

(4) 法・制度・基準に対する方針

土地収用に関して王令 0399 - 01 ; 第 44 条にて必要手続きが定められている。実施機関は経済財務省 (Ministry of Economy and Finance) と協議し、必要な予算措置ならびに収用に係る委員会を設立し、地主との協議を円滑に図ることとなっている。また、浄水場建設の候補地は、アンコール遺跡周辺に指定された「文化的景観保護地域」内となっているため、浄水場の管理棟をはじめとする建設物については、建築意匠について規制を受けることに留意する。

(5) 現地業者・市場資材の活用に対する方針

現地建設業界は未発達で零細である。技術力は脆弱で、本計画規模の事業は実施できない。ただし、配管工事においては、プノンペン市水道公社に対する我が国の無償資金協力事業をとおして技術移転が促進され施工技術の向上が認められる。本計画施設建設に必要な単純労働に必要な労働力については現地作業員の活用を図り事業費の低減に努めると共に、更なる技術移転に努める。現地市場において流通している土木建築用資機材は可能な限り活用する。

(6) 実施機関の運営・維持管理能力に対する方針

シェムリアップ水道局の要員は 12 名のみであり、本計画により整備される上水道施設を運営・管理するには貧弱と言わざるを得ない。資質も、トップである局長 (Director) ただ一人が大学卒業資格を有するのみで、他の要員は簡単な作業を日々こなしているに過ぎない。本計画実施上、大きな障害要因となることは明らかであり、実施機関の体制作りから関与してゆく必要がある。

(7) 施設・機材等のグレード設定に係る方針

本計画に採用する施設・機材のグレードは単純な操作が可能で、たとえ操作に誤りが生じたとしても、短期的には安全で安定した運転が可能となるよう設計しなければならない。日本製品あるいは第三国からの調達品に頼る場合、「カ」国内にて維持管理可能な設備を選定する。

(8) 施設建設の工法、調達方法、工期に係る方針

上述の自然条件や社会経済条件を踏まえ、夜間工事の採用、十分な工事班の編成等を考慮し工期を設定すると共に、外国からの旅行客などの安全面に影響を及ぼすことなく、品質管理および安全管理に対して万全を図る。

3 2 2 基本計画 (施設計画/機材計画)

3 2 2 1 水道整備計画基本事項

(1) 計画給水区域

「カ」国が要請した計画給水区域は 2000 年次 F/S 調査を基本としている。今次調査においては、計画給水区域を設定するため F/S において前提とされた、人口動態、現在ならびに将来の土地利用計画、

開発計画との関連等についてレビューした。

要請された計画給水区域は「カ」国政府地方機関、シェムリアップ州の関係機関、および住宅・商業地域が集中しているシェムリアップ州の中核をなす地域である。後述のとおり人口増加率は以前に比して減速傾向を示しているものの、依然として4%に近い高い値を保ち「カ」国の平均である2%台を大幅に上回っている。特に、計画給水区域を構成するコミューンの人口増加率は3.23%から5.07%であり、シェムリアップ・ディストリクトの他地域に比しても高い人口増加率を示し、給水計画の重要性が窺われる。また、要請された計画給水区域には含まれていなかった一部周辺地域の用途地域計画が見直され、軍用地から住居地域へと用途変更し50haを超える地域が新たに住居地域として加わり、既に多くの住民が流入しており、給水が逼迫している。

したがって、本計画においてはF/Sにおいて選定された345haを基本とし、今次調査において先方より新たに要請されその重要性が確認された80haの地域を加味した425haとする。地区別の計画対象区域は表3-2および図3-1に示す。

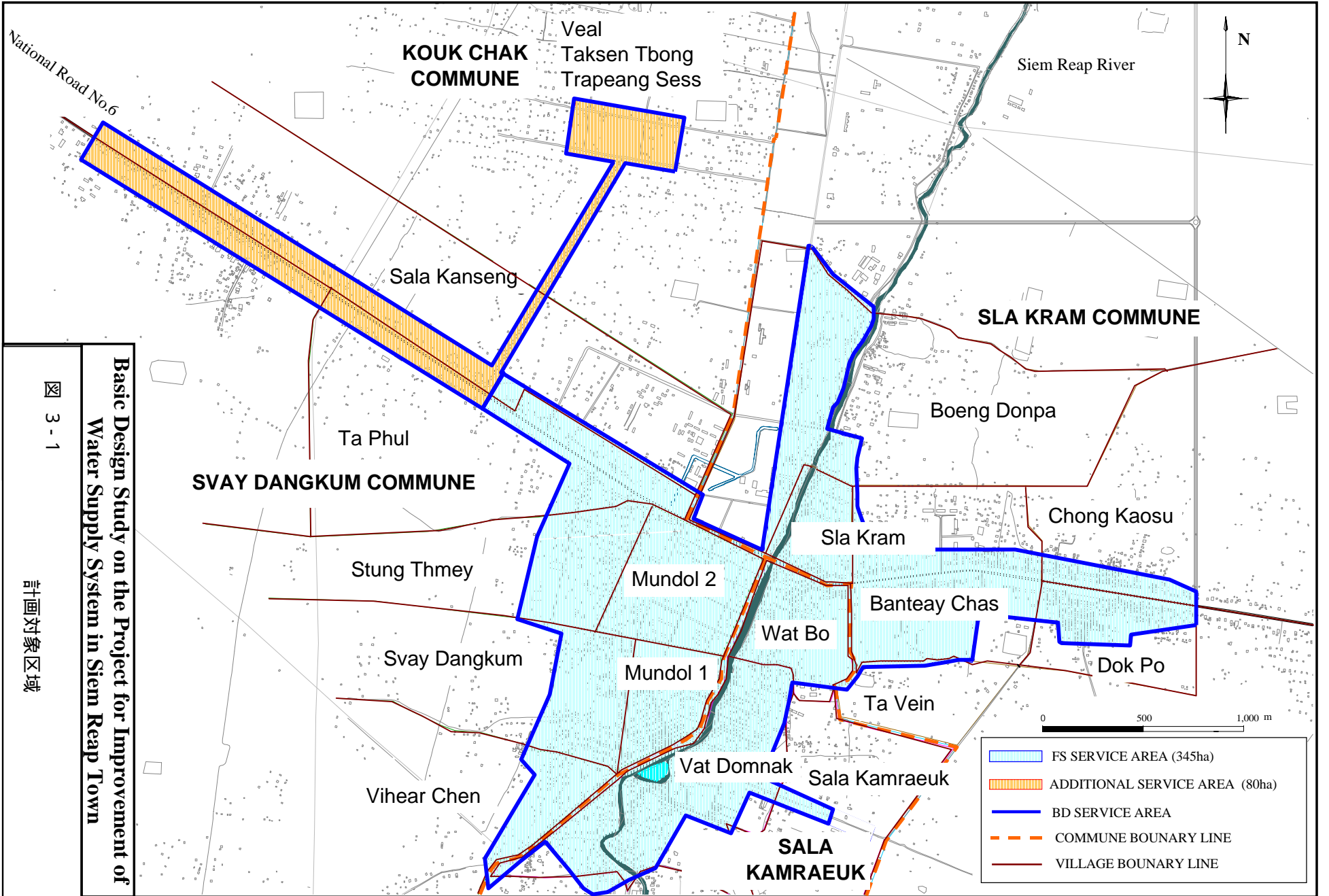
表 3-2 計画給水区域

コミューン	地区 (Village)	面積 (ha)
Svay Dangkum	Svay Dangkum	22
	Vihear Chen	8
	Mundol 1	19
	Stung Thmey	27
	Mundol 2	35
	Ta Phul	24
	Sala Kanseng	4
Sala Kamraeuk	Wat Bo	24
	Vat Domnak	39
	Sala Kamraeuk	3
Sla Kram	Sla Kram	14
	Banteay Chas	45
	Boeng Donpa	40
	Dok Po	30
	Chong Kaosu	11
Kochak	Trapeang Sess	30
	Taksen Tbon	
	Veal	
国道6号線沿線		50
合計		425ha

注記：Kokchak Commune および国道6号線沿線分は現地調査時、「カ」国より追加要請された。

(2) 計画給水人口

現地調査において入手した本計画対象区域を含むシェムリアップ・ディストリクトにおける1993年、1998年、および2001年次の人口統計を表3-3に示す。表3-3によれば、1993年、1998年、2001年次における人口は増加傾向を示し、それぞれ84,579人、103,752人、116,211人である。これにより、F/S時、4.17%としていた1993年から1998年までの平均人口増加率は近年減速し、1998年以降2001年までの平均人口増加率は3.85%となっていることが分かる。本計画を最適なものとするため、計画給水区域の各ヴィレッジに対して、1998年から2001年次にかけての最新の人口増加率を適用し、人口予測を見直した結果、計画年次2008年における計画対象区域内人口は表3-4に示すとおり約40,000と推計された。



Basic Design Study on the Project for Improvement of Water Supply System in Siem Reap Town

図 3 - 1

計画対象区域

本計画対象地域は、地域の特性において述べたように、アンコール遺跡群からわずか5 kmに位置しており、観光客数はこの2～3年で急増している。観光省資料によれば、「カ」国への観光客数は1998年から2002年まで毎年約30%の高率で増加している。MIMEは現状の高い増加率に鑑み、2003年次においては「カ」国への観光客数は100万人を越えること、計画年次2008年においては、宿泊施設および観光客の輸送施設等の開発状況にもよるが、現状の宿泊施設における宿泊可能人数を越える可能性があることを表明した。

これらの協議に基づき、調査団は資料8-1(観光人口予測)に示す観光人口予測を行い、MIMEと資料5の討議議事録(5-3技術協議書)のとおり予測観光人口を確認した。これによれば、観光客はF/S時設定された2日間よりも1日長い3日間シェムリアップに滞在するものとして、計画目標年次の2008年においては1日当たり9,000人、年間111万人を越えるものと推計された。寺社官公庁等への特別水需要に係る状況については、F/S調査時からの特段の変化は認められないことから、F/S時データを参照し計画水量を算定した。

表 3-3 シェムリアップ・ディストリクトの人口の推移

コミューン	1993年	1998年	2001年	人口増加率 (93-98)%	人口増加率 (98-01)%	F/SとB/D の差
1 Svay Dangkum	18,381	21,540	23,695	3.22	3.23	0.01
2 Sala Kamraeuk	8,459	12,511	15,506	8.14	7.42	-0.73
3 Sla Kram	15,218	21,334	24,748	6.99	5.07	-1.92
4 Siem Reap	11,134	12,158	13,653	1.78	3.94	2.17
5 Chong Khnies	4,744	4,883	4,793	0.58	-0.62	-1.20
6 Chreav	5,384	6,344	6,410	3.34	0.35	-2.99
7 Srangae	3,892	4,500	4,743	2.95	1.77	-1.18
8 Kouk Chak	11,884	14,394	16,147	3.91	3.91	-0.00
9 Nokor Thum	3,111	3,575	3,883	2.82	2.79	-0.03
10 Sambuor	2,372	2,513	2,633	1.16	1.57	0.41
合計	84,579	103,752	116,211	4.17	3.85	-0.32

出典：1993および1998は2000年次F/Sによる。2001年次データはシェムリアップ州計画局による。

(3) 計画給水量

基本方針にて述べたとおり、本計画においては受益者として計画区域内の住民ならびに公共施設である寺社官公庁に対する給水を最優先として位置づけ、観光産業への給水は地下水取水によるアンコール遺跡群への影響を回避するため計画給水量8,000m³/日を越えない範囲で配分するものとする。

住民および寺社官公庁の給水普及率は、給水普及の制約条件となる送・配水施設以降の給水施設整備実施工程を考慮して、計画年次2008年において65%とする。これに基づき、計画給水量8,000m³/日から住民および寺社官公庁への配分量を差し引き算出すれば、観光産業における給水普及率は40%となる。

現況の給水普及率は現地調査に基づき10%とし、本計画施設(水源井、浄水施設、配水管網)は2006年初頭に建設を完了するものとして、以降計画年次である2008年まで調達機材である量水器の取付け工事等を先方政府により実施し無理のない給水の拡張に努めるものとする。

生活用水給水原単位は、これまで実施された現地における調査、今次調査、過去の我が国の無償資金協力により実施されたプノンペン市における水道計画、および「カ」国周辺東南アジア地域における同規模の都市水道計画を参考として設定する。これまでおよび今回実施した水利用に関する現地調査によれば、1人1日あたりの水使用量は100ℓ程度と推定される。プノンペン市における水道事業では、1992年代においては100ℓ、無償資金協力プンブレック浄水場拡張工事計画基本設計調査においては132ℓと設定している。さらに、ADB版「Second Water Utilities Data Book」(1997年10月)によれば、アジアの50都市での1995年次調査によれば、1人1日当たり給水原単位は50都市平均で157ℓ/日/人である。係るデータブックの中から、プノンペン市あるいはシェムリアップ市の状況に近いと思われるデータを引用し、以下に例示する。ハノイの45ℓを除けば、ほとんどの都市において100ℓを超えたレベルを維持していることが分かる。従って、本計画においては、F/S調査時設定の計画給水原単位1人1日120ℓを妥当なものと判断し採用する。観光用水原単位についても今次現地調査にて検証した結果、観光用水は単に飲用のみならず熱帯地域の特徴である回数の多い洗濯、浴用等の雑用水を含み、調査対象のホテルでの給水設備規模は、F/S調査時設定の500ℓ/日/人に近い値を示している。よって、本計画においては観光用水原単位として500ℓ/日/人を採用する。

都市名	給水原単位(ℓ/日/人)	都市名	給水原単位(ℓ/日/人)
バンコク	265	チェンマイ	135
カルカッタ	202	コロンボ	165
セブ	173	ハノイ	45
ダッカ	95	ホーチミン	136

負荷率については生活用水および寺社官公庁用水は同じ傾向を示すものとし、東南アジアにおける一般的都市における状況、わが国の給水人口規模別負荷率の傾向、ならびにプノンペン市での実績等からF/S調査時設定の1.2は妥当なものと判断できる。観光用水については月別観光客の流入データの変動により求めた1.57を採用する。生活用水および観光用水の現況給水原単位は本計画施設が完成する2006年以降徐々に改善し、計画目標年次である2008年に達成されるものとする。

現況の漏水率は今次現地調査結果によればおよそ50%である。本計画により、配水管網が整備され漏水率も下がるものと期待できるが、ここではプノンペン市水道公社の3回に及ぶ無償資金協力による実績を参照し、計画目標年次2008年までにNRW(Non Revenue Water)15%を達成するものとする。

なお、老朽管路については一部本計画にて更新するが、さらに本計画実施により期待される財務の改善に伴い順次更新するものとして、本施設が完成する2006年から徐々に漏水率が改善されるものとする。

