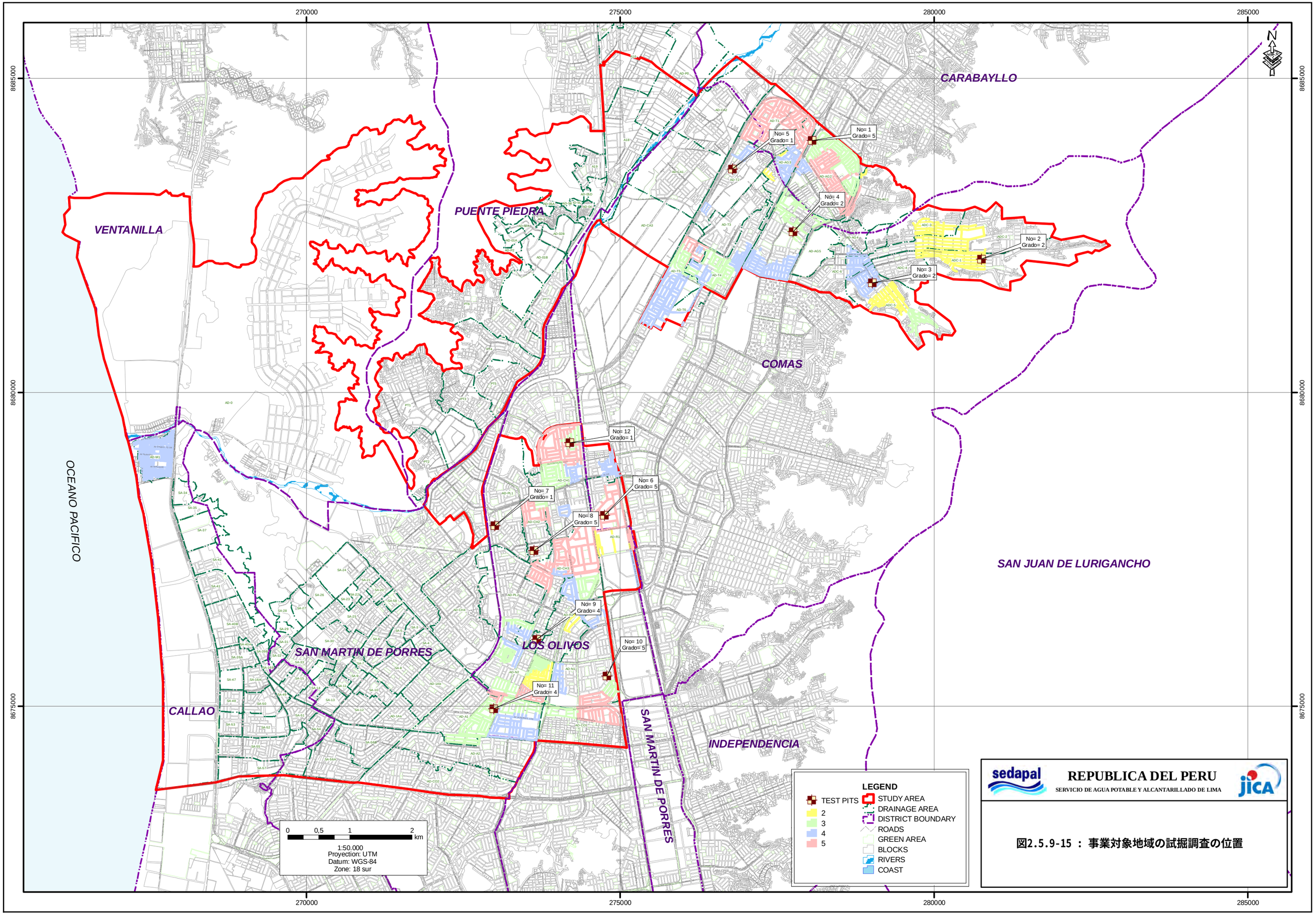


図2.5.9-15 ： 事業対象地域の試掘調査の位置

試掘調査の結果、腐食が確認された箇所を表 2.5.9-21 に示す。

表 2.5.9-21: 試掘調査

No.	調査手法	仕様	材質	場所	腐食レベル
1	サンプリング	ALC-T1	CSN	コマス	高い
2	サンプリング	ALC-T2	CSN	コマス	低い
3	目視	ALC-V3	CSN	コマス	低い
4	目視	ALC-V2	CSN	コマス	低い
5	目視	ALC=V1	PVC	コマス	低い
6	サンプリング	ALC-T3	CSN	ロス・オリーボス	高い
7	目視	ALC-V6	PVC	ロス・オリーボス	低い
8	サンプリング	ALC-T4	CSN	ロス・オリーボス	高い
9	目視	ALC-V4	CSN	ロス・オリーボス	高い
10	目視	ALC-V5	CSN	ロス・オリーボス	高い
11	サンプリング	ALC-T5	CSN	ロス・オリーボス	高い
12	サンプリング	ALC-T6	PVC	サン・マルティン・デ・ポレス	低い

出典： JICA 調査団

試掘調査の詳細は、別冊資料 Appendix A5.2.2 に示す。

管の勾配に応じて、2 つの異なる地域に分類される。

- 傾斜の緩やかなロス・オリーボス地区：緩勾配地区
- 傾斜の急なコイーケ地区、コマス地区：急勾配地区

コイーケ地区など傾斜が急な地区では、マンホールは砂利、砂、石などの堆積が確認される。これは、取付管の蓋が無いために、物やごみを下水道に投棄することによって、次に、家庭内の CSN 管が劣化して石や砕石が定常的に供給されることによって生じる。

SEDAPAL は、土砂溜めマンホールを主要マンホールの流入側に築造し、これらに堆積させることで、堆積物を管理している。

もうひとつの問題は固形廃棄物の大量の堆積である。住民は、有機ごみ、無機ごみを、多くの場合プラスチック、衣服、動物の死骸、特に生ゴミなどと一緒に下水道に投棄している。

多くの場合、これらの固形廃棄物は、下水道のつまりの原因となる。しかし、つまりが管に直接の問題を起こすのではなく、腐食の原因物質を生成する原因となる。すなわち、固形廃棄物が滞留することで滞留した汚水が嫌気状況となり、次々に汚水中の硫酸塩から硫化物や硫化水素が生成する。これが硫酸を生成し、CSN 管の腐食を引き起こす。

(g) SEDAPAL の予防保全管理データ

予防保全管理を行わない（現在は事後保全対応しか行われていない）ことで、経年劣化に加えて、通常よりも管の劣化が進む。

(5) 大口利用者からの排水による影響へのネットワークの対応

特定利用者対応チームの協力によって、大口利用者のデータが集められた。この情報は、SEDAPAL の水道ネットワークから給水される工場／商業用利用を分析する際や水利用計画検討を行う際に役立てられた。

下水道に関しては、自己水源の利用者や、井戸水利用者などからの排水が考慮される。

これらの利用者は、85B2 セクターや、ロス・オリーボス区の工場地帯があてはまる。特定利用者対応チームからの報告は次のとおりである。

表 2.5.9-22: 特定利用者のリスト

N°	NOMBRE	NIS	CSMO PROM	CSMO PROM POR EMPRESA (m3)	OFICINA	CALLE	NUMERO	DUPLICADOR	CGV	MZA	LOTE	URBANIZA	DISTRITO	CODLOTEP	CUA	DES_CUA
1	CORPORACION FABRIL DE CONFECCIONES S A	2400371	4452	8729	5111	CA SAN GENARO	222					URB INDUSTRIAL. MOLITALIA	LOS OLIVOS	039013080240	0421	INDUSTRIA TEXTIL
		3635333	107		1001	CA SAN GENARO	222			D	03	URB INDUSTRIAL. MOLITALIA	LOS OLIVOS	039013080240	0421	INDUSTRIA TEXTIL
		3704042	1254		1001	CA SAN ANDRES	6267	6299		D		URB INDUSTRIAL. MOLITALIA	LOS OLIVOS	039013080240	0421	INDUSTRIA TEXTIL
		3713404	2916		1001	CA SAN ANDRES	6194	D 03		D	03	URB INDUSTRIAL. MOLITALIA	LOS OLIVOS	039013080240	0421	INDUSTRIA TEXTIL
2	CIA INDUSTRIAL TEXTIL CREDISA	3656426	655	655	1001	AV MENDIOLA, ALFREDO	6148			C	13	URB INDUSTRIAL. MOLITALIA	LOS OLIVOS	039013130110	0421	INDUSTRIA TEXTIL
3	FARMAGRO S A	3630878	535	535	1001	AV MENDIOLA, ALFREDO	6068			C	12	URB INDUSTRIAL. MOLITALIA	LOS OLIVOS	039013130100	0451	INDUSTRIA QUIMICA
4	INSTITUTO DE CIENCIAS Y HUMANIDADES	3634781	1340	1899	1001	AV UNIVERSITARIA NORTE	0	CDRA 63		C	09	URB INDUSTRIAL. MOLITALIA	LOS OLIVOS	039013130070	0606	UNIVERSIDAD PARTICULAR
		5861540	559		1001	AV UNIVERSITARIA NORTE	0	CDRA 63		K	10 A	URB INDUSTRIAL. MOLITALIA	LOS OLIVOS	039013130050	0606	UNIVERSIDAD PARTICULAR
5	MOLITALIA S A	3619648	6740	7227	1001	AV UNIVERSITARIA NORTE	6464			C	05	URB INDUSTRIAL. MOLITALIA	LOS OLIVOS	039013130060	0418	FABRICA DE HELADOS, CHOCOLATES Y AR
		3621431	487		1001	AV UNIVERSITARIA NORTE	6464	MZC LT10		C	10	URB INDUSTRIAL. MOLITALIA	LOS OLIVOS	039013130060	0328	DEPOSITOS Y ALMACENAMIENTO DE EMBAL
6	POLICÍA NACIONAL DEL PERÚ	3664848	627	1789	1001	AV PANAMERICANA NORTE	0	C 14		C	14	URB INDUSTRIAL. MOLITALIA	LOS OLIVOS	039013130010	0551	COLEGIO ESTATAL
		3714290	1162		1001	AV PANAMERICANA NORTE	0	C 14		C	14	URB INDUSTRIAL. MOLITALIA	LOS OLIVOS	039013130010	0551	COLEGIO ESTATAL
7	SAN JORGE INDUSTRIAL S A	3623104	447	447	1001	CA SAN ANDRES	6134			B		URB INDUSTRIAL. MOLITALIA	LOS OLIVOS	039013160010	0421	INDUSTRIA TEXTIL
8	TRANSPORTES LAS VEGAS S.A.	3657629	136	136	1001	AV MENDIOLA, ALFREDO	6200			D		URB INDUSTRIAL. MOLITALIA	LOS OLIVOS	039013080260	0352	VENTAS DE COMBUSTIBLES, LUBRICANTES
9	UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO S.A.C.	3725819	1235	3049	1001	CA SAN GENARO	250			D	04	URB INDUSTRIAL. MOLITALIA	LOS OLIVOS	039013080250	0606	UNIVERSIDAD PARTICULAR
		3831525	1814		1001	AV MENDIOLA, ALFREDO	6232					URB INDUSTRIAL. MOLITALIA	LOS OLIVOS	039013080250	0606	UNIVERSIDAD PARTICULAR
10	UNIQUE S.A.	3635630	2601	2601	1001	CA SAN ANDRES	0	A 06		A	06	URB INDUSTRIAL. MOLITALIA	LOS OLIVOS	039013090160	0472	OTROS PRODUCTOS METALICOS
11	YOBEL SUPPLY CHAIN MANAGEMENT S.A.	3622114	464	4322	1001	CA GENARO, SAN	150	0				URB INDUSTRIAL. MOLITALIA	LOS OLIVOS	039013090160	0430	FABRICA DE DETERGENTES Y JABONES
		3626292	3858		1001	CA GENARO, SAN	150		A	A		URB INDUSTRIAL. MOLITALIA	LOS OLIVOS	039013090160	0430	FABRICA DE DETERGENTES Y JABONES

出典： JICA 調査団

これらの利用者からの下水排水が下水管網の問題を引き起こしていることが確認された。特定利用者対応チームは上述の利用者のインスペクションを行う予定となっている。

- 容量不足
  - ❖ San Andrés (San BernardoとSan Genaro 通りの間)
  - ❖ San Genaro (Gerardo UngerとAlfredo Mendiola 通りの間)

- 管渠勾配の不足
  - ❖ Alfredo Mendiola

- 不十分な清掃と維持管理活動
  - ❖ San Andrés (San Genaro 通りとGerardo Unger通りの間)

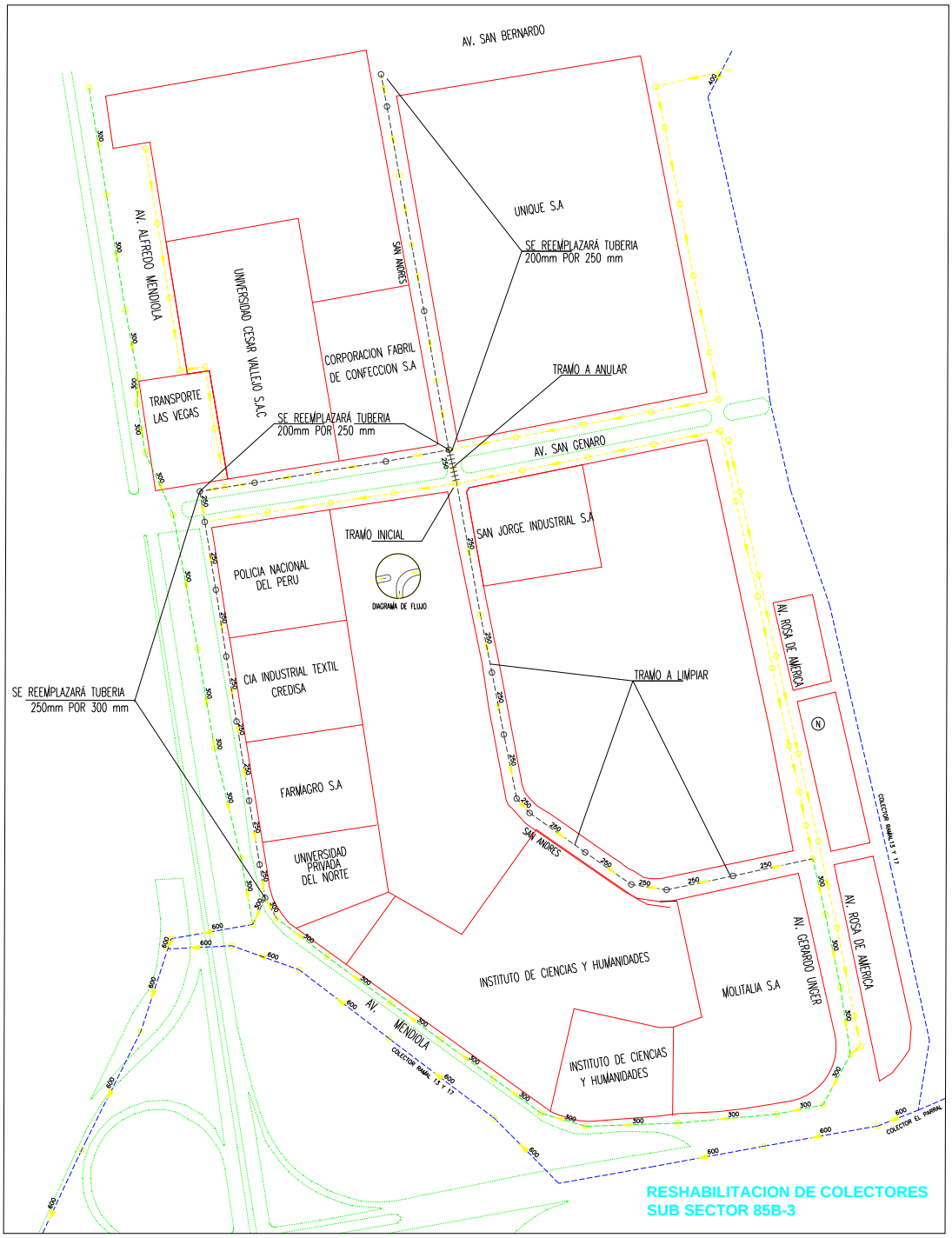


図 2.5.9-16: サブセクター85B-3 の枝線管路の更新

(6) 工場排水に起因した下水道管渠の事故

下水管渠は、家庭からの下水と家庭以外の排水を受け入れるように計画される。従って、直接もしくは間接的に、下水道に悪影響を及ぼす因子が含まれており、他の成分と混ざり合うことにより、必ずもしくは直接的に下水管に被害を及ぼすことがある。

下水管の耐用年数を守るために、SEDAPAL の下水水質管理チームは、20 数年間、工業／商業用途の下水水質のモニタリングを行ってきた。

政府は、この点考慮して関連規制を整備している。現状では、国家工業下水規制 (DS.028-60-S.A.P.L) が全ての工業や商業利用者に対して、下水管渠ネットワークに排水する前の下水の条件を規定している。モニタリングされる基本項目は、pH、堆積物、BOD、COD、油分である。

下水水質管理チームは、家庭以外の排水を未処理で下水道ネットワークに放流している利用者を特定するため、にコマス管理センター維持管理チームと協力している。

加えて、下水道施設（全ての下水道施設、下水管路、ポンプ場、処理場を含む）を守るために、住宅建設衛生省は、S.D（最高法令）021-2009-VIVIENDA を可決した。これは、全ての一般住宅以外の下水道利用者が放流できる許容水質を設定したものである。現在はこの S.D を規定するためのコンサルタントサービスが行われており、2011 年 4 月中に施工される予定である。

2.5.10 無収水の現状と時間最大水需要の現状診断

(1) 無収水の定義と SEDAPAL の関連資料

1) 無収水の定義

無収水とは、水道事業者が水道使用者に対して料金を徴収しなかった、あるいはできなかった水であり、SEDAPAL が使用している定義では図 2.5.10-1 の配水分類に示すように商業的損失（Commercial Loss: 「見掛け損失」と呼ばれることもある）と技術的損失（Technical Loss: 「物理的損失」と呼ばれることもある）に分類される。

このうち商業的損失は公園での散水、消火用水、およびその他の公共的な目的で使用された水（以上、合法的無収水）と違法に使用された違法消費水、メータ不感水など水道メータに起因するメータ異常水が含まれる。また技術的損失は配水管、配水管付帯設備、給水管などからの漏水や配水池からの漏水・越流水などを含む。これら水道施設からの漏水は施設の老朽化、建設での不適切な材料使用、施工不良、設計の不備、維持管理の不備のほか、自然条件や市民の破壊行為など様々な要因が考えられる。

<table>
<tr><td rowspan="6">配水量</td><td rowspan="2">合法的消費水量</td><td rowspan="2">合法的有収水</td><td>メータ感知有収水</td><td rowspan="2">有収水量</td><td rowspan="2">有収水量</td></tr>
<tr><td>メータ不感知有収水</td></tr>
<tr><td>合法的無収水</td><td>メータ感知・メータ不感知
合法的無収水</td><td rowspan="3">商業的損失</td><td rowspan="4">無収水量</td></tr>
<tr><td rowspan="4">損失水量</td><td rowspan="2">非技術的損失</td><td>違法消費水</td></tr>
<tr><td>メータの故障</td></tr>
<tr><td rowspan="3">技術的損失</td><td>配水管からの漏水</td><td rowspan="3">技術的損失</td></tr>
<tr><td>給水管からの漏水</td></tr>
<tr><td>配水池、その他からの漏水</td></tr>
</table>

出典: JICA 調査団

図 2.5.10-1: 配水量の分類と無収水の定義

2) 無収水に関する SEDAPAL の既存資料・情報

SEDAPAL の推定によるとリマ首都圏北部の無収水率（配水量に占める無収水量の割合）は 2009 年で 49.6%とされており、リマ首都圏中央部の 35.1%、リマ首都圏南部の 27.5%に比べて著しく高い。流入部に流量計が設定されている現行セクターで計測・算定された無収水量・率を下表に示す。

表 2.5.10-1: リマ首都圏北部の無収水率

セクター	配水量	無収水（NRW、2009年）	
	m^3	m^3	%
83A,83B	4,460,517	1,912,873	**42.9**
84A,84B	3,997,461	1,322,575	**33.1**
85A, 85B,85C	3,383,732	1,696,374	**50.1**
212A,212B	3,362,695	1,276,643	**38.0**
213	1,602,667	954,988	**59.6**
計	16,807,072	7,163,453	**42.6**
リマ首都圏北部全体 (SEDAPALによる推定)			**49.6**

出典: JICA 調査団

(2) 無収水の分析

1) 分析の必要性

無収水を削減するべく水道施設の整備や維持管理体制改善を行うには、まず現時点にける無収水発生の要因を特定し、その特定された要因を取り除くための対策を検討する必要がある。しかし、リマ首都圏北部では流量計や水道メータが十分に設置されていないために無収水を正しく把握することすら行えない状況にあり、直接的に使用できる無収水関連の既存資料・情報は前頁に記載した SEDAPAL の推定値のみである。すなわち、無収水のうち漏水（技術的損失）と違法消費水など商業的損失の構成割合などが不明であり、無収水対策の基本的方向性を定めることすら困難な状況である。

本調査では、無収水対策の方針を定める基礎とするため、既存資料・情報から配水量の技術的損失と商業的損失の割合を推定する。

2) 分析の方法

分析は、セクター流入部に流量計が設置され水量が継続的に監視されている（すなわちセクター化されている）現行セクターの時間消費水量をもとに行う。該当するセクターは現行セクター83（現行セクター83A および 83B が含まれる）、現行セクター84（現行セクター84A および 84B が含まれる）、現行セクター85（現行セクター85A、85B および 85C が含まれる）、現行セクター212（現行セクター212A、212B および 83B が含まれる）および現行セクター213（セクター213）であり、データは SEDAPAL より提供された 2009 年 6 月から 2010 年 5 月のものである。

分析では、技術的損失は現行セクターごとに、計測された夜間最小流量と一般的に考えられる家庭での最小時間消費水量の差より推定する。また、推定された技術的損水量より商業的損失水量を推定する。

3) セクター化されている現行セクターにおける時間水使用量

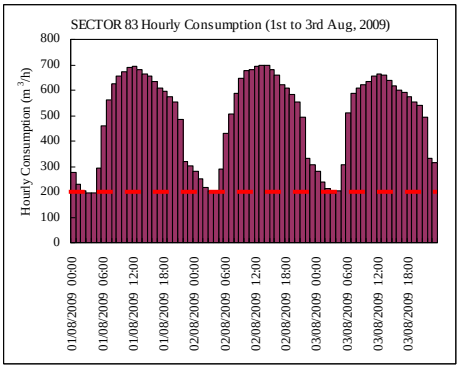
水量が監視されている現行セクターにおける夏場の夜間最小水量（年間の時間最大消費水量が観測された日を含む 3 日間のデータで日付はセクターにより異なる）と冬場の典型的な時間消費水量（8 月 1 日から 8 月 3 日の 3 日間）を図 2.5.10-2 に示す。

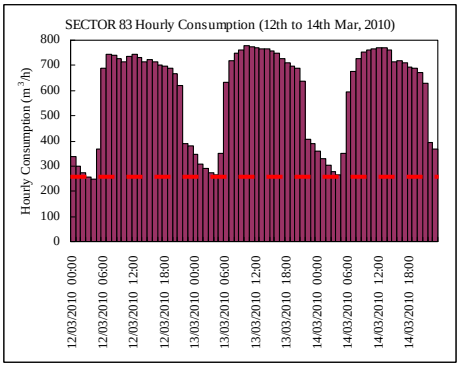
図から分かるように、全ての現行セクターで深夜から早朝においても幾分の水量がセクター流入部で継続的に計測されており、前後（夜間や朝）の消費水量と比べても通常より多い水量バランスであることから、比較的多い技術的損失の存在が疑われる。

現行セクター213 については他のセクターと比べて明らかに異なる流量曲線と示しているが、これはセクター内に増圧ポンプ（CR-243）の運転・停止による影響と考えられる。

[現行ｾｸﾀｰ 83]

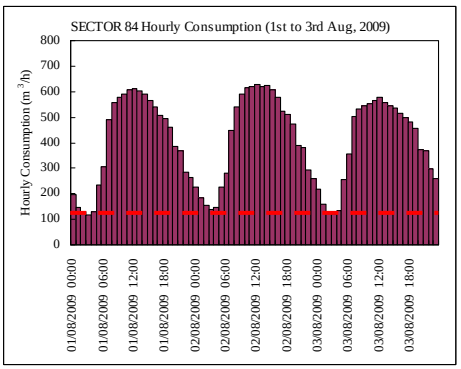
年間の日平均: 524m^3/時
時間最大: 893m^3/時
時間最小: 190 – 240m^3/時
時間最大係数 F: 1.70

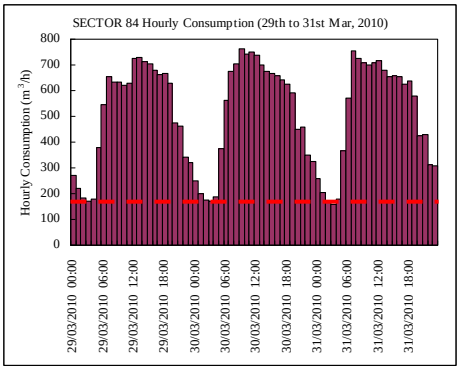




[現行ｾｸﾀｰ 84]

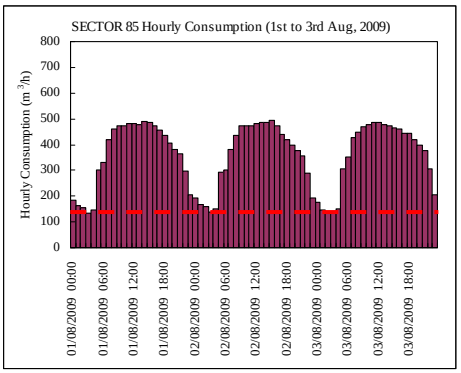
年間の日平均: 442m^3/h 時
時間最大: 788m^3/時
時間最小: 120 – 170m^3/時
時間最大係数 F: 1.78

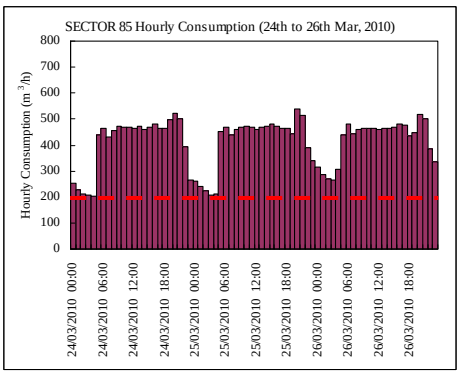




[現行ｾｸﾀｰ 85]

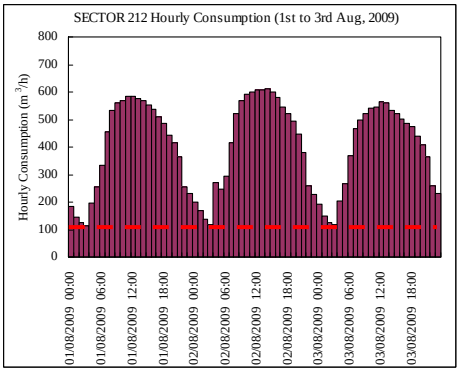
年間の日平均: 378m^3/時
時間最大: 569m^3/時
時間最小: 140 – 200m^3/時
時間最大係数 F: 1.50

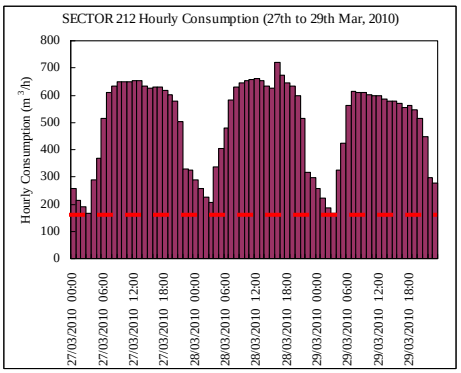




[現行ｾｸﾀｰ 212]

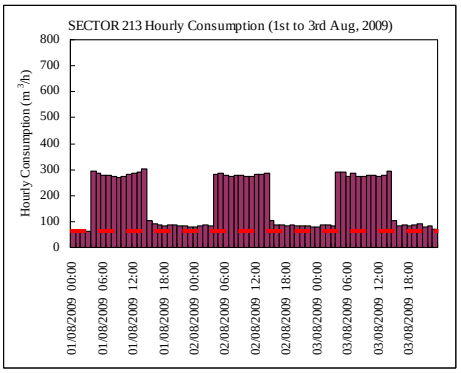
年間の日平均: 431m^3/時
時間最大: 722m^3/時
時間最小: 100 – 150m^3/時
時間最大係数 F: 1.68





[現行ｾｸﾀｰ 213]

年間の日平均: 199m^3/時
時間最大: 362m^3/時
時間最小: 80 – 160m^3/時
時間最大係数 F: 1.82



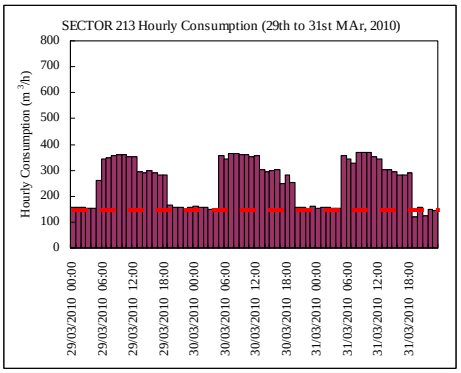


図 2.5.10-2: セクター化されている現行セクターの時間消費水量
出典: JICA 調査団

4) 技術的損失の推定

配水管および給水管などからの漏水量は、水消費ではなく水圧により大きな影響を受ける。これは、漏水が生じている破損部をオリフィスとして捉えると分かりやすい。本分析で使用している流量データは入口で水圧を自動制御している現行セクターで計測されたものである。したがって、収集されたデータは、原則的には水圧がある程度一定に保たれた地域のものであり、技術的損失のほとんどを占める配水管および給水管からの漏水も（水圧がほぼ一定であるため）1 日を通じてほぼ一定量であろうと仮定できる。

このような仮定に立つと、各現行セクターの技術的損失水量は前頁の図で示した時間消費水量と夜間の理論的消費水量を用いて下式にように算出できる。

$$\mathbf{Q_{lt} = C_{mm} - C_{tm}}$$
$$\mathbf{C_{tm} = N_v \times 0.3 \times q_f}$$

ここで、Q_{lt} ：技術的損失水量 (m^3/時間)
C_{mm}: 時間最小（計測）消費水量 (m^3/時間)
C_{em}: 理論的時間最小消費水量 (m^3/時間)
N_v ：水使用単位数（一般家庭の家族数）
q_f ：水洗トイレの消費水量(=0.012m^3/回)

【仮定】
深夜から早朝にかけて（2 時から 5 時）1 家族で 1 人が 1 回トイレを使用すると仮定する

技術的損失水量は、図 2.5.10-2 で示した時間消費水量および統計から得た家族数を用いて上式により求め、技術的損失率はその水量、および流量計で計測された年間配水量から求める。

なお、現行セクター213 については、セクター内に増圧ポンプがあるため計測された水量は必ずしも消費水量の時間変動を忠実に表していないが、夜間に計測されている流量は他セクターと同様に漏水量と深い関連はあるものと考えられる。

下表に技術的損失水量と損失水率の推定結果を示す。

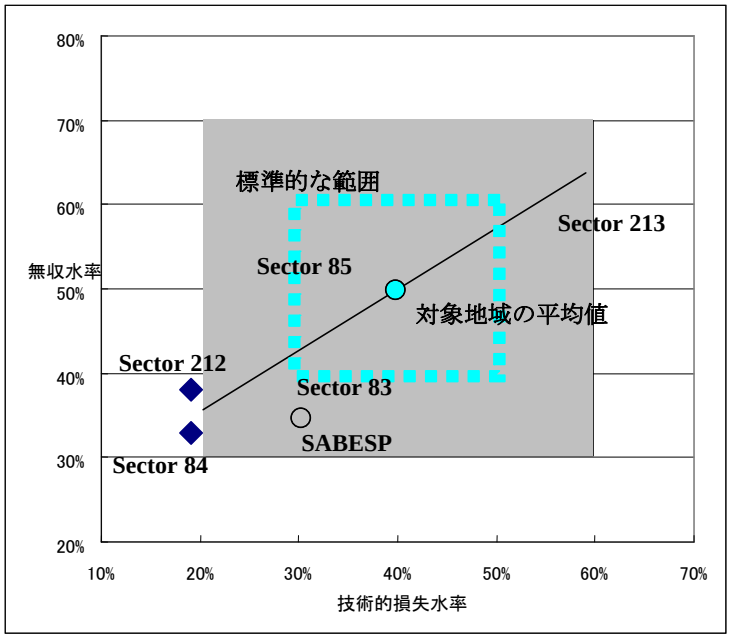
表 2.5.10-2: 技術的損失水量・率の推定結果

現行セクター	水使用者数	配水量 (m^3)	無収水		技術的損失（漏水）	
			m^3	%	%	%（無収水に対する割合）
83	14,196	4,460,517	1,912,873	**42.9**	**31.2**	72.9
84	15,321	3,997,461	1,322,575	**33.1**	**19.2**	58.1
85	8,014	3,383,732	1,696,374	**50.1**	**37.3**	74.5
212	9,235	3,362,695	1,276,643	**38.0**	**19.4**	51.0
213	2,753	1,602,667	954,988	**59.6**	**55.3**	92.8
計	49,519	16,807,072	7,163,453	**42.6**	**29.5**	67.2
リマ首都圏北部全体 (SEDAPALによる推定)				**49.6**	-	-

出典: JICA 調査団

5) セクターにおける技術的損失水率と商業的損失水率

上表で示した各現行セクターの技術的損失水率と無収水率をグラフ化すると下図のようになる。



出典: JICA 調査団

図 2.5.10-3: セクター化されている現行セクターにおける無収水率と技術的損失水率の関係

上図で示すように、推定された技術的損失水率と無収水率には高い相関があり、セクター化されている現行セクターの無収水率は 30 - 70%、技術的損失水率は 20 -60%である。対象地域内各セクターの標準的な無収水率は 40 - 55%、技術的損失水率は 35 - 40%程度であると考え、調査対象地域全体の平均無収水率が約 50%（SEDAPAL の推定値）、平均漏水率が約 40%であると推定している。

（近隣国であるブラジルの例をとると、サンパウロ州基礎衛生 SEDAPAL（SABESP）の無収水率は 2007 年で 29.5%、技術的損失率は 35.7%とされており、無収水の約 80%が技術的損失水となっている。サンパウロとリマの条件は異なるが、上で推定した調査対象地域全体の技術的損失率も無収水率の 80%程度であり、推定した技術的損失率が現実的な範囲にあると言える。）

商業的損失水率は無収水率と技術的損失水率の差により求められる。上述の分析結果より、調査対象地域内セクターの標準的な商業的損失水率は 10-15%程度と推定される。この分析結果より、商業的損失水量のうちメータ不感水などメータエラーに起因する水量が多くを占めることは考えづらいことから、同地域では一般に 10-15%程度の違法消費水があると考えられる。

ただし、ここで行った分析の手法では、違法接続や水道メータが設置されていない合法接続が夜間も継続的に水を消費している（蛇口等を空け放している場合など）場合は合法的消費水や違法消費水が技術的損失として計上されてしまうことに留意が必要である。したがって、対象地域全体として一般に 15%程度の商業的損失があること

は推定できるものの、各セクターでの損失水の内訳は水道メータの設置状況や社会状況に応じてばらつきがあると推測される。

以上の分析結果として、配水量の内訳を図 2.5.10-4 に示す。また、同図には無収水率を SEDAPAL の目標値である 25%まで削減する場合に考えられる技術的損失水率と商業的損失水率の目標値も示す。

				プロジェクト実施前	プロジェクト実施後		
配水量	合法的消費水量	合法的有収水	メータ感知有収水	35%	75%	有収水量	有収水量
			メータ不感知有収水	15%	0%		
		合法的無収水	メータ感知・メータ不感知合法的無収水	0−3%	0−3%	商業的損失	無収水量
	損失水量	商業的損失	違法消費水	0−3%	0−3%		
			メータの故障	5−15%	0−5%		
		技術的損失	配水管からの漏水	無収水率 50% (45-55%)	無収水率 25%	技術的損失	
			給水管からの漏水				
			配水池、その他からの漏水	35−40%	20%		

出典: JICA 調査団

図 2.5.10-4: 無収水の現状分析結果および本事業の目標値

6) 分析の結果

以上の分析より、対象地域の無収水率について以下のような結論と観測が得られた。

- 計測された流量データより、全ての現行セクターで深夜においてもある程度の水が消費されていることが分かった。これより技術的損失すなわち漏水の存在が確認された。
- 各セクターで計測された夜間最小水量をもとに推定された技術的損失水率と各セクターの無収水率には相関があった。
- リマ首都圏北部の各セクターにおける平均無収水率は 50%であり、標準的な無収水率は 40 − 60%の範囲と考えている。標準的な漏水水率については 30 - 50%程度、平均 40%程度と想定している。
- 今回行った分析では、条件によっては違法消費水や合法的な消費水の一部が技術的損失水として計上される可能性がある。したがって、ここでの分析結果は標準的な値であって、各セクターの実情は水道メータの設置率や社会条件等によって異なる。
- 現状の無収水率を鑑みると、無収水率を SEDAPAL の目標である 25%まで削減するためには技術的損失水率を 20%程度、商業的損失水率を 5%程度まで削減させる必要がある。

