

## 第6章 既設下水道施設の現況と問題点

### 6-1 将来人口

チョルポンアタ市の人口は、1976年に7,300人、1981年に8,700人、1990年に1万500人となった。2004年1月1日の人口は1万1,520人、2005年は、1万2,101人であった。チョルポンアタ市によると、図6-1に示すとおり、2020年には市の人口は3万人になると予想している。

ただし、上述したとおり、下水道に接続している住民の数はわずかに2,600名であり、下水道施設の整備とともに、更なる普及が必要である。

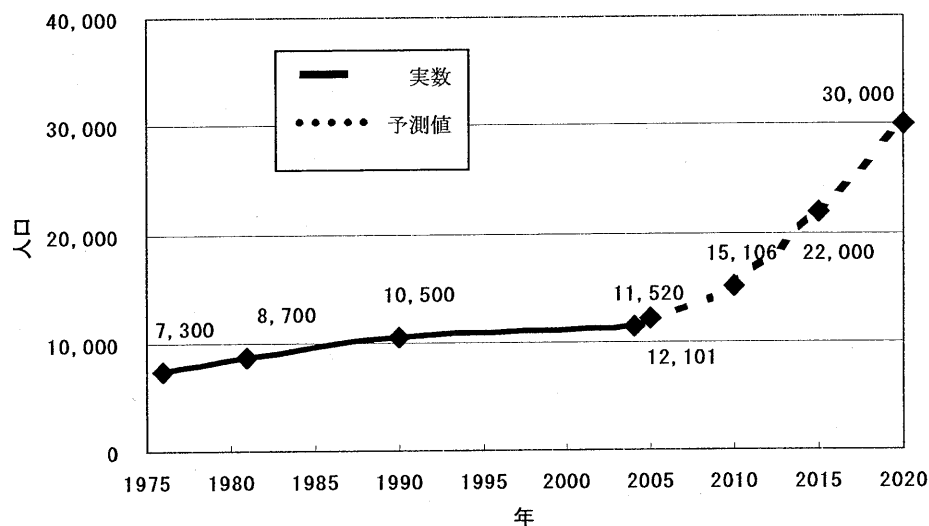


図6-1 チョルポンアタ市の現況人口と将来の伸び予想

### 6-2 揚水量 (VodaKanalの記録による実績値)

#### (1) 下水道使用料徴収対象使用量

2004年の実績によると、住民357.1m<sup>3</sup>/日、公企業107.3m<sup>3</sup>/日、私企業345.7m<sup>3</sup>/日の合計810.1m<sup>3</sup>/日となっている。

#### (2) 主ポンプ場の揚水記録

ポンプ場及び下水処理場には、いずれも流量計が設置されていないため、正確な揚水量は不明である。そのため、主ポンプ場のポンプ圧送回数・容量から換算した1996年から2005年の第2四半期までの年間揚水平均値及び各四半期の増加傾向を図に示す(このうち、第3四半期(7月から9月)及び年間の平均の値のみを図6-2に記入している)。これをみると、当然のことながら、夏期にあたる第3四半期の値が一番、高くなっているのに対し、その他の季節は、そんなに大差のない値を示していることが分かる。さらに、第3四半期の毎年の伸びが、他の季節の伸びに比較して大きくなっているため、これを見る限りでは、定住者の汚水量はそんなに増加しないのに対し、夏期の観光客に起因すると思われる汚水量が大きく増加しているものと思われる。

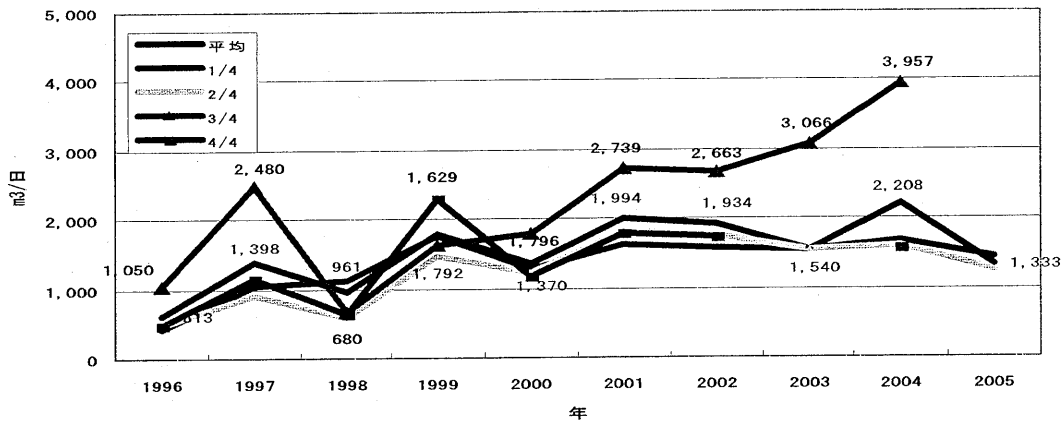


図 6 - 2 四半期別揚水量推移 (1996 ~ 2005)

また、2004年と2005年6月までの月別揚水量及び年間平均値を1とした指数をそれぞれ図6-3及び図6-4に示す。このうち、2004年をみると、7月、8月の揚水量が一番高く、それぞれ4,268m<sup>3</sup>/日及び4,426m<sup>3</sup>/日であり、平均値を1とするとそれぞれ1.93、2.0になるのに対し、4月が一番低く、その値は、1,225m<sup>3</sup>/日、指数で見ると0.55であり、最大と最低の比率は3.6倍と非常に大きな値となっている。

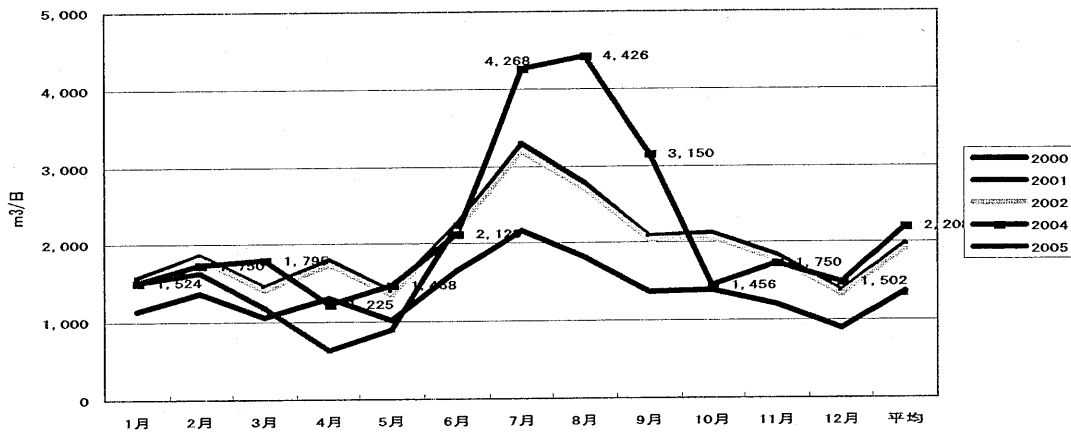


図 6 - 3 各月別揚水量推移 (2000 ~ 2005)

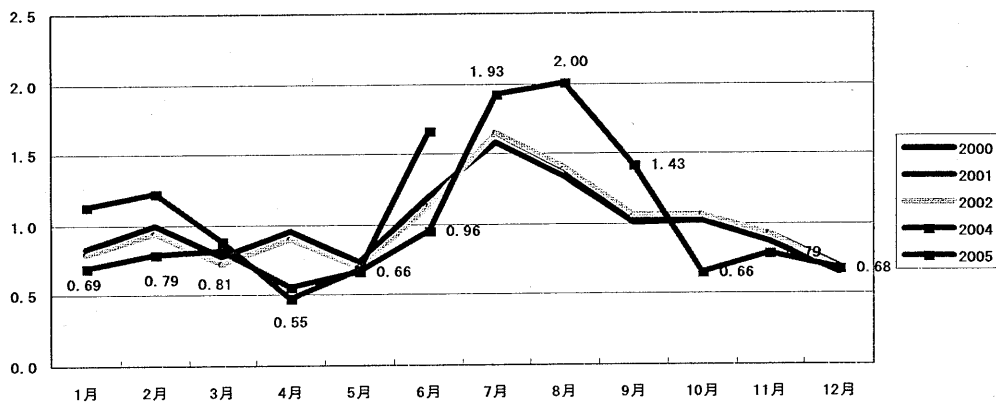


図 6 - 4 各月別揚水変動指数推移 (2000 ~ 2005)

## 6-3 下水道施設の現況

### 6-3-1 下水道管渠

チヨルポニアタ市の下水道施設は、1975年から1985年にかけて建設された。下水の排除方式は完全な形ではないが、分流方式を採用しており、市の発展に併せて、財政の許す範囲で管の延長工事が進められてきた。

既存の汚水管固形廃棄物収集システムがないため、いろいろなゴミが汚水と一緒に管の中に投入されることとなっている結果、マンホールや管の詰まりがみられる。

主要幹線の総延長は、環境影響評価調査のなかで実施された調査結果によると、1万6,354 mであり、その管別内訳及び状態を表6-1及び図6-5に示す。

表6-1 管種別管渠状態調査結果

管 種	管渠状態			
	満足すべき状態	対策が必要	合 計	
	延長 (m)	延長 (m)	延長 (m)	割合 (%)
アスベストセメント管	6,889	1,050	7,939	48.5
鋼管 (圧送管)	10	4,350	4,360	26.7
セラミックス管	0	50	50	0.3
鉄筋コンクリート管	4,005	0	4,005	24.5
合 計	10,904	5,450	16,354	100.0

これをみると、アスベストセメント管の延長は7,939 mであり、これは全体の延長である1万6,354 mのほぼ半分を占めている。このうちの87%に当たる6,889 mは、今のところは満足すべき状態にあり、残りの1,050 mも、管径が150mmから400mmの小口径管であり、VodaKanalで補修する能力は十分あると思われる。

一方、圧送管に使われている鋼管の総延長は4,360 mであるが、このうちの10 m以外の鋼管は、対策が必要な状態となっている。具体的にみると、主ポンプ場から処理場までの内径600mmの鋼管については、管の敷設が90度で2回折れ曲がっており、そこに送水途中の停電などによる水撃作用がかかって年に数回破損し、その都度、溶接を繰り返している。ただ、管の内径は、300mmから350mm程度の管で十分であると思われるので、取り替えにあたっては、実際の揚水量から算定した適切な内径にすることが大事である。

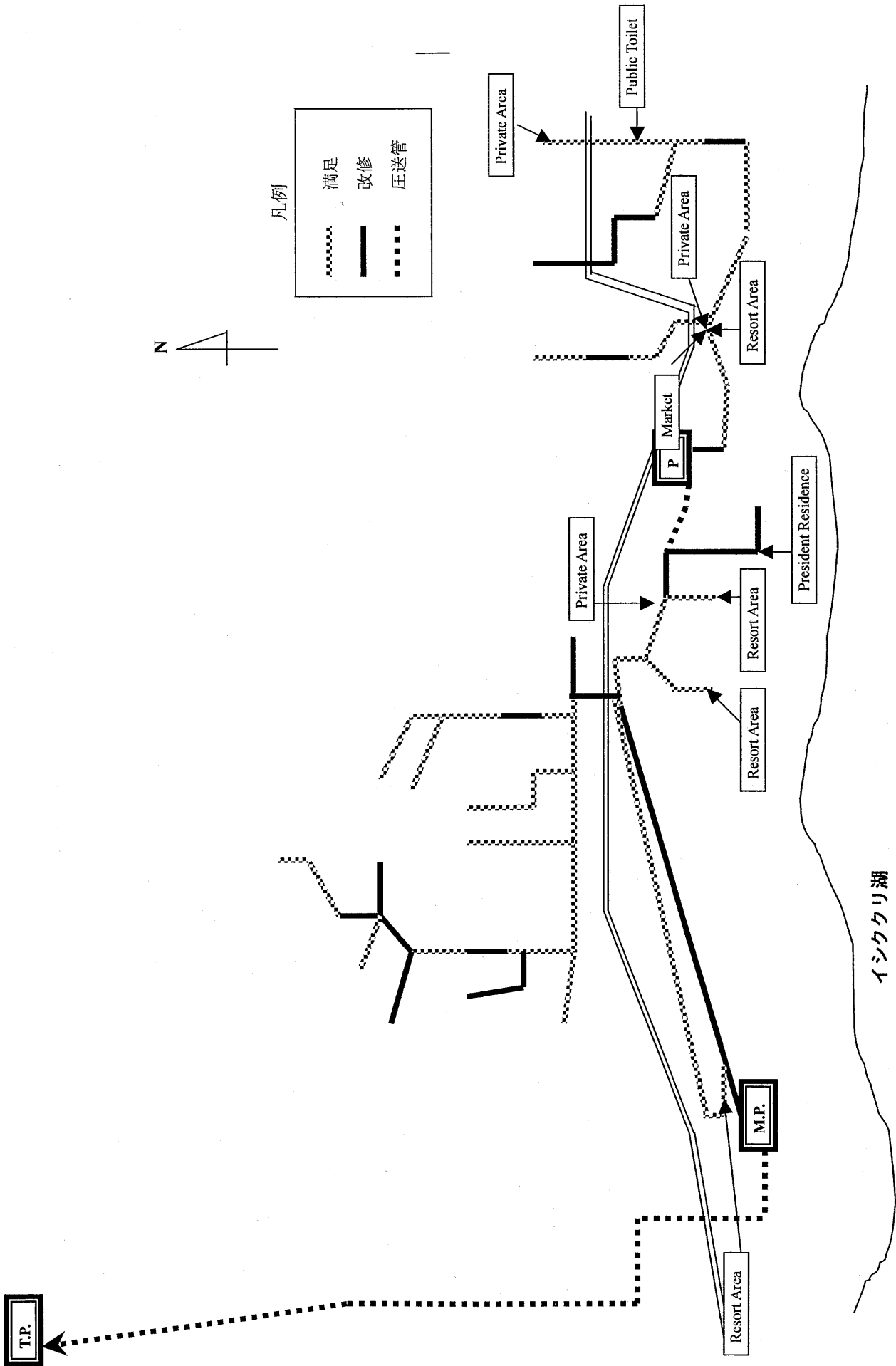


図 6-5 下水道管渠の状態

## 6-3-2 ポンプ場

### (1) 第一ポンプ場

標高 1,615 m に位置している施設で、用地面積は約 1.1ha である。主に市内東部の住宅地、ホテルの一部、公官庁事務所、病院、商店、市場などが集水区域となっており、自然流下で集められた汚水をこのポンプを経由して、主ポンプ場に送水している。主ポンプ場への圧送回数から推定した 2005 年 8 月及び 9 月の汚水量は、それぞれ 1,564m<sup>3</sup>/日及び 1,289m<sup>3</sup>/日となっている。

ポンプ室には 4 基のロシア製のポンプがあるが、このうち動いているものは 2 基のみであった。この稼働中のポンプは設置後 15～20 年が経過しており、年 2～3 回の修理が必要である。また、電源の配電盤も含め、低効率で老朽化が激しい。ディーゼル発電などの非常用電源を備えていないため、圧送中に停電があると逆流防止弁が使用できないなどのトラブルが発生している。

聞き取り調査の結果、判明したポンプの諸元は以下のとおりである（矛盾した内容になっているおそれもある）。

- ① 実揚程：12 m
- ② ポンプ台数：4 台
- ③ 各ポンプの容量：216m<sup>3</sup>/時
- ④ 各ポンプの馬力：32kWh
- ⑤ 貯留槽の容量：17m<sup>3</sup> (8.5m<sup>2</sup> × 2 mH)
- ⑥ 建設年：1970
- ⑦ 職員数：4 名

1998 年から 2004 年までのこのポンプ場の維持管理費を図 6-6 に示す。これを見ると、維持管理費は、毎年、漸増しているが、特に、最近はその増加が顕著なこと、また、維持管理費のうち、その割合が一番大きいものは、修理費であることが分かる。

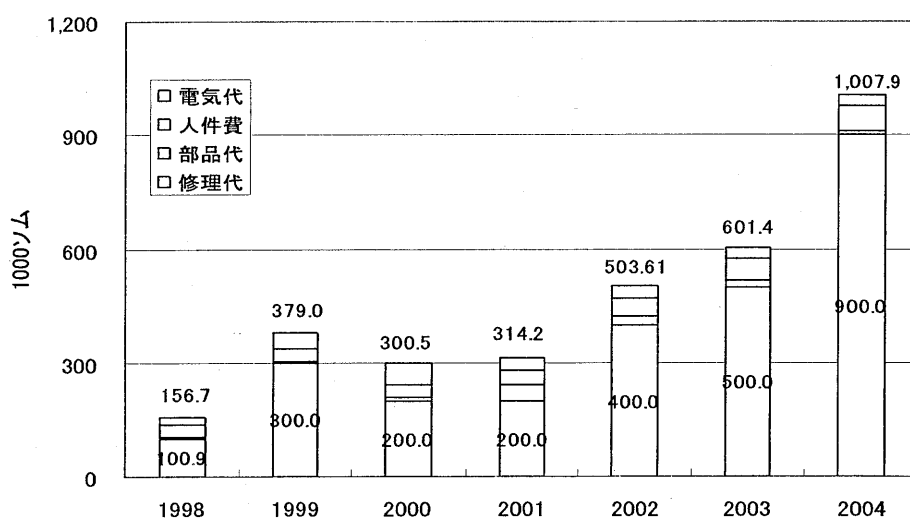


図 6-6 第一ポンプ場の内訳別維持管理費の推移

## (2) 主ポンプ場

標高 1,618 m に位置しているレンガ造りの建物であり、365m<sup>3</sup> の受水槽とポンプ室から成っている。用地面積は約 1.5ha である。第一ポンプ場からの汚水と市内西部地区の汚水、さらに、隣接するカラ・オイ村のリゾート地区の汚水を集めて、標高 1,705 m にある下水処理場へΦ 600mm の鋼管（当初は 2 系列が敷設されたが、実際に使われているのは 1 系列のみ）を経由して圧送している。聞き取り調査の結果、判明したポンプの諸元は以下のとおりである（矛盾した内容になっているおそれもある）。