		Estimated Total Population in the Service Areas																			
Communes	Villages	TTL Population		Population Coverage ¹	Population served/area			Growth rate (%)		1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	
		1998	2001		FS	BD	(/ha)	FS	BD ²												
1. Svay Dang Kum																					
	i Svay Dangkum	1,124	1,299	0.7	787	909	22	7.0	4.9	842	901	964	1,031	1,104	1,181	1,263	1,352	1,446	1,548	1,656	
												909	954	1,001	1,051	1,103	1,157	1,214	1,275	1,337	
	ii Vihear Chen	3,528	3,745	0.1	353	375	8	7.0	2.0	377	404	432	462	495	529	567	606	649	694	743	
												375	382	390	398	406	414	422	430	439	
	iii Mundol 1	1,723	2,144	1.0	1,723	2,144	19	7.0	7.6	1,844	1,973	2,111	2,259	2,417	2,586	2,767	2,960	3,168	3,389	3,627	
												2,144	2,306	2,480	2,668	2,870	3,086	3,320	3,571	3,800	
	iv Strung Thmey	2,459	2,469	0.8	1,967	1,975	27	7.0	3.2	2,105	2,252	2,410	2,579	2,759	2,952	3,159	3,380	3,617	3,870	4,141	
												1,975	2,039	2,105	2,173	2,243	2,315	2,390	2,467	2,547	
	v Mundol 2	480	539	1.0	480	539	35	7.0	3.9	514	550	588	629	673	720	771	825	882	944	1,010	
												539	560	582	605	629	654	680	706	734	
	vi Ta Phul	2,478	2,529	0.8	1,982	2,023	24	7.0	3.2	2,121	2,270	2,429	2,599	2,780	2,975	3,183	3,406	3,645	3,900	4,173	
												2,023	2,089	2,156	2,226	2,297	2,372	2,448	2,527	2,609	
	vii Sala Kanseng	3,448	4,259	0.1	345	426	4	7.0	7.3	369	395	422	452	484	517	554	592	634	678	726	
												426	457	490	526	564	606	650	697	748	
	Sub total FS	15,240			7,637					8,172	8,744	9,356	10,011	10,711	11,461	12,263	13,122	14,040	15,023	16,075	
	BD	16,984		0.5	8,391	139						8,391	8,787	9,205	9,646	10,112	10,604	11,124	11,674	12,256	
2. Sala Kamraeuk																					
	i Wat Bo	3,916	4,675	1.0	3,916	4,675	24	8.1	6.1	4,233	4,576	4,800	4,800	4,800	4,800	4,800	4,800	4,800	4,800	4,800	
												4,675	4,800	4,800	4,800	4,800	4,800	4,800	4,800	4,800	
	ii Vat Domnak	2,560	3,210	0.9	2,304	2,889	39	8.1	7.8	2,491	2,692	2,910	3,146	3,401	3,677	3,974	4,296	4,644	5,020	5,427	
												2,889	3,115	3,359	3,623	3,906	4,212	4,542	4,898	5,282	
	iii Sala Kamraeuk	957	1,298	0.1	96	130	3	8.1	10.7	103	112	121	131	141	153	165	178	193	209	225	
												130	144	159	176	195	216	239	264	293	
	Sub total FS	7,433	9,183	0.85	6,316	7,694	66			6,827	7,380	7,831	8,077	8,342	8,629	8,939	9,275	9,637	10,029	10,452	
	BD	8,899			9,756	140						7,694	8,059	8,318	8,599	8,901	9,228	9,581	9,962	10,374	
3. Sla Kram																					
	i Sla Kram	2,043	1,994	1.0	2,043	1,994	14	7.0	5.1	2,186	2,339	2,503	2,678	2,800	2,800	2,800	2,800	2,800	2,800	2,800	
												1,994	2,095	2,201	2,313	2,430	2,554	2,683	2,800	2,800	
	ii Banteay Chas	4,629	4,370	0.9	4,166	3,933	45	7.0	5.1	4,458	4,770	5,104	5,461	5,843	6,252	6,690	7,158	7,659	8,195	8,769	
												3,933	4,133	4,342	4,562	4,794	5,037	5,292	5,561	5,843	
	iii Boeng Donpa	2,059	2,529	0.5	1,030	1,265	40	7.0	7.1	1,102	1,179	1,261	1,349	1,444	1,545	1,653	1,769	1,893	2,025	2,167	
												1,265	1,354	1,450	1,553	1,663	1,781	1,908	2,043	2,188	
	iv Dok Po	2,361	2,234	0.8	1,889	1,787	30	10.0	5.1	2,078	2,285	2,514	2,765	3,042	3,346	3,681	4,049	4,454	4,899	5,389	
												1,787	1,878	1,973	2,073	2,178	2,289	2,405	2,527	2,655	
	v Chong Kaosu	6,236	7,772	0.1	624	777	11	7.0	7.6	667	714	764	817	875	936	1,001	1,071	1,146	1,227	1,313	
												777	836	900	969	1,042	1,122	1,207	1,299	1,398	
	Sub total FS	17,328	18,899	0.56	9,751	9,756	140			10,490	11,287	12,146	13,071	14,004	14,879	15,825	16,847	17,952	19,146	20,438	
	BD	18,899			9,756	140						9,756	10,296	10,867	11,470	12,108	12,783	13,496	14,230	14,884	
4. Kok chak⁵																					
	1 Trapeang Sess	3,269	4,575	0.4	1,308	1,830	30			n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	
												n/a	1,830	1,903	1,979	2,059	2,141	2,226	2,316	2,408	
	2 Taksen Tbong	1,526	1,895	0.5	763	948				n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	
												n/a	948	985	1,025	1,066	1,108	1,153	1,199	1,247	
	3 Veal	2,229	2,121	0.2	446	424				n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	
												n/a	424	441	459	477	496	516	537	558	
	Sub total FS	7,024		0.36	2,516																
	BD	8,591			3,202							3,202	3,330	3,463	3,601	3,746	3,895	4,051	4,213	4,382	
	Grand Total FS	47,025		0.59	26,220	345				25,489	27,411	29,333	31,159	33,057	34,969	37,028	39,244	41,630	44,198	46,965	
	BD	53,657			29,043	375				n/a	n/a	29,043	30,472	31,853	33,317	34,867	36,510	38,252	40,080	41,896	
		Coverage in 2001: 29,043/53,657 = 54%																			

Notes:
1 Population coverage is set at 2000FS based on priority analysis.
2 BD growth rate is of between the year 1998 to 2001 based on the 2001 Census conducted by the Department of Planning of Siem Reap Province.
3 Figures shown in top is FS data and bottom is BD adopted based on the updated population data provided.
4 Saturated population is assumed in the max. population density of 200/ha.
5 Kokchak commune is requested to added to the service area by SRW SS in BD study.

表 3-4
Basic Design Study on the Project for Improvement of
Water Supply System in Siem Reap Town
計画給水区域内人口

表 3-5 計画給水量

用途等	2003年	2004年	2005年	2006年	2007年	2008年
給水対象区域内人口(人)	31,853	33,317	34,864	36,510	38,252	40,000
給水人口(人)	3,185	3,332	6,973	18,255	24,864	26,000
普及率(%)						
生活用水(%)	10	10	20	50	65	65
観光用水(%)	10	10	20	20	25	40
寺社官公庁用水(%)	10	10	40	50	60	65
1人1日使用水量(ℓ)						
生活用水(ℓ)	100	100	105	110	115	120
観光用水(ℓ)	300	300	400	400	400	500
負荷率						
生活・公共用水	1.2					
観光用水	1.57					
漏水率(不明水:%)	50	50	50	40	30	15
1日平均給水量(m ³)	850	1,140	2,950	4,710	5,574	6,000
1日最大給水量(m ³)	1,083	1,526	4,022	6,082	7,160	8,000

以上の条件を適用し、2003年以降計画年次までの水需要予測を表 3-5 に示す。検討の結果、主要設計諸元について要請内容と計画内容について比較し表 3-6 に示す。

表 3-6 計画緒元に係る要請内容と計画内容の比較

内 容	要請内容	計画内容
計画年次	2006年	2008年
計画給水区域面積	345 ha	425 ha
給水対象区域内人口	39,244 人	40,000 人
給水対象観光人口	3,686 人	9,132 人
給水率(生活・公共用水)	65 %	65 %
給水率(観光用水)	95 %	40 %
給水人口(生活用水)	25,508 人	26,000 人
給水人口(観光用水)	3,500 人	3,652 人
1日平均使用水量(生活用水)	3,061 m ³	3,126 m ³
1日平均使用水量(公共用水)	156 m ³	169 m ³
1日平均使用水量(観光用水)	2,060 m ³	1,826 m ³
1日平均使用水量(合計)	5,277 m ³	5,121 m ³
漏水率	15 %	15 %
1日平均給水量	6,208 m ³	6,000 m ³
1日最大給水量	8,352 m ³	8,000 m ³

(4) 計画施設容量

本計画が具備すべき施設容量は、各用途別に計算された日最大水需要の総和である 8,000m³/日とする。本計画が実施されれば、図 3-2 に示すとおり日平均水需要ベースでは 2010 年を越えて水需要を満たし、日最大ベースでは計画年次である 2008 年までの水需要を満たすものとなる。なお、既存浄水場は本計画実施後においてはさらに老朽化が進むものと考えられるが、その活用についてはその時点で改めて検討の上「カ」国側が判断するものとする。但し、本計画においては 2006 年以降その施設能力 1,400m³/日は考慮しないものとする。

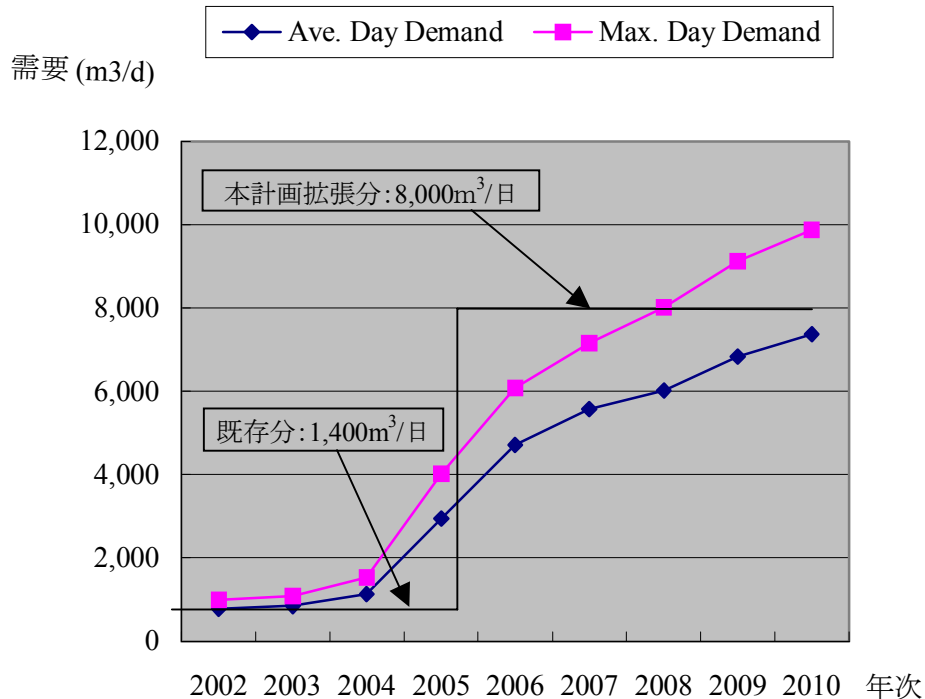


図 3-2 水需要と施設整備計画

3 2 2 2 水源施設計画

本計画は2000年次実施のF/Sに基づき、地下水を水源とする上水道システムを構築することとしている。係るF/Sにおいては、最適水源選定のため、i)建設費（維持管理費含む）が低いこと、ii)運転管理が容易であること、iii)アンコール遺跡群への影響を始めとする環境影響が少ないこと等について検討し、地下水を水源とすることが上水道システムとして最適であることを確認した。本現地調査ではこれらの検討結果をレビューし、2000年次設定の最適水源選定条件に何らかの相違が生じていないか否かについて検証した。

検証の結果、地下水以外の表流水を水源とする場合、西バライ貯水池あるいはトンレサップ湖に水源を求めることとなるが、いずれの場合も沈砂設備を伴う取水施設、通常の浄水プロセスを有する浄水場の建設が必要となり、建設費が高騰するのみならず、運転管理においてもシステムが複雑となり、現状のシェムリアップ水道局の運営能力を超えているものと危惧された。

従って、本計画においては計画通り地下水を水源とすることを前提に以下の現地調査を進めた。

(1) 水源調査結果

水源調査は、表 3-7 に示す第1次および第3次現地調査に分けて実施した。第1次現地調査では、既存試験井の揚水試験、水源井候補地周辺での電気探査と地下水水質分析を実施した。この調査に基づく第1次国内解析の結果、開発調査にて設定された適正揚水量よりも揚水量が少ないこと、水源井予定地の半分以上で帯水層としていた第四系が薄く分布していることが推定された。第3次現地調査では、適正揚水量が減少した原因を「2年余り未使用であったことによる試験井ろ過材の目詰まり」等

と推定し、既存試験井の改修と再度の揚水試験を実施した。また、第四系を代替する鮮新統からの開発可能性調査として、新規試験井の建設・揚水試験を実施した。加えて、第四系における開発可能性を検討するためより広範な周辺地域にて電気探査を実施した。これらの現地調査実施位置を図 3-3 に示し、以下に調査結果を取りまとめる。

表 3-7 第 1 次・第 3 次現地調査内容

第 1 次現地調査 (2003 年 3~4 月)		第 3 次現地調査 (2003 年 7~8 月)	
調査項目	調査内容	調査項目	調査内容
揚水試験	既存試験井 2 ヶ所	既存試験井改修	既存試験井 2 ヶ所の洗浄・浚渫
		新規試験井建設	鮮新統の地下水開発 1 ヶ所
		揚水試験	改修・建設後の試験井 3 ヶ所
電気探査	水源地周辺 15 ヶ所	電気探査	水源地周辺 11 ヶ所
水質分析	井戸 20 ヶ所×水質 17 項目	水質分析	なし

注記：鮮新統とは、第四系の下位に分布する第三系最上位の地層を指す名称。

(2) 揚水試験

揚水試験は、1 井当たりの適正取水量判定と群井を配置する井戸間隔の設定を目的とし、以下に示す井戸定数と水理学定数を算定するため揚水試験を実施した。

- 井戸定数：段階揚水試験（5 段階×1 時間 / 段階） - 揚砂状況の観察
- 水理学定数：連続揚水試験（24 時間） + 水位回復試験（4 時間）

表 3-8 に揚水試験の実施数量、表 3-9 に揚水試験を実施した井戸の取水対象層についてまとめ、以下に井戸定数と水理学定数の解析結果を記述する。

表 3-8 揚水試験井と試験数量

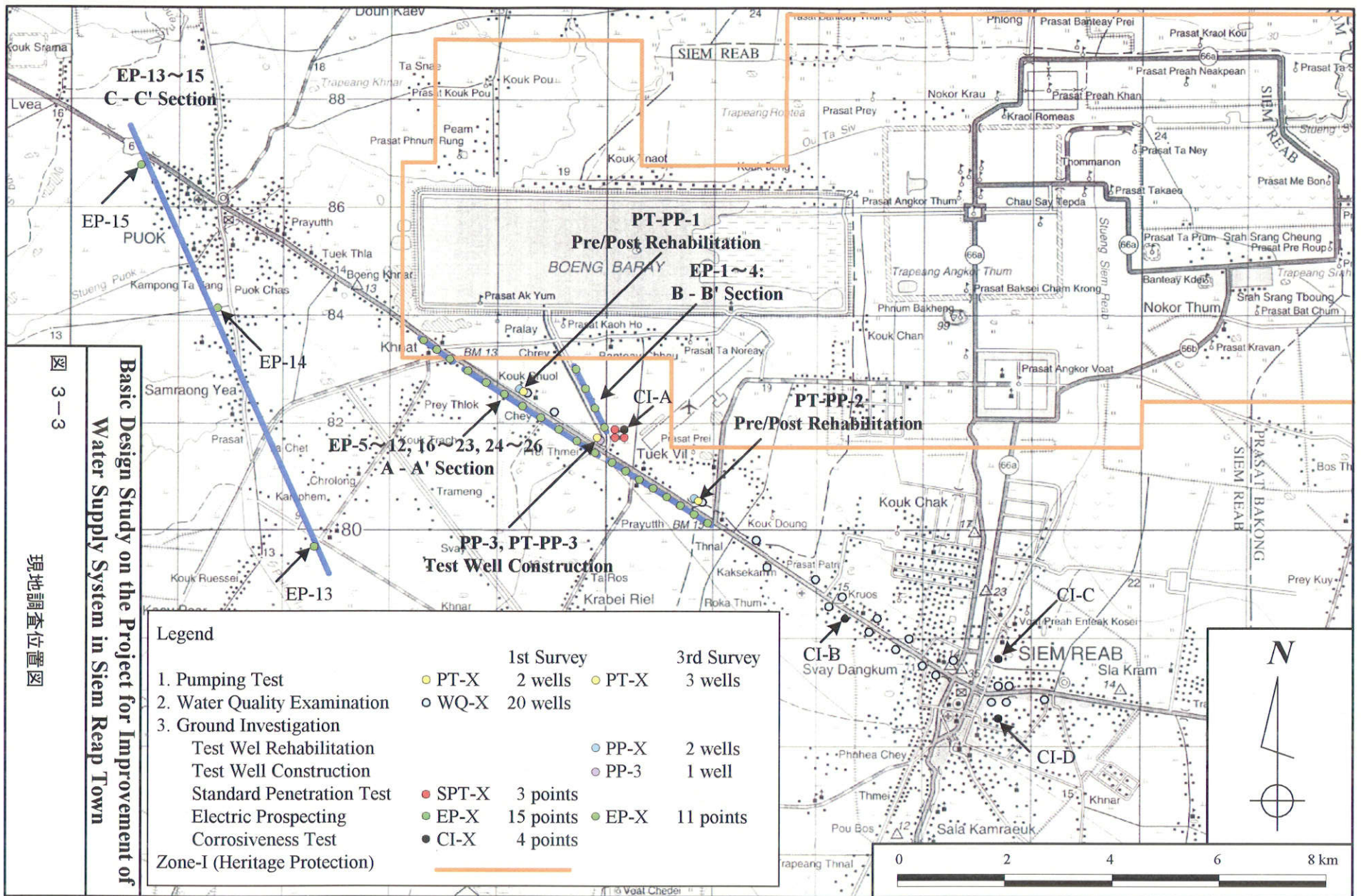
揚水試験を実施した試験井			揚水試験の実施回数		
建設時期	番号	位置 (国道 6 号線道路沿い公用地)	第 1 次	第 3 次	試験時期
開発調査	PP-1	PP-3 より西へ約 1.8km	1 回	1 回	井戸改修前後
	PP-2	空港アクセス道路と国道の T 字路辺り	1 回	1 回	
基本設計	PP-3	西バライ貯水池への道路と国道の T 字路	-	1 回	井戸建設後

注記：表中の“第 1 次”は「第 1 次現地調査」で 3 月（乾期後半）“第 3 次”は「第 3 次現地調査」で 7 月（雨期前半）

表 3-9 試験井構造と取水対象層

試験井番号	井戸構造				スクリーン挿入長		
	口径	深度	スクリーン仕様	開孔幅×率	沖積層	洪積層	鮮新統
PP-1	200A	51.5m	uPVC：スリット	1mm×1.8%	12m	8m	4m
PP-2		51.2m			16m	4m	4m
PP-3		55.4m	SUS：巻線型	1mm×27.8%	-	-	24m

