

ラオス国 電力系統計画調査 事前調査報告書

平成 20 年 9 月
(2008 年)

独立行政法人国際協力機構
産業開発部

産 業

J R

08-034

**ラオス国
電力系統計画調査
事前調査報告書**

**平成 20 年 9 月
(2008 年)**

**独立行政法人国際協力機構
産業開発部**



802411AI (C00140) 7-03

略 語 表

ACSR	Aluminum Conductor Steel Reinforced	鋼心アルミニウム撚線
ADB	Asian Development Bank	アジア開発銀行
B/D	Basic Design Study	基本設計調査
C/P	Counterpart	カウンターパート
DEPD	Department of Energy Promotion and Development	エネルギー開発促進局
DOE	Department of Electricity	電力局
EDL	Electricite du Laos	ラオス電力公社
EGAT	Electricity Generating Authority of Thailand	タイ王国電力庁
EIA	Environmental Impact Assessment	環境影響評価（アセスメント）
EoJ	Embassy of Japan	
GDP	Gross Domestic Product	国内総生産
GIS	Geographic Information System	地理情報システム
GMS	Greater Mekong Sub-region	大メコン圏
HPP	Hydro Power Plant	
IEE	Initial Environment Examination	初期環境影響評価
IPP	Independent Power Producer	独立系発電事業者
JBIC	Japan Bank for International Cooperation	国際協力銀行
LEPTS	Lao Electric Power Technical Standard	ラオス電力技術基準
LHSE	Lao Holding State Enterprise	ラオス持株会社
M/M	Minutes of Meeting	協議議事録
MEM	Ministry of Energy and Mines	エネルギー鉱業省
MOU	Memorandum of Understanding	覚書
NBCA	National Biodiversity Conservation Area	国立生物多様性保全地域
OJT	On-the-Job Training	職場内訓練
OPGW	Optical Fiber Composite Overhead Ground Wire	光ファイバ複合架空地線
PDEM	Provincial Department of Energy and Mines	県エネルギー鉱業局
PDP	Power Development Plan	電力開発計画
PESCO	Provincial Electricity Service Company	県電気サービス会社
PLC	Power Line Communication	電力線搬送
PSS/E	Power System Simulator for Engineering	系統解析ソフト
S/W	Scope of Work	業務仕様書
SC	Steering Committee	ステアリング・コミッティー

SCADA	Supervisory Control and Data Acquisition	系統指令・データ管理（変電所のデータを遠方監視し、開閉器等を遠方制御できるシステム）
SHS	Solar Home System	太陽光発電システム
SPP	Small Power Producer	小規模発電事業者
STEА	Science Technology and Environment Agency	科学技術環境庁
UXO	Unexploded Ordnance	不発弾
WB	The World Bank	世界銀行
WG	Working Group	ワーキンググループ
WREA	Water Resources and Environment Agency	水資源環境庁

目 次

地 図
略語表

第1章 調査の概要	1
1-1 調査の背景	1
1-2 調査の目的	1
1-3 調査団員構成	1
1-4 調査日程	2
1-5 主要面談者	3
第2章 協議の概要	6
2-1 調査結果概要	6
2-2 協議結果の概要	8
2-3 団長所感	11
2-4 電力技術基準の適用状況と課題	13
第3章 ラオス国の電力事情	15
3-1 電力セクターの組織・制度	15
3-2 電力需給状況及び設備の現状	16
3-3 電力需要予測及び電力開発計画	19
3-4 地方電化	26
3-5 他ドナーの電力セクターへの協力状況	27
第4章 ラオス国の電力ネットワーク計画	28
4-1 送変電設備の現状	28
4-2 送変電マスタープランの活用及び送変電設備の将来計画の概要	31
4-3 電力網整備に関する今後の課題	36
4-4 国際連系線	37
第5章 ラオス国の環境社会配慮	40
5-1 環境社会配慮制度	40
5-2 送電に係る環境社会配慮	41
5-3 環境社会配慮の予備的スコーピング	44
第6章 本格調査の概要と留意事項	45
6-1 本格調査の内容	45
6-2 本格調査における留意事項	46

付属資料

1. 要請書	51
2. 署名したM/M及びS/W案	65
3. 事業事前評価表	79
4. 署名したS/W	85
5. 環境社会配慮サマリー（英文）	93
6. 視察記録	103
7. 収集資料リスト	107

第1章 調査の概要

1-1 調査の背景

ラオス人民民主共和国（以下、「ラオス国」と記す）で電力行政を主管する、エネルギー鉱業省（Ministry of Energy and Mines : MEM）電力局（Department of Electricity : DOE）は、電力セクターの開発目標として民生向上に資する電化率の向上、及び国家財政に寄与する外貨獲得のための電力輸出の促進を掲げており、ラオス電力公社（Electricite du Laos : EDL）とともに4地域（北部、中部1、中部2、南部）の基幹電力網を相互接続することによる各基幹電力網の最適化と安定性向上に取り組んでいる。その一環としてJICAの協力により「送変電設備マスタープラン」（2001-2002）が策定され、現在は円借款により同マスタープランに基づく中部1と中部2との間（Borikhamxay-Savannakhet間）の送変電施設整備が進められている。

包蔵水力に恵まれた中部と南部における基幹電力網は相互接続されていないが、両電力網が接続されることにより、電力融通を通じた電気事業経営の改善がはかれると同時に、乾季の間、国内料金より高い電力を周辺国から輸入しているという南部の現状から脱却することが可能となるため、現在整備中の送電線をさらに南部Champasak県のPakseまで延伸させ、ナショナルグリッドを完成させることが望まれている。

この、中部・南部の基幹電力網の相互接続のための基幹送電線の整備にあたっては、過去にJICAが実施した送変電設備マスタープランのレビューが必要であり、その際には周辺国との国際連系や独立系発電事業者（Independent Power Producer : IPP）との連系など、ラオス国の電力セクターが近年直面している複雑な状況を考慮する必要がある。かかる状況から、ラオス国の送変電分野に関し豊富な協力経験を持つ我が国に対し、今般本事業への支援が要請された。

1-2 調査の目的

本事前調査は、先方政府の要請を踏まえ、ラオス国における電力網整備に係る現状を把握し、課題を抽出するとともに、本格調査の範囲、内容、スケジュール等についてラオス国政府関係者と協議し、業務仕様書（Scope of Work : S/W）の内容について合意することを目的とする。

1-3 調査団員構成

氏名	分野	所属	派遣期間
鈴木 薫	総括	JICA産業開発部資源・エネルギーグループ電力・エネルギー課 課長	2008年6月22日 -7月5日
澤野 弘	電力行政	経済産業省貿易経済協力局技術協力課 課長補佐	6月22日-30日
田中 孝則	電力技術基準	（社）海外電力調査会電力国際協力センター協力部 部長代理	6月22日-7月5日
宮田 智代子	調査企画	JICA産業開発部資源・エネルギーグループ電力・エネルギー課 ジュニア専門員	6月22日-7月5日
金子 芳幸	電力開発計画	電源開発（株）国際事業部コンサルティング事業室 課長	6月22日-7月5日

桑原 憲一	系統計画	四国電力（株）事業企画部海外事業プロジェクト東京事務所 副所長	6月22日-7月5日
三島 光恵	環境社会配慮	OPMAC（株）海外事業部 次長	6月22日-7月5日

1-4 調査日程

	Date	Day	Activities			Stay
			Mr. Sawano	Mr. Suzuki, Ms. Miyata, Mr.Tanaka	Mr. Kaneko, Mr. Kuwahara, Ms. Mishima	
1	Jun.22	Sun	【Narita 11:00 - 15:30 Bangkok (TG641) 】			VTE
			【Bangkok 20 : 00 - 21:10 Vientiane (TG692) 】			VTE
2	Jun.23	Mon	09:00 CC to JICA Laos Office 10:15 CC to Department of Electricity (DOE) of Ministry of Energy and Mines (MEM) 11:00 CC to Electricity du Laos (EDL) 14:00 Meeting with Mr. Sato (JICA Expert)			VTE
3	Jun.24	Tue	09:00 Discussion on contents of S/W draft with DOE, EDL 11:30 Information collecting at JICA Laos office 13:30 Meeting with C/P personnel EDL and DOE 16:00 CC to Embassy of Japan			VTE
4	Jun.25	Wed	09:00 Discussion on contents of S/W draft with DOE, EDL			VTE
			13:30 Discussion with JICA Laos office		13:30 (Con't) Meeting with C/P personnel EDL and DOE	
			16:00 Discussion with Mr. Viraphonh on Laos power sector			
5	Jun.26	Thu	08:00 Leave VTE to Borikhamxay Province 10:00 Site visit (Pakxan S/S) 15:30 Site visit (Nam Theun 2 Powerhouse Site) 19:00 Arrive at Thakhek district of Khammoune Province			Thakhek
6	Jun.27	Fri	08:30 Leave Thakhek to in Savannakhet Province 10:00 Meeting with Savannakhet PDEM Office 11:30 Meeting Savannakhet EDL Branch Office 14:30 Site visit-Pakbo S/S 15:30 Site visit-Kengkok S/S 19:00 Arrive at Champasak Province (Pakse)			Pakse
7	Jun.28	Sat	08:30 Leave Champasak 08:45 Meeting with PDEM and EDL Branch office 11:00 Site visit-Ban Jiangxai S/S 14:00 Site visit-EDL Selabam HPP 15:00 Site visit-WB PV rural electrification site 18:00 Arrive at Champasak			Pakse
8	Jun.29	Sun	【Pakse 11:45 - 13:00 Vientiane (QV522) 】			VTE
			17:50 Bangkok (QV415) 】 【Bangkok 22:10 -	PM:Data analysis		
9	Jun.30	Mon	-6:20 Narita (TG640) 】	08:30 Discussion on contents of S/W draft after site survey, finalizing the S/W		ODY/ VTE
				【Vientiane 11:50 - 12:30 Luangprabang (QV101) 】		
				12:50 Laeve LPB to Oudomxay Province by rental car 18:00 Arrive at Oudomxay Province		
				13:30 Meeting with WREA 14:00 Meeting with EDL GMS Team 15:00 Meeting with WB		

10	Jul.1	Tue		08:00 Visit to PDEM and Move to Nga District 11:00 Site visit-Houay Se P/S in Nga District 16:00 Arrive at Oudomxay Province	09:00 Lao Holding State Enterprise 10:30 Meeting with DEPD 13:30 Meeting with ADB 15:00 Meeting with DOM	ODY/ VTE
11	Jul.2	Wed		07:30 Leave Oudomxay to LPB by car 11:00 Visit Nam Mong P/S on the way back to LPB 【Luangprabang 18:50 - 19:30 Vientiane (QV104)】	Information collection (Meeting with WREA) (Site visit- Then Hinboun P/S) (Site visit- EDL training center)	VTE
12	Jul.3	Thu		11:00 Discussion with Mr.Viraphonh 13:30 Discussion with JICA Laos office 16:00 Internal meeting for signing of M/M and S/W draft	9:00 Preparation for survey report	VTE
13	Jul.4	Fri		09:00 Signing of M/M including S/W draft 11:30 Report to JICA Laos office 14:00 Report to EoJ 【Vientiane 22:05 - 23:10 BangKoK (TG693)】		
14	Jul.5	Sat		【Bangkok 07:35 - 15:45 Narita (TG676)】		

1-5 主要面談者

< ラオス国側 >

(1) エネルギー鉱業省電力局 (Department of Electricity, Ministry of Energy and Mines : DOE/MEM)

Mr. Viraphonh Viravong	Director General
Mr. Khamso Kouphokham	Chief of Administration Division
Ms. Sengdeuan Vong-inh	Deputy Chief of Administration Division
Mr. Bouatthep Malaykham	Chief of Electric Power Management Division
Mr. Houmphan Vongphachan	Deputy Chief of Electric Power Management Division
Mr. Chanto Milattanapheng	Chief of Social and Environment Division
Mr. Sanhya Somvichith	Deputy Chief of Power Sector Planning Division
Mr. Anousak Phongsavath	Head of Rural Electrification Division
Mr. Khanthara Sisamouth	Deputy Head of Rural Electrification Division

(2) ラオス電力公社 (Electricite du Laos, Ministry of Energy and Mines : EDL/MEM)

Mr. Boun Oum Syvanpheng	Deputy Managing Director
Mr. Bounnong Bouttavong	Manager of System Planning
Mr. Kham Mingboubpha	Chief of Distribution Study Office
Mr. Komonchanh PHET	Director of Training Center
Mr. Viraphorn Visounnarath	Manager, Environmental Office

(3) Savannakhet県エネルギー鉱業局 (Savannakhet Provincial Department of Energy and Mines : PDEM)

Mr. Thonekeo Phouthakayalath

- (4) EDL Savannakhet支局事務所 (Savannakhet Branch Office, Electricite du Laos : EDL Branch)
- | | |
|----------------------|---------------------------|
| Mr. Souly Vongsenkeo | Director |
| Mr. Lattanaxai | Head of technical service |
| Mr. Nikhom | Head of substation |
- (5) Champasak県エネルギー鉱業局 (Champasak Provincial Department of Energy and Mines : PDEM)
- | | |
|-----------------------|------------------|
| Dr. Bounthong Dyvixay | Director General |
|-----------------------|------------------|
- (6) EDL Champasak支局事務所 (Champasak Branch Office, Electricite du Laos : EDL Branch)
- | | |
|--------------------------|----------------|
| Mr. Khoun Bouaphengphanh | Deputy Manager |
|--------------------------|----------------|
- (7) EDL Selabam Hydropower Station
- | | |
|--------------------------|----------|
| Mr. Vongsakoun Yingyoung | Director |
|--------------------------|----------|
- (8) Oudomxay県エネルギー鉱業局 (Oudomxay Provincial Department of Energy and Mines : PDEM)
- | | |
|------------------------------|----------------------|
| Mr. Khamphanh Phonthasy | Director General |
| Mr. Thonphet Phetsouphaphone | Chief of Energy Unit |
- (9) 水資源環境庁 (Water Resources and Environment Authority : WREA)
- | | |
|-------------------------------|---|
| Mr. Khampadith Khammounheuang | Chief of International Environment Division,
Department of Environment |
| Mr. Chansanouk Khounnouvong | Deputy Director of EIA Division |
- (10) Nam Theun 2 Hydro power Project
- | | |
|---------------|---------------------|
| Mr. Orlay Pho | Information Officer |
|---------------|---------------------|
- (11) Theun Hinboun Hydropower Station
- | | |
|---------------------------|-----------------------------|
| Mr. Chanthaboun Inthavong | Assistant Operation Manager |
|---------------------------|-----------------------------|
- (12) ラオス持株会社 (Lao Holding State Enterprise : LHSE)
- | | |
|----------------------------------|---------------------|
| Mr. Manasinh Vongsay | Manager |
| Mr. Keoduangphachanh Phoumsavanh | Deputy Manager |
| Mr. Vantheva Bouakhasith | Project Team Leader |
- (13) エネルギー開発促進局 (Department of Energy Promotion and Development : DEPD)
- | | |
|----------------------------|-------------------------|
| Mr. Sychath Boutsakitirath | Deputy Director General |
|----------------------------|-------------------------|

<その他>

(1) アジア開発銀行 (Asian Development Bank : ADB)

Mr. Ekelund Stefan

Deputy Country Director

(2) 世界銀行 (The World Bank : WB)