- ① 実揚程：120 m
- ② ポンプ台数：3 台
- ③ 各ポンプの容量：780m<sup>3</sup> / 時、80m<sup>3</sup> / 時、800m<sup>3</sup> / 時
- ④ 各ポンプの馬力：200kWh、250kWh、250kWh
- ⑤ 貯留槽の容量：365m<sup>3</sup> と緊急用水槽（2,500m<sup>3</sup> × 2 槽）
- ⑥ 建設年：1970
- ⑦ 職員数：9 名

ここには 4 台のポンプが設置可能なスペースが確保されているが、実際に設置されていたのは、3 台であり、いずれも、ロシア製の横軸型斜流ポンプであった。これらのポンプは、当初、流入ゲートにスクリーンが設置されており、そこで夾雑物が除去される仕組みとなっていたが、それも故障しているため、すべての汚水が直接ポンプ場に流入する形となっており、羽根の磨耗が激しい。そのため、2005 年の 8 月から 9 月にかけて、逐次、発電機とポンプをロシア製のポンプに取り替える工事を行ったところであるが、まだ、そのうちの 1 台は設定が完了していないため、稼働可能なポンプは 2 台のみであった。

これらの 2 台のポンプは、高い揚程を確保する必要があるため、直列にして運転しており、結果的には、1 系統のみの運転となる。ポンプが故障した場合の予備槽として容量 2,500m<sup>3</sup> の半地下構造の水槽 2 基が敷地内に隣接して設置されており、故障時にはここに汚水が流入することとなっているが、これも満水になると、その周辺にあふれ出す形にならないを得ない。また、受水槽とポンプ室の隔壁にクラックが入り漏水しているが、応急的な措置しかとられておらず、ディーゼル発電などの非常用電源も備えていない。

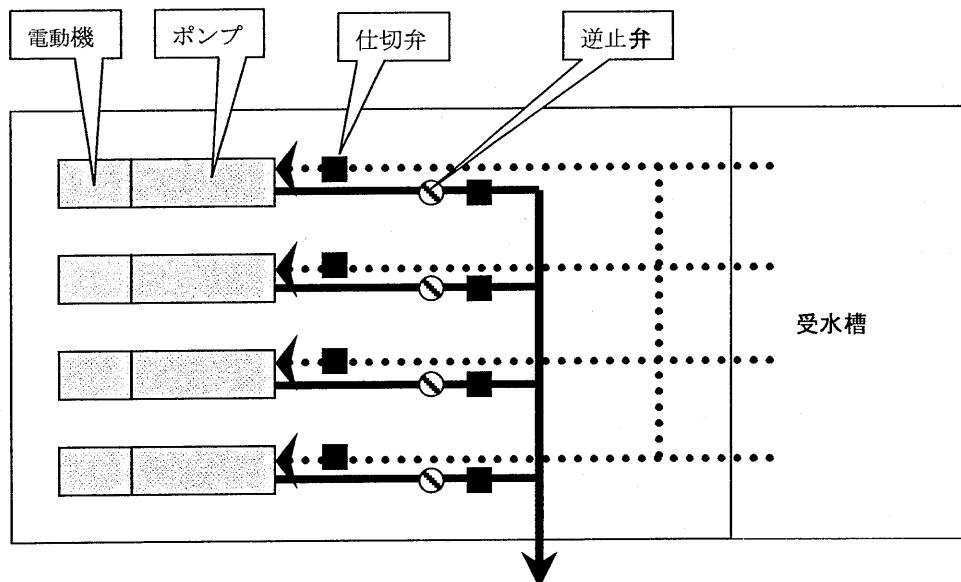


図 6 - 7 主ポンプ場のポンプ場配置模式図

1998年から2004年までのこのポンプ場の維持管理費を図6-8に示す。これを見ると、維持管理費は、毎年、漸増していることや、その割合が一番大きいものは修理費であることなど、第一ポンプ場と同様の傾向を示していることが分かる。

また、これらの2つのポンプ場のそれぞれの維持管理費のうち、修理代と電気代の占める割合を図6-9に示す。これを見ると、修理代が、どちらのポンプ場でも高い値を示しているのに対し、電気代は、100m近くを揚水する主ポンプ場でも平均で15.0%、第一ポンプ場で9.8%となっている。したがって、一般にいわれているように、揚程が高いからといって、電気代の占める割合が非常に高いということではなく、修理代を削減することが、維持管理費削減に一番、効果が高いことが分かる。

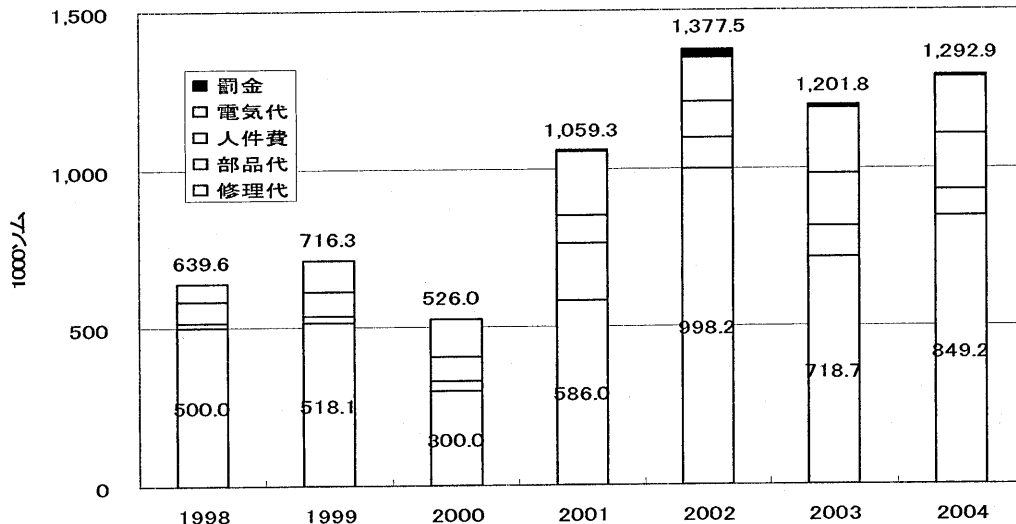


図6-8 主ポンプ場の内訳別維持管理費の推移

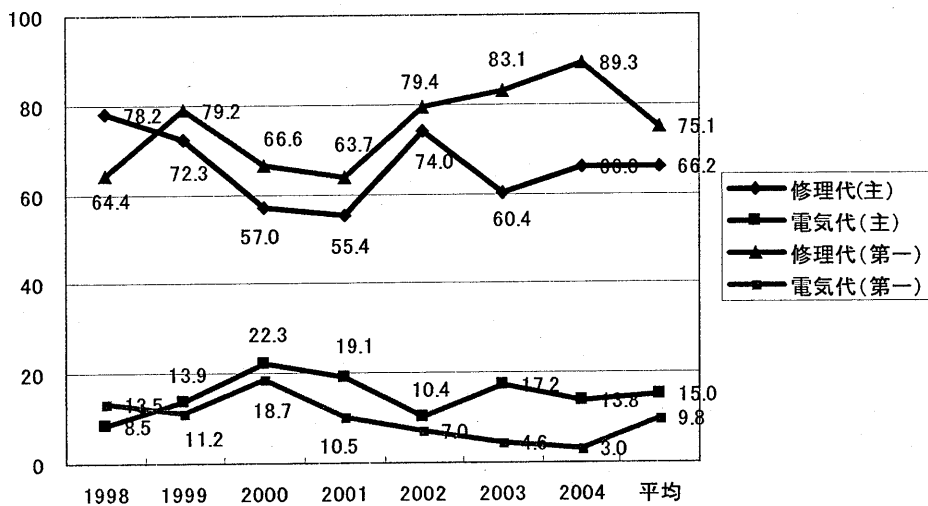


図6-9 ポンプ場（主・第一）の修理代及び電気代の推移

### 6-3-3 圧送管

圧送管はその性質上、常に管の中に汚水が滞留している状態となっており、これが破断すると、管内に貯留していた汚水が溢水することになり、それによる環境汚染が懸念される。圧送管の現況については、6-3-1を参照のこと。

(1) 第一ポンプ場から主ポンプ場

ポンプ場で揚水された汚水は、最初の1.85kmがΦ300mmの鋼管を通して圧送されたのち、あとの残り4.2kmはΦ300mmから600mmの範囲のアスベストを自然流下して市の西端の湖畔近くの標高1,618mにある主ポンプ場に流入する構造となっている。この圧送管には、3か所のサナトリウムからの圧送管がほぼ直角に接続されており（このうちの1か所のみがVodaKanalの管理下にあり、残り2か所はサナトリウムが管理している）3つのポンプが同時に稼働した場合には、送水量が計画水量を大幅に超えることが懸念されている。

(2) 主ポンプ場から下水処理場

主ポンプ場で揚水された汚水は、処理場までの2.5kmを厚さ6mm、内径600mmの鋼管を経由して送水されているが、この圧送管は、ポンプ場を出たすぐの2か所でそれぞれ90度に曲がっている。圧送中の停電やポンプが故障の場合は、水衝圧が発生し、この2か所の曲がり箇所には大きな力がかかるため、管の破断がたびたび繰り返されており、その都度、この破断箇所を溶接により補修する必要性が生じている。修理頻度が高く、その都度掘削することを避けるため、その部分をコンクリートで囲い、その上にコンクリートのスラブを載せている。2004年1年間の修理代は、13万3,332ソムであった。

6-3-4 下水道処理場

この処理場は、主ポンプ場で揚水された汚水を活性汚泥法で処理する構造となっており、標高1,693mから1,705mに位置し、北から南に傾斜した地形を利用しているため、階段上に整地され、そこに各施設が建設されている。行政上はチョルボンアタ市でなくて、西側のカラ・オイ村に位置している。ただし、用地面積は6.25haであるが、VodaKanalが取得済みである（図6-10参照のこと）。

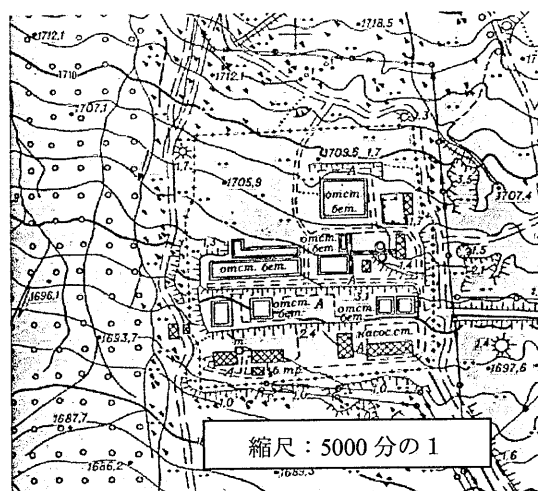


図6-10 チョルボンアタ処理場位置図

この処理場は、計画処理能力は3万6,000m<sup>3</sup>/日であるが、流量計がないため、実際にどの程度の汚水が流入しているのかについての正確なデータはない。この下水処理施設はチョルボンアタ市のみを対象としていたものではなく、主ポンプ場の西側、チョルボンアタ市の湖畔とほぼ同じ距離の地域に20~30の大規模保養施設が計画されていたため、これらの下水処理も



併せ3段階で3万6,000m<sup>3</sup>/日とする計画であった。計画していた保養施設のための下水管(D=800mm)は部分的に敷設されただけで未完成であり、下水処理施設の方が先に建設されたということである。

また、当初計画では処理水は更に揚水して山麓上部の容量100万m<sup>3</sup>の貯水池に貯留後、果樹園などの灌漑用水として散水する計画であったが、貯水予定地のみが残っているだけであり、ポンプ場も建設されていない。

既設処理場は1985年に完成し、土木構造物としては、着水槽、スクリーン室、沈砂池、最初沈殿池、曝気槽、最終沈殿池、塩素処理施設、汚泥処理施設などが配置されているが、実際には、機械・設備がほとんど動いていないため、下水はこれらの施設を通過して、沈殿処理されただけで、塩素処理もされず、近くの水路に放流されている。

各施設の躯体は鉄筋コンクリート製であるが、既製品のコンクリートパネルを設置してその間を目地で埋める方式をとっており、目地部鉄筋の露出、コンクリート豆板の劣化など、貧弱な施工による施設の劣化が顕著である。

曝気槽の機械設備や配管類についても長期間利用されなかったことからさび付いているか撤去されており、リハビリをする場合は、取り替えあるいは新規設置が必要となる。ただ、設計図面がなく、機器及び地下配管の状況や計画諸元が分からない。

処理場の周囲にはフェンスがなく、スクリーン室のドア、マンホールふた、その他の金属類が盗難にあっているが予算不足のためそこまで手が回らない状況となっている。なお、沈殿した汚泥は、引き抜かれ場内で天日乾燥後、処分されている。

既設処理施設の諸元と現況は表6-2のとおりとなっている。

表6-2 チョルポンアタ処理場の各施設諸元

施設名	諸元	現況
着水井	1.5 m × 1.2 m × 1.5 m	Φ 600mm の圧送管に接続しており、底から1.3 m の位置に余水吐けがある。
沈砂池	内径 6 m × 2 池	1 池は空で機器はさび付いており、残り 1 池もかくはん機などは機能していない。
砂溜め	15 m × 15 m × 1.5 m × 2 池	沈砂池から約40m南側に設置。沈砂池の砂を引き抜く構造になっているが、使われた形跡がない。
最初沈殿池	30 m × 9 m × 3.1 m × 2 池	沈殿物は掻き寄せ機によりピットに集められる構造となっているが、掻き寄せ機が稼働していないため、沈殿物が滞留・腐敗してメタンガスが発生している。
曝気槽	60 m × 6 m × 5 m × 2 池	曝気装置がないため、最初沈殿池と同様、メタンガスが発生している。当初は160kWの発電機により4台の送風機が使用されたようであるが、既に撤去されている。
最終沈殿池	30 m × 9 m × 3.1 m × 2 池	メタンガスが発生しており、その北側にある汚泥濃縮槽の底には汚泥の残渣が堆積している。
塩素処理施設	24 m × 6 m × 4 m × 4 池	塩素を注入するベンチュリー管と接触槽から成るが、稼働していない。

この既存処理場を利用して、新しい処理施設を建設するとした場合、既設構造物を撤去する必要があるが、その際には、埋設物の所在と大きさを調べ、これに要する費用を概算する必要がある（この作業は、キルギス側の負担となる）。

## 6-4 下水道施設の改善すべき点

### 6-4-1 下水道管渠

下水道管渠敷設は基本的には土木工事である。また、敷設する管種もコンクリート管については国内での調達が可能であるため、このコンクリート部分の改良については原則キルギス側で実施計画を策定し、それに基づき、計画的に実施することが望ましい。

ただし、圧送管の部分については、管種が鋼管であり、これは原則輸入になること、また、ポンプ場の改修と併せて実施することが望ましいことから、この部分は無償の対象と考える。その際、圧送管の敷設位置については、極力曲がりを少なくして、ポンプ停止時の水衝圧を減らすとともに、現在、敷設されている鋼管の内径が300mmと600mmであり、いずれも実際の送水量の規模から考えると非常に大きいものであることから、実際の揚水量に見合った管径に縮小することにより、敷設費の縮減を図る。

### 6-4-2 ポンプ場

第一ポンプ場及び主ポンプ場とも老朽化がひどく、最悪の場合は、汚水が揚水できずにあふれ出す危険性も高いことから、無償資金協力の対象とする。主な改善点は以下のとおりである。

- ① ポンプ容量が実際の揚水量に見合っていない非常に大きな値となっているため、これを実際の揚水量に合わせたポンプ容量に変更する。下記の中継ポンプ場を設置することにより電気容量の最適化が、可能である。
- ② 夏期と冬期とでは揚水量が最高4倍程度違うことから、複数台のポンプを設置し、実際の揚水量にあわせて効率的かつきめ細かい運転ができるようにする。
- ③ ポンプ場に沈砂池やスクリーンがないため、下水管を通して流入する夾雑物がポンプの羽を痛める原因となっている。羽の磨耗を防ぐため、ポンプ場の中に自動スクリーンを設ける。
- ④ 頻繁に停電することが予想されることから、非常時用のディーゼル発電機を設置する。
- ⑤ 主ポンプ場から処理場までの揚程が高いことから、既設処理場に揚水する場合は、その間に中継ポンプ場を設置し、無理のないポンプ運転とする。