注記：第四系は「沖積層 + 洪積層」、鮮新統は第三系最上位。



(3) 井戸定数（段階揚水試験）の解析

段階揚水試験では、揚水量と水位降下量の関係を把握する。井戸定数は、以下に示す水位降下式の定数 B と定数 C である。定数 B は地層の透水性と厚さによる帯水層損失定数、定数 C は地層から井内への流入抵抗の多寡を示す井戸損失定数である。

$$\text{水位降下式 } sw = BQ + CQ^n$$

- ここで
- sw : 井内の水位降下量（静水位と揚水水位の差:m）
 - Q : 揚水量 (m³/day)
 - B : 帯水層損失定数 (day/m²)
 - C : 井戸損失定数 (day²/m⁵)
 - n : 圧力損失関数から 2 乗を適用する

図 3-4 は井戸定数の解析グラフ、表 3-10 はその解析グラフから求めた井戸定数である。なお、試験井 PP-1、PP-2 では、開発調査時と基本設計調査時の試験結果を比較し図示した。

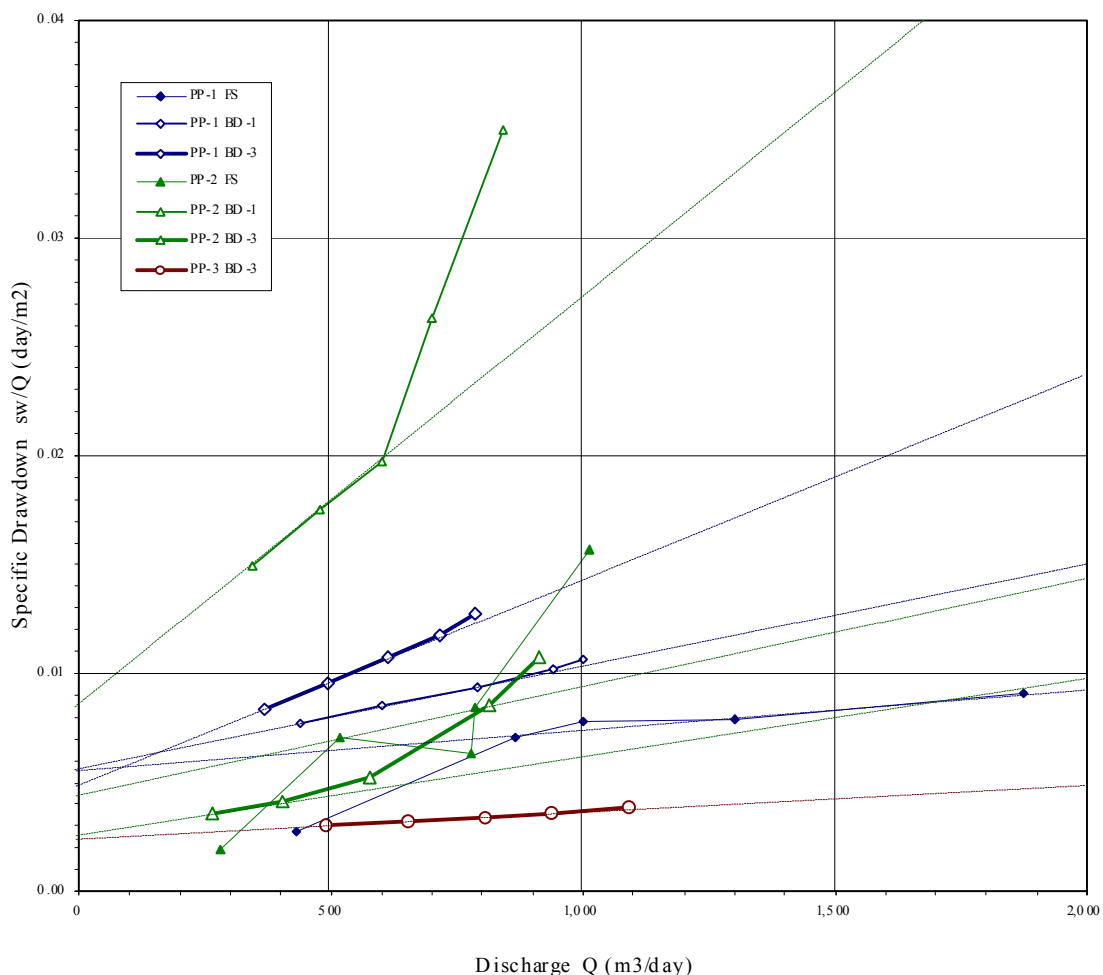


図 3-4 Q-sw/Qグラフ

図 3-4 に示した補助線（細線表示）が水位降下線で、揚水量の増加に伴いその破線から上位に外れると限界（過剰）揚水量域となる。試験井 PP-1、PP-2 では、揚水量 600～800 m³/日辺りで限界揚水量

域へ移行し始めているが、試験井 PP-3 では、限界揚水量域に達していない。

井戸定数の傾向から、帯水層損失定数(上図の細線切片)はどの試験井でもほぼ同値を示している。一方、井戸損失定数(上図の細線傾き)は揚水試験時期や試験井により大きく異なっている。この相違点は、試験井 PP-1、PP-2 での改修効果と、試験井 PP-3 でのスクリーン開口率による流入抵抗の低減効果として現れている。

試験井の地下水開発対象層は、試験井 PP-1 および試験井 PP-2 では第四系 + 鮮新統、試験井 PP-3 では鮮新統となっている。試験井 PP-1 では、改修により井戸周辺のろ過層が崩落した。また、試験井 PP-2 では、改修の効果が良く現れている。よって、取水可能量を算定する帯水層損失定数 B と井戸損失定数 C は、表 3-10 で網掛けした以下の代表値を採用する

- 第四系 + 鮮新統 : 帯水層損失定数 $B = 2.01 \times 10^{-3} \text{ day/m}^2$ 、井戸損失定数 $C = 1.40 \times 10^{-6} \text{ day}^2/\text{m}^5$
- 鮮新統 : 帯水層損失定数 $B = 3.01 \times 10^{-3} \text{ day/m}^2$ 、井戸損失定数 $C = 1.40 \times 10^{-6} \text{ day}^2/\text{m}^5$

表 3-10 井戸定数の解析結果

試験井 番号	帯水層損失定数 B (day/m ²)				井戸損失定数 C (day ² /m ⁵)			
	F/S	B/D 改修前	B/D 改修後	B/D 建設後	F/S	B/D 改修前	B/D 改修後	B/D 建設後
PP-1	5.58×10^{-3}	5.64×10^{-3}	4.92×10^{-3}	-	1.77×10^{-6}	4.70×10^{-6}	9.45×10^{-6}	-
PP-2	4.36×10^{-3}	8.53×10^{-3}	2.01×10^{-3}	-	5.22×10^{-6}	1.86×10^{-5}	3.86×10^{-6}	-
PP-3	-	-	-	3.01×10^{-3}	-	-	-	1.40×10^{-6}

注記：F/S = 開発調査時、B/D 改修前と B/D 改修後 = 試験井改修前後、B/D 建設後 = 試験井建設後の試験結果をそれぞれ示す。

(4) 水理学定数(連続揚水試験 + 水位回復試験)の解析

連続揚水(水位回復)試験では、連続した揚水(停止)に伴う経過時間と水位降下量(回復量)の関係を把握する。本基本設計で活用する水理学定数は、ヤコブ式の係数 T で、帯水層の透水性と厚さを考慮した透水量係数である。図 3-5、図 3-6、図 3-7 に各試験井の連続揚水試験グラフを示し、表 3-11 にそれらの解析結果をまとめる。なお、試験井 PP-1、PP-2 では、基本設計調査で実施した試験井改修前後の試験結果を比較し図示した。

$$\text{ヤコブ式 } T = (Q/4s) \times \ln(t/t')$$

- ここで
- T : 透水量係数 (m³/day/m)
 - Q : 揚水量 (m³/day)
 - s : 揚水開始(停止)からの経過時間当たり水位降下(m)
 - ln : 自然対数(-)
 - t(t') : 揚水開始(停止)からの経過時間 (day)

表 3-11 水理学定数の解析結果

試験井 番号	透水量係数 T (m ³ /day/m)				透水係数 k (cm/sec): スクリーン長 24m			
	F/S	B/D 改修前	B/D 改修後	B/D 建設後	F/S	B/D 改修前	B/D 改修後	B/D 建設後
PP-1	145	105	125	-	7.00×10^{-3}	5.06×10^{-3}	6.01×10^{-3}	-
PP-2	207	62	281	-	1.00×10^{-2}	2.98×10^{-3}	1.36×10^{-2}	-
PP-3	-	-	-	246	-	-	-	1.19×10^{-2}

注記：F/S = 開発調査時、B/D 改修前と B/D 改修後 = 試験井改修前後、B/D 建設後 = 試験井建設後の試験結果をそれぞれ示す。

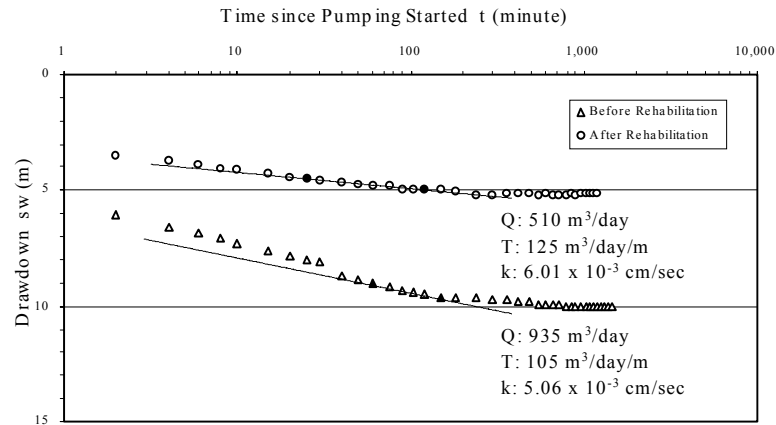


図 3-5 t-swグラフ (PP-1)

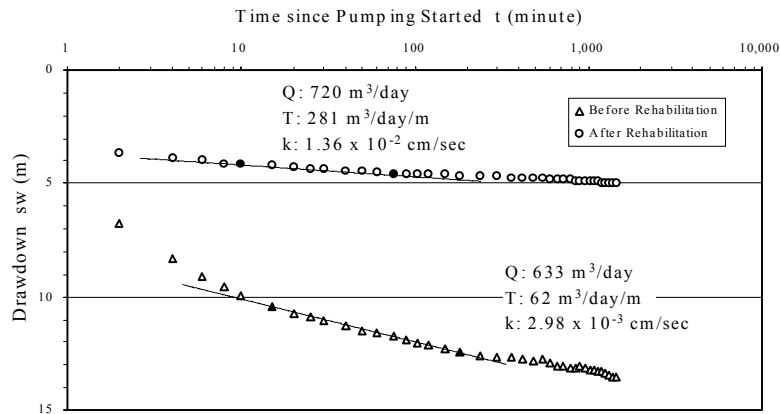


図 3-6 t-swグラフ (PP-2)

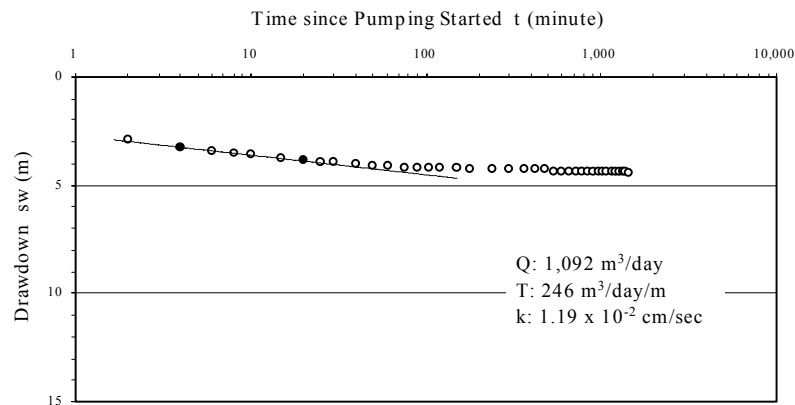


図 3-7 t-swグラフ (PP-3)

試験井 PP-1 の改修では、井戸周辺に充填したろ過材（砂利）から微粒子を排出する工程中、周辺地盤の陥没が起き、ろ過層への地層粒子混入による閉塞状況が考えられる。従って、解析結果の水理学定数は参考値とする。表 3-11 の網掛値で示したように、試験井 PP-2 では井戸改修効果が現れており、第四系 + 鮮新統の水理学定数として採用する。同じく試験井 PP-3 は、鮮新統の水理学定数として採用する。

- 試験井 PP-2：透水量係数 $T=281$ (m³/day/m)、透水係数 $k=1.36 \times 10^{-2}$ (cm/sec)
- 試験井 PP-3：透水量係数 $T=246$ (m³/day/m)、透水係数 $k=1.19 \times 10^{-2}$ (cm/sec)

ここで、試験井の取水層は、PP-2 においては第四系および鮮新統、PP-3 においては鮮新統のみであり、それぞれの水理学定数を水源地周辺での代表値とみなし、それらの差分として第四系単体の透水係数を導いた。この帯水層毎の水理学定数採用値を基に、異なる地質分布状況に応じた設計取水量の試算に用いる。鮮新統の透水係数は第 4 系の 85% であり本計画水源として十分に開発可能である。

- 第四系：透水係数 $k=1.39 \times 10^{-2}$ (cm/sec)
- 鮮新統：透水係数 $k=1.19 \times 10^{-2}$ (cm/sec)

(5) 揚砂観察（段階揚水試験時）

揚水量毎の排砂傾向を把握することは、水源井のろ過層構造（粒径・厚さ・流速）の設計資料として重要である。表 3-12 に揚水試験を実施した試験井のろ過構造、表 3-13 に観察結果（試験井 PP-1 と PP-2 では、B/D 試験井改修前後の試験結果を併記）を示す。新規試験井 PP-3 では、スクリーン開孔率を大幅に増加させた結果、揚水に伴う排砂・濁質の問題をほとんど解消した。よって、本計画においてはスクリーンの十分な開孔率を有する巻線タイプを採用する。

表 3-12 試験井のろ過構造

部位	建設寸法		PP-1	PP-2	PP-3
ろ過層	ろ過層厚さ	mm	108	108	115
	ろ過材粒径	mm	3~9	3~9	3~9
スクリーン	管外径	mm	216	216	216
	目開き	mm	1.0	1.0	1.0
	開孔率	%	1.8	1.8	27.8
	管長	m	24	24	24

注記：試験井 PP-1 と PP-2 の施工仕様は、開発調査の報告書を参考とした。

表 3-13 段階揚水試験における揚砂観察結果

段階	揚水量	水位降下	濁質	排砂	揚水量	水位降下	濁質	排砂	
	m ³ /day	m	目視			m ³ /day	m	目視	
PP-1 改修前 (静水位: 1.95m)					PP-1 改修後 (静水位: 1.43m)				
1	438	3.37	透明	<50	367	3.08	透明	<50	
2	600	5.11	弱白濁	<100	492	4.71	透明	<100	
3	790	7.38	弱白濁	<150	611	6.53	透明	<150	
4	942	9.58	白濁	<300	715	8.43	透明	<300	
5	1,001	10.62	白濁	<500	785	10.02	弱白濁	<500	
PP-2 改修前 (SWL: 2.54m)					PP-2 改修後 (静水位 SWL: 1.57m)				
1	344	5.14	透明	<100	265	0.95	透明	<100	
2	447	8.35	弱白濁	<150	403	1.66	透明	<150	
3	600	11.81	白濁	<200	578	3.03	透明	<200	
4	702	18.48	白濁	<500	816	6.94	透明	>1,000	
5	842	29.41	乳褐色	>1,000	912	9.81	弱白濁	>3,000	
					PP-3 建設後 (SWL: 1.37m)				
					1	492	1.48	透明	<5
					2	653	2.11	透明	<5
					3	805	2.76	透明	<5
					4	937	3.38	透明	<5
					5	1,092	4.17	透明	<5

注記:

- 1) 排砂量は、水中ポンプの構造から 50mg/L 以下 (メーカ設計基準) としているが、長期連続使用と帯水層保護を考慮し、可能な限り減じることが必要である。
- 2) 試験井のスクリーン設置最上位置は、PP-1: 深度 12m、PP-2: 深度 12m、PP-3: 深度 15m である。

(6) 電気探査

調査地周辺の地質層序は、表 3-14 で示すように下位から中生界、第三系、第四系へと続く。この層序から水理基盤は中生界であり、その上位の堆積層が地下水開発対象の帯水層である。上位に分布する第三系と第四系は、その堆積年代により地層の圧密が異なる。F/S で建設した観測井の揚水試験結果から、中新統以深からの取水可能量は極端に少なく (日量数 m³ 程度)、鮮新統までが都市給水の水源として経済的に開発可能な帯水層と考えられる。

表 3-14 調査地周辺の地質層序

地質年代		地層名		シムリアップ市周辺での層相	透水性判定
第四紀	完新世	第四系	沖積層	軟弱な砂質土および粘性土 (褐色)	
	更新世		洪積層	ラテライト質粘性土と砂質土 (灰褐色)	~
第三紀	鮮新世	第三系	鮮新統	半固結砂岩または頁岩 (赤 ~ 暗灰色)	~
	中新世		中新統	砂岩または頁岩 (赤 ~ 暗褐色): 部分欠落	~ x
中生代		中生界		凝灰岩 ~ 火山岩類	水理基盤

