


カンボジア国
鉦工業エネルギー省

カンボジア国
水力開発マスタープラン調査
ファイナルレポート

平成 21 年 1 月
(2009 年)

独立行政法人
国際協力機構 (JICA)

 日本工営株式会社



独立行政法人 国際協力機構


カンボジア国鉱工業エネルギー省



カンボジア国 水力開発マスタープラン調査

ファイナルレポート

平成 21 年1月

 日本工営株式会社

免責条項：

この報告書は国際協力機構（JICA）の協力により、カンボジア国鉱工業エネルギー省（MIME）の要請に基づき作成されたものである。調査は、電力供給事業者であるEDC、電力規制機関であるEACなど、関連するすべてのカンボジア側機関との連携のもと国際協力機構（JICA）ならびに日本工営株式会社により実施された。本報告書の結論はJICAと日本工営株式会社の提案であり、必ずしもカンボジア国の機関、省庁、政府の公式意見を反映するものではない。

序 文

日本国政府は、カンボジア国政府の要請に基づき、同国水力開発マスタープラン調査を行うことを決定し、独立行政法人国際協力機構がこの調査を実施しました。

当機構は、平成 19 年 7 月から平成 20 年 12 月までの間、5 回にわたり日本工営株式会社の片山陽夫氏を団長とし、電力土木、地質、水文、送電、経済・財務、環境・社会配慮の団員から構成される調査団を現地に派遣しました。

調査団は、カンボジア国政府および鉱工業エネルギー省関係者と協議を行うとともに、現地調査を実施し、国内作業を経てここに本報告書完成の運びとなりました。

この報告書が、同国の貴重な国産エネルギー資源である水力開発の推進に寄与するとともに、両国の友好親善の一層の発展に役立つことを願うものです。

終わりに、調査にご協力とご支援を頂いた関係者各位に対し、心から感謝申し上げます。

平成 21 年 1 月

独立行政法人 国際協力機構
理 事 永塚 誠一

平成 21 年 1 月

独立行政法人 国際協力機構
理事 永塚 誠一 殿

伝 達 状

カンボジア国水力開発マスタープラン調査を終了致しましたので、ここに最終報告書を提出致します。日本工営株式会社は、貴機構との契約により平成 19 年 7 月から同 21 年 1 月まで約 19 ヶ月にわたり本調査を実施しました。

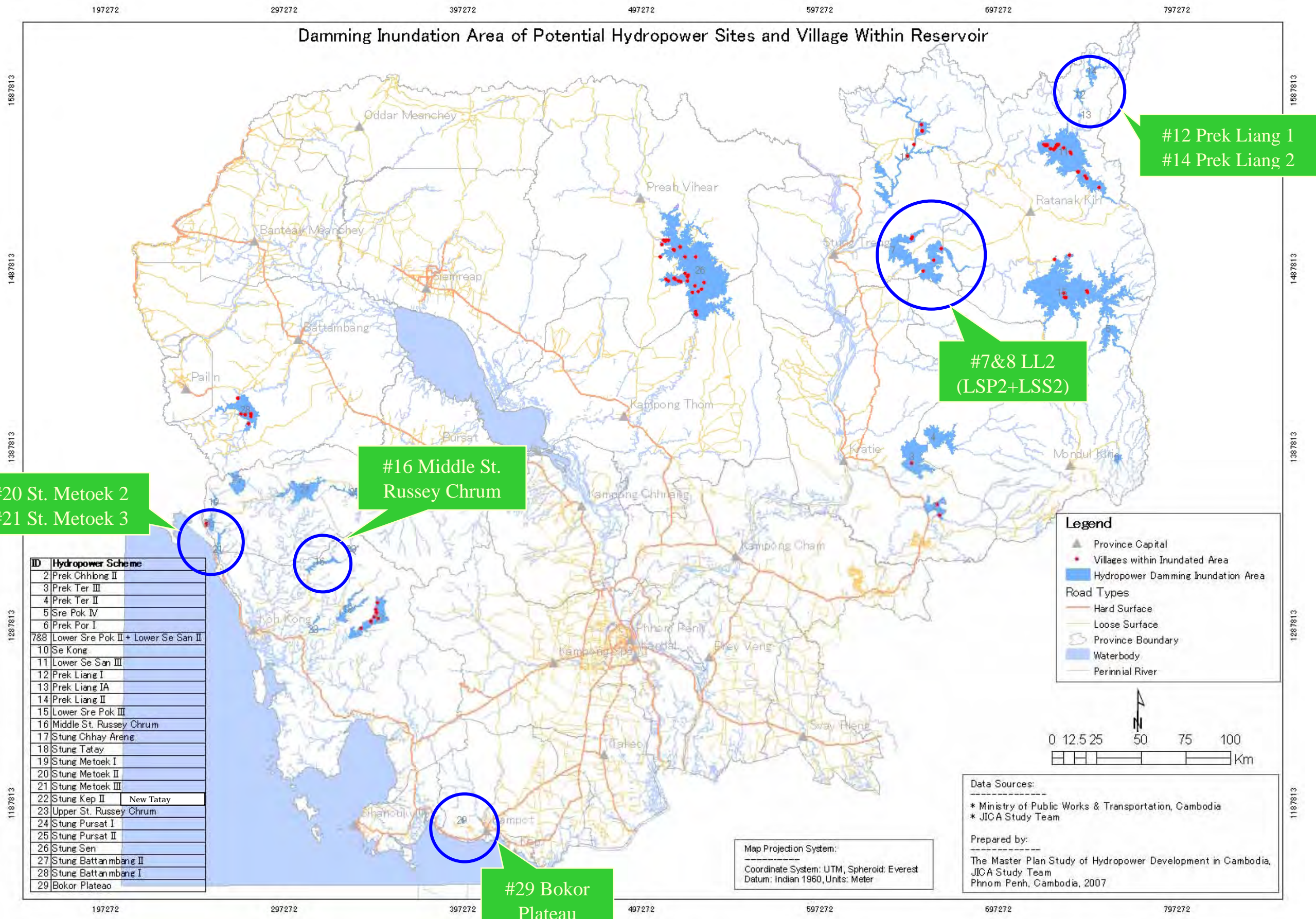
本調査では、平成 19 年 1 月に締結された事前調査団議事録（Minutes of Meeting）、ならびに同年 4 月に締結された Scope of Works に基づき、カンボジア国全土の 29 ヶ所の水力計画を見直し、技術・経済・環境影響の観点から計画の優先順位を評価し、2024 年までの水力開発マスタープランを策定しました。

本マスタープラン調査にあたっては、先方実施機関である鉱工業エネルギー省のカウンターパートと、河川での測水、測量、現地踏査、地質概要評価、環境社会配慮ヒアリングなどの現地調査を共同実施することにより、またカウンターパート 3 名の本邦研修を通じて技術移転に努めました。さらに本レポート作成にあたっても屋内・国内作業での分析・検討手法の紹介、すなわち流出特性の評価手法、貯水池や発電設備の計画手法、概略設計手法と積算、CDM 効果を考慮した経済・財務分析の手法、GIS を用いた環境・社会影響の分析手法、電源地域の生活水準向上と水力開発促進を支援する相互補助と社会環境基金の概念、長期電源計画の作成手法など、今後の水力開発の推進において役立つであろう様々な要素技術の紹介に努めました。

本報告書がカンボジア国の貴重な国産エネルギー資源である水力開発の推進、ならびに電力の安定供給を通じた経済社会発展の一助となることを祈念致します。

本調査期間を通じてカンボジア国鉱工業エネルギー省（MIME）、カンボジア電力庁（EAC）、カンボジア電力公社（EDC）を初めとするカンボジア国政府の関係省庁から多大なご協力とご支援を頂いたことをご報告致します。また、在カンボジア国日本国大使館、貴機構本部、同カンボジア事務所・専門家の皆様より貴重なご助言とご協力を賜りましたことに厚く御礼申し上げます。

カンボジア国
水力開発マスタープラン調査団
総括 片山 陽夫



水カマスタープランの7計画の位置図



(踏査 1 日目) Prek Liang 川を遡上する MIME, JICA 合同調査団



(踏査 1 日目) 乾季のため水深が浅く、場所によっては舟を押ししていく。



(踏査 2 日目) Prek Liang 川左岸を上流へ向けて踏査



(踏査 2 日目) Prek Liang 計画ダムサイト地点への途中にある滝 (落差 6~7m)



(踏査 3 日目) Prek Liang 1 ダムサイト付近の河床の様子 (下流側より)



(踏査 4 日目) Prek Liang 1 の放水路下流地点にて流量観測を実施。MIME カウンタパートスタッフへの技術移転を兼ねて実施。

北東部水力計画 Prek Liang サイト視察の様子 (2008 年 2 月 2 日~6 日)



Koh Kong 市内から車で約 1 時間北東へ。ここでバイクに分乗、荷物を振り分け、サイトへ向かう。



木材切り出し・運搬用に整備された道路であるが、雨季の洪水により道路が分断され、路床下の排水管がむき出しになっている。



乾季でも草木が生い茂り、バイクでやっと通れるほどの道幅。



倒木も数箇所あり、バイクを降りてチーム全員でバイクを引き出す。



Russey Chrum 川へ降りていく途中の道。風化岩の露頭がみられる。



Russey Chrum 川における MIME カウンタパートスタッフによる流量観測風景

南西部水力計画 Middle Stung Russey Chrum サイト視察の様子 (その 1)
(2008 年 2 月 21 日 ~ 25 日)

	
<p>Middle Stung Russey Chrum (MSRC) 水力計画のダム地点付近の河床の様子。</p>	<p>ダム計画地点における地質調査の様子。砂岩の堆積岩で、コンクリートダム基礎としても十分な強度が期待できる。</p>
	
<p>MSRC 計画上流部の道を進む。上流部に存在した集落は廃村となった模様で、人の行き来できる道は確認できなかった。</p>	<p>MSRC 計画上流部で見つけたアミメニシキヘビ</p>

南西部水力計画 Middle Stung Russey Chrum サイト視察の様子 (その2)
(2008年2月21日~25日)

	
<p>飛行前の準備の様子</p>	<p>パラグライダーによる飛行の様子</p>

パラグライダーを使った計画サイトの鳥瞰写真撮影 (2008年2月20日)



Stung Metoek 2 ダム計画地点の鳥瞰写真



Stung Metoek 2 発電所計画地点の鳥瞰写真

戦略的環境アセスメント（SEA）の一環としての情報公開

戦略的環境アセスメント（SEA）の一環として、鉱工業エネルギー省（MIME）と JICA 調査団が共同でマスタープラン調査の内容紹介の準備を行い、下記 URL に公開した。

<http://www.mime.gov.kh/khmer/index.php?page=home>

Index page of the MIME web page

URL: <http://www.mime.gov.kh/khmer/index.php?page=home>



水力マスタープラン調査の概要が政府のホームページに公開されている。

目 次

第1章 結論と提言

1.1 結論	1-1
1.2 水力マスタープラン調査の概要	1-6
1.3 提言	1-30

第2章 調査の背景と目的

2.1 調査の背景	2-1
2.1.1 電力セクターの課題	2-1
2.1.2 電力政策としての水力開発	2-1
2.1.3 水力開発の課題	2-2
2.1.4 水力マスタープランの必要性	2-2
2.2 水力マスタープラン調査	2-3
2.2.1 目的	2-3
2.2.2 調査対象地域	2-3
2.2.3 カウンターパート機関	2-4
2.3 29の候補水力計画	2-5
2.4 調査の課題と対処方針	2-6
2.5 報告書の構成	2-10

第3章 電力セクター

3.1 法制度	3-1
3.1.1 電気法	3-1
3.1.2 その他の適用法と規則	3-2
3.2 組織	3-3
3.2.1 鉱工業エネルギー省(MIME)	3-3
3.2.2 カンボジア電力庁(Electricity Authority of Cambodia, EAC)	3-5
3.2.3 カンボジア電力公社(Electricite du Cambodge, EDC)	3-5
3.2.4 環境省	3-6
3.3 電力供給設備	3-6
3.3.1 一般	3-6
3.3.2 発電設備	3-7
3.3.3 送配電設備	3-7
3.4 電力需給	3-7
3.4.1 電力供給	3-8
3.4.2 負荷	3-8
3.4.3 販売電力量	3-8
3.4.4 需要家数	3-9
3.4.5 電気料金	3-9
3.5 カンボジアにおける電力需要予測	3-10
3.5.1 カンボジアにおける過去の電力需要の推移	3-10

3.5.2	カンボジアにおける需要予測のレビュー	3-11
3.6	近隣国およびカンボジアの電力需要とエネルギー資源	3-14
3.6.1	各国の人口・GDP・電力消費	3-14
3.6.2	電力需要の近隣国との比較	3-15
3.6.3	カンボジアおよび近隣国におけるエネルギー資源賦存状況	3-16
3.7	近隣国への電力輸出の可能性	3-20
3.7.1	タイ	3-20
3.7.2	ベトナム	3-24

第4章 29 候補計画の見直し

4.1	過去に実施された調査	4-1
4.1.1	過去における主な調査	4-1
4.2	29 候補のインベントリー	4-2
4.2.1	29 計画のインベントリー作成前の状況（既存情報の確認）	4-2
4.2.2	29 計画のインベントリー作成	4-5
4.2.3	現在進行中の民間資金による調査・計画	4-8
4.3	候補プロジェクトの環境代替案の予備検討	4-8
4.3.1	カンボジアにおける水力開発に不可欠な要素としてのダム	4-8
4.3.2	メコン河の本流計画	4-10
4.3.3	流域間転流計画	4-12
4.4	開発計画のレビュー	4-12
4.4.1	優先 10 計画の絞込みの方針	4-12
4.4.2	29 計画のレビュー	4-13
4.5	送電システム	4-15
4.5.1	既存の送電系統拡張計画	4-15
4.5.2	本調査のための送電系統	4-16
4.5.3	電力輸出入のための送電線	4-17
4.6	社会経済データベース	4-21
4.6.1	カンボジアの社会経済	4-21
4.6.2	プロジェクト計画地の社会経済環境レビュー	4-29
4.7	GIS データベース	4-35
4.7.1	デジタル GIS 地図範囲の収集	4-35
4.7.2	新しい地理空間データの作成	4-35
4.7.3	ダム建設による水没計画地域の計算法	4-38
4.7.4	水力発電プロジェクト候補地に関する社会経済・自然環境データの抽出	4-40
4.8	自然環境	4-48
4.8.1	環境法と規則	4-48
4.8.2	保護区	4-51
4.8.3	保護区に位置する水力発電計画地点	4-52
4.8.4	保護区法	4-53
4.8.5	野生動物	4-54
4.9	経済財務面から見たプロジェクトの妥当性	4-56
4.9.1	候補水力プロジェクトの経済分析	4-56

4.9.2	候補水力プロジェクトの財務分析	4-60
第5章 優先10計画の選定		
5.1	プロジェクト選択の方法	5-1
5.1.1	階層分析法（AHP）の活用	5-1
5.1.2	選定の手順	5-1
5.2	評価基準	5-3
5.2.1	評価基準の設定	5-3
5.2.2	一対比較を使った各評価指標の重み付け	5-4
5.2.3	評価基準の尺度	5-6
5.3	項目毎のプロジェクト評価	5-11
5.3.1	社会経済環境	5-11
5.3.2	事業内容（技術面）	5-13
5.4	優先10計画の選定	5-20
5.4.1	環境代替案の検討	5-20
5.4.2	26計画の優先順位付け	5-21
5.4.3	カンボジアの水力計画と水力密度	5-24
5.4.4	優先10計画（案）	5-26
第6章 優先10計画の技術検討		
6.1	既存レポートのレビュー	6-1
6.2	地形	6-1
6.2.1	現地再委託による地形図作成	6-1
6.3	水文・気象	6-4
6.3.1	カンボジアの水文気象観測システム	6-4
6.3.2	雨量および水位・流量観測所	6-4
6.3.3	優先10計画に係る既存観測所の雨量・河川流量資料	6-6
6.3.4	優先10計画近傍流域での雨量・河川流量の概況	6-10
6.3.5	流域面積	6-16
6.3.6	流域平均雨量	6-19
6.3.7	発電計画に係る流量資料の推定方法	6-21
6.3.8	南西部地域5計画の長期平均流量の推定	6-21
6.3.9	Bokor Plateau (BP) 計画の長期平均流量の推定	6-25
6.3.10	Lower Sre Pok II + Lower Se San II (LL2) 計画の長期平均流量の推定	6-28
6.3.11	PL 計画の長期平均流量の推定	6-30
6.3.12	カンボジアの流域の流出特性概観	6-32
6.3.13	洪水量	6-36
6.3.14	土砂流送	6-37
6.4	地質	6-39
6.4.1	広域地質	6-39
6.4.2	ダムサイトの地質	6-41
6.4.3	地震リスク	6-56
6.5	水力計画	6-59

6.5.1	水力計画のレイアウト、アクセス道路、および送電線	6-59
6.5.2	水力計画	6-59
6.5.3	発電計画	6-60
6.5.4	概略設計・積算	6-62
6.5.5	発電原価	6-63
6.5.6	各計画レイアウトの留意事項	6-64
6.6	優先計画実施に必要な送電線	6-67
第7章 優先計画の経済財務面の検討		
7.1	優先水力プロジェクトの経済分析	7-1
7.1.1	経済分析の主な前提条件	7-1
7.1.2	優先水力プロジェクトの経済的成本	7-1
7.1.3	優先水力プロジェクトの経済便益の算定	7-2
7.1.4	経済分析の結果	7-7
7.2	優先水力プロジェクトの財務分析	7-9
7.2.1	財務分析の主な前提条件	7-9
7.2.2	優先水力プロジェクトの財務的成本	7-9
7.2.3	優先水力プロジェクトの財務便益の算定	7-10
7.2.4	財務分析の結果	7-11
第8章 優先10計画の環境社会配慮		
8.1	社会環境配慮	8-1
8.1.1	計画地域内および周辺住民への聞き取り調査	8-1
8.1.2	聞き取り調査結果の分析	8-3
8.1.3	ファイナンシングス	8-20
8.2	自然環境配慮	8-22
8.2.1	保護区	8-23
8.2.2	森林および生物多様性	8-30
8.2.3	河川流量	8-38
8.2.4	土砂流送	8-38
第9章 カ国水力マスタープラン		
9.1	水力マスタープランの対象計画の選定	9-1
9.2	既存の電源拡充計画	9-6
9.3	水力発電拡充計画	9-8
9.3.1	序	9-8
9.3.2	水力発電所の常時出力	9-8
9.3.3	火力発電所	9-10
9.3.4	電源拡充計画の策定	9-11
9.3.5	留意事項	9-17
9.4	事業実施監理とモニタリングの課題	9-19
9.4.1	実施体制/投資と事業運営	9-19
9.4.2	環境社会配慮	9-24

9.4.3	資金調達計画	9-37
9.4.4	人材育成	9-39
9.4.5	他セクターとの協力	9-39

付属資料

付属資料-A マスタープラン計画のレイアウト

A-1	Lower Sre Pok II + Lower Se San II (LL2) 計画
A-2	Prek Liang 1 (PL1) 計画
A-3	Prek Liang 2 (PL2) 計画
A-4	Middle Stung Russey Chrum (MSRC) 計画
A-5	Stung Metoek 2 (MTK2) 計画
A-6	Stung Metoek 3 (MTK3) 計画
A-7	Bokor Plateau (BP) 計画

付属資料-B 現地再委託調査による自然環境調査結果

1.	PREK LIANG I, IA, II
2.	LOWER SE SAN, LOWER SRE POK
3.	BOKOR PLATEAU
4.	STUNG KEP II
5.	MIDDLE & UPPER STUNG RUSSEY CHRUM
6.	STUNG METOEK II, III

付属資料-C ワークショップ対応

付属資料-D その他の水力計画のレイアウト（参考）

D-1	New Tatay 計画（旧 Stung Kep 2 (KP2) 計画）
D-2	Upper Stung Russey Chrum (USRC) 計画
D-3	An example of using a part of river course for power generation in the Mekong Mainstream

付表目次

表 1.1.1	カ国の既存・実施中水力とマスタープランの候補水力	1-1
表 1.1.2	水力 MP 計画の経済性	1-2
表 1.1.3	計画貯水池の環境影響概要	1-3
表 1.1.4	MSRC 計画が LSRC 計画の乾季出力を増強	1-5
表 1.2.1	カンボジア水力ポテンシャルの地域別流出特性	1-7
表 1.2.2	既存水力計画および新規優先計画の推定水文量一覧	1-8
表 1.2.3	カンボジアの構成地質	1-9
表 1.2.4	GIS データベースにアーカイブ保管した GIS データ	1-10
表 1.2.5	水力 MP 計画貯水池予定地域の土地利用	1-14
表 1.2.6	低水力密度の計画	1-17
表 1.2.7	住民が直面している問題点	1-20
表 1.2.8	移転に対する地元住民の立場	1-20
表 1.2.9	水力 MP 計画の環境保全植林案	1-22
表 1.2.10	水力マスタープラン事業の優先順位	1-26
表 1.3.1	水力マスタープラン事業の課題	1-30
表 1.3.2	実施のための制度面の提言	1-32
表 2.3.1	計画出力 10MW 以上の水力計画地点	2-6
表 2.3.2	MIME から要請のあった追加検討地点	2-6
表 3.4.1	過去 5 年間の供給された電力量及び増加率	3-8
表 3.4.2	過去 5 年間の最大電力及び増加率	3-8
表 3.4.3	過去 5 年間の販売電力量及び増加率	3-9
表 3.4.4	過去 5 年間の需要家数及び増加率	3-9
表 3.4.5	需要家グループ別平均電気料金	3-10
表 3.5.1	カンボジアの電力需要予測	3-13
表 3.6.1	カンボジアおよび近隣国の人口、GDP、電力需要	3-14
表 3.6.2	カンボジアおよび近隣諸国の電力需要および GDP の増加	3-15
表 3.6.3	カンボジアおよび近隣諸国のエネルギー資源賦存状況	3-16
表 3.6.4	5 ケ国における水力の発電量と国内の総発電量への寄与率	3-17
表 3.6.5	5 ケ国における石炭の生産量・輸出入量および発電への使用	3-18
表 3.6.6	5 ケ国における天然ガスの生産量・輸出入量および発電への使用	3-18
表 3.6.7	5 ケ国における石油の生産量・輸出入量および発電への使用	3-19
表 3.7.1	タイの電源開発での 2021 年における燃料別発電容量	3-22
表 4.1.1	過去に実施された主な調査	4-1
表 4.2.1 (1/2)	本マスタープラン調査着手時点の 29 計画の既存諸元 (その 1)	4-3
表 4.2.1 (2/2)	本マスタープラン調査着手時点の 29 計画の既存諸元 (その 2)	4-4
表 4.2.2	29 計画のインベントリー (要約)	4-5
表 4.2.3 (1/2)	29 計画のインベントリー (その 1)	4-6
表 4.2.3 (2/2)	29 計画のインベントリー (その 2)	4-7
表 4.2.4	コミットされた開発計画ならびに調査中の開発計画リスト	4-8
表 4.6.1	州別年間人口増加率 (%)	4-21
表 4.6.2	州別病院およびヘルスポスト	4-22

表 4.6.3	少数民族の人口	4-25
表 4.6.4	交通手段別の乗客と貨物の移動量	4-29
表 4.6.5	貯水池計画地域の住民	4-30
表 4.6.6	半径 40km 以内の住民	4-31
表 4.6.7	農業および漁業にかかる指標	4-32
表 4.6.8	近代文明に関する指標	4-33
表 4.6.9	社会経済インパクトの初期評価	4-34
表 4.7.1	プロジェクト GIS データベースにアーカイブ保管された GIS データのリスト	4-35
表 4.7.2	ダム建設による水没計画地域計算の要約	4-40
表 4.7.3	水力発電の貯水池候補地に関する現在の土地利用 / 土地被覆カテゴリ概要	4-43
表 4.8.1	IEIA あるいは EIA を必要とするプロジェクトのリスト	4-50
表 4.8.2	カンボジアの保護区（環境省管轄）	4-51
表 4.8.3	カンボジアにおける絶滅危惧種	4-55
表 4.9.1	候補水力プロジェクトの財務的・経済的成本	4-56
表 4.9.2	候補水力プロジェクトの経済分析結果	4-59
表 4.9.3	候補水力プロジェクトの財務分析結果	4-62
表 5.2.1	優先順位付けのための比較基準の評価要素	5-4
表 5.2.2	プロジェクトの総合評価： 評価項目毎の尺度	5-8
表 5.3.1	河川勾配と有効貯水容量に対する年間流入量の割合	5-11
表 5.3.2	治水効果に係るプロジェクト評価	5-12
表 5.3.3	第 1 次絞込みで参照した水文観測所	5-14
表 5.3.4	乾季比流量と流況特性に係るプロジェクト評価	5-16
表 5.3.5	地質条件に係るプロジェクト評価	5-19
表 5.4.1	29 候補水力計画の評価と優先 10 計画の選定	5-23
表 5.4.2	選定レベルよりも高い水力密度を有する水力開発ポテンシャル	5-24
表 5.4.3	優先 10 計画の概要	5-27
表 6.1.1	優先 10 計画に関連する既存報告書	6-1
表 6.2.1	航測図化に使用した航空写真リスト	6-2
表 6.3.1	優先 10 計画に係る雨量観測所・観測期間・平均雨量一覧	6-8
表 6.3.2	優先 10 計画に係る測水所一覧	6-9
表 6.3.3	優先 10 計画の流域面積	6-16
表 6.3.4	優先計画の流域平均雨量	6-19
表 6.3.5	各計画の長期平均流量の推定方法	6-21
表 6.3.6	南西部地域の水力計画で参照可能な流量観測所	6-21
表 6.3.7	TEPSCO HGS の長期平均流量と乾季流量の推定	6-23
表 6.3.8	南西部地域の 5 水力計画の長期平均・乾季流量の推定	6-25
表 6.3.9	#29 BP 計画で参照可能な流量観測所	6-26
表 6.3.10	N5 測水所(Kamchay ダムサイト) の長期平均・乾季流量の推定	6-27
表 6.3.11	#29 BP 計画の長期平均・乾季流量の推定	6-27
表 6.3.12	#7&8 LL2 計画で参照可能な流量観測所	6-28
表 6.3.13	#7&8 LL2 計画の長期平均・乾季流量の推定	6-30
表 6.3.14	#12-14 PL 計画で参照可能な流量観測所	6-30
表 6.3.15	#12-14 PL 計画の平均・乾季流量の推定	6-32