Mr. William Rex

Lead Country Officer

Mr. Sombath Southivong

Infrastructure Specialist

<日本側>

(1) 在ラオス日本大使館

宮下 正明

特命全権大使

目徳 有一

二等書記官

(2) JICA ラオス事務所

高島 宏明

所 長

関根 創太

所 員

第2章 協議の概要

2-1 調査結果概要

事前調査にあたり検討した、調査のポイントとなる事項について調査を行った。その結果概要を以下に示す。

調査・協議事項	現状及び問題点	対処方針	調査結果
(1) 事前調査の位置づけ確認	20年度要望調査により、本件要請書（ラオス国の電力ネットワーク計画に係る開発調査）が出ている。	今回事前調査においては、要請書に基づき、本格調査の対象、範囲、内容、期間等について協議し、S/W案について合意を得る。	DOE及びEDL表敬訪問時に、団長より今回調査目的・スケジュール等について説明し、先方の理解を得、最終的にS/W案を含む協議議事録（Minutes of Meeting：M/M）に署名した。
(2) 本格調査名について	現状は「ラオス国メコン地域電力ネットワーク計画調査」であり、JBICが実施中の「メコン地域電力ネットワーク整備事業（Pakxan-Thakhek-Pakbo間約300km）」と混同しやすい。	本調査対象地域はラオス国全土であるため“メコン地域”を削除し、「ラオス国電力系統計画調査」と名称変更するよう先方と協議し、合意を得る。	S/W協議において、件名の変更について調査団より提案し、先方からも快諾を得、本格調査件名を「ラオス国電力系統計画調査」とすることで合意し、M/Mにもその旨記載した。
(3) 本格調査の実施体制の確認	- 要請書から、カウンターパート機関（Counterpart：C/P）としてDOEとEDLの両機関が想定される。 - 調査実施段階では、WREAなどからも情報提供等の支援が必要となる。	- 調査中の必要な情報収集及び調査終了後のスムーズな事業化を見据え、適宜調査団と協議を行うよう、C/P機関に関係政府機関等の実務責任者も加えたSteering Committee（SC）を設立するよう提案し、合意を得る。 - 特に、主要な技術移転対象としての役割を果たすよう、調査団とともに業務を実施していくC/P機関のコアメンバーにより、Working Group（WG）を設立するよう提案し、合意を得る。	- SC設立の提案に対し、ラオス国側も合意し、現段階では、DOE、EDL、DEPD（MEMのエネルギー投資促進開発局）、WREAを主要メンバーとすることとした。 - C/P機関は、DOE、EDLの二機関である。本格調査団とともに作業し、また直接の技術移転対象となる両機関のコアメンバーの集合体と「C/Pチーム」とすることで合意した。
(4) 電力セクターの現状、課題の把握	- ラオス国では、鉱山開発が順調であり、その電力需要が急増している。 - ラオス国では、IPPの進出が著しい。 - ラオス国はメコン地域における国際連系線の中心に位置し、周辺国との域内協力が重要となっている。	- JICAで実施中の鉱業開発マスタープラン調査団からも情報も得つつ、ラオス国側の鉱山開発計画と需要規模について把握する。 - 多数の電源開発を担うIPPを管理・監督する行政当局の能力とIPP自身の規制遵守状況について、把握する。 - タイ国、ベトナム国、カンボジア国、中国/雲南等の周辺地域との電力融通の概要を把握する。 2006実績 Import : 626GWh Export : 547GWh	- 電力開発計画（Power Development Plan：PDP）に鉱業開発計画及び電力需要規模の記述がある。しかしながら、鉱業開発計画は業者次第であるため、本格調査時にDOEより最新情報を入手する。 - DOEではIPPプロジェクトの審査に忙殺されており〔2008年6月現在、締結されている覚書（Memorandum of Understanding：MOU）は55地点〕、現在建設中のプロジェクトにおける基準遵守状況の確認まで至らない。

			・水力IPPからタイ国をはじめ電力輸出されている。電力が不足する渇水期の電力輸入が増加傾向にある。
(5) 関係機関（中央・地方事務所）の技術力評価	・調査対象地域は、ラオス国全土であるが、調査後半に行う優先プロジェクトの基本設計計画（Basic Design Study : B/D）段階においては、C/P機関の地方事務所を巻き込むことが重要となる。	・地方事務所となるPDEM及びEDL支店の規模や通常業務の実施状況等を調査し、その技術力を把握したうえで、本調査の実施体制や技術移転の内容・方法に反映させる。	・地方事務所の主な役割は、関係コミッティーの一員として、送電線ルートの交渉業務、環境調査である。その他、設備の運開検査等について、DOE、EDL本社のサポートを行うこととなる。現在、送変電担当が数名おり、技術的にもトレーニングを受講している。
(6) 協力内容の確認	・本格調査の要請内容は、基幹系統整備に関連し、2020年までの送変電設備マスタープランのレビューと優先プロジェクト（送電線の延伸）のB/Dを行うというものである。 ・要請書から読み取れる主要な協力内容は、基幹系統（ハード）の計画に係るものである。 ・技術移転手法としてセミナーやワークショップの開催も想定される。	・本格調査で行うのは、2020年までのプランに対するレビューのみなのか、ローリングプラン的に2030年までのプランを作成するのか確認し、調査内容に反映させる。先方の要望している優先プロジェクトのB/Dレベルを確認したうえで協議を行い、本格調査内容に反映させる。 ・先方政府の系統計画（ソフト）強化や運用に関する考え方（今後の方向性）について確認し、留意事項として必要に応じ本格調査の内容に反映させる。 ・技術移転セミナーやワークショップの主要な内容、時期、場所等について協議し、合意を得る。	・本格調査では、2011～2030の20年間のマスタープランを作成することで合意した。 B/D：送電ルートとその標準設計を特定し、これを基準に積算を行う。 ・DOE/EDLともPSS/E（Power System Simulator for Engineering）系統計画ソフトを所有しているため、これを活用して系統計画を実施しており、同ソフトを活用できる。また本格調査には系統運用等給電設備は対象とならないことを確認できた。 ・C/Pへの技術移転は職場内訓練（On-the-Job Training : OJT）を中心に行い、それに加え、調査期間中に2回のワークショップ（調査進捗を広く関係者と共有）、1回の技術移転セミナー（電力系統の計画手法等）を実施する。
(7) 他ドナーの協力動向	・ラオス国の電力セクターにおいては、ADBが北部を、世銀が南部を中心に配電網の延伸やオフグリッド電化の支援を行っている。	・ADBや世銀等の主要ドナーの協力内容（キャパシティ・ビルディングを含む） ・今後の計画等について把握し、必要に応じ住み分けや協調の必要性について確認する。	・ADBの北部系統拡充及び世銀のカンボジア国境連系線、中央給電指令所支援は本案件と密接にかかわっており、今後協調が必要となる。
(8) その他、留意点等	・JBICが「メコン地域電力ネットワーク整備事業」を実施中である。 ・ラオス国の環境行政が、新たに設立されたWREAに移管された（2007年）。	・本件調査終了後の優先プロジェクト事業化についても、JBICが円借款による実施に前向きであるため、円滑な事業化につながるよう、今後も密な連絡・情報交換を行う。 ・WREAの組織・役割について確認するとともに、かつて科学技術環境庁（Science Technology and Environment Agency : STEA）が管轄していたことと環境影	・再入札手続きが終わり、コントラクターの選定中とのこと。 ・現在、組織体制と業務管轄事項について最終調整・承認中。環境社会配慮担当課については、独立したUNITとなることが見込まれている。EIA承認の手続きの変更については、今後情報公開された際に留意する必要がある。

		響評価（Environmental Impact Assessment : EIA）等に係る手続きに変更がないかなども含め、必要な情報を収集する。	
--	--	---	--

2-2 協議結果の概要

(1) 署名したM/Mの概要

今回の調査を通じて確認した内容をM/Mとしてまとめ、DOE、EDLとの間で署名、交換した。M/Mにおいて確認した内容に基づき、以下に協議の概要を示す（付属資料のM/M参照）。

1) S/Wの署名

DOE及びEDLは添付したS/W（案）の内容に合意し、JICA本部の決裁後に署名することと合意した。

2) 調査名の変更

JICA、ラオス国側ともに、調査名を「ラオス国メコン地域電力ネットワーク計画調査（The Study on Power Network System Plan in the Mekong Region of Lao P.D.R.）」から「ラオス国電力系統計画調査（The Study on Power Network System Plan in Lao P.D.R.）」へ変更することで合意した。

3) S/W（案）の内容

合意したS/W（案）の内容に関連し、以下の点について合意事項を確認した。

- a) 調査範囲は、115～230kV送電線と関連する変電所施設とする。
- b) ラオス国側は、技術的側面からだけでなく、近隣国との連系、長期にわたる経済的・財務的評価、環境社会インパクトなど、様々な側面を考慮したうえで電力系統計画が策定されるようJICAに対して要望した。
- c) ラオス国側は、電力系統計画に関しPSS/Eなどラオス国側が所有しているソフトウェアを用いて技術移転を実施してほしいという要望があり、調査期間中にOJTと技術移転セミナーを実施することで合意した。
- d) ラオス国側は、本格調査において既存の地形図を更新し、それを地理情報システム（Geographic Information System : GIS）に用いて選定プロジェクトの基本設計を行うようJICAに要望した。しかし、JICA側は基本設計の段階では詳細な地図を使う必要はない旨説明し、両者とも基本設計には既存の地図データで十分である旨合意した。
- e) ラオス国側はJICAに系統システムのみならず、IPP開発計画についてもレビューしてほしいと要請した。しかし、IPP開発業者は他者に対し情報を非開示にする傾向にあるため、JICAはDOEにIPP開発業者から必要な情報を入手し、JICAに提供するようラオス国側に要請した。

4) 調査実施体制

DOE及びEDLは、本調査を円滑に実施するために、MEMのDEPDやWREAなど必要な関係機関との調整と、調査全体の進捗を管理することを確認した。

また、本調査が始まるまでに、DOEが主導しSCとC/Pチームを組織することで合意した。SCの主要目的は、関係機関間の協力促進と調査進捗のモニターであり、構成メンバーはDOE、EDL、DEPD、WREAとJICA調査団である。C/Pチームの主要目的は、円滑な

調査実施と技術移転であり、構成メンバーはDOE、EDLのスタッフである。

5) 技術移転

調査期間中の技術移転は、OJTを中心にJICA調査団からC/Pチームのメンバーを対象に行われるが、以下の機会も活用する。

a) ワークショップ

関係機関の間で調査進捗を確認する意味で、調査期間中に2回のワークショップを行う。第1回目のワークショップはインテリムレポート提出のタイミングで、第2回目はドラフトファイナルレポート提出のタイミングでVientianeにて実施する。

b) 技術移転セミナー

調査期間中に1回Vientianeにて、系統計画に係る技術移転セミナーを実施する。

c) C/P研修（本邦）

ラオス国側は調査期間中にDOEとEDLの能力強化のため短期研修コースを開催するよう要望した。ラオス国において系統計画の短期コースを設立するため、ラオス国側は本邦でのC/P研修を要請した。事前調査団は、この要請を日本政府関係者に伝え検討する旨応答した。

6) 環境社会配慮

事前調査団より、JICAの環境社会配慮ガイドラインが本調査に適用されること、電力系統計画を策定する本調査はカテゴリーBとなることを説明し、電力系統計画で想定される送電プロジェクトについて環境社会影響を予見するため、環境社会面に関する調査が必要となる旨説明した。ラオス国側は環境社会配慮に関する調査の必要性を十分に理解し、環境社会影響とその緩和策を本格調査の中で考慮することで合意した。

7) ラオス国側のUndertakings

a) 予算措置

本調査実施に係るC/P費用は、DOE、EDLが用意する旨確認した。

しかし、ラオス国側は、調査の円滑な実施のためJICA調査団の移動費用（車両費等）はJICAで手当てするよう要請した。事前調査団は、この要請を日本政府関係者に伝え検討する旨応答した。

b) 執務室

JICA調査団がC/Pチームと調査業務を遂行するうえで必要な執務室はDOEまたはEDL内に用意する旨確認した。

(2) ドラフトS/Wの概要

1) 調査の目的

ラオス国全土を対象に、2011年から2030年までの20年間を対象とした電力系統計画を策定するとともに、その計画において選定される優先プロジェクトに関し、基本設計を行うことを目的とする。さらに、C/P機関に対し、調査を通じ電力系統計画に係る技術移転を行う。

2) 調査対象地域

調査範囲は、ラオス国全土とする。

3) 調査内容

本格調査は２段階に分けられ、第１段階は電力系統計画、第２段階は選定されたプロジェクトの基本設計となっている。各段階の詳細は以下のとおりである。

<電力系統計画段階>

- a) 電力セクターに係る関連データ・情報の収集及びレビュー
 - ① 社会経済及び環境関連情報
 - ② エネルギー消費及び発電電力量
 - ③ 需要予測（工業・商業・地域開発計画を含む）
 - ④ 電力開発計画
 - ⑤ 国際系統連系の情報（ラオス国、タイ国、ベトナム国、中国間）
 - ⑥ 工事用資材、機材及び工事用労働力の調達及び費用情報
 - ⑦ 環境クリアランス制度にかかわる承認手続の情報
- b) 電力需要予測のレビュー
- c) 送電系統調査
 - ① 既存送変電設備の調査及び課題の特定
 - ② 系統延伸計画のレビュー
 - ③ 送変電計画基準と信頼度基準のレビュー
 - ④ 現地踏査
- d) 電力系統の解析
 - ① 電力潮流解析
 - ② 短絡電流解析
 - ③ 系統電圧及び周波数解析
 - ④ 信頼度及び安定度解析など
- e) 20年間の電力系統計画の策定
 - ① 20年間の電力系統計画の費用積算
 - ② 電力系統プロジェクトの評価及び優先順位検討（最優先プロジェクトの選定）

<最優先の電力系統プロジェクトの基本設計段階>

- a) 最優先の電力系統プロジェクトに関する現地踏査
 - ① 基本設計に必要とされる地形・地質情報収集のための現地踏査の実施
- b) 最優先の電力系統プロジェクトの基本設計
 - ① 必要とされる設備の基本設計
 - ② 必要とされる設備仕様に係る準備作業
 - ③ 工事工法やスケジュールを含む施工計画の準備作業
 - ④ プロジェクト費用積算
 - ⑤ 経済及び財務評価
- c) 制度及び実施体制の検討
 - ① プロジェクト実施・調整のための体制検討
 - ② 資金計画

d) 環境社会配慮調査

- ① 環境影響のためのスコーピング
- ② 環境社会インパクトに係る初期調査

上記一連の調査や業務をC/Pと共同で実施することにより、C/Pに対して必要な技術移転を行う。また、調査期間中に実施する技術移転セミナーにおいて送変電系統計画等の分野でC/Pへの技術移転を実施する。

4) 調査スケジュール

仮の調査スケジュールとして、2008年11月から約12か月の調査を想定している。

2-3 団長所感

(1) ラオス国の電力セクターの現状と課題

ラオス国の電源構成は水力発電が97%以上であり、電気料金（5 US¢/kWh程度）も周辺国に比べて割安な状況である。また、電力事情は、ピーク電力需要（約350MW）、1人当たりの電力使用量（約245kWh）、世帯電化率（58.3%）であり、この10年で急激に改善されている。

また、電力系統は、4つの地域（北部、中央1、中央2、南部）間で繋がっていないため、柔軟かつ効率的な電力系統運用ができていない。

さらに、豊富な水力ポテンシャルを有しており、国内の水力を中心とした電源開発が国際援助機関（世銀、フランス、北欧）の支援や外国民間企業の投資により進められており、MOUを交わした水力発電の民間投資事業の数は55件に達している状況である。

電力セクターの一つ目の課題は、国家目標である2020年までに世帯電化率90%達成〔18.9%（1996）、35.1%（2001）、58.3%（2007）〕を目指すべく送配電線の延伸（On-Grid）及び分散型電源（Off-Grid）により電化を進めているが、急激な電力設備拡充のために資金面の不足解消とともに、電力行政官（DOE）及び電力技術者（EDL）の能力強化が必要である。

二つ目の課題は、115kVの送電設備の拡充により、将来4つの地域（北部、中央1、中央2、南部）の電力系統が一つの電力系統システムとして繋がることになるが、中長期的な視点に立った需要サイド（世帯電化の推進、セメント・銅・ボーキサイトなど鉱業需要の拡大、観光用ホテル（年間1.2百万人程度）・工業団地など経済成長（7%程度）に伴う産業需要）と供給サイド〔EDLの水力発電所増強、タイ国やベトナム国・中国からの電力融通、IPPからの国内電力供給の確保（5%程度）〕の分析に基づき、柔軟かつ効率的な電力系統の計画及び運用が行われていくことが求められているが、DOE及びEDLは電力系統の計画及び運用の経験・能力が十分でなく、能力強化が必要である。

三つ目の課題は、海外民間企業による水力を中心とした発電事業への投資が急激に増加しており、安定的な電力供給を行うため、社会インフラとしての電力設備形成を実施していくため、DOE及びEDLがPDP、電力系統計画及び電力技術基準（Lao Electric Power Technical Standard : LEPTS）との整合性を審査する能力を強化していく必要がある。

(2) 我が国の電力分野における支援

我が国は、これまで中央地域に位置する首都圏への電力安定供給を目的とするNam Ngum 1 水力発電所（1971年、155MW）をはじめ電力分野の協力を実施してきている。電

化率の低い北部地域を中心とした送配電線の延伸が期待できない地域に対して、JICAは小水力及び太陽光など分散型電源によるオフグリッドによる電化のマスタープラン策定し、その調査結果を踏まえ世銀等による支援が実施されている。

また、電力系統では、JICAは送変電設備計画調査（2002年）により計画策定能力支援の協力を実施した。その調査結果を踏まえ、JBICが有償資金協力（2005年）として、中央地域と南部地域の電力系統を結ぶためのPaxan-Paxbo間、約300km程度の115kV送変電設備整備のための協力を実施中である。

さらに、法制度では、電力法（Electricity Law）（1997）が制定され、政府と民間の役割が明確化され、JICAは電力行政能力強化の一環として、電力技術基準整備のための技術協力を6年間実施した。その成果として電力技術基準（2004）、電力技術運用管理指針（2007年）が省令化され、DOEの中に電力事業を監督する組織が成立し、①水力土木、②水力発電、③送電、④変電、⑤配電、⑥屋内配線の6分野で電力行政官（DOE/PDEM）及び電力技術者（EDL）の能力強化を図ってきた。

（3）電力分野におけるJICAの事業展開の方向性

ラオス国における国家目標である①エネルギー自給率、安全性、持続性を高めながら世帯電化率の向上及び②電力輸出による外貨獲得といった電力セクターの課題に対して、引き続き、①電力政策支援、②中長期的な計画策定支援、③電力設備拡充支援、④電力技術基準執行能力向上など技術協力と資金協力をうまく組み合わせることにより、貢献していくことが求められている。

