

第7章 実証給水施設

7.1 実証給水施設の建設

村落給水施設の施工性や運転・保守管理の実際を把握して施設計画及び設計に反映するため試験井を完成させてハンドポンプと水中ポンプを設置した。ハンドポンプ井にはプラットフォーム、排水溝、屋根等の付帯施設を建設した。また、水中ポンプ井には高架水槽と共同水栓（屋根つき）を建設した。実証給水施設を建設した20カ所の試験井掘削深度の一覧表を表7.1に示す。

(1) 井戸仕上げ

ハンドポンプ井のケーシングは6インチPVCを、水中ポンプ井は6インチ鋼管を使用した。スクリーンの開口率はそれぞれ5%及び19%である。帯水層を安定させ揚水量を増加させるため、径4-5mmの砂利をスクリーン周りに充填した。深度5mまでの孔壁とケーシングの隙間は、地表水の浸透を防止するためセメントを充填した。また5m以浅とスクリーン周り以外の隙間は充填砂利との間を遮水した上、掘削土を埋め戻した(図7.1)。

(2) 揚水施設

18カ所のハンドポンプ井には、各種のポンプを比較検討した結果、ラオス国内で広く使用されているインディアMK IIIを設置した。インディアMK IIIの揚水管は径2.5インチの亜鉛メッキ鋼管で、シリンダー部は揚水管底部に着脱でき、揚水管を引き上げることなく、シリンダー部の修理が可能である。揚程20-45mの範囲で15-20 l/minの揚水が可能である。また、水中ポンプはGRUNDFOS SP5A21（揚程82m, 吐出量5 m³/hour）及びSP14A10（揚程48m, 吐出量14 m³/hour）各1台をそれぞれホアセ村とベン村に設置した。

(3) 付帯施設

ハンドポンプ井には3m四方のコンクリート製プラットフォーム・排水溝及び屋根を建設した(図7.2)。また、水中ポンプ井には高さ3mの高架水槽（容量9m³）と共同水栓及び屋根を設置した(図7.3)。

7.2 施設の運転と維持管理状況

18カ所のハンドポンプ井では、ポンプは乾期の間も概ね順調に稼働していたが、ホントイ村とラク21村では水酸化鉄がパイプへ付着し「赤水」が発生した。このため両村では揚水管とポンプの清掃を行った。ハンドポンプ井はこの2井の水質に問題があるものの、その後は順調に稼働している。また、水中ポンプ井は両村ともパイプの故障により一時的に停止したが、破損部の修理後は順調に稼働している。

各井戸は一日あたり13-18時間稼働し、水質の悪いホアセ村、ラク21村、ホントイ

村を除き、飲料水、炊事・洗濯用水としてよく使われている。水質の悪い3村では飲料用以外の洗濯・洗浄用水や家畜用水、菜園への散水などに利用されている。とくにホアセ村ではこれまで病院に水がなく、洗濯、シャワー、便所の水洗等が出来ず衛生環境が劣悪であったが、給水施設の利用により著しく改善された。

施設の維持管理のための費用は各村落毎に結成した水利用者組合が毎月水料金を徴収してこれに充当している。ハンドポンプ井では一家族あたり月額 200 キップである。また、水中ポンプ井を設置したホアセ村は一人あたり月 40 キップを徴収するほか、ホアセ病院から月 2000 キップを徴収し、電力料金と将来の修繕費用積立に当てている。ベン村はハンドポンプ井と同じ一家族あたり月額 200 キップである。

1995年2月の実証給水施設建設直後に代表的な5村落を選定して水利用状況のモニタリングと衛生・井戸維持管理教育を試行した。

表 7.2 運転維持管理調査実施村落

村落名	ボンバイ	ホンタイ	ベン	サンカナブア	Lak 21
県	サラワン	サラワン	サラワン	チャンバサック	チャンバサック
人口	>1000	500-1000	500-1000	500-1000	<500
部族	低地ラオ	高地ラオ	高地ラオ	低地ラオ	混合
水供給施設	ハンドポンプ	ハンドポンプ	ターボポンプ	ハンドポンプ	ハンドポンプ
水文地質	Ep	Ba1	Ba2	Ep	Ba1
主産物	米	コーヒー、米	米	米	果樹、米

モニタリングにより以下の事項が観察された。

(1) ポンプは順調に稼働している。このため、ポンプの日常点検はほとんど行われていない。井戸周りの清掃は概ねよく行われている。

(2) 水汲みは早朝から始まり深夜まで続く。水汲みのピークは午前 6時-9時と午後 4時-7時の2回である (図 7.4)。

(3) 水汲みは婦女子が大半である。ホンタイ村とベン村では他の村より男性の水汲みが多く 30% に達し、女性とほぼ同数である。これらの村ではポンプのそばでシャワーを浴びることを許可しているため、男子の数が増えている。

(4) ベン村は水量が豊富で農民はシャワーをそこで浴びるため、他の村に比べ無駄に流れてしまう水が多い。

7.3 水使用実態

地下水開発による給水計画の策定に役立てるため、実証給水施設 6カ所と既存水源 4カ所において、水汲み回数、目的、取水量など水利用の実態を調査した。

実際に取水された水量は予想より少なく一人当たり一人当たり 5-26.6 l/日であった。これは、水浴びや洗濯がほとんどポンプのそばで行われたり、川で行われたためである（しかし、この調査は雨期に行われたことにも注意すべきである）。

実証施設のある 6 村落の取水量は 6.3-26.6 l/日で、そのうち 3 村落はハンドポンプとともに川からも取水している。これらの村では取水量は 6.3-11.6 l/日/人であった。ベン村の水中ポンプシステムからの取水量は 10 村落中で最も大きい。この村は、実証給水施設だけを水源として利用している。一方タットノイ村やセバンノイ村では川以外に水源がなく、取水量は 5 l/日/人と少なく、ほとんど炊事と食器洗いにだけ使用している。

汲んできた水は飲料、炊事、食器洗い、菜園への灌水などに使用されている。川が近くにある村ではそこで水浴びや洗濯をするが、ハンドポンプがある村では、そこで乳幼児の水浴びや衣類の洗濯をするようである。調査結果から観察された事項は次のとおりである。

- 1) 炊事及び飲料水の使用量は一家族当たり 30 l/日である。
- 2) 食器や食物洗いに一家族当たり 20 l/日程度使用する
- 3) 各家庭は一晚 10 l 程度の水を蓄える
- 4) 25 m² 程度の菜園の灌水には 80 l/日程度を使用する
- 5) 乳幼児の水浴びは 1 回当たり 10 l 程度を使用する
- 6) 家畜に水をやる家庭は極めて少ない
- 7) 醸造に使う家庭では 1 週間に 150 l 程度を使用している。

7.4 水質の問題

(1) ホアセ村の高塩分地下水

ホアセ村の地下水は当初約 10,000 μ S の電気伝導度であったが、その後雨期に入り約 5,850 μ S に減少した。地下水は洗濯とシャワーに使われている。また、前記のようにホアセ病院の洗濯、水洗、シャワー用水として利用されており、給水施設の運営維持管理は良好である。

(2) ラク 21 村とホンタイ村の赤水

両村の試験井は建設後 2 ヶ月過ぎた 1995 年 4 月頃から水が赤褐色に濁り始めたので、揚水管を引き上げたところ、水酸化鉄のスラッジが付着しているのが観察された。試験井の鉄、マンガンを室内分析すると、鉄分が当初より著しく増加し、鉄細菌が発生していることが判明した。この水酸化鉄スラッジは鉄細菌の作用により出来たものと考えられる。

この地域は水文地質単元では玄武岩斜面上 (Ba1) に位置している。Ba1 地域は表層の赤褐色粘土層（ローム及び泥流堆積物）の層厚が 10-20 m と厚い。同じ玄武岩斜面

上で掘削した3カ所の試験井の水質も鉄・マンガン成分は多いが、赤水は発生していない。これらの試験井はBa2, Ba3地域にあり、表層の赤褐色粘土層を欠くか、もしくは極めて薄い。これらを考えあわせると、両試験井の赤水は、鉄分の多い表層の赤褐色粘土層中の水（宙水）が帯水層に侵入し、さらに鉄バクテリアの作用を受けて発生したものと推定される。

この対策としては、

- ①鉄バクテリア侵入を防止するため掘削機器の塩素消毒
- ②スクリーン長を短くし、出来るだけ深い玄武岩新鮮部に設置する
- ③赤褐色粘土層部の孔壁とケーシングの間を完全にセメンチングする
- ④フィルターの使用
- ⑤定期的な洗浄

などがある。なお、現地で応急的に作成した簡易フィルターを通すと鉄・マンガンはかなり除去でき、水質が改善されることが分かった（表7.3）。

表 7.3 水質分析結果

項目	単位	ホンタイ村		ラク21村		
		建設直後	赤水発生時	建設直後	赤水発生時	フィルター使用後
鉄	mg/l	0.07	33	0.02	21	0.18
マンガン	mg/l	0.08	0.05	0.03	0.21	0.05
鉄バクテリア	MPN/ml		1100		790	49

7.5 衛生井戸管理教育及びWID配慮

7.5.1 衛生・井戸管理教育

前記の5ヶ村において衛生・井戸維持管理教育を試行した。試行にあたってはラオス語で作成したテキストを用意し、各村落の村長と水利用者にポンプの取り扱い・修理、井戸周りの清掃、維持管理費の必要性などを重点として実地教育を行った。

テキストの内容は、維持管理の考え方と方針、井戸周りの清掃、日常点検、ポンプヘッドのスペア交換、バルブユニットのスペア交換、バルブと揚水管のテスト方法、村落で保管すべき機具の7章から成る（別冊テキスト参照）。

教育期間中、村民はこれらの内容と意味をよく理解したので、井戸周りの清掃や日常点検は村民自身で出来ると思われる。しかし、ポンプの修理は熟練と機具を必要とするので、県給水課が継続的に教育することが望ましい。

7.5.2 WID配慮

女性の開発行為への参加意識を見るため、実証給水施設を建設した20村落から半数

の10 村落を選び合計100 人の女性にヒアリングを行った。

女性の労働時間の平均は一日11.5 時間で主に農作業、水汲み、食事の用意、家畜の世話などに従事している。給水施設の建設により、水汲みに費やす時間はチャンパサック県の村落では以前の平均4.3 時間から1 時間へ、サラワン県の村落では3.4 時間から1.1 時間に激減した。これは水源までの距離が1/7-1/10 に減少したためである。

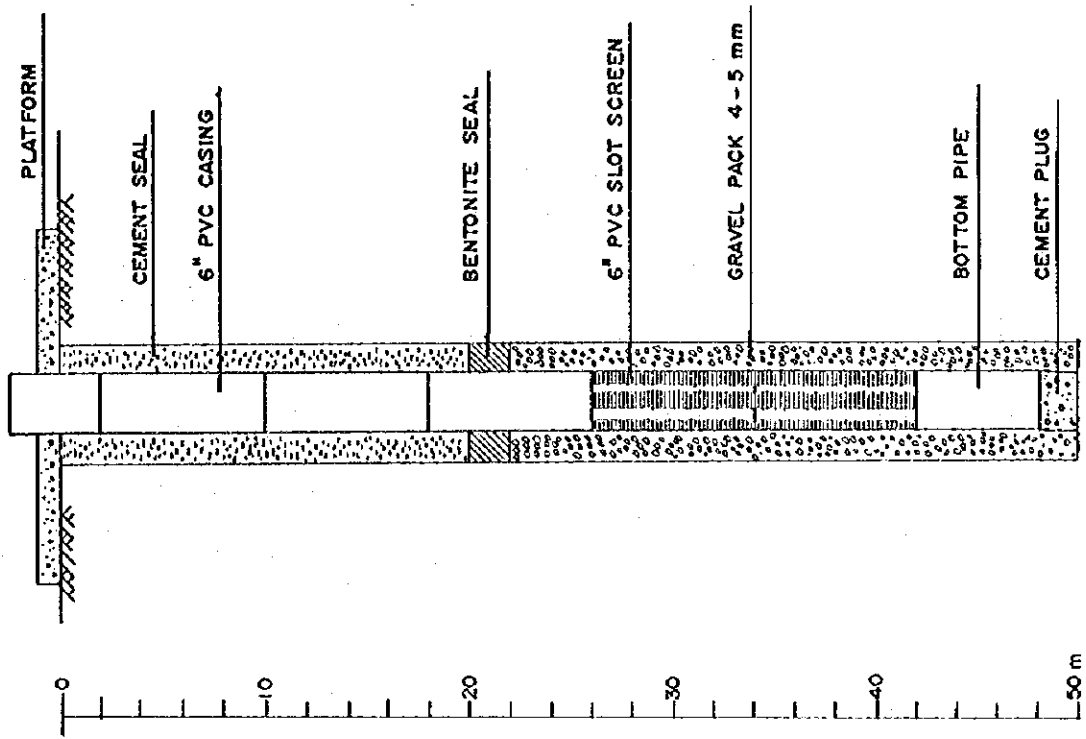
給水施設についての設計上での要望はほとんどなく現施設に満足している様子がかがえる。しかしながら次のような配慮が必要であろう。

- ①プラットフォームは洗濯、水浴びなどのため十分なスペースをとる
- ②ポンプの屋根・柱は、直射日光を避けるだけでなく、住民の会合場所ともなるので設置する
- ③ポンプは女性と子供が操作し易いように設置高さを検討する
- ④衛生・井戸管理テキストでは定期点検と衛生管理の重要性を女性に理解させる

