%)	土被り (m)	1m当工事費 (千円 /m)	工事費 (百万円)	土被り (m)	1m当工事費 (千円 /m)	工事費 (百万円)	
1	168	90	0.47	15,120	200	3.0	1.34	9.3	1,403	0.84	8.55	1,293	7.84
2	47	158	1.89	7,426	250	2.0	1.63	10.6	784	1.13	9.64	716	8.67
3	13	276	7.63	3,588	300	1.3	1.97	12.0	431	1.47	11.11	399	7.42
4	4	482	30.76	1,928	400	0.9	2.36	14.0	271	1.86	13.12	253	6.64
5	1	844	123.97	844	500	0.6	2.83	16.6	140	2.33	15.50	131	6.43
合計	233	—	—	28,617	—	—	—	—	3,029	—	—	2,792	7.82

3.2 最小管径について

現状における管渠の最小管径は、下水道施設計画・設計指針と解説（以後、設計指針という）の§65 により「汚水管渠にあつては 200 mm、雨水管渠及び合流管渠にあつては 250 mm」と示されている。また小規模管路施設においては、設計指針の§92 により「汚水管渠の最小勾配は、原則として 150 mm とする。（ただし、土被りが浅く新たな排水施設の接続が見込まれない地域で理想的な管渠勾配が容易に確保できる場合には 100 mm とすることができる。）」となっている。

この基準を見直し、最小管径を小さくすることによって、管材費の低減や土工量の減少等による敷設費の低減が見込まれる。

3.2.1 採用されている最小管径

上記のように設計指針等により最小管径が定められているが、各自治体がどのような最小管径を採用しているかについてアンケート調査を行った（アンケート調査票は資料編にある）。

(1) アンケート調査の対象自治体

アンケート調査の対象自治体とその抽出条件を表 3.2 に示す。抽出の際に必要なデータは、(社)日本下水道協会が出版している下水道統計をもとにしている。

表 3.2 アンケート対象自治体の一覧表

抽出方法	アンケート対象自治体(抽出結果)
(i) 政令指定都市	札幌市, 仙台市, 千葉市, (東京都区部), 川崎市, 横浜市, 名古屋市, 京都市, 大阪市, 神戸市, 広島市, 北九州市, 福岡市
(ii) 供用開始 25 年以上 行政人口 5 万人以上 分流式採用	室蘭市, 旭川市, 小樽市, 北広島市, 塩釜市, 山形市, 日野市, 小田原市, 町田市, 相模原市, 東久留米市, 大和市, 鎌倉市, 上尾市, 逗子市, (東松山市), 市原市, 富山市, 金沢市, (新湊市), 岐阜市, 松本市, 長野市, (大垣市), 富士市, 関市, 春日井市, 瀬戸市, 上田市, 高砂市, 堺市, 福知山市, 富田林市, (大津市), 舞鶴市, 伊丹市, 箕面市, 橿原市, 大阪狭山市, 枚方市, 防府市, 呉市, 下関市, 大分市, 久留米市, 佐世保市, 長崎市, 鹿児島市, 那覇市, 沖縄市, 浦添市
(iii) 清掃延長 >10 km 年間土砂処分量 TOP50	(瑞穂町), 新潟市, 海老名市, (亘理町), 萩市, 北見市, いわき市, 吹田市, 志木市, 亀岡市, 名寄市, 浜松市, 岡崎市, 豊中市, 宇部市, 江別市, 尼崎市, 福井市, 熊本市, (見附市), 名取市, 船橋市, 鳥取市, 青森市, 長岡市, 恵庭市, 立川市, 松山市, 高松市, 平塚市, 釜石市, 守口市

※順不同

※回答が得られなかった自治体は、()で括ってある。

抽出方法 (i) では、抽出条件を政令指定都市 13 都市とした。政令指定都市における下水道普及率は、平成 8 年度末で 97% であり、下水道事業は建設から維持管理にほぼ移行したと考えてもよい。

抽出方法 (ii) では、政令指定都市を除く全国の市町村を対象に、次の 3 つの抽出条件を採用し 54 都市を抽出した。すなわち、条件①供用開始後 25 年以上経過している、条件②計画処理人口 5 万人以上である、条件③分流式を主に採用している、である。条件①では、維持管理の実績がある都市の抽出を目的とした。供用開始からの経過年数を 25 年としたのは、最終的な抽出方法①による抽出数を 50 程度に絞るためである。参考までに、供用開始後の経過年数を変えた場合の抽出都市数を示すと、供用開始 20 年以上で抽出都市が約 80 都市、供用開始 30 年以上で約 30 であった。条件②では、下水道管路敷設延長の長い都市の抽出

を目的とした。計画処理人口 5 万人という値は、調査対象を、町村を除いた市クラスに限定するためである。条件③では、分流式下水道を対象とした。古くから下水道事業に取り組む自治体では合流式を採用するところが多く、条件①②によって抽出された都市においても合流式の占める割合が高い。今回のアンケート調査では、合流式、分流式問わず情報収集を試みることにしており、また抽出方法①において政令指定都市（大半が合流式）を抽出していることから、情報が合流式に偏ることを避けるために、抽出条件を分流式採用都市とした。

抽出方法（iii）では、抽出方法（i）、（ii）で抽出された自治体を除外してある。

アンケート対象自治体数は 96 であるが、8 自治体からは回答が得られず、回答が得られたのは 88 自治体であった。アンケートの回答が得られた自治体の、地域別の自治体数は、表 3.3 の通りである。

表 3.3 地域別アンケート回答自治体数

地域	北海道	東北	関東	北陸	中部	近畿	中国	四国	九州・沖縄	合計
自治体数	9 (1)	7 (1)	18 (3)	5	11 (1)	18 (3)	7 (1)	2	11 (2)	88 (12)

※()内は政令都市分(内数)

(2) アンケートによる採用最小管径に関する調査

アンケート結果は以下のとおりである。

各自治体で採用している最小管径は、汚水：φ100～φ250、雨水：φ200～φ600、合流管：φ150～φ300 となっている。管径別の採用自治体数は表 3.4 の通りとなっており、汚水管については約 3/4（74%）はφ200 が最小管径となっている。雨水管渠の最小管径について、600 mmとしている自治体が 2 つ（山形市と那覇市、このうち山形市は#500×500 としている）があるが、これは 600 mm未満のものを道路施設として取り扱っているためである。

表 3.4 採用している最小管径

最小管径(mm)	100	150	200	250	300	600	合計
汚水管渠	2(2)	7(8)	61(74)	13(16)			83(100)
雨水管渠			3(5)	56(85)	5(8)	2*(3)	66(100)
合流管渠		1(2)		37(86)	5(12)		43(100)

※()内数値は割合(%)を示す。

※*において、うち1つは、山形市(#500×500)としている。

※二重下線は設計指針で示される数値(波線は小規模のもの)

汚水管渠で採用している最小管径について、円グラフで表したものを図 3.1 に示す。

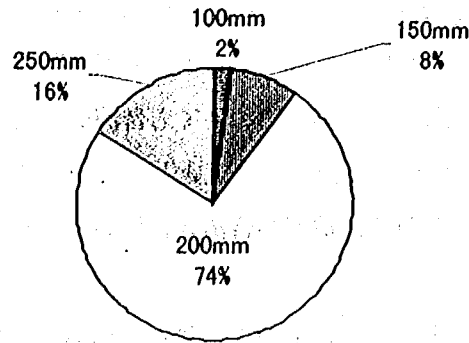


図3.1 採用されている污水管渠の最小管径

污水管渠の最小管径について、設計基準（污水、200 mm）より小さいものとしている自治体は 10%、大きいものとしている自治体は 16%あるが、設計基準と異なる理由は、アンケート回答結果より以下のように要約できる。

- ① 基準より管径小←污水は流量的にのめるため管径を小さくしたい（塩ビ管の採用）
- ② 基準より管径大←断面阻害や施工性・将来の余裕等を勘案して大きめの断面としたい
- ③ 基準より管径大←元が合流や事業開始が古いため元々大きめの断面となっている（歴史的）

比較的新しい地方の自治体では、汚水量を勘案して、小さめの断面を選択する傾向にある。これに対し、大都市や事業開始が古く合流式で事業が始まっているところでは、施工性や強度、水量（開発等によるもの）や管渠損傷（断面阻害等）に対する将来性等を勘案して大きめの断面を採る傾向にあることが分かる。

3.2.2 最小管径の見直しに関する考察

最小管径が定められている根拠としては、「①取付け管の接続のため」と、「②維持管理のため」の 2 つが考えられる。

①については、取付け管の最小管径が 150mm であり、取付管は本管中央より上に取りつけるべきとされている（設計指針）ので、本管の管径を 200mm より小さくすることはできないということである。取付け管の最小管径が 150mm である根拠としては、宅地の排水管の最小管径は設計指針により排水人口 150 人未満の場合 100mm としていて（延長 3m 以下の場合のみ 75mm としていることから、管内での固形物の詰まり防止等の観点から経験的に定められたと思われる）、将来の排水量増加の可能性や汚水ますからの雨水の流入の可能性があることから、取付管の管径は排水管の管径より 1 ランク上としても不合理とは言えないことがあげられる。ただし、小規模下水道では、取付け管の最小管径は本管への取り付けと施工性を考慮して 100mm とするとされており、実際に 100mm の取付け管を採用している自治体もある。

②については、清掃などのためにある程度の管径が必要であるということだが、清掃用機器の発達（高圧洗浄機の普及）によって 200mm 未満の管径の採用も可能という見方もある。

最小管径を小さくすることに対する懸念として以下の 3 点があげられる。

1 点目は更正に関わることである。管路が劣化し更正（ホースライニング）を行なう時には管径が小さくなる（例えば 200mm→150mm）ので、ある程度の余裕が必要であると考えられ、最小管径を 200mm よ

り小さくすることは避けてむしろ 250mm を最小管径とした方がよいという見方がある。

2 点目は余裕に関することである。下水道計画では都市のマスタープランを計画の根拠としているが、都市が今後どのように変化していくかを予想するのが難しい現在、余裕をもたせることは重要となってくる。市街地以外のところでは、末端管渠からさらに管渠が延長することも否定できず、そのための余裕をもった管径確保が望まれる。処理水量の規模増大に対して処理場では増設で対応できるが、管渠は埋設されているため増設は困難であるという観点からも、管径の余裕は重要と言える。

3 点目は水理的なことである。現状の勾配決定方法に従うならば、管径を小さくすると、勾配を大きくしなければならず土被りが大きくなるので建設費が大きくなる可能性がある。

下水道管路施設は計画下水量の変化に対するコストの弾性値が低いという特徴をもち、管径の大小によるコストの変化は大きくない。最小管径を小さくすることにより得られるコスト縮減と、上記の懸念される 3 点とを勘案していかなければならない。

3.3 勾配決定方法の見直し

管渠の勾配は、下水を速やかに排除するように設計しなければならないが、勾配は敷設費に直接影響する。なぜならば、勾配が管渠の土被りに大きく影響し、土被りが大きくなると単位長さあたりの建設コストは増していくからである。よって、勾配を現行の設計方法によるものより緩くすることができれば、建設コストの縮減が可能となる。

3.3.1 (2) に述べるように現行の設計方法は合理的とはいえない。しかし、設計通りの勾配がとれていれば、堆積という問題は特殊な場合（伏せ越し部における堆積や飲食店から排出される油脂による閉塞など¹⁾）以外にはあまり起こっていない。つまり、現行の設計方法は合理性はともかく、一つの設計方法として大きな役割を果たしてきたと言える。そして、現行の設計では管渠自体に堆積等を若干許容できる余裕が存在し、この余裕によって、管渠敷設時の施工不良、施工後の勾配変動、木の根の侵入、モルタルなどの管渠への不法投棄、生物膜の発達による粗度係数の増加などの様々な悪条件のなかでささいなものについては受け止めてきたのだと思われる。よって、ぎりぎりの条件を考え合理的に勾配を決定すると余裕がないために、いつ上記のような悪条件が生じて一気に堆積が進み下水の流下阻害、閉塞という問題が起こるかは分からない。こうなればわずかな建設費の削減の代償として、大きな維持管理費の支払を招くので、勾配の基準改定には慎重な判断が要される。そして、この判断には、下水道施設安全性のための余裕とコスト縮減とのバランスを保つという視点が重要である。

3.3.1 現状の勾配決定方法について

(1) 現状の最小勾配の基準について

污水管渠の勾配設計方法は、独自の基準による地方自治体もあるが、ほとんどの場合が設計指針によっている。設計指針では污水管の勾配の決定方法を、「流速は計画下水量に対し最小流速を 0.6m/s とし下流に行くに従い漸増させ、勾配は下流に行くに従い緩くする」と定めている。ここで、計画下水量は計画時間最大汚水量であり、計画時間最大汚水量とは、計画年次における年間最大汚水量発生日におけるピーク時 1 時間汚水量の 24 時間換算値、つまり、日最大汚水量時の時間最大汚水量のことである。

そして、この最小流速 0.6m/s とは、「下水の中に含まれている土粒子等が管内で堆積することを避けること（掃流力の確保）」に必要な最小流速とされている。設計指針には、最小流速 0.6m/s がどのような条件下（流量等）でのどの地点での流速かは明記していないが、実際のほとんどの設計では下水が満管の状態で流れる場合の平均流速としている。

最小流速 0.6m/s による設計の根拠は、汚水の流れによる掃流力が、掃流対象である粒子の限界掃流力以上であると考えられる。ここで、汚水の流れによる掃流力 τ とは、管渠内を流れる汚水とその底面の間に働く摩擦力のことであり、 $\tau = \rho g R I$ （ただし、 ρ ：水の密度、 g ：重力加速度、 R ：径深、 I ：勾配）という式で与えられる。対象とする粒子の限界掃流力 τ_c とは、対象とする粒子（砂礫）が移動し始めるときの掃流力のことである。限界掃流力についてはいくつか研究がなされているが、それらの一つにシールズによる考え方があり、シールズの式は複雑な式であるが簡単のために変数の部分を平均値で表す（ $\beta=0.05$ ）と、 $\tau_c = \beta(\sigma/\rho - 1)\rho g d$ （ただし、 σ ：対象粒子の密度、 d ：対象粒子の粒径）となる。

このシールズの式とマンニングの式を組み合わせると、限界掃流力を与える流速（限界掃流流速）に関する式（キャンプの式） $V=(1/n)R^{1/6}(\beta(\sigma/\rho-1)d)^{1/2}$ （ただし、 V ：限界掃流流速， n ：マンニングの粗度係数）が得られる。このキャンプの式で、掃流対象粒子を砂（ $\sigma/\rho=2.65$ ， $d=2\text{mm}$ ）、管材を鋳鉄管（ $n=0.012$ ）として、満管時の限界掃流流速を計算すると、 0.65m/s となる。これが満管時流速 0.6m/s の一つの根拠を与える。また、ボストンの土木工学会の委員会による分流式下水渠の最小必要流速についての調査によれば、最小必要流速等に関する州保健局の原則および規制では 2 州を除いて 2ft/s （ $=0.61\text{m/s}$ ）を最小流速としていて、このことも最小流速として 0.6m/s が用いられている一つの根拠と考えられる²⁾。

キャンプの式では満管流と考え数値を代入することにより 0.6 という数字にたどり着いたが、実際の流れは非満管流であるので 0.6 という値は固定的なものではない。また、污水管では、砂などの比重の大きいものの流入がほとんどないと考えられるので、掃流対象とする粒子の密度を小さくしてもよいのではないかと考えられる。

(2) 現状の設計方法の問題点

現状の設計方法には、以下の①，②，③のような合理的とはいえない点がある。

①流速を満管流で計算していることについて

②対象とする流量（計画流量）について

③末端管渠での現象（掃流対象物，余裕，非定常流）について

①について

管渠の設計では満管時の流速をもとに勾配を決定している。しかし、実際の污水管内の流れは変動が大きい。最大の流量時でも污水管が満管になることはまれであり（雨天時を除いて）、ほとんどの場合で水深が管径の半分以下と考えられる。水深が管径の半分以下の流れとなることは、最小管径によって管径が決まることや規格値をとるために 1 ランク上の管径を使うことにも因るが、計画下水量と実流量の差が大きいことがあるため施設に余裕を見込んで設計していることに大きく因る。

水深が管径の半分以下ならば、満管時の流速は達成されない。よって、流量に応じて非満管状態の流速を考えた方が合理的であるが、この設計方法は既に提案されている^{3, 4)}。

清水は、満管流速を大きくするために管径を大きくしても、計画流量が流れる時の流速（非満管流速）は大きくならないことを指摘している³⁾。そして、計画流量に対して非満管流として扱えば満管流速による設計よりも大きな勾配が必要な場合があるが、これに対しては洗浄を考慮すればよいこと、污水管への土砂の混入は少ないことのため 0.6m/s 以下の流速でも十分流下すると述べている³⁾。

宇土・金子は、非満管時流速による勾配設計において、余裕率を 100% とすると勾配が最小化されることを示し、この勾配は必要とする流速の $8/3$ 乗に比例するので、勾配を小さくするためには出来るだけ必要とする流速を小さく設定することが重要であると述べている⁴⁾。

②について

設計指針では「污水管渠の計画流量を、計画時間最大汚水量とする」としている。しかし、この計画時間最大汚水量というものは、年間を通して最も流量の多い日の最も多い時間帯での流量であり、観念上は 1 年の内に 1 時間しか発生しない流量とも言える。このような流量で掃流するという条件は、1 年の内で時間

最大汚水量が発生する1時間以外は堆積を許容しているとも考えられ、合理的とは言えない。

これに対して、管渠の流下能力の確保には時間最大汚水量を考え、管渠内の堆積物防止には日最小汚水量時の時間最大汚水量を対象流量とするという考え方が吉本によって示されている。日最小汚水量時の時間最大汚水量とは、1年365日を通して1日に1回以上は確保される流量であり、これは日平均汚水量時の24時間平均汚水量（つまり計画1日平均汚水量）にほぼ等しいものである。このように対象流量を2通りに設定し、さらに汚水の流れを非満管流として捉えて掃流力を考えた設計が提案されている^{5, 6)}。

③について

末端管渠（＝最上流端の管渠）では、次の3点のような特有の現象がある。1点目は非定常流についてである。末端汚水管渠では排水設備からの汚水の流入が連続的にあるとは考えられず、実際には非定常流となっている。この繰り返される非定常流の瞬時最大流量エネルギーが、固形物を搬送すると考えて設計すれば、管渠勾配を小さくすることができる⁷⁾。2点目は、余裕についてである。末端管渠の管径は最小管径に等しくならざるを得ず、そのため余裕が非常に大きく水深は極めて小さい。3点目は、掃流対象物についてである。現行の設計では掃流対象物を砂粒子としているようであるが、末端管渠に流入してくる固形物はある程度の大きさ・形を有する汚物が多いと考えられる。

小規模下水道計画・設計・維持管理指針と解説⁸⁾では対象流量は計画時間最大汚水量、勾配は流速規定となっているが、小規模下水道計画・設計指針（案）⁹⁾では末端汚水管渠の設計において計画汚水量を瞬時最大汚水量とし、勾配は排水設備の会合枘から次の汚水流入地点までの距離に応じて定めるとされている。この距離による勾配設計では、勾配と代用汚物が搬送された距離の関係¹⁰⁾を参考にできる。一方、排水設備の分野でも管の勾配基準は最小流速0.6m/sに基づいていますが、より合理的な設計のために搬送機能についての研究が進んでいて基準改定への動きがある。

3.3.2 採用されている勾配決定方法

実際の下水道事業で採用されている設計方法がどのようなものであるかを把握するために、アンケート調査を行なった。付随して、勾配の変動についてや、取付け管の接続方法についても聞いた（アンケート調査票は資料編にある）。

アンケート調査項目は、以下のとおりである。

- (1) 管渠の勾配決定方法
- (2) 末端管渠の勾配設計方法
- (3) 実際の設計における末端管渠の最小勾配
- (4) 管渠敷設後の勾配検査方法
- (5) 許容される勾配の誤差
- (6) 設計勾配と敷設直後勾配の差
- (7) 敷設後の経年による勾配の変化
- (8) 取付管の本管への接続方法－取り付け角度
- (9) 最上流部の取付管の接続方法

上記項目の(2)と(3)で末端管渠に焦点をあてているが、これは3.3.1(2)で述べたように末端管渠での下水の流れが特殊であると考えられるからである。(4)から(7)までで、管渠勾配の変動について聞いているのは、管渠の敷設後等で勾配が変動し管渠の機能が発揮されなくなる恐れがあるからである。また、(8)と(9)で、取り付け管の本管への接続方法について聞いているのは、取り付け管の接続条件に下水の流れが影響を受けることもあり勾配の設計においても考慮しなければならない可能性が否定できないからである。

調査対象自治体は、3.1(1)と同じである。

(1) 管渠の勾配決定方法

管渠勾配の決定方法については、76の自治体が設計指針のとおりであり、12の自治体が独自の決定方法となっている。独自の決定方法としている12自治体のうち4自治体が、設計指針と完全には一致していない方法となっている。これを表3.5に示す。

表 3.5 設計指針以外の基準

自治体名	内容
平塚市(神奈川県)	污水管渠について、塩ビ管 200mm は標準 4.0‰、最小勾配 2.4‰とし、ヒューム管 200mm は標準 7.0‰、最小勾配 4.0‰とする。ただし、丘陵地の単独事業については実流速にて計算し、3.0m/s を超えない勾配とする。
川崎市(神奈川県)	勾配を決めるための最小流速と最大流速は設計指針と同じであるが、平坦地の上流部で計画下水量が少なく最小流速を確保することが困難な場合は、勾配を塩ビ管 3‰、ヒューム管 8‰とする。また、丘陵地における小口径管については、流量が小さい場合、最大流速の範囲内で急な地表勾配に合わせて管渠の勾配を定めることができる。
亀岡市(京都府)	設計指針のとおりとしているが、現場状況に応じて、実流速による設計を行ない、管路勾配を道路勾配と合わせ埋設深を一定にすることにより、掘削深を浅くしコスト削減を行っている。
鹿児島市(鹿児島県)	污水枝線について、原則として設計指針を準用しているが、単独事業においては経済性と施工性を考慮し、最小流速が 0.6m/s を上回る最小勾配として塩ビ管 200mm は 3‰、ヒューム管 200mm は 5‰としている。最大勾配は地表勾配とし、上限は定めていない。

設計指針には記述されていない考え方をまとめると、以下の3つに分類できる。

- ① 流速で勾配を決めるのではなく、標準的な勾配を与えたり、最小勾配を設定している。
- ② 平坦地の上流部で流量が小さく最小流速が確保されない場合に、ある勾配を与えている。
- ③ (実流速により計算して) 地表勾配に合わせて勾配を決める。(丘陵地において、丘陵地の小口径管で流量が小さい場合、現場状況に応じて)

(2) 末端管渠の勾配決定方法

末端管渠の勾配決定方法については、62の自治体が設計指針のとおりであり、26の自治体が独自の決定方法となっている。勾配決定方法の内容として、末端部での流速・掃流力を期待して勾配を決定している例と流速自体で規定している例などがあるが、大部分は勾配を決定している。勾配決定方法の内容と、採用している自治体を表3.6に示す。これらの決定方法は、以前からの慣習であるものもあるが、昭和60年程度以降に正式に定められたものが多い。

表 3.6 末端管渠の勾配決定方法

内容	自治体名(最小勾配)
最小勾配を規定	町田市(3.5%), 日野市(8%), 平塚市(塩ビ管 200mm:4%), 新潟市(200mm:4%), 浜松市(VU:3%, HP:5%), 塩釜市(5%), 鎌倉市(5%...施工精度を考慮して), 相模原市(最上流部スパンは 2%増), 大和市(塩ビ管 200mm:5%), 舞鶴市(可能な限り 5%), 堺市(塩ビ管 200mm:3.5%), 枚方市(200mm:6%), 横原市(200mm:4%), 久留米市(3.5%...施工誤差を考慮して), 長崎市(5%), 仙台市(200mm:5%), 横浜市(汚水 200mm:3%), 川崎市(塩ビ管:3%, HP:8%), 北九州市(塩ビ管:5%)
流速で規定	金沢市(半管満流で $v=0.6\text{m/s}$), 富田林市($v=0.8\text{m/s}$), 札幌市(自己掃流力を考慮して $v=1.0\text{m/s}$)

(3) 実際の設計における末端管渠の最小勾配

実際に設計されている末端管渠における最小勾配を、管径ごとに整理したものを図 3.2 に示す。管径が 100 mm~300 mm で勾配が数%~20%程度となっていて、管径が 200 mm~300 mm では勾配が数%~10%程度に含まれるものが多くなっている。管種別にまとめたものを図 3.3、図 3.4、図 3.5 に示す。図中には、満管流速が 0.6m/s および 1.2m/s となるような勾配と管径の関係を表す線を示した。ここでは、流速公式はマンニングの式を用い、粗度係数は鉄筋コンクリート管で 0.013、塩ビ管で 0.010、その他の管種ではそのほとんどが陶管であるので陶管の粗度係数 0.013 を採用している。

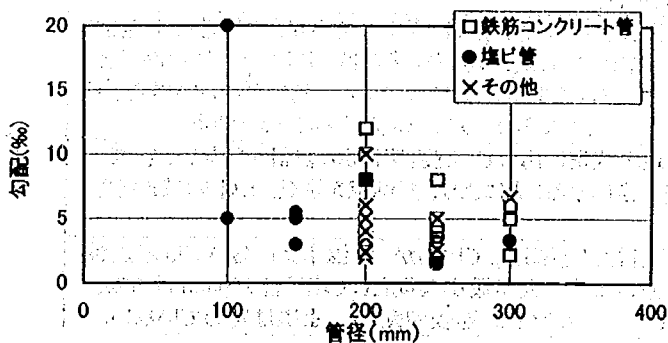


図3.2 末端管渠の最小勾配

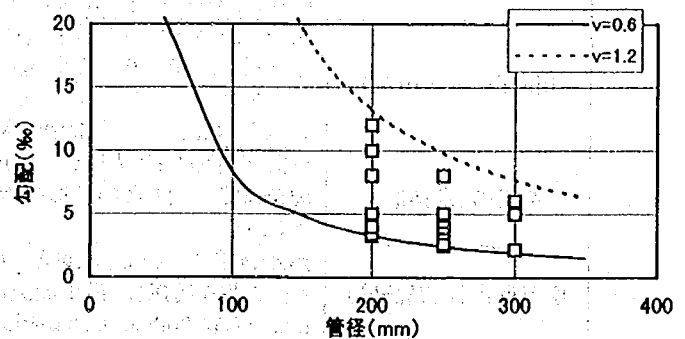


図3.3 末端管渠の最小勾配
(鉄筋コンクリート管)

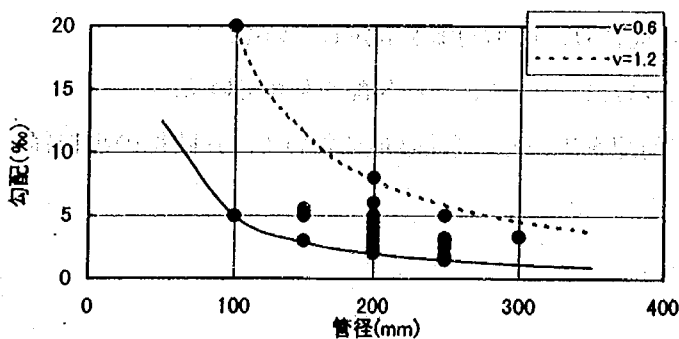


図3.4 末端管渠の最小勾配
(塩ビ管)

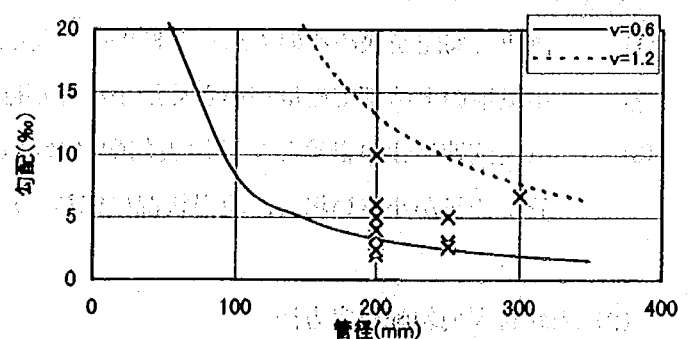


図3.5 末端管渠の最小勾配
(その他の管種)

図 3.3、図 3.4、図 3.5 より、粗度係数の関係から塩ビ管の勾配はヒューム管やその他の管種の勾配より小さいことが分かる。また、各管種での最小管径、勾配は以下の範囲のもので代表され、対応する満管流速は 0.6m/s～1.2m/s となっていることが分かる。

鉄筋コンクリート管：[200mm：3.5‰～12.0‰]～[250mm：3.0‰～8.0‰]

塩ビ管：[150mm：3.0‰～5.0‰]～[250mm：2.0‰～5.0‰]

その他（陶管等）：[200mm：2.0‰～10.0‰]～[250mm：3.0‰～5.0‰]

(4) 管渠敷設後の勾配検査方法

管渠敷設後の勾配検査方法としては、以下の方法がアンケートの回答であげられている。

- ① 管底高（または管口や敷設高）の差を延長で除して勾配を確認する。
- ② 目視や管路内調査（TV カメラ調査）による
- ③ 流水により確認を行う
- ④ その他の方法（出来高図・竣工図等の書類・図面・写真等で確認する）

上記の①から④を採用している自治体数の割合を、図 3.6 に示す。①が最も多く、③が 2 番目に多いが①の方法と併用しているところが多い。

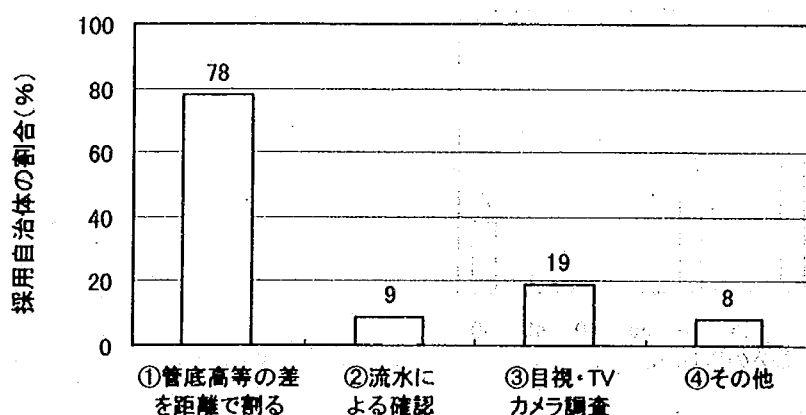


図3.6 管渠敷設後の勾配検査方法

(5) 許容される誤差

管渠の敷設に際して許容される誤差は、表 3.7 のとおりである。開削工法では 97%の自治体で±30mm（～1.00%）以下としていて、推進工法では 92%の自治体で±50mm（～1.67%）以下としている。

表 3.7 許容される誤差別の回答自治体数

誤差 (mm)	±10 (0.33%)	±20 (0.67%)	±30 (1.00%)	±50mm (1.67%)	±75 (2.50%)	合計
開削工法	2(3%)	20(31%)	40(63%)	2(3%)		64(100%)
推進工法			2(17%)	9(75%)	1(8%)	12(100%)

※誤差の欄における()内は、1 スパンの延長を 30mと仮定したときに対応する勾配である。

(6) 設計勾配と敷設直後勾配の差

設計勾配と敷設直後の勾配の差については、以下のように3種類の回答方法が見られた。

- 設計勾配と敷設直後勾配の差(‰)
- 設計勾配と敷設直後勾配の差の割合(%)
- 設計勾配での高さ(と敷設直後の高さとの差(mm))

それぞれについて回答自治体数は、図3.7、図3.8、図3.9のとおりである。

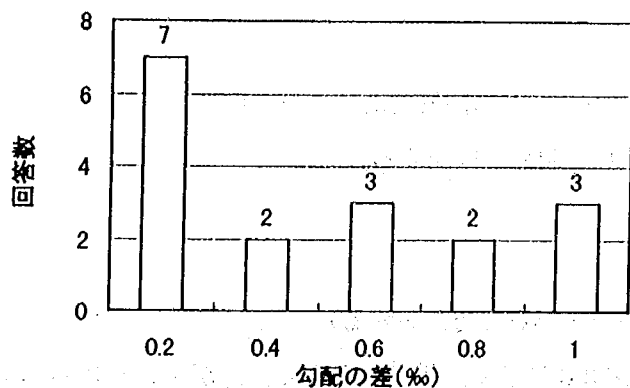


図3.7 設計勾配と敷設直後勾配の差(‰)

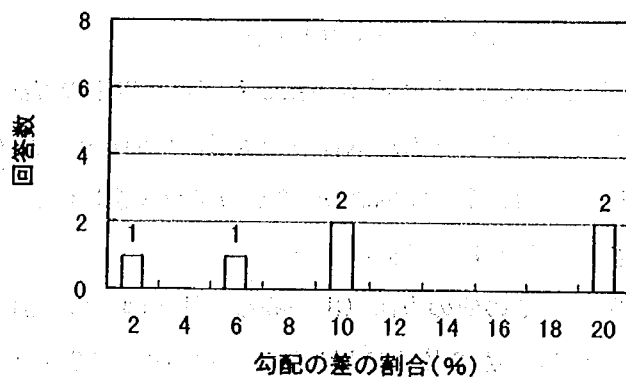


図3.8 設計勾配と敷設直後勾配の差(%)

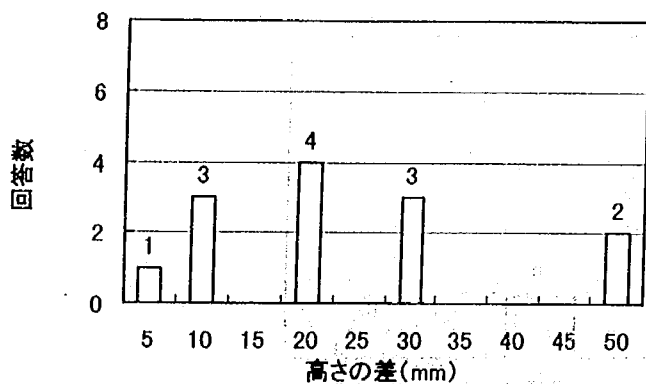


図3.9 設計勾配と敷設直後勾配の差(mm)

(7) 敷設後の経年による勾配の変化

敷設後の経年による勾配の変化については図3.10のとおりであり、地震時等の特別なものを除いて10mm～50mm程度の変化が想定されている。ただし回答自治体が少なく、具体的な認識があるものは少ない。兵庫県南部地震では、尼崎市で最大150mm、神戸市で最大40cmの変化があったと報告している。

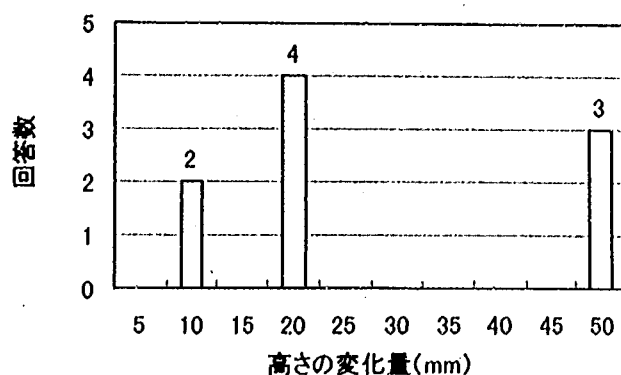


図3.10 敷設後の経年による勾配の変化

「(6) 設計勾配と敷設直後勾配の差」において回答方法が 3 種類あったが、これを勾配の差(%)で表すことで統一し、図 3.10 についても勾配の差(%)で表して、「設計勾配と敷設直後勾配の差」と「敷設後の経年による勾配の変化」を 1 つのグラフで表したものを図 3.11 に示す。勾配の差で表す際には、勾配に対する割合(%)のものは該当自治体の末端管渠における最小勾配を掛け、高さの差(mm)のものは人孔間延長を 30m として勾配に換算した。図 3.11 より、敷設直後の勾配の誤差と、敷設後の経年による勾配の変動の和は、概ね 2.0% 程度以下と考えられる。

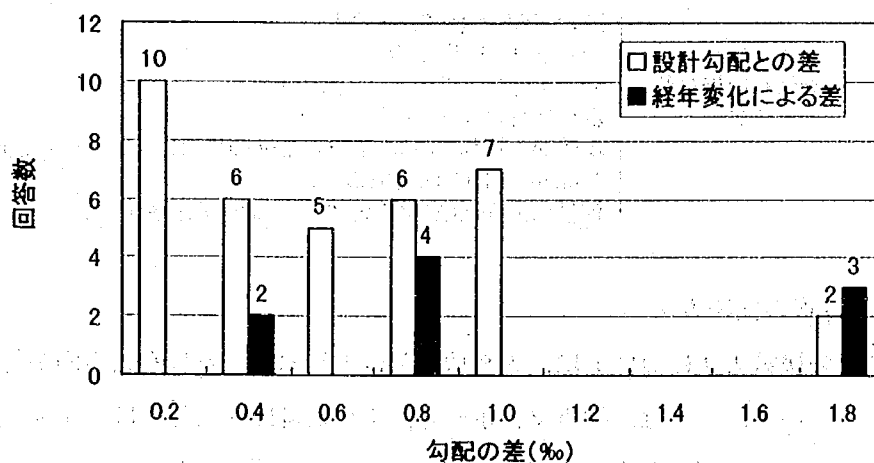


図3.11 敷設・経年による勾配の変動

(8) 取付管の本管への接続方法についてー取付管の本管への取り付け角度

取付管の本管への取り付け角度(平面配置)は、管渠内の流水をよくするために原則として 60° とし、本管がある程度大きな場合には 90° でも差し支えないと「設計指針」で定められている。

アンケートの回答結果は図 3.12 のとおりであり、7 割の自治体が 90° で接続していて、指針に示されている 60° で接続しているものは約 1/4 である。

アンケート回答のうち、「それ以外」やコメントがあったものとしては、表 3.8 のようなものがある。

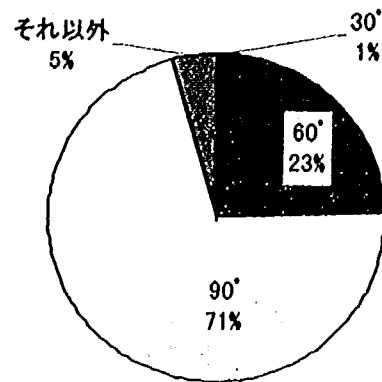


図3.12 取付管の本管への取り付け角度

表 3.8 取付管の本管接続についてのコメント

コメントの分類	コメントの内容及び該当自治体
ほとんどが 60° , 90°	60° が 6 割、90° が 3 割、それ以外が 1 割ある(北見市) 60° が 2 割、90° が 7 割、それ以外が 1 割ある(宇部市)
末端が 60° (それ以外は 90°)	最上流部は 60° (恵庭市) 最上流部 2 スパンは 60° (福井市)
やむを得ない場合や その他	60° と 90° (岐阜市, 守口市) 割合不明(長岡市, 高砂市) やむを得ない場合 45° (平塚市) やむを得ない場合 60° (大和市) 現場条件により変わる(豊中市) 本管から離れている、取付管推進の場合は 90° (いわき市) 350mm 以上は 90° (横浜市) 管種による(合成樹脂管: 90° , HP: 60° ; 神戸市)

(9) 最上流部の取付管の接続方法

最上流部の取付管の接続方法については、人孔取り付けとし本管に対し直線方向から接続するものと「設計指針」で定められている。これは、起点マンホール直下の取付け管部分では、上流側に汚水の逆流現象が起こり、汚物が堆積し臭気などの衛生上の問題が生じるのを防ぐためである。

アンケート結果として以下のような回答が得られたが、それぞれの回答自治体数を図 3.13 に示す。

- 「設計指針」で定められているように直線流入になっている
- 90°でのマンホール接続
- 本管接続(最上流部のマンホールには接続しない)
- その他

「その他」を回答している 20 件の自治体のうち 10 件程度が、マンホール内でのインバート処理であり、直線方向から流入していなくても、マンホール内でのインバート処理や流出方向に対して鋭角にならないようにして、流水に対し工夫を凝らしている例が多い。

これ以外では、樹の位置等現場の状況により指針にはこだわらずに接続しているケースが 7 件(青森市, 松本市, 豊中市, 大阪狭山市, 松山市, 久留米市, 京都市)、管渠がネット化されている(大阪市)、最上流

部の取付管に人孔を設置（福岡市）などがある。

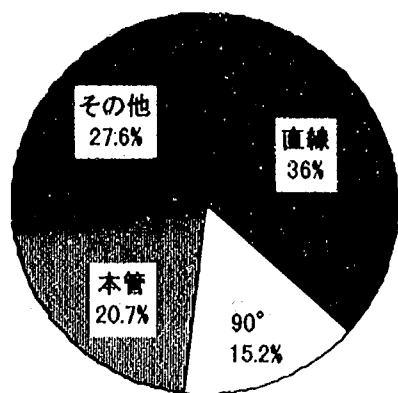


図3.13 最上流部での取り付け管の接続方法

3.3.3 末端管渠における現場調査

(1) 調査の内容

管渠の勾配は固形物の堆積が生じないように設計しなければならないので、管渠の緩勾配化を検討するためには、管渠内で汚水がどのように流下していくか、固形物がどのように搬送されるかを把握する必要がある。そのために、実際の末端汚水管渠での汚水の流下状況や汚水管に流入してくる固形物を確認し、固形物が汚水により搬送される状況を把握するために、末端汚水管渠に自走式テレビカメラをマンホールより入れて管渠内の流下状況を記録・観察して調査を行なった。同時に、勾配や取り付け戸数による下水流下状況の違いを観察することを目的とする。調査時間帯は、汚水管渠に汚水の流入があると考えられる5:30より23:00である。

調査した管渠は、S県H市内の末端汚水管渠（最上流端より2スパン）の2地点（調査地点A、調査地点B）である。2地点の概要を表3.9に示す。調査地点Aは、勾配が8%程度と大き目であり、排水のある取付け管数は1スパンあたり9.5と大きい。調査地点Bは、勾配が2%程度で現行設計方法による最小勾配であり、排水のある取付け管数は1スパンあたり3と小さい。なお、どちらの地点も布設・供用されてから、汚水管渠の流下機能障害や悪臭発生などの苦情はなく清掃も行われていないことを自治体へのヒアリングで確認している。

表 3.9 末端汚水管渠内流下状況調査の対象地点の概要

		管径 (mm)	管材	勾配 (%)	満管流速 (m/s)	排水のある 取付け 管数	下水道使 用人数 (人)	延長 (m)
調査地点 A	全体			7.7	1.2	19	79	98
	最上流スパン	200	塩ビ管	7.6	1.2	6	31	49
	2番目のスパン	200	塩ビ管	7.9	1.2	13	48	49
調査地点 B	全体			2.4	0.66	6	25	101
	最上流スパン	200	塩ビ管	2.6	0.69	3	13	50
	2番目のスパン	200	塩ビ管	2.2	0.64	3	12	51

(2) 調査の結果

調査結果として、以下のことが分かった。

- ①固形物について：本調査では、汚水管に流入する固形物は汚物とトイレットペーパーがほとんどであり、それ以外（砂や土砂等）の流入・堆積は観察できなかった。汚物は崩れた状態もあれば、形状が保存されていて長さが50mm程度の大きいものもあった。また、水深10mm程度に相当する水際の管内壁に薄い有機性の付着物が存在していて、それが時折剥離して流下していた。
- ②汚水の流れについて：末端管渠では、汚水の流下がない時間が多く、朝と夕方になると流れが多くなり大きな流量も見られた。取付け管から本管に流入した汚水は、本管の内壁に衝突し上流と下流に流れが分かれる。本管に流入してしばらくは、射流のような流速の大きな流れを維持する。流量が最大するときでも、水深は10mmから30mm程度であった。以上のような流れになるのは、収集家屋数が少ないため排水量自体が少ないこと、排水が重なりにくいことという末端管渠の特徴によると考えられる。

③汚物の搬送形態・停滞状況について：固形物の搬送については、汚水量が小さいために全ての汚物が速やかに搬送されるのではなく、水量の少ない流れでは固形物は停滞し続け、止まっている汚物は徐々に搬送されたり、大きな水量のときやトイレトーパーが絡まり水深を稼がれて搬送されることが観察された。つまり、一時停滞を繰り返しながら汚水により搬送されていく現象が少なからず観察され、汚水の流れにより停滞と搬送を繰り返していることが観察された。また、勾配が緩く、取り付け件数が小さい箇所は停滞の頻度が高い。崩れていない汚物は常に搬送されるのではなく、水量が小さく水深が汚物より小さい流れのとき（このような流れがほとんどである）は、汚水だけが先に流れる現象が多く見られ停滞しがちである。停滞している汚物は、大きな水量のときやトイレトーパーが絡まり水深が上昇したときに、汚水に浮遊しながら転がりながら搬送されることが観察された。汚物を搬送するための臨界の水深が存在するとは言い難く、管渠のわずかな撓みや管渠の継ぎ手で搬送されていたものが停止することも観察され、搬送・停滞の条件の境界は微妙であると考えられる。以上のような汚物の停滞・搬送の現象は恒常的に起こっていて、1日単位でみると汚物の堆積が進んでいくということはないと推測される。

④最上流端の現象について：最も上流側にある取付け管より上流側の管渠内では、黒い堆積物が10mmから30mmほどの深さの堆積物が連なっている。これは砂や土砂ではなく、汚物に変質したものと推測される。この堆積物は水分をほとんど含んでいないため、かなり時間が経過していると考えられる。この堆積の現象は、「②汚水の流れ」で記述したように、「取付け管より流入する汚水が管壁に衝突して流れが上流と下流に分かれ、このため上流の方に汚物が運ばれることがあり、汚水が引けた後は汚物が残される」という現象が繰り返され、さらに上流からの汚水の流れはないので汚物が堆積していった、と説明されると考えられる。しかし、最も上流側にある取付け管より上流側の管渠内の堆積状態はおおよそ平衡状態であり、今後、堆積物量が大きく増えていくことはないと考えられる。

⑤汚物停滞の問題点について：本調査では、管渠内の汚物停滞によって、汚水が引けるのが遅くなったり汚水の若干の停滞が見られたが、基本的に汚水は停滞している汚物の側方を流下するので汚水の流下に関しては支障とはなっていないことが確認された。また、③で述べた汚物の停滞や、⑥で述べた最上流端管渠での汚物の堆積が起こっていても、管渠内の堆積物が引き起こす問題と考えられる「周辺環境における悪臭や蝇・蚊の発生」は、現地では感じられず、住民からの苦情も供用開始以来ないため、生じていないと判断される。

よって、末端汚水管渠の勾配設計に限っては、主な流入物である糞塊を掃流するという条件が合理的と考えられる。

3.3.4 末端管渠における実験

(1) 実験内容

管渠内流下状況調査の結果を受けて、形状が保持されている大きな汚物が管渠内でどれだけ搬送されるかを、勾配を変化させて測定した。トイレから排出される汚物が汚水管に流入してから流下する距離を、勾配を変えて測定した。

実験は、実物大の管渠実験装置（口径：150mm、材質：塩化ビニル、図 3.14）を用いて行ない、実験で用いた固形物は、実物の汚物を実験で使うことは困難なため、形状が保存されていて固めの汚物を想定して、

代用汚物（図 3.15；材質：PVA スポンジ、湿潤状態の比重 1.05、長さ約 70mm）を用いた。設定した勾配は 1.5%、3.0%、6.0% の 3 通りで、それぞれの満管流速は 0.43m/s、0.61m/s、0.87m/s である。つまり 3.0% が現行の設計方法の最小勾配である。

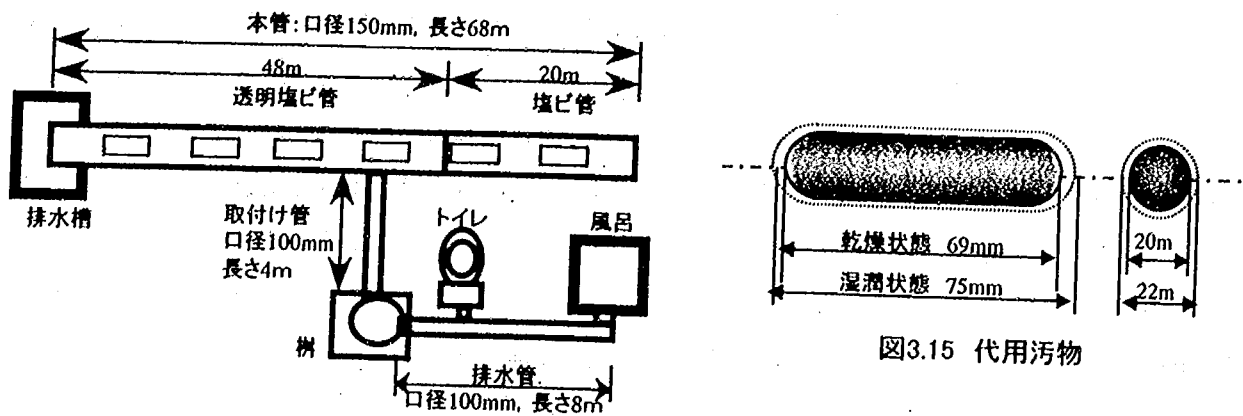


図3.14 勾配可変管渠実験装置

図3.15 代用汚物

実験の具体的な手順としては、先ず、水分を十分吸収させた代用汚物 4 個と 1m の長さのトイレトーパー 3 枚をトイレに投入後、洗浄水（トイレタンクの容量 12L 程度）によりフラッシュさせた。そして、代用汚物 4 個が停止した位置をそれぞれ測定した。以上の手順を 6 回繰り返した。汚物がどれだけ搬送されるかの指標としては、代用汚物 4 個とトイレトーパーをトイレ洗浄排水によって流すことを 6 回行うが、最初に洗浄された代用汚物 4 個が下水道本管に達した後に搬送された距離を採用した。

また、トイレトーパーは投入せずに代用汚物のみをトイレに投入するという条件でも実験を行った。ただし、勾配は 3.0%、6.0% とした。

さらに、汚物の停滞を想定して本管に代用汚物 4 個を置き、浴槽排水や洗濯排水を想定して 30L、60L、90L の水を流すことによって、代用汚物が搬送されて停止する位置を測定した。代用汚物を置いた位置は 4.0m、8.0m、19.5m である。なお、勾配は 6% と固定した。

(2) 実験結果と考察

勾配と搬送距離の関係を図 3.16 に示す。ここでの搬送距離は、6 回投入した代用汚物のうちの最初に投入した代用汚物 4 個が、6 回の排水により搬送された距離の平均で定義する。図 3.16 より勾配が大きいほど搬送距離が大きいことが分かるが、勾配が 3.0% でも 1.5% でも搬送距離は 4m ほどであり違いがほとんどなく、3.0% に比べて 6.0% では搬送距離が倍の 8m ほどになる。いずれも搬送距離は 4m～8m であり、市街地の取付け管間隔とほぼ同程度の長さである。よって、取付け管間隔が比較的小さい市街地の管渠では汚物の停滞はなく、住宅密度が低い管渠では停滞がしばしば起こることが予想される。これは、管渠内流下状況調査で見られて汚物の停滞していたことに対応している。

トイレトーパーを投入しなかった場合の搬送距離の結果を図 3.17 に示す。図 3.16 と図 3.17 を比べるとトイレトーパーがある場合の方が搬送距離が大きいことが分かる。これは、トイレトーパーが代用汚物と絡み合うと水を上流側にためて水深を稼ぎ大きな力を受けられるようになるからである。

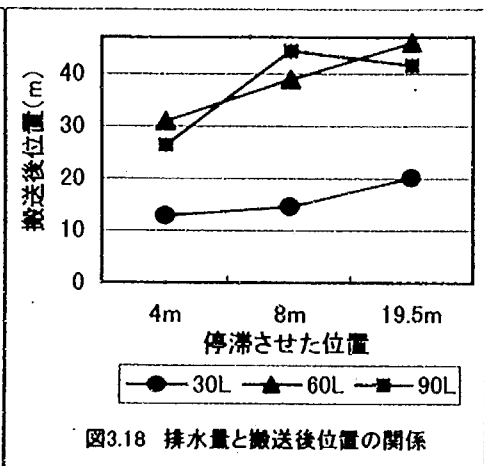
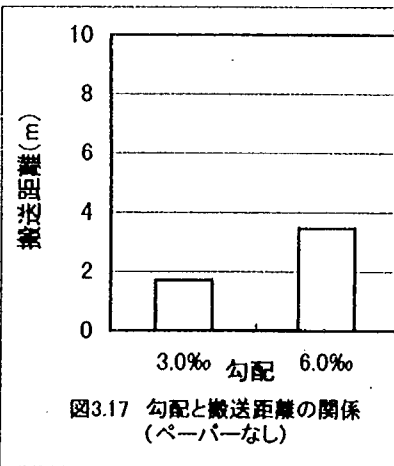
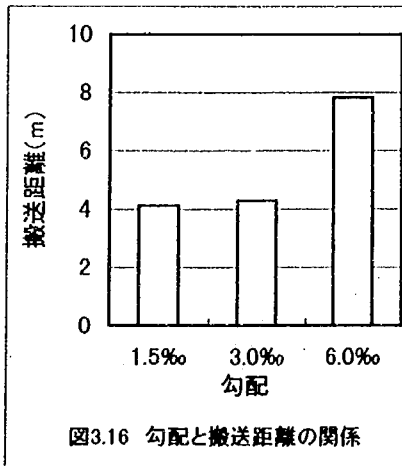
排水量と搬送距離の関係を図 3.18 に示す。少なくとも 60L の排水量があれば、マンホール間隔 50m の半分以上の搬送距離が達成されることが分かった。この結果、トイレ排水のみでなく洗濯排水などを考慮することにより管渠の勾配を緩くすることの可能性が見出された。

以上より、短い時間では見ると停滞がある程度生じているが、1 日などの長い時間で見ると停滞が進まないという条件によって勾配を定めていくことが適切と考えられる。

実験中では、取付け管を通ってきた水が本管に流入すると水は管の内壁にぶつかり、流れが上流と下流に分かれる。このため上流の方に代用汚物が運ばれる現象が観察された。

堆積が生じないための最も安全な条件と言える「トイレ排水のみで汚物が搬送されること」を考えると、現行設計方法の最小勾配では 4m という小さな搬送距離しか得られていないので、取付け管間隔の長い地域では汚物の停滞を少なくするためには勾配を大きくしなければならない。しかし、洗濯排水などを考慮することにより勾配を緩くすることの可能性はある。

管渠の緩勾配化は、汚物の停滞の頻度を増すことになるが、大流量時に停滞したものが流されるので採用の可能性は高いと言えよう。



3 章 参考文献

- 1) 深谷渉「下水道管きょ学入門 下水管きょ内の堆積物について」, 月刊下水道, Vol.20, No.12
- 2) 鎌田元康「横走管の最小必要流速について」, 季刊 給排水設備研究, 第3巻, 第2号, p.48~p.62, 1980年12月
- 3) 清水道夫「円形下水管特に小口径污水管断面の決め方について」, 水道協会雑誌, 第327号, 昭和36年12月
- 4) 宇土顕彦, 金子光美「自然流下式下水管渠の数理的設計法」, システム制御情報学会論文誌, Vol.6, No.9, pp.407~415, 1993
- 5) 吉本国春「污水管の最小流速に関する2, 3の考察」, 下水道協会誌, Vol.22, No.258, 1985/11
- 6) 吉本国春「污水管のこう配の決定に関する問題点について」, 下水道協会誌, Vol.25, No.288, 1988/5

- 7) 下水道計画研究会 編「下水道計画の手引き 平成9年版」
- 8) 日本下水道協会「小規模下水道計画・設計・維持管理指針と解説」, 1996年版
- 9) 日本下水道協会「小規模下水道計画・設計指針(案)」, 昭和59年10月
- 10) 建設省都市局下水道部, 日本下水道事業団「小規模下水道に適した施設の実用化に関する調査」, 昭和57年3月～昭和60年3月
- 11) 吉田他「末端汚水管渠の緩勾配化に関する検討」, 第35回下水道研究発表会講演集, 1998
- 12) 吉田「汚水管きよの勾配設計方法についてー最小勾配ー」, 月刊下水道, 1998年4月号

4 マンホールに関するコスト削減策

下水道用マンホールは、構造上管渠の接合及び会合のために必ず設置しなければならないものであると共に、維持管理上管渠の清掃、点検、調査などの作業用空間や管渠内の換気を図るためのものとして必要不可欠である。「下水道施設計画・設計指針」(以下、「設計指針」という。)では、マンホールの構造及び配置の規定として、最小のものとして内径75cmの組立0号マンホールからの寸法を規定すると共に、マンホール間隔についてもその標準的な間隔を規定している。

マンホールの構造に関しては、近年の下水道の普及と共に、より狭小な道路に管渠を埋設する必要性が生じ、塩ビ製のものについては0号マンホールより小型の「小型マンホール」が96年4月日本下水道協会により「下水道用硬質塩化ビニル製小型マンホール」(JSWAS K-9)として規格化された。96年発行の「小規模下水道計画・設計・維持管理指針」では、維持管理上支障のない範囲で曲管等の使用によりマンホールの省略が可能としている。一方、マンホール間の最大間隔は管径300mm以下の場合、「設計指針」では標準的には50m以下とするものの、その清掃作業に機械力を十分活用できる場合は、間隔を100m以下とすることも可能であるとしている。

マンホールのコスト削減策を検討する上で、①マンホール個数を削減する(マンホール間隔を長距離化する、曲管を使用することにより折れ点でのマンホールを省略する)、②マンホールを小型化する、の2点が考えられる。①については、長距離化や管渠の折れ点が下水の流下特性、土砂堆積特性に及ぼす影響や維持管理上の問題点が明確に把握されていない、②については、小型化で人がマンホール内に入れなくなることに対する維持管理上の明確な回答がない、などによりこれらマンホールコストの削減策については積極的な利用は行われていない。

本章では、管渠とマンホールの配置状況調査を行い、マンホール間隔の長距離化や小型マンホールの利用を行った場合のコスト削減効果を試算した。また、全国の主要な自治体を対象に管渠の維持管理調査を行い、維持管理の現況とマンホールの必要性についての意見を収集し、コスト削減効果を持つマンホール配置案の提案とその際の問題点について考察を行った。

4. 1 管渠とマンホールの配置状況

4. 1. 1 調査方法

調査は96年度に計画人口1万人未満の小規模な処理区を対象としたマンホール配置調査、97年度に計画人口5万人以上の中大規模な都市や政令市を対象とした維持管理実態調査を実施した。調査の概要を表-4.1に示す。

(1) マンホール配置調査

調査地区は、計画処理人口1万人未満の小規模下水道を対象に、9処理(分)区を選定し実施した。各区域は、山間に位置するもの5区域(うち4区域は同一処理区)、平地に位置するもの3区域、都市部周辺に位置するもの1区域(地形的には山間に近い)である。マンホールの具体的な配置状況調査は、下水道事業認可時点での資料をもとに、マンホール区分別の個数やマンホール区間長を数えた。実施上のマンホールは、設置時点での周辺状況変化や既存埋設物との関係などから位置、深さ等に変更があるが、総体としてのマンホールの配置状況の概略は把握できると考えた。なお、1個1個のマンホールの箇所区分は、平面上の配置により分類し、表-4.2に示す定義で行った。

表-4.1 調査の概要

調査名	対象都市、処理区	箇所数	調査内容
マンホール配置調査	計画人口1万人未満の小規模処理区(処理分区)	9	機能別(直線部、会合部など)のマンホール配置分布や間隔など
維持管理実態調査	・計画5万人以上、人口供用開始25年以上、分流式が主な都市 ・管渠内清掃延長の実績が多い都市 ・政令指定都市	88/97	管渠の維持管理(点検、清掃、調査、修繕)に関する実施頻度、基準。維持管理者が考えるマンホール配置状況別重要度
小型マンホール採用実績調査	同上	88/97	小型マンホールの採用実績。導入理由・基準、維持管理方法、コストなど
小型マンホール配置状況別維持管理性調査	政令指定都市	12/13	維持管理者が考える、通常マンホールと小型マンホールの組み合わせ配置パターン別の維持管理可能性

注) 箇所数の内、マンホール配置調査は処理区数、その他はアンケート方式で回答数/配布数である。

表-4.2 マンホールの箇所区分

箇所区分	区分の定義
起点	管渠の起点を言う。
方向変化部	流下方向を変化させる箇所を言う。
会合点	管渠の合流点を言う。
直線部中間	上記のいずれにも該当しない中間マンホールを言う。

(2) 管渠維持管理実態調査及び小型マンホールに関する調査

アンケート方式で、地方自治体における管渠の維持管理状況を調査した。調査対象は表-4.1の通りであるが、特にマンホールの配置区分別重要度や小型マンホールの配置がある場合の維持管理可能性など実際維

持管理を行っている立場の人々からの意見収集に重点を置いた。

4. 1. 2 管渠とマンホールの分布

維持管理実態調査対象都市の計画処理人口別の管径別管渠分布を図-4.1 に示す（有効回答のみ）。計画処理人口 10 万人未満では 90%以上の管渠が管径 350mm 以下である。ここでは合流式管渠の割合が 30%以上の都市を合流式が主としたが、合流式が主の都市においても、約 60%の管渠が 350mm 以下である。規模が小さい都市ほど小口径管渠の割合が大きくなることわかる。

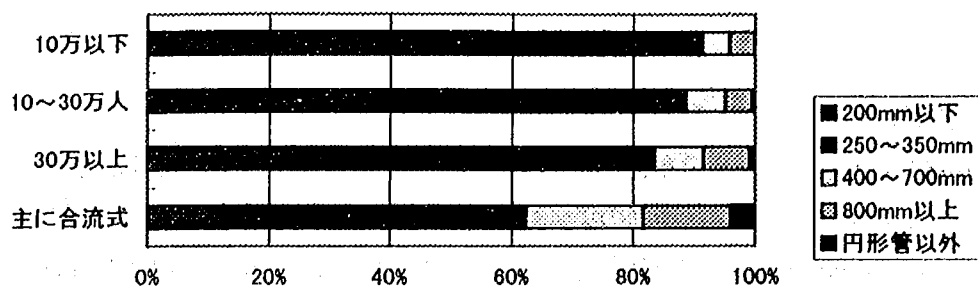


図-4.1 対象都市の管径別延長割合(計画処理人口別)

下水道管渠網における平均的なマンホール配置密度を管渠延長当たりの個数として把握した。図-4.2 は今回調査対象とした全都市における管渠延長とマンホール個数の関係である（有効回答のみ）。ほとんどの都市で管渠延長当たりのマンホール配置個数は 30~40 個/km、マンホールの配置間隔は 25m~33mとなっている。また、計画処理人口1万人未満の9処理区では、平均 33 個/kmであった。この値は、465都市を対象とした既存の管渠実態調査（内径 500mm 以下の管渠延長 366,870m、該当区間でのマンホール数 11,985 箇所）¹⁾の結果とも一致している。

計画処理人口別の平均的な管渠延長当たりマンホール個数は表-4.3 の様に処理人口規模が大きい都市や合流式が主な都市ほどマンホール個数は多くなる。処理人口規模が大な都市では道路密度も高く会合点マンホールが多くなることや合流式では雨水吐きなどのマンホールがあることなどが理由として考えられる。

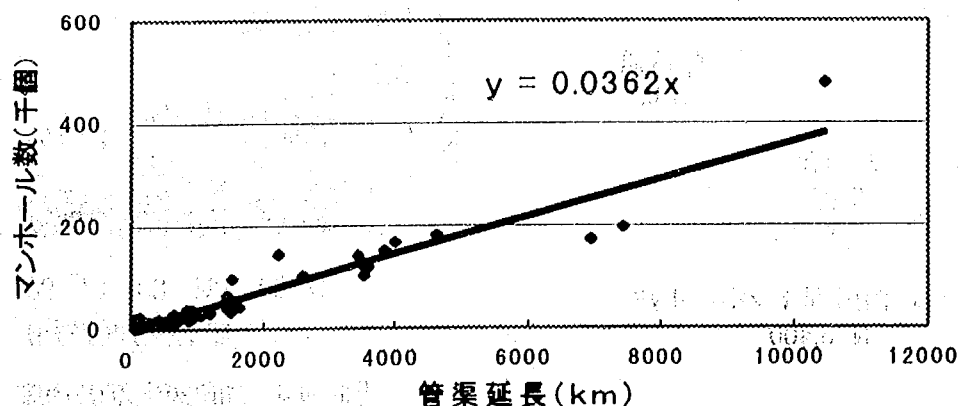


図-4.2 管渠延長とマンホール数の関係

表-4.3 計画処理人口別管渠延長当たりマンホール個数

計画処理人口	管渠延長当たりマンホール個数 (個/km)	調査都市数 (有効回答分)
10万人未満	27.9	11
10～30万人	29.0	26
30万人以上	32.9	24
主に合流式 (合流管延長の割合が30%以上)	39.0	18

4.1.3 機能別 (箇所区分別) マンホール分布

機能別 (箇所区分別) マンホール分布を計画人口1万人未満の9処理区において集計分析した。

調査対象の全マンホールについて箇所別の集計結果は、図-4.3 のとおりである。この結果は、各処理区域毎に見ても概ね近い傾向を示す。起点と会合点が、マンホール全体の15%と13%を占め、ほぼ同数である。残る72%程度を方向変化部と直線部中間でのマンホールが占める。起点と会合点は、処理区によらずほぼ一定の割合を示すが、方向変化部と直線部中間は、若干両者の比率が区域によって差があった。管渠は道路の線形に応じて配置され、かつ、直線配置するため、方向変化部でマンホールが設置される。したがって、道路線形の影響と思われる。