具体的には、電力セクター政策アドバイザーによる助言により電力セクター全体への支援を展開していくこととし、2011年から2030年までの20年間の長期的な視点に立った電力需給を分析して、基幹である電力系統計画策定支援を行う必要がある。その結果、優先度の高い送変電設備拡充を行うための計画策定の支援を行い、有償資金協力による支援を実施していくことが有効である。

また、電力技術基準の執行能力向上のため、発電、送変電、配電などの実際の適用事例を通じて、電力行政官（DOE/PDEM）の審査及び検査の能力強化を行う必要がある。特に、PDP、電力系統計画との整合性、運転・維持管理の効率性を考慮した標準設計にも十分に考慮する必要がある。そのため、電力技術基準の普及と電力行政官・電力技術者のインセンティブも考慮しつつ、電気主任技術者など資格制度の導入を検討していく必要がある。

さらに、電力需要の伸びに対して、国内の電力供給が不足しており、周辺国から高い電力を輸入している状況であり、中央や南部ではEDLの既設の水力発電所の増強を図っていく必要がある。また、電化率が低い北部地域（Phongsaly県10数%程度）では、送配電線延伸が困難な地域に対して、Mini/Micro水力発電を新設またはリハビリして、地域の世帯電化率向上に貢献していく必要がある。

（4）電力分野の技術協力における留意事項

1）各組織の役割及び課題に応じた包括的な能力強化

電力政策、中長期計画、電力事業の管理・監督を担当するDOE、エネルギーセクターの投資枠組み策定、プロジェクトの監視・監督を担当するDEPD、電力事業者であるEDL

及びIPPのそれぞれの役割を考慮しつつ、お互いに情報を共有しつつ、それぞれの機関が抱えている課題に対応した組織の能力強化及び制度構築の支援を行っていく必要がある。

2) 各組織のトップマネジメントの強い関与

ラオス国の電力分野の協力を円滑に実施するためには、DOE局長、EDL総裁など、それぞれの機関のトップマネジメントの強い関与が必要である。

3) 近隣諸国の電力融通動向の確認

タイ国、ベトナム国、カンボジア国、中国／雲南、ミャンマー国など近隣諸国との関係が重要であり、ADB主導の500kVで各国を連系する大メコン圏（Greater Mekong Sub-region : GMS）構想の進捗なども確認しつつ、タイ国やベトナム国との売買契約、各国からのIPPによる投資などの動向も確認していく必要がある。

4) 中央給電指令所を含む基幹系統設備の動向の確認

基幹の電力系統設備が、世銀、ADB、JBICの支援により拡充されているが、入札の不調、土地買収の遅れなどの理由により、完成スケジュールが遅延することも考慮する必要がある。また、世銀は、中央給電指令所の建設計画及び基幹系統設備の運用面での能力強化についても検討しており、その動向について確認する必要がある。

5) 持続的な開発のための環境社会配慮

特に、送変電線プロジェクトの場合は、これまでのところEIAを求められる事例はなく初期環境影響評価（Initial Environment Examination : IEE）のみが要求されていたが、送電ルートが国立生物多様性保全地域（National Biodiversity Conservation Area : NBCA）を通過する場合は、EIAが求められる。送電ルート選定の際には、環境関連の規定・ガイドラインなど手続き面の十分なレビューを行っていく必要がある。

また、自然環境面では、NBCAが20か所（約300ha）設定されており、森林面積（41.5%）の減少が大きな課題となっており、十分な自然環境の配慮を行っていく必要がある。また、社会環境面では、住民移転や土地収用に伴う補償問題について、世銀やADBでの過去の事例も参考にしつつ十分な配慮を行っていく必要がある。

2-4 電力技術基準の適用状況と課題

(1) 中央レベル（DOE）

1) 土木技術者の減少

現在DOEには土木技術者が1人もおらず、水力IPPからの申請書を審査できる能力がない。給与待遇等の差から大卒技術者が民間に流れる傾向があり、土木技術者の新規雇用が困難な状況にある。EDLもIPPに引き抜かれ土木技術者は少ない。

2) 石炭火力開発への対応

ラオス国では電源のほぼ100%を水力に依存してきたため、DOEにはもともと火力技術者がいない。また、現在の電力技術基準は石炭火力を含まないため、IPPから申請されても審査できる状況にない。しかし、既に北部ホンサ地点では開発が決まっており（リグナイトプロジェクト1,800MW）、南部等にも400MW級石炭火力の開発候補地点が数か所存在する。

3) 電力技術基準の普及

Vientiane市内にあるEDL研修センターでは、各研修コースに電力技術基準の内容を織

り込んでいる。特にPDEMなどの地方部技術者への電力技術基準の普及教育は、このセンターでの研修とDOE担当者による地方出張ベースでの指導が行われているが、まだ十分とはいえない。

(2) 地方レベル (PDEM)

以下に、今回実施した現地調査における聞き取り結果を簡単に示す。

1) 中央部：Savannakhet地方

6名のPDEMエネルギーユニットのうち1名は土木技術者で、2009年は2もしくは3名所員を増強予定である。至近年にPDEMで審査すべき2MW未満の水力プロジェクトが2つある。現状では資本金や技術者数などを考慮のうえ、インタビューによる主任技術者の経験を確認する程度で事業認可をしており、特に試験等は課していない。

2) 南部：Champasak地方

電力技術基準（ラオス語版）は沢山所有している。このPDEMで審査すべき2MW未満の水力プロジェクトが至近年に4つあるが、PDEMのエネルギーユニット8名すべて電気技術者で、EDL支局にも土木技術者がいないことから、中央のEDLに支援を仰ぐしかない状況。

3) 北部：Oudomxay地方

4人のPDEMエネルギーユニットのうち2名が技術基準に関する研修を受けており、それに基づいて新設送電柱基礎の検査などを実施。PDEM所有のHouay Se小水力、Nam Mong小水力の運転員などもEDL研修センターの45日間研修参加時などに電力技術基準を認識とのこと。

北部は多くの河川があり、小規模水力の計画地点は沢山ある。PDEMが建設し、完成後はEDLに引き渡しているが、土木技術者はPDEMにもEDLにもいない状況である。

(3) 所感

DOE及びその地方支局とも電力技術基準は浸透しつつある。ただし、実際の適用についてはまだまだこれからであり、電力設備ごとにモデルプロジェクトを選定し実際の審査を通じて電力技術基準の技術指導を行うことが必要と思われる。

また、電力技術基準の民間への認知と浸透を図るためにも、主任技術者の認定審査において電力技術基準の理解度を確認し、保証可能とする資格者制度創設への支援も必要と思われる。

なお、水力開発における重要な部分を占める土木分野の技術については、DOEにはほとんど土木技術者が存在しておらず、IPPからの申請内容の審査実施には不安が残っている。今後、土木技術者の育成、とりわけ水力地点の調査、計画、設計分野の実習を含んだ専門教育の実施や大学等の土木専門知識を有する教育機関等との連携検討なども考慮する必要がある。

石炭火力分野の技術基準の追加も要望されているが、ラオス国にとってはまったく新しい分野であり基礎的な知識を有する人材もおらず、その実施のためにはC/P側も含め相当の規模となることを覚悟する必要があると思われる。

第3章 ラオス国の電力事情

3-1 電力セクターの組織・制度

(1) 組織

電力セクターの組織図は図3-1に示すとおりであり、MEMが電力事業を総括している。今回の電力系統計画の政策的な部分をDOEが、それ以外の部分をEDLが担当する。

また、DEPDはエネルギーセクターの投資を促進するための組織であり、IPPプロジェクトの促進がその大きな役割である。

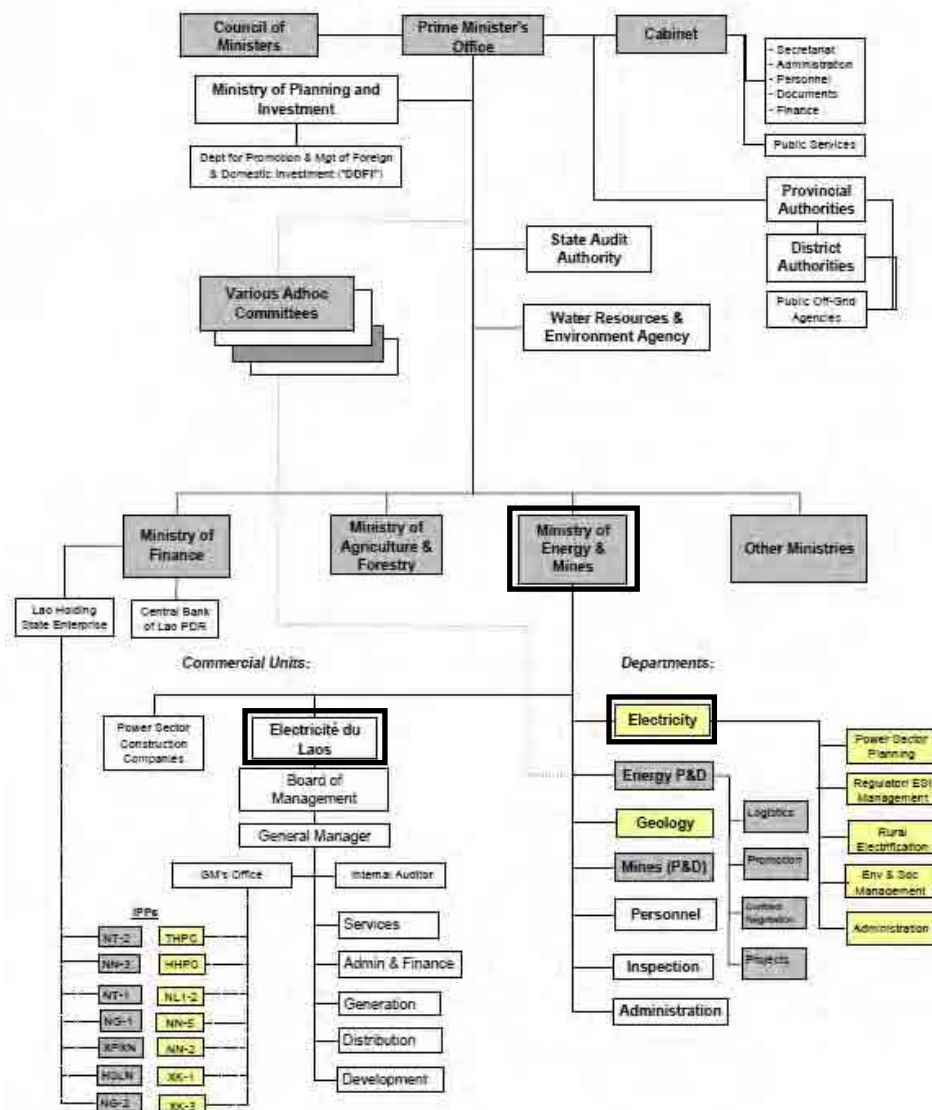


図3-1 ラオス国電力セクター組織図

(2) 制度

電力セクターに係る法を表3-1に示す。

電力技術基準及び同ガイドラインは、JICAの技術協力により整備されたものであり、送電線の建設においてはこれらを遵守しなければならない。

表 3 - 1 ラオス国電力関連法規一覧

名 称	名 称 (英文)	制定年月	分類
電 力 法	The Law on Electricity	1997年4月	法律
電力事業の環境基準 マネジメント	Environmental Standard Management for Electricity Project	2003年6月	省令
電力法施行布告	Decree on Enforcement of Electricity Law	2002年9月	首相布告
電力事業の環境影響評価	Environmental Impact Assessment for Electricity Projects	2001年10月	省令
電力技術基準	Lao Electric Power Technical Standard	2004年2月	省令
同 ガイドライン および保安規程	Guidline on Operating and Managing Lao Electric Power Standards and Safety Rules for Operation and Maintenance	2007年5月	省令
地方電化開発基金布告	Decree on Rural Electrification Fund	2005年8月	首相布告
外国投資促進管理法	Law on the Promotion and Management Foreign Investment in the Lao PDR	1994年3月	法律
森林法	Forestry Law	1996年10月	法律
水および水資源法	Law on Water and Water Resources	1996年10月	法律
土地法	Land Law	1996年4月 (2003年10月改)	法律
環境保護法	Environmental Protection Law	1999年4月	法律

3 - 2 電力需給状況及び設備の現状

(1) 電力需給

表 3 - 2 は、EDL発行の最新電力開発計画（Power Development Plan : PDP）2007-2016（2008年7月現在；政府承認前の暫定版であるが、以下、「PDP2007-2016」として記す）より抜粋したもので、1999年から2006年までのラオス国各地域及び全体の電力消費量とピーク電力を示したものである。全国の電力消費量とピーク電力ともに平均10%を超える大きな伸びとなっている。

なお、中央2地域で2006年に電力消費量とピーク電力が倍以上伸びたのは、金・銅を産出するSepon鉱山への供給が始まったことによる。

表 3 - 2 電力消費量及びピーク電力実績

Area/year	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	Growth rate	
									1999-06	2000-06
North	5.5	7.0	8.5	12.3	15.2	16.2	20.5	26.0	25%	24%
Central1	401.5	456.6	512.2	549.7	638.1	646.9	729.0	794.8	10%	10%
Central2	102.2	114.2	119.5	125.8	140.6	141.7	157.3	464.3	24%	26%
South	56.3	62.0	70.1	78.5	89.9	98.0	104.3	115.5	11%	11%
Whole country (GWh)	567	648.6	728	784.6	905.7	902.78	1011.1	1400.6	14%	14%
North	2.85	3.78	4.44	6.36	7.01	7.06	8.27	12.78	24%	23%
Central1	102.46	118.17	129.6	137.99	164.49	175.66	213	217.01	11%	11%
Central2	25.54	29.42	32.57	32.33	35.29	39.51	40.04	83.6	18%	19%
South	15.94	17.29	19.75	22.01	24.59	26.78	30	36.86	13%	13%
Whole country (MW)	147.4	172.1	191.7	204.7	232.3	249.01	291.31	350.25	13%	13%

出典：PDP2007-2016

表３－３は、産業・分野別の電力消費量の比率を示したものである。前述したように、2006年に工業を除いて比率が下がったのは、金・銅鉱山の影響により相対的に影響を受けたためである。

表３－３ 産業・分野別の電力消費量の比率

Year	Total	Industry	Agriculture	Enterprise	Entertainment	Gov.Offices	Residential	Embassy
1991	100	9	4	21	－	14	48	4
1992	100	10	5	23	－	11	47	4
1993	100	12	4	17	－	13	51	3
1994	100	16	3	14	－	12	52	3
1995	100	19	4	12	－	13	50	2
1996	100	21	4	11	－	11	51	2
1997	100	21	4	9	2	11	51	2
1998	100	21	6	9	2	11	49	2
1999	100	20	6	10	2	10	51	1
2000	100	21	5	11	2	9	51	1
2001	100	19	6	10	2	9	52	2
2002	100	21	5	10	1	10	52	1
2003	100	22	5	10	1	10	51	1
2004	100	24	5	10	1	9	50	1
2005	100	23	4	10	0.5	9	53	1
2006	100	44	3	11	1	8	32	1

出典：PDP2007-2016

表３－４は、電力（IPPを除く）の輸出入の推移を示したものである。これら電力のほぼ100%が、Nam Ngum 1（155MW）、Nam Mang 3（40MW）、Nam Leuk（60MW）から供給されている。

また、2005年までは、輸出が輸入を上回っていたが、2006年には逆転している。前述したように、金・銅を産出するSepon鉱山への電力供給がその一つの要因と考えられる。

表３－４ 電力輸出入推移

Year	Generation		Import		Export		Consumption	
	(GWh)	Growth	(GWh)	Growth	(GWh)	Growth	(GWh)	Growth
1999	1,169		173.4		598.1		567.0	
2000	1,578	35%	162.6	-6%	862.9	44%	639.9	13%
2001	1,554	-2%	185.2	14%	796.4	-8%	710.3	11%
2002	1,570	1%	200.8	8%	771.4	-3%	766.3	8%
2003	1,317	-16%	299.3	49%	434.6	-44%	883.7	15%
2004	1,417	8%	277.6	-7%	507.05	17%	902.8	2%
2005	1,715	21%	496.0	79%	727.75	44%	1011.1	12%
2006	1,639	-4%	626.7	26%	547.05	-25%	1400.6	39%

出典：PDP2007-2016

表 3－5 は、輸出及び輸入電力料金を示したものである。

輸入単価が輸出単価を上回って設定されている。単価は 5 年ごとの更新を基本としている。

表 3－5 輸出入電力料金

<Export tariff (at 115kV level) >	
Nam Ngum 1, Xeset 1 and Nam Leuk	
Peak (18 : 00 – 21 : 30 h)	0.0301 US\$/kWh (Monday - Saturday)
Off Peak (21 : 30 – 18 : 00 h)	0.0281 US\$/kWh (Monday - Saturday)
Off Peak (00 : 00 – 24 : 00 h)	0.0281 US\$/kWh (Sunday)
<Import tariff>	
① From EGAT at the voltage level of 115kV (Vientiane capital, Bolikhamxai, Khammouane, Savannakhet and Champasak) in TOD rate :	
Peak (18 : 00 – 21 : 30 h)	0.0347 US\$/kWh (Monday - Saturday)
Off Peak (21 : 30 – 18 : 00 h)	0.0328 US\$/kWh (Monday - Saturday)
Off Peak (00 : 00 – 24 : 00 h)	0.0328 US\$/kWh (Sunday)
② From EGAT at the voltage level of 115kV Sepon Gold/Copper, Cement factory in Khammouane province) in TOU rate :	
Peak (09 : 00 – 22 : 00 h)	0.0681 US\$/kWh (Monday-Friday)
Off Peak (22 : 00 – 9 : 00 h)	0.0325 US\$/kWh (Monday-Friday)
Off Peak (00 : 00 – 24 : 00 h)	0.0325 US\$/kWh (Saturday, Sunday and official holidays)
③ From Vietnam (EVN) at the voltage level of 35kV (Sobbao/Huaphanh, Sepon/Savannakhet, Samouay/Saravan) in Flat rate : 0.06 US\$/kWh.	
④ From PEA at the level of 22 kV (Houayxai/Bokeo, Kenthao, Muong Ngeun, Muong Khop and Xieng Hon/Xayabuly) in TOL) rate.	
Peak (09 : 00 – 22 : 00 h)	0.080 US\$/kWh (Monday-Friday)
Off Peak (22 : 00 – 9 : 00 h)	0.0325 US\$/kWh (Monday-Friday)
Off Peak (00 : 00 – 24 : 00 h)	0.0325 US\$/kWh (Saturday, Sunday, and official holidays)
⑤ From china at level of 22 kV (Muong Mang (China) to tha Pang Thong, Muong Sing : Bohan, Boten denkham) in flat rate : 0.0769 US\$/kWh.	

