

カンボディア国中部地下水開発計画調査 ファイナル・レポート

要約

調査対象地域位置図

通貨換算率・略号

要旨

目次

第1章	序論.....	1-1
1.1	調査の背景.....	1-1
1.2	調査の目的及び対象地域.....	1-1
1.2.1	調査の目的.....	1-1
1.2.2	調査対象地域.....	1-2
1.3	調査の範囲.....	1-2
1.3.1	調査フレーム.....	1-2
1.3.2	給水レベル.....	1-3
1.3.3	計画目標年次.....	1-3
第2章	自然環境.....	2-1
2.1	位置と面積.....	2-1
2.2	気候.....	2-1
2.3	地形・地質.....	2-1
2.4	水文.....	2-2
第3章	社会経済及び給水.....	3-1
3.1	カンボディア国の社会経済.....	3-1
3.1.1	人口及び面積.....	3-1
3.1.2	行政組織.....	3-2
3.1.3	経済の状況.....	3-2
3.2	調査対象地域の社会経済.....	3-2
3.2.1	経済活動.....	3-2
3.2.2	学校・病院.....	3-3
3.2.3	給水.....	3-3

3.2.4	道路	3-3
3.2.5	村落開発委員会 (Village Development Committee : VDC)	3-3
3.3	地方給水の現状.....	3-4
3.3.1	地方給水組織	3-4
3.3.2	地方給水予算	3-5
3.3.3	地方給水の達成度	3-5
3.3.4	地方給水 5 ヶ年計画	3-6
3.4	衛生・保健状況.....	3-7
第 4 章	地下水調査	4-1
4.1	水文地質.....	4-1
4.1.1	水文地質状況	4-1
4.1.2	水文地質単元と構造	4-1
4.1.3	帯水層の能力	4-2
4.2	地下水位.....	4-9
4.2.1	地下水一斉観測結果	4-9
4.2.2	地下水定期観測結果	4-10
4.2.3	JICA 試験井戸モニタリング結果	4-10
4.2.4	地下水位変動の特徴	4-11
4.3	地下水水質.....	4-17
4.3.1	調査の方法	4-17
4.3.2	分析室での水質分析結果	4-17
4.3.3	現場での水質測定結果	4-21
4.4	地下水資源評価.....	4-41
4.4.1	水理地質図	4-41
4.4.2	定量的評価	4-41
4.4.3	定性的評価	4-41
4.5	水収支.....	4-42
第 5 章	村落実態調査.....	5-1
5.1	対象村落の選定.....	5-1
5.1.1	要請村落	5-1
5.1.2	対象村落の選定方法	5-1
5.2	303 村落の実態調査	5-6
5.2.1	目的と調査方法	5-6

5.2.2	社会経済の状況	5-6
5.2.3	給水状況	5-9
5.2.4	ハンドポンプの維持管理	5-10
5.2.5	地下水開発に当たっての情報	5-10
5.2.6	保健衛生の状況	5-11
5.3	優先村落の実態調査	5-11
5.3.1	人口と居住形態	5-11
5.3.2	組織、公共サービス、道路等	5-12
5.3.3	経済活動	5-13
5.3.4	所帯収入	5-13
5.3.5	給水の状況	5-13
5.4	既存ハンドポンプの使用状況	5-19
5.4.1	調査目的と方法	5-19
5.4.2	調査結果	5-19
5.5	ジェンダー分析	5-21
5.5.1	カンボディア女性の概況	5-21
5.5.2	ジェンダー分析結果	5-22
第6章	住民参加プログラム	6-1
6.1	目的と実施方針	6-1
6.2	給水施設の設置	6-1
6.3	啓蒙活動	6-2
6.3.1	中央と地方レベルの活動	6-2
6.3.2	村落レベルの活動	6-2
6.4	維持管理・衛生教育	6-3
6.4.1	教育プログラム	6-3
6.4.2	教育機材	6-3
第7章	地下水開発計画	7-1
7.1	地下水開発方針	7-1
7.1.1	地下水開発可能性区分	7-1
7.1.2	地下水開発方針	7-2
7.2	目標帯水層	7-3
7.2.1	帯水層と掘削深度	7-3
7.2.2	開発規模	7-3