### 6-4-3 下水処理場

イシククリ湖の周辺都市のうち、カラコル市とバリクチ市とに、それぞれ1万m<sup>3</sup>/日及び3万6,000m<sup>3</sup>/日の活性汚泥処理施設が以前は稼働していたが、現在は両市とも、これらの処理施設は機能しておらず、沈殿処理をしたあと、池で希釈されるか一部浄化されたのち、灌漑として利用されている。その最大の理由は資金不足といわれており、仮に Cholpon-Ata 市で処理施設が建設されても、この轍を踏まないよう、処理法の選定にあたっては、現在の VodaKanal の財務・技術能力を十分に検討する必要がある。そのためには、中央政府や地方政府からの一時的な補助金に頼るのではなく、歳入の見直しを図ると同時に、極力、維持管理費

のかからない処理法にしなければ、事業の継続性は担保できないことを肝に銘じておくべきである。

ビシュケク市の活性汚泥処理法がうまく維持管理されているのは、140名の職員が4交代で勤務しているとともに、おそらく首都ということでビシュケク市から何らかの補助金が投入されているのではないかと思われる。ビシュケク市でうまく維持管理ができているから、チョルポニアタ市でも可能と思うことは厳禁である。

したがって、下水処理場は、既設処理場で採用している活性汚泥法を踏襲して改修するのではなく、より維持管理が容易で、電気代などの維持管理費も低廉な処理法を選定し、新たに建設することが好ましい。

## 第7章 下水道施設計画

### 7-1 計画汚水量の算定

#### 7-1-1 処理場流入水量

主ポンプ場から処理場の間で、汚水の流入はないため、処理場流入水量は、主ポンプ場での揚水量を基に、算定する。

#### (1) 国家建築建設委員会（SCAC）下の建設・設計科学研究所による算定値

この機関は、夏期及び冬期の揚水量をそれぞれ、1万～1万5,000m<sup>3</sup>/日及び5,000～8,000m<sup>3</sup>/日としている。その理由としては、ポンプ場の運転が定常状態でないこと、市の下水道施設に接続していない地区やサナトリウムなどの汚水が含まれていないとしているが、これを裏づける資料の提供がなされていない。また、2004年の取水量が年間平均で6,908m<sup>3</sup>/日であり、仮にサナトリウムで独自で井戸を掘削している場合があることが予想されるものの、キルギス側が提案している水量は、上述した揚水実績に比較して、夏期で2倍から3.5倍、冬期では4倍から6.4倍と非常に高い倍率となっており、これらの状況から判断すると、建設・設計科学研究所の推定値は、現実的なものではないといわざるを得ない。

#### (2) JICA 開発調査「イシククリ地域総合開発計画調査」による算定値

この計画では、チョルボンアタ市の汚水発生量を2003年、3,000m<sup>3</sup>/日、2010年、9,600m<sup>3</sup>/日及び2025年1万9,800m<sup>3</sup>/日としている。その根拠は表7-1のとおりである。

表7-1 汚水量算定根拠

項目		単位	2003	2010	2025	備考
定住人口	①	人	8,700	10,000	22,000	
夏期人口	②	人	13,050	15,000	33,000	定住人口×1.5
冬期人口	③	人	6,090	7,000	15,400	定住人口×0.7
観光人口（夏期）	④	人	11,000	13,000	20,000	年間観光客数は2010年で110万人が訪れるが、7月から9月の3か月に集中する。
給水原単位（住民）	⑤	1/人/日	65	90	120	
給水原単位（観光客）	⑥	1/人/日	250	275	300	
給水のうち、生活用に利用される割合	⑦	%	30	30	30	残り70%のうち、10%は農業用、60%は産業用
下水発生量/給水量	⑧	%	10	60	60	

#### 《2010年の例》

$$\text{下水発生量 (m}^3\text{/日)} = (\text{①} \times \text{⑤} + \text{④} \times \text{⑥}) / \text{⑦} / 1,000 \times \text{⑧}$$

このうち、⑦については、住民と観光客が利用した水道量は、総給水量の30%を占めるということから、この値を30%で割って給水量を求め、次に、下水の発生量は給水量の60%

と仮定して、この先の総給水量に60%を掛けて下水発生量を求めている。一方、110万人の観光客がすべてチョルボンアタに泊まる訳であること、また、チョルボンアタ市は、主な産業としては、環境影響評価書によると、わずかに、乳製品加工業と果物加工業があるだけであり、この2社の総下水発生量は、235m<sup>3</sup>/月となっている。したがって、この想定値も、かなり過大であるといわざるを得ない。

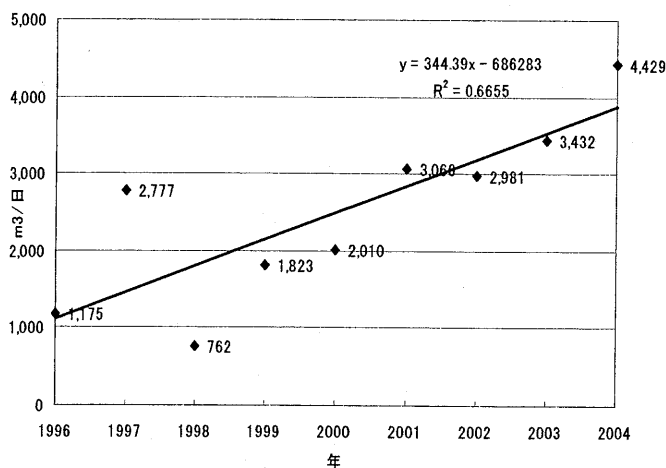
### (3) 今回の調査での算定値

季節により、発生量がかなり変動することから、観光客の動向を正確に押える必要があるが、2000年の5万8,800人が、2003年に19万1,000人となったというデータがあり、また、2010年には、110万人になるという予想もあるが、観光客の1日当たりの使用水量を想定することは非常に難しい。例えば、「流域別下水道整備総合計画調査—指針と解説—」では、日本国内の主な観光地11か所の例を掲げているが、原単位が最低90.38リットル/日/人から最高1,451リットル/日/人と16倍以上の開きがあり、また、BOD負荷も、最低4.8g/人/日から最高109.7g/人/日と、これも22.8倍以上違い、いずれの項目も非常に幅のある値となっている。さらに、キルギスと日本の観光客とは水道の使い方に相違があることが予想されるが、それを裏づける資料が入手できていない。

したがって、汚水量の算定については、観光客の実数を基に算定するのではなく、過去の汚水量の傾向から求めることとした。すなわち、1996年から2004年までの夏期の一番、多く揚水している月の汚水量から1日の平均汚水量を求めた。その傾向を表7-2に示すが、これによると、2007年、2008年及び2009年の汚水量は、それぞれ4,908m<sup>3</sup>/日、5,252m<sup>3</sup>/日及び5,597m<sup>3</sup>/日と予測される。

表7-2 揚水量のトレンド (1996～2004)

年	処理水量 (m <sup>3</sup> /日)
1996	1,175
1997	2,777
1998	762
1999	1,823
2000	2,010
2001	3,066
2002	2,981
2003	3,432
2004	4,429
2005	4,219
2006	4,563
2007	4,908
2008	5,252
2009	5,597



なお、2005年8月と9月の主ポンプ場の揚水量は、毎日のポンプの稼働回数の平均に、1回当たりの用水量390m<sup>3</sup>を乗じて求めたところ、それぞれ、4,101m<sup>3</sup>/日及び2,585m<sup>3</sup>/日

であった。これまでの実績から、毎年8月の揚水量が一番多いことから、この4,101m<sup>3</sup>/日を、過去のトレンドから求めた値である4,210m<sup>3</sup>/日と比較すると、その誤差は、3%弱となっており、このトレンドはおおむね実態に合ったものとなっているといえる。

一方、冬期には、水量が少なくなるが、最低の量については、図6-4に示すとおり、平均水量を1としたとき、夏期の最高値は2.0、冬期の最低値は0.55となることから、この係数をかけて、最低の値とすることとした。すなわち、2007、2008、2009年の最低値は、それぞれ1,350m<sup>3</sup>/日、1,444m<sup>3</sup>/日、1,539m<sup>3</sup>/日となる。

また、日最大、時間最大水量としては、特にデータがないため、通常、使用されている値である1.2及び1.5の値を採用することとした。その結果を表7-3に示す。

表7-3 処理場の流入水量

	単 位	夏 期	冬 期	備 考
日平均水量	m <sup>3</sup> /日	6,000	1,500	
日最大水量	m <sup>3</sup> /日	7,200	1,800	日平均水量×1.2
時間最大水量	m <sup>3</sup> /日	10,800	2,700	日最大水量×1.5

#### 7-1-2 主ポンプ場

上記の時間最大水量をこのポンプ場での揚水量とする。

#### 7-1-3 第一ポンプ場

第一ポンプ場の揚水量の記録はないが、2005年8月、9月の揚水量は、ポンプ場の稼働時間から推定した値と、同時期に主ポンプ場においても同じ方法で推定した値とを比較すると、両者の比はほぼ表7-4に示すとおり、40～50%となっている。このことから、このポンプ場の揚水量は、時間最大水量として主ポンプ場の50%の5,400m<sup>3</sup>/日とする。

表7-4 第一ポンプ場と主ポンプ場の流入水量比較

	揚水量 (m <sup>3</sup> /日)		①/② (%)
	第一ポンプ場①	主ポンプ場②	
2005.8	1,564	4,101	38.8
2005.9	1,289	2,585	49.9

#### 7-2 流入水質と処理水質

下水処理場に流入した下水は沈殿処理をされたあと、塩素滅菌されずに、処理場脇の小川に入れ、下流の果樹園に散水されている。

チョルポンアタ処理場では、保健省傘下の衛生検疫検査所チョルポンアタ支局が、およそ毎月1回、処理場の流入水と処理水の化学的水質と微生物の項目を測定している。この検査所は、飲料水、下水のほか、食品の分析も実施している検査所であるが、表7-5に示す処理場の分析結果をみる限りでは、BODが毎回同じ値を示しており、単位もmol/lと何を示しているか不明なこと(mol/lをmg/lに換算するのは、3万2,000倍する必要がある)、SSのばらつきが大きすぎることや流入水よりも処理水の方が高い値を示している例があること、窒素系の分析値も同じ

値が出ていることなどから判断すると、このデータの信憑性は非常に低いといわざるを得ない（これ以外の水質項目については、付属資料 2. を参照のこと）。

表 7-5 チョルポンアタ市下水処理場の水質分析結果

項目	単位	2005.3.15		2005.5.24		2005.9.5	
		流入水	処理水	流入水	処理水	流入水	処理水
pH	-	7.8	7.4	7.7	7.5	8.8	8.4
SS	mg / l	380.0	96.0	76.0	96.0	560.0	535.0
BOD	mol / l	126.0	120.4	126.0	120.4	126.0	120.4
NH <sub>4</sub> -N	mg / l	0.9	0.7	0.7	0.76	0.8	0.7
NO <sub>3</sub> -N	mg / l	6.0	19.0	6.0	19.0	6.0	9.0

このほか、2003年5月31日に、環境非常事態省の環境局が実施したデータがある（表 7-6 参照）。ただ、この分析結果も、流入水の BOD が 40mg / l と非常に低い値となっているが、これは、実際に値が低いのか、それとも、分析の精度に問題があるのかは定かでない。

表 7-6 水質分析結果（環境非常事態省）

項目	単位	流入水	処理水
pH	-	7.02	7.51
SS	mg / l	72	23
DO	mg / l	-	1.9
BOD	mg / l	40	12
NH <sub>4</sub> -N	mg / l	2.0	2.5
NO <sub>2</sub> -N	mg / l	< 0.005	0.0135
NO <sub>3</sub> -N	mg / l	< 0.1	< 0.1

ただし、ほかに信頼すべきデータがないので、これらのデータを基に、処理場への流入水の水質は 150mg / l と設定する。ただ、今回の調査で、主ポンプ場の貯留槽の汚水を採水してみたが、ほとんど透明でわずかに白濁している感じで臭いもそんなにしないため、とても 100mg / l の濃度があるようには見受けられず、せいぜい 50mg / l 前後の感じであった。したがって、基本設計を実施する際には、ポンプ場及び処理場流入水の BOD を時間ごとに測定し、その値を、基本設計に反映させることが望ましい。参考までに、他の処理場の水質結果を表 7-7 に示す。

表 7-7 イシククリ州の他の処理場水質比較

	BOD <sub>5</sub> (mg / l)		SS (mg / l)	
	流入水	処理水	流入水	処理水
ビシュケク市	100	6-8	100-140	10-12
カラコル市	125	24	45-50	8-12
バリクチ市	129-156	40-70	43-56	19-23

## 7-3 処理場候補地

### 7-3-1 改修・新設の可能性

既存処理場は全く機能していないため、その対策として以下の代替案があげられるが、それぞれの可能性を検討する必要がある。

#### (1) 既存施設の改修

この案は、以下の理由で却下する。

- ① 既設の土木構造物を使い、機械電気設備を新しく導入することになるが、既存の土木施設の構造を示す図面が存在しないため、改修に耐えられるかどうかの確認ができない。
- ② 活性汚泥法は、必要用地面積が少なく済む半面、消費電力も多く、維持管理技術も高度なものを要求されるため、現在の VodaKanal の財政・技術力から判断して、適切な維持管理ができない可能性が高い。

#### (2) 処理施設を新しく建設

- ① 既存施設を撤去して既存処理場に建設
- ② これ以外で、取得可能な用地を候補地として選定

用地取得については、現時点で取得がなされていないことから取得に時間がかかることや、その中に人家が含まれた場合は、移転などの問題が生じることにより、更に取得までに時間がかかることが予想される。また、現在の用地の用途変更などの続きを行う必要がある（これに要する期間は未定であるが、どんなに長くても、半年以内に手続きが終了するといわれている）。

### 7-3-2 処理場候補地

#### (1) 既存下水処理場用地（オプション1）

現在の処理場用地は、確かに主ポンプ場より約98m高いところにあるため、揚水のための電気代がかかるという問題はあるものの、仮に処理場の運転が適切になされず、その結果、処理水の水質が多少悪くなっても、直接、イシククリ湖に流入する危険性は非常に低いことから、危険分散の観点から、既存の処理場用地に処理場を建設することはひとつの選択肢として考えられる。また、この用地の南側に隣接して、カラ・オイ村が所有している用地が約3haある。この用地は現在、民間に貸しているが、契約を解除することは可能であるとの説明があった。

既存施設の改修については、コンクリート躯体がこのまま使えるかどうかの診断をする必要はあるものの、現状では、長期の使用に耐えるものとは思えないことから、この施設の再利用は考慮せず、新規に増設した敷地に処理場を建設する方針とする。

上記3haを処理場用地として追加取得する場合は、チョルボンアタ市が、カラ・オイ村（Kara-Oi Aiyl Okmoty）若しくは Akimiat of Issyk-Kul Rayon にこの土地をチョルボンアタ市の施設用地として必要であることを、要請書により正式に依頼する必要がある。



(2) 主ポンプ場に隣接して現在、農業に利用されている用地

この用地は、面積が18haあり、主ポンプ場に隣接しているため、現在のように100m近く、揚水する必要がないため、電気代を削減することが可能である。ただし、州の登記所で調べたところ、ここは私有地であることが判明したため、候補地から外す。

(3) カラ・オイ村のサナトリウムに隣接した用地

カラ・オイ村のサナトリウムの汚水は、サナトリウムが設置したポンプにより、主ポンプ場に送水されている。この近くに、約150haの広大な用地があり、ここは、州の作成した土地利用計画においても、処理場を含んだサナトリウム用地となっている。しかしながら、州の登記所で調べたところ、ここは私有地であることが判明したため、候補地から外す。

(4) カラ・オイ村の西端にある用地（オプション2）

カラ・オイ村の西端に位置するあたりに、現在は耕作地として利用されている地がある。このうち、20ha（幅300m、長さ650m）は、現在、州が所有している。ただし、ここは主ポンプ場から約6km離れていること、標高が1,650mから1,638mと北から南にかけて傾斜していること、また、ポンプ場の位置が、1,624mの標高であることから、25m以上、揚水する必要があること、また、処理水を既存の灌漑用施設に放流するための配管とポンプ場の建設が必要であることなど、建設にあたっては種々の事業費がかかることが予想される。

しかし、既設の処理場より、広大な土地が利用でき傾斜も少ないので、将来の増設も考慮すれば、新規処理場の建設地としては適している。問題は、処理水をイシククリ湖に放流できないことであるが、数百mの配管により近在の土地の灌漑のために利用することは可能であるので、基本設計で、処理水の放流地点とそれに必要な施設を明らかにする。

ここを処理場用地として取得しようとする場合は、次の手続きを踏む必要がある。

- ① JICAとSCACとが協議して、処理場候補地を決定する。
- ② この決定に基づき、JICAはキルギス政府に対し、この土地の分類を耕作地から建設が可能な分類に変更する手続きを申請する。
- ③ この申請に基づき、キルギス政府は、変更の手続きを実施する。

### 7-3-3 最適候補地の選定

上記2つの候補地のうちのどちらを選定するかについては、それぞれの候補地に処理場を建設した場合のポンプの仕様、必要となる電気代などを試算した。

(1) 共通部分

1) 第一ポンプ場

《ポンプの諸元》

- ① 実揚程：25m
- ② 揚水量：1.88m<sup>3</sup>/分/台×3台（うち1台予備）
- ③ 動力：18.5kW/台
- ④ 吸込口径：150mm