出典 : PDP2007-2016

(2) 電力設備の現状

表 3－6 は、2006年時点稼働中の発電所リストである。

IPPは 2 地点であり、両発電所ともタイ国へ電力を輸出し外貨獲得源となっている。

EDL所有の発電所からの余剰電力はタイ国へ輸出しており、その主力電源は中部 1 地域にある (Nam Ngum 1、Nam Leuk、Nam Mang 3)。したがって、現在系統連系されていない中部 2 地域、南部地域が接続されると、それら主力電源から電力供給が可能になり、輸入超過を緩和できる。

表 3 - 6 現状発電設備一覧

Popwer Plants	Location (province)	Installed Capacity (MW)	Energy production (GWh p.a.)	Owners	Year of comm.
Selabam (H)	Champasak	5	21.5	EDL	1969
Nam Dong (H)	Luangprabang	1	5	EDL	1970
Nam Ngum1 (H)	Vientiane	155	1002	EDL	1971
Xeset1 (H)	Saravan	45	133.9	EDL	1991
Nam Ko (H)	Oudomxay	1.5	7.9	EDL	1996
Theun Hinboun (H)	Khammouane	210	1620	IPP	1998
Houay HO (H)	Attapeu	152.1	617	IPP	1999
Nam Leuk (H)	Vientiane	60	218	EDL	2000
Nam Mang3 (H)	Vientiane	40	150	EDL	2005
Nam Ngay (H)	Phonsaly	1.2	2	EDL	0
Micro-hydro	(37 locations)	6.59		Provincial	-
Solar	((106 locations))	0.17		Provincial	-
Diesel	(48 location)	14.34		Provincial	-
Total		691.9	3777.3		

注：(H)-Hydropower Plant

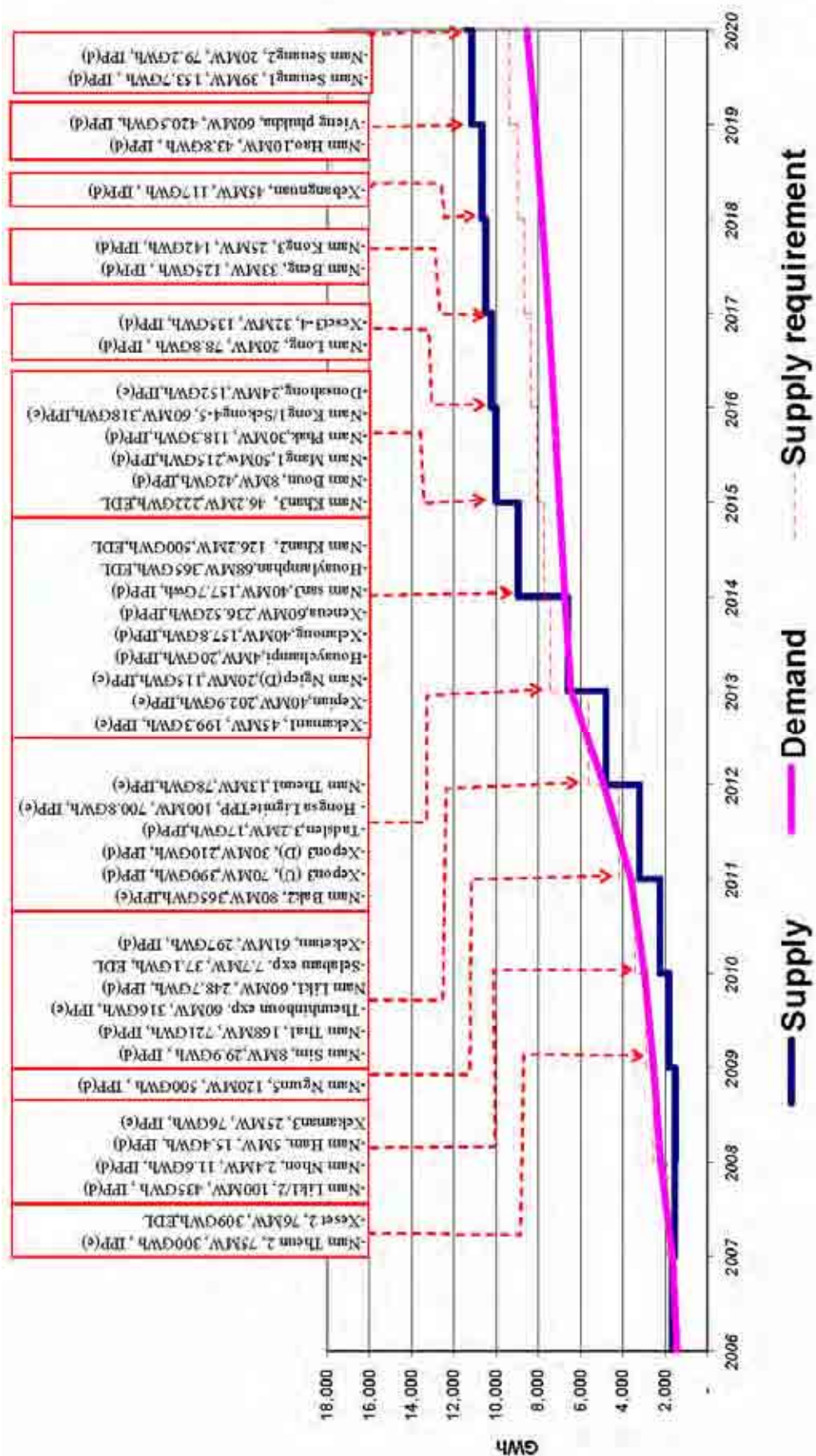
出典：Statistic of electricity consumption for year 2006(DOE, MEM)

PDP2007-2016

3 - 3 電力需要予測及び電力開発計画

(1) 電力需要予測

図 3 - 2 は2007～2020年の電力消費量の需給バランスを示したものである。これによると、2014年頃まで需要が供給を上回り、輸入超過傾向が続くと考えられる。



出典：PDP2007-2016

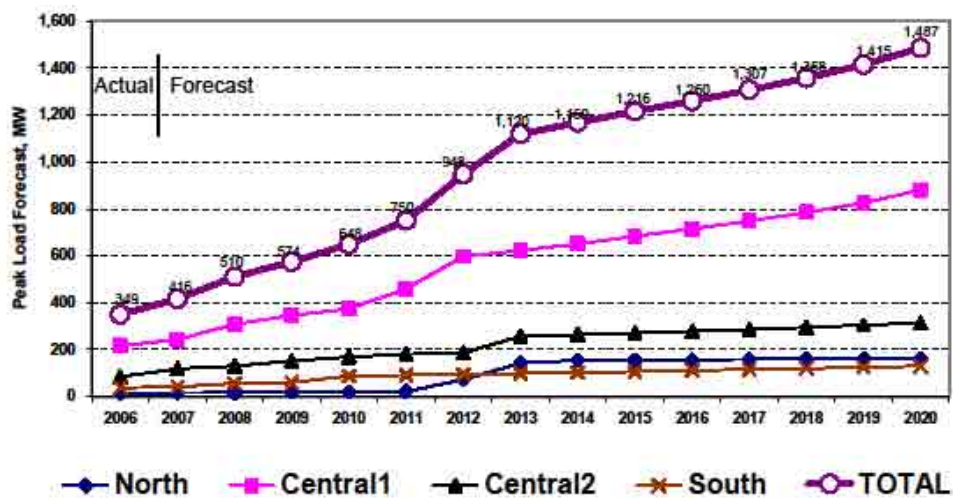
図 3 - 2 2007～2020 年の電力消費量の需給バランス

図３－３は、2007～2020年のピーク電力需要予測を示したものである。

この電力需要予測には、最も大きな影響を与える可能性のある南部地域における鉱業開発（ボーキサイト及びアルミニウム）の電力需要3,075MW（2007年から2016年の間に必要になると予想される量）が以下の理由により反映されていない。

- ・EDLから供給できる量ではないこと
- ・鉱業開発の年度展開が開発業者次第であり予測が難しいこと
- ・鉱業開発業者が自前で発電設備を開発する可能性もあること

（ただし、南部地域以外における鉱業開発による電力需要は図３－３に反映されている。）

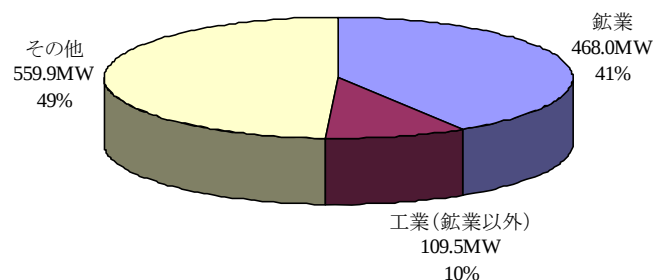


出典：PDP2007-2016

図３－３ 2007～2020年ピーク電力需要予測

図３－４は、2020年までに増えると予想されるピーク電力需要（1,138MW）の内訳及其比率を示したものである。

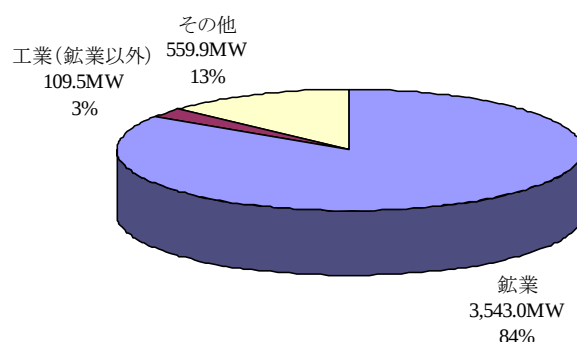
図中のその他の内訳は、地方電化分が推定値121MW〔 $(1,108,609 - 504,000) \times 200W$ 〕、商業分が419MW程度と考えられる。なお、この推定において、1,108,609は2020年の、504,000は2006年の地方電化世帯数であり、200Wは途上国の需要想定に適用する一世帯当たり必要電力である。



出典：PDP2007～2016 を基に調査団作成

図３－４ 2007～2020年電力需要伸び内訳（南部ボーキサイト除く）

ちなみに、南部のボーキサイトの電力需要を含めると図3-5の内訳となり、鉱業の影響がさらに顕著になる。



出典：PDP2007-2016 を基に調査団作成

図3-5 2007～2020年電力需要伸び内訳 (南部ボーキサイト含む)

表3-7は、図3-4及び図3-5の詳細内訳であり、2007～2020年までの間に増えると考えられている産業ごとの需要である。

表3-7 産業ごとの電力需要の伸び詳細内訳 (2007-2020年)

産業	分類	北部地域 MW	中央1 地域 MW	中央2 地域 MW	南部地域 MW	全国 MW	備考
Mining industry	鉱業	4.0				4.0	
Copper mining	鉱業	90.0	50.0			140.0	
Copper/gold mining	鉱業		85.0	82.0		167.0	
Iron mining	鉱業	20.0	20.0			40.0	
Bauxite & aluminium mining	鉱業				3,075.0	3,075.0	EDL需要予測に含まず
Cement factory	鉱業	10.0	22.0	60.0	25.0	117.0	
上記小計		124.0	177.0	142.0	3,100.0	3,543.0	
Salt factory	工業(鉱業以外)		20.0			20.0	
Economic industrial zone	工業(鉱業以外)	5.0		28.0		33.0	
Steel processing factory	工業(鉱業以外)		25.0			25.0	
Iron melting factory	工業(鉱業以外)		12.0			12.0	
Brewery factory	工業(鉱業以外)		3.5			3.5	
Silicon	工業(鉱業以外)		16.0			16.0	
上記小計		5.0	76.5	28.0	0.0	109.5	
China town & SEA Game	他		20.0			20.0	
Business & Rural Electrification	他	21.2	391.0	60.1	67.6	539.9	
上記小計		21.2	411.0	60.1	67.6	559.9	
2007-2020年ピーク需要の伸び合計 1)		150.2	664.5	230.1	3,167.6	4,212.4	
2007-2020年ピーク需要の伸び合計 2)		150.2	664.5	230.1	92.6	1,137.4	南部ボーキサイト除く

出典：PDP2007-2016を基に調査団作成

(2) 電力開発計画

ラオス国の電力開発計画は、2001年3月15日に発表された「電力セクター政策声明」(Power Sector Policy Statement)の以下2つの最終目標に基づくものである。

- 1) 社会経済発展を促進するために廉価で安定・持続的な国内電力供給を維持・拡大する。
- 2) 政府開発目的に見合う収入を得るための輸出向け電源開発を促進する。

また、この最終目標を踏まえ優先政策が示され、その具体的展開として以下4項目が掲げられている。

- a) 2020年時点の国内電化率90%。このために国内グリッドの整備、オフグリッド供給の拡張、エネルギー自給率・安全の向上、長期持続的な電力プロジェクトの実施
- b) GMS域内での電力融通の促進、IPPプロジェクト選択・実施手順の確立、IPPによりラオス国への利益の最大化、電力融通に資する送電網の開発
- c) 電力セクターの法の見直し、環境保護に資する法の強化、国際投資実務に即した法体系の構築、オフグリッド開発のための法体系確立
- d) 責任明確化のための電力セクター組織改編、電力料金算定基準の明確化、商業ベースにたったEDLの構築

以上述べた政策に基づき計画されている2007～2016年の電力開発予定総括を表3－8に、その内訳を表3－9～表3－11に示す。これらは、EDL、ラオス国内向けIPP、国外向けIPPのラオス国内供給分が示されており、国外向けIPP出力は含まれていない。

国外向けIPPの電源開発は、先に述べた「IPPによりラオス国への利益の最大」という政策に基づき、以下に示す隣国とのMOUによって実行される予定である。

- ・ラオス国－タイ国：2020年までに7,000MW（2007年12月締結）
- ・ラオス国－ベトナム国：2020年までに5,000MW
- ・ラオス国－カンボジア国：両国国境地域での電力融通の実施（量的取決めなし）

上記政府間のMOUに基づき、2008年6月現在55地点のプロジェクトに関するラオス国政府とIPP事業者間のMOUが締結されている。

表3－8 2007～2016年開発予定規模

No.	Investment	Installed cap. (MW)	Ratio (%)
1	EDL	324.1	17.4
2	SPP/IPP (d)*	911.6	48.8
3	IPP (e)**	632.0	33.8
Total		1867.7	100.0

* : SPP : Small Power Producer の略。2 MW 以下の発電所

IPP (d) : IPP のラオス国内向け開発発電所

** : IPP (e) : IPP の海外向け開発発電所から供給されるラオス国内向け電力供給分

出典 : PDP2007-2016

以下の表3－9～表3－11は、表3－8の総括表の内訳である。

表 3 - 9 開発予定発電所リスト (EDL)

Area	No.	Projects	Installed Cap (MW)	Energy, GWh p.a.	Plant Factor	COD	Status	Owner ship
North	0	total						
Central 1	1	Nam Khan 2	126.2	500.0	45%	2014	planned	EDL
	2	Nam Khan 3	46.2	222.0	55%	2015	planned	EDL
		total	172.4	722.0	48%			
Central 2	0	total						
Soth	1	Xeset 2	76	309.0	46%	2009	U/C	EDL
	2	Selabam expansion	7.7	37.1	55%	2012	planned	EDL
	3	Houay Lamphan	68	315.0	53%	2014	planned	EDL
		total	151.7	661.1	50%			
Total			324.1	1383.1	49%			

出典：PDP2007-2016

表 3 - 10 開発予定発電所リスト [SPP/IPP(d)]