方向変化部における中心交角について、30°刻みでの分布をみた結果が図-4.4 となる。中心交角30°以下の方向変化部が66%に達し、全マンホールでの割合でも33%を占め、浅い角度で曲がる箇所に多数のマンホールが配置されていることが分かる。

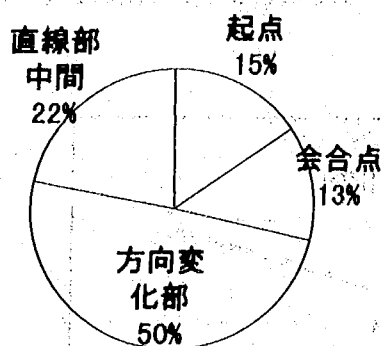


図-4.3 箇所別マンホール数
N=3,400

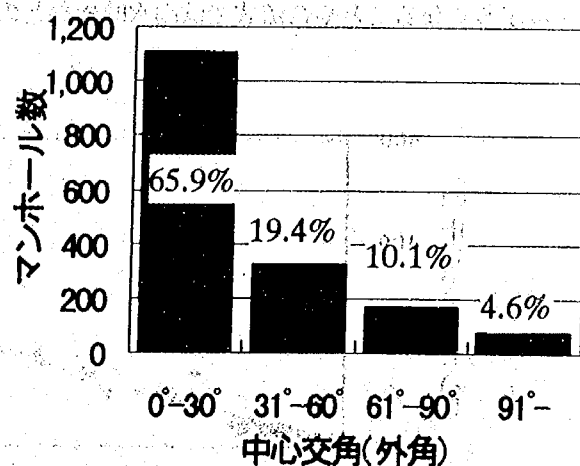


図-4.4 方向変化部の角度

今回調査対象の直線部中間マンホール（323箇所）について、下流方向にある隣接マンホールまでの距離は、図-4.5 に示すものである。マンホール間隔が 50m を越える物がないことから、中間マンホールの最大間隔は明らかに「設計指針」におけるマンホール間隔 50m 規定で設定されていることがわかる。50m 規定があるために、それを越えるスパンにおいて直線中間マンホールが必要となることから、結果として間隔 25～40m の場合が頻度的に多い。また、50m を越える全路線の平均延長は約 110m であることから、ほとんどの直線中間マンホールは路線を 2 または 3 分割した結果により生じるものと思われる。

現在、内径 300mm 以下の小口径管渠でのマンホールの最大間隔規定は 50m（ないし 100m）を標準とされ、実際にも 50m を基準に設置されている。設置箇所数を減らす方法として、最大間隔を見直す考え方がある。しかし、結果として寄与するのは、直線部中間マンホールのみであり、今回調査結果から顕著な削減効果は期待できない。したがって、設置箇所数削減のためには、マンホール個数割合の高い方向変化部での曲管使用（マンホールの省略）やマンホール機能の低下・低価格化（小型マンホールの採用）など抜本的なマンホール設置基準の見直しが必要となる。

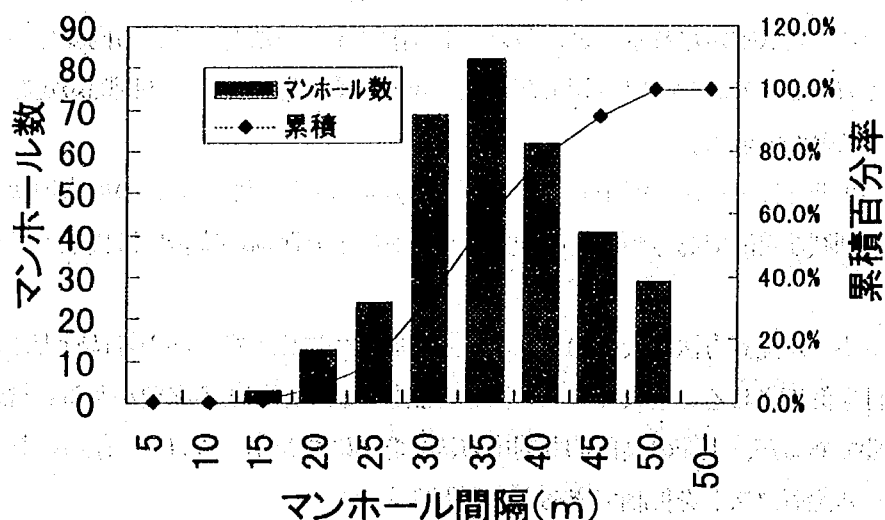


図-4.5 直線部中間マンホールの間隔

4. 2 コスト削減施策の提案と効果の試算

4. 2. 1 マンホールコスト削減案の抽出

(1) マンホールコスト削減試算の目的

米国では、管渠を 45°曲管 2 個で連結し、同一管径のまま地表まで立ち上がった形状での清掃口を起点に設置する例がある。さらに、マンホールの設置間隔は、維持管理上の制約がない限り、内径 600mm 以下の管渠で 100m 未満と考えられている。また、国内において、小型マンホールに関する既存調査では管渠中間箇所にもマンホールと小型マンホールを交互配置する考え方が提案され²⁾、既に一部の都市の面整備において採用され始めている。

マンホールの設置コストを削減するには、①設置箇所を減らす、②小型マンホールを導入する、ことの 2 つの方法が考え得る。

マンホール設置箇所を減らす方法としては、マンホール間隔の長距離化がある。「設計指針」では処理区当たりで相当な割合を占める管径 300mm 以下の管渠の場合、マンホールの最大間隔は 50m と規定しているが、この間隔を長くする方法である。ただ、市街地の管渠網などでは道路網の影響により直線区間で 50m 以上マンホール間隔を確保できる場合は限定されることが多い。より削減する方法として、方向変化部で通常設けるマンホールを省略する方法がある。この場合管渠が直線区間でなくてもマンホール間隔規定を長くすることにより箇所を削減することができる。

一方、人が入ることができない小型マンホールを採用し、コストを削減する方法がある。この場合現状の配置基準を変えることなくコスト削減が可能であるが、その配置パターンにより削減の度合いは異なってくる。

これらコスト削減のためのマンホール配置方法は現状のマンホール配置基準に比べ管渠内の維持管理性を低下させるため、極力維持管理性を低下させることなくコスト削減可能な方法を選択する必要がある。管渠維持管理の実現性から検証が必要であるが、上記の具体的な対応方法を念頭にマンホールコスト削減の 5 ケースを想定し、どの程度マンホール設置コストを抑制できるかの把握をする。

(2) マンホールコスト削減案の設定

マンホールのコスト削減について、表-4.4 のケースを想定する。ここでは、基本的に平面的な配置要因だけを念頭にしており、例えば、段差部などの縦断的な配置要因は無視している。また、各ケースのマンホールまたは小型マンホールの配置をモデル的に示すと図-4.6 のようになる。

ケース A は、現在のマンホール設置基準のまま起点マンホールのみを小型マンホール化するケースである。ケース B は、ケース A の起点小型マンホール化に加え、方向変化部、直線部中間部に関し、小型マンホールを飛び石に交互配置するケースである。ケース C は、起点、方向変化、直線部中間を全て小型マンホール化するケースである。ケース A から C は既存マンホール箇所数を変えずに小型化していく方法といえる。

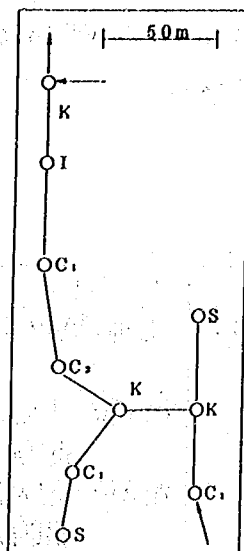
これに対し、ケース D はケース B に加え方向変化部については管渠の交角が 30°以下の場合は曲管も採用可能とする事により、「設計指針」のマンホール最大間隔規定を優先し、マンホール箇所の削減を図ると

共に、小型マンホールの連続配置も可能とするケースである。ケースEはケースDのマンホール間隔規定を
 現行の 50mから 100mに変えた場合である。ケースD、Eはマンホールの小型化に加え、曲管の採用や間
 隔をのばすことによりマンホール個数の削減にも取り組む場合といえる。

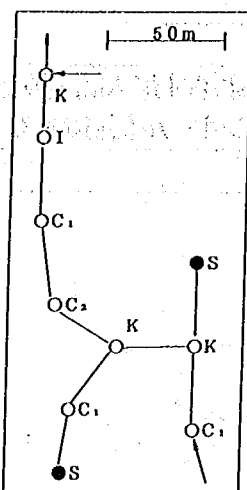
表-44 コスト削減のケース

ケース名	ケースA	ケースB	ケースC	ケースD	ケースE
基本的考え方	既存マンホール設置基準と同じ。マンホールと小型マンホールの使い分けのみ			設置箇所数の削減を図る	
配置優先位	第1位：直線部中間を除く全箇所 第2位：最大間隔規定による直線部中間箇所			第1位：起点、会合点、交角 30° 超方向変化部の全箇所 第2位：最大間隔規定による適宜中間箇所	
最大間隔	50m				100m
起点	小型マンホール設置				
方向 変化部	30° 超 30° 以下	マンホール設置	マンホールと 小型マンホールの交互設置	小型マンホール (連続配置可)	マンホール設置
直線部中間	箇所の区分に係わらず最大間隔規定から適宜小型マンホールを配置する				
会合点	マンホール設置				

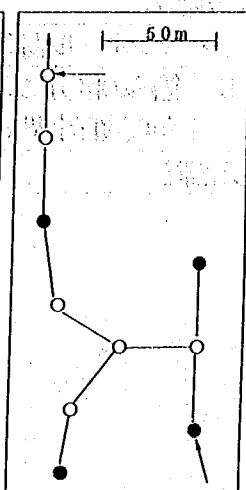
現状の設置基準による配置



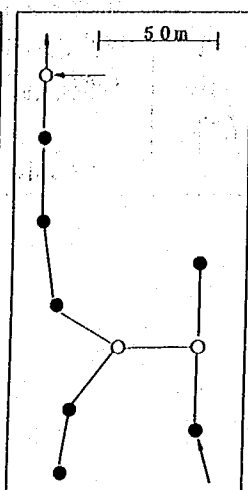
ケースA



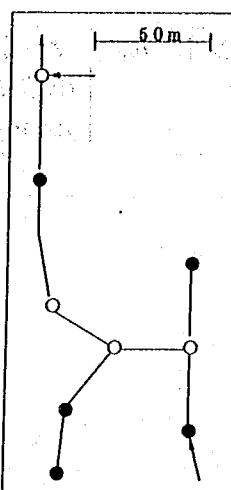
ケースB



ケースC



ケースD



ケースE

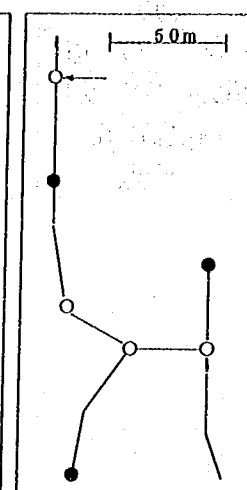


図- 4.6 各ケースのモデル図

4. 2. 2 削減コストの試算結果

各ケースとも今回のマンホール配置調査結果に基づき箇所数を算定した。算定は、現行の設置基準で1,000箇所のマンホールを配置するケースを基準とする。なお、マンホールおよび小型マンホールの設置単価は、起点（深さ1.4m）とその他箇所（深さ2.5m）に分け、積み上げによる積算値（材料及び設置費のみ、間接工事費を含む）を用いた。算定単価は、マンホール（起点）37.4万円/箇所、マンホール（その他箇所）43.0万円/箇所、小型マンホール（起点）15.5万円/箇所、小型マンホール（その他箇所）16.7万円/箇所である。

図-4.7～4.9はアンケート結果による小型及び0号、1号マンホールの単価（材料及び設置費のみ、直接工事費のみ）である。この結果からもおおむね上記積算値は妥当であると思われる。

各ケース算定結果は、表-4.5のとおりである。現行配置基準を変更することなく、小型マンホールを導入するだけでも相当に事業の効率的執行に寄与できると考えられる。例えば、ケースBは、現行箇所のほぼ半数を小型マンホールとするが、現行よりも30%程度のコストを削減でき、ケースCでは約50%のコスト削減となる。一方、比較的浅い角度で方向変化する箇所について、マンホールを省略、曲管の採用し、マンホール間の最大間隔規定を優先する方法にすれば、マンホールの削減数は、ケースD（最大間隔50m）のとき、現行の24.5%、ケースE（最大間隔100m）のとき、現行の52%程度となる。また、マンホールコストはケースDで現行より約50%、ケースEで約60%の削減となる。

ケースFは参考として現行配置基準のマンホール最大間隔を70～80mにのぼした場合の推定結果である。ただし、ケースA～Eのように配置調査結果からマンホール個数を数えた結果ではなく、図-4.5の直線中

図-4.7 小型マンホールのコスト

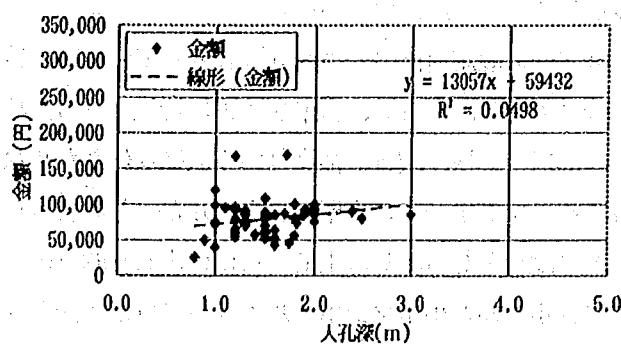


図-4.8 0号マンホールのコスト

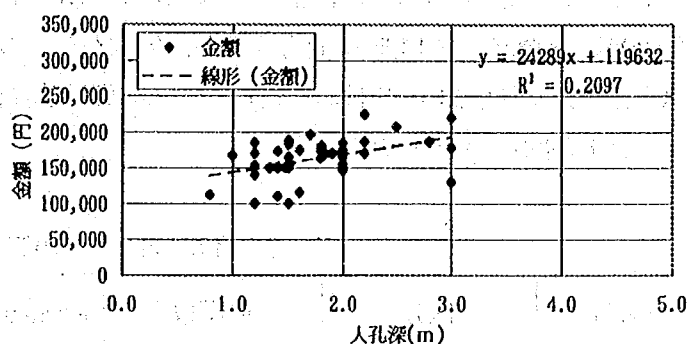
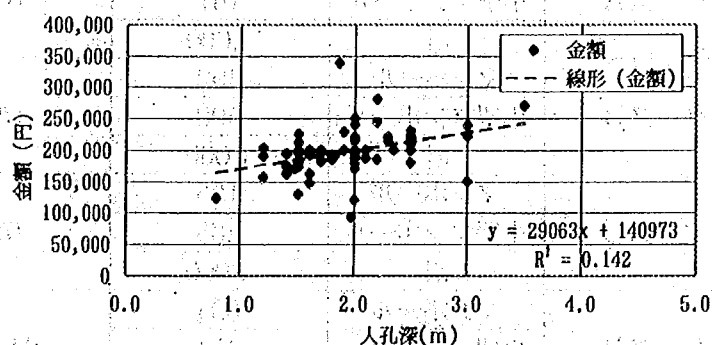


図-4.9 1号マンホールのコスト



間部マンホール分布の結果と 50m を越える全路線の平均延長（約 110m）より、直線中間部の約半数が削減されるとして計算した結果である。

ここではケース設定自体の妥当性は問題としていない。特に問題となるのは、マンホールと小型マンホールの使い分けである。両者は、管渠を適正に機能させるための維持管理の必要から設置される。管渠の維持管理とは、清掃、点検、調査、補修という広範な作業からなる。また、管種によっても作業方法に差が生じるとみられる。マンホールと小型マンホールが、どのような維持管理作業に対して必要十分な機能を有するのか重要な論点となる。その上で、管種に応じた個々の箇所での維持管理の必要性とその内容を把握することで、マンホールと小型マンホールの箇所付けが可能となる。

一方、設置箇所数の削減は、マンホールあるいは小型マンホールの間隔の増大、従来箇所（特に方向変化部）でのマンホールあるいは小型マンホールの廃止を意味する。この場合、維持管理作業の効率が低下することが想定され、それに伴う維持管理コストの増大が考えられる。ケースB、Cはマンホール箇所を削減せずに約30%、50%のコスト削減に寄与するが、ケースEは50%以上のマンホール削減率でも、60%程度しかコスト削減に寄与しない。定性的に見て、ケースEは維持管理機能の低下と維持管理コストが増大する割に設置コストが削減されないといえる。

表-4.5 各ケースの算定結果

ケース名	区分	箇所数	箇所数の削減率	設置コスト (百万円)	現行に対するコスト削減率
現行の設置基準 による配置	マンホール	1,000	—	422	—
ケースA	マンホール	849	0%	365	7.8%
	小型マンホール	151		24	
	計	1,000		389	
ケースB	マンホール	492	0%	212	30.1%
	小型マンホール	508		83	
	計	1,000		295	
ケースC	マンホール	135	0%	58	52.3%
	小型マンホール	865		143	
	計	1,000		201	
ケースD	マンホール	304	24.5%	131	51.4%
	小型マンホール	451		74	
	計	755		205	
ケースE	マンホール	304	52%	131	62.3%
	小型マンホール	176		28	
	計	480		159	
ケースF (推定)	マンホール	約900	約10%	379	約10%

4. 3 管渠の維持管理状況と小型マンホールの利用状況

4. 3. 1 管渠及びマンホールの維持管理状況

計画5万人以上、人口供用開始25年以上で分流式が主な都市、又は管渠内清掃延長の実績が多い都市、並びに政令指定都市などを対象とした維持管理実態調査をアンケート方式で行った。

本研究では維持管理項目の分類を文献³⁾を参考に以下のように定義した。

「巡視点検」：管渠及びマンホールの状態を地上もしくはマンホール内から視覚により定性的に判断すること。文献³⁾ではマンホール内からの点検は調査に含まれるが、本研究では巡視点検に含めた。

「清 掃」：管内及びマンホールインバート部の清掃作業。

「調 査」：管渠内の状態を調査する TV カメラ調査（管内調査）および流量調査や浸入水調査などの他の詳細調査（詳細調査）をまとめて「各種調査」とした。

「修繕改築」：文献³⁾と同様。修繕は管路の部分的な補強取り替えにより修復することであり、耐用年数はない。改築は管路の耐用年数をのばし、必要に応じて現状機能を向上させること。

(1) 各種維持管理作業の実施頻度

主な維持管理作業として定期的巡視点検、清掃、各種調査、修繕改築を実施している都市の割合を表-4.6 に示す。清掃、調査、修繕改築はほとんどの都市で実施しており、定期的点検作業も約8割の都市で実施している。定期的点検のみや作業実施率が低い、これは「定期的」な点検の有無であり、必要に応じて点検を実施している都市を含めればほぼ全都市で実施しているものと思われる。

表-4.6 維持管理の作業実施率

維持管理項目	実施都市数	作業実施率 (%)
定期的点検	71	80.7
清 掃	85	96.6
各種調査	86	97.7
修繕・改築	84	95.5

調査対象は88都市

各維持管理項目の年間当たり実施頻度を（平成8年度維持管理実施延長（m）／平成8年度総管渠延長（m））の割合として表現した。各維持管理項目の頻度は、図-4.10～13 に示すようにほとんどの都市で巡視点検10%未満、管内清掃4%未満、管内調査2%未満、修繕改築0.2%未満である。今回の主な対象都市である供用開始25年以上の都市においても結果として巡視点検が10年に1回、清掃が25年に1回程度と実施頻度はかなり少ないことがわかる。調査、修繕改築は計算上50～500年以上に1回程度の計算となるが、管渠の耐用年数を考えた場合、供用開始25年程度の段階ではまだ修繕改築を必要とする管渠があまりないことを示している。また、巡視点検の頻度が比較的高いのは、維持管理の基本としての位置づけや作業の容易さ、費用等の面からの結果と思われる。

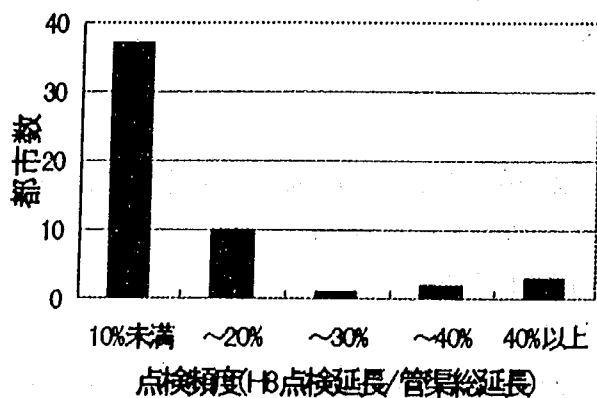


図-4.10 巡視点検の頻度

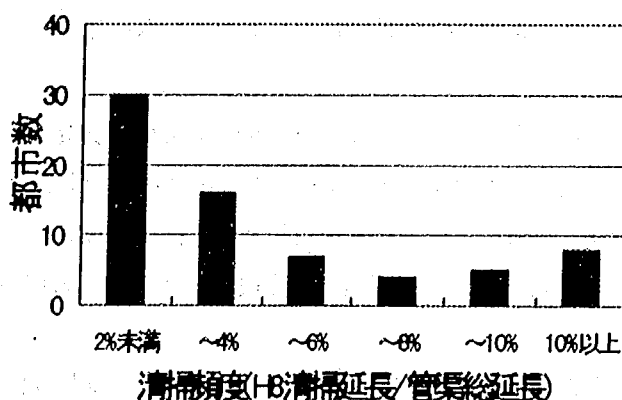


図-4.11 管渠内清掃の頻度

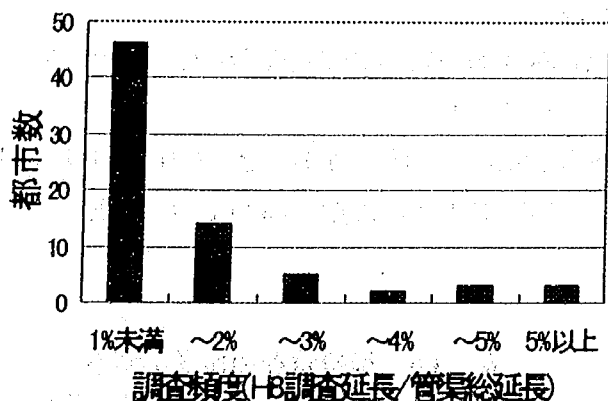


図-4.12 管渠内調査の頻度

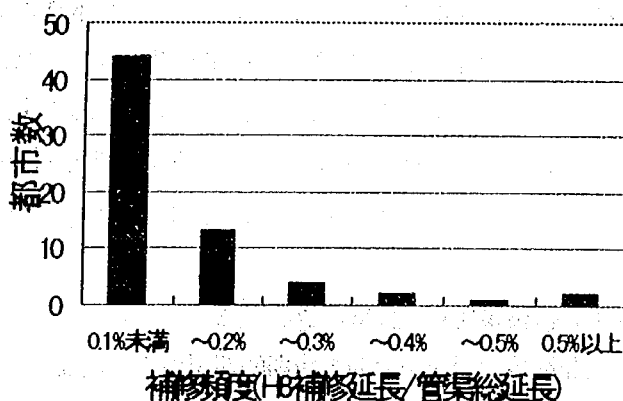


図-4.13 管渠内修繕補修の頻度

(2) 維持管理方法と箇所の選定基準

4.3.1.(1)で示したように、維持管理作業において巡視点検の頻度が最も高く、マンホール内の空間を利用する頻度も結果として巡視点検での利用が最も多いものと思われる。図-4.14 は人がマンホール内に入るという観点から各都市での巡視点検の方法を調べたものである。

マンホールの最も基本的な機能は人間が中にはいることができる点にあるが、約半数の都市では巡視点検時に実際マンホール内に入って点検を行っていることがわかる。この結果は、点検時に蓋を開けるのであれば人孔内に入った方が、迅速かつ効率的にいろいろな点検が可能となるためであると考えられ、人が入るという意味でのマンホールの必要性は依然高いことがわかる。

点検の形態を見た場合、図-4.15 のように約 1/3 の都市では点検のみを目的として行っているが、一方

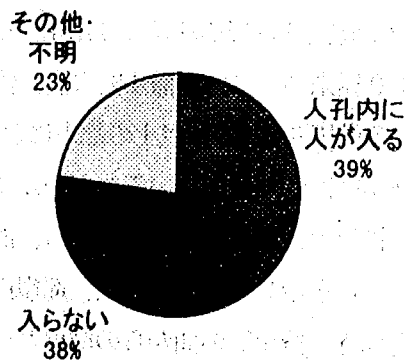


図-4.14 点検時のマンホール使用状況

で約半数の都市では清掃時に合わせて点検を行っているのがわかる。

維持管理箇所の選定基準について各都市の意見をまとめたものが表-4.7 である。清掃の基準については堆積深など「下水道施設維持管理指針」に準拠しているものもあるが、巡視点検については明確な基準はなく、これまでの経験などにより定期的もしくは局所的に実施している例が多い。修繕・改築については巡視点検、管渠内調査により箇所を選定している場合が多い。

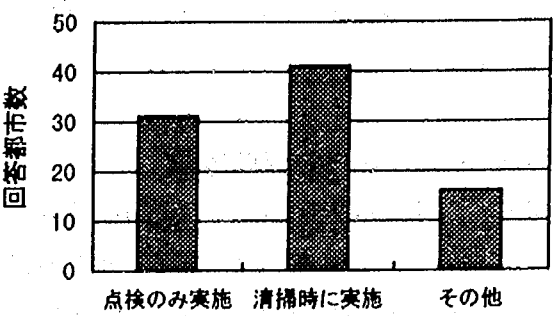


図-4.15 巡視点検の形態

以上の結果から、維持管理箇所の選定には、定期的な巡視点検から清掃、調査、修繕箇所を選定する、もしくは定期的な清掃と同時に点検を行い調査、修繕を行う、といった流れがあることがわかる。巡視点検は各都市において比較的高い頻度で実施され、その結果がその後の維持管理につながっていることから、維持管理の出発点としての巡視点検の意義は大きいことがわかる。

また、巡視点検は鏡を用いる方法などがあるにも係わらず、多くの都市でマンホール内に人が入って点検をしており、これは蓋を開けるのであればマンホール内に入った方が迅速かつ効率的にいろいろな点検が可能となるためであると考えられる。この点でマンホールは小型マンホールと異なり、人が入れるという機能を十分果たしていると言える。

表-4.7 維持管理箇所の選定基準

作業項目	選定基準	都市数	割合(%)
巡視点検	定期的実施する	19	22
	局所的に(つまりが多い所など)実施する	20	23
	選定基準なし	9	10
清 掃	堆積深によって実施	38	43
	定期的、周期的に実施	18	20
	巡視点検の結果による	7	8
	苦情等の対応により実施	7	8
修繕改築	点検・調査結果により実施	45	51
	設置時期の古いところ	7	8
	事故等の発生箇所	8	9

4. 3. 2 小型マンホールの利用状況

維持管理実態調査のアンケート対象と同じ有効回答のあった 88 都市における小型マンホールの使用状況を調べた。

(1) 小型マンホールの利用状況

小型マンホールを設置している都市は全体の約 $3/4$ の 65 都市である。これらの都市における導入理由としては、図-4.16 の様にマンホールを設置する道路幅員が狭い、地下埋設物との取り合いで通常マンホールが設置できないなどの理由が大半を占める。建設コストの削減など積極的に小型マンホールを採用している都市はまだ少ない。また、図-4.17 には各都市の全マンホール数に対する小型マンホール数の割合を示す。小型マンホールの製品化の歴史はまだ新しいため、多くの都市での採用割合は 2% 以下であるが、採用割合が 10% 以上の積極的に採用している都市も数都市ある。

小型マンホールを 100 個以上設置し、箇所別設置割合がわかる 9 都市の小型マンホール利用分布を図-4.18 に示す。起点もしくは中間部（中心交角 30° 未満）で小型マンホールを採用している都市が多いが、中間部（中心交角 30° 以上）や段差部でも多く利用している都市もある。特に F 市は、平野部の少ない急峻な地形条件から段差を持つ小型マンホールも積極的に採用している。

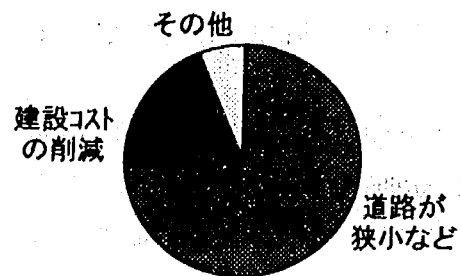


図-4.16 小型マンホールの導入理由

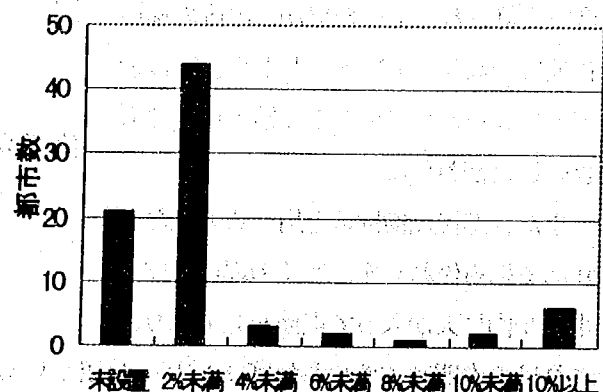


図-4.17 小型マンホールの設置割合

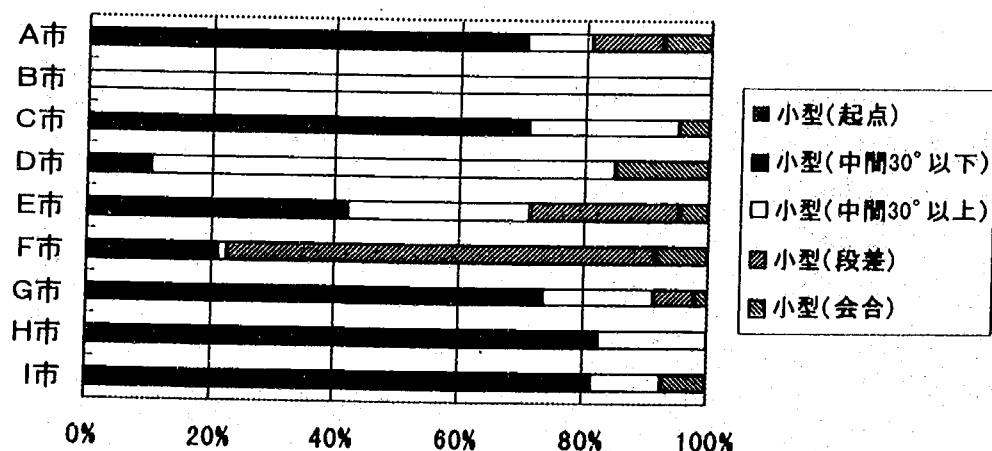


図-4.18 小型マンホールの機能別利用割合

(2) 小型マンホールの設置基準と維持管理方法

小型マンホールを各都市が採用する際の主な基準や条件には以下の様なものが上げられた。

- ①道路が狭小又は通常マンホールが設置不可の箇所
- ②管径 200～250mm 以下、土被りもしくはマンホール深 2.0m 以下の小口径で土被りの浅い管渠
- ③マンホール間隔が 20～30m 以内
- ④小型マンホールの連続配置はしない。

これらの条件は単に①の通常マンホール設置不可の箇所だけでなく、②～④までの様な条件を付加することにより、各都市が小型マンホールの維持管理の困難さをなるべく緩和させようとする意図が見受けられる。箇所別の配置基準については④以外にも、起点中間部のみ使用する、会合部は利用不可、起点・会合部は利用不可、S 字型の平面配置はしない、など各都市によって様々な箇所別配置基準を設定しており、統一した基準は見受けられない。

ほとんどの都市は、小型マンホールの維持管理方法として点検は鏡を用い、清掃は高圧洗浄、管内調査は小型自走式カメラを考えている。改築更新時の対応としては人が中に入れないことから掘り返して再埋設する方法しか現在では考えられていない。

なお、小型マンホールが連続する管渠区間については、施工完了時の検収作業も直接目視できない状況となるが、ほとんどの都市は鏡もしくは光を用いて対応している。

施工完了時の検査検収方法についても鏡もしくは光を用いている都市がほとんどである。

4. 4 維持管理上の問題点（自治体意見）

4. 4. 1 機能別マンホールの必要度

各都市において判断する各維持管理項目別及びマンホールの機能別（起点部、直線部中間、方向変化部、会合部）必要度の例を図-4.19 に示す。起点、直線中間、方向変化小（曲がり小）のマンホールでは人が入る必要性はあまりない又は小型マンホール化可能との回答比率が多く、清掃においても同様の結果が得られた。しかし、図(b)のように各種調査や修繕改築では起点マンホールについては必要との意見も4割近くあり、意見の相違が見られる。

全体的な傾向として起点、直線中間、方向変化小のマンホールはマンホールの削減又は小型化を検討する余地があることがわかる。

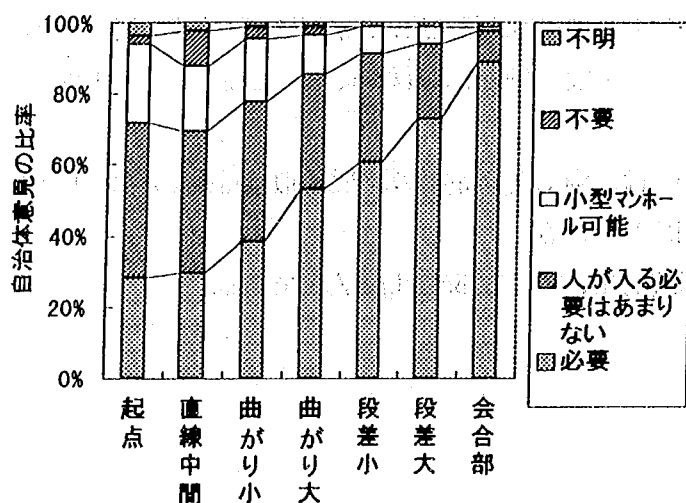


図-4.19(a) マンホールの必要度(巡視点検)

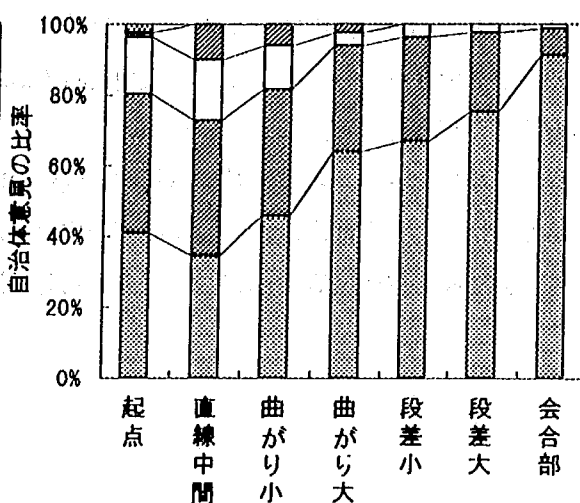


図-4.19(b) マンホールの必要度(各種調査)

4. 4. 2 小型マンホール設置時及びマンホール間隔の長スパン化時の維持管理性

(1) 小型マンホールの設置可能性

小型マンホールの設置により管路の維持管理性は、単に当該マンホールの大きさが小さくなり人が入られなくなる面でマンホール本体の維持管理が困難になるという点だけでなく、上下流の管渠の維持管理性にも当然影響を及ぼす。このため、マンホールと小型マンホールの配列の仕方、マンホール間隔、段差の有無などの影響により対象とする管渠区間の維持管理性に違いが生じる。

政令指定都市を対象とした小型マンホール配置状況別維持管理性調査は、表-4.8 のように小型マンホールの配置方法、上下流マンホールとの間隔、曲がり交角の大小、段差の有無、などの配置パターン別に各維持管理項目（点検、清掃など）の実施が可能か否かについてを調査を行った。回答の様式としては、表の各ケースに対して、維持管理の可能性を「可能である」、「場合により困難な場合あり」、「現状は不可だが、将

来的には可能」、「不可能」の4つの選択肢から選んでもらい、それぞれに対する意見を集約分析した。

これらの集約結果では、マンホールの曲がり交角の大小や段差の有無については維持管理性の難易度に差が見られなかったため、マンホール配置パターンの分類として以下の4項目に分類し、維持管理に対する意見を集計した。

- ①小型マンホール交互配置（上下流マンホールとの間隔 50m以内）
- ②小型マンホール交互配置（上下流マンホールとの間隔 50m以上）
- ③小型マンホール連続配置（上下流マンホールとの間隔 50m以内）
- ④小型マンホール連続配置（上下流マンホールとの間隔 50m以上）

なお、各都市の判断としてマンホールの曲がり交角の大小や段差の有無による維持管理難易度に差が見られなかったことは、これらの項目は維持管理性の難易度に影響をあまり与えないと想定される。

各維持管理項目に対し、各政令市が作業「可能である」又は「場合により困難な場合あり」とした回答を「可能」としてまとめ、上記①～④の項目別にその回答割合を示したのが、図-4.20(a)～(d)である。

小型マンホールを連続的に配置する場合やマンホール間隔を 50m以上とする場合には維持管理が「可能」と回答した政令市は減少する。特に、巡視点検及び各種調査に関しては、小型マンホールの連続配置やマンホール間隔の長スパン化により「可能」回答割合は極端に減少する。しかし、清掃に関しては図の各パターンでも維持管理「可能」との回答が得られており、小型マンホールを連続配置した場合やマンホール間隔を長スパン化した場合でも実施できる可能性を示唆している。修繕改築に関しては全体的に「可能」回答が少ない。

表-4.8 小型マンホールの配置パターン分類

ケース	配置パターン	管渠、マンホール、小型マンホールの配置イメージ
イ	直線部中間に小型マンホールを交互配置	中間部（直線）
ロ	直線部中間に小型マンホールを連続配置	中間部（直線）
ハ	曲がり30度以下の中間部に小型マンホールを交互配置	中間部（曲がり30度以下）
ニ	曲がり30度以下の中間部に小型マンホールを連続配置	中間部（曲がり30度以下）
ホ	曲がり30度以上の中間部に小型マンホールを交互配置	中間部（曲がり30度以上）
ヘ	曲がり30度以上の中間部に小型マンホールを連続配置	中間部（曲がり30度以上）
ト	会合部も含め小型マンホールを連続配置	会合部
		凡例： ○ マンホール ○ 小型マンホール ● 維持管理対象マンホール、小型マンホール → 維持管理対象管渠

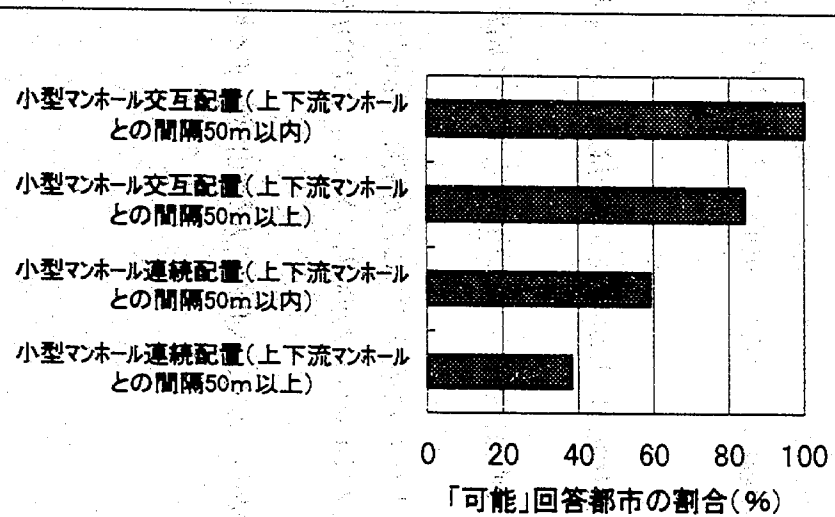


図-4.20(a)可能回答の都市割合(巡視点検)

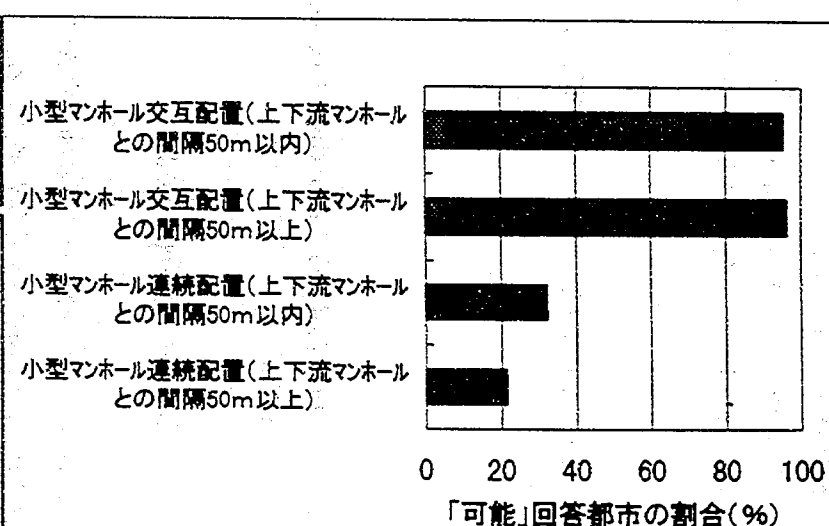


図-4.20(c)可能回答の都市割合(各種調査)

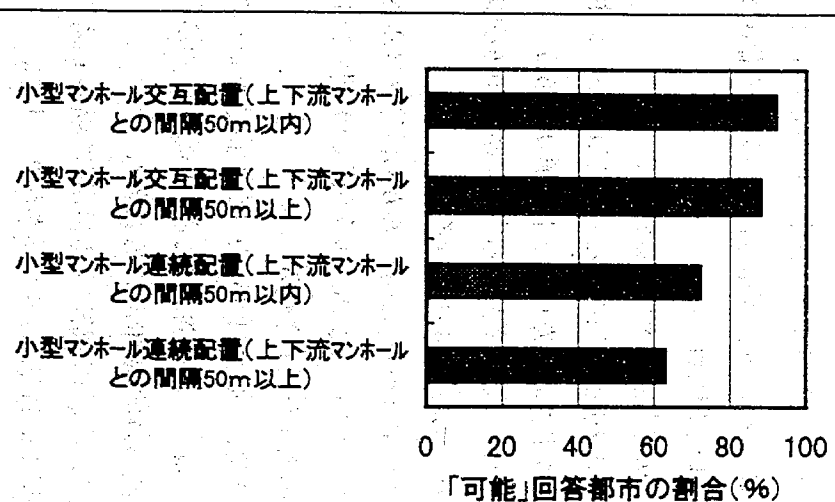


図-4.20(b)可能回答の都市割合(清掃)

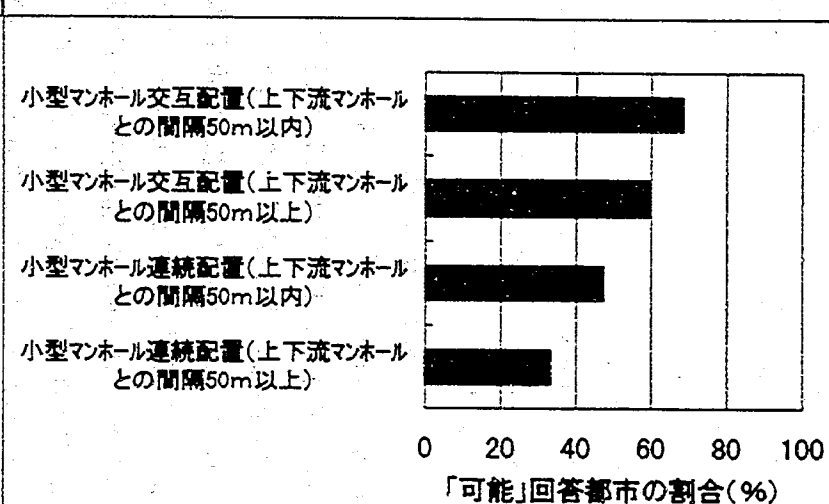


図-4.20(d)可能回答の都市割合(修繕改築)

(2) 小型マンホール及びマンホール間隔の長スパン化における維持管理上の問題点

全体的に各維持管理項目とも、小型マンホールの交互配置化、連続配置化、スパンの長距離化と進むにつれて、維持管理上の問題点が多く生じてくるが、各政令市から提起された主な問題点としては表-4.9 が上げられた。

① 小型マンホール本体に対する問題点

小型マンホール本体そのものの問題点（本質的に小型マンホール内に人が入れない点からくる問題点）

- ・ 深い場合小型マンホール底部が見えない。
- ・ 障害物が詰まった場合撤去できない。
- ・ 調査機材をマンホール内で設置できない。
- ・ 修繕改築に関しては再埋設しか方法はない。
- ・ 会合部マンホールは地理的に位置が決まっており、改築時に代替箇所を設置することができないため、当初位置で撤去再設置しなければならない小型マンホールの利用は不可。

② 小型マンホールとマンホールの交互配置による問題点

- ・ 人が入れないため、鏡を利用するにしても小型マンホール設置箇所からの点検が困難である。
 - ・ 段差のある小型マンホールから上流側を見る場合見づらい。
 - ・ 清掃方法は高圧洗浄方法で対応可能であるが、マンホール側から洗浄および排土パイプを挿入する場合、上流から下流に向かって挿入する場合が生じ、土砂の浚渫の困難性や取付管から空気が逆流する。
 - ・ 改築時に更正管工法は小型マンホール内での作業や管口部の切取り仕上げができないため不可である
- ただし、小型マンホールが採用される管渠は末端小口径管渠の場合が多いため、更正管工法を採用する場合はほとんどないと思われる。

③ 小型マンホールの連続配置による問題点

小型マンホールの連続配置による問題点は小型マンホールの交互配置による場合と同様であるが、これ以外の問題点として提起された点は以下の通りである。

- ・ 巡視点検については、鏡による点検に限界がある限り、全く直接目視できない管渠区間について結果としてTVカメラ調査が必要となる
- ・ 清掃時については小型マンホールから洗浄ノズルおよび排土パイプを挿入することが困難、洗浄と排土が同時にできない、マンホール交角大の小型マンホールはノズルやパイプが通過できない、などの点が清掃作業の効率を低下させる。
- ・ 各種調査作業についてはTVカメラ調査は可能との意見がある一方で、人孔内で人が直接設置する機材は使用できない、流量調査はできないなどの問題点がある。

④ マンホール間隔の長距離化による問題点

- ・ 巡視点検時、直接又は鏡による目視の限界を超える。
- ・ 清掃時の排土に時間がかかり効率が低下する。
- ・ TVカメラ調査の場合、勾配、管の滑度により自走式カメラのケーブル牽引力に限界がある。

表-4.9 小型マンホールの採用とマンホール間隔の長距離化による維持管理上の問題点（政令指定都市回答）

	巡視点検	清掃	各種調査	修繕・改築
小型マンホール本体に関する問題点	・小型マンホールが深い場合インバート部が見えない。 ・直接目視できない部分が分かりにくい。（鏡では分かりにくい） ・写真管理ができない。	・小型マンホール部に棒状のもの、石、煉瓦等が閉塞すると撤去できない。 ・写真管理ができない。	・深い場合限界がある。 ・人孔内でセットする調査機材の場合使用できない。	・損傷などの場合、再埋設しか方法はない。 ・会合部は地理的要因から場所が決まっており、改築時に代替箇所を設置することができないため、小型マンホールそのものを撤去、再設置しなければならない小型マンホールは不可。
小型マンホールとマンホールの交互配置による問題点	・小型マンホール側から見る管渠が分かりにくい。（鏡では分かりにくい） ・段差がある場合上流側が見づらい。	・上流マンホールから下流小型マンホールに向かって清掃する場合、掃流流量が大、勾配がだたと土砂等の浚渫が困難。また、取付管より空気が民地へ逆行しトラップ封水が飛散する。 ・マンホール深に限界あり。		・更正管工法の場合、管口部の切取り、仕上げができず採用困難。
小型マンホールの連続配置による問題点	・全く直接目視ができない。 ・段差がある場合上流側が見づらい。 ・全区間直接目視できない部分であり、鏡では分かりにくく、TV カメラ調査が必要となり、巡視点検の形態とならなくなる。	・同上、掃流流量が大、浚渫が困難、トラップ封水が飛散。 ・下流から上流の場合も段差がある小型マンホールでは洗浄用ノズルおよび排土パイプを管口に挿入が困難。 ・小型マンホールからは洗浄工程と排土工程が同時にできない。 ・マンホール深に限界あり。 ・マンホール交角大の小型マンホールは通過できない。	・人孔内でセットする調査機材の場合使用できない。 ・流量調査はできない。	・更正管工法の場合、管口部の切取り、仕上げができず採用困難。 ・TV カメラ調査が不可の場合、修繕箇所の特定が困難。
マンホール間隔の長距離化による問題点	・直接又は鏡による目視の限界を超える。	・排土が困難となる。	・長距離化に伴い勾配、管の滑度により自走式カメラのケーブル牽引力に限界がある。	

4. 4. 3 まとめ

(1) マンホールの分布性状

- ・管渠延長当たりのマンホール個数は 30~40 個/km、マンホール間平均間隔は 25~33m 程度である。処理区の規模が大きくなるにつれて多少個数は増える傾向にある。
- ・末端の管渠網や計画人口 1 万人未満の小規模処理区ではマンホール全体の約 2 割が直線中間部のマンホールであり、その下流側に対する平均マンホール間隔は 30~35m である。
- ・マンホール全体の約 5 割が方向変化部マンホールであり、そのうち約 7 割は交角 30° 未満のものである。

(2) 管渠の維持管理の現状

- ・計画人口 5 万人以上で供用開始 25 年以上の都市、および管渠内清掃延長の実績が多い都市、政令指定都市における年間当たりの維持管理作業実施頻度は、ほとんどの都市で巡視点検 10% 未満、清掃 4% 未満、各種調査 2% 未満、修繕改築 0.2% 未満である。巡視点検の頻度が比較的高いのは維持管理の基本としての位置づけや作業の容易さ、費用などの面からの結果と思われる。
- ・維持管理箇所の選定には、定期的な巡視点検もしくは清掃から清掃、調査、修繕改築箇所を選定する流れがあり、維持管理の出発点として巡視点検の意義は大きい。
- ・調査対象の約 4 割の都市で巡視点検時マンホール内に人が入っており、マンホール内に人が入った方が効率的に点検が可能となるためと思われ、人が入れる機能を十分果たしている。

(3) 小型マンホールの使用状況

- ・調査対象の約 3/4 の都市で小型マンホールを設置した事例を持つが、その理由のほとんどは埋設物や道路幅員等の問題により通常のマンホールが設置できない場合であり、コスト削減を目的としている都市は少ない。
- ・小型マンホールの設置には、管径 250mm 以下、土被り 2m 以下、マンホール間隔 20~30m 以下、小型マンホールの連続配置はしない、などの制約条件を設けている場合がある。
- ・小型マンホールの維持管理方法は、点検は鏡を利用、清掃は高圧洗浄、管内調査は小型自走式カメラが検討されている。改築時の対応は再埋設しか検討されていない。

(4) 小型マンホールの使用とマンホール間隔の長距離化によるコスト削減効果

- ・起点部に小型マンホールを設置する場合や現行基準のマンホール最大間隔を 70~80m にした場合、現状に比べ全マンホール設置コストは約 10% 削減される。ただし、直線部中間マンホールは全体の約 2 割程度しかないので、マンホール最大間隔をより長くしても、コストの削減効果には限界がある。
- ・会合部以外の箇所に現行基準のままマンホールと小型マンホールを交互に配置した場合、現状に比べ全マンホール設置コストは約 30% 削減される。
- ・会合部以外の箇所に現行基準のまま小型マンホールを連続して配置した場合や交角 30° 未満の箇所を曲

管の使用などによりマンホールの最大間隔を優先して設置した場合、現状に比べ全マンホール設置コストは約50%削減される。同様の条件でマンホール間隔を100mとした場合、約60%の削減となる。

(5) 小型マンホール及びマンホール間隔の長距離化の適用について

維持管理性に関する各都市の意見をもとに小型マンホールの採用とマンホール間隔の長距離化への適用を考察すると以下の通りである。

- ・小型マンホールを含む管渠区間は土被りの深い場合の点検や障害物の撤去に問題があり、TVカメラ以外の調査も不可である、非開削での改築ができない、などの理由から処理区の幹線、主要な枝線、土被りの深い路線、路上交通の多い路線などへの適用は問題があると思われる。
- ・上記路線以外については小型マンホールの交互配置もしくは連続配置が可能と思われるが、連続配置の場合人がマンホール内に入れないことにより、巡視点検の精度、清掃効率の低下や、各種調査ができなくなるため、将来的な維持管理コストの増大が予想される。このため、商業地区など一般的に清掃頻度が高くなる路線などでの小型マンホールの連続配置は問題があると思われる。
- ・小型マンホールの交角の違いによる維持管理の難易度に差は見られず、交角30°超のマンホールも小型化が可能と思われる。ただし、交角が大きいほど一般的に小型マンホールインバートでの閉塞が生じやすく、その際の撤去が困難となるため、採用には注意が必要と思われる。また、小型マンホールを含む前後の区間を一連で清掃や調査を行う場合、ノズルやカメラが通過できない場合があり、作業効率の低下が予想される。
- ・マンホール間隔の長スパン化により、点検時の目視の限界を超えたり、清掃・調査の効率が低下することが考えられるが、現行のマンホール最大間隔規定(管径300mm以下で50m)より間隔を大きくすることは可能である。ただし、小型マンホールの交互もしくは連続配置と組み合わせることは維持管理上の支障が大きくなり、各都市の意見も否定的なものが多いため、現状では問題があると思われる。
- ・マンホール最大間隔規定の改訂に当たっては、マンホール間隔の長スパン化のみによるコスト削減には限界がある上に、維持管理の効率低下とコストの増大につながると予想されるため、100m以上の間隔にすることの効果はあまりないものと思われる。

表-4.10に配置可能と思われるケースのコスト削減率と問題点をまとめた。

(6) 今後の課題

小型マンホールの積極的な採用やマンホール間隔の長スパン化はまだ実施している都市が少なく、導入しからの期間も短いため、今後実際の管渠における維持管理状態の追跡調査などが必要である。よりコストを削減するには路線の折れ点に曲管を採用する方法があるが、まだ、使用事例が非常に少ないため、その維持管理性の検討を本研究では行っていない。曲管の維持管理性の検討には曲管部の流下、土砂堆積特性などの水理的な検討も必要と思われる。

表-4.10 各配置ケースのコスト削減率と維持管理性

ケース	マンホールの配置パターン	箇所数(個)		箇所削減率(%)	コスト削減率(%)	維持管理上、配置上の問題点	設置不適と思われる箇所
		マンホール	小型				
現行	マンホールのみ使用、マンホール間隔 50m 以内	1,000	0	—	—	—	—
A	起点部のみ小型マンホール化	849	151	0	7.8	問題はあまりないと思われる。	特になし。
B	会合部を除きマンホールと小型マンホールを交互配置	492	508	0	30.1	土被りの深い場合の点検や障害物の撤去に問題あり。 非開削での改築ができない。	処理区の幹線、主要な枝線、土被りの深い路線、路上交通の多い路線
C	会合部を除き小型マンホールを連続配置	135	865	0	52.3	上記と同じ。 直接目視不可。巡視点検の精度や清掃効率の低下の可能性あり。TV カメラ以外の各種調査ができなくなる。	上記と同じ箇所および清掃頻度が高くなるおそれのある箇所、各種調査を実施する可能性のある箇所。
F	マンホールのみ使用、マンホール間隔 70~80m 以内	約 900	0	約 10	約 10	直接目視の限界を超える場合あり。清掃・調査の効率が低下する場合あり。	清掃頻度が高くなるおそれのある箇所

注) マンホールの箇所数は現基準によるマンホール配置が1処理区当たり1,000個とした場合の計算値である。

ケースFは直線部中間マンホールの約半数が削減されると仮定した場合の試算値である。

<参考文献>

- 1) 建設省都市局下水道部・日本下水道協会、「管渠整備の促進方法に関する調査報告書」 1989
- 2) 田中一朝他、マシンホールの提案 第32回下水道研究発表会講演集 1995
- 3) 建設省都市局下水道部 「下水道管路施設の再生マニュアルの作成に関する調査」報告書 1996

5 ローコスト下水道

5.1 ローコスト下水道の概要

海外諸国では財政的な制約等から、独自のコスト抑制型下水道システムを構築している例が多数見られる。代表的なものとしては、コンドミニアル下水道、シンプリファイド下水道、小口径重力式下水道等が挙げられるが、これらのシステムは我が国においても採用できる可能性はあり、地域条件によっては相当のコスト削減が見込める。

下水道施設の計画・設計にあたって、いかに経済的な施設を目指すかは常に中心的な課題であるが、途上国では下水道システムの建設に使用することができる資金が非常に限定されており、この問題は切実な問題である。そして、途上国においては、都市部での急激な人口増加によって、衛生問題が深刻な問題となっていて、多くの人たちが下水道の整備を切願している。途上国においては、このような切実な背景から、従来の伝統的な下水道を改良してコスト削減を図った下水道が発達してきた。

ここでは、コンドミニアル下水道、シンプリファイド下水道、小口径重力式下水道について紹介する。コンドミニアル下水道、シンプリファイド下水道はいずれもブラジルにおいて開発された下水道技術である。両技術とも 1980 年代始めに開発され、現在まで 15 年以上の経験を有する。これらの技術は、従来の技術に比較して大幅なコスト削減が可能なことから、ブラジル以外の国においても盛んに採用されるようになってきている。小口径重力式下水道は、オーストラリアにおいて開発された下水道技術で、米国等の郊外の住宅地の下水道システムとして採用されている。また途上国向けの技術としても採用されておりブラジル、ナイジェリア、パキスタン等の多数の国で実際に建設されている。

5.1.1 コンドミニアル下水道

コンドミニアル下水道（新背割り下水道）は、各家庭の排水を、街区内を通る背割管を通じて収集し、街区の端にある接続点より下水本管に流入させるシステムである。従来の下水道に比べて建設費が大きく削減されるが、その理由として以下の点があげられる。①公的施設としての下水本管の延長を大幅に短くすることができ、同時にマンホール数も減ること。②街区内に敷設する排水設備は 30～40cm の最小土被りで施工することができ、ごくわずかの土工により敷設が可能であること。③道路での管渠敷設に必要となる舗装の復旧や他のサービス管（水道・ガス等）の移設が不要となること。

コンドミニアル下水道は、街区の中で排水設備を通す位置によって、バックヤード方式、フロントヤード方式、歩道方式と 3 種類に分かれる（図 5.1）。バックヤード方式は、各家庭からの汚水を裏庭で接続して、これをつなげていって、街区の端にもうけられた接続点まで持っていく方式である。江戸時代の日本において、関西（大阪市、近江八幡市等）で採用された下水道である背割り下水道に似たアイデアである。水を使う台所や、風呂、トイレは家の裏に面しているケースが多く、バックヤード方式はもっとも排水設備延長が短くなる可能性が大きいシステムである。バックヤード方式が採用できない場合には、フロントヤード方式が採用される。これは、前庭で排水設備を接続していく方法である。バックヤード方式に比較して、排水設備延長が長くなるが、それでも従来の下水道に比較してコストは遙かに有利である。フロントヤード方式でも無理な場合には、歩道にこの排水設備を敷設する方法が採用される（歩道方式）。歩道は、一般には車道

よりも管渠を浅く設置することができるために、フロントヤード方式とほとんど同様の効果を持たせることができる。ただし日本においては、歩道と車道で関係なく最小土被りは 3m（特別な事情がある場合には 1 m）と定められているので、この規定を変更しない限りは、歩道方式のオプションは有効ではない。

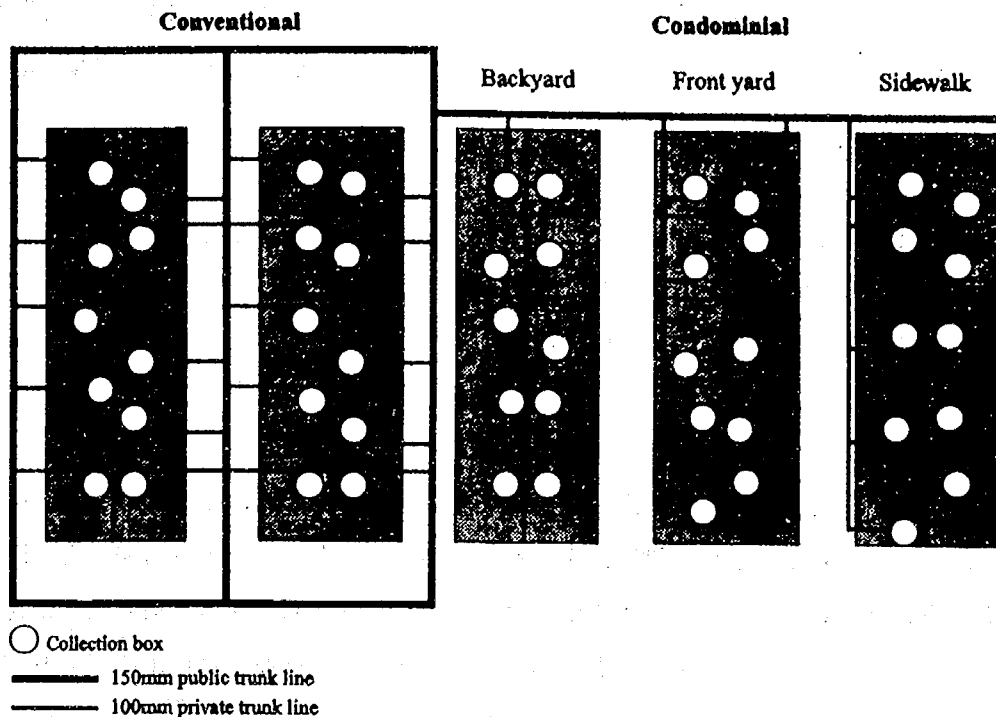


図 5.1 従来型下水道とコンドミニアル下水道の比較

排水設備については、口径は 100 mm を、勾配は従来採用されていた 1/100 よりも緩やかな 1/167～1/200 を採用する。バックヤード方式を採用した場合には、各家庭を横に接続していく方法を採用するために、排水設備はジグザグに曲がりくねった形になる。しかしフロントヤード方式よりは延長が短く経済的である。排水設備（宅地の中）は、あくまで個人の責任において建設してもらうことは、このコンドミニアル下水道においても変わりはない。

このような下水道にコンドミニアル下水道という名前がついているのは、コンドミニウム（日本でいうマンション）が縦に共通の排水設備を持っているのに似ているからである。すなわち、マンションの排水設備は縦につながっているのであるが、一戸建ての家の排水設備を横につないだ姿が、集合住宅の排水設備とほとんど一緒のアイデアだからである。

適用の経緯については、ブラジル北部地域で盛んに使われるようになり、15 年近い実績をもっている。また 19 世紀半ば英国では広く使われていたとの報告もある。

コストについては、従来方式による下水道と比較して、ブラジルの場合で、排水設備の設置費も含めて約 4 分の 1 程度のコストになると試算されている。また英国における試算では約半額になったとしている。

コンドミニアル下水道の適用に関しては、排水設備が各家庭の敷地を通して設置されることになるので、この点がうまく同意されるかどうか懸念がある。しかし、建設費は使用者の払う使用料に反映してくるので、

他人の汚水が敷地の中を通ることに対する気分的な嫌悪感と使用料のバランスの上で考えると、最終的にはコンドミニアル下水道に軍配が上がるというのがブラジルでの実体である。またこのような下水道は都市の中の数ブロックでモデル的に試行されると、その周辺の街区も比較的短期間にスムーズに受け入れられるようになったと報告されている。

このシステムを中間的な下水道の管渠網の姿として用い、ほとんどすべての街路に下水管渠を設置する従来方式の姿を最終型として計画することも可能である。したがって、非常にフレキシブルに富む計画法としても考慮に値する技術と思われる。

5.1.2 シンプリファイド下水道

シンプリファイド下水道（簡易化下水道）は、従来の設計方法を見直し、個々の部位の仕様等を簡略化することで、コスト削減を図るものである。具体的には、管径・勾配を掃流力に基づいた考え方で決定することにより勾配を緩くすること、管渠の歩道埋設により埋設深を浅くすること、マンホール構造を簡略すること等の様々なアイデアを組み合わせるものである。

勾配決定については、従来方式では管渠内に堆積物が生じない流速を定めて、この流速が満足できるような条件（管径・勾配）を定める方法が一般に採用されているが、本方式では限界掃流力を採用している。ただし、勾配が従来方式で設計した場合より緩やかになった場合には、同じ流量を流すために管径を大きくする必要がある。しかし、建設費の経済性の観点からは、管径が大きくなることによるコストアップよりも、勾配が緩やかになることによるコストダウンのケースがほとんど考えられる。実際の設計法は、初期流量において2割水深で検討し、最終流量等の数値を用いて余裕を検討するという手法が採用されている。なお、最小管径は150mmを採用している。

管渠の埋設位置については、歩道に設置する場合には、埋設深さを約65cmに設置できる（車両荷重がかからないため）としている。各家庭で地下室等を持っていて汚水を下水本管に流入させるのに支障がある場合でも、個人の努力で流入させる（ポンプ等を使用する）等の方法をとっている。

マンホールについては、構造を簡略化することを行っている。具体的には、合流点は監視・掃除口にする、上流端は掃除口にする、方向を変える箇所は埋設ボックスにして地上と連絡しない等の工夫である。