- ⑤ 吐出口径：100mm
- ⑥ 土木設備：既設の建物を利用
- ⑦ 事業費\*：3,300万円

\*：事業費には、バルブ・配管類、ポンプ盤、低圧受電盤、輸送費・据え付け工事費を含む。以下同じ。

2) 第一ポンプ場からの圧送管

《圧送管の諸元》

- ① 圧送管内径：Φ 300mm
- ② 延長：1,850 m
- ③ 敷設費：7,400万円

(2) オプション1：主ポンプ場から中継ポンプ場を経て既設処理場に圧送する場合

1) 主ポンプ場

《ポンプの諸元》

- ① 実揚程：56 m
- ② 揚水量：3.75 m<sup>3</sup>/分/台×3台（うち1台予備）
- ③ 動力：55kW/台
- ④ 機械電気設備：約8,600万円（除塵機・自家発電装置を含む）
- ⑤ 吸込口径：25mm
- ⑥ 吐出口径：150mm

2) ポンプ場から中継ポンプ場への圧送管

《圧送管の諸元》

- ① 圧送管内径：Φ 400mm
- ② 延長：2,200 m
- ③ 敷設費：1万1,000万円

3) 中継ポンプ場

《ポンプの諸元》

- ① 実揚水程：54 m
- ② 揚水量：3.75 m<sup>3</sup>/分/台×3台（うち1台予備）
- ③ 動力：55kW
- ④ 事業費：7,100万円（機械電気設備：5,100万円、土木工事費：2,000万円）
- ⑤ 吸込口径：250mm
- ⑥ 吐出口径：150mm

4) 中継ポンプ場から処理場への圧送管

《圧送管の諸元》

- ① 圧送管内径：Φ 400mm

- ② 延長：700 m
- ③ 敷設費：3,500 万円

(3) オプション 2：主ポンプ場から西に約 6 km の新規下水処理場に圧送する場合

1) 主ポンプ場

《ポンプの諸元》

- ① 実揚程：41 m
- ② 揚水量：3.75 m<sup>3</sup>/分/台×3 台（うち 1 台予備）
- ③ 動力：55kW
- ④ 機械電気設備：約 7,900 万円（除塵機・自家発電機を含む）
- ⑤ 吸込口径：250mm
- ⑥ 吐出口径：150mm

2) ポンプ場から中継ポンプ場への圧送管

《圧送管の諸元》

- ① 圧送管内径：Φ 400mm
- ② 延長：6,000 m
- ③ 敷設費：3 億円

(4) 結 論

2つのオプションの建設費、用地面積、年間の維持管理費を表7-8にまとめた。

この表をみると、既設処理場に送るオプション1の方が事業費としては7,700万円安い  
が、所要電力がほぼ1.8倍かかることになる。また定期的に点検をして、必要に応じて部  
品を交換することを続けなければ、また故障を繰り返すことになるため、この経費も計上し  
ておく必要がある。この修理・部品代と電気代を合計したものが年間維持管理費になる。

2つの案を比較すると、年間の維持管理費はオプション2の方がオプション1のほぼ6  
割弱程度になること、また、処理場として使える用地がオプション1の2倍以上あるた  
め、将来の拡張計画や処理法の選択の幅が広がることを考えると、オプション2の方が好  
ましいといえる。ただし、事業費に7,700万円の差があるので、処理法との組み合わせで、  
最終的な決定をする。

表7-8 2つのオプションの比較

項 目	単 位	オプション1	オプション2	備 考	
建設費	万円	40,900	48,600		
処理場利用可能用地面積	ha	9.25	20		
電力量	kW	257	147		
年間維持 管理費	電気代	ソム/年	648,400	370,900	電力代：0.72 ソム/kWh
	人件費	ソム/年	93,600	0	OP1では、中継ポンプ場維持管理 要員として6名増員（作業員： 1,300ソム/月）、OP2は、増員なし
	修理・部品代	ソム/年	895,000	560,000	機材費の3%、1ソム=3円
	小 計	ソム/年	1,637,000	930,900	

## 7-4 下水処理法

### 7-4-1 処理法特性

既存処理場で採用されている活性汚泥法は、BODやSSの処理効率が良く、必要な用地面積も小さくて済む特性がある半面、維持管理費が高く、維持管理技術も高度なレベルを要求されることから、日本の大都市のように、処理場用地の確保が難しい半面、事業費、維持管理費、処理場要員の確保などをあまり気にしない場合に適用される方法といえる。カラコル市やバリクチ市の活性汚泥処理法を採用した下水処理場が、いずれも財務・技術的理由により正常に運転されていないことや、チヨルポンアタ市のVodaKanalの財務・技術レベルがこれらの市と比較してより脆弱なことから、この方法を継続して採用することは賢明な判断とはいえない。

下水処理法には、活性汚泥法以外にもいろいろな処理方法があり、それぞれ一長一短があるが、その特性を表7-9に示す。

表7-9 各処理法別処理特性と経済因子比較

項目		活性汚泥法	長時間曝気法	生物膜処理	オキシデーシオン・ディッチ	エアレーテッド・ラグーン	酸化安定池
処理特性	BOD	○	○	△	○	△	△
	SS	○	○	△	○	○	○
	糞便性大腸菌	×	△	×	△	○	○
	蠕虫	△	×	×	△	△	○
	ウイルス	△	×	×	△	○	○
経済因子	単純かつ低廉な事業費	×	×	×	△	△	○
	維持管理の容易さ	×	×	△	△	△	○
	必要用地面積	○	○	○	○	△	×
	維持管理費	×	×	△	×	△	○
	必要エネルギー	×	×	△	×	△	○
	汚泥処分	×	△	△	△	○	○

出典：Design and Performance of Waste Stabilization Ponds, Hamzeh Ramadan and Victor M. Ponce

Mon Nov 21 16:26:26 2005 Version 050203

具体的な処理法の選定については、チヨルポンアタ市の置かれた自然的・社会的条件を考慮して、冬場の気温・水温の低下でも処理効率が下がらないこと、利用可能な処理場の用地面積はどの程度確保可能か、VodaKanalの財務・技術的レベルはどの程度か、また、夏期と冬期の流入量変動負荷に十分耐えられること、発生した汚泥量は少なければ少ないほど好ましいことなどの要素を総合的に判断して最適な処理法を選定することが大事である。

### 7-4-2 処理方法ごとの施設の仕様

今回は、これらの条件下で採用可能な処理法として、以下の4つの処理法を選定し、各施設の大きさを求め、それぞれの概算必要面積と概算事業費を算定し、比較・検討することとした。

(1) オキシデーション・ディッチ (Oxidation Ditch : OD)

日本では、中小都市で数多くの実績を有する処理法である。維持管理も活性汚泥法と比較すると比較的簡単であり、適切な維持管理がなされた場合は、処理水質も BOD20mg/l 以下を遵守することは問題ない。敷地面積は活性汚泥法のほぼ2倍から3倍が必要となるが、発生した汚泥の扱いも活性汚泥法よりも楽である。ただし、必要電気所要量は活性汚泥法とほぼ同程度必要であり、事業費も上記4つのなかでは一番高額となる。

《設計条件及び施設仕様》

1. 沈砂池

- ① 池の数：2
- ② 池の大きさ：0.7 mW × 9.0 m L
- ③ 滞留時間：30 秒

2. オキシデーション・ディッチ

- ① 滞留時間：1 日
- ② 水深：2.5 m
- ③ 水面積：2,880m<sup>2</sup>

3. 最終沈殿池

- ① 水面積負荷：20m<sup>3</sup> / m<sup>2</sup> / 日
- ② 池の数：2
- ③ 池の大きさ：Φ 30 m × 4 m
- ④ 滞留時間：4.7 時間

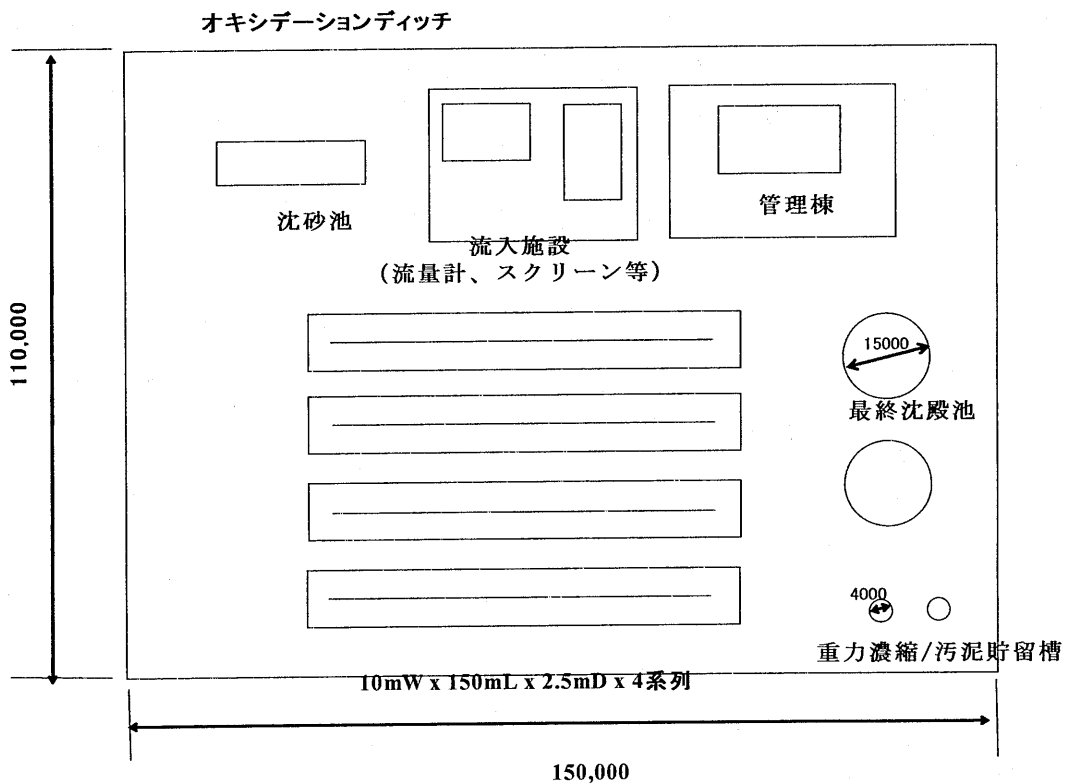


図7-1 オキシデーション・ディッチの各施設配置図

#### 4. 重力濃縮槽

- ① 槽の大きさ： $\Phi 8\text{ m} \times 4\text{ m}$
- ② 槽の数：2
5. 所要面積：1万6,500 $\text{m}^2$  (110 m  $\times$  150 m) (図7-1参照のこと)
6. 所要電力量：1,404kWh / 日
7. 概算事業費：約8億円

#### (2) 散水ろ床法 (Trickling Filter : TF)

散水ろ床法は、生物膜処理法の1つであり、アメリカ合衆国を中心に、広く普及している。以前は、日本でもみられた方法であるが、活性汚泥法に比較して処理水の透明度が高くなく、BODも高いこと、ろ床バエが発生することなどから、日本では今はほとんどみられない。

##### 《長所》

- ① 活性汚泥法に比較し、流入排水の水量変動や濃度変動に対して強い。
- ② 生物処理に必要な酸素を大気から供給するため、送風設備が不要で、運転費が安価である。
- ③ 活性汚泥法とほぼ同程度の面積で済む。
- ④ 維持管理が容易で、建設費が安価である。
- ⑤ 温度による影響を受けることが少なく、特に低温に耐えられる。
- ⑥ 有害物質のショック負荷に比較的対応が可能である。
- ⑦ 活性汚泥のバルキングのように沈殿地で汚泥が沈降しないということがない。

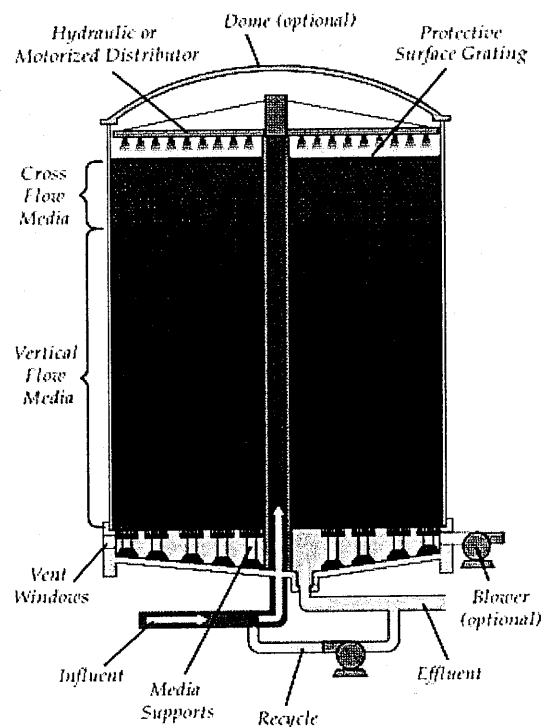


図7-2 散水ろ床の断面図

《短所》

- ① 剥離した汚泥を含むため、処理水の透明度が落ちる。
- ② 維持管理を適切に実施しないと、悪臭やハエの発生のおそれがある。
- ③ 維持費が活性汚泥法のように、ブローに要する電力費がないことから安いことは明らかであるが、酸化安定池よりは、電気代がかかる。
- ④ 汚泥が発生するため、この処理・処分が必要である（ただし、活性汚泥法のほぼ70%の発生量で済む）。

《設計条件及び施設仕様》

1. 沈砂池

- ① 池の数：2
- ② 池の大きさ：0.7 mW × 9.0 m L
- ③ 滞留時間：30 秒

2. 最初沈殿池

- ① 水面積負荷：40m<sup>3</sup> / m<sup>2</sup> / 日
- ② 池の数：2
- ③ 池の大きさ：Φ 11 m × 3 m
- ④ 滞留時間：1.9 時間

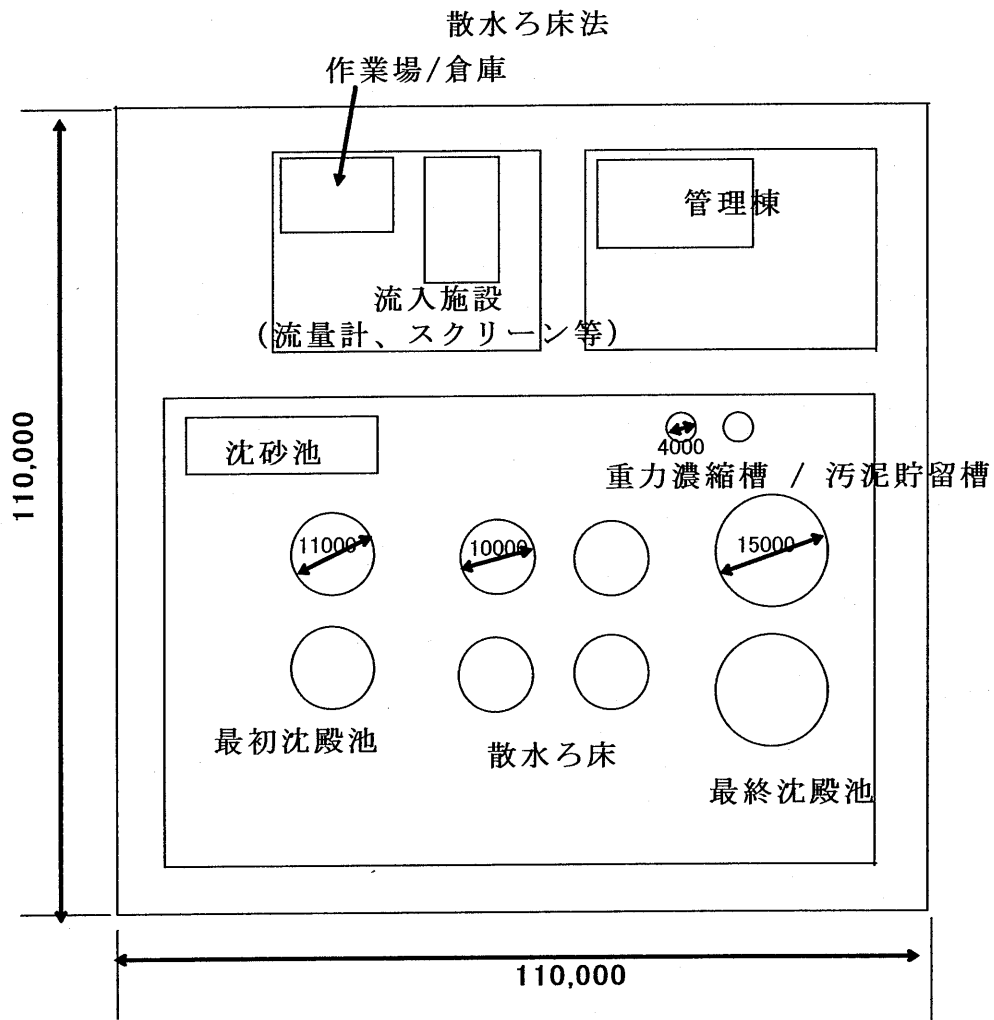


図 7 - 3 散水ろ床法の各施設配置図

### 3. 散水ろ床

- ① 槽の数：4
- ② 槽の大きさ：Φ 10 m× 5 m

### 4. 最終沈殿池

- ① 水面積負荷：20m<sup>3</sup> / m<sup>2</sup> / 日
- ② 池の数：2
- ③ 池の大きさ：Φ 15 m× 3.5 m
- ④ 滞留時間：4.1 時間