出典: 開発調査報告書 2000 年 6 月。

注記: 透水性判定は、各地層の揚水試験結果から推定し、 : 最良、 : 良、 : 部分的に良、x : 不良とした。

この水理地質性状から、開発対象の最深帯水層である鮮新統の基底面深度 (概略地表下 70m 程度)

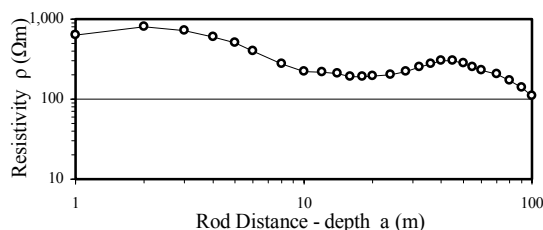
まで解析することを目的とし、開発調査での電気探査結果を参考に、測定深度 100m × 26 ヶ所にて大地比抵抗値を測定した。測定点の配列は以下の 3 ラインで、水源井候補地である A および B ラインの詳細配置を図 3-8 (C ラインを含む全体概略図は図 3-3 を参照) に示す。

- A ライン：国道 6 号線の道路沿い 19 ヶ所
- B ライン：国道 6 号線から西バライ貯水池への道路沿い 4 ヶ所
- C ライン：シムリアップ市西側のブオック町周辺 3 ヶ所

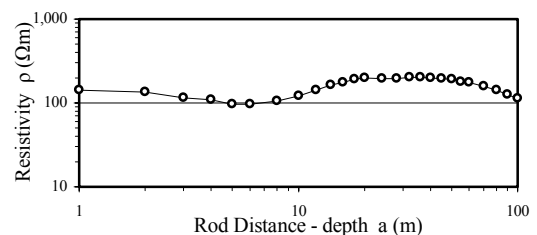
電気探査では、電流・電位の 4 電極を配置する地表面接地抵抗の影響（乾期・雨期の差や地下水水位等）により測定する大地比抵抗値に差が生じる。従って、図 3-9 および図 3-10 に示す見掛け比抵抗値（ウェンナー法 - a 曲線の解析結果）のみならず、それらの層序と探査地域にあるボーリング孔の比抵抗検層結果（観測井：WT-04、試験井：PP-1・PP-2・PP-3）とを照合し、電気探査測定位置での地層分布を推定することが必要である。

探査地域における - a 曲線は以下の傾向が判読でき、それぞれの標準的な - a 曲線を図示する。

- 大地比抵抗測定値は、総じて、地表より高 低 高 低の順で次の 2 タイプに分類できる
- 高比抵抗層（400 ~ 1,000 Ωm 程度）で始まり、低比抵抗層 中比抵抗層 低比抵抗層と続く
- 中比抵抗層（50 ~ 400 Ωm 程度）で始まり、やや低比抵抗層 中比抵抗層 低比抵抗層と続く



高比抵抗層 → 低比抵抗層 → 中比抵抗層 → 低比抵抗層

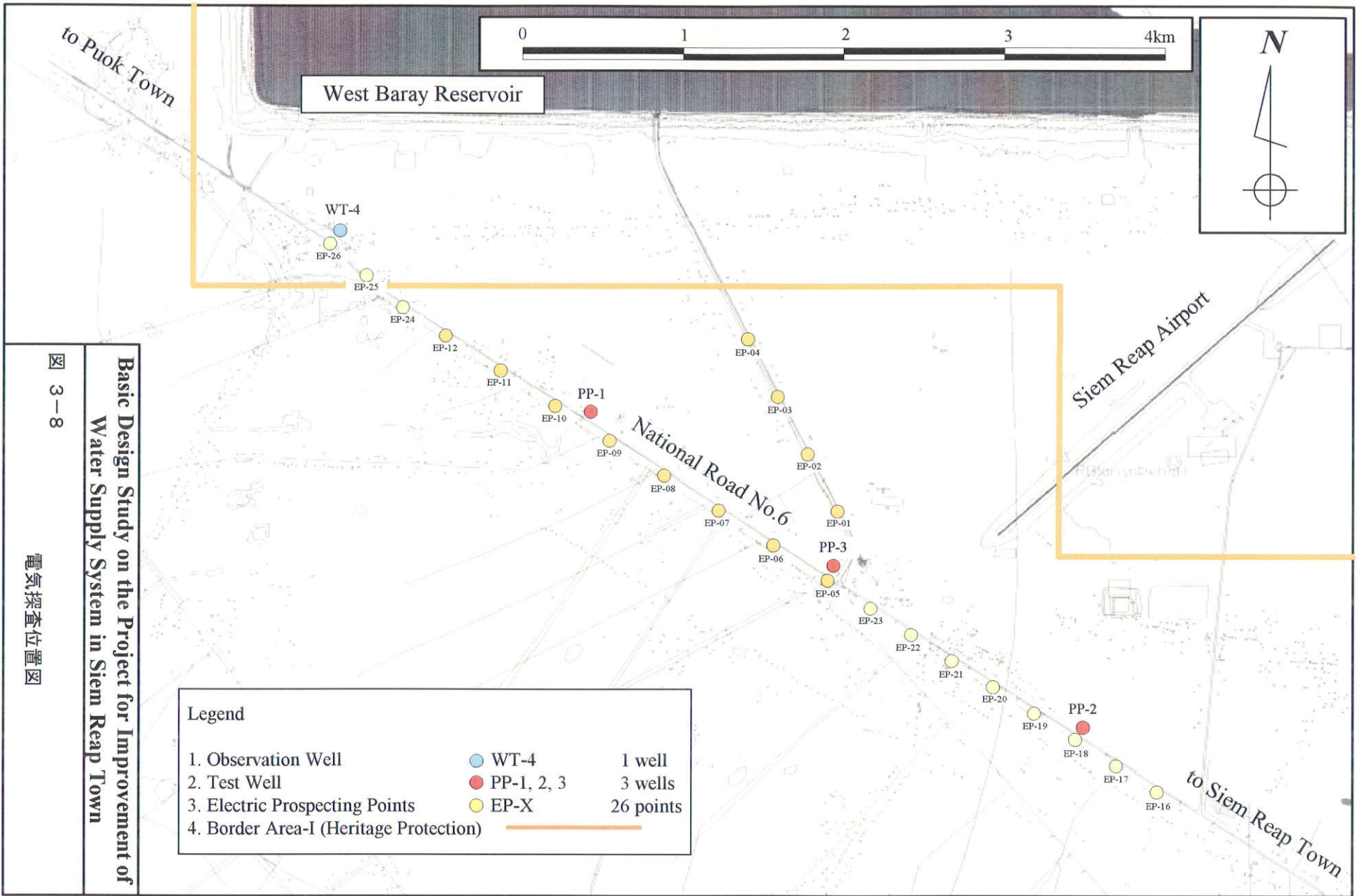


中比抵抗層 → やや低比抵抗層 → 中比抵抗層 → 低比抵抗層

探査地域ボーリング孔（A ライン 4 ヶ所）の比抵抗検層結果と、- a 曲線による層序傾向を比較すれば、以下の関連性が示される。

- 高比抵抗層 低比抵抗層の地点では、それぞれ第四系の沖積層と洪積層に相当する
- その下位では、中比抵抗層 低比抵抗層が鮮新統と中新統に相当する
- 中比抵抗層 やや低比抵抗層の地点では、その下位の中比抵抗層の出だしまで沖積層が続く
- 2 ヶ所目の中比抵抗層は山線側と谷線側に分割でき、それぞれ洪積層と鮮新統に相当する
- その下位では、低比抵抗層が中新統に相当する

上述する - a 曲線の解析とボーリング孔比抵抗検層との比較検討から、解析した見掛け比抵抗層の境界を基に各地層の基底面深度を推定し、見掛け比抵抗層断面図として図 3-9 および図 3-10 に示した。右図によれば、水源開発予定地では鮮新統が少なくとも地表下 50m まで分布しており、一部試験井 PP-1 および PP-2 を建設した地域においては地表下 65m まで分布していることが判明した。



Legend

1. Observation Well	WT-4	1 well
2. Test Well	PP-1, 2, 3	3 wells
3. Electric Prospecting Points	EP-X	26 points
4. Border Area-I (Heritage Protection)		

Basic Design Study on the Project for Improvement of Water Supply System in Siem Reap Town

図 3-8

電気探査位置図

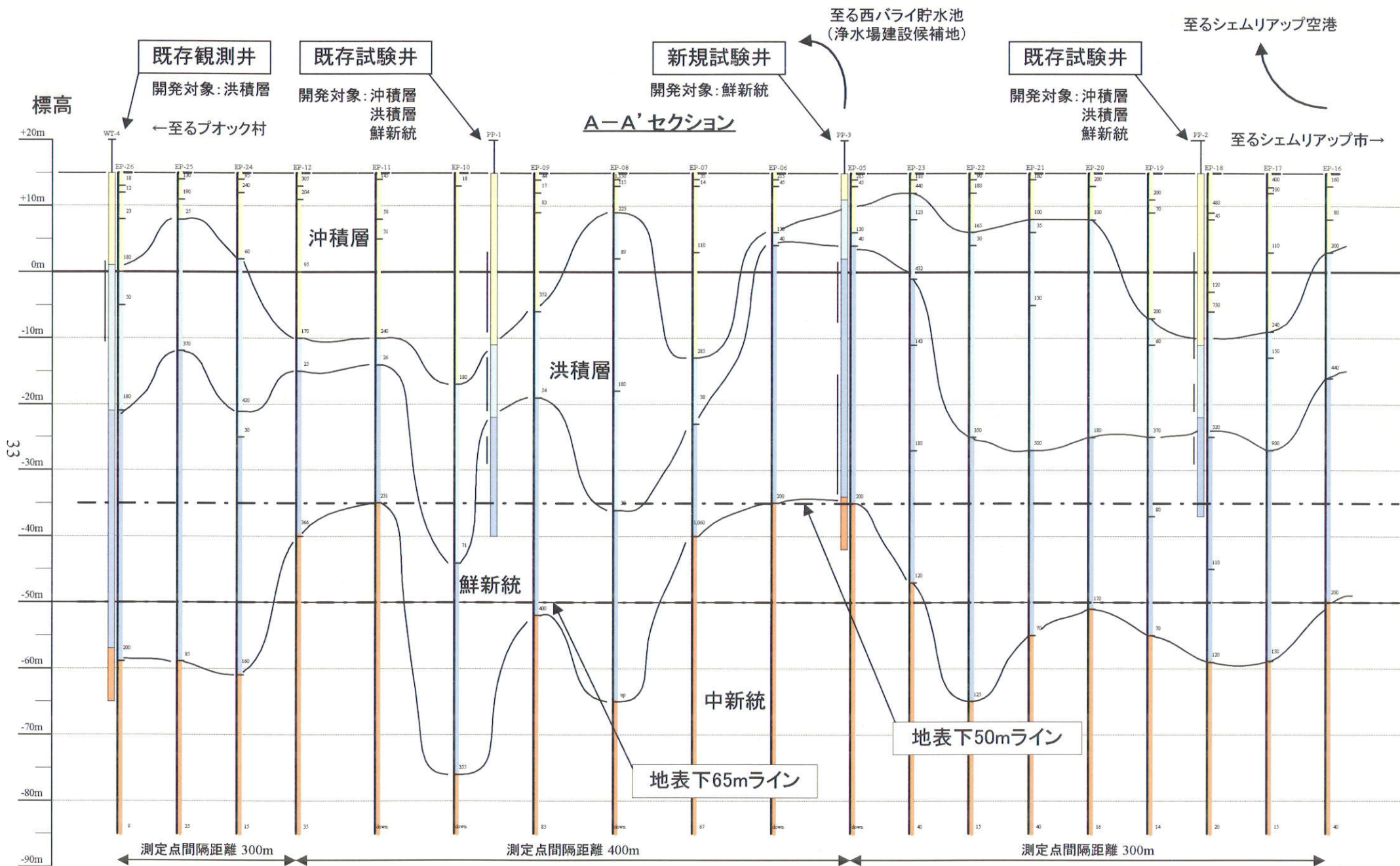


図 3-9 見掛け比抵抗層断面図 (A-A' セクション)

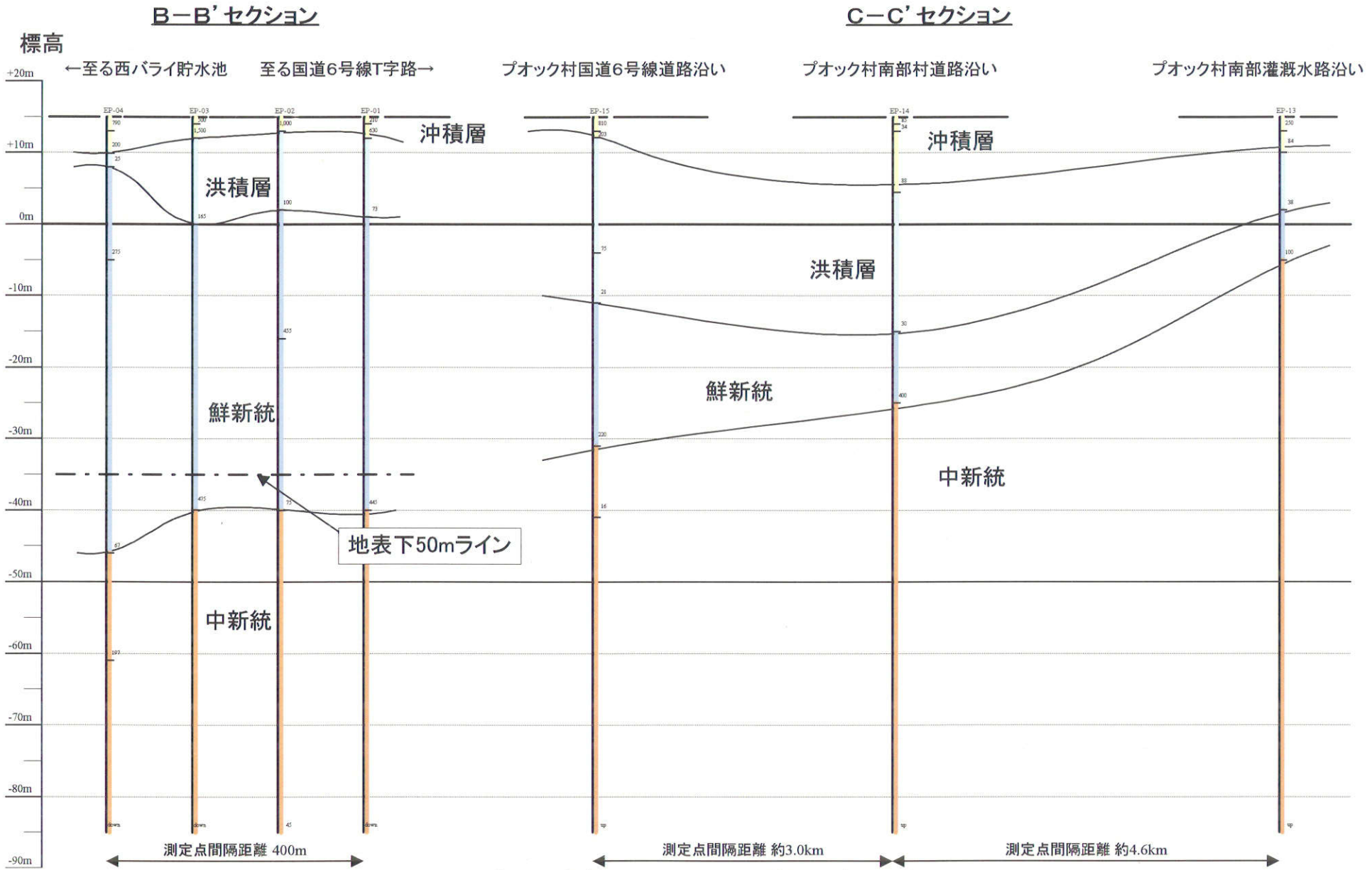


図 3-10 見掛け比抵抗層断面図 (B-B' およびC-C' セクション)

(7) 水質調査

第1次現地調査における水質分析項目は、以下に示す揚水観測の1項目、現場分析の4項目、および水質分析所での分析12項目を加えた合計17項目の水質分析を実施した。

- 揚水観測 (1項目): EC
- 現場分析 (4項目): Temperature, pH, Fe, Mn
- 水質分析所 (12項目): Total Hardness, Color, As, F, NO₂, NO₃, NH₄, Mg, Ca, Cl, SO₄, COD

採水井戸の選定は、井戸から安定揚水していることを条件に、国道6号線沿いのホテル所有井戸とした。水質試験の結果、広い範囲にわたり pH 値は低く 4.5~6.1、鉄は WHO ガイドライン値 0.3mg/l を超え、最大 0.69mg/l を検出した。その他の水質分析結果については、WHO ガイドラインに適合している。水質調査詳細は添付資料 8-2: 水質調査を参照する。

表 3-15 水質試験の分析結果概要 (2003年3月乾期後半)