Area	No.	Projects	Installed Cap. (MW)	Energy, GWh p.a.	Plant Factor	COD	Status	Owner ship
North	1	Nam Nhon	2.4	11.6	55%	2010	planned	SPP
	2	Nam Thai 1	168	721.0	49%	2012	planned	IPP(d)
	3	Nam Sim	8	29.9	43%	2012	planned	IPP(d)
	4	Nam Boun	8	42.0	60%	2015	planned	IPP(d)
	5	5 Nam Long	20	78.8	45%	2016	planned	IPP(d)
		total	206.4	883.3	49%			
Central 1	1	Nam Ham 2	5	15.4	35%	2010	planned	SPP
	2	Nam Lik l/2	100	435.0	50%	2010	planned	IPP(d)
	3	Nam Ngum 5	120	500.0	48%	2011	planned	IPP(d)
	4	Nam Liki	60	248.7	47%	2011	planned	IPP(d)
	5	Nam Sane 3	40	175.2	50%	2014	planned	IPP(d)
	6	Nam Mangi	50	219.0	50%	2015	planned	IPP(d)
		total	375	1593.3	49%			
Central 2	1	Sepon (U)	70	390.0	64%	2013	planned	IPP(d)
	2	Sepon (D)	30	210.0	80%	2013	planned	IPP(d)
	3	Tagslen	3.2	17.0	61%	2013	planned	IPP(d)
	4	Xeneua	60	236.52	45%	2014	planned	IPP(d)
		total	163.2	853.5	60%			
South	1	Xekatom	61	296.8	56%	2012	planned	IPP(d)
	2	Houay Champi	4	20	57%	2014	planned	IPP(d)
	3	Xelanong	40	157.8	48%	2014	planned	IPP(d)
	4	Nam Phak	30	118.3	45%	2015	planned	IPP(d)
	5	Xeset 3-4	32	135	48%	2016	planned	IPP(d)
		total	167	727.9	50%			
Total			911.6	4,058.1	51%			

出典：PDP2007-2016

表 3 - 11 開発予定発電所リスト〔SPP/IPP(e)〕

Area	No.	Projects	Installed Cap.(MW)	Energy GWh p.a.	Plant Factor	COD	Status	Owner ship
North	1	NamOu (local)	90	413	52%	2014	planned	IPP(e)
		total	90	413	52%			
Central 1	1	NamBak 2	80	365	52%	2013	planned	IPP(e)
	2	Hongsa Lignite	100	700.8	80%	2013	planned	IPP(e)
	3	Nam Theuni	13	78	68%	2013	planned	IPP(e)
	4	NamNgiep (reg)	20	115	66%	2014	planned	IPP(e)
		total	213.0	1258.8	67%			
Central 2	1	NamTheun 2	75	300	46%	2009	U/C	IPP(e)
	2	NamNguang 8	60	316	60%	2012	planned	IPP(e)
		total	135.0	616.0	52%			
South	1	Xekaman 3	25	76	35%	2010	planned	IPP(e)
	2	Xekaman 1	45	199.3	51%	2014	planned	IPP(e)
	3	Xepian/Xenamnoy	25	202.9	58%	2014	planned	IPP(e)
	4	Don Sahong	24	152	72%	2015	planned	IPP(e)
	5	Nam Kongl/Sekong 4-	60	318	61%	2015	planned	IPP(e)
		total	194	948.2	56%			
Total			632.0	3,236.0	58%			
Total (Whole country)			1,867.7	8,677.1	53%			

出典：PDP2007-2016

表 3 - 12は表 3 - 9 に示された発電所を含むEDLの投資額を示したものである。

表 3 - 12 総投資額（2007～2016年）

		FC*	LC**	Total
	Projects	[MUS\$]	[MUS\$]	[MUS\$]
1	Generating plants	484. 3	121. 1	605. 4
2	Transmission Lines	253. 4	105. 2	358. 6
3	Substation	70. 5	10. 4	80. 9
4	Dispatching Control Center	13. 4	5. 8	19. 2
5	Rural Electrification	131. 3	32. 8	164. 1
6	Overhaul and Distribution reinforcement	25. 8	6. 4	32. 2
Total		978. 7	281. 7	1260. 4

* : Foreign Investment

** : Local Investment

出典：PDP2007-2016

<DOE>

IPP プロジェクトにおける DOE の役割には、IPP 事業者から提出される可能性調査レポート (F/S レポート) の審査がある。それらは、ラオス国電力技術基準・ガイドラインに則り行われる。Nam Theun 2 以降、急激に進捗し始めた多くのプロジェクトの審査に対応するため限られた職員で対応しており、また、特に土木職がいなかったためその苦労がうかがえた。すなわち、電機職でありながら、水文学・水理学・構造力学などの知識を要求され、机上で学ぶことにより克服できる部分はあるものの、判断を要求される場面では経験不足による困難は避けがたいものがあると考えられる。

<EDL>

輸出用 IPP のラオス国出資分の引き受け口の機能を負っており、現在運転中の Theun Hinboun 及び Houay Ho に参加している。それ以降のプロジェクトは政府からの指示に基づき、EDL または Lao Holding State Enterprise がラオス国出資分を引き受けることになる。

<Lao Holding State Enterprise (LHSE) >

輸出用 IPP のラオス国出資分の引き受け口の機能を負うために設立された国営持株会社であり、Nam Theun 2 以降のプロジェクトを引き受けている。

<Nam Theun 2 >

2009 年の運転開始をめざして建設が進められている水力 IPP プロジェクト（出力 1,080MW）である。この水力 IPP プロジェクトは多くの村（17 村、1200 世帯、6,000 人）の住民移転が必要であったため、世界中のダム建設が影響を受けるほど建設の可否について議論されたプロジェクトである。移転住民に対する支援は、農畜産業・林業・漁業・商業等を通じた自立支援を行っており充実したものとなっている。今後の水力 IPP プロジェクトはこれらをベースにプロジェクトを進める必要があると考えられる。

<Theun Hinboun>

ラオス国初の輸出用水力 IPP 発電所であり、95%の電力がタイ国に、残りの 5%がラオス国内に供給されている。発電所スタッフは全部で 150 人、そのうち 50 人がエンジニアである。280MW の発電所拡張計画があり、2012 年完成予定である。

3-4 地方電化

現在の世帯電化率は 58.3%（2007）であるが、ラオス国は 2020 年までに世帯電化率 90% を達成することを国家目標として掲げている。表 3-13 は、この国家目標を達成するために、どのようなスケジュールで地方電化を進めていかねばならないか、その予測を示したものである。この表からも明らかなように、地方電化は EDL による配電線の延伸だけでは目標の達成は困難であり、DOE の地方電化課を中心に、政府やドナー支援（ADB、世銀等）によりグリッド電化だけでなくオフグリッド電化も推進されている。オフグリッド地方電化の主な内容は、太陽光などの分散型電源の設置と地方電化運営組織や地方電化基金などの制度設立支援（運営支援を含む）である。

表 3-13 地方電化予定

	Actual	Forecast													
	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Government Target															
Total Villages	10,567	10,567	10,567	10,567	10,567	10,567	10,567	10,567	10,567	10,567	10,567	10,567	10,567	10,567	10,567
Total Households	935,019	956,239	977,459	998,680	1,019,900	1,041,089	1,062,278	1,083,466	1,104,655	1,125,844	1,147,033	1,168,222	1,189,410	1,210,599	1,231,788
No. of Villages with electrified	4,266	4,520	4,775	5,029	5,284	5,600	5,917	6,234	6,551	6,868	7,185	7,502	7,819	8,136	8,453
Elect. rate(%)	40%	43%	45%	48%	50%	53%	56%	59%	62%	65%	68%	71%	74%	77%	80%
No. of Households with electrified	504,000	556,482	608,965	661,447	713,930	753,398	792,866	832,334	871,802	911,270	950,737	990,205	1,029,673	1,069,141	1,108,609
Elect. rate(%)	54%	58%	62%	66%	70%	72%	75%	77%	79%	81%	83%	85%	87%	88%	90%
EDL Target	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
No. of Villages with electrified	3,397	4,139	4,372	4,605	4,838	5,128	5,418	5,709	5,999	6,289	6,579	6,870	7,160	7,450	7,740
Elect. rate(%)	37%	39%	41%	44%	46%	49%	51%	54%	57%	60%	62%	65%	68%	71%	73%
No. of Households with electrified	465,888	514,512	563,036	611,561	660,085	696,576	733,067	769,559	806,050	842,541	879,032	915,523	952,015	988,506	1,024,997
Elect. rate(%)	50%	54%	58%	61%	65%	67%	69%	71%	73%	75%	77%	78%	80%	82%	83%
Other Contribution	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
No. of Villages with electrified	369	381	403	424	446	472	499	526	553	579	606	633	660	686	713
Elect. rate(%)	3%	4%	4%	4%	4%	4%	5%	5%	5%	5%	6%	6%	6%	6%	7%
No. of Households with electrified	38,012	41,870	45,929	49,887	53,845	56,822	59,798	62,775	65,752	68,729	71,705	74,682	77,659	80,635	83,612
Elect. rate(%)	4%	4%	5%	5%	5%	5%	6%	6%	6%	6%	6%	6%	7%	7%	7%
GOV.TARGETS	2006-16	2006-20													
No. of villages	2,919	4,187													
Average per annum	292	299													
No. of households	446,737	604,609													
Average per annum	44,674	43,186													
EDL PDP2007-16															
No. of villages	2,692	3,943													
Average per annum	266	275													
No. of households	413,044	559,009													
Average per annum	41,304	39,929													
GOL or other agencies															
No. of villages	237	344													
Average per annum	24	25													
No. of households	33,693	45,600													
Average per annum	3,369	3,257													

3-5 他ドナーの電力セクターへの協力状況

ラオス国内115kV送変電開発関連の支援では世銀が南部カンボジア国境、南部水力との連系線、また、ADBが北部送電線延長を支援している。したがって、我が国が支援する中南部の国内系統連系とうまく棲み分けができており、本プロジェクトでは国内の送変電マスタープランで十分検討したあと、ラオス国側としては中部～南部の連系線開発の支援を望んでいる。また、世銀が中央給電指令所や変電所の制御監視にかかわる情報管理システムを近い将来計画していることも本プロジェクトと深い関連があり、それぞれの相乗効果が期待できる。

各ドナーによる電力セクターへの協力状況を以下に列挙する。

(1) 世銀

- ・ 115kV送電線 Ban Hat SS - カンボジア国境
- ・ 115kV送電線 Xeset SS - Saravan
- ・ 上記2プロジェクトのコンサルティング、設計支援など
- ・ 中央給電指令所の設置コンサルティング
- ・ 変電所での情報管理システム支援

(2) ADB

- ・ 北部送変電拡張 (115kV)

(3) JBIC

- ・ 中央1地域及び中央2地域系統を結ぶ送電設備拡張 (115kV)

第4章 ラオス国の電力ネットワーク計画

4-1 送変電設備の現状

(1) 送電設備

ラオス国内の主要送電線である115kV系統は中央1（C1）、中央2（C2）、南部（S）の3地域に図4-1のとおり4系統があるが、それぞれの系統は連系されていない。北部地域（N）には115kV送電線施設計画を進めているが、現在のところ送電設備は延伸されておらず、22kV配電線により中央地域から配電線供給されている。

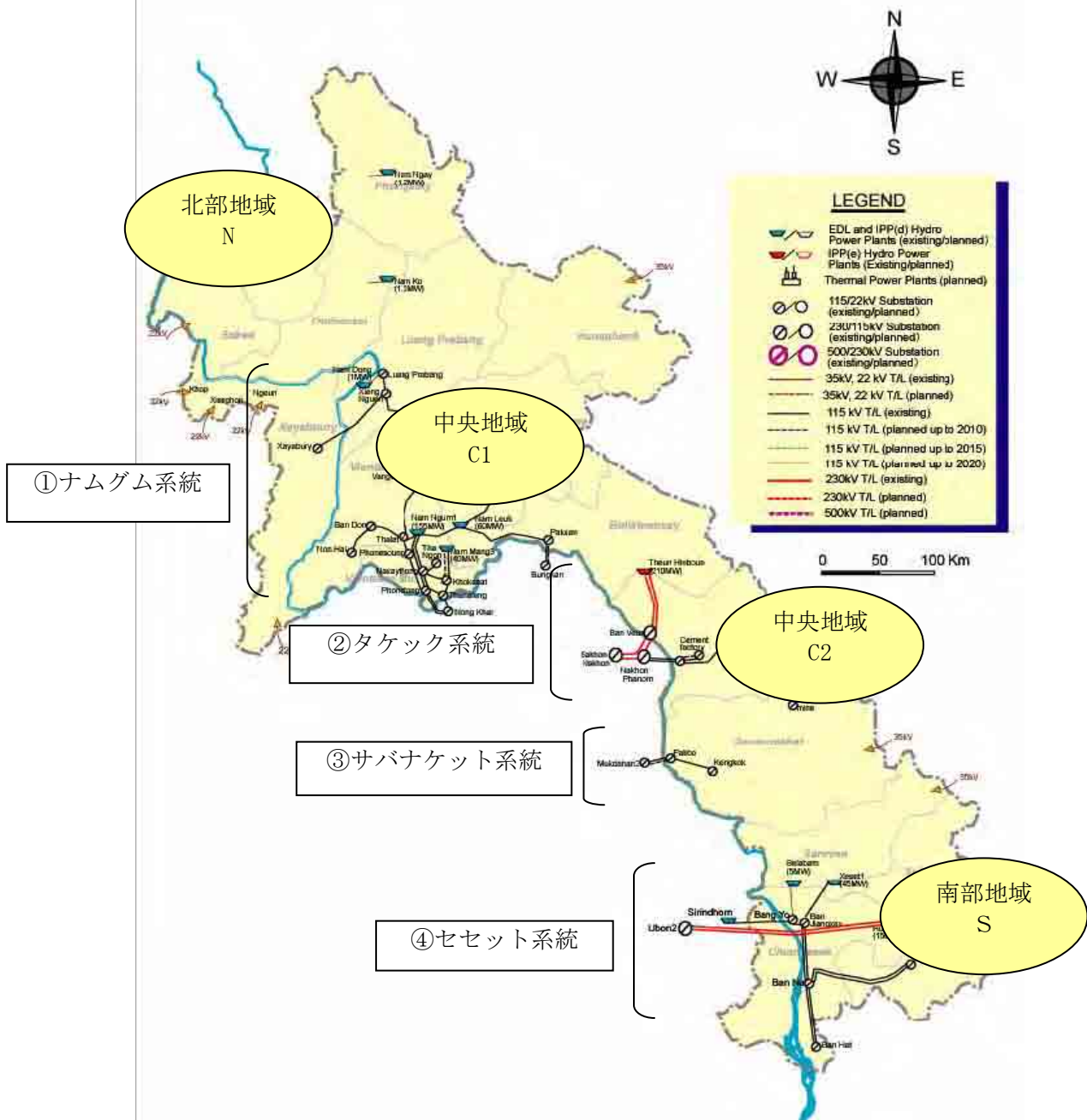


図4-1 ラオス国基幹送電系統（2007）

①Nam Ngum 1 (ナムグム) 115kV Transmission System (中央1)

Nam Ngum 1 水力 (155MW)、Nam Leuk水力 (60MW)、Nam Mang 3 水力 (40MW) とラオス国の主要水力発電所が接続されており、Vientiane首都圏及び北部地域の電力需要をまかなっている。また、余剰電力はタイ王国電力庁 (Electricity Generating Authority of Thailand : EGAT) へ電力輸出されている。

②Thakek (タケック) 115 kV Transmission System (中央2)

中央2地域のThakekへの電力供給は、以前はタイ国EGATから22kV供給されていたが、2004年以降Thakek変電所が運転開始し、現在は115kVで受電されている。また、2005年以降、銅鉱山のXepon MineとMahaxayのセメント工場へ特別高圧供給されている。

③Savannakhet (サバナケット) 115 kV Transmission System (中央2)

Savannakhet県の電力需要は、以前はEGATのMukdahan 2 変電所から22kV配電線供給されていたが、近年市街地北部の115kV Pakbo変電所の運転開始に伴い、115kV送電線で電力を輸入している。近年の電力需要の増加に伴い115kV Kengkong変電所が2004年に新設し、Pakbo変電所と115kV 1回線で結ばれている。

④Xeset (セセット) 115kV Transmission System (南部)

南部地域には、Xeset 1 水力 (45MW) とSelabam水力 (5 MW) があり、Selabam県とChampasak県の電力需要をまかなっている。通常期は余剰電力をタイ国に輸出しているが、流れ込み型水力Xeset 1 は出力変動が大きく、乾季にはタイ国から電力を輸入せざるを得ない状況である。

⑤IPP輸出専用送電線 (230kV、500kV)

115kV送電線は主に国内需要供給のために運用され、230kV送電線はTheun Hinboun水力やHouay Ho水力といったIPPからのタイ国向け輸出専用線である。また500kV送電線がNam Theun 2 水力 (2008年7月現在建設中) からEGATへの輸出専用線として、現在建設が進められている。これら230kV、500kV送電線の所有、保守・管理 (O&M) はすべてIPP会社によって行われている。