海外での適用については、本家のブラジルでは15年以上稼働しており、他のラテンアメリカにおいても、続々と採用されつつある。コストについては、従来の手法で計画した場合と比較して、地域によって異なるが、ある例では約半額になったと報告されている。

5.1.3 小口径重力式下水道

小口径重力式下水道は、各家庭から排出された下水を一度インターセプタータンク（一種の腐敗槽または沈殿槽）に導いて貯留し、ここで固液分離を行ない、その上澄みだけを下水本管に流すシステムである（図5.2）。下水本管は固形分を輸送する必要がないので、動水勾配で流す（地面の起伏に沿って管渠敷設できる）設計手法が採用でき、管渠の埋設深を浅くすることが可能である。インターセプタータンクの設置のために場所が必要となるが、この容量としては一家庭当たり 4m^3 というのが米国での装置の基準であり、水使用料

の少ない途上国ではこの装置がもっと小さくつくられた例もある。米国の例では、インターセプターを下水道管理者が個人の住宅のなかにつくっている例が多い。維持管理として、インターセプタータンクの中の汚泥を定期的に引き抜かなければならないが、数年に1度というのが平均的な管理の頻度であり、長いものでは7年に1度程度というものもある。最小管径は、管渠の建設費を経済的にするために100mmとしている。

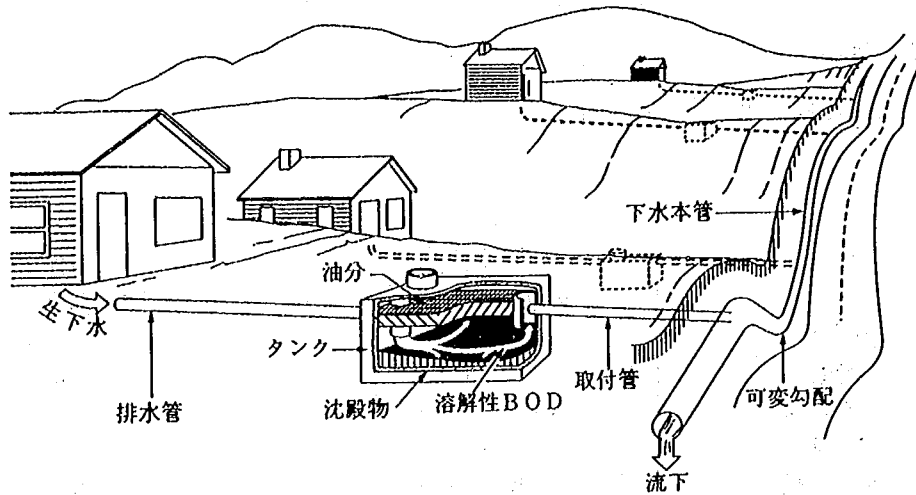


図 5.2 小口径重力式下水道

この下水道システムは、小口径重力式下水道という名前以外に、スモール・ボア下水道、ソリッド・フリー下水道、インターセプタータンクシステムという名前でも呼ばれる。

日本にも下水道協会の 1987 年 6 月号、7 月号に大久保らによって、「スモールボア下水道について」と題して文献 3) を翻訳し、詳しく紹介されたが、国内での建設事例はない。

この小口径重力式下水道の問題点としては、臭気の発生があげられるが、この原因は全体が嫌氣的な雰囲気におかれるために硫化水素の発生することである。通常はインターセプターから換気口を、住宅に沿って立ち上げてこの問題の解決を図っている。また下水管径が小さいので、雨水が入ってきた場合に、流下させることができなくて問題になるケースもある。

コスト削減効果については、地形によって大きく左右されるが、最大で 50% 削減できた例がある。

5.2 ローコスト下水道の適用によるコスト削減効果

5.1で述べた3つのシステムを、特徴の異なる2地区に適用した場合のコスト削減効果について試算を行った。

対象地区は、我が国の都市部及び農村部にみられる典型的な地区とし、表5.1に示すとおりである。整然とした街区を有する茨城県伊奈町勘兵衛新田地区（以下、A地区）、および、旧来からの農村集落である新潟県紫雲寺町真中地区（以下、B地区）内の5ha程度の範囲を選択している。両地区を踏査し、家屋の水廻りや障害物の位置等を確認した上で、管渠のルートやマンホール（マシンホール）設置位置を決定した。両地区におけるコスト比較結果を表5.2、表5.3に示す。

表 5.1 検討対象地区の概要

地区	A地区	B地区
	茨城県伊奈町勘兵衛新田	新潟県紫雲寺町真中
面積(ha)	4.02	5.58
戸数(戸)	104	48
地区特性	小規模住宅開発地区	農村集落の中心地
家屋配置	規則的	不規則
処理区内位置	処理区の末端	処理区の中心
幹線管渠の通過	通過なし	通過あり

表 5.2 コスト比較結果(A地区)

	金額(円)			
	従来方式	背割方式	簡易化方式	小口径重力式
本管	55,804,696	11,884,620	50,510,296	16,507,284
取付管	10,899,200	1,814,840	10,899,200	10,899,200
背割管	—	5,504,664	—	—
簡易マンホール	—	—	1,275,000	—
簡易水槽施設	—	—	—	28,841,072
直接工事費計	66,703,896	19,204,124	62,684,496	56,247,566
(対従来方式)	100%	29%	94%	84%

表 5.3 コスト比較結果(B地区)

	金額(円)			
	在来方式	背割方式	簡易化方式	小口径重力式
本管	88,342,774	61,967,890	81,342,324	81,295,344
取付管	5,030,400	2,533,888	5,030,400	5,030,400
背割管	—	15,197,770	—	—
簡易マンホール	—	—	1,500,000	1,500,000
簡易水槽施設	—	—	—	13,311,230
直接工事費計	93,373,174	79,699,548	87,872,724	101,136,974
(対従来方式)	100%	85%	94%	108%

A地区では、特に背割方式のコスト削減効果が大きい。当地区は家屋配置が密で整然としている上、管渠網の中で末端部に位置しているため、背割管を布設することにより、従来方式では必要であった本管を大幅

に削減できるためである。また、簡易化及び小口径重力式を採用した場合には、それぞれ6%、16%の削減にとどまった。両システムでは、最大のコスト影響因子である本管延長がほとんど短縮されず、施設や工事の低廉化にとどまるためである。

一方、B地区は農村集落の中心に位置しており、家屋の配置はA地区よりも粗で雑然としている。さらに、他の地区の排水を収集するために布設された600mmの幹線管渠が地区の中心を通過しているため、背割方式を採用した場合でも、短縮できる管渠延長は限られてくる。このためB地区においては、背割方式を採用した場合でも15%のコスト削減率にとどまっており、小口径重力式にいたっては従来方式よりも割高になっている。しかし実際には、A、B両地区のように極端な特性を有した地区は少なく、大半の地区は両地区の中間的な特性を有しているものと考えられる。そのため、処理区全域に3システムのいずれかを導入した場合のコスト削減効果は、両地区のケースの中間的なものとなり、削減の程度は当該処理区の家屋や障害物等の状況によって決まってくると考えられる。

なお、背割方式については背割管の部分排水設備として、個人に負担してもらうことも考えられる。この場合、公共サイドからみた建設コストはさらに低下するが、逆に1戸あたりの負担額はA地区で¥53,000/戸、B地区で¥317,000/戸となるため、B地区のような箇所では従来方法における平均負担額（15～20万円/戸）よりも増加してしまうことに注意する必要がある。

5章 参考文献

- 1) 田中修司「下水道管きょ学入門〈第16回〉 ローコスト下水道—途上国の技術に見るコスト縮減」、月刊下水道、1997年2月号
- 2) Gabriell Watson : Good Sewers Chip?, Currents Water & Sanitation UNDP-World Bank 1995
- 3) Alexander bakalian, et al. : Simplified Sewerage Design Guidelines, Water and Sanitation Report, UNDP-World Water and sanitation Program, 1994
- 4) Richard J. Otis et al. : The Design of Small Bore Sewer Systems, TAG technical Note 14, A joint UNDP and World Bank, 1985
- 5) R. A. Reed : Sustainable Sewerage Guidelines for Community Schemes, Intermediate technology Publications, 1995
- 6) USEPA : Manual Alternative Wastewater Collection Systems, EPA/625/1-91/024 1991

6 コスト縮減設計事例

9 都市において実施計画におけるコスト縮減について、従来設計法とローコスト法の比較を行った。

各都市におけるコスト縮減案とコスト縮減率を表 6.1 に示し、設計内容やコスト縮減策の概要等については次ページ以降の表に示した。また、詳細な資料は資料編にまとめた。

表 6.1 コスト縮減設計事例のまとめ

都市名	コスト縮減案	コスト縮減率
茨城県水戸市	①コンドミニアル下水道の採用による本管布設延長の短縮	60%
滋賀県彦根市	①最小土被りの縮小化 ②素掘工法の採用 ③マンホールの簡易化	33%
京都府舞鶴市	①流量調整槽の採用による圧送距離の短縮	61%
岡山県笠岡市	①汚水管の水路内布設による、土工費、仮設費の軽減。	85%
岡山県総社市	①多重圧送システムによるコスト縮減	46%
滋賀県大津市	①素掘り工法の採用 ②マンホールの簡易化	32%
京都府綾部市	①マンホールの簡易化によるコスト縮減案	9%
山梨県山梨市	①管路勾配の変更 ②最大人孔間隔の変更 ③マンホールの簡易化	4～6%
山梨県長坂町	①マンホールの簡易 ②マンホール数の低減	13.5%

6-1	新背割り下水道によるコスト縮減																																																																			
	【茨城県水戸市】																																																																			
設計概要	コンドミニアル下水道の採用によるコスト縮減。 ①既存の下水道は、公道に下水管を布設して、各家庭からの取付管をこれに接続しているのに対し、コンドミニアル下水道は各街区ごとに1ヶ所程度の接続点で下水道管と家庭汚水を接続するものである。(各家庭は街区内で連結する。) ②海外のコンドミニアル下水道の実例では、宅地内を連結する排水設備を個人負担としているので、公的施設としての下水道管渠延長も大幅に減少する。																																																																			
従来設計方法	公道内に、公費により下水道本管を埋設し家庭までの取付管の施工を行う。家庭内は、私費により排水設備を施し取付管に接続する。																																																																			
ローコスト設計法	背割り下水として宅地内を連結する管路は、基本的に私費とする。 宅地内は連結管は掘削深も浅いため、素掘り工法とする。 会合点は塩ビ製マシンホールとする。																																																																			
コスト縮減効果	排水処理面積20haの汚水枝線について従来工法とのコスト比較を行った。 <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">工事部位</th><th rowspan="2">工 種</th><th colspan="2">従来工法</th><th colspan="2">コンドミニアル</th><th rowspan="2">縮減率(%)</th></tr> <tr> <th>数 量</th><th>コスト(千円)</th><th>数 量</th><th>コスト(千円)</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="3">管 渠</td><td>管布設延長</td><td>950m</td><td rowspan="3">31,174</td><td>240m</td><td rowspan="3">17,255</td><td rowspan="3">45</td></tr> <tr> <td>土量</td><td>1,590m³</td><td>35m³</td></tr> <tr> <td>土留延長</td><td>990m</td><td>254m</td></tr> <tr> <td>マンホール</td><td></td><td>41 個</td><td>7,145</td><td>17 個</td><td>3,058</td><td>57</td></tr> <tr> <td rowspan="2">ます・取付管</td><td>ます設置箇所</td><td>57 ヶ所</td><td rowspan="2">5,538</td><td></td><td rowspan="2">760</td><td rowspan="2">86</td></tr> <tr> <td>取付管延長</td><td>142m</td><td></td></tr> <tr> <td>付帯工</td><td></td><td>2,760m²</td><td>14,077</td><td>590m²</td><td>2,516</td><td>82</td></tr> <tr> <td>直接工事費</td><td></td><td></td><td>57,934</td><td></td><td>23,589</td><td>59%</td></tr> <tr> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table> 補償費および宅地内のブロック復旧、樹木移設費は含まない。 ※従来工法に比べ直接工事費ベースでコストを59%縮減できる。						工事部位	工 種	従来工法		コンドミニアル		縮減率(%)	数 量	コスト(千円)	数 量	コスト(千円)	管 渠	管布設延長	950m	31,174	240m	17,255	45	土量	1,590m ³	35m ³	土留延長	990m	254m	マンホール		41 個	7,145	17 個	3,058	57	ます・取付管	ます設置箇所	57 ヶ所	5,538		760	86	取付管延長	142m		付帯工		2,760m ²	14,077	590m ²	2,516	82	直接工事費			57,934		23,589	59%							
工事部位	工 種	従来工法		コンドミニアル		縮減率(%)																																																														
		数 量	コスト(千円)	数 量	コスト(千円)																																																															
管 渠	管布設延長	950m	31,174	240m	17,255	45																																																														
	土量	1,590m ³		35m ³																																																																
	土留延長	990m		254m																																																																
マンホール		41 個	7,145	17 個	3,058	57																																																														
ます・取付管	ます設置箇所	57 ヶ所	5,538		760	86																																																														
	取付管延長	142m																																																																		
付帯工		2,760m ²	14,077	590m ²	2,516	82																																																														
直接工事費			57,934		23,589	59%																																																														
評 価	①コンドミニアル下水道は地元の協力が不可欠である。 ②他人の用に供するものが自分の敷地を占有することの対しての感情的な問題が発生すると考えられる。 ③新しく街区を造成する際にはある程度採用の可能性が考えられるが、既成街区での導入には問題がある。																																																																			

6-2	緩傾斜地における末端管渠のコスト削減																																																																					
	【滋賀県彦根市】																																																																					
設計概要	路線延長L=1,100m区間について土被り、土留、最小管径、マンホールの規準等を見直し、コスト削減比較を行った場所の選定： ①今後の面整備の標準的な区域となる郊外地の既存集落であること。 ②従来工法では比較的整備単価が高くつき、比較案との差が顕著に現れること。																																																																					
従来設計方法	①最小土被りd=1.20mとする。 ②全路線において土留を採用施す。 ③管基礎（砂基礎）を管の上部30cmまで計画。 ④最小管径は200mmとする。 ⑤マンホールは人が入って維持管理可能な1号及び楕円マンホールとする。																																																																					
ローコスト設計法	最小土被りd=0.80mとする。 掘削深H=1.50m未満は、素掘り工法の採用とする。 管基礎は、管上部10cmとする。 最小管径は、小規模下水道の考えを取り入れ150mmとする。 起点及び合流部を除いて塩ビ製マンホールとする。																																																																					
コスト削減効果	全体路線延長 (内、素掘り効果対象延長) L1 = 1,100m L2 = 625m <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th>工事部位</th><th>工 種</th><th>従来工法 (千円)</th><th>ローコスト工法 (千円)</th><th>削減率(%)</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="5">管 渠</td><td>土 工</td><td>20,518</td><td>12,610</td><td>39</td></tr> <tr> <td>土 留 工</td><td>11,209</td><td>5,277</td><td>53</td></tr> <tr> <td>管布設工</td><td>4,339</td><td>3,149</td><td>27</td></tr> <tr> <td>水替工</td><td>151</td><td>148</td><td>2</td></tr> <tr> <td>小 計</td><td>36,217</td><td>21,184</td><td>42</td></tr> <tr> <td rowspan="4">マンホール</td><td>1号マンホール</td><td>23箇所</td><td>15箇所</td><td></td></tr> <tr> <td>楕円マンホール</td><td>31箇所</td><td>10箇所</td><td></td></tr> <tr> <td>塩ビ製マンホール</td><td></td><td>29箇所</td><td></td></tr> <tr> <td>小 計</td><td>11,704</td><td>7,465</td><td>36</td></tr> <tr> <td rowspan="3">ます・取付管</td><td>ます設置工</td><td>1,502</td><td>651</td><td>57</td></tr> <tr> <td>取付管布設工</td><td>2,562</td><td>2,294</td><td>10</td></tr> <tr> <td>小 計</td><td>4,066</td><td>2,945</td><td>28</td></tr> <tr> <td>付帯工</td><td></td><td>13,984</td><td>12,828</td><td>8</td></tr> <tr> <td>直接工事費</td><td></td><td>65,971</td><td>44,422</td><td>33%</td></tr> </tbody> </table> ※従来工法に比べ直接工事費ベースでコストを33%削減できる。				工事部位	工 種	従来工法 (千円)	ローコスト工法 (千円)	削減率(%)	管 渠	土 工	20,518	12,610	39	土 留 工	11,209	5,277	53	管布設工	4,339	3,149	27	水替工	151	148	2	小 計	36,217	21,184	42	マンホール	1号マンホール	23箇所	15箇所		楕円マンホール	31箇所	10箇所		塩ビ製マンホール		29箇所		小 計	11,704	7,465	36	ます・取付管	ます設置工	1,502	651	57	取付管布設工	2,562	2,294	10	小 計	4,066	2,945	28	付帯工		13,984	12,828	8	直接工事費		65,971	44,422	33%
工事部位	工 種	従来工法 (千円)	ローコスト工法 (千円)	削減率(%)																																																																		
管 渠	土 工	20,518	12,610	39																																																																		
	土 留 工	11,209	5,277	53																																																																		
	管布設工	4,339	3,149	27																																																																		
	水替工	151	148	2																																																																		
	小 計	36,217	21,184	42																																																																		
マンホール	1号マンホール	23箇所	15箇所																																																																			
	楕円マンホール	31箇所	10箇所																																																																			
	塩ビ製マンホール		29箇所																																																																			
	小 計	11,704	7,465	36																																																																		
ます・取付管	ます設置工	1,502	651	57																																																																		
	取付管布設工	2,562	2,294	10																																																																		
	小 計	4,066	2,945	28																																																																		
付帯工		13,984	12,828	8																																																																		
直接工事費		65,971	44,422	33%																																																																		
評 価	①今回のコスト削減案は、施工に無理がなく安全性を確保できるものに限定した。 ②浅埋設により土量をおさえ、素掘り工法の採用により土留施工区間を短くした。 ③従来工法との比較では33%のコスト削減が可能となるが、特に全体の57%の区間を素掘り工法としたことで、管渠布設関係の削減額は1,500万円となり総削減額の7割を占めた。																																																																					

6-3	オンラインホールディングタンクによるコスト削減																																																																										
	【京都府舞鶴市】																																																																										
設計概要	中継ポンプ場(時間最大汚水量 6m³/min である。)からの圧送距離約 2,300m区間のうち、最下流 490m 区間について従来案とローコスト案での比較を行った。 オンラインホールディングタンク(流量調整用タンク)を用いて流量調節を行うことにより、既設管の能力を最大限に利用しコスト削減を行った。 計画路線は、国道 27 号線で、舞鶴市の東西を結ぶ主要な幹線道路であり交通量も多くまた地下埋設物も幅横している。																																																																										
従来設計方法	中継ポンプ場より圧送管φ350mm(ダクタイル鋳鉄管)を延長L=2,300m区間に埋設する。 最下流L=490m区間は道路占用条件(国道 27 号線)より最小土被りd=3.00mとし、一部区間については推進工法を採用する。																																																																										
ローコスト設計法	下流L=430m区間に埋設されている既設管(自然流下管φ400mm)の流下能力を最大限に利用し、一部区間では満管状態あるいはそれに近い状態で流下させる。 既設管の流下能力以上の汚水については、オンラインホールディングタンク(流量調整用タンク)を設置し汚水のある程度貯留し、時間変動に対する流量の調節を行い、既設管の流下能力に余裕のある時間帯に流下させる計画とする。																																																																										
コスト削減効果	オンラインホールディングタンク案(ローコスト案)																																																																										
	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th><th>工 種</th><th>設 備 等</th><th>数 量</th><th>事業費(百万)</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="5">タンク設置</td><td>土木工事</td><td>躯体工</td><td>720 空m³</td><td>54.0</td></tr> <tr> <td>機械設備工事</td><td>ポンプ、調整ゲート</td><td>1 式</td><td>16.0</td></tr> <tr> <td>電気設備工事</td><td>現場盤</td><td>1 式</td><td>8.1</td></tr> <tr> <td>用地費</td><td>国有地につき無償</td><td>420m²</td><td>0</td></tr> <tr> <td>小計</td><td></td><td></td><td>78.1</td></tr> <tr> <td rowspan="3">管渠等</td><td>接続用圧送管</td><td>φ500～φ350mm</td><td></td><td>9.8</td></tr> <tr> <td>既設管改修</td><td>φ400mm</td><td></td><td>10.5</td></tr> <tr> <td>小計</td><td></td><td></td><td>20.3</td></tr> <tr> <td colspan="2">合 計</td><td></td><td></td><td>98.4</td></tr> </tbody> </table> 圧送管案(従来案) <table border="1"> <thead> <tr> <th></th><th>工 種</th><th>設 備 等</th><th>数 量</th><th>事業費(百万)</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">開削</td><td></td><td>φ350mm ダクタイル鋳鉄管</td><td>140m</td><td>21.0</td></tr> <tr> <td>発進立坑</td><td></td><td>4 箇所</td><td>48.0</td></tr> <tr> <td rowspan="2">推進</td><td>到達立坑</td><td></td><td>3 箇所</td><td>10.5</td></tr> <tr> <td>管推進工</td><td>φ600mm 小口径推進</td><td>350m</td><td>175.0</td></tr> <tr> <td colspan="2">合 計</td><td></td><td></td><td>254.5</td></tr> </tbody> </table> ※従来工法に比べ直接工事費ベースでコストを 61%削減できる。					工 種	設 備 等	数 量	事業費(百万)	タンク設置	土木工事	躯体工	720 空m ³	54.0	機械設備工事	ポンプ、調整ゲート	1 式	16.0	電気設備工事	現場盤	1 式	8.1	用地費	国有地につき無償	420m ²	0	小計			78.1	管渠等	接続用圧送管	φ500～φ350mm		9.8	既設管改修	φ400mm		10.5	小計			20.3	合 計				98.4		工 種	設 備 等	数 量	事業費(百万)	開削		φ350mm ダクタイル鋳鉄管	140m	21.0	発進立坑		4 箇所	48.0	推進	到達立坑		3 箇所	10.5	管推進工	φ600mm 小口径推進	350m	175.0	合 計			
	工 種	設 備 等	数 量	事業費(百万)																																																																							
タンク設置	土木工事	躯体工	720 空m ³	54.0																																																																							
	機械設備工事	ポンプ、調整ゲート	1 式	16.0																																																																							
	電気設備工事	現場盤	1 式	8.1																																																																							
	用地費	国有地につき無償	420m ²	0																																																																							
	小計			78.1																																																																							
管渠等	接続用圧送管	φ500～φ350mm		9.8																																																																							
	既設管改修	φ400mm		10.5																																																																							
	小計			20.3																																																																							
合 計				98.4																																																																							
	工 種	設 備 等	数 量	事業費(百万)																																																																							
開削		φ350mm ダクタイル鋳鉄管	140m	21.0																																																																							
	発進立坑		4 箇所	48.0																																																																							
推進	到達立坑		3 箇所	10.5																																																																							
	管推進工	φ600mm 小口径推進	350m	175.0																																																																							
合 計				254.5																																																																							
評 価	新設の埋設管が不要のため、周辺交通への影響が少なく、地下埋設物の移設等も必要が無く施工条件も優れている。 今回の比較には、オンラインホールディングタンクの清掃等の維持管理費は含まれていない。																																																																										

6-4	汚水管の水路内配管によるコスト縮減				
	【岡山県笠岡市】				
設計概要	比較設計箇所はJR山陽本線笠岡駅から東へ600mはなれた地区で、延長約300mの区間である。計画路線は県道で、道路に平行して普通河川(2.0×1.8m)が流れている。現在は河川上へ蓋掛けして幅員5~6mの道路として利用されている。道路内に布設する従来案と、水路内に布設する案で比較を行った				
従来設計方法	本来下水道は、道路下に埋設するものであり、当地区においては水路下越しでの取付を考慮すると、全線土被りがd=2.5m程度となる。				
ローコスト設計法	河川断面に余裕があり排水能力に問題が無いため、河川内へ汚水管の布設計画を行った。 計画汚水管は河川下角に布設し、管防護のためコンクリート巻き立(t=10)を施す。				
コスト縮減効果	計画延長 L = 600m				
	工事部位	工 種	従来工法 コスト(千円)	ローコスト工法 コスト(千円)	縮減率(%)
	管 渠	土 工	3,350	77	98
		土 留 工	3,698	118	97
		管布設工	1,224	2,444	△200
		地盤改良工	11,774	903	92
		水替工	101	50	50
		小 計	20,147	3,592	82
	マンホール	掘付工	580	165	72
		マンホール材料費	1,859	597	68
		副管設置工	237	0	—
		小 計	2,676	762	72
	ます・取付管	ます設置工	1,032	71	93
		取付管布設工	863	177	79
		支管取付工	15	15	0
小 計		1,910	263	86	
付帯工		2,805	71	97	
補償費	水道管移設	3,014	0	—	
直接工事費		30,552	4,668	85%	
※従来工法に比べ直接工事費ベースでコストを85%縮減できる。					
評 価	①河川内に布設することとなり掘削工が大幅に減となり管渠布設において削減効果 が大きい。 ②既設埋設管(水道管)の移設が不要となった。 ③従来工法では、掘削深が深く地下水位が高いためモルタル柱などの地盤改良を計 上している。ローコスト案ではこれが不要なため非常に安価になった。				

6-5	多重圧送システムによるコスト縮減																																																							
	【岡山県総社市】																																																							
設計概要	自然流下により 1 箇所に集めた汚水を圧送する案（従来案）と、マンホール形式ポンプ程度の簡易ポンプを多数配置して多重圧送する案の比較を行った。																																																							
従来設計方法	1 箇所に汚水を集め、中継ポンプ場(時間最大汚水量 5.76m³/min)により汚水を圧送する。 ポンプ仕様：汚水水中ポンプ , 22kw×4 台(1 台予備) 圧 送 管：φ250mm , L=3,000m																																																							
ローコスト設計法	計画区域内にマンホール形式ポンプを多数配置し多重圧送を行う。 ポンプ仕様：M1 ポンプ(時間最大汚水量 2.64m³/min) 22kw×2 台(1 台予備) M2 ポンプ(時間最大汚水量 1.02m³/min) 7.5kw×2 台(") M3 ポンプ(時間最大汚水量 2.10m³/min) 15kw×2 台(") 圧 送 管：φ300mm, L=2,235m φ250mm, L=775m φ150mm, L=24m φ200mm, L=780m																																																							
コスト縮減効果	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">工事部位</th><th rowspan="2">工 種</th><th>従来工法</th><th>多重圧送案</th><th rowspan="2">縮減率(%)</th></tr> <tr> <th>コスト(千円)</th><th>コスト(千円)</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="3">管 渠</td><td>自然流下</td><td>588,794</td><td>486,335</td><td>17</td></tr> <tr> <td>圧 送</td><td>451,500</td><td>295,695</td><td>35</td></tr> <tr> <td>小 計</td><td>1,040,294</td><td>782,030</td><td>25</td></tr> <tr> <td rowspan="4">ポンプ場建設費</td><td>土木・建築</td><td>160,000</td><td>23,000</td><td>86</td></tr> <tr> <td>機 械</td><td>230,000</td><td>44,000</td><td>81</td></tr> <tr> <td>電 気</td><td>200,000</td><td>15,000</td><td>93</td></tr> <tr> <td>小 計</td><td>590,000</td><td>82,000</td><td>86</td></tr> <tr> <td>ポンプ場維持費</td><td></td><td>137,000</td><td>92,000</td><td>33</td></tr> <tr> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr> <td>直接工事費</td><td></td><td>1767,294</td><td>956,030</td><td>46%</td></tr> </tbody> </table> ※従来工法に比べ直接工事費ベースでコストを 46%縮減できる。				工事部位	工 種	従来工法	多重圧送案	縮減率(%)	コスト(千円)	コスト(千円)	管 渠	自然流下	588,794	486,335	17	圧 送	451,500	295,695	35	小 計	1,040,294	782,030	25	ポンプ場建設費	土木・建築	160,000	23,000	86	機 械	230,000	44,000	81	電 気	200,000	15,000	93	小 計	590,000	82,000	86	ポンプ場維持費		137,000	92,000	33						直接工事費		1767,294	956,030	46%
工事部位	工 種	従来工法	多重圧送案	縮減率(%)																																																				
		コスト(千円)	コスト(千円)																																																					
管 渠	自然流下	588,794	486,335	17																																																				
	圧 送	451,500	295,695	35																																																				
	小 計	1,040,294	782,030	25																																																				
ポンプ場建設費	土木・建築	160,000	23,000	86																																																				
	機 械	230,000	44,000	81																																																				
	電 気	200,000	15,000	93																																																				
	小 計	590,000	82,000	86																																																				
ポンプ場維持費		137,000	92,000	33																																																				
直接工事費		1767,294	956,030	46%																																																				
評 価	管渠については、布設費で見た場合ローコスト案従来案に比べ 25%の縮減効果を示している。また、中継ポンプ場については建設費で 86%、維持費で 33%の縮減効果がみられ、相当のコスト縮減効果が見込まれた。																																																							

6-6	素掘工法、塩ビ管製マンホール採用によるコスト縮減																																																																										
	【滋賀県大津市】																																																																										
設計概要	計画路線は、集落から既設污水管を結ぶ遮集管で、路線の両側は耕作地で取付けがないため掘削深を浅くして土留め工法のいらぬ計画（素掘り）とした。地形は流下方向に地表勾配がついており、全線（1422m）にわたり浅埋設の計画とし平面方向はもちろん縦断方向にも曲管を使用しマンホール個数の最小化を行った。																																																																										
従来設計方法	全線にわたり土留工を施し、平面的および縦断的な屈曲個所にマンホールを配置した計画とする。																																																																										
ローコスト設計法	①掘削深を浅くすることにより、土留工をではなく素掘工法での施工とする。 ②マンホール数を極力少なくするため、曲管及び塩ビ製マンホールを採用する。																																																																										
コスト縮減効果	計画延長 L = 1,422m <table><tr><th>工事部位</th><th>工 種</th><th>従来工法 コスト(千円)</th><th>ローコスト工法 コスト(千円)</th><th>縮減率(%)</th></tr><tr><td rowspan="6">管 渠</td><td>材料費</td><td>2,809</td><td>1,995</td><td>30</td></tr><tr><td>土 工</td><td>18,184</td><td>12,816</td><td>30</td></tr><tr><td>土留工</td><td>8,274</td><td>2,558</td><td>69</td></tr><tr><td>管布設工</td><td>2,583</td><td>2,285</td><td>12</td></tr><tr><td>水替工</td><td>196</td><td>190</td><td>0</td></tr><tr><td>小 計</td><td>32,046</td><td>19,844</td><td>38</td></tr><tr><td rowspan="4">マンホール</td><td>マンホール材料費</td><td>6,049</td><td>4,032</td><td>33</td></tr><tr><td>据付け工</td><td>2,961</td><td>1,576</td><td>47</td></tr><tr><td>副管設置工</td><td>264</td><td>109</td><td>59</td></tr><tr><td>小 計</td><td>9,274</td><td>5,717</td><td>38</td></tr><tr><td rowspan="4">ます・取付管</td><td>材料費</td><td>482</td><td>380</td><td>21</td></tr><tr><td>污水樹</td><td>1,025</td><td>1,025</td><td>0</td></tr><tr><td>取付管</td><td>725</td><td>759</td><td>-5</td></tr><tr><td>小計</td><td>2,232</td><td>2,164</td><td>3</td></tr><tr><td>付帯工</td><td></td><td>7,876</td><td>7,325</td><td>7</td></tr><tr><td>直接工事費</td><td></td><td>51,428</td><td>35,050</td><td>32%</td></tr></table> ※従来工法に比べ直接工事費ベースでコストを 32%縮減できる。	工事部位	工 種	従来工法 コスト(千円)	ローコスト工法 コスト(千円)	縮減率(%)	管 渠	材料費	2,809	1,995	30	土 工	18,184	12,816	30	土留工	8,274	2,558	69	管布設工	2,583	2,285	12	水替工	196	190	0	小 計	32,046	19,844	38	マンホール	マンホール材料費	6,049	4,032	33	据付け工	2,961	1,576	47	副管設置工	264	109	59	小 計	9,274	5,717	38	ます・取付管	材料費	482	380	21	污水樹	1,025	1,025	0	取付管	725	759	-5	小計	2,232	2,164	3	付帯工		7,876	7,325	7	直接工事費		51,428	35,050	32%
工事部位	工 種	従来工法 コスト(千円)	ローコスト工法 コスト(千円)	縮減率(%)																																																																							
管 渠	材料費	2,809	1,995	30																																																																							
	土 工	18,184	12,816	30																																																																							
	土留工	8,274	2,558	69																																																																							
	管布設工	2,583	2,285	12																																																																							
	水替工	196	190	0																																																																							
	小 計	32,046	19,844	38																																																																							
マンホール	マンホール材料費	6,049	4,032	33																																																																							
	据付け工	2,961	1,576	47																																																																							
	副管設置工	264	109	59																																																																							
	小 計	9,274	5,717	38																																																																							
ます・取付管	材料費	482	380	21																																																																							
	污水樹	1,025	1,025	0																																																																							
	取付管	725	759	-5																																																																							
	小計	2,232	2,164	3																																																																							
付帯工		7,876	7,325	7																																																																							
直接工事費		51,428	35,050	32%																																																																							
評 価	曲管や塩ビ製マンホールの採用により、人孔内からの目視による維持管理が困難な個所が出てくると思われる。																																																																										

6-7	マンホールの簡易化によるコスト削減案			
	【京都府綾部市】			
設計概要	路線延長 L=663m 区間において、従来から採用してきたコンクリート製マンホールを簡易なマンホール（塩ビ製）に変更しコスト削減を行う。			
	従来案		ローコスト案	
	0号マンホール	5ヶ所	起点イグ-ト	4ヶ所
	1号人孔	14 "	スト-イン-ト	9 "
	楕円人孔	5 "	15° 曲りイグ-ト	4 "
			90° 曲りイグ-ト	2 "
			90° 合流イグ-ト	3 "
			ド-グ-イグ-ト	2 "
従来設計方法	①屈曲部すべてに人が入って維持管理可能なマンホールを採用する。 ②道路幅員が狭い路線でもマンホールを採用していたため、地下埋設物の移設が必要となっていた。			
ローコスト設計法	①マンホールすべてを塩ビ製マシンホール及び曲管とする。			
コスト削減効果	計画延長 L = 663m			
	工事部位	工 種	従来工法 コスト(千円)	ローコスト工法 コスト(千円)
管 渠	材料費		1,628	1,274
	土 工		8,790	8,699
	土留工		7,767	7,811
	管布設工		1,518	1,541
	水替工		79	83
	小 計		19,782	19,408
マンホール	マンホール材料費		4,032	2,206
	据付け工		608	113
	副管設置工		59	32
	小 計		4,699	2,351
ます・取付管	材料費		991	991
	汚水樹		79	79
	取付管		655	652
	小計		1,725	1,722
付帯工			3,598	3,598
直接工事費			29,804	27,079
				9.1%
※従来工法に比べ直接工事費ベースでコストを9%削減できる。				
評 価	①塩ビ製マシンホールの採用に下水道工事だけのコスト削減ではなく、地下埋設物移設の補償費の低減も考えられる。			
	②従来のマンホールに比べ早期の道路開放が可能となり周辺交通に及ぼす影響も小さくなると考えられる。			

6-8	管路勾・最大人孔間隔の変更、マシンホールの採用によるコスト縮減																																																																																								
	【山梨県山梨市】																																																																																								
設計概要	国道（幹線L=577m）、市道（枝線L=430m）について、①地表勾配に沿った管路勾配の採用、②直線部での人孔最大間隔の変更、③一部マシンホールの採用によりコスト縮減比較を行った。																																																																																								
従来設計方法	①管路勾配は常に一定とし、地表勾配のあるスパンは人孔間隔を密にし人孔段差により深埋設を防ぐ。 ②人孔最大間隔は50mとする。 ③すべて1号マンホールとする。																																																																																								
ローコスト設計法	①管路勾配は地表勾配とし極力浅く計画した。 ②直線部の人孔最大間隔を100mとし人孔の数を減らした。 ③会合点以外は、簡易人孔（マシンホール）を採用した。																																																																																								
コスト縮減効果	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">工事部位</th><th rowspan="2">工 種</th><th colspan="2">市道(枝線L=430m)</th><th colspan="2">国道(幹線L=577)</th></tr> <tr> <th>従来工法 コスト(千円)</th><th>0-コスト工法 コスト(千円)</th><th>従来工法 コスト(千円)</th><th>0-コスト工法 コスト(千円)</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="5">管 渠</td><td>土 工</td><td>17,220</td><td>16,570</td><td>14,560</td><td>14,380</td></tr> <tr> <td>土留工</td><td>7,950</td><td>7,480</td><td>12,680</td><td>12,070</td></tr> <tr> <td>管布設工</td><td>2,750</td><td>2,780</td><td>5,030</td><td>5,040</td></tr> <tr> <td>舗装工</td><td>4,180</td><td>4,180</td><td>17,930</td><td>17,930</td></tr> <tr> <td>小 計</td><td>32,100</td><td>31,010</td><td>50,200</td><td>49,420</td></tr> <tr> <td rowspan="4">マンホール</td><td>1号マンホール</td><td>2,820</td><td>1,360</td><td>5,490</td><td>2,490</td></tr> <tr> <td>0号マンホール</td><td>3,460</td><td>17,10</td><td>—</td><td>860</td></tr> <tr> <td>マシンホール</td><td>0</td><td>1,680</td><td>—</td><td>660</td></tr> <tr> <td>小 計</td><td>6,280</td><td>4,750</td><td>5,490</td><td>4,010</td></tr> <tr> <td rowspan="4">ます・取付管</td><td>樹設置工</td><td>1,420</td><td>1,420</td><td>1,560</td><td>1,560</td></tr> <tr> <td>取付管布設</td><td>1,280</td><td>1,280</td><td>2,860</td><td>2,860</td></tr> <tr> <td>支管取付工</td><td>370</td><td>370</td><td>460</td><td>460</td></tr> <tr> <td>小計</td><td>3,070</td><td>3,070</td><td>4,880</td><td>4,880</td></tr> <tr> <td>直接工事費</td><td></td><td>41,450</td><td>38,830 → 6%</td><td>60,570</td><td>58,310 → 4%</td></tr> </tbody> </table>					工事部位	工 種	市道(枝線L=430m)		国道(幹線L=577)		従来工法 コスト(千円)	0-コスト工法 コスト(千円)	従来工法 コスト(千円)	0-コスト工法 コスト(千円)	管 渠	土 工	17,220	16,570	14,560	14,380	土留工	7,950	7,480	12,680	12,070	管布設工	2,750	2,780	5,030	5,040	舗装工	4,180	4,180	17,930	17,930	小 計	32,100	31,010	50,200	49,420	マンホール	1号マンホール	2,820	1,360	5,490	2,490	0号マンホール	3,460	17,10	—	860	マシンホール	0	1,680	—	660	小 計	6,280	4,750	5,490	4,010	ます・取付管	樹設置工	1,420	1,420	1,560	1,560	取付管布設	1,280	1,280	2,860	2,860	支管取付工	370	370	460	460	小計	3,070	3,070	4,880	4,880	直接工事費		41,450	38,830 → 6%	60,570	58,310 → 4%
工事部位	工 種	市道(枝線L=430m)		国道(幹線L=577)																																																																																					
		従来工法 コスト(千円)	0-コスト工法 コスト(千円)	従来工法 コスト(千円)	0-コスト工法 コスト(千円)																																																																																				
管 渠	土 工	17,220	16,570	14,560	14,380																																																																																				
	土留工	7,950	7,480	12,680	12,070																																																																																				
	管布設工	2,750	2,780	5,030	5,040																																																																																				
	舗装工	4,180	4,180	17,930	17,930																																																																																				
	小 計	32,100	31,010	50,200	49,420																																																																																				
マンホール	1号マンホール	2,820	1,360	5,490	2,490																																																																																				
	0号マンホール	3,460	17,10	—	860																																																																																				
	マシンホール	0	1,680	—	660																																																																																				
	小 計	6,280	4,750	5,490	4,010																																																																																				
ます・取付管	樹設置工	1,420	1,420	1,560	1,560																																																																																				
	取付管布設	1,280	1,280	2,860	2,860																																																																																				
	支管取付工	370	370	460	460																																																																																				
	小計	3,070	3,070	4,880	4,880																																																																																				
直接工事費		41,450	38,830 → 6%	60,570	58,310 → 4%																																																																																				
評 価	※従来工法に比べ枝線部では6%、国道部では4%のコスト縮減が可能となった。 地表勾配で施工することにより土工事、土留工がかなり安価となった。 また、マンホールにおいてもマシンホールの採用により単価が下がった。																																																																																								

6 - 9	マンホールの簡易化及びマンホール数の低減によるコスト縮減																																																														
	【山梨県長坂町】																																																														
設計概要	計画区域は農業主体の地域で 24 戸の汚水排除を目的として計画したものである。 計画路線は、路線延長 L=1440m、管径 VUφ150mm で流下方向に道路勾配があり、 幅員 w=4.0m で連続したカーブが多い。																																																														
従来設計方法	①管渠勾配：満管流速で 3.0m/s 以下となるよう最大勾配は 70.0%とする。 ②マンホールの配置：カーブした道路では、管路の曲がりすべてに配置する。 ③マンホールの種別：1 号マンホールを基本とする。																																																														
ローコスト設計法	①管渠勾配：道路勾配と同等の勾配 105%する。 ②マンホールの配置：マンホールの間隔は 5。																																																														
コスト縮減効果	路線延長 L=1,440m <table><tr><th>工事部位</th><th>工 種</th><th>従来工法 コスト(千円)</th><th>ローコスト工法 コスト(千円)</th><th>縮減率(%)</th></tr><tr><td rowspan="4">管 渠</td><td>管布設</td><td>9,041</td><td>8,037</td><td>11</td></tr><tr><td>土 工</td><td>35,794</td><td>34,647</td><td>3</td></tr><tr><td>土留工</td><td>36,299</td><td>36,299</td><td>0</td></tr><tr><td>小 計</td><td>81,134</td><td>78,983</td><td>3</td></tr><tr><td rowspan="4">マンホール</td><td>1 号マンホール</td><td>27,696 (69 箇所)</td><td>8,212 (21 箇所)</td><td>—</td></tr><tr><td>塩ビマンホール</td><td></td><td>3,835 (23 箇所)</td><td>—</td></tr><tr><td>曲管等</td><td></td><td>376 (25 箇所)</td><td>—</td></tr><tr><td>小 計</td><td>27,696</td><td>12,423</td><td>55</td></tr><tr><td rowspan="3">ます・取付管</td><td>樹設置工</td><td>584</td><td>584</td><td>0</td></tr><tr><td>取付管工</td><td>1,304</td><td>1,304</td><td>0</td></tr><tr><td>小計</td><td>1,888</td><td>1,888</td><td>0</td></tr><tr><td>付帯工</td><td></td><td>18,343</td><td>18,343</td><td>0</td></tr><tr><td>直接工事費</td><td></td><td>129,061</td><td>111,637</td><td>14%</td></tr></table> ※従来工法に比べコストを 14%縮減できる。 各コストは、諸経費(直接工事費の 80%)及び諸経費を含む金額である。	工事部位	工 種	従来工法 コスト(千円)	ローコスト工法 コスト(千円)	縮減率(%)	管 渠	管布設	9,041	8,037	11	土 工	35,794	34,647	3	土留工	36,299	36,299	0	小 計	81,134	78,983	3	マンホール	1 号マンホール	27,696 (69 箇所)	8,212 (21 箇所)	—	塩ビマンホール		3,835 (23 箇所)	—	曲管等		376 (25 箇所)	—	小 計	27,696	12,423	55	ます・取付管	樹設置工	584	584	0	取付管工	1,304	1,304	0	小計	1,888	1,888	0	付帯工		18,343	18,343	0	直接工事費		129,061	111,637	14%
工事部位	工 種	従来工法 コスト(千円)	ローコスト工法 コスト(千円)	縮減率(%)																																																											
管 渠	管布設	9,041	8,037	11																																																											
	土 工	35,794	34,647	3																																																											
	土留工	36,299	36,299	0																																																											
	小 計	81,134	78,983	3																																																											
マンホール	1 号マンホール	27,696 (69 箇所)	8,212 (21 箇所)	—																																																											
	塩ビマンホール		3,835 (23 箇所)	—																																																											
	曲管等		376 (25 箇所)	—																																																											
	小 計	27,696	12,423	55																																																											
ます・取付管	樹設置工	584	584	0																																																											
	取付管工	1,304	1,304	0																																																											
	小計	1,888	1,888	0																																																											
付帯工		18,343	18,343	0																																																											
直接工事費		129,061	111,637	14%																																																											
評 価	道路勾配の急な区間が短いため管路勾配の変更によるコスト縮減効果は少なかった。 カーブにおける曲管の採用によりマンホールを個数御大幅に低減でき、コスト縮減効果の高いことがわかった。																																																														

資 料 編

「3 管渠に関する建設コスト縮減策」アンケート調査票

アンケート調査票（その4）

管渠勾配の設計方法等について

このアンケートでは、下水道管渠勾配の設計方法等について伺います。特に末端管渠について詳しくお答え頂きたいと思えます。

回答欄に収まらない場合は、任意の様式でお答え下さい。また、貴自治体での「設計の手引き」等がありましたら、その該当部分の複写を添付して下さい。

以下で設計指針とは、日本下水道協会「下水道施設計画・設計指針と解説—1994年版—」を指します。

- ① 管渠勾配の決定方法は、何に準じているか。

☐ 設計指針の通り

☐ 独自の基準

- ② ①で貴自治体で独自の基準を採用しているならば、それはどのようなものか。

基準の名称（例：「△△△市 下水道設計の手引き」）：_____

導入の経緯（いつから、誰によって）：_____

基準の基本的な考え方、水理学的な根拠など：_____

- ③ 末端管渠の最小勾配について、基準はあるか。

☐ 基準はなく①の通りに設計

☐ 基準がある

- ④ ③で基準があるならば、どのような基準か。

基準の名称（例：「△△△市 下水道設計の手引き」）：_____

導入の経緯（いつから、誰によって）： _____

基準の基本的な考え方、水理学的な根拠など（例：流速によらず、管径が200mmの場合は最小勾配を5%としている。）： _____

- ⑤ 勾配が最小となっている末端管渠の、管種、管径、勾配はどうなっているか。

管種： _____ 管径： _____ mm 勾配： _____ %

管種： _____ 管径： _____ mm 勾配： _____ %

管種： _____ 管径： _____ mm 勾配： _____ %

- ⑥ 最小管径について、設計指針では「污水管渠は200mm、雨水管渠と合流管渠は250mm、小規模下水道の污水管渠の勾配は150mm」と定めているが、貴自治体で採用している最小管径は何か。これが設計指針と異なる場合は、なぜ異なるのか。

污水管渠： _____ mm

雨水管渠： _____ mm

合流管渠： _____ mm

異なる理由： _____

- ⑦ 管渠敷設後の勾配の検査方法はどのようなものか。また、許容される誤差はどれくらいまでか。

検査方法： _____

許容される誤差（例、50mスパンの区間で±10mmまでは許容している。）： _____

- ⑧ 設計した勾配と、敷設直後の勾配はどれほどの差があると認識しているか。

- ⑨ 管渠敷設後に年数を重ねた場合、自動車交通、地震、地盤沈下、軟弱地盤による影響、不同沈下等による管渠の勾配の変化が考えられるが、これについて何か調査を行っているか。

☐ 調査を行っている

☐ 調査を行っていない

- ⑩ ⑨で述べた勾配の変化について、どれほどの変化があると認識しているか。
(⑨で述べた調査を行っている場合は調査結果を添付し、実施していない場合は考えられる変化量を記入)

- ⑪ 「取り付け管の本管への取付け部について、原則として平面配置は本管に対して 60° の角度とする」と設計指針で定められているが、貴自治体では 90° と 60° もしくはそれ以外の角度の割合はどのようなになっているか。

- ⑫ 「最上流部にあたる取り付け管では、マンホール接続とし本管に対し直線方向から接続する」と設計指針で定められているが、貴自治体ではこれをどれくらいの割合で採用しているか。採用していない個所はどのような接続方法としているか。

資料編

「6 コスト縮減設計事例」詳細資料

国補公共下水道

管渠の敷設コスト削減に関する
調査のための枝線設計委託

報告書概要版

平成9年3月

茨城県水戸市下水道部

目 次

第1章	水戸市の概要	1
1. 1	水戸市の紹介	1
1. 2	水戸市の下水道	1
第2章	比較設計案について	2
2. 1	比較設計箇所の説明	2
2. 2	比較設計案の説明	4
2. 3	比較設計案選定理由	6
2. 4	費用比較	7
2. 5	比較案の評価	9
2. 6	比較案、設計上の取り決めおよび留意点	10
『図面集（縮小版）』		11

第1章 水戸市の概要

1. 1 水戸市の紹介

本市は、茨城県中央のやや東部の太平洋に近接し、市街地の中心は東経 140° 28'、北緯 36° 28' に位置している。市域面積は 175.90km² で、その地形は、那珂川とその支流の桜川の流域によって構成される東部地区、上市及び南西部に広がる水戸台地、八溝山系の外縁部にあたる北西部の丘陵地域の三地域に分けられるが、そのうち台地部分が最も広い面積を占めている。

水戸の「まち」が形成されるに至ったのは、水戸台地に馬場氏が館をかまえたことに始まると考えられる。その後廃藩置県までの 674 年間に水戸の支配者は 4 家を数えたが、特に江戸時代には、水戸徳川家は御三家と呼ばれ格別の待遇を受けながら領域を拡大し、ほぼ今日に見られるような町が形成された。

現在の水戸市は、県都として地方行政、経済、文化、教育の中心都市として発展を続けている。

1. 2 水戸市の下水道

1.2.1 公共下水道

水戸市の下水道は、昭和 28 年から戦災復興事業の一環として、下水道施設の築造に着手したが、当時の下水道は主に雨水による浸水の防除と家庭排水の排除という観点から整備を進めていた。

しかし、家庭排水の排除は当然河川の汚濁を進行させ、自然環境の悪化を招き、このままでは水戸の河川環境を破壊してしまうために、昭和 43 年に浄化センターの建設を織り込んだ事業計画認可の変更を行い、翌 44 年から浄化センターの建設に着手し、昭和 49 年 7 月に国民体育大会の開催と併せて供用を開始した。

現在の公共下水道計画は、水戸処理区の第 1 号公共下水道、水府・青柳処理区の第 2 号公共下水道及び常澄処理区の第 3 号公共下水道という三つの事業を実施している。

各々の計画処理面積及び計画処理人口は下表のとおり。

	計画処理面積	計画処理人口
第 1 号公共下水道	4771ha	258,300 人
第 2 号公共下水道	63ha	2,600 人
第 3 号公共下水道	581ha	10,100 人
全体処理人口普及率	38.2% (平成 7 年度末現在)	

1.2.2 農業集落排水事業

本市の農村集落においては混在化が進み、生活様式の多様化により、生活雑排水の増加が著しく、農業用排水の水質汚濁が進行し、農業生産力の低下及び生活環境が悪化している。

そのため、農業集落内の排水処理施設を整備し、あわせて公共用水域の水質保全を図る。

1.2.3 合併処理浄化槽

本市は、河川等の水質汚濁の原因である汚濁負荷の高い生活雑排水の処理が可能な合併処理浄化槽の補助を行うとともに、家庭でできる汚濁負荷削減方法の啓蒙活動を行い、水質浄化の啓発に努めています。

第2章 比較設計案について

2. 1 比較設計箇所の説明

1. 件名

国補公共下水道 管きょ敷設の建設コスト削減に関する調査のための枝線設計委託

2. 設計場所

本設計場所は、JR常磐線「水戸」駅の南東約2.4km付近で水戸市元吉田町地内～酒門町地内に位置している。

3. 設計内容

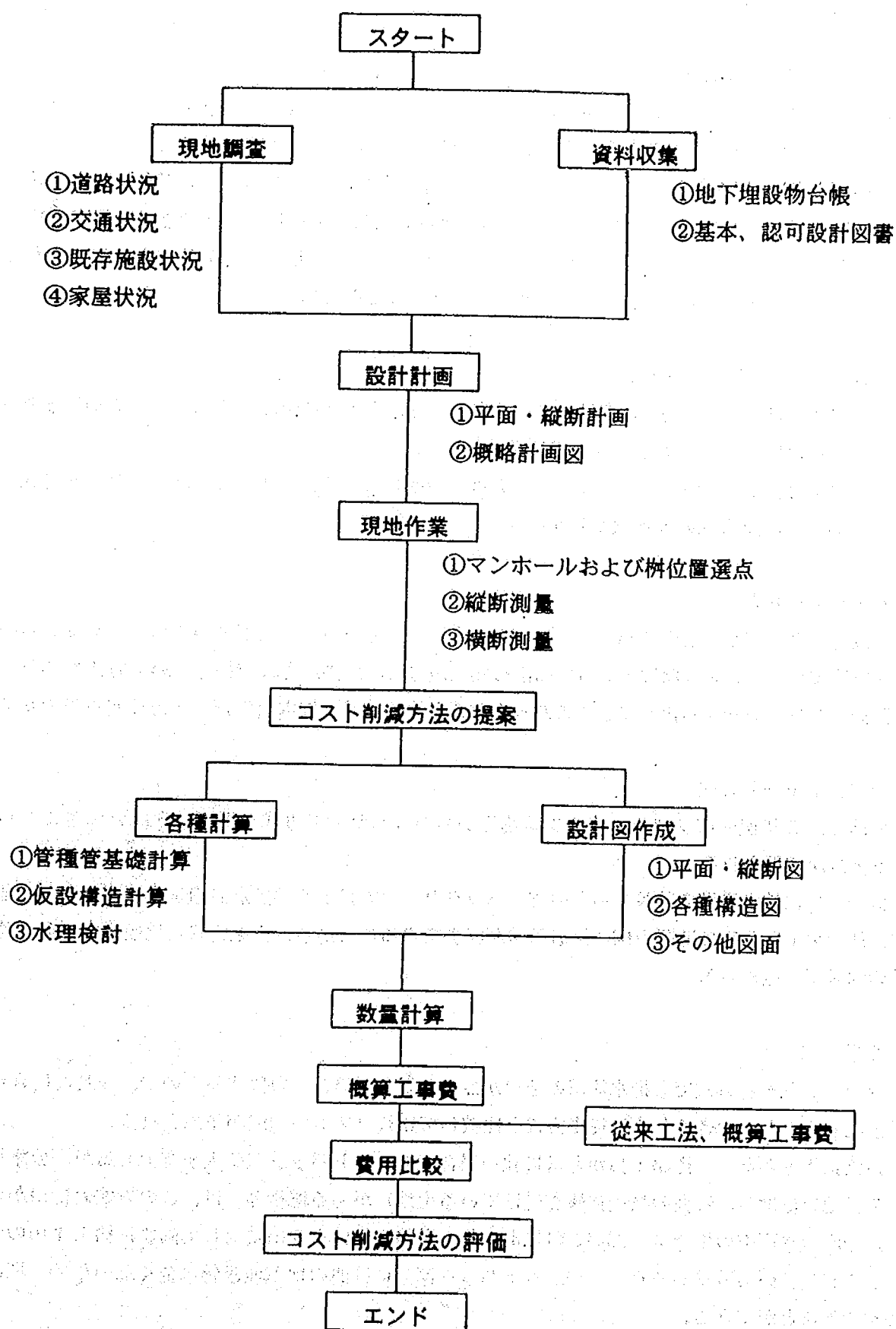
当該設計は、市道吉田39号線に既に敷設されている吉田第1幹線（仕上がり内径φ1350mm）を流末とする污水枝線（延長L=1168m、排水処理面積約20ha）について、管きょ敷設建設コスト削減を目的とした調査、比較設計を行うものである。

4. 比較設計フローチャート

検討に先立ち、当該比較設計のフローチャートを次頁に示す。



管きょ布設コスト削減に関する調査設計、設計フローチャート



2. 2 比較設計案の説明

当該比較設計における建設コスト削減の考え方、方法は「新背割り下水道（コンドミニアル下水道）」について検討を行うものとする。

2. 2. 1 新背割り下水道の概要

新背割り下水道（コンドミニアル下水道）は、コンドミニアム（日本でいうマンション）が縦に共通の排水設備を持っている点に着目し、概念としてはそれを横に寝かせた状態を考えている。

既存の下水道は、ほとんどすべての街路に下水管を敷設して各家庭からはこの下水管に取付管を通して接続しているが、これに対して新背割り下水道は各街区ごとに一カ所程度の接続点で下水管に接続するもので、宅地内や歩道部に浅く敷設し、公的施設としての下水管きよ延長を大幅に減少することができ、また同時にマンホール数も大幅に減らすことができるというものである。

2. 2. 2 新背割り下水道の内容説明

新背割り下水道は、基本的には民地内または歩道部等に管きよを敷設するもので、民地内敷設の場合は個人の責任において建設してもらうことが原則となる。

図2-2の敷設例に示すように、街区の中の排水設備を通す位置によって、バックヤード方式、フロントヤード方式、歩道方式の3種類に分けられる。

1. バックヤード方式

一般的に水を使う台所や風呂、トイレが家の裏に面しているケースが多いため、各家庭からの汚水を裏庭で接続し、これをつなげていって街区の端に設けられた接続点まで持っていく方式である。

敷設例を見ても分かるように、このバックヤード方式が最も排水設備延長を短くすることができる。

2. フロントヤード方式

家屋の配置状況や塀ブロック等の支障物等からバックヤード方式が採用できない場合にフロントヤード方式が採用される。

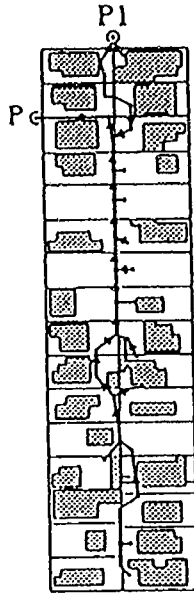
家の前庭に排水設備を敷設するもので、バックヤード方式よりは排水設備延長が長くなると思われるが、他の地下埋設物の問題や舗装復旧面積が減少できることから、従来方式と比較して大幅な建設コストの削減が見込まれる。

3. 歩道方式

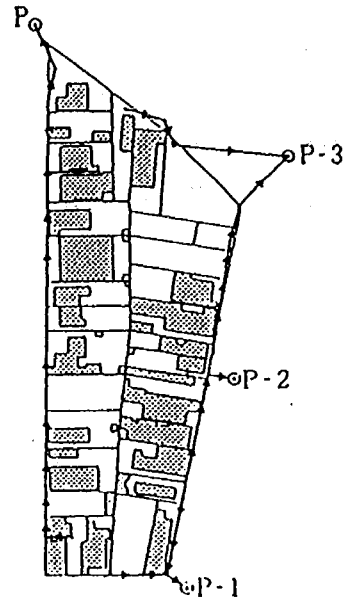
フロントヤード方式でも排水設備の敷設が無理な場合に歩道に敷設するもので、一般には管きよを浅く敷設することができるために従来方式と比較して建設コストの削減が予想される。

道路に歩道がなく、道路巾員が非常に狭い場合でもセットバック（個人所有であるが、公衆用道路として土地を提供し、税金の減免措置を受けている土地）がある道路等では、この方式の採用が考えられる。今回の水戸市の場合是一部がこれにあたり、道路巾員約1.8mに対して両側に約1.1mのセットバックを有している道路があり、そのセットバック部分には他の地下埋設物は全くないため、埋設深さを浅くすることができる。

〈バックヤード方式〉



〈フロントヤード方式〉



〈歩道方式〉

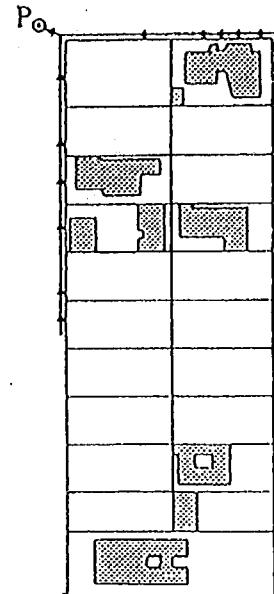


図 2 - 2 コンドミニアル下水道、実際の敷設例

2. 3 比較設計案選定理由

下水道の建設コスト削減を目的とした方法は種々あるが、当該比較設計においては「新背割り下水道」を以下の理由により選定した。

〔選定理由〕

1. 公的施設としての管きょ延長が大幅に削減できる。
2. 民家が道路に面して列状に配置しているため、新背割り下水道に適している。
3. 宅地内排水管を有効に利用できる。
4. 管きょ埋設深さを浅くできる。
5. 他の埋設管の移設を減少させることができる。
6. マンホール設置数を大幅に減少させることができる。
7. 舗装復旧量を減少させることができる。
8. 段階施工の1次施工分とすることも可能である。

2. 4 費用比較

2.4.1 費用比較結果

従来工法と比較案による費用比較を表2-2および表2-3で行う。

表2-2および表2-3の内容は以下のとおり。

表2-2：両案の工種別金額を記載し、従来工法コストに対する比較案コストの金額比率を示す。

表2-3：両案の工種別金額を記載し、直接工事費計に対するの各工種の金額比率を示す。

表2-2 費用比較表(1)

工事部位	工 種	従来工法コスト		比較案コスト				低減率 (%)
		本管部 (千円)	比率 (%)	本管部 (千円)	比率 (%)	排水設備部 (千円)	比率 (%)	
管 きょ		31,174	100	6,890	22	10,365	33	45
マンホール		7,145	100	3,058	43			57
ます、取付管		5,538	100			759	14	86
付帯工	舗装復旧工	14,077	100	2,516	23			77
補償費	地下埋設物移設費	0		0				
直接工事費				12,464	22	11,124	19	
計		57,934	100			23,588	41	59
間接工事費		37,634	100			17,503	47	53
工事価格計		95,568	100			41,091	43	57

※ 比率(%)は従来工法のコストに対する比較案のコストの金額比率である。

表2-3 費用比較表(2)

工事部位	工 種	従来工法コスト		比較案コスト			
		本管部 (千円)	比率 (%)	本管部 (千円)	比率 (%)	排水設備部 (千円)	比率 (%)
管 きょ		31,174	53	6,890	29	10,365	44
マンホール		7,145	13	3,058	13		
ます、取付管		5,538	9			759	3
付帯工	舗装復旧工	14,077	25	2,516	11		
補償費	地下埋設物移設費	0	0	0			
直接工事費				12,464	53	11,124	47
計		57,934	100			23,588	100
間接工事費		37,634				17,503	
工事価格計		95,568				41,091	

※ 比率(%)は直接工事費計のコストに対する各工種のコストの金額比率である。

2.4.2 数量比率

表2-4に数量比較表をまとめる。

比率(%)は各案の概略の数量と従来工法の数量を100%とした場合の比較設計案の数量比率である。

表2-4 数量比較表

工事部位	項 目	従来工法		比 較 案			
		数 量	比率(%)	本管部		排水設備部	
				数 量	比率(%)	数 量	比率(%)
管 きよ	管敷設延長 (m)	φ 250mm 948.94	100	φ 250mm 240.49	25	φ 100mm 1041.93	110
	掘削土量 (m ³)	1589.23	100	34.93	22	513.99	32
	土留延長 (m)	987.30	100	253.5	26		
マンホール (箇所数)	1号マンホール設置工	31	100	15	48		
	特1号マンホール設置工	5	100	1	20		
	小口径マンホール設置工	5	100	1	20		
	副管取付工	1	100	0	0		
ま す 取付管	ます設置箇所数 (個)	57	100			74	130
	取付管敷設延長 (m)	φ 150mm 141.92	100				
	支管取付箇所数 (箇所)	57	100				
付帯工	舗装復旧面積 (m ²)	本復旧 2760.20	100	本復旧 588.65	21		
		仮復旧 710.81	100	仮復旧 222.65	31		
	側溝撤去復旧工 (m)	L型側溝 30.0	100				

2.4.3 費用比較

表2-2および表2-3より次のことがいえる。

「表2-2」

1. 比較案コストは従来工法コストに比べて、直接工事費ベースで41%、工事価格ベースで43%となっている。また、比較案コストの直接工事費比率41%の中でも本管部の比率は22%、排水設備部は19%である。
2. 排水比較案コストが下がっている中で、排水設備部の土工が65%と比較的高い。

「表2-3」

1. 目的物（管布設工、マンホール設置工、樹取付管設置工の累計）の直接工事費に対する比率は両案とも34%となり、仮設物（土工、土留工、付帯工の累計）の約1/2となっている。

2. 5 比較案の評価

2.5.1 コスト面の評価

コスト面からの比較案の評価をまとめると以下のとおり。

〔比較案の評価〕

- ①比較案コストが直接工事費ベースで41%、工事価格ベースで43%であることから、これが実施された場合はかなりのコスト削減になる。
- ②直接工事費比率41%の中でも本管部の比率が22%、排水設備部が19%であることから、本管部だけを公共負担で建設できるとしたら、さらに大幅なコスト削減が可能となる。
- ③当該比較設計では地下埋設物の移設箇所がなかったが、下水道工事の大部分では地下埋設物移設に対する補償費がかなりあることから、標準的な下水道整備ではこの補償費のコストも無視できないことが容易に予想される。
- ④民地内の塀ブロック、コンクリートたたきなどの撤去復旧や樹木の移植などの付帯工の費用が考慮されていないが、それらを考慮しても十分なコストの削減が可能となる。

2.5.2 施工面からの評価

施工面から見た比較案の長所、短所をまとめると以下のとおり。

〔長 所〕

- ①管きょ埋設深さが浅いことから、素掘り工法で施工でき、施工が容易。
- ②民地内は舗装されている箇所が少ないため、舗装切断および舗装版撤去数量が少なく済む。
- ③公道内布設と比較して支障となる地下埋設物が少ないあるいは小さいため、施工スピードが速い。