採水井戸位置		現場分析		採水井戸位置		現場分析	
場所	場所: 国道沿い東 西	pH	鉄 (mg/l)	場所	場所: 国道沿い東 西	pH	鉄 (mg/l)
WQ-01	Phnom Bok Hotel	5.0	0.25	WQ-11	Hotel City Royal	4.5	0.43
WQ-02	Rama Hotel	5.4	0.31	WQ-12	Banteaysrey Hotel	4.7	0.69
WQ-03	Freedom Hotel	4.5	0.57	WQ-13	APSARA Angkor Hotel	4.8	0.35
WQ-04	Siem Reap Town Hotel	6.1	0.35	WQ-14	Hotel City Angkor	4.7	0.59
WQ-05	Borei Angkor	4.6	0.45	WQ-15	Princess Angkor Hotel	4.9	0.42
WQ-06	Grand Hotel	4.8	0.69	WQ-16	Nokon Phom Hotel	4.5	0.65
WQ-07	Angkor Pich Hotel	4.8	0.42	WQ-17	Angkor Reach Hotel	4.5	0.53
WQ-08	Golden Angkor Hotel	4.5	0.42	WQ-18	Test Well No. PP-99-02	4.8	0.63
WQ-09	Angkor Hotel	4.8	0.43	WQ-19	House Construction Site	5.1	0.47
WQ-10	Prum Bayon Hotel	4.7	0.57	WQ-20	Test Well No. PP-99-01	5.0	0.54

注記: 太字の分析結果は、WHO ガイドラインに適合しない。網掛け部分の井戸は、水源候補地内。

本計画での水源候補地は、採水井戸番号 WQ-18~WQ-20 地点周辺にあり、pH 値は 4.8~5.1、鉄は 0.47~0.63mg/l である。また、F/S 時実施した本計画での水源候補地に最も近い観測井 WT-4 における水質試験データ (添付資料 8-2: 水質調査) は、pH 値が 5~8、鉄が 0~1mg/l となっており、今回の調査結果と同様の傾向を示している。

3 2 2 3 水源施設に係る検討

(1) 水源井配置計画の基本方針

水源井配置計画の基本方針を以下に示す。

- 取水量の安定確保 : 取水量の多寡・帯水層分布状況と他井からの干渉量軽減
- アンコール遺跡への環境影響 : 遺跡群に対する地下水水位の干渉量軽減
- 経済的な水源井配置 : 水源井 + 取水設備 + 原水導水管の建設費比較
- 維持管理し易い取水施設 : 取水量管理と取水ポンプ設備の保守点検修理面の容易性
- 遺跡群の保護地域 : 埋没遺跡群の保護、許認可取得の難易度
- 建設用地と搬入道路の確保 : 土地取得と施工の難易性

(2) 地下水開発の対象層

開発調査では、飲料水用の原水として有望な地下水を開発するため、シェムリアップ市周辺 20km 四方の帯水層分布を概査し、地下水開発の主要帯水層を第四系（沖積層 + 洪積層）とした。次に示した第四系基底面起伏（開発調査報告書を参考）から、国道 6 号線と西バライ貯水池からの州道が交差する一帯を水源井候補地として提案した。

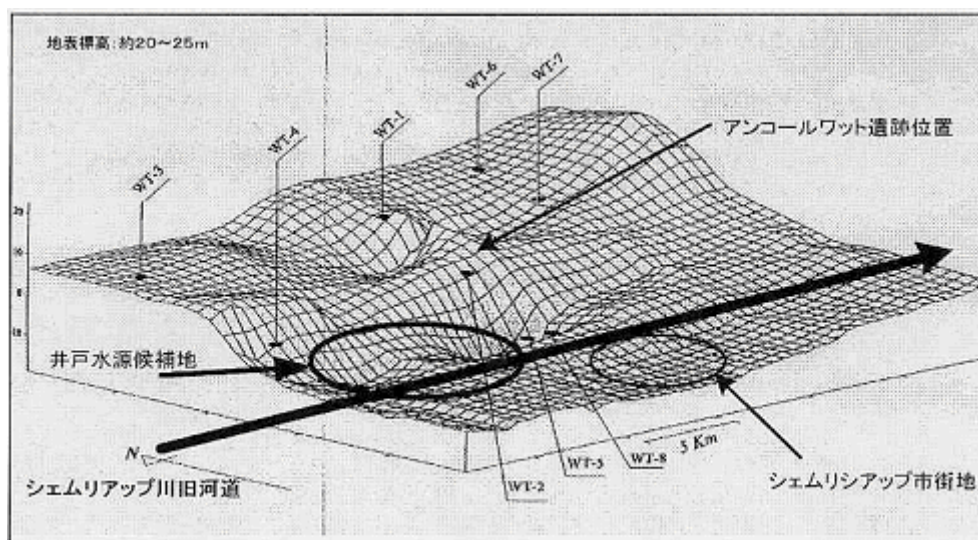


図 3-11 開発調査結果による第四系基底面の鳥瞰図

第 1 次現地調査では、水源井候補地の更に南西側の帯水層分布を確認するため、西バライ貯水池の西 5km にあるプオック村とその南部の計 3 地点で電気探査を実施した。解析結果から、水源井候補地の帯水層分布と同等か若干薄くなる傾向が判明し、開発調査で提案した水源井候補地を確認した。

一方、水源地周辺での電気探査結果から、浄水場周辺では第四系が薄く堆積している地域が多く、その下位に分布する鮮新統からの地下水開発可能性を調査するため、第 3 次現地調査において試験井建設と揚水試験を実施した。この結果、第三紀鮮新統の透水性は第四系の約 85%であり、第四系とほぼ同量の地下水開発が可能であることが判明した。

以上の調査結果から、調査地における地下水開発の対象層を第四系（沖積層 + 洪積層）および鮮新統とする。

（３）遺跡保護に関連した取水条件

F/S では、水源井内の水位降下量を想定（水位降下量：2.3m, 5.5m, 8.5m）し、長期取水が遺跡周辺の地下水水位へ干渉する量（干渉量：15～20cm, 20～30cm, 30～40cm）をシミュレーションした。一方、地下水水位の季節変動量 2.3m に伴う地盤変位量 1.3mm の実測値（地盤観測所 LTb：アンコール遺跡西側）から、水位変動量の増加が 0.3m（2.3m → 2.6m）であれば、地盤変位量の増加が最大でも 0.3mm（1.3mm → 1.6mm）程度であると推定し、この地盤変位量は遺跡群への影響量として許容範囲以内であると判定した。この結果、井戸水源に係る取水条件の設計基準として「井内の水位降下量 5m」を提案した。

基本設計調査においても、アンコール遺跡周辺における地下水水位干渉を最小限に抑える基本方針は同じであり、F/S にて提案した取水条件は経済的にも妥当と判断した。よって、「井内の水位降下量 5m」の取水条件（0.5m分は群井干渉量）を採用する。

（４）水源井配置

全体取水量は、浄水場における維持管理用水を考慮し計画 1 日最大給水量 8,000m³/日に 10%を加えた 8,800m³/日とする。なお、想定した維持管理用水量は資料 8 - 3：水源開発調査に示す。

電気探査結果から、水源候補地内のどの地点においても地表下 50m までの地下水開発が可能である。揚水試験結果から、全層を鮮新統と仮定すれば以下のとおり取水可能量は 1 井当り 1,100m³/日となる。従って、水源井配置案は、浄水場建設予定地から 8 本の配列となる。

水位降下式 $sw = BQ + CQ^2$

- Q_p （取水可能量） = $\{(sw/C) + (B/2C)^2\}^{1/2} - B/2C$
- 鮮新統 : 定数 $B=3.01 \times 10^{-3}$ 、定数 $C=1.40 \times 10^{-6}$ 、取水可能量 = 1,100m³/日

なお、F/S の水源井配置案は、10 本 × 800m³/日が提案されている。これに維持管理用水 10%を加え 880m³/日は、取水可能量の 1 井当り 1,100m³/日以内であり揚水量として適切な範囲である。F/S 提案は、地表下 50m までに賦存する地下水を広範囲にわたり浅く開発する計画である。

一方、電気探査結果から、場所により地表下 65m までの地下水開発が可能である。この場合、1 井あたりの取水可能量は 1,470m³/日である。

- 第四系 + 鮮新統 : 定数 $B=1.34 \times 10^{-3}$ 、定数 $C=1.40 \times 10^{-6}$ 、取水可能量 = 1,470m³/日

原水導水管の建設コストを考慮すれば、水源井は浄水場建設予定地に近いことが望ましく、適正な井戸間隔を検討すると、浄水場建設予定地付近は地表下 50m まで鮮新統が分布しており、1 井当り取水可能量は 1,100m³/日で、4 井（4 × 1,100 = 4,400 m³/日）の配置とする。残る 4,400m³/日を地表下 65m までの地下水開発によるものとすれば、鮮新統が最も厚く分布している測点 EP-09 周辺に求められ、あと 3 井（3 × 1,470 = 4,410m³/日 > 4,400m³/日）の水源井が必要となる。

以上の検討結果、および F/S により提案された 10 井案を加え以下の 3 案を比較検討する。

10 井案	880 m ³ /日 x 10 井
8 井案	1,100 m ³ /日 x 8 井
7 井案	1,100 m ³ /日 x 4 井 + 1,470 m ³ /日 x 3 井

(5) 水源井間隔と深度

水源井候補地において、上述した水源井からの取水量を確保するため、必要な透水量係数 T 値を表 3-16 に示す。

表 3-16 水源井配置の条件

水源井数	1 井当りの取水量	透水量係数 T (m ³ /d/m)
水源井 10 本	880 m ³ /日	190 以上
水源井 8 本	1,100 m ³ /日	230 以上
水源井 7 本	鮮新統：4 x 1,100 m ³ /日	230 以上
	第四系 + 鮮新統：3 x 1,470 m ³ /日	310 以上

注記：井戸定数と水理学定数および帯水層分布状況から取水量と必要な透水量係数を試算した。

水源候補地における帯水層の層間には、地下水水頭を被圧する顕著な不透水層は見当たらず、水位干渉量の算定には、不圧帯水層で源水涵養がない場合を想定して非平衡揚水式を適用する。また、雨期には降雨による地表面からの涵養を十分に受けるため、揚水時間は乾季約 6 ヶ月とする。

以上により、サイズ法(不圧帯水層の非平衡揚水式)を適用し、取水量 Q₀ と透水量係数 T₀ へ表 3-16 と透水量係数の代表値(現地調査結果の総括を参照)を代入して水源井からの距離 r(m) と水位干渉量 s(m) の関係をグラフ化すると図 3-12 を得る。

$$\text{サイズ法} \quad s = \frac{Q_0}{4\pi T_0} \ln \left\{ \frac{2.25}{r^2} \frac{T_0}{\epsilon} t \right\}$$

ここで

s: 揚水に伴う水位干渉量(0.25 m)

Q₀: 取水量(代入値 m³/day)

T₀: 透水量係数(代入値 m³/day/m)

ln: 自然対数

r: 揚水井からの距離(求める距離(m))

ε: 比産出(有効孔隙)率(25%(Eckis 細砂空隙率))

t: 揚水開始後の経過時間(183 day(6 ヶ月))