(2) 115/22kV変電設備

変電設備について、表4-1のとおり現在、115/22kV変電所は23か所ある。最終形態は3変圧器のスペースを基準としており、設置スペースも十分ある。ラオス国では115kV系統の歴史が浅いことから、ほとんどの変電所はまだ新しく、各ドナーの設計であることから、比較的信頼度の高い機器が導入されているが、仕様の標準化はされていない。

表 4－1 既設115/22kV変電所

No.	Substation	Supply Area	Number and Capacity	Total Capacity
1	Luanprabang	Central 1	2 × 12.5 MVA	25
2	Vangvieng	Central 1	2 × 16 MVA	32
3	Phonsoung	Central 1	1 × 30 + 10 MVA	40
4	Nam Ngum1	Central 1	1 × 7.5 MVA	7.5
5	Nam Leuk	Central 1	(1 × 10 MVA)	10
6	Khoksaat	Central 1	2 × 22 MVA	44
7	Naxaythong	Central 1	2 × 30 MVA	60
8	Thangon	Central 1	1 × 22 MVA	22
9	Thalat	Central 1	1 × 30 MVA	30
10	Phontong	Central 1	4 × 30 MVA	120
11	Thanaleng	Central 1	2 × 30 MVA	60
12	Pakxan	Central 1	2 × 16 MVA	32
13	Pakbo	Central 1	2 × 20 MVA	40
14	Thakhek	Central 1	2 × 30 MVA	60
15	Kengkong	Central 1	2 × 10 MVA	20
16	Ban Na	South	2 × 30 MVA	60
17	Ban Hat	South	2 × 20 MVA	40
18	Xeset1	South	1 × 5 + 8 MVA	13
19	Bang Yo	South	1 × 25 + 1 × 8 MVA	33
20	Ban Don	Central 1	1 × 16 MVA	16
21	Non Hai	Central 2	1 × 16 MVA	16
22	Phonsavan	Central 3	1 × 16 MVA	16
23	Xayabuly	Central 4	1 × 16 MVA	16
Total				813

出典：PDP2007-2016

(3) 関連設備

1) 通信設備

送変電設備の監視及び系統指令に必要となる通信設備は、Vientiane市内のすべての115kV送電系統では電力線搬送式通信（PLC）と無線が使われている。また中央2、南部地域でも一部PLCが設置されている。現在、新たに計画される115kV送電線は将来のSCADA導入を見越して、OPGWが標準的に導入したいとの計画がある。

・ SCADA：Supervisory Control and Data Acquisition

変電所のデータを遠方監視し、開閉器等を遠方制御できるシステム

・ OPGW：Optical Fiber Composite Overhead Ground Wire（光ファイバ複合架空地線）

架空送電線の避雷用架空地線に光ファイバ通信を兼備えた地線

2) 配電設備

22kV高圧配電線及び400V低圧配電線はEDLの16＋1の支店がその維持運営を担当している。また、この支店は115kV未満の配電線連系されたタイ国及びベトナム国との電力輸出入の運転も担当している。

4-2 送変電設備マスタープランの活用及び送変電設備の将来計画の概要

(1) 送変電設備マスタープランの活用方法

JICAは過去にもラオス国の系統計画に関する支援を行っており、2002年9月に終了した「ラオス国送変電設備マスタープラン調査」では、2020年までの国内電力需要に対応するための最適送電系統の開発計画策定、及びその最適系統の中から最優先プロジェクトの選定、及びその基本設計が行われた。

このマスタープランの調査結果及び提言は、ラオス国の電力開発計画「Power Development Plan」を作成するうえで、重要な基礎的情報として活用されており、特に中長期の系統計画の中では、複数のプロジェクトに対するそれぞれの評価及び開発の優先順位をつける作業において、なくてはならないものとなっている。

具体的には、現在他ドナーの支援、建設中及び実施が確実視されている系統を除いた下記4系統を選定候補とし、この中で特に①について最優先プロジェクトと選定している。現在、この①はJBICの支援のもと、契約作業中であり、建設準備が進められている。

- ①Pakxan変電所～Thakhek変電所～Pakbo変電所間の送電線と関連変電所
- ②Nam Theun 2 発電所～Xaibouathong変電所間の送電線と関連変電所
- ③Kengkok変電所～Xepon変電所間の送電線と関連変電所
- ④Lakpet開閉所～Ban Boun変電所～Thakho変電所間の送電線と関連変電所

①の具体的送電ルート、変電所新設地点については、詳細検討の結果、基幹変電所の位置は県庁所在地及び需要の期待される都市に選定されている。また、送電線ルートは国立公園、国家生態系保全地域、人口密集地、及びUXOの重残留地域を回避しつつ、建設・保守作業の利便性を考慮して選定されている。このルート選定方法についても、ラオス国側ではマスタープランの提言結果を十分反映しており、将来のラオス国中部～南部連系計画に大きな影響を与えている。また、設備面についても、2020年までのラオス国内供給用の系統電圧は115kVとし、電線サイズはACSR（鋼心アルミニウム撚線）240mm²と410mm²が最適であると提言しているが、マスタープランの中で実施された技術移転により、EDLでは系統計画に対して、そのノウハウを蓄積することができている。

(2) 送変電設備の将来計画の概要

ラオス国の電力開発計画は「Power Development Plan (PDP2007-2016)」として、2008年7月現在、大臣の承認手続き中である。送変電の開発計画は、115kV送電線が2007～2010年の間に1,586.7km回線延長（うちIPP所有：336km）、230kV送電線が166.4km回線延長計画されている。また、2007～2016年の間は7,087km回線延長（うちIPP所有：2,075.4km）を開発する予定となっている。

表 4 - 2 115kV以上送電線計画 (2007-2010) (2011-2016)

Transmission Development Plan (2007-10)

No.	Projects	Length		Voltage (kV)	No. of cct.	Size of cond. (MCM)	Comm. years	Source of fund	Ownership
		(km)	cctkm						
1	Luanprabang2 - Pakmong	86.9	86.9	115	2*	ACSR 477	2008	ADB,NDF, EDL	EDL
2	Pakmong -Oudomxay	51.8	51.8	115	2*	ACSR 477	2008	ADB,NDF, EDL	EDL
3	Oudomxay - Na Moh	41	41	115	2*	ACSR 477	2008	ADB,NDF, EDL	EDL
4	Na Moh - Luangnamtha	42.7	42.7	115	1	ACSR 477	2008	ADB,NDF, EDL	EDL
5	Hin Heup - Vangvieng	40.8	40.8	115	2*	ACSR 477	2008	ADB,NDF, EDL	EDL
6	Nam Ngum1 -Thalat	5.1	5.1	115	1	ACSR 477	2008	ADB,NDF, EDL	EDL
7	Pakxan - Thakhek	198	396	115	2	ACSR 477	2009	JBIC	EDL
8	Thakhek -Pakbo	87	174	115	2	ACSR 477	2009	JBIC	EDL
9	Xeset1 - Xeset2 - Pakxong	45.5	91	115	2	ACSR 477	2009	NORINCO, EDL	EDL
10	Nam Theun2 - Mahaxay	18	36	115	2	ACSR 477	2009	Nam Theun2	NTEC
11	Mahaxay - Cement factory	20	20	115	2*	ACSR 477	2009	Sepon (mime)	Sepon (mine)
12	Luangnamtha - Border (China)	33	33	115	2*	ACSR 477	2009	?	EDL
13	Mahaxay - Sepon (mine)	117	234	115	2	ACSR 1272	2009	Sepon (mime)	Sepon (mine)
14	Ban Hat - Border (Cambodia)	26	26	115	1	ACSR 477	2010	World Bank	EDL
15	Xeset1 - Saravan	26	52	115	2	ACSR 477	2010	?	EDL
16	Khok Saat - New1	10	20	115	2	ACSR 477	2010	?	EDL
17	Nam Lik1.2 - Hin Heup	13	13	115	1	ACSR 477	2010	Nam Lik1/2	Nam Lik1/21/2
18	Nam Lik1/2 - Ban Don	33	33	115	1	ACSR 477	2010	Nam Lik1/2	Nam Lik1/21/2
19	Hin Heup - Naxaythong	83.2	166.4	230	2	ACSR 1272	2010	China?	EDL
20	Upgrade T/L (Phonsoung- Phontong Line No.1) to be D/C line, section of Phontong- Naxaythong by using the existing ROW	12	24	115	2	ACSR 795	2010	China?	EDL
	Total	990	1586.7						
	EDL	789	1250.7						
	IPP(e), IPP(d), SPP	201	336						

Remark: *-Tower was designed as Double circuit tower but string one side only

Transmission Development Plan (2011-16)

No.	Projects	Length		Voltage (kV)	No. of cct.	Size of cond. (MCM)	Comm. years	Source of fund	Ownership
		(km)	cctkm						
1	Nam Ngum5 - Phonsavan	66.9	133.8	115	2	ACSR 477	2011	China	EDL
2	Nam Ngum5 - Vangvieng	74.8	149.6	115	2	ACSR 477	2011	China	EDL
3	Luangprabang1 - Luangprabang2	22	44	115	2	ACSR 477	2011	China	EDL
4	Luangprabang2 - Hin Heup	210	420	230	2	ACSR 1272	2011	China	EDL
5	Hongsa - Luangprabang2	100	200	115	2	ACSR 795	2011	Ban Pu	Ban Pu
6	Luangprabang1 - Pakmong (Install an add. cct.)	86.9	86.9	115	1	ACSR 477	2011	?	EDL
7	Pakmong - Oudomxay (Install an add.cct.)	51.8	51.8	115	1	ACSR 477	2011	?	EDL
8	Oudomxay - Namoh (Install an add.cct.)	41	41	115	1	ACSR 477	2011	?	EDL
9	Nam Mang3 - Khoksaat (Install an add.cct.)	35	35	115	1	ACSR 477	2011	?	EDL
10	Hin Heup - Vang Vieng (Install an add.cct.)	40.8	40.8	115	1	ACSR 477	2011	?	EDL
11	Khoksaat - Thanaleng (Construct an add.cct.)	17	16.8	115	1	ACSR 477	2011	?	EDL

12	Thanaleng - Border (Upgrade)	2	4	115	2	ACSR 477	2011	?	?
13	Phonsavan - Muongkham	56. 2	56. 2	115	2*	ACSR 477	2011	China	EDL
14	Muongkham - Xam Neua	146	146	115	1	ACSR 477	2011	China	EDL
15	Phontong - Thanaleng (Upgrade)	18	18	115	1	ACSR 477	2011	?	EDL
16	Non Hai - Paklay	105	210	115	2	ACSR 477	2011	ADB	EDL
17	Paklay-Khanthao	68	136	115	2	ACSR 477	2011	ADB	EDL
18	Luangnamtha -Bokeo	170	340	115	2	ACSR 477	2012	?	EDL
19	Nam Tha1 - Bokeo	82	164	115	2	ACSR 477	2012	ADB	EDL
20	Nam Tha1 - Connection point	40	40	116	1	ACSR 477	2012	ADB	EDL
21	Bokeo - Border	8	16	115	2	ACSR 477	2012	ADB?	EDL
22	Hongsai-Nam Tha1	93	93	115	1	ACSR 477	2012	China	EDL
23	Nam Gnuang8 - Khonsong	60	120	115	2	ACSR 477	2012	THPC?	THPC
24	Nam Lik1 - Hin Heup	10	20	115	2	ACSR 477	2012	?	IPP
25	Ban Jiangxay - Xeset1 (New Construction)	76	152	115	2	ACSR 477	2012	India	EDL
26	Ban Jiangxay - Pakxong	40	80	115	2	ACSR 477	2012	India	EDL
27	Ban Jiangxay - Bang Yo (New Construction.)	8	16	115	2	ACSR 477	2012	India	EDL
28	Bang Yo - Border (New Construction)	41	82	115	2	ACSR 477	2012	?	?
29	Xekatom - Pakxong	35	70	115	2	ACSR 477	2012	?	?
30	Sepon3 (U) - Sepon (mine)	136. 4	272. 8	115	2	ACSR 477	2013	?	?
31	Sepon3 (U) - Sepon (D)	6	6	115	1	ACSR 477	2013	?	?
32	Sepon3 (D) - Saravan	135. 6	135. 6	115	1	ACSR 477	2013	?	?
33	Nam Bak2 - Conn. Point	1	2	115	2	ACSR 477	2013	Nam Bak2	Nam Bak2
34	Kengkok - Sepon	140	140	115	1	ACSR 477	2014	?	EDL
35	Namoh - Boun Neua	96	192	115	2	ACSR 477	2014	ADB?	EDL
36	Nam Ou (local) - Namoh	45	90	115	2	ACSR 477	2014	Nam Ou	Nam Ou
37	Xayabuly - Paklay	134	134	115	1	ACSR 477	2014	ADB?	EDL
38	Non Hai - Ban Don (New construction)	54	54	115	1	ACSR 477	2014	?	EDL
39	Nam Ngiep (R) - Pakxan	40	40	115	1	ACSR 477	2014	?	IPP
40	Kengkok - Saravan	185	370	115	2	ACSR 477	2014	?	EDL
41	Sekong -Houaylamphan	18	36	115	2	ACSR 477	2014	?	EDL
42	Saravan - Sekong	58	116	115	2	ACSR 477	2014	?	EDL
43	Xekaman3 - Sekong	100	100	115	1	ACSR 477	2014	?	?
44	Luangprabang2 - Nam Khan2	35	105	115	3	ACSR 477	2014	?	EDL
45	Nam Leuk - Nam Mang3	56	112	115	2	ACSR 477	2014	?	EDL
46	Xekaman1 - Saphaothong	51	51	115	1	ACSR 477	2014	?	?
47	Xepian/Xenamnoy - Saphaothong	6	6	115	1	ACSR 477	2014	?	?
48	Xe Neua - Sepon (mine)	50	50	115	1	ACSR 477	2014	Xe Neua	Xe Neua
49	Nam Sane3 - Thavieng	28	56	115	2	ACSR 477	2014	Nam Sane3	Nam Sane3
50	Naxaythong - Khoksaat	18	36	230	2	ACSR 477	2014	?	EDL
51	Nam Khan2 -Nam Khan3	50	50	115	1	ACSR 477	2015	?	EDL
52	Nam Mang1 - Thabok	10	10	115	1	ACSR 477	2015	?	IPP
53	Sekong 4- Sekong	23	23	115	1	ACSR 478	2015	?	IPP
54	Nam Phak- Ban Na	56	56	115	1	ACSR 479	2015	?	IPP
55	Donsahong- Ban Had	25	25	115	1	ACSR 480	2015	?	IPP
56	Xeset3&4 - Pakxong	23	23	115	1	ACSR 477	2016	?	IPP
57	Nam Long - Luangnamtha	40	40	115	1	ACSR 477	2016		

	Total	3424. 2	5314. 3					
	EDL	2190. 2	3411. 9					
	IPP(e), IPP(d), SPP	1234	1902. 4					

* Tower was designed as Double circuit tower but String one side only

出典：PDP2007-2016

表 4－3 115kV以上変電所計画（2007-2016）

Substation Development Plan in the North (2007-2016)

No.	Name of substation	Location (province)	Voltage level	Comm. years	Sources of fund	Ownership
1	Oudomxay	Oudomxay	115/22 kV	2008	ADB, NDF, EDL	EDL
2	Luangnamtha	Luangnamtha	115/22 kV	2008	ADB, NDF, EDL	EDL
3	Xam Neua	Huaphan	115/22 kV	2011	CERIECO, China?	EDL
4	Houayxay	Bokeo	115/22 kV	2012	ADB, NDF, EDL?	EDL
5	Namoh SWS	Luangnamtha	115/115 kV	2014	ADB, NDF, EDL?	EDL
6	Boun Neua	Phongsaly	115/22 kV	2014	?	EDL

Substation Development Plan in Central1 (2007-16)

No.	Name of substation	Location (province)	Voltage level	Comm. years	Source of fund	Ownership
1	Thongkhoun	Vientiane	115/115 kV	2007	Phubia mining	Phubia mining
2	Hin Heup SWS	Vientiane	115/115 kV	2008	ADB, NDF, EDL	EDL
		230/115kV	2010	China?	EDL	
3	Pak Mong	Luangprabang	115/22 kV	2008	ADB, NDF, EDL?	EDL
4	New1	Vientiane Capital	115/22 kV	2010	?	EDL
5	Naxaythong	Vientiane Capital	230/115 kV	2010	China?	EDL
6	New2	Vientiane Capital	115/22 kV	2011	EDL?	EDL
7	Hongsa	Xayabury	115/22 kV	2011	Ban Pu	Ban Pu
8	Muong Kham	Xiengkhuang	115/22 kV	2011	China?	EDL
9	Luangprabang2	Luangprabang	115/22 kV	2011	China?	EDL
			230/115 kV	2011	China?	EDL
10	Khonsong	Bolikhamxay	115/22 kV	2012	THPC	THPC
11	Paklay	Xayabury	115/22 kV	2013	ADB, NDF, EDL?	EDL
12	Xanakham	Vientiane	115/22 kV	2014	Mining?	
13	Khok Saat	Vientiane Capital	230/115 kV	2014	EDL?	EDL
14	New3	Vientiane Capital	115/22 kV	2015	EDL?	EDL