7.3	標準井戸設計	7-4
7.3.1	井戸深度	7-4
7.3.2	掘削工法	7-4
7.3.3	井戸仕上げ	7-4
第 8 章	給水計画	8-1
8.1	給水計画の策定方針	8-1
8.2	事業実施対象地域及び対象村落の選定	8-2
8.2.1	事業実施対象地域	8-2
8.2.2	303 実態調査村落の選別	8-2
8.2.3	事業実施対象村落の選定	8-3
8.2.4	代替水源の検討	8-3
8.3	設計基準	8-4
8.3.1	標準水消費量	8-4
8.3.2	水需要予測	8-5
8.3.3	ハンドポンプの選定	8-6
8.3.4	ハンドポンプ必要台数	8-6
8.4	給水施設	8-7
8.5	事業費	8-9
8.5.1	積算基準	8-9
8.5.2	事業費	8-9
8.6	事業実施計画	8-11
8.6.1	実施組織	8-11
8.6.2	実施スケジュール	8-11
8.7	維持管理・モニタリング計画	8-12
8.7.1	維持管理の方針	8-12
8.7.2	維持管理組織	8-12
8.7.3	維持管理費	8-13
8.7.4	モニタリング計画	8-14
8.8	運営維持管理指導及び衛生改善キャンペーン	8-15
第 9 章	衛生教育計画	9-1
9.1	住民の衛生現況	9-1
9.2	衛生教育の状況	9-1
9.2.1	学校教育	9-1

9.2.2	関連プロジェクト	9-1
9.3	衛生教育計画.....	9-2
9.3.1	必要性と効果	9-2
9.3.2	実施方針	9-2
9.3.3	実施方法	9-2
9.3.4	実施システム	9-3
第 10 章	事業評価.....	10-1
10.1	評価の観点.....	10-1
10.1.1	対象村落における受益者の増加	10-1
10.1.2	健康状態の改善	10-1
10.1.3	水汲み時間の節約	10-1
10.2	財務分析.....	10-2
10.2.1	事業費	10-2
10.2.2	維持管理費	10-2
10.3	経済評価.....	10-2
10.3.1	前提条件	10-3
10.3.2	経済的事業費	10-3
10.3.3	経済便益	10-3
10.3.4	費用便益分析	10-3
10.4	社会評価・WID	10-4
10.4.1	VDC の活用	10-4
10.4.2	衛生観念	10-4
10.4.3	WID	10-4
10.4.4	その他の配慮	10-5
10.5	組織・制度評価	10-5
10.6	初期環境評価（IEE）	10-5
第 11 章	結論と提言	11-1
11.1	結論	11-1
11.1.1	地下水開発	11-1
11.1.2	給水計画	11-2
11.1.3	事業評価	11-2
11.1.4	社会配慮・WID 及び環境影響評価	11-2
11.2	提言	11-3

11.2.1	事業の早期実施	11-3
11.2.2	衛生計画と一体化した事業推進	11-3
11.2.3	水質調査と対策及び管理	11-3
11.2.4	水を中心とした村落開発の推進	11-4

4.4 地下水資源評価

4.4.1 水理地質図

調査地域の地下水賦存状況を表すために水理地質図を作成した（メインレポート付図参照）。水理地質図には地形、地質、基盤岩深度、地下水位、帯水層定数の分布など、地下水の賦存状況を理解するための情報が表現されている。

4.4.2 定量的評価

調査対象地域を水文地質状況により地区ごとに分け、主帯水層、比湧出量、水質、地下水ポテンシャルを表 4.4.1 にまとめた。地下水のポテンシャルは調査地域東側のコンボンチャム州東部で高く、コンボンチナン州では低い。

コンボンチナン州では基盤岩の風化部や亀裂部が帯水層になるが揚水量は風化や亀裂の程度に支配され、試掘井では $3.7 \sim 63.4 \text{ m}^3/\text{day}$ であり、比湧出量も幅がある。一方この地域の沖積層の層厚は薄く、帯水層としての能力は低い。

コンボンチャム州では、コンボンチナン州と同様に沖積帯水層の能力は貧弱である。この州では鮮新 - 洪積層の砂層、礫層、玄武岩が優秀な帯水層となっており、試掘井での揚水量は数 $10 \text{ m}^3/\text{day}$ ~ 数 $100 \text{ m}^3/\text{day}$ であった。また、東部のメモット地区では玄武岩の下位に伏在する基盤岩亀裂部の湧出能力も高い。全域的に、比湧出量から見ればこの地域はさらに大きな量の揚水が可能であり、電動ポンプによる揚水も適している。

4.4.3 定性的評価

水質の現場測定及び室内分析結果から地域別、帯水層別の地下水水質は以下のように要約される。

(1) コンボンチナン州基盤岩地域

試掘井の分析結果では鉄とマンガンが WHO ガイドラインより高いものが多い。この傾向は既存の管井でも同様である。試掘井では3ヶ所でフッ素が検出された。しかしその値はガイドラインの 1.5 mg/l を 0.3 mg/l ほど上回る程度であり直ちに健康に影響を与えるものではないと判断される。