また、水料金についてもほとんどの女性は妥当な額と考えている。水利用者組合での活動に関しては、井戸周りの清掃に参加すると答える女性が多いが、料金集めや井戸修理に関わりたいとする女性は無であった。これは閉鎖的な農村共同体における女性の社会参加意識が未だ低い水準にあるため、積極的参加を促すには時間を要すると思われる。

表 7.1 井戸位置と深度

Village No.	Village Name	Well Depth (Planning)	Well Depth (Casing length)	Drill. Depth
1. C-4	B.Nongphai	50 m	49 m	50 m
2. C-8	B.Houaxe	100 m	180 m	182 m
3. C-16	B.Louy	50 m	48 m	48 m
4. C-44	B.Thongsala	50 m	25 m	43 m
5. C-49	B.Lak-21	50 m	45 m	60 m
6. C-65	B.Lak-24	50 m	49 m	50 m
7. C-75	B.Nongkhe	50 m	50 m	50 m
8. C-79	B.Samkhanaboua	50 m	43 m	45 m
9. C-88	B.Maisivilai	50 m	50 m	50 m
10. C-89	B.Nasenphan	50 m	50 m	50 m
11. S-4	B.Houaykapho	50 m	42 m	45 m
12. S-12	B.Nongsano	50 m	50 m	50 m
13. S-24	B.Donmuang	50 m	50 m	50 m
14. S-39	B.Nongngog	50 m	49 m	50 m
15. S-50	B.Samia	50 m	49.5 m	50 m
16. S-56	B.Chong	50 m	49 m	50 m
17. S-64	B.Phonphai	50 m	50 m	50 m
18. S-75	B.Nakasao	50 m	50 m	53 m
19. S-84	B.Beng	100 m	60 m	66 m
20. S-100	B.Houn-Tai	50 m	52 m	54 m
Total	1100 m	1090.5 m	1146 m	



ハンドポンプ井構造図

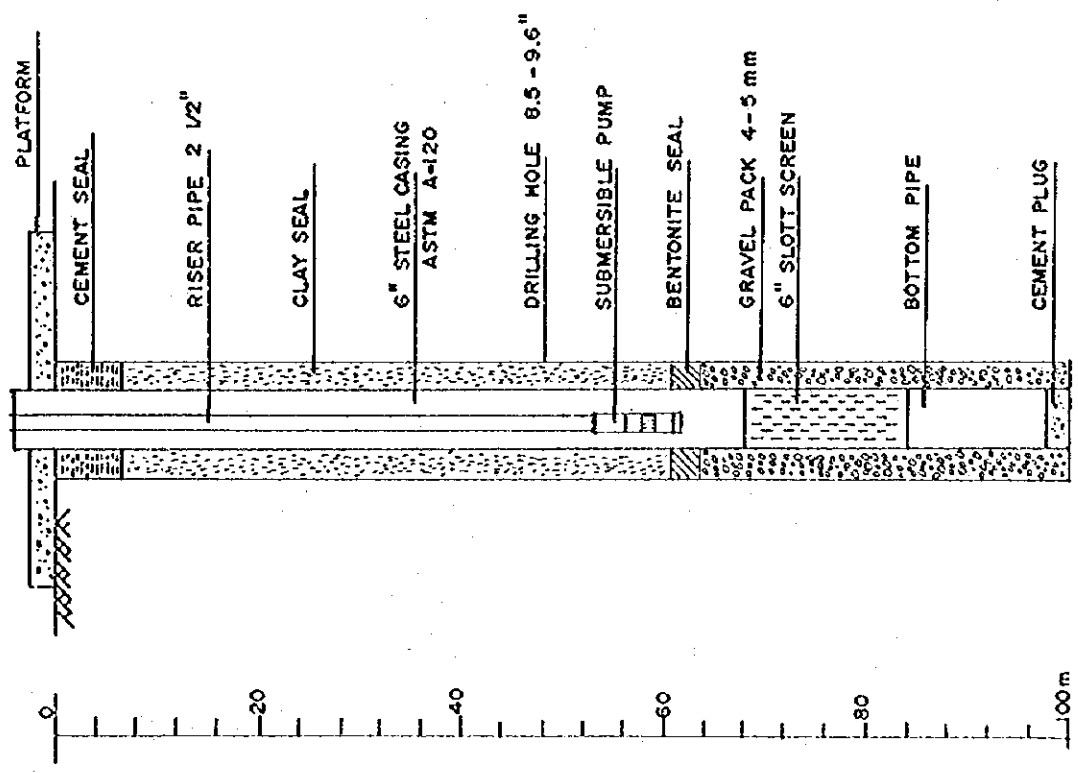
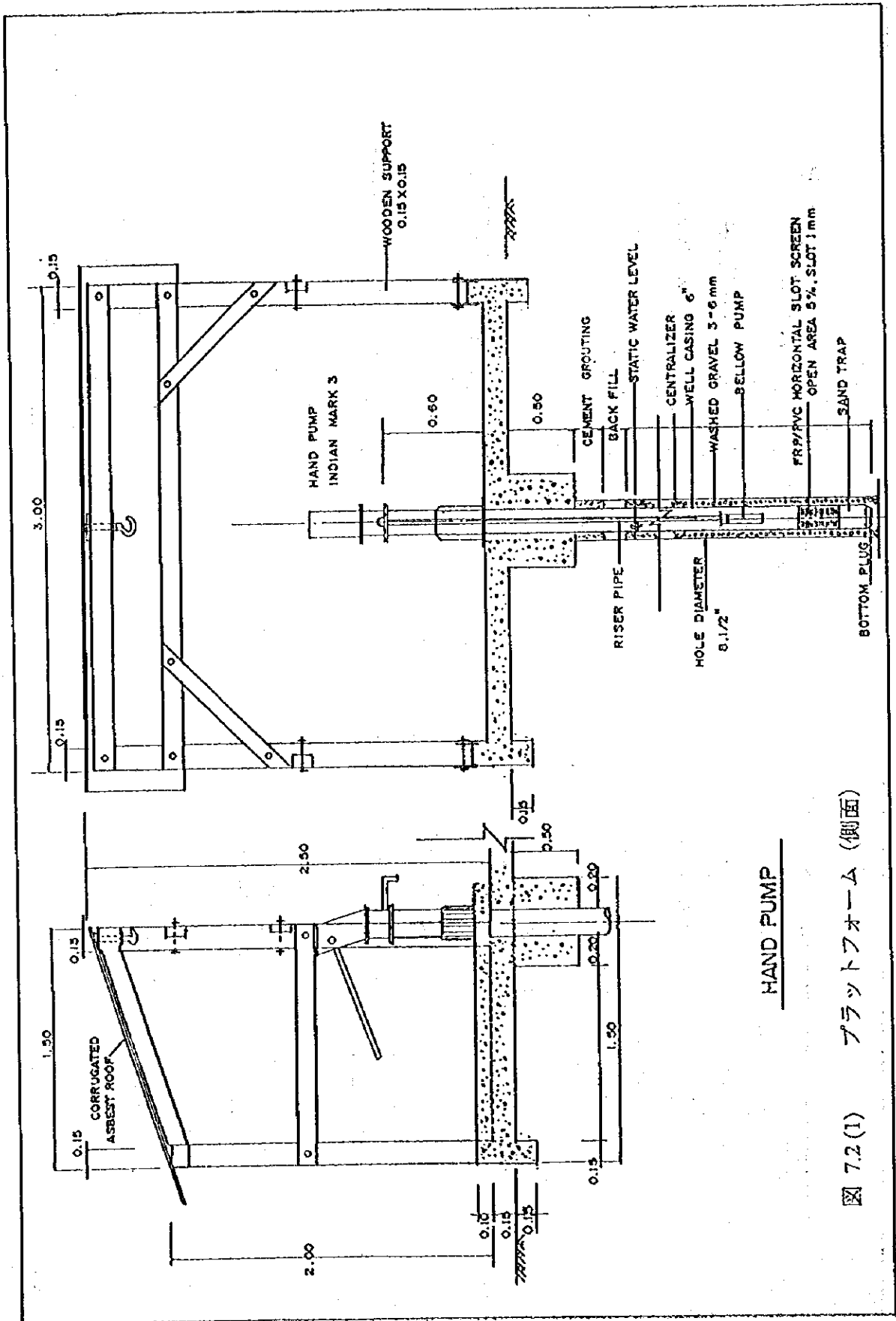


図 7.1 水中モーターポンプ井構造図



HAND PUMP

図 7.2 (1) フラットフォーム (側面)

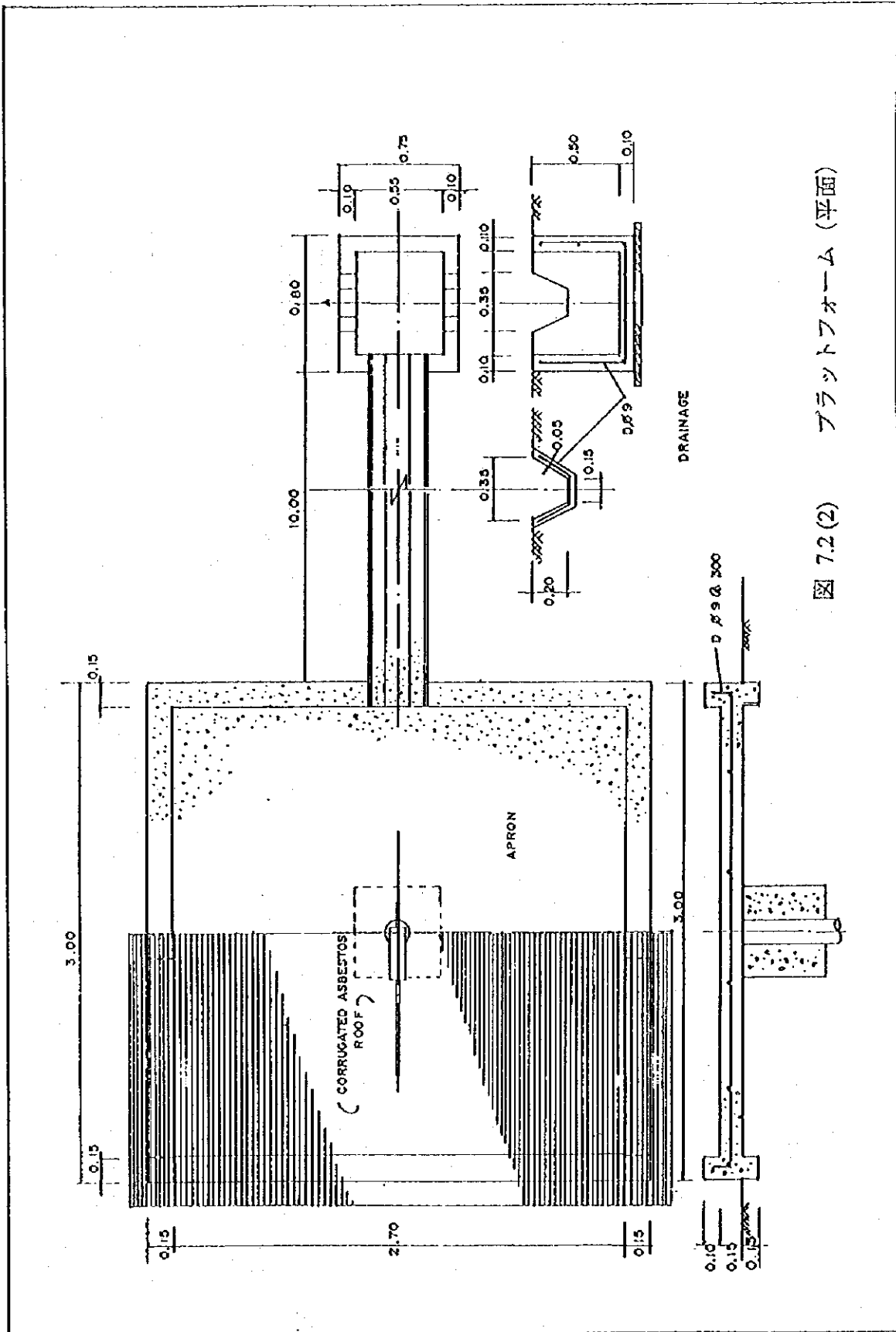


図 7.2(2) フラットフォーム (平面)