表 6.3.16	カンボジア水力ポテンシャルの地域別流出特性	6-32
表 6.3.17	既存水力計画および新規優先計画の推定水文量一覧	6-33
表 6.3.18	各計画の設計洪水量規模の推定 (Creager's C = 100, 120, 140)	6-37
表 6.3.19	各河川の全浮遊物質 (Total Suspended Solid; TSS)	6-37
表 6.3.20	既往調査におけるダム堆砂量	6-38
表 6.3.21	各計画の堆砂量 (100年間)	6-38
表 6.4.1	カンボジアの構成地質	6-39
表 6.4.2	選定された 10 地点の地質ユニット	6-42
表 6.4.3	#7&8 LL2 の地質状況	6-43
表 6.4.4	#12 & 13 Prek Liang 1 & 1A の地質状況	6-44
表 6.4.5	#16 Middle St. Russey Chrum の地質状況	6-46
表 6.4.6	#20 Stung Metoek II の地質状況	6-48
表 6.4.7	#21 Stung Metoek III の地質状況	6-49
表 6.4.8	#22 St. Kep II の地質状況	6-51
表 6.4.9	#29 Bokor Plateau の地質状況	6-54
表 6.5.1	主な工事単価	6-62
表 6.5.2	各計画の発生電力量、発電原価等	6-63
表 6.5.3	優先計画の計画諸元	6-67
表 6.6.1	優先計画の送電線	6-69
表 7.1.1	優先水力プロジェクトの財務的・経済的コスト	7-2
表 7.1.2	代替火力発電所の平均発電単価算定に用いた主な指標	7-5
表 7.1.3	kW および kWh 補正係数算定に用いた指標	7-6
表 7.1.4	優先水力プロジェクトの電力便益	7-7
表 7.1.5	優先水力プロジェクトのエネルギー便益	7-7
表 7.1.6	優先水力プロジェクトの経済分析結果	7-8
表 7.2.1	水力 IPPs から EDC への売電単価	7-10
表 7.2.2	優先水力プロジェクトの財務分析結果	7-12
表 8.1.1	調査対象村落と世帯数・人口	8-3
表 8.1.2	世帯主の性別・年齢	8-4
表 8.1.3	回答者の宗教的背景	8-5
表 8.1.4	世帯主の主な職業	8-6
表 8.1.5	支出および収入 (/世帯、/人)	8-7
表 8.1.6	家計赤字の対処策	8-8
表 8.1.7	照明コスト (/月/世帯)	8-10
表 8.1.8	電気料金 (\$/月/世帯)	8-10
表 8.1.9	配電線による電化とバッテリー照明の利用状況	8-11
表 8.1.10	調査地域別の世帯電化状況	8-12
表 8.1.11	支払い意思額	8-12
表 8.1.12	飲料水	8-13
表 8.1.13	水管理費用	8-14
表 8.1.14	直面している問題点 (平均スコア)	8-16
表 8.1.15	水力ダム開発	8-18
表 8.1.16	移転についての考え	8-20

表 8.2.1	カンボジアの保護区の種類および面積	8-25
表 8.2.2	計画貯水池の保護区に属する面積	8-27
表 8.2.3	各保護区総面積に対する水没面積の割合	8-28
表 8.2.4	GIS マップ上での一次林	8-28
表 8.2.5	環境保全植林に使用可能な土地利用/土地被覆	8-29
表 8.2.6	緩衝地帯の面積	8-30
表 8.2.7	植林に利用可能な土地面積	8-30
表 8.2.8	7つの MP 事業の貯水池が保護区に属する面積	8-36
表 8.2.9	各保護区総面積に対する実施中および MP 事業の水没面積の割合	8-37
表 9.1.1	水力マスタープラン事業の優先順位	9-2
表 9.1.2	カ国の既存・実施中水力とマスタープランの候補水力	9-4
表 9.1.3	水力 MP 計画の経済性	9-5
表 9.3.1	水力発電計画の設備容量及び発生電力量	9-9
表 9.3.2	基礎需要予測に対する電源拡充計画	9-12
表 9.3.3	高需要予測に対する電源拡充計画	9-13
表 9.3.4	基礎需要予測に対する電力量バランス	9-15
表 9.3.5	高需要予測に対する電力量バランス	9-16
表 9.3.6	Kirirom I 水力発電所の運転実績	9-18
表 9.4.1	参考となる EIA ガイドライン	9-25
表 9.4.2	想定される環境影響とその軽減策	9-25
表 9.4.3	日本における魚道の設置例と諸元、特徴	9-32
表 9.4.4	民活による電源開発の長所と短所	9-38

付図目次

図 1.1.1 STUNG RUSSEY CHRUM 流域の水力計画群のプロファイル略図…………… 1-4

図 1.1.2 STUNG RUSSEY CHRUM 流域における上流貯水池による下流発電所の乾季出力増強効果…………… 1-5

図 1.2.1 カンボジアの広域地質図…………… 1-9

図 1.2.2 カンボジアの主な土地利用 / 土地被覆分布…………… 1-12

図 1.2.3 マスタープランプロジェクト選定作業の流れ…………… 1-15

図 1.2.4 世界の水力ダムの単位出力当たり水没面積と移転人数…………… 1-18

図 1.2.5 聞き取り調査の対象地域…………… 1-19

図 1.2.6 カンボジアの EDC 供給エリアのピーク需要、電力量需要の推移 (1997-2006 年) …… 1-23

図 1.2.7 代表的な日負荷曲線…………… 1-23

図 1.2.8 メイングリッドにおける電力量需要予測結果の比較 (ピーク需要) …… 1-24

図 1.2.9 評価項目別得点の内訳…………… 1-27

図 1.2.10 基礎需要予測に対する電源拡充計画…………… 1-28

図 1.2.11 高需要予測に対する電源拡充計画…………… 1-29

図 2.1.1 アジア諸国の電化率…………… 2-1

図 2.2.1 調査対象地域と候補水力計画…………… 2-3

図 2.2.2 水力マスタープラン調査の関連機関…………… 2-4

図 2.3.1 29 候補計画地点選定の流れ…………… 2-5

図 3.1.1 電力セクターの責任分担 (電気法の規定) …… 3-2

図 3.2.1 電力セクターの関連組織…………… 3-3

図 3.2.2 MIME エネルギー総局の組織図…………… 3-4

図 3.5.1 カンボジアの EDC 供給エリアのピーク需要、電力量需要の推移 (1997-2006 年) …… 3-10

図 3.5.2 メイングリッドにおける電力量需要予測結果の比較 (ピーク需要) …… 3-12

図 3.5.3 メイングリッドにおける電力量需要予測結果の比較 (増加率) …… 3-12

図 3.6.1 アジア主要国における一人あたり電力消費量および一人あたり GDP の比較…………… 3-15

図 3.6.2 2005, 2015 年におけるタイ、カンボジア、ラオス、ベトナムの電力需要…………… 3-16

図 3.6.3 カンボジアおよび近隣国の主要流域…………… 3-17

図 3.7.1 タイにおける電力需要増加率の推移および将来予測…………… 3-21

図 3.7.2 ベトナムにおける電力需要増加率の推移および予測…………… 3-24

図 3.7.3 ベトナムのメコン支流水力開発計画…………… 3-27

図 4.3.1 マスタープラン調査と戦略的環境アセスメント (SEA) …… 4-9

図 4.5.1 既存・建設中及び約束された送電線路図 (2010) …… 4-19

図 4.5.2 水力マスタープラン一次スクリーニングのための送電系統図…………… 4-20

図 4.6.1 人口密度…………… 4-24

図 4.6.2 非識字率…………… 4-24

図 4.6.3 藁葺き屋根家屋の率…………… 4-24

図 4.6.4 テレビ普及率…………… 4-24

図 4.6.5 マーケット(市場)までの所要時間…………… 4-24

図 4.6.6 車保有世帯…………… 4-24

図 4.6.7 貧困レベル…………… 4-25

図 4.6.8 少数民族の分布…………… 4-26

図 4.6.9	州別粗自給率(2004 年).....	4-27
図 4.6.10	メコン河下流地域の代表的な回遊魚の動き.....	4-28
図 4.6.11	カンボジアの道路ネットワーク.....	4-29
図 4.7.1	水力発電プロジェクト候補地で想定される、ダム建設による水没計画地域の場所と 範囲.....	4-37
図 4.7.2	ダム建設による水没計画地域の例.....	4-38
図 4.7.3	水没計画地域計算の流れ.....	4-39
図 4.7.4	水力発電プロジェクトの発電所候補地の位置と半径 40 km 以内の村落.....	4-44
図 4.7.5	水力発電プロジェクトの貯水池候補地と係る村落.....	4-45
図 4.7.6	水力発電プロジェクトの貯水池候補地の現在の土地利用 / 土地被覆の分布.....	4-46
図 4.7.7	保護区に着目した、水力発電プロジェクトの貯水池候補地の相対分布.....	4-47
図 4.8.1	EIA プロセスのフローチャート.....	4-48
図 4.9.1	候補水力プロジェクトの電力便益およびエネルギー便益.....	4-57
図 4.9.2	候補水力プロジェクトの EIRR, kW あたり建設単価, 設備容量の関係.....	4-58
図 4.9.3	候補水力プロジェクトの FIRR, kW あたり建設単価, 年間発電量の関係.....	4-61
図 5.1.1	優先順位付けのフロー概念図.....	5-2
図 5.2.1	評価基準レベル 1 (左) と評価基準レベル 2 (右).....	5-5
図 5.2.2	重み付けの結果.....	5-6
図 5.3.1	流況曲線.....	5-15
図 5.4.1	優先 10 計画の選定フロー.....	5-20
図 6.2.1	航測図化による地形図作成 ~ #29 Bokor Plateau サイトの地形図サンプル.....	6-3
図 6.3.1	カンボジアの水文気象観測所と優先計画流域の相対的位置関係.....	6-5
図 6.3.2	南西部地域の 5 水力計画と水文気象観測所位置.....	6-6
図 6.3.3	中央部山地の#29 Bokor 水力計画と水文気象観測所位置.....	6-7
図 6.3.4	北東部地域の 4 水力計画と水文気象観測所位置.....	6-7
図 6.3.5	南西部地域の平均年雨量.....	6-10
図 6.3.6	南西部地域の月雨量の平均パターン.....	6-11
図 6.3.7	南西部地域の平均年流出高.....	6-11
図 6.3.8	南西部地域の月流出高の平均パターン.....	6-12
図 6.3.9	中央部山地の平均年雨量.....	6-12
図 6.3.10	中央部山地の月雨量の平均パターン.....	6-13
図 6.3.11	中央部山地の平均年流出高.....	6-13
図 6.3.12	中央部山地の月流出高の平均パターン.....	6-14
図 6.3.13	北東部地域の平均年雨量.....	6-14
図 6.3.14	北東部地域の月雨量の平均パターン.....	6-15
図 6.3.15	北東部地域の平均年流出高.....	6-15
図 6.3.16	北東部地域の月流出高の平均パターン.....	6-16
図 6.3.17	北東部地域の 3 水力計画の流域界.....	6-17
図 6.3.18	北東部地域の#12-14 Prek Liang 流域の 2 水力計画の流域界.....	6-17
図 6.3.19	南西部地域の 5 水力計画の流域界.....	6-18
図 6.3.20	中央部山地の#29 Bokor および Kamchay 計画の流域界.....	6-18
図 6.3.21	北東部地域の 3 計画に係るティーセン分割図.....	6-19
図 6.3.22	南西部地域の 5 計画に係る等雨量線図.....	6-20

図 6.3.23	中央部山地の#29 BP 計画に係る等雨量線図	6-20
図 6.3.24	南西部地域の既存流量資料の無次元流況曲線	6-22
図 6.3.25	TEPSCO HGS 推定流量の無次元流況曲線	6-24
図 6.3.26	#29 BP 計画の関連流量資料の無次元流況曲線	6-26
図 6.3.27	Se San, Sre Pok 流域の流出特性	6-29
図 6.3.28	Se San 上流域の流出特性	6-31
図 6.3.29	モンスーン風向の季節変化	6-35
図 6.3.30	既存水力計画の設計洪水量および Creager 曲線	6-36
図 6.4.1	カンボジアの広域地質図	6-39
図 6.4.2	アジア大陸の地震分布図	6-56
図 6.4.3	東アジアの最大地震加速度	6-57
図 6.4.4	地震加速度 vs 確率年	6-58
図 6.5.1	貯水池容量曲線の例	6-59
図 6.5.2	低水位 (MOL) の算定方法	6-60
図 6.5.3	貯水池運用シミュレーション結果 (1) 流入量 (Inflow) と発電使用水量 (Qpower) の関係	6-61
図 6.5.4	貯水池運用シミュレーション結果 (2) 貯水位変化の変動状況 (満水位 325 m、低水位 290 m)	6-61
図 6.5.5	貯水池運用シミュレーション結果 (3) 24 時間連続出力の持続曲線	6-62
図 7.1.1	代替火力の発電単価比較	7-5
図 7.1.2	優先水力プロジェクトの電力便益およびエネルギー便益	7-7
図 7.1.3	優先水力プロジェクトの EIRR, kW あたり建設単価, 設備容量の関係	7-8
図 7.2.1	EDC への売電単価比較 (優先水力プロジェクトおよびその他)	7-10
図 7.2.2	優先水力プロジェクトの FIRR, kW あたり建設単価, 年間発電量の関係	7-12
図 8.1.1	聞き取り調査の対象地域	8-2
図 8.1.2	世帯規模	8-4
図 8.1.3	世帯主の教育的背景	8-5
図 8.1.4	村落毎の資産所有状況	8-9
図 8.1.5	照明コスト (/月/世帯)	8-10
図 8.1.6	電気料金	8-10
図 8.1.7	トイレの種類	8-14
図 8.1.8	ゴミ処理	8-15
図 8.1.9	生活に関する満足度	8-15
図 8.1.10	土地所有の揉め事を聞いたことがあると答えた回答者数	8-16
図 8.1.11	近代化および開発に関する考え	8-17
図 8.1.12	水力開発のオプション	8-19
図 8.2.1	保護区および優先水力計画サイトの分布	8-24
図 8.2.2	LL2 計画の緩衝地帯および植林に利用可能な土地の分布	8-30
図 8.2.3	カンボジアの主な土地利用 / 土地被覆分布	8-31
図 9.1.1	評価項目別得点の内訳	9-3
図 9.2.1	最新の電源拡充計画(マスタープラン 2006)	9-7
図 9.3.1	代表的な日負荷曲線	9-10
図 9.3.2	基礎需要予測に対する電源拡充計画	9-14

図 9.3.3	高需要予測に対する電源拡充計画	9-14
図 9.3.4	7つのMP事業の実施スケジュール、高需要予測	9-17
図 9.3.5	Kirirom I水力発電所の発電量	9-18
図 9.4.1	量水標の設置作業と観測指導	9-22
図 9.4.2	水位観測記録シートの例	9-22
図 9.4.3	移転の補償項目	9-29
図 9.4.4	世界の水力ダムの単位出力あたり水没面積と移転人数	9-31
図 9.4.5	日本における魚道設置の例	9-33
図 9.4.6	相互補助とIPP補償が必要な背景	9-36
図 9.4.7	SPCによる補償とSEFによる水源地域振興(案)	9-37

略語表

略語	英語表記	日本語表記
AAC	All-Aluminium Conductor	全アルミニウム導線
ACSR	Aluminium Conductor Steel Reinforced	鋼心アルミより線
ADB	Asian Development Bank	アジア開発銀行
AHP	Analytic Hierarchical Process	階層分析法
BOO	Build-Own-Operate	建設・所有・運営方式
BOT	Build-Operate-Transfer	建設・運営・譲渡方式
BPAMP	Biodiversity and Protected Areas Management Project	生物多様性及び保護区管理プロジェクト
CA	Concession Agreement	事業権契約
CDM	Clean Development Mechanism	京都メカニズムにおけるクリーン開発制度
CER	Certified Emission Reduction	認証排出削減量
CIR	Capacity Inflow Ratio	有効貯水容量-年流入量比
CMAA	Cambodia Mine Action and Victim Assistance Authority	カンボジア地雷対策被害者支援庁
CMAC	Cambodia Mine Action Center	カンボジア地雷対策センター
CO ₂	Carbon Dioxide	二酸化炭素
CP	Counterpart	カウンターパート
DEM	Digital Elevation Model	数値標高モデル
DIME	Department of Industry, Mines and Energy	鉱工業エネルギー省地方支局
DTM	Digital Terrain Model	数値地形モデル
DWL	Dead Water Level	死水位
EAC	Electricity Authority of Cambodia	カンボジア電力調整機関/監督規制当局
EDC	Electricite du Cambodge	カンボジア電力公社
EDL	Electricite du Laos	ラオス電力公社
EGAT	Electricity Generating Authority of Thailand	タイ発電公社
EIA	Environmental Impact Assessment	環境影響評価
EIRR	Economic Internal Rate of Return	経済的内部収益率
EL	Elevation	標高
EVN	Electricity of Viet Nam	ベトナム電力公社
F/S, FS	Feasibility Study	フィージビリティ調査
FACA	Five Aspect Comprehensive Assessment	5項目総合評価
FFI	Fauna and Flora International	国際野生生物機関
FIRR	Financial Internal Rate of Return	財務的内部収益率
FSL	Full Supply Level	満水位
GDP	Gross Domestic Product	国内総生産
GIS	Geographic Information System	地理情報システム
GMS	Greater Mekong Subregion	大メコン圏
GWh	Giga Watt hour	ギガワット時、百万キロワット時
Hh	Household	世帯数
IEE	Initial Environmental Examination	初期環境影響評価
IEIA	Initial Environmental Impact Assessment	初期環境影響評価
IPP	Independent Power Producer	独立発電事業者
JICA	Japan International Cooperation Agency	独立行政法人国際協力機構
JST	JICA Study Team	JICA 調査団
KEPCO	Korea Electric Power Corporation	韓国電力公社
kW	Kilo Watt	キロワット
kWh	Kilo Watt hour	キロワット時
LoP	Letter of Permission	許可レター

略語	英語表記	日本語表記
MAFF	Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries	農林水産省
Masl	Meter above sea level	海拔標高(m)
Mcm	Million Cubic Meter	百万立方メートル
MDB	Multi-lateral Development Bank	国際融資機関
MEF	Ministry of Economy and Finance	経済財務省
MIME	Ministry of Industry, Mines and Energy	鉱工業エネルギー省
MOE	Ministry of Environment	環境省
MOL	Minimum Operation Level	低水位
MOPWT	Ministry of Public Works and Transport	公共事業交通省
MOU	Memorandum of Understanding	覚書
MOWR AM	Ministry of Water Resources and Meteorology	水資源気象省
MP	Master Plan	マスタープラン
MRC	Mekong River Commission	メコン河委員会
MW	Mega Watt	メガワット、1,000 キロワット
NEF	New Energy Foundation	財団法人 新エネルギー財団
NGO	Non-Governmental Organization	非政府組織
NIS	National Institute of Statistics	カンボジア国家統計局
O&M	Operation and Maintenance	操業・維持管理
ODA	Official Development Assistance	政府開発援助
PA	Protected Area	環境保護区
PECC1	Power Engineering Consulting Company 1	電力技術コンサルタント会社1 (EVN 内部組織)
PF	Plant Factor	設備稼働率
PPA	Power Purchase Agreement	買電契約
PPP	Public Private Partnership	官民共同事業(本質的には PFI と同義)
Pre-FS	Pre-Feasibility Study	プレフィージビリティ調査
REE	Rural Electricity Enterprise	地方電化企業/地方電力会社
RGC	Royal Government of Cambodia	カンボジア王国政府
ROE	Return on Equity	株主資本利益率
RoR	Run-of-River	流れ込み式
S/W	Scope of Works	作業スコープ
SEA	Strategic Environmental Assessment	戦略的環境アセスメント
SPC	Special Purpose Company	特別目的会社
SS	Suspended Solid	浮遊物質
TWL	Tail Water Level	放水位
UXO	Unexploded Ordnance	不発弾
WB	World Bank	世界銀行

通貨

\$、ドル : US ドル
¢、セント : US セント

水力計画名の略語標記

No.	略語標記	計画名
1	SBR	Sambor
2	PC2	Prek Chhlong II
3	PT3	Prek Ter III
4	PT2	Prek Ter II
5	SRP4	Sre Pok IV
6	PP1	Prek Por I
7	LSP2	Lower Sre Pok II
8	LSS2	Lower Se San II
7+8	LL2	Lower Sre Pok II + Lower Se San II
9	STG	Stung Treng
10	SK	Se Kong
11	LSS3	Lower Se San III
12	PL1	Prek Liang I
13	PL1A	Prek Liang IA
14	PL2	Prek Liang II

No.	略語標記	計画名
15	LSP3	Lower Sre Pok III
16	MSRC	Middle Stung Russey Chrum
17	SCA	Stung Chhay Areng
18	STY	Stung Tatay
19	MTK1	Stung Metoek I
20	MTK2	Stung Metoek II
21	MTK3	Stung Metoek III
22	KP2	Stung Kep II /New Tatay
23	USRC	Upper Stung Russey Chrum
24	PST1	Stung Pursat I
25	PST2	Stung Pursat II
26	SEN	Stung Sen
27	BB2	Stung Battambang II
28	BB1	Stung Battambang I
29	BP	Bokor Plateau



第1章 結論と提言

1.1 結論

本水力マスタープラン調査は2007年7月から2008年11月にかけて実施し、調査対象の29ヶ所の水力計画について、技術・経済および環境社会配慮面からレビューし、必要な現地調査と机上検討により戦略的環境影響評価と優先順位付けを行い、最終的に7つの優先計画を選定した。

(1) 水力マスタープランの候補計画の選定

本水力MP調査の第1ステージで10計画を選定し、第2ステージで優先順位付け作業の結果、今後20年をカバーするカ国水力MPの候補事業として、表1.1.1に示すように、既存2水力と実施中の5水力に加えて、7つの新規計画を選定した。

表 1.1.1 カ国の既存・実施中水力とマスタープランの候補水力

優先順位	プロジェクト	州	データ出典	流域面積 (km ²)	平均流量 (m ³ /s)	有効落差 (m)	発電設備容量 (MW)	年発生電力量 (GWh)	発電設備利用率 -	備考
既存水力発電所										
-	Kirirom 1	Kampong Speu, Koh Kong	EAC	99		373.5	12.0	48	0.46	
-	O Chum	Ratanak Kiri	EAC	23		31.0	1.0	3	0.36	
小計1				122	-	-	13.0	51	0.46	
実施中の水力発電計画(本水力MPの調査検討対象から除外)										
-	Kamchay	Kampot	MIME	710	54	122.0	193.2	498	0.30	Under construction by Sinohydro, China
-	Stung Atay	Pursat	MIME	590+567	79.2+77	181+35	120.0	572	0.55	Under construction by CYC, China
-	Kirirom III	Koh Kong	MIME	105	4	271.0	18.0	73	0.47	CETIC, China, PPA under negotiation
-	Lower St. Russey Chrum (LSRC)	Koh Kong	MIME	1,020	57	103.0	338.0	1,019	0.35	CA with Michelle to build until 2015 with \$495.7 m.
-	#22 New Tatay (former Stung Kep II)	Koh Kong	CHMC	1,144	69.2	185.5	246.0	858	0.40	CA with CHMC to build until 2014 with \$540 m.
小計2				2,979	-	-	915.2	3,020	0.38	
水力マスタープランの優先計画										
1	#7&8 Lower Srepok II + Lower Sesan II (LL2)	Stung Treng	JST	48,200	1,480	25.9	420.0	1,725	0.48	Under FS by EVN, Vietnam
2	#14 Prek Liang II (PL2)	Ratanak Kiri	JST	575	19.5	150.8	54.0	198	0.42	-
3	#12 Prek Liang I (PL1)	Ratanak Kiri	JST	839	28.5	178.4	100.0	348	0.40	-
4	#29 Bokor Plateau (BP)	Kampot	JST	24.5	1.80	911.7	26.0	91	0.41	-
5	#16 Middle St. Russey Chrum (MSRC)	Koh Kong	JST	461	16.4	224.0	28.0	96	0.40	LOP on Pre-FS with KTC, Korea
6	#20 Stung Metoek II (MTK2)	Koh Kong	JST	416	17.0	88.1	25.0	86	0.40	-
7	#21 Stung Metoek III (MTK3)	Koh Kong	JST	656	27.7	55.7	26.0	90	0.40	-
小計3				51,172	-	-	679	2,634	0.45	
合計				54,272	-	-	1,607.2	5,705	0.41	

出典：調査団

#22 New Tatay 計画は 2008 年 5 月に IPP 事業としての実施契約が交わされたので、本 MP 調査では実施中の計画として扱う。7つの新規計画の総発電設備容量は、調査団の計画値によると 679 MW、総発電量は 2,634 GWh に上る。

(2) 水力マスタープラン計画の経済性

表 1.1.2 に 7 つの水力マスタープラン (MP) 候補計画の発電諸元と経済性を示す。同表には、#23 Upper St. Russey Chrum 計画も欄外に示すが、その低い経済性のためこれ以降の MP 候補計画の選定対象からは除外した。総建設費は 1,138 百万ドルの規模と推定される。7つの MP 候補計画の重み付きの平均 kW 建設費は 1,680 ドル、重み付きの平均発電原価は 7.26 セント/kWh となる。

表 1.1.2 水力 MP 計画の経済性

No.	プロジェクト	発電設備 容量 (MW)	年発生 電力量 (GWh)	CO ₂ 排出 年削減量 (1000 t-CO ₂)	総建設費 (\$ m)	kW 建設費 (\$/kW)	kWh 原価 (c/kWh)	EIRR (%)	FIRR (%)	CDM 効果を 含む EIRR (%)
1	#7&8 Lower Srepok II + Lower Sesan II (LL2)	420.0	1,725	1,127	623	1,480	4.76	18.2	16.5	-
2	#14 Prek Liang II (PL2)	54.0	198	146	70	1,300	4.64	21.7	16.8	25.3
3	#12 Prek Liang I (PL1)	100.0	348	289	162	1,620	6.13	18.2	13.1	21.6
4	#29 Bokor Plateau (BP)	26.0	91	57	55	2,120	9.19	13.4	8.6	15.7
5	#16 Middle St. Russey Chrum (MSRC)	28.0	96	66	85	3,040	11.52	10.1	6.4	-
6	#20 Stung Metoek II (MTK2)	25.0	86	60	71	2,840	10.77	10.7	7.0	-
7	#21 Stung Metoek III (MTK3)	26.0	90	64	72	2,770	10.41	11.2	7.3	-
合計/単純平均		679	2,634	1,809	1,138	2,170	8.20	14.8	10.8	20.9
重み付き平均						1,680	7.26			
8	#23 Upper St. Russey Chrum (USRC)	28.0	98	63	124	4,430	16.41	5.9	2.7	-

Note: CDM effect was provisionally accounted only for those having Power Density > 4 MW/km².