〔短 所〕

- ①家屋と官民境界までのスペースが狭い箇所は施工しにくい。
- ②民地内布設では塀ブロックや樹木等の支障物がある。
- ③狭い箇所に敷設する場合、掘削深さが制限される。

2.5.3 制度面からの評価

制度面からの比較案の評価については、従来の制度では対応しきれない問題点の洗い出しということになる。問題点を以下にまとめる。

〔制度上の問題点〕

- ①土地計画決定など事業認可段階においては区画割りなどの詳細な立案・計画が必要となる。その際に綿密な地元説明および周知徹底が必要。
- ②都市計画法および下水道法における受益者負担制度を根本から覆す方式であることから、下水道使用料金体系などの下水道財源上の制度の見直しが必要。
- ③既成事業認可区域において、従来方式との整合性を図り、不公平感に対する調整を図ることが必要。
- ④住民の不平等感に配慮して下水道使用料を安くする等の対応を行う場合、下水道料金の改訂は議会承認が必要となる。
- ⑤維持管理が各個人となる場合は清掃の方法、頻度等について制度化する必要がある。特に管径が小さくなることから、維持管理は重要な問題となる。

- ⑥施工時における施工管理についても公的機関による何らかの指導が必要と考えられる。
- ⑦官地横断等で官地に敷設する場合は個人が敷設するのか、その際に掘削申請手続きは誰がやるのかなどの点について制度上の整理が必要。
- ⑧土地の売買等による地上権等の権利上の問題点がある。地上権設定などの土地所有権の問題の整理が必要。

2.5.4 その他の点における評価

コスト面、施工面、制度面からの比較案の評価を行ってきたが、その他の点についての評価をここにまとめる。その他の点における比較案の評価（問題点）は以下のとおり。

〔その他の問題点〕

- ①新背割り方式は地元の協力が不可欠であり、その調整が困難であると予想される。
- ②他人の汚水が自分の敷地を流下することに対して、住民が嫌悪感を持つ可能性が高い。

2.6 比較案、設計上の取り決めおよび留意点

新背割り下水道の設計上の留意点をまとめると以下のとおり。

1. 管きょおよび柵について

- ①管きょおよび柵はそれぞれ塩ビ管、塩ビ柵を使用する。
- ②新背割り下水道はφ 100mm を最小管径とし、管きょの 5.0 π -ミを最小勾配とする。
- ③管基礎は砂基礎とする。
- ④柵は内径φ 200mm とし、宅内排水管の流入を考慮して 90Y 型（90° 流入管対応）、WL 型（90° 流出管対応）または 90L 型（90° 会合点对应）を使用する。90° 以外の細かい角度については当該比較設計では無視する。
- ⑤清掃等の維持監理を考慮して、柵ピッチは 30m 以下とする。

2. 埋設深さについて

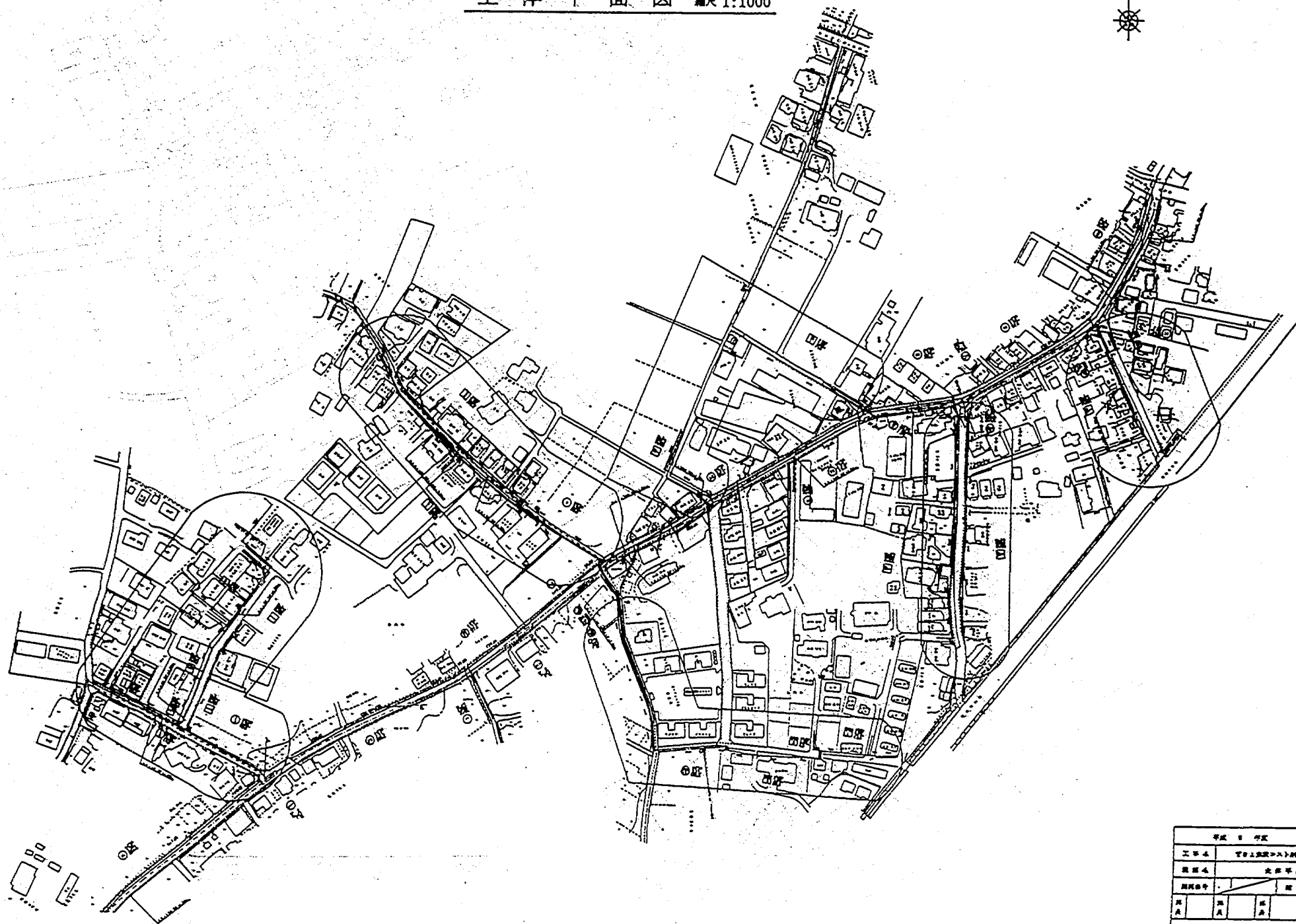
- ①宅地内の最上流点における最小土被りを 0.2m とする。
- ②管底高については宅地内の管きょを塩ビ管φ 100mm、5.0 π -ミで考えて決定する。
- ③柵位置でのステップは考慮しない。

3. 土工について

- ①掘削深 1.5m 以下は人力掘削で斜掘（1:0.1 勾配）とする。また 1.5m～2.7m までは木矢板工法とする。
- ②埋戻しは埋戻し用砂で考える。

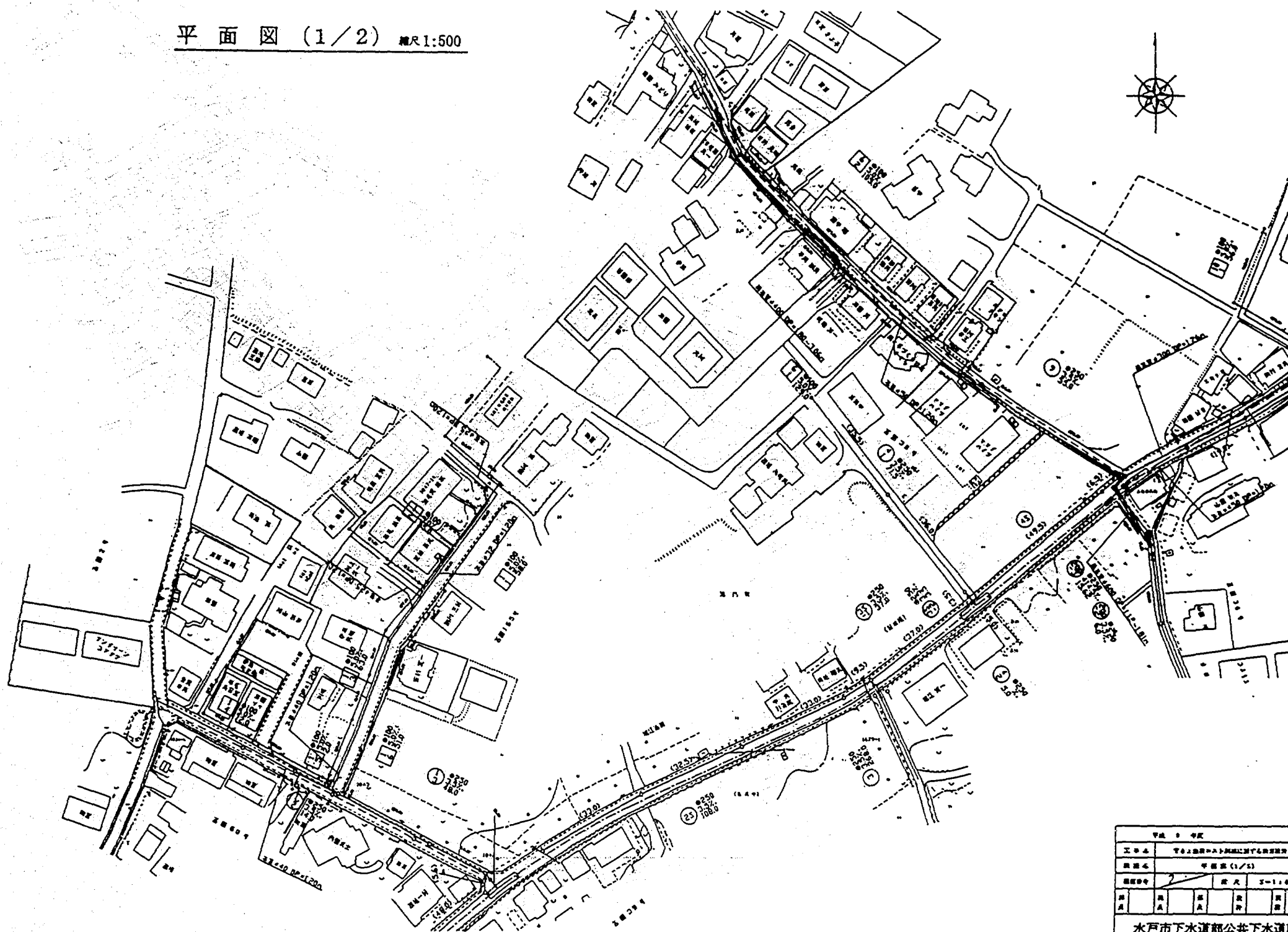
個人負担による施工のため、実際は発生土埋戻しの可能性もある。

設 計 図 面 (縮小版)



平成 8 年度				
下水道部公共下水道課				
水戸市下水道部公共下水道課				
図面番号	縮尺 1:1000			
図面名	図面	図面	図面	図面

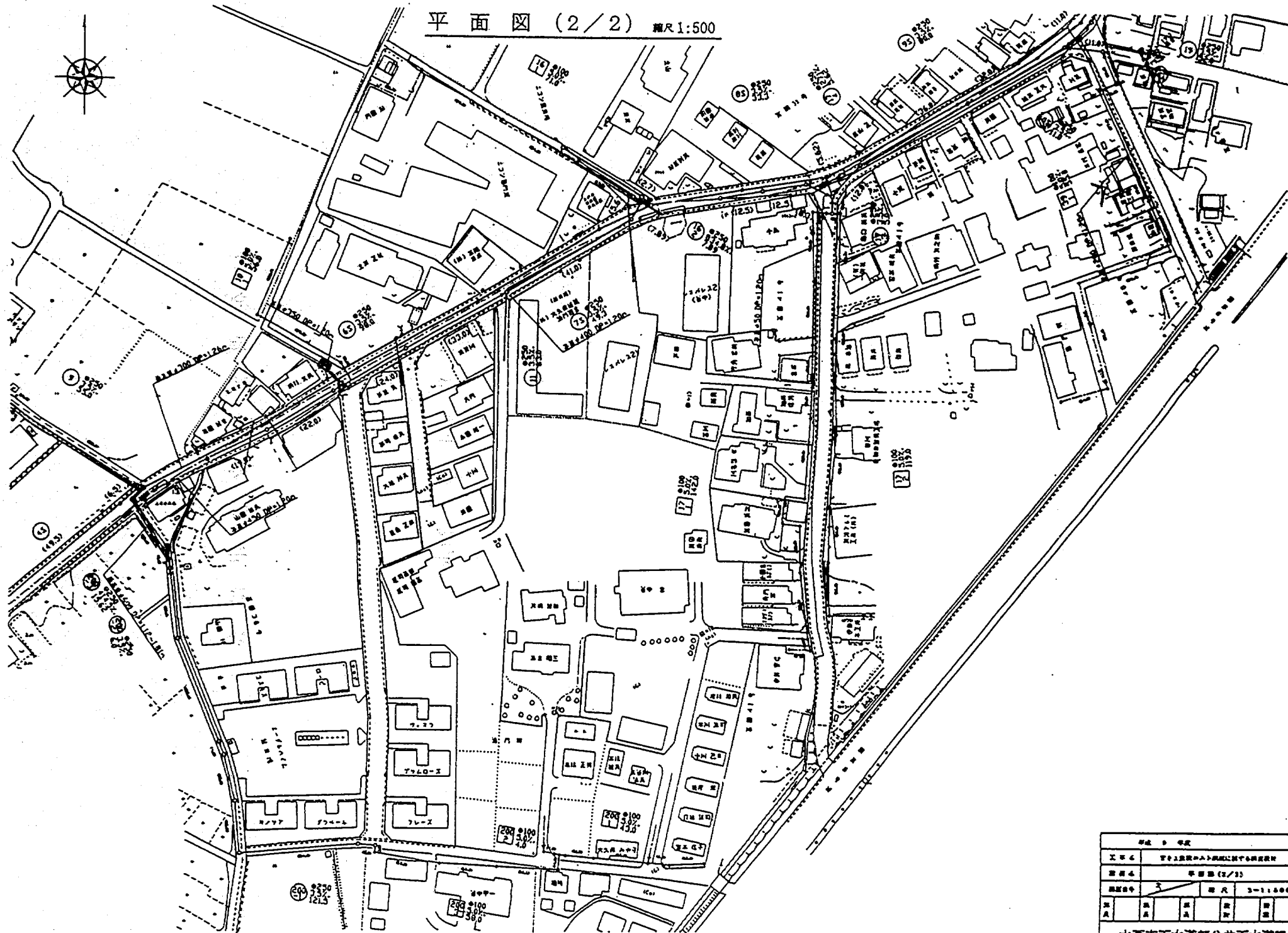
平面図 (1/2) 縮尺 1:500



平成 9 年度				
工事名	管内下水道ネット化に伴う下水道管			
図面名	平面図 (1/2)			
図面番号	2	図尺	3-1:400	
図点	図点	図点	図点	図点

水戸市下水道部公共下水道課

平面図 (2/2) 縮尺 1:500



図説				
工事名	官公庁施設への下水道接続工事			
図面名	平面図 (2/2)			
縮尺	1/500	縮尺	1/500	
図面	図面	図面	図面	図面

水戸市下水道部公共下水道課

緩 傾 斜 地 に お け る
末 端 管 渠 の コ ス ト 低 減 策

平成 9 年 3 月

彦 根 市 下 水 道 部 建 設 課

1.1 彦根市の紹介

彦根市は日本列島のほぼ中央部に位置し、東西 6 キロメートル、南北 16 キロメートルで面積 98.15 平方キロメートル、人口 10 万 4000 人程のまちです。東には鈴鹿の山並、西には近畿 1400 万人の水がめ琵琶湖をひかえ、白浜青松の湖岸から多景島、竹生島、沖の島等が遠望でき、南部には古代からの穀倉地帯が広がる水と緑に恵まれた中核都市であります。

「明日に向かって息吹のみなぎるまち」を将来像として、先人から引き継ぎ育んできた自然、歴史、文化など数多くの資源にさらに磨きをかけ、住みたい、住み続けたいと感じるまちづくりをめざしています。また、真に豊かでゆとりある 21 世紀の扉を開くべきまちとして伸びようとしております。

交通は、南北を貫通する鉄道網や道路網が数多く整備され、県東北部の交通網の拠点として位置づけられています。鉄道は、JR 東海道琵琶湖線に四駅、私鉄近江鉄道線に四駅、また北に隣接する米原町には新幹線の米原駅があって北陸本線とも接続しております。道路では、名神高速自動車の彦根インターをはじめ、国道 8 号線、国道 306 号線や主要地方道が縦横に伸び、連絡交通網が整備されています。この利便性を生かし、うるおいのある文化と観光の城下町として伸びております。

彦根市民の心のよりどころであり、全国各地からたくさんの観光客が訪れる彦根城は、徳川家の重臣、井伊氏によって築かれました。慶長 5 年（1600）の関ヶ原の合戦で抜群の功績をあげ、石田三成の代わりに佐和山城の城主となった井伊氏が、直継の時世、慶長 8 年（1603）に彦根山での城普請に着手し、7ヶ国 12 大名の動員をえて、元和 8 年（1622）に完成させました。明治初年の城郭破壊の難を免れた白亜の天守閣は、昭和・平成の大修理を経て、いまでも住時の美しく優雅な姿のまま山頂にそびえています。この優れた歴史遺産を後世に継承するため、現在、文化庁などで世界文化遺産への登録が検証されており、暫定リストにも登録されています。

1.2 下水道事業の歴史

本市の下水道事業は、琵琶湖流域下水道事業彦根長浜処理区の関連公共下水道事業として、昭和 56 年に 3,467 ヘクタールの基本計画を定めました。当初の事業認可区域は 445 ヘクタールで、昭和 57 年度から城を中心とした市街地より着手し、本市の下水道事業が幕を開けました。

当時は下水道の認識も浅く、2 市 17 町の流域を受ける処理場の所在地として、日夜住民の理解を求める連続でありました。しかし、職員の努力のいかもあって、徐々に住民の理解も深まり、下水道に対する知識や認識も高まり、現在では未整備区域の住民から早期整備の要望も強くなってきました。そのため計画的に整備区域の拡大を図りながら推進し、現在では事業認可区域も 1,358 ヘクタールに拡大し、下水道整備事業を市の重点施策として位置づけ、早期完了をめざしております。

今後の整備計画としては、多様化する市民ニーズに応えるために、広範囲にわたる施工計画をたて、JR4 駅の市街化区域を拠点として整備拡大を図っています。また、市街化調整区域においても、流域下水道幹線の工事と整合性を図りながら整備を進めております。その手法も一般公共下水道の他に、市域南部及び琵琶湖沿いの区域では緊急下水道整備特定事業、また農村部では特定環境保全公共下水道事業など、多角的に推進しております。年間計画としては整備面積を約 120 ヘクタール、管渠埋設が約 24 キロメートルを目標

し、普及率の伸びを年間 5 パーセントとなるよう事業費の確保等に努めております。

整備区域の拡大を図るなか、平成 3 年度から滋賀県東北部浄化センターの一部稼働に伴い、本市の整備完了した 252 ヘクタールの区域で一部供用を開始しました。現在では供用区域も大幅に拡大され、整備完了区域は 727 ヘクタールであり、普及率は 31.2 パーセントになっております。処理区域内人口 3 万 2699 人を対象に事業効果を図るべく水洗化の普及啓発に努めております。

1.3 下水道類似施設

農業集落排水事業

(農村下水道)

公共下水道整備が相当期間遅れる区域

(7 処理区、13 集落) を対象に整備、H8 年度完了。

合併処理浄化槽

現在 1,040 基の合併処理浄化槽設置されている。

滋賀県の生活排水対策の推進に関する条例（水すまし条例）の施工（平成 9 年 4 月 1 日）により、下水道整備が 7 年以上見込めない区域を対象に合併処理浄化槽の設置が義務化される。今後、年間に約 200 基程度の増設を見込んでいる。

公共用水域の水質保全と生活環境の改善のため、多方面の事業と調整をしながら、効率的に下住民の生活排水対策を進めています。

2.1 比較設計箇所の概要

- ・滋賀県彦根市のほぼ中央部に位置する。(掘町)
- ・農地に囲まれた農村集落である。
- ・近接地では宅地開発が進んでいる。
- ・比較的平坦地で地下水位が高い。(用水路が走る。)
- ・幹線道路も整備されつつあるが、集落内のコミュニティ道路は極めて狭い。

2.2 比較設計案の概要

1. 汚水管渠の最小管径を 150 mm とし、取付用管渠径を 125 mm とする。
2. 人孔は、原則として起点部及び合流部を除き塩ビ製マンホール（φ300 mm）とする。
3. 管渠最小土被りを、最上流の取込まで考え可能な限り浅くする。(ただし重車両の入らない集落内のコミュニティ道路とする。)
4. 掘削深 1.5m までの区間を増やし、その素掘区間の掘削幅を 0.6m とする。
施工性において、管の据付、心出し、砂基礎、締固め、埋戻転圧も可能である。
5. 防護砂は管渠上部 10 cm までとする。(在来は 30 cm である。)
6. 人孔間距離は在来通り最大 60m のままとする。

管勾配は $\phi 150$ mmで3.0%以上とする。

満管流速 $V = 0.614$ m/sec

満管流量 $Q = 0.0108$ m³/sec

2.3 比較設計案選定の理由

当該区域の土地条件は、

- ① 平坦地が多い。
- ② 道路幅員が狭い
- ③ 民家は一定の距離をおいて家屋がはりついている。

となっており、標準的な既存集落である。そのため勾配の工夫等の低コスト化は計れない。また、他の地下埋設物（特に水道管）の移設工事に伴う補償費を減らすため、非開削工法による塩ビ管推進工法を採用することも、部分的立坑が必要となること、取付管施工は別途開削施工が発生すること、道路が狭い曲がりの多い道もあること、水道管が石綿管である区間があること、の諸条件より、具体的な解決策にはならない。そのため、基本に立ち返り、開削工法による管渠施工の各施工項目の内、市の管理上問題が少なく、材料費、施工費の中で安全性を確保しつつ下げられる項目は何かを考えた。その内管渠施工の土留、土工を重点的に減らし低コスト化を計ろうとするものである。

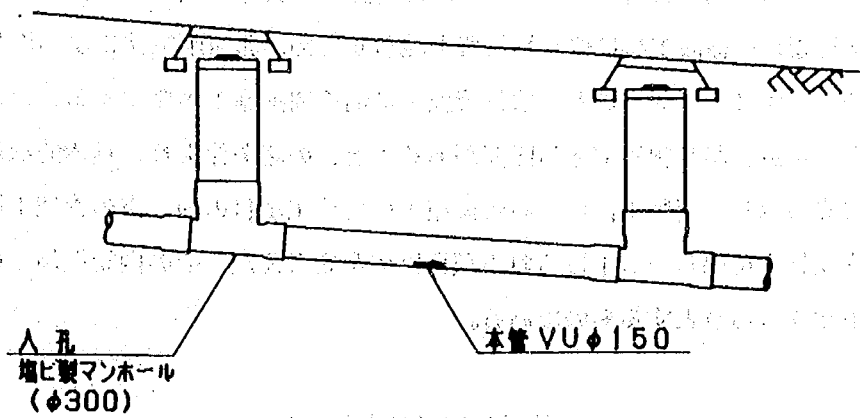
条件的に

- ① 上流区間で平坦地も含め比較的道路勾配が確保できる。
- ② 既存集落であり、上流の今後の開発も比較的少ないと考えられる。

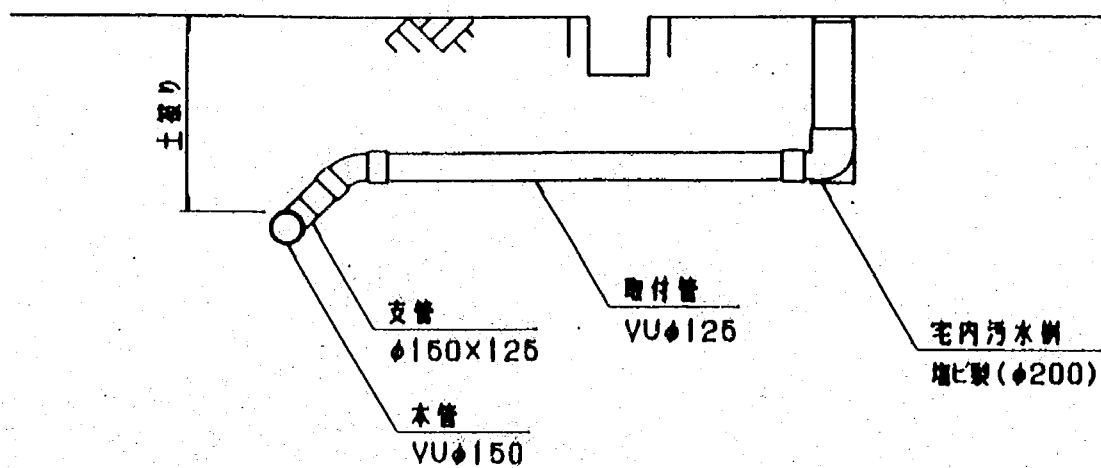
対象流域 3.43ha で流量にして 0.0021m³/sec の汚水量である。

2 - 4. 比較採用案の概要図

縦断イメージ図



取付断面図



3 費用比較

3.1 費用比較表

検討路線延長 L1=11000.70 m

素掘効果対象延長 L2= 625.40 m

<単位：千円>

工 事 部 位	項 目	在来工法コスト	比較案コスト	増 減	
管 渠	土 工	20,518	12,610	▲ 7,908	38.5%減
	土 留 工	11,209	5,277	▲ 5,932	52.9%減
	管 敷 設 工	4,339	3,149	▲ 1,190	27.4%減
	水 替 工	151	148	▲ 3	2.0%減
	小 計	36,217	21,184	▲ 15,033	41.5%減
マンホール	1号組立マンホール築造工	23ヶ所	15ヶ所		
	楕円組立マンホール築造工	31ヶ所	10ヶ所		
	塩ビ製小型マンホール築造工		29ヶ所		
	小 計	11,704	7,465	▲ 4,239	36.2%減
ま ず 取 付 管	ます設置工	1,502	651	▲ 851	56.7%減
	取付管敷設工	2,564	2,294	▲ 270	10.5%減
	支管取付工				
	小 計	4,066	2,945	▲ 1,121	27.6%減
水 替 え 等					
付 帯 工	舗装工（仮復旧・本復旧）	13,984	12,828	▲ 1,156	8.3%減
合 計		65,971	44,422	▲ 21,549	32.7%減

3.2 費用比較結果

検討路線延長 L 1 = 1100.70 m
 素掘効果対象延長 L 2 = 625.40 m

<単位：千円>

工 種	従来工法コスト	比較案コスト	増 減	
管 渠 工	36,217	21,184	▲ 15,033	41.5%減
マンホール	11,704	7,465	▲ 4,239	36.2%減
ます・取付管	4,066	2,945	▲ 1,121	27.6%減
舗 装 工	13,984	12,828	▲ 1,156	8.3%減
合 計	65,971	44,422	▲ 21,549	32.7%減

3.3 比較案の評価

コスト面：全体工事費に占める管渠工の低コスト化が計れる。

→ 素掘施工を全体の約 57%とできたことにより約 15,033 千円（直工）減額でき、全工事費約 21,549 千円減額の内の約 70%を占めるまでとなる。

施工面：従来の工法と基本的に変わりなく、素掘の掘削幅が狭く（0.8m が 0.6m と）なることを除いては、浅い掘削区間が増えたことで施工性は良くなる。

制度面：最小土被り可能な限り浅くすること。（1.20m → 1.00m → 0.80m）→ 道路管理者との調整は可能である。

素掘幅をバケット幅より 0.6m とすること。

土留支保工設置時の掘削幅 1.0m とすること。

→ 日本下水道協会「下水道設計積算要領（1996 年版）」（都市局監修）素掘採用幅の考え方と合致しない。

汚水管渠の最小管径を 150 mm とし、取付用管渠径を 125 mm とする。

→ 下水道施設計画・設計指針と解説（1994 年版）に合致しない。

問題点：地形条件の違いにより、低コスト化率が減少することがある。

① 上流路線で道路勾配が管勾配と逆になる。

② 平坦地が多い地形。 等

4. 考察

4.1 費用比較（単価比較）

工 種	在来工法コスト	比較案コスト	備 考	条 件
管 渠 工	32,905 円/m	19,247 円/m	▲ 13,658 円/m	d = 0.8~2.5
マンホール	183,361 円/ヶ所	75,517 円/ヶ所	▲107,844 円/ヶ所	MH = 0.96~2.04
ます・取付管	75,314 円/ヶ所	54,562 円/ヶ所	▲ 20,752 円/ヶ所	標準掘深 0.8m

4.2 実流速の比較

$Q = 0.0001 \text{ m}^3/\text{sec}$ （最小流量）

実流速 $V = 0.211 \text{ m/sec}$ → VUφ 150

$V = 0.207 \text{ m/sec}$ → VUφ 200

$Q = 0.0011 \text{ m}^3/\text{sec}$ （最大流量）

実流速 $V = 0.388 \text{ m/sec}$ → VUφ 150

$V = 0.377 \text{ m/sec}$ → VUφ 200

管渠敷設費削減のための比較設計業務

オンラインホールディングタンク（案）

概 要 書

平成 9 年 3 月

京都府舞鶴市

目 次

1. 舞鶴市の概要	1
1-1 舞鶴市の紹介	1
1-2 下水道事業の概要	2
2. 比較設計案	3
2-1 設計対象区域	3
2-2 比較設計案について	3
2-3 比較設計案の選定理由	3
2-4 施設設計	5
(1) 設計の手順	5
(2) オンラインホールディングタンクの必要容量	6
(3) オンラインホールディングタンクの構造	9
(4) 圧送管計画	11
3. 費用比較	14
3-1 概算事業費の比較	14
3-2 比較案の評価	15

1. 舞鶴市の概要

1-1 舞鶴市の紹介

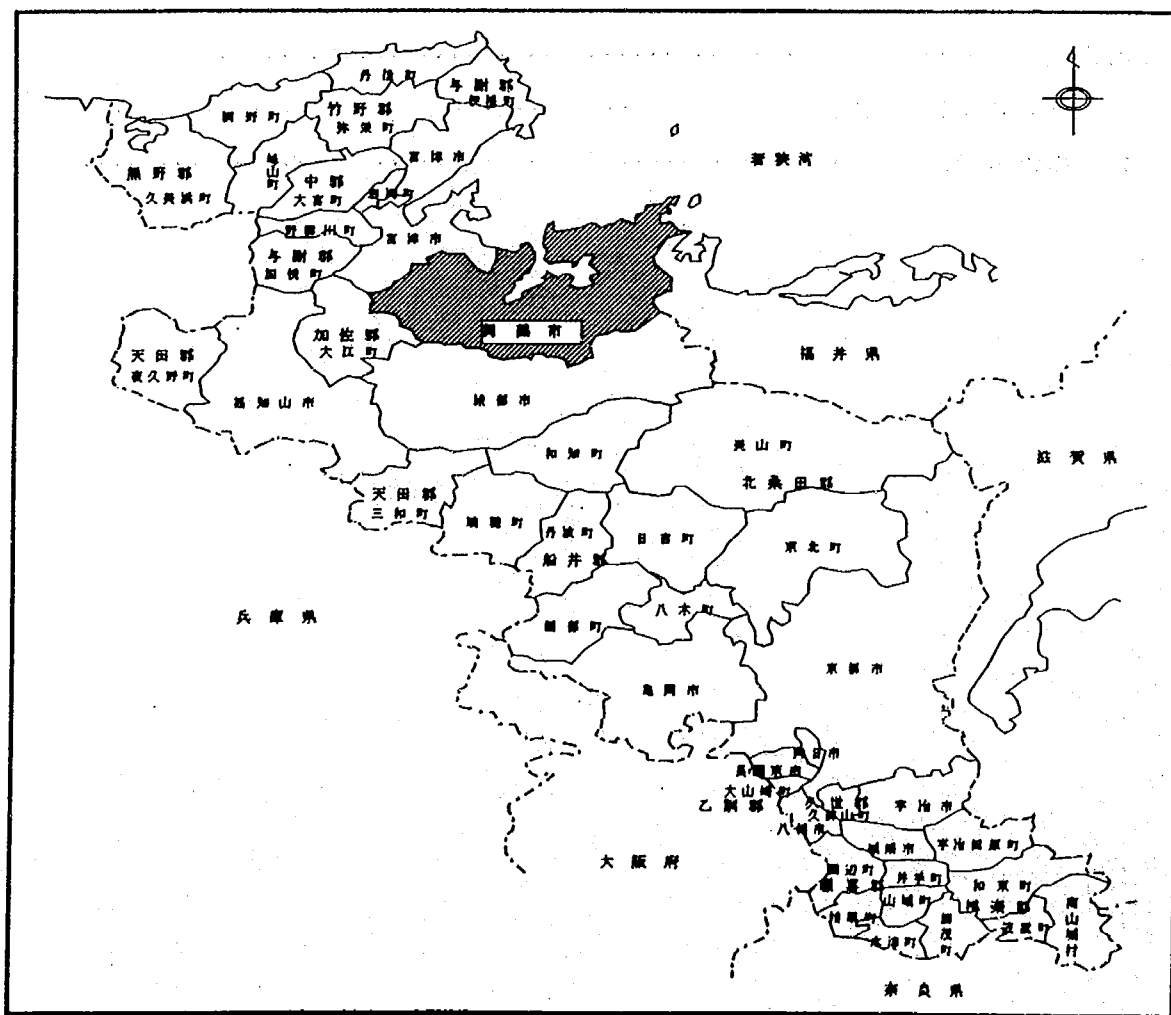
舞鶴市は京都府の北東部に位置し、若狭湾に面した人口約95,000人の近畿北部の拠点都市である。

舞鶴市は大きく西地区と東地区に分かれ、西地区は主に商工業によって発展し、東地区は軍港都市として栄えてきた。この東西両市が昭和18年に合併し、現在の「舞鶴市」となった。

舞鶴港は太平洋戦争の終結によって大陸からの引揚者の受入港となり、13年間にわたって66万人余を迎え入れ、最後まで残った“引揚げのまち”として有名である。

その後、旧軍施設及び用地を転換利用した新しい街づくりを進め、「世界に開かれた海洋文化都市」として広く交流を進めるとともに、特に日本海貿易港路の拠点港として発展を続けている。

図1-1 舞鶴市位置図



1-2 下水道事業の概要

本市は、地形的に市街地が東、中及び西の3地区に分かれていることから、当初、それぞれ独自の処理区として計画した。昭和44年に人口集中度の高い東処理区から供用開始し、西処理区については平成7年5月に供用を開始したところである。

今回調査対象となった中地区については、当初計画を変更し、汚水を東処理区に圧送して処理することとし、平成7年度から事業着手し、平成9年6月頃の供用開始を目指して、現在中ポンプ場の建設及び処理区域の拡大に努めている。

一方、広範な行政区域には多くの集落があり、その集落の一つである野原地区においてモデル事業として全国初の回分式活性汚泥法を採用し、昭和59年7月から供用開始している。

また、農水省所管事業として、平成6年10月に成生地区を漁業集落排水処理施設として供用開始し、引き続き、4地区において農業及び漁業集落排水事業に取り組むなど平成8年8月に定めた「舞鶴市水洗化総合計画」に基づき全市的な水洗化を推進しているところである。

本市の下水道の概要及び執行状況を表1-1、表1-2、及び図1-2に示す。

表1-1 公共下水道整備状況（平成8年度末見込）

	東処理区 (ha)	西処理区 (ha)	計 (ha)
全体計画 (A)	1,232	944	2,176
認可計画 (B)	891	325	1,216
整備面積 (C)	580	188	768
整備率	対全計 (C/A)	47%	20%
	対認可 (C/B)	65%	58%
人口普及率	44% (但し、合併浄化槽を含む総合普及率 49%)		

表1-2 事業種別による整備状況（平成8年度末見込）

事業区分	比較	全体計画		着手状況	
		処理区数	現況人口	処理区数	供用、着手人口
公共下水道事業		2	83,700	2	41,700
特定環境保全公共下水道事業		4	1,400	1	340
農業集落排水事業		32	7,500	2	270
漁業集落排水事業		3	500	3	480
合併処理浄化槽設置整備事業		18	1,500	平成8年度補助制度開始	3,970 (120)
合計		59	94,600		46,760
既投資事業費総額 (億円)		333 億円			
概算事業費総額 (億円)		1,000 億円			

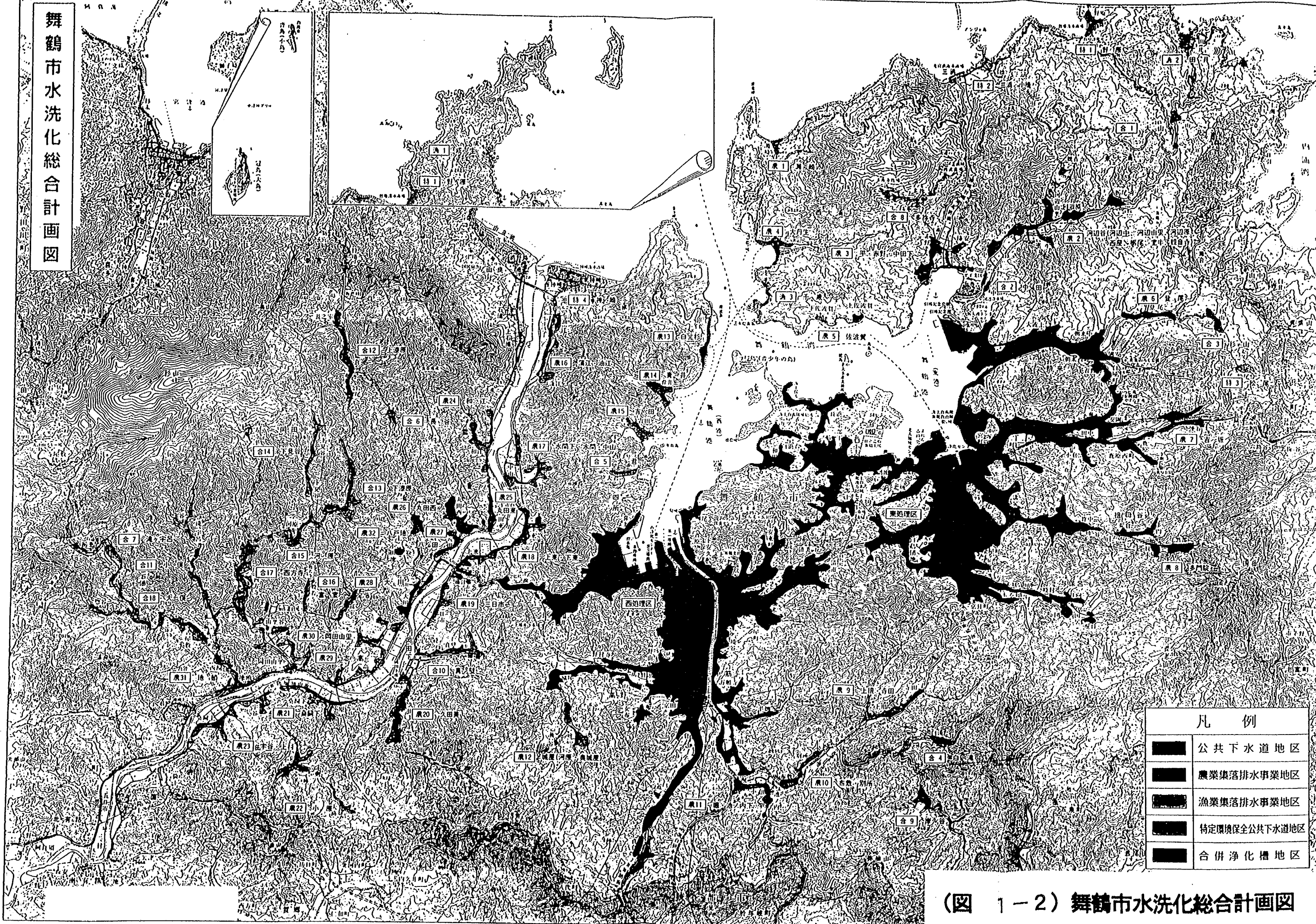
Financial Statement Preparation and Review

This section details the steps involved in preparing the financial statements. It includes instructions on how to aggregate the data from various sources and how to format the reports according to the required standards. The review process is also outlined, ensuring that all figures are accurate and that the statements provide a true and fair view of the financial position.

Internal Controls and Compliance

Control Area	Description	Responsible Party	Frequency
Cash Handling	Receipt and Disbursement	Clerk	Daily
Inventory Management	Stocktaking	Storekeeper	Monthly
Fixed Assets	Depreciation Calculation	Accountant	Quarterly
Tax Compliance	Tax Return Filing	Tax Officer	Annually
Audit Trail	Record Keeping	All Staff	Continuous
Budgeting	Variance Analysis	Finance Manager	Monthly
Risk Assessment	Fraud Detection	Internal Auditor	Bi-Annually

舞鶴市水洗化総合計画図



凡 例	
	公共下水道地区
	農業集落排水事業地区
	漁業集落排水事業地区
	特定環境保全公共下水道地区
	合併浄化槽地区

(図 1-2) 舞鶴市水洗化総合計画図

2. 比較設計案

2-1 設計対象区域

中地区においては、処理場用地の確保が困難であること等により、当初計画を変更して東処理区に統合し、汚水の中ポンプ場より東処理区まで圧送する計画とした。したがって、圧送先は東処理区の既設管となり、ある程度の余裕を確保できる管路まで送水するものとした。

表 2-1 中ポンプ場の計画諸元

面 積 (ha)	186.8		
人 口 (人)	9,243		
汚 水 量 (m ³ /日)	日 平 均	日 最 大	時 間 最 大
生 活	4,339	5,852	8,385
工 場	180	180	360
計	4,519	6,032	8,745

2-2 比較設計案について

圧送管の放流先は既設管の流下能力の制約により、市街地の中心部まで送水せざるを得ない計画となるが、圧送管の下流部約φ 490mの区間は、交通量、地下埋設物及び河川横断などから施工が極めて困難である。

したがって、圧送区間を短縮し出来る限り上流側の既設管に放流するため、圧送先の近傍に流出調整用のタンクを設置して流量を平滑化し、下流側管渠の流下能力を最大限利用する方法を考察した。

本比較設計では、この圧送管の事業費を低減させることを考察したものであり、流出調整用タンクを比較設計案として『オンラインホールディングタンク』と呼称し、その必要容量や構造を検討し、圧送案と比較することによってその有用性を示したものである。

2-3 比較設計案の選定理由

本検討は、当初計画されていなかった区域を取込み、増加した汚水を既設管で流出させるために効果的な手法として考案したものである。

すなわち、汚水管の途中に流出調整用タンクを設けて、下流側の汚水の時間変動を平滑化し、管渠設計時の管径、余裕率等の低減をはかることを目的としたものである。

本案を採用することにより、管渠の建設コストの削減が期待できるため、オンラインホールディングタンクを比較設計案として選定した。

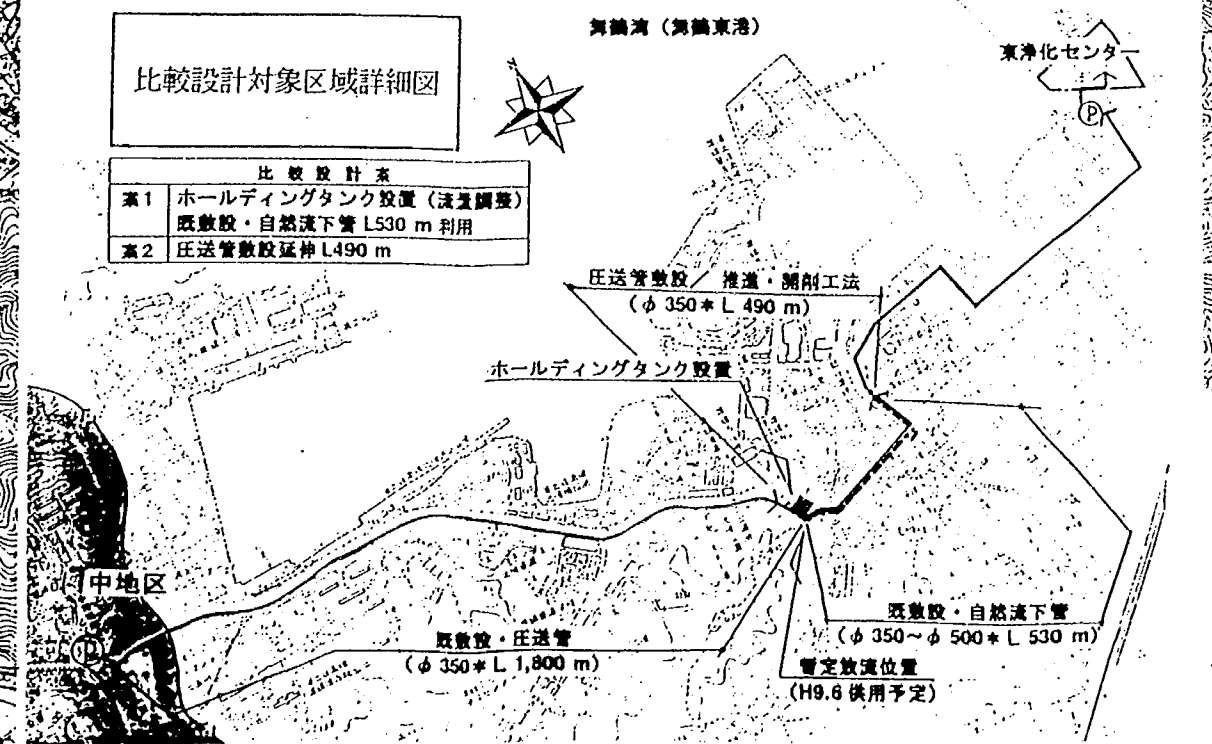
4. The fourth part of the document discusses the implications of the findings. It suggests that the results have significant implications for the field of research and may lead to further developments in the future.

図2-1 比較設計対象区域位置図



比較設計対象区域詳細図

比較設計案	
案1	ホールディングタンク設置 (流量調整) 既敷設・自然流下管 L530 m 利用
案2	圧送管敷設延伸 L490 m



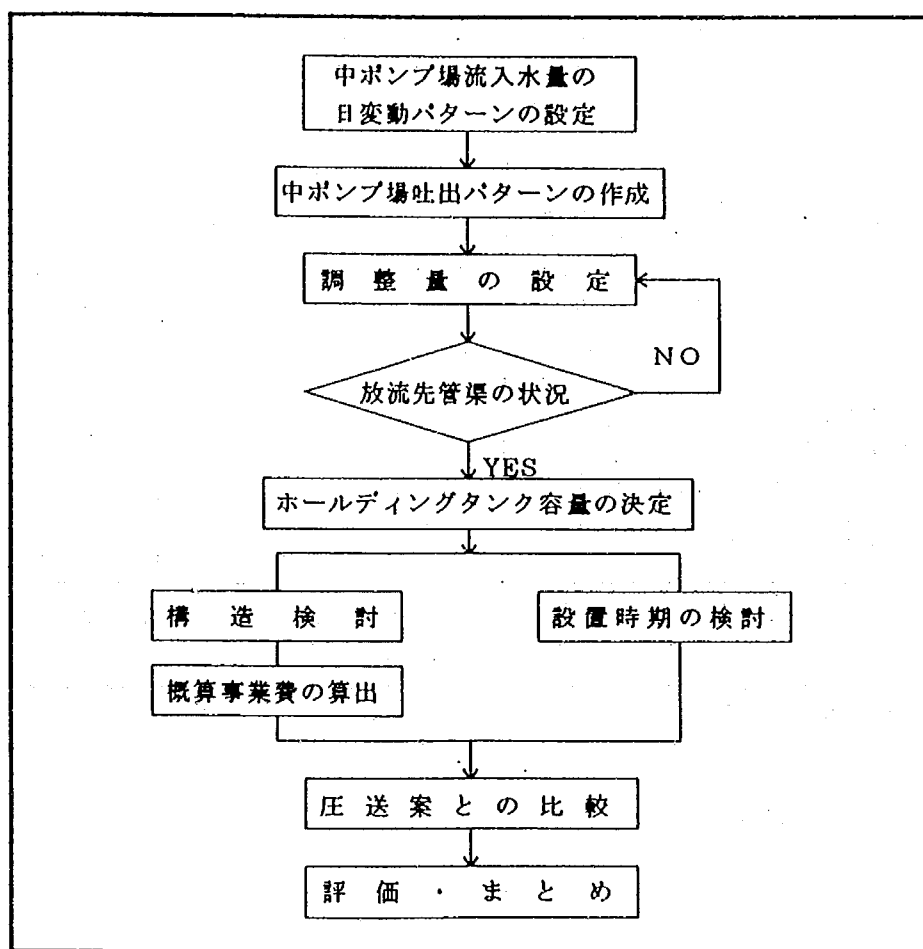
2-4 施設設計

(1) 設計の手順

オンラインホールディングタンクの設計は、図2-2のフローにしたがって行うものとした。

設計対象流量は日最大汚水量とし、タンク容量を決定するための調整量の設定は、既設管の流下能力を最大限に利用して定めるものとした。すなわち、一部の区間では満管状態あるいは満管に近い状態を許容してタンクでの調整量を少なくし、タンク容量の大型化を防止するものとした。

図2-2 検討フロー



(2) オンラインホールディングタンクの必要容量

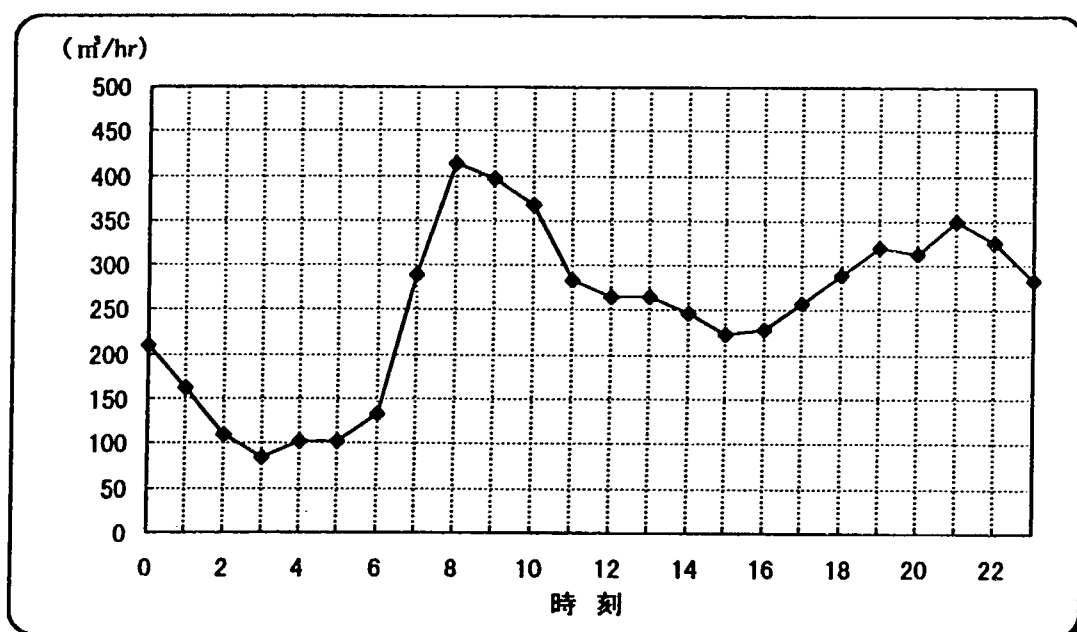
① 中ポンプ場流入水量の日変動

ホールディングタンクの必要容量は、流入汚水量に日変動がある中で1日単位で調整が完結できるような規模が必要となる。したがって、まず中ポンプ場へ流入する汚水量の日変動パターンを設定した。

日変動パターンは、舞鶴市の東処理場の実績値（平成6年12月1日測定）に基づく変動比を採用するものとした。

設定した日変動パターンを用いて、中ポンプ場の計画汚水量を基に時間流入量を設定した。これを図2-3に示す。

図2-3 中ポンプ場流入水量の日間変動



注) 日最大を示す。

②中ポンプ場の吐出パターン

前項で設定した中ポンプ場への流入水量の日変動パターンを図2-4のフローにしたがって吐出パターンに変換する。結果を図2-5に示す。

図2-4 吐出量の変動パターン作成フロー

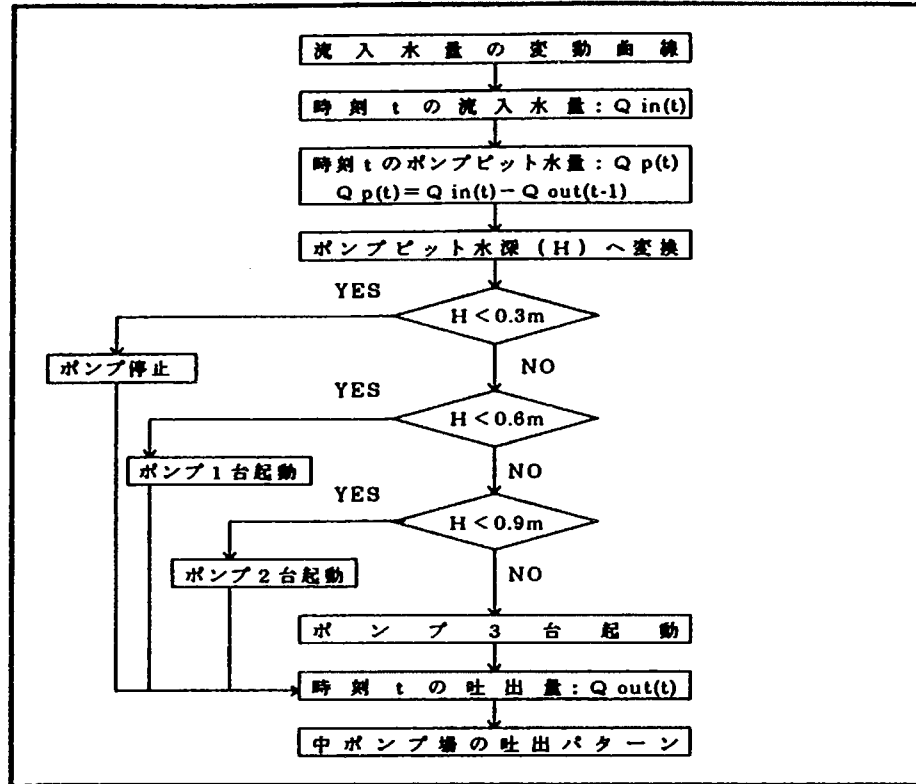
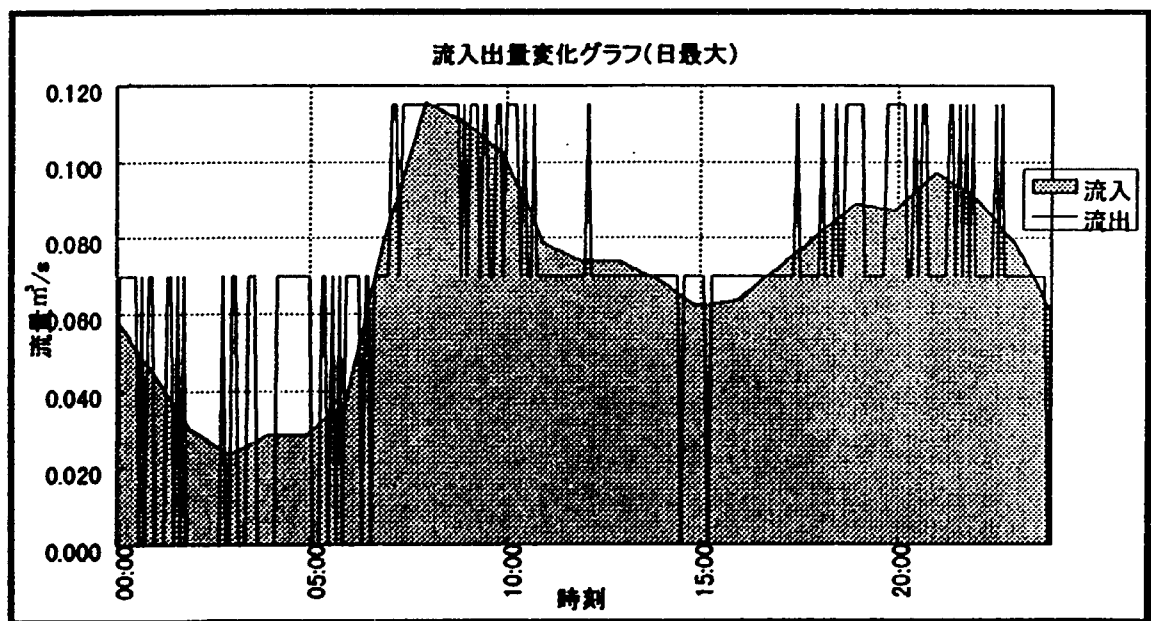


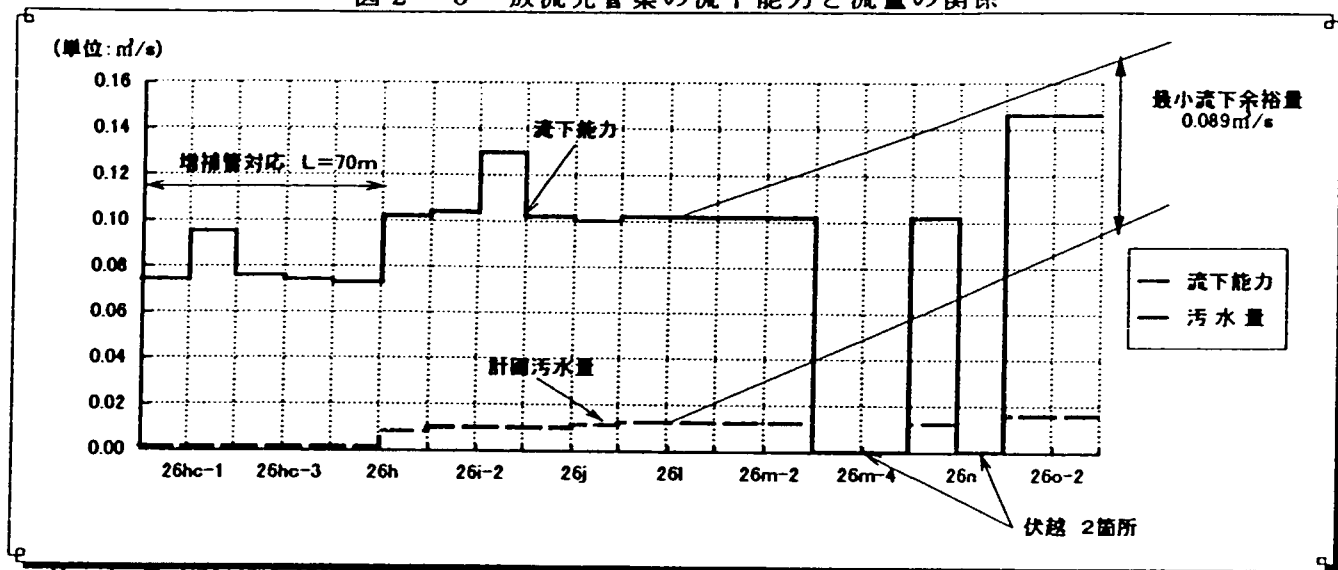
図2-5 中ポンプ場吐出量の日変動パターン



③必要容量

オンラインホールディングタンクは既設管の流下能力以上の汚水を貯留させる施設であるため、その必要容量は、既設管へどれだけ流すのかによって決まる。したがって、タンクの容量は図2-6により求めた放流先管渠の最小流下余裕量をカットラインとして、図2-7に示すようにそれ以上の汚水を貯留可能なものとして設定した。

図2-6 放流先管渠の流下能力と流量の関係

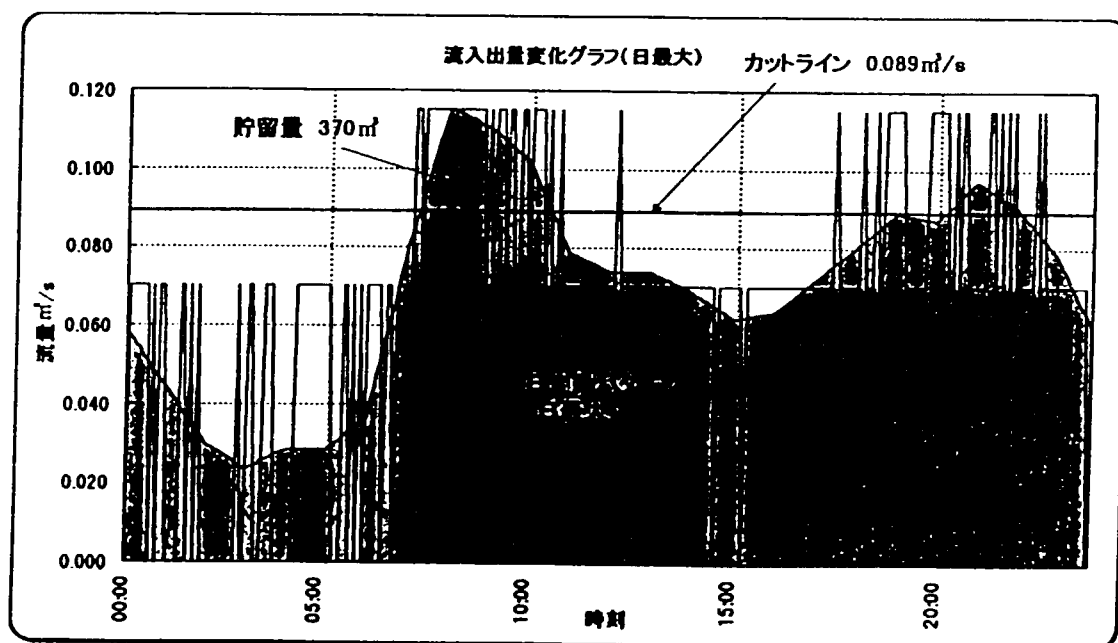


注1) 最小流下余裕量は、等流計算による満管流量から既往汚水量を差し引いた値。

2) 計画汚水量が小さいのは、全体計画変更時（処理区の統合）に一部区域の流下ルートを変更し、本件の管渠に余裕を持たせたため。

3) 最小流下余裕量の著しく小さい部分（ $L=70\text{m}$ ）については、増補管で対応。

図2-7 吐出パターンと貯留量の関係



(3) オンラインホールディングタンクの構造

オンラインホールディングタンクの構造を決定する上で重要な点は、下流側管渠への流下量とタンクへの貯留量をどう分配するかという流量制御の方法である。

この流量の分配方法は下流側管渠への流下量が確実に制御でき、かつ、簡易な構造のものが望ましい。したがって、本設計ではタンク設置後の調整が容易で、かつ維持管理の点で問題の少ない方式としてゲートと越流堰を組合わせた案を採用するものとした。