### 5. 重力濃縮槽

- ① 槽の大きさ：Φ 8 m× 4 m
- ② 槽の数：2

6. 所要面積：1 万 2,100m<sup>2</sup> (110 m× 110 m)

7. 所要電力量：600 kWh / 日

8. 概算事業費：約 8 億円

### (3) エアレーテッド・ラグーン (Aerated Lagoon : AL)

活性汚泥法のように、BOD 物質を好気性微生物の反応で除去し、しかも、その際に必要な酸素を光合成でなく機械曝気などの人為的手段により供給する処理法である。この方法は、酸化安定池における補助的曝気を発展させる形で開発された技術であるが、活性汚泥法で得られた知見を利用した合理的な設計が可能である。

この方法には、完全混合方式と部分混合方式の 2 種類がある。前者は、曝気混合力を強くすることにより池全体が好気性に保たれ、微生物自体もすべて懸濁状態にあり、高濃度の BOD に対して高い処理効率を示すが、処理水には流入 BOD に対応した比較的高い微生物体が含まれることになり、固液分離装置での除去が必要になる。

一方、後者は、池の表面を曝気するだけであるので、池底は嫌気性状態となっており、ここで上層部において増殖した好気性微生物が分解されることになる。また、投入曝気動力が制限することにより、酸化反応と同時に固液分離も促進されるため、放流水質基準にもよるが、固液分離装置は不要であることが多い。

今回は、部分混合方式を採用することとし、また、処理水の SS の規制が不明であることから、ラグーンのあとに仕上げ池を設け、ここで SS 濃度を下げることとした。

#### 《長所》

- ① 溶存酸素量の濃度が一定 (通常 1 ~ 2 mg / l) 以上になると、エアレーターの運転を休止することが可能であるので、電気代を節約できる。
- ② 維持管理が容易で、建設費が安価である。
- ③ 汚泥が発生しないため、面倒な汚泥の処理・処分の手間が不要である。

#### 《短所》

- ① 比較的広大な用地面積が必要である。
- ② 活性汚泥法や散水ろ床法に比較して滞留時間が長いので、外気温に支配されやすい。
- ③ エアレーターにより引き起こされる波により、池の堤体の土が浸食されることになるので、これに対して石積みにするなどの保護対策が必要である。



《設計条件及び施設仕様》

1. 沈砂池
  - ① 池の数：2
  - ② 池の大きさ：0.7 mW × 9.0 m L
  - ③ 滞留時間：30 秒
2. エアレーテッド・ラグーン
  - ① 池の数：4
  - ② 池の大きさ：74 m L × 74 m W × 3 m D
3. 仕上げ池
  - ① 池の数：4
  - ② 池の大きさ：71 m L × 71 m W × 1.5 m D
4. 所要面積：9万2,000m<sup>2</sup> (400 m × 230 m)
5. 所要電力量：600kWh / 日 (ただし、曝気は、池の溶存酸素濃度が1 mg / l以下になった場合に行うこととなるため、1日当たりの曝気時間は通算で2分の1程度で済むものと思われる。)
6. 概算事業費：約1.6億円
7. その他：流入水質及び処理水質が確定した時点で、施設の大きさが変更になる可能性がある。

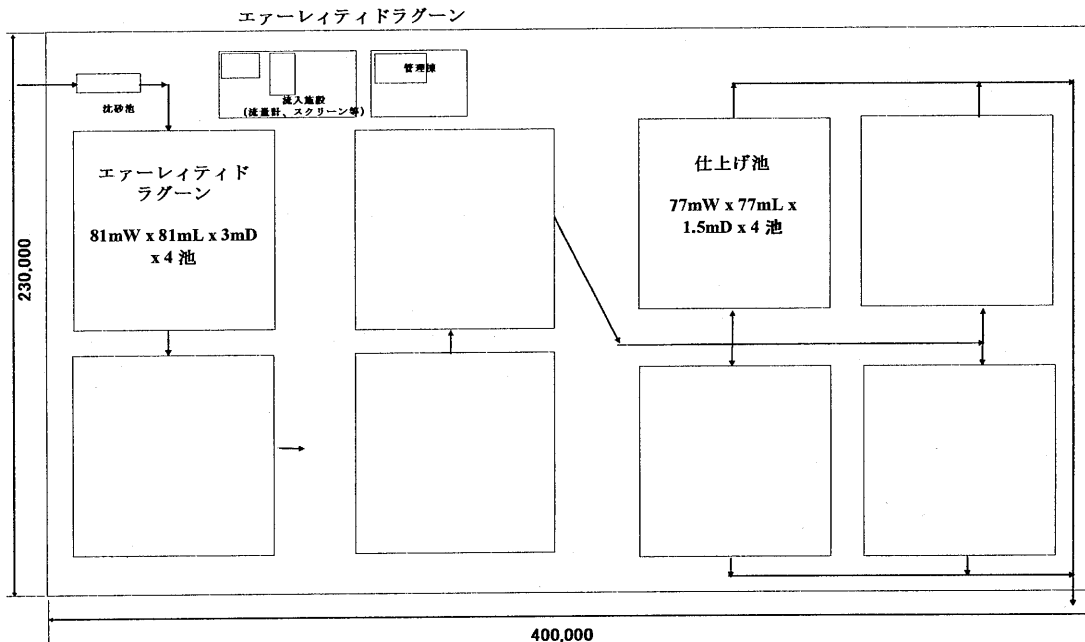


図7-4 エアレーテッド・ラグーン法の各施設配置図

(4) 酸化安定池 (Stabilization Pond : SP)

浄化機構に藻類の光合成作用が関与している処理法であり、自然水系で行われている自浄作用をほとんどそのままの形で利用している処理技術である。それだけに、浄化機構が複雑で解析的研究が遅れており、技術として確立されていない面があるのも事実であるが、その簡便性から、世界中に広く普及している処理法でもある。

有機物の分解は主に、通性池で反応が進行するが、用地面積を小さくするために通性池の前に嫌気性池を、また、病原菌の数を減らすために、通性池のあとに熟成池を設置することも多い。通性池の処理の原理を図7-5に示す。また、この処理法の長所と短所は以下のとおりである。

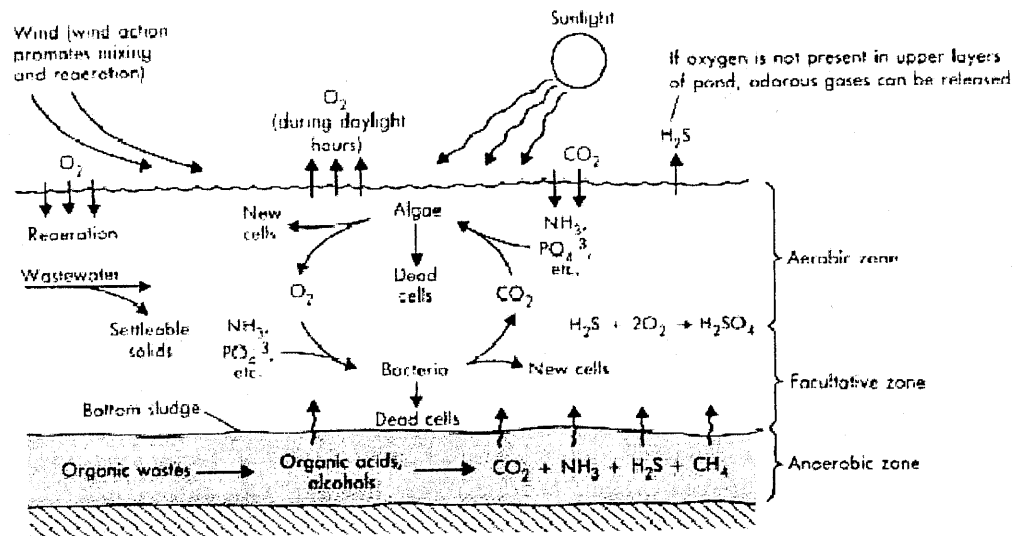


図7-5 酸化安定池の浄化機能

#### 《長所》

- ① 機械・電気設備が不要なため、事業費・維持管理費も低廉で済むのと同時に、維持管理に特別な技術も特に必要ない。
- ② 処理・処分がやっかいな下水汚泥が発生せず、適切な維持管理を行えば、悪臭などの問題も解決が可能である。
- ③ 処理水中の病原菌、特に、大腸菌や蠕虫、ウイルスの除去の特性は非常に優れており、処理水の塩素滅菌などの必要がない非常に優れた方法である。

#### 《短所》

- ① 酸化安定池は、処理水に藻類が含まれることから、BODの処理効率が落ちる。
- ② 制御性に乏しい。
- ③ 広大な用地が必要になる。処理用地を小さくするためには、嫌気池を導入する方法が一般的であるが、嫌気処理に利用される微生物の活動範囲は中温度域であるため、低温の場合は、微生物の処理プロセスの反応速度が遅くなるため、十分注意を払う必要がある（チヨルボンアタ市では、冬期の気温が低くなることから、その嫌気池は導入しない）。
- ④ 立地場所の自然条件に大きく左右される。すなわち、気温に左右されること（高温であるほど有利である）、土質の透水性が $10^{-6}m/秒$ 以下であること、風が吹くほど有利であることなどである。
- ⑤ 土工事が中心であるので、建設費は地形、地質に左右されやすい。また、地下水への影響を考え、池の底部に不透水層を造る場合は、これをどこまで徹底した施設にするかでコストに影響する。

《設計条件及び施設仕様》

1. 沈砂池

- ① 池の数：2
- ② 池の大きさ：0.7 mW × 9.0 m L
- ③ 滞留時間：30 秒

2. 通性池

- ① 水面積負荷：166kg / ha / 日（夏期）、40kg / ha / 日（冬期）
- ② 池の数：2
- ③ 池の大きさ：90 mW × 300 m L × 1.5 m D
- ④ 滞留時間：14 日（夏期）、58 日（冬期）

3. 仕上げ池

- ① 池の数：4
- ② 池の大きさ：55 m L × 90 m W × 1.5 m D

4. 所要面積：10 万 4,000 m<sup>2</sup> (470 m × 220 m)

5. 概算事業費：約 1 億円

6. その他：流入水質及び処理水質が確定した時点で、施設の大きさが変更になる可能性がある。また、現場の透水係数によっては、底部に不透水層を造る必要があるが、この事業費は含まれていない。

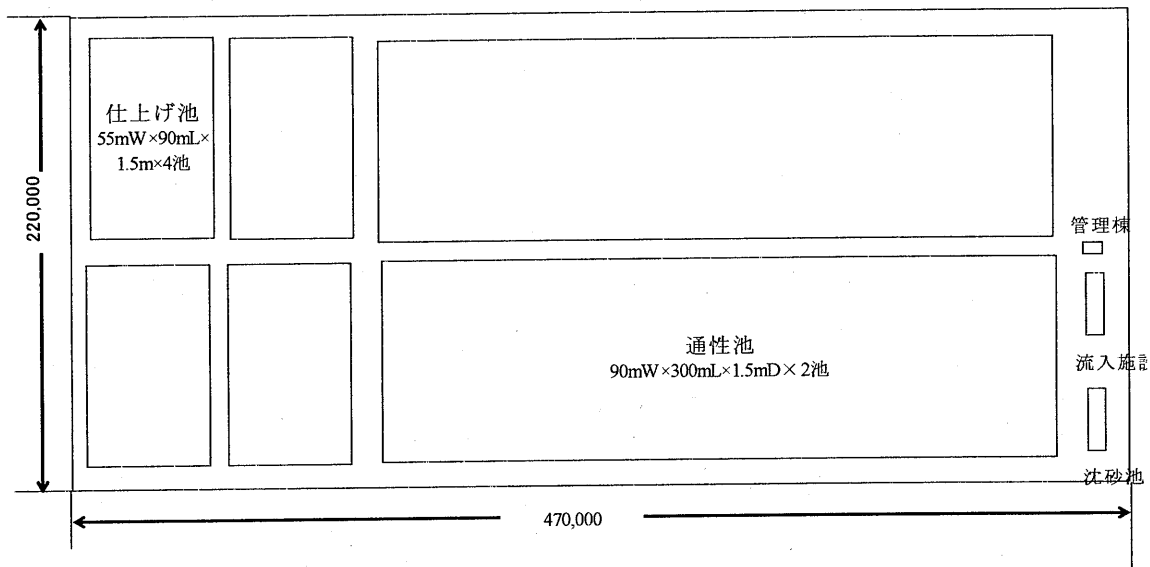


図 7-6 酸化安定池の各施設配置図

7-4-3 各処理法の比較

(1) 増加項目

電力費、必要面積、事業費、職員の増員は表 7-10 のとおりである。職員の増員については、OD や TF、AL は、機械・電気の技術者の増員が必要なのに対し、SP の増員については、このように専門性の高い技術者はあえて必要ない。ただ、処理水をポンプにより、灌漑水路に圧送する場合は、いずれの処理法でも機械・電気の技術者の増員が必要となる。また、SP の増員数が多いのは、広大な面積の SP ののり面の草刈りをまめに実施する

ことが必要であるからである。事業費の総額をみると、図7-7に示すとおり、オプション2の用地にODとTFを建設した場合が一番高く、続いてオプション1の用地でのODとTF、オプション2の用地でのAL、SP、オプション1の用地でのALの順となる。

表7-10 各処理法の比較

		単 位	OD	TF	AL	SP	備 考
事業費		億円	8.0	8.0	1.6	1.0	
必要面積		ha	1.7	1.2	9.2	10.4	
電力量		kWh/日	1,700	600	1,000	200	
職員の増員	技術者	人	6	6	3	0	
	作業員	人	6	6	6	9	
	合 計	人	12	12	9	9	
年間維持管理費	電気代	ソム	223,400	78,900	131,400	26,300	電力代:0.72ソム/kWh
	人件費	ソム	190,800	190,800	118,800	70,200	技術者:2,000ソム/月、 作業員:1,300ソム/月
	修理・部品代	ソム	3,200,000	3,200,000	500,000	100,000	機材費の3%、 1ソム=3円
	薬品代*	ソム	37,100	37,100	0	0	
合 計		ソム	3,651,300	3,506,800	750,200	196,500	

\*: ビシュケタ市の下水処理場（日平均処理水量260,000m<sup>3</sup>）での年間の薬品代は、1,605,300ソムであり、これを Cholpon-Artas 市にあてはめると、37,100ソムとなる。

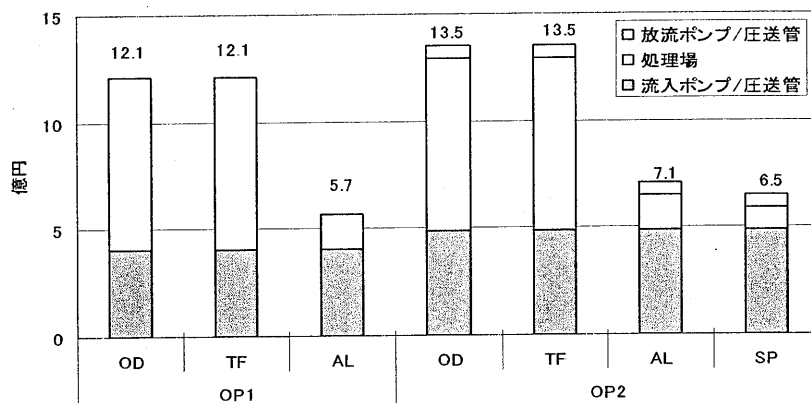


図7-7 各処理法別事業費

OD、TF及びALは、オプション1の既存下水処理場に建設が可能であるのに対し、SPは、オプション2でなければ、建設が不可能である。そのため、以下の組み合わせで事業費と維持管理費とを考える。ただし、オプション2の場合は、最寄りの灌漑施設に放流するためのポンプ及び圧送管が必要となる。その諸元は以下のとおりである。

《ポンプの諸元》

- ① 実揚水程：40 m
- ② 揚水量：2.1 m<sup>3</sup>/分/台×3台（うち1台予備）

- ③ 動力：22kW
- ④ 事業費：1,000 万円

《圧送管の諸元》

- ① 圧送管内径：Φ 400mm
- ② 延長：1,000 m
- ③ 敷設費：5,000 万円

表 7-11 各処理法別全事業費及び維持管理費比較

処理法			オプション 1			オプション 2			
			OD	TF	AL	OD	TF	AL	SP
流入 P / 圧送管	事業費	億円	4.1	4.1	4.1	4.9	4.9	4.9	4.9
	維持管理費	千ソム	1,637.0	1,637.0	1,637.0	930.9	930.9	930.9	930.9
処理場	事業費	億円	8.0	8.0	1.6	8.0	8.0	1.6	1.0
	維持管理費	千ソム	3,614.2	3,469.7	750.2	3,614.2	3,469.7	750.2	196.5
放流 P / 圧送管	事業費	億円	-	-	-	0.6	0.6	0.6	0.6
	維持管理費	千ソム	-	-	-	161.0	161.0	161.0	161.0
合 計	事業費	億円	12.1	12.1	5.7	13.5	13.5	7.1	6.5
	維持管理費	千ソム	5,251.2	5,106.7	2,387.2	4,706.2	4,561.7	1,842.2	1,288.5