出典：調査団

この MP 候補計画は以下にまとめられるように、高い経済性を持つ。

- ① EIRR は、MP 対象の 7 計画は全て 10% 以上である。7 計画の EIRR は単純平均で 14.8% である。CDM 理事会は、水力密度（発電設備容量 ÷ 貯水池面積 (MW/km²)）が 4 MW/km² 以上の水力計画の貯水池からの CO₂ の単位発生量については、簡易式の適用を認めており、CDM 適用の可能性が高い。そこでこれらの計画については CDM 効果を見込むと、該当 3 計画の EIRR は単純平均で 20.9% と高い。したがって、経済効果から判断すると、#23 Upper St. Russey Chrum (USRC) 以外の 7 計画は実施が推奨される。
- ② 既存 IPP 契約の売電単価を参照して想定した 8.00 セント/kWh¹ に基いて評価した FIRR は、3 つの計画で 10% 以上、4 つの計画で 10% 未満である。FIRR が 6.4%-10% の 4 計画を民間が実施する場合には、8 セントを超える売電単価が必要となろう。#16 MSRC 計画は kWh 原価が 11.5 セントと高いが、カンボジアの限られたエネルギー資源量、火力発電に比した優位性 (EIRR 10.1%)、および後述の下流 Lower St. Russey Chrum (LSRC) 計画の常時電力量の増強効果を勘案すると、実施すべきである。

¹ 7.2.3 節参照

- ③ 7計画のkW建設費は平均2,170ドル、最小は#14 Prek Liang II計画の1,300ドル、最高は#16 MSRC計画の3,040ドルである。kW建設費から観ると、#16 MSRC計画は割高である。
- ④ 7計画のkWh当たりの発電原価は、単純平均で8.20セント、最低は#14 Prek Liang II計画の4.64セント、最高は#16 MSRC計画の11.52セントである。3計画は7セント未満、1計画が9セント台、3計画が10セントを超える。
- ⑤ #20 Stung Metoek IIと#21 Stung Metoek III計画は、落差が小さいため水力の単独開発では発電原価が10セント台と高目である。
- ⑥ 以上の経済的観点から#23 USRC計画はMP計画対象から外す。

(3) 貯水池計画と環境影響

貯水池による水没面積、移転世帯数、水力密度、水没農地面積、水没一次林面積を表 1.1.3 に示す²。

表 1.1.3 計画貯水池の環境影響概要

No.	Project	Source	Installed Capacity	Reservoir Surface Area	Nos. of Households	Power Density	Area of Farmland	Area of Primary Forest
			(MW)	(km ²)	(h.h.)	(MW/km ²)	(ha)	(ha)
1	#7&8 Lower Srepok II + Lower Sesan II (LL2)	PECC1	420.0	394	1,224	1.07	1,347	28,486
2	#14 Prek Liang II (PL2)	JST	54.0	9.30	0	5.81	0	1,007
3	#12 Prek Liang I (PL1)	JST	100.0	9.50	0	10.53	0	627
4	#29 Bokor Plateau (BP)	JST	26.0	3.20	0	8.13	0	111
5	#16 Middle St. Russey Chrum (MSRC)	JST	28.0	13.12	0	2.13	9	1,975
6	#20 Stung Metoek II (MTK2)	JST	25.0	14.10	168	1.77	724	1,130
7	#21 Stung Metoek III (MTK3)	JST	26.0	11.42	0	2.28	0	623
Total/Average			679.0	454.64	1,392	4.53	2,080	4,851

出典：調査団

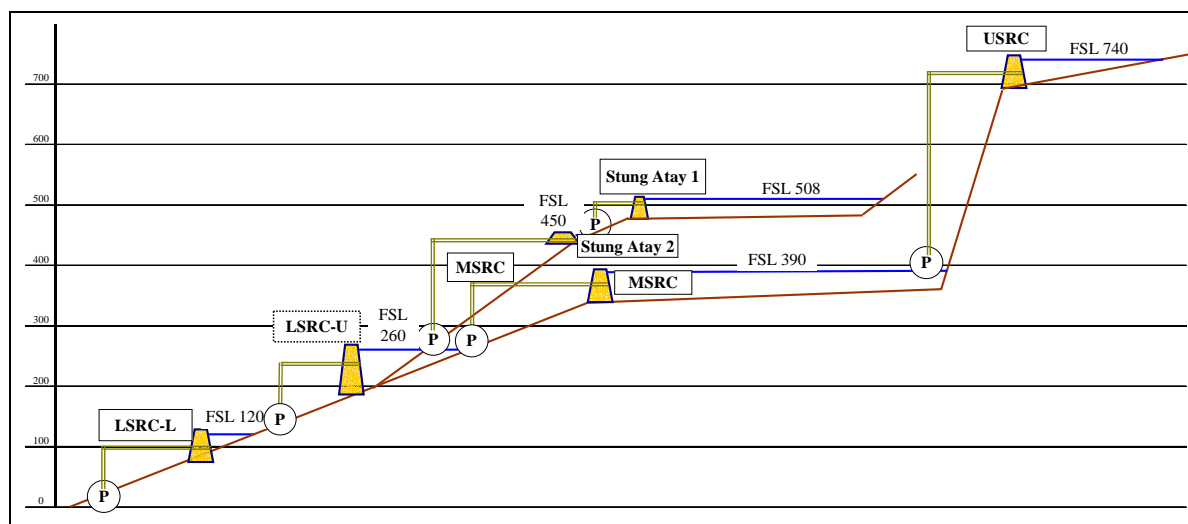
貯水池面積では、#7&8 LL2計画が394 km²に上る土地を水没させ、環境影響が最大である。他の計画は20 km²以下である。これを水没単位面積あたりの発電設備容量、すなわち水力密度の指標で見ると、#7&8 LL2計画が1.07 MW/km²ともっとも土地効率が低く、次いで#20 Stung Metoek II、#16 Middle St. Russey Chrum、#21 Stung Metoek IIIの順である。移転対象世帯と水没農地は、#7&8 LL2計画と#20 Stung Metoek II計画に限定される。一次林の水没面積では#7&8 LL2が28,486haと最大であり、#16 MSRC、#20 Stung Metoek II、#14 Prek Liang IIと続く。貯水池が自然社会環境に与える影響では、#7&8 LL2計画が突出しており、次いで#20 Stung Metoek II計画が社会的影響を持つ。他の5計画では移転は発生せず、またダムから発電所までの間の河川の減水区間には村落が位置しないので、社会的影響はほとんどないと判断される。

² 貯水池面積 = 水没農地面積 + 水没一次林面積 + 水没二次林面積 (表 1.1.3 には示されていない)

(4) 水力マスタープラン計画の特徴と課題概要

7つのMP対象計画の特徴と課題概要を以下に示す。

- ① #7&8 LL2 計画： EVN がベトナムへの輸入を目的として本計画の FS 調査を実施中である。発電原価が 5 セント未満の経済的ポテンシャルである。PECC1 の調査によると、1,224 世帯の移転が必要となり、1,347 ha の農地が水没する。EIA と移転計画の慎重な検討・作成が重要である。貯水池が 394 km²と広いが³、環境保護区にはほとんどかからない。本計画だけで MP 対象 7 計画の総電力量 2,634 GWh の 65%を発電する重要性に鑑み、本計画の電力をベトナムに輸出する場合でも、カンボジア国内で電力が不足するときには国内給電を優先する事業契約が必要である。また、本計画はベース負荷運転を基本とする。乾季にどうしても必要となる場合には計画ピーク負荷運転を行うことも考えられるが、その場合には下流に急激な水位上昇を生じないような運転上の配慮が必要である。ダムには魚道や閘門施設の設置や、稚魚放流、養殖などの検討が必要となろう。
- ② #12&14 Prek Liang 計画： 経済的な計画で、移転問題も生じないが、国立公園内に位置する。水力開発と環境保全の国益に適うバランスの観点から、環境省とゾーニングを詰めることが必要である。環境省・政府から実施が承認された場合でも、国立公園内に位置することには変わりがないので、環境保全の政府モデル事業として、また政府職員の人材育成の場として慎重に推進することが望まれる。
- ③ #16 MSRC 計画： 2008 年 5 月に Upper Scheme を含む LSRC 計画の事業契約が先行して締結されたため、図 1.1.1 に示されるように、上流側に位置する本 MSRC 計画の放水位は、原案の 120 masl から 260 masl に上昇し、落差が 140m 減少することとなった。その結果本 MSRC 計画の経済性が低下した。なお、本計画では移転は発生しないが、Cardamon 保護区内に位置する。



出典： 調査団が既存情報に基づいて編集

図 1.1.1 Stung Russey Chrum 流域の水力計画群のプロファイル略図

本計画は、発電原価が 11.5 セントと高めの方で、下流に位置する LSRC 計画の 2 つの発電所の乾季出力を顕著に増強する効果を持つ。下流 LSRC 計画は溪谷内に位置しているため貯水容

³ 調査団の GIS マップ上での計測では 355.14 km²

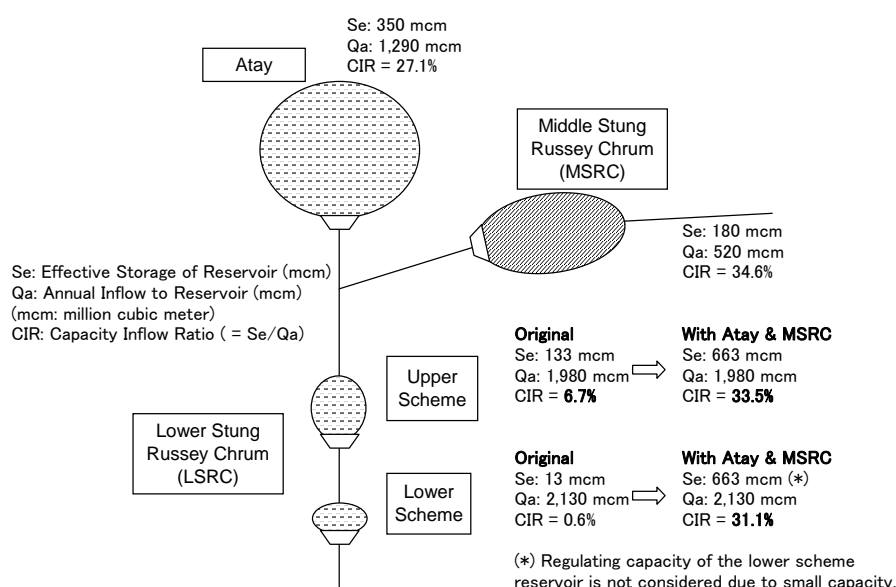
量が小さい。表 1.1.4 に示すように、LSRC 計画の有効貯水容量の年流量に対する比率（CIR）は Upper Scheme で 6.7%、Lower Scheme で 0.6%と小さい。CIR が 5%未満の計画は流れ込み式と分類され、その乾季出力は乾季流量にほぼ比例して低下する。

表 1.1.4 MSRC 計画が LSRC 計画の乾季出力を増強

No.	Items	Unit	Stung Atay	MSRC	LSRC-Upper Scheme	LSRC-Lower Scheme
1	Installed capacity	MW	120	28	174	164
2	Annual inflow	m ³ /s	41.0	16.4	62.8	67.7
3	- do -	mcm	1,290	520	1,980	2,130
4	Effective reservoir capacity	mcm	350	180	133	13
5	CIR	%	27.1%	34.6%	6.7%	0.6%
6	Storage including those of upstream reservoirs	mcm	-	-	663	663
7	CIR	%	-	-	33.5%	31.1%
8	of the CIR of LSRC Upper and Lower above, contribution of MSRC	%	-	-	9.1%	8.5%

出典：調査団

ところが、現在実施中の Stung Atay 計画に加えて本 MSRC 計画も実施することにより、LSRC のみかけの CIR を Upper Scheme で 33.5%、Lower Scheme で 31.1%まで改善することができる（表 1.1.4 および図 1.1.2 参照）。その内、MSRC の貢献分はそれぞれ 9.1%と 8.5%である。本 MP 調査で設定した南西部地域の貯水池の目標 CIR は 30%である。本 MSRC 計画を実施すると、Stung Russey Chrum 溪谷の発電所はいずれも 30%前後のみかけ CIR を持つことになる。すなわち、乾季の流量低下が顕著な南西部流域において、LSRC 水力発電所（338MW）の乾季出力を Stung Atay 計画とあいまって画期的に改善できる。したがって、本計画自体の発電原価は高めではあるが、その実施は、システムの乾季供給力を増強するための投資となるものであり、実施することを推奨する。



出典：調査団

図 1.1.2 Stung Russey Chrum 流域における上流貯水池による下流発電所の乾季出力増強効果

- ④ #20&21 Stung Metoek 計画： 上流側の#20 Stung Metoek II 計画では、168 世帯の移転が必要となり、724 ha の農地が水没する。両計画ともに Phnom Samkos 保護区内に位置する。実施には地雷除去が必要となる。MP レベルの水文検討ではあるが、両貯水池の流水調節機能により Metoek 川の乾季流量を 15.6 m³/s 程度まで増強できる。カンボジアの南西部あるいはタイの東部地域では、乾季に河川がほとんど干上がる。Metoek 川右岸の山を越えた海岸側のタイ領内には慢性的な水不足に悩んでいる地域が広がる。そのような地域の近くで、これだけの水量を年間を通じて安定して供給するポテンシャルは、水道水源として高い価値をもつ。下流側の計画である#21 Stung Metoek III の放水口標高がなお約 50 masl である。2 国間で水供給の合意がなりたてば、導水トンネルを建設してポンプなしの重力流れによりタイ側に供給することが可能である。工業団地が検討されている Koh Kong 市に一部を給水することも可能である。この水力資源を地域の電源としてみるだけでなく、カンボジアの再生可能な輸出資源として捉えることもできる。両計画を発電と水資源開発の多目的計画として位置づけ、ダム費用などを水資源開発とシェアすれば、発電原価が低下し、FIRR も改善する。貴重な国産水資源の適正管理に鑑み、本計画は政府の公共事業あるいは PPP 事業として実施することを推奨する。
- ⑤ #29 Bokor 計画： 本計画は国立公園内に位置する。本計画は、下流で建設中の Kamchay 発電所の発電量を年間 13 GWh 程度減少させるので、事業実施に際しては、Kamchay の IPP 業者と調整・補償が必要となろう⁴。また、カンボジアの Sokha グループが 2008 年 2 月に Bokor リゾートの開発権利を取得しており、本計画と開発地域の重複がある。カンボジアの貴重な水力資源であり、政府と開発事業者の間で水力開発の可能性を残すための事前調整が必要である。

1.2 水力マスタープラン調査の概要

(1) 水文

調査団は、既存レポートおよび水文資料の分析と、調査団自身による乾季流量の実測情報に基づいて、各水力計画サイトの長年平均流量、流出率、および平均流量に対する乾季流量の低下率を推定した。水力資源の賦存地域別に推定した水文特性のサマリーを表 1.2.1 に示す。水力計画サイト毎に推定した水水量を表 1.2.2 に示す。

カンボジアにおける水力資源は、Koh Kong 州を中心とする南西部流域、Kampong Speu 州にまたがる中央山地、および Ratanak Kiri-Mondul Kiri 州の北東部流域の 3 地域に存在する。この地域内で雨量観測所および水位・流量観測所が位置するのはわずかに北東部流域だけである。対象地域をカンボジア全土に拡大してみても、観測所は Tonle Sap 沿岸地域およびメコン河沿岸に集中しており、水力資源地域とは地理的に離れており、また水文気象学的にも条件が異なる。従って、これら観測所の記録を水力計画に参照することには無理が伴う。このように、水力計画に参照できる水文資料が絶対的に限られていることが、カンボジア国の水力開発の大きな課題である。

⁴ 調査団の検討によると、総発電量は 91 GWh に上るが、その一方で Kamchay 発電所で 12.8 GWh 減少する。ネットの発電量は 78.2 GWh と推定される。

表 1.2.1 カンボジア水力ポテンシャルの地域別流出特性

No.	項目	記号	単位	北東部流域	中央山地	南西部流域
1.	流域年降雨量	Ra	mm	1,800 前後	3,800-4,600	2,500-3,100
2.	年流出高	Qa	mm	900-1,100	2,350-	1,000-1,300
3.	年流出率	Ca	-	0.50-0.60	0.51-0.62	0.43 前後
4.	乾季流量／年流量比	Qd/Qa	%	15-30	0.1-0.6	0.8

出典：調査団

本 MP 調査では、全国の水力資源と雨量・流量観測所を対象として、マクロな視点から俯瞰・比較分析することにより、カンボジア国における水文特性を上表に示すように把握・整理することができた。年流出高の適切な評価は年発電量の評価に直結するものであり、ひいては売電収入と経済性評価の信頼性を左右するものである。

表 1.2.1 と 1.2.2 から、カンボジア国の水力資源について、次のような流出特性を指摘することができよう。

- ① 流域雨量は、タイ湾に面して標高 1,000 m 以上の台地が屹立している Kampot 市の北西部に位置する中央山地で 4,000 mm 前後と最も高い。次いで、タイ湾に面する Koh Kong 州周辺の南西部流域で 2,500-3,100 mm と高く、海から遠い Ratanak Kiri 州の北東部流域では 1,800 mm 前後と最も低い。タイ湾から見て Cardamon 山地の裏側にあたる Tonle Sap 湖南岸の Pursat 州では年雨量が 1,100-1,600 mm であり、海側の半分程度に低下する。
- ② 年流出高でみると、中央山地で 2,350 mm とカンボジアでは群を抜いて高い。南西部ではその半分程度の 1,000-1,300 mm、さらに北東部では 900-1,100 mm と推定される。ほぼ年雨量に比例し、年雨量の半分程度が実際に河川に流出する。
- ③ 流出率でみると、中央山地で 0.62 と高いが⁵、南西部流域では 0.43 程度と低い。これに対して北東部では、流域雨量が他地域よりも低いものにも拘わらず、流出率が比較的高く 0.50-0.60 と推定された⁶。

⁵ Bokor 計画の流出率は 0.51 と算定されるが、これは流量資料が全くなく雨量計も 1ヶ所だけのため、安全側の推定として流出高をカムチャイに等しいと仮定した結果である。カムチャイ同様に 0.6 程度に上る可能性も残る。

⁶ カンボジアの流出率は、Pursat 川流域で 27-32%、LSRC 川流域で 46-51%、タイの Huai Sato 測水所で 52%、Kirirom III 計画地点で 57%、タイの Khlong Yai 川流域で 57%で、一般的には 27-57%の範囲にある。Kamchay の流出率 0.62 は突出している。O Romis の流出率 0.76 はさらに高いが、流域雨量が過少評価されていないか確認が必要と思われる。

また、南西部 Huai Sato の比流量 (Q) は $5.29 \text{ m}^3/\text{s}/100 \text{ km}^2$ (=1,670 mm/yr) と高いが、カルダモン山地の北側に位置する隣接 Pursat 流域の $1.28 \text{ m}^3/\text{s}/100 \text{ km}^2$ (=404 mm/yr) と比べると 4 倍強の大きな差がある。その原因は、① 大略 3,000 mm と 1,400 mm の年雨量 (R) の差 (2 倍強)、② その大きな雨量差の結果、および河川勾配の差から、年流出率 (C) が 52%超の Huai Sato と 27-32%の Pursat (2 倍弱) と、これも大きな差がある。その結果、比流量は、 $Q_{SW} = R_{SW} \times C_{SW} \approx 2 R_{pr} \times 2 C_{pr} \approx 4 Q_{pr}$ と表され、約 4 倍の差が生じたものと推定される。

表 1.2.2 既存水力計画および新規優先計画の推定水流量一覧

No.	計画名/測水所名	出典	流域面積 (km ²)	年降雨 (mm)	年流出高 (mm)	年流出率	平均流量 Q _m (m ³ /s)	Q ₉₀ /乾季流量	Q ₉₀ /Q _m	備考
既存調査・計画による推定値										
1	Kamchay 計画値	EXPERCO-JST	710	3,800	2,350	0.62	52.9	0.30	0.006	FS by EXPERCO 2002, basin rain & Q ₉₀ by JST
2	Kirirom 3	CEPT	105	2,600	1,240	0.48	4.1	na	na	Fs by CEPT 2005
3	Lower Stung Russey Chrum	Tepsco	1,550	2,920	1,250	0.43	61.4	na	na	FS by TEPSCO 2006
4	Stung Atay	KFIC	567	3,026	2,280	0.75	41	na	na	FS by KFIC Feb. 2006
		Tepsco	550	2,390	1,220	0.51	21.3	na	na	p. 4-29, TEPSCO 2006
5	New Tatay (same as Kep II)	CHMC	1,073	2,850	2,030	0.71	69.1	na	na	FS by CHMC Dec. 2007
6	Bokor Plateau	JST	24.5	3,100	-	-	2.41	na	na	FS by IDICO
7	LL2	PECC1	49,200	1,840	852	0.46	1,330	246	0.185	FS by PECC1, basin rain by JST
8	O Romis, Mondol Kiri	JICA	38	1,810	1,370	0.76	1.7	0.52	0.306	JICA BD report, possibility of higher basin rainfall?
JICA水力MP調査による推定値										
North-eastern Region										
9	Prek Liang I	JST	839	1,790	1,070	0.60	28.5	8.55	0.300	Measured at 13.4 m ³ /s d/s of PL1 outfall on 2008.2.5
10	Prek Liang II	JST	575	1,840	1,070	0.58	19.5	5.85	0.300	
11	LL2	JST	48,200	1,840	951	0.52	1,450	218	0.150	
Central Mountains										
12	Bokor Plateau	JST	23.8	4,630	2,350	0.51	1.8	0.0013	0.001	Measured at 0.0013 m ³ /s on 2008.2.29
South-western Region										
13	Stung Kep II (new Tatay of CNHMC)	JST	1,085	2,690	1,150	0.43	39.6	0.33	0.008	Measured at 0.58 m ³ /s on 2008.2.14-15
14	Upper Stung Russey Chrum	JST	170	2,420	1,040	0.43	5.6	0.05	0.009	
15	Middle Stung Russey Chrum	JST	473	2,620	1,120	0.43	16.8	0.14	0.008	Measured at 0.1 m ³ /s on 2008.2.22
16	Stung Metoek II	JST	432	3,010	1,290	0.43	17.7	0.15	0.008	
17	Stung Metoek III	JST	673	3,100	1,330	0.43	28.4	0.24	0.008	

Note: Runoff height of Bokor Plateau is after 2,270 mm recorded at Kamchay N5 in 1964 with long-term adjustment factor of 96.6% for 1964 compared to 45 years 1957-2001 based on rainfall records at Phu Quok. The minimum monthly discharge at Kamchay N5 was recorded in March and April 1964 at 0.3 m³/s which was 0.6% of the annual mean.