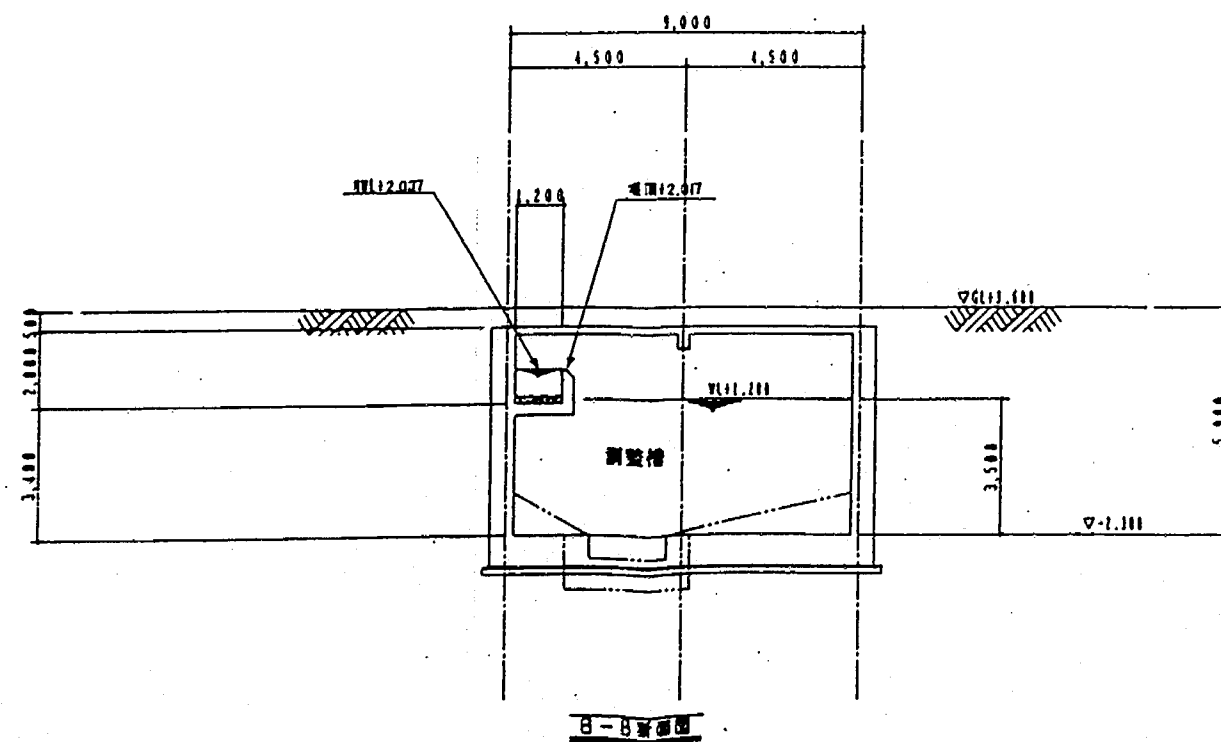
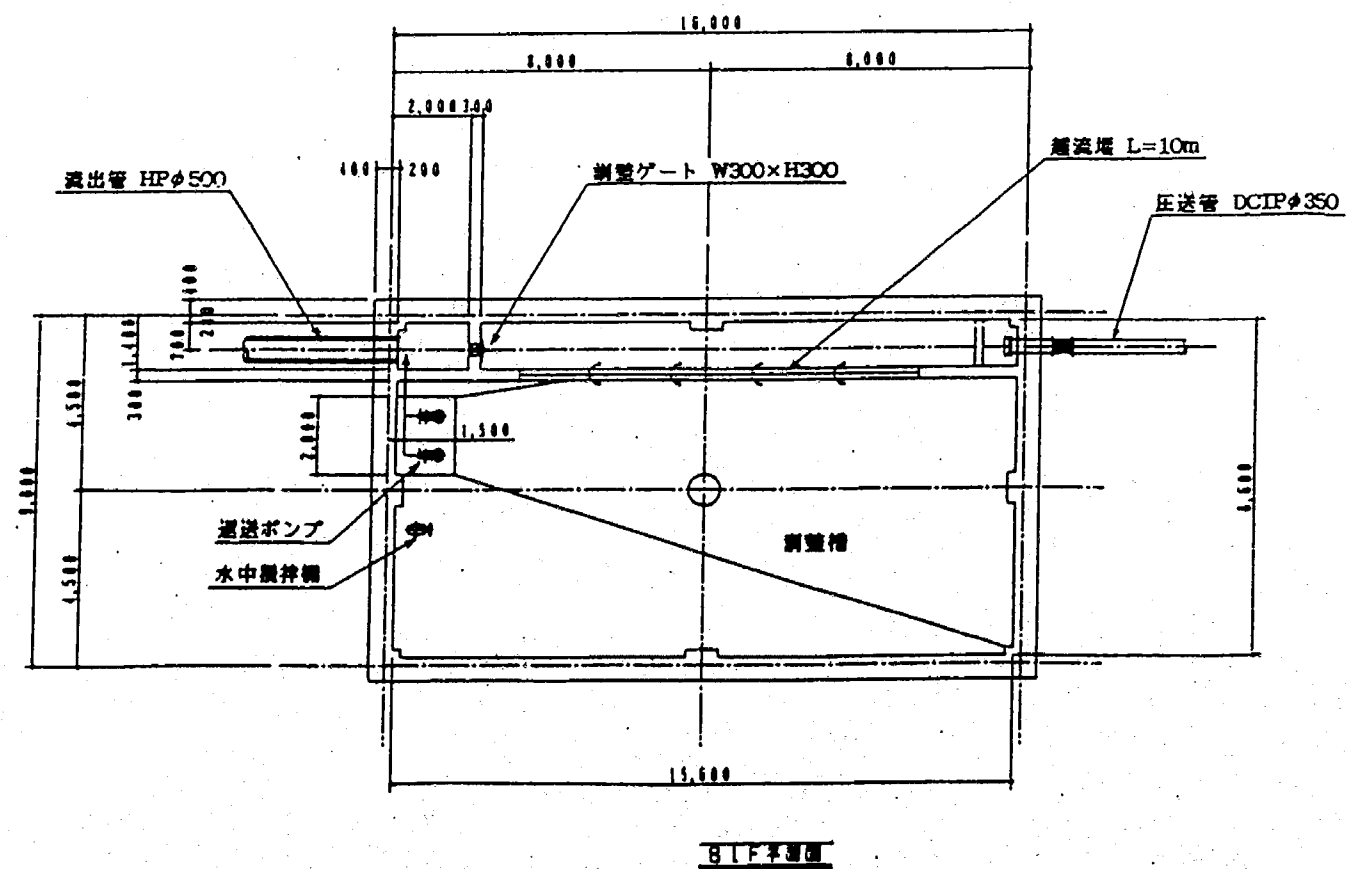
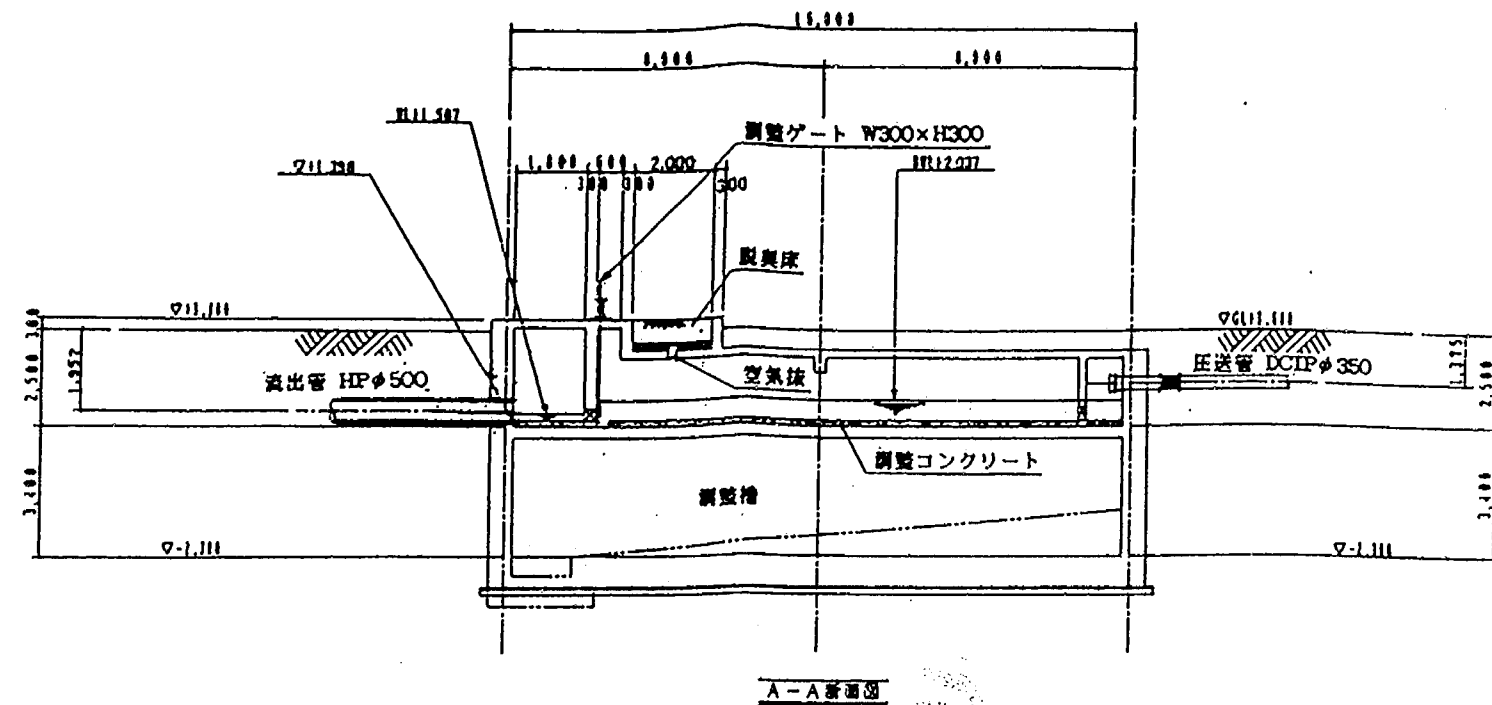
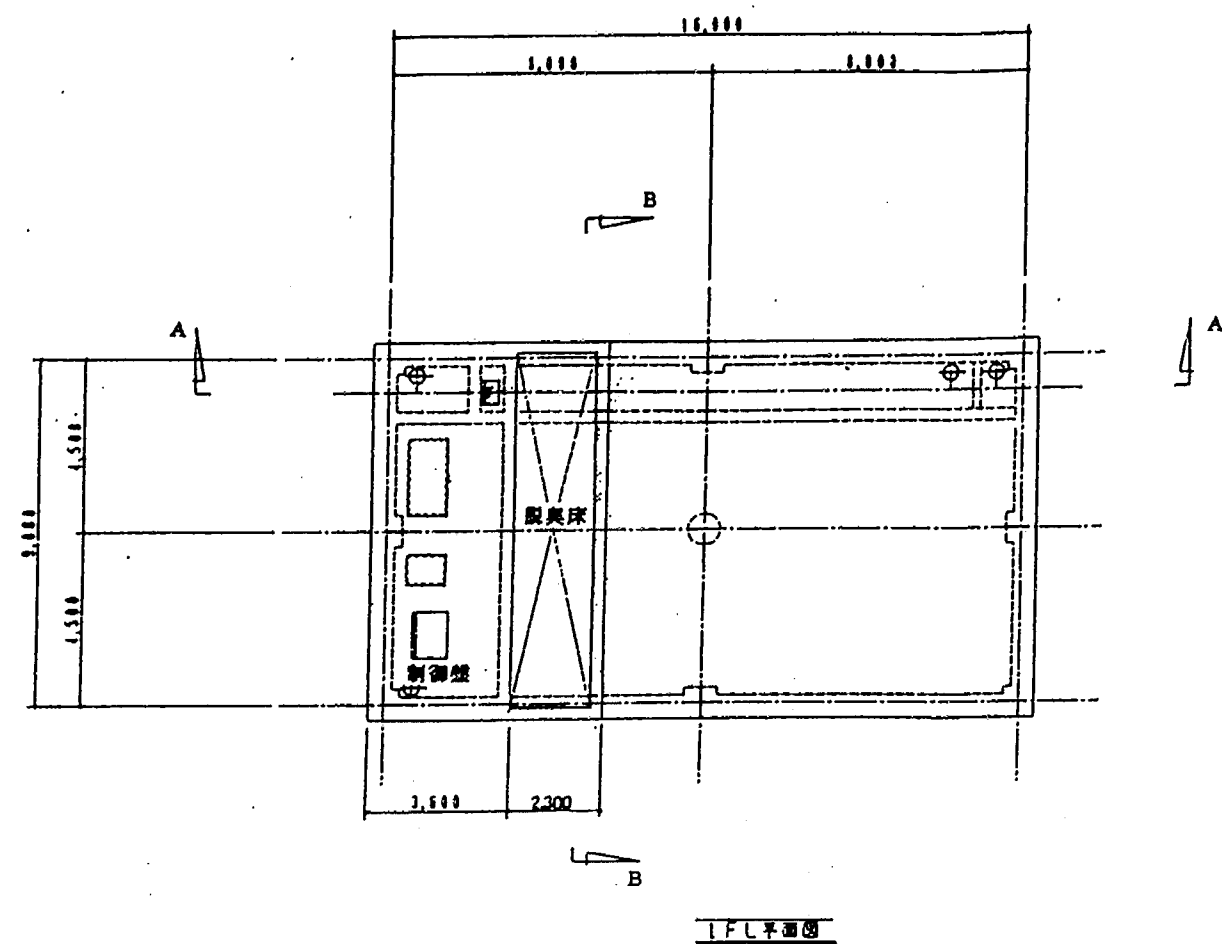
この案は、下流への流下量をゲートで制御し、流下量以上の汚水は越流堰でタンクに落下させる方式である。越流堰の延長を十分長くとることにより、越流水深の変動を小さくすることができ、ゲートの上流水深をほぼ一定に保つことが可能となる。

オンラインホールディングタンクの諸元を表 2-2 に、構造を図 2-8 に示す。

表 2-2 オンラインホールディングタンクの諸元

有効貯留量	370 m ³
寸 法	W 9.0m×L 16.0m×H 5.4m
流量調整方式	越流堰、調整ゲート
送水ポンプ	水中汚水ポンプ 2台(内1台予備) 返送時間 6時間を想定
その他施設	水中攪拌機、土壌脱臭床等

図2-8 オンラインホールディングタンク構造図
S=1/200



(4) 圧送管計画

ホールディングタンクを設置しない場合は、基本計画どおり圧送管を 490 m 延伸する設計となる。この場合の平面・縦断・横断設計を図 2-9、図 2-10 に示した。条件は、次の項目を想定した。

- ・圧送管口径：○ 350 mm ダクタイル鋳鉄管
- ・埋設位置：横断面図に示すように、国道 27 号の両側歩道及び北側車道は埋設スペースがないため、南側の車道とする。
- ・土被り：国道 27 号車道部の縦断占用は、土被り 3 m を確保するものとする。
- ・工法：国道 27 号交差点横断は推進工法によるものとする。
寺川の横断は、河床より 2.0 m 離隔をとり、推進工法によるものとする。
その他は、開削工法とする。
推進工法の推進距離は一工程 80 m 程度とする。
推進管口径は鞘管方式とし、○ 600 mm とする。

この案のルートとなる国道 27 号は、舞鶴市の東西を結ぶ重要な幹線道路であり、交通量が多く交通渋滞も頻発している。また、平面図・横断面図に示したように、地下埋設物も多い。

さらに、寺川の横断部では橋台の基礎杭を避けて管を埋設（推進）する必要がある、立杭の位置選定や交通の確保等解決すべき問題点が多い。

このような状況から、圧送管の延伸案は施工が非常に困難であると判断される。

4. The fourth part of the document discusses the implications of the findings. It highlights the potential applications of the research in various fields and the need for further investigation in this area.

5. The fifth part of the document provides a conclusion and a summary of the key points. It reiterates the importance of the research and the need for continued efforts in this field.

図2-9 圧送管計画 平面図
S=1/1,000

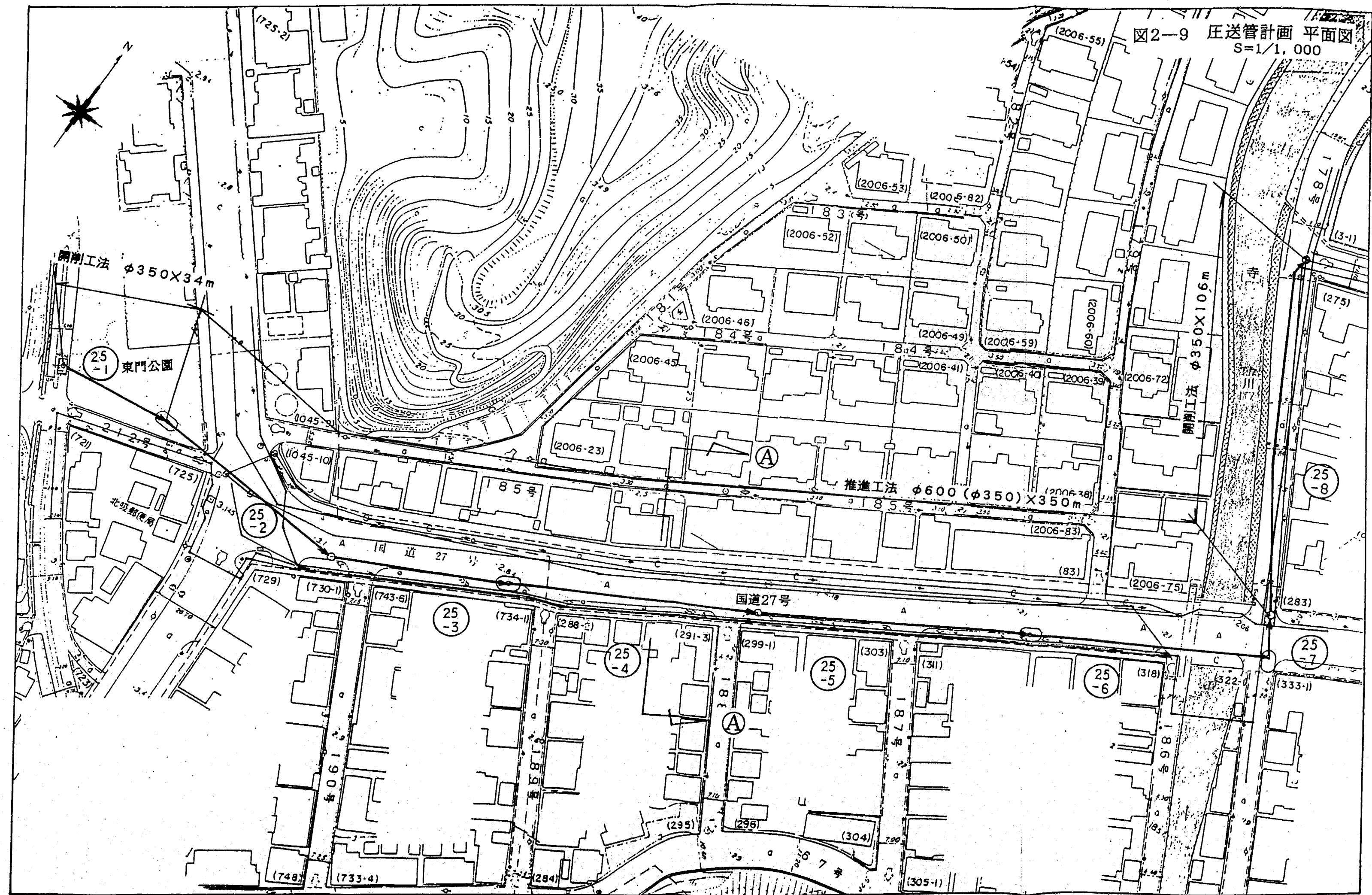
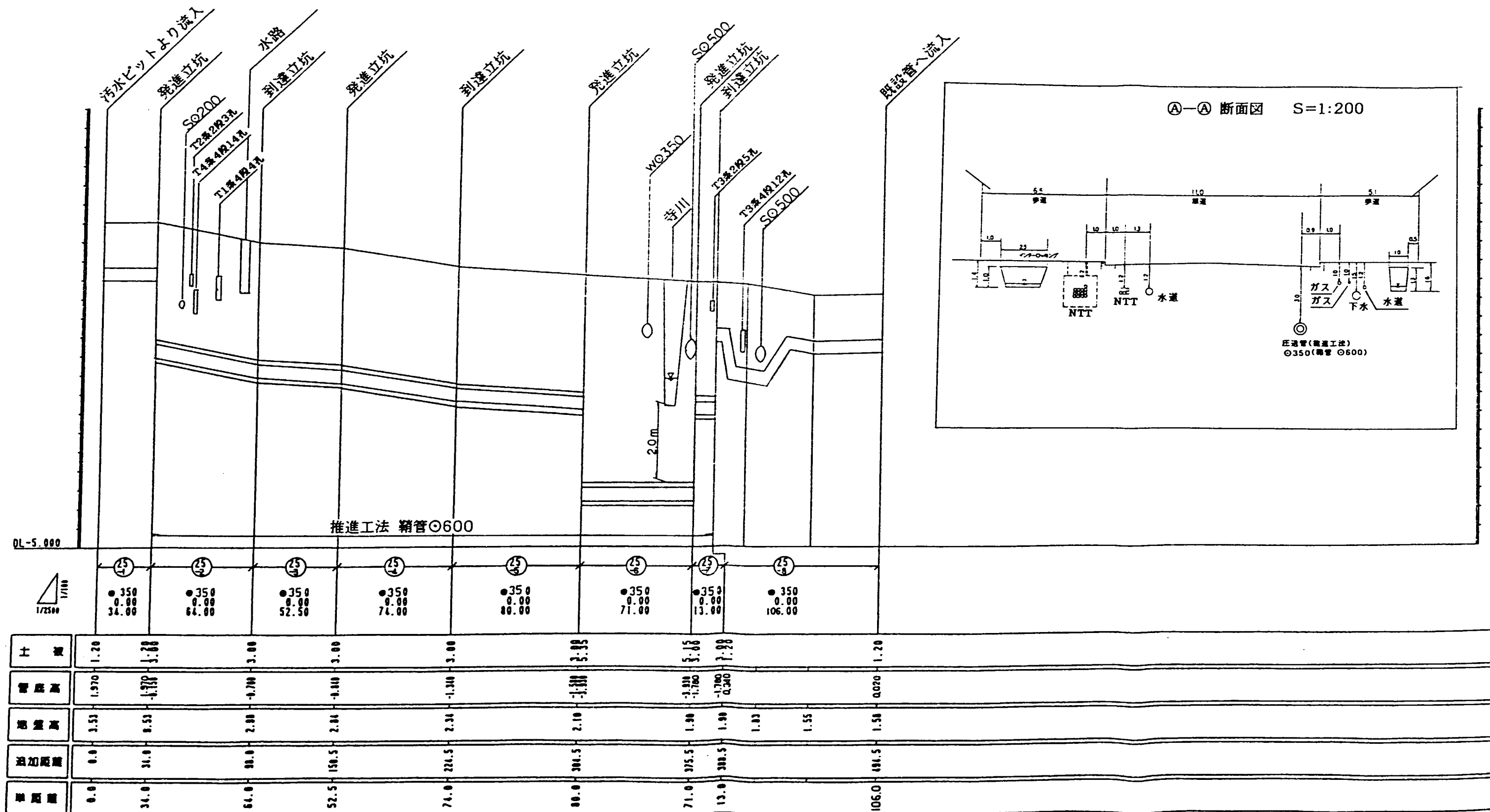


図2-10 圧送管計画 縦横断面図



3. 費用比較

3-1 概算事業費

オンラインホールディングタンク案及び圧送管延伸案の事業費を、表3-1、表3-2に示す。

表3-1 オンラインホールディングタンク概算事業費

工 種		設 備 等	数 量	単 価 (千円)	事 業 費 (百万円)
タンク設置	土 木 工 事	躯体工	720 空 m^3	75	54.0
	機械設備工事	ポンプ、調整ゲート等	1 式	—	12.8
		脱臭床	10 m^2	320	3.2
	電気設備工事	現場盤	1 式	—	8.1
	用 地 費	国有地に付き無償	420 m^2	0	0
	小 計				78.1
管渠等	接続用圧送管等	○ 500 $mm \sim 350 mm$	65.0	150	9.8
	既設管改修	○ 400 mm V U	70.0	150	10.5
	小 計				20.3
合 計					100 百万円

注1) 既設管改修とは、下流管渠の内、著しく流下能力の低い部分を増補管により改善する費用である。

2) 必要用地面積は、420 m^2 (実面積 160 m^2) とする。

表3-2 圧送管敷設案 概算事業費

工 種		設 備 等	数 量	単 価 (千円)	事 業 費 (百万円)
開 削		○ 350 mm ダクタイル鋳鉄管	140 m	150	21.0
推 進	発進立坑築造工		4 ヲ所	12,000	48.0
	到達立坑築造工		3 ヲ所	3,500	10.5
	管推進工	○ 600 mm 小口径推進	350 m	500	175.0
合 計					260 百万円

注1) 圧送管は、350 ダクタイル鋳鉄管とする。

3-2 案の比較

オンラインホールディングタンクを設置する場合と、当初計画のとおり圧送管を延伸する場合の比較を事業費も含めて行った。これを、表3-3に示す。

このように今回、オンラインホールディングタンク設置を新たな案として検討した結果、以下の利点等が確認できた。

- ・簡易な構造の流量調整槽を設置することにより、管渠（圧送管）の延伸に比較して事業費の軽減が可能である。
- ・厳しい施工条件における管渠敷設工事が回避できる。
- ・下流管渠への影響（ポンプ吐出による流量変動）を軽減できる。

以上より、処理区の統合、区域の追加など下水道計画の変更時に、既設管渠を十分に活用する方法として、本案が十分期待できると考えられる。

表3-3 案の比較

		オンラインホールディングタンク設置案	圧送管敷設案	
施工条件	周囲の環境	民家は少なく、用地も十分確保できる。	◎ 国道27号は交通量(日24,000台)が多く、民家が隣接している。	△
	地下埋設物	特に問題はない。	◎ NTT、水道、ガス等、多数の埋設物がある。	△
	施工性	ホールディングタンク本体は用地も確保が可能で、施工性は良好。 既設管の一部改修が必要であるが、増補管で対応可能。	○ 圧送管を推進工法で施工する必要がある。 国道交通処理が困難。 河川横断部の施工が困難。	△
下流側管渠への影響		流量は一定制御が可能で、下流管渠への影響を低減出来る。ただし、局部的に滴管として計算する。	○ 特に必要はないが、ポンプ吐出による大きな流量変動がある。	○
維持管理		タンクの清掃、ポンプの点検、ゲートの調整等が必要。	△ 圧送管を延伸することによる維持管理事項の増加は特にない。	◎
周辺対策		臭気対策が必要。(土壌脱臭等)	△ 特に必要はない。	◎
事業費		約 100 百万円	◎ 約 260 百万円	△
総合評価		◎	△	

管きよ敷設コスト比較設計

概要報告書

岡山県笠岡市都市開発部下水道事務所

目 次

1. 笠岡市の概要	1
(1) 笠岡市の地理的及び社会的環境	1
(2) 笠岡市の生い立ちと財政	2
(3) 下水道の歴史	2
(4) 公共下水道による環境改善効果等	2
2. 比較設定案について	3
(1) 比較設計箇所の説明	3
(2) 比較設計案の説明	6
(3) 比較設計案選定理由	6
(4) 比較設計に用いた施設、装置の概要	6
3. 費用比較	7
(1) 費用比較表	7
(2) 費用比較結果	8
(3) 比較案の評価	8
参考図面	10

笠岡市上下水道事業計画（第1次）（第2次）（第3次）（第4次）（第5次）（第6次）（第7次）（第8次）（第9次）（第10次）

1. 笠岡市の概要

(1) 笠岡市の地理的及び社会的環境

笠岡市は、岡山県の西南端に位置し、西は、広島県福山市に接し、南は、瀬戸内海のほぼ中央部に点在する大小 30 余りの離島が香川県多度津町と接している。JR 山陽線、国道 2 号線、山陽自動車道さらに山陽新幹線がほぼ平行して東西に通過する古い海岸線に沿って、市街化区域が複雑に線引きされている。この市街化区域は、行政面積の約 10% 程度で海の埋立や干拓によって、古くから少しずつ造成された軟弱低地が多い。この市街化区域の北部は、概して平地が少なく、丘陵地の間に伸びる細長い平地に農村集落が点在している。このように笠岡市は、総面積約 136 km²、東西 13.6km、南北 33.6km という細長い区域に伸びており、南の島と北の農村部では、気候風土のみならず、人々の風習も可成り相違が認められる。

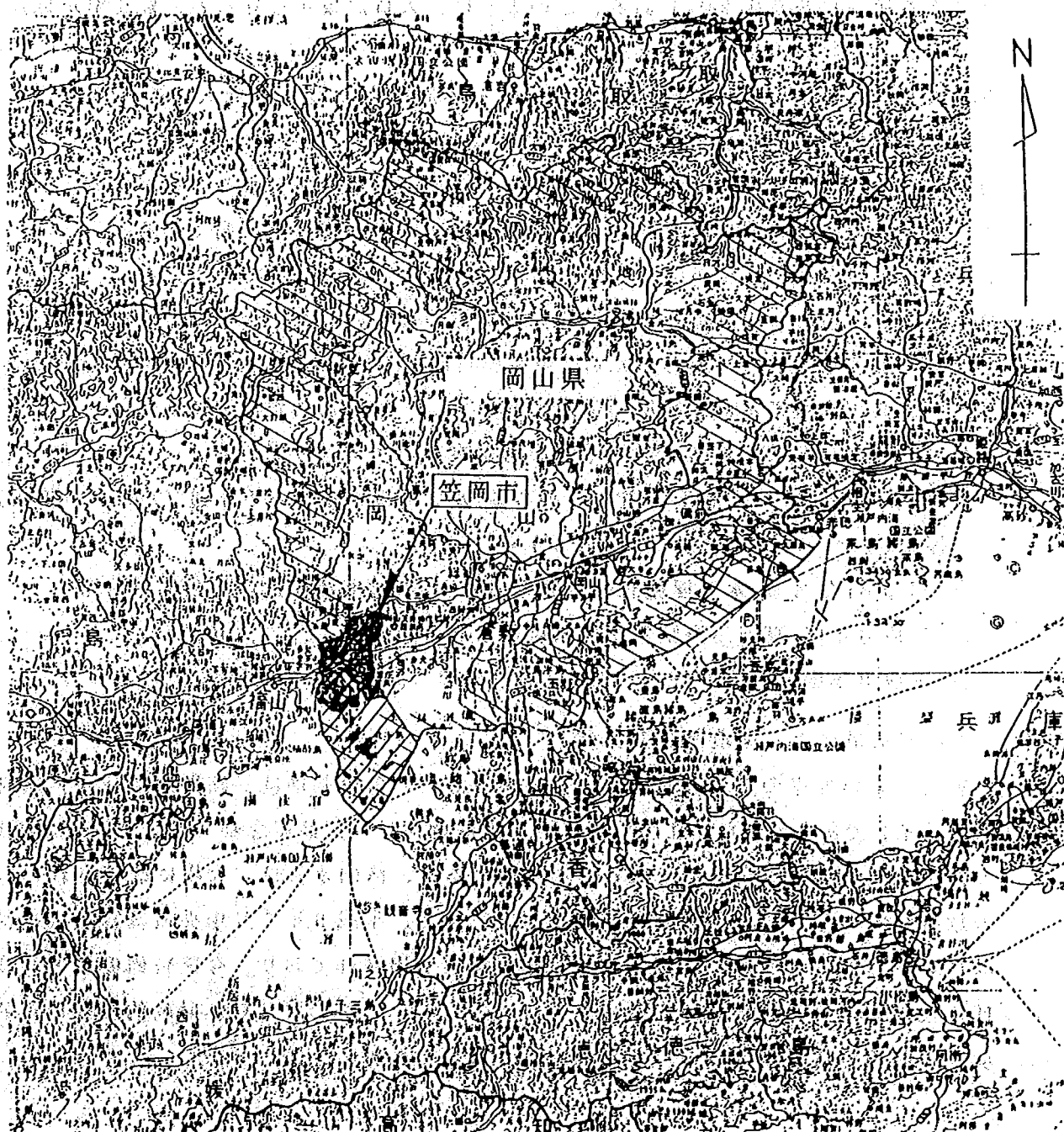


図 1 岡山県笠岡市位置図

(2) 笠岡市の生い立ちと財政

昭和 27 年 4 月に発足した笠岡市は、昭和 35 年 4 月までに周辺町村を次々に編入して、現在人口約 61,000 人、当初からの合併・編入町村数 15 町村の集合体となっている。これは、大河川がなく、水源に乏しく、平地や資源が少ない町村が大同団結して組織を拡大した結果である。安定した水源の確保、大規模な干拓地の完成さらに大工業団地の完成等市政は順調に発展してきた。けれども、離島のみならず密集市街地等道路網の整備の遅れもあって、財政事情は、逼迫している。

(3) 下水道事業の歴史

昭和 49 年度に公共下水道事業の認可を受けて以来、笠岡市の最重点事業の一つとして進められて来た笠岡市公共下水道事業は、平成 8 年度末までの整備済面積 367ha、汚水に係る総人口普及率 24%である。このように、人口規模から見ると、普及率が低迷しているが、この原因は、次の点が考えられる。

- ① 公共下水道基本計画区域(市街化区域とその周辺)人口が、行政人口の 50%程度に過ぎず、残りの特環・農集・漁集地域が面積ではほとんどを占めている。
- ② 市街化区域は、埋立低地が多く分流式でも浸水対策を先行する必要がある。
- ③ 地下水の高い軟弱地盤が多く、薬注等の補助工法の経費が割高である。
- ④ 道路幅員が狭い区域が多く、補助工法の経費が割高となっている。
- ⑤ 財政が逼迫し、下水道への重点的投資が行われているが、十分ではない。

以上のような特殊事情であるため、現在認可面積 665ha の早急な整備促進を計るとともに、公共下水道基本計画区域の促進に向けて、一層の努力が必要である。

なお、笠岡市公共下水道事業の中での特記事項は次の通りである。

- 昭和 57 年度 建設省下水道モデル事業“カブトガニを守る下水道”(アピール下水道)採択(モデル事業の最初のグループ)
- 昭和 61 年 4 月 水処理施設供用開始、昭和 62 年度汚泥処理施設供用開始
- 平成 6 年度 真鍋島漁業集落排水整備事業着手(計画人口 1,300 人)
- 平成 8 年度 アクアパークモデル事業(処理水高度処理再利用施設)採択

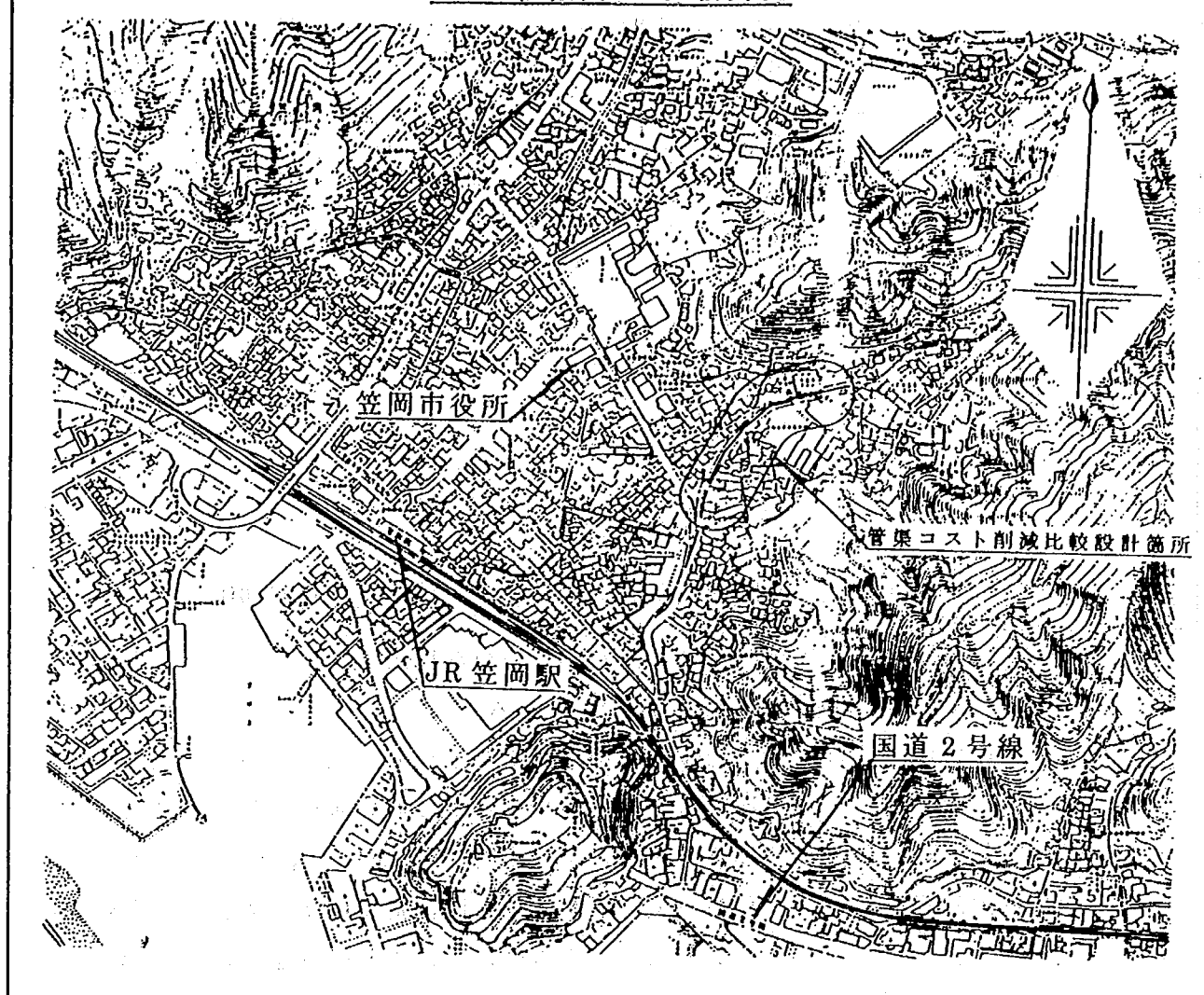
(4) 公共下水道による環境改善効果等

笠岡終末処理場の処理水放流先である備讃瀬戸の環境基準は、該当類型「A」達成期間は「イ」である。また、直接放流先である笠岡湾は、天然記念物「カブトガニ繁殖地」の指定地である。供用開始後 11 年を経過するが、湾内水質は、大幅に改善されたものの放流先での基準値は、達成されていない。また、平成 9 年 3 月中央環境審議会の備讃瀬戸等への窒素、リンの環境基準の設定の答申も出されており、今後整備促進と高度処理の検討を進めることが、焦眉の急を告げている。しかしながら、財政的及び地理的環境から特環や農集地区への早急な拡大は、困難である。

2. 比較設定案について

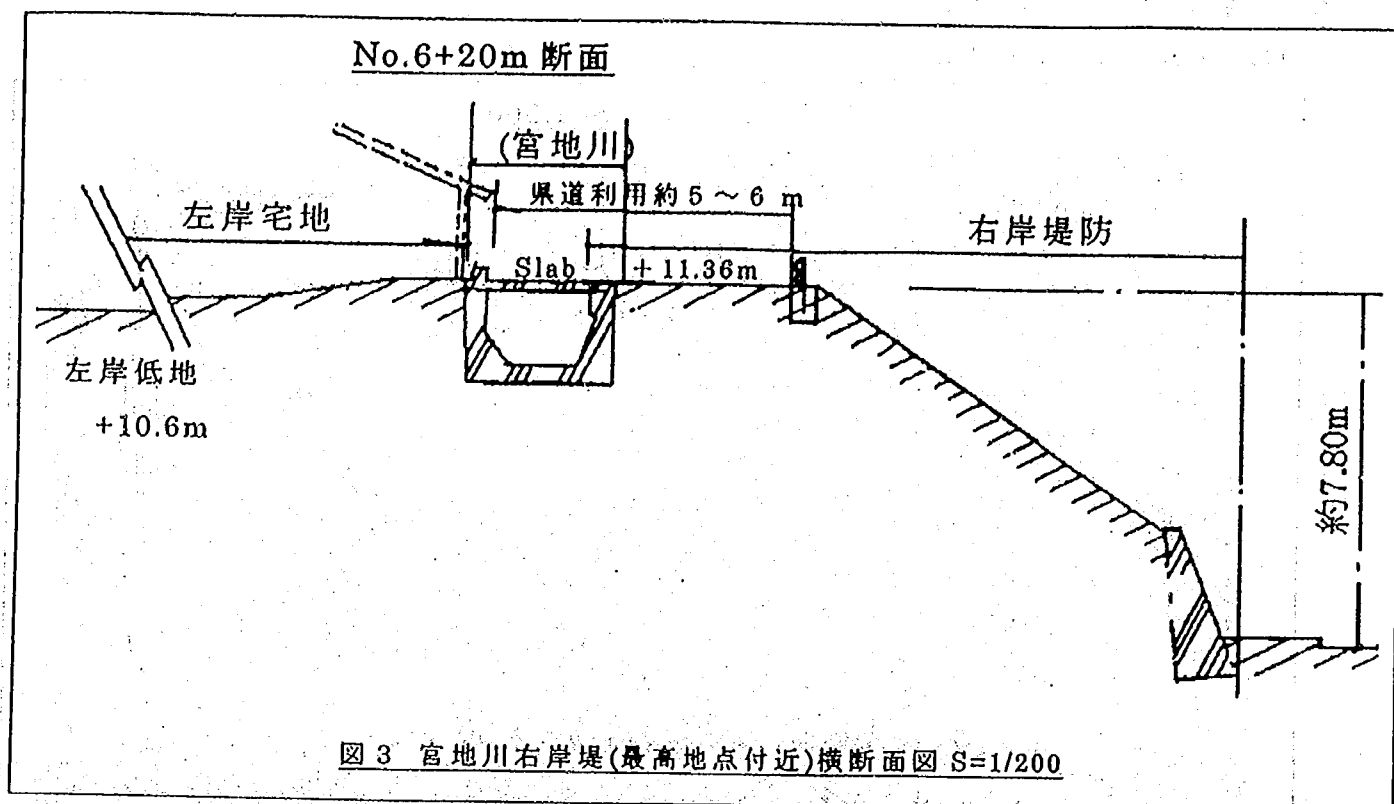
(1) 比較設計箇所の説明

図 2 位置図 S=1:5000



比較設計箇所は、JR 山陽線笠岡駅や笠岡市役所のある中心市街地から約 600m 東へ離れた丘陵の麓にある。懸案の普通河川宮地川は、東側丘陵の頂上(標高 192.1m)から一挙に比較設計箇所(上流標高 17.5m)まで流下する。図 3 のとおり、右岸堤は、高さ約 6～8m の堤高のある「天上川」の特殊な形状となっている。左岸側には堤防がなく、すぐに宅地となり、約 600 戸の宮地地区がある。この地区は、宮地川左岸沿い幅約 100m が河川左岸高より下がる低湿密集地である。続いて、山腹にかかると急勾配で登る段々の宅地となる。このため、この地区の下水道整備の上で、次のような問題点を抱えている。

- ① 宮地川右岸堤が県道となり、河川上へ蓋掛けして幅員 5～6m の道路として利用されているが、これがこの地区唯一の出入り路である。
- ② 地区内の道路が狭く、0.6～2m 程度の幅員である。
- ③ 左岸沿いの密集地等では、私道が多く、宅地内道路もある。



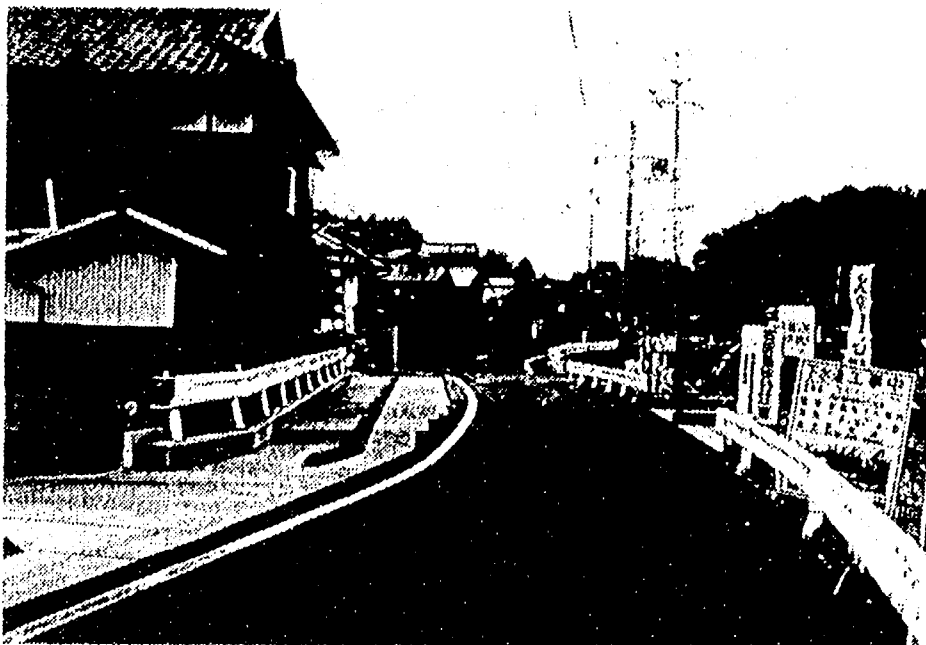
④ 東側丘陵から流下する雨水に対しても十分な排水施設がなく、汚水と併せた整備が必要であるが、道路が狭く、困難性がある。

以上の問題点に対応し下水道整備を検討するうえで、一般の河川であれば河川法・河川管理施設等構造令及び同構造令施行規則をうけた各県の河川工作物設置基準の河川内土地占用規定のクリアーが必要である。さらに、道路法施行令第12条1項第4号による占用位置の規定もある。したがって、河川工作物設置基準に基づき、『公共性の高い事業に係る工作物において、地形の状況、その他理由によりやむを得ないと認められるときで、かつ堤防の機能を安全に保持するために必要な措置を講ずるとき』に該当する場合のみ占用が可能である。

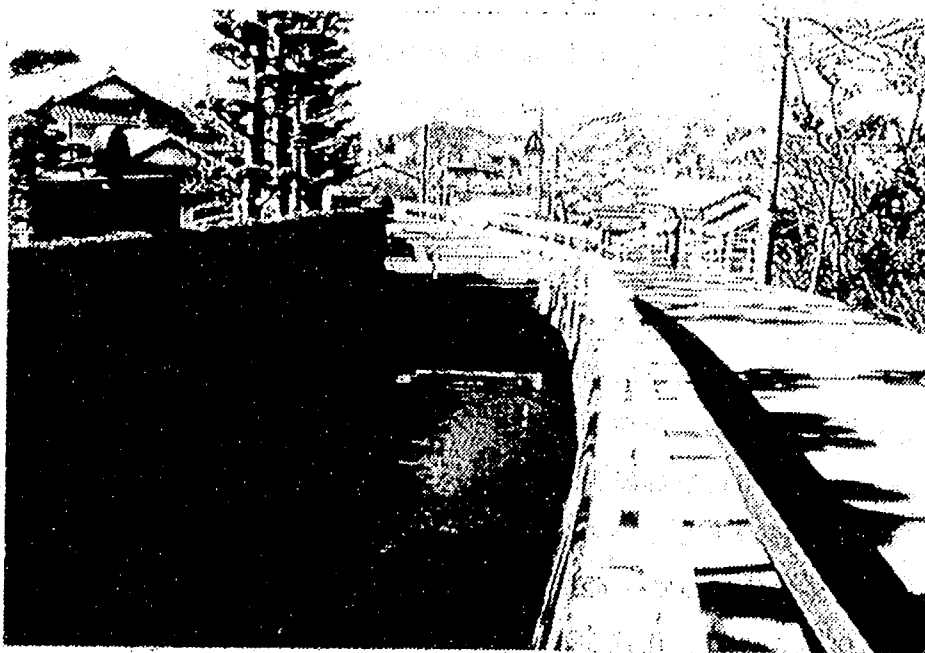
ところが、普通河川では、河川法に基づく構造令等の規定が適用されないため、「地形の状況、その他特別の理由により、やむを得ないと認められるとき」に該当するとして、堤体内へ本管設置が可能として比較検討を行う。また、従来工法では左岸への公共樹設置や取付管の横断等は施工上困難性があるとともに、建設コストの増大が考えられる。

このため、最も検討を要する下流約300mについて、比較検討を行い、コスト削減の可能性について模索する。

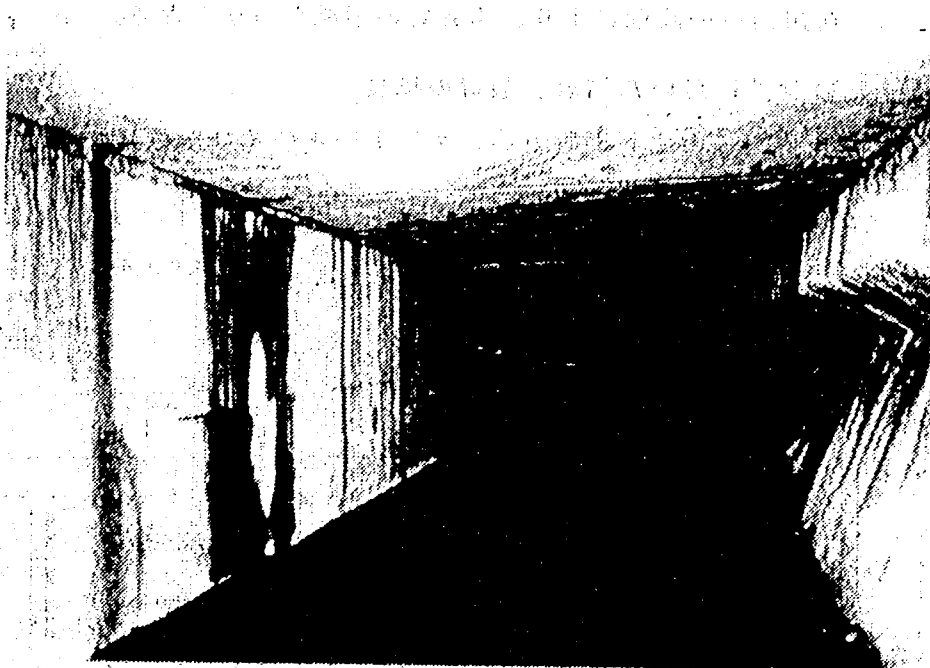
現況写真 1



現況写真 2



現況写真 3
(水路内部)



(2) 比較設計案の解説

宮地川は、宅地内に流下する地点より、一部石積護岸を残すが、ほとんど三面張りコンクリートでライニングされている。また、普通河川であり、比較設計区間は、ほぼスラブを設け、道路として利用されているため、河川計画はないものと考え、建設省河川砂防技術基準に基づいて、計画降雨量、計画高水流量を算定する。これにより、既設河川の断面の余裕を把握し、余裕があれば、宮地川左岸壁又は河床への污水管の敷設を設計積算する。

なお、污水管の設計については、現況左岸壁に沿って設置することとし、平面的な曲がりには、曲管を使用し、50m以内に塩ビ製小口径マンホールを設置する。管防護のため360°巻立てコンクリートを打設する。

(3) 比較設計案選定理由

河川内配管について以下のように選定した。

- ① 宮地川左岸擁壁に接して建物があり、従来の工法により右岸道路へ污水管を敷設した場合、河床から規定の離隔を取り取付管を必要なだけ横断させることになる。

このため、公共樹深さが約3m程度に深くなることと、宅地内に公共樹設置のスペースがない場合がある。

- ② 宮地川は、流域面積が2km²以下の都市河川であるため、「河川と下水道との管理分担区分(建設省都市局・河川局長通達)」に基づき、公共下水道雨水幹線として計画しているが、既設河川断面で可成りの余裕が見られる。これは、三面コンクリート張り断面のうえに、勾配が大きく、流速が大きいことにある。しかし、現在河川管理者である笠岡市建設部維持管理課が管理しているため、公共下水道計画では、既設のままで、現状維持としている。したがって、余裕が考えられる。

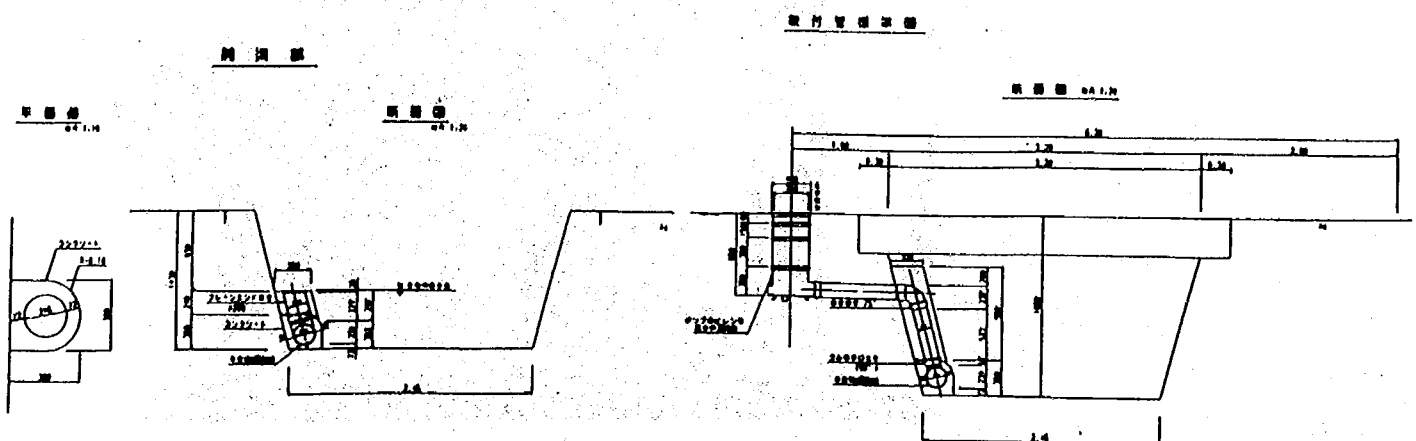
- ③ 宮地地区の唯一の接続道である宮地川右岸道路は、従来工法により長期間通行止とすることは、住民生活に支障を及ぼすおそれがある。

- ④ 河川内への設置により、事業費の削減が可能となる。

(4) 比較設計に用いた施設、装置の概要

河川内への污水管敷設方法、マンホール部及び取付管部は、図4の通りである。

図4 概要図



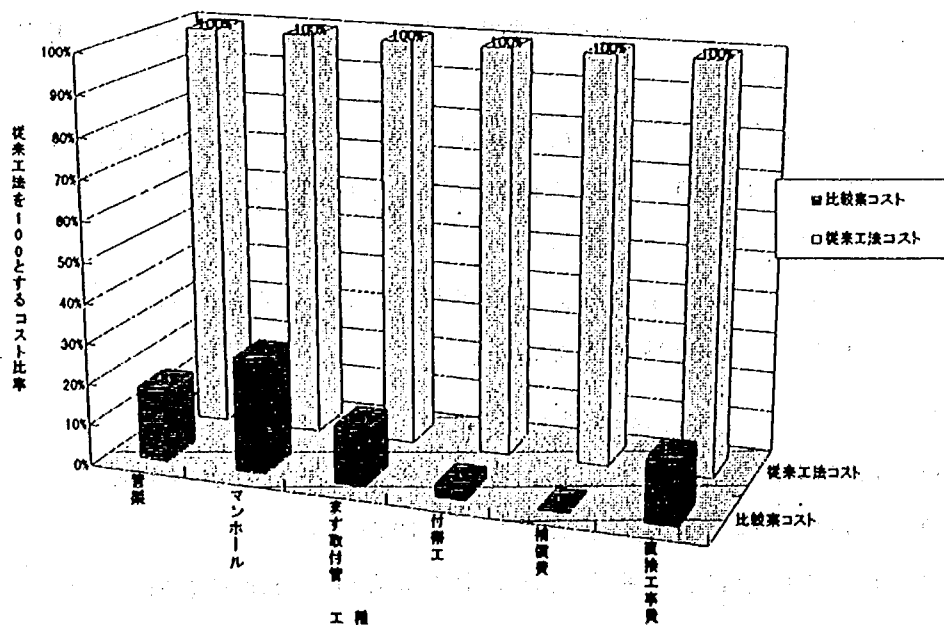
3. 費用比較

(1) 費用比較表

工事部位	工 種	従来工法コスト		比較案コスト	
		本管部 (千円)	比率 (%)	本管部 (千円)	比率 (%)
管渠	土工	3,350	100	77	2
	土留工	3,698	100	118	3
	管敷設工	1,224	100	2,444	200
	地盤改良工	11,774	100	903	8
	水替工	101	100	50	50
	小 計	20,147	100	3,592	18
マンホール	据付工	580	100	165	28
	マンホール材料費	1,859	100	597	32
	副管設置工	237	100	0	0
	小 計	2,676	100	762	28
ま す 取付管	ます設置工	1,032	100	71	7
	取付管敷設工	863	100	177	21
	支管取付工	15	100	15	100
	小 計	1,910	100	263	14
付帯工		2,805	100	71	3
補償費	水道管移設	3,014	100	0	0
直接工事費		30,552	100	4,688	15

※ 比率(%)は、従来工法の金額に対する比較案の金額比率である。

費用比較表を判りやすくするためにグラフにより表示する。



(2) 費用比較結果

費用比較表より、以下のことが言える。

- ① 比較案コストは、従来工法コストに比べて、直接工事費ベースで 15% となっている。
- ② 比較案コストが下がっている中で、管渠の管敷設工が 200% と、コストが上がっている。これは管防護として、コンクリート巻の費用が計上されているためである。

(3) 比較案の評価

① コスト面の評価

費用比較の結果に示すように、全体工事費で 15% とコスト減となったが、工種別にみると、次のように大幅な差がみられる。

- 掘削工が大幅減となり、土工、土留工、地盤改良工、マンホール材料、副管設置工等の経費削減が大きい。
- まず及び取付管の設置については、大幅減となっていたが、支管取付工については、同額と考えられる。
- 水道管の移設については、まったく不要となり、差が大きい。

本設計においては、砂質堤防において、モルタル柱等の地盤改良工を施工しているが、これが減となったことから、非常に有利となっている。このように、地質の状況、河川護岸の構造によっては、さらに有利となる場合が考えられる。

② 施工面からみた評価

長所としては、次の点が考えられる。

- 道路上で開削施工を行う場合、交通止め期間が長くなり、他に出入り道がないときは、住民への工事中の支障が大きくなる。比較案では、河川内で施工するため、交通止めがなくなる。
- モルタル柱の施工等の地盤改良が不要となり、工期短縮となる。
- 土留工施工手間、資材の損料や施工手間が不要となる。
- 安全対策等も不要となる。
- 水道管の敷設替えや舗装工の切断・復旧も不要となる。
- 全体に工期の短縮が大である。

短所としては、次の点が考えられる。

- 河川の中で施工するため、降雨の少ない時期の選定が必要。
- 河川内では、有蓋の場合、施工空間が狭い。
- 河川の断面に、余裕を大きくする場合は、河床の底盤コンクリートの中へ、汚水管の敷設を行うことも考えられる。

③ 制度面からの評価

制度面としては、河川法に基づく河川では、河川占用条件あるいは道路管理者との協議上の問題等があり、従来より要望等があがり、規制緩和の方向で運用されてきた。しかし、管理者あるいは担当者の考え方の差異もあり、次の点について、基準が必要である。

- 河川工作物設置基準の運用の上で、「堤防の機能を安全に保存するために、必要な措置を講ずる。」場合には、積極的に河川構造物の活用を認めてもらいたい。
- 高度経済の成長期以降、河川や水路は、一様に三面張りコンクリートに改造されてきたが、これによる粗度係数の低減から断面に余裕が大となっている。したがって、流速が大きい。このため、本件の場合、余裕の活用が可能となったが、勾配が大であれば射流となり、衝撃波等の対策も必要となる。このような場合は、河川サイドでも減勢工を必要とする場合がある。本設計区間においても、流速が $4 \sim 7 \text{ m/s}$ と大きくなっており、当然イボとか棧等の減勢工を設けてもよい。汚水管の河川壁の添架は、この代りともなると考えられ評価できる。逆に衝撃波対策として壁面等への定着方法を検討する必要がある。
- 管渠の余裕率をどの位まで認めるかは、計画降雨量の設定により、一定しない。普通河川において、降雨強度確定年は、 $10 \sim 30$ 年の範囲である。公共下水道においては、 $5 \sim 10$ 年と指針で定められている。しかし、21 世紀に向けて、10 年確率にグレードアップが進行しつつある。笠岡市の公共下水道計画では、5 年確率であるが、この場合の余裕率は $200 \sim 300\%$ となる。今回河川基準の 10 年確率としたが、粗度係数のアップにより、十分余裕が認められた。
- 下水道法の改正により、下水道管理用光ファイバーを管内に敷設が可能となった。また、他の第三者に占用させるための中空パイプも併せて施工ができる「下水道情報基盤整備モデル事業」も創設される予定である。この場合は、計画管渠の断面積に比し、ケーブル管等は、非常に微量であるため、計画断面積の 1% 以内と条例で定めることとされている。河川や雨水渠の壁面への添架の場合は計画管渠の計画高水量に対する余裕率をどれ位にするかを決める必要がある。制度として、降雨強度確率年の設定や計画流量に対する余裕率の目安について、設定する必要がある。

報告書概要版

岡山県 総社市

1. 本市の概要

1-1. 市勢の概要

本市は岡山県南部に位置し、東部は岡山市、北部は賀陽町及び高梁市、西部は美星町及び矢掛町、南部は真備町、清音村及び山手村に接している。市域は、192.34平方キロメートルと広大な面積を有しており、市の中北部を中心に約3分の2が森林地帯で、市の南部は高梁川が形成した扇状地勢の沖積平野として吉備平野が東西に広がっている。

本市の気候は、年平均気温15度前後、雨量は年間1,100mm前後で、瀬戸内性気候特有の温暖、小雨の恵まれた気候となっており、地質としては、花崗岩を母岩とする風化土壌である。

歴史的には、古く縄文以前（約1万年以前）から人々が生活していたと考えられており、古代吉備時代にはその中心地として栄えた。現在の市域は、昭和29年に総社町と近郷6か村が合併して総社市が誕生した後、昭和47年の昭和町との合併によるものである。

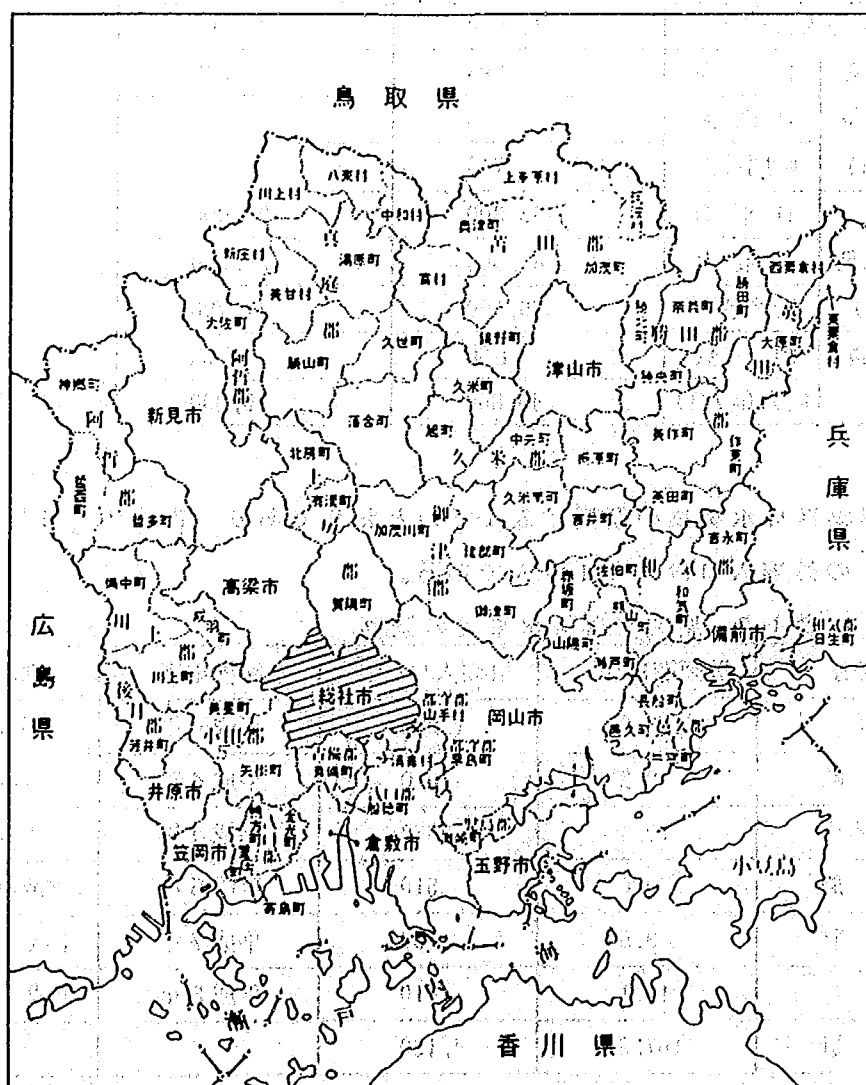


図1-1 本市位置図

1-2. 下水道等事業の概要

本市の公共下水道は、市街化区域736haを中心とする1,147haを全体処理面積とし、計画行政人口65,000人のうち43,200人を計画処理人口とする計画で事業が進められている。事業の経緯としては、昭和47年に約190haを対象に当初事業認可を受け、昭和59年には処理場の供用が開始され、平成7年度末においては、既認可区域523haのうち401ha（約80%）の整備が完了している。平成8年度には約158haの区域拡張を予定しており、これにより工業専用区域を除く市街化区域全てが整備されることとなる。

表1-1に、本市公共下水道計画の主要諸元を示す。

表1-1 本市公共下水道計画の主要諸元表

項 目		全体計画	事業計画
計 画 目 標 年 度		平成 22 年	平成 14 年
計画処理面積(ha)		1,147	681
計画処理人口(人)		43,200	27,600
家庭汚水量 原 単 位 (ℓ/人・日)	日 平 均	395	390
	日 最 大	500	495
	時間最大	710	700
計画汚水量 (m ³ /日)	日 平 均	36,300	22,000
	日 最 大	40,800	24,900
	時間最大	69,100	41,700
下水処理場	池 数	11 池	7 池
	能力(m ³ /日)	40,800	25,900

一方、農業集落排水事業の概要は表1-2のとおりであり、市全体で6地区が採択済みとなっており、その処理人口は約4,100人である。

表1-2 農業集落排水事業の概要

地区名	計画面積(ha)	計画人口(人)	採択年度	供用年度
泰	115.0	1,290	平成元年	平成5年
江 崎	8.2	670	平成4年	平成7年
新本本庄	19.4	850	平成4年	平成8年
下 原	9.0	510	平成5年	平成9年予定
下 林	3.5	190	平成7年	平成11年予定
長 良	12.1	610	平成8年	平成13年予定
合 計	167.2	4,120		

さらに、合併浄化槽の整備状況については、昭和63年より整備に対する補助が開始され、平成8年度末現在で732戸の設置が行われている。

2. 比較案について

2-1. 比較案の検討目的と対象区域の概要

検討対象区域である総社東分区（図 2-1 参照）は、地形的な条件により、処理区域の最東部に位置する井手汚水中継ポンプ場へ自然流下にて一旦収集した後、ポンプ圧送により区域の西端に位置する処理場へ搬送される計画になっている。この従来計画によると、今回の認可拡張区域である井手地区の市街化区域の供用開始に相当期間を要すると考えられるため、マンホール形式ポンプとの組合せや多重圧送システムの採用の是非等を検討し、当地区の早期供用開始を図ることはもちろんのこと、ポンプ場を含めた管渠敷設費用の低減を図ることを目的とする。

検討対象区域である総社東分区の面積と汚水量は表 2-1 のとおりである。

表 2-1 検討対象区域の諸元表

項 目	面積 (h a)	人口 (人)	汚 水 量 (m ³ /日)		
			日平均	日最大	時間最大
住 居 系	44.00	2,057	813	1,029	1,460
周辺区域	232.44	5,599	2,212	2,800	3,975
集 落	19.40	930	335	423	595
流入区域	—	2,000	1,210	1,420	2,260
合 計	295.84	10,586	4,570	5,672	8,290

Table 1

The following table shows the results of the experiments conducted on the various samples of the material under investigation. The data are presented in the form of a table, with the first column indicating the sample number, the second column indicating the weight of the sample, the third column indicating the weight of the residue, the fourth column indicating the weight of the gas, and the fifth column indicating the weight of the liquid. The results are given in grams, and the values are rounded to the nearest 0.01 gram.