(2) VodaKanal の歳出と使用料収入との収支比較 (2008 年時点)

新規施設を建設した場合 (ポンプ場・圧送管及び処理場まで) と既存施設をそのまま稼働させた場合の VodaKanal の歳出及び使用料収入は、図 7-8 及び表 7-12 に示すとおりである。これをみると、維持管理費は、オプション 2 の酸化安定池 (SP) が一番廉価であり、この処理法を採用した場合は、使用料収入で維持管理を賄うことが可能である。SP に次いで維持管理が低廉で簡易なエアレーテッド・ラグーン法 (AL) をオプション 2 に造る場合、収支が約 18 万 1,000 ソムのマイナスとなるが、4-3 で示す世界銀行プロジェクトの 1 つである表流水取水量増加により、2007 年から VodaKanal が支払う電気代は 56 万ソム軽減されるため、2008 年時点では、この処理法も十分実現可能性が高いものといえる。

処理場を建設しないで、圧送管とポンプ場のみを建設した場合の VodaKanal の歳出は、オプション 1、2 のそれぞれで 372 万 3,800 ソム、301 万 7,700 ソムであり、使用料収入の 374 万 8,000 ソムを下回っているため、VodaKanal の歳出を使用料収入で十分賄うことが可能である。

既設施設のままでも使用料収入で VodaKanal の歳出を賄うことは可能であるが、ポンプ場のみの運転であること、そのポンプ施設もいつ大規模な事故が起こってもおかしくないこと、また、大規模な修理が必要な場合、その間ポンプ場に流入する汚水を貯留する施設がないことなどのリスクを有している。

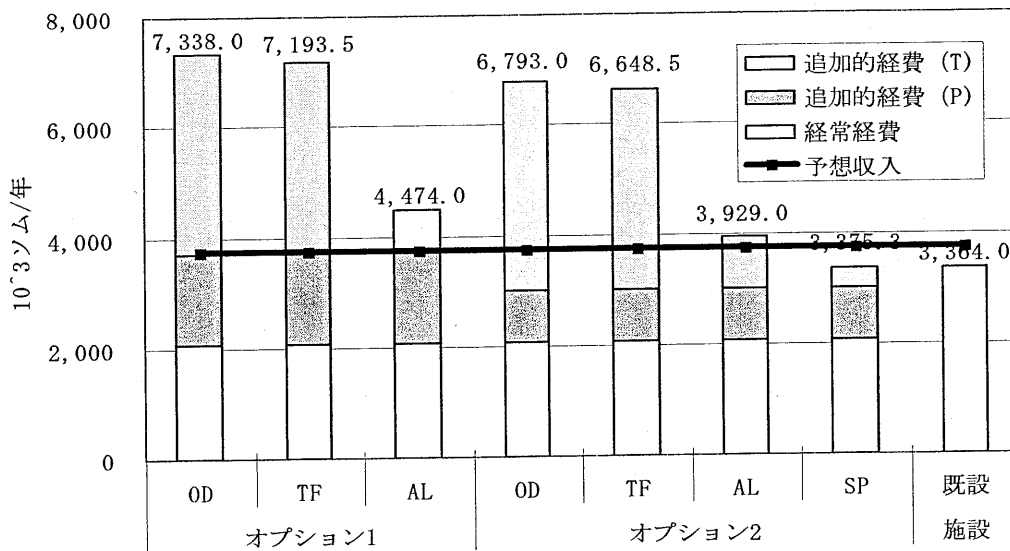


図7-8 VodaKanalの歳出と使用料収入との収支比較(2008)

表7-12 VodaKanalの歳出と使用料収入との収支比較(2008)

(単位：千ソム/年)

項目	オプション1			オプション2				既設施設		
	OD	TF	AL	OD	TF	AL	SP			
建設費(億円)	P	4.1	4.1	4.1	4.9	4.9	4.9	4.9	3,364.0	
	P+T	12.1	12.1	5.7	12.7	12.7	7.1	6.5		
予想追加維持管理費①	P	1,637.0	1,637.0	1,637.0	930.9	930.9	930.9	930.9		
	P+T	5,251.2	5,106.7	2,387.2	4,706.2	4,561.7	1,842.2	1,288.5		
2008年の経常経費②		2,086.8	2,086.8	2,086.8	2,086.8	2,086.8	2,086.8	2,086.8		
VodaKanalの歳出 ③=①+②	P	3,723.8	3,723.8	3,723.8	3,017.7	3,017.7	3,017.7	3,017.7		
	P+T	7,338.0	7,193.5	4,474.0	6,793.0	6,648.5	3,929.0	3,375.3		
2008年予想収入④		3,748.0	3,748.0	3,748.0	3,748.0	3,748.0	3,748.0	3,748.0		3,748.0
収支⑤=④-③		-3,590.0	-3,445.5	-726.0	-3,045.0	-2,900.5	-181.0	372.7		384.0
VodaKanal 歳出/収入③/④		1.96	1.92	1.19	1.81	1.77	1.05	0.90		0.90

注1：建設費以外の単位は、千ソム/年である。

注2：Pはポンプ場、Tは処理場の略である。

注3：①は、新規施設に配置される職員の人件費、電力費、定期的部品・修理代などを含む。  
詳細は要約の表-7を参照のこと。

注4：②には新規施設に配置される職員を除く従前の職員の人件費、減価償却費などが含まれる。  
詳細は要約の表-6を参照のこと。

注5：④は、要約の表-8を参照のこと。

### (3) VodaKanalの歳出と使用料収入との収支比較(2004年時点)

2004年時点で、各処理施設が完成したと仮定した場合のVodaKanalの歳出と、その年の下水道使用料収入との収支比較は、表7-13に示すとおり、すべての場合において、VodaKanalの歳出が使用料収入を上回る結果となっている。この理由としては、修理・部品代として確保している機材費の3%が維持管理に含まれることになっているため維持管

理費が使用量に比例して逡減しないのに対し、使用料の伸びはそれなり(92万3,000ソム)に見込まれることになっているためである(逆にいうと2004年の使用料は、かなり低い値である)。

表7-13 VodaKanalの歳出と使用料収入との収支比較(2004)

(単位:千ソム/年)

項目	オプション1			オプション2				既設施設
	OD	TF	AL	OD	TF	AL	SP	
追加維持管理費*1	P	1,485.8	1,485.8	1,485.8	844.4	844.4	844.4	844.4
	P+T	5,025.2	4,430.4	2,157.5	4,257.2	3,904.5	1,631.6	1,168.9
2004年の経常経費*2		1,991.5	1,991.5	1,991.5	1,991.5	1,991.5	1,991.5	1,991.5
VodaKanalの歳出	P	3,477.3	3,477.3	3,477.3	2,835.9	2,835.9	2,835.9	2,835.9
	P+T	7,016.7	6,421.9	4,149.0	6,248.7	5,896.0	3,623.1	3,160.4
2004年収入		2,824.8	2,824.8	2,824.8	2,824.8	2,824.8	2,824.8	2,824.8
収支		-4,191.9	-3,597.1	-1,324.2	-3,423.9	-3,071.2	-798.3	-335.6
VodaKanalの歳出/収入		2.48	2.27	1.47	2.21	2.09	1.28	1.12

\*1:電気代・追加的人件費、\*2:これまでの人件費・減価償却費・その他

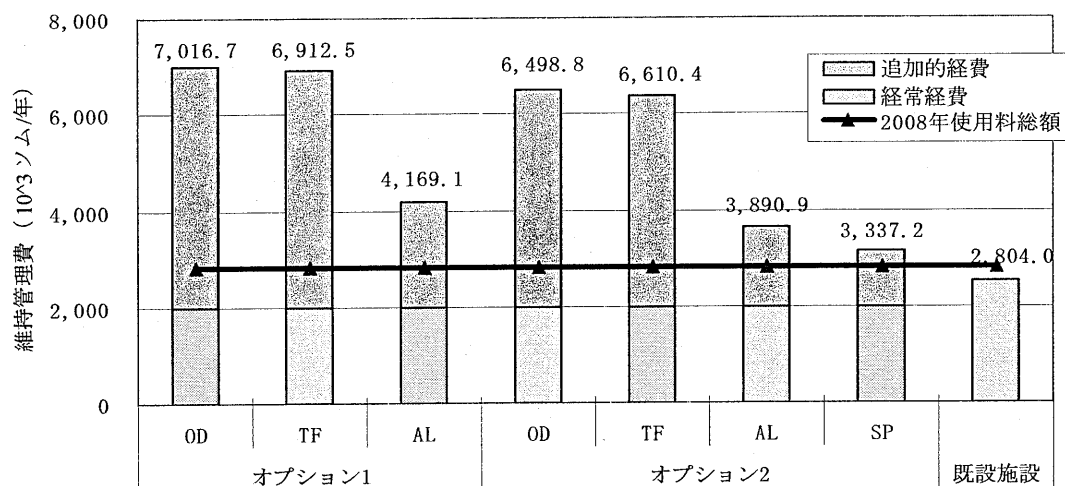


図7-9 VodaKanalの歳出と使用料収入との収支比較(2004)

上記組み合わせのなかからどれを選ぶかであるが、Vodakanalの技術水準から考えると、ODやTFはかなり多くの機器を動かす必要があることから推奨できない。あとは、ALとSPのどちらを採用するかであるが、事業費で比較するとオプション1のALが、維持管理費の点からみると、オプション2のSPを建設する場合は、一番低廉となっている。ただし、SPは、冬期の低温による処理効率の低下が懸念されることから、ALを採用とした場合は、建設費はオプション1の方が安い、維持管理費は、オプション2の方が安い。

ODやTFが高くなる理由は、図7-10に示すとおり、これらの方法は種々の機械類を使った処理をしているため、その定期的修理・部品代に多額の経費がかかっていることに

よる。ただし、この算定は、日本の例を参考にしたため、実情と合っていない可能性があること、また、現地で調達可能かどうかの調査は行っていない。

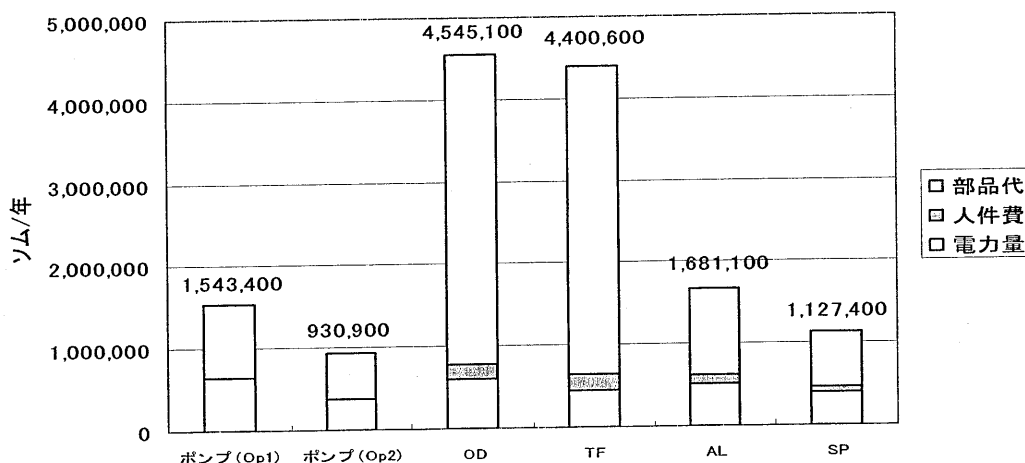


図 7-10 維持管理費の内訳

### 7-5 経費削減・増収対策

VodaKanalは、下水道部門のみならず上水道部門も所管しているので、経費削減・増収対策は、両部門にわたって可能なものを列記した。

#### 7-5-1 経費削減対策

##### (1) 表流水の取水量の増加

チョルボンアタ市の上水道の水源は、表流水と地下水との双方を利用しており、その割合は6：4である。地下水は地下70mから100m以上揚水しており、その電気代が水道部門の維持管理費のなかで大きな割合を占めている。2002年から2004年の支出は、表5-8のとおりであり、電気代の総支出に占める割合は、41%から45%を占めている。

この電気代を削減するため、世界銀行のSmall Town Infrastructure and Capacity Building Projectの1つとして、26万米ドルの事業費で、アラル川からの取水施設改築及び沈殿施設新設及び上記施設から既設貯水槽までの水道管(Φ300mm×1.6km×2条管)の新設を2006年4月から工期1年の予定で、工事を着工する予定である。この事業により、取水量は、40%程度増加するとされており、これにより、地下水の揚水量は全体の40%から16%に削減することになる[100 - (60 × 1.4) = 16]。したがって、揚水に要する電気代の削減効果は60% (1 - 16 / 40) になる。揚水に要する電気代は総量の50%とすると、電気代全体に占める削減効果は30% (60 × 0.5) となるが、余裕をみておよそ25%とみなす。2004年の電気代総額は139万8,388ソムであったので、この25%に当たる35万ソムが削減対象額となる。

##### (2) VodaKanalの運営能力の向上

これについても、やはり世界銀行のSmall Town Infrastructure and Capacity Building Projectのなかで、2006年から2010年の5年間、継続して実施されることになっており、毎年、各種訓練、セミナー、ワークショップなどを開催して、職員の能力向上を図る。ま



た、財政面については、その効果を図るための評価指数を決めて、達成度合いを評価する。そのひとつが有収水率の向上であり、当初設定したレベルに達していない場合は、次の段階の事業を実施しないという仕組みにより、VodaKanalの職員の動機づけを明確にしている。

具体的な管理強化プログラムの事業内容は、表4-3に示すとおりである。

### (3) 人件費の削減

VodaKanalの経費の内訳を図5-5に示したが、これをみると、上水道では、電気代の占める割合が一番高いが、その次は人件費であり、下水道においては、人件費の占める割合が一番高いことが分かる。

上水道の接続件数は、家庭・事業所を含めて4,895件である。世界銀行では、好ましい職員の数として、接続件数1,000件当たりの職員数は5名以下としており、この基準をあてはめると、水道の業務に携わっている職員数は25名以下でいいことになる。一方、VodaKanalでは水道・下水道の双方にまたがる事業を担当している職員を別にして、水道事業専任の職員だけでも35名いることから、上記基準にあてはめると、かなり職員数が過剰となっている。したがって、より効率的な人的配置により、人件費を削減するか、徴収対象となる給水量を増やす努力が必要であるが、これは、単純に財政面から考えられる問題ではない。また、上記能力向上プログラムにより、個々の職員に多岐な能力が要求され、そのために職員を活用する必要があることから、ここでは削減効果は定量化しない。

## 7-5-2 使用料増額対策

### (1) 量水器の設置による水道使用量の把握とそれに伴う増収

#### 1) 量水器の設置率

料金は、量水器(メータ)を設置している場合はこれに基づき使用水量に基づいて算定しているが、量水器の設置率は表5-3に示すとおり、非常に低い。そのため、家庭では水道利用機器の設置状況により、また、事業所についてはその事業活動による一定の算定根拠により、水道使用量を算定しているが、その算定値は、実際とは大きくかけ離れている。

#### 2) 有収水率の現状と量水器設置による増収

##### a) 上水道

2004年の上下水道事業の顧客データとその使用量を表7-14に示すが、これをみると、使用料徴収対象となっている水道使用量は取水量約7,000m<sup>3</sup>/日に対して、その24%以下となっている。仮に、現在の使用区分ごとの割合がそのまま(家庭・公企業・私企業の水道使用割合が変わらない)有収水率が量水器の設置により100%となったと仮定すると、水道料は、338万5,000ソムから1,201万8,800ソムと863万3,800ソムの増収となる。ただ、量水器を設置しても、有収水率は100%にはならないが、仮にそれが50%まで改善されたとした場合の年間の増収額は、262万4,400ソムとなる。

表 7 - 14 上水道の増収効果

	契約数	水道使用量 (m <sup>3</sup> /日)	実際の請求額 (ソム/年)	有収水率 100% の場合の水道 使用量(m <sup>3</sup> /日)	有収水率 100% の場合の請求額 (ソム/年)	増収額 (ソム/年)
住 民	7,490	1,240.9	895,600	5,138	3,844,700	2,949,100
公企業	19	115.7	581,900	479	3,039,200	2,457,200
私企業	138	311.7	1,907,500	1,291	5,134,900	3,227,400
合 計	7,647	1,668.3	3,385,000	6,908	12,018,800	8,633,700

b) 下水道

主ポンプ場から下水処理場に送られる下水量は、2004年の平均で2,200m<sup>3</sup>/日となっており、一方、徴収対象となっている汚水量は、表 7 - 15 に示すとおり、810m<sup>3</sup>/日程度であり、賦課対象汚水量の約 3 倍の汚水を処理していることとなる。今後、量水器が設置されると、当然、水道使用量の増加に伴って下水排出量も増えることになるが、下水道の整備区域は、市域の約 30%といわれており、より正確な下水道使用量を把握することはできない。したがって、ここでは、実際の揚水量がすべて使用量賦課対象となり、また、現在の使用区分ごとの割合がそのまま（家庭・公企業・私企業の水道使用割合が変わらない）と仮定すると、下水道使用料は、325万6,900ソムから897万9,500ソムと572万2,600ソムの増収となる。仮に上水道と同様、達成率を50%とすると、年間の増収額は、123万2,800ソムとなる。