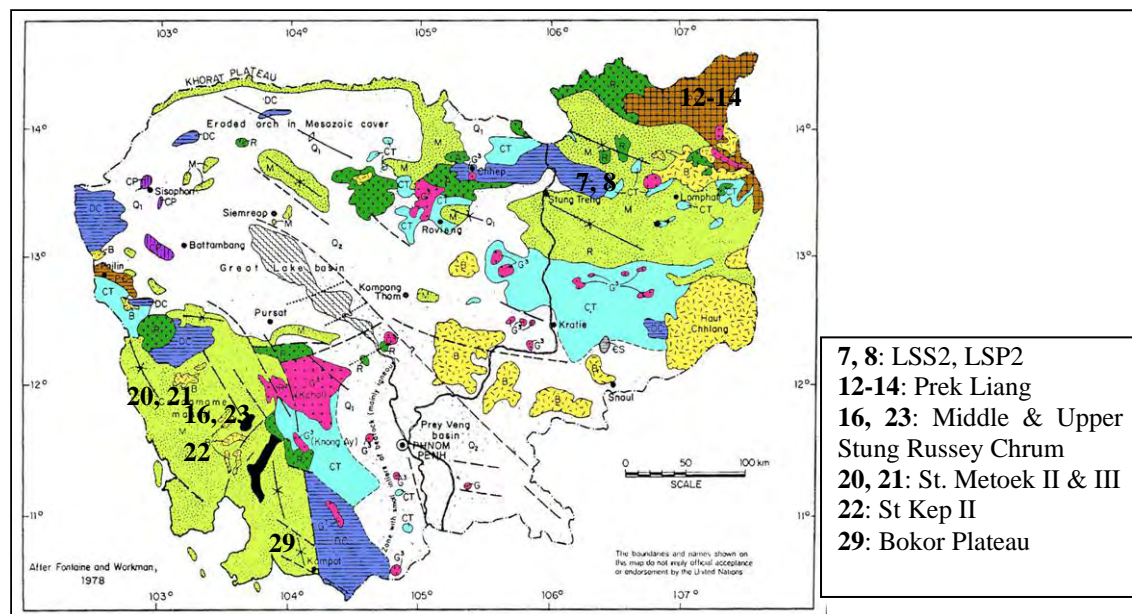
出典：調査団

- ④ 中央山地および南西部流域では乾季流量の低下が顕著で、1964年3月-4月の Kamchay 流量は同年の平均値の 0.6%に低下した。これに対し、北東部流域では乾季流量が年平均値の 15-30%と極めて高いことが特徴的である。表 1.2.2 の備考欄に示したように、2008年2月に調査団が実測した乾季流量もこのような地域別特徴を裏付けている。
- ⑤ 北東部流域では、11月から翌年1月にかけて北東モンスーンの影響を受けて2度目の小雨季があり、その結果河川流量の低下率が限定され、年流出率が相対的に高い。すなわち、北東モンスーンのおかげで降雨が1月頃まで続く結果、流域が乾燥状態に至る前に次の南西モンスーンが5月から始まる。これに対して、中央山地や南西部流域では、11月から翌年4月までは降雨がほとんどないため、河川が2月以降にはほとんど干上がる。乾季が顕著な南西部

流域の流出率は 0.5 前後からそれ未満と推定される。年降雨量の少ない内陸の Pursat 州や Kampong Speu 州ではさらに低い。このような北東モンスーンの影響の有無が、カンボジア国水文の顕著な地域差の原因を成している。

(2) 地質

カンボジアの地質は多岐にわたり、堆積岩、変成岩と火山岩から構成され、地質時代は先カンブリア紀～第四紀におよぶ（図 1.2.1 参照）。カンボジアの構成地質を表 1.2.3 に示す。



出典：ESCAP レポート (ATLAS OF MINERAL RESOURCES OF THE ESCAP REGION VOLUME 10 CAMBODIA – EXPLANATORY BROCHURE, UNITED NATIONS, 1993)

図 1.2.1 カンボジアの広域地質図

表 1.2.3 カンボジアの構成地質

Kontum 中央山塊 の基盤岩	
PC	先カンブリア紀～前期古生代花崗岩および高変成岩
インドネシア褶曲帯	
DC	背斜帯
CT	向斜帯
非変形または緩く褶曲した地層	
C-P	古生層
A, R	火山性堆積岩類
M	中生層
B	新生代～第四紀玄武岩類
Q	第四紀層および未固結堆積物
貫入岩類	
G	先石炭紀～白亜紀貫入岩

出典：ESCAP レポート (ATLAS OF MINERAL RESOURCES OF THE ESCAP REGION VOLUME 10 CAMBODIA – EXPLANATORY BROCHURE, UNITED NATIONS, 1993)

図 1.2.1 に示すように、カンボジアの表層地質は国土の北西部、中央部、南東部に分布する第四紀未固結堆積物と、北東部および南西部に分布する基盤岩に大別される。未固結堆積物は第四紀の北西—南東方向に方向性を持つ広域の沈降によって形成された。Tonle Sap 盆地はこの沈降部に位置している。こうした緩やかな沈降と未固結堆積物による被覆のために、非常に緩やか～ほぼ水平の地形を呈している。

選定された優先計画サイトは山岳地域に位置し、アクセスが難しい。特に Prek Liang と Russey Chrum のような人里はなれた地域では地質が未だ解明されておらず、既存の複数の地質図では異なる地質が示されている。

各計画を地質的に評価するために、選定されたダム地点に対し、下記の行程で、計 8 回の現地調査が、JICA-MIME 共同調査団によって実施された。ただし、現地調査期間が限られており、#14 Prek Liang II と #23 Upper Stung Russey Chrum 計画の踏査はできなかった。

No.	期間	調査場所
1 st	27/10/2007-30/10/2007	Ratanak Kiri, Stung Treng and Kraite
2 nd	02/11/2007-03/11/2007	Bokor Plateau
3 rd	09/11/2007-13/11/2007	Stung Kep II, Stung Metoek III
4 th	15/11/2007-17/11/2007	Stung Metoek II
5 th	02/02/2008-08/02/2008	Prek Liang
6 th	12/02/2008-16/02/2008	Stung Kep II
7 th	21/02/2008-25/02/2008	Middle Stung Russey Chrum
8 th	28/02/2008-29/02/2008	Bokor Plateau

現地踏査した地点では、特別な地質的課題は認められなかった。

(3) GIS データベースと地形測量

プロジェクトの計画・評価に必要な地理空間のデジタル GIS データを既存の情報源から収集し、MIME 水力局内にあるプロジェクト用サーバの GIS データベースにアーカイブ保管した。収集したデータを表 1.2.4 に示す。

表 1.2.4 GIS データベースにアーカイブ保管した GIS データ

No.	Name of Coverage	Description	Source
1	cont_lin	Contour Line of Cambodia; 20 meter interval supplemented with 10 and 5 m.	MPWT
2	lu_topo	Land Use/Land Cover of Cambodia	MPWT
3	District_HQ.shp	Location of District Capital in Cambodia	MPWT
4	Province2_HQ.shp	Location of Province Capital in Cambodia	MPWT
5	khet50.shp	Province Boundary	MPWT
6	srok50_poly.shp	District Boundary	MPWT
7	REE.shp	Command Area of REE	JICA Study Team
8	Seila2003.shp	Location of Village Center and related socioeconomic data	SEILA, Cambodia
9	geology	Geological coverage	MPWT
10	dn_lin & dn_pol	River network coverage	MPWT
11	Landmine & UXO	Landmine & UXO data of various types	CMAA

出典：調査団

水文気象観測所の位置図の作成

水文気象観測所の X-Y 座標のテキストデータから、地理空間データセットを作成した。

計画貯水池の範囲特定、標高別面積測定、および土地利用の分析

貯水池範囲を特定し、さらに貯水池の水位-面積-貯水容量曲線を作成するために、多角的な貯水池

計画図を作成した。既存の等高線情報（10 mの間曲線で補完された 20 m間隔）と河川網データを使用してダムサイトを特定し、河床標高から計画満水位標高までの等高線に対して、貯水池の輪郭を描いた。作成された GIS データには、① 貯水池の外側境界線、② 海面からのメートル単位の様々な高度データが含まれる。さらに、貯水池地域内の土地利用毎に面積を測定した。

地形測量

第 2 次現地調査で、以下の 4 流域、5 計画を対象として地上コントロール測量を実施し、既存の航空写真を図化することにより、縮尺 1:10,000 の地形図を作成した。

- #12-14 Prek Liang I, II
- #20 Stung Metoek II
- #22 Stung Kep II
- #29 Bokor Plateau

(4) 環境法と保護区

カンボジアでは 1993 年以来、環境法、環境保護区法が制定され、全国で 33 ヶ所、総面積 46,560 km²（国土の約 26%）に上る環境保護区が指定されている⁷。国土の 53%は森林とされており、Tonle Sap 以外のほとんどの保護区は森林地域に属している。

- **環境法(1996)**： 環境省は 1993 年から 1995 年にかけて、環境保護と天然資源管理のための最初の法律を準備し、1996 年 12 月 24 日に国会を通過した⁸。この法律は環境保護と天然資源管理を統治する最上位に位置するものである。
- **国家環境アクションプラン(1998-2002)**： 環境省は、「国家環境アクションプラン(1998-2002)」、を策定した。同アクションプランは、実施・見直し・改訂のプロセスを含む改良・更新型の計画である。電力セクターにも適用される以下の規則を含む： ① 環境および安全性に関する基準、② 環境影響評価(EIA)に関する投資家または事業者に対するガイドライン、③ EIA や初期 EIA (IEE) の所要事項や手続き、④ 火力発電所や送電線建設事業の EIA ガイドライン、⑤ 水質汚染に関する政令、⑥ 住民移転の国家計画。
- **保護区法**： 2007 年 12 月 27 日、保護区法が国会で議決され、2008 年 1 月 4 日にヘン・サムリン大統領によって署名された。

この保護区法の第 IV 章 ゾーン分けで、保護区内を保護レベルによってさらに 4 つのゾーンに分けることを規定している。第 VIII 章 36 節では、コアゾーン及び保全ゾーンでは、いかなる伐採・整地も認めず、全ての公共インフラ建設を厳しく禁止するとしている。したがって、道路建設、水力開発、鉱物資源開発、エコツーリズムなどの開発プロジェクトの実施は禁止されている。持続的使用ゾーンとコミュニティーゾーンについては、観光省の要請によって政府が認めた場合のみ、公共インフラ建設が許可される。

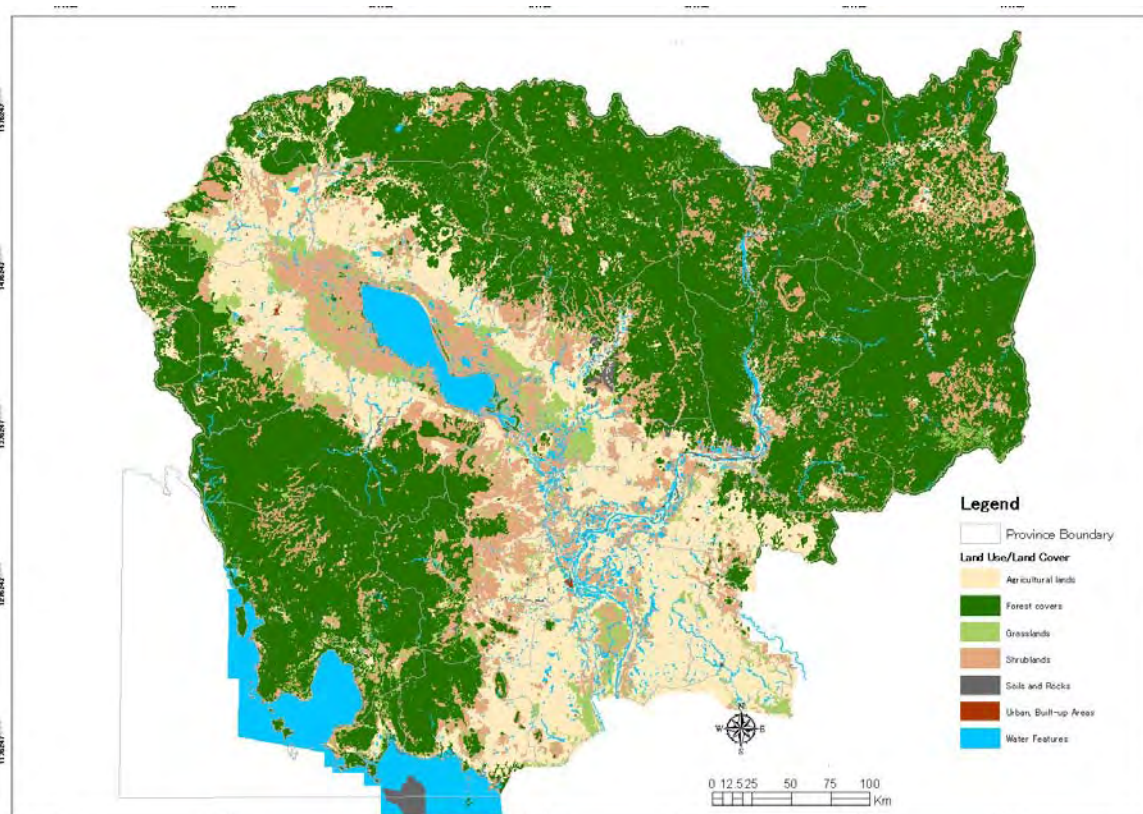
保護区法の付則として、ゾーン分けが指定されることになっているが、まだ指定されていない。

⁷ 自然保護区の制定と地理的境界の線引きに関する王室布告が 1993 年 11 月 1 日に発布された。この布告では、当初 23 ヶ所、総面積 32,732km²の自然保護区が制定された。

⁸ URL: <http://www.camnet.com.kh/moe/EnvironmentLow.htm>

環境省は、公共インフラの主管省庁、自治体、コミュニティ組織、関連機関などと協議して、ゾーニングマップを作成する予定である。国土開発プロジェクトを管轄する鉱工業エネルギー省、公共事業交通省、農林水産省などはこのゾーニングに高い関心を抱いている。環境保全と資源開発に係るステークホルダー間の合意形成が待たれている。

- **森林：** カンボジアの土地利用／土地被覆地図⁹によると、森林地帯はカンボジア国土の 53% 以上を占め、これに続いて農地が 23% 近くを占める。密林や原生林ははるかに少なく、おそらく 2 桁のパーセンテージには達しないであろう。カンボジアの土地利用／土地被覆の分布を図 1.2.2 に示す。水力発電ポテンシャルが位置する北東部および南西部の流域は、この森林地帯に含まれる。



出典：公共事業交通省

図 1.2.2 カンボジアの主な土地利用／土地被覆分布

カンボジアは熱帯モンスーン気候に属し、カンボジアの地理的条件とともに、この気候がカンボジアの森林種を決定している。最も密な熱帯雨林は山岳部および南西部に沿って存在する一方、高地・高原地帯にはサバンナ性の草地が広がっている。カンボジアの森林は、① 常緑広葉樹林、② 落葉樹林、③ 丘陵常緑広葉樹林、④ 沼沢林に分類することができるだろう。

- **生物多様性：** カンボジアは、数種のカンボジア原産の動植物を含め、生物多様性に富んでいる。多くの動植物種にとって、カンボジアは最後の拠り所であるかもしれない。ゾウ、シカ、野生ウシ、ヒョウ、クマ、トラなどの大型の哺乳動物、ウ、ツル、オウム、キジ、ノガモなど数種類の鳥類、各種の毒ヘビ、カエル、カメなどの爬虫類、数種の魚類と昆虫などがこれに相当すると報告されている（8.2 節参照）。

⁹ 1992 年から 2002 年までの各種データから土地利用情報を抽出し、2002 年に編纂

- **保護区と水力ポテンシャル地域**： 9ヶ所の優先水力計画サイトは、カンボジアの北東部と南西部に位置している。Cardamom 山地の森林地帯には南西部地域の#16 Middle Stung Russey Chrum、#23 Upper Stung Russey Chrum、#20&21 Stung Metoek II および III、#22 Stung Kep II (New Tatay) の各優先計画サイトが位置する。北東部の#12、#14 Prek Liang I および II 計画は、Virachey 国立公園林内に位置する。北東部の#7&8 LL2 計画は、貯水池上流部の 0.6%の水域を除いては、保護区外に位置する。中央部の#29 Bokor Plateau 計画は Bokor 山国立公園内に位置している。

北東部と南西部の代表的な森林・自然保護区の生物多様性の概要を以下に紹介する。

- **カンボジア北東部の Virachey 国立公園 (VNP)**： Virachey 国立公園および周辺の森林は、ラオス、ベトナム、カンボジアの国境に近い山地に位置する。高度が高く、起伏の激しい地形であるため人間が近づくことが困難で、その結果、動植物にとっては好条件となっている。この地域では、いまだに手つかずの自然林を目にすることができる。山岳地形と湿潤な気候¹⁰により、多くの植物、哺乳類、鳥類、爬虫類、昆虫類にとって好ましい環境となっている。さらに、干上がることのない河川と沢が比較的密に流れているため、特定の魚類および両生類にとって好ましい環境となっている。この地域の地理的条件は一部の生物種にとって適しているため、その格好の繁殖地となっている。この地域の森林を適切に保護し、科学的配慮に基づいて持続可能な利用を行なう条件を整えば、絶滅が危惧される一部の動植物種の保護に有益な地域の一つとなるであろう。

VNP は環境省によって管理されている。2000 年以降、世界銀行が Virachey 国立公園内の「生物多様性および保護区管理プロジェクト (BPAMP)」に資金を提供している。同プロジェクトは、保護区の管理計画立案、実施、効果的監視を行なうため、環境省職員の能力向上を目的としている。同プロジェクトの目的には、カンボジアおよび地球にとって重要な意味を持つ Virachey 国立公園内の生物多様性の持続可能な開発と、質の低下を最小限に抑制するための未然防止策の開発および試験も含まれている。同プロジェクトは、① 国家政策・能力の構築、② 公園の保全と管理、③ コミュニティ開発、④ プロジェクト管理、という 4 つの要素で構成されている。この環境保護プロジェクトの延長 (2008～2012 年) が、世界銀行によりまもなく承認される予定である。

- **カンボジア南西部の Cardamom 山地の森林・保護区**： Cardamom 山地はカンボジアの重要な熱帯雨林地帯の一つであり、Phnom Samkos、Central Cardamom、Phnom Aural の 3ヶ所の相互に隣接する保護区が位置している。Cardamom 保護区は 2000 年に公示され、境界線が正式に画定された。同保護区は、国際 NGO である Conservation International (CI) とカンボジア政府の森林局 (Forestry Administration、FA) が共同実施している Cardamoms 保護計画 (Cardamoms Conservation Program) の下で管理されている。同保護区は、保護森林としても指定されており、境界線内での森林伐採権は全て解除・廃止されている。一帯は常緑広葉樹林、乾燥フタバガキ林、マツ林、草地、湿地で覆われており、標高は 50～1,500 m である。この地域には、中核となる中央高地を取り囲んで、多様な低地と中高度の山地が存在しており、中央高地のうちの約 6 万 ha は標高 1,000 m を超える高度に位置する (Emmett、2005 年)。

¹⁰ この地域では、5月から10月までの南西モンスーンと、11月から1月頃までの北東モンスーンにより、雨季が2度ある。これに対し、南西部流域では11月から翌年4月まで顕著な乾季が卓越する。

(5) 計画貯水池内の森林の分布状況

水力 MP 計画の貯水池予定地域の土地利用を表 1.2.5 に示す。貯水池地域内に位置する森林の特徴は以下のようにまとめられよう。

- ① いずれの計画地点でも常緑広葉樹が見られ、南西部および中央部流域ではいずれも土地面積において 50%以上を占める。
- ② これに対して北東部では常緑広葉樹と落葉樹の混交林が卓越し、特に Prek Liang 流域では混交林が 60%以上の面積を占める。
- ③ 一方、北東部でも内陸部に位置するため3つの地域のなかでは最も雨量の少ない LL2 計画の流域では、厳しい乾季を反映して落葉樹が 46.9%と卓越する。これに対して、他の流域では混交林は見られるが落葉樹林そのものは見受けられない。すなわち、LL2 以外の計画地点では雨量が豊富なことから、常緑広葉樹あるいは混交林が卓越することに対して、LL2 では雨量が少ないために落葉樹林が卓越している。
- ④ 総森林面積はどの計画でも 55%以上を占め、平均 74.4%、最大 95.7%である。
- ⑤ Bokor 計画地点では、草地が 42.7%を占めることが注目されるが、これは 100 年以上前からの避暑地としての開発利用の結果、人為的活動によって森林が草地化したものと推定される。
- ⑥ #14 Prek Liang II（上流計画）ではかん木地が 28.1%を占め、#21 Stung Metoek III（下流計画）でも 19.3%を占めることが注目される。#21 Stung Metoek III の高率は不法伐採の結果と推定される。一方、人跡未踏に近い Prek Liang 溪谷のさらに上流域でかん木地が卓越するという事実は、ベトナム戦争の後遺症ではないかと推測される¹¹。

表 1.2.5 水力 MP 計画貯水池予定地域の土地利用

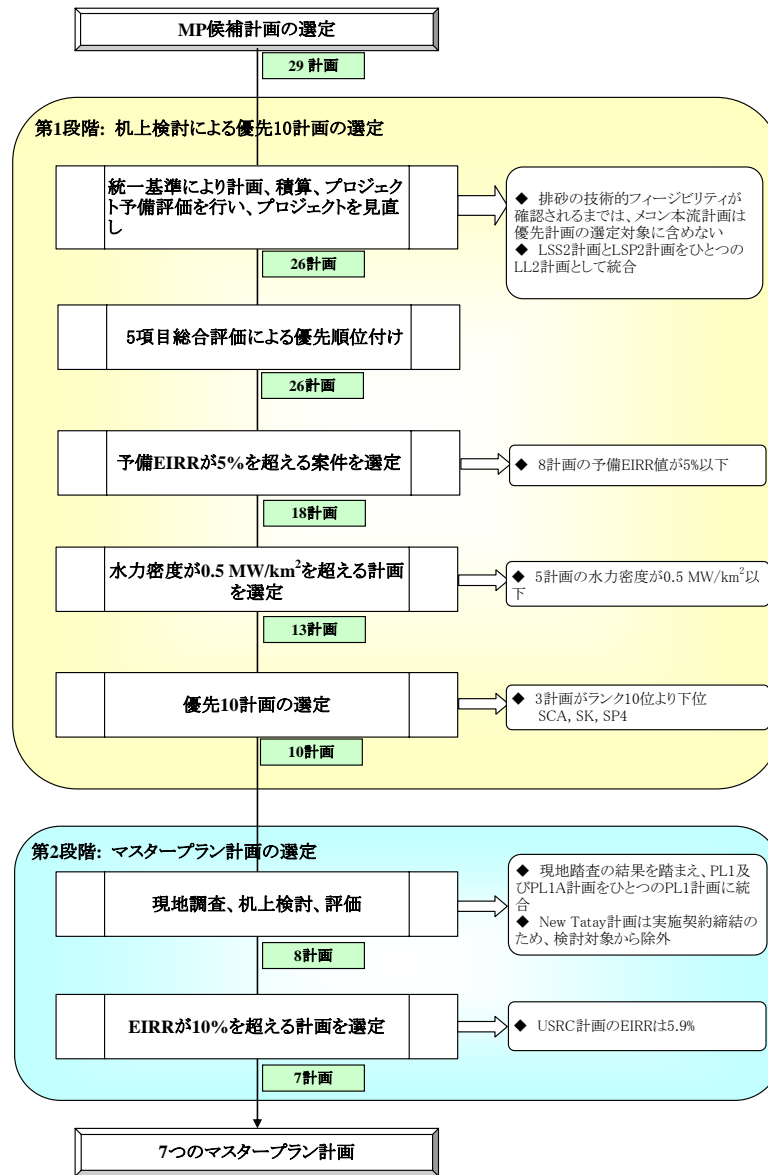
No.	Project	Evergreen Broad Leafed Forest	Deciduous Forest	Mixed Forest	Other Forests	Forests Sub-total	Grasslands	Shrublands	Water Features	Soils and Rocks	Agricultural Lands	Total
1	#7&8 Lower Srepok II + Lower Sesan II	3.4%	46.9%	22.4%	14.0%	86.7%	0.4%	0.5%	8.4%	0.1%	3.8%	99.9%
2	#14 Prek Liang II	4.0%		67.1%	0.7%	71.8%	0.0%	28.1%				99.9%
3	#12 Prek Liang I	3.8%		83.8%	8.1%	95.7%			4.2%			99.9%
4	#29 Bokor Plateau	57.3%				57.3%	42.7%					100.0%
5	#16 Middle St. Russey Chrum	78.2%		9.2%	6.3%	93.7%	2.7%	3.2%				99.6%
6	#22 New Tatay (former Stung Kep II)	83.0%				83.0%		0.0%	17.0%			100.0%
7	#20 Stung Metoek II	55.9%				55.9%	0.6%	1.2%	6.5%		35.8%	100.0%
8	#21 Stung Metoek III	55.6%			4.2%	59.8%		19.3%	20.9%			100.0%
9	#23 Upper St. Russey Chrum	97.9%		2.1%		100.0%						100.0%