The results of the experiments are given in the following table:

Table 1

Sample No.	Weight of Sample (g)	Weight of Residue (g)	Weight of Gas (g)	Weight of Liquid (g)
1	100.0	8.13	1.00	1.00
2	100.0	8.13	1.00	1.00
3	100.0	8.13	1.00	1.00
4	100.0	8.13	1.00	1.00
5	100.0	8.13	1.00	1.00

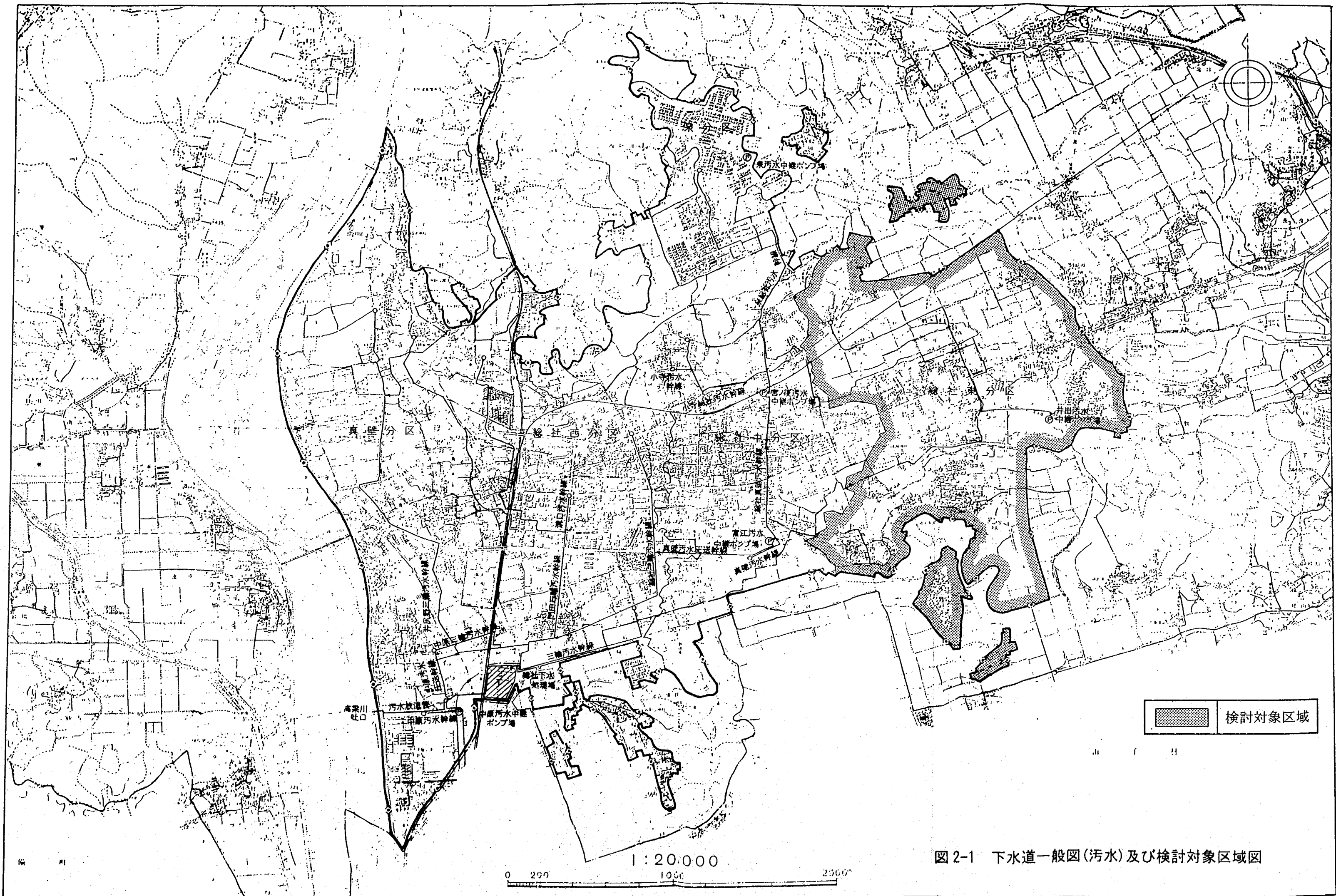


図2-1 下水道一般図(污水)及び検討対象区域図

2-2. 従来案と比較案の概要

従来案と比較案の検討模式図を図 2-2 に示す。

従来案は、検討対象区域（総社東分区）の汚水を全て井手汚水中継ポンプ場へ流入させた後ポンプ圧送する案であり、圧送管延長は約 3,000 m と長く、初期対策として圧送管を二条管としている。

比較案は、井手地区の市街化区域内の早期供用開始を図るべくマンホール形式の汚水中継ポンプ場にて既設管に流入させ、残りの区域は 2 ヶ所の中継ポンプ場による多重圧送システムとする案である。

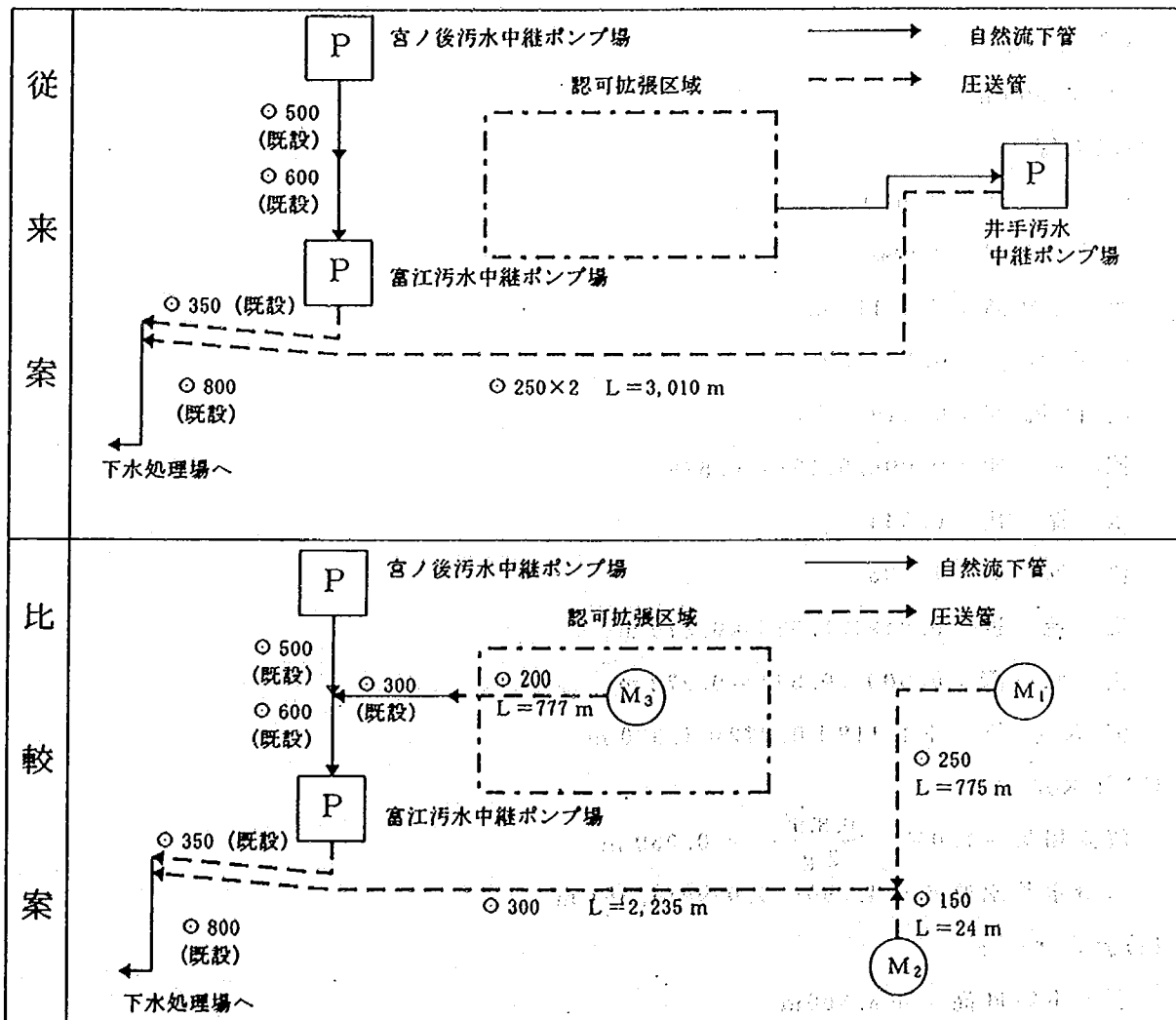


図 2-2 各案の検討模式図

2-3. 従来案による設計

2-3-1. 管渠計画

従来案における管渠計画は図 2-3 に示すとおりである。

2-3-2. ポンプ場計画

(1) 基本諸元

① 計画汚水量 (時間最大)

$$Q = 0.096 \text{ m}^3/\text{s} = 5.76 \text{ m}^3/\text{分}$$

② 計画地盤高

$$+10.500 \text{ m}$$

③ 圧送先地盤高

$$+14.300 \text{ m}$$

(2) 流入管

断面 : $\phi 500$

勾配 : 2.0‰

流入管底高 : +4.118 m

満管流量 : $0.167 \text{ m}^3/\text{s}$

満管流速 : 0.849 m/s

流量比 : $0.096/0.167 = 0.575$

水深比 : 0.544

流速比 : 1.035

実流速 : $0.849 \times 1.035 = 0.879 \text{ m/s}$

実水深 : $0.500 \times 0.544 = 0.272 \text{ m}$

流入水位 : $+4.118 + 0.272 = 4.390 \text{ m}$

(3) 着水井

$$\text{流入損失} = 1.0 \times \frac{0.879^2}{2g} = 0.039 \text{ m}$$

$$\therefore \text{着水井水位} = +4.390 - 0.039 = +4.351 \text{ m}$$

(4) 流入ゲート

ゲート室底高 : +3.800 m

ゲート寸法 : $0.50 \text{ m} \times 0.50 \text{ m} \times 2$ 基

$$\text{ゲート通過流速} = \frac{0.096}{0.50 \times (4.351 - 3.800)} = 0.348 \text{ m/s}$$

$$\text{ゲート損失} = 1.5 \times \frac{0.348^2}{2g} = 0.009 \text{ m}$$

$$\therefore \text{ゲート後水位} = +4.351 - 0.009 = +4.342 \text{ m}$$

(5) 沈砂池

分流式の汚水中継ポンプ場であり、流入してくる砂の量がわずかと考えられることより、沈砂池としては設置せず、砂溜り程度を考える。

細目スクリーン損失 = 0.20 m とする。

$$\therefore \text{ポンプ井水位} = +4.342 - 0.20 = +4.142 \text{ m}$$

(6) 圧送管

$$\phi 250 \times 2 \quad \ell = 3,010 \text{ m}$$

(7) ポンプ設備

① 揚水量及び台数

$$2.0 \text{ m}^3 / \text{分} \times 4 \text{ 台 (内1台予)}$$

② ポンプ口径 (D)

$$D = 146 \times \left(\frac{2.0}{2.8} \right)^{0.5} = 123 \rightarrow \phi 150 \text{ mm}$$

③ ポンプ揚程

$$\text{ポンプ井水位} = +4.142 \text{ m}$$

$$\text{圧送先水位} = +14.300 - 1.20 = +13.100 \text{ m}$$

$$\text{実揚程} = 13.100 - 4.142 = +8.958 \text{ m}$$

圧送管内流速 (流量はポンプ揚水量とする)

$$v = \frac{0.100 \times 1/2}{\pi/4 \times 0.25^2} = 1.019 \text{ m/s}$$

圧送管内損失 (ヘーゼン・ウィリアムス式より)

$$h = 10.666 \times \left(\frac{0.050}{110} \right)^{1.85} \times 0.25^{-4.87} \times 3,010 = 17.994 \text{ m}$$

ポンプ廻り損失

$$h = 1.0 \text{ m}$$

流入、流出損失

$$h = 1.5 \times \frac{1.019^2}{2g} = 0.079 \text{ m}$$

全揚程

$$h = 8.958 + 17.994 + 1.0 + 0.079 = 28.031 \approx 28.5 \text{ m}$$

④ ポンプ仕様

水中汚水ポンプ

$$\phi 150 \times 2.0 \text{ m}^3 / \text{分} \times 28.5 \text{ m} \times 22 \text{ kW} \times 4 \text{ 台 (内1台予)}$$

THE UNIVERSITY OF CHICAGO

DEPARTMENT OF THE HISTORY OF ARTS

RECEIVED

1964

1964

1964

1964

1964

1964

1964

1964

1964

1964

1964

1964

1964

1964

1964

1964



図 2-3 排水施設平面図 (従来案)

2-4. 比較案による設計

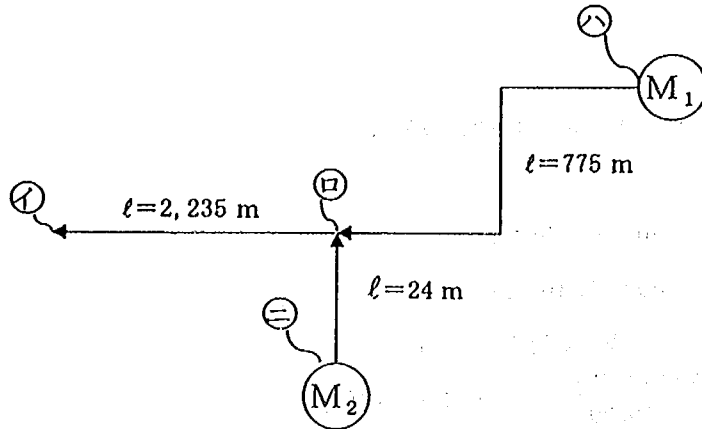
2-4-1. 管渠計画

比較案における管渠計画は図 2-4 に示すとおりである。

2-4-2. ポンプ場計画

1) M_1 及び M_2 汚水中継ポンプ場 (マンホール形式)

(1) 模式図



(2) 基本諸元

① 計画汚水量 (時間最大)

$$M_1 : Q = 0.044 \text{ m}^3/\text{s} = 2.64 \text{ m}^3/\text{分}$$

$$M_2 : Q = 0.017 \text{ m}^3/\text{s} = 1.02 \text{ m}^3/\text{分}$$

② 流入管仕様

$$M_1 : \phi 400 \quad 2.4\% \quad +4.214 \text{ m}$$

$$M_2 : \phi 200 \quad 3.0\% \quad +6.792 \text{ m}$$

$$\phi 200 \quad 3.0\% \quad +7.678 \text{ m}$$

$$\phi 200 \quad 3.0\% \quad +8.633 \text{ m}$$

③ 計画地盤高

$$M_1 : +10.500 \text{ m}$$

$$M_2 : +10.800 \text{ m}$$

④ 圧送先地盤高

$$M_1, M_2 : +14.300 \text{ m}$$

⑤ 圧送管仕様

$$\text{イ} \sim \text{口} : \phi 300 \quad \ell = 2,235 \text{ m}$$

$$\text{口} \sim \text{ハ} : \phi 250 \quad \ell = 775 \text{ m}$$

$$\text{口} \sim \text{ニ} : \phi 150 \quad \ell = 24 \text{ m}$$

(3) 施設設計

① ポンプ台数

$$M_1 : 2.7 \text{ m}^3/\text{分} \times 2 \text{ 台 (内 1 台予)}$$

$$M_2 : 1.1 \text{ m}^3/\text{分} \times 2 \text{ 台 (内 1 台予)}$$

② ポンプ揚程

ポンプ井水位 (流入水位より約 1 m 低い水位とする)

$$M_1 : +3.200 \text{ m}$$

$$M_2 : +5.700 \text{ m}$$

圧送先水位

$$M_1, M_2 : +14.300 - 1.20 = +13.100 \text{ m}$$

実揚程

$$M_1 : +13.100 - 3.200 = 9.900 \text{ m}$$

$$M_2 : +13.100 - 5.700 = 7.400 \text{ m}$$

圧送管内流速 (流量はポンプ揚水量とする)

$$\text{イ} \sim \text{ロ} : v = \frac{0.045 + 0.018}{\pi/4 \times 0.30^2} = 0.891 \text{ m/s}$$

$$\text{ロ} \sim \text{ハ} : v = \frac{0.045}{\pi/4 \times 0.25^2} = 0.917 \text{ m/s}$$

$$\text{ロ} \sim \text{ニ} : v = \frac{0.018}{\pi/4 \times 0.15^2} = 1.019 \text{ m/s}$$

圧送管内損失

$$\text{イ} \sim \text{ロ} : h = 10.666 \times \left(\frac{0.063}{110} \right)^{1.85} \times 0.30^{-4.87} \times 2,235 = 8.431 \text{ m}$$

$$\text{ロ} \sim \text{ハ} : h = 10.666 \times \left(\frac{0.045}{110} \right)^{1.85} \times 0.25^{-4.87} \times 775 = 3.812 \text{ m}$$

$$\text{ロ} \sim \text{ニ} : h = 10.666 \times \left(\frac{0.018}{110} \right)^{1.85} \times 0.15^{-4.87} \times 24 = 0.261 \text{ m}$$

ポンプ廻り損失

$$M_1, M_2 : h = 1.0 \text{ m}$$

流入, 流出損失

$$\text{イ} \sim \text{ロ} \sim \text{ハ} : h = 1.5 \times \left(\frac{0.891^2}{2g} + \frac{0.917^2}{2g} \right) = 0.125 \text{ m}$$

$$\text{イ} \sim \text{ロ} \sim \text{ニ} : h = 1.5 \times \left(\frac{0.891^2}{2g} + \frac{1.019^2}{2g} \right) = 0.140 \text{ m}$$

全揚程

$$M_1 : h = 9.900 + 8.431 + 3.812 + 1.0 + 0.125 = 23.268 \approx 24.0 \text{ m}$$

$$M_2 : h = 7.400 + 8.431 + 0.261 + 1.0 + 0.140 = 17.232 \approx 18.0 \text{ m}$$

③ポンプ仕様

M₁ : 水中汚水ポンプ

φ 150 × 2.7 m³/分 × 24.0 m × 22 kW × 2 台 (内 1 台予)

M₂ : 水中汚水ポンプ

φ 100 × 1.1 m³/分 × 18.0 m × 7.5 kW × 2 台 (内 1 台予)

2) M₃ 汚水中継ポンプ場 (マンホール形式)

(1) 基本諸元

① 計画汚水量 (時間最大)

$$Q = 0.035 \text{ m}^3/\text{s} = 2.10 \text{ m}^3/\text{分}$$

② 流入管仕様

φ 200 3.0‰ + 8.303 m

φ 250 3.0‰ + 6.677 m

φ 300 2.8‰ + 5.394 m

③ 計画地盤高

+ 11.800 m

④ 圧送先地盤高

+ 12.400 m

⑤ 圧送管仕様

φ 200 ℓ ≒ 780 m

(2) 施設設計

① ポンプ台数

2.1 m³/分 × 2 台 (内 1 台予)

② ポンプ揚程

ポンプ井水位 = + 4.300 m (流入水位より約 1 m 低い水位とする)

圧送先水位

$$+ 12.400 - 1.20 = + 11.200 \text{ m}$$

実揚程

$$11.200 - 4.300 = 6.900 \text{ m}$$

圧送管内流速

$$v = \frac{0.035}{\pi/4 \times 0.20^2} = 1.114 \text{ m/s}$$

圧送管内損失

$$h = 10.666 \times \left(\frac{0.035}{110} \right)^{1.85} \times 0.20^{-4.87} \times 780 = 7.145 \text{ m}$$

ポンプ廻り損失

$$h = 1.0 \text{ m}$$

流入，流出損失

$$h = (1.0 + 1.5) \times \left(\frac{1.114^2}{2g} \right) = 0.095 \text{ m}$$

全揚程

$$h = 6.900 + 7.145 + 1.0 + 0.095 = 15.140 \approx 15.5 \text{ m}$$

③ ポンプ仕様

水中ポンプ

$$\phi 150 \times 2.1 \text{ m}^3/\text{分} \times 15.5 \text{ m} \times 15 \text{ kW} \times 2 \text{ 台 (内 1 台 予備)}$$

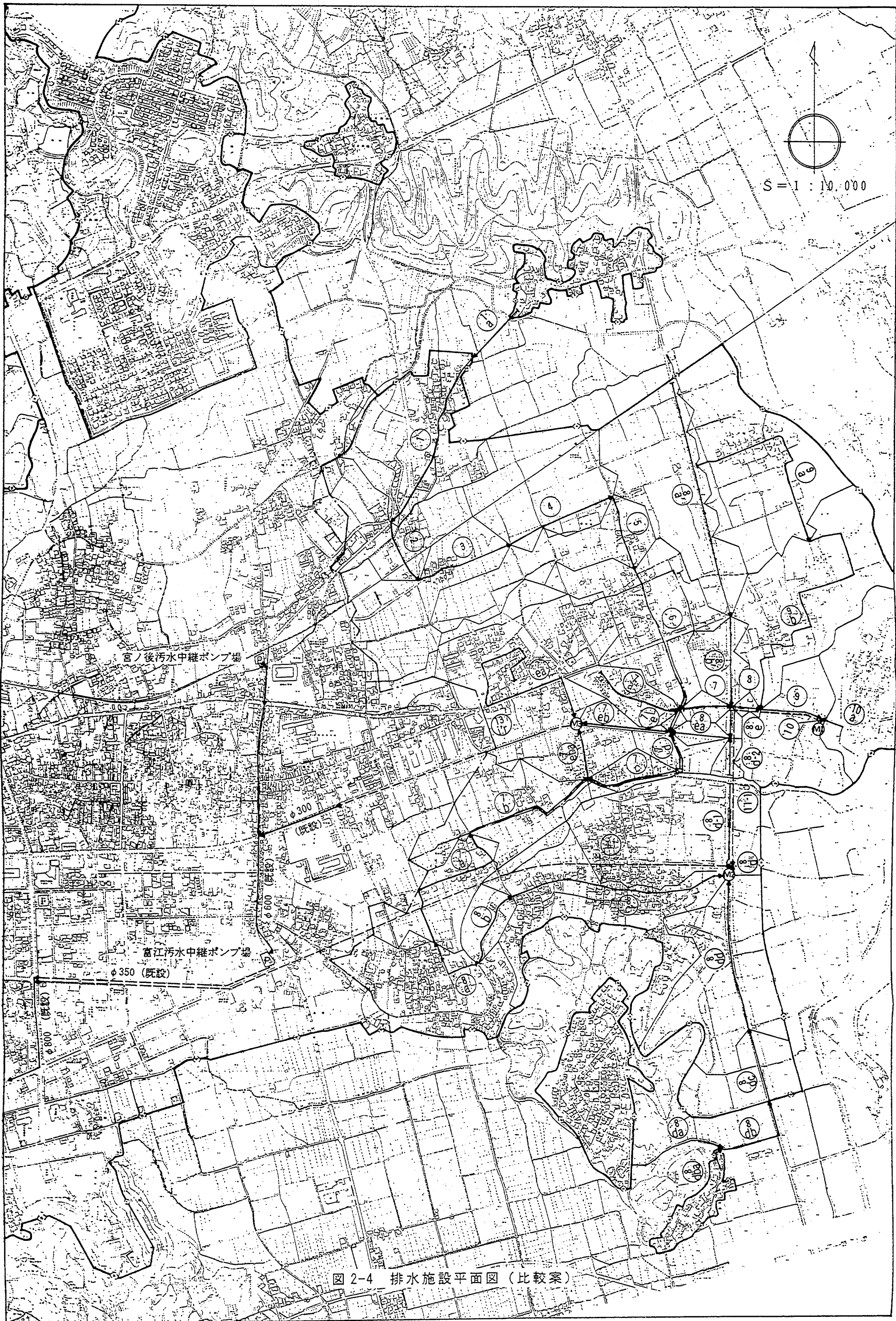


図 2-4 排水施設平面図 (比較案)

3. 費用比較結果

3-1 管渠敷設費 (相異部分での比較)

種 別	口 径 (mm)	土被り (m)	単 価 (千円/m)	従 来 案		比 較 案	
				延長 (m)	敷設費 (千円)	延長 (m)	敷設費 (千円)
自 然 流 下	○200	1.0~1.5	55	1,045	57,475	1,006	55,330
		1.5~2.0	67	585	39,195	745	49,915
		2.0~2.5	87	772	67,164	769	66,903
		2.5~3.0	100	417	41,700	788	78,800
		3.0~3.5	138	295	40,710	114	15,732
		3.5以上					
	○250	1.0~1.5					
		1.5~2.0					
		2.0~2.5					
		2.5~3.0					
		3.0~3.5	145	80	11,600	65	9,425
		3.5以上	260	115	29,900	403	104,780
	○300	1.0~1.5					
		1.5~2.0					
		2.0~2.5					
		2.5~3.0					
		3.0~3.5					
		3.5以上	280	523	146,440	365	102,200
	○350	1.0~1.5					
		1.5~2.0					
		2.0~2.5					
		2.5~3.0					
		3.0~3.5					
		3.5以上	305	162	49,410		
	○400	1.0~1.5					
		1.5~2.0					
		2.0~2.5					
		2.5~3.0					
		3.0~3.5					
		3.5以上	325			10	3,250
	○450	1.0~1.5					
		1.5~2.0					
		2.0~2.5					
		2.5~3.0					
		3.0~3.5					
		3.5以上	350	290	101,500		
	○500	1.0~1.5					
		1.5~2.0					
		2.0~2.5					
		2.5~3.0					
		3.0~3.5					
		3.5以上	370	10	3,700		
	小 計				4,294	588,794	4,265
圧 送	○150		61			24	1,464
	○200		68			777	52,836
	○250		75	6,020	451,500	775	58,125
	○300		82			2,235	183,270
	小 計				6,020	451,500	3,811
合 計				10,314	1,040,294	8,076	782,030

3-2. 中継ポンプ場建設費

項 目		従 来 案	比 較 案		
名 称		井手汚水中継ポンプ場	M ₁	M ₂	M ₃
ポンプ場形式		従来型	マンホール形式		
流入面積(ha)		295.84	86.23	71.05	138.56
計画水量 (m ³ /s)		0.096	0.044	0.017	0.035
ポンプ仕様	口 径(mm)	φ 150	φ 150	φ 100	φ 150
	揚 水 量(m ³ /分)	2.0	2.7	1.1	2.1
	揚 程(m)	28.5	24.0	18.0	15.5
	モーター出力(kw)	22.0	22.0	7.5	15.0
	台 数(台)	4 (内 1 台予)	2 (内 1 台予)	2 (内 1 台予)	2 (内 1 台予)
建設費 (千円)	土木・建設	160,000	9,000	5,000	9,000
	機 械	230,000	17,000	12,000	15,000
	電 気	200,000	7,000	4,000	4,000
	計	590,000	33,000	21,000	28,000
		590,000	82,000		

3-3. 中継ポンプ場維持費 (ポンプに関わる電気代による)

項 目		従 来 案	比 較 案
実稼動ポンプ		φ 150×22kw×3台	φ 150×22 kw×1台 φ 100×7.5kw×1台 φ 150×15 kw×1台
1日当り(10時間稼動)の電力量		22kw×3×10h =660kwh/日	(22+7.5+15)kw×10h =445kwh/日
年間電力費	使用料	660kwh/日×15円/kwh×365日 =3,614千円/年	445kwh/日×15円/kwh×365日 =2,436千円/年
	基本料	66kw×1,200円/kw月×12月 =950千円/年	44.5kw×1,200円/kw月×12月 =641千円/年
	計	4,564千円/年	3,077千円/年
維持費(30年間)		137,000千円	92,000千円

3-4. 概算事業費

(単位：千円)

項 目	従 来 案①	比 較 案②	削減率②／①
管 渠 敷 設 費	1,040,000	782,000	0.75
ポンプ場建設費	590,000	82,000	0.14
ポンプ場維持費	137,000	92,000	0.67
合 計	1,767,000	956,000	0.54

3-5. 比較案の評価

管渠については、従来案の管渠延長は比較案よりも約2,200m長く、敷設費でみた場合、比較案は、従来案に比べて約25%の低減効果を示している。また、中継ポンプ場については、建設費で約85%、維持費で約33%の低減効果がみられ、中継ポンプ場費用に相当の費用削減効果が見込まれる結果となっている。

この結果は、従来型のポンプ場単独より分散型のマンホールポンプ形式ポンプ場が経済的に有利になることを示している。

一方、多重圧送システムの採用に関しては、各ポンプ場の運転状況が異なることから生ずるポンプ稼動条件が複数考えられるため、各々の稼動条件を満足しうる稼動範囲の広いポンプ仕様を設定することが重要と考えられる。

(1) 概算事業費

報告書概要版

大津市

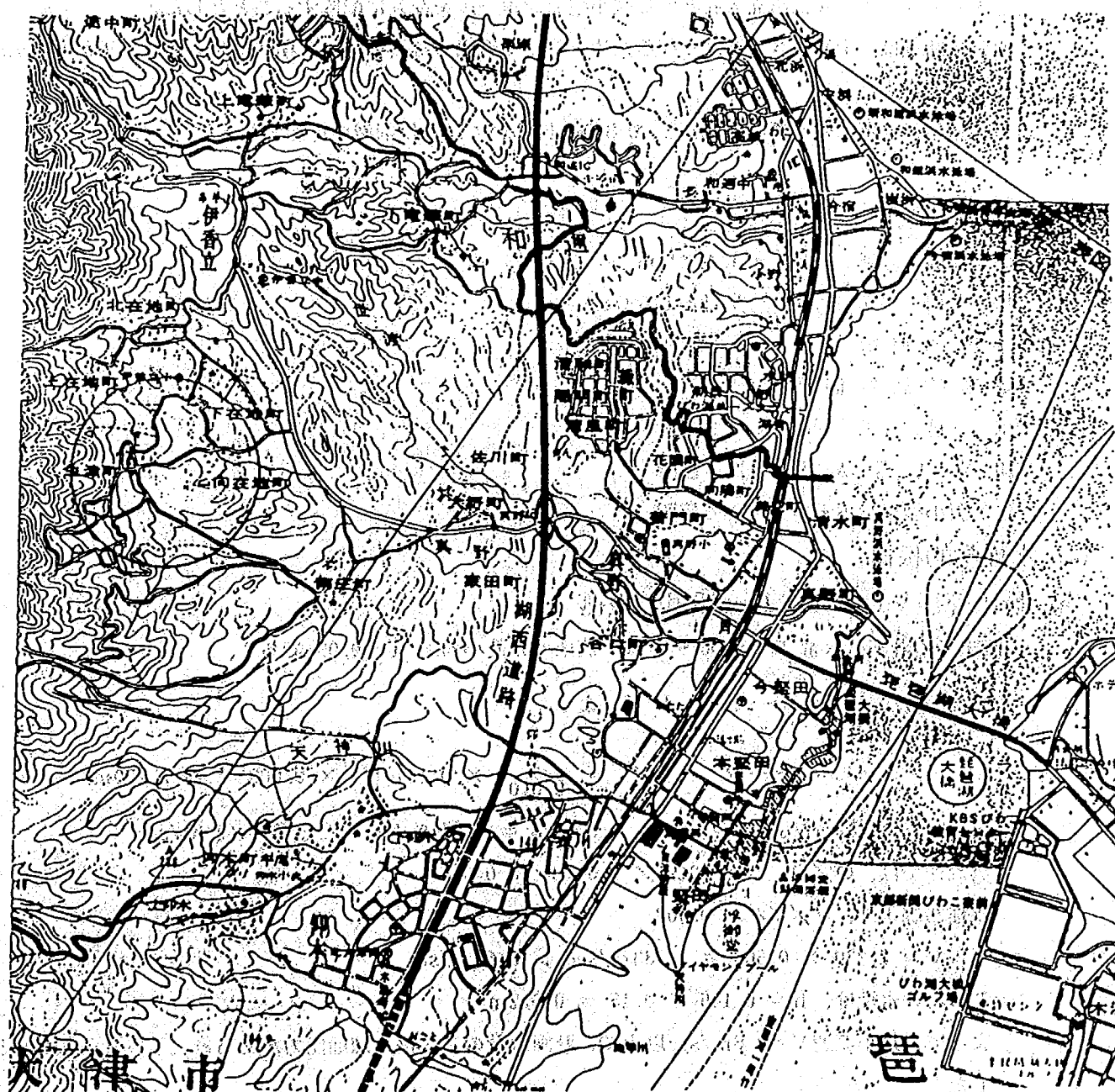
大津市伊香立生津町地内における管渠敷設コスト削減に関する調査検討

1. 費用比較結果要旨

(1) 検討箇所の概要

検討箇所は、下図に示す大津市西北部に位置し、琵琶湖に注ぐ一級河川真野川の中流域にあたる田園地域の農村集落である。地形は、真野川に傾斜した割合急な地形である。

検討箇所位置図



(2) 比較案選定理由

当地区は、散在する家屋間または、集落から既設下水道管を結ぶ遮集管となる管の配置である。
したがって、中間に取付箇所がないため、掘削深を浅くし、土留工のいらぬ施工を計画した。

密閉式側溝化あるいは土被り1.0mでも可能な区間が大部分であるが、現行道路法の規定から採用には至っていない。

また、新素材により掘削内における人的作業が不要となる管材が開発されていないこと、ならびに砂基礎の締固めを伴うため、掘削深を1.5m以下とし、土留工を要しない方法を選定した。

比較案は、当地区は管渠勾配に制約が少なく、地表勾配にあわせやすい、地下水位が低く、土留工を省略しやすい等の地域特性を踏まえて、小規模下水道施設基準を採用し、最小管径 $\phi 150\text{mm}$ 、縦断上に自在曲管の使用により土被り1.2mとした。また、平面的にも曲管を挿入し、マンホール数の節約を計ることとしてマンホールは組立人孔と塩ビ製小型マンホールを交互に配置することとした。

水路横断後は、土被り3.5mとなるため、狭小な道幅と路肩の高い石積に配慮して伏越工法を2箇所設けることとした。

以上の結果、土留工の不要な延長約1,080mについて、費用削減が可能となった。

(3) 比較案の概要

路線延長	1422m
採用管径	VU $\phi 150\text{mm}$
平面的屈折箇所	15箇所
縦断的屈折箇所	14箇所
伏越工法	2箇所
組立1号人孔	23箇所
塩ビ製小型マンホール	14箇所

(4) 水理学的根拠

a) 最小管径VU $\phi 150\text{mm}$ 採用の根拠

流末での計画汚水量 $Q=0.0019\%/ \text{sec}$ 流末での最小勾配 $i=9.0\%$ であり、

満管流速は、 $V_0 = \frac{1}{n} R^{2/3} I^{1/2}$ より

$$V_0 = \frac{1}{n} R^{2/3} I^{1/2} = \frac{1}{0.010} \times 0.1140^{2/3} \times 0.009^{1/2} = 2.230\text{m/sec}$$

$$Q_0 = V_0 \cdot A = 2.230 \times 0.0186 = 0.041\%/ \text{sec} > 0.0019 \times 2\% / \text{sec}$$

実流速では、 $Q/Q_0 = 0.0019 / 0.041 = 0.046$

水理曲線より、 $V/V_0 = 0.508$

$$\therefore V = 2.230 \times 0.508 = 1.133\text{m/sec} > 0.60\text{m/sec}$$

この時の水深は、 $h = 0.146 \times 0.15 = 0.022\text{m}$

よって、最小流速 $V=0.6\text{m/sec}$ 以上で、計画流量の2.1倍の疎通能力がある為、VU $\phi 150\text{mm}$ とした。

b) 曲折部の損失水頭

曲りによる損失水頭は水理公式より、

$$h_b = f_{b1} \times f_{b2} \times \frac{V^2}{2g} \quad \dots\dots\dots (\text{水理式参考資料参照})$$

ここに h_b : 曲りによる損失水頭 (cm)

f_{b1} : 曲りの曲率半径と管径との比 (r/D) によって定まる損失係数 (曲りの中心角 $= 90^\circ$ の場合) (図-2.5)

f_{b2} : 任意の曲り角度の場合の損失と、 90° の曲り角度の場合の損失との比 (図-2.6)

V : 平均流速 (m/sec)

r : 曲りの曲率半径 (m)

D : 管 径 (m)

θ : 曲りの中心角 (度)

当地区での最大曲りは、 $\left(\frac{23}{a}\right)$ の $\theta = 40^\circ$ である。

実流速を求めると、

計画汚水量 $Q = 0.0001 \text{ m}^3/\text{sec}$ 管渠勾配 $i = 84.7\%$ であり、

満管流速は、 $V_0 = \frac{1}{n} R^{2/3} I^{1/2}$ より

$$V_0 = \frac{1}{n} R^{2/3} I^{1/2} = \frac{1}{0.010} \times 0.1140^{2/3} \times 0.0847^{1/2} = 6.843 \text{ m/sec}$$

$$Q_0 = V \cdot A = 6.843 \times 0.0186 = 0.127 \text{ m}^3/\text{sec} > 0.001 \times 2 \text{ m}^3/\text{sec}$$

実流速では、 $Q/Q_0 = 0.0001 / 0.127 = 0.00079$

水理曲線より、 $V/V_0 = 0.150$

$$\therefore V = 6.843 \times 0.150 = 1.026 \text{ m/sec} > 0.60 \text{ m/sec}$$

この時の水深は、 $h = 0.022 \times 0.15 = 0.003 \text{ m}$

曲りの曲率半径 $r = 90 \text{ mm}$ $D = 150 \text{ mm}$ とすると、

$$r / D = 90 / 150 = 0.6$$

図表より、 $f_{b1} = 0.55$

$$f_{b2} = 0.65$$

$$h_b = 0.55 \times 0.65 \times \frac{V^2}{2 \times 9.8} = 0.358 \times \frac{V^2}{19.6}$$

$$\therefore h_b = 0.358 \times \frac{1.026^2}{19.6} = 0.019 \text{ m}$$

よって、水深 $h = 0.003 \text{ m}$ が、 $h = 0.022 \text{ m}$ になるだけであり流れに影響する物ではない。

曲がりによる損失水頭

$$h_b = f_{b1} \times f_{b2} \times \frac{V^2}{2g}$$

ここに h_b : 曲りによる損失水頭 (cm)

f_{b1} : 曲りの曲率半径と管径との比 (r/D) によって定まる損失係数 (曲りの中心角
= 90° の場合) (図-2.5)

f_{b2} : 任意の曲り角度の場合の損失と、 90° の曲り角度の場合の損失との比
(図-2.6)

V : 平均流速 (m/sec)

r : 曲りの曲率半径 (m)

D : 管 径 (m)

θ : 曲りの中心角 (度)

図-2.5

曲りの中心角が 90° の場合曲りの曲率半径対
管径比 (r/D) と損失係数 f_{b1} との管径

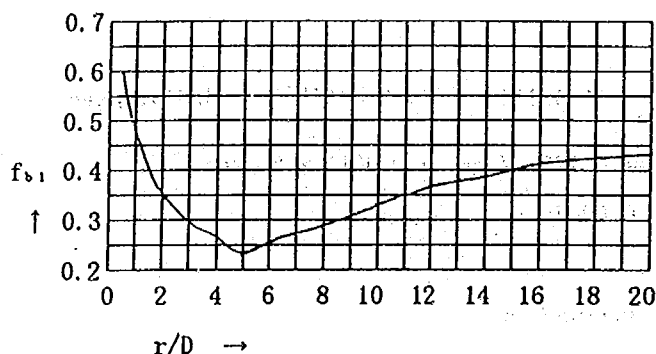
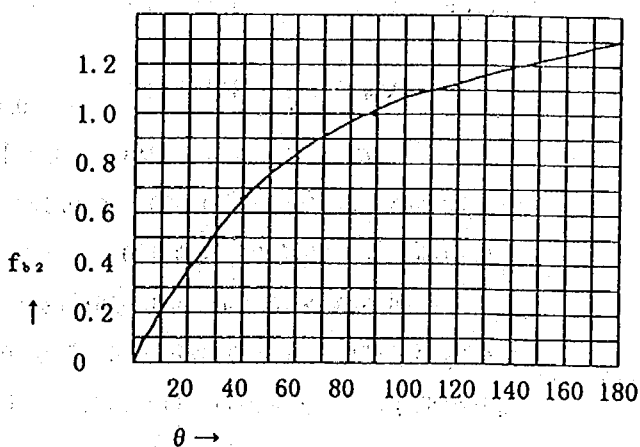


図-2.6

曲り角度 (θ) と 90° 曲りの損失係数に
対する比 (f_{b2}) との関係



〔解 説〕 松本式はCreager (クリーガー) による。ここでいう曲りによる損失水頭は曲り管部の総損失水頭と、その曲り管と同長の直管の損失水頭との差である。すなわち曲がり管のために生じる損失水頭の増加分であって、普通の損失水頭を控除したものである。

曲がり管の損失水頭については、Weisbach (ワイスバッハ) 以来、Balch (バルチ)、Davis (デーヴィス)、Brightmore (ブライトモア)、Hoffman (ホフマン)、Vogel (フォーゲル)、Williams (ウィリアムズ)、Hubell (フューベル)、Fenkel (フェンケル)、Schder (ショーデル)、Wasielenski (ワジレンスキイ) 等多くの実験値があるが、実験に用いる管の種類等によって結果は、かなり異なっており、損失水頭を単に r/D 、および θ の関数として表すことは多少の難点がある。

しかし現段階では、まだ最終的な結果は得られていないので、Creagerが前期諸実験値を集めて簡単な形に、とりまとめた本公式は、実用上の要請に対し最も適切な物と考えられている。

c) 伏越部の損失水頭

23
d

□ 1,600×1,000横断部

計画汚水量 $Q = 59.3 \text{ m}^3/\text{日} = 0.0007 \text{ m}^3/\text{sec}$

地盤高 上流側 179.50m 下流側 179.13m

流入管底高 178.140m

「下水道施設計画・設計指針と解説」第6節 伏越 § 7.2 P162により損失水頭を求める。

$$H = i \cdot l + \beta \times \frac{V^2}{2g} + \alpha$$

ここに H : 伏越の損失水頭 (cm)

i : 動水勾配 (4‰以下 4/1,000)

l : 伏越管渠の延長 ($l = 10.26 \text{ m}$)

V : 伏越管渠内の流速 (m/sec)

VU $\phi 150 \text{ mm}$ $A = 0.0186 \text{ m}^2$ $Q = 0.0007 \text{ m}^3/\text{sec}$

$$\therefore V = \frac{0.0007}{0.0186} = 0.0376 \text{ m/sec}$$

g : 重力の加速度 ($g = 9.8 \text{ m/sec}^2$)

α : 余裕 (30~50mm)

β : 1.5を標準とする。

$$\therefore H = \frac{4}{1000} \times 10.26 + 1.5 \times \frac{0.038^2}{2 \times 9.8} + 0.050$$

$$= 0.041 + 0.001 + 0.050 = 0.092 \text{ m}$$

余裕を見て $H = 20 \text{ cm}$ とする。ただし、実際には、上・下流管共、土被り1.2mを採用するため水頭差は36.8cmである。

自然流下案と伏越案の縦断図を次に示す。

d) 費用比較結果

費用比較表

工事延長 L=1422m

(単位：千円)

工事部位	項目	従来手法の設計(A)		コスト削減案(B)		コスト比率 C=B/A	削減率 D=100-C	削減比率 (A-B) (D-E)
		工事費	工事費率	工事費	工事費率			
管布設工	材料費	2,809	5.5	1,995	5.7	71.0	29.0	5.0
	土工	18,184	35.4	12,816	36.6	70.5	29.5	32.8
	土留工	8,274	16.1	2,558	7.3	30.9	69.1	34.9
	管敷設工	2,583	5.0	2,285	6.5	88.5	11.5	1.8
	水替工	196	0.4	190	0.5	96.9	3.1	0.0
	小計	32,046	62.4	19,844	56.6	61.9	38.1	74.5
人孔設置工	人孔材料	6,049	11.8	4,032	11.5	66.7	33.3	12.3
	据付工	2,961	5.8	1,579	4.2	53.3	46.7	8.4
	副管設置工	264	0.5	109	0.3	41.3	58.7	0.9
	小計	9,274	18.1	5,720	16.3	61.7	38.3	21.7
汚水樹 取付管工	材料費	482	0.9	380	1.1	78.8	21.2	0.6
	汚水樹	1,025	2.0	1,025	2.9	100.0	0.0	0.0
	取付管	725	1.4	759	2.2	104.6	+4.6	-0.2
	管取付工							
	小計	2,232	4.3	2,164	6.2	97.0	3.0	0.4
付帯工		7,876	15.2	7,325	20.9	93.0	7.0	3.4
合計		51,428		35,053		68.2	31.8	100.0

費用比較表より、従来手法よりもコスト削減案は、土工30%、土留工69%、人孔設置工38%それぞれ削減可能となり、直接工事費全体で32% (16,375千円) 減の35,053千円となる。

管布設1m当り単価は、11,516円/m減となる。

従来手法の設計 = 51,428千円 / 1,422m = 36,166円/m

コスト削減案 = 35,053千円 / 1,422m = 24,650円/m

(6) 今後の問題点

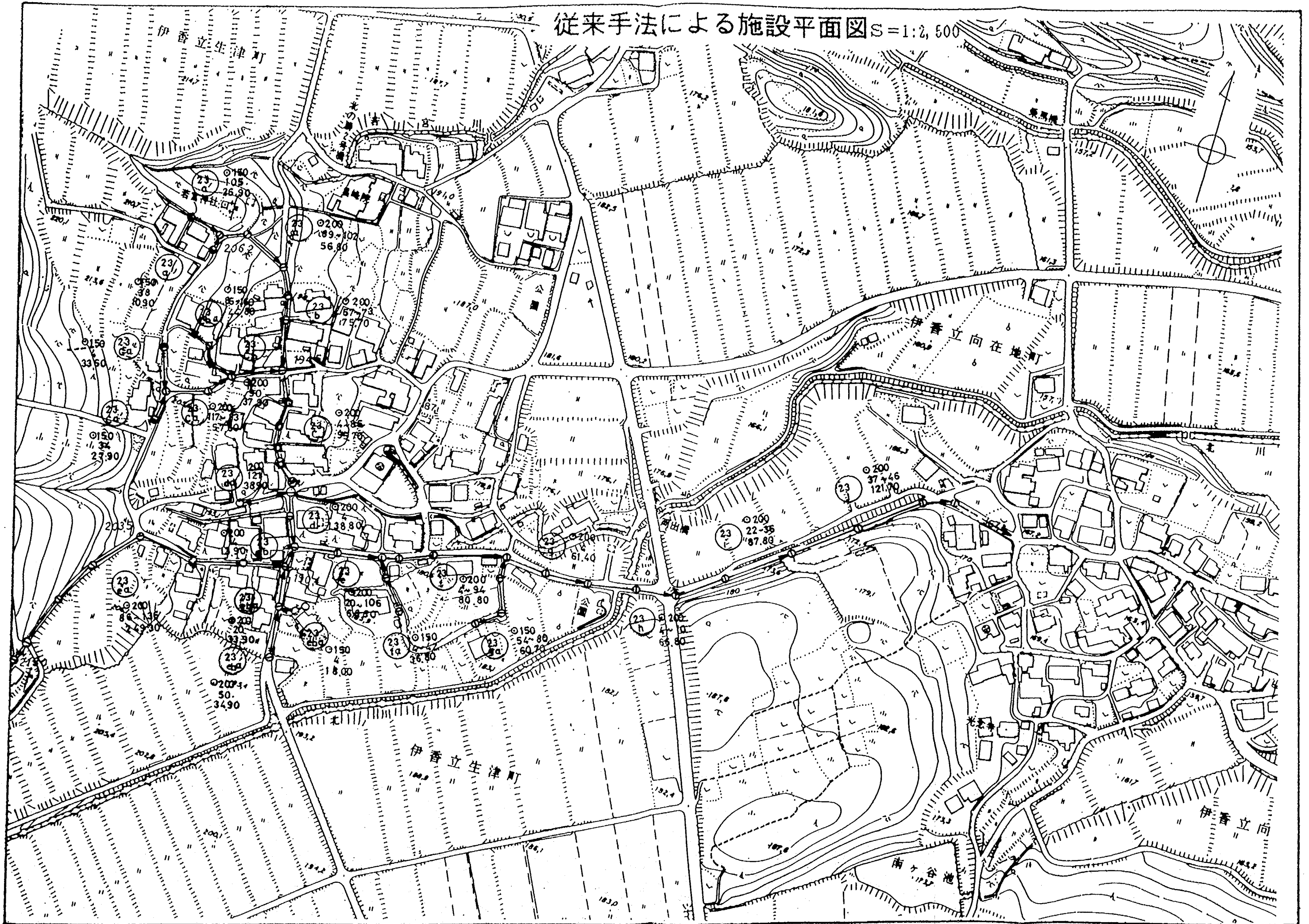
今後の問題点として、汚水量の少ない箇所に伏越工法を採用した点がある。

検討箇所内の集落は、農村地域であり、宅内からの排水に、収穫物の洗い物に付着した土砂の流出が一般市街地より多いと思われる。そのため、管渠内での土砂の堆積が管理面にどのような影響を与えるかについて、現況で推測することは難しい。

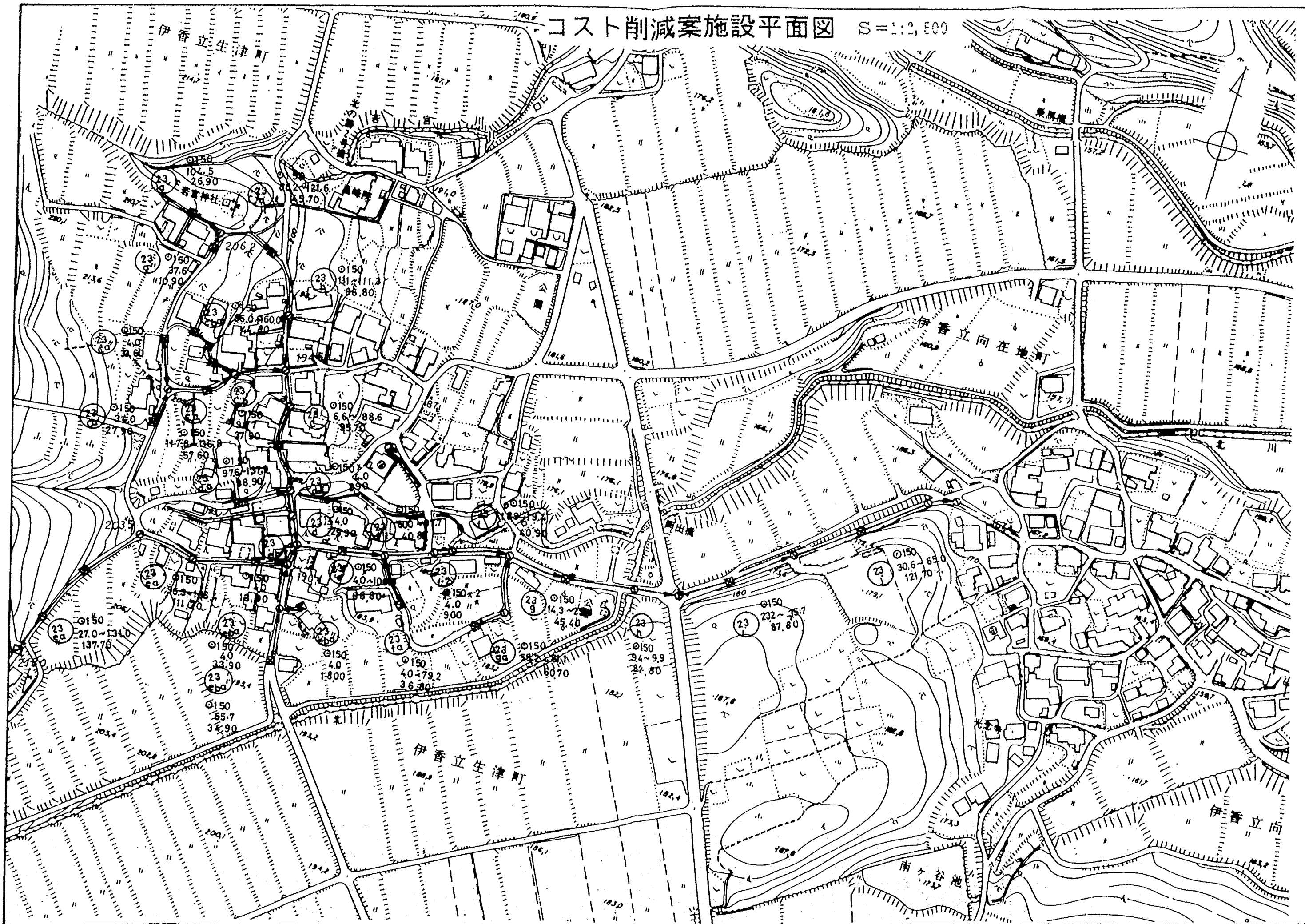
また、曲折部、伏越部、塩ビ製小型マンホールの採用により、人孔内からの目視（検査用鏡）にて維持管理を行うことが困難な箇所が出てくるとと思われる。現在、大津市でも管渠の検査、維持管理にTVカメラによる管内からの調査を導入しているが、 $\phi 150\text{mm}$ のTVカメラは、管周方向には1方向しか側視できないのが現状である。現在、小口径農集落排水用カメラシステムで、本管用 $\phi 100\sim 150\text{mm}$ で側視回転機能の付いた自走式カメラもあり、この機械を使用することにより管渠の維持管理も可能と思われる。

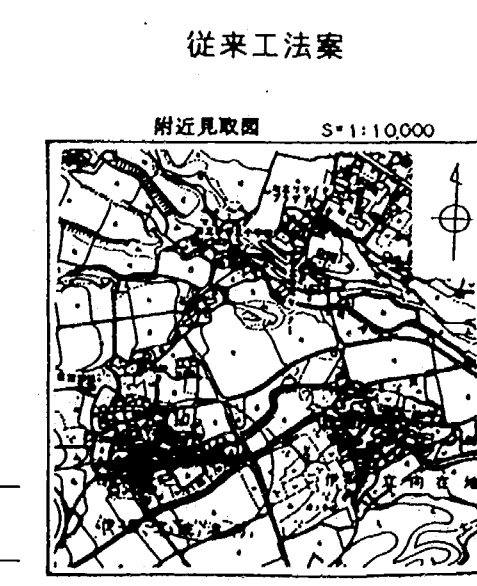
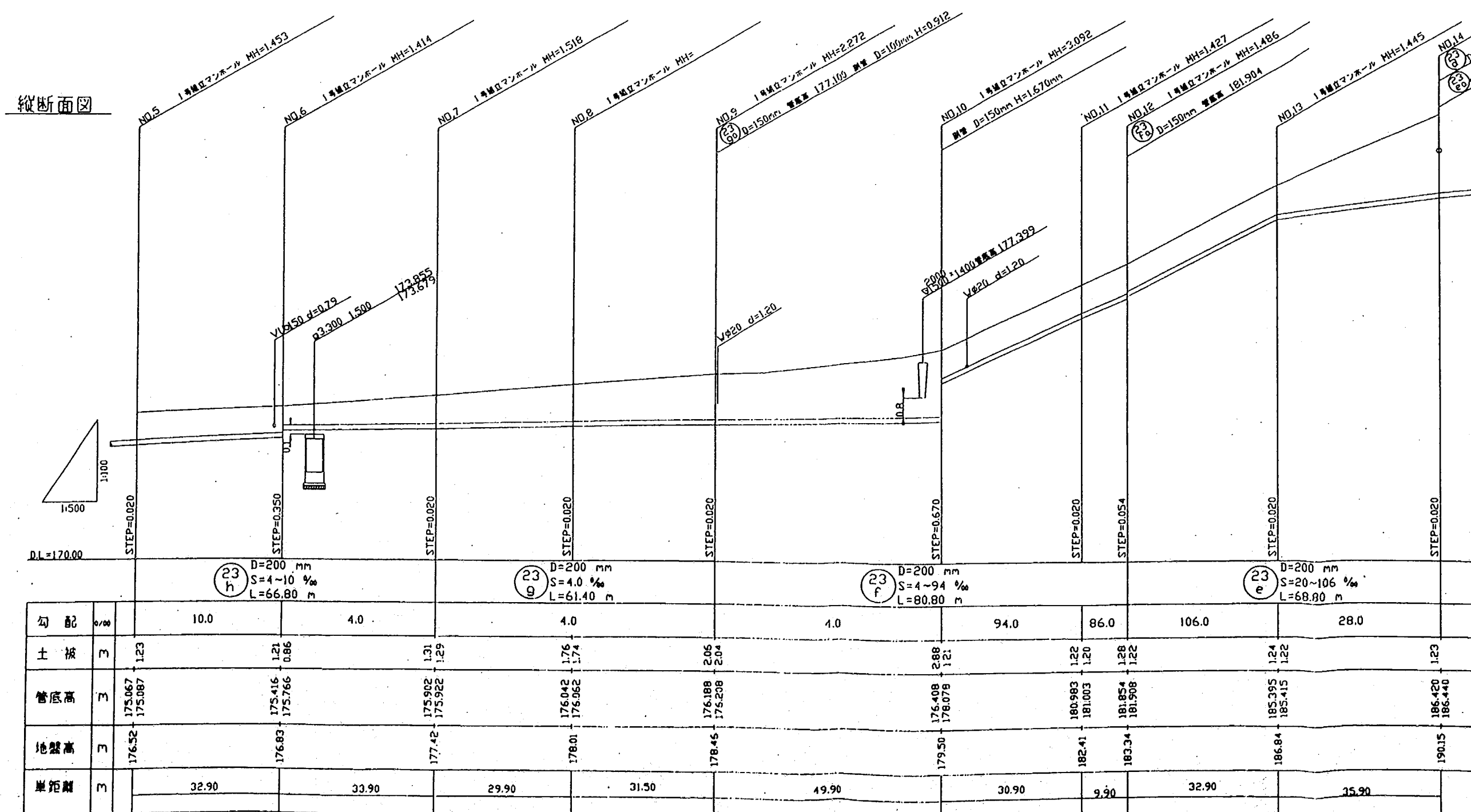
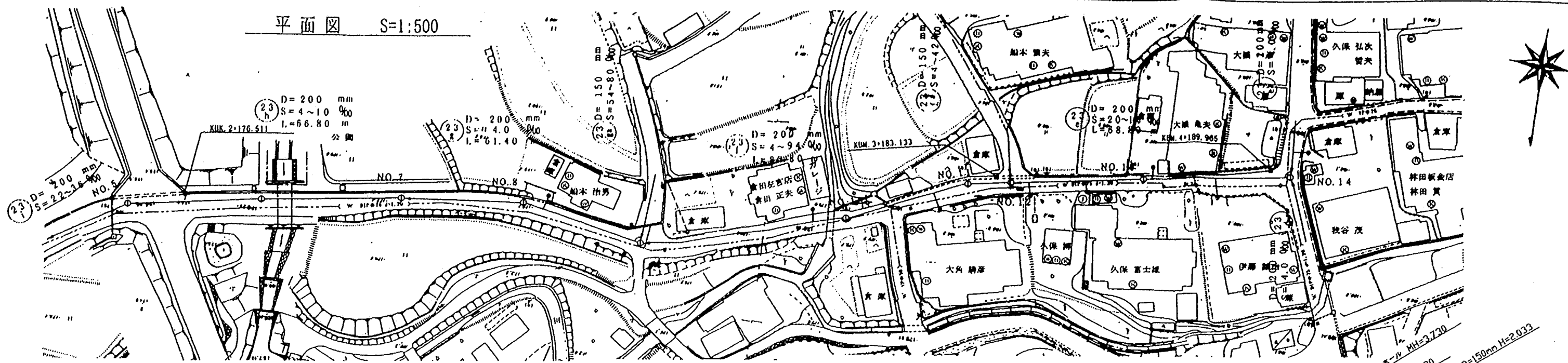
伏越工法は、他の市町村では、1年に1度管内の清掃にて、充分機能している実績があるが、曲折部での閉塞等について実績を見て行く必要があると思われる。

従来手法による施設平面図 S=1:2,500

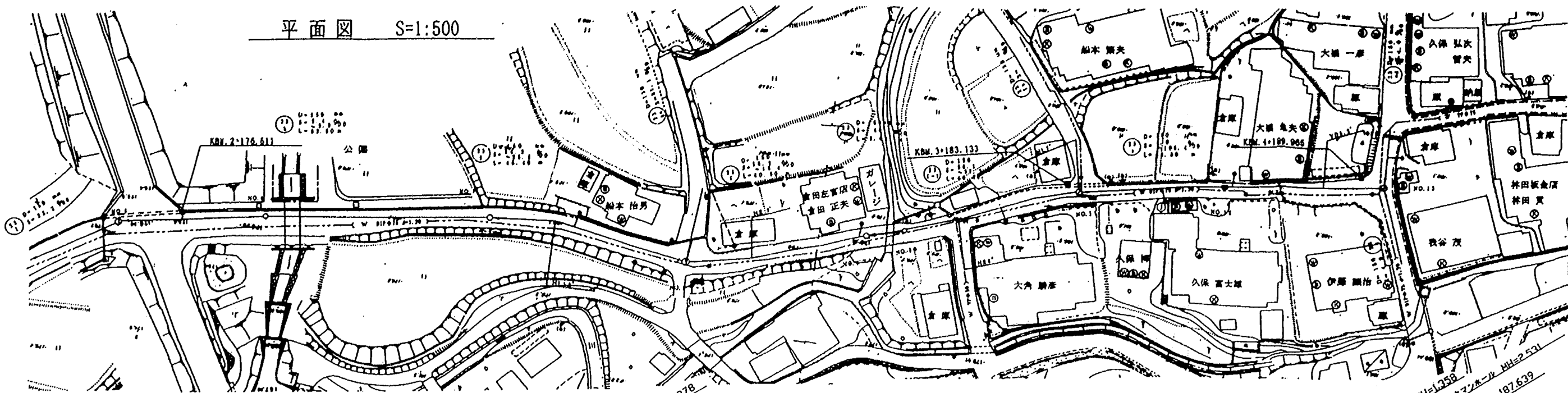


$S = 1:2, 300$

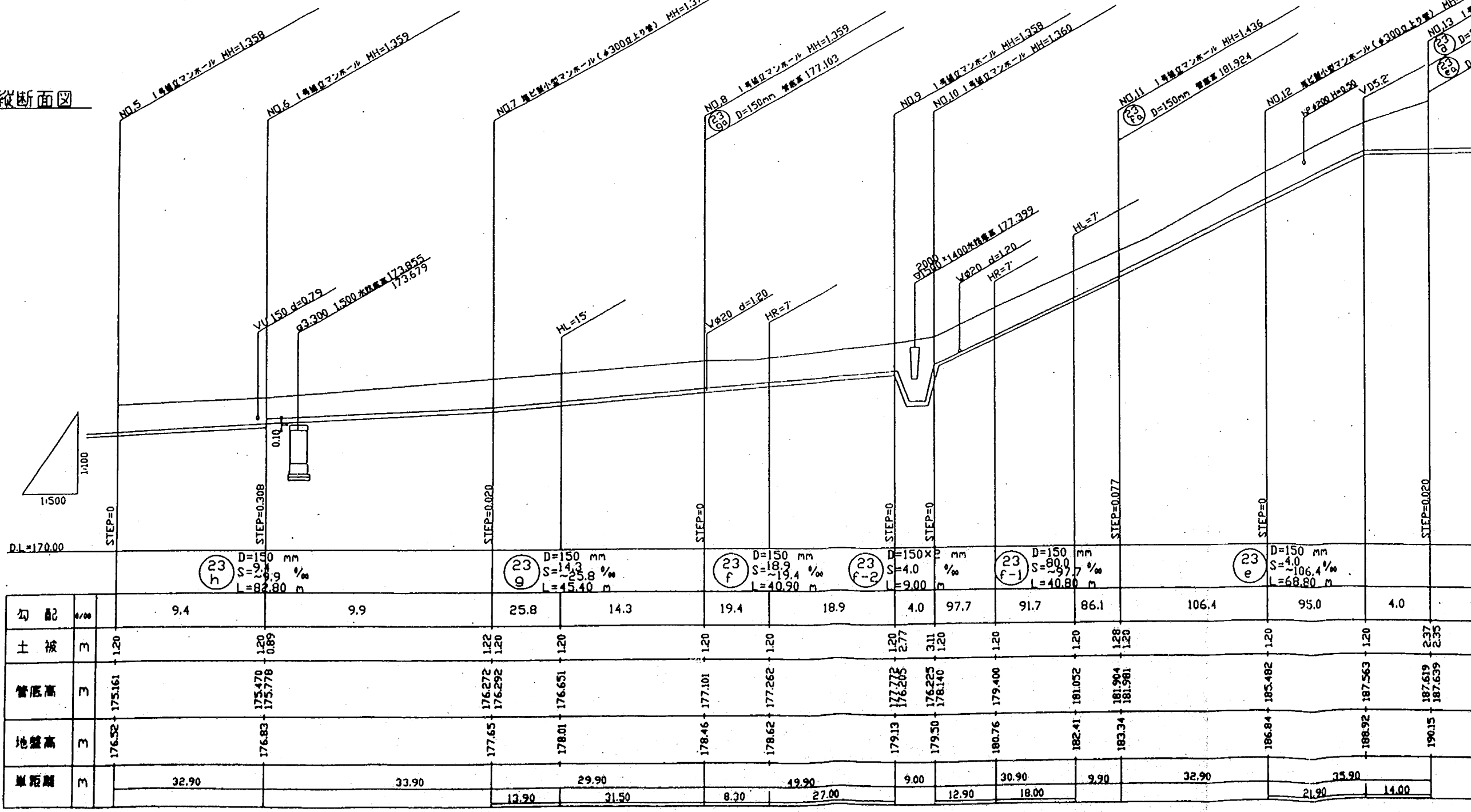




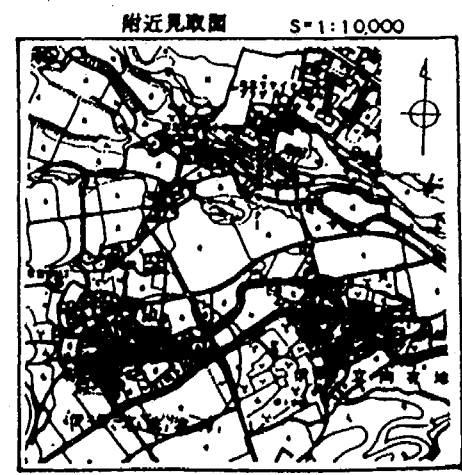
工事場所	大津市伊香立生原町	図	4
工事名	伊香立(第Ⅰ区) 管渠敷設工事	頁	17
図面名	平面図・縦断面図		
図面年月日	平成 年 月 日	比例尺	1:1,000
縮尺	縮尺	縮尺	縮尺
大津市下水道部建設第一課			
株式会社 三木コンサルタンツ	審査員	図面番号	