図 3-12 から、水源井間隔は以下の距離以上が必要となる。

- 水源井 10 ヶ所：410 m
- 水源井 8 ヶ所：450 m
- 水源井 7 ヶ所：第四系 + 鮮新統 = 550 m、鮮新統 = 470 m

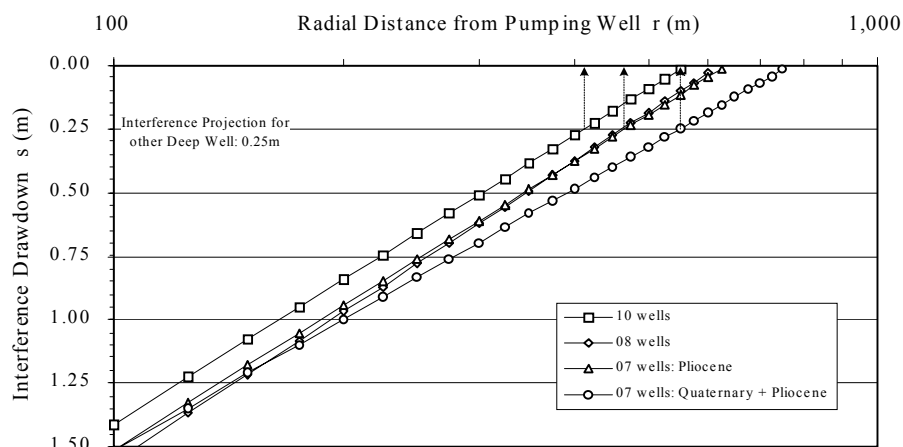


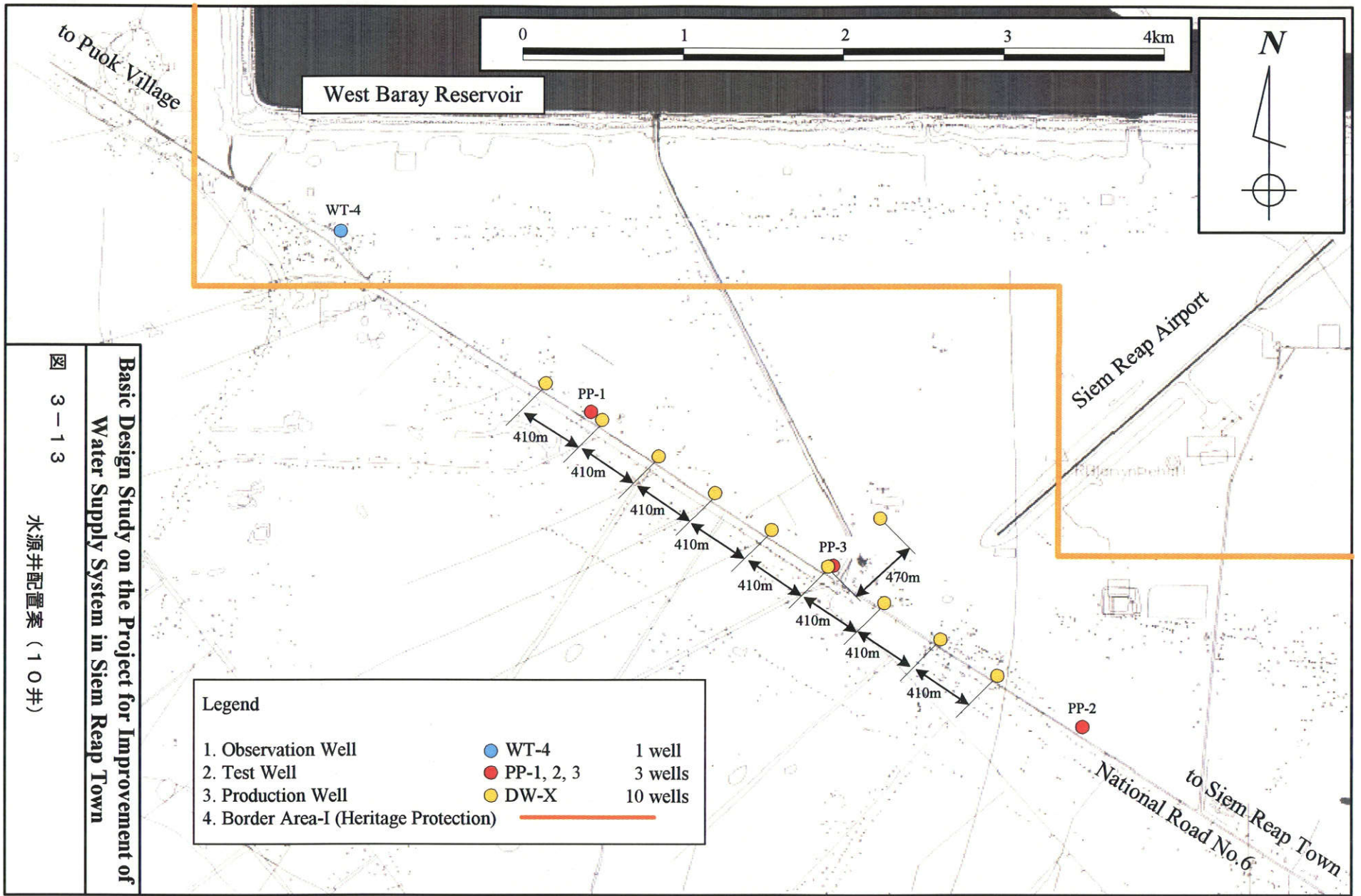
図 3-12 水源井からの距離と干渉量グラフ

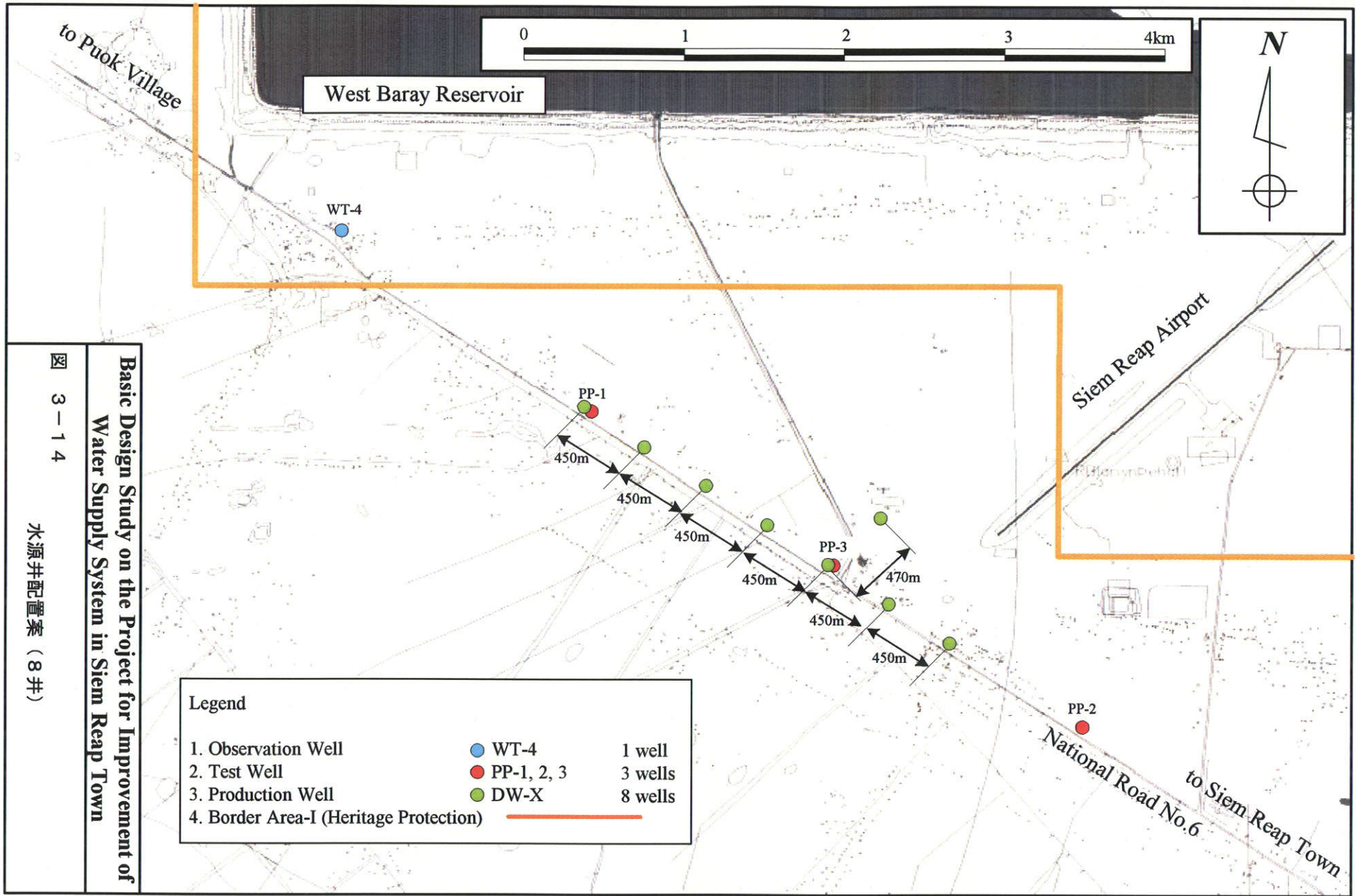
以上の水源井間隔と帯水層分布から、図 3-13 (10 井)、図 3-14 (8 井) および図 3-15 (7 井) に各水源井の平面配置案を示し、水源井位置での必要な透水量係数値を確保する水源井深度を表 3-17 にまとめる。

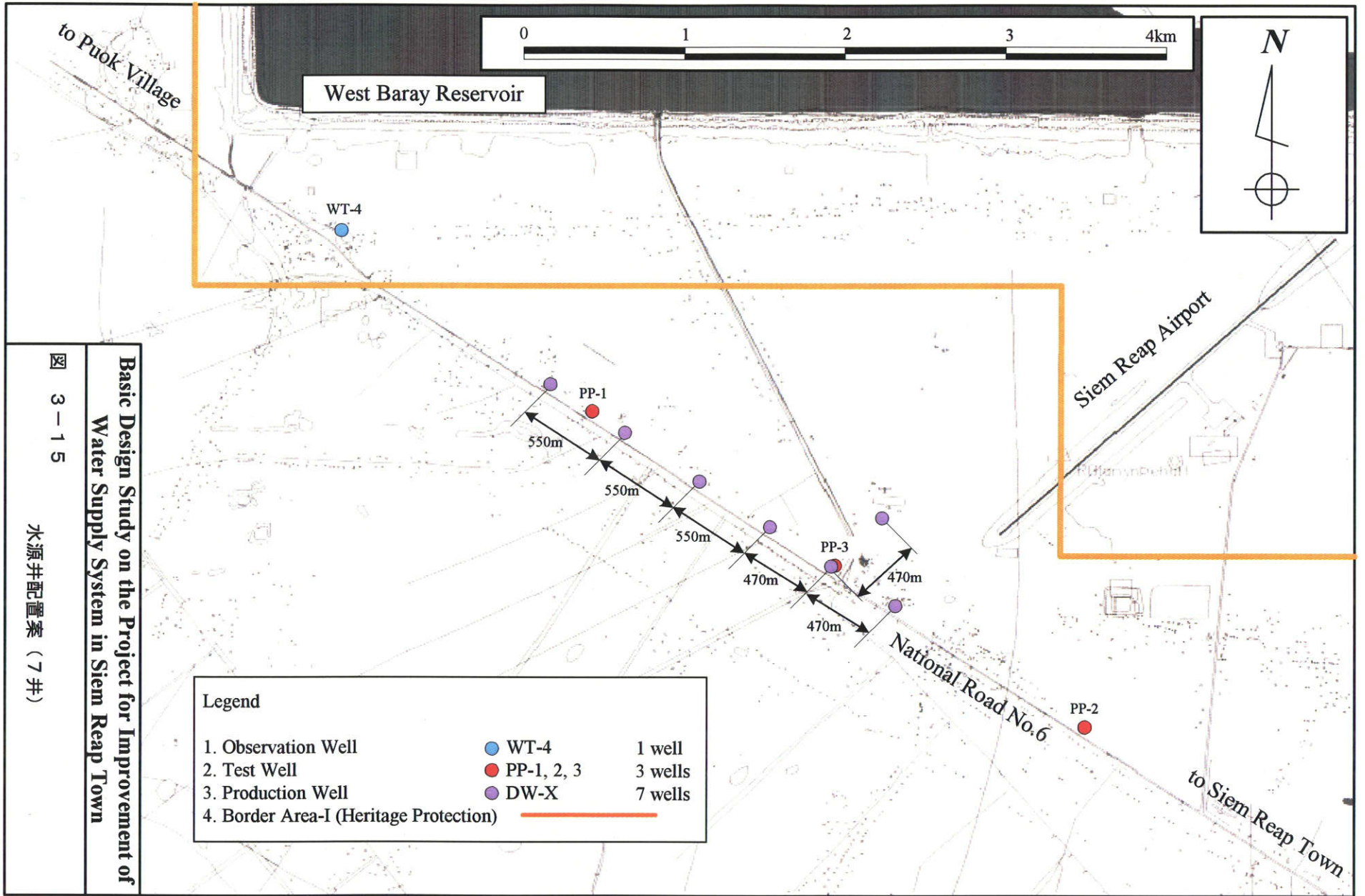
表 3-17 水源井配置案の設計諸元

配置案		水理学定数と水源井群干渉		水源井深度
水源井数	1 井当りの取水量 Q (m ³ /日)	透水量係数 T (m ³ /d/m)	水源井間隔 r (m)	
水源井 10 本	880	190 ~ 235	410 m	50 m ~ 56 m
水源井 8 本	1,100	235 ~ 250	450 m	54 m ~ 59 m
水源井 7 本	鮮新統 : 4 x 1,100	235 ~ 250	470 m	54 m ~ 59 m
	第四系 + 鮮新統 : 3 x 1,470	320 ~ 335	550 m	76 m ~ 79 m

注記：スクリーン設置は、開発対象層の 70%を見込む。水源井深度は、帯水層分布から各透水係数を用いて設計した。







Legend		
1. Observation Well	● WT-4	1 well
2. Test Well	● PP-1, 2, 3	3 wells
3. Production Well	● DW-X	7 wells
4. Border Area-I (Heritage Protection)	—	

Basic Design Study on the Project for Improvement of
Water Supply System in Siem Reap Town

図 3-15 水源井配置案 (7井)

(6) 水源井施設の建設費比較

以上の検討ならびに以下の条件に基づき各案の建設費を比較する。詳細は資料 8-3：水源開発調査を参照する。この結果、井戸深度が増加しても井戸数を減じる方が水源井建設費用は経済的となることが分かる。

表 3-18 水源井配置案の建設費比較

代替案	仕様	建設費比率
水源井 10 本	10 × 880 m ³ /日	123.3 %
水源井 8 本	8 × 1,100 m ³ /日	103.8 %
水源井 7 本	4 × 1,100 m ³ /日 + 3 × 1,470 m ³ /日	100.0 %

注記：建設費は水源井建設費、取水ポンプ関連、原水導水管布設を含む。

(7) 最適水源井配置の検討

建設費合計は、井戸本数に比例して高額となる。しかしながら、8井案と7井案の取水施設建設費の差は僅少（約4%）である。本計画は、安全な飲料水を安定的に給水しなければならない公共水道システムにおける地下水源開発であることから、上記建設費の比較に加えて、施設運転および維持管理に伴う技術面を評価する。

本計画施設は、施設が完成する2006年次当初は約4,000m³/日の処理から始まり、順次量水器を取り付け、配水管網を増強しながら計画年次である2008年において8,000m³/日の全施設運転となる。よって、全施設運転となるまで数ヶ所の水源井を順次選定して運転することとなる。また、全施設運転後は、定期的に井戸および取水機械・電気設備を維持管理しなければならない。

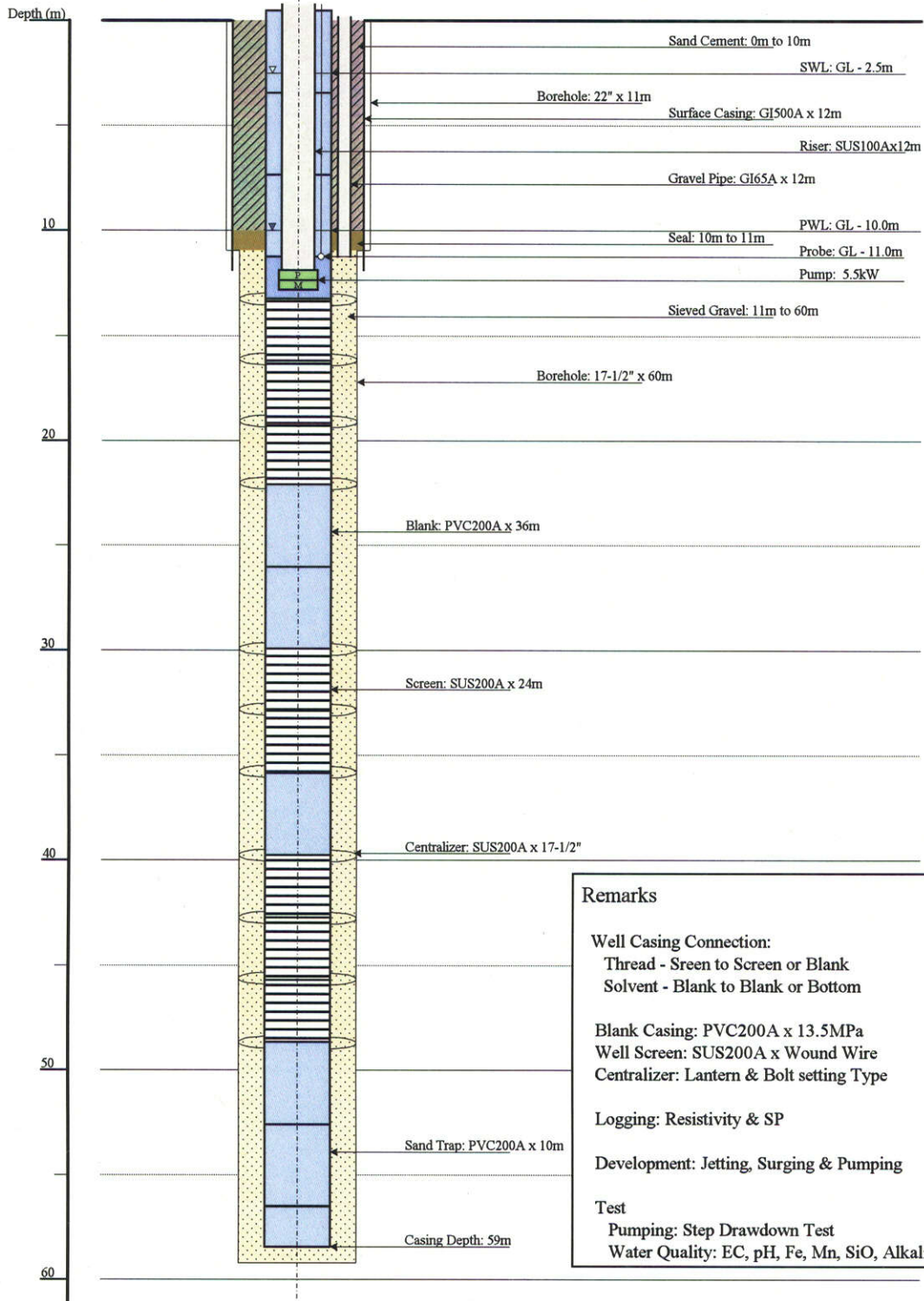
全施設運転となり、定期的維持管理を行う場合は、ある一台を休止しその他の設備を稼働しシステムを保持することとなる。このとき、ポンプの仕様が異なる場合、その種類に伴ったいくつかのケースが出現し、最も大きな容量を負担しているポンプを休止する場合、システムとして最も不安定な状況となる。従って、各取水設備は同一仕様とし、互いに互換性を保持することが望ましい。時として、あるポンプが故障した場合、他のポンプにて代用することがあるが、この場合もポンプの仕様が同一であればいかなる設備間においても融通が利き、互換性が保たれる。また、全設備が同一仕様であれば予備品の管理も容易である。予備品を活用する場合も、その消費した予備品を補充する場合も、同一の仕様で調達すれば良く、思わぬミスを未然に防ぐことができる。逆に、設備の仕様が複数に及ぶ場合は、それぞれの予備品を具備し、適切に選別して使いこなさなければならず、所定の知識が必要となる。

シムリアップ水道局の要員はソフト・コンポーネントにより能力増強に努めるものの、計画施設においてはフェールセーフを確保するためにも、可能な限り単純な設備にて構成し、いずれの設備も同一仕様として互換性を具備することが望ましい。

以上により、本計画の水源井配置案は、1,100m³/日井×8井（但し、1井は試験井PP-3を活用する）を採用することとし、建設する井戸数は7井とする。水源井戸構造を図3-16に示す。

水源井構造

井戸管仕様 掘さく孔仕様 充填材仕様 取水設備仕様



Basic Design Study on the Project for Improvement of Water Supply System in Siem Reap Town

図 3-16

計画水源井の構造図

3 2 2 4 浄水施設計画

浄水場の位置は、土地収用が可能であることはもちろんのこと、水源井から送水される原水を効率良く収集できること、浄水プロセスに必要な水処理薬品、燃料等の搬入にも便利であること、供給電源が容易に手にはいること、周囲環境に配慮して出来る限り人家の少ない場所であることを選定条件とした。その結果、浄水場の位置は、西バライ湖へ通ずる道路付近とし、我が国の援助で建設された大正小学校の近くを建設予定地とする。シェムリアップ市中心部の既存浄水施設は老朽化が進んでいるため、本計画においては施設の建設が完了し、供用開始する 2006 年初頭においてはその施設能力は考慮しないものとする。

「カ」国は、現在独自の飲料水水質基準（案）を策定している。係る（案）は、これまで「カ」国が一般的に採用してきた WHO ガイドラインを基にしていること、また、正式な基準の制定前であることから本計画においては、これまでどおり WHO ガイドラインを飲料水水質基準として適用する。

計画施設全体フローを図 3-17 に示し、施設の基本設計図面は「3 - 2 - 3 基本設計図」を参照する。

(1) 浄水プロセス

水源開発にて述べたように、本計画原水（地下水）は pH 値 = 4.5 と酸性で、鉄分は季節的に 1.0mg/L 程度まで上昇し、WHO ガイドライン値 0.3mg/l を逸脱しており除鉄処理が必要である。