出典：調査団

¹¹ 調査団が、2008年8月24日に Ta Veang 郡 Yon コミュニティの Kov Pat（男、45）にインタビューした際、1975年以前には軍の飛行機が飛来し、村には爆弾が投下されなかったが、Prek Liang の上流域から爆弾の音を聞いたとの証言があった。また、CMAC のカンボジアの地雷・不発弾汚染マップによると、Prek Liang 流域でも特に上流部のベトナム国境沿いで多数の爆弾投下が記録されている。

(6) MP 候補計画の選定

本マスタープラン調査の第1および第2段階の検討において、図 1.2.3 に示す作業フローに沿って7つのマスタープランプロジェクトを選定した。



出典:調査団

図 1.2.3 マスタープランプロジェクト選定作業の流れ

第1段階で既存報告書と29候補計画に関する種々の情報に基づいて検討し、第2段階の調査対象として10の優先計画を選定した。第1段階の検討作業は机上検討により、以下に示す5つの検討過程により実施した。

- ① 次の計画・評価項目についてそれぞれ統一基準を設定して全29計画をレビューした: 1) 計画地点の流量推定、2) 目標 CIR (Capacity Inflow Ratio、年間流入量に対する有効貯水容量の比) を北東部流域では20%、南西部では30%に設定、3) 発電設備利用率 (Plant Factor) を40%に設定、4) その他の設計条件、5) 工事数量算定、6) 工事単価の仮定。このレビュー作業に引き続き、戦略的環境アセスメントとして予備評価を行い、メコン本流に位置する2計画を以降の検討対象からは除外した。これは、カンボジアのなだらかな平野部に広がる貯水池からの排砂の技術

的フイージビリティがまだ明確にされていないため、下流河道に顕著な影響を与えるかどうか予測することが困難なためである。#7 LSP2 計画と#8 LSS2 計画は、一つのダムに統合することにより、Se San 川上の貯水池の満水位が#8 LSS2 計画と比べて 5m 低下し貯水池面積が顕著に小さくなること、およびひとつのダムで済むため経済性が高くなることから、#7&8 LL2 計画として統合した。

- ② 社会影響、環境影響、技術面、経済性、事業実施速度の 5 項目総合評価により 26 計画の優先順位を付けた。
- ③ この 26 計画のうち、予備評価した EIRR が 5%を超える 18 計画を選定した。
- ④ この 18 計画のうち、貯水池面積あたりの発電出力という指標、すなわち水力密度 (Power Density: PD) が 0.5 MW/km^2 よりも高い 13 計画は相対的に環境影響が低いと期待されることから、これを選定した。

カンボジア政府は水力開発を促進する政策を持っている一方で、環境を保全する政策も有している。このようなカンボジア政府の政策を支援するため、本調査では上述の水力密度 (PD) という概念を導入した。これは、特に計画検討の初期段階において、環境影響評価 (EIA) や住民移転計画に先立って、「想定される環境影響の度合い」を示す注意報として用いる。

- ⑤ 5 項目総合評価のスコアで評価した優先 10 計画を、第 2 段階における詳細検討の対象として選定した。

引き続き第 2 段階において以下の項目を検討した。

- ① #23 USRC 計画については調査期間中に現地踏査を実施できなかった。この#23 USRC 計画を除く 9 計画について、水文、地質、レイアウト選定のため現地踏査を実施した。現地踏査は、地質、河川の流況、計画地点の地形をもとに、基本レイアウトの技術的妥当性やダム形式の適切さを評価するために実施したものである。また#12 PL1、#13 PL1A、#14 PL2、#20 MTK2、#22 KP2、#29 BP の各計画サイトについて既存の航測写真を用いて縮尺 1 万分の 1 の地形図を作成した。
- ② 環境社会配慮の一環として、8 つのコミュニティの住民を対象として、総標本数 800 のサンプル聞き取り調査、および計画地域の自然環境に関する調査を実施した。この調査結果は、調査団の自然環境ならびに社会環境担当団員が直接聞き取り調査を行うことにより、補完・確認した。
- ③ 既存の需要予測である KEPCO 2006、ならびに MIME 2008 のレビュー、概略設計と積算、環境社会配慮、経済評価と財務分析を実施した。
- ④ #12 PL1 計画と#13 PL1A 計画は、統合すると経済性がより高くなること、また現地踏査の結果 PL1 と PL1A 両計画の取水地点の間支流の流量がほとんど無いことおよび地質・地形条件の概要から地下発電所を建設できると判断したことから、#12 PL1 計画として統合した。
- ⑤ #22 New Tatay 計画は、2008 年 5 月に実施計画としてコミットされたため、マスタープラン調査の検討対象からは外し、以降は 5 つの実施計画とひとつとして扱うこととした。
- ⑥ #23 USRC 計画を除いて、10%を超える EIRR 値を有する 7 計画を最終的に水力マスタープランの候補計画として選定した。

(7) 想定される環境影響度合いの水力密度による初期評価

前項(6)にて述べたように、第1段階での優先10計画の選定に水力密度の概念を導入し、貯水池を有する水力発電計画の環境影響の指標とした。水力密度は想定される環境影響の度合いをマクロな観点から概観し、本マスタープラン調査の候補事業として比較的環境影響の低い計画を選定するために用いた。マスタープラン調査の第1段階では現地調査は予定されておらず、現地踏査も実施していない。過去の調査で環境影響評価(EIA)も行われていない。したがって、計画検討の初期段階において、想定される環境影響の度合いを水力密度で仮計測・表示することとしたものである。

図1.2.4に世界の貯水池の水力密度と単位出力当たりの移転人口(MWあたりの住民移転数)の事例を示す。世界で水力密度が0.5 MW/km²を下回る水力が5例報告されている。マスタープランでの検討対象29計画のうち、10の計画がこの0.5 MW/km²の左側に位置している。これは、一般にカンボジアではなだらかな地形が卓越する特徴を反映している。

しかしながら、上述の低水力密度10計画のうち5計画は予備EIRRが5%よりも低く、2計画は5項目総合評価で24位以下となっている。残りの3計画を表1.2.6に示す。その内、2計画(#11 LSS3と#15 LSP3)は図1.2.4の左下隅に、また、1計画(#24 PST1)は左上方に位置している。つまり、これらは発電出力に比べて広い貯水池を有しており、#24 Stung Pursat I計画以外は、発電出力に比べて相当数の住民移転を必要とする。世界でそのような広い貯水池の先例がいくつかあるが、この2つの計画(#11 LSS3と#15 LSP3)は社会環境、自然環境双方の観点で顕著な影響が予想される。

表 1.2.6 低水力密度の計画

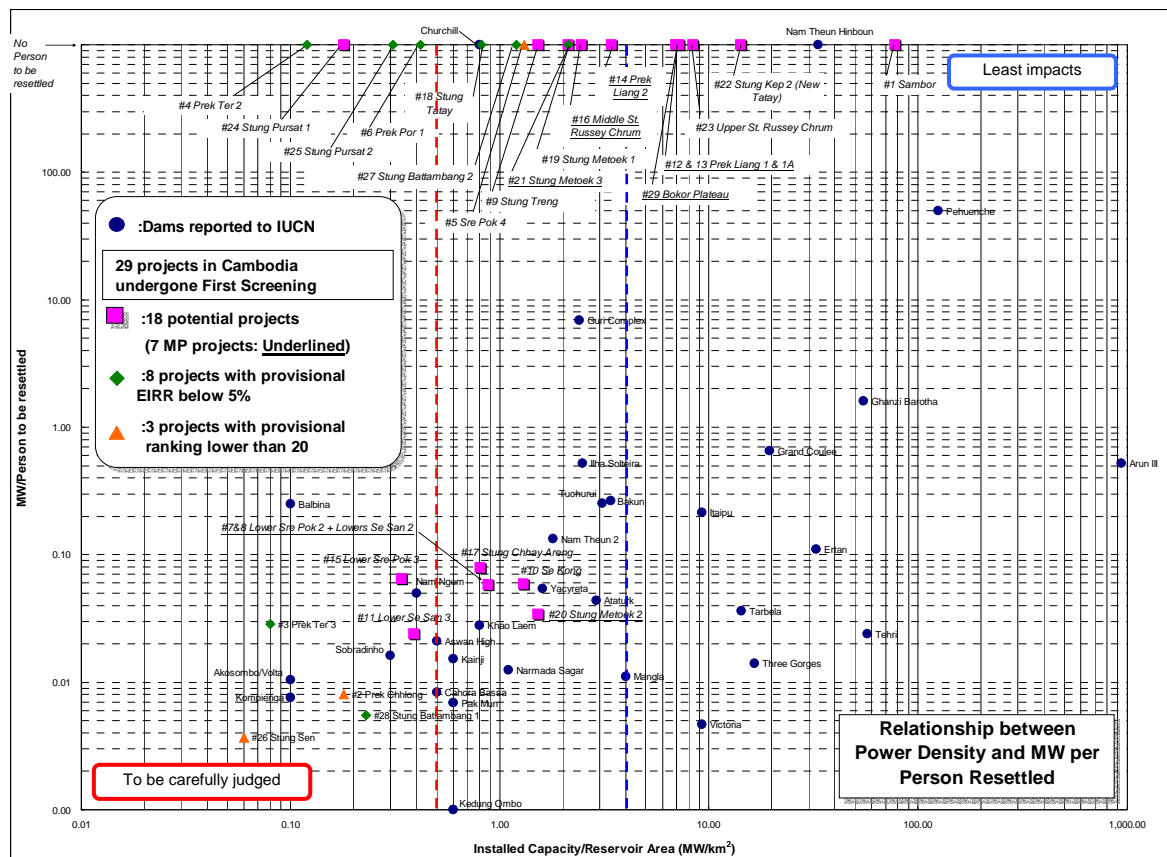
No.	計画名	設備容量 (MW)	貯水池面積 (km ²)	水力密度 (MW/km ²)	移転世帯数 (世帯)	水没農地面積 (ha)
1.	#11 Lower Se San III	161	409	0.39	1,349	12,936
2.	#15 Lower Sre Pok III	235	697	0.34	726	1,785
3.	#24 Stung Pursat I	17.6	96	0.18	0	0
合計		413.6	1,202	0.344	2,075	14,721

出典：調査団

参考までに、CDM理事会が貯水池からのCO₂発生原単位として簡易数値の適用を認めているのは、水力密度が4.0 MW/km²以上の水力事業である。この特別措置は、水力密度が高い水力計画については貯水池からのCO₂発生原単位を証明する負荷を軽減し、クリーンで再生可能な水力資源の開発を促すためのものである。水力密度が4.0 MW/km²よりも低い水力計画についてCDM理事会から認証排出削減量(CER)を取得を目指す場合には、CDM申請者は貯水池からのCO₂発生原単位を証明しなければならない。

0.5 MW/km²という水力密度は、貯水池予定地域内でサトウキビを栽培してバイオエタノールを生産した場合でも達成できる可能性のある密度0.43 MW/km²に近い¹²。すなわち、同程度の密度を有する国産エネルギーがバイオマスから生産できる可能性を示している。水力密度が0.5 MW/km²に満たない水力単目的の開発計画の実施に際しては、社会環境面だけでなく、エネルギー生産の観点から、慎重かつ総合的な判断が必要である。

¹² ブラジルの実績、9.4.2節(1)の3)項参照。



出典：世銀ホームページ資料などに基づいて調査団が作成

図 1.2.4 世界の水力ダムの単位出力当たり水没面積と移転人数

新規の水力計画は技術面や経済面からだけでなく、社会環境面からも総合的に判断することを推奨する。図 1.2.4 に示すとおり、住民移転を必要とする人数は社会環境影響の代表的な指標となり、一方で水力密度は自然環境影響のそれとなる。計画が図の右上隅に位置する場合には、その影響は社会・自然環境両面において最小であることが期待される。一方、計画が図の左下隅に位置する場合には、社会・自然環境両面で顕著な影響があるかもしれない。計画が水力密度 0.5 MW/km² よりも左側に位置する場合には、世界の先例に照らしても土地効率が低いといえよう。

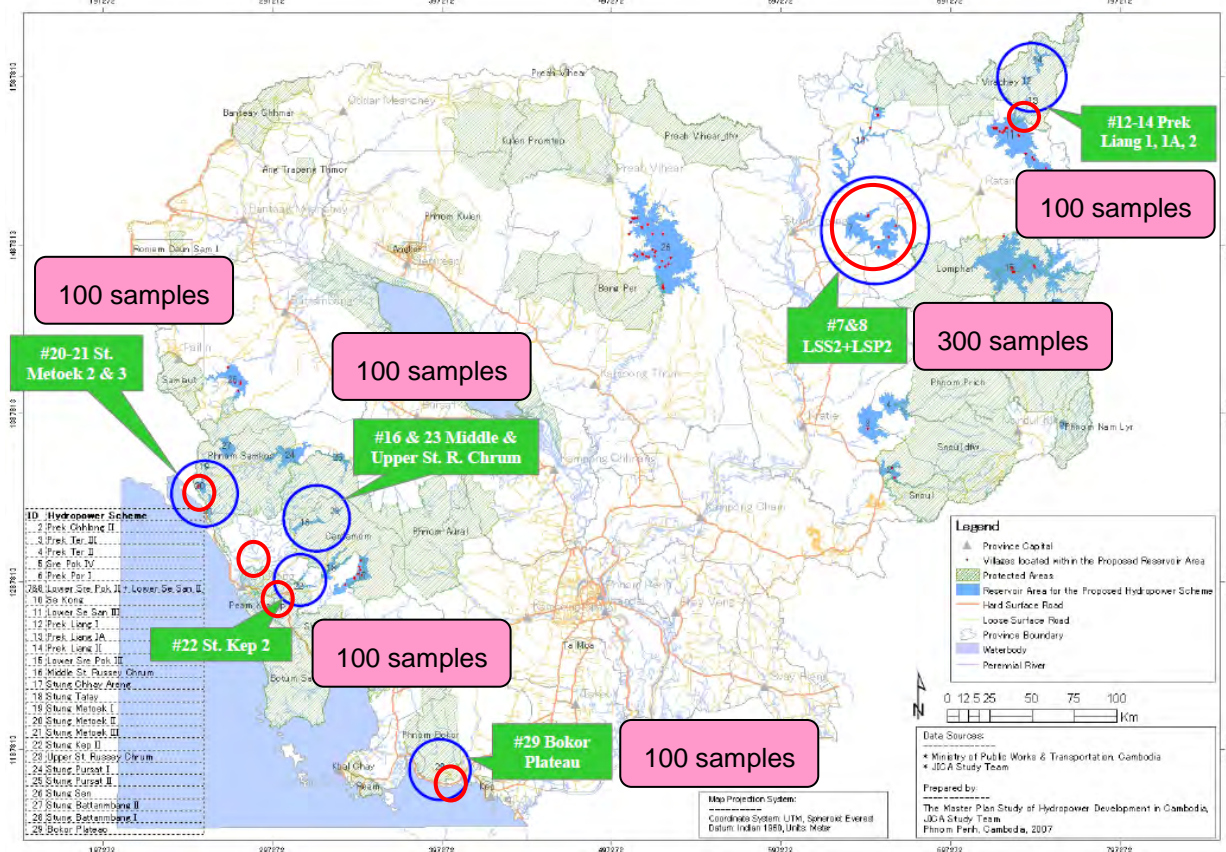
したがって将来の新規計画の選定は次のような手順で行うことになるであろう。

- 技術・経済面の予備検討
- 図 1.2.4 における計画の位置の確認
 - ある計画が水力密度 0.5 MW/km² の線よりも左に位置する場合には、相当な環境影響を示す注意報と捉える
 - ある計画が図の下方にある場合には、相当な社会影響を示す注意報と捉える
- このような注意報が出された計画の推進を企図する場合には、詳細な環境影響評価（EIA）と住民移転計画をまず作成すべきである。
- 社会・自然環境面の影響評価を行い、適切な軽減策を持ってその影響が一般的に容認できるだろうと判断される場合には、引き続いてフィージビリティ調査を実施する。

しかしながら、水力密度はその定義により、水力単目的の計画に適用するものであり、治水や給水などを含む多目的計画には適用しない。

(8) 環境社会配慮

図 1.2.5 に示す 6 流域で合計 800 サンプルの村落住民に対するヒアリング調査を現地再委託により実施した。調査団員自身も現地踏査を行い、ベースライン状況を把握した。



出典：調査団

図 1.2.5 聞き取り調査の対象地域

表 1.2.7 は、対象地域周辺の住民がどんな問題点を憂慮しているかを調べたものである。回答は、1（特に問題なし）から、5（極めて困難）までの 5 段階で、困難度を平均点でレイティング評価した。なお、レイティング評価の最小値は全員が「問題なし」の場合の 1、最大値は全員が「極めて困難」の場合の 5 となる。

表 1.2.7 住民が直面している問題点

問題点	Prek Liang	LL2 others	Kbal Romeas	Srae Kor	Bokor Plateau	Stung Kep II	Russey Chrum	Metoek	平均
教育機会の不足	2.23	2.06	2.40	2.32	2.41	2.76	2.47	2.88	2.44
高い教育費	2.08	1.97	2.22	2.20	2.63	2.90	2.86	3.14	2.50
子供の低い勉強意欲	1.84	1.60	1.86	1.72	1.88	2.61	2.37	2.48	2.05
土地所有に関する問題	1.41	1.32	1.91	1.88	1.63	1.98	1.76	2.28	1.77
土地登記	1.53	1.55	2.07	2.11	1.77	1.94	1.66	2.15	1.85
生産性の低い土地	3.00	2.53	3.00	2.28	2.40	2.86	2.38	2.48	2.62
不十分な灌漑設備	2.05	2.00	2.28	2.21	2.09	2.79	2.18	2.65	2.28
労働力不足	2.40	2.16	2.22	2.11	2.15	3.09	2.74	2.95	2.48
仕事機会の不足	1.64	1.54	1.48	1.62	1.78	2.87	2.86	2.77	2.07
電気へのアクセス困難	2.46	1.91	1.89	1.77	2.36	3.45	2.65	3.42	2.49
高い生活費	3.43	3.21	3.43	3.15	3.28	3.87	4.09	3.96	3.55
情報へのアクセス困難	2.17	1.80	1.76	1.78	1.95	2.68	2.11	2.98	2.15
安全問題	1.25	1.65	1.52	1.79	1.39	1.79	1.74	1.95	1.64
医療サービスへのアクセス困難	2.89	3.11	3.18	3.03	2.38	3.08	2.51	3.28	2.93
交通手段の不足	2.41	2.37	2.31	2.16	1.61	2.49	2.52	3.61	2.44
道路状況の不備	2.77	2.55	2.55	2.48	1.57	2.35	2.83	4.15	2.66
販売価格の低迷	2.77	2.32	2.52	2.41	2.71	3.10	3.26	3.11	2.78
出稼ぎによる家族断絶	1.51	1.33	1.47	1.45	1.46	1.33	1.21	1.44	1.40
地域での協働不足	1.36	1.34	1.38	1.50	1.17	1.73	1.58	1.59	1.46
マイクロクレジットの不足	1.31	1.23	1.21	1.34	1.29	1.65	1.73	1.83	1.45

出典：調査団

各計画地域に共通している問題は、生活費が高いことである。逆に言えば家計収入が十分でないことを意味する。

表 1.2.8 はダム建設に伴う移転について聞いた回答である。Kbal Romeas、Srae Kor と Metoek 以外の調査対象村落では、プロジェクトの実施に伴う移転問題は発生しないが、参考情報として質問したものである。移転対象となる Metoek 計画サイトの住民が、ダム計画についてネガティブな印象を持っていないことが注目される。なお、スコアの間値 3 は賛成・反対が半々の場合を示す。LL2、Kbal Romeas、および Srae Kor ではスコアが 3 を下回り移転にややネガティブであり、それ以外は 3 を上回りポジティブに受け止めていることが分かる。

表 1.2.8 移転に対する地元住民の立場

計画地域	1	2	3	4	5	平均スコア
	反対	原則反対	どちらでも	条件付き賛成	積極的賛成	
Prek Liang	14	6	5	44	31	3.72
LL2 others	45	12	3	13	27	2.65
Kbal Romeas	37	30	2	13	18	2.45
Srae Kor	49	12	1	8	30	2.58
Bokor Plateau	1	6	8	57	28	4.05
Stung Kep II	15	10	12	38	25	3.48
Russey Chrum	12	7	21	37	23	3.52
Metoek II, III	4	10	3	57	26	3.91
Overall	177	93	55	267	208	3.30

出典：調査団

北東部#7&8 LL2 計画の貯水池計画地域内村落での調査ファインディングス

- ① ほとんどの住民はラオ族であり、ラオ語を話す¹³
- ② 仏教徒である
- ③ 文化、習慣、態度はクメール民族と似ている
- ④ Kbal Romeas コミューン内の Krabei Chrum と Srae Sranok 村の道路は雨季には水没する
- ⑤ 生活は1日1ドル以下で質素
- ⑥ コミュニティでの生活環境は豊かである
- ⑦ 一部地域は民間企業から無料給電を受けている
- ⑧ 伝統的な生活にほぼ満足している
- ⑨ 1920年代から続く長い村の歴史は住民の土地への愛着を生んでいる
- ⑩ 水力開発に関する不明確な情報によって住民間に混乱がある
- ⑪ ベトナムへの電力供給のために自分たちが犠牲になることを不快に思っている
- ⑫ 過半数の住民が移転に反対である

南西部の#20&21 Metoek II - III 計画の貯水池計画地域内村落での調査ファインディングス

- ① 混乱の時代を経て最初の住民がこの地に入植したのは1979年で、1998年に村として正式に認められた
- ② ほとんどの住民が、カンボジア各地から集まったポルポト派の元支持者である
- ③ 近年になって道路状況がかなり改善された
- ④ タイ国境が開いてから村の生活が大きく変化した
- ⑤ 土地投機によって土地の価格が急騰し、その結果、更地を創出するために森林伐採がブームになっている
- ⑥ まとまった現金を得るために森林伐採が進み、そのため地雷事故が増えている
- ⑦ 大多数の村人はすでに電気照明やテレビを利用している
- ⑧ 多くの日用品はタイで購入している
- ⑨ 水力開発のイメージはよく、電気を起こし、水管理もできると考えられている
- ⑩ 必要ならば喜んで家を移動するという
- ⑪ 400人の兵士を抱える軍隊が国境沿いに駐屯している
- ⑫ カンボジアの民間投資家がマレーシア企業と合弁を組み、道路や病院の建設を進めている

(9) 環境保全と水源地域振興

カンボジアでは平坦な地形のため低いダムでも広大な土地や森林を水没する計画案が多い。土地や森林の価値として、農地の生産力や森林のCO₂固定能力に加えて、生物多様性を維持する生息環境としての価値が認識されている。

植林案

特に水没土地面積が大きい計画、すなわち20 km²を超える場合には、貯水池内に水没することになる土地の内、特に一次林（常緑広葉樹、落葉樹、混交林、河畔林）がそれまで保持していたCO₂固

¹³ ラオ族は、カンボジア全土ではその他少数民族に分類される（表4.6.3参照）。

定能力を、新規植林で補償することを考えてみる¹⁴。結果を表 1.2.9 に示す。例えば、#7&8 LL2 計画については植林事業を 6,270 ha の土地で実施することになる。植林面積を水没面積から除外することを認めると、水力密度が 1.44 MW/km² まで向上する。なお#7&8 LL2 計画は、植林なくしても毎年 113 万トンの CO₂ 削減効果を持っている。