(3) 時間消費水量に係る分析

1) 分析の必要性

時間消費水量は配水管の設計や配水池の必要貯留容量を検討するにあたっての基礎的な要素である。ペルー国国家基準（National Building Regulation of the Ministry of Housing, Construction and Sanitation）によると、時間最大係数（時間最大配水量の平均配水量に対する比）は 1.8 から 2.5 のあいだとされているが、一般に、その値は対象とする地域の規模（人口や消費水量）に依存する。また、漏水量が実際に使用されている水量に対して無視できないほど大きい場合にはその量が時間係数にも影響を与える。

つまり、施設の計画や設計で使用する時間最大配水量を定めるには地域の実情に応じた時間最大係数の分析が必要であり、ここで、各セクターで計測された実際の水量や技術的損失水率の分析結果を用いて本調査の施設計画に適用する時間最大係数を設定する。

分析は現行セクター83、84、85 および 212 の時間消費水量を用いて行い、現行セクター213 については増圧ポンプによる影響で実際の消費傾向を反映していないことから分析の対象としない。

2) 現在の状況

図 2.5.10-2 に示すように、各セクターの計測データから得られる現状の時間最大係数は 1.50 から 1.78 である。しかし、本事業により無収水率が削減された場合、その値は変化すると考えられる。

3) 技術的損失水率が 20%となった場合の時間消費水量

各セクターの計測データと無収水量の分析で得られた技術的損失水率をもとに技術的損失が 20%（無収水率 25%を達成するために必要と想定される技術的損失水率の目標値）の場合の時間消費水量を求めた結果を図 2.5.10-5 に示す。この場合、時間最大係数は現状の値よりも大きい 1.67 から 1.85 となった。

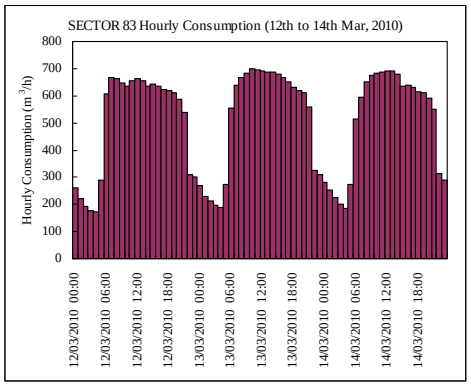
4) 時間最大係数に係る分析結果

上で求めた各現行セクターの時間最大係数と世帯数の関係を図 2.5.10-6 に示す。各セクターの時間最大係数は多少のばらつきがあるものの 1.7 から 1.8 を中心としており、また、一般に規模が小さい地域ほど時間最大係数は大きくなるとされているがこの地域ではそのような傾向は見られない。

したがって、本調査では各セクターの時間最大係数を国家基準にも合致する 1.8 として設定する。

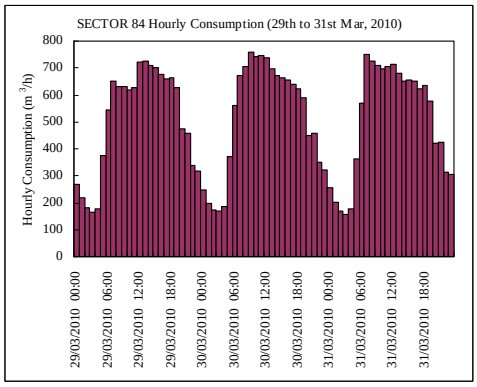
[現行ｾｸﾀｰ 83]

年間の日平均: 432m^3/時
時間最大: 801m^3/時間
時間最大係数 F: 1.85



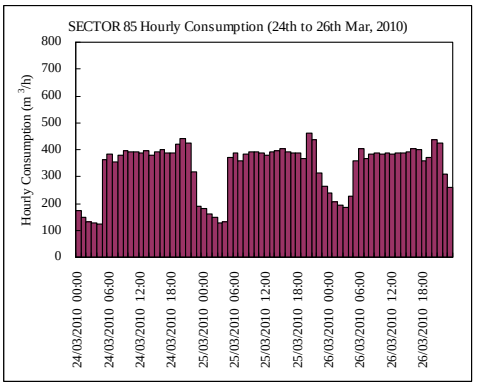
[現行ｾｸﾀｰ 84]

年間の日平均: 428m^3/時
時間最大: 774m^3/時
時間最大係数 F: 1.81



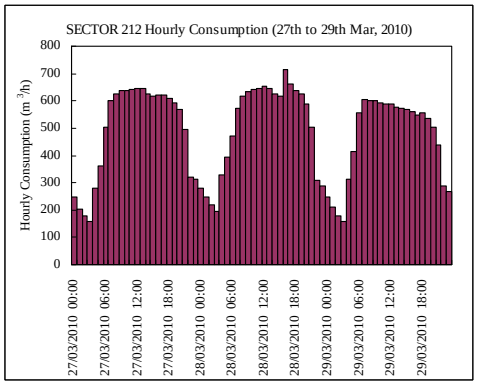
[現行ｾｸﾀｰ 85]

年間の日平均: 285m^3/時
時間最大: 475m^3/時
時間最大係数 F: 1.67



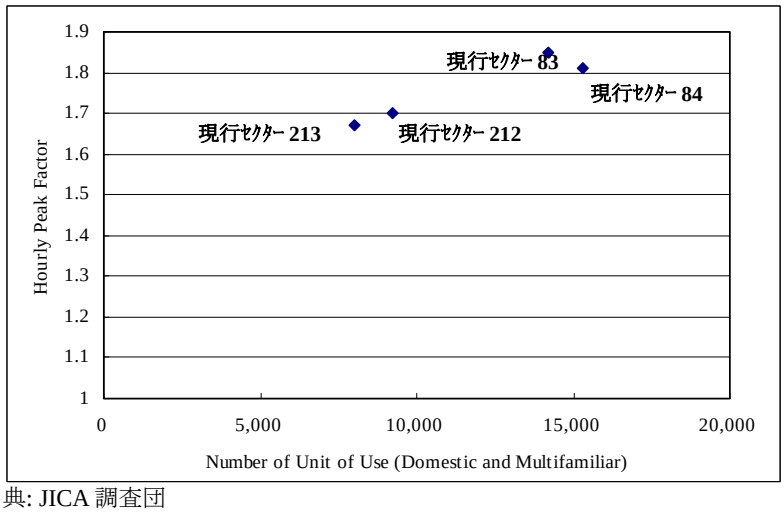
[現行ｾｸﾀｰ 212]

年間の日平均: 417m^3/時
時間最大: 708m^3/時
時間最大係数 F: 1.70



出典: JICA 調査団

図 2.5.10-5: 技術的損失水率が 20%となった場合の時間消費水量の推定



出典: JICA 調査団

図 2.5.10-6: 技術的損失水率が 20%となった場合の
時間最大係数と世帯数の関係

2.5.11 経済財務状況診断

本章では、SEDAPAL の経済財務状況を行うにあたって、「リマ上下水道公社の 2007～2009 年の財務諸表」「リマ上下水道公社が作成し提案された最適マスタープラン(Plan Maestro Optimizado, or PMO, 2009)」「監査機関 SUNASS（Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento）が承認した料金計算法と料金構造」「リマ上下水道公社の代表部から 2010 年 8 月 16 日に提出され（N° 018-2010-SUNASS-CD）、SUNASS に承認された 2010～2015 年 5 年間のリマ上下水道公社管理目標」を用いている。

(1) SEDAPAL の財務諸表の分析

2009 年の合計資産額は表 2.5.11-1 に示すように 6,047 百万ヌエボ・ソルであり、2008 年に 10%、2007 に 7%、それぞれ増加している。

資産額の増加は主に上下水道施設の資産、資機材の増加によるもので、主に「万人に水を(Programa Agua Para Todos, または PAPT)」と名づけられたプロジェクトの実施を通して、住宅建設衛生省から譲渡されたものである。

流動資産である「現金・預金」、「売掛金」も増加傾向にある。これは上下水道サービスの収入増によるものである。

負債額は増加傾向にある。短期借入金と長期借入金は、海外・国内から調達したものが含まれており、2009 年の合計額は 2,078 百万ヌエボ・ソルである。そのうち、長期借入金は 88%（1,832 百万ヌエボ・ソル）を占めている。

純資産の比率は高く、負債・資本合計額の 60%以上を占めており、望ましい値と思われる。2008 年に国税庁税関局（SUNAT）から源泉徴収を受けるかわりに、1,937 百万ヌエボ・ソルの増資を行った。また、9 つの上下水道プロジェクトからなる「万人に水を（PART）」プロジェクト実施により、住宅建設衛生省をとおして、2009 年に追加的資本投資額 222 百万ヌエボ・ソルの補助を受けている。

表 2.5.11-1: バランスシート　(単位：千ヌエボ・ソル)

項目	2007	2008	2009
資産 ASSETS			
流動資産 CURRENT ASSETS			
現金・預金 Cash and cash equivalents	173,756	130,193	191,548
売掛金 Commercial Receivables (Net)	170,527	202,734	213,731
その他売掛金 Other Accounts Receivables (Net)	28,963	44,882	46,831
棚卸資産 Stocks (Net)	3,589	4,437	5,539
前払費用 Prepaid Expenses	984	2,266	468
総流動資産 TOTAL CURRENT ASSETS	**377,820**	**384,512**	**458,117**
固定資産 FIXED ASSETS			
売掛債権 Commercial Receivables	-	35,243	56,662
有形固定資産 Property, Machinery, Equipment (Net)	4,779,886	5,031,748	5,474,583
無形固定資産 Intangible Assets (Net)	5,628	2,247	359
繰延資産 Deferred Tax Assets		61,552	56,403
その他資産 Other Assets	913	868	541
総固定資産 TOTAL FIXED ASSETS	**4,786,426**	**5,131,658**	**5,588,549**
資産合計 TOTAL ASSETS	**5,164,246**	**5,516,170**	**6,046,666**

負債・資本 LIABILITIES AND EQUITY			
流動負債 CURRENT LIABILITIES			
短期借上金 Financial Obligations	107,294	123,964	245,231
買掛金 Commercial Accounts Payable	85,283	80,208	110,420
未払法人税 Current income tax liabilities	47,562	18,027	31,408
その他買掛金 Other Accounts Payable	194,149	97,504	72,589
引当金 Provisions		15,224	2,935
総流動負債 TOTAL CURRENT LIABILITIES	**434,289**	**334,927**	**462,583**
固定負債 LONG-TERM LIABILITIES			
長期借上金 Financial Obligations	1,135,540	1,763,677	1,832,877
未払法人税 Current income tax liabilities	43,876	38,438	58,416
繰り延べ収益 Deferred Income (Net)	8	43	84
総固定負債 TOTAL LONG-TERM LIABILITIES	**1,179,424**	**1,802,158**	**1,891,376**
合計負債額 TOTAL LIABILITIES	**1,613,712**	**2,137,085**	**2,353,960**
純資産 NET EQUITY			
資本準備金 Capital	3,176,017	5,309,298	5,309,298
資本剰余金 Additional Capital	213,577	294,280	383,650
法定積立金 Legal Reserves	30,375	42,956	42,956
その他積立金 Other Reserves			
内部留保 Retained Earnings	130,565	- 2,267,448	- 2,043,198
換算差異 Conversion Difference			
合計資本額 TOTAL NET EQUITY	**3,550,534**	**3,379,086**	**3,692,706**
負債・資本合計 TOTAL LIABILITIES AND EQUITY	**5,164,246**	**5,516,170**	**6,046,666**

出典: リマ上下水道公社監査済財務諸表 2007、2008、2009 年(Estados Financieros Auditados de SEDAPAL, 2007, 2008 y 2009)

2)　損益計算書の分析

益計算書を表 2.5.11-2 に示す。売上は上下水道サービスとその他の売上に分けられる。総売上は 2009 年に 11%、2008 年に 16%増加している。その他の収入は法令 148 (地下水料金)より調達されたもので、2009 年には 15 百万ヌエボ・ソル増えて合計 59 百万ヌエボ・ソルとなっている。

売上原価は、2008 年に 15%、2009 年に 13%増加したほか、一般管理費、販売原価も増加の傾向を示している。これは、人件費、第 3 者委託費、維持補修費、電力費などの費用の増加によるものである。

ただし、売上原価、一般管理費、販売原価の上昇を、売上収入が上回っており、SEDAPAL は営業利益を常に確保しているだけでなく、この営業利益は増加傾向にある。

表 2.5.11-2: 損益計算書　（単位：千ヌエボ・ソル）

項目	2007	2008	2009
売上高			
上下水道サービス収入	827,374	959,087	1,049,449
その他収入	39,448	43,996	59,225
	866,823	**1,003,083**	**1,108,674**
売上原価	**-509,492**	**-584,494**	**-660,541**
売上総利益	**357,330**	**418,589**	**448,133**
販売費・一般管理費			
一般管理費	-81,034	-89,685	-84,180
販売費	-101,435	-110,741	-114,311
	-182,470	**-200,426**	**-198,490**
営業利益	**174,861**	**218,162**	**249,643**
その他			
財務収入	122,462	147,655	267,383
財務支出	-114,611	-356,865	-190,249
その他収入	19,161	10,419	16,407
その他支出	-16,346	-24,033	-19,540
	10,666	**-222,824**	**74,001**
税引き、配当払い前利益	**185,527**	**-4,661**	**323,643**
配当	-8,913	1,307	-14,744
法人税	-50,807	7,448	-84,042
当期利益	**125,807**	**4,094**	**224,857**

出典: リマ上下水道公社監査済財務諸表 2007、2008、2009 年(Estados Financieros Auditados de SEDAPAL, 2007, 2008 y 2009)

2009 年に財務支出が 47%増加している理由は、これも外国通貨建て借入返済額の交換レート差分によるものである。

(3) キャッシュフローの分析

顧客からの料金収入の増加もあり、営業活動によるキャッシュフローは増加傾向を示している。ただし、2008 年は、営業収入増が支出増に追いつかず、キャッシュフローは減少している。

投資活動によるキャッシュフローは、2008 年に 20%、2009 年に 40%と高い増加傾向を示している。

財務活動によるキャッシュフローも増加傾向にある。大部分の投資は海外からの借入金であるが、2008 年の資本増強や、PAPT（万人に水を）プロジェクトによる上下水道施設建設実施にともなう資金供与も関係している。

なお、表 2.5.11-3 から分かるとおり、2008 年にマイナスのキャッシュバランスを示しているが、2009 年には、顧客の増加と、物価上昇分を反映した料金設定によりキャッシュフローはプラスに転じている。リマ上下水道公社の期末資金残高は 2008 年比の 47%増しとなり、191 百万ヌエボ・ソルとなった。

表 2.5.11-3: キャッシュフロー　（単位：千ヌエボ・ソル）

項目	2007	2008	2009
営業活動			
収入			
顧客からの収入	1,007,187	1,071,318	1,218,625
税金からの収入	35,788	35,294	45,235
利息他の収入	12,393	21,644	19,832
その他活動からの収入	19,298	6,882	17,535
支出			
サプライヤーへの支出	-414,275	-511,942	-573,582
雇用者への支出	-157,041	-173,897	-220,367
法人税支出	-97,701	-128,366	-100,734
利子支出	-13,171	-19	-271
その他活動の支出	-23,830	-28,385	-28,147
営業活動によるキャッシュフロー	**368,646**	**292,528**	**378,127**
投資活動			
資産、機械、装置の購入支出	-378,020	-236,315	-259,080
固定資産購入による支出	-551	-216,618	-376,510
投資活動によるキャッシュフロー	**-378,570**	**-452,933**	**-635,590**
財務活動			
借入金による歳入	32,610	86,870	286,934
資本の増加による歳入	90,301	264,527	67,485
借入金利子	-47,415	-38,364	-35,601
配当金支出	-1,500	-196,191	-
財務活動によるキャッシュフロー	**73,996**	**116,842**	**318,818**
正味資金流入額	64,072	-43,563	61,355
期首資金残高	**109,683**	**173,756**	**130,193**
期末資金残高	**173,756**	**130,193**	**191,548**

出典: リマ上下水道公社監査済財務諸表 2007、2008、2009 年(Estados Financieros Auditados de SEDAPAL, 2007, 2008 y 2009)

(4) 財務・運営指標を用いた分析

1) 流動性

流動性分析では、SEDAPAL の短期的支払に対する換金性の高い資産の割合を分析した。流動率、及び当座比率は 2007 年から 2009 年にかけて上昇し、わずかに 100%に届かない状況である。従って、SEDAPAL は流動負債（短期借入金）をまかなうために十分な流動資産を保持していると言える。

2) 支払能力

負債比率は増加傾向にあり、0.64 に達している。これは総負債額が総資本（純資産）の 64%を占めていることを示す。総負債の 78%が長期債務からなること(2009 年)を考慮すると、負債比率の増加は、短期的には、運営上の脅威にはいえない。

レバレッジレイシオも増加傾向を示し、総資産のうち負債が増加傾向にあることを示している。

インタレストカバレッジレイシオは 2007 年と 2009 年に 1.0 以上となったが、2008 年はそれを下回っている。この数値は財務費用に対する内部的な収益能力（運営利益）を示す。2008 年の結果から分かるとおり、SEDAPAL は外貨借入において為替リスクにさらされている。

3) 採算性

リマ上下水道公社の採算性指標は 2007 年より 2009 年にかけて、順調な傾向を示している。

好調な売上高により、売上高に営業利益が占める割合を表す、売上高営業利益率は 20%以上の安定した数値を保持している。ただし、外貨交換レートの変動で、大きな財務損益を計上したため、2008 年の売上高純利益率は低い値となっている。為替変動のリスクを別にすれば、SEDAPAL は良好な採算性を確保できていると言える。

売上高純利益率、ROA、ROE も同様の理由により、2008 年に低下している。

4) 労務率（人件費／売上原価＋維持管理費）

リマ上下水道公社の労務率（人件費／売上原価＋維持管理費）は 2007 年～2009 年にかけて、52.4%から 42.2%にそれぞれ低下した。

5) 未収金回転期間

これは顧客がリマ上下水道公社に支払いを滞納している平均日数を示す。2007 年から 2009 年にかけて、滞納期間はほぼ 2.5 ヶ月と一定であり、2008 年と比較すると若干向上している。

表 2.5.11-4: 財務・運営指標

指標	単位	2007	2008	2009
財務				
流動性				
流動率　Current Liquidity Ratio （流動資産／流動負債）	−	0.87	0.98	0.99
当座比率　Acid-test Ratio （現金＋手持有価証券＋受取勘定÷流動負債	−	0.86	0.97	0.98
支払能力				
負債比率 Indebtedness Ratio （総負債／総資本）	−	0.45	0.63	0.64
レバレッジ・レイシオ Leverage Ratio （総負債／総資本）	%	0.31	0.39	0.39
利息補償率 Interests Coverage Ratio （事業利益（営業利益＋受取利息・配当金）÷支払利息・割引料）	−	1.53	0.61	1.21
採算性				
売上高営業利益率 Operating Margin （営業利益÷売上高）	%	20%	22%	21%
売上高純利益率 Net Margin （純利益÷売上高）	%	15%	0.4%	20%
ROA	%	2%	0.1%	4%
ROE	%	4%	0.1%	6%
管理能力				
未収金回転期間 Delinquency	日	74	76	72
労務率 Labor Ratio (人件費／売上原価＋維持管理費)	%	52.4	44.2	42.2
売上/総資産　Sales /Total Assets	−	0.17	0.18	0.18

出典: リマ上下水道公社監査済財務諸表 2007、2008、2009 年(Estados Financieros Auditados de SEDAPAL, 2007, 2008 y 2009)

(5) 過去の投資実績と財源（2005～2009 年）

2005 年から 2009 年の間、リマ上下水道公社の投資額は、主に上下水道サービスの向上、及び上下水道普及率拡大を目的とした「万人に水を(Programa Agua para Todos, または PAPT)」プロジェクトの実施ため、増え続けている。2005 年から 2009 年にかけて投資額は 261 百万ヌエボ・ソルから 768 百万ヌエボ・ソルへ 3 倍に増加した。

実施された投資の約 1/3（平均 29%）は、国際機関（IBRD、IADB、JICA や KfW など）からの外国借入金である。残りの 2/3 の資金は、SEDAPAL 自己資金、及び P「万人に水を」プロジェクトによる住宅建設衛生省からの補助である。過去 3 年間において、住宅建設衛生省からの財源の割合は投資額全体の 30%である。なお、住宅建設衛生省からの補助は、国庫から支出されている。

表 2.5.11-5: 投資と財源　(単位：千ヌエボ・ソル)

項目	2005	2006	2007	2008	2009
投資総額	260,740	221,547	353,820	419,082	767,892
財源					
外国借入	88,419	57,364	172,449	119,175	206,997
国内借入	-	-	-	-	-
自己資金 /住宅省からの補助	172,321	164,183	181,371	299,907	560,896

出典: リマ上下水道公社 年次統計-2009 (Annual Statistics -2009)

(6) リマ上下水道公社最適マスタープランにかかわる SEDAPAL の提案と SUNASS の評価

[SEDAPAL のマスタープラン]

リマ上下水道公社は、法令 N° 009-2007-SUNASS-CD により既定された方式に則り、2009 年に 2009～2013 年を対象とした最適マスタープラン(*Plan Maestro Optimizado,* 又は *PMO*)を作成した。

最適マスタープランの目的は、リマ上下水道公社がリマ首都圏とカヤオ市の 49 地区（District）において提供するサービス品質の中長期計画を策定することであった。計画はマスタープランにより定められた各条件によって調整されている。

[SUNASS の評価、提案]

2010 年 4 月から 2015 年 4 月の期間に、リマ上下水道公社がサービス地域（リマ首都圏 42 地区、カヤオ県 6 地区）へ上下水道サービスを提供するために必要な料金分析と評価を、SUNASS が行った。

この評価の目的は、持続的な財務・経済状況を保持し、かつ民活投資を実施する第 3 者に影響を与えない条件で、上下水道普及率拡大とサービス向上を達成するために必要な料金値上げの提示と、リマ上下水道公社実施の活動と事業を明確にすることである。

1) 投資計画

[SEDAPAL のマスタープラン]

表 2.5.11-7 に示すとおり、マスタープランでは 2009 年～2013 年 5 カ年において 4,084 百万ヌエボ・ソルに上る投資計画を、SEDAPAL は策定している。上記 5 ヵ年において、実施公共投資は、(i)リマ周辺地域の衛生改善事業 35%、(ii)「万人に水を」事業 35%、(iii)上下水道 1 次管の最適化および改善事業 7%、(iv)システム改修事業 12%、(v)その他 12%は組織改善、機材・機械調達事業に使用される。

リマ上下水道公社が取り組もうとしている、138 百万ヌエボ・ソルのメータ設置事業、131 百万ヌエボ・ソルの配管と料金管理に関する維持管理業務等の投資活動に関しても、計画が検討されている。前述の投資額と合算して、5 年間の合計投資額は約 4,353 百万ヌエボ・ソルと計画されている。

5 年間の投資計画のまとめを以下に示す。

表 2.5.11-6: 2009-2013 年 5 年間の投資計画　（単位：百万ヌエボ・ソル）

プロジェクト	2009	2010	2011	2012	2013	Total
1. リマ周辺部衛生改善事業	**373**	**389**	**433**	**170**	**64**	**1,429**
– １，２，３地区取水施設、ワチパ浄水場、北地区	256	295	130			681
– 上下水道配管施設最適化、セクター化、リハビリ、北部サービス局台帳、ワチパ浄水場、下水地域、チジョン浄水場	2	32	235	170	64	503
– 付帯工事、北地区	23	31	62			116
– 一般、2 次工事	92	31	6			129
2.「万人に水を」事業、I, II, III フェーズ	**238**	**266**	**429**	**418**	**328**	**1,679**
3. 上下水道 1 次管の最適化および改善事業	**15**	**5**	**28**	**94**	**138**	**280**
4. システム改修事業	**27**	**114**	**61**	**118**	**161**	**481**
5. 組織改善、機材・機械調達事業	**75**	**50**	**41**	**35**	**15**	**216**
総予算	**728**	**824**	**992**	**835**	**706**	**4,084**

出典: リマ上下水道公社最適マスタープラン、2009 年 7 月

2) 民間コンセッション形式で実施された投資

SEDAPAL マスタープランは、主に水源開発や汚水処理を目的とした、民間資金活用の投資を含んでいる。

この手法による投資事業は、(i)リマック川からのウアスカコチャ導水、(ii)タボアダ下水処理場と海中放流、(iii)ラ・チラ下水処理場と深海排出口、(iv)南部水(*Aguas del Sur)*プロジェクト（塩水淡水化プラント）が、民間資金による実施案件として計画されている。

これら事業は BOT（Build , Operate, Transfer）契約により実施される。事業の設計、建設、運営、維持管理は 25 年間のコンセッション期間、契約者に委ねられる。契約者は、彼らに初期投資と O&M 費用を支払う義務のあるリマ上下水道公社にサービスを提供する。

公開されている資料より、プロジェクト毎の民間財源額を以下の表 2.5.11-7 に示す。

表 2.5.11-7: 民活事業の財源額（単位：百万ヌエボ・ソル）

プロジェクト	合計額
リマック川からのウアスカコチャ導水	37.9
タボアダ下水処理場と深海排出口	101.6
ラ・チラ下水処理場と深海排出口	63.9
南部水(*Aguas del Sur)*プロジェクト	131.2

出典: リマ上下水道公社最適マスタープラン、2009 年 7 月

3) 投資の財源

[SEDAPAL のマスタープラン]

2009 年から 2013 年における、投資計画は合計で 4,084 百万ヌエボ・ソルとなり、そのうち 48.6%(1,984 百万ヌエボ・ソル)を外貨借入、27.3%(1,115 百万ヌエボ・ソル)を国庫、残りの 24.1% (985 百万ヌエボ・ソル)を自己資金から賄う。

各年度の必要財源を表 2.5.11-8 に示す。

表 2.5.11-8: 財源　（単位：百万ヌエボ・ソル）

年	外貨借入		国庫	自己財源	合計
	契約済	契約予定			
2009	275	167	145	147	728
2010	187	274	150	177	825
2011	120	365	339	179	991
2012		300	329	293	834
2013		277	240	189	706
合計	384	1, 600	1, 115	985	4, 084

出典: リマ上下水道公社最適マスタープラン、2009 年 7 月

4) 運転費用予測

[SEDAPAL のマスタープラン]

上下水道の恒久的な運転費用を計上するため、リマ上下水道公社は SUNASS が規定した会計基準に基づき、投資資金や引当金や含まない、運転費用を確保することになっている。表 2.5.11-9 に 5 年間の計画を示す。

表 2.5.11-9: 運転費用予測 [1/]　（単位：百万ヌエボ・ソル）

項目	Year 1	Year 2	Year 3	Year 4	Year 5
運転費用	589.8	629.6	881.0	966.9	947.7
引当金	270.0	309.4	330.3	335.9	344.9
投資	57.8	55.0	54.5	51.3	50.2
合計	**917.6**	**994.0**	**1,265.8**	**1,354.1**	**1,342.8**

1/ タボアダ下水処理場とウアカコチャ導水の投資額と運営管理費用を含む

出典: リマ上下水道公社最適マスタープラン、2009 年 7 月

5) 収入予測

[SEDAPAL のマスタープラン]

リマ上下水道公社は通常の上下水道の収入、及び付帯して発生する新規接続費の収入、を計画期間において試算した。

売上高は新規ユーザーの増加も影響し、2009 年の 12.67 億ヌエボ・ソルより、2013 年には 15.27 億ヌエボ・ソルへ増加する予定である。概要を表 2.5.11-10 に示す。

収入の増加は、接続数の増加、商業効率性の向上、それに 5 年計画の当初 3 年間に 10.26%ずつ予想される料金改定、といった実質的な徴収能力向上によってもたらされる。

表 2.5.11-10: 収入予測　（単位：千ヌエボ・ソル）

項目	Year 1	Year 2	Year 3	Year 4	Year 5
上下水道サービス [1]	1,290.8	1,290.8	1,441.6	1,460.1	1,479.8
付帯サービス	90.1	104.2	115.7	62.7	37.8
その他収入	2.3	6.6	8.1	10.0	8.9
合計	**1,383.2**	**1,401.6**	**1,565.4**	**1,532.8**	**1,526.5**

1/ 上下水道サービスは総収入の 94%を占める。

出典: リマ上下水道公社最適マスタープラン、2009 年 7 月

6) 料金改定の決定

[SEDAPAL のマスタープラン]

「上下水道法 Act26883」、及び料金規定に基づき、リマ上下水道公社は次期 5 年計画の当初 3 年間に、10.26%ずつの料金上昇を申請した。

年	料金上昇率（%）
1	10.26
2	10.26
3	10.26
4	0.00
5	0.00

自己資金利用に求められる利息として、SUNASS は 6.12%の**資本加重平均コスト**（WACC）を用いた。

(7) SUNASS の評価、提案

1) 投資計画

SUNASS は、リマ上下水道公社が策定した最適化マスタープランによる情報を基づき、3,383 百万ヌエボ・ソルの投資額を提案した。本投資は、(i) リマ周辺地域の衛生改善事業 28%、(ii) 「万人に水を」事業 52%、(iii) 上下水道 1 次管の最適化および改善事業 9%、(iv) システム改修事業 5%、 (V) その他 6%は組織改善、機材・機械調達事業から成る。

SUNASS が再計算した投資計画総額は、SEDAPAL マスタープランに比べ、7.01 億ヌエボ・ソル（表 2.5.11-11 参照）小さくなっている。

表 2.5.11-11: 2010-2014 年の 5 年間の投資計画　（単位：百万ヌエボ・ソル）

プロジェクト	2010	2011	2012	2013	2014	合計
1. リマ周辺地域の衛生改善事業	370	225	243	109	―	**947**
2. 「万人に水を」事業、I,II,III フェーズ	311	391	363	360	348	**1,773**
3. 上下水道 1 次管の最適化および改善事業	0.43	9	35	80	175	**299**
4. システム改修事業	0.51	9	49	66	45	**170**
5. 組織改善、機材・機械調達事業 1/	45	33	54	26	30	**189**
6. その他 2/	―	1	4	―	―	**5**
総予算	**727**	**667**	**744**	**642**	**598**	**3,383**

1/ 事業監理、機械、装置、運転を含む
2/ 2009 年の事業清算を含む
出典: リマ上下水道公社 料金調査(*Estudio Tarifario SEDAPAL – SUNASS*)、2010 年 4 月

2）財源

SUNASS が提案した 2010 年から 2014 年の 5 年間の投資計画は、総額 33.83 億ヌエボ・ソルであり、財源の内訳は以下のとおりである。47% (1,581 百万ヌエボ・ソル)を契約済・契約予定の外貨借入、31% (1,051 百万ヌエボ・ソル)を自己資金、12% (403 百万ヌエボ・ソル)を国庫からの補助金、残りの 10% (347 百万ヌエボ・ソル) を新規接続費から賄う。

表 2.5.11-12: 各年度の財源まとめ　（単位：百万ヌエボ・ソル）

年	外貨借入	国庫	自己財源	新規接続	合計
2009					
2010	398	132	172	26	727
2011	241	189	218	20	668
2012	351	82	190	125	748
2013	337	-	225	80	642
2014	255	-	246	96	598
合計	1,581	403	1,051	347	3,383

出典：SEDAPAL 料金調査(*Estudio Tarifario SEDAPAL – SUNASS*)、2010 年 4 月を基に調査団が編集

3）運転費用の予測

SUNASS は料金設定モデルを用い、投資、運転、税金、及び財務費用をまかなうことができる費用を算出している。

表 2.5.11-13: 運転費用の予測　（単位：百万ヌエボ・ソル）

項目	Year 1	Year 2	Year 3	Year 4	Year 5
運転費用 1/	586	648	692	703	716
その他運営費用	13	13	13	13	13
合計	**599**	**661**	**705**	**716**	**729**

1/ 運転費用には減価償却、不良債務 bad debt provisions、contribution by regulation は含まない
出典: リマ上下水道公社 料金調査(*Estudio Tarifario SEDAPAL – SUNASS*)、2010 年 4 月

4）収入予測

SUNASS は、通常の上下水道サービス料金、新規接続料金、及び未払利用者の遅延料金の収入を試算した。

売上高は新規ユーザー数増と商業効率の向上により、2010 年の 1,201 百万ヌエボ・ソルから、2014 年の 1,525 百万ヌエボ・ソルに増加する予定であり、本試算はリマ上下水道公社が実施した計画に似たものとなっている。なお、計算された収入は、計画料金改定（1，2，3 年目に各 2.0%、2.0%、2.3%）を反映し、普及率増加と商業効率の向上予測に基づいている。

表 2.5.11-14: 収入予測　（単位：百万ヌエボ・ソル）

項目	1 年目	2 年目	3 年目	4 年目	5 年目
上下水道サービス [1]	1,111.6	1,163	1,252	1,333	1,425
付帯サービス	75	66	85	100	81
その他収入	15	21	21	21	19
合計	**1,201**	**1,250**	**1,358**	**1,453**	**1,525**

1/ 上下水道サービスは総収入の 93%を占める。

出典: リマ上下水道公社 料金調査(*Estudio Tarifario SEDAPAL – SUNASS*)、2010 年 4 月

5）料金改定

「上下水道法 Act26883」、及び料金規定に基づき、中期平均費用、及び財務的にそれに対応する料金を設定した。自己資金利用に求められる利息として、SUNASS は 3.92%の資本加重平均コスト（WACC）を用いた。

これに従い、SUNASS の実施した経済財務分析による料金改定は、表 2.5.11-15 のとおり 1、2、3 年目に各 2.0%、2.0%、2.3%とした。

SUNASS が承認した料金改定は、リマック川からのウアスカコチャ導水、タボアダ下水処理場の各プロジェクトのコンセッション契約を考慮している。さらに、ワチパ浄水場と北部地区の実施も考慮している。

表 2.5.11-15: 料金改定

年	上水道	下水道
1	2.0%	2.0%
2	2.0%	2.0%
3	2.3%	2.3%
4	0.0%	0.0%
5	0.0%	0.0%

出典: SEDAPAL(*Estudio Tarifario SEDAPAL – SUNASS*), Abril 2010.