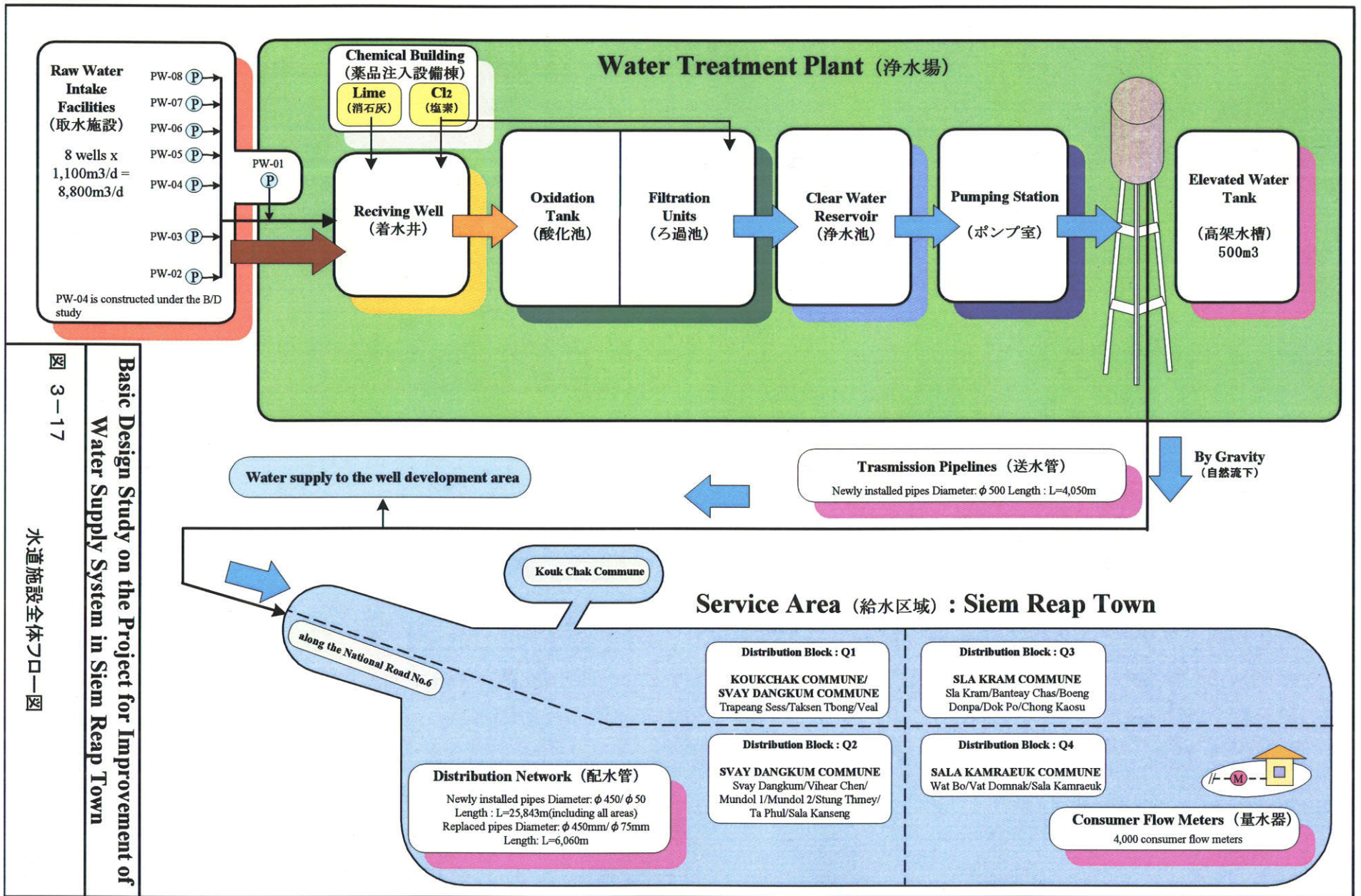
小規模浄水施設における鉄分除去においては単純な空気酸化も考えられるが、本計画は公共水道システムであり、かつ本水源はケイ酸を含み鉄分の酸化を阻害する恐れがあることから、鉄の酸化を確実なものとするため塩素を用いる。原水の低い pH を調整するためアルカリ剤として消石灰を用いる。なお、これらの薬品は既存浄水場においても利用されており、取扱いには習熟しており問題ない。

各施設の内容を 2000 年次 F/S に基づき要請された内容と、本計画内容を比較し以下に示す。

(2) 着水井

着水井には、pH 調整用の消石灰溶液と、主に鉄を酸化するため塩素を注入する。このため、着水井の構造は急速混和池の機能も有するものとする。急速混和方式は、機械攪拌設備を使用せず、容易な維持管理を実現するため、原水導水後せきを配置し水流自身の水理的エネルギーによる混和方式とする。

要請内容	変更内容
構造は RC 製とし、5 分の滞留時間にて、42m ³ とする。	同左。
（変更理由） 着水井は、原水の圧力変動を抑え、取水水量を計量し、後続の薬品注入処理に供するものであり、本原則は変わらず要請内容のとおりとし、変更しない。	



Basic Design Study on the Project for Improvement of Water Supply System in Siem Reap Town
 水道施設全体フロー図
 3-17

(3) 酸化池およびろ過池

酸化池において原水に含まれる溶解性鉄分は十分に酸化され不溶性の水酸化第二鉄となりろ過池へと導かれ除去される。酸化池からろ過池への導入は、せきを設け流入量を水理的に均等配分できる構造とする。これにより、たとえ取水量が変動したとしても、機械・電氣的流量調節設備を用いることなく、原水が各ろ過池へ均等に配分され、維持管理が容易となる。ろ過池の洗浄は操作を確実なものとするため自動操作とする。定期的に排出される酸化池の清掃水およびろ過池の洗浄排水は、排水池にて一時貯留し、主な沈殿物を除去した上で越流水は隣接する水路へ放流する。

要請内容	変更内容
無し。	酸化池は 2 池とし、45 分の滞留時間にて 130m ³ /池とする。 ろ過池は 3 池とし、ろ過速度 200m/日にて 15m ² /池とする。
(変更理由) 除鉄処理プロセスとして酸化池および砂ろ過池を追加する。	

(4) 浄水池

ろ過池にて除鉄されたのち、浄水は浄水池へ導かれる。浄水池は定量で生産される浄水に対して変動する水需要に対処するため設置するもので、通常浄水場の設計容量の 8 時間程度を具備すれば十分である。浄水池は維持管理に供するため池内を 2 槽に分割し、それぞれ滞留を抑制するため導流壁を設ける。流入部および流出部には制水弁を設け、2 槽をそれぞれ単独で運転可能とする。

浄水池流入部分にて、消毒剤として塩素水を注入する。注入量は酸化剤として注入した前塩素の量との関連で試運転調整期間に設定するが、注入量の調節は手動設定とする。

要請内容	変更内容
タンクは 2 池とし 8 時間の滞留時間にて構造寸法は幅 15m x 長 25m x 深 3.5m とする。	タンクは 2 池とし、8 時間の滞留時間にて 1 池当たりの構造寸法は幅 11m x 長 27.5m x 深 4.6m とする。
消毒設備は塩素を使用する。	同左
(変更理由) 構造寸法はプロセス等の追加に伴う適正な施設配置計画により設定した。	

(5) 配水ポンプ棟

配水ポンプ棟は浄水池に隣接し、高架水槽送水ポンプおよびろ過池逆洗ポンプを具備する。高架水槽送水ポンプの運転は、配水池および高架水槽の水位により ON-OFF 自動運転とする。

要請内容	変更内容
ポンプは予備 2 台を含み 7 台とする。	高架水槽送水用ポンプとして 2 台(うち 1 台は予備)、ろ過池逆洗用ポンプとして 2 台(うち 1 台は予備)とする。
(変更理由) 後述する高架タンクの利点から常時稼動するポンプ台数を減じた。	

(6) 高架水槽

「カ」国により要請されたポンプ加圧方式は、一日の間で変動する配水量に応じた配水ポンプの制御を必要とする。この運転精度を高めるためには、配水管網内に水圧、水量、バルブ開度等の測定点からの信号を受け、タイマーに水量変動可能なポンプ流量制御設備が必要となる。ポンプは瞬時最大水需要に対応した容量を必要とする。従って、維持管理を適正に行うためにはコンピュータを用いるなどの精度の高いコントロールを要求され、設備費が高価となるとともに、安定した給・配水を実現するためには高度な技術が不可欠である

一方、高架水槽による自然流下方式は、変動する配水量は高架水槽に蓄えられる水量により対応できる。高架水槽への送水ポンプは定量運転で配水池と高架水槽の水位による ON-OFF 運転となり、制御は非常に容易で、安定した送・配水が可能となる。設備も単純な構成となり維持管理費を含めてポンプ加圧方式に比して安価となり、「カ」国での現状を考慮すれば最適な送・配水システムといえる。

高架水槽の高さは、配水管網における最小動水圧を 150kPa とし、送配水管における損失水頭および維持管理に必要なスペースを加えて約 38mとした。高架水槽の高さについては、2003 年 4 月、MIME を通じて航空管制当局との間で協議し問題のないことを確認している。

要請内容	変更内容
無し。	タンクは 1.5 時間の滞留時間にて 500m ³ とする。
(変更理由) F/S にて提案されたポンプによる直接配水システムを再検証した結果、上記のとおり、高架水槽による自然圧配水システムの方が運転・操作性および維持・管理性に優れているため、高架水槽を追加し常時稼動するポンプ台数を減じた。なお、当該国においても高架水槽による配水システムが常用されている。	

(7) 酸化・消毒設備

原水は WHO ガイドラインを超える鉄が含まれている。このため塩素処理を行うもので、注入率は鉄 1mg/L に対し塩素 0.63mg/L で設定する。更に、消毒剤として後塩素を注入する。

塩素は、既存浄水場にて利用され維持管理に習熟している液化塩素ガスを使用するものとし、その貯留は注文から搬入に要する時間を考慮して 30 日程度とする。消毒設備は、塩素ポンベ、計重器、注入装置、塩素ガス漏洩検知器、換気ファンにて構成する。

(8) pH 調整設備

原水は pH が 4.5 前後と酸性域であり金属類の腐食に留意する必要がある。アルカリ剤としては価格が廉価(US\$0.141/kg)で、既存浄水場にて利用され維持管理の問題がない消石灰を用いる。注入率は、5~30mg/L にて設定し、その貯留は消毒設備と同様に 30 日程度とする。

pH 調整設備は、溶解タンクおよび溶液注入ポンプで構成する。溶解タンクには攪拌機を設ける。ポンプは注入量の調整が可能な一軸スクリュウポンプとする。

3 2 2 5 管理棟およびワークショップ

(1) 管理棟

現状，シムリアップ市の水道局は、12名のスタッフで事務および料金徴収から取水，浄水，配水の全てを運営している。しかしながら、本プロジェクトが完成すると現状の5倍強の配水を行うことになり、スタッフの数も後項「第3章 3-4 プロジェクトの運営・維持管理計画」に示すごとく40名の構成が必要となる。本プロジェクトにおいては、組織の一元化を計る目的で、水道局の全ての機能を新設する浄水場内の管理棟に計画する。

管理棟には以下のスペースを設ける。

部屋名	収容人数(人)	床面積(m ²)	備 考
[1階]			
営業部室	3	45	営業部(電算・料金徴収課員)
総務部室	4	30	営業部員3名+総務部員1名
水質試験室	1	20	
倉庫	-	10	
トイレ	-	20	
玄関・階段・廊下	-	60	
[2階]			
局長室	1	20.5	
副局長(技術部長)室	1	7.5	
副局長(総務部長)室	1	15	
副局長(営業部長)室	1	15	
監視室	21	40	技術部員、但し12名は交代要員
会議室	-	30	
トイレ	-	10	
湯沸し室	-	10	
階段・廊下	-	30	
合計	33人		将来は40名体制となる。

(2) ワークショップ

ワークショップは、施設の維持管理および配水管・量水器ユニットの増設に使用する調達機材を収納し活用するスペースとして、工作室，倉庫および3台の車両が駐車できるガレージを具備する。なお，調達する資機材の内訳は、後述する「3-2-2-9 機材調達計画」に示す。

3 2 2 6 浄水場の概要

本計画で建設される施設および設備は以下のとおりである。

(1) 浄水場の土木・建築施設

表 3-19 浄水場施設の概要

施設の名称	形状寸法 / 仕様	数量	備考
[土木施設]			
着水井	幅3.0m x 長3.2m x 深3.2m	1池	滞留時間 5分
酸化池	幅4.5m x 長7.4m x 深4.5m	2池	滞留時間 45分
急速ろ過池	幅3.5m x 長4.5m x 深3.5m	3池	ろ過速度 200m
浄水池	幅11m x 長27.5m x 深4.6m	2池	滞留時間 8時間
高架水槽	直径12.5m x 深4.5m x H-GL+ 約38m	1塔	滞留時間 1.5時間
場内配管弁類		1式	
[建築施設]			
配水ポンプ棟	幅6.0m x 長20m	1棟	
薬品棟	幅12m x 長20m	1棟	
電気棟	幅8m x 長14m	1棟	
管理棟	1階：幅12m x 長15m 2階：幅12m x 長15m	1棟	
ワークショップ	幅6m x 長25m	1棟	

(2) 浄水場の機械・電気設備

表 3-20 浄水設備の概要

機器・資材の名称	仕様	数量	備考
[機械設備]			
ろ過池	ろ過砂、下部集水装置、表面洗浄装置、洗浄配水トラフ等	3池	15m ² /池
ろ過池用原水流入可動堰	鋳鉄製電動可動堰 幅500mm x 長500mm x 0.4kW	3門	
ろ過池用自動弁類	バタフライ弁 口径 150 ~ 400mm	3池分	
ろ過池用制御盤	屋外コンソール形	3面	リレーを含む
ろ過池用高検出器	超音波式水位計	3組	
ろ過池逆洗ポンプ	両吸込渦巻ポンプ 口径(350x300)mm x 13.5m ³ /分 x 10m x 37kW	2台	
高架水槽揚水ポンプ	両吸込渦巻ポンプ 口径(250x200)mm x 7.0m ³ /分 x 43m x 75kW	2台	
天井走行クレーン	サスペンション形クレーン 手動式：3トン	1基	
消石灰溶解タンク	鋼板製円筒攪拌槽 3m ³	2基	
消石灰注入ポンプ	一軸スクリュウポンプ 0.4 ~ 1.1L/分 x 20m x 2.2kW	3台	
塩素ポンベ	1トンポンベ	3基	

塩素ポンベ計量装置	ロードセル形 1トン x 一本用	2基	
塩素注入機	エジェクター注入式 2 x Max.5kg-Cl ₂ /時	3基	
塩素漏洩検知設備	漏洩検知器+換気ファン+換気 ファン用制御盤	1式	
室内および薬注配管弁類	ポンプ棟内、ろ過池内、 薬品棟 ~ 各注入点	1式	
[電気設備]			
受電変圧器	22kV、380V、500kVA	1面	油入屋外型
受電盤	380V MCCB 600AF	1面	屋内自立型
低圧配電盤	380V	1面	屋内自立型
非常用発電機	380V、400kVA Diesel	1台	屋内型
主燃料タンク	鋼製 8000L	1基	屋外型
ろ過設備 MCC	380V	1面	
薬注設備 制御盤		1式	
高架水槽揚水ポンプ 起動・制御盤	380V、75kW Auto-transformer Starter	2面	屋内自立型
現場盤	逆洗ポンプ x 1 高架水槽揚水ポンプ x 1	2面	
作業用電源盤		1面	
流量計	電磁式：取水 x 1、逆洗 x 1、表洗 x 1、配水 x 1	1式	
水位計 - 1	投込式：浄水池 x 2、高架水槽 x 1	1式	
水位計 - 2	SUS 電極式：着水井 x 1、消石灰 溶解タンク x 2	1式	
水質計器	pH計 x 2、水温計 x 2、濁度計 x 2、 残留塩素計 x 1	1台	
水質計器盤		2面	
計装盤		1面	
SQC 盤		1面	
中継端子盤		1面	
パソコン監視装置		1組	
UPS	10kVA	1組	
動力および制御ケーブル		1式	

3 2 2 7 配水施設計画

(1) 配水管網の整備方針

現在、既存配水管は現給水区域であるシェムリアップ市内の中心部全域に埋設され、口径が100mm～250mm、管種は石綿セメント管である。これらの配管は布設後約40年を経過しており、老朽化が著しい。このため、配水管は日常的に漏水を生じており、既存の仕切り弁も老朽化のため機能を損ねているものもある。

(2) 新規配水管路の概要

新規配水管路は、本計画において提案する計画給水区域および、計画給水量に対して安全な飲料水を安定して供給できる配水管網の構築を目指して計画を行った。計画の内容は下記に示す。

i) 新規配水管路

本計画では人口予測および水需要予測に基づき、新たに配水管網の水理計算を行い、配水管路の検討を行った。この検討によって、F/S では給水区域内の布設箇所が明確でなかった給水用配水管 (Service Main) を含めた新規配水管路を計画した。

ii) 拡張給水区域 (水源開発地域への給水含む) に対する配水管路

要請された配水管路の他に、今次現地調査および協議により重要性が確認された Kokchak コミューンの一部、および国道 6 号線沿線地域の配水管を含めて整備することとする (図 3-1 参照)、さらに、地下水源開発地域への配水管を含む (図 3-32 参照、詳細は「3-6-1 環境配慮」第(4)項「周辺浅層地下水への影響」を参照する)。

iii) 老朽管の布設替管路

老朽管の布設替管路は、「カ」国の要請内容に従い、布設替箇所 (石綿セメント管、口径 100mm ~ 250mm、延長 L=6,060m) に関する下記の項目を再度検証した。

- 1999 年に行われた AFD による調査結果
- シェムリアップ市水道局における補修記録
- 各戸給水の密度
- メンテナンスの困難な箇所

これらの検証の結果、従前の調査内容が現地における老朽管の状況を十分網羅していることや、F/S 時以降老朽化に関する新たな状況変化がないことを確認し、F/S 時設定の老朽管布設替管路の選定は妥当なものと判断した。