表 1.2.9 水力 MP 計画の環境保全植林案

No.	Project	Installed Capacity	Reservoir Surface Area	Power Density 1	Total Forest Area	Area of Primary Forest	Planned Reforestation Area for CO ₂ Compensation	Power Density 2 after Reforestation	Value of Primary Forest as CO ₂ Sink
		(MW)	(km ²)	(MW/km ²)	(ha)	(ha)	(ha)	(%)	(m\$/yr)
1	#7&8 Lower Srepok II + Lower Sesan II (LL2)	420.0	355.14	1.18	30,794	28,486	6,270	1.44	4.07
2	#14 Prek Liang II (PL2)	54.0	9.30	5.81	1,017	1,007	220	7.61	0.14
3	#12 Prek Liang I (PL1)	100.0	9.50	10.53	685	627	140	12.35	0.09
4	#29 Bokor Plateau (BP)	26.0	3.20	8.13	111	111	20	8.67	0.02
5	#16 Middle St. Russey Chrum (MSRC)	28.0	13.12	2.13	2,117	1,975	430	3.17	0.28
6	#20 Stung Metoek II (MTK2)	25.0	14.10	1.77	1,130	1,130	250	2.16	0.16
7	#21 Stung Metoek III (MTK3)	26.0	11.42	2.28	670	623	140	2.59	0.09
Total/Average		679.0	415.8	1.63	36,524	33,959	7,470	5.43	4.85
-	Stung Chhay Areng	145.0	106	1.37	10,620	9,804	2,160	1.71	1.40

出典：調査団 (#7&8 LL2 計画の数値は調査団算定)

社会環境基金案

前項の植林事業の代替案として、貯水池周辺の環境保全および村落振興事業を考えてみる。カンボジアの熱帯雨林の CO₂ 固定量 5.19 トン-CO₂/ha/yr と、CO₂ 排出削減量の想定取引単価 27.5 ドル/CO₂ トンに基いて算定した外部不経済費用を表 1.2.9 の右端に示す。7 計画合計で 5 百万ドル/年程度の規模となることが想定される。

社会影響軽減のための調査団提言を 1.3 節(4)項に示す。

(10) カンボジアにおける過去の電力需要の推移

図 1.2.6 は、カンボジアの過去 10 年間における EDC 供給地域のピーク需要、電力量需要の推移を示したものである。過去 10 年間における年平均増加率は、供給地域の拡大や発電設備容量の増強により潜在需要が顕在化したことにより、ピーク需要が 15.3%、電力量需要が 17.3%という非常に高い伸びを見せている。単年度で見ると、アジア経済危機の影響を受けた 1999 年を除くと年率 12%～35%という高い伸び率を示している。特にピーク需要に関しては、2004～2006 年には 2 年連続で 20%を超える高い伸びを見せている。

同期間におけるカンボジアの GDP の実質成長率が 9.2%であったことから、対 GDP の弾性値はピーク需要で 1.67、電力量需要で 1.86 であった。

¹⁴ カンボジアの熱帯雨林の CO₂ 固定量は 5.19 トン-CO₂/ha/yr と推定される。一方、パルプ材やガス化炉の燃料材の生産量は 10 乾燥トン/ha/yr と推定されており、その CO₂ 固定量は 10 x 1.37 x 0.47 x (44/12) = 23.6 トン/ha/yr。従って、5.19 / 23.6 = 1 / 4.55 = 22%。すなわち、水没森林の 22%の面積でパルプ材などを植林すれば、水没した森林の CO₂ 固定能力を代替することができる。

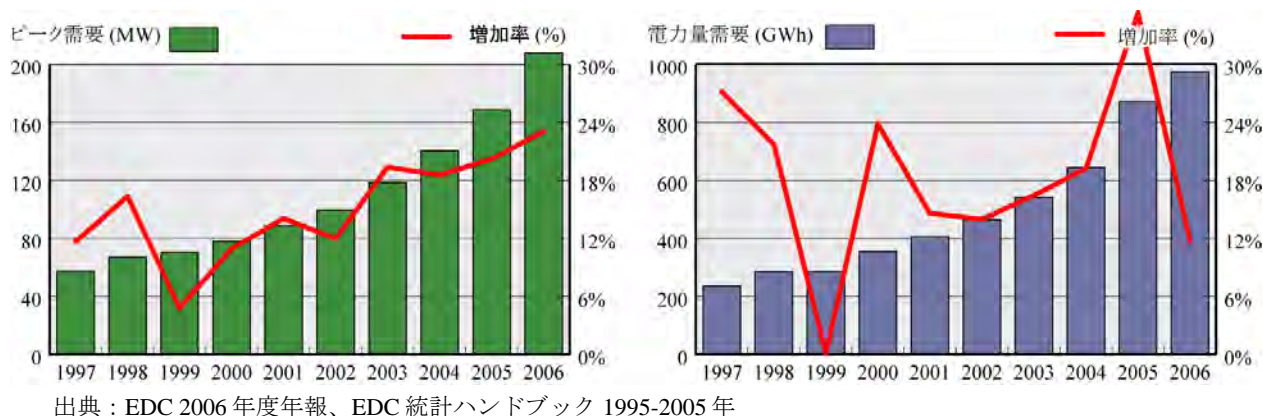
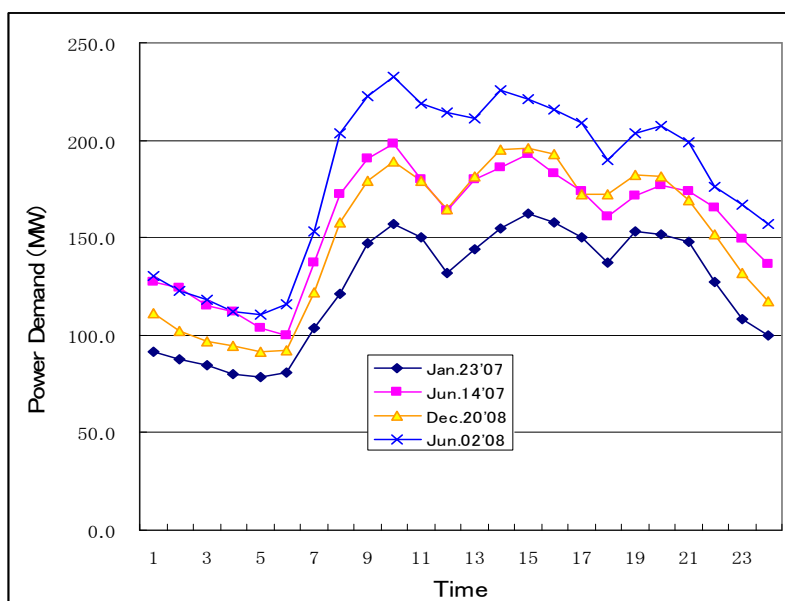


図 1.2.6 カンボジアの EDC 供給エリアのピーク需要、電力量需要の推移(1997-2006 年)

EDC の給電センターでは、プノンペン系統の IPP を含めた発電所の時間出力を記録整理している。最近の代表的な日負荷曲線を図 1.2.7 に示す。同図に示す負荷曲線は夫々の月の最大負荷を記録した日のものである。図でも明らかな如く、従来の夜型ピークから昼型ピークへ既に移行していると判断される。今後は更に昼間の需要が増大し、昼間ピークが先鋭化していくものと推定される。電源開発が進み、系統が拡張され現在互いに孤立している系統を取り込んでいったとしても、プノンペン系統の負荷が圧倒的に大きいため、この昼型の負荷状況には変化が無いものと考えられる。



出典：EDC

図 1.2.7 代表的な日負荷曲線

(11) カンボジアの電力需要予測

カンボジアにおける電力需要予測は MIME のエネルギー開発部の計画課が担当している。現在の電力需要予測は、2006 年に世銀が支援した“Power Development Master Plan”で韓国電力公社 (KEPCO) が策定したものがベースとなっている。MIME は、世銀需要予測の高成長シナリオを正式な需要予測として 2006 年末に採用した。その後、MIME は EDC、EAC とともに、世銀/KEPCO の高成長シナリオをベースとして、さらに高い増加率を見込んだ需要予測を 2007 年 12 月に作成し、2008 年 1 月に首相承認を受けている。

この需要予測では、地域別（州別）の需要予測を基にカンボジア全体の需要を予測し、電源拡充および系統拡張計画に沿ってプノンペンを中心とする国家電力系統（メイングリッド）の延伸に伴い、メイングリッドにより供給されるであろう需要を予測している。メイングリッドが全国へと延伸される結果、2005年においてカンボジア全体の需要の38%を占めているに過ぎないEDCのメイングリッドの需要は、シハヌークビルの小系統にメイングリッドが接続される予定の2010年にカンボジア全体の71%、バタンバン・シェムリアップ系統と接続される2012年に88%、2024年にはカンボジア全国需要の96%を賄うと予測されている。

図1.2.8に、世銀/KEPCOの3つのシナリオの需要予測と、MIMEが2007年12月に行った修正版の需要予測を示す。MIMEの需要予測はもっとも強気の予測となっている。世銀/KEPCOの予測によると、2005年に134MWであったメイングリッドのピーク需要は、低成長シナリオで2024年に1,316MW（年平均増加率12.1%）、ベースケースで2,216MW（同15.5%）、高成長シナリオで2,912MW（同17.3%）となっている。一方、MIMEの修正版予測では、年率18.8%で増加し、2024年には3,571MWに到達するとされている。

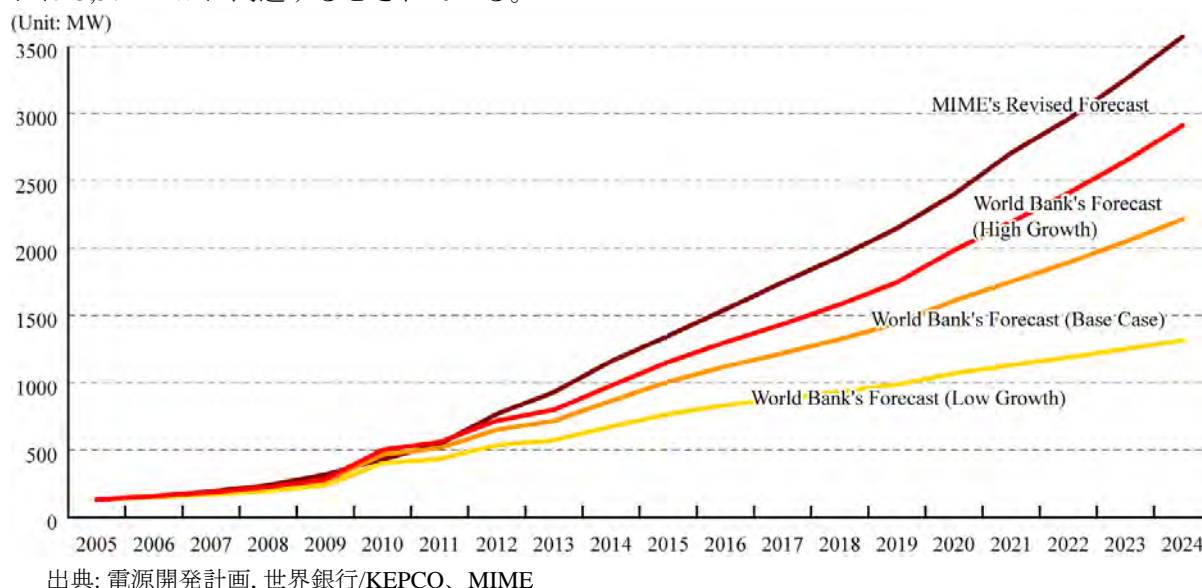


図 1.2.8 メイングリッドにおける電力量需要予測結果の比較(ピーク需要)

(12) 電力輸出の可能性

タイ市場

タイの電源開発計画にはカンボジアからの電力輸入の計画は記載されていないが、EGATは送電線建設費、送電ロスを考慮した上で価格が妥当なものであれば是非輸入したいと考えている。特にKoh Kong石炭火力発電所およびStung Metoek（タイでの名称はStung Menam）水力発電所に注目している。

ラオス、ミャンマーで計画されている水力発電所は、規模も大きく、恵まれた地形および水文条件を生かして安価な電力を発電できると期待されているのに対し、カンボジアの発電所がコスト面で競争するのは難しいと思われる。しかし、ラオスでも無尽蔵に水力資源がある訳ではなく、実施がコミットされ資金が用意された計画は限定されている。タイの電力輸入需要が十分に大きいことを考えれば、環境影響が受忍可能なカンボジア水力の経済ポテンシャルは、カ国の輸出促進、GMSの電力相互融通、およびGMSの温暖化ガス排出削減の観点から、開発を推進すべきである。特に雨

季中の余剰電力輸出と乾季の電力輸入による電力相互融通のメリットは高いと考えられる。

ベトナム市場

ベトナムの電力需要は、北部の首都ハノイ周辺、ホーチミンを含む南部のメコンデルタ地域に2極化している。水力資源が豊富な北部が水主火従の電源構成であるのに対し、南部では火主水従の電源構成となっている。そのため、オフピーク時には国土を南北に縦断する2回線の500 kV送電線を使用し南部から北部に、ピーク時には北部から南部に送電されており、こうした歪な需要地および電源の構成は今後も継続するものと予測されている。

第六次電力マスタープランによると、国内の有望な水力発電サイトは2020年までにほぼ開発し尽くされるため、負荷追従性の高いピーク電源の不足が懸念されている。そのため同計画では、2019年以降には発電単価が高い揚水発電の建設が数多く計画されている他、近隣国の水力発電所からの買電計画も数多く検討されている。このようにピーク需要に対応できるような近隣国の水力発電所に対するニーズは、水力発電のポテンシャルが低い南部地域を中心に今後一層高まるものと思われる。

EVNおよびベトナムの大手ゼネコンであるSong Da社は、特に、ラオス、カンボジアにおいては積極的に水力発電所への投資および電力輸入を検討している。カンボジアは、ラオスおよび中国南部に比べて安価な水力発電を行えるポテンシャルは少ないものの、北部、中部の送電網に接続される予定のラオスの発電所とは異なり、ピーク電源の一層の不足が懸念されているベトナム南部の送電網に接続される予定である。カンボジアの水力発電所は、こうした地理的な利点を生かすことにより、ベトナムに電力輸出を行うことは可能であると思われる。

(13) 水力計画・積算

現地踏査とレイアウト検討

第一次スクリーニングでは、既存地図（縮尺10万分の1、5万分の1）をもとに水力計画を作成した。第2段階で縮尺1:10,000の地形図を、Prek Liang I & II、Bokor、Stung Kep II、Stung Metoek IIの各サイトについて作成した。現地踏査を実施し、水文、地質、社会、自然環境の概要を把握した。その上で、各計画のレイアウトと貯水池計画を検討した。

アクセス道路と送電線

アクセス道路のルートは現地踏査の結果を踏まえて、平坦部、山岳部、ならびに既存道路の改修部の3種類に分けて検討・積算した。送電線は、当該水力計画地点から最も近い州都に将来設置される系統変電所（Grid Substation、GS）にてEDCの国家電力系統に接続することを想定し、所要延長を推定した。発電所近傍地域で、別の発電・送電計画が存在する場合には、最寄りの変電所にて系統に接続するものとした。

水力計画

各計画地点の推定年流出高に基いて、もよりの測水所の流量記録を参照して、当該貯水池の月流入量時系列を仮定した。貯水池容量曲線は、既存地図（縮尺10万分の1、5万分の1）上で面積を測定し、作成した。年間流入量に対する有効貯水容量の比（Capacity-Inflow Ratio : CIR）の目標値を、流況が比較的良好な北東部地域では20%、乾季の流量低下が顕著な南西部および中央山地地域では30%に設定した。ダム計画地点と発電所からの放水口の間いわゆる「減水区間」の河川環境を維持するため、日本の基準を参照して、流域面積100 km²当り毎秒0.2 m³を放流するものとして、各

計画の環境維持用水を設定した。発電設備容量は、いずれも貯水池式計画であることに鑑み、年間設備利用率 40%を目安として設定した。これらの水文データと計画発電諸元に基いて、貯水池運用シミュレーションを実施し、常時使用水量、年間発生電力量などを推定した。

積算

レイアウトと計画発電諸元をもとに工事数量を概略算定した。単価は、カンボジア国内、ラオス、ベトナム等の近隣諸国の工事単価情報を収集し、設定した。基準物価水準は 2007 年 7 月である。

(14) MP 候補計画の開発優先順位付け

9 つの MP 候補計画について、第 1 次スクリーニングと同様に下の 5 つの基準を用いて優先順位付けを行った（より詳細な評価項目と評価尺度は第 5 章の表 5.2.2 参照）。

- ① 社会経済環境
- ② 自然環境
- ③ 事業内容（技術面）
- ④ 事業の経済財務効果
- ⑤ 実施所要時間/速度

総合評価した結果を表 1.2.10 に示す。

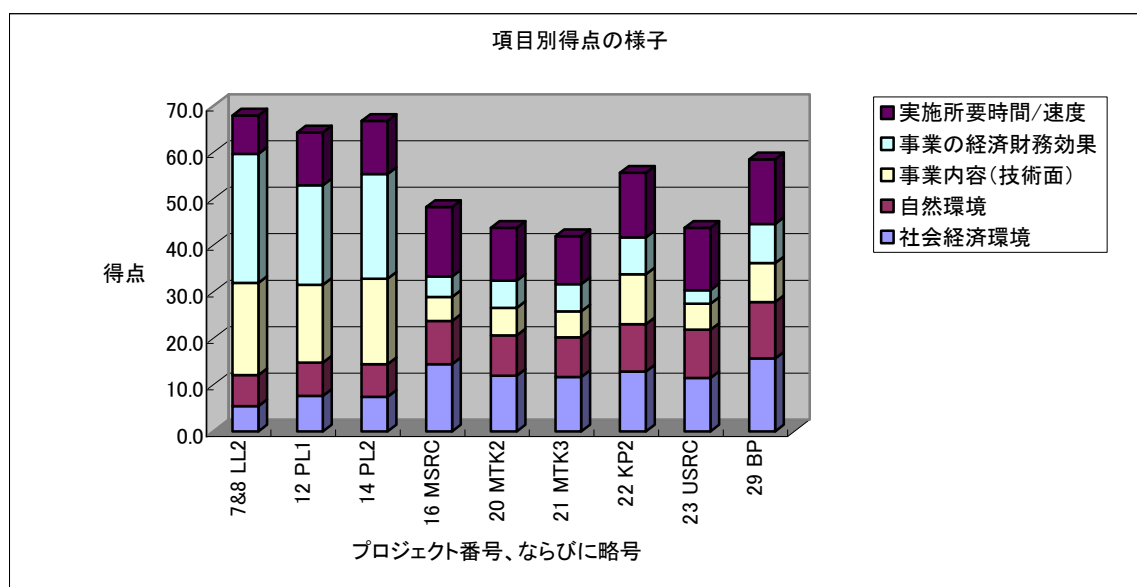
表 1.2.10 水力マスタープラン事業の優先順位

		7 & 8	12	14	16	20	21	22	23	29
		Lower Sre Pok II + Lower Se San II *	Prek Liang I	Prek Liang II	Middle St. Russey Chrum *	Stung Metoek II	Stung Metoek III	Stung Kep II	Upper St. Russey Chrum *	Bokor Plateau
略号		LL2	PL1	PL2	MSRC	MTK2	MTK3	KP2	USRC	BP
技術・経済評価点合計		47.6	38.1	40.9	9.5	11.8	11.4	18.7	8.5	16.8
Rank		1	3	2	8	6	7	4	9	5
MP候補計画として必要なEIRR値:10%		18.2%	18.2%	21.7%	10.1%	10.7%	11.2%	10.7%	6.4%	13.4%
CDM便益を考慮したEIRR値		21.6%	21.6%	25.3%	12.1%	12.8%	13.3%	13.4%	8.0%	15.7%
5項目総合評価		67.9	64.3	66.8	48.2	43.8	42.0	55.6	X	58.5
Rank		1	3	2	6	7	8	5		4
発電諸元と経済性	単位									
発電設備容量	MW	420.0	100.0	54.0	28.0	25.0	26.0	116.0	28.0	26.0
発生電力量	GWh	1,725	348	198	96	86	90	407	98	91
発電原価	Cent/kWh	4.76	6.13	4.64	11.52	10.77	10.41	9.98	16.41	9.19
FIRR	%	16.5	13.1	16.8	6.4	7.0	7.3	7.8	3.5	8.6
主要環境影響指標										
CO ₂ 排出削減量 t-CO ₂ /km ² (マイナスは増加を示す)	t-CO ₂ /km ²	2,859	30,368	15,484	5,053	4,262	5,588	32,181	31,650	17,375
貯水池面積 100 km ² 以上を太字で表示	km ²	394	10	9	13	14	11	11	2	3
環境保護区内に入る湛水面積 5,000ha以上を太字で表示	ha	211	715	1,416	2,259	2,022	1,120	391	445	194
移転対象世帯 1,000世帯以上を太字で表示	hh	1,224	0	0	0	168	0	0	0	0
水没農地面積 1,000ha以上を太字で表示	ha	1,347	0	0	9	724	0	0	0	0

出典：調査団

表 1.2.10 の最上段に、技術面と経済面だけで評価した場合の各計画の得点と順位を示す。その下段に、社会・自然環境および実施速度を加えた 5 項目総合評価の得点と順位を示す。環境面を考慮することによって、貯水池が比較的大きい#20-21 Stung Metoek II & III がそれぞれ1ランク低下、#16 MSRC が 2 ランク、#29 Bokor が1ランクそれぞれ上昇した。第 1 次スクリーニングを通過して選定された 8 つの優先計画であるためか、技術・経済評価と 5 項目総合評価の間で大きな変化は認められなかった。

図 1.2.9 に各優先計画の評価項目ごとの得点を示す。上位の 3 つの計画(#7&8 LL2, #14 PL2, #12 PL1) はいずれも、技術面、経済財務面において高得点を獲得している。#22 KP2, #29 BP の 2 つの計画は、各評価項目で満遍なく得点し、4、5 位を占める。残りの 3 計画(#16 MSRC, #20 MTK2, #21 MTK3)は、他の計画に比べて技術面、経済財務面の評価がやや低い。



出典:調査団

図 1.2.9 評価項目別得点の内訳

以上の結果、本水力 MP の検討対象として、合計 8 つの水力計画が選定された。既述のように、#22 Kep II 計画は 2008 年 5 月に New Tatay 計画として事業実施契約が締結されたので、コミット済みの計画として扱い、本水力 MP の候補計画からは外した。

(15) 電源拡充計画の策定

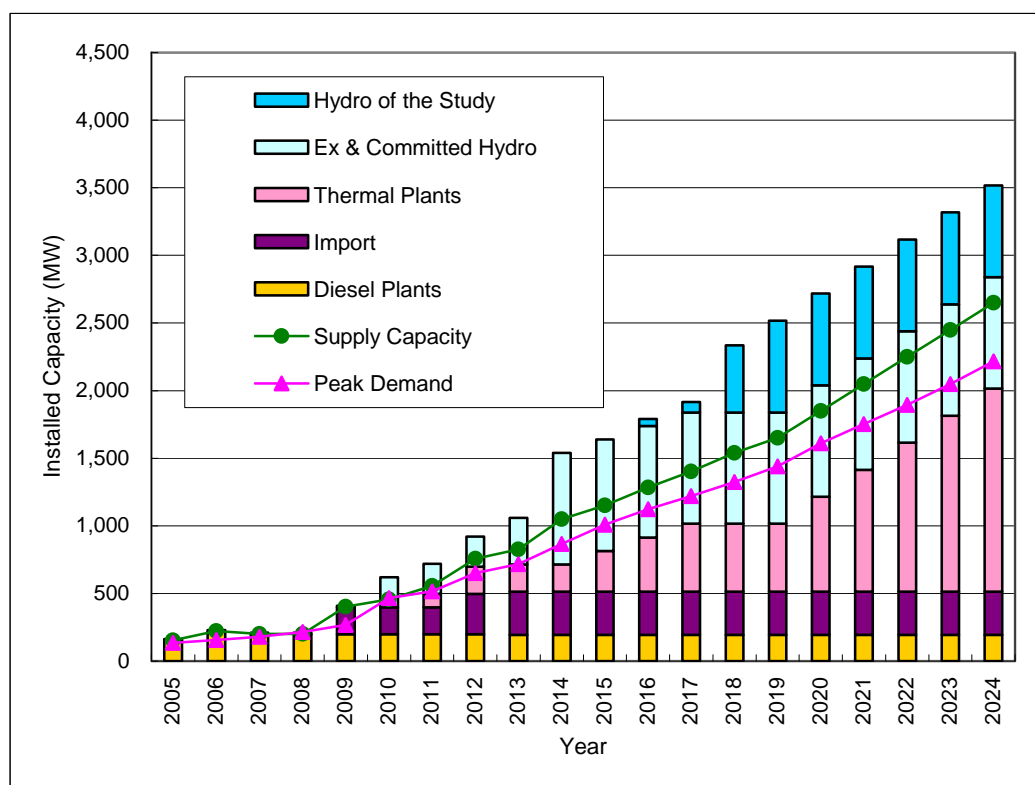
電源拡充計画は、水力の可能発生電力量が大幅に低下する乾季の電力バランス及び電力量バランスを基に策定する。即ち、安定した電気の供給を継続するためには、予備力を考慮した供給力が必要である。この供給力を確保するために、火力を含めた最適な電源候補を順次投入する。この場合、各対象年に過度の予備力が生じないよう、即ち、電源への先行投資が極力少なくなるように年次順に、順次投入する電源候補を決定する。