料金設定は 2010 年 4 月 16 日に法令 018-2010-SUNASS-CD[1] として SUNASS により承認され、2010 年 5 月より適用された。

リマ上下水道公社の料金設定は、上水道と下水道に分割されており、5 年間毎に平均体積当たり料金改定が、「上下水道法 Act26883[2]」、及び「料金規定[3]」に基づき決定される。

決定方法は、以後 5 年間における投資額、支出総額、収入予測が算出された後、公社の財務状況を勘案した資本加重平均コスト（WACC）を割引率として収支のキャッシュフローを割り引く。5 年間の合計において、その純現在価値がゼロ、つまり収入と収支が一致する条件での料金値上げが認められることとなる。

この料金計画は、はじめにリマ上下水道公社が作成したものを監査機関である SUNASS が承認する手順となっているが、決定の根拠となる投資額、収支予測、資本加重平均コストの設定が異なる場合、値上げ幅に差異が発生するため、最終的に両者で合意する条件が決められる。

以下の表 2.5.11-6 に、2010 年に決定された際の条件、及び決定事項を示す。また、後ろの章において、リマ上下水道公社最適マスタープラン、SUNASS 料金調査、及び最終決定事項時の条件について記載する。

T1 = To (1+0,020)(1+Φ)	To: 現在の平均料金
T2 = T1 (1+0,020)(1+Φ)	T1: 1 年目の平均料金
T3 = T2 (1+0,023)(1+Φ)	T2: 2 年目の平均料金
T4 = T3 (1+0,000)(1+Φ)	T3: 3 年目の平均料金
T5 = T4 (1+0,00)(1+Φ)	T4: 4 年目の平均料金
	T5: 5 年目の平均料金
	Φ: 卸売物価指数(WPI)の上昇率

(9) リマ上下水道公社最適マスタープランと SUNASS 料金分析との違い

リマ上下水道公社は法令 018-2010-SUNASS-CD において決定された、2010 年から 2014 年の 5 年間の料金設定・体制、管理目標の内容に関する料金分析について、見解の相違を表明した。従って、リマ上下水道公社は SUNASS に対して、解決のために再検討の申し立てを実施した。その文書の主な項目は以下のとおりである。

- リマ上下水道公社の最適化分析マスタープランの評価 5 年間は 2009 年から 2013 年であり、それに対して SUNASS の料金分析は 2010 年から 2014 年の評価期間で実施されている。従って、営業費用と利益の計算は異なった基準年の設定により、差異が発生している。

[1] *Resolución del Concejo Directivo Nº 018-2010-SUNASS-CD*
[2] *Texto Único Ordenado de la Ley General de Servicios de Saneamiento, Ley 26883*
[3] *Reglamento General de Tarifas*

- リマ上下水道公社の最適化分析マスタープランの投資計画は、2009 年から 2013 年において、総額が 40.84 億ヌエボ・ソルであった。2010 年から 2014 年の将来計画でリマ上下水道公社が再計算したところ、総額は 45.25 億ヌエボ・ソルに増加した。
- SUNASS の料金分析では、リマ上下水道公社から提案された投資総額を 2010 年から 2014 年の期間において、総額 33.83 億ヌエボ・ソルと 30%低く計算した。リマ上下水道公社のレポートでは、投資額の低減の他、5 年間に実施される複数の事業、財務活動費用が減らされている。
- リマ上下水道公社の計算では、4.5 億ドル分の事業に関し、契約が終了して建設実施段階にある。もし SUNASS の決定した料金改定に従った場合、それらの事業実施が危うくなる。その他に、4.42 億ヌエボ・ソル分の商業的な維持管理業務予算が排除されていたが、すでに第 3 者委託の契約が結ばれている。
- SUNASS の料金分析は、5 年間の投資計画において、契約済借入金を 9.65 億ヌエボ・ソル、契約予定の借入金を 6.89 億ヌエボ・ソルと想定している（分析レポートの表 7.2 参照）が、後ろの数値（予定中の金額）はより大きくなる。リマ上下水道公社が確認したところ、3.68 億ヌエボ・ソルの外国借入のうち、3.43 億ヌエボ・ソルの契約済分が費用に含まれているのに対して、残り 0.25 億ヌエボ・ソルの契約予定分が含まれていない。
- SUNASS が料金計算のために算出した、リマ上下水道公社が中期計画で返済する外国借入金額は、差異が 3.46 億ヌエボ・ソルとなっているが、金額が過大評価されている。返済金額は、公共債権年度法により財務省、それに年度予算が FONAFE に承認される必要があることを明記する。
- 管理目標に関し、上水道と下水道の接続数増加に相違がある。承認された管理目標では、SUNASS はより少ない接続数を示している。
- SUNASS の料金分析は、表 2.5.11-16 で示すとおり、資本加重平均コスト（WACC）の値を 3.92%に修正している。それがより少ない料金値上げに結びついている。

表 2.5.11-16 資本加重平均コスト（WACC）

項目	リマ上下水道公社 [1]	SUNASS [2]
	数値	数値
資本コスト　Cost of Capital	**11.17%**	**10.96%**
非危険利子率 Risk-free Rate	3.35%	3.41%
ベータ値　Beta	0.82	0.82
市場リスクプレミアム Marekt Risk Premium	6.57%	6.57%
国家リスク Country Risk	2.43%	2.16%
実借入費用 Actual Debt Cost	**1.68%**	**1.87%**
借入利子 Debt Rate	2.52%	2.81%
法人税 Income Tax	30%	30%
利益分配 Share of Profits	5%	5%
名目資本費用 Cost of Nominal Capital	**8.02%**	**7.42%**
通貨下落率 Devaluation	0.60%	-1.23%
インフレ率 Inflation	2.40%	2.10%
資本コスト Effective Cost Capital S./	**6.12%**	**3.92%**

1/ リマ上下水道公社最適マスタープラン（PMO de SEDAPAL）、2009 年 9 月

2/ リマ上下水道公社の料金分析-SUNASS(*Estudio Tarifario SEDAPAL – SUNASS*)、 2010 年 4 月

- 2010 年 3 月、料金設定・体系・管理目標の決定以前に、リマ上下水道公社は選択されるべき割引率について SUNASS と（2010/3/29 付レター528-2010-GG で）ESAN 大学のレポート 001-2010-*Grupo de Trabajo* を引用して連絡をとった。その数値は内貨において 9.22%であり、SUNASS の計算で使用された値より大きい。
- リマ上下水道公社は、割引率に関する前述の ESAN 大学の調査は詳細分析に基づいており、信頼できるものであるため、全体料金管理（General Regulation of Tariffs）の添付 No5（資本加重平均コストの数値）情報は修正されるべきだと考える。
- リマ上下水道公社の結論として、直近 3 年間における過小な料金値上げは、今後 5 年間の分析機関において経済・財務バランスの破綻を引き起こす。

(10) SUNASS の料金改定、料金体制、管理目標に関する最終決定

リマ上下水道公社が指摘する根拠が一部認められ、SUNASS は 2010 年 6 月 16 日の法令 026-2010-SUNASS-CD により、2010 年から 2014 年における修正された料金改定、料金体制、管理目標の内容が公開された。

2.5.12 組織体制と法的枠組み

リマ市上下水道公社の概要、責任事項の他、サービスを提供するための組織体制と役割、管理基準、環境改善への取り組み、人材について本章において述べる。

(1) 概要

リマの上水道と下水道を提供する会社（*Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima SA,* or SEDAPAL）は公的に所有され、企業として設立された。これはリマの公的記録 02005409 に記載され、1981 年 6 月 12 日に発行された法令第 150 条、に基づいて設立された。1998 年 11 月 25 日以降、「公的ビジネス活動を行う公的資本会社(*Corporación Fondo Nacional de Financiamiento de la Actividad Empresarial del Estado,* FONAFE)」に基づき、公社となった。

公社の条件は、法令と一般会社法第 26887 とその拡張、修正により規定される。同様に公的事業活動法第 26887、及び公的事業活動を行う公的資本会社第 27170 の修正（1999 年 9 月）でも規定されている。これらの法律は、会社の経済、財務、労務、その他統率と管理システムも規定している。

住宅建設衛生省の決定を受けて、SEDAPAL の義務と業務目的は 2006 年 3 月の法令 28696 により、リマ地域（Area）のリマ首都圏及びカヤオ特別区を含むと修正された。

現在、SEDAPAL のサービスはリマ首都圏の 49 行政区に提供され、そのうち 46 行政区にトータルサービス、3 行政区に部分的なサービスを提供している。

SEDAPAL の業務目的は、上水道と衛生サービス（下水道）を提供することであり、以下のサービス、システム、活動項目から構成される。

1) 上水道サービス

   取水、原水の導水と貯蔵、浄化処理とその送水、処理水の送水から成る生産システム、及び配水タンク、配水管、消費者への配水システム、検針を含む家庭接続、公共水栓、その他から成る配水システム、

2) 下水道サービス

   家庭接続、汚水溜め、下水管、送水システムから成る下水収集システム

3) 下水処理と廃棄

4) 汚水排除の衛生システム、下水接続の無い便所や浄化槽のシステム

5) 海洋環境を守る事業に関連する環境保護活動

   上記サービスは、法令 26338（General Law of Sanitation Services）、及び法令 023-2005-VIVIENDA により承認された一般衛生法（*Texto Único Ordenado del Reglamento de la Ley General de Servicios de Saneamiento*）によって監理される。

(2) 組織・運営構造

SEDAPAL は理事局（総裁と理事から成る）、総括局、提案・支援室と管理局の他、内部監査局から成る。

最新の組織図は、2010 年 3 月の理事局規定 007-2010 で修正された。

1) 本部（ラ・アタルヘア）

SEDAPAL の本部はラ・アタルヘア浄水場に位置している。「総務局」、「人事局」、「財務局」で構成される、General Management Department では約 200 名が働いている。

拡張・改修事業の計画、実施、監理は主に「開発・調査局」と「事業・工事局」が担当している。これら活動実施を目的として 240 名程度が雇用されている。

上記で述べた管理活動以外では、「浄水・配水局」と「下水道・処理局」が上水道と下水道、井戸水と揚水ポンプの運転、上下水の水質管理を実施しており、合計約 450 名が勤務している。

2) サービスの運転管理（北部サービス局）

上下水道サービスの運転管理は、地方サービス局が実施する。SEDAPAL のサービス地域は、３つの管理エリアに分割されており、その下に全部で７つの管網保全チームが日常の上下水道施設の運転管理を実施している。全ての地域の運転管理は合計約 600 名の管理職職員やオペレーターで実施されている。

北部サービス局（GSN）は、コマスとカヤオの２つの管網保全チームから成る。

事業収入を管理する「商業局」には約 600 名が雇用されており、メータの検針、料金票の発行、料金徴収等の仕事により、本部と７つの地方サービス局に分かれて勤務している。

本事業の対象地域は、カヤオ地区に含まれるセクター259 のマルケス（Márquez）地区を除き、その他の地域は全てコマスの維持管理チームの担当エリアに配置されている。コマスサービスチームは、日常的に発生する漏水や配管詰まり等、顧客からの上下水道サービスへのクレーム対応を実施している。

SEDAPAL の戦略として、コスト縮減と効率性向上を目的とし、新規拡張工事、既存施設の交換・改修工事に関して第 3 者への委託を行っている。本戦略に則り、地方サービス局では最低限の業務能力のみを有している。

後述の 2.5.12-(7)において、事業実施に関連する各チームの運転業務概要を提示する。

各実施チームと管轄局を、最新（2010 年 7 月）の組織図（図 2.5.12-1）に示す。

(3) 法的枠組み

SEDAPAL の事業目的と業務内容は、以下の法令、条例、修正に基づいて実施されている。

- Statute and General Policy for Water and Sewerage Service in Lima – SEDAPAL (Estatuto y Política General del Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima – SEDAPAL)
- General Corporations Law (Ley General de Sociedades), Law N° 26887 (19/11/1997)
- Law N° 27170 – Law of the National Funding Corporation for Financing of State Business Activity (Ley del Fondo Nacional de Financiamiento de la Actividad Empresarial del Estado)
- Law 26338, Sanitation Services General Law, (Ley General de Servicios de Saneamiento). (24/July/1994)
- Supreme Decree N° 023-2005-Vivienda, Single Revised Text of the Rules of the General Sanitation Services Law (Texto Único Ordenado del Reglamento de la Ley General de Servicios de Saneamiento), Ley N° 26338 (1/December/2005).
- Law Decree Nº 25965; Law of the Creation of the National Superintendency of Sanitation Services (Ley de Creación de la Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento).
- General Regulation of National Superintendency of Sanitation Services (Reglamento General de Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento), Supreme Decree Nº 017-2001-PCM.
- 複数年度セクター計画（2008～2015 年）Multi-Annual Strategic Sectoral Plan 2008-2015, RM Nº 920-2008-Vivienda, of the Ministry of Housing Construction, and Sanitation (31/12/2008)
- SEDAPAL の組織計画（2009～2013 年）SEDAPAL´s Institutional Strategic Plan 2009 - 2013
- SEDAPAL の最適マスタープラン（2009～2013 年）SEDAPAL Master Plan 2009-2013
- SEDAPAL 活動・財務計画（2010 年）SEDAPAL´s Institutional Operative Plan and Budget Plan for 2010

(4) 運営ガイドライン

SEDAPAL は運営計画・管理のために以下の様な複数のガイドラインを持つ。

組織と業務の規定(ROF)、組織・職務マニュアル (MOF)、要員配置表 (*Cuadro de Asignación de Personal*,CAP)、要員費用分析 (*Presupuesto Analítico de Personal*, PAP)、事務所分類、内部業務規定 (*Reglamento Interno de Trabajo*, RIT)、要員報酬方針と業務プロセスマップ

さらに、最適化マスタープラン(OMP) 2009-2030 年、2010 年活動・財務計画、住宅建設衛生省の複数年度セクター計画 2008-2015 年(RM 920-2008 –VIVIENDA del 31/12/2008)に対応した組織計画が存在する。

同じく、2010 年から 2015 年の料金体系に関し、SEDAPAL の料金計画に基づき、2010 年 4 月に衛生事業国家監督署（SUNASS）が料金体系と事業目標を承認した。

また、情報公開と透明性に配慮する法令 27806 (2003/7/8)により、運営情報は公社のホームページに公開されている。

(5) 環境への公約

SEDAPAL は統合管理システム(*Sistema de Gestión Integrado*, SGI) (ISO 9001: 2008 –品質、ISO 14001: 2004 –環境、OHSAS 18001: 2007- 労働安全衛生)を有している。品質、環境、労働安全衛生を管理する本システムは、品質と環境保全、勤務者の安全と衛生条件の国際基準を補償している。

SEDAPAL による上記資格の取得は、コスト縮減、効率性向上、要員の生産性・動機付け・参加意識の改善、市場の占有、資源利用の最適化等に利すると考えられる。

国際的な規定に基づいた統合管理システム適用により、全業務のより良い統合管理と、逸脱した場合の適切な修正が行われる。

公共サービス会社として、SEDAPAL は効果的な運営による適切なサービス品質の達成が求められる。従って、品質・環境の ISO と労務安全衛生の OHSAS の統合管理システムの厳格な実施により、品質確保、環境保全達成、要員の安全管理に努めている。

(6) 人的資源

2009 年 12 月において、公社の正規要員 2,159 名（うち総合職 1,480 名、労働者 667 名、条例 728 に基づく長期雇用者 12 名）が異なる部署で勤務している。

北部サービス局には、表 2.5.12-1 のとおり、合計 217 名（全体の 10.1%）、うち 75 名の総合職（マネージャー、チームリーダー含む）と 141 名の労働者が勤務している。

表 2.5.12-1: 雇用体系による要員分配

雇用体系	SEDAPAL 管轄		北部サービス局管轄
	2005	2009	2009
マネージャー	11	9	1
チームリーダー	68	77	4
総合職	1,282	1,394	70
労働者	655	667	141
契約労働者	160	12	1
合計	2,176	2,159	217

出典: SEDAPAL 2009 年間統計、2010 年 3 月

労働生産性の指標である「1000 接続毎の要員数：」によると、2005 年の 1. 95 から 2009 年の 1. 67 に数値が減少し、生産性は過去数年で大幅に改善している。これら数値は国際標準である 1000 接続当たり 5 人という数値よりも低い。この改善は、要員が増加しない状況（表 2.5.12-2 参照）で、上下水道のサービス拡張事業実を実施している「全員に水を(Programa Agua Para Todos)」プロジェクトを進めている結果である。

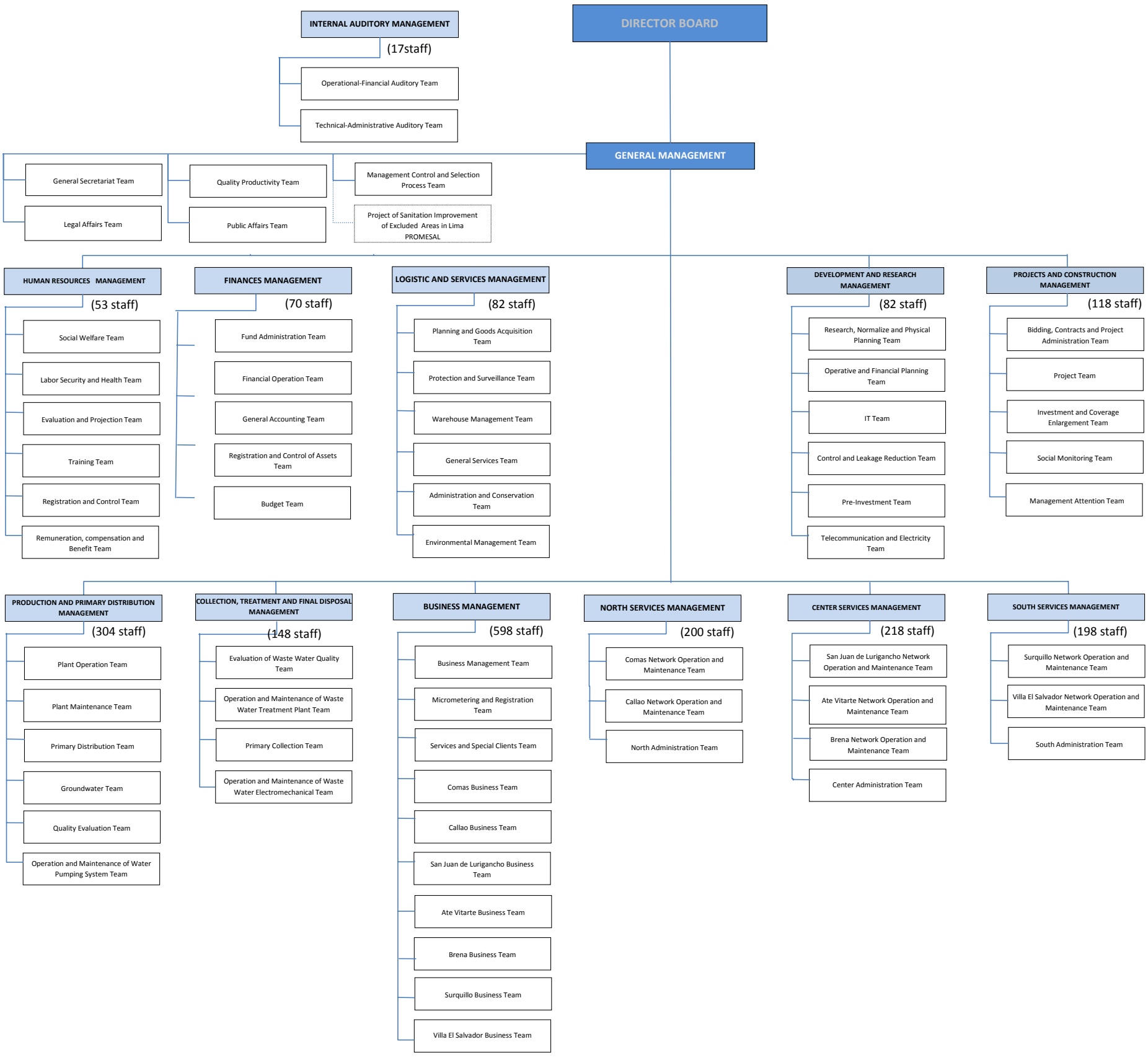
表 2.5.12-2: 労働生産性指標

年	接続数	要員数：	1000 接続毎の要員数：
2005	1,135,184	2,176	1.92
2006	1,144,181	2,224	1.94
2007	1,194,879	2,217	1.86
2008	1,230,638	2,176	1.77
2009	1,293,348	2,159	1.67

出典: SEDAPAL 2009 年間統計、2010 年 3 月

(7) 事業形成、実施、維持管理に関連するチーム

事業形成調査時、及び事業実施時においては、地マ上下水道公社の複数のチームが関連する。主要な各チームの勤務者数、業務内容、維持管理機材の概要を以下に示す。



出典：JICA 調査団

図 2.5.12-1: SEDAPAL の組織図概要（2010 年 7 月）

表 2.5.12-3: 事業形成、実施、維持管理に関連するチーム概要

管轄局	チーム	主な業務内容
本部　ラ・アタルヘア		
総括局	(1) リマ周辺部衛生改善事業（PROMESAL）チーム	事業実施段階における、事業の実施監理と承認
開発・調査局	(2) 投資前評価チーム	事前調査の計画と監理
	(3) 地下漏水削減・管理チーム	地下漏水の発見と補修、施設と事故台帳の最新化
事業・工事局	(4) 社会事業管理チーム	工事前説明会、衛生教育等の社会的利益評価の計画と監理
浄水・配水局	(5) 1 次配管チーム	上水道の 1 次配管とバルブ類の運転維持管理
下水道・処理局	(6) 1 次下水管チーム	下水道の 1 次管、マンホール、送水施設の運転維持管理
商業局	(7) 顧客サービスチーム	電話、ネットによる顧客のクレーム収集、補修を担当する維持管理チームへの連絡
	(8) コマス、カヤオサービスチーム	料金請求・徴収の運営管理
北部サービス局		
北部サービス局	(9) コマス配管維持管理チーム	2 次管と家庭接続を含む上下水道施設の運転維持管理
	(10) カヤオ配管維持管理チーム	
	(11) 管理チーム – 北部	地方サービス局の運営管理

出典：JICA 調査団

＜本部　ラ・アタルヘア＞

1) リマ周辺部衛生改善事業（PROMESAL：Proyecto Mejoramiento Sanitario de las Areas Marginaled de Lima）チーム、総括局

(a) 要員数：：5 名

(b) 業務概要と組織の枠組み：

- 事業のための年間調達・契約計画を立案し、定期的に評価する
- 年間事業投資予算を計画し、毎月進捗を評価する
- JICA や世銀といった開発機関との借款契約を以下の活動により管理する
  - ✧ 事業の財務的な項目において、SEDAPAL の代表として活動する
  - ✧ 年度投資、プログラム予算を立案・管理する
  - ✧ 国際基準に沿って、業務指示書を作成する
  - ✧ 外国借入による物品調達、コンサルタント契約、業務契約において、最新の法令を守った選定プロセスを管理する。
  - ✧ 外国借入の支出を管理する
  - ✧ 事業報酬支払を実施する
  - ✧ 選定プロセスを通して各種契約を管理する
  - ✧ 調査と実施において技術面に関する項目に対し、技術支援チームをコーディネイトして対応する

- ✧ 事業の評価活動を実施し、進捗を管理する
- ✧ 財源と財務を管理する
- ✧ 物品、業務、工事の契約において、支払の修正・承認を実施する
- ✧ 事業の財務情報を作成する
- ✧ 事業進捗の定期的な報告書を作成する
- ✧ 公的機関、民間会社、市役所、裨益住民に対し、事業実施の調整と促進を実施する

➢ 上下水道の 2 次配管と家庭接続の事業に関し、技術支援チームの承認後、事業・工事局の承認に関する手続きを実施する

2) 投資前評価チーム、開発・調査局

(a) 要員数：8 名

(b) 業務概要と組織の枠組み：

➢ SNIP の枠組みに沿い、技術、経済、組織、社会、環境の観点から社会投資事業の投資前調査を評価する

➢ 投資前調査を承認、証左、却下するための技術レポートを発行し、公共投資の実施妥当性を明言する

➢ 総括局、開発・調査局、事業形成ユニット、評価ユニット等の要望に沿って、技術面、SNIP 規定に関する書類・報告書を作成する

➢ SNIP の技術・管理的規定に沿い、事業形成ユニットに事業投資・評価のための技術的支援を提供し、投資前調査の業務指示書を作成する

➢ SNIP の技術・管理的規定に沿い、事業形成ユニットに事業投資・評価のための能力向上活動を実施する

➢ SNIP の基準により特別な対応が必要となる場合、事業妥当性に関する技術的提案書を作成する

➢ SEDAPAL が実施する投資事業の実施・評価に関し、OPI-Vivienda（住宅建設衛生省）や DGPMSP-MEF（経済財政省）、またはその他の予算管理機構との調整を行う

➢ OPI、リマ市役所の希望により、上下水道の投資事業形成・評価に関する法的事項の調整を行う

3) 地下漏水削減・管理チーム、開発・調査局

(a) 要員数： 20 名

(b) 業務概要と組織の枠組み：

➢ 配水システムの水量計の計画、設置、測定

➢ 配水システムの漏水管理の計画、実施、評価と対処的保全実施

➢ 配水セクター化の調整、支援、及び操作性の評価、改善、対処的保全の実施

- 漏水管理の活動実施
- 台帳の整理と最新化

(c) 保有資機材：

表 2.5.12-4: 漏水探査チームの使用機器

資機材	数量
・ 調査用車両	4
・ 相関式漏水探知機	4
・ 設置式流量計	4
・ 音聴式漏水探知機	4
・ 金属探知機	4
・ 漏水探知機	8
・ 発電用機材	4
・ 掘削機	4
・ 機材 1 式	4

出典：JICA 調査団

4) 社会事業管理チーム、事業・工事局

(a) 要員数： 14 名

(b) 業務概要と組織の枠組み：

- 事業・実施局が担当する事業の実施前・中・後に実施される社会参加活動の管理、支援、評価
- 市民グループの要望事項に対する、市役所、省庁、公共・民間企業の調整
- 実施チームが工事実施前に、道路占有と土地取得に関する免許、許可、権限を取得するための手続き支援
- 事業・実施局と協力し、調査と事業における協力同意書の作成・提案する

5) 1 次配管チーム、浄水・配水局

(a) 要員数： 85 名

(b) 業務概要と組織の枠組み：

- 1 次送水システム（配管、バルブ、減圧機、陰極防食）保全計画の策定、提案、調整、管理、評価
- 1 次送水システムの自動管理システム（*sistema de supervisión y control automatizado,* SCADA）の計画、提案、調整、管理、評価
- 数学的シミュレーションモデルを用い、各種条件での 1 次送水システムの水理状況を分析
- 維持管理チームと協力し、生産が減少する各種条件（満潮、引潮、渇水他）の給水計画分析、評価、計画
- 配管破壊によるサービス停止からシステムを回復させるための施工監理、評価、分析
- 水販売者から提供される水量の照査・承認

6) 1次下水管チーム、下水道・処理局

(a) 要員数： 33名

(b) 業務概要と組織の枠組み：

- 1次下水管と送水装置の維持管理計画の策定・調整・管理・評価
- 1次下水管と送水装置の管詰まり、管破壊を修復
- 交通障害緩和など、公共道路での工事実施を管理
- 1次下水管の接続に関する工事承認、監理、実施

7) 顧客サービスチーム、商業局

(a) 要員数： 61名

(b) 業務概要と組織の枠組み：

- 大口顧客のビジネス管理に関する計画と予算策定、実施、管理、評価
- 公共水源、独自水源、地下水源を利用している顧客の管理、評価
- 大口顧客の監査・管理計画の策定と実施
- 上下水道の大口顧客のクレーム処理
- SEDAPALのサービス向上計画と提案

8) コマス、カヤオサービスチーム、商業局

(a) 要員数： 84名、48名

(b) 業務概要と組織の枠組み：

- 以下の事業実施に関する活動実施:
  - ✧ メータの検針、料金請求、徴収、顧客支援の運営と改善のための提案、調整
  - ✧ 料金徴収に関する法的調査
  - ✧ 給水サービスの閉鎖と再開に関する計画、実施、管理、立会い
  - ✧ 家庭接続手続きの開発、管理、立会い
  - ✧ 上下水道とそれに付随する収入の管理と日常的な報告実施
- 不法接続による不正サービス使用が多いセクターを確定し、防止するための、予防保全的事業計画を立案・実施する

＜北部サービス局＞

9) コマス配管維持管理チーム 、北部サービス局

(a) 要員数： 121名 (2010年6月)

(総括 4、運転管理グループ 11、配水グループ 36、下水道グループ 42、

家庭接続グループ 28)

(b) 業務概要と組織の枠組み：

- 上下水道の 2 次配管の維持管理計画の策定・調整・管理・評価、及び発生事故への対応
- 上下水道の家庭接続に関し、新設、修復、維持管理工事の計画・実施・管理・評価
- メータに関する設置、交換、消耗部品交換等工事の計画・実施・管理・評価
- 配水タンク、井戸、水理管理設備の清掃、消毒業務の計画・立会い・管理・評価
- 上下水道の既存 2 次配管から、新規の家庭接続、コミュニティまたはキンタに対する技術的支援と承認（キンタとは、長屋上にある建物のコミュニティメンバーが 1 つの給水口からサービスを受けるシステム様式）
- 2 次配管網と家庭接続の水質管理
- チームが保有する機械、資機材、車両の予防・対瞻的維持管理の計画と実施
- 現在の法律に従い、顧客のクレームや要求に対処する。
- 上下水道の配管・家庭接続の台帳に関する業務の調整と支援
- 第 3 者とのサービス契約の監理と契約締結、及び違反の指摘
- 交通障害を起こす公共道路での工事実施に関し、管理地域、市役所、個人、法人との調整を実施
- 1 次給水局、電気維持管理チームと協力し、2 次配管網のセクター入口と廃水タンク出口に設置された制水弁を運転管理する
- 処理水の供給量確保による給水時間増加
- 不法接続の確定と排除、正規登録時の技術的支援

(c) 保有資機材：

表 2.5.12-5: コマス区の O&M 調査チームの使用機器

資機材	数量（調達年度）
・ 水圧洗浄車	4 (1997 x 2, 1998, 2006)
・ 小型水圧洗浄車	2
・ 給水車	2 (1994, 1997)
・ バックホウ	1 (1985)
・ ダンプ車	1 (1984)
・ 配管用ビデオカメラ	0

出典：JICA 調査団

10) カヤオ配管維持管理チーム、北部サービス局

(a) 要員数： 68 名（2010 年 8 月）

（総括 3、運転管理グループ 17、配水グループ 19、下水道グループ 19、家庭接続グループ 10）

(b) 業務概要と組織の枠組み：

上記 9) コマス配管維持管理チームと同一

(c) 保有資機材：

表 2.5.12-6: カヤオ区の O&M 調査チームの使用機器

資機材	**数量**（調達年度）
・ 水圧洗浄車	3 (1997 x 2, 2006)
・ 小型水圧洗浄車	1
・ 給水車	4
・ 配管用ビデオカメラ	1

出典：JICA 調査団

11) 管理チーム – 北部、北部サービス局

(a) 要員数：14 名

(b) 業務内容と組織の枠組み：

- 商業局の運営予算実施管理、進捗と結果報告、予算額出入の管理
- 地方サービス局の人員配置、燃料資源、維持管理建物・設備の保全計画調整・開発・管理・評価
- 維持管理チームと協力し、地方サービス局の給水タンク、ダンプトラック、水圧洗浄車等資機材の使用許可・調整を行う
- 地方サービス局と協力し、商業施設等に占有された土地への下水道サービス実施のための業務調整・管理、評価

2.5.13 運転維持管理評価

(1) リマ市上下水道公社の現状の維持管理方法

上下水道サービス施設の運転維持管理は、担当する各チームが受け持っている。本事業に関連して、上水道、下水道配管の 1 次管については、ラ・アタルヘア浄水場に位置する本部が管轄しており、2 次管と家庭接続はコマスやカヤオといった地方サービス局が管理している。

運転維持管理手順を、以下の表 2.5.13-1 のとおりであり、各項目の詳細を以下に説明する。

表 2.5.13-1: 運転維持管理手順概要

		上水道	下水道
維持管理	対処的	(1) 地上漏水	(1) 道路陥没 (2) 排水管の詰まり、マンホール清掃
	予防的	(2) 送水管の定期更新	(3) 定期的排水管清掃 (4) 排水管の定期更新
運転		(3) バルブ運転・管理 (4) 配水池清掃、消火栓交換 (5) 地下漏水調査 (6) メータ設置と設置教育	(5) ゴミ投棄に関する教育
計画管理		(1) 台帳と GIS の管理 (2) 既存施設の長期計画策定	

出典：JICA 調査団

(2) 上水道サービスの運転維持管理

上水道サービスの運転維持管理は、コマス とカヤオにある地方サービス局の運転維持管理 チームにより実施されている。双方の局は、４つのグループ組織により構成されており、“運転管理グループ”、 “配水グループ”、 “下水管グループ” “家庭接続グループ”から成る。上水道配管の修理においては、 “配水グループ”と “家庭接続グループ” が主に立ち会っている。

上記チームの他に、地下漏水はリマ市上下水道公社の本部に配属されている、 “地下漏水管理・削減リーム”が実施している。また、使用者へのメータ設定教育等の住民社会活動は、“プロジェクトの社会管理チーム”が実施している。

2.5.12 章 “Institutional Aspects and Legal Framework”に、各チームのより詳細な説明を述べる。

1) 地上漏水　(対処的維持管理)

地上漏水のクレームは、本部に配置する“顧客サービスチーム”において電話で収集され、その情報が担当するチームに伝えられる。1 次配管は 1 次配管局が管理しており、その他の 2 次配管と家庭接続は地方サービス局が担当している。通常、これらの担当する チームは事故地点に立会い、工事機械を保有している第 3 者の民間工事会社に配管修理を注文する。直近 2 年間の修理工事契約は、入札プロセスをとおして “CONCYSA Company”と言う民間会社と 2009 年 7 月に結ばれた。

地方サービス局のコマス とカヤオ事務所のチームが実施している、配管設備の活動は以下のとおりである。

表 2.5.13-2: 水道配管の漏水（2009 年）

単位：漏水数

	リマ市上下水道公社全体	コマス	カヤオ
水道 1 次管漏水	11	0	0
水道 2 次管漏水	2,449	491	265

出典：リマ上下水道公社年間統計 2009

表 2.5.13-3: 配管維持管理（2009 年）

	リマ市上下水道公社全体	コマス	カヤオ
水道配管新設（距離）	23,785m	2,104m	1,986m
水道配管布設換え（距離）	29,088m	6,089m	6,503m
水道 2 次管布設設置数	752 個	102 個	46 個
水道配管修理数	3,582 個	915 個	470 個

出典：リマ上下水道公社年間統計 2009

表 2.5.13-4: 家庭接続（2009 年）

	リマ市上下水道公社全体	コマス	カヤオ
家庭水道接続新設数	11,880 個	3,749 個	651 個
家庭水道接続修理数	95,591 個	3,175 個	28,647 個

出典：リマ上下水道公社年間統計 2009

2) 送水管の定期更新　(予防的維持管理)

表 2.5.13-5 に水道配水管の合計布設距離と、年間修理距離を示す。2009 年の実施内容を考慮すると、年間の配管更新率はコマス、カヤオサービス地区においてそれぞれ 0.29%、0.65%と計算される。通常、配管の耐用年数が 50 年であることを考慮し、理想的な配管更新率は 2%とされる。従って、持続的なサービス提供を続けるためには、十分な予防的維持管理が実施されていないと言える。

勤務者へのインタビューによると、リマ市上下水道公社は既存配管の布設更新のための長期的計画・予算が存在せず、外部機関や国庫から予算が付いた際に実施している状況である。

表 2.5.13-5: 配管布設・更新（2009 年）

	リマ市上下水道公社全体	コマス	カヤオ
水道既存 1 次配管の布設距離	665 km	101 km	130 km
水道既存 2 次配管の布設距離	11,098 km	2,856 km	1,300 km
水道配管布設距離（2009）	23,785m	2,104m	1,986m
水道配管布設換え距離（2009）	29,088m	6,089m	6,503m
合計配管布設距離（2009）	**52,873m**	**8,193m**	**8,489m**
年間配管更新率（2009）	0.48%	0.29%	0.65%

出典：リマ上下水道公社年間統計 2009

3) バルブ運転・管理　(運転管理)

制限給水や一時的な停水のための、配水バルブの日常的な運転は、地方サービス局の”配水チーム”により実施されている。バルブ類の新規設置や交換に関する活動を以下に示す。

表 2.5.13-6: バルブ関連の運転管理（2009 年）

	リマ市上下水道公社全体	コマス	カヤオ
配水網のバルブ新規設置	264 個	51 個	121 個
配水網のバルブ交換	1,232 個	207 個	82 個
配水網のバルブメンテナンス	3,116 個	550 個	174 個

出典：リマ上下水道公社年間統計 2009

4) 配水池清掃、消火栓交換　(運転管理)

配水池の清掃は、大よそ半年に 1 度実施されている。清掃頻度は給水サービスを適切に維持するために十分である。

表 2.5.13-7: 配水付属施設に関する運転管理（2009 年）

	リマ市上下水道公社全体	コマス	カヤオ
配水池の清掃と消毒	1,139	346	105
給水タンク（小型）の清掃と消毒	247	80	6
消火栓の新規設置	70	9	8
消火栓の交換	488	141	70
消火栓のメンテナンス	1,722	115	0

出典：リマ上下水道公社年間統計 2009　単位：:実施数

5) 地下漏水調査　(運転管理)

地下漏水調査はリマ市上下水道公社本部の機関である “漏水削減・管理チーム”が実施している。リマ市上下水道公社から民間会社に漏水探査機器一式を貸し出し、チーム 職員が調査実施を監理する。発見された地下漏水は、入札手順をとおして選定された民間の建設会社により、チーム職員の監理の元で補修が行われる。

過去 13 年間で実施された活動記録より、年間平均の調査実施距離は 2,243km となる。これはリマ市上下水道公社の給水地区全体の 2 次配水配管の約 20%をカバーしている。また、調査は漏水率が高いと予想される地区から実施されている。

表 2.5.13-8: 地下漏水調査(1997-2009 年)

	リマ市上下水道公社全体	コマス	カヤオ
水道の既存 2 次配管合計距離	11,098 km	2,856 km	1,300 km
漏水調査実施済み距離	29,153km	7,255 km	1,837 km
発見された地下漏水	77,722	20,146	6,040
年間平均調査距離	2,243 km	558 km	141 km
年間平均実施率	20.2%	19.5%	10.8%

出典：リマ上下水道公社年間統計 2009

6) メータ設置と設置教育　(運転管理)

地方サービス局の“商業チーム”がメータ設置と更新の計画と管理を実施している。実際の設置作業は民間会社に契約に基づいて委託されている。

表 2.5.13-9: メータ更新（2009 年）

	リマ市上下水道公社合計	コマス	カヤオ
メータ更新	13,030 個	1,194 個	0 個

出典：リマ上下水道公社年間統計 2009

新規サービス地域に拡張事業が実施される際、メータ設定率増加を目的とした社会教育活動が行われている。“プロジェクトの社会管理チーム” が事業実施に付随した予算を財源とし、これらの活動を取りまとめている。本チームは 13 名のみのソーシャルワーカーから成り、委託により実施される教育・社会活動業務の実施監理のみを行っている。

上記の社会活動は新規拡張地域の事業に対して発生しており、既存サービス地域については通常何の活動も行われていない状況である。

(3) 下水道の運転維持管理

コマス とカヤオには地方サービス局があり、各局は“運転管理グループ”、 “配水グループ”、 “下水管グループ” “家庭接続グループ”の４グループから構成されている。上水道配管の修理においては、 “配水グループ”と “家庭接続グループ” が主に立ち会っており、下水道配管の修理には “下水管グループ” が主に立ち会っている。

上記チームの他に、使用者への衛生教育等の住民社会活動は、“プロジェクトの社会管理チーム”が実施している。

2.5.12 章 “組織体制と法的枠組み”では、各チームの詳細な説明が記載されている。

運転維持管理手順概要は表 2.5.13-1 のとおりであり、各項目の詳細を以下に説明する。

1) 道路陥没　(対処的維持管理)