縦断面図



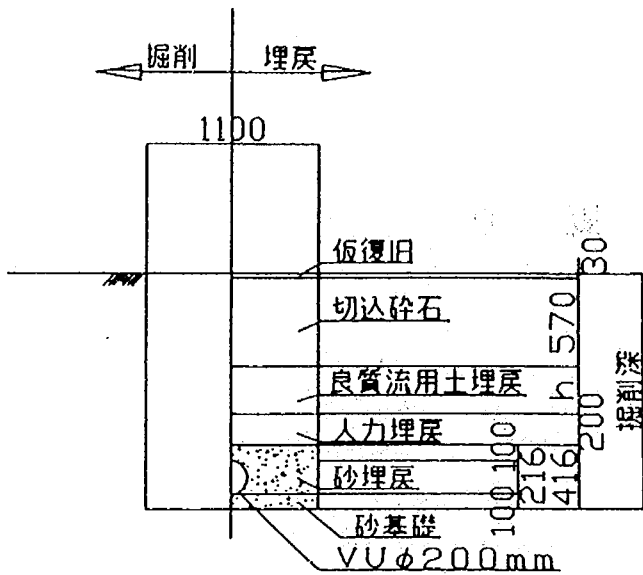
コスト削減案



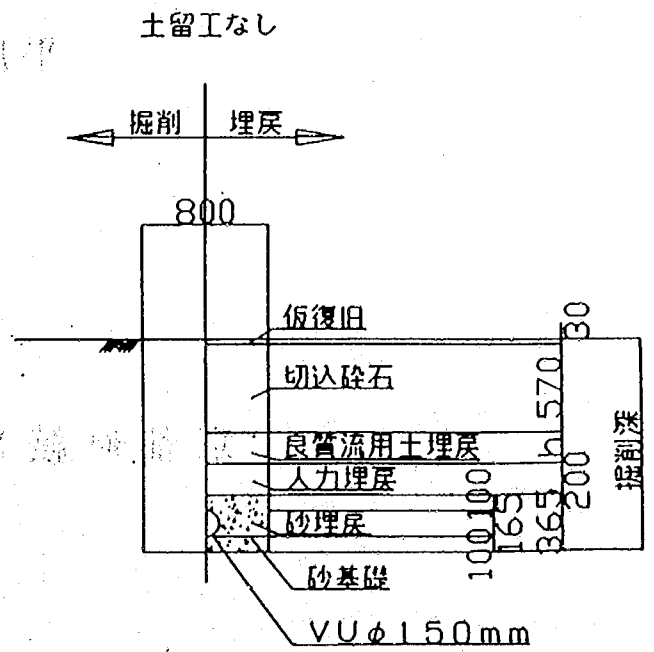
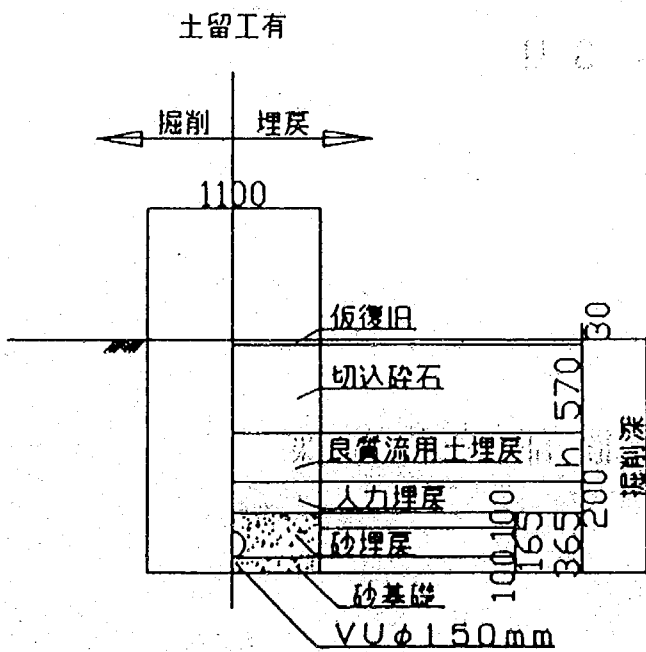
工事箇所	大津市伊勢川左岸河川	図	4
工事名	伊勢川(左岸)管渠敷設工事	冊	18
図面名	平面図・縦断面図		
図面番号	平 1-1 縦 1-1	縮尺	1:1000 1:1000
大津市下水道部建設第一課			
作成会社	三木コンサルタント	作成者	田中

土工標準図

従来手法



コスト削減案



管 ぎ よ 敷 設 コ ス ト 比 較 設 計

報 告 書 概 要

平成 9 年 3 月

京 都 府 綾 部 市 建 設 部 下 水 道 課

目 次

1. 綾部市の概要	1
2. 下水道事業の歴史	2
3. 検討箇所の概要	3
4. 比較案選定理由	3
5. 比較案の概要	6
6. 費用比較	8
7. 比較検討における評価	9
8. 総 論	1 1
9. 今後の問題点	1 2
1 0. 概略設計図	1 3

1. 綾部市の概要

本市は、京都府の中央部より北寄り、京都市の北西約60kmに位置し、府下の2市4町と福井県に境を接し、市街地を清流由良川が流れる山紫水明の地である。

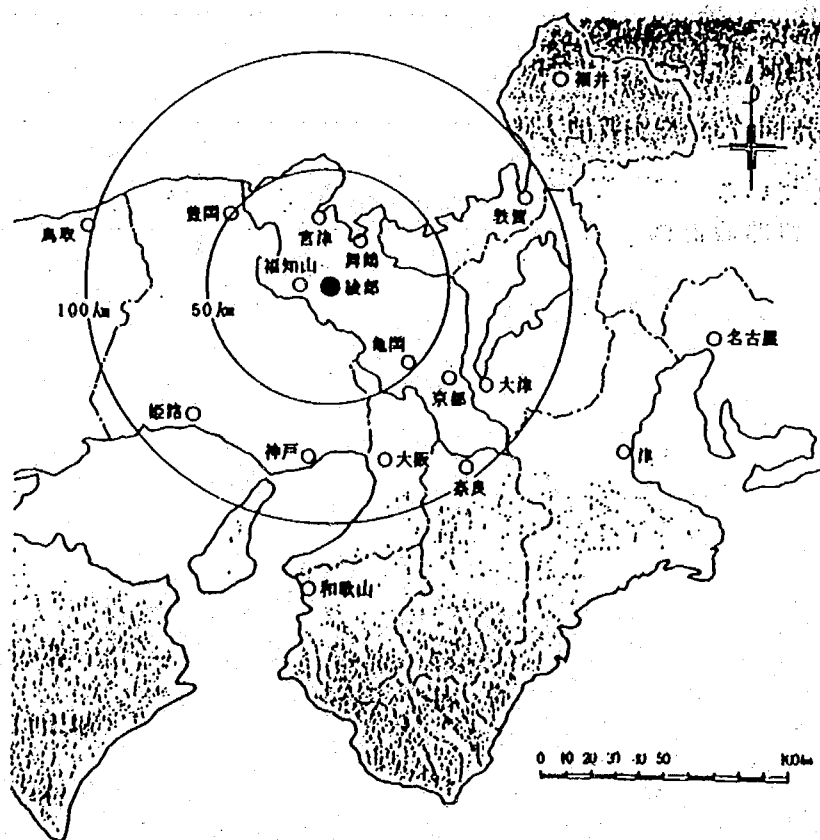
市域面積は347.11km²と広大で、近畿地方においては、京都市、神戸市について三番目の面積を有しており、そのうち約77%を山林が占める、緑豊かな田園都市である。また明治25年には「大本教」が開教され、宗教の町としても知られるようになった。

市内には、近畿自動車道敦賀線、国道27号、国道173号が走るほか、JR山陰本線と舞鶴線の分岐点であるとともに、現在京都縦貫自動車道の建設も進められており、交通面においてきわめて重要な位置を占めている。

本市は、古くから製糸工場を中心として発展してきましたが、昭和40年代の高度経済成長の波、石油危機など経済変動等で基幹産業の繊維工業が衰退傾向となり、若者の流出、過疎化が進み、人口はピーク時の54,000人から40,000人に減少している。

しかし、こうした状況の中で、市立病院の開院、近畿自動車道敦賀線の開通、府営綾部工業団地の完成などの大型プロジェクト事業が着実に進展してきたところである。

今後は、ゆるぎない市政の基盤を確立し、本市が21世紀に向けて大きく飛躍し、市民が誇りと愛情の持てる活力のある都市となるため「はばたけ創造のとき躍動綾部」を基本理念とし、今後の快適なまちづくりに向かって諸施策に取り組んでいる。



綾部市位置図

2. 下水道事業の歴史

本市の公共下水道については、当初、昭和45年度に、基本計画を策定し、昭和47年度から事業着手を予定していたが、諸般の事情により着手に至らなかった経緯がある。

その後、昭和57年に、まず終末処理場の位置決定からと、処理予定区域の最下流部に位置選定を行い、対象地元に説明に入ったが、当然のことながら話し合いは難航した。加えて処理場予定地が隣接市との境界近くであったため、これらの対応にも期間を要したが、京都府並びに近隣市当局の協力により、平成元年7月にすべて合意が得られた。この話し合いの期間中、昭和59年度に当初基本計画の見直しを行い、全体計画面積783ha、処理人口25,000人、処理水量18,600m³/日、排除方式を分流式と定めている。

平成元年度に第一期事業として、整備面積122haについて事業認可を受け浄化センターの用地買収等事業に着手、平成2年度に面整備、平成3年度に幹線管渠の築造にそれぞれ着手した。

また、公共下水道の根幹的施設である浄化センターの建設については、平成4年度に日本下水道事業団に委託、平成6年度末水処理施設の完成により市民待望の公共下水道の供用開始を行うことができた。平成7年度末には汚泥処理施設も完成し、第一期計画による処理場建設は完了した。

当市の下水道計画は、最下流部に処理施設を設置、自然流下で汚水を集める方式を採用しており、浄化センターから中心市街地までの距離が長いこと、また、第一期整備区域が一本の樹木のように幹線が長く取り込みが少ないこと等、課題があり、下水道普及率は、平成8年度末で約4%になっている。

また、本市では、平成3年度に「綾部市水洗化総合計画」を策定し、公共下水道事業と併せ、農業集落排水事業（平成5年度着手）、合併処理浄化槽事業（平成8年度着手）を実施しており、農業集落排水事業については、現在六処理区で事業を実施し、平成8年度末で、四処理区において供用を開始している。また合併処理浄化槽事業については、約70基が設置されている。

これらの事業の特色を活かしながら、早期の全市水洗化に向け積極的に諸事業に取り組んでいる。

綾部市公共下水道 計画概要

内 容		全体計画	事業計画
処理面積 (ha)		783	122
処理人口 (人)		25,000	4,700
計画汚水量 (m ³ /日)	日 平 均	14,600	2,440
	日 最 大	18,600	3,100
	時間最大	28,300	4,720
排除方式		分流式	
浄化センター水処理方式		標準活性汚泥法	
浄化センター汚泥処理方式		濃縮→消化→脱水→搬出	
浄化センター処理水放流先		一級河川 荒倉川	
浄化センター所在地		京都府綾部市高津町横枕、他地先	
浄化センター敷地面積 (m ²)		31,200	

農業集落排水事業 計画概要

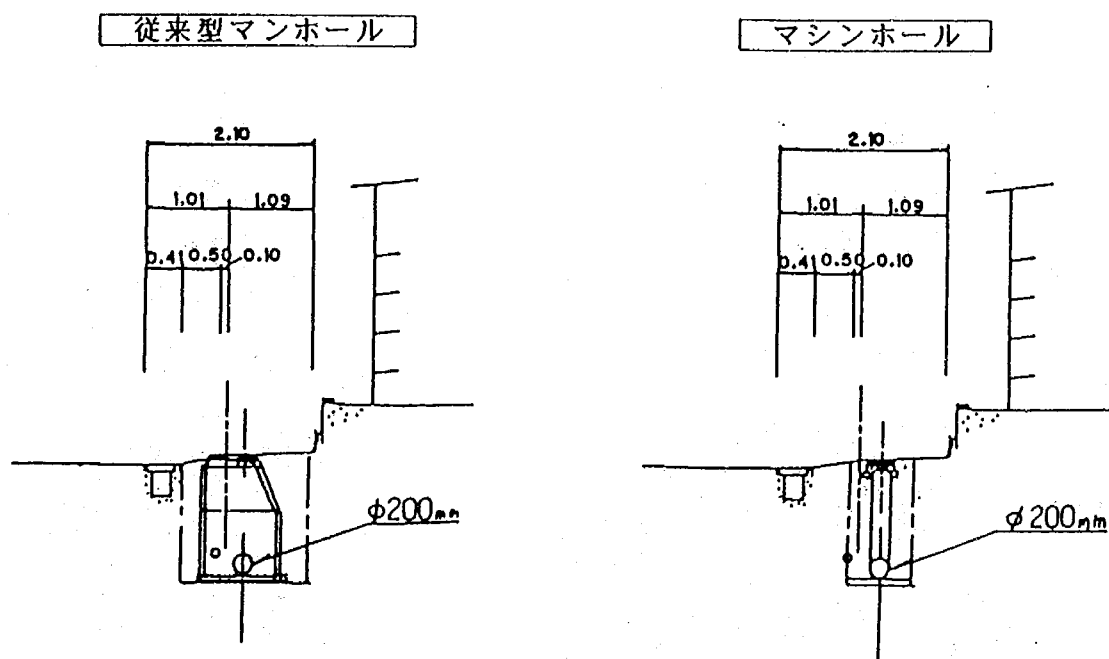
集 落 名	戸数 (戸)	人口 (人)	着手年度	備 考
西 八 田	438	370	平成5年度	平成8年度末 一部供用 208戸 677人
物部東部	206	590	平成5年度	平成8年度末 一部供用 96戸 319人
志 賀 郷	267	880	平成6年度	平成8年度末 一部供用 50戸 164人
豊里東部	68	230	平成6年度	平成8年度末 一部供用 42戸 142人
口 上 林	369	1,060	平成7年度	
高 槻	57	190	平成8年度	

3. 検討箇所の概要

本検討地域は、JR山陰本線綾部駅前より府道福知山綾部線を約3km西上した位置にある。地形は比較的平坦であるが、家屋が密集しており、道路巾員も狭く、用水路・地下埋設物（NTT、上水道）が錯綜し、下水管渠の敷設（特にマンホールの設置）の難易度がやや高い地域である。（後ページ「位置図」参照）

4. 比較案選定理由

従来のマンホールでは、狭小道路又は地下埋設物錯綜箇所での設置が困難であり、掘削等の施工においても、家屋等に影響を与える可能性がある。したがって、マシンホールを設置することにより、土工量の低減、施工の省略化・迅速化・安全化が図られ、敷設コストの削減にも役立つものと考えられる理由からである。（下図参照）



なお、本検討におけるマシンホールは、「下水道協会規格（K-9規格）」となっていることや、他のマシンホールに比べ経済的に有利であること等の理由により、「硬質塩化ビニールマシンホール」を比較案として採用するものとする。

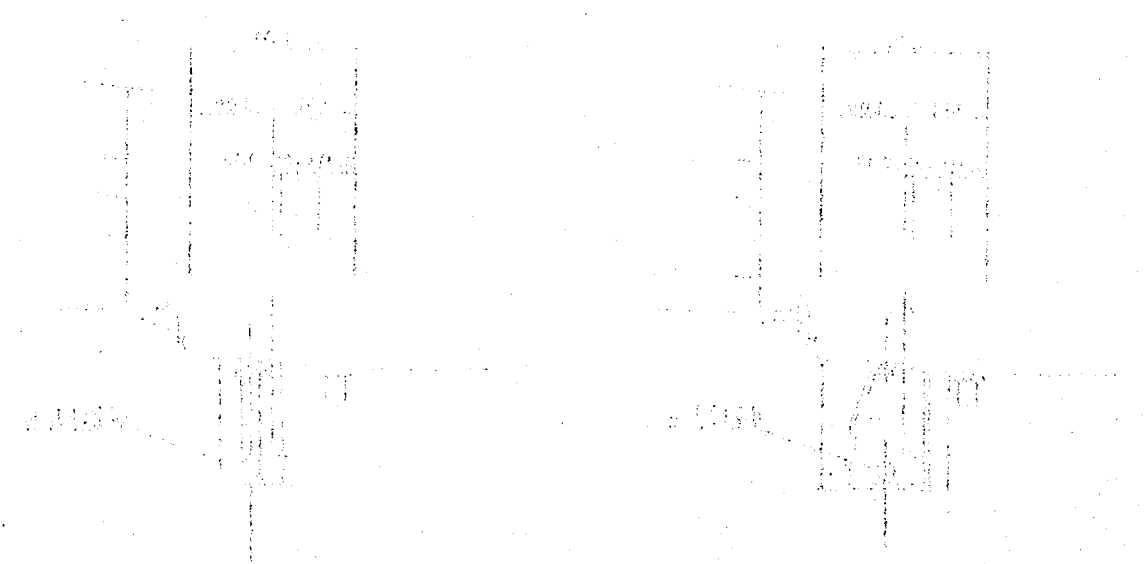
（一）本會之宗旨：（一）促進我國社會福利事業之發展。（二）改善我國社會福利事業之品質。（三）提高我國社會福利事業之效率。（四）普及我國社會福利事業之普及。（五）加強我國社會福利事業之合作。（六）推廣我國社會福利事業之宣傳。（七）研究我國社會福利事業之理論。（八）發展我國社會福利事業之技術。（九）培養我國社會福利事業之人才。（十）其他有關社會福利事業之事項。

附 錄

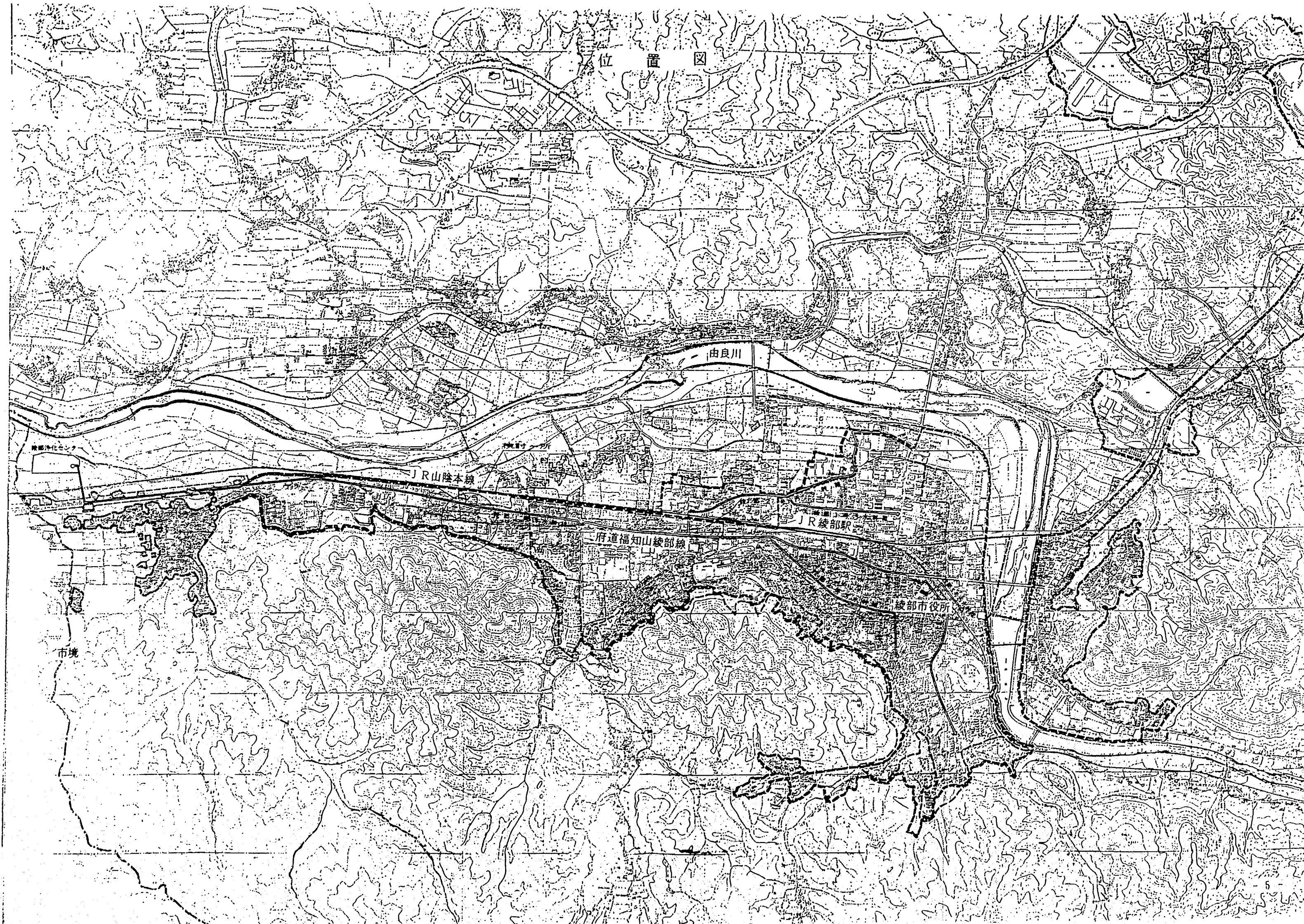
（一）本會之組織：（一）本會設理事會，由本會會員選舉產生。（二）本會設監事會，由本會會員選舉產生。（三）本會設秘書處，由本會理事會聘任。（四）本會設各專任委員，由本會理事會聘任。（五）本會設各專任職員，由本會秘書處聘任。（六）本會設各專任義工，由本會秘書處聘任。（七）本會設各專任顧問，由本會理事會聘任。（八）本會設各專任諮詢委員，由本會理事會聘任。（九）本會設各專任諮詢顧問，由本會理事會聘任。（十）本會設各專任諮詢顧問，由本會理事會聘任。

附 錄

附 錄



（一）本會之組織：（一）本會設理事會，由本會會員選舉產生。（二）本會設監事會，由本會會員選舉產生。（三）本會設秘書處，由本會理事會聘任。（四）本會設各專任委員，由本會理事會聘任。（五）本會設各專任職員，由本會秘書處聘任。（六）本會設各專任義工，由本會秘書處聘任。（七）本會設各專任顧問，由本會理事會聘任。（八）本會設各專任諮詢委員，由本會理事會聘任。（九）本會設各專任諮詢顧問，由本會理事會聘任。（十）本會設各專任諮詢顧問，由本會理事會聘任。



5. 比較案の概要

硬質塩化ビニール製マシンホール

材質は、硬質塩化ビニールであり、特徴は次の通りである。

イ) 接続方法

- ・ゴム輪接合である。

ロ) 施工性

- ・組立てが容易なので熟練工を必要としない。
- ・インバートを切る必要がないため、養生期間も不要である。
- ・高さ調整は現地で立上がり管を切断することにより微調整も可能である。
- ・道路勾配にあわせて部材の設置が可能である。
- ・傾斜地に対応可能な部材がある。

ハ) 水密性

- ・一体構造であり、接合部はゴム輪接合方式であるため、地下水の侵入を防止できる。
- ・内蓋を使用するため雨水の侵入も防止できる。

ニ) 耐薬品性

- ・硬質塩化ビニール製のため耐酸性、耐アルカリ性等の耐薬品性に優れている。

ホ) 維持管理性

- ・地上部からジェット洗浄や小型TVカメラ操作などの維持管理が可能である。

ヘ) 経済性

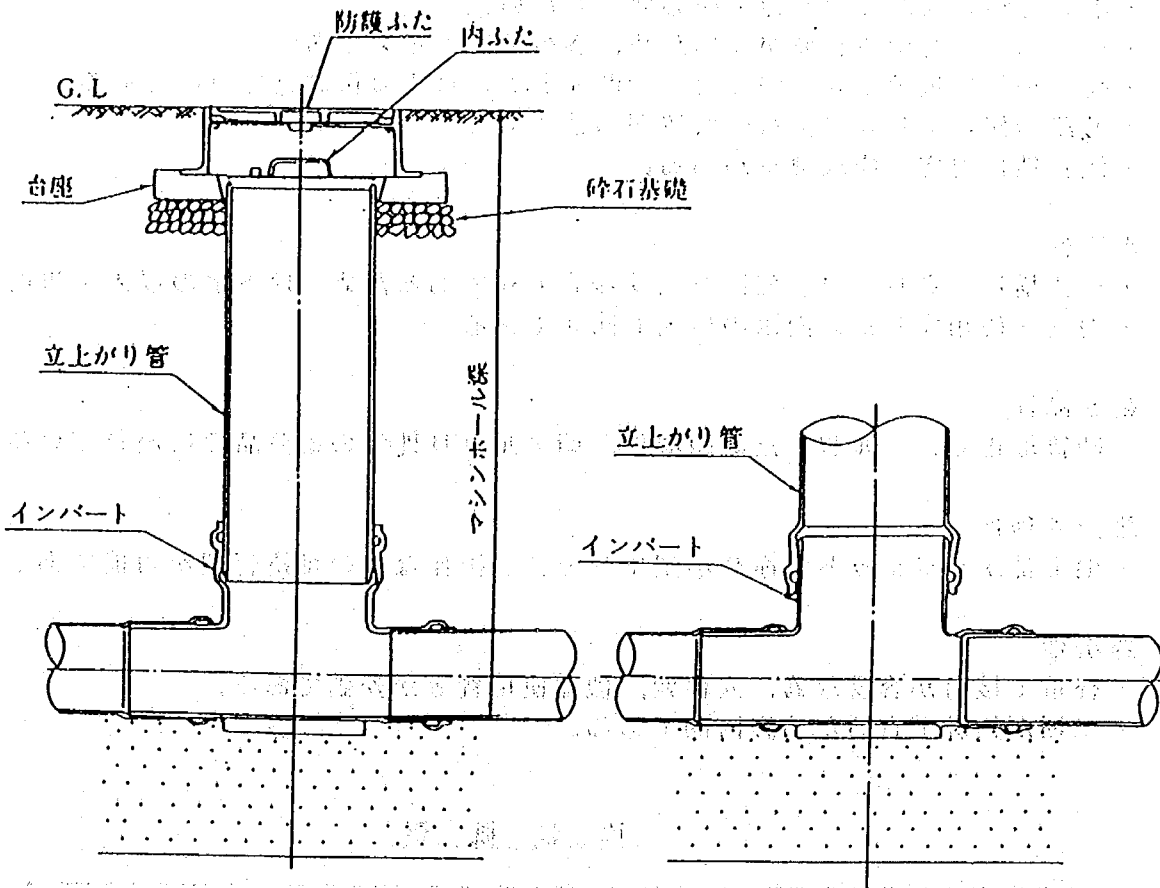
- ・軽量で接合が容易な為、人件費、機器使用費等が安価である。
- ・工期が短縮できるため経済的である。

比 較 概 要

	従来型マンホール	マシンホール
管路延長	662.50 m	662.50 m
管布設延長	642.40 m	647.838m
マンホール	全 24 箇所 0号人孔 5箇所 1号人孔 14箇所 楕円人孔 5箇所	全 24 箇所 起点インバート 4箇所 ストレートインバート 9箇所 15°曲りインバート 4箇所 90°曲りインバート 2箇所 90°合流インバート 3箇所 トロップインバート 2箇所
取付管	35 箇所	35 箇所
付帯工 (舗装費は別項)	562.2 m ²	562.2 m ²

外形図

硬質塩化ビニル製マシンホール



1. 材質 硬質塩化ビニル
 2. 規格 JIS S 5020
 3. 寸法 外径 100mm
 4. 長さ 1.0m
 5. 重量 約 1.5kg
 6. 使用温度 0℃～40℃
 7. 保管温度 0℃～40℃
 8. 保管場所 乾燥した室内
 9. 保管期間 1年以内
 10. 保管方法 立てて保管

1. 材質 硬質塩化ビニル
 2. 規格 JIS S 5020
 3. 寸法 外径 100mm
 4. 長さ 1.0m
 5. 重量 約 1.5kg
 6. 使用温度 0℃～40℃
 7. 保管温度 0℃～40℃
 8. 保管場所 乾燥した室内
 9. 保管期間 1年以内
 10. 保管方法 立てて保管

1. 材質 硬質塩化ビニル
 2. 規格 JIS S 5020
 3. 寸法 外径 100mm
 4. 長さ 1.0m
 5. 重量 約 1.5kg
 6. 使用温度 0℃～40℃
 7. 保管温度 0℃～40℃
 8. 保管場所 乾燥した室内
 9. 保管期間 1年以内
 10. 保管方法 立てて保管

図面番号	第 1 図
名 称	マシンホール30標準図

6. 費用比較

費用比較表

工事延長 L=662.5m (単位: 千円)

工事部位	項目	従来手法の設計 (A)		コスト削減案 (B)		コスト比率 C=B/A	削減率 D=100-C	削減比率 $\frac{A-B}{(A+B)}$
		工事費	I費率	工事費	I費率			
管布設工	材料費	1,628	5.5	1,274	4.7	78.3	21.7	13.0
	土工	8,790	29.5	8,699	32.2	99.0	1.0	3.3
	土留工	7,767	26.1	7,811	28.8	100.6	-0.6	-1.6
	管敷設工	1,518	5.1	1,541	5.7	101.5	-1.5	-0.8
	水替工	79	0.3	83	0.3	105.1	-5.1	-0.1
	小計	19,782	66.5	19,408	71.7	98.1	1.9	13.8
人孔設置工	人孔材料	4,032	13.5	2,206	8.1	54.7	45.3	66.9
	据付工	608	2.0	113	0.4	18.6	81.4	18.2
	副管設置工	59	0.1	32	0.1	54.2	45.8	1.0
	小計	4,699	15.6	2,351	8.6	50.0	50.0	86.1
汚水樹 取付管工	材料費	991	3.3	991	3.7	100.0	0.0	0.0
	樹設置工	79	0.3	79	0.3	100.0	0.0	0.0
	取付管敷設工	569	1.9	566	2.1	99.5	0.5	0.1
	支管取付工	86	0.3	86	0.3	100.0	0.0	0.0
	小計	1,725	5.8	1,722	6.4	99.8	0.2	0.1
付帯工		3,598	12.1	3,598	13.3	100.0	0.0	0.0
合計		29,804	100.0	27,079	100.0	90.9	9.1	100.0

費用比較表より、従来手法よりもコスト削減案は、管布設工1.9%、人孔設置工50%、汚水樹・取付管0.2%それぞれ削減可能となり、直接工事費全体で9.1% (2,725千円) 減の27,079千円となる。

管布設1m当り単価は、4,114円/m減となる。

従来手法の設計 = 29,804千円 / 662.5m = 44,987円/m

コスト削減案 = 27,079千円 / 662.5m = 40,873円/m

7. 比較検討における評価

前述までの比較検討より、従来型マンホール、マシンホールにおける評価をまとめると次の通りとなる。

	従来型マンホール	マシンホール
施 工 性	有利な点 ・ 上、下流管の接続において落差が生じる場合、マンホール材料（ブロック）の組み合わせによる最小落差の制約がない。 ・ 流入管において平面的な屈曲、合流角度が自由である。（角度調整用支管の取付けが不要） 不利な点 ・ 材料の重量が大であるため、トラッククレーンによる吊り降ろしが必要で、幅員の狭い道路においては作業性は悪い。 ・ マンホール部の掘削幅が管路部よりも広く、かつ、掘削深も管路部より深いことから、近接する地下埋設物への影響は大である。 ・ マンホール築造後、底部において別途コンクリートによるインバート工（モルタル仕上げ）が必要となり、狭いマンホール内での作業性は悪い。	有利な点 ・ 材料が軽量で取り扱いが容易であり今回の検討対象地域のような幅員の狭い道路であっても作業性は良い。 ・ 掘削幅、掘削深が管路部と同一であることから、近接する地下埋設物への掘削による影響は小である ・ 底部部材自体が、流入角度（既定値）に応じたインバート形状となっているため、該当底部部材の設置のみで良い。 不利な点 ・ 上、下流管の接続において落差が生じる場合、異形型（ドロップインバート）にて対応可能であるが、異形型+90°曲管の組み合わせによる最小落差に制約（50cm）がある。したがって、最小落差以下の落差が生じる場合、管渠勾配を変更（急勾配）して標準型インバート（上、下流受口にステップ無し）受口へ接続させる必要がある。 ・ 下流管への流入において、平面的に角度が生じる場合、屈曲インバート（15°、30°、45°、60°、75°、90°曲がり）及び合流インバート（45°、90°合流）を使用すれば良いが上記規格以外の角度となる場合、別途自在支管の取付けが必要となる。

	従来型マンホール	マシンホール
経 済 性	有利な点 ・管布設工において、人孔減長が長く（内径×1/2）、管布設延長が短くすむことから安価となる。 ・上、下流管の接続において落差が生じる場合、マンホール材料の組み合わせによる最小落差の制約がない。よって、下流管への勾配調整が不要で、平均掘削深も浅くなり土留工の費用が安価となる。 不利な点 ・マンホールと管渠との接続において、マンホール継手が必要となることから管材料費としては割高となる。 ・インバート部はコンクリートにて施工するため、掃流性が悪く、マンホールステップ（2cm程度）が必要となる。したがって、ステップを必要とする分、全体的に深くなり、土工費、取付管費もやや割高となる。 ・材料コストがマシンホールに比べかなり高価である。 ・マンホール部の掘削幅及び掘削深が管路部に比べ、実際には広く、深い（積算上は同一である）ため土工費は高くなる。	有利な点 ・管材料において、インバートと管継手との一体型であることから、マンホール継手が不要であり、その分安価となる。 ・材質が塩ビ製であり、掃流性に優れていることから、マンホールステップが無く、従来型に比べ浅くなる。したがって、土工費、取付管費も安価である。 ・材料コストが従来型に比べ、かなり安価である。 ・マシンホールの掘削幅及び掘削深が管路部と同じであるため、土工費は安価である。 不利な点 ・管布設工において、人孔減長が短い分、管布設延長が長くなることから割高となる。 ・最小落差に制約がある場合、従来型と同一路線においては、従来型に比べ平均掘削深が深くなることから異なる種別の矢板が必要となり、土留工費が割高となる。

8. 総 論

以上までの比較評価をまとめると、施工性、経済性等の理由により、従来型マンホールに比べマシンホールが有利であると考えられる。

なお、今回の比較検討におけるマシンホールの経済性については、人孔設置工では約5割も従来型マンホールに比べ安価となるが、全体工事費としては約1割程度しか安価とはならなかった。この理由としては、今回の検討対象地域での管渠法線計画において、従来型マンホールの場合、1号組立式人孔を標準とし、地下埋設物並びに家屋の位置等を勘案し、適宜、0号組立式及び楕円組立式人孔の使い分けを行い、極力、地下埋設物の移設を不要とした。

しかし、一部狭小道路においては、従来型マンホール及びマシンホール共、地下埋設物の移設（水道管）が必要となった。（但し、積算上考慮せず）

上記のことから、管渠法線及び人孔間延長が、従来型マンホール、マシンホール共同一となり、人孔設置工以外の工種（管布設工、柵及び取付管設置 付帯工等）において大差が生じなかったことが起因していると考えられる。

今後の管渠設計を行うに当たっては、維持管理の容易性並びに流入形態に制約が無いことの理由により、従来性マンホールを標準と考え、狭小道路及び地下埋設物錯綜箇所においてマシンホールの併用を考えていく必要があると思われる。

9. 今後の問題点

種々の材料によるマンホールに関して、今後の問題点を下記に列記するものとする。

①高耐圧ポリエチレンマンホール

製品の規格化並びに実用化が急務である。

②レジンマンホール

- ・製品の規格化
- ・製品の軽量化
- ・製品のコストダウン
- ・施工歩掛りの確立

③鉄筋コンクリート製マンホール（ユニホール）

- ・将来「下水道協会規格」として発表される、 $\phi 300$ 、 $\phi 400$ 、 $\phi 500$ マンホールの早期製品化
- ・現在、一部地域のみの限定販売となっているW号マンホール（ $\phi 400$ ）の市場拡大及び本管 $\phi 200\text{mm}$ への対応型開発
- ・製品の軽量化

④硬質塩化ビニール製マンホール

- ・自在継手付きインバートの「下水道協会規格」での承認
- ・「下水道協会規格」以外に、各メーカーで独自開発されているものがあり、どこまで「下水道協会規格」とするか、今後の課題である。

（上記特殊インバートの使用により、今回の比較設計縦断が部分的に浅く出来る箇所がある）

1996, 1997, 1998, 1999, 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020, 2021, 2022, 2023, 2024, 2025, 2026, 2027, 2028, 2029, 2030, 2031, 2032, 2033, 2034, 2035, 2036, 2037, 2038, 2039, 2040, 2041, 2042, 2043, 2044, 2045, 2046, 2047, 2048, 2049, 2050, 2051, 2052, 2053, 2054, 2055, 2056, 2057, 2058, 2059, 2060, 2061, 2062, 2063, 2064, 2065, 2066, 2067, 2068, 2069, 2070, 2071, 2072, 2073, 2074, 2075, 2076, 2077, 2078, 2079, 2080, 2081, 2082, 2083, 2084, 2085, 2086, 2087, 2088, 2089, 2090, 2091, 2092, 2093, 2094, 2095, 2096, 2097, 2098, 2099, 2100, 2101, 2102, 2103, 2104, 2105, 2106, 2107, 2108, 2109, 2110, 2111, 2112, 2113, 2114, 2115, 2116, 2117, 2118, 2119, 2120, 2121, 2122, 2123, 2124, 2125, 2126, 2127, 2128, 2129, 2130, 2131, 2132, 2133, 2134, 2135, 2136, 2137, 2138, 2139, 2140, 2141, 2142, 2143, 2144, 2145, 2146, 2147, 2148, 2149, 2150, 2151, 2152, 2153, 2154, 2155, 2156, 2157, 2158, 2159, 2160, 2161, 2162, 2163, 2164, 2165, 2166, 2167, 2168, 2169, 2170, 2171, 2172, 2173, 2174, 2175, 2176, 2177, 2178, 2179, 2180, 2181, 2182, 2183, 2184, 2185, 2186, 2187, 2188, 2189, 2190, 2191, 2192, 2193, 2194, 2195, 2196, 2197, 2198, 2199, 2200, 2201, 2202, 2203, 2204, 2205, 2206, 2207, 2208, 2209, 2210, 2211, 2212, 2213, 2214, 2215, 2216, 2217, 2218, 2219, 2220, 2221, 2222, 2223, 2224, 2225, 2226, 2227, 2228, 2229, 2230, 2231, 2232, 2233, 2234, 2235, 2236, 2237, 2238, 2239, 2240, 2241, 2242, 2243, 2244, 2245, 2246, 2247, 2248, 2249, 2250, 2251, 2252, 2253, 2254, 2255, 2256, 2257, 2258, 2259, 2260, 2261, 2262, 2263, 2264, 2265, 2266, 2267, 2268, 2269, 2270, 2271, 2272, 2273, 2274, 2275, 2276, 2277, 2278, 2279, 2280, 2281, 2282, 2283, 2284, 2285, 2286, 2287, 2288, 2289, 2290, 2291, 2292, 2293, 2294, 2295, 2296, 2297, 2298, 2299, 2300, 2301, 2302, 2303, 2304, 2305, 2306, 2307, 2308, 2309, 2310, 2311, 2312, 2313, 2314, 2315, 2316, 2317, 2318, 2319, 2320, 2321, 2322, 2323, 2324, 2325, 2326, 2327, 2328, 2329, 2330, 2331, 2332, 2333, 2334, 2335, 2336, 2337, 2338, 2339, 2340, 2341, 2342, 2343, 2344, 2345, 2346, 2347, 2348, 2349, 2350, 2351, 2352, 2353, 2354, 2355, 2356, 2357, 2358, 2359, 2360, 2361, 2362, 2363, 2364, 2365, 2366, 2367, 2368, 2369, 2370, 2371, 2372, 2373, 2374, 2375, 2376, 2377, 2378, 2379, 2380, 2381, 2382, 2383, 2384, 2385, 2386, 2387, 2388, 2389, 2390, 2391, 2392, 2393, 2394, 2395, 2396, 2397, 2398, 2399, 2400, 2401, 2402, 2403, 2404, 2405, 2406, 2407, 2408, 2409, 2410, 2411, 2412, 2413, 2414, 2415, 2416, 2417, 2418, 2419, 2420, 2421, 2422, 2423, 2424, 2425, 2426, 2427, 2428, 2429, 2430, 2431, 2432, 2433, 2434, 2435, 2436, 2437, 2438, 2439, 2440, 2441, 2442, 2443, 2444, 2445, 2446, 2447, 2448, 2449, 2450, 2451, 2452, 2453, 2454, 2455, 2456, 2457, 2458, 2459, 2460, 2461, 2462, 2463, 2464, 2465, 2466, 2467, 2468, 2469, 2470, 2471, 2472, 2473, 2474, 2475, 2476, 2477, 2478, 2479, 2480, 2481, 2482, 2483, 2484, 2485, 2486, 2487, 2488, 2489, 2490, 2491, 2492, 2493, 2494, 2495, 2496, 2497, 2498, 2499, 2500, 2501, 2502, 2503, 2504, 2505, 2506, 2507, 2508, 2509, 2510, 2511, 2512, 2513, 2514, 2515, 2516, 2517, 2518, 2519, 2520, 2521, 2522, 2523, 2524, 2525, 2526, 2527, 2528, 2529, 2530, 2531, 2532, 2533, 2534, 2535, 2536, 2537, 2538, 2539, 2540, 2541, 2542, 2543, 2544, 2545, 2546, 2547, 2548, 2549, 2550, 2551, 2552, 2553, 2554, 2555, 2556, 2557, 2558, 2559, 2560, 2561, 2562, 2563, 2564, 2565, 2566, 2567, 2568, 2569, 2570, 2571, 2572, 2573, 2574, 2575, 2576, 2577, 2578, 2579, 2580, 2581, 2582, 2583, 2584, 2585, 2586, 2587, 2588, 2589, 2590, 2591, 2592, 2593, 2594, 2595, 2596, 2597, 2598, 2599, 2600, 2601, 2602, 2603, 2604, 2605, 2606, 2607, 2608, 2609, 2610, 2611, 2612, 2613, 2614, 2615, 2616, 2617, 2618, 2619, 2620, 2621, 2622, 2623, 2624, 2625, 2626, 2627, 2628, 2629, 2630, 2631, 2632, 2633, 2634, 2635, 2636, 2637, 2638, 2639, 2640, 2641, 2642, 2643, 2644, 2645, 2646, 2647, 2648, 2649, 2650, 2651, 2652, 2653, 2654, 2655, 2656, 2657, 2658, 2659, 2660, 2661, 2662, 2663, 2664, 2665, 2666, 2667, 2668, 2669, 2670, 2671, 2672, 2673, 2674, 2675, 2676, 2677, 26

10349 *Chrysomelidae: Chrysomelinae: Chrysomelini*

22-0000

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 2 & 3 & 4 \\ 3 & 4 & 5 \end{pmatrix} \quad B = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 2 & 3 & 4 \\ 3 & 4 & 5 \end{pmatrix}$$

图 6-10-7 1980~1989 年中国人口出生率、死亡率、自然增长率

[illegible]

1. *Chlorophyll a* (Chl *a*)



凡 例

記号	名称
○	1号組立人孔
○	機内組立人孔
⊙	0号組立人孔

事業名	平成 年度 岐阜市公共下水道整備事業
工事名	公共下水道管渠敷設(その) 工事
施工場所	岐阜市 大田町 地内
計画年度	平成 年度 (組立マンホール主体)
縮尺	1:500
図面番号	図 設計 監理 承認
附 属 図 面	
岐阜市公共下水道図	

管きょ敷設コスト比較設計報告書

平成 9 年 3 月

山 梨 市 役 所 下 水 道 課

目 次

	Page
1) 概 要	1
2) 比較設計案について	4
3) 費 用 比 較	9
4) 図 面	14

1) 概 要

① 山梨市の紹介

山梨市は、昭和29年7月、2町5ヶ村が合併し、市として誕生した現在、人口32,300人、戸数10,500戸のまちである。

本市は、山梨県の北東部で甲府市の北東11.9km、東京都心100km圏に位置している。市の中央を南北に流れる笛吹川、東から注ぐ重川、日川の三川が合流して、甲府盆地に注いでいる。市の北西が山沿地、中央から東南は平坦で市街地および果樹園を主とする農地が広がる自然の豊かなまちである。

また、市の東西にJR中央本線が山梨市駅を通過して東京から長野方面へと通じている。

山梨市は、桃・ぶどうとも日本一の生産量を誇り、笛吹川の清流と恵まれ自然林を生かした「万葉の森」、果樹王国やまなしにふさわしいフルーツをテーマにした「笛吹川フルーツ公園」を中心とした「万葉ロマンと果樹の山梨市」を形成している。

雁坂トンネルの開通（平成10年）をはじめとする、地域高規格道路である西関東連絡道路の建設、山梨市の玄関である山梨市駅前土地区画整理事業など諸施策を推進し、都市と農村の交流拠点として着実に発展しつつある田園都市である。

② 下水道の歴史（採択年度、普及率、環境改善効果等）

（1）採択年度

本市の公共下水道は、昭和５３年に上位計画である「峡東流域下水道計画」と相応し、流域関連公共下水道として、全体計画区域１，３２９haについて策定した。

また、昭和５４年に事業認可を受け、事業化区域１８１haで事業に着手した。その後鋭意事業の推進を計った結果、市街地南部の下水道整備はほぼ完了し、平成３年に全体計画の見直しを行い、１，３９５haとした。同時に事業区域の拡大も計ってきた。

平成７年には、地震対策として流域下水道において幹線管渠のネットワーク化を図るため、新たに計画された峡東ネットワーク幹線の沿線地域６７．５haを事業認可区域に加え、既認可区域と合わせて５０４．７haの変更認可を受け、市街地北部の効率的な下水道整備を行っている。

（2）普及率・環境改善効果等

本市の下水道普及率は、平成元年７月に一部供用開始し、平成８年末で１９．４％である。

供用開始により水質汚濁状態も僅かながら改善の方向に向かい、今後も住民への啓発活動を推進していくことにより、一層の環境意識の向上を図り、環境対策につなげていくことが重要である。

なお、下水道整備に対しては、多額の財源が必要とされるので、今後のコスト低減を計ることが重要課題になると思われる。

（一）設計の目的と範囲
（二）設計の基礎資料
（三）設計の成果物
（四）設計の検証
（五）設計の改善
（六）設計のまとめ

2) 比較設計案について

（一）比較設計案の作成
（二）比較設計案の評価
（三）比較設計案の選定
（四）比較設計案の実施
（五）比較設計案の検証
（六）比較設計案の改善
（七）比較設計案のまとめ

2) 比較設計案について

① 比較設計箇所の概要

(1) CASE 1 市道 (枝線)

住宅地にある生活道路である。

- ・道路幅員 2.50m~4.00m
 - ・交通量 少ない
 - ・道路形態 直線が少なくカーブが多い。
 - ・架空線 東電ケーブル・NTTケーブル
 - ・地下埋設 水道管・雨水排水のU型側溝
 - ・地形・土質 平坦な地形である。
- 各戸の敷地面積が比較的広く排水管の延長等も長くなりやすい。

地下水位が低いため3.0~4.0mの掘削深では水替え等は不要である。

(2) CASE 2 国道 (幹線)

旧甲州街道で幹線道路になっており交通量も多い。

- ・道路幅員 7.00m~8.00m
 - ・交通量 多い
 - ・道路形態 概ね直線道路である。
 - ・架空線 東電ケーブル・NTTケーブル
 - ・地下埋設 水道管・雨水排水のU型側溝 (現場打ち)
 - ・地形・土質 平坦な地形である。
- 各戸の敷地面積が比較的広く排水管の延長等も長くなりやすい。

地下水位が低いため3.0~4.0mの掘削深では水替え等は不要である。

② 比較設計案

CASE 1	口径・勾配	人孔の最大間隔	管路種別	人孔種別
在 来 方 式	200mm 4.0%	直線 50m	硬質塩ビ管	組立マンホール1号
比 較 案	200mm 4.0% ～地表勾配	直線 100m 曲線 50m	硬質塩ビ管	組立マンホール1号 (会合人孔) 組立マンホール0号 (中間人孔) マシンホール (中間検査)
CASE 2	口径・勾配	人孔の最大間隔	管路種別	人孔種別
在 来 方 式	200mm 4.0% 350mm 2.8% 400mm 2.4%	直線 50m	硬質塩ビ管	組立マンホール1号
比 較 案	200mm 4.0% ～地表勾配 350mm 2.8% 400mm 2.4%	直線 100m 曲線 50m	硬質塩ビ管	組立マンホール1号 (会合人孔) 組立マンホール0号 (中間人孔) マシンホール (中間検査)

③ 比較設計の選定理由

(1) 口径・勾配

地表勾配がかなりあり、地表なりに縦断勾配を設定すると土工事・土留め等が安価となる。
また、幹線の350mm・400mmにおいては、清掃頻度、管材の耐用年数等の未知数なので従来通りとした。

(2) 人孔の最大間隔

下水道普及率が50%を超える時代となり、これに伴い下水道整備の技術も向上し、清掃可能な延長も100m～150m程度なるために人孔間隔を広げ人孔の数を低減した。

(3) 管路種別

管路材料は従来通り安価な硬質塩ビ管とした。

(4) 人孔種別

点検・清掃等が可能で安価な材料を選定した。

[illegible]

1. *Journal of the American Medical Association*, 1997; 277: 1033-1037.

Journal of Management Education 30(6)p. 789-804

the 1990s, the number of people in the world who are illiterate has increased from 1.2 billion to 1.5 billion. The number of illiterate people in the world is expected to reach 1.7 billion by the year 2015. The number of illiterate people in the world is expected to reach 1.7 billion by the year 2015.

1995, 1996, 1997, 1998, 1999, 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020, 2021, 2022, 2023, 2024, 2025, 2026, 2027, 2028, 2029, 2030, 2031, 2032, 2033, 2034, 2035, 2036, 2037, 2038, 2039, 2040, 2041, 2042, 2043, 2044, 2045, 2046, 2047, 2048, 2049, 2050, 2051, 2052, 2053, 2054, 2055, 2056, 2057, 2058, 2059, 2060, 2061, 2062, 2063, 2064, 2065, 2066, 2067, 2068, 2069, 2070, 2071, 2072, 2073, 2074, 2075, 2076, 2077, 2078, 2079, 2080, 2081, 2082, 2083, 2084, 2085, 2086, 2087, 2088, 2089, 2090, 2091, 2092, 2093, 2094, 2095, 2096, 2097, 2098, 2099, 2100, 2101, 2102, 2103, 2104, 2105, 2106, 2107, 2108, 2109, 2110, 2111, 2112, 2113, 2114, 2115, 2116, 2117, 2118, 2119, 2120, 2121, 2122, 2123, 2124, 2125, 2126, 2127, 2128, 2129, 2130, 2131, 2132, 2133, 2134, 2135, 2136, 2137, 2138, 2139, 2140, 2141, 2142, 2143, 2144, 2145, 2146, 2147, 2148, 2149, 2150, 2151, 2152, 2153, 2154, 2155, 2156, 2157, 2158, 2159, 2160, 2161, 2162, 2163, 2164, 2165, 2166, 2167, 2168, 2169, 2170, 2171, 2172, 2173, 2174, 2175, 2176, 2177, 2178, 2179, 2180, 2181, 2182, 2183, 2184, 2185, 2186, 2187, 2188, 2189, 2190, 2191, 2192, 2193, 2194, 2195, 2196, 2197, 2198, 2199, 2200, 2201, 2202, 2203, 2204, 2205, 2206, 2207, 2208, 2209, 2210, 2211, 2212, 2213, 2214, 2215, 2216, 2217, 2218, 2219, 2220, 2221, 2222, 2223, 2224, 2225, 2226, 2227, 2228, 2229, 2230, 2231, 2232, 2233, 2234, 2235, 2236, 2237, 2238, 2239, 2240, 2241, 2242, 2243, 2244, 2245, 2246, 2247, 2248, 2249, 2250, 2251, 2252, 2253, 2254, 2255, 2256, 2257, 2258, 2259, 2260, 2261, 2262, 2263, 2264, 2265, 2266, 2267, 2268, 2269, 2270, 2271, 2272, 2273, 2274, 2275, 2276, 2277, 2278, 2279, 2280, 2281, 2282, 2283, 2284, 2285, 2286, 2287, 2288, 2289, 2290, 2291, 2292, 2293, 2294, 2295, 2296, 2297, 2298, 2299, 2300, 2301, 2302, 2303, 2304, 2305, 2306, 2307, 2308, 2309, 2310, 2311, 2312, 2313, 2314, 2315, 2316, 2317, 2318, 2319, 2320, 2321, 2322, 2323, 2324, 2325, 2326, 2327, 2328, 2329, 2330, 2331, 2332, 2333, 2334, 2335, 2336, 2337, 2338, 2339, 2340, 2341, 2342, 2343, 2344, 2345, 2346, 2347, 2348, 2349, 2350, 2351, 2352, 2353, 2354, 2355, 2356, 2357, 2358, 2359, 2360, 2361, 2362, 2363, 2364, 2365, 2366, 2367, 2368, 2369, 2370, 2371, 2372, 2373, 2374, 2375, 2376, 2377, 2378, 2379, 2380, 2381, 2382, 2383, 2384, 2385, 2386, 2387, 2388, 2389, 2390, 2391, 2392, 2393, 2394, 2395, 2396, 2397, 2398, 2399, 2400, 2401, 2402, 2403, 2404, 2405, 2406, 2407, 2408, 2409, 2410, 2411, 2412, 2413, 2414, 2415, 2416, 2417, 2418, 2419, 2420, 2421, 2422, 2423, 2424, 2425, 2426, 2427, 2428, 2429, 2430, 2431, 2432, 2433, 2434, 2435, 2436, 2437, 2438, 2439, 2440, 2441, 2442, 2443, 2444, 2445, 2446, 2447, 2448, 2449, 2450, 2451, 2452, 2453, 2454, 2455, 2456, 2457, 2458, 2459, 2460, 2461, 2462, 2463, 2464, 2465, 2466, 2467, 2468, 2469, 2470, 2471, 2472, 2473, 2474, 2475, 2476, 2477, 2478, 2479, 2480, 2481, 2482, 2483, 2484, 2485, 2486, 2487, 2488, 2489, 2490, 2491, 2492, 2493, 2494, 2495, 2496, 2497, 2498, 2499, 2500, 2501, 2502, 2503, 2504, 2505, 2506, 2507, 2508, 2509, 2510, 2511, 2512, 2513, 2514, 2515, 2516, 2517, 2518, 2519, 2520, 2521, 2522, 2523, 2524, 2525, 2526, 2527, 2528, 2529, 2530, 2531, 2532, 2533, 2534, 2535, 2536, 2537, 2538, 2539, 2540, 2541, 2542, 2543, 2544, 2545, 2546, 2547, 2548, 2549, 2550, 2551, 2552, 2553, 2554, 2555, 2556, 2557, 2558, 2559, 2560, 2561, 2562, 2563, 2564, 2565, 2566, 2567, 2568, 2569, 2570, 2571, 2572, 2573, 2574, 2575, 2576, 2577, 2578, 2579, 2580, 2581, 2582, 2583, 2584, 2585, 2586, 2587, 2588, 2589, 2590, 2591, 2592, 2593, 2594, 2595, 2596, 2597, 2598, 2599, 2600, 2601, 2602, 2603, 2604, 2605, 2606, 2607, 2608, 2609, 2610, 2611, 2612, 2613, 2614, 2615, 2616, 2617, 2618, 2619, 2620, 2621, 2622, 2623, 2624, 2625, 2626, 2627, 2628, 2629, 2630, 2631, 2632, 2633, 2634, 2635, 2636, 2637, 2638, 2639, 2640, 2641, 2642, 2643, 2644, 2645, 2646, 2647, 2648, 2649, 2650, 2651, 2652, 2653, 2654, 2655, 2656, 2657, 2658, 2659, 2660, 2661, 2662, 2663, 2664, 2665, 2666, 2667, 2668, 2669, 2670, 2671, 2672, 2673, 2674, 2675, 2676, 26

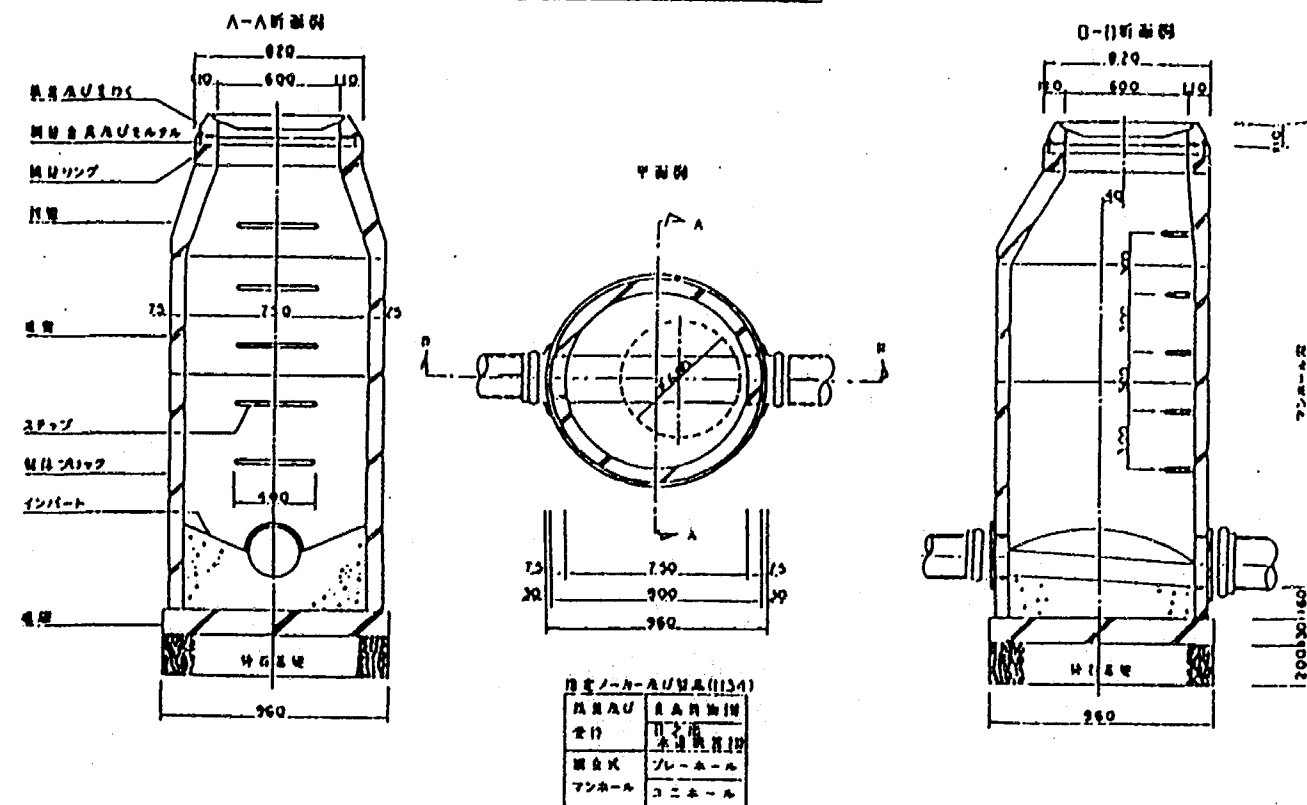
Journal of Management Inquiry, Vol. 19 No. 4, December 2010
DOI: 10.1177/1056492610389000
© The Author(s) 2010

④ 設計に用いた施設・装置

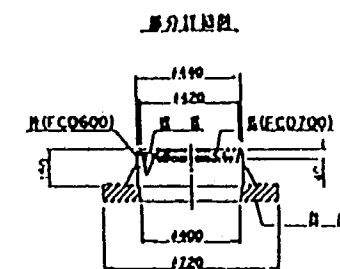
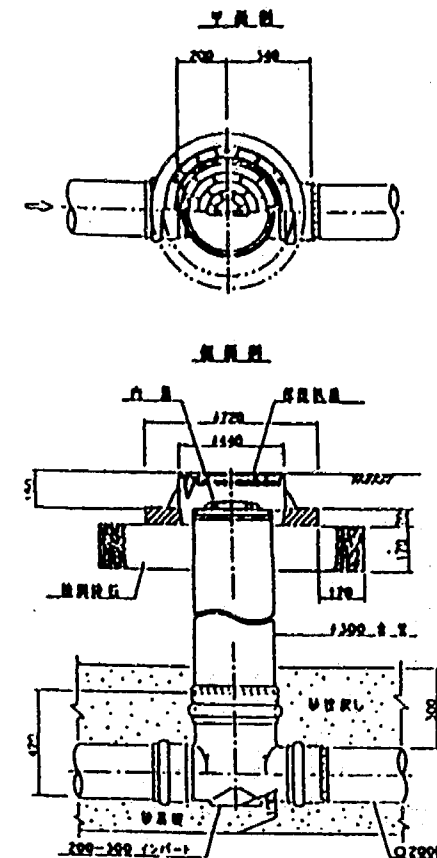
マンホール標準図

8

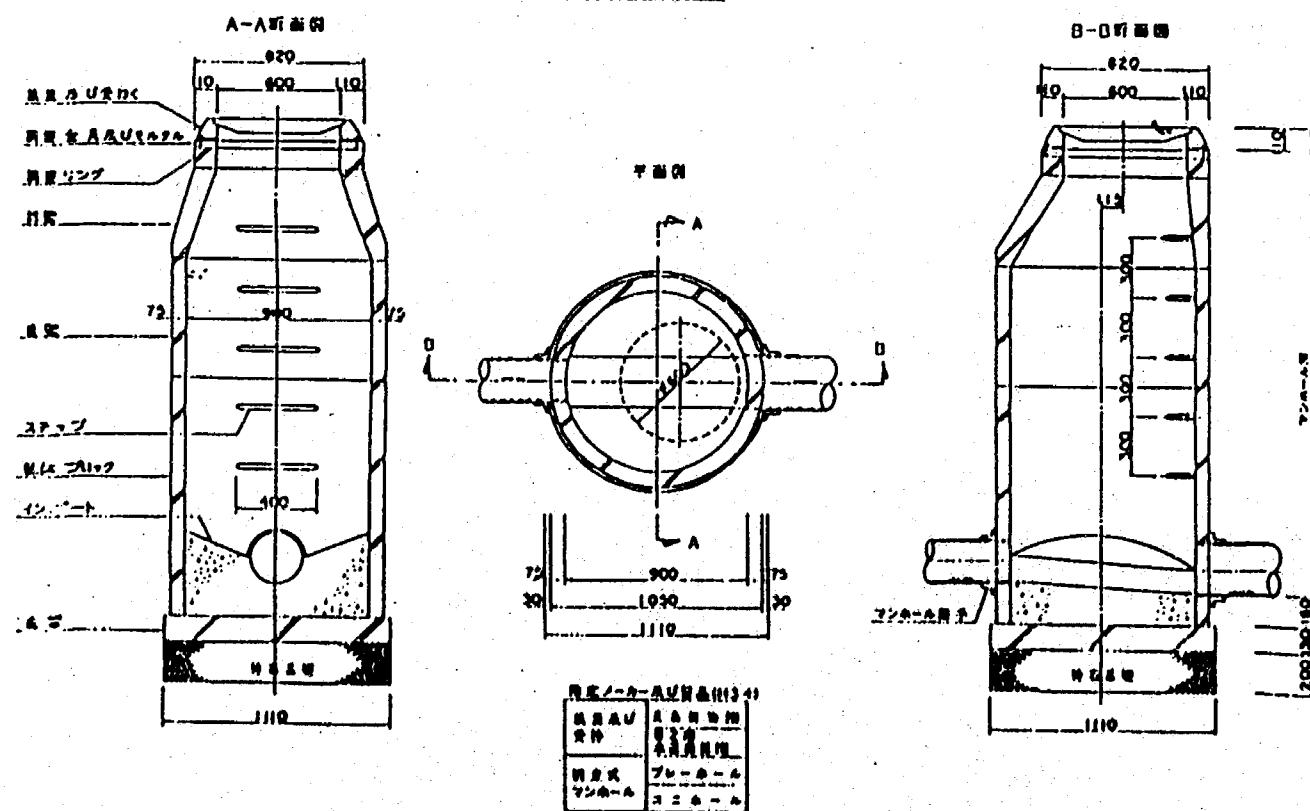
組立式O形マンホール構造図



φ300小形マンホール構造図
組式本型用22土-A



組立式1号マンホール構造図



平成 年 月		第 工 区	
下 水 道		工 事 設 計 書	
工事番号		図面番号	
施 工 名	山 形 市 公 共 下 水 道		
工事場所	山形市大字 上野川 字 地内		
図 名	マンホールの構造図	図 尺	1/11
図 数		枚 数	12枚の内12
図 番		図 番	