マスタープラン 2006 で求められた電力系統でカバーされた地域の「基礎需要予測値」、及び「高需要予測値」に対し、既にコミットされている水力計画、本調査で選定された 7 つの優先計画、及び上記の火力機を含めた電源拡充計画を算定した。その結果を図 1.2.10、1.2.11 に示す。なお、7 つの優先計画はその選定段階で夫々単独で火力機を代替えとした経済比較を行い、その開発の妥当性が既に検証されているため、各対象年に過度の予備力が生じない範囲で優先的に投入した。

マスタープラン 2006 では、2024 年までに「基礎需要予測値」及び「高需要予測値」の両方のケースとも、水力開発計画の総出力は 1,985 MW で、火力発電開発の総出力は夫々 1,500 MW、2,400 MW となっている。本調査では水力開発計画の総出力は 1,491 MW、火力発電計画の総出力はそれぞれ 1,500 MW、2,300 MW となっている。両調査とも火力の総設備容量はほぼ同じであるが、水力開発の総出力に 494 MW の差が生じている。この理由は、1) 本調査ではメコン本流の Sambor 計画を、現時点で解決できない技術的な困難さのゆえに優先計画選定対象から外したこと、および 2) 水力投入計画群に Sambor 水力がなくとも、本 MP 調査では貯水池の目標 CIR（有効貯水容量-年流入量比）を 20-30% に設定することにより水力の乾季出力を確保すべく水力開発計画を作成したことにより、水力の総設備容量は MP2006 と比べて 494MW だけ減少しても、乾季の所要総供給力は確保されており、火力の追加は不要であることによる。

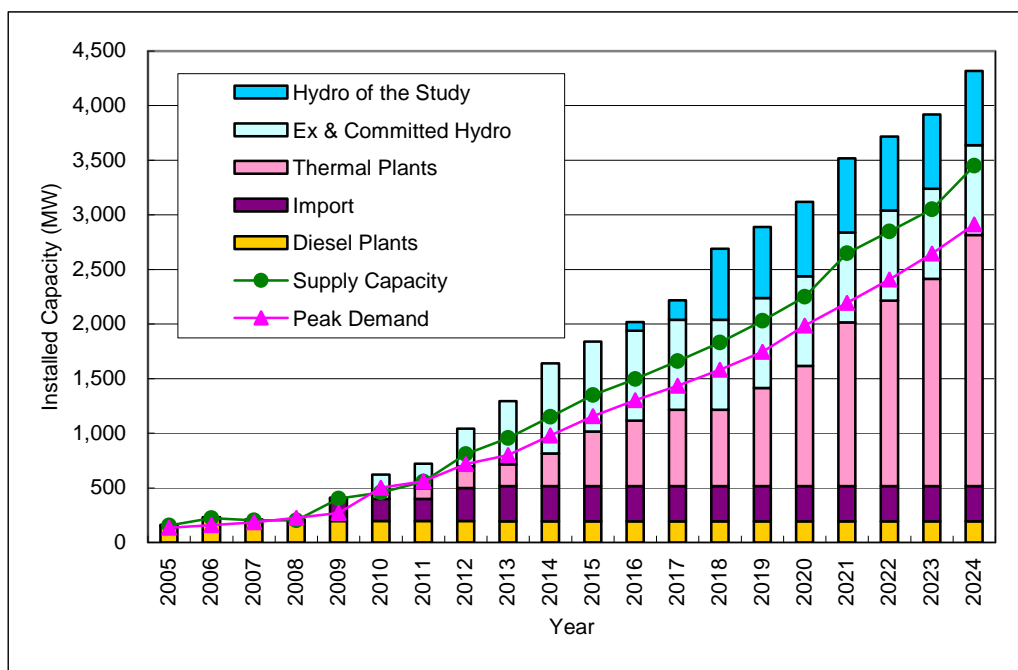
コミットされた水力発電所のうち、「基礎需要予測値」のケースでは、現在カンボジア政府の運転開始計画に比較して、Stung Atay、Lower Stung Russey Chrum、及び New Tatay 計画の運用開始を 1 年遅らせることが可能である。「高需要予測値」に従って系統の需要が増大する場合でも、New Tatay 計画の運用開始を 1 年遅らせることが可能と考えられる。

上記電源拡充計画に基づいて、各年の乾季の電力量のバランスをチェックした（9 章 表 9.3.4 および 9.3.5 参照）。計画対象期間を通じ供給支障は発生しない。



出典：調査団

図 1.2.10 基礎需要予測に対する電源拡充計画



出典： 調査団

図 1.2.11 高需要予測に対する電源拡充計画

1.3 提言

- (1) 7つの水力マスタープラン事業は、下表に示すようにそれぞれ課題を抱える。調査団は、政府がこれらの課題を十分に認識して、各計画の実施を促進するための第1歩として課題の解決に着手することを推奨する。

表 1.3.1 水力マスタープラン事業の課題

Project	Organization	Issues
#7&8 LL2	EVN, Vietnam	<ul style="list-style-type: none"> ■ EIA and public relations ■ Resettlement planning ■ Environmental conservation and rural development program
#12&14 Prek Liang I and II	Proposed as EDC project with MDB/ODA/PPP finance	<ul style="list-style-type: none"> ■ Zoning of Protected Area ■ Model for environmental conservation and capacity development of RGC staff
#29 Bokor Plateau	-	<ul style="list-style-type: none"> ■ Concurrence of Sokha group ■ Zoning of Protected Area ■ Coordination with Kamchay for reduction in its energy output
#16 MSRC	KTC, Korea	<ul style="list-style-type: none"> ■ Zoning of Protected Area ■ Firming up effect to LSRC to be taken into account
#20 St. Metoek II #21 St. Metoek III	Proposed as ODA/PPP project	<ul style="list-style-type: none"> ■ Zoning of Protected Area ■ Concession ■ Clearing of landmines

出典：調査団

- (2) 環境を保全しつつ水力資源の持続的開発を推進するために、国民合意形成のためのキャンペーンを展開することを推奨する。キャンペーンは次のようなものを含むことが考えられる。

- 「**環境と調和した経済社会開発**」、などのスローガンの設定
- 国民説明会を水源地域だけでなく都市部でも開催
水力発電所の水源地域や火力発電所の周辺住民による立地受け入れの恩恵として、都市住民が電気を享受できる現実を説明し、系統ユーザーによる相互補助の必要性について理解を深める。また、MIME/DIMEは、外国の民間事業者などによるFS-EIAおよび移転計画作成に先立ち、実施予定の水力プロジェクトについてその推進方針や情報を関係住民などに事前説明する場を持つことを推奨する。住民は、いきなり外国の開発事業者からでなく、自国政府からの最初の方針説明を受けることを望んでいる。
- 発電所や変電所の見学会の開催
- 環境共生体験施設の建設と運営

- (3) メコン河本流に位置する Sambor 計画については、中国企業が MIME と MOU を交わしてプレ FS および FS 調査を実施中である。本水力 MP 調査の時点ではその調査は完了していない。本調査団は、① 平坦でかつ幅の広い Sambor 貯水池内に堆積した流砂を、確実に下流河道に排出 (sand flushing) する技術的フィージビリティが未だ明らかにされていないこと、② 発

電規模が本水力 MP 計画期間内のカンボジア国の総電力需要を越える規模であり、開発を急がないこと、および ③ インドシナ諸国間の電力融通のために今後作成される GMS 広域送電系統計画と歩調を合わせて開発することが望ましいことから、メコン本流計画は本水力 MP の優先計画の選定対象から除外し、別途その開発の是非を検討することを推奨する。貯水池内に堆積した砂と粘土を下流河道に排出 (sand flushing) するためには、SS (浮遊物質) 濃度、粒度分布、粘土の鉱物組成、貯水地縦横断形状を含む現地調査と材料試験、水理実験、シミュレーションなどが必要となるだろう。

(4) カンボジアの水力ポテンシャルには限りがある。29 の水力計画の内、25 計画は多かれ少なかれ環境保護区に係る。調査団は、水力ダム計画の社会的受け入れを促進するとともに、移転世帯を含む水源地域の生活水準を持続的に向上させるために、政府が以下の 3 つの制度について検討することを推奨する。

① **社会環境基金 (SEF)** : 系統ユーザーの相互補助金を電力料金に上乗せ (サーチャージ) して徴収し、これを社会環境基金 (仮称) にプールして、水源地域のコミュニティ開発事業や地方電化事業を支援する。サーチャージの水準は、日本の水源地域振興制度では約 0.4 セント/kWh、ケニアの地方電化向け補助金制度では電気料金の 5% である。プノンペン系統の平均売電単価が 18 セントとすると、その 5% は 0.9 セント/kWh となる。系統の販売電力量が 1,500 GWh の規模とすると、0.4 セントのサーチャージの場合には、相互補助金の総額は年 60 百万ドルのオーダーに上る。プロジェクト地域内にコミュニティが全くない場合には、SEF からの交付金はない。

② **SPC 株を移転コミュニティに交付** : 移転世帯に対しては通常の補償 (家屋、農地、生計、コミュニティ施設) に加えて、移転受け入れをプロジェクトへの現物出資として扱い、移転したコミュニティに事業会社 (SPC) の株を交付する。発電開始後コミュニティは毎年配当金を受け取り、マイクロクレジットなどの原資として、生活水準向上策に充当することが考えられる。交付する株数は、カンボジア国の一人当たり GDP (454 ドル、2005 年) がひとつの基準となる¹⁵。移転世帯がない場合にはこの株交付はない。

③ **環境保全活動** : 環境影響による外部不経済費用もプロジェクト費用の一部として認識し、事業者が拠出し環境保全活動に充当する。例えば、アクセス道路を建設すると外部の人々が保護区内に入りやすくなり、違法伐採や違法狩猟を招くおそれがある。環境省と協力して、この資金を使って、道路上にゲートを設置して環境保護区への立入を制限したり、レンジャーによる巡回監視、さらに遊歩道などの環境共生体験施設を整備・運営する。拠出金額の水準としては外部不経済費用の規模だけでなく、保全すべき環境の質にもよるので、プロジェクト毎の検討を要する。

(5) 本水力 MP 調査の S/W に沿い、第 3 ステージのマスタープラン策定段階の調査において、水力開発の円滑な実施のために、5 項目の要因を抽出し提言として取りまとめた。その概要を表 1.3.2 に示す (内容は 9.3 節参照)。

¹⁵ 例えば、454 ドルの 20% を配当金として受け取るように設定すると、ROE を 15% と想定して、一人当たり約 600 ドル、世帯サイズを 5 人と仮定すると 3,000 ドル/世帯相当の株券を交付することが一案として考えられる。

表 1.3.2 実施のための制度面の提言

No.	項目	内容
1.	実施体制／投資と事業運営	<ul style="list-style-type: none"> ① 電源開発事業の実施体制 ② 水力 MP 事業の優先実施 ③ 水文観測体制の整備 ④ 新規提案事業の評価基準 ⑤ IPP による事業運営
2.	環境社会配慮	<ul style="list-style-type: none"> ① EIA ガイドライン <ul style="list-style-type: none"> ■ 環境と調和した経済社会開発 ■ 移転計画作成 ■ 水力密度基準の導入 ② メコン本流計画などの貯水池堆砂に係る実施判断 ③ 環境に係る施設計画 <ul style="list-style-type: none"> ■ 環境保護区内での発電施設の地下化（水路、発電所など） ■ 環境維持用水 $0.2 \text{ m}^3/\text{s}/100 \text{ km}^2$ ■ 魚道 ■ 閘門 ■ 発電所およびダム放流警報 ④ 社会環境基金と水源地域振興 <ul style="list-style-type: none"> ■ 相互補助の事例 ■ システムユーザーの相互補助と SPC 拠出金による水源地域振興のコンセプト ■ カンボジアでの水源地域振興の支援案
3.	資金調達計画	<ul style="list-style-type: none"> ① 民活による水力事業の実施と平行して、以下の公的資金調達を進める <ul style="list-style-type: none"> ■ MIME/EDC が MDB の融資を得て SPC に出資し、事業に参加するとともに、配当を得る ■ MIME/EDC が MDB や ODA 資金を得て、公共事業あるいは PPP 事業として実施
4.	人材育成	<ul style="list-style-type: none"> ① 机上研修 ② 実務研修
5.	他セクターとの調整	<ul style="list-style-type: none"> ① MEF と相互補助制度創設に向けて協力 ② MOE と環境保護区ゾーニングの線引きで協力（保護区の現況は 8.2.1 節を、また想定される保護区への影響の軽減策は表 9.4.2 の 8 項参照） ③ MAFF と森林地帯の土地収用、植林計画、漁業、魚道に係り協力 ④ MOWRAM と水文観測およびデータ管理で協力 ⑤ MOPWT とアクセス道路および舟運に係り協力

出典：調査団

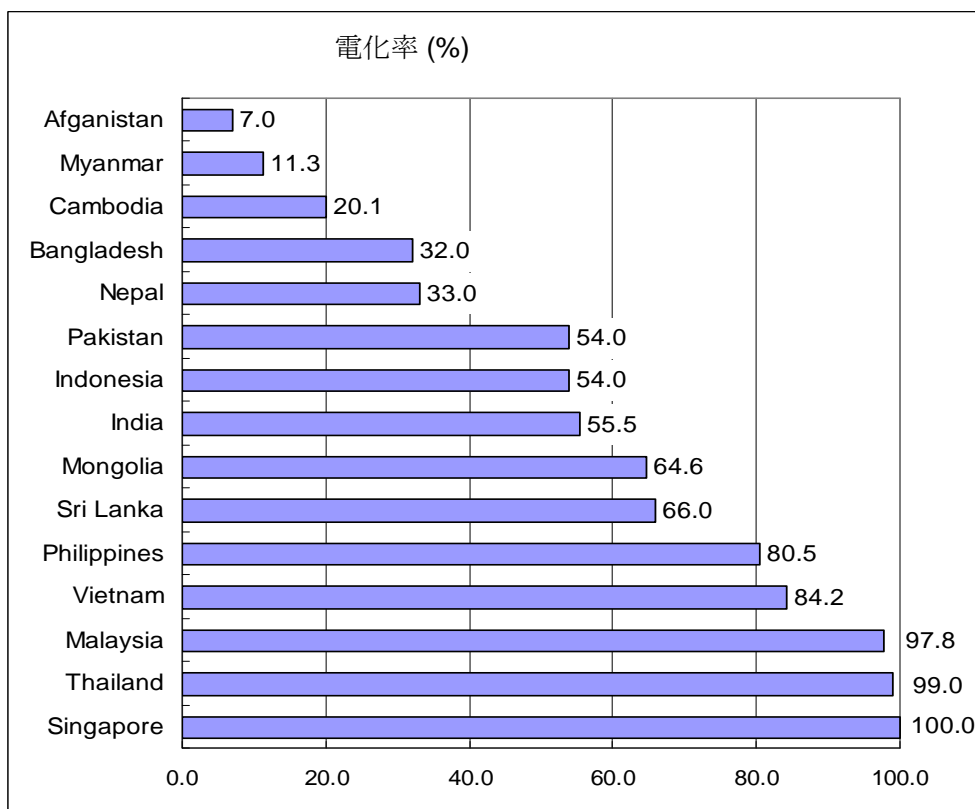
第2章 調査の背景と目的

2.1 調査の背景

2.1.1 電力セクターの課題

カンボジアでは近年、民生の安定と経済成長に伴い、電力需要が急速に伸びている。電力セクターにはいくつかの課題がある： 1) 発電設備と低価格国産エネルギー源の不足、2) 高い電気料金、3) 20%程度の低い電化率、4) 電力供給の低い信頼度。

2005年の総発電設備容量は230MWで、その約90%は輸入燃料を使うディーゼル発電機により供給された。カンボジアの電化率は、下図に示されるように東南アジア諸国中でも最低水準にある。



出典: World Energy Outlook 2006

図 2.1.1 アジア諸国の電化率

2.1.2 電力政策としての水力開発

上述の現状に対し、カンボジア国政府は、国内資源の開発を促進させ、輸入燃料への依存を軽減させ、電力セクターの産業・組織強化のために1999年に「電力セクター戦略（Cambodia Power Sector Strategy）1999-2016」を策定した。

エネルギー安全保障および有効活用の観点から、カンボジア国政府は水力開発の促進を電力政策と

して掲げている。しかしながら、現在までに開発された水力発電所は、中小水力発電所 2 ヶ所（合計発電設備容量 13MW）のみである。

過去において主に机上調査による包蔵水力調査が実施され、一部計画地点については民間会社等により個別に詳しい計画検討が行われている。しかし、一般に調査精度は低く、また、カンボジア国の水力マスタープランが作成されていない。

2.1.3 水力開発の課題

■ 環境影響の回避あるいは軽減策の重要性

「ベトナムからカンボジアに流れ込むセサン川において、上流域（ベトナム国側）に位置するヤリ滝ダムの放流の影響により、カンボジア側で①水難事故、②耕作地の水没、③河岸侵食などの影響があった」、との NGO 報告がある。また、カンボジア東北部のメコン河には川イルカが生息していると報告されている。南西部では、国立公園や野生動物の保護区や植物の多様性保護区が指定されており、脅威にさらされている鳥類が生息すると報告されている。29 の検討対象水力計画の内の 25 計画が自然保護区内、あるいは境界に位置する。

調査団はこのような種々の報告を精査していないが、カンボジア国の水力開発を着実に推進していくためには、環境影響の回避策・緩和策の検討と国民への説明が極めて重要と認識している。

■ 独立発電事業者（IPP）の急速な参入

カンボジア国では、政府予算と技術者の不足から、水力発電所・ディーゼル発電所ともに建設・運用を独立発電事業者（IPP）に依存してきている。カンボジア電力公社（EDC）は大規模な電源開発を実施するだけの財務余力を持っていない。電源は IPP 事業者と輸入電力に依存しており、送配電網の建設を優先している。民間セクターの参入を呼び込み、より多くの IPP/BOT 計画の実施を促進するために、カンボジア政府は中国やベトナム、韓国といった外国企業による水力開発への積極的な投資を奨励している。2007 年 7 月現在、IPP により 4 つの計画が実施されており、11 の計画が調査段階にある。

エネルギーセクターの政策立案と行政を担当する MIME 職員にとっての重要な職務の 1 つは、IPP に対して、買電単価契約交渉（PPA）を含む、水力計画の調査の権利や事業権の交渉や認可を与えることである。しかしながら、IPP が提案した発電計画の内容の確認に際し、MIME 職員は、発電計画および環境影響評価を行うための十分な情報と経験を持ちあわせているとはいいがたい。

2.1.4 水力マスタープランの必要性

上記の背景を踏まえ、技術面、環境面、経済面から既存の水力開発計画を精査し、水力マスタープランを策定することが期待されている。カンボジア国政府はこのための技術支援を日本政府に要請した。これを受け、独立行政法人国際協力機構（JICA）は、2006 年 3 月にプロジェクト形成調査を実施し、カ国の水力開発の現状や他ドナーの活動状況等の基礎情報を収集し、本調査の枠組みについて協議するとともに、本調査の妥当性や必要性を確認した。2006 年 10 月に本計画が採択され、

2007年1月に事前調査を実施し、同年4月に Scope of Works (S/W) の署名／交換を行った。本調査はこの S/W に基づいて実施される。

2.2 水力マスタープラン調査

2.2.1 目的

調査の目的は以下の通りである。

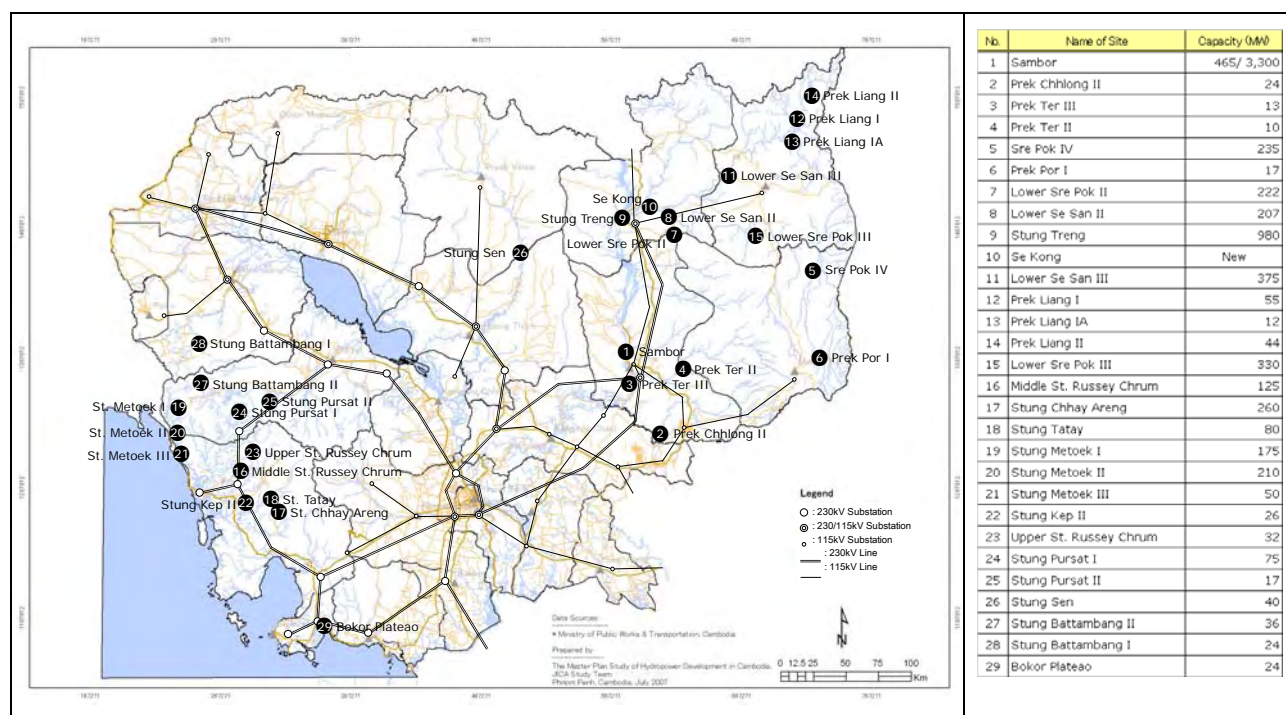
- カンボジア国全土の 29 ヶ所の水力ポテンシャルの開発計画を見直し、環境面・技術面・経済／財務面の観点から優先順位付けを行う。
- 水力開発のための提言を盛り込んだ、今後 20 年間の水力開発マスタープランを作成する。

なお、策定する水力マスタープランには以下の内容を含める。

- 今後 20 年間の有望水力開発計画の優先順位付けと、開発に係る課題の抽出およびその対策
- 長期電源計画および送電線計画との整合性

2.2.2 調査対象地域

対象地域はカンボジア国全土とする。具体的には、29 ヶ所の水力ポテンシャルサイト（巻頭図ならびに下図に示す）について検討を行う。



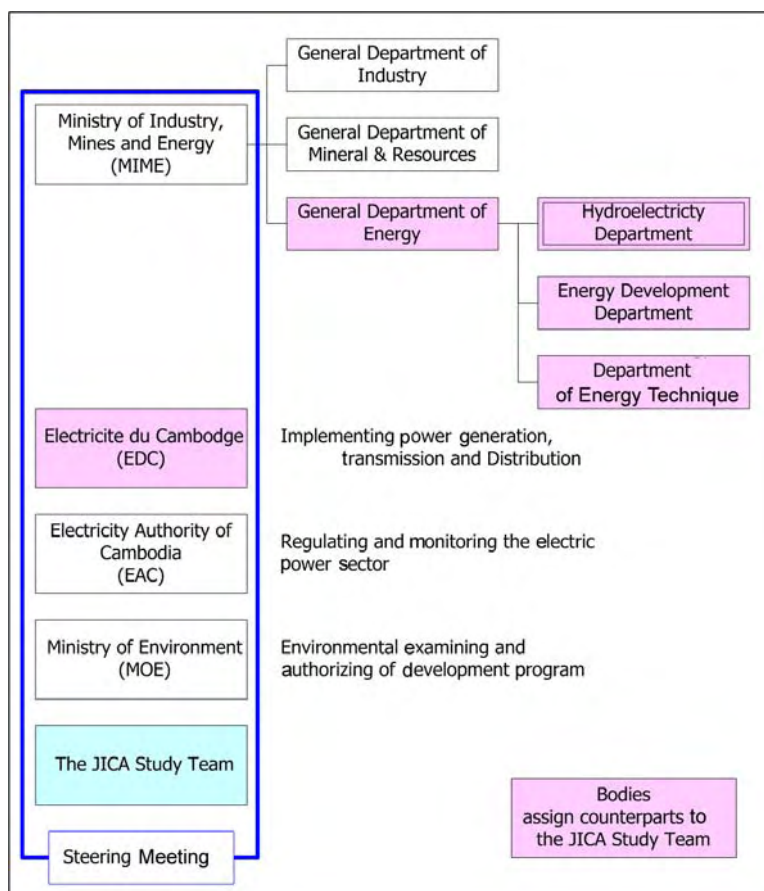
出典：調査団

図 2.2.1 調査対象地域と候補水力計画

2.2.3 カウンターパート機関

本調査のカウンターパート(CP)機関は、鉱工業エネルギー省 (Ministry of Industry, Mines and Energy, MIME) である。