Substation Development Plan in Central2 (2007-16)

No.	Name of substation	Location (province)	Voltage level	Comm. Years	Source of fund	Ownership
1	Mahaxay	Khammouan	115/22 kV	2009	NTEC	EDL
2	Sepon	Savannakhet	115/22 kV	2014	China?	EDL

Substation Development Plan in the South (2007-16)

No.	Name of substation	Location (province)	Voltage level	Comm. Years	Source of fund	Ownership
1	Pakxong	Champasak	115/22 kV	2009	NORINCO, EDL	EDL
2	Saravan	Saravan	115/22 kV	2010	World Bank, EDL?	EDL
3	Sekong	Sekong	115/22 kV	2014	Vietnam?	EDL

出典：PDP2007-2016

この計画によれば、将来10年間で送電線 3 億58百万ドル（うち外貨 2 億53百万ドル）、変電所81百万ドル（うち外貨70百万ドル）の資金調達が必要となり、各ドナーとの交渉が行われている。これら送変電設備の投資額は電力セクター全体のうち、送電設備が28%、変電設備が 6 % を占める。



図 4 - 2 送変電設備計画（2016年）

送変電計画では南部地域の水力発電の発電電力量を中部地域へ送電する計画が重要プロジェクトとされている。これにより渇水期にタイ国から高価格で輸入している電力量を削減できる大きなメリットがある。

現在は、南北基幹送電線の連系のうち、ADB資金で北部送変電拡張、JBIC資金によるC1及びC2系統を結ぶ115kV送電設備拡張、世銀資金により南部115kV Xeset-Saravan送電線プロジェクトが進められている。このため、JBICのラオス国中部送電線（Kengkok－Savannakhet）が完成すれば、基幹送電のうち残る中央C2地域（Savannakhet）～南部S地域（Champasak）が連系されれば、すべての基幹系統が連系されることとなり、早期の実施が求められている。

4-3 電力網整備に関する今後の課題

EDL資産の国内送電線は115kVを基幹送電線とし、一次変電所で22kVへ降圧され、国内需要家向けに配電している。送変電線設備の現状及び計画は前述したとおりであるが、設備構成及び運転保守における今後の課題は以下のとおり。

(1) 送変電設備のメンテナンス

ラオス国の115kV送変電設備は歴史が浅いことから、各変電所、送電線とも比較的新しい設備であり、特に中部南部の設備は近年運転開始した設備である。また外国ドナーの設計により、機器の仕様も高い機能となっている。このため現在は既存の手法により配置されたオペレーター・テクニシャンで十分運転保守できているが、将来、系統拡充に伴い複雑化に加え老朽化を迎えるため、運転保守に今以上の技術が求められる。このため早い段階から運転保守に関する要員の技術レベル向上が必要となり、トレーニングの充実が期待される。

(2) 送電系統の運用

国内系統が連系された場合、系統間融通により供給予備力の削減や経済運転が可能となる。反面、系統連系されれば、ラオス国内の送電系統規模が拡大することとなり、事故時のカスケード遮断による広域停電が危惧されるため、計画時点から系統構成の検討や、運転開始してからの運用方法の対策が必要となる。防止策として高速遮断できる保護リレーや系統安定化装置、周辺国ネットワーク管理者との協調が考えられる。

(3) 研修設備

EDLはVientiane中心部から5 km程度離れたThongkangに訓練センターを有している。1967年に設置され、現在所員は20名（うちトレーナーは13名）。このセンターは、発電所、変電所、配電網の教育・訓練施設を備え、EDLの職員のみならず、県職員やIPPからの訓練生にも対応している。平均的な研修コースは2週間で10人前後の少人数制をとっている。2008年度のコースは以下のとおりであるが、近年、日本JICA技術移転で完成した“Lao Electric Power Technical Standard (LEPTS)”の指導を行っている。以下の研修カリキュラムのうち、送変電に係る④は通常業務以外にシフト運転の研修及び変電設備のメンテナンスの研修を行っている。送変電計画についての研修は特になく、PSS/E等の系統解析ソフトは本店の数名のみが理解できる程度である。本格調査内では系統計画の技術移転セミナーが期待される。

①Management (outside Trainers)

②Hydro Generation (TC and HPP)

③O&M of Substation (115 and 22kV)

④Maintenance of 115kV Transmission Line (TC and 115kV TL Group)

- Shift Operator

- Daily Operator

- High Voltage Substation Maintenance

⑤Maintenance of 22kV and 0.4kV Distribution Line

⑥Industrial and House wiring

本調査の南部現地調査でも確認したとおり、今のところ建設した設備のO&Mには大きな問題はない。また、研修カリキュラムも充実しており、各コースにラオス電力技術基準 LEPTS の思想を取り込んでいる。しかし、研修所長からは私企業との給与の差があり、優秀なメンバーを確保するのが最も大変であるとのコメントがあった。特にDOEのスタッフはIPP等私企業へ転職する者が絶えないようである。

(4) 中央給電指令所の設立

現在、ラオス国には、国内の電力系統を監視制御する給電指令所は存在しない。Vientiane のPhonetong変電所とNam Ngum 1 発電所が、Nam Ngum系統を制御・管理している。

今後、国内電力網が連系されそれぞれの系統間で電力融通がなされるには、総合的な給電指令所を創設し、効率的運用を目的としたSCADA : Supervisory Control and Data Acquisition (系統指令・データ管理) システムが必要不可欠となる。

SCADAの通信手段として、PLC (電力線搬送) はラオス国の一部で運用されている。今後は系統の情報量の増加や監視制御の信頼度を確保するために、光ファイバー・ケーブルの適用も検討する必要がある、今後、新設の送電線の架空地線にはOPGWを採用することが求められる。以下に制御所の計画地点を示す。

- 1) Vientiane Capital (National Control Centre, NCC)
- 2) Center 1 region, Khammouane province (Regional Control Centre, RCC)
- 3) Southern region, Champasak province (Regional Control Centre, RCC)

4-4 国際連系統

隣国との国際連系統はタイ国向けIPPの230kV系統があり、これはIPP会社の所有となっている。それ以外の115kV以下国際連系統はEDLの資産であり、以前は22kVの配電連系により、タイ国から電力が輸入されていたが、送電設備の整備により115kVに昇圧され、近年電力再輸入量が増加する傾向にある。

本プロジェクトの焦点となる中央・南部系統において、今後はNam Thuen 2 水力の運転開始後は発電電力量のローカル受電や南部の水力発電からの電力を融通できれば、この輸入量を軽減できることが期待される。表 4-4 に既存の国際連系統を示す。

表 4－4 ラオス国の近隣諸国の国際連系線

No.	Location		Voltage (kV)	Circuit		Conductor Size (mm ²)	Length (km)
	Lao PDR	Thailand/Vietnam/Chian		Design	Install		
1	Theun Hinboun	Sakhonnakhon (EGAT)	230	2	2	644	176
2	Houay Ho	Ubon2 (EGAT)	230	2	2	644	230
3	Phontong	Nongkhai (EGAT)	115	2	2	240	25.7
4	Thanaleng	Nongkhai (EGAT)	115	1	1	95	10.9
5	Pakxan	Bungkan (EGAT)	115	2	1	240	11
6	Thakhek	Nakhonphanom (EGAT)	22	2	2	169	10.3
7	Pakbo	Mukdahan2 (EGAT)	115	2	1	240	13.7
8	Bang Yo	Sirindhon (EGAT)	115	1	1	240	61
9	Xam Neua (Pahang)	Mokchao (EVN)	35	1	1	150	30
10	Bokeo	Xiengkhone (PEA)	22	1	1	0	0.7
11	Kenthao	Thali (PEA)	22	1	1	240	0.35
12	Savannakhet (Dansavan)	Vietnam (EVN)	22	1	1	95	0.75
13	Pangthong	Muong Mang	22	1	1	150	28.6
14	Muong Khop	Ban Huak	22	1	1	120	1.52
15	Muong Ngeun	Houaykone	22	1	1	120	1
16	Ban Mai	Amperxongquare	22	1	1	120	1.3
17	Saravan	Lalai (EVN)	22	1	1	150	2
18	Luangnamtha	China	22	1	1	90	3.4

(1) タイ国との国際連系

タイ国との連系線として、ラオス国のHouay Ho発電所からの電力と、Theun Hin Beun発電所からの電力を輸出する2つの230kV送電線、タイ国とラオス国系統を連系する115kV送電線、及びタイ国からラオス国北部へ配電する22kV配電線がある。

連系線の運転・保守は国境を境に各国で行われているが、連系線の潮流制御はタイ国からの指令により、ラオス国側の発電電力量を調整している。

	区間（ラオス国－タイ国）	回線数／ルート数
230kV	Theun Hin Beun発電所－Nakhon Phanom	2
	Houay Ho発電所－Ubon 2	2
110kV	Phontong－Nongkhai	2
	Thanakeng－Nongkhai	1
	Pakxan－Bungkan	1
	Thakek－Nakhonphanom	2
	Pakbo－Mukdahan	1
中圧配電数	タイ国－Bokeo県	1
	タイ国－Xayabuly県	4

(2) ベトナム国との国際連系

ベトナム国との連系点は以下の3か所あり、35kVもしくは22kVで電力を供給している。いずれも、中圧配電線のため、容量は数MW程度である。売電価格はベトナム国の小売価格と同じである。

電圧	区間（ベトナム国-ラオス国）
35kV	Moc Chou－Xam Neua
35/22kV	Vietnam－Saravan県
35/22kV	Vietnam－Savanhaket（Dansavan）

(3) カンボジア国との国際連系

世銀の資金により、ラオス国からカンボジア国のStrung Trengまで電力を供給する。

115kV送電線を建設することが決まり、F/Sが世銀資金にて実施された。現在、工事着工に向けて準備を進めている。

第5章 ラオス国の環境社会配慮

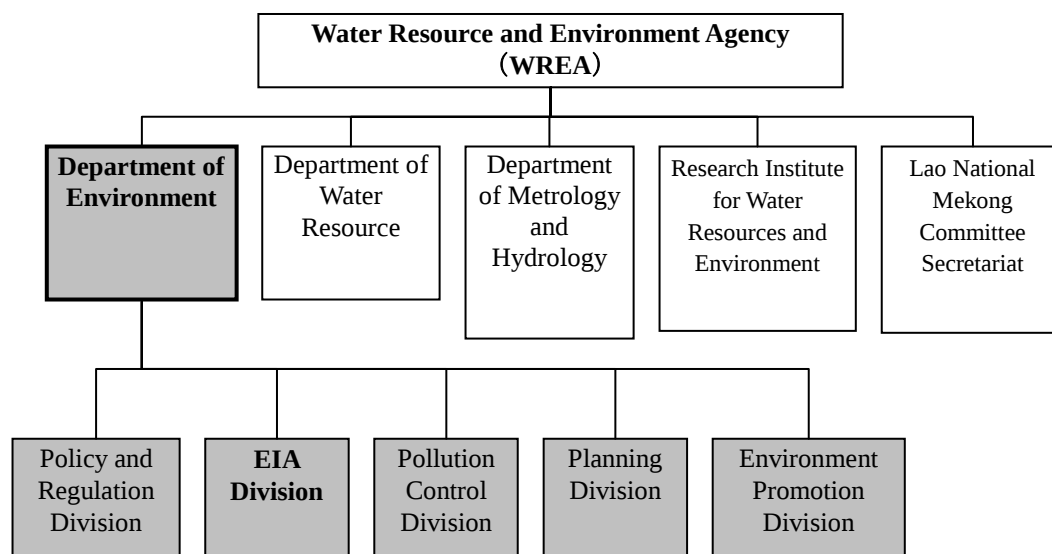
5-1 環境社会配慮制度

(1) 環境行政

1993年以降、科学技術環境庁（Science Technology and Environment Agency : STEA）が環境分野を主管する中央政府機関であったが、それまで各省庁に分散していた水資源関連部署とSTEAの環境関連部門を統一した新組織として、2007年7月に水資源環境庁（Water Resources and Environment Agency : WREA）が設立され、環境分野の主管庁となった。

本調査時点（2008年7月）のWREAの組織体制は図5-1のとおりである。首相府（Prime Minister's Office）の下に位置し、環境局（Department of Environment）、気象・水文部（Department of Meteorology and Hydrology）、水資源部（Department of Water Resources）の3局と水資源環境研究所（Research Institute for Water Resources and Environment）及びラオス国家メコン委員会事務局（Lao National Mekong Committee Secretariat）がある。環境局内にはEIA Divisionを含む5課がある。

WREAの設立とともにEIAの手続きの強化が図られつつある。環境局のEIA DivisionがEIAの承認の担当となっているが、EIA UNITとして独立させ、現在の12名の職員（うち、半数が正規職員で残り半数は契約職員）から増員を計画していた¹。



出典：WREAからのヒアリングによる

図5-1 WREAの組織図と環境部門の位置づけ

¹ 調査時点では組織目的と機構について政府内で承認手続き中であったので、これらの内容はWREA職員からのヒアリングによるもの。最終的な公表資料を確認する必要がある。

（２）環境社会配慮に関する法令

開発事業実施における環境社会配慮を考慮するうえで、主として参照される法・規定リストは表５－１のとおりである。Environment Protection Law（「環境保護法」1999年制定）にて、環境影響を生ずる可能性のあるプロジェクトのEIA実施が述べられており、IEE、EIAの実施についての詳細項目についてはRegulation on Environmental Assessment in the Lao PDR（「ラオス国における環境評価規則」2001年制定）に定められている。ただし、調査時点において環境関連の省令を改定中であった。

表５－１ 主要な法・規則における開発事業の環境社会配慮

法・規則	No. 及び制定年月	主要参照事項
Constitution of the Lao People's Democratic Republic ラオス国憲法	No. 25/NA 2003年 5 月	第19条にて「全組織及び市民は環境及び自然資源（地表、地下（資源）、森林、動物、水資源と大気）を保護しなければならない」と定められている。
Environmental Protection Law ラオス環境保護法	No. 02-99/NA 1999年 4 月	第 8 条で開発プロジェクト実施の際、事業担当セクター（政府機関）がEIAの手順・方法を定め、EIA報告書を環境管理・監視当局からの許可書を得なければならないことを言及
Regulation on Environmental Assessment in the Lao PDR ラオスにおける環境評価規則	No. 1770/STEA（省令） 2000年10月	EIA実施の方針、手続き、プロセス、IEE及びEIA報告書のフォーマット等についての規則
Forestry Law 森林法	No. 01-96 1996年10月 (2007年12月改訂)	森林の分類、利用、管理、保全等
Law on Aquatic and Wild Life 水棲及び野生動物法	No. 01-96 (2007年12月改訂)	水棲及び野生動物の保護等
Law on Water and Water Resources 水及び水資源法	No. 02/96 1996年10月	水及び水資源の分類、開発、保護、持続可能な利用等
Land Law 土地法	No. 04/NA 1996年 4 月 (2003年10月改訂)	土地の分類、管理、土地収用の際の補償等

出典：上記各法・規則より

５－２ 送電に係る環境社会配慮

（１）実施機関の担当部門と人員体制

DOEにおいてはSocial and Environment Division（社会環境課）、EDLにおいてはPower Generation and Project Department（発電及びプロジェクト部）のEnvironmental Office（環境室）が事業の環境社会配慮を担当している。

DOEの社会環境課では、電力事業における環境社会配慮の基準の作成、IEE及びEIAレポートの検討と承認、事業の建設及びオペレーション期間における環境モニタリング等が主要業務である。EDLの環境室ではDOEが策定した基準に従い、IEE及びEIAを作成し、事業を行う際に求められる具体的な環境社会配慮を計画し、実施する。

調査時点で、DOEの社会環境課は 6 名の職員、EDL本部の環境室は10名の職員体制であり、EDLの事業地域を管轄する地方支店のプロジェクト実施における環境社会配慮担当とも協力して支援を受ける。担当職員は主にエンジニア出身であるが、EDLの環境室職員の中には環境マネージャ

ント修士を有する職員もいる。EDL環境室マネージャーによると、IEEの報告書作成については、基本的に外部コンサルタントへの委託による実施であったが、徐々に環境室職員自らが部分的に作成するようなケースもでている²。また、他にも既に送電線のIEE作成の経験の蓄積があることを考慮すると、EDL環境担当職員はIEE作成の基本的能力は備えているとみられる。

(2) 基準・規則

電力事業に関する法律、MEMで省令として策定し、主に参照される基準及び規則等は表5-2に示すとおりである。1997年の電力法では、環境保護とEIA実施についての記述があり、2001年10月に策定された電力セクターの環境政策（Power Sector Environmental Policy）において、電力セクターの全事業において、国内あるいは国際的基準に沿って環境アセスメントを行い、適切にマネジメントを行うことに言及している。これらの法や政策のもと、電力事業における一連の環境基準・規則が定められている。