表 7 - 15 下水道の増収効果

	契約数	下水道使用量 (m <sup>3</sup> /日)	実際の請求額 (ソム/年)	全揚水量が賦課対象 となった場合の下水 道使用量 (m <sup>3</sup> /日)	全揚水量が賦課対象 となった場合の 請求額 (ソム/年)	増収額 (ソム/年)
住 民	2,600	357.1	321,400	970	856,600	535,200
公企業	10	107.3	695,300	291	1,924,000	1,228,700
私企業	56	345.7	2,240,200	939	6,198,900	3,958,700
合 計	2,666	810.1	3,256,900	2,200	8,979,500	5,722,600

c) 支払い可能額

1人当たりの使用水量を0.165m<sup>3</sup>/人/日、1世帯当たりの家族数を4人とした場合の、1か月の上水道及び下水道の使用料の合計は、88.5ソム/世帯/月となっている。

上水道使用料：0.165m<sup>3</sup>/人/日×4人/世帯×30日×2.05ソム/m<sup>3</sup> = 40.6ソム/世帯/月

下水道使用料：0.165m<sup>3</sup>/人/日×4人/世帯×30日×2.42ソム/m<sup>3</sup> = 47.9ソム/世帯/月

合 計 88.5ソム/世帯/月

一般的に、月収に占める上下水道に支払える金額の割合は5%程度といわれている。この上下水道使用料の合計額は、キルギスの平均月収である2,200ソムの4%となり、この額は、何とか住民に負担が可能なものと思われる。

## (2) 徴収率の向上による増収効果

水道及び下水道の料金は毎月徴収している。企業は、VodaKanalでの支払いが通常であるが、住民については、5名の徴収員が、直接、集金して、受領額の領収書を発行している。徴収員には固定給は払われず、徴収額の一定割合を受け取るという仕組みになっているが、徴収額が多くなるほど、その割合も高くすることにより徴収員の意欲を引き出すシステムとなっており、上下水道の徴収率は、上水道では85%、下水道では100%となっているので、これによる改善効果はあまり期待できない。また、能力強化プログラムのなかで、現在、手作業で行っている賦課・請求業務を含む会計システムの改善が含まれていることから、おのずと徴収方法も変わってくると思われるが、現時点では、その評価が難しいことから、定量化はしない。

### 7-5-3 経費削減・増収による効果

これまでの経費削減及び増収対策によって生み出された維持管理費を表7-16にまとめた。これをみると、経費削減・増収効果は合計で420万6,800ソムとなり、これにより、オプション1ではTFとAL、オプション2ではすべての処理法の維持管理費を賄えることになる。さらに、運営能力向上プログラムの効果が発現すれば、この金額は更に増額となることが期待できる。

表7-16 経費削減・増収効果

項目	対 策	効 果 (ソム/年)	算定根拠	
経費削減	表流水の取水量の増加	350,000	地下水揚水用電気代の25%削減	
	VodaKanalの運営能力の向上	0	経費削減に効果があると思われるが定量化は困難	
	人件費の削減	0	定量化が困難	
増収	量水器の設置	上水道	2,624,000	有収水率を24%から50%に改善
		下水道	1,232,800	現揚水量の50%賦課対象
	徴収率の向上	0	現状でも高い値を維持していることや、今後、徴収方法の変更があるため定量化が不可能	
合計		4,206,800		

### 7-5-4 その他の支援策

処理施設が稼働すると、それに応じた使用料の確保が最重要となるが、本来はVodaKanalが上記に示したとおり、独自の経営努力で解決すべき課題である。ただ、維持管理費が不足した場合の対処方法として、現在、2つの案が政府と州から提示されている。

#### (1) 財務省からの支援

予備調査における関係機関との協議のなかで、財務省は財政面での補助を表明し、また、チョルボンアタ市長も、「2007年より地方自治体が財政面で直接、財務省の管轄下に入るため、現在徴収している税金のなかで自治体に回される分が増加(30%弱)するので、VodaKanalへの補助が可能になる」との説明を受けている。



## 第8章 環境影響評価

### 8-1 これまでの経緯

既存下水処理場については、改修を前提とした環境影響評価（EIA）を実施するため、SCAC内で10万ソムを用意して研究グループをつくり、SCACの組織の1つである建設・設計科学研究所（Kyrgyz Scientific-Research and Design Institute of Building）が中心となり、キルギスの環境法にのっとり実施した。その際、市及び行政組織を除く組織、住民などへのヒアリングなどは実施したが、公聴会などの形式では行っていない。また、土壌に対する影響については、時間がかかるので実施していない。なお、リハビリの場合は、審査は若干簡略化されることとなっている。

SCACが2005年1月25日に環境非常事態省に提出しており、それに対する回答が2005年2月16日になされ、それに対し、SCACは再度、環境非常事態省に回答をしている。建設・設計科学研究所は、環境非常事態省からのコメントに完全に同意・承認している。無償資金協力についての日本側の結論が出されしだい、これらのコメントや提案を実施する予定である。

### 8-2 報告書の内容

この報告書は、11枚の図と21の表を含む全体で72ページの報告書で、これに7件の文献と12件の付属文書が添付されている。報告書の表題は、“Evaluation of Impact on Environment of the Waste Disposal System of Cholpon Ata City”である。その内容は以下のとおりである。

1. 一般情報（自然条件、人口、経済、教育・文化・保健、発展の優先順位、発展阻害要因、上水と下水、住民サービス、家畜頭数、社会的施設）
2. 下水システムの現状
  - ① 下水処理場の適正運転のために推奨される方法
  - ② チョルポンアタ市の污水管調査結果
3. 環境の現状
4. 下水システムの環境へ与える影響
5. 結論
6. その他（7件の文献リスト、12件の付属文書）

#### (1) 環境非常事態省からのコメント（# C13/492：2005年2月16日）

- ① Full Range で実施する必要がある（モニタリングが必要）。
- ② 被害額は更に計算すれば大きくなる。
- ③ 既存の処理地域について、衛生上及び生態上の規則に厳密に適合させること
- ④ 当該地域へのバイオガスの導入
- ⑤ 衛生上及び生態上の規則に適合できない施設は水源保護施設から撤去する必要あり

#### (2) SCAC の上記コメントへの回答（# 3-065：2005年3月11日）

- ① 無償資金がつきしだい、環境に影響を与える地点を配慮し、イシククリ湖及び下水処理システムのモニタリングを実施
- ② 被害額の試算再修正

- ③ 下水処理システムの阻害要因は以下のものであり、これに対し、VodaKanal の実情と財政状況を考慮して、各々の状況に対する修復シナリオを策定予定。内部管理システムについては、上記①に含む。
- a) 下水揚水時の停電
  - b) 圧送管・制御弁などの破断
  - c) 泥流、地震、零度以下の低温などの自然災害（現象）
  - d) 浄化処理の欠如
  - e) 資格のある運転要員の不在・病欠
  - f) 施設の維持管理及び定期点検などのような予防的措置の不履行
  - g) 資金不足など
- ④ バイオガスの導入については、JICA の「イシククリ地域総合開発計画調査」において推薦された他のプロジェクトに含まれている。

### 8-3 今後の予定

既存処理施設については既に実施されているが、今回のように、新規に処理場用地を取得してそこに処理場を建設する場合は、新たにEIAを実施する場合がある。その際、近くに河川や地下水取得地点がある場合は特にその点が重要視される。住民移転などの問題が生じた場合の対応は環境非常事態省ではなくて、地方自治体となる。

ただし、新設の場合、審査は厳しいが、今回の場合は、既にリハビリを前提にEIAが実施されているため、どの程度の変更になるかは今後の協議結果による。また、新規用地取得となった場合の対応は地方自治体がすることになるが、住民移転を伴うプロジェクトになると、代替地の評価で1年以上もめた例もある。なお、EIAの審査期間は約1か月とされている。

カウンターパートの説明によると、新規用地に処理施設を建設とした場合、環境影響評価書を作成するのに3か月を要するとのことである。その後、環境非常事態省での審査に最低でも1か月程度（どんなに遅くとも3か月以内）、その後、双方の機関でのやりとりを考えると、EIAが終了するまでに、半年程度は必要であると思われる。

## 第9章 まとめ

### 9-1 キルギス側の責務

#### (1) EIA の実施

- ① 書類の作成 3か月
- ② 環境保全・林業庁の審査 1～3か月

#### (2) 用地取得手続き

オプション1の用地を追加取得しようとする場合は、チョルポンアタ市が、カラ・オイ村 (Kara-Oi Aiyl Okmoty) 若しくは Akimiat of Issyk-Kul Rayon にこの土地をチョルポンアタ市の施設用地として必要であることを、要請書により正式に依頼する必要がある。

オプション2の用地を取得しようとする場合は、以下の手続きを踏む必要がある。

- ① JICA と SCAC とが協議して、処理場候補地を決定
- ② この決定に基づき、JICA はキルギス政府に対し、この土地の分類を耕作地から建設が可能な分類に変更する手続きを申請
- ③ この申請に基づき、キルギス政府は、変更の手続きを実施

### 9-2 日本側が基本設計時に実施すべき事項

通常の基本設計で実施すべき内容のほかに、特に以下に示す内容を確認する必要がある。

- (1) 現状の処理場流入水質分析（できれば通日試験をすることが好ましい）
- (2) 第一ポンプ場から主ポンプ場へ送水している圧送管の延長の確認（EIA 上の書類では 1,850 m となっているが、管理台帳がないため、正確な延長は不明）
- (3) 新規処理場の処理水の放流先の確認（総延長、標高差）と水利組合（もしあれば）に対する同意の必要の有無
- (4) 透水係数、地下水位などを含む新規処理場の土質・地質調査

### 9-3 Vodakanal の抱えている問題点とその解決法

#### 9-3-1 Vodakanal の現状

- (1) Vodakanal にはパソコンが1台もなく、各顧客への上下水道使用料の請求書はすべて手書きである。必要な文書は、タイプライターを使っての作成である。
- (2) ポンプ場には施設台帳もなく、ポンプの稼働時間も手書きでノートに記載されているだけであり、それを統計的に処理して、Vodakanal がその実績値を分析している形跡もない。
- (3) 水道において、無収水量の割合が75%を占めること、下水道についても、主ポンプ場の揚水量の30%程度しか、下水道使用料を徴収していないことから、財政基盤は非常に脆弱

である（ただし、2004年単年度では黒字）。

### 9-3-2 計画実施後の効果

- (1) ポンプ場の導入にあたっては、ポンプを納入した事業体が職員の訓練やマニュアルの作成を実施するので、それを実施することにより、職員の能力向上が図れる。
- (2) 下水処理場も、維持管理が容易で、電力費などを必要としない処理法を採用するため、現状よりも、大幅に処理水質の改善が期待できる。

### 9-3-3 計画推進上の問題点

- (1) 処理施設を設計するときが一番基本となる処理水の水質については、最後まで明確な説明は得られず、SCACが日本におけるBODとSSの基準を追従する形で認めるということに結着した。

だれがこの基準を決めているかについては、最初は、SCAC、続いて、環境保全・林業庁、灌漑省、保健省、カラ・オイ村と会う人々により、その機関名が変わり、また、同じ人でも別の機関名を次々にあげるなど、全く信じられないありさまであった。

彼らの話を総合すると、多くの国で決めているような放流基準は存在せず、唯一SCACが1983年に決めた処理場建設上の設計基準があるだけである。あとは、当該事業主体が環境保全・林業庁と協議して、放流基準を決めるようであるが、もう少し時間があれば、また違う答えが得られるのかも知れない。

- (2) キルギス側は、処理施設を建設することには熱心であるが、その設計の基となる流入水量、流入水質についてのデータがほとんど皆無であり、彼らもそのことにはほとんど関心をもっていない。処理水質データも満足に入手できなかったため、彼らが何のために下水道施設を建設しなければならないかを十分認識していない気がする。
- (3) これらのことから判断すると、処理施設を建設したとしても適切な維持管理が可能かどうかは予断を許さないが、世界銀行の各種事業による彼らの能力向上に期待したい。
- (4) 使用水量、処理場面積の算定、建設単価の積算など、本来なら実績値や計算で求めるべき項目について、すべて国が決めた基準があり、それが実態とかけ離れているにもかかわらず、それをそのまま採用している。基準そのものも旧ソ連邦時代のものが多く含まれ、改善された形跡がない。
  - ① 1人当たりの使用水量が、家にある施設（トイレ、風呂、温水機など）の有無により定められている。
  - ② 処理場面積については、水量別に必要面積を記載した表があり、処理法のいかんにかかわらず値が決まっている。
  - ③ 管渠敷設単価については、大まかな口径別の単価が土被りや土質にかかわらず決められている。



## 付 属 資 料

1. 他の都市の下水道整備状況
  - 1-1 ビシュケク市 VodaKanal
  - 1-2 バリクチ市 VodaKanal
  - 1-3 カラコル市 VodaKanal
2. 保健省衛生検疫検査所による Cholponata 市下水処理場の水質分析結果

1. 他の都市の下水道整備状況

1.1 ビシュケク市 Voda Kanal

1.1.1 組織

この組織は、ビシュケク市の傘下にある組織であり、総裁は、市長から毎年、任命されることになっているが、資金的には、市から独立した組織であり、上水と下水の使用料で全ての事業を賄っている。職員の数は、現在の職員数は 1,220 名となっている。

1.1.2 財政

(1) 各年の揚水量

年	2001	2002	2003	2004
m3/日	315,866	310,403	308,123	311,740

(2) 契約件数と給排水量

ビシュケク市に住んでいる人口は、約 100 万人といわれているが、登録されている人口は、その半分以下の 425,460 人である。その理由としては、使用料は一人当たりの金額を決めて徴収しているため、アパートに住んでいる人々が使用料を減らすため、登録人口をわざと少なくすることにより、実際の使用料ではなく、より少ない使用料しか払っていない世帯が多くあるとのことであるが、実態は誰もわからない。

即ち、上下水道料金は、日本の様に世帯毎に賦課にするのではなく、個人の使用量をもとに賦課している。その際、一般家庭における量水器の設置率が、非常に低いため、VodaKanal では、一人当たりの使用量を、表に一例を示したが、その家の水道器具やガスなどの設置状況により、35 l/人/日から 310 l/人/日とし、それに家族数、日数をかけて、それを毎月、世帯毎に請求している。従って、合理的解決法としては、量水器をつけることであるが、実際の設置率は、まだまだ低いものとなっている。

表 水道使用量算定根拠

項目	原単位 (l/人/日)
敷地外の井戸を利用	35
敷地内の井戸を利用	60
個別給水栓	100
個別給水栓と温水器	165
個別給水、温水器、浴槽、ガス	170
個別給水、温水器、浴槽、ガス、下水	310

表 給排水量

分類	水道		下水道	
	契約件数	給水量(m <sup>3</sup> /日)	契約件数	給水量(m <sup>3</sup> /日)
住民	425,019	93,805	252,722	91,079
公企業	530	24,714	486	26,998
私企業	4,125	97,836	3,846	20,958
合計	429,674	216,355	257,054	139,035

(3) 料金体系

分類	水道 (KGS/m <sup>3</sup> )	下水道 (KGS/m <sup>3</sup> )
住民	1.10	0.40
公企業	2.45	1.50
私企業	3.95	2.90

(4) 賦課金額と徴収金額

	水道			下水道		
	賦課金額	徴収金額	徴収率 (%)	賦課金額	徴収金額	徴収率 (%)
住民	37,146,661	39,136,622	105.4	13,115,314	13,442,741	102.5
公企業	21,797,852	19,015,628	87.2	14,579,098	13,018,996	89.3
私企業	139,122,438	143,350,473	103.0	21,880,399	23,369,259	106.8
合計	198,066,951	201,502,723	101.7	49,574,811	49,830,996	100.5

キルギス共和国の水法 21 条 (1994 年制定、1995 年改定) により、水道と下水道の料金体系は、市の認可を得る必要がある。しかし、市民の理解を得るのが難しく、現在でも、5 年前に決めた料金を改定できないでいる。2003 年の決算によると、水道、下水道とも、住民から徴収する使用料は、その使用量に比較してかなり低く抑えられており、その分は、特に私企業から徴収することで、全体のバランスをとっている。また、家庭の支払い額は、公共サービス料金の僅か 2 % と低い値となっている。上下水道の業種別使用量と徴収金額割合の比較を図に示す。