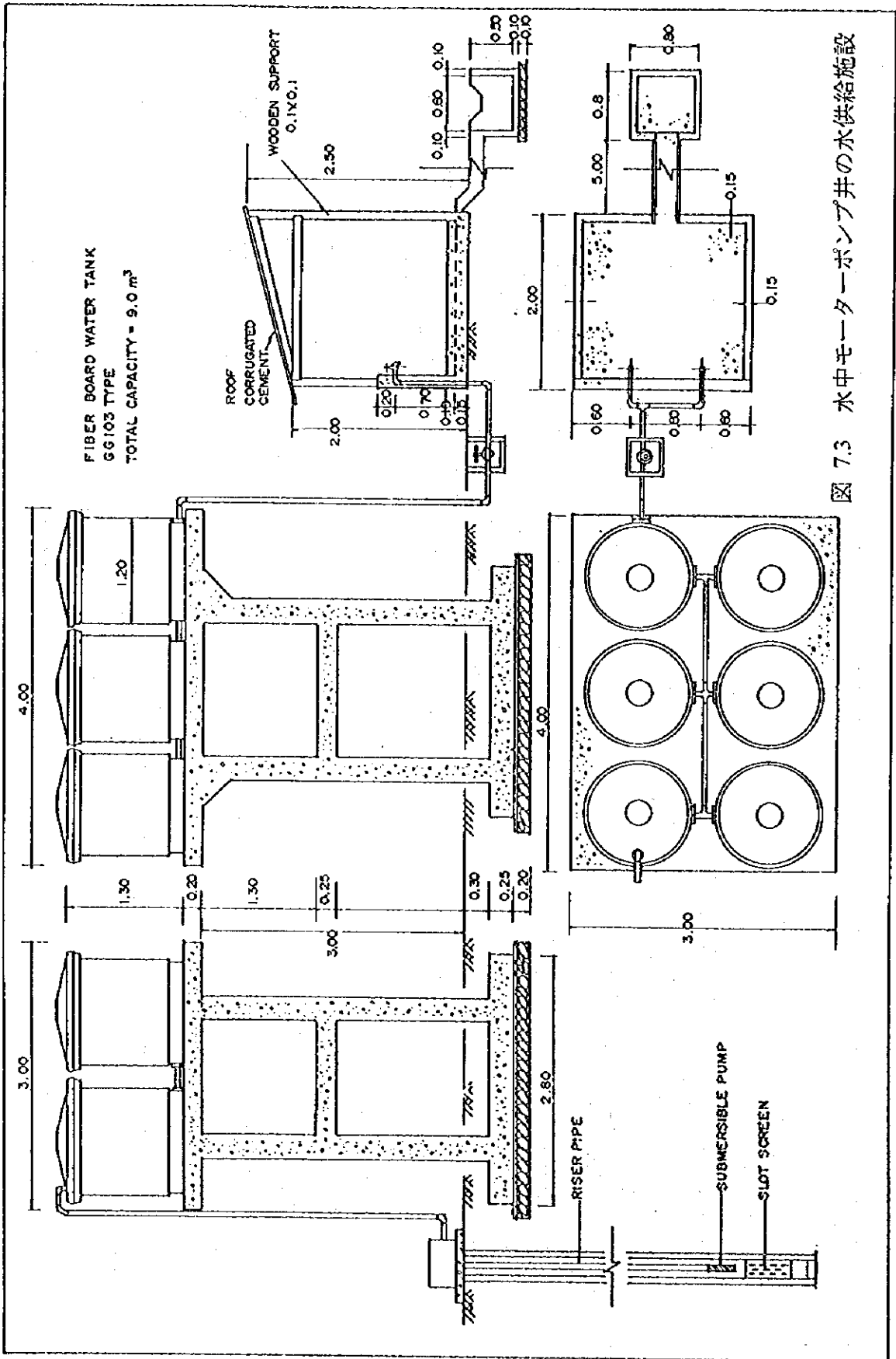


図 7.3 水中モーターポンプ井の水供給施設

図 7.4 (1) 水汲みの男女別内訳と水汲み回数と水汲み回数の時間変化 (ポンパイ村)

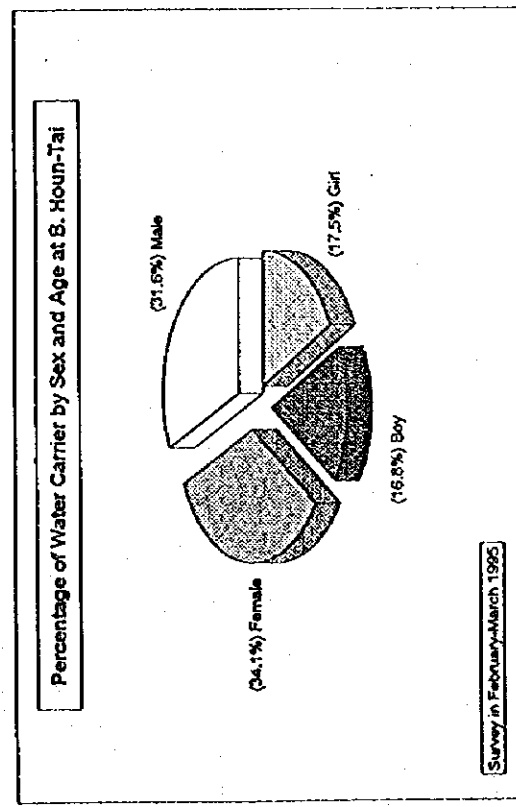


図 7.4 (2) 水汲みの男女別内訳と水汲み回数の時間変化 (ポンパイ村)

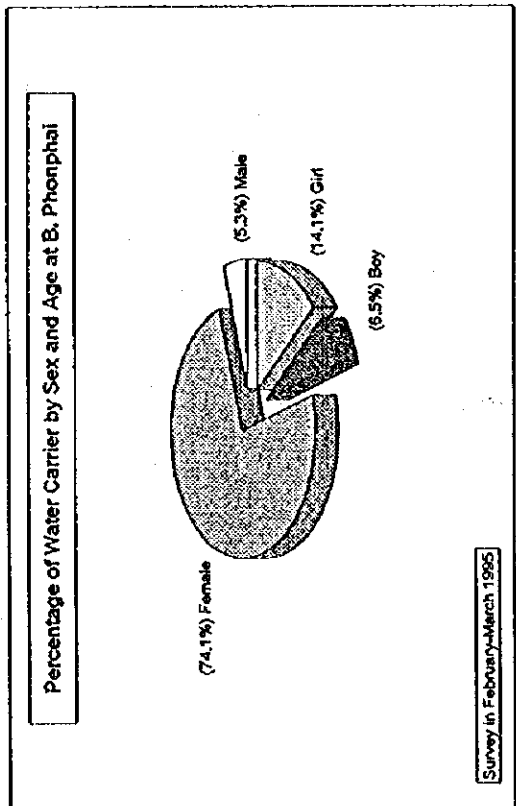


図 7.4 (1) 水汲みの男女別内訳と水汲み回数の時間変化 (ホンタイ村)

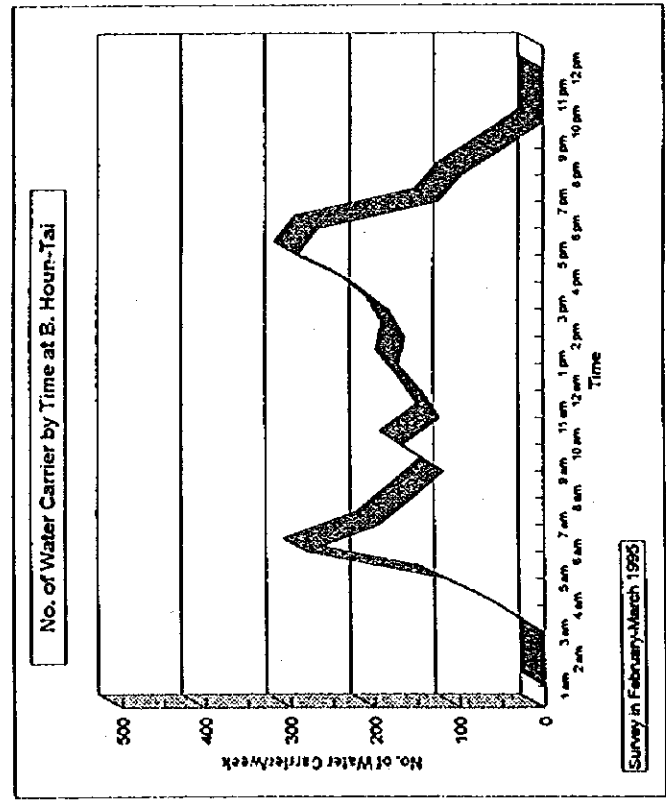
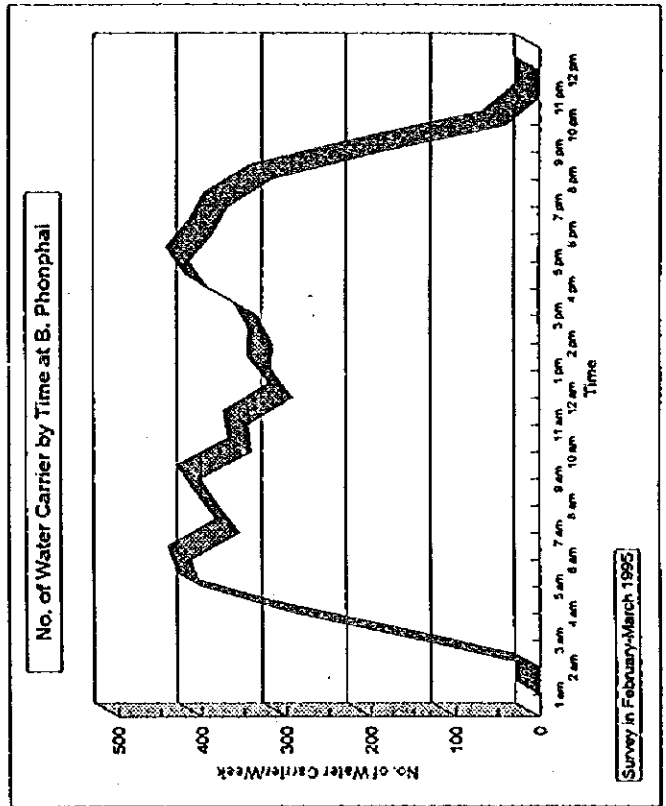


図 7.4 (2) 水汲みの男女別内訳と水汲み回数の時間変化 (ホンタイ村)



第 8 章 地下水開発計画

8.1 地下水資源の評価

8.1.1 持続性揚水量

調査地域の地下水は主として丘陵・平野部のジュラ紀頁岩層およびボラベン台地西南麓斜面の玄武岩に賦存している。これらの地下水資源は、開発による持続的な揚水が可能かどうか、水収支の観点から評価する必要がある。セドン川および支流の水収支解析によると、調査地域への地下水かん養量はジュラ紀頁岩層地域で $575\text{m}^3/\text{day}/\text{km}^2$ 玄武岩斜面では $1,370\text{ m}^3/\text{day}/\text{km}^2$ と推定されるので、この値を持続性揚水量とみなすことが出来る。

8.1.2 地下水ポテンシアルと井戸の適正揚水量

地下水のポテンシアルを評価して地下水資源評価図を作成した(図 8.1 及び表 8.1)。水文地質区分毎の地下水ポテンシアルは定性的に A:高い B :中程度 C: 低い D: ポテンシアルなし の 4 段階に評価した。

また、各水文地質毎の井戸の適正揚水量を揚水試験結果により整理すると次のようになる(4.5.2 節参照)。

Qf,Qt:	133-380 m^3/day (平均 219 m^3/day)
Ep,Eh:	9-111(平均 55 m^3/day)
Ba1,Ba3:	20-267 m^3/day (平均 138 m^3/day)
Ba2:	1700-3800 m^3/day
Et:	32-129 m^3/day

8.2 開発対象の帯水層

8.2.1 ボーリング位置

ボーリングに当たっては、水文地質図(図 4.3 及び別添え図)により水文地質単元、地下水ポテンシアル、地下水位等の情報を得た上で、詳細な位置決定に進むものとする。詳細位置は候補村落の地形・地質や集落・家屋の分布を考慮した上、垂直電気探査(VES)およびVLF探査を実施して決定する。VESの測点数は5点以上、VLF測線は300mとする。

8.2.2 帯水層の特徴

各水文地質単元の地下水ポテンシアルは表 8.1-8.2 のように整理できる。

8.2.3 開発規模

チャンパサック及びサラワン県の給水候補村落を水文地質単元別に地下水ポテンシアルと適正揚水量を評価すると、沖積層及びジュラ紀頁岩層の分布地域の Qf や玄武岩斜面の Ba2, Ba3 では水中モーターポンプ井、ハンドポンプ井両方による地下水開発が可能である。また、その他の地域もハンドポンプ井による地下水開発は十分可能である。

しかし、ジュラ紀頁岩層分布地域の Ep 及び Eh と玄武岩地域の Ba1 ではポテンシアルが低い地域があり、適正揚水量 6-15 l/min 程度の貧弱な帯水層が分布する可能性もあるため、これらを考慮して必要井戸本数を検討する（表 8.3）。

表 8.3 水文地質別地下水ポテンシアル、適正揚水量、村落計画井戸数

水文地質単元	ポテンシアル評価	適正揚水量 l/min	サラワン県	チャンパサック県	合計
Qf	A	90-260	22	23	45
Qt	C	(-117)	2	1	3
Ep	B	12-115	29	9	38
Eh	B-C	6-50	15	20	35
Ba1	B-C	14-88	4	21	25
Ba2	A	1200-2600	13	13	26
Ba3	B	185	15	3	18
Et	B-C	22-90		10	10
合計			100	100	200

8.3 標準井戸設計

8.3.1 井戸深度

試験井の掘削結果ではホアセ村を除き全ての地点で深度 50 m 以浅で帯水層に到達した。従って、掘削目標深度は 50 m とする。なお、チャンパ層が近くに分布するサナソンプンとコンセドン郡では 50 m 以深で高塩分地下水を含む帯水層に遭遇する可能性があるため、深い掘削は避けるものとする。