表5-2 電力事業の環境社会配慮に関する主要な法・基準・規則

基準・規則	No. 及び制定年月	主要参照事項
The Law on Electricity (電力法)	No.2/97/NA 1997年4月	第8条で環境保護についての条項で、環境ほど事業の調査段階から自然環境や生態系への影響や社会的影響を考慮について、第14条でF/S時にEIAを実施することに言及
Environmental Management Plans for Electricity Projects (電力事業の環境マネジメント計画)	No.584/MIH.DOE (省令) 2001年10月	環境評価の手続きに一部として含まれる電力事業実施の際の環境マネジメント計画に求められる項目と内容が定められている。
Environmental Impact Assessment for Electricity Projects (電力事業の環境影響評価)	No.585/MIH.DOE (省令) 2001年10月	電力事業のEIAに求められる項目と内容が定められている。ベースラインスタディの項目、環境インパクト評価時に考慮すべき分野別項目リストあり。
Regulation on Implementing Environmental Assessment for Electricity Projects in Lao PDR (電力事業の環境評価実施規則)	No.447/MIH (省令) 2001年10月	電力事業実施における環境評価の方針、手続き、プロセス、IEE及びEIA報告書の内容等についての規則
Environmental Standard Management for Electricity Project (電力事業の環境基準マネジメント)	No.0366/MIH.DOE (省令) 2003年6月	電力事業実施における環境スクリーニング、社会、環境インパクト評価、環境マネジメント計画、住民移転、社会経済と文化的環境のマネジメントガイドライン、各機関責務等について定められている

出典：上記各法・規則より

送電線建設事業においてもこれらの基準・規則に準じて環境社会配慮が実施されてきた。2001年制定の「電力事業の環境評価実施規則」では環境評価実施手続きについて、2003年制定の「電力事業の環境基準マネジメント」にて、環境スクリーニング、社会・環境インパクト、環境マネジメント計画、住民移転、社会経済と文化的環境のマネジメントガイドライン、各機関責

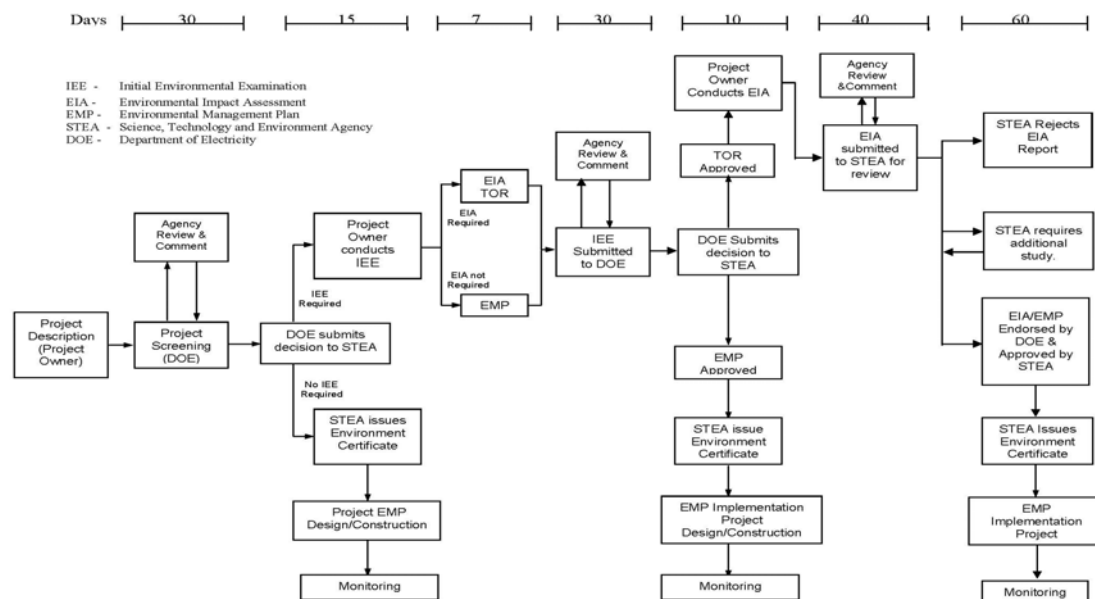
² IPPのIEE作成をEDL環境室で請け負った場合、環境室職員が外部識者やコンサルタントの支援を得つつ、自ら作成する部分があるとのこと（EDL環境室マネージャーからのヒアリング）。

務にいたるまでの内容が包括的に定められている。また、送電線建設の際の補償についてのガイドライン（Instruction and Information on Compensation for Power Transmission Line Project、調査時点ではラオス語版のみ）のドラフトが作成されており、ほぼ最終原稿の段階であった³。

既存の省令の中では、発電所の規模とIEEあるいはEIAが求められるかの目安には言及されているが、送電のみを対象とした事業については、それらが要求されているかどうかについては具体的に明示されていない。DOE社会環境課及びEDL環境室によると、今までの経験では送電線のための建設事業については慣例的にIEEのみを行ってきたとのことである。ただし、国立保護区NBCAを通過する場合は、EIAの実施も求められることになるため、送電線のルートには慎重な検討を要する。

（3）EIA及びIEE実施の手続き

電力事業におけるEIA及びIEEの手続きのフローは図5-2のとおりである。DOEによると、STEАとなっている部分は新組織のWREAとなり、調査時点においては基本的に以下の流れに沿って手続きが行われているとのことであった。ただし、前述のとおり、EIA規則の省令の改定中である。DOEによると、改定後も以下の手続きのフローについては基本的に大きな変更はないであろうとの見方であったが、WREAの環境評価規則の改定によって手続きに変更がないかは再度確認しておく必要がある⁴。



出典：“Regulation on Implementing Environmental Assessment for Electricity Projects in Lao PDR” p5

図5-2 ラオス国の電力セクターにおける環境評価の手続き

³ EDLの環境室担当者によると今まで送電線事業においては補償について大きな問題となったことはないものの、経験則で行ってきた部分があり、明確な基準の適用と補償に対する考え方については今後も知識を向上させていく必要があることを述べていた。

⁴ 例えば、WREAへのインタビューでは、現行のIEE及びEIAの承認手続きよりも詳細について定められることになること、またIEE承認については地方政府機関の関与を高めることも検討中というような話も聞かれた。

現状において、例えばIEEのみの実施の場合は、Project Document作成～環境スクリーニング～IEE作成・承認まで全体で約92日（約3か月）の手続き日数がかかることになる。また、図5-2には記述がないが、IEE作成については、約4か月程度かかり、IEE作成時には、Public Consultationが2～3回行われる。送電事業のIEE実施の際の関係機関は通常、Ministry of Agriculture and Forestry、Ministry of Information and Culture、Ministry of Communications, Transport Post and Construction、Ministry of Public Health、地方政府機関等である。

5-3 環境社会配慮の予備的スコーピング

本調査の分類は、JICA環境社会ガイドラインに照らし、カテゴリーBとみなされる。

ラオス国の系統整備事業においては、既存の法令に基づいて建設計画段階から環境社会配慮が考慮されており、過去の送電のみの建設プロジェクトでは、国立保護区（生物多様性保全地域）は迂回するルートをとっており、IEE実施のみの実績であった。本調査の既存の系統計画の見直しと計画の中から最優先される送電線建設事業の選定及び基本設計においても環境社会配慮が考慮され、大規模な環境社会への影響は避けるように送電線建設計画がなされることを前提として判断されたものである。

現在、本格調査において選定される優先プロジェクト候補（基本設計の対象プロジェクト）としてみられているSavanakhet県からChampasak県への送電ルートに関しては、特に国立保護地域（生物多様性保全地域）や不発弾（Unexploded Ordnance : UXO）等があるとみられる付近について、プロジェクトのなかった場合や代替案の検討を十分に行い、慎重に考慮する必要がある。

予備的スコーピングの検討段階において、深刻な環境社会の負のインパクトは予見されなかったが、本格的スコーピングの段階では、特に以下の点について留意して詳細をみる必要がある。

（1）社会環境

大規模ではないとみられるが、鉄塔と送電線ルート付近の土地収用、住民移転等はある。

（2）自然環境

送電線ルートによっては、保護地域近隣の森林、植生等への影響がありうる。

（3）汚染対策（公害）

建設工事時に振動、騒音等は一時的にある。

（詳細は付属資料5の環境社会配慮サマリー（英文）を参照）

第6章 本格調査の概要と留意事項

6-1 本格調査の内容

各担当の本格調査時内容を以下に記す。

(1) 総括／電力系統計画

本案件は送変電設備の長期系統計画となっており、担当団員の調査結果を取りまとめ十分把握したうえで、ラオス国全土の長期系統計画の策定を行う。さらに、複数のプロジェクトを多方面から分析した結果をもとに、最優先するプロジェクトを選び、その基本設計を行う。また、将来の系統計画を実現するために必要となる国内及び隣国の複数機関の役割や体制について調査・提言を行う。

(2) 電力需要予測／電力供給計画

需要予測は鉱業開発による電力需要が大きく影響し、鉱業開発は開発業者の地質調査結果等により開発されるか否か判断され、不確実な要素を多分に含んでいる。したがって、本格調査時には鉱業開発の情報をアップデートし需要予測に反映させる。また、鉱業以外の需要については、GDPなどの経済指標と、売電単価の変化、人口の変化等と電力消費量との傾向を把握して需要予測を行う。供給側については、IPP開発状況に関しDOEより系統計画に資する最新データを入手する。

(3) 系統解析

現在のPDPを十分レビューしたうえで、送変電計画基準（クライテリア）や信頼度標準の再評価を行い、電力系統システムの各種解析を担当する。20年間の電力系統計画の策定では、国内及び隣国との連系設備を考慮して、最適な送変電系統構成を策定することとする。

(4) 送電設備設計

既存の送電設備の仕様及び機材に関するコスト、調達先等の情報収集を行い、将来の送電設備に係る最適な仕様検討を行う。その後、選ばれた電力系統プロジェクトの基本設計として、必要とされる地形・地質情報収集のための現地踏査を実施し、想定される送電ルートを選定したうえで、工事工法やスケジュールを含む施工計画の準備作業、プロジェクトコスト積算を行う。

(5) 変電設備設計

送電設備設計担当者と協力して、既存の変電設備の仕様及び機材に関するコスト、調達先等の情報収集を行う。その後、選ばれた電力系統プロジェクトの基本設計として、想定される送電ルートの変電所との接続に関する調査を行う。また、将来の監視制御に対して必要となる通信関連設備の提言、系統事故防止に関する保護リレー等の検討もあわせて実施する。

（６）経済財務分析

積算で得られたプロジェクトに必要な費用を用い経済財務分析を行う。経済分析では、送電線が建設される場合の社会経済的便益をプロジェクトに必要な費用と比較して評価する。財務分析では、電力収入を考慮しプロジェクトの採算性を評価する。

（７）環境社会配慮

フェーズ１においては、まず、最新の環境社会関係一般情報及び関連法令のレビューを行い、最優先プロジェクトの選定においては、各候補プロジェクトの環境社会配慮面での検討を行う。フェーズ２では、選定した対象プロジェクトの本格的な環境社会配慮のスコアリングを行い、IEEドラフト作成を想定した環境社会調査を行う。

６－２ 本格調査における留意事項

（１）大規模な鉱業開発を考慮した電力需要予測とIPP動向等外部要件への留意

今後急速な発展が予測される鉱業開発の電力需要への影響は大きいと、本格調査においては最新情報を入手し、複数の需要予測シナリオを準備することが必要である。例えば、南部の鉱業開発による電力需要を除いたベースケースとハイケース、南部の鉱業開発による電力需要を含めたベースケースとハイケースなどである。

一方、IPP開発の進展については、最近の原油価格、鉄鋼等資材価格の高騰等による経済性の変化に敏感であり、開発工程の遅延や電気料金値上げなどを惹起する可能性がある。したがって、本格調査で策定される電力系統計画はDOEやEDLの協力により、燃料・資材価格等はもとより、IPPの動向についての最新情報を得て検討・策定作業を進める必要がある。

（２）電力需給、供給信頼度、エネルギーセキュリティ、経済社会便益を考慮した最適系統計画

ラオス国では豊富な水力を活かした大型IPP建設が急速に進められ、隣国への電力輸出や鉱業開発や工業団地誘致等といった、国内の大型需要増による電力需要の増加が想定されている。

このようななか、本格調査で策定が予定されている長期系統計画については、隣国との連系線を十分考慮し、ラオス国全土の送変電系統を対象とし、供給信頼度の確保のみならず長期的にみたEDLの財務健全性の確保や、ラオス国のエネルギーセキュリティ及び経済・社会面の便益も加味した最適な系統計画を策定することとする。

また、季節間に変動する中部１～中部２～南部の需給バランスを考慮した経済的な広域融通についても、十分検討する必要がある。

（３）将来の系統運用に伴う課題の考慮

本調査で策定される系統計画に基づき、将来系統の拡大・複雑化が想定されるが、それに伴い新たな課題も生じる。このため、本調査では以下の各項目に留意した提案を行い、それらを系統計画の策定作業に反映させることとする。

1) 系統拡大に伴う事故波及による広域停電防止策の検討

最優先プロジェクトの基本設計段階において、候補プロジェクトである中部～南部の系統連系が完成すれば、ラオス国内全系統が連系され、送電系統の規模が拡大することとなり、これによる電力融通や予備力が確保され信頼度的、経済的メリットが期待される。一方で、系統拡大に伴う事故波及による国内やタイ国等、近隣諸国も巻き込んだ広域停電が危惧される。このため、これらの防止策として必要となる保護リレーや系統安定化装置、周辺国ネットワーク管理者との協調体制（案）、系統運用責任者及び発電所運転者による迅速かつ的確な対応を可能とする体制（案）等の検討が必要である。

2) 送変電系統の複雑化及び老朽化に対する運転保守ノウハウの取得

ラオス国の115kV送変電設備は比較的新しく、その機能レベルも高い。一方、運転保守については、現在は配置されたオペレーターで十分運転保守ができているものの、将来の系統拡充に伴う運転保守の複雑化や、施設の老朽化による保守管理の高度化に対応するためには、これらオペレーターの運転保守技術の向上が求められる。したがって、基幹送電線の拡充時点から、将来を見越した人材の育成方針（案）を検討することが必要である。

3) 最適広域融通のための準備

ラオス国では近い将来、中央給電指令所やSCADAシステムの創設計画がある。このため全国系統が連系されることで得られる電力融通や予備力確保を十分に活かすために、将来はOPGWといった信頼性の高い通信設備を利用した監視制御システムを導入していく可能性もある。

(4) 国際連系

本格調査においては、近隣諸国との国際電力系統連系の将来的な方向性を見据えて電力系統計画を策定するため、「インドシナ地域電力セクター域内協力に係るプロジェクト研究（2007-2008）」の結果も踏まえ、近隣国2か国程度（タイ国、ベトナム国を想定）を訪問し、当該国との電力融通に関する情報収集や関係機関との意見交換を行うこととする。また、GMSの国際連系計画についても留意すること。

(5) 環境社会配慮

環境分野については、2007年のWREAの創設で新たな環境行政をめざしつつあるが、組織の目的や主要業務内容は政府最終承認を得られていない（2008年6月時点）。また、EIA等の関連省令が改訂中であり、今後最新情報・省令改定の具体的な中身についても引き続き留意する必要がある。

WREAは新組織設立からまだ間もないことから、体制が確立し、業務が円滑に実施できるようになるまでに時間を要する可能性がある。したがって、選定されたプロジェクトの環境社会配慮の承認の円滑な手続きのため、本格調査においては、例えば、WREAのEIA承認担当者を本格調査のSCのメンバーに加える、あるいは関連ワークショップには参加を促すなど、早期の段階から情報共有するよう工夫すること。

なお、本調査はJICA環境社会配慮ガイドラインが適用される。本格調査開始時点でのカ

テグロ分類はBである。JICA環境社会配慮ガイドラインに則り適切な支援を行うとともに、必要な報告書（和文及び英文）の作成を行うこと。

（６）迅速な事業化への準備

本調査で基本設計を行う最優先の電力系統プロジェクトについては、速やかに具体化を図る方向で作業を進める方針であることから、優先プロジェクトのショートリスト化及びそのリストから最優先プロジェクトを絞り込む作業については、ラオス国政府及びJICAと密に連絡をとること。なお、現在円借款でメコン地域電力ネットワーク整備事業（Pakxan-Pakbo間300km）が進捗中であるところ、同事業の内容を本調査における最優先プロジェクトの基本設計の参考とすることが可能である。また、既存のJICA調査報告書「送変電設備マスタープラン調査（2001-2002）」「インドシナ地域電力セクター域内協力に係るプロジェクト研究（2007-2008）」及び事前調査で収集した「Power Development Plan 2007-2016（案）」等の資料を最大限に活用することにより、国内準備段階から十分な検討・分析を行い、調査全体の迅速化と効率化に努めること。

（７）技術移転

本格調査では、OJT、ワークショップ、技術移転セミナーを通じて、調査団よりC/Pに対し、ラオス国側が所有するソフトウェアPSS/Eを用い、系統計画及び系統解析手法を中心に技術移転を行う。さらに、ラオス国側は国内で系統計画の短期研修コースの開催を要望しているため、この支援として、調査期間中にDOEとEDLより各１名（短期研修コースの講師候補）を対象に、本邦にてC/P研修を行う予定である。以上を踏まえて、本格調査期間を通じた技術移転の手法・内容に留意すること。