道路陥没のクレームは、本部に配置された“顧客サービスチーム”において電話で収集され、その情報が担当するチームに伝えられる。1 次下水管に起因する陥没は“1 次下水管理局”が管理しており、その他の 2 次下水管に起因する事故は地方サービス局が担当している。通常、これらの担当チームは事故地点確認に立会い、工事機械を保有する“CONCYSA Company”と言う第 3 者の民間工事会社に配管修理を注文する。

リマ市上下水道公社から提供されたデータを元に、JICA 調査団は道路陥没箇所数を以下のとおり分析した。表の数値は、北部地区の約 30％を占める調査対象地区の事故数のみ含む。

表 2.5.13-10: 事業対象地域における下水管破壊による道路陥没数（2009 年）

	2007	2008	2009	合計
2 次下水管の破壊数（事業対象地域のみ）	66 個	48 個	62 個	176 個

出典：JICA 調査団

2) 排水管の詰まり、マンホール清掃　（対処的維持管理）

道路陥没のクレームと同様、排水管の詰まりへのクレームも“顧客サービスチーム”が収集し、担当チームへ情報が伝達される。　“1 次下水管理局”が 1 次下水管の詰まり解決を担当し、地方サービス局が 2 次下水管と家庭接続の詰まりの解決を担当する。

コマスとカヤオの地方サービス局において、詰まりへの対応数はそれぞれ約 9,750 と 4,900 回に上り、詰まりの洗浄作業はチーム職員が直接実施している。配管が普通の状況にある場合、水圧洗浄車（ハイドロジェット）により洗浄が行われる。一方、シンプルコンクリート製の配管が用いられている場合、水圧洗浄による高水圧により配管が破壊される恐れがあることから、オペレーターは代わりにバケットマシンを使って洗浄している。

２つの地方サービス局において、全部で 7 台の水圧洗浄車（コマス 4 台、カヤオ 3 台）を保有しているが、そのうち 5 台は 10 年以上前に購入されたもので、頻繁に修理を行わないといけない状況である。従って、より効率的な洗浄作業実施を目的とし、両事務所では新しい水圧洗浄車の調達を希望している。

表 2.5.13-11: 下水管詰まりの洗浄 （2009 年）

	リマ市上下水道公社合計	コマス	カヤオ
2 次下水管洗浄数	38,975	8,861	4,875
家庭下水接続線乗数	28,162	6,036	3,277

出典：リマ上下水道公社年間統計 2009

表 2.5.13-12: 下水管改修・新規布設（2009 年）

	リマ市上下水道公社合計	コマス	カヤオ
既存 2 次下水管布設距離	9,731 km	2,444 km	1,269 km
2 次下水管の新規布設距離（2009 年）	5,092m	77m	387m
2 次下水管の布設換え、更新距離（2009 年)	53,832m	16,773m	5,290m
水圧洗浄車による下水管洗浄距離（2009 年）	821,652m	175,337m	153,365m
バケットマシンによる下水管洗浄距離（2009 年）	615,164 m	79,176m	31,735m

出典：リマ上下水道公社年間統計 2009

表 2.5.13-13: 家庭接続の管理（2009 年）

	リマ市上下水道公社合計	コマス	カヤオ
家庭への下水道接続	26,471 個	8,007 個	4,978 個
家庭下水道接続のメンテナンス	10,196 個	3,019 個	1,158 個
家庭下水道接続の更新	3,436 個	1,420 個	398 個

出典：リマ上下水道公社年間統計 2009

下水管内の詰まりを解消するためにマンホールの清掃が実施される。また、市役所が実施するゴミ収集サービスが不十分であるために、住民が家庭ゴミをマンホールに投棄することが、マンホール清掃実施のもう 1 つの主な理由となっている。通常のマンホール清掃作業実施の他、ゴミ投棄の悪習を止めさせるための教育も、問題解決のためには重要である。

闇市で金属製の蓋を売ることができることから、マンホール蓋の盗難が発生している。そのため、マンホール蓋の更新が業務で実施されている。

表 2.5.13-14: マンホール洗浄、蓋更新（2009 年）

	リマ市上下水道公社合計	コマス	カヤオ
既存マンホール数	188,773 個	48,021 個	17,462 個
マンホールのメンテナンス	6,102 個	722 個	4,978 個
マンホール清掃	26,471 個	8,007 個	4,978 個
メンテナンスされているマンホール合計	32,573 個	8,729 個	9,956 個
メンテナンス率	17.3%	18.2%	57.0%
マンホール蓋の更新（盗難）	2,600 個	670 個	376 個

出典：リマ上下水道公社年間統計 2009

3) 定期的排水管清掃 (予防的維持管理)

上記の配管詰まりでも説明されているが、シンプルコンクリート製の配管が壊れる恐れの有る箇所においては、配管清掃にはバケットマシンが用いられる。運転活動記録によると、2009 年におけるコマスとカヤオ事務所の 1 年間の下水管清掃距離は 255km と 185km であり、2 次下水管全長の 10.4%、11.8%を占める。地方サービス局職員は、全ての下水管を年間 1 回清掃したいと希望している。しかしながら、配管詰まりの発生頻度は施設や環境の条件に左右されるため、予防保全として実施する配管の理想的な清掃頻度を決めることは難しいとされている。

表 2.5.13-15: 下水管の清掃（2009 年）

	リマ市上下水道公社合計	コマス	カヤオ
既存 2 次下水管布設延長	9,731 km	2,444 km	1,269 km
水圧洗浄車による下水管清掃	821,652m	175,337m	153,365m
バケットマシンによる下水管清掃	615,164 m	79,176m	31,735m
年間清掃配管延長	1,437 km	255 km	185 km
下水管の年間清掃率	14.8 %	10.4 %	11.8 %

出典：リマ上下水道公社年間統計 2009

4) 排水管の定期更新　（予防的維持管理）

既存下水管の総延長、及び年間修復配管延長を表 2.5.13-15 に示す。コマス とカヤオ地区における年間更新率は、それぞれ 0.69% 、0.48%と計算できた。

通常、下水管の耐用年数が 30～50 年であることを考慮し、理想的な下水管更新率は 2～3%とされる。従って、持続的なサービス提供を続けるためには、1/3 より少な

い予算配分による定期更新しか実施されていないと言える。もし将来的に同程度の配管更新が続けられた場合、配管詰まりや崩壊が経年により増加していくと考えられる。

地方サービス局勤務者へのインタビューによると、リマ市上下水道公社は既存下水管の布設更新/取替えのための長期的計画・予算が存在しない。下水管の更新は配管詰まりが発見された箇所において、配管状況が非常に悪いと判断された場合にのみ実施される。オペレーターが平均 50m 程度のマンホール間の 1 区間に限り、既存下水管の更新を決定している状況である。対象地区のおける持続的な運転管理において、全体的な視点での配管更新計画、及び予算財源の準備が必要である。

表 2.5.13-16: 下水管新規布設

	リマ市上下水道公社全体	コマス	カヤオ
既存 2 次下水管の総延長	9,731 km	2,444 km	1,269 km
2 次下水管の新規布設延長（2009 年）	5,092m	77m	387m
2 次下水管の更新・布設換え	53,832m	16,773m	5,290m
年間合計配管布設延長	**58,924m**	**16,850m**	**5,677m**
下水管の年間更新率	0.61%	0.69%	0.48%

出典：リマ上下水道公社年間統計 2009

5) ゴミ投棄に関する教育（運転管理）

マンホール管理に関する運転活動は表 2.5.13-14 に示されている。前述したとおり、マンホールへのゴミの不法投棄解消は、配管詰まりを防ぐために不可欠な要素である。“プロジェクトの社会管理チーム” が事業実施に付随した予算を財源とし、これらの教育活動を取りまとめているが、これら社会活動は新規拡張地域の事業に対して発生しており、既存サービス地域については通常何の活動も行われていない状況である。

(4) 上・下水道事業の計画活動

1) 台帳と GIS（地理情報システム）の管理

台帳と GIS は地方サービス局で管理されている。クレーム処理データ、建設・補修図面修正等の情報を含む台帳は、地方サービス局で準備され、定期的に本部に情報が送られる。

日常の運転維持管理業務の効率化を目的とし、料金徴収、事故（顧客クレーム）、施設情報は GIS システムで監理されている。しかしながら、地方サービス局の勤務者は GIS に内在するデータを十分に扱い、評価する能力が無い。

その上、地方サービス局勤務者によると、GIS と台帳に含まれる布設年、配管材料、布設位置等の情報には誤りが多いとのことであった。多くの設備は、過去に市役所により保有され、その後リマ市上下水道公社に移管された経緯を持つ。現在の情報エラーは、主に市役所が作成した台帳の誤りに起因すると考えられる。

2) 既存施設の長期計画策定

計画業務は、主にラ・アタルヘア浄水場の本部にある“開発調査局”が実施している。しかしながら、近年のリマ都市圏が拡大が激しいため、大部分の業務は新規拡張事業であるため、既存施設へは注意が払われ難い傾向がある。

反対に、地方サービス局の目的は既存施設の維持管理のみに規定されており、施設改修事業の計画は業務内容に含まれていない。従って、既存施設の改修計画を策定する得手のチーム、または局は存在していない。

結論として、本部の計画チームが施設改修の優先地域を決定し、既存施設改修計画が毎年度の予算に含められ、持続的に実施されることを提案する。また、既存施設の評価レベルを高めるために、事故、その他のデータが地方サービス局から本部の計画チームに円滑に提供されることが必要である。

2.5.14 問題点の特定 – 需要と規制

上下水道システムに関する以上の現状分析結果から特定された、SEDAPAL が調査対象地域において直面している問題点とその要因を以下に整理する。

(1) 上水道に係る問題点とその要因

問題点－１：高い無収水率

- 現行セクター83、84、85、212 および 213 の平均無収水率は、各セクターの流入部で計測された水量より 42.6%である。また、SEDAPAL の推定によるとリマ首都圏北部全体の無収水率は 49.6%である。これは SEDAPAL が目標として掲げている 25%に比べて極めて高く、また同じく SEDAPAL が管理しているリマ首都圏北部（35.1%）および南部（27.5%）と比べても高い状況である。
- 対象地域の無収水率は概ね 50%であり、そのうち技術的損失水率は 35%～40%、残りの 15%が商業的損失であると推定される。ただし、各セクターでの無収水率の内訳はメータの設置率や社会状況などにより異なる。
- 無収水率を SEDAPAL の目標値である 25%まで削減するには技術的損失を 20%程度、商業的損失を 5%程度まで削減する必要がある。

問題点－２：漏水事故の多発

- 配水管網や各戸接続部で地上漏水や漏水による路面の陥没など多くの事故が発生しており、市民の生活環境を脅かしている。

問題点－３：未だ達成されていない 24 時間給水

- 24 時間給水が実現していない地域が残存している。

問題点－４：不安定な給水圧

- 末端給水圧が不安定で、時間帯によって過剰または過小となる地域がある。

本調査で行った分析より、これらの問題が発生している主な要因として以下のものが挙げられる。

1) 水圧（問題点－１、２および４の要因）
   - 送水管内の水圧がロス・オリーボス区において恒常的に非常に高く、管路の破損や漏水の要因となることが懸念される。
   - 配水管内の水圧が、セクター流入部バルブ・ピットで制御されている地域も含めて過剰な地域がある。これは送水管の水圧制御が十分でないことに起因していると考えられる。
2) 水源および浄水（問題点－３の要因)）
   - 既存の浄水場は、特に乾季において生産水量が著しく減少し現状の需要を満足できないことがある。
   - 現在建設中のワチパ浄水場は、既存浄水場の生産水量が乾季に減少した場合、その減少分を補うために本来の計画配水地域を越えて配水を行わなければならない可能性がある。その場合、計画配水地域への配水可能量が減少する可能性がある。

3) 配水池およびポンプ場（問題点－３および４の要因）
- 配水池およびポンプ場の構造物には現在のところ深刻な損傷等は認められない。ただし、適切な運転と維持管理が行えるようにするため、全ての施設において改修や更新作業が必要な状況である。
- 現在稼動していない配水池の電機設備は、運転を再開するにあたり一式更新が必要な状況である。
- 稼動している配水池およびポンプ場においても、その適正な機能を維持するために一部の電機設備の改修や更新を行うべき状況にある。
- 施設の継続的な機能発揮、適切な運転制御および維持管理作業を実現するため、配水池やポンプ場においては、既存設備の改修・更新だけでなくバイパス管の設置や流入量制御用機器など新たな機能を追加することが必要な状況である。

4) 井戸および地下水（問題点－３の要因）
- 非常用水源として使用される予定の 23 箇所の井戸のうちほとんどが適正な運転制御を行うための設備を満足に備えていない。既存設備の改修や更新に加えて新たな機能を不可するための新規設備の設置が必要な状況である。

5) セクター流入部バルブ・ピット（問題点－１、３、および４の要因）
- 現在、流入部で水量と水圧を制御するための機構（流入部バルブ・ピット）を備えているのは 11 の現行セクターのみである。さらに、そのうち水量・水圧を自動的に制御監視できる設備を備えているバルブ・ピットはわずか 5 箇所に留まっており、SEDAPAL は配水システムの現状を正しく把握できない状況にある。

6) 配水管網（問題点－１および２の要因）
- 鉄管、亜鉛メッキ鋼管、「ITINTEC」と呼ばれる「ペ」国の旧基準に準拠して製作された硬質塩化ビニル管など水道用配管として不適切な材質が残存している。
- 土被り、配管基礎、埋め戻し時の締め固めや埋戻土などで技術的要件を満足していない管路がある。
- 管路の上に民家がある。
- コイーケ地区では地下水に由来する堆積物で閉塞している管路がある。
- 全管路延長の 47%を占める石綿管の約半分は建設後 20 年以上が経過しており、今後の事故増加が懸念される。

7) 各戸接続および水道メータ（問題点－１および２の要因）
- 事故や漏水の多くは各戸接続、特に配水管からの分岐部において発生している。
- 水道メータが設置されていない給水栓が残存しており、また設置されている水道メータの中にも正しく機能していないものが多くある。
- 違法に水を使用している違法取水接続が多く存在している。

8) 監視制御の自動化（問題点１、２、および４の要因）
- 他の事業で改修・更新されたものを除くと、SCADA による遠方監視制御を行える機構を備えた配水池はない。配水池廻りの弁類は全て手動で、必要な弁

類については自動制御可能な電動弁に更新しなければならない状況である。
- 井戸についても、SCADA による遠方監視制御を行える機構を備えていない。各種盤類は型式が古いものが多くメンテナンスの状況も不良な傾向にある。弁類についてもすべてが手動である。
- 11 箇所のセクター流入部バルブ・ピットのうち監視制御が自動化されているのはわずか 5 箇所である。

(2) 下水道に係る問題点とその要因

下水道管路の問題点は以下のとおり。

- 管路の詰まりや破損による道路の陥没など、近年多くの事故が記録されている。
- 管が脆弱になっているため高圧洗浄による清掃が行えない地域がある。

上の問題を生じさせている要因として以下が挙げられる。

- 調査対象地域では無筋コンクリート管が多く使用されているが、その中には耐用年数を超えた古い管がある。
- 調査対象地域のうち主に標高が低く勾配の小さい地域で無筋コンクリート管の深刻な腐食が確認された。
- 試掘による管路の目視調査においても多くの地域で無筋コンクリート管の中度から重度の劣化や破損が確認された。
- マンホール調査の結果ほとんどの箇所で、コンクリートの腐食を引き起こす硫化水素ガスが検知された。
- マンホールの蓋の盗難が発生している箇所があり管路に異物が混入しやすい状況となっている。
- 管路の勾配が十分でない低地では汚水の流速が遅く、その滞留時間が長いため硫化水素ガスが生成されコンクリートの腐食が進行している。
- 維持管理の職員が事故への対応に追われているため予防保全的な維持管理作業が行われておらず、経過年数から想定される以上に管路の劣化（破損・腐食）が進行している。

2.6 事業の対象と目標

本章第 2.5.1 節で述べたように、本事業の目的は最適化を通じて効率的な上下水道システムを構築することである。

水道施設の現状は本章第 2.5.8 節、下水道施設の現状分析は第 2.5.9 節、無収水の現状分析は第 2.5.10 節、財務的経済的な現状分析は第 2.5.11 節、制度に関する現状分析は第 2.5.12 節、維持管理に関する現状分析は第 2.5.13 節で述べた。また、第 2.5.14 節では各側面の現状分析結果を踏まえて問題点を整理した。

事業の目的と現状の問題点を俯瞰し、本事業で達成すべき目標とそれに向けた具体的な事業方針を以下に掲げる。

(1) 事業対象地域の全域での 24 時間給水の実現

- 送水管を新規に布設することで、対象地域が現在建設中のワチパ浄水場より受水できる送水網を整備する。
- 既存の井戸を改修することで、渇水など緊急時の水源を確保する。

(2) 送配水システムの運転制御の方法および精度の改善

- 既存の送配水網をセクター化し流量計および減圧弁を設置することで、送配水システムの監視制御を高度化する。
- 対象地域に遠方監視制御システム（SCADA）を導入し送配水システム中の主要施設・設備をその制御下に置くことで、作業の効率化と精度向上を図る。
- 多くが現在使用されていない既存配水池を適切な運転と維持管理が可能なように改修することで、配水池を活用した適切な配水圧力制御を可能にする。
- 将来の水需要に対して能力が不足する配水管を増径することで、送配水システムと給水サービスの将来にわたる安定を確保する。

(3) 無収水率の削減（目標：25%）

- 漏水の原因となっている不適切な配水管を布設替えすることで、漏水量を削減する。
- 最大の漏水要因となっている各戸接続（給水管および分水栓）を更新することで、漏水量を削減するとともに違法接続を摘発・排除し、無収水率を削減する。
- 水道メータを設置することで、正確で公平な料金徴収と無収水率の監視を可能にする。

(4) 下水道のサービス・レベルの向上

- 詰まりが頻繁に生じたり崩壊が生じたりしている（または今後生じる可能性の高い）管渠を特定し更新することで、悪臭や道路陥没などにより悪化した住民の生活環境を回復する。
- 将来の汚水量に対して能力が不足する管渠を増径または勾配を変更することで、汚水収集システムの将来にわたる生活環境維持への貢献を確保するとともに、タボアダ下水処理場建設事業の効果が十分に発揮される条件を整える。

(5) SEDAPAL の施設運用および維持管理の改善

- 施設の維持管理に必要な資機材を調達することで、SEDAPAL の施設維持管理能力を向上させる。
- 施設台帳を改善することで、効率的で予防保全の考え方を取り入れた施設維持管理の実現の基礎とする。
- 予防保全を中心とする校舎の施設維持管理計画を策定・実行する新組織を立ち上げ、施設の機能を効率的に維持する体制を整える。

第 3 章　事業の形成および評価

3.1　需要分析

3.1.1　対象期間

本調査における需要分析は事業の対象期間に対して実施する。送水管および配水池整備工事が終了してワチパ浄水場から対象地域への送水が開始される 2015 年を需要分析の初年度とする。また、ペルー国内の同様事業が一般的に 20 年間を事業期間として設定していることに倣い、需要分析の対象は 2015 年から 2035 年までの 20 年間とする。

ただし、分析で用いる基礎データが原則として 2009 年時点のものであることから、分析は 2009 年を基準年として実施する。

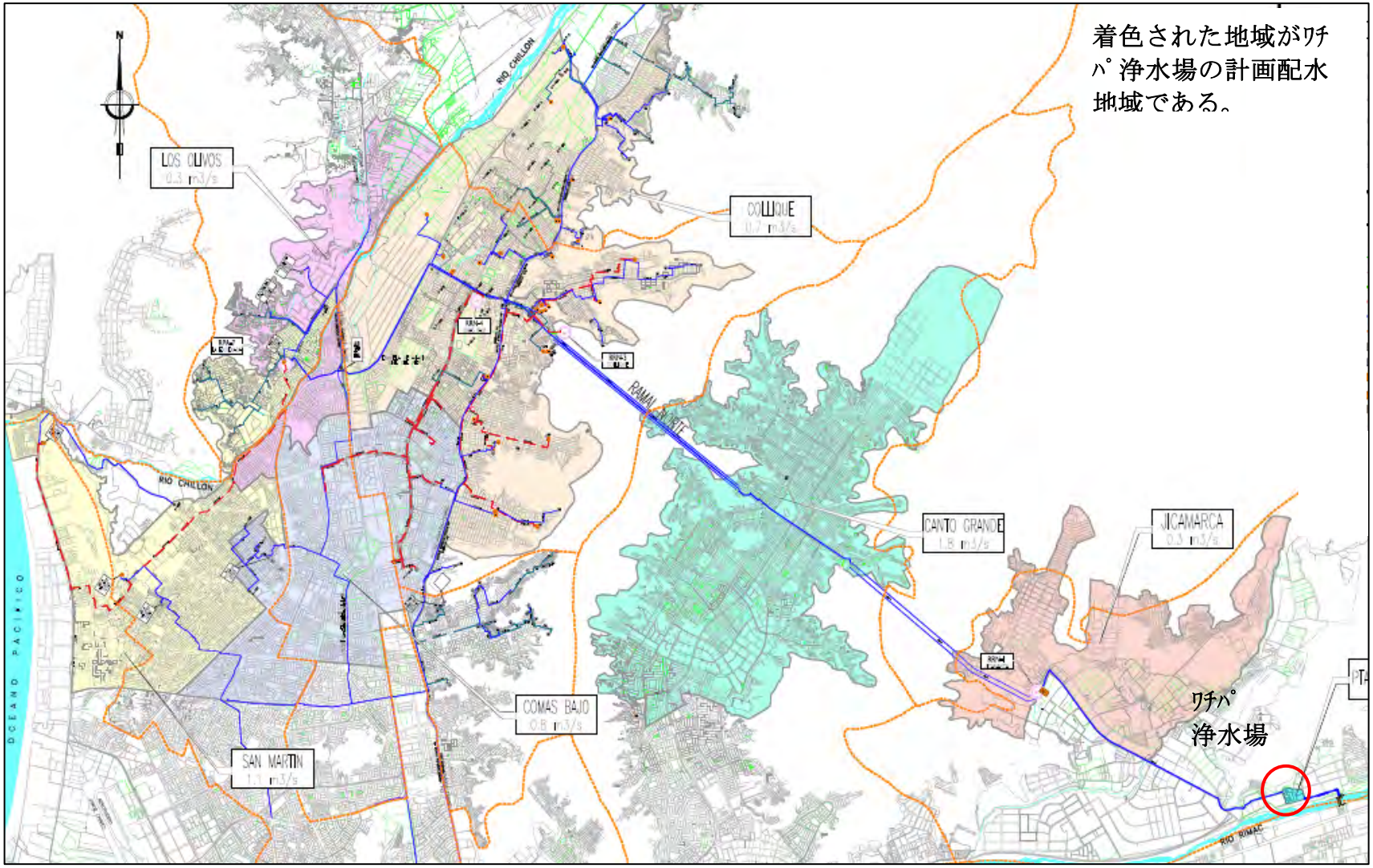
3.1.2　上水道

(1) 分析方法

1) 分析の対象地域および基本単位

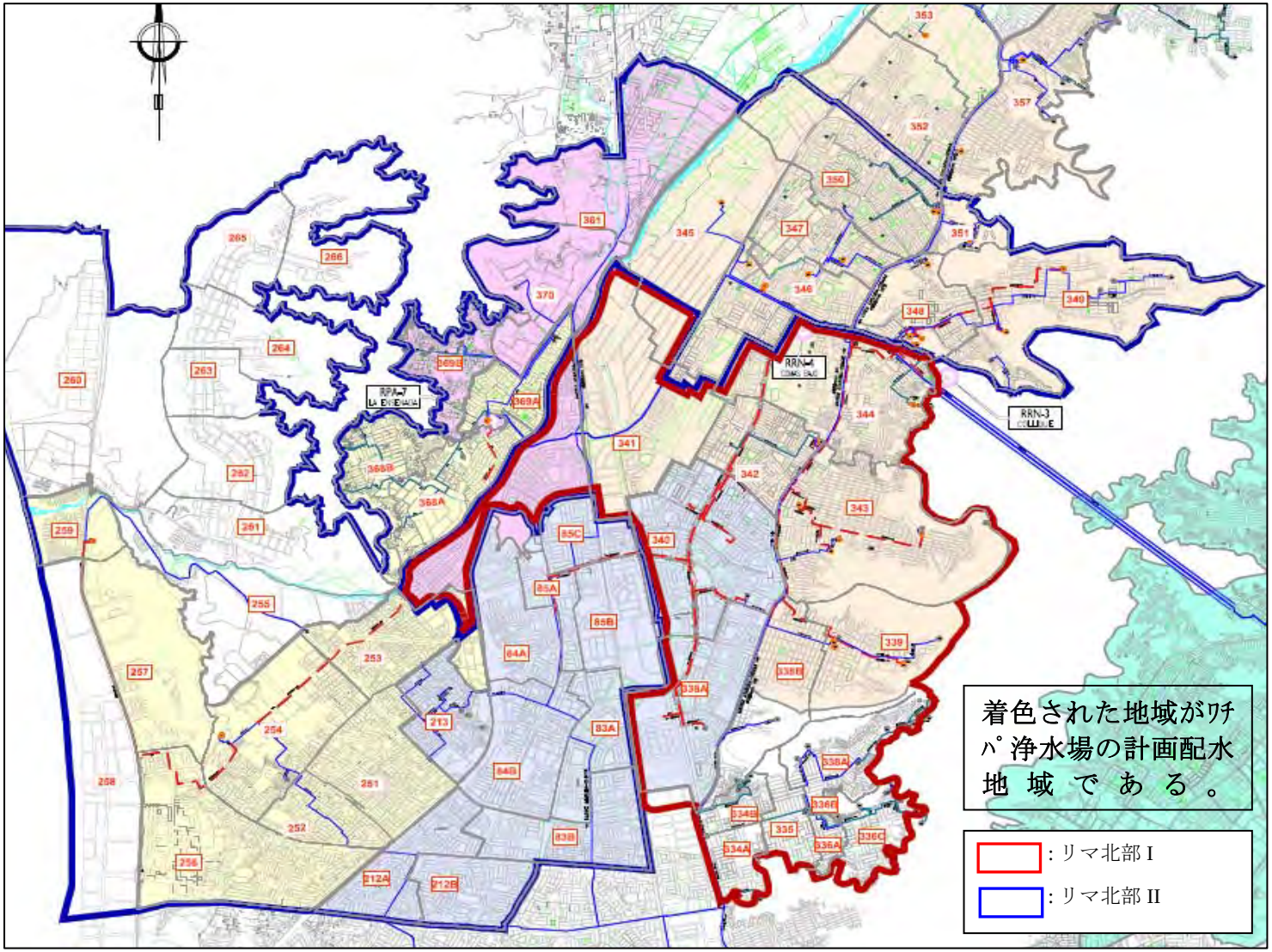
分析は調査対象地域の全域を対象とするが、その集計は i) 調査対象地域全体、および ii) 調査対象地域内のワチパ浄水場計画配水地域の 2 つのケースで行う。

図 3.1.2-1 にワチパ浄水場および北部幹線建設事業（「リマ首都圏周辺地域環境整備円借款事業」の一部）で計画されたワチパ浄水場の配水地域を示す。また、図 3.1.2-2 および表 3.1.2-1 は本事業（リマ首都圏北部上下水道最適化事業(II)、以下、リマ北部 II 事業）の対象地域のうちワチパ浄水場計画配水地域に含まれる地域を示す。



出典: ワチパ浄水場および北部幹線建設事業、および JICA 調査団

図 3.1.2-1: ワチパ浄水場の計画配水地域



出典: ワチパ浄水場および北部幹線建設事業、および JICA 調査団

図 3.1.2-2: 調査対象地域内のワチパ浄水場の計画配水地域

表 3.1.2-1: 需要分析の対象とするセクター

区	ワチパ浄水場計画配水地域内のセクター[*1]	ワチパ浄水場計画配水地域外のセクター[*1]
カヤオ	259	256, (258)[*2]
ベンタニーヤ	-	(260, 261, 262, 263, 264, 265, 266)[*2]
カルバイーヨ	350, 351	-
コマス	345, 346, 347, 348A, 348B, 349A, 349B	-
ロス・オリーボス	83A, 83B, 84A, 84B, 85A, 85B, 85C	-
プエンテ・ピエドラ	368A, 368B, 369A, 369B, 370	361, 368B, 369B, 370
サン・マルティン・デ・ポレス	212A, 212B, 213	(251, 252)[*2], 253, (254, 257)[*2], (255)[*2]
計	22	19

*1: 本調査では、いくつかの現行セクターは複数のセクターに分割されている。

*2: 配水管網が未整備なセクター

出典: JICA 調査団

ワチパ浄水場計画配水地域は既に配水管網が整備されている地域を全て含むとともに、サン・マルティン・デ・ポレス区内のセクター251, 252, 254 および 257 のように配水管網が現時点では未整備な地域も含まれている。これらのうち配水管網が未整備な地域は、近い将来に SEDAPAL が独自に配水管網を整備する予定である。

2) ワチパ浄水場計画配水地域の都市化

近年、ワチパ浄水場の計画配水地域では農地が市街地化されていく傾向が加速している。同配水地域に含まれる 7 区のうち 6 区では居住可能な地区の 75%に既に人が居住しており（ただし、カラバイーヨ区とベンタニーヤ区ではそれぞれ 13%および 63%）、特に、ロス・オリーボス区では 100%、カヤオ区では 94%となっている。

今後も、人口増加率はこれまでに比べて下降するものの、同地域の市街化と人口増は継続すると考えられる。次表にワチパ浄水場計画配水地域内の発展状況を示すとともに、表以降に各区の都市化傾向について述べる。

表 3.1.2-2: 調査対象地域内各区の市街化状況

区	居住可能な地区 (km^2)			居住できない地区 (km^2)	計 (km^2)
	居住者あり	居住者なし	計		
北部サービス局					
ｶﾗﾊﾞｲｰﾖ（Carabayllo）	12	82.71	94.71	252.29	347
ｺﾏｽ（Comas）	24.6	4.76	29.36	19.39	48.75
ﾛｽ･ｵﾘｰﾎﾞｽ（Los Olivos）	18.25	0	18.25	0	18.25
ﾌﾟｴﾝﾃ･ﾋﾟｴﾄﾞﾗ（Puente Piedra）	24.26	7.23	31.49	18.6	50.09
ｻﾝ･ﾏﾙﾃｨﾝ･ﾃﾞ･ﾎﾟﾚｽ（San Martín de Porras）	23.08	6.28	29.36	7.55	36.91
ｶﾔｵ（Callao）	34.93	2.33	37.26	8.39	45.65
ﾍﾞﾝﾀﾆｰﾔ（Ventanilla）	18.94	11.23	30.17	43.35	73.52

出典: JICA 調査団

カヤオ区

カヤオ区はカヤオ州の中心地で、全面積は 45.65km^2 である。居住可能な土地は 37.26km^2 であり、そのうち 94%の地域には既に居住者がいる。国家統計情報協会（National Statistics and Information Institute: INEI）が発行する社会および人口統計（*"Perfil Socio Demográfico de Lima y Callao"*、以下、INEI 統計）によると、人口は 1993 年の 369,768 人に対し 2007 年は 415,888 人と増加しているが、居住可能な土地のうち 2.33km^2 はまだ未開発であり、今後も住宅地の拡張が予測される。

ベンタニーヤ区

ベンタニーヤ区は全面積 73.52km^2、居住可能な土地は 30.17km^2 であるが、居住者がいる地域は居住可能な地域のわずか 13%である。人口は、INEI 統計によると 1993 年は 94,497 人であったが 2007 年には 277,895 人と大きく増加している。このような近年の急速な人口増加傾向と未開発な地域が未だ多く残っていることを勘案すると、引き続き住宅地の開発が進むものと予測される。

カラバイーヨ区

カラバイーヨ区はリマ州の中で最も広くその面積は 347km^2 であるが、居住可能な土地は 27%にあたる 94km^2 のみである。この地域は近年最も急速な市街化を遂げた地域で、1981 年に 52,800 人であった人口は 1993 年に 106,543 人、2007 年には 213,386 人にまで増加している。土地利用は住宅地のほか埋め立て処分場、農地、畜産場、墓地など多岐にわたり、主要道路沿いには商業地域も発展している。

なお、都市計画の上では、この地域は中高密度の住宅地として位置付けられている。

コマス区

コマス区は全面積が 48.75km^2 で居住可能な土地はその 60%である。この地域は最近の 25 年間で大きく発展しており、人口は 1993 年の 404,352 人から 2007 年には 486,977 人まで増加している。居住可能な地域のほとんどは既に住宅地となっておりこれ以上の住宅地の拡張は期待できないが、増加率は低下するものの人口の増加は今後も継続すると考えられる。また、これまでは住宅地としての開発傾向が顕著であっ

たが、住宅地の開発が進んだ現状を考えると今後は商業の伸びが目立ってくるものと推測される。

サン・マルティン・デ・ポレス区

サン・マルティン・デ・ポレス区の全面積は 36.91km^2、居住可能な土地は 26.36km^2 である。人口は 1993 年の 380,384 人に対し 2007 年は 579,561 人と大きく増加している。この地域には現在でも未開発な居住可能地域が残されており、今後も住宅地としての開発が進むものと予測される。

プエンテ・ピエドラ区

プエンテ・ピエドラ区の全面積は 50.09km^2、居住可能な土地は 31.5km^2 である。元来は農地であるが、人口は 1993 年の 102,808 人に対し 2007 年は 233,602 人と増加している。ただし、人口増加率は現在も比較的高いものの既に減少傾向にあり、今後も引き続き農地として使用される土地が多いものと予測される。

ロス・オリーボス区

ロス・オリーボス区の全面積は 18.26km^2 で全地域が居住可能である。また、人口は 1993 年に 228,143 人であったが 2007 年は 318,140 人まで増加している。この地域は、近年の都市化の現状を踏まえると今後も住宅地の拡張と既存住宅地の人口密集化が進むと考えられ、それに伴う商業の発展も見込まれている。

3) 需要分析の基本式

将来の水需要は、*Perfil* と同様に以下の式を用いてサブ・セクターごとに分析する。

$$Q = \sum_{k=a}^{f} (Np_k \times A_k \times q_{nk}) / (1-B)$$

ここで, Q : 水需要
Np : 潜在的接続数
A : 接続率
B : 漏水率
qn : 接続あたりの単位水使用量
a : 住宅 (1 接続に 1 世帯の場合)
b : 商業施設
c : 工業施設
d : 公共施設
e : 福祉施設
f : 住宅 (1 接続に複数世帯の場合)

上式で示すように、水需要分析の基本となる要素は 6 つの分類からなる接続数であり、その分類ごとに水需要が求められる。それぞれの分類は、さらに「水道メータあり」と「水道メータなし」の 2 つの場合に分けられ、それぞれの場合について個別に水需要を算出する（基本式の概念を容易に示すため、上式ではこの 2 つの場合について表現していない）。

4) 水需要分析のための他の要素

分析では、水需要の日最大値と時間最大値を求めるため、それぞれのピーク係数（日最大係数および時間最大係数）を用いる。また、貯留係数を用いて配水池の必要貯留量を求める。

(2) 水需要分析に用いる基礎データおよび主要パラメーター

1) 潜在的接続数

現時点における潜在的接続数は、SEDAPAL が運営している水道に接続されている、接続されていないに関わらず全ての住宅、商業施設、工業施設、公共施設などの総計である。この潜在的接続数は、ある時点で考えられる最大接続数とも言い換えられ、住宅、商業施設、公共施設および福祉施設の数は人口増加率と同率で増加し、一方、工業施設の数は工業の成長率と同率で増加するとの想定により求める。

2) 現在の接続数および水使用者数

水使用者（unit of use）とは、SEDAPAL が運営している水道の使用者であり、住宅接続の場合は世帯（家族）数に該当する。例えば、1 家族のみが使用している接続の場合、その接続の水使用者数は 1 であり、複数の家族が使用している接続の場合は、その接続の水使用者数は複数となる。本分析では、この値は各サブ・セクターにおける 1 世帯あたりの居住者数および同サブ・セクター内の人口とともに、水道の接続人口と接続率を求める際に使用する。

現在の接続数と使用者数は SEDAPAL 北部サービス局の営業部（Commercial Department）が管理している台帳に記載されている。本調査では、同部より提供された台帳を調査団が地理情報システム（Geographic Information System: GIS）を使用して分析し、サブ・セクターごとの値を算出した。現在の接続数および水使用者数を下表に示す。