(2) コンボンチナン州及びコンボンチャム州沖積層地域

沖積層および下位の洪積層から取水する手掘り井戸と管井も鉄やマンガンが高い。また、トンレサップ川とメコン川沿いの試掘井と既存管井では 0.05 mg/l 以上の砒素が検出された。沖

積層分布地域は塩分、硝酸、アンモニア等が高く全般的に水質面から見た地下水のポテンシャルは低い。

(3) コンポンチャム州鮮新-洪積層、玄武岩地域

既存の手掘り井戸では硝酸が高い地域が認められる。メコン川沿いの地域では手掘り井戸、管井ともに鉄、マンガンがやや高いものが見られるが砒素、フッ素などは検出されず全般的に水質は良好である。また塩分濃度も低い。

4.5 水収支

本調査地域内および周辺地域の気象データを収集して水収支計算を行い、降水からの地下水かん養量を推定した。地下水かん養量の推定には、降水量や気温などの日別データが必要であるが、本調査地域内の2ヶ所の気象観測所（コンポンチナンおよびコンポンチャム）では日別データが整理されていないので、日別データが長期にわたり整理されており欠測の少ないプノンペン（ポチェントン空港）のデータを使用して地下水かん養量を算出した。

(1) 水収支の計算方法

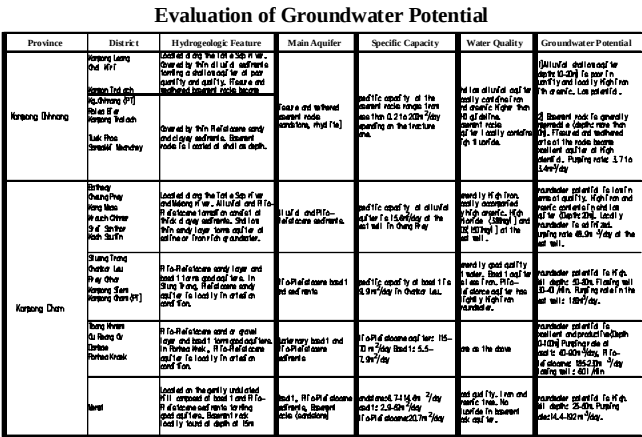
降水からの地下水かん養量の推定方法には、タンクモデル法や土壌水分保持量を考慮した水収支解析法などがあるが、本調査地域では長期にわたる不圧地下水位の観測記録がないために、土地利用や地形条件を考慮して比較的簡便に地下水かん養量できるSCS法を用いてかん養量を算出した。入力したデータは、プノンペンにおける1986年から1995年の日雨量データと月別の蒸発計による蒸発量とし、SCS法による標準曲線は本調査地域の地表部の平均的な土壌を砂質ロームと設定して計算を行った。

(2) 水収支の計算結果

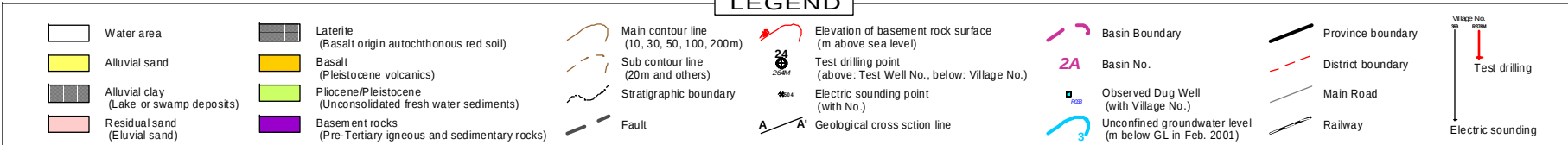
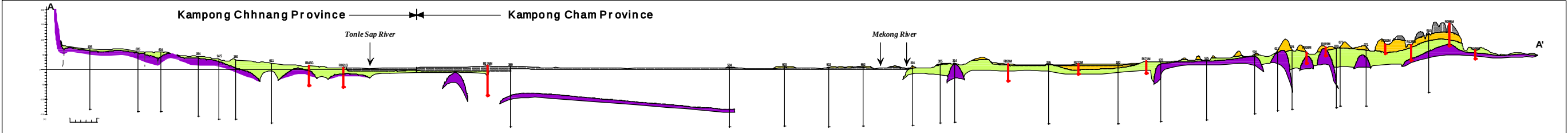
前述の10年間の日別水収支計算によると、平均の年間地下水かん養量は448mmと算出され、これは年間平均降水量の34%に相当する。これを月別にみると、乾季の12月から翌年2月までの3ヶ月間は降水からの地下水かん養は発生せず、逆に月別平均地下水かん養量の最も多い月は9月の137mmとなる。地下水かん養量の発生は、日別の降水パターンや降水強度にも左右され、月別平均降水量に対する月別平均地下水かん養量の占める割合は、3月および4月が10%程度であるのに対し、5月が約35%、6～8月が20～30%、そして9～11月が42～47%となる。