玄武岩斜面の Ba1 地域では、鉄及びマンガンの濃度の濃い地下水を避けるため、出来るだけ深く掘削し、新鮮な玄武岩亀裂部に短いスクリーンを設置することとする。

8.3.2 掘削工法

掘削は DTH (ダウンザホール) 工法を採用する。とくに Ba1 地域では鉄バクテリアの混入を避けるため掘削用水と掘削機具は塩素消毒を行うものとする。スクリーン設置位置は比抵抗、自然電位及び自然ガンマの各検層結果を検討して決定する。

8.3.2 井戸仕上げ

ケーシングはとくにBal地域での腐食に対する耐久性と高いスクリーン開口率を確保するためFRPパイプを使用する。水中モーターポンプ井のケーシング口径は6インチ、ハンドポンプ井は5インチとする。

水中モーターポンプ井のスクリーンはリング型(パイプベース)で開口率20%、ハンドポンプ井は水平または対角スロット型で開口率12%を確保する。

スクリーン周りは径4-5mmの砂利を充填する。また、スクリーン上部から地表面までの孔壁とケーシングの間は地表水と水質の悪い地下水を遮断するためセメントグラウトする(図8.2)。

井戸仕上げ後、デベロップメントを行い、井戸揚水量の増大を図る。また、デベロップメント完了後、地下水位を測定し、適切なポンプ位置を決定するとともに、井戸と帯水層の能力を求めるため揚水試験を実施する。

表 8.1 水文地質単元毎の地下水ポテンシアル及び適正揚水量

Symbol	Topography and Geology	Aquifer	Groundwater level (Observation) C.L. - m	Specific Capacity Sc m ³ day ⁻¹ m	Q (max) m ³ day		Groundwater Potential A(High) D(Low)	Water Quality (Borehole)			
					This Study	Existing (SALD)		Testwell PH	Existing Well (30-80m) PH EC(us cm)		
O1	Flood Plain, Accumulation terrace, Sand, Silt and Clay, Jurassic shales	Quaternary Sand, Gravel, Jurassic Sandstone.	6-13	14-128	133-380-	120-864	A	7.1-7.4	376-767	7-8	400-600
O2	Alluvial fan, Talus slope.	Sand.	7-8	-	-	0-168	C	-	-	7-8	450-800
O3	Accumulation terrace.	Jurassic Sandstone.	7-9	15	73	408	B	5.6	96	-	-
Ba1	Gravel, Jura-Creta. sandstone, shale.	Jura-creta. Sandstone.	20-35	3-20	20-127	96-2000?	B-C	5.6-5.9	55-115	6-7	10-100
Ba2	Basalt slope.	Basalt lava flow.	13-24	-	-	-	A	6.4	165-230	5-7	15-200
Ba3	Basalt slope.	Basalt lava flows.	4-12	1700-1900	1728-3800+	144-216	B	7	563	6-7	41-250
Ep	Basalt lava flows, Jurassic shales.	Pg Basalt Lava, Jurassic sandstone.	7-12	19.1	267	0-672	B	7.0-7.3	447-627	6.5-8	300-700
Eh	Erosional plain.	Jurassic sandstone, sandy shale.	9-20	3-166	17-166-	144-200	B-C	6.7-7.1	790-4000	5-7	600-1000
Et1	Erosional Hill.	Jurassic sandstone, conglomerate.	8-15	1-17.3	9-34	-	B-C	6.8-7.3	197-430	7.2-7.7	300-600
Et2	Erosional terrace.	Jurassic red shale, sandstone.	8-17	4.6	32	-	B	6.8	763	-	-
P	Triassic Acidic welded tuff, Dacite, Paleozoic slate, sandstone.	Fissured aquifer.	Low	36.9	129	-	C	-	-	-	-
M	Plateau, High Plain.	Sandstone, Locally Fissured aquifer.	Low-high	-	-	-	C-D	-	-	-	-
Es	Jura.-Creta. sandstone, shale. Mountains, Metasediments, Plutonic rocks, Escarpment, Ridge.	Fissured aquifer. Sand, silt in Valley.	-	-	-	-	-	-	-	-	-




表 8.2 (1) 水文地質の特徴と地下水ポテンシアル

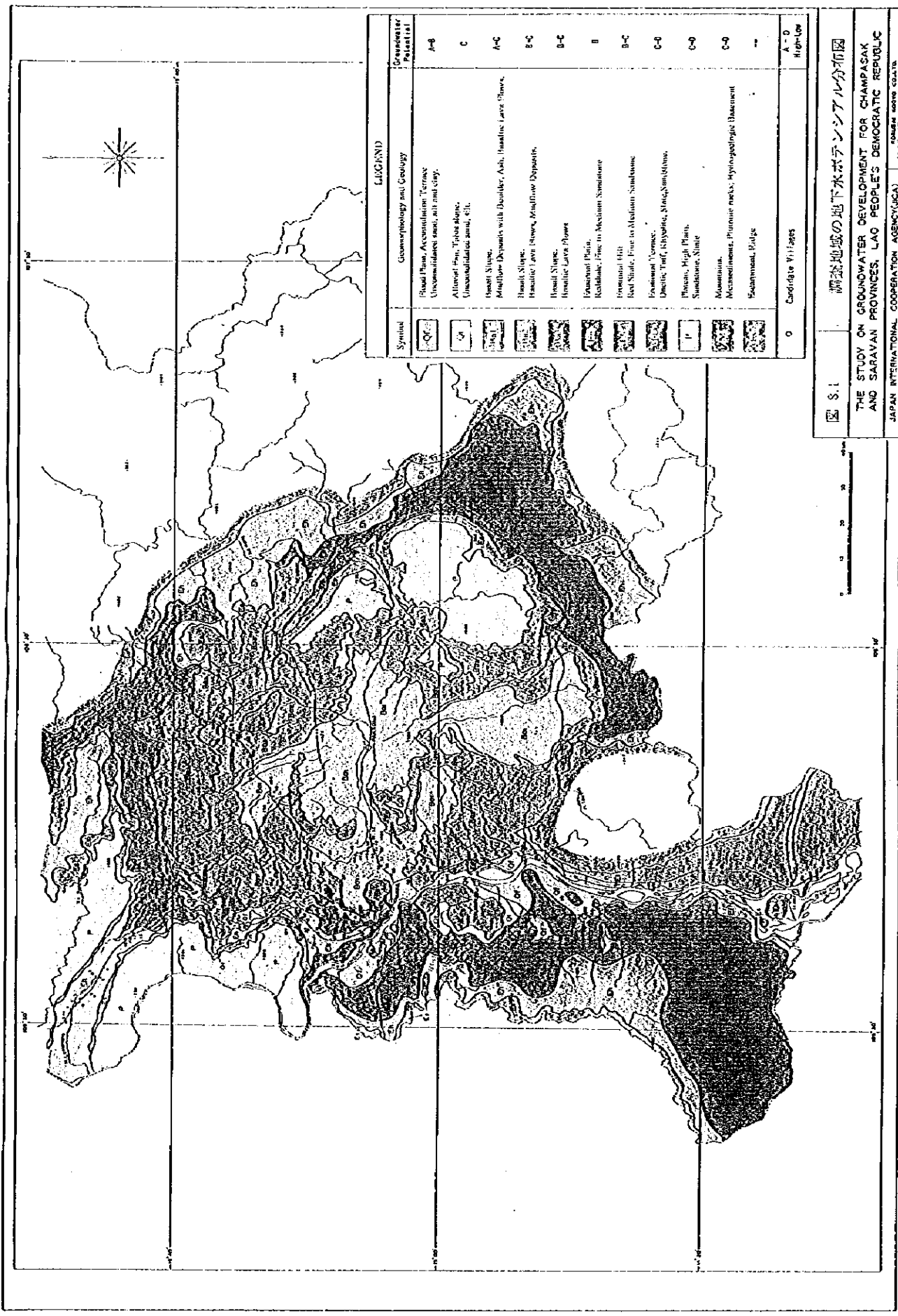
Types of Hydrogeologic Features		Province, district	Village Number	Test well Point
Qf	<p>Topography: Flood plain, Accumulation Terrace. Lithology: Sand, silt, clay, gravel. Geologic Time: Quaternary Aquifer: Sand, gravel. Water Depth (Dry season, G.L. \pm): 6-13m Well yield: (Test well) Q_{max} = 128 m³/day / m, Q_{max} = 133-380 m³/day (Existing well) Q_{max} = 120-166 m³/day Water Quality (Test well) PH = 7.1-7.4, EC = 376-767 μS/cm (Existing well) PH = 7.0, EC = 400-600 μS/cm Groundwater potential: A</p>	<p>Saravan (S) Lakhonepheng Khongredon Vayy Saravan Laongam Chamapasak (C)</p>	<p>18, 20, 22, 23, 24, 25, 26, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 42, 43, 44, 45, 47, 48, 49, 50</p>	<p>○</p>
Qc	<p>Topography: Alluvial fan, Talus slope. Lithology: Sand, silt, clay, Sandstone, shale. Geologic Time: Quaternary, Jurassic Aquifer: Unconsolidated sand, Jurassic sandstone. Water Depth (Dry season, G.L. \pm): 7-8m Well yield: (Test well) (Existing well) Q_{max} = 168 m³/day Water Quality (Test well) PH = —, EC = — (Existing well) PH = 7-8, EC = 160-800 μS/cm Groundwater potential: C</p>	<p>Saravan (S) Lakhonepheng Khongredon Vayy Saravan Laonfan Chamapasak (C)</p>	<p>21, 28.</p>	<p>○</p>
Qtc	<p>Topography: Accumulation terrace Lithology: Gravel, shale, sandstone Geologic Time: Tertiary, Jura-Creta Aquifer: Gravel, Sandstone Water Depth (Dry season, G.L. \pm): 7-9m Well yield: (Test well) Q_{max} = 6 m³/day / m, Q_{max} = 23 m³/day (Existing well) Q_{max} = — Water Quality (Test well) PH = 6.6, EC = 95 μS/cm (Existing well) PH = —, EC = — Groundwater potential: B</p>	<p>Saravan (S) Lakhonepheng Khongredon Vayy Saravan Laongam Chamapasak (C)</p>	<p>7, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16</p>	<p>○</p>
Ba1	<p>Topography: Basalt slope. Lithology: Mudflow deposits, loam, ash, lava flows. Geologic Time: Neogene-Quaternary Aquifer: Lava flows Water Depth (Dry season, G.L. \pm): 20-35m Well yield: (Test well) Q_{max} = 3-20 m³/day / m, Q_{max} = 20-127 m³/day (Existing well) Q_{max} = 96-2000 m³/day Water Quality (Test well) PH = 6.6-6.9, EC = 65-115 μS/cm (Existing well) PH = 7, EC = 10-100 μS/cm Groundwater potential: B-C</p>	<p>Saravan (S) Lakhonepheng Khongredon Vayy Saravan Laongam Chamapasak (C)</p>	<p>97, 98, 99, 100</p>	<p>○</p>

表 8.2 (2) 水文地質の特徴と地下水ポテンシアル

Types of Hydrogeologic Features		Province, district	Village Number
<p>Ba2 Topography: Basalt slope. Lithology: Basalt lava flows. Geologic Time: Neogene-Quaternary Aquifer: Lava flows, subvolcanic lava. Water Depth (Dry season, G.L. m): 13-24m Well yield: (Test well) Sem=1700-1900m³/day/m; Qmax=1728-3800m³/day (Existing well) Qmax=7m³/day Water Quality (Test well) pH=6.4, EC=165-220 μs/cm (Existing well) pH=5-7, EC=15-200 μs/cm Groundwater potential: A</p>		Saravan (S) Lekhophheng Khongxedon Vapy Saravan Laongam Champsasak (C) Sarasomboon Bachiang Pathoophone Sukhuma Khong 82, 85, 86, 87, 88, 89 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96 45, 44, 50, 61 62, 63, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73	
<p>Ba3 Topography: Basalt slope. Lithology: Basalt lava flow, sandstone, shale. Geologic Time: Pg-Ng basalt lava, J. sandstone. Aquifer: Basalt lava, Jurassic sandstone. Water Depth (Dry season, G.L. m): 4-12m Well yield: (Test well) Sem=147m³/day/m; Qmax=257m³/day (Existing well) Qmax=144-216m³/day Water Quality (Test well) pH=7.0, EC=369 μs/cm (Existing well) pH=6-7, EC=41-250 μs/cm Groundwater potential: B</p>		Saravan (S) Lekhophheng Khongxedon Vapy Saravan Laongam Champsasak (C) Sarasomboon Bachiang Pathoophone Sukhuma Khong 51, 52, 53, 54, 57, 58, 59 61, 76, 77, 79, 80, 81, 83	
<p>Ed Topography: Erosional plain Lithology: Red shale, fine to medium sandstone. Geologic Time: Jurassic Aquifer: Sandstone, sandy shale. Water Depth (Dry season, G.L. m): 7-12m Well yield: (Test well) Sem=166m³/day/m; Qmax=17-166m³/day (Existing well) Qmax=6-72m³/day Water Quality (Test well) pH=7.0-7.3, EC=47-227 μs/cm (Existing well) pH=6.5-8, EC=300-100 μs/cm Groundwater potential: B</p>		Saravan (S) Lekhophheng Khongxedon Vapy Saravan Laongam Champsasak (C) Sarasomboon Bachiang Pathoophone Sukhuma Khong 15, 16 17, 27, 36, 37, 38 39, 40, 41, 42, 54, 55 60, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 82	
<p>Eh Topography: Erosional hill Lithology: Red shale, sandstone, conglomerate. Geologic Time: Jurassic-Cretaceous Aquifer: Sandstone, conglomeratic. Water Depth (Dry season, G.L. m): 19-20m Well yield: (Test well) Sem=17.3m³/day/m; Qmax=6-73m³/day (Existing well) Qmax=14-40m³/day Water Quality (Test well) pH=6.7-7.1, EC=790-4000 μs/cm (GL=60-180m) (Existing well) pH=5-7, EC=600-1000 μs/cm Groundwater potential: B-C</p>		Saravan (S) Lekhophheng Khongxedon Vapy Saravan Laongam Champsasak (C) Sarasomboon Bachiang Pathoophone Sukhuma Khong 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14 19 2, 3, 4, 5, 6, 18, 20, 21, 27, 30, 32	