表 3.1.2-3: 現在の接続数および水使用者数

ｾｸﾀｰ	ｻﾌﾞ・ｾｸﾀｰ	接続数			水使用者数
		ﾒｰﾀあり	ﾒｰﾀなし	計	
83A	83A-1	1,398	211	1,609	2,316
	83A-2	1,958	529	2,487	3,968
83B	83B-1	1,160	113	1,273	2,236
	83B-2	3,220	848	4,068	5,933
84A	84A-1	4,121	356	4,477	4,963
	84A-2	2,784	325	3,109	3,527
84B	84B-1	3,420	601	4,021	4,858
	84B-2	1,469	200	1,669	2,159
85A	85A	1,810	374	2,184	2,746
85B	85B-1	659	259	918	1,650
	85B-2	640	254	894	1,344
	85B-3	65	222	287	339
85C	85C	1,288	369	1,657	2,286
212A	212A-1	2,815	529	3,344	3,936
	212A-2	1,819	265	2,084	2,571
212B	212B-1	1,387	225	1,612	2,179
	212B-2	1,207	151	1,358	1,800
213	213-1	2,416	587	3,003	3,382
	213-2	62	6	68	69
	213-3	124	6	130	130
251	251	2	1	3	4
252	252	0	2	2	2
253	253	18	9	27	40
254	254	2	2	4	4
255	255	1	1	2	2
256	256	8	7	15	163
257	257	2	2	4	4
258	258	26	6	32	33
259	259	1,530	752	2,282	2,404
260	260	4	1	5	5
261	261	5	0	5	10
262	262	1	0	1	1
263	263	1	0	1	1
264	264	1	0	1	1
265	265	1	0	1	1
266	266	1	0	1	1
345	345	337	78	415	462
346	346-1	620	239	859	1,107
	346-2	1,169	577	1,746	2,152
347	347-1	1,123	927	2,050	2,633
	347-2	1,325	470	1,795	2,053
348A	348A	14	827	841	938
348B	348B-1	17	2,017	2,034	2,306
	348B-2	140	38	178	178
349A	349A-1	185	1,564	1,749	1,956
	349A-2	3	337	340	347
	349A-3	2	892	894	964
349B	349B-1	95	689	784	878
	349B-2	125	639	764	794
	349B-3	183	564	747	758
	349B-4	1	1	2	2
350	350-1	2,610	1,229	3,839	5,359
	350-2	2,588	860	3,448	4,285
351	351-1	554	44	598	641
	351-2	358	3	361	362
	351-3	73	3	76	76
361	361	1,274	81	1,355	1,386
368A	368A-1	1,590	171	1,761	1,836
	368A-2	290	7	297	300
368B	368B	2,892	36	2,928	2,946
369A	369A	1,630	549	2,179	2,231
369B	369B	2,456	188	2,644	2,665
370	370	60	191	251	288
計		**57,139**	**20,434**	**77,573**	**94,971**

出典: SEDAPAL および JICA 調査団

3) 現在の人口、世帯数および 1 世帯あたり居住者数

調査対象地域を含む 7 区の 1 世帯あたり居住者数は、表 3.1.2-4 に示すように近年減少傾向にある（表中の数値は、1981 年、1993 年および 2007 年それぞれの INEI 統計より、人口を世帯数で除して求めた）。

表から分かるように、1 世帯あたり居住者数は 1981 年の 5.92 人から 1993 年までに 4.85 人となり、さらに 2007 年には 4.26 人まで減少している。これは産児制限政策の結果であり、世帯当たり居住者数は 1981 年から 2007 年の間に 28%の減少に達している。世帯あたり居住者数は 4~5 人の間に落ち着くと予想される。

表 3.1.2-4: 各区の世帯あたり居住者数

年	ｶﾔｵ	ﾍﾞﾝﾀﾆｰﾔ	ｶﾗﾊﾞｲｰﾖ	ｺﾏｽ	ﾛｽ･ｵﾘｰﾎﾞｽ	ﾌﾟｴﾝﾃ･ﾋﾟｴﾄﾞﾗ	ｻﾝ･ﾏﾙﾃｨﾝ･ﾃﾞ･ﾎﾟﾚｽ	計
1981	5.68	5.82	6.10	6.02		6.15	5.78	5.92
1993	5.07	3.71	4.98	5.69	4.81	4.62	5.10	4.85
2007	4.58	3.45	4.04	4.99	4.15	4.17	4.45	4.26

出典: 国家統計情報協会（1981 年, 1993 年、2007 年）および JICA 調査団

表 3.1.2-5 に、2007 年 INEI の統計に基づいた、調査対象地域内のサブ・セクターごとの現在の人口と世帯あたり居住者数を示す。

これら現在の人口、世帯数および世帯あたりの居住者数は、現時点の水道接続率を求めるのに使用する。

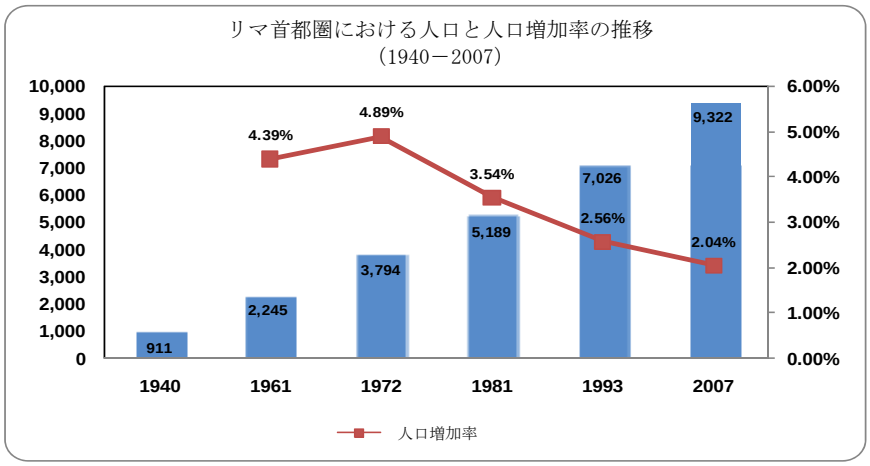
表 3.1.2-5: 調査対象地域の人口および 1 世帯あたり居住者数

ｾｸﾀｰ	ｻﾌﾞ･ｾｸﾀｰ	人口	世帯数 (2007年)	世帯あたり居住者数		区
				本調査	(Perfil)	
83A	83A-1	10,179	2,498	4.07	4.10	ﾛｽ･ｵﾘｰﾎﾞｽ
	83A-2	19,849	5,152	3.85	4.10	
83B	83B-1	11,289	2,985	3.78	4.10	
	83B-2	29,135	7,228	4.03	4.10	
84A	84A-1	24,627	5,622	4.38	4.10	
	84A-2	16,849	3,922	4.30	4.10	
84B	84B-1	23,931	5,583	4.29	4.10	
	84B-2	11,188	2,649	4.22	4.10	
85A	85A	13,072	3,083	4.24	4.10	
85B	85B-1	6,263	1,562	4.01	4.10	
	85B-2	6,172	1,537	4.02	4.10	
	85B-3	1,923	452	4.25	4.10	
85C	85C	11,069	2,644	4.19	4.10	
212A	212A-1	17,951	4,126	4.35	4.40	ｻﾝ･ﾏﾙﾃｨﾝ･ﾃﾞ･ﾎﾟﾚｽ
	212A-2	11,766	2,777	4.24	4.40	
212B	212B-1	9,870	2,321	4.25	4.40	
	212B-2	8,515	2,004	4.25	4.40	
213	213-1	17,480	4,015	4.35	4.40	
	213-2	312	63	4.95	4.40	
	213-3	539	124	4.35	4.40	
251	251	23,528	5,383	4.37	4.40	
252	252	9,316	2,110	4.42	4.40	
253	253	10,809	2,517	4.29	4.40	
254	254	12,782	2,920	4.38	4.40	
255	255	1,340	356	3.76	4.40	
256	256	16,162	3,713	4.35	4.40	ｶﾔｵ
257	257	1,706	423	4.03	4.40	ｻﾝ･ﾏﾙﾃｨﾝ･ﾃﾞ･ﾎﾟﾚｽ
258	258	210	66	3.18	4.40	ｶﾔｵ
259	259	16,397	3,722	4.41	4.40	
260	260	727	184	3.95	3.40	ﾍﾞﾝﾀﾆｰﾔ
261	261	3,370	862	3.91	3.40	
262	262	375	105	3.57	3.40	
263	263	309	89	3.47	3.40	
264	264	243	112	2.17	3.40	
265	265	147	65	2.26	3.40	
266	266	201	106	1.90	3.40	
345	345	8,079	1,880	4.30	4.90	ｺﾏｽ
346	346-1	4,576	1,065	4.30	4.90	
	346-2	9,268	2,143	4.32	4.90	
347	347-1	14,516	3,193	4.55	4.90	
	347-2	12,419	2,781	4.47	4.90	
348A	348A	7,360	1,551	4.75	4.90	
348B	348B-1	15,627	3,244	4.82	4.90	
	348B-2	1,101	260	4.23	4.90	
349A	349A-1	14,227	3,087	4.61	4.90	
	349A-2	3,133	773	4.05	4.90	
	349A-3	7,539	1,651	4.57	4.90	
349B	349B-1	6,385	1,401	4.56	4.90	
	349B-2	7,124	1,629	4.37	4.90	
	349B-3	4,862	1,133	4.29	4.90	
	349B-4	2,257	571	3.95	4.90	
350	350-1	23,816	5,545	4.30	3.90	ｶﾗﾊﾞｲｰﾖ
	350-2	22,781	5,184	4.39	3.90	
351	351-1	4,097	950	4.31	3.90	
	351-2	2,400	596	4.03	3.90	
	351-3	355	94	3.78	3.90	
361	361	12,791	2,972	4.30	4.00	ﾌﾟｴﾝﾃ･ﾋﾟｴﾄﾞﾗ
368A	368A-1	10,833	2,538	4.27	4.00	
	368A-2	1,847	423	4.37	4.00	
368B	368B	14,778	3,526	4.19	4.00	
369A	369A	11,579	2,607	4.44	4.00	
369B	369B	13,432	3,251	4.13	4.00	
370	370	5,616	1,383	4.06	4.00	
合計/平均		**592,399**	**138,511**	**4.12**	**4.26**	-

出典: SEDAPAL および JICA 調査団

4)　人口増加率

図 3.1.2-3 は、1940 年から 2007 年までリマ首都圏の人口の推移（INEI 統計）を示す。図から分かるように、同首都圏の人口増加率は 1972 年統計以降減少傾向にあり、1981 年から 1993 年の間は年間 2.7%、1993 年から 2007 年のあいだは年間 2.04%となっている。



出典: 国家統計情報協会

図 3.1.2-3: リマ首都圏における人口と人口増加率の推移

SEDAPAL が 2009 年 7 月に作成した最適化マスタープランでは、上図で示した人口増加率のうち 1961 年から 2007 年のデータをもとに将来の人口を推定し、需要予測を行っている。本分析においても、同マスタープランで適用されている人口増加率をもとに人口予測を行う。

なお、本分析で行う需要予測はサブ・セクターを単位として行うが、その人口増加率は、各サブ・セクターが属している区の人口増加率を適用する。複数の区に跨っているサブ・セクターの場合は、それぞれの区の人口増加率を同サブ・セクター内の面積による加重平均して同サブ・セクターの人口増加率として設定する。

表 3.1.2-6 に設定した人口増加率を示す。

表 3.1.2-6: 需要分析で使用する人口増加率

年			カヤオ省		リマ省				
			1	2	3	4	5	6	7
			ｶﾔｵ区	ﾍﾞﾝﾀﾆｰﾔ区	ｶﾗﾊﾞｲｰﾖ区	ｺﾏｽ区	ﾛｽ・ｵﾘｰﾎﾞｽ区	ﾌﾟｴﾝﾃ・ﾋﾟｴﾄﾞﾗ区	ｻﾝ・ﾏﾙﾃｨﾝ・ﾃﾞ・ﾎﾞﾚｽ区
-	2007	(2006-2007)							
-	2008	(2007-2008)	0.837%	7.570%	4.840%	1.269%	2.131%	5.738%	3.016%
BASE	2009	(2008-2009)	0.834%	7.155%	4.602%	1.202%	1.891%	5.450%	2.600%
-5	2010	(2009-2010)	0.832%	6.762%	4.376%	1.138%	1.678%	5.177%	2.240%
-4	2011	(2010-2011)	0.829%	6.391%	4.161%	1.077%	1.489%	4.918%	1.931%
-3	2012	(2011-2012)	0.826%	6.041%	3.956%	1.020%	1.320%	4.672%	1.664%
-2	2013	(2012-2013)	0.824%	5.709%	3.762%	0.966%	1.170%	4.438%	1.434%
-1	2014	(2013-2014)	0.821%	5.396%	3.577%	0.915%	1.037%	4.215%	1.236%
0	2015	(2014-2015)	0.818%	5.100%	3.401%	0.866%	0.919%	4.004%	1.065%
1	2016	(2015-2016)	0.816%	4.820%	3.234%	0.820%	0.813%	3.804%	0.918%
2	2017	(2016-2017)	0.813%	4.555%	3.075%	0.777%	0.720%	3.613%	0.791%
3	2018	(2017-2018)	0.810%	4.305%	2.924%	0.736%	0.637%	3.432%	0.682%
4	2019	(2018-2019)	0.807%	4.069%	2.780%	0.697%	0.563%	3.260%	0.588%
5	2020	(2019-2020)	0.805%	3.846%	2.643%	0.660%	0.498%	3.097%	0.506%
6	2021	(2020-2021)	0.802%	3.635%	2.513%	0.625%	0.454%	2.942%	0.436%
7	2022	(2021-2022)	0.800%	3.341%	2.454%	0.621%	0.452%	2.862%	0.434%
8	2023	(2022-2023)	0.797%	3.072%	2.397%	0.617%	0.450%	2.785%	0.433%
9	2024	(2023-2024)	0.794%	2.824%	2.341%	0.613%	0.448%	2.709%	0.431%
10	2025	(2024-2025)	0.792%	2.596%	2.286%	0.609%	0.446%	2.636%	0.429%
11	2026	(2025-2026)	0.789%	2.386%	2.232%	0.606%	0.444%	2.564%	0.427%
12	2027	(2026-2027)	0.787%	2.226%	2.105%	0.601%	0.442%	2.355%	0.425%
13	2028	(2027-2028)	0.784%	2.076%	1.984%	0.597%	0.439%	2.164%	0.423%
14	2029	(2028-2029)	0.781%	1.937%	1.871%	0.592%	0.437%	1.987%	0.421%
15	2030	(2029-2030)	0.779%	1.807%	1.764%	0.588%	0.435%	1.826%	0.419%
16	2031	(2030-2031)	0.776%	1.685%	1.663%	0.584%	0.433%	1.677%	0.417%
17	2032	(2031-2032)	0.774%	1.572%	1.568%	0.579%	0.430%	1.541%	0.415%
18	2033	(2032-2033)	0.771%	1.466%	1.478%	0.575%	0.428%	1.415%	0.413%
19	2034	(2033-2034)	0.769%	1.368%	1.394%	0.571%	0.426%	1.300%	0.411%
20	2035	(2034-2035)	0.766%	1.276%	1.314%	0.566%	0.424%	1.194%	0.409%
21	2036	(2035-2036)	0.763%	1.190%	1.239%	0.562%	0.421%	1.097%	0.407%
22	2037	(2036-2037)	0.761%	1.110%	1.168%	0.558%	0.419%	1.007%	0.404%
23	2038	(2037-2038)	0.758%	1.035%	1.101%	0.554%	0.417%	0.925%	0.402%
24	2039	(2038-2039)	0.755%	0.966%	1.038%	0.550%	0.415%	0.850%	0.400%
25	2040	(2039-2040)	0.753%	0.901%	0.979%	0.546%	0.413%	0.781%	0.398%
Perfilで使用されていた値 (一定)			0.840%	8.010%	5.090%	1.340%	2.040%	6.040%	3.050%

出典: SEDAPAL、国家統計協会、および JICA 調査団

5) 工業接続数の増加率

工業セクターの生産活動による水消費量は工業セクターの伸びと密接な関連がある。経済財務省（Ministry of Economy and Finance: MEF）の要請を受けて Maximixe コンサルタント・サービス（Maximixe Consult S.A.）が行った工業セクターの地域別・業種別の 2002 年から 2020 年までの GDP 予測によると、リマ市における 2010 年から 2020 年の 10 年間の工業セクターの GDP 伸び率は 3.74%である。したがって、本分析における工業接続の増加率は 3.74%とする。

6) 商業及び公共接続の増加率

商業施設や公共施設の増加はその地域の人口増と密接な関係があると考えられるため、本分析では、その接続数は人口増加率に応じて増加すると想定する。

なお、商業施設および公共施設は大規模な消費者が多いのが特徴である。表 3.1.2-7 に示す消費者分類別の接続数と表 3.1.2-8 に示す大口需要者から分かるように、全 77,573 接続のうちわずか 0.41%にあたる 318 接続が大口需要者であるが、その 70.8%は学校その他の公共施設が占めている。これらの大口需要者は、多くがロス・オリーボス区、カヤオ区およびカラバイーヨ区に位置している。

表 3.1.2-7: 各サブ・セクターの接続数および水使用者数（2009 年）

SECTOR	SUB-SECTOR	NUMBER OF CONNECTIONS AND UNITS OF USE																									
		DOMESTIC				COMMERCIAL				INDUSTRIAL				PUBLIC				SOCIAL				MULTI FAMILY				TOTAL			
		CONNECTION			UNIT OF USE	CONNECTION			UNIT OF USE	CONNECTION			UNIT OF USE	CONNECTION			UNIT OF USE	CONNECTION			UNIT OF USE	CONNECTION			UNIT OF USE	CONNECTION			UNIT OF USE
		CM	SM	Total		CM	SM	Total		CM	SM	Total		CM	SM	Total		CM	SM	Total		CM	SM	Total		CM	SM	Total	
83A	83A-1	1,021	126	1,147	1,151	18	7	25	25	1	1	2	2	3	0	3	3	5	0	5	5	350	77	427	1,130	1,398	211	1,609	2,316
	83A-2	1,200	306	1,506	1,508	49	17	66	67	1	3	4	4	10	1	11	11	3	0	3	3	695	202	897	2,375	1,958	529	2,487	3,968
83B	83B-1	568	42	610	611	16	2	18	18	0	0	0	0	2	0	2	2	2	1	3	3	572	68	640	1,602	1,160	113	1,273	2,236
	83B-2	2,129	491	2,620	2,634	50	23	73	74	2	0	2	2	14	1	15	15	8	3	11	11	1,017	330	1,347	3,197	3,220	848	4,068	5,933
84A	84A-1	3,658	253	3,911	3,917	24	13	37	37	0	0	0	0	9	0	9	9	2	1	3	3	428	89	517	997	4,121	356	4,477	4,963
	84A-2	2,448	253	2,701	2,705	18	6	24	24	0	0	0	0	4	0	4	4	5	2	7	7	309	64	373	787	2,784	325	3,109	3,527
84B	84B-1	2,830	430	3,260	3,268	26	18	44	44	3	0	3	3	3	0	3	3	4	0	4	4	554	153	707	1,536	3,420	601	4,021	4,858
	84B-2	1,100	125	1,225	1,227	28	10	38	40	2	1	3	3	2	0	2	2	1	2	3	3	336	62	398	884	1,469	200	1,669	2,159
85A	85A	1,445	245	1,690	1,695	24	14	38	39	3	1	4	4	3	0	3	3	1	3	4	4	334	111	445	1,001	1,810	374	2,184	2,746
85B	85B-1	403	132	535	535	29	30	59	66	20	3	23	23	4	0	4	4	1	1	2	2	202	93	295	1,020	659	259	918	1,650
	85B-2	346	111	457	457	19	15	34	37	31	17	48	48	7	0	7	7	1	5	6	6	236	106	342	789	640	254	894	1,344
	85B-3	25	167	192	192	14	7	21	21	17	3	20	20	2	0	2	2	1	0	1	1	6	45	51	103	65	222	287	339
85C	85C	877	254	1,131	1,133	31	15	46	47	4	0	4	4	5	0	5	5	4	4	8	8	367	96	463	1,089	1,288	369	1,657	2,286
212A	212A-1	2,316	390	2,706	2,713	50	38	88	94	4	0	4	4	5	0	5	5	3	3	6	6	437	98	535	1,114	2,815	529	3,344	3,936
	212A-2	1,402	179	1,581	1,584	39	10	49	50	5	2	7	7	3	0	3	3	2	0	2	2	368	74	442	925	1,819	265	2,084	2,571
212B	212B-1	994	149	1,143	1,146	29	11	40	40	3	0	3	3	1	0	1	1	0	0	0	0	360	65	425	989	1,387	225	1,612	2,179
	212B-2	888	99	987	989	25	7	32	35	6	1	7	7	1	0	1	1	2	2	4	4	285	42	327	764	1,207	151	1,358	1,800
213	213-1	2,079	477	2,556	2,558	42	21	63	64	1	0	1	1	4	0	4	4	4	3	7	7	286	86	372	748	2,416	587	3,003	3,382
	213-2	61	6	67	67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	2	62	6	68	69
	213-3	122	6	128	128	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2	2	0	0	0	0	124	6	130	130
251	251	2	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	2	1	3	4
252	252	0	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	2
253	253	16	4	20	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	5	7	20	18	9	27	40
254	254	1	1	2	2	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	2	2	4	4
255	255	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	2
256	256	6	0	6	6	0	4	4	4	1	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1	69	1	2	3	83	8	7	15	163
257	257	0	1	1	1	2	1	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	4	4
258	258	0	1	1	1	6	2	8	8	20	3	23	24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	26	6	32	33
259	259	1,433	694	2,127	2,130	8	11	19	19	0	0	0	0	6	0	6	6	3	5	8	8	80	42	122	241	1,530	752	2,282	2,404
260	260	0	0	0	0	1	0	1	1	3	1	4	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	1	5	5
261	261	0	0	0	0	5	0	5	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	5	10
262	262	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1
263	263	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1
264	264	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1
265	265	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1
266	266	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1
345	345	307	69	376	376	9	7	16	16	1	0	1	1	3	0	3	3	3	0	3	3	14	2	16	63	337	78	415	462
346	346-1	496	188	684	686	6	5	11	11	2	0	2	2	9	0	9	9	0	1	1	1	107	45	152	398	620	239	859	1,107
	346-2	922	449	1,371	1,374	17	15	32	32	2	1	3	3	4	0	4	4	3	1	4	4	221	111	332	735	1,169	577	1,746	2,152
347	347-1	786	649	1,435	1,443	21	18	39	39	2	1	3	3	8	0	8	8	5	3	8	8	301	256	557	1,132	1,123	927	2,050	2,633
	347-2	1,110	391	1,501	1,505	14	10	24	24	4	2	6	7	6	0	6	6	4	1	5	5	187	66	253	506	1,325	470	1,795	2,053
348A	348A	2	647	649	650	0	7	7	7	0	0	0	0	10	0	10	10	1	5	6	6	1	168	169	265	14	827	841	938
348B	348B-1	10	1,600	1,610	1,618	0	12	12	12	0	0	0	0	3	0	3	3	0	9	9	9	4	396	400	664	17	2,017	2,034	2,306
	348B-2	140	37	177	177	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	140	38	178	178
349A	349A-1	177	1,336	1,513	1,516	1	6	7	8	0	0	0	0	5	0	5	5	0	10	10	10	2	212	214	417	185	1,564	1,749	1,956
	349A-2	0	323	323	323	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	3	3	0	1	1	1	0	13	13	20	3	337	340	347
	349A-3	0	776	776	779	0	3	3	3	0	0	0	0	2	0	2	2	0	3	3	3	0	110	110	177	2	892	894	964
349B	349B-1	90	589	679	680	0	1	1	1	0	0	0	0	3	0	3	3	2	6	8	8	0	93	93	186	95	689	784	878
	349B-2	119	588	707	709	0	1	1	1	0	0	0	0	6	1	7	7	0	5	5	5	0	44	44	72	125	639	764	794
	349B-3	175	524	699	700	0	7	7	7	0	0	0	0	5	0	5	5	0	4	4	4	3	29	32	42	183	564	747	758
	349B-4	1	1	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	2
350	350-1	1,601	768	2,369	2,379	41	36	77	83	0	1	1	1	36	0	36	36	11	8	19	19	921	416	1,337	2,841	2,610	1,229	3,839	5,359
	350-2	2,054	654	2,708	2,715	27	20	47	49	1	1	2	2	24	1	25	26	5	7	12	12	477	177	654	1,481	2,588	860	3,448	4,285
351	351-1	528	23	551	552	1	1	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	2	24	19	43	85	554	44	598	641
	351-2	358	3	361	362	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	358	3	361	362
	351-3	72	3	75	75	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	73	3	76	76
361	361	1,220	68	1,288	1,288	8	6	14	14	1	1	2	2	4	3	7	7	0	0	0	0	41	3	44	75	1,274	81	1,355	1,386
368A	368A-1	1,519	158	1,677	1,679	13	5	18	18	0	0	0	0	1	1	2	2	0	0	0	0	57	7	64	137	1,590	171	1,761	1,836
	368A-2	288	6	294	294	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	3	6	290	7	297	300
368B	368B	2,867	33	2,900	2,905	3	1	4	4	0	0	0	0	3	0	3	3	2	1	3	3	17	1	18	31	2,892	36	2,928	2,946
369A	369A	1,562	529	2,091	2,096	13	3	16	16	1	0	1	1	6	2	8	8	0	2	2	2	48	13	61	108	1,630	549	2,179	2,231
369B	369B	2,426	55	2,481	2,483	2	3	5	5	0	0	0	0	9	0	9	10	2	128	130	130	17	2	19	37	2,456	188	2,644	2,665
370	370	22	115	137	139	7	34	41	41	14	13	27	28	2	0	2	2	0	2	2	2	15	27	42	76	60	191	251	288
TOTAL		**46,228**	**15,526**	**61,754**	**61,893**	**736**	**484**	**1,220**	**1,261**	**155**	**56**	**211**	**214**	**241**	**11**	**252**	**254**	**93**	**235**	**328**	**396**	**9,686**	**4,122**	**13,808**	**30,953**	**57,139**	**20,434**	**77,573**	**94,971**

CM: 水道メータあり、SM: 水道メータなし
出典: SEDAPAL, INEI 統計および JICA 調査団

表 3.1.2-8: 大規模需要者数（2009 年）

接続の分類	総接続数		大規模接続数		大規模接続の割合
	戸	%	戸	%	%
公共	328	0.4	9	2.8	2.74
住宅	61,754	79.6	1	0.3	0.00
商業	1,220	1.6	42	13.2	3.44
工業	211	0.3	40	12.6	18.96
団地	252	0.3	225	70.8	89.29
複数家族用住宅	13,808	17.8	1	0.3	0.01
計	77,573	100.0	318	100.0	0.41

出典: SEDAPAL および JICA 調査団

7) 接続率

本分析では、家庭利用の接続率（1 世帯のみの住宅接続、福祉施設の接続、および複数世帯の住宅接続を含む）を人口で除した値を接続率とする。なお、商業接続および工業接続については全ての施設が既に給水サービスを受けているものと想定する。

計算の結果、調査対象地域における家庭利用の接続率は 64.02%であり、ワチパ浄水場の配水対象地域では 64.83%であった。接続率は今後伸びていくと考えられ、分析においては、現時点から 10 年後の 2019 年に 100%になると想定する。

8) 単位使用水量

接続あたりの単位使用水量は SEDAPAL の管理する台帳より得ることができる。本分析では、同台帳に記録された実績値を参照し、2008 年 1 月から 2009 年 12 月までの 24 ヶ月間の平均値を単位水使用量として設定する。

セクターの境界は土地利用などを考慮して設定されているため同一のセクターに属するサブ・セクターはほぼ同等の単位使用水量であると考えられることから、原則として、単位使用水量はセクターごとに設定する。ただし、サブ・セクター85B-2 については、セクター85B に属する他のサブ・セクターと異なり大口の工業接続が多数あることから、同セクター内の他サブ・セクターとは別個に平均値を求め、単位使用水量を設定した。

各セクターの単位使用水量を表 3.1.2-9 に示す。

表 3.1.2-9: 需要分析で使用する単位使用水量（単位 m^3/month）

ｾｸﾀｰ	住宅（単独世帯接続）		商業		工業		公共		福祉		住宅（複数世帯接続）	
	CM	SM	CM	SM	CM	SM	CM	SM	CM	SM	CM	SM
83A	21.3	29.8	34.8	48.7	19.0	26.6	283.8	397.3	66.4	92.9	15.6	21.9
83B	21.3	29.8	34.8	48.7	19.0	26.6	283.8	397.3	66.4	92.9	15.6	21.9
84A	13.6	19.8	16.5	23.1	14.9	20.9	228.3	319.7	19.2	26.9	12.2	17.1
84B	13.6	19.8	16.5	23.1	14.9	20.9	228.3	319.7	19.2	26.9	12.2	17.1
85A	17.4	24.4	243.9	341.4	186.5	261.1	267.5	374.5	81.4	114.0	14.7	20.6
85B*	17.4	24.4	243.9	341.4	186.5	261.1	267.5	374.5	81.4	114.0	14.7	20.6
85B-2	17.4	24.4	243.9	341.4	1,281.5	1,794.1	267.5	374.5	81.4	114.0	14.7	20.6
85C	17.4	24.4	243.9	341.4	186.5	261.1	267.5	374.5	81.4	114.0	14.7	20.6
212A	15.8	22.1	46.4	65.0	17.7	24.7	156.3	218.9	11.8	16.5	14.3	20.0
212B	15.8	22.1	46.4	65.0	17.7	24.7	156.3	218.9	11.8	16.5	14.3	20.0
213	14.4	20.2	14.2	19.9	14.9	20.9	315.9	442.3	59.0	82.6	17.1	24.0
251	14.4	20.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
252	14.4	20.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
253	14.4	20.2	-	-	-	-	-	-	-	-	16.4	23.0
254	14.4	20.2	-	-	-	-	-	-	-	-	28.6	40.0
255	14.4	20.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
256	14.4	20.2	-	-	-	-	-	-	-	-	14.4	20.2
257	14.4	20.2	-	-	-	-	-	-	-	-		-
258	14.4	20.2	909.1	1,272.7	18,890.0	26,446.0	-	-	-	-	-	-
259	14.4	20.2	11.4	16.0	-	-	428.3	599.6	8.7	12.2	14.4	20.2
260	13.4	18.8	3,083.5	4,316.9	45,137.0	63,191.8	-	-	-	-	-	-
261	13.4	18.8	46,017.6	64,424.6	-	-	-	-	-	-	-	-
262	13.4	18.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
263	13.4	18.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
264	13.4	18.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
265	13.4	18.8	-	-	-	-	-	-	-	-		-
266	13.4	18.8	-	-	-	-	-	-	-	-		-
345	16.5	23.1	19.6	27.4	-	-	317.9	445.1	282.0	394.8	17.2	24.1
346	15.8	22.2	15.0	21.1	19.2	26.9	168.4	235.8	13.2	18.5	13.3	18.6
347	15.3	21.4	13.2	18.5	21.8	30.5	129.4	181.2	13.2	18.5	14.5	20.2
348A	15.8	22.2	28.4	39.8	-	-	222.1	310.9	14.4	20.2	13.3	18.6
348B	15.8	22.2	28.4	39.8	-	-	222.1	310.9	14.4	20.2	13.3	18.6
349A	15.4	21.5	-	-	-	-	125.8	176.1	125.8	176.1	13.3	18.6
349B	15.4	21.5	-	-	-	-	125.8	176.1	125.8	176.1	13.3	18.6
350	18.7	26.1	19.1	26.8	1,019.0	1,426.6	197.2	276.0	48.5	67.9	15.0	21.0
351	15.6	21.8	42.5	59.5	-	-	-	-	9.3	13.0	13.8	19.3
361	14.4	20.2	-	-	6.7	9.4	31.6	44.3	-	-	13.3	18.6
368A	14.4	20.2	9.0	12.6	-	-	74.6	104.4	7.6	10.6	14.1	19.8
368B	14.4	20.2	9.0	12.6	-	-	74.6	104.4	7.6	10.6	14.1	19.8
368	14.4	20.2	9.0	12.6	-	-	74.6	104.4	7.6	10.6	14.1	19.8
369A	14.4	20.2	13.3	18.7	41.7	58.4	179.2	250.8	27.0	37.9	12.1	17.0
369B	14.4	20.2	13.3	18.7	41.7	58.4	179.2	250.8	27.0	37.9	12.1	17.0
370	18.8	26.3	121.8	170.5	47.5	66.5	257.3	360.2	-	-	17.3	24.2

*: ｻﾌﾞｾｸﾀｰ85B-2を除く
CM：水道メータ有り、SM：水道メータ無し
出典: SEDAPAL および JICA 調査団

9) 水道メータ設置率の増加率

SEDAPAL の台帳によると、2009 年 12 月の時点で全接続に対する水道メータの設置率は 74%である。セクターごとにみると、その設置率はおおよそ 70%から 90%まで様々であるが、地域によって（特にコマス区において）は 50%以下に留まっているセクターもある。

各接続の水使用量を正しく把握することは、公平かつ財務的に健全な水道事業の運営には不可欠である。また、それは水道料金の適正な設定を可能にし、また消費者の適正な水使用方法を促進することができ、ひいては SEDAPAL による水道事業運営の持続性を確保することにつながる重要なものである。

これに対し SEDAPAL は、2010 年 7 月より開始された運営管理包括プログラム（Sistema Integral de Gestion Comercial）と呼ばれる 3 年間の事業の中で、水道メータ

の設置、顧客台帳の更新、および違法接続の摘発に着手した。本分析では、同事業によりメータ設置率が着実に増加し 2013 年に 100%に到達すると想定する。

10)損失水率

(a) 本分析における損失水の定義

第 2 章 2.5.10 節で述べたように、無収水（Non Revenue Water）は技術的損失水（Technical Loss）と商業的損失水（Commercial Loss）に大別され、前者は漏水、後者は違法接続による水使用と水道メータの故障や不感水量による損失などを含む。

需要分析における「損失水」は、人々によって実際に消費されなかった水、すなわち技術的損失水として定義する。すなわち、一般に損失水として計上されている水のうち違法接続による水使用や水道メータの故障による損失は実際に存在する水需要の一部であることから、ここでは損失水として扱わない。

下図は、上述の第 2 章 2.5.10 節で推定した、無収水率 50%の調査対象地域における典型的なセクターの配水量内訳である。図から分かるように、本分析では現状（本事業実施前）の損失水率は 40%、本事業の実施により無収水が 25%まで改善された後（本事業実施後）の損失水率は 20%と設定する。

				プロジェクト実施前	プロジェクト実施後		
配水量	合法的消費水量	合法的有収水	メータ感知有収水	35%	75%	有収水量	有収水量
			メータ不感知有収水	15%	0%		
		合法的無収水	メータ感知・メータ不感知合法的無収水	0-3%	0-3%	商業的損失	無収水量
	損失水量	非技術的損失	違法消費水	10-15% 無収水率:50%	5% 無収水率:25%		
			メータの故障				
		技術的損失	配水管からの漏水	［技術的損失水率（漏水率）］ プロジェクト実施前：40% プロジェクト実施後：20%		技術的損失	
			給水管からの漏水				
			配水池、その他からの漏水	35-40%	20%		

*: 調査対象地域における、事業実施前と実施後の配水量内訳である。
出典: JICA 調査団

図 3.1.2-4: 無収水率が 50%のサブ・セクターの現状および将来の配水量の内訳

(b) 適用する損失水率

SEDAPAL は、リマ北部地域全体の無収水率を約 50%と推定している。しかしセクターやサブ・セクターのへの流入水がほとんど計測されていないことや水道メータの設置も十分ではないことから、現状では実際の損失水率をセクターやサブ・セクターごとに把握することは不可能である。そのため、本分析では以下の想定・仮定に従って各サブ・セクターの損失水率を設定する。

- 第 2 章 2.5.10 節での分析結果と図 3.1.2-4 より、現状の損失水率は無収水率より 10%小さい値とする。
- 無収水率と損失水率の値は同一セクター内では共通とする。
- 現行セクター83、84、85、212 および 213 に属するサブ・セクターにおける現状の無収水率と損失水率については、既存の流量計を用いてモニタリングされている値を適用する。
- 他のサブ・セクターにおける無収水率は既存施設の現状や社会条件等を考慮して設定する。すなわち、リマ北部地域内の平均的な条件と考えられるサブ・セクターにおいては 50%、事故件数・施設整備年次・住民の生活条件などが平均よりも劣ると考えられる地域では 50%以上、また比較的良好な条件であると考えられる地域では 50%以下とする。
- 配水管網が未整備な地域では、分析の初年度より無収水率 25%、損失水率 20%とする。
- 配水管網が近年整備された、または補修・更新されたサブ・セクター、および配水管網の補修・更新が予定されているサブ・セクターでは、現状の無収水率は 30%、損失水率は 20%とする。これらの地域では本事業による更なる改善は行われないが、SEDAPAL が本年 7 月に着手した水道メータ設置事業や継続的な施設補修により無収水 25%が達成されると想定する。

本事業は、多くの漏水を引き起こしている要因となっている老朽管（配水管、給水管を含む）の更新と適正な水圧管理を可能とする配水システムの構築により技術的損失を削減するものである。加えて、SEDAPAL が実施している事業等により調査対象地域内の水道メータ設置率はほぼ 100%になると考えられるが、同事業で水道メータが設置されない接続も幾分あることから、本事業ではそれらの接続に水道メータを設置することで商業的損失も削減する。

これらの対策による無収水率削減効果のうち、老朽管更新と水道メータ設置による効果は工事実施期間中からでも発現するのに対し、配水圧管理による削減効果は、新しい配水システムの運転管理精度が向上していくにつれて徐々に発現する。そのため、本分析ではこれらの異なる発現特性をもつ効果を勘案し、無収水率および損失水率は工事の大部分が完成する 2015 年より徐々に減少し、工事完了から 2 年後の 2017 年に目標値である 25%を達成すると想定する。