本調査においては、MIME のエネルギー総局 (General Department of Energy) 水力発電部 (Hydroelectricity Department) をコアカウンターパートとすると共に、同局エネルギー開発部 (Energy Development Department)、エネルギー技術部 (Department of Energy Technique) からの協力も得ることとする。また MIME 以外にもカンボジア電力公社 (EDC)、カンボジア電力庁 (EAC)、および環境省 (MOE) からの協力も得る。従って本調査では、MIME、EDC、EAC、MOE、および調査団からなるステアリング会議を開催し、各関係機関と協議を重ねながら調査を実施する。



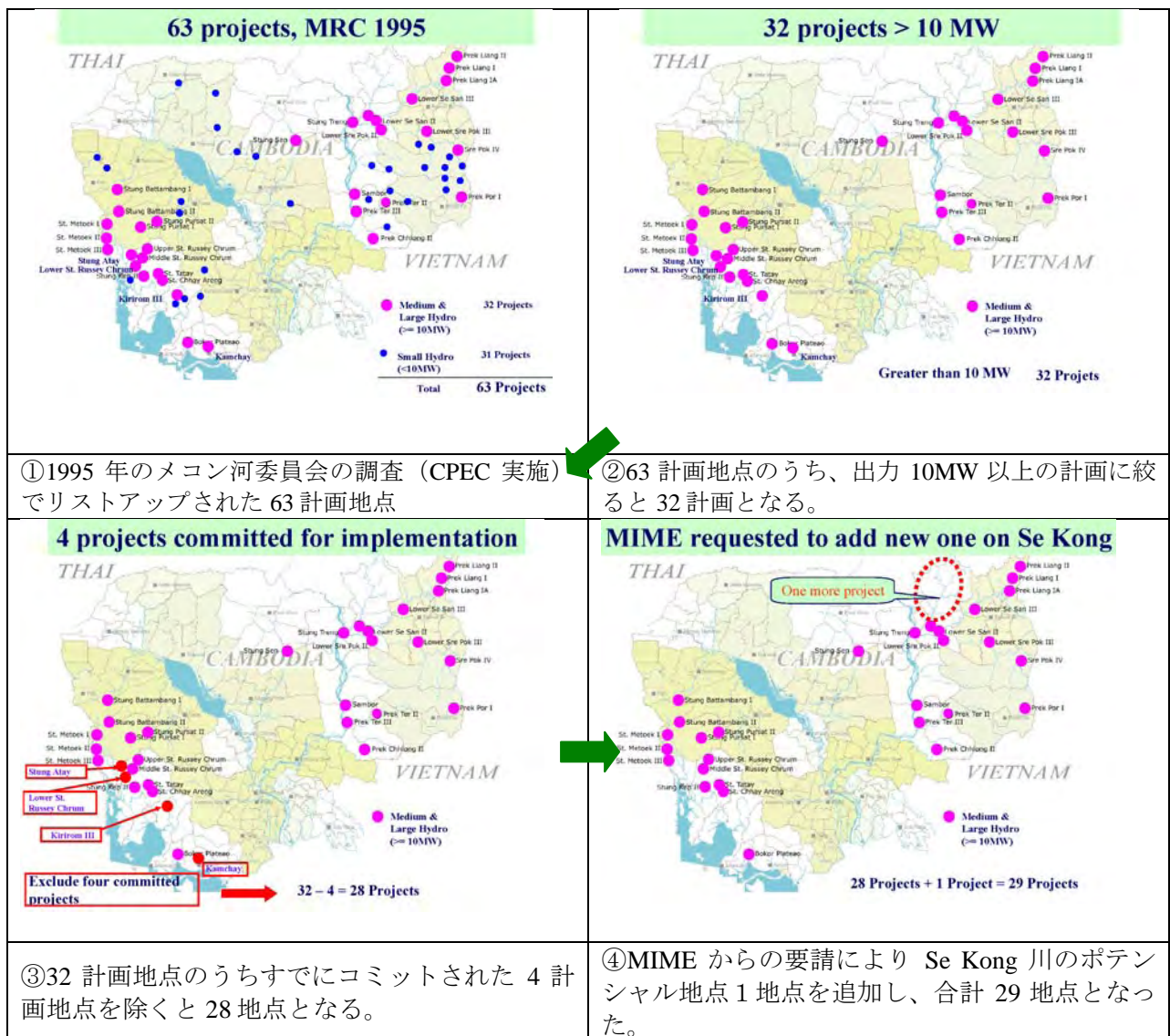
出典：調査団

図 2.2.2 水力マスタープラン調査の関連機関

2.3 29 の候補水力計画

当該ポテンシャルサイトは、1995年6月作成の「Review and Assessment of Water Resources for Hydropower and Identification of Priority Projects」（メコン河委員会, CPEC (Austria) が実施）でリストアップされた63地点の内、出力10MW以上の地点（32地点）から、建設が確約されている地点（4地点：Kirirom III, Kamchay, Stung Atay, Lower Stung Russey Chrum）を除いた28地点に、新規発掘1地点（Stung Treng州 Se Kong 川流域）を加えた計29地点である。

図 2.3.1 に 29 計画地点の選定の流れを示す。



出典：調査団

図 2.3.1 29 候補計画地点選定の流れ

表 2.3.1 計画出力 10MW 以上の水力計画地点

No	Name	Province	Remarks
1	Sambor	Kratie	
2	Prek Chhlong II	Kratie	
3	Prek Ter III	Kratie	
4	Prek Ter II	Kratie	
5	Sre Pok IV	Mondul Kiri	
6	Prek Por I	Mondul Kiri	
7	Lower Sre Pok II	Stung Treng	
8	Lower Se San II	Stung Treng	
9	Stung Treng	Stung Treng	
10	Lower Se San III	Ratanak Kiri	
11	Prek Liang I	Ratanak Kiri	
12	Prek Liang IA	Ratanak Kiri	
13	Prek Liang II	Ratanak Kiri	
14	Lower Sre Pok III	Ratanak Kiri	
15	Middle St. Russey Chrum	Koh Kong	
16	St. Chhay Areng	Koh Kong	
17	St. Tatay	Koh Kong	
18	St. Metoek I	Koh Kong	
19	St. Metoek II	Koh Kong	
20	St. Metoek III	Koh Kong	
21	Stung Kep II	Koh Kong	
22	Upper St. Russey Chrum	Pursat	
23	Stung Pursat I	Pursat	
24	Stung Pursat II	Pursat	
25	Stung Sen	Preah Vihear	
26	Stung Battambang II	Battambang	
27	Stung Battambang I	Battambang	
28	Bokor Plateau	Kampot	
29	Kamchay	Kampot	Committed for construction
30	Kirirom III	Koh Kong	Committed for construction
31	Lower Stung Russey Chrum	Koh Kong	Committed for construction
32	Stung Atay	Pursat	Committed for construction

出典：調査団

表 2.3.2 MIME から要請のあった追加検討地点

No	Name	Province	Remarks
A1	Se Kong	Stung Treng	New Location to be identified

出典：調査団

2.4 調査の課題と対処方針

本調査の背景と目的を踏まえ、調査団はカンボジア国の水力開発の主要課題は以下の 4 点であると認識している。

<課題-1> 発電設備と低価格国産エネルギー源の不足 → 水力開発ニーズ

<課題-2> プロジェクト単体開発 → 流域統合開発の必要性

<課題-3> 保護区内の水力開発の評価基準

<課題-4> 政府職員の水力計画評価能力の開発

各課題と調査団の対処方針について以下に述べる。

<課題-1> 発電設備と低価格国産エネルギー源の不足→水力開発ニーズ

カンボジア国では近年の電力需要の急増に対し、電力供給能力や低コストのエネルギーが不足している。そのため、新規電源の開発が急務となっている。また、2020年までにはカンボジア国全土が基幹送電網でカバーされることが期待されており、電化の進捗に伴いさらなる発電能力増強が必要となる。カンボジア国の水力発電開発計画を作成する際には、近隣国との電力融通、すなわち雨季の電力輸出と乾季の電力輸入も考慮して、各水力案件の開発規模を設定することが必要となる。

<アプローチ-1> 環境保全と水力開発の調和

29の候補計画のうち、25は多かれ少なかれ保護区に含まれるか境界を接している。保護区内に完全にあるいは部分的に含まれる水力ポテンシャルの開発は全て禁止するという厳しい基準は、カンボジア国の国益に合致しないと、調査団は考える。自然環境の保全と国産水力資源の開発はいずれも重要であり、カンボジアの国益のためにいずれも持続されるべきものである。カンボジアでは、保護区に係る開発計画の実施を環境省が承認すべきと判断した場合には、カンボジア政府の決定を仰ぐことになっている。保護区内での開発行為が一律に禁止されているわけではない。透明なプロセスを通じた総合的な判断・決定が、環境保全とのバランスを保ちながら限られた国産エネルギー資源の開発を達成するために、本質的に必要である。言い換えるならば、水力計画の調査権およびIPPビジネスの事業権の付与方法やルールを設定することが、水力開発事業の説明責任と持続性を担保することとなる。

調査団は、戦略的環境評価(SEA: Strategic Environmental Assessment)の実施、すなわち、本マスタープラン調査で環境代替案を検討し、情報公開の原則を導入することを提案する。SEAは、軽減困難な環境影響を事前回避することにより、利害関係者の過半からの支持を得つつカンボジア国における水力ポテンシャルの持続的開発に貢献するだろう。環境保全の重要性を認識することは、電力セクターの政策決定者にとって重要である。その環境認識とさまざまな利害関係者の声に対する誠実な配慮が、優先開発計画の実施につながるだろう。

<課題-2> プロジェクト単体開発→流域統合開発の必要性

近年、カンボジア国では、電源開発に係る調査が数多く実施されている。しかし、水力計画自体の見直しは長年実施されていない。各水力開発計画の開発規模は、それぞれ独自の計画手法によって作成されており、統一されていない。水力開発計画の妥当性と優先度を吟味するためには、まず各水力開発計画を同じ基準で見直し、評価することが重要である。

現在、開発事業者は関心を持つ計画について、プレ F/S や F/S の実施プロポーザルを MIMC 大臣に提出する。MIMC 水力部の審査の後、大臣はプレ F/S 実施の許可レター(LoP: Letter of Permission)を発行したり、FS 実施の覚書(MOU: Memorandum of Understanding)を提案者と交換する。これらすべての調査権が、提案型、持込型で与えられている。MOUには、計画実施のための事業権の優先交渉権を与える条項が含まれる。水力マスタープランを作成することにより、以下のような改善効果が

見込まれる。

- 重要な環境影響を回避あるいは軽減する方策の技術的フィージビリティを未確認の計画については、先ずその技術的フィージビリティを検証することを提言
- 29計画の第1次スクリーニングで、統一基準により計画を見直して算定した EIRR や発電原価を示している。この指標により各計画の概略の経済性を事前に行うことができるので、経済的フィージビリティが疑問な計画に貴重なインプットを投入することを回避できる

流域統合開発が必要な背景

一般にひとつの流域内の水力ポテンシャルの開発には複数の計画が必要となり、そこには以下に示すような背景とファクターにより自ずと最適な組み合わせが存在する。

水力発電の要素：

- **Q と H：** 水力発電の出力は流量(Q)と落差(H)の積(P¹)として決まる。Q は自然要素だが、乾季の流量は貯水池により季節間で調節を行うことにより増強可能である。一方、H は地形により定まるものであり、一般に緩勾配河川ではダムによるせき上げにより、急勾配河川では水路により開発する(図 1.1.1 および図 1.1.2 参照)。資源開発事業の原則として、最大純便益の価値基準により、ポテンシャル全体の最大開発を目標とする。
- **調節容量：** 上流ダムの調節効果は下流発電所でも享受される。下流の発電所は必ずしも自前の貯水池を持たなくとも、上流貯水池の調節能力に依存することが可能な場合もある。河道プロファイルが緩勾配でかつ谷幅が広い、いわゆる貯水用のポケットを確保できる地形が効率的な貯水池地形である。2 大支流の合流点など、流域面積が大きい(=流量が大きい)場所も一般的には効率的なダム地点となる(ただし、Kep 2 のように合流点付近が急勾配で、ダム不適となる例外地形もある)。
- **ダム式：** ダムは一般に、その貯水池による流入量の季節間調節と、落差開発の 2 つの目的を持つ。ここで、ダムの建設費は高さの 3 乗に比例することに留意。
- **流れ込み式：** 水路は、比較的急勾配の河川において落差を開発する手段である。落差開発だけなら、一般的にはダムより水路が低コストとなる。緩勾配や大流量の河川ではその限りでない。
- **ダム水路式：** Prek Liang 計画のように、なるべく低い(安い)ダムで必要な調節容量(年流入量の 20-30%程度)を確保し、より安価な水路で落差を開発することがダム水路式のポイントである。この利点は、単一計画内で保有させることは必ずしも不要であり、カスケード計画では、上流計画に調節機能を任せ、中流部および下流部の計画は流れ込み式としてその調節効果を楽しむべき²。なお、下流部では一般に緩勾配となるのでダム式が必要となるが、流域統合計画では、流れ込み式の運用としても乾季出力を確保できる。
- **逆調整池：** 一般的には、最下流の計画には発電用水の逆調整の機能を持たせることが望ましい。
- **堆砂：** 流送土砂の多くは上流の貯水池から順番に堆積し、浮流砂分(SS)が下流に向けて流下する。

統合化/最適化のファクター：

- **流水の季節間調節：** 流域全体における水力開発統合計画では、どこにダムを設置して季節間の流水調節を行うことが最小費用で最大調節効果(乾季出力)を得られるか、すなわち最適か、検討が必要となる。
- **落差の開発方法：** ある河道区間の落差をダムで開発するか、水路で開発するか最適な(より安価な)開発方法が存在する。(一般論として、大きな滝を貯水池内に水没させたり、急勾配河道に高ダムを配置しない。)
- **開発順序：** 上流ダムの調節効果を下流発電所で享受できることなどから、一般的には上流から開発するのが有利となる。実際にはアクセス道路や開発規模、送電線ルート等を勘案し、最適な開発順序を検討する。

¹ $P = g \eta Q H$, where g = acceleration of gravity = 9.8 m/s^2 , η = combined efficiency of turbine and generator.

² 表 1.1.4 に示したように、Stung Russey Chrum 流域において、Atay と MSRC 計画は流域統合計画の調節機能を担い、LSRC の 2 つのダム計画自体は調節機能上は流れ込み式だが、上流計画の流水調節機能を享受して、統合計画全体として乾季出力を最大化できる。

<アプローチ-2> 技術・経済・環境レビューに基づいてマスタープランを作成

これら課題との関係で、本水力マスタープラン調査は時宜を得たものである。本マスタープラン調査は、MIME に、技術・経済・環境基準に基づく予備評価を通過した計画群を提供する。そのため、一度水力マスタープランを作成し、カンボジア政府が承認し公認すると、MIME は、マスタープラン計画の実施に関心のある IPP を対象として、調査の入札を公示できる。そのような事業者選定は、多くの国から価格競争力があり技術的信頼度の高い入札を得るために、カンボジア政府がより強い立場を保持できる競争入札を通じてなされることが望ましい。現在の持込型の直接交渉の下では、競争がなく、他の競合相手がいないため、カンボジア政府は交渉でイニシアティブを発揮することが困難と思われる。加えて、カンボジア政府は、そのような許認可プロセスの説明責任を果たすことが難しくなる。これは水力開発の持続的実施の妨げになるかもしれない。

以上のことを実現するために、JICA 調査団とカウンターパートチームが本マスタープランを共同作成することが重要である。

<課題-3> 保護区内の水力開発の評価基準

23 の保護区(Protected Area)がカンボジア国にある。保護区は4つのゾーンに分類される: 1) 厳格な環境保護ゾーン、2) 環境保全ゾーン、3) 開発(多用途)ゾーン、そして4) ローカルコミュニティゾーンである。このゾーン分けは Samkos 野生動物保護区 (Fauna & Flora International, FFI) と Virachey 国立公園 (WB)とすでに調査・検討されている。アメリカの NGO WildAid により、現在、Botum Sakor 国立公園のゾーン分け調査がなされている。他のすべての保護区域では、地理的な境界だけが決められており、ゾーン分け調査は実施されていない。

その一方で、Kirirom 国立公園内に位置する既存の1つの水力計画 Kirirom I と、2007年7月時点で実施をコミット済みの4つの計画、1) Phnom Bokor 国立公園内の Kamchay、2) Kirirom 国立公園の Kirirom III、3) Phnom Samkos 野生動物保護区の Stung Atay、4) Aural/Cardamon 野生動物保護区の南西に位置する Lower Stung Russey Chrum がある。28のマスタープランにおける候補計画(29か所のうち、Lower Se San 2 と Lower Sre Pok 2 は1つの統合計画とした)の内、25は多かれ少なかれ保護区内に位置するか境界を接している。しかし、現実問題として、関係する保護区は未だゾーン分けがされていないので、特定プロジェクトが、開発が許可されないコアゾーンや環境保全ゾーン内に位置するのか、それとも EIA 調査の結果によっては実施が承認されるものか、判断できない状況にある。

<アプローチ-3> 水力計画における「水力密度³」の導入

水力開発と環境保全のバランスを図るため、保護区内に位置するかまたは境界を接する開発事業について、承認判断のための一定の基準が必要であろう。保護区内での水力開発による自然環境への影響のうち、カンボジアにおいて顕著なものは貯水池による水没と考えられる。カンボジアでは、その一般的に平坦な丘陵地形により、貯水池が広大な土地に広がる傾向がある。保護区のゾーン分けが未設定であることも考慮して、本調査では「水力密度」の概念を導入した。この「水力密度」は、CDM 理事会が、水力による CO₂ 削減を支援する条件を単純化するために導入したものである。「水力密度」が貯水池 1 m²あたり 4 W (1 km²あたり 4 MW)よりも大きければ、1 kWh あたり貯水池からの温室効果ガスの排出量を 90 g と仮定して算定することを

³ 発電設備容量 ÷ 貯水池面積 (MW/km²)

認め、ネットの排出削減量を CDM 対象として認定する。言い換えるならば、高い「水力密度」は、水力発電のために森林資源を水没させるが、その一方で発電出力が大きく代替火力発電所の温室効果ガスの排出量を顕著に削減できる、すなわち地球温暖化問題への貢献度が高いことを意味する。カンボジア国の水力計画では、平坦な地形からくる一般的に低い水力密度と、国産エネルギー資源の確保という政策要請を勘案し、発電目的の貯水池には湛水面積 1 km²あたり 500 kW 以上の「水力密度」を持たせることを提案する。ただし、既に詳細 EIA 調査や移転計画によって、環境影響が受容可能レベルまで軽減可能と判断されている場合は対象外とする。

〈課題-4〉 政府職員の水力計画評価能力の開発

発電や配電ビジネスへの民間セクターの参入を奨励するカンボジア政府の政策に沿い、IPP 事業による水力開発が今後ますます増加してゆくことが予想される。しかし、MIME 職員は、調査許可を与え、あるいは、事業権・買電価格交渉(PPA)を行う上で、IPP 計画の評価や審査を行う十分な経験は有していないと思われる。また、IPP 事業の水力発電計画および環境影響評価を適切に評価、分析するスタッフ数が十分ではない。これらの課題を解決するために、第 1 ステップとして、本調査を通じて能力強化が必要である

〈アプローチ-4〉 水力マスタープランの作成を通じた能力開発

以下の課題はカウンターパートチームにとって、水力計画のレビューと評価能力の開発、および経験蓄積のよい機会となるだろう。

- 第 1 次スクリーニングと優先順位付けのための評価項目の重み付け
- 10 の優先計画の選択基準と結果を報告するワークショップ
- 10 の優先計画の現地踏査
- 10 の選択計画の計画作成作業と優先順位付け
- 選定された優先計画を報告するワークショップ
- 水力マスタープランの作成
- ドラフトファイナルレポートを報告するセミナー

2.5 報告書の構成

本報告書は全 9 章から成る。各章での記述内容は以下の構成となっている。

第 1 章	結論と提言
第 2 章	調査の背景と目的
第 3 章	電力セクター 法制度、組織、電力設備、電力需給、既存の需要予測をレビュー・検討し、周辺国への電力輸出の可能性を調査・検討。
第 4 章 第 5 章	29 候補計画の見直し 優先 10 計画の選定 第 4 章と第 5 章は、本 MP 調査の第 1 ステージの 10 ヶ所の優先計画の選定作業を報告している。本 MP 調査の検討対象として 29 ヶ所の候補計画が与えられているが、水力 MP 調査と

	<p>して、先ず 29 の水力計画を同じ基準でレビューし、必要に応じ開発計画を修正、建設費用を見積もり、発生電力量を推定し、経済性を概略評価している。</p> <p>10ヶ所の優先計画の選定に先立ち、以下の戦略的環境影響評価(SEA)を実施している。</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ カンボジアには2大水力ポテンシャル地域があるが、(1) 北東部では平坦な地形から流量は豊富だが落差を創り出すためにダムが必要不可欠であること、(2) 雨季と乾季の差が顕著な南西部の山地流域では、落差はダムなしでも開発できるが乾季に発電用水を確保するためにはダムによる貯水池が必要不可欠である。すなわち、カンボジアにおける水力資源開発にはダムが必要不可欠な要素であることを先ず認識して、確認。 ■ 2ヶ所のメコン本流計画を、排砂課題などから MP の計画対象から除外 ■ #7 Lower Sre Pok II 計画と#8 Lower Se San II 計画は、統合することにより Se San 流域での貯水池の満水位を 5 m 低下させ、これにより水没面積が顕著に縮小される一方、経済性が向上するので、統合案を採用。 <p>その結果、検討対象計画数は 3 つ減って 26 ヶ所となった。さらに、以下の SEA を実施。</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ #19-21 Stung Metoek 計画は、Metoek 川の水資源の管理権限をカンボジア国側に確保するという国益の観点から、原案の国際流域間転流計画から自国内カスケード計画に仕立て直した ■ #18 Stung Tatay 計画は、原案の流域間転流が必要不可欠ではなく、経済効率も顕著に改善しないことから、同一流域内のカスケード計画に仕立て直した <p>26ヶ所について、以下の2つの方法で比較検討。</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 5項目総合評価による優先順位付け ■ 水力密度と EIRR によるしきい(最小要件)の設定 <p>その結果 13 計画が選定され、さらに順位付けにより最終的に 10 ヶ所の優先計画が選定された。</p>
<p>第 6 章 第 7 章 第 8 章</p>	<p>優先 10 計画の技術検討 優先 10 計画の経済財務面の検討 優先 10 計画の環境社会配慮</p> <p>第 6 章から第 8 章は、第 2 ステージの優先計画の技術検討、経済財務評価、および環境社会配慮について報告する。第 6 章は、地形図作成、水文・気象検討、地質検討、水力計画作業、所要送電線の検討作業を記述。第 7 章では経済評価と財務分析を記述。第 8 章は、(1) 社会配慮に係るヒアリング調査とその分析結果、(2) 自然環境の現況、予測される影響、および現時点で想定される軽減策について検討している。</p>
<p>第 9 章</p>	<p>カ国水力マスタープラン</p> <p>第 3 ステージの調査結果として、(1) 水力マスタープランの対象計画の選定、(2) 既存の電源拡充計画(電力マスタープラン 2006)のレビュー、(3) 水力発電拡充計画の作成、(4) 事業実施監理とモニタリングの課題について検討し、提言を行っている。</p>
<p>付属資料</p>	<p>Appendix-A として本水力マスタープランに選定された 7 事業のレイアウト図を示す。</p> <p>Appendix-B として、現地再委託により収集した自然環境に係る情報を収録。</p> <p>Appendix-C として、本水力 MP 調査中に開催したワークショップの概要と主なコメントとそれを報告書にどう反映させたか紹介。</p> <p>Appendix-D には、優先計画として検討されたが、調査中に実施契約が交わされた#22 New Tatay 計画と、低い経済性からマスタープラン対象計画から外した#23 USRC 計画のレイアウトを示す。また、メコン本流計画において分流水路を用いた水力計画レイアウトの例を示す。</p>