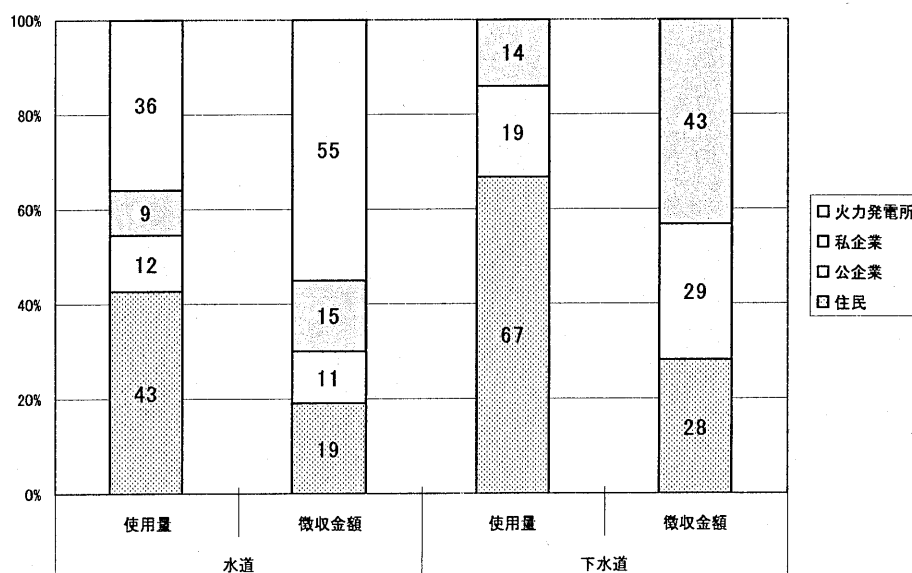


図 上下水道の業種別使用量と徴収金額割合比較

(5) 支出額

項目	水道	下水道
機材の減価償却	15,826,800	7,219,700
修理代	6,466,300	2,254,700
電気代	88,184,900	7,574,500
物品費 (薬品代)	820,400	1,605,300
給料	10,214,100	5,061,900
社会保障費	2,550,700	1,263,300
事務費	57,288,600	15,218,900
緊急用経費	2,971,000	743,600
基金	9,903,400	0
合計	194,226,200	40,941,900

1.1.3 下水道施設

下水は、一部は、自然流下で、また、残りは、ポンプ揚水により、活性汚泥法を採用している下水処理場に流入する。処理能力は、380,000 m<sup>3</sup>/日であるが、実際の水量は260,000 m<sup>3</sup>/日程度である。この処理水は、塩素滅菌された後、開渠を通過して、約22 km先のチュイ川に合流する。また、この処理場には、水質分析室があるが、ここでは、処理場の水質検査だけでなく、市内の工場が維持管理をしている除害処理施設の処理水の監視業務を併せて行っている。処理場の処理水のBODの水質分析の結果をみると、流入水では100 mg/l前後、処理水は10 mg/l以下となっている。流入水のBODが通常の200 mg/lの半分以下となっているのは、本来、低い値となっているためか、分析誤差によるものかは不明である。

2003年2月1日現在、VodaKanalが所有している施設は表の通りである。

表 施設内容

施設名	単位	数値
下水処理場処理能力	m <sup>3</sup> /日	380,000
ポンプ場	箇所	3
管渠延長	Km	562.1
中継ポンプ場	箇所	4

また、処理場の流入水および処理水の水質の平均は表の通りである。

表 水質分析結果

		流入水	処理水
Temperature	-	19.0 - 19.5	19 - 20
pH	-	7.74	7.53
BOD	mg/l	71.6	6.1
COD	mg/l	64.8	2.3
SS	mg/l	117.3	9.9

1.1.4 新規事業

Voda Kanal が必要としている新規事業は、表に示す通り 7 つあるが、そのうちの 6 つが水道関係であり、総事業費は、1,673 百万ソム（約 41.8 億円）となっている。

表 新規事業

プロジェクト名	数量	金額 (百万ソム)	期待できる効果
水道用井戸のポンプの更新	278	52.8	<ul style="list-style-type: none"> <li>送水量の増加</li> <li>電気代節約</li> <li>初期及び修繕費削減</li> </ul>
水道管渠の更正	200km (内 50km は最優先)	600 (150)	<ul style="list-style-type: none"> <li>故障のない水道供給</li> <li>送水中のロス削減</li> </ul>
漏水防止装置の導入	2 (マイクロプロセッサ)	2.4	<ul style="list-style-type: none"> <li>正確な漏水量と位置の特定</li> <li>漏れの迅速な修理</li> <li>水道の合理的利用</li> </ul>
集合住宅への量水器設置	372,380	940	<ul style="list-style-type: none"> <li>漏水削減</li> <li>水道の合理的利用</li> <li>天然資源の保存</li> </ul>
浄水場の機械更新	20 箇所の塩素注入装置	3.8	<ul style="list-style-type: none"> <li>水道水質改善</li> <li>正確な塩素量の測定</li> <li>高度な維持管理技術</li> </ul>
下水用汎用機器の更新	9	14	<ul style="list-style-type: none"> <li>信頼性の高い高品質の維持管理技術</li> </ul>
井戸の再掘削とポンプ設置	60	60	<ul style="list-style-type: none"> <li>水道供給システムの改善</li> </ul>
合計		1,673 (1,223)	

1.2 バリクチ市 Voda Kanal

1.2.1 職員数

職員数は夏季で 94 名、冬季が 76 名であるが、このうち、下水道部門は 34 名である。

1.2.2 財政

バリクチ市の水道は、全て地下水に頼っている。

	Unit	2001	2002	2003	2004
取水量	m <sup>3</sup> /年	814,400	784,185	742,280	875,640

バリクチ市の総人口は、約 42,000 人であり、給水人口は、この 77.4%にあたる 32,500 人となっている。上下水道の契約件数と使用量は、表の通りである。上記の取水量に対する契約水量は、83.3 %と高い値を示している。

	水道				下水道	
	契約件数	水道使用量 (m <sup>3</sup> /月)	量水計設置件数	量水計設置率 (%)	契約件数	下水道使用量 (m <sup>3</sup> /月)
住民	14,493	50,292	0	0	3,632	50,292
企業	90	4,231	27	30.0	12	1,750
工場	34	6,285	10	29.4	9	8,767
合計	14,617	60,808	37	0.3	3,653	60,809

上下水道の料金体系は表の通りである。

分類	単位	水道	下水道
住民	KGS/m <sup>3</sup>	3.88	2.60
公企業	KGS/m <sup>3</sup>	15.80	11.80
私企業	KGS/m <sup>3</sup>	15.80	11.80

収入は、水道 4,205,917 ソム、下水道 2,803,945 ソムの合計 7,009,802 ソムである。一方、支出は、6,921,157 ソムであり、僅かではあるが、単年度では、黒字となっている。

		水道			下水道		
		請求額	徴収額	徴収率 (%)	請求額	徴収額	徴収率 (%)
住民	M無	2,341,534	976,520	41.7	1,561,022	651,012	41.7
	合計	2,341,534	976,520	41.7	1,561,022	651,012	41.7
公企業	M有	357,491	357,491	100.0	95,863	95,863	100.0
	M無	280,771	77,656	27.7	125,609	194,235	154.6
	合計	638,262	435,147	68.2	221,475	290,098	131.0
私企業	M有	834,145	834,145	100.0	123,051	123,051	100.0
	M無	521,433	1,960,105	375.9	984,703	1,739,784	176.7
	合計	1,355,578	2,794,250	206.1	1,107,754	1,862,835	168.2
合計	M有	1,191,636	1,191,636	100.0	218,914	218,914	100.0
	M無	3,143,738	3,014,282	95.9	2,671,334	2,585,031	96.8
	合計	4,335,374	4,205,917	97.0	2,890,251	2,803,945	97.0

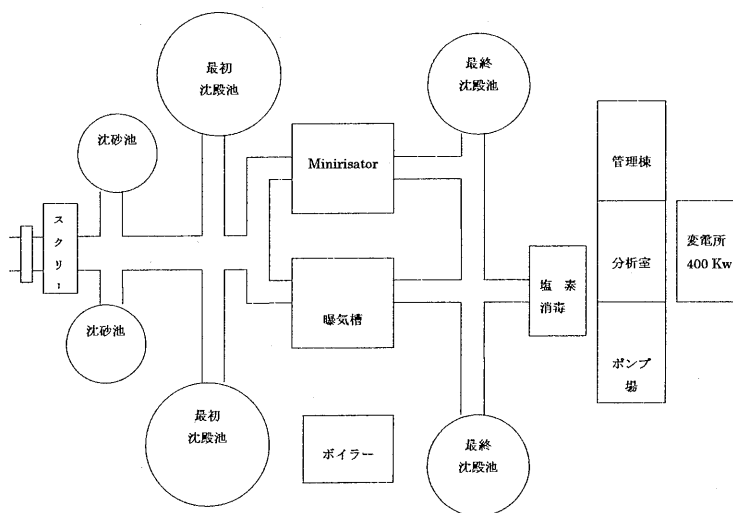
項目	KGS/年	割合 (%)
電気代	3,795,520	54.8
人件費	1,173,417	17.0
社会保障費	293,498	4.2
物品費	1,200,867	17.4
その他	457,855	6.6
合計	6,921,157	100.0

1.2.3 下水道施設

市内の汚水はポンプ場に集められ、そこから処理場に圧送される仕組みとなっている。ポンプ場は市内にあり、2 台のポンプが設置されている。そのうちの、1 台は 15 年前に設置されたものであり、また、もう一台は、今年 7 月、USAid の援助で設置されたものであるが、いずれもロシア製であった。USAid の援助額は、配管も含め US\$ 20,000 であった。ポンプ場にある 250 m<sup>3</sup> の貯水槽で貯留された汚水は、このポンプにより、後述する処理場に送水されているが、ごみや夾雑物を除去するスクリーンは現在、稼動していないため、全てが処理場に送られている。ポンプは、1 時間から 1 時間半運転した後、暫く休んだ後、1 時間から 1 時間半運転するという方式をとっており、通常の運転時間は 4 時間 20 分程度であり、送水量は、この運転時間で換算して求めている。また、ポンプは半年に 1 回、職員が修理しているとのことであった。

それぞれのポンプの能力は、300 m<sup>3</sup>/時間であり、90 KW の電動機で動いている。停電を避けるため、2 箇所から受電している。また、このポンプ場は、8 名の職員で維持管理されており、2 人が 24 時間働いた後、2 日休むという交代制となっている。

市内から約 8 km 離れた場所に、計画水量 36,000 m<sup>3</sup>/日の活性汚泥処理法を採用した下水道施設(敷地面積 4.5 ha)が 1988 年に完成したが、建設時に、設計上の問題が見つかったため、一度も利用されることなく、放置されている。現在の処理水量は、夏季は 4,000-6,000 m<sup>3</sup>/日、冬季は 6,000-8,000 m<sup>3</sup>/日であるが、この汚水は、上述したポンプ場で揚水された後、この処理場まで内径 500 mm の鋼管を通して圧送された後(高低差は、約 30 m 程度)、上記の処理施設を全く経由することなく、約 10 ha の用地にある酸化安定池で処理された後、近接の Chu 川に放流されている。



酸化安定池の構造は、幅 50 m、長さ 100 m、水深 2 m の池が 2 池ずつ並列に 2 系列並んでおり、仮に平均処理量を 5,000 m<sup>3</sup>/日とすると、この池の総容量は 40,000 m<sup>3</sup> (幅 50 m×長さ 100 m×水深 2 m×4 池) となるので、平均滞留時日数は 8 日程度となる。

この池の流入水と処理水の水質は、保健省衛生検疫検査所が定期的に分析している。その結果を以下に示す。

項目	単位	2005.8		2005.9	
		流入水	処理水	流入水	処理水
pH	-	7.2	6.9	6.9	6.8
BOD <sub>5</sub>	mg/l	156	70	129	40
SS	mg/l	56	23	43	19

### 1.3 カラコル市 Voda Kanal

#### 1.3.1 概況

カラコル市の人口は約 73,000 人であるが、このうちの約 30%にあたる 25,000 人が処理人口である。下水処理場は 1980 年から活性汚泥処理法で汚水を処理していたが、1993 年以降、資金不足のため、流入水の半分だけを処理していたが、今年からは曝気槽のプロアーの運転も中止しており、流入水は、ただ、各施設を通過しただけで、塩素処理をした後、放流されている。計画汚水量は 22,000 m<sup>3</sup>/日であるが、現在の流入水量は 10,000 m<sup>3</sup>/日前後、また、処理場の面積は 13 ha である。

処理水は、4 つあるラグーンに放流されることになっていたが、今はそのうちの 1 つである IV に放流された後、カラコル川をサイフォンで横断し、約 2 km 先の池に放流された後、ポンプで圧送されて、灌漑に利用されている。ラグーンの大きさと容量は以下の通りである。

表 製造業における生産コスト比較

	長さ(m)	幅(m)	水深(m)	容量(m <sup>3</sup> )
I	104	119	1	12,376
II	92	119	1	10,948
III	69	119	1	8,211
IV	66	119	1	7,854
				39,389

処理場には、水質試験室が併設されており、女性技師 1 名が分析業務に携わっていた。分析、流入水、最初沈殿池、最終沈殿池、ラグーン、最終放流地点の 5 箇所を以前は分析していたが、現在は、最初の 3 地点のみであり、分析項目も、肝心の BOD は分析されていない。分析は月 1 回である。重金属なども比色分析計で分析している。以前、分析されていた時の BOD<sub>5</sub> をみると、125 mg/l、100 mg/l、120 mg/l、160 mg/l とやはり、200 mg/l よりかなり下回った数字となっている。

この他、保健省衛生検疫検査所が適時、採水して分析をしているが、その値は以下の通りである。これをみると、BOD は、5 日後の酸素消費量ではなく、20 日後のそれを測定していることため、BOD<sub>5</sub> はこの値より低いことは間違いないが、どの程度なのかは不明であり、他の処理場の値と比較できない。また、SS は、非常に低い値となっている。(ここでいう処理水がどの地点での処理水を指すのかは確認できなかった。)

項目	単位	2005.9		2005.10	
		流入水	処理水	流入水	処理水
pH	-	6.5	6.5	7.0	6.5
BOD <sub>20</sub>	mg/l	250	20	125	18
SS	mg/l	50	8	45	12

活性汚泥法を再開するとした場合に下水処理にかかる経費は、電気代が 50,000 KGS/月、人件費が 50,000 KGS/月、資材費が 100,000 KGS/月であり、これを合計すると 200,000 KGS/月となる。これを処理水量で割ると、0.67 ソム/m<sup>3</sup>となる。



2. 保健省衛生検疫検査所によるチョルポンアタ市下水処理場の水質分析結果

(1) 採水日：2005年3月15日

	項目		流入水	処理水	放流点より 200 m 下流
1	温度				
2	臭い	-	カビ臭	カビ臭	カビ臭
3	透明度	-	>8.0	>8.0	>8.0
4	色度	-	37	30	30
5	pH	-	7.8	7.4	7.6
6	酸性度	mol/l	14.1	11.7	13.3
7	アルカリ度	mg/l	10.5	10.6	10.8
8	塩素イオン	mg/l	121.2	116.3	118.8
9	SS	mg/l	380.0	96.0	365
10	NH <sub>4</sub> -N	mg/l	0.9	0.7	0.6
11	NO <sub>3</sub> -N	mg/l	6.0	19.0	13.0
12	NO <sub>2</sub> -N				
13	浮遊物		黒	灰色	黒色
14	BOD <sub>5</sub>	mol/l	126.0	120.0	62.04
	BOD <sub>5</sub> 処理効率				
	SS 処理効率	%	3.9		

(2) 採水日：2005年5月24日

	項目		流入水	処理水	放流点より 200 m 下流
1	温度				
2	臭い	-	カビ臭	カビ臭	
3	透明度	-	>8.0	>7.6	
4	色度	-	30	20	
5	pH	-	7.7	7.5	
6	酸性度	mol/l	14.1	11.7	
7	アルカリ度	mg/l	10.5	10.6	
8	塩素イオン	mg/l	1,089.0	1,138	
9	SS	mg/l	76.0	96.0	
10	NH <sub>4</sub> -N	mg/l	0.7	0.76	
11	NO <sub>3</sub> -N	mg/l	6.0	19.0	
12	NO <sub>2</sub> -N				
13	浮遊物		黒	灰色	
14	BOD <sub>5</sub>	mol/l	126.0	120.4	
	BOD <sub>5</sub> 処理効率		4.7		
	SS 処理効率	%	0		

(3) 採水日：2005年9月5日

	項目		流入水	処理水	放流点より 200 m 下流
1	温度				
2	臭い	-	カビ臭	カビ臭	
3	透明度	-	>11	>10.4	
4	色度	-	30	20	
5	pH	-	8.8	8.4	
6	酸性度	mol/l	14.2	11.8	
7	アルカリ度	mg/l	4.6	4.1	
8	塩素イオン	mg/l			
9	SS	mg/l	560.0	535.0	
10	NH <sub>4</sub> -N	mg/l	0.8	0.7	
11	NO <sub>3</sub> -N	mg/l	6.0	9.0	
12	NO <sub>2</sub> -N				
13	浮遊物		黒	灰色	
14	BOD <sub>5</sub>	mol/l	126.0	120.0	
	BOD <sub>5</sub> 処理効率				
	SS 処理効率	%			

(3) 採水日：2005年9月5日

採水地点	Indexes	分析結果	基準
Aral 川	1.0	5	≦ 50
	100.0	検出	不検出
	100.0	検出	不検出
After	1.0	3	≦ 50
	100.0	検出	不検出
	100.0	検出	不検出
Before enter the system	1.0	6	≦ 50
	100.0	検出	不検出
	100.0	検出	不検出
Before treatment	大腸菌群数	2,380,000	
	大腸菌群数	2,380,000	
To Kindergarten No. 6	1.0	6	≦ 50
	100.0	検出	不検出
	100.0	検出	不検出

注：下水処理後の大腸菌群数は、基準の 20 倍を超えている。