本分析に適用する各セクターの無収水率と損失水率を下表に示す。

表 3.1.2-10: 本分析に適用する現状の無収水率と損失水率

無収水率	損失水率	セクター*	備考
25.0%	20.0%	251 (56.0), 252 (56.0), 254 (56.0), 255 (53.9), 257 (53.9), 258 (53.9), 260 (56.0), 261 (40.8), 262 (40.8), 263 (40.8), 264 (40.8), 265 (40.8), 266 (40.8)	配水管網が未整備のｾｸﾀｰ
30.0%	20.0%	253 (53.9), 361 (33.0), 368B (33.0), 369B (33.0), 256 (53.9), 370 (33.0)	配水管網が近年整備されたｾｸﾀｰ、既存配水管網が近年更新または補修されたｾｸﾀｰ、および近年中に SEDAPAL が更新・補修を実施する予定のｾｸﾀｰ
35.0%	25.0%	84A (34.0), 84B (34.0)	2009 年の無収水率推定値は 33.1%
40.0%	30.0%	212A (36.0), 212B (36.0), 369A (33.0)	ｾｸﾀｰ 212A および 212B の合計で 2009 年の無収水率推定値は 38.0%
45.0%	35.0%	83A (38.0), 83B (38.0)	2009 年の無収水率推定値は 42.9%
50.0%	40.0%	85A (49.0), 85B (49.0), 85C (49.0), 346 (54.0), 347 (48.0), 368A (33.0)	ｾｸﾀｰ 85A, 85B および 85C の合計で 2009 年の無収水率は 50.1%
60.0%	50.0%	213 (56.0), 259 (58.0), 345 (49.0), 348A(45.0), 348B (45.0), 349A (45.0), 349B (45.0), 350 (45.0), 351 (48.0)	ｾｸﾀｰ 259 が位置するｶﾔｵ区の 2009 年の平均無収水率は 55%

*: ( )内の値は *Perfil* で使用された値
出典: JICA 調査団

11) ピーク係数および配水池の必要貯留量を求めるための係数

本分析で用いる係数は、下表に示すように国家基準（*Reglamento Nacional de Estructuras*, National Building Regulation of the Ministry of Housing, Construction and Sanitation、以下「国家衛生基準」）に準拠する。

表 3.1.2-11: 水需要の最大係数および配水池貯留容量係数等

項目		値	備考
最大需要	日最大係数	1.3	日平均水量に乗じる
	時間最大係数	1.8	同上
配水池容量	貯留係数	0.25	同上
	防火用水貯留量	$50m^3$	日平均水量と貯留係数から算出される水量に加えて必要配水池容量を求める

出典: ペルー国国家衛生基準（O.S 100, National Building Regulation of the Ministry of Housing, Construction and Sanitation）

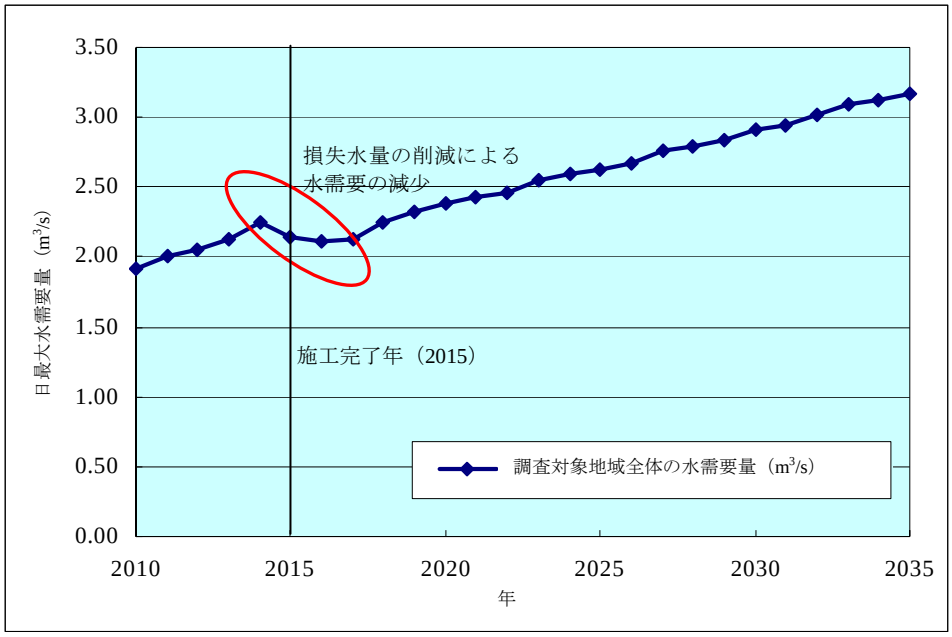
(3) 分析結果

上述の条件および想定に基づき、調査対象地域全体および調査対象内ワチパ浄水場計画配水地域の水需要分析を行った結果を図 3.1.2-5～6、表 3.1.2-12～18、に示す。

表 3.1.2-12: 調査対象地域全体の水需要分析結果

Year		Total Population	Cover Ratio	Served Population	Total Connection	Water Demand						Storage Demand (m^3)
						m^3/day	l/sec	m^3/year	QMD (m^3/seg)		QMH (m^3/seg)	
									The Study	(Perfil)		
Base	2009	622,650	64.02%	398,590	77,573	124,115	1,436.51	45,301,810	1.87	(1.64)	2.59	34,179
-5	2010	636,573	67.58%	430,169	83,627	127,721	1,478.25	46,618,003	1.92	(1.60)	2.66	35,083
-4	2011	649,758	71.15%	462,290	89,783	133,187	1,541.52	48,613,401	2.00	(1.58)	2.77	36,448
-3	2012	662,250	74.73%	494,899	96,046	136,480	1,579.62	49,815,046	2.05	(1.49)	2.84	37,267
-2	2013	674,099	78.32%	527,958	102,409	141,400	1,636.57	51,610,965	2.13	(2.05)	2.95	38,500
-1	2014	685,338	81.92%	561,419	108,862	149,572	1,731.16	54,593,755	2.25	(2.10)	3.12	40,543
0	2015	696,012	85.52%	595,253	115,401	141,919	1,642.58	51,800,463	2.14	(2.12)	2.96	38,629
1	2016	706,154	89.13%	629,425	122,019	140,404	1,625.04	51,247,413	2.11	(2.15)	2.93	38,254
2	2017	715,805	92.75%	663,916	128,710	141,848	1,641.76	51,774,487	2.13	(2.20)	2.96	38,609
3	2018	724,997	96.37%	698,701	135,470	149,007	1,724.61	54,387,384	2.24	(2.25)	3.10	40,401
4	2019	733,754	100.00%	733,754	142,293	154,263	1,785.46	56,306,158	2.32	(2.31)	3.21	41,713
5	2020	742,109	100.00%	742,109	144,054	158,293	1,832.09	57,776,908	2.38	(2.37)	3.30	42,722
6	2021	750,112	100.00%	750,112	145,745	161,214	1,865.91	58,843,245	2.43	(2.43)	3.36	43,456
7	2022	758,100	100.00%	758,100	147,433	163,215	1,889.06	59,573,452	2.46	(2.49)	3.40	43,955
8	2023	766,068	100.00%	766,068	149,115	169,131	1,957.54	61,732,856	2.54	(2.55)	3.52	45,432
9	2024	774,012	100.00%	774,012	150,793	172,002	1,990.76	62,780,617	2.59	(2.61)	3.58	46,149
10	2025	781,931	100.00%	781,931	152,464	174,113	2,015.20	63,551,243	2.62	(2.68)	3.63	46,681
11	2026	789,827	100.00%	789,827	154,128	177,034	2,049.00	64,617,302	2.66	(2.75)	3.69	47,407
12	2027	797,459	100.00%	797,459	155,733	183,651	2,125.59	67,032,599	2.76	(2.82)	3.83	49,062
13	2028	804,833	100.00%	804,833	157,281	185,615	2,148.32	67,749,470	2.79	(2.89)	3.87	49,558
14	2029	811,961	100.00%	811,961	158,773	188,423	2,180.82	68,774,284	2.84	(2.97)	3.93	50,257
15	2030	818,848	100.00%	818,848	160,211	193,123	2,235.22	70,489,993	2.91	(3.05)	4.02	51,428
16	2031	825,503	100.00%	825,503	161,597	195,932	2,267.74	71,515,316	2.95	(3.12)	4.08	52,137
17	2032	831,937	100.00%	831,937	162,934	200,587	2,321.61	73,214,419	3.02	(3.20)	4.18	53,294
18	2033	838,158	100.00%	838,158	164,223	205,150	2,374.42	74,879,785	3.09	-	4.27	54,434
19	2034	844,171	100.00%	844,171	165,468	207,841	2,405.57	75,862,067	3.13	-	4.33	55,112
20	2035	849,998	100.00%	849,998	166,669	210,478	2,436.08	76,824,371	3.17	-	4.38	55,769

出典: JICA 調査団



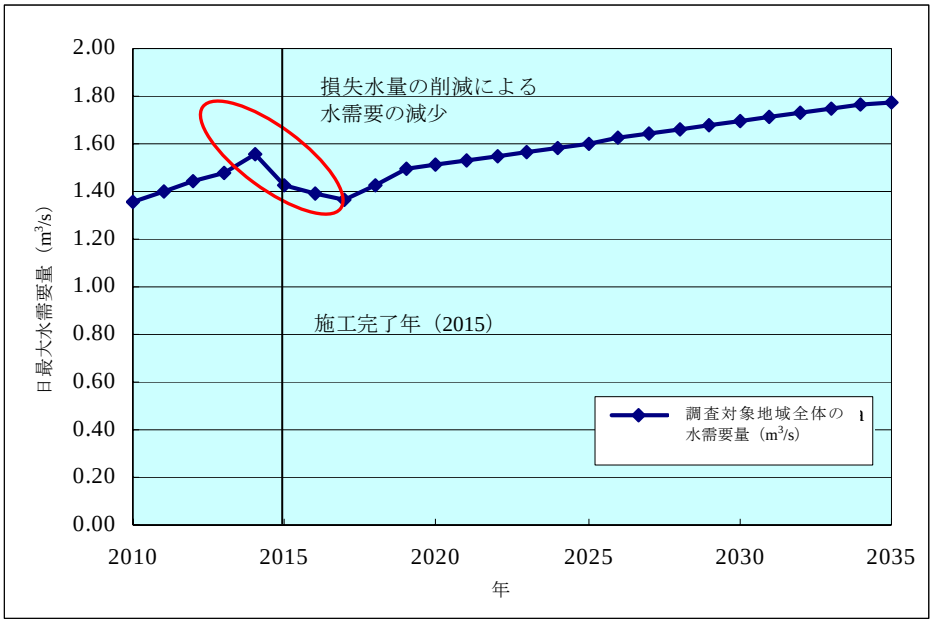
出典: JICA 調査団

図 3.1.2-5: 調査対象地域全体の水需要分析結果

表 3.1.2-13: 調査対象地域内ワチパ浄水場計画配水地域の水需要分析結果

Year		Total Population	Cover Ratio	Served Population	Total Connection	Water Demand						Storage Demand (m^3)
						m^3/day	l/sec	m^3/year	QMD (m^3/seg)		QMH (m^3/seg)	
									The Study	(Perfil)		
Base	2009	614,830	64.83%	398,570	77,524	86,739	1,003.92	31,659,723	1.31	(1.53)	1.81	24,386
-5	2010	628,300	68.33%	429,322	83,345	90,192	1,043.89	32,920,135	1.36	(1.50)	1.88	25,250
-4	2011	641,033	71.84%	460,527	89,241	93,124	1,077.83	33,990,353	1.40	(1.47)	1.94	25,981
-3	2012	653,072	75.36%	492,129	95,220	95,799	1,108.79	34,966,726	1.44	(1.39)	2.00	26,647
-2	2013	664,471	78.87%	524,092	101,272	98,194	1,136.50	35,840,728	1.48	(1.27)	2.05	27,249
-1	2014	675,263	82.39%	556,368	107,391	103,473	1,197.60	37,767,555	1.56	(1.28)	2.16	28,568
0	2015	685,495	85.91%	588,932	113,570	94,831	1,097.58	34,613,244	1.43	(1.30)	1.98	26,408
1	2016	695,200	89.43%	621,749	119,805	92,313	1,068.44	33,694,284	1.39	(1.31)	1.92	25,780
2	2017	704,420	92.96%	654,802	126,089	90,659	1,049.29	33,090,379	1.36	(1.34)	1.89	25,361
3	2018	713,186	96.48%	688,068	132,419	94,908	1,098.48	34,641,518	1.43	(1.37)	1.98	26,426
4	2019	721,527	100.00%	721,527	138,790	99,125	1,147.28	36,180,698	1.49	(1.41)	2.07	27,480
5	2020	729,472	100.00%	729,472	140,434	100,384	1,161.85	36,640,219	1.51	(1.44)	2.09	27,795
6	2021	737,074	100.00%	737,074	142,010	101,668	1,176.72	37,108,926	1.53	(1.47)	2.12	28,117
7	2022	744,680	100.00%	744,680	143,587	102,821	1,190.06	37,529,807	1.55	(1.50)	2.14	28,404
8	2023	752,284	100.00%	752,284	145,164	104,095	1,204.81	37,994,800	1.57	(1.54)	2.17	28,723
9	2024	759,883	100.00%	759,883	146,742	105,337	1,219.18	38,447,972	1.58	(1.57)	2.19	29,033
10	2025	767,476	100.00%	767,476	148,318	106,609	1,233.89	38,912,111	1.60	(1.61)	2.22	29,355
11	2026	775,063	100.00%	775,063	149,893	107,907	1,248.92	39,386,043	1.62	(1.65)	2.25	29,675
12	2027	782,399	100.00%	782,399	151,412	109,104	1,262.78	39,823,091	1.64	(1.69)	2.27	29,976
13	2028	789,492	100.00%	789,492	152,878	110,238	1,275.90	40,236,751	1.66	(1.72)	2.30	30,263
14	2029	796,351	100.00%	796,351	154,291	111,428	1,289.68	40,671,257	1.68	(1.76)	2.32	30,558
15	2030	802,983	100.00%	802,983	155,654	112,634	1,303.63	41,111,232	1.69	(1.80)	2.35	30,857
16	2031	809,395	100.00%	809,395	156,969	113,793	1,317.04	41,534,271	1.71	(1.85)	2.37	31,151
17	2032	815,597	100.00%	815,597	158,238	114,919	1,330.08	41,945,456	1.73	(1.89)	2.39	31,428
18	2033	821,597	100.00%	821,597	159,462	115,992	1,342.50	42,337,127	1.75	-	2.42	31,694
19	2034	827,403	100.00%	827,403	160,645	117,076	1,355.04	42,732,565	1.76	-	2.44	31,970
20	2035	833,032	100.00%	833,032	161,788	118,107	1,366.98	43,109,044	1.78	-	2.46	32,225

出典: JICA 調査団



出典: JICA 調査団

図 3.1.2-6: 調査対象地域内ワチパ浄水場計画配水地域の水需要分析結果

表 3.1.2-14: 水需要に対して必要となる配水枝管延長

ｾｸﾀｰ	配水枝管延長 (km)
83 A	34.12
83 B	49.28
84 A	60.90
84 B	45.78
85 A	18.89
85 B	26.81
85 C	18.64
212 A	53.39
212 B	29.11
213	41.09
259	16.06
345	13.58
346	17.49
347	53.09
348 A	8.10
348 B	22.04
349 A	31.47
349 B	28.33
350	78.17
351	7.07
368 A	29.13
369 A	26.77
Total	**709.31**

出典: JICA 調査団

表 3.1.2-15: セクターおよび配水池における貯留量の需要予測 (m^3)

RESERVOIR		Villa Sol R-1	Villa del Norte	Parque del Naranja	Cueto Fernandini	Olivos de Pro	Programa Confraternidad 2	Programa Confraternidad 1	Comite Aposte	Puerta de Pro R-1	Río Santa R-1	Pro	Santa Luisa	Pro	Virgin de las Nieves	Virgin del Rosario	Rosario del Norte	Jazmines de Naranja	Vipol Naranjal	Cerro eo Choclo R-2	Cerro eo Choclo R-1	Márquez	Almeda del Pinar R-1	El Pinar R-2	San Felipe	LA Alborada R-2	Collique R-1	Collique R-2	RE-01	Collique R-3	Nueva Esperanza	Collique R-4	Collique R-5	Collique R-6	Collique R-7	Santa Isabel R-1	Santa Isabel R-2	Los Angeles R-1	Los Angeles R-2, R-3	Los Angeles R-4	RPA-6	RPA-1	RPA-7 La Ensenada
SUB SECTOR		83A-1	83A-2	83B-1	83B-2	84A-1	84A-2	84B-1	84B-2	85A	85B-1	85B-2	85B-3	85C	212A-1	212A-2	212B-1	212B-2	213-1	213-2	213-3	259	345	346	347-1	347-2	348A	348B-1	348B-2	349A-1	349A-2	349A-3	349B-1	349B-2	349B-3	350-1	350-2	351-1	351-2	351-3	368A1	368A-2	369A
SECTOR		83A		83B		84A		84B		85A	85B			85C	212A		212B		213			259	345	346	347		348A	348B		349A			349B			350		351			368A		369A
YEAR																																										
	2009	547	818	423	1,269	815	596	745	365	808	631	1,396	321	666	804	528	430	375	922	67	83	760	252	752	618	527	436	840	101	730	229	425	391	385	365	1,498	1,360	259	144	70	516	110	599
-5	2010	556	842	438	1,301	836	608	760	374	818	624	1,406	319	671	868	536	487	383	948	67	84	787	298	745	618	539	441	829	103	732	236	428	393	398	366	1,520	1,398	276	156	71	552	116	626
-4	2011	561	860	453	1,323	852	617	771	382	819	620	1,413	323	670	879	543	494	391	970	67	85	805	333	735	615	550	438	808	105	727	241	428	390	408	364	1,530	1,428	292	169	73	590	123	657
-3	2012	567	883	467	1,347	868	625	782	390	828	612	1,408	319	673	886	548	498	398	989	68	85	823	368	723	611	559	432	782	107	717	244	422	387	414	361	1,539	1,460	309	182	75	628	131	683
-2	2013	572	899	480	1,365	885	634	792	397	832	601	1,405	316	675	894	554	504	404	1,006	68	85	837	404	712	605	568	422	750	108	702	244	415	381	416	357	1,544	1,488	327	195	76	668	138	712
-1	2014	583	931	497	1,408	907	647	812	408	851	610	1,451	322	692	912	564	513	413	1,039	68	86	876	445	719	622	588	444	780	112	736	258	435	396	441	370	1,593	1,550	347	210	78	715	146	755
0	2015	528	847	458	1,270	901	642	808	409	757	545	1,288	296	611	877	544	496	400	908	65	80	779	422	638	561	536	402	692	104	658	242	397	360	406	336	1,385	1,358	323	196	75	676	139	698
1	2016	523	849	460	1,266	907	646	815	414	726	519	1,240	292	586	871	538	493	399	815	63	76	711	406	608	545	523	372	629	98	603	231	370	334	381	313	1,236	1,236	306	186	73	680	140	695
2	2017	517	850	462	1,263	913	649	821	419	700	499	1,202	285	562	861	533	489	396	745	61	73	660	394	581	529	512	351	582	94	562	223	349	315	363	295	1,124	1,134	294	179	71	685	141	692
3	2018	525	875	475	1,298	931	660	838	428	713	503	1,247	290	573	874	541	495	403	767	61	73	686	421	586	541	529	362	601	96	585	232	364	324	380	303	1,152	1,172	308	189	72	725	148	728
4	2019	532	900	487	1,331	949	671	855	437	724	507	1,279	295	587	887	549	501	410	785	62	73	716	448	590	553	545	375	620	98	607	240	377	334	396	311	1,182	1,211	322	200	74	765	155	763
5	2020	534	904	489	1,337	953	674	859	439	727	512	1,320	297	590	890	551	504	411	788	62	73	721	450	593	556	547	376	624	98	612	241	379	336	398	314	1,201	1,228	328	204	74	784	158	783
6	2021	536	907	491	1,342	956	676	862	441	732	517	1,364	300	592	894	553	505	413	791	62	73	726	452	596	559	550	378	627	99	615	242	381	337	400	315	1,230	1,243	334	207	75	803	162	805
7	2022	538	911	493	1,347	960	679	866	442	734	519	1,392	302	593	897	555	507	414	794	62	73	730	454	599	562	553	379	630	99	618	243	382	339	401	317	1,248	1,260	340	211	76	822	165	824
8	2023	540	915	495	1,353	964	684	869	444	738	527	1,433	307	600	900	557	508	416	797	62	74	735	459	602	565	556	381	634	99	621	244	384	341	403	318	1,264	1,274	345	215	76	840	168	844
9	2024	542	918	497	1,358	968	686	873	445	740	532	1,474	311	602	903	560	510	417	800	62	74	740	461	607	567	558	382	637	99	624	245	386	343	405	319	1,282	1,290	351	219	77	859	171	865
10	2025	544	925	498	1,364	972	689	876	447	742	535	1,518	313	604	906	562	511	419	803	62	74	745	463	610	570	561	384	640	100	627	246	387	344	407	321	1,301	1,315	357	223	77	878	174	885
11	2026	546	928	500	1,369	975	691	880	448	745	542	1,573	316	609	910	564	513	420	806	62	74	750	465	614	573	564	385	644	100	630	246	389	345	408	322	1,319	1,332	362	227	78	897	177	906
12	2027	548	932	502	1,375	979	694	883	450	752	546	1,614	320	613	913	566	514	422	809	62	74	755	467	616	576	567	387	647	100	633	247	391	347	410	323	1,334	1,346	368	230	78	914	180	924
13	2028	550	935	504	1,380	983	697	887	452	754	549	1,655	323	615	916	568	516	423	812	62	74	759	470	619	579	570	391	650	101	636	248	393	348	412	324	1,351	1,359	373	234	79	931	183	941
14	2029	552	939	505	1,385	987	699	890	453	756	554	1,712	327	617	920	570	517	424	815	62	74	764	472	622	582	573	392	653	101	639	249	394	350	414	326	1,367	1,374	379	238	80	946	186	959
15	2030	554	942	507	1,390	991	702	893	455	760	561	1,767	332	624	923	572	519	426	818	62	74	769	477	626	584	575	394	658	101	642	251	396	352	417	327	1,381	1,386	384	241	80	961	188	974
16	2031	558	946	509	1,399	997	704	899	456	765	565	1,822	336	626	926	576	521	427	821	62	74	774	479	630	587	578	395	662	102	646	252	398	354	419	328	1,397	1,399	389	244	81	974	191	989
17	2032	560	950	511	1,404	1,000	707	903	458	770	570	1,876	340	628	929	578	522	428	824	62	74	779	481	633	590	581	397	665	102	649	253	399	355	420	329	1,410	1,423	393	247	81	987	193	1,002
18	2033	562	953	512	1,410	1,004	709	906	459	774	577	1,931	343	632	933	580	524	430	827	62	74	784	483	636	594	584	398	668	102	652	254	401	356	422	330	1,424	1,434	397	250	82	999	195	1,016
19	2034	565	956	514	1,415	1,008	712	909	461	776	582	1,988	347	636	936	582	525	432	830	62	75	789	485	638	597	587	400	671	102	655	254	403	358	424	332	1,449	1,446	401	253	82	1,010	197	1,028
20	2035	566	960	515	1,420	1,012	714	913	463	778	586	2,055	351	638	939	584	527	433	833	62	75	794	487	642	600	590	402	674	103	658	255	404	359	425	333	1,461	1,458	405	255	83	1,020	199	1,039

出典: JICA 調査団

表 3.1.2-16: セクターおよびサブ・セクターにおける送水管の需要予測（日最大配水量）(l/s)

RESERVOIR		Villa Sol R-1	Villa del Norte	Parque del Naranja	Cueto Fernandini	Olivos de Pro	Programa Confraternidad 2	Programa Confraternidad 1	Comite Aposte	Puerta de Pro R-1	Río Santa R-1	Pro	Santa Luisa	Pro	Virgin de las Nieves	Virgin del Rosario	Rosario del Norte	Jazmines de Naranja	Vipol Naranjal	Cerro eo Choclo R-2	Cerro eo Choclo R-1	Márquez	Almeda del Pinar R-1	El Pinar R-2	San Felipe	LA Alborada R-2	Collique R-1	Collique R-2	RE-01	Collique R-3	Nueva Esperanza	Collique R-4	Collique R-5	Collique R-6	Collique R-7	Santa Isabel R-1	Santa Isabel R-2	Los Angeles R-1	Los Angeles R-2, R-3	Los Angeles R-4	RPA-6	RPA-1	RPA-7 La Ensenada
SUB SECTOR		83A-1	83A-2	83B-1	83B-2	84A-1	84A-2	84B-1	84B-2	85A	85B-1	85B-2	85B-3	85C	212A-1	212A-2	212B-1	212B-2	213-1	213-2	213-3	259	345	346	347-1	347-2	348A	348B-1	348B-2	349A-1	349A-2	349A-3	349B-1	349B-2	349B-3	350-1	350-2	351-1	351-2	351-3	368A1	368A-2	369A
SECTOR		83A		83B		84A		84B		85A	85B			85C	212A		212B		213			259	345	346	347		348A	348B		349A			349B			350		351			368A		369A
YEAR																																										
	2009	26.89	43.22	19.45	70.33	43.01	29.87	38.80	15.96	42.63	31.94	80.99	13.29	37.09	42.38	25.75	19.86	16.55	49.46	1.02	2.00	39.70	9.14	39.25	31.17	25.71	20.21	44.56	3.06	37.93	7.76	19.57	17.52	17.16	15.92	84.14	75.81	9.59	5.67	1.19	22.04	3.61	30.01
-5	2010	27.45	44.65	20.34	72.27	44.29	30.59	39.72	16.50	43.22	31.53	81.60	13.20	37.35	43.19	26.23	20.29	17.05	51.02	1.04	2.04	41.37	11.93	38.79	31.18	26.43	20.53	43.88	3.19	38.03	8.16	19.74	17.60	17.93	16.01	85.45	78.09	10.57	6.38	1.28	24.19	4.00	31.65
-4	2011	27.77	45.76	21.24	73.63	45.28	31.11	40.38	16.99	43.28	31.27	82.01	13.44	37.29	43.86	26.67	20.69	17.49	52.34	1.05	2.08	42.43	14.04	38.23	31.00	27.08	20.35	42.61	3.30	37.76	8.48	19.73	17.45	18.55	15.89	86.05	79.92	11.57	7.15	1.39	26.46	4.41	33.50
-3	2012	28.12	47.10	22.08	75.08	46.21	31.63	41.04	17.46	43.81	30.83	81.73	13.17	37.50	44.32	26.99	20.97	17.92	53.47	1.05	2.09	43.54	16.16	37.48	30.76	27.64	19.98	41.07	3.41	37.13	8.66	19.41	17.28	18.93	15.73	86.62	81.86	12.59	7.92	1.48	28.78	4.85	35.09
-2	2013	28.42	48.07	22.87	76.13	47.27	32.13	41.63	17.89	44.05	30.17	81.56	12.99	37.63	44.80	27.34	21.28	18.27	54.50	1.06	2.11	44.37	18.32	36.83	30.42	28.14	19.39	39.14	3.52	36.22	8.69	18.94	16.89	19.05	15.45	86.92	83.51	13.64	8.75	1.58	31.18	5.30	36.85
-1	2014	29.09	49.99	23.87	78.70	48.56	32.95	42.84	18.56	45.21	30.69	84.33	13.39	38.61	45.88	27.95	21.84	18.83	56.50	1.07	2.14	46.71	20.76	37.27	31.41	29.36	20.72	40.95	3.71	38.27	9.49	20.19	17.82	20.55	16.23	89.87	87.27	14.85	9.62	1.69	34.03	5.78	39.40
0	2015	25.74	44.94	21.53	70.39	48.19	32.64	42.59	18.58	39.56	26.77	74.53	11.82	33.75	43.78	26.69	20.85	18.07	48.66	0.91	1.80	40.89	19.37	32.41	27.74	26.22	18.20	35.64	3.23	33.61	8.56	17.86	15.63	18.42	14.19	77.32	75.73	13.42	8.76	1.50	31.65	5.37	35.99
1	2016	25.45	45.07	21.67	70.20	48.58	32.84	43.02	18.87	37.65	25.24	71.60	11.53	32.26	43.37	26.35	20.61	17.98	43.06	0.78	1.56	36.78	18.39	30.58	26.77	25.48	16.40	31.85	2.90	30.30	7.91	16.23	14.07	16.89	12.83	68.37	68.37	12.41	8.17	1.37	31.91	5.43	35.83
2	2017	25.11	45.17	21.76	69.99	48.94	33.02	43.40	19.17	36.12	24.04	69.35	11.11	30.80	42.80	26.05	20.40	17.83	38.81	0.69	1.37	33.70	17.69	28.96	25.82	24.81	15.08	29.02	2.65	27.81	7.43	14.99	12.91	15.84	11.73	61.63	62.26	11.69	7.76	1.27	32.22	5.49	35.63
3	2018	25.59	46.67	22.55	72.12	50.02	33.70	44.43	19.74	36.89	24.26	72.06	11.41	31.48	43.60	26.54	20.78	18.25	40.13	0.69	1.38	35.24	19.30	29.25	26.55	25.82	15.79	30.16	2.76	29.20	7.94	15.89	13.50	16.83	12.23	63.33	64.55	12.53	8.37	1.35	34.60	5.90	37.81
4	2019	26.02	48.13	23.31	74.10	51.08	34.37	45.46	20.31	37.56	24.47	73.97	11.73	32.34	44.36	27.00	21.15	18.63	41.22	0.70	1.39	37.09	20.92	29.49	27.27	26.75	16.52	31.31	2.88	30.52	8.45	16.68	14.11	17.82	12.73	65.11	66.86	13.38	9.01	1.42	37.04	6.33	39.92
5	2020	26.14	48.37	23.42	74.43	51.31	34.53	45.68	20.41	37.71	24.79	76.45	11.87	32.48	44.57	27.15	21.28	18.73	41.42	0.70	1.40	37.37	21.06	29.67	27.44	26.93	16.62	31.52	2.90	30.79	8.50	16.79	14.19	17.93	12.89	66.26	67.89	13.74	9.24	1.46	38.18	6.52	41.11
6	2021	26.26	48.57	23.52	74.76	51.54	34.69	45.89	20.51	38.01	25.07	79.09	12.01	32.59	44.77	27.28	21.38	18.85	41.61	0.71	1.40	37.66	21.18	29.86	27.63	27.10	16.70	31.72	2.92	30.98	8.56	16.89	14.28	18.04	12.97	68.01	68.79	14.07	9.48	1.50	39.30	6.72	42.42
7	2022	26.37	48.81	23.66	75.08	51.78	34.84	46.09	20.60	38.14	25.23	80.77	12.15	32.71	44.95	27.40	21.47	18.93	41.78	0.71	1.41	37.94	21.31	30.04	27.79	27.27	16.80	31.91	2.94	31.16	8.60	17.00	14.36	18.14	13.05	69.09	69.79	14.42	9.70	1.54	40.42	6.90	43.59
8	2023	26.48	49.05	23.77	75.39	52.00	35.14	46.31	20.69	38.39	25.72	83.25	12.44	33.11	45.14	27.52	21.55	19.01	41.96	0.71	1.42	38.23	21.61	30.22	27.97	27.43	16.90	32.11	2.95	31.35	8.66	17.09	14.52	18.25	13.12	70.08	70.67	14.76	9.94	1.57	41.54	7.09	44.75
9	2024	26.60	49.25	23.87	75.73	52.23	35.29	46.51	20.79	38.53	25.98	85.73	12.71	33.23	45.35	27.66	21.64	19.09	42.13	0.71	1.42	38.52	21.73	30.50	28.12	27.59	16.99	32.33	2.97	31.53	8.71	17.21	14.61	18.35	13.19	71.17	71.63	15.11	10.17	1.60	42.67	7.28	46.05
10	2025	26.72	49.63	23.98	76.04	52.45	35.44	46.71	20.88	38.67	26.15	88.36	12.85	33.34	45.52	27.79	21.75	19.17	42.31	0.71	1.43	38.82	21.86	30.69	28.29	27.77	17.08	32.52	2.99	31.71	8.76	17.30	14.68	18.46	13.28	72.27	73.13	15.46	10.41	1.64	43.83	7.47	47.22
11	2026	26.85	49.85	24.10	76.39	52.68	35.59	46.93	20.97	38.80	26.58	91.65	12.99	33.62	45.74	27.90	21.86	19.25	42.48	0.71	1.43	39.10	21.98	30.91	28.47	27.93	17.17	32.71	3.01	31.89	8.81	17.41	14.77	18.56	13.34	73.34	74.14	15.80	10.64	1.68	44.95	7.67	48.51
12	2027	26.97	50.07	24.19	76.71	52.92	35.75	47.14	21.07	39.21	26.87	94.13	13.25	33.86	45.92	28.03	21.93	19.37	42.65	0.72	1.44	39.39	22.11	31.06	28.64	28.13	17.27	32.90	3.03	32.07	8.85	17.51	14.85	18.66	13.42	74.27	74.97	16.13	10.86	1.71	46.01	7.85	49.61
13	2028	27.07	50.27	24.29	77.02	53.15	35.91	47.34	21.17	39.35	27.03	96.61	13.40	33.97	46.13	28.18	22.02	19.44	42.84	0.72	1.45	39.68	22.24	31.24	28.80	28.28	17.49	33.09	3.05	32.26	8.91	17.61	14.93	18.77	13.50	75.30	75.76	16.45	11.07	1.75	47.00	8.02	50.63
14	2029	27.20	50.49	24.40	77.36	53.37	36.06	47.53	21.26	39.48	27.31	100.05	13.65	34.10	46.31	28.29	22.11	19.52	43.05	0.72	1.45	39.98	22.37	31.41	28.98	28.46	17.59	33.28	3.06	32.44	8.97	17.71	15.02	18.88	13.57	76.27	76.66	16.78	11.29	1.78	47.93	8.18	51.71
15	2030	27.30	50.70	24.50	77.67	53.60	36.21	47.74	21.35	39.73	27.74	103.33	13.95	34.53	46.54	28.41	22.22	19.60	43.21	0.73	1.46	40.27	22.69	31.69	29.14	28.61	17.70	33.61	3.08	32.62	9.10	17.81	15.19	19.06	13.64	77.11	77.40	17.07	11.48	1.82	48.80	8.33	52.63
16	2031	27.59	50.90	24.59	78.16	53.96	36.36	48.10	21.44	40.04	28.01	106.62	14.21	34.66	46.71	28.63	22.32	19.69	43.39	0.73	1.46	40.57	22.80	31.87	29.31	28.78	17.78	33.80	3.10	32.89	9.14	17.91	15.26	19.17	13.72	78.05	78.17	17.36	11.67	1.85	49.62	8.47	53.48
17	2032	27.71	51.13	24.71	78.51	54.18	36.52	48.31	21.54	40.32	28.30	109.90	14.47	34.77	46.89	28.77	22.41	19.76	43.56	0.73	1.46	40.87	22.94	32.06	29.48	28.95	17.88	33.98	3.12	33.06	9.19	18.01	15.35	19.27	13.79	78.82	79.63	17.64	11.85	1.88	50.38	8.60	54.27
18	2033	27.82	51.35	24.80	78.81	54.41	36.67	48.52	21.63	40.57	28.73	113.19	14.61	35.02	47.11	28.91	22.49	19.85	43.75	0.74	1.47	41.18	23.05	32.24	29.73	29.11	17.96	34.18	3.14	33.24	9.25	18.12	15.42	19.37	13.86	79.69	80.30	17.89	12.03	1.90	51.09	8.73	55.13
19	2034	27.97	51.54	24.90	79.12	54.64	36.82	48.72	21.73	40.71	29.01	116.63	14.88	35.29	47.29	29.03	22.59	19.97	43.93	0.74	1.48	41.48	23.18	32.41	29.91	29.30	18.06	34.37	3.15	33.43	9.30	18.21	15.51	19.48	13.95	81.21	80.98	18.13	12.20	1.93	51.75	8.84	55.85
20	2035	28.07	51.75	25.00	79.45	54.87	36.98	48.92	21.82	40.83	29.28	120.70	15.13	35.41	47.50	29.14	22.70	20.05	44.09	0.74	1.48	41.78	23.30	32.60	30.07	29.46	18.15	34.56	3.17	33.61	9.35	18.32	15.59	19.58	14.02	81.90	81.74	18.37	12.36	1.96	52.36	8.94	56.49