その他の水収支項目の年平均量と年平均降水量（=1316mm）に対する割合は、推定実蒸散量が511mm（38.8%）、推定実蒸発量が231mm（17.6%）、地表流出量が102mm（7.7%）、植生による損失量が22mm（1.7%）と算出される。

(コンポンチナン州及びコンポンチャム州)



GEOLOGICAL CROSS SECTION ALONG A-A' LINE



THE STUDY ON GROUNDWATER DEVELOPMENT IN CENTRAL CAMBODIA
MAY 2002
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY (JICA) MINISTRY OF RURAL DEVELOPMENT, CAMBODIA
KOKUSAI KOGYO CO., LTD.

表 4.4.1 地下水資源評価

州	地区	水文地質	主帯水層	比湧出量	水質	地下水ポテンシャル
コンポンチナン	Kampong Leng Chul Kiri Baribo Kg.Chhnang (PT) Rolea Phier Kampong Tralach	トンレサップ川沿いに分布する沖積層は水量、水質共に貧弱。基盤岩風化部と亀裂部は帯水層になる。	基盤岩亀裂部、風化部(砂岩、流紋岩等)	比湧出量 0.2 ~ 200m ² /day (亀裂の程度による)	沖積帯水層は鉄分が高く局所的にWHOガイドライン以上の砒素を含有。基盤岩帯水層はフッ素が高いことがある。	(1)沖積帯水層(深度:10-20m)は量・質ともに貧弱、局所的に鉄、砒素濃度が高い。ポテンシャルは低い。
	Tuk Phos Samaki Meanchey	薄い洪積層(砂、粘土)に覆われている。基盤岩が浅い深度に分布している。				(2) 基盤岩は一般的に不透水層(深度: 10m以上)。亀裂と風化部は優秀な帯水層になる。揚水量 3.7 ~ 63.4m ³ /day
コンポンチャム	Bateay Cheng Prey Kang Meas Kroch Chma Srei Santhor Kok Sotin	トンレサップ川、メコン川沿いの沖積層は厚い粘土層から成る。浅層の砂層は帯水層であるが塩分や鉄分濃度が高い。	沖積層・洪積層	沖積帯水層の比湧出量 15.6m ² /day(Cheng Prey試験井)	一般に鉄分が高く局所的に砒素も高い。試験井の塩分(386mg/l) TDS(1507mg/l)	水質の点でポテンシャルが低い。浅層帯水層は鉄・砒素が高い(深度20m)。局所的に高塩分。試験井の揚水量 68.9m ³ /day
	Stung Trang Chamkar Leu Prey Chhor Kampong Siem Kampong Cham (PT)	鮮新-洪積砂層、礫層及び玄武岩が帯水層となる。鮮新-洪積帯水層は局所的に自噴	鮮新-洪積層砂層、礫層、玄武岩	玄武岩の比湧出量: 49.9m ² /day (Cham Kar Leu)	一般的に水質良好。玄武岩帯水層は鉄分が少ない。鮮新-洪積帯水層は軽微な鉄を含む。	地下水ポテンシャルは高い。井戸深度: 50-80m。自噴井:30-40l/min。試験井揚水量: 180m ³ /day.
	Tbong Khmum O Reang Ov Dambe Ponhea Krek	鮮新-洪積砂層、礫層及び玄武岩が良好な帯水層となる。Ponhea Krekでは自噴。	第4紀玄武岩と鮮新-洪積層	鮮新-洪積帯水層: 115-670 m ² /day 玄武岩: 5.5-27.9m ² /day	上記と同じ	地下水ポテンシャルは高く湧出量大きい。井戸深度: 40-100m 自噴井 60l/min。玄武岩揚水量: 60-90 m ³ /day 鮮新-洪積帯水層: 185-230m ³ /day
	Memot	緩やかな丘陵・台地にあり玄武岩と鮮新-洪積層が帯水層となる。深度15m-70m以下に基盤岩が分布する。	玄武岩、鮮新-洪積層及び基盤岩(砂岩)	砂岩:6.7-114.6m ² /day 玄武岩: 2.9-52m ² /day 鮮新-洪積層:20.7m ² /day	水質良好。鉄と砒素なし。基盤岩帯水層にフッ素なし。	地下水ポテンシャルは高い。井戸深度: 25-50m 試験井揚水量: 14.4-192m ³ /day.