3) 費用比較

① 費用比較表

工 事 部 位	項 目	枝 線 (C A S E 1)		幹 線 (C A S E 2)	
		在 来 工 法 コ ス ト	比 較 案 コ ス ト	在 来 工 法 コ ス ト	比 較 案 コ ス ト
管 渠	土 工	17,220,000	16,570,000	14,560,000	14,380,000
	土 留 工	7,950,000	7,480,000	12,680,000	12,070,000
	管 布 設 工	2,750,000	2,780,000	5,030,000	5,040,000
	舗 装 工	4,180,000	4,180,000	17,930,000	17,930,000
	小 計	32,100,000	31,010,000	50,200,000	49,420,000
マンホール	1号マンホール	2,820,000	1,360,000	5,490,000	2,490,000
	0号マンホール	3,460,000	1,710,000	—	860,000
	マシンホール	—	1,680,000	—	660,000
	小 計	6,280,000	4,750,000	5,490,000	4,010,000
柵・取付管	柵 設 置 工	1,420,000	1,420,000	1,560,000	1,560,000
	取付管布設工	1,280,000	1,280,000	2,860,000	2,860,000
	支管取付工	370,000	370,000	460,000	460,000
	小 計	3,070,000	3,070,000	4,880,000	4,880,000
合 計		41,450,000	38,830,000	60,570,000	58,310,000

② 費用比較結果

CASE 1・CASE 2共に地表勾配で施工する事により土工事、土留工がかなり安価となる。

また、マンホールにおいても材料単価が安価なマシンホール等の使用により、価格が下がると思われる。

CASE 1（枝線）で工事費の94%・CASE 2（幹線）で工事費の96%となり、4.0%~6.0%のコスト削減となった。

幹線で4.0%の削減しかならなかったのは国道の舗装が厚いために復旧費（全体の金額の30%）が高くなり、割合として削減幅が低く押さえられた。

在来工法から地表勾配に合わせた設計とマシンホール等を使用すれば6.0%程度のコスト低減は、可能であると思われる。

③ 比較案の評価

項 目		C A S E 1	
		在 来 工 法	比 較 案
1 設計条件	管材	硬質塩ビ管 (VU)	硬質塩ビ管 (VU)
	縦断線形	200mm 4.0‰	200mm 4.0‰～地表勾配
	マンホール	1号マンホール(12) 0号マンホール(8)	1号マンホール(4) 0号マンホール(6) マシンホール (10)
2. 施工性		掘削深度が深くなるため、土工・仮設工の工期が延びる。	地表勾配で設計しているため掘削深度が浅くなり、施工が簡易となる。また、マシンホールを使用しているため人孔での掘削幅を広くしない分、道路幅員の狭い場所では施工しやすい。
3. 経済性		41,450,000 (1.00)	38,830,000 (0.94)
4. 課題		①地表勾配と縦断勾配が異なるため、掘削深度が深くなり施工費が高くなる。 ②標準マンホールを多く使用しているため、狭い道路では施工性が悪い。	①マシンホールは水道管の弁類と同じように铸铁蓋で防護するが、実績があまりないので耐用年数が不明である。 ②短スパンにマシンホールを多く使用すると清掃が困難である。
5. 評価		土被りが深くなるので施工性が悪く、工費が高くなる。	縦断勾配と中間マンホールマシンマンホールに変えることにより施工費が安価となる。 管理等は最長50m～100mに人孔が設置してあるので問題はない。

項 目		C A S E 2	
		在 来 工 法	比 較 案
1. 設計条件	管材	硬質塩ビ管 (VU)	硬質塩ビ管 (VU)
	縦断線形	200mm 4.0% 350mm 2.8% 400mm 2.4%	200mm 4.0%～地表勾配 350mm 2.8% 400mm 2.4%
	マンホール	1号マンホール(16)	1号マンホール(7) 0号マンホール(3) マシンホール (4)
2. 施工性		掘削深度が深くなるため、土工・仮設工の工期が延びる。	地表勾配で設計しているため掘削深度が浅くなり、施工が簡易となる。また、マシンホールを使用しているため人孔での掘削幅を広くしない分、施工しやすい。
3. 経済性		60,570,000 (1.00)	58,310,000 (0.96)
4. 課題		①地表勾配と縦断勾配が異なるため、掘削深度が深くなり施工費が高くなる。 ②標準マンホールを多く使用しているため、狭い道路では施工性が悪い。	①マシンホールは水道管の弁類と同じように铸铁蓋で防護するが、実績があまりないので耐用年数が不明である。 ②短スパンにマシンホールを多く使用すると清掃が困難である。
5. 評価		土被りが深くなるので施工性が悪く、工費が高くなる。	縦断勾配と中間マンホールマシンマンホールに変えることにより施工費が安価となる。 管理等は最長50m～100mに人孔が設置してあるので問題はない。

管きよ敷設コスト低減比較設計

報告書

〔概要版〕

平成 9 年 3 月

山梨県 長坂町

目 次

1. 概要	1
(1) 長坂町の概要	1
(2) 下水道事業の歴史	2
2. 比較設計案について	3
(1) 比較設計箇所の説明	3
(2) 比較設計案の選定理由	4
(3) 比較設計案の解説	6
(4) 比較設計の計算根拠及び施設の詳細	8
3. 費用比較	10
(1) 費用比較表	10
(2) 費用比較結果	13
(3) 比較案の評価	14
4. 設計図（代表的箇所の平面図・縦断図及び施設寸法図）	16

1. 概要

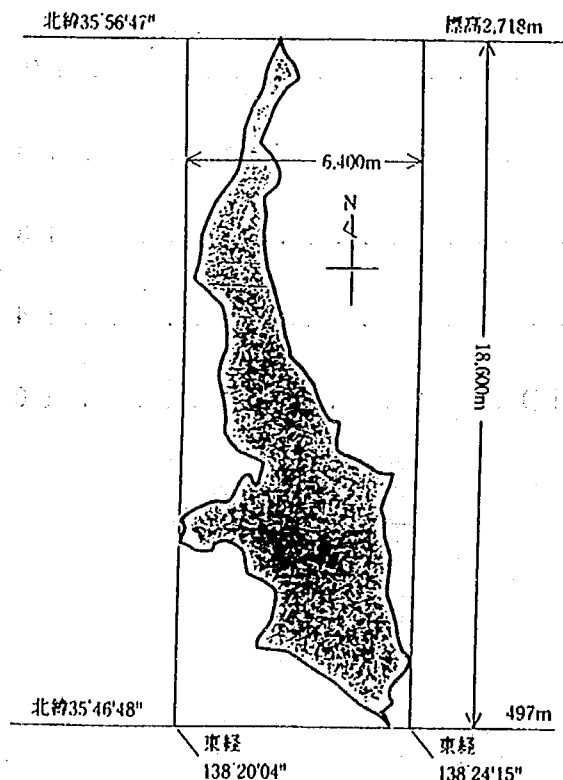
(1) 長坂町の概要

長坂町は八ヶ岳南麓のほぼ中央に、位置し、八ヶ岳連峰の権現岳(2718m)を頂点にして南に細長く展開し、標高1100m以上の北部は林野を形成しており、標高1100mから550mの地帯は起伏はあるが比較的ゆるやかな斜面が続き、豊かな耕地が広がり八ヶ岳山麓においては最も産業が開けている。

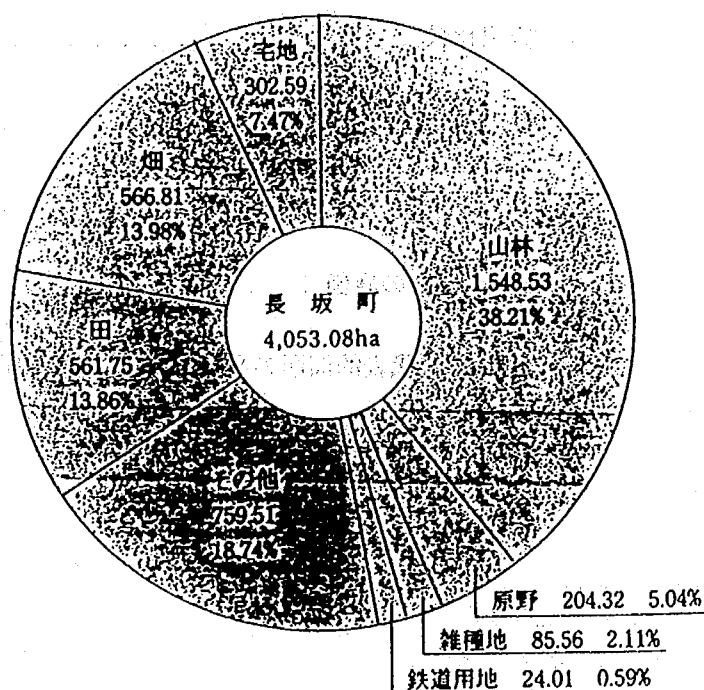
河川は、古拙川、高川、女取川が深沢川となり鳩川とともに町内を縦に流れ、女取湧水、三分一湧水、鳩川湧水、姥ヶ懐湧水及び八衛門湧水が耕地をうるおし住民の飲用水の源泉となっている。

又、自然の乱開発で、国蝶オオムラサキは次第に亡び、今では長坂町が日本有数の生息地となっており、町ではオオムラサキの保護等のために数々の諸施策を実施している。

○ 町の位置



○ 土地利用別面積



○ 人口・世帯数の推移

	男 (人)	女 (人)	計 (人)	世帯 (戸)
平成元年	4,250	4,374	8,624	2,794
2年	4,264	4,400	8,669	2,861
3年	4,302	4,391	8,693	2,894
4年	4,382	4,448	8,830	2,988
5年	4,428	4,498	8,926	3,070
6年	4,478	4,534	9,012	3,141

(2) 下水道事業の歴史

① 公共下水道事業

長坂町の公共下水道事業は「特定環境保全公共下水道事業」として平成3年度から長坂地区、小荒間地区、平成5年度より日野春地区で事業着手しています。

現在、長坂地区は平成8年4月より供用開始しており、小荒間地区は平成9年4月、日野春地区は平成12年4月より供用開始を目指して工事を進めています。

尚、平成7年度末の公共下水道事業による下水道普及率は34%となっています。

② 農業集落排水事業

長坂町の農業集落排水事業は、清春地区が平成7年4月より供用開始しており、日野地区は平成12年4月に供用開始の予定であり、その他の地区（3地区予定、未着手）も順次事業着手する予定です。

尚、平成7年度末の農業集落排水事業による下水道普及率は3%となっています。

③ 合併処理浄化槽設置事業

長坂町の合併処理浄化槽設置事業は、昭和63年4月より同事業の補助金交付要綱及び指導要綱を施行し、現在では上記の公共下水道事業及び農業集落排水事業以外の区域に適用しています。

2. 比較設計案について

(1) 比較設計箇所の説明

① 検討箇所の位置

検討箇所は、JR中央本線「日野春駅」から「長坂駅」に向かう主要地方道茅野・小淵沢・葦崎線に沿って北西へ約0.5～2.5km間に位置する。

② 設計内容

・管径及び管種：φ150YU

・設計延長：L=1440.90m（開削工法・2工区）

③ 周辺環境

主要地方道茅野・小淵沢・葦崎線に面した日野春小学校より西に位置する農業集落区域が中心となっている。

污水管整備の対象となる住宅は、約24戸及び神社があり、他は農地（圃場整備区域）及び山地となっている。

④ 道路状況

・管渠の布設を予定している道路は、すべて町道であり幅員は4.00m～5.00m、アスファルト舗装である。

・道路線形はカーブが多く、縦断勾配も比較的大きい事が特徴である。

・道路の利用状況は、主に地域住民の生活道路として利用されており、一般車輛の通行はほとんどない。地下埋設物は、水道管（φ150mm以下）及び農業用の排水管が横断布設されている。

⑤ 地形及び地質

・検討箇所の地形は高地と低地の標高差が約24mあり高地の集落区域から低地の農地区域へと傾斜が続いている。また、地質については、今回実施した土質調査（5ヶ所）によれば、釜無川流域に発達する低地部と同河川により設計箇所に向かって急崖による河岸段丘とで形成されている。

・成層状況は、上層より表土層（層厚0.4～1.5m）、ローム層（層厚1.1～2.9m）、粘土層（層厚0.9～2.0m）、砂礫層（層厚2.5～6.7m）が確認されている。地下水位は、今回調査した深度（約5.0m）では無いことが確認されている。

(2) 比較設計案の選定理由

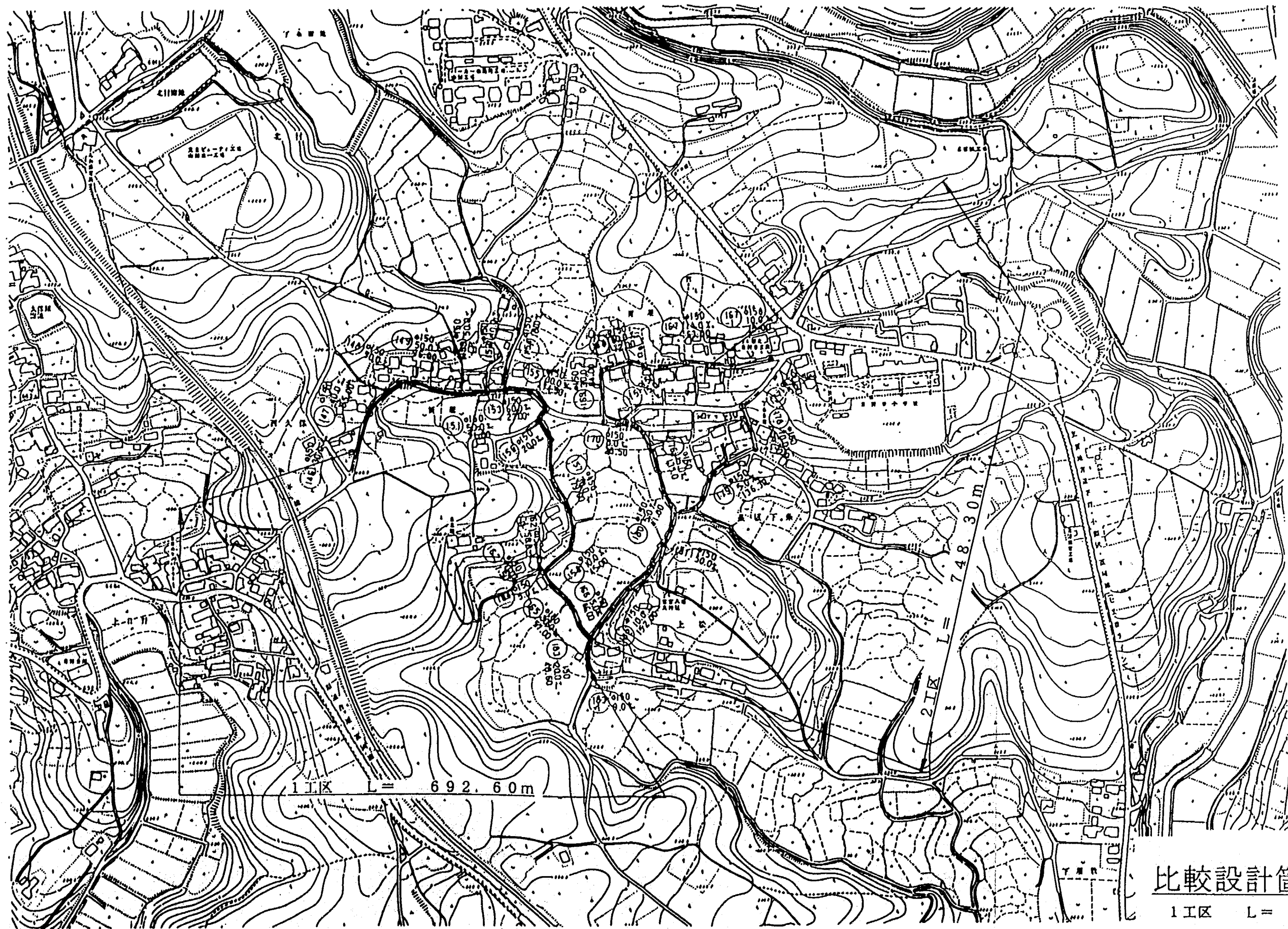
・今回検討箇所を含め、長坂町の道路形態は全体的に起伏に富み、急勾配の道路が多い事、集落内の道路はカーブが多い事が特徴である。

この様な状況から、下水道管渠の敷設工事において管渠の埋設深が深くなる事、マンホール数が増加する事等により、建設コストが割高となる傾向が見られる。

又、土留工事においては、土質条件により土留工法を再考する事も必要である。

上記の観点から、以下の事項について従来設計案に対して比較設計案を提案し、比較評価を行い、今後の下水道管渠の敷設工事における建設コストの低減化を図るものである。

- ①急勾配道路における管渠の最大勾配
- ②カーブ道路におけるマンホール数の低減
- ③マンホールの簡易化
- ④土留め工（木矢板工法、軽量鋼矢板工法）のコスト低減



凡 例

記号	注 明
——	実 地 路 線
- - -	計 画 路 線
○	1号マンホール
⊙	2号マンホール

比較設計箇所系統図

1区 L = 692.60m
 2区 L = 748.30m
 ΣL = 1,440.90m

(3) 比較設計案の解説

① 急勾配道路における管きよの最大勾配

〔従来設計案〕

管きよの最大勾配は、管きよの満管流速が 3.0 m/s となる勾配としている。当検討箇所では、 $\phi 150\text{mm}$ の場合、満管流速が 3.0 m/s となる管きよの最大勾配は $i = 70.0 \text{ ‰}$ となる。

この場合、管きよ勾配以上に道路勾配のある箇所では、下図に示す様に、管路の縦断形は、階段状となり、マンホール数が増加し、管きよ埋設深さが深くなる事となる。

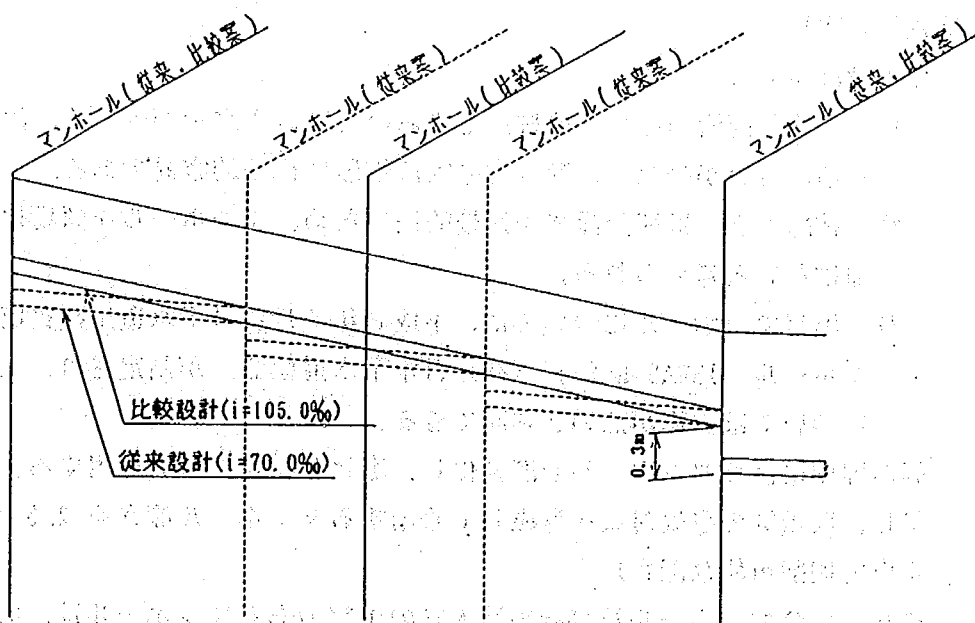
〔比較設計案〕

枝線の污水管きよでは、実際流下汚水量が極めて少ない為、管きよの実際流速と満管流速では大きな相違が生じる。

この為、比較設計案では実際流速で 3.0 m/s 以下となる管きよ勾配を管きよの設計最大勾配とする。

当検討箇所の道路勾配 $i = 105.0 \text{ ‰}$ に対しては、計画汚水量 $Q = 0.001 \text{ m}^3/\text{s}$ の時、実際流速は $v = 1.34 \text{ m/s}$ となり、流速による施設への影響は生じないと考えられる。

また、急勾配から緩勾配に変化するマンホールでは、流速の低下による滞留を防止する為、 0.3m のステップを確保する。



② カーブ道路におけるマンホール数の低減

〔従来設計案〕

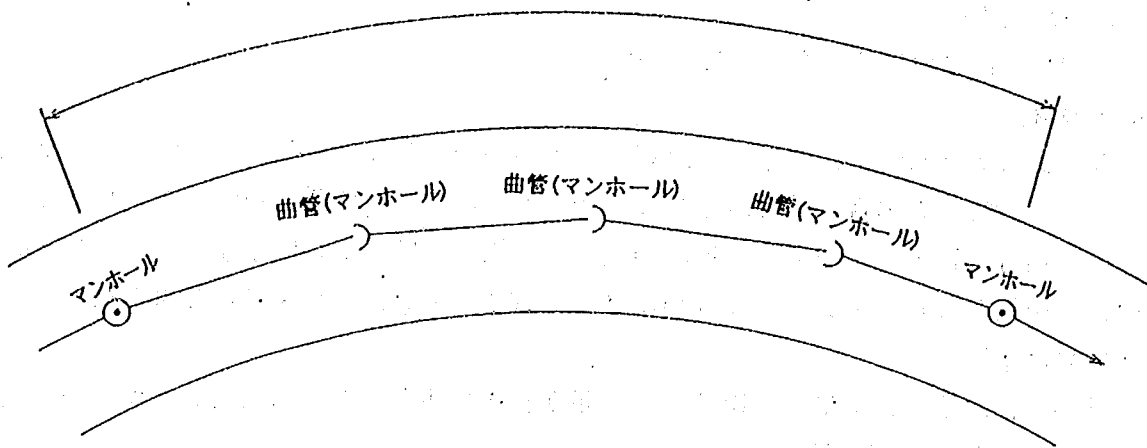
従来設計案では、「設計指針 § 73、§ 98」より管きよの方向、勾配の変化する箇所では、マンホールを設置する事としている。

この為、カーブ道路においては、至近距離にマンホールを設置する事となり、建設コスト増大の原因となっている。

〔比較設計案〕

比較設計案では、維持管理に支障のない範囲（マンホール最大間隔 50 m ）で、曲線部に曲管を用い中間のマンホールを省略する。（マンホールを省略して曲管を用いる事については「設計指針 § 98 解説」に記載されている。）

マンホール間隔最大 50m (比較案の場合)



() は従来案の場合

③ マンホールの簡易化

〔従来設計案〕

従来設計案では、マンホールは原則として、1号マンホール（内径90cm）を設置する事としている。（設計指針 § 98）

〔比較設計案〕

比較設計案では、

- 1) 当検討箇所の様な、農村集落においては、汚水量が少なく、汚水排水に異物が混入する度合いが少なく、管きよの維持管理は比較的容易である。
- 2) 枝線管きよは埋設深さが比較的浅いため、マンホールを簡易化しても維持管理に支障はないと考えられる。
- 3) 塩ビマンホールについては、平成8年4月に「下水道用硬質塩化ビニール製小型マンホール JSWAS K-9」（社）日本下水道協会 が制定され、上載荷重、維持管理等については支障が無いと判断できる。

等の理由によりマンホールを簡易化し、塩ビマンホールを採用する。（設計指針 § 98参照）

但し、破損等の事故対策を考慮して適用するマンホール深さを 2.5 mとした。（小型バックホウで掘削可能な深さ）

また、会合マンホール及び計画流入管の予定のあるマンホールは、流入方向、管底高の決定が困難の為、従来通り、1号マンホールを採用した。

尚、マンホールの簡易化については、「設計指針 § 98解説」に記載されている。

④ 土留工法（木矢板工法、軽量鋼矢板工法）のコストの低減

〔従来設計案〕

木矢板工法、軽量鋼矢板工法については、全土質について矢板率 100%としている。

〔比較設計案〕

ローム、洪積粘性土等の掘削時に安定性の高い土質においては、矢板率 50 %とする。（限界自立高さ以下とする。）

他の土質については、従来通り矢板率 100%とする。

(4) 比較設計案の計算根拠及び施設の詳細

① 管きよの最大勾配における実際流速の算定

当検討箇所における最大勾配 $i = 105.0 \text{ ‰}$ における実際流速を算定する。

〔管きよの諸元〕

管径、管種： $\phi 150\text{mm}$ 塩化ビニール管（VU）

勾配： $i = 105.0 \text{ ‰}$

満管流速： $v_f = 3.73 \text{ m/s}$

： $Q_f = 0.069 \text{ m}^3/\text{s}$

計画汚水量： $Q = 0.001 \text{ m}^3/\text{s}$

〔実際流速 v の算定〕

$$Q/Q_f = 0.001 / 0.069 = 0.0145$$

別添「水理特性表」より、上記の $Q/Q_f = 0.0145$ に対応する V/V_f は

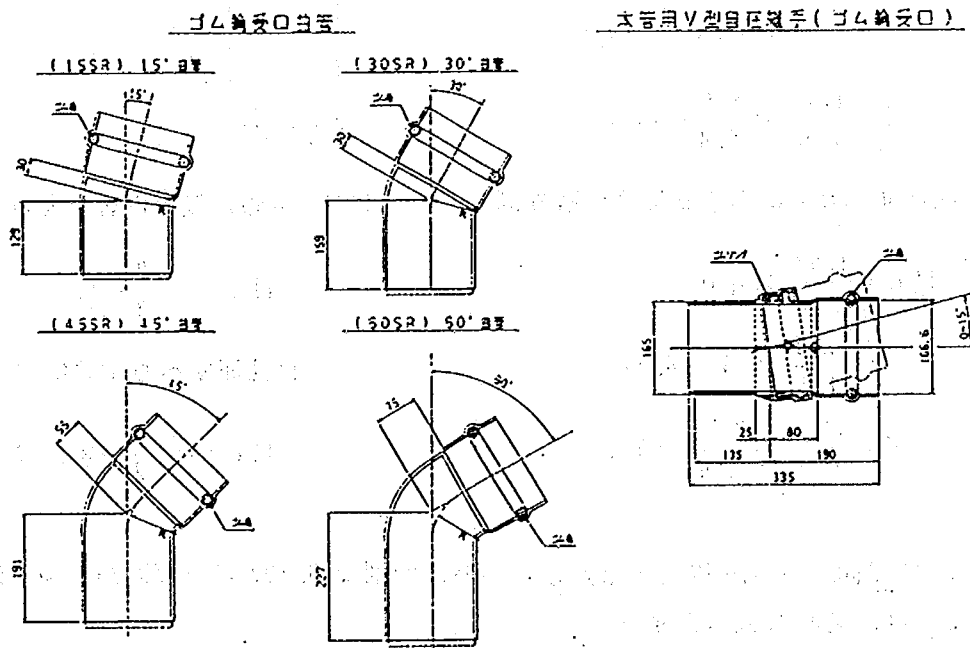
$$\frac{V}{V_f} = 0.359$$

$$V = 0.359 \times V_f = 0.359 \times 3.73 = 1.34 \text{ m/s} < 3.00 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad \text{0.8}$$

② 曲折点における使用材料

曲折点における使用材料は、以下の通りである。

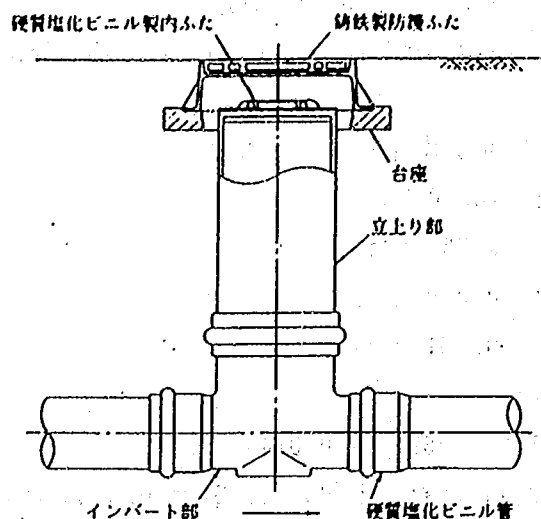
- 1) 塩ビ曲管（ 15° 曲管、 30° 曲管、 45° 曲管、 60° 曲管）～ JSWAS K-1
- 2) 本管自在継手（ $0^\circ \sim 15^\circ$ ）～ プラスチックマンホール協会規格



3) 曲折点における使用材料の組合せ

I・A	使用材料の組合せ
$0^\circ \sim 15^\circ$	自在継手のみ
$15^\circ \sim 30^\circ$	自在継手+ 15° 曲管
$30^\circ \sim 45^\circ$	自在継手+ 30° 曲管
$45^\circ \sim 60^\circ$	自在継手+ 45° 曲管
$60^\circ \sim 75^\circ$	自在継手+ 60° 曲管

③ 下水道用硬質塩化ビニル製小型マンホール～ JSWAS K-1



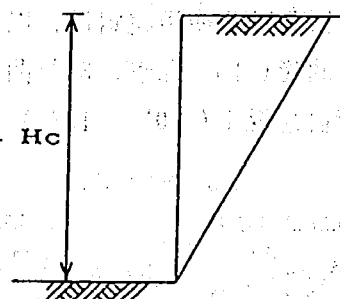
④ ローム土質における限界自立高さの計算

i) 面すべりで破壊する場合の限界高

$$H_c = \frac{4 \times c}{\gamma} \tan(45^\circ + \frac{\phi}{2})$$

$$= \frac{4 \times 3}{1.4} \tan 45^\circ = 8.57\text{m}$$

$$\therefore H = \frac{H_c}{F_s} = \frac{8.57}{1.4} = 6.1\text{m}$$



$$\gamma = 1.4\text{t/m}^3$$

$$\phi = 0^\circ$$

$$c = 3\text{t/m}^2$$

ii) 曲面すべりで破壊する場合の限界高

$$H_c = \frac{1.93}{\gamma} \times q u$$

$$= \frac{1.93}{1.4} \times 6 = 8.27\text{m}$$

$$H = \frac{H_c}{F_s} = \frac{8.27}{1.4} = 5.91\text{m}$$

iii) 引張り裂の影響を考慮する場合

$$H_c' = \frac{2}{3} H_c$$

ii) 曲面すべりで破壊するとき

$$H_c' = \frac{2}{3} \times 8.27 = 5.51\text{m}$$

以上より限界高は、5.51m 以上と推定される為、掘削深 3.80m 以下で適用する木矢板工法、軽量鋼矢板工法は、矢板率 50%とする。

掘削深度と矢板率の関係 (参考)

掘削深度 (m)	矢板率 (%)
0.00 ~ 0.50	50
0.51 ~ 1.00	60
1.01 ~ 1.50	70
1.51 ~ 2.00	80
2.01 ~ 2.50	90
2.51 ~ 3.00	100

3. 費用比較

(1) 費用比較表

① 全体の費用比較

今回検討箇所（1工区）L= 692.60m （2工区）L=748.30mを合算した延長ΣL=1,440.90mについて費用比較を以下に示す。

名 称	工 種	従来設計案コスト (A)	比較設計案コスト (B)	低減金額 (B/A×100)
管 渠 (L= 1,440.90m)	φ150mmYU 管布設工	9,041 千円	8,037 千円	1,004千円
	土 工	35,794 千円	34,647 千円	1,147千円
	土留工 (矢板率 100%)	36,299 千円	9,725 千円	(420.1m)
	土留工 (矢板率 50%)	— 千円	15,568 千円	(1,020.8m)
	土留工小計	36,299 千円	25,293 千円	11,006千円
	小 計	81,134 千円 (56千円/m)	67,977 千円 (47千円/m)	13,157千円 (84 %)
マンホール	1号マンホール	27,696 千円 (69 箇所)	8,212 千円 (21 箇所)	
	塩ビマンホール	—	3,835 千円 (23 箇所)	
	曲管及び自在継手	—	376 千円 (25 箇所)	
	小 計	27,696 千円 (401千円/箇所)	12,423 千円 (180千円/箇所)	15,273千円 (45 %)
ます及び 取付管 (26 箇所)	ます設置工	584 千円	584 千円	
	取付管工 (支管含む)	1,304 千円	1,304 千円	
	小 計	1,888 千円 (73千円/箇所)	1,888 千円 (73千円/箇所)	— (100 %)
付 帯 工		18,343 千円	18,343 千円	— (100 %)
合 計		129,061 千円 (90 千円/m)	100,631 千円 (70 千円/m)	28,430千円 (78 %)

注) 各工種のコストは、諸経費（直接工事費の80%）及び消費税を含む金額である。

② マンホールコスト低減効果の高い路線の費用比較

(1工区 157路線 L= 179.0m マンホール 8箇所)

名 称	工 種	従来設計案コスト (A)	比較設計案コスト (B)	低減金額 (B/A×100)
管 渠 (L= 179.00m)	φ150mmVU 管布設工	1,129 千円	993 千円	136千円
	土 工	4,089 千円	4,072 千円	17千円
	土留工 (矢板率 100%)	2,140 千円	— 千円	
	土留工 (矢板率 50%)	—	1,270 千円	
	土留工小計	2,140 千円	1,270 千円	870千円
	小 計	7,358 千円 (41 千円/m)	6,335 千円 (35千円/m)	1,023千円 (86 %)
マンホール	1号マンホール	3,042 千円 (8 箇所)	371 千円 (1 箇所)	
	塩ビマンホール	—	667 千円 (4 箇所)	
	曲管及び自在継手	—	31 千円 (3 箇所)	
	小 計	3,042 千円 (380千円/箇所)	1,069 千円 (134千円/箇所)	1,973千円 (35 %)
ます及び取付管	(1箇所)	76 千円	76 千円	— (100 %)
付 帯 工		2,238 千円	2,238 千円	— (100 %)
合 計		12,714 千円 (71 千円/m)	9,718 千円 (54 千円/m)	2,996千円 (76 %)

注) 各工種のコストは、諸経費(直接工事費の80%)及び消費税を含む金額である。

③ 急勾配道路における管渠勾配によるコスト低減効果の高い路線の費用比較

(2工区 178路線 L= 56.5m マンホール 3箇所)

名 称	工 種	従来設計案コスト (A)	比較設計案コスト (B)	低減金額 (B/A×100)
管 渠 (L= 56.50m)	φ150mmVU 管布設工	703 千円	684 千円	19千円
	土 工	1,576 千円	1,213 千円	363千円
	土 留 工	(矢板率 100%) 1,149 千円	—— 千円	
	(矢板率 50%) ——		994 千円	
	土留工小計	1,149 千円	994 千円	155千円
	小 計	3,428 千円 (61 千円/m)	2,891 千円 (51千円/m)	537千円 (84 %)
マンホール	1 号マンホール	1,101 千円 (3 箇所)	704 千円 (2 箇所)	
	塩ビマンホール	——	166 千円 (1 箇所)	
	曲管及び自在継手	——	—— 千円	
	小 計	1,101 千円 (367千円/箇所)	870 千円 (290千円/箇所)	231千円 (79 %)
ます及び取付管	(1箇所)	—— 千円	—— 千円	——
付 帯 工		706 千円	706 千円	—— (100 %)
合 計		5,235 千円 (93 千円/m)	4,467 千円 (79 千円/m)	768千円 (85 %)

注) 各工種のコストは、諸経費(直接工事費の80%)及び消費税を含む金額である。

(2) 費用比較結果

比較設計項目	費用比較結果
① 急勾配道路における 管渠勾配によるコスト削減	(1)一③の費用比較結果より、以下のコスト削減効果がある。 a) 比較設計案では、管渠の勾配を道路勾配と合わせることで、従来案の平均土盛り 1.70m に対して比較案では平均土盛り 1.35m となり、管渠の埋設深さは浅くなる。 b) コスト削減効果は、検討対象とした路線延長が 56.50m と短い為、マンホール数の低減効果がなく、顕著な効果は見られないが管渠工のコスト削減率は 16 % となった。
② カーブ道路における マンホール数の低減によるコスト削減 ③ マンホールの簡易化によるコスト削減	(1)一①②の費用比較結果より、以下のコスト削減効果がある。 a) 従来案における 1 号マンホールを比較案では「曲管」に省略もしくは「塩ビマンホール」に簡易化することで、(1)一①では、マンホール設置工のコスト削減率は 55 %、(1)一②では 65 % と大きなコスト削減効果を得た。
④ 土留め工（木矢板工 軽量鋼矢板工法）のコスト削減	(1)一①の費用比較結果より、以下のコスト削減効果がある。 a) (1)一①では全路線の約70%について、矢板率を50%とする事で土留め工のコスト削減率は30%となっている。 b) (1)一②では全路線矢板率を50%とする事で土留め工のコスト削減率は41%となっている。
⑤ 全体としてのコスト削減効果について	(1)一①の費用比較結果より、 管渠工のコスト削減率 : 16% マンホール設置工のコスト削減率 : 55% 全体としてのコスト削減率 : 22% となり、マンホール設置工のコスト削減効果が大きな要因となっている。 これは、カーブ道路におけるマンホールの省略及びマンホールの簡易化によるもので、特に当比較検討箇所様に、カーブの多い道路形態の箇所では大きなコスト削減効果が期待できる。

(3) 比較案の評価

比較設計項目	評 価
① 急勾配道路における 管渠勾配	〔コスト削減効果〕 当比較検討箇所では、急勾配道路の対象路線が 56.5m と短い為、顕著なコスト削減効果は見られないが、延長の長い箇所では、従来案に比較して、マンホール数の低減効果も期待できる。 〔施工面〕 管渠の埋設深さが浅くなる為、施工面では有利となる。 極端に急勾配の場合を除けば、施工面での問題は生じないと考えられる。 〔維持管理面〕 計画汚水量が少ない場合には、200 ～ 300 % 程度まで実流速が 3.0 m/s を超えることは無く、流速による施設への影響はないと考えられる。
② カーブ道路における マンホールの省略 ③ マンホールの簡易化	〔コスト削減効果〕 従来、カーブ道路の箇所においては、マンホールの設置個数が増える為、建設コスト増大の要因となっている。 当比較検討案では、マンホールを省略、簡易化することで大きなコスト削減効果が見られた。 〔施工面〕 ① 管渠布設状況の確認 工事竣工検査及び維持管理における管渠の布設状況の確認は、従来では管渠の方向、勾配の変化点に 1 号マンホールを設置している為、管渠の通水状況をマンホールより目視確認が可能であった。比較設計案では、曲管・塩ビマンホールを採用している為、管渠の通水状況をマンホールより目視確認出来ない事から、点検ミラー、テレビカメラにより行う必要がある。 ② 管渠布設工における施工誤差 管渠布設工における施工誤差は、従来では最大 50m に 1 箇所に 1 号マンホールを設置し、最小ステップを 2cm とすることで施工誤差を吸収している。 比較設計案では、1 号マンホールを省略、簡易化して、曲管・塩ビマンホールを設置している為、施工誤差を吸収する箇所がなくなる。当検討箇所では、会合マンホールを従来案の通り 1 号マンホールとすることで、最大約 100m に 1 箇所に 1 号マンホールを設置する事となる。この為、従来設計案に比較して施工精度の高い工事が要求される。

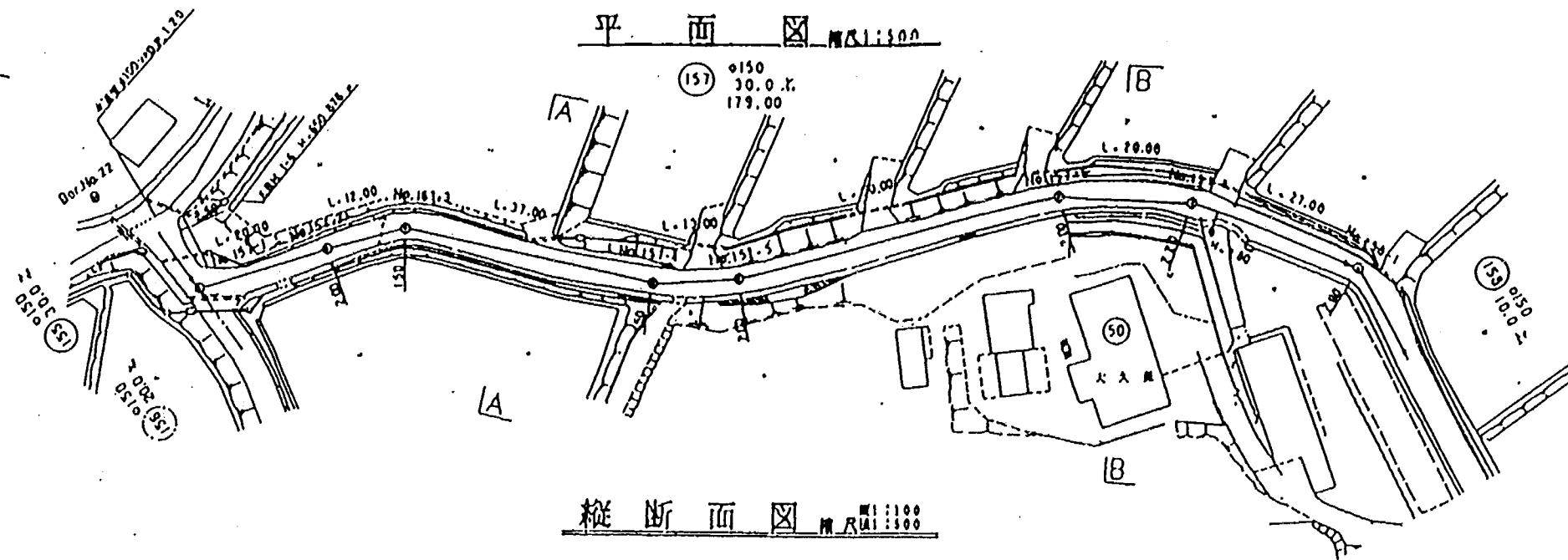
比較設計項目	評 価
②カーブ道路におけるマンホールの省略 ③マンホールの簡易化	〔維持管理面〕 ①塩ビマンホールの適用深さ 比較設計案では、塩ビマンホールの適用深さは「下水道用硬質塩化ビニール製小型マンホール J S W A S K-9」における「埋設実験（土被り1.0m・2.0m）及び「維持管理器具の操作性確認実験」（設置深さ2.0m）を参考とし、破損時の対応性（小型バックホウ0.1m³で掘削可能な深さ2.5m）より2.5mとした。 本管マンホールとしての塩ビマンホールの採用事例は少なく、強度面、維持管理面における適用深さについては、今後は更に深い範囲とする事が望まれ今後の課題となる。 ②曲管部分における維持管理上の問題 「設計指針 § 98解説」では「曲管を使用する場合曲率半径は1.0m以上とし、曲がり損失等の余裕として落差2.0cm 程度を見込むとよい」としている。 今回の比較検討案では、一般道路における施工の場合、曲線布設を計画する事は、材料の有無、施工精度の点で困難と判断し、曲管使用による曲折点とした。 又、管渠勾配も大きい為、曲がり損失等の余裕も設けていない。 この場合の維持管理上の問題点の予測は、事例もなく水理的解析も困難な為、今後の課題となる。
④土留め工（木矢板工・軽鋼矢板工）の矢板率の低減	〔コスト削減効果〕 ローム、洪積粘性土等の自立性の高い箇所では適用可能と判断され、土留め工におけるコスト削減効果は高い。 当比較検討箇所では、設計延長 $l = 1,440.90\text{m}$ の内、71%に当たる $l = 1,020.80\text{m}$ の区間はボーリング調査により自立性の高いローム層であることが確認され、当該区間について、比較設計案では、木矢板工・軽鋼矢板工の矢板率を 50 % に低減した。 これにより、従来設計案に比較して比較設計案では土留め工のコスト削減率は16%となった。 〔施工面〕 当比較事項は、建設コストの低減効果は高いが、従来の土留め工法に比較して、工事の安全度を低下させるものである為、採用にあたっては、事前のボーリング調査による土質状況の十分な把握を行うとともに、一般車輛の通行の有無、近接家屋及び構造物の有無等の施工条件を十分に検討する必要がある。

4. 設 計 図

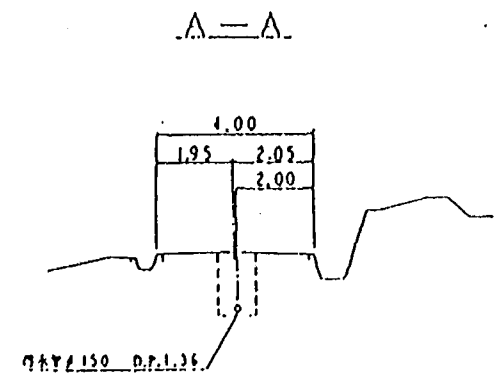
(代表的箇所の平面図・縦断図及び施設寸法図)

180 1. 2. 3.

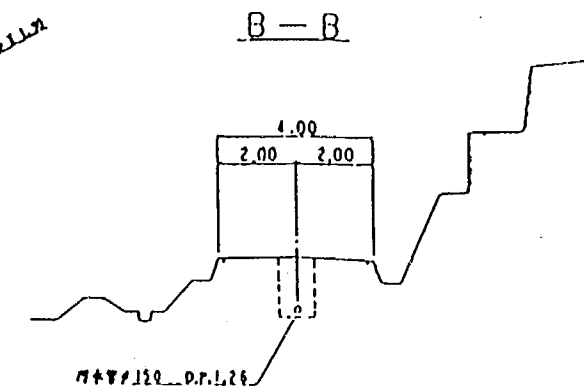
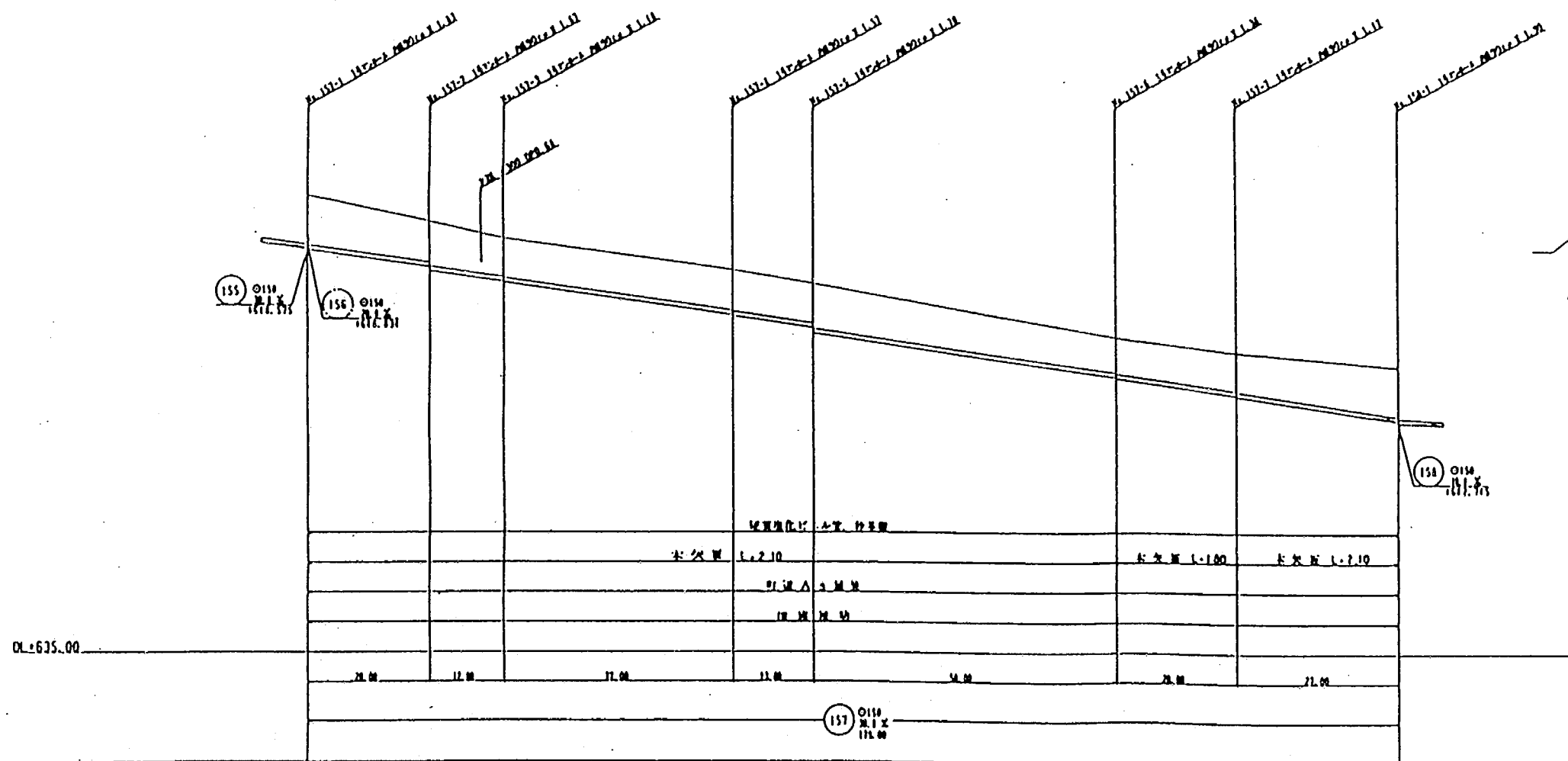
（附注：本图系根据《中国历史地图集》（第2卷）（A）



横断面図 縮尺 1:100



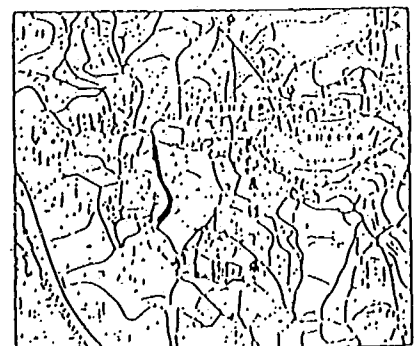
縦断面図 縮尺 1:100



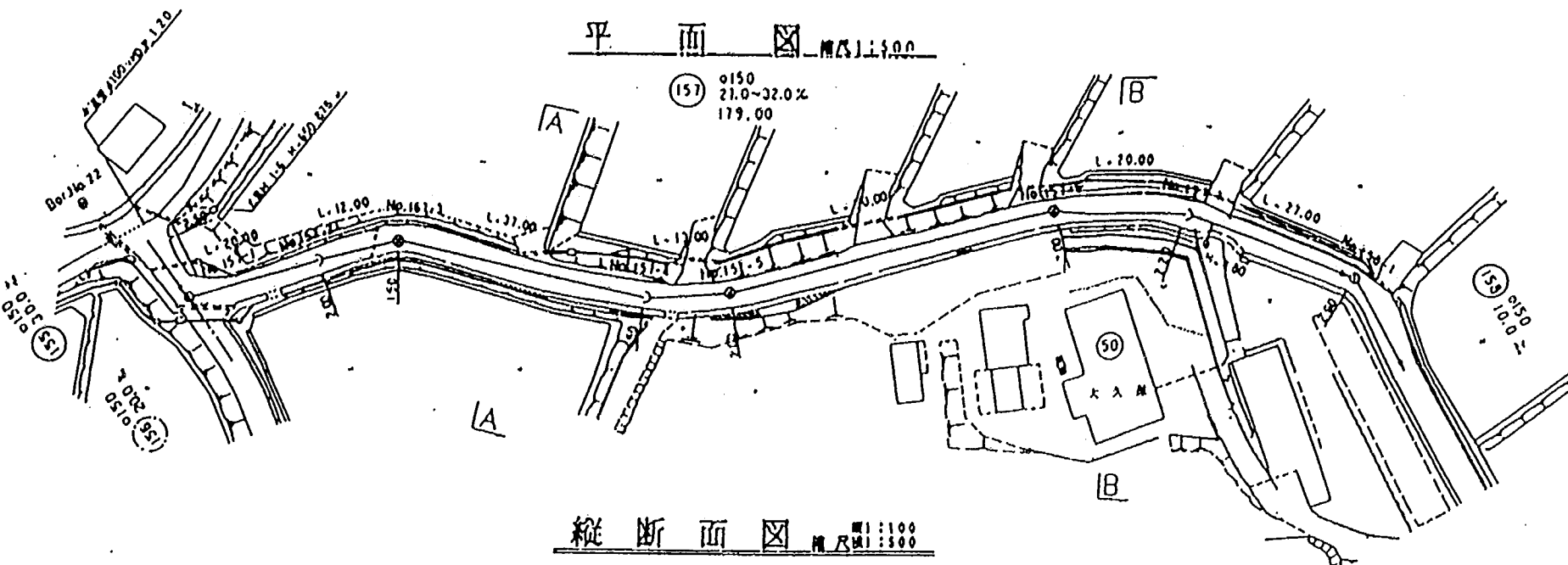
凡例

—	実線
---	点線
○	マンホール
—	水路
○	井戸
—	境界線

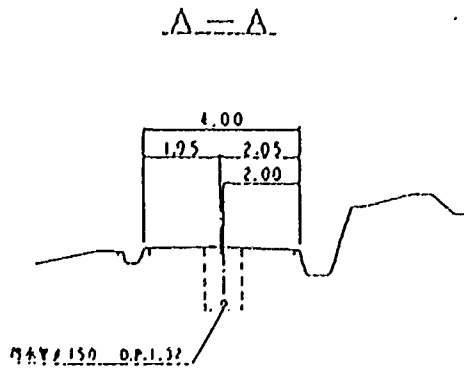
位置図



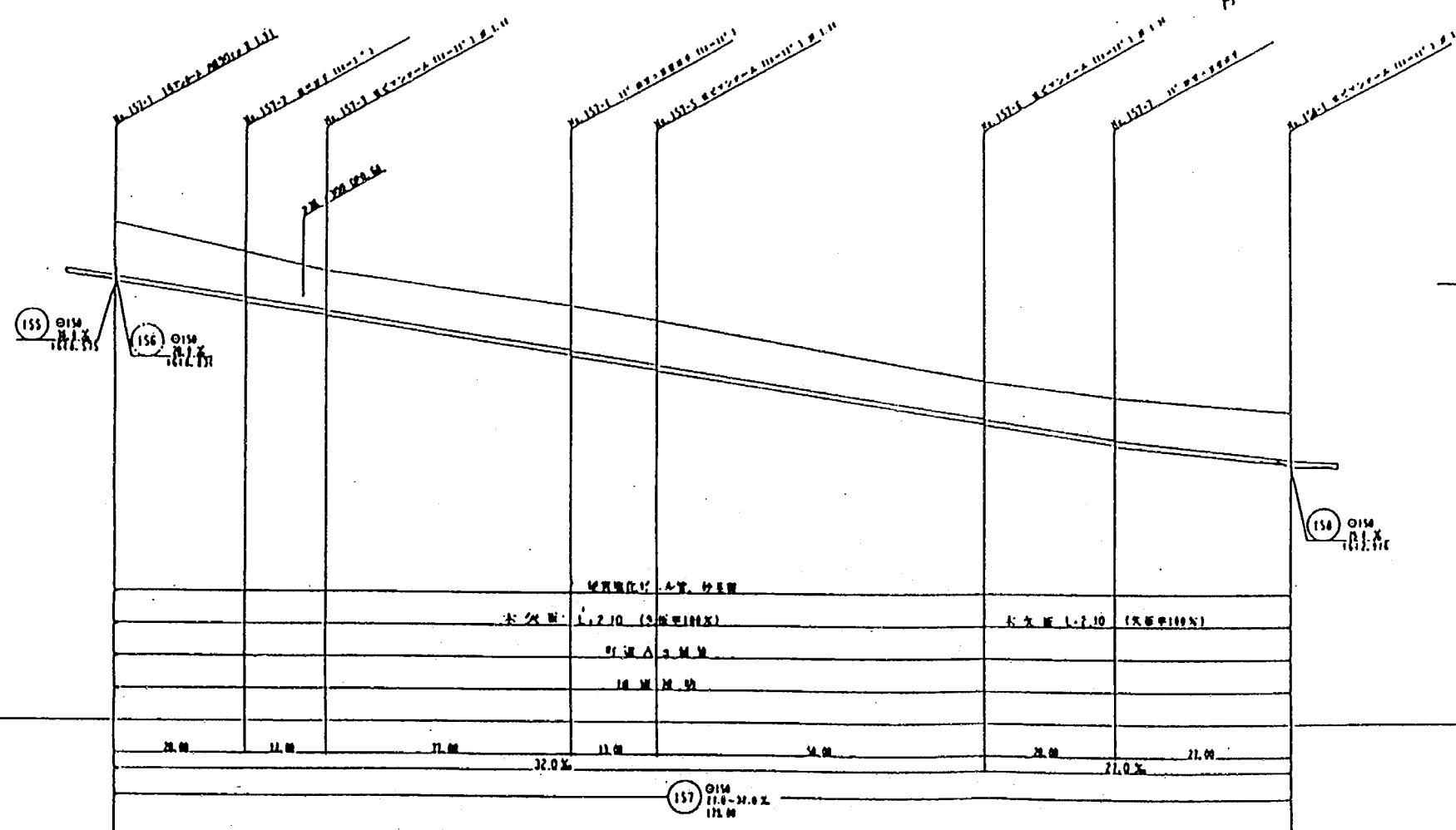
マンホールの省略、簡易化により
建設コストの削減効果の高い路線
平面図・縦断面図（従来設計案）



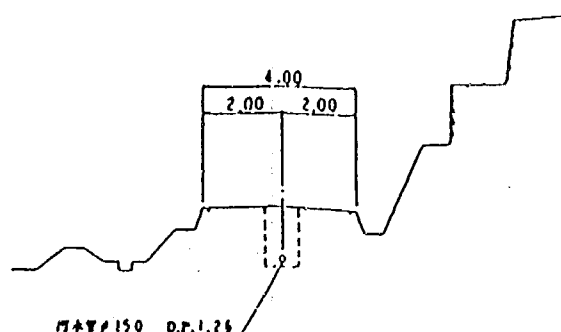
横断面図 縮尺 1:100



縦断面図 縮尺 1:100



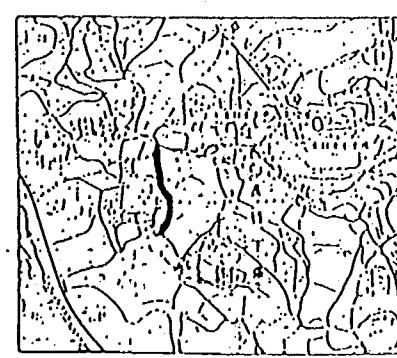
B-B



凡例

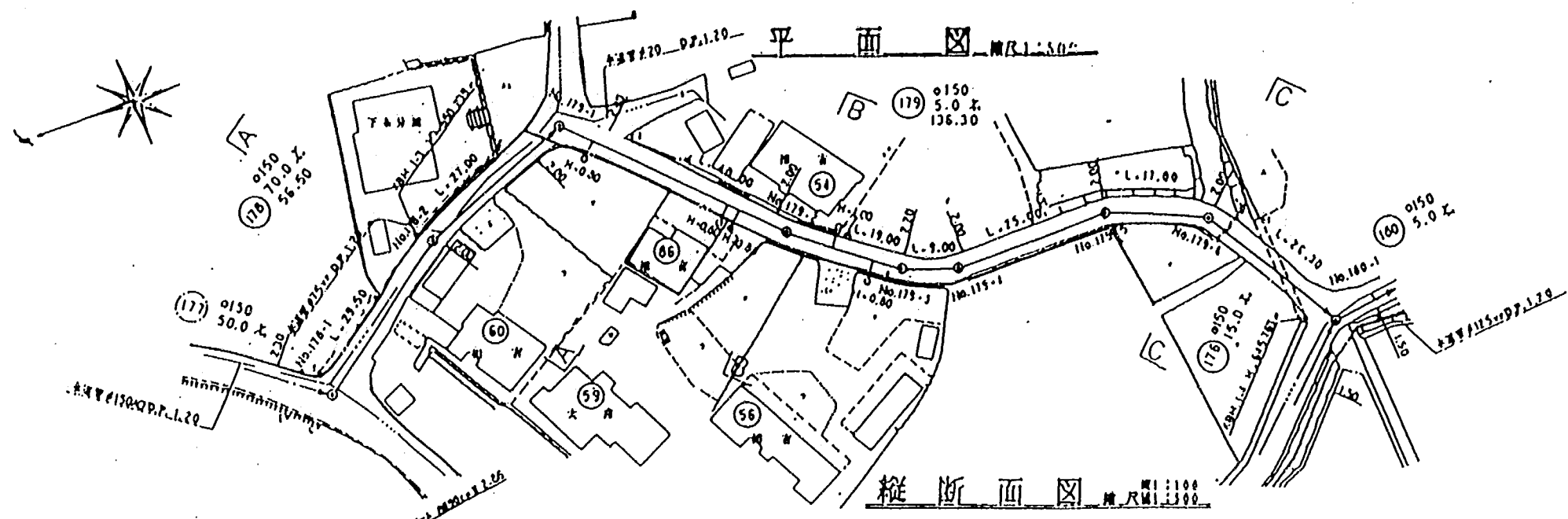
記号	説明
—	道路中心線
- - -	道路境界線
○	マンホール
○	雨水マンホール
○	排水マンホール
○	ポンプマンホール
○	雨水及び排水
○	雨水
○	排水

位置図



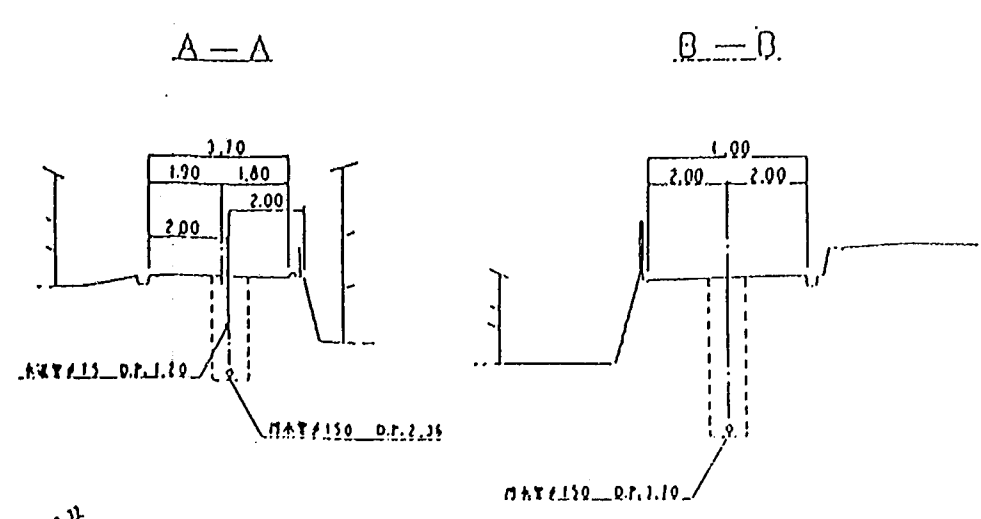
マンホールの省略、簡易化により
建設コストの削減効果の高い路線
平面図・縦断面図 (比較設計案)

区間	1	2	3	4	5	6	7	8
1	62.34	62.43	62.52	62.61	62.70	62.79	62.88	62.97
2	62.77	62.86	62.95	63.04	63.13	63.22	63.31	63.40
3	63.53	63.62	63.71	63.80	63.89	63.98	64.07	64.16
4	64.29	64.38	64.47	64.56	64.65	64.74	64.83	64.92
5	65.05	65.14	65.23	65.32	65.41	65.50	65.59	65.68
6	65.81	65.90	65.99	66.08	66.17	66.26	66.35	66.44
7	66.57	66.66	66.75	66.84	66.93	67.02	67.11	67.20
8	67.33	67.42	67.51	67.60	67.69	67.78	67.87	67.96

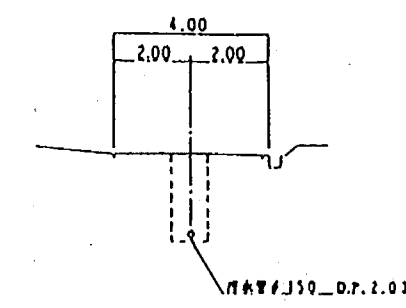


縦断面図 横尺 1:100 縦尺 1:100

横断面図 横尺 1:100 縦尺 1:100



C-C



凡例

ㄉ	ㄊ	ㄋ	ㄌ
ㄊ	ㄋ	ㄌ	ㄎ
ㄋ	ㄌ	ㄎ	ㄏ
ㄌ	ㄎ	ㄏ	ㄏ
ㄎ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ	ㄏ	ㄏ	ㄏ
ㄏ			

急勾配道路における管渠勾配により
建設コストの削減効果の高い路線

平面図・縦断面図（比較設計案）