出典: JICA 調査団

表 3.1.2-17: サブ・セクターにおける接続管の需要予測（時間最大配水量）（l/s）

RESERVOIR		Villa Sol R-1	Villa del Norte	Parque del Naranja	Cueto Fernandini	Olivos de Pro	Programa Confraternidad 2	Programa Confraternidad 1	Comite Aposte	Puerta de Pro R-1	Rio Santa R-1	Pro	Santa Luisa	Pro	Virgin de las Nieves	Virgin del Rosario	Rosario del Norte	Jazmines de Naranja	Vipol Naranjal	Cerro eo Choclo R-2	Cerro eo Choclo R-1
SUB SECTOR		83A-1	83A-2	83B-1	83B-2	84A-1	84A-2	84B-1	84B-2	85A	85B-1	85B-2	85B-3	85C	212A-1	212A-2	212B-1	212B-2	213-1	213-2	213-3
SECTOR		83A		83B		84A		84B		85A	85B			85C	212A		212B		213		
YEAR																					
	2009	37.23	59.84	26.93	97.38	43.01	41.36	53.73	22.10	59.02	44.23	112.14	18.40	51.36	58.68	35.65	27.50	22.91	68.48	1.41	2.77
-5	2010	38.01	61.83	28.16	100.06	44.29	42.35	55.00	22.85	59.85	43.66	112.98	18.27	51.72	59.80	36.32	28.10	23.61	70.64	1.44	2.82
-4	2011	38.46	63.37	29.40	101.95	45.28	43.07	55.92	23.52	59.93	43.30	113.56	18.61	51.64	60.72	36.92	28.65	24.22	72.47	1.45	2.88
-3	2012	38.94	65.22	30.57	103.96	46.21	43.79	56.82	24.17	60.66	42.69	113.17	18.24	51.92	61.37	37.36	29.03	24.81	74.04	1.46	2.90
-2	2013	39.35	66.55	31.67	105.41	47.27	44.48	57.64	24.77	60.99	41.77	112.93	17.99	52.10	62.03	37.85	29.46	25.29	75.46	1.46	2.92
-1	2014	40.28	69.21	33.04	108.97	48.56	45.62	59.32	25.70	62.60	42.49	116.76	18.53	53.46	63.53	38.69	30.24	26.07	78.22	1.48	2.96
0	2015	35.64	62.22	29.81	97.46	48.19	45.19	58.97	25.72	54.78	37.06	103.19	16.37	46.73	60.62	36.96	28.87	25.02	67.37	1.25	2.49
1	2016	35.24	62.41	30.00	97.20	48.58	45.47	59.57	26.13	52.14	34.95	99.13	15.96	44.67	60.05	36.49	28.54	24.89	59.62	1.07	2.16
2	2017	34.77	62.54	30.14	96.91	48.94	45.72	60.10	26.54	50.01	33.28	96.03	15.39	42.65	59.26	36.06	28.24	24.69	53.74	0.95	1.90
3	2018	35.44	64.62	31.22	99.86	50.02	46.66	61.51	27.34	51.08	33.58	99.78	15.80	43.59	60.37	36.75	28.77	25.27	55.56	0.95	1.91
4	2019	36.03	66.64	32.27	102.59	51.08	47.60	62.95	28.12	52.01	33.88	102.42	16.24	44.78	61.42	37.38	29.28	25.80	57.07	0.96	1.93
5	2020	36.19	66.97	32.43	103.06	51.31	47.82	63.25	28.26	52.22	34.32	105.86	16.44	44.97	61.71	37.60	29.47	25.93	57.35	0.96	1.94
6	2021	36.36	67.26	32.56	103.51	51.54	48.03	63.54	28.40	52.63	34.71	109.51	16.63	45.13	61.99	37.77	29.60	26.10	57.61	0.98	1.94
7	2022	36.52	67.58	32.76	103.95	51.78	48.24	63.82	28.53	52.81	34.93	111.83	16.82	45.28	62.23	37.93	29.73	26.20	57.85	0.98	1.95
8	2023	36.67	67.91	32.91	104.39	52.00	48.66	64.12	28.64	53.16	35.61	115.27	17.23	45.85	62.51	38.11	29.83	26.33	58.10	0.98	1.96
9	2024	36.82	68.19	33.05	104.85	52.23	48.87	64.40	28.78	53.35	35.98	118.70	17.59	46.00	62.79	38.30	29.97	26.43	58.34	0.99	1.96
10	2025	36.99	68.72	33.21	105.29	52.45	49.06	64.68	28.91	53.54	36.21	122.35	17.79	46.16	63.03	38.47	30.11	26.54	58.58	0.99	1.98
11	2026	37.18	69.02	33.37	105.78	52.68	49.27	64.98	29.04	53.72	36.80	126.90	17.99	46.55	63.33	38.64	30.26	26.65	58.82	0.99	1.98
12	2027	37.35	69.32	33.49	106.21	52.92	49.50	65.27	29.18	54.29	37.20	130.33	18.35	46.88	63.59	38.81	30.37	26.81	59.05	1.00	1.99
13	2028	37.49	69.60	33.64	106.65	53.15	49.72	65.55	29.32	54.48	37.43	133.77	18.55	47.04	63.87	39.01	30.49	26.92	59.31	1.00	2.00
14	2029	37.66	69.92	33.78	107.12	53.37	49.93	65.82	29.43	54.66	37.81	138.53	18.90	47.21	64.13	39.18	30.61	27.03	59.60	1.00	2.00
15	2030	37.80	70.20	33.92	107.54	53.60	50.14	66.11	29.56	55.01	38.40	143.08	19.32	47.82	64.44	39.34	30.77	27.14	59.83	1.01	2.01
16	2031	38.20	70.48	34.05	108.22	53.96	50.35	66.60	29.69	55.43	38.79	147.63	19.67	47.99	64.68	39.64	30.91	27.26	60.08	1.01	2.03
17	2032	38.37	70.79	34.21	108.70	54.18	50.56	66.89	29.83	55.82	39.18	152.18	20.04	48.15	64.92	39.84	31.03	27.37	60.31	1.01	2.03
18	2033	38.52	71.09	34.34	109.13	54.41	50.77	67.18	29.96	56.17	39.77	156.72	20.23	48.48	65.22	40.03	31.15	27.49	60.58	1.03	2.04
19	2034	38.72	71.36	34.48	109.54	54.64	50.98	67.46	30.08	56.36	40.17	161.48	20.60	48.87	65.48	40.19	31.28	27.65	60.82	1.03	2.05
20	2035	38.86	71.66	34.61	110.01	54.87	51.20	67.74	30.21	56.54	40.54	167.12	20.95	49.03	65.76	40.35	31.43	27.76	61.05	1.03	2.05

RESERVOIR		Márquez	Almeda del Pinar R-1	El Pinar R-2	San Felipe	LA Alborada R-2	Collique R-1	Collique R-2	RE-01	Collique R-3	Nueva Esperanza	Collique R-4	Collique R-5	Collique R-6	Collique R-7	Santa Isabel R-1	Santa Isabel R-2	Los Angeles R-1	Los Angeles R-2, R-3	Los Angeles R-4	RPA-6	RPA-1	RPA-7 La Ensenada
SUB SECTOR		259	345	346	347-1	347-2	348A	348B-1	348B-2	349A-1	349A-2	349A-3	349B-1	349B-2	349B-3	350-1	350-2	351-1	351-2	351-3	368A1	368A-2	369A
SECTOR		259	345	346	347		348A	348B		349A			349B			350		351			368A		369A
YEAR																							
	2009	54.97	12.66	54.33	43.16	35.60	27.98	61.70	4.24	52.51	10.75	27.10	24.26	23.76	22.05	116.51	104.97	13.28	7.85	1.65	30.52	5.00	41.56
-5	2010	57.29	16.52	53.71	43.17	36.59	28.43	60.76	4.41	52.65	11.30	27.34	24.38	24.83	22.17	118.32	108.13	14.64	8.84	1.77	33.50	5.54	43.83
-4	2011	58.76	19.44	52.93	42.93	37.49	28.17	58.99	4.57	52.28	11.74	27.31	24.16	25.69	22.01	119.15	110.66	16.02	9.90	1.92	36.64	6.11	46.39
-3	2012	60.29	22.37	51.90	42.59	38.27	27.66	56.86	4.73	51.41	11.99	26.87	23.92	26.21	21.78	119.94	113.35	17.44	10.97	2.05	39.86	6.72	48.58
-2	2013	61.43	25.37	51.00	42.12	38.97	26.85	54.20	4.87	50.15	12.04	26.23	23.39	26.37	21.39	120.35	115.63	18.88	12.11	2.19	43.17	7.33	51.02
-1	2014	64.67	28.74	51.61	43.49	40.66	28.69	56.70	5.13	52.99	13.14	27.96	24.67	28.46	22.47	124.44	120.83	20.57	13.33	2.34	47.11	8.00	54.55
0	2015	56.61	26.82	44.87	38.41	36.31	25.20	49.35	4.48	46.54	11.86	24.73	21.64	25.50	19.65	107.07	104.85	18.59	12.13	2.08	43.82	7.44	49.83
1	2016	50.92	25.47	42.34	37.07	35.28	22.71	44.10	4.01	41.95	10.95	22.48	19.49	23.39	17.77	94.67	94.67	17.19	11.31	1.90	44.19	7.52	49.61
2	2017	46.66	24.49	40.10	35.75	34.36	20.89	40.18	3.67	38.51	10.29	20.76	17.88	21.94	16.24	85.33	86.20	16.18	10.74	1.76	44.62	7.60	49.33
3	2018	48.80	26.72	40.49	36.76	35.75	21.87	41.76	3.83	40.43	10.99	22.00	18.69	23.30	16.93	87.68	89.37	17.35	11.59	1.87	47.91	8.17	52.35
4	2019	51.35	28.97	40.83	37.76	37.04	22.88	43.36	3.99	42.26	11.70	23.10	19.53	24.67	17.62	90.15	92.57	18.53	12.47	1.96	51.29	8.76	55.27
5	2020	51.74	29.16	41.09	38.00	37.28	23.01	43.65	4.02	42.63	11.77	23.25	19.65	24.83	17.85	91.75	94.01	19.03	12.80	2.02	52.86	9.02	56.92
6	2021	52.14	29.33	41.34	38.25	37.52	23.13	43.92	4.04	42.89	11.85	23.39	19.77	24.97	17.96	94.17	95.25	19.49	13.12	2.07	54.42	9.30	58.73
7	2022	52.53	29.50	41.59	38.48	37.76	23.26	44.18	4.07	43.14	11.91	23.54	19.88	25.12	18.06	95.67	96.63	19.97	13.43	2.13	55.96	9.56	60.35
8	2023	52.93	29.92	41.84	38.72	37.98	23.39	44.46	4.09	43.40	11.99	23.67	20.10	25.27	18.17	97.04	97.85	20.44	13.76	2.18	57.52	9.82	61.97
9	2024	53.34	30.09	42.23	38.93	38.21	23.53	44.76	4.11	43.65	12.06	23.82	20.22	25.41	18.26	98.54	99.19	20.92	14.08	2.22	59.08	10.09	63.76
10	2025	53.75	30.26	42.50	39.17	38.45	23.65	45.03	4.14	43.90	12.13	23.96	20.33	25.56	18.38	100.06	101.26	21.41	14.41	2.28	60.69	10.35	65.38
11	2026	54.13	30.44	42.80	39.42	38.68	23.78	45.29	4.17	44.15	12.19	24.10	20.45	25.70	18.48	101.55	102.66	21.87	14.73	2.33	62.24	10.62	67.17
12	2027	54.55	30.61	43.01	39.66	38.94	23.91	45.55	4.20	44.40	12.26	24.24	20.56	25.84	18.58	102.83	103.80	22.34	15.03	2.37	63.70	10.87	68.68
13	2028	54.95	30.80	43.25	39.88	39.15	24.22	45.81	4.22	44.66	12.34	24.38	20.67	26.00	18.69	104.27	104.89	22.78	15.33	2.42	65.08	11.11	70.10
14	2029	55.36	30.97	43.50	40.13	39.41	24.36	46.08	4.24	44.91	12.42	24.52	20.80	26.14	18.79	105.60	106.14	23.24	15.63	2.46	66.37	11.32	71.60
15	2030	55.76	31.42	43.88	40.35	39.62	24.50	46.54	4.26	45.16	12.59	24.66	21.03	26.38	18.89	106.77	107.17	23.64	15.90	2.52	67.56	11.54	72.87
16	2031	56.18	31.58	44.13	40.59	39.85	24.62	46.80	4.29	45.54	12.66	24.80	21.13	26.54	18.99	108.07	108.23	24.04	16.16	2.56	68.70	11.72	74.05
17	2032	56.59	31.76	44.40	40.82	40.09	24.75	47.06	4.32	45.77	12.73	24.94	21.25	26.69	19.10	109.14	110.25	24.42	16.41	2.60	69.76	11.91	75.15
18	2033	57.02	31.92	44.64	41.16	40.31	24.87	47.32	4.35	46.02	12.81	25.09	21.36	26.82	19.19	110.34	111.19	24.77	16.66	2.63	70.74	12.08	76.33
19	2034	57.43	32.09	44.87	41.41	40.57	25.00	47.59	4.36	46.28	12.87	25.22	21.47	26.97	19.31	112.45	112.13	25.10	16.89	2.67	71.65	12.23	77.33
20	2035	57.84	32.26	45.13	41.63	40.80	25.14	47.85	4.39	46.54	12.94	25.36	21.58	27.11	19.41	113.40	113.17	25.44	17.12	2.71	72.50	12.38	78.21

出典: JICA 調査団

表 3.1.2-18: サブ・セクターにおける各戸接続の需要予測（世帯）

SECTOR		83A		83B		84A		84B		85A	85B			85C	212A		212B		213			259	345	346	347		348A	348B		349A			349B			350		351			368A		369A
SUB SECTOR		83A-1	83A-2	83B-1	83B-2	84A-1	84A-2	84B-1	84B-2	85A	85B-1	85B-2	85B-3	85C	212A-1	212A-2	212B-1	212B-2	213-1	213-2	213-3	259	345	346	347-1	347-2	348A	348B-1	348B-2	349A-1	349A-2	349A-3	349B-1	349B-2	349B-3	350-1	350-2	351-1	351-2	351-3	368A1	368A-2	369A
YEAR																																										
	2009	1,609	2,487	1,273	4,068	4,477	3,109	4,021	1,669	2,184	918	894	287	1,657	3,344	2,084	1,612	1,358	3,003	68	130	2,282	415	2,605	2,050	1,795	841	2,034	178	1,749	340	894	784	764	747	3,839	3,448	598	361	76	1,761	297	2,179
-5	2010	1,657	2,622	1,345	4,253	4,638	3,213	4,172	1,748	2,262	937	926	306	1,717	3,465	2,150	1,672	1,416	3,154	70	133	2,435	554	2,641	2,126	1,888	911	2,150	189	1,879	388	973	844	859	796	3,998	3,638	663	407	82	1,954	330	2,363
-4	2011	1,705	2,754	1,418	4,433	4,793	3,313	4,318	1,824	2,337	956	959	324	1,775	3,578	2,214	1,729	1,472	3,303	71	136	2,590	694	2,678	2,204	1,983	981	2,265	200	2,010	437	1,052	903	954	846	4,154	3,829	732	456	89	2,158	365	2,556
-3	2012	1,750	2,887	1,489	4,612	4,944	3,409	4,461	1,900	2,410	974	990	342	1,833	3,684	2,274	1,781	1,525	3,444	72	138	2,747	838	2,712	2,280	2,079	1,052	2,381	211	2,143	487	1,133	964	1,052	897	4,314	4,025	803	506	95	2,370	402	2,753
-2	2013	1,793	3,019	1,559	4,786	5,091	3,504	4,601	1,974	2,480	989	1,022	361	1,891	3,788	2,334	1,833	1,575	3,582	73	140	2,907	984	2,746	2,358	2,173	1,124	2,499	222	2,275	537	1,214	1,025	1,150	948	4,472	4,223	876	559	102	2,592	440	2,958
-1	2014	1,836	3,148	1,629	4,957	5,234	3,595	4,737	2,049	2,549	1,003	1,056	379	1,948	3,883	2,389	1,882	1,624	3,717	74	142	3,069	1,131	2,780	2,436	2,269	1,197	2,617	234	2,410	589	1,296	1,086	1,248	999	4,629	4,421	955	615	109	2,825	480	3,170
0	2015	1,876	3,274	1,698	5,125	5,372	3,682	4,868	2,121	2,616	1,018	1,089	398	2,003	3,973	2,446	1,927	1,672	3,845	75	143	3,232	1,281	2,812	2,512	2,366	1,270	2,735	245	2,546	640	1,378	1,148	1,349	1,051	4,786	4,621	1,034	672	116	3,066	521	3,386
1	2016	1,916	3,401	1,767	5,291	5,507	3,766	4,998	2,191	2,681	1,031	1,121	418	2,058	4,061	2,498	1,971	1,719	3,973	75	145	3,400	1,432	2,844	2,592	2,465	1,343	2,854	256	2,683	692	1,463	1,210	1,450	1,105	4,942	4,824	1,116	731	124	3,313	564	3,608
2	2017	1,953	3,526	1,834	5,454	5,639	3,848	5,124	2,262	2,745	1,043	1,155	437	2,111	4,142	2,549	2,013	1,762	4,096	76	146	3,568	1,586	2,875	2,668	2,562	1,419	2,974	268	2,821	745	1,546	1,273	1,554	1,158	5,097	5,028	1,201	793	131	3,569	608	3,835
3	2018	1,991	3,650	1,902	5,616	5,767	3,929	5,246	2,331	2,808	1,054	1,187	455	2,166	4,222	2,600	2,053	1,805	4,218	76	147	3,739	1,741	2,904	2,745	2,660	1,493	3,093	279	2,960	798	1,633	1,335	1,657	1,210	5,251	5,231	1,288	856	139	3,833	654	4,066
4	2019	2,026	3,772	1,968	5,775	5,893	4,009	5,369	2,399	2,868	1,064	1,219	475	2,220	4,298	2,647	2,091	1,845	4,336	77	148	3,915	1,898	2,930	2,822	2,758	1,569	3,213	291	3,099	851	1,717	1,399	1,760	1,262	5,404	5,436	1,376	921	146	4,104	701	4,301
5	2020	2,035	3,791	1,978	5,803	5,921	4,028	5,395	2,411	2,882	1,071	1,229	479	2,233	4,319	2,661	2,103	1,855	4,358	77	149	3,946	1,911	2,949	2,840	2,776	1,579	3,235	293	3,120	856	1,728	1,408	1,772	1,272	5,498	5,518	1,413	945	150	4,230	722	4,434
6	2021	2,045	3,808	1,986	5,829	5,948	4,046	5,420	2,423	2,897	1,078	1,240	482	2,244	4,338	2,674	2,113	1,865	4,378	78	149	3,978	1,924	2,968	2,859	2,794	1,588	3,255	295	3,140	862	1,739	1,417	1,783	1,280	5,590	5,596	1,447	969	154	4,355	744	4,566
7	2022	2,054	3,825	1,996	5,855	5,976	4,064	5,444	2,434	2,909	1,083	1,249	485	2,255	4,356	2,686	2,122	1,873	4,397	78	150	4,009	1,936	2,987	2,876	2,812	1,598	3,275	297	3,159	867	1,750	1,425	1,794	1,288	5,679	5,674	1,483	992	159	4,479	765	4,696
8	2023	2,063	3,844	2,005	5,881	6,002	4,084	5,470	2,444	2,923	1,091	1,259	489	2,270	4,376	2,699	2,130	1,882	4,416	78	151	4,041	1,949	3,005	2,895	2,829	1,608	3,296	298	3,179	873	1,760	1,435	1,805	1,296	5,768	5,752	1,518	1,016	163	4,604	786	4,826
9	2024	2,072	3,861	2,014	5,908	6,030	4,102	5,494	2,456	2,936	1,096	1,269	494	2,281	4,395	2,711	2,140	1,890	4,435	79	151	4,074	1,961	3,025	2,911	2,846	1,618	3,318	300	3,198	878	1,772	1,444	1,816	1,303	5,857	5,828	1,554	1,040	166	4,729	807	4,958
10	2025	2,082	3,879	2,023	5,934	6,056	4,119	5,518	2,467	2,949	1,102	1,280	497	2,292	4,413	2,724	2,149	1,898	4,454	79	152	4,107	1,973	3,045	2,929	2,864	1,627	3,338	302	3,217	883	1,782	1,452	1,827	1,312	5,946	5,905	1,590	1,064	170	4,854	828	5,088
11	2026	2,092	3,896	2,033	5,962	6,083	4,137	5,544	2,478	2,961	1,109	1,291	501	2,305	4,433	2,736	2,160	1,906	4,473	79	152	4,138	1,985	3,067	2,948	2,881	1,637	3,358	304	3,236	888	1,793	1,461	1,838	1,319	6,034	5,983	1,625	1,088	174	4,979	850	5,220
12	2027	2,102	3,914	2,041	5,988	6,111	4,156	5,569	2,490	2,977	1,116	1,301	505	2,318	4,452	2,749	2,168	1,916	4,491	80	153	4,171	1,997	3,083	2,966	2,901	1,647	3,377	306	3,255	893	1,804	1,470	1,848	1,327	6,119	6,056	1,660	1,110	177	5,096	870	5,342
13	2028	2,110	3,931	2,050	6,014	6,138	4,175	5,593	2,502	2,990	1,122	1,311	509	2,329	4,471	2,762	2,177	1,924	4,511	80	154	4,203	2,010	3,101	2,983	2,917	1,657	3,397	308	3,275	899	1,814	1,478	1,860	1,335	6,202	6,126	1,693	1,132	181	5,206	889	5,456
14	2029	2,120	3,949	2,059	6,041	6,164	4,193	5,616	2,512	3,002	1,128	1,323	513	2,341	4,490	2,774	2,186	1,932	4,531	80	154	4,236	2,022	3,120	3,002	2,936	1,667	3,417	309	3,294	905	1,825	1,488	1,871	1,343	6,280	6,196	1,725	1,154	184	5,310	906	5,565
15	2030	2,128	3,966	2,068	6,066	6,191	4,211	5,641	2,523	3,016	1,135	1,334	518	2,355	4,511	2,786	2,196	1,940	4,549	81	155	4,268	2,035	3,138	3,019	2,952	1,678	3,438	311	3,313	911	1,837	1,498	1,882	1,350	6,357	6,262	1,755	1,174	188	5,406	923	5,667
16	2031	2,138	3,983	2,076	6,093	6,218	4,229	5,667	2,534	3,030	1,141	1,345	522	2,367	4,529	2,799	2,206	1,949	4,568	81	156	4,302	2,046	3,157	3,037	2,969	1,687	3,458	313	3,334	916	1,847	1,506	1,894	1,358	6,431	6,328	1,785	1,193	191	5,497	938	5,762
17	2032	2,148	4,001	2,086	6,121	6,244	4,247	5,692	2,546	3,043	1,148	1,356	527	2,378	4,547	2,812	2,215	1,957	4,586	81	156	4,335	2,059	3,177	3,055	2,987	1,697	3,477	315	3,352	921	1,858	1,515	1,905	1,366	6,502	6,392	1,813	1,212	194	5,582	953	5,850
18	2033	2,157	4,019	2,094	6,146	6,272	4,265	5,717	2,557	3,057	1,155	1,367	530	2,391	4,567	2,826	2,224	1,966	4,607	82	157	4,369	2,070	3,195	3,073	3,004	1,706	3,497	317	3,371	927	1,869	1,523	1,915	1,373	6,571	6,452	1,839	1,230	196	5,661	967	5,934
19	2034	2,168	4,035	2,103	6,171	6,299	4,283	5,741	2,568	3,070	1,162	1,379	535	2,404	4,586	2,838	2,234	1,976	4,626	82	158	4,402	2,083	3,212	3,092	3,023	1,716	3,517	318	3,391	932	1,879	1,532	1,926	1,382	6,641	6,512	1,864	1,247	199	5,734	979	6,012
20	2035	2,176	4,052	2,111	6,198	6,326	4,302	5,765	2,579	3,082	1,167	1,389	539	2,415	4,605	2,850	2,243	1,984	4,644	82	158	4,435	2,095	3,232	3,109	3,040	1,726	3,537	320	3,410	937	1,890	1,540	1,937	1,389	6,704	6,569	1,889	1,264	202	5,802	991	6,083

出典: JICA 調査団

3.1.3 下水道

下水道の需要分析にかかわる人口、分析対象期間、世帯あたり居住者数など基本的な条件および想定には、前節の上水道の需要分析で用いたものを適用する。また、本分析では、水道の使用者は使用した水の排水先が必要であることから、SEDAPAL が運営している上水道に接続されている世帯等は下水道へも接続しているものと想定する。使用された水道水のうち下水道へ排水される水量の割合を示す汚水発生率は国家衛生基準より 80%とし、分析対象期間を通じて一定とする。

本分析では、将来必要な下水道管路の長さは、既存管路で賄えると仮定している。ただし、i) 将来の汚水量への対応、および ii) 下水管の状態の 2 つの側面から、更新が必要であり。これを管の供給と考えて分析した。1 つ目の側面は、将来にわたり下水の流下機能を確保するため、更新が必要な管渠延長を水理計算により分析したものであり、2 つ目の側面は、つまりや陥没を防ぐための維持管理作業を適切に行うために、更新が必要となる老朽管渠の延長を分析したものである。

既存管渠の能力は、将来の発生汚水量に対する流下能力を確認して評価した。水理計算の結果、増径が必要とされた地域ごとの管渠延長を表 3.1.3-1 に示す。なお、水理計算の結果は添付資料 B.B.2 を参照とする。

表 3.1.3-1: 水理計算により能力不足と判定された管渠延長

地域	流下能力不足（km）	掃流力不足（km）
コイーケ	0.033	0.009
コマス	0.713	1.089
マルケス	0.007	-
ロス・オリーボス	1.989	3.158
計	2.742	4.256

出典: JICA 調査団

需要分析で使用する基礎情報は、排水分区を単位として *Perfil* で設定された排水区別に示す。表 3.1.3-2 に排水分区ごとの接続数を示す。表 3.1.3-3 には将来必要な下水道管路延長を示す。ただし、前述のように、この延長は既存の管路延長と同じ長さである。表 3.1.3-4 に排水分区内サブ・セクターごとの需要（日平均汚水量）を示す。

表 3.1.3-2: 排水分区ごとの下水道接続数

排水分区	社会施設	住宅（1 世帯）	商業施設	工業施設	公共施設	住宅（複数世帯）	合計
AD-A1	9	2,438	90	7	8	866	3,418
AD-A2	4	2,269	81	9	1	676	3,040
AD-AG1	3	1,017	3		1	78	1,102
AD-AG2	14	2,010	70	1	14	1,177	3,286
AD-AG3	5	839	28	1	6	370	1,249
AD-AG4	13	2,071	48	3	6	768	2,909
ADC-1	4	1,076	6		4	156	1,246
ADC-2	13	1,739	14		9	200	1,975
ADC-3	6	620			1	60	687
ADC-4	5	650	7		3	133	798
ADC-5	7	1,564	1		5	174	1,751
ADC-6	5	1,185	9		5	247	1,451
AD-CH1	13	2,961	81	7	10	934	4,006
AD-CH2	1	1,339	26		3	279	1,648
AD-CH3	5	1,870	94	26	4	658	2,657
AD-CO1	5	1,982	35	2	10	973	3,007
AD-CO2	4	2,374	76	5	6	563	3,028
AD-M1	8	2,000	16	1	6	121	2,152
AD-N1	5	1,603	73	4	11	1,389	3,085
AD-N2	4	2,183	62	5	3	763	3,020
AD-PL1	2	3,135	13		7	294	3,451
AD-PL2	11	2,913	14		4	252	3,194
AD-R1	7	603	55	66	7	375	1,113
AD-R2	5	1,924	28	3	3	609	2,572
AD-T1	5	1,481	25	2	6	256	1,775
AD-T2	2	613	1		1	56	673
AD-T3	2	566	6	2	1	80	657
AD-T4	5	1,610	37	3	3	361	2,019
AD-T5	1	991	14	2	2	236	1,246
AD-T6	1	156	3	2	1	29	192
合計	174	47,782	1,016	151	151	13,132	62,407

出典: JICA 調査団

表 3.1.3-3: 下水道管路の需要

排水分区	需要（km）
A16	7.52
A18	11.53
A19	5.73
AD-0	1.70
AD-01B	0.95
AD-A1	30.31
AD-A2	24.16
AD-AG1	4.68
AD-AG2	29.91
AD-AG3	12.13
AD-AG4	26.44
ADC-1	10.08
ADC-2	13.52
ADC-3	4.97
ADC-4	6.91
ADC-5	13.70
ADC-6	11.38
AD-CA1	8.80
AD-CA3	0.82
AD-CH1	32.03
AD-CH2	12.58
AD-CH3	21.88
AD-CH4	30.87
AD-CO1	20.84
AD-CO2	26.83
AD-M1	13.32
AD-N1	24.57
AD-N2	23.53
AD-P2	0.46
AD-PL1	22.18
AD-PL2	22.59
AD-R1	14.81
AD-R2	17.36
AD-T1	14.54
AD-T2	6.61
AD-T3	0.04
AD-T4	12.54
AD-T5	10.06
AD-T6	2.61
PT1	22.99
PT2	6.59
PT3	13.00
PT4	11.70
PT5	8.78
PT6	25.44
PT7	7.54
SA-57	0.03
合計	**651.56**

出典: JICA 調査団

表 3.1.3-4: 排水分区ごとの需要

排水分区とｻﾌﾞ・ｾｸﾀｰ			汚水量			
排水分区	ｻﾌﾞ・ｾｸﾀｰ	ｻﾌﾞ・ｾｸﾀｰのうち当該排水分区に含まれる面積(m^2)	対象ｻﾌﾞ・ｾｸﾀｰ全域で発生する汚水量 (l/s)	ｻﾌﾞ・ｾｸﾀｰの全面積 (m^2)	単位汚水量 (l/s/m^2)	対象ｻﾌﾞ・ｾｸﾀｰ内の当該排水分区で発生する汚水量 (l/s)
AD-A1	256	300.0714	1.1822	3,745,476.84	3.1564E-07	0.000
	212 A-1	56117.4399	23.38	1,140,644.93	2.04992E-05	1.150
	212 A-2	744987.1526	14.35	758,289.58	1.89207E-05	14.096
	212 B-2	39735.90718	9.87	448,299.17	2.20162E-05	0.875
	251	15995.54834	15.34	1,975,160.60	7.76533E-06	0.124
	252	2585.61844	12.00	1,015,615.54	1.18199E-05	0.031
	83 B-2	450324.4991	39.12	1,258,881.99	3.10712E-05	13.992
	84 B-1	9657.54414	27.01	1,190,798.74	2.26844E-05	0.219
	84 B-2	180.75662	10.74	427,365.06	2.51338E-05	0.005
計 AD-A1		**1319884.538**				**30.491**
AD-A2	256	6759.77091	1.18	3,745,476.84	3.1564E-07	0.002
	212 A-1	384900.1209	23.38	1,140,644.93	2.04992E-05	7.890
	212 A-2	158.03185	14.35	758,289.58	1.89207E-05	0.003
	212 B-1	164543.091	11.17	529,834.56	2.10912E-05	3.470
	212 B-2	408558.9006	9.87	448,299.17	2.20162E-05	8.995
計		**964919.9152**				**20.361**
AD-AG1	348 B-1	10954.35678	17.01	150,386.34	0.000113136	1.239
	349 A-1	16584.58848	16.55	997,163.78	1.65929E-05	0.275
	350-1	25853.54601	40.32	1,305,244.85	3.08902E-05	0.799
	351-1	271312.5519	9.05	283,149.08	3.19445E-05	8.667
	351-2	268143.6154	6.09	270,031.46	2.25378E-05	6.043
	351-3	156658.7601	0.96	165,555.96	5.81654E-06	0.911
計		**749507.4186**				**17.935**
AD-AG2	348 B-1	6468.06285	17.01	150,386.34	0.000113136	0.732
	350-1	1087782.602	40.32	1,305,244.85	3.08902E-05	33.602
	350-2	31797.65067	40.24	1,529,571.44	2.63073E-05	0.837
	351-1	11811.14352	9.05	283,149.08	3.19445E-05	0.377
計		**1137859.459**				**35.547**
AD-AG3	347-2	28595.86244	14.51	1,262,194.72	1.14921E-05	0.329
	350-2	463595.8969	40.24	1,529,571.44	2.63073E-05	12.196
計		**492191.7593**				**12.525**
AD-AG4	348 A	3300.58369	8.94	599,566.46	1.49071E-05	0.049
	347-1	731985.1924	14.80	1,262,194.72	1.17282E-05	8.585
	347-2	13492.55455	14.51	1,262,194.72	1.14921E-05	0.155
	348 B-1	152414.4943	17.01	150,386.34	0.000113136	17.244
	349 A-1	66680.88116	16.55	997,163.78	1.65929E-05	1.106
	350-1	191608.6581	40.32	1,305,244.85	3.08902E-05	5.919
	350-2	7124.92489	40.24	1,529,571.44	2.63073E-05	0.187
計		**1166607.289**				**33.245**
AD-AG5	348 A	315829.7642	8.94	599,566.46	1.49071E-05	4.708
	347-1	12651.59457	14.80	1,262,194.72	1.17282E-05	0.148
	348 B-1	6817.3951	17.01	150,386.34	0.000113136	0.771
計		**335298.7539**				**5.628**
ADC-1	349 A-3	139178.816	9.02	412,169.42	2.18787E-05	3.045
	349 B-1	211080.4738	7.67	502,957.81	1.52553E-05	3.220
	349 B-2	299006.3465	9.64	668,705.39	1.44157E-05	4.310
	349 B-3	164528.8718	6.90	488,315.42	1.41301E-05	2.325
	349 B-4	311753.9112	3.35	369,257.78	9.07476E-06	2.829
計		**1125548.419**				**15.729**
ADC-2	348 A	2699.66328	8.94	599,566.42	1.49071E-05	0.040
	348 B-1	75871.33328	17.01	150,386.34	0.000113136	8.584

排水分区とｻﾌﾞ・ｾｸﾀｰ			汚水量			
排水分区	ｻﾌﾞ・ｾｸﾀｰ	ｻﾌﾞ・ｾｸﾀｰのうち当該排水分区に含まれる面積(m^2)	対象ｻﾌﾞ・ｾｸﾀｰ全域で発生する汚水量 (l/s)	ｻﾌﾞ・ｾｸﾀｰの全面積 (m^2)	単位汚水量 (l/s/m^2)	対象ｻﾌﾞ・ｾｸﾀｰ内の当該排水分区で発生する汚水量 (l/s)
	349 A-1	84387.48095	16.55	997,163.78	1.65929E-05	1.400
	349 A-3	125826.6774	9.02	412,169.42	2.18787E-05	2.753
	349 B-1	85679.11038	7.67	502,957.81	1.52553E-05	1.307
	349 B-2	364924.6418	9.64	668,705.39	1.44157E-05	5.261
	349 B-3	323786.5464	6.90	488,315.42	1.41301E-05	4.575
	349 B-4	57503.85953	3.35	369,257.78	9.07476E-06	0.522
計		**1120679.313**				**24.442**
ADC-3	349 A-1	155806.9326	16.55	997,163.78	1.65929E-05	2.585
	349 A-3	112598.805	9.02	412,169.42	2.18787E-05	2.464
	349 B-1	206198.2237	7.67	502,957.81	1.52553E-05	3.146
	349 B-2	4774.40986	9.64	668,705.39	1.44157E-05	0.069
	351-2	876.79179	6.09	270,031.46	2.25378E-05	0.020
	351-3	8897.17943	0.96	165,555.96	5.81654E-06	0.052
計		**489152.3423**				**8.335**
ADC-4	348 B-1	76559.17595	17.01	150,386.34	0.000113136	8.662
	349 A-1	266453.4613	16.55	997,163.78	1.65929E-05	4.421
	349 A-3	34565.09694	9.02	412,169.42	2.18787E-05	0.756
計		**377577.7342**				**13.839**
ADC-5	348 B-1	212167.131	7.67	150,386.34	5.10204E-05	10.825
	348 B-2	61658.37441	9.64	150,386.34	6.41005E-05	3.952
	349 A-1	294947.2344	16.55	997,163.78	1.65929E-05	4.894
	349 A-2	376842.2072	4.60	376,842.19	1.22085E-05	4.601
計		**945614.947**				**24.272**
ADC-6	348 A	277736.4111	8.94	599,566.46	1.49071E-05	4.140
	347-1	1947.53296	14.80	1,262,194.72	1.17282E-05	0.023
	348 B-1	132475.2913	7.67	150,386.34	5.10204E-05	6.759
	348 B-2	88727.96575	9.64	150,386.34	6.41005E-05	5.688
	349 A-1	112303.2199	16.55	997,163.78	1.65929E-05	1.863
	351-2	1011.03607	6.09	270,031.46	2.25378E-05	0.023
計		**614201.457**				**18.496**
AD-CH1	85 A	497438.1299	20.10	642,626.91	3.12819E-05	15.561
	85 C	638278.6214	17.43	648,074.63	2.68981E-05	17.168
	84 A-1	105012.2036	27.01	1,496,540.38	1.805E-05	1.895
	85 B-1	250046.6253	14.41	580,643.66	2.48219E-05	6.207
	85 B-2	20105.74932	59.42	490,118.79	0.000121234	2.438
計		**1510881.33**				**43.269**
AD-CH2	85 A	2169.85191	20.10	642,626.91	3.12819E-05	0.068
	84 A-1	351786.4621	27.01	1,496,540.38	1.805E-05	6.350
	84 A-2	104979.5545	18.21	806,584.85	2.25711E-05	2.370
計		**458935.8685**				**8.787**
AD-CH3	85 A	142252.1994	20.10	642,626.91	3.12819E-05	4.450
	83 A-1	112741.6273	13.82	468,169.68	2.95136E-05	3.327
	84 A-1	567.64514	27.01	1,496,540.38	1.805E-05	0.010
	84 A-2	190772.0142	18.21	806,584.85	2.25711E-05	4.306
	84 B-1	188546.8939	24.08	1,190,798.74	2.02248E-05	3.813
	85 B-1	328774.6243	14.41	580,643.66	2.48219E-05	8.161
	85 B-2	379.87176	59.42	490,118.79	0.000121234	0.046
	85 B-3	5243.03791	7.45	612,116.35	1.21715E-05	0.064
計		**969277.9139**				**24.178**
AD-CO1	83 A-2	6022.12196	25.48	1,032,456.35	2.46768E-05	0.149
	83 B-1	21.7675	12.31	433,638.91	2.83783E-05	0.001
	83 B-2	795859.7972	39.12	1,258,881.99	3.10712E-05	24.728
	84 B-2	85.10318	10.74	427,365.06	2.51338E-05	0.002