また、この管路に対しては、計画給水量の変更に伴う配水管の能力照査を行い、計画給水量を配水するために必要な配水管口径とした。

(3) その他の配水施設の概要

i) 消火栓の配置

現在、「カ」国内において消火栓の設置に関する基準は無い。本計画では、本案件の基本的な目的である BHN への供給に加えて私有財産の保全を考え、火災の際の消化用水としても供するため適切な箇所に消火栓の設置を行うこととする。消火栓の設置箇所については、シェムリアップ市消防局との協議内容に基づき 10 栓とする。

ii) 空気弁の設置

本基本設計における給水区域は平坦であるため、管路内に溜まった空気を吸排気するのに困難を要する。よって、空気弁は配水管路において最も空気の溜まりやすい地盤の比較的高い位置や、維持管理上必要最小限の箇所に設置するとともに、配水管が地下埋設物を伏越しする箇所の凸部および水管橋の頂部に設置する。

iii) 水管橋の配置

本給水区域内にはシムリアップ川が南北に流下しており、本配水計画にて2箇所の河川横断を行う必要がある。これらの横断箇所には隣接する道路橋があるが、これは水道管の荷重に対する設計がなされていない。よって、本基本設計においては、シムリアップ川の河川横断に対して、独立水管橋を採用する。

iv) 管の明示

シムリアップ市内の道路には既に、水道管、雨水管、汚水管、電線ケーブル、電話線ケーブル等が埋設されており、道路内埋設物の輻輳化が見られる。水道管路の保全の意味から配水管埋設箇所に埋設シート、および管明示テープを設置する。

v) 排水設備の配置

本事業終了後は、新設管と布設替しない既設管が混在することとなるが、今後も老朽化した配水管の維持管理を継続してゆくこととする。このため、配水管路は老朽管の補修工事の際に発生する夾雑物の排除や、排水を行う必要がある。よって、排水が可能な河川、水路の付近や配水管路の末端部分等維持管理上必要最小限の箇所に排水施設を配置する。

(4) 設計条件

配水管網の整備計画の策定において下記の設計条件を用い水理管網計算を行った。計画した配水管網を図 3-18、計算結果は資料 8 - 5 : 管網解析を参照する。

計画目標年次 ; 2008 年

計画給水量 ; $Q=8,000\text{m}^3/\text{日}$

時間係数 ; $K=1.2$

計画配水量 ; $q=9,600\text{m}^3/\text{日}=400\text{m}^3/\text{h}$ (計画時間最大配水量)

最小動水圧 ; 150kPa 以上(配水管末端)

計算式 ; ヘーゼンウィリアムズ公式

$$H=10.666 \cdot C^{-1.85} \cdot D^{-4.87} \cdot Q^{1.85} \cdot L$$

ここに、

H:摩擦損失水頭(m)、C:流速係数、D:管内径(m)、Q:流量(m^3/s)、

L:延長(m)

(5) 管種の選定

配水管の管種は、内圧(水圧)および外圧(土圧)の双方に対して物理的に安全なものであり、配水管内の水質に影響を及ぼさない材質のものを選定する。これらの条件を満足できる管種は、ダクタイル鋳鉄管、鋼管、硬質塩化ビニル管、ポリエチレン管である。これらのうち、埋設する配水管路の位置や口径別に技術的・経済的に比較検討を行い、以下のとおり管種を選定する。

- 導水管および送水管
本計画において最も重要な施設の一つであり、耐久性、施工性等を鑑み、口径 250mm 以上はダクタイル鋳鉄管とし、200mm 以下の管については経済性を加味し硬質塩化ビニル管とする。
- 浄水場内配管
埋設部分はダクタイル鋳鉄管とし、屋内空中部水道用途覆装鋼管とする。ただし、一部接続が困難な部位においては細工が容易なステンレス鋼管を用いる。
- 薬品注入設備配管
消石灰および塩素剤の性状に合せ、硬質塩化ビニル管、銅管、圧力用鋼管等を用いる。

(6) 配水ブロック整備計画

本給水区域には本事業終了後、新規配水管と布設替を行わない既設管が混在する。このため、本事業実施後も定期的に漏水量を把握する必要がある。よって、本計画においては F/S にて提案された配水ブロックを整備し、漏水量と漏水発生エリアの特定を目的とした流量計と遮断用仕切弁を設置することとする。配水ブロックおよび配水本管における流量計の設置位置については、図 3-18 に示す。



浄水場及び給水棟

アンコールワット

既設浄水場及び給水棟

国道6号線 (至ノンペン)

トンレサップ湖

Q1ブロック

Q3ブロック

Q2ブロック

Q4ブロック

- 既設管 —
- 新設管 —
- 配水ブロック —
- 量水器 ●

$$Q_1 = q_1 + q_3$$

$$Q_2 = q_2 - q_3 - q_4 - q_6$$

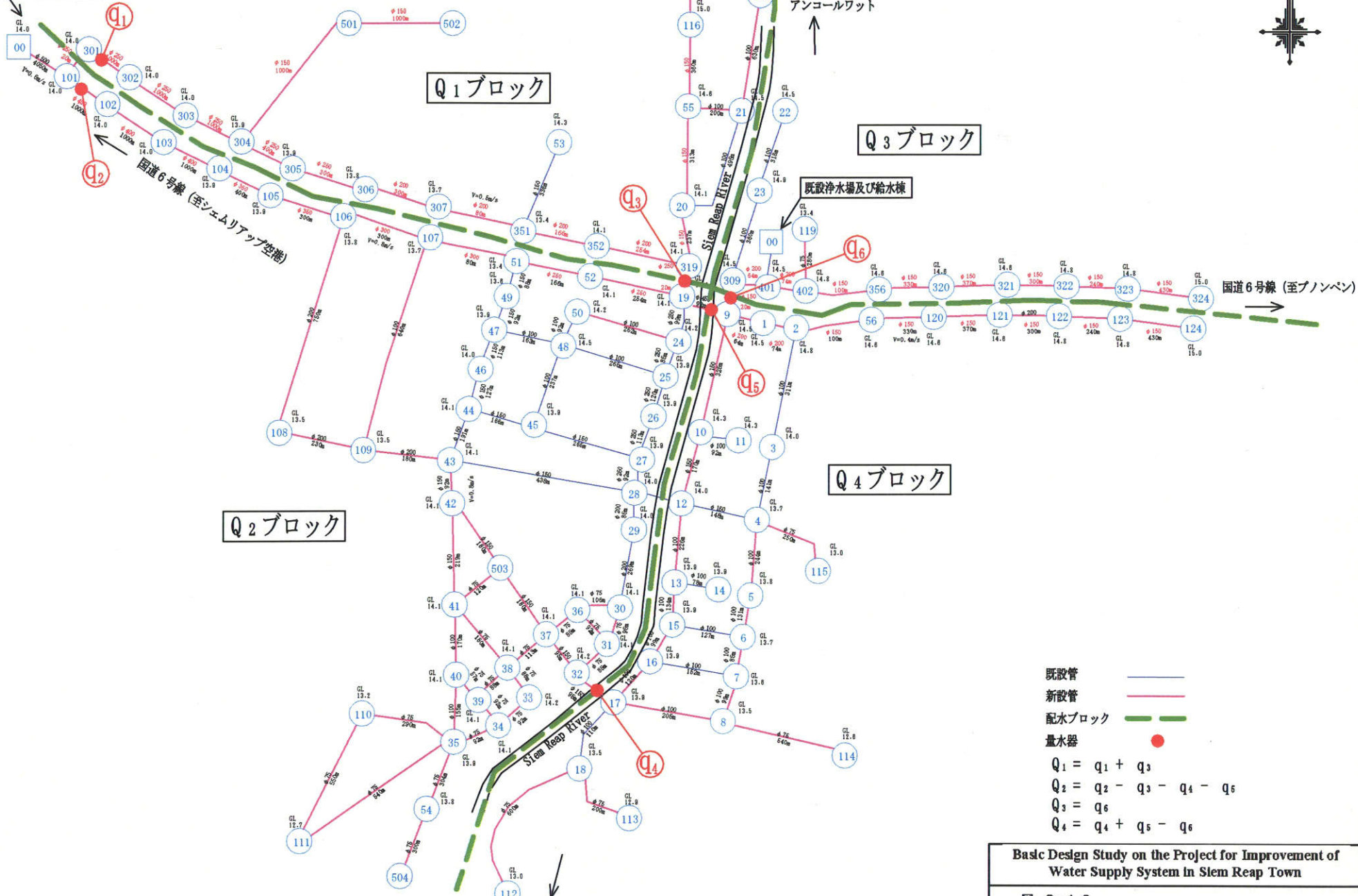
$$Q_3 = q_6$$

$$Q_4 = q_4 + q_5 - q_6$$

Basic Design Study on the Project for Improvement of Water Supply System in Siem Reap Town

図 3-18

配水ブロック図



3 2 2 8 配水管網整備の概要

(1) 配水管網

前項において設定した、配水管網整備方針に従い立案した配水管網整備内容を表 3-21 に示す。

表 3-21 配水管網整備概要

要請内容	変更内容
新規配水管路 口径；75mm～500mm 総延長；L=17,025m 管種； 200mm 以上；ダクティル鑄鉄管 150mm 以下；塩化ビニル管	新規配水管路 送水管、口径；500mm、L=4,050m 配水管、口径；50mm～450mm、L=25,843m 総延長；L=29,893m （配水管は拡張給水区域および水源開発地域への配水管を含む） ・ 250mm 以上；ダクティル鑄鉄管 ・ 200mm 以下；塩化ビニル管
給水用配水管路（Service Main） 口径；50mm～75mm 総延長；L=6,200m 管種；塩化ビニル管	
老朽管布設替管路 口径；100mm～400mm 総延長；L=6,310m	老朽管布設替管路 口径；75mm～450mm 総延長；L=6,060m 管材質は同上
（変更理由） ・ 設計給水量に基づき設定した管網の水力計算を実施し適正口径を設定した。 ・ 給水用配水管路（Service Main）の検証 ・ 基本設計給水量に対する布設替管路の能力照査	

(2) 量水器

本計画における給水区域内の配水管網の整備に伴い、新規の給水取出し工事が必要となる。給水取出し管の取付け工事は先方政府が負担するものとし、日本側は必要機材のみを調達する。詳細は次項「3-2-2-9 機材調達計画」にて考察のとおり、4,000 組調達する。

表 3-22 量水器調達内容

要請内容	変更内容
給水取出し管および量水器を設置する。 給水取出し戸数の総数は 4,797 戸とする。	給水取出し管および量水器、設置作業用工具を調達する。据付工事は「カ」国側負担とする。量水器調達総数は 4,000 組とする。
（変更理由） 給水取出し管の設置作業は、相手国側の工程管理に基づいて行うことが適切であるため、協力範囲としては給水取出し管および設置作業用工具の機材調達までとする。	

3 2 2 9 機材調達計画

建設される浄水場の水質管理、設置される機械・電気設備の維持管理、配水管・量水器ユニットの据付・拡張工事に必要な水質試験器具、工作機械を調達し、事業経営用として事務管理用機材を調達する。これらの内訳および仕様を以下に示す。

(1) 維持管理用機材

量水器は本体工事にて整備される配水管網に合わせて4,000組を調達する。据付は、「カ」国側とし計画目標年次である2008年までに据付を完了する計画とする。本計画給水人口は26,052人、世帯当り平均人口が5.7人であるから、計画給水世帯数は4,570(=26,052/5.7)となる。要請内容は4,797組であるが、必要組数が4,570であり既に550栓以上が供用されていることから、調達する組数は4,000組(=4,570 - 550)とする。

「カ」国側が量水器を据付けるためには、本計画にて建設される配水管と各世帯を接続する給水管材を加工する機材が必要となるが、現状、シムリアップ水道局は工場も機材も有していない。係る状況を改善するため、卓上旋盤、卓上ボール盤、定盤リフターを各1台調達し、本計画により浄水場内に建設されるワークショップの工作室に収納し、管材や金属加工に供し量水器据付を促進する。

水中汚水ポンプは、着水井、酸化池、浄水池を清掃・維持管理する際、水替えのために必要である。スパナ、レンチ、チェーンブロックは共通備品として、配管網の補修・整備、機械・電気設備の維持管理に供する。シムリアップ水道局は、いずれの機材も保有していないことから本計画にて調達する。

これらの維持管理用機材の活用を支援するため、後述するソフト・コンポーネントにて量水器の接続方法を研修し、給水管の加工の際必要となる機材の具体的な操作・運転については、機材を納入する請負業者が訓練する。

表 3-23 維持管理用機材

機器・資材の名称	仕 様	数 量
量水器ユニット	口径 13mm、量水器、配管弁類	4000 組
卓上旋盤	左右移動 330mm、横送り移動 160mm	1 台
卓上ボール盤	テーブル 300mm 以下	1 台
定盤リフター	1.5 トン	1 台
水中汚水ポンプ	50mm、1.5kW	1 台
配管用具	スパナ、レンチ、チェーンブロック等	1 式

(2) 水質試験器具

水質分析は原水および浄水水質の把握および浄水処理の適正な運営のため行う。現状、シムリアップ市水道局は水質分析機能を有していないため、以下のとおり器具を調達し、管理棟内水質試験室に具備する。

本計画では水質分析要員は化学系一人を予定している。日常の水質監視としては表 3-24 に示す理化

学機器を用いて、本計画浄水プロセスの管理に必要な pH、鉄、マンガン、水温、濁度、残留塩素について分析し、データの管理はコンピュータを用いて行う。水質試験室には流し台、実験台、戸棚、電子天秤、乾燥オープン、ガラス器具、および試薬等についても具備する。浄水プロセスの運転管理に必要な塩素および消石灰の注入率の設定はジャーテスターを用いて行う。化学系水質試験要員が短期的に生物学的指標の水質試験に習熟することは困難であることから、本計画では原水および給水における細菌観察のための顕微鏡の調達に留める。給水における一般細菌および大腸菌群に係る生物試験については月一回、プノンペン市水道公社プンプレック浄水場水質分析室へ委託するか、あるいは MIM 本局分析室にて分析するものとする。なお、ガラス機器、薬品および試薬等は水道事業運営の円滑な立ち上がりを支援するため 1 年分相当を調達する。

表 3-24 水質試験器具

機器・資材の名称	仕 様	数量
ポータブル pH 分析器		1台
多目的水質分析計	鉄、マンガン、残留塩素	1台
温度計	デジタル温・湿度計	1台
濁度計	卓上	1台
ジャーテスター	6 連 x1,000 ㍓	1式
顕微鏡	1,000 倍ライト付	1台
冷蔵庫	180 ㍓	1台
電子天秤	1000g	1台
乾燥オープン	容量 150 ㍓、100	1台
流し台, 実験台, 戸棚		各1台
ガラス器具	デシケータ、ビーカ、メスシリンダー、フラスコ、ビューレット、ピペット	1式
薬品および試薬等	塩酸(500ml×2)、硫酸(500ml×2)、水酸化ナトリウム(500g×2)等	1式

(3) 事業管理用機材

本計画により、SRWSS の事業量は給水量で約 5 倍、顧客量で約 8 倍に増大する。現状、顧客管理、メーターディング、料金請求・徴収などの事務管理はすべて手作業により行われており、系統立てたシステムは採用されていない。これらの事業管理に係る事務処理を効率的に行い、水道事業の健全経営に資するため、以下に示す機材を調達する。なお、これらの機材の活用方法に係る訓練については、ソフト・コンポーネントにより実施する。

サーバーを中心に、水道料金請求書印刷を主目的とする高速プリンターと、担当者が事務管理を行うためのクライアント(卓上コンピュータ)が LAN で結ばれたシステムを構築する。主な機械の目的は以下の通りとする。

サーバー

- ・ システム全体の管理
- ・ 人事管理、顧客管理、会計システム、電子メール、LAN 等のアプリケーション・システム管理
- ・ アプリケーション・システムで発生するデータの管理、保管

プリンター

- ・ 水道料金請求書発行
- ・ その他の情報印刷

クライアント(卓上コンピュータ)

- ・ サーバー上の人事管理、顧客管理、会計システム、電子メール、LAN などのアプリケーション・システムの利用
- ・ ワープロ、エクセルなどの、クライアントにあるアプリケーション・システムの利用

非常用電源と電源安定装置

- ・ カンボジアは停電が多発している。停電でも、システムが必要な最小限の作業を継続するために、非常用電源で、必要最小限の電力供給をサーバーに行う。また、カンボジアでは、電圧や電流が不安定であるため、機器保全を目的とした安定電力をサーバー及びプリンターに供給する。

表 3-25 事業管理用機材

機器・資材の名称	仕様	数量
ハードウェア		
クライアント用パソコン	デスクトップ	7台
サーバー用パソコン	デスクトップ	1台
サーバー用パソコンネットワーク設備		1台
拡張記憶装置	36.4 Gb ハードディスク	3台
拡張メモリ	512MB RAM	2台
外部記憶装置	テープドライブ	1台
電源安定装置	無停電電源装置	2台
ネットワーク用電源安定装置	無停電電源装置	1台
ネットワーク用スイッチ		1台
ネットワーク用スイッチ(クライアント用)		1台
レーザープリンタ		1台
ソフトウェア		
ネットワーク用ソフト		7組
オペレーションシステム		7組
顧客管理用ソフト		1式
会計ソフト		1式