表 8.2 (3) 水文地質の特徴と地下水ポテンシアル

Types of Hydrogeologic Features		Province, district	Village Number
<p>E1, E2 Topography: Erosional terrace. Lithology: Slate, sandstone, Acidic tuff, dacite. Geologic Time: Permian-Triassic Aquifer: Fractured aquifer Water Depth (Dry season, G.L. -m): 8-17m Well yield: (Test well) 5-4, 6-36, 5m³/day/m; Qmax=32-120m³/day (Existing well) Qmax=—m³/day Water Quality (Test well) pH=6.8-7.3, EC=430-763 μs/cm (Existing well) pH=7.2-7.7, EC=300-600 μs/cm Groundwater potential: B-C</p>		<p>Saravan (S) Lakhonepheng Khongtedon Vapy Saravan Laongam Champassak (C) Saasomboon Bachiang Pathoomphone Suthuma Khong 86, 87, 88, 89, 90, 92, 94, 96, 98, 99</p>	
<p>P Topography: Plateau, High plain Lithology: Medium-coarse sandstone, mudstone. Geologic Time: Jurassic-Cretaceous Aquifer: Sandstone, Fractured. Water Depth (Dry season, G.L. -m): Deep, Shallow (parched) Well yield: low Groundwater potential: C</p>		<p>Saravan (S) Lakhonepheng Khongtedon Vapy Saravan Laongam Champassak (C) Saasomboon Bachiang Pathoomphone Suthuma Khong</p>	
<p>M Topography: Mountains Lithology: Metasediments, plutonic rocks. Geologic Time: Precambrian-Paleozoic Aquifer: Fractured aquifer, Sand in valley. Water Depth (Dry season, G.L. -m): Deep, shallow Well yield: Low Groundwater potential: C-D</p>		<p>Saravan (S) Lakhonepheng Khongtedon Vapy Saravan Laongam Champassak (C) Saasomboon Bachiang Pathoomphone Suthuma Khong</p>	



LEGEND

Symbol	Geomorphology and Geology	Groundwater Potential
	Flood Plain, Accumulation Terrace	A-B
	Unconsolidated sand, silt and clay	C
	Alluvial Fan, Tidal slope	A-C
	Unconsolidated sand, silt	B-C
	Basalt Slope	B-C
	Magmatic Deposits with Dolerite, Ash, Basaltic Lava Flows	B
	Basalt Slope	B-C
	Basaltic Lava Flows	B
	Extrusives Plateau	B-C
	Red Sandstone, Fine to Medium Sandstone	B-C
	Red Sandstone, Fine to Medium Sandstone	B-C
	Extrusives Terrace	C-D
	Diabase, Trachyte, Gabbro, Syenite, Granite	C-D
	Plateau, High Plains	C-D
	Sandstone, Slate	C-D
	Mountains	C-D
	Mesozoic rocks, Myriophyllum Basement	C-D
	Swampland, Ridge	C-D
	Candidate Villages	A-D High-Low

S. I. 調査地域の地下水ポテンシャル分布図

THE STUDY ON GROUNDWATER DEVELOPMENT FOR CHAMPASAK AND SARAVAN PROVINCES, LAO PEOPLE'S DEMOCRATIC REPUBLIC
 JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY(JICA)

CHAMPASAK PROVINCE, LAO PEOPLE'S DEMOCRATIC REPUBLIC
 CHAMPASAK PROVINCE, LAO PEOPLE'S DEMOCRATIC REPUBLIC

MAP



U.S. GEOLOGICAL SURVEY
WASHINGTON, D.C.

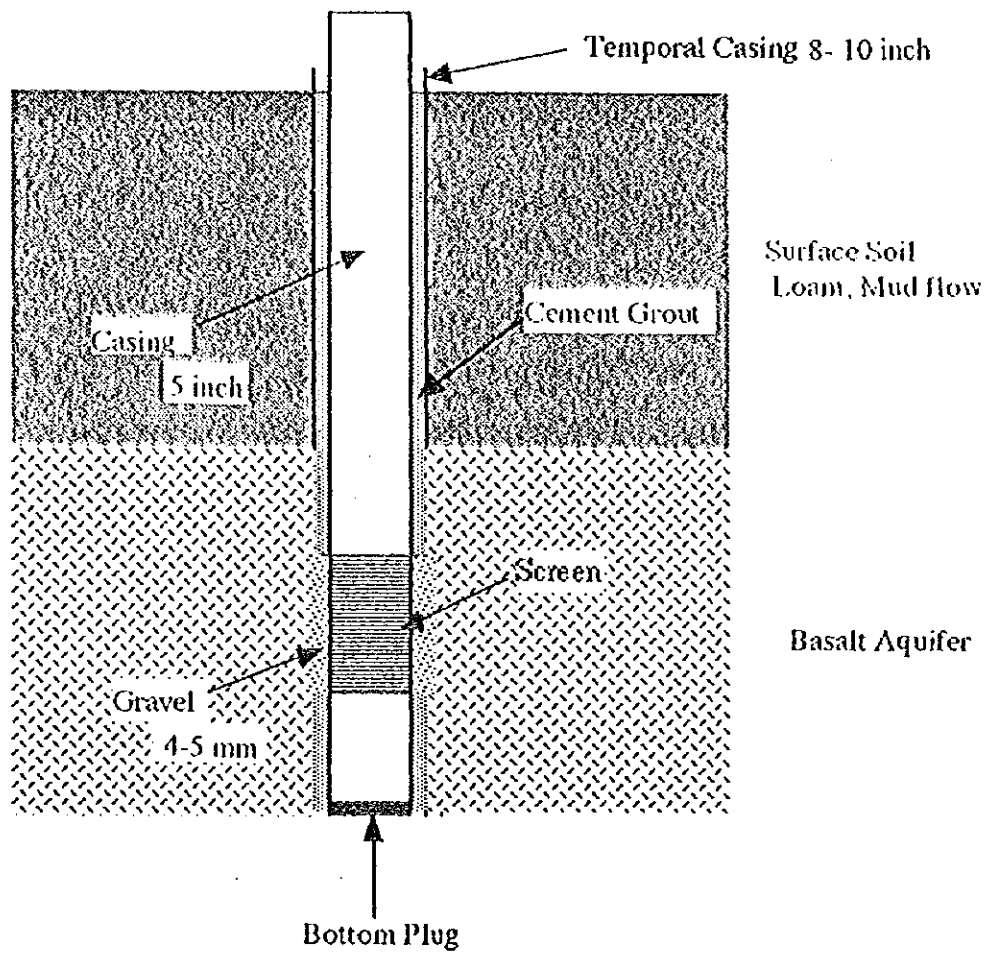


図 8.2 Ba1 地域における井戸構造案

第9章 水供給計画

地下水開発計画にもとずき西暦 2005 年を目標としたチャンパサック及びサラワン県の対象村落 200 ヶ村の水供給計画を策定した。

9.1 計画規模と設計基準

9.1.1 標準水消費量

実証給水施設での調査によれば、水消費量は 28-42 lpcd の範囲にあることから、1995 年の標準水消費量は平均値の 35 lpcd に、また 2005 年の水消費量は、生活向上分を加味して 40 lpcd に設定した。WHO によると水源までの距離と消費水量の関係を下表のように設定している。本計画ではこれを参考にして、水源までの距離を 250 m 以下とする。

水源までの距離	1,000 m 以上	5-10 lpcd
	500-1,000 m	10-15 lpcd
村落井戸まで	250 m 以上	15-25 lpcd
	250 m 以下	20-40 lpcd
公共水栓		50 lpcd

9.1.2 水需要予測

調査地域の 2005 年の人口予測によれば、200 村落の人口は 131,789 人に増加する。これに伴う水需要予測結果は表 9.1 のとおりである。

表 9.1 人口及び水需要予測一覧表

県郡	人口 1995	水需要 35 l/p/d	人口 2000	水需要 38 l/p/d	人口 2005	水需要 40 l/p/d
Champasak						
Sanasomboon	25,365	888	28,503	1,083	32,028	1,281
Bachiang	8,286	290	9,311	354	10,463	419
Pathoomphone	7,276	255	8,176	311	9,187	367
Sukhuma	4,043	142	4,543	173	5,105	204
Khong	9,585	335	10,771	409	12,103	484
小計	54,555	1,909	61,304	2,330	68,886	2,755
Saravan						
Lakhonepheng	5,939	208	6,875	261	7,959	318
Kongxedon	10,172	356	11,775	447	13,631	545
Vapy	9,366	328	10,842	412	12,551	502
Saravan	16,922	592	19,589	744	22,676	907
Lao ngam	4,542	159	5,258	200	6,086	243
小計	46,941	1,643	54,339	2,065	62,903	2,516
合計	101,496	m3/d 3,552	115,643	m3/d 4,394	131,789	m3/d 5,272

9.1.3 ハンドポンプの選定

本計画で使用するハンドポンプに必要な能力は以下のとおりである。

9.1.3 ハンドポンプの選定

本計画で使用するハンドポンプに必要な能力は以下のとおりである。

揚水量：20-30 l/min

揚程：20-30 m

操作・運転：女性・子供が容易に扱えること

維持管理：村落または地域レベルの維持管理が可能なこと

材料：腐食及び磨耗が少ないこと

ラオス国内でよく使われているハンドポンプを上記の観点から比較検討すると表9.2のとおりであり、現状ではインディア MK IIIが最善の選択である。

表9.2 ハンドポンプの比較評価

型	揚程	価格	腐食耐久性	磨耗耐久性	維持管理	評価
India M3	15-45 m	300- 400 \$	C	B	Village level	適合
Dempster	8-25 m	200-300 \$	C	B	Area mechanic	不十分
Tara	7-12 m	less than 100 \$	B	B	Village level	不十分
Lucky	2-6 m	less than 100 \$	C	C	Village level	不十分
Sankyo (Japan)	15-45 m	over 1,000	A	A	Central or Foreign	適合しない*維持管理

9.1.4 ハンドポンプ必要台数

インディア MK IIIの揚水能力は帯水層の透水量係数や地下水位によって変化するが、現地での測定によれば、実証給水施設や既存の管井に設置されているインディア MK IIIの実揚水量は、ノンパイ村を除き概ね15-20 l/minの範囲にある。そこで、計画に当たっては、平均揚水量を17.5 l/minとし、ポンプ稼働時間を8時間に設定した。従ってインディア MK III一台当たりの計画揚水量は8.4 m³/dayで、標準消費水量を35 lpcdとすると、一台当たりの給水人口は240人、40 lpcdでは210人となる。

各村落の水源地実態調査によれば、水源の大半は川、湧泉、浅井戸に依存しているが

17-19%の水源は、管井にインディア MK III、タラ、ラッキーなどのハンドポンプが設置されている(3.4.1 節参照)。計画 200 村落のポンプ必要台数はこれら既存のハンドポンプによる供給能力を考慮して、各村毎に細かく検討して決定した。またジュラ紀頁岩層が分布する Ep, Eh 地域では、帯水能が貧弱で井戸の適正揚水量が計画揚水量を下回る場合も予想されるので、これらの地域では地質条件を勘案の上必要台数を決定した(表 9.3-9.4)。

表 9.3 ハンドポンプ必要台数

県	1995 年		2005 年	
	人口	ポンプ必要台数	人口	ポンプ必要台数
チャンパサック県	53,297	159	68,886	241
サラワン県	45,588	154	62,903	244
合計	98,885	313	131,789	485

なおチャンパサック県のカンペン村にはモーターポンプ井を1台建設して隣接するノンカム村とハンガム村へ配水する計画である(次項参照)。各村落ごとの予測人口と必要ポンプ台数は表 9.4 に示す。

9.2 給水施設

給水施設はハンドポンプシステムと水中モーターポンプシステムの2種類とした。ハンドポンプシステムは管井(深井戸)、ハンドポンプ(インディア MK III)、プラットフォーム及び屋根から成る(第7章図 7.2 参照)。また水中モーターポンプシステムは管井、水中モーターポンプ、高架水槽、配水管及び共同水栓(第7章図 7.3 参照)から成る。それらの構造諸元は実証給水施設と同じである。また、各県にそれぞれに給水施設の維持管理センターの建設を計画した。

9.3 事業費

本給水計画の事業費を以下の条件で算定した。

価格設定時期：1995 年 7 月

外貨交換率：1 US\$=88.45 円=820 キップ

計画実施期間：28 ヶ月

コントラクター：ラオス国外業者による給水施設建設、資機材供給
事業費は以下のとおりである。

表 9.5 事業費

費目	金額 (1,000円)
①井戸施設建設費	1,246,837
②維持管理施設建設	88,928
③資機材供給	62,017
④設計管理費	111,823
⑤予備費	216,015
合計	1,725,620

9.4 実施組織

本計画の実施主体は保健省浄水研究所及びチャンパサック県保健部及びサラワン県保健部である。これらの機関はコンサルタントの協力を得て、本事業の実施を管理する。コンサルタントは本事業の詳細設計、入札図書準備・入札および施工管理を行う。コントラクターはコンサルタントの管理のもと給水施設・維持管理施設の建設と資機材の供給を行う。

9.5 実施スケジュール

本事業は詳細設計と施工の2段階に区分する。詳細設計では井戸掘削地点の選定から入札までを行う。これに要する期間は4ヶ月間を見込む。建設は井戸掘削から給水施設の試験運転までを含み、24ヶ月間を見込んだ(図9.1)。

9.6 維持管理計画

9.6.1 維持管理の方針

本計画では村落レベルでの維持管理が可能とされるインディア MK IIIハンドポンプを設置する。しかし、衛生・井戸管理教育の試行で明らかになったように、村落では日常点検程度の管理は可能であるが、訓練を受けた井戸世話係が育っていない現状では、軽微な故障といえども村民自身で修理することは困難である。従って本計画では各県保健部が維持管理センターを設立し、そこに移動メンテナンスチームを置いて、チームが定期的に巡回してポンプの保守点検を行うとともに軽微な故障を修理する。また、水中モーターポンプ及びハンドポンプの重故障は維持管理センターが実施する。これらの保守点検及び故障修理は有償とする。

9.6.2 維持管理組織

(1) 村落レベル

各村落には水利用者組合を設置する。組合長は村長とし、その下に複数の井戸世話係と会計をおく。村長の指導のもと組合員は水料金を支払うとともに、井戸周りの清掃、日常点検などを行う。井戸世話係は日常点検の他、県保健部給水課の訓練を受けスペアパーツの交換や、可能な限り軽微な故障の修理を行う。会計は水料金を徴収し保管

する。水料金は巡回メンテナンスの費用、故障修理費及びスペアパーツ代金、電気代（水中モーターポンプの場合）等に充当する。

(2) 県レベル

県保健部は給水課直属の維持管理センターを設置し、村落給水施設の維持管理に当たる。センターには常勤スタッフを置き、車両、工具、資機材を保有し、システムの重大故障に対処する。メンテナンスセンターには移動メンテナンスチームを設置し、チームは定期的に各村落を巡回する。また、村落の要請によりポンプシステムのスペアの交換、軽微な修理等を行う(図 9.2)。

9.6.3 維持管理費

維持管理費の算定結果は表 9.6 のとおりである。ハンドポンプシステムを建設した村落では年間 65,000 キップとなり、ポンプ 1 台当たり的人数 (210 人) で割ると一人当たり 26 キップ/月である。従って、一家族 (チャンバサック及びサラワン県の 1 所帯平均 6.7 人) では月額 174 キップを水料金として徴収する必要がある。また水中モーターポンプシステムは計対象の 3 村落の人口 (2,300 人) で割ると一家族では月額 112 キップである。なお、維持管理費には、村落給水施設の建設償却費は含めていないので、水中モーターポンプシステムの場合はかなり安い額になっている。

表 9.6 維持管理費一覧表 (1 台当たり年額 単位:キップ)

システム	項目	単価	数量	金額	備考
ハンドポンプ	定期点検費	10,000	2 回	20,000	年 2 回
	修繕積立費	45,000	1 式	45,000	ポンプ 6.5 年更新
	小計			65,000	年 15%
水中モーターポンプ	電気代	25	4200kw	80,000	月電力量 350kw
	修繕積立費	380,000	1 式	380,000	ポンプ 10 年更新
	小計			460,000	
維持管理センター	人件費	30,000	96	2,880,000	8人x12ヶ月=96
	電気代	25	12,000	300,000	月電力量 1000kw
	ガソリン代	250	36,000	9,000,000	10km/1 3000km
	スペアパーツ代	330,000	1式	330,000	資機材の 10%/10年
	小計			12,510,000	

表 9.4 (1) ハンドポンプ必要台数 (チャンパサック県)

Water Demand in 1995 = 35 liter/day/person, Served of 240 persons/1 Well

Water Demand in 2005 = 40 liter/day/person, Served of 210 persons/1 Well

District & Village Name	Village No.	Population			Existing H/pump 1995	Hand pump Requirement		Construction Accessibility
		1994 May	1995 T/Well	2005 Estimate		1995	2005	
Sanasomboon								
B Nakham	C.1	863		1,115	0	2	3	V.Difficult
B Ebonthal	C.2	135		174	1	1	2	Easy
B Nonsavan	C.3	615		795	2	1	2	Easy
B Nonghai	C.4	553	557	715	2	1	2	Easy
B Souvanakabli	C.5	839		1,084	0	2	3	Usual
B Nnsai	C.6	629		813	0	2	3	Usual
B Nongdou	C.7	378		489	0	2	3	Easy
B Houaxe	C.8	628	630	812	S/pump	0	1	Easy
B Pongsan	C.9	337		436	0	2	2	Easy
B Dong	C.10	311		402	0	1	2	Usual
B Hangen	C.11	354		458	0	H/tap	H/tap	Easy
B Nongkham	C.12	419		542	1	H/tap	H/tap	Easy
B Khampeng	C.13	987		1,276	3	S/pump	H/tap	Easy
B Khamngoua	C.14	256		331	0	1	2	Usual
B Nongkhen	C.15	256		331	0	1	2	Easy
B Louy	C.16	150	150	194	1	0	0	Easy
B Solo-Gnai	C.17	1,025		1,325	2	2	3	V.Difficult
B Solo-Noy	C.18	635		821	0	2	3	Difficult
B Nongphak	C.19	1,230		1,590	4	4	6	Easy
B Khamlouang	C.20	266		344	0	1	2	Difficult
B Sithouan	C.21	422		545	16	2	3	Usual
B Mouang	C.22	1,285		1,661	0	2	3	V.Difficult
B Okumouana	C.23	1,117		1,443	2	3	4	V.Difficult
B Doungkha	C.24	1,010		1,305	4	3	4	Usual
B Latsua(Nongmek)	C.25	317		410	0	1	1	V.Difficult
B Nalak	C.26	1,376		1,778	2	3	5	V.Difficult
B Dongkalong	C.27	374		483	3	2	3	Easy
B Naleng	C.28	1,696		2,192	16	2	4	Usual
B Naxou	C.29	1,398		1,807	57	2	4	Difficult
B Thangbengsivilai	C.30	310		401	11	1	1	Easy
B Nonout	C.31	293		379	1	1	2	V.Difficult
B Donphok	C.32	412		533	2	2	3	Usual
B Dus-Nua	C.33	856		1,105	1	2	3	Difficult
B Kengkeo	C.34	498		644	0	2	3	V.Difficult
B Ngoudeng	C.35	1,053		1,361	0	2	3	V.Difficult
B Pakxon	C.36	1,497		1,934	7	2	3	Usual
sub-total		24,780		32,028	138	58	90	
Bachiang Dist.								
B Nongsai	C.37	368		476	0	1	2	V.Difficult
B Bachiang	C.38	278		359	1	2	2	Easy
B Makngoo	C.39	259		335	0	1	2	Easy
B Nongbok-Noy	C.40	578		747	0	2	3	Easy
B Nongbok-Gnai	C.41	646		835	0	1	2	Difficult
B Thongkim	C.42	510		659	0	2	3	Easy
B Kenggnao	C.43	300		388	0	1	1	Usual
B Thongsala	C.44	368	383	476	1	1	2	Easy
B Mouangkhai	C.45	394		509	0	2	3	Easy
B Pakxay	C.46	270		349	0	2	2	Easy
B Oudomsouk	C.47	256		331	0	1	2	Easy
B Phasouan	C.48	157		203	0	1	1	Easy
B Lak-21	C.49	567	562	732	1	1	2	Usual
B Phin	C.50	467		603	0	2	3	Easy
B Lak-23	C.51	391		505	0	2	3	Easy
B Lak-25	C.52	379		490	0	1	2	Easy
B Nongkhamkhae	C.53	117		151	0	1	1	Easy
B Soukxo	C.54	136		176	0	1	1	Easy
B Houayten	C.55	320		414	0	1	1	Easy
B Talax(Lak 17)	C.56	195		252	0	1	1	Easy
B Nonsat	C.57	218		282	0	1	1	Easy
B Nongmak-Euk	C.58	184		238	0	1	1	Easy
B Lak-13	C.59	120		155	0	1	1	Easy
B Nonhouydon	C.60	334		432	0	2	2	Easy
B Kengno	C.61	283		366	0	1	2	Easy
sub-total		8,095	945	10,463	3	33	46	

表 9.4 (2) ハンドポンプ必要台数 (チャンパサック県)

Pathomphone Dist.							
B Lak-19	C.62	451		583	0	2	3 Easy
B Lak-20	C.63	178		230	0	1	1 Easy
B Mophou	C.64	881		1,139	1	2	3 V.Difficult
B Lak-24	C.65	418	445	579	1	1	2 Easy
B Samnaysouk(L-25)	C.66	309		399	1	1	2 Easy
B Houakhou(L-29)	C.67	270		349	0	1	2 Usual
B Lak-31	C.68	289		374	1	1	2 Difficult
B Lak-34	C.69	256		331	0	1	2 Easy
B Khouatouay(L-36)	C.70	759		981	0	3	4 Easy
B Tomo-Nak	C.71	620		801	0	4	5 Easy
B Tao-Tai	C.72	629		813	2	2	3 Easy
B Nakham-Noy	C.73	250		323	0	1	2 Easy
B Thangbong	C.74	633		818	2	2	3 Easy
B Nongkhe	C.75	468	481	605	3	0	1 Easy
B Napbo	C.76	667		862	0	2	3 V.Difficult
sub-total		7,108	926	9,187	11	24	38
Sukhuma Dist.							
B Chikhanggo	C.77	397		513	13	2	3 Easy
B Bak	C.78	230		297	2	1	2 Usual
B Samkhanaboua	C.79	682	631	881	8	2	3 Easy
B Phonphong	C.80	726		938	24	2	3 V.Difficult
B Pako	C.81	596		770	4	2	3 V.Difficult
B Thapcham	C.82	793		1,026	29	2	3 V.Difficult
B Kouffaboun	C.83	526		680	10	2	3 V.Difficult
sub-total		3,950	631	5,105	90	13	20
Khoug Dist.							
B Doum-Tai	C.84	832		1,075	0	3	4 V.Difficult
B Keng	C.85	517		668	0	1	2 V.Difficult
B Phonseal	C.86	856		1,106	1	3	4 Easy
B Naveng	C.87	268		346	0	1	2 V.Difficult
B Maivivilai	C.88	366	300	473	1	1	2 Usual
B Nasenphan	C.89	563	595	728	2	2	3 Easy
B Nasouk(Hang)	C.90	496		641	1	1	2 V.Difficult
B Xongpuy	C.91	252		326	0	1	1 V.Difficult
B Nasomhong	C.92	657		849	0	2	3 V.Difficult
B Doung	C.93	415		536	0	1	2 Difficult
B Hataykhoum	C.94	1,150		1,486	1	3	5 Easy
B Veunkhao	C.95	502		649	0	2	3 Usual
B Phondeng	C.96	370		478	0	1	2 Easy
B Kadam	C.97	856		1,107	0	3	4 Easy
B Khinsk	C.98	780		1,008	0	3	4 Easy
B Settaolck	C.99	371		481	0	2	3 Usual
B Tapusy	C.100	113		146	0	1	1 Usual
sub-total		9,364	895	12,103	6	31	47
Chrupasak							
Total		53,297	4,734	68,886	248	159	241

Remark : T/Well = JICA Test Well, S pump = Submersible Pump.

W work = Water works, H/pump = Handpump, H tap = Hydrant tap

表 9.4 (3) ハンドポンプ必要台数 (サラワン県)

Water Demand in 1995 = 35 liter/day/person, Served of 240 persons/1 Well

Water Demand in 2005 = 40 liter/day/person, Served of 210 persons/1 Well

District & Village Name	Village No.	Population			Existing H/pump 1995	Handpump Requirement		Construction Accessibility
		1994 May	1995 T/Well	2005 Estimate		1995	2005	
Lakhonphong Dist.								
B.Nonsavang	S. 1	522		720	6	2	3	Easy
B.Nadou	S. 2	602		831	24	2	3	Easy
B.Nadoumai	S. 3	579		799	19	2	3	V.Difficult
B.Houaykape	S. 4	543	613	749	9	1	2	Easy
B.Lakhosi-Tai	S. 5	289		399	8	1	2	Easy
B.Lakhosi-Nua	S. 6	130		179	0	1	1	Easy
B.Khonsay	S. 7	134		185	1	1	1	Easy
B.Kenpakok	S. 8	366		505	3	2	3	Easy
B.Noodinxay	S. 9	456		629	1	1	2	Easy
B.Nakhandai	S.10	322		444	2	1	2	V.Difficult
B.Phoudaocheng-Noy	S.11	426		588	5	2	3	Easy
B.Nongsano	S.12	231	235	319	6	0	1	Easy
B.Phoudaocheng-Gnai	S.13	356		491	1	1	2	Easy
B.Thangberg	S.14	316		436	0	2	3	Easy
B.Boutaphan	S.15	310		428	4	1	2	Easy
B.Houaykhou	S.16	186		257	18	1	2	Easy
sub-total		5,768	848	7,959	107	21	35	
Khongxodon Dist.								
B.Napong	S.17	1,182		1,631	63	2	4	Easy
B.Vang Kan Hong	S.18	315		435	12	1	2	Easy
B.Napong-Gnai	S.19	515		711	9	1	2	Difficult
B.Khong-Noy	S.20	835		1,152	0	2	4	Easy
B.Nongsaphang	S.21	439		606	1	1	2	V.Difficult
B.Nongkoxong	S.22	346		477	0	1	2	V.Difficult
B.Nongbous	S.23	178		246	0	0	0	None Access
B.Donmuang	S.24	398	410	549	1	1	2	Easy
B.Hinxou	S.25	502		693	1	2	3	Easy
B.Thakho	S.26	121		167	0	1	1	V.Difficult
B.Khek-Houaxang	S.27	288		397	1	1	2	Usual
B.Namouang	S.28	625		862	1	2	3	Usual
B.Khamfxang-Gnai	S.29	573		791	0	2	3	Usual
B.Nonsamian	S.30	171		236	0	1	1	Easy
B.Nonghalou	S.31	152		210	0	1	1	Easy
B.Thalouang	S.32	268		370	0	1	2	Usual
B.Nongkeng	S.33	327		451	0	1	2	Usual
B.Houayxao	S.34	425		683	0	2	3	Usual
B.Hatdo	S.35	400		552	0	2	3	Difficult
B.Naladao	S.36	806		1,112	7	3	4	Easy
B.Koutamphong	S.37	418		576	0	1	2	V.Difficult
B.Kuttabong	S.38	525		724	1	2	3	Easy
sub-total		9,879	410	13,631	97	31	51	
Vapy Dist.								
B.Nongngong	S.39	466	478	643	1	1	2	Usual
B.Donkha	S.40	817		1,127	1	2	3	Difficult
B.Naxat	S.41	501		691	1	1	2	V.Difficult
B.Houaykhou	S.42	603		832	0	2	3	Difficult
B.Vapy-Nua	S.43	586		809	0	2	3	Easy
B.Vapy-Tai	S.44	571		788	0	2	3	Easy
B.Nakang	S.45	118		163	0	1	1	V.Difficult
B.Bangkha	S.46	383		528	0	1	2	Easy
B.Sephat	S.47	753		1,039	0	3	4	Easy
B.Mouang	S.48	885		1,221	0	3	5	Easy
B.Hat	S.49	469		647	0	2	3	Easy
B.Samia	S.50	893	893	1,232	1	3	5	Easy
B.Khoum-Lat	S.51	223		308	0	2	2	Easy
B.Nongpho	S.52	257		355	0	1	2	Easy
sub-total		7,525	1,371	10,383	4	26	40	

表 9.4 (4) ハンドポンプ必要台数 (サラワン県)

Saravan Dist.								
B Bungkham	S.53	1,571		2,168	0	3	6	Easy
B Nongsai	S.54	1,250		1,725	1	3	5	Easy
B Bungxai	S.55	1,691		2,333	0	4	6	Easy
B Chong	S.56	183	191	253	1	0	1	Difficult
B Phokkham	S.57	72		99	0	0	0	None Access
B Koutmaung	S.58	117		161	0	1	1	Easy
B Nongdu-Noy	S.59	90		124	0	1	1	Easy
B Dong-Nong	S.60	315		435	0	2	3	V Difficult
B May-Sivilai	S.61	131		181	0	1	1	Easy
B Nakathian	S.62	556		767	0	2	3	Usual
B Nathon	S.63	628		867	0	2	3	Difficult
B Phonphai	S.64	1,034	1,071	1,426	1	3	5	Easy
B Nakhon	S.65	115		159	0	1	1	Easy
B Nakhokhaeng	S.66	224		309	1	1	2	Easy
B Thamung-Kao	S.67	452		624	1	1	2	Difficult
B Napheng-Onai	S.68	510		704	0	2	3	Easy
B Napheng-Noy	S.69	117		161	0	1	1	Easy
B Saokai-Tai	S.70	450		621	0	2	3	Difficult
B Dan-Onai	S.71	739		1,019	0	3	4	Difficult
B Kongsim-Tai	S.72	365		504	0	1	2	V Difficult
B Nohon-Tai	S.73	212		293	0	1	2	V Difficult
B That-Noy	S.74	250		345	0	1	2	Easy
B Nakasao	S.75	717	725	989	2	2	3	Easy
B Ko	S.76	326		450	0	1	2	Usual
B Phao-Onai	S.77	884		1,219	0	3	5	Difficult
B Seung	S.78	780		1,075	0	2	3	Usual
B Thongkapok	S.79	112		155	0	1	1	Easy
B Naxai-Onai	S.80	396		546	1	2	3	Easy
B Naxai-Noy	S.81	471		650	0	2	3	Easy
B Makso	S.82	178		246	0	1	1	Difficult
B Dongko-Nua	S.83	318		439	0	2	3	Easy
B Beng	S.84	580	600	800	S/pump	0	1	Easy
B Khiangphoukhong	S.85	385		531	0	2	3	Easy
B Kadap	S.86	613		846	0	2	3	Easy
B Lavang	S.87	549		758	0	2	3	Easy
B Senvang-Noy	S.88	368		509	0	2	3	Easy
B Houakhoua	S.89	256		353	0	1	1	Easy
sub-total		18,005	2,587	24,844	8	61	94	
Lao ngam Dist.								
B Kianglat	S.90	287		396	0	1	2	Easy
B Xanum	S.91	237		327	0	1	2	Easy
B Xanumnek	S.92	171		236	0	1	1	Usual
B Baktheung	S.93	237		327	0	1	2	Usual
B Vangpouy	S.94	300		414	0	2	3	Easy
B Sangthong-Noy	S.95	125		172	0	1	1	Easy
B Sangthong-Onai	S.96	410		566	0	2	3	Easy
B Lao ngam	S.97	1,140		1,573	W/work	1	2	Usual
B Hekong	S.98	655		904	0	2	3	Usual
B Beng	S.99	411		567	0	2	3	Usual
B Houm-Tai	S.100	438	450	604	1	1	2	Easy
sub-total		4,411	450	6,086	1	15	24	
Saravan Total		45,588	5,666	62,903	217	154	244	
Ground Total in Study Area		98,885	10,400	131,789	465	313	435	

Remark : T/Well = JICA Test Well, S/pump = Submersible Pump,
W/work = Water works, H/pump = Handpump, H/tap = Hydrant tap

図 9.1 暫定的な実施スケジュール

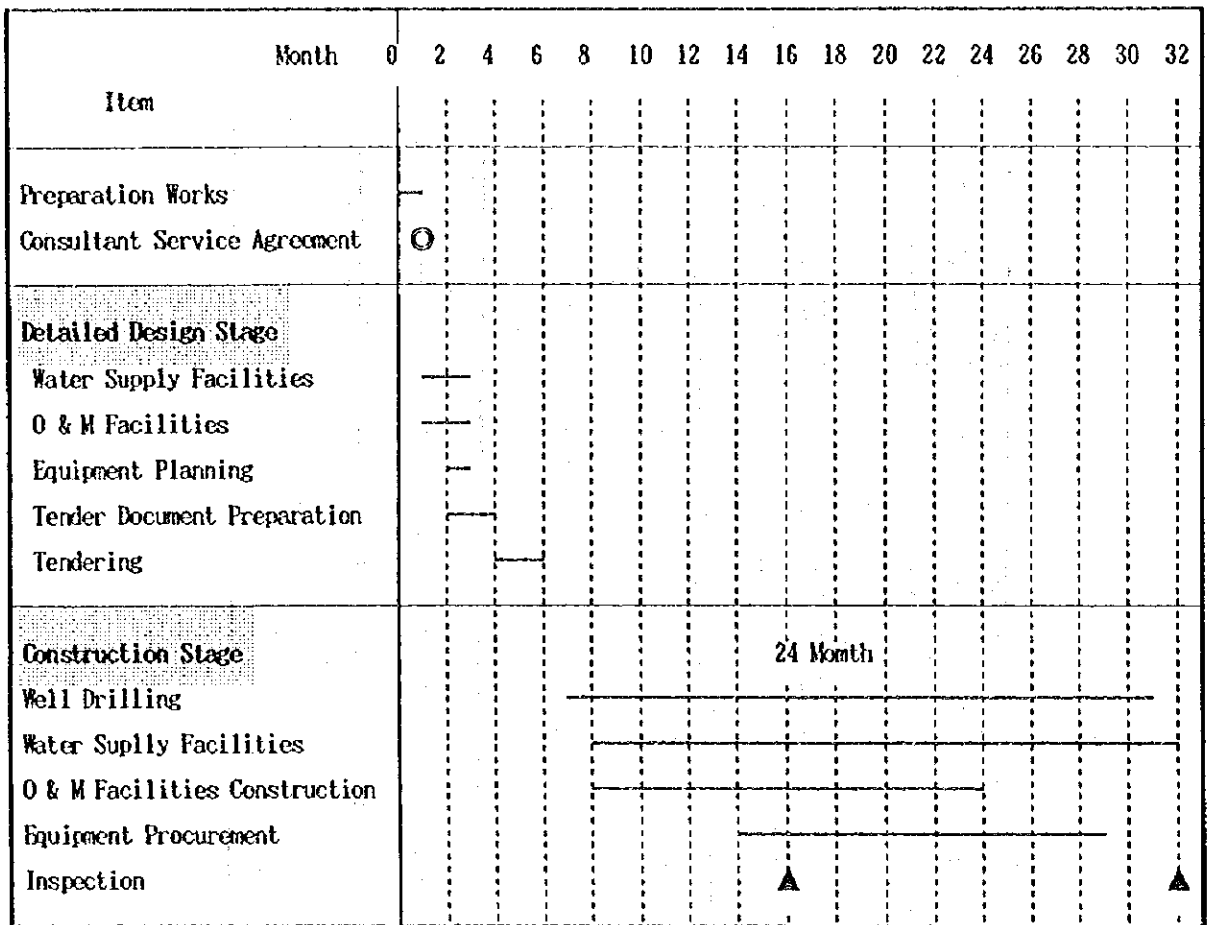
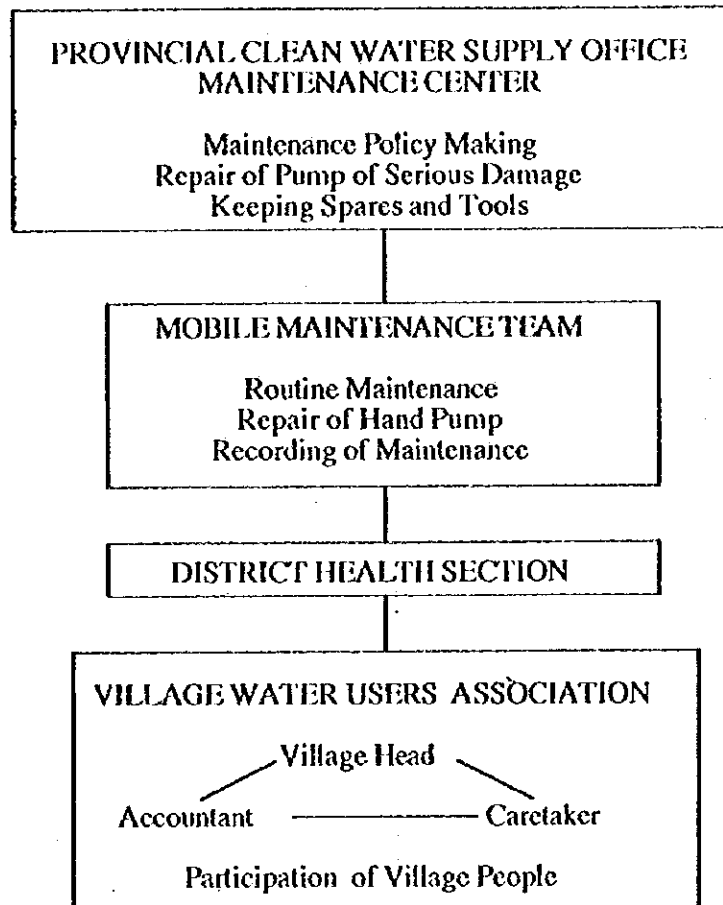


図 9.2

維持管理の方針と組織



第10章 事業評価

10.1 事業の効果

本調査で策定した水供給プロジェクトはチャンパサック県・サラワン県の2005年人口991,779人の13.3%に当たる131,789人に地下水開発による給水事業を行うものである。本プロジェクトの実施により、両県の幹線道路沿いに位置する主要200村落の給水事情は抜本的に改善され、次のような効果を与えると考えられる。

(1) 保健衛生の改善

調査地域における主な疾病はマラリアと下痢症である。特に下痢症患者は事業対象200村落人口の6.9%を占め、水源からの距離が遠いスクマ郡やラクホンペン郡の村落では12-13%を示している。本プロジェクトが実施され、清潔な飲料水が供給されると下痢症発生率は少なくとも17%以上低下でき、一人当たり4,500キップ程度の医療費節約効果がある。

(2) 水汲み時間の節約

村落では主に女性及び子供が水汲みに携わっているが、給水施設の建設により水源までの距離は近くなり、水汲み労働に費やす時間は激減する。実証給水施設における調査結果によると、水源までの距離は約1/7-1/10に、また水汲み時間は一家族平均2.78時間減少している（第7章7.5.2参照）。これは非熟練労働者の人件費869キップに相当する。

(3) 農業への水利用と活性化

給水施設建設により、飲料水だけでなく、家屋周辺にある穀物、果物、野菜畑への灌水が手直に出来るようになる。水汲み労働時間の減少によって生まれた時間は、農業活動など他の生産活動に振り向けることが出来るので、村落経済の活性化が進むことが期待できる。

(4) 維持管理の改善

本プロジェクトでは、維持管理センターを設立して、村落の水利用者組合の指導、給水施設の保守管理や修理サービスを提供する。村落住民にとっては、安定的なサポートが得られるので、意識が向上し、維持管理は確実に改善される。

10.2 財務評価

本プロジェクトの事業費は1995年価格で15,997百万キップ（約17.3億円）であるが、ラオス国の国家財政を考慮すると、事業費の大部分は外国援助に頼らざるを得ない。ラオス国でも、水供給プロジェクトの投資費用の一部は受益者により負担されることが原則である。従ってプロジェクト完了後の維持管理費用は、給水施設について

は村落水利用者組合が徴収する水料金により賄われる。水料金はハンドポンプシステムの場合1家族当たり月額174キップ、水中モーターポンプシステムの場合112キップと推定される(9.6.3節参照)。チャンパサック及びサラワン県の村落所帯の年間平均収入は187,933キップと推定されるので、水料金はハンドポンプシステムの場合収入の約2%に過ぎず、支払いは十分可能と判断される。

10.3 経済評価

プロジェクトの経済的費用は資本(投資)費用と再発性費用がある。本プロジェクトの経済的費用は井戸掘削・給水施設建設、維持管理センター建設、資機材、設計費などから成り、内貨、外貨合わせて13,591百万キップである(予備費と税金を除く)。また、再発性費用は維持管理費と施設・機具の更新費用から成り、752百万キップと算定される。従って経済的費用の合計は14,343百万キップである。一方、本プロジェクト実施による経済的便益は水汲み労働時間及び保健衛生の改善による医療費の減少を貨幣価値に換算して推定した。水汲み労働時間の便益は1997年で1,870百万キップ、毎年2.65%増加し2005年には3,762百万キップに達する。また、保健衛生改善の便益は1997年で33.3百万キップ、2005年には41.1百万キップと推定される。

以上の推定にもとずき、施設の平均耐用年数を30年として費用便益分析を行った結果は以下のとおりであり、本プロジェクトは経済的に見て実施可能と判断される。

内部収益率 (EIRR) : 20.1 %

純現在価値 (NPV) : 13,804 百万キップ

便益費用比率 (B/C) : 1.98

10.4 事業評価のまとめ

本事業はチャンパサック県・サラワン県200村落住民のBasic Human Needsを満たすのみならず、水汲み時間の節約や、保健衛生の改善など多種多様な効果が期待できる。これらは単に清潔な水が量的に十分供給されるという満足感を村民に与えるだけでなく、質的にも生活改善をもたらすと考えられる。また、これらの間接的効果として、住民の村落共同体への開発参加が増加することが期待できる。

経済的に見ると、水汲み時間節約と保健衛生の改善は大きな便益となるものと考えられ、本プロジェクトの実施可能性は高いと評価できる。しかし、ラオス国の財政状態を考慮すると資本費用は外国からの無償援助に頼らざるを得ない。従って住民の負担は施設の維持管理費に限られる。本調査で建設した実証給水施設では、住民自身による維持管理は比較的順調に行われている。維持管理センターが建設されれば、実証給水施設の運用状況から見て、水料金支払いと労働奉仕により、維持管理は永続的に実施可能と考えられる。

また、本プロジェクトにより婦人の水汲み労働時間が著しく短縮される。これにより生み出された時間は、農作業、醸造、手工芸など、女性に相応しい労働に振り向けら

生み出された時間は、農作業、醸造、手工芸など、女性に相応しい労働に振り向けられ、女性の開発参加を促進し、ひいては農村経済の活性化の原動力となることが期待できる。

第11章 環境影響評価

11.1 環境影響評価項目

無秩序な地下水開発はしばしば地下水位の経年的低下や地盤沈下、水質の悪化など環境問題を引き起こすことがある。工業用水や農業用水のための大規模な地下水開発に比べると地方給水のための地下水開発は量的にも少なく環境への影響は少ない。しかしながら、いかに小さいとはいえ人為の揚水により自然の水循環が影響を受けることも事実である。そこで、本調査では地下水開発当たって考慮すべき環境への影響について以下の3項目から評価を行った。

(1) 地下水位低下

地下水位の低下により既存井戸や湧水が影響を受け、揚水量が減少したり枯渇する場合がある。

(2) 地盤沈下

地下水位の低下に伴い、主として沖積粘土層が圧密収縮し地盤沈下を発生させる。地盤沈下は洪水災害や建物、道路、橋梁など構造物に被害を及ぼし、最終的に社会・経済活動を阻害する要因となる。

(3) 水質汚染

地下水位の低下に伴い海岸部では地下水への塩水侵入が発生することがある。また内陸部では、漏水により別の帯水層の水を引き込み水質悪化を招く例がある。

11.2 定性的評価

(1) 地下水

地下水はほとんどハンドポンプ井により揚水されるが、1井当たり揚水量は $10\text{m}^3/\text{day}$ 以下である。本プロジェクトで掘削される井戸の総揚水量もかん養量に比べると極めて少ないので地下水盆全体への影響は小さい。しかし、局所的には帯水層の性状により、浅井戸や既存の管井の地下水位が低下することも考えられるので、新設井戸の位置は既存井から十分な距離をとるべきである。

(2) 地盤沈下

水文地質調査によれば調査地域内の沖積層はメコン川とセドン川流域に狭い範囲で分布している。層厚は4-30 mで主に砂、礫、粘土の互層から成るが粘土層の層厚は極めて薄い。地盤沈下は地下水位低下量と粘土層の層厚により大きさが決まる。これらの要素を考えると、本調査地域で地盤沈下が発生する可能性は極めて少ない。

(3) 水質悪化

ジュラ紀-白亜紀のチャンパ層分布地域周辺では50m以深で高塩分濃度地下水を含む帯水層が分布する。また、玄武岩斜面のBa1地域では表層の赤褐色粘土層（ローム、泥流堆積物）が高濃度の鉄・マンガンを含む雨水を賦存する。井戸掘削に当たってはこれらの帯水層からの地下水侵入を防止する必要がある。

11.3 定量的評価

(1) 地下水盆の水収支

水収支解析結果によれば調査地域の地下水かん養量は、ジュラ紀頁岩層分布地域で210 mm/年 (575 m³/day/km²)、玄武岩斜面では500 mm/年 (1,370 m³/day/km²)と推定される。一方、本プロジェクトの地下水揚水量は5,300 m³/dayであり、自然かん養面積にして約10 km²を占めるに過ぎない。広大な調査地域面積（山地を含め26,000 km²）を考えると、水循環（地下水流出）に与える影響はほとんど無視できるほど小さい。

(2) 井戸の水位降下量と影響半径

井戸の揚水に伴い地下水位は井戸を中心に円錐状に低下していく。この地下水位低下円錐の半径を影響半径と呼ぶ。すでに定性的評価において述べたように、局所的には新設井戸の揚水に伴い、周辺の既存井戸が影響を受けることがある。この点について評価するため、各水文地質单元毎に計画揚水量を汲み上げたときの理論的水位降下量と影響半径を計算した。

水位降下量と影響半径の大きさは帯水層の透水量係数と貯留係数、揚水量、揚水時間に依存する。ジュラ紀頁岩層分布地域の影響半径は27.7 m、玄武岩斜面 (Ba2, Ba3) では166 mが得られた。新たに井戸を掘削する場合はこの影響半径を目安に、帯水層の性状や地質構造（断層、走向など）を考慮して選定する必要がある。

環境影響評価の結果は表 11.1 の一覧表に示した。

表 11.1 環境影響評価結果一覧表

影響評価項目	水文地質単元					
		Q1, Qf	Ep, Eh	Ba1	Ba2, Ba3	Et
	透水量係数 m ² /day	22.4	11	3	770	37
	貯留係数	0.05	0.05	0.1	0.2	0.05
水位降下量*(m)		0.2	0.83	1.91	0.013	0.28
影響半径(m)		27.7	25.4	12.1	166	29.5
水収支		平衡	平衡**	平衡	平衡	平衡
地下水汚染	鉄・マンガン	無	無	可能性あり	軽微な可能性	無
	Cl	無	可能性あり	無	無	無
地盤沈下		無	無	無	無	無

* 揚水量10m³/dayで12時間揚水

**地下水盆全体では平衡するが、井戸周辺では局所的に非平衡となる可能性がある

第12章 結論と勧告

12.1 結論

(1) 地下水開発

調査地域では沖積砂層、ジュラ紀層砂岩、玄武岩、三疊紀凝灰岩類の間隙や亀裂が帯水層をなし地下水を賦存している。地下水盆の持続的揚水量は、ジュラ紀層分布地域で $575 \text{ m}^3/\text{day}/\text{km}^2$ 、玄武岩斜面では $1,370 \text{ m}^3/\text{day}/\text{km}^2$ と推定される（1994-1995 水文年）。

揚水可能量は、深度 50 m 口径 6 インチの深井戸で、沖積層分布地域：90-260 l/min, ジュラ紀層分布地域：6-115 l/min, 玄武岩斜面 Ba1 地域：14-88 l/min, Ba2 地域：1,200-1,800 l/min, Ba3 地域：185 l/min、三疊紀層分布地域：22-90 l/min と推定される。

(2) 水供給計画

計画対象 200 村落への水供給は、地下水ポテンシャルから見て、地下水開発により実施することが可能である。水供給計画は、西暦 2005 年における給水人口 131,789 人に対して一人当たり 40 リットルを供給することを目標とし、ハンドポンプ付き深井戸給水施設 485 箇所及びモーターポンプ付き深井戸給水施設 1 箇所を建設するもので、計画の実施に必要な事業費は 1,726 百万円が見込まれる。

(3) 事業評価

本事業の実施により、村落住民の健康及び環境衛生の改善と水汲み労働時間の短縮が期待できる。疾病率の低下による医療費の減少と水汲み労働時間の減少を経済的便益に換算して費用・便益分析を行った結果、本事業は実施可能と考えられる。また、本事業により開発した地下水は、菜園への灌水、家畜用水、醸造やその他の農産物へも利用でき、農村が経済的に活性化されると評価できる。

(3) 環境影響評価

本事業の実施が環境に及ぼす影響は地下水盆全体では極めて軽微である。しかし地下水開発に当たっては、既存井戸の位置に配慮するとともに、局所的に分布する高塩分濃度地下水や鉄・マンガンに富む地下水からの汚染を防止する必要がある。

12.2 勧告

(1) 事業の早期実施

本給水計画は地下水開発により、チャンパサック及びサラワン両県 200 村落の給水事情を抜本的に改善するもので、今後のラオス国における村落給水事業のモデルともな

るべき重要な事業である。清潔な飲料水の供給は、Basic Human Needsの一つとして、社会・経済発展の基盤となる村落住民の健康・衛生環境を整備するものであり、長期的に見て裨益するところが大きい。従って本事業を出来るだけ早期に実施するよう勧告する。

(2) 水文地質図の活用と調査の実施

地下水開発に当たっては、本調査により作成された水文地質図を積極的に活用することが望ましい。深井戸掘削地点は、水文地質図により基礎的な情報を得た後、地形・地質調査と物理探査を行い、既存水源の位置を考慮して選定するものとする。地下水開発の際に得られた水文地質データは記録し、本調査により作成したデータベースに入力し活用すべきである。

(3) 水質の管理

調査地域の既存水源の一部では人為的な汚染が起きている。また、調査地域の地下水には鉄・マンガン濃度がWHO基準をやや上回る例もある。現状は、直ちに人の健康に害を及ぼすレベルではないが、今後定期的に監視していくことが必要と考えられる。また、地下水開発に当たっては、基本的な項目について水質分析を行い、必要な場合はサンドフィルターなど処理施設を設置すべきである。

(4) 維持管理センター設立と運営

本計画で提案した維持管理センターは、村落住民が自分自身で給水施設の維持管理を行うことを手助けし、住民が恒久的に給水施設を利用出来るように、深井戸ポンプの保守点検修理やスペアパーツの供給サービスなどを行うものである。これが設立され、給水施設の故障が修理されるという保証が得られれば、村落住民の維持管理に関する意識は前進する。

維持管理センターは常勤スタッフを配置し、村落水利用者組合の運営を指導する。また、移動メンテナンスチームを編成して各村落を定期的に巡回し施設の保守点検や修理を有償で行うこととする。チームは保守点検、修理の機会に積極的に各村落の井戸世話係の育成と訓練を行うべきである。この際には本調査で作成した衛生・井戸管理教育テキストを活用することが望ましい。

JICA