排水分区とｻﾌﾞ・ｾｸﾀｰ			汚水量			
排水分区	ｻﾌﾞ・ｾｸﾀｰ	ｻﾌﾞ・ｾｸﾀｰのうち当該排水分区に含まれる面積(m^2)	対象ｻﾌﾞ・ｾｸﾀｰ全域で発生する汚水量 (l/s)	ｻﾌﾞ・ｾｸﾀｰの全面積 (m^2)	単位汚水量 (l/s/m^2)	対象ｻﾌﾞ・ｾｸﾀｰ内の当該排水分区で発生する汚水量 (l/s)
計		**801988.7899**				**24.878**
AD-CO2	256	10252.34375	1.18	3,745,476.84	3.1564E-07	0.003
	212 A-1	696620.2532	23.38	1,140,644.93	2.04992E-05	14.280
	212 B-1	365291.4301	11.17	529,834.56	2.10912E-05	7.704
	212 B-2	4.30207	9.87	448,299.17	2.20162E-05	0.000
計		**1072168.329**				**21.988**
AD-M1	259	367667.6447	20.57	1,030,511.98	1.99575E-05	7.338
	258	344.9842	352.99	3,681,034.37	9.58941E-05	0.033
計		**368012.6289**				**7.371**
AD-N1	83 A-2	765356.7715	25.48	1,032,456.35	2.46768E-05	18.887
	83 B-1	433589.9032	12.31	433,638.91	2.83783E-05	12.305
	83 B-2	6970.97947	39.12	1,258,881.99	3.10712E-05	0.217
	84 B-2	190.16168	10.74	427,365.06	2.51338E-05	0.005
計		**1206107.816**				**31.413**
AD-N2	212 A-2	12764.71791	14.35	758,289.58	1.89207E-05	0.242
	83 A-2	5654.13866	25.48	1,032,456.35	2.46768E-05	0.140
	83 B-2	4356.59829	39.12	1,258,881.99	3.10712E-05	0.135
	84 B-1	446060.4914	24.08	1,190,798.74	2.02248E-05	9.021
	84 B-2	426909.0688	10.74	427,365.06	2.51338E-05	10.730
計		**895745.015**				20.268
AD-PL1	84 A-1	1037069.083	27.01	1,496,540.38	1.805E-05	18.719
	84 A-2	51221.54014	18.21	806,584.85	2.25711E-05	1.156
計		**1088290.623**				**19.875**
AD-PL2	213-1	268024.0177	21.71	1,573,029.00	1.37992E-05	3.699
	213-2	3873.04254	0.37	17,151.13	2.12976E-05	0.082
	213-3	14827.06614	0.73	36,602.25	1.99374E-05	0.296
	84 A-1	174.82546	27.01	1,496,540.38	1.805E-05	0.003
	84 A-2	458938.1334	18.21	806,584.85	2.25711E-05	10.359
	84 B-1	335565.9842	24.08	1,190,798.74	2.02248E-05	6.787
計		**1081403.069**				**21.225**
AD-R1	85 A	251.37374	20.10	642,626.91	3.12819E-05	0.008
	85 C	2786.19085	17.43	648,074.63	2.68981E-05	0.075
	85 B-1	1822.44768	14.41	580,643.66	2.48219E-05	0.045
	85 B-2	469479.7558	59.42	490,118.79	0.000121234	56.917
	85 B-3	589247.297	7.45	612,116.35	1.21715E-05	7.172
計		**1063587.065**				**64.217**
AD-R2	83 A-1	355414.7859	13.82	468,169.68	2.95136E-05	10.490
	83 A-2	254948.2252	25.48	1,032,456.35	2.46768E-05	6.291
	84 B-1	191294.4149	24.08	1,190,798.74	2.02248E-05	3.869
	85 B-3	1564.2315	7.45	612,116.35	1.21715E-05	0.019
計		**803221.6575**				**20.669**
AD-T1	345	29718.93073	11.47	3,639,432.32	3.1521E-06	0.094
	350-2	648021.9245	40.24	1,529,571.44	2.63073E-05	17.048
計		**677740.8552**				**17.141**
AD-T2	345	42944.91718	11.47	3,639,432.32	3.1521E-06	0.135
	347-2	395402.6288	14.51	1,262,194.72	1.14921E-05	4.544
	350-2	321315.875	40.24	1,529,571.44	2.63073E-05	8.453
計		**759663.4209**				**13.132**
AD-T3	347-2	501641.4504	14.51	1,262,194.72	1.14921E-05	5.765
	350-2	57245.52259	40.24	1,529,571.44	2.63073E-05	1.506
計		**558886.973**				**7.271**
AD-T4	346-2	388571.9004	10.59	595,740.18	1.77743E-05	6.907
	347-2	267696.7198	14.51	1,262,194.72	1.14921E-05	3.076

排水分区とｻﾌﾞ・ｾｸﾀｰ			汚水量			
排水分区	ｻﾌﾞ・ｾｸﾀｰ	ｻﾌﾞ・ｾｸﾀｰのうち当該排水分区に含まれる面積(m^2)	対象ｻﾌﾞ・ｾｸﾀｰ全域で発生する汚水量 (l/s)	ｻﾌﾞ・ｾｸﾀｰの全面積 (m^2)	単位汚水量 (l/s/m^2)	対象ｻﾌﾞ・ｾｸﾀｰ内の当該排水分区で発生する汚水量 (l/s)
	350-2	327.66622	40.24	1,529,571.44	2.63073E-05	0.009
計		**656596.2864**				**9.992**
AD-T5	345	17822.93642	11.47	3,639,432.32	3.1521E-06	0.056
	346-1	277634.7755	5.46	525,841.68	1.03809E-05	2.882
	346-2	207168.2853	10.59	595,740.18	1.77743E-05	3.682
	347-2	55346.981	14.51	1,262,194.72	1.14921E-05	0.636
計		**557972.9782**				**0.000**
AD-T6	346-1	248206.9091	5.46	525,841.68	1.03809E-05	2.577
計		**248206.9091**				**2.577**

出典: JICA 調査団

3.2 供給分析

3.2.1 上水道

(1) 分析対象項目

上水道施設は大きく取水から浄水までの施設とそれ以降の送配水施設に分けられるが、一般に、浄水までの施設の供給能力は水源量や浄水場の容量等により表され、送配水施設の供給能力は送配水管の能力や配水池容量等によって表される。

以下に、上水道に関する供給分析として、既存の水源および浄水場の供給能力、既存配水池の貯留容量、および送配水管に求められる能力について分析する。

(2) 水源および浄水施設

1) 現状の概説

現在、SEDAPAL はラ・アタルヘア浄水場とチジョン浄水場の 2 つの浄水場を有しており、リマック川を水源とするラ・アタルヘア浄水場の能力は 17.5m^3/秒、一方、チジョン川を水源とするチジョン浄水場の能力は 2.5m^3/秒である。また、SEDAPAL はこれらの表流水を水源とする浄水場のほかに井戸からの取水も行っており、これらの能力と実際の供給量は表 3.2.1-1 に示すとおりである。ただし、チジョン浄水場は、12 月から 3 月のあいだにチジョン川の水量が極端に減少するためほとんど浄水を供給できておらず、井戸からの取水および送水は、主にこの期間のチジョン川の生産量の減少を部分的であるものの補填するために行われている。

ラ・アタルヘア浄水場およびチジョン浄水場の配水地域を図 3.2.1-1 に示す。現在、調査対象地域は主にこれらの 2 つの浄水場から受水しているが、ラ・アタルヘア浄水場は調査対象地域のうち主に南部、すなわちカヤオ区、ロス・オリーボス区およびサン・マルティン・デ・ポレス区に、またチジョン浄水場は主にその北部、すなわちコマス区、カラバイーヨ区およびプエンテ・ピエドラ区に配水を

行っている。ただし、各浄水場からの送水管網は互いに連結されており、いずれかの浄水場が十分量を供給できない場合には浄水の融通が可能である。

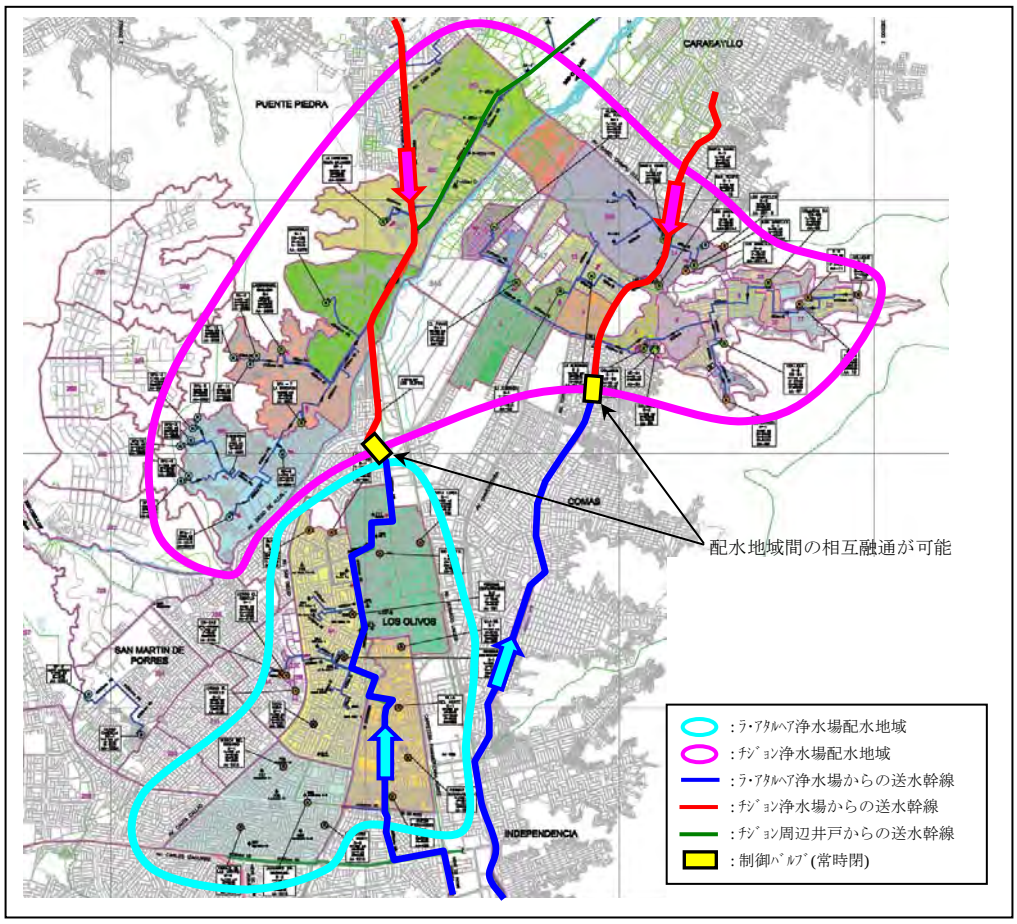
SEDAPAL の管理している台帳や推定されている損失水率などを勘案すると、約 20m^3/秒の浄水量のうち、調査対象地域に送水されている量は平均で 1.13m^3/秒程度であると推定される。

表 3.2.1-1: 浄水場等の能力と調査対象地域への送水量

施設		SEDAPAL の供給能力 (m^3/秒)	調査対象地域への推定平均送水量 (m^3/秒)*1
浄水場	ラ・アタルヘア	17.5	0.61*2
	チジョン	2.5	0.52*2
	小計	20.0	
井戸	チジョン浄水場周辺の井戸	-	
	その他の井戸	-	
合計			**1.13**

*1: SEDAPAL の台帳および損失水率より推定　*2: 各浄水場の配水地域間の融通量は非考慮

出典: JICA 調査団



出典: JICA 調査団

図 3.2.1-1: ラ・アタルヘア浄水場およびチジョン浄水場の配水地域

2) 浄水量の増強計画（ワチパ浄水場の建設）

第 2 章 2.5.8 節で述べたように、SEDAPAL は円借款事業であるワチパ浄水場および北部幹線建設事業において、リマ北部地域を含む計画配水地域に 5.0m^3/秒の送水を行うワチパ浄水場および送水管を建設している。最適化マスタープランによると、SEDAPAL は他にもチジョン浄水場の浄水量増強を目的とした事業を計画しているが、第 2 章 2.5.8 節(4)項で述べたようにその実施計画は明らかでない。

3) ワチパ浄水場の送配水計画

(a) ワチパ浄水場および北部幹線建設事業（リマ首都圏周辺地域環境整備円借款事業の一部）における計画

ワチパ浄水場の計画によると、同浄水場からリマ北部 I および II 地域への計画送水量は 2.9m^3/秒である。同計画ではリマ北部 I、II 地域それぞれの水需要は明確でないが、それぞれ 0.8m^3/秒および 2.1m^3/秒程度と推計される。同事業における送水計画の詳細は第 2 章 2.5.8 節(5)項を参照とする。

(b) リマ北部 I 地域における計画

リマ北部 I 事業の F/S（実行可能性調査）によると、リマ北部 I 地域がワチパ浄水場より受水する量は表 3.2.1-2 に示すとおり 2030 年時点で 1.3.1m^3/秒となっているが、これは、ワチパ浄水場と北部幹線の建設計画において想定している水量をはるかに上回っている。

表 3.2.1-2: リマ北部 I 事業 F/S における
ワチパ浄水場からの計画受水量

年		計画受水量 (日最大量: m^3/秒)
1	2011	1.006
2	2012	1.025
3	2013	1.041
4	2014	1.057
5	2015	1.073
6	2016	1.089
7	2017	1.104
8	2018	1.118
9	2019	1.134
10	2020	1.150
11	2021	1.164
12	2022	1.180
13	2023	1.196
14	2024	1.211
15	2025	1.228
16	2026	1.244
17	2027	1.261
18	2028	1.279
19	2029	1.296
20	2030	1.314

出典: リマ首都圏北部上下水道事業最適化(I)ﾌｨｰｼﾞﾋﾞﾘﾃｨ調査報告書（Proyecto Optimizacion del Sistema de Agua Potable y Alcantarillado, Sectorización, Rehabilitación de Catastro – Área de Influencia Planta Huachipa – Area de Drenaje Comas – Chillón Lima）および JICA 調査団

4) リマ北部 II 地域への供給分析における問題点

以上の現状などより、本調査でリマ北部 II 地域への供給分析を行うにあたり以下のような問題点・困難な点がある。

- ワチパ浄水場の計画時点ではリマ北部 I 地域への同浄水場からの送水量は 0.8m^3/秒、リマ北部 II 地域へは 2.1m^3/秒と推定される。しかし、リマ北部 I の F/S ではその値が 1.31m^3/秒に増大しているうえ、その増加により減少することになる他地域（特にリマ北部 II 地域）への供給量を、ワチパ浄水場からの送水計画の中でどのように取り扱うか検討していない。
- 従来のワチパ浄水場の計画配水地域のうち、リマ北部 I 地域あるいはリマ北部 II 地域に含まれていたコイーケ地区の一部がどちらの事業にも含まれていない。同浄水場の計画配水地域から除外されたと考えられるが、その根拠や背景は不明である。
- 前節の需要分析結果より、2035 年のリマ北部 II 地域の水需要は 1.82m^3/秒であり、ワチパ浄水場の計画で想定した水需要を上回っている。このため、これらの地域に他の水源（ラ・アタルヘア浄水場やチジョン浄水場）からの送水が必要である。
- 本調査では上述の不足分をどのように補うか検討するべきであるものの、そのためには調査対象地域外の将来の水需要や既存浄水場の将来運用計画が必要であり、本調査で十分な検討を行うことはできない。SEDAPAL による管轄地域全体を包括した総合的な水資源の確保・分配計画の策定が望まれる。

5) 供給分析

上で述べたように、既存計画のあいだの不整合や SEDAPAL の総合的な水資源運用の欠如のため、調査対象地域への供給能力について本調査で明らかにすることは不可能である。しかし、調査対象地域の将来的な水運用への提案を行うため、以下の条件および想定の下で供給分析を行った。

- リマ北部 I および II 地域へのワチパ浄水場からの供給能力は合計で 2.9m^3/秒とする。
- 先行しているリマ北部 I 事業との整合性を確保するため、リマ北部 I 地域へは 2030 年に 1.31m^3/秒がワチパ浄水場より供給されるものとする。
- ラ・アタルヘア浄水場やチジョン浄水場など他水源からの送水計画については、以降の「供給－需要分析」においてワチパ浄水場のみでは不足する調査対象地域への必要供給量を明らかにした後に検討する。
- 地下水は深刻な渇水時の非常用水としてのみ使用するため、ここでは供給源として考慮しない。

表 3.2.1-3: 供給分析の実施条件

条件		供給	備考
ﾘﾏ北部地域 (I および II) への供給	ﾜﾁﾊﾟ 浄水場	2.9 m^3/秒	
	ﾗ･ｱﾀﾙﾍｱ 浄水場	-	「供給－需要分析」を実施した後に調査対象地域へ送水計画について検討するものとする。
	ﾁｼﾞｮﾝ 浄水場	-	
	井戸	0 m^3/秒	非常時用水としてのみ利用するため供給量に含まない。
ﾜﾁﾊﾟ 浄水場からﾘﾏ北部 I 地域への供給		1.31 m^3/秒 in 2030	表 3.2.1-2 参照

出典: JICA 調査団

上表の条件等に基づいて行った供給分析の結果を下表に示す。なお、同表で示すリマ北部 II 事業の供給量は、ワチパ浄水場から同地域へ送水可能な量として、浄水場設計時のリマ北部 I および II 地域への計画送水量（2.9m^3/秒）からリマ北部 I 事業の現在の水需要を差し引いた値である。

表 3.2.1-4: ワチパ浄水場計画配水地域への供給分析結果

年		ﾘﾏ北部地域への供給可能量 (m^3/秒)	ﾘﾏ北部I地域への供給量 (m^3/秒)	ﾘﾏ北部II地域への供給量 (m^3/秒)
Base	2009	2.90	1.00	1.90
-5	2010	2.90	1.00	1.90
-4	2011	2.90	1.01	1.89
-3	2012	2.90	1.02	1.88
-2	2013	2.90	1.04	1.86
-1	2014	2.90	1.06	1.84
0	2015	2.90	1.07	1.83
1	2016	2.90	1.09	1.81
2	2017	2.90	1.10	1.80
3	2018	2.90	1.12	1.78
4	2019	2.90	1.13	1.77
5	2020	2.90	1.15	1.75
6	2021	2.90	1.16	1.74
7	2022	2.90	1.18	1.72
8	2023	2.90	1.20	1.70
9	2024	2.90	1.21	1.69
10	2025	2.90	1.23	1.67
11	2026	2.90	1.24	1.66
12	2027	2.90	1.26	1.64
13	2028	2.90	1.28	1.62
14	2029	2.90	1.30	1.60
15	2030	2.90	1.31	1.59
16	2031	2.90	1.32	1.58
17	2032	2.90	1.33	1.57
18	2033	2.90	1.34	1.56
19	2034	2.90	1.35	1.55
20	2035	2.90	1.36	1.54

出典: JICA 調査団

(3) 配水池

調査対象地域内のサブ・セクターはそれぞれ配水池を有しているが、配水池の「供給」はその貯留容量により表される。その容量は下表のとおりである。

表 3.2.1-5 配水池の供給量（貯留容量）

セクター	サブ・セクター	配水池名称	貯留容量 (m^3)
83A	83A-1	Villa sol	1,300
	83A-2	Villa del norte	1,800
83B	83B-1	Parque del naranjal	1,400
	83B-2	Cueto Fernandini	1,500
84A	84A-1	Olivos de pro	1,500
	84A-2	Programa confraternidad	1,600
84B	84B-1	Programa confraternidad	1,600
	84B-2	Comité aposte	500
85A	85A	Puerta de pro	1,100
85B	85B-1	Rio santa r	570
	85B-2	PRO	1,900
	85B-3	Santa luisa	500
85C	85C	PRO	1,900
259	259	Marquez	1,200
212A	212A-1	Virgen de las Nieves	1,500
	212A-2	Virgen del Rosario	1,200
212B	212B-1	Rosario del Norte	1,200
	212B-2	Jazmines de Naranjal	1,200
213	213-1	Vipol Naranjal	1,900
	213-2	Cerro el Choclo 1	100
	213-3	Cerro el Choclo 2	100
351	351-1	Los Angeles R1	400
	351-2	Los Angeles R2	150
		Los Angeles R4	100
	351-3	Los Angeles R3	100
347	347-1	San Felipe	670
	347-2	Alborada 1	1,200
345	345	Alameda del Pinar R-1	1,300
346	346-2	El pinar R-1	1,200
350	350-1	Santa Isabel R-1	1,400
	350-2	Santa Isabel R-2	1,500
348A	348A	Collique R-1	1,100
348B	348B-1	Collique R-2	1,500
	348B-2	Re-02	100
349A	349A-1	Collique R-3	1,100
	349A-2	Nueva Esperanza	400
	349A-3	Collique R-4	1,000
349B	349B-1	Collique R-5	800
	349B-2	Collique R-6	800
	349B-3	Collique R-7	550
368A	368A-1	RPA – 6	2,000
	368A-2	RPA – 1	500
368B	368B	RPA – 2	1,500
		RP – 17	100
		RPA – 5	150
		RPA – 4	200
		RPA – 3	600
		RP – 16	100
369	369A	RPA - 17 La Ensenada	3,000
	369B	Laderas de Chillón R-1	400
		Laderas de Chillón R-2	200
		Laderas de Chillón R-3	100
		RP-11	100
		RP-12	250

出典: JICA 調査団

(4) 送配水管網

送配水管網の供給分析は水理計算（添付資料 B2.1 を参照）により行う。表 3.2.1-6 から表 3.2.1-8 に現在の供給量（流量実績）を示す。

また、表 3.2.1-9 に、既存の配水管のうち本事業で更新を行わない（更新の必要がない）配管延長として配水管の「供給」を示す（更新を行う配管の選定については本章 3.4.6 節参照）。

表 3.2.1-6 送水幹線の供給（流量）実績

送水幹線	流量 (l/秒)
ﾛｽ･ｵﾘｰﾎﾞｽ幹線 [1]	649.01
ﾁｼﾞｮﾝ - ｺﾏｽ幹線 [2]	345.00
ﾁｼﾞｮﾝ - ﾛｽ･ｵﾘｰﾎﾞｽ幹線 [3]	243.00

1: 値は SCADA データをもとに集計
2: セクター345,346,347,348,349,350,351 の合計
3: セクター361,368,369,370 の合計
出典: JICA 調査団

表 3.2.1-7 送水管の供給（流量）実績

セクター	計測場所	流量 (l/s)
83	セクター流入部バルブ・ピット	138.04[1]
84	セクター流入部バルブ・ピット	121.71[1]
85	セクター流入部バルブ・ピット	165.07[1]
212	セクター流入部バルブ・ピット	89.41[1]
213	ダクタイル鋳鉄管	34.78[1]
259	計測なし	
345	ダクタイル鋳鉄管	11.93[2]
346	ダクタイル鋳鉄管	39.25[2]
347	ダクタイル鋳鉄管	56.88[2]
350	ダクタイル鋳鉄管	159.95[2]
351	ダクタイル鋳鉄管	16.45[2]

1.- データは SACADA でﾓﾆﾀｰされた 2009 年 6 月 14 日から 23 日の流量より集計
2.- 需要予測に基づく推計値 (2009)
出典: JICA 調査団

表 3.2.1-8 ポンプ圧送管の供給（流量）実績

ｾｸﾀｰ	管材質	流量 (l/秒)
259	AC 管	0.00
348	AC 管	0.00
349	AC 管	0.00
351	ダクタイル鋳鉄管	19.4

出典: JICA 調査団

表 3.2.1-9 配水管網の供給
（更新が不要な管路延長）

ｾｸﾀｰ	供給 (km)
83 A	15.41
83 B	19.07
84 A	49.27
84 B	33.02
85 A	13.59
85 B	15.21
85 C	6.48
212 A	47.06
212 B	26.55
213	32.77
259	12.19
345	13.37
346	14.72
347	47.89
348 A	5.85
348 B	16.62
349 A	17.46
349 B	14.84
350	21.32
351	6.08
368 A	26.81
369 A	25.21
Total	**480.79**

出典: JICA 調査団

3.2.2 下水道

下水道管路は内径 350mm 以上の幹線管路と 300mm 以下の枝線管路に分けられるが、そのうち幹線管路については SEDAPAL が実施する他事業（Primary Collector Rehabilitation for the Lima Norte I and Lima Norte II Potable Water and Sewerage Network Rehabilitation Projects）にて評価される計画であることから、本調査では枝線管路のみを対象に供給分析を行う。管路の機能上の観点から、「供給」は健全な状態にある管路の延長と定義され、「供給」を算出するためには、更新が必要となる、健全でない状態の管路の延長を算出する必要がある。

(1) 管路布設替えの考え方

管路布設替えの必要性は以下の 2 つの観点を評価して定める。

- 管路の能力確保
- 管路の健全性確保

以下にそれぞれついて、その方針について述べる。

1) 管路の能力確保

管路の能力は水理計算により評価する。水理計算は Sewer Cad バージョン 10.1 を用いて行い、以下の基本方針による。

- 国家衛生基準の OS 70 (下水道管路)で規定される条件に従う。
- 国家衛生基準で規定されていない事項については、「都市部およびリマ首都

圏地域における上下水道施設整備に係る基準-CTPS. PR-02, 02-2010 版」（施設整備基準）に従う。

上述の方針により、本分析で行う水理計算の主要条件は以下のように設定した。

- 最大水深: 管内径の 75%
- 掃流力: 1.5 MPa
- 起点の流量: 1.5 l/秒
- 最小口径: 200 mm.
- 起点スパンの勾配: 8%～10%
- 粗度係数: 0.018（無筋コンクリート管: CSN 管）

Sewer Cad を用いた水理計算の結果、6,266km の管路が必要な能力（流下能力、掃流力）を満足しないことがわかり、本事業で増径する必要がある。水理計算の詳細は添付資料 B 2.2 を参照とする。

また、現地踏査の結果、大規模工業接続が集中しているサブ・セクター85B-3 では既存管路の流下能力が不足している箇所が散見された。この地域は、SEDAPAL の水道ではなく需要者自らが保有する井戸を水源としている需要者がおり、水理計算中で設定した流量条件（汚水量＝水道の使用量×80%）と実際の条件が乖離する可能性がある。したがって本事業を実施する際には、詳細設計において流量調査を行い、管路の流下能力を十分に確保するよう配慮することが推奨される。

2) 管路の健全性確保

健全性確保のための更新範囲は、第 2 章 2.5.9 節で述べた既存管路の現状診断結果に基づいて検討する。

(a) 建設年次による管路更新の判断

図 2.5.9-7 に建設後経過年数で 5 年ごとに既存管路を分類し、その各分類に属する CSN 管の分布を示す。CSN 管の耐用年数は製造業者へのヒアリング等によると 30 年とされており、建設後 30 年を経過した既存 CSN 管は更新することが望ましい。

(b) 管路の現状（マンホール調査結果）による管路更新の判断

図 2.5.9-9 に示されたマンホール調査結果では、目視で確認された既存管路の健全度は 5 つの等級で表されているが、そのうち 4 級と 5 級は明らかに腐食等の不具合が進行しているものであり更新することが望ましい。なお、既存管路の劣化が進行していた地域は管路の布設年次が古い地域とほぼ一致している。

(c) 硫化水素（H_2S）濃度による管路更新の判断

図 2.5.9-7 で示されたマンホール内の硫化水素の実測濃度は 3mg/l 以上であり、この濃度下では、残存耐用年数の計算結果によると、所定の強度を維持できる残りの年数は 10 年程度以下と推定される。このような条件に置かれている既存管路は耐腐食性の高い塩化ビニル管（PVC 管）に更新するべきであるが、そのような地点は建設年次や管路の現状により更新が必要と判断される管路と一致している。

(d) 陥没事故の発生履歴による管路更新の判断

図 2.5.9-10 で示したように、調査対象地域内では頻繁に管路の破損が報告されている。第 2 章 2.5.9 節で述べたように、そのような箇所は SEDAPAL により既に補修されているが、その補修工事は陥没等の破損が生じたスパンに限定されていることから、その箇所の周辺で同様の破損が生じる危険性が高いと判断され、更新が必要である。なお、そのような箇所は上述の 3 つの判断基準から特定される管路更新箇所と一致している。

(e) 管路の現状（試掘調査結果）による管路更新の判断

図 2.5.9-15 および表 2.5.9-21 に示す試掘による既存管路の現状調査結果では、試掘 No. 1、6、8、9、10 および 11 で管路の著しい破損が認められたが、これらの箇所は上述の 4 つの基準から特定される管路更新箇所と一致しており、これらの基準の妥当性を裏付けている。

(f) 地表勾配による管路更新の判断

第 2 章 2.5.9 節第 4 項で述べたように、コイーケ地区の低地とロス・オリーボス区の一帯は平地である。そのため管路の勾配が確保できていないことが多く、それによる不具合（汚水の滞留と硫化水素ガスの発生、およびそれに起因する管路の腐食等）が多く生じており、その範囲は上述の各基準で特定される管路の更新箇所と一致する。管路腐食のメカニズムについては添付資料 A5.2 に詳細を示す。

(g) その他

ロス・アリソス通では、物理的な健全性には問題がないものの、住宅の下に埋設されている既存管路がある。住宅の衛生や維持管理の観点から、これらの管路は公道下に移設する必要がある。現場調査の結果明らかになった問題点の分析結果を添付資料 B2.2 に示す。

(2) 管路更新対象の特定

管路更新の対象は、上で述べた能力確保および健全性確保の観点から抽出された管路更新箇所の判断基準に経済性（費用対効果）を考慮して図 3.2.2-1 および以下のように特定する。

270000
275000
280000
285000
8685000
8680000
8675000

CARABAYLLO
PUENTE PIEDRA
VENTANILLA
COMAS
SAN JUAN DE LURIGANCHO
LOS OLIVOS
SAN MARTIN DE PORRES
CALLAO
INDEPENDENCIA
RIMAC
OCEANO PACIFICO

N

LEGEND

DRAINAGE AREA

Implementation

- High probability of pipe breakage
- Probability of pipe breakage
- Low probability of pipe breakage

- STUDY AREA
- DRAINAGE AREA
- DISTRICT BOUNDARY
- ROADS
- GREEN AREA
- BLOCKS
- RIVERS
- COAST

0 0,5 1 2 km

1:50.000
Proyección: UTM
Datum: WGS-84
Zona: 18 sur

sedapal

REPUBLICA DEL PERU

SERVICIO DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE LIMA

JICA

図3.2.2-1 ： 下水管の更新を行う地域

図 3.2.2-1:には、次の 3 種類の地域が示されている。

既存管路の破損している可能性が低い地域（図中に緑色で着色）

- これらの地域では既存管路の状態が良好で、その更新は原則として不要である。ただし、事業実施段階での詳細調査では局所的な管路の不具合が発見される可能性は十分にあることから、本調査では 10%から 20%程度の管路は更新が必要となることを想定する。

既存管路の破損している可能性が中程度の地域（図中に黄色で着色）

- これらの地域は、本調査での現地調査結果では健全な状態の管路と既に腐食等が進行している管路（建設後 15 年以下の管路もある）の両方が認められた。これらの地域での管路更新延長は他の地域と同様に詳細調査を経て検討する必要があるが、本調査では 40%から 60%程度の管路で更新が必要になると想定する。

既存管路の破損している可能性が高い地域（図中に赤色で着色）

- これらの地域は管路の建設年次が古く現地調査においても極度に進行した腐食が多く認められた。詳細調査を行えばそのほとんどで破損が認められると想像されることから、本調査では 85%から 95%程度の管路で更新が必要になると想定する。

上記のように、管路の更新を行う箇所は詳細設計の中で行う管内調査によって最終的に判断されることとし、本調査では対象地域を既存管路の現状に応じて 3 つに分類し、各分類において必要となる管路更新の割合を表 3.2.2-1 に示す中央値（ケース 2）と設定することで事業量を定めた。

表 3.2.2-1: 想定される既存無筋コンクリート管の更新率案

図 3.2.2-1 の色分け	ケース		
	1	2	3
緑に着色した地域	10 %	15%	20%
黄に着色した地域	40 %	50%	60%
赤に着色した地域	85 %	90%	95%

出典: JICA 調査団

(3) 「供給」の算出

上述の検討結果より、調査対象地域の全管路のうち更新が必要な管路の延長は 237.49 km（全管路延長の 36.45%）と推定された。排水管路の「供給」は、表 3.2.2-2 に示すように、既存管路のうち更新を必要としない管路の延長（既に健全な状態で「供給」されている管路の延長）として定義される。また、管路の口径を大きくするための布設替えは、その対象が建設年次の古いものが多く、ほとんどが上述の更新対象管路に含まれるため、ここでは特別には計上しない。

表 3.2.2-2: 下水道管路の供給

排水分区	CSN管の更新の検討			良好な状態の下水道管路延長(km)		
	既存のCSN管延長（km）	更新率	更新するCSN管延長（km）	更新しないCSN管延長（km）	既存のPVC管延長（km）	合計（km）
A16	0	0%.	0.00	0.00	7.52	7.52
A18	0.83	0%.	0.00	0.83	10.70	11.53
A19	0	0%.	0.00	0.00	5.73	5.73
AD-0	0.97	0%.	0.00	0.97	0.74	1.70
AD-01B	0	0%.	0.00	0.00	0.95	0.95
AD-A1	18.95	50%.	9.47	9.47	11.37	20.84
AD-A2	19.61	15%.	2.94	16.67	4.55	21.22
AD-AG1	1.92	50%.	0.96	0.96	2.76	3.72
AD-AG2	26.52	90%.	23.87	2.65	3.39	6.04
AD-AG3	12.00	90%.	10.80	1.20	0.13	1.33
AD-AG4	24.10	50%.	12.05	12.05	2.34	14.39
ADC-1	10.08	15%.	1.51	8.57	0	8.57
ADC-2	13.50	15%.	2.02	11.47	0.019	11.49
ADC-3	4.97	15%.	0.75	4.23	0	4.23
ADC-4	6.91	15%.	1.04	5.87	0	5.87
ADC-5	13.66	15%.	2.05	11.61	0.036	11.64
ADC-6	11.37	15%.	1.71	9.66	0	9.66
AD-CA1	0	0%.	0.00	0.00	8.80	8.80
AD-CA3	0	0%.	0.00	0.00	0.82	0.82
AD-CH1	24.17	90%.	21.75	2.42	7.95	10.37
AD-CH2	12.02	50%.	6.01	6.01	0.56	6.57
AD-CH3	21.76	90%.	19.59	2.18	0.12	2.30
AD-CH4	11.15	0%.	0.00	11.15	19.72	30.87
AD-CO1	19.99	90%.	17.99	2.00	0.85	2.85
AD-CO2	21.70	15%.	3.25	18.44	5.13	23.58
AD-M1	11.75	50%.	5.88	5.88	1.49	7.37
AD-N1	19.23	90%.	17.31	1.92	5.55	7.48
AD-N2	22.50	90%.	20.25	2.25	1.03	3.28
AD-P2	0	0%.	0.00	0.00	0.46	0.46
AD-PL1	22.2	15%.	3.33	18.85	0.00	18.85
AD-PL2	20.1	15%.	3.02	17.13	2.44	19.56
AD-R1	13.9	90%.	12.50	1.39	0.93	2.32
AD-R2	16.4	90%.	14.79	1.64	0.93	2.57
AD-T1	11.1	90%.	9.97	1.11	3.46	4.56
AD-T2	2.5	15%.	0.38	2.14	4.31	6.44
AD-T3	0.0	15%.	0.01	0.03	0	0.03
AD-T4	12.4	50%.	6.20	6.20	0.147	6.34
AD-T5	10.1	50%.	5.03	5.03	0	5.03
AD-T6	2.6	50%.	1.30	1.30	0	1.30
PT1	0	0%.	0.00	0.00	22.99	22.99
PT2	0	0%.	0.00	0.00	6.59	6.59
PT3	0	0%.	0.00	0.00	13.00	13.00
PT4	0.018	0%.	0.00	0.02	11.67	11.69
PT5	0.929	0%.	0.00	0.93	7.85	8.78
PT6	0	0%.	0.00	0.00	25.45	25.45
PT7	0	0%.	0.00	0.00	7.54	7.54
SA-57	0.032	0%.	0.00	0.03	0	0.03
合計	441.956		237.71285	204.24315	210.0	414.24

出典: